「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」
終了時評価報告書

２０２６年３月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

2026 年 3 月

国立研究開発法人新エネルギー･産業技術総合開発機構
　理事長　　斎藤　保　殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長　　木野　邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」
終了時評価報告書

２０２６年３月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

目　次

はじめに　1
審議経過　2
分科会委員名簿　3
研究評価委員会委員名簿　4

第１章　評価
１．評価コメント　1-1
１．１　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
１．２　目標及び達成状況
１．３　マネジメント
（参考）分科会委員の評価コメント　1-4
２．評点結果　1-14

第２章　評価対象事業に係る資料
１．事業原簿　2-1
２．分科会公開資料　2-2

参考資料１　分科会議事録　参考資料 1-1
参考資料２　評価の実施方法　参考資料 2-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」の終了時評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」（終了時評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 82 回研究評価委員会（2026 年 3 月 17 日）に諮り、確定されたものである。

2026 年 3 月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

審議経過

● 分科会（2025 年 11 月 25 日）

公開セッション

１．開会

２．プロジェクトの説明

非公開セッション

３．プロジェクトの補足説明

４．全体を通しての質疑

公開セッション

５．まとめ・講評

６．閉会

● 第 82 回研究評価委員会（2026 年 3 月 17 日）

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型

産学官連携研究開発事業」（終了時評価）

分科会委員名簿

（2025 年 11 月現在）

	氏名	所属、役職
分科会長	大澤（おおさわ）　秀一（しゅういち）	上武大学　ビジネス情報学部　教授
分科会長代理	櫻井（さくらい）　輝浩（てるひろ）	芝浦工業大学　複合領域産学官民連携推進本部 研究推進部　研究企画課 産学官連携コーディネーター リサーチアドミニストレーター
委員	宇佐美（うさみ）　孝忠（たかただ）	いすゞ自動車株式会社 カーボンニュートラル戦略部門　ＣＮ技術統括部 マネージャー／技術士
	清水（しみず）　陽一（よういち）	九州工業大学　大学院工学研究院　物質工学研究系 教授
	須田（すだ）　聖一（せいいち）*	静岡大学　学術院工学領域　電子物質科学系列　教授
	田中（たなか）　優実（ゆみ）*	東京理科大学　工学部　工業化学科　准教授
	遠山（とおやま）　浩二（こうじ）	株式会社ローランド・ベルガー　パートナー

敬称略、五十音順

注＊：実施者の一部と同一大学であるが、所属部署が異なるため（実施者：静岡大学　学術院理学領域化学系列、東京理科大学　理学部化学科／応用化学科／創域理工学部先端化学科／研究推進機構総合研究院）「NEDO 技術委員・技術委員会等規程（平成 30 年 11 月 15 日改正）」第 35 条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

研究評価委員会委員名簿

（2026 年 3 月現在）

	氏　名	所属、役職
委員長	木野（きの）　邦器（くにき）	早稲田大学　理工学術院　教授
委員	浅野（あさの）　浩志（ひろし）	東海国立大学機構　岐阜大学　特任教授
	稲葉（いなば）　稔（みのる）	同志社大学　理工学部　教授
	五内川（ごないかわ）　拡史（ひろし）	株式会社ユニファイ・リサーチ　代表取締役社長
	鈴木（すずき）　潤（じゅん）	政策研究大学院大学　政策研究科　教授
	原田（はらだ）　文代（ふみよ）	株式会社日本政策投資銀行　常務執行役員
	松井（まつい）　俊浩（としひろ）	東京情報デザイン専門職大学　情報デザイン学部　教授
	松本（まつもと）　真由美（まゆみ）	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門　客員准教授
	吉本（よしもと）　陽子（ようこ）	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部　産業創発部　主席研究員

敬称略、五十音順

第１章　　評価

１．評価コメント

１．１　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本事業は、FCV※1・燃料電池分野における 2030～2040 年の市場規模予測を見据えた中長期ロードマップに基づくアウトカム目標を設定し、その達成に必要な研究開発領域を段階的に整理して全体構造を構築していた点が高く評価できる。経済や社会環境は様々に変わるが、どのテーマも短期動向に左右されないビジョンが描かれており、エネルギー転換に必要な中長期の時間軸が共有されていることが確認できた。

また、オープン・クローズ戦略については、日本の国際競争力を底上げしている戦略的な取り組みが確認でき、マテリアルズ・インフォマティクスによる研究加速を考慮したものになっており、当該技術の進展を考慮した対応がなされていた。知的財産権等に関する戦略は、関心表明企業への権利移転等も念頭に基本方針を定め、テーマごとに情報の公開方法を含めてデータの性質に応じたきめ細かな区分を設計することで、研究成果の社会的活用と企業競争力保護の両立を図る管理が行われた点も評価できる。

一方で、「挑戦的な目標設定」であったがゆえに、産業界がそのアウトプットを 2030 年代にどのように選択・実装し、量産につなげるかの具体像は、なお深化の余地がある。目標設定時からの環境変化によるアウトカム目標の検証とアウトプットから 2040 年のアウトカムまでの道筋について、進捗に応じてその粒度を高め、特に、世界市場動向（欧米・中国の導入スピード）、水素供給側の見通し（価格・供給安定性）、社会受容性といった「アウトカム外縁部の要素」との整合を今後さらに明確化することで、限られた研究リソースのなかで中核となる技術分野への資源集中とロードマップの再構築を図ることが期待される。

また、標準化戦略について、欧州・中国を中心とした国際的な標準化の動向は燃料電池分野の競争力に大きく影響することから、本事業で整備された評価手法やデータ基盤が将来どのように国際的な枠組みへ接続し得るかを、中長期的な視点で検討していくことが望ましい。

※1 FCV：Fuel Cell Vehicle / 燃料電池車

１．２　目標及び達成状況

本事業のアウトカム目標は、国の政策動向や世界的な燃料電池市場の成長予測と整合し、当時の FC※1・水素関連の外部環境を踏まえた日本の FCV・FC システム・水電解技術の市場拡大や国際競争を想定して設定されており、事業期間中に得られた性能向上、要素技術の確立、評価基盤の整備といった研究開発成果や本事業で育成された人材による競争力の確保などを総合すると、当初設定されたアウトカム目標の達成に向けた実現性は確保されている。

アウトプット目標は、燃料電池市場の将来予測を踏まえ、燃料電池システムの競争力向上に必要となる材料特性の向上、解析・評価技術の確立、データ基盤の整備等の技術課題を企業ニーズに基づき網羅的に整理したものであり、課題共有会や企業からの関心表明書を通じた設定プロセスも含めて、その根拠は妥当であり、将来的なアウトカム達成に向け

た技術的基盤として意義のあるものである。

また、ほぼすべての課題が計画どおり進捗し、必要な技術基盤が着実に構築された点は評価される。解析・評価基盤の構築やテーマ横断データベースの整備により成果の信頼性や比較可能性が向上し、新規参入を検討する企業にとっても初期検討の指針となり、事業化フェーズへの波及効果が期待される。

論文発表・特許出願についてもオープン・クローズ戦略に基づき適切に実施され、国内にとどまらず、FC 技術の主戦場となる中国・欧州への積極的な出願など、知的財産の整理・活用の面でも妥当な取り組みが行われていた。また、基盤技術開発に多くの大学が参画していたことは、人材育成の観点において副次的効果をもたらすと思われる。

一方で、近年、水素関連市場におけるトレンドや見通しの変化が見られるが、今後の見通しを踏まえアウトカム目標を見直す必要性についても検討されたい。2030 年代の市場規模や CO_2削減量といったアウトカム指標は、燃料電池の性能だけでなく水素サプライチェーンの整備状況や社会受容性などの外部要因に大きく左右される。アウトカム達成に向けて 2035 年から 2040 年への 5 年で数倍の市場規模にするためには、FC 技術の高度化・実用化に加えて、不可欠な燃料である水素の低コスト調達が求められる。その実現要素の一つである水電解技術の向上は、FC の実用化に留まらずカーボンニュートラルを目指す国際的な共通課題（アンモニア・合成燃料製造等）においても重要であり、技術の高度化・加速に期待したい。

また、主要な材料である Pt の価格や資源確保にリスクがあるため、新しい材料戦略などのバックアップ技術や大容量出力の可動体以外にも少容量で長時間可動が可能なデバイスなど用途開発も必要である。

加えて、特許出願については、テーマ別・地域別の状況整理や質的な評価もすることで、より包括的な知財戦略の推進につながると思われる。

※1 FC：Fuel Cell / 燃料電池

１．３　マネジメント

事業者・PMgr※1・PL※2・SPL※3・GL※4 の役割分担が明確で、指揮命令系統も適切に機能していた点は評価できる。定期的に各テーマの進捗状況を把握し、産業界のニーズや実用化・事業化を見据えた研究開発方針を議論して進めており、企業と大学が混在するグループ体制や PL との意見交換会は、成果の死蔵化を避けユーザー企業の早期関与を促す上で有効に機能していた。

また、データ管理・情報公開・知財管理などにおいても、研究データ基本方針に沿った運用がなされており、研究活動の健全性を保つ体制が確保されていた。

さらに、本事業の研究開発計画は、燃料電池システムの競争力向上に必要となる要素技術を網羅的に配置し、材料・セル・評価技術・データ基盤など複数階層を相互に補完する構造となっていた点は評価できる。この構造において、解析・評価基盤や横断データベースの構築が計画段階から位置づけられ、テーマ間比較やフィードバックに活かされていた点も計画の一貫性を支える要素であった。

加えて、事業として不足していた技術テーマを実施期間中に追加採択するなど、継続的かつ効率的な事業運営が行われている。ステージゲートでは状況に応じた継続可否評価が実施され、実施者のモチベーション維持に寄与していた。

今後は、企業実装への橋渡しをさらに強化するために、横断的な成果の見せ方やテーマ間比較のための共通指標の提示など、企業側が研究開発計画の全体像を俯瞰しやすくするために横串となる技術領域の関係性や成熟度、企業が参入判断に用いる観点などをより明確に可視化する取り組みが期待される。

また、多用途活用技術開発については、一層積極的に門戸を開き、特に電気化学分野の理解が不十分な参画機関に対してメンター的な機能を付与するなど、新規に参画したくなるような仕掛けを講じることが望ましい。それによって「本事業に直結する水素関連技術の高度化に資する技術」の広がりのみならず、国内外に対する大きな PR 効果も期待できる。

さらに、本事業では標準化を直接の対象としていなかったものの、解析手法や評価条件、データ形式など将来的に共通化・標準化につながり得る成果が蓄積されており、今後は、こうした横断データや評価手法が国内外の標準化議論にどのように活用可能かを早期に整理し、国際動向や海外規格の議論を視野に入れつつ、必要に応じて関連団体との連携を検討することが望まれる。

※1 PMgr：プロジェクトマネージャー
※2 PL：プロジェクトリーダー
※3 SPL：サブプロジェクトリーダー
※4 GL：グループリーダー

（参考）分科会委員の評価コメント

１．１　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

＜肯定的意見＞

・ 事業全体が燃料電池等の必要性を訴求した内容で、手段と目的を履き違えたテーマは皆無であった。採択システムが有効に働いていることが確認できる。経済や社会環境は様々に変わるが、どのテーマも短期動向に左右されないビジョンが描かれていた。エネルギー転換に必要な中長期の時間軸が共有されていることが確認できた。
・ 多くのテーマで大学等の研究機関は IP ライセンスビジネスを、また事業者は IP による独占的なビジネスを前提として取り組んでいることが確認できた。一部の基盤技術はオープンに適宜取り組んでおり、日本の国際競争力を底上げしている戦略的な取り組みが確認できた。
・ 公募・採択、研究開発の進捗管理、継続可否評価まで一貫して実用化・事業化を意識したマネジメントで事業を推進した。また、ロードマップを策定し、産業界の実用化ニーズに沿ったテーマを公募・採択するとともに、事業環境の変化などは追加公募で事業に組込んでいた。また、プロジェクトの継続可否評価では委員会を設置し、外部有識者の意見を用いて判断に透明性を持たせるとともに、毎年成果発表会を開催し、積極的に情報発信にも務めていた。また、要素技術については、関心表明書のルールを整備するなど成果の利用者を明確にするとともに、実用化・事業化を取り巻く外部環境の変化も取集して適切に事業に反映していたと言える。
・ オープン・クローズ戦略は、例えば MI（マテリアルズ・インフォマティクス）による研究加速を考慮したものになっており、当該技術の進展を考慮した対応がなされていた。知的財産権等に関する戦略は、関心表明企業への権利移転等も念頭に出願方針を検討して基本方針を定め、また出願状況を俯瞰し、戦略的に推進したと言える。標準化戦略では、「国際標準化提案を見据えた検討は原則対象としていない」としつつも、例外的に高圧水素タンク試験については調査事業として実情を踏まえた推進をしたと言える。
・ 本事業の役割である「研究開発」パート、さらに実用化パートについても、他の NEDO 事業で既に実施されており、アウトカム達成までの枠組みは明確である。事業実施者の区分、役割、実施内容、さらに実用化に向けた意志も「関心表明書」で示されており、アウトカム達成に向けた道筋は明確である。
・ テーマごとに実用化へ向けた知財戦略が策定され、関心表明企業と連携した上で、事業採択段階から実施・推進されており、知財対応として妥当である。材料データベースについては、事業期間中からオープン化を意識した構築が行われており、次事業へのスムーズな接続につながった点も評価できる。
・ アウトカムで耐久性 13 万時間、効率 65%と非常に高い目標に対して、FC に必要な個々のパーツを細かく検討している点が評価できる。耐久性試験が最も難しいと思われるが、緻密なデータベース化、FC-DynaMo などのユニークな計算化学も取り入れており評価できる。

・ 本件は、大変重要な項目であり、電極、セル、シール材、ソフトウエア開発と、標準化に関しては、プロトコルを確立しており、評価に値する。
・ 社会的な要請の変化の強弱に応じて臨機応変に対応するために、当初の計画に固執せずに新たなテーマについても積極的に取り組んだ点は高く評価できる。様々な機会を捉えて本事業の取り組みやその成果を広く PR していた点は広く評価できる。
・ 研究成果をデータベース化に向けた取り組みは高く評価できる。特に単なる取得データの集約ではなく、オープン領域として利活用できるためのインターフェース構築は非常に重要であるが、それに向けた取り組みを当初から進めている点は高く評価できる。PEFC の研究開発で取り組もうとしていた、各研究機関の成果を集約した MEA の作製とその評価については高く評価できる。このような取り組みは実際には、参画機関の知財およびその考え方によって困難な場合も多い。参画機関の考え方等を調整しながら取り組みを実施したことはプロジェクトの取りまとめとして大変重要であり、高く評価できる。
・ 本事業は、FCV・燃料電池分野における 2030～2040 年の市場規模予測を見据えた中長期ロードマップに基づくアウトカム目標を設定し、その達成に必要な研究開発領域を段階的に整理して全体構造を構築していた点が高く評価できる。とりわけ、アウトプット目標の設定にあたり、産業界ニーズを適切に反映するための課題共有会の実施や、企業からの関心表明書を活用した設計を取り入れることで、研究成果の受け皿を事前に確保しつつ進めた点は極めて妥当である。また、FC-DynaMo をはじめとする共通評価基盤の整備や、PL・GL を中心としたマネジメント体制の強化により、テーマ間比較や横串連携を推進し、企業への橋渡しを強く意識した運営がなされていたことは、本事業の大きな意義である。さらに、カーボンニュートラル政策や世界的情勢の変化など、外部環境が大きく変動する中においても、必要な追加テーマ（水電解等）を迅速に取り込みつつ、当初の目的との整合性を維持して柔軟に対応した点も評価できる。
・ オープン・クローズ戦略については、テーマごとに「どの情報を公開し、どの情報を非公開として管理するか」について、情報の公開方法を含めて、データの性質に応じたきめ細かな区分が設計されていた点を評価できる。特に、研究データは原則クローズとしつつも、事業終了時には秘匿性の低いデータをオープン領域に移行する運用方針を示すなど、研究成果の社会的活用と企業競争力保護の両立を図る管理が行われていた。さらに、大学主体テーマでは企業との共同出願やライセンス方針の検討が進められ、事業終了後の知財の死蔵化を避けるための取り組みが見られたことも評価できる。

＜問題点・改善点・今後への提言＞
・ 関心表明書を提出した事業者が、製品にどのように成果を組入れたか、開発中での公表は難しいと思うが、何らかの形で見える化されるとプロジェクトの成果が見やすいのではないかと思う。

・ 侵害の発見しにくい知財はノウハウとして不要な漏洩を抑制するとのことであるが、その事業者が撤退すると、ノウハウも散逸してしまうことを懸念する。ノウハウの維持はどのようにしていくべきなのか、本事業だけではないが今後の課題と思料する。
・ ロードマップの 2040 年 14 兆円は、少し大きすぎる気がする。アウトカムへの評価が、◎、〇と非常にザックリとしており評価しにくい。NEDO が過去にやってきた KPI 指数と達成度評価にすべきではなかろうか。
・ 知財を守るうえでは、留学生は特に注視すべきと思われる。また、このプロジェクトで 60 名以上の博士を出しているが、そのための 200 以上の論文と、それ以上の国内外発表があったが、ここの知財を守るための工夫ができていたかが懸念される。
・ 社会的な新規要請として捉えられる研究テーマであっても、本事業ですべて組み入れる必然性はない。本事業として、組み入れるかどうかといった主体的な戦略性が読み取れなかった。限られた研究リソースのなかではそのような戦略も必要ではないか。広報の面では、今後の人材育成の観点から、文部科学省と連携した広報を行ってもらいたい。小中高生でも,「燃料電池とは何か」については、おおよそイメージを持っている。しかし、電気化学を基本とした燃料電池の研究の面白さは、全く理解されていない。その結果、将来燃料電池の研究開発に従事したいというモチベーションは限定的にとどまっている。
・ 全体として「挑戦的な目標設定」であったがゆえに、産業界がそのアウトプットを 2030 年代にどのように選択・実装し、量産につなげるかの具体像は、なお深化の余地がある。特に、世界市場動向（欧米・中国の導入スピード)、水素供給側の見通し（価格・供給安定性)、社会受容性といった「アウトカム外縁部の要素」との整合は、今後さらに明確化が望まれる。また、複数の大型テーマが並列で走ったことで、システム視点での「どの成果が実装に最も寄与するのか」の可視化が若干弱い側面がある。今後は、2035～2040 年の実装像をより具体化することで、中核となる技術分野への資源集中とロードマップの再構築を図ることが期待される。
・ 標準化については、本事業では原則として対象外とされていたため、国際規格策定プロセスへの具体的な展開方針については深く取り扱われていない。一方で、欧州・中国を中心とした国際的な標準化の動向は燃料電池分野の競争力に大きく影響することから、本事業で整備された評価手法やデータ基盤（FC-DynaMo 等）が将来どのように国際的な枠組みへ接続し得るかを、中長期的な視点で検討していくことが望ましい。次期事業以降、将来に向けた標準化ロードマップの検討が期待される。
・ アウトカムとして数兆円の市場創出とあるが、その用途先についての解像度が低い。また、当初目標設定時からの環境変化とそれによるアウトカム目標の検証等がなされていないように見える。また、アウトカムを 2040 年で設定されているため、アウトプットからアウトカムまでの道筋が粗い。進捗に応じてその粒度を高めていくべき。
・ 知財戦略に少し触れられているが、本プロジェクト固有の考慮がなされているようには見受けない一般的なものである印象を持つ。また、本事業では国際標準化提案を見据えた検討は原則対象としていない、とあるが、その理由も不明。

１．２　目標及び達成状況

＜肯定的意見＞

・ 革新的技術をアウトカムに結び付けるためには民間企業がリスクを取りキャズムを乗り越える必要がある。実施者の民間企業が資金・人材が豊富な大手企業中心であったことは理解できる。
・ 技術的な目標値は国内外の技術動向を踏まえたロードマップに沿っていることが確認できた。ロードマップは周辺技術との組み合わせも織り込んでいることから、社会システムの一部として機能することが期待できる。多くのテーマで目標の達成度合が定量的に表現されており、評価基準が明確であった。また、未達の場合であっても PDCA サイクルのマネジメントにつながる説明がされていた。多くのテーマが「評価解析プラットフォーム」を活用してアウトプットの検証と研究開発を加速している実態が確認できた。
・ 本事業参画企業や関連企業が GX サプライチェーン構築支援事業等を通して野心的な投資計画を発表していることに対応して、2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システムのためにアウトカム目標を見直していた。また、アウトカム目標とそれ以降の市場形成については、誤解を与えないように考え方が整理されていたことを評価したい。本事業の革新的な技術が実装され、また本事業で育成された人材により競争力を確保できれば、アウトカム目標の達成の可能性は高いと言える。
・ ユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術開発や、大量生産を可能とする生産プロセスと検査技術は、燃料電池普及の進展に呼応したものであり、それらのアウトプット指標は適切に見直されていたと言える。各分野ともアウトプット目標の達成度は良好である。基盤技術開発で多くの大学に参画してもらったことは、人材育成が副次的効果としてあげられると思料する。学生研究員数、博士号取得者数、就職者数の増加に今後の発展を期待したい。事業原簿のリストを見ると、特許、論文発表とも、本事業は学校の貢献が大きいと言えるのではないか。また、基礎研究はオープンにして技術の底上げを図り、生産など企業がもつ技術はノウハウとして秘匿する計画が予定通りに実施された結果であると考えている。
・ 過去の事業以上に、日本の FCV・FC システム・水電解技術の市場拡大や国際競争を想定したアウトカム目標が設定されており、当時の FC・水素関連の外部環境を踏まえると妥当な目標設定といえる。
・ 高いアウトカム目標を達成するため、技術ロードマップには野心的な目標が設定され、その前倒し達成も見据えたアウトプット目標値が示されている。有効な事業運営と実施者の積極的な研究開発により、一部で目標を超える成果も得られ、概ね達成状況は良好である。アウトプットの知財化については、国内にとどまらず、FC 技術の主戦場となる中国・欧州への積極的な出願が行われている。
・ 指標、目標値は細かく設定してあり、概ね妥当である。アウトカム指標・目標値は、よく考えられていると思われる。アウトカム目標の 2035 年の市場達成見込みはおおよそ可能と思われる。

- アウトプットの最終目標はおおむね達成していると思われる。また、アウトカムに必要な指標項目はすべての項目で理想的に設置されている。今回の耐久試験を議論できるソフトウエアの開発は特記できるものと思われる。
- 外部環境の急激な変化によって、目標値が多種にわたってきたことや容易に想像できる。このような目標値の追加や変更は実施者に対して大きな負担となるところであるが、それに対しても適切に対応していることが評価できる。
- 学会発表、論文発表については、高いレベルで実施されており、高く評価できる。目標に対して未達の課題についても、課題の顕在化を実施している。「高度化に資する」との観点からは、成果が得られており、評価できる。
- 本事業では、アウトカム指標として市場規模（金額ベース）および CO_2削減量を中心に設定しており、これらは国の政策動向や世界的な燃料電池市場の成長予測と整合した 妥当な目標値であったと評価できる。また、事業期間中に得られた性能向上、要素技術の確立、評価基盤の整備といった研究開発成果を総合すると、事業終了時点において当初設定されたアウトカム目標の達成に向けた実現性は十分に確保されていると判断できる。とりわけ、材料・部材・システムといった多層的な技術開発が進展し、将来の市場創出や CO_2削減効果につながる基盤が形成されたことは、アウトカム達成に向けた準備が適切に進められたと判断できる。
- 本事業で設定されたアウトプット目標は、燃料電池市場の将来予測を踏まえ、燃料電池システムの競争力向上に必要となる技術課題（材料特性の向上、解析・評価技術の確立、データ基盤の整備等）を企業ニーズに基づき網羅的に整理したものであり、課題共有会や企業からの関心表明書を通じた設定プロセスも含めて、その根拠は妥当であった。また、海外動向と比較しても一段高い目標を掲げており、挑戦性の高い構成となっていた。これらのアウトプット設定は、将来的なアウトカム達成に向けた技術的基盤として十分に意義のあるものである。個別テーマレベルでは、ほぼすべての課題が計画どおり進捗し、コロナ禍を挟みながらも必要な技術基盤が着実に構築された点は高く評価される。特に、解析・評価基盤（FC-DynaMo）の構築やテーマ横断データベース（MIX Platform）の整備により、成果の信頼性や比較可能性が向上し、企業実装に向けた橋渡しが強化された。海外動向との比較においても、DOE・EU のロードマップに照らして挑戦的な国内目標に取り組む中で、得られた成果が一定の技術優位性を示しており、日本の国際競争力向上に寄与する点は肯定的である。また、大学参画が多く、人材育成という観点からも本事業が機能したことは重要な成果である。さらに、構築された評価基盤や横断的データ整備は、既参入企業のみならず、新規参入を検討する企業にとっても初期検討の指針となり、事業化フェーズへの波及効果が期待される。論文発表・特許出願についてもオープン・クローズ戦略に基づき適切に実施され、知的財産の整理・活用の面でも妥当な取り組みが行われていた。
- 多岐に渡るアウトプット目標をすべて達成されており、高く評価される。

＜問題点・改善点・今後への提言＞

- 民間企業の関心表明や参画数が少ないとの指摘があるようだが、アウトカム目標の時間軸が長いことを考慮すれば、多寡を判断するのは時期尚早であろう。大学等の実施者、ハブとなるNEDO、事業会社の三者の今後の努力（巻き込む力、仲間づくりの力）次第であろう。
- 「評価解析プラットフォーム」の役割は今後益々重要になっていくと考えられる。同PFの今後の法人・会社形態については熟慮する必要があろう。
- 特許件数や論文数などは中間評価時点から大幅に伸びている。数の評価も大切であるが、質についても何らかの形で評価してもよかったと思う。
- アウトカム達成には、FC技術の高度化・実用化に加えて、不可欠な燃料である水素の低コスト調達が求められる。その実現要素の一つである水電解技術の向上は、FCの実用化に留まらず、カーボンニュートラルを目指す国際的な共通課題（アンモニア・合成燃料製造等）においても重要であり、これまで積み上げたFC技術の延長線として、水電解技術の高度化・加速に期待したい。
- 主要なFC関連性能について、国内外の研究開発状況との定量比較を行い明示することで、目標設定の妥当性や研究開発進捗の把握に資する情報となる。特許出願の集計は、国内・外国出願に加えて、テーマ別・地域別の状況まで整理することで、より包括的な知財戦略の推進につながると思われる。
- 2035年から2040年への5年で数倍の市場規模にするには相当な戦略が必要と思われる。指標は明確であったが、その達成度が何%なのかが不明であった。資源のコストや価格変動は見抜けないので、新しい材料戦略などのバックアップ技術も必要であると思われる。材料がほぼPtであり、0.2mg/cm2から減らせないとの話であったが、相当数のFCを量産するのに、Pt資源は足りているのかの懸念がある。FCを16兆円技術に持っていくにあたり、応用技術が貧弱である。大容量出力の可動体以外にも、少容量で長時間可動が可能なデバイスなど用途開発も必要であろう。
- 15年の耐久性、効率65%を納得できるデータが欲しかった。知財とも関係するが、学生の博士をとるための研究ではないので、ポスドクや企業の研究員で知財を守りながら研究を進めるべきと思う。特許、論文も良いが、日本のノウハウとして守るべきものは守らなければトップランナーにはなれないのではなかろうか。Ptは40年以上前から使われているが、今回非Pt系の材料がほとんどなかったのは問題であろう。また、Ptでいくなら回収再利用技術も考えるべきである。
- 本事業の目的は「本事業に直結する水素関連技術の高度化に資する技術を開発する」ことで、本質的には、多面的な目標値をクリアすることではない。また目標値の強弱も存在する。達成度の自己評価については、数字としての目標値だけでなく、「高度化に資する技術を十分開発できたか？」の観点からの評価が必要と感じる。
- 本事業の一つのテーマである人材育成について、これらの人材育成の成果については、日本人と外国人とで分けて評価解析すべき。例えば外国人の人材育成も大切ではあるが、これは国際貢献の意味合いが比較的つよく、本来国プロジェクトとして期待する将来の

研究者の育成人材とは、そのトーンは大きく異なるのではないか。

- 2030 年代の市場規模（市場額・普及量）や CO_2削減量といったアウトカム指標は、燃料電池の性能だけでなく、水素サプライチェーンの整備状況や社会受容性などの外部要因に大きく左右される。そのため、要素技術開発や企業ニーズに基づく本事業の成果が、将来の市場規模にどの程度寄与するかについては、現時点では定量的な関係を明確に示すことが難しい。今後は、水素価格や海外市場動向など複数の外部条件を踏まえた シナリオ型の市場見通し を提示し、アウトカム達成までの道筋をより明確化することが望まれる。これにより、技術開発成果が市場創出のどの部分に寄与するのかが一層整理され、次期ロードマップ策定の実効性向上につながると考えられる。
- 本事業は多様なテーマが並行して進められた結果、個々の成果は充実していたものの、事業全体として「将来の競争力確保や市場形成に特に寄与する技術領域」がどこであるかという位置づけがやや分かりにくい面があった。企業が量産化・製品化に向けて判断を行う際には、技術領域ごとの成熟度や優先度を俯瞰的に把握できる整理（技術マップ、成熟度評価、競争力ポジショニング等）が有効であり、次期事業ではこうした可視化の強化が期待される。また、本事業で構築された技術基盤は信頼性向上に寄与する一方で、将来的にアウトカム（市場規模・CO_2削減）に結びつくプロセスを明確化するためには、外部環境や複数の市場シナリオを踏まえた追跡的な分析の充実が求められる。技術成果が「どの市場条件でどの程度寄与し得るのか」を示すことは、企業参入や事業化判断の後押しにつながる。以上を踏まえ、次期事業では、整備された技術基盤を活かしつつ、世界情勢や周辺技術動向を踏まえた継続的な発展と俯瞰整理を進めることで、企業参入の拡大と国際競争力の強化に資する運営が期待される。
- 当プロジェクト発足以後、水素関連の市場においてトレンド・見通しの変化があったように思うが、それを認識し、アウトカムの見直しを検討したのかどうか、明らかではないように思われる。
- 他用途活用実現技術開発、につき、確かに定性的には３種類の用途の適用可能性を提示できているようではあるものの、これらがアウトカム目標のひとつである数兆円の市場創造に規模の面で有効であるのかどうか、は検証されなければならないのではないか。

１．３　マネジメント

＜肯定的意見＞

- 海外の地政学リスクに応じて国内のエネルギー安全保障の考え方が変化するのが当然だが、NEDO が中長期投資の時間軸を堅持していることは確認できた。実施者が研究開発に集中できる環境を提供していたことは評価できる。
- 採択状況と中間評価などからステージゲートが有効に働いていることが確認できた。事業採択時にステージゲートの必要性を議論した上で時期と指標をあらかじめ設定し、単なる進捗確認ではなく、事業の価値を適切に評価していた。事業の全体計画の途中から SOFC を組み込んだように、研究開発のポートフォリオに柔軟性があることが確認できた。不確実性を少しでも取り除こうとする姿勢は評価できる。

・ PL と実施者は、研究開発目標と達成度、実用化・事業化の見込みを常に確認し、目標達成に向けた指導を受けて推進したことは、技術力及び実用化・事業化能力を効率的に発揮したと言える。PMgr、PL、SPL や NEDO 担当者が定期的に各テーマの進捗状況を把握し、産業界のニーズや実用化・事業化を見据えた研究開発方針を議論して進めたこと、また PL と事業者の意見交換会やステアリング委員会など、指揮命令系統が整理されているとともに、責任の所在も明確であった。また SG 機能が有効であったために SG で中断したテーマもあることは、責任ある推進体制であったと言える。評価解析 PL では、実用化を見据えた連携の例として記述されている。また、GL 連絡会が開催され、情報共有が頻繁に開催されるなど、実施者間の連携はよく保たれていたと言える。個別事業の採択プロセスは周知期間や審査体制など適切であったと言える。研究成果の公開や管理体制などの整備を進めて、研究インテグリティの確保に努めていると言える。
・ アウトプット目標達成に必要な要素技術に関して個別事業として追加公募するなど、抜けがないように努力して推進したと言える。特に、評価解析 PF を機能させ、実用化の視点から要素技術開発を推進したことは評価できる。継続可否評価を数回にわたり実施、都度進捗や状況変化に応じて調整、中には中止→再チャレンジ、状況に応じそれぞれにとって適切な推進方法を選択するマネジメントをとったことを評価する。
・ 技術課題の掘り起こしや課題共有会の開催、PM-PL・SPL 間の連携により、100 件超の研究開発テーマを高いモチベーションで継続し、大きなアウトプットを得た事業推進である。
・ 事業として不足していた技術テーマを実施期間中に追加採択するなど、継続的かつ効率的な事業運営が行われている。ステージゲートでは状況に応じた継続可否評価が実施され、実施者のモチベーション維持に寄与している。PL 意見交換会、GL 連絡会、オールスターFC など、連携強化に向けた事業独自の工夫が見られる。
・ おおむね実用化を目指して進めてきたと思われる。チーム内の連携だけでなく、FC ネットワークを構築していることは重要で、おおいに評価したい。プロトコルを考えソフトウエアを作製し、共有していることは評価できる。
・ 2 年、5 年のプロジェクトもあったが、その期間では十分に成果を出していると思われる。
・ 個別事業が多くなると、特に開発技術の重複等が懸念されるところではあるが、そのような懸念に対しても、問題なくマネジメントされており大いに評価できる。
・ 一見、実施の成果が疑問に感じられる PEFC と SOFC との技術交流を含めて、様々な情報交換の機会を設けており、高く評価できる。ステージゲート方式による絞り込みについても適切に実施しており、評価できる。
・ 事業者・PM・PL・GL の役割分担が明確で、指揮命令系統も適切に機能していた点は評価できる。特に、企業と大学が混在するグループ体制や PL との意見交換会は、成果の死蔵化を避け、ユーザー企業の早期関与を促す上で有効に機能していた。また、NEDO が多くの事業者・多数のテーマ（約 100 件規模、延べ参画機関 260）を束ねる中でも、課題共有フォーラムの活用やステージゲート管理などを通じて、散逸することなく全体

の方向性を維持しつつマネジメントを行えた点は高く評価される。さらに、データ管理・情報公開・知財管理（オープン／クローズ区分の整理）などにおいても、研究データ基本方針に沿った運用がなされており、研究活動の健全性を保つ体制が確保されていた。JST・文科省事業（GteX 等）との情報連携や調整も適切に行われており、複数事業をまたぐ広域的な調整能力も示されていた。

・ 本事業の研究開発計画は、燃料電池システムの競争力向上に必要となる要素技術を網羅的に配置し、材料・セル・評価技術・データ基盤など複数階層を相互に補完する構造となっていた点は評価できる。この構造において、解析・評価基盤や横断データベースの構築が計画段階から位置づけられ、テーマ間比較やフィードバックに活かされていた点も、計画の一貫性を支える要素であった。また、進捗管理においては、ステージゲートや定期的なレビューを通じて、PL・GL を中心としたフォローアップが適切に行われており、多数のテーマを対象とした大規模事業でありながら、計画全体の整合性を損なうことなく進められていた。課題の見直しや方向性の調整も事業目的に沿って実施され、研究継続・中止の判断も妥当な範囲で運用されていた。
・ 関係各社が分担・協力し、指揮命令系統や責任体制も明確に定義されていたように見受ける。
・ 研究開発の進捗管理は適切に計画されていたように見受ける。

＜問題点・改善点・今後への提言＞

・ 公開範囲と産業力の低下につながらないことの両立は難しい判断と思うが、どのような視点に立って行ったかなど、その考え方を補足説明しておいた方が納得感を得やすいのではないか。
・ 個々にパーツごとに良いものを作っているので、それらのパーツをまとめて使える大きなグループができればと思う。
・ 研究の進展状況の確認手法は、問題はないが、研究の遅れに対する対応法は分からなかった。研究評価には、短期・長期の目標に対する細かい KPI がほしい。売り上げ目標はあったが、そのためには、ユニットとしての出力（重さあたり、体積当たり）と価格目標がほしい。
・ 多用途活用技術開発については、一層積極的に門戸を開くべき。特に、電気化学分野の理解が不十分な参画機関に対して、メンター的な機能を付与するなど、新規に参画したくなるような仕掛けを講じることが望ましい。それによって「本事業に直結する水素関連技術の高度化に資する技術」の広がりのみならず、国内外に対して大きな PR 効果が期待できる。
・ 本事業は多数のテーマが同時並行で進められた大規模な構成であったため、個々のテーマの成果は明確であったものの、相互のつながりが外形的にはやや分かりにくい部分もあった。横断的な成果の見せ方や、テーマ間比較のための共通指標の提示など、企業側が全体像を俯瞰しやすくするための整理については、今後さらに工夫の余地があるように感じられた。次期事業においては、これまでのマネジメントの強みを活かしつつ、横

串となる技術領域の関係性や成熟度、企業が参入判断に用いる観点などを、より明確に可視化する取り組みが期待される。これにより、多様なテーマを束ねる大規模事業であっても、技術的意義や優先度をより分かりやすく整理し、企業実装への橋渡しをさらに強化できると考える。

- 要素技術が多岐にわたる構成であったことから、計画上は連携の枠組みが設定されていたものの、テーマ間の相互関係や研究成果が事業全体の中でどの位置づけにあるのかについて、外形的には必ずしも把握しやすいとは言い難い部分もあった。企業が成果を参照する際には、技術領域間の関係性や成熟度、貢献範囲がより明確に示されることで、研究開発計画の全体像を俯瞰しやすくなると考えられる。また、本事業では標準化を直接の対象としていなかったものの、解析手法や評価条件、データ形式など、将来的に共通化・標準化につながり得る成果が蓄積されている。次期事業においては、こうした横断データや評価手法が国内外の標準化議論にどのように活用可能かを早期に整理し、国際動向や海外規格の議論を視野に入れつつ、必要に応じて関連団体との連携を検討することが望まれる。
- 燃料電池の技術開発に重点があり、用途側が薄いように見える（自動車用途が中心の取り組みであったためかとは推測するが）。

２．評点結果

評価項目・評価基準		各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋									
	(1) アウトカム達成までの道筋	A	A	A	A	A	B	B	2.7
	(2) 知的財産・標準化戦略	A	A	A	A	A	A	B	2.9
2. 目標及び達成状況									
	(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	B	B	A	B	C	2.1
	(2) アウトプット目標及び達成状況	A	B	B	A	B	A	B	2.4
3. マネジメント									
	(1) 実施体制	A	A	A	A	B	A	B	2.7
	(2) 研究開発計画	A	A	A	A	A	A	A	3.0

≪判定基準≫

A：評価基準に適合し、非常に優れている。
B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。
C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

第２章　　評価対象事業に係る資料

１．事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」

終了時評価事業原簿
（公開版）

担当部	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 水素・アンモニア部

更新履歴

更新日	更新内容
2025 年 11 月 25 日	初版発行

目次

1. 事業全体概要 1

1.1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋 1
1.2. 目標及び達成状況 2
1.3. マネジメント 4
1.4. その他 10

2. 事業全体説明資料 11

3. 目標及び達成状況の詳細 57

3.1. 研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発 57
3.2. 研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発 109
3.3. 研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発 193
3.4. 調査委託事業 223

4. 添付資料 245

4.1. 基本計画 245
4.2. 特許・知財財産権リスト 261
4.3. 論文発表リスト 271
4.4. プレゼン・口頭発表リスト 292
4.5. その他発表・公表リスト 385

1. 事業全体概要

プロジェクト名	燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業 （経済産業省予算要求名称：水素社会実現に向けた革新的燃料電池技術等の活用のための研究開発事業）	プロジェクト番号	P20003
担当推進部/ プロジェクトマネージャー（ＰＭｇｒ）または担当者 及び経済産業省担当課	PMgr 2020年4月～2021年8月 次世代電池・水素部　原大周 2022年2月～2025年3月 水素・アンモニア部　後藤謙太 担当原課 経済産業省 エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 水素・アンモニア課		
０．事業の概要	本事業では、第6次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき 2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）及び水電解システムを実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発するとともに、従来以外の用途に展開するための技術並びに大量生産を可能とする生産プロセス又は検査技術等を開発します。		

1.1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

１．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	
1.1.1　本事業の位置付け・意義	第６次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき２０３０年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発するとともに、従来以外の用途に展開するための技術開発並びに大量生産を可能とする生産プロセス又は検査技術の取組を助成することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立する。
1.1.2　アウトカム達成までの道筋	事業終了時までに創出された成果をシステム系企業や材料系企が受け取り、2030年頃には市場へ提供される燃料電池・水電解システムへの採用を目指し、評価・量産技術の開発を進める。 2030 年頃に実用化・事業化された成果の普及拡大により、2040 年頃の温室効果ガスの削減および燃料電池システムの市場拡大に寄与する。
1.1.3　知的財産・標準化戦略	各テーマで実用化を見据えた知財戦略を策定し、関心表明企業との連携を推奨した。 提案段階から知財戦略を重視し、採択審査委員／継続可否評価委員として知財専門家を委嘱、その評価をもとに採択候補を決定した。 また、PEFC 評価解析プラットフォームで開発した MIX-Platform を活用し、各テーマ共通のデータベースを構築した。本事業では原則として各テーマ内の研究データはクローズ領域で管理した。事業終了時に秘匿性のないデータはオープン領域（事業内限り）へ移行して、次期事業において複数テーマ間での利活用が可能な設計とした。 本事業では国際標準化提案を見据えた検討は原則対象としていないものの、現状長期間かつ高額が必要となる高圧水素タンク試験の適正化・合理化にかかる検討を調査事業として推進。次期事業での本格検討へとつなげた。

1.2. 目標及び達成状況

<table>
<tr><td rowspan="3">1.2.1 アウトカム目標及び達成見込み</td><td colspan="3">我が国が強みを有する燃料電池分野の市場拡大に貢献する。具体的には、パリ協定に示される温室効果ガス排出２６．０%減（２０３０年）及び８０%削減（２０５０年）に、市場規模としてＦＣＶの２０３５年約３．４兆円、２０４０年約１２．６兆円、定置用燃料電池の２０３５年約０．５兆円、２０４０年約３兆円、ＦＣＶ・定置用燃料電池以外の新規システムの２０３５年約０．５兆円、２０４０年約０．９兆円に寄与する。</td></tr>
<tr><td>アウトカム目標</td><td>達成見込み</td><td>課題</td></tr>
<tr><td>市場規模としてＦＣＶの２０３５年約３．４兆円、２０４０年約１２．６兆円、定置用燃料電池の２０３５年約０．５兆円、２０４０年約３兆円、ＦＣＶ・定置用燃料電池以外の新規システムの２０３５年約０．５兆円、２０４０年約０．９兆円に寄与。
温室効果ガス排出２６．０%減（２０３０年）及び８０%削減（２０５０年）に寄与。</td><td>富士経済の 2025 年版市場予測によれば、2040 年における燃料電池車の市場規模は 14 兆円、業務・産業用燃料電池は0.9兆円、その他産業車両等は2.6兆円と事業開始当初とほぼ同等。本事業も含め当該分野の技術開発が着実に進展しており、競合技術も伸びる中で上記市場創出の流れに寄与している。
また、本事業参画企業や関連企業が GX サプライチェーン構築支援事業等を通して野心的な投資計画を発表しており、燃料電池・水電解市場の拡大の期待は高い。
これら状況からアウトカム目標の達成を見込む。</td><td>脱炭素化への取り組みにおける国際協調
燃料電池の高性能化、水素価格の低コスト化、水素ステーションの設置数増</td></tr>
</table>

1.2.2 アウトプット目標及び達成状況	研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」 ２０３０年以降のＦＣＶや業務・産業用燃料電池への実装を目指した技術を開発する。具体的には、ＰＥＦＣにおいては航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する要素技術を確立する。 ＳＯＦＣにおいては、発電効率６５%超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する要素技術を確立する。また、耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する。なお、上記目標値の実現に資する要素技術の確立が本事業の最終目標であり、開発された各要素技術を組み合わせた燃料電池システムの構築及び目標値の達成検証は民間独自で実施すべき事項であることから本事業では対象としない。 共通事項として、上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）及び低コスト化技術等を確立する。 研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」 ２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する。また、研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術の設計指針を確立するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする。 研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」

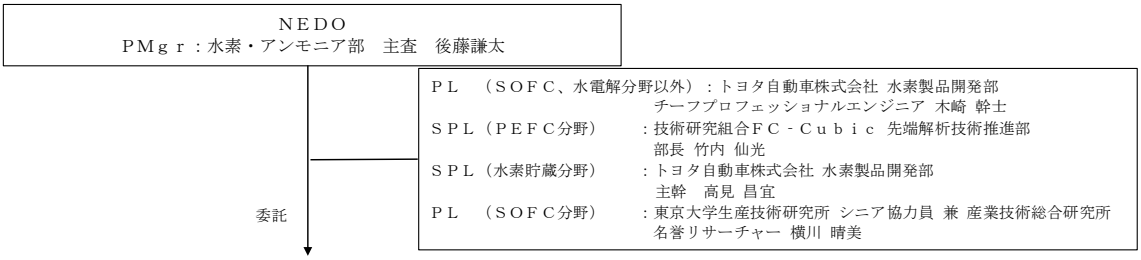
	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業等を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。また、燃料電池システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術を開発する。		
	研究開発項目Ⅰ		
	分野	達成度	達成の根拠
	PEFC	○	本目標を基にロードマップの中で要素技術毎の目標値（触媒活性、膜抵抗、ガス拡散抵抗等）にブレークダウン。各研究テーマにてこの目標値を実現する要素技術を開発した。なお、当初実施予定のなかった本事業成果を組み合わせた MEA の作製・評価にも挑戦し、2030 年目標に肉薄する性能は達成した。
	SOFC	○	企業の実用 SOFC スタックを用いて、通常の燃料利用率（Uf）75%程度よりも高い 80-85%の水準（効率 65%を見通す）で世界最長レベルである 2 万時間以上の耐久データを取得することに成功した。またこれらのデータをもとに性能表示式を構築し、セルスタックの内部抵抗変化を明らかにし、劣化メカニズム解明を行い 13 万時間の耐久を予測することに成功した。
	共通	◎	大型放射光設備を活用したマルチスケールでの液水可視化や触媒層可視化などの高度解析技術、高温での MEA 評価手法など多数の基盤技術を構築。また、評価プロトコルの策定や標準セルの開発・提供、FC-Dynamo の構築・提供など、成果を広く発信し当該分野の開発効率化に大きく貢献した。
	研究開発項目Ⅱ		
	分野	達成度	達成の根拠
	PEFC/SOFC	○	2035 年ロードマップ目標で掲げる 120℃30%RH 下で高いプロトン伝導性を有する電解質膜の開発に成功。また非貴金属触媒の高活性化にも取り組み、2035 年以降の飛躍に資する技術の基盤を構築した。
	水素貯蔵、水電解他	○	ロードマップで策定した水素貯蔵密度向上および低コスト化の目標につながる要素技術として、短期間で貯蔵密度 8.3wt%を導出する最適構造探索システムの開発や分割構造の成立性を予想精度 10%以内とする技術、耐炎化不要かつ低コスト原料から製造可能な炭素繊維技術を開発した。また、事業途中から水電解の要素技術開発にも着手し、市販触媒に比べて 10 倍以上の質量活性を有する PEM アノード触媒や PEM 型と同程度の性能を有する AEM セルの開発に成功した。
	研究開発項目Ⅲ		
	分野	達成度	達成の根拠
	共通	◎	船舶、建機、農業用トラクタ、ガントリークレーンの 4 種類について燃料電池を搭載した実機を開発し、実環境で要求通り作動することを実証した。これに加えてドローンや携帯基地局用電源としての成立可能性をシミュレーション等により明らかにした。 また、燃料電池や水電解の MEA・CCM・電解質膜・セパレータ等の生産技術を開発し大量生産の見通しをつけるとともに、GX サプライチェーン構築補助金等へ橋渡しした。

1.3. マネジメント

1.3.1 実施体制

プロジェクトリーダー等	プロジェクトリーダー（固体酸化物形燃料電池及び水電解以外の分野） トヨタ自動車株式会社 水素製品開発部 チーフプロフェッショナルエンジニア　木崎 幹士 プロジェクトリーダー（固体酸化物形燃料電池分野） 東京大学生産技術研究所 シニア協力員 （兼）産業技術総合研究所 名誉リサーチャー　横川 晴美 サブプロジェクトリーダー（固体高分子型燃料電池分野） 2020 年 11 月～2023 年 2 月 技術研究組合 FC-Cubic 先端解析技術推進部 部長 雨宮 一樹 2023 年 2 月～ 技術研究組合 FC-Cubic 先端解析技術推進部 部長 竹内 仙光 サブプロジェクトリーダー（水素貯蔵分野） 2022 年 6 月～2023 年 3 月 トヨタ自動車株式会社　水素製品開発部 水素貯蔵システム開発室 主幹　大神 敦幸 2023 年 3 月～ トヨタ自動車株式会社　水素製品開発部 水素貯蔵システム開発室 主幹　高見 昌宜 ステアリング委員（水電解分野） 中部大学 先端研究センター 特任教授　藤田 照典 ビック情報（株）コンサルティング部 顧問　　山松 節男

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」　実施体制図（２０２４年７月時点）



研究開発項目	研究開発テーマ名	委託先	技術分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	高温低加湿作動を目指した革新的低白金化技術開発	学校法人同志社 石福金属興業株式会社 国立大学法人東北大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人千葉大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	未踏合金カソード触媒の創製	国立大学法人京都大学 国立大学法人岩手大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	高効率・高出力・高耐久ＰＥＦＣを実現する革新的材料の研究開発事業	国立大学法人山梨大学 パナソニック株式会社 田中貴金属工業株式会社 日本化学産業株式会社 国立大学法人東北大学 国立大学法人大阪大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	ラジカル低減機能と燃料欠乏耐性を有するアノード触媒の研究開発	国立大学法人山梨大学 国立大学法人岩手大学 国立大学法人信州大学 国立大学法人東北大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	高耐久性を目指したラジカルクエンチャーの研究開発	学校法人上智学院	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	アナターゼ型ＴｉＯ２薄膜を活用した低接触抵抗・高耐久性セパレータ表面処理技術の開発	国立大学法人東京大学 学校法人中部大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	高効率・高出力・高耐久ＰＥＦＣを実現するＧＤＬ一体型フラットセパレータの研究開発	国立大学法人山梨大学 株式会社エノモト 国立大学法人大阪大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	高耐食性・低接触抵抗性を発現するＰＥＦＣステンレスセパレータコーティング技術の研究開発	国立大学法人名古屋工業大学 学校法人東京理科大学 国立研究開発法人物質・材料研究機構	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	導電性ナノファイバーネットワークによる自立MPLの研究開発	日本バイリーン株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	燃料電池セパレーター用ラミネート金属・高分子ナノコンポジット（ＮＣ）フィルムの研究開発	国立大学法人神戸大学 学校法人甲南学園 積水化学工業株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	固体高分子形燃料電池用接着シール技術の研究開発	国立大学法人東京工業大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立研究開発法人物質・材料研究機構 兵庫県公立大学法人 国立大学法人大阪大学 国立大学法人名古屋工業大学 埼玉県産業技術総合センター	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	燃料電池セパレーター製造プロセスの研究開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	燃料電池の耐久性向上に向けたフラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの研究開発	国立大学法人東海国立大学機構	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	燃料電池のプロセスインフォマティクス共通基盤の構築	国立大学法人東京大学 国立大学法人金沢大学 国立大学法人九州大学 株式会社堀場製作所	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	固体高分子形燃料電池生産時のエージングプロセスの現象解明	国立大学法人京都大学 技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ 公益財団法人高輝度光科学研究センター 国立大学法人九州大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	高速連続プラズマ成膜による耐食性に優れた低コストアルミセパレータの開発	株式会社プラズマイオンアシスト 株式会社エフ・シー・シー 国立研究開発法人物質・材料研究機構	ＰＥＦＣ関連分野

研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	評価解析プラットフォームマネジメント	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	長寿命化・高性能化達成のための設計シミュレーターの開発	国立大学法人京都大学 国立大学法人東北大学 国立大学法人九州大学 国立大学法人東京大学 国立大学法人東京工業大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	プラットフォーム材料の解析及び解析技術の高度化の技術開発	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ 公益財団法人高輝度光科学研究センター 国立大学法人京都大学 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 一般財団法人ファインセラミックスセンター 国立大学法人電気通信大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	電気化学的特性測定技術の研究開発	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ 山梨県	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	マテリアルズ・インフォマティクスによる燃料電池材料の研究開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（ＷＰ１　革新的高性能電極・部材の開発）	国立大学法人東北大学 国立大学法人京都大学 国立大学法人名古屋工業大学 一般財団法人ファインセラミックスセンター 株式会社ノリタケカンパニーリミテド	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（ＷＰ２　高効率・高出力密度セルの開発）	国立研究開発法人産業技術総合研究所 パナソニック　ホールディングス株式会社 国立大学法人九州大学 国立大学法人宮崎大学	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（ＷＰ３　セル評価・アプリケーション研究）	一般財団法人電力中央研究所 国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人横浜国立大学 国立大学法人東京工業大学	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の研究開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所 一般財団法人電力中央研究所 国立大学法人東京大学 国立大学法人京都大学 国立大学法人九州大学 国立大学法人東北大学 イムラ・ジャパン株式会社	ＳＯＦＣ関連分野

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」　実施体制図（２０２４年７月時点）

ＮＥＤＯ
ＰＭｇｒ：水素・アンモニア部　主査　後藤謙太

委託

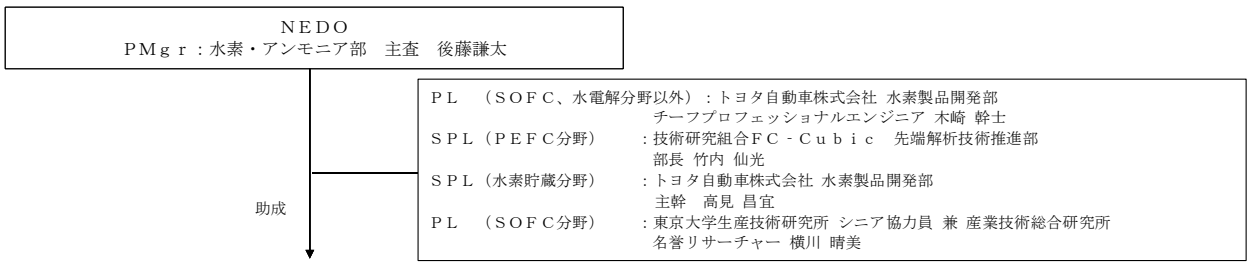
ＰＬ　（ＳＯＦＣ分野、水電解以外）：トヨタ自動車株式会社 水素製品開発部 チーフプロフェッショナルエンジニア 木崎 幹士
ＳＰＬ（ＰＥＦＣ分野）：技術研究組合ＦＣ‐Ｃｕｂｉｃ　先端解析技術推進部 部長 竹内 仙光
ＳＰＬ（水素貯蔵分野）：トヨタ自動車株式会社 水素製品開発部 主幹　高見 昌宜
ＰＬ　（ＳＯＦＣ分野）：東京大学生産技術研究所 シニア協力員 兼 産業技術総合研究所 名誉リサーチャー 横川 晴美

研究開発項目	研究開発テーマ名	委託先	技術分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	高分子形と酸化物形の技術融合による電極一体型次世代ＰＥＦＣの創製	国立大学法人九州大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	カーボンフリー白金合金ナノ粒子連結触媒とポリフェニレン系細孔フィリング電解質膜の開発および高電圧・高出力ＭＥＡへの展開	国立大学法人東京工業大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	広温湿度作動ＰＥＦＣを実現する先端的材料コンセプトの創出	国立大学法人山梨大学 日本化学産業株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	高性能・高耐久・低コストＭＥＡに向けた先端要素技術の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	十四員環型活性点の高活性化・高密度化による革新的白金・非白金触媒の研究開発	国立大学法人東京工業大学 国立大学法人熊本大学 トヨタ紡織株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	ＰＥＦＣ用イオン液体含侵型Ｐｔ／ＭＰＣ高活性・高耐久カソード触媒合成技術の研究開発	独立行政法人国立高等専門学校機構奈良工業高等専門学校 独立行政法人国立高等専門学校機構和歌山工業高等専門学校	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	イオン液体構造を有するアイオノマーによる革新的低白金技術の研究開発	独立行政法人国立高等専門学校機構鶴岡工業高等専門学校	ＰＥＦＣ関連分野

研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	機能性ナノファイバーフレームワークを基本骨格とする低コスト・高耐久性電解質複合膜の研究開発	東京都公立大学法人	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	高伝導無水系電解質膜の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	交流磁場誘起レーザー変位計を用いた金属異物非接触マイクロ断層検出システムの開発	学校法人名城大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	「湾曲グラファイト網面」をプラットフォームとする革新的カーボンアロイＰＥＦＣカソード触媒の研究開発	国立大学法人群馬大学 日清紡ホールディングス株式会社 国立大学法人千葉大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	触媒担体表面の化学修飾技術によるＰＥＦＣ超高機能界面の創出	国立大学法人大分大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	～１−ｎｍ白金系触媒の構造・組成制御に基づくＰＥＦＣカソード触媒の高活性化	学校法人東京理科大学 国立大学法人東北大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	スケーリング則を脱するカソード触媒の基盤研究：酸化物をベースとした非白金触媒の理解	国立研究開発法人物質・材料研究機構 国立大学法人東京大学 国立大学法人横浜国立大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	広い温度範囲で作動可能なリン酸固定型極薄ハイブリッド電解質膜の研究開発	国立大学法人豊橋技術科学大学 兵庫県公立大学法人	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	規則的ナノ細孔を活用した中温プロトン伝導膜の研究開発	株式会社デンソー 国立大学法人京都大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	燃料電池および水電解の革新的な生産技術に資する静電スプレー法に関する プロセス要素技術の研究開発事業	国立大学法人山梨大学 国立大学法人大阪大学 株式会社メイコー	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	酸高密度構造における新規プロトン伝導機構Ｐａｃｋｅｄ－ａｃｉｄ　ｍｅｃｈａｎｉｓｍを利用した、高温・加湿レスでも高いプロトン伝導性を示す電解質膜の研究開発	国立大学法人京都大学	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	高効率・高耐久・可逆作動ＳＯＦＣの研究開発	国立大学法人山梨大学	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	可逆動作型プロトン伝導セラミック燃料電池の新規な健全性評価・解析技術の開発	学校法人日本大学	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	低温作動水素透過膜支持型燃料電池の研究開発	国立大学法人北海道大学	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	可逆動作可能な固体酸化物燃料電池の可逆性と繰り返し安定性の向上	国立大学法人九州大学 特殊技研金属株式会社 国立大学法人北海道大学	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	固体酸化物形電気化学セル強靭化技術の開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人島根大学 国立大学法人京都大学 国立大学法人九州大学 イムラ・ジャパン株式会社	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	ＣＦＲＰ製水素タンクのマルチスケール設計・評価解析技術の研究開発	国立大学法人東京大学 国立大学法人筑波大学 学校法人日本大学	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	低コストと高性能を両立した炭素繊維の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構 国立大学法人九州大学	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	車載機器用高圧水素適合性高分子材料評価法およびデータベースの確立	国立大学法人九州大学 公立大学法人滋賀県立大学 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	移動式FC用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた先端技術開発	国立大学法人琉球大学 ハイドロラボ株式会社	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	革新的低コスト燃料電池自動車用高圧水素容器の健全性を保証するための非破壊検査，オンラインモニタリング，損傷許容技術の開発	国立大学法人東京工業大学 東京都公立大学法人	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	非ＦＷ／分割プリフォームおよび新規樹脂（ＲＥＤＯＸ硬化型樹脂）による高圧水素タンクの革新的ハイレート製造プロセスの開発	学校法人金沢工業大学 国立大学法人東京農工大学 学校法人日本大学 ミズノテクニクス株式会社	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	水素貯蔵効率向上に向けた水素タンクの研究開発	豊田合成株式会社 株式会社アツミテック	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	マルチロードパス構造による連装型水素タンクモジュールの研究開発	国立大学法人東京農工大学 国立大学法人東京大学 学校法人日本大学 学校法人金沢工業大学 東京都公立大学法人 国立大学法人東海国立大学機構	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	軽量液体水素タンク用高分子系ハイブリッド複合材料の研究開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	大型ＦＣＶ用液体水素貯蔵システム開発に向けた容器内液体水素挙動解明に関する研究開発	一般財団法人日本自動車研究所 国立大学法人東京大学 国立大学法人神戸大学	水素貯蔵分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	分割製造ＴＹＰＥ４高圧水素容器の最適設計のためのメゾ・マクロスケール解析に基づくボス・ドーム部強度高精度予測軸対称有限要素モデルの開発と実証	国立大学法人東京大学	水素貯蔵分野

研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	プロトン交換膜型水電解装置用革新的低貴金属担持アノード触媒の研究開発	国立大学法人山梨大学 日本化学産業株式会社 石福金属興業株式会社	水電解関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	革新的水電解用電極技術の研究開発	学校法人同志社	水電解関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	アニオン交換膜水電解装置の大面積化に備えたＭＥＡ開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所 学校法人早稲田大学 国立大学法人北海道大学 株式会社トクヤマ デノラ・ペルメレック株式会社 TOPPANホールディングス株式会社	水電解関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	出力変動対応、高電流密度域利用、高圧水素製造を可能とする高性能アニオン交換膜型水電解の研究開発	国立大学法人東京工業大学	水電解関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	常温水電解の実用化基盤研究プラットフォームの構築	国立大学法人横浜国立大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 国立大学法人京都大学 公立大学法人大阪 国立大学法人東京大学 学校法人立命館 デノラ・ペルメレック株式会社 国立研究開発法人物質・材料研究機構 技術研究組合ＦＣ‐Ｃｕｂｉｃ ＪＦＥテクノリサーチ株式会社	水電解関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	水電解用酸化マンガン系酸素生成（ＯＥＲ）触媒の運転方法・製造方法の確立と大型化へ向けた研究開発	東ソー株式会社 日本カーリット株式会社 国立研究開発法人理化学研究所	水電解関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	マテリアルズインフォマティクスによるＰＥＭ型水電解装置の非貴金属化の研究開発	国立大学法人北海道大学 国立研究開発法人物質・材料研究機構 国立大学法人熊本大学 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学	水電解関連分野
研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	アニオン膜型アルカリ水電解セルの要素研究と実用化技術の確立	国立大学法人山梨大学 パナソニック ホールディングス株式会社 タカハタプレシジョン株式会社 日本化学産業株式会社 富士電機株式会社	水電解関連分野

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」　実施体制図（２０２４年７月時点）



研究開発項目	研究開発テーマ名	助成先	技術分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	低コスト高効率化技術を用いた燃料電池システムによる多用途活用技術開発	株式会社デンソー	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	多用途展開可能なクラウド対応型燃料電池（ＦＣ）発電モジュールの開発	株式会社豊田自動織機	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	燃料電池システムを搭載した油圧ショベルの研究開発と実証検証	コベルコ建機株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	商用運航の実現を可能とする水素燃料電池船とエネルギー供給システムの開発・実証	岩谷産業株式会社 関西電力株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	燃料電池搭載農業用トラクタの実用化に向けた実証研究	株式会社クボタ	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	高性能ＳＯＦＣスタックおよびエネルギーマネジメント連携によるドローン等実用化技術開発	日産自動車株式会社 株式会社アツミテック 株式会社プロドローン インテグレーションテクノロジー株式会社	ＳＯＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	カーボンと樹脂の複合材料を用いた燃料電池セパレータ高生産性技術開発	トヨタ車体株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	高信頼性炭化水素系電解質膜の革新的ＣＣＭ生産技術開発	東レ株式会社	ＰＥＦＣ関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	高圧方式に適した大型アルカリ水電解装置及びセパレータの開発	株式会社日本触媒 株式会社トクヤマ	水電解関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	ＰＥＭ形水電解向け大面積ＣＣＭ 量産製造技術開発	株式会社ＳＣＲＥＥＮファインテックソリューションズ	水電解関連分野
研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	高生産性・低環境負荷・低コストを実現する炭化工程を必要としないＧＤＬの技術開発	株式会社巴川製紙所	水電解関連分野

1.3.2　受益者負担の考え方

1.3.2　受益者負担の考え方	研究開発項目Ⅰ及び研究開発項目Ⅱは、技術成熟度が低い基礎的なフェーズかつ業界の協調領域であるとともに未だ黎明期の燃料電池市場において民間独自での取組は困難であることから委託事業とする。 また、研究開発項目Ⅲは実用化に向けて民間がリスクを取りつつ推進されるべき事業であることから、助成事業（NEDO 負担率：1/2）とする。

1.3.3　研究開発計画

事業費推移 [単位:百万円]	主な実施事項	2020F	2021FY	2022F	2023F	2024FY	総額
	研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発	3,288	4,369	5,844	3,842	3,909	21,252
	研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発	917	1,568	1,886	2,133	2,300	8,804
	研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発	494	917	1,386	1,260	1,264	5,321
	事業費	2020F	2021FY	2022F	2023F	2024FY	総額
	会計（特別）	5,032	6,387	8,548	7,722	7,374	35,063

情勢変化への対応	産業界等との議論や社会情勢を踏まえ重点課題を設定し、追加公募を実施	
中間評価結果への対応	問題点・改善点・今後に向けた提言	対応
	PEFC と SOFC といったテーマ間における相互の情報共有と連携にも期待する。	成果報告会等の場で双方の実施内容を共有。特に解析技術に関しては PEFC,SOFC,水電解での共通化・効率化を図る体制を議論して次期事業へ反映。
	知財に関するオープン・クローズを基本とするアプローチにおいて、特に秘匿性が高い情報を敢えて公表しないことは重要であるが、既に学会で発表されている成果の知財出願がゼロであったり予定がなかったりするケースもみられるため、知財運営委員会等でよく議論することが望まれる。	PL 意見交換等の進捗確認時に想定実用化時期を踏まえた出願方針を確認するとともに、実用化企業（LOI 等）との議論・連携を促し、実用化・事業化目線で知財運営委員会で議論することを意識づけた。
	燃料電池の多用途活用の社会実装実現にはユーザーの運用方法に合わせた水素供給方法及び必要に応じた規制合理化の検討も研究開発と並行して進めることが、普及の障害を取り除くひとつの手段になると考える。	本事業成果も踏まえ、参画企業が JH2A 等の業界団体の枠組みにて議論。水素普及拡大に向けた規制合理化に関する取り組みは「競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業」で対応する。また、自動車以外の燃料電池モビリティの合理化に向けて自動車の知見を NEDO がつなぎ役となり事業者へ提供。
	我が国は優れた製品を生み出す技術は有しているが、量産や価格面で国際競争に負けるケースがみられるため、普及に向けて本体及びメンテナンス等の運用コストの低減も不可欠と考える。	オールスターFC の枠組みの中でコスト低減に資する生産技術やシール部材の技術課題を検討し、追加公募によりテーマ採択。また、ロードマップ調査にて米国のコスト調査を分析し、詳細なコストブレークダウンの足掛かりを作った。（次期事業にて本格調査を開始）
	当面の課題のみならず、より長期的な視点によるテーマの設定や、技術の底上げとしてより多くの中小企業等もこの分野に参入することが望まれる。	ロードマップやシンポジウムを通した技術開発の方向性の発信、評価プロトコルやシミュレーションの提供による参入障壁低減に取り組んだ。また、生産技術の分野では中部経済産業局と連携して中小企業向けワークショップを開催し異分野の取り込みを図った。（NEDO 中小企業支援プログラムにてテーマ採択）

評価に関する事項	事前評価	2019 年度実施　　担当部　次世代電池・水素部
	中間評価	2022 年度　中間評価実施
	終了時評価	2025 年度　終了時評価実施

1.4. その他

投稿論文	「査読付き」483 件、「その他」31 件	
特　　許	391 件（うち国際出願 89 件）	
その他の外部発表（プレス発表等）	適切なタイミングで適宜実施（詳細は「4.6 その他発表・公表リスト」を参照）	
基本計画に関する事項	作成時期	2020 年 2 月　作成
	変更履歴	2022 年 3 月 改訂 研究開発項目Ⅱ（４）内の実施内容に水電解を追加。 2023 年 2 月 改訂 研究開発項目Ⅱに（３）水電解高度化のための技術開発を追加。 2024 年 2 月 改訂 「事後評価」を「終了時評価」に、「および」を「及び」に修正。 2024 年 7 月 改訂 部署名を「水素・アンモニア部」に変更

2.　事業全体説明資料

資料３

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」（終了時評価）
（2020年度～2024年度　5年間）

プロジェクトの説明（公開）

NEDO
水素・アンモニア部

2025年 11月25日

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業

事業の背景・目的

燃料電池システムおよび水電解システムの本格的な普及へ向け、公的機関であるＮＥＤＯがハブとなり、製品化を担う燃料電池メーカー等の共通的な技術課題を抽出。そのうち、個別企業では対処困難な、２０３０年以降を見据えた中長期的な基礎研究課題を対象に、我が国の研究機関等へ研究を委託する。

燃料電池システムおよび水電解システムの飛躍的な利用拡大を目指して、従来とは異なる用途への展開や生産性向上に向けた取組を助成する。



事業の概要

◆ 事業期間：2020年度～2024年度(5年間)
◆ 実績額：約350億円（5年間）

●20年度採択	●21年度採択	●22年度採択	●23年度採択
委託：39テーマ 助成：7テーマ	委託：17テーマ 助成：7テーマ	委託：14テーマ 助成：3テーマ	委託：12テーマ 助成：2テーマ

研究開発目標（最終目標）

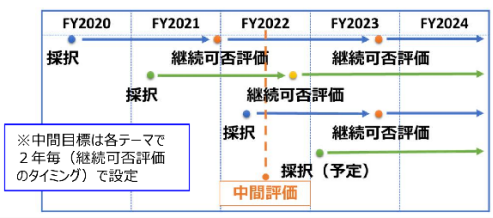
アウトカム目標	委託事業は、燃料電池車の市場規模は2035年に約3.4兆円、2040年に約12.6兆円、定置用燃料電池の市場規模は2035年に約0.5兆円、2040年に約3兆円と推定され、ここへ貢献。助成事業は、これに加えて自動車を除く移動体やその他新規システムの市場は2035年に0.5兆円、2040年に3兆円と拡大傾向であり、ここへ貢献。また、パリ協定に示される温室効果ガス排出26%削減@2030年及び80%削減@2050年に貢献。
出口戦略（実用化見込み）	事業終了後（2024年以後）、材料メーカー等は事業成果を活用して数年間は、触媒、電解質膜及びシール材等の自主研究に着手。 これら材料メーカー等は2020年代後半から燃料電池メーカーへ材料の市販を開始、燃料電池メーカーにおける数年間の量産化開発経て、2030年以降の自動車用燃料電池等への実装を目指す。 国際標準化提案：無／第三者データ提供：無
グローバルポジション	プロジェクト開始時：ＬＤ　→　プロジェクト終了時：ＬＤ 我が国は伝統的に電気化学分野に強みを有するが、欧米の政府は当該分野に集中的に資金を投入しており、今後も我が国がＬＤを維持するためには国が積極的にアシストする必要がある。 現在世界中で自動車等の従来以外の用途への燃料電池の展開に向けた実証が推進されているが、我が国では同様の取組は為されていない。

研究開発目標

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（委託事業）	
PEFC	航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する
SOFC	発電効率６５%超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立する。耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する
共通	上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）および低コスト化技術等を確立する
研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（委託事業）	
PEFC/SOFC	研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術の設計指針を確立するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする
水素貯蔵他	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する
研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」（助成事業）	
共通	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。燃料電池／水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。

研究開発スケジュール

・産業界ニーズや研究開発動向を踏まえ毎年度公募を実施
・採択したテーマは2年毎に評価し継続可否を判断するステージゲート方式を採用



1

◆事業の概要

◆ **事業期間：** 2020年度～2024年度(5年間)
◆ **事業規模：** 350億円程度（5年間）
◆ **NEDO負担率：**
委託事業 ［NEDO100%負担］
助成事業 ［NEDO50%以内負担］
◆ **研究開発課題：**

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」
・2030年以降のFCVや業務・産業用燃料電池への実装を目指した技術の開発。

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」
・2030年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術や水電解などのその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術の開発
・研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術

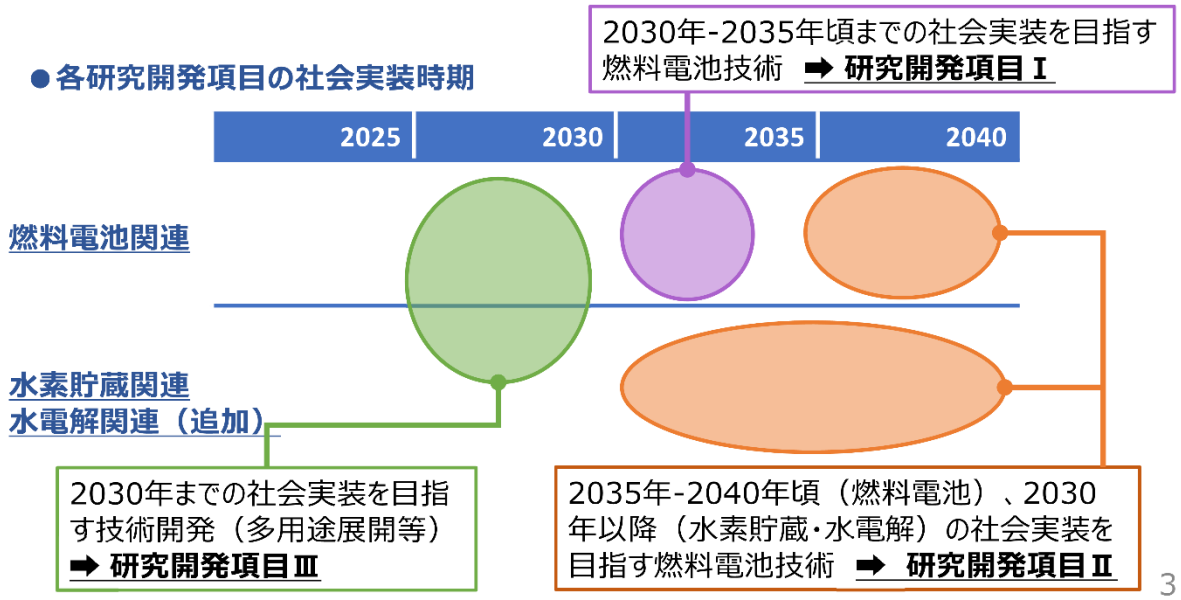
研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」
・2030年までの燃料電池の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業等
・燃料電池システム、水電解システムのコスト低減を実現するための革新的な生産技術や周辺機器、これらを含めたシステム化技術等の研究開発

2

0．事業概要

◆事業の概要

➢ 燃料電池に直接紐付く技術は、技術フェーズで研究開発項目を以下の通り分類
➢ 水素貯蔵＆水電解分野は、研究開発項目Ⅱでどちらのフェーズも包含



3

◆事業の概要

●実施のポイント

- 研究テーマは産業界のユーザーニーズに対応したもの。純粋基礎研究は対象外。
- 成果の技術移転先たるユーザー企業を明確化。 ➡関心表明書（LOI）
- 社会実装を出口として意識したマネジメントを推進。 ➡PL意見交換等
- 電気化学には知見が少ないが有望な新規の材料研究者等の参入を促すと共に、我が国の材料研究データを蓄積して開発力を強化するため、共通的な指標で材料を評価、解析し、その結果を解釈して研究者に向けて材料設計指針をフィードバックするPEFC評価解析プラットフォームを構築。
- 各研究グループ※にはGL（グループリーダー）を設定し、責任と権限を明確化。
- 関係するテーマ間の連携や知の共有を積極的に推進。
- ２年毎にテーマ継続可否を審査。

※研究グループとは個別の研究テーマを実施するグループのこと



4

報告内容

		ページ構成
1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	※本事業の位置づけ・意義 (1)アウトカム達成までの道筋 (2)知的財産・標準化戦略	・事業の背景・目的・将来像 ・政策・施策における位置づけ ・外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など） ・他事業との関係 ・アウトカム達成までの道筋 ・知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略 ・知的財産管理
２．目標及び達成状況	(1)アウトカム目標及び達成見込み (2)アウトプット目標及び達成状況	・実用化・事業化の考え方 ・アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み ・アウトプット目標の設定及び根拠、達成状況 ・研究開発成果の副次的成果等 ・特許出願及び論文発表
３．マネジメント	(1)実施体制 (2)研究開発計画・進捗管理	・NEDOが実施する意義 ・実施体制 ・個別事業の採択プロセス ・予算及び受益者負担 ・研究データの管理・利活用 ・研究開発のスケジュール ・目標達成に必要な要素技術 ・進捗管理（研究開発マネジメント） ・進捗管理：動向・情勢変化への対応 ・進捗管理：事前/中間評価結果への対応 ・進捗管理：成果普及への取り組み

5

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	※本事業の位置づけ・意義 (1)アウトカム達成までの道筋 (2)知的財産・標準化戦略	• 事業の背景・目的・将来像 • 政策・施策における位置づけ • 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など） • 他事業との関係 • アウトカム達成までの道筋 • 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略 • 知的財産管理
2．目標及び達成状況	(1)アウトカム目標及び達成見込み (2)アウトプット目標及び達成状況	• 実用化・事業化の考え方 • アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み • アウトプット目標の設定及び根拠、達成状況 • 研究開発成果の副次的成果等 • 特許出願及び論文発表
3．マネジメント	(1)実施体制 (2)研究開発計画・進捗管理	• NEDOが実施する意義 • 実施体制 • 個別事業の採択プロセス • 予算及び受益者負担 • 研究データの管理・利活用 • 研究開発のスケジュール • 目標達成に必要な要素技術 • 進捗管理（研究開発マネジメント） • 進捗管理：動向・情勢変化への対応 • 進捗管理：事前/中間評価結果への対応 • 進捗管理：成果普及への取り組み

6

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋　（0）本事業の位置づけ・意義

◆事業実施の背景と事業の目的

脱炭素化が世界的な課題

燃料電池は発電効率が高く、水素を燃料とした場合、温室効果ガスを排出しないクリーンなエネルギーデバイス

CO2排出量の多い運輸部門や民生部門において燃料電池への期待が大きい

事業の目的

- **燃料電池の自律的な普及拡大に向けて更なる高性能化、高耐久化、抵コスト化に資する要素技術を開発し、産業界へ橋渡しする**
- **これまで実用化されてきた自動車や定置用以外の様々な用途への燃料電池の展開につながる技術を確立する**

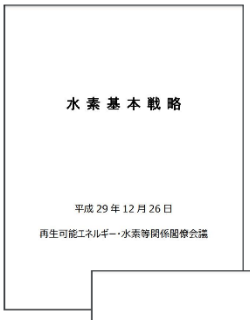
7

◆政策的位置付け：本プロジェクト開始前

水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

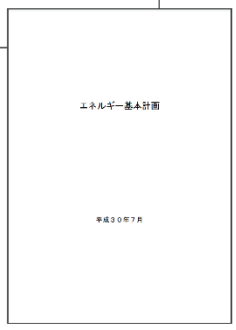
2017年12月：水素基本戦略策定

・世界で初めてとなる「水素」に関する国家戦略
・その中で燃料電池も重要な位置づけとして記載
　－乗用車やトラックなどのモビリティへの適用
　－その他様々なアプリケーションへの展開
　－分散型電源や高効率な熱電供給としての期待



2018年7月：第5次エネルギー基本計画

・「水素社会」の実現に向けた取組の抜本強化が掲げられ、燃料電池を活用した省エネルギーの推進やモビリティにおける水素利用の加速に言及



2019年3月：水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂

・水素基本戦略や第5次エネルギー基本計画を踏まえた具体的なアクションプランを策定（次頁）

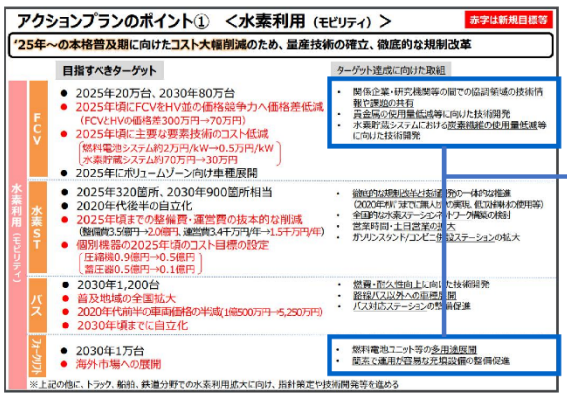
8

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋　（０）本事業の位置づけ・意義

◆政策的位置付け：本プロジェクト開始前

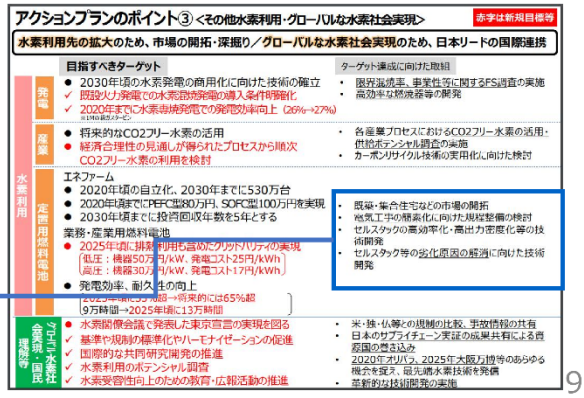
水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

○水素・燃料電池戦略ロードマップ



●モビリティ（FCVなど）

- 協調領域の技術情報や課題の共有
- 貴金属の使用量低減、水素貯蔵システムの技術開発
- 燃料電池ユニットの多用途展開



●定置用燃料電池

- 高効率化・高出力密度化等の技術開発
- 劣化原因の解消に向けた技術開発

9

◆政策的位置付け

水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

2020年10月：菅首相2050年カーボンニュートラル宣言

2021年6月：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略改訂

・水素は重点分野の一つに位置づけ
・需給一体での取組により、導入量の拡大と供給コストの低減を目指す
・革新的燃料電池の開発や多用途展開も工程表に記載

2021年10月：第6次エネルギー基本計画

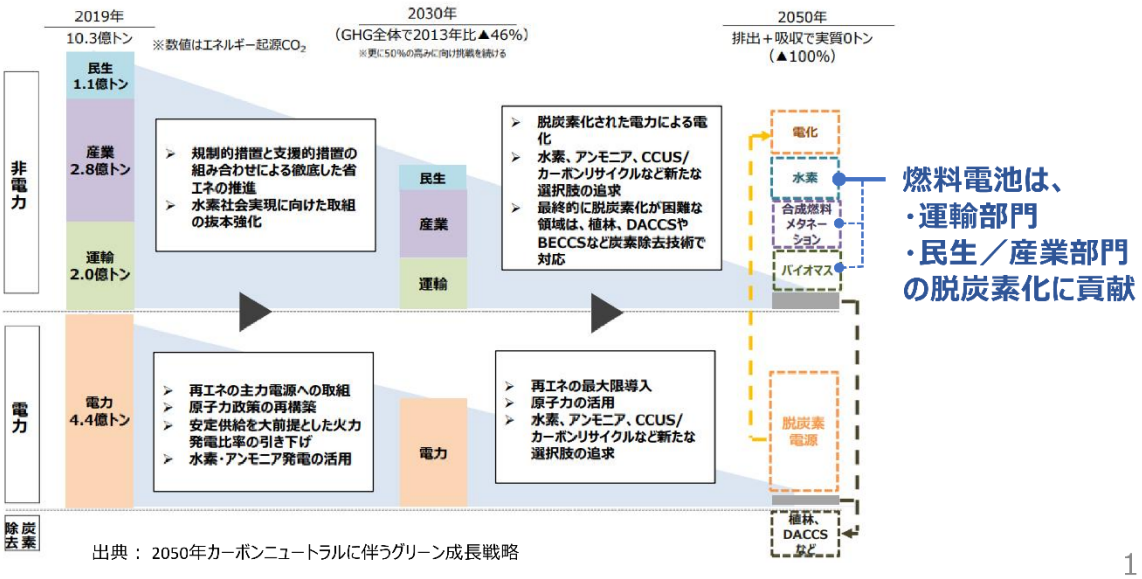
・水素をカーボンニュートラルに必要不可欠な二次エネルギーと位置づけ
・日本の競争優位を維持し、燃料電池のコスト低減を通じた社会実装を実現する観点から、官民一体となった以下取り組みの重要性に言及
① 基礎研究を含む要素技術の研究開発強化
② 多用途展開支援及び設備投資促進に伴う供給能力強化を通じた規模の経済の活用
③ 協調領域での標準化を含むＦＣメーカー等の更なる協力関係構築

１．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋　（０）本事業の位置づけ・意義

◆政策的位置付け

水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略



出典：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

燃料電池は、
・運輸部門
・民生／産業部門
の脱炭素化に貢献

◆政策的位置付け

水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

2023年2月：GX実現に向けた基本方針

2023年6月：水素基本戦略改訂

・燃料電池の技術開発の方向性：現状の燃料電池で対応できる以上の高温対応（最大120℃）を実現し、・・・さらに、その基盤となる一企業や一大学では抱えきれない専門的な試験設備・分析設備などは、共用化を前提に技術研究組合 FC-Cubic など各地の水素研究拠点に整備を行っていく。

2024年5月：水素社会推進法成立

2025年2月：第7次エネルギー基本計画閣議決定

・水素等（アンモニア、合成メタン、合成燃料を含む）は、幅広い分野での活用が期待される、カーボンニュートラル実現に向けた鍵となるエネルギー

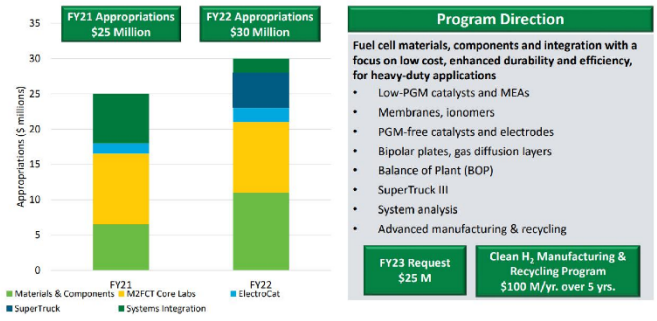
・我が国においても、技術開発により競争力を磨くとともに、世界の市場拡大を見据えて先行的な企業の設備投資を促していく

12

◆国内外の研究開発の動向と比較

米国

- DOEが技術開発プロジェクトを主導。 ➡2022年度の燃料電池R＆D予算は30M$（前年度より5M$増）
- 車載用PEFC として商用車のコスト分析を背景として、高耐久電解質膜、白金使用量低減が大きなテーマとなっており、コアシェル触媒や非白金触媒の開発を推進。
- アルカリ形燃料電池（AEMFC）や可逆燃料電池（RFC）等の長期間にわたる開発テーマも研究推進。
- 定置用SOFCは、NETL※主導のもとSOFCの研究開発が進められ、材料開発からセルスタック、システムの開発・実証まで取り組む。
  ➡2021年度予算は30M$
- 特に実証には企業が参画して取り組みを加速。



出典：DOE Annual Merit Review 2022

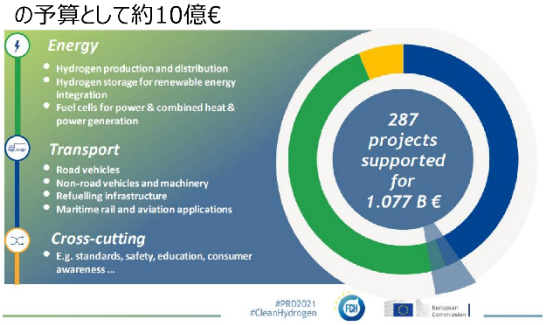
※National Energy Technology Laboratory

中国

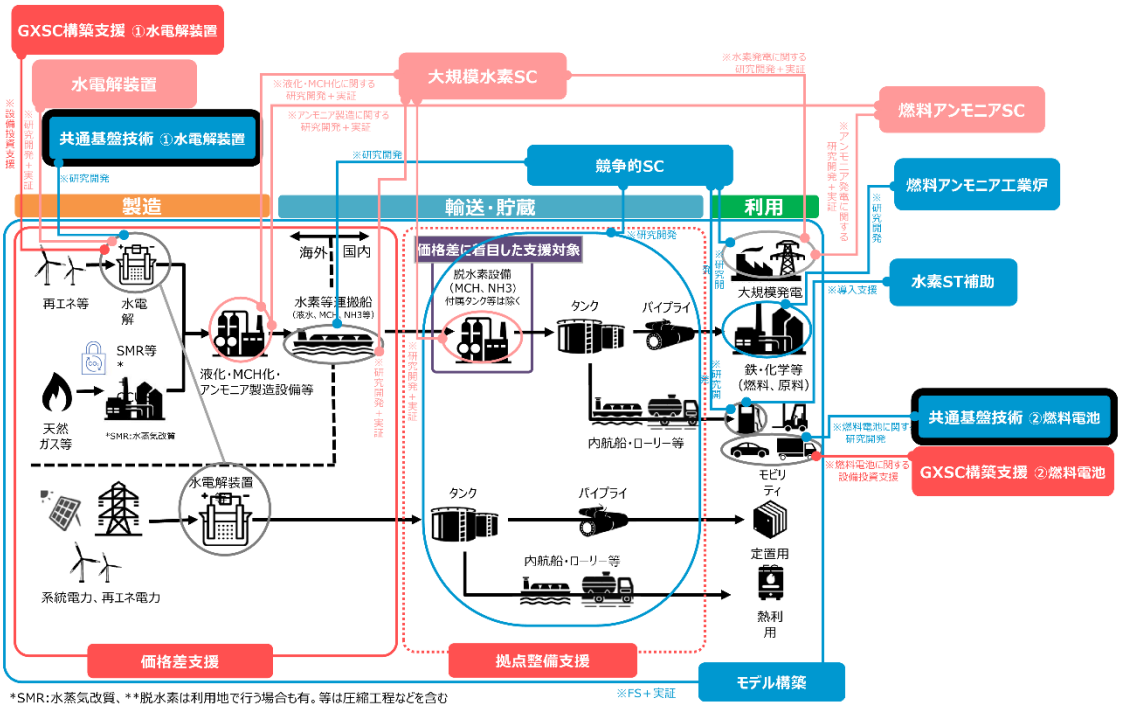
- 「第13次5カ年計画戦略的進行産業発展計画」（2016～2020）で燃料電池の研究開発を支援。基礎研究（FC 主要材料・部材の研究開発）、応用技術研究（スタックの性能向上、FC システムの高出力・高耐久化、車両統合システムプラットフォーム開発）を推進。➡2022年に14次5カ年計画を策定
- 2018年以降、上記国家計画などの政策に含まれる重点分野「水素エネルギー技術開発」において、燃料電池部材やシステム補機の海外依存からの脱却を目標として、MEA やセパレータの製造技術、空気コンプレッサ、水素循環ポンプの開発が重点課題。
- 2021年末までに、北京、上海、広東の3大モデル都市群が相次いで正式にスタートし、鉱石鋼材の輸送、建築材料の輸送、完成車物流など18以上の応用目的に向け、燃料電池車両が累計2万台を超え、水素ステーション建設が306カ所を超える計画となっている。

13

◆国内外の研究開発の動向と比較

欧州	● FCH2JU（Clean Hydrogen JU）の研究開発プログラムにおいて、燃料電池のR＆Dや実証事業を推進。 ➡2021年度の水素全体（燃料電池以外も含む）の予算として約10億€ ● 車載用PEFC の研究開発においては、非白金触媒などの材料開発のみならず、セル評価手法の標準化や周辺機器の改良、材料評価＋モデリング・検証による大量生産を見据えた部材・スタックの設計・製造技術の検討等も行われている。 また、車載用だけでなく、鉄道、船舶、航空機などの多用途展開も指向している点が特徴。 ● 2021年からは産学官連携で商用車向け標準FCモジュール開発、高性能・高耐久MEA開発もスタート。  出典：FCHJU Programme Review Days 2021 ● 定置用FCでは、家庭用を指向した小型のSOFC システムから業務用を志向したμ-CHP、数MW 級SOFCの開発・実証だけでなく、診断技術の開発等も推進。
韓国	● 産業通商資源部（MOTIE）は2020年、「水素燃料電池トラック改造技術開発と実証事業」の推進として、電気・動力部品の国産化R&D事業を実施、さらに、2023年までの期間で大型燃料電池トラックの電気動力を構成する350～400kW級駆動モータと動力伝達装置の技術開発を開始。 ➡2020年度のMOTIEのR＆D予算は約46億円 ● MOTIEを含む3 省庁は、現代自動車および主要な国内物流事業との間で「水素燃料電池トラックの配備の実証に関する覚書」を締結、2022 年までの2 年間で実証を実施。

◆水素・アンモニアサプライチェーンにおける技術開発および普及支援の全体像（経済産業省／NEDOにおける水素全般施策）



◆NEDOにおける水素に関する技術開発プロジェクトの位置づけ

	共通基盤　技術開発	要素技術の研究開発～技術実証	大規模化・商用化実証
つくる	**燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業** 2030年以降の実装を目指した水電解分野の共通基盤・要素技術開発	・生産技術・システム化技術等 **水素社会構築技術開発事業** ・再エネ由来電力等による水素製造技術開発（FH2R） **燃料アンモニア利用・生産技術開発** ・ブルーアンモニア製造技術	**グリーンイノベーション基金事業** ・水電解装置の大型化技術等の開発、グリーンアンモニア製造実証 ・水電解装置の性能評価技術の確立
はこぶ・ためる		**競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業** ・水素・アンモニアサプライチェーン構築に向けた要素技術の更なる高度化、低コスト化、多様化に向けた技術開発 「大規模水素サプライチェーンの構築」 「需要地水素サプライチェーンの構築」 「水素ステーションの低コスト化・高度化」 ・国内規制適正化、国際標準化 ・材料・製品の品質評価、安全評価等	・水素輸送技術等の大型化・高効率化技術開発・実証 ・革新的な液化、水素化、脱水素技術の開発 ・液化水素関連材料評価基盤の整備
つかう	**燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業** 2030年以降の実装を目指した燃料電池＆水素貯蔵分野の共通基盤・要素技術開発	**燃料アンモニア利用・生産技術開発** ・工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発 ・生産技術・システム化技術等	・水素・アンモニア発電技術（混焼、専焼） ・水素・アンモニア燃料船、次世代航空機の開発、燃料電池商用車走行・運用実証 ・水素還元製鉄、CO2等を用いた燃料製造技術開発・プラスチック原料製造技術開発
モデル実証		**水素社会構築技術開発事業（地域水素利活用技術開発）** ・地域で水素を利活用するためのポテンシャル調査、水素社会のモデル構築実証	
		脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国技術の国際実証事業	

◆他事業との関係

●JST・GteX事業とも経産省・文科省ガバニングボード等を通じて、両FA間で連携して事業を推進

・事業間の情報共有および連携促進を目的として経産省・文科省ガバニングボードを設置

・NEDO・JST担当者間での協議も定期的に実施

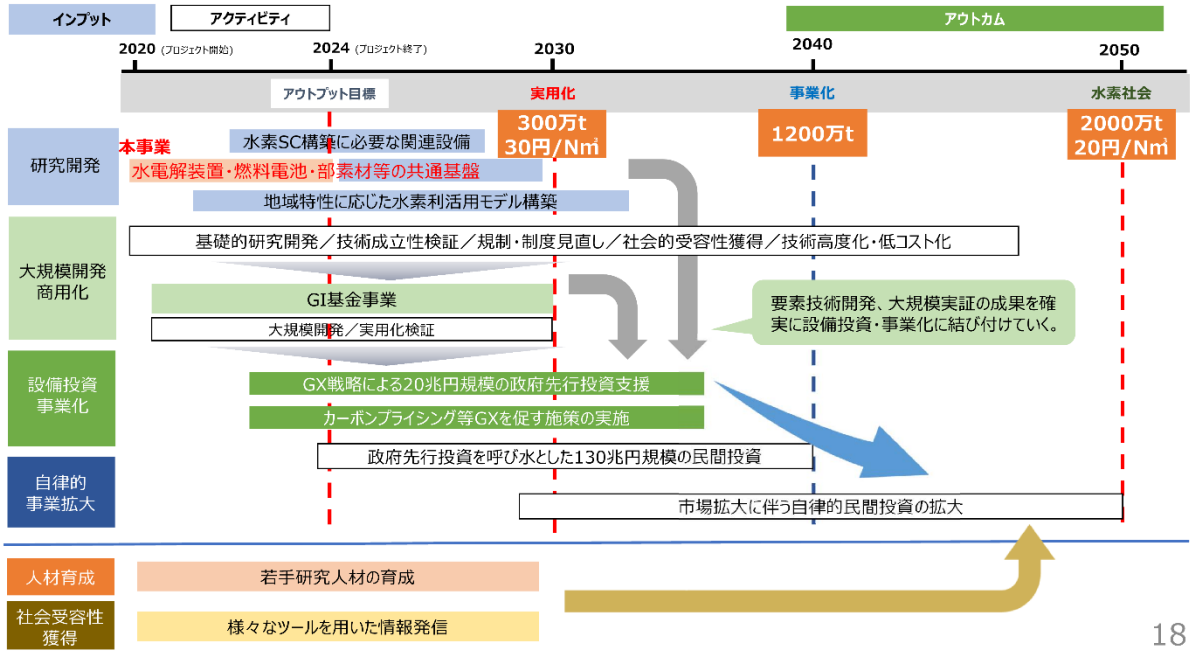
・以下連携を推進・議論中
- 研究機器の相互活用（実施済み）
- 具体的な分野での情報交換（実施済み）
- 解析技術の相互活用（議論中）
- 取得データの相互活用／DX・MIの促進（議論中）
- 有望な研究開発テーマ・成果の共有



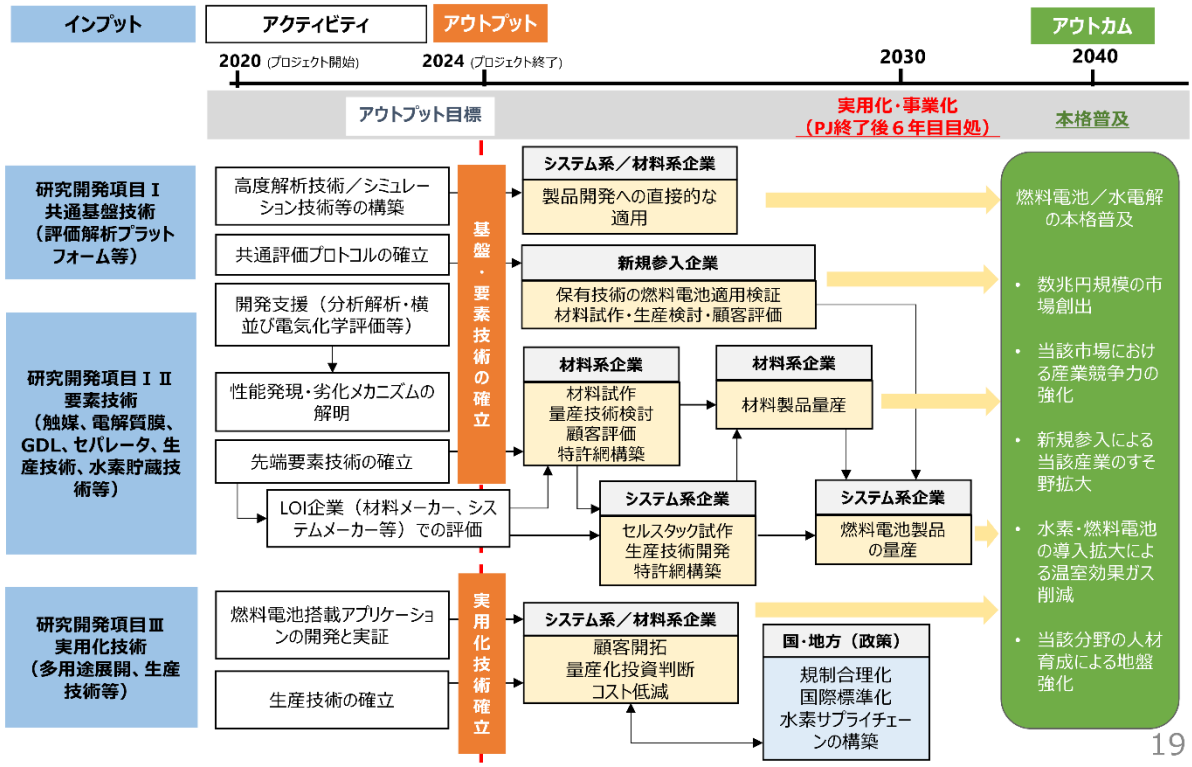
出典：JSTホームページ

◆NEDO水素関連事業全般におけるアウトカム達成までの道筋

●大規模開発／実証や設備投資支援、価格差支援、その他各種施策等を通じて、研究開発事業で得られた成果を社会実装へとつなげていく。



◆本事業におけるアウトカム達成までの道筋



◆本事業におけるアウトカム達成までの道筋

●公募・採択、研究開発の進捗管理、継続可否評価まで一貫して実用化・事業化を意識したマネジメントを推進

○委託事業

産業界ニーズに沿った要素技術の確立 ➡ 産業界へ如何に橋渡しするか

産業界の意向・熱意の確認	課題共有会／ロードマップ策定
産業界のニーズに沿ったテーマを採択	関心表明書（LOI）のルール整備
実用化を見据えた技術育成	PL意見交換／評価解析PF
開発成果の有用性をPR	評価解析PF／成果報告会

産業界への発信・交流を促進

- 燃料電池自動車や家庭用燃料電池、産業用燃料電池を世界に先駆けて事業化
- 依然、我が国産業界は燃料電池分野での世界的なトップランナー
- しかしながら、各製品領域にて各国の追い上げが急務

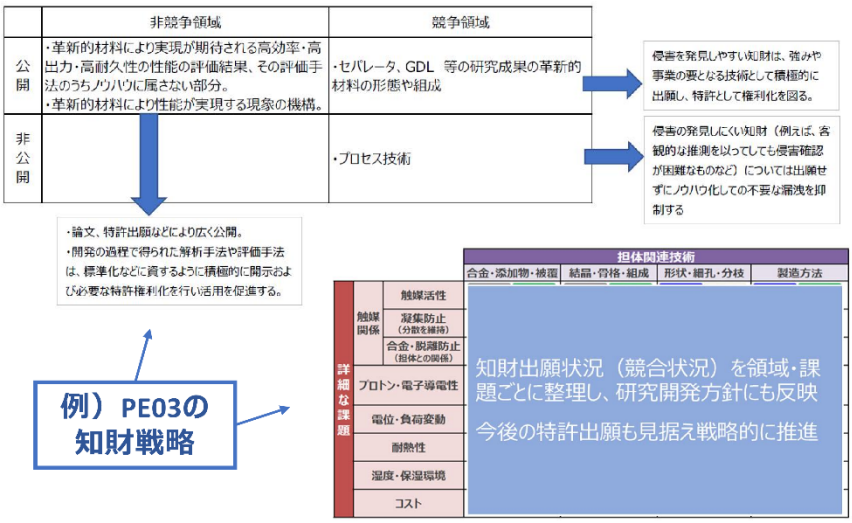
➡ カーボンニュートラルの実現に向けて市場が拡大、競争力維持に向けた取り組み

◆知的財産権等に関する戦略

●各テーマで実用化を見据えた知財戦略を策定、関心表明企業との連携を推奨
●提案段階から考え方の説明を求め、採択審査委員／継続可否評価委員として知財専門家を委嘱

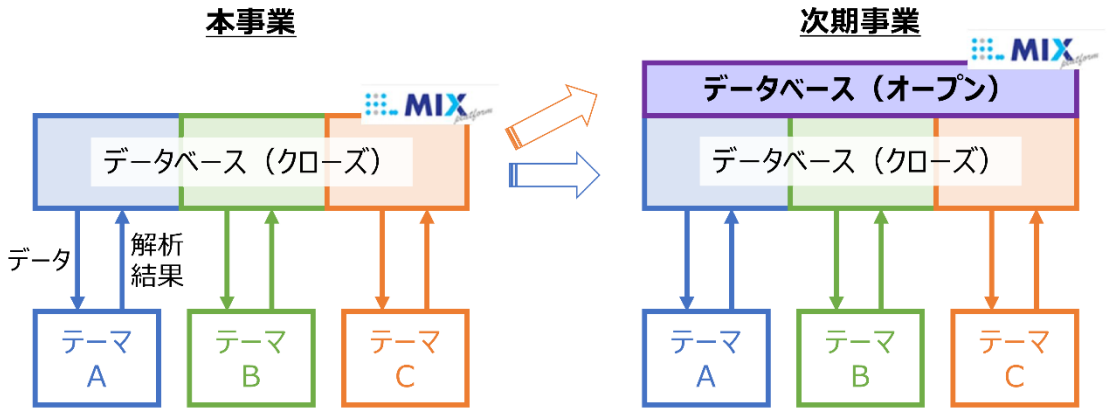
●基本方針

- **知財マネジメント基本方針に従い、知財合意書や知財運営委員会規則をテーマ毎に策定**
- **関心表明企業への権利移転等も念頭に出願方針を検討**
- **PL意見交換や継続可否評価にて、出願方針や懸念事項等を確認して推進**



◆知的財産権等に関する戦略（研究データのオープン・クローズ）

- 本事業では原則として各テーマ内の研究データはクローズ領域に管理
- 事業終了時に秘匿性のないデータはオープン領域（事業内限り）へ移行して、自事業において複数テーマ間での利活用が可能な設計とした



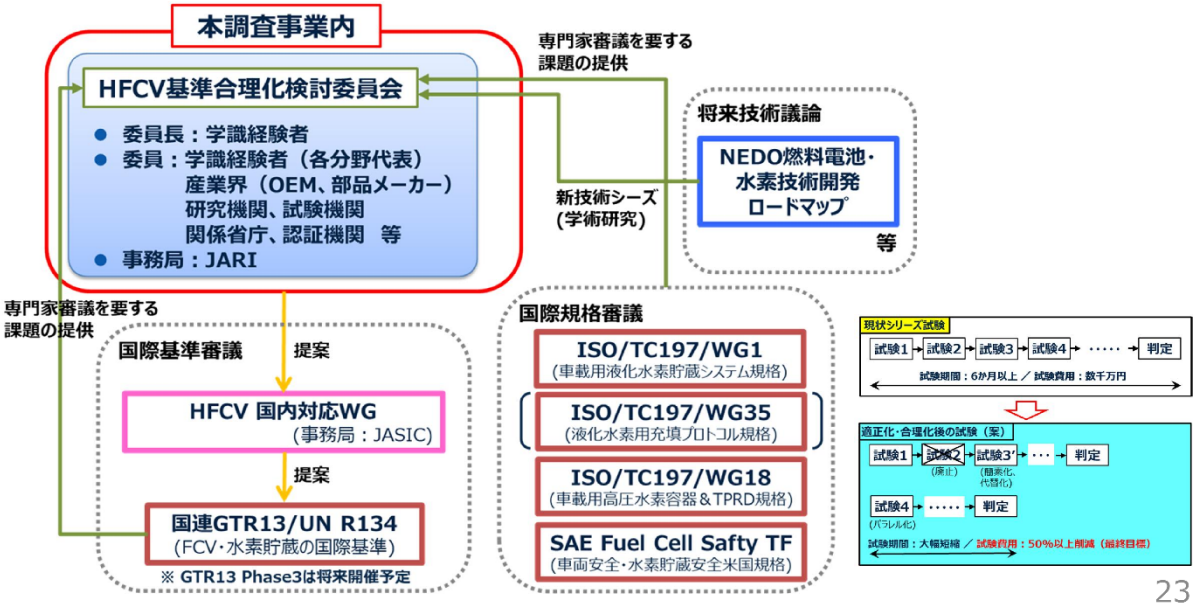
- 次期事業ではマテリアルズインフォマティクスによる研究加速のため、特許出願／論文発表等が対応が完了したデータはオープン領域に格納することをルール化
- 論文や特許等の大量データを自然言語処理により抽出しオープン領域に格納する構想（本事業にてその基盤技術を構築）

22

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋　（２）知的財産・標準化戦略

◆標準化に関する戦略

- 本事業では国際標準化提案を見据えた検討は原則対象としていない。
- ただし、現状長期間かつ高額が必要となる高圧水素タンク試験の適正化・合理化にかかる検討を調査事業として推進。次期事業での本格検討へとつなげた。



23

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	※本事業の位置づけ・意義 (1)アウトカム達成までの道筋 (2)知的財産・標準化戦略	• 事業の背景・目的・将来像 • 政策・施策における位置づけ • 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など） • 他事業との関係 • アウトカム達成までの道筋 • 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略 • 知的財産管理
2．目標及び達成状況	(1)アウトカム目標及び達成見込み (2)アウトプット目標及び達成状況	• 実用化・事業化の考え方 • アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み • アウトプット目標の設定及び根拠、達成状況 • 研究開発成果の副次的成果等 • 特許出願及び論文発表
3．マネジメント	(1)実施体制 (2)研究開発計画・進捗管理	• NEDOが実施する意義 • 実施体制 • 個別事業の採択プロセス • 予算及び受益者負担 • 研究データの管理・利活用 • 研究開発のスケジュール • 目標達成に必要な要素技術 • 進捗管理（研究開発マネジメント） • 進捗管理：動向・情勢変化への対応 • 進捗管理：事前/中間評価結果への対応 • 進捗管理：成果普及への取り組み

24

2．目標及び達成状況

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」（終了時評価）における「実用化・事業化」の考え方

本事業における「実用化・事業化」の考え方（定義）

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

・本事業では基礎・基盤的なフェーズの研究テーマも多数存在するが、最終的なゴールは上記事業化の実現である。

・事業終了から事業化までには長期間を要するが、この実現のために本事業の課題・目標設定や、マネジメント、技術成果等が適切であるかを総合的に評価いただきたい。

25

◆アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み

本プロジェクトは燃料電池自動車や業務・産業用燃料電池、その他多様な用途向けの燃料電池および水電解システムの市場拡大に貢献し、カーボンニュートラル実現を図る

プロジェクト総額（5年間）		約350億円
アウトカム目標		**目標と達成時期**
市場規模	燃料電池車分野の市場	（2035年度）34,400億円 （2040年度）126,000億円
	業務・産業用燃料電池の市場	（2035年度）5,000億円 （2040年度）9,000億円
	自動車を除く移動体、燃料電池を使用した新規システムの市場	（2035年度）5,000億円 （2040年度）30,000億円
温室効果ガス排出量削減への貢献		パリ協定に示される温室効果ガス排出26%削減@2030年及び80%削減@2050年に貢献

設定根拠：水素・燃料電池戦略ロードマップの目標値と富士経済の市場予測から設定

- **富士経済の2025年版市場予測によれば、2040年における燃料電池車の市場規模は14兆円、業務・産業用燃料電池は0.9兆円、その他産業車両等は2.6兆円と事業開始当初とほぼ同等。本事業も含め当該分野の技術開発が着実に進展しており、競合技術も伸びる中で上記市場創出の流れに寄与。**
- **本事業参画企業や関連企業がGXサプライチェーン構築支援事業等を通して野心的な投資計画を発表しており、燃料電池・水電解市場の拡大の期待は高い。**
- **本事業の革新的な技術が実装され、また本事業を通した人材育成により競争力を確保できれば、相応の市場シェアを獲得し、川上のサプライチェーン含めた日本産業の創出に貢献する。**

◆事業の目標

本プロジェクトは、第６次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき

・２０３０年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するための**ユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発**するとともに、

・従来以外の用途に展開するための技術開発並びに大量生産を可能とする生産プロセス又は検査技術の取組を助成することにより、

世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立する。

◆研究開発目標と達成状況

分野	最終目標	達成度	達成状況（達成度の根拠）	TRL
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」				
PEFC	航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○	本目標を基にロードマップの中で要素技術毎の目標値（触媒活性、膜抵抗、ガス拡散抵抗等）にブレークダウン。各研究テーマにてこの目標値を実現する要素技術を開発した。なお、当初実施予定のなかった本事業成果を組み合わせたMEAの作製・評価にも挑戦し、2030年目標に肉薄する性能は達成した。	5
SOFC	発電効率６５%超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立する。 耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する	○	企業の実用SOFCスタックを用いて、通常の燃料利用率（Uf）75%程度よりも高い80-85%の水準（効率65%を見通す）で世界最長レベルである2万時間以上の耐久データを取得することに成功した。またこれらのデータをもとに性能表示式を構築し、セルスタックの内部抵抗変化を明らかにし、劣化メカニズム解明を行い13万時間の耐久を予測することに成功した。	5
共通	上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、高精度計測技術（高温下でのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）および低コスト化技術等を確立する	◎	大型放射光設備を活用したマルチスケールでの液水可視化や触媒層可視化などの高度解析技術、高温でのMEA評価手法など多数の基盤技術を構築。また、評価プロトコルの策定や標準セルの開発・提供、FC-Dynamoの構築・提供など、成果を広く発信し当該分野の開発効率化に大きく貢献した。	5

※目標設定の根拠：
水素・燃料電池戦略ロードマップやNEDO燃料電池技術開発ロードマップの内容を基に各技術分野で目標を設定

２．目標及び達成状況　（２）アウトプット目標及び達成状況

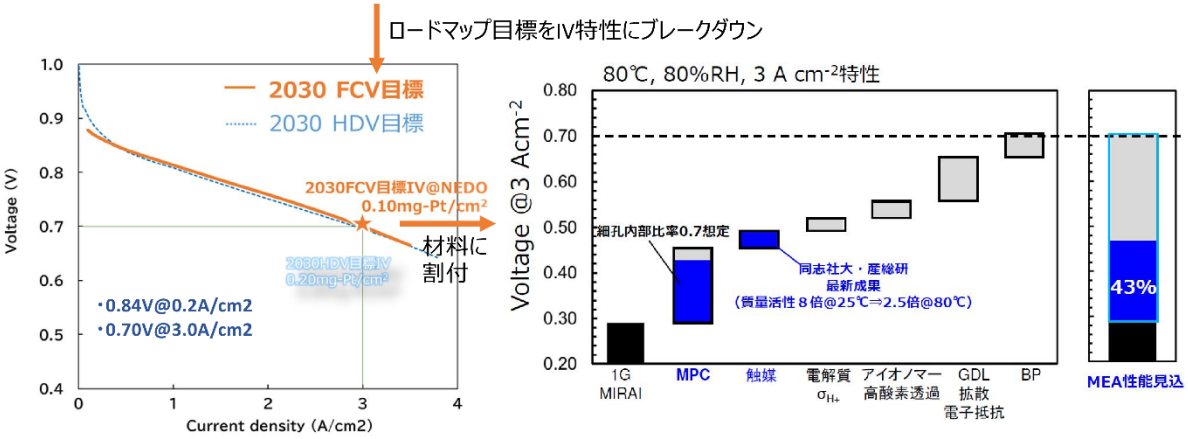
◆研究開発目標と達成状況

分野	最終目標	達成度	達成状況（達成度の根拠）	TRL
研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」				
PEFC/SOFC	研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術の設計指針を確立するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする	○	2035年ロードマップ目標で掲げる120℃30%RH下で高いプロトン伝導性を有する電解質膜の開発に成功。また非貴金属触媒の高活性化にも取り組み、2035年以降の飛躍に資する技術の基盤を構築した。	3
水素貯蔵・水電解他	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する	○	ロードマップで策定した水素貯蔵密度向上および低コスト化の目標につながる要素技術として、短期間で貯蔵密度8.3wt%を導出する最適構造探索システムの開発や分割構造の成立性を予想精度10%以内とする技術、耐炎化不要かつ低コスト原料から製造可能な炭素繊維技術を開発した。また、事業途中から水電解の要素技術開発にも着手し、市販触媒に比べて10倍以上の質量活性を有するPEMアノード触媒やPEM型と同程度の性能を有するAEMセルの開発に成功した。	3～5
研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」				
共通	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。 燃料電池システムおよび水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。	◎	船舶、建機、農業用トラクタ、ガントリークレーンの4種類について燃料電池を搭載した実機を開発し、実環境で要求通り作動することを実証した。これに加えてドローンや携帯基地局用電源としての成立可能性をシミュレーション等により明らかにした。 また、燃料電池や水電解のMEA・CCM・電解質膜・セパレータ等の生産技術を開発し大量生産の見通しをつけるとともに、GXサプライチェーン構築補助金等へ橋渡しした。	8

※目標設定の根拠：
水素・燃料電池戦略ロードマップやNEDO燃料電池技術開発ロードマップの内容を基に各技術分野で目標を設定

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	**航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上**、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○



- 各アイテムの最終目標で2030年FCVの性能目標を到達することを確認
  ➡ 2021年度追加公募で、GDL、BPPにアプローチする研究開発テーマを採択
- 2022年度追加公募にてコスト低減に資する生産技術テーマを採択

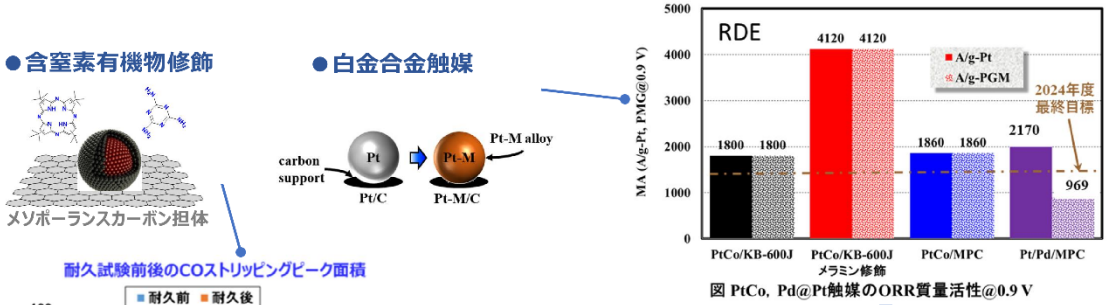
30

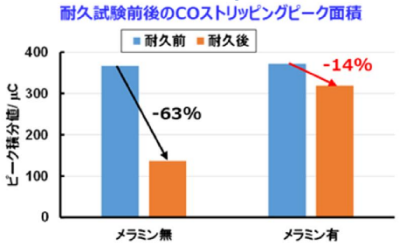
２．目標及び達成状況　（２）アウトプット目標及び達成状況

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	**航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上**、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

- 高活性カソード触媒開発テーマ@同志社大学では、RDEだけでなくMEAでの評価を実施。白金合金触媒と有機物修飾等の組み合わせにより高活性化、高耐久化を確認。





有機物修飾と白金合金触媒で極めて高いORR活性を実現
MEA評価でも0.84V@0.2A/cm2を確認（有機物無）

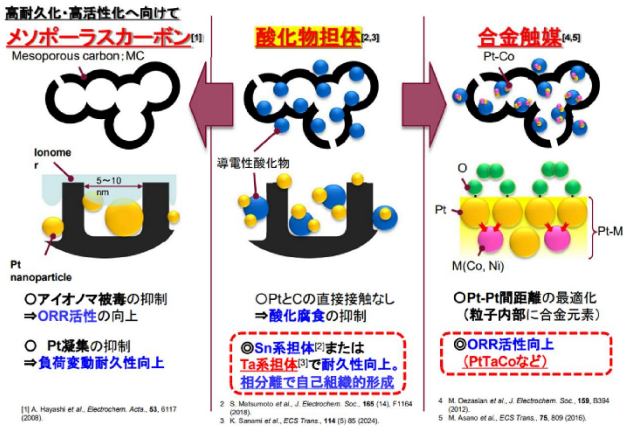
➡ **有機物修飾により耐久試験後のPtの粒径増大が抑制され、ECSAの低下も抑制**

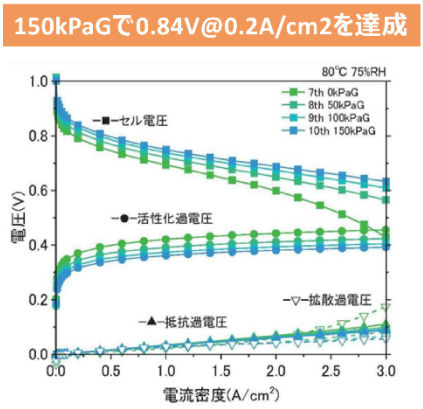
31

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
PEFC／SOFC	研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する**革新的な要素技術の設計指針を確立**するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする	○
研究開発項目Ⅰ（PEFC）で設定された**最大出力密度や負荷点、耐用年数**等の目標にも貢献		

- 高活性カソード触媒開発テーマ@九州大学では、酸化物TaとPt-Co合金の複合により高活性と高耐久を両立した触媒を開発。実用を見据え企業での水系プロセスでの合成に成功しMEAでも高評価。





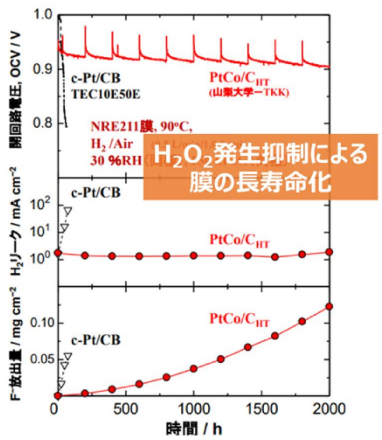
➢ Nafionイオノマー＋Pt-Ta-Co触媒/MC+CNTの評価解析PFでのMEA評価結果

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

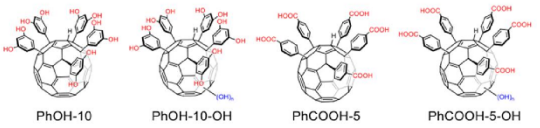
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、**耐用年数１５年以上**、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

- 過酸化水素の発生を抑制するアノード触媒の開発、水溶性フラーレンを用いたラジカルクエンチャーの開発に成功し、電解質膜の長寿命化に貢献。企業での検討へと移行。

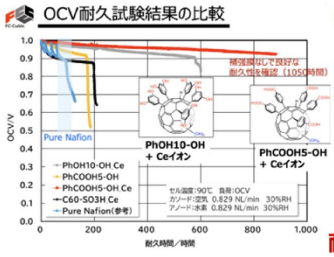
○新規アノード触媒による膜劣化抑制@山梨大

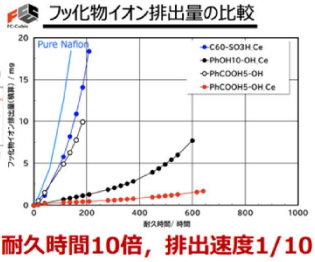


○フラーレン誘導体ラジカルクエンチャー設計@名古屋大



水溶性のフラーレンを各種設計-膜劣化抑制を実証





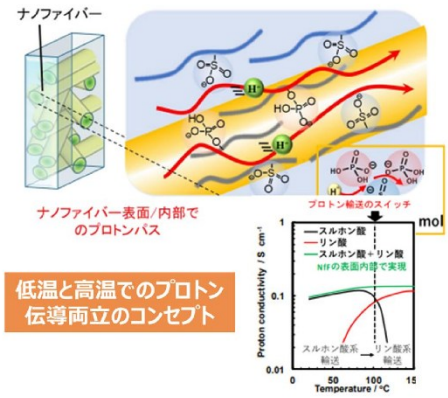
耐久時間10倍，排出速度1/10

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
PEFC／SOFC	研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する**革新的な要素技術の設計指針を確立**するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする	○
研究開発項目Ⅰ（PEFC）で設定された**最高運転温度１００℃以上**の目標にも貢献		

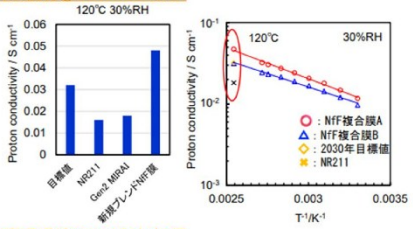
- 研究開発項目Ⅱ（PEFC）では、非貴金属触媒の開発や、高温（～低温）でプロトンを伝導する電解質膜・アイオノマの開発等を推進。機能性ナノファイバーを用いた複合電解膜のテーマでは、120℃低湿度下でのプロトン伝導性はNR211の約5倍、酸素透過性はNR211の約1/2を達成

○電解質膜の高性能化・高温対応@東京都立大

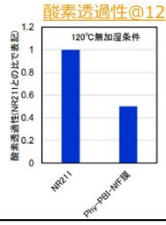


低温と高温でのプロトン伝導両立のコンセプト

プロトン伝導@120℃30%RH



酸素透過性@120℃無加湿



機能性ナノファイバー複合化による高温低加湿伝導＋ガスバリア機能付与

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

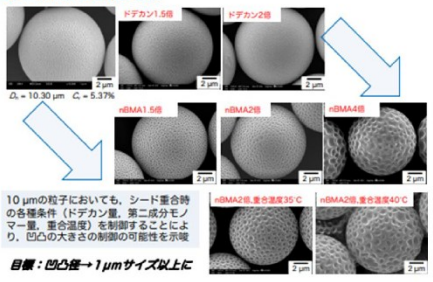
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、**燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷ**に貢献する技術を確立する	○

- 燃料電池コストの低減に資するセパレータ表面処理手法や接着シール材料、生産技術（エージング時間の短縮化、プロセスインフォマティクス基盤の構築等）の開発に成功

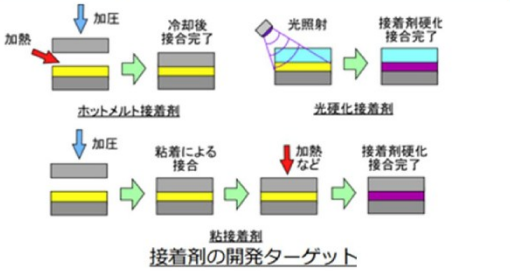
異形粒子を用いたフィルムによる簡便かつ低抵抗なセパレータ表面処理技術に成功

達成度	①ピンホールレス	②粒子サイズ	③接触抵抗	④耐食性１	⑤膜厚制御	⑥ピール強度	⑦耐食性２
目標値（最終目標）	◎	◎	○	◎	◎	○	△
RM，ベンチマーク目標値	粒子の脱落率を0%	2～20 μm サイズ	初期3 mΩ cm²/腐食後5 mΩ cm²以下	溶出速度 1×10⁻⁵mol cm⁻² h⁻¹以下	歩留：98%以上	1.0kgf/cm以上	腐食試験後の伝導率/定着性90%維持

■粒子径および凹凸比の制御



PEFCシール部の過酷な環境（高温・高湿・低pH）に耐え，接合時間の短い接着剤を開発



開発ホットメルト接着剤の組成
(a)SIS, (b)VB-PPE

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	**航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上**、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

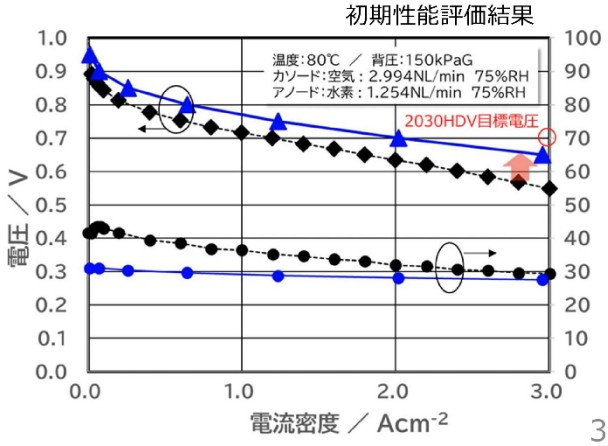
- 本事業の成果を組み合わせたMEAを評価解析プラットフォームで作製し性能評価
- PF基準仕様（本プロジェクト開始時点の市販FCレベルを想定）と比較して3A/cm2における電圧値で100mV程度向上、0.859V@0.2A/cm2、0.662V@3.0A/cm2を達成

○本事業成果を組み込んだMEA仕様

部位	本番仕様	基準
カソードGDL	薄層MPL/GDL(東科大)	MPL/GDL（東レ）
カソード触媒	Pt/MPC（同志社大） PtTaCo/MPC（九大）	TEC36F52
カソードアイオノマ	高酸素透過アイオノマ（AGC）	Nafion
I/C比	1.2	1
カソード担持量	0.2mg/cm²	0.2mg/cm²
塗布プロセス	転写	転写
電解質膜	8μm補強膜（GORE）	12μm補強膜（GORE）
アノード触媒	PtCo/C（山梨大）	TEC10EA50E
アノードアイオノマ	DE2020	DE2020
I/C比	1	1
アノード担持量	0.05mg/cm²	0.1mg/cm²
塗布プロセス	転写	転写
アノードGDL	MPL/GDL（東レ）	MPL/GDL（東レ）

※開発膜は触媒被毒・界面抵抗の影響懸念から見送り

初期性能評価結果

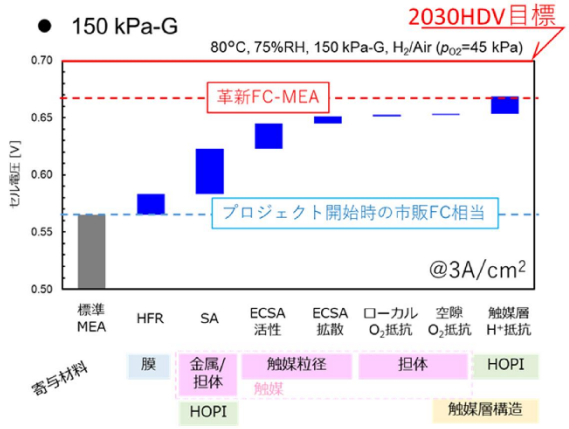


◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	**航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上**、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

- 2030年ロードマップHDV目標に対して、低電流密度域0.2A/cm2の性能はクリアするも、高電流密度域3A/cm2の性能は未達

性能向上への各要素の寄与度



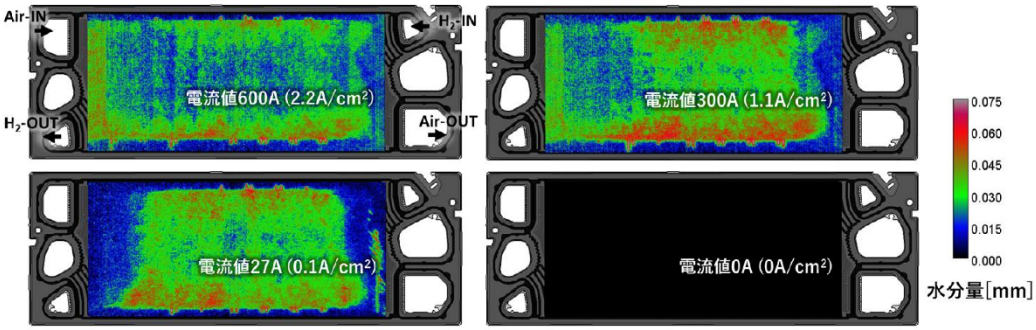
- ➢ 更なる膜抵抗低減、触媒活性向上、ガス拡散抵抗低減が目標に対する課題であると考えられる
- ➢ オープンシンポジウムや本事業のGL会議等でプロジェクト到達度、及び今後取り組むべき課題を提示し、次期事業設計の指針とした

本事業の基本計画にて『上記目標値の実現に資する要素技術の確立が本事業の最終目標であり、開発された各要素技術を組み合わせた燃料電池システムの構築及び目標値の達成検証は民間独自で実施すべき事項であることから本事業では対象としない』としていたことから本取組は付加的なものであり、達成度評価は”○”とした

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
共通	上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、**高精度計測技術**（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、**高精度計量観察技術**）および低コスト化技術等を確立する	◎

- PEFC評価解析プラットフォームの材料分析／解析グループにて、世界で初めてパルス中性子ビームを用いて実機サイズのセル内部の水挙動を可視化することに成功
- 製品開発にすぐに反映できるようになることから、最適な燃料電池セルや流路構造の開発を加速し、燃料電池のさらなる高性能化・低コスト化に貢献　➡企業からの期待大



➡ **2022年7月にプレスリリースを実施**

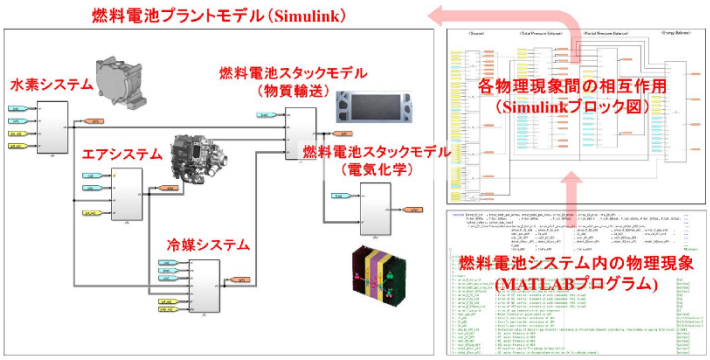
38

2．目標及び達成状況　（２）アウトプット目標及び達成状況

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
共通	上記目標値に貢献する**高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術**、高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）および低コスト化技術等を確立する	◎

- 燃料電池スタックと水素システム、エアシステム、冷媒システム、および制御システムを含む革新的な燃料電池システムシミュレーターFC-DynaMoを開発、実時間の40倍速で計算
- FC-DynaMoを産業界等の外部ユーザー（約200機関）に提供し、製品開発に貢献
- 技術的な革新性と産業界への貢献が認められ、第57回市村賞 市村地球環境学術賞 貢献賞を受賞



FC-DynaMo　配布数

Windows アプリ版（使用許諾契約）	MATLAB ソースコード版（使用改変許諾契約）
173	34

車：本田技術研究所、いすゞ中央研究所
定置用：パナソニック／建機：豊田自動織機
船舶：ヤンマーパワーテクノロジー
航空機：ボーイングジャパン
鉄道：鉄道総合技術研究所
部品：アイシン、日置電機、富士電機
ソフトウェア：MCOR、IDAJ　等

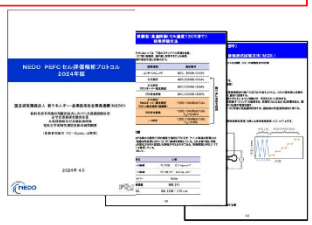
39

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
共通	上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、**高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法**、高精度計量観察技術）および低コスト化技術等を確立する	◎

- PF共通セルや評価プロトコルの策定・更新・展開により、本事業の研究開発加速に貢献するだけでなく、一般にも広く公開し新規事業者の参入障壁を下げる
- 本事業にてMEA評価：25機関177材料、材料特性評価18機関236仕様を実施

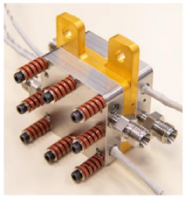
NEDO PEFCセル評価プロトコル



NEDO　評価プロトコル改訂版

FC-Cubic小型燃料電池セル　図面、使用法の展開





FC-Cubic小型燃料電池セル

照会：79件

内）図面提供：70件
2025年3月時点

MEAの高温耐久試験

BPPの耐食性評価

RDE評価法の公開

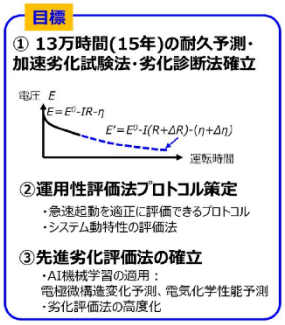
◆研究開発項目毎の目標と達成状況

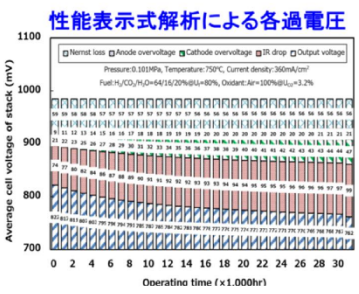
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
SOFC	**発電効率６５％超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立**する。**耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立**する	○

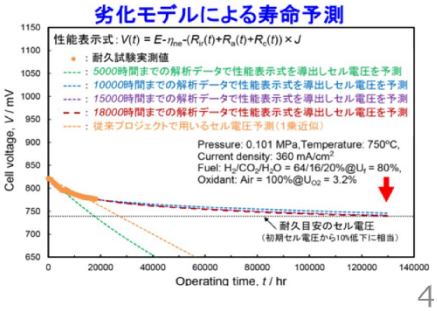
① SOFC先進スタックを的確に評価・解析する方法を確立し、その手法や得られた知見を企業の設計・開発にフィードバックすることで、高性能化、高耐久化、低コスト化等に貢献した

② 発電効率70%を見通す画期的なプロトン伝導セラミック燃料電池（PCFC）を開発した

- SOFC先進スタックを用いて燃料利用率Uf=80%で3.0万時間、Uf=85%で2.9万時間の耐久試験を達成。高燃料利用率試験でも安定に作動、抵抗成分分離に成功
- 性能表示式による寿命予測において、Uf=80%条件で13万時間程度を導出







◆研究開発項目毎の目標と達成状況

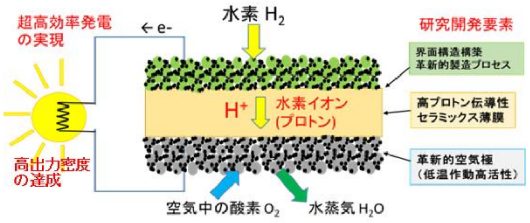
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
SOFC	**発電効率６５%超（低位発熱量）**、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立する。 耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する	○

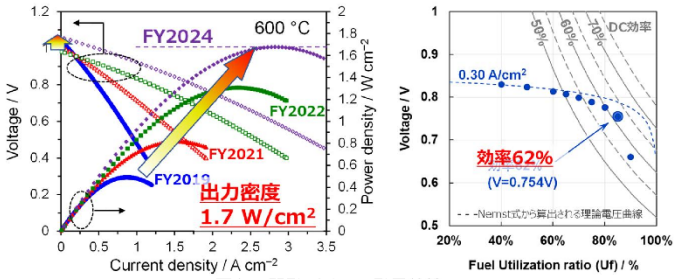
① SOFC先進スタックを的確に評価・解析する方法を確立し、その手法や得られた知見を企業の設計・開発にフィードバックすることで、高性能化、高耐久化、低コスト化等に貢献した

② 発電効率70%を見通す画期的なプロトン伝導セラミック燃料電池（PCFC）を開発した

- 世界最高レベルの出力密度を実現するとともに、耐久性も1%/1000h以下を達成
- セルやスタックの性能予測ができる数値解析モデルを開発し、本事業で得られた実験データから発電効率70%の実現性を提示@500℃

○PCFCの構造と原理、研究開発要素



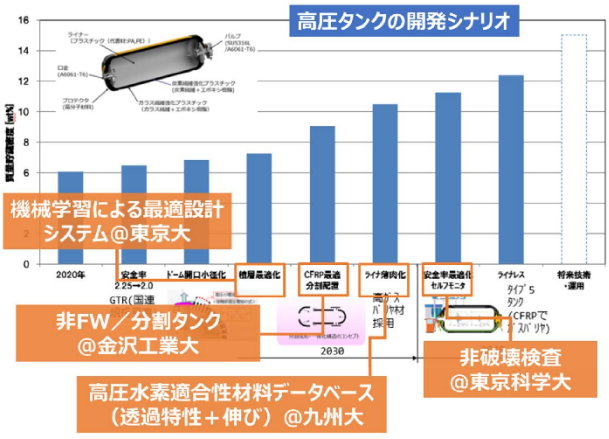


図左：開発したセルの発電特性
図右：セル電圧のUf依存性と発電効率@600℃

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

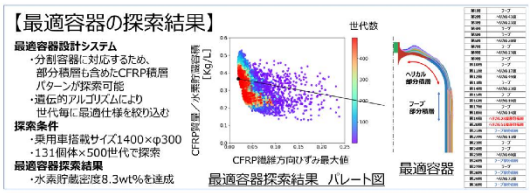
研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
水素貯蔵	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの**低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術**やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する	○

- ロードマップにて高圧水素タンクの貯蔵密度に関する目標とシナリオを設定
- この実現に資する要素技術を本事業で開発



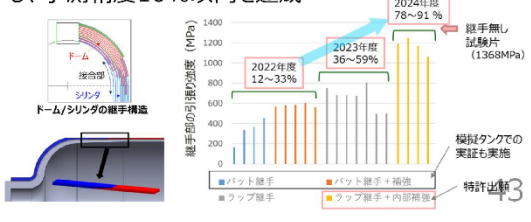
○ 最適容器設計システムの開発

高精度軸対象モデルを用いた最適設計システムを構築し、短期間で水素貯蔵密度8.3wt%を達成



○ 継手構造の成立性の検証

数値解析による実構造タンクの技術的成立性を確認し、予測精度10%以内を達成



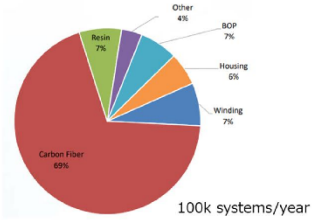
◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
水素貯蔵	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの**低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術**やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する	○

- 耐炎化工程が不要、かつ座礁資源等の低コスト原料から高性能炭素繊維の製造に成功

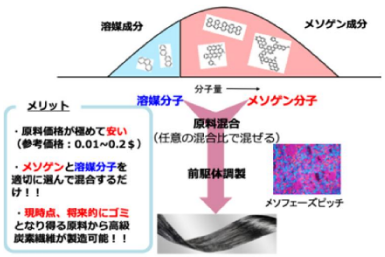


国内唯一の炭素繊維開発ラインを構築@岐阜大学

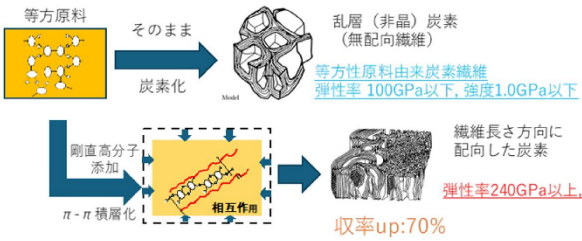


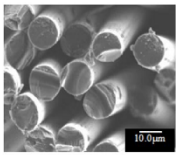
出典：DOE Annual Merit Review

商用車タンクコスト試算@DOE



弾性率240GPa以上、強度4.8GPa以上を達成





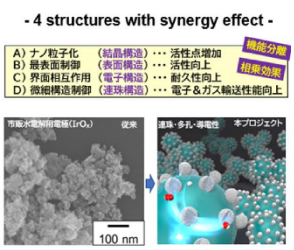
◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
水電解	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術や**その他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する**	○

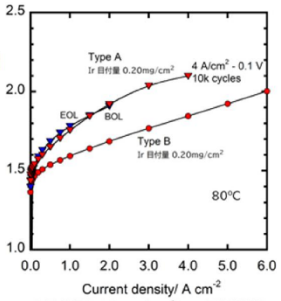
- 本事業の途中から水電解要素技術開発に着手し、企業での実用化開発へ橋渡し

○ PEMWEアノード触媒のIr削減

導電性酸化物ナノ粒子とIrOxナノ粒子の複合により、市販IrOx触媒に対して10倍のOER活性向上＆電圧上昇0.15%/1000hを達成



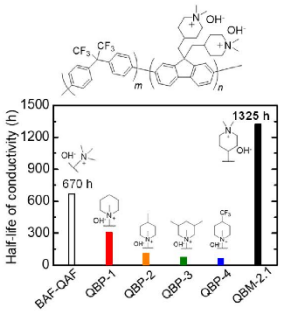
PEMWEアノードの設計指針を提案



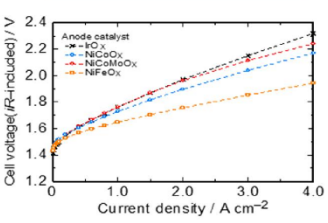
Ir目付量0.20 mg/cm²にて高性能発現

○ AEMWE電解質・触媒・MEAの開発

高いアニオン導電性を有する電解質膜、高活性なNiFeO系触媒等の要素技術を構築し、PEMWE同等の電解性能を有するアニオン交換膜型水電解セルを実現



耐久試験後性能



↑起動停止2000cycle後のセル性能

←新型電解質膜QBM-2.1がアルカリ耐久性1325時間を達成

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」		達成状況
共通	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、**エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示**する。 燃料電池システムおよび水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。	◎

- 燃料電池システムを搭載した農業用トラクタ、建機ショベル、ガントリークレーン、内航船を開発し、実環境にて実用に供せるレベルで動作可能なことを実証
- その他ドローンや携帯基地局向け非常用発電機等への適用性を検証







北米LA港にてFC-RTGCとして世界初となるトラックヤードでの運用を実証中



大阪・関西万博の開催中にユニバーサルシティポートと夢洲（万博会場）を結ぶ旅客実証運航を実現。商用化へ向けて運航データを蓄積

46

２．目標及び達成状況　（２）アウトプット目標及び達成状況

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」		達成状況
共通	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。 **燃料電池システムおよび水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。**	◎

- セパレータやGDL、電解質膜、CCM等の生産技術を推進、大量生産および低コスト化を見通す

●ＰＥＭ形水電解向け大面積ＣＣＭ量産製造技術開発（株式会社SCREENホールディングス）

- **電極面積5,000cm2に対応したＣＣＭ連続生産技術を開発するとともに、枚葉方式ＣＣＭと同様の性能を実証**



● 電極面積5,000cm²のPEMWE向けCCMロールtoロール生産技術確立

●高信頼性炭化水素系電解質膜の革新的ＣＣＭ生産技術開発（東レ株式会社）

- **製造プロセス技術開発によりロールＣＣＭ20万m3/年を見通す生産性を実現するとともに、生産性を実証したロールＣＣＭで高い水電解性能を達成**



高生産性設備を設計・導入し、CCM製造プロセス技術開発を進め目標生産性を達成

➡ ＧＸサプライチェーン構築支援事業にて量産化に向けた生産ライン構築へ

写真：成果報告会資料より

47

◆研究開発成果の副次的成果等

本事業では延べ101テーマ260機関という非常に多くの研究機関が参画。特に大学・研究機関の比率が高く、学生研究員の参画による当該分野の人材育成に貢献。

○２０２４年夏に本プロジェクトに参画する事業者へアンケートを実施

回答数：延べ１５５機関

Q．学生研究員数について　➡２８５名

Q．博士号取得者数について　➡６０名

Q．水素・燃料電池業界企業への就職者数について　➡１４５名

○シンポジウムやワークショップでの情報発信





○人材育成講座の開催



◆特許出願及び論文発表

●各テーマで策定する知財戦略を最優先にしつつ、研究発表等は積極的に実施
●以下の通り、多数の成果発信により燃料電池・水電解分野の活性化につなげた
●事業後半にかけて着実に成果を挙げていることが分かる

	中間評価時点	終了時評価時点	研究開発項目Ⅰ	研究開発項目Ⅱ	研究開発項目Ⅲ
特許出願（外国出願：PCT含む）	70	391(89) ×5.5	156(42)	136(44)	99(3)
論文	178	514 ×2.9	300	214	0
研究発表・講演	750	2455 ×3.3	1492	951	12
その他	102	336 ×3.3	154	169	13
計	1100	3696	2102	1470	124

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	※本事業の位置づけ・意義 (1)アウトカム達成までの道筋 (2)知的財産・標準化戦略	• 事業の背景・目的・将来像 • 政策・施策における位置づけ • 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など） • 他事業との関係 • アウトカム達成までの道筋 • 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略 • 知的財産管理
2．目標及び達成状況	(1)アウトカム目標及び達成見込み (2)アウトプット目標及び達成状況	• 実用化・事業化の考え方 • アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み • アウトプット目標の設定及び根拠、達成状況 • 研究開発成果の副次的成果等 • 特許出願及び論文発表
3．マネジメント	(1)実施体制 (2)研究開発計画・進捗管理	• NEDOが実施する意義 • 実施体制 • 個別事業の採択プロセス • 予算及び受益者負担 • 研究データの管理・利活用 • 研究開発のスケジュール • 目標達成に必要な要素技術 • 進捗管理（研究開発マネジメント） • 進捗管理：動向・情勢変化への対応 • 進捗管理：事前/中間評価結果への対応 • 進捗管理：成果普及への取り組み

50

3．マネジメント　（1）実施体制

◆NEDOが実施する意義

●産業界ニーズの集約、アカデミアによるイノベーション、産業界への橋渡し、当該分野の知見・経験およびネットワークを有するNEDOが中心として実施すべき事業である。

2030年以降の社会実装に向けた革新的な燃料電池技術の開発は、

- ○ **社会的必要性：大、国家的課題**
- ○ **運輸部門、民生・産業部門の脱炭素化／競争力強化に貢献**
- ● **研究開発の難易度：高**
  - → **燃料電池自動車をはじめとした先行製品の市場投入によって新規の課題も顕在化**
- ● **投資規模：大＝開発リスク：大**
  - → **企業では2020年代の製品化に向けた技術開発にリソースを集中**

ＮＥＤＯが産業界・アカデミアのハブとなり、これまでの知見やネットワークを活かして推進すべき事業（産業界ニーズ（中長期的課題）の集約／アカデミアによるイノベーション／産業界への橋渡し）

51

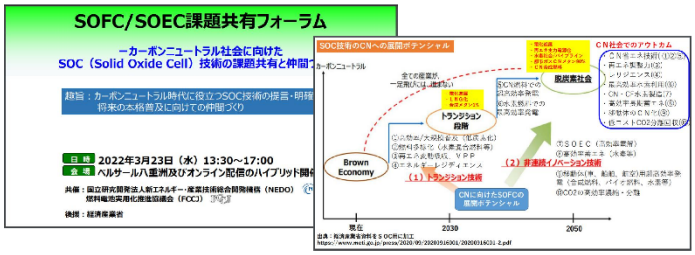
◆NEDOが実施する意義

NEDOがハブとなって各社からのニーズを抽出して共通課題を整理
2019年1月開催の「FCV課題共有フォーラム」を皮切りに、水素貯蔵分野やSOFCなどに関する様々な課題共有会を開催

★FCV課題共有フォーラムにおいてトヨタとホンダが同一スライドで課題を共有



★SOFC課題共有フォーラムをNEDOとFCCJで共催



★本プロジェクト開始後、NEDOとFC-Cubicの共催でオープンシンポジウム（課題共有会）を9回開催





FC-Cubic
技術組合FC-Cubic

◆研究開発の実施体制

●外部専門家としてPL、SPLを委嘱し、NEDOとともにこれまでに101もの研究開発テーマ（延べ参画機関260）のマネジメントを推進

NEDO水素・アンモニア部
PMgr：後藤 謙太

委託／助成

●20年度採択
委託：39テーマ（104機関）　→29テーマ
助成：7テーマ（10機関）　→3テーマ

●21年度採択
委託：17テーマ（43機関）　→13テーマ
助成：7テーマ（10機関）　→7テーマ

●22年度採択
委託：14テーマ（44機関）　→13テーマ
助成：3テーマ（4機関）　→3テーマ

●23年度採択
委託：12テーマ（43機関）
助成：2テーマ（2機関）

指導

プロジェクトリーダー（PL）
●PEFC・水素貯蔵分野
トヨタ自動車（株）水素製品開発部
チーフプロフェッショナルエンジニア　木崎 幹士
●SOFC分野
東京大学生産技術研究所 シニア協力員 兼
産業技術総合研究所 名誉リサーチャー 横川 晴美

サブプロジェクトリーダー（SPL）
●PEFC分野
技術研究組合FC-Cubic 先端解析技術推進部
部長　竹内　仙光
●水素貯蔵分野（2022年6月～）
トヨタ自動車（株）水素製品開発部
水素貯蔵システム開発室　高見　昌宜

※ステアリング委員会（水電解分野）
中部大学 先端研究センター 特任教授　藤田 照典
ビック情報（株）コンサルティング部 顧問　山松 節男

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（PEFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
PE01	2020	高温低加湿作動を目指した革新的低白金化技術開発	学校法人同志社、石福金属興業株式会社、国立大学法人東北大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人千葉大学
PE02	2020	未踏合金カソード触媒の創製	国立大学法人京都大学、国立大学法人岩手大学
PE03	2020	高効率・高出力・高耐久PEFCを実現する革新的材料の研究開発事業	国立大学法人山梨大学、パナソニックホールディングス株式会社、田中貴金属工業株式会社、日本化学産業株式会社、株式会社日産アーク（2022年度まで）、国立大学法人東北大学、国立大学法人大阪大学
PE04	2020	大型モビリティに適応する多用途型燃料電池モジュールの研究開発	東芝エネルギーシステムズ株式会社
PE05	2020	ラジカル低減機能と燃料欠乏耐性を有するアノード触媒の研究開発	国立大学法人山梨大学、国立大学法人岩手大学、国立大学法人信州大学、国立大学法人東北大学
PE06	2020	高耐久性を目指したラジカルクエンチャーの研究開発	学校法人上智学院
PE07	2020	配位高分子を用いた中温作動燃料電池の研究開発	株式会社デンソー
PE08	2020	硫黄化合物等の吸着脱離メカニズム解明と被毒予防・回復技術開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構、一般財団法人日本自動車研究所（2022年度まで）
PE09	2020	二次元反応場制御によるナノシート触媒/触媒層の高耐久化技術開発	国立大学法人信州大学，学校法人同志社，石福金属興業株式会社
PE10	2021	アナターゼ型TiO2薄膜を活用した低接触抵抗・高耐久性セパレータ表面処理技術の開発	国立大学法人東京工業大学、学校法人中部大学
PE11	2021	高効率・高出力・高耐久PEFCを実現するGDL一体型フラットセパレータの研究開発	国立大学法人山梨大学、株式会社エノモト、国立大学法人大阪大学
PE12	2021	高耐食性・低接触抵抗性を発現するPEFCステンレスセパレータコーティング技術の研究開発	国立大学法人名古屋工業大学、学校法人東京理科大学、国立研究開発法人物質・材料研究機構
PE13	2021	導電性ナノファイバーネットワークによる自立MPLの研究開発	日本バイリーン株式会社
PE14	2021	燃料電池スタックシール用高速架橋エラストマー材料の研究開発	国立大学法人九州大学、国立大学法人大阪大学、国立大学法人横浜国立大学、一般財団法人化学物質評価研究機構
PE15	2021	燃料電池セパレーター用ラミネート金属・高分子ナノコンポジット（NC）フィルムの研究開発	国立大学法人 神戸大学、学校法人甲南学園（甲南大学）、積水化学工業株式会社
PE16	2022	固体高分子形燃料電池用接着シール技術の研究開発	国立大学法人東京工業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人物質・材料研究機構、兵庫県公立大学法人兵庫県立大学、国立大学法人大阪大学、国立大学法人名古屋工業大学、埼玉県産業技術総合センター
PE17	2022	燃料電池セパレーター製造プロセスの研究開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所
PE18	2022	燃料電池の耐久性向上に向けたフラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの研究開発	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（PEFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
PE19	2023	燃料電池のプロセスインフォマティクス共通基盤の構築	国立大学法人東京大学、国立大学法人金沢大学、国立大学法人九州大学、株式会社堀場製作所
PE20	2023	固体高分子形燃料電池生産時のエージングプロセスの現象解明	国立大学法人京都大学、技術研究組合FC-Cubic、公益財団法人高輝度光科学研究センター、国立大学法人九州大学
PE21	2023	高速連続プラズマ成膜による耐食性に優れた低コストアルミセパレータの開発	株式会社プラズマイオンアシスト、株式会社エフ・シー・シー、国立研究開発法人物質・材料研究機構

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（PEFC評価解析プラットフォーム）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
PF01	2020	評価解析プラットフォームマネジメント	技術研究組合FC-Cubic、みずほリサーチ＆テクノロジーズ株式会社
PF02	2020	長寿命化・高性能化達成のための設計シミュレーターの開発	国立大学法人京都大学、国立大学法人東北大学、国立大学法人九州大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学
PF03	2020	プラットフォーム材料の解析及び解析技術の高度化の技術開発	技術研究組合FC-Cubic、株式会社日産アーク（2022年度まで）、公益財団法人高輝度光科学研究センター、国立大学法人京都大学、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、一般財団法人ファインセラミックスセンター、国立大学法人電気通信大学、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、国立大学法人茨城大学（2022年度まで）
PF04	2020	電気化学的特性測定技術の研究開発	技術研究組合FC-Cubic、山梨県
PF05	2020	マテリアルズ・インフォマティクスによる燃料電池材料の研究開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構、株式会社日産アーク（2022年度まで）

●研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（SOFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
SO01	2020	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（WP1　革新的高性能電極・部材の開発）	国立大学法人東北大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人名古屋工業大学、一般財団法人ファインセラミックスセンター、株式会社ノリタケカンパニーリミテド
SO02	2020	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（WP2　高効率・高出力密度セルの開発）	国立研究開発法人産業技術総合研究所、パナソニックホールディングス株式会社、国立大学法人九州大学、国立大学法人宮崎大学
SO03	2020	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（WP3　セル評価・アプリケーション研究）	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京大学、国立大学法人横浜国立大学
SO04	2020	固体酸化物形燃料電池強靭化技術の開発	国立大学法人京都大学、国立大学法人東北大学、国立大学法人九州大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、イムラ・ジャパン株式会社
SO05	2020	固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の研究開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人東京大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人九州大学、国立大学法人東北大学、イムラ・ジャパン株式会社

3．マネジメント　（１）実施体制

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（PEFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
IP01	2020	高分子形と酸化物形の技術融合による電極一体型次世代PEFCの創製	国立大学法人九州大学
IP02	2020	カーボンフリー白金合金ナノ粒子連結触媒とポリフェニレン系細孔フィリング電解質膜の開発および高電圧・高出力MEAへの展開	国立大学法人東京工業大学
IP03	2020	広温湿度作動PEFCを実現する先端的材料コンセプトの創出	国立大学法人山梨大学、日本化学産業株式会社
IP04	2020	高性能・高耐久・低コストMEAに向けた先端要素技術の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
IP05	2020	超高電位を目指した酸化物カソードの開発・超機能発現のための表面/界面解析と制御	国立大学法人横浜国立大学、学校法人片柳学園東京工科大学、国立大学法人大阪大学
IP06	2020	超高電位を目指した酸化物カソードの開発・理論起電力達成のための触媒合成	学校法人福岡大学、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、国立大学法人九州大学、国立大学法人宇都宮大学、高知県公立大学法人高知工科大学
IP07	2020	超高電位を目指した酸化物カソードの開発・先端計測と理論解析による触媒能発現機構の解明	国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人東京大学、株式会社日産アーク
IP08	2020	十四員環型活性点の高活性化・高密度化による革新的非白金触媒の研究開発	国立大学法人東京工業大学、国立大学法人静岡大学、国立大学法人熊本大学（2023年度まで）、旭化成株式会社（2023年度まで）、トヨタ紡織株式会社（2024年度から）
IP09	2020	PEFC用イオン液体含侵型Pt/MPC高活性・高耐久カソード触媒合成技術の研究開発	独立行政法人国立高等専門学校機構　奈良工業高等専門学校、独立行政法人国立高等専門学校機構　和歌山工業高等専門学校
IP10	2020	イオン液体構造を有するアイオノマーによる革新的低白金技術の研究開発	独立行政法人国立高等専門学校機構　鶴岡工業高等専門学校
IP11	2020	機能性ナノファイバーフレームワークを基本骨格とする低コスト・高耐久性電解質複合膜の研究開発	東京都公立大学法人東京都立大学
IP12	2020	150℃運転可能な高耐久超薄コンポジット電解質膜/電極接合体の研究開発	国立大学法人豊橋技術科学大学、兵庫県公立大学法人、豊田通商株式会社
IP13	2020	高伝導無水系電解質膜の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
IP14	2020	交流磁場誘起レーザー変位計を用いた金属異物非接触マイクロ断層検出システムの開発	学校法人名城大学

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（PEFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
IP15	2021	『湾曲グラファイト網面』をプラットフォームとする革新的カーボンアロイPEFCカソード触媒の研究開発	国立大学法人群馬大学、日清紡ホールディングス株式会社、国立大学法人千葉大学
IP16	2021	金属酵素インスパイアド非白金電極触媒の研究開発	国立大学法人北海道大学、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
IP17	2021	触媒担体表面の化学修飾技術によるPEFC超高機能界面の創出	国立大学法人大分大学
IP18	2021	～1-nm白金系触媒の構造・組成制御に基づくPEFCカソード触媒の高活性化	学校法人東京理科大学
IP19	2021	燃料電池高温低加湿運転に向けた炭化水素系およびガラス系無機電解質膜の研究	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人物質・材料研究機構
IP20	2022	スケーリング則を脱するカソード触媒の基盤研究：酸化物をベースとした非白金触媒の理解	国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人東京大学、国立大学法人横浜国立大学
IP21	2022	広作動条件に対応可能な革新的白金系ナノシート触媒の技術開発	国立大学法人信州大学、国立大学法人琉球大学、学校法人同志社大学
IP22	2022	広い温度範囲で作動可能なリン酸固定型極薄ハイブリッド電解質膜の研究開発	国立大学法人豊橋技術科学大学、兵庫県公立大学法人兵庫県立大学
IP23	2022	規則的ナノ細孔を活用した中温プロトン伝導膜の研究開発	株式会社デンソー、国立大学法人京都大学
IP24	2022	燃料電池および水電解の革新的な生産技術に資する静電スプレー法に関する プロセス要素技術の研究開発事業	国立大学法人山梨大学、国立大学法人大阪大学、株式会社メイコー
IP25	2023	酸高密度構造における新規プロトン伝導機構Packed-acid mechanismを利用した、高温・加湿レスでも高いプロトン伝導性を示す電解質膜の研究開発	国立大学法人京都大学

3．マネジメント　（１）実施体制

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（SOFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
IS01	2020	可逆動作可能な固体酸化物燃料電池の開発とエネルギー貯蔵システム	国立大学法人九州大学、特殊技研金属株式会社、国立大学法人北海道大学
IS02	2020	高効率・高耐久・可逆作動SOFCの研究開発	国立大学法人山梨大学
IS03	2021	可逆動作型プロトン伝導セラミック燃料電池の新規な健全性評価・解析技術の開発	学校法人日本大学
IS04	2021	低温作動水素透過膜支持型燃料電池の研究開発事業	国立大学法人北海道大学
IS05	2022	可逆動作可能な固体酸化物燃料電池の可逆性と繰り返し安定性の向上	国立大学法人九州大学、特殊技研金属株式会社、国立大学法人北海道大学
IS06	2022	固体酸化物形電気化学セル強靭化技術の開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人 東北大学、国立大学法人 京都大学、国立大学法人 九州大学、イムラ・ジャパン株式会社

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（水素貯蔵分野・その他）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
HS01	2020	CFRP製水素タンクのマルチスケール設計・評価解析技術の研究開発	国立大学法人東京大学、国立大学法人筑波大学、学校法人日本大学
HS02	2020	低コストと高性能を両立した炭素繊維の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構　名古屋大学、国立大学法人九州大学
HS03	2020	車載機器用高圧水素適合性高分子材料評価法およびデータベースの確立	国立大学法人九州大学、公立大学法人滋賀県立大学、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
HS04	2020	移動式FC用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた先端技術開発	国立大学法人琉球大学、ハイドロラボ株式会社
HS05	2021	革新的低コスト燃料電池自動車用高圧水素容器の健全性を保証するための非破壊検査，オンラインモニタリング，損傷許容技術の開発	国立大学法人東京工業大学、東京都公立大学法人東京都立大学、国立大学法人東北大学、国立大学法人東京大学、学校法人明治大学、国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学、国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学
HS06	2021	非FW／分割プリフォームおよび新規樹脂（REDOX硬化型樹脂）による高圧水素タンクの革新的ハイレート製造プロセスの開発	学校法人金沢工業大学、国立大学法人東京農工大学、学校法人日本大学、ミズノテクニクス株式会社
HS07	2021	水素貯蔵効率向上に向けた水素タンクの研究開発	豊田合成株式会社、株式会社アツミテック
HS08	2021	機械学習を用いた高圧水素複合容器の最適設計技術に関する理論検討及び実証研究	株式会社SUPWAT、国立大学法人東京大学
HS09	2022	マルチロードパス構造による連装型水素タンクモジュールの研究開発	国立大学法人東京農工大学、国立大学法人東京大学、学校法人日本大学、学校法人金沢工業大学、東京都公立大学法人　東京都立大学、国立大学法人東海国立大学機構　名古屋大学
HS10	2022	軽量液体水素タンク用高分子系ハイブリッド複合材料の研究開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構
HS11	2022	大型FCV用液体水素貯蔵システム開発に向けた容器内液体水素挙動解明に関する研究開発	一般財団法人日本自動車研究所、国立大学法人琉球大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人神戸大学
HS12	2023	分割製造TYPE4高圧水素容器の最適設計のためのメゾ・マクロツースケール解析に基づくボス・ドーム部強度高精度予測軸対称有限要素モデルの開発と実証	国立大学法人東京大学

3．マネジメント　（１）実施体制

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（水電解分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
EC01	2022	プロトン交換膜型水電解装置用革新的低貴金属担持アノード触媒の研究開発	国立大学法人山梨大学、日本化学産業株式会社、石福金属興業株式会社
EC02	2023	革新的水電解用電極技術の研究開発	学校法人同志社
EC03	2023	アニオン交換膜水電解スタックおよび大面積セルの開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人早稲田大学、国立大学法人北海道大学、株式会社トクヤマ、デノラ・ペルメレック株式会社、凸版印刷株式会社
EC04	2023	出力変動対応、高電流密度域利用、高圧水素製造を可能とする高性能アニオン交換膜型水電解の研究開発	国立大学法人東京工業大学
EC05	2023	常温水電解の実用化基盤研究プラットフォームの構築	国立大学法人横浜国立大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人京都大学、大阪公立大学、国立大学法人東京大学、学校法人立命館、デノラ・ペルメレック株式会社、国立研究開発法人物質材料研究機構、技術研究組合FC-Cubic、JFEテクノリサーチ株式会社
EC06	2023	水電解用酸化マンガン系酸素生成（ＯＥＲ）触媒の運転方法・製造方法の確立と大型化へ向けた研究開発	東ソー株式会社、日本カーリット株式会社、国立研究開発法人理化学研究所
EC07	2023	マテリアルズインフォマティクスによるPEM型水電解装置の非貴金属化の研究開発	国立大学法人北海道大学、国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人熊本大学、国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学
EC08	2023	アニオン膜型アルカリ水電解セルの要素研究と実用化技術の確立	国立大学法人山梨大学、パナソニック ホールディングス株式会社、タカハタプレシジョン株式会社、日本化学産業株式会社、富士電機株式会社

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止
予定通り終了

●研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
MU01	2020	MEA高速生産技術および検査技術の開発	株式会社SCREENファインテックソリューションズ
MU02	2020	高出力燃料電池搭載内航船舶の実用化に向けた実証	日本郵船株式会社、東芝エネルギーシステムズ株式会社、川崎重工業株式会社、ＥＮＥＯＳ株式会社
MU03	2020	低コスト高効率化技術を用いた燃料電池システムによる多用途活用技術開発	株式会社デンソー
MU04	2020	用途拡大を見据えた薄型・高効率ＳＯＦＣシステムの実用化開発	株式会社アイシン
MU05	2020	高信頼性炭化水素系補強電解質膜の低コスト・革新的生産技術開発	東レ株式会社
MU06	2020	車載用燃料電池セパレータの大量普及時に向けた品質担保手法の開発	日清紡ケミカル株式会社
MU07	2020	高耐久空冷式燃料電池システムの開発	日清紡ホールディングス株式会社
MU08	2021	多用途展開可能なクラウド対応型燃料電池（FC）発電モジュールの開発	株式会社豊田自動織機
MU09	2021	燃料電池システムを搭載した油圧ショベルの研究開発と実証検証	コベルコ建機株式会社
MU10	2021	商用運航の実現を可能とする水素燃料電池船とエネルギー供給システムの開発・実証	岩谷産業株式会社、関西電力株式会社
MU11	2021	燃料電池搭載農業用トラクタの実用化に向けた実証研究	株式会社クボタ
MU12	2021	港湾荷役機器ラバータイヤ式門型クレーンの水素駆動化（水素燃料電池の採用）開発事業	株式会社三井E&Sマシナリー
MU13	2021	高圧水素タンク及びＭＥＡの全数高速検査を実現する革新的Ｘ線検査技術の開発	東レ株式会社
MU14	2021	高性能SOFCスタックおよびエネルギーマネジメント連携によるドローン等実用化技術開発	日産自動車株式会社、株式会社アツミテック、株式会社プロドローン、インテグレーションテクノロジー株式会社
MU15	2022	カーボンと樹脂の複合材料を用いた燃料電池セパレータ高生産性技術開発	トヨタ車体株式会社
MU16	2022	高信頼性炭化水素系電解質膜の革新的ＣＣＭ生産技術開発	東レ株式会社
MU17	2022	高圧方式に適した大型アルカリ水電解装置及びセパレータの開発	株式会社日本触媒、株式会社トクヤマ
MU18	2023	PEM 形水電解向け大面積CCM 量産製造技術開発	株式会社SCREEN ファインテックソリューションズ
MU19	2023	高生産性・低環境負荷・低コストを実現する炭化工程を必要としないGDLの技術開発	株式会社巴川製紙所

62

◆個別事業の採択プロセス

- 専門家による適切な審査のため分野別の採択審査委員会を複数設置
- 産業界ニーズ等を踏まえた重点分野を設定して毎年度追加公募を実施

採択年度	審査委員会数	提案数	採択数	
2020	4	71	49	全般的に公募
2021	4	29	21	2020年度採択で不足する領域（セパレータ、GDL等）を重点領域として公募
2022	4	24	18	HDV向けの課題とシール技術を重点領域として公募
2023	3	25	16	水電解の要素・基盤技術を新たな対象領域として公募

公募周知方法：NEDOホームページで公開、公募予告・本公募ともに1か月以上実施

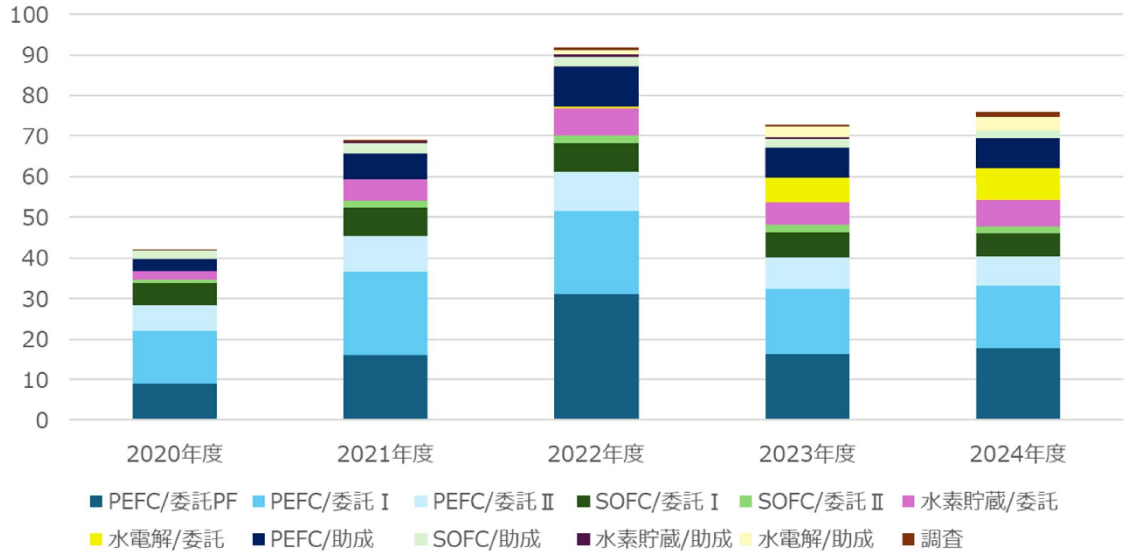
公募条件・対象者：基本計画の目標に資するテーマであれば技術は限定せずに幅広く対象として公募。2年目以降の追加公募では産業界ニーズを踏まえ重点領域を設定して優先的に採択するも、それ以外の技術も限定せずに募集し審査

審査体制：PEFC、SOFC、水素貯蔵、水電解、実用化等の分野毎に委員会を設定

63

◆予算及び受益者負担

- 燃料電池への期待の高まりや新たな課題設定により政府予算額は年々増加
- 5か年の事業期間でPEFCに関する委託研究テーマの予算額が全体の60%超を占める



※研究開発項目Ⅲ／助成テーマの補助率は1/2

◆研究データの管理・利活用

●NEDOの基本方針に従い、情報公開や管理体制などの整備を進め、研究インテグリティの確保に努めた

○研究成果の公開について

- NEDOの運用に従い、委託事業についてはプロジェクト終了後に成果報告書を公開
- 毎年度NEDOが主催する成果報告会で、委託・助成事業の進捗を公開の場で報告

※ただし、日本の産業競争力の低下につながらないように公開範囲には留意

○研究インテグリティの確保について

- 公募・採択審査時に、同一研究者による「不合理な重複」及び「過度の集中」がないかを確認したうえで、採否を決定した。
- また政府方針にも基づき、2021年度追加公募から実施機関における情報管理体制の整備を図り、適切な情報セキュリティ規程の整備や本事業に係る機微情報の取扱者名簿や体制図の策定等を実施した。

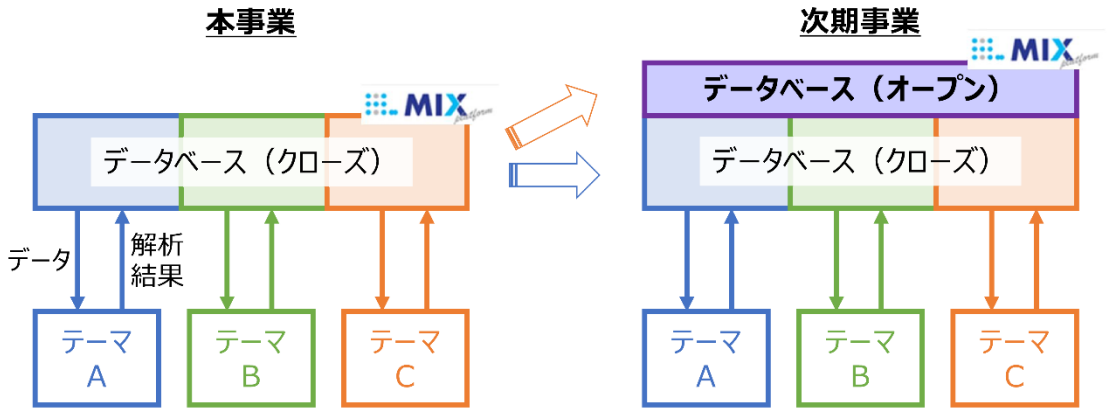
○研究データの管理について

- NEDOにおいてデータマネジメント基本方針を策定した。
- 本方針に基づき、プロジェクト開始当初に採択テーマのデータ管理・利活用・公開方針を定め、研究計画に反映した。

再掲

◆研究データの管理・利活用（研究データのオープン・クローズ）

●本事業では原則として各テーマ内の研究データはクローズ領域に管理
●事業終了時に秘匿性のないデータはオープン領域（事業内限り）へ移行して、自事業において複数テーマ間での利活用が可能な設計とした

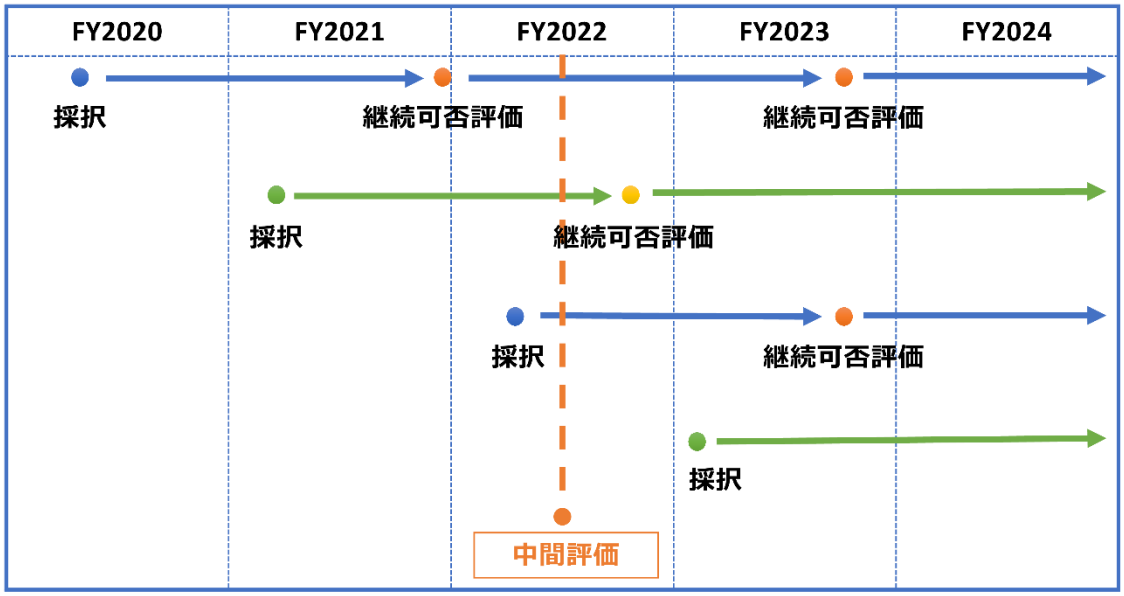


- 次期事業ではマテリアルズインフォマティクスによる研究加速のため、特許出願／論文発表等が対応が完了したデータはオープン領域に格納することをルール化
- 論文や特許等の大量データを自然言語処理により抽出しオープン領域に格納する構想（本事業にてその基盤技術を構築）

56

◆研究開発のスケジュール

産業界ニーズや研究開発動向を踏まえ毎年度公募を実施
採択したテーマは2年毎に評価し継続可否を判断するステージゲート方式を採用



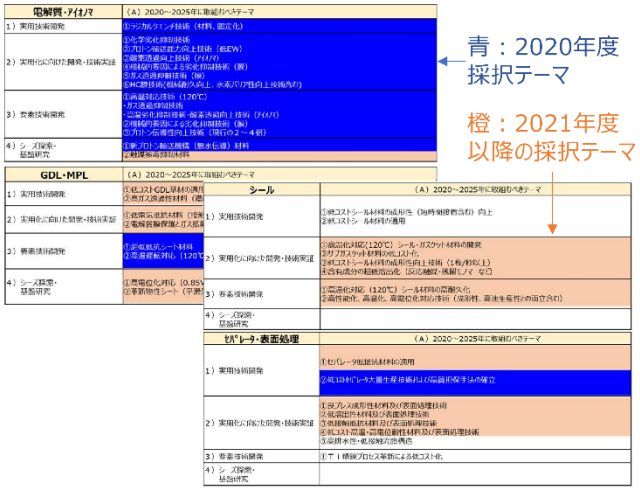
※中間目標は各テーマで２年毎（継続可否評価のタイミング）で設定

67

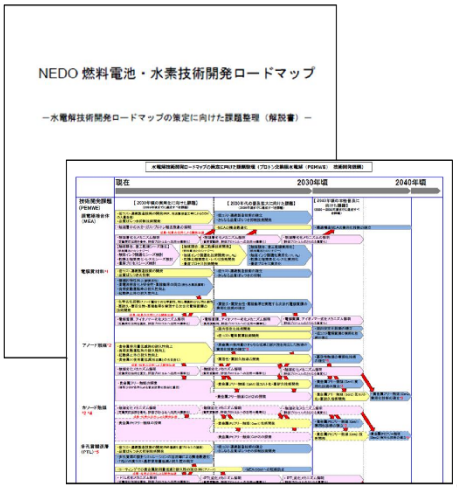
◆目標達成に必要な要素技術

- 基本計画やロードマップで定める目標の実現に向けて取り組むべき課題を整理し、ロードマップや課題共有フォーラムを通して対外的に発信。これらに基づきテーマ公募的に多様なアイデアを採択して事業を推進した。

・FCV課題共有フォーラム（2019年1月）で提示した取り組むべきテーマの取り組む状況を可視化し、追加公募にて不足内容を重点的に採択



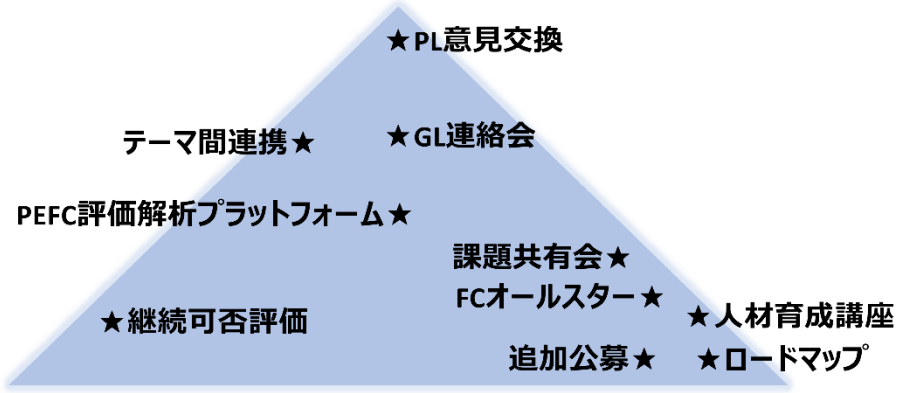
・2023年2月に水電解技術開発ロードマップ策定に向けた課題整理を公開し、ここで示す課題を2023年度の水電解公募で重点的に採択



◆研究開発マネジメントの全体像

- ＰＬ、ＳＰＬ、ＰＭ、ＮＥＤＯ担当者が定期的に各テーマの進捗状況を把握し、産業界のニーズや実用化・事業化を見据えた研究開発方針を議論

①各研究開発テーマのレベルアップ



②プロジェクト全体の効率化

③燃料電池分野の活性化

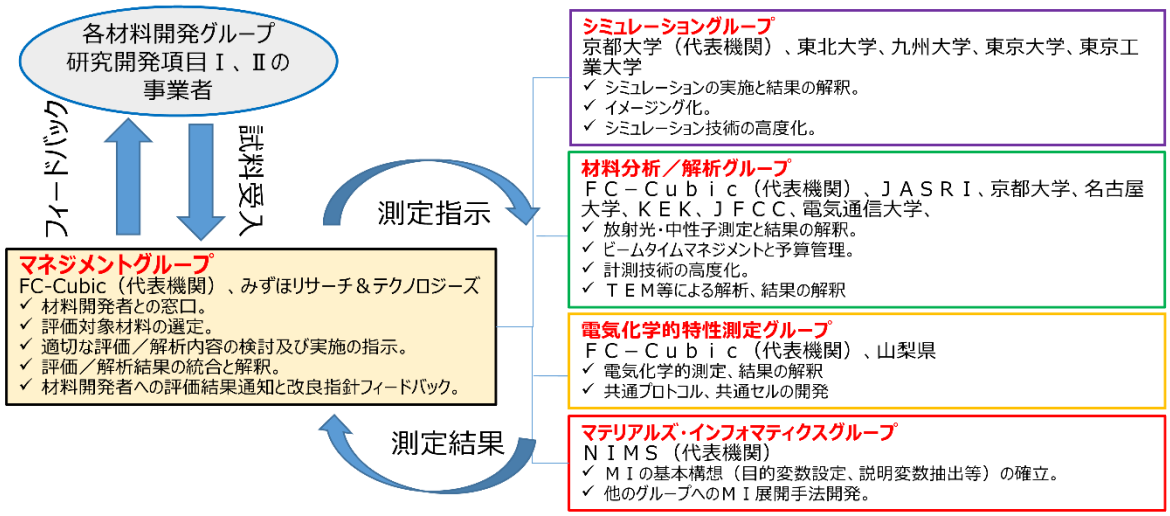
◆研究開発の進捗管理

- ＰＬ、ＳＰＬ、ＰＭｇｒ、ＮＥＤＯ担当者が定期的に各テーマの進捗状況を把握し、産業界のニーズや実用化・事業化を見据えた研究開発方針を議論
- 開発テーマの進捗管理だけでなく、ロードマップ検討等を通して燃料電池・水電解技術の目指すべき方向性を明確化し、新テーマ追加や既存テーマ中止を含め事業計画を不断に見直し

	役割	
プロジェクトマネジャー（PMgr）	●週1回のプロジェクト内ミーティングをテーマ担当と開催し、テーマ毎の進捗状況・課題を確認し、対策を検討する。 ●**PMとPLで構成するステアリングコミッティ**（プロジェクト全体の推進課題に関する会議体）を定期的に開催し、重要事項等を決定する。 ●委員会（外部有識者出席）等を開催し、テーマ毎の研究開発目標と達成度、実用化・事業化見込みを確認し、必要に応じて**計画修正の依頼や、研究開発を継続すべきかの判断**を行う。	➡ 週1回のプロジェクトチーム内MTG ➡ 週1回のNEDOとPLの定例MTG ➡ PLと事業者との意見交換会（燃料電池）の企画、ステアリング委員会（水電解）の企画と研究計画への反映
テーマ担当	●テーマ内（実施者コンソ）進捗会議にNEDO担当者が出席し、進捗状況・課題を確認し、対策を協議するなど**迅速なプロジェクトマネジメント**を実施する。	➡ 適時進捗を把握（定期会議出席含む）
プロジェクトリーダー（PL）	●テーマ毎の研究開発目標と達成度、実用化・事業化の見込みを確認し、**目標達成に向けた指導**を行う。 ●PMからの依頼に応じて速やかに**各テーマへの指導等**を行う。	➡ 延べ100回／年を超える意見交換を実施
委員（外部有識者）	●委員会等にて、テーマ毎の研究目標と達成度、実用化・事業化の見込みを確認し、**目標達成に向けた評価や助言**を行う。 ●PMからの依頼に応じて速やかに**各テーマへの助言等**を行う。	➡ ステアリング委員会（水電解）は年2回程度実施 ➡ 継続可否審査を毎年度7日間程度かけて開催し、各テーマの進捗を厳格に審査

◆研究開発の進捗管理：PEFC評価解析プラットフォーム

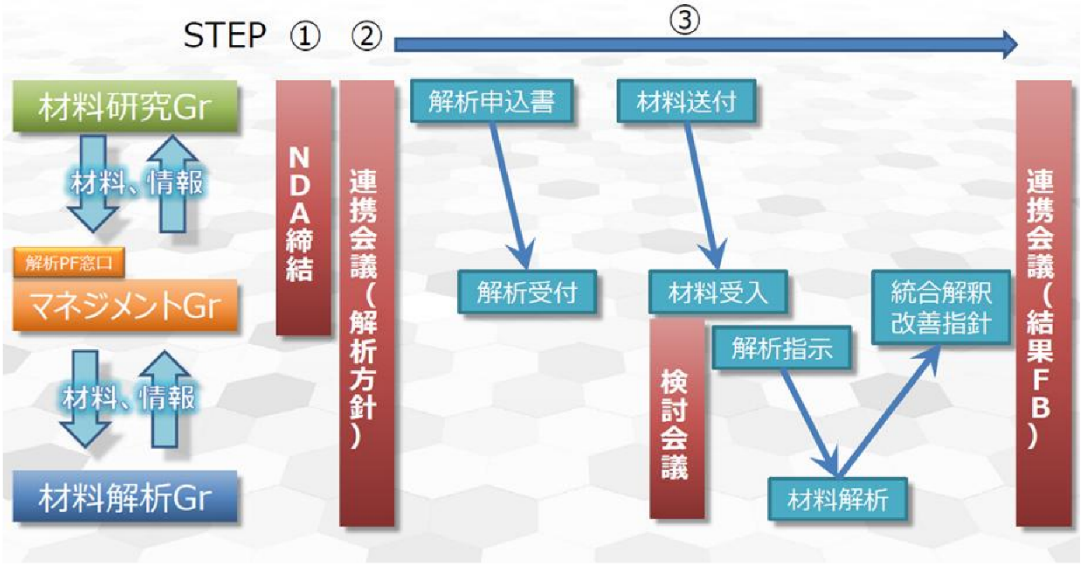
- 電気化学には知見が少ないが有望な能力を有する新規の材料研究者等の参入を促すと共に、国費を原資とした材料研究データを蓄積して我が国の開発力を強化。
- 共通的な指標で材料を評価、解析し、その結果を解釈して研究者に向けた材料設計指針をフィードバックする世界初のPEFC評価解析プラットフォームを構築。



◆研究開発の進捗管理：PEFC評価解析プラットフォーム

- NDA締結等のルール整備から、連携会議を通じた材料毎の解析方針の検討、解析結果の統合的な解釈と改善指針のフィードバックなどを精力的に実施

評価解析プラットフォームにおける材料解析の流れ



72

◆研究開発の進捗管理：ＰＬ意見交換

- ＰＬ、ＳＰＬ、ＰＭ、ＮＥＤＯ担当者が定期的に各テーマの進捗状況を把握し、産業界のニーズや実用化・事業化を見据えた研究開発方針を議論

○PEFC・水素貯蔵分野

- 製品化を念頭に、開発方針や目標設置の確認、競合技術とのベンチマーク、目標達成に向けたシナリオの検討、実用における課題の整理等について、定期的に議論を実施

	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回
20年度採択／32テーマ	2020/12-4	2021/7-8	2021/11-12	2022/8-9	2023/3-5	2023/9-11	2024/5-7	2024/10-2025/1
21年度採択／15テーマ	2021/9-11	2022/4-5	2022/10-11	2023/6-8	2024/3-6	2024/10-2025/1		
22年度採択／11テーマ	2022/8	2023/1-2	2023/8-10	2024/5-7	2024/10-12			
23年度採択／5テーマ	2023/6	2024/4	2024/10-12					

○SOFC分野

- 事業者の進捗会議等に出席し、2020年度に28回、2021年度に33回、2022年度に31回、2023年度に41回、2024年度に39回、5年間で計172回の指導を実施
- 2021年度には産業界の課題やニーズを確認するために、NEDOともにSOFCセルスタックメーカー等を6社ヒアリング、2024年度には業界団体FCCJとSOECへの展開に係る議論を実施

73

◆研究開発の進捗管理：評価解析ＰＦ＆ＰＬ意見交換

- 実用化を見据えた各テーマの研究開発推進のためPL意見交換と評価解析PFを有機的に連携

例１：触媒担体表面の化学修飾技術によるPEFC超高機能界面の創出

PL意見交換

- 当初はメソポーラスカーボン（MPC）への化学修飾を予定していたが、MPCは前処理方法が十分に確立していないなどの課題もあることから、化学修飾の効果を見極めるために、まずは汎用的なケッチェンブラック担体を使用する計画に変更。
- また、白金担持前に化学修飾する想定であったが、実工程では白金担持後に行う熱処理で修飾基が分解する恐れがあるため、白金担持後に化学修飾を行う方法を検討し、効果を確認することに計画を変更
  - ➢ 現段階で白金担持後の化学修飾でも効果が確認されつつある

評価解析ＰＦ

- 材料研究グループ内でRDE評価にて活性向上と耐久性向上を確認していたが、評価解析PFでMEA化しセル評価したところ、耐久性に課題があり、詳細解析を実施した結果、塩素の残留が認められた。
- 大学で行う回転電極評価では、塩素の影響を受けづらいため性能向上となっていたが、セル評価を早い段階で行うことで塩素の除去が重要であることが認識された。
  - ➢ 現在、合成後に残留塩素を除去する手順を加え効果の検証を行っているところ

例２：燃料電池セパレーター用ラミネート金属・高分子ナノコンポジット（NC）フィルムの研究開発

- ラミネート対象であるセパレータの形状、材質に関する情報交換を行い、実用化に向けて必要である仕様を再整理。また意見交換を通じて課題として顕在化した評価プロトコルについて、評価解析ＰＦに策定を指示。

- 評価解析ＰＦにて産業界とも調整の上、評価プロトコルを策定。連携会議にて現状の検討状況を共有した上でプレ評価を進めている。

74

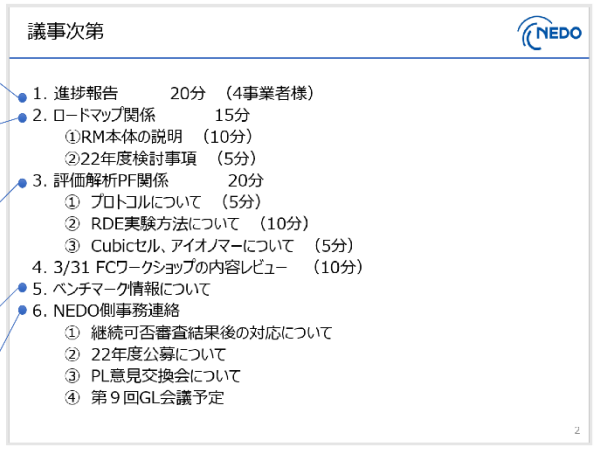
3．マネジメント　（２）研究開発計画・進捗管理

◆研究開発の進捗管理：ＧＬ連絡会

- 各テーマのグループリーダーが集まるＧＬ連絡会を各分野で計21回開催し、テーマ間での開発内容の共有や分野全体に関する最新情報を共有

○ＧＬ連絡会の内容例

- 各事業者の開発概要、進捗状況、困りごと等を全体に共有
- 22年3月に策定したＨＤＶロードマップのポイントや今後の検討事項を共有
- 評価解析プラットフォームの最新情報：評価プロトコルの策定、評価セルの図面提供、MIRAI解析結果の報告等を共有
- 産業界の最新情報をＰＬから共有
- プロジェクト全体の連絡事項：予算管理、継続可否評価、追加公募、ＰＬ意見交換等をＮＥＤＯから共有


議事次第

1. 進捗報告　20分　（4事業者様）
2. ロードマップ関係　15分
   ①RM本体の説明　（10分）
   ②22年度検討事項　（5分）
3. 評価解析PF関係　20分
   ① プロトコルについて　（5分）
   ② RDE実験方法について　（10分）
   ③ Cubicセル、アイオノマーについて　（5分）
4. 3/31 FCワークショップの内容レビュー　（10分）
5. ベンチマーク情報について
6. NEDO側事務連絡
   ① 継続可否審査結果後の対応について
   ② 22年度公募について
   ③ PL意見交換会について
   ④ 第９回GL会議予定

◆第7回GL連絡会（PEFC・水素貯蔵）議事次第@WEB

75

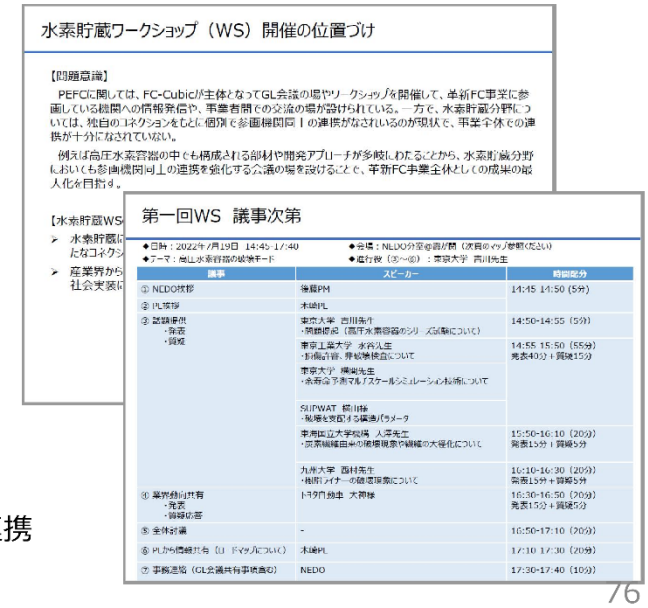
◆研究開発の進捗管理：テーマ間連携

- プロジェクトの効率的な運営や成果の最大化のために、効果やタイミングを見定めた上で様々な技術領域にて、NEDO／PL主導によるテーマ間の連携活動を推進

○テーマ間連携の事例

- **水素貯蔵分野**の事業者間の知見共有やコネクションづくりを促進するためのワークショップをNEDO主導で開催
- 第1回は「高圧水素容器の破壊モード」をテーマに本プロジェクト関係なく知見を共有し、活発に意見交換

その他・・・
- **機能性ナノファイバーと電解質**の成果融合に向けたグループ間連携
- **イオン液体**を扱う3グループを集めた連携会議を実施
- **ラジカルクエンチャー**を扱う2グループの連携を促進する場を設定　等々



◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- テーマ公募的に多数のアイデアを検討するとともに、一定期間（2年度毎）で各テーマの継続可否を外部有識者による審査に基づき判断

- 不確実性の高い革新的なテーマ　＝　成功率は低い
- 如何に限られた予算の中で成功する／事業化につながるテーマを見出していくかが鍵

・石を一杯拾い集める
　→課題共有等の仕掛け

・石を磨き上げる
**　→研究開発マネジメント**

・石を選抜する
**　→継続可否評価**

・石を磨き上げる

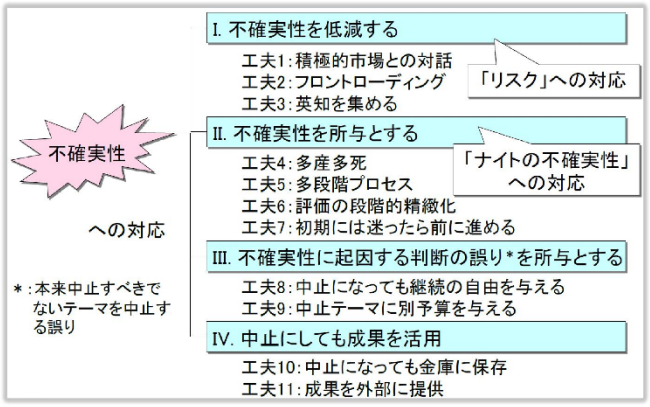
	ステージゲート	デザインレビュー
目的	事業・製品での成功	失敗しない製品を出す
対象	事業化・商品化面	設計面
活動	よってたかって、プロジェクトを冷静・冷徹に評価して、不適切なプロジェクトは果敢に切る	よってたかって、設計の完成度を向上させる（中止は前提ではない）
哲学	性悪説	性善説

※「ステージゲート法」（ベクター・コンサルティング株式会社）を基にNEDO作成

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- テーマ公募的に多数のアイデアを検討するとともに、一定期間（2年度毎）で各テーマの継続可否を外部有識者による審査に基づき判断

- 不確実性の高い革新的なテーマ　＝　成功率は低い
- 如何に限られた予算の中で成功する／事業化につながるテーマを見出していくかが鍵



ロードマップやワークショップの議論で目指すべき方向性や共通的なボトルネックの課題を明確化する努力

多様なアイデアを受け入れる
一定期間で厳格な評価を取り入れる
※この考え方を共有して推進する

再チャレンジの道は残す

成果は広く共有
※失敗も成功という文化の醸成

出典：「ステージゲート法」（ベクター・コンサルティング株式会社）

78

3．マネジメント　（２）研究開発計画・進捗管理

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- ①研究目的、②目標設定、③研究進捗、④研究計画の4つの視点で評価
- 中間目標の達成状況や最終目標達成の見通しに加えて、研究目的や設定目標が最新の産業界ニーズに対応しているかも改めて確認

●評価基準の例（研究開発項目Ⅰ）

評価基準	
評価項目	評価の視点
①【研究目的】 研究開発の狙い・意義	・最新の産業界のニーズに対応したものか。 ・最新のニーズに基づく使用環境・条件で致命的な弱点を持っていないか。 ・競合する最新の技術や研究テーマに対して優位性があるか。
②【目標設定】 事業完了後に目指す姿・目標値	・定量的かつ評価可能な目標設定になっているか。 ・目標値は最新の産業界ニーズと整合しているか。必要に応じて目標値は見直しされているか。
③【研究進捗】 ２年間の研究進捗・成果	・中間目標を達成しているか。達成できていない場合、科学的にその理由を明確化できていてその対策が準備されているか。 ・PFの評価解析結果（共通セル・プロトコル等）に基いた客観的な評価になっているか。 ・実用化を見据えた多角的な視点での検討がなされているか。 ・共同提案の場合、役割分担は明確であり、それぞれの機関できちんと成果を挙げているか。
④【研究計画】 目標達成に向けた課題・今後の取組み	・現在までの研究進捗を踏まえ、最終目標達成に向けた課題、解決方法が具体的になっているか。 ・項目Ⅰで実施すべき研究内容か。 ・実用化に向けた課題に対しての取り組み計画が明確か。 ・開発体制（企業との連携含む）は成果の実用化に向けた体制として妥当か。 ・必要となる予算（費用対効果）は妥当か。 ・知財戦略は成果の実用化に向けた戦略として妥当か。 ・GLのマネジメント能力は契約遂行に十分か。

目的や目標を中間段階で改めて確認

各テーマの中間目標の達成状況や技術的な成果を確認

最終目標達成の見通し、具体的な解決方針、その実現性等を確認

➡ 各委員会で設定した予算枠も踏まえ、評価結果が基準以上のテーマを継続

79

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- 継続可否評価では、単に継続／非継続だけではなく、各テーマの進捗や成果に応じて多様な評価結果＆コメントを提示

③ 中止（→企業内で継続検討）：大型モビリティに適応する多用途型燃料電池モジュールの研究開発 (PE04)

- 燃料電池の普及拡大に向けて船舶や鉄道等への適用に関する研究開発は重要
- 他方、今後の目標達成に向けた検討としては、システムの詳細設計や小型化などが中心であり、委託研究として技術の新規性に欠けることから非継続の判定

➡ 今後の燃料電池の多用途展開に向け、本事業の成果を活用して企業内で継続検討

④ 中止（→再チャレンジ）：配位高分子を用いた中温作動燃料電池の研究開発 (PE08)

- 配位高分子を電解質として用いる取組は、高温化に向けて非常にチャレンジング
- 他方、目標の多くが未達であること、伝導性と耐水性の両立の見通しが立っていないことから、2030年実用化を目指した開発項目としては不適であり、非継続の判定

➡ 社会実装時期の後ろ倒し、伝導性と耐水性の両立に向けたコンセプトの精査、アカデミアも巻き込んだサイエンス視点での検討の追加など、継続可否評価のコメントを踏まえて提案内容・体制、研究開発項目を変更し、2022年度公募に再チャレンジ　➡採択

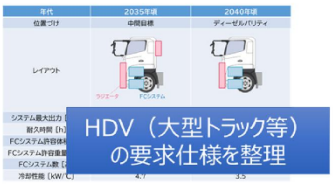
82

◆研究開発の進捗管理：ロードマップ

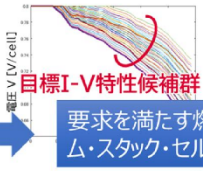
- 世界的に燃料電池適用検討が加速化する大型トラックや船舶、鉄道、建機、農機、フォークリフトなどのHDV向けロードマップを産学協調により2021～24年度に策定

- 2021年度から本格検討を開始し、2024年度まで一連の目標及び課題を導出。システム・スタック・セルの目標だけでなく材料物性までブレークダウンした目標値を提示。
- HDV用途として高温動作と更なる高耐久化の目標を提示。欧米に比べて野心的な目標に。

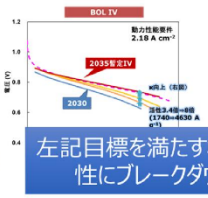
2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
2030年HDV目標	2040年HDV目標	2035年HDV目標	2035年FCV目標



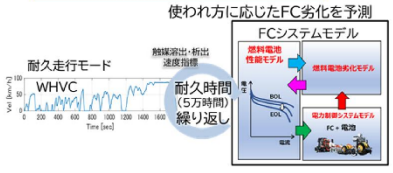
HDV（大型トラック等）の要求仕様を整理

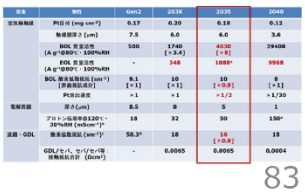


要求を満たす燃料電池システム・スタック・セルの目標を導出



左記目標を満たす材料物性にブレークダウン





83

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- 継続可否評価を2021年度、2022年度、2023年度と計3回実施
- 2021年度の継続可否評価では20年度に採択した46テーマを33テーマに絞り込み（内2テーマは計画通り終了）

- 20年度に採択した全46テーマを対象に継続可否評価を2021年度末に実施
- 研究開発項目および分野により委員会を5つに分割
- 各委員会6名の外部有識者（2名以上は産業界）が、書面およびヒアリング審査により各テーマの継続可否を判断

委員会１：PEFC（研究開発項目Ⅰ）	14テーマ → 10テーマ
委員会２：PEFC（研究開発項目Ⅱ）	14テーマ → 10テーマ
委員会３：SOFC（研究開発項目Ⅰ・Ⅱ）	7テーマ → 5テーマ
委員会４：水素貯蔵（研究開発項目Ⅱ）	4テーマ → 4テーマ
委員会５：実用化開発（研究開発項目Ⅲ）	7テーマ → 3テーマ

- 同様に21年度採択テーマを2022年度末、20年度及び22年度採択テーマを2023年度末に評価し、前者は24テーマ→20テーマに、後者は48テーマ→47テーマに絞り込み

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- 継続可否評価では、単に継続／非継続だけではなく、各テーマの進捗や成果に応じて多様な評価結果＆コメントを提示

① 拡大継続：機能性ナノファイバーフレームワークを基本骨格とする低コスト・高耐久性電解質複合膜の研究開発 (IP11)

- ナノファイバーフレームを用いた電解質膜は非常に革新性が高く、競争力のある技術
- 高温低加湿運転の実現に向けて、成果も順調に出ていることから、継続すべきテーマ

➡ 本技術をベースとして、将来の更なる高温運転への対応に高い期待
140℃でも耐えられる耐熱性ポリマーからなる電解質材料の合成に向けて縮合系合成を専門とする岩手大学、秋田大学を再委託先に追加し、開発領域を拡張し継続

② 縮小継続：硫黄化合物等の吸着脱離メカニズム解明と被毒予防・回復技術開発 (PE07)

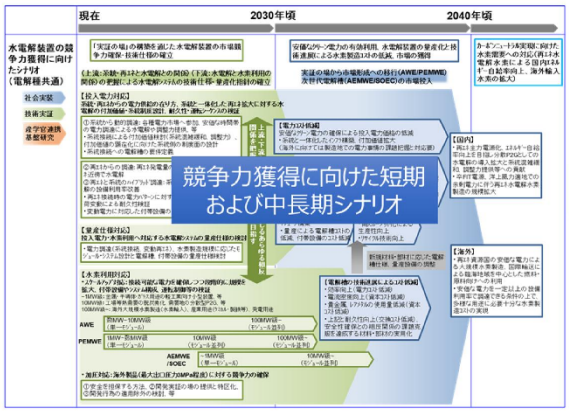
- 硫黄化合物の触媒被毒に対する取組は少なく、産業界のニーズと合致
- 被毒メカニズムの解明や助触媒を用いた対策などは一定の成果が得られている
- 他方、被毒回復技術の検討は実用化につながる有効な知見が得られたとは言い難い

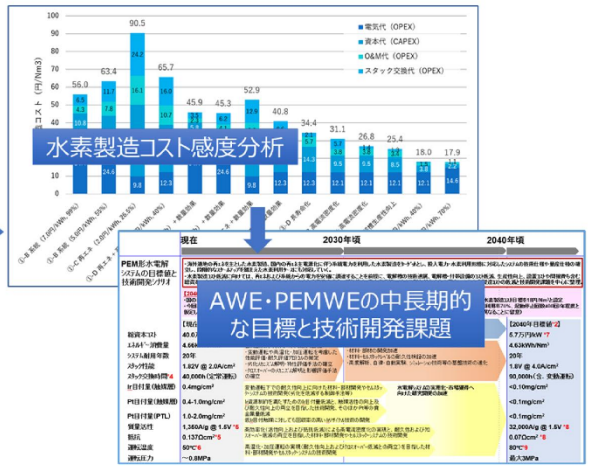
➡ 被毒の予防や回復に資する運転モードの検討は中止し、予算・体制を縮小して継続

◆研究開発の進捗管理：ロードマップ

- 水電解に関しても2022年度末にAWE、PEM、AEM、SOECの各方式の技術課題を整理して公開。
- さらに2024年3月に水電解技術開発ロードマップを公開。競争力獲得に向けた短期・中長期のシナリオを策定するとともに、AWEおよびPEMWEを対象として、国の水素コスト目標を前提に2040年頃の技術目標・課題を導出

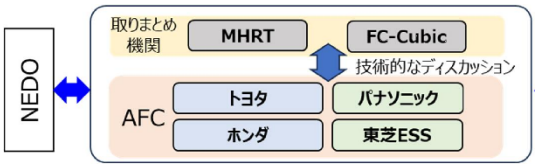
https://www.nedo.go.jp/library/battery_hydrogen.html





◆研究開発の進捗管理：オールスターFC

- PEFCの共通課題解決に向けて、オールスターFCとして、燃料電池システムOEM4社による課題検討会を開催
- 協調領域の課題として燃料電池のシール材および生産技術を設定



- **燃料電池製品の開発効率化や低コスト化に向けて協調して取り組むべき課題を議論する場としてオールスターFCを組成**
- **シールと生産技術を対象領域として抽出し、詳細議論を推進**

シール材料の中長期目標・課題を設定。2022年度に追加公募を実施し課題解決に取り組むテーマを採択し、OEM各社と連携のうえ研究推進。

項目	RM2035年目標	
	移動体用	定置用
セル生産速度	1-2秒/セル以下	10秒/セル以下
シール材コスト（全シール部位・材料費）	¥150/セル以下	¥300/セル以下
温度	膜面温度：最高125℃ 局所温度：最高120℃	局所温度90℃
耐久時間	50,000時間以上	15年以上
メカニズム解明	接着剤シール構造の界面劣化及びリークのメカニズム解明	
設計技術	劣化予測手法やシール設計手法の開発	
生産技術等	材料のハンドリング性・塗工性・リサイクル性などの改善	

燃料電池の製造工程として実現したい姿を具体化して提示。その中での重要課題を2023年度に追加公募し、エージングとプロセスインフォマティクスに関するテーマを採択。また、異分野の取り込みのため中部経済産業局と連携してWSを開催。



◆研究開発の進捗管理（動向・情勢変化への対応）：追加公募

- 産業界等との議論や社会情勢を踏まえ重点課題を設定し、追加公募を実施

●2023年度追加公募

➢ FCオールスターでの議論に基づき将来的な量産化・低コスト化に資する生産技術を重点項目として設定するとともに、社会情勢を踏まえ燃料電池の逆反応である水電解に関する要素・基盤技術開発を新規項目として設定し公募

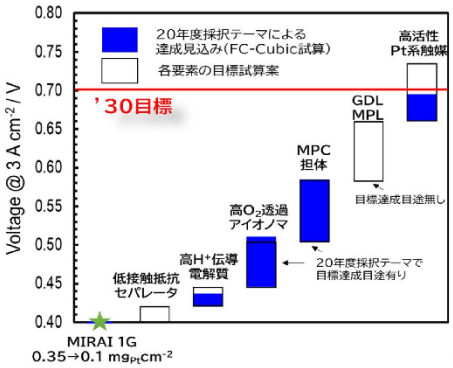
●2022年度追加公募

➢ HDVロードマップやFCオールスターでの議論に基づき、HDVに燃料電池を適用するにあたって求められる運転条件（広範な温湿度下）・耐久性・発電性能等の実現に資する要素技術開発や接着シールに関する技術開発を重点項目として設定し公募

●2021年度追加公募

➢ 基本計画に示す性能目標（2030年目標）の達成や、その他産業界からのニーズに対して特に貢献度の高い分野の研究テーマを重点的に採択

✓ 2020年度採択テーマの最終目標を達成した場合のセル発電性能の試算
✓ 青く埋まっていない部分を重点的に採択



◆中間評価結果への対応

	問題点・改善点・今後に向けた提言	対応
1	PEFCとSOFCといったテーマ間における相互の情報共有と連携にも期待する。	成果報告会等の場で双方の実施内容を共有。特に解析技術に関してはPEFC,SOFC,水電解での共通化・効率化を図る体制を議論して次期事業へ反映。
2	知財に関するオープン・クローズを基本とするアプローチにおいて、特に秘匿性が高い情報を敢えて公表しないことは重要であるが、既に学会で発表されている成果の特許出願がゼロであったり予定がなかったりするケースもみられるため、知財運営委員会等でよく議論することが望まれる。	PL意見交換等の進捗確認時に想定実用化時期を踏まえた出願方針を確認するとともに、実用化企業（LOI等）との議論・連携を促し、実用化・事業化目線で知財運営委員会で議論することを意識づけた。
3	燃料電池の多用途活用の社会実装実現にはユーザーの運用方法に合わせた水素供給方法及び必要に応じた規制合理化の検討も研究開発と並行して進めることが、普及の障害を取り除くひとつの手段になると考える。	本事業成果も踏まえ、参画企業がJH2A等の業界団体の枠組みにて議論。水素普及拡大に向けた規制合理化に関する取り組みは「競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業」で対応する。また、自動車以外の燃料電池モビリティの合理化に向けて自動車の知見をNEDOがつなぎ役となり事業者へ提供。
4	我が国は優れた製品を生み出す技術は有しているが、量産や価格面で国際競争に負けるケースがみられるため、普及に向けて本体及びメンテナンス等の運用コストの低減も不可欠と考える。	オールスターFCの枠組みの中でコスト低減に資する生産技術やシール部材の技術課題を検討し、追加公募によりテーマ採択。また、ロードマップ調査にて米国のコスト調査を分析し、詳細なコストブレークダウンの足掛かりを作った。（次期事業にて本格調査を開始）
5	当面の課題のみならず、より長期的な視点によるテーマの設定や、技術の底上げとしてより多くの中小企業等もこの分野に参入することが望まれる。	ロードマップやシンポジウムを通した技術開発の方向性の発信、評価プロトコルやシミュレーションの提供による参入障壁低減に取り組んだ。また、生産技術の分野では中部経済産業局と連携して中小企業向けワークショップを開催し異分野の取り込みを図った。（NEDO中小企業支援プログラムにてテーマ採択）

◆成果普及への取り組み：人材育成

- 2023～24年にかけて燃料電池に取り組む技術者・研究者のすそ野を広げるために人材育成講座を開設、全12回実施し、各回数百名以上が参加



88

◆成果普及への取り組み

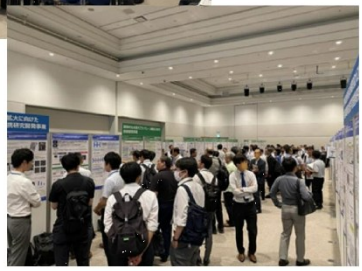
- 毎年度7月に、水素・燃料電池成果報告会を分野ごとに実施。出席者とのディスカッションを通じて、プロジェクトの課題が抽出されるとともに、さらなる改善につながる評価コメントがフィードバックがされている。来場者の満足度が非常に高く（95%以上）、本事業者への関心表明書の提出等にもつながる。

日時：2023年7月13日（木）～14日（金）
場所：パシフィコ横浜 アネックスホール／ハイブリッド・動画配信あり
口頭発表（62件）、ポスターセッション（180件）。来場者約1,100人。

日時：2024年7月18日（木）～19日（金）
場所：パシフィコ横浜 アネックスホール／ハイブリッド・動画配信あり
口頭発表（77件）とポスターセッション（150枚）。来場者1,100名超。

日時：2025年7月15日（火）～17日（木）
場所：パシフィコ横浜 アネックスホール／ハイブリッド・動画配信あり
口頭発表（89件）とポスターセッション（179枚）を行い、プロジェクトの実施状況、成果等を広く一般に公開。多数の事業者、聴講者が会場に一同に集まり、プロジェクトの進捗や課題に関して活発な意見交換がなされた。3日間での来場者数は計1,400名超、口頭発表の様子はオンラインでも配信。





https://www.nedo.go.jp/events/report/Z2SE_00012.html

89

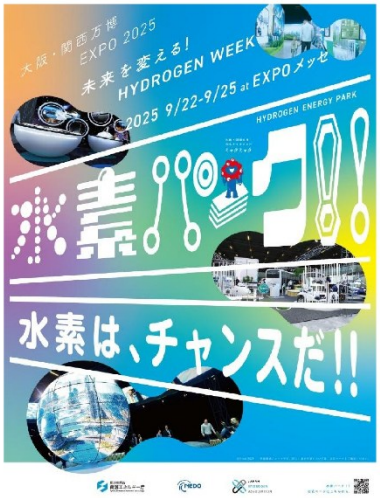
◆成果普及への取り組み（事業外）

- YouTubeやポータルサイトを通して、水素エネルギーの意義や現状、課題等を分かりやすく一般の方（特に若年層）に発信



https://www.nedo.go.jp/powered-by-h2/

大阪・関西万博への出展
2025.9.22～25



3. 目標及び達成状況の詳細

3.1. 研究開発項目Ⅰ 共通課題解決型基盤技術開発

小項目（テーマ名）	評価解析プラットフォームマネジメント	達成状況	○
実施者名	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ，みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社		

●背景・目的

2014 年の FCV の量産開始以降、メーカーの想定と異なる新たな共通課題が顕在化しており、高効率、高耐久、低コストの燃料電池システムを実現するため、ユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術開発が必要である。オールジャパンで知見を集約し産官学連携を強化するため、PEFC 評価解析プラットフォーム（PEFC-PF）を構築し、運営を通じて技術基盤整備と情報発信を行うことで、2030 年以降の日本の国際競争力強化と燃料電池技術の自立的普及拡大への貢献を目的として本事業を実施した。

●事業概要

燃料電池材料を評価するための「PEFC 評価解析プラットフォーム（PEFC-PF）」を構築・運営し、PEFC-PF の 5 つのグループ間で 3 つのワークパッケージ（WP1: データ駆動型アプローチ、WP2: モデル駆動型アプローチ、WP3: 評価共通化）の取り組みにより燃料電池材料の研究開発の推進に貢献。FC オールスター活動：国内 FC スタック OEM 4 社と協力し、協調領域での課題解決を推進。オープンシンポジウムなどを主催し産業界ニーズや共有課題などの情報発信を実施した。

●アウトプット目標

・プラットフォームの運営基盤を確立し、材料開発者に明確な評価基準と改良指針を提供する
・メタデータを含む計測・解析結果のデータフォーマットを整備し、データベースへの蓄積を開始する
・共通となる性能・耐久性評価プロトコル及び評価セルを確立し、共通の基準で評価できるプラットフォームの整備を完了する
・産業界で活用可能な PEM 劣化シミュレーターやプロセス－性能シミュレーター(MBD)の開発を推進する
・FC オールスター活動を通じて産業界の共通課題を洗い出し研究開発に対する提言を行う。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1. 評価解析プラットフォームの運用基盤構築	NDA とデータフォーマットの整備：材料開発者の情報秘匿を遵守するための NDA（秘密保持契約）を整備し、計測・解析結果の統一データフォーマットを確立する。	【達成】 PEFC-PF 内の NDA および材料研究グループとの NDA（NDA2）を整備・運用した。5 年間で 50 件の NDA を締結し、サンプル評価を実施。統一データフォーマットを策定し、クラウドを用いたデータ転送プロトコルを構築(MIX-Platform)、データベースへのデータ蓄積を開始した。	○
2. 評価サイクルの確立と迅速化	評価サイクルの確立：材料受入から特性評価、改良指針のフィードバックまでのサイクルを確立し、迅速化を図る。	【達成】 解析依頼から結果フィードバックまでのプロセスを整備し、評価サイクルを約 2/3 に時短化した。平均評価案件数は、事業終盤（FY2023/2024）に大きく増加し、年間 100 件超の評価件数を実現した。標準材料も決定し、プラットフォーム内で使用可能とした。さらに材料開発者の材料を組み合わせた NEDO-MEA を提案し、NEDO 革新 FC 事業の全体目標に概ね到達したこと技術的残課題を示した。	○

実施項目	最終目標	成果	評価
3. PEFC の研究開発動向調査と情報発信	世界の政策動向・研究開発動向の情報を更新し、戦略・目標の決定に資する。技術ロードマップと取り組むべき戦略の方針を整理し、関係者で共有する。 2 ケ月に一回程度の定期的なセミナーを開催し、本事業全体の成果の社会実装の加速や、燃料電池開発のコミュニティー形成を継続的に促す。	【達成】 FC-Cubic オープンシンポジウムを計 10 回開催した。産学官多方面から多数の参加者を集め、最新動向や技術課題を共有するとともに、日本の燃料電池コミュニティーの活性化と競争力向上に貢献した。ロードマップ事業とも連携して PEFC 主要材料・部材のロードマップ策定や研究開発を加速するための DX アイテムの抽出に貢献した。また、オープンシンポジウムではロードマップで策定した目標値や達成に向けた技術開発課題に基づき、今後の技術開発の方向性について発信した。	○
4. モデルベース開発の活用促進活動	MBD に対するニーズや関心を見ながら MBD のセミナーを開催する。成果および課題を整理し、活用促進、維持・発展のための運用スキームを提示する。特に、材料研究の効率化や実用化の加速などの方針を検討する。	【達成】 全実施期間で 4 回のセミナーを開催し、MBD（FC-DynaMo）の利用方法などをのべ 100 社超の参加者に学習させた。特に第 4 回は材料研究者を対象として想定し、劣化モデルの理論やパラメータ同定ハンズオンなどを行った。また、参加者へのアンケート調査などから活用状況や課題をとりまとめ、ユーザーコミュニティ推進の方策へのフィードバックを得た。	○
5. FC オールスター会議の運営	NEDO 事業の中で特に要望のあったテーマについて、FC オールスターとの間で研究の目標、進捗状況を共有するとともに、研究開発を支援する。また、2025 年度以降の研究開発にむけて提言を取りまとめる。	【達成】 日本の主要な FCV システムメーカー（OEM）4 社と協力して会議体である FC オールスターを運営し、シールおよび生産技術の 2 つのテーマについて課題発信などを行ってテーマアップにつなげるとともに、各研究開発事業に情報提供などの形で貢献した。また、2025 年度以降に向けた提言を取りまとめて報告した	○

●課題と実用化・事業化への道筋

プラットフォーム内で開発した共通基盤となる計測・解析技術（シミュレーション、MI など）を産業界および学術界へ普及・活用させることが課題である。

共通基盤技術や国内外の最新動向の積極的な情報発信により、サプライヤーやスタック製造の新規プレーヤーの創出、および異分野の研究者（電気化学に縁の薄い材料研究者）の PEFC 研究開発への参画を促進することにより、産業界での燃料電池材料の実用化に貢献していく。

以上

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	56	109	131	102	104

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	9 件	1 件	10 件

小項目（テーマ名）	長寿命化・高性能化達成のための設計シミュレーターの開発	達成状況	○
実施者名	京都大学、東北大学 流体科学研究所、東京科学大学、東京大学、九州大学（再委託先等： 東京農工大学、産業技術総合研究所）		

●背景・目的

2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とした。具体的には以下の３つである。

・高効率、高耐久、低コストの燃料電池システムを実現するためのユーザーニーズに基づく基盤技術を開発すること。

・新規に開発された材料に対して、物性値や特性値から、セルの初期性能ならびに耐久性を予測し、モデルベース開発（MBD）により目標の達成度や達成に向けた改良指針を提示すること。

・シミュレーション技術を産業界および学術界へ普及させ活用してもらうこと。

●事業概要

本研究開発ではプロトン交換膜（PEM）劣化モデルおよびプロセス・性能シミュレーターの構成要素モデル、および MBD の基盤技術として固体高分子形燃料電池（PEFC）システムモデルを構築し、産業界で活用可能な以下の数値シミュレーターを開発した。

１．PEM の化学・機械劣化連成シミュレーター

２．製造プロセスから触媒層構造を予測するシミュレーター

３．発電性能を予測するマルチスケールシミュレーター

４．モデルベースの PEFC システムシミュレーター

●アウトプット目標

１．化学劣化した PEM 中での応力と高分子高次構造の関係を解明し、劣化の速度論の支配因子を明らかにする。また、高分子電解質膜内部の３次元セリウムイオン分布とその経時変化をシミュレーションできるプラットフォームを構築する。

２．触媒インクからの触媒層構造決定機構を明らかにする。ナノスケールの数値シミュレーションによる触媒層構造形成過程の解明、触媒層構造形成過程の触媒インクの物性データの計測及び触媒粒子やアイオノマー凝集体の可視化データの取得をおこなう。

３．PEFC を構成する材料構造・反応・輸送特性と膜電極複合体（MEA）・セル性能及び分極特性との関係を把握する。触媒層が高電極反応活性を示すための支配因子（炭素担体の一次構造、二次構造、細孔構造、アイオノマー被覆形状）を提示する。

４．乗用車システムモデル（システム構成と制御器、セル・スタック、水素系、空気系および冷却系の 1D モデル）をベースとして、多様な PEFC アプリケーションのシステム要求から材料開発の指針を簡易に計算できるシステムシミュレーターを開発する。さらに、上記１～３の各種シミュレーターによる性能・劣化パラメーターと連結し、モデル駆動による材料設計に活用できる基盤技術を構築する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１～1-4. PEM の化学・機械劣化連成シミュレーターの開発	PEM の化学劣化シミュレーターと機械劣化シミュレーターを開発し、相乗効果があれば統合する。	PEM の分子量分布変化を予測する化学劣化シミュレーターと分子量分布変化と機械劣化の関係を示すシミュレーター、CeO_2 からのセリウムイオン溶出モデル、セリウムイオン輸送モデルを開発した。劣化の速度論の支配因子を明らかにし、3 次元セリウムイオン分布とその経時変化をシミュレーションできるプラットフォームを構築した。	○

実施項目	最終目標	成果	評価
２～2-2　製造プロセスから触媒層構造を予測するシミュレーターの開発	製造プロセスから触媒層構造を予測するシミュレーターを開発する。	触媒インクの乾燥プロセスで炭素担体の細孔内のナフィオン凝集状態の変化を求める全原子分子動力学（MD）シミュレーターと触媒インク内のアイオノマーの状態や触媒インク乾燥プロセスを評価する粗視化 MD シミュレーターを構築した。触媒層構造形成過程の触媒インクの物性データの計測および触媒粒子やアイオノマー凝集体の可視化データを取得した。	△
３～3-10. 発電性能を予測するマルチスケールシミュレーターの開発	実複雑触媒層構造での解析と発電性能予測のためのシミュレーターを開発する。	触媒層構造から発電性能を予測するシミュレーターを開発した。燃料電池自動車 MIRAI の MEA の初期性能と劣化後の MEA の性能の違いを説明できた。PEFC を構成する材料構造・反応・輸送特性と MEA・セル性能および分極特性との関係を把握した。触媒層が高電極反応活性を示すための支配因子（炭素担体の一次構造、二次構造、細孔構造、アイオノマー被覆形状）を提示した。既存 PEM の輸送物性値を定式化した。ナノファイバーガス拡散層で高酸素輸送、高電子伝導を達成した。	○
４～4-3. モデルベースの PEFC システムシミュレーターの開発	汎用性のあるモデルを採用した燃料電池システムのシミュレーターを開発する。	燃料電池スタック、水素系、空気系、冷媒系補器類と制御器をモデル化し、システム全体の性能を予測するシステムシミュレーター FC-DynaMo を開発し、公開した。	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

PEM の機械劣化が化学劣化に及ぼす影響は小さく、開発した高分子鎖の開裂度と分量分布を予測する化学劣化モデルを FC-DynaMo に統合する。

触媒層製造プロセスから触媒層構造を予測するシミュレーターに分子動力学(MD)法を採用し、機構の知見を得たが、秒の桁のシミュレーションは不可能であり、構造まで予測するには今後の研究開発が必要である。

MEA の構造と運転条件から発電性能を予測するシミュレーターは通常の PC で使用するには大規模計算すぎるが、共同研究や委託研究の形で産業界に貢献する。また、その計算結果はシステムシミュレーター FC-DynaMo の実行に必要なパラメーターの推定に使用する。

システムシミュレーターFC-DynaMo は、ソースコード版は使用改変許諾契約を締結した上で国内企業や研究機関に提供している。アプリ版は広く国内の企業、研究機関、個人にすでに提供している。 ソースコード版 FC-DynaMo（FC-DynaMo_v3.1）の使用契約機関は 34 社、アプリ版の契約ユーザー数は 171 である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	174	300	299	293	279

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	31 件	207 件	2 件	240 件

小項目（テーマ名）	プラットフォーム材料の解析及び解析技術の高度化の技術開発	達成状況	○
実施者名	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ（2022 年 9 月より）（国立大学法人東京大学、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構：両機関共 2024 年 7 月より）、株式会社日産アーク（2022 年 9 月まで）、公益財団法人高輝度光科学研究センター（国立大学法人北海道大学、学校法人常翔学園大阪工業大学、学校法人立命館大学）、国立大学法人京都大学、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、一般財団法人総合科学研究機構）、一般財団法人ファインセラミックスセンター、国立大学法人電気通信大学、国立大学法人茨城大学（2022 年 6 月まで）		

●背景・目的

本事業では、水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき 2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発している。特に、材料解析による開発加速を主たる貢献目標とし、本事業の中で開発される様々な燃料電池関連材料を共通的な指標で評価し、その結果を研究者へフィードバックするための高度解析基盤技術の整備と、シミュレーションとの連携により材料開発から産業界課題への橋渡しを行うためのオペランド解析技術の高度化を目的としている。

●事業概要

材料分析/解析グループの役割として、(1)材料研究グループから提供される材料の分析／解析支援、および、(2)産業界の課題解決を進めるためのシミュレーター開発の支援を実施する。具体的には、電子顕微鏡（TEM・SEM）、振動分光、および、量子ビーム等を用いたマルチスケールの分析／解析環境を整備し、新規開発材料の構造及び形態の計測と解析を実施する。更に、産業界が求める劣化予測、性能向上、プロセスシミュレーターの開発へ寄与する構造データの提供とシミュレーション結果の検証を可能にするため、材料分析／解析技術の高度化を推進する。材料開発支援における分析／解析技術の提供や産業課題解決支援における解析技術の高度化は、PEFC 評価解析グループ間で密接に連携を取りながら進める。

●アウトプット目標

(1)材料研究グループから提供される材料の分析／解析支援

材料研究グループの研究開発を加速するため、提供される MEA および MEA を構成する触媒、担体、アイオノマー、電解質膜、GDL・MPL、セパレータ等の構造を評価解析するため、形態観察・振動分光と、量子ビームにおいて、必要な分析／解析基盤として標準的な材料分析のプロトコル・条件を整備し、材料の分析データを横並びで統一的に評価できるシステムを構築する。材料解析に必要な標準分析メニューの決定を行い、前処理方法・測定条件・解析方法を標準化し、必要に応じて、測定の前処理やオペランド計測に必要なセル等を整備する。測定および解析はマニュアル化し、広く産業界・学術界で活用できる形態とする。構築した分析技術・解析技術を活用し、燃料電池を使用した製品を分析/解析することで、研究開発への貢献可能性を示す。取得したデータの一部は、材料情報、電気化学評価情報等と合わせて、MI による解析を可能にするためのデータベース化を行う。

(2)産業界の課題解決を進めるためのシミュレーター開発の支援

複雑な現象を可視化し、材料開発からシステム開発への橋渡しを行うため、シミュレーショングループと連携し、PEM 劣化予測、性能設計、触媒層形成プロセスのモデル構築のためパラメータ検討やシミュレーション結果検証に活用する計測技術の高度化を実施する。

「PEM 劣化シミュレーション」においては、PEM 化学劣化の発生を予測するシミュレーターの開発のため、PEM 高次構造と化学劣化反応の関係を定量的に捉える。

「性能予測シミュレーション」については、電極構造-IV 性能に関連する①物質輸送に大きな影響をもつ、MEA 細孔内における液水の状態、②アイオノマー分布、および担体表面の状態、③触媒被毒およびその回復現象の解析に注力する。

「プロセス解析」については、触媒インク中の成分の分布状態、および、乾燥状態におけるそれらの分布も含めた構造変化を捉える必要がある。これらを識別し、構造分布を捉えることが可能な中性子小角散乱を用いて、インク/触媒層形成過程の可視化計測を実施する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
（1） 材料開発グループから提供される材料の分析／解析支援	・PEFC の材料、および、MEA 解析に必要な形態観察・振動分光、量子ビーム材料分析メニューを設定、測定方法を標準化し、それらが活用されている。 ・測定方法、および、解析方法がマニュアル化され、産業界へ普及させる準備が完了している。 ・計測およびデータの標準化が行われ、計測データがマテリアルズ・インフォマティクスグループで活用されている。	・電子顕微鏡解析を主とした形態観察および、放射光を主とした量子ビーム解析の標準メニューを設定し、前処理、測定、解析の標準化を一通り完了し、標準材料の解析を実施し、材料開発のフィードバックを行うとともに、MI で活用できるデータセットを蓄積した。 ・材料研究グループから提供される触媒の解析や MEA のポスト解析を開始し、標準メニューにない要望に対しても、放射光や機器分析などを活用した解析の提供を行い、材料開発における性能向上に貢献した。産業界からの解析ニーズに応えるため、MIRAI の材料解析や高温耐久試験の現象解析などを実施し、材料解析ツールを充実させた。	○
（２） シミュレーター開発支援と分析／解析技術の高度化	・PEM 劣化予測シミュレーター、性能設計シミュレーター、触媒層形成プロセスシミュレーターのパラメータ検討やモデル検証に活用する材料分析／解析技術の高度化を実施する。	・劣化シミュレーターのための電解質膜の化学劣化、応力劣化、ラジカルクエンチャーの影響の現象解析、性能シミュレーター開発に向けたマルチスケールの液水可視化、触媒層可視化、被毒・回復過程の現象解析、プロセスシミュレーター開発のためのインクの構造解析を実施している。 ・マルチスケールの液水可視化、触媒層可視化、ラジカルクエンチャ可視化、担体キャラクタリゼーション、被毒・回復過程の解析において成果が出ている。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

評価解析プラットフォームにおける材料分析／解析グループの役割として、材料研究グループから提供される材料の分析／解析支援、および、産業界の課題解決を進めるためのシミュレーター開発の支援を進めた。プロジェクト期間中、27 の事業者に対して、総計 737 検体の解析を行い、有力材料を開発している事業者に対し多数の支援、かつ他多数の事業者に万遍なく支援を実施すると共に、高度解析技術により蓄積された評価・解析データとノウハウを成果として、その役割を果たすことが出来た。この仕組みは、材料開発の加速に有効であることが示されたが、特に材料の分析／解析の横並びの評価、再現性の確保が課題であり、更なる高度解析技術を確立し、信頼性の高い解析結果を提供していく必要がある。なお、本プロジェクトでは提供された材料の分析／解析結果のフィードバックを行っていたが、材料開発者のニーズを的確に把握し、適切な解析手法の提案や結果の解釈を更に進める必要がある。そのためには材料と高度解析に精通したコンシェルジュ機能を強化し、開発プロセス全体の最適化を図る必要がある。

また、NEDO 水素・燃料電池ロードマップに示される 2035 年以降の目標達成には、複雑な現象解明を推進するオペランド計測の一層の強化や、DX 化を加速する計測インフォマティクスの導入更なる研究開発が燃料電池の実用化・事業化に向けて必要である。本事業における成果を更に発展させる形で、材料・プロセス開発を強化し大幅に加速するため、放射光や中性子技術を活用したオペランド解析の更なる強化、顕微鏡等の先端の分析機器導入によるメカニズム解明の深化、更には、マテリアルズ・インフォマティクス（MI）やプロセス・インフォマティクス（PI）と連動する DX 技術を中心としたマルチモーダル解析システム等の導入が必要と考えられる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	289	671	745	592	721

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
0 件	48 件	253 件	15 件	316 件

小項目（テーマ名）	電気化学的特性測定技術の研究開発	達成状況	○
実施者名	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ 山梨県		

●背景・目的

ＮＥＤＯ技術開発ロードマップの２０３０年以降の目標を達成するためには、現行ＦＣＶからの大幅な性能向上が要求されるが、ＰＥＦＣを構成する材料・部材の一部の特性向上で達成されるものではなく、ＭＥＡを構成する触媒、担体、アイオノマー、電解質膜、更にＧＤＬ，ＭＰＬ，ＢＰＰなど全ての材料・部材の特性向上の積み上げで達成されるものであり、かつそれぞれの耐久性の向上と両立させることが必須である。

●事業概要

ＰＥＦＣ評価解析プラットフォームを構成する電気化学特性測定グループとして、本研究開発事業で新規に開発された材料に対して、産業界のニーズを反映した共通の計測・解析手法および共通化したプロトコルで評価し、評価結果は他のプラットフォームメンバーと協議し目標の達成度や達成に向けた改良指針を提示することにより、材料開発者の目標達成までのプロセスを明確にするとともに材料開発の目標達成状況を公正かつ客観的に評価する。

●アウトプット目標

・新たな評価プロトコルを一部開発材料に適用開始し必要な評価を完了しさらにＮＥＤＯ事業において開発された材料を組み合わせたＭＥＡを試作し、開発技術の現状値と課題を抽出している。
・シミュレーション開発に必要とされるバリデーション技術にめどを立て、改定プロトコルを提示し、FC の電気化学分野におけるＮＥＤＯ事業のハブとして認知される体制を整え機能している状態を実現する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．新規開発材料の特性評価・解析	新規開発材料のＭＥＡ作製、ＭＥＡ性能・耐久性の評価を行い課題を提示し開発を支援するとともに「革新ＦＣ－ＭＥＡ」の試作評価を行いプロジェクトの達成状況を明らかにする。	４１３仕様の開発材料を評価し、位置づけと課題を示して開発を支援した。また開発材料を主とする「革新ＦＣ－ＭＥＡ」を試作し、その特性測定・解析を行い性能達成レベル、課題を明らかにした。	○
２．シミュレーションバリデーション	触媒層設計パラメータ感度を取得しマルチスケール・性能設計シミュレータの有効性を示すとともに触媒層をはじめとした電極要素における材料劣化現象の把握と、セルとしての発電性能劣化との定量的な紐付けを行う。	測定された特性データ、過電圧の要因分解した特性指標をシミュレーショングループに提供し、担体スケールの酸素拡散抵抗とプロトン過電圧の評価手法を活用し検証に用いた。膜劣化に伴う分子量低下およびＣｅイオン分布計測と劣化の対応を明らかにした。	○
３．燃料電池材料特性評価プロトコル、評価セルの開発と共通化	産業界の新規要望を入れた評価プロトコルのマニュアル改定版（２０２４年度版）を作成・公開し、産業界・研究機関での適用を開始している。また、多用途展開、燃料電池の運転領域拡大での使用環境が反映された評価プロトコル、加速耐久方法を作成・公開し、産業界・研究機関で新規材料評価への適用を開始している。	ガス拡散層の電気抵抗測定、熱伝導率測定についての検討、ＢＰＰの腐食試験方法の改善等を実施し２０２４年度版としてまとめた。１５０℃までの高温での評価方法の検討の一環として連続運転での耐久試験法の検討も進め、高温運転時の電解質膜の課題を明確にした。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業において、新規開発材料と産業界の材料を組み合わせたＮＥＤＯ革新ＦＣ－ＭＥＡの試作評価の結果、事業開始時点の性能から大幅な性能向上を達成したが、ロードマップ記載の２０３０年目標に対しては未達に終わっている。さらに新たに設定された２０３５年目標の運転条件への対応に向けては１２０℃という高温運転かつ２０％という低加湿の環境において、触媒および電解質材料の特性と耐久性の大幅な向上が必要とされる状況である(図１)。具体的な技術開発課題としては触媒活性向上、利用率向上、電解質膜プロトン伝導性向上、電解質膜厚低減、触媒層抵抗低減等が抽出されている(図２)。

新たな事業において、新たに材料研究グループによる技術開発が進められるが、そこでの開発材料に対し、これまで以上に詳細なＭＥＡ特性測定・改正を行い技術課題の抽出を行い、技術開発を促進することが必要でありこれに対応していく。まず開発材料の特性計測にあたり評価・解析の内容を充実しパンフレットを改定する(図３)。さらに上記技術課題の詳細を解析するため新たな評価・解析手法の適用可能性を確認し、活用を進める。特に１２０℃という高温域での各種材料の特性、耐久性がポイントとなることから要素特性計測の高温対応化を進めるとともに新たな耐久劣化現象の把握と解析も進めていく。このような新たに適用していく特性計測手法については従来のＰＥＦＣ評価・解析プロトコルに反映することを目指すとともに産業界のニーズに基づいて評価内容の改定を進め、広く活用されるよう公開していく。

このような新たな取り組みにより開発の支援を行い、得られる材料研究グループの開発材料の実力については、これまでの事業と同様に横並びで特性を比較し、その特徴を明確にするとともに目標達成に向けてのそれぞれの開発材料の課題を提示し材料研究グループの技術開発促進に貢献する。加えて、技術開発の進展に対応し、高い特性を示す新規開発材料と産業界から提供いただける高性能材料も加えたＮＥＤＯ革新ＦＣ－ＭＥＡを試作し、その特性計測・解析結果に基づいて２０３５年目標の達成に向けた課題を提示し、注力すべき技術開発課題を定量的に示していく。

以上の活動によりＰＥＦＣ評価解析プラットフォーム全体目標であるロードマップ記載の２０３５年目標の達成を目ざす材料研究・開発の加速に貢献していく。

●期間・予算(単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	274	476	1,404	497	472

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	10 件	40 件	3 件	53 件

小項目（テーマ名）	マテリアルズ・インフォマティクスによる燃料電池材料の研究開発	達成状況	○
実施者名	物質・材料研究機構、名古屋大学		

●背景・目的

我が国の PEFC 研究開発を加速させるためには、これまでの知見を集約しつつ、そこで得られる大規模データベースとマテリアルズ・インフォマティクス(MI)手法を組み合わせることが有効である。本事業では、燃料電池の材料サンプルを共通フォーマットでデータベース化し、その結果を MI による解析を通して実験研究者へフィードバックすることで、新規材料開発のための指針提案など、産業界が直面する技術的な課題の解決を実施した。

●事業概要

MI による材料探索においては、品質の高いデータに関して MI 解析を行いやすい形でいかに大量に集められるかどうかが大きな鍵となる。そのため、本研究開発事業で新規に開発された材料群の解析・計測データを今後も利用できるような形で共通フォーマット化を進め、それを系統的に蓄積した固体高分子型燃料電池（PEFC）専用のデータベース(DB)を構築した。具体的には「PEFC 評価解析プラットフォーム」において根幹となる①「共通フォーマットに基づく系統的 PEFC データベースの開発」、②「PEFC データベースを用いた MI 解析による新規材料開発指針の提案」の 2 つの項目について研究開発を実施した。本課題により構築された DB を利用しつつ、PEFC の各材料に特化したＭＩ手法の適用・開発を行うことで新規 PEFC 材料およびシステム開発の指針を提案した。

●アウトプット目標

- 共通フォーマットに基づく系統的 EFC データベースの開発について、事業の実験データを共通のフォーマットで蓄積するデータベースの枠組みを完成させる。さらに自動自律実験によるデータ蓄積のための装置を完成させ、データ蓄積の実証を行う。
- PEFC データベースを用いた MI 解析による新規材料開発指針を材料研究グループと共同で提案し、材料開発を加速する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．共通フォーマットに基づく系統的 PEFC データベースの開発	PEFC データベースの枠組みを完成させ、実験データを蓄積する。自動自律実験によるデータ蓄積の実証を行う。	PEFC 専用のデータベースをウェブアプリの形で構築し、実験データの蓄積を行った。自動自律実験装置を構築した。	○
２． PEFC データベースを用いた MI 解析による新規材料開発指針の提案	材料研究グループと共同で MI による設計指針を提案する。	触媒・電解質膜に関して材料研究グループ 8 件に指針提案を実施。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

NEDO 燃料電池課題における材料研究データグループの実験データを効率的に蓄積かつ活用することを目的に web アプリケーション(MIX Platform, クラウド上で動作)を開発し、NEDO 事業者に展開した。このアプリケーションは、フロント部の GUI によりローカル PC のエクスプローラー上から web ブラウザ上へファイルをドラッグ＆ドロップすることによりマウス操作のみでデータ蓄積ができる仕様になっており、これにより、事業者が直接データを蓄積することができる体制を整えた。ここで、データのオープンクローズに関しては、同一の事業者間でのみデータの閲覧を許し、他の事業者のデータは閲覧できないような構造にすることでデータの漏洩を防ぐことに重きを置いた設計とした。本システムの作成により異なる実験者がそれぞれデータをアップロードすることで、一つの PEFC 専用データベースに実験データを蓄積することが可能となった。このシステムには電気化学計測に関する解析や基本的な MI 解析をする機能が実装されており、今後 NEDO との協議の元で外部事業者が利用する形での実用化が可能な状況となっている。課題としては、蓄積されたデータのうちオープン利用して良いものの区分（NEDO 内オープン、国内オープン、全世界オープン）を行い、ユーザーのステータスに応じたデータ利用の仕組みを実装することがあり、これは今後次の NEDO 事業で実施していく予定である。他の課題としては、電気化学解析や MI 解析の機能が必ずしも充分ではなく、例えば電気化学解析結果のデータベースへの蓄積機能などに関してさらな

る開発を計画している。

さらに、MIX platform に蓄積している多様なデータを連携して利用するためには、データの標準化が重要である。特に、研究者ごとに異なる呼び名や項目名を使っている場合、データを連携して MI 解析する際に一つのテーブルに合わせてしまって良いのかどうか分からなくなるため、これを防ぐための方策として語彙のリスト化（辞書化）を実施した。具体的には、NIMS データプラットフォームセンターが構築している語彙リスト化サービスである MatVoc(https://matvoc.nims.go.jp/)を利用し、FC-Cubic の実験研究者と協力して燃料電池専用語彙をまとめた。これは現在インターネットで公開されている。データ標準化には、語彙項目の対応関係明確化（リスト化）、計測範囲の共通化、メタデータの共通化が重要であり、DX による材料開発スピードの向上のために、本事業ではこれらの準備を進めた。課題としてはデータ標準化が PEFC の全システム、材料系に対しては完成していない点があげられる。今後の展望として上記語彙リストを実験研究者と共に完成させると共に、それを使った MIX Platform による異なる実験研究者のデータを連携させた MI 解析実施機能を実装することがあげられる。

また、実験データ数を増加させるために自動自律実験システム(ELVES)を構築した。ELVES では、標準試料の自動合成、自動計測、大気下での自動評価などを実施することが可能である。ここで創出したデータは ELVES のローカル PC に保存されており、これを本事業において自動的に MIX platform にアップロードする機能を開発することが可能である。本事業では、６元系までの触媒を自動合成し大気下での ORR 活性の自動計測ができるところまで開発を実施した。課題としては、蓄積した大量の実験データを MIX Platform に自動的にデータ転送行い、そのデータの活用を行う点である。次期事業により、MIX Platform へのデータ転送の仕組みを開発する予定である。

大量のデータを連携して高性能材料を探索していくにはなるべく広範な材料探索空間のデータを用意しておくことが望ましいため、論文データから燃料電池に関係する実験データのテキストデータマイニングの手法を用いた抽出を実施した。酸素還元反応（ORR）触媒に関する情報を、論文の本文から獲得する技術を構築している。具体的には、材料名、構造、ORR 物性値、プロセス情報等を認識する固有表現認識(NER)抽出、および、それらを相互に関係づける関係・イベント抽出(RE)を可能とするモデル構築を行っており、NER の精度 70-80%、RE の精度 60-70%を達成した。また、html ファイルに埋め込まれた表情報を獲得する技術構築に成功している。今後、実験研究者と協議の上で必要な材料系に対するデータ抽出を行っていく予定である。

新規材料開発指針提案としては、高性能な触媒組成および焼成温度の MI 解析による最適化を実施した。具体的には、研究開発グループの一つである東北大学和田山研究室のハイエントロピー(HEA)合金タイプの触媒に関して、5 元系の組成（元素の割合）と焼成温度を少数のデータと MI 解析手法を用いて最適化し、触媒特性を向上させることに成功した。Cr, Mn, Fe, Co, Ni の５つの元素に限定し、その割合とアニーリング温度から活性値を予測するモデルを作成し、そのモデルから次に実験すべき条件を提案するというアクティブラーニングを行った結果、従来信じられてきた 5 つの元素が同じ割合で入っている組成（Cr2Mn2Fe2Co2Ni2）が高性能であるという通説とは異なり、Cr1Mn1Fe3Co3Ni2 (573K のアニーリング温度)および Mn1Fe2Co5Ni2 (673K のアニーリング温度）の組成の活性値の方が高くなることが明らかとなった(*ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2025, 17, 15, 22557-22567)。このような少数データから最適な予測と実験を繰り返す MI 解析ノウハウを蓄積し、本事業の他の実験系へのフィードバックも実施した。課題としてはさらなる多元素系への展開があげられる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	96	63	536	160	199

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	その他	計
2 件	1 件	1 件	3 件	7 件

小項目（テーマ名）	高温低加湿作動を目指した革新的低白金化技術開発	達成状況	○
実施者名	学校法人同志社、国立大学法人千葉大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東北大学　大学院環境科学研究科、石福金属興業株式会社（再委託先等：）株式会社 SCREEN ホールディングス、国立大学法人島根大学、国立大学法人大阪大学		

●背景・目的

燃料電池・水素技術開発ロードマップにおいて 2030 年以降に目指すべき性能（「航続距離：800 km 以上」、「スタック出力密度：6 kW/L 以上」、「最大負荷点電圧：0.6 V 以上」）が示された。本研究開発では、これらの 2030 年度以降に目指すべき性能を実現可能な白金系高活性触媒を開発することを目的とした。

●事業概要

本研究開発では「触媒内部構造」、「触媒表面修飾」の改良に加えて、「触媒担体」や「担体細孔内部」まで範囲を広げた革新的低白金化技術を目指した。具体的には、1）合金触媒技術を中心とする高活性化、2）メソポーラスカーボン(MPC)の使用による細孔内の高速酸素拡散性の付与、3）触媒の高活性、高安定性化に寄与する表面有機物の探索及び修飾技術による白金触媒の高活性化、高電流密度化、高耐久化を目指した。また、4）細孔内へのプロトン伝導性イオン液体の含浸を試み、100℃以上での高温低加湿作動を目指した。

●アウトプット目標

・回転ディスク電極による評価により 1500 A/g-PGM(@0.9 V)以上の質量活性を有し、

・作動温度 100℃以上、加圧条件 1.5 気圧以下の MEA 評価により、0.2 A/cm^2 の電流密度で 0.84 V 以上、発電電圧 0.6 V で電流密度 3.0 A/cm^2 以上の発電性能を見通し可能な革新的高活性触媒を開発する。

・触媒粒子のメソ孔への担持および表面修飾技術により同程度の粒径を有する標準触媒に対して耐久性 3 倍を見通す。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．高酸素拡散性を有する高活性触媒の開発	･RDE: ≧ 1500 A/g-PGM ･MEA: ≧ 0.84 V@0.2 A/cm^2, ≧ 0.60 V@3.0 A/cm^2 (100℃, 30~60% RH)を見通す ･耐久性：同程度の粒径の Pt/C の 3 倍	・RDE : PtCo/KB600JD＋メラミン 4120 A/g-Pt ・ MEA: PtCo/MPC: 0.84 V@0.2 A/cm^2, 0.71 V@3.0 A/cm^2 (75% RH) ・RDE 法によりメラミン修飾が Pt/C と PtCo/C 触媒の ORR 活性と耐久性を大幅に向上させることを確認。 ・プロトン性イオン液体の添加により低湿度環境で MEA の電池電圧向上を確認。	○
2．有機物修飾による触媒高活性化技術の開発	新規触媒の 50 g/バッチレベルの少量生産技術を開発する。MEA(1 cm^2)、作動温度 100℃以上、加圧条件(1.5 気圧以下)での MEA 評価技術を開発する。	・改良液相還元法を開発し、100 g/バッチで Pt/MPC 生産技術を開発。 ・Pt/MPC 触媒が NEDO MEA に採用、2030 年 NEDO IV 目標をほぼ達成。	○
3．酸化物ミクロ構造制御による高温対応モデル触媒開発（ハイエントロピー合金(HEA)触媒開発）	・回転ディスク電極により評価したモデル触媒の ORR 質量活性が 1500 A/g-PGM 以上	・単結晶を用いたモデル HEA 触媒で、~3700A/g-Pt 相当を達成。 ・Pt-HEA の高活性化・高耐久化に向けて機械学習を活用し、合成条件（原子比率、焼成温度）を最適化。	○

実施項目	最終目標	成果	評価
４．有機物修飾による触媒高活性化技術の開発	・RDE ≧1500 A/g-PGM の質量活性 ・MEA: ≧0.84 V@0.2 A/cm^2	・RDE： tBuTAP 修飾 PtCo/MPC 2059 A/g-Pt ・MEA：オクチルメラミン修飾 PtCo/F：0.822 V@0.2 A/cm^2, 0.64 V@3.0 A/cm^2 ・メラミン修飾により MEA での白金粒径増大が大幅に抑制されることを実証。また、初期 IV 特性と耐久性が同時に上昇する修飾条件を見出した。	○
５．高温で高 ORR 活性を発現する活性化因子の解析	・100℃以上で 1500 A/g-PGM 以上を到達し得る構造規整電極触媒の組成決定 ・表面実構造とイオン液体・有機物の組み合わせを決定	・メラミン 0.1 μM で修飾した $Pt_3Co(553)$が最大活性。MA = 11×10^4 A/g-PGM。 ・ORR が活性化されるメラミン濃度でメラミンの吸着配向と水の構造変化を決定し，活性化機構を実証。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

メソポーラスカーボン担体を用いた Pt/MPC 触媒に関しては、NEDO 評価解析プラットホームでの組み合わせ評価（NEDO innovative MEA）でも非常に高い評価が得られ、2030 年 NEDO 発電性能目標をほぼ達成することができた。この触媒に関しては大量合成法にも目処がつき、既に国内外のスタックメーカー、自動車メーカーへのサンプル販売を行っている。今後、採用が決まれば早期に増産体制を整え、実用化を進める予定である。更に、今期（2025 年～）の NEDO 評価解析プラットホームでの標準 Pt 触媒への採用も決定しており、NEDO MEA の結果を広く公表することで一層の拡販に繋げていく。

合金触媒は高い ORR 活性に起因する低電流密度領域での高いセル電圧が MEA で得られたが、合金化のための熱処理によって合金粒子の凝集、粗大化が起こり、ラフネスファクターの低下による高電流密度領域でのセル電圧低下と耐久性に課題が残った。少ない量で効果がある白金以外の合金化元素の探索、有機物修飾による耐久性向上を実現し、実用化を目指す。HEA 触媒は、モデル電極では高活性化、高耐久化効果が確認されたが、現状の組成では量産に移行可能な製法での実触媒化がかなり困難であり、実用化のためには、より実触媒に近い微粒子モデル触媒を用いた開発が必要である。

有機物修飾に関しては、MEA での効果発現がようやく実証できた状態であるため、実用化には少し時間がかかると思われるが、今後の 5 年間で MEA での使いこなし技術を開発し、実用化を目指していきたい。使いこなし技術の開発にはスタック全体での添加、供給、保持方法を確立する必要があり、これはプロジェクト内や NEDO プラットホームによる単セルの評価のみでは難しく、スタックメーカーと協力の上で開発を進めることが必要と考えている。

2025 年 7 月に新たな NEDO プロジェクト「HDV 用燃料電池を目指した革新的低白金化技術開発」が採択され、引き続き革新的触媒開発を進めることとなった。このプロジェクトでは、2nm 以下の高比表面積小粒径白金触媒、高活性 HEA 開発に加え、MPC を担体とする触媒を用いた触媒層構造の最適化、有機物修飾による高活性化、高耐久化効果によって、2035 年 NEDO 発電性能目標の達成を目指している。特に今期からはスタックメーカーであるパナソニック株式会社が委託先として加わり、MEA での有機物修飾の使いこなし技術の開発により有機物修飾の早期実用化を目指している。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	206	154	151	124	125

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
23 件	35 件	202 件	22 件	282 件

小項目（テーマ名）	未踏合金カソード触媒の創製	達成状況	○
実施者名	国立大学法人京都大学、国立大学法人岩手大学 （再委託先等：国立研究開発法人物質・材料研究機構、パナソニックホールディングス株式会社）		

●背景・目的

本プロジェクトでは、第 6 次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき 2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

本研究開発では、2030 年以降のスタック発電電圧目標達成に資する新規高活性カソード触媒の開発を目指し、構造均一性が高い非平衡合金相からなる未踏合金カソード触媒を創製する。同時に、触媒活性を最大限に引き出す MEA 化技術を開発し、現行の触媒に対して 10 倍以上の活性を持つ触媒を創製する。2024 年度末最終目標として、MEA で 0.84 V@0.2 A/cm^2 以上、かつ、2019 年度のパナソニック MEA に対して 70 mV 以上の電圧向上を目指す。

●アウトプット目標

・高次形態制御 Pt 基合金触媒をカソードに用いた MEA で 0.84 V@0.2 A/cm^2 以上、かつ、 2019 年度のパナソニック MEA に対して 70 mV 以上の電圧向上を実証する。
・メソポーラス炭素（MPC）担持 Pt 基合金触媒を中心に、社会実装を見据えた開発触媒に適した仕様で MEA と RDE の活性差を明確化する。
・MPC 担持 Pt 基合金触媒について、現行の Pt 合金触媒と同等以上の耐久性賦与を目指し、開発触媒の劣化要因の把握を行う。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．高次形態制御 Pt 基合金触媒の創出	高次形態制御 Pt 基合金触媒をカソードに用いた MEA で 0.84 V@0.2 A/cm^2 以上、かつ、 2019 年度のパナソニック MEA に対して 70 mV 以上の電圧向上を実証する。さらに燃料電池の劣化モードを模擬した電位サイクル試験を実施し、サイクル前後の性能解析や解体分析によって劣化メカニズムを明らかにする。	・ MPC 担持 Pt 基規則合金カソード触媒の結晶構造や組成、ならびに周辺構造を高次に制御し好適化を繰り返すことで、加圧条件で最終目標を達成した。 ・規則化度の向上による耐久性の向上を実用セルで実証した。	○
２．高次形態制御 Pt 基合金触媒のポスト処理技術および MEA 化技術の開発	小規模 MEA、 RDE の活性差を明確化し、開発指針に反映させる。また、開発触媒に最適化したプロセスを用いて、パナソニック MEA で触媒層形成が困難な 1 g 未満の触媒を用いた MEA の相対評価により、開発加速をする。	・種々の異なる担体に 35wt%もしくは 50wt%の PtCo を担持し、RDE と MEA で質量活性を種々の因子を用いて検討することで、RDE と MEA での質量活性の定量的な関係を見出した。	○
３．高次形態制御 Pt 基合金触媒の評価/解析・設計指針提案	MEA で 0.84 V@0.2 A/cm^2 以上、かつ、 パナソニック MEA に対して 70 mV 以上の電圧向上実現のため、アイオノマー特異吸着抑制のための表面修飾技術や多孔質担体を最適化する。現行の Pt 合金触媒と同等以上の耐久性賦与を目指し、開発触媒の劣化要因の把握を行う。	・ $L1_0$-PtCo 規則合金相およびナノワイヤの優位性を、電気化学的手法だけでなく放射光解析によりその原理を実証した。 ・触媒を含窒素炭素被覆することにより、形態制御触媒や合金化触媒のアイオノマー被毒を低減するのみならず、触媒の高耐久化に効果的であることを実証した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

3~4 nm の $L1_0$-Pt 基合金ナノ粒子の MPC 細孔内担持方法の確立と大量合成が、喫緊の課題である。パナソニックの燃料電池事業部は、パナソニックホールディングスが実施する MEA 性能・耐久評価で良好な結果が得られ、触媒の量産性およびコストの見通しが立ち次第、速やかに商品化開発に移行する。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	87	110	111	103	94

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
1 件	9 件	48 件	1 件	59 件

小項目（テーマ名）	高効率・高出力・高耐久ＰＥＦＣを実現する革新的材料の研究開発事業	達成状況	－
実施者名	国立大学法人山梨大学 （共同実施：株式会社東レリサーチセンター、再委託：日揮ユニバーサル株式会社、株式会社リガク、学校法人東京理科大学、東海カーボン株式会社（2023/4～））、パナソニックホールディングス株式会社、田中貴金属株式会社、日本化学産業株式会社、株式会社日産アーク（～2022/6）、国立大学法人東北大学、国立大学法人大阪大学		

●背景・目的

本プロジェクトでは、第５次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき 2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システムを実現するための協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

燃料電池の 2030 年以降に目指すべき目標性能を達成するための担体・触媒・電解質・触媒層に関る過電圧低減と耐久性向上を達成させ、高効率・高出力・高耐久を両立した新たな電極・電解質材料を産業界と共に実用化につなげる。本プロジェクトにおいては、以下の３テーマを実施する。

A.「触媒の研究開発」、B.「炭化水素系電解質材料の研究開発」、C.「触媒層の研究開発」

●アウトプット目標

A.触媒　①高効率運転　MA：600A/g(@0.9 V)、②高負荷運転　抵抗過電圧：100mV(@2A/cm2)以下、③起動停止　ｻｲｸﾙ数：乗用車の 10 倍、④極限環境劣化　抵抗過電圧　水素中：64mV 以下、空気中：500mV 以上

B.炭化水素系電解質　①高効率運転　膜　プロトン導電率：2 倍、ガス透過率：1/10、②高負荷運転　アイオノマー　プロトン導電率：2 倍、ガス透過率：2 倍、③高耐久起動停止　膜 ガス透過率：1/10 倍、化学安定性と機械的耐久性：フッ素系と同等

C.触媒層　①高効率運転　MA：600A/g(@0.9 V)、②高負荷運転　抵抗過電圧：100mV(@2A/cm2)以下、③起動停止：乗用車の 10 倍、④極限環境劣化　抵抗過電圧　水素中：64mV 以下、空気中：500mV 以上

●目標に対する成果と達成度

A.「高効率・高出力・高耐久を実現する触媒の研究開発」

a.セラミックス系担体触媒

実施項目	最終目標	成果	評価
１．高効率運転	酸素還元活性が 0.02～0.04A /cm2（@0.90 V, 600～1200 A/g 相当）となることを酸性電解液中で検証する。	Pt/Nb-SnO_2にて 1800A/g (@0.90 V,80℃)に到達し,目標を達成した。	○
２．高負荷運転	触媒層の抵抗過電圧 100mV(@2A/cm2)以下になることを検証する。	Pt/Nb-SnO_2触媒層の過電圧が 1mV(@2A/cm2)未満で数値目標を達成した。	○
３．高耐久起動停止	乗用車の起動停止サイクル数の 10 倍の耐久性を酸性電解液中にて検証する。	Pt/Nb-SnO_2の起動停止耐久性が乗用車の数千倍で数値目標を達成した。	○
４．極限環境下劣化防止	水素雰囲気中での抵抗過電圧が 64 mV(@2 A /cm2)以下であると共に、空気中での抵抗過電圧が 500 mV（@2 A/cm2)以上になることを検証する。	Pt/Nb-TiO_2の抵抗過電圧が左記迄到達し、数値目標を達成した。	○

b.カーボン担体系触媒

実施項目	最終目標	成果	評価
１．高効率運転	酸素還元活性が 0.02～0.04A /cm2（@0.90 V, 600～1200 A/g 相当）となることを酸性電解液中で検証する。	Pt/OMC 触媒にて 600A/g 以上に到達し,数値目標を達成した。	○
２．高負荷運転	抵抗過電圧 100mV(@2A/cm2)以下になることを検証する。	Pt/OMC 触媒にて 100mV 以下に到達し,数値目標を達成した。	○

B.「高効率・高出力・高耐久を実現する炭化水素系電解質材料の研究開発」

実施項目	最終目標	成果	評価
1．高効率運転	新規電解質膜で、現在のフッ素系電解質膜に比べて 2 倍以上高いプロトン導電率、1 桁以上低いガス透過率を検証する。	開発した部分フッ素化ポリフェニレン電解質膜および補強膜でプロジェクトの数値目標を達成した。	○
2．高負荷運転	新規電解質イオノマーで、現在のフッ素系電解質に比べて 2 倍以上高いプロトン導電率、2 倍以上高いガス透過率を検証する。	開発した嵩高い脂肪族基を導入したポリフェニレン電解質でプロジェクトの数値目標を達成した。	○
3．高耐久起動停止	新規電解質膜で、現在の実用化されているフッ素系電解質膜と同等の化学安定性と機械的耐久性を検証する。	開発した部分フッ素化ポリフェニレン電解質補強膜でプロジェクト目標の化学安定性と機械的耐久性を検証した。	○

C. 高効率・高出力・高耐久を実現する触媒層の研究開発

実施項目	最終目標	成果	評価
1．高効率運転	0.02～0.04 A/cm2（@0.9V, 600～1200 A/g 相当）を検証する。各開発材料の目標値を MEA として検証する。	開発した Pt/Nb-SnO_2 及び Pt/OMC 触媒による MEA でプロジェクトの数値目標を達成した。	○
2．高負荷運転	過電圧低減目標として 160 mV（触媒 100 mV, 電解質材料 60 mV）@2 Acm-2 を検証する。(MIRAI MEA 比較)、各開発材料の目標値を MEA として検証する。	開発した Pt/Nb-SnO_2 及び Pt/OMC 触媒による MEA でプロジェクトの数値目標を達成した。	○
3．高耐久起動停止	FCCJ 最終目標 60000 サイクル（ECSA 低下率が 50%以下）を見通す。さらに乗用車の起動停止サイクル数の 10 倍の耐久性を検証する。各開発材料の目標値を MEA として検証する。	開発した Pt/Nb-SnO_2 触媒による MEA でプロジェクトの数値目標を達成した。	○
4．極限環境下劣化防止	FCCJ 最終目標 40 万サイクル（ECSA 低下率が 50%以下）を見通す。さらに起動時の逆電流の抑制及び水素枯渇時における劣化防止技術を開発する。加えて、乗用車の負荷変動サイクルの 10 倍の耐久性を検証する。各開発材料の目標値を MEA として検証する。	開発した Pt/Nb-TiO_2 触媒による MEA でプロジェクトの数値目標を達成した。	○

これらのように、本事業の３つのテーマである A.「触媒の研究開発」、B.「炭化水素系電解質材料の研究開発」、C.「触媒層の研究開発」は、いずれも目標を達成することが出来た。

●課題と実用化・事業化への道筋

触媒（層）、電解質材料いずれも基礎的な開発は完了したが、事業化には、実用面・量産面での取り組みが必要である。そのため、ユーザー側での評価と課題だしには、LOI(当時)企業等に材料を提供し、評価を加速させて行く。また、各材料メーカーによる供給側での実用性を構築するため、各社の量産プロセスに応じた、供給体制を構築してゆく。これらの取り組みを行うことにより、社会実装を進めてゆく。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	380	524	600	447	408

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	その他	計
20 件	26 件	85 件	44 件	175 件

小項目（テーマ名）	ラジカル低減機能と燃料欠乏耐性を有するアノード触媒の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人山梨大学 国立大学法人岩手大学（再委託先：国立大学法人弘前大学） 国立大学法人信州大学 国立大学法人東北大学		

●背景・目的

高分子電解質膜（PEM）の OH ラジカルによる劣化を抑制するため Ce^{3+}等のラジカル捕捉剤が添加されているが、セル性能低下が避けられない。本研究では、低貴金属量で従来触媒と同等以上の水素酸化(HOR)活性を有し、ラジカル発生源となる H_2O_2 発生を抑制可能なアノード触媒と触媒層を研究開発する。

他方、スタックの一部のセルで燃料欠乏が起こると、炭素担体の酸化反応が起こって致命的なダメージを受ける。本研究では燃料欠乏時の高電位耐性を有するアノード触媒ならびに触媒層を研究開発する。

●事業概要

・カーボンや酸化物担体に高分散した PtCo 合金触媒、触媒層への酸化物添加等による H_2O_2 発生抑制と高電位耐性の作用機構と劣化機構を明確にする。これらを協力機関や PEFC 評価解析プラットフォーム（評価解析 PF）に提供して単セル評価により目標性能を検証する。また、触媒の量合成法を確立する。

・計算科学により、アノード触媒設計指針を明確にし、シミュレーション技術を確立する。

●アウトプット目標

・H_2O_2 発生抑制機構と劣化機構を明確にしたアノード触媒を開発し、単セルで評価可能な量合成法を確立する。協力機関や PEFC 評価解析 PF に触媒を提供し、単セルで PEM 寿命 2 倍以上の向上を実証する。

・HOR 質量活性が市販 Pt/GCB 以上で、燃料欠乏耐性 2 倍以上を見通すアノード触媒を開発し、作用機構・劣化機構を明確にする。

・計算科学により解明した機構に基づき、OH ラジカルを発生させず、燃料欠乏状態でも高い酸化耐性を有するアノード触媒を計算科学的に設計するためのシミュレーション技術を確立する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．H_2O_2 発生抑制アノード触媒・触媒層の開発	・H_2O_2 発生抑制機構と劣化機構を明確にしたアノード触媒の開発。	・H_2O_2 発生速度が市販 c-Pt/CB の 1/2 以下の触媒を各機関で開発できた（共通試験で確認）。 ・単セルでの PEM 寿命を c-Pt/CB アノードの 4～25 倍に向上できる PtCo 合金、GCB（黒鉛化）担体、低 O_2 透過性炭化水素系アイオノマー、酸化物（SiO_2、ZrO_2 等）添加を見出した。	◎
	・触媒の量合成法確立。	・数種の触媒の量合成法を確立できた。	○
	・協力機関や評価解析 PF に触媒を提供し、単セルで PEM 寿命 2 倍以上の向上を実証。	・数種のアノード触媒を評価解析 PF に提供し、単セル試験で PEM 寿命の顕著な向上が実証された。 ・産業界構成 MEA でも効果が実証された。	◎
	・計算科学による機構解明。	・合金化や酸化物添加による H_2O_2 生成の活性化エネルギー増大と、吸着水素 H_{ad} の吸着エネルギーの減少を計算科学と評価解析 PF の先進解析（in situ XAS）により明らかにできた。	◎

2. 燃料欠乏耐性アノード触媒・触媒層の開発	・HOR 質量活性が市販 c-Pt/GCB 以上で、燃料欠乏耐性 2 倍以上を見通すアノード触媒を開発。	・酸素発生活性が高い IrO_2 ナノシート(ns)を c-Pt/CB 触媒へわずか 2.5～5 wt%添加することで、著しい転極耐性向上が得られた。協力機関と評価解析 PF での単セル試験において、有効性が確認された。 ・評価解析 PF での 1 wt% IrO_2(ns)+PtCo/CGJ（新型黒鉛担体）アノードの単セル試験により c-Pt/GCB の 2 倍以上の転極耐性を見通せた。 ・上記混合触媒を産業界材料構成 MEA に用い、標準構成の 2.2 倍の PEM 寿命が評価解析 PF で確認された。	○
	・作用機構・劣化機構の明確化。	・半セル法で触媒等の転極耐性を簡便にスクリーニングする方法を開発できた。 ・IrO_2 ナノ粒子触媒の Ir 目付量と転極耐性時間の trade-off 関係を明確にできた。	○
	・燃料欠乏状態でも高い酸化耐性を有するアノード触媒を計算科学的に設計するためのシミュレーション技術の確立。	・H_2O_2 生成を抑制可能な Pt 合金/酸化物担体では、表面が酸化劣化しにくいこと、H_2 による還元反応で水素酸化活性が回復しやすいことが計算科学により示された。 ・計算科学により Ir 使用量を低減可能な触媒候補を提案できた。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

(1) 触媒、助触媒の量合成

・燃料欠乏耐性向上助触媒として極めて有望な IrO_2(ns)助触媒を量合成する石福金属興業が協力機関に加わり、技術移転を促進した。評価解析 PF および協力機関での実サイズセルへの触媒提供を加速できた。

・Ti_4O_7-C 等の酸化物担体合成技術をジュークスに移転し、量合成が開始された。これにより、岩手大学での単セル試験、弘前大学での機構解析が加速されるとともに、評価解析 PF での実サイズセルへの触媒提供が加速できた。

・山梨大学と TKK が共同で開発・量合成した $PtCo/C_{HT}$ アノード触媒を用いた単セルの加圧 OCV 試験が行われ、c-Pt/CB アノードでの PEM 寿命の 400 倍以上の従来にない優れた効果が確認できた。また、産業界材料構成 MEA でも有効性が確認された。さらに脱合金化を抑制可能な PtCo/CGJ 触媒も共同で開発した。これに信州大学開発の IrO_2(ns)を混合した触媒の PEM 寿命向上と転極耐性向上が評価解析 PF での産業界材料構成 MEA で確認できた。

(2) 開発触媒を用いた単セル試験・実用的データ取得

・信州大学と岩手大学の開発触媒は協力機関の東芝エネルギーシステムズに提供され、単セル転極耐性試験において大きな成果を得た。

・自動車会社（トヨタ自動車、本田技術研究所）が 2021 年度より協力機関に加わった。

(3) 技術協議連絡会での意見交換

・連絡会を定期的に開催して最新の成果等について意見交換し、企業のニーズを汲み上げた。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	127	148	159	142	128

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
8 件	11 件	45 件	15 件	79 件

小項目（テーマ名）	高耐久性を目指したラジカルクエンチャーの研究開発	達成状況	○
実施者名	学校法人　上智学院（再委託先等：日清紡ケミカル株式会社）		

●背景・目的

現在の燃料電池に適用されているラジカルクエンチャーの技術はまだ成熟したものではなく、基礎的な機構解明から新技術による課題解決が必要な喫緊の課題となっている。

本研究では、現行のラジカルクエンチャー（セリウム系ラジカルクエンチャー）のセリウムイオン移動機構とラジカルクエンチ機構を解明すると共に、新たな移動抑制技術や新規ラジカルクエンチャーを開発することを目標としている。

●事業概要

基礎的なラジカル劣化機構解明から劣化抑制の新技術の確立により、未だ未成熟なラジカルクエンチャー技術を構築する。そのために、第一段階として、現行のラジカルクエンチャーの移動機構の解析とその抑制技術の構築を行う。第二段階では、電解質膜への相溶性が高い新規な有機低分子ラジカルクエンチャーを開発する。第三段階では、第二段階で得られた新規ラジカルクエンチャーを高分子量化し、これを電解質材料に相溶させることで、FC 作動時にラジカルクエンチャーの移動のないシステムを構築する。

●アウトプット目標

最終目標として、燃料電池作動時にラジカルクエンチャーの移動がなく、かつその使用量を従来の使用量に対して 25%削減可能にする。得られアウトプットは以下になる。

・現行のラジカルクエンチャーであるセリウムイオンの移動を抑制する移動抑制剤の開発
・MEA と電解質膜組成の最適化技術の提案
・新規ラジカルクエンチャーの開発

●目標に対する成果と達成度

研究開発テーマ（研究機関）	最終目標	成果・状況	達成度
1. セリウム系ラジカルクエンチャーの移動解析と移動抑制技術の構築 上智大・日清紡 C	燃料電池作動時にラジカルクエンチャーの移動がなく、かつその使用量を従来の使用量に対して 25%削減可能にする。	リン酸ジルコニウム系において 75%の移動速度の低減と、耐久性向上を確認した。 使用量に関しては、クエンチ効果の濃度依存性の検討から 25%低減を実証した。	○
2. 新規な低分子ラジカルクエンチャーと酸素透過抑制技術の開発 上智大・日清紡 C		迅速スクリーニング法を開発、実証した。 セリウム系に匹敵するクエンチ効果が得られた。	○
3. ラジカルクエンチ能を有する高分子電解質の開発 上智大・日清紡 C		高分子系のクエンチャー候補を見出した。 非イオン性かつ高分子量のクエンチャーであることから、燃料電池作動時にラジカルクエンチャーの移動がない材料を開発した。	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究開発は、1．セリウム系ラジカルクエンチャーの移動解析と移動抑制技術の構築、2．新規な低分子ラジカルクエンチャーと酸素透過抑制技術の開発、3．ラジカルクエンチ能を有する高分子電解質の開発の３つのステップで計画しているため、それぞれの段階で実用化・事業化が可能と考えている。いずれの段階も、現行の燃料電池をもとに計画されているため、MEA 全体を再検討する必要がない。ラジカルクエンチャー、移動防止剤等の添加剤、多層膜剤などの製品、または電解質膜の製造プロセス技術が実用化の対象となる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	175	99	71	65	52

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
2 件	2 件	31 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	アナターゼ型 TiO_2 薄膜を活用した低接触抵抗・高耐久性セパレータ表面処理技術の開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法東京大学　学校法人中部大学 中部大学		

●背景・目的

燃料電池においてセパレータは最重要部品の 1 つである。実用化には、ガス拡散層(GDL)との界面における低い接触抵抗と高い耐腐食性が求められる。セパレータの材質として、安価で機械加工性に優れるステンレス(SUS)が注目されている。本研究では、高い電気伝導と耐食性を有するアナターゼ型 Nb ドープ TiO_2(TNO)を SUS セパレータの保護膜とした新規セパレータを開発することを目的とする。

●事業概要

TNO を被覆した SUS セパレータを開発し、GDL との界面での低接触抵抗を実現する。ミスト化学蒸着法(CVD)法によるステンレスへの TNO 成膜技術を確立し、安価、かつハイスループットなプロセスを実現する。さらに、自動・自律化した成膜・評価システムを開発し、研究開発を加速する。

●アウトプット目標

- 接触抵抗：<3.0 mΩ cm^2 (NEDO 2030 年目標)
- 耐食性：Fe 溶出速度 <3.0 × 10^{-10} cm^{-2} h^{-1}、試験後の接触抵抗：<3.0 mΩ cm^2 (NEDO 2030 年目標)
- 成膜速度：>12 nm min^{-1} (NEDO 2030 年目標)

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．低接触抵抗 TNO の成膜条件探索	接触抵抗：<3.0 mΩ cm^2	アニール温度を最適化し、1.4 mΩ cm^2(ミスト CVD 法)、1.6 mΩ cm^2(スパッタ法)を達成した。	◎
2．耐食性評価	Fe 溶出速度： <3.0×10^{-10} cm^{-2} h^{-1} 試験後の接触抵抗： <3.0 mΩ cm^2	ミスト CVD 法により、低い Fe 溶出速度を実現した。 ・ 0.6 × 10^{-10} cm^{-2} h^{-1} (アノード) ・ 1.8 × 10^{-10} cm^{-2} h^{-1} (カソード) しかし、評価試験後における接触抵抗上昇の抑制が課題である。 ・ 4.9 mΩ cm^2 (アノード) ・ 700 mΩ cm^2 (カソード)	○
3．高速成膜条件の探索	成膜速度：>12 nm min^{-1}	ミスト CVD 法に用いる溶媒を検討した。ヘキサンを用いて高い成膜速度 60 nm min^{-1} を達成した。	◎
4．自動自律成膜・評価システムの開発		自動・自律実験により、5 日間で接触抵抗値 1.4 mΩ cm^2 を達成した。	◎
5．TNO 中の格子間酸素の化学状態解析		Nb に配位した格子間酸素が、キャリア密度の低下と格子歪みを生じ、高抵抗化の要因となることを解明した。	◎
6．水溶液出発の TNO 薄膜の成膜		水溶液出発のミスト CVD 法で初めて導電性の TNO 薄膜を得た。 ・ 抵抗率: 2 × 10^{-2} Ω cm ・ 接触抵抗: 7.6 mΩ cm^2	○

以下、上述した成果を抜粋して具体的に説明

実施項目１．低接触抵抗 TNO の成膜条件探索[1]

アモルファスを結晶化するプロセスにより、低接触抵抗 1.4 mΩ cm^2 を実現した。このときの結晶化温度は 600°C である。加えて、500°C でも十分に低い接触抵抗 2.6 mΩ cm^2 を示すことも明らかにした。特に SUS は 500°C 以下でのプロセスが求められるため、本結果は実用化に向けて重要な成果である。

実施項目４．自動自律成膜・評価システムの開発[2]

ミスト CVD 成膜と接触抵抗評価をそれぞれ自動化し、ロボットアームで試料を搬送するシステムを構築した。ベイズ最適化を利用することにより、TNO 薄膜の成膜温度と真空アニール温度を最適化した。その結果、5 サイクル(5 日間)で、最小の接触抵抗値 1.4 mΩ cm^2 を達成した。

実施項目５．TNO 中の格子間酸素の化学状態解析[3]

TNO の高い導電性と化学的安定性を両立するには、薄膜中の酸素量制御が重要である。薄膜中の過剰な酸素は、電気抵抗率を増大させることが予想されるが、この酸素の化学状態や生成機構はほとんど理解されていない。そこで TNO エピタキシャル薄膜を用いて、偏光依存性 X 線吸収微細構造スペクトルを取得し、局所構造を解析した。その結果、ドーパントである Nb に配位したスーパーオキソイオン様格子間酸素がキャリア密度を低下させることが分かった。さらに、薄膜全体に格子歪みを生じ、移動度が大きく低下することを解明した。

実施項目６．水溶液を用いた TNO 薄膜の成膜[4]

ミスト CVD 成膜プロセスの実用化には、安全な水溶液を用いることが望ましい。しかし、水溶液を原料としたミスト CVD 法によって導電性 TNO 薄膜を得た報告は皆無であった。水溶性のチタン錯体を用いることにより、導電性の TNO 薄膜を初めて得ることに成功した。接触抵抗は 7.6 mΩ cm^2 を達成した。

● 論文発表

[1] T. Sudare, N. Yamada, T. Hitosugi *et al*., *under review*.
[2] T. Sudare, N. Yamada, T. Hitosugi *et al*., *ACS Appl. Electron. Mater.* 7, 2785 (2025).
[3] T. Sudare, N. Yamada, T. Hitosugi, *et al*., *Chem. Mater.* 37, 480 (2024).
[4] R. Naito, T. Sudare, T. Hitosugi, N. Yamada *et al*, *Jpn. J. Appl. Phys*. 63, 045504 (2024).

●課題と実用化・事業化への道筋

課題①：プロセス温度の低減
- 薄膜中の酸素量の制御
- ミスト CVD 法における酸素源の特定

課題②：腐食試験後における接触抵抗上昇の抑制
- 薄膜中の酸素量の制御と化学状態解析
- ドーパント元素の検討(現状の Nb から他元素へ)
- 腐食試験と電気化学評価の迅速化

課題③：タクトタイムの短縮
- 装置構成に強く依存。成膜装置メーカーと連携し、具体的に成膜条件を検討

●期間・予算(単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	75	76	52	39

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	3 件	18 件	0 件	21 件

小項目（テーマ名）	高効率・高出力・高耐久ＰＥＦＣを実現するＧＤＬ一体型フラットセパレータの研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人山梨大学 株式会社エノモト 国立大学法人大阪大学		

●背景・目的

本プロジェクトでは、第 6 次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき 2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

各種セル性能、中性子線や軟 X 線のイメージング、酸素分圧可視化、実構造 GDL 内気液二相流動の時空間変動解析等の評価解析技術で GDL 内部の酸素や水の動的変化を多角的に解析し、導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の性能発現／劣化メカニズムを解明したうえで、新材料設計を推進する。以上により、本事業で求められる GDL、セパレータにかかわる 2030 年以降に目指すべき目標性能を達成するための過電圧低減と耐久性向上を達成させ、産業界の持つ共通課題を解決する高効率・高出力・高耐久を両立した新たな材料・デバイスを産業界と共に実用化につなげる。また、このデバイスを産業界や PEFC 評価解析プラットフォーム等へ供試して評価を受けることにより、その有用性の検証と材料設計へのフィードバックを行う。

新規な GDL 一体型フラットセパレータを創製し、産業界と共にそれら材料を実用化につなげる。

①GDL（多孔体）に流路を形成することで、リブ下に強制伏流ガスを発生させ、触媒利用率を向上させる。

⇒【研究開発項目①】GDL に流路を形成することによる触媒利用率の向上

②セパレータのガス流路成型を不要とすることで、平板として使用することにより大幅なコスト削減を図る。更には高温焼結を用いない簡易・安価な製造方法を実証する。

⇒【研究開発項目②】コスト削減のための簡易・安価な製造方法の実証

③セパレータに金属薄板を採用し、表面には炭素／樹脂の混合体による耐食コートを施し高い導電性と耐食性を担保する研究を進める。（2021 年 6 月 11 日から 2023 年 3 月 31 日まで）

⇒【研究開発項目③】金属薄板セパレータ表面の耐食コートに関する高導電性、耐食性の研究

④導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の性能発現/劣化メカニズムを解明し、新材料技術を導入する。

⇒【研究開発項目④】導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の性能発現／劣化メカニズムの解明、新材料技術の導入

目標に掲げた GDL の水素拡散抵抗、酸素拡散抵抗、ばね特性、電気抵抗、熱抵抗、セパレータの抵抗、耐久性等の各種材料特性を評価し、技術構築を推進する。また、各種開発材料の特徴を最大限発揮させるためのそれぞれの材料や MEA の設計技術を構築し、2030 年の燃料電池の高効率・高出力化を実現するための GDL やセパレータに課せられた過電圧低減目標への寄与を検証する。

●アウトプット目標

燃料電池実用化推進評議会（FCCJ）より報告された「2030/2040 年に向けたチャレンジ～課題と対応～」の GDL/MPL/セパレータにかかわる 2030 年目標を達成する。本デバイスにかかわる過電圧 100 mV@3Acm^{-2} の低減を検証し、GDL/MPL/セパレータ(表面処理)の産業界のニーズに対応する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．GDL に流路を形成することによる触媒利用率の向上	目標物性に寄与する主要メカニズムを明らかにする。各開発材料の最終目標値100%を達成する。	・過電圧低減最終目標 100 mV をほぼ達成した。また、LOI 企業の CCM で企業目標の 0.66 V もほぼ達成。さらに櫛歯(ID)流路での極めて高い加湿(150&15%RH)ロバスト性を達成した。ポーラスリブ部の設計変更で低圧損化を実現した。	○
2．コスト削減のための簡易・安価な製造方法の実証		・CN 効果の大きい低温焼成プロセスを採用しつつ高性能な製品改良を実現する装置改造や条件最適化により大サイズ化と品質向上を達成。確実に LOI 企業へのサンプル提供を実施した。	○
3．金属薄板セパレータ表面の耐食コートに関する高導電性、耐食性の研究		・評価 PF の新基準提示にも対応する F^-,Cl^-などアニオンを加えた条件での評価を実施。炭素材／樹脂複合コートによる SUS セパレータにおいて、腐食による電流密度、電気抵抗変化が殆ど無いことを確認。（2021&2022 実施）	○
4．導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の発現／劣化メカニズムの解明、新材料技術の導入		・溝付き GDL(ID)が従来型 ID 流路より過加湿から低加湿にわたる幅広い加湿条件においてセル性能に優れることを証明した。X 線イメージングで過・高加湿条件での液水滞留量の抑制（出口流路への液水輸送の向上）と低加湿条件での電解質膜含水を保持（GDL 内水蒸気濃度の低下を抑制）する水マネジメント機能の発現機構を解明した。中性子イメージングで絞り流路 GDL による発電性能と液水分布観察に成功した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

実施者は、次期 NEDO 事業においてもポーラスリブ GDL/MPL 開発として研究開発を継続する。そこで、従来構造で課題としているリブ下へ強制伏流ガスを発生させ触媒利用率を飛躍的に向上するポーラスリブ GDL/MPL デバイス技術を構築する。このデバイス構造を採用することにより、セパレータはガス流路の成型が不要となり、平板として使用でき大幅なコスト削減が期待できる。GDL/MPL にかかわる 2035 年頃の HDV 目標の実現に資する要素技術を確立し、HDV, FCV の広範囲温度領域（40～120 ℃）に対応し、産業界の求める高性能化・高耐久化を両立した新デバイスを産業界と共に実用化につなげることで、HDV 等も含めた燃料電池モビリティの普及拡大に貢献する。山梨大学は、セル性能試験検証/空間・時間高分解能水分布解析でエノモトの提供サンプルの性能データや解析データを提供し、大阪大学は、計算科学（反応輸送構造解析と細孔スケール気液二相流動解析）と実験解析（X 線水分布解析））データを提供することにより、ポーラスリブ GDL/MPL の理想構造実現のための性能発現メカニズムの解明に寄与するとともに、エノモト社のポーラスリブ GDL/MPL 高性能デバイス開発をサポートする。事業化の実施が想定される企業に対するエノモト社からのサンプル供試および評価において、山梨大学と大阪大学は必要な関連学理や先端機器を活用した技術的および人的な支援、協力、連携、指導を実施し、事業化のための課題の抽出や課題の確実・迅速な解決を目指す。

エノモト社は、次期事業終了後、大量生産を可能とする製造プロセスの開発を進め、実用化・事業化の製造拠点として製造ラインを構築する。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	--	57	88	44	44

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	3 件	18 件	4 件	25 件

小項目（テーマ名）	高耐食性・低接触抵抗性を発現するＰＥＦＣステンレスセパレータコーティング技術の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人名古屋工業大学，国立研究開発法人物質・材料研究機構，学校法人東京理科大学		

●背景・目的

飛躍的なFCVの普及拡大実現に向け、FCVの低コスト化が喫緊の課題となっている。PEFCのセパレータの高耐食性と低接触抵抗性の維持には貴金属の使用が求められるが、低コスト化実現には貴金属を使用しないステンレスセパレータの新しいコーティング技術開発が求められる。本研究開発では、高耐食性・低接触抵抗性を有するPEFCステンレスセパレータコーティング技術の開発を目的とし、高耐食性と低接触抵抗性を発現する貴金属フリーコーティング技術において必要となる材料・環境制御に基づいた要素技術開発を目指した。

●事業概要

高耐食性と低接触抵抗性を発現する貴金属フリーコーティング技術の開発に向け、以下の項目を実施した。

項目①：国立研究開発法人物質・材料研究機構

局部腐食および過不動態溶解を抑制するステンレスセパレータの開発

項目②：学校法人東京理科大学

局所的腐食発生サイトを自己修復するインヒビター含有めっきの創成

項目③：国立大学法人名古屋工業大学

電子伝導性と半導体的特性を複合化させた超低接触抵抗性を発現する蒸着膜の開発

項目④：国立大学法人名古屋工業大学

電気化学計測によるコーティング膜の最適化とワンプロセスコーティング技術開発

●アウトプット目標

- コーティングしたステンレスシートの接触抵抗 3mΩcm^2@1MPa 以下を達成する。
- コーティングしたステンレスシートの腐食電流密度 1nAcm^2 オーダーを達成する。
- 真空系を使用しないスクリーン印刷によるステンレスシートのコーティング技術を確立する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．局部腐食および過不動態溶解を抑制するステンレスセパレータの開発	腐食機構解明と電気化学クリーニング処理による高耐食化手法を確立する。	局部腐食や過不働態溶解を抑制する電気化学クリーニング処理を達成。	○
２．局所的腐食発生サイトを自己修復するインヒビター含有めっきの創成	インヒビターの探索とその効果の検証に基づきコーティングに最適なインヒビターを決定する。	欠陥サイトを有するコーティングしたステンレスシートの電気化学計測から、最適なインヒビターとその効果検出を達成。	○
3. 電子伝導性と半導体的特性を複合化させた超低接触抵抗性を発現する蒸着膜の開発	低接触抵抗性を発現するコーティング材料を決定し、接触抵抗値 3mΩcm^2@1MPa 以下を達成する。	低接触性を有するITOを用いたコーティング技術により、接触抵抗値 3mΩcm^2@1MPa 以下を達成。	○
4. 電気化学計測によるコーティング膜の耐食性評価と高耐食化因子の調査	ITO をコーティングしたステンレスシートの腐食電流密度 1nAcm^2 オーダーを達成する。	腐食電流密度1nAcm^{2}オーダーを達成し、その機構解析からITOコーティングの耐食機構を解明。	○

5. 電気化学計測によるコーティング膜の最適化とワンプロセスコーティング技術開発	真空系を使用しないスクリーン印刷によるステンレスシートのコーティング技術を確立する。	スクリーン印刷用のインクを開発し、インク印刷によるステンレスシートへのコーティングに成功。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業では、PEFC ステンレスセパレータの高耐食性と低接触性を発現するコーティングに必要となる要素技術（下地金属、インヒビター、コーティング材料）を開発（2021 年～2022 年）し、技術融合による真空系を不要とする印刷技術を利用したワンプロセスコーティングの技術開発（2023 年～2024 年）を実施した。2021 年～2022 年では、高耐食性と低接触抵抗性を有するコーティング材料を決定し、NEDO PEFC セル評価解析プロトコルに基づく腐食電流値と接触抵抗値の評価手法に基づき、目標設定した「接触抵抗値 3mΩcm^2@1MPa 以下」、「腐食電流密度 1nAcm^{2}オーダー」を達成した。この中において、PEFC 環境における下地ステンレス鋼の溶解機構解明とインヒビター効果によるコーティングの欠陥からの腐食発生サイトの抑制技術開発を同時に実施し、それぞれの要素技術をスクリーン印刷によるステンレスセパレータへのコーティング技術へ展開することに成功した。

本事業の成果に基づく課題として、スクリーン印刷によるステンレスシートへのワンプロセスコーティングに必要となるインク開発が挙げられる。スクリーン印刷に使用するインク開発（2023 年～2024 年）では、2021 年～2022 年の研究開発において高耐食性と低接触抵抗性の発現を確認した ITO をフィラーとして選択した。インク開発で、インクの粘性や溶剤の他、印刷後のコーティング形態の制御など考慮が必要なパラメータが多く、実用化・事業化にはインク会社やスクリーン印刷会社と連携した技術開発が必要であると考える。数あるパラメータの中、本事業ではインク内の粒子量の制御と印刷工程に焦点を当て、インク印刷技術の確立に取り組んだ。開発したインクを用いたステンレスシートへのスクリーン印刷では、印刷後に適切な乾燥を実施することにより、密着性に優れるコーティング膜の形成に成功した。このサンプルに対する NEDO PEFC セル評価解析プロトコルに基づく接触抵抗値と腐食電流密度の評価をおこなった。接触抵抗値は 10 mΩcm^{2}以下を達成したが、測定後の腐食電流値は 50 nAcm^2～300 nAΩcm^2、接触抵抗値は 20 mΩcm2～50 mΩcm2 と目標の値の達成は困難であった。理想的な印刷後の膜では、フィラー（粒子）がステンレスシート表面を覆っており、緻密な膜を形成する必要がある。この場合、表面からの電解液の浸入が極めて困難なため、下地からの腐食発生は抑制されるとともに、接触抵抗値も低い値が期待できる。一方、フィラー内にすき間が形成される場合には、表面から下地への電解液の浸入パスの形成の可能性がある。このとき、粒子間の少ないコンタクトから高い接触抵抗性を示すことが予想される。電解液の浸入にともなう下地の腐食発生は、インク内に含まれるインヒビター効果により抑制することが想定されるが、接触抵抗値の改善には粒子量の調整あるいは粒子間の抵抗低減をアシストする新たなフィラーの開発が必要となることが予想される。接触抵抗値の改善には、結着剤などインクに必要となる成分との兼ね合いとなるため、これらの課題解決がスクリーン印刷によるコーティング技術開発における鍵になると考えられる。本事業が確立した真空系を使用しないスクリーン印刷によるコーティング技術の実用化・事業化には、インク開発とともにタクトタイムを含めた生産プロセスの課題が想定される。これらの課題解決が社会実装実現への道筋となると考えられる。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	77	68	45	45

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
2 件	0 件	13 件	3 件	18 件

小項目（テーマ名）	導電性ナノファイバーネットワークによる自立 MPL の研究開発	達成状況	△
実施者名	日本バイリーン株式会社		

背景・目的

NEDO プロジェクトでは、2030 年目標の達成に向けて各構成部材に対して必要な性能向上の積み上げ値が示され、ガス拡散層（GDL・MPL）への期待値として、出力 3A/cm2 で約 0.08V の向上が示された。
期待値達成のために FCCJ の FCV 課題共有フォーラム資料（2019 年 1 月 22 日）では、ガス拡散層に対して
シミュレーションから、貫層抵抗 2.5mΩ・cm²、分子拡散抵抗 14s/m の達成が必要とされた。この目標値達成に資する研究開発を実施した。

●事業概要

事業実施者が所有するナノファイバー技術を応用し、一つの層で MPL とカーボンペーパー（CP）層の役割を担う、導電性ナノファイバーネットワークによる自立 MPL、の開発を行った。連続生産性と低コスト化が可能な自立 MPL の供給体制の構築を目指し、基礎となる素材及び構造特性の研究開発を行った。本研究開発では、耐熱性有機樹脂の選択と、有機樹脂中に分散しやすい導電性材料を原料とした導電性ナノファイバーを開発し、導電性ナノファイバーネットワークの基本骨格を完成させることを目指した。

●アウトプット目標

- NEDO 事業目標であるガス拡散層の貫層抵抗 2.5mΩ･cm²を、ナノファイバーを用いた自立 MPL により達成する。
- 自立 MPL の分子拡散抵抗を 14sec/m（NEDO ロードマップ 18sec/m）を達成する。
- 自社基準としてセル抵抗 20mΩ･cm²を達成する

●目標に対する成果と達成度

本開発により自立 MPL の高ガス拡散性と貫層抵抗の低減は達成された。また、ガス拡散性と自立 MPL の構造（密度、厚さ）の関係を明確化できた。特にガス拡散性については圧倒的に高い性能が得られており、酸素ガス供給と水蒸気の拡散排出において薄型自立 MPL の重要な特性と考えられた。

実施項目	最終目標	成果	評価
１．自立 MPL の貫層抵抗の低減	厚さ 50μm 以下で貫層抵抗 2.5mΩ･cm²を達成する	2.4～2.6mΩ･cm²を達成	○
２．自立 MPL のガス拡散性の向上	分子拡散抵抗 14sec/m（ロードマップ 18sec/m）を達成する	11～15sec/m を達成	◎
３．セル抵抗の低減	セル抵抗 20mΩ･cm²	70mΩ程度で未達	×

●課題と実用化・事業化への道筋

発電の IV 特性において評価解析プラットフォームの標準品（カーボンペーパー）を上回ることが出来なかった。発電条件下でのセル抵抗が高くなったことが主な要因と考えた。
原因として。自立 MPL が非常に薄く（50μm 以下）電解質膜の膨潤による変形を押さえることが出来なかったためと推測した。発電後の断面観察や EIS による触媒層抵抗成分が高いこと等から、電解質膜の膨潤に伴う座屈により MPL とともにカソード流路側に変形し触媒層と自立 MPL の一部が離間することが主要因と考えられた。また、当該自立 MPL はカーボン粒子を用いることから体積抵抗率が高く、この事もセル抵抗の要因と考え面内方向の導電性改善が必要とした。
以上より今回得られた主な課題として、変形抑制と面内導電性改善、を挙げた。
変形抑制の方針：
① 自立 MPL のヤング率向上、②電解質膜一体化構造、③流路構造の適正化が考えられる。

現在、構成素材の選択、接着技術の開発、流路の緻密化で標準的なGDLの性能を上回る改善が可能と見積もっており、変形に関してはシミュレーション技術の導入を検証中である。特に流路構造に関しては流路を製造する企業と協力して開発を進めている。
面内導電性改善の方針：
　構造中のカーボン率向上と導電パスの適正化を進める。この検討には上記同様シミュレーション技術を導入してカーボンの充填やパーコレーションを検討中である。
実用化に向けたステップ：
　2028に基礎開発終了30年ころをめどにユーザー評価の推進を目標としている。
量産化には、すでにある設備構造を本開発向けにアレンジすることで対応する予定である。
最終ユーザーである自動車メーカーの協力を得て評価実施進める予定である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	58	27	24	23

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
5件	0件	0件	0件	5件

小項目（テーマ名）	燃料電池セパレータ用ラミネート金属・高分子ナノコンポジット（ＮＣ）フィルムの研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人神戸大学，学校法人甲南学園，積水化学工業株式会社		

●背景・目的

燃料電池の普及拡大に向けて，セパレータの性能向上と低コスト化が重要な課題となっており，従来の金属セパレータでは，耐食性や導電性確保のためにチタン基板や金めっきなどの高価な材料を使用する必要があった。本事業は，金属セパレータ上にコーティング可能な、異形導電性マイクロ粒子と安価な耐食性ベースポリマーからなるナノコンポジットフィルムの開発を目的としており，セパレータの耐食性向上と低接触抵抗の両立および低コスト化を可能とする新規なラミネートプロセスを提供し，燃料電池の普及に貢献する。

●事業概要

本事業では，次世代の低接触抵抗・高耐食性セパレータの実現を目指し，新しいセパレータラミネート用「ナノコンポジット（NC）フィルム」の合成技術の確立と，基材へのラミネートプロセスの開発を行う。神戸大学が基材粒子となる異形粒子の合成，甲南大学が基材粒子表面上の選択的導電化，積水化学がスケールアップおよびラミネートプロセス技術の検討を行う。開発する NC フィルムは金属セパレータの耐食性向上と高電気伝導性の両立および低コスト化を可能とする革新的材料となることが期待される。

●アウトプット目標

・導電部分およびベースポリマーとのアンカー効果に最適な異形粒子の凹凸比および粒径制御範囲をそれぞれ，0.1～0.9，2～20 μm とする。
・NC フィルムのフィルム厚制御歩留まりを 98%以上とし，導電粒子の脱落率を 0%に押さえる。
・電気特性において，NC フィルムの初期接触抵抗 3 mΩ･cm^2 以下および腐食後 5 mΩ･cm^2 以下を目標とし，さらに貼り付け後の基材からの Fe 溶出速度を 3×10^{-10}mol･cm^{-2}･h^{-1} 以下とする。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．フィルムピンホールレス	粒子の脱落を０％に低減する	光学顕微鏡観察により０％達成を確認	◎
２．異形粒子サイズの制御	凹部面積比を 0.1～0.9 粒子径を単分散性を保ったまま 2 μm～20 μm に制御	凹部面積比を 0.1～0.95 のより広い範囲で制御可能。粒子径は単分散性を保ったまま，より広い範囲の 1.5 μm～23 μm で制御に成功	◎
３．接触抵抗	GDL との接触抵抗については，初期 3 mΩ･cm^2 以下／腐食後 5 mΩ･cm^2 以下	モデル粒子 NC フィルムの初期接触抵抗は 30 μm の粒子では 1.7 mΩ･cm^2 であり，目標値である初期 3 mΩ･cm^2 以下を達成した。腐食後については未達。	○
４．耐食性（Fe イオン溶出）	基材からの Fe イオン溶出速度を 3×10^{-10}mol･cm^{-2}･h^{-1} 以下	1×10^{-10}mol･cm^{-2}･h^{-1} 以下と大幅に達成	◎
５．NC フィルム膜厚制御	フィルム厚さを 10～100 μm の範囲内で制御し，偏差 10%以下での歩留まりを 98%以上にする。	フィルム厚さを 10～100 μm の範囲内で制御し，偏差 8%以下での歩留まりを 98%以上にした。	◎

６．フィルムピール強度	基板に熱圧着した後の 90° ピール強度を 1.0 kgf/cm 以上	アルミ基板に対して，表面処理およびベースポリマー種の変更により中間目標値の 0.5 kgf/cm 以上を達成	○
７．耐食性（腐食後の接触抵抗および密着性）	アノード・カソード腐食試験 72 時間後の電気伝導率および密着性が初期値の 90%以上を維持	10 時間腐食後の伝導率（体積抵抗から算出）は，約 30％減少したが，密着性についてはプレッシャークッカー試験によりはがれが観察されず，良好な結果。	△

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業での NC フィルムにおいては，初期抵抗については数値目標を達成しているが，樹脂と導電性粒子との相互作用（界面張力）を最適化できておらず，粒子露出面積および密着性の制御不足により，粒子が一部脱落したり，粒子が剥がれたりするなどの構造劣化が生じており，そのため接触抵抗のばらつきが比較的大きく，またフィルムの伸縮性能に限界がある等の課題が顕在化している。また，Ni-Au 皮膜により導電化処理した粒子では，腐食試験により下地 Ni の溶出が確認されており，これに起因した Au 皮膜の破断により腐食試験後の接触抵抗が増大することも課題となっている。

これら本事業での成果および課題を踏まえ，2025 年度の「水素利用拡大に向けた共通基盤強化のための研究開発事業」に申請し，「高耐食性・高耐久性導電ナノコンポジットフィルムの技術開発」のテーマで採択され，上記課題の解決および事業化を目指す。具体的には，（１）樹脂-粒子間の相互作用制御による粒子露出面積率の最適化およびフィルム伸縮性向上（神戸大学），（２）Ni レス部位選択金属めっき技術の確立（甲南大学）および（３）フィルム生産プロセスの構築（積水化学工業）の３点を主項目とし，実用化に向けた要素技術開発を行う。（１）については，フィルム化した際の導電性粒子の表面露出率が接触抵抗と強い相関があることが明らかとなっており，樹脂の化学構造を設計・最適化することで，樹脂と金属表面間の界面張力を制御し，粒子の表面露出率を増大させることでさらなる接触抵抗の低減を試みる。さらに，樹脂の力学的性質についても最適化を行い，上記露出率を維持した状態での伸縮率 300%を超えるフィルムを作製する。（２）については，モデル粒子である Ni-Au 積層めっきした粒子により得られたデータから，腐食試験後の金属溶出速度とめっき皮膜の厚みの相関が得られている。事業化を念頭に開発当初よりめっき企業との連携を進め，特注めっき浴の試験使用により，金より安価な化学的安定性に優れた貴金属（Pt，Ru）を異形粒子に施し，凸部のみに皮膜形成を行う部位選択性，膜厚制御性および結晶性（導電性）に優れた粒子の合成レシピを確立する。目標達成および実用化については，本研究提案後半の 2028 年から量産設備への投資を行い，プロジェクト終了時の 2030 年度より追加設備投資を行い，粒子製造ラインおよびフィルム塗工・検査システムの設置を進める予定である。さらには，アウトカム目標である燃料電池の普及拡大を通じたカーボンニュートラル社会の実現のためには，国内事業だけでなく，2035 年までに燃料電池商用車（FC 商用車）の世界市場シェアの 30%を獲得を目指すことが必要である。2033 年までに品質保証体制を構築後，国内ユーザーへの供給プロセスや量産協力メーカー等について打ち合わせを行い，追加設備の導入（2031～2033 年度），量産開始（2034 年度）を経て，海外事業への展開を想定している。なお，燃料電池の普及には水素製造・輸送・貯蔵に関する課題や，インフラ整備，コスト削減など多方面での取り組みが必要となる。水素製造においては，本技術は水電解技術へ水平展開が可能で有り，大きく貢献できると考えている。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	50	50	40	46

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	1 件	9 件	2 件	12 件

小項目（テーマ名）	固体高分子形燃料電池用接着シール技術の研究開発	達成状況	△
実施者名	国立大学法人東京科学大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人　物質・材料研究機構、兵庫県公立大学法人、国立大学法人大阪大、国立大学法人名古屋工業大学、埼玉県産業技術総合センター		

●背景・目的

水素社会の実現の観点で燃料電池は最重要の技術要素と言える。中でも、小型かつ軽量な固体高分子形燃料電池（PEFC）は適用範囲が広く、重要性が高い。本燃料電池の製造技術の中で、シール技術は重要性が高いものの、未だ大きな課題が存在する領域でもある。また、燃料電池の性能向上の観点で作動温度の上昇が要望されているが、シール部の耐熱性や耐久性に問題をきたす可能性が大きい。従って、燃料電池用シール技術の抜本的な改良が求められている。

●事業概要

本事業では、従来のシール技術を革新的に改良する目的で、接着技術の開発と適用を目指した。またこの目的で、固体高分子形燃料電池（PEFC）のシール部の生産性および耐久性を改善可能な接着シール技術を開発した。具体的には、高接合速度・高耐久性を有するシール用接着剤の開発、セパレータ等の難接着被着体に対する接着前表面処理法の確立および接着界面における接合メカニズムの解明、接着シール部の強度設計法の構築、並びに耐久性予測法の構築を実施した。

●アウトプット目標

- 車載用：局所温度 120℃・運転時間 50,000 時間、定置用：局所温度 90℃・運転時間 15 年に耐え得る接着剤の開発
- カーボンセパレータおよびステンレスセパレータの接着性を向上する表面処理技術の開発
- PEFC シール部の長期耐久性を保証できる強度設計法および耐久性予測法の確立

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．シール用接着剤の開発	耐久温度 90℃、120℃、耐久時間 50,000 時間、15 年	温度 90℃、120℃に耐える接着剤の開発に成功	△
２．被着材表面処理法	接着強度 10MPa 以上・1N/mm 以上	接着強度 10MPa 以上を達成	◎
３．強度設計法	漏洩開始圧力を誤差 30%以下の精度で予測	誤差 30%以下を達成	◎
４．耐久性予測法	10,000 時間の強度低下を 200 時間以内の加速試験で予測	強度低下を 1,000 時間以内の加速試験で予測	△

●課題と実用化・事業化への道筋

本テーマでは、燃料電池に適用可能な接着シール技術、並びにその評価技術を開発した。具体的には１．「シール用接着剤の開発」、「２．被着材表面処理法の確立と接着界面分析による接着メカニズムの解明」、３．「強度設計法の確立」、並びに４．「耐久性予測法の確立」を実施した。

１．「シール用接着剤の開発」

本研究項目では、高速接合が可能で、かつ過酷な環境に耐え得るホットメルト接着剤、粘接着剤、並びに光硬化接着剤を開発した。概ね要求される性能を有する接着剤を開発できた．しかし、燃料電池用接着剤に求められる特性は多岐にわたり、要求性能も極めて高い。したがって、本研究開発ですべての要求を満たす事はできなかった。また、接着剤の長期耐久性は加速試験により評価したが、時間的制約のため実際の長期耐久試験を実施したわけではない．したがって、その妥当性には疑問が残る．また、今後は実環境での長期曝露による耐久試験を実施する必要がある。

２．「被着材表面処理法の確立と接着界面分析による接着メカニズムの解明」

本研究項目では、接着界面の強度および耐久性を向上し得る表面処理法、具体的にはレーザー処理およびプラズマ処理について検討を行うと共に、その強度向上メカニズムを分析により明らかにした。これらの表面処理は、カーボンセパレーターおよび SUS セパレーターに対して、極めて有効に働き、その接着強度を大幅に向上することができた。一方、薄い SUS セパレーターでは、レーザー処理により大きな反り変形が発生した。これは燃料電池組立の観点で問題となり、この低減が必要となる。本研究項目では、この他に界面での接着メカニズムに関する検討を行った。具体的には、各種の分析により、界面で生じている

接着現象の解明を行った。さらに、接着剤から燃料電池内に溶出し発電効率を低下させる可能性のある物質に関して、この検出・分析手法を検討し、その手順を確立した。これらの方法は、全ての燃料電池のシール技術に対して大きな波及効果を有するものであり、今後は論文や学会発表等の手段により情報提供と技術の普及に励んでいきたいと考えている。

３．「強度設計法の確立」
本研究項目では、接着供試体のバースト試験を実施し、その漏洩開始圧力を有限要素法により予測した。具体的には、接着強度に関する各種のパラメーターを実験的に取得し、その結果を有限要素法に適応し、接合部の強度を求めた。得られた結果は試験結果とよく一致した。すなわち、接着剤でシールした燃料電池セルのバースト強度を本手法により概ね予測することができるようになった。今後は、この手法について、論文や学会発表等により情報を提供し、本技術の普及を進めたいと考えている。また、本手法ではバーストの予測は可能であるが、バーストを伴わない漏洩の予測は行うことができない．実際にはこのようなケースも存在するので、今後はこの予測技法の確立も必要となる．

４．「耐久性予測法の確立」
本研究項目では接着剤の長期劣化を予測し得る加速試験法を開発した。具体的には、接着剤硬化物自体の強度低下、並びに接着接合部の強度低下を試験的に調べ、併せて加速試験を行い、この結果を用いて長期耐久性の予測を行った。接着剤硬化物の強度低下に関しては、加速試験の結果にアレニウスプロットを適用することによって、概ね妥当な予測が実施できた。また、接着剤によっては 200 時間以下の加速試験でも、10,000 時間の強度低下が予測できた。一方、耐久性の高い接着剤に関しては、200 時間の加速試験では、十分な強度低下が得られず、アレニウスプロットが適用できないため、長期の耐久性予測が難しいケースも存在した。この場合は、1,000 時間程度まで加速試験の時間を延長し、その結果を用いることによって、評価が可能となった。このように、接着剤の種類や耐久性によっては、200 時間の加速試験では十分でないケースが存在することがわかった。ただし、本手法を接着剤の開発に適用する場合を想定すると、たとえ 1,000 時間の試験でも実際的な時間内に収まっており、本手法の実用性や価値が失われるものではないと考えている。本項目では、接着接合部の長期耐久性に関する評価も行い、かつ加速試験による予測も検討した。ただし、接着接合部は接着剤硬化物よりも劣化しにくいため、加速試験が適用し難いこが今回の研究で明らかとなった。したがって、接着接合部の加速劣化試験に関する検討は今後も継続していく必要がある。

実用化の観点では、接着剤に関しては、特許取得による知財の取得、並びに接着剤メーカーとの協業により今回開発した接着剤の実用化を図る必要がある。特許に関しては、4 種類の開発接着剤に関して、既に 1 件の特許を出願しており、他の３種類の接着剤に関しても知財出願準備を実施中である。また、現在実施している、後継の NEDO プロジェクトにおいて、接着剤メーカーとの協業を実施しており、この取り組みを介して接着剤の実用化を進めていく予定である。

その他の開発技術、具体的には、表面処理技術、強度予測技術、並びに耐久性予測技術に関しては、論文化や学会発表を介して情報提供を図っており、かつ今後も継続する予定である。また、後継 NEDO プロジェクトにおいて、これらの技術の一層の深化を図っていく予定である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	－	300	300	298

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
2 件	4 件	15 件	5 件	26 件

小項目（テーマ名）	燃料電池セパレーター製造プロセスの研究開発	達成状況	○
実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所		

●背景・目的

世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とし、第６次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき２０３０年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発する。本テーマでは、セパレーターの生産性向上に向けた製造プロセスの開発を行う。真空装置を用いない低コスト表面処理技術の確立を目指す。

●事業概要

燃料電池のセパレーターは、導電性、耐食性、ガス不透過性などが必要不可欠であり、今後は５万時間の高耐久性のための新しいコーティング技術が必要である。加えて、低コスト化に向けて、生産性の向上が望まれている。本提案では、従来の PVD などの真空プロセスに代わる新しい光反応コーティングにより、ステンレス基材上への低接触抵抗と耐久性を有する新規コーティング技術を開発する。本開発により、接触抵抗×高耐久性の実現と大気中、低温プロセスの構築、および低コストインク材料開発により、従来技術と比して大幅なコスト及びプロセスの消費電力の削減が可能になる。

新しい光反応コーティング技術である光化学溶液(PCSD)法を用いてセパレーターの表面保護コーティングを行う。具体的には、溶液塗布・光照射プロセスによりステンレス表面上に保護膜を形成し、緻密度、表面形状制御により、接触抵抗、耐食性、生産性向上を目指す。

●アウトプット目標

PCSD 法によりステンレス上に平膜を形成し、以下の 3 項目の目標を達成する。

・評価解析プラットフォーム策定の評価プロトコルに基づき、接触抵抗値を評価する。印加圧力 1MPa における接触抵抗値が、耐食性試験前：3mΩcm^2以下、耐食性試験後：5mΩcm^2以下を達成する。
・評価解析プラットフォーム策定の評価プロトコルに基づく、低電位試験後の基材金属の溶出量を評価する。溶液中の鉄溶出量が、FCV 向け相当 3.0×10^{-10}mol/cm^2/h、HDV 向け相当 0.5×10^{-10}mol/cm^2/h を達成する。
・高速製膜プロセス技術を開発し、産業用光照射装置を用いた場合の換算として、セパレーター1 枚(40cm×25cm)の処理時間 30 秒以下相当を実証する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
低接触抵抗	接触抵抗 3mΩcm^2以下（耐食性試験前） 接触抵抗 5mΩcm^2以下（耐食性試験後）	ナノ粒子を含んだ分散液を塗布液として用いた RuO_2 コーティングで、 耐食性試験前:0.96mΩcm^2 耐食性試験後:4.5mΩcm^2 が得られた。	◎

実施項目	最終目標	成果	評価
耐腐食性	鉄溶出量 3.0×10^{-10}mol/cm^2/h(FCV 向け) 鉄溶出量 0.5×10^{-10}mol/cm^2/h(HDV 向け)	鉄溶出量： 2.2×10^{-10}mol/cm^2/h （FCV、ロードマップ目標値達成）	○
生産性向上	セパレーター1 枚(40cm×25cm)の処理時間 30 秒以下相当を実証	レーザー周波数を高くすることで、結晶化の光照射パルススが 1/10 に。産業用の大型高周波数レーザーを用いれば、1.25 秒/枚で作製可能であることを実証	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

燃料電池セパレーターについて、光化学溶液(PCSD)法を用いた低温プロセスで酸化物コーティングを実施した。RuO_2 コーティングによって、低接触抵抗、耐食性が実現可能であることを実証し、生産性もロードマップ目標値を大きく上回ることが示された。接触抵抗については耐食性試験後の目標値を達成する非常に良好な特性が得られ、燃料電池セパレーターコーティング製造に対する PCSD 法のプロセスの高い実用性が示された。本結果を受け、社会実装へ向けて耐食性については次の改善が必要となる。サンプル間の特性値のばらつきを十分に抑制することで部分的な鉄溶出量の高さや高接触抵抗化の改善が実用化へ向けた重要なマイルストーンとなり、偶発的に発生する局所的な空隙の存在がこの特性値のばらつき原因であるため膜質の完全性を十分に向上させる検討を進める必要がある。加えて、大幅なセパレーター製造コストの低減のため、コーティング材料として活用した貴金属 Ru 使用量の低減や代替材料の検討が課題である。事業内では、RuO_2 とより安価な SnO_2 とのハイブリッドコーティングを試み、接触抵抗 3.3mΩcm^2 と目標値に近いところまで達成しており、代替材料において RuO_2 で得られたプロセスパラメータを活用して円滑な改善検討が進むものと期待する。

これら、社会実装を目指した課題解決に向けて、特に以下の取り組みを進めていく。プロセスとしては、空隙を埋め、安定して緻密膜を得るための製膜プロセスを構築するための製膜自動化を進めている。また、低コスト化に向けて Ru 使用量の低減、代替材料の探索を行う。ハイブリッドコーティングや貴金属フリー化に対する性能評価やプロセス・材料探索の高速化のために、機械学習による評価、プロセスインフォマティクスなど DX 技術も取り入れ、低コスト燃料電池セパレーター製造を実現可能な材料探索を進めていく。これらの検討を進めることと並行して PCSD 法をベースとした製造プロセスの速やかな事業化へ向け、材料・素材メーカー、装置メーカー、産業化プレイヤーと積極的な連携を図る。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	-	82	16	36

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
4 件	0 件	1 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	／フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーのメカニズム解明と炭化水素系膜への適用	達成状況	○
実施者名	東海国立大学機構 名古屋大学		

●背景・目的

本プロジェクトでは、第５次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき２０３０年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

実施項目１：フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの合目的的設計と合成

主に炭素原子で修飾したフラーレン誘導体ラジカルクエンチャーを開発する。フラーレンの半球にπ電子共役系を残した五重付加型フラーレンを合成する。5 つのフェニル基上に 15 個の水酸基があり、これらは電解質膜中へ導入と均一な分散、およびセリアを共存させる場合にはセリウムイオンへの多座配位子として機能する。なお、フラーレンの五重付加反応，水酸化反応は工業的に大スケールで実施された実績がある。

実施項目２：フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの高分子電解質膜への均一な組み込み

フラーレン誘導体が均一分散したナフィオン膜の成膜を行う。フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーとナフィオンを非プロトン性極性溶媒もしくは水-アルコール混合溶媒に溶解・分散させる。オートマチィックアプリケーターを用いて、電解質膜が所定の厚み（20μm～50μm）となるようにギャップを調整して溶液塗工する。得られたフラーレン誘導体ラジカルクエンチャー含有ナフィオン膜のプロトン伝導性試験，機械的特性，ガスバリア性試験を行い、OCV 試験によっても発電評価（I-V 試験）を行う。

実施項目３：セリウムイオン共存系の開発

開発したフラーレン誘導体ラジカルクエンチャーをセリウムイオンの配位子として用い、フラーレン誘導体/セリウムイオン共存系のラジカルクエンチャーを開発する。膜作成、評価方法などはフラーレン誘導体ラジカルクエンチャー単独使用時と同じである。構造的知見を得ることを目的に、フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーとセリウムイオンの錯体の単離・構造解析も試みる。

実施項目４：反応機構に関する研究

ラジカルクエンチ機能の評価と並行して、ラジカルクエンチャーの再生における反応機構の研究を行う。水酸化フラーレンに酸を加え、フラーレンカチオン中間体を発生させる。生成したフラーレンカチオンの分子軌道エネルギーを電気化学測定により決定する。燃料電池セル中の環境を模した条件にフラーレノールを置き、フラーレンπ共役系の再生を確認する。このような反応機構研究は、フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの作用機序の理論的背景を固めるうえで重要であると考えている。

実施項目５：フラーレン誘導体分子ライブラリの活用

グループリーダーの研究室が蓄積してきた多種多様なフラーレン誘導体のストックを分子ライブラリとして用いて、ラジカルクエンチ機能をスクリーニングする。例えば、フラーレン誘導体ラジカルを、OHラジカルを消去するためのラジカルクエンチャーとして使用する検討を行う。主として、プロトン伝導性の向上を期待して、フェノール性水酸基、カルボン酸、スルホン酸、ホスホン酸を有するフラーレン誘導体を検討する。得られた研究成果情報は、マテリアルズインフォマティクスにも還元できると考えている。

実施項目６：その他のラジカルクエンチャー

手持ちの環状フッ素系スルホンイミド酸電解質（環状3量体の例）もセリウムイオンの捕捉が

可能と考えられ、フラーレン誘導体によるセリウムイオンの捕捉と併せて検討する。この環状化合物をセリウムイオンと複合化させる、あるいはフラーレン誘導体に連結し、セリウムイオンの溶出抑制効果を調べる。環状フッ素系スルホンイミド酸電解質は複数の酸性イミド酸基を有することから、セリウムイオンを加えても、プロトン伝導性の低下がないこと、また、炭化フッ素構造のため、ラジカル耐性が高いことがメリットである。

●アウトプット目標
最終目標(2024 年度末)
　フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーならびにセリア・フラーレン誘導体錯体を組み込んだナフィオン膜ならびに MEA として耐久性・耐熱水性に対して以下の最終目標値を達成する。
・フッ素排出速度：ラジカルクエンチャー未添加膜に対して 1／100 以下（①ウェットフェントン試験）で、電解質膜のプロトン伝導抵抗の増大無し。また、②燃料電池セルによる高電位ＯＣＶ保持試験において、フッ素排出速度 1/5 を達成する。
・耐熱水性試験：ラジカルクエンチャーならびにセリア・フラーレン誘導体の残存率：90%以上
（試験方法：熱水浸漬試験（温度：120℃、試験時間：100 時間）
・燃料電池セルによる高電位ＯＣＶ保持試験：保持時間が Pure Nafion 膜の 5 倍
・OH ラジカルのクエンチ機構の解明

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの合目的的設計と合成	8 種類程度のフラーレン誘導体の合成を行う。	10 種程度のフラーレン誘導体の合成に成功した。	◎
フラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの高分子電解質膜への均一な組み込み	膜厚は 50 μm、Pure Nafion と比較してプロトン伝導度の低下を示さない。	フラーレン誘導体を膜に入れることでプロトン伝導度の向上がみられた。	◎
セリウムイオン共存系の開発	ラジカルクエンチャー未添加膜に対して 1／100 以下（①ウェットフェントン試験）で、電解質膜のプロトン伝導抵抗の増大無し。②燃料電池セルによる高電位ＯＣＶ保持試験において、フッ素排出速度 1/5 を達成する。	OCV 試験の結果、Nafion が 250 時間で破断したのに対し、フラーレン誘導体と Ce を添加することで、1000 時間を超える耐久を示した。	◎
反応機構に関する研究	燃料電池セル中の環境を模した条件にフラーレノールを置き、フラーレンπ共役系の再生を確認する。	部分的にフラーレン骨格が再生していることが HPLC から明らかとなった。	○
フラーレン誘導体分子ライブラリの活用	プロトン伝導性の向上を期待して、フェノール性水酸基、カルボン酸、スルホン酸、ホスホン酸を有するフラーレン誘導体を検討する。	いずれの誘導体の合成も達成し、共同研究先との実験も進めている。	◎
その他のラジカルクエンチャー	フラーレン以外のラジカルクエンチャーの特性を調査する。	フラーレン誘導体とクエン酸、Ce の混合系で最も抵抗が低い結果となった。	◎

●課題と実用化・事業化への道筋
研究開発によって得られた課題
　課題として、フラーレンのコスト面の問題がある。現状は、市販の高純度 C_{60} を使用しているが、今後は、粗精製品である C_{60} と C_{70}、および高次フラーレンの混合物を用いた研究が必要と感じた。また、燃料

電池業界は、全フッ素系ポリマーであるNafionから、炭化水素系ポリマーへの移行がすすんでおり、炭化水素膜でのフラーレン誘導体の効果検証も急務であると考える。また、フラーレン誘導体のラジカルクエンチの定量的な議論がまだ不十分であるため、アカデミック的な知見で評価を行う必要がある。
今後の展望
　燃料電池全般の耐久性・信頼性向上に貢献するものと考えている。乗用車用途のみならず長期耐久性が要求される商用車、船舶、航空機などの動力源にも広げ、燃料電池の多用途展開、普及拡大にも貢献するものと考えている。また、グリーン水素製造のための水電解にも有効であり、水素製造分野でも競争力確保の源泉となる。結果としてカーボンニュートラルの早期達成に貢献するとともに、こらからの水素エネルギーシステム市場の発展に貢献できるものと考えている。
また、関心表明企業でのフラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの社会実装では、単に企業の事業の発展のみならず、ナノテクノロジーを活用した化学産業の発展・活性化にも貢献できると考えている。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	-	32	24	29

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
4件	1件	6件	0件	0件

小項目（テーマ名）	燃料電池のプロセスインフォマティクス共通基盤の構築	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東京大学、国立大学法人金沢大学、国立大学法人九州大学、株式会社堀場製作所		

●背景・目的

燃料電池自動車（FCV・HDV）や定置用燃料電池発電機は今後の水素社会に欠かせない発電装置である．品質・コスト・納期（QCD）の要である生産技術開発のスピードアップが課題となっている．その解決策のひとつとして，プロセスインフォマティクスの中の自動実験・自律探索システム，すなわちラボラトリーオートメーションの活用がありえるが，これまで粉体膜プロセスを対象とし，かつ実生産を想定したものがなかった．そこで本研究では，燃料電池触媒層の塗布乾燥プロセス開発のハイスループット化をPOC とし，その KPI を自動実験速度 10 倍，自律探索速度 10 倍と設定し，2023-2024 年度の 2 年間で取り組んだ．

●事業概要

2023～2024 年度の 2 年間で，以下の研究開発項目①～④，それぞれ 4 機関が分担して取り組んだ．

・研究開発項目①：触媒層成膜プロセスの最適化システムの開発（東京大学）
・研究開発項目②：標準触媒インクの設計（金沢大学）
・研究開発項目③：触媒層の評価解析手法の開発（九州大学）
・研究開発項目④：触媒層の自動自律実験装置の開発（堀場製作所）

なお，表 1 に，各項目の最終目標と成果の表を示した．

●アウトプット目標

本研究では，燃料電池生産技術開発の自動実験・自律探索システム，「FC-ROPES」のうち，塗布乾燥工程に着目し，ダイコータでの触媒インク塗布、熱風乾燥での触媒膜乾燥という「塗布乾燥 ROPES」を開発した．大きく 3 つの要求機能；(i)通常エレベータにて搬入出可能であること，(ii) 少量小型サンプルでハンドリング可能であること，(iii) 粉が実生産ラインと同じ物理現象を感じること，を設定した．そして，それぞれに対応する設計解；(i)プロセスラインと評価ラインの連結，(ii)1 cm×1 cm 枚葉式サンプルの採用，(iii)ディスペンサと多段階炉で実生産ラインをスケールダウンした．

表 1 各研究開発項目の成果

実施項目	最終目標	成果	評価
1．最適化システムの開発	FC-ROPES の最適化システムの開発	ベイズ最適化を用いて試行回数 1/20 以下の試行回数を実証した． FC-ROPES のサンプルを実際に IV 測定することで，低温乾燥サンプルと高温乾燥サンプルが，それぞれクラック多いものと少ないもの、IV 特性が悪いものと良いもの違いを観測．	○
2．標準触媒インクの設計	FC-ROPES のキャリブレーション用標準インクを 3 種決定	ピーク値 0.7，1.8 μm の 2 ピーク，1.6，30 μm，1.6 μm ピークの 3 種類を決定・試作し，項目 4 に利用した．	○
3．評価解析手法の開発	標準インク＋標準プロセスでつくられたサンプルの評価方法を決定	機械学習による推定モデルを用いて，FC-ROPES のサンプル表面の特徴量抽出と IV 特性評価を行い，4 種類に対して特性の傾向が実験結果と一致することを確認した．	○
4．自動実験・自律探索装置の開発	FC-ROPES プロトタイプにおいて、作業時間 1/0，試行回数 1/10 を実証	最適化システム NIMO を導入し，標準インクを用いて自動化実施，最適化も実施． https://youtu.be/SBlvF8oOoD0	◎

●目標に対する成果と達成度

それぞれに対応する設計解；(i)プロセスラインと評価ラインの連結，(ii)1cm×1cm 枚葉式サンプルの採用，(iii)ディスペンサと多段階炉で実生産ラインをスケールダウンした．

自動実験の実証において，乾燥炉安定化に平均約 2 分，乾燥時間は約 6 分，評価計測時間は約 1 分，基板準備・基板ストアに約 1 分，1 サイクルタイムあたり計 10 分のケースを設定した．これは、100 サンプ

ルとデータを 17 時間で作成することに相当する．さらに，自律探索の実証においては，ベイズ最適化を用いてパラメータ候補数約 500 の中から 24 回という少ない試行回数で，スキン層形成ステップ・再配列ステップの 2 段乾燥工程の結果を見出した．

●課題と実用化・事業化への道筋

POC，KPI の実行はできたが，実際に R&D 現場が活用するための残課題を研究項目別に以下に記す；
・研究項目①：標準プロセス，最終評価
乾燥プロセスにおいて，4 炉，3 プロセスパラメータ（温度・風速・時間）＝12 次元の探索範囲が広く，広い探索ができていない．乾燥メカニズムに基づいて，律速な条件の見極めと探索の実践が必要である．
・研究項目②：標準インク
　標準インク 3 種を策定したが，ポットライフを含めたインクの策定ができていない．また，乾燥プロセスとの組み合わせによって必要性が出てくる中間的な特性のインクの開発も今後行う必要がある．
・研究項目③：試作触媒層評価
　凝集具合と IV 特性の関係を実証したが，スケールをそろえるためにサンプルの表面の情報のうちより微視的な評価を行い，これまでのデータベースをより活用できるようにすること，FC-ROPES からの試作触媒層のサンプル数を増やしデータベースを充実させること，FC-Cubic のデータの活用の検討などが挙げられる．
・研究項目④：FC-ROPES 装置
実験のロット間でのインクのノズル先端での乾燥対策，基板表面に塗布する際の均一性向上，熱風の風速が低く温度が高い設定のときに，ノズルまわりに熱伝導で熱が拡散してしまい，温度が上がりきらないという問題対策がある．
品質・コスト・納期（QCD）の要である生産プロセスの設計，生産設備投資，生産設備運用は生産技術の革新にかかっている．その生産技術開発力の向上に資する本研究成果が，日本の燃料電池システムメーカ（AFC: オールスターFC（2023-2024））だけでなく，材料メーカ，生産設備メーカにも活用していただくべく，受託試作計測ビジネス化，ROPES そのものの商品化を目指す．

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	—	57	116

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	その他
4 件	1 件	11 件	1 件	17 件

小項目（テーマ名）	固体高分子形燃料電池生産時のエージングプロセスの現象解明	達成状況	○
実施者名	京都大学，技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ，高輝度光科学研究センター、九州大学		

●背景・目的

燃料電池スタックの生産において全工程の生産性を上げ、本格量産時の設備投資額を下げる取り組みが必要である。特に、スタック製造工程の最終段階で行われる「エージング工程」は、最大のネック工程となっており設備投資額が莫大となることが予想されている。「エージング工程」における現象解明を行い、本工程にかかる時間と費用を劇的に軽減させることを目的としている。①エージング工程における湿潤工程の詳細なメカニズム解明、②触媒表面を覆う化学種の特定、付着形態、吸着離脱過程などの解明等、基礎的な研究が求められている。これらの研究成果が、セル化、スタック化工程でのコンタミ防止方法、効果的なコンタミ除去工法あるいは電解質の湿潤の高速化につながる提案に資する。

●事業概要

2 年弱という短期間であることを考えて、産業界との議論により、エージング過程の現象解明、特にそのためのツール開発を行った。operando SEIRAS 測定系の構築、operando 高分解能 X 線吸収計測系の構築、第一原理計算による吸着構造の決定、第一原理計算による吸着構造に基づいた X 線吸収端近傍構造シミュレーション、X 線 CT イメージングによる湿潤過程可視化、エージング過程における分極挙動解明の設定した各項目において、全てベンチマーク目標を達成した。最大の目標であった、この様なツール開発という方法論の構築は達成され、これにより、吸着有機分子の挙動を明らかにすることが可能となった。

●アウトプット目標

- 触媒表面状態の解明においては、コンタミモデル分子の電気化学酸化分解反応下における、Pt 平板モデル電極表面上の吸着種の operando SEIRAS 測定、operando 高分解能 X 線吸収計測構造解析の計測系を確立し、スラブモデルを用いた第一原理計算の援用により、触媒表面状態解析が可能とすること。
- 湿潤過程の解明においては、放射光 X 線 CT を用いて、エージング過程による各部材の膨潤過程を明らかにして、プロトンパス形成に関する情報が得られること。
- セルの分極挙動を各過電圧毎に分離して、触媒表面状態やプロトンパス形成との相関関係を明らかにする

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．触媒表面状態の解明	スタック製造メーカーにおけるエージング過程に影響を及ぼしている分子のモデル分子が決定できていること。SEIRAS、高分解能XASを用いて白金表面の吸着種の吸着状態を明らかにするとともに、エージング過程において脱着していく機構を明らかにすること。高分解能XASスペクトルと、第一原理計算による安定吸着構造の結果を基に、エージング過程での白金原子と吸着モデル分子の状態変化を明らかにすること。	有機系コンタミ成分の吸着モデル分子の決定がなされ、operando SEIRA 計測系を立ち上げて、各電位における官能基の情報を得るとともに、 *operando* 高分解能 XAS 測定による Pt の電子構造の計測を行った。第一原理計算と合わせることにより、典型的な有機分子の吸着と脱離過程を明らかに出来た。	○
2．湿潤過程の解明	標準MEAからなる単セルを用いて、エージング過程での湿潤過程を、高輝度放射光を用いたoperando X線イメージングを用いて計測し、エージング過程で生成した水による構成材料の形状変化および凝縮水の状態変化を明らかに出来ていること。	発電時の触媒層における凝縮水の割合を、X 線 CT を用いて明らかにする手法の開発を行った。産業界の指定のプロトコルにより発電させたところ、MEA の厚さの変化を定量することに成功した。	○
3．エージング過程における分極挙動解明	エージング過程におけるセルの分極挙動を各過電圧要因ごとに分離する技術を構築し、エージング過程の諸要因と得られる発電特性との紐付けをする。典型的な条件でエージングを施した燃料電池セルについて、活性化過電圧、濃度過電圧、抵抗過電圧の経時変化を分離評価できていること。	典型的な条件でエージングを施した燃料電池セルについて、各課電圧の経時変化の分離評価を行った。その結果、エージングによる活性向上の主要因は活性化過電圧や IR ドロップでは無いことが明らかとなった。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

電気化学計測による分極要因の解明から、白金触媒表面のクリーニング、付着物除去過程は、電位と時間の関係する非常に複雑な現象であることが明らかになった。今後、実験スペクトルの解析には中間体を用いた構造最適化と XANES シミュレーションが必要となる。さらに LC-MS による分解生成物の計測を組み入れ、operand 振動分光（IR）、電子分光（XAS）のスペクトル変化に関するビッグデータ解析（DX 活用）を適用することにより、被毒現象の総合的理解が可能となる。湿潤過程については、まずは X 線 CT を用いた形状変化と電気化学特性変化の相関関係を明らかにすることが重要となる。

上記により、エージング短縮技術のプロトコルを策定し、産業界と連携して実証試験を進め、触媒表面のコンタミ除去手法などのエージングプロセスの最適化に向けたプロトコルの提案に重点を置き、科学的

根拠に基づいた技術開発に展開し、燃料電池メーカーによる技術導入、エージング短縮技術を適用した新型スタックの開発を進め、量産プロセスへの適用を見据えた改良につなげる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	-	-	47	46

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
0 件	1 件	6 件	0 件	7 件

小項目（テーマ名）	高速連続プラズマ成膜による耐食性に優れた低コスト アルミセパレータの開発	達成状況	○
実施者名	株式会社プラズマイオンアシスト （再委託先等：国立研究開発法人物質・材料研究機構、株式会社エフ・シー・シー）		

●背景・目的

ＦＣＶ用燃料電池セパレータは、現在、高価で加工性にやや問題があるチタン金属が主流として用いられており、チタン金属に代わる安価な金属材料のセパレータが求められている。本研究では、チタン金属の代替材料としてアルミニウム基材に着目。軽量性、放熱性、加工性に加えて、低価格材料であるアルミ基材でセパレータが実現できれば、燃料電池市場に大きなインパクトを与え、市場活性の起爆剤となり得る。ドローン、ＡＩロボット、自転車、車いす等、多目的市場への展開も十分可能になる。

●事業概要

以下、再委託先も含めて、実施者：(株)プラズマイオンアシスト-PIA。再委託先：(株)エフ・シー・シー-FCC、（国研）物質・材料機構-NIMS、として示す。

1）プレス加工性に優れた Al 基材の選定と Al 表面処理（オイルピットの低減、平坦性の向上）。
：PIA、FCC、NIMS
2）Al 基材のプレス加工表面の検証。基材表面の亀裂、裂傷、ボイド（小穴）等の低減：FCC
3）高速成膜可能な ICP 源の開発、及び温度分布シミュレーションによる成膜時の基材表面の温度制御
：PIA、NIMS
4）導電性、耐食性に優れた高密着性を有する Ti/ DLC 薄膜の高速成膜技術の開発：PIA
5）Ti 成膜における平坦性向上及び、高導電性、高耐食性の両特性を有する DLC 薄膜の成膜技術：PIA
6）耐食性の短時間評価による評価と開発サイクルの向上を実施し、欠陥部と腐食誘発性の相関の検討
：NIMS
7）Al 成膜基材のプレス加工技術の開発及び、加工表面の検証による Ti 薄膜の密着性・剥離性に対するプレス加工の影響の低減：FCC

●アウトプット目標

本研究開発では、軽量で低コストなアルミニウム合金を用いた金属アルミニウムセパレータの開発を行う。アルミニウム材料表面への高速・高性能 DLC 成膜技術開発、プレス加工技術の開発、耐食性評価と腐食メカニズムの解明を推進することで、高耐食性と高導電性を有する次世代金属アルミニウムセパレーター開発に必須となる最重要の要素技術を確立する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1. Al 材料の選定と材料開発	①： Al 材料の選定 Al 基材各種特性のバランスを考慮した基材の選択	プレス加工テストを通じて、MFX2 を選定。	○
	②Al 材料の改良開発 粗度：Ra≦0.2μm、Rp≦0.4μm 低オイルピット、金属化合物の偏析軽減した Al 材料の開発。	製造工程の見直しにより特性を達成。Ra=0.0665μm、RP=0.194μm	○
2.Al セパレータの構造検討	加圧耐久性、耐強度構造確定し、DOE 規格の導電性、耐食性の合格	最適構造の確定したセルで DOE 規格値を達成。	○
3. 耐食性評価技術の確立	・電気化学的耐食性評価の迅速実施体制の構築と結果の成膜条件へのフィードバックシステムの構築。	測定器と人員環境を整え迅速な評価体制を構築。検体 15 個以上を 2 営業日内に結果報告達成。電解研磨後の残存析出物の腐食への影響を解明。	○

実施項目	最終目標	成果	評価
4. DLC 成膜技術の開発 ①プラズマ源シミュレーション技術の構築	・成膜炉内プラズマ状態 ・基板温度シミュレーション ・膜厚分布の改善への活用 ・膜性能とシミュレーションの相関性の検討	NIMS アプリ COMSOL にプラズマモジュール等を追加しシミュレーション構築。更なる追加・改良で計算科学ベースの成膜条件決定を可能とした。 実測値との乖離修正したシミュレーションを作成し、炉内プラズマ状態と基板への熱伝達の精密な予測や基板温度との整合性検証を実施し、ICP プラズマ源の構造改良で膜厚分布を改善。アプリ化したソフトの現場活用と、逆解析高精度化を並行して実施。	○
②ICP 源の開発	・設計、製作と ICP 源性能検証 -Al 基材上の膜厚分布：±10% -Al 基材上の温度分布：±10% -成膜速度：18μm/hr ・Al 基材表面温度モニター製作	膜厚、温度分布:目標値達成。 速度：中間目標 12μm/hr は RF 電力 1Kw で 13.5μm/hr 達成。 最終目標値 18μm/hr は成膜速度が RF 電力に比例し、RF 電力３kW で十分に達成見込み。 基材温度モニターは、当面、熱電対測定で実施可能である事を実証。	○
③DLC 薄膜の成膜技術の開発と性能検証	・多層膜構造の検討よる DLC 薄膜表面の親水性改善の開発	各種 Al 基材上の Ti 膜耐食性を評価。鏡面純 Al(1050)上 Ti 膜が純 Ti と同等性能を示し基材表面粗度の見通しを得た。DLC 薄膜表面の親水性が表面処理条件によって制御出来る事を解明。	○
	・DLC 薄膜の性能検証（耐食性評価） -接触抵抗値 ≦5mΩ・cm^2 -動電位測定電流値 1μA/cm^2（@0.8V） -長時間発電試験:電圧降下 10%未満（@1000 時間発電）	接触抵抗:≦5mΩ・cm^2：再現性良好 動電位測定 Al-Al1050 で目標値を達成。合金 Al の Al5052 では 7μA/cm^2 で未達。 長時間発電: Al1050 基材で電圧降下 8%達成したが、Al5052 では数百時間でドロップし未達。	△

●課題と実用化・事業化への道筋

Al 基板と DLC 積層膜との混合層の重要性が推認されたことから、界面を密着性と耐食性の高いブロッキング層として機能させるため、注入イオンのエネルギー等、混合層の形成条件を本事業終了後も継続して研究開発を実施する。

また、高速成膜（１秒～0.5 秒/Ａ４サイズ１枚）を実現させるべく、ＩＣＰプラズマ源を並列設置したユニットでの検証も必要であり、国内外問わず、装置メーカーへの技術ライセンスビジネスを中心に共同研究・実証・事業化を展開する。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	—	24	25

●特許出願及び論文発表

特許出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
1 件	1 件	2 件	2 件	6 件

小項目（テーマ名）	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（WP1　革新的高性能電極・部材の開発）	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東北大学、パナソニック　一般財団法人ファインセラミックスセンター、国立大学法人京都大学、国立大学法人名古屋工業大学、ノリタケ株式会社		

●背景・目的

プロトン伝導セラミック燃料電池（Protonic Ceramic Fuel Cell, PCFC）は、70%(LHV,AC)以上の高い発電効率と、400°C～600°C の中温作動を実現する次世代の燃料電池として、また水素エネルギーデバイスとして期待されている。本事業は定置用燃料電池の高効率化を目的として、事業終了後の PCFC 実用化技術開発に目処をつけるため、PCFC の技術課題を解決するための要素技術研究に取り組んだ。

●事業概要

基礎研究段階にあった PCFC を応用研究の段階に進展させるため、応用研究の段階において重点的に取り組むべき事項として、「電極材料」、「セル」、「システム」における課題を設定した。実施体制として、3 つの事業（ワーキングパッケージ、WP）：WP1 革新的高性能電極・部材の開発、WP2 高効率・高出力密度セルの開発、WP3 セル評価・アプリケーション研究を構成し、材料からセル、システム、アプリケーションまでの広範な技術課題に対応した。

本事業「WP1 革新的高性能電極・部材の開発」は、高効率かつ高出力密度な PCFC セルを可能とする高性能空気極・部材を実現するため、①計算科学・②実験科学的手法による高性能空気極材料の探索・評価、③空気極材料の基礎物性評価、④空気極反応機構の解明、⑤新規空気極の部材化・構造化技術の確立、の観点から研究開発に取り組んだ。

●アウトプット目標（WP1～WP3 共通）

目標の設定にあたっては、発電効率や寿命等は、国内外の定置用燃料電池の現状を海外プロジェクトの動向を把握した上で、NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップおよび市場が求める要求性能に基づいて設定した。また、出力密度や空気極性能の目標値は、PCFC 開発トップランナー機関の開発動向調査、国内外の文献調査からチャンピオンデータを抽出し、従来技術に対する優位性や国際競争力がある目標値とした。以下に、WP1～3 の全体で設定したアウトプット目標を示す。

- 発電効率として、2040 年に 70%（LHV,AC）に至ることを目指し、65%以上を実現し、70%を見通す。
- 世界最高レベルの PCFC 面積出力密度である 1.3 W/cm^2@550℃を達成する。
- 空気極を高性能化し、分極抵抗＜0.1Ωcm^2@550℃を達成する。
- 作動温度を低温化し、現状の 600℃から 550℃作動を見通す。
- 耐久性を向上させ、セル電圧低下率として 1%/1000 時間以下を達成する。
- 単セルでの高効率実証と併せて、システムの机上検討により、将来システムを想定した高効率実証を行う。

●目標に対する成果と達成度

上記の WP1～3 で共通するアウトプット目標を達成するため、WP1 では以下の実施項目及び最終目標を設定し、成果を得た。

実施項目	最終目標	成果	評価
(1) 計算化学的手法による高性能空気極材料の探索・評価（JFCC）	3d 遷移金属ペロブスカイト型酸化物を中心に、水和エネルギー・電子構造を第一原理計算により評価し，空気極として適切な母材，添加カチオンの組み合わせを探索する。以上により，適切な空気極材料を提案する。	• 遷移金属 M の 3d 電子の増加に従い、プロトン溶解性の低下、電子伝導性が増加する傾向を解明。 • Aサイトの希土類カチオンのイオン半径が小さい程、プロトン溶解性が向上することを解明。 • 希土類遷移金属酸化物が、良好なプロトン伝導を発現しうることを示唆。	○
(2) 実験科学的手法による高性能空気極材料の探索・評価（京都大学）	分極抵抗 0.1 Ω･cm^2 以下@550℃を実現する電極構成材料を実験的に探索する。また、多孔体実電極を用いた電極設計指針の有効性を実証する。	• O^{2-}－電子およびH^+－O^{2-}－電子混合伝導体を用い、コンポジット化、中間層挿入、表面修飾最適化により空気極性能向上が見込めることを解明。 • 空気極性能の向上には助触媒の添加手法やコンポジット電極の作製手法を含	○

		めた総合的な検討が必要であるとの指針を提示。	
(3) 空気極材料の基礎物性評価（名古屋工業大学）	混合伝導体の基礎物性（導電率、部分導電率等）を精密評価できる手法を確立し、これを各種混合伝導体に適用し，空気極性能向上のための支配因子を明らかにする。得られた知見に基づき，分極抵抗 0.1 Ω·cm^{2}以下@550℃を実現する空気極材料を開発する。	• 新規材料として、特に Ba-Fe-Co-Y 系ペロブスカイトに Mg,Ti,Ni,Zn,Zr を固溶させた酸化物（BCFMY）を開発。 • $BaCo_{0.4}Fe_{0.4}Mg_{0.1}Y_{0.1}O_{3-\delta}$（BCFMgY）において、WP1 の最終目標を凌駕する R_p = 0.08 Ω·cm^2@550℃を達成。 • BCFMgY の低い R_p が、高い酸素透過性・解離能に起因することを示唆。	○
(4) 空気極反応機構の解明（東北大学）	独自に提案・作製されたモデル電極を用い，反応機構(電極活性、反応サイト、コンポジット化，表面修飾の効果等)の解明を行う。また，得られた知見を総合し，分極抵抗 0.1 Ω·cm2 以下@500℃を達成する電極設計（材料・構造・組成等）指針を提示する。	• 本事業で開発された BCFMY が高い空気極反応活性をもつことを確認。 • 多くの空気極候補材料において、O^{2-}－電子混合伝導性が反応に寄与することを解明し、コンポジット化が性能向上に有効であるとの指針を提示。 • 放射光オペランド計測により、電極における有効反応場の定量評価に成功。	○
(4) 新規空気極材料の部材化・構造化技術の確立（ノリタケ株式会社）	インクジェット印刷による空気極のコンポジット化、表面修飾を含む空気極微構造形成の開発および実証を行う。また、これらの技術を活用し、他機関から提示される高性能空気極の設計指針を実現するための部材化・構造化技術を開発する。	• インク開発、印刷条件適正化を含むインクジェット印刷による空気極形成技術の確立。 • 空気極のコンポジット化、組成傾斜化に成功し、これらによる分極抵抗の減少効果を確認。 • 電極／電解質中間層の形成にも成功し、良好な発電特性と耐久性を確認。	○

●課題と実用化・事業化への道筋（WP1～WP3 共通）

(1) 実用化を見据えた材料、セル開発

本事業では、WP3 の各テーマにおいてスタックレベル、システムレベル、導入市場の視点からの検討を実施し、WP1 と WP2 へのフィードバックによる実用化を見据えた材料・セル開発を進めることで、高性能かつ実用性が高い PCFC の実現に向けて取り組んだ。

(2) ユーザー企業によるセル評価

本事業では、実用化時にユーザーとして想定されるユーティリティ企業（東京ガス、東邦ガス、エア・リキード・ラボラトリーズ）がセル評価に協力しており、セル発電評価会議メンバーとして出席、ユーザーの視点からアドバイスを得た。実用に近い条件で耐久試験を実施することにより、実用化までの開発期間を短縮することができた。

(3) 実用化に向けたロードマップ

本事業は TRL3～4 の段階であったが、5 年間の研究開発で実用化を見通せるセルを実現することができた。開発機器の普及は 2030 年以降となる見通しであり、メーカーはカーボンニュートラルメタンと純水素のバイフュエル、デュアルフュエルによるカーボンニュートラルな水素燃料電池を最初の製品として想定している。また、高温水蒸気電解（PCEC）による高効率水素製造などの水素関連技術への展開も視野に入れて、今後事業化を検討していく。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	50	60	50	65	62

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
5 件	19 件	83 件	5 件	112 件

小項目（テーマ名）	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（WP2　高効率・高出力密度セルの開発）	達成状況	○
実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所、パナソニック ホールディングス株式会社、国立大学法人九州大学、国立大学法人宮崎大学（再委託先：国立大学法人京都大学、国立大学法人群馬大学）		

●背景・目的

プロトン伝導セラミック燃料電池（Protonic Ceramic Fuel Cell, PCFC）は 70%(LHV,AC)以上の高い発電効率と、400°C～600°C の中温作動を実現する次世代の燃料電池として、また水素エネルギーデバイスとして期待されている。本事業は定置用燃料電池の高効率化を目的として、事業終了後の PCFC 実用化技術開発に目処をつけるため、PCFC の技術課題を解決するための要素技術研究に取り組んだ。

●事業概要

基礎研究段階にあった PCFC を応用研究の段階に進展させるため、応用研究の段階において重点的に取り組むべき事項として、「電極材料」、「セル」、「システム」における課題を設定した。実施体制として、3 つの事業（ワーキングパッケージ、WP）：WP1 革新的高性能電極・部材の開発、WP2 高効率・高出力密度セルの開発、WP3 セル評価・アプリケーション研究を構成し、材料からセル、システム、アプリケーションまでの広範な技術課題に対応した。

本事業「WP2 高効率・高出力密度セルの開発」は、主としてセル開発を担当し、高効率かつ高出力密度、高耐久なセルを実現するため、発電効率、出力密度、耐久性等の開発目標を設定した。各機関が①電極／電解質の界面設計、②セル設計と製造プロセス、③燃料利用率と耐久性の向上、④機械学習を用いた材料探索とプロセス最適化、に焦点を当てて研究開発に取り組んだ。

●アウトプット目標（WP1～WP3 共通）

目標の設定にあたっては、発電効率や寿命等は、国内外の定置用燃料電池の現状を海外プロジェクトの動向を把握した上で、NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップおよび市場が求める要求性能に基づいて設定した。また、出力密度や空気極性能の目標値は、PCFC 開発トップランナー機関の開発動向調査、国内外の文献調査からチャンピオンデータを抽出し、従来技術に対する優位性や国際競争力がある目標値とした。以下に、WP1～3 の全体で設定したアウトプット目標を示す。

- 発電効率として、2040 年に 70%（LHV,AC）に至ることを目指し、65%以上を実現し、70%を見通す。
- 世界最高レベルの PCFC 面積出力密度である 1.3 W/cm^2@550℃を達成する。
- 空気極を高性能化し、分極抵抗＜0.1Ωcm^2@550℃を達成する。
- 作動温度を低温化し、現状の 600℃から 550℃作動を見通す。
- 耐久性を向上させ、セル電圧低下率として 1%/1000 時間以下を達成する。
- 単セルでの高効率実証と併せて、システムの机上検討により、将来システムを想定した高効率実証を行う。

●目標に対する成果と達成度

上記の WP1～3 で共通するアウトプット目標を達成するため、WP2 では以下の実施項目及び最終目標を設定し、成果を得た。

実施項目	最終目標	成果	評価
(1) セル高出力密度化に向けた電極／電解質ミクロ界面設計（九州大学）	セル設計指針の提示： 作動温度 550℃以下において、セル部材の総抵抗 0.25Ωcm^2 以下、リーク電流 5%未満を達成し、実測値に基づいた高効率・高出力密度セルの設計指針を提示する。 界面歪・界面の結晶性の in-situ 観察により、界面抵抗を低減させる対策の効果を明確にする。	• 電子ブロック層を導入した積層構造を構築し、電子リークの抑制効果を確認した。 • ダブルカラムナー層の導入により、開回路電圧(OCV)の向上効果を確認した。 • 還元プロセスや発電環境下における電解質・空気極格子の膨張／収縮を計測・評価できるオペランド評価手法を開発した。	○
(2) 革新的プロセスによるセル化技術開発（産	セル化プロセス技術の開発： 開発したセル化プロセス技術により、九州大学のセル設計指針に基	• 出力密度：550℃で 1.4W/cm^2 を達成した。 • 革新的プロセスとして、低温焼結プロ	○

総研、（京都大学、群馬大学）	づいた高効率・高出力密度セルを製造し、世界最高レベルの出力密度として作動温度 550℃以下において 1.3W/cm^2 以上を達成する。 大面積セル（φ8cm 以上）を評価することにより、PCFC/PCEC（プロトン伝導セラミック電解セル）の大面積化における課題を抽出する。	セス（拡散焼結プロセス、反応焼結プロセス、易焼結性電解質粉末合成プロセス等）と界面接合プロセス（金属元素拡散抑制マクロ界面接合プロセス等）の基盤技術を確立した。 • WP1 開発空気極と WP2 開発プロセスにより、革新セルを実現した。 • 歪みの無い大面積セル（φ8cm）を試作し、大面積化の課題を抽出した。	
(3) 高燃料利用状態での動作実証と、耐久向上のための劣化抑制技術の開発（パナソニック HD、宮崎大学）	高効率実証と劣化率改善： システム発電効率 65%が実現可能で、70%が期待できるセル効率を達成する。 セル電圧低下率 1%/1000h 以下を達成する。 CO_2 に対する被毒や水蒸気との反応の影響を明確化する。	• 発電効率：550℃で効率 62%を実証し、70%が期待できるセル効率を示した。 • 耐久性：600℃で電圧低下率 0.9%/1000h 以下を達成、3000h 連続運転での安定性を確認した。 • CO_2 ガス添加前後で、連続試験時の劣化挙動が変わらないことを確認した。 • 遷移金属の固溶、電解質表面、中間層による耐久性への影響を明確化した。	○
(4) 機械学習を用いた PCFC セル・材料の性能予測と製造プロセス最適化提案（宮崎大学、九州大学、産総研）	機械学習による研究開発の加速： 機械学習により高効率・高出力密度セルを実現するための電解質、中間層を選定し、燃料電池構成を提案する。	• 機械学習用データベース(PCFC-DB)を構築した。 • 機械学習により電解質物性(プロトン伝導度、輸率、熱膨張等)を予測する学習モデルを構築し、PCFC 材料探索ツールを開発した。 • 実験による検証を実施して、その有効性を確認した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋（WP1～WP3 共通）

(1) 実用化を見据えた材料、セル開発

本事業では、WP3 の各テーマにおいてスタックレベル、システムレベル、導入市場の視点からの検討を実施し、WP1 と WP2 へのフィードバックによる実用化を見据えた材料・セル開発を進めることで、高性能かつ実用性が高い PCFC の実現に向けて取り組んだ。

(2) ユーザー企業によるセル評価

本事業では、実用化時にユーザーとして想定されるユーティリティ企業（東京ガス、東邦ガス、エア・リキード・ラボラトリーズ）がセル評価に協力しており、セル発電評価会議メンバーとして出席、ユーザーの視点からアドバイスを得た。実用に近い条件で耐久試験を実施することにより、実用化までの開発期間を短縮することができた。

(3) 実用化に向けたロードマップ

本事業は TRL3～4 の段階であったが、5 年間の研究開発で実用化を見通せるセルを実現することができた。開発機器の普及は 2030 年以降となる見通しであり、メーカーはカーボンニュートラルメタンと純水素のバイフュエル、デュアルフュエルによるカーボンニュートラルな水素燃料電池を最初の製品として想定している。また、高温水蒸気電解（PCEC）による高効率水素製造などの水素関連技術への展開も視野に入れ、今後事業化を検討していく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	115	146	168	127	118

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
28 件	21 件	123 件	10 件	182 件

小項目（テーマ名）	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（ＷＰ３　セル評価・アプリケーション研究）	達成状況	○
実施者名	一般財団法人電力中央研究所/国立大学法人横浜国立大学/国立大学法人東京科学大学/国立研究開発法人産業技術総合研究所		

●背景・目的

プロトン伝導セラミック燃料電池（Protonic Ceramic Fuel Cell, PCFC）は 70%(LHV,AC)以上の高い発電効率と、400°C～600°C の中温作動を実現する次世代の燃料電池として、また水素エネルギーデバイスとして期待されている。本事業は定置用燃料電池の高効率化を目的として、事業終了後の PCFC 実用化技術開発に目処をつけるため、PCFC の技術課題を解決するための要素技術研究に取り組んだ。

●事業概要

基礎研究段階にあった PCFC を応用研究の段階に進展させるため、応用研究の段階において重点的に取り組むべき事項として、「電極材料」、「セル」、「システム」における課題を設定した。実施体制として、3 つの事業（ワーキングパッケージ、WP）：WP1 革新的高性能電極・部材の開発、WP2 高効率・高出力密度セルの開発、WP3 セル評価・アプリケーション研究を構成し、材料からセル、システム、アプリケーションまでの広範な技術課題に対応した。

本事業「WP3 セル評価・アプリケーション研究」は、WP1 および WP2 で開発された材料やセルをユーザー視点で評価した。セルスタックへの要求仕様を提示し、市場展開シナリオを描くため、①実使用条件における開発セルの評価、②システムサイクル解析およびコストエンジニアリングに基づくフィージビリティスタディと改良提案、③シーズ・ニーズ比較検討に取り組み、改良指針を WP1、WP2 へフィードバックした。

●アウトプット目標（WP1～WP3 共通）

目標の設定にあたっては、発電効率や寿命等は、国内外の定置用燃料電池の現状を海外プロジェクトの動向を把握した上で、NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップおよび市場が求める要求性能に基づいて設定した。また、出力密度や空気極性能の目標値は、PCFC 開発トップランナー機関の開発動向調査、国内外の文献調査からチャンピオンデータを抽出し、従来技術に対する優位性や国際競争力がある目標値とした。以下に、WP1～3 の全体で設定したアウトプット目標を示す。

- 発電効率として、2040 年に 70%（LHV,AC）に至ることを目指し、65%以上を実現し、70%を見通す。
- 世界最高レベルの PCFC 面積出力密度である 1.3 W/cm^2@550℃を達成する。
- 作動温度を低温化し、現状の 600℃から 550℃作動を見通す。
- 空気極を高性能化し、分極抵抗＜0.1Ωcm^2@550℃を達成する。
- 耐久性を向上させ、セル電圧低下率として 1%/1000 時間以下を達成する。
- 単セルでの高効率実証と併せて、システムの机上検討により、将来システムを想定した高効率実証を行う。

●目標に対する成果と達成度

上記の WP1～3 で共通するアウトプット目標を達成するため、WP3 では以下の実施項目及び最終目標を設定し、成果を得た。

実施項目	最終目標	成果	評価
１．セル性能評価	標準セル・革新セルの性能を評価し、課題を抽出・改良指針を提示する。	●各セルでの基礎発電特性・安定性試験を実施し、電圧低下率 1%/kh 以下を達成 ●大型セルでは 600℃にて 0.6 W/cm²を達成	○
２．材料劣化要因の特定	構造観察と第一原理計算により劣化要因を特定し、材料改良指針を示す。	●Co や Ni の拡散・偏析を確認し、中間層での Y 析出を特定 ●第一原理計算によりドーパント選定指針を提示し、化学ポテンシャル平衡図を作成し安定性を評価	○
３．電気化学評価技術の確立	DRT 法を用いたセル要素の抵抗分離・劣化定量化技術を確立する。	●DRT 解析により、PCFC の基本的な反応律速プロセスを推定 ●遷移金属拡散が耐久性低下要因であることを確認	○

		●新規空気極材料で酸素解離プロセスが促進されることを示唆	
４．システム・コスト評価	5kW 級システムでコスト評価を行い、セルスタック目標コスト 50 円/W 以下を実現する改善策を提示する。	●造粒、成膜、焼成、および組立工程における製造機器をデータベースとして構造化し、5 万円 kW^{-1} に到達可能な製造条件を提示	○
５．数値解析とモデリング	マルチフィジックスモデルでセル/スタックの最適構造を解析し、予測性能・開発指針を提供する。	●電解質厚みに依存するプロトン・ホール輸送モデルを開発し、実験と整合 ●50W 級スタックでは 500℃でセルごとの電流効率が 99%以上のため、平均 0.3Acm^{-2} においても問題なく運転可能であることを提示	○
６．社会実装時の技術開発課題と市場性	家庭用コージェネシステムのフィージビリティスタディを実施する。	●海外動向調査を実施し、600℃以下の高効率・高出力デバイスのニーズを明確化 ●PCFC の差別化要素として、カーボンニュートラルメタン等も利用できるバイフュエル型燃料電池として有効であること、バーチャル・パワー・プラントやデータセンター等が今後拡大する有望市場であることを抽出	○
７．メタン燃料の耐久性評価	CO_2 雰囲気・高濃度水蒸気下で 1000 時間評価を実施し、被毒・劣化要因を明確化、耐久性向上課題を抽出する。	●CO_2 および水蒸気への安定性について評価を行い、BZYb20 を用いた燃料極は高い耐久性を有した ●メタン燃料を用いた基礎発電特性および安定性試験も実施し、実用化に向けた課題を明確化	○

●課題と実用化・事業化への道筋（WP1～WP3 共通）

(1) 実用化を見据えた材料、セル開発

本事業では、WP3 の各テーマにおいてスタックレベル、システムレベル、導入市場の視点からの検討を実施し、WP1 と WP2 へのフィードバックによる実用化を見据えた材料・セル開発を進めることで、高性能かつ実用性が高い PCFC の実現に向けて取り組んだ。

(2) ユーザー企業によるセル評価

本事業では、実用化時にユーザーとして想定されるユーティリティ企業（東京ガス、東邦ガス、エア・リキード・ラボラトリーズ）がセル評価に協力しており、セル発電評価会議メンバーとして出席、ユーザーの視点からアドバイスを得た。実用に近い条件で耐久試験を実施することにより、実用化までの開発期間を短縮することができた。

(3) 実用化に向けたロードマップ

本事業は TRL3～4 の段階であったが、5 年間の研究開発で実用化を見通せるセルを実現することができた。開発機器の普及は 2030 年以降となる見通しであり、メーカーはカーボンニュートラルメタンと純水素のバイフュエル、デュアルフュエルによるカーボンニュートラルな水素燃料電池を最初の製品として想定している。また、高温水蒸気電解（PCEC）による高効率水素製造などの水素関連技術への展開も視野に入れ、今後事業化を検討していく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	46	63	57	60	58

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
1 件	22 件	80 件	7 件	110 件

小項目（テーマ名）	固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所、イムラ・ジャパン株式会社、国立大学法人東北大学大学院環境科学研究科、国立大学法人九州大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人東京大学、一般財団法人電力中央研究所 （再委託先等：慶応大学、千葉工業大学、大阪ガスマーケティング㈱、京セラ㈱㈱デンソー、森村 SOFC テクノロジー㈱、日産自動車㈱）		

●背景・目的

固体酸化物形燃料電池(SOFC)は、家庭用エネファームにて年産３万台程度、業務・産業用も上市され、一定の市場を形成している。本格普及を目指した更なる市場拡大や適用性拡大のためには、耐久性 15 年、効率 65%LHV、運用性(起動停止や負荷変動)など、更に高性能化を目指す必要がある。2020 年以前には、上記を評価する適正なセルスタック評価法は開発されておらず企業が必要としていた。セルスタック開発企業・大学・研究機関が産学官連携して、2035 年頃の性能に必要な SOFC 評価・解析法を開発する。

●事業概要

固体酸化物形燃料電池(SOFC)スタックの 13 万時間耐久や効率 65%LHV 超の運転、再生可能エネルギーの変動調整力応用としての負荷変動や急速起動など、スタック運用限界に近い状態を的確に評価し、長期寿命や運用性限界を予測する高度な評価・解析技術を開発する。次の 3 つの研究テーマ・課題について革新的な新規評価・解析法の開発を進め、それらの確立をした。

１）**長寿命・高効率セルスタック評価技術開発**（電力中央研究所、産業技術総合研究所（京セラ、森村 SOFC テクノロジー、デンソー）：

スタック開発会社から提供された、筒状平板形（京セラ製）、中温平板形（森村 SOFC テクノロジー製）、業務用平板形（デンソー製）の 3 種類の実用 SOFC スタックを使用し、長期耐久試験をおこない、その劣化挙動をスタックレベルで評価した。スタックでの高効率運転を目指し、通常の燃料利用率（Uf）75%程度よりも高い、80-85%の水準とし、世界最長レベルである 2 万時間以上の耐久データを取得することに成功した。またこれらのデータをもとに性能表示式を構築し、セルスタックの内部抵抗変化を明らかにし、劣化メカニズム解明を行い 13 万時間の耐久を予測することに成功した。

２）運用性拡大評価技術開発（イムラ・ジャパン、電力中央研究所、産業技術総合研究所、東北大、大阪ガスマーケッティング、日産自動車）：

再生可能エネルギーやデータセンターの電力変動吸収に対応するため、ア）SOFC システム動特性解析研究開発、イ）先進セルスタック評価プロトコル開発、ウ）コンパクト化のためのフィージビリティスタディ(FS)を行なった。特に先進セルスタックの評価プロトコル開発では、30 分で 600℃まで昇温・起動する際にセルの温度差が 200℃以上になり、そのための応力分布などを実測し、シミュレーションすることに成功し、今後の手順構築に重要なデータを取得した。またコンパクト化のための FS では、現状の材料で体積当たりの出力を上げるためのシミュレーションをおこない、500W/L を達成するためにはインターコネクトの厚さが重要であることを解明した。これらの成果を実スタック開発への参考として示した。

３）先進評価技術開発（東北大、東大、京大、九大、電力中央研究所、産業技術総合研究所）：

上記の実セルスタックの評価・解析を支えるための先進的な評価技術開発を進めた。スタックレベルでの寿命・劣化予測をおこなうため、シミュレーション法の開発に成功した。これは、いくつかある劣化要因を複合化させて寿命予測するシミュレーションで、世界初の試みである。すでに判明している劣化要因を組み合わせ、複合的な劣化予測を行うシミュレーション法を開発した。さらに先進的な劣化予測として、電極微構造の微細構造劣化予測に関し、従来の 3 次元 FIB-SEM 像再構築法を応用し、微細構造画像を機械学習させ、画像分析の手法を高度化することで、劣化予測できる手法も開発した。その他、劣化・寿命予測のために必要な不純物濃度分析や応力分布など、劣化を予測するための重要な基礎データの集積を行い、それらをスタック開発企業に提示することで、セルスタックの高度化に貢献した。

下記に、顕著な研究開発成果の項目を示す：

（１） 実用スタックの長期試験に成功：燃料利用率 85%（効率 65%相当）で 2 万時間の耐久運転は世界最高レベル。スタックの抵抗成分分離と長期運転での抵抗増大を解明

（２） 実用スタックの長期耐久予測・加速劣化法開発に成功：性能表示式を改良することでスタック劣化実データから 13 万時間（15 年）耐久の予測に成功、電流密度を矩形波で変化させて劣化を加速させる方法を開発

（3） スタックレベルの複合劣化シミュレーション開発：セル材料~部材～単セル～スタックレベルのいくつかの劣化を複合化してシミュレーションできる擬三次元シミュレーションツールを開発し耐久予測法を確立
（4） シミュレーションの高度化：機械学習や計算効率化のための代理モデル法なども開発し、商用ソフトに組み込む基盤が完成した。セルスタックでの応力分布や定常・非定常での応力分布なども予測できるシミュレーションが完成した。
（5） 機械学習の新規応用：電極微構造変化の画像解析による劣化予測、電極性能の波形解析による長期劣化予測など、機械学習を適用することで長期劣化を予測する基盤を確立した。
（6） 劣化メカニズムの高度化：Ni/YSZ での Ni の移動・形態変化、空気極劣化におけるプロトンの影響、インターコネクト内の酸素透過、金属インターコネクトの安定性など、従来よりも繊細だが長期劣化に影響を及ぼす要因について、そのメカニズムを解明しシミュレーションなどに反映できた。
（7） 高効率運転時の Ni/YSZ 燃料極の安定性などをいくつかの機関の分析を統合化させることで詳細な劣化分析ができ、その評価法を確立した。

●アウトプット目標
・耐久 13 万時間、効率 65%LHV でのセルスタック耐久・寿命を予測する評価・解析法を開発し、確立する。
・急速起動・停止や負荷変動などの運用性を拡大させるセルスタック評価解析法を開発、確立する。
・先進的な劣化評価・解析法を開発し、それらの有効性について実証する。

●目標に対する成果と達成度

施項目	最終目標	成果	評価
1．セルスタック耐久・寿命予測法の開発	セルスタック 13 万時間耐久を予測する	スタックレベルでの劣化予測法・シミュレーション確立	○
2．運用性拡大評価法の開発	急速起動などの評価法を確立する	30 分で起動する際の応力分布解明	○
2．先進評価法の開発・実証	電極微構造劣化の機械学習による予測法確立、電極劣化メカニズムを解明する	電極微構造変化予測法達成、劣化メカニズム解明し、耐久性向上に貢献	○

●課題と実用化・事業化への道筋
上記で示した成果は、共同実施・協力機関であるスタック開発企業などでの評価・解析に適用され、より先進的なセルスタックの開発に適用される。成果を適用した新型セルスタック搭載時期は 2030 年以降と考えられるが、評価法の一部成果については、数年で実用に反映される見込みである。
2050 年カーボンニュートラルへの道筋としては、トランジェント期での高耐久で運用性が高い SOFC が重要な省エネルギー機器として家庭用燃料電池、業務・産業用燃料電池に搭載される。さらに、再生可能エネルギーやデータセンターでの安定電源、変動吸収、レジリエンスの確保などの意味でも、今回開発した評価・解析法で商用化された SOFC が重要なエネルギー供給装置としての普及拡大が見込まれる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	330	360	406	363	342

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
6 件	46 件	154 件	3 件	209 件

3.2. 研究開発項目Ⅱ 水素利用等高度化先端技術開発

小項目（テーマ名）	高分子形と酸化物形の技術融合による電極一体型次世代ＰＥＦＣの創製	達成状況	○
実施者名	国立大学法人九州大学		

●背景・目的

本研究では、電極触媒層、マイクロポーラス層、ガス拡散層に分かれている固体高分子形燃料電池（PEFC）の電極開発を一体で進め、安定性に優れる酸化物を電極材料などに多用して次世代セルを作製し、酸化物形と高分子形の燃料電池技術を融合させることを目指した。将来の革新的なセル・スタック設計に発展させられる新規・代替材料を用いたセルをサイエンスに基づいて一体的に開発し、それらのポテンシャルと技術課題を示すことを目的とした。

●事業概要

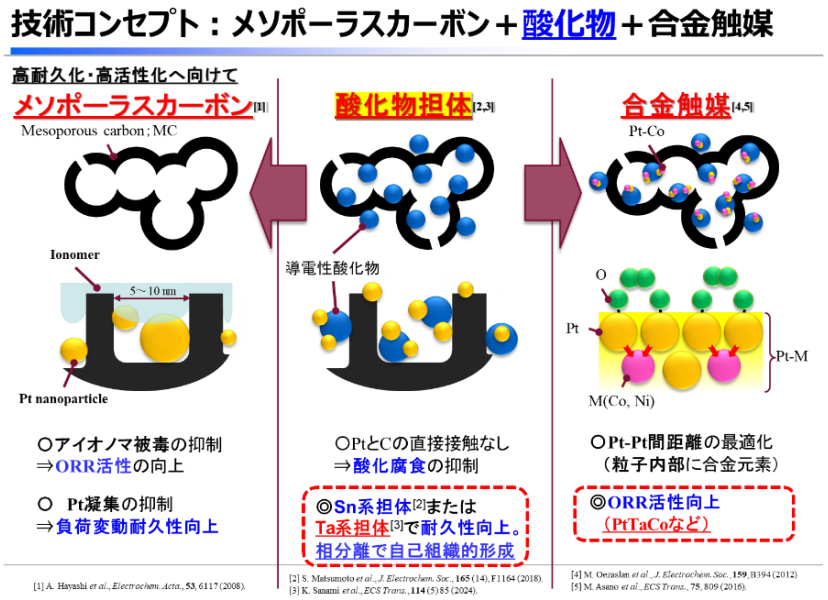
高耐久性・高ロバスト性を示せる電極一体型 PEFC のプロトタイプセルを試作・開発し、2030 年ごろの産業界 FCCJ 目標である電流密度 0.2A/cm^2 の定常走行でセル電圧 0.84V と、電流密度 3A/cm^2 での加速走行でセル電圧 0.7V の出力の実現に資する革新技術コンセプトを構築するとともに、非カーボン系とカーボン系の材料・セルについて最終目標達成に向けて残された本質的な技術課題をメカニズムの理解を含めたサイエンスとして体系化して、更なる技術開発への指針を示す。

●アウトプット目標

・2030 年ごろの産業界目標である電流密度 0.2A/cm^2 の定常走行でセル電圧 0.84V を達成する。
・2030 年ごろの産業界目標である電流密度 3A/cm^2 の加速走行でセル電圧 0.7V を達成する。
・高耐久性・高ロバスト性などを示せる PEFC のプロトタイプセルを開発する。

●目標に対する成果と達成度

本研究では、無機材料工学を専門とする研究代表者（佐々木一成教授）の下で当研究室が四半世紀にわたって進めてきた、熱力学的に安定な酸化物をコア材料とし、最新のカーボン担体であるメソポーラスカーボン担体に適用するとともに、触媒の高活性化を目指して Pt 合金触媒の調製を可能にした。研究コンセプトを下図にまとめる。

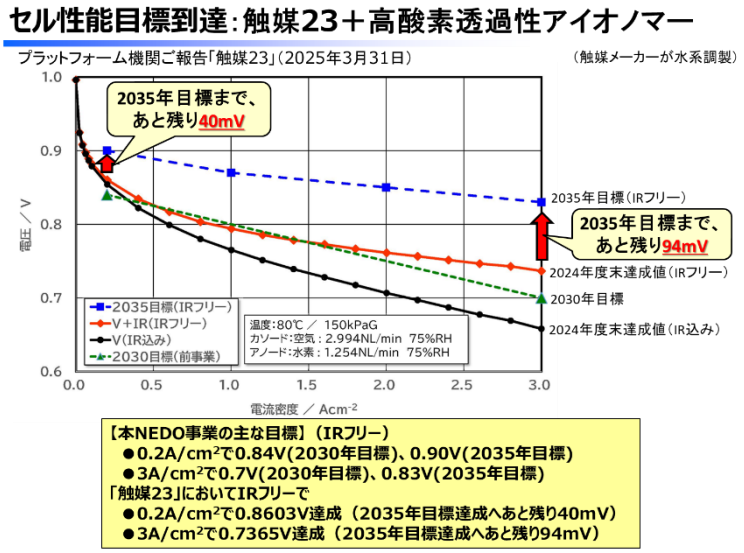


主な数値目標として、定常走行時の電流密度である 0.2A/cm^2 における目標と、加速走行時の電流密度である 3A/cm^2 における目標の達成を目指した。さらに、酸化物として長年使ってきた SnO_2 は Pt 合金作製に必要な高温熱処理に課題があることから、高温でも安定な酸化物として新たに Ta 酸化物を見出し、触媒開発を進めた。並行して、セル性能の向上に資する要素技術として、メソポーラスカーボンに係る基礎

的理解、高電流密度域のセル性能を左右するマイクロポーラス層の設計指針構築、セルの耐久性の向上に資する化学劣化に関する理解を学術的にサイエンスとしてまとめた（九州大学・林灯教授、北原辰巳准教授と連携）。

主な成果と達成度を表にまとめる。これらの成果は Journal 論文、国際会議発表のみならず、積極的な知財出願につなげた。研究成果は高く評価され、多くの受賞にも結実した。

実施項目	最終目標	成果	評価
１．定常走行電流密度での高セル電圧実現	電流密度 0.2A/cm^2 でセル電圧 0.84V を達成する	最終年度に作製した触媒を用いたセルのプラットフォーム機関での評価で、0.2A/cm^2 で 0.8603V（iR フリー）を達成した。（Pt3Ta1Co2/MC+CNT「触媒 23」、80℃、80%RH、150kPaG、高酸素透過性アイオノマー使用）	◎
２．加速走行電流密度での高セル電圧実現	電流密度 3A/cm^2 でセル電圧 0.7V を達成する。	最終年度に作製した触媒を用いたセルのプラットフォーム機関での評価で、3A/cm^2 で 0.7365V（iR フリー）を達成した。（条件は同上）	◎
３．高耐久性・高ロバスト性のプロトタイプセルの開発	酸化物を活かしたプロトタイプセルを作製し、材料設計指針を構築する。	当研究室が発明し特許を有する「Nb-SnO_2 担体」を超える新たな酸化物として TaOx を見出した。その添加による触媒高活性化を実現するとともに、酸化物担体としての可能性を見出した。さらに、メソポーラスカーボン担体上への触媒調製を実現し、自立型薄層マイクロポーラス層/ガス拡散層（MPL/GDL）も開発し、プロトタイプセルの設計指針を示すことができた。	○



数値目標に掲げたセル性能の到達度評価において、開発材料・セルをプラットフォーム（PF）機関に提出して客観的な評価を依頼し、性能と耐久性を相互確認した。本研究グループからの PF 機関への提出サンプルは、触媒、MPL/GDL、MEA を合わせて約 30 種に上った。さらに、PF 機関のシミュレーショングループ（九州大学・井上元教授ほか）と横連携して、実験と計算の両面からの効率的なセル開発につなげた。

右図に示すとおり、2030 年の産業界目標に沿って掲げたセル電圧を達成することができた。さらに、本事業の期間内に行われたロードマップの改訂で明確化された 2035 年目標も視野に入るセル性能に到達することができた。

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究で開発した PtTaCo 三元触媒は、PtCo 合金と Ta 酸化物がナノコンポジットを形成し、Ta 酸化物が高温での PtCo 合金化時の PtCo 触媒の結晶子の成長を抑制することで高い電気化学表面積や高い質量活性を実現したものである。他方、酸化物添加による負荷変動サイクル耐久性と起動停止サイクル耐久性は、個別の触媒では達成できたが、トレードオフの傾向もある性能と耐久性の同時達成には課題が残った。本事業終了後も触媒メーカーと FCV メーカーと連携し、更なる性能向上と耐久性向上を進めている。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	56	67	83	55	64

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
20 件	31 件	48 件	18 件	117 件

小項目（テーマ名）	カーボンフリー白金合金ナノ粒子連結触媒とポリフェニレン系細孔フィリング電解質膜の開発および高電圧・高出力ＭＥＡへの展開	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東京科学大学（再委託先：ノリタケ株式会社、一般財団法人高度情報科学技術研究機構）		

●背景・目的

本プロジェクトでは、第５次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき２０３０年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

固体高分子形燃料電池（PEFC）普及拡大のために、水被毒を抑制し活性が高く極薄触媒層となるカーボンフリー白金合金ナノ粒子連結触媒と高温低湿度運転を可能とするポリフェニレン系高温低湿度用細孔フィリング電解質膜を設計・開発し、高電圧・高出力密度運転を実現する。2022 年 6 月までは白金合金ナノ粒子連結触媒、電解質膜の材料開発を実施し、2022 年 7 月以降は触媒開発の継続と、開発した触媒を用いた MEA での実証に開発対象を絞って実施した。

●アウトプット目標

・ FCCJ から提案されている 2040 年目標を目指すため、高電圧および高出力密度を実現するカソード触媒、さらにそれらを利用した MEA のコンセプトをメカニズムベースで構築し、そのための設計法を確立する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．高表面積カーボンフリー白金合金ナノ粒子連結触媒の開発・評価	① 酸素還元反応（ORR）に対する表面比活性 3.5 mA/cm^2-Pt 以上 ② 電気化学活性表面積（ECSA）60 m^2/g-Pt 以上 ③ 触媒層酸素拡散抵抗 2.7 s/m 以下	① 開発した PtNi 系触媒において ORR 表面比活性 3.7 mA/cm^2-Pt を達成 ② ECSA 40～130 m^2/g-Pt の PtNi 系触媒を開発 ①、②を両立した場合の ORR 質量活性 2.1 A/mg-Pt を超える PtNi 系触媒を開発 ③ カーボンフリーナノ粒子連結触媒を用いた MEA において、Pt/C と同程度の触媒層酸素拡散抵抗を確認 評価解析プラットフォームとの連携により、物質移動抵抗を低減するナノ粒子連結触媒層の構造設計指針を獲得	○
２．高温低湿度対応ポリフェニレン系細孔フィリング電解質膜の研究開発 (2022 年 6 月まで)	① ガラス転移温度 150℃以上の材料で、プロトン伝導抵抗が 30% RH において 100 mΩ cm^2 以下 ② 80℃でのフェントン試験 2 時間後にプロトン伝導度 90%以上を維持	① 開発したポリフェニレン系電解質膜の Tg が 175℃である事を確認し、プロトン伝導抵抗は 130℃、30% RH の条件下で 40 mΩ cm^2 以下を達成 ② 80℃でのフェントン試験 2 時間後のプロトン伝導度は 90%以上を保持	○

●目標に対する成果と達成度（続き）

実施項目	最終目標	成果	評価
３．ナノ粒子連結触媒を用いたMEAの研究開発	① 起動停止サイクル 6 万回後にECSA70%以上 ② ロードサイクル 40 万回後にECSA50%以上 ③ 2023 年度までに明確になったMEA 化したときの課題に対して、その対策の効果を実証し、触媒の実用上の課題を解決	① カーボンフリーナノ粒子連結触媒を用いた MEA において、起動停止サイクル 12 万回後に ECSA 保持率 95%以上 ② ナノ粒子連結触媒を用いた MEA において、種々の温度・湿度でのロードサイクルを実施し、これまでの触媒では実現が困難であった優れた ECSA 保持率を実現 （10 万回までの結果から外挿すると 40 万回後の ECSA 保持率 50%以上を達成） 評価解析プラットフォームでも同等の結果を確認 ③ MEA での課題を明らかにし、物質移動抵抗を低減する新たなアイオノマーや触媒層構造を提案・実証	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

本プロジェクトで開発した白金系ナノ連結構造触媒は、MEA での起動停止・ロードサイクル運転の両方に対して高い ECSA 保持性能を有することを実証している。今後、PEFC は、FC トラック・バス、重機、建機、大型農機具等の高負荷運転が求められる大型モビリティや商用モビリティ(HDV)の市場規模が拡大する見通しである。触媒にとって過酷な高温や高負荷運転でも高耐久性を実現する触媒および MEA システムは、将来必要な燃料電池技術とニーズが合致している。現在、新たな NEDO プロジェクトにおいて、ナノ連結構造触媒に関する研究開発を継続して進めており、ナノ連結構造触媒の有用性と目指すべき触媒を明確にしていく。早期で実用化・事業化を図るために、低コストプロセスによるスケールアップ法を確立し、開発触媒を関連企業に紹介・提供する体制を整える。長期にわたり維持できる超高耐久 PEFC システムを構築することで、本触媒およびその MEA システムの実用化・事業化に取り組んでいく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	50	50	38	35	35

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
1 件	7 件	42 件	6 件	56 件

小項目（テーマ名）	広温湿度作動 PEFC を実現する先端的材料コンセプトの創出事業	達成状況	○
実施者名	国立大学法人山梨大学，日本化学産業株式会社		

●背景・目的

第 5 次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき、2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システムを実現するため、ユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発する必要がある。本プロジェクトでは、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する触媒・電解質を開発し、2040 年以降の更なる技術革新を提示する。具体的には、本事業の研究開発項目 I の性能やコスト目標を凌駕する要素技術を確立し、その実用化に向けた課題を明らかにする。具体的には下記 2 テーマを実施する。

A.「広温湿度作動 PEFC を実現する高分子電解質膜技術のコンセプト創出」

B.「広温湿度作動 PEFC を実現する触媒技術のコンセプト創出」

これにより、燃料電池の 2040 年以降に目指すべき目標性能を実現するための高効率・高出力・高耐久を両立した新電極触媒・電解質材料を提案し、産業界と共に実用化につなげる。

●アウトプット目標

A.「広温湿度作動 PEFC を実現する高分子電解質膜技術のコンセプト創出」

2030 年目標 IV 性能を達成するための触媒・触媒層に関る過電圧低減に関する NEDO 公募資料・参考資料 2 及び外部研究開発機関の成果を参考に設定する。山梨大学で実施した前 NEDO 先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラムにて 120℃での作動における高分子電解質膜の劣化・性能低下等の課題を抽出した。それら現状把握を継続し、広温湿度域での劣化・性能低下のメカニズムをまとめる。これらの結果に基づき最高温度 120℃＋α、幅広い湿度範囲にて現在市販されているフッ素系電解質膜に比べて 2 倍以上高いプロトン導電率、1 桁以上低いガス透過率を実現することで、2040 年度における目標は達成可能と判断した。

ただし、高分子電解質の各項目の目標や評価条件並びに評価手法は PEFC 評価解析プラットフォームやユーザー企業等と協議し、有効性・実効性を高める。また、PEFC 評価解析プラットフォームやユーザー企業等へ触媒を供試する取り組みを通して、当プロジェクトでの触媒材料設計のみならず、共通課題解決型基盤技術開発プロジェクト全体のクオリティーの向上に貢献する取り組みも目標に組み入れることを検討する。

B.「広温湿度作動 PEFC を実現する触媒技術のコンセプト創出」

2030 年目標 IV 性能を達成するための触媒・触媒層に関る過電圧低減に関する NEDO 公募資料・参考資料 2 及び外部研究開発機関の成果を参考に設定する。山梨大学で実施した前 NEDO 先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラムにて 120℃での作動における触媒の劣化・性能低下等の課題を抽出した。それら現状把握を継続し、広温湿度域での触媒の劣化・性能低下のメカニズムをまとめる。さらに、同プログラムにて 120℃までにおける触媒活性を標準的な現行触媒(Pt 担持カーボン)の 10 倍以上にすることに成功している。これらの結果に基づき最高温度 120℃＋αにて現在市販されている標準触媒(MIRAI 仕様)の 10 倍の耐久性をめざす。ただし、触媒の各項目の目標や評価条件並びに評価手法は PEFC 評価解析プラットフォームやユーザー企業等と協議し、有効性・実効性を高める。さらに、2040 年に向けたシステム検討に必要な最高温度 120℃＋αにおける各触媒の構造特性・物性等の現状把握と情報提供を行う。

また、PEFC 評価解析プラットフォームやユーザー企業等へ触媒を供試する取り組みを通して、当プロジェクトでの触媒材料設計のみならず、共通課題解決型基盤技術開発プロジェクト全体のクオリティーの向上に貢献する取り組みも目標に組み入れることを検討する。さらに、2040 年に向けたシステム検討に必要な最高温度 120℃＋αにおける触媒の構造・活性・耐久性等の現状把握と情報発信・交換を積極的に行う。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
A.「広温湿度作動 PEFC を実現する高分子電解質膜技術のコンセプト創出」	最高温度 120℃＋α、幅広い湿度範囲にて現在市販されているフッ素系電解質膜に比べて 2 倍以上高いプロトン導電率、1 桁以上低いガス透過率を実現する。さらに、新規高分子電解質膜を用いた MEA にて、高分子電解質膜による抵抗過電圧を 50 mV (@1 Acm^{-2})以下に、開回路電圧(OCV)が 1.1 V 以上になることを検証する。	新規セラミック含有高分子電解質膜・セルロースナノファイバーにて、最高温度 125℃、20-80%RH にて市販電解質膜より 2 倍高いプロトン導電率と 1 桁以上低いガス透過率を確認した。更に、これら電解質膜にて抵抗過電圧を 50 mV (@1 Acm^{-2})以下、開回路電圧を 1.1 V 以上になることを MEA にて検証した。	○
B.「広温湿度作動 PEFC を実現する触媒技術のコンセプト創出」	新規カソード触媒にて抵抗過電圧が 40 mV(@1 A cm^{-2})以下になると共に、最高温度 120℃＋α における における負荷変動サイクルが標準触媒(MIRAI 仕様)の 10 倍の耐久性を MEA で検証する。新規アノード触媒にて 100～120℃における抵抗過電圧が 40 mV(@1 A cm^{-2})以下にすると共に、最高温度 120℃＋α にて標準触媒(MIRAI 仕様)の 10 倍の水素枯渇に対する耐久性を MEA にて検証する。改良されたセラミックス担体・Pt 担持触媒等にて、既存触媒を含めた課題抽出を取り纏め、解決案を提示する。	Pt ナノロッド/Nb-SnO_2 触媒にて抵抗過電圧が 40 mV(@1 A cm^{-2})以下にすることに成功し、最高温度 125℃にて負荷変動サイクルが標準触媒(MIRAI 仕様)の 10 倍以上の耐久性を MEA で検証した。新規 Pt ナノロッド/Zr-CeO_2触媒にて最高温度 125℃にて抵抗過電圧が 40 mV(@1 A cm^{-2})以下にすると共に、最高温度 125℃にて標準触媒(MIRAI 仕様)の 10 倍の水素枯渇に対する耐久性を MEA にて検証すると共に、スカベンジング効果による膜耐久性の付与にも成功した。セラミックス担体・Pt 担持触媒、既存触媒での課題抽出を取り纏め、解決案を提示した。	○

これらのように、本事業の 2 つのテーマのいずれも目標を達成することが出来た。

●課題と実用化・事業化への道筋

2035 年目標に資する新触媒、電解質材料を創製した。事業化に向けて、関心表明書を提出された企業を中心に材料を提供し、実用面・量産面での評価と課題抽出を進める。また、各材料メーカーにて量産検討を進め、材料の信頼性を担保した供給体制を構築してゆく。これらを通じて社会実装を進めてゆく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	50	65	67	38	50

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
6 件	5 件	27 件	9 件	47 件

小項目（テーマ名）	高性能・高耐久・低コスト MEA に向けた先端要素技術の研究開発	達成状況	○
実施者名	東海国立大学機構名古屋大学（再委託先等：株式会社名城ナノカーボン）		

●背景・目的

2030 年以降の固体高分子形燃料電池（FCV、HDV、等）の飛躍的拡大に向けて、電極触媒の白金(Pt)使用量の削減と触媒活性・耐久性の向上が重要な課題である。このためには、従来の Pt/C 系触媒やカーボンブラック系担体の限界を打破するための新しい電極触媒コンセプトの創出が必要である。本研究開発では、①カーボン・金属コアシェル触媒、② カーボンナノチューブ利用電極、の 2 テーマに取り組むことにより、新規な触媒材料・担体材料・触媒層設計コンセプトの創出を目的とした。

●事業概要

テーマ① カーボン・金属コアシェル触媒の研究開発：ソリューションプラズマ法により、数 nm の Pt 系合金コアをカーボンシェルで被覆したコアシェル触媒を合成し、酸素還元反応（ORR）に対する高活性化と電位サイクル試験に対する高耐久化を両立するとともに、新たに発現する有用な機能を探索する。また、第一原理計算、等により活性発現メカニズムを明らかにする。

テーマ② カーボンナノチューブ利用電極の開発：高純度・高結晶性単層カーボンナノチューブ（SWCNT）を担体としてカーボン・金属コアシェル触媒を担持し、触媒層を形成する。SWCNT の高耐酸化性・高伝導性とその高空隙率な触媒層構造により高耐久＆高性能な触媒層構造ならびに電極-電解質膜接合体（MEA）を実現する。

●アウトプット目標

テーマ①：カーボン・金属コアシェル触媒で ORR 高活性（目標：1600A/g-Pt@0.9V 以上）および電位サイクル試験に対する負荷応答高耐久性（目標： 質量活性低下が 20%となるサイクル数 10,000 回以上）、活性発現機構の解明、カーボンシェルによる新規な機能性の探索

テーマ②：SWCNT 電極で低 Pt 量でも高出力を実現し、電位サイクル試験に対する起動停止高耐久性を従来 Pt/C 電極のサイクル数で 3 倍向上

●目標に対する成果と達成度

テーマ①：目標をほぼ達成した。具体的な成果は以下の通りである。

（触媒合成） PtFe または PtCo 合金を金属コアとし、数層のグラフェンシェルで被覆したカーボン・金属コアシェル触媒の研究開発を行った。ソリューションプラズマ法＋熱処理法により、カーボン・金属コアシェル触媒の合成プロセスを確立した。カーボン・PtFe 合金コアシェル触媒（PtFe@C と略記）では、数層の結晶性の高い窒素ドープグラフェンシェルで PtFe 合金ナノ粒子が被覆されていることを高分解能電子顕微鏡で確認した。

（触媒性能・耐久性・新規機能） PtFe@C 触媒は、市販 Pt/C 触媒と比較して酸素還元反応（ORR）質量活性、電位サイクル耐久性（ハーフセル、RDE）ともに上回ることを確認した。さらに鉄の溶出による電解質膜劣化の懸念を回避すべく、コバルトを用いた PtCo@C の合成にも成功した。特に 2 段階のソリューションプラズマ法を用いることにより合金コアの $L1_0$構造化や高窒素ドープ量のグラフェンシェルを有したコアシェル触媒を合成し、目標を超える質量活性 3215A/g-Pt＠0.9V を達成した。また、新たに発現する機能として、低電位での H_2O_2生成抑制、硫酸アニオンやリン酸アニオンに対するアニオン被毒耐性の各機能を見出した。

（触媒活性発現メカニズム） 第一原理計算（DFT）によりカーボン・金属コアシェル触媒の活性発現メカニズムについて理論的な検討を行った。グラフェンおよび窒素ドープグラフェンで白金表面を被覆したモデルに対して、電子構造および ORR 過程の自由エネルギー計算を行った結果、Pt コアとの電子的相互作用によりカーボンシェル上に ORR 活性点が形成される可能性が示唆された。特にグラフェンシェルに窒素ドープした Pt(111)@N-graphene 構造では、白金以上の ORR 活性を発揮し得ることが示された。カーボン・金属コアシェル触媒の内部合金の保護・安定化効果を利用し、カーボンシェル／Pt 合金シェル（単層）／非金属コアのダブルコアシェル構造とすることにより、質量活性 8,900A/g-Pt まで向上させうることを幾何学的計算により示すことができた。2030 年以降の白金量削減および活性・耐久性向上のための有力な触媒候補となりうることを示した。

テーマ②：MEA での電位サイクル（起動停止）試験における耐久性では目標を達成したが、出力特性に対しては未達であった。

従来のカーボンブラックに代わる触媒担体として、高結晶性・高純度の単層カーボンナノチューブ（SWCNT）を用いた新たな触媒層構造の研究開発に取り組んだ。SWCNT は優れた導電性・耐酸化性・機械的強度を有し、またナノ繊維集積に由来する多孔質構造による高い酸素透過性を持つことから、触媒層として高電流密度運転および起動停止電位サイクル試験における高耐久性の両立が期待された。ソリューションプラズマ法によるコアシェル触媒の合成・担持法を確立し、均一なカーボン・PtPd コアシェル触媒（PtPd@C）を SWCNT バンドル上に形成・担持した。この触媒を溶媒に分散してインクを作製し、インクフィルター法により触媒層を形成、膜電極接合体（MEA）を作製した。起動停止サイクル 10,000 回後でも電気化学的活性表面積の 50%以上を維持し、出力性能の低下も小さかった。また、TEM 観察により白金・パラジウム粒子の凝集が抑制され、カーボンシェルによる粒子安定化効果が確認された。ただし、初期 I-V 性能は、Pt/C 触媒層 MEA として比較して性能向上効果は得られず、触媒層形成プロセスや触媒層構造の最適化などの課題が残った。

実施項目	最終目標	成果	評価
１．カーボン・金属コアシェル触媒の触媒活性	ORR 質量活性 1600A/g-Pt@0.9V 以上を達成する	質量活性 3215A/g-Pt@0.9V を達成	◎
２．カーボン・金属コアシェル触媒の触媒耐久性	質量活性低下が 20%となる負荷応答電位サイクル数 10,000 回以上	5 万サイクル後も質量活性低下は 18%	○
３．コアシェル触媒の活性発現機構	ORR 発現メカニズムの解明	DFT 計算によりカーボン上での活性発現機構を示唆	○
4. SWCNT 利用電極による出力特性ならびに起動停止電位サイクル試験における耐久性	市販 Pt／C 触媒層に比べて高出力特性ならびに電位サイクル試験における 0.5V での電流密度が 50%となるサイクル数で３倍以上	出力特性は十分な効果が得られず。耐久性では 0.5V での電流密度が 50%になるサイクル数で 3 倍以上達成	△

●課題と実用化・事業化への道筋

課題：

1. カーボン・金属コアシェル触媒の触媒活性点の明確化
2. MEA での課題把握および性能向上
3. カーボン・金属コアシェル触媒の量産技術の開発
4. SWCNT 電極の触媒層形成プロセスや触媒層構造の最適化

実用化・事業化への道筋

1. 各課題解決の上、触媒メーカー、触媒ユーザー企業との連携
2. 低コストならびに品質安定化したカーボン・金属コアシェル触媒の製造プロセス開発

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	49	47	47	47	29

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
2 件	9 件	15 件	0 件	26 件

小項目（テーマ名）	十四員環型活性点の高活性化・高密度化による革新的白金・非白金触媒の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東京科学大学、国立大学法人熊本大学、国立大学法人静岡大学（２０００－２０２３年度）、旭化成株式会社（２０００－２０２３年度）、トヨタ紡織株式会社（２０２４年度）		

●背景・目的

環境負荷低減、エネルギーセキュリティの確保、新規産業創出等など我が国の社会的課題の解決の方策として、水素エネルギーを利活用する社会（水素社会）の実現が期待されており、燃料電池はその実現に必須のエネルギー変換デバイスとして位置づけられている。2040 年度以降の燃料電池自動車（FCV）の大量普及期の実用化を見据え、固体高分子形燃料電池（PEFC）のカソード触媒の非白金化、低白金化がこれまで以上に強く求められると考えられる。

●事業概要

固体高分子形燃料電池のカソード触媒の非白金化、低白金化を目指して、十四員環型活性点に着目した非白金カソード触媒の開発、および白金触媒の高性能化に取り組んだ。まず東工大が理論計算によって酸素の吸着エネルギー等を評価した(実施項目 A1-A5)。このようにして設計された配位子、および錯体の合成、さらには構造決定については静岡大学が担当し(B1-B2)た。合成法が確立された錯体の中量試作、および活性点数の評価は、旭化成株式会社が担当した(D1-D3)。開発された触媒の構造決定、および中心金属の溶出耐性に関する検討は、熊本大学が行った(C1-C3)。また 2024 年度には、トヨタ紡織株式会社が委託先に加わり、東工大の作製した炭素材料を担体とした Pt 触媒の作製と評価を実施した(E1)。なお、継続可否審査を踏まえ、一部の実施項目 2021 年度まで、および 2023 年度までの実施とした。

●アウトプット目標

開発した非白金触媒を用いた 25℃での酸素還元 RRDE ボルタンメトリーにおいて、0.9 V の質量比活性が 0.9 A g^{-1} を超えていること。（2023 年度目標）

十四員環錯体やヘテロ原子含有炭素担体の利用によって、従来の Pt/C 触媒の高性能化や革新的低白金触媒が実現可能か、見通しを得ること。（2024 年度目標）

●目標に対する成果と達成度

実施項目	2023・2024 目標	成果	評価
プロジェクト目標 1	0.9 A g^{-1}@0.9V（非白金、RDE）(2023)	0.77 A g^{-1}@0.9V（非白金、RDE）	△
プロジェクト目標 2	従来の Pt/C 触媒の高性能化や革新的低白金触媒が実現可能か、見通しを得ること。	従来の Pt/C 触媒の高性能化や革新的低白金触媒が実現可能であるとの見通しを得た。	○
A1 理論計算	非白金触媒の設計指針を提示(2023)	高活性な触媒を予測	○
A2 ハイブリッド触媒の開発	10 種類以上の触媒を A-4 および D-1 に提供。(2023)	提供完了	○
A3 新規十四員環錯体の合成	2 年目までに試作した触媒よりも溶出耐性が高い単核錯体の合成法を確立していること。(2023)	新規 Co 錯体で達成。	○
A4 触媒活性評価	0.9 A g^{-1}@0.9V（非白金、RDE）(2023)	0.77 A g^{-1}@0.9V（非白金、RDE）	△
A5 低白金化	従来の Pt/C 触媒の高性能化や革新的低白金触媒が実現可能か、見通しを得ること。(2024)	従来の Pt/C 触媒の高性能化や革新的低白金触媒が実現可能であるとの見通しを得た。	○

実施項目	2023・2024 目標	成果	評価
B1 十四員環錯体の合成	A1 から提案される複数種の十四員環型配位子と単核型非白金触媒を合成していること。(2023)	Fe, Co, Ni 錯体を合成。	○
B2 十四員環錯体の構造解析	上記錯体の結晶構造解析に成功していること。(2023)	解析に成功し CSD の登録。	○
C1 担持触媒の構造解析	少なくとも５種類の触媒を作製し、X 線吸収分光法などにより構造を明らかにする。(2023)	Co 系触媒などの構造を解明。	○
C2 in-situ 放射光分光	耐久性が向上するメカニズムを解明すること。(2024)	Pt 触媒の耐久性が向上するメカニズムを解明	○
D1 活性点定量評価	電気化学的に活性な金属サイト数を解析し、金属サイトの利用率の見積もりが完了していること。(2023)	Fe 系、Co 系触媒について解析完了	○
D2 中量試作	配位子や錯体を中量合成し、各機関に提供する。(2021)	十四員環配位子前駆体 6 種を中量合成（全て 15g 以上合成。	○
D3 アノード評価	少なくとも 5 種類の十四員環型錯体について、水素酸化触媒活性の評価を完了していること。(2023)	5 種類の十四員環型錯体について、水素酸化触媒活性の評価を完了した。	○
E1 Pt 触媒の作製・評価	従来の Pt/C 触媒の高性能化や革新的低白金触媒が実現可能か、見通しを得ること。(2024)	従来の Pt/C 触媒の高性能化や革新的低白金触媒が実現可能であるとの見通しを得た。	○

※１　実施機関：A1-A5 東京科学大学、B1-B2 静岡大学、C1-C2 熊本大学、D1-D3 旭化成株式会社、E1 トヨタ紡織株式会社

※２　目標：2024 年度末まで実施した項目については 2024 年度末の最終目標と成果を、それ以前に実施を終了した項目については終了時点での中間目標と成果を記載した。

●課題と実用化・事業化への道筋

当該 NEDO 事業の実施者間で、実用化に向けて触媒開発を継続している。実用化が可能な触媒性能を確立した後に、量産プロセスの確立に取り組み、2040 年頃に事業化したいと考えている。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	63	81	67	51	24

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
2 件	16 件	56 件	0 件	11 件

小項目（テーマ名）	PEFC 用イオン液体含浸型 Pt/MPC 高活性・高耐久カソード触媒の研究開発	達成状況	○
実施者名	独立行政法人国立高等専門学校機構　奈良工業高等専門学校 独立行政法人国立高等専門学校機構　和歌山工業高等専門学校 （再委託先等：地方独立行政法人大阪産業技術研究所）		

●背景・目的

固体高分子形燃料電池（PEFC）の高効率化には、酸素還元反応（ORR）を担う白金触媒の活性向上と耐久性確保が不可欠である。従来のカーボン担持 Pt 触媒では高温・低加湿条件下での性能低下が課題であった。本研究では、固体触媒表面にイオン液体層を形成する“SCILL（Solid Catalyst with Ionic Liquid Layer）”概念を導入し、酸素溶解度、拡散特性およびプロトン伝導性を制御することで、高温・低加湿作動環境に対応する新規カソード触媒の開発を目的とした。

●事業概要

電気化学的安定性と高疎水性を兼ね備えた 4 級ホスホニウム型イオン液体を設計・合成し、微小電極法により酸素溶解度および拡散係数を定量評価した。カチオン構造の違いが酸素輸送特性に与える影響を明確化し、体積の大きいカチオンほど酸素溶解度が増加することを見出した。
さらに、これらのイオン液体を Pt/C 触媒上に被覆して SCILL 構造を形成し、回転電極法により ORR 活性を評価した。その結果、イオン液体層厚さが 0.1 nm 以下の場合に活性が最大化し、酸素溶解度およびプロトン輸送の最適化が重要であることを示した。
また、H-TFSA を添加したプロトン導入型イオン液体系では、拡散限界電流および onset 電位の改善が確認され、プロトン伝導性の付与による活性向上を実証した。さらに窒素官能基を導入したホスホニウムイオン液体を合成し、120℃・無加湿条件下で未修飾 Pt/C 触媒の 5 倍以上の質量活性を達成した。加えて、大阪産業技術研究所および鶴岡高専との連携により、ホスホニウム誘導体を導入したアニオン型イオン液体ポリマーを開発し、電位変動下でのウォッシュアウト耐性を大幅に向上させた。

●アウトプット目標

★NEDO 2030 年 RM 目標である 1,740 A/g @80℃(100%RH)、50,000h の性能を有する触媒を開発する。
・120℃・無加湿条件下における質量活性：未修飾触媒比 5 倍以上（ラボ・ハーフセル 4 倍程度）
・80℃加速劣化試験後の MA 維持率：80%以上
・常軌を実現するホスホニウムイオン液体およびポリマーの開発

●目標に対する成果と達成度

実施項目	2023・2024 目標	成果	評価
高活性触媒の探索	ORR 質量活性 5 倍以上	120℃・無加湿条件で 5 倍超の質量活性を達成（単セル評価）	◎
プロトン導入型 IL 開発	H^+輸送改善による活性向上	新規プロトン型ホスホニウムイオン液体の開発	○
耐久性強化	MA 維持率 80%以上	IL ポリマー修飾により 90%以上維持を確認	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究により、ホスホニウム型イオン液体（IL）の構造設計と酸素輸送特性との相関を体系的に明らかにした。微小電極法を用いた定量解析により、酸素溶解度および拡散係数を Aoki モデルから求め、溶解度がイオン液体のモル体積と直線的に相関することを見出した。また、拡散係数は単純な Einstein-Stokes 関係から外れるものの、系ごとに近似的直線性を示すことを確認し、酸素溶解挙動がカチオン構造に強く依存することを示した。これにより、PEFC カソード触媒における酸素供給の設計指針を確立した点は、本研究の大きな成果である。

さらに、Pt/C 触媒を SCILL（Solid Catalyst with Ionic Liquid Layer）構造化することで、イオン液体層の厚さが 0.1 nm 以下のときに最も高い酸素還元反応（ORR）活性を示すことを見出した。一方で、層厚が 0.2-0.4 nm に達すると拡散限界電流が低下することから、物質輸送の律速要因を特定し、カチオン体積の大きいホスホニウムほど疎水性および酸素溶解度が高く、未修飾比で最大 1.6 倍の活性向上が得られることを明らかにした。これにより、酸素透過性と疎水性の両立が高活性化の鍵であることを示した。

加えて、非プロトン性イオン液体に強酸（H-TFSA）を添加しプロトン導入型とすることで、厚膜化時に低下していた拡散限界電流が回復し、onset 電位が貴方向にシフトすることを確認した。特に H^+/IL 比が 0.33 を超える条件で質量活性（MA）および比表面積活性（SA）が飛躍的に向上した。これにより、SCILL 層設計においては、疎水性による OH 被毒抑制、酸素溶解度・拡散の確保、H^+輸送の確立を同時に最適化する必要があることを実証的に示した。

これらの知見を踏まえ、窒素官能基を導入した新規ホスホニウムイオン液体（Pppp(abz)$^+$TFSA$^-$）を設計・合成し、プロトン供与性の向上によってさらに高い活性を実現した。Pt/C 触媒に修飾した場合、0.9 V における ORR 質量活性は未修飾比 2.4 倍（0.85 V で 2.7 倍）に達した。さらに、Pt/MPC 触媒を用いた単セル評価では、120℃・カソード無加湿という過酷な条件下でも発電が可能であり、未修飾触媒比で 5 倍以上の質量活性を達成した。この結果は、自己加湿効果とイオン液体層による H_2O 生成促進が相乗してプロトン輸送を維持していることを示しており、高温・低加湿域での PEFC 動作を可能にする実用的な指針を与えた。

一方、長期作動時の安定性確保においては、イオン液体の系外溶出（ウォッシュアウト）が課題であった。そこで鶴岡高専と連携し、ホスホニウム誘導体を導入したアニオン型イオン液体ポリマーを新たに開発した。このポリマーを Pt/MPC 触媒に修飾した結果、60℃・0.1 M $HClO_4$ 中の加速劣化試験（ADT）後でも MA 維持率が 90%以上を示し、NEDO 設定目標である 80%を上回る耐久性を実現した。重合度の増加に伴い MA の向上が確認されており、ポリマー化がイオン液体層の安定化に有効であることを明らかにした。

以上の成果を総括すると、高活性と高耐久を同時に実現するには、疎水性による OH 被毒抑制、酸素溶解・拡散の促進、H^+輸送の最適化という複数の要素を統合した材料設計が不可欠である。今後は、（i）カチオン体積および官能基設計による O_2 溶解度・拡散係数の最適化、（ii）酸性種・含水率・粘度制御による H^+活量・伝導性の最適化、（iii）重合度・架橋構造設計によるアニオン型ポリマーのウォッシュアウト耐性向上を並行して進め、これらを SCILL 触媒として統合する。さらに、電極インク処方および成膜条件の標準化を通じて、120℃低加湿条件下で MA 維持率 80～90%を目標とする最適化サイクルを構築する。大阪産業技術研究所および地域企業との連携により、スラリー調製・塗布プロセスのスケール適合性およびコスト性を検証し、量産移行可能なプロセス技術として確立する。これにより、PEFC カソード触媒の実用化に必要な性能を満たし、事業化に向けた展開を着実に進めていく予定である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	50	29	24	22	21

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	その他
2 件	4 件	23 件	3 件	32 件

小項目（テーマ名）	イオン液体構造を有するアイオノマーによる革新的低白金技術の研究開発	達成状況	△
実施者名	鶴岡工業高等専門学校 （共同実施先：日清紡ホールディングス株式会社）		

●背景・目的

PEFC のカソード電極触媒として一般的に Pt/C 触媒が用いられており様々な取り組みが近年行われている。特に Pt 粒子を担持するカーボンの比表面積や細孔構造が出力特性や耐久性に与える影響度は非常に大きいことが分かってきている。現在、耐久性やアイオノマー被毒の観点からメソポーラスカーボンが注目されている一方で、細孔内へのプロトン輸送抵抗や酸素輸送抵抗が増加することで、高電流密度域での出力が低下してしまうことが課題となっている。出力と耐久性の高いレベルでの両立をめざす上で、触媒だけでなく、ナフィオンに代表されるパーフルオロスルホン酸アイオノマーに替わる革新的なプロトン伝導体の開発が急務である。この社会的要請に応えるべく、本研究ではイオン液体を基本構造とする新たなアイオノマー材料の開発を目的とする。

●事業概要

近年、低白金化と高活性の観点から、触媒粒子をメソポーラスカーボンの細孔内部に担持させることでアイオノマーの吸着を抑制し、高い質量活性が得られることが報告されている。しかし、同時に触媒粒子が細孔内部に存在するためプロトン輸送抵抗や酸素輸送抵抗が増加し十分な出力を引き出せないことも事実である。先行研究において、白金/メソポーラスカーボン触媒（日清紡提供サンプル）で、イオン液体のスクリーニングを実施した結果、疎水性且つアニオンの種類によって質量活性（MA）および白金有効面積（ECSA）に変化があることが見出せている。本申請では、電極に含浸したイオン液体のウオッシュアウトを防止するための電極表面への固定化と、イオン液体の疎水性と酸素透過率を制御することを技術的課題として、イオン液体構造を含有するアイオノマーを設計・合成する。さらに、イオン液体の含浸方法を検討することで、より内部に存在する白金粒子なども利用可能となる。以上から、イオン液体を用いた革新的な触媒層構造によって、新しい低白金技術を提案する。

●アウトプット目標

・ MEA の単セル試験において初期性能 0.05g-Pt/kW、RH20%と RH100%の白金利用率の差を 15%以内に抑制可能なメソポーラスカーボン及びイオン液体を用いた革新的な触媒層構造を開発する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
イオン液体型ポリマーの合成	リビングラジカル重合によるプロトン性イオン液体型ポリマーの合成条件を確立（PDI＜ 1.2）	・ポリアニオン型イオン液体ポリマーの合成完了 ・ポリカチオン型イオン液体ポリマーの設計完了	○
ブロックコポリマーの設計と合成	ブロック共重合によるプロトン性イオン液体型ポリマーを含有するブロックポリマーの合成（DP ＜ 20 かつ PDI ＜ 1.2）	アイオノマーの組成検討に、プロトン伝導部と疎水部の分子量が異なる合計 7 種類の組成／質量活性のデータを MI 解析に通して得られた新たな組成のアイオノマー(10 種類)を合成し、評価解析 PF に提供	○
新規アイオノマーの電気化学的評価	ブロックポリマーを担持したメソポーラスカーボン触媒の RRDE による質量活性評価技術の確立	・共同実施企業を追加申請 ・メソポーラスカーボン系におけるアイオノマーの電気化学的評価ならびに MEA 評価を実施	○

●課題と実用化・事業化への道筋

イオン液体の電極活性で及ぼす影響は、官能基のプロトン性の有無だけでなく、イオン液体自体の親水性にも左右されることが知られているため、系統的に最適構造を探索するためには、イオン液体の構造制御因子（アニオン／カチオンの化学構造）だけではトレードオフの状態になることが予測される。ここに、イオン液体型ポリマーの構造制御因子（分子量／共重合するモノマーの化学構造）を加えることで、触媒層への固定化及び親水性の影響を排した最適なプロトン性カチオンの構造の検討が可能となる。イオン液体をポリマー化する手法としてCRPを用いる予定であるため、任意の化学構造を有するブロック共重合体の合成が可能である。また、重合度も数量体から数千量体に至るまで、精密に制御が可能となる。
本研究で用いるアイオノマーとして、細孔径に対して十分に小さい分子量のイオン液体型ポリマーの合成を行う。具体的には、数平均分子量（M_n）をモノマーユニットの分子量で除した値が重合度（DP）となり、この値から算出される分子鎖長がメソポーラス細孔径以下となるように、重合条件の最適化を行う。最初のターゲットとして、一般的なメソポーラスカーボンの細孔に侵入可能と考えられる、オリゴマー領域のイオン液体型ポリマーを合成する予定である。このように、細孔径と分子サイズの関係に注意することで、ポリマー溶液の真空含浸によって細孔内部までアイオノマーが行きわたると考えられる。

MTBDを側鎖に有するイオン液体型モノマー（MTBD-MTFSI）の合成に成功し、可逆連鎖移動剤の添加によるMTBD-MTFSIの制御ラジカル重合の条件を確立し、パーフルオロ型モノマーとのブロック共重合体の合成にも成功した。ブロックポリマーの耐熱性を調査するために熱重量測定を行った結果、10 wt%重量減少温度は250℃以上であり、200℃以下においてはほとんど重量減少が見られなかった。

その後、共同実施先の日清紡HDの協力を得て、メソポーラスカーボン系におけるRRDEおよびMEA評価を実施した。メソポーラスカーボン系では、分子量の減少による質量活性の低下（現段階の仮説では、被毒性末端官能基の影響と考える）も確認されたため、被毒性末端官能基であるチオカルバネートを除去する処理を施したアイオノマーについて評価を行い、RRDE評価では末端処理による質量活性の向上が確認された。

さらに、質量活性の向上に向けた最適組成の探索を行った。具体的には、プロトン伝導部と疎水部のブロック組成比が異なる7種類のブロックコポリマーを評価解析PFに供し、RDE測定より得られる質量活性を出力因子としてマテリアルズインフォマティクス（MI）解析を行った結果、さらに高い質量活性を示す可能性のある組成が提示された。今年度はその中から10種類の組成について実際に合成を行い、それぞれ数100 ｍｇ程度の評価用サンプルを評価解析PFに提供した。評価解析PFにてRDE測定による質量活性評価を行ったところ、際立って高い質量活性を示す組成は見られず、質量活性とブロック組成比に相関がないことが明らかになった。従って、メソポーラスカーボンの細孔内への修飾を目的とする本プロジェクトの目標を考慮し、10～20のDPとなるブロック組成比でMEAの試作と単セル評価を行う方向での結論に達した。さらに、MI解析結果をもとに最適なブロック組成比として見出された10～20のDPとなるブロック組成比でMEAの試作と単セル評価を行った。その結果、メソポーラスカーボン系における低加湿条件（20%RH）でのECSA維持率は60%以上まで改善し、本プロジェクトの中間目標に準じる成果を得た。

＜今後の展望＞

低加湿条件（20%RH）におけるECSA維持率を85%以上まで改善し、本研究の最終目標に準じる成果を得るべく、アイオノマーの分子設計（化学構造と組成）を継続して探索する。さらに本研究の成果を発電特性（I-V曲線）に反映させるための因子を探索するべく、水素ポンプ法などによるプロトン輸送メカニズムの解明を試み、その知見に基づいたMEA作成条件の最適化に取り組む。現在も継続して日清紡HDとの共同研究を継続しており、引き続き実用化に向けた検討を行う。

●期間・予算 （単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	19	13	9	10	9

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
2件	2件	21件	3件	28件

小項目（テーマ名）	機能性ナノファイバーフレームワークを基本骨格とする低コスト・高耐久性電解質複合膜の研究開発	達成状況	○
実施者名	東京都公立大学法人（再委託先等：日本バイリーン，秋田大学，岩手大学）		

●背景・目的

2030年度燃料電池ロードマップにおいて、電解質膜に関しては「広範な温度・湿度条件下での高プロトン伝導性」、「膜厚8μm」、および「50,000時間の耐久性」が主要目標として掲げられている。しかしながら、これらの性能指標において個別目標を達成できたとしても、(1) 電池性能向上とコスト低減、(2) 電池性能向上と高耐久化、(3) コスト低減と高耐久化、の各項目間には本質的なトレードオフ関係が存在する。そのため、最終的にすべての目標値を同時に満たすことは極めて困難である。

本研究では、この課題を克服するために「プロトン伝導性ナノファイバーフレームワーク（NfF）」を基本骨格とする高分子電解質複合膜の設計・開発を行い、性能・コスト・耐久性の三要素を統合的に向上させることを目的とした。

●事業概要

本研究では、プロトン伝導性に加えて高ガスバリア性、優れた機械的強度、ラジカルトラップ能を併せ持つ機能性ナノファイバーフレーム（NfF）を合成し、これを基本骨格として高分子電解質マトリックスを複合化した新規電解質膜を作製した。マトリックスにはフッ素系および炭化水素系高分子電解質を選択し、それぞれの特性を最適化した。

また、新たに開発した塗工プロセスにより、膜厚約8μmの超薄複合電解質膜を形成し、ロードマップで要求される高性能化と低コスト化を両立することを目指した。さらに、NfFの補強効果、ラジカルトラップ剤導入やガスバリア性の向上により、機械的・化学的耐久性（50,000時間相当）に優れた電解質膜の開発を進めた。

●アウトプット目標

(1) 高分子膜単独では達成が困難な2030年度燃料電池ロードマップ目標のプロトン伝導性をナノファイバーフレームワーク含有複合電解質膜で達成する。

(2) 複合電解質膜はTrade-offの関係にあるプロトン伝導性とガスバリア性の相関を打破し、単独膜に比べガスバリア性を数倍倍以上向上させる。それにより膜内のラジカル発生を抑制し、電解質複合膜の化学的安定性を向上させる。さらに10μm膜厚程度の複合電解質超薄膜において機械的安定性を向上させる。

(3) 複合電解質膜の新規塗工法を開発し、膜厚約8μmで均一かつ無欠陥の超薄膜を作製する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．プロトン伝導性	120℃，30%RH 条件でプロトン伝導度 0.032(S/cm) を達成	同条件で 0.032(S/cm) を超える伝導度を達成	◎
2．化学的耐久性	NR112 より酸素透過性が 1/3 となるガスバリア性を達成	NR112 の 1/10 程度のガスバリア性を達成	◎
3．機械的耐久性「	乾湿サイクル試験で NR212(膜厚 50μm)を超える機械的耐久性	膜厚 10μm 複合膜は NR212 を超える耐久性	◎
4．薄膜化（低コスト化）	膜厚約 8μm で均一かつ無欠陥の超薄膜を作製	膜厚約 5μm で均一かつ無欠陥の超薄膜を作製	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究開発により、概ね 2030 年度燃料電池ロードマップで示された目標値は達成された。しかし、開発の過程において、2035 年以降に想定されるロードマップ目標を実現するためには、なお容易に克服し得ない技術的課題が存在することが明らかとなった。以下に、実用化・事業化への向けた課題と今後の展望を示す。

(1)本事業における最大の技術的課題は、「超薄膜化に伴うプロトン伝導度の膜厚依存性（膜厚の減少に伴う伝導度低下）」である。特に、超薄膜形成時には高分子マトリックス内の相分離構造制御が困難となるため、Nafion に代表される相分離依存型高分子マトリックスからの脱却が求められる。本課題に対しては、新規非フッ素系高分子材料の開発を進め、相分離構造に依存しない安定したプロトン輸送経路を構築する。また、機能性伝導性ナノファイバーフレームワーク（NfF）を導入することで、プロトン輸送経路を 3 次元的に補強することで、超薄膜領域においてもプロトン輸送を強力にアシストする。

(2) 高耐久化の実現には、非フッ素系高分子材料自体の化学的安定性を Nafion と同等レベルまで向上させる必要である。ガスバリア性を高めることで膜内の過酸化水素発生を抑制し、ラジカル生成自体を著しく抑えることで化学的耐久性を改善する。さらに、膜厚 5μm 以下の超薄膜において機械的安定性を確保するためには、NfF 内のナノファイバー径、密度、繊維間距離といった微細構造パラメータの最適化が不可欠である。このため、PI 解析などを併用し、NfF 構造と膜特性の相関を定量的に明らかにし、最適設計指針を確立する。

(3)複合電解質超薄膜の量産化・実用化に向けては、成膜条件のさらなる解析とプロセス最適化が求められる。特に、(1)で開発する新規非フッ素系高分子材料および NfF のプロトン輸送機能、(2)で得られた化学的・機械的耐久性に優れる NfF 構造の最適化知見を成膜技術へと統合的に反映させることが重要である。また、これらの材料・構造・機能を損なうことなく成膜プロセスへ移行させるための装置設計・開発指針を確立する。本研究グループ単独での装置開発は困難であるため、企業との連携体制を構築し、最終的には Roll-to-Roll 方式による連続成膜プロセスの開発へと展開することを目指す。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	50	50	104	50	80

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
7 件	6 件	42 件	8 件	63 件

小項目（テーマ名）	高伝導無水系電解質膜の研究開発	達成状況	△
実施者名	国立大学法人東海国立大学機構		

●背景・目的

第５次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき 2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

本研究開発では、燃料電池自動車（FCV）や heavy duty vehicle（HDV）などにおける 100℃以上、低湿度下での固体高分子形燃料電池（PEFC）の高温高負荷運転への対応、ならびに NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ（2017 年 12 月公開）に示される「120℃、20～30%RH で高伝導率」を示す電解質膜の実現に向け、100℃以上の高温・低湿度条件下で高伝導率を発現する無水系プロトン伝導性高分子電解質膜の創製を目指した。

●アウトプット目標

①120～150℃程度までの高温域において無加湿下で

a） 高プロトン伝導率（0.1 S/cm 以上）

b） 十分な力学特性（ヤング率 5MPa 以上、引張強度 10MPa 以上、破断ひずみ 100%以上）

を示す無水系電解質膜を開発すること。

②耐久性と高伝導率を両立する膜を得るための、強酸性液体の膜からの溶出抑制の指針の提示。

③発電性能面において無水系 PEFC が加湿系 PEFC に匹敵しうるとの結果を得ること。さらに、2040 年頃の PEFC 用電解質膜に求められる高温動作可能性を示唆し、MEA として利用する際の課題を抽出すること

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．中温域、無加湿下で高プロトン伝導率を示す無水系電解質膜の開発	・120～150℃程度までの高温域において無加湿下で高プロトン伝導率（0.1 S/cm 以上）、十分な力学特性（ヤング率 5MPa 以上、引張強度 10MPa 以上、破断ひずみ 100%以上）を示す無水系電解質膜の開発	・トリブロックポリマーと無機酸からなる無水系電解質膜を作製し、100℃付近において、0.1 S/cm 以上のプロトン伝導率、ヤング率 4.2 MPa、破断ひずみ約 100%を示す無水系電解質膜を開発	○
２．中温域、低加湿下で利用できる無水系 MEA 用電解質膜の開発	・耐久性と高伝導率を両立する膜を得るための、強酸性液体の膜からの溶出抑制の指針だし	・側鎖にアルキレンスペーサーを介してホスホン酸基を有するポリマーを新規に合成し、120℃、20%RH において 0.001 S/cm のプロトン伝導率、かつ水に不溶な電解質膜を開発	○

実施項目	最終目標	成果	評価
３．中温域、低加湿下で利用できる無水系 MEA 用電解質膜の最適化	・発電性能面において、無水系 PEFC が加湿系 PEFC に匹敵し、代替しうるとの結果を得ること ・2040 年頃の PEFC 用電解質膜に求められる高温動作可能性を示唆し、MEA として利用する際の課題を抽出すること	・側鎖にアルキレンスペーサーを介してホスホン酸基を有するポリマーを改良し、120℃、20%RH において 0.01 S/cm 以上のプロトン伝導率、かつ水に不溶な電解質膜を開発（ただし、発電試験にまでは至らず） ・従来の無機酸ドープ型の電解質膜とは異なり、電解質成分が水中に溶出しないため、さらに伝導率を向上させれば、120℃程度の高温、低湿度下での PEFC 作動の見込みが見えた	△

●課題と実用化・事業化への道筋

PEFC でよく用いられる電解質材料であるパーフルオロスルホン酸ポリマーは、スルホン酸基を有する化学構造のために、NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップで示されるような、100℃以上の高温・低湿度環境下で継続的かつ安定的に使用するのは難しく、実質的に高負荷・高温環境使用は制限されてきた。

本事業で開発した「側鎖にスペーサー基を介してホスホン酸基を有する炭化水素系ポリマー」は、独創性及び技術的優位性が高く、関連知財出願について、2023 年 7 月 26 日付の特許性に関する国際予備報告で全請求項が認められており、何らかの権利化が見込まれている。化学的安定性の低いスルホン酸基を有さず、化学的に安定なホスホン酸基を有するため、100℃以上の高温・低湿度環境での継続的かつ安定的な使用が可能であると見込まれ、従来までは難しかった高負荷・高温環境使用が可能となり、特に HDV 用での使用に好適であると考えられる。

また、近年では有機フッ素化合物（PFAS）に対しての不安が高まっているが、「側鎖にスペーサー基を介してホスホン酸基を有する炭化水素系ポリマー」は、PFAS 規制（パーフルオロスルホン酸ポリマーを含む有機フッ素化合物の使用に対する規制）の中でも勝ち残りうる電解質材料であると考えている。

しかし本事業で開発した電解質材料の性能は、 NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ（2025 年 2 月公開）が 2035 年の時点で求める電解質膜の伝導率、厚さの目標値（0.05 S/cm at 120℃, 30%RH 及び 0.135 S/cm at 80℃, 80%RH かつ 5μm 厚さ）には達していない。また、100℃以上の高温・低湿度環境で作動できる PEFC 用の触媒層を構成するアイオノマ（NEDO ロードマップ 2035 年の触媒層抵抗の目標値：0.083 Ωcm2 at 120℃, 30%RH）に関しては開発にも至っていない。

そこで、100℃以上の高温・低湿度環境で 0.05S/cm 程度の高い伝導率を示す電解質膜、アイオノマの研究開発を引き続き進めると同時に、100℃以上の高温・低湿度環境で作動できる PEFC の社会実装に興味があり、実用化・事業化能力のある企業等との共同研究を進め、2035 年頃を目途として、100℃以上の高温・低湿度環境で作動できる FCV 用の電解質膜及びアイオノマの実用化を目指す。

●期間・予算 （単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	24	32	28	19	25

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
14 件	4 件	8 件	12 件	38 件

小項目（テーマ名）	交流磁場誘起レーザー変位計を用いた金属異物非接触マイクロ断層検出システムの開発	達成状況	○
実施者名	名城大学（再委託先等：秋田県立大学，山陽小野田東京理科大学，シリックス（株））		

●背景・目的

近年，半導体におけるマイクロナノ加工技術が波及すると共に，微小異物の製造ラインでの検出は，製品保証だけでなく生産効率の向上の意味でも必要不可欠である．特に，燃料電池膜電極接合体（MEA）の生産ラインにおいても，混入金属異物の検査法および元素識別法の確立が求められている．本研究では，MEA 生産ライン導入を考慮した 100 マイクロ程度の微小異物金属検査法および，その機能化を目的として，PZT アクチュエータを用いた間隙流体圧（PFPIG）によって誘起された MEA の磁気減衰振動を検出し，異物金属の有無を判定するシステムを開発する．

●事業概要

本事業では，燃料電池自動車における膜電極接合体（MEA）の生産プロセスにおいて課題となっている金属コンタミ検出を高効率に実現するため，間隙流体圧衝撃発生ユニット（PFPIG）とレーザー変位計(LDS)をハイブリッド化した装置，さらに深層学習システムを組み合わせた低コストかつ金属異物の高速自動検出システムである PFPA-LDS（Pore Fluid Pressure Assisted - Laser Displacement Sensor）を提案する．これは PZT によって誘起された間隙流体圧インパクトによって MEA に固有振動を励起し，静磁場下での MEA 固有振動によって，ガス拡散層（カーボン多孔質体）に発生する渦電流ローレンツ力と金属異物に働く磁力を外力とした磁気減衰振動を発生させ，これをレーザー変位計で検知するシステムである．これにより，磁性（透磁率）と導電率の異なるコンタミ金属（Fe や SUS）による磁気減衰振動の特徴を深層学習によって検知し，金属粒子コンタミを非接触検出し，MEA の耐久性等の品質保証を実現する．

●アウトプット目標

1. 実際の MEA 生産ラインにて要求される性能（100 マイクロ程度の微小異物金属検出能，実スケール MEA サイズに掛かる検査時間 1sec/1cell 以内，現状検査システム(X 線)に対するコスト 10 分の 1）
2. 粒子有無の正答率 95%以上（ROC 解析にて検証）
3. 粒子有無検出以外の多機能化（粒子位置など）
4. 検査メカニズムの解明

●目標に対する成果と達成度

図 1(a)に提案構築した間隙流体圧援用レーザー変位計（PFPA-LDS）を示す．これは PFPIG ユニット×4 とサンプル吸引拘束システムを実装している．PFPA-LDS は，圧電振動板（PZT アクチュエータ）および永久磁石からなる間隙流体圧衝撃発生器（PFPIG）とレーザー変位計（LDS)を組み合わせたシステムである．MEA サンプルは圧電振動板とレーザー変位計の間に水平設置される．圧電振動板は永久磁石上に設置し，ステップ入力により鉛直上向きに駆動し，間隙流体（空気）の圧力を変化させることで MEA に固有振動を励起する．レーザー変位計は圧電振動板の中心軸上に配置され，MEA の振動変位を検出する．図 2(b) にマルチフィジクスシミュレーションによって明らかとなった，金属異物検出原理の模式図を示す．MEA が強静磁場下で振動する場合，導電性を有する MEA のカーボン多孔質体（ガス拡散層）に渦電流が発生する．この渦電流は静磁場と相互作用し，ローレンツ力（磁気減衰力）が生じることで磁気減衰固有振動が観察される．また，間隙流体による粘性減衰力も作用する．一方，金属異物が存在する場合，異物の導電性および透磁率（磁性）に依存したローレンツ力および磁力の荷重負荷が追加され，振動モード毎に減衰の変化が発生する．すなわち，この振動状態（振幅，位相，減衰率など）の違いを深層学習させることで，金属異物有無検出の実現が可能となる．図 3(c)に微小金属異物有無検出・深層学習システムのネットワーク構成を示す．これは CNN，Bi-LSTM，Attention を導入したシステムであり，粒子混入確率を推定することができる．本システムは，LDS によって取得された磁気減衰固有振動の変位時系列信号を深層学習ネットワークに入力し，周波数特性および時間特性に基づく振動特徴を抽出集約し，Sigmoid 関数を用いて異物存在確率を算出して異物有無の判定を行っている．実際には図 1(a)のように，間隙流体圧衝撃発生器（PFPIG）とレーザー変位計（LDS)を複数ユニット設置し，各ユニットからの振動状態を同時検出することにより，金属異物有無の検出効率を向上させつつ，金属異物存在領域（ユニット）の推定も行っている．

成果として，構築装置に Fe 粒子（φ100μm）混入 MEA サンプルを適用し，粒子有無検出精度，粒子位置依存性，検査ユニット依存性，粒子存在ユニット検出精度の実験的検討を行った．その結果，Fe 粒子混入有無および粒子存在ユニットの検出は約 95%程度の正答率を達成し，リアルタイム推定（0.5 sec/1cell）が可能であることが実証された．また，粒子有無検出精度，粒子位置依存性にも依存しないロバスト性も確認された．PFPA-LDS は装置コストを 10 分の 1 以下に抑え，且つ，検出粒子径を

φ100μm以下に向上させ，検出時間も削減できることが分かった．以上より，提案手法の妥当性と有効性が確証された．

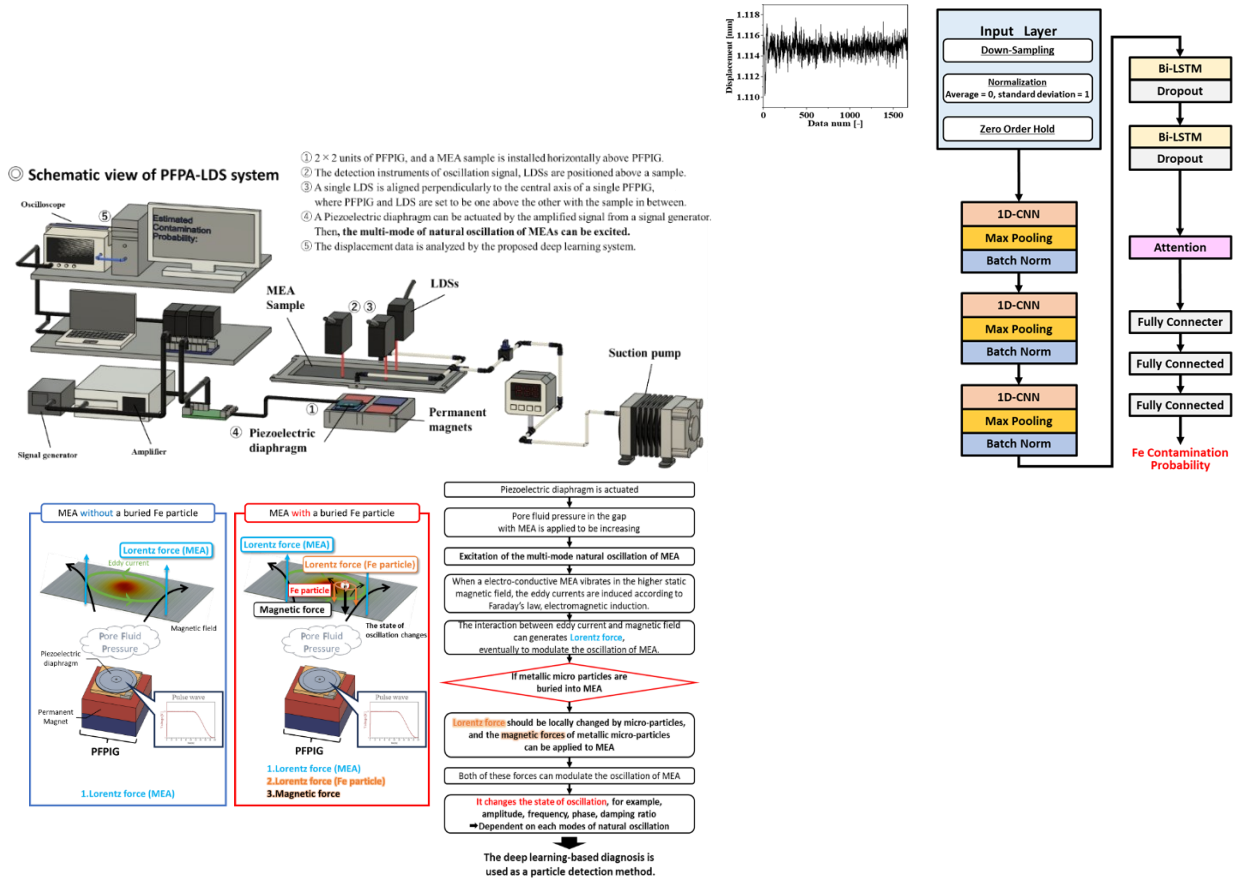


Figure 1 (a) A schematic view of PFPA-LDS system, (b) Measurement mechanism of metallic particle detection, (c) Network structure of deep learning system

実施項目	最終目標	成果	評価
1. 実際の MEA 生産ラインにて要求される性能	粒子径 100μm，1cell 検査時間 1 sec，コスト 10 分の 1	粒子径 100μm 以下，1cell 検査時間 0.5 sec，コスト 10 分の 1	◎
2. 粒子有無の正答率	正答率 95%	正答率 95%以上	◎
3. 粒子有無検出以外の多機能化	粒子位置，など	粒子位置は可，その他も可	◎
4. 検査メカニズムの解明	数値解析を用いて各種の時空間力による振動寄与率を考察	各力の振動エネルギーを算出し検査メカニズム解明済	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

実際の MEA 生産ラインにおいては，更に高い正答率が要求される．このための検出精度向上を目指したシステムの改良が課題である．具体的には磁場分布の最適化は不可欠と考えられる．また，搬送工程への応用なども事業化には有効である．なお本検査システムは燃料電池だけでなく，他のフィルム生産工程（リチウムイオン電池など）にも応用可能であることから，各種メーカーとの共同体制を構築しており，事業化を進めている．

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	21	57	24	27	28

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
3 件	2 件	10 件	0 件	3 件

小項目（テーマ名）	「湾曲グラファイト網面」をプラットフォームとする革新的カーボンアロイＰＥＦＣカソード触媒の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人群馬大学、日清紡ホールディングス株式会社、国立大学法人千葉大学		

●背景・目的

本研究は、白金を用いない燃料電池（PEFC）カソード触媒の高性能化を目的とし、「湾曲グラファイト網面（WGL）」構造を活用した新規カーボンアロイ材料の開発に関する研究を実施した。2021～2024 年度の 4 年間にわたり、高活性化、耐久性向上、構造の可視化という三側面から、材料設計と評価を体系的に進めた。

●事業概要

低コスト化と高性能・高耐久を満たすカソード触媒を見出すため、「湾曲グラファイト網面」に活性化元素を埋め込んだ構造を持つ革新的カソード触媒の開発を目的とした。本研究では、「湾曲グラファイト網面」生成法の開拓、同プラットフォーム上に添加する元素の量子化学的シミュレーションによる推定と実証を、「湾曲グラファイト網面」の構造解析、活性発現および劣化のメカニズム解明を行うことで、NEDO ロードマップに適合した触媒調製の材料工学的道筋を明らかにし、その実現に結びつける研究を進めた。

●アウトプット目標

NEDO ロードマップ 2017（2030 年 FCCJ 推定）の発電性能 0.84 V@0.2 A/cm^2 、 0.66 V@3.8 A/cm^2 を達成するための材料工学的な道筋を明らかにする。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．高活性化の指針の提示と検証	従来（パラメーターP = 10）よりも多く（P = 150）の「湾曲グラファイト網面」に、鉄等に見られるフェントン反応を引き起こすことなく飛躍的に高い活性を有する異種元素を実装し、両者の組み合わせ技術により ORR 開始電位 1.000 V を達成し、以下を達成するための材料工学的な道筋を明らかにする。MEA：0.84 V@0.2 A/cm^2 、 0.66 V@3.8 A/cm^2	網面拡大処理と活性化元素 X 実装の組合わせにより、OCV = 0.974 V、低電流密度域で白金触媒並の性能を持つ MEA を実現した。活性点数を 15 倍に増やすことで市販白金触媒と同等、40 倍で NEDO の 2030 年目標を達成できるという工学的道筋を示した。	○
２．耐久性向上の指針の提示と検証	本事業で明らかにした耐久性向上指針に基づいて作製した触媒を用いて発電評価を行い、その発電特性を従来のカーボンアロイ触媒と比較する。セル性能の低下は、触媒と膜の両方の劣化が関与している可能性があるため、耐久試験前後の過電圧分離解析等により、触媒に対し施した耐久性付与が、セル条件下において有効に作用しているかを確認する。具体的には、定電流保持試験（0.5 A/cm^{2}保持、H_2/Air、75℃100%RH）100hr 後の 0.2 A/cm^{2}における電圧維持率が初期比 90%以上を達成する。	プロジェクト内で確立した指針に基づき調製した触媒が、定電流保持試験後も 90%以上の電圧維持率を示した。	○

3．炭素構造ビジュアル化による実構造検証	・得られた構造パラメーターとPとの相関を調べ、パラメーターPの物理的意味合いの解釈を行うとともに、構造パラメーターからパラメーターPの代替パラメーターとなり得るパラメーターを見出す。 ・パラメーターPの物理的解釈と代替パラメーターの提案による高活性材料の開発を行う。 ・金属を含んだ2〜3元素系でのシミュレーションプログラムを用い、当該触媒の構造解析を行う。	パラメーターPと相関する3種の構造パラメーターを特定し、湾曲部位の高エネルギー性が高活性の起源であることを物理的に説明した。また、原料にN原子が導入されることで、湾曲構造形成が阻害されることによるPの低下も確認され、原料設計へのフィードバックが行われた。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究開発によって、湾曲グラファイト網面を基盤とするカーボンアロイ触媒の設計指針と評価法、そして合成プロセスを確立し、白金フリーで高活性・高耐久な次世代PEFCカソード触媒の開発に向けた材料工学的基盤を構築した。日清紡では、得られた設計指針に基づき開発を継続し、課題である活性点の増量を達成する。高出力、高耐久性の燃料電池触媒および触媒担体の製品開発を2030年までに完了させ、2035年の実用化・事業化を目指す。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	41	54	49	49

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
14件	7件	13件	3件	37件

小項目（テーマ名）	触媒担体表面の化学修飾技術によるＰＥＦＣ超高機能界面の創出	達成状況	○
実施者名	国立大学法人大分大学		

●背景・目的

固体高分子形燃料電池（PEFC）の性能向上による本格普及を図るには、触媒等の個々の研究だけでなく、性能決定因子で、産業界のニーズでもある三相界面に対する研究開発が必要不可欠である。

本研究開発では、PEFC のカソード触媒を化学的に修飾するシーズ技術を駆使して、協調領域の課題である三相界面に新しい chemistry を創り出して高機能化させ、出力性能の飛躍的な向上に貢献する技術の開発を目指した。

●事業概要

本研究開発のシーズ技術は、ラジカル捕捉法を用いる化学修飾技術である。例えば，PEFC のカーボン担体に 2,2’-アゾビス(2-メチルプロピオンアミジン)二塩酸塩（V50）を反応させると、2-メチルプロピオンアミジンラジカルが担体の炭素二重結合に付加して、共有結合でアミジン基が導入される。この反応を用いて、PEFC カソード触媒（Pt/C 触媒や PtCo/C 触媒）を化学修飾し、その酸素還元反応（ORR）への触媒活性の向上を図り、その向上メカニズムについて明らかにした。

●アウトプット目標

・NEDO 燃料電池・水素技術ロードマップの 2030 年 目標値の 1740 A/g @ 0.9 V の実現。
・本技術による ORR 活性向上メカニズムの解明。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．実触媒への化学修飾の最適化と触媒性能評価	含アミジン基分子修飾による ORR 活性向上メカニズムを明らかにし、修飾量や方法等の最適化を目指す。	修飾触媒において、Pt や PtCo 粒子上の含アミジン基分子が ORR 活性向上に大きく作用することを明らかにした。 そのメカニズムとして、白金表面への水の吸着抑制とアイオノマーのスルホ基の吸着抑制（複次機能性）を想定できた。	○
２．新規修飾分子の創出と手法開発・構造最適化	含アミジン基分子触媒作製時の塩素の同伴を避けられる新規修飾分子を創出し、修飾触媒の特性を明らかにする。	塩素の同伴を抑えるために、市販試薬の構造変化手法の開発に取り組み、新規修飾分子の創出に成功した。	○
３．新規修飾分子による実触媒の修飾と触媒性能評価	RDE 法による ORR 活性評価ならびにハーフセルにおける耐久性試験等を実施し、修飾触媒の性能を明らかにし、さらなる活性向上につなげる。	創出した新規修飾分子で PEFC 用 Pt/C 触媒を修飾すると、塩素の同伴を低く抑えることができ、ORR 活性がさらに高まることを実証した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

ORR 活性向上メカニズムのさらなる解明には、触媒の構造に関する先端分析や ORR が進行する条件での in-situ（オペランド）測定が有効になる。実用化には、評価解析プラットフォームや燃料電池メーカー等における MEA での性能評価、課題解決が必要である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	23	26	41	22

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
0 件	2 件	15 件	4 件	21 件

小項目（テーマ名）	~1-nm 白金系触媒の精密構造制御に基づく PEFC カソード触媒の高活性化	達成状況	△
実施者名	国立大学法人東北大学 （再委託先等：東京都公立大学法人東京都立大学・国立大学法人北海道大学）		

●背景・目的

現在、環境負荷低減型の発電デバイスとして注目される燃料電池だが、普及には、性能および耐久性の向上ならびにコスト低減が不可欠である。しかし、部素材を含む要素技術が多岐にわたるため、企業単独での開発は困難な状況である。そこで本研究では、微細な粒径約 1 nm のナノクラスターを前駆体とする担持触媒の創製に取り組み、燃料電池の課題解決を志向している。具体的には、担体修飾、合金化、保護剤効果など多角的アプローチを組み合わせることで、高活性・高耐久・低コストを両立する次世代触媒の実現を目指している。

●事業概要

~1-nm Pt NC 触媒に対して、合金化、Pt 表面修飾、担体修飾を最適化することで、まずは中間評価までに RDE での 4630 A/g の Pt 質量活性を達成する。「ロードマップ目標と留意事項」に基づくと、この質量活性は、温度による活性向上と MEA 作製時の活性低減を考慮に入れると、2）の質量活性と同程度と判断される。中間評価以降は、RDE における更なる質量活性の向上と MEA の最適作製条件の探索を並行することで、MEA にて実際に 4630 A/g の Pt 質量活性を
達成する。MEA の作製においては、研究開発項目 I のチームとも協力する。

●アウトプット目標

1. RDE（25℃）にて 4630 A/g_{Pt} の Pt 質量活性を有する触媒を創出する。
2. Pt 溶出速度を現行品（3nm 程度の Pt 粒子）の 1/2 程度まで低減させる。
3. MEA（80℃）にて 4630 A/g の Pt 質量活性の創出
4. MEA（120℃）にて 4990 A/g の Pt 質量活性の創出
5. MEA にした際の Pt 目付量を 0.178 mg/cm2 まで削減

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．RDE での高活性触媒の探索	触媒活性 4630 A/g_P を達成する	合金触媒にて、触媒活性 2568 A/g_{Pt} を達成	△
2． RDE での高耐久性触媒の探索	Pt 溶出速度を現行品の 1/2 程度まで低減	現行品の 1/6 程度まで達成、合金触媒は現在検討中	△
3．MEA での高活性触媒の探索	MEA（80℃）にて 4630 A/g の Pt 質量活性の創出	80℃での触媒活性を得られていない。	×
4．MEA での高温高活性触媒の探索	MEA（120℃）にて 4990 A/g の Pt 質量活性の創出	120℃での触媒活性を得られていない。	×
5． MEA での高耐久性触媒の探索	MEA にした際の Pt 目付量を 0.178 mg/cm2 まで削減	質量活性の算出には至っていないが、この目付量にて高い ECSA を持つことを確認。	△

●課題と実用化・事業化への道筋

Pt と異種金属からなる合金ナノクラスター触媒の創製に取り組んでおり、現在最適金属比率や最適な合金化方法などの模索などを行っている。加えて、高活性化のメカニズム解明も進めることで、さらに高い触媒活性を有する触媒創製に取り組んでいる。また、測定中の異種金属溶出を抑えることも重要であり、適切な担体や保護剤を用いることでこの課題解決を目指す。

MEA について、未だセットアップ中であり ORR 質量活性を算出するための測定ができていない状況である。共同研究先である FC-cubic の方の知見を得ながら、まずは 40℃における活性測定を試み、その後 80℃、120℃と高温条件における測定を行うことで白金ナノクラスター触媒の実用化へつなげる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	35	31	26	26

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0	2 件	28 件	11 件	41 件

小項目（テーマ名）	スケーリング則を脱するカソード触媒の基盤研究：酸化物をベースとした非白金触媒の理解	達成状況	○
実施者名	国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人東京大学、国立大学法人横浜国立大学 （再委託先等：学校法人福岡大学、国立大学法人千葉大学）		

●背景・目的

燃料電池の普及にはカソード触媒の飛躍的な性能向上が不可欠だが、従来触媒は普遍的な「スケーリング則」に束縛され性能が頭打ちである。NEDO ロードマップでも指摘される通り、この法則を打破する革新的な材料開発が喫緊の課題となっている。本研究は、従来の試行錯誤から脱却し、物質設計と計算科学を融合することで、スケーリング則に縛られない新規触媒の設計指針を確立することを目的とする。先行研究でスケーリング則緩和の可能性が示された酸化物材料に着目し、その潜在性を実験と理論の両面から探求する。具体的には、活性サイト予測の精度向上と触媒表面現象の定量的理解を目指すものである。

●事業概要

本事業は、燃料電池カソード触媒の性能を制限するスケーリング則を打破するため、酸化物触媒に着目した研究開発である。物質・材料研究機構、東京大学、横浜国立大学が連携し、材料科学（精密合成・解析）、計算科学（第一原理計算・シミュレーション）、電気化学（モデル電極評価・分光分析）の三位一体のアプローチで研究を推進した。各機関がモデル触媒の作製、反応機構の理論的解明、活性支配因子の実験的特定を分担し、有機的に連携することで、原子・分子レベルでの触媒作用の深い理解を目指した。これらの融合により、スケーリング則に縛られない新規触媒の設計指針を獲得し、将来の触媒開発を加速する学術的基盤を構築した。

●アウトプット目標

本事業で設定した具体的なアウトプット目標と、それがプロジェクト全体の目的に対する貢献は以下の通りである。

・　計算化学による触媒活性サイト予測の精度向上

この目標達成は、実験との比較検証を通じて計算モデルを高度化し、信頼性の高い触媒設計を可能にすることを意味する。これは、試行錯誤に頼らずに有望な材料構造を予測するという「設計指針の確立」という最終目的にとって根幹をなすものである。

・　触媒表面で起こる諸現象（水の吸着状態、界面電子移動など）の定量的理解

スケーリング則は理想化された表面での議論であり、実環境での性能は水の挙動などの複雑な因子に左右される。これらの現象の定量的理解は、スケーリング則を打破するメカニズムを解明し、より現実に即した精緻な「設計指針」を構築するために不可欠な学術的基盤となる。

●目標に対する成果と達成度

研究開発項目 1：材料科学に基づく酸化物触媒の理解

実施項目	最終目標	成果	評価
1a. 精密合成と構造解析	精密合成したモデル触媒の構造・組成と ORR 活性との相関を明らかにする。	TiO_2: 目的の結晶面を制御したナノ粒子合成と高分散担持に成功。異種元素ドープで活性サイトの質的ポテンシャルの高さを示唆したが、電子移動効率に課題があることを特定した。ZrO_2: 精密クラスターの合成に成功。活性発現には結晶化によるバンド構造形成が重要であることを示唆した。水の状態制御: ZrO_2 を含む MOF 構造体を使い、ナノ細孔が酸化物表面と水分子の水素結合を弱める効果を実験的に初観測し、学術誌に報告した (ChemPhysChem 2024)。	○
1b. 分子吸着の定量的理解	触媒表面への分子吸着現象を定量的に評価し、活性との相関を明らかにする。	TPD 実験: 酸化物表面への微量な異種元素付与が酸素吸着特性を大きく変化させることを観測した。TPD と機械学習の統合解析: 酸化ジルコニウム薄膜上のラジカル的な吸着酸素種を特定。この吸着種量は ORR 活性と直接相関しない可能性を示唆し、欠陥導入は導電性向上には寄与するが、活性サイトの質的向上には直結しないという重要な知見を得た。	○

研究開発項目 2：計算化学による酸化物触媒の理解

実施項目	最終目標	成果	評価
2a. 触媒表面構造と ORR 機構の解明	欠陥構造や吸着中間体構造を網羅的に計算し、ORR 機構を原子・電子レベルで解明する。	ZrO_2: 窒素ドープ等の欠陥導入による活性向上は、活性サイト自体の変化よりも、キャリア伝導性など材料全体の電子物性変化に起因する可能性を理論的に示した。また、本材料がスケーリング則に従わないことを確認した。TiO_2: TPD 実験結果との比較検証により、酸素分子の物理吸着を記述可能な信頼性の高い計算手法を特定。これに基づき、OOH 形成が律速段階である可能性を示した。	○
2c. 酸化物表面近傍の水の構造とダイナミクス	先進的シミュレーションにより、触媒表面の水の構造やプロトン移動が ORR に与える影響を解明する。	NNPMD シミュレーション: 独自開発した機械学習力場を用い、大規模シミュレーションを実施。酸素欠陥は水の吸着構造を大きく変化させるが、プロトンの長距離拡散はむしろ阻害することを発見した。 欠陥による活性向上は、プロトン拡散促進ではなく「O_2吸着サイトと水吸着サイトの空間的分離による被毒緩和」が要因である可能性を提唱し、新たな設計指針に繋がる知見を得た。	○

実施項目	最終目標	成果	評価
3a/3b. モデル電極評価と電子伝導メカニズム解明	酸化物超薄膜モデル電極を用いて、電子伝導性や半導体特性といった物性と ORR 活性の相関を実験的に解明する。	ZrO_x 薄膜: 窒素雰囲気で成膜した正方晶 ZrO_x 薄膜が高い ORR 活性を示し、酸素空孔が活性点である可能性を実験的に強く示唆した。 TiO_2薄膜: 酸化物表面へのカーボン担持により電子移動障壁が大幅に低下することを発見。酸化物表面に有効な電子伝導パスを形成できる可能性を示した。	○
3c. RDE 解析法による反応過程の解明	新しい RDE 解析法を適用し、ORR の各素過程（電子移動、O_2 吸着等）を分離して評価する。	酸化物触媒全般の課題特定: 酸化物触媒の ORR 活性が低い本質的な要因は、電子移動過程ではなく「O_2の吸着過程の遅さ」および「活性サイト濃度の低さ」であることを明確に分離・特定した。	○
3d. 振動分光法による吸着種解析	触媒表面の吸着水分子の状態をその場観察し、ORR 活性との関連を明らかにする。	IRAS 分光: ORR 活性発現には吸着水が必須であり、その水素結合状態が反応進行と密接に関連していることを実験的に突き止めた。 NPSERS 分光: 従来のラマン分光では検出しにくい吸着種が ORR 活性に寄与している可能性を示唆した。	○

研究開発項目 3：電気化学に基づく酸化物触媒の理解

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業での最大の課題は、酸化物触媒の合成において、触媒活性（表面の質）と電子伝導性がトレードオフの関係にあり、観測電流から両者を切り分けて評価することが困難だった点にある。そのため、本事業で得た「スケーリング則を打破する設計思想」という基礎的知見は、より実用化に近い白金（Pt）合金系触媒を対象とする次期プロジェクトへと応用展開している。電子伝導性の課題が少ない Pt 合金系で開発を進めることで、本質的な触媒活性の向上に集中でき、基礎研究の成果をロードマップの目標達成へ直結させる道筋を構築している。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	59	94	94

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
1 件	3 件	21 件	5 件	30 件

小項目（テーマ名）	広い温度範囲で作動可能なリン酸固定型極薄ハイブリッド電解質膜の研究開発	達成状況	△
実施者名	国立大学法人豊橋技術科学大学、兵庫県公立大学法人		

●背景・目的

燃料電池自動車（FCV）の普及拡大に向けて燃料電池の高性能化、高耐久化、低コスト化が求められている。近年、CO_2排出量が多く、長い航続距離が必要などの理由から電気自動車（BEV）化が困難な大型・商用モビリティ（HDV）に燃料電池を適用する開発競争が激化している。我々の研究グループは、2020年7月～2022年6月の期間、研究開発項目Ⅱ水素利用等高度化先端技術開発において「150℃運転可能な高耐久超薄コンポジット電解質膜/電極接合体の研究開発」、2022年7月～2025年3月の期間標記課題「広い温度範囲で作動可能なリン酸固定型極薄ハイブリッド電解質膜の研究開発」に取組んだ。

●事業概要

本課題の研究開発テーマA「プロトン酸導入PBI系高分子の開発」は、兵庫県立大学・遊佐真一が担当した。また、研究開発テーマB「リン酸固定型極薄電解質膜の開発」は、豊橋技術科学大学・松田厚範が担当し、プロトン酸導入PBI系高分子の特性評価を行うと共にプロトン酸固定無機ナノフィラーを作製して高分子に添加し、リン酸固定型極薄ハイブリッド電解質膜を開発した。

●アウトプット目標

2024年度最終目標

要素材料：ハイブリッド電解質膜を構成する要素材料と構成比率、複合化手法が確立されている。

・ハイブリッド電解質膜プロトン導電率：$>10^{-2}$ Scm^{-1}

（80～120 ℃・極低加湿：水蒸気分圧～38 kPa【120 ℃-19%RH相当】以下）

・膜厚：＜10 μm

・引張最大強度：　＞50 MPa

●目標に対する成果と達成度

2024年度末実績

<u>A プロトン酸導入ポリベンゾイミダゾール（PBI）系高分子の開発と特性評価</u>

PBIに共有結合を介してホスホン酸基（-PO(OH)$_2$）を導入した新規ポリマーPTF-PBI(リン酸ドープレベル：PADL=0)を開発し、リン酸浸出が全くないことをモリブデンブルー滴定法に基づいて定量的に示した。

<u>PTF-PBI(PADL=0)の導電率</u>

○膜面垂直方向測定

・80℃-80%RH：2.8×10^{-4} Scm^{-1}

・120℃-19%RHで4.3×10^{-5} Scm^{-1}

・140℃-11%RHで6.6×10^{-5} Scm^{-1}

○膜面平行方向測定

・120℃-30%RH：1.3×10^{-3} Scm^{-1}

<u>B プロトン酸基導入PBI系ハイブリッド膜の特性評価</u>

種々の無機フィラーを開発し、これらを添加したPBIハイブリッド膜を作製した。

○金属有機構造体（MOF）の中でも、熱安定性、耐酸性に優れたUiO-66に注目した。UiO-66の金属核には、ジルコニウムZr、ハフニウムHf、セリウムCeについて検討を行った。また、リンカーとして、ベンゼンジカルボン酸BDC、BDCに窒素原子1個を導入したピリジンジカルボン酸PyDC、PyDCにリン酸PAを1分子配位させたPyDC-PAおよびBDCに窒素原子2個を導入したピラジンジカルボン酸PyraDCなどを用いてUiO-66を合成した。

○水熱法を用いてTiO_2ナノワイヤ（TiO_2NW）およびZrO_2ナノワイヤ（ZrO_2NW）を合成した。

PBI-UiO66Py10wt%添加-PADL3のハイブリッド膜の導電率

○膜面直方向測定

・80℃-80%RH：4.6×10^{-3} Scm^{-1}

・120℃-19%RH：2.0×10^{-3} Scm^{-1}

・140℃-11%RH：2.8×10^{-3} S cm^{-1}

○膜面平行方向測定

・40℃（0，30、80、90%RH）→ 80℃（0，30、80、90%RH）→120℃（0，30、80、90%RH）を2サイクル繰返しても導電率（☆1.1×10^{-2} Scm^{-1}@120℃-90%RH）が変化なし

膜厚制御

○10μm　スピンコート法などを用いて成膜

PBI-xPA 膜の引張最大強度

・PBI-2PA：～29 MPa

・TiO_2NW の添加によって弾性率と破断強度が増大

実施項目	最終目標	成果	評価
1．プロトン導電率	＞10^{-2} Scm^{-1}（80～120 ℃・極低加湿：水蒸気分圧～38 kPa【120 ℃-19%RH 相当】以下）	40℃（0～90%RH）→80℃（0～90%RH）→120℃（0～90%RH）を2サイクル繰返しても導電率（☆1.1×10^{-2} Scm^{-1}@120℃-90%RH）が変化しないことを確認した	△
2．膜厚	＜10 μm	10μm　スピンコート法などを用いて成膜することができた。	○
3．引張最大強度	＞50 MPa	～29 MPa　TiO_2NW の添加によって弾性率と破断強度が増大することを明らかにした。	△

●課題と実用化・事業化への道筋

2040 年以降を見据えた燃料電池の大量普及および水素社会の実現に向けては、燃料電池に関して高性能、高耐久、高温運転対応、低コストに加えて、環境や健康への影響の懸念から有機フッ素化合物（PFAS）規制に対応した材料開発を行う必要があり、従来の延長線上にない革新的ブレークスルーのアイデアの創出と取組みが求められている。

NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ FCV・HDV 用燃料電池ロードマップ（解説書）で示された FCV および HDV の製品要件から求められた燃料電池の目標 I-V 特性を達成するため、主要材料には、高い物性目標が定められている。特に、電解質膜に関しては、Nafion™NR211 の特性を担保しながら、2035 年頃目標値が膜厚 5μm、H^+導電率 0.05 Scm^{-1}@120℃-30%RH、2040 年頃には膜厚 1μm、H^+導電率 0.15 Scm^{-1}@120℃-12%RH とされている。また電解質膜およびアイオノマに関しては、NEDO（参考資料 2）目標設定の補足において、-30～120℃の温度範囲で、以下の特性が求められている。（1）電解質膜：補強材とラジカルクエンチャーを添加し、耐久性を保持した状態で高い導電率と優れた機械特性をもつこと。また低いガス透過性も必要とされる。（2）アイオノマ：電解質膜とは対照的に、高いガス透過性を持つこと。さらにこれらの特性は、「PFAS 規制に該当しない材料」で実現することが求められている。

これらの目標を達成するためには、フッ素を含まず、高濃度でスルホン酸基やホスホン酸基を有する耐熱性ベースポリマーの新規開発、ポリマー単独では達成することの難しい物性をサポートする機能性無機系フィラーの開発、ポリマーと無機系フィラーをハイブリッド化・薄膜化する手法が求められる。

また、実用化・事業化に向けては、広い温度・湿度領域における耐久性、製造コスト低減、電解質膜とアイオノマで相反するガス透過性の制御、膜物性を阻害しないラジカルクエンチャーの開発、極薄膜のハンドリングならびに電気化学的・機械的特性の高度な評価手法などが重要となる。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	26	39	16

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0 件	10 件	39 件	2 件	51 件

小項目（テーマ名）	規則的ナノ細孔を活用した中温プロトン伝導膜の研究開発	達成状況	○
実施者名	株式会社デンソー 国立大学法人京都大学 （再委託先等：株式会社豊田中央研究所）		

●背景・目的

現在の燃料電池の電解質膜にはNafionに代表される水を媒介してプロトン伝導する材料が用いられており、必然的に水の沸点である100℃を超える温度では動作できない。そのため100℃以下でかつ高湿度環境のみの発電となり、この発電環境の制限はシステムの複雑化・大型化を引き起こし、燃料電池車の普及の妨げとなっている。本研究開発では、100℃以上の中温作動が可能でかつ従来の低温作動燃料電池と同等以上の性能を発揮する燃料電池の実現を目指して、新しい電解質膜の研究開発を行う。そして2035年以降の燃料電池車に求められる性能及び実用的な耐久性を有する中温作動燃料電池を実現する。

●事業概要

規則的ナノ細孔を有するCOF(Covalent Organic Framework、共有結合性有機構造体)をベースに100℃以上でもプロトン伝導可能な新しい電解質膜を開発する。COFは有機モノマー同士の共有結合で組み上がる、ナノ細孔を無数に有する結晶性材料である。COFの有機骨格にプロトンキャリアとなる酸基を導入し、かつCOFの規則的ナノ細孔内に水を保持させることができれば、高いプロトン伝導性の発現が可能となる。本研究開発ではCOF細孔径を設計・制御し、水保持量を明らかにしながら、100℃以上での高プロトン伝導性を実現する。またCOFは粉末材料の報告が多いが、実用化に必要なCOF成膜技術も開発する。

●アウトプット目標

・50μm以下の厚みの膜形状（3cm角）
・耐水性　30℃液水への浸漬、及び80℃-90%RH、120℃-20%RHでの耐久性
・プロトン伝導率　120℃-20%RHにて100 mS/cm以上

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．COF自立膜の作製	50μm以下の厚みの膜形状（3cm角）	直径4cm程度、膜厚20μm程度のCOF自立膜の作製に成功。	○
２．COF膜の耐水性評価	耐水性　30℃液水への浸漬、及び80℃-90%RH、120℃-20%RHでの耐久性	30℃液水に長時間浸漬させても膜の形状変化無し。80℃-90%RH、120℃-20%RHの環境前後で結晶構造やプロトン伝導率の変化なし。	○
３．COF膜の高プロトン伝導率化	プロトン伝導率　120℃-20%RHにて100 mS/cm以上	プロトン伝導率120℃-20%RHにて20 mS/cm。材料の高品質化により100mS/cmの目標達成可能であることを実験的に実証。	△

●課題と実用化・事業化への道筋

更なる高プロトン伝導化が課題であり、COF合成や成膜方法の改良が必要である。また中温での発電試験を実施し、実用環境での課題を早期に見極めることが必要となってくる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	-	55	45	50

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
2 件	2 件	14 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃料電池および水電解の革新的な生産技術に資する静電スプレー法に関するプロセス要素技術の研究開発事業	達成状況	○
実施者名	国立大学法人山梨大学 国立大学法人大阪大学 株式会社メイコー		

●背景・目的

本プロジェクトでは、第５次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき 2030 年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。「水素利用等高度化先端技術開発」として、各種開発触媒材料の特徴を最大限発揮させるための触媒層設計技術を構築し、2030 年以降の更なる燃料電池や水電解システムの低コスト、高性能、高耐久化に資する製造プロセス技術を開発する。また、「共通課題解決型基盤技術開発」の性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する製造プロセスにおける革新的な要素技術を開発する。また、2030 年の燃料電池の高効率・高出力化を実現するための触媒層に課せられた過電圧低減目標への寄与を検証する。

●事業概要

先行事業で開発した研究開発用生産プロセス規模の「Pt の有効性を倍増可能な精密塗工と乾燥工程フリーを実現する業界初のマルチノズル式静電スプレー法」を将来の大量生産を可能とする革新的プロセスへ進化させるために、各種発電性能＆水電解性能の検証と計算科学アプローチによる多角的解析を実施、メカニズム解明を通してマルチノズル設計コンセプトを構築し、マルチノズルデバイスと関連する各種プロセス技術開発を効率的に展開する。研究開発の内容とその担当法人は以下①、②、③とする。

① 「ES 法プロセスの要素技術原理解明」（山梨大学、大阪大学）
② 「ES 法プロセスを用いた触媒層の性能の検証」（山梨大学）
③ 「ES 法マルチノズルデバイスモジュール設計・制御技術開発」 （メイコー）

山梨大学とメイコーで開発し、メイコーで改良設計・作製された改良マルチノズルデバイスと各種制御機構等を組み込んだ静電スプレー(ES)塗工装置で作成された触媒層を用いた膜電極接合体の各種発電性能を山梨大学が検証し、併せて、山梨大学と大阪大学で計算科学アプローチによる多角的解析を実施し、そのメカニズム解明を通して新たな ES 塗工マルチノズル設計コンセプトを構築、新コンセプトに基づくマルチノズルデバイスと関連する各種プロセス技術開発を効率的に展開する。小規模から本格量産性のある装置のためのマイルストーンとして、触媒有効性 50%・触媒層性能 20%向上し、ダイ塗工法比で乾燥炉長比 50%減相当の乾燥負荷を低減する 500 ノズル規模の塗工を実現する。

なお、LOI 企業、OEM 等と定期的に議論を行い、目標の妥当性や生産技術としてのニーズ・課題を都度確認しながら研究開発を推進する。また、水電解については他の水電解メーカーとの連携も検討し、広く知見を集めて推進する。さらに、NEDO の指示に基づき、関連する本プロジェクトの他テーマとの情報共有・連携を図る。

●アウトプット目標

研究開発用生産プロセス規模の「Pt の有効性を倍増可能な精密塗工と乾燥工程フリーを実現する業界初のマルチノズル式静電スプレー(ES)法」を将来の大量生産を可能とする革新的プロセスへ進化させる。小規模から本格量産性のある装置のためのマイルストーンとして、触媒層有効性 50%・触媒層性能 20%向上し、ダイ塗工比で乾燥炉長比 50%減相当の乾燥負荷を低減する 500 ノズル規模のノズルデバイス塗工を実現する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．ES 法プロセスの要素技術原理解明	実生産ラインに重要と考えられる 1000 ノズル規模も見据えながら、500 ノズル規模のノズルデバイス塗工を実現する数値解析シミュレーション技術開発とその要素技術のメ	・テーラーコーン形成メカニズム解明：レオインピーダンス計測機器の導入と各種インクでの性能検証を実施し、触媒インク吐出質量・電荷量の計測、静電スプレー流動場の高時空間分解能可視化、触媒インク吐出・分裂・流動・蒸発挙動の	○

	カニズム解明を行う。	数値シミュレーションにより、ES プロセス素過程のメカニズムを解明した。 ・500 ノズル規模のノズル安定塗工メカニズム解明：数値計算&シミュレーション計測をもとに設計したマルチノズルを用いて、高電圧印加後の電荷チャージ特性と電気的反発および分裂、電場・電界分布等の静電特性解析を実施し、ノズル直下の電場分布制御メカニズムを解明した。	
2．ES 法プロセスを用いた触媒層の性能の検証	実生産ラインに重要と考えられる 1000 ノズル規模も見据えながら、500 ノズル規模のノズルデバイスを用いた触媒層の燃料電池および水電解性能の検証と触媒有効性 50%・触媒層性能 20%向上すること(対既存プロセス)。	・各種電気化学特性が、500＞81＞72 マルチノズルの順に性能向上し上記最終目標値を達成した。この結果より、数値解析シミュレーション技術も駆使したノズル配置改善の効果を検証できた。	○
3．ES 法マルチノズルデバイスモジュール設計・制御技術開発	実生産ラインに重要と考えられる 1000 ノズル規模も見据えながら、500 ノズル規模のノズルデバイスモジュールの設計・制御技術開発する。	・電場分布偏差低減数値計算モデル検証をもとに 500 ノズルデバイスの基本設計技術を開発した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

実施者は、次期 NEDO 事業においても ES 法の要素技術の原理解明とその要素技術開発を継続する。そこで開発された要素技術は、メイコー社に移管され、開発装置に反映しさらなる主要デバイスの設計開発を推進する。メイコー社は、先行する小型塗工装置での技術革新と構築を踏まえ、国内大手触媒メーカー、水電解装置メーカーから研究用途装置の販売を獲得し、次世代 MEA への適用・販売拡大とともに量産機向けの技術開発を継続、LCA、高性能 CCM 塗工等のメリットを活かし、量産機向けの革新的生産プロセス技術を組み込んだ量産機(MES-Map)を開発し市場投入する。これにより、2035 年以後の本格市場拡大時の事業化を成功させる。この段階において新たな、要素技術開発や原理検証解明が必要となった場合は、大学の支援も継続する。

2025 年：小型機 MES-Pro 市場投入、電動自転車やドローン、非常用 FC 等に向け小規模生産用。

2028 年：当該事業で改良された静電スプレーの性能に関わる要素技術を盛り込み、まず少量生産用 MES-Pro を市場投入して、静電スプレーの特性の利点を訴求する。

事業化の実施が想定される企業に対するメイコー社からのサンプル供試および評価において、山梨大学と大阪大学は必要な関連学理や先端機器を活用した技術的および人的な支援、協力、連携、指導を実施し、事業化のための課題の抽出や課題の確実・迅速な解決を目指す。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	51	46	45

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0 件	1 件	5 件	1 件	7 件

小項目（テーマ名）	水素利用等高度化先端技術開発/酸高密度構造における新規プロトン伝導機構Ｐａｃｋｅｄ－ａｃｉｄ　ｍｅｃｈａｎｉｓｍを利用した、高温・加湿レスでも高いプロトン伝導性を示す電解質膜の研究開発	達成状況	△
実施者名	国立大学法人京都大学		

●背景・目的

現状の燃料電池車は Nafion 電解質膜を搭載しており、致命的な欠点としてプロトン伝導性の湿度依存性が激しく、低湿度条件でプロトン伝導性が激減してしまう。そのため、水が蒸発する高温運転が難しく、低温での運転が必須となる。低温ではラジエーターが複雑化し、燃料電池の高コスト化を招き、普及を阻害している。本研究では湿度に依存しない、酸高密度構造で起こるプロトン伝導機構 Packed-acid mechanism に基づく、高温・加湿レスでも高いプロトン伝導性を示す電解質膜の研究開発を行う。

●事業概要

無機粒子由来の酸高密度構造によって、Packed-acid mechanism に基づいた低湿度で高いプロトン伝導度を示す膜を開発する。具体的には多孔質膜中にリン酸ジルコニウム(ZrP)前駆体を高充填する方法を用い、そして ZrP 前駆体に修飾する酸分子を開発する。そして充填方法と酸分子の修飾（変換）方法を最適化することによって、任意の酸を高密度に形成した ZrP を大量に含有する膜を作る。そして前述の目的を達成する膜を開発する。

●アウトプット目標

1. ZrP 前駆体の充填率の向上
2. ZrP 前駆体の変換率の向上
3. 最適な酸分子の修飾とプロトン伝導度・耐久性向上

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．ZrP 前駆体の充填率の向上	空隙の 90%以上の充填	60wt%を達成	△
２．ZrP 前駆体の変換率の向上	変換率 90%以上	80wt%の変換を達成	△
３．最適な酸分子の修飾とプロトン伝導度・耐久性向上	無加湿、130℃において 0.1 S/cm のプロトン伝導性の達成	プロトン伝導度の湿度性に特異的な挙動を示す膜を開発し、低湿度において Nafion 以上の伝導度の達成 (35mS/cm@80℃・50%RH)	△

●課題と実用化・事業化への道筋

プロトン伝導度の湿度性に特異的な挙動を示す膜を開発し、低湿度において Nafion 以上の伝導度を達成した。その理由は Packed-acid mechanism で説明できるものの、現象を理解する上でまた新たな説明変数が現れている。この変数の影響を確定することが課題であり、特許化に必要なものとなる。本研究は NEDO 事業から GteX 事業へと母体を変えて、継続して行う。また、本事業に継続して、最適と考えられる酸分子の開発と、前駆体の充填方法と変換方法のさらなる最適化を行うのと同時に、水素透過性と言った実用化に必要な物性の調査・改善も行っていく。

また、本事業の成果発表会などを経由して、開発した膜の特異性に着目する企業との連絡は継続している。十分な物性の達成と、それを元にした特許申請の後、企業との共同開発契約を行って、実用化を試みる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	―	15	35

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	高効率・高耐久・可逆作動 SOFC の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人山梨大学 （共同実施先：ノリタケ株式会社）		

●背景・目的

可逆作動 SOFC は 1 つのセルで高効率な発電と、余剰電力を利用した水蒸気電解（SOEC）が可能であり、再生可能電力の平準化や高効率な電解能力を活かした Power to Gas への需要も見込まれている。これにより SOFC の稼働率が向上し、コストダウンへの貢献が期待できる。本研究開発では、基礎に立ち返った耐久性向上と高効率化のコンセプトを確立し、企業と連携して可逆作動 SOFC の高効率・高耐久・低コスト化に取り組む。

●事業概要

・山梨大学で初めて見出された、可逆運転によって Ni-Co 高分散 SDC[$(CeO_2)_{0.8}(SmO_{1.5})_{0.2}$：サマリアドープセリア）水素極が安定化する機構を解明し、高耐久化指針を明確にする。
・共同実施者のノリタケ(株)は、高効率化・高耐久化に必須のナノ構造を制御した水素極およびガスシール材料を開発し、山梨大学と共同で性能・耐久性を評価する。
・コストと設置面積低減のキーポイントとなる高電流密度化に取り組む。

●アウトプット目標

・ノリタケから供給される新規水素極材料と LSCF（$La_{1-x}Sr_xFe_{1-y}Co_yO_{3-\delta}$）―SDC 酸素極を用いたアドバンス型ボタンセルにより可逆 SOFC 運転し、SOEC モードの電流密度 0.5 A cm^{-2} で初期電圧効率 98%以上の見通しを得る。
・アドバンス型ボタンセルの各種運転モード（電流変動、高電流密度、交互運転等）での劣化機構を解明する。劣化機構解明に基づき、可逆作動 SOFC の高耐久化運転指針を確立する。
・ガスシール材料および高性能水素電極材料の開発を行い、可逆作動 SOFC で実用的に使用可能な材料を創出する。電極材料およびガスシール材料について可逆 SOFC モードで評価し、初期 1000 時間の劣化率 1%以下の見通しを得る。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．可逆運転による Ni-Co 高分散 SDC 水素極の安定化機構の解明	可逆運転により Ni-Co 高分散 SDC 水素極が安定化する機構を解明し、高耐久化指針を明確にする。	Ni-Co と SDC の強い相互作用により凝集が抑制され、有効反応面積が確保されて性能が安定化されることを定量的に明らかにできた。	○
2．可逆作動 SOFC の高効率化	アドバンス型ボタンセルにより可逆 SOFC 運転し、SOEC モードの電流密度 0.5 A cm^{-2} で初期電圧効率 98%以上の見通しを得る。	ナノ Ni 水素極と LSCF-SDC 酸素極を用いたボタンセルにより、 SOEC モード 0.5 A cm^{-2} で初期電圧効率 99%以上の見通しが得られた。	○
3. 種々の運転モードでの劣化機構の解明	ボタンセルの各種運転モードでの劣化機構を解明する。劣化機構解明に基づき、可逆作動 SOFC の高耐久化運転指針を確立する。	SOEC および SOFC 連続運転での水素極電位は、可逆交互運転とほぼ同等の安定性であった。 Ni の面積分率と面積(粒径)分布は、初期から大きく変化しなかった。今後、気孔率の向上が耐久性向上のキーとなる。	○

4. 高性能水素電極材料およびガスシール材料およびの開発	可逆作動SOFCで実用的に使用可能な材料を創出する。電極材料およびガスシール材料について可逆SOFCモードで評価し、初期1000時間の劣化率 1%以下の見通しを得る。	Ni ナノ粒子水素極材料はラボ(数十 g/ロット)→中量(数百 g/ロット)へのスケールアップを実現。山梨大へサンプル提供で同等性能を確認。 ガラスシールの熱膨張係数が800℃, 1000時間で0.9%の劣化率であり、目標を達成できた。水素極側模擬、酸素極側模擬、熱サイクル試験で、Heリーク率は0.1%/1000 h以下に保たれており、ガスシール性が低下しないことが確認できた。	○

●課題と実用化・事業化への道筋
・水素極のさらなる耐久性向上には、気孔率の向上がキーとなる。
・本PJには、材料メーカーのノリタケ(株)が共同実施で参画した。2020～2021年度にはスタックメーカー（森村SOFCテクノロジー(株)）が協力機関として参画し、森村SOFCが提供した従来型SOFCボタンセルを用いて、可逆運転した場合の課題を抽出できた。
・可逆作動SOFCやSOECのユーザー企業に想定されるガス会社（東邦ガス(株)）は、2020年度から現在まで協力機関として参画し、プロジェクトの進捗に貴重な意見を頂いた。
・2022年から、システムメーカーの東芝エネルギーシステムズ(株)が協力機関に参画し、実際の運転条件に即した劣化試験法等について意見を頂いた。
・SOECを用いたグリーンメタン合成の大型プロジェクトを推進している大阪ガス(株)が、本研究の新型水素極、高耐久酸素極に興味を示し、2023年12月から協力機関として参画した。これら開発電極を大型セルで試験することを計画している。
・ノリタケ(株)は、Niナノ粒子水素極材料とガスシール材料のサンプル出荷を開始している。
・本PJで定期的に開催する技術協議連絡会には、山梨大学と共同実施のノリタケ(株)、NEDOの担当主査に加え、上記協力企業からの登録委員等が参加し、NDA締結のもとで活発に意見交換できた。
・可逆SOFC運転での劣化解析について、NEDOプロジェクトでSOFC劣化解析のノウハウを集積している産総研と2022年から連携した。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	43	46	44	47	44

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
3件	5件	12件	3件	23件

小項目（テーマ名）	可逆動作型プロトン伝導セラミック燃料電池の新規な健全性評価・解析技術の開発	達成状況	○
実施者名	学校法人日本大学　日本大学理工学部理工学研究所 （共同実施先等：パナソニック HD）		

●背景・目的

「エネルギー・環境イノベーション戦略（NESTI2050）」（2016 年 4 月総合科学技術・イノベーション会議決定）に基づき、2050 年を見据えた中長期の水素社会の実現、水素利用の本格普及を促進するための革新的技術の着実な開発が明記されている。そのため世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することが必要となっている。

そこで、本研究開発では、燃料電池の高効率化と高効率な水素製造技術に寄与する可逆動作型プロトン伝導セラミック燃料電池（PCFC）の健全性評価・解析技術の基盤技術開発を行なうことを目的とする。

●事業概要

PCFC セル開発メーカーのニーズを反映し、材料技術からセル製造技術が確立しつつある現状を背景に、r-SOC システムの将来的な高温水蒸気電解への応用も視野に入れながら、商用化を目指した開発セルと研究段階のセルをリバーシブルボタンセルとして用い、「PCFC を用いた r-SOC セル健全性評価技術の確立」としてリバーシブル動作を想定した場合の技術課題を先行的に抽出すること、「PXR を活用した非破壊検査による内部欠陥の検出技術の開発」として回折強調イメージング技術により、視認困難な内部欠陥の可視化技術を開発することの 2 項目を柱として研究を進める。

●アウトプット目標

① PCFC を用いた r-SOC セル健全性評価技術の確立

・実際のメーカー製ボタンセル（燃料極支持型）を対象として最大 1,000 時間程度の可逆動作させた r-SOC 耐久試験を実施する。開発した健全性評価手法を適用してセルの健全性等の定量的評価を行い r-SOC 運転時の技術的課題の抽出とそれによる r-SOC 実現可能性の見極めを行う。

② PXR を活用した非破壊検査による内部欠陥の検出技術の開発

・PXR を用いた新たな分析手法について、劣化後のボタンセルを非破壊で測定する技術の適用範囲を明らかにし、内部欠陥の位置情報を特定する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1. ボタンセルを対象とした PCFC を用いた r-SOC セル健全性評価技術の確立	外部プロジェクトで開発中の改良セルや革新セル等を対象として PCFC モードで動作させた 1,000 時間程度の耐久性試験を実施する。開発した健全性評価手法を適用してセルの健全性評価を行う。	・電子伝導に起因する内部リーク電流を評価可能とする新たな抵抗分離式（改良提案法）を開発 開発した抵抗分離式により以下を明らかにした。 ・改良セル：初期には空気極過電圧およびオーミック損失の増大が、長時間運転後には燃料極過電圧の増大が劣化主因と解析 ・革新セル：優れた耐久性を確認。主な性能決定要因はオーミック損失と解析 ・革新セルは改良セルに比して初期電圧はやや低いものの、長期安定性と構造健全性に優れたセル設計であることを実証	◎

実施項目	最終目標	成果	評価
1. ボタンセルを対象とした PCFC を用いた r-SOC セル健全性評価技術の確立	電解試験が可能と見込めるセル仕様を対象に 1,000 時間程度の可逆動作させたｒ－ＳＯＣ耐久試験を実施する。開発した健全性評価手法を適用してセルの健全性等の定量的評価を行いｒ－ＳＯＣ運転時の技術的課題を抽出する。	・FC/EC 運転モード比を 10/14h、12/12h、14/10h の 3 条件で 1000 時間のリバーシブル運転による耐久性試験を実施 ・電解モード単独運転では燃料極－電解質界面に空隙が生成され、Ni の後退とそれに伴う燃料極過電圧の増大を確認したが、 FC/EC 交互運転ではこれらの現象が抑制される傾向を確認 ・オーミック損の増大は電解質中の Ba 欠乏層生成が要因の一つ ・空気極過電圧増大は FC モード運転時間に比例する傾向を確認 ・リバーシブル運転は燃料極の劣化抑制に有効である一方で、電解質の構造的健全性や空気極材料の選定が、長期耐久性の確保における重要な要素であることを示唆する結果	○
2. PXR を用いたボタンセル非破壊検査による内部欠陥の検出技術の開発	劣化後のボタンセルを非破壊で測定する技術の適用範囲を明らかにし、内部欠陥の位置情報を特定する。非破壊検査に適切な X 線エネルギーの具体的な値や、適切な X 線イメージング像の種類（吸収コントラスト像、位相勾配コントラスト像、小角散乱コントラスト像）を明らかにする。	・燃料電池ボタンセルの内部観察に必要な 47keV の高エネルギー単色 X 線の発生に成功し、直径 100mm 内に均一な照射が可能であることを確認 ・ PXR 線源が有する高輝度かつエネルギー可変な単色 X 線ビームの特性が、Ce 等特定元素の空間分布可視化に有効であることを実証 ・ DEI 法による X 線小角散乱像を利用することで目視では困難な、燃料電池セル内部の欠陥位置の特定に成功	○

●課題と実用化・事業化への道筋

EC モードで動作させる場合は電流密度が高まることで、セル構成材料に起因する劣化挙動の違いが顕著に現れる。このため、FC/EC モード共にオーミック損失のさらなる低減と、電解質中の元素挙動の制御、燃料極骨格構造の最適化による Ni 移動の抑制や空気極材料の界面安定性向上が長期耐久性確保のための鍵となる。このため、実用化に向けてはさらなる基礎的な研究開発が必要であり、抽出した課題の解決に取り組む必要がある。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	26	13	5	7

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
0 件	4 件	18 件	1 件	23 件

小項目（テーマ名）	低温作動水素透過膜支持型燃料電池の研究開発	達成状況	△
実施者名	国立大学法人北海道大学		

●背景・目的

SOFC の作動温度を 700° C から 400° C まで低減することができれば、船・大型車両の駆動用 FC など、SOFC の用途を拡大することができる。しかしながら、400° C で実用上必要とされる 10^{-2} S cm^{-1} 以上のイオン伝導率を満たす電解質材料は未だ得られておらず，また 400° C でカソード分極抵抗を十分低減する手法が未開拓であるため、その温度域で作動する燃料電池の開発は停滞している。これに対し、近年プロトン伝導性 $BaZr_{1-x-y}Ce_xM_yO_{3-\delta}$(M=Y, Yb, Sc, In etc; BZCM)電解質を用いた水素透過膜支持型燃料電池(HMFC)は、その特徴的な欠陥分布形成により、400℃で 1 W cm^{-2} に迫るピーク出力を生むことが分かってきた。従来の HMFC は水素透過アノード基板に、希少金属である Pd 合金を大量に使用しており、大規模な社会実装は難しい。本研究では Pd 合金以外の水素透過材料を固体燃料極基板とした HMFC について、400℃以下にて 0.5 W cm^{-2} ピーク出力を達成することを目標とした。

●事業概要

上記目標に対し、水素透過アノード/酸化物電解質－接合界面でのプロトンポンピング効果を、最大化するための材料開発を行った。主な検討項目は、①プロトンポンピング最大化を指向した高酸素欠損電解質の材料最適化、②空気極機能層の開発とカソード分極抵抗低減、③非 Pd 系水素透過固体アノードへの成膜技術、④非 Pd 系水素透過固体アノードセルによる発電性能実証、および⑤多孔質アノード支持型セルによるプロトンポンピング効果の確認、とした。

●アウトプット目標

・カソード機能層材料と組み合わせて、400℃ 以下で電解質オーム抵抗 0.2 Ω cm^2、およびカソード分極抵抗 0.3 Ω cm^2 以下を達成する。

・貴金属 Pd 合金を代替できる H^-/e^- 混合伝導性水素透過セラミクス $BaZr_{0.5}In(II)_{0.5}O_{2.25}H_{0.5}$ (H-BZI) を用い、400° C にて 0.5 Wcm^{-2} を達成した。

●目標に対する成果と達成度

目標に達成度を、以下の表にまとめる。

実施項目	最終目標	成果	評価
①高酸素欠損電解質の材料最適化	②で選定されたカソード機能層材料と組み合わせて、400° C 以下で電解質抵抗 0.2 W cm^2、およびカソード分極抵抗 0.3 W cm^2 以下を達成する。	②で作成した $Ba_{0.95}La_{0.05}Fe_{0.8}Zn_{0.2}O_{3-d}$ カソード機能層(BLFZ-CFL; 150 nm)を組み合わせた HMFC で、400° C でオーム抵抗 0.15 W cm^2 および分極抵抗 0.5 W cm^2 を得た。	○
②空気極機能層の開発とカソード分極抵抗低減	400° C 以下で電解質オーム抵抗 0.2 W cm^2、およびカソード分極抵抗 0.3 W cm^2 以下を達成する。	カソード機能層(CFL)として最適な材料に求められる条件は、高いプロトン伝導性、比較的小さな酸化物イオン伝導性および酸素還元活性、以上３点を兼ね備えることとわかった。	○
③非 Pd 系水素透過固体アノードへの成膜技術	水素吸蔵合金を酸化させない条件で金属酸化物薄膜を製膜する。	遷移金属水素吸蔵合金箔上に 50 nm の $Pd_{0.5}Ag_{0.5}$ 保護層を用いることで。真空蒸着法により、電解質薄膜を製膜可能。この場合 Pd の使用量は 4 g /１00kW であり、自動車排ガス触媒量の 1/4。	○

実施項目	最終目標	成果	評価
④非 Pd 系水素透過膜燃料電池の発電実証。	400° C 以下で、0.7 V 定格出力で 0.5 A cm^{-2} 以上の出力を 100h 以上安定に取り出す。	新たに開発した H^-/e^- 混合伝導性水素透過セラミクス $BaZr_{0.5}In(II)_{0.5}O_{2.25}H_{0.5}$ (H-BZI) を用い、400° C にて 0.5 Wcm^{-2} を達成した。	△
⑤多孔質アノード支持型セルによるプロトン汲み上げ効果の確認	H-BZI セラミックス透過膜を用いたセルで、HMFC と同様なプロトン汲み上げ効果を実証。	サーメット支持型 H-BZI 水素透過膜を用いたセルで、電流増加に伴うオーム抵抗およびカソード分極抵抗の低減を観察、よって確証を得た	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究で開発した H-BZI セラミックス水素透過膜を用いたセルは、電解条件で使用した場合、非常に還元活性の高い H^- イオンを水から直接生成できるという特徴を有する。この特徴により、本セルは CO_2-H_2O 共電解によりシンガス生成等に適しているといえる。現在、そのような低炭素燃料合成技術をめざした高性能電解セルへの応用を検討している。以上に基づき、実用化への課題として以下の項目が挙げられる。

・各種共電解に対し、生成得置く素、ファラデー効率や収率などの基本性能を決定する。
・長期運転における、バイポーラー構造の安定性の確認。
・テープキャスト法によるセル作製プロセスの最適化。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	30	30	25	25

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
3 件	3 件	2 件	0 件	8 件

小項目（テーマ名）	可逆動作可能な固体酸化物燃料電池の可逆性と繰り返し安定性の向上	達成状況	○
実施者名	国立大学法人九州大学、特殊技研金属株式会社、国立大学法人北海道大学		

●背景・目的

燃料電池は化学燃料から電力への高効率な変換装置であり、逆動作した電解も、高効率な電解装置として期待される。とくに高温での水蒸気電解は、環境熱(TΔS)を利用することで、投入電力を低減できるので、高効率な電解を実現できる。環境熱に中低温排熱を用いると、水素という形で時空を超えての排熱の運搬も可能となる。そこで、本研究では従来、創エネルギーデバイスと考えられている固体酸化物型燃料電池(SOFC)を可逆的に動作させ、社会的に要望の高い蓄エネルギーデバイスへと展開するとともに、小型の蓄エネルギー型電源への応用も視野に、水素で蓄エネルギーを行う新しいデバイス分野への SOFC の応用を目的に、可逆動作時の作動温度の維持を検討することを目的とした。

●事業概要

水素をエネルギーキャリアーとして、電気と熱の蓄エネルギーを行うデバイスへの展開を目的に、ガスのシール性に優れる円筒型デザインを採用し、効率よく水素製造と発電を行うことのできる可逆動作型セルの性能向上、とくに繰り返し安定性の向上と、そのセルを用いる小型組セルの開発を行い可逆動作時の課題を明確にした。作動温度として、中低温排熱や太陽熱を考えると、500℃程度が適するので、本研究では高酸素イオン伝導体の $LaGaO_3$ 系酸化物の薄膜を湿式法で作製し、作製した円筒型セルでの繰り返し SOFC/SOEC の安定性を評価するとともに、劣化を生じる機構を明確にし、その改善を図った。小型スタックを自作し、その起動性や可逆動作時の劣化の問題を明確にする。水蒸気電解では、Ni 系燃料極の劣化が著しく、原因を明確にし、添加物等により繰り返し作動時の安定性の向上を行った。 SORC では電解時は吸熱であり、発電時は発熱であり、発電時の熱を電解時に供給できると、エネルギー効率が良くなることに加え、セルの熱勾配の発生を抑制でき、また待機時の熱の供給も行えるので、500-600℃程度の蓄熱材と組み合わせることで、セルへのダメージとエネルギー効率の向上が期待できる。そこで、円筒型セルへの蓄熱材としての MEPCM との複合が発電と電解特性に及ぼす影響を明確にした。

●アウトプット目標

1）100mm 長さの単セルの作製と 550℃での作動
2）SORC 単セル発電性能： 燃料利用率 80%で、100mA/cm^2 時に 0.85V の端子電圧の達成
3）SORC 単セル水蒸気電解性能：1.3V 電解電圧において、電流密度 0.4A/cm^2 を達成。
4）SORC 単セル発電耐久性：繰返し 100 サイクルでの発電、電解性能の劣化率 1%以下
5）500 サイクルのサイクル寿命の達成
6）小型組セルの試作
7）蓄熱材の基礎データと組み込みのためのデータ取得

●目標に対する成果と達成度

目標作動温度 500-550℃で十分な性能を有する小型円筒型 SORC セルの作製に成功し、初期性能の向上を検討し、ほぼ目標の発電、電解特性を達成できた。一方、セルの長尺化として 100mm を検討したが、性能の低下が大きく、さらに詳細な検討が必要であったが、75mm 長さのセルでは目標を達成できた。

蓄熱材の導入を行い、温度の均一化により、セルの性能や長期安定性が大きく向上できることを見出し、PCM との複合化は、温度の維持といった食目的に加えて、長期安定性に関して期待以上の成果があることが分かった。

以下の表に詳細なデータをまとめる。

実施項目	最終目標	成果	評価
小型円筒型 SORC の研究開発	1）SORC 単セル発電性能：燃料利用率 80%で、100mA/cm^2 時に 0.85V の端子電圧 2）SORC 単セル水蒸気電解性能：1.3V の電解電圧において、電流密度 0.4A/cm^2 3）SORC 単セル発電耐久性：繰り返し 100 サイクルでの発電、電解性能の劣化率 1%以下 500 サイクルのサイクル寿命の達成	550℃1cm 長さのセルで基板の細孔制御で、以下を達成 1)100mA/cm^2 で 0.92V（SOFC モード) 2)1.3V で 0.27A/cm^2 (0.6A/cm^2 at 600℃) 3)100 サイクル後の劣化率ほぼ 0%(0.004V/100cycles) 4)Ni-Fe 層の変更で、安定性が大きく向上（0% at 200h） 5)600 サイクルの可逆運転の達成（劣化はほぼ無し	○
小型円筒型 SORC 組セルの研究開発	1）湿式法を用いた SORC 作動が可能 100mm の長さの円筒型セルの作成と可逆性向上。 2）SORC 動作における 100 サイクルでの 1%以下の劣化率の達成 3）500 サイクルの SOFC/SOEC のサイクル達成 4）蓄熱材を組み込んだ小型組セルの試作と評価	600℃75mm のセルで基板の細孔径を制御して以下を達成 1）75mm 長さのセルで 1.05V の OCV の達成 2）2 本の組セルで SOFC 1.654W/本 3）2 本の組セルで SOEC 1.3V で 2.1A/本 4）PCM の中にセルを埋め込むことで 15min にわたり、温度を維持。100mm 長さのセルの作製に成功し、1.02V の OCV と 0.8V 時に 2.3A の達成 (SOFC モード)	○
蓄熱材の研究開発	1）作動温度 550℃程度 2）蓄熱密度 0.8 GJ m^{-3}（MEPCM 体積基準） 3）作動環境下においても SORC 電極材料に対して化学的に安定（SORC 電極材料を被毒させない） 4）蓄放熱サイクル 3000cycles 後も蓄熱量の劣化率 10%以下の達成	1）作動温度、577℃ 2）蓄熱密度 1.0 GJm^{-3}（MEPC 体積基準）以上 3）繰返し蓄放 3000 cycle 後も潜熱劣化率 10%以下 4）蓄放熱ヒステリシス/過冷却度の大幅低減 4）SOFC/SOEC の発電特性に与える影響の解明	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

現在までに、小型円筒型セルの作製を実現し、100mm 程度の長さのセルを作製できるようになったが、性能をさらに向上する必要がある。また内部に PCM を導入すると非常に優れた均熱性と初期性能の向上を確認し、特許を申請している。今後は、セルの大型化と均熱機能の導入の有用性を示し、2035 年程度からの実用化を検討する。本技術に興味のある企業を探して、共同で製品化を検討する予定である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	35	40	40

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
1 件	8 件	18 件	1 件	28 件

小項目（テーマ名）	固体酸化物形電気化学セル強靭化技術の開発	達成状況	○
実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所，国立大学法人島根大学，国立大学法人京都大学,国立大学法人九州大学，イムラ・ジャパン株式会社 （共同実施先：日本ガイシ株式会社，日本特殊陶業株式会社，森村 SOFC テクノロジー株式会社，日産自動車株式会社，京セラ株式会社，株式会社デンソー）		

●背景・目的

第５次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき２０３０年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

固体酸化物形燃料電池(SOFC)に加えて、高温電解によって再エネの出力変動に対応可能な固体酸化物形電解セル(SOEC)およびリバーシブルセルを実現するため、多孔質金属基板上に SOFC を積層した金属支持型セル等の強靭化セルを開発するとともに、セルスタックメーカー等が開発した強靭化セルの評価技術を確立する。

●アウトプット目標

① 強靭化セル製造プロセス技術の開発
開回路電圧が理論起電力と同等、作動温度 600～650℃で最大電流密度 1.0A/cm^2
② 強靭化セル評価技術の確立
3 社以上の企業が開発した強靭化セルについて、大学で確立した強靭化セル評価技術を用いて各社が希望する内容に関する評価を行い、各社のセルスタック開発へフィードバックする。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
①－１ 湿式法による強靭化セルの開発（産業技術総合研究所）	湿式法で作製した強靭化セルにおいて、開回路電圧が理論起電力と同等、作動温度 600～650℃で最大電流密度 1.0 A/cm^2 を実証する。	スクリーン印刷と還元焼成を用いて多孔質ステンレス基板上に用いたセルは、650℃で開回路電圧が 1.13 V と、最大電流密度 1.3 A/cm^2 を達成した。	○
①－２ 溶射法による強靭化セルの開発（東北大学→島根大学）	溶射法で作製した強靭化セルにおいて、開回路電圧が理論起電力と同等、作動温度 600～650℃で最大電流密度1.0 A/cm^2 を実証する。	多孔質 SUS 基板上に溶射法で作製したセルにおいて、600℃～700℃で開回路電圧が理論起電力と同等であることを確認した。また作動温度 650℃以上において電流密度 1.0 A/cm^2 を達成できる見込みを得た。	○
①－３ 強靭化セル向け反応抑制機能層の開発（九州大学）	開回路電圧が理論起電力と同等、作動温度 600～650℃で最大電流密度 1.0 A/cm^2 を示す界面層を開発する。	$Y_2Ti_2O_7$ および $Sm_2Ti_2O_7$ が優れた反応抑止効果があることを見出した。これらの酸化物のみでは電導度が不足するので、Ni とのコンポジットで導入することで、開回路電圧が向上し 1.1 V とほぼ理論起電力を示すとともに、1.0 A/cm^2 を 750℃で達成した。	○

①－４ 強靭化セルスタックの開発（イムラ・ジャパン）	以下の初期性能のセルを開発する。 ・OCV：1.1 V　理論値 ・I-V 特性：0.85 V@0.2 A/cm^2（600～650℃） ※最大 1.0 A/cm^2 の実証	低温焼成条件下での孔あり金属上支持体上への電極形成トライによってプロジェクト内技術（溶射法）とイムラ技術（孔あり金属支持体上へのアノード形成技術）を融合させて以下発電特性を示すセルを開発した。 OCV：1.08 V（600℃） I-V 特性 ＜コインセル＞ 0.75 V@0.2 A/cm^2（600℃） 0.92 V@0.2 A/cm^2（700℃） ＜□100mm 大判セル＞ 0.63 V@0.5 A/cm^2（700℃）	○
②－１ 強靭化セル急速起動停止における信頼性評価技術の確立（東北大学→島根大学・東北大学）	3 社以上の企業が開発した強靭化セルについて、セル残留応力等の信頼性評価を行い、各社のセルスタック開発へフィードバックする。	共同実施先 3 社から提供されたセルに対して、セル作製時の残留応力測定や温度・雰囲気を制御したその場応力測定等の信頼性評価を行い、電解質の応力状態に問題がないこと確認した。	○
②－２ 強靭化セル向け電極微構造解析技術の確立（京都大学）	試作した強靭化セルの微構造解析，ならびに焼成環境の影響評価を基礎的に実施し、特有の課題，性能や健全性を保つための因子を明らかにすることで設計・改良にフィードバックする。	金属支持型 SOFC の製造プロセルにおける焼成雰囲気（還元焼成または大気焼成）が、セルの微構造や電気化学特性へ与える影響を評価した。いずれの場合も、金属支持体/燃料極界面での元素拡散の抑止が重要であることを明らかにした。	○
②－３ 強靭化セルの高温水蒸気電解の評価（九州大学）	企業（3 社以上）より提供されたセルの水蒸気電解の長期安定性を評価する。	共同実施先 4 社の参加企業から提供されたセルの水蒸気電解特性の長期安定性を評価した。また九州大学で作製した金属基板薄膜セルの長期安定性を評価し、劣化率が依存として大きく、改善が必要なことを示した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

湿式法や溶射法による金属支持等の強靭化セル製造に関する要素技術を確立し、小型セルでは最大電流密度 1.0A/cm^2 を超える性能を得ることに成功した。一方、本事業で確立した急速起動停止時の機械的信頼性評価や電極微構造解析，高温水蒸気電解評価技術を用いて実用サイズの強靭化セルを評価したところ、電解質薄膜の品質確保や金属支持体／燃料極界面での元素拡散抑制，高温水蒸気電解時の劣化抑制等において、更なる改善が必要であることを確認した。今後は、参画企業を中心に本事業の成果を活用し、実用サイズの強靭化セルおよびセルスタックを開発し、定置用・移動体用発電機としての SOFC および水素・合成ガス製造のための SOEC としての早期実用化，社会実装を目指す。

●期間・予算 （単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	－	60	60	54

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
4 件	1 件	21 件	0 件	26 件

小項目（テーマ名）	ＣＦＲＰ製水素タンクのマルチスケール設計・評価解析技術の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東京大学、学校法人日本大学 日本大学理工学部理工学研究所、国立大学法人筑波大学 （再委託先等：マザーサンヤチヨオートモーティブシステムズ株式会社）		

●背景・目的

燃料電池車の普及のために効率的な水素貯蔵システムとその安全性を保証する技術の開発が必要である。低価格下や航続距離の確保のため、車載用水素タンクの軽量化が求められており、炭素繊維複合材料（CFRP）の利用が必須である。しかしながら、CFRP は炭素繊維と樹脂から構成され、材料の不均質性や異方性を有することから、損傷・破壊モードが複雑であり、製造中の初期不整・初期欠陥により強度特性も大きく影響を受けることが知られている。そのため、本研究開発は、ミクロな材料構成や複雑な破壊モードを考慮可能なマルチスケール解析を援用した設計・評価手法を CFRP 水素タンクに適用し、損傷メカニズムに基づく、損傷蓄積・寿命評価シミュレーション技術を構築することで、軽量化や定量的な安全性の担保を実現することを目指して実施した。

●事業概要

ミクロな材料構成や複雑な破壊モードを考慮可能なマルチスケール解析を援用した設計・評価手法を CFRP 水素タンクに適用し、材料特性・製造条件を考慮した CFRP タンクの損傷累積を予測するための設計解析手法（実験評価手法とのセット）を構築することにより、水素タンクの安全性の担保や残存強度・寿命を予測できる技術基盤構築を目指した。提案するマルチスケール設計・評価解析技術を実現するため、①ミクロ・メゾスケール解析技術の開発、②高精度評価技術の開発、③CFRP タンク構造の寿命予測技術の開発、の 3 項目の研究開発を実施した。

●アウトプット目標

- タンク構造内のメゾ特性のバラツキ範囲を明確化する。
- タンク構造内の初期不整データを取得する。
- CFRP 水素タンクの疲労後残留強度を誤差 10%以内の精度で予測する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．ミクロ・メゾスケール解析技術の開発	タンク構造内のメゾ特性のバラツキ範囲を明確化する。	メゾ特性のバラつきを予測・評価するツールが完成し、感度の高い初期不整を明らかにした。	○
２．高精度評価技術の開発	タンク構造内の初期不整データを取得する。	タンク構造内の初期不整を分類・定量化し、クラック密度等のシミュレーションとの比較データを取得した。	○
３． CFRP タンク構造の寿命予測技術の開発	CFRP 水素タンクの疲労後残留強度を誤差 10%以内の精度で予測する。	CFRP タンクの疲労後残留バースト圧を予測するツールを完成させ、実験との比較により、10%以内の精度で残留強度の予測に成功した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

構築したシミュレーション手法の企業等での利用を目指して、理解しやすく使用しやすいユーザーインターフェースの作成やマニュアル化などを進めていく必要がある。また、感度の高い初期不整など、シミュレーション結果から実際の製造プロセスへのフィードバックを可能とするスキームの構築も進めていく必要がある。多様な材料への対応や材料探索・最適設計（逆問題）への適用など、実用化や社会実装に繋げる活動を継続して実施する必要がある。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	50	52	48	50	48

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	6 件	23 件	0 件	29 件

小項目（テーマ名）	低コストと高性能を両立した炭素繊維の研究開発	達成状況	○
実施者名	東海国立大学機構、九州大学 （再委託先等：京都工芸繊維大学、信州大学、産業技術総合研究所）		

●背景・目的

炭素繊維強化プラスチックは高比強度・比弾性率を有し、燃料電池自動車の水素貯蔵タンクに不可欠な構造材料であるが、現行の PAN 系炭素繊維は製造コストが高く、タンク 1 本あたり約 70 万円と普及の大きな障壁となっている。その要因は、原料 PAN の高価格と耐炎化工程の長時間処理による生産効率の低さに起因する。本研究では、PAN よりも安価で炭素化収率が高く、耐炎化処理を削減可能な新規原料を開発することで、水素タンク用炭素繊維の製造コストを 10 $/kg 以下に低減し、タンク 1 本あたり約 30 万円のコスト削減を目指す。さらに、FCV 水素タンクに要求される高弾性率（290 GPa）・高強度（5.8 GPa）の物性を両立し、低コストかつ高性能な次世代炭素繊維製造基盤技術の確立を目的とする。

●事業概要

本研究開発では、東海国立大学機構岐阜大学および九州大学を中心に、炭素繊維の低コスト化を第一のコンセプトとして新規原料・前駆体開発に取り組んだ。岐阜大では、従来の炭素繊維製造に必須であった耐炎化工程を不要とする新規前駆体設計を基盤に、原料コストを抑えつつ高性能化を実現するため、３次元的等方構造を有する芳香族系高分子を原料として選定し、炭素化過程での炭素網面の配向制御技術を確立した。さらに剛直直鎖型芳香族高分子との複合化により、高強度化と低コスト化の両立を目指した。一方、九大では、燃料用途として消費される天然由来の「座礁資源」を原料とし、成分改質やブレンディング技術を活用して原料コストを大幅に削減する炭素繊維化技術を開発した。また、京工繊大では結晶・配向促進剤の開発、信州大および産総研では物性発現機構の解明を担当し、実験的・理論的両面から支援を行った。国内外で初めて 10 $/kg 以下という厳しいコスト目標を設定し、その実現に向けた原料・プロセス開発を包括的に推進した。

●アウトプット目標

- 10 $/kg の製造コストのコンセプトの中で、現行の水素貯蔵タンク用炭素繊維と同等の引張弾性率 290 GPa、破断強度 5.8 GPa を達成することを最終目標値として設定する。なお、実用化は 2030 年を想定する。最終年度（2025 年 3 月）時点での目標値は引張弾性率 240 GPa、破断強度 4.8 GPa として設定した。
- 炭素繊維強化プラスチックへの応用を想定した基礎検討として、炭素繊維と樹脂の界面特性が市販品炭素繊維と同等（指標として XPS 測定における含酸素官能基の指標となる O/C 値とフラグメンテーション試験法で解析される界面剪断強度）とすることを設定した。の表面処理についても検討項目とした。

●目標に対する成果と達成度

岐阜大学において、等方性芳香族高分子比率が 30 wt%の条件で、引張弾性率 250 GPa 以上、 強度 4.0 GPa 以上、50 wt%でそれぞれ 200 GPa 以上、 3.5 GPa 以上(JIS R 7608)を達成した。引張弾性率 240 GPa、強度 4.8 GPa を JIS R 7608 で達成することが、最終年度（2025 年 3 月）の目標として掲げられていたが、この値に対しては未達となった。ただし、JIS R 7606「単繊維引張試験」においては、6.0 GPa を超える強度を有する繊維が存在すること、また、信州大で評価が進められた到達可能強度と呼ばれる指標では、引張弾性率 240 GPa、強度 4.8 GPa 相当の市販炭素繊維以上の数値を示す結果が得られ、目標達成に見合う成果となった。九州大学からも最終的に引張強度が 4.2 GPa の炭素繊維の製造に成功したほか、従来のピッチ系炭素繊維では、弾性率が高まりすぎる課題をブレンディング調製技術により、PAN 系炭素繊維に近い物性（引張弾性率 250 GPa、強度 2.9 GPa）の炭素繊維製造にも成功した。なお、界面特性として、 O/C 値は、２種の表面処理法のどちらにおいても、市販品同等以上の数値を達成、IFSS（対ポリアミド６）も市販品と同等以上であることを示すことができた。

総じて、世界中では、PAN 以外の新しい前駆体から３GPa を超える炭素繊維すら開発されていない中で、本研究開発項目において 4GPa を超える炭素繊維に、世界で唯一成功したことは快挙である。

実施項目	最終目標	成果	評価
１．等方性原料前駆体炭素繊維の開発	引張弾性率 240 GPa、破断強度 4.8 GPa を達成する	引張弾性率 250 GPa 以上、 強度 4.0 GPa 以上達成（到達可能強度では、最終目標値を有する市販品以上の数値を達成）	○
２．座礁資源を利用した低価格炭素繊維の開発	同上	引張弾性率 600 GPa 以上、 強度 4.2 GPa 以上を達成	○
２． CFRP への応用を想定した基礎検討	O/C 値と界面剪断強度が現行品と同等	水素タンクに採用される市販炭素繊維と同等以上を達成	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究開発の実用化・事業化は、FCV 用高圧水素貯蔵タンクの強度を担う炭素繊維としての活用を目的として実施してきた。その実現には、「炭素繊維としての性能確立」と「水素貯蔵タンクとしての安全性・耐久性の実証」という二段階の課題を克服する必要がある。今後 2 年以内に、炭素繊維のサンプルを相当量製造し、自動車およびタンク製造企業による試作・検証を開始する予定である。

2027 年ごろには、炭素繊維製造企業がプラントレベルで 0.1 万ｔ規模の生産を開始し、水素タンクのプロトタイプ設計も完了する体制を構築する必要がある。さらには、実用化に向けた量産体制と品質評価の確立が重要な課題となる。一方で、開発品は高品質かつ低コストを両立した革新的材料であり、同時に他用途展開の検討も進めることが実用化、事業化を目指す上で重要と考えられる。

2028 年には水素貯蔵タンクの本格生産に移行し、2030 年の FCV 実用化を目指す。政府目標である FCV30 万台、FC トラック 15 万台普及時において、その 10%のタンクに開発炭素繊維が採用されることを事業化目標とする。炭素繊維使用量としては約 10,000t/年に相当し、2035 年には世界市場でのシェア拡大を見込み、最大 15 万 t/年規模の供給を目指す。

一方で、原料供給の安定化、生産スケール拡大時の品質均一性、タンク成形・実証評価の加速が今後の主要課題である。これらの課題を解決するため、原料設計と製造プロセスの最適化を継続的に進める必要がある。

岐阜大学では、事業化を支える体制として 2022 年に「Future Fiber Factory」を整備し、さらに 2024 年には国内唯一の公的炭素繊維工場を新設した。これにより、世界トップレベルの製造・評価環境を備え、アカデミア発の実用化開発を継続できる体制が確立している。今後、関連企業との連携で、開発体制を強化しながら、2030 年の事業化を継続的に目指す。

なお、本研究開発で得られた成果は、炭素繊維産業の低コスト化と用途拡大に向けた大きな転換点となり得るものであり、今後の事業化展開を通じて、業界全体の構造変革を牽引することが期待される。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	55	144	134	135	199

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
3 件	5 件	46 件	5 件	59 件

小項目（テーマ名）	水素利用等高度化先端技術開発/車載機器用高圧水素適合性高分子材料評価法およびデータベースの確立	達成状況	○
実施者名	国立大学法人九州大学，公立大学法人滋賀県立大学，国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構		

●背景・目的

燃料電池自動車（FCV）の実用化に向けて、各種車載機器のコストの低減が必要である。特に、高圧水素貯蔵システムに使用されるタイプ 4 タンクの低コスト化が課題となっている。タイプ 4 タンクは樹脂ライナーを炭素繊維強化プラスチックでフルラップされた構造となっている。車載用のタイプ 4 タンク高圧水素貯蔵システムのコスト約 70 万円を半分以下の 30 万円程度まで削減するためには、炭素繊維の使用量低減が求められるとともに、水素バリア・シール機能が要求されるライナー樹脂材料やバルブ・減圧弁などのシール部材の開発が不可欠である。

●事業概要

本プロジェクトは，水素透過特性と様々な機械的特性・物理的特性との相関について検討し、様々な汎用樹脂材料系、ブレンド・アロイ、放射線架橋材料などについて水素透過特性、機械的特性、物性を計測・整理し、タイプ 4 タンク用ライナー樹脂材料の設計指針を策定することを目的として、樹脂物性データベースの作成およびポリマーアロイ・ブレンド技術，架橋技術の位置付け評価を実施した。

●アウトプット目標

1. 下記物性を満足する水素適合性高分子材料開発のための材料設計指針の策定
・降伏伸び（@-70˚C）≥ 10%
・水素透過係数（@ 55˚C）≤ 0.15×10^{-10}［cm^3(STP)・cm/(cm^2・s・cmHg)］
2. 2030 年における FCV 水素貯蔵システムのコスト 30 万円に資する樹脂材料・樹脂部材の方向性決定

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1. 下記物性を満足する水素適合性高分子材料開発のための材料設計指針の策定	降伏伸び(@-70˚C)≥10% 水素透過係数(@ 55˚C)≤0.15×10^{-10}［cm^3(STP)・cm/(cm^2・s・cmHg)］	γ線照射 EVOH/変性 ETFE/m-EB ブレンド材により最終目標値を達成	○
2. 2030 年における FCV 水素貯蔵システムのコスト 30 万円に資する樹脂材料・樹脂部材の方向性決定	樹脂材料・樹脂部材の方向性決定	中・大径タンク向けとして半芳香族系ポリアミド、小径タンク向けとして EVOH/変性 HDPE ブレンド、γ線照射 EVOH/変性 ETFE/m-EB ブレンド材を選定	○

EVOH：エチレン・ビニルアルコール共重合体
HDPE：高密度ポリエチレン
ETFE：エチレン・テトラフルオロエチレン共重合体
m-EB:無水マレイン酸変性エチレン-1-ブテンコポリマー

●課題と実用化・事業化への道筋

本プロジェクトにて取得したポリアミド、ポリエチレン、EVOH 系およびそれらのブレンド材料について取得した低温引張特性、水素透過特性データをデータベースとしてまとめ、関係者で共有している。図 1 にデータベース収載材料の水素透過係数・降伏伸び評価結果を示す。図中、目標値を達成する領域を赤で示す。

本プロジェクトにおいて得られた成果について、LOI 提出企業への進捗報告会を研究期間中 9 回実施し、最終回となる第 10 回は公開シンポジウムとして LOI 提出企業以外も含む関係者への情報共有を実施した。

データベース収載したモデル樹脂材料の範囲では半芳香族系ポリアミドである PA6T、PA9T は低温降伏伸びの目標値 10%を超え、中径タンク水素透過係数目標値も達成した。小径タンクを対象とする低い水素透過係数を有するエチレン・ビニルアルコール（EVOH）系材料は、水素透過係数は目標範囲に入るが低温降伏伸びが未達であったが、EVOH 系材料に変性ポリエチレンをブレンドすることにより 7%まで改善した。また、汎用ポリアミド材である PA6 に成形時に結晶化核剤を併用した場合の低温降伏伸びは 9%台、EVOH 系材料にエチレン・テトラフルオロエチレン（ETFE）および相容化剤を配合し、さらにガンマ線を照射した場合はほぼ 10%まで改善する事が判明した。

汎用樹脂およびポリマーブレンド材料の高分子材料について放射線照射による物性変化、水素特性を検討した結果、ポリエチレン（PE）系樹脂、ポリアミド（PA）系樹脂、エンプラ系樹脂、ビニルアルコール（VOH）系樹脂、EVOH 系樹脂、ポリケトン系樹脂、スチレン系熱可塑性エラストマー系樹脂は放射線照射による架橋が可能であり、放射線照射処理によって耐高圧水素特性の改善、水素ガス侵入量、拡散係数の低減が確認された。一方、-70℃降伏伸びへの影響は小さいことが判明した。PA・PE 系、EVOH・変性 PE 系、EVOH・変性 ETFE 系ポリマーブレンド材料においては、相容化剤の添加により、放射線架橋が促進されること、水素透過特性に及ぼすガンマ線照射の影響は小さいこと、EVOH/m-HDPE 系ポリマーブレンド材料において、-70℃降伏伸びに及ぼすガンマ線照射の影響は小さいこと、EVOH/変性 ETFE 系ポリマーブレンドにおいて、ガンマ線照射により-70℃降伏伸びが改善され、約 10%の値を示すポリマーブレンド材料を実現できることが判明した。

高密度ポリエチレンに対するガンマ線照射による結晶高次構造、及び力学的特性について検討した結果、ガンマ線照射は非晶相に主に影響を与え、架橋反応により、材料の耐熱性、耐溶解性、機械的強度が向上した。照射線量の増加に伴う架橋により自由体積が減少し、非晶部の構造が強化されることが判明した。また、疲労試験において、ガンマ線照射により疲労クリープが抑制され、ひずみ振幅が低下するなど、耐疲労特性が向上したことが確認された。

以上の成果に基づき、樹脂材料・樹脂部材の方向性として中・大径タンク向けとして半芳香族系ポリアミド、小径タンク向けとして EVOH/変性 HDPE ブレンド、γ線照射 EVOH/変性 ETFE/m-EB ブレンド材を選定した。これらの材料をベースとしたライナー樹脂材等への適用を目的とする研究開発が材料メーカーおよび材料のユーザーメーカーとの間で進められている状況である.

●期間・予算(単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	72	116	78	66	60

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
1 件	2 件	7 件	5 件	15 件

小項目（テーマ名）	移動式ＦＣ用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた先端技術開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人琉球大学、ハイドロラボ株式会社（再委託先等：崇城大学、I-PEX株式会社、株式会社ピューズ、昭和飛行機工業株式会社）		

●背景・目的

水素貯蔵において液体水素や高圧水素による貯蔵が普及しつつあるが、小型移動体など多くの場面で更に高密度な水素貯蔵技術が求められている。本事業は、水素貯蔵材料アンモニアボラン（AB、NH_3BH_3）を、今後家電用で普及が広がると予想される 1 kW 級燃料電池システムの水素源とするための要素技術開発を行った。期間内では AB の実用化に必要な全技術（合成、貯蔵・輸送、水素放出、リサイクル）について相互に連動させながら、市販に必要な性能の達成目標を設定し、基礎・応用両面で研究を行った。

●事業概要

アンモニアボランの合成においては、1 日 10 kg 製造した場合に 10 円/g の原価となることを達成目標とし、合成方法の検討と、スケールアップ技術について検討した。貯蔵・輸送では溶解度や保存技術、安全性などハンドリングで必要な未解明の物性等を解明した。水素放出では加水分解および熱分解技術の検討を行い、速やかな水素放出速度とアンモニアなどの不純物低減を目指した。リサイクルについては加水分解・熱分解共に技術の確立とプロセスの効率化を検討し、コストダウンに資する要素技術を開発した。

●アウトプット目標

- アンモニアボラン合成：純度 90%以上、原価 10 円/g で 10 kg/日で生産可能なシステム確立
- 貯蔵・輸送：基礎物性（安全性含む）の解明、長期保存方法の確立、輸送方法開発
- 水素放出：水素中の NH_3 濃度 0.1ppm 以下、17 SLM を 1 時間安定供給可能なシステム確立
- リサイクル：加水分解・熱分解共に低コストリサイクル方法の確立

●目標に対する成果と達成度

1. アンモニアボランの合成

複数の新規 AB 合成法を開発したが、課題が残ったため溶媒中で原料（$NaBH_4$、$(NH_4)_2SO_4$）を混合することで反応を促進し、ろ過・乾固により AB を得る従来法を改良し、バッチ式連続合成法を考案した。その後上記方法で最も高コストであった乾固工程の溶媒冷却コストについて、溶媒の使用量を低減する技術の開発によりコスト圧縮に成功し、最終目標の 10 kg/日製造で原価 10 円/g となる技術を開発した。

2. 保存・輸送

安全性試験、保存試験、相図や室温での水蒸気吸着等温線の作成を含む、実用化に必要な基礎物性を解明した。特に AB は粉体でも 3 年以上室温・空気中でも全く劣化しなかった。更に 1 週間劣化しない温湿度条件を決定し、輸送時の劣化を防止するための指針を得た。そのうえで実際に求めた温湿度条件で小型容器に AB を封入し、真夏（地面付近の温度が最大 57 ℃）の直射日光環境で保存したところ、全く劣化しなかった。液体アンモニア中に AB を溶解させ、8 か月室温で保存しても劣化せず、アンモニア蒸気圧が下がる上に重量水素密度が向上することを示し、エネルギーキャリアとしての有用性を示すことができた。

3. 水素放出

3-1. 加水分解

触媒型は pH 緩衝剤を用いることで水素中のアンモニア濃度を著しく低下させ、担持体の検討も行いスケールアップによって定常的な水素放出速度 3 L/min を達成した。犠牲試薬型加水分解は、複数の酸を検討した結果、クエン酸・ギ酸共にアンモニアボラン水溶液の濃度が低い場合は一定時間アンモニア濃度 0.1ppm 以下となった。重量水素密度・アンモニア濃度・安全性・水素放出速度・リサイクル性等を考慮し更なる検討を行ったところ、ギ酸を 5 mol/L の AB 水溶液と 1：1 で混合する方式が最適と結論づけ、100 MPa の昇圧にも成功した。ただしこの条件での水素放出は、水素中のアンモニア濃度が 5ppm 程度となるため、フィルターで除去する必要がある。一方、熱水分解も検討しており、各温度での水素放出速度、活性化エネルギーおよびアンモニア濃度を連続定量し、反応速度の制御に資する情報を得た。更に熱水分解で放出した水素（水蒸気・アンモニアを含む）を SOFC で発電し、短期的な劣化も無くアンモニアも含めた発電が可能であることを証明した。また熱水分解はアンモニア・水素・高純度ホウ酸を AB 1g あたり合計 2.7g 得られるため、AB を資源・エネルギーキャリアとして利用するための最適解であると結論づけた。

3-2. 熱分解

LiH・イオン液体・アンモニアボランの混合比を最適化することで目標値を大きく上回る 60 ℃・1 時間で 12.5 質量%を達成した。水素放出メカニズムの解明も行い、経時による LiH の劣化問題も NaH を少量添加することで解決し、一部のイオン液体が変質する問題もイオン液体の変更で解決した。しかしアンモニア濃度が 0.7%以上であるため、解決を試み大幅抑制に成功したが、0.1ppm まで低減できなかった。

3-3. システム

3-1 で最適化した条件では、1 分以内に理論値の 80%以上もの水素を放出するという非常に速い反応であるため、この条件を用いて水素放出システムを構築し、17 L/min・1 時間を達成した。また開発した原理試作機を用いて 1 kW 級 PEFC へ水素を供給し発電実験を行ったところ、FC の規格を満たす純度の市販水素ボンベと同等の発電性能を示し、短期的な劣化も生じなかった。

4. リサイクル

加水分解・熱分解ともに一旦ホウ酸を経由し、原料の $NaBH_4$ を得て合成ラインに乗せるというスキームを確立し、処理工程を短縮化した。GHG 排出量およびトータルのエネルギーコストを計算したところ、どちらのコストも内訳では電気エネルギーが最も高く、原料部門では硫酸アンモニウムの GHG 排出量が 9 割強を占めていることが明らかになった。これは、グリーンアンモニアの利用で解決できる。

実施項目	最終目標	成果	評価
合成	純度 90%以上、原価 10 円/g で 10 kg/日で生産可能なシステム確立	製造方式決定、スケールアップによる純度低下の原因特定・解決	○
貯蔵・輸送	基礎物性（安全性含む）の解明、長期保存方法の確立、輸送方法開発	・粉末は 3 年以上空気中で劣化無し。 ・非危険物、やや毒性あり ・最適輸送条件（温湿度）決定 ・溶解度等の基礎物性解明	○
水素放出	加水分解：水素中の NH_3 濃度 0.1ppm 以下	・触媒・ギ酸・クエン酸を用いた場合の NH_3 放出 0.1ppm 以下となる条件特定 ・ギ酸を用いて 100 MPa 以上昇圧達成	○
	熱分解：60 ℃以下・1 時間で 70 gH_2/kg 以上、	60 ℃・1 時間で最大 125 gH_2/kg 達成	◎
	熱分解：水素中の NH_3 濃度 0.1ppm 以下	NH_3 濃度は大幅に低減できたが未達	△
	システム（加水分解）：17 L/min・1 時間連続放出かつ水素中の NH_3 濃度 0.1ppm 以下	・75 %ギ酸を 5 mol/L AB 水溶液に滴下し、NH_3 はフィルターで除去する方式で達成。 ・1 kW 級 FC を劣化無く 1 時間連続発電成功	◎
リサイクル	リサイクル方法の確立、リサイクルコスト 10%低減	・加水分解・熱分解共に確立 ・廃液の処理工程短縮化でコスト低減 ・大まかな GHG 排出量を計算。アンモニウム塩が原料の 90%以上を占めることを発見	○

●課題と実用化・事業化への道筋

合成では、ろ過後の乾燥方法に課題が残ったため、引き続き検討する。ただし基本構成は決定したため、今後は量産機の開発を目指す。貯蔵・輸送では更に生物・環境影響を調べる必要がある。保存においても 4 年目以降の保存試験を予定している。容器は大型化が必要で、かつ実機に搭載した場合の劣化特性や充填方法を詳細に調べる必要がある。また、アンモニア中の保存や輸送についての検討の派生により、AB のエネルギー・資源（ホウ素）キャリアとしての可能性も示せた。水素放出では、加水分解は実証可能なレベルまで到達し、近い将来の社会実装が期待できる。現在沖縄県事業で AB を水素源とした FC システムを開発中であり、事業化に向けて準備を進めている。更に加水分解では水素ステーションに必要な 80 MPa 以上を達成し、熱水分解では PEFC 以外の SOFC 用途での可能性も示せたことは副次的ではあるが大きな成果と考えている。今後更に他の用途へも利用が期待できる。熱分解は最終目標を上回る重量密度を達成したが、アンモニア濃度に課題を残したことと、実利用の水素放出方式を検討する必要があるため、今後も引き続き検討する。リサイクルについては廃液の成分分離方法・コスト分析に課題が残った。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	36	64	59	40	42

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
2 件	6 件	60 件	0 件	33 件

小項目（テーマ名）	革新的低コスト燃料電池自動車用高圧水素容器の健全性を保証するための非破壊検査，オンラインモニタリング，損傷許容技術の開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東京科学大学，東京都公立大学法人東京都立大学 （再委託先等：国立大学法人東京大学，国立大学法人東北大学，国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学，学校法人明治大学，国立研究開発法人物質・材料研究機構）		

●背景・目的

燃料電池自動車（FCV）の普及拡大には、高価な高圧水素貯蔵タンクのコスト低減が不可欠である。現行の一体成形構造と健全性保証方式では、必要以上に炭素繊維を使用する必要が生じ、コスト増につながっている。本事業は、タンク構造の分割・接合化による炭素繊維使用量削減の実現に必要となる各種継手方式に対する疲労データの取得と、タンクの健全性保証に必要な非破壊検査技術および設計方法の開発を目的として実施した。

●事業概要

本事業では、高圧水素タンクの低コスト化に向け、接合に用いられる可能性がある各種継手の疲労特性評価および健全性保証・設計法の開発に取り組んだ。前者では、スカーフ継手やステップドラップ継手など各種接合方式の疲労試験を行い、得られたデータを引張強度で基準化することで、継手条件に依らず一元的に疲労特性を整理できる方法を確立した。後者では、各種損傷モードとタンク破裂圧を関連付ける簡易モデルを作るとともに、繰返し圧力が作用した際に発生する繊維束破断を検出可能なアコースティックエミッション（AE）法を開発するとともに、その適用を前提とした新たなタンク設計法を提案した。

●アウトプット目標

・接合型容器の設計に資する疲労データの取得
・損傷と強度の関係を明確にしたうえでのオンラインモニタリング（AE 法）に資する技術開発
・損傷許容設計法の提案
・オンラインモニタリング技術（AE 法）に関する規格のドラフト（目次と項目）の開発
・上記を組み合わせることにより、炭素繊維使用量を NEDO 事業開始時点で使用されていた容器に対して 30%削減可能できることの示唆

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．各種継手の疲労試験とデータ整理	クーポン試験片を用いた接合型容器の設計に資する疲労データの取得	継手方式に関わらず引張強さで基準化することで、一つの S-N 線図で整理可能となることの発見。継手表面に連続層を追加することで疲労特性が向上することの確認	○
2．繰返し荷重付与後の残留強度の把握	クーポン試験片を用いた疲労試験後の残留強度の把握	クーポン試験片に安全率 2.0，1.8，1.6 で 100,000 回の繰返し荷重を付与しても、残留強度が 90%以上を維持することを確認	○

実施項目	最終目標	成果	評価
3．損傷と強度の関係の明確化・損傷許容設計法	各種損傷モードと圧力容器の破裂圧の関係の明確化、損傷許容設計法の提案	直胴部について、各種損傷モードを剛性低下で表現して破裂圧を推定する簡易モデルの開発 オンラインモニタリングでの検出対象を踏まえた損傷許容設計法の提案	○
4．オンラインモニタリング法（AE 法）の開発	実車での適用を考慮した損傷のオンラインモニタリング法の開発	繊維束破壊のみを検出対象として AE 法を採用し、実車での適用を考慮したセンサの種類・個数・取付箇所の決定。圧力サイクル試験による適用可能性の確認	○
5．オンラインモニタリング法（超音波ガイド波）の開発	圧力サイクル試験中の超音波ガイド波の測定法と挙動変化の把握	低周波超音波の使用により、タンク両端間でのガイド波送受信を確認。 圧力サイクルに伴って変化するガイド波パラメータの抽出。	○
6．オンラインモニタリング法（AE 法）のドラフトの開発	規格のドラフト（目次と項目）の開発	本事業で得られた成果を踏まえた国内規格ドラフト（目次と項目）の作成	○
7．炭素繊維使用量を 30%削減可能であることの試算	NEDO 事業開始時点で使用されていた容器に対して炭素繊維使用量を 30%削減できることを示唆	いくつかの仮定のもと、本事業で開発した AE 法および設計法を実用化することで、炭素繊維使用量を 30%削減可能であるとの試算	○

●課題と実用化・事業化への道筋

実用化・事業化に向けて次のような課題が挙げられる。これらの課題は新たな NEDO 事業に引き継ぎ、実用化・事業化に向けて研究開発を継続している。
・オンラインモニタリング法（AE 法）における繊維束破壊の定量評価法の高度化
・オンラインモニタリング法の PoD（検出確率）を考慮した容器の信頼性評価
・繊維束破壊に至るメカニズム解明、繊維束破壊の影響考慮法の高度化
・オンラインモニタリング法（AE 法）の実施を前提とした構造健全性保証のロジックの確立
・寿命初期・中期における余寿命予測法の確立
（超音波ガイド波を用いる方法の高度化およびその他の非破壊検査法の開発）

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	41	68	35	54

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	8 件	52 件	4 件	64 件

小項目（テーマ名）	非 FW／分割プリフォームおよび新規樹脂（REDOX 硬化型樹脂）による高圧水素タンクの革新的ハイレート製造プロセスの開発	達成状況	○
実施者名	金沢工業大学、ミズノテクニクス(株)、日本大学生産工学部、東京農工大学		

●背景・目的

2030 年に FCV の普及台数を 80 万台とする産業界の目標を実現するために、高圧水素タンクの大幅な生産性の向上及びコストの低減（2030 年で 30 万円）が要望されている。従来産業界で行われてきた高圧水素タンクの製造方法は樹脂ライナーに炭素繊維トウプレグを巻き付けるフィラメントワインディング（FW）法により製造されているが、製造工程に時間がかかり繊維配向が制約されるため、生産性とコストダウンに限界がある。そこで本研究開発ではこの課題を解決する新規の革新的製造プロセスを開発する。

●事業概要

ドーム部とシリンダー部で分割したプリフォームを製造し、低圧 RTM 製造プロセスで一体化するプロセスを開発し、その成立性を数値解析およびスケールモデルでの実証試験によって検証する。生産性は従来の FW 法が 1 時間程度に対し、RTM 成形工程にすることで 5 分程度まで大幅に短縮を図る。また、トウプリプレグの段階と分割プリフォームを組み合わせた後に再度樹脂を注入する 2 段階含浸により、接着剤を用いずに一体化が可能となる新規樹脂（REDOX 硬化型樹脂）を開発する。これにより革新的な高生産性と最適な積層設計による炭素繊維の使用量の削減により、大幅なコストダウンを実現する。

●アウトプット目標

「高圧水素タンクに対する将来ニーズの実現にむけて、「5 分／ラインの生産性、質量貯蔵密度 7 wt%以上の炭素繊維使用量削減と軽量化」の 2 点を満足するタンクの実現を目標として、「非 FW／分割プリフォーム構造と新規 REDOX 硬化型樹脂による低圧 RTM 工程による革新的ハイレート製造プロセス」を開発する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
①非 FW／分割プリフォームによる高圧容器構造設計手法の開発	・分割プリフォーム構造による実構造タンクの技術的成立性を数値解析で実証する。 ・実証用スケールモデルタンクの評価を行い、分割プリフォーム構造方式タンクの構造解析手法の妥当性を±10%の精度で実験的に検証する。	・継ぎ手部の損傷進展モデルによる構造解析技術を開発した ・母材 CFRP 比 90%超の引張強度発現を達成できる継手構造を見いだし、強度の予測精度も±10%以内を確認した ・実証タンクの水圧破裂試験により、継手部破壊を生じない設計が可能であることを実証した ・ドーム/シリンダ部の各々に最適な繊維配向を用いることで炭素繊維使用量を削減し、質量貯蔵密度 7wt%以上の実現性を確認した	○

実施項目	最終目標	成果	評価
②低圧 RTM(分割プリフォーム、2 段階含浸)による高圧容器の超ハイサイクル製造技術の開発	・本製造プロセスで成型した実構造タンクの量産時の目標製造レートの 5 分／タンクを達成する	・試作したトウプリプレグによるドーム部／シリンダ部それぞれの分割プリフォーム製造法を開発した ・REDOX 硬化型樹脂によるトウプリプレグと低圧 RTM による 2 段階含浸合成形法にて、製造レート 5 分/ラインを実証タンクの製造で実証した	○
③REDOX 硬化型樹脂と RTM プロセスによるコンポジット材料の開発	・トウプリプレグが 100m／分で製造できる装置の設計指針をミニチュア機の試作などで有効性を実証する ・トウプリプレグがプリフォーム形成能を有し低 RTM 工程で注入される液状樹脂との接触により活性化し樹脂部分全体が 80℃／3 分以内に完全硬化する事を実験により実証する	・革新的 REDOX 硬化型樹脂と新たなテープ含浸装置の開発により、熱可塑性トウテープの高速製造技術を確立した ・同様に、REDOX 硬化型超低粘度即硬化樹脂を開発し、プロセス速度目標をクリア出来る見通しを得た	○

●課題と実用化・事業化への道筋

実用化に向けた課題

・新規ラップ継手構造の強度解析技術の確立にむけて、高品質な試作&供試体による検証が必要。
・コンセプト実証後の量産品質が見通せる試作実証のために、自動化/量産化の検証も可能な成形装置の試作や実証が必要。
・新規 REDOX 硬化型樹脂のコスト：樹脂材のコスト低減にむけて、汎用原料への転換が必要。

今後の展望

・後継事業として、NEDO 2025 年度「水素利用拡大に向けた共通基盤強化のための研究開発事業」に採択されて、東京農工大、名古屋大、岐阜大とともに「分割プリフォーム式 CFRP 高圧水素タンクにおける高信頼性接合構造とハイレート製造プロセスの開発」に取り組んでいる。
・これまで開発してきた高圧水素タンクの実用化に向けて、大型タンクに対する分割構造の強度信頼性設計手法の開発と設計成立性の検証、量産品質を見据えた試作実証のための製造プロセスの高精度化や自動化の検証、トウプレグの低コスト化、に取り組む予定である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	43	65	58	59

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
2 件	2 件	25 件	1 件	30 件

小項目（テーマ名）	水素貯蔵効率向上に向けた水素タンクの研究開発	達成状況	○
実施者名	豊田合成株式会社 マザーサンアツミテック・オートモーティブシステム株式会社 （再委託先等：国立研究開発法人理化学研究所、兵庫県立大学法人兵庫県立大学、国立大学法人九州大学）		

●背景・目的

2030 年以降の燃料電池自動車の自立的普及拡大の実現には、高効率、高耐久、低コストの燃料電池システムの開発が不可欠である。主要な課題の一つとして、航続距離の延長と車室空間確保の両立がある。圧縮水素 70MPa の水素密度が 39.5g-H_2/L であり、必要な水素搭載量を確保するためには複数のタンクが必要となり、タンクの小型化による車両搭載性の向上が強く求められている。

この課題解決に向けて本プロジェクトでは水素タンクの単位体積当たりの水素貯蔵量を増大させることを目的に、水素貯蔵材料を活用した新しい水素タンクシステムの開発と、高性能な水素吸着材料の開発を進めた。

●事業概要

サブテーマ A：貯蔵材対応水素タンクの研究開発

水素貯蔵材料を用いたタンクシステムでは、材料の性能を最大限に引き出すために、水素充填時の発熱への対応が重要な課題となる。本サブテーマでは、体積水素密度 79g-H_2/L(25℃)の水素貯蔵材料が実現することを前提に、水素貯蔵密度 71g-H_2/L、質量密度 1.99wt%の達成に必要なシステム要件を明確化し、今後の水素貯蔵効率向上に向けた開発目標指針として活用するための基盤を構築する。

システム要件明確化に向けては、性能を引き出すための冷却構造設計と水素充填時のタンク内熱解析技術の確立を行う。

サブテーマ B：水素貯蔵材料の研究開発

高圧下でも形状変化が少ない炭素系水素吸着材料の開発を実施。水素貯蔵性能向上のため、比表面積の向上、ペレット化時の密度向上、細孔径分布の改善、水素吸蔵合金との組み合わせによる最適化を図った。

●アウトプット目標

サブテーマ A：水素貯蔵密度 71g-H_2/L（体積密度 48g-H_2/L）、質量密度 1.99wt%を達成するために必要な貯蔵材対応水素タンクシステムの要件（容器構成、貯蔵材、システム条件）を明確化。

サブテーマ B：

体積水素密度 60g-H_2/L（圧縮水素（70MPa）の 1.5 倍）の水素貯蔵材料開発

体積水素密度 79g-H_2/L（圧縮水素（70MPa）の約 2 倍）の水素貯蔵材料の見通しづけ

※継続可否に係る審査結果の付帯条件により、水素貯蔵材料の新規開発は 2 年目で終了したため、23 年 3 月の目標値を記入。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
A. 貯蔵材対応 水素タンクシステム要件明確化	水素貯蔵密度 71g-H_2/L（体積密度 48g-H_2/L）、質量密度 1.99wt% を達成するために必要な貯蔵材対応水素タンクシステムの要件（容器構成、貯蔵材、システム条件）を明確化。	システム要件明確化完了 容器構成 伝熱フィン+冷媒配管 etc. 貯蔵材 有効熱伝率: 2.04W/(m・k) etc. システム条件 充填速度:12MPa/min. 供給冷媒温度:-50℃ etc. 水素充填時のタンク内熱解析技術の確立完了	○
B. 水素貯蔵材料の開発	体積水素密度 60g-H_2/L 体積水素密度 79g-H_2/L 材料の見通しづけ	体積水素密度 40g-H_2/L(文献値（34MPa, 2.2 wt%）を基に BET 比表面積より推算) 79g-H_2/L を実現するための課題抽出完了	○

●課題と実用化・事業化への道筋

1. 解析手法の更なる高度化:吸着材と吸蔵合金の相互作用や実機スケールでの熱・物質移動現象の予測精度向上など、複合材料の特性を正確に反映した解析手法の確立が必要。
2. 水素ステーションとの連携における技術課題: 外部冷却方式を採用するため、水素ステーションの冷却設備との接続方式や制御方法の確立、充填プロトコル（SAE J2601）との整合性、および安全性確保のための技術要件を明確にする必要がある。
3. 多様な使用環境への対応: 実用化には、特定の充填条件下だけでなく、様々な環境温度での充填への対応が必要。
4. 水素貯蔵材料の開発完遂: 最終目標である水素貯蔵密度 79g-H_2/L（25℃）の達成には、水素に適した細孔をより多く有する材料の開発が必要。
5. 法規対応: 現行の自動車用高圧水素タンクの法規は貯蔵材を含むシステムを想定していないため、貯蔵材タンク特有の安全性評価の考え方を整理し、新たな評価方法や満たすべき仕様を法規として整備する必要がある。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	44	73	16	32

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
20 件	0 件	0 件	0 件	20 件

小項目（テーマ名）	マルチロードパス構造による連装型水素タンクモジュールの研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東京農工大学 東京都公立大学法人 国立大学法人東海国立大学機構 学校法人金沢工業大学 学校法人日本大学　生産工学部　生産工学研究所 国立大学法人東京大学		

●背景・目的

炭素繊維使用量の大幅な削減による低コスト化、構造要素の単純化による生産性向上、連装化による車載性・スペース効率の飛躍的な向上等を目的として、タンクに作用するフープ荷重と軸方向荷重をそれぞれ異なる部材で分担する「マルチロードパス構造」に基づく連装型タンクモジュール構造のコンセプトの技術検証を行う。具体的には、乗用車用小径タンク（φ100 程度）および商用車用大径タンク（φ300 程度）を対象として、CFRP シリンダと CFRP 軸力部材からなるマルチロードパス構造について、応力解析等により実現可能性を検討する。小径タンクについては、高い生産性を実現するため内圧成形法の基盤技術の構築にも取り組む。

●事業概要

研究目的を達成するため、[1]連装型タンクのコンセプト検討と技術実証、[2] 乗用車用小径タンク基本構造・工法の研究開発、 [3] 商用車用大径タンク基本構造・工法の研究開発、の 3 項目について、数値シミュレーションによる応力解析、構造要素試験、模擬タンクの設計・評価、内圧成形法による製造技術の開発等を進める。これらの結果から、マルチロードパス構造を適用したタンク構造の構造強度上での成立可能性を検証する。

●アウトプット目標

各研究課題のアウトプット目標は下記の通りである。

[1] 連装型タンクのコンセプト検討と技術実証

同一容量の 1 本の 70 MPa 級 FW 成形タンクと比較して、炭素繊維使用量 30%以上削減、圧力容器に相当する構造部分の質量効率 6wt%以上を達成可能な基本構造の実現可能性が、数値解析によって示されていること。

[2] 乗用車用小径タンク基本構造・工法の研究開発（φ100～120 程度）

タンクのシリンダ部とドーム部を内圧成形法で一体成形するための基本的な成形技術が確立されていること。また、FW 成形タンクと比較して、成形サイクルが 1/3 に以下に短縮できることが、成形実験によって実証されていること。

[3] 商用車用大径タンク基本構造・工法の研究開発（φ300～500 程度）

マルチロードパス型分割タンクのドーム部・鏡板部・ロッド部の強度設計法が確立されていること。

同一容量の 1 本の 70 MPa 級 FW 成形タンクと比較して、炭素繊維使用量 30%以上削減の可能性が数値解析で示されていること。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
研究項目１ マルチロードパスによる連装型タンクのコンセプト検討と技術実証	同一容量の１本の 70 MPa 級 FW 成形タンクと比較して、炭素繊維使用量 30%以上削減、圧力容器に相当する構造部分の質量効率 6wt%以上を達成可能な基本構造の実現可能性が、数値解析によって示されていること。	数値解析によりタンクの基本構造を提案するとともに、最終目標をいずれも達成可能であることを実証した。 また、模擬タンクによる破裂試験による検証も実施した。	○
研究項目２ 乗用車用小径タンク基本構造・工法の研究開発（φ 100 ～ 120 × 1600）	タンクのシリンダ部とドーム部を内圧成形法で一体成形する成形技術を確立すること。 FW 成形タンクと比較して、成形サイクルが 1/3 に以下に短縮できることが、成形実験によって実証されていること。	内圧成形法により小径タンク（φ100）を試作・成形するとともに破裂試験を実施し、最終目標をいずれも達成可能であることを実証した。	○
研究項目３ 商用車用大径タンク基本構造・工法技術の開発（φ300～500×長さ 2000 程度）	マルチロードパス型分割タンクのドーム部・鏡板部・ロッド部の強度設計法が確立されていること。 同一容量の１本の 70 MPa 級 FW 成形タンクと比較して、炭素繊維使用量 30%以上削減の可能性が数値解析で示されていること。	数値解析および構造要素試験により大径タンク(φ300)で力学的に成立しうるタンク様式、形状を提案するとともに、最終目標をいずれも達成可能であることを実証した。	○

各研究課題の目標に対する成果と達成度は下表の通りである。

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究により、主に数値解析によって「マルチロードパス構造」の構造強度上での成立可能性が検証されたとともに、炭素繊維使用量を 30%以上削減できる可能性が示された。今後は、数値解析に加えて、実証タンクの設計・試作・評価により、ものづくり技術も含めた技術実証を進めて技術成熟度を高めていく必要がある。また、単体のみでなく、連装化に伴う要素技術の検討と課題抽出、基本技術の確立にも取り組む必要がある。

本技術は、2025 年度から開始された NEDO「水素利用拡大に向けた共通基盤強化のための研究開発事業／次世代燃料電池・水電解の要素技術開発」事業において、「連装マルチロードパス・コンフォマーブル形式高圧水素貯蔵タンクの研究開発」として採択されている。これまでに進めてきた数値解析に加えて、今後は実証タンクの解析・設計・破裂試験を進めることで、技術成熟度の向上が図られる予定である。またプロジェクトでは関心表明企業と連携して、実用化・事業化について平行して検討していくことを検討している。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	57	58	75

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
3 件	0 件	13 件	件	16 件

小項目（テーマ名）	軽量液体水素タンク用高分子系ハイブリッド複合材料の研究開発	達成状況	△
実施者名	国立研究開発法人物質・材料研究機構		

●背景・目的

水素の活用では、特に、エネルギ密度の高い液体水素、特に、質量貯蔵密度を向上させるためには軽量な液体水素タンクに関する研究開発が必要である。また、タンクを構成する軽量材料、特に繊維強化樹脂複合材料（FRP）の極低温液体浸漬環境下での材料特性は報告例が少なく、本材料特性、特に疲労荷重下での本材料特性の明確化が望まれる。そこで、本研究開発では、①サンドイッチ構造の断熱特性の可能性検討する。②極低温環境下での FRP の材料・試験片レベルの静的および疲労荷重下での力学特性を明らかにする。

●事業概要

本研究開発では、２つの主要な開発テーマ①サンドイッチ構造の断熱特性の可能性検討と②極低温環境下での FRP の材料・試験片レベルの静的および疲労荷重下での力学特性評価がある。①サンドイッチ構造の断熱特性の可能性検討では、サンドイッチ構造の断熱性を左右するコア材の断熱性を評価する。②極低温環境下での FRP の力学特性評価では、物質・材料研究機構には液体水素浸漬環境下での力学特性評価装置が導入されているが、本研究開発では、まず、液体窒素浸漬環境下でのガラス繊維強化エポキシ樹脂複合材料（GFRP）および炭素繊維強化エポキシ樹脂複合材料（CFRP）の静的および疲労荷重下での力学特性を明らかにする。

●アウトプット目標

①　断熱性として最外層の温度が室温（23±5℃）
②-1　液体窒素浸漬下での一方向の GFRP および CFRP の静的引張強度が 0.9 および 2 GPa 以上
②-2　GFRP および CFRP の 10^7 回疲労強度が 20 および 35%以上

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
① コア材の断熱性評価	最外層の温度が室温（23±5℃）	アルミボトル端面からの最小距離が 30 mm で、液体窒素浸漬時にコア外壁の温度は 20±1 ℃（室温：24±1 ℃）となった。最外層の温度が室温（23±5℃）を達成。	○
②-1 液体窒素浸漬下での GFRP および CFRP の静的引張強度	一方向の GFRP および CFRP の静的引張強度が 0.9 および 2 GPa 以上	液体窒素浸漬環境下での GFRP および CFRP の一方向材の引張強度は 1.30 GPa（GFRP），2.93 GPa（CFRP）であり。0.9 および 2 GPa 以上を達成。	○
②-2 液体窒素浸漬下での GFRP および CFRP の 10^7 回疲労強度	GFRP および CFRP の 10^7 回疲労強度が 20 および 35%以上	GFRP および CFRP の 10^7 回疲労強度は静的強度の 30%（GFRP），49%（CFRP）であり、20 および 35%以上を達成。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

①サンドイッチ構造の断熱特性の可能性検討

外気温度および液体窒素温度が 24±1 ℃（室温）および約-190 ℃であるのに対して、液体窒素導入時のコア外壁の温度は 20±1 ℃となった。目標である 23±5 ℃を達成できた。また、液体窒素の重量時間変化の結果から、コア材の配置により断熱性が飛躍的に向上していた。一方、コア断熱のみでは侵入熱量が非常に大きく、コア材の配置のみの構造ではボイルオフ対策等の長期的な断熱性は不十分であることがわかった。ボイルオフ対策を含めた断熱性としては高真空度の真空断熱構造が必要である。高真空度の真

空断熱構造としては、ステンレス製の真空断熱構造が想定され、軽量な構造ではないことは明らかである。一方、FRP やコア材を真空断熱部に適用すれば、高真空度が達成できないあるいは維持できないという課題がある。本検討では実構造の作製には至らなかったが、FRP やコア材（サンドイッチ構造）を用いた軽量真空断熱構造を提案した。本構造はアルミ／ステンレス箔を FRP に接着したハイブリッド複合材料を用いた真空断熱構造とコア材の断熱性評価の研究成果を活用したコア材を外装に配置したサンドイッチ構造である。真空断熱部には FRP やコア材はなく、アルミ／ステンレスとなり高真空が維持できる。また、アルミ／ステンレス箔を用いることで重量増加や FRP との熱膨張差による接着剥離の発生を抑制している。金属と FRP を用いたハイブリッド複合材料は FML（fiber metal laminate）として研究されており民間航空機にも使用されている。また、吸湿を抑制するために FRP にアルミ箔を巻いた構造も適用されている。円筒構造を作製するためには、ある幅の箔を重ね合わせて巻き付け接着する製造工程が考えられるが、わずかな樹脂（接着剤）が存在することによる真空度の低下、両端部の構造、樹脂（接着剤）の低温に対する耐久性等の課題もあるが、軽量液体水素用タンクとして今後検討すべき構造ではないかと考えている。

②極低温環境下での材料・試験片レベルの静的および疲労荷重下での力学特性評価

金属材料では端部をネジ加工した試験片やダンベル形状の試験片が利用できる。一方、FRP 等の板状試験片では、試験片に穴をあけると穴から破壊が生じてしまう場合がある。ダンベル形状も一方向材では十分に機能しない。また、従来の把持方式（大型のくさび式の把持治具）では、液体窒素真空断熱環境槽の大きさの制限や試験環境によっては使用できない場合がある。本課題を解決し、液体窒素真空断熱環境槽および今後の液体水素真空断熱環境槽でも使用できる構造として、試験片把持具構造を提案し、知財出願した（特願 2023-063776、『軸荷重負荷試験用の試験片把持具、並びにこれを用いた極限環境中での軸荷重負荷試験機』）。その結果、液体窒素浸漬環境下での耐久性評価が行えるようになった。しかし、液体窒素浸漬環境下での GFRP および CFRP の一方向材の引張試験では破断荷重が大きく、タブ接着部での滑りが生じている。液体窒素浸漬環境下および今後の液体水素浸漬環境下での安定した試験のためには、試験片の把持方法（接着など）に工夫や注意点（ノウハウ）が必要であると考えている。本課題の解決により、治具として民間評価機関に技術展開できると考えている。

本事業で設置した液体窒素用の評価設備は安価で簡易ではあるが、液体窒素が 12 時間程度しか持たない。液体窒素浸漬環境下での耐久性評価では一週間を超えるような期間の試験を実施するため、液体窒素の導入に課題がある。液体窒素自動搬送装置（装置の改良が必要）があると研究効率が良くなると考えている。液体窒素自動搬送装置を付与し、３日間程度連続稼働可能な装置が完成すれば評価設備として民間評価機関に技術展開できると考えている。

材料面ではエポキシ母材の GFRP および CFRP の２種類を評価したが、タンクを構成する材料としてこれだけでは十分でない。樹脂ライナーとしての熱可塑性樹脂、主構造としての熱可塑性樹脂母材の GFRP および CFRP、FRP では接着構造を使用する可能性が高いため接着継手としての接着剤の評価が必要であると考えている。特に、樹脂材料を評価するためには荷重レベルの小さい評価設備の導入も必要である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	－	21	19	10

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
1 件	16 件	8 件	1 件	26 件

小項目（テーマ名）	大型 FCV 用液体水素貯蔵システム開発に向けた容器内液体水素挙動解明に関する研究開発	達成状況	○
実施者名	一般財団法人日本自動車研究所 国立大学法人琉球大学 国立大学法人東京大学 国立大学法人神戸大学		

●背景・目的

今後、開発の加速が見込まれる大型・長距離用トラック・バス等の FC 車では、貯蔵密度が高い液体水素貯蔵システムの搭載が期待される。ただし、液体水素貯蔵を実現するためには、充填時の水素排気ロス削減や水素供給制御等の課題を解決する必要がある。本研究開発では、これらの課題解決のための基盤研究として、液体水素の充填・供給技術に係る物性の見極めおよび容器内での挙動把握を実施し、目標航続距離 1,000km 達成のための液体水素貯蔵・供給システムの開発促進に資することを目的とする。

●事業概要

液体水素の充填・供給技術に係る物性の見極めおよび容器内での挙動把握として、以下を実施した。

研究項目①　水素の凝縮／蒸発の物理的挙動の把握（琉球大学）
研究項目②　液体水素充填・供給技術に係る物理的挙動の把握
　②－１　容器内液化の検証（JARI）
　②－２　充填シミュレーション解析による充填ロス削減の検証（JARI）
　②－３　気体／液体共存三次元シミュレーション解析による物理的挙動の把握（東京大学）
　②－４　液体水素を用いた容器内気体／液体挙動把握（神戸大学）
研究項目③　液体水素充填・供給時のハザードの把握
　③－１　液体水素充填・供給時のハザード解析（JARI）
　③－２　三次元シミュレーション解析によるハザード現象の把握と対策（東京大学）
　③－３　液体窒素・液体水素実験によるハザード現象の把握（神戸大学）

●アウトプット目標

- 分子動力学法により、水素の凝縮速度と蒸発速度を特定する。
- 容器内の気体水素が液化する温度・圧力を実験的に検証する。
- 液体水素充填シミュレーション解析により、充填時の排気ロス削減を検証する。
- 気体／液体共存三次元シミュレーション解析により、スロッシングによる圧力降下を検証する。
- 液体水素を用いて、容器内気体／液体水素の温度・圧力挙動を把握する。
- 液体水素充填・供給時のハザードの把握に向けた課題を整理する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
開発項目① 水素の凝縮／蒸発速度（琉球大学）	分子動力学法により、水素の蒸気圧曲線上の温度・圧力で、水素の凝縮速度と蒸発速度を特定する。	水素の凝縮速度および蒸発速度を特定し、数値実験式が構築できた。	○
開発項目② ②－１ 容器内液化の検証（JARI）	容器内の気体水素が液化する温度・圧力を実験的に検証する。	気体水素が蒸気圧曲線上の温度・圧力で液化することを可視化実験で確認できた。	○
②－２ 充填シミュレーション解析による充填ロス削減の検証（JARI）	液体水素充填シミュレーション解析により、充填時の排気ロス削減を検証する。効率的な再液化による充填時の損失削減方法を提案する。	液体水素充填シミュレーション解析モデルを構築し、充填液体の温度等が充填時の排気ロスへの影響を検証できた。	○

実施項目	最終目標	成果	評価
②－３ 気体／液体共存三次元シミュレーション解析による物理的挙動の把握（東京大学）	気体／液体共存三次元シミュレーション解析により、スロッシングによる圧力降下を検証する。	スロッシング等による圧力変化を予測できる数値流体解析手法と相変化モデルを構築し、スロッシングによる液温成層破壊を検証できた。	○
②－４ 液体水素を用いた容器内気体／液体挙動把握（神戸大学）	液体水素を用いて、容器内気体／液体水素の温度・圧力挙動を把握する。	液体水素の充填率をパラメータとして温度・圧力の時間変化挙動を把握できた。	○
研究項目③ ③－１ 液体水素充填・供給時のハザード解析（JARI）	液体水素充填・供給時のハザードとなる現象を識別し、その影響を明確化する。	液体水素充填・供給時のハザードとなる現象を識別し、その影響および対策を整理した。影響および対策の評価が必要な項目を明確にした。	○
③－２ 三次元シミュレーション解析によるハザード現象の把握と対策（東京大学）	実験及び数値解析により、衝撃的な加速度の影響を把握する。	実験により、液温成層破壊による急激な圧力変化を確認した。数値解析により、実験結果を良好に再現できる可能性を確認した。	○
③－３ 液体窒素・液体水素実験によるハザード現象の把握（神戸大学）	液体窒素を用いて、真空断熱破壊による異常入熱の影響を把握する。	異常入熱時の容器内の液体窒素の挙動を把握した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

研究項目①では、水素の臨界温度以下の気液平衡状態での水素の凝縮速度を特定し、凝縮係数を再現する数値実験式を構築したが、sLH2 充填シミュレーション等で活用するためには、気液平衡状態から外れる状態を作り出し、気液間で温度差があるような非平衡状態での凝縮速度を算出し、そのモデル化を検討する必要がある。

研究項目②－２では、液体水素充填シミュレーション（0 次元）を開発した。三重点と臨界点の間の蒸気圧曲線上での再液化をモデル化しているが、三重点と臨界点の近傍は、物性値が大きく変化する傾向にあり、計算が不安定になるため、実質的な計算可能領域は 15～30K 程度となる。sLH2 充填では、臨界点圧力以上の圧力まで充填するため、超臨界状態を扱うには新たなモデルの追加が必要である。また、開発した液体水素充填シミュレーションの検証には、実際の sLH2 充填試験データとの比較が必要である。

研究項目③のハザード解析結果から、液体水素を用いた検証が必要な項目として、突沸、スロッシング、充填、衝撃、転覆、安全弁作動時の影響、バルブへの低温影響、走行影響、外圧影響が挙げられる。安全性評価手法の確立および安全基準の整備のため、これらの検証試験が必要である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	40	44	47

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0 件	0 件	6 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	**分割製造ＴＹＰＥ４高圧水素容器の最適設計のためのメゾ・マクロツースケール解析に基づくボス・ドーム部強度高精度予測軸対称有限要素モデルの開発と実証**	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東京大学		

●背景・目的

2050 年のカーボンニュートラル社会実現のため、燃料電池自動車の普及拡大に向けて、主要構成部品である TYPE4 高圧水素容器の大幅な低コスト化が求められている。本開発では、機械学習を用いて TYPE4 高圧水素容器の無限の組み合わせのある設計パラメータから最適容器を探索し、大幅に低コストとなる容器設計仕様を膨大な開発工数と日程を費やすことなく見出すことができる最適容器設計システムを構築し、さらに社会実装として一般公開することを目標とする。また、将来の低コスト容器の本命である分割製造容器の探索も可能なシステムとする。

●事業概要

本開発では、分割製造 TYPE4 高圧水素容器の最適設計に貢献することを目的として、機械学習での最適設計探索に必須である軸対称モデルにおけるボス・ドーム部強度予測の高精度化に取り組んだ。さらに高精度軸対称モデルを用いて、一体容器に加え分割製造容器での探索も可能な機械学習による容器最適設計システムを構築した。

●アウトプット目標

1）ボス・ドーム部の繊維方向ひずみ値を、軸対称モデルを用いても
実容器測定値の±10%以内の精度で解析可能とする。
2）機械学習を用いた分割容器の最適設計システムのひな形構築と公開。

実施項目	最終目標	成果	評価
１．軸対称モデルを用いたボス・ドーム部の繊維方向ひずみ値	実容器測定値の±10%以内の精度達成	従来の解析では 200%以上の誤差が，線形領域である低圧側で一致，非線形領域の高圧側でも±20%を達成	○
２．分割容器の最適設計システムのひな形構築と公開	分割最適容器の探索事例を一例提示	一例提示	○
	最適設計システムの一般利用	LOI 企業での試用まで	△

●目標に対する成果と達成度

●課題と実用化・事業化への道筋

・残課題１：分割最適容器の実容器での検証
NEDO の次期事業の中での検討，または分割容器の開発に取り組んでいる事業者との共同研究が行えれば，その中で設計，試作，実験を行い，最適設計システムの有効性を検証していく。
・残課題２：最適設計システムの公開
東京大学生産技術研究所吉川暢宏研究室では，高圧水素容器統合開発プラットフォームを構築し，一般公開・利用可能とすることを目指している。最適設計システムをその一部に組み込み，各事業者の容器開発に活用してもらうことを想定している。これにより今回の開発成果が社会に還元できると考える。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	-	-	21	29

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	1 件	6 件	3 件	10 件

小項目（テーマ名）	プロトン交換膜型水電解装置用革新的低貴金属担持アノード触媒の研究開発	達成状況	◎
実施者名	国立大学法人山梨大学、石福金属興業株式会社、日本化学産業株式会社		

●背景・目的

わが国では第 6 次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等に基づき、2030 年以降の水素・燃料電池の自立的普及拡大に向けてユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発し、我が国の水素・燃料電池技術の競争力の強化と世界市場での確固たる地位の確立をめざしている。水素製造システムの一つであるプロトン交換膜型水電解（PEM WE）は大規模かつ高効率に高純度水素を製造できることから数百 MW～GW スケールでのグリーン水素生成システムとして期待されている。このプロトン交換膜型水電解の 2030 年以降の加速的かつ広範囲な普及に向けて、アノード（酸素発生極）の開発が急務とされている。アノード（酸素発生極）にて使用されている酸化イリジウムは生産量と埋蔵量に限りがあり、　普及に対して大きな課題とされている。本プロジェクトでは、イリジウムの目付量の削減をしつつ、触媒活性と耐久性の向上は産業界から強く要望を受け、産業界（水電解システムメーカー等）や他の NEDO プロジェクトと情報交換しつつ、アノードでの触媒活性と耐久性の向上とイリジウムの使用量の削減に資する革新的な低貴金属担持アノード用触媒を開発することを目的とした。

●事業概要

プロトン交換膜型水電解システムのアノードに注目し、高活性かつ高耐久な電極触媒の開発と量合成に取り組んだ。具体的には、産学で共同しながら、①イリジウム触媒の高活性化・高耐久化と目付量削減、②新規イリジウム触媒の量合成を実施した。更に、市販プロトン交換膜・アイオノマー・本プロジェクト開発触媒を組み合わせた膜電極接合体(MEA)を設計し、単セルにて水電解（初期性能）及び耐久性を検証すると共に、材料等の多角的な解析を通じて劣化メカニズムの解明を実施した。

●アウトプット目標

水素コスト 30 円/Nm^3（@2030 年）実現に資するプロトン交換膜型水電解の要素研究について、以下の目標を達成する。

①　イリジウム触媒の高活性化・高耐久化と目付量削減

本項目ではイリジウム酸化物をもとにして、a）非貴金属の固溶と電子構造制御、b）イリジウム酸化物/担体界面構造制御、c）酸化物合成における微細構造制御の 3 つに焦点を当て、触媒の 1）酸素発生活性、2）電気伝導性、3）多孔性 を両立させたイリジウム系酸化物ナノ粒子触媒の合成と性能評価を実施する。山梨大学では小型火炎法装置にて担体を試作すると共に、コロイド法等による触媒担持を実施し、XRD・TEM 等による構造解析や回転電極法による触媒性能を評価して、触媒設計コンセプトを確立する。日本化学産業では担体組成の最適化やその微細構造の主要な制御因子の解明、溶解性などを実施し、山梨大学と共同でプロトン交換膜型水電解アノード用触媒担体を開発する。石福金属興業では、貴金属等の担持に関する主要因子を明らかにしつつ、酸化イリジウムナノ粒子担持触媒を山梨大学と共同して開発する。

②　新規イリジウム触媒の量合成

本項目では山梨大学にて設計した担体・触媒材料をベースに、山梨大学・日本化学産業 ・石福金属興業が協力して触媒の量産工程を検討し、2030年以降の社会実装のための材料設計の明確化と量合成を検討する。日本化学産業では自社の保有する原料合成技術及び量産形火炎法装置にて担体を量合成する。石福金属興業では、貴金属等の原料調製から担持までの量合成を実施する。山梨大学では量合成された触媒の評価（酸性電解液中及び単セルでの性能評価及び劣化解析）を多角的に実施し、触媒設計・量産工程での課題を抽出して各工程にフィードバックする。さらには、関心表明書を提出した国内企業各社と緊密に連携し、量合成した触媒を供試して実作動条件下での評価を実施する。評価後の触媒を山梨大学が解析して、性能との相関や劣化因子の解明を実施する。得られた課題は抽出して各工程にフィードバックする。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
① イリジウム触媒の高活性化・高耐久化と目付量削減	山梨大学にて検討している触媒・担体の設計コンセプトのもとに新規触媒を合成し、1.0 S cm^{-1} 以上の電気伝導度を達成しつつ、25 A g^{-1} 以上（@1.6 V）の酸素発生活性を酸性電解液中で検証する。さらに1.7 A cm^{-2}（@1.6 V）の性能を単セルにて見通す。その単セルの目標値を目付量の 0.25 mg cm^{-2} で見通すこと。触媒の劣化に関する主要因子の検討とメカニズムを解明し、劣化率・0.12％/1000 h（@2030 年スタック目標）を見通せる触媒耐久性を検証する。	IrO_x/Nb-SnO_2 触媒を新たに創製し、10 S cm^{-1} 以上の電気伝導度を達成しつつ、1000 A g^{-1} 以上（@1.6 V,80ºC）の酸素発生活性を酸性電解液中及び単セルにて確認した。その際の Ir 目付量は 0.20 mg cm^{-2} まで削減することに成功した。その単セルにて、劣化率・0.12％/1000 h を達成すると共に、触媒の劣化に関する主要因子の検討とメカニズムを解明した。	◎
②新規イリジウム触媒の量合成	山梨大学にて検討する触媒・担体粒子の設計コンセプトに基づく新規触媒を合成し、量産を見通す工程で作製された触媒にて 1.0 S cm^{-1} 以上の電気伝導度を達成しつつ、25 A g^{-1} 以上（@1.6 V）の酸素発生活性を酸性電解液中で検証する。さらに1.7 A cm^{-2}（@1.6 V）の性能を単セルにて見通す。量産を見通す工程で作製された触媒の劣化に関する主要因子の検討とメカニズムを解明し、劣化率・0.12％/1000 h（@2030 年スタック目標）を見通せる触媒耐久性を検証する。これら新規触媒を 10 g/day スケールにて合成する量産工程を確立する。	10 S cm^{-1} 以上の電気伝導度と 1000 A g^{-1} 以上（@1.6 V,80ºC）の酸素発生活性を達成する IrO_x/Nb-SnO_2 触媒について、100 g/day スケールにて合成する量産工程を確立した。関心表明書を提出した企業とのサンプルワークにて性能と耐久性を検証し、得られた知見を材料設計にフィードバック、性能の向上に役立てた。	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

本プロジェクトにて開発された IrO_x/Nb-SnO_2 触媒は USDOE の目標を越える高活性と高耐久性を両立させており、プロトン交換膜型水電解用アノード触媒の設計指針の確立とその量合成を達成している。さらに、IrO_x/Nb-SnO_2 触媒を用いることで貴金属(Ir)の目付量を従来の 1/10 まで削減できることや触媒層の劣化因子の解明にも本プロジェクトは成功した。今後は、2035 年 NEDO 目標である Ir の目付量の更なる抑制（0.10 mg/cm^2）と耐久性の更なる向上に向けて研究開発を継続する。既に、関心表明企業への供試とフィードバックが進んでおり、石福金属興業からの事業化及び各企業での実作動環境下でのスタック性能等も検証し、2030 年以降の社会実装を目指す。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	４９	５０	５８

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
5件	1件	7件	1件	１４件

小項目（テーマ名）	革新的水電解用電極技術の研究開発	達成状況	○
実施者名	学校法人同志社		

●背景・目的

アルカリ水電解（AWE）は水素製造法の一つであり、世界の電解槽の約 60%が AWE で水素を製造している。しかし、AWE を社会実装して水素社会に寄与するためには、超高活性・高耐久・低コストを達成するための革新的な触媒材料や電極材料の開発が不可欠であった。本研究開発は、このような産業界からのニーズに応えるために、既存材料の延長線上にはない革新的な触媒材料の開発を目的とした。具体的には、革新的陽極技術として、酸素発生反応（OER）に対して超高活性でありながら、逆電流耐性にも優れる酸化物ナノ粒子を触媒とする電極材料を開発し、超高活性・高耐久・低コストを同時に達成する陽極技術の開発を行った。

●事業概要

１．酸素発生触媒の開発

パイロクロア構造のビスマスルテニウム酸化物(BRO)を基本として、新しい酸素発生触媒ナノ粒子を開発した。得られた新規触媒はアルカリ水溶液中での OER のターフェル勾配が 30mV/dec となった。本研究開発以前で最もターフェル勾配が小さい酸素触媒は、本事業者が開発した NBRO（Na-doped BRO）の 40mV/dec であったが、これをさらに 10mV/dec も低減できる材料の開発に成功した。同時に新規触媒では律速段階が後ろのステップに変化しており、ターフェル勾配をさらに低減できる可能性も示唆された。

２．酸素発生陽極の開発

新規触媒を用いる陽極は OER の反応開始過電圧が 97mV となった。反応開始過電圧が 100mV よりも小さい酸素触媒は、本課題の成果以外には報告例がなく、世界で初めて達成されたものである。また、BRO 系触媒で周期的に逆電流を印可するサイクル試験を行った結果、逆電流印可時の電位から酸素還元が起こっていることが判った。また、1300 サイクルを超える逆電解試験後にも触媒の組成や構造の変化はなく、新規触媒は逆電流が印可されても構成元素の還元は起こらず、高い逆電流耐性を有する可能性が判った。

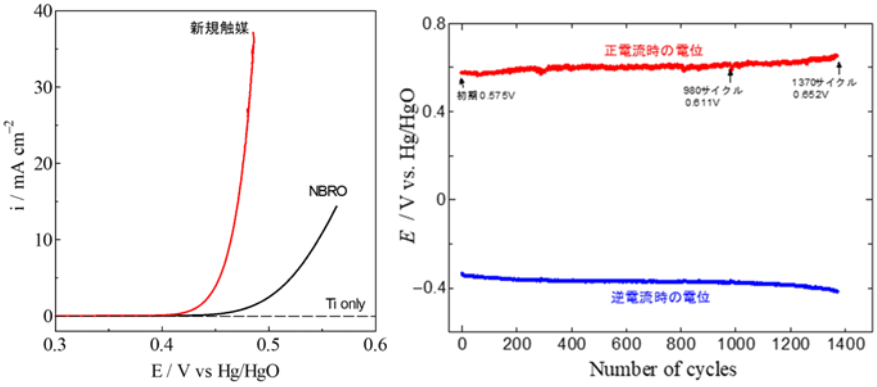


図１　（左）チタンディスクのみ（Ti only）、NBRO 担持チタン（NBRO）、新規触媒担持チタン（新規触媒）の各電極で測定した分極曲線．この結果から OER の反応開始電位が 97mV であることが判った。（右）新規触媒担持チタンおよび NBRO 担持チタンで得られた分極曲線（実線）およびそれぞれのターフェル勾配の実測値から計算した理論曲線（プロット）の比較．逆電流時の反応が酸素還元であることが判った。

３．パイロクロア酸化物触媒の結晶構造・電子状態の解析

パイロクロア酸化物（基本組成 $A_2B_2O_7$）の構造最適化と電子状態の解析を行い、第 3 金属元素を添加することによる変化などを検討した結果、Na の A サイトへのドープによって RuO_6 ユニットの構造が多様化してユニットが 4 種類になることや、この構造的多様性の発現で Ru-O 間の電子状態が大きく変化することなどを見出した。さらに、BRO 系パイロクロア酸化物の OER 触媒活性に構造的・電子的多様性が最も支配的な因子となることを提案し、新たな触媒設計理論の構築につながる基礎を示した。

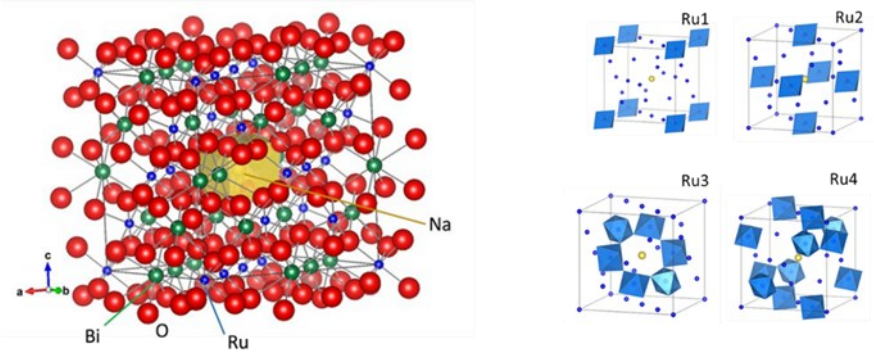


図２　（左）Na をドープした BRO（NBRO）の最適構造モデル図。（右）NBRO 内の RuO_6 ユニットの構造図。Na ドープによって構造が多様化して RuO_6 ユニットは 4 種類になった（ドープ前は 1 種類）。

●アウトプット目標
１）アルカリ水電解の性能向上に寄与する酸素発生用高活性触媒および低過電圧陽極の開発
２）酸素触媒活性をさらに向上させるための新たな触媒設計指針の導出

●目標に対する成果と達成度
本事業は、初年度にステアリング委員会から「高活性触媒の開発を最優先で行うべき」との指摘に従って実施計画の見直しを行い進めた結果、事業終了時の目標に対する達成度は下表の通りとなった。

実施項目	最終目標	成果	評価
１．酸素発生触媒の開発	・Tafel 勾配が 40mV/dec 以下	・30mV/dec を達成	◎
２．酸素発生陽極の開発	・OER 開始過電圧が 200mV 以下 ・触媒単独の平均一次粒子径が 15nm 以下で導電材に担持後もほぼ同じであること	・97mV を達成 ・一次粒子径を維持	◎
３．パイロクロア酸化物触媒の結晶構造・電子状態の解析	・触媒活性向上の設計指針の導出	支配因子として構造的・電子的多様性を提案	○

●課題と実用化・事業化への道筋

（課題）

・AWE 用陽極は触媒と基材が一体に形成された状態での高い触媒活性と耐久性を実証する必要がある。このような一体形成の方法を開発する。

・現在の AWE で使われているメッシュなどの形状で新規触媒を形成した陽極を用いて、2 極式電解セルでの電圧特性、耐久性（連続電解、逆電解）を評価する。

・構造的多様性が誘起する Ru-O 間の電子的多様性を、Na 以外の第 3 元素についても検討し、律速段階が変化する理由と電子的多様性との作用機構を明らかにする。

（今後の展望）

・2025 年 6 月から NEDO「水素利用拡大に向けた共通基盤強化のための研究開発事業/研究開発項目Ⅱ次世代燃料電池・水電解の要素技術開発/革新的水電解用電極技術の開発」として研究開発を継続している。

・基材上に新規触媒を直接形成する方法を開発し、一体化した陽極の特性評価を進めている。

・企業との連携を図りながら、AWE 陽極の構造最適化に関する検討を進めている。

・第 3 元素を変えた BRO 系パイロクロア酸化物の結晶構造および電子状態の解析を進めている。

●期間・予算(単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	―	56	54

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
3 件	0 件	11 件	3 件	17 件

小項目（テーマ名）	アニオン交換膜水電解装置の大面積化に備えた MEA 開発	達成状況	○
実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人早稲田大学、国立大学法人北海道大学大学院工学研究院、株式会社トクヤマ、デノラ・ペルメレック株式会社、TOPPAN ホールディングス株式会社		

●背景・目的

世界的な水素への注目の高まりに応じて、再生可能エネルギー由来水素製造のキーテクノロジーである水電解装置への関心が急激に高まっている。水電解装置開発おいては、電解性能の向上が進められるとともに近年は装置規模の大型化が進行している。本事業ではアルカリ水電解とプロトン交換膜（PEM）水電解の長所を合わせ持ち、高性能・低装置コスト水電解装置として期待されるアニオン交換膜（AEM）水電解装置の開発に取り組む。AEM 水電解装置は、次世代水電解装置として期待され、各国で研究開発が進められているが、性能面ではまだ PEM 水電解に見劣りする。そのため電解性能を左右する電解質膜－電極接合体（MEA）の高性能化が求められる。また 2023 年度初頭の時点では、AEM 水電解システムの製品化を実現しているのはドイツの Enapter 社のみであった。同社の AEM 水電解スタックは 0.5Nm^3/h の小型であり、これを複数搭載することにより需要家の望む水素発生量を有するシステムを提供するビジネス形態である。このビジネス形態では柔軟に装置規模を調節できる有利さがあるものの、大型システムにおいては、配管・配線、計装品点数が多くなり、システム全体のコストが高止まりする懸念がある。我々は大型システムにおいては大面積セル・スタックをベースとしたシステム構築の方が有利であると考え、大面積セル開発に取り組むこととした。ただし、選択すべきビジネスモデルを特定するためには、補器を含めた水電解システム全体の詳細な技術的・経済的評価が不可欠であり、その評価を基に開発すべきセル・スタックや MEA の仕様を改めて設定することができ、開発指針が明確化する。

我々は上記のような背景から AEM 水電解の大型システム構築の基盤技術開発を目的とし、MEA の高性能化および大面積化、さらに事業化に向けた指針策定に取り組むこととした。

●事業概要

本事業においては、我が国メーカーの強みである高機能材料開発能力を最大限引き出し、国際的にも競争力のある水電解装置の実用化に資する研究開発を行った。アカデミア 3 者（産総研、早大、北大）と企業 3 者（トクヤマ、デノラ・ペルメレック、TOPPAN ホールディングス）とが共同して、アニオン交換膜（AEM）水電解実用化に向けた研究開発に取り組んだ。特にここでは AEM 水電解実用化に向けた最も重要な部材と位置付けられる電解質膜－電極接合体（MEA）の開発に注力し、その高性能化および大面積化に向けたテーマに取り組んだ。加えて、AEM 水電解大面積セル構成部材の事業化に向けた指針策定にも取り組んだ。

具体的な実施項目としては、下記の三つの大項目を設定した。

(1)AEM 水電解セル高機能化に関する研究

(2)AEM 水電解中型スタック用 MEA の開発

(3)AEM 水電解大面積セル構成部材の事業化に向けた指針策定

大項目下には全部で 12 の小項目を設けた．(1)では主に MEA の高性能化に取り組み、(2)ではスタック化および大面積化に取り組んだ。(3)ではシステム評価を基にした事業化に向けた指針策定を実施した。参加 6 機関は相互に綿密な連携関係を築き、協調して課題に取り組んだ。

●アウトプット目標

本事業では、2030 年頃までに競争力のある 1MW クラス以上の大型 AEM 水電解システムを上市することを目指し、2024 年における AEM 水電解中型スタック性能目標として、「電力原単位 4.3kWh/Nm3 を 1.4A/cm2 以上で実現すること」とした。さらに本事業後に開発する予定である大面積セルをベースとした「事業化に向けた指針策定」に取り組んだ。

事業全体の主要アウトプット目標（最終目標）としては、

- 小型セル(25cm^2) において，水電解性能 1.80V 以下@1.5A/cm^2
- 中型セル・スタック（200～300cm^2)において、水電解性能 1.80V 以下@1.4A/cm^2
- 大型セルを中核とする AEM 水電解システムの経済的優位性の検証と課題の抽出

に設定した。

実施項目	最終目標	成果	評価
1．AEM 水電解セル高機能化に関する研究			
1-1 AEM 水電解機構の解明とセル部材最適化	小型セル(25cm^2) において，水電解性能 1.80V 以下@1.5A/cm^2	新規触媒(1-2)などにより、50℃でセル電圧 1.79 V@1.5 A/cm^2 を達成	○
1-2 非貴金属系触媒の開発	非貴金属触媒において従来貴金属触媒と同等の性能を実現する	NiFe 触媒を直接担持した PTE（多孔質電極）を開発	○
1-3 カソード触媒形成用電気化学反応プロセス開発	50×50mm の面積でめっき触媒層を形成可能なプロセスを確立する	100×100mm 面積の無電解析出層を作成	○
1-4 アノード触媒形成用電気化学反応プロセス開発	電流密度 1.5A/cm^2 以上にてアノード過電圧 220 mV 以下を実現する	PTE とメッキ層の 2 層アノードにすることで性能目標を達成	○
1-5 アノード気泡制御技術の開発	濡れ性を考慮した気泡制御技術を確立する	ストイキ比による気泡脱離制御を提案	○
1-6 アニオン交換膜物質移動特性解析	ストイキ比範囲（2＜λ＜10）での水物質収支を評価	収支評価により膜内水分移動量を定量化	○
1-7 アニオン交換膜およびアイオノマの高機能化	80℃において水電解性能 1.80V 以下@1.4A/cm^2 を実現する	新規開発膜にて 80℃で 1.75V@1.5A/cm^2 達成	○
1-8 アノード PTL および PTE の開発	1.5A/cm^2 におけるアノードの活性化過電圧を 30mV 以上低減	インク処方の最適化により性能目標を達成	○
1-9 カソード触媒塗工技術の開発	電極面積 70 ～ 80 cm^2 のカソード触媒塗工において、触媒担持量の均一性 3%以内を実現する	インク添加材の適用により均一性目標を達成	○
2．AEM 水電解中型スタック用 MEA の開発			
2-1 小型セル・スタックを用いた課題抽出	3 セル・スタック電圧 5.40V を電流密度 1.40A/cm^2 以上で実現	性能目標を達成した一方膜健全性に関する課題が明らかになった	○
2-2 中型セル用 MEA 開発と中型セル・スタックを用いた性能評価	電極面積 200～300cm^2 の中型セルにおいて、セル当たりの電圧 1.80V を電流密度 1.40A/cm^2 以上で実現	1.85V@1.5A/cm^2 の性能で目標にわずかに届かず	△
3．AEM 水電解大面積セル構成部材の事業化に向けた指針策定			
3-1 大面積セル構成部材の事業化に向けた指針策定	大面積電解槽システムの競争力を評価して事業化指針を得る	詳細分析により、小面積に比べた大面積電解槽システムの優位性を確認	○

●目標に対する成果と達成度

●課題と実用化・事業化への道筋

AEM 水電解用 MEA 開発における主な技術的課題としては、「電解性能のさらなる改善」、「さらなる大面積化」、ならびに「加圧運転対応機能の向上」であると認識している。

実用化に向けては、本事業成果を元に国内外スタックメーカーとの連携を模索しているところである。国内外の開発動向に気を配り、必要とされる MEA 技術の確立を図る所存である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	―	76	127

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	1 件	0 件	1 件

小項目（テーマ名）	出力変動対応、高電流密度域利用、高圧水素製造を可能とする高性能アニオン交換膜型水電解の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東京科学大学（再委託先：国立大学法人東京農工大学）		

●背景・目的

本プロジェクトでは、第6次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき2030年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）および水電解システムを実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術および今後の拡大が期待される水電解技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

●事業概要

貴金属をできる限り利用せず、出力変動する再生可能エネルギーから高効率に水素製造が可能であり、高電流密度域まで利用でき、高圧水素製造を可能とするアニオン交換膜型水電解の材料及び膜電極接合体(MEA)を開発する。高性能と高耐久を兼ねながら、ガスクロスオーバーを抑制したアニオン交換膜及び高電流密度域までを利用可能とする卑金属アノード及びカソード触媒電極を開発する。また、革新的材料を用い、30気圧までの水素製造が可能となる膜電極を合わせた水電解MEA開発を実施し、アニオン交換膜型水電解の高度化に必要な材料及びシステムの開発基盤を整える。

●アウトプット目標

・ 一般的なプロトン交換膜型水電解の性能を基に設定したMEA性能2.2 V @ 3 A/cm^2を、卑金属アノード触媒、非Pt・非Irカソード触媒を用いたアニオン交換膜型水電解MEAで達成する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．低ガスクロスオーバー・高耐久アニオン交換膜の開発	① イオン伝導抵抗(湿度 95%, 80℃) 0.1 Ω・cm^2 以下 ② 水素透過性(湿度 95%, 80℃) 7×10^{-12} mol cm /cm^2 s bar 以下 ③ 高温高濃度アルカリ耐久試験(80℃, 8 M KOH水溶液, 100時間以上)後に、イオン伝導性を 95%以上維持 ④ フェントン耐久試験(80℃, 3 wt% H_2O_2, 2 ppm $FeSO_4$, 5時間以上)後の膜重量を 95%以上維持	④ 低膨潤のポリフェニレン系アニオン伝導膜を用いて、イオン伝導抵抗(湿度 95%, 80℃) 0.083 Ω cm^2 を達成 ⑤ π-πスタック構造を導入したアニオン伝導膜で水素透過性(湿度 95%, 80℃) 3.0×10^{-12} mol cm /cm^2 s bar を達成 ⑥ ピペリジニウム基を導入したアニオン伝導膜を用いて、80℃、8 M KOH溶液中で240時間後までにイオン伝導性を 98%以上保持 ⑦ 複合膜を用いて、フェントン耐久試験(80℃, 3 wt% H_2O_2, 2 ppm $FeSO_4$, 7時間後)の膜重量を 98%以上維持	◎
２．高性能・卑金属アノード触媒の開発	① 貴金属を使用せず、OER 過電圧 0.22 V 以下 (@10 mA/cm^2) ② 電位サイクル(0.5～1.7 V, 1 M KOH水溶液) 1000 回後の過電圧の増加を 0.05 V 以内	③ 修飾Ni微粒子においてOER過電圧 0.24 V (@10 mA/cm^2)を達成し、担持量や表面積増加によって最終目標の達成が可能な見通しを得た ④ 修飾 Ni 多孔体において電位サイクル(0.5～1.7 V, 1 M KOH水溶液) 1000回後も過電圧はほぼ変化しないことを実証	○

●目標に対する成果と達成度（続き）

実施項目	最終目標	成果	評価
３．高性能・卑金属カソード触媒の開発	① 貴金属を使用せず、HER 過電圧 0.17 V 以下 (@10 mA/cm^2) ② 電位サイクル(-0.4～0.5 V, 1 M KOH 水溶液) 1000 回後の過電圧の増加を 0.05 V 以内	④ CoMo 修飾 Ni フォームにおいて、最終目標を大きく超える HER過電圧 0.096 V (@10 mA/cm^2)を達成 ⑤ 作製法を調整した CoMo 修飾 Ni ファイバーにおいて、電位サイクルに対する高耐久性(1000 サイクル後の電位変化+0.037 V)を実証	◎
４．変動電源・高電流密度域対応高性能 MEA の設計・開発及び高圧水素製造の実証	① 卑金属アノード触媒、非 Pt・非 Ir カソード触媒を用いて、MEA 性能として 3 A/cm^2 の高電流密度において 2.2 V 以下 ② 1000 回の電流密度 0.1-3 A/cm^2 の起動停止サイクル耐久性において劣化率(試験前後の 1 A/cm^2 における電圧の差) 5%以内 ③ 純水または低アルカリ水溶液供給として、30 気圧までの水素製造が可能であることを実証 ④ 水素圧力が 30 気圧の時に、酸素側水素濃度を 2%以下	① 修飾 Ni アノード・カソード多孔体触媒と独自のパーフルオロ酸系膜を用いた MEA において 3 A/cm2 換算で 2.2 V 以下に相当する高い IV 特性を実現 水電解性能予測モデルを構築し、開発した膜・触媒材料による最終目標へのシナリオを提案 ② 修飾 Ni 卑金属アノードとポリフェニレン膜を組み合わせた MEA が電位サイクル(80℃、0.1-2.0 A/cm^2)を 3000 回行ってもセル電圧が低下しないことを確認し、最終目標の達成が可能な見通しを得た ③,④ 高圧対応水電解装置を設計・導入し、8 気圧までの試験を実施 8 気圧での運転において酸素中水素濃度は 0.6%程度であり、30 気圧相当で 2%の目標値に相当する性能を実証	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本プロジェクトでは、高耐久ポリフェニレン系アニオン交換膜の開発、高性能卑金属触媒の開発、そして開発した材料を組み合わせた MEA での高い水電解性能の実証を行った。大規模な実用化のためには材料からシステムまでさらなる効率および耐久性の向上が必要であり、新たな NEDO プロジェクトにおいて継続して研究開発を進めている。開発した膜、触媒材料は我々と一緒にアニオン交換膜型水電解の実用化を推進するコンソーシアム企業に技術移転し、膜、触媒材料のスケールアップを進めている。それらの材料を電解槽メーカーが持つスケールアップした電解槽に組み込み、問題点を抽出し、さらなる研究開発を実施する。電解槽性能を把握するだけでなく、システムメーカーと共に、水電解プラント全体の省力化、低コスト化を目指す。2030 年より早い時期に、技術移転する企業により、海外の適地にアニオン交換膜型水電解プラントを建設することを目指している。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	―	59	101

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
3 件	5 件	36 件	2 件	46 件

小項目（テーマ名）	常温水電解の実用化基盤研究プラットフォームの構築	達成状況	○
実施者名	国立大学法人横浜国立大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人京都大学、公立大学法人大阪、国立大学法人東京大学、学校法人立命館、デノラ・ペルメレック株式会社、国立研究開発法人物質・材料研究機構、技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ、ＪＦＥテクノリサーチ株式会社 （再委託先等：国立大学法人島根大学）		

●背景・目的

2050 年カーボンニュートラルの達成に向け、水電解による CO_2 フリー水素の製造コストの大幅な低減が必要である。このため、関連産業の上流から下流までの情報の共有化、従来産業に対する他分野からの技術導入、異分野からの新規参入を促進するため、水電解分野の競争領域と協調領域を明確化し、我が国全体の研究開発を加速する基盤技術をプラットフォームとして整備する必要がある。

●事業概要

本テーマでは、アルカリ水電解及び固体高分子水電解のための常温水電解基盤研究プラットフォームとして、国内外の企業、研究者らが横並びで性能評価を行うための評価プロトコル、放射光を利用した高度解析技術、シミュレーション技術、マテリアルズインフォマティクスによる材料開発手法の高度化に取り組んだ。開発したプロトコル等の技術情報は、プラットフォーム参画企業らが参加する拡大研究開発推進会議において情報共有し、分析・解析支援や技術指導を行い、技術の普及に努めた。

●アウトプット目標

・加速劣化倍率 50 倍を実現する水電解材料や電解槽のための共通評価プロトコルを開発・公開する。
・放射光を用いた高度解析法を開発し、電極材料の活性発現及び劣化機構解明に活用する。
・小型電解試験の結果から電解槽設計をつなぐマルチスケール電解槽シミュレーション技術を開発する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
実施項目①：材料及びセル評価技術の開発			
a.　アルカリ水電解の耐久性ならびに物質移動評価法			
a.1　アノードの起動停止及び高負荷時の劣化機構の解明と評価法の高度化(横浜国立大学)	・加速倍率 50 倍以上の劣化試験法を開発 ・試験法を利用した高耐久電極の開発	・日間起動停止に対し 400 倍の加速倍率 ・高起動停止耐久性を有する新規電極を開発	○
a.2　カソードの起動停止及び高負荷時の劣化機構の解明(大阪公立大学)	・起動停止劣化特性及び劣化機構の評価体制を確立 ・起動停止試験 2400 サイクルまで初期活性の 90%以上の耐久性	・触媒剥離の影響を排した劣化評価法を確立 ・3000 サイクルの耐久性	○
a.3　電解槽や電極のマクロ構造が発生気泡の挙動と電解性能に与える影響の評価 (横浜国立大学)	・シングルセルでの電極周り流速の測定法確立 ・気泡の挙動理解に基づく電極過電圧の解明	・PIV による流速分布評価法を確立 ・気泡層モデル及び過電圧分離法を確立	○
a.4　電極面のマイクロ/ナノ構造が気泡の接触角に与える影響の評価	・液中での気泡の接触角の測定法の確立 ・電極のマイクロ／ナノ構造の電解性能への影響の解明	・液中での電極－気泡の接触角測定法を確立 ・電極ナノ構造による過電圧低減を達成	○
b.　PEM 水電解の耐久性評価手法の開発(産業技術総合研究所)	・起動停止模擬試験による劣化加速倍率 50 倍 ・微量不純物及び加圧電解による劣化機構を明らかにする。	・加速倍率 50 倍となる劣化試験条件を確立 ・微量不純物と加圧電解による電解性能への影響を解明	○

実施項目	最終目標	成果	評価
c. 常温水電解セルの耐久性評価拠点の構築			
c.1 アルカリ水電解セルの耐久性評価試験拠点の構築(デノラ・ペルメレック株式会社, 産業技術総合研究所)	・3つの小型セルを用いた長期評価試験設備の構築 ・小型セル用劣化試験法の加速度検証、耐久試験との性能差5%以内	・3エレメントセルを用いた並列測定法の確立 ・連続試験で誤差1%以下、変動試験で3%	○
c.2 プロトン交換膜水電解セルの耐久性評価試験拠点の構築(FC-Cubic, 産業技術総合研究所)	・小型試験設備を構築し、測定電圧差5%以内 ・2機関間で電圧差10%以内 ・再生可能エネルギーを模擬した評価プロトコルの構築	・小型試験設備による測定電圧差0.7% ・機関間電圧差10%以内 ・再エネ模擬パターンによる試験を実施	○
c.3 高圧水電解試験装置ならびに試験セルの開発・試運転と許認可プロセスの整理 (JFE テクノリサーチ, 横浜国立大学)	1 MPaを超える高圧水電解試験装置の製作 ・リスクアセスメントにより、安全に運転できるガイドライン作成	・設計圧力5 MPaの試験設備を設置 ・法規対応文書化 ・ﾘｽｸｱｾｽﾒﾝﾄ試行	○
実施項目②：電極触媒の高度解析及び材料開発手法の開発			
a. 放射光を活用した高度解析による電極の機能発現及び劣化機構解明			
a.1 高輝度X線をプローブとする水電解電極の材料構造・電子構造解析手法の開発(京都大学、ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ)	・放射光を利用した加速劣化プロトコルのバリデーション ・高度解析法を活用した触媒活性発現機構の解明	・operando 分光によりAWE電極の劣化過程解明 ・高活性非晶質IrO_xの活性発現機構解明	○
a.2 マルチプローブによる劣化機構解明 (立命館大学)	・加速劣化プロトコルにおける触媒の実表面構造の評価法確立 ・MI に向けた放射光測定データの提供	・化学処理による表面構造推定方法を確立 ・MI用AWE触媒の放射光データを提供	○
b. マテリアルズインフォマティクス (MI) を活用した材料開発手法の開発			
b.1 MIデータ蓄積のための高効率な活性・耐久性評価法の開発(横浜国立大学)	・MI に向けた高効率な活性評価法の確立 ・MI に向けた電気化学測定データの提供	・MI のための高効率活性評価法、条件を確立 ・AWE 用触媒の活性・耐久性データを提供	○
b.2 MIによる電極活性及び耐久性予測手法の開発と新材料設計指針提案(物質・材料研究機構)	・MIによるデータ解析手法の確立 ・高活性、高耐久を実現する材料設計指針の提案	・電気化学、放射光データの特徴量抽出法を確立 ・活性相関因子を決定	○
実施項目③：マルチスケールシミュレーション手法の開発			
a. 再エネ利用水電解水素製造システムモデル(東京大学)	・低炭素水素を製造可能なシステム要件の明確化	・BoP 再構成による変動追従の可能性を明確化	○
b. マルチスケール水電解槽シミュレーション (横浜国立大学)	・小型電解槽の特性から大型電解槽特性を予測するマルチスケールシミュレーションモデルの確立	・劣化試験データから電解槽の劣化分布を予測するｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ技術を開発	○

●課題と実用化・事業化への道筋

協調領域の活性化のために、産業界における相互議論をより積極的に推進する必要がある。そのため、次期事業ではプラットフォーム分科会として業界団体や水電解関連企業が測定法やプロトコルを評価し、合意形成する仕組みを設ける。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	—	200	253

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
2件	9件	52件	0件	63件

小項目（テーマ名）	水電解用酸化マンガン系酸素生成（ＯＥＲ）触媒の運転方法・製造方法の確立と大型化へ向けた研究開発	達成状況	○
実施者名	東ソー株式会社 株式会社カーリット 国立研究開発法人理化学研究所		

●背景・目的

高効率、高耐久、低コストの水電解システムを実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発することにより、水電解技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立することを目的とする。

当該事業においてはマンガン系酸素生成触媒の事業化を目指す研究開発を行う。マンガン系酸素生成触媒は低イリジウム(Ir)量で稼働する点が特徴で、Ir の分布状況や、マンガンの溶出状況を精査することで溶出しないことを確認しつつ、触媒の工業的製法及び当該触媒の特性を踏まえたセル設計及び運転制御について明らかにし実用シーズとしての技術確立を目的とする。

●事業概要

マンガン系酸素生成触媒の事業化には下記要素技術が必要。この技術確立を開発対象とする。

①触媒製造技術　　(Ir 担持過程の解析と制御、スケールアップ)

②電解セル設計・運転技術　　(性能発現・劣化機構の解析と制御、スケールアップ)

●アウトプット目標

要素技術確立の判断指標として、100cm^2（10cm×10cm）電解セルでの 1,000 時間運転を本研究開発の最終目標に設定した。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．開発触媒の評価・目標設定	NEDO 指定条件で触媒性能評価を実施し、競合技術との性能を比較する。	実用性能には到達、Ir 量を考慮すれば十分な活性だが、電流密度(@2V)の絶対値では劣る。 競合(Ir=1mg/cm^2)：4A/cm^2 開発材(Ir=0.1mg/cm^2)：2.6A/cm^2	○
	in-situ の Ir 電子状態解析結果から、高活性機構を再考察する。	高価数 Ir(6+)が高活性原因と推定。In-situ 測定技術を確立、反応中も Ir の高価数が維持されていることを確認。	◎
	高耐久性の要因を明らかにする。	Ir, Mn がお互いに溶出抑制していることを確認。溶出種（Ir^{3+}, MnO_4^-）間の電子授受機構を提案。検証は未実施。	○
	微量の Ir が全体の MnO_2 溶出を抑制する機構を明らかにする。	Ir が MnO_2 粒子表面に偏在していることを確認(TEM)。MnO_2 の保護層になっていると推定。	◎
	MnO_2 溶出抑制を可能とする触媒物性を定義する。	保護 Ir 層が厚く、同時に Ir^{3+} と MnO_4^- の適正バランスが実現された系が想定される。検証は未実施。	○
２．Ir 担持技術の検討	Ir の深さ方向偏差に及ぼす担持方法の影響を明らかにする	偏差を解消する担持方法を見出した。表層に偏析する Ir 量は約1/100に低下し、ほぼ偏差なし	◎
	Ir の深さ方向偏差の許容値を設定する。	偏差を生じない方法が見出されたため未設定。	◎

３．担持厚み制御	セル評価結果から、担持ムラの許容値を設定する。	電流密度はどの場所も同等（2680～3300mA/cm²@2V）。懸念していた生成ガス・熱の偏差は小さい。 ムラのない担持方法を開発したため、許容値は未設定。	◎
	担持ムラを許容値に収めたうえで触媒製造を行う。	担持ムラを生じない MnO_2 担持法（塗布法）を確立。	◎
４．セル設計	1.5A/cm²@2.0V,80 ℃となる100cm² マンガン系酸素生成触媒電極を用いた電解セル構造の確立を行う。	100cm² セルで 2.12A/cm² に到達。 セル設計の重要因子（面圧など）を特定。 **100cm² セルで 1,000hr 運転を達成**	◎
５．運転方法設定	電解セルの温度特性のまとめを行い、運転条件に反映する。	IrO_2 類似の温度依存性。IrO_2 系と類似の制御で劣化なく運転が可能と推定。	◎
	電解セルの初期活性化条件方法の提案を行う。	簡易な活性化方法を提案。（2V×20min+1.4V×15min の10サイクル）	◎
	電解セルの電源変動評価における電流密度時間変化を把握し、運転条件の提案を行う。	適する運転条件を特定。 IrO_2(Ir=1mg/cm²)よりも変動電源耐性に優れる（1.4⇔2.0V 5,000 サイクル）	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

実施項目	課題
１．開発触媒の評価・目標設定	・より高い電流密度（3A/cm² 以上） ・より長い触媒寿命（80,000 時間超）
２．Ir 担持技術の検討	・塗布法を採用する場合は課題なし。
３．担持厚み制御	・塗布法を採用する場合、必要な粉体物性の定義と制御が課題。
４．セル設計	・実用サイズ（25×25cm）でのセル設計・運転 ・開発触媒の特性を発揮できるセル設計・運転制御方法の確立。
５．運転方法設定	・電解槽・電解システムにおける逆電流防止機構の検討等

【展望】東ソー株式会社・株式会社カーリットはそれぞれ事業化に向けて開発を継続中。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	－	－	４４	４７

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
１０件	０件	７件	０件	１７件

小項目（テーマ名）	マテリアルズインフォマティクスによるＰＥM型水電解装置の非貴金属化の研究開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人北海道大学 国立研究開発法人物質・材料研究機構 国立大学法人熊本大学 国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学		

●背景・目的

現状の水素製造は化石燃料由来が多く、CO_2排出削減の観点から再生可能エネルギーを活用した水電解技術が求められている。特に PEM 型水電解装置は小型化に優れるが、酸素発生極にイリジウム、カソードにプラチナが必要であり、供給リスクとコストが課題である。本研究は、イリジウムを用いずに同等性能を持つアノード材料の開発を目的とする。従来のトライ&エラーでは探索が膨大なため、マテリアルズインフォマティクスを活用し効率的に候補材料を探索する。さらに、独自に開発したハイスループット実験セルにより大規模データを収集し、材料予測から合成・評価まで一貫した開発を行う。

●事業概要

本事業では、PEM 型水電解装置の酸素発生極に使用されるイリジウムの代替として非貴金属材料を開発する。マテリアルズインフォマティクスと独自開発のハイスループット実験装置を組み合わせ、大規模な材料ビッグデータを構築する。得られたデータと機械学習により非貴金属アノード候補を効率的に探索・合成・評価する。世界初のイリジウムフリーPEM 水電解データベースを構築し、国内企業・研究機関と共有することで日本の R&D や商品開発に貢献する。最終的には企業と連携し、開発材料を実機アノードに適用し事業化を目指す。

●アウトプット目標

１）電流密度：2.5A/cm2 電圧:2.0V 未満

２）酸素発生極での Ir 電極量触媒貴金属量（PGM）：0.4mg/W

３）水素発生極での白金電極量触媒貴金属量（白金）： 0.1 mg/W

４）劣化率：0.12%/1000 時間

本事業では上記目標を達成の上、PEM 型ハイスループット実験の開発、アノード材料データベース構築と MI によるアノード開発の方法論を確立し、上記の 1), 3), 4)を維持したまま、2)において Ir 量をフリー(イリジウムを使用しない)、酸素発生極(アノード)の非貴金属化を目標とする。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
① ハイスループット実験とマテリアルズインフォマティクスによる開発 ② アノードの合成 ③ PEM 型水電解装置での実験実証と耐久性評価 ④ アノードの状態の計測の設計実施	MI によるアノード開発方法論の確立	MI を活用し、イリジウム使用量を低減可能な触媒を見出すことに成功し、MI の有効性を実証した。目標の Ir 使用料 0.1mg/W を目指し、1.50mg/W の Ir を 1.00mg/W に低減する触媒を見つけた。さらに完全イリジウムフリーアノードを目指し MI による探索を進めた結果、MI により高活性材料および高耐久材料がそれぞれ提案・開発された。両特性を同時に満たす材料の提案には限界があったところ、MI の目的変数を「活性」と「耐久性」の双方に設定した多目的機械学習と、その結果得られるパレート最適解の活用が有効であることを確認し、その基礎実装を完了した。	○
	PEM 型ハイスループット実験方法の開発、アノード材料データベースの構築	ハイスループット実験方法を開発し、１００アノード＋MEA で１５条件のデータベースの構築を完了	◎
	高活性触媒の探索 Ir フリー(電流密度 2.5 A/cm² ・電圧 2.0 V 未満)	電流密度 2.5 A/cm² ・電圧 2.5 V 材料開発を達成。また Ir 低減する元素 3 種を特定。カソードの白金使用量は 0.114mg/W を達成	◎
	耐久性 1000 時間の達成	ハイスループット実験と MI により得られた材料の耐久試験を実施。劣化率０．１２％で２００時間は達成	△

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究では、TaC や WC といった高電圧・酸性環境に耐えうる新規材料を発見し特許化するとともに、マテリアルズインフォマティクス（MI）によりイリジウム使用量を大幅に低減する触媒を見出し、MI の有効性を実証した。さらに、独自に開発したハイスループット実験装置を用いて、PEM 型水電解アノード材料の世界初の大規模データベースを構築した。これにより、産業界・学術界が非貴金属アノード材料を選定する際の重要な指針となり、今後の材料探索の加速が期待される。今後の課題としては、触媒活性と耐久性のトレードオフを解消する材料設計、高精度な機械学習モデルの開発、新たな記述子探索、合成プロセスのスケールアップが挙げられる。これらを克服することで、長寿命かつ高効率な非貴金属アノード触媒を実機レベルで実装可能とし、PEM 型水電解装置のコスト削減と安定供給に貢献する。今後は企業と連携して実機試験を進め、開発した触媒を商用装置に搭載することで事業化を加速させる計画である。構築したデータベースおよび MI 技術は国内企業・研究機関に限定共有し、日本の R&D や水素供給網整備に資する知的基盤として活用する。これにより、イリジウム供給の海外依存リスクを低減し、持続可能な水素社会の早期実現に大きく貢献することが期待される。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	―	35	32

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	合計
１件	０件	４件	１件	６件

小項目（テーマ名）	アニオン膜型アルカリ水電解セルの要素研究と実用化技術の確立	達成状況	○
実施者名	国立大学法人山梨大学、パナソニックホールディングス株式会社 タカハタプレシジョン株式会社、日本化学産業株式会社、富士電機株式会社		

●背景・目的

水素の社会実装を実現するためには、低コストで大量に水素を供給できる技術の開発が急務である。水素製造技術として、再生エネルギーを水素に変換(グリーン水素)する水電解装置は最も有力な候補の一つとして挙げられる。

アニオン膜型アルカリ水電解装置は、アルカリ水電解の利点（貴金属触媒が不要、大規模化が容易）と高分子膜型水電解の利点（高電流密度が可能、再生エネルギー変動に対する応答性が高い、得られる水素が高純度）を併せ持ち、現在実用化が進められているプロトン膜型水電解膜装置に比べて高効率化と低コスト化を両立できる高いポテンシャルを持っている。しかし、これまで耐久性に優れるアニオン膜およびそれと組み合わせて高性能を発揮できる非貴金属系触媒がなく、水電解装置としてその利点と特徴が十分に発揮できていない。

本研究ではこの課題を解決してアルカリ水電解セルの高性能化と高耐久化を達成し、我が国の水素社会実現を見通すための基幹技術として大きく貢献することを目的とした。

●事業概要

アニオン膜型アルカリ水電解装置の要素研究と実用化技術の確立に取り組んだ。産学で共同しながら、アニオン膜型アルカリ水電解セルの重要課題である①アニオン膜・イオノマーの高性能化・高耐久化と量産技術、②非貴金属触媒の高性能化・高耐久化と量産技術、③アニオン膜型アルカリ水電解 MEA の設計と高性能化・高耐久化、④アニオン膜型アルカリ水電解セルの構築とスタック化の検討　を実施した。アニオン膜・イオノマー、非貴金属系触媒、それを組み合わせた膜電極界面・膜電極接合体の各々の成果を共同提案者全員で共有しながら進めるため、2 年間という限られた研究開発期間でありながら、効率よく課題を解決して目標を達成した。

●アウトプット目標

2030 年頃に 30 円/Nm^3 程度の水素コストを実現するため、アニオン膜型アルカリ水電解の要素研究を行い、以下の目標を達成する。

①アニオン膜・イオノマーの高性能化・高耐久化と量産技術

高アニオン導電率、機械強度、アルカリ安定性、気体透過性、水透過性、を併せ持つアニオン膜・イオノマーを開発する。また、本研究で開発するアニオン膜・イオノマーの量産技術と薄膜形成能の改善を行う。

②非貴金属触媒の高性能化・高耐久化と量産技術

現状の貴金属系触媒と同等以上の活性、耐久性を併せ持つ非貴金属系酸素発生触媒および水素発生触媒を開発する。また、本研究で開発する非貴金属系触媒の量産工程を確立する。

③アニオン膜型アルカリ水電解 MEA の設計と高性能化・高耐久化

本事業で開発されたアニオン膜・イオノマーと非貴金属触媒を組み合わせた MEA 構造の最適化を行い、電解性能としてセル電圧 1.7 V にて 2 A/cm2 の電流密度、1000 時間の耐久性を達成する。

④アニオン膜型アルカリ水電解セルの構築とスタック化の検討

アニオン膜型アルカリ水電解セルの大判化のための課題抽出を行う。また高温(～80℃)かつ低濃度のアルカリ環境(～1M KOH)、酸化雰囲気・還元雰囲気に耐えるセル構成を明らかにする。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
①アニオン膜・イオノマーの高性能化・高耐久化と量産技術	高アニオン導電率、機械強度、アルカリ安定性、気体透過性、水透過性、を併せ持つアニオン膜・イオノマーを開発する。また、本研究で開発するアニオン膜・イオノマーの量産技術と薄膜形成能の改善を行う。	アニオン導電性高分子およびその親水性酸化物複合膜を作製し、高アニオン導電率を達成した。高品質なアニオン膜・イオノマーの量合成(>400g/月)およびロール製膜(10m^2/月)を見通すこと	○

		ができた。	
②非貴金属触媒の高性能化・高耐久化と量産技術	現状の貴金属系触媒と同等以上の活性、耐久性を併せ持つ非貴金属系酸素発生触媒および水素発生触媒を開発する。また、本研究で開発する非貴金属系触媒の量産工程を確立する。	高活性なNiFeO系の酸素発生触媒および水素発生触媒の開発に成功し、その活性向上因子を明らかにした。それら触媒の量合成(>100g/日)を達成した。	○
③アニオン膜型アルカリ水電解MEAの設計と高性能化・高耐久化	本事業で開発されたアニオン膜・イオノマーと非貴金属触媒を組み合わせたMEA構造の最適化を行い、電解性能としてセル電圧1.7 Vにて2 A/cm^{2}の電流密度、1000時間の耐久性を達成する。	本プロジェクトで開発したアニオン膜・イオノマー・非貴金属アノード触媒を用いて高性能(1.7 V @ 2 A/cm^2, 2.5 V @ 10 A/cm^2)・高耐久(2000時間)なアニオン膜型水電解セルを達成した。触媒塗布方法を検討し、膜電極接合体(MEA)の大判化に成功した。	◎
④アニオン膜型アルカリ水電解セルの構築とスタック化の検討	アニオン膜型アルカリ水電解セルの大判化のための課題抽出を行う。また高温(～80℃)かつ低濃度のアルカリ環境(～1M KOH)、酸化雰囲気・還元雰囲気に耐えるセル構成を明らかにする。	中規模サイズのMEA/単セルの試作及び特性評価に成功した(1.755V@2A/cm^2)。更に中規模サイズMEAのスタック化を行い、単セルと同程度の性能を得ることができた。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本研究によって、優れた性能と耐久性を併せ持つアニオン膜・イオノマー、非貴金属触媒を得ることに成功し、それらの量合成を達成することができた。また、それらを用いて高性能・高耐久なアニオン膜型水電解セルを達成し、膜電極接合体の大判化やスタックでの性能も検証することができた。今後は、各材料やセルの更なる高性能化・高耐久化、MEAの大判化とスタック化に関する研究開発を継続するとともに、プロジェクト参画企業や関心表明企業などとの連携を一層深めながら、2030年以降の社会実装を目指す。

●期間・予算(単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	－	－	100	99

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
12件	12件	26件	0件	50件

3.3. 研究開発項目Ⅲ 燃料電池の多用途活用実現技術開発

小項目（テーマ名）	MEA 高速生産技術および検査技術の開発	達成状況	○
実施者名	株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス		

●背景・目的

燃料電池の社会実装を加速するためには、システム全体のコスト低減が不可欠であり、その中でも燃料電池スタックの製造工程の効率化が重要な課題です。特に、スタックの中核部品である MEA（膜電極接合体）の製造工程を短縮し、量産化に対応した低コストな製造技術の確立が求められています。当社はこれまで、NEDO 助成事業を通じて、CCM（触媒被膜膜）に片面サブガスケットフィルムを貼り合わせる新技術を開発し、従来比で製造工程時間を 1/10 以下に短縮する成果を上げてきました。しかし、最終的な量産体制に必要とされる技術は、CCM の両面にサブガスケットフィルムを貼り合わせ、さらに GDL（ガス拡散層）も両面に貼り合わせた MEA を製造するプロセスです。この高度な製造技術の確立により、MEA の製造原価をさらに低減し、燃料電池の普及拡大に貢献することが本事業の目的です。加えて、当社は当初、製造装置の開発・販売を事業方針としていましたが、装置需要が海外（特に中国）に集中している状況を踏まえ、日本国内の燃料電池産業の競争力維持の観点から、2021 年 9 月以降は装置販売を凍結し、国内での MEA 生産事業への転換を図りました。

●事業概要

本事業では、燃料電池スタックの中核部品である MEA（膜電極接合体）の量産製造技術を確立することを目的に、以下の技術開発を実施しました。

1. 製造プロセスの高度化

CCM 両面へのサブガスケットフィルム貼合技術の開発

従来は片面のみの貼合技術でしたが、量産化に向けて両面貼合が必要となるため、精度・速度・安定性を兼ね備えた新たな貼合技術を開発。

GDL（ガス拡散層）の両面貼合技術の開発

ロール to ロール方式を用いて、CCM の両面に GDL を連続的に貼り合わせる工程を確立。これにより、工程の自動化とスループット向上を実現。

MEA の枚葉切り出し技術の開発

連続製造されたシート状の構造体から、1 枚ずつ高精度に MEA を切り出す技術を開発。

2. 品質管理体制の構築

インライン検査技術の導入

製造ライン上でリアルタイムに MEA の品質を検査できる技術を開発。欠陥検出や寸法確認などを自動化し、品質の安定化を図る。

品質マネジメントシステム（QMS）の開発

使用素材のロット情報、検査結果などをセル単位で管理できるシリアル情報管理システムを構築。トレーサビリティを確保し、信頼性の高い製品供給を実施。

3. 国内生産体制への転換

当初は装置開発・販売を事業方針としていたが、海外（特に中国）への技術流出による日本の競争力低下を懸念し、2021 年 9 月より方針を転換。NEDO の承認を得て、装置販売を凍結し、国内での MEA 製造事業の構築に注力。これにより、日本国内での燃料電池産業の基盤強化を目指す。

●アウトプット目標

MEA 生産性向上 ： MEA 1 枚辺り 7 秒以下の製造技術確立（現行の 1/10 以下）
品質管理 ： 工程毎に 1 枚毎の生産品質を製造装置内で検査する技術の確立

●目標に対する成果と達成度

（1）MEA 生産性向上（現行の 1/10 以下）

MEA の製造プロセスをロール to ロール方式で実現する事を可能とする技術を新たに開発した。これら検証においては、実用化されている最新材料を用いて実施するなど本研究が早期市場展開できる事を前提に実施した。生産性に関しては、7.0 秒/枚を達成し従来の枚葉加工タクト（150 秒/枚）と比較すれば生産性は

20 倍以上向上した。本事業で開発した成果の MEA を顧客評価において、初期特性、ショートスタック評価を完了しフルスタック評価フェーズに移行し早期事業化に向けた活動を実施中。
国内の触媒メーカ、アイオノマメーカなどの各種材料メーカおよび NEDO 助成事業の参画大学、組織とも連携し当社にて評価サンプル作成、量産検証向け検証を実施する体制の構築活動も並行して実施した。

（2）品質管理技術、MEA 検査技術の確立
工程毎に NG 品を下流工程に流品させない方式を確立すると共に MEA 欠陥、寸法検査技術確立した。現在、各設備での実証の中で検査データ含めての品質管理システムを開発した。

No,	研究開発テーマ	最終目標 (2023年3月末)	達成度	成果・状況
Ⅰ	4Layer MEA 製造装置の開発	① CCMとサブガスケット接合後の位置合せ精度、触媒層状態を検査する技術を確立しロールtoロール装置への搭載完了 ② サイクルタイム7秒/枚以下での生産検証完了 ③ 1枚毎の品質検査技術・品質確認完了	○	① 達成済み（搭載完了） ② 達成済み（5.0秒/枚以下） ③ 達成済み（良品率99%以上）
Ⅱ	5Layer MEA 製造装置の開発	① ロールtoロール方式で4LayerMEAとサブガスケットを貼り合せる装置の設計、製作を完了 ② サイクルタイム7秒/枚以下での生産検証完了 ③ 1枚毎の品質検査技術・品質確認完了	○	① 達成済み（設備導入完了） ② 達成済み（3.5秒/枚以下） ③ 達成済み（良品率99%以上）
Ⅲ	MEA ロールtoシート 製造装置の開発	① ロール状に作成されたMEAを1枚毎に高速でシート化する装置の設計、製作完了 ② サイクルタイム7秒/枚以下での生産検証完了 ③ 1枚毎の品質検査技術・品質確認完了	○	① 達成済み（設備導入完了） ② 達成済み（7.0秒/枚以下） ③ 達成済み（良品率99%以上）
Ⅳ	7Layer MEA 製造装置の開発	① 5Layer MEAとMPL付GDLの高速接合プロセスの検討完了 ② 7LayerMEA製造装置(5LayerMEA＋GDL接合)の設計、製作完了し検証を完了 ③ GDL接合前処理装置の検証完了	○	① 達成済み ② 達成済み（7.0秒/枚以下） ③ 達成済み（7.0秒/枚以下） ※良品率99%以上
Ⅴ	電池性能の確認	① 上記No,Ⅳ項の接合プロセスによる電池性能検証完了 ② GDL材料、結合材料違いによる電池特性への影響確認完了	○	① 達成済み（電池性能問題無し） ② 達成済み（課題抽出完了）
Ⅵ	QMSシステム開発	QMSシステムの検討、設計、製作完了	○	① 達成済み（設備導入・検証完了）

●課題と実用化・事業化への道筋
事業終了時の 2023 年時点では、水素関連への期待が高かったが 2025 年現在、燃料電池車・定置用 FC の普及が進んでいない中、安定した需要の確保が難しい状況である。当社として燃料電池関連事業は、今後ふるいにかけられて選別された有望な技術、水素の真の価値とは何かを見極めたうえで的確な対応を進めていき当社が取り組んでいる燃料電池以外含めた水素関連製品全体として本事業成果を活用しながら 2030 年度以後の事業化を目指す。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	112	170	139	―	―

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
35 件	0 件	0 件	0 件	35 件

小項目（テーマ名）	低コスト高効率化技術を用いた燃料電池システムによる多用途活用技術開発	達成状況	○
実施者名	株式会社 デンソー		

●背景・目的

SOFC は高効率な発電システムであることから、一次エネルギー削減や CO2 低減機器として期待されている。更に、PV(太陽光発電)、風力発電等の再エネの不安定さをカバーする調整力としても活用できることから、再エネ普及を後押しするポテンシャルも秘めていると考えられる。

しかしながら、まだ思うように業務用市場の拡大が図られていないのが現状であり、これは価格が高く十分な経済性が確保されていないことが、要因の一つであると考えている。

そこで、SOFC の更なる普及拡大を目的とし、コストダウン&高効率化技術開発を実施することで、更なる CO2 削減ができ、且つ経済性も確保した自立普及可能な SOFC システムを開発する事を目標とする。

●事業概要

① コストダウン技術開発
・コンポレイアウトと熱マネージメント最適化技術開発及び、リークレス保証技術開発で検査レス化

② 高効率化技術開発
・放熱ロス低減、燃料利用率の高精度化で発電効率向上

③ 実用化技術開発
・システムでの、発電性能、耐久品質確認と課題抽出

④ 多用途実用技術開発
・高効率価値提供による新用途構想における、実現に対する可能性の明確化

●アウトプット目標

・コストダウン：ユーザ取得価格 50 万円/kW 以下（投資回収年数 5 年以下）
・発電効率： 65%以上（水素・燃料電池戦略ロードマップ 2023 年 2 月）
・多用途活用の為の実現技術開発： 実証研究により、適用可能性、CO2 低減効果等を実証

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
発電出力(注 1)	AC4.5kW 級	発電出力 4.5kW を確認。	○
発電効率(注 2)	65%以上	モジュール熱マネ最適化及び、低圧損化等の施策を織り込むことで、65%以上を確認、目標達成した。	○
耐久信頼性(注 3)	＞9 万時間	時間耐久(5,000h)、異常停止繰返し評価(20 回)とも顕著な劣化傾向が無い事を確認し、外挿による耐久信頼性 9 万時間見込みが確認できた。	○
コスト(注 4) (ユーザ取得価格)	50 万円/kW ※本研究事業の目標としては、後述するコストダウンに対する取り組み項目の達成率 100%を目標とする。	CS 最適配置、配管などの付属部品の集約、また全面から輻射放熱経路を確保することで、高発電効率を発揮しつつ、小型化(50%以上減)を達成した。 工法低コスト化に向け、溶接継手溶融池の「輝度」を観測することにより、溶接判定ができる可能性を得た。	○
多用途実用開発	実証研究により、適用可能性、CO2 低減効果等を実証	バイオ発電適用：リン成分に対する課題抽出と対応方針明確化完了。適用可能性を実証研究にて明確化した。 電力融通：電力会社、地方自治体と評価体制構築完了。実証評価にて適用可能性明確化、CO2 削減効果試算完了した。	○

注 1：耐久評価前初期性能 注 2：AC 出力/LHV ベース。補機動力損失と電力変換損失を除いた耐久評価前初期性能。注 3：初期性能 10%低下する時間　注 4：数十 MW/年生産時の試算ベース

●課題と実用化・事業化への道筋

SDGS などの啓蒙活動により、低炭素化やカーボンニュートラル(CN)の機運が盛り上がり、顧客側にはカーボンニュートラルにならない都市ガス機器の導入に消極的な状況も見受けられるも、実際には CN ガスの入手は困難な状況である。

そのような状況下で、先行企業に於いて業務用燃料電池の市場拡大が模索されているが、やはりその普及速度は相変わらず遅く、自立普及状態にあるとは言えない状況である。これは顧客に対し適した経済的メリットを訴求できない普及初期では、カーボンニュートラルなどのコスト以外の付加価値の必要性を示している。

SOFC の CN 燃料使用時における嬉しさとしては、高い CN 燃料（e メタン、バイオ燃料、水素）を効率よくエネルギーに変換でき、ランニングコスト低減が期待できる（発電効率、高い熱効率（水素等））こと、ゼロエミッション、種々の燃料を混合して利用できる等のメリットにより、CN 燃料が不透明な状況において期待が持たれている。

事業化に際しては、コストだけでなくカーボンニュートラル燃料の普及や、ガスエンジン等に対するエミッション規制強化、データセンター等の電力供給ひっ迫などの市場環境の変化を慎重に見極めてゆくことが重要であり、今後は、コストダウン活動の継続実施のみならず、大規模需要に対応可能な大出力化や更なる用途拡大、また、トランジション期間に最適な水素都市ガス混合燃料対応等も視野に入れていく必要がある。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	２００	２００	２００	１７５	１７３

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
6 件	0 件	0 件	1 件	7 件

小項目（テーマ名）	高信頼性炭化水素系補強電解質膜の低コスト・革新的生産技術開発	達成状況	○
実施者名	東レ株式会社		

●背景・目的

2030 年以降の燃料電池自動車の自立的な普及拡大に向けて、高品質な燃料電池スタックを大量かつ適切なタイミングで供給することが不可欠である。その実現には、燃料電池スタックや MEA の性能を左右する重要な構成材料である電解質膜について、低コストかつ大量生産が可能な製造プロセスの開発が求められている。

東レでは、2013 年より NEDO 事業の支援を受けながら「高信頼性炭化水素系電解質膜」の開発および、その実用化技術の確立に取り組んできた。また、大型・商用モビリティ用途においては、電解質膜に長期耐久性が求められることから、補強材を適用した「炭化水素系補強電解質膜」の自社開発を進めてきた。この補強電解質膜の実用化技術の確立は、今後の普及拡大に向けた重要な課題となっている。

●事業概要

自社で開発した「炭化水素系補強電解質膜」は、低ガス透過性・高耐久性・高温作動性に優れる。本事業では、この電解質膜の量産化を見据えた実用化技術の確立を目指す。具体的には、2030 年以降の普及拡大を見据え、現行比 10 倍の生産性（年間 20 万 m²以上）を実現する製造・品質管理技術を確立し、実証膜による膜性能の検証を行う。さらに、2035 年以降の大量普及期を見据え、「炭化水素系補強電解質膜」の高温発電性能および耐久信頼性のポテンシャル評価を実施する。

●アウトプット目標

【開発項目 1】低コスト・革新的生産技術の開発・実証

最終目標： 補強膜生産性：年間 20 万㎡以上の見通しを得る

【開発項目 2】発電性能と耐久信頼性の両立

最終目標： 生産性を実証した膜で、図表２①～③の性能達成

【開発項目 3】高温発電性能と耐久信頼性のポテンシャル検証

最終目標： 生産性を実証した膜で、図表２①～②の性能達成

●目標に対する成果と達成度

【開発項目１】低コスト・革新的生産技術の開発・実証

① 製造プロセス技術（ポリマー生産技術）開発
専用の精密重合/精製設備の設計・導入設備が完了した。
スケールアップ前後での諸物性が基準内であり、目標を達成した。

② 製造プロセス技術（製膜生産技術）開発
東レの製膜技術、精密塗布技術を駆使し、広幅・増速が可能な設備の設計・導入が完了した。
スケールアップ前後での諸物性が基準内であり、目標を達成した。

【開発項目 2】：発電性能と耐久性の両立（図表 1）

① 初期発電性能
基準膜である NafionHP（0.24V@0.9A/c ㎡）以上の発電性能を示し、目標を達成した。

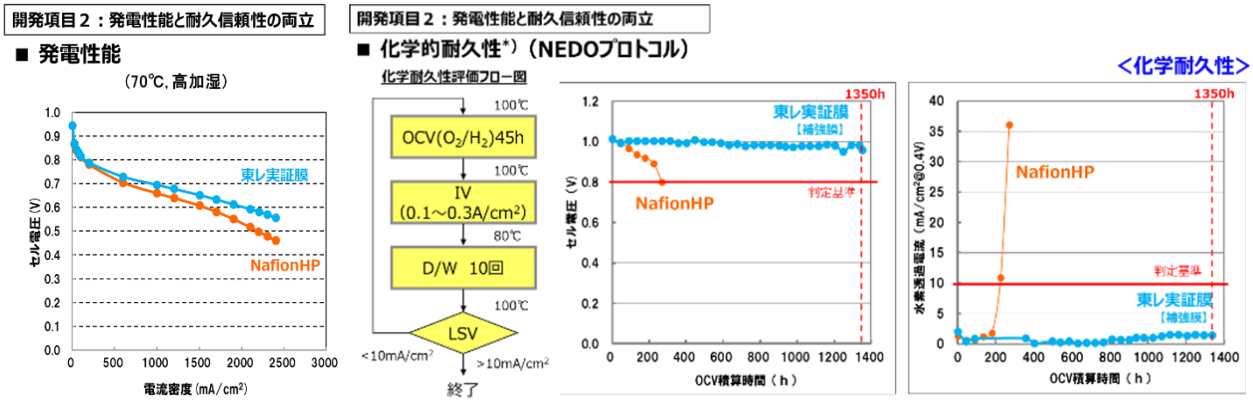
② 機械的耐久性
過酷な乾湿サイクル評価にて、目標の耐久性を達成した。

③ 化学的耐久性
基準膜（NafionHP：225 時間）以上の化学耐久性を示し、目標を達成した。

【開発項目 3】：高温発電性能と高耐久信頼性のポテンシャル実証

基準膜以上の高温発電性能を示した。また、高温化学耐久性も基準膜（NafionHP：150 時間）の 6 倍である、900 時間の高温化学耐久性を示し、目標を達成した。

図表１　初期発電性能と化学耐久性



図表２　研究開発項目の達成結果

項目	最終目標	成果	評価
開発項目 1 低コスト・革新的 生産技術の開発・実証	補強膜生産性：≧年間 20 万㎡ ①ポリマー生産技術 重合 10 倍スケールアップ ②製膜生産技術 補強製膜 10 倍スケールアップ	①、②とも目標の スケールアップが完了。 目標生産性を達成	○ ○ ○
開発項目 2 発電性能と 耐久信頼性の両立	①初期発電性能 基準フッ素膜以上 ②化学的耐久性 基準フッ素膜対比 6 倍以上 ③機械的耐久性 基準フッ素膜目標の 6 倍以上	①～③の全ての項目で 生産性実証膜において 最終目標を達成	○ ○ ○
開発項目 3 高温発電性能と 耐久信頼性の ポテンシャル検証	①高温作動化 基準フッ素膜以上 ②高温化学的耐久性 基準フッ素膜対比 6 倍以上	①～②の項目で 生産性実証膜において 最終目標を達成	○ ○

●課題と実用化・事業化への道筋

東レ G では、水素製造、輸送・貯蔵、利用（本事業）の全てで、幅広く基幹素材を開発し、カーボンニュートラル社会を実現していく計画である。市場展望は、今後は、乗用車用途だけでなく、大型・商用モビリティ（HDV：トラック、船舶、航空機用途等）への展開に向けて、電解質膜の更なる耐久性の向上、2030 年以降の高温作動化への対応が必要になると考えている。本事業の研究開発成果を、東レ 100%子会社のドイツ・Greenerity 社（MEA メーカー）も含めて、燃料電池用途へ販売を進めていく計画である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	84	116	45	―	―

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	高耐久空冷式燃料電池システムの開発	達成状況	○
実施者名	日清紡ホールディングス株式会社		

●背景・目的
当社は、独自に開発した高耐久空冷式燃料電池スタックを基盤に、2030 年以降に普及が見込まれる燃料電池の多用途展開に貢献するシステムの開発を進めている。従来の水冷式に比べて簡素・小型・低コストである空冷式は多様な用途に適しているが、耐久性が課題とされてきた。当社は材料技術を活かし、セパレータ流路や MEA の改良により、従来比 2 倍以上の耐久性を実現しており、システム開発を行うことで、小型用途での実用化と市場拡大を目指す。

●事業概要
本事業では、空冷式燃料電池システムの多用途展開に向け、出力・制御・重量などの仕様定義から設計を行った。ハード面ではスタックやボンベサイズ、水素・空気制御などを考慮し、可搬型プロトタイプを開発した。ソフト面では用途に応じた運転プロトコルを設計し、特に蓄電池の SOC に応じた燃料電池の ON/OFF 制御を想定し耐久性向上を図った。OFF 時間の短縮も重要であり、これら設計を通じて実用性の高いシステムの試作・評価を行った。

●アウトプット目標
空冷式燃料電池システムのプロトタイプ品を試作し、「実運転に対して 10 倍の加速耐久サイクル試験」3000 サイクル後の発電性能を測定する。初期値の 60%以上の発電性能維持（製品寿命 20,000 時間以上に相当）を達成する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	開発目標	成果	評価
1．プロトタイプシステムの設計・試作・評価	空冷式燃料電池システムのプロトタイプ品を試作し、「実運転に対して 10 倍の加速耐久サイクル試験」3,000 サイクル後の発電性能を測定する。初期値の 60%以上の発電性能維持（製品寿命 20,000 時間以上に相当）を達成する。	プロジェクト期間中にプロトタイプシステムの設計開発サイクルを 2 回まわした。 2 回目に試作したプロトタイプシステム B を用いた加速耐久サイクル試験は、3,000 サイクル（20,000 時間相当）に到達、発電性能は初期値の約 94%となり目標を達成した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋
実用化・事業化に向けては、大きく分けて以下 2 つの用途を想定している。
① 小型移動体用途：フォークリフト、モビリティ、自動搬送ロボット等の電源
② 非常用・可搬用途：工事現場、イベント会場、アウトドア、災害現場、無線基地局等の電源
2030 年の水素・燃料電池市場の本格普及に合わせて、2028 年以降の本格量産移行を想定し、本プロジェクトで開発したプロトタイプシステムを積極的に顧客へ提供し、システムの製品化と実用化の検討につながるようマーケティング活動を継続している。
しかしながら、当社空冷式燃料電池システムに興味を持っていただける顧客は確認されたが、製品化・実用化検討につながっていない状況である。小口の水素供給インフラが確立していないことや、水素や燃料電池の導入価格障壁、競合製品であるバッテリの低価格などが課題・要因であると分析している。
引き続き、水素・燃料電池事業に積極的な顧客と連携し、課題への対応に取り組む所存である。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	12	34	24	12	--

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	多用途展開可能なクラウド対応型燃料電池（ FC ）発電モジュールの開発	達成状況	○
実施者名	株式会社 豊田自動織機		

●背景・目的

脱炭素の有力な手段の一つとして燃料電池が注目されている。しかし、市場規模が比較的小さい中低出力領域製品は、自社製品の FC 化にかかる開発費用や製品価格の上昇などの懸念により各社展開方法を模索している状態である。そこで、各社の開発費用、製品価格の低減に貢献できる「クラウド対応型 FC 発電モジュール」を開発し、アプリケーションメーカ各社に供給できるようにすることで中低出力領域製品の脱炭素化に貢献する。

●事業概要

中低出力領域製品の FC 化を加速し脱炭素に貢献するため、多用途展開可能な「クラウド対応型 FC 発電モジュール」を開発する。開発した FC 発電モジュールを異なる用途（移動体および非常用電源用）の製品に搭載し実証試験を行うことにより多用途展開への有用性や課題の見極めを実施する。

また、 FC 発電モジュールに遠隔起動・停止や運転データ取得が可能なクラウド機能を付加することにより、アプリケーションメーカの新規ビジネス創出を支援し多用途展開を加速できるようにする。

●アウトプット目標

①クラウド対応型 FC 発電モジュールを開発する。

②用途の異なる 2 種類のアプリケーション（移動体と非常用定置型電源）に FC 発電モジュールを搭載し実証試験を通じて多用途活用における有効性の確認及び課題抽出を行う。

●目標に対する成果と達成度

①クラウド対応型 FC 発電モジュール開発状況

項目	最終目標	成果	評価
FC 発電モジュール構成	冷却系、蓄電装置、水素タンク別体型	←	○
クラウド対応	遠隔モニタ、遠隔起動対応	←	○
発電電圧電力	DC300V～DC400V	←	○
発電電力	50kW	←	○
最低動作温度	-20℃（別ヒータ不要）	←	○
寿命	20,000H 以上（見込み）	←	○

当初設定した目標をすべて達成済み

②実証試験状況

実施項目	最終目標	成果	評価
移動体搭載	移動体での稼働とクラウド経由での稼働データ取得の確認	←	○
	耐久性 20,000H 以上（見込み）（移動体の負荷パターンにて）	←	○
非常用定置型電源搭載	非常用発電システムでの稼働とクラウド経由での遠隔起動・停止の確認	←	○
	耐久性 20,000H 以上（見込み）（定置型の負荷パターンにて）	リフレッシュ運転制御を導入し目標を達成	○

開発したウラウド対応型 FC 発電モジュールを移動体及び非常用定置型電源に搭載した実証試験を実施し、それぞれのアプリケーションとしての問題ない稼働と十分な耐久性が見込めることを確認した。

特に、非常用定置型電源に関しては最大電力での発電時間が長く、当初の運転制御方法では早期の FC スタック劣化が認められたため、新たにリフレッシュ運転制御を導入して十分な耐久性確保が可能となった。

●課題と実用化・事業化への道筋

今回の研究開発を通じて以下の課題が明らかとなった。

課題		今後の対応
項目	内容	
アプリケーション毎の運転条件最適化	長寿命化のためにアプリケーション毎の発電パターンに対する運転制御の最適化が必要	シミュレーションによる各種発電パターンの寿命予測技術を確立し最適制御方法を開発
安定した水素供給の実現	移動体：水素配送車による配送実績から、様々な規制に対応した届出等が必要  定置型：常用電源化を見据えたパイプライン供給等が必要	規制緩和への取り組みも含め、各種関連協議会等に参画し取り組む

事業化については、研究開発成果のプレス発表等を通じて事業化にご協力いただけるアプリケーションメーカ様を探索したが、残念ながら事業化見通しを立てることができなかった。各メーカ様は自社製品のFC化への対応の必要性は感じているが製品化の時期に関しては、安定した水素供給インフラの整備の目途がつく時期を見極めてからにしたいとの思いが強いことが分かった。

開発したクラウド対応型50kWFC発電モジュールの早期事業化に向けて技術面の課題解決に加えて、水素供給に対する課題の解決に向けての取り組みを継続し、アプリケーションメーカ様の探索を継続していく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	57	217	149	36

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
6件	0件	0件	0件	6件

小項目（テーマ名）	燃料電池システムを搭載した油圧ショベルの研究開発と実証検証	達成状況	○
実施者名	コベルコ建機株式会社		

●背景・目的

国のグリーン成長戦略にて建設施工分野において 2050 年カーボンニュートラル達成には革新的建設機械の普及が必要とされている。小型の油圧ショベルはすでにバッテリ電動ショベルが市販されつつあるが、稼働時間の長い中大型機は大容量バッテリの搭載、重量増、充電時間の長さがネックで普及していない。その点で燃料電池ショベルの燃料である水素は軽量で充填時間が短い、とバッテリの課題を解消できる可能性があり、開発に取り組んできた。

●事業概要

・燃料電池ショベルのシステム設計、機器選定、目標冷却性能の算出
・ベンチ試験装置の設計・製作と評価
・燃料電池ショベル試作機の基本計画と詳細設計、実機試験
・燃料電池ショベル評価環境、水素充填設備整備
・展示会への出展、技術のアピール

●アウトプット目標

1. 通常油圧ショベルと比較し遜色なく掘削作業が連続して実施できること
2. 水素消費量等の定量把握を行うこと
3. 燃料電池ショベルの動力制御システム、冷却システム、耐環境を考慮した実装技術の確立

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．連続掘削作業	エンジン式と遜色ないサイクルタイム、掘削力、操作性の確立	遜色ないことを確認 さらに低騒音も達成	◎
2．水素消費量等の定量把握	電力制御、水素消費量の定量把握	計画通りであることを確認。	○
3．燃料電池ショベルの開発技術確立	動力制御、冷却システム、耐環境を考慮した実装技術確立	上記作業に耐えうるレベルの技術は確立。さらに信頼性向上必要	△
4．展示会等での技術アピール	水素社会実現に向けた取り組みと課題について発信する	実機展示２回、パネル、動画による紹介６回、機械学会記事投稿	○

●課題と実用化・事業化への道筋

【今後の計画】



・引き続き社内での機能試験を実施　データ積み増しを行う
・2026 年頃より社外での実証試験への参加を計画中
・2030 年以降に製品化を目指す

【実用化・事業化に対する今後の課題】

・稼働時間の延長と機体のコンパクト化

・法規整備と規制緩和
　開発、評価、運用面において障害となっている
　下記に記載の水素供給含め水素を利用する燃料電池ショベルを通常建機と同様運用するには

法規整備、規制緩和が不十分で、現時点課題が多数あり。
社外実証等を通じてさらに課題抽出していく
他の産業機械にも共通する課題であり、JH2A 等を通じて働きかけしていく。

・水素供給課題
水素 ST まで自走できない建機への水素の輸送手段、現場での充填方法が確立していない
社外実証等を通じて関係する企業と課題を共有、対策を検討していく
法規制の問題も影響

・コストの課題
燃料電池ショベル自体が特別設計品ゆえの高価格、また燃料となる水素もまだ高価ゆえ
普及には初期費用、運用費用ともに課題あり。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	49	102	23	81

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
16 件	0 件	4 件	9 件	29 件

小項目（テーマ名）	商用運航の実現を可能とする水素燃料電池船とエネルギー供給システムの開発・実証	達成状況	○
実施者名	岩谷産業株式会社、関西電力株式会社 （再委託先等：国立大学法人東京海洋大学、株式会社 名村造船所）		

●背景・目的

政府は2050年までに温暖化ガス排出「実質ゼロ」を目指しており、船舶分野でもゼロエミッション船の導入が求められている。特に水素燃料電池船が注目されているが、本事業開始時において国内での商用運航例はなく、設計・安全基準や燃料供給インフラの未整備、経済性の課題が普及の障壁となっている。本事業では内航船を主対象とし、商用化にかかる課題を解決し、水素燃料電池船の普及促進に貢献することを目的とする。

●事業概要

本事業では、水素燃料電池とリチウムイオン電池を組み合わせたハイブリッド内航船の建造と、水素・電気バンカリング施設の建設を行う。将来的な複数船運航も見据えたトータルエネルギーマネジメントシステムや運用管理の仕組みを開発し、船体構造・バンカリング施設の設計や運用に関する基準・ガイドラインの整備も進めることで、商用化に必要なインフラと技術の確立に貢献する。

●アウトプット目標

主なアウトプット目標を３点に集約し、以下に記す。

・船体構造､インフラ施設､エネルギーマネジメントを設計・建造・実装するとともに、実証試験の実施を行ない、運用コスト試算等を行なう。
・詳細設計書や安全運航マニュアルなどの関連ドキュメントを作成し、必要な機関に提出する。
・実証運航結果も踏まえ、経済的運航や複数隻運航に関する指針を示し、モデルケースを提案する。

●目標に対する成果と達成度

下表のとおり、実施項目ごとに最終目標と成果を整理する。

実施項目	最終目標	成果	評価
１．トータルエネルギーマネジメントシステム	可視化システム構築・実装と、商用運航時の運用コスト試算の実施	消費エネルギー可視化システム、エネルギーマネジメントシステムを構築・実装するとともに、運用コスト試算を行なった。	○
２．インフラ	水素･電気バンカリング施設を建設し、運用マニュアルを完成	予備試験等に基づき、2023年度までにバンカリング施設を建設完了し、運用マニュアルを完成し、認証機関に提出した。	○
３．船体構造	内航旅客船を建造し、詳細設計書や各種マニュアルを作成	詳細設計を行ない、船舶の建造を完成させ、要件緩和も含め安全ガイドラインへの適応を確認した。必要なマニュアルを整備し、認証機関に提出した。	○
４．実証運航	試験運航による運航データの取得と経済評価・モデルケースの提案	運航により船舶消費エネルギー等のデータを取得し航続距離・時間を導出するとともに、将来的に望まれるバンカリング方法や経済的運航のための指針・モデルケースを提示した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

水素燃料電池船の普及､商用運航の拡大や、バンカリングの改良･改善に向け、実証運航の状況や運航者目線での課題も踏まえ、さらに継続して確認すべきと現段階で想定される事項を以下に記す。

＜さらなる実証項目(例)＞

① 継続した実証運航

建造した船を用いて実証運航を継続し、運航データの蓄積を行うことで、商用運航に資するデータを取得する。運航実績を重ねることで、船舶の維持償却費、船員費、燃料費、店費といった運航コストに加え、船舶推進システムの耐久度・安全性などを確認する。運航データは随時、修得は可能であり、一定期間ごとの機器の損耗度や電気推進システムのエネルギー効率等を比較し、将来の運航やメンテナンス周期の検討材料として活用する。

② 水素充填における条件変更

現状の充填条件を変更して、船舶への充填を行なう。充填条件を変更することで、今後増えてくることが予想されるＦＣ大型モビリティへの充填方法の知見を得るとともに船舶への最適な充填スピードを確立し船舶の稼働率向上に寄与できる。

③ 港湾施設の密集環境でのバンカリング検証及び水素燃料電池船の挙動・安全性評価

複数のふ頭・岸壁が密集している地域で水素のバンカリングを行なう。移動式水素ステーションの運用も視野に、海･陸に跨る法規制への対応や、限られたスペースでの水素バンカリング作業の安全性・効率性を評価する。

④ 市民参加型の社会実装検証

水上移動の利用者が多いエリアで、一般市民を対象とした乗船を通じて、社会的受容性のデータを取得する。水素船の普及に向けて、水素船に対する社会的受容性や課題（安全性、利便性、費用等）を明確化し、今後の普及活動に活用、改善策を立案する。

⑤ 深刻な機関士不良への検証

船舶間通信によるTEMS（トータルエネルギーマネジメントシステム）を発展させ、モニタリングシステムを構築し実証する。水素燃料電池船は電動機、電力変換器、リチウムイオン２次電池や燃料電池など一定期間保守点検が不要である製品や部品で構成されているためメンテナンスフリーで運用もやさしく、モニタリングシステムを用いた高度船舶管理システムを搭載しやすい。現在は機関士が各船に乗船しているが人手不足で機関士を確保できない運航会社も出てくる恐れがある。本船の継続運航を通じ、陸上で機関士が一人で(数隻の)船舶を監視・管理できることを立証でき、規制緩和が認められれば、深刻な内航船機関士不足に貢献できる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	37	231	257	186

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
3 件	0 件	1 件	0 件	4 件

小項目（テーマ名）	燃料電池搭載農業用トラクタの実用化に向けた実証研究	達成状況	○
実施者名	株式会社クボタ （再委託先等： 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 茨城県農業総合センター農業研究所 愛知県農業総合試験場）		

●背景・目的

当社は、2021 年公表の「環境ビジョン」で掲げた 2050 年カーボンニュートラル実現に向け、機械の動力源に関する脱炭素化の取り組みとして、バッテリーを使用した電動化のみならず、水素燃料電池利用による電動化、水素やバイオ燃料、合成燃料を燃料とするエンジンなど、全方位の研究開発を進めている。世界各国でカーボンニュートラルの動きが加速する中、当社はバッテリー式の小型電動トラクタ・建設機械を開発し、市場投入した。しかしながら、当社が網羅する農機・建機のシリーズは多岐にわたり、各シリーズに適した出力を得るための技術の一つとして、エネルギー密度でバッテリーよりも優位性のある水素燃料電池に着目し、FC トラクタの開発も進めている。

●事業概要

(1)燃料電池搭載農業用トラクタ開発

・トラクタ特有の負荷特性や搭載環境に対応した、燃料電池・電動システムを新たに開発する。
・それらシステム機器を搭載した、ディーゼル機と同等性能を有する燃料電池トラクタを開発する。

(2)農村部での実証試験の実施

・本格的なトラクタ作業(耕耘、肥料散布、草刈、牽引・運搬など)を通して、作業適合性を評価する。
・農村部での水素供給方法や必要なインフラなどを、経済性や法規制なども含めて検討・提案する。

●アウトプット目標

・国内圃場の実作業で燃料電池トラクタの実証試験を実施し、国内農業への適合性評価を完了する。
・製品化に向けた課題抽出と対策立案、および、実証試験結果の報告を完了する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．実証試験実施＆適合性評価	国内圃場の実作業で実証試験を実施し、ディーゼルエンジントラクタ(従来機)と同等以上の作業性能が得られることを確認する。	・走行、作業性能において、従来機と遜色なし。 ・騒音レベルについては、従来機との比較で高い静音性を確認。	○
2．課題抽出＆対策立案	製品化に向けた課題抽出と対策立案、および、実証試験結果の報告を完了する。	・インフラ面、法規制面、技術面の 3 点で課題を抽出し、対策を立案。 ・2025 年 7 月の成果報告会にて実証試験の結果を報告完了。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

(1)課題

(i)インフラ面の課題

・簡易式水素充填を農家で実施することは、高圧水素を扱うことへの心理的ハードルが高く、設備導入も必要になる。また、充填圧も 35MPa に限られる。
・70MPa 移動式水素充填車の導入には電源などのユーティリティーや、A 種接地工事が必要となる。

(ii)法規制面の課題
・ UNR134/GTR13 の認証を取得した水素タンクを農機などの特殊自動車に適用する場合、特別充てん許可取得が必要になる。そのため、自動車用水素タンクが自治体の許可なしではトラクタに搭載できない。
・道路運送車両の保安基準の細目を定める告示別添 100 と UNR134/GTR13 の技術基準が異なる。具体例として、別添 100 では排気ガス中に含まれる最大水素濃度が 4vol%である一方、UNR134/GTR13 では任意 8vol%、連続 3 秒平均 4vol%となっている。そのため、自動車用 FC や水素タンクを搭載したトラクタでは公道走行ができない。

(iii)技術面の課題
・さらなる稼働時間の確保が必要であり、水素搭載量増加のための搭載スペース確保が必要である。
・製品レベルの耐久性・信頼性の検証が必要である。

(2)実用化・事業化への道筋
(1)で挙げた課題の解決に向けて、今後実施する項目を以下に記載する。

(i)インフラ面の課題解決に向けて
様々なサプライチェーンの皆様の協力を得つつ、社会実装を目指した実証等の取り組みを検討する。

(ii)法規制面の課題解決に向けて
水素バリューチェーン推進協議会(JH2A)やパートナー企業・関係各所と協力し、規制緩和に向けた働きかけを行う。

(iii)技術面の課題解決に向けて
社内試験・実証試験を通して継続的な研究開発を実施する。

以　上

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	7	77	44	20

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
8 件	0 件	7 件	1 件	16 件

小項目（テーマ名）	港湾荷役機器ラバータイヤ式門型クレーンの水素駆動化（水素燃料電池の採用）開発事業	達成状況	○
実施者名	株式会社三井 E&S		

●背景・目的

以前より、コンテナターミナルでは港湾荷役機器から排出される二酸化炭素やディーゼル排気ガス中の有害物質が問題視されている。港湾荷役機器のラバータイヤ式門型クレーン（以下、RTGC）はディーセルエンジンの排出ガス規制適用品やリチウムイオン蓄電池を併用したハイブリッドシステムの採用による省燃費化で対応してきた。更に近年では、米国ロサンゼルス・ロングビーチ港（以下、LA・LB 港）にて 2030 年までに港湾の排出ガスをゼロにするクリーン・エア・アクション・プランの推進、国内では国土交通省がカーボンニュートラルポートの形成を推進している。これらの実現には、港湾荷役機器のゼロエミッション化が不可欠である。

●事業概要

RTGC の水素駆動を実用化するため、燃料電池（以下、FC）を用いた発電装置とリチウムイオン蓄電池の出力バランスを最適化し、出力、寿命、設置スペースの全てにおいて、要求を満たすドライブシステム（駆動系）の技術開発を行う。

●アウトプット目標

・従来ディーゼルエンジン発電機セットで駆動していた RTGC を FC による電力で駆動する構成に変換し、当社工場設備を用いて従来 RTGC と同等の荷役能力を発揮できることを実証する。
・従来の自家用車や家庭用とは異なる分野において FC を多用途展開する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1．RTGC の水素駆動化	従来 RTGC と同等の荷役能力を発揮できること	従来 RTGC と同等の荷役能力であることが確認できた	◎
2． FC の多用途展開	RTGC の駆動装置としての利用	RTGC の駆動装置として利用できることが確認できた	◎

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業により、水素駆動化した RTGC が従来 RTGC と同等の荷役能力を発揮できることが確認できたため、事業終了直後の 2023 年 4 月に水素駆動化 RTGC の販売を開始した。
米国 LA・LB 港では 2030 年に排出ガスをゼロにするクリーン・エア・アクション・プラン（ゼロエミッション化）が推進されており、2030 年以降、ディーゼルエンジン発電機セットを搭載した RTGC の使用が禁止される予定である。同規制を踏まえ実施した LA・LB 港の港湾運営者との意見交換においても、各社水素駆動 RTGC の導入の検討を開始しており、今後水素駆動 RTGC の需要が見込まれる。RTGC のゼロエミッション化には、水素駆動化とは別途 RTGC を陸上電源から給電する技術は存在しているものの、LA・LB 港では給電設備を設置するスペースに制約があり、系統電源設備の能力不足を解消するための投資が巨額になるといった問題を抱えている。このため、荷役機器の水素駆動化が求められており、本実証に続いて、LA 港にて水素駆動化した RTGC、トップリフタ、ヤードトラクタを実際の商業荷役に投入し、稼働実証実験を実施している。
2030 年の RTGC のゼロエミッション化の規制到来に伴い、2027 年度以降は LA・LB 港において、従来のディーゼルエンジン発電機セットを搭載した RTGC の水素駆動化 RTGC への代替需要が加速すると考えられる。LA・LB 港では現在、ディーゼルエンジン発電機セットを搭載した RTGC が約 180 機程度稼働している。発注台数や仕向地（輸送距離）にもよるが、水素駆動化 RTGC の受注から引き渡しまでのリードタイムを考慮すると、2030 年の規制到来までに RTGC を水素駆動化する為には、2027 年度以降に発注が増加すると考えられる。加えて、LA・LB 港以外の米国港湾においても、LA・LB 港に追随して RTGC の水素駆動化が進むと想定される為、2030 年度以降は LA・LB 港以外の米国港湾からの発注も見込まれる。
国内においては東京港、横浜港でディーゼルエンジン発電機セットを搭載した RTGC を FC パワーパックに換装し、水素駆動化させて実環境下での荷役実証実験を実施した。

米国及び国内における RTGC の水素駆動化実証の実績を持って、諸外国および国内における RTGC の水素駆動化の需要を掘り起こし、販売台数の拡大に繋げていく。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	12	49	-	-

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	高圧水素タンク及びＭＥＡの全数高速検査を実現する革新的Ｘ線検査技術の開発	達成状況	○
実施者名	東レ株式会社 （再委託先等：国立研究開発法人産業技術総合研究所）		

●背景・目的

我が国はエネルギー供給の安定化、地球温暖化対策、産業競争力強化という課題解決のため、水素社会の実現を国家戦略として位置付けている。エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ、水素基本戦略等により、水素エネルギーの社会実装が強調されている。ＦＣＶやエネファームの商用化は世界に先駆けて達成したが、今後の普及拡大には燃料電池の性能向上、低コスト化、生産性向上、安全性・耐久性強化などの技術課題が残る。水素タンクや膜電極接合体（ＭＥＡ）等の大量生産に対応した品質管理・検査技術の確立が不可欠である。

●事業概要

本事業は、先導研究で確立した高解像度 X 線検出器を基盤とし、高速・連続生産ラインに実装可能なインラインＸ線検査技術へと進化させることを目的とする。これにより、水素タンクライナーや燃料電池、さらには水電解・水素圧縮に用いられるＭＥＡを短時間かつ高精度で検査し、製造プロセスにおける品質管理・検査技術の高度化を実現する。最終的には、燃料電池市場の拡大と水素社会構築、産業競争力強化に貢献する。

●アウトプット目標

・水素タンクライナー接合部を６分／本※以下で欠点検査できる高精度検査技術を開発する。
・ＭＥＡや構成部材のカーボンペーパー(ＣＰ)を１秒／cell 以下相当で金属異物検査できる高精度検査技術を開発する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．高解像度Ｘ線シンチレータの開発	セル方式シンチレータにて、隔壁幅 10μm 以下、従来比輝度 20%増、X 線耐性向上(輝度低下 1/3 以下)	隔壁幅 7μm、輝度 120～125%、大量 X 線照射後の輝度低下 1/10 以下を達成。	○
２．小型ライン検出器の開発	外形φ30mm 以下のセンサーを開発し、試作機作成。	外形φ30mm 以下のセンサーを設計・試作完了。	○
３．高速処理システムの設計	検査システムの検討・設計 画像処理検討	検査システムを設計実施。 AI 含め画像処理法を設計。	○
４．タンクライナー接合部検査の実証機開発と検証	実証機を設計・設置し検証。 検出対象を 6 分/本以下※の検査速度で検出達成。 ※タンクライナーはφ500mm 以下で胴回り 1 周分の接合部を持つ。検出対象：ボイド 300×50μm 以上、異物 300μm 以上。	実施項目１～３の開発成果を用い、実証機を設置。検証により、検出対象を 6 分/本以下で検査可能であることを確認。	○
５．ＭＥＡ、ＣＰ検査の実証機開発と検証	実証機を設計・設置し検証。検出対象を MEA 1 秒／cell※相当の検査速度で検出達成。 ※MEA、CP を 25m/min の移動速度で検査。検出対象：30μm の Al・64Ti・SUS。	実施項目１・３の開発成果を用い、実証機を設置。検証により、検出対象を 1 秒／cell 相当の速度で検査可能であることを確認。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

２０３０年以降の自立的な普及拡大期（ＦＣＶ累計８０万台）を見据えて、水素タンク製造工程に必要な検査時間６分／本以下、およびＭＥＡでは１秒／ｃｅｌｌ以下の高速検査技術の確立に取り組み、目標を達成した。また、社会実装に向けて、検査コストも重要であり、導入設備を想定した概算検査コストも試算した。

＜水素タンクライナー接合部検査＞

課題：

本事業では特定のタンクライナー設計を前提に目標設定しているため、各社設計に合わせた検査装置のカスタマイズが必要。

今後の活動：

複数の自動車メーカー様やタンクライナーメーカー様に開発技術を紹介済み。検査コストは本事業の前提タンクライナーで 300 円/本以下の試算であり、開発技術含めて概ね好意的な反応をいただいた。また、実証機を用いることで、タンクライナーの新規設計・変更・製造プロセス検討時の欠点情報取得への協力を提案した。

昨今のＦＣＶ市場動向を鑑みて検査装置の新規導入に慎重となる時期であるため、実証機を用いて欠点検査の必要性をご確認いただき、製造ラインへの検査装置導入のご判断を後押しする。製造ラインへの実装時は、各社のライナー・製造ラインに適した装置設計にカスタマイズし提案していく。

＜ＭＥＡ、ＣＰ検査＞

課題：

開発目標達成するための技術は構築したが、検査コスト低減が必要。

今後の活動：

東レグループ内のＭＥＡ、ＧＤＬ、ＣＰ開発・製造部署に開発技術を紹介済み。昨今の市場動向をおよび検査コストを鑑みて、製造ラインへの検査装置導入は慎重に検討されていく。

本事業終了時の開発技術による検査コストは 5 円/cell の試算であるが、1 円/cell 程度まで下げる場合は、多くの技術開発要素と期間を要する。社内外含めて市場要求を確認し、適切に開発計画に反映していく。

●期間・予算 （単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	38	65	41	－

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
15 件	0 件	0 件	0 件	15 件

小項目（テーマ名）	高性能ＳＯＦＣスタックおよびエネルギーマネジメント連携によるドローン等実用化技術開発	達成状況	○
実施者名	日産自動車株式会社、インテグレーションテクノロジー株式会社、株式会社 Prodrone、マザーサンアツミテック・オートモーティブシステム株式会社 （委託：国立大学法人九州大学、国立研究開発法人産業技術研究所）		

●背景・目的

ドローン市場は、2024～30 年の年間平均成長率は 15.2%であり、着実な成長が見込まれている。なかでも、監視/点検用途、災害時に必要となる長時間飛行ドローンのニーズが高まっている。本事業では、搭載エネルギー密度に優れる SOFC に着目し、長時間・高ペイロード飛行を実現する SOFC ドローンの実用化に向けた基盤技術を構築するとともに、SOFC スタックの共通基盤技術を構築し、ドローン用途をはじめとする SOFC 多用途展開のための実用化に資する判断を可能とすることを目的とする。

●事業概要

長時間・高ペイロード飛行を実現する SOFC ドローンの実用化に資する基盤技術を構築するため、基盤となる高出力密度セルスタックの開発および発電性能実証（日産自動車, アツミテック）、ドローン実飛行データをもとにしたエネルギーマネジメントモデリングや HIL シミュレータを構築し（プロドローン, インテグレーションテクノロジー）、実スタックと電源 HIL シミュレータを連携させたドローン飛行解析を実施することで、高性能ドローン実用化に向けた搭載検討を行う。

●アウトプット目標

・メタルサポートセルを試作し、LPG 燃料で発電性能 400mW/cm2 を達成する。
・メタルサポートセルを搭載したスタックを試作・評価し、1kW 級性能を達成する。
・フライトパターンに基づいて、電源 HIL シミュレータを構築する。
・SOFC スタックと HIL シミュレーション連結した解析を実施し、ドローン飛行時間延長を達成する。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
メタルサポートセル開発	LPG 燃料で 400mW/cm2 を達成する。	性能向上仕様セル②にて、ブタン燃料（改質模擬ガス）で 400mW/cm2 達成した。 ただし、本セルは量産化に課題が残るため、SOFC スタック試作に対しては、性能向上仕様セル①を供給した。	△
SOFC スタック開発	1kW 超級のスタックを試作し、発電性能を達成する。	スタックユニット 3 台試作し、評価完了した。セルのロットばらつきや導入ガス温度の低下などにより、目標とする 1kW には届かなかったが、844W の出力を達成した。	△
シミュレータ開発	電源 HIL シミュレータを構築する。	ドローン実飛行データなどを基に、エネルギーマネジメントの全体構造および、電源系統モデルおよびドローン飛行モデルを設計し、HIL シミュレーションとして構築完了した。	◎
SOFC 実機＋HILS による飛行シミュレーション実行	シミュレーション上で、目標飛行時間 2 時間を達成する。	SOFC 実機と HIL シミュレーションを組みあわせてドローン飛行時間実証が可能なシミュレータを開発完了。現状の SOFC 性能では 2 時間飛行できないが、セル性能向上とシステム軽量化により 2 時間飛行が可能となる目途を得た。	△

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業では、1kw 級のメタルサポートスタックを試作し、（おそらく）世界で初めてスタックと HIL シミュレーションを組み合わせて SOFC 実機を用いたシミュレーション飛行を実現した。結果、現状の SOFC システム性能では、ドローン飛行時間の延長ができないこと、セル性能向上と死すアテム軽量化を組み合わせることで、2 時間以上の飛行継続が可能であることを明らかにした。以上のことから、SOFC 搭載ドローンの実用化に向けては、重量出力密度向上が課題となる。

本事業の中で、重量出力密度向上に向けて対策案を創出し、一部は検証も進めた。以下に、具体的な対策案とその技術課題を挙げる。

対策①　セルの電極触媒機能の改良　（課題：触媒微粒子化等による反応面積の拡大）
対策②　セルサイズ大判化（課題：大きな課題無く、本事業内にて大判化に成功）
対策③　モジュール軽量化（金属部品をマイカ材へ転換）（課題：シール構造の見極め）
対策④　ユニット軽量化（SOFC フレームとドローンの一体化等）（課題：ドローン本体の耐熱設計等）

また、本事業では、ドローン用パワーソースとして、PEFC（固体高分子型燃料電池）ドローン、バッテリドローン、ICE（ガソリン/ディーゼル発電）ドローンの定性的な比較分析を実施し、SOFC ドローンの有用性を明らかにした。 SOFC は、LPG やエタノールなどの液体燃料が利用できる、一方で PEFC ドローンは、高圧水素を利用するにあたり法律的にも仕組みがないことや重量物である水素貯蔵システムが必要になるなど、燃料に関する運用性がボトルネックとなる。またバッテリドローンは、そもそものバッテリ重量に加え、充電時間短縮に向けての運用もネックとなるなど、使用燃料を鑑みた運用性という観点で SOFC ドローンは優れていることがわかる。また、音、振動，排気に代表される周囲環境への影響という観点では、ICE ドローンは圧倒的に不利であり、特に産業用ドローンの市場となる官公庁などへの導入が困難である。さらに、近年重要視される非常時/災害対応という点でも、SOFC は、PEFC やバッテリドローンに対して運用しやすいことがメリットとなる。

以上のような観点から、SOFC ドローンは、他パワーソースに対して現状足りていない基本性能、特に上記に示した重量出力密度向上に関する技術開発を加速することで、長距離飛行ドローン（監視、点検、災害用途）として、社会課題解決やビジネス拡大が見込めるという確証が深まったことは、非常に大きな成果である。

今後、事業化に向けては、上記に挙げた課題に対して研究開発を継続することが必要であり、各社似て取り組む。SOFC セルスタックについては、材料開発をはじめとした要素研究、セル大判化などのプロセス開発も含めて継続して取り組む。ドローンについては、セルスタックの改良に合わせて、ドローン機体の構成変更なども発生するため、必要に応じて４社間で連携しながら、開発を進めていく。さらに、本事業で構築したシミュレーション技術は横展開が可能と考えており、注力領域は変わるかもしれないが、継続した研究開発を実施する。

●期間・予算（単位:百万円）

2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
－	30	47	53	29

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	カーボンと樹脂複合材料を用いた 燃料電池セパレータ高生産性技術開発	達成状況	○
実施者名	トヨタ車体株式会社		

●背景・目的

燃料電池普及拡大に向け多種多様なアプリケーションへの適用が必要で、2030 年:80 万台/年、2040 年:300 万台/年の目標が掲げられており、技術課題として高速・高精度プレス工法が求められている。我々、メタルセパレータにおいては既に高生産性技術(順送成形、ロータリー成形)を実証済みで本事業でカーボンセパレータの実証が出来れば普及台数目標の生産且つコスト目標も達成見込みがあり燃料電池普及に繋がる生産技術が確立できるため、実用化検証と評価を行う。

●事業概要

燃料電池普及課題は高性能・高耐久・低コスト化。特にセパレータの課題は生産性向上とされている。その中で材料は金属が有効とされているが燃料電池環境下でセパレータが腐食し、電気抵抗増加や溶出した金属イオンによる MEA(Membrane Electrode Assembly)劣化で電池性能が低下する問題がある。金属イオンの溶出問題を解消でき耐久性向上の材料としてカーボン材料と考えている。但し、熱プレスが必要となるため、生産性向上が重点課題で本事業で連続成形技術に取組み低コスト化成形工法実証を完了させる。

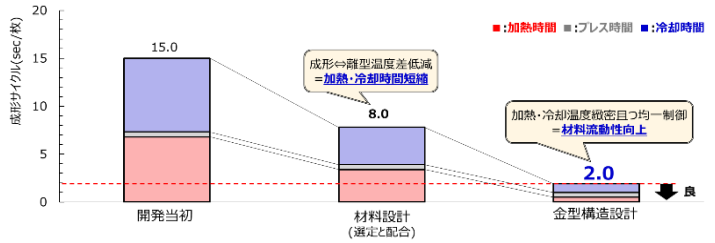
●アウトプット目標

1)NEDO2030 年目標である成形サイクル目標 1.3 秒/セルを上回る、成形サイクル 1.0 秒/枚の連続成形の実証評価を完了する。

2)燃料電池に必要な強度、電気抵抗を両立可能な材料選定と配合に加えた熱プレス成形条件とを組み合わせた機能成立条件を実証する。

●目標に対する成果と達成度

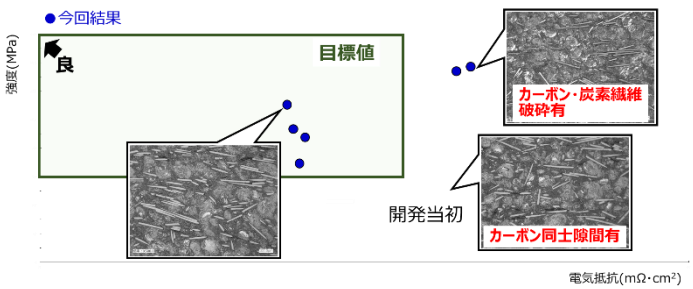
実施項目	最終目標	成果	評価
1.連続成形サイクル実証	成形サイクル 1.0 秒/枚 連続成形実証を完了する	成形サイクル 2.0 秒/ショット 成形材料 2 個取りにし 1.0 秒/枚の実証完了	○
2.材料の選定と配合	強度/電気抵抗両立可能は 選定と配合、プレス条件の メカニズムを解明する	材料により 成形サイクルにも影響 成形サイクルを維持し 強度/電気抵抗両立可能 な材料配合を決定	○



グラフ 1.成形サイクル実証結果



写真 1.成形材料 2 個取り金型



グラフ 2.強度×電気抵抗の関係

●課題と実用化・事業化への道筋

【技術課題】

① 成形後のセパレータの反り・うねり・キレツ

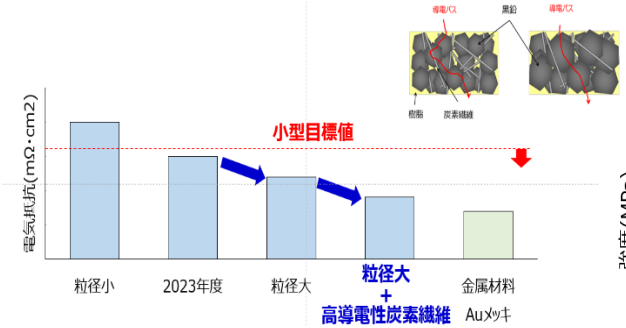
材料バラツキ、成形温度や成形面圧バラツキにより成形後のセパレータに反り・うねり・キレツが発生し実用化に向け成形品質の安定化が課題。材料選定や配合の見直しによる材料の流動性向上を図り、熱プレス成形時の材料の均一加熱・冷却条件再精査で成形品質の安定化を目指す。



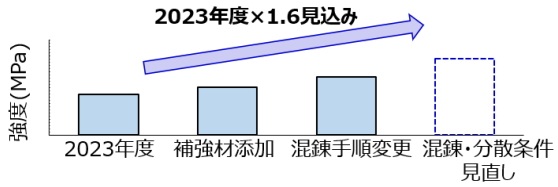
写真 2. 成形後のセパレータの反り・うねり・キレツ

② 低抵抗化

材料の配合により、開発当初より大幅に抵抗低減が出来たものの金属材料と比較すると高い。
材料の混錬・分散条件見直しにより強度向上の目途ありまで技術検証済みのため、強度向上の見込み分を導電フィラー量追加することで更なる電気抵抗低減を目指す。



グラフ 3. 材料配合による電気抵抗



グラフ 4. 混錬・分散条件による強度

【実用化に向けた取り組み】

社外での技術発表会、技術展を通じて高生産技術、カーボンセパレータの材料、成形品を展示。
お客様の困りごとに対して使用用途に合った材料提案やセパレータの提案をしていくとともに高生産生技術については燃料電池はもちろんのこと異分野、異業種も含めて技術展開を目指す

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	-	21	24	23

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
6 件	0 件	0 件	0 件	6 件

小項目（テーマ名）	高信頼性炭化水素系電解質膜の革新的ＣＣＭ生産技術開発	達成状況	○
実施者名	東レ株式会社		

●背景・目的

2030 年以降の自立的な普及拡大に向けて、スタックや MEA の性能を左右する重要な構成材料である電解質膜および CCM に関して、低コストかつ大量生産が可能な製造プロセスの開発が求められている。
これまで、ナフィオンなどのフッ素系電解質膜を用いた燃料電池用 CCM の生産技術開発は一定の検討が進められているが、エンプラのように耐熱性や機械強度に優れるものの、一般的には加工が困難とされる「炭化水素系電解質膜」を用いたロール CCM の生産技術に関する報告は少ない。
本事業では、当社が独自に開発した「炭化水素系電解質膜」の CCM 加工特性を踏まえた革新的なロール CCM 生産技術の創出を目的とする。

●事業概要

本事業では、低ガス透過性を有し、機械的および化学的耐久信頼性に優れた「炭化水素系電解質膜」で構成された CCM（触媒層付電解質膜）を対象とし、従来のバッチ加工（シート CCM）から、自立的普及拡大に対応可能な供給量を実現する革新的なロール to ロール加工（ロール CCM）の生産技術開発を行う。
さらに、生産性を実証したロール CCM については、燃料電池および水電解用途での実用化に向けた性能評価を実施する。

●アウトプット目標

【開発項目 1、3】革新的 CCM 生産技術の開発・実証

最終目標：　ロール CCM 生産性：年間 20 万㎡以上の見通しを得る

【開発項目 2】発電性能と耐久信頼性の両立

最終目標：　生産性を実証した CCM で、図表 3 ①～③の性能達成

【開発項目 4】高温発電性能と耐久信頼性のポテンシャル検証

最終目標：　生産性を実証した CCM で、水電解性能達成

●目標に対する成果と達成度

【開発項目 1、3】

革新的 CCM 生産技術の開発・実証（図表 1）

図表 1　ロール CCM 生産技術開発



燃料電池、水電解ともにロール CCM 年間 20 万㎡を見通す生産性について、東レが有する分散技術および精密塗布技術を最大限に活用し、触媒の調合・加工から CCM の高生産性設備の設計・導入、プロセス技術の開発までを一貫して実施した。その結果、触媒表面および界面状態、残留溶剤、基礎物性の各項目において目標内であり、目標とする生産性を達成した。

【開発項目 2】：発電性能と耐久性の両立

④　初期発電性能
　基準膜である NafionHP（0.24V@0.9A/c ㎡）以上の発電性能を示し、目標を達成した。

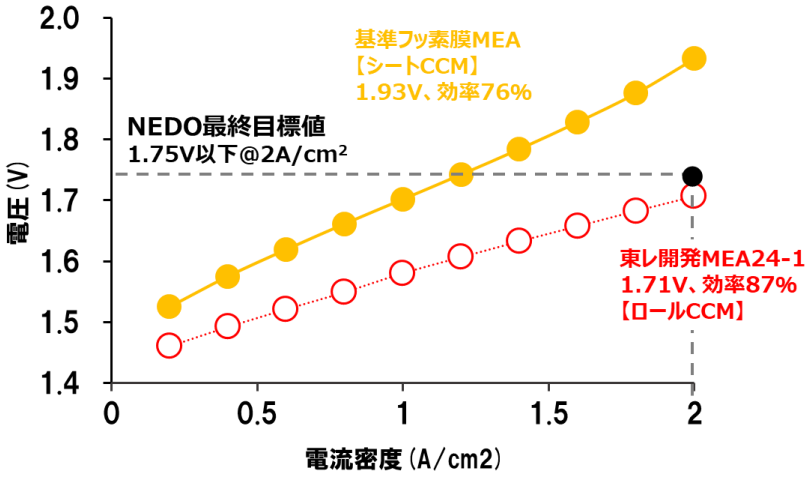
⑤　機械的耐久性
　過酷な乾湿サイクル評価にて、目標の耐久性を達成した。

⑥　化学的耐久性
　基準フッ素 CCM（NafionHP：225 時間）の 6 倍以上の化学耐久性を示し、目標を達成した。

【開発項目 4】：水電解セルスタック実証（図表 2）

生産性を実証した CCM での水電解性能評価は、基準フッ素 MEA（1.93V@2A/c ㎡）並びに、NEDO 最終目標（1.75V 以下@2A/c ㎡）を達成し、目標を達成した。

図表 2　水電解セルスタック実証結果



実施項目		最終目標	成果	評価
燃料電池	【開発項目 1】 革新的 CCM 生産技術の開発・実証	ロール CCM 生産性：≧20 万㎡/年	目標生産性を達成	○
	【開発項目 2】 発電性能と 耐久信頼性の両立	①初期発電性能 基準フッ素 CCM 以上 ②化学的耐久性 基準フッ素 CCM 対比 6 倍以上 ③機械的耐久性 基準フッ素 CCM 目標の 6 倍以上	①～③の全ての項目で生産性実証 CCM において 最終目標を達成	○
水電解	【開発項目 3】 革新的 CCM 生産技術の開発・実証	ロール CCM 生産性：≧20 万㎡/年	目標生産性を達成	○
	【開発項目 4】 水電解セルスタック実証	水電解性能：基準フッ素系 MEA 以上	生産性実証 CCM において最終目標を達成	○

図表 3　研究開発項目の達成結果

●課題と実用化・事業化への道筋

東レ G は、水素製造、輸送・貯蔵、利用（本事業）の全てで、幅広く基幹素材を開発・市場へ提供し、カーボンニュートラル社会を実現してく計画である。開発を進めている炭化水素系電解質膜は、現在デファクトであるフッ素膜と比較し「低ガス透過性」、「機械強度」、「耐熱性」に優れており、その特性を活かし、燃料電池、水電解いずれにおいてもフッ素膜対比優れた性能を実証してきた。
本助成事業にてロール CCM の革新的生産技術開発を実証したので、オリジナリティの高い炭化水素系電解質膜のロール CCM が、普及拡大期並びに大量普及機に大量供給が可能な生産性と低コスト化が実現可能となった。本成果を活用し、燃料電池・水電解用途での事業化を検討するとともに、水素等の製造、供給、販売並びにエネルギーサービス等に係る事業も進める計画である。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	60	205	360

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
1 件	0 件	0 件	0 件	1 件

小項目（テーマ名）	高圧方式に適した大型アルカリ水電解装置及びセパレータの開発	達成状況	○
実施者名	株式会社日本触媒、株式会社トクヤマ		

●背景・目的

アルカリ水電解システムについては近年、欧州・中国メーカーが取り組みを活発化させており、2023年6月の水素基本戦略に掲げられた日本関連企業の水電解装置の国内外への導入目標15GWを達成するためには、より競争力のある水電解槽装置の開発が重要である。本事業では日本触媒が有するセパレータ開発技術と、トクヤマの高圧型電解槽の開発技術を掛け合わせ、最適化することで、水素製造コスト低減に資する高圧型アルカリ水電解装置を開発することを目的とする。

●事業概要

日本触媒におけるセパレータ開発、トクヤマにおける電解槽開発を実施（開発項目は下記参照）

22年度～23年度　　：各要素技術の開発、主要開発設備の導入

23年度前半～24年度：開発技術の検証・改良を経て、技術適用による実証を実施

23年度後半～24年度：技術適用による実証

●アウトプット目標

日本触媒：大型化セパレータの生産技術を開発・実証し、幅1.8m長尺セパレータの取得実証、および市販競合品同等以上の幅1.8m強度向上セパレータの取得

トクヤマ：電解槽仕様最適化による電解電圧5%、水素ガス中の酸素濃度10%低減、およびメンテナンス性向上として解体・組立時の工数10%削減

●目標に対する成果と達成度

開発項目	最終目標	成果	評価
大型化セパレータ生産技術の開発・実証	連続生産プロセスにより、幅1.8mの日本触媒既存品同等の膜物性の長尺セパレータ取得を実証 ［膜特性指標］ 膜抵抗：0.2Ωcm^2 、バブルポイント圧：600～800kPa	塗料生産、セパレータ収率・品質に関わる生産要素技術開発を完了し、それらを適用させて目標膜物性、収量収率を有する幅1.8m長尺セパレータ取得を実証（達成度：100%）	○
高圧型対応セパレータの開発（機械的強度向上）	開発した生産技術を適用した連続プロセスにより、選定一次強度評価指標が市販競合品以上であり、日本触媒既存品同等の膜抵抗、バブルポイント圧の幅1.8mセパレータ取得を実証	強度一次評価指標として引張試験におけるクラック発生開始時のひずみ値を選定し、測定方法を確立。セパレータ構造因子を最適化させ目標膜物性を有し、強度指標が市販競合品以上である幅1,8m強度向上セパレータの取得を実証（達成度：100%）	○
開発セパレータに対する電解槽内部構造を含む設備仕様の最適化	競合セパレータ使用時に対して電解電圧5%向上、水素ガス中の酸素濃度10%低減。セパレータへの機械的影響を加味し、スキッド化構築を完了	電解槽内部構造最適化および日本触媒セパレータ使用により、電解電圧性能5%以上向上達成、水素ガス中の酸素濃度10%以上低減達成（達成度：100%）	○
メンテナンス性向上	メンテナンス性向上として、解体、組立時の作業工数10%削減	部材アセンブリ化による部品点数削減による組立簡素化完了。タイロッド締め付け方式改良およびアセンブリ化によって作業工数20%削減達成（達成度：100%）	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業で得られた技術の実証機実証、改良継続、販売機の構築を進める。

日本触媒：トクヤマ製電解槽向け小ロット生産による早期企業化を目指す（2026 年度目標）。
グローバルな拡販（海外拠点等活用）に合わせて、大ロット～連続生産を計画。

トクヤマ：マーケティングを進め、ニーズを把握し、グローバルに展開する。
市場及び顧客ニーズを把握し、国内外を含め販売を進める。

以　上

●期間・予算 （単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	99	211	103

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
1 件	0 件	0 件	0 件	1 件

小項目（テーマ名）	PEM 形水電解向け大面積 CCM 量産製造技術開発	達成状況	○
実施者名	株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス		

●背景・目的

近年、グリーン水素や水電解技術への注目が世界的に高まっており、各国で水電解装置の導入が進んでいます。特に、固体高分子（PEM）形水電解は高効率かつ高応答性を持つことから、今後の主流技術として期待されています。2030 年以後 GW クラスの水電解装置導入が見込まれ、PEM 形水電解の製造容量も大幅な拡大が予測されています。

こうした市場拡大に対応するためには、セルスタックの大面積化と低コスト化が不可欠です。当社ではこれまで燃料電池（FC）向けの CCM（膜電極接合体）量産技術を開発してきましたが、水電解向けにはさらに大面積・高速生産対応の新技術が求められています。また、触媒材料や反応構造の違いによる新たな製造プロセスの開発も必要です。

本事業の目的は、PEM 形水電解セルスタックの大量生産・低コスト化に直結する CCM の高速製造技術を開発し、世界市場で競争力のある大面積 CCM の量産を実現することです。さらに、国内材料メーカーや部材メーカーとの連携を強化し、日本の水素関連産業の競争力向上とサプライチェーン強化にも貢献することを目指します。

●事業概要

本事業は、PEM（固体高分子）形水電解システムの中核部品である CCM（膜電極接合体）の大面積・低コスト・高生産性量産技術の開発を目的としています。当社では、燃料電池向けで培った CCM 量産技術を基盤に、PEM 形水電解向けに新たな製造プロセス（ダイ塗工方式など）を開発し、5,000cm²相当の大面積 CCM を高速かつ安定的に生産できる体制を構築します。主な開発内容は以下の通りです。

<u>ダイ塗工適応アノード触媒インクの開発</u>

イリジウムなど高比重触媒の沈降を抑え、ダイ塗工に適した粘度・安定性を持つインクを開発。

<u>高耐久・低貴金属触媒 CCM の技術開発</u>

触媒層の剥離抑制や耐久性向上を図りつつ、貴金属使用量を削減した CCM を直接塗工で製造。

<u>大面積 CCM 製造装置の開発</u>

最大幅 700mm まで対応可能な量産装置を開発し、インライン検査機能も順次導入。

<u>国内材料・部材メーカーとの連携強化</u>

国内サプライチェーンを活用し、材料調達や共同開発を推進。

この取り組みにより、世界市場で競争力のある CCM 量産体制を確立し、日本の水素関連産業の発展とグリーン水素の普及に貢献します。

●アウトプット目標

目標①：PEM 形水電解向け大面積 CCM をダイ塗工方式で高速生産する技術開発

目標②：本開発工法で作製した CCM において、以下性能・材料使用量の達成

触媒貴金属量　：　0.25mg/W 以下

電解効率　：　電流密度 3.0A/cm2（効率 78%以上）

劣化率　：　0.12%／1,000 時間以下

●目標に対する成果と達成度

目標とした全ての技術項目で目標値を達成。

目標①：PEM 形水電解向け大面積 CCM をダイ塗工方式で高速生産する技術開発

[成果]

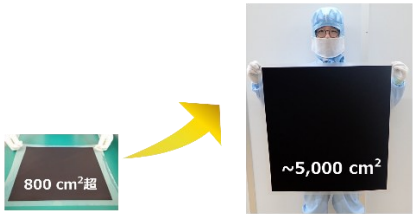
・ダイ塗工方式による PEM 形水電解向け大面積 CCM の高速量産技術を確立。

・電極面積 5,000cm²対応の製造装置を開発し、性能検証も完了。

・ SCREEN　彦根事業所にて新工場建設し水電解向け設備セットアップ完了。

・商標名「PEXEM®(ペクセム)」として PR 活動実施

FC生産技術 → PEMWEへ発展



● 電極面積5,000cm²のPEMWE向けCCMロールtoロール生産技術確立



● SCREEN 彦根事業所にて新工場建設し水電解向け設備セットアップ完了



PEXEM™

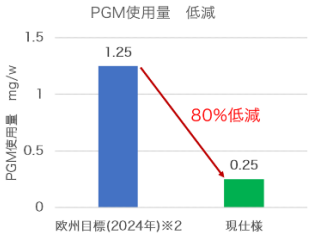
● 商標名「PEXEM®(ペクセム)」としてPR活動実施

目標②：本開発工法で作製したCCMにおいて、以下性能・材料使用量の達成
触媒貴金属量：目標0.25mg/W以下 → 実績0.21mg/W
電解効率：目標78%以上（3.0A/cm²時）→ 実績81%（1.82V@3.0A/cm²）
劣化率：目標0.12%／1,000時間以下 → 実績0.10～0.12%／1,000時間

項目	目標値	達成状況
電解効率	電流密度 3 A/cm² (効率78%以上)	○
PGM使用量	0.25 mg/W ※1	○
劣化率	0.12 %/kh	○

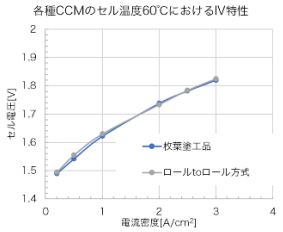
※1 PGM使用量には、Ir、Ru、Ptを含む
参考）欧州2030年目標 電流密度 3A/cm²、PGM使用量 0.25mg/W

● PGM使用量、電解効率、劣化率全ての項目で目標値を達成



※2 Clean Hydrogen Partnership Strategic Research and Innovation Agenda 2021 2027

● PGM使用量を2024年欧州目標の80%低減を達成



● ロールtoロール方式にて作成したCCMにおいて、初期特性や耐久性が良好な枚葉CCMと同等性能である事を確認

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業では、目標とした大面積CCMの高速生産技術や性能目標は達成したものの、今後の実用化・事業化に向けていくつかの課題が残っています。まず、GDLやPTLなど多様な構造や、1MPaを超える高圧運転条件への対応には、さらなる技術改良が必要です。また、触媒層の耐久性や膜劣化抑制など、一部の技術課題については継続的な開発が求められています。

今後は、これらの課題解決に向けた技術改良を進めるとともに、顧客によるサンプル検証を加速し、量産技術とコスト競争力を活かして国内外市場への展開を図ります。継続的な技術開発と顧客評価を通じて、実用化・事業化を着実に推進していきます。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	―	52	233

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0件	0件	0件	0件	0件

小項目（テーマ名）	高生産性・低環境負荷・低コストを実現する炭化工程を必要としないGDLの技術開発	達成状況	○
実施者名	株式会社巴川コーポレーション （再委託先：一般財団法人日本自動車研究所）		

●背景・目的

従来のGDLの製造においては、有機材料の炭化工程、MPL塗布後の焼成工程で、超高温雰囲気下にする必要があるため、生産速度が大きく制限されることになり、単位時間当たりの出来高が限られてくること、炭化・焼成工程における電力使用量も膨大になっている。

また、有機フッ素化合物の製造、使用に関しても不透明であること、環境負荷も高いため、高生産性・低環境負荷・低コストを実現する炭化工程を必要としないGDLの技術開発を目標とした。

●事業概要

本事業の目的である、生産性向上、低環境負荷、低コストを実現するためには、従来のGDLの製造工程を大幅に見直す必要がある。そこで、有機材料の炭化工程、MPL塗布後の焼成工程を必要としない技術開発、有機フッ素化合物以外での撥水性付与が必要になってくる。

これらを達成するためには、当社保有の抄紙技術、微粒子をシート内に保持させる技術が有用であると判断し、本事業に取り組んだ。

●アウトプット目標

- A　高生産効率：炭化/焼成工程を省略　3日/10千㎡の生産性
- B　低環境負荷：消費電力　約90%削減
- C　薄膜化：50～100μm厚のGDLを開発する

●目標に対する成果と達成度

- A　炭化・焼成工程の省略を可能とし、3日/10千㎡の生産性を実現　○
- B　炭化・焼成工程の省略を可能とし、91.8%の削減を実現（推定比較）　○
- C　GDLに使用する材料と構造を調整することで、80μmを達成　○

実施項目	最終目標	成果	評価
1．炭化/焼成工程を省略したプロセス検討	厚み：200μm 電気抵抗：1.0Ω/□ 撥水性（接触角）：140° 分子拡散抵抗：60s/m	厚み：80μm（使用時） 電気抵抗：1.0～1.5Ω/□ 撥水性：140° 以上 分子拡散抵抗：Rgdl 36s/m	○
2．信頼性/耐久性の評価	I-V特性値：0.6V@2A/c㎡ 耐久性：FC-Cubicのプロトコル	I-V特性値：0.6V@2A/c㎡ 耐久性：評価プロトコル再現確認	○
3．ガス拡散抵抗の低減検討	厚み：50～100μm 分子拡散抵抗：18s/m I-V特性値：>0.6V@2A/c㎡	厚み：80μm（使用時） 分子拡散抵抗：36s/m I-V特性値：0.6V@2A/c㎡	○
4．Roll to Rollの製造プロセスの実証	ハンドサンプル同等の物性値 製造所要日数：3日/10千㎡	同等物性値の達成 3日/10千㎡の目途が立った	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本事業の目的であるGDLの成果を達成するためには、GDLの構造（細孔径制御）が非常に重要であることが判明した。

今後の実用化に向けては、現在各顧客にサンプルを提供し、性能評価を実施中であり、その結果をもって製品化もしくは性能合わせ込みを行っていく。

●期間・予算（単位:百万円）

2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
-	-	-	14	21

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
2件	0件	0件	0件	0件

3.4. 調査委託事業

小項目（テーマ名）	燃料電池システムの海外展開に関する要求仕様及び国際標準化動向調査	達成状況	○
実施者名	一般社団法人　日本電機工業会		

●背景・目的

日本が保有する燃料電池技術を今後効率よくグローバルに展開していくためには、その地域ごとの視点で市場が要求する技術仕様を把握するとともに国際標準化動向を適切に技術開発にフィードバックしていく必要がある。また、国内ではエネルギー効率に重点が置かれてきたが、環境先進地域である欧州では資源枯渇や大気汚染等への影響も含めた環境性能が重視され始めている。今後日本の燃料電池技術の海外展開を推進する上では、このような環境影響を考慮することは不可欠である。こうした視点を踏まえながら、日本が取り組むべき技術開発動向の方向性を策定・更新する。

●事業概要

本事業では、前項で述べた目的を達成するために、以下の目標を設定し、これを達成するために必要な調査事業を進めた。

1）燃料電池関連分野の事業および技術情報の収集
2）NEDO 事業との連携
3）国際標準化中長期戦略の構築

日本が提案開発中の国際規格の推進とともに、規格を取り巻く環境の変化等に対応するため、発行済国際規格のメンテナンスに対しても戦略検討した。また，今後の新規市場への布石を打つと共に長期的な事業性確保を狙った国際標準化の方向性について戦略的に検討した。

●アウトプット目標

・世界各地域の燃料電池に要求される技術仕様や、世界の燃料電池技術動向に関する情報を収集する。
・欧州各国での水素供給計画および関連情報、水素社会に向けた燃料電池の開発に関する情報を入手するために、関連企業を訪問し意見交換を行う。
・国際標準化の中長期戦略としては、燃料電池の技術開発状況を踏まえつつ応用分野の市場動向についての情報を収集し、アプリケーション側の機器開発との連携を図り、規格開発を進める。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
1. 定置用燃料電池システムの長寿命化に向けた取り組みおよび製品性能仕様に関する調査	海外企業のシステム寿命の現状と長寿命化への取組み状況を調査するとともに、製品性能仕様を調査し、次年度以降の市場拡大の目標設定に活用する	関連する国際会議への参加および定置用燃料電池システムメーカや開発機関へのヒアリングを通して長寿命化やコストダウンを中心に市場の要望を収集し、解決すべき課題を絞り込むことができた。本成果を関連各社ごとに開発計画に展開することができた。	○
2. 定置用燃料電池システムの燃料多様化に関する調査（天然ガスパイプラインへの水素注入を含む）	燃料組成変更への燃料電池システムの対応方針を明確にして、開発スケジュールを提案する	７件の関連国際会議に参加して情報収集を行った。欧米では、水素の混入量は一定ではなく、初期は数%、その後徐々に水素濃度を高め、20%程度までの混入を行うことが確認された。これにより燃料組成の変化に対応する改質器およびシステムの開発が重要であるとの結論を得た。	○
3. 多様なアプリケーション用燃料電池モジュールの市場および規格化に関する調査	燃料電池モジュールの開発企業とその企業の持つ強みなどについて調査することで事業化への課題を明確にし、国際規格化の中長期戦	関連企業への訪問ヒアリングを中心に、StaSHH プロジェクトの実情を把握し、当該アプローチの限界を確認できた。今後の対応方針が明確となった。	○

	略を構築する		
4. 定置用燃料電池システム関連の規制緩和、規制動向に関する調査	各国の規制状況について調査し、国内各社に提供する	各国の規制状況調査については十分な結果が得られなかったが、定置用燃料電池システムの純水素化に関連した規制項目の増減に対応する形で、性能試験方法および安全性に関する国際規格の項目見直し準備につなげることができた。	△

●課題と実用化・事業化への道筋

1) 定置用燃料電池

欧州での急激な化石燃料離れと天然ガスへの水素添加の動きに連動して、定置用燃料電池システムの安全要件の見直しが行われると想定される。

一方、日本国内では、天然ガスへの水素添加の検討は限定的である。

定置用燃料電池システムのグローバル展開上、当該燃料に適用できるシステムの開発は不可欠である。

今後天然ガスへの水素添加によるシステムの安全性と性能への影響を踏まえた国際標準の改訂作業も進むと考えられるため、これへの対応も重要である。

さらに、純水素形定置用燃料電池の市場導入も加速すると考えられるため、日本もエネファームで覇権を握った家庭用燃料電池システムのグローバル展開の戦略の再構築が不可欠である。

2) 移動体用燃料電池

移動体分野は、アプリケーションごとに国際標準化が推進されており、当該分野では、韓国、中国から多くの NP が提案されている。

これに対応するため、日本国内での国際標準化活動の体制作りが不可欠である。

3) 可搬形燃料電池

今回の海外調査では確証を得るに至っていないが、可搬形燃料電池は従来のポータブルなサイズの燃料電池システムから大型のシステムへと拡大し、これらの境界が定かではなくなってきている。

日本は多くの企業が当該分野でシステム開発しているため、用途ごとに要求される性能試験法を開発することが望まれる。

このため調査を継続し、用途ごとの可搬形燃料電池システムの性能をカバーする性能試験法の国際標準開発を戦略的に推進することが不可欠である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	0	19	17	―	―

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	合計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	大型ＦＣＶ燃料装置用液化水素技術に関するフィジビリティ調査	達成状況	○
実施者名	一般財団法人日本自動車研究所 岩谷産業株式会社		

●背景・目的

商用車の低炭素化を進めることは、我が国の地球温暖化ガス排出抑制目標達成のために重要な課題である。また、環境負荷低減、エネルギーセキュリティの確保、新規産業創出などの社会的課題の解決方策である水素エネルギーを利活用する水素社会実現に向け、商用車の FC 化は重要な要素となる。特に大型トラックにおいては、バッテリーEV や圧縮水素を燃料とする FCV では航続距離が不足しており、液化水素の利用の可能性が期待される。このため、本調査事業では、大型 FCV 等への有効な水素燃料搭載方法の一つとして、液化水素貯蔵・充填技術等の調査を実施し、今後のアクションプラン作成に向けた課題整理および目標設定を行うことを目的とする。

●事業概要

調査項目①　燃料として液化水素を搭載する FCV の課題調査
- ①－１　液化水素 FCV の容器・附属品等の技術課題調査
- ①－２　液化水素 FCV の車両安全調査
- ①－３　液化水素と他の貯蔵技術のベンチマーク調査

調査項目②　車載容器への液化水素充填設備の実現性と課題抽出
- ②－１　液化水素の車載容器への充填モデルの検討
- ②－２　液化水素充填技術の実現性検討と構成機器の仕様明確化

調査項目③　充填インターフェースの課題抽出
- ③－１　充填カップリング
- ③－２　充填プロトコル

調査項目④　基準・標準の方向性検討
- ④－１　容器・附属品基準・標準
- ④－２　ステーション基準・標準
- ④－３　インターフェース基準・標準

●アウトプット目標

- 液化水素 FCV 容器の要素技術および大型車両特有の事象についての課題の明確化
- 容器・附属品等の安全性に関し、容器・附属品評価法の課題の明確化
- 他の水素貯蔵技術ベンチマークとの比較
- 液化水素ステーションに求められる基本性能を明確化
- 液化水素ステーションのシステム構成と機器についての課題を明確化
- 充填カップリング、充填プロトコルの課題の明確化
- 容器・附属品、ステーション、インターフェース基準・標準に関する課題の明確化

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
調査項目① 燃料として液化水素を搭載する FCV の課題調査 （JARI）	他の水素貯蔵技術ベンチマークとの比較 液化水素 FCV 容器・附属品の要素技術および大型車両特有の事象についての課題の明確化	液化水素貯蔵システムのメリットが大きい。 各種安全性評価が必要。 液化水素容器から FC スタックへの水素供給システムの開発が大きな課題の一つ。	○
調査項目② 車載容器への液化水素充填設備の実現性と課題抽出 （岩谷）	液化水素ステーションのシステム構成と機器についての課題を明確化	差圧式充填法、中間タンク式充填法、ポンプ式充填法の 3 つ方法を比較。 実証試験による検証が必要。	○

実施項目	最終目標	成果	評価
調査項目② 車載容器への液化水素充填設備の実現性と課題抽出 （岩谷）	液化水素ステーションのシステム構成と機器についての課題を明確化	差圧式充填法、中間タンク式充填法、ポンプ式充填法の 3 つ方法を比較。 実証試験による検証が必要。	○
調査項目③ 充填インターフェースの課題抽出 ③－１ 充填カップリング（岩谷）	充填カップリングの課題の明確化	充填カップリングでは、着脱性・気密性、断熱性能、低圧力損失、耐圧性能、コンパクト化が必要。	○
③－２ 充填プロトコル（JARI）	充填プロトコルの課題の明確化	低温から常温までの超臨界領域を考慮した Cryo-Compressed Hydrogen（CcH2）、気体の再液化を行う Subcooled LH2（sLH2）の利点・課題を整理。	○
調査項目④ 基準・標準の方向性検討 ③－１ 容器・附属品基準・標準 （JARI）	既存の圧縮水素 FCV の基準・標準、LNG 車の基準・標準等を調査し、課題を明確化	材料評価、振動試験、再検査、CcH2 容器についての基準・規格に課題あり。 安全性評価設備が必要。	○
③－２ ステーション基準・標準 （岩谷産業）	高圧ガス保安法一般の 6 条、7 条を比較調査し、液化水素充填の課題を明確化	一般高圧ガス保安規則を比較調査。実証試験等により対応策や基準整備の議論が必要。	○
③－３ インターフェース基準・標準 （JARI）	既存のインターフェース規格を調査し、課題を明確化	材料評価、耐衝撃性評価、耐久テスト等に課題あり。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

調査結果より、技術的な課題はあるものの、荷室の確保と長距離運行が必要とされる商用車においては、重量増加が少なく高密度貯蔵が可能な液化水素貯蔵が最も有望であると考えられる。

本調査で明確になった技術課題について、実用化に向けた開発を効率的に行う必要がある。

1．液化水素貯蔵の実用性向上のため、早急に取り組むべき課題

・気体と液体の熱交換（凝縮／蒸発）の物理的挙動の把握による、液化水素充填の効率化（容器内気体水素の再液化、sLH2 充填技術の実用化）

・液化水素容器内の気体／液体挙動把握による、FC への水素供給技術の開発促進

2．実用化に向けた重点開発課題

・車載用液化水素貯蔵システムの安全性評価法の確立：国際基準調和・国際標準化を前提とした、安全性の確保に必要な車載用液化水素貯蔵システムの評価法の開発が必要

・FC スタックへの水素ガス供給システム、BOG 低減システム等の車載機器ベースでの評価・実証が必要

・液化水素充填時のロス等の低減が可能な充填技術（ポンプ、カップリング等）の開発が必要

・液化水素タンク搭載大型商用車固有の安全対応技術（事故処理マニュアル等）の確立が必要

・国内基準適正化・国際基準調和・国際標準化活動：大型 FC 商用車を国内・国際展開可能にするための国内基準適正化、国際基準調和活動（GTR13 等）および国際標準化活動（ISO 等）が必要

●期間・予算 （単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	1	13	-	-	-

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	雑誌掲載	その他
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃料電池技術開発ロードマップに関する検討	達成状況	○
実施者名	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社		

●背景・目的
世界各国において水素社会に向けた取組が急加速するなかで、燃料電池分野においては乗用車（FCV）に加え、トラックや船舶、鉄道、建設機械、農業機械、産業用機械などの大型・商用モビリティ（HDV：Heavy Duty Vehicle）への適用に向けた検討が進められており、それらの本格普及に向けては将来の技術目標とその目標を達成するための技術戦略が必要である。

●事業概要
燃料電池等の普及拡大に貢献する最新の政策・技術動向を調査するとともに、多数の有識者を糾合して過去の NEDO 技術開発ロードマップの見直しを検討することを目的とする。特に、トラックなどの HDV への燃料電池の適用において今後検討すべき高温運転に関する技術課題とそれを解決すべき要素技術の時系列的な整理、そして 2030 年時点で達成すべき技術的課題や 2040 年における最終的な究極目標の在り方を最優先で検討し、ロードマップに反映する。

●アウトプット目標
- PEFC の高温運転の実現に向けたスタック及び部材・材料の目標設定
- 2030 年目標及び 2040 年頃の究極目標に関する FCV（乗用車）・定置用燃料電池の技術目標の見直しの検討、高温運転の課題を踏まえた HDV 用燃料電池の技術目標の新規設定
- 有識者で構成される検討委員会を通じて NEDO が対外公開可能なレベルでのロードマップ案の提示

●目標に対する成果と達成度
本事業における主な実施項目と最終目標及び成果、評価を以下に示す。
1. 高温運転に関する検討
HDV 用燃料電池として、PEFC の高温運転に係る電解質膜、触媒を中心とした材料特性、MEA の性能・耐久性と計測・解析手法、海外の HDV 向け FC モジュールの標準化や高性能・高耐久 MEA の研究開発、HDV の FC システムの技術目標等について調査を行った上で、産学による 3 つの WG（製品 WG、システム WG、アカデミア WG）を組成し、2030 年頃の大型トラック、船舶、鉄道、建機、産業（フォークリフト）、農機の幅広い HDV アプリケーションを対象として共通となる製品目標、スタックを構成する部材・材料の数値目標を検討した。製品 WG では HDV の各アプリケーションの製品要求仕様を設定し、システム WG ではモデルベース開発（MBD）を活用して各アプリケーションの要求仕様を満たすための共通の I-V 要求特性の試算と耐久時間成立の検証を実施した。さらに、アカデミア WG では、高温運転の方向性や材料の目標案、技術課題の検討を中心に、HDV 用燃料電池として要求される電解質膜、電極触媒及びガス拡散電極について、システム WG が提示した I-V 要求特性を達成するための部材・材料目標を設定した。
2. ロードマップ見直しの検討
主要国における燃料電池の政策・市場動向、技術目標や研究開発プロジェクトを調査し、FCV ロードマップについては今回初めて試みた HDV 用燃料電池の技術目標の検討プロセスに従い、今後、2040 年に要求される FCV のシステム目標を再検討することとし、定置用燃料電池ロードマップについては主要企業へヒアリングを実施し、家庭用及び業務・産業用燃料電池の普及目標や製品開発課題、達成性能レベル、技術開発課題（PEFC、SOFC、共通項目）について再検討事項を整理した。その上で本事業では、HDV 用燃料電池の技術目標と達成すべき技術開発課題の整理に注力する方針とした。
高温運転に関する検討を踏まえ、2030 年頃の HDV 用燃料電池に要求される部材・材料目標に対し、アカデミア WG で電極触媒、電解質膜、ガス拡散電極を中心に技術開発課題を検討した。以下に主要部材・材料の技術開発課題を示す。
- 空気極触媒：-30℃～120℃の広範囲な作動条件に適応し、要求性能に即した酸素還元反応（ORR）活性と耐久性の更なる向上、そのための組成、形態、修飾、相互作用の観点からの新たなアプローチ
- 水素極触媒：高い水素酸化反応（HOR）活性と耐久性の両立、耐酸化性に加え、膜劣化の要因となる H_2O_2 生成を抑制する技術開発
- 電解質膜：80℃・80%RH の高加湿状態から、電解質膜面最高温度 120℃・30%RH の低加湿状態におけるプロトン伝導性向上、化学耐久性向上とラジカルクエンチ剤導入後でもプロトン伝導性が低下しない膜、薄膜化と機械耐久性向上の両立のための補強材の開発
- ガス拡散電極については GDL、MPL の酸素拡散抵抗の低減に加え、MEA 化の際にも製造や構造制御が極めて重要であるため、その製造工程の現象解明や新たな製造工程の検討

3. ロードマップ案の提示
高温運転に関する検討を通じた技術目標、及び技術開発課題の整理結果に基づき、2050 年頃の運輸部門のカーボンニュートラル実現への貢献に向けて、2030 年頃の HDV 用燃料電池の製品目標（FC システム仕様、スタック性能、コスト、Pt 量）とそれらを達成するために取り組むべき技術開発課題を時系列的に整理し、HDV 用燃料電池ロードマップ案を策定した。検討委員会を開催し、産業界とアカデミアの有識者との議論を通じてその内容について合意形成を図った。
また、今後の HDV の燃料電池アプリケーション開発と製品化、材料開発の業界全体にわたる活性化、産業界・学術界のプレーヤーの新規参画を促進するために、ロードマップ案における製品目標・材料目標と考え方、技術開発の方向性及び材料特性の評価方法の方針についてまとめた解説書を WG メンバーの協力も得て作成し、ロードマップ本体と合わせて公開した。
（公開 URL）
技術開発ロードマップ（HDV 用燃料電池）：https://www.nedo.go.jp/content/100944010.pdf
技術開発ロードマップ解説書（HDV 用燃料電池）：https://www.nedo.go.jp/content/100944010.pdf

実施項目	最終目標	成果	評価
1. 高温運転に関する検討	PEFC の高温運転の実現に向けたスタック及び部材・材料目標の設定	高温運転が要求される HDV 燃料電池の最新動向を踏まえ、2030 年頃の HDV の各アプリケーションに共通となる製品目標、スタックを構成する部材・材料の数値目標を設定	○
2. ロードマップ見直しに関する検討	FCV・定置用燃料電池の技術目標の見直しの検討、高温運転の課題を踏まえた HDV 用燃料電池の技術目標の新規設定	燃料電池の政策・市場・技術動向を整理した上で HDV 用燃料電池ロードマップ策定に注力する方針とし、高温運転に関する検討を踏まえ、2030 年頃の技術目標と達成に向けた技術開発課題を時系列的に整理	○
3. ロードマップ案の提示	NEDO が対外公開可能なレベルでのロードマップ案の提示	HDV 用燃料電池ロードマップ案を新たに提示、製品目標・材料目標と考え方、開発の方向性及び材料特性の評価方法の方針についてまとめた解説書を作成	◎

●課題と実用化・事業化への道筋
今後は、運輸部門のカーボンニュートラル化に向け、2040 年に要求される HDV 用燃料電池の技術目標の設定、FCV の技術目標の再検討と材料目標へのブレークダウンに加え、水素貯蔵システムを含めたロードマップの見直しが課題である。定置用燃料電池ロードマップについては現在の市場と新規用途への適用、製品動向、技術開発の進展状況から見直すべき点を整理し、ロードマップへ反映することが課題である。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	20	—	—	—

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃料電池・水素技術開発ロードマップ（ＦＣＶ・ＨＤＶ用燃料電池）に関する検討	達成状況	○
実施者名	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 （再委託先）国立研究開発法人物質材料研究機構、株式会社豊田中央研究所		

●背景・目的
世界各国において水素社会に向けた取組が急加速するなかで、燃料電池分野においては乗用車（FCV）に加え、トラックや船舶、鉄道、建設機械、農業機械、産業用機械などの大型・商用モビリティ（HDV ：Heavy Duty Vehicle）への適用に向けた検討が進められており、それらの本格普及に向けては将来の技術目標とその目標を達成するための技術戦略が必要である。

●事業概要
燃料電池等の普及拡大に貢献する最新の政策・技術動向を調査するとともに、多数の有識者を糾合して過去の NEDO 技術開発ロードマップの見直しを検討することを目的とする。特に、2021 年度に着手できなかった HDV 用燃料電池の 2040 年頃の目標や 2030 年頃及び 2040 年頃に達成すべき水素貯蔵システムの目標を検討するとともに、2040 年頃までの材料開発のシナリオ検討、FCV 及び HDV の 2030 年頃の本格普及開始時期を前提とした FC の生産技術目標の設定を行う。

●アウトプット目標
- FCV の 2040 年頃に要求される FC システム・スタック目標の再検討、及び材料目標の設定
- HDV 用燃料電池については 2021 年度に設定した 2030 年頃の目標に加え、ディーゼルパリティを目指した 2040 年頃の FC システム・スタック目標、及び材料目標の設定
- 水素貯蔵技術の 2030 年及び 2040 年頃における貯蔵密度目標とアプリケーションごとの貯蔵方法、今後の取り組むべき各貯蔵方法別の技術開発課題の整理、さらに車載用として望まれる水素貯蔵材料の材料特性や有望な材料候補の可能性と技術課題の整理
- 2030 年及び 2040 年頃の FC スタックの各製造工程における目標と今後取り組むべき生産技術の課題整理
- 革新的な材料探索及び製造プロセスの競争力確保の鍵となる DX 技術について直近の課題を整理し、基盤技術の喫緊の課題としてロードマップ上に明確化
- 現行技術の延長線上にはない不連続な性能向上を必要とする 2040 年以降の目標達成に対し、材料の多面的な調査からの新しい FC コンセプトの検討、既往の実材料・物理原則に関する研究を整理した上で材料目標を実現する見込みのある研究開発のシナリオを策定

●目標に対する成果と達成度
本事業における主な実施項目と最終目標及び成果、評価を以下に示す。
1. ロードマップ見直しの検討
製品・FC システム WG を中心に HDV のディーゼルパリティを想定した 2040 年頃の共通となる目標について 44 トントラックを対象として新たに設定し、要求 I-V 特性と耐久時間を達成するためのシステム・スタック目標を設定した。また FC アカデミア WG と議論し、スタック最大出口温度 120℃、車両の走行抵抗低減や FC システムの各種補機の消費電力低減、補機小型化などを考慮し、I-V 特性への過大な割り付けとなることを回避し、システムと材料の要求水準の調整を図り、最終的な材料目標を設定した。
水素貯蔵については各アプリケーションの商品性から要求される仕様に対して許容搭載体積の範囲で必要な水素量を貯蔵できる技術開発が求められることから、水素貯蔵システム WG において製品 WG へのヒアリング等を行い、2030 年及び 2040 年頃における製品目標（搭載スペース、許容重量、航続距離、充填時間、等）と貯蔵方法（高圧水素、液体水素）及び貯蔵密度を設定した。高圧水素貯蔵は貯蔵密度増加の技術シナリオを定め、必要な技術開発課題を整理した。水素貯蔵材料については 2050 年頃の究極目標を仮設定し、最新の水素科学に基づくブレークスルーを前提として研究環境整備や技術開発課題を抽出した。
生産技術については評価解析プラットフォームにおける FC オールスター活動と連携し、2030 年頃に要求される FC スタックの各製造工程のサイクルタイム（C/T）目標や材料費・加工費低減目標を検討し、今後に取り組むべき現象解明や革新的工法の技術課題を整理した。
有識者によるロードマップ検討委員会を開催し、上記の検討内容を反映したロードマップ及び解説書の見直し案について合意形成を図った上で公表した。
（公開 URL）
FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ：https://www.nedo.go.jp/content/100956710.pdf
FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ(解説書)：https://www.nedo.go.jp/content/100956711.pdf

2. ロードマップ達成シナリオに関する検討
2040 年目標達成のシナリオとして、2040 年頃の I-V 特性を満たす材料初期物性をシミュレーションにより検討した上で、材料開発の方向性として、カソード触媒と電解質膜を目標達成するための最重要材料と位置づけた。ガス拡散電極など他の部材や MEA 構造なども燃料電池の性能向上には欠かせない要素ではあるが、これらの部材に対しては共通基盤技術（触媒層の計測・解析技術、シミュレーション技術や最適化技術など）の醸成を進め、新奇な触媒・電解質材料を製品へ迅速に繋げることが重要である。
カソード触媒については現時点でスケーリング則を脱する可能性のある材料系の候補として①現行原理の極限の貴金属触媒、②ハイブリッド材料によるヘテロ界面サイト、③超低白金触媒、④非貴金属触媒の 4 つのカテゴリーに分類、電解質材料については①随伴水を伴う膜の高度化、②随伴水を伴わない材料の膜化技術、③アニオン交換膜に分類し、それぞれのメリット・デメリットを整理した。
また、従来の労働集約型の試行錯誤からの脱却を指向したマテリアルズ・インフォマティクス（MI）による材料設計指針の提示、プロセス・インフォマティクス（PI）によるプロセス探索加速など DX 技術の在り方、現象・機構解明のための高度解析・計算科学に要求される技術水準について整理した。さらに、産学官でのフレキシブルな人材流動・交流を通じ、燃料電池の研究開発に求められる幅広い専門分野融合によるチーム型研究の仕組みやバックキャストで俯瞰的・統合的なチームマネジメントができるプログラムダイレクタの育成など人材育成の在り方についても整理した。

実施項目	最終目標	成果	評価
1. ロードマップ見直しに関する検討	2040 年頃の FC システム・スタックの目標及び材料目標、水素貯蔵システムの 2030/2040 年頃の貯蔵密度目標と技術開発課題、将来の水素貯蔵材料の方向性、生産技術に関する目標と技術開発課題、材料探索やお製造プロセスを加速する DX 技術の整理	HDV 用燃料電池の 2040 年頃の目標や 2030/2040 年頃に達成すべき水素貯蔵システムの貯蔵密度目標を設定、2040 年頃の FC の目標達成に向けた材料開発のシナリオ、FCV 及び HDV の 2030 年頃の本格普及開始時期を前提とした FC の生産技術目標を策定。さらに、研究開発力の強化に繋げる DX 技術の在り方を整理	○
2. ロードマップ達成シナリオに関する検討	現行技術の延長線上にはない不連続な性能向上を必要とする 2040 年以降の目標達成に対し、新しい FC コンセプトの検討、既往の実材料・物理原則に関する研究を整理した上で材料目標を実現する見込みのある研究開発のシナリオの策定	材料のポテンシャルの科学的な理解を軸に分類して学理で成り立つ可能性のシナリオを検討、現状技術の限界を打破するための基礎研究、高度な解析、計算科学技術による機構・現象解明や DX 技術の活用による材料・プロセス探索の加速、これらの研究推進に必須となる人材育成について整理	○

●課題と実用化・事業化への道筋
FCV の 2040 年頃の目標値、連続的に長距離、又は長時間運用する用途への解決策候補の一つとして期待される液体水素貯蔵システムの目標と技術開発課題等は十分な調査・議論ができなかったため、今回提示した 2040 年頃の目標達成のシナリオの具体化を含めて継続して検討することが課題である。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	20	―	―

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃料電池・水素技術開発ロードマップ（定置用燃料電池）に関する検討	達成状況	○
実施者名	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社		

●背景・目的
定置用燃料電池は家庭用途、業務・産業用途において省エネルギー化・低炭素化への貢献に加えて、レジリエンス強化、エネルギーの地産地消、再生可能エネルギーの調整用電源として電力需給の高度化など、期待が高まっている。家庭用燃料電池は 2009 年にエネファームが商品化されて以来、2022 年 12 月末時点で累積販売台数が約 46.5 万台に及ぶ。また、業務・産業用燃料電池も 2017 年に上市されており、それらの普及拡大に向けては将来の技術目標とその目標を達成するための技術戦略が必要である。

●事業概要
定置用燃料電池を家庭用と業務・産業用に分類し、それぞれに適合する固体酸化物形燃料電池（SOFC）や固体高分子形燃料電池（PEFC）に関して 2030 年、2040 年頃までに達成すべき技術課題や最新の政策・技術動向を調査するとともに、多数の有識者を糾合してロードマップの見直しを検討し、ロードマップに反映する。

●アウトプット目標
・ アプリケーションの多様化も踏まえた普及シナリオ、アプリケーションごとの製品要求仕様の設定、定置用燃料電池の低炭素・脱炭素燃料への対応化を検討し、将来目標や社会像の見直しを実施
・ 家庭用途、業務・産業用途向け燃料電池に関する国内外の政策動向や市場動向、技術動向を整理するとともに、関係企業・業界団体へのヒアリングを通して、2017 年に改訂したロードマップからの変化点を整理し、定置用燃料電池の 2030 年・2040 年の目標に関する見直しを実施
・ 有識者で構成される検討委員会を通じた NEDO が対外公開可能なレベルでのロードマップ案の提示

●目標に対する成果と達成度
本事業における主な実施項目と最終目標及び成果、評価を以下に示す。
1. ロードマップ見直しの検討
国内外の水素エネルギー戦略に関する政策・市場動向や普及目標、定置用電源・コジェネレーションシステムとしての技術目標、産学官連携の研究開発や実証プロジェクトについて調査した上でロードマップにおける以下の項目の見直しを検討した。
・普及シナリオ
2030 年頃に向けて、家庭用では周辺設備を含めた小型化による集合住宅を対象とした普及増加、エネファームと再エネ電源を地域単位で融通する VPP 実証の取り組みへの対応、低炭素・脱炭素化に向けた水素混合など燃料多様化への対応が求められる。業務・産業用では分散型電源（モノジェネ、コージェネ）として普及を目指し、電力・熱需要を最適に制御するスマートコミュニティの実現、革新的生産技術による低コスト化、及び燃料多様化や再エネ調整用電源を含めた用途拡大による普及促進が重要である。
2030 年以降は、家庭用ではプロトン伝導セラミック燃料電池（PCFC）やオフガスリサイクル SOFC の技術を用いた超高効率化、段階的なパイプラインへの CN メタン投入の計画への対応が求められる。業務・産業用では CO_2 フリー水素を用いた自立分散型エネルギーシステムや CN メタンによる普及に加え、最高効率を達成するコージェネ機として熱需要が必要な設備への普及、高発電効率が活かしたモノジェネ市場への拡大、発電を主としながら電力に余剰時に水素製造する rSOC システムの実用化、CO_2 分離回収型燃料電池の実用化により普及拡大を目指すことが重要である。
・製品開発課題
当面は小型化による設置条件への大幅緩和、発電効率と耐久性向上に加え、メンテナンス性向上による投資回収年数の削減を目指す。また、外部情報連携・遠隔メンテナンス等のサービス強化、停電時やガス供給停止時のレジリエンス強化等、市場ニーズに応じた価値向上が求められる。
2030 年頃に向けては、様々な用途に応じた製品開発、市場投入の観点から、大幅小型化や設置簡素化を進め、特に PEFC は高温作動化、SOFC はモノジェネレーションシステムとしての活用による一層の小型化が重要となる。また、余剰の電力や熱を有効活用するためのエネルギーマネジメントシステムとして、VPP 対応や再エネ電源の調整用電源としての価値向上、さらに業務・産業用では水電解システムとの併設による熱需要の地産地消、脱炭素化された電力による電化、及び水素化、メタネーションを通じた脱炭素化、CN メタンといった燃料多様化へ対応した製品が求められる。

・技術目標
家庭用と業務・産業用（純水素型 PEFC と SOFC）の 2030 年頃、2035 頃及び 2040 年頃の性能達成レベル（発電効率、耐久年数、システム価格）の見直しを行った。特に家庭用の 2035 年以降の発電効率については、高効率次世代型（PCFC、オフガスリサイクル SOFC）の技術で目指すべき努力目標とした。
・技術開発課題
PEFC については FCV・HDV 用燃料電池と共通・独自課題に分類して整理した。共通課題としては広範囲の温度で作動する材料・部材の開発が求められる。定置用燃料電池では、高温作動化で省エネ性を高められるが、排熱の回収効率を考慮し、作動最高温度の目標を 80～90℃と設定した。独自課題としては連続運転時の安定性向上や高出力密度化の観点から、膜の高耐久化やクロスリーク抑制、カソード触媒の高電位耐性、セパレータの薄膜化、加熱硬化の必要ない材料開発、燃料系のロバスト性向上を挙げた。
SOFC については現状型と次世代型のセル開発の課題に分類し、現状型では 発電効率向上、高出力密度化・部分負荷効率向上、触媒、金属系インターコネクトの高耐久化、製造プロセスの低コスト化、燃料多様化への対応、次世代型では高発電効率型、耐化学被毒セル（石炭ガス化ガス対応）、金属支持型、PCFC、rSOC の研究開発をターゲットとして要素技術の課題を整理した。
共通課題については設置工事費、機器メンテナンスコスト低減、レジリエンス強化、再エネ調整力や VPP・DR への対応について新たに設定した。
2. ロードマップ案の提示
PEFC と SOFC の WG を設置し、ロードマップにおける技術目標の見直しの有無と技術開発課題の再検討を進めるとともに、検討委員会を開催し、産業界とアカデミアの有識者との議論を通じてその内容について合意形成を図った。また、普及目標・普及シナリオや製品開発課題、達成性能レベルの考え方、技術開発課題について解説書としてまとめ、ロードマップ本体と合わせて公開した。
（公開 URL）
定置用燃料電池技術開発ロードマップ：https://www.nedo.go.jp/content/100956712.pdf

実施項目	最終目標	成果	評価
1. ロードマップ見直しに関する検討	アプリケーションの多様化、低炭素・脱炭素燃料への対応化など将来目標や社会像の見直した上で、定置用燃料電池の 2030 年・2040 年の目標設定と技術開発課題の整理	家庭用、業務・産業用に適合する PEFC と SOFC の 2030 年、2040 年頃までに達成すべき技術課題を調査、PEFC では高温化による省エネ性向上や次世代材料開発による発電効率向上、SOFC ではセルスタックの製品性向上に加え、次世代セルの実用化に向けた技術開発課題を中心に整理。共通技術としてレジリエンス強化や再エネ調整力として活用するための技術開発課題を新たに設定	○
2. ロードマップ案の提示	NEDO が対外公開可能なレベルでのロードマップ案の提示	定置用燃料電池ロードマップの改訂案を提示、普及シナリオ、技術目標及び技術開発課題についてまとめた解説書を作成	○

定置用燃料電池技術開発ロードマップ解説書：https://www.nedo.go.jp/content/100956713.pdf

●課題と実用化・事業化への道筋
低炭素・脱炭素燃料（CO_2 フリー水素や CN メタン（混合を含む））のサプライチェーン構築、再エネの主電源化や地産地消による新たな付加価値の創出など、エネルギー政策に応じて定置用燃料電池の普及戦略と技術開発課題の優先度付けを必要に応じて見直していく必要がある。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	12	—	—

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃料電池・水素技術開発ロードマップに関する検討 （水電解技術開発ロードマップ）	達成状況	○
実施者名	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社		

●背景・目的

水電解装置は余剰再エネを水素に変え、熱需要の脱炭素化や基礎化学品の製造なども含めて活用できることから、水素製造技術としての普及拡大が期待されている。一方で装置コストを含む水素製造コストは依然として高く、商用化のためには、一段のコスト削減や性能向上が不可欠である。本事業では 2022 年度に取りまとめた技術課題をもとに、水電解のユースケース等を検討したうえで、2040 年頃に達成すべき目標を設定し、取り組むべき技術課題を整理するため、水電解技術ロードマップの策定を行った。

●事業概要

①水電解に関する世界の最新の動向や技術課題の整理を行い、②達成すべき性能・コストなどの目標値を検討する。③各構成要素・部材に求められる性能やコスト目標、技術課題を検討する。また、電解方式間共通の課題を整理する。④水電解装置のユースケースを設定し、目標や技術課題への反映を検討する。⑤海外展開を想定した評価標準化、法規制対応の課題を検討するため、海外の認証制度等を調査する。⑥上記の議論のために検討 WG や検討委員会を開催・運営する。

●アウトプット目標

・最新動向やユースケースに関する検討や委員会での議論に基づき、2030 年頃までの技術開発の方向性、中長期的なシナリオを踏まえた 2040 年頃のシステム性能やコスト目標を定める。
・構成要素・部材に求められる性能やコスト目標を定めるとともに、2022 年に策定した技術開発課題の見直しを行う。
・電解方式間共通の課題や、海外展開を想定した評価標準化、法規制対応の課題を検討するため、海外の認証制度等を調査する。

●目標に対する成果と達成度

水電解装置を取り巻く世界の動向として、以下のような内容を整理した。

- 市場動向：水電解装置の導入量の見通しや製造能力の推移、大規模水素製造プロジェクトの動向
- 製品動向：主要欧米メーカーの水電解装置の製品スペックの状況
- 欧州の動向：水電解装置の RD&D プロジェクトや系統連系の動向、資金支援など戦略的な取り組み
- 米国の動向：H2NEW プロジェクトおよび 1 ドル/kg-H_2 達成のシナリオ、水電解装置コストの現状
- 中国の動向：中国の主な水電解装置の導入状況、稼働中の大規模水素製造プロジェクトの課題

こうした動向を踏まえて、日本が取るべき戦略として、再エネの普及拡大や制度設計と連動した水電解装置の実証の計画・推進（「実証の場」構築）や、系統への付加価値提供と技術・制度面の課題解決、連系する電力インフラの在り方の議論、投入電力（上流）と水素利用ケース（下流）を含めた技術実証と要求仕様の検討、製造技術の高スループット化、評価・解析技術の基盤技術の確立と活用、数量効果・補機を含めたシステム全体のコスト低減による水素製造コスト低減などを整理してロードマップに反映した。

2040 年頃までの技術開発目標としては、一例として水素供給コスト（CIF）30 円/Nm^3 を達成できる水準として、海外からの水素輸送コストを差し引いた水素製造コスト目標を 18 円/Nm^3 とし、安価な再エネ電力が確保できる前提のもと、系統電力の併用による利用率の向上や長寿命化、高電流密度化、数量効果および生産性向上・設置コスト等の低減等を考慮して水素製造コスト目標を達成するシナリオを検討した。このシナリオに基づき、アルカリ形・PEM 形については以下のような目標値を整理した。

- AWE：総資本コスト 6.6 万円/kW、エネルギー消費量 4.51kWh/Nm^3、スタック性能 1.70V@1.0A/cm^2、部品交換時間 90,000 時間（変動運転）
- PEMWE：総資本コスト 5.7 万円/kW、エネルギー消費量 4.62kWh/Nm^3、スタック性能 1.8V@4.0A/cm^2、スタック交換時間 90,000 時間（変動運転）

さらに、構成要素および部材の目標値として、AWE では電荷移動過電圧 0.27V@1.0A/cm^2、物質移動抵抗 0.26Ωcm^2 などの値を WG での議論に基づいて設定した。PEMWE については、豪州における PV の発電データを用い、系統電力も活用するシナリオにおいて電解槽性能や寿命を向上した場合の水素製造コストのシミュレーション結果も参考として、質量活性 32000A/g@1.5V、抵抗 0.07Ωcm^2 などの目標を定めた。Ir 目付量については既報文献の需給バランスモデルを利用し、2040 年頃までに十分な水電解装置導入を可能とする前提で 0.1mg/cm^2 を目標水準として設定した。低コスト化が期待される AEMWE については①ゼロギャップ AWE の隔膜代替として、アルカリ溶液濃度の低減による低コストの補機適用や電流密度向上による低コスト化、②①よりも希薄なアルカリ溶液や純水供給、カソードの無給水運転とする PEMWE の低コス

ト電解装置の２つの方向性を提示した。高温作動で電解効率が高い SOEC については、低・高温熱との組み合わせによって高効率の特長を活かした P2G システムの実現を目指す方向性を提示した。
各電解方式について、2022 年度に行った技術課題の取りまとめに基づき、WG 委員の意見を得たうえで、本事業で検討した目標値やシナリオを反映した技術開発課題の更新を行った。
以上の整理結果に基づきロードマップ案を提示し、加えて技術開発の方向性やトレードオフの関係、コスト目標等の前提条件、技術開発課題をまとめた解説書を作成した。期間内に検討委員会を 6 回開催し、産学の有識者との議論を通じてその内容について合意形成を図り、2025 年 3 月に公表した。
（公表 URL）
水電解技術開発ロードマップ：https://www.nedo.go.jp/content/800021685.pdf
水電解技術開発ロードマップ（解説書）：https://www.nedo.go.jp/content/800021684.pdf

実施項目	最終目標	成果	評価
①世界の最新動向や技術課題の整理	世界の最新動向や技術課題を整理し、日本の戦略について検討する。	欧州・米国・中国の市場・政策・技術動向を整理し、日本の今後の技術開発の方向性を示した。	○
②達成すべき性能・コストなどの目標値の検討	2040 年頃までに水素製造コストを十分に低減するための性能やコストの目標値を定める。	AWE・PEMWE の 2 方式について⑤で検討した 2040 年頃のシステム目標を達成するための技術開発シナリオ及び部材目標を設定した。	○
③各構成要素・部材に求められる性能やコスト目標、技術課題の検討、電解方式間共通の課題整理	各構成要素・部材に求められる性能やコスト目標を定め、技術課題を整理する。	AWE・PEMWE の 2 方式について、主要部材の目標と技術開発課題を WG の議論に基づいて定め、AEMWE と SOEC も一部見直しを行った。共通課題として「実証の場」による仕様確立、補機や設置コスト低減の重要性、評価プロトコル策定等の基盤技術の課題をまとめた。	○
④水電解装置のユースケースの検討と目標や技術課題への反映	水電解装置のユースケースを設定し、目標や技術課題へ反映する。	投入電力の類型化、系統連系による付加価値、量産対応や水素利用対応（規模、圧力）を整理し、一例として海外輸入水素を前提として 2040 年頃の水素製造コスト目標の達成に向けた AWE、PEMWE の技術目標を設定した。	○
⑤海外の認証制度等の調査	海外の認証制度等を調査し報告する。	ISO、EU、英国、米国、中国、インド、豪州、チリについて水電解装置の法的要件及び技術要件を整理した。	○
⑥検討 WG や検討委員会の開催・運営	適切な回数の検討 WG や検討委員会を開催・運営し、各目標に反映する。	検討委員会 6 回、AWE の WG 3 回、PEMWE の WG 3 回、中長期シナリオ WG2 回を実施し、各実施項目の検討に反映した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋
本事業の成果は水電解の技術開発戦略を示すものとして、今後の NEDO 事業の検討や企業の製品開発に活用しうる。一方で、今回設定した目標値については、ユースケースの一例を対象に定めたものであり、市場・技術動向や上流・下流を含めた CN を目指すための社会システムの姿、標準となるユースケースを定めた上で目標値の検討を行うことが課題である。また、補機や設置コスト低減、生産技術など CAPEX 低減に向けた課題の更なる検討も必要である。AEMWE と SOEC については技術開発課題の整理に留まったため、これらついては引き続き目標値や、必要に応じて技術開発課題の見直しも検討すべきである。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	―	―	20	22	34

●知財出願及び論文発表				
知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃料電池・水素技術開発ロードマップに関する検討（ＦＣＶ・ＨＤＶ用燃料電池技術開発ロードマップ）	達成状況	○
実施者名	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社		

●背景・目的
世界各国において水素社会に向けた取組が急加速するなかで、燃料電池分野においては乗用車（FCV）に加え、トラックや船舶、鉄道、建設機械、農業機械、産業用機械などの大型・商用モビリティ（HDV：Heavy Duty Vehicle）への適用に向けた検討が進められており、それらの本格普及に向けては将来の技術目標とその目標を達成するための技術戦略が必要である。

●事業概要
燃料電池等の普及拡大に貢献する最新の政策・技術動向を調査するとともに、多数の有識者を糾合して過去の NEDO 技術開発ロードマップの見直しを検討することを目的とする。ロードマップ策定全体の統括及び産業戦略を検討する WG を新たに設置し、2022 年度までに設定できなかった FCV 用燃料電池の目標、液体水素や水素貯蔵材料等に関する貯蔵システムの目標、コストや LCA 等の目標・課題を検討するとともに、2030 年と 2040 年の中間地点となる 2035 年頃の FCV・HDV 用燃料電池の目標を重点的に検討する。

●アウトプット目標
- ベンチマーク戦略や普及戦略について定期的に関係者と議論する体制を設け、社会・産業動向の変化や市場見通し等の調査を通じて FC の産業戦略を検討、ロードマップの目標と達成シナリオに反映
- 2035 年頃の FCV および HDV 用燃料電池の技術目標、その達成に向けた FC の材料や製造プロセスの技術進展の見通しに応じたシナリオの検討と技術開発課題の整理
- 高圧水素貯蔵システムの 2035 年頃の目標値の検討、液体水素貯蔵の各 HDV アプリケーション用途に要求される航続距離、許容搭載体積・重量、BOG 等を両立する容器構造・システムの在り方の検討、及び技術開発課題の整理
- FC 生産技術の 2035 年の中間目標の検討、及び目標達成に向けた新たな生産技術の課題抽出、材料・加工費の原価の考え方や製造コスト目標の達成と燃料電池の産業成長に向けた指針の提示
- 産学連携データプラットフォーム構築に向けた課題やデータ提供者・利用者の観点からの DX 技術の整理、研究開発加速に向けた DX 技術活用のアクションプランの検討

●目標に対する成果と達成度
本事業における主な実施項目と最終目標及び成果、評価を以下に示す。
1. ロードマップ見直しの検討
- 燃料電池自動車の産業戦略：海外の研究開発の政策・投資規模の動向、将来の市場予測、競争力維持のための開発体制や知財戦略の検討を行い、FC の産業としての重要性について、市場創出価値を定義することで他の水素利用産業に対する比較を行い、その市場創出に向けた普及シナリオを整理
- FCV 及び HDV 用燃料電池：2040 年頃のディーゼル／ガソリンパリティの達成に向けた中間目標として、2035 年頃の FCV 及び HDV 用燃料電池のシステムならびに材料目標を新たに設定し、その目標達成に向けた技術開発課題を評価・解析技術、計算科学、DX 技術のキーアイテムと紐づけて整理した。FCV についてはラージ SUV を前提としてカソード触媒層の Pt 目付量 0.1mg/cm^2 前提（HDV は 0.18mg/cm^2、他の材料物性・部材特性は同一）で、10,000 時間耐久後の動力性能要件が成立することを示した。
- 水素貯蔵システム：高圧水素及び液体水素の 2035 年の貯蔵密度目標を設定、高圧水素では低コスト仕様の目標と開発戦略を提示し、液体水素は大型トラックと航空機・船舶を対象として高圧水素用 CFRP の極低温用途への展開を中心に技術開発課題を整理した。
- FC 生産技術：2035 年の生産技術における各製造工程の速度目標を設定し、生産コストの KPI（加工費削減、材料費削減）を達成するために取り組むべき優先工程を抽出、生産技術の工程進化・革新の方針を示した。
- DX 技術：FC・水素産業分野の材料技術開発に現時点の 20 倍以上の研究開発力をもたらすことを目指して DX 技術の目標を新たに設定し、DX 技術の開発推進体制や具体的な活用に向けたシナリオを整理した。

2. ロードマップ案及び解説書作成
ロードマップ見直しの検討結果に基づき、検討委員会を計 6 回開催し、産業界とアカデミアの有識者との議論を通じてその内容について合意形成を図った。中間案の成果として、2024 年 2 月上旬に 2035 年頃の HDV 燃料電池、水素貯蔵システム、FC 生産技術の目標及び DX 技術による研究加速の目安等を提示し、2024 年度は更に議論を進め、最終案として 2035 年頃の FCV の目標と材料開発のシナリオ、高圧・液体水

素貯蔵の技術開発課題、FC のコスト見通しや生産技術の優先開発工程、DX 技術活用の推進体制等を整理し、2025 年 1 月に提示した。ロードマップ案の内容更新に応じて、中間案、最終案のそれぞれの段階で解説書も加筆し、ロードマップ本体と合わせて公開した。
（公開 URL：中間段階）
FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ(2024 年 3 月)：
https://www.nedo.go.jp/content/100973008.pdf
FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ(解説書)（2024 年 3 月）：
https://www.nedo.go.jp/content/100973009.pdf
（公開 URL：最終段階）
FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ(2025 年 2 月)：
https://www.nedo.go.jp/content/800020390.pdf
FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップ(解説書)（2025 年 2 月）：
https://www.nedo.go.jp/content/800021684.pdf

実施項目	最終目標	成果	評価
1. ロードマップ見直しに関する検討	2035 年頃の中間目標（FC・水素水素貯蔵システム及び生産技術）と技術開発課題、目標達成に向けた DX 技術の活用シナリオの整理	2040 年頃のディーゼルパリティの達成に向けた中間目標として、2035 年頃の FCV・HDV 用および FCV 用燃料電池の製品ならびに材料目標を新たに設定、目標達成に向けた技術開発課題を評価解析・DX 技術のアイテムと紐づけて整理。水素貯蔵システムについても 2035 年の開発目標を追加設定、高圧水素では低コスト仕様の開発戦略を提示。さらに、本格普及開始を見据え、2035 年頃の FC 生産技術の速度目標と技術開発課題を整理。研究開発加速の鍵として DX 技術を位置づけ、現時点の 20 倍以上の研究開発力をもたらす目標を新たに設定。	○
2. ロードマップ案及び解説書作成	NEDO が対外公開可能なレベルでのロードマップ案及び解説書の提示（2024 年 1 月に中間案、2025 年 1 月に最終案を提示）	2035 年頃の HDV 燃料電池、水素貯蔵システム、FC 生産技術の目標及び DX 技術による研究加速の目安を中間案として提示、上記に加え、2035 年頃の FCV の目標と材料開発のシナリオ、高圧・液体水素貯蔵の技術開発課題、FC のコスト見通しや生産技術の優先開発工程、DX 技術活用の推進体制等を整理し、2025 年 1 月に提示。	○

●課題と実用化・事業化への道筋
本事業によるロードマップの成果に基づき、今後の水素・燃料電池研究開発事業の研究計画において 2035 年以降の技術目標、及びそれらの実現に資する共通基盤技術や要素技術開発に反映する。ただし、モビリティの取り巻く世界情勢や我が国のエネルギー基本計画及び水素基本戦略、及び技術進展を踏まえ、必要に応じてロードマップの見直し実施することが適切である。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	—	20	24

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	ＨＤＶ等を考慮した水素貯蔵システムの国際基準調和・国際標準の合理化等に関する調査	達成状況	○
実施者名	一般財団法人日本自動車研究所		

●背景・目的

水素燃料電池自動車の普及拡大に向けて、水素貯蔵システムの認証取得期間とコストが課題となっている。特に、トラック・バス等の大型・商用車（ＨＤＶ：Heavy Duty Vehicle）では、容器が大型化され、最大１年程度の認証取得期間が想定される。このため、本調査では、ＨＤＶ等を考慮した水素貯蔵システムの国際基準調和・国際標準の合理化等に必要な技術課題を整理し、課題解決のためのアクションプランを作成することで、ＨＤＶの燃料電池化に伴う低コスト化・市場流通性の向上および将来の新技術に対応する車両・水素貯蔵システムの安全性評価法の構築等に資することを目的とする。

●事業概要

ＨＤＶ等を考慮した水素貯蔵システムの国際基準調和・国際標準の合理化等に必要な技術課題を整理し、課題解決のためのアクションプランを作成するため、以下の調査を実施した。

調査項目１：圧縮水素貯蔵システムの現行基準及び将来動向に関する調査
調査項目２：水素貯蔵システムの将来技術に関する現行基準及び将来動向に関する調査
調査項目３：国際基準・国際標準の合理化項目の提示

●アウトプット目標

・ 圧縮水素貯蔵システムの認証取得のための試験実施期間の 50%削減を可能とする、技術基準の適正化・合理化項目を整理し、課題解決方針およびデータ取得計画を提案する。
・ ＨＤＶを対象に導入が検討されている液化水素貯蔵システムの安全性評価に関する課題を整理する。
・ 有識者委員会にて、将来の技術基準改定の方向性の合意を得る。

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．圧縮水素貯蔵システムの現行基準及び将来動向に関する調査	試験実施期間の 50%削減を可能とする、技術基準の適正化・合理化項目を整理し、課題解決方針およびデータ取得計画を提案する。	容器メーカー等へのヒアリング調査を実施し、コスト要因や合理化が見込まれる項目等を検討した上で、自動車 OEM と合意した具体的な合理化案および実証計画案を作成した。	○
２．水素貯蔵システムの将来技術に関する現行基準及び将来動向に関する調査	液化水素貯蔵システムの安全性評価に関する課題を整理する。	現存する液化水素貯蔵システムの基準・規格と LNG 容器の基準・規格を比較調査し、液化水素貯蔵システム安全に必要な評価項目を抽出した。また、同システム搭載車両の運行時に想定されるフェールモードをリストアップし、その対策を整理した。	○
３．国際基準・国際標準の合理化項目の提示	有識者委員会にて、将来の技術基準改定の方向性の合意を得る。	有識者委員会を計 6 回開催し、圧縮水素貯蔵システムの基準合理化案や実証試験計画の合意および液化水素貯蔵システムの安全性評価項目の課題解決方針の合意を得た。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

調査項目１で作成した圧縮水素貯蔵システムの技術基準の具体的な合理化案を以下に示す。この合理化案の実現に向けて、2025 年度よりＮＥＤＯ「水素利用拡大に向けた共通基盤強化のための研究開発事業」にて「ＨＤＶ等を考慮した水素貯蔵システムの基準・標準の合理化等に資する研究開発」を開始した。合理化案が実現した場合、認証試験コストおよび試験期間の 50%以上の削減が見込まれる。

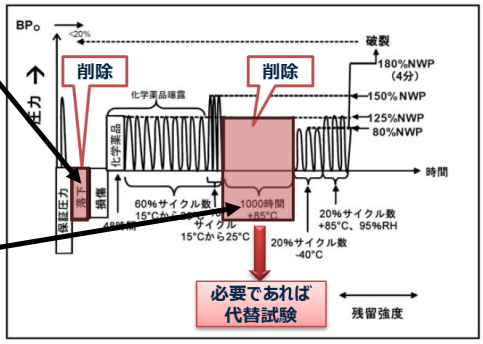
落下試験廃止
目的）容器取付工程での誤落下を保証
- **落下事故状況を調査し、試験廃止を検討（基準上の明文化）**

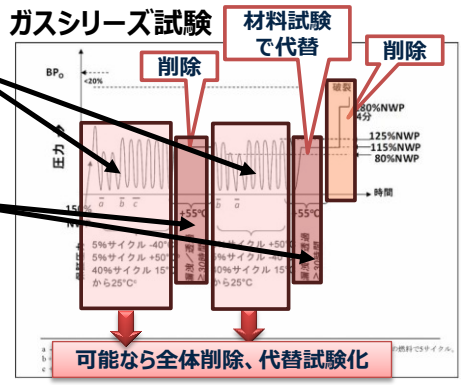
高温静圧試験廃止、または代替試験化
目的）高温地域での長期駐車中の容器強化繊維の破断有無を評価
- **炭素繊維の特性評価結果から、試験の廃止ロジックを検討**
- **隠れたフェールモードを検証して、代替試験法を検討**

ガスサイクル試験廃止、または代替試験化
目的）極限環境のガス充填時の温度急変に対する容器水素漏れ評価
- **樹脂のブリスター発生や熱衝撃を評価可能な代替試験法検討**

ガス透過試験廃止、または代替試験化
目的）ガスサイクル負荷時の容器水素透過量評価（車庫内安全）
- **容器透過量換算による材料試験法検討（回数削減含む）**

同一容器試験の合理化
目的）認証取得済容器の一部設計変更時に課される試験
- **サイズ変更時のパラメータ感度を検証して、試験を削減**





調査項目２では、液化水素貯蔵システムの技術基準の課題を整理したが、液化水素充填の規格化・安全性評価も必要である。海外（主に欧州）では、液化水素貯蔵システムの規格化・基準整備と共に、サブクール液化水素（sLH2）充填の規格化も進んでいる。国内においても sLH2 充填が有用と考えられることから、2025 年度よりＮＥＤＯ「競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業」において、「我が国におけるサブクール液化水素（sLH2）充填技術の実用化に向けた基礎調査」を開始した。調査結果を受けて、国内での液化水素貯蔵システムの基準整備および sLH2 充填を可能とする法整備の推進が期待される。

●期間・予算 （単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	－	－	3	12

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃料電池材料探索・プロセス検討に向けた自動自律実験装置の適用範囲と装置仕様に関する調査	達成状況	○
実施者名	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社		

●背景・目的

NEDO が 2023 年に策定した HDV 用燃料電池技術開発ロードマップでは、2030 年までに達成すべき材料特性として極めて高い目標値が設定されている。しかし、従来の試行錯誤型アプローチでは開発速度が十分とは言えず、材料探索を飛躍的に加速する手段が求められている。

本調査では燃料電池材料の探索および部材作製プロセスにおける自動自律実験装置の適用可能性を検討した。具体的には、適用対象の特定、必要な実験設備や評価・解析手法の仕様検討を行い、燃料電池材料や部材開発の加速を目指す。これにより、FCV・HDV 用燃料電池技術開発ロードマップの材料目標の達成と燃料電池の普及拡大への貢献を目指す。

●事業概要

自動自律実験装置が未適用な電解質膜、ガス拡散層等の部材・作製プロセス等を対象に、「1.構築済みの自動自律実験装置の仕様などに関する調査」、「2.今後の燃料電池材料への自動自律実験装置を適用する材料に関する調査」、「3.新規適用材料に向けた自動自律実験装置仕様の提示」を実施した。国内外事例や研究者ヒアリングを通じて、適用可能性や課題を明確化した。

●アウトプット目標

・国内外の自動自律実験装置の事例を整理し、燃料電池分野への適用可能性と課題を明確化する。
・材料・プロセス開発のボトルネックを特定し、各部材・工程への装置適用可能性を評価する。
・優先対象部材・工程を設定し、装置仕様案と拠点化・推進体制の課題を整理する。

●目標に対する成果と達成度

本事業における主な実施項目と最終目標及び成果、評価を以下に示す。

1. 構築済みの自動自律実験装置の仕様などに関する調査

国内外の自動自律実験の適用事例を約 30 件調査した結果、自動・自律実験装置は燃料電池分野のみならず、材料開発やプロセス最適化など多岐にわたる分野で活用され、研究開発の効率化と加速化に大きく貢献していることが確認できた。一方で、試料交換の頻度増加、基板・ターゲットの高消費率、開発人材の不足、システムの継続的なアップデートとメンテナンス、ロボット動作の複雑さ、失敗時のリカバリーの難しさ、実験手順変更への柔軟な対応など、多くの課題も浮き彫りとなった。これらの調査結果を踏まえ、日本が燃料電池開発で競争優位性を確立するための戦略を検討・提案した。

2. 今後の燃料電池材料への自動自律実験装置を適用する材料に関する調査

燃料電池材料開発におけるボトルネックを特定するため、車載向け燃料電池材料および生産工程全般に詳しい民間企業研究者へのヒアリングを実施した。その結果、燃料電池技術開発ロードマップの材料目標達成に向けて、電解質膜やカソード触媒層が開発上の主要なボトルネックであることが明らかとなった。プロセス開発においては、「インク/ペースト調合」や「CCM, GDL 形成/塗布乾燥」など、工程の初期段階で課題解決の難易度が高いものが優先度の高い開発対象となることが示された。また、工程がマニュアル化されているものほど自動化への適用が容易であることも確認された。さらに、材料研究者へのヒアリングを通じて、各部材ごとの材料開発・評価工程や自動・自律実験装置の適用可能性について整理し、今後の技術開発の方向性を明確化した。

3. 新規適用材料に向けた自動自律実験装置仕様の提示

有識者との議論を踏まえ、自動自律実験装置の適用対象として、カソード触媒合成・触媒層作製、電解質膜の成膜、電解質膜の膜液合成（高分子）、プロセス（生産技術）など、優先順位の高い候補部材を設定した。これらの候補部材の材料研究者へのヒアリングを通じて、自動・自律実験装置の仕様を具体的に検討し、装置構成例や必要な機能・設計課題、費用面の整理を行った。

実施項目	最終目標	成果	評価
1.構築済みの自動自律実験装置の仕様などに関する調査	国内外の自動自律実験装置の適用事例を整理し、燃料電池分野における適用可能性と現状の課題を明確化する	国内外の自動自律実験装置の適用事例を約 30 件調査し、燃料電池分野を含む多様な分野での活用状況を把握し、研究開発の効率化・加速化への貢献が確認できた。一方で、装置運用や人材確保、システムメンテナンス等の課題も明確化した。これらの知見をもとに、燃料電池分野への適用可能性と今後の課題を体系的に整理した。	○
2.今後の燃料電池材料への自動自律実験装置を適用する材料に関する調査	材料開発・プロセス開発における主要なボトルネックを特定し、各部材・工程ごとの自動自律実験装置の適用可能性を評価する	民間企業研究者へのヒアリングを通じて、燃料電池材料開発のボトルネック（電解質膜・カソード触媒層）およびプロセス開発の重点工程（インク/ペースト調合、CCM・GDL 形成/塗布乾燥）を特定した。各部材・工程ごとに自動自律実験装置の適用可能性や課題を整理し、今後の技術開発の方向性を明確化した。	○
3.新規適用材料に向けた自動自律実験装置仕様の提示	優先度の高い適用対象（部材・工程）を設定し、具体的な自動自律実験装置の仕様案と導入・運用に向けた技術的指針を提示する	NEDO との協議や材料研究者ヒアリングを通じて、「カソード触媒・触媒層」「電解質膜の成膜」「電解質膜の膜液（高分子）」「プロセス（インク調合・塗工乾燥）」の 4 項目を優先適用対象に設定し、それぞれの自動自律実験装置の構成例・設計課題を具体的に提示した。	○

●課題と実用化・事業化への道筋

【研究開発拠点の必要性と今後の展望】

燃料電池材料開発における自動自律実験の実用化・事業化を加速するためには、データや情報だけでなく、物理的な装置や人材などの資源を集約し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する拠点形成が不可欠である。拠点化によって、多様な知識・技術を持つ関係者の協働やノウハウの蓄積・共有、標準化による技術適用のハードル低減、人材・企業の確保、そして自動自律実験の継続的な活用体制の維持が期待できる。一方で、装置利用のタイミング調整や地理的アクセスの課題も想定される。

今後は、各拠点における運用上の共通課題を整理し、材料研究者・自動自律実験研究者・システムインテグレータなどが連携して議論を進めるためのワーキンググループ（WG）を組成し、課題解決に向けた体制を構築する。

【拠点構築に向けた今後の課題】

① **技術の共通化・標準化**
各拠点で共通化可能な技術を集約し、ハード・ソフト両面で標準化を進めることで、重複開発の削減と再現性向上を図る（例：複数機器を一括制御するオーケストレーション層の共通仕様化）。

② **データ標準化の推進**
拠点間での実験データの相互運用を可能にするため、国際標準等を参考にデータ標準化を推進する（例：SiLA 等の標準化機関の活用）。

③ **人材の確保・育成**
材料研究とソフトウェア開発・ロボット技術の双方に精通した研究者・エンジニアの確保・育成が重要となる。

④ **電気化学計測の自動化・高精度化**
電気化学的な計測の自動化においては、人手によるばらつきを抑え、精度・確度の高いデータ取得手法の確立が課題である。

今後は、これらの課題解決に向けた WG 活動や標準化・人材育成の取り組みを通じて、実用化・事業化への道筋を具体化していく。

●期間・予算（単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	-	-	-	-	20

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃料電池、水電解等の技術領域に関する知財戦略調査	達成状況	○
実施者名	トヨタテクニカルディベロップメント株式会社		

●背景・目的

NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）は、研究成果の社会実装を促進することをミッションとしており、将来のカーボンニュートラルの達成に向けて燃料電池や水素製造に関する研究を進めている。科学技術の成果を特許として保護することは社会実装を促進する有効な手段であり、NEDO の研究でも知財出願と権利化が求められる。本報告では、NEDO の水素技術関連プロジェクトにおける知財出願の現状と課題を把握し、解決策を検討するとともに、市場や特許動向を踏まえた研究開発の方向性についても考察する。

●事業概要

本事業では、水素に関わる技術の全体像を定めた後に、燃料電池と水電解の２つの分野を調査スコープとして策定した。続いて、これらに対応する NEDO のプロジェクトの情報を整理した。その後、燃料電池と水電解、およびこれらに関連する分野の国内外の知財情報の俯瞰を通じて、研究開発成果の社会実装に向けた課題の明確化を実施した。さらに、ヒアリング情報や各種収集した情報を基に、その解決を含めた今後取り組むべき知財戦略の取りまとめを実施した。

●アウトプット目標

・燃料電池関連プロジェクトにおける特許情報を活用した技術俯瞰と、日本の企業・アカデミアが得意とする分野における各国の開発動向について特許情報を利用した明確化
・水電解関連プロジェクトにおける特許情報を活用した技術俯瞰と、日本企業・アカデミアと他国との研究への取り組み方の違いについて特許情報を利用した明確化

●目標に対する成果と達成度

実施項目	最終目標	成果	評価
１．燃料電池分野の知財戦略調査	日本の企業・アカデミアが得意とする分野における各国の開発動向の明確化	燃料電池の MEA(複合膜)における日本と中国・欧州・韓国との開発動向の差異の明確化を実施	○
２．水電解分野の知財戦略調査	日本の企業・アカデミアと、競合となる外国との開発動向の差異の明確化	日本の研究機関における方針と中国の研究機関における方針の方向性の違いの明確化を実施	○

●課題と実用化・事業化への道筋

本調査の結果によって、燃料電池分野においては、日本が得意とする MEA(複合膜)における日本と中国、韓国、欧州との開発動向の差異が明確となった。また、水電解分野においては、日本と中国とで研究開発への取り組み方の違いが明確となった。

これらのことから、社会実装を踏まえた研究開発を進展するに当たっての目指すところと実情のギャップが明確となった。これを解決する考え方として、出願数や外国出願有無による評価風土の醸成等を提言した。

今後は、提言を受けてどのように実際の行動に反映させるのかという点が課題になる。

●期間・予算 (単位:百万円)	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	－	－	－	－	14

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

小項目（テーマ名）	燃燃料電池生産ライン高速化に向けた工法開発プラットフォーム検討に関する調査	達成状況	○
実施者名	株式会社豊通テック		

●背景・目的

欧・米・中に日本の FC 製造・生産技術開発で負けないための「革新的 FC 工法開発」を推進するため、日本の研究者が自由に情報交換しながら FC 開発ができる「パイロットライン」構想とその実装を短期間かつ安価に実現する目的で、FC 製造装置の製作・納入実績を持つメーカーが個社による FC 製造・生産技術開発が主である現況を転換させるチーム （FATT; FC Appearance Transition Team）と称し、得意な技術分野で協力し、本調査を実施した。



●事業概要

1. NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ（FCV・HDV 用燃料電池）FC 生産技術(2023 年 2 月）目標である FC 製造全工程の高速化（0.5sec/セル、5 分/スタック）を実現するためのパイロットラインレイアウト、設備概算見積に必要な既存&革新工法アイデア調査。

2. 各生産工程をモジュール化し、0.5 秒/セル、5 分/スタックまたはそれ以上の速度で製造実現可能性のある既存&革新工法アイデアを実証するための工法開発機設計要件を調査・策定する。また、パイロットラインを具現化するためのシーズ技術および国内プレイヤーを掘り起こし、仕上げるための技術シナリオ策定。

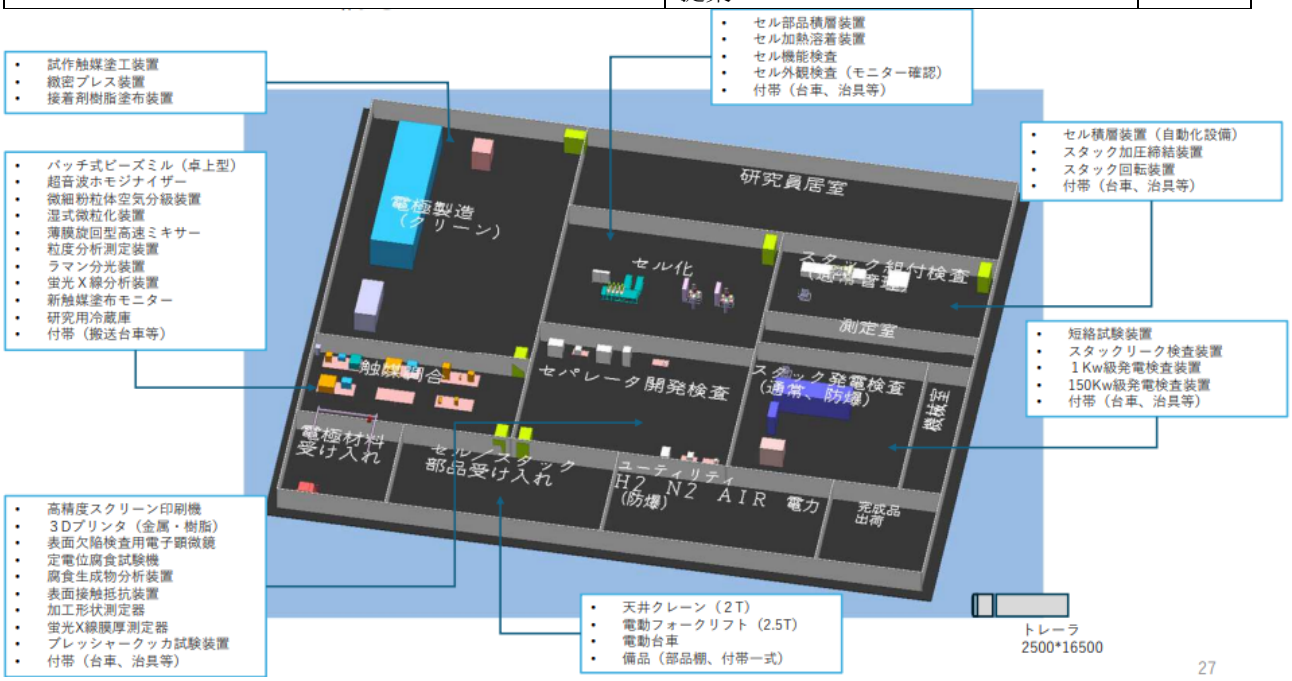
●アウトプット目標

1. 0.5sec/セル、5 分/スタックを実現するパイロットラインレイアウト、設備概算見積策定
2. 革新的に早く、安く作る為の技術工法アイデア・シーズのパイロットライン取込み（各プラットフォーム 1 件以上）と工法開発機設計要件策定

3. パイロットラインの運用方法、運用体制および運用人数アイデアの検討と維持費用（OPEX）の試算

●目標に対する成果と達成度

最終目標	成果	評価
パイロットラインレイアウト、設備概算見積策定	全体工程を６つにエリア分け、エリア毎に導入設備をリストUP、必要スペース算出（PL 建屋面積 3,000m2）総投資額を試算完了（付図）	○
高速生産を可能にする技術工法アイデア・シーズのパイロットライン取り込み、開発機設計要件策定	開発テーマ 28 項目リストUP、各テーマの難易度、効果を整理し優先度付け設定	△
パイロットライン運用方法/体制検討と維持費用試算	国内プレイヤー9 社へアンケートを実施し、PL の基本コンセプトを策定（利活用スキーム等） また事業 5 年後の自立化シナリオの提案	○



●課題と実用化・事業化への道筋

・標準セル/スタック構造の具体的な構築と各プレイヤー同士による開発テーマ毎のニーズ具現化、特に材料メーカーのプレイヤーへの参画をどう促すか？情報セキュリティ及び開発成果の取り扱いについても課題として挙がっており、実用化に向けＯＥＭも含めた産官学の取組みが不可欠である。また事業化に向けては、ＰＬ設備利用料や開発製品の外販など事業収益の確保も必要となってくる。

●期間・予算 （単位:百万円）	2020FY	2021FY	2022FY	2023FY	2024FY
	—	—	—	—	19

●知財出願及び論文発表

知財出願	論文発表	発表・講演	その他	計
0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

4. 添付資料

4.1. 基本計画

P２０００３

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」
基本計画

水素・アンモニア部

１．研究開発の目的・目標・内容

（１）研究開発の目的

① 政策的な重要性

燃料電池は、燃料が有する化学的エネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電装置であるため、回転や摺動等の運動エネルギーを介す従来型の発電機関より本質的に高いエネルギー効率を発揮することが可能であるとともに、発電時に二酸化炭素を発生しない。そのため、我が国に課せられた地球温暖化ガス排出抑制目標の達成には燃料電池の大量普及が必要不可欠であり、運輸分野や電力・熱供給分野での応用に向けた研究開発を進めることが肝要である。

このような状況を踏まえて、環境負荷低減、エネルギーセキュリティの確保、新規産業創出などの社会的課題の解決の方策として、２０１４年４月に策定された第４次エネルギー基本計画では水素エネルギーを利活用する社会（水素社会）への期待が謳われた。そしてこれを受けて産学官の有識者検討会議である水素・燃料電池戦略協議会は「水素・燃料電池戦略ロードマップ」（２０１４年６月策定、２０１６年３月改訂、２０１９年３月改訂）を示し、水素社会の実現を目指して定置用燃料電池や燃料電池自動車（以下、「ＦＣＶ」という。）、水素ステーション等の普及目標とともにそれらの実現に向けて取り組むべき具体的な行動を明確化して産学官で共有するためのアクションプランを提示した。このように水素関連政策が重要視されつつある中、２０１７年１２月には安倍首相のイニシアティブにより２０５０年を視野に将来目指すべきビジョンであると同時に、その実現に向けた２０３０年までの行動計画として、世界で初めての水素に関する国家戦略である「水素基本戦略」が策定された。また、２０１８年７月に策定された第５次エネルギー基本計画では、我が国のエネルギー政策における水素エネルギーの位置づけが強調された。

上記の多様な水素政策を実現するため、２０１８年にＮＥＤＯは、２０４０年以降に達成すべき究極の目標値を含めて技術的課題を時系列に整理した「ＮＥＤＯ燃料電池・水素技術開発ロードマップ」（以下、「ＮＥＤＯ技術マップ」という。）を策定した。水素社会の実現のためには、水素・燃料電池分野の技術開発について産学官が長期的視野を共有し、ＮＥＤＯ技術マップで目標設定された燃料電池システム等の高性能や低コストに向けた技術開発に取り組むことが重要である。

さらに２０２０年には２０５０年にカーボンニュートラルを目指すことが宣言された。２０２１年１０月に第６次エネルギー基本計画が策定され、この中で水素は、電力分野の脱炭素化を可能とするだけでなく、運輸部門や電化が困難な産業部門等の脱炭素化も可能とする、カーボンニュートラルに必要不可欠な二次エネルギーと位置づけられている。水素社会実現に向けた取組の抜本強化が掲げられ、燃料電池トラックや燃料電池も活用できる船舶、燃料電池鉄道車両等への用途拡大に向けた技術開発や実証とともに、水素製造技術として燃料電池の逆反応となる水電解装置の技術開発の必要性が示されている。日本の競争優位を維持し、燃料電池のコスト低減を通じた社会実装を実現する観点から、①基礎研究を含む要素技術の研究開発強化、②多用途展開支援及び設備

投資促進に伴う供給能力強化を通じた規模の経済の活用、③協調領域での標準化を含むＦＣメーカー等の更なる協力関係構築といった取組を官民一体となって取り組んでいくことが重要である。

② 我が国の状況

我が国では、２００９年に固体高分子形燃料電池（以下、「ＰＥＦＣ」という。）ベースの家庭用燃料電池（エネファーム）を世界で初めて商品化された。２０１１年には固体酸化物形燃料電池（以下、「ＳＯＦＣ」という。）ベースでも商品化され、２０１９年１１月にはＰＥＦＣとＳＯＦＣを合わせて累計３０万台を突破した。２０１７年にはＳＯＦＣベースの業務・産業用燃料電池の商品化も達成している。

２０１４年には世界に先駆けてＦＣＶを量販され、２０１９年には国内メーカーのＦＣＶは海外販売実績を含めて累計１万台を超えている。加えて、水素ステーションについても２０１９年１１月末時点で１１０箇所が整備されている。

このように、長年に渡る産学官の研究成果は着実に実用化に繋がっており、現時点では我が国が長い歴史の中で蓄積した燃料電池技術の競争力は、諸外国に比べて高い。しかし、水素社会の実現に向けた燃料電池の更なる大量普及のためには、低コスト化に直結する発電効率や耐久性の向上、現状で年間数百台程度しかないＦＣＶの生産性向上等の課題の解決や、従来の家庭向けの熱電併給や自動車用等とは異なる新たな市場を切り拓く用途拡大の取組を推進する必要がある。

③ 世界の取組状況

米国では、ＤＯＥが中心となってＰＥＦＣが２０２５年に達成すべき目標値として定置用燃料電池で耐久時間８０，０００時間、製造コスト＄１，０００～１，５００／ｋＷ、車載用燃料電池で耐久時間５，０００時間以上、製造コスト＄４０／ｋＷと設定し、盛んに研究が展開されている。ＳＯＦＣの分野ではＮＥＴＬ（Ｎａｔｉｏｎａｌ Ｅｎｅｒｇｙ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ Ｌａｂｏｒａｔｏｒｙ）が主導しつつ材料開発からセルスタック及びシステムまで一貫した開発が推進されるとともに、ユーザー企業が参画した実証事業も行われている。さらに米国では、ＦＣフォークリフトが累計２５，０００台を突破している他、ＺＥＶ規制の追い風もあり、我が国の２倍を超える７，０００台以上のＦＣＶが販売され、港湾エリアの大気汚染の緩和を目的とした大型ＦＣトラックの実証も本格化している。

欧州では、主にＦＣＨ－ＪＵ（ｆｕｅｌ ｃｅｌｌｓ ａｎｄ ｈｙｄｒｏｇｅｎ－ｊｏｉｎｔ ｕｎｄｅｒｔａｋｉｎｇ）が燃料電池の研究開発や実証事業を担っている。定置用燃料電池では、ＳＯＦＣにおいて家庭用を指向した小型システムから業務用のマイクロ熱電併給システム（ｍｉｃｒｏ－ＣＨＰ）、更には火力発電代替としての数MW級までの開発及び実証事業が進められるとともに、セルスタック性能劣化の診断技術の開発も進行中である。移動体用燃料電池では、ＰＥＦＣの非白金触媒等の材料開発、セル評価手法の標準化や周辺機器の改良、大量生産を見据えた新たな製造プロセスの構築等も取り組まれている。さらに欧州では、従来用途としての車載用だけではなく鉄道や船舶、航空機等の多用途展開も志向している点が特徴的である。

中国では、中国汽車工程学会が２０１６年１０月に「省エネルギー車と新エネルギー車の技術ロードマップ」を発表し、ＦＣＶの普及目標を２０２０年頃に５千台、２０２５年頃に５万台、２０

３０年頃には１００万台と設定した。また、将来的には商用車の耐久性を１００万ｋｍ以上とするとともに乗用車耐久性も３０万ｋｍ以上を目標とした。製造コストについては２０３０年に乗用車で２５０万円（１人民元＝１６．５円で換算）以下、商用車で１，０００万円以下に設定するなど、ＮＥＤＯ技術マップの数値目標と同等レベルの目標を掲げた。さらに、中国では中央政府の他に地方政府も活発に燃料電池の技術開発や普及政策を推進しており、燃料電池バスやトラック等の商用車を中心に、ＦＣＶの更なる普及拡大へ向けた動きが本格化している。これまでに４，５００台以上が生産され、２０２０年頃の普及目標を確実に達成する勢いである。

日本と同様に燃料電池自動車の量産を開始した韓国では、政府が２０１９年に「水素経済活性化ロードマップ」を策定した。この中では、２０４０年までにＦＣＶを６２０万台（輸出分を含む）、水素ステーションを１，２００箇所といった目標に加えて、２０４０年に年間４３兆ウォンの付加価値の創出を謳っている。

このように世界各国において、政府が主導して燃料電池の開発や普及に関する政策が強化されつつある状況下、現時点では一日の長がある我が国の国際競争力を更に強化等させて、当該分野で世界をけん引する位置づけを確保することが肝要である。

④ 本事業のねらい

本事業は、第６次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき２０３０年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するためのユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発するとともに、従来以外の用途に展開するための技術開発並びに大量生産を可能とする生産プロセス又は検査技術の取組を助成することにより、世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立する。

（２）研究開発の目標

① アウトプット目標

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」

２０３０年以降のＦＣＶや業務・産業用燃料電池への実装を目指した技術を開発する。具体的には、ＰＥＦＣにおいては航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する要素技術を確立する。ＳＯＦＣにおいては、発電効率６５％超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する要素技術を確立する。また、耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する。なお、上記目標値の実現に資する要素技術の確立が本事業の最終目標であり、開発された各要素技術を組み合わせた燃料電池システムの構築及び目標値の達成検証は民間独自で実施すべき事項であることから本事業では対象としない。

共通事項として、上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）及び低コスト化技術等を確立する。

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」

２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する。また、研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術の設計指針を確立するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする。

研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」

２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業等を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。また、燃料電池システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術を開発する。

② アウトカム目標

我が国が強みを有する燃料電池分野の市場拡大に貢献する。具体的には、パリ協定に示される温室効果ガス排出２６．０%減（２０３０年）及び８０%削減（２０５０年）に、市場規模としてＦＣＶの２０３５年約３．４兆円、２０４０年約１２．６兆円、定置用燃料電池の２０３５年約０．５兆円、２０４０年約３兆円、ＦＣＶ・定置用燃料電池以外の新規システムの２０３５年約０．５兆円、２０４０年約０．９兆円に寄与する（水素・燃料電池戦略ロードマップの目標値と富士経済の市場予測からＮＥＤＯが推定）。

③ アウトカム目標達成に向けての取組

ＦＣＶに関係する企業及び研究機関等の間で協調領域の技術情報や課題を共有する。また、継続的に貴金属の使用量低減等に向けた技術を開発する。さらに、水素貯蔵システムの炭素繊維の使用量低減等に向けた技術も開発する。将来の商用車への搭載を想定して耐久性向上に向けた技術を開発する。

定置用燃料電池のマイクログリッドでの活用を想定し、早期にグリッドパリティを実現すべく、より高耐久かつ高効率な性能を発現させるための開発を行う。

燃料電池システムの市場拡大や大量生産による低コスト化等を推進するため、燃料電池システムの従来以外の用途活用の技術開発を行う。

なお、アウトプット目標やアウトカム目標については、水素基本戦略や水素・燃料電池戦略ロードマップ等の議論を踏まえ、必要に応じて見直しを行う。

（３）研究開発の内容

以下の研究開発項目について、【別紙１】の研究開発計画及び【別紙２】の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。

なお、研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」及び研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」は、技術成熟度が低い基礎的なフェーズかつ業界の協調領域であるとともに未だ黎明期の燃料電池市場において民間独自での取組は困難であることから委託事業とする。また、研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」は実用化に向けて民間がリスクを取りつつ推進されるべ

き事業であることから、助成事業とする（ＮＥＤＯ 負担率：１／２ 助成）。

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」

（１）高効率発電技術開発

（２）高負荷運転技術開発

（３）高耐久起動停止等技術開発

（４）極限環境下劣化防止等技術開発

（５）課題横断型技術開発

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」

（１）革新的な水素貯蔵関連技術の開発

（２）革新的な燃料電池技術の開発

（３）水電解高度化のための技術開発

（４）その他多様な水素関連技術の高度化のための技術開発

研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」

（１）燃料電池の多用途展開加速実証

（２）低コスト・革新的生産・システム化技術開発

また、委託事業としてⅠ～Ⅲの研究開発項目に係わる燃料電池システム等の普及拡大に関する各種調査を行う。

２．研究開発の実施方式

（１）研究開発の実施体制

プロジェクトの進行全体の企画・管理や、プロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるため、プロジェクトマネージャー（以下、「ＰＭｇｒ」という。）にＮＥＤＯ 水素・アンモニア部 後藤　謙太を任命する。

ＮＥＤＯは研究開発実施者を公募する。研究開発実施者は、企業又は大学等の研究機関等（以下、「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有する者を対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、特別な研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準化推進の観点から必要に応じて、国外の団体を研究開発に参加させることができるものとする。なお、本事業を推進するにあたり必要に応じてプロジェクトリーダー（ＰＬ）、サブプロジェクトリーダー（ＳＰＬ）を置く。

（２）研究開発の運営管理

ＮＥＤＯは、研究開発全体の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

①　研究開発の進捗把握・管理

ＰＭｇｒは、経済産業省、ＰＬ、ＳＰＬ、研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会等を組織し、積極的にユーザーニーズの

把握に努めると共に、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しとこれに対する課題等を常に把握することに努め、研究進捗把握等のマネジメントを行う。

② 技術分野における動向の把握・分析

ＰＭｇｒは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し技術の普及方策等を分析、検討する。なお、業務効率化の観点から、当該調査は事業の中で委託することができることとする。

③テーマ継続可否評価

各研究開発テーマについて、別途テーマ毎に定める期間で外部有識者による評価を実施し、テーマの継続可否を判断する。

3．研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、２０２０年度から２０２４年度までの５年間とする。

4．評価に関する事項

ＮＥＤＯは技術評価実施規程に基づき、技術及び政策的な観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価等を２０２２ 年度、終了時評価を２０２５ 年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直す。

また、中間評価結果を踏まえ、必要に応じてプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5．その他重要事項

（1）研究開発成果の取扱い

①共通基盤技術の形成に資する成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努める。ＮＥＤＯは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。また、研究開発成果のうち共通基盤技術に係るものについては、プロジェクト内で速やかに共有した後、ＮＥＤＯ及び実施者が協力して普及に努めるもの。

②標準化施策等との連携

先端分野での国際標準化活動を重要視する観点から、ＮＥＤＯは、必要に応じて研究開発成果の国際標準化を検討する。

③知的財産権の帰属、管理等取扱い

研究開発成果に関わる知的財産権は、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第２５条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させる。

なお、研究開発実施者は、研究開発成果の事業化を見据えた知財戦略を構築して知財創出に努め、適切に知財を管理する。なお、ＰＭｇｒ及びＰＬならびにＳＰＬからの指示があった場合はそれに従う。

④ 知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「ＮＥＤＯプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。（研究開発項目Ⅰ及びⅡのみ。但し調査を除く）

⑤ データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「ＮＥＤＯプロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」を適用する。（研究開発項目Ⅰ及びⅡのみ。但し調査を除く）

⑥ 研究開発テーマ間の連携

本プロジェクトの成果最大化のため、ＰＭｇｒ及びＰＬならびにＳＰＬが主導し、研究開発テーマ間及び本プロジェクト外の企業等との連携の枠組みを構築する。研究開発実施者は、必要に応じて秘密保持契約や共同研究契約を締結し、密接な連携を図る。

（２）プロジェクト基本計画の見直し

ＰＭｇｒは、ＰＬ、ＳＰＬと共に外部の情報を収集すると共に、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

（３）根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第１５条第１号二、第３号及び第９号に基づき実施する。

（４）その他

特になし。

６．基本計画の改訂履歴

２０２０年　２月　策定

２０２２年　３月　改訂　研究開発項目Ⅱ（４）内の実施内容に水電解を追加。

２０２３年　２月　改訂　研究開発項目Ⅱに（３）水電解高度化のための技術開発を追加。

２０２４年　２月　改訂　「事後評価」を「終了時評価」に、「および」を「及び」に修正。

２０２４年　７月　改訂　部署名を「水素・アンモニア部」に変更。

【別紙１】研究開発計画

研究開発項目Ⅰ　「共通課題解決型基盤技術開発」

１．研究開発の必要性

ＦＣＶ用ＰＥＦＣの開発は、運輸部門でのCO_2排出量の大半（約８５％）を占める乗用車等の低炭素化に貢献するものである。このため、２０１５年～２０１９年度に「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業」を実施し、２０３０年頃のＦＣＶのコスト削減を目的とした貴金属使用量削減技術に関して一定の成果を挙げてきた。他方、産学官の有識者と議論を重ねて策定したＮＥＤＯ技術マップにおいて２０３０年以降に目指すべき値として設定された「航続距離：８００ｋｍ以上」、「スタック出力密度：６ｋＷ／Ｌ以上」、「最大負荷点電圧：０．６Ｖ以上」、「作動最高温度：１００℃以上」及び「燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷ」を実現するためには、更なる研究開発が必要となっている。また、世界に先駆けて我が国の自動車メーカーがＦＣＶの量産を開始したことを受け、自動車メーカーの当初想定とは異なる新たな課題が明確になりつつあり、前述の事業では取り組んでこなかった新たな共通課題が顕在化してきた。これまでの成果と、新たな課題を踏まえ、車載用燃料電池の本格的普及を実現する為に、新たな共通課題を解決することが必要となる。

また、原理的に発電効率の高いＳＯＦＣにおいては、これを分散型電源に利用することでCO_2排出量の削減が期待される。従来のコジェネレーション型ではなく、今後のモノジェネレーションでの利用を見越して、これまでとは全く異なる発想の高効率燃料電池の研究を進めるとともに、急激な出力変動や起動停止を可能とする高強靭・高耐久なセルスタックを開発することが肝要である。

２．研究開発の具体的内容

（１）高効率発電技術開発

貴金属使用量を低減させた高活性触媒や高プロトン伝導性電解質等の開発によるセル電圧の向上、燃料利用率の高いモノジェネレーション技術など、高効率発電を実現するための技術を開発する。

（２）高負荷運転技術開発

貴金属使用量を低減させた高活性触媒、高酸素透過性アイオノマの開発等、電解質膜やアイオノマのプロトン伝導性向上、ＧＤＬ（ガス拡散層）やＭＰＬ（微細多孔質層）のガス・電子・熱の物質移動向上、セパレータの接触抵抗化低減や排水性向上など、高負荷運転を実現するための技術を開発する。

（３）高耐久起動停止等技術開発

高電位やその繰り返しに高い耐性を有する貴金属使用量を低減させた触媒・担持体や電解質等の開発、新規の耐熱構造・材料の開発など、電位や熱衝撃に安定な、起動停止に耐久性を有する技術を開発する。

（４）極限環境下劣化防止等技術開発

白金触媒溶出及び凝集の抑制、安定な非白金触媒、ＯＲＲ（酸素還元反応）活性が低くかつＨＯＲ（水素酸化反応）活性が高い触媒、高耐久な電解質及びセパレータ、ガスリーク抑制、高温・高圧運転に耐えうる材料、被毒耐性の高い触媒など、高温・高電位・低ｐＨ等の厳しい環境下における劣化防止技術を開発する。

（５）課題横断型技術開発

ユーザーニーズに基づく基盤技術を開発するために必要な横断型の材料等の評価、解析プラットフォームを構築し、革新的な分析・評価技術の高度化、加速劣化プロトコル、迅速評価技術、劣化モデル解析手法、温度分布解析手法、各種シミュレーション技術、高温下での共通評価手法、機械学習を適用した情報整理手法、ＭＩ（マテリアルズ・インフォマティクス）による材料開発手法等を（１）～（４）の研究開発と緊密に連携して開発する。また、今後の普及拡大に対応する生産性向上及び低コスト化に向けて、生産技術に関する協調領域の課題解決に資する技術開発を実施する。

３．達成目標

（１）中間目標

最終目標に達するための中間段階の目標値を個別テーマ毎に別途定め、達成度合いは当該技術のユーザー企業に意見を照会して肯定的な意見を得る。

（２）最終目標

２０３０年以降のＦＣＶや業務・産業用燃料電池への実装を目指した技術を開発する。具体的には、ＰＥＦＣにおいては航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する。ＳＯＦＣにおいては、発電効率６５％超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立する。また、耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する。なお、上記目標値の実現に資する要素技術の確立が本事業の最終目標であり、開発された各要素技術を組み合わせた燃料電池システムの構築及び目標値の達成検証は民間独自で実施すべき事項であることから本事業では対象としない。

共通事項として、上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）及び低コスト化技術等を確立する。

個別の目標値はテーマ毎に定め、達成度合いを当該技術のユーザー企業に意見を照会して肯定的な意見を得る。

研究開発項目Ⅱ　「水素利用等高度化先端技術開発」

１．研究開発の必要性

ＦＣＶの普及拡大に向けては燃料電池の高性能化、高耐久化、低コスト化のみならず、燃料電池システム全体、特に水素貯蔵タンクなどの水素貯蔵システムの更なる低コスト化が求められている。しかし、水素・燃料電池戦略ロードマップ等に掲げられる挑戦的なコスト目標を達成するためには、現状長時間を要する水素タンクの製造工程や高価な材料等に関する技術の革新が必要である。これら水素貯蔵技術の高度化が進めば、ＦＣＶ以外の燃料電池を用いる移動体への適用拡大も期待される。

また、２０３０年以降を見据えた燃料電池の大量普及及び水素社会の実現に向けては、燃料電池に関しても研究開発項目Ⅰで掲げる以上の性能、コストを狙う必要があり、従来の延長線上にない革新的ブレークスルーのアイデアを幅広く創出していくことが求められる。以上を踏まえ、「貯蔵」から「利用」に至るまで燃料電池の本格普及に資する革新的な技術の開発、新たなコンセプトの創出を図る。

さらに、２０３０年以降の水素社会実現のためには、水素関連技術の高度化に資する研究開発が不可欠である。特に水素社会の実現に欠かすことのできない水電解技術に関しては、燃料電池の逆反応となることから、燃料電池の研究開発と連携して研究開発に取り組むことで、相互の技術力向上が期待される。このため、従来の水素利活用を越えた新規産業を創出するための水素関連技術の高度化に資する技術開発が期待される。

２．研究開発の具体的内容

（１）革新的な水素貯蔵関連技術の開発

水素貯蔵タンク等の低コスト化や強靭化に資する革新的な水素貯蔵技術を開発する。

（２）革新的な燃料電池技術の開発

今後の研究開発の指針を得るために、飛躍的な性能向上やコストダウンに資する燃料電池の材料やデバイスのコンセプトを探索する。

（３）水電解高度化のための技術開発

水電解の高度化に向けた共通基盤技術として、分析・評価技術の開発、性能発現や劣化機構のメカニズム解析、加速劣化プロトコルの検討、各種シミュレーション技術の開発等を行うとともに、更なる高効率・高耐久・低コスト化に資する各方式に応じた革新的な材料やセルスタック、生産プロセス、システム等の要素技術を開発する。

（４）その他多様な水素関連技術の高度化のための技術開発

将来的に大きなコストダウンに資する、新たな燃料電池システムの活用技術、性能向上や稼働率向上を実現するため燃料電池システムの革新的なコンセプトを探索する。また、従来の水素利活用を越えた新規産業を創出するための水素関連技術の高度化に資する技術を開発する。

３．達成目標

（１）中間目標

最終目標に達するための中間段階の目標値を個別のテーマ毎に定め、達成度合いは当該技術のユーザー企業に意見を照会して肯定的な意見を得る。

（２）最終目標

２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する。また、研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術の設計指針を確立するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする。

個別の目標値はテーマ毎に定め、達成度合いを当該技術のユーザー企業に意見を照会して肯定的な意見を得る。

研究開発項目Ⅲ　「燃料電池の多用途活用実現技術開発」

１．研究開発の必要性

燃料電池は、水素を活用した高効率発電デバイスとしてその応用範囲は広く、多様な用途へ展開させることは環境負荷低減に加え、量産効果による燃料電池自体の低コスト化にも直結することから、燃料電池ゴミ収集車、燃料電池トーイングトラクター、鉄道車両等への導入が検討されている。しかし、いずれも燃料電池開発の知見を有するごく少数事例のテストに過ぎないため、今後の低炭素化が困難であった船舶、マイクログリッドにおける発電システム用途等々、従来の自動車用や家庭用とは異なる用途展開を図るためには、多様な燃料電池サプライヤーとユーザーの連携による実証事業を助成し、市場規模、CO_2削減効果等を見極め、特に費用対効果の大きい分野を見極めることが重要である。また、燃料電池を多用途展開するためにその構成素材からシステムまでの大量生産を実現させることが肝要である。

さらに、燃料電池で蓄積してきた技術や知見を燃料電池の逆反応である水電解システムに展開し、研究開発を推進することで水電解の低コスト化につながると期待される。抜本的な低コスト化及び普及拡大に向けては、水電解セルスタックの生産技術から周辺機器含めたシステムの高度化まで総合的な取り組みが重要である。

２．研究開発の具体的内容

（１）燃料電池の多用途展開加速実証

従来の自動車用や家庭用とは異なる用途展開を図るため、燃料電池デバイスやシステム、システムのインターフェイス等の開発及びエネルギーマネジメント等を含めた実証を行う。

（２）低コスト・革新的生産・システム化技術開発

燃料電池システム及び水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術や周辺機器、これらを含めたシステム化技術等の研究開発を行う。

３．達成目標

（１）中間目標

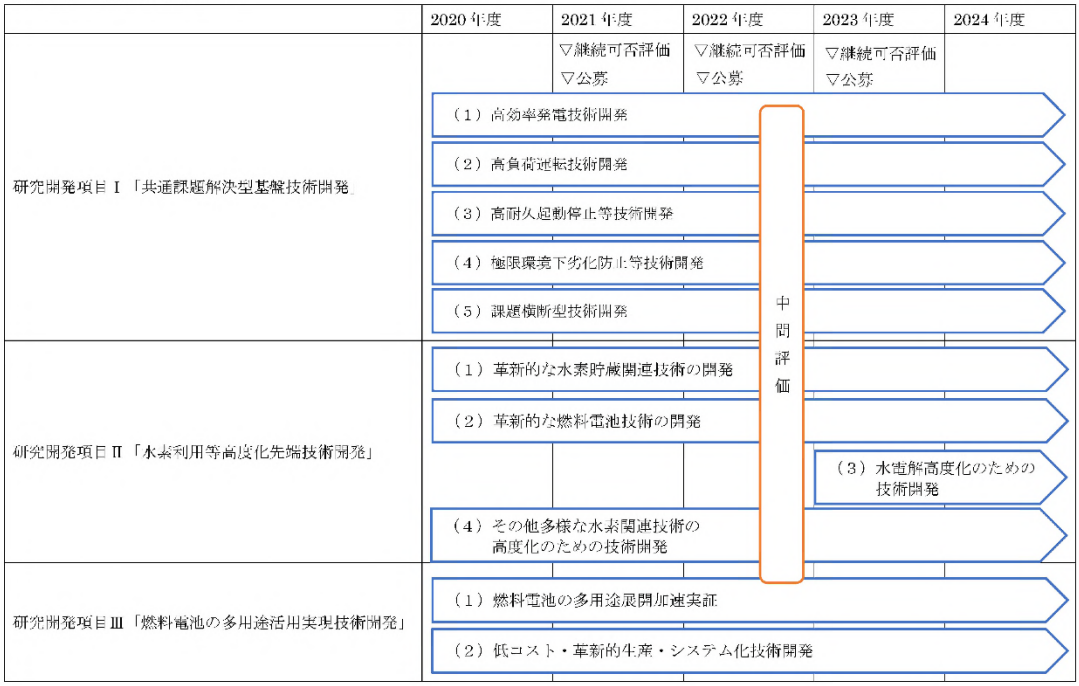
最終目標に達するための中間段階の目標値を個別のテーマ毎に別途定め、達成度合いは当該技術のユーザー企業に意見を照会して肯定的な意見を得る。

（２）最終目標

２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。また、燃料電池システム及び水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。

個別の目標値はテーマ毎に定め、達成度合いを当該技術のユーザー企業に意見を照会して肯定的な意見を得る。

【別紙２】研究開発スケジュール



各種委員会開催リスト

採択審査委員会		
件名	内容	実施年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵技術の委託事業に係る採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵技術の委託事業に係る採択審査を行う	2020 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る採択審査を行う	2020 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る採択審査を行う	2020 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業に係る採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業に係る採択審査を行う	2020 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る採択審査を行う	2022 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る採択審査を行う	2022 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵技術の委託事業に係る採択審査委員会 2022 年度	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵技術の委託事業に係る採択審査を行う	2022 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業に係る採択審査委員会 2022 年度	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣ・水電解の委託事業に係る採択審査を行う	2022 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちに SOFC、水素貯蔵技術、助成事業に係る採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち SOFC、水素貯蔵技術、助成事業に係る採択審査を行う	2023 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水電解技術に係る 2023 年度採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水電解技術に係る 2023 年度の採択審査を行う	2023 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち PEFC 生産技術に係る 2023 年度採択審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち PEFC 生産技術に係る 2023 年度の採択審査を行う	2023 年度

ステージゲート委員会		
件名	内容	実施年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る継続可否審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る継続可否審査委員会を行う。	2021 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵技術の委託事業に係る継続可否審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵技術の委託事業に係る継続可否審査委員会を行う。	2021 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会を行う。	2021 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業の研究開発項目Ⅰに係る継続可否審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業の研究開発項目Ⅰに係る継続可否審査委員会を行う。	2021 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業の研究開発項目Ⅱに係る継続可否審査委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業の研究開発項目Ⅱに係る継続可否審査委員会を行う。	2021 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会（2022 年度）	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＰＥＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会を行う	2022 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会（2022 年度）	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会を行う	2022 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵技術の委託事業に係る継続可否審査委員会（2022 年度）	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵技術の委託事業に係る継続可否審査委員会を行う	2022 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る継続可否審査委員会（2022 年度）	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る継続可否審査委員会を行う	2022 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち研究開発項目Ⅰ内ＰＥＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち研究開発項目Ⅰ内ＰＥＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）を行う	2023 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵の委託事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち水素貯蔵の委託事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）を行う	2023 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち研究開発	2023 年度

事業」のうち研究開発項目Ⅱ内ＰＥＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）	項目Ⅱ内ＰＥＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）を行う	
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうちＳＯＦＣの委託事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）を行う	2023 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度）	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」のうち助成事業に係る継続可否審査委員会（2023 年度） を行う	2023 年度

技術委員会		
件名	内容	実施年度
燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業に係る技術検討委員会 2021	燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業に係る技術検討会（外部委員による事業内容の評価）	2021 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」に係る 2021 年度技術委員会	燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業に係る 2021 年度実施内容に係る技術審査を行う。	2021 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」に係る技術委員会	「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」に係る技術委員会を実施する。	2023 年度
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」の技術/事業検討会	2025 年度新規事業の位置付け及び実施方法について検討を行う。	2024 年度

4.2. 特許・知財財産権リスト

出願者	出願番号	国内 国外 PCT	出願日	名　　称
東芝エネルギーシステムズ株式会社	18/145397	国外	2022年12月22日	FUEL CELL SYSTEM, CONTROL DEVICE, AND CONTROL METHOD
東芝エネルギーシステムズ株式会社	2021-209482	国内	2021年12月23日	燃料電池システム、制御装置、及び制御方法
東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022-015903	国内	2022年2月3日	燃料電池システム
東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022-033867	国内	2022年3月4日	燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法
東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022-141124	国内	2022年9月6日	燃料電池システム、制御装置、及び制御方法
東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022-144105	国内	2022年9月9日	燃料電池用タンクおよび燃料電池モジュール
東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022-155417	国内	2022年9月28日	燃料電池モジュール
東芝エネルギーシステムズ株式会社	22215487.4	国外	2022年12月22日	Fuel cell system, control device, and control method
東芝エネルギーシステムズ株式会社	23173327	国外	2023年5月15日	Fuel cell modules
東芝エネルギーシステムズ株式会社	2.02E+11	国外	2022年12月22日	燃料電池システム、制御装置、及び制御方法
学校法人同志社	10-2023-7037088	国外	2023年10月27日	燃料電池触媒用炭素担体および燃料電池用触媒
学校法人同志社	18/287183	国外	2023年10月17日	燃料電池触媒用炭素担体および燃料電池用触媒
学校法人同志社	2021-189507	ＰＣＴ	2021年11月22日	燃料電池触媒用炭素担体および燃料電池用触媒
学校法人同志社	2022-024199	国内	2022年2月18日	触媒組成物、触媒担持体、燃料電池用カソード電極および燃料電池ならびに触媒組成物の製造方法および触媒担持体の製造方法
学校法人同志社	2023-003237	国内	2023年1月12日	触媒担体、それを用いた白金系触媒担持体およびそれらの製造方法
学校法人同志社	2023-521649	国内	2023年4月7日	燃料電池触媒用炭素担体および燃料電池用触媒
学校法人同志社	3214016	国外	2023年9月28日	燃料電池触媒用炭素担体および燃料電池用触媒

学校法人同志社	22895344.4	国外	2023年9月26日	燃料電池触媒用炭素担体および燃料電池用触媒
学校法人同志社	2.02E+11	国外	2023年8月22日	燃料電池触媒用炭素担体および燃料電池用触媒
石福金属興業株式会社	2021-149446	国内	2021年9月14日	燃料電池用電極触媒の製造方法
国立研究開発法人産業技術総合研究所	18/721231	国外	2022年12月16日	電解質
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2021-208273	国内	2021年12月22日	電解質
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023-028624	国内	2023年2月27日	電気化学的酸素還元用触媒
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023-072236	国内	2023年4月26日	電気化学的酸素還元用触媒
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023-569400	国内	2022年12月16日	電解質
国立研究開発法人産業技術総合研究所	22911124	国外	2022年12月16日	電解質
国立研究開発法人産業技術総合研究所	PCT/JP2022/046410	ＰＣＴ	2022年12月16日	電解質
国立大学法人千葉大学	2023-009713	国内	2023年1月25日	Pt合金単結晶の製造方法
国立大学法人千葉大学	2023-033172	国内	2023年3月3日	酸素還元触媒の活性化用組成物、燃料電池用電極、燃料電池および酸素還元触媒の活性化方法
国立大学法人山梨大学	2022-089901	国内	2022年6月1日	燃料電池用膜電極接合体、燃料電池セル、及び燃料電池用膜電極接合体の製造方法
国立大学法人山梨大学	2023-084693	国内	2023年5月23日	燃料電池用膜電極接合体、燃料電池セル、及び燃料電池用膜電極接合体の製造方法
国立大学法人岩手大学	2021-146229	国内	2021年9月8日	導電性チタン酸化物、金属担持導電性チタン酸化物、膜電極接合体、固体高分子形燃料電池、導電性チタン酸化物の製造方法、及び金属担持導電性チタン酸化物の製造方法
国立大学法人岩手大学	PCT/JP2022/032920	国内	2022年9月1日	導電性チタン酸化物、金属担持導電性チタン酸化物、膜電極接合体、固体高分子形燃料電池、導電性チタン酸化物の製造

				方法、及び金属担持導電性チタン酸化物の製造方法
国立大学法人信州大学	17/209,646	国内	2021年3月23日	ELECTROCATALYST
国立大学法人信州大学	2021-192613	国内	2021年11月28日	酸化イリジウムナノシートを助触媒として含む電極触媒
国立大学法人信州大学	2022-180666	国内	2022年11月11日	酸化タングステンナノ粒子を含む電極触媒
国立大学法人信州大学	PCT/JP2022/035320	ＰＣＴ	2022年9月22日	酸化イリジウムナノシートを助触媒として含む電極触媒
学校法人　上智学院	2023-216092	国内	2023年12月21日	固体高分子電解質形燃料電池
株式会社デンソー	18/174753	国外	2023年2月27日	METHOD FOR MANUFACTURING MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY
デンソー	2021-129938	国内	2021年8月6日	伝導膜及び燃料電池
株式会社デンソー	2022-031177	国内	2022年3月1日	膜電極接合体の製造方法
国立研究開発法人物質・材料研究機構	2022-114139	国内	2022年7月15日	電極、燃料電池、およびそれらの製造方法
国立大学法人信州大学	2021-207235	国内	2021年12月21日	層状白金酸塩、層状白金酸、白金酸ナノシート、白金ナノシート及びそれらの製造方法
国立大学法人信州大学	PCT/JP2022/036927	ＰＣＴ	2022年10月3日	層状白金酸塩、層状白金酸、白金酸ナノシート、白金ナノシート及びそれらの製造方法
学校法人同志社	2022-034914	国内	2022年3月8日	白金ナノシートの製造方法
国立大学法人山梨大学	18/042531	国外	2023年2月22日	担持金属触媒
国立大学法人山梨大学	2020-142118	国内	2020年8月25日	担持金属触媒
国立大学法人山梨大学	2021-130637	国内	2021年8月10日	担持金属触媒及びその製造方法
国立大学法人山梨大学	2022-113989	国内	2022年7月15日	陽イオン交換樹脂、陽イオン交換膜、電解質膜、電極触媒層形成用バインダーおよび電池電極触媒層
国立大学法人山梨大学	2022-544547	国内	2023年1月27日	担持金属触媒
国立大学法人山梨大学	2.02E+11	国外	2023年2月24日	担持金属触媒
国立大学法人山梨大学	EP21861431.1	国外	2023年3月7日	担持金属触媒
国立大学法人山梨大学	PCT/JP2021/030602	ＰＣＴ	2021年8月20日	担持金属触媒
国立大学法人山梨大学	PCT/JP2022/029914	ＰＣＴ	2022年8月4日	担持金属触媒及びその製造方法

国立大学法人山梨大学	PCT/JP2023/23602	ＰＣＴ	2023年6月26日	陽イオン交換樹脂、陽イオン交換膜、電解質膜、電極触媒層形成用バインダーおよび電池電極触媒層
国立大学法人山梨大学	TW111129403	国外	2022年8月4日	担持金属触媒及びその製造方法
東京都公立大学法人	2021-173069	国内	2021年10月22日	ナノファイバー、不織布及び複合体
東京都公立大学法人、日本バイリーン株式会社	2022-205074	国内	2022年12月22日	膜支持体及び膜支持体を備えた複合膜
東京都公立大学法人	2023-091800	国内	2023年6月2日	ナノファイバー付加体、電解質膜、複合電解質膜、燃料電池
国立大学法人九州大学	2022-001995	国内	2022年1月10日	燃料電池用電極材料、並びにこれを使用した燃料電池用電極、膜電極接合体及び固体高分子形燃料電池
国立大学法人九州大学	2022-039083	国内	2022年3月14日	電極材料、並びにこれを使用した電極、膜電極接合体及び固体高分子形燃料電池
国立大学法人九州大学	2022-044763	国内	2022年3月19日	多孔金属ガス拡散層、及びこれを備えた固体高分子形燃料電池、水電解装置
国立大学法人九州大学	2022-141541	国内	2022年1月10日	燃料電池用電極材料、並びにこれを使用した燃料電池用電極、膜電極接合体及び固体高分子形燃料電池
国立大学法人九州大学	2022-148989	国内	2022年9月20日	固体高分子形燃料電池及び多孔金属ガス拡散層
国立大学法人九州大学	2022-152125	国内	2022年9月26日	電極材料、並びにこれを使用した電極、膜電極接合体及び固体高分子形燃料電池
国立大学法人九州大学	2023-001618	国内	2023年1月10日	電極材料及びその製造方法
国立大学法人九州大学	2023-039069	国内	2023年3月13日	電極材料、並びにこれを使用した電極、膜電極接合体及び固体高分子形燃料電池
国立大学法人九州大学	2023-042109	国内	2023年3月16日	燃料電池用ガス拡散複合材及び固体高分子形燃料電池
国立大学法人九州大学	2023-057013	国内	2023年3月31日	電極材料の製造方法
国立大学法人九州大学	2023-125985	国内	2023年8月2日	電極材料、これを使用した電極、膜電極接合体及び固体高分子形燃料電池
国立大学法人九州大学	2023-175261	国内	2023年10月10日	電極材料及びその製造方法、並びにこれを使用した電極、膜電極接合体及 び固体高分子形燃料電池
国立大学法人九州大学	PCT/JP2023/000286	ＰＣＴ	2023年1月10日	電極材料及びその製造方法、並びにこれを使用した電極、膜電極接合体及び固体高分子形燃料電池

国立大学法人豊橋技術科学大学	2021-166482	国内	2021年10月8日	固体プロトン伝導体及びその製造方法、燃料電池用電解質膜並びに燃料電池
旭化成株式会社	2021-134165	国内	2021年8月19日	含窒素炭素材料及びその製造方法、並びに、酸素還元電極触媒
旭化成株式会社	2021-134181	国内	2021年8月19日	含窒素炭素材料及びその製造方法、並びに、酸素還元電極触媒
独立行政法人国立高等専門学校機構	2023-139387	国内	2023年8月29日	ホスホニウム型イオン液体をコーティングした電極触媒およびこれを用いた燃料電池
学校法人　名城大学	2023-091507	国内	2023年6月2日	異物検査システム
国立大学法人山梨大学	18/259,304	国外	2023年6月26日	担持金属触媒　（英語：SUPPORTED METAL CATALYST）
国立大学法人山梨大学，日本化学産業株式会社	2021-000222	国内	2021年1月4日	担持金属触媒
国立大学法人山梨大学	2022-573046	国内	2023年4月5日	担持金属触媒
国立大学法人山梨大学	21915209.7	国外	2023年7月6日	担持金属触媒　（英語：SUPPORTED METAL CATALYST）
国立大学法人山梨大学	PCT/JP2021/047977	ＰＣＴ	2021年12月23日	担持金属触媒
高専機構	2022-189288	国内	2022年11月28日	固体酸化物形燃料電池用アノードのアノード反応助触媒、固体酸化物形燃料電池用アノード、および固体酸化物形燃料電池
国立大学法人東海国立大学機構	2021-056359	国内	2021年3月30日	１００℃以上で使用可能なプロトン伝導膜及び燃料電池
国立大学法人東海国立大学機構	2021-211001	国内	2021年12月24日	強酸性官能基を高密度で有するブロックポリマーをベース
国立大学法人東海国立大学機構	2022-055156	国内	2022年3月30日	ホスホン酸ポリマーベースの電解質膜
国立大学法人東海国立大学機構	2022-118212	国内	2022年7月25日	強酸性官能基を高密度で有するブロックポリマーをベースとした高分子電解質膜
国立大学法人東海国立大学機構	2022-118214	国内	2022年7月25日	酸ポリマーベースの電解質膜及び複合ポリマー電解質膜
国立大学法人東海国立大学機構	2023-569590	国内	2022年12月23日	酸性官能基を高密度で有するポリマーをベースとした高分子電解質膜
国立大学法人東海国立大学機構	PCT/JP2022/047787	ＰＣＴ	2022年12月23日	酸性官能基を高密度で有するポリマーをベースとした高分子電解質膜
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023-204092	国内	2023年12月1日	固体酸化物形電気化学セル製造用電解質粒子及びその製造方法、電解質形成用分

				散液、並びに、電解質焼結体及びその製造方法
株式会社アイシン	2023-130833	国内	2023年8月10日	固体酸化物形セルの製造方法
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2021-108865	国内	2021年6月30日	プロトン伝導セラミックセル用電極、その製造方法、及びそれを用いたプロトン伝導セラミックセル
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022-185453	国内	2022年11月21日	プロトン伝導セラミックセル
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022-205775	国内	2022年12月22日	プロトン伝導セラミックセル用電極、その製造方法、及びそれを用いたプロトン伝導セラミックセル
パナソニックホールディングス株式会社	18/908,790	国外	2023年3月16日	MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY, ELECTROCHEMICAL CELL, AND FUEL CELL SYSTEM
パナソニックホールディングス株式会社	18/602084	国外	2022年6月30日	ELECTRODE CATALYST, MEMBRANE-ELECTRODE ASSEMBLY, ELECTROCHEMICAL CELL, AND FUEL CELL SYSTEM
パナソニック株式会社	2021-163752	国内	2021年10月4日	電極材料、膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池システム
パナソニック株式会社	2021-174983	国内	2021年10月26日	膜電極接合体の焼成用セッター、膜電極接合体の製造方法、および電気化学セルの製造方法
パナソニック株式会社	2021-192161	国内	2021年11月26日	セル評価用ホルダ
パナソニックホールディングス株式会社	2022-072718	国内	2022年4月26日	膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池システム
パナソニックホールディングス株式会社	2023-080068	国内	2023年5月15日	プロトン伝導体、膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池スタック
パナソニックホールディングス株式会社	2023-503108	国内	2023年1月16日	電極触媒、膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池システム
パナソニックホールディングス株式会社	2023-547892	国内	2023年3月16日	膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池システム
パナソニックホールディングス株式会社	22878153	国外	2022年6月30日	ELECTRODE CATALYST, MEMBRANE-ELECTRODE ASSEMBLY, ELECTROCHEMICAL CELL, AND FUEL CELL SYSTEM

パナソニックホールディングス株式会社	23795949.9	国外	2023年3月16日	MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY, ELECTROCHEMICAL CELL, AND FUEL CELL SYSTEM
パナソニックホールディングス株式会社	2.02E+11	国外	2023年3月16日	膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池システム
パナソニックホールディングス株式会社	PCT/JP2022/26321	ＰＣＴ	2022年6月30日	電極触媒、膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池システム
パナソニックホールディングス株式会社	PCT/JP2023/10404	ＰＣＴ	2023年3月16日	膜電極接合体、電気化学セルおよび燃料電池システム
国立大学法人名古屋工業大学	2021-094921	国内	2021年6月7日	イオン輸率評価法
国立大学法人名古屋工業大学	2022-048429	国内	2022年3月24日	燃料電池用電極材料のプロトン導電率測定装置、燃料電池用電極材料のプロトン導電率測定方法
国立大学法人名古屋工業大学	2022-089372	国内	2022年6月1日	イオン輸率評価法
株式会社ノリタケカンパニーリミテド	2022-158413	国内	2022年9月30日	インクジェットインク
株式会社ノリタケカンパニーリミテド	2023-056526	国内	2023年3月30日	焼成用または乾燥用の治具、該治具を構成する支持部材、および該支持部材を構成するユニット部材
株式会社ノリタケカンパニーリミテド	2023-056527	国内	2023年3月30日	ガラス接着剤および該ガラス接着剤の焼成物である接合部を有する焼成用または乾燥用の治具
国立大学法人九州大学	JP2023-028343	国内	2023年2月27日	炭素繊維用メソフェーズピッチ及びメソフェーズピッチ系炭素繊維の製造方法
学校法人君が淵学園	2022-017569	国内	2022年2月7日	水素製造方法、水素製造装置、燃料電池及び発電システム
国立大学法人　琉球大学	2022-030533	国内	2022年3月1日	アンモニアボランの合成方法
国立大学法人名古屋工業大学	2022-173955	国内	2022年10月31日	酸化インジウムスズ被膜セパレータ及び燃料電池スタック
遠藤　優奈	2022-154116	国内	2022年9月27日	耐食性ステンレス鋼及び耐食性ステンレス鋼の製造方法
日本バイリーン株式会社	2022-104795	国内	2022年6月29日	導電性繊維シート、ガス拡散電極、及び水分管理シート
日本バイリーン株式会社	2022-161437	国内	2022年10月6日	導電性繊維シート、ガス拡散電極、及び水分管理シート
日本バイリーン株式会社	2023-106777	国内	2023年6月29日	固体高分子形燃料電池用膜電極接合体及びその製造方法

国立大学法人群馬大学	10-2025-7021029	国外	2023年11月2日	CARBON CATALYST, ELECTRODE, AND BATTERY（炭素触媒、電極及び電池）
国立大学法人群馬大学	10-2025-7021030	国外	2023年11月2日	CARBON CATALYST, ELECTRODE, AND BATTERY（炭素触媒、電極及び電池）
国立大学法人群馬大学	19/131656	国外	2023年11月2日	CARBON CATALYST, ELECTRODE, AND BATTERY（炭素触媒、電極及び電池）
国立大学法人群馬大学	19/131672	国外	2023年11月2日	CARBON CATALYST, ELECTRODE, AND BATTERY（炭素触媒、電極及び電池）
国立大学法人群馬大学	2022-189814	国内	2022年11月29日	炭素触媒、電極及び電池
国立大学法人群馬大学	2022-189815	国内	2022年11月29日	炭素触媒、電極及び電池
国立大学法人群馬大学	2023-195715	国内	2023年11月17日	炭素触媒、電極及び電池
国立大学法人群馬大学	3274277	国外	2023年11月2日	CARBON CATALYST, ELECTRODE, AND BATTERY（炭素触媒、電極及び電池）
国立大学法人群馬大学	3274325	国外	2023年11月2日	CARBON CATALYST, ELECTRODE, AND BATTERY（炭素触媒、電極及び電池）
国立大学法人群馬大学	23897369.7	国外	2023年11月2日	CARBON CATALYST, ELECTRODE, AND BATTERY（炭素触媒、電極及び電池）
国立大学法人群馬大学	23897370.5	国外	2023年11月2日	CARBON CATALYST, ELECTRODE, AND BATTERY（炭素触媒、電極及び電池）
国立大学法人群馬大学	JP2023/039592	国外	2023年11月2日	炭素触媒、電極及び電池
国立大学法人群馬大学	JP2023/039593	国外	2023年11月2日	炭素触媒、電極及び電池
国立大学法人北海道大学	2022-054376	国内	2022年3月29日	プロトンセラミック可逆セル、ならびにそれを含む水蒸気電解セル及び燃料電池
国立大学法人北海道大学	2023-041188	国内	2023年3月15日	セラミック可逆セル、ならびにそれを含む水蒸気電解セル及び燃料電池
学校法人金沢工業大学	2022-095983	国内	2022年6月14日	複合圧力容器及び複合圧力容器の製造方法

ミズノ　テクニクス株式会社	2023-039915	国内	2023年3月14日	トウプリプレグの製造方法、トウプリプレグの製造に使用する樹脂組成物、及びトウプリプレグ
豊田合成株式会社	2021-185156	国内	2021年11月12日	高圧タンク
豊田合成	2022-44382	国内	2022年3月18日	ガス容器の製造方法
豊田合成株式会社	2022-044369	国内	2022年3月18日	ガス容器
豊田合成株式会社	2022-044392	国内	2022年3月18日	ガス容器
豊田合成株式会社	2022-044416	国内	2022年3月18日	ガス容器
豊田合成株式会社	2022-044422	国内	2022年3月18日	ガス容器
豊田合成株式会社	2022-044439	国内	2022年3月18日	ガス容器
豊田合成株式会社	2022-044454	国内	2022年3月18日	ガス容器
豊田合成株式会社	2022-044472	国内	2022年3月18日	ガス容器
豊田合成株式会社	2022-044481	国内	2022年3月18日	ガス容器
豊田合成株式会社	2022-044491	国内	2022年3月18日	ガス容器の組立方法及びガス容器
豊田合成株式会社	2022-181453	国内	2022年11月11日	圧力容器
豊田合成株式会社	2022-181454	国内	2022年11月11日	ガス容器
豊田合成	2023-164047	国内	2023年9月26日	圧力容器
豊田合成	CN202310260004A	国外	2023年3月17日	ガス容器
豊田合成	CN202310261265A	国外	2023年3月17日	ガス容器の組立方法及びガス容器
豊田合成	DE102023106795A	国外	2023年3月17日	ガス容器
豊田合成	DE102023106802A	国外	2023年3月17日	ガス容器の組立方法及びガス容器
豊田合成	US18/180987	国外	2023年3月9日	ガス容器の組立方法及びガス容器
豊田合成	US18/185568	国外	2023年3月17日	ガス容器
国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022-193260	国内	2022年12月2日	酸化物多結晶膜の製造方法、酸化物多結晶膜の製造装置
学校法人同志社	2023-034254	国内	2023年3月7日	白金ナノシートの製造方法
国立研究開発法人物質・材料研究機構	2023-063776	国内	2023年4月10日	軸荷重負荷試験用の試験片把持具、並びにこれを用いた極限環境中での軸荷重負荷試験機
兵庫県公立大学法人	2023-088838	国内	2023年5月30日	架橋性スチレン系熱可塑性エラストマー組成物、スチレン系エラストマー架橋体、及び接合部材
株式会社アイシン	2023-088051	国内	2023年5月29日	固体酸化物形セル用電解質の製造方法
株式会社アイシン	2023-156454	国内	2023年9月21日	酸化物膜の製造方法

国立大学法人山梨大学	PCT/JP2022/043188	ＰＣＴ	2022年11月22日	電極触媒、水電解セル
国立大学法人東京大学	2023-151769	国内	2023年9月19日	タンクモジュール
国立大学法人東京工業大学	2023-137468	国内	2023年8月25日	触媒の製造方法、触媒、電極、膜電極接合体、及び水電解装置
国立大学法人山梨大学	3238436	国外	2022年11月22日	電極触媒、水電解セル
国立研究開発法人理化学研究所	2023-135670	国内	2023年8月23日	酸素発生電極触媒を含む電極
国立研究開発法人理化学研究所	2023-138797	国内	2023年8月29日	酸素発生電極触媒を含む電極及びその製造方法

（Patent Cooperation Treaty：特許協力条約）

※非公開期間を考慮し、2024年度以降の出願は非公開

4. 3. 論文発表リスト

タイトル	所属	発表誌名等	発表年
水素社会実現に向けた燃料電池システムの最新技術	東芝エネルギーシステムズ株式会社	東芝レビュー	2021
Creation of Highly Active Pt/Pd/C Core-shell Structured Catalyst by Synergistic Combination of an Intrinsically High Activity and a Surface Decoration with Melamine or Tetra-(tert-butyl)-tetraazaporphyrin	産業技術総合研究所、同志社大学、石福金属興業	ACS Catalysis	2020
高温低加湿運転を目指した革新的低白金化技術開発	同志社大学	水素エネルギーシステム	2021
A New Strategy for Drastic Improvement in Durability of Pt/C and PtCo/C Alloy Catalysts for Oxygen Reduction Reaction by Melamine Surface Modification	同志社大学/産業技術総合研究所	ACS Catalysis	2022
Pore Structure and Durability Improvement of CNovel Mesoporous Carbon as a Support Material for Pt Catalysts in Polymer Electrolyte Fuel Cells	同志社大学／石福金属興業	J. Electrochem. Soc.	2025
Oxygen Reduction Reaction of Third Element-Modified Pt/Pd(111): Effect of Atomically Controlled Ir Locations on the Activity and Durability	東北大学	ACS Catalysis	2021
Atomically resolved interface structures of vacuum-deposited Pt on SnO2(110), (101), and (111)	東北大学	J.Vac.Sci.Technol.A	2021
Hydrogen Peroxide Generation and Hydrogen Oxidation Reaction Properties of Ir(111)-, (100)-, and (110)-Low-Index Single-Crystal Surfaces	東北大学	J.Phys.Chem.C	2021
Oxygen reduction reaction properties of vacuum-deposited Pt on thermally grown epitaxial graphene layers	東北大学	J.Vac.Sci.Technol.A	2021
Hydrogen peroxide generation and hydrogen oxidation reactions of vacuum-prepared Ru/Ir(111) bimetallic surfaces	東北大学	Phys. Chem. Chem. Phys.	2022
Enhanced electrochemical hydrogen oxidation reaction and suppressed hydrogen peroxide generation properties on Pt/Ir(111) bimetallic surfaces	東北大学	Phys. Chem. Chem. Phys.	2023
Experimental study platform for electrocatalysis of atomic-level controlled high-entropy alloy surfaces	東北大学、産総研	Nat. Commn.	2023
Suppressed Hydrogen Peroxide Generation and Enhanced Electrochemical Hydrogen Oxidation Activity for Tungsten-Oxide-Modified Platinum Surface Model Catalyst System	東北大学	Mater. Trans.	2023
Pt-surface stabilization by high-entropy alloys for enhancing oxygen reduction reaction property: Single-crystal model catalyst study	東北大学	Electrochem. Commun.	2023
Oxygen Reduction Reaction Activity Enhancement of Dry-Process-Synthesized Pt(111)/Nb:SnO2(101)/Pt(111) Coherent Lattice Stacking Model Catalyst Surface	東北大学	Mater. Trans.	2024
Enhanced Oxygen Reduction Reaction Activity on the Melamine-Modified Pt-High-Entropy Alloy Single-Crystal Lattice Stacking Surface	東北大学	ACS Catalysis	2024
Hydrogen Peroxide Generation and Hydrogen Oxidation Reaction on Pt/Co/Pt (111) and Pt/Co/Pt (100) Single-Crystal Model Catalyst Surface	東北大学	ACS Catalysis	2024
Surface Nanostructures of Pt-Compositionally Complex Alloys Single-Crystal Model Catalyst Surfaces for Improved Oxygen Reduction Reaction: Machine-Learning-Assisted Exploration	東北大、NIMS	ACS Applied Materials & Interfaces	2025
Creation of a Highly Active Pt/Pd/C Core−Shell-Structured Catalyst by Synergistic Combination of Intrinsically High Activity and Surface Decoration with Melamine or Tetra-(tert-butyl)-tetraazaporphyrin	国立研究開発法人産業技術総合研究所、同志社大学、石福金属興業株式会社	ACS Catalysis	2020
Sulphonated melamine polymer for simultaneously enhancing the oxygen reduction reaction activity and stability of a Pt catalyst	国立研究開発法人産業技術総合研究所	Journal of Electroanalytical Chemistry	2022
Elucidation of the mechanism of melamine adsorption on Pt(111) surface via density functional theory calculations	国立研究開発法人産業技術総合研究所	Physical Chemistry Chemical Physics	2023
Triazine compounds for the high enhancement of the ORR activity and durability of Pt/C	国立研究開発法人産業技術総合研究所	Electrochimica Acta	2023
Neural network potential calculations for melamine adsorption onto Pt (111) compared with density functional theory	国立大学法人大阪大学	Chemistry Letters	2024
Cation Effects on ORR Activity on Low-index Planes of Pd in Alkaline Solution	千葉大学	Electrochemistry	2021

Structural effects on voltammograms of the high index planes of Pd in alkaline solution	千葉大学	J. Electroanal. Chem.	2021
Enhancement of the Activity for the Oxygen Reduction Reaction on Well defined Single Crystal Electrodes of Pt by Hydrophobic Species	千葉大学	Chem. Lett.	2021
The activity for the ORR on Pt-Pd-Co ternary alloy electrodes affected markedly by surface structure and composition	千葉大学、東北大学	Electrochem. Commun.	2021
Effect of Hydrophobic Cations on the Inhibitors for the Oxygen Reduction Reaction on Anions and Ionomers Adsorbed on Single-Crystal Pt Electrodes	千葉大学	ACS Applied Materials & Interfaces	2021
Structural Effects on the Activity for the Oxygen Reduction Reaction on the High-Index Planes of Palladium in Alkali Solution	千葉大学	Electrocatalysis	2021
Effects of Surface Structures and Hydrophobic Species on the Oxygen Reduction Reaction Activity of Pt3Fe Single-Crystal Electrodes	千葉大学	Electrocatalysis	2022
イオン液体修飾 Pt 単結晶電極上の酸素還元反応	千葉大学	燃料電池	2023
Infrared reflection absorption spectroscopy of the adsorbed structures of a protic ionic liquid on the low-index planes of Pt	千葉大学	J. Electroanal. Chem.	2023
Structural effects of the oxygen reduction reaction on the high index planes of Pt3Fe	千葉大学	Electrochem. Commun.	2022
Effects of Hydrophobic Species on the Oxygen Reduction Reaction on the High-Index Planes of Pt3Fe	千葉大学	Electrocatalysis	2022
Enhanced oxygen reduction reaction on caffeine-modified platinum single-crystal electrodes	千葉大学	Commun. Chem.	2024
Surface extraction process during initial oxidation of Pt(111): Effect of hydrophilic/hydrophobic cations in alkaline media	千葉大学	J. Am. Chem. Soc.	2024
新規アノード触媒の研究開発：電解質膜の劣化抑制機能、高い水素酸化活性、耐 CO 被毒性と耐酸化性の発現	山梨大学	水素エネルギーシステム	2021
Inexpensive gram scale synthesis of porous Ti4O7 for high performance polymer electrolyte fuel cell electrodes	弘前大学, 岩手大学	Chemical Communications	2021
Particle size effect of Pt anode catalysts for fuel cells on H2O2 production rate and H2 oxidation activity at 20 to 80 °C	山梨大学	Journal of the Electrochemical Society	2022
Suppression of Membrane Degradation Accompanied with Increased Output Performance in Fuel Cells by Use of SiO2-Containing Anode Catalyst Layers	山梨大学	ACS Applied Materials and Interfaces	2023
Impact of Pt-Loading and Carbon Support of Pt/C Anode Catalysts on Membrane Degradation Rate in Fuel Cells	山梨大学	Journal of the Electrochemical Society	2024
Vanadium Doping to Increase the Production Batch Size of Carbon-Free Ti4O7: a New Strategy for its Mass Production	弘前大学, 岩手大学	Journal of Electroanalytical Chemistry	2023
Review of carbon-support-free platinum and non-platinum catalysts for polymer electrolyte fuel cells: Will they feature in future vehicles?	弘前大学	Journal of Materials Chemistry A	2024
Suppression of H2O2 Formation and Durability of Various Hydrogen Anode Catalysts for Long-Life Fuel Cells	山梨大学, 信州大学, 弘前大学, 岩手大学, 東北大学	Journal of the Electrochemical Society	2025
Suppression of Chemical Degradation of Nafion Membrane by Use of Sulfonated Polyphenylene Ionomer in the Anode Catalyst Layers	山梨大学	Journal of the Electrochemical Society	2025
Inexpensive gram scale synthesis of porous Ti4O7 for high performance polymer electrolyte fuel cell electrodes	弘前大学、岩手大学	Chemical Communications	2021
Vanadium doping to increase the production batch size of Carbon-Free Ti4O7: A new strategy for its mass production	弘前大学、岩手大学	Journal of Electroanalytical Chemistry	2023
炭化水素系電解質材料	上智大学	モビリティ用電池の化学	2022
Multiblock-copolymerisation-derived sulfonated-poly(p-phenylene)-based polymer electrolyte membranes with simultaneously enhanced proton conductivity and mechanical strength	上智大学	Materials Advances	2023
Potential-Dependent and Face Orientation-Dependent Electrochemical Oxidative Desorption Behavior of Sulfur Species Adsorbed on Platinum Single Crystal Surfaces	1National Institute for Materials Science, 2National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3Ochanomizu University,	投稿準備中	2024

	4Tokyo Institute of Technology		
Effect of Temperature on Oxygen Reduction Reaction Kinetics for Pd Core - Pt Shell Catalyst with different core size	"1 京都大学 大学院人間・環境学研究科	ACS Applied Energy Materials	2020
operando X-ray absorption spectroscopic study on influence of specific adsorption of sulfo group in perfluorosulfonic acid ionomer on the oxygen reduction reaction activity of Pt/C catalyst	2 京都大学 大学院 総合生存学館 (思修館)	ACS Applied Energy Materials	2021
Protection Against Absorption Passivation on Platinum by Nitrogen-Doped Carbon Shell for Enhanced Oxygen Reduction Reaction	3 株式会社 日産アーク	ACS Applied Materials and Interfaces	2023
Origin of High Activity and Durability of Confined Ordered Intermetallic PtCo Catalysts for Oxygen Reduction Reaction in Rotating Disk Electrode and Fuel Cell Operating Conditions	4 FC-Cubic"	ACS Catalysis	2023
Investigating Degradation Mechanisms in PtCo Alloy Catalysts: The Role of Co Content and Pt-Rich Shell Using operando High Energy Resolution Fluorescence Detection X-ray Absorption Spectroscopy	"1 京都大学 大学院人間・環境学研究科	ACS Applied Materials and Interfaces	2023
A Modified Galvanic Cell Synthesis of Pd@Pt Core-Shell Nanowire Catalysts: Structural Insights and Enhanced ORR Performance	2 京都大学 大学院 総合生存学館 (思修館)	ACS Appl. Energy Mater.	2024
Structural Insights and Electronic State Analysis of PtNi Nanowire Catalysts by operando High-Energy Resolution Fluorescence Detection X-ray Absorption Spectroscopy	3 株式会社 日産アーク	J. Mater. Chem. A	2024
Structural Control of PtNi Catalysts through Precise Synthesis Conditions and Elucidation of Property Determinants by operando XAS Analysis	4 FC-Cubic"	Electrochemistry	2025
Structure-Activity Relationship in PtCo L10 Ordered Phase ORR Catalysts: Pt-rich Shell having Anisotropic Lattice Distortion Revealed by PDF and XAS Analysis	京都大学	ACS Appl. Mater. Interfaces	2025
Small Angle X-ray Scattering Study for Investigating the Three-Dimensional Packing Structure of Pt Catalysts on Gd-doped CeO2 Supports for Fuel Cells	京都大学	Advanced Theory and Simulations	2024
Reinforcement Effect in Tandemly Sulfonated, Partially Fluorinated Polyphenylene PEMs for Fuel Cells	京都大学	RSC Adv.	2023
Proton-Conductive Aromatic Membranes Reinforced with Poly(vinylidene fluoride) Nanofibers for High-Performance Durable Fuel Cells	京都大学	Sci. Adv.	2023
Impacts of Pt/Carbon Black Catalyst Surface Hydrophilicity on Ionomer Distribution and Durability during Water-Generating Load Cycling of Polymer Electrolyte Fuel Cells	京都大学	ACS Appl. Energy Mater.	2023
Transient Distribution of Water in an Anion Exchange Membrane Fuel Cell Monitored by Operando Coherent Anti-Stokes Raman Scattering Spectroscopy	京都大学	Electrochemistry	2024
Coherent Anti-Stokes Raman Scattering Spectroscopy System for Observation of Water Molecules in Anion Exchange Membrane	京都大学	Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc.	2024
Well-Designed Polyphenylene PEMs with High Proton Conductivity and Chemical and Mechanical Durability for Fuel Cells	University of Yamanashi, Rigaku Corporation	J. Mater. Chem. A	2022
Sulfonated and Fluorinated Aromatic Terpolymers as ProtonConductive Membranes: Synthesis, Structure, and Properties	"University of Yamanashi,	Bull. Chem. Soc. Jpn	2022
Tandem Effect of Two Sulfophenylene Groups in Aromatic Polymers for Fuel Cell Membranes	Toray Research Center, Inc."	ACS Appl. Energy Mater.	2022
PEFC の性能・耐久性向上へのｶｰﾎﾞﾝ構造と Pt,ｱｲｵﾉﾏｰ分布の影響	"University of Yamanashi,	電気化学	2023
Oscillation Mechanism in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Studied by Operando Monitoring of Oxygen Partial Pressure Using Optical Probes	Shinshu University"	J. Surf. Finish. Soc. Jpn.72(No.4)	2021
High-Performance Fuel Cell Operable at 120°C Using Polyphenlyene Ionomer Membranes with Improved Interfacial Compatibility	"University of Yamanashi,	ACS Appl. Mater.Interfaces, 13 (No.13)	2021
Analytical System for Simultaneous Operando Measurements of Electrochemical Reaction Rate and Hard X-ray Photoemission Spectroscopy	N.E. Chemcat Corporation"	J.Electrochem. Soc., 168 (No.5)	2021
Evaluation of Ionomer Distribution on Electrocatalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells by Use of a Low Acceleration Voltage Scanning Electron Microscope	University of Yamanashi	J.Electrochem. Soc., 168 (No.5)	2021

Water Distributions inside Polymer Electrolyte Thin Films Studied by Neutron Reflectometry	University of Yamanashi	Vacuum and Surface Science, 64(No.7)	2021
Wet/Dry Cycle Durability of Polyphenylene Ionomer Membranes in PEFC	University of Yamanashi	J. Power Sources Adv.,10,	2021
Enhanced Oxygen Reduction Electrocatalysis on PtCoSn Alloy Nanocatalyst Mediated by Ta-doped SnO2 Spport for Polymer Electrolyte Fuel Cells	University of Yamanashi	Electrochim.Acta, 390	2021
ePTFE Reinforced, Sulfonated Aromatic Polymer embranes Enable Durable,High-Temperature Operable PEMFCs	University of Yamanashi	iScience, 24(No.9)	2021
Reinforced Polyphenylene Ionomer Membranes Exhibiting High Fuel Cell Performance and Mechanical Durability	University of Yamanashi	ACS Mater. Au, 1 (No.1)	2021
Poly(para-phenylene)Ionomer Membranes:Effect of Methyl and Trifluoromethyl Substituents	University of Yamanashi, Shimadzu, Waseda University, Panasonic, Mizuho Information and Research Institute, Keio University, Universiti Kebangsaan Malaysia	Polym. Chem.,12 (No.42)	2021
The Distribution and Diffusion Coefficient of Water Inside a Nafion® Membrane ina Running Fuel Cell under Transient Conditions Analyzed by Operando Time-Resolved CARS Spectroscopy	University of Yamanashi	J. Power Soueces Adv.,13	2022
An Aromatic Ionomer in the Anode CatalystLayer Improves the Start-up Durability of Polymer Electrolyte Fuel Cells	University of Yamanashi, JASRI, NISSAN ARC, Universiti Kebangsaan Malaysia	Energy Adv., 1	2022
Effect of Pt Loading Percentage on Carbon Blacks with Large Interior Nanopore Volume on the Performance and Durability of PolymerElectrolyte Fuel Cells	University of Yamanashi,AGC	ACS Appl. Energy Mater.,5 (No.1)	2022
Particle-Size Effect of Pt Anode Catalysts on H2O2 Production Rate and H2 Oxidation Activity at 20 to 80 °C	University of Yamanashi, Universiti Kebangsaan Malaysia	J.Electrochem. Soc.,169(No.1)	2022
Protocol for Synthesisand Characterization of ePTFE Reinforced, Sulfonated Polyphenylene in the Application to Proton Exchange Membrane Fuel Cells	University of Yamanashi, Panasonic, Toray Research Center, Waseda University	STAR Protoc., 3 (No.1)	2022
Small Angle X-ray Scattering Study for Investigating 3D Nanoparticle Packing Structure of Pt Catalyst on Gd-Doped CeO2 Supports for Fuel Cells	University of Yamanashi	Wiley Advanced	2024
Development of composite electrolyte membranes with functional polymer nanofiber frameworks (Review)	University of Yamanashi, Waseda University	Polymer J.	2025
Heat Treatment for a Membrane Composed of Polymer Nanofibers and a Perfluorosulfonic-Acid Polymer Matrix: Effect on Proton-Exchange-Membrane Properties	University of Yamanashi	Journal of Photopolymer Science and Technology	2024
Electrospun Sulfonated Polyimide Nanofibers for Polymer Electrolyte Composite Membranes	University of Yamanashi	Polyimides – Advances in Blends and Nanocomposites	2024
Development of Blend Nanofiber Composite Polymer Electrolyte Membranes with Dual Proton Conductive Mechanism and High Stability for Next-Generation Fuel Cells	University of Yamanashi	ACS Applied Polymer Materials	2023
Fabrication and Characterizations of Polymer Electrolyte Composite Membranes Consisted of Polymer Nanofiber Framework Bearing Connected Proton Conductive Pathways	University of Yamanashi	Journal of Photopolymer Science and Technology	2021
Fabrication and electrolyte characterizations of nanofiber framework-based polymer composite membranes with continuous proton conductive pathways	University of Yamanashi	Membranes	2021
PEFCs Using Metallic Ti and Sn Electrocatalyst Supports	University of Yamanashi	ECS Transactions	2021
Preparation of PEFC Electrocatalysts using SnO2 Thin Layer Support	University of Yamanashi	ECS Transactions	2021
PEFCs Using Metallic Ti and Sn Gas Diffusion Layers	株式会社リガク	ECS Transactions	2021
Preparation of Nanocrystalline Nb-doped SnO2 on Mesoporous Carbon for PEFC Electrocatalysts	東京都立大学	ECS Transaction	2022
Metallic Gas Diffusion Layers for Polymer Electrolyte Fuel Cells	東京都立大学	ECS Transaction	2022
PEFC electrocatalysts using Sn-based materials dispersed on mesoporous carbon	東京都立大学	ECS Transaction	2022

Power Generation Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cells with Electrocatalysts Supported on SnO2 in High Current Density Range	東京都立大学、日本バイリーン株式会社	ECS Transaction	2022
Investigation of A Correlation between IV Performance and Cathode Structure for MEAs Using Mesoporous Carbon Supports	東京都立大学	ECS Transaction	2022
Investigation of a Method of Evaluating Proton Resistance in PEFC Catalyst Layers	東京都立大学	ECS Transaction	2022
"Effect of the Hydrophilic Layer in Double Microporous Layer Coated Gas Diffusion Layer on	九州大学	ECS Transactions	2022
PEFC Performance"	九州大学	ECS Transaction	2023
Suppression of PEFC Membrane Degradation By Using SnO2 As Electrocatalyst Support	九州大学	ECS Transaction	2023
Power Generation Charactristics of Polymer Electrolyte Fuel Cells with Electrocatalysts Supported on SnO2 in High Current Density Range	九州大学	ECS Transaction	2023
Pt-Ta-Co Electrocatalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells	九州大学	ECS Transaction	2023
Ta205 Catalyst Support for Polymer Electrolyte Fuel Cells	九州大学	ECS Transaction	2023
Self-Supporting Microporous Layer for Polymer Electrolyte Fuel Cells	九州大学	ECS Transaction	2023
Effect of Hydrophilic and Hydrophobic Composite Microporous Layer Coated Gas Diffusion Layers on PEFC Performance	九州大学	ECS Transaction	2023
Development of MEAs Using Mesoporous Carbon Fibers as Cathode Carbon Supports	九州大学	"Journal of The Electrochemical Society	2023
Effect of the Hydrophilic Layer in Double Microporous Layer Coated Gas Diffusion Layer on Performance of a Polymer Electrolyte Fuel Cell	九州大学	"	2024
Hydrophilic and Hydrophobic Composite Microporous Layer Coated Gas Diffusion Layers for Performance Enhancement of Polymer Electrolyte Fuel Cells	九州大学	"Journal of The Electrochemical Society	2023
"Development of Carbon-based Integrated Electrode (GDL + Catalyst Layer) Using the	九州大学	"	2024
Electrospinning Deposition Method"	九州大学	ECS Transactions	2024
"Pt-decorated Tantalum Oxide on Mesoporous Carbon Supports for Enhanced Mass	九州大学	International Journal of Hydrogen Energy	2024
Activity and Start-Stop and Load Cycling Durability in PEFCs"	九州大学	ECS Transactions	2024
Electrochemical Characteristics of Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Pt-Ta-Co Electrocatalysts	九州大学	ECS Transactions	2024
PEFC Electrocatalysts using Highly-Graphitized Mesoporous Carbon Supports	九州大学	ECS Transactions	2024
Development of Mesoporous Carbon Fibers As Catalyst Supports for PEFC	九州大学	ECS Transactions	2024
Improvement of Mesoporous Carbon Supports for PEFC	九州大学	ECS Transactions	2024
Water Permeability and Oxygen Transport Resistance of Hydrophilic and Hydrophobic Composite Microporous Layer Coated	九州大学	ECS Transactions	2024
Effect of Contamination in the Carbon Catalyst Support on Chemical Degradation of Polymer Electrolyte Membranes in Fuel Cells	九州大学	ECS Transactions	2024
A Tantalum-Rich Pt-Ta-Co Electrocatalyst for Polymer Electrolyte Fuel Cells	九州大学	ECS Transactions	2025
Self-Supporting Microporous Layer for Polymer Electrolyte Fuel Cells using a Thin Carbon Mesh Gas Diffusion Layer	九州大学	ECS Transactions	2020
Microstructural Design of PEFC Electrocatalyst Layer Using Mesoporous Carbon	九州大学	Journal of The Electrochemical Society	2020
Hydrophilic and Hydrophobic Composite Microporous Layer Coated Gas Diffusion Layers to Reduce Oxygen Transport Resistance of Polymer Electrolyte Fuel Cell	九州大学	ECS Transactions	2020
Effect of Semiconducting Properties of Oxide-Based Compounds on Oxygen Reduction Activity in Acidic Media	九州大学	ECS Transactions	2021
Factors Affecting ORR Activity of Nb-Added TiOx Catalyst Using Carbon Support for PEFC	九州大学	ECS Transactions	2021
P-Doped SnO2 Powder as a Support for PEFC Cathode	九州大学	Materials & Design	2021

Control of surface area and conductivity of niobium-added titanium oxides as durable supports for cathode of polymer electrolyte fuel cells	九州大学	燃料電池	2022
PEFC 用 CNT 上に担持した Nb 添細 TiOx 触媒の ORR 活性影響因子の検討	九州大学	ECS Transactions	2022
Noble Metal-Added Titanate Nanosheets for PEFC Cathode	九州大学	燃料電池	2022
PEFC カソード用酸化物担体としての P ドープ SnO2 の適用性評価	Yokohama National University, Osaka University, Shinshu University	ECS Transactions	2021
Effects of Foreign Elements Added Oxide-Based Electrocatalyst for Oxygen Reduction Reaction as Non-Precious Metel Cathodes	Yokohama National University	Chemistry Letters	2022
Enhancement of Oxygen Reduction Activity of Fe-added Zirconium Oxide Electrocatalysts without Conductive Supports in Sulfuric Acid	Yokohama National University, Kumamoto Industrial Research Institute, Quantum and Radiological Science and Technology	Journal of the Hydrogen Energy Systems Society of Japan	2022
非貴金属酸化物ベース酸素還元触媒	Yokohama National University, University of Poitiers, Peking University	QST Takasaki Annual Report 2020	2023
Development of metal oxide-catalysts utilizing quantum beam irradiation technique	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	RSC Advances	2021
Insights into the solvothermal reaction for synthesizing tin(iv) oxide porous spheres	横浜国立大学	Materials Chemistry and Physics (Elsevier)	2022
Development of polybenzimidazole modification with open edges/ porous reduced graphene oxide composite membranes for excellent stability and improved PEM fuel cell performance	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	Langmuir	2022
pH-Responsive Association Behavior of Biocompatible Random Copolymers Containing Pendent Phosphorylcholine and Fatty Acid	Yokohama National University, Kumamoto Industrial Research Institute	Polymer Journal	2020
Development of pH-responsive polymers and their application	Yokohama National University	Chemistry Letters	2021
Association Behavior of a Homopolymer Containing Choline Phosphate Groups in Aqueous Solutions	横浜国立大学、物質・材料研究機構、福岡大学	材料表面	2021
炭素表面が関わる触媒反応	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	触媒年鑑　触媒技術の動向と展望 2021	2021
固体高分子形燃料電池用非白金触媒の開発動向	高知工科大学	JACS-Au	2022
High Durability of Fourteen-Membered Macrocyclic Fe Complex in Acidic Oxygen Reduction Reaction Conditions	豊橋技術科学大学	水素エネルギーシステム	2022
Fe 系非白金カソード触媒の最新動向	兵庫県立大学	車載テクノロジー	2022
鉄系非白金触媒の研究開発動向	兵庫県立大学	Catalysis Survey from Asia	2024
Tafel slope analysis from inherent rate constants for oxygen reduction reaction over N-doped carbon and Fe-N-doped carbon electrocatalysts	兵庫県立大学	クリーンエネルギー	2025
燃料電池の非白金化を目指した新規物質の探究	東京工業大学	Dalton Transactions	2025
One-pot gram-scale rapid synthesis of MN4 complexes with 14-membered ring macrocyclic ligand as a precursor for carbon-based ORR and CO2RR catalysts	東京工業大学	Journal of the American Chemical Socisety	2024
Fourteen-Membered Macrocyclic Cobalt Complex Structure as a Potential Basis for Durable and Active Non-platinum Group Metal Catalysts for Oxygen Reduction and Hydrogen Evolution Reactions	熊本大学、静岡大学、旭化成、東工大	ACS Applied Nano Materials	2024
Kinetic Study and Fuel Cell Testing for a Hybrid of Fourteen-Membered Macrocyclic Fe Complex and Fe/N/C Nano-Catalyst	東京工業大学	Royal Society Open Science	2024
Small-angle X-ray scattering analysis of poly(amic acid) dispersed in a liquid matrix to understand the size control of polyimide nanoparticles	東京工業大学	Polymer Journal	2024
Semiautomated experiment with a robotic system and data generation by foundation models for synthesis of polyamic acid particles	東京工業大学	ACS Catalysis	2024
Structural Effects of FeN4 Active Sites Surrounded by Fourteen-Membered Ring Ligands on Oxygen Reduction Reaction Activity and Durability	東京工業大学、熊本大学、静岡大学	Dalton Transactions	2021

One-pot gram-scale rapid synthesis of MN4 complexes with 14-membered ring macrocyclic ligand as a precursor for carbon-based ORR and CO2RR catalysts	静岡大学、東京工業大学、熊本大学	Dalton Transactions	2021
One-pot gram-scale rapid synthesis of MN4 complexes with 14-membered ring macrocyclic ligand as a precursor for carbon-based ORR and CO2RR catalysts	熊本大学、静岡大学、東京科学大学、旭化成株式会社	JACS-Au	2022
High Durability of Fourteen-Membered Macrocyclic Fe Complex in Acidic Oxygen Reduction Reaction Conditions	東京科学大学、熊本大学、静岡大学	PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS	2022
Suitable acid groups and density in electrolytes to facilitate proton conduction	東京工業大学、大阪工業大学、JASRI	International Journal of Hydrogen Energy	2022
Issues of Using Inorganic Proton Conductor in the Electrodes of Polymer	東京科学大学	Surface Science	2022
Layered Pt-Co alloys: Bulk, surface and nanoparticle analysis, based on DFT	熊本大学、静岡大学、東京科学大学、旭化成株式会社、JASRI	Materials Chemistry Frontiers	2025
Low humidity dependence of proton conductivity in modified zirconium(iv)-hydroxy ethylidene diphosphonates	静岡大学、東京工業大学、熊本大学	"The Journal of Physical Chemistry B	2024
Molecular Insight into the Ionic Conduction of Quaternary Ammonium and Phosphonium Cation-Based Ionic Liquids Using Dielectric and Spectroscopy Analyses	静岡大学、東京工業大学、熊本大学、旭化成	"	2024
Intermolecular interaction mechanism for ionic liquids based on quaternary phosphonium cations with different symmetries using dielectric and spectroscopic analyses	熊本大学、静岡大学、旭化成、東工大	Physical Chemistry Chemical Physics	2023
PEFC カソード反応へのホスホニウムイオン液体修飾効果の検討	東京工業大学,ノリタケ, 神奈川県立産業技術総合研究所	Molten Salts	2024
Influence of Initial Secondary Structure on Conformation and Mechanical Properties of Spider Silk Protein Gels.	東京工業大学	ACS biomaterials science & engineering	2023
Experimental study on diagnosis of metallic micro-particles buried into fuel cell using magnetic field excited oscillation	東京工業大学	2023 Society of Experimental Mechanics (SEM) Annual Conference	2022
Development on Diagnosing Method of Fuel Cells using Electromagnetic Field Excited Oscillation	東京工業大学、ノリタケカンパニーリミテド	BSSM 18th International Conference on Advances in Experimental Mechanics	2021
Development of Polymer Composite Membranes with Hydrophilic TiO2 Nanoparticles and Perfluorosulfonic Acid-Based Electrolyte for Polymer Electrolyte Fuel Cells Operating over a Wide Temperature Range	奈良高専	ACS Appl. Energy Mater.	2021
The Possibility of Intermediate-Temperature(120℃)-Operated Polymer Electrolyte Fuel Cells using Perfluorosulfonic Acid Polymer Membranes	奈良高専	Journal of The Electrochemical Society	2022
Temperature Dependence of Oxygen Reduction Activity at Pt/Nb-Doped SnO2 Catalysts with Varied Pt Loading	奈良高専	ACS Catal.,11(No.5)	2022
Evaluation of Ionomer Distribution on Electrocatalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells by Use of a Low Acceleration Voltage Scanning Electron Microscope	鶴岡高専	J.Electrochem. Soc.168(No.5)	2023
Pt nanorods oriented on Gd-doped ceria polyhedra enable superior oxygen reduction catalysis for fuel cells	Meijo University	J. Catal., 407	2023
Activating Nitrogen-doped Graphene Oxygen Reduction Electrocatalysts in Acidic Electrolytes using Hydrophobic Cavities and Proton-conductive Particles	名城大学	Angewandte Chemie International Edition	2023
Coexistence of Sn and FeSn2 nanoparticles dispersed in glass-ceramics and their electrochemical performance as sodium-ion battery anod	University of Yamanashi	Journal of Alloys and Compounds	2024
Highly Durable Graphene-encapsulated Platinum-based Electrocatalyst for Oxygen Reduction Reactions Synthesized by Solution Plasma Process	University of Yamanashi, Toray Research Center	Journal of Power Sources	2023
Novel solution plasma synthesis of highly durable carbon shell encapsulated platinum-based cathode catalyst for polymer electrolyte membrane fuel cells	University of Yamanashi	Carbon	2025

First-principles studies of oxygen reduction reaction mechanisms on graphene and nitrogen-doped graphene-coated platinum electrocatalyst	University of Yamanashi, AGC	Physical Chemistry Chemical Physics	2024
Single-Walled Carbon Nanotubes Supported Pt Electrocatalyst as a Cathode Catalyst of a Single Fuel Cell with High Durability against Start-up/Shut-down Potential Cycling	University of Yamanashi	ACS Applied Energy Materals	2022
Nitrogen-containing Carbon-encapsulated Platinum Electrocatalysts Supported by Single-walled Carbon Nanotubes for Polymer Electrolyte Fuel Cells	筑波大学、物質・材料研究機構、鶴岡工業高等学校	Small methods	2025
Platinum nanoparticles wrapped in carbon-dot-films as oxygen reduction reaction catalysts prepared by solution plasma sputtering	Nagaoka University of Technology and National Institute of Technology, Tsuruoka College	Nanoscale Adv	2025
Effect on percolation threshold of catalytic layer: Pt/N-Doped graphene shell onto SWCNT for ORR electrode	東海国立大学機構名古屋大学	Fuel Cells	2021
Highly Dispersed PtPdCu Nanoparticles for Oxygen Reduction Catalytic Performance and Electronic State	東海国立大学機構名古屋大学	Journal of Pysical Chemistry C	2022
Synthesis of size-controlled PtPdIr nanoparticles by solution plasma sputtering and their catalytic properties	東海国立大学機構名古屋大学	RSC Advances	2023
Acidity effects of medium fluids on anhydrous proton conductivity of acid-swollen block polymer electrolyte membranes	東海国立大学機構名古屋大学	RSC Advances	2024
Effects of a Nanophase-Separated Structure on Mechanical Properties and Proton Conductivity of Acid-Infiltrated Block Polymer Electrolyte Membranes under Non-Humidification	東海国立大学機構名古屋大学	ACS Omega	2021
Synthesis of a Cross-Linked Polymer Electrolyte Membrane with an Ultra-High Density of Sulfonic Acid Groups	東海国立大学機構名古屋大学	ACS Applied Polymer Materials	2022
Polymer Electrolyte Membranes of Polystyrene with Directly Bonded Alkylenephosphonate Groups on the Side Chains	東海国立大学機構名古屋大学、名城ナノカーボン	ACS Applied Polymer Materials	2021
非貴金属酸化物ベース酸素還元触媒	東海国立大学機構名古屋大学	Journal of the Hydrogen Energy Systems Society of Japan	2022
Symmetric Breakage-Induced Semimetallic State: Polymorphism in Ruthenate Nanosheets	東海国立大学機構名古屋大学	Journal of the American Chemical Society	2022
Compton Scattering Imaging of Liquid Water in Porous Car-bon-based Materials	Nagoya Universtity, TOYOTA Motor Corporation	Applied Science	2022
Femtosecond X-ray laser reveals intact sea-island structures of metastable solid-state electrolytes for batteries	Nagoya University, Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI), NISSAN ARC LTD	Nano Letters	2022
Three-dimensional structure determination of gold nanotriangles in solution using X-ray free-electron laser single-particle analysis	Nagoya University	Optica	2022
High-fluence and high-gain multilayer focusing optics to enhance spatial resolution in femtosecond X-ray laser imaging	Nagoya University, Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)	Nature Communications	2023
Operando Cerium Distribution Analysis on Through-plane Membrane Electrode Assemblies in 2nd-generation MIRAI	横浜国立大学、物質・材料研究機構、福岡大学	ECS Transactions	2023
Effects of a Nanophase-Separated Structure on Mechanical Properties and Proton Conductivity of Acid-Infiltrated Block Polymer Electrolyte Membranes under Non-Humidification	物質材料研究機構、信州大学	ACS Omega	2023
Valence State of Cerium Ion Radical Quencher in Polymer Electrolyte Membrances	JASRI	Memoirs of the SR Center Ritsumeikan University	2024
"Imaging Liquid Water in a Polymer Electrolyte Fuel Cell	1 北海道大学、2 立命館大学、他	Applied Science	2023
with High-Energy X-ray Compton Scattering"	北海道大学、他	Journal fo Materials Science	2024
Contrast variation method applied to structural evaluation of catalysts by X-ray small-angle scattering	北海道大学、他	ACS Applied Polymer Materials	2025
Polymer Electrolyte Membranes of Polystyrene with Directly Bonded Alkylenephosphonate Groups on the Side Chains	立命館大学	JACS Au	2025
"Controlling Circularly Polarized Luminescence Using Helically	JASRI、他	ACS Macro Letters	2021
Structured Chiral Silica as a Nanosized Fused Quartz Cell"	立命館大学、他	Chemistry Letters	2021
Chiral transfer linear polyvinylsiloxane helical conformation silica cysteine	JASRI、他	Electrochemistry	2021

Evaluation of Nafion degradation process using clusteroluminescence	JASRI、他	Phys. Chem. Chem. Phys.	2021
Operando X-ray Fluorescence Analysis of Through-plane Cerium Ion Radical Quencher Migration in Polymer Electrolyte Fuel Cells	JASRI、他	Phys. Chem. Chem. Phys.	2021
Sulfur Poisoning of Pt and PtCo Anode and Cathode Catalysts in Polymer Electrolyte Fuel Cells Studied by Operando Near Ambient Pressure Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy	大阪工業大学	ACS Appl. Energy Mater.	2021
Feed Gas Exchange (Startup/Shutdown) Effects on Pt/C Cathode Electrocatalysis and Surface Pt-Oxide Behavior in Polymer Electrolyte Fuel Cell as Revealed by In Situ Real-Time XAFS and High-Resolution STEM	大阪工業大学	Phys. Chem. Chem. Phys.	2021
Plasma-Devised Pt/C Model Electrodes for Understanding Doubly Beneficial Roles of Nanoneedle-Carbon Morphology and Strong Pt-Carbon Interface in Oxygen Reduction Reaction	大阪工業大学	J. Phys. Chem. C	2021
Visualization and Understanding of Degradation Behaviors of a PEFC Pt/C Cathode Electrocatalyst by a Multi-Analysis System Combining Time-Resolved Quick XAFS, Three-Dimensional XAFS–CT, and Same-View Nano-XAFS/STEM-EDS Techniques	立命館大学	J. Electrochem. Soc.	2021
Quick Operando Ambient Pressure Hard Xray Photoelectron Spectroscopy for Reaction Kinetic Measurements of Polymer Electrolyte Fuel Cells	分子科学研究所, 名古屋大学, JASRI, 電気通信大学	Phys. Chem. Chem. Phys.	2021
Electrochemical Properties and Single Cell Performance of Pd Core-Pt Shell Structured Catalyst Synthesized by a Simple Direct Displacement Reaction	電気通信大学、名古屋大学	J. Electrochem. Soc.	2022
In situ Extended X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy of Pt-alloy Nanoparticles for the Oxygen Reduction Reaction	電気通信大学	Phys. Chem. Chem. Phys.	2020
In Situ X-ray Absorption Spectroscopy to Monitor the Degradation of Fe/N/C Cathode Catalyst in Proton Exchange Membrane Fuel Cells	電気通信大学、名古屋大学	SPring-8/SACLA Research Frontiers 2020	2020
Sulfur Poisoning of Pt and PtCo Anode and Cathode Catalysts in Polymer Electrolyte fuel Cells Studied by Operando Near Ambient Pressure Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy	分子科学研究所、電気通信大学、名古屋大学	J. Phys. Chem. C	2021
Recent Progress in Advanced SR Characterization of Fuel Cells at SPring-8	同志社大学、電気通信大学、日産アーク	Journal of the Electochemical Society	2021
Hidden Heterometallic Interaction Emerges from Resonant Inelastic X-ray Scattering in Luminescent Tb–Pt Molecules	北海道大学、JASRI、東北大学、電気通信大学	Journal of Applied Polymer Science	2022
Analytical Technique on PEFC Performance for Efficiency Loss Characterization and MEA Design	東京工業大学、電気通信大学、JASRI	Journal of Physical Chemistry C	2021
Thermal desorption and pyrolysis direct analysis in real time mass spectrometry of Nafion membrane	分子科学研究所、JASRI、名古屋大学、電気通信大学	Journal of Power Sources	2023
DFT Study on the Chemical Degradation Mechanism of Perfluorobis(sulfonyl)imide Sulfonic Acid Ionomer Membranes	電気通信大学	Polymer Degradation and Stability	2023
Electrochemical Method to Quantitate Gas Transport Resistance at Immediate Vicinity of Catalyst Surface in PEFC	電気通信大学、東北大学、Mansoura 大学、Cambridge 大学、青山学院大学、広島大学、JASRI	水素エネルギー協会会誌	2024
DFT Study on Side Chain Detachment of Perfluorosulfonic Acid Ionomers by Radical-Assisted Nucleophilic Attack of Water	技術研究組合 FC-Cubic	燃料電池開発情報センター誌「燃料電池」Vol.22 No.3	2024
燃料電池評価・解析技術の研究動向	技術研究組合 FC-Cubic	244th ECS Meeting	2025
燃料電池のセル評価	技術研究組合 FC-Cubic	Molecules	2023
Comparison of MEA Degradation through FCV Real-World Driving and Load-Cycle Durability Test	技術研究組合 FC-Cubic	ACS Applied Materials & Interfaces	2023
Fast Field Cycling NMR Relaxometry of Perfluorosulfonic Acid and Perfluorofulfonyl Fluoride Membranes	技術研究組合 FC-Cubic	ACS Applied Materials & Interfaces	2023
Water Condensation in the Nanoscale Pores of Cathode Catalyst Layer Particles and Its Impact on Catalyst Utilization: A Simulation Based on a Reconstructed Structure from Nanoimaging	技術研究組合 FC-Cubic	Journal of The Electrochemical Society	2023
Surface Nanostructures of Pt-Compositionally Complex Alloys Single-Crystal Model Catalyst Surfaces for Improved Oxygen Reduction Reaction: Machine-Learning-Assisted Exploration	山梨県産業技術センター	ECS transactions	2023
Effects of Gas Macromixing in Polymer Electrolyte Fuel Cell	技術研究組合 FC-Cubic	ECS transactions	2023

Investigation of the Distribution of the Reactions and Mass Transport in a Fuel Cell by the Integrated Fuel Cell System Simulator Including the Dynamics of Air, H2, and Cooling Systems	技術研究組合 FC-Cubic	ECS transactions	2023
Quantification Method of Mass Transfer Resistance in Cathode Catalyst Layer in PEFC	技術研究組合 FC-Cubic	ECS transactions	2024
Hydrogen and oxygen permeability through PEFC membrane and membrane electrode assembly	東北大学、NIMS	ECS transactions	2024
Molecular Dynamics Analysis of the Scattering Phenomena of Oxygen Molecules on an Ionomer Surface in Catalyst Layer of Fuel Cell	京都大学	Surfaces and Interfaces	2024
Influence of Ethanol Decomposition on Dispersion of PEFC Catalyst Ink	京都大学	ACS Applied Materials & Interfaces	2024
"The role of the drying process and the Pt/C structure on the ionomer morphology of	京都大学	Journal of Power Sources	2024
the catalyst layer"	京都大学	ECS Transactions	2024
Water condensation in the nanoscale pores of cathode catalyst layer particles and its impact on catalyst utilization: A simulation based on a reconstructed structure from nanoimaging	東北大学	ECS Transactions	2024
Enhancement of mass transfer through under-rib convection in polymer electrolyte fuel cell with dimensionless moduli analysis	東京工業大学	ECS Transactions	2024
Development of a platinum degradation model for the high-speed computation in an integrated fuel cell system simulator and its validation using the data from the commercial FCEV	東北大学	ECS Transactions	2024
Understanding of water transport through membrane electrode assembly in PEFC	1 東京大学，2 FC-Cubic	ECS Transactions	2020
Modeling hydrogen crossover through membrane with and without catalyst layers	Kyoto University	ECS Transactions	2021
Relative humidity distribution along the gas flow channel in a wide temperature range	1 Kyoto University, 2 Tokyo University of Agriculture and Technology	ECS Transactions	2021
Coarse-grained molecular dynamics simulation of ionomer-mediated carbon cluster bonding in polymer electrolyte fuel cell catalyst Layers	Kyoto University	ECS Transactions	2021
Effects of ionomer film thickness and water content on oxygen permeation properties of PEFC cathode catalyst	Kyoto University	ECS Transactions	2022
Evaluation of factors affecting the migration of cerium ions in PEFC using molecular dynamics simulations	Kyoto University	ECS Transactions	2022
Analysis of the Influence of Cerium Ions on Mass Transport Properties in Polymer Electrolyte Membrane by Molecular Dynamics Simulation	1 Tohoku University 2 Kyoto University	ECS Transactions	2022
Performance of PEFC under different gas-mixing conditions	Tohoku University	International Journal of Hydrogen Energy	2022
Analysis method of oxygen reduction reaction rate in PEFC using Pt-sputtered catalyst	Tohoku University	Journal of Power Sources Advances	2022
Modeling of fuel cell stack for high-speed computation and implementation to integrated system model	Institute of Fluid Scinece, Tohoku University	Journal of Power Sources Advances	2022
Microscale Simulations of Reaction and Mass Transport in Cathode Catalyst Layer of Polymer Electrolyte Fuel Cell	Kyoto University	Computer aided chemical engineering	2022
3D Generation and Reconstruction of the Fuel Cell Catalyst Layer using 2D Images based on Deep Learning	Kyoto University	Computer aided chemical engineering	2022
Evaluation of ionomer distribution on porous carbon aggregates in catalyst layers of polymer electrolyte fuel cells	(a) Kyoto University (b) Toyota Motor Corporation (c) Tokyo University of Agriculture and Technology	Journal of Computer Chemistry, Japan	2022
Development of Multi-Purpose Dynamic Physical Model of Fuel Cell System	Kyushu University	ECS Transactions	2022
Model-Based Development of Fuel Cell Stack and System Controllers	(a)九州大学 (b)FC-Cubic	ECS Transactions	2022
Effect of Pore Size of Carbon Support on Electrode Reaction Activity of Catalyst Layer in Polymer Electrolyte Fuel Cells: Reactive Molecular Dynamics Simulations	Kyushu University	ECS Transactions	2021
Modeling of the dynamic behavior of an integrated fuel cell system including fuel cell stack, air system, hydrogen system, and cooling System	(a) Kyoto University (b) Toyota Motor Corporation	ECS Transactions	2021

	(c) Tokyo University of Agriculture and Technology		
Effect of Narrowed Flow Channel on Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cell	(a) Kyoto University (b) Toyota Motor Corporation (c) Tokyo University of Agriculture and Technology	International Journal of Heat and Mass Transfer	2023
Analysis method of oxygen permeation resistance of ionomer in cathode catalyst layer in PEFC	Tohoku University	J. Eng. Technol. Sci.	2023
Dynamic water transport though the perfluorinated sulfonic-acid membrane	(a) Kyoto University (b) Toyota Motor Corporation (c) Tokyo University of Agriculture and Technology	J. Asian Ceram. Soc.	2023
Effect of ionomer swelling and capillary condensation of water on porous characteristics in cathode catalyst layers of polymer electrolyte membrane fuel cells under humidified conditions	Kyoto University	ACS Appl. Chem. Mater.	2023
Metal-supported SOFC Fabricated by Tape Casting and Its Characterization: A Study of the Co-sintering Process	Kyoto University	Journal of Power Sources	2024
Lanthanum-doped Ceria Interlayer between Electrolyte and Cathode for Solid Oxide Fuel Cells	Kyoto University	Ceramics International	2023
External Current Dependence of Polarization Resistances for Reversible Solid Oxide and Protonic Ceramic Cells with Current Leakage	(a) The University of Tokyo (b) FC-Cubic	"Journal of The Electrochemical Society, 170 (2023) 124520	2023
Investigation of Degradation Mechanisms by Overpotential Evaluation for Protonic Ceramic Fuel Cells	東北大学	"	2023
Improved durability of protonic ceramic fuel cells with BaZr0.8Yb0.2O3–δ electrolyte by introducing porous BaZr0.1Ce0.7Y0.1Yb0.1O3–δ buffer interlayer	産業技術総合研究所	Energy Conversion and Management	2023
Design and fabrication of protonic ceramic fuel cells based on BaZr0.8Y0.2O3-δ |BaZr0.1Ce0.7Y0.1Yb0.1O3-δ bilayer electrolyte	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学	ECS Transactions	2021
Design of Cost-Effective and Highly Efficient Systems for Protonic Ceramic Fuel Cells Based on Techno-Economic Analysis	国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人島根大学、国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学	ECS Transactions	2021
Bilayer Cell Model and System Design of Highly Efficient Protonic Ceramic Fuel Cells	国立研究開発法人産業技術総合研究所、パナソニックホールディングス株式会社、東京ガス株式会社、一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人宮崎大学	ECS Transactions	2021
Numerical Analysis of Humidification Condition Effects on Protonic Ceramic Fuel Cell Performance Considering Concentration Overpotential	国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東京大学	Energy Conversion and Management	2024
Effect of Water Vapor and Hydrogen Concentration on Power Generation Characteristics of Protonic Ceramic Fuel Cell	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	Scientific Reports	2024
Ultra-elevated power density and high energy efficiency of protonic ceramic fuel cells: Numerical and experimental results	国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東京大学	ECS Transactions	2024
Comparison of Electrochemical Impedance Spectra for Electrolyte-supported Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) and Protonic Ceramic Fuel Cells (PCFCs)	国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学、一般財団法人電力中央研究所	ECS Transactions	2024
Design and Modeling of Proton-Conducting Bilayer Electrolytes Using a Nernst-Planck-Poisson Formulation	国立大学法人横浜国立大学、パナソニックホールディングス株式会社、一般財団法人電力中央研究所	燃料電池	2024
Numerical Analysis of the Local Current Efficiency Distribution in a Protonic Ceramic Fuel Cell Considering Gas Concentration Distributions	国立大学法人横浜国立大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学	Ceramics International	2025
製造プロセスにおける BaZr0.8Yb0.2O3-δペロブスカイト電解質の相安定性に関する検討	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学、国立大学法人東北大学	Ceramics International	2025
Reversible characterization of power generation and steam electrolysis for protonic ceramic cells with bi-layer electrolyte of BaZr0.8Yb0.2O3-δ and BaZr0.1Ce0.7Y0.1Yb0.1O3-δ	国立大学法人東京科学大学	Fuel	2025

Effect of Current Density and Operating Temperature on Degradation of Protonic Ceramic Fuel Cells Containing BaZr0.8Yb0.2O3-δ Electrolyte During Long-term Operation	国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学、一般財団法人電力中央研究所	Solid State Ionics	2024
Anode humidity trade-offs between proton conductivity and concentration overpotentials in protonic ceramic fuel cell: Experiments and numerical simulation	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学	Applied Energy	2024
First-principles investigation on phase stability of BaM2NiO5 precipitated in Ba(Zr,M)O3-δ electrolyte	株式会社エアリキード・ラボラトリーズ、国立研究開発法人産業技術総合研究所、パナソニックホールディングス株式会社、一般財団法人電力中央研究所、	Commun. Chem.	2023
What kind of PCFC material physical property values do we need? —From a system efficiency perspective	一般財団法人電力中央研究所、パナソニックホールディングス株式会社、東邦ガス株式会社、東京瓦斯株式会社	燃料電池	2023
Oxygen Reduction Kinetics of High Performance BaCo0.4Fe0.4M0.1Y0.1O3-d (M = Mg, Zr) Positrode for Protonic Ceramic Fuel Cells	国立大学法人横浜国立大学、パナソニックホールディングス株式会社、国立大学法人宮崎大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所	Fuel	2023
プロトン伝導セラミック電気化学セルにおける供給ガス加湿度変化時の電解質抵抗応答に運転電流が与える影響	一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人宮崎大学	電気化学	2022
Anode humidity trade-offs between proton conductivity and concentration overpotentials in protonic ceramic fuel cell: Experiments and numerical simulations	国立大学法人横浜国立大学、パナソニックホールディングス株式会社、国立大学法人宮崎大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所	ECS Transactions	2023
Nernst-Planck 式や反応過電圧を考慮したプロトン伝導性セラミック燃料電池の性能解析	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人名古屋工科大学	ECS Transactions	2021
Degradation Evaluation of LaCrO3-Based Interconnect on the Basis of Oxygen Permeation Measurements	国立大学法人横浜国立大学、一般財団法人電力中央研究所	J. Mater. Chem. A	2021
Progress of the Evaluation and Analysis Methods for Durability of SOFC Stacks	国立大学法人横浜国立大学、パナソニック株式会社、一般財団法人電力中央研究所	Proceedings of 15th European SOFC & SOE Forum	2021
Towards an atomic scale understanding of the early-stage deterioration mechanism of LSCF	国立大学法人横浜国立大学	Solid State Ionics	2021
Recent achievements of advanced evaluation and analysis technologies for the durability of Solid Oxide Fuel Cells stacks in Japan	AIST	ECS Transactions	2022
Possible origin of high proton/deuteron solubility at 10GDC grain boundaries	AIST	ECS Transactions	2021
Recent Achievement of Degradation Analyses in Japanese National Project: High Efficiency and Dynamic Operation Effects on the Durability of SOFC Stacks	AIST	ECS Transactions	2024
Conductivity Degradation of Transition Metal (Mn, Fe, Co) Doped Yttria Stabilized Zirconia by Phase Transformation	AIST	ECS Transactions	2021
Determination of Partial Proton Conductivity in Fluorite-Type Oxides Using Electrochemical Technique	AIST	Solid State Ionics	2022
Determination of Factors Governing Degradation of Anode-Supported Solid Oxide Fuel Cells as Influenced by Current Density and Humidity	AIST	Solid State Ionics	2023
Proton incorporation behavior into grain boundaries of YSZ and GDC	AIST	J. Electrochem. Soc	2024
Dependence of hydrogen oxidation reaction on water vapor in anode-supported solid oxide fuel cells	AIST	ECS Transactions	2024
Oxygen Permeation Measurement of LaCrO3-based Interconnect Embedded in Real SOFCs	AIST	Proceedings of 15th European SOFC & SOE Forum (EFCF2022)	2023
Degradation Analysis of SOFC Performance for Long-Term Operation with High Fuel Utilization	AIST	ECS Transactions	2023
Long-term Degradation Analysis of SOFC Performance (2)	AIST	Proceedings of 16th European SOFC &	2024

		SOE Forum (EFCF2024)	
Degradation Analysis of SOFC Performance for Long-Term Operation with High Fuel Utilization (2)	AIST	Proceedings of 16th European SOFC & SOE Forum (EFCF2024)	2023
Long-term Degradation Analysis of SOFC Performance (3)	一般財団法人電力中央研究所	J. Energy Chem.	2024
Dynamic simulation for a SOFC cell stack with electrode polarization model	一般財団法人電力中央研究所	J. Electrochem. Soc.	2024
Three dimensional microstructures of carbon deposition on Ni-YSZ anodes under polarization	一般財団法人電力中央研究所	npj Computational Materials	2023
Influence of transition metal elements on Ni migration in solid oxide cell fuel electrodes	一般財団法人電力中央研究所	日本機械学会論文集	2023
Prediction of electrode microstructure evolutions with physically constrained unsupervised image-to-image translation networks	一般財団法人電力中央研究所	セラミックス誌	2021
深層学習を援用したテープ成形セラミックス焼結過程のその場観察と積層体変形予測への応用	The University of Tokyo	日本機械学会論文集	2021
固体酸化物形燃料電池電極形成過程の計算機シミュレーション	The University of Tokyo	セラミックス誌	2021
"三次元メゾスケール解析と FIB-SEM 再構築法を用いた	The University of Tokyo	Chemical Engineering Journal	2021
多孔質セラミックスの微細構造とヤング率の相関評価"	千葉工大	J. Power Sources, 516, 230670 (2021).	2024
固体酸化物形セル燃料極三相界面のオペランド観察	千葉工大	Electrochimica Acta, 398, 139287 (2021).	2020
3D microstructures of solid oxide fuel cell Ni-YSZ anodes with carbon deposition	千葉工大，東大	Journal of the European Ceramic Society, 42 (4), pp. 1556-1567, (2022).	2022
In-operando observation of patterned nickel - gadolinium doped ceria solid oxide fuel cell anode	東大	J. Electrochem. Soc., 168, 044504 (2021).	2024
Three-dimensional Optimization of La0.6Sr0.4Co0.2Fe0.8O3 Cathode Microstructure with Particle Radius Constraint	東大	Journal of Thermal Science and Technology	2024
Effects of mass fraction of La0.9Sr0.1Cr0.5Mn0.5O3-δ and Gd0.1Ce0.9O2-δ composite anodes for Nickel free SOFCs	東大	Applied energy	2023
Automated Three Dimensional Microstructure Segmentation of Solid Oxide Cell Electrodes by Patch Convolutional Neural Network	東大	Journal of Power Sources	2021
Gas-species dependence of permeation flow in solid oxide fuel cell porous anodes fabricated with pore formers	東大	Journal of Power Sources	2025
Prediction of electrochemical characteristics of practical-size solid oxide fuel cells based on database of unit cell performance	東大	Journal of Power Sources	2021
Effect of total pressure difference on counter transport of gases with different molecular weight through solid oxide fuel cell anode	京都大学	"18th International Symposium on	2021
Wettability analysis of metallic nickel particles on yttria-stabilized zirconia	京都大学	Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)"	2022
Three-dimensional numerical simulation of counter gas transport in porous anodes of solid oxide fuel cells	京都大学	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	2022
Investigation of Surface Oxide Layer Structure to Improve Durability of Stainless Steels Under Humidified Hydrogen	京都大学	J. Electrochem. Soc.	2023
Stability of Nickel/Scandia-Doped-Stabilized-Zirconia Composite Anode Under High Fuel Utilization Conditions	京都大学	Computers and Structures	2023
Steam Oxidation Behavior of Four General-Purpose Stainless Steels in Humidified Hydrogen Environment of Solid Oxide Fuel Cell	九州大学	SN Applied Sciences	2023
Substitution approach for decoupled two-scale analysis of materially nonlinear composite plates	九州大学	Journal of Power Source	2023
Relationship between microstructure and deformation of porous Ni-based cermets under redox cycling	九州大学	Journal of Power Sources	2023
Effects of temperature and hydrogen concentration during reduction on deformation behavior of NiO-YSZ used in solid oxide fuel cells	"a:Mechanical Design & Analysis Corporation	セラミックス	2021

Deformation mechanism of Ni(O)-yttria stabilized zirconia upon reduction and its effect on cell stress evolution in solid oxide fuel cells	b:Department of Mechanical Engineering, Keio University, c:Department of Civil and Environmental Engineering, Tohoku University	Journla of Power Sources	2021
テラヘルツ波による SOFC 内部微小欠陥評価技術	d:Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University	Energy Reports	2021
Visualizing internal micro-damage distribution in solid oxide fuel cells	e:International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University"	ECS Transactions	2021
Creep Constitutive Law Prediction Via Short-Term Evaluation Using A Small Size Testing Method	1.東北大学 2. 京都大学 3.岐阜高専	ECS Transactions	2022
From Electrochemical to Mechanical Modeling of SOFCs and their Experimental Validation	1. (株)デンソー, 2. 東北大学	Chemistry Letters	2022
Visualization of micro damage in SOFC using terahertz waves	1. (株)デンソー, 2. 東北大学	Ceramics International	2023
Non-linear Behavior of Chemical Expansion upon Hydration in Yttrium-doped Barium Zirconate	東北大学	Journal of Power Sources	2022
Enhanced La0.6Sr0.4Co0.2Fe0.8O3–δ-based cathode performance by modification of BaZr0.1Ce0.7Y0.1Yb0.1O3–δ electrolyte surface in protonic ceramic fuel cells	Tohoku University	Journal of the Electrochemical Society（IOP 出版）	2022
Optimum dopant of barium zirconate electrolyte for manufacturing of protonic ceramic fuel cells	A Tohoku Univ. , B Gifu Technical Colledge , C Yeditepe University	Journal of the Electrochemical Society（IOP 出版）	2023
Protonic Ceramic Fuel Cell with Bi-Layered Structure of BaZr0.1Ce0.7Y0.1Yb0.1O3–δ Functional Interlayer and BaZr0.8Yb0.2O3–δ Electrolyte	Tohoku University	Ceramics International	2024
Phase Transitions, Thermal Expansions, Chemical Expansions, and CO2 Resistances of Ba(Ce0.8-xZrxY0.1Yb0.1)O3-δ (x = 0.1, 0.4) Perovskite-Type Proton Conductors	Tohoku University	Ceramics International	2023
Machine learning based prediction of space group for Ba(Ce0.8-xZrx)Y0.2O3 perovskite-type protonic conductors	九州大学	セラミックス 57（特集号）	2023
Effect of cobalt content on electrochemical performance for La0.6Sr0.4CoxFe1-xO3-δ and BaZr0.8Yb0.2O3-δ composite cathodes in protonic ceramic fuel cells	産総研	セラミックス 57（特集号）	2023
プロトン伝導性セラミックスを用いた電気化学デバイス	パナソニック	Ceramics International	2024
プロトン伝導セラミック燃料電池の製造に向けた BaZrO3 系電解質のドーパントの最適化	産総研	ACS Applied Energy Materials 7	2024
Improved durability of protonic ceramic fuel cells with BaZr0.8Yb0.2O3–δ electrolyte by introducing porous BaZr0.1Ce0.7Y0.1Yb0.1O3–δ buffer interlayer	産総研	Journal of The Electrochemical Society,	2024
Effect of Transition Element Dissolution on Ytterbium-Doped Barium-Zirconate-Based Protonic Ceramic Fuel Cells	産総研	Journal of Power Sources	2024
Evaluation of Hydrogen Ions Flowing through Protonic Ceramic Fuel Cell Using Ytterbium-Doped Barium Zirconate as Electrolyte	産総研	セラミックス（特集号）	2025
Analyzing elementary electrode reaction for protonic ceramic fuel cells by proton/deuteron isotope effect	宮崎大学	応用物理（解説）	2025
機械学習を用いたペロブスカイト型酸化物中のプロトン伝導度予測	パナソニック	Journal of Materials Chemistry A,	2021
欠陥構造型プロトン伝導体の材料開発とセンサ、燃料電池への応用展開	産総研	ACS Applied Energy Materials	2022
A high power metal-supported protonic ceramic fuel cell using increased proton conductivity in the cathode functional layer of La1−xSrxScO3 (LSSc, x = 0.1–0.25)	パナソニックホールディングス	Journal of Power Sources	2023
BaZr(Ce,Y)O3-Pr-Doped CeO2 Double Columnar for the Cathodic Functional Layer of Ni–Fe Metal-Supported Protonic Ceramic Fuel Cells	パナソニックホールディングス	Journal of Power Sources	2022
Performance of protonic ceramic fuel cells with Ba(Zr,Yb,Co)O3-δ cathodes and the impact of Co contained in cathode on durability	宮崎大学	Solid State Ionics	2023
Enhanced PCFC performance via anode additive BaCO3–induced grain growth in BZYb electrolyte	宮崎大学	燃料電池	2023
Optical evaluation of Ni, Fe and Co impurity content in Y-doped barium zirconate	宮崎大学	セラミックス	2022

機械学習を用いたペロブスカイト酸化物におけるプロトン濃度の予測精度の評価	九州大学	Chemical Engineering Journal	2022
第一原理計算による燃料電池空気極候補材料 LaMO3（M＝遷移金属）のプロトン固溶性解析	九州大学	セラミックス	2023
Effectively enhanced oxygen reduction activity and stability of triple-conducting composite cathodes by strongly interacting interfaces for protonic ceramic fuel cells	パナソニックホールディングス	J. Mater. Sci. Mater. Electron.	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池のための空気極開発	産総研	Electrochemistry	2023
Impact of La doping on the crystalline phase and mixed ionic-electronic conductivities of Ba0.5−xLa0.5+xFeO3−δ (0≤x≤0.3) solid solution	京都大学	セラミックス	2023
Evaluating the Rate-determining Steps of Oxygen Permeation in Ba0.5La0.5FeO3−δ Perovskite	九州大学	セラミックス	2021
プロトン伝導セラミック燃料電池材料のための改良起電力法によるプロトン・酸化物イオン輸率の同時評価	JFCC	Journal of Energy Chemistry	2021
モデル電極を用いた PCFC 空気極の反応評価	京都大学	Ceramics International	2022
Surface manipulation of a triple-conducting cathode for protonic ceramic fuel cells to enhance oxygen reduction activity and CO2 tolerance	京都大学	Solid State Ionics	2021
Tailoring the oxygen permeability of BaCo0.4Fe0.4Y0.2-xAxO3-δ (x=0, 0.1; A: Zr, Mg, Zn) cubic perovskite	名古屋工業大学	ECS Transactions	2024
Oxygen non-stoichiometry and mixed conductivity of Ti-doped BaCo0.4Fe0.4Y0.2O3-δ perovskite	名古屋工業大学	燃料電池	2025
Investigation on Reaction Mechanism in an SOFC Composite Cathode by Using Patterned Thin Film Electrodes	名古屋工業大学	J. Mater. Chem. A	2025
モデル電極を用いたプロトン伝導セラミック燃料電池空気極の反応機構解析	東北大学	J. Mater. Res.	2023
Oxygen reduction reaction over (Ba,Sr)RE2Co4O15-Ba(Ce,Pr,Y)O3 composite cathodes for proton-conducting ceramic fuel cells	京都大学	Electrochem. Soc. Trans.	2020
Detailed determination of both oxide-ion and proton transport numbers in Sr-Ti layered perovskites using the electromotive force technique	名古屋工業大学	Ceramics International	2021
Evaluation of Reaction Mechanism in PCFC Composite Cathodes by Utilizing Patterned Thin Film Model Electrodes	名古屋工業大学	Electrochemistry	2021
Performance enhancement of protonic ceramic fuel cells using a Co-free La0.65Ca0.35FeO3-δ cathode composited with perovskite Ba(Ce,Zr)O3-δ-based oxides	東北大学	Communications Chemistry	2023
Durability Improvement of Protonic Ceramic Fuel Cells by High Temperature Sintered Cobalt-Free (La,Ca)FeO3−δ Based Cathodes	東北大学	セラミックス	2023
Oxygen reduction kinetics of high performance BaCo0.4Fe0.4M0.1Y0.1O3-δ (M = Mg, Zr) positrode for protonic ceramic fuel cells	Kyoto University	Journal of the Electrochemical Society	2022
セラミックインクジェット印刷を用いた機能性セラミック膜の形成	Nagoya Institute of Technology	Journal of the Ceramic Society of Japan	2022
Remarkably Improved Durability of Ni–Co Dispersed Samaria-Doped Ceria Hydrogen Electrodes by Reversible Cycling Operation of Solid Oxide Cells	Tohoku University	ECS Transactions	2023
Depth-Direction Analysis of Nickel Depletion in a Ni–Gadolinia-Doped Ceria Hydrogen Electrode after Steam Electrolysis Operation	AIST, Nagoya Institute of Technology	セラミックス	2024
Changes in Microstructure of NiCo-Dispersed SDC Hydrogen Electrodes for the Improvement of Durability via Reversible Cycling Operation Between SOEC and SOFC-Modes	AIST, Nagoya Institute of Technology, CRIEPI	Journal of the Electrochemical Society	2024
高効率・高耐久・可逆作動固体酸化物形セル用の電極開発	AIST, Nagoya Institute of Technology	Composite Structures	2024
Changes in Microstructure of Ni–Co Dispersed Samaria-Doped Ceria Hydrogen Electrodes for the Improved Durability via Reversible Cycling Operation of Solid Oxide Cells	株式会社ノリタケカンパニーリミテド	Composite Structures	2023
Analysis of mode II strain energy release rates in end-notched flexure tests of carbon fiber-reinforced plastic curved beams	山梨大学	非破壊検査	2023
Experiments of mode II fracture toughness for ENF tests on CFRP curved beams	山梨大学	International Journal of Pressure Vessels and Piping	2023

燃料電池車用の Type IV 高圧水素ガスタンクに生じる製造欠陥	山梨大学	Mechanical Engineering Journal	2024
Voids in type-IV composite pressure vessels manufactured by a dry filament-winding process	山梨大学	Mechanical Engineering Journal	2024
Parallel homogenization analysis of FW-CFRP for high-pressure hydrogen tanks considering fiber waviness	山梨大学	Carbon Reports	2023
Elastic-viscoplastic behavior of filament winding CFRP: experimental investigation and multiscale analysis	東京大学	Carbon Reports	2023
Understanding mesophase pitch from a lyotropic liquid crystalline perspective	東京大学	Journal of the Japan Petroleum Institute	2023
Compressive strength and compressive failure mechanism of high-modulus carbon fibers from polyacrylonitrile and mesophase pitch	日本大学	Fuel	2023
Estimation of Average Molecular Structural Parameters of Heavy Hydrocarbons Using Infrared Spectroscopy	日本大学	Carbon Trends	2024
"Water addition reaction in low-temperature oxidation of fossil resource	筑波大学	Proceedings of the 1st International Conference of New Energy	2023
PAH, suggested by reactive molecular hyperdynamics simulation"	筑波大学	Journal of the Japan Institute of Energy	2022
Small-angle x-ray scattering analysis of carbon fiber voids considering void length distribution	九州大学	International Journal of Hydrogen Energy	2023
Inhibition of Ammonia Emission by Buffer Solution in Ammonia Borane Hydrolysis	東京工業大学	Review of Scientfic Instruments	2021
Fundamental Properties of Ammonia Borane Aqueous Solution: Dissolution Enthalpy of Solution, Freezing Points and Solubility Curve, Thermal analysis, Stability and Phase Diagram	産業技術総合研究所	International Journal of Hydrogen Energy	2023
Hydrogen carrier by ammonia borane-ammonia system with low-vapor pressure	産業技術総合研究所	International Journal of Hydrogen Energy	2025
Development of continuous measurement system for hydrogen and impurity gases using detector tube	東京工業大学	QST Takasaki Annual Report 2020	2025
Delayed ammonia release of ammonia borane hydrolysis by citric acid	Sojo university	QST Takasaki Annual Report 2021	2023
Hydrogen carrier by ammonia borane-ammonia system with low-vapor pressure	University of the Ryukyus	JARI Research Journal	2022
Modification of polymeric materials by quantum beam irradiation	Hiroshima University, 2Hydrolab. Inc., 3University of the Ryukyus	Jpn. J. Appl. Phys.	2022
Modification of polymeric materials by quantum beam irradiation (2)	University of the Ryukyus, Okinawa Prefectural Naha Kokusai Senior High School	Chemistry of Materials	2024
車両への液体水素の充填技術に関する調査	琉球大学	ACS Appl. Electron. Mater.	2024
Fabrication of conductive Nb-doped anatase TiO2 thin films by mist chemical vapor deposition using aqueous solutions of water-soluble Ti and Nb compounds	広島大学	J. Power Sources, 585, 233623	2025
Elucidating the Role of Interstitial Oxygen in Transparent Conducting Anatase TiO2 by Polarized X-ray Absorption Spectroscopy Study	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	J. Power Sources	2021
Extremely Low Electrical Contact Resistance at the Interface of Carbon Fiber-Based Gas Diffusion Layer and Anatase TiO2 Thin Films	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	J. Electrochem. Soc	2023
Analysis of performance stability under conditions of high & low humidity of polymer electrolyte fuel cells with interdigitated gas flow channels formed on a gas diffusion layer: An X-ray imaging and modeling study	一般財団法人日本自動車研究所	ACS Appl. Mater. Interfaces	2023
Neutron Imaging of Generated Water Inside Polymer Electrolyte Fuel Cell Using Newly-Developed Gas Diffusion Layer with Gas Flow Channels during Power Generation	"1Department of Applied Chemistry, Chubu University, Aichi 487-8501, Japan	Carbon	2024
Improvement of PEFC Performance Stability under High and Low Humidification Conditions by Use of a Gas Diffusion Layer with Interdigitated Gas Flow Channels	2Department of Chemistry, The University of Tokyo, Tokyo 113-0033, Japan	Carbon	2023
Preparation of Golf Ball–Like Polymer Particles Bearing Site-Selective Functional Groups	3Research Organization of Science and Technology,	Langmuir	2023

	Ritsumeikan University, Shiga 525-8577, Japan		
Efficient preparation of carbon materials composed of warped graphene layers via in-situ nano-templating and estimation of oxygen reduction reaction activity	4Department of Chemistry, Faculty of Science, Okayama University of Science, Okayama 700-0005, Japan"	J. Phys. Chem. C	2024
Improvement of the electrochemical oxidation resistance of Ketjen black by Cl-doping: Characterization of materials and possible mechanisms	1 The University of Tokyo, 2 Chubu University, 3 Ritsumeikan University	Langmuir	2023
Water Adsorption Control by Surface Nanostructures on Graphene-Related Materials by Grand Canonical Monte Carlo Simulations	1 The University of Tokyo, 2 Tokyo Institute of Technology, 3 Ritsumeikan University, 4 Chubu University	Nanomaterials	2024
Fabrication of Fullerene-Pillared Porous Graphene and Its Water Vapor Adsorption	University of Yamanashi, Enomoto Co., Ltd. Osaka University	Carbon Reports	2022
Sequential N2 Adsorption by the Nanopore Entrance Filling Scheme in Nanopores of Carbon Nanotubes	University of Yamanashi, Enomoto Co. Ltd.Technology Center,CROSS	燃料電池	2023
Degradation of Graphene in High- and Low-Humidity Air, and Vacuum Conditions at 300–500 K	University of Yamanashi, Suzuki Motor Corporation, Enomoto Co.,Ltd.	Carbon Reports	2023
グラフェン - フラーレン積層細孔体の創製	神戸大学，甲南大学	Nanoscale	2025
含アミジン基修飾カーボン担体の分子構造が白金の ORR 活性と耐久性に与える影響	a Graduate School of Science and Technology, Gunma University, b Business Development Division, Nisshinbo Holdings Inc.	ACS Applied Energy Materials	2022
The use of carbonized bamboo fibers and the surface modification of electrode materials in polymer electrolyte fuel cells	Graduate School of Science and Technology, Gunma University	第 19 回日本加速器学会年会	2024
Pt17 Nanocluster Electrocatalysts: Preparation and Origin of High Oxygen Reduction Reaction Activity	千葉大学	ECS Transactions 111(6)	2025
Suppression of Pt Nanocluster Aggregation and Enhanced Oxygen Reduction Activity by Heteroatom Doping of Carbon Nanotubes	千葉大学	Proceedings of the 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	2023
日大 LEBRA-PXR 線源による 40keV 単色 X 線の生成とその特性	千葉大学	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	2023
Performance Analysis Method for PCFC Considering Leak Current and Application to 1000hr Endurance Test	千葉大学	ACS Applied Energy Materials	2024
日大 LEBRA における加速器光源の開発とその現状	千葉大学	ACS Sustainable Chemistry & Engineering	2024
Application of PXR-based X-ray source using a Si(400) radiator in the 40-keV region	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	Chemistry of Materials	2024
Functionality of the Cathode–Electrolyte Interlayer in Protonic Solid Oxide Fuel Cells	大分大理工	Materials Transactions	2023
Vanadium nitride is an efficient hydrogen-diffusive cathode for green ammonia electrochemical synthesis by protonic solid oxide electrolysis cells	東理大院理	非破壊検査	2024
Topochemical Transformation from Protonic to Hydride-ionic Phase in BaSn1–xInxO3–0.5x Perovskites	東理大院理	圧力技術	2025
Initial Arrival Time Identification Utilizing Wavelet Transform and Akaike Information Criterion for Locating Acoustic Emission Source in a Thin Plate	日本大学	Advanced Composite Materials	2024
高圧水素容器への損傷モニタリングシステムの適用	日本大学	HONDA R&D Technical Review	2025
A Simplified Stress-Calculation for Each Layer and Stacking-Sequence Optimization Method in CFRP-COPV Cylindrical Part	日本大学	Composites Part A	2023
Damage-tolerance design methd for composite high-pressure hydrogen vessels of fuel cell vehicles and stacking-sequence optimization method based on the design method	日本大学	Compsote Structure	2023
信頼性設計の導入に向けて	北海道大学	Materials Today Communications	2023

Experimental and numerical investigation of mesoscopic	北海道大学	日本複合材料学会誌	2023
Statistical Safety Evaluation Method for Composite High-Pressure Hydrogen Vessels	北海道大学	International Journal of Hydrogen Energy	2023
Refined multi-stage segmentation of the resistance signal from CNT-based sensors for structural strain warning	明治大学	ACS Applied Polymer Materials	2024
高圧容器製造のための REDOX 反応を用いたトウプリプレグの開発	東京工業大学	Solid State Ionics	2024
Experimental and analytical study of a high-pressure hydrogen storage tank made of CFRP with dome–cylinder split molding structure for fuel cell vehicles	東京工業大学	Materials Chemistry and Physics	2024
Theoretical Calculations of Organic Salts and Their Correlation with Proton Conductivity	東京工業大学	Chemistry of Materials	2024
Enhanced proton conductivity and power density of HT-PEMFCs using tin pyrophosphate microparticles-dispersed polybenzimidazole composite electrolyte membranes	東京工業大学	ACS Omega	2024
Development of polybenzimidazole modification with open-edges/porous-reduced graphene oxide composite membranes for excellent stability and improved PEM fuel cell performance	東京都立大学	Journal Power Sources	2024
Synthesis and Structure-Electrochemical Property Relationships of Hybrid Imidazole-Based Proton Conductors for Medium-Temperature Anhydrous Fuel Cells	東京科学大学	Scientifc Reports	2022
Ternary Triazole-Based Organic-Inorganic Proton-Conducting Hybrids Based on Computational Models for HT-PEMFC Application	東京大学	Chemical Communications	2023
Constructing immobilized H3PO4 network in nanosized ZSM-5 zeolitic framework achieves high and stable proton conductivity after acceleration acid leaching test	金沢工業大学, ミズノテクニクス	Macromol. Rapid Commun.	2023
Polybenzimidazole Dispersed Polymer Coated Nanowires as Efficient Electrolytes for Proton Exchange Membrane Fuel Cells	東京農工大学, 日本大学, 金沢工業大学	Langmuir	2024
Bottom-up synthesis of ion pair-bridged metal-organic framework for H+ conduction	Toyohashi University of Technology	ChemPhysChem	2022
Preparation of Water-Soluble Polyion Complex (PIC) Micelles with pH-Responsive Carboxybetaine Block	Toyohashi University of Technology	J. Phys. Chem. C	2022
Synthesis and Characterization of Polyion Complex Micelles with Glycopolymer Shells for Drug Delivery Carriers	Toyohashi University of Technology et al.	J. Phys. Chem. C	2022
Experimental Elucidation of a Cubane Water Cluster in the Hydrophobic Cavity of UiO-66	東芝エネルギーシステムズ株式会社	Journal of Materials Chemistry A	2023
Effect of Nitrogen Doping and Oxygen Vacancy on the Oxygen Reduction Reaction on the Tetragonal Zirconia(101) Surface	産業技術総合研究所、同志社大学、石福金属興業	Chemistry of Materials	2023
Structural analysis of zirconium oxynitride/water interface using neural network potential	同志社大学	接着界面解析と次世代接着接合技術	2023
Accelerating anhydrous proton conduction via anion rotation and hydrogen bond recombination: a machine-learning molecular dynamics	同志社大学/産業技術総合研究所	SN Applied Sciences	2023
"Impact of Local Water Uptake on Proton Conduction in Covalent Organic Framework Revealed by Machine-Learning	同志社大学／石福金属興業	Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures	2023
Potentials"	東北大学	Bulletin of the Chemical Society of Japan	2023
接着接合部の疲労挙動評価手法	東北大学	Polymer Composites	2023
Numerical calculation and finite element analysis for anisotropic elastic properties of carbon fibers: Dependence of integration subinterval and mesh size on indentation-derived elastic modulus	東北大学	Materials Letters	2023
Hybridization effects on the fatigue properties of novel core-in-sheath-type carbon/glass hybrid thermoplastic composite rods	東北大学	Materials System	2024
Tethering Organic Disulfides to Layered Silicates: A Versatile Strategy for Photo-controllable Dynamic Chemistry and Functionalization	東北大学	"	2024
Direct measurement and verification of cohesive zone model parameters for basalt/PP rods using the transverse tensile test and virtual double cantilever beam test	東北大学	Polymer Composites	2024
Rigid epoxy networks with very high intrinsic fracture toughness using a piperazine-based in-situ polymerization strategy	東北大学、産総研	Journal of Composite Science	2024

Reliability Evaluation of Novel Core-in-Sheath-Type Carbon/Glass Hybrid Thermoplastic Composite Rods	東北大学	Results in Materials	2025
Proposal of Evaluation Method for Crack Propagation Behaviors of Second-Generation Acrylic Adhesives under Mode I Static Loading	東北大学	日本接着学会誌	2022
Friction and wear properties of polyacrylonitrile - and pitch - based carbon fiber - reinforced polymer matrix composites containing silicon carbide nanoparticles	東北大学	接着管理士会報	2022
Static and Fatigue Tensile Properties of Cross-Ply Carbon-Fiber-Reinforced Epoxy-Matrix-Composite Laminates with Thin Plies	東北大学	Fibers	2022
Effect of the number of filaments on the tensile properties of polyacrylonitrile- and pitch-based carbon fiber epoxy-impregnated bundle composites	東北大学	Journal of Composites Science	2022
【解説】接着継手の疲労き裂進展特性について	東北大、NIMS	機能材料	2022
接着接合部の力学特性（アクリル接着剤での力学特性）	国立研究開発法人産業技術総合研究所、同志社大学、石福金属興業株式会社	ACS Omega	2022
Raman scattering for tensile testing of polyacrylonitrile-based and pitch-based single carbon fibers	国立研究開発法人産業技術総合研究所	ECS Transactions	2023
Tensile properties and Weibull modulus of polymeric fiber-reinforced epoxy-impregnated bundle composites	国立研究開発法人産業技術総合研究所	Nano Letters	2023
炭素繊維の構造と力学特性の異方性評価	国立研究開発法人産業技術総合研究所	Optica	2023
Effects of a Nanophase-Separated Structure on Mechanical Properties and Proton Conductivity of Acid-Infiltrated Block Polymer Electrolyte Membranes under Non-Humidification	国立大学法人大阪大学	Nature Communications	2023
Operando Cerium Distribution Analysis on Through-plane Membrane Electrode Assemblies in 2nd-generation MIRAI	千葉大学	J. Phys. Chem. C	2023
Femtosecond X-ray laser reveals intact sea-island structures of metastable solid-state electrolytes for batteries	千葉大学	ACS Applied Materials & Interfaces	2024
Three-dimensional structure determination of gold nanotriangles in solution using X-ray free-electron laser single-particle analysis	千葉大学	ACS Catalysis	2024
High-fluence and high-gain multilayer focusing optics to enhance spatial resolution in femtosecond X-ray laser imaging	千葉大学、東北大学	ACS Applied Materials & Interfaces	2024
Hidden Heterometallic Interaction Emerges from Resonant Inelastic X-ray Scattering in Luminescent Tb–Pt Molecules	千葉大学	Catalysis Science & Technology	2024
Investigating Degradation Mechanisms in PtCo Alloy Catalysts: The Role of Co Content and Pt-Rich Shell Using operando High Energy Resolution Fluorescence Detection X-ray Absorption Spectroscopy	千葉大学	International Tables for Crystallography Volume I: X-ray absorption spectroscopy and related techniques	2025
Origin of High Activity and Durability of Confined Ordered Intermetallic PtCo Catalysts for Oxygen Reduction Reaction in Rotating Disk Electrode and Fuel Cell Operating Conditions	千葉大学	Operando Methods in Catalysis and Materials Science	2025
Protection Against Absorption Passivation on Platinum by Nitrogen-Doped Carbon Shell for Enhanced Oxygen Reduction Reaction	千葉大学	Microscopy	2025
Spatial Imaging of Catalyst Poisoning with SO2 on Pt/C PEFC Electrocatalyst by Operando Pt LIII-edge XAFS-CT Imaging	千葉大学	ACS Macro Letters	2025
X-ray Absorption Spectroscopy and Related Techniques: Surfaces	千葉大学	Physical Chemistry Chemical Physics	2024
Fuel Cells	千葉大学	ACS Nano	2024
Artifactual atomic displacements on surfaces using annular dark-field images with image simulation	千葉大学	Chemistry Letters	2025
Chiral Transfer of Linear Polysiloxane with Preferred-Handed Helical Conformation	千葉大学	Applied Sciences	2025
In situ 3D X-ray imaging of water distribution in each layer of a membrane electrode assembly of a polymer electrolyte fuel cell	山梨大学	Electrochemistry	2024
Asymmetric Atomic Coordination of Platinum Skin Layer on Intermetallic Platinum–Cobalt Particles	弘前大学, 岩手大学	ACS Appl. Energy Mater	2024
Evaluation of Nafion degradation process using clusteroluminescenc	山梨大学	J. Mater. Chem. A	2024
"FC-BENTEN: Synchrotron X-Ray Experimental Database for	山梨大学	Electrochemistry	2025

Polymer-Electrolyte Fuel-Cell Material Analysis"	山梨大学	ACS Appl. Mater. Interfaces	2024
Operando X-ray Fluorescence Analysis of Through-plane Cerium Ion Radical Quencher Migration in Polymer Electrolyte Fuel Cells	弘前大学, 岩手大学	Materials	2022
A Modified Galvanic Cell Synthesis of Pd@Pt Core-Shell Nanowire Catalysts: Structural Insights and Enhanced ORR Performance	弘前大学	The Journal of Adhesion	2023
Structural Insights and Electronic State Analysis of PtNi Nanowire Catalysts by operando High-Energy Resolution Fluorescence Detection X-ray Absorption Spectroscopy	山梨大学, 信州大学, 弘前大学, 岩手大学, 東北大学	日本接着学会	2024
Structural Control of PtNi Catalysts through Precise Synthesis Conditions and Elucidation of Property Determinants by operando XAS Analysis	山梨大学	埼玉県産業技術総合センター研究報告	2024
Structure-Activity Relationship in PtCo L10 Ordered Phase ORR Catalysts: Pt-rich Shell having Anisotropic Lattice Distortion Revealed by PDF and XAS Analysis	弘前大学、岩手大学	Electrochemistry	2025
Analytical Calculation of Relationship Temperature and Fatigue and Creep Strength Based on Thermal Activation	弘前大学、岩手大学	Solid State Ionics	2025
"Measurement of the water vapor transmission	上智大学	CERAMICS JAPAN	2024
rate at temperatures above 100 °C"	上智大学	Journal of The Electrochemical Society	2024
水分拡散係数の短時間測定	1National Institute for Materials Science, 2National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3Ochanomizu University, 4Tokyo Institute of Technology	Journal of The Electrochemical Society	2024
100 ℃を超える高温下での水蒸気透過度測定	"1 京都大学 大学院人間・環境学研究科	Chemical Engineering Journal	2023
Surface modification of NiFe anode support thin-film solid oxide fuel cell	2 京都大学 大学院 総合生存学館 (思修館)	Journal of Energy Storage	2025
Sequential-infiltration of Ce and Ni in NiO-YSZ fuel electrode for tubular type solid oxide reversible cells (SORC) using LaGaO3 electrolyte film	3 株式会社 日産アーク	Journal of Energy Storage	2024
可逆動作可能な小型円筒型固体酸化物セルと性能向上	4 FC-Cubic"	Journal of Energy Storage	2023
Controlled Pore Size of NiO-YSZ Tubular Substrate for Improved Performance of Reversible Solid Oxide Cell Using LaGaO3 Electrolyte Film	"1 京都大学 大学院人間・環境学研究科	Journal of The Electrochemical Society	2023
Increased Porosity in NiO-YSZ Tubular Substrate for High Performance Solid Oxide Electrolysis Cell Using LaGaO3 Film	2 京都大学 大学院 総合生存学館 (思修館)	"ACS Catal., 13 (No.18), 12299-12309	2023
Sensible/latent hybrid heat storage material using Solar Salt and Al-Cu-Si alloy-based phase change material	3 株式会社 日産アーク	"	2023
Ti-doped Al-25mass%Si microencapsulated phase change material moldings for efficient high temperature thermal energy storage and applications	4 FC-Cubic"	Communications Materials	2024
Suppression of supercooling and phase change hysteresis of Al-25mass%Si Micro-Encapsulated Phase Change Material (MEPCM) synthesized via novel dry synthesis method	京都大学	圧力技術 2024 年 62 巻 1 号	2024
Novel microencapsulated ternary eutectic alloy-based phase change material	京都大学	ACS Catal.	2024
Development of Multiple Electrospray Nozzles for Fabricating Catalyst Layers of Polymer Electrolyte Fuel Cells	京都大学	Sustainable Polymer & Energy	2024
Nanorod Structuringof IrOx on a Unique Microstructure of Sb-Doped Tin Oxide to Dramatically Boost the Oxygen Evolution Reaction Activity for PEM Water Electrolysis	京都大学	J. Mater. Chem. A	2024
Water-soluble fullerene derivatives as radical scavengers for highly durable proton exchange membrane fuel cells	京都大学	ACS Appl. Energy Mater.	2024
機械学習を用いた樹脂ライナー複合高圧水素容器の最適設計仕様探索	京都大学	Phys. Chem. Chem. Phys.	2025
Nanorod Structuring of IrOx on a Unique Microstructure of Sb-Doped Tin Oxide to Dramatically Boost the Oxygen Evolution Reaction Activity for PEM Water Electrolysis	京都大学	Adv. Energy Sustainability Res.	2025

Anion Exchange Membrane Reinforced with Polyethylene Substrate for Alkaline Fuel Cell Applications	University of Yamanashi, Rigaku Corporation	Chem. Soc. Rev.	2024
The Effect of the Piperidinium Structure on Anion-Exchange Membranes for Applications in Alkaline Water Electrolysis Cells	"University of Yamanashi,	ACS Catal.	2025
Highly Active Nanostructured NiCoMo-Based Catalyst for Oxygen Evolution in Anion-Exchange Membrane Water Electrolysis	Toray Research Center, Inc."	Adv. Sci.	2024
Various States of Water Species in an Anion Exchange Membrane Characterized by Raman Spectroscopy under Controlled Temperature and Humidity	"University of Yamanashi,	J. Mater. Chem. A	2025
Effect of Radical-Mediated Cross-Linking on Partially Fluorinated Aromatic Anion Exchange Membranes and their Applications in Alkaline Water Electrolysis Cells	Shinshu University"	Energy Fuel	2025
Aryl Ether-Free Polymer Electrolytes for Electrochemical and Energy Devices	"University of Yamanashi,	Macromol. Chem. Phys.	2025
Nanostructured Pt-NiFe Oxide Catalyst for Hydrogen Evolution Reaction in Alkaline Electrolyte Membrane Water Electrolyzers	N.E. Chemcat Corporation"	International Journal of Hydrogen Energy	2025
High-Performance Anion Exchange Membrane Water Electrolyzers Enabled by Highly Gas Permeable and Dimensionally Stable Anion Exchange Ionomers	University of Yamanashi	真空（VACUUM）	2025
Poly(arylene piperidinium) Terpolymer Membranes with Dual Piperidinium Cations and Semi-Fluoroalkyl Pendants for Anion Exchange Membrane Water Electrolyzers	University of Yamanashi	Electrochimica Acta	2023
Poly(fluorene)-Based Anion Exchange Membranes for High Performance and Durable Alkaline Water Electrolyzers: Effect of the Pendent Ammonium Structure	University of Yamanashi	Chemical Engineering Science	2021
Effect of Ta-TiO2 Nanoparticles in Anion Exchange Membranes: Improved Hydroxide Ion Conductivity and Mechanical Strength for Alkaline Water Electrolysis Cells	University of Yamanashi	Electrochemistry	2020
Heterogeneous catalyst-layer model-based analysis of loss mechanisms in polymer electrolyte membrane fuel cells	University of Yamanashi	混相流	2021
PIAD 成膜法的知能 DLC 薄膜	University of Yamanashi	Electrochemistry	2022
Relationship between bubble generation behavior and the hydrogen evolution reaction performance at high current densities during alkaline water electrolysis	University of Yamanashi, Shimadzu, Waseda University, Panasonic, Mizuho Information and Research Institute, Keio University, Universiti Kebangsaan Malaysia	Electroanalysis	2025
Numerical modeling of two-phase flow considering multiple bubble sizes in an alkaline water electrolyzer	University of Yamanashi	ACS Catal.	2021
Faster R-CNN-based detection and tracking of hydrogen and oxygen bubbles in alkaline water electrolysis	University of Yamanashi, JASRI, NISSAN ARC, Universiti Kebangsaan Malaysia	東芝レビュー	2021
アルカリ水電解における気泡生成のオペランド観察と気泡による物質移動過電圧に関する研究	University of Yamanashi,AGC	ACS Catalysis	2021
Measurement methods on electrodes and electrocatalysts for water electrolysis	University of Yamanashi, Universiti Kebangsaan Malaysia	水素エネルギーシステム	2021
Electrochemical quartz crystal microbalance study of underpotential deposition of mercury on iridium metal and iridium oxide	University of Yamanashi, Panasonic, Toray Research Center, Waseda University	ACS Catalysis	2022
Origin of High Activity and Durability of Confined Ordered Intermetallic PtCo Catalysts for Oxygen Reduction Reaction in Rotating Disk Electrode and Fuel Cell Operating Conditions	University of Yamanashi	J. Electrochem. Soc.	2023

4.4. プレゼン・口頭発表リスト

タイトル	学会・会議・シンポジウム名	発表者所属	発表年
燃料電池船の実用化に向けた取組状況	(一財) 大阪科学技術センター エネルギー技術対策委員会　燃料電池・FCH 部会第 271 回定例研究会	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2021
大型モビリティに適応する多用途型燃料電池モジュールの研究開発	NEDO 燃料電池・水素プロジェクトレビュー2021	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2021
水素エネルギーを活用したカーボンニュートラルに向けた取組	技術開拓未来塾 2021-2022 第 3 回講座	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022
純水素燃料電池システム開発の最新動向と今後の取組み	第 18 回国際水素・燃料電池展 [春]FCEXPO 2022 FC-3 水素・燃料電池展専門技術セミナー	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022
Pt 系触媒の耐久性に与える耐久性試験プロトコルとカーボン担体の影響	第 126 回触媒討論会 (Web)	同志社大学	2020
Electrochemical Properties and Cell Performance of Pd Core-Pt Shell Structured Catalyst Synthesized by Direct Displacement Reaction	PRiME 2020 (Web)	同志社大学	2020
Pt 系触媒の ORR 活性と耐久性 (特別講演)	第 52 回溶融塩化学討論会 (Web)	同志社大学	2020
Pt 系触媒の ORR 活性と耐久性 (特別講演)	電気化学会第 88 回大会 (Web)	同志社大学	2021
高温低加湿作動を目指した高活性白金系触媒開発	第 28 回燃料電池シンポジウム (Web)	同志社大学	2021
高耐久性化と電池特性向上に向けた PEFC 用 Pt 系触媒の炭素担体に関する検討	第 28 回燃料電池シンポジウム (Web)	同志社大学	2021
メソポーラスカーボン担体に担持した Pd コア-Pt シェル触媒の電池特性	第 128 回触媒討論会 (Web)	同志社大学	2021
Pd@Pt Core-Shell Structured Catalyst Supported on Mesoporous Carbon for Achieving a High Cell Performance	240th The Electrochemical Society Meeting (Web)	同志社大学	2021
Architectures of Pt-Based Catalysts Mitigating Voltage Loss in High Current Density Region for Fuel Cell Vehicle	18th Japan-Korea Symposium on Catalysis (Web)	同志社大学	2021
メソポーラスカーボンに担持した Pd コア Pt シェル触媒の電池特性	第 62 回電池討論会 (横浜)	同志社大学	2021
メソポーラスカーボンに担持した Pt 系触媒の耐久性	第 62 回電池討論会 (横浜)	同志社大学	2021
イオン液体修飾による Pt 系触媒の高活性化	第 62 回電池討論会 (横浜)	同志社大学	2021
イオン塩修飾による Pt 系触媒の高活性化と高耐久性化	電気化学会第 89 回大会(web)	同志社大学	2022
Improvements in Oxygen Diffusivity, ORR Activity and Durability of Pt-Based Catalysts by Mesoporous Carbon Support and Melamine Decoration	242nd ECS Meeting (Atlanta)	同志社大学	2022
Improvements in ORR Activity and Cell Performance of Pt-Based Catalysts for PEFCs by Modification with Protonated Melamine-derivative Salts	242nd ECS Meeting (Atlanta)	同志社大学／石福金属興業	2022
MEA Performance of Pd@Pt Core-Shell Catalysts Supported on Different Particle Sizes of Mesoporous Carbon	242nd ECS Meeting (Atlanta)	同志社大学／石福金属興業	2022
メラミンおよびメラミン誘導体修飾による Pt 系触媒の高活性化と高耐久性化	第 130 回触媒討論会 (富山)	同志社大学／石福金属興業	2022
Pt Catalyst Supported on Mesoporous Carbon and Its Cell Performance	Asian Conference on Electrochemical Power Sources 2022 (Singapore)	同志社大学/石福金属興業	2022
Size Control of Pt Catalyst NPs Supported on Mesoporous Carbon	Asian Conference on Electrochemical Power Sources 2022 (Singapore)	同志社大学/石福金属興業	2022
Enhancement of proton conductivity of Pt/C catalyst under lowly humidified conditions by impregnation of protonated-melamine	Asian Conference on Electrochemical Power Sources 2022 (Singapore)	同志社大学/石福金属興業	2022
Pt 系触媒の電池特性に与える炭素担体の多孔性と細孔構造の影響	第 63 回電池討論会 (福岡)	同志社大学／石福金属興業	2022
メラミン誘導体塩で修飾した Pt 触媒のプロトン伝導性	第 63 回電池討論会 (福岡)	同志社大学	2022
メソポーラスカーボンに担持した Pt 触媒の発電特性と耐久性	第 63 回電池討論会 (福岡)	同志社大学／石福金属興業	2022

私が思う PEFC 用 Pt 系触媒	第 13 回新電極触媒シンポジウム （三島）	同志社大学	2022
有機物修飾による白金系触媒の高活性化と高耐久化	第 22 回 燃料電池基盤技術研究懇話会（東京）	同志社大学	2022
イオン塩修飾による Pt 系触媒の高活性化と高耐久性化	電気化学会第 89 回大会(仙台)	同志社大学	2023
高温低加湿作動を目指した高活性白金系触媒開発（3）	第 30 回燃料電池シンポジウム	同志社大学／石福金属興業	2023
PEFC の低湿度環境作動に向けた Pt 系触媒の開発	第 30 回燃料電池シンポジウム	同志社大学／石福金属興業	2023
アルコール還元法と含浸熱還元法で合成した Pt 触媒の電気化学特性と電池特性	第 132 回触媒討論会	同志社大学／石福金属興業	2023
Single Cell Performance and Durability of Pt and Pt-Based Catalysts Supported on Mesoporous Carbon	The 244th ECS meeting	同志社大学／石福金属興業	2023
Enhancement of ORR Activity of Pt Catalyst for PEFCs by Modification with Hydrogen-Bonded Organic Framework Composed of Melamine and Cyanuric Acid	The 244th ECS meeting	同志社大学／石福金属興業	2023
Synthesis of Spherical Mesoporous Carbon (SMPC) Support and Electrochemical Properties of Pt/SMPC Catalyst	The 244th ECS meeting	同志社大学／石福金属興業	2023
SiO2 粒子をテンプレートに使用した固体高分子形燃料電池用多孔質炭素担体の合成	第 14 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	同志社大学／石福金属興業	2023
Mn と Cr 添加による PtCo 合金触媒の酸素還元活性と耐久性	第 14 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	同志社大学	2023
多孔質炭素担体に担持した Pt 触媒とイオノマーの相互作用	第 64 回電池討論会	同志社大学／石福金属興業	2023
メラミンシアヌレート修飾による燃料電池触媒の高活性化	第 64 回電池討論会	同志社大学	2023
SiO2 ハードテンプレートを用いた固体高分子形燃料電池用球状メソポーラスカーボン担体の合成と電池特性	第 64 回電池討論会	同志社大学	2023
多孔質炭素担体に担持した Pt 系触媒の利用率向上	電気化学会第 91 回大会	同志社大学／石福金属興業	2024
燃料電池開発に関しての NEDO プロジェクトについてと今後の展望（基調講演）	兵庫県立大学水素エネルギー共同研究センターシンポジウム 2024	同志社大学	2024
Development of Highly Active and Durable Pt-based Catalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells	The 12th Asian Conference on Electrochemistry (ACEPS-12)	同志社大学	2024
Utilization of Pt Catalyst NPs Supported on Mesoporous Carbon	The 12th Asian Conference on Electrochemistry (ACEPS-12)	同志社大学	2024
Synthesis of Mesoporous Carbon Support Using Two Different Sizes of SiO2 Hard Templates	"PRiME2024	同志社大学／石福金属興業	2024
Synthesis of Multicomponent Pt Alloy Catalysts for Oxygen Reduction Reaction and Durability Evaluation	"PRiME2024	同志社大学	2024
Investigation on Porosity of Mesoporous Carbon (MPC) Support and Evaluation of Single Cell Performance Using Pt/MPC Cathode Catalyst	"PRiME2024	同志社大学／石福金属興業	2024
高温低加湿作動を目指した高活性白金系触媒開発（4）	第 31 回燃料電池シンポジウム	同志社大学／石福金属興業	2024
多孔質炭素担体に担持した Pt 触媒とイオノマーの相互作用	第 31 回燃料電池シンポジウム	同志社大学／石福金属興業	2024
電池特性に与える Pt/MPC 触媒インク作製に使用する溶媒種の影響	第 134 回触媒討論会	同志社大学／石福金属興業	2024
Pt/C 触媒のイオノマー被毒に与える炭素担体の多孔性の影響	第 15 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	同志社大学	2024
触媒インク作製時に用いるアルコールの PEFC の電池特性に与える影響	第 15 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	同志社大学／石福金属興業	2024
粒子径 2.5 nm 以下の微細 Pt 触媒の電気化学特性と耐久性	第 15 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	同志社大学	2024
高活性 Pt/Pd/MPC コアシェル触媒の開発	第 65 回電池討論会	同志社大学／石福金属興業	2024
多元素系合金触媒の酸素還元活性と耐久性	第 65 回電池討論会	同志社大学	2024

SiO2 テンプレートを用いたメソポーラスカーボン(MPC)担体の合成と Pt/MPC 触媒の電池特性評価	第 65 回電池討論会	同志社大学／石福金属興業	2024
触媒インク作製時に用いるアルコールの PEFC の電池特性に与える影響	第 65 回電池討論会	同志社大学／石福金属興業	2024
燃料電池自動車用 PEFC に求められる Pt 系触媒の特性	第 44 回水素エネルギー協会大会	同志社大学	2024
メソポーラスカーボン担持触媒とイオノマーから構成される PEFC カソード触媒に関する考察	電気化学会第 92 回大会	同志社大学／石福金属興業	2025
固体高分子形燃料電池用コアシェル触媒の研究開発	第 126 回触媒討論会	石福金属興業株式会社	2020
石福金属におけるコアシェル触媒の研究開発	第 32 回電解プロセス研究会	石福金属興業株式会社	2021
燃料電池用コアシェル触媒の研究開発	第 129 回触媒討論会	石福金属興業株式会社	2022
よく規定された Ir 基合金表面系の水素酸化および過酸化水素発生反応特性	第 61 回電池討論会(Web)	東北大学	2020
ドライプロセス合成した Pt/SnOx モデル触媒の表面構造と酸素還元反応特性	第 61 回電池討論会(Web)	東北大学	2020
Pt/SnOx/Pt(111)モデル触媒の合成と酸素還元反応特性	2021 金属学会秋期大会(Web)	東北大学	2020
よく規定された Ru/ Ir(111)表面の水素酸化および過酸化水素生成特性	2020 金属学会秋期大会(Web)	東北大学	2020
Hydrogen Peroxide Generation and Hydrogen Oxidation Reaction Properties of Pt/Ir(111) and Ir/Pt(111) Bimetallic Surfaces	240th ECS Meating	東北大学	2021
Oxygen Reduction Reaction Properties and Microstructures of Pt/Nb:SnO2 Model Catalysts Fabricated on Pt Single Crystal Surfaces	240th ECS Meating	東北大学	2021
Ir および Ir-Pt 合金単結晶モデル触媒の水素酸化反応および過酸化水素発生特性	第 62 回電池討論会	東北大学	2021
Hydrogen Oxidation Reaction Activity for Vacuum-prepared Ru/Ir(111) Bimetallic Alloy Surfaces	ISSS-9	東北大学	2021
Microstructures and Oxygen Reduction Reaction Properties of Pt/Nb-doped-SnO2/Pt(111) Surfaces	ISSS-9	東北大学	2021
Oxygen Reduction Reaction Activity and Electrochemical Structural Stability of Nb-modified Pt/Co/Pt(111) Surfaces	ISSS-9	東北大学	2021
Oxygen Reduction Reaction Durability Enhancement of Pt-Ni(111) Single Crystal Surfaces by Ir	ISSS-9	東北大学	2021
Pt(111)および(110)基板上に気相合成した Pt/SnO2 モデル触媒の表面ミクロ構造と酸素還元反応特性	第 62 回電池討論会	東北大学	2021
Ir-Pt 系単結晶表面の水素酸化反応および過酸化水素生成特性	2021 年電気化学会第 88 回大会(Web)	東北大学	2021
Ir 添加 Pt-M(111)表面合金の酸素還元反応特性	2021 年電気化学会第 88 回大会(Web)	東北大学	2021
Pt 単結晶上に気相合成した Pt/SnO2 の表面構造と酸素還元反応特性	2021 年電気化学会第 88 回大会(Web)	東北大学	2021
Pt/Nb/Pt(111)モデル触媒表面の酸素還元反応特性	2021 年電気化学会第 88 回大会(Web)	東北大学	2021
酸素還元反応を活性化する PtPdxCoy 単結晶電極の表面構造の解析と疎水性物質修飾	2021 年電気化学会第 89 回大会(Web)	千葉大学、東北大学	2021
Pt(111)の過酸化水素生成特性にタングステン酸化物が及ぼす影響	電気化学会第 89 回大会	東北大学	2022
Pt/Cantor 合金/Pt(111)表面系の格子積層構造と酸素還元反応特性	日本金属学会 2022 年春期講演大会	東北大学	2022
Pt を含む遷移金属ハイエントロピー合金単結晶表面の酸素還元反応特性	電気化学会第 89 回大会	東北大学、産総研	2022
Pt／遷移金属高エントロピー層／Pt(111)モデル表面系の酸素還元反応特性	電気化学会第 89 回大会	東北大学、産総研	2022
アークプラズマ蒸着法により作製した WOx / Pt(111)の電気化学的過酸化水素生成	日本金属学会 2022 年春期講演大会	東北大学	2022
Pt 合金の高エントロピー化による触媒特性向上	第 154 回電気化学会燃料電池研究会セミナー(Web)	東北大学	2022

Pt一遷移金属高エントロピー合金単結晶表面の酸素還元反応特性と有機物修飾	第 130 回触媒討論会	東北大学	2022
タングステン酸化物修飾 Pt(111)の過酸化水素生成および水素酸化反応特性	2022 金属学会秋期大会	東北大学	2022
Pt/遷移金属高エントロピー合金/Pt(111)表面系の過酸化水素生成および水素酸化反応特性	2022 金属学会秋期大会	東北大学	2022
原子レベルで制御した Pt-Cantor alloy 単結晶表面系の真空合成と酸素還元反応特性評価	2022 金属学会秋期大会	東北大学、産総研	2022
高エントロピー合金単結晶上に構築した Pt 表面の電極触媒特性	2022 電解プロセス研究会セミナー	東北大学	2022
WOx/Pt(111) Prepared as PEFC Model Anode Catalyst: Surface Structure and Suppressed Hydrogen Peroxide Generation	242nd ECS Meeting (Atlanta)	東北大学	2022
Oxygen Reduction Reaction Property for Single Crystal Surfaces of Pt/non-PGM metal high entropy alloy stacking structure	242nd ECS Meeting (Atlanta)	東北大学、産総研	2022
Pt一ハイエントロピーおよびミドルエントロピー合金系の表面ミクロ構造と酸素還元反応特性	第 63 回電池討論会	東北大学、産総研	2022
Pt-Cr-Mn-Fe-Co-Ni ハイエントロピー合金単結晶表面の過酸化水素生成および水素酸化反応特性	第 63 回電池討論会	東北大学	2022
走査型電気化学顕微鏡により評価した白金族元素最稠密表面上の過酸化水素生成挙動	第 63 回電池討論会	東北大学	2022
Pt/SnO2 単結晶モデル電極の表面ミクロ構造と ORR 特性	第 13 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	東北大学	2022
電位掃引下における Pt 基合金薄膜重量変化の EQCM 測定	第 13 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	東北大学	2022
メラミン修飾 Pt-HEA 単結晶表面系の ORR 特性	第 13 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	東北大学	2022
Pt-Cr-Mn-Fe-Co-Ni ハイエントロピー合金薄膜における表面 Pt 濃縮層の形成	日本金属学会 2023 年春季講演大会	東北大学	2023
Pt-ハイエントロピー合金単結晶低指数面の ORR 特性に及ぼすメラミン表面修飾の影響	電気化学会第 90 回大会	東北大学	2023
Pt-ハイエントロピー合金系の酸素還元反応特性に及ぼす軽元素添加の影響	電気化学会第 90 回大会	東北大学	2023
気相合成した Pt-多元系合金単結晶表面系の構成元素種が及ぼす ORR 特性への影響	電気化学会第 90 回大会	東北大学、産総研	2023
Ir 多結晶電極表面における水素酸化反応活性の 2 次元マッピング	日本金属学会 2023 年秋季大会	東北大学	2023
Pt-ハイエントロピー合金表面の電位サイクル負荷によるミクロ構造変化に及ぼすメラミン分子の影響	電気化学会第 91 回大会	東北大学	2023
Pt/多元系合金/Pt(hkl)モデル触媒表面の構成元素種と酸素還元反応特性	電気化学会第 91 回大会	東北大学	2023
Oxygen Reduction Reaction on Pt / Transition Metal High Entropy Alloy Single Crystal Model Catalyst	e-MRS 2023 Fall Meeting	東北大学	2023
Oxygen Reduction Reaction Properties of Dry-process Synthesized Pt-non PGM Transition Metal Multi-Component Alloys: Influence of Transition Metal Elements	244th ECS Meeting	東北大学	2023
HOR 活性の電極表面結晶粒方位依存性	第 14 回電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	東北大学	2023
Oxygen Reduction Reaction on Pt- non PGM Transition Metal High Entropy Alloy Surface: Single Crystal Model Catalyst Study	HEA2023	東北大学	2023
メラミン修飾白金-ハイエントロピー合金単結晶表面系の酸素還元反応活性と電気化学的構造安定性	第 64 回電池討論会	東北大学	2023
白金ーハイエントロピー合金単結晶表面系の酸素還元反応特性：機械学習による合成条件検討	第 64 回電池討論会	東北大学、NIMS	2023
燃料電池の電極触媒ーよく規定されたハイエントロピー合金表面系の構築と燃料電池触媒特性ー	第 52 回薄膜・表面物理 基礎講座(2023)	東北大学	2023
Pt/鉄フリーハイエントロピー合金単結晶表面系の酸素還元反応特性	日本金属学会 2024 年春季講演大会	東北大学	2024

Pt 電極表面結晶粒と水素酸化反応特性の可視化	電気化学会第 91 回大会	東北大学	2024
Pt-Cr-Mn-Fe-Co-Ni ハイエントロピー合金薄膜の表面ミクロ構造と酸素還元反応特性	電気化学会第 91 回大会	東北大学	2024
Pt/Fe フリーハイエントロピー合金/Pt(111)モデル積層表面系の酸素還元反応特性	電気化学会第 91 回大会	東北大学	2024
Pt-High Entropy Alloy Single Crystal Model Catalyst Surface for Oxygen Reduction Reaction Study	18th ICC2024	東北大学	2024
Pt-High Entropy Alloy Single Crystal Lattice Stacking Surface: Oxygen Reduction Reaction Model Catalyst Study	38th ISE Topical Meeting	東北大学	2024
Pt/Cr-Mn-Fe-Co-Ni/Pt(111)モデル積層表面系の合金組成と酸素還元反応特性	第 15 回電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	産総研、東北大学	2024
Pt/鉄フリーハイエントロピー合金単結晶表面系の酸素還元反応特性	第 15 回電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	東北大学、産総研	2024
SECM Study for Surface-Grain-Resolved Hydrogen Oxidation Reaction Activity of Polycrystalline Pt Electrode	PRiME2024	東北大学	2024
Pt 多結晶電極表面の水素酸化反応活性の 2 次元可視化	第 64 回電池討論会	東北大学	2024
Pt-Cr-Mn-Fe-Co-Ni ハイエントロピー合金単結晶薄膜の電気化学脱合金と酸素還元反応特性	第 64 回電池討論会	東北大学	2024
Enhanced Oxygen Reduction Reaction Activity of Melamine-modified Pt/High-entropy-alloy(hkl) Lattice Stacking Single Crystal Surface	ICEAN2024	東北大学	2024
Pt/CrMnCoNiA(A=Pd,Ru,Ir)ハイエントロピー合金/Pt(111)モデル触媒の酸素還元反応特性	電気化学会東北支部発表会	東北大学	2025
Pt/Cr-Mn-Fe-Co-Ni(111)表面系の合金組成が酸素還元反応特性に及ぼす影響	電気化学会第 92 回大会	産総研、東北大学	2025
Pt/CrMnCoNiA(A=Pd,Ru,Ir)ハイエントロピー合金/Pt(111)モデル触媒の酸素還元反応特性	電気化学会第 92 回大会	東北大学、産総研	2025
含窒素有機物修飾による白金触媒の耐久性の向上	第 62 回電池討論会(Web)	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2021
メラミン類縁体の塩を修飾した白金触媒の酸素還元活性	第 62 回電池討論会(Web)	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2021
メラミン類による白金触媒の耐久性向上効果	電気化学会第 89 回大会(Web)	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
含窒素有機物修飾による白金系触媒の高性能化への取り組み	第 154 回燃料電池セミナー(Web)	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
含窒素環状化合物による白金触媒の耐久性の向上効果	第 29 回燃料電池シンポジウム	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
メラミン類の修飾による白金触媒の活性向上効果	第 29 回燃料電池シンポジウム	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
含窒素有機物修飾による白金触媒の高性能化～低白金化のための新たなアプローチ～	新電池構想部会第 117 回講演会(web)	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
含窒素芳香族化合物修飾白金触媒の活性・耐久性に対する修飾化合物の構造の影響	第 63 回電池討論会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
Modification of Pt nanoparticles with N-containing heterocyclic compounds enhances the ORR activity and durability of Pt catalysts	ACEPS-11	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
含窒素有機物修飾白金触媒の特性評価	電気化学会第 90 回大会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023
メラミンポリマーによる白金触媒の酸素還元活性上昇効果	電気化学会第 90 回大会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023
Enhancement of the ORR activity and stability of Pt/C by modification with melamine and N-containing aromatic compounds	244th ECS Meeting	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023
有機物修飾触媒の MEA 化における課題の検討	第 64 回電池討論会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023
白金触媒を用いた MEA に対する有機物修飾の効果	第 64 回電池討論会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2023
有機物修飾を用いた MEA の特性向上に向けた手法の開発	電気化学会第 91 回大会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2024

密度汎関数理論計算を用いた白金(111)によるメラミン吸着機構の解明	日本化学会 第 104 春季年会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2024
Melamine modification of Pt surface increases the ORR activity and durability of Pt/C	PRiME 2024	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2024
有機物修飾触媒の MEA 中の活性と耐久性の評価	第 65 回電池討論会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2024
阻害種存在下での白金触媒に対するメラミン類の効果	電気化学会第 92 回大会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2025
有機物修飾触媒の MEA 中の活性向上に対する条件最適化	第 65 回電池討論会	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2024
Quantum chemistry for solid-molecule interfaces: Theoretical development and issues on achieving ab initio data-driven science	Japan Society of Vacuum and Surface Science 2024 (JVSS2024)	国立大学法人大阪大学	2024
分子配位による固体触媒高機能化: 量子化学計算を用いた検討	第 7 回錯体化学会フロンティアセミナー	国立大学法人大阪大学	2024
密度汎関数理論及び機械学習ポテンシャルを用いた燃料電池用白金触媒への分子修飾効果の理論的検討	第 135 回触媒討論会	国立大学法人大阪大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所	2025
アルカリ溶液中での Pd 基本指数面および高指数面の ORR 活性における面・カチオン依存性	電気化学会第 88 回大会(web)	千葉大学	2021
酸素還元反応を活性化する PtPdxCoy 単結晶電極の表面構造の解析と疎水性物質修飾	電気化学会第 88 回大会(web)	千葉大学、東北大学	2021
疎水性カチオンによる Pt 単結晶電極上の硫酸イオン吸着阻害と ORR 高活性化	電気化学会第 88 回大会(web)	千葉大学	2021
表面構造と疎水性物質による Pt3Fe 単結晶電極上の ORR 高活性化	電気化学会第 88 回大会(web)	千葉大学	2021
酸素還元反応を活性化する疎水性物質と電極表面構造	燃料電池研究会 第 149 回セミナー「PEFC 用電極触媒の研究開発動向」	千葉大学	2020
プロトン性イオン液体修飾 Pt 単結晶電極上の酸素還元反応	第 28 回燃料電池シンポジウム	千葉大学	2021
Pt3Fe 高指数面を用いた酸素還元反応の高活性化	2021 年電気化学秋季大会	千葉大学	2021
プロトン性イオン液体で酸素還元反応が活性化される Pt 単結晶電極の表面構造	2021 年電気化学秋季大会	千葉大学	2021
"Enhancement of the ORR Activity By Hydrophobic Species Analyzed Using Single Crystal Electrodes	240th ECS Meeting	千葉大学	2021
イオン液体修飾 Pt 単結晶電極の赤外スペクトル	第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021	千葉大学	2021
Pt 単結晶電極の酸素還元反応を高活性化するイオン液体の吸着配向	第 62 回電池討論会	千葉大学	2021
Pt3Fe 高指数面での酸素還元反応および耐久性に対する疎水性物質の効果	電気化学会第 89 回大会(web)	千葉大学	2022
カフェイン修飾 Pt 単結晶電極上の酸素還元反応	電気化学会第 89 回大会(web)	千葉大学	2022
Pt 単結晶電極の酸素還元反応を高活性化するイオン液体の吸着配向	電気化学会第 89 回大会(web)	千葉大学	2022
カフェイン修飾 Pt 高指数面上の酸素還元反応を活性化する構造	2022 年電気化学秋季大会	千葉大学	2022
カフェイン修飾 Pt 単結晶電極の赤外スペクトル	2022 年電気化学秋季大会	千葉大学	2022
Pd 単結晶電極上の酸化物と ORR 活性の相関	2022 年電気化学秋季大会	千葉大学	2022
イオン液体中の Pt 単結晶電極の酸素還元反応	第 12 回 CSJ 化学フェスタ 2022	千葉大学	2022
イオン液体[dema][TfO]中の Pt 単結晶電極の酸素還元反応	第 13 回電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	千葉大学	2022
Pt3Co 合金単結晶電極の酸素還元反応とメラミンの効果	第 13 回電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	千葉大学	2022
酸素還元反応を活性化するメラミン修飾した Pt 表面の真空モデリング	第 13 回電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	千葉大学	2022
Pd 単結晶電極上の Pd 酸化物の振動分光	電気化学会第 90 回大会(仙台)	千葉大学	2023
メラミン修飾した Pt 電極の酸素還元反応活性と吸着構造の関係	電気化学会第 90 回大会(仙台)	千葉大学	2023

120℃プロトン性イオン液体中の酸素還元反応を活性化する Pt 表面構造	電気化学会第 90 回大会(仙台)	千葉大学	2023
メラミンによる Pt3Co 合金単結晶電極上の酸素還元反応の活性化	電気化学会第 90 回大会(仙台)	千葉大学	2023
カフェインによる Pt 単結晶電極上の酸素還元反応の活性化機構	電気化学会第 90 回大会(仙台)	千葉大学	2023
Pt3Co 高指数面における酸素還元反応とメラミン修飾の効果	2023 年電気化学会秋季大会(福岡)	千葉大学	2023
カフェイン類似構造化合物による Pt 単結晶電極上の酸素還元反応の高活性化	2023 年電気化学会秋季大会(福岡)	千葉大学	2023
エレクトロスプレー法により疎水性有機物修飾した Pt(111)の ORR 活性評価	2023 年電気化学会秋季大会(福岡)	千葉大学	2023
Marked Structural Effects on the Oxygen Reduction Reaction on Single Crystal Electrodes of Pt Modified with Caffeine	74th Annual ISE Meeting (Lyon, France)	千葉大学	2023
酸素還元反応に活性な Pt 電極上のメラミン吸着構造	第 17 回分子科学討論会(大阪)	千葉大学	2023
原子・分子レベルでの構造規整と表面修飾による電極触媒反応の高活性化	電気化学会電解科学技術委員会「電解プロセス研究会」(東京)	千葉大学	2023
有機物修飾と表面構造規整による酸素還元反応の高活性化	燃料電池研究会第 160 回セミナー(東京)	千葉大学	2023
メラミン誘導体修飾 Pt 単結晶の酸素還元反応	第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023(東京)	千葉大学	2023
イオン液体[MTBD][beti]中の Pt 単結晶電極の酸素還元反応	第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023(東京)	千葉大学	2023
120℃プロトン性イオン液体[dema][TfO]中の酸素還元反応を活性化する Pt 表面	第 14 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー(三島)	千葉大学	2023
Pt3Co 高指数面の酸素還元反応耐久性に対するメラミン修飾の効果	第 14 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー(三島)	千葉大学	2023
疎水性有機物を修飾した Pt(111)の ORR 活性評価	第 14 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー(三島)	千葉大学	2023
カフェイン類似化合物による Pt 基本指数面上の酸素還元反応の活性	第 14 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー(三島)	千葉大学	2023
Pt 単結晶電極上のイオン液体[dema][TfO]の赤外スペクトル	電気化学会第 91 回大会(名古屋)	千葉大学	2024
Purine 修飾による Pt 高指数面の酸素還元反応の高活性化	電気化学会第 91 回大会(名古屋)	千葉大学	2024
メラミン誘導体修飾 Pt 単結晶電極上の酸素還元反応	電気化学会第 91 回大会(名古屋)	千葉大学	2024
酸素還元反応を高活性化する Pt 単結晶基本指数面上のメラミンの赤外スペクトル	第 31 回燃料電池シンポジウム(東京)	千葉大学	2024
100%[dema][TfO]中の Pt3Co 合金単結晶電極上の酸素還元反応	第 31 回燃料電池シンポジウム(東京)	千葉大学	2024
Enhancement of the activity of the oxygen reduction reaction on the high index planes of Pt3Co electrodes with melamine	75th Annual ISE Meeting (Montreal, Canada	千葉大学	2024
Correlation of the adsorption geometry of melamine and the ORR activity on the low index planes of Pt	PRiME 2024 (Honolulu, Hawaii)	千葉大学	2024
赤外スペクトルを用いた Pt 単結晶電極上のイオン液体[dema][TfO]の吸着配向評価	第 15 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー(三島)	千葉大学	2024
Pt 単結晶基本指数面上のメラミンの赤外スペクトルと ORR 活性との相関	第 15 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー(三島)	千葉大学	2024
ナフィオン被覆した Pt 単結晶電極上の酸素還元反応における有機物修飾の影響	第 15 回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー(三島)	千葉大学	2024
100%[dema][TfO]中 Pt3Co 合金単結晶電極の ORR 活性化要因	電気化学会第 92 回大会(東京)	千葉大学	2025
複数のメラミン誘導体修飾による Pt 単結晶電極上の ORR 活性化	電気化学会第 92 回大会(東京)	千葉大学	2025
Pt 単結晶基本指数面におけるメラミンと水の吸着状態と ORR 活性の相関	電気化学会第 92 回大会(東京)	千葉大学	2025
イオン液体[dema][TfO]中の Pt3Co 合金単結晶電極の赤外スペクトル	第 32 回 燃料電池シンポジウム(東京)	千葉大学	2025
酸素還元反応を活性化する Pt3Co 単結晶電極のメラミン吸着配向	第 32 回 燃料電池シンポジウム(東京)	千葉大学	2025

100%[dema][TfO]中の Pt3Ni 単結晶電極上の酸素還元反応	第 32 回 燃料電池シンポジウム(東京)	千葉大学	2025
Pt/C 水素アノード触媒の過酸化水素発生速度に対する粒径と温度の効果	第 88 回電気化学会	山梨大学	2021
高性能・高耐久燃料電池：カソードおよびアノード触媒の研究開発	第 143 回表面技術協会	山梨大学	2021
Effect of SnO2 Support on Degradation of Pt Anode in Polymer Electrolyte Fuel Cell: First-Principles Study	ANSCSE24	東北大学	2021
高電位状態の固体高分子形燃料電池アノードにおける Pt 合金ナノ粒子触媒の酸化プロセスの第一原理計算に基づく解析	第 128 回触媒討論会	東北大学	2021
Half-cell study of IrO2 nanosheet-Pt/C as a cell reversal tolerant anode	第 62 回電池討論会	信州大学	2021
Effect of Pt-loading and carbon support of Pt/C anode catalysts on the durability of Nafion electrolyte membrane	電気化学会第 89 回大会	山梨大学	2022
PtCo/C 水素アノード触媒の過酸化水素発生抑制機構の解析	電気化学会第 89 回大会	山梨大学, 日産アーク	2022
燃料電池用電極触媒の現状と課題	日本化学会第 102 春季年会	山梨大学	2022
固体高分子形燃料電池アノードにおける Pt ナノ粒子/酸化物複合触媒における H2O2 生成反応の第一原理計算による検討	電気化学会第 89 回大会	東北大学	2022
第一原理計算を用いた燃料欠乏状態の固体高分子形燃料電池アノードにおける Pt 合金ナノ粒子触媒の酸化耐性の検討	第 130 回触媒討論会	東北大学	2022
IrO2 ナノシートを微量添加した Pt/C の転極耐性特性	第 130 回触媒討論会	信州大学	2022
Development of Reversal Tolerant Anode Catalyst with IrO2 Nanosheets as a Co-catalyst for Polymer Electrolyte Fuel Cell	HYPOTHESISXVII Taipei 2022	信州大学	2022
IrO2 ナノシートーPt/C アノード触媒の転極耐性に与えるナノシートサイズ依存性	第 63 回電池討論会	信州大学	2022
Effect of SiO2 Nanoparticles in Anode Catalyst Layer on Durability and Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cells	9th International Fuel Cell Workshop 2022 (IFCW2022)（甲府）	山梨大学	2022
Enhanced Durability of Nafion Membrane By Use of Graphitized Carbon Black Supported Pt Anode Catalyst	9th International Fuel Cell Workshop 2022 (IFCW2022)（甲府）	山梨大学	2022
Analyses of Degradation Mechanisms of Electrocatalysts for PEFCs	9th International Fuel Cell Workshop 2022 (IFCW2022)（甲府）	山梨大学	2022
Suppression of H2O2 Formation on Pt with WO3 Hydrogen Spillover Catalyst	9th International Fuel Cell Workshop 2022 (IFCW2022)（甲府）	信州大学	2022
山梨大学のアノード触媒プロジェクト	第 23 回 燃料電池基盤技術研究懇話会	山梨大学	2023
Mitigation of Chemical Degradation of Nafion Membrane with Enhanced Output Performance by Incorporation of SiO2 into Anode Catalyst Layer	電気化学会第 90 回大会	山梨大学	2023
NEDO プロジェクトで開発された種々のアノード触媒の H2O2 生成抑制と耐久性	電気化学会第 90 回大会	山梨大学, 信州大学, 弘前大学, 岩手大学	2023
固体高分子形燃料電池アノードにおける酸化物担体が Pt 合金ナノ粒子上の H2O2 生成抑制プロセスに与える影響の第一原理計算による検討	電気化学会第 90 回大会	東北大学	2023
Fuel Cell Electrocatalysts: Towards High Activity and High Durability	74th Annual ISE Meeting	山梨大学	2023
固体高分子形燃料電池アノードにおいて燃料欠乏状態により酸化劣化した Pt 合金ナノ粒子触媒の反応活性回復プロセスの第一原理計算による検討	第 132 回触媒討論会	東北大学	2023
Carbon-support-free Nano Catalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells	International Symposium for the 80th Anniversary of the Tohoku Branch of Chemical Society of Japan	弘前大学, 岩手大学	2023
Development of IrO2 Nanosheet–Pt/C Composite as Reversal Tolerant Anode Catalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cell	244th ECS Meeting	信州大学	2023
IrO2 ナノシートの導入により転極耐性を高めたアノード触媒の開発とその劣化機構の解明	第 64 回電池討論会	信州大学	2023

R&D of Pt-Alloy Catalysts for PEFCs Based on Multilateral Analyses	MRM2023/IUMRS-ICA2023	山梨大学	2023
酸素発生触媒添加 Pt/Ti4O7-C 触媒の転極耐性向上	電気化学会第 91 回大会	岩手大学, 弘前大学	2024
燃料電池用電極触媒：高性能化への道	電気化学会第 91 回大会	山梨大学	2024
Improvement of Reversal-tolerance of Pt/Ti4O7-C Catalysts by the Addition of Oxygen Evolution Catalysts	245th ECS Meeting	岩手大学, 弘前大学	2024
Pt-Alloy Catalysts for PEFCs: Towards High Activity and High Durability	Taiwan International Conference on Catalysis 2024	山梨大学	2024
Suppression of H2O2 Formation and Durability of Various H2-Anode Catalysts for Long-Life PEFCs	PRiME2024	山梨大学, 信州大学, 弘前大学, 岩手大学, 東北大学	2024
Impact of Metal Oxide Nanoparticles in Anode Catalyst Layer on Membrane Degradation and Output Performance of PEFC	PRiME2024	山梨大学	2024
Pt-Alloy Anode and Cathode Catalysts for PEFCs	PRiME2024	山梨大学	2024
Improvement of Reversal-tolerance by Ti4O7-C Supported Pt-Ir Composite Catalysts	PRiME2024	岩手大学, 弘前大学	2024
Effect of Co-Catalyst Support in Cell Reversal Tolerance of IrO2 Nanosheets-Pt/C Catalyst	PRiME2024	信州大学	2024
Suppression of Hydrogen Peroxide Formation on Pt using WO3 as Anode Cocatalysts	PRiME2024	信州大学	2024
固体高分子形燃料電池アノードの燃料欠乏状態における高酸化耐性化を目的とした酸化物触媒上における酸素発生反応の第一原理計算	第 134 回 触媒討論会	東北大学	2024
IrO2 ナノシート助触媒の存在状態が Pt/C 触媒の転極耐性に与える影響	第 134 回 触媒討論会	信州大学	2024
Mitigation of Membrane Degradation via Suppression of H2O2 Formation at H2-Anode Catalyst Layers	IEA-AFC1A, Task 31 Meeting	山梨大学	2024
PEFC 用電極触媒の研究開発： 性能と耐久性の通説への挑戦	2024 年度水素・燃料電池材料研究会講座	山梨大学	2024
燃料欠乏状態下で高酸化耐性を有する固体高分子形燃料電池アノードのための IrO2 系酸素発生反応触媒の第一原理計算による検討	電気化学会第 92 回大会	東北大学	2025
燃料電池触媒材料の「脱炭素化」：非炭素系担体を利用した白金系触媒と非白金触媒の現状と動向	第 16 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	弘前大学	2025
固体高分子形燃料電池アノードの燃料欠乏状態において高酸素発生反応活性を示す IrO2 系触媒構造の第一原理計算による検討	第 136 回触媒討論会	東北大学	2025
Morphology-Controlled WO3-Pt/C Catalyst for H2O2 Suppression during HOR	2025 電気化学秋季大会	信州大学	2025
カチオン性π共役系高分子を用いた生体分子認識(II) -核酸塩基選択性と細胞毒性-	第 70 回高分子討論会	上智大学	2021
柔粘性イオン結晶を用いた固体電解質の作製と評価	第 70 回高分子討論会	上智大学	2021
高分子電解質形燃料電池用ラジカルクエンチャーの創製(I) －フラレノール類の評価－	第 71 会高分子年次大会	上智大学	2022
ジブロック共重合体を用いたプロトン-電子両伝導体の創製(I)－合成条件の検討－	第 71 会高分子年次大会	上智大学	2022
高温作動に向けたラジカルクエンチ技術の構築	燃料電池研究会 156 回セミナー	上智大学	2022
ホスホニウム基を有する無水プロトン伝導性高分子の合成と評価	第 7 1 回高分子討論会	上智大学	2022
ジブロック共重合体を用いたプロトン-電子両伝導体の創製 (II) -重合比の検討-	第 7 1 回高分子討論会	上智大学	2022
高分子電解質形燃料電池用ラジカルクエンチャーの創製(Ⅱ) －フラレノールの評価－	第 7 1 回高分子討論会	上智大学	2022
Fabrication of Sulfonated GO-SiO2-Nafion Electrolyte Membranes for Polymer Electrolyte Fuel Cell	日本化学会第 103 春季年会会	上智大学	2023
ジブロック共重合体を用いたプロトン - 電子両伝導体の創製(III)－分子量の影響－	第 72 回高分子年次大会	上智大学	2023

高分子電解質形燃料電池用ラジカルクエンチャーの創製(III) －酸化グラフェンの評価－	第 72 回高分子年次大会	上智大学	2023
電解質部位をグラフト化したシリカ粒子の合成と評価 (I) -合成法の検討-	第 72 回高分子年次大会	上智大学	2023
ホスホニウム基を有するポリフェニレン系共重合体電解質の合成と評価(I)－共重合比の検討－	第 72 回高分子年次大会	上智大学	2023
超強酸基を有するポリフェニレン系共重合体電解質の合成及び評価(I) -ランダム共重合体の合成-	第 72 回高分子年次大会	上智大学	2023
セリウム系ラジカルクエンチャーの移動抑制による燃料電池膜の耐久性向上	第 30 回燃料電池シンポジウム	上智大学	2023
PEFC 用ラジカルクエンチャーの研究開発状況	第 30 回燃料電池シンポジウム	上智大学	2023
電解質部位をグラフト化したシリカ粒子の合成と評価(2)-ハイブリッド粒子の評価-	第 72 回高分子討論会	上智大学	2023
超強酸基を有するポリフェニレン系共重合体電解質の合成と評価(Ⅱ)－膜組成の効果－	第 72 回高分子討論会	上智大学	2023
ホスホニウム基を有するポリフェニレン系共重合体電解質の合成と評価(II)－膜組成と電気化学特性の相関－	第 72 回高分子討論会	上智大学	2023
高分子電解質形燃料電池用ラジカルクエンチャーの創製(IV) －ヒドロキシ基数の影響評価－	第 72 回高分子討論会	上智大学	2023
電解質部位をグラフト化したシリカ粒子の合成と評価 (Ⅲ)-高分子量化の検討-	第 73 回高分子年会	上智大学	2024
超強酸基を有するポリフェニレン系共重合体電解質の合成と評価(Ⅲ)－親水部構造の効果－	第 73 回高分子年会	上智大学	2024
Synthesis and evaluation of silica particles grafted with electrolyte unit (IV)-Effect of diameter of silica particles	ACS Fall Meeting 2024	上智大学	2024
電解質部位をグラフト化したシリカ粒子の合成と評価(V)-微粒子化の検討-	第 73 回高分子討論会	上智大学	2024
ホスホニウム基を有するポリフェニレン系共重合体電解質の合成と評価（IV）–構造と発電特性の相関–	第 73 回高分子討論会	上智大学	2024
超強酸基を有するポリフェニレン系共重合体電解質の合成と評価(IV)-組成と発電特性の相関-	第 73 回高分子討論会	上智大学	2024
Synthesis and evaluation of silica particles grafted with electrolyte unit (VI) -improvement of polymer introduction rate-	Prime 2024	上智大学	2024
Synthesis and evaluation of polyphenylene-based copolymers with phosphonium group (III)-Relationship between copolymerization ratio and film formability-	Prime 2024	上智大学	2024
Synthesis of Polyphenylene-Based Electrolysis with Superacid Groups (IV) -Effect of Superacid Structure-	Prime 2024	上智大学	2024
燃料電池用電解質材料のサスティナビリティ	新化学技術推進協 ナノフォトニクスエレクトロニクス交流会	上智大学	2024
高分子電解質形燃料電池の本格的普及における課題と対策	高分子学会　水素・燃料電池材料研究会	上智大学	2025
配位高分子を用いた中温作動燃料電池の開発	デンソー先端技術研究所 30 周年記念講演会	株式会社デンソー	2021
プロトン性イオン液体に金属イオンを導入したプロトン伝導性配位高分子ガラスの合成と燃料電池特性	日本化学会第 102 春季年会	株式会社デンソー	2022
白金単結晶(111), (100), (110)電極表面における硫黄種の吸着脱離挙動	日本化学会第 102 春季年会(2022)	1 物質・材料研究機構, 2 お茶の水女子大学	2022
白金単結晶表面における硫黄吸着・分解・脱離挙動の解明-燃料電池触媒の被毒・回復モデル-	量子ビームサイエンスフェスタ	1 物質・材料研究機構, 2 お茶の水女子大学	2022
白金単結晶電極表面における硫黄種の酸化脱離挙動	NIMS 先端計測シンポジウム 2022	1 物質・材料研究機構, 2 お茶の水女子大学	2022
白金単結晶電極表面における硫黄種の吸着脱離挙動と酸素還元活性	2021 年電気化学会秋季大会	1 物質・材料研究機構, 2 産業技術総合研究所, 3 お茶の水女子大学	2021
白金単結晶電極表面に吸着した硫黄種の酸化分解挙動	2022 年電気化学会秋季大会	1 物質・材料研究機構, 2 お茶の水女子大学	2022

Electro-Oxidation Behavior of Sulfur on Pt Single Crystal Electrodes	The 22nd International Vacuum Congress IVC-22	1National Institute of Materials Science, 2Ochanomizu University	2022
白金電極のセリウム種修飾による硫黄の酸化分解促進効果	2023 年電気化学会春季大会	物質・材料研究機構	2023
Adsorption/Desorption Behaviors of Sulfur Species at Pt Single Crystal Surfaces	243th ECS Meeting with SOFCXVIII	1National Institute for Materials Science, 2Ochanomizu University, 3Hokkaido University	2023
Oxidative Desorption of Adsorbed Sulfur on Platinum Surfaces Modified with Cerium Species	243th ECS Meeting with SOFCXVIII	National Institute for Materials Science (NIMS)	2023
白金－異種金属合金単結晶電極における硫黄種の吸脱着挙動の解析	2023 年電気化学会秋季大会	物質・材料研究機構	2023
セリウム種修飾した Pt(111)電極における硫黄の酸化分解	電気化学会第 91 回大会	物質・材料研究機構	2024
様々な白金－異種金属合金単結晶電極におけるにおける硫黄被毒・回復挙動の解析	電気化学会第 91 回大会	物質・材料研究機構	2024
空気中の硫黄化合物が PEFC 性能に及ぼす影響と空気遮断による被毒回復効果	第 62 回電池討論会	一般財団法人日本自動車研究所	2021
水素中の H2S が PEFC 性能に及ぼす影響とガス遮断による被毒回復挙動	電気化学会第 89 回大会	一般財団法人日本自動車研究所	2022
Pt 触媒における硫黄化合物の被毒回復手法	燃料電池研究会第 154 回セミナー	一般財団法人日本自動車研究所	2022
Improved Activity of High Surface Area Pt-Based Nanowires as Cathode Catalyst Under PEFC Operating Conditions	33rd Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry	岩手大学	2022
Durability and Performance of Pt-M Nanowires as Cathode Catalysts under PEFC Operating Condition	電気化学会第 90 回大会	岩手大学	2023
異なる炭素担体を用いた PEFC におけるカソード用 PtNi/C 触媒の調製と性能評価	電気化学会第 90 回大会	岩手大学	2023
"固体高分子形燃料電池における PtCo/C ナノ粒子触媒の酸処理の性能評価	電気化学会第 90 回大会	岩手大学	2023
PEFC カソード用 PtCo ナノワイヤー/C 触媒の合成条件が発電特性に及ぼす影響	電気化学会第 90 回大会	岩手大学	2023
Development of Multi-component Platinum Alloy Nanowires as Highly Active Fuel Cell Cathodes	IUMRS-ICAM&ICMAT2023, Singapore	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2023
Anisotropic Strain Tuning in L10-type Pt–Zn–Co Nanoparticles for Electrocatalysts	第 74 回コロイドおよび界面化学討論会	京都大学	2023
高活性酸素還元触媒用 Pt-Cu-Co 規則合金ナノ粒子の合成	第 74 回コロイドおよび界面化学討論会	京都大学	2023
Exploring the Degradation Mechanism on PtxCoy Alloy Catalysts for Oxygen Reduction Reaction by operando X-ray Absorption Spectroscopy	244th ECS meetimg, Gothenburg, Sweden	京都大学	2023
operando X 線吸収分光法を用いた形態制御 PtCo ナノワイヤー触媒の電子構造と酸素還元反応への影響	第 64 回電池討論会	京都大学	2023
Durability and Performance of PtM Nanowires as Cathode Catalyst under MEA Stack Condition	第 64 回電池討論会	岩手大学	2023
固体高分子形燃料電池用カソード触媒(白金系合金触媒)の焼成条件の最適化	第 64 回電池討論会	岩手大学	2023
PEFC カソード用 PtCo ナノワイヤー/C 触媒の合成条件と ORR 活性の関係	第 64 回電池討論会	岩手大学	2023
固体高分子形燃料電池カソード PtNi/C 合金触媒の合成方法と ORR 活性評価	第 64 回電池討論会	岩手大学	2023
Development of Multi-component Platinum Alloy Nanowires as Highly Active Fuel Cell Cathodes	MRM2023/IUMRS-ICA2023	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2023
Exploring the Degradation Mechanism on PtxCoy Alloy Catalysts for Oxygen Reduction Reaction by operando X-ray Absorption Spectroscopy	MRM2023/IUMRS-ICA2023	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2023

Highly Ordered L10-Type Pt-M-Zn Nanoparticles for Electrocatalysts	日本化学会第 104 春季年会	京都大学	2024
酸素還元反応触媒用の L11 型 Pt-Cu-Co 三元合金ナノ粒子の合成	日本化学会第 104 春季年会	京都大学	2024
Improvement in uniformly distributed Pt-based binary alloy catalysts towards the oxygen reduction reaction in polymer electrolyte fuel cells	電気化学会第 91 回大会	岩手大学	2024
固体高分子形燃料電池における白金系合金カソード触媒の熱処理条件最適化	電気化学会第 91 回大会	岩手大学	2024
PEFC カソード用 PtCo ナノワイヤー/C 触媒の合成と ORR 活性評価	電気化学会第 91 回大会	岩手大学	2024
固体高分子形燃料電池カソード用 PtNi/C 合金触媒の合成と ORR 活性 評価	電気化学会第 91 回大会	岩手大学	2024
高規則化度 L10 型 Pt-M-Zn ナノ粒子の合成と酸素還元電極触媒特性	ナノ学会第 22 回大会	京都大学	2024
Examining the Structure-Activity Relationship for Acid Treated Ordered PtCo with Different Ordering Degree Using PDF and XAS Analysis for Oxygen Reduction Reaction	PRiME 2024	京都大学	2024
Investigation on high stable ordered PtM (M=Fe, Co, Ni, Cu) catalysts via operando X-ray absorption spectroscopy analysis	PRiME 2024	京都大学	2024
The Development of Uniform-Sized Pt-Based Binary Alloy Electrocatalysts for ORR in Polymer Electrolyte Fuel Cells-Sized Pt-Based Binary Alloy Electrocatalysts for ORR in Polymer Electrolyte Fuel Cells	PRiME 2024	岩手大学	2024
Effect of annealing time on various PtNi/C binary alloy catalysts for ORR in PEFCs	PRiME 2024	岩手大学	2024
Relationship Between Synthesis Conditions and ORR Activity	PRiME 2024	岩手大学	2024
Protection against absorption passivation on platinum by a nitrogen-doped carbon shell for enhanced oxygen reduction reaction	第 65 回電池討論会	京都大学	2024
Investigation of Degradation Mechanism of PtCo@Pt Core Shell catalysts by Using Operando X-ray Absorption Spectroscopy	第 65 回電池討論会	京都大学	2024
Investigating the Structure-Activity Relationship in Ordered PtCo after Acid Treatment using PDF and XAS Analysis for Oxygen Reduction Reaction	第 65 回電池討論会	京都大学	2024
Operando XAS Analysis of Mesoporous Carbon Supported Stable and Ordered PtM Alloys	第 65 回電池討論会	京都大学	2024
異なる炭素担体を用いた PEFC カソード用 PtNi ナノワイヤー/C 触媒の ORR 活性に及ぼす影響と熱処理温度の最適化	第 65 回電池討論会	岩手大学	2024
PEFC カソード用 PtCoZn/C 触媒の合成条件が ORR 活性に及ぼす影響	第 65 回電池討論会	岩手大学	2024
PEFC カソード用 PtCoNi/C 触媒の組成条件における酸素還元反応特性評価	電気化学会第 92 回大会	岩手大学	2025
PEFC 用 Ti4O7-C 担体担持カソード触媒の ORR 活性における熱処理条件の最適化	電気化学会第 92 回大会	岩手大学	2025
高比表面積炭素担体に担持させた PtNi ナノワイヤー触媒の電気化学特性評価	電気化学会第 92 回大会	岩手大学	2025
固体高分子形燃料電池における Ti4O7-C 担体担持カソード触媒の Pt 担持量の最適化	電気化学会第 92 回大会	岩手大学	2025
窒素ドープカーボンを被覆した Pt/C 触媒のアイオノマー特異吸着抑制効果	第 62 回電池討論会	京都大学	2021
Pd ナノワイヤコア Pt シェル触媒のオペランド XAS の解析と ORR 活性	第 62 回電池討論会	京都大学	2021
Pt ナノワイヤのオペランド XAS の解析と ORR 活性	第 62 回電池討論会	京都大学	2021
Pt/C 触媒へのアイオノマー特異吸着と Pt の電子状態変化	第 62 回電池討論会	京都大学	2021

Influence of specific adsorption of sulfo group in perfluorosulfonic acid ionomer on the oxygen reduction reaction activity of Pt/C by operando X-ray absorption spectroscopy	MRM2021		2021
Pt ナノワイヤの酸素還元反応下におけるオペランド X 線吸収分光計測	第 89 回電気化学会大会		2022
ドーパミン由来窒素ドープカーボンを被覆した Pt/C 触媒のアイオノマー特異吸着抑制効果	第 89 回電気化学会大会		2022
Pd ナノワイヤコア Pt シェル触媒のオペランド XAS の解析と ORR 活性	第 89 回電気化学会大会		2022
異なる炭素担体を用いた PEFC 用 PtCo ナノワイヤー(NW)/C カソード触媒における酸処理の影響と電気化学的特性の関係	第 89 回電気化学会大会		2022
高表面積炭素材料に担持した合金 Pt-Ni ナノワイヤー触媒の酸素還元反応活性	第 89 回電気化学会大会		2022
白金ナノシート触媒の開発とカソード触媒特性	電気化学会第 89 回大会	1 信州大学、2 琉球大学	2022
全原子が露出した Pt ナノシートの創製と電極触媒への応用	日本化学会 第 102 春季年会	1 琉球大学、2 信州大学、3 日産アーク	2022
酸化グラフェン層間を利用した効率的 Pt ナノシート調製法開発	第 129 回触媒討論会	同志社大学	2022
積層型酸化グラフェンの層間を利用した白金ナノシート合成における調製条件のシート形状への影響	第 12 回触媒科学研究発表会	同志社大学	2021
酸化グラフェン層間内での白金ナノシート合成における調製条件のシート形状への影響	第 128 回触媒討論会	同志社大学	2021
X-ray Imaging and Numerical Simulation for Optimization of PEFCs with Advanced Materials	The 6th International Electric Vehicle Technology Conference (EVTeC2023)	Osaka University(University of Yamanashi, Enomoto Co. Ltd.)	2023
Operando coherent anti-Stokes Raman scattering (CARS) spectroscopy of different OH species in anion exchange membrane fuel cells (AEMFCs) during operation.	2023 年日本表面真空学会学術講演会	山梨大学	2023
固体高分子形燃料電池内部のオペランド計測 ～ 発電・酸素・水の関連性 ～	電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会	山梨大学	2023
The Formation Mechanism of Ordered Mesoporous Carbon with Network-Structure: A Novel Support Material for Pt-Based Catalysts in PEFC Cathodes	244thECS Meeting (Gothenburg, Sweden)	University of Yamanashi, Nikki-Universal Co., Ltd.	2023
Development of Highly Active Pt/C-Based Catalysts for the ORR Using an Ordered Mesoporous Carbon with Network Structure As a Support Material: Focus on the Pt Loading Process	244thECS Meeting (Gothenburg, Sweden)	University of Yamanashi, Nikki-Universal Co., Ltd.	2023
燃料電池の多用途展開に向けた電極触媒の開発について	化学工学会第 5 4 回秋季大会	山梨大学	2023
X 線小角散乱逆モンテカルロ法による燃料電池用電極触媒(Pt/CeO2)の微細構造解析	第 84 回 応用物理学会 秋季 学術講演会	株式会社リガク	2023
Development of Pt/C-based Cathode Catalysts for PEFCs through a Novel Concept: Synthesis of Ordered Mesoporous Carbon Support with Hierarchical Network-Like Structure	2023UST-UY Joint Symposium (Manila, Philippine)	University of Yamanashi	2023
Collaboration between University of Yamanashi and the University of Santo Tomas Through SATREPS Program	Joint Symposium on Energy Materials 2023	University of Yamanashi	2023
Highly Durable and Active Electrocatalysts Using Pt Nanorod Catalysts Supported on Nb Doped SnO2 for Polymer Electrolyte Fuel Cells Operating at Wide Temperature Range	244th ECS Meeting	University of Yamanashi	2023
Effect of Dissolved Gases on Pt Nanoparticle Catalysts Investigated by in Situ SAXS, XAS Measurements	244th ECS Meeting	University of Yamanashi	2023
"（2,2,2-トリフルオロエタン-1,1,1-トリイル）トリアリール（TFTA）基を含むスルホン酸化芳香族高分子の合成	第 72 回高分子学会年次大会	山梨大学	2023
スルホン酸化ポリフェニレン膜の物性に及ぼすオクタフルオロビフェニレン基の影響	第 72 回高分子学会年次大会	山梨大学	2023

活性と耐久性を両立した水素・燃料電池用電極触媒の創製と評価	FCDIC 第 30 回燃料電池シンポジウム 受賞記念講演	山梨大学	2023
商用車用燃料電池電極触媒・担体研究	山梨大学 水素・燃料電池シンポジウム	山梨大学	2023
固体高分子形燃料電池 MEA 内物質輸送現象に関する大規模分子シミュレーション	第 132 回触媒討論会	東北大学	2023
固体高分子形燃料電池高分子材料内部の物質輸送特性の分子論的解析	第 72 回高分子討論会	東北大学	2023
燃料電池触媒層バインダーへの応用を目指した新規イオノマーの検討	第 72 回高分子討論会	山梨大学	2023
高次細孔構造を有するネットワーク型規則性メソポーラスカーボン担持 Pt 触媒 ORR 特性	第 14 回新電極触媒シンポジウム	山梨大学、日揮ユニバーサル、東海カーボン	2023
"高次細孔構造を制御したカーボン担持 Pt 触媒の設計と評価	第２４回燃料電池基盤技術研究懇話会（人材開発センター富士研修所）	山梨大学	2023
社会における１次エネルギーと２次エネルギー	"「将来の課題のための日・オーストリア委員会」第 25 回会合公開シンポジウム (2023.11.21)	山梨大学	2023
"Dynamic Water Distribution in AEMFCs Studied by Coherent Anti-Stokes Raman Scattering Spectroscopy	電気化学会第 91 回大会	山梨大学	2024
小角 X 線散乱法を使った固体高分子形燃料電池向け Pt/GDC 触媒の粒子充填構造解析	セラミックス協会	株式会社リガク	2024
ネットワーク構造を有する金属酸化物ナノ粒子の合成と応用	化学工学会 CVD 反応分科会 第 40 回シンポジウム	山梨大学	2024
燃料電池高耐久化を目指したｽﾙﾎﾝ酸化ﾎﾟﾘﾌｪﾆﾚﾝ/ePTFE 補強膜	第 71 回高分子学会年次大会	山梨大学	2022
ﾏｲｸﾛﾃﾞﾊﾞｲｽとｵﾍﾟﾗﾝﾄﾞ赤外観察による PEFC 触媒層の液水挙動と性能の解析	第 59 回日本伝熱ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ	大阪大学, 山梨大学	2022
Pt をｱｸｾﾝﾌﾞﾙ領域に担持したﾈｯﾄﾜｰｸ状規則性ﾒｿﾎﾟｰﾗｽｶｰﾎﾞﾝ触媒の ORR 活性	第 130 回触媒討論会	山梨大学, 日揮ﾕﾆﾊﾞｰｻﾙ株式会社	2022
Sulfonated Polyphenylenes Containing Trifluoromethyl Groups as Highly Conductiveand Durable PEMs for Fuel Cells	第 71 回高分子討論会	山梨大学	2022
Two Tandemly Linked Sulfophenylene Groups Improve Durability of Aromatic Ionomer Membranes in Fuel Cell Applications	第 71 回高分子討論会	山梨大学	2022
ﾈｯﾄﾜｰｸ構造を有する規則性ﾒｿﾎﾟｰﾗｽｶｰﾎﾞﾝの合成とその形成機構	第 130 回触媒討論会	山梨大学, 日揮ﾕﾆﾊﾞｰｻﾙ株式会社	2022
芳香族系ﾌﾟﾛﾄﾝ伝導膜:嵩高い基の導入効果	第 71 回高分子討論会	山梨大学	2022
放射光 X 線と中性子線を用いた燃料電池の階層的構造･機能解析	第 8 回大型実験施設とｽｰﾊﾟｰｺﾝﾋﾟｭｰﾀとの連携利用ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ	山梨大学	2022
Catalytic Activity for ORR of Pt Supported on Ordered Mesoporous Carbon with Network Structure	242nd ECS Meeting	University of Yamanashi, Nikki-Universal Co., Ltd.	2022
Molecular Dynamics Study of Adsorption Phenomenon of Aromatic Hydrocarbon Ionomer in Catalytic Layer of Polymer Electrolyte Fuel Cell	242nd ECS Meeting	Tohoku University	2022
Investigation of Liquid Water Behavior and Performance of PEFC Catalyst Layers Using a Microdevice andin-Operando Infrared Microscopy	242nd ECS Meeting	Osaka University, University of Yamanashi	2022
Aromatic Proton-Conductive Ionomers with High Gas Permeability	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi	2022
Distribution of Oxygen Partial Pressure in Operating Polymer Electrolyte Fuel Cell at Temperatures Higher than 80℃	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi	2022
Measurement of Water in AEMFCs Using Raman Spectroscopy	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi	2022
Pt 担持 Nb-SnO2 触媒層の空隙･界面設計と発電性能との相関	第 63 回電池討論会	山梨大学	2022
Sulfonated Aromatic Terpolymers Containing Perfluoro-Alkylene Groups as Proton Exchange Membranes	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi	2022
Sulfonated Polyphenylenes Containing Trifluromethyl Groups as Highly Conductiveand Durable PEMs for Fuel Cells	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi	2022

Tandem Sulfophenylene Groups Improve Durability of Aromatic Ionomer Membranes in Fuel Cell Applications	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi	2022
Study of Aromatic Hydrocarbon Ionomer Adsorption in the Catalyst Layer of a Polymer Electrolyte Fuel Cell Using Molecular Dynamics	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	Tohoku University	2022
In situ X-ray visualization of liquid water behaviors in an operating PEMFC with advanced materials	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	Osaka University, University of Yamanashi	2022
ｾﾗﾐｯｸ担体触媒のﾀﾞｲ塗工ﾌﾟﾛｾｽ開発による性能向上	第 63 回電池討論会	山梨大学、ﾊﾟﾅｿﾆｯｸ HD	2022
ｾﾗﾐｯｸ担体触媒の高機能化とその発現ﾒｶﾆｽﾞﾑ解析	第 63 回電池討論会	山梨大学	2022
ﾈｯﾄﾜｰｸ構造を有する規則性ﾒｿﾎﾟｰﾗｽｶｰﾎﾞﾝ担持 Pt 触媒の調製およびその ORR 活性	第 13 回新電極触媒ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ&宿泊ｾﾐﾅｰ	山梨大学	2022
分子ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝを用いた MEA 内で生じる物質輸送現象の解析	第 13 回新電極触媒ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ&宿泊ｾﾐﾅｰ	東北大学	2022
非線形 Raman 分光法を用いた発電中燃料電池の電解質膜内部の水分子解析	電子情報通信学会 有機ｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ研究会	山梨大学	2022
Fluorinated and Sulfonated Proton Exchange Membranesfor Fuel Cells	International Symposium on Advances in Multiscale Functional Materials	University of Yamanashi	2023
PEFC 内部の構造･輸送特性の解明に資する大規模分子ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ	電気化学会第 90 回大会	東北大学	2023
Distribution of oxygen partial pressure in operating polymer electrolyte fuel cell at temperatures higher than 80 degrees	電気化学会第 90 回大会	山梨大学	2023
3D-Visualization of the oxygen partial pressure (p(O2)) within a Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) during cell operation at higher temperatures.	電気化学会第 90 回大会	山梨大学	2023
セラミック担体を用いた PEFC 用高耐久・高活性触媒の開発	技術情報協会	山梨大学	2021
高性能・高耐久性炭化水素系電解質膜の創製	第 28 回燃料電池シンポジウム （オンライン）	山梨大学	2021
燃料電池とは？ −基礎から最新研究動向まで−	電気化学会・関東支部セミナー	山梨大学	2021
Operando 時間分解 CARS 分光測定による運転時過渡状態における燃料電池電解質膜内部の水分布測定およびその化学状態の解析	第 28 回燃料電池シンポジウム （オンライン）	山梨大学	2021
異なる担体材料を触媒層に用いた固体高分子形燃料電池の軟X線イメージング	第 58 回日本伝熱シンポジウム（オンライン）	大阪大学、山梨大学	2021
白金合金ナノ粒子燃料電池用触媒の白金異常分散を用いた insitu SAXS による粒子径分布測定	第 18 回 SPring-8 産業利用報告会（神戸/Web）	山梨大学	2021
発電中の固体高分子形燃料電池ガス拡散層内部の酸素分圧測定―電圧振動解析を例として―	表面技術協会第 144 回講演大会	山梨大学	2021
Fabrication of Cathode Catalyst Layer By Use of Multi-Nozzle Electrospray Method on Polymer Electrolyte Fuel Cell	240th ECS Meeting	University of Yamanashi, Meiko Co., Ltd.,	2021
Effect of Pt and Ionomer Distributionon Cell Performance and Durability	240th ECS Meeting	University of Yamanashi, Panasonic	2021
Voltage Oscillation in PEFCs during Power Generation Analyzed By Operando Multi-Probe Monitoring System of Oxygen Partial Pressure	240th ECS Meeting	University of Yamanashi、Universiti Kebangsaan Malaysia	2021
Soft X-Ray Imaging of Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Different Support Materials for Catalyst Layers	240th ECS Meeting	Osaka University, University of Yamanashi	2021
燃料電池運転中過渡状態における電解質膜内水分布の operando 時間分解 CARS 分光測定	第 152 回燃料電池研究会セミナー(東京/オンライン)	山梨大学	2021
Analysis of water distribution and its chemical state inside the proton exchange membranes under transient conditions during operation by operando time-resolved CARS spectroscopy	SFCHT2021（オンライン）	山梨大学	2021
Development of Operando Analytical System for Simulta neous Measurements of Electrochemical Reaction Rate and HAXPES	240th ECS Meeting	University of Yamanashi, Universiti Kebangsaan Malaysia, Nagoya University, JASRI, Nissan ARC	2021

Voltage Oscillation in PEMFC during Power Generation Accompanied by Oscillation of Oxygen Partial Pressure	Symposium on Fuel Cell and Hydrogen Technology 2021 (SFCHT2021)	University of Yamanashi	2021
Neutron Imaging of Water Distribution Inside a Running PEFC	Symposium on Fuel Cell and Hydrogen Technology 2021 (SFCHT2021)	University of Yamanashi, CROSS	2021
燃料電池触媒の耐久性と触媒粒子形態・化学状態の相関解明に向けたその場 SAXS, XAS 測定技術の開発	第 68 回材料と環境討論会（オンライン）	山梨大学、JASRI、九州シンクロトロン光研究センター	2021
Sublayered Structures of Hydrated IonomerThin Film on Substrates Analyzed by Neutron Reflectometry at Controlled Temperature and Humidity	The Symposium on Fuel Cell and Hydrogen Technology 2021（オンライン）	山梨大学	2021
Distribution of water and its chemical states inside the fuel cell electrolyte membranes under transient conditions during power generation analyzed by operando time-resolved CARS spectroscopy	ISSS9 (高松)	山梨大学	2021
オペランド時間分解 CARS 分光法による発電時過渡状態における燃料電池電解質膜内の水分布とその化学状態の解析	日本表面真空学会：2021 年学術講演会	山梨大学	2021
In-situ 中性子反射率法を用いた燃料電池用イオン導電性ポリマーの水分布構造解析	2021 年日本表面真空学会学術講演会	山梨大学、神戸大学	2021
Operando time-resolved CARS spectroscopy measure ment of the water distributi on in PEM under transient conditions during fuel cell operation	MRM2021（横浜）	山梨大学	2021
Distributions of Water in Polymer Electrolyte Thin Films for Fuel Cells Analyzed by Neutron Reflectometry under Controlled Temperature and Humidity	MRM2021（横浜/オンライン）	山梨大学	2021
Voltage Oscillation in Polymer Electrolyte Fuel Cells Studied by Operando Monitoring of Oxygen Partial Pressure inside Gas Diffusion Layers	MRM2021	University of Yamanashi, Universiti Kebangsaan Malaysia	2021
Chemical states of water molecules in polymer electrolyte membrane inside running fuel cell studied by operando CARS spectroscopy with high spatial/time resolutions	Pacifichem2021	University of Yamanashi	2021
固体高分子形燃料電池用電極触媒の開発におけるその場 TEM 観察法の活用	"日本顕微鏡学会第 46 回関東支部講演会	山梨大学	2022
ネットワーク構造を有する規則的メソポーラスカーボン担持 Pt 触媒の ORR 活性	電気化学会第 89 回大会	山梨大学	2022
High Oxygen Permeable Ionomer Composed Entirely of Cyclic Monomers: Synthesis, Properties, and Application to Polymer Electrolyte Fuel Cell Cathodes	PRiME2024	山梨大学	2024
SAXS Study for Investigating 3D Nanoparticle Packing Structure of Pt Catalyst on Gd-Doped CeO2 Supports for Fuel Cells	SAS2024 (XIX International Small Angle Scattering Conference)	株式会社リガク	2024
Pt catalysts supported on conducting oxide for cathodic and anodic catalyst layers of PEFC	HYPOTHESIS XIX HIROSHIMA 2024	山梨大学	2024
The Effect of Pt Catalysts with Controlled Hydrophilicity on the Surface on the Dispersibility of Ionomers and Durability in Polymer Electrolyte Fuel Cells	PRiME2024	山梨大学	2024
HAXPES によるセラミック担体 Pt 触媒の界面相互作用解析	第 18 回 SPring-8 産業利用報告会	株式会社日産アーク、山梨大学	2021
NEDO 燃料電池技術開発ロードマップのアップデート（大型商用目標の設定状況）	第 7 回 FC-Cubic オープンシンポジウム (NEDO)	東京都立大学	2024
高分子ナノファイバー複合電解質膜の薄膜化がプロトン伝導性に与える影響	第 73 回高分子学会年次大会	東京都立大学	2024
オキサジアゾール骨格を含む新規高分子ナノファイバー複合電解質膜の作製とその燃料電池特性評価	第 73 回高分子学会年次大会	東京都立大学、岩手大学	2024
革新的な燃料電池の開発に向けて	H2&FC EXPO, 東京都・豪 NSW 州水素エネルギー推進セミナー	東京都立大学	2025
PBI ナノファイバー/Nafion 電解質膜の燃料電池特性に与える熱処理の影響	The 41st International Conference of Photopolymer Science and Technology	東京都立大学	2024

スルホン化ポリオキサジアゾールナノファイバー複合電解質膜の作製と燃料電池への検討	2024 年繊維学会年次大会	東京都立大学、岩手大学	2024
高温低湿燃料電池を志向した異種酸ポリマーブレンドナノファイバー複合膜の作製とその評価	2024 年繊維学会年次大会	東京都立大学、岩手大学	2024
固体高分子形燃料電池の高耐久化に向けたナノファイバー複合膜の化学的/機械的耐久性評価	第 73 回高分子討論会	東京都立大学	2024
ナノファイバー含有複合電解質膜の薄膜化がプロトン伝導性に与える影響	第 65 回電池討論会	東京都立大学、秋田大学	2024
燃料電池用ナノファイバー複合電解質膜の化学的安定性に対するナノファイバーの効果	日本膜学会第 45 年会	東京都立大学	2023
スルホン化ポリイミドブレンドナノファイバー複合電解質膜の作製と燃料電池特性	第 31 回日本ポリイミド・芳香族系高分子会議	東京都立大学	2023
幅広い温度・湿度域におけるプロトン伝導性向上を目指した酸ドープ型ナノファイバー複合電解質膜の作成と燃料電池評価	第 64 回電池討論会	東京都立大学	2023
ブレンドナノファイバー複合電解質膜の作製とプロトン伝導挙動解析	第 72 高分子討論会	東京都立大学	2023
Development of nanofiber composite electrolyte membranes with high proton conductivity and durability for fuel cell applications	13th International Congress on Membranes and Membrane Processes	東京都立大学	2023
Effects of thermal Treatment　of polymer Nanofiber composite membranes on the proton-exchange properties	13th International Congress on Membranes and Membrane Processes	東京都立大学	2023
高いプロトン伝導性および耐久性をもつナノファイバー複合電解質膜の燃料電池特性評価	2023 年繊維学会年次大会	東京都立大学	2023
成膜後後処理が高分子ナノファイバー複合膜の燃料電池特性に与える影響	2023 年繊維学会年次大会	東京都立大学	2023
固体高分子形燃料電池用ナノファイバー複合電解質膜の化学的耐久性評価	第 72 回高分子化学年次大会	東京都立大学	2023
PVA ナノファイバーフレームワークを用いた複合電解質膜の作製とその燃料電池特性	第 72 回高分子化学年次大会	東京都立大学	2023
2030 年, 2040 年に向けた燃料電池用電解質膜の開発	岩手大学理工学部講演会	東京都立大学	2023
Proton Conductive Nanofibers-based Polymer Electrolyte Composite Membranes for Fuel Cells	MRS-J 2022	東京都立大学	2022
プロトン交換膜性能の向上に向けた高分子ナノファイバー複合膜の成膜法の最適化	第 71 回高分子討論会	東京都立大学	2022
次世代燃料電池に向けた広い温度範囲で作動するナノファイバー含有高分子電解質膜の開発	第 71 回高分子討論会	東京都立大学	2022
高分子材料の進化が“脱炭素”を実現する	第 71 回高分子学会討論会	東京都立大学	2022
電池材料高性能化をアシストするイオン 伝導性高分子ナノファイバー	高分子学会 高分子 Weniber	東京都立大学	2022
電池の高性能化に寄与する電界紡糸ナノファイバーの電解質膜応用	2022 年繊維学会年次大会	東京都立大学	2022
広い温度範囲での作動を目指した燃料電池用スルホン酸/ホスホン酸基含有高分子ナノファイバー複合電解質膜の作製とその評価	2022 年繊維学会年次大会	東京都立大学	2022
燃料電池応用を指向した酸官能基付加ポリドーパミン修飾ナノファイバーの作製と抑制評価	2022 年繊維学会年次大会	東京都立大学	2022
その場重合によるナノファイバー表面への酸官能基導入と複合電解質膜の作製	2022 年繊維学会年次大会	東京都立大学	2022
高温低加湿下におけるプロトン伝導性向上を目指した酸/塩基ブレンドナノファイバー複合電解質膜の作製と燃料電池特性評価	第 29 回燃料電池シンポジウム	東京都立大学	2022
架橋ＰＶＡナノファイバーフレームワークを用いた燃料電池電解質膜の作製とその特性	第７１回高分子年次大会	東京都立大学	2022
燃料電池技術開発ロードマップ	第 7 回 FC-Cubic オープンシンポジウム NEDO	東京都立大学	2022
高温低湿下でプロトン輸送をアシストする機能性ナノファイバー補強層	第 62 回電池討論会	東京都立大学	2021
新規プロトン伝導性 PVA 架橋型ナノファイバーの作製とそのプロトン伝導性評価	第 59 回高分子と水に関する討論会	東京都立大学	2021
2030 年以降で求められる燃料電池用電解質膜の開発	岩手大学特別講演会	東京都立大学	2021

高温低加湿での燃料電池作動を目指した酸ドープ型ブレンドナノファイバー複合電解質膜の作製と評価	2021 年繊維学会年次大会	東京都立大学	2021
連結したプロトン伝導パスを有するナノファイバーフレームワーク複合電解質膜の作製と燃料電池特性評価	第 38 回国際フォトポリマーコンファレンス	東京都立大学	2021
高温低加湿燃料電池作動を志向した酸/塩基ブレンド高分子ナノファイバー複合電解質膜の作製と評価	第 70 回高分子学会年次大会	東京都立大学	2021
幅広い温度と低加湿での燃料電池作動を目指した高分子ブレンドナノファイバー複合電解質膜の作製と評価	第 28 回燃料電池シンポジウム	東京都立大学	2021
ポリビニルホスホン酸含有ナノファイバー複合膜の作製と燃料電池特性評価	膜シンポジウム 2020	東京都立大学	2020
水素エネルギーの利用拡大に寄与するイオン伝導性高分子ナノファイバーの電池応用	第 69 回高分子討論会	東京都立大学	2020
プロトン伝導性高分子ナノファイバーフレームワークからなる次世代燃料電池向け新規複合電解質膜の作製と評価	第 69 回高分子学会年次大会	東京都立大学	2020
PEFCs Using Metallic Ti and Sn Electrocatalyst Supports	240th ECS Meeting	九州大学	2021
Preparation of PEFC electrocatalysts using SnO2 thin layer support	240th ECS Meeting	九州大学	2021
PEFCs Using Metallic Ti and Sn Gas Diffusion Layers	240th ECS Meeting	九州大学	2021
固体高分子形燃料電池の Pt-酸化物ナノコンポジット電極触媒の研究	電気化学会第 89 回大会（オンライン開催）	九州大学	2022
SnO2 担体を用いたセルの高電流密度域での発電性能に関する研究	電気化学会第 89 回大会（オンライン開催）	九州大学	2022
酸化物を用いた固体高分子形燃料電池の化学劣化に関する研究	電気化学会第 89 回大会（オンライン開催）	九州大学	2022
PEFC の電極内プロトン抵抗測定手法の開発	電気化学会第 89 回大会（オンライン開催）	九州大学	2022
メソポーラスカーボン担体からなる触媒層の性能および構造評価	電気化学会第 89 回大会（オンライン開催）	九州大学	2022
Preparation of Nanocrystalline Nb-doped SnO2 on Mesoporous Carbon for PEFC Electrocatalysts	242nd ECS meeting	九州大学	2022
Metallic Gas Diffusion Layers for Polymer Electrolyte Fuel Cells	242nd ECS meeting	九州大学	2022
PEFC electrocatalysts using Sn-based materials dispersed on mesoporous carbon	242nd ECS meeting	九州大学	2022
Power Generation Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cells with Electrocatalysts Supported on SnO2 in High Current Density Range	242nd ECS meeting	九州大学	2022
Investigation of A Correlation between IV Performance and Cathode Structure for MEAs Using Mesoporous Carbon Supports	242nd ECS meeting	九州大学	2022
Investigation of a Method of Evaluating Proton Resistance in PEFC Catalyst Layers	242nd ECS meeting	九州大学	2022
メソポーラスカーボンと酸化スズを用いた PEFC 電極触媒のセル性能と耐久性	第 63 回電池討論会	九州大学	2022
固体高分子形燃料電池の多孔金属ガス拡散層に関する研究	第 63 回電池討論会	九州大学	2022
SnO2 担体を用いた固体高分子形燃料電池における電解質膜の化学劣化に関する研究	電気化学会第 90 回大会	九州大学	2023
タンタル系材料を担体に用いた固体高分子形燃料電池電極触媒の研究	電気化学会第 90 回大会	九州大学	2023
燃料電池自動車用の自立型マイクロポーラス層に関する研究	電気化学会第 90 回大会	九州大学	2022
Pt-Ta-Co 系電極触媒を用いた固体高分子形燃料電池に関する研究	電気化学会第 90 回大会	九州大学	2022
メソポーラスカーボンファイバーシート電極の開発	電気化学会第 90 回大会	九州大学	2022
電界紡糸法を用いたカーボン系一体型（GDL＋触媒層）電極の検討	電気化学会第 90 回大会	九州大学	2022

"Effect of the Hydrophilic Layer in Double Microporous Layer Coated Gas Diffusion Layer on PEFC Performance	242nd ECS meeting	九州大学	2022
"Development of Carbon-based Integrated Electrode (GDL + Catalyst Layer) Using the Electrospinning Deposition Method	243rd ECS meeting	九州大学	2023
メソポーラスカーボン担体をカソード触媒層とする MEA の開発	2023 電気化学秋季大会	九州大学	2023
PEFC の高性能・高耐久化に向けた電極触媒層内プロトン抵抗の測定	2023 電気化学秋季大会	九州大学	2023
Suppression of PEFC Membrane Degradation By Using SnO2 As Electrocatalyst Support	244th ECS Meeting (スウェーデン、Gothenburg)	九州大学	2023
PEFC Electrocatalysts Using Ta-Based Support on Mesoporous Carbon	244th ECS Meeting (スウェーデン、Gothenburg)	九州大学	2023
Power Generation Charactristics of Polymer Electrolyte Fuel Cells with Electrocatalysts Supported on SnO2 in High Current Density Range	244th ECS Meeting (スウェーデン、Gothenburg)	九州大学	2023
Pt-Ta-Co Electrocatalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells	244th ECS Meeting (スウェーデン、Gothenburg)	九州大学	2023
Ta205 Catalyst Support for Polymer Electrolyte Fuel Cells	244th ECS Meeting (スウェーデン、Gothenburg)	九州大学	2023
Self-Supporting Microporous Layer for Polymer Electrolyte Fuel Cells	244th ECS Meeting (スウェーデン、Gothenburg)	九州大学	2023
Effect of Hydrophilic and Hydrophobic Composite Microporous Layer Coated Gas Diffusion Layers on PEFC Performance	244th ECS Meeting (スウェーデン、Gothenburg)	九州大学	2023
Development of MEAs Using Mesoporous Carbon Fibers as Cathode Carbon Supports	244th ECS Meeting (スウェーデン、Gothenburg)	九州大学	2023
Electrochemical Characteristics of Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Pt-Ta-Co Electrocatalysts	PRiME 2024	九州大学	2024
PEFC Electrocatalysts using Highly-Graphitized Mesoporous Carbon Supports	PRiME 2024	九州大学	2024
Development of Mesoporous Carbon Fibers As Catalyst Supports for PEFC	PRiME 2024	九州大学	2024
Improvement of Mesoporous Carbon Supports for PEFC	PRiME 2024	九州大学	2024
Water Permeability and Oxygen Transport Resistance of Hydrophilic and Hydrophobic Composite Microporous Layer Coated	PRiME 2024	九州大学	2024
Effect of Contamination in the Carbon Catalyst Support on Chemical Degradation of Polymer Electrolyte Membranes in Fuel Cells	PRiME 2024	九州大学	2024
A Tantalum-Rich Pt-Ta-Co Electrocatalyst for Polymer Electrolyte Fuel Cells	PRiME 2024	九州大学	2024
Self-Supporting Microporous Layer for Polymer Electrolyte Fuel Cells using a Thin Carbon Mesh Gas Diffusion Layer	PRiME 2024	九州大学	2024
Microstructural Design of PEFC Electrocatalyst Layer Using Mesoporous Carbon	PRiME 2024	九州大学	2024
Development of Mesoporous Carbon Supports for PEFC	PRiME 2024	九州大学	2024
多様な流路形状を有する PEFC の性能比較と性能予測シミュレーションの検討	電気化学会第 92 回大会	九州大学	2025
固体高分子形燃料電用の PtCo 触媒への第 3 成分添加効果の研究	電気化学会第 92 回大会	九州大学	2025
PEFC の高性能化に向けたカーボンメソ細孔構造の効果の検討	電気化学会第 92 回大会	九州大学	2025
PEFC の高性能化に向けた触媒層多孔構造形成からの検討	電気化学会第 92 回大会	九州大学	2025
Effect of Semi-Conducting Properties of Oxide-Based Compounds on Oxygen Reduction Activity in Acidic Media	PRiME2020	Yokohama National University, Osaka University, Shinshu University	2020
Factors Affecting ORR Activity of Nb-Added TiOx Catalyst Using Carbon Support for PEFC	PRiME2020	Yokohama National University	2020

P-Doped SnO2 Powder as a Support for PEFC Cathode	PRiME2020	Yokohama National University, Kumamoto Industrial Research Institute, Quantum and Radiological Science and Technology	2020
Stability of TiO2-based materials under PEFC operation condition for non-platinum cathodes	PRiME2020	Yokohama National University	2020
酸化物の多様性を活かした究極の電極触媒を追い求めて！	CSJ 化学フェスタ 2020	横浜国立大学	2020
Challenges of PGM- and Carbon-Free Cathodes Based on Metal Oxides for Future Advanced PEFCs	The 2nd Japan-China Forum on Power Batteries for New Energy Vehicles	Yokohama National University	2020
PEFC 用 Nb ドープ TiOx カソード触媒のナノ粒子化と電子伝導パス形成による半導体特性への影響検討	第 40 回水素エネルギー協会(HESS)大会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター、大阪大学、東京工科大学	2020
固体高分子形燃料電池用非白金カソード触媒の実用化に向けた酸化チタン系ナノ材料の安定性評価	第 40 回水素エネルギー協会(HESS)大会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター、物質・材料研究機構	2020
酸化物の多様性を活かした PEFC 用新規カソード触媒の可能性	第 149 回燃料電池研究会	横浜国立大学	2020
PEFC 用カソード触媒としての貴金属添加チタン酸ナノシート	電気化学会第 88 回大会	横浜国立大学	2021
カーボン担体を用いた PEFC 用異元素添加酸化チタンナノ粒子酸素還元触媒の合成	電気化学会第 88 回大会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2021
PEFC 用カソード触媒に関する基礎検討（XX）～酸化物の半導体特性と酸素還元触媒能～	第 28 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	横浜国立大学、福岡大学、大阪大学、物質・材料研究機構	2021
貴金属添加チタン酸ナノシートを用いた PEFC カソード極における酸素還元触媒の開発	第 28 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	横浜国立大学	2021
カーボン担体を用いた PEFC カソード用チタン酸化物系ナノ粒子触媒の高活性化	第 28 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2021
Noble-Metal Added Titanate Nanosheets for PEFC Cathode	240th ECS Meeting	Yokohama National University, Osaka University, Shinshu University	2021
PEFC 用カソード触媒への適用を目指した酸性溶液中における Ti 系ペロブスカイト化合物の酸素還元活性	日本セラミックス協会　第 34 回秋季シンポジウム	横浜国立大学	2021
有機錯体を出発原料とした窒素・炭素含有酸化チタン触媒の酸素還元活性	2021 年　電気化学会　秋季大会	横浜国立大学	2021
酸性溶液中での 4,5 族酸化物系触媒への異元素添加が酸化物還元触媒能に及ぼす影響	2021 年　電気化学会　秋季大会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2021
カーボン担持ジルコニア触媒の合成とその酸性電解質中での酸素還元能の評価	電気化学会第 88 回大会	横浜国立大学、福岡大学、大阪大学、物質・材料研究機構	2021
酸化チタンナノシートを用いた粉末電極触媒の調製と酸性電解質中での酸素還元能	電気化学会第 88 回大会	横浜国立大学、福岡大学、大阪大学、物質・材料研究機構	2021
酸性溶液中での 4,5 族酸化物系触媒への異元素添加が酸化物還元触媒能に及ぼす影響	第 30 回電極材料研究会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2021
Challenges of high-performance oxide-based cathodes for future advanced polymer electrolyte fuel cells	3rd Japan-China Clean Energy Forum	横浜国立大学	2021
Challenges of high-performance oxide-based cathodes for future advanced proton exchange membrane fuel cells	10th De Nora Symposium	横浜国立大学	2021
"固体高分子形燃料電池の非白金カソード触媒のための炭窒素含有 4,5 族酸化物の異元素添加による酸素還元触媒能の向上	第 41 回水素エネルギー協会大会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2021
電界紡糸法による PEFC 用 TiO2 系触媒の高活性化	第 62 回電池討論会	熊本県産業技術センター、物質・材料研究機構、横浜国立大学	2021
固体高分子形燃料電池の非白金カソードとしての Fe,Ni,Zn 添加酸化チタン酸素還元触媒の開発	第 31 回日本 MRS 年次大会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2021

4 族金属酸化物と Pd の相互作用が酸性溶液中での酸素還元反応に与える影響	第 31 回日本 MRS 年次大会	横浜国立大学、大阪大学、量子科学技術研究開発機構	2021
PEFC 白金代替カソード触媒のためのピラジンカルボン酸を用いた炭窒素含有 4 族酸化物への異元素添加が酸素還元触媒能に及ぼす影響	電気化学会第 89 回大会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2022
"PEFC 非白金カソード触媒としての CNT 担持炭窒素含有 4 族酸化物の酸素還元活性の向上	電気化学会第 89 回大会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2022
4 族酸化物薄膜の物性が酸性溶液中での酸素還元反応に与える影響	電気化学会第 89 回大会	横浜国立大学、大阪大学、量子科学技術研究開発機構	2022
アークプラズマ蒸着白金量を制御した Pt/Nb-Ti4O7 触媒の劣化解析	電気化学会第 89 回大会	横浜国立大学	2022
PEFC 用カソード触媒に関する基礎検討(X XI)～酸化物	第 29 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	横浜国立大学、福岡大学、大阪大学、物質・材料研究機構	2022
4 族金属酸化物薄膜の酸性溶液中での酸素還元反応に影響する電気化学特性	第 29 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	横浜国立大学、大阪大学、量子科学技術研究開発機構	2022
PEFC 白金代替カソードのためのピラジンカルボン酸を用いた炭窒素含有 4 族酸化物への異元素添加が酸素還元活性能に及ぼす影響	第 29 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2022
酸性電解質中における 4 族酸化物ベース触媒への鉄添加による酸素還元活性の向上	第 29 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2022
Effects of Foreign Elements Added Oxide-Based Electrocatalyst for Oxygen Reduction Reaction as Non-Precious Metel Cathodes	241st ECS Meeting	Yokohama National University, Kumamoto Industrial Research Institute	2022
原子層堆積法による酸化ジルコニウム薄膜が持つ電気化学的特性の基礎検討	第 31 回電極材料研究会	横浜国立大学	2022
酸性電解質中における 4 族酸化物ベース触媒の酸素還元能に影響する因子の検討	第 31 回電極材料研究会	横浜国立大学、熊本県産業技術センター	2022
Development of Quantitative Analysis Method to Determine TiO2 Surface Area for Hydrogen Fuel Cell Catalyst	International Conference on Green Chemistry and Engineering towards Sustainable Development - An Industrial Perspective	Tokyo University of Technology	2021
Synthesis and Adsorption Properties of Nitrosocompounds on Titanium Dioxides	International Conference on Green Chemistry and Engineering towards Sustainable Development - An Industrial Perspective	Tokyo University of Technology	2021
酸化チタンの表面積を定量評価する手法の開発	触媒学会西日本支部第 12 回触媒科学研究発表会	東京工科大学	2021
ニトロソ化合物の合成と酸化チタンへの吸着挙動	触媒学会西日本支部第 12 回触媒科学研究発表会	東京工科大学	2021
酸化チタンの表面積を定量評価する手法の開発	触媒学会若手会第 41 回夏の研修会	東京工科大学	2021
有機分子の吸着による酸化チタン表面積の定量評価手法の開発	日本化学会秋季事業第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021	東京工科大学	2021
ニトロソ化合物の合成と酸化チタンへの吸着挙動	日本化学会秋季事業第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021	東京工科大学	2021
有機分子の吸着による酸化チタン表面積の定量評価手法の開発	日本化学会 第 102 春季年会(2022)	東京工科大学、横浜国立大学	2022
Synthesis and adsorption properties of nitroso compounds on metal oxides aiming for evaluation of PEFC oxide catalysts	12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022)	Tokyo University of Technology	2022
Adsorption of Aromatic Carboxylic Acids and Phenolic Compounds on Titanium Oxide	The 2nd International Conference on Advanced Technology & Sustainable Development (ICATSD 2022)	Tokyo University of Technology	2022
Synthesis and Adsorption Properties of Nitroso Compounds on Titanium Oxide	The 2nd International Conference on Advanced Technology & Sustainable Development (ICATSD 2022)	Tokyo University of Technology	2022
4,5 族遷移金属化合物による固体高分子形燃料電池の非白金カソード触媒	第 5 回 構造ナノ化学研究会（オンライン）	福岡大学	2021
炭酸ジルコニウムで架橋されたポリビニルアルコールを用いて調製した固体高分子形燃料電池のカソード触媒	第 127 回触媒討論会（オンライン）	福岡大学	2021

Developments of Carbon-supported Zirconia Catalysts as Non-platinum Cathode Catalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells	MRM2021 Materials Research Meeting	福岡大学	2021
Pd ドープ TiO2 単結晶電極上における ORR 活性化因子	電気化学会第 89 回大会(オンライン)	千葉大学	2022
金属ドープ TiO2 単結晶電極上の酸化還元反応の活性化因子	電気化学会第 88 回大会(オンライン)	千葉大学	2021
放射線を用いたカーボン担持 SnO2 ナノ粒子の合成	日本化学会第 101 春季年会	国立大学法人大阪大学	2021
量子ビームを利用した金属酸化物系触媒の開発	QST 高崎サイエンスフェスタ 2021	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	2021
貴金属を使わない Fe/Ni/S 系高性能酸素還元・酸素発生触媒の構築と応用	2021 年 電気化学会第 88 回大会	国立大学法人九州大学	2022
パラジウム添加酸化チタンの作製と酸素飽和硫酸水溶液中での OCV 評価	第 59 回化学関連支部合同九州大会	国立大学法人大分大学	2022
球状 SnO2 多孔体の単工程ソルボサーマル合成	2021 年日本化学会中国四国支部大会 高知大会	高知工科大学	2021
SnO2 系複合材料の単工程ソルボサーマル合成とその物性評価	化学工学会第８７年会	高知工科大学	2022
中温無加湿燃料電池に向けた PBI/Glass fiber コンポジット電解質膜の作製および評価	2021 年日本セラミックス協会秋季シンポジウム	豊橋技術科学大学	2021
中温無加湿燃料電池の高性能化に向けた酸化チタン添加 PBI コンポジット電解質膜の作製と評価	2021 年電気化学秋季大会	豊橋技術科学大学	2021
高温化に向けて技大―高専連携	第 5 回 FC-Cubic オープンシンポジウム	豊橋技術科学大学	2021
中温無加湿 PEFC の高性能化に向けた無機 - 有機コンポジット型新規プロトン伝導体の作製と評価	日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会	豊橋技術科学大学	2021
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF Pt@TiO2 CORE-SHELL NANOPARTICLES AS ELECTROCATALYST FOR APPLICATION IN PEMFCS	日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会	豊橋技術科学大学	2021
"複素環式化合物強酸塩をベースとするプロトン伝導性無機-有機複合体の合成と中温無加湿燃料電池への応用	電池討論会	豊橋技術科学大学	2021
Advanced Materials for Next Generation Power Source and Storage	"International Symposium on Advanced Materials and Nanotechnology (iSAMN2021)	豊橋技術科学大学	2021
Development of Proton Conductive Materials and Application for Next-Generation Medium Temperature Fuel Cells	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 14)	豊橋技術科学大学	2021
中温無加湿燃料電池の高性能化に向けた PBI/無機ファイバ複合電解質膜の作製および評価	セラミックス基礎科学討論会	豊橋技術科学大学	2022
複素環式化合物強酸塩をベースとするプロトン伝導体の合成と中温無加湿燃料電池への応用	電気化学会第 89 回大会	豊橋技術科学大学	2022
Proton-conducting inorganic-organic composites based on strong acid salts of heterocyclic compounds and their application to medium-temperature anhydrous fuel cells	23rd International Conference on Solid State Ionics (SSI-23)	豊橋技術科学大学	2022
Theoretical and Experimental Approach to Fabricate the Organic Salts with High Proton Conductivity: Acidic Effects of Poly(4-vinylpyridinium salt)	17th Asian Conference on Solid State Ionics (ACSSI-17)	豊橋技術科学大学	2022
Synthesis and Characterization of Pt@TiO2 Core-Shell Nanoparticles as Electrocatalyst for Application in PEMFCs	17th Asian Conference on Solid State Ionics (ACSSI-17)	豊橋技術科学大学	2022
無機フィラーを添加した PBI 電解質膜の作製と中温無加湿燃料電池への応用	日本セラミックス協会第 35 秋季シンポジウム	豊橋技術科学大学	2022
中温無加湿 PEFC の高性能化に向けた新規プロトン伝導体 CsHSO4-Triazole-TiO2 の作製と評価	日本セラミックス協会第 35 秋季シンポジウム	豊橋技術科学大学	2022
高プロトン伝導材料の作製に向けた Poly(4-vinylpyridine)をベースとした有機塩の検討	第 48 回　固体イオニクス討論会	豊橋技術科学大学	2022
燃料電池用アイオノマーの設計と合成	兵庫県立大学水素エネルギー共同研究センターシンポジウム 2020	兵庫県立大学	2021
産官学連携研究を推進する兵庫県立大学水素エネルギー共同研究センター	スマートエネルギー分野に関する「産学連携マッチングセミナー」	兵庫県立大学	2021

十四員環 Fe 錯体の合成と酸素還元触媒活性	第 126 回触媒討論会	東京工業大学、静岡大学、熊本大学、旭化成株式会社	2020
燃料電池触媒用に開発した十四員環 Fe 錯体の放射光解析	2020 年度名古屋大学　シンクロトロン光研究センターシンポジウム	熊本大学、東京工業大学、静岡大学、旭化成株式会社	2021
酸性条件での酸素還元反応における 14 員環 Fe 錯体の耐久性	第 58 回化学関連支部合同九州大会	熊本大学	2021
in situ XAFS 分光法を用いた酸性条件での酸素還元反応における 14 員環 Fe 錯体触媒からの脱金属挙動の解析	第 128 回触媒討論会	熊本大学	2021
十四員環テトラアザマクロサイクル配位子を用いた三核鉄錯体の合成	第 18 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム	静岡大学	2021
熱処理により活性化した十四員環 Fe 錯体の酸素還元触媒活性	第 128 回触媒討論会	東京工業大学	2021
熱処理型 Fe/N/C 触媒の活性点構造解析と十四員環 Fe 錯体への展開	燃料電池シンポジウム	東京工業大学	2021
鋳型ブロック共重合体を用いた架橋型ポーラスポリイミド膜の創製	第３８回国際フォトポリマーコンファレンス	東京工業大学	2021
ポリイミド微粒子の炭素化による窒素ドープカーボンの合成と酸素還元触媒活性	第 70 回高分子討論会	東京工業大学	2021
十四員環 Fe 錯体の触媒活性評価と in situ XAFS 解析	第 62 回電池討論会	東京工業大学	2021
燃料電池用非白金触媒の開発と放射光を利用した構造解析	第 10 回グリーンサステイナブル研究会	東京工業大学	2021
十四員環 Fe 錯体の熱処理が酸素還元触媒活性と活性点構造に及ぼす影響	第 129 回触媒討論会	東京工業大学	2022
小角 X 線散乱によるポリイミド微粒子形成過程の観察	ポリイミド会議	東京工業大学	2021
Pt-Free Fuel Cell Catalysts Derived from Nitrogen-Containing Polymers and Macrocycles	2022 Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium	Tokyo Tech.	2022
Fourteen-Membered Macrocyclic Fe complexes for Electrochemical Oxygen Reduction	TOCAT9	東京工業大学	2022
十四員環 Fe 錯体の熱処理が酸素還元触媒活性と活性点構造に及ぼす影響	燃料電池シンポジウム	東京工業大学	2022
小角 X 線散乱によるポリイミド微粒子形成過程の観察	ポリイミド会議	東京工業大学	2021
十四員環 Fe 錯体触媒の熱処理による構造と酸素還元反応性能の変化	石油学会 第 64 回年会	熊本大学	2022
沈殿重合法によるポリイミド微粒子の作製	第３９回国際フォトポリマーコンファレンス	東京工業大学	2022
Controlling the particle size of polyimides by the precipitation polymerization	RadTech Asia 2022	東京工業大学	2022
鉄・カーボン系非白金触媒の研究開発動向と課題	燃料電池用触媒セミナー	東京工業大学	2022
カーボン担持 14 員環 Fe 錯体触媒の熱処理が活性点構造と酸素還元活性に与える影響	第 59 回化学関連支部合同九州大会	熊本大学	2022
14 員環 Fe 錯体と 16 員環 Fe 錯体の熱処理による構造と ORR 活性の変化	第 130 回触媒討論会	熊本大学	2022
FeN4 活性中心を有する触媒の Fe-N 結合距離と ORR における耐久性の関係	第 130 回触媒討論会	熊本大学	2022
十四員環 Fe 錯体の酸素還元触媒活性と理論計算	第 130 回触媒討論会	東京工業大学	2022
酸素還元触媒を志向した十四員環 Fe 錯体の合成	第 130 回触媒討論会	東京工業大学	2022
小角 X 線散乱によるポリイミド微粒子形成過程の観察	高分子討論会	東京工業大学	2022
Morphology-Controlled Nitrogen-Containing Polymers as Synthetic Precursors for Oxygen Reduction Electrocatalysts	ICEAN2022	東京工業大学	2022
Particle Size Control of Polyimide Nano-Particles by Precipitation Polymerization and their Size Evaluation by Small Angle X-ray Scattering	ICEAN2022	東京工業大学	2022

熱処理したカーボン担持十四員環 Fe 錯体触媒の活性点構造と ORR 性能の関係	電池討論会	熊本大学	2022
固体高分子形燃料電池の非白金化を目指した触媒開発	新化学技術推進協会　エネルギー・資源技術部会　エネルギー分科会　勉強会	東京工業大学	2022
芳香族十四員環錯体の熱処理と in-situ 放射光分光	燃料電池シンポジウム	東京工業大学、熊本大学、静岡大学	2023
Effects of Nano-Structure on the Kinetics of the Oxygen Reduction over N-Doped Carbon	244th ECS meeting	東京工業大学	2023
Heat-Treatment of a Fourteen Membered Macrocyclic Fe Complex for Electrocatalytic Oxygen Reduction	244th ECS meeting	東京工業大学、熊本大学、静岡大学、旭化成株式会社	2023
カーボン担持 14 員環 Co 錯体の熱処理による構造と酸素還元反応活性の変化	第 132 回触媒討論会	熊本大学、静岡大学、旭化成、東工大東京工業大学	2023
芳香族 14 員環配位子を用いた遷移金属錯体の合成と構造解析	第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023	東京工業大学、熊本大学、静岡大学	2023
十四員環 Fe 錯体の酸素還元触媒作用とスピン多重度に関する研究	第 132 回触媒討論会	東京工業大学、熊本大学、静岡大学	2023
PEFC 用非白金触媒の開発とその反応速度解析	電気化学会燃料電池研究会セミナー	東京工業大学	2023
芳香族十四員環配位子により修飾した Pt/C 触媒の耐久性評価	第 134 回触媒討論会	東京科学大学	2024
十四員環配位子により修飾した Pt/C 触媒の酸素還元反応	燃料電池シンポジウム	東京工業大学	2024
Fe/N/C および Co/N/C 担体に担持した白金系カソード触媒	燃料電池シンポジウム	東京工業大学	2024
HERFD-XANES および XES による燃料電池カソード用 14 員環 Fe 錯体触媒の構造効果の解析	第 99 回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ	熊本大学	2024
酸性と塩基性水溶液での炭素系非白金触媒の ORR 活性	第１５回新電極触媒シンポジウム＆宿泊セミナー	東京科学大学	2024
Spin-State Analysis for a Fourteen-Membered Macrocyclic Fe Complex for Oxygen Reduction	246th ECS meeting	東京科学大学、熊本大学、静岡大学	2024
Pt/C Catalyst Modified with 14-Membered Macrocyclic Complex for Oxygen Reduction Reaction	246th ECS meeting	東京科学大学	2024
Heat-Treatment of a Fourteen Membered Macrocyclic Fe Complex for Electrocatalytic Oxygen Reduction	244th ECS meeting	東京工業大学､熊本大学､静岡大学､旭化成株式会社	2023
芳香族 14 員環配位子を用いた遷移金属錯体の合成と構造解析	第 13 回 CSJ 化学ﾌｪｽﾀ 2023	東京工業大学､熊本大学､静岡大学	2023
芳香族十四員環錯体の熱処理と in-situ 放射光分光	燃料電池ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ	東京工業大学､熊本大学､静岡大学	2023
ｶｰﾎﾞﾝ担持 14 員環 Co 錯体の熱処理による構造と酸素還元反応活性の変化	第 132 回触媒討論会	熊本大学､静岡大学､旭化成､東工大東京工業大学	2023
十四員環 Fe 錯体の酸素還元触媒作用とｽﾋﾟﾝ多重度に関する研究	第 132 回触媒討論会	東京工業大学､熊本大学､静岡大学	2023
Heat-Treatment of a Fourteen Membered Macrocyclic Fe Complex for Electrocatalytic Oxygen Reduction	244th ECS meeting	東京工業大学､熊本大学､静岡大学､旭化成株式会社	2023
十四員環 Fe 錯体の熱処理が酸素還元触媒活性と活性点構造に及ぼす影響	第 129 回触媒討論会	東京工業大学､熊本大学､静岡大学､旭化成株式会社	2022
燃料電池触媒用に開発した十四員環 Fe 錯体の放射光解析	2020 年度名古屋大学 ｼﾝｸﾛﾄﾛﾝ光研究ｾﾝﾀｰｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ	熊本大学､東京工業大学､静岡大学､旭化成株式会社	2021
熱処理型 Fe/N/C 触媒の活性点構造解析と十四員環 Fe 錯体への展開	燃料電池ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ	東京工業大学､熊本大学､静岡大学､旭化成株式会社	2021
in situ XAFS 分光法を用いた酸性条件での酸素還元反応における 14 員環 Fe 錯体触媒からの脱金属挙動の解析	第 128 回触媒討論会	熊本大学、東京工業大学、静岡大学､旭化成株式会社	2021
十四員環 Fe 錯体の合成と酸素還元触媒活性	第 126 回触媒討論会	東京工業大学､静岡大学､熊本大学､旭化成株式会社	2020
Carbon-free connected Pt–Co catalysts with chemically ordered structures towards enhanced oxygen reduction performances for PEFCs	FCDIC 第 28 回燃料電池シンポジウム	東京工業大学	2021
ねじれ構造の導入が全芳香族電解質高分子の電解質膜特性に与える効果	第 70 回高分子討論会(オンライン)	東京工業大学	2021
水素社会と燃料電池および水電解材料の展開	第 128 回触媒討論会(オンライン)	東京工業大学	2021

水素社会の必要性と燃料電池および水電解のための高分子電解質膜の展開	高分子同友会第 50 回総合講演会（オンライン）	東京工業大学	2021
Development of carbon-free connected Pt–Co catalysts towards enhanced ORR performances for PEFCs	第 62 回電池討論会	東京工業大学	2021
DFT 計算を用いたカーボンフリーPt ナノ粒子連結触媒の ORR 活性向上要因の解明	第 62 回電池討論会	東京工業大学, 高度情報科学技術研究機構	2021
水素社会に向けた燃料電池および水電解の新展開	公益社団法人新化学技術推進協会エネルギー・資源技術部会エネルギー分科会勉強会	東京工業大学	2021
水素社会のための水電解および燃料電池用電解質膜の設計・開発	日本海水学会電気透析および膜技術研究会 第 50 回荷電膜コロキウム	東京工業大学	2021
固体高分子形燃料電池およびアニオン交換膜型水電解への高分子電解質膜材料	高分子学会 2021 東海シンポジウム	東京工業大学	2022
水による酸化被毒抑制に向けた PEFC カソードの Pt/アイオノマー界面制御	化学工学会第 88 年会	東京工業大学	2023
カーボンフリー金属ナノ粒子連結触媒を用いた PEFC 用膜電極接合体の開発と耐久性評価	化学工学会第 88 年会	東京工業大学	2023
Systematic material design and development for polymer electrolyte fuel cells and Anion exchange membrane	IZES International Symposium on Zero-Carbon Energy Systems	東京工業大学	2023
"再生可能エネルギーからの水素製造と利用～アニオン交換膜型水電解および固体高分子形燃料電池の展開～	"東京工業大学 科学技術創成研究院 グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ　GXI セミナー	東京工業大学	2022
再生可能エネルギーからの水素製造と利用　水電解および燃料電池材料およびシステムの設計・開発	岐阜県次世代エネルギー産業創出コンソーシアム先端技術講習会	東京工業大学	2022
Core-shell type connected Pt-based catalysts with advanced oxygen-reduction performances for polymer electrolyte fuel cells	The 14th Japan-Korea Symposium on Materials and Interfaces	東京工業大学	2022
燃料電池 Pt 触媒の水による酸化被毒抑制に向けた Pt/アイオノマー界面の制御	化学工学会第 53 回秋季大会	東京工業大学	2022
Core-shell type connected Pt-based catalysts with advanced oxygen-reduction performances	化学工学会第 53 回秋季大会	東京工業大学	2022
固体高分子形燃料電池用ファイバー状金属ナノ粒子連結触媒の開発	化学工学会第 53 回秋季大会	東京工業大学	2022
再生可能エネルギーからの水素製造と利用　水電解および燃料電池材料およびシステムの設計・開発	第 11 回 JACI/GSC シンポジウム	東京工業大学	2022
Carbon-free connected platinum-cobalt catalysts with enhanced oxygen reduction performances for PEFCs	第 11 回 JACI/GSC シンポジウム	東京工業大学	2022
再生可能エネルギーからの水素製造と利用：水電解および燃料電池材料およびシステムの設計・開発	"第 4 回透明酸化物光・電子材料研究会開催通知	東京工業大学	2023
Core-shell type connected Pt-based catalysts with advanced oxygen-reduction performances for PEFCs	第 30 回燃料電池シンポジウム	東京工業大学	2023
Carbon-free, core-shell type connected Pt-based catalysts with advanced oxygen-reduction performances for polymer electrolyte fuel cells	第 12 回 JACI/GSC シンポジウム	東京工業大学	2023
Pt-Co ナノ粒子連結触媒を用いた PEFC 用カーボンフリー触媒層の構造制御と性能解析	化学工学会第 54 回秋季大会	東京工業大学	2023
新規ポリフルオレン系電解質膜の開発と水素/酸素ガ ス透過性制御	第 72 回高分子討論会	東京工業大学	2023
Carbon-Free, Connected Core-Shell Nanoparticle Catalysts with Advanced Oxygen-Reduction Performances for PEFCs	244th Meeting of The Electrochemical Society	東京工業大学	2023
Structural Effects on ORR Performances of Carbon-Free Connected Platinum–Cobalt Catalysts with Chemically Ordered Superlattice Structures	244th Meeting of The Electrochemical Society	東京工業大学	2023
Enhancing Oxygen-Reduction Performance in PEFCs through Carbon-Free, Connected Pt-Based Core-Shell Catalyst Design	第 64 回電池討論会	東京工業大学	2023
Challenges in accurate calculation of electrochemical reactions using first principles	5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATERIALS	東京工業大学	2024

calculations: water adsorption on Pt(111) surface under applied potential	SCIENCE, ENGINEERING & TECHNOLOGY		
PEFC の高出力化に向けたカーボンフリー触媒層の構造制御と性能解析	化学工学会第 89 年会	東京工業大学	2024
Structural Effects of Connected Pt Catalysts on Enhanced Oxygen Reduction Performances	化学工学会第 89 年会	東京工業大学	2024
PEFC 用カーボンフリーPt-Co ナノ粒子連結触媒の開発と発電性能解析	化学工学会第 89 年会	東京工業大学	2024
インピーダンスおよびラマン分光法を用いた 4 級ホスホニウムイオン液体の誘電特性解析	電気化学会第 89 回大会	奈良高専	2022
Pt 表面上のイオン液体カチオン構造が酸素還元反応に及ぼす影響	電気化学会第 89 回大会	奈良高専	2022
燃料電池におけるイオン液体研究ネットワークの取り組み	第 5 回 FC-Cubic オープンシンポジウム	奈良高専	2021
異なるアルキル鎖を有するホスホニウムイオン液体の分光特性解析	電気化学会第 90 回大会	奈良高専	2023
Dielectric and Vibrational Spectroscopic Study on Quaternary-Phosphonium-Cation- Based Ionic Liquids	The 1st KOSEN Research International Symposium (KRIS2023)	奈良高専	2023
ホスホニウムイオン液体の誘電分光・振動分光解析	第 32 回日本 MRS 年次大会	奈良高専	2022
疎水性イオン液体で修飾した Pt/C 触媒の電気化学挙動	第 32 回日本 MRS 年次大会	奈良高専	2022
広帯域誘電分光と振動分光を駆使したホス ホニウムイオン液体の構造解析	第 12 回イオン液体討論会	奈良高専	2022
疎水性イオン液体を修飾した Pt/C 触媒上での酸素還元挙動の解析	第 63 回 電池討論会	奈良高専	2022
Rotating Ring-Disk Electrodes Studies on Oxygen Reduction Reaction at Hydrophobic Ionic Liquids Layer Modified Pt/C Catalyst	242nd ECS Meeting	奈良高専	2022
Dielectric and vibrational spectroscopic study on asymmetric quaternary phosphonium-based ionic liquids	242nd ECS Meeting	奈良高専	2022
ラマン分光法を駆使したイオン液体の構造解析：4 級ホスホニウムカチオンがアニオンのコンフォメーションに与える影響	2022 年電気化学会秋季大会	奈良高専	2022
疎水性イオン液体を修飾した白金ナノ粒子上での酸素還元反応の評価	2022 年電気化学会秋季大会	奈良高専	2022
（招待講演）Tetra-alkyl Phosphonium Based Ionic liquid; Impact of Cation Structure for Oxygen Reduction Reaction	IUMRS-ICYRAM2022	奈良高専	2022
Pt/C に修飾した疎水性イオン液体中のプロトンが酸素還元活性へ与える影響	第 64 回電池討論会	奈良高専	2023
Spectroscopic Analysis for Phosphonium Ionic Liquids with Different Alkyl Chain Structures	第 13 回イオン液体討論会	奈良高専	2023
エーテル部位を有する四級ホスホニウム型イオン液体の分光・誘電特性解析	第 33 回日本 MRS 年次大会	奈良高専	2023
Spectroscopic analysis of ether-functionalized phosphonium cation-based ionic liquids	第 13 回イオン液体討論会	奈良高専	2023
電解質としてのフルオロスルホニル(トリフルオロメチルスルホニル)アミドアニオンを有するホスホニウムイオン液体	第 33 回日本 MRS 年次大会	和歌山高専	2023
Ether-Functionalized Phosphonium Ionic Liquids: Molecular Dynamics, Ion Conformation, and Intermolecular Interaction	PRiME 2024	奈良高専	2024
PEFC カソード反応へのホスホニウムイオン液体修飾効果の検討	溶融塩委員会第 215 回定例委員会	奈良高専	2024
ホスホニウムイオン液体修飾 Pt/C 触媒上での酸素還元活性の解析	第 34 回日本 MRS 年次大会	奈良高専	2024
Pt/MPC 触媒へのホスホニウム塩含浸効果の検討	電気化学会第 93 回大会	奈良高専	2025
電磁場誘起振動を用いた燃料電池膜電極接合体における微小金属異物検出システムの開発　検出メカニズムの実験的検討	日本機械学会 2023 年度年次大会	名城大学	2023
電磁場誘起振動を用いた燃料電池膜電極接合体における微小金属異物検出システムの開発　機械学習に基づく自動検出システム	日本機械学会 2023 年度年次大会	名城大学	2023

電磁場誘起振動を用いた燃料電池膜電極接合体における微小金属異物検出システムの開発　全面検査に向けたラスター走査の実験的検討	日本機械学会生産システム部門研究発表講演会	名城大学	2024
電磁場誘起振動を用いた燃料電池膜電極接合体における微小金属異物検出システムの開発　機械学習に基づく自動検出システム	日本機械学会生産システム部門研究発表講演会	名城大学	2024
間隙流体誘起振動を用いた燃料電池膜電極接合体における微小金属異物自動検出システムの実験的検討	日本機械学会 2023 年度年次大会	名城大学	2024
間隙流体誘起振動を用いた燃料電池膜電極接合体における微小金属異物自動検出システムの数値実験的検討	日本機械学会 2023 年度年次大会	山口東京理科大	2024
Numerical study on Pore Fluid Pressure Excited Oscillation under Magnetic Field in the Diagnosing Method of Metallic Micro-Particles Buried into Fuel Cell	International Workshop on Advanced Experimental Mechanics	名城大学	2024
Development of Automatic Diagnosing System of Metallic Micro-particles Buried into Fuel Cell using Pore Fluid Pressure Excited Oscillation under Magnetic Field	International Workshop on Advanced Experimental Mechanics	名城大学	2024
磁場下における間隙流体圧誘起振動を用いた燃料電池膜電極接合体における微小金属異物自動検出システムの数値解析的検証	日本機械学会生産システム部門研究発表講演会	名城大学	2025
磁場下における間隙流体圧誘起振動を用いた燃料電池膜電極接合体における微小金属異物自動検出システムの実験的検証	日本機械学会生産システム部門研究発表講演会	名城大学	2025
高温作動や今後の触媒の取り組み事例	第 158 回燃料電池研究会セミナー	山梨大学	2023
Development of Hydrophilic Oxide/Polymer Composite Membranes for Polymer Electrolyte Fuel Cells Operating at Wide Temperature Range	244nd ECS Meeting	University of Yamanashi	2023
高温評価を実施する上での課題, 懸念点の共有	NEDO 高温評価勉強会	山梨大学	2023
Preparation and Evaluation of Nafion/CeO2 Composite Electrolyte Membranes for Polymer Electrolyte Fuel Cells	244nd ECS Meeting	University of Yamanashi	2023
New material challenges for polymer electrolyte fuel cells toward the heavy-duty transportation application	WFCC2023	University of Yamanashi	2023
HDV 用高温運転の技術課題	FCDIC 第 39 回セミナー	山梨大学	2023
Ta-TiO2/Nafion コンポジット膜の作製と燃料電池への応用	電気化学会第 91 回大会	山梨大学	2024
固体高分子形燃料電池用 Nafion/CeO2 系複合電解質膜の作製と評価	電気化学会第 91 回大会	山梨大学	2024
セルロースナノファイバーを用いたコンポジット膜の作製及び評価	電気化学会第 91 回大会	山梨大学	2024
Highly Durable and Active Electrocatalysts Using Pt Nanorod Catalysts Supported on Nb Doped SnO2 for Polymer Electrolyte Fuel Cells	242nd ECS Meeting	University of Yamanashi	2022
The Possibility of Intermediate Temperature (120℃) Operated Polymer Electrolyte Fuel Cells	242nd ECS Meeting	University of Yamanashi	2022
Development of Hydrophilic Oxide/Polymer Composite Membranes and Their Application to Fuel Cell	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi	2022
親水性酸化物/Nafion ｺﾝﾎﾟｼﾞｯﾄ膜の作製と評価	電気化学会第 90 回大会	山梨大学	2023
作動温度の高温化に向けた Pt 担持セラミック触媒の活性 と耐久性の向上	FCDIC・第 28 回燃料電池シンポジウム	山梨大学	2021
Highly Durable and Active Pt nanorod Electrocatalysts using SnO2 Supports for Polymer Electrolyte Fuel Cells	ECS,240t h ECS Meeting	University of Yamanashi	2021
Highly Durable and Active Cathode Catalysts using Niobium for Polymer Electrolyte Fuel Cells	Niobium Technology of Clean Energy	University of Yamanashi	2021
高温化対応 PEFC(固体高分子形燃料電池)用革新的シナジー触媒の開発	2021 年度 モノづくり日本会議	山梨大学	2022

Pt/Nb-SnO2 系電極触媒における Pt の形状等の制御と性能との相関	電気化学会第 89 回大会	山梨大学,日本化学産業	2022
Activation of the Oxygen Reduction Reaction at Structurally Regulated Pt/Nb-SnO2 Catalysts	ECS PRiME2020	University of Yamanashi	2020
Highly Durable and Active Electrocatalysts using SnO2 Supports for Polymer Electrolyte Fuel Cells	ECS PRiME2020	University of Yamanashi	2020
Highly durable and active cathode catalysts for polymer electrolyte fuel cells using Nbcontaining oxide supports	Charels Hatchett Award Hydrogen Webinar	University of Yamanashi	2020
燃料電池とは？−基礎から最新研究動向まで	電気化学会・関東支部主催セミナー	山梨大学	2020
PEFC 用 Pt 担持セラミックス触媒の開発 ～耐久・活性の両立と高温作動への展開～	電気化学会 燃料電池研究会 第 149 回セミナー	山梨大学	2020
活性と耐久性を両立させた PEFC 用 Pt 担持セラミック触媒の開発	表面技術協会第 143 回講演大会	山梨大学	2021
固体高分子形燃料電池の研究開発動向に関する調査分析報告−触媒関連−	FCCJSWG	山梨大学	2021
Pt catalysts supported on unique nano-ceramic supports for polymer electrolyte fuel cells toward the heavy-duty vehicles	WFCC2024	山梨大学	2024
ナノ連珠酸化物のご紹介	新機能性材料展 2025 出展社プレゼンテーション	日本化学産業㈱	2025
PEFC 用電解質への応用に向けたプロトン性イオン液体型ポリマーの合成および電気的特性評価	第 31 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2021
リチウムイオン含有アニオンポリマーの合成と特性評価	第 31 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2021
イオン液体の Kamlet-Taft パラメータ：分析手順の開発と温度依存性の研究	第 31 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2021
新規アニオン性イオン液体型ポリマーの合成と固体高分子型燃料電池用電解質への応用	第 31 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2021
微粒子積層型電解質におけるイオン伝導メカニズムの解明	第 31 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2021
Synthesis and Characterization of Polymer Electrolyte using Ionic Liquid-type Polyanions Containing Mobile Cations	IUMRS-ICYRAM2022	鶴岡工業高等専門学校	2022
Effect of improving electrode performance of functional oxide SOFC anode reaction active promoters with brownmillerite-type structure	IUMRS-ICYRAM2022	鶴岡工業高等専門学校	2022
Examination of performance improvement effect by adding PSiP to non-platinum carbon rGO-N-Fe	IUMRS-ICYRAM2022	鶴岡工業高等専門学校	2022
燃料電池性能向上のための酸化物助触媒添加によるアノード層有効界面の設計	超異分野学会 大阪大会 2022	鶴岡工業高等専門学校	2022
イオン液体型ポリマーの合成と電気化学デバイスへの応用	第 156 回燃料電池研究会セミナー	鶴岡工業高等専門学校	2022
SOFC アノード層内への酸化物助触媒添加と構造相転移利用によるアノード反応活性サイトの形成とその効果	第 63 回 電池討論会	鶴岡工業高等専門学校	2022
社会実装を目指す SOFC アノード層内へのナノスケール有効界面の設計	超異分野学会 北海道フォーラム 2022	鶴岡工業高等専門学校	2022
Application and Electrical Characterization of a Novel Anionic Ionic Liquid Type Polymer as an Electrolyte for PEFC	MRS-J 2022	鶴岡工業高等専門学校	2022
アノード反応活性化による高性能・高耐久性 SOFC の開発研究	超異分野学会 豊橋フォーラム 2022	鶴岡工業高等専門学校	2022
社会実装を見据えた SOFC 用ｱﾉｰﾄﾞ層内の有効界面の設計	第 1 回 超異分野学会 鹿児島フォーラム	鶴岡工業高等専門学校	2023
イオン液体構造を有するアイオノマーによる革新的低白金技術の研究開発	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2023	鶴岡工業高等専門学校	2023
酸素吸蔵・放出特性を有する LSCF 酸化物助触媒の SOFC アノード層添加による電極性能向上効果	第 33 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2023
PEFC カソード用窒素ドーブ酸化グラフェン表面の焼結処理による MEA 性能の向上効果	第 33 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2023

PEFC 用電解質への応用を目指した新規アニオン性イオン液体ポリマーの合成と電気的特性評価	第 33 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2023
BIO 系助触媒により形成される SOFC アノード層内アノード反応活性点の効果	第 33 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2023
磁場勾配 NMR 法によるイオン液体型ポリマーにおける遊離イオンの運動性の評価	第 33 回日本 MRS 年次大会	鶴岡工業高等専門学校	2023
Pt free-Based Core-Shell Catalysts for Oxygen Fuel Cell Electrodes by Solution Plasma Process	Interfinish2020 (Nagoya)	東海国立大学機構	2021
CNT Decorated by Graphene Covered Pt with Solution Plasma Method for the Oxygen Reduction Reaction	Interfinish2020 (Nagoya)	東海国立大学機構名古屋大学	2021
Synthesis of Pt nanoparticles supported on Single-Walled Carbon Nanotubes and its performance for fuel cell application	The 62nd Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium (NAGOYA)	東海国立大学機構名古屋大学	2022
The performance of Pt nanoparticles supported on Single-Walled Carbon Nanotubes as a single cell of fuel cell	The 63nd Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium (NAGOYA)	東海国立大学機構名古屋大学	2022
"ソリューションプラズマ法グラフェンカプセル化 PtFe 合金触媒の PEFC カソード触媒としての適用可能性検討	2023 電気化学秋季大会	東海国立大学機構名古屋大学	2023
PEFC カソード用高耐久性カーボンカプセル化 PtFe 合金触媒の新たな溶液中プラズマ合成及びカーボンシェルの効果	第 54 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会	東海国立大学機構名古屋大学	2023
Single-Walled Carbon Nanotubes Supported Pt Electrocatalyst as a Cathode Catalyst of a Single Fuel Cell with High Durability against Start-up/Shut-down Potential Cycling	The 66th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium	東海国立大学機構名古屋大学	2024
Carbon-encapsulated L10-structured PtCo Alloy Nanolectrocatalysts Supported by Single-walled Carbon Nanotubes for Fuel Cells	The 68th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium (NAGOYA)	東海国立大学機構名古屋大学	2025
Synthesis of Carbon-encapsulated PtCo Nanocatalysts Supported on Ketjen-Black via Solution Plasma Method	The 68th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium (NAGOYA)	東海国立大学機構名古屋大学	2025
Nitrogen-containing Carbon-encapsulated Platinum Electrocatalysts Supported by Single-walled Carbon Nanotubes via Solution Plasma for Fuel Cells Application	The 68th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium (NAGOYA)	東海国立大学機構名古屋大学	2025
Nitrogen-doped graphene-shell-encapsulated platinum nanocatalyst supported by SWCNTs with high performance and durability for fuel cell	The 68th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium (NAGOYA)	東海国立大学機構名古屋大学	2025
Synthesis of Pt-type Nanowire Catalysts Supported by Single-walled Carbon Nanotube and its Application for Fuel Cell	日本化学会第 105 春季年会(2025)	東海国立大学機構名古屋大学	2025
Nitrogen-doped SWCNT-supported Pt Electrocatalysts Synthesized by Solution Plasma for Fuel Cells Application	日本化学会第 105 春季年会(2025)	東海国立大学機構名古屋大学	2025
Nitrogen-doped graphene-shell-encapsulated platinum nanocatalyst supported by SWCNTs with high performance and high durability for fuel cell	日本化学会第 105 春季年会(2025)	東海国立大学機構名古屋大学	2025
ソリューションプラズマ法によるカーボンシェル・Pt 合金コアからなるコアシェル触媒の合成と電気化学特性	第 55 回中部化学関係学教会支部連合秋季大会	東海国立大学機構名古屋大学	2024
ブロック共重合体をベースとした無水系電解質膜の調製	日本ゴム協会 2021 年年次大会	名古屋大学、トヨタ自動車	2021
ブロック共重合体をベースとした無水系電解質膜のプロトン伝導率に及ぼす酸性度の影響	第 70 回高分子討論会	名古屋大学、トヨタ自動車	2021
ブロック共重合体と無機酸からなる無水系電解質膜の機械特性とプロトン伝導率に及ぼすナノ相分離構造の影響	第 72 回高分子学会年次大会	名古屋大学、高輝度光科学研究センター、FC-Cubic	2023
Effects of a nanophase-separated structure on mechanical properties and proton conductivities of block polymer electrolyte membranes infiltrated with an inorganic acid	ICOM 2023	Nagoya University, Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI), FC-Cubic	2023

高密度にスルホン酸基を有する架橋ポリマーベースの電解質膜の調製	第 72 回高分子討論会	名古屋大学	2023
高密度にスルホン酸基を有する架橋ポリマーをベースとした炭化水素系電解質膜の調製	電気化学会第 91 回大会	名古屋大学	2024
側鎖にアルキレンスペーサーを介してホスホン酸基を有するポリマーからなる高分子電解質膜の調製	電気化学会第 92 回大会	名古屋大学、高輝度光科学研究センター	2025
高密度に酸基を有する架橋ポリスチレンスルホン酸ベースの電解質膜の合成	日本ゴム協会 2024 年年次大会	名古屋大学	2024
Structural analysis of nanomaterials for fuel cells by using pair distribution functions	IWAMSN 2021	国立研究開発法人物質・材料研究機構	2021
電界紡糸法による PEFC 用 TiO2 系触媒の高活性化	第 62 回電池討論会	熊本県産業技術センター、物質・材料研究機構、横浜国立大学	2021
PEFC 用カソード触媒に関する基礎検討（XX）～酸化物の半導体特性と酸素還元触媒能～	第 28 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	横浜国立大学、福岡大学、大阪大学、物質・材料研究機構	2021
新型燃料電池のための第一原理物質科学シミュレーション	「富岳」電池課題 第 2 回公開シンポジウム（成果報告会）	東京大学物性研究所講演	2022
ニューラルネットワークポテンシャルを用いたジルコニウム酸窒化物の水分子吸着構造解析	日本物理学会	山形大学	2022
"Identification and structure and chemical-state analysis of functional groups on carbon-supports for polymer-electrolyte fuel-cells	Materials Research Meeting 2021	NISSAN ARC, LTD, FC-Cubic TRA, Japan Synchrotron Radiation Research Institute, Kyoto University	2021
Controlled Environment Nano-Imaging Free From Radiation Damage by X-ray Laser Diffraction	Current Topics in Emergent Materials and Devices-Cooperated with Advanced Research Network in Materials and Devices in Japan 5-Star Alliance, CEFMS-NCTU, and RCAS Academia Sinica- 2020	北海道大学	2020
Micro-liquid enclosure array for X-ray laser diffractive imaging of samples in solution	A3 Foresight & 5 Star Alliance Joint Workshop on Organic/Inorganic Hybrid Nano Materials and Bio Imaging	北海道大学	2020
Radiation-Damage-Free Nanoimaging using Femtosecond X-ray Laser	A3 Foresight & 5 Star Alliance Joint Workshop on Organic/Inorganic Hybrid Nano Materials and Bio Imaging	北海道大学	2020
SPring-8/SACLA を利用したコヒーレント回折イメージング	第 12 回日本放射光学会若手研究会「放射光若手スクール」	北海道大学	2021
Feasibility Study on Solution Sample Holding Technique for XFEL Based Single-particle Imaging	SACLA Users' Meeting 2021	北海道大学	2021
Damage-Free Femtosecond X-ray Laser Snapshot Imaging of Catalyst Layer Nano-Structures of Polymer Electrolyte Fuel Cells	Materials Research Meeting 2021	北海道大学	2021
X線自由電子レーザーによるソフトマテリアルの無損傷ナノイメージング	第 70 回高分子討論会	北海道大学	2021
Damage-Free Femtosecond X-Ray Laser Snapshot Imaging of Catalyst Layer Nano-Structures of Polymer Electrolyte Fuel Cells	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	北海道大学	2022
Cross-sectional image of liquid water in gas diffusion layer by Compton scattering imaging	MRM2021, E-3: Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies, Pacifico Yokohama	JASRI	2021
"Experiment Data Infrastructure with BENTEN for PEFCs Technology Evaluation at SPring-8	MRM2021, E-3: Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies, Pacifico Yokohama	JASRI	2021
Thermal effect on Oxygen Reduction Reaction Kinetics for Pd Core - Pt Shell Catalyst with different core size	MRM2021, E-3: Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies, Pacifico Yokohama	JASRI	2021

Synchrotron radiation analysis platform for characterization of polymer electrolyte fuel cells at SPring-8 in NEDO project	MRM2021, E-3: Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies, Pacifico Yokohama	JASRI	2021
Overview of X-ray Compton Scattering Research	12th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (IXS2022)	JASRI	2022
Imaging Liquid Water in a PEFC with High-Energy X-ray Compton Scattering	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	JASRI	2022
Reverse Monte Carlo Modeling for Catalyst Nanoparticles in Polymer Electrolyte Fuel Cells by High-energy X-ray Diffraction Measurement	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	JASRI	2022
Anomalous Small-Angle X-ray Scattering of Fuel-Cell Catalyst Samples	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	JASRI	2022
in situ 硬 X 線発光分光計測による固体高分子形燃料電池カソード Pt/C 触媒の吸着酸素種/硫黄種の解明	第 83 回応用物理学会秋季学術講演会	JASRI	2022
Experimental Data Infrastructure with BENTEN for Fuel Cell Project at SPring-8	NOBUGS2022(New Opportunity for Better User Group Software)	JASRI	2022
SPring-8 における燃料電池実験データベースの構築	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	JASRI	2023
コンプトン散乱を用いた蓄電池・燃料電池解析	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	JASRI	2023
コンプトン散乱イメージングを用いた燃料電池の液水分布の可視化	日本光学会年次学術講演会２０２２	JASRI	2022
高時間分解蛍光法 QXAFS/XRD 同時計測システムの構築	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	JASRI	2023
オペランド時間分解蛍光法クイック XAFS/XRD 同時計測システム の開発と応用	日本化学会 第 103 春季年会	JASRI	2023
Evaluation of Molecular Aggregation State in Nafion Films	MRM2021, E-3: Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies, Pacifico Yokohama	大阪工業大学	2021
広角 X 線回折法 (WAXD)による Nafion 膜の分子鎖凝集構造評価	2021 年繊維学会秋季研究発表会	大阪工業大学	2021
Characterization of molecular aggregation state in deteriorated Nafion Membrane on the basis of X-ray diffraction measurement	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	大阪工業大学	2022
Operando Cerium Ion Mapping in-plain Electrolyte Membranes of Polymer Electrolyte Fuel Cell by Micro X-ray Fluorescence Spectroscopy	MRM2021, E-3: Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies, Pacifico Yokohama	立命館大学	2021
Operando Cerium Distribution Analysis on Through-plane MEA in 2nd-generation MIRAI	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	立命館大学	2022
Operando X-ray Fluorescence Measurement Method of Cerium Radical Quencher Distribution in Through-plane MEA	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	立命館大学	2022
Operando Radical Quencher Mapping in Through-plane MEA by X-ray Fluorescence Spectroscopy	73rd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, online	立命館大学	2022
高エネルギーマイクロ蛍光 X 線を用いた固体高分子形燃料電池電解質膜のラジカルクエンチャー移動現象解析	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	立命館大学	2022
Analysis of Radical Quencher Transfer Phenomenon in PEFC Using X-ray Fluorescence Spectroscopy	11th Asian Conference on Electrochemical Power Sources	立命館大学	2022
"蛍光 X 線分析法を用いた固体高分子形燃料電池電解質膜内ラジカルクエンチャー移動機構解析	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	立命館大学	2023
放射光測定に基づく Nafion 膜の分子鎖凝集構造評価	FCDIC 第 30 回　燃料電池シンポジウム	大阪工業大学	2023
DAFS 法による粉末結晶試料に対する 3 次元的局所構造解析法の検討	2023 年第 70 回応用物理学会春季学術講演会	JASRI	2023
Radiation-Damage-Free Nanoimaging using Femtosecond X-ray Laser	The International Conference on Phase Retrieval and Coherent Scattering (Coherence 2022)	北海道大学	2022
X 線自由電子レーザーによるフェムト秒コヒーレントイメージング	2021 年度第 3 回強光子場科学研究懇談会	北海道大学	2022
自動車用電池材料の XFEL イメージング	SACLA Users' Meeting 2023	北海道大学	2023

X 線自由電子レーザーによるフェムト秒コヒーレントイメージング	日本材料学会・X 線材料強度部門委員会講演会	北海道大学	2023
Application of Small-Angle X-ray Scattering (SAXS) in Fuel Cell Materials	" International Symposium on New Energy Technology – Kyushu University (online lecture)	JASRI	2023
蓄積リング放射光やX線自由電子レーザーを用いた新規分析技術	ニューガラスフォーラム第 149 回若手懇談会	北海道大学	2023
Evaluation of Molecular Aggregation State in Nafion Membranes using Synchrotron X-ray	MRM2023/IUMRS-ICA2023	大阪工業大学	2023
まとめと将来展望	日本物理学会第 78 回年次大会	JASRI	2023
Through-plane Cerium Ion Migration and Diffusion Analysis on Polymer Electrolyte Membrane by Operando X-ray Fluorescence Spectroscopy	244th ECS Meeting	立命館大学	2023
Recent Progress in Operando Detection for Cerium Radical Quencher Distribution Through-plane Polymer Electrolyte Membrane	MRM2023	立命館大学	2023
Analysis of Cerium ion Diffusion Phenomena in Through-Plane Polymer Electrolyte Membrane by Operando X-ray Fluorescence Spectroscopy	MRM2023	立命館大学	2023
有限拡散を考慮した固体高分子電解質膜の膜直方向セリウムイオン拡散係数算出	第 49 回固体イオニクス討論会	立命館大学	2023
Structural Analysis of Fuel Cell Catalyst Ink by 100-nm Focused X-ray Free-Electron Laser	The 2023 RIES–CEFMS Joint International Symposium	北海道大学	2023
Damage-Free Femtosecond X-ray Laser Diffraction Studies of Catalyst Layer Nano-Structures of Polymer Electrolyte Fuel Cells	MRM2023	北海道大学	2023
Development of PEFCs database for Synchrotron Radiation Experiments at SPring-8	MRM2023	JASRI	2023
Application of Solvent Contrast-Variation for Small-Angle X-ray Scattering Measurement of Catalyst Particles Supported on Mesoporous-Carbon	MRM2023	JASRI	2023
Efficient and Cost-Effective Catalysts for Hydrogen Fuel Cells: Application of SAXS for Structural Analysis	2nd UK-Japan Symposium on Advanced Materials for Hydrogen and Fuel Cells	JASRI	2024
Synchrotron-based Compton Scattering Imaging for Energy Devices	CentraleSupelec, Paris-Saclay University	JASRI	2024
コンプトン散乱イメージングによる燃料電池の液水分布の可視化	第 38 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム	JASRI、他	2025
燃料電池材料解析のための DB 開発	第 38 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム	JASRI	2025
Damage-free 100-nm-localized coherent SAXS analysis of fuel cell catalysts using X-ray free-electron lasers	Cutting Edge in Soft Matter Science 2024 (CeSMS2024)	北海道大学	2024
XFEL100-nm 局所解析による燃料電池触媒インクのアイオノマー被膜構造の評価	第 38 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム、つくば	北海道大学	2025
Operando Analysis of Cerium-ion Radical Quencher Through-plane Migration in Polymer Electrolyte Fuel Cells	12th Asian Conference of Power Sources	立命館大学	2024
Operando X-Ray Fluorescence Analysis of Dynamic Cerium Radical Quencher Motion Perpendicular to MEA	245th ECS Meeting	立命館大学	2024
オペランド蛍光 X 線分光法を用いた固体高分子形燃料電池内の電解質膜内膜厚方向のセリウムラジカルクエンチャーの移動現象解析	第 73 回高分子討論会	立命館大学	2024
オペランド蛍光 X 線分光を用いた固体高分子膜内のセリウムカチオン移動現象の解析	第 48 回電解技術討論会	立命館大学	2024
固体高分子形燃料電池セルの高温運転条件における Pt 触媒のオペランド X 線吸収分光計測	第 62 回電池討論会	京都大学, 山梨大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2021
窒素ドープカーボンを被覆した Pt/C 触媒のアイオノマー特異吸着抑制効果	第 62 回電池討論会	京都大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2021
Pd ナノワイヤコア Pt シェル触媒のオペランド XAS の解析と ORR 活性	第 62 回電池討論会	京都大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2021

Pt ナノワイヤのオペランド XAS の解析と ORR 活性	第 62 回電池討論会	京都大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2021
operando X-ray Absorption Spectroscopic Study of Pd nanowire@Pt core-shell catalysts synthesized by Galvanic Cells method under Oxygen Reduction Reaction	2021 年度第 3 回関西電気化学研究会	京都大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2021
Protection of Nitrogen-doped Carbon Shell to the Absorption Passivation Effect on Platinum in Oxygen Reduction Reaction	2021 年度第 3 回関西電気化学研究会	京都大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2021
Pt/C 触媒へのアイオノマー特異吸着と Pt の電子状態変化	第 62 回電池討論会	京都大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2021
固体高分子形燃料電池セルの高温運転条件における Pt 触媒のオペランド X 線吸収分光計測	2021 年度第 3 回関西電気化学研究会	京都大学, 山梨大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2021
Influence of specific adsorption of sulfo group in perfluorosulfonic acid ionomer under the oxygen reduction reaction activity of Pt/C by operando X-ray absorpti on spectroscopy	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	Kyoto University, JASRI, FC-Cubic, Nissan ARC	2022
ドーパミン由来窒素ドープカーボンを被覆した Pt/C 触媒のアイオノマー特異吸着抑制効果	電気化学会第 89 回大会	京都大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2022
operando High Energy Res olution Fluorescence Detec ted (HERFD) X-ray absorption spectroscopic study of TOY OTA MIRAI Gen.1 catalysts	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	Kyoto University, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2022
High Resolution Observation of Liquid Water in Polymer Electrolyte Fuel C ell using X-ray Nano Compute d Tomography	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	Kyoto University, JASRI, FC-Cubic, Nissan ARC	2022
固体高分子形燃料電池セルの高温・低加湿運転条件における Pt 触媒ならびに PtCo 触媒のオペランド X 線吸収分光計測	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	a 京都大学, b 山梨大学, c Nissan ARC, d JASRI, e FC-Cubic	2022
operando X-ray Absorption Spectroscopic Study on Electrochemical Oxygen Reduction Mechanism of Novel Platinum-based Nanostructured Catalysts	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	Kyoto University, JASRI, FC-Cubic, Nissan ARC	2022
Inhibition of ionomer specific adsorption on Pt/C catalysts coated with dopaminederived nitrogen-doped carbon	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	Kyoto University, JASRI, FC-Cubic, Nissan ARC	2022
PtNi 合金ナノワイヤの酸素還元反応下におけるオペランド X 線吸収分光計測	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	a 京都大学, b Nissan ARC, c JASRI, d FC-Cubic	2022
Exploring the Function of Nitrogendoped Carbon Shell on Ordered and Disordered PtCo Alloy Catalysts in Oxygen Reduction Reaction by X-ray Absorption Spectr oscopy	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	Kyoto University, JASRI, FC-Cubic, Nissan ARC	2022
Operando X-ray Absorption Spectroscopic Study of Ptbased nanowire catalysts u nder Oxygen Reduction Reaction	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	Kyoto University, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2022
窒素ドープカーボンを被覆した L10 型 PtCo 触媒の ORR 活性と劣化	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	a 京都大学, b Nissan ARC, c JASRI, d FC-Cubic	2022
異なる形態に制御した PtNi 合金ナノワイヤ触媒の ORR 活性	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	a 京都大学, b Nissan ARC, c JASRI, d FC-Cubic	2022
Operando X-ray absorption spectroscopy of Pt catalyst in polymer electrolyte fuel cell under high temperature an d low humidification	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	Kyoto University, Yamanashi University, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2022
Pd ナノワイヤコア Pt シェル触媒の合成とオペランド X 線吸収分光計測による解析	電気化学会第 89 回大会	京都大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2022
固体高分子形燃料電池セルの高温・低加湿運転条件における Pt 触媒のオペランド X 線吸収分光計測	電気化学会第 89 回大会	京都大学, 山梨大学, Nissan ARC, JASRI, FC-Cubic	2022
EFC Pt/C カソード電極触媒の劣化に関する EXAFS-CT イメージングと教師なし機械学習解析	第 34 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	名古屋大学	2021
Redox responsibility of SO2-poisoned PEFC Pt cathode catalyst by Operando XAFS analysis	Materials Research Meeting 2021	名古屋大学	2021
PEFC Pt/C カソード触媒の SO2 被毒に対する in-situ Pt LIII 端 XAFS 解析	第 24 回 XAFS の討論会	名古屋大学	2021

Operando Pt LIII 端 XAFS による PEFC Pt/C カソード触媒のオンサイト SO2 被毒・回復処理における局所構造解析	第 35 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	名古屋大学	2022
Opening Remarks: R-ing: Reaction Infography	名古屋大学学内ワークショップ(R-ing)	名古屋大学	2021
Operando X-ray Imaging of Practical PEFC Cell	"RSC Catalysis Science & Technology 10th Anniversary Symposium	名古屋大学	2021
オンサイト SO2 被毒による PEFC Pt カソード触媒の operando Pt LIII 端 XAFS 解析	日本化学会第 102 春季年会	名古屋大学	2022
Operando Characterization of Pt-Bimetallic ORR Catalysts for PEFC	XAS Jouranl Club from Europa and Asia-Oseania	名古屋大学	2022
観ることで広がる化学の世界	歴史的化学論文大賞受賞記念シンポジウム（名古屋大学）	名古屋大学	2022
オペランドイメージングによる燃料電池の可視化	日本 MRS 水素科学技術連携研究会第 4 回トピックス研究会～化学文科会～	名古屋大学	2022
Operando 3D Imaging of Membrane Electrode Assembly of Polymer Electrolyte Fuel Cell	The 22nd International Vacuum Congress IVC-22	名古屋大学	2022
イメージングと情報技術が拓く材料反応の可視化	東海国立大学機構名古屋大学学際統合物質科学研究機構キックオフシンポジウム	名古屋大学	2022
Operando 3D Visualization of Practical Polymer Electrolyte Fuel Cell	The 6th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics	名古屋大学	2022
Go beyond Imaging: Infogarphy for Material Sciences	Asia-Oseania Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation 2022	名古屋大学	2022
反応の可視化がもたらす知と物質科学の発展	日本学術会議公開シンポジウム「物理学のアプローチが拓く世界とその展開」	名古屋大学	2022
オペランド CT イメージングによる PEFC 内の液水の可視化	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	名古屋大学	2023
Small-Angle Neutron Scattering Study of a Fuel Cell Catalyst Layer	Materials Research Meeting 2021	高エネルギー加速器研究機構／日本原子力研究開発機構／総合科学研究機構	2021
中性子小角散乱による燃料電池触媒層の研究	量子ビームサイエンスフェスタ	高エネルギー加速器研究機構／日本原子力研究開発機構／総合科学研究機構	2022
車載用燃料電池セル内部に生成する水の可視化	日本中性子科学会第 22 回年会	日本原子力研究開発機構／高エネルギー加速器研究機構／株式会社日産アーク／技術研究組合 FC-Cubic	2022
触媒 Pt 粒子表面の原子間距離計測	2021 年度 JFCC 研究成果発表会	ファインセラミックスセンター	2021
走査透過電子顕微鏡を用いた白金表面の原子配列解析	日本セラミックス協会　第 34 回秋季シンポジウム	ファインセラミックスセンター	2021
Structural analysis based on measurements of slight atomic displacements from scanning transmission electron microcopy images	12th International Conference on High-Performance Ceramics	ファインセラミックスセンター	2021
走査透過電子顕微鏡を用いた白金表面の原子間距離計測	第 62 回電池討論会	ファインセラミックスセンター	2021
Atomic-scale analysis of catalyst particle surfaces using scanning transmission electron microscopy	Materials Research Meeting 2021	ファインセラミックスセンター	2021
走査透過電子顕微鏡を用いた Pt 触媒粒子表面の原子間距離計測	日本金属学会　2022 年春期(第 170 回)講演大会	ファインセラミックスセンター	2022
走査透過電子顕微鏡法を用いた Pt 系触媒の表面原子間距離精密計測	日本顕微鏡学会 第 78 回学術講演会	ファインセラミックスセンター	2022
Atomic-scale Strucural Analysis of Pt-based Nanoparticles using Scanning Transmission Electron Microscopy	242nd ECS Meeting	ファインセラミックスセンター	2022
走査透過電子顕微鏡法を用いた白金系触媒表面の原子間距離精密計測	第 13 回新電極触媒シンポジウム	ファインセラミックスセンター	2022
EELS を用いた遷移金属化合物の価数評価と応用	2023 年新春電子顕微鏡解析技術フォーラム	ファインセラミックスセンター	2023
精密原子間距離計測による白金粒子表面の原子配列解析	日本セラミックス協会 2023 年年会	ファインセラミックスセンター	2023

HAADF STEM 法を用いた Pt 表面の精密原子間距離計測	第 70 回応用物理学会 春季学術講演会	ファインセラミックスセンター	2023
原子間距離の実空間精密計測	第 4 回 先鋭固体化学・物理に関する討論会	ファインセラミックスセンター	2023
In-situ HERFD-XANES and RIXS measurements of oxygen and sulfur species adsorbed on Pt cathode catalysts in polymer electrolyte fuel cells	MRM2021, E-3: Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies	電気通信大学、JASRI、名古屋大学、北海道大学、東京大学	2021
In-situ simultaneous HERFD-XANES/XRD measurements of the adsorption species on Pt/C electrocatalysts in polymer electrolyte fuel cells under operating conditions	Pacifichem 2021	電気通信大学、JASRI、北海道大学	2021
In situ HERFD-XANES/RIXS measurements of adsorbed oxygen species on Pt/C electrocatalysts in polymer electrolyte fuel cells under operating conditions	日本化学会第 102 回春季年会	電気通信大学、JASRI、東京大学	2022
燃料電池内 Pt ナノ粒子表面の吸着酸素種のオペランド X 線発光分光計測評価	第 73 回コロイドおよび界面化学討論会	電気通信大学、JASRI、東京大学	2022
"燃料電池内 Pt ナノ粒子表面の吸着種のオペランド X 線発光分光計測評価	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	電気通信大学、JASRI、東京大学	2022
燃料電池電極触媒のオペランド HR-XANES/RIXS/QXAFS/XRD マルチモーダル計測評価	日本化学会第 103 春季年会(2023)	電気通信大学、JASRI、東京大学	2022
Heterometallic interaction emerges from resonant inelastic X-ray scattering in luminescent Tb−Pt molecules	日本化学会第 102 春季年会(2022)	電気通信大学、東北大学	2022
作動状態の固体高分子形燃料電池のその場を観察するパルス中性子小角散乱	第 70 回高分子学会年次大会	茨城大学	2021
PEFC 高性能・高耐久化のための新しい評価・解析の取組	"FCH/燃料電池部会	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2021
NEDO's FC-Platform -a novel framework specialized in analysis and evaluation for PEFC's	Materials Research Meeting 2021	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2021
燃料電池の研究開発・普及を加速するために	京都大学産学連携講座	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2022
燃料電池生産技術の課題と未来	テクノフロンティア 2022 オンライン展示会	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2022
FC-Platform and Gen2 Toyota MIRAI Analysis	242nd ECS Meeting	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2022
FC 生産技術　世の中の動向　および　国内メーカ課題	Meet Up Chubu vol.8	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2022
FC-Platform Activities and Analysis of MEA	244th ECS Meeting	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2023
燃料電池生産技術の課題と未来	第 2 回オープンイノベーションワークショップ 2023～燃料電池～	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2023
PEFC 評価解析プラットフォームの進捗	H2&FC EXPO【春】	技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ	2024
サファイア基板上ナフィオン薄膜のプロトン伝導度と含水量の膜厚依存性検討	第 69 回高分子討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2020
フッ素化イミドスルホン酸電解質膜の化学劣化機構の密度汎関数法計算による検討	第 61 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2020
PEFC 触媒層中における担体細孔内のプロトン移動抵抗解析手法	62 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2021
メゾポーラスカーボン担体の耐久性向上のための劣化要因解析	62 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2021
フッ素化スルホン酸アイオノマー分散液の高速磁場サイクリング NMR 緩和測定	第 61 回 NMR 討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2022
PEFC 触媒層中における担体細孔内のプロトン移動抵抗解析手法	自動車技術会 2022 年春季大会	技術研究組合 FC-Cubic	2022
PEFC 燃料電池セルの評価プロトコル概要と高温評価での検討例	第 29 回燃料電池シンポジウム	技術研究組合 FC-Cubic	2022
PEFC の触媒層性能評価技術－多孔質担体特性の評価法	FCH 第 276 回定例研究会	技術研究組合 FC-Cubic	2022
ＨＤＶ向けＰＥＦＣ用電解質膜の耐久性目標・加速耐久法と課題	第 59 回伝熱シンポジウム	技術研究組合 FC-Cubic	2022
フッ素化スルホン酸アイオノマーの側鎖分解反応機構の DFT 計算による検討	第 71 回高分子学会年次大会	技術研究組合 FC-Cubic	2022

FCV 試験車両走行による MEA 劣化の解析	第 63 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2022
FC-Cubic の PEFC 研究開発促進への取り組み	電気化学会九州支部シンポジウム	技術研究組合 FC-Cubic	2022
PEFC 高温初期評価の課題と評価プロトコルの検討	第 63 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2022
フッ素化スルホン酸アイオノマーの劣化解析への 17O-NMR の適用可能性検討	第 28 回高分子分析討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2023
Through-Plane Cerium Ion Migration and Diffusion Analysis on Plymer Electrolyte Membrane by Operando X-Ray Fluorescence Spectroscopy	244th ECS Meeting	技術研究組合 FC-Cubic	2023
過酸化水素曝露試験によるナフィオン膜の化学劣化機構の検討	第 71 回高分子討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2022
加圧 OCV 試験によるアノード触媒評価方法の検討	第 63 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2022
市販メソポーラスカーボンに担持した Pt 触媒の発電性能に対する触媒インク組成の影響	第 64 回電池討論会	山梨県産業技術センター	2023
２価鉄水和イオンの OH および HO2/O2-による酸化反応機構の密度汎関数法計算に基づく検討	第 65 回放射線化学討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2022
FC-Platform Activities and Post Analysis of Durable Tested MEAs	244th ECS Meeting	技術研究組合 FC-Cubic	2023
OCV 耐久の耐久条件が劣化特性に与える影響の検討	第 64 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2023
NEDO PEFC 評価解析プラットフォームでの発電評価プロトコルと市販触媒評価	第 64 回電池討論会	山梨県産業技術センター	2023
燃料電池用 Pt 系触媒の電池特性評価-セル評価を通して-	第 14 回 新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	山梨県産業技術センター	2023
PEFC の単セル評価における高温運転条件の影響	第 64 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2023
Multi-modal structure and distribution analysis of functional groups on carbon supports for polymer-electrolyte fuel cells	244th ECS Meeting	技術研究組合 FC-Cubic	2023
HDV への展開に向けた PEFC 用セル評価解析プロトコルの検討	日本 MRS　水素科学技術連携研究会	技術研究組合 FC-Cubic	2024
短側鎖型フッ素化スルホン酸アイオノマーの極性溶媒中ナノ粒子解析	第 72 回高分子学会年次大会	技術研究組合 FC-Cubic	2023
FFC-NMR Relaxometry of Perfluorosulfonic Acid Ionomers and Their Perfluorosulfonyl Fluoride Precursors Membranes	13th Conference on Fast Field Cycling NMR Relaxometry	技術研究組合 FC-Cubic	2024
フッ素化スルホン酸アイオノマー膜および前駆体の高速磁場サイクリング 19F-NMR 緩和測定	第 73 回高分子討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2024
固体高分子形燃料電池の小型セル試験による発電損失要因の解析手法	電気化学会関東支部　第 60 回学際領域セミナー	技術研究組合 FC-Cubic	2024
フェントン反応機構の密度汎関数法計算に基づく検討	第 66 回放射線化学討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2023
Investigation on effect of reducing cathode Pt-loading on ohmic overpotential in catalyst layer	ECS PRiME 2024	技術研究組合 FC-Cubic	2024
PEFC 発電時の触媒層内プロトン移動抵抗に起因する過電圧の評価法	第 65 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2024
パーフルオロスルホン酸アイオノマーの分子量測定における SEC-MALS 法の利用の検討	第 29 回高分子分析討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2024
フッ素化スルホン酸アイオノマーの電離放射線および超音波による化学劣化	第 73 回高分子学会年次大会	技術研究組合 FC-Cubic	2024
PEFC の単セル評価における高温運転条件の影響（第２報：MEA 仕様違いによる影響）	第 65 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2024
加速劣化試験における PEFC の耐久性に影響を与える電解質膜劣化現象の検討	第 65 回電池討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2024
フッ素化スルホン酸アイオノマー膜の電子線照射による化学劣化機構	第 67 回放射線化学討論会	技術研究組合 FC-Cubic	2024
NEDO PEFC 評価解析プラットフォームでの発電評価プロトコルと市販触媒評価	燃料電池・FCH 部会　第 290 回定例研究会	山梨県産業技術センター	2024
セル由来被毒物による白金触媒の被毒と MEA 性能の関係	電気化学会第 92 回大会	技術研究組合 FC-Cubic	2025
マテリアルズ・インフォマティクスによる燃料電池材料探索とデータ蓄積	FCDIC 第 31 回燃料電池シンポジウム	NIMS	2024

大規模反応分子動力学シミュレーションによる高電極反応活性を有する PEFC のカソード触媒層構造の検討	第 30 回燃料電池シンポジウム	東北大学	2023
燃料電池システムの多用途展開への活用を目指した統合システムシミュレーターの開発	第 30 回燃料電池シンポジウム	1 京都大学　2 トヨタ自動車　3 東京農工大学	2023
燃料電池触媒層内アイオノマー表面における酸素分子散乱現象の分子論的解析	第 30 回燃料電池シンポジウム	1 東北大学、2 東京大学	2023
固体高分子形燃料電池のカソード触媒層における炭素担体のアグリゲート構造が電極反応活性に与える影響の反応分子動力学シミュレーションによる解析	第 132 回触媒討論会	東北大学	2023
反応分子動力学法を用いた固体高分子形燃料電池のカソード触媒層におけるプロトン伝導シミュレーション	第 132 回触媒討論会	東北大学	2023
PEFC 高性能化を目指した極薄ナノファィバー GDL の創成	第 60 回日本伝熱シンポジウム	東京工業大学	2023
燃料電池触媒インクの高温乾燥が触媒層性能に及ぼす影響	第 60 回日本伝熱シンポジウム	東京工業大学	2023
エタノール分解生成物が PEFC 触媒インク分散に及ぼす影響	第 60 回日本伝熱シンポジウム	東京工業大学	2023
固体高分子形燃料電池カソード触媒層粒子内の水凝縮解析：TEM 像から再構成された構造に対する格子密度汎関数法シミュレーション	第 60 回日本伝熱シンポジウム	1 東京大学，2 FC-Cubic	2023
分子動力学シミュレーションを用いた固体高分子形燃料電池触媒層中の Ce イオン輸送現象の解析	第 60 回日本伝熱シンポジウム	東北大学	2023
Analysis of Cerium Ion Transport Properties in PEM of Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Molecular Dynamics Simulations	第 60 回日本伝熱シンポジウム	東北大学	2023
数値解析を用いた燃料電池触媒インク中の分散状態予測	第 33 回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会	九州大学	2023
On Water Condensation in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Cathode Catalyst Layer Particles	ASME-JSME-KSME Fluid-Engineering Conference (AJK FED 2023)	1 東京大学，2 FC-Cubic	2023
Analysis of Cerium Ion Transport Properties in PEM of Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Molecular Dynamics Simulations	Low-temperature Electrolysers, Fuel Cells & H2 processing Forum	Tohoku University	2023
Large Scale Molecular Simulations for the Transport and Structure Characteristics of Polymer Electrolyte Fuel Cell	International Conference Polygeneration 2023	Tohoku University	2023
Development of physical model based fuel cell system simulator for multipurpose application	"15th International Green Energy Conference (IGEC-XV)	1 Kyoto University, 2 Toyota Motor Corporation	2023
固体高分子形燃料電池高分子材料内部の物質輸送特性の解析	第 72 回高分子討論会	東北大学	2023
固体高分子形燃料電池 MEA 内物質輸送現象に関する大規模分子シミュレーション	第 132 回触媒討論会	東北大学	2023
燃料電池システムにおける排ガス中水素濃度制御系と水素濃度ソフトセンサの開発	化学工学会第 54 秋季大会	"1 東京農工大学 2 京都大学	2023
燃料電池システムシミュレーターによるセル材料劣化の動的解析	化学工学会第 54 秋季大会	"1 京都大学　2 トヨタ自動車 3 東京農工大学	2023
マルチスケールから見た燃料電池システム	化学工学会第 54 秋季大会	1 京都大学 2 トヨタ自動車 3 東京農工大学	2023
固体高分子形燃料電池の酸素還元反応速度の反応工学的解析	化学工学会第 54 秋季大会	京都大学	2023
固体高分子形燃料電池のガス流れ場における移動現象の支配因子	化学工学会第 54 秋季大会	京都大学	2023
ナフィオン膜の化学劣化に伴う分子量分布の変化とモデルシミュレーション	化学工学会第 54 秋季大会	京都大学	2023
DEM シミュレーションを用いた固体高分子形燃料電池の劣化メカニズムの評価	化学工学会第 54 秋季大会	九州大学	2023
シミュレーションによる固体高分子形燃料電池電極スラリーの凝集現象解析	化学工学会第 54 秋季大会	九州大学	2023
炭素担体構造の影響を考慮した PEFC 出力特性シミュレーション	化学工学会第 54 秋季大会	九州大学	2023
燃料電池の多用途展開を目指した統合 FC システムシミュレーター「FC-DynaMo」の開発	JAMBE 公開フォーラム	京都大学	2023

Dimensionless Moduli Governing Under-Rib Transport Phenomenon in Polymer Electrolyte Fuel Cell	244th ECS Meeting	Kyoto University	2023
Investigation of the Distribution of the Reactions and Mass Transport in a Fuel Cell by the Integrated Fuel Cell System Simulator Including the Dynamics of Air, H2, and Cooling Systems	244th ECS Meeting	1 Kyoto University, 2 Toyota Motor Corporation, 3 Tokyo University of Agriculture and Technology	2023
Quantification Method of Mass Transfer Resistance in Cathode Catalyst Layer in PEFC	244th ECS Meeting	Kyoto University	2023
Hydrogen and oxygen permeability through PEFC membrane and membrane electrode assembly	244th ECS Meeting	Kyoto University	2023
Microscale Simulation of Carbon Support Structure Degradation in Polymer Electrolyte Fuel Cell	244th ECS Meeting	九州大学	2023
Comparison of Different Carbon Supports By Simulation of Agglomeration in Polymer Electrolyte Fuel Cell Catalyst Ink	244th ECS Meeting	九州大学	2023
Analysis of cerium ion transport in anode side catalyst layer for improving polymer electrolyte membrane durability of polymer electrolyte fuel cells	244th ECS Meeting	Tohoku University	2023
Molecular Dynamics Analysis of the Scattering Phenomena of Oxygen Molecules on an Ionomer Surface in Catalyst Layer of Fuel Cell	244th ECS Meeting	Tohoku University	2023
Relationship between Surface States of Carbon Support and Electrode Reaction Activity in Cathode Catalyst Layer Toward High Power Output of Polymer Electrolyte Fuel Cells by Large-scale Reactive Molecular Dynamics Simulations	244th ECS Meeting	Tohoku University	2023
Utilization of Pt Nanoparticle Catalysts during Capillary Condensation Phenomenon in PEMFC: A Lattice DFT Simulation Based on 3D Reconstruction of TEM Images	244th ECS Meeting	1 東京大学，2 FC-Cubic	2023
Influence of Ethanol Decomposition on Dispersion of PEFC Catalyst Ink	244th ECS meeting	1 東京工業大学　2 産総研	2023
Development of an integrated fuel cell system simulator for multi-purpose application	32nd. Aachen Colloquium, Sustainable Mobility	1 京都大学、2 トヨタ自動車、3 東京農工大学	2023
PEFC 触媒インクにおける I/C が分散に及ぼす影響	熱工学コンファレンス 2023	1 東京工業大学、2 産総研	2023
プロセスパラメータが触媒インク物性と触媒層構造に与える影響	"第 14 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー(三島)	東京工業大学	2023
固体高分子形燃料電池の酸素還元反応速度の反応工学的解析	第 64 回電池討論会	京都大学	2023
固体高分子形燃料電池のガス流れ場における移動現象の支配因子	第 64 回電池討論会	京都大学	2023
Nanoscale Water Condensation and its Impact on Catalyst Utilization in PEMFCs	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Germany	東京大学	2023
Lattice DFT Simulation of Water Condensation in a Reconstructed Structure from TEM Images of a Cathode Catalyst Layer	第 37 回数値流体力学シンポジウム	1 東京大学，2 FC-Cubic	2023
Analysis and Optimization of Agglomeration in Polymer Electrolyte Fuel Cell Catalyst Inks by simulation	ISChE2023	九州大学	2023
"Evaluation of degradation mechanisms of polymer electrolyte fuel cell using DEM simulation"	ISChE2023	九州大学	2023
Simulation of PEFC output characteristics considering the effect of carbon carrier structure	ISChE2023	九州大学	2023
固体高分子形燃料電池の膜電極接合体における非定常水輸送モデル	化学工学会福井大会	京都大学	2023

反応器組み合わせモデルを用いる固体高分子形燃料電池の反応速度分布の解析	第 26 回化学工学会学生発表会	京都大学	2024
Effect of Aggregate Structures of Carbon Support on Electrode Reaction Activity in Cathode Catalyst Layer of Polymer Electrolyte Fuel Cells: Reactive Molecular Dynamics Simulation	TMS 2024 Annual Meeting & Exhibition	東北大学	2024
反応分子動力学法による固体高分子形燃料電池用炭素担体のメソ細孔の酸素輸送特性解析	化学工学会第 89 年会	東北大学、2 京都大学	2024
反応器組み合わせモデルを用いる固体高分子形燃料電池の反応速度分布の解析	化学工学会第 89 年会	京都大学	2024
カソード触媒担体粒子内のナノスケール細孔における屈曲度の定量化：TEM 像から再構築された構造内の水凝縮に基づく経路探索	第 61 回 日本伝熱シンポジウム	1 東京大学 2 FC-Cubic	2024
アイオノマー側鎖長・等価質量が PEFC 触媒インク分散に及ぼす影響	第 61 回日本伝熱シンポジウム	東京科学大学	2024
極薄 GDL 構成と流路ピッチが PEFC 性能に与える影響	第 61 回日本伝熱シンポジウム	東京科学大学	2024
燃料電池の劣化解析シミュレーション	第 31 回燃料電池シンポジウム	1 京都大学 2 東北大学	2024
担体構造の動的変形を考慮した PEFC 触媒層内の反応輸送解析	第 31 回燃料電池シンポジウム	九州大学	2024
PEFC カソード側触媒層アイオノマーの酸素透過特性に及ぼす膜厚と含水率の影響	第 31 回燃料電池シンポジウム	東北大学	2024
Nanoscale Mass Transport Phenomena of Reactants in Polymer Electrolyte Fuel Cells	The 8th Annual Congress of Smart Materials 2024	東北大学	2024
Implementation of Model Predictive Control into the Rigorous Simulator of the Fuel Cell System	ESCAPE34-PSE24, Florence, Italy	1 京都大学 2 東京農工大学	2024
Development of an inferential control system of hydrogen concentration of exhaust gas in fuel cell systems	ESCAPE34-PSE24, Florence, Italy	1 東京農工大学 2 京都大学 3 トヨタ自動車	2024
固体高分子形燃料電池のカソード触媒層における炭素担体の凝集形態がプロトン伝導ネットワークに与える影響の反応分子動力学シミュレーションによる解析	日本コンピュータ化学会 2024 春季年会	東北大学	2024
計算科学による電池内の巨視的反応輸送シミュレーション	第 421 回電池技術委員会	九州大学	2024
Leveraging AI for Microporous Structure Characterization: From Image Segmentation to Gas Transport Analysis	The 33rd International Symposium on Rarefied Gas Dynamics (RGD33), Göttingen, Germany	東京大学	2024
An Integrated Fuel Cell System Simulator 'FC-DynaMo' for the Multi-Purpose Applications	16th International Green Energy Conference (IGEC-XVI)	1 Kyoto University, 2 Tokyo University of Agriculture and Technology	2024
Water Condensation Simulations in the Nanoscale Pores of Cathode Catalyst Layer Particles in PEM Fuel Cells	26th International Conference of the Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM 2024)	1 東京大学，2 FC-Cubic	2024
カソード触媒層の一次・二次細孔内の気体拡散：三次元再構成構造に基づくシミュレーション	日本機械学会 2024 年度年次大会	1 東京大学，2 FC-Cubic	2024
固体高分子形燃料電池のカソード触媒層におけるケッチェンブラック凝集構造に対するアイオノマー被覆状態の検討：大規模反応分子動力学シミュレーション	第 134 回 触媒討論会	東北大学	2024
反応分子動力学シミュレーションによる固体高分子形燃料電池の高性能化に向けたカソード触媒層における炭素担体ネットワークが電極反応活性に与える影響の解析	第 134 回 触媒討論会	東北大学	2024
固体高分子形燃料電池触媒層の動的劣化解析	化学工学会第 55 回秋季大会	九州大学	2024
PEFC 出力特性シミュレーションを用いた作動条件の影響評価	化学工学会第 55 回秋季大会	九州大学	2024
燃料電池システムシミュレーターとの統合へ向けた触媒劣化モデル開発	化学工学会第 55 回秋季大会	1 京都大学 2 トヨタ自動車 3 東京農工大学	2024
固体高分子形燃料電池の膜電極接合体の水輸送特性評価	化学工学会第 55 回秋季大会	京都大学	2024
固体高分子形燃料電池における酸素濃度と反応速度分布の解析	化学工学会第 55 回秋季大会	京都大学	2024

固体高分子形燃料電池の酸素還元反応速度の温湿度依存性解析	化学工学会第 55 回秋季大会	京都大学	2024
プロセスシステム工学的観点から考える燃料電池システムの研究開発	化学工学会第 55 回秋季大会	1 東京農工大学 2 京都大学 3 トヨタ自動車 4 九州大学	2024
燃料電池システムの排ガス中水素濃度の推定制御システム	化学工学会第 55 回秋季大会	1 東京農工大学 2 京都大学 3 トヨタ自動車	2024
燃料電池システムのエア系・冷媒系状態量設定値の最適化	化学工学会第 55 回秋季大会	1 東京農工大学 2 京都大学 3 トヨタ自動車	2024
モデル予測制御を用いた燃料電池システムの材料特性に応じた運転条件の最適化	化学工学会第 55 回秋季大会	1 東京農工大学 2 京都大学 3 トヨタ自動車	2024
One million atoms large-scale reactive molecular dynamics simulations for design of cathode catalyst layer in polymer electrolyte fuel cell toward boosting its performance	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	東北大学	2024
Dimensionless moduli governing under-rib transport phenomenon in polymer electrolyte fuel cell	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	Kyoto University	2024
Development of a platinum degradation model for the high-speed computation in an integrated fuel cell system simulator and its validation using the data from the commercial FCEV	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	1 Kyoto University, 2 Tokyo University of Agriculture and Technology	2024
Development of an empirical carbon corrosion model for the high-speed computation in an integrated fuel cell system simulator and its validation using the data from the commercial FCEV	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	1 Kyoto University, 2 Tokyo University of Agriculture and Technology	2024
Determination method of reaction rate and mass transfer parameters in cathode catalyst layer in PEFC	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	Kyoto University	2024
Understanding of water transport through membrane electrode assembly in PEFC	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	Kyoto University	2024
Modeling hydrogen crossover through membrane with and without catalyst layers	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	Kyoto University	2024
Relative humidity distribution along the gas flow channel in a wide temperature range	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	Kyoto University	2024
Evaluation of degradation mechanisms of polymer electrolyte fuel cell using DEM simulation	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	九州大学	2024
Coarse-grained molecular dynamics simulation on the impact of carbon nanotube porous structures on the distribution and morphology of ionomers within catalyst layers during the drying process	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	東北大学	2024
Coarse-grained molecular dynamics Simulation of ionomer-mediated carbon cluster bonding in polymer electrolyte fuel cell catalyst layers	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	東北大学	2024
Effects of ionomer film thickness and water content on oxygen permeation properties of PEFC cathode catalyst	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	東北大学	2024
Evaluation of factors affecting the migration of cerium ions in PEFC using molecular dynamics simulations	PEFC&W 24, 246th ECS Meeting (PRiME 2024)	東北大学	2024
実機相当流路ピッチに対応した極薄 GDL	日本機械学会　熱工学コンファレンス 2024	東京科学大学	2024
In-situ liquid water visualization in PEFC and its application to advanced materials	246th ECS Meeting (PRiME2024)	東京科学大学	2024
燃料電池システムの先端研究と製品開発の加速を目指した統合燃料電池システムシミュレーター「FC-DynaMo」の開発	マルチスケール計測・計算技術の融合による高スループットデバイス開発支援プラットフォーム　公開キックオフシンポジウム	京都大学	2024
燃料電池システムの先端研究と多様な製品開発の加速を目指した統合システムシミュレーター「FC-DynaMo」の開発	第 40 回日本エネルギー学会関西支部セミナー　―水素社会への道―	京都大学	2024
固体高分子形燃料電池触媒層における物質移動	燃料電池触媒研究会　第 15 回新電極触媒シンポジウム	九州大学	2024

Design of Electrode Structure for Electrochemical Device	ICGET-TW	九州大学	2024
Quantitative analysis of mass transfer resistances from the observed reaction order of polymer electrolyte fuel cells	RSCE 2024	京都大学	2024
Carbon-supported metal catalyst preparation from ion-exchange resins for polymer electrolyte fuel cells	RSCE 2024	京都大学	2024
PEFC 触媒層内の劣化シミュレーション	第 65 回電池討論会	九州大学	2024
ナノファイバーによる実機相当流路ピッチに対応した極薄 GDL	第 65 回電池討論会	東京科学大学	2024
無次元モデルを用いた固体高分子形燃料電池における酸素濃度と反応速度分布の解析	第 65 回電池討論会	京都大学	2024
固体高分子形燃料電池の膜電極接合体の水輸送特性評価	第 65 回電池討論会	京都大学	2024
燃料電池システムシミュレーターとの統合へ向けた触媒劣化モデル開発	第 65 回電池討論会	1 京都大学 2 東京農工大学	2024
モデル予測制御を用いた燃料電池システムの材料特性に応じた運転条件の最適化	第 65 回電池討論会	1 東京農工大学 2 京都大学	2024
高分子電解質膜の化学劣化に伴う分子量分布の低下と分子開裂シミュレーション	第 65 回電池討論会	京都大学	2024
燃料電池システムの先端研究と製品開発の加速を目指した統合燃料電池システムシミュレーター「FC-DynaMo」の開発	マルチスケール計測・計算技術の融合による高スループットデバイス開発支援プラットフォーム　公開キックオフシンポジウム	京都大学	2024
Analysis and Optimal Design of Polymer Electrolyte Fuel Cell Catalyst Ink Process	ISChE 2024	九州大学	2024
Analyzing Impact of Operating Condition on Polymer Electrolyte Fuel Cell Performance by Simulation	ISChE 2024	九州大学	2024
固体高分子形燃料電池の移動現象の無次元支配因子	化学工学会第 90 回年会	京都大学	2025
PEFC 触媒層内の物質輸送抵抗要因の解明	電気化学会第 92 回大会	九州大学	2025
白金スパッタ触媒を用いて測定した酸素還元反応速度の温湿度依存性	第 61 回電池討論会	京都大学	2020
固体高分子形燃料電池のカソードの挙動を支配する無次元数の決定法	第 61 回電池討論会	京都大学	2020
PEFC 酸素還元反応速度の白金担持密度依存性からのカソード支配因子決定法	第 61 回電池討論会	京都大学	2020
PEFC 流路内のガス組成分布がセル性能に及ぼす影響	化学工学会広島大会 2020	京都大学	2020
極薄層電極を用いて測定した酸素還元反応速度の温湿度依存性	化学工学会広島大会 2020	京都大学	2020
燃料電池の固体高分子膜の水素透過流束	第 23 回化学工学会学生発表会	京都大学	2021
Numerical simulation of cerium ion migration and distribution in a polymer electrolyte membrane	238th ECS Meeting	Institute of Fluid Scinece, Tohoku University	2020
Analysis of the Influence of Cerium Ions on Mass Transport Properties in Polymer Electrolyte Membrane by Molecular Dynamics Simulation	238th ECS Meeting	Institute of Fluid Scinece, Tohoku University	2020
水和ナフィオン膜内部におけるセリウムイオン輸送の分子論的解析	第 11 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム	東北大学流体科学研究所	2020
固体高分子形燃料電池触媒層における液水生成：水蒸気吸着実験及び格子密度汎関数理論計算による評価	日本機械学会 2021 年度 年次大会	東京大学	2021
Hydrogen crossover through a Nafion membrane and a membrane electrode assembly of PEFC at high temperature	240th ECS meeting	Kyoto University	2021
Performance of PEFC under different gas-mixing conditions	240th ECS meeting	Kyoto University	2021
Analysis method of oxygen reduction reaction rate in PEFC using Pt-sputtered catalyst	240th ECS meeting	Kyoto University	2021
アイオノマー膜厚特性を考慮した固体高分子形燃料電池触媒層性能解析	第 58 回日本伝熱シンポジウム	東北大学	2021

分子シミュレーションによる固体高分子形燃料電池物質輸送特/構造特性の評価	第 28 回　燃料電池シンポジウム	東北大学	2021
アイオノマー薄膜の表面拡散を考慮した燃料電池触媒層内酸素輸送特性の分子論的解析	第 28 回　燃料電池シンポジウム	東北大学	2021
Analysis of cell performance with consideration of catalyst layer construction in PEFC	240th ECS meeting	Tohoku University	2021
Analysis of the effect of surface diffusion on effective diffusivity of oxygen in catalyst layer by direct Monte Carlo simulation	240th ECS meeting	Tohoku University	2021
investigation on structure of catalyst layer including nafion/h2o/pt nano-particles/carbon in polymer electrolyte fuel cells by molecular dynamics simulation	MRM2021	Tohoku University	2021
Modeling of fuel cell stack for high-speed computation and implementation to integrated system model	240th ECS meeting	(a) Kyoto University, (b) Toyota Motor Corporation, (c) Tokyo University of Agriculture and Technology	2021
流路と拡散層内のマクロ混合が固体高分子形燃料電池の性能に与える影響	化学工学会第 52 回秋季大会	京都大学	2021
固体高分子形燃料電池のカソード触媒層内のアイオノマー中の酸素透過抵抗の測定	化学工学会第 52 回秋季大会	京都大学	2021
固体高分子形燃料電池の電解質膜の非定常水輸送モデル	化学工学会第 52 回秋季大会	京都大学	2021
Evaluation of macromixing in polymer electrolyte fuel cell by non-ideal reactor modeling	化学工学会関西大会 2021	Kyoto University	2021
Kinetic analysis method of oxygen reduction reaction	化学工学会関西大会 2021	Kyoto University	2021
Interfacial effects of transient water in membrane of polymer electrolyte fuel cell	化学工学会関西大会 2021	Kyoto University	2021
光フェントン反応を利用した高分子電解質膜の加速劣化反応器の開発	化学工学会第 52 回秋季大会	京都大学	2021
燃料電池触媒層内のアイオノマー薄膜上における挙動が酸素分子の輸送に与える影響の分子論的解析	日本流体力学会年会 2021	東北大学	2021
固体高分子形燃料電池触媒層作成における塗布・乾燥工程の分子シミュレーション	化学工学会第 52 回秋季大会	東北大学	2021
3D generation and reconstruction of the fuel cell catalyst layer using 2D images based on deep learning	化学工学会第 52 回秋季大会	九州大学	2021
水/エタノール比率が PEFC 触媒インク分散に及ぼす影響	第 58 回日本伝熱シンポジウム	(a) 東京工業大学, (b) 北海道大学, (c) FC-Cubic	2021
Impact of solvent decomposition on dispersion structure of PEFC catalyst ink	化学工学会第 52 回秋季大会	(a) Tokyo Institute of Technology, (b) Hokkaido University, (c) Fuel Cell Cutting-edge Research Center	2021
固体高分子形燃料電池のパーフルオロスルホン酸膜の酸素透過流束	第 24 回化学工学会学生発表会	京都大学	2022
物理モデルベース燃料電池システムシミュレータ開発	化学工学会第 87 年会	京都大学	2022
固体高分子形燃料電池の電解質膜のガス透過性と水輸送特性	化学工学会第 87 年会	京都大学	2022
固体高分子形燃料電池の流路と拡散層におけるマクロ混合の定式化	化学工学会第 87 年会	京都大学	2022
PEFC のカソード触媒層内の輸送抵抗の影響を考慮した酸素還元反応速度の解析	化学工学会第 87 年会	京都大学	2022
アイオノマーの膨潤と液水生成が固体高分子形燃料電池カソード触媒層内の酸素拡散に及ぼす影響の評価	日本機械学会 関東支部 第 28 期総会・講演会	(1) 東京大学 (2) FC-Cubic	2022
燃料電池触媒インク中の粒子凝集シミュレーション	第 24 回化学工学会学生発表会	九州大学	2022
二次電池・燃料電池研究における AI・DX の取り組み	化学工学会第 87 年会	九州大学	2022

固体高分子形燃料電池物質輸送特/構造特性に関する大規模分子シミュレーション	第 29 回燃料電池シンポジウム	東北大学	2022
固体高分子形燃料電池高分子膜内部におけるセリウムイオン移動現象の解析	第 29 回燃料電池シンポジウム	東北大学	2022
固体高分子形燃料電池において高電極反応活性を有する触媒層構造の反応分子動力学シミュレーションに基づく検討	第 29 回燃料電池シンポジウム	東北大学	2022
触媒層における Pt / C 表面がアイオノマーの吸着と形態変化に及ぼす影響に関する分子論的解析	第 59 回日本伝熱シンポジウム	東北大学	2022
酸素分子のアイオノマー表面散乱が燃料電池触媒層の酸素輸送抵抗に与える影響に関する分子論的解析	第 59 回日本伝熱シンポジウム	(1)東北大学、(2)東京大学	2022
アイオノマーが PEFC 触媒インクの分散構造に及ぼす影響	第 59 回日本伝熱シンポジウム	東京工業大学	2022
基材レス薄型 MPL による燃料電池内滞留抑制	第 59 回日本伝熱シンポジウム	東京工業大学	2022
物理モデルベース燃料電池システムシミュレーターの開発	MATLAB EXPO 2022 JAPAN、東京	京都大学	2022
Development of Multi-Purpose Dynamic Physical Model of Fuel Cell System	14th International Symposium on Process System Engineering, Kyoto	(a) Kyoto University (b) Toyota Motor Corporation (c) Tokyo University of Agriculture and Technology	2022
Model-Based Development of Fuel Cell Stack and System Controllers	14th International Symposium on Process System Engineering, Kyoto	(a) Kyoto University (b) Toyota Motor Corporation (c) Tokyo University of Agriculture and Technology	2022
デルベース FC システム開発用シミュレーター開発	自動車技術会フォーラム 2022	a: 京都大学, b: トヨタ自動車	2022
燃料電池触媒インク中の粒子凝集シミュレーション	第 59 回化学関連支部合同九州大会	九州大学	2022
シミュレーションを用いた燃料電池触媒インク中の凝集挙動予測	化学工学会第 53 回秋季大会	九州大学	2022
モデル電極を用いた固体高分子形燃料電池のアイオノマー中酸素透過抵抗の解析	化学工学会第 53 回秋季大会	京都大学	2022
絞り流路が固体高分子形燃料電池の性能に与える影響	化学工学会第 53 回秋季大会	京都大学	2022
流路と拡散層内のマクロ混合が固体高分子形燃料電池の性能に与える影響	化学工学会第 53 回秋季大会	京都大学	2022
燃料電池の触媒層とシステムのシミュレーターを併用した材料設計指針の提示	化学工学会第 53 回秋季大会	(a)東京農工大学、(b)九州大学、(c)京都大学	2022
燃料電池スタックと補機の制御系開発	化学工学会第 53 回秋季大会	(a)東京農工大学、(b)京都大学	2022
燃料電池システムシミュレーターの多様途展開に向けた制御系設計手法の開発	化学工学会第 53 回秋季大会	(a)東京農工大学、(b)京都大学	2022
物理モデルベース燃料電池システムシミュレーターの開発	化学工学会第 53 回秋季大会	京都大学・トヨタ自動車	2022
Simulation on water generation and oxygen diffusivity in catalyst layer of proton exchange membrane fuel cell considering swelling of ionomer	日本機械学会 2022 年度年次大会	東京大学	2022
Modeling of the dynamic behavior of an integrated fuel cell system including fuel cell stack, air system, hydrogen system, and cooling System	242nd ECS meeting	(a) Kyoto University (b) Toyota Motor Corporation (c) Tokyo University of Agriculture and Technology	2022
Effect of Narrowed Flow Channel on Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cell	242nd ECS meeting	Kyoto University	2022
Analysis method of oxygen permeation resistance of ionomer in cathode catalyst layer in PEFC	242nd ECS meeting	Kyoto University	2022
Dynamic water transport though the perfluorinated sulfonic-acid membrane	242nd ECS meeting	Kyoto University	2022

Micro-scale simulation of PEFC catalyst layer with dynamic structure change	242nd ECS meeting	Kyushu University	2022
Simulation of Agglomeration in Polymer Electrolyte Fuel Cell Catalyst Inks	242nd ECS meeting	Kyushu University	2022
A Coarse-Grained Molecular Dynamics Study on the Aggregation and Adsorption Behavior of Ionomer from Solution onto Pt/C Substrate	242nd ECS meeting	東北大学	2022
Molecular Dynamics Study on the Microscopic Mechanism of Mechanical Properties of Nafion Membrane	242nd ECS meeting	東北大学	2022
Molecular dynamics simulations of cerium ion transport phenomena in polymer electrolyte membranes of polymer electrolyte fuel cells	242nd ECS meeting	東北大学	2022
Analysis of the Behavior of Oxygen Molecules on Ionomers in the Catalyst Layer by Molecular Dynamics Simulation	242nd ECS meeting	東北大学	2022
Self-standing MPL and its in-situ liquid water measurement in PEFC	242nd ECS meeting	東京工業大学	2022
Investigation on Effects of I/C Ratio on Dispersion Structure of PEFC Catalyst Ink By Scanning Electron Assisted Dielectric Microscopy	242nd ECS meeting	東京工業大学	2022
Development of fuel cell system simulator	Mathworks Automotive Conference Europe, Stuttgart	Kyoto University	2022
固体高分子形燃料電池触媒層形成過程の分子動力学シミュレーション	熱工学コンファレンス 2022	東北大学	2022
絞り流路が固体高分子形燃料電池の性能に与える影響	第 63 回電池討論会、福岡	京都大学	2022
固体高分子形燃料電池のパーフルオロスルホン酸膜の水素および酸素透過性	第 63 回電池討論会、福岡	京都大学	2022
モデル電極を用いた固体高分子形燃料電池のアイオノマー中酸素透過抵抗の解析	第 63 回電池討論会、福岡	京都大学	2022
物理モデルベースの燃料電池システムシミュレーター開発	第 63 回電池討論会、福岡	(a)京都大学 (b)東京農工大学	2022
燃料電池システムシミュレーターの多様途展開に向けた制御系設計手法の開発	第 63 回電池討論会、福岡	(a)東京農工大学(b)京都大学	2022
PEFC 高性能化を目指した極薄自立 MPL 創成と液水可視化評価	第 63 回電池討論会、福岡	東京工業大学	2022
Microscale simulation of catalyst layer degradation in polymer electrolyte fuel cell	第 63 回電池討論会、福岡	Kyushu University	2022
Modeling the PEFC —from molecules to the systems—	第 9 回国際燃料電池ワークショップ（IFCW 2022）、甲府	京都大学	2022
Roles of Process Systems Engineering in Fuel Cell Research and Development	The 10th I10th Asian Symposium on Process Systems Engineering (PSE Asia 2022), Chennai, India	(a) Tokyo University of Agriculture and Technology (b)Kyoto University (c) Toyota Motor Corporation	2022
PEFC 内部の構造・輸送特性の解明に資する大規模分子シミュレーション	電気化学会第 90 回大会	東北大学	2023
炭素担体構造の影響を考慮した PEFC 出力特性シミュレーション	第 25 回化学工学会学生発表会	九州大学	2023
反応工学的モデリングに基づく PEFC カソード反応における物質輸送抵抗の解析	第 25 回化学工学会学生発表会	京都大学	2023
燃料電池（FC）システムの多用途展開への活用を目指した統合システムシミュレーターの開発	燃料電池・FCH 部会　第 283 回定例研究会	京都大学	2023
固体高分子形燃料電池のパーフルオロスルホン酸膜の水輸送物性	化学工学会第 88 年会	京都大学	2023
流路の形状が固体高分子形燃料電池の性能に与える影響	化学工学会第 88 年会	京都大学	2023
燃料電池システムシミュレーターによる動的発電分布解析	化学工学会第 88 年会	京都大学	2023
燃料電池システムの排ガス中の水素濃度制御器の開発	化学工学会第 88 年会	京都大学	2023
大規模反応分子動力学シミュレーションによる固体高分子形燃料電池の高出力化に向けたカソード触媒層における炭素担体のメゾ細孔構造が電極反応活性に与える影響の検討	電気化学会第 90 回大会、仙台	東北大学	2023

固体酸化物形燃料電池(SOFC)におけるカチオン拡散の影響	第 46 回固体イオニクス討論会	産業技術総合研究所	2020
強靭化に向けた金属支持型 SOFC の湿式作製プロセスの開発	第 29 回 SOFC 研究発表会	産業技術総合研究所	2020
固体酸化物形燃料電池のその場応力測定	第 29 回 SOFC 研究発表会	1:東北大学環境科学研究科、2:東北大学工学研究科	2020
強靭化セルのための Ni-Fe 多孔質金属基板上への YSZ 薄膜の作成と発電特性	第 29 回 SOFC 研究発表会	九州大学	2020
Ni-Fe fuel electrode layer for steam/CO2 electrolysis on Ni-YSZ supported tubular cell using LSGM electrolyte film	第 29 回 SOFC 研究発表会	九州大学	2020
First-principles investigation on the BaM2NiO5 second phase in Ba(Zr,M)O3 solid electrolyte in Proton-Conducting Solid Oxide Fuel Cell	The 17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII):The Electrochemical Society	一般財団法人電力中央研究所	2021
BaZr0.8Yb0.2O3−δ 電解質を用いた PCFC の電解質元素分布分析と電気化学特性評価	日本セラミックス協会・第 34 回秋季シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、パナソニック株式会社	2021
BaZr0 . 8Yb0 . 2O3 − δ 電解質のアノード材との反応性と PCFC 発電特性評価	FCDIC・第 29 回燃料電池シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、パナソニック株式会社	2022
PCFC 固体電解質 Ba(Zr,M)O3 における電極由来元素の相互作用解析	日本セラミックス協会第 35 回秋季シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
PCFC 用 BZCYYb 系中間層と Co 系空気極との反応性	日本セラミックス協会第 35 回秋季シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
Electrochemical Performance and Durability of PCFC with Ni-anode Supported BaZr0.8Yb0.2O3−δ Electrolyte	Asian Society for Solid State Ionics・17th Asian Conference on Solid State Ionics (ACSSI-17)	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、パナソニック株式会社	2022
BaZr0.8Yb0.2O3−δ 電解質の Ni 系アノード材との反応性に関する検討	第 31 回 SOFC 研究発表会	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
BaZr0.8Yb0.2O3−δ 電解質を用いた PCFC の特性評価と供給ガスが与える影響	電気化学会・第 90 回大会	一般財団法人電力中央研究所、パナソニック株式会社、国立大学法人横浜国立大学	2023
Enhanced stability of PCFCs with BZYb electrolyte by introduction of buffer layer	Asian Society for Solid State Ionics・17th Asian Conference on Solid State Ionics (ACSSI-17)	東京瓦斯株式会社、東邦ガス株式会社、パナソニック株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所	2022
BaZr0.8Yb0.2O3 電解質を用いた PCFC の安定性試験による耐久性評価	日本セラミックス協会第 35 回秋季シンポジウム	東邦ガス株式会社、東京瓦斯株式会社、パナソニック株式会社、一般財団法人電力中央研究所	2022
BaZr0.8Yb0.2O3 電解質を用いたプロトン伝導セラミック燃料電池のリバーシブル特性	FCDIC・第 29 回燃料電池シンポジウム	株式会社エアリキード・ラボラトリーズ、一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所	2022
供給ガスの水蒸気濃度がプロトン伝導性セラミック燃料電池の発電特性に及ぼす影響の測定	日本セラミックス協会・第 35 回秋季シンポジウム	国立大学法人横浜国立大学、パナソニック株式会社、一般財団法人電力中央研究所	2022
Performance Analysis of Protonic Ceramic Fuel Cell Cogeneration System using Methane Fuel	Asian Society for Solid State Ionics・17th Asian Conference on Solid State Ionics (ACSSI-17)	国立大学法人横浜国立大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所	2022
PCFC における水蒸気濃度がホールリークに与える影響に関する数値解析	SOFC 研究会・第 31 回 SOFC 研究発表会	国立大学法人横浜国立大学、一般財団法人電力中央研究所	2022

プロトン伝導セラミック燃料電池の電子リークが分極抵抗に及ぼす影響	日本固体イオニクス学会・第 48 回固体イオニクス討論会	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学	2022
プロトン伝導性セラミック燃料電池の材料・セル性能・製造プロセスに基づく技術経済性分析	FCDIC・第 29 回燃料電池シンポジウム	国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東京大学	2022
プロトン伝導性セラミック燃料電池のセル設計及び製造プロセス評価	FCDIC・第 29 回燃料電池シンポジウム	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2022
カーボンニュートラルを支える水素の役割　―燃料電池、エネルギーキャリア、カーボンリサイクル―	日本溶接協会・特別講演	国立大学法人東京工業大学	2022
コストエンジニアリングによる燃料電池および水電解システムの設計と技術経済性分析	FCDIC・学会誌「燃料電池」技術情報	国立大学法人東京工業大学	2022
Controlling ionic and electronic transport properties in protonic ceramic fuel cells with bilayer electrolytes	電気化学会・2022 年電気化学会秋季大会	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2022
積層電解質を有するプロトン伝導性セラミック燃料電池の発電システム評価	SOFC 研究会・第 31 回 SOFC 研究発表会	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2022
カーボンニュートラルを支える固体イオニクス―燃料電池、エネルギーキャリア、カーボンリサイクル―	化学工学会・エネルギー部会　第 1 回エネルギー部会シンポジウム	国立大学法人東京工業大学	2023
Integrated Energy Science in Tokyo Tech-Energy Conversion Devices and Systems design for Fuel cells, Energy Carrier, and Carbon Recycling-	九州大学エネルギーウィーク I2CNER 年会・ジョイントワークショップ	国立大学法人東京工業大学	2023
Advance in fuel cell technology for highly energy conversion – development of protonic ceramic fuel cells and applications –	e-ASIA Joint Research Program, International Environment Workshop, Japan Science and Technology Agency (JST)	国立大学法人東京工業大学	2023
発電特性を左右するイオン・ホール輸送の数値解析-発電効率 70%実現に向けたシミュレーション実証	日本セラミック協会・学会誌「セラミックス」	国立大学法人横浜国立大学	2022
BZYb 電解質を有する PCFC におけるアノード燃料が耐久性に及ぼす影響	FCDIC・第 30 回燃料電池シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、パナソニックホールディングス株式会社、国立大学法人横浜国立大学	2023
セル製造条件下における Ba(Zr,Yb)O3-δ系ペロブスカイト電解質の相安定性	FCDIC・第 30 回燃料電池シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学、パナソニックホールディングス株式会社	2023
PCFC の発電条件下での Ba(Zr,M)O3-d 系固体電解質における電極由来元素拡散に対する理論的考察	FCDIC 第 30 回燃料電池シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学、パナソニックホールディングス株式会社	2023
セル製造および発電時における BaZr1-xYbxO3-δ系ペロブスカイトの相安定性	日本セラミックス協会・第 36 回秋季シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学、パナソニックホールディングス株式会社	2023
Theoretical investigation on second phase precipitation in Ba(Zr, M)O3-d by electrode derived element	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学、パナソニックホールディングス株式会社	2023
第一原理計算による BaZrO3 の格子定数に及ぼすドーパントおよび点欠陥の影響解析	日本固体イオニクス学会・第 49 回固体イオニクス討論会	一般財団法人電力中央研究所	2023

PCFC 用積層電解質の製造条件の検討	日本セラミックス協会・2024 年年会	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所	2024
Evaluation of Polarization Resistances Using Distribution of Relaxation Times Analysis for Protonic Ceramic Fuel Cells	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池の電子リークが過電圧に及ぼす影響	日本固体イオニクス学会・第 49 回固体イオニクス討論会	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池の劣化要因解析	電気化学会第 91 回大会（電気化学会）	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人島根大学、一般財団法人電力中央研究所	2024
緩和時間分布法によるプロトン伝導セラミック燃料電池の劣化要因解析	環境調和材料研究会（名古屋工業大学研究協力会）	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2024
SOFC/SOEC システムおよび PCFC システムのコストエンジニアリング	第 127 回　SOFC 研究会	国立大学法人東京工業大学	2023
Bilayer Cell model and System Design of Highly Efficient Protonic Ceramic Fuel Cells	243rd ECS Meeting with the 18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東京大学	2023
プロトン伝導性固体酸化物形燃料電池における積層電解質膜のシステム効率に対する影響分析	第 30 回燃料電池シンポジウム	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2023
高効率化に向けたプロトン伝導性セラミック燃料電池のセルおよびシステムデザイン	燃料電池・ＦＣＨ部会　第 284 回定例研究会	国立大学法人東京工業大学	2023
Improving the Performance of Protonic Ceramic Fuel Cells by Controlling Leakage Current Using Bilayer Electrolytes	化学工学会第 54 回秋季大会	国立大学法人東京工業大学	2023
高効率プロトン伝導性セラミック燃料電池のシステム設計および技術経済性評価	化学工学会第 54 回秋季大会	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2023
Improving Performance of Protonic Ceramic Fuel Cells with Bilayer Electrolytes Based on Ionic and Electronic Transport	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	国立大学法人東京工業大学	2023
Design of system and manufacturing process for highly efficient protonic ceramic fuel cells using cost engineering	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2023
Effect of Bilayer Electrolyte Thickness on Protonic Ceramic Fuel Cell Performance	電気化学会第 91 回大会	国立大学法人東京工業大学	2024
積層電解質を有するプロトン伝導性セラミック燃料電池の電気化学的評価および技術経済性分析	化学工学会第 89 年会	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2024
カーボンニュートラルを担う固体イオニクスと反応システム	化学工学会第 89 年会反応工学部会	国立大学法人東京工業大学	2024
プロトン伝導型セラミック燃料電池における供給加湿変化時の非定常特性調査	日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム	国立大学法人横浜国立大学、一般財団法人電力中央研究所	2023
Development of a numerical analysis of the unsteady response of a PCFC	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学、一般財団法人電力中央研究所	2023
プロトン伝導型セラミック燃料電池における供給加湿変化時の非定常応答調査	第 49 回固体イオニクス討論会	国立大学法人横浜国立大学、一般財団法人電力中央研究所	2023
プロトン伝導型セラミック燃料電池における供給加湿変化時の非定常数値解析	第 32 回 SOFC 研究発表会	国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学、一般財団法人電力中央研究所	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池の現状と実用化に向けた今後の展望	日本セラミックス協会・第 33 回秋季シンポジウム	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2020
PCFC 内のガス濃度分布を考慮した局所電流効率分布に関する数値解析	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	国立大学法人横浜国立大学、一般財団法人電力中央研究所	2020

固体酸化物形燃料電池の技術および経済性評価ープロトン伝導性セラミックス燃料電池の実用化に向けた評価の取り組みー	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	国立大学法人東京大学	2020
プロトン伝導性固体酸化物形燃料電池の高効率化に向けた積層型電解質の設計	電気化学会・第 88 回大会	国立大学法人東京工業大学、東京瓦斯株式会社	2021
脱炭素社会に貢献するプロトン伝導セラミック燃料電池の開発	産総研テクノブリッジフェア in 中部 2020	国立研究開発法人産業技術総合研究所	2021
超高効率を実現するプロトン伝導セラミック燃料電池の研究開発	FCDIC・第 28 回燃料電池シンポジウム	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東北大学、一般財団法人電力中央研究所	2021
プロトン伝導性セラミックス燃料電池の技術および経済性評価	FCDIC・第 28 回燃料電池シンポジウム	国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東京大学	2021
プロトン伝導性セラミックス燃料電池の製造プロセス設計および経済性評価	FCDIC・第 28 回燃料電池シンポジウム	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2021
Numerical analysis of the local current efficiency distribution in a PCFC considering gas atmosphere concentration distribution	The Electrochemical Society・17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学、一般財団法人電力中央研究所	2021
NEDO プロジェクトにおけるプロトン伝導セラミック燃料電池の研究開発状況	日本セラミックス協会・第 34 回秋季シンポジウム	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東北大学、一般財団法人電力中央研究所	2021
Design and performance of bilayer proton-conducting ceramic fuel cells based on ionic and electronic transport properties	日本セラミックス協会・第 34 回秋季シンポジウム	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2021
プロトン伝導性固体酸化物形燃料電池の高効率化に向けた積層型電解質の設計	日本セラミックス協会・第 34 回秋季シンポジウム	国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学、一般財団法人電力中央研究所	2021
プロトン伝導性セラミック燃料電池モジュールの製造における経済性および生産プロセス評価	化学工学会・第 52 回秋季大会（ST-24 ナノスケールからシステムまで幅広く研究展開する電池・エネルギー変換・貯蔵技術）	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2021
First-principles investigation on the BaM2NiO5 precipitates in Ba(Zr,M)O3 solid electrolyte in Proton-Conducting Solid Oxide Fuel Cell	The ceramic societies of the Pacific Rim countries・14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人宮崎大学	2021
NEDO プロジェクトにおける超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池の研究開発状況	SOFC 研究会・第 30 回 SOFC 研究発表会	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東北大学、一般財団法人電力中央研究所	2021
積層型電解質膜を用いたプロトン伝導性セラミック燃料電池のセルデザインおよび経済性評価	SOFC 研究会・第 30 回 SOFC 研究発表会	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2021
高燃料利用率運転 PCFC 内の局所ホール電流密度分布計算	SOFC 研究会・第 30 回 SOFC 研究発表会	国立大学法人横浜国立大学、国立大学法人宮崎大学、一般財団法人電力中央研究所	2021
プロトン伝導型 SOFC 内の局所ホール電流密度分布計算	大阪科学技術センター, 燃料電池・ＦＣＨ部会 第 276 回定例研究会	国立大学法人横浜国立大学	2022
燃料電池、水素製造・利用技術のコストエンジニアリング　ーSOFC, PEFC, PCFC のコスト評価ー	固体酸化物エネルギー変換先端技術コンソーシアム 第二期第 4 回 技術検討委員会 戦略シナリオ検討プロジェクト 講演会	国立大学法人東京工業大学	2022
プロトン伝導性積層型セラミック燃料電池の高効率セル設計と発電特性評価	化学工学会・第 87 年会	国立大学法人東京工業大学	2022
Improvement of PCFC performance by optimizing leakage current using multilayer electrolytes	電気化学会・第 89 回大会	国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学	2022
Sinterability of NiO added BaZr0.8Yb0.2O3-δ Perovskite as an Electrolyte of Protonic Ceramic Fuel Cell	CMCEE2024・14th International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Systems	一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人宮崎大学	2024

PCFC 固体電解質 Ba(Zr,M)O3 における第 2 相 BaM2NiO5 の動的安定性解析	日本セラミックス協会・第 37 回秋季シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人宮崎大学	2024
Theoretical investigation on the stability of second phase formation in Ba(Zr, M)O3-d by electrode derived Ni and Co elements	PRiME 2024・The Electrochemical Society	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人宮崎大学	2024
プロトン伝導セラミックセルにおける電極／電解質界面中間層の電解特性への影響	日本セラミックス協会 2025 年会	株式会社エアリキード・ラボラトリーズ、一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所	2025
プロトン伝導セラミック電解セル・燃料電池の供給加湿変化時の電解質抵抗応答	日本セラミックス協会 2025 年会	国立大学法人横浜国立大学、一般財団法人電力中央研究所	2025
プロトン伝導セラミック燃料電池における酸素還元反応機構の解明	日本固体イオニクス学会・第 50 回固体イオニクス討論会	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人名古屋工業大学	2024
Influence of bilayer electrolytes based on yttrium-doped barium zirconate on the performance of protonic ceramic fuel cells	SOFC 研究会・7th Asian SOFC Symposium	国立大学法人東京科学大学	2024
Effect of Perovskite-Pyrochlore Bilayer Electrolyte on the Performance of Protonic Ceramic Fuel Cells	電気化学会・電気化学会第 92 回大会	国立大学法人東京科学大学	2025
SOFC スタックの高度評価・解析プロジェクトの進展と成果	第 32 回 SOFC 研究発表会	産総研	2023
多孔質 LSCF 空気極の 600℃における表面劣化挙動	第 32 回 SOFC 研究発表会	産総研	2023
SOFC セルスタックの評価・解析法プロジェクトの進展及び達成状況	第 30 回燃料電池シンポジウム	産総研	2023
Degradation Evaluation of LaCrO3-Based Interconnect on the Basis of Oxygen Permeation Measurements	SOFC-XVIII	AIST	2023
Progress of the Evaluation and Analysis Methods for Durability of SOFC Stacks	SOFC-XVIII	AIST	2023
固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の進展	第 29 回燃料電池シンポジウム	産総研	2022
Recent achievements of advanced evaluation and analysis technologies for the durability of Solid Oxide Fuel Cells stacks in Japan	15th European SOFC & SOE Forum	AIST	2022
固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の進展	第 31 回 SOFC 研究発表会	産総研	2022
LaCrO3 系インターコネクタの酸素透過量評価	第 31 回 SOFC 研究発表会	産総研	2022
数値シミュレーションを用いた SOFC スタックのコンパクト化検討	第 31 回 SOFC 研究発表会	大阪ガスマーケッティング	2022
燃料極支持型セルにおける YSZ/GDC 電解質内の酸素拡散挙動	電気化学会第 90 回大会	産総研	2023
SOFC 関連技術の最先端研究紹介 1 :高度分析技術に基づく材料研究	第 120 回 SOFC 研究会	AIST	2021
"SOFC スタックの適用性拡大に資する評価・解析法の開発	第 28 回燃料電池シンポジウム	産総研	2021
Recent Achievement of Degradation Analyses in Japanese National Project: High Efficiency and Dynamic Operation Effects on the Durability of SOFC Stacks	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	AIST	2021
Conductivity Degradation of Transition Metal (Mn, Fe, Co) Doped Yttria Stabilized Zirconia by Phase Transformation	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	AIST	2021
Determination of Partial Proton Conductivity in Fluorite-Type Oxides Using Electrochemical Technique	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	AIST	2021
Determination of Factors Governing Degradation of Anode-Supported Solid Oxide Fuel Cells as Influenced by Current Density and Humidity	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	AIST	2021

Effect of Dopant Concentration and Species on Proton Solubility and Diffusivity in Ceria	The 20th International Conference on Solid State Protonic Conductors (SSPC-20)	AIST	2021
セリアへのプロトン溶解および拡散におけるドーパントの効果	第 47 回固体イオニクス討論会	産総研	2021
Effect of Water Vapor on the Degradation of Solid Oxide Fuel Cell Cathode during Sulfur Poisoning	第 30 回 SOFC 研究発表会	AIST	2021
SOFC セルの劣化複合効果に関する材料化学的分析	第 30 回 SOFC 研究発表会	産総研	2021
SOFC スタックの高度評価・解析技術プロジェクトの進展	第 30 回 SOFC 研究発表会	産総研	2021
高温赤外線分光法に基づくセリア中のプロトン拡散機構の推定	電気化学会第 89 回大会	産総研	2022
SOFC 耐久性迅速評価方法に関する基礎研究の成果概要：適用性拡大に向けた高効率運転時の課題抽出	第 29 回 SOFC 研究発表会	産総研	2020
物理化学的解析に基づく SOFC セルの劣化機構解明	第 29 回 SOFC 研究発表会	産総研	2020
SIMS による YSZ・GDC へのプロトンの溶解・拡散挙動の評価	第 29 回 SOFC 研究発表会	産総研	2020
SOFC 適用性拡大に向けた高効率運転時の課題抽出	大阪科学技術センター燃料電池・ＦＣＨ部会 第 270 回定例研究会	産総研	2021
電気化学的手法による蛍石型酸化物イオン伝導体のプロトンの部分伝導度測定	電気化学会第 88 回大会	産総研	2021
SOFC スタックの評価・解析法プロジェクトの進展及び進捗	第 31 回燃料電池シンポジウム	産総研	2024
Progress and Achievement of the Evaluation Methods Project for SOFC cell-stack Degradation	7th Asian SOFC Symposium	AIST	2024
SOFC スタックの高度評価・解析プロジェクトの成果と総括	第 33 回 SOFC 研究発表会	産総研	2024
機械学習を用いたニッケル-イットリア安定化ジルコニア燃料極のニッケル移動に伴う電極構造変化と電極性能変化の予測	第 33 回 SOFC 研究発表会	産総研、東京大学	2024
固体酸化物形燃料電池(SOFC)の高度劣化評価・解析法の進展	九州大学エネルギーウィーク　フォーカストセッション C	産総研	2025
SOFC セルスタック性能劣化解析(8)-高燃料利用率下での長期耐久試験および運用性拡大評価	第 30 回燃料電池シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所	2023
Degradation Analysis of SOFC Performance for Long-Term Operation with High Fuel Utilization (2)	18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	一般財団法人電力中央研究所	2023
動特性シミュレーションを通じた SOFC 単セルの状態量分布解析	日本機械学会 設計工学・システム部門 1DCAE・MBD シンポジウム 2023	一般財団法人電力中央研究所	2023
高燃料利用率下での SOFC セルスタック耐久性評価 (3)	第 32 回 SOFC 研究発表会	一般財団法人電力中央研究所	2023
SOFC スタック性能劣化解析(9)-高燃料利用率下での長期耐久試験および性能評価-	第 31 回燃料電池シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所	2024
Long-term Degradation Analysis of SOFC Performance (3)	EFCF2024	一般財団法人電力中央研究所	2024
Dynamic simulation for a SOFC cell stack with electrode polarization model	EFCF2024	一般財団法人電力中央研究所	2024
Degradation analysis of SOFC performance (10)	75th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry	一般財団法人電力中央研究所	2024
Prediction of SOFC lifetime through the durability test	7th Asian SOFC Symposium	一般財団法人電力中央研究所	2024
動特性シミュレーションを通じた SOFC セルスタックの状態量分布解析	日本機械学会 1DCAE・MBD シンポジウム 2024	一般財団法人電力中央研究所	2024
高燃料利用率下での SOFC セルスタック耐久性評価（4）	第 33 回 SOFC 研究発表会	一般財団法人電力中央研究所	2024
SOFC スタック性能劣化解析(6)- 高燃料利用率下での長期耐久試-	第 28 回燃料電池シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所	2021
Degradation Analysis of SOFC Performance for Long-Term Operation with High Fuel Utilization	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	一般財団法人電力中央研究所	2021

高燃料利用率下での SOFC セルスタック耐久性評価	第 30 回 SOFC 研究発表会	一般財団法人電力中央研究所	2021
SOFC スタック性能劣化解析(7)- 高燃料利用率下での長期耐久試-	第 29 回燃料電池シンポジウム	一般財団法人電力中央研究所	2022
Long-term Degradation Analysis of SOFC Performance (2)	15th European SOFC & SOE Forum (EFCF2022)	一般財団法人電力中央研究所	2022
SOFC システム動特性解析に向けた単セル動特性モデルの開発	"日本機械学会 設計工学・システム部門 1DCAE・MBD シンポジウム 2022	一般財団法人電力中央研究所	2022
高燃料利用率下での SOFC セルスタック耐久性評価(2)	第 31 回 SOFC 研究発表会	一般財団法人電力中央研究所	2022
SOFC システム動特性解析技術開発の現況	第 126 回 SOFC 研究会	一般財団法人電力中央研究所	2023
Performance and stability of gadolinium doped ceria solid oxide electrolysis cell fuel electrode	第 32 回 SOFC 研究発表会	The University of Tokyo	2023
Modeling and prediction of Ni dynamic morphology Modeling and prediction of Ni dynamic morphology change in patterned Ni/YSZ electrode	第 32 回 SOFC 研究発表会	The University of Tokyo	2023
深層学習による SOFC 電極の局所応力分布予測	日本機械学会 2023 年度年次大会	千葉工大，東大	2023
SOFC 燃料極積層シート一体焼結のそり変形観察と予測	日本材料学会材料シンポジウム「若手学生研究発表会」	千葉工大	2023
SOFC 空気極の微細構造変化と発生応力予測	日本材料学会材料シンポジウム「若手学生研究発表会」	千葉工大，東大	2023
多孔体内の熱応力集中部の深層学習予測	日本セラミックス協会 2024 年年会	千葉工大，東大	2024
固体酸化物形燃料電池燃料極におけるマイクロ多孔体パターン上のニッケル移動に関する研究	第 28 回動力エネルギー技術シンポジウム	東大	2024
パターン YSZ 多孔体燃料極における Ni 移動の Phase Field シミュレーション	第 28 回動力エネルギー技術シンポジウム	東大	2024
Prediction of local overpotential in Ni-YSZ patterned fuel electrode	The 7th Asian SOFC Symposium	東大	2024
Effect of Ni Dissolution on Ni Migration in Solid Oxide Cell Patterned Electrode	The 7th Asian SOFC Symposium	東大	2024
SOC Microstructural Studies with Machine Learning: Insights and Applications	The 7th Asian SOFC Symposium	東大	2024
マルチレイヤ―一体焼結時の変形挙動に及ぼす支持体の影響	日本材料学会 材料シンポジウム	千葉工大	2024
Application of machine learning techniques to predict the mechanical response during electrode fabrication in solid oxide fuel cells	Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength 2024	千葉工大	2024
Diffusion model による固体酸化物セル電極微細構造の生成	第 33 回 SOFC 研究発表会	東大	2024
機械学習を用いたニッケル-イットリア安定化ジルコニア燃料極のニッケル移動に伴う電極構造変化と電極性能変化の予測	第 33 回 SOFC 研究発表会	東大，産総研	2024
Predicting dynamic microstructure degradation by physically constrained machine learning	16th European SOFC & SOE Forum EFCF2024	東大	2024
Mitigating degradation of GDC electrodes in SOEC operation	16th European SOFC & SOE Forum EFCF2024	東大	2024
Effects of Transition Metal Elements on Ni Migration in Solid Oxide Cell Fuel Electrodes	SOFC XVIII	東大	2023
主成分分析を用いた微細構造依存の多孔体特性予測	日本セラミックス協会 2023 年年会	千葉工大	2023
Microstructural Changes of Active Ni Fuel Electrode/Electrolyte Interface in Solid Oxide Fuel Cells	47th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC2023)		2023
Microstructure and performance of GDC anode with precipitated Ni nanoparticles	第 31 回 SOFC 研究発表会	東大	2022
固体酸化物形燃料電池燃料極の Ni 移動に及ぼす遷移金属元素の影響	第 31 回 SOFC 研究発表会	東大	2022
SOFC 空気極／電解質界面近傍の FIB-SEM 三次元再構築化と応力分布解析	第 13 回マイクロナノ工学シンポジウム	千葉工大，東大	2022
積層化した SOFC 電極の共焼結中の変形予測	M&M2022 材料力学カンファレンス	千葉工大	2022
機械学習による SOFC 性能及び微細構造変化の予測	第 26 回 動力エネルギーシンポジウム	東大	2022

Machine learning methods for predicting microstructural changes in solid oxide cell electrodes	Materials Science and Technology (MS&T 22)　technical meeting and exhibition	東大	2022
Microstructures of Ni-GDC electrodes with carbon deposition	EFCF 2022 15th European SOFC & SOE Forum	東大	2022
Synthesizing Electrode Microstructures with Predefined Spatial Gradients by Conditional Generative Adversarial Networks	241st ECS Meeting, Vancouver, Canada	東大	2022
深層学習を援用した積層テープ材のそり変形挙動のその場観察	日本セラミックス協会　2022 年年会	千葉工大	2022
ペリダイナミクス法を用いた多孔体クラック生成の統計的性質評	日本セラミックス協会　2022 年年会	千葉工大，東大	2022
NiO Reduction Prediction with Unsupervised Image-to-Image Translation Network	第 30 回 SOFC 研究発表会	東大	2021
In operando observation of SOFC anode	6th Asian SOFC Symposium and Exhibition	東大	2021
3-D microstructures of Ni-YSZ anodes with carbon deposition	6th Asian SOFC Symposium and Exhibition	東大	2021
Degradation predictions of solid oxide cells through Electrochemical Impedance Spectra with Long Short-Term Memory Neural Network	6th Asian SOFC Symposium and Exhibition	東大	2021
機械学習を援用した SOFC テープ成形体収縮挙動のその場観察	材料シンポジウム若手学生研究発表会	千葉工大	2021
固体酸化物形燃料電池電極の三次元微細構造の熱変形・微小クラック生成解析	日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス	千葉工大，東大	2021
Microstructure and performance of Ni-free nano La0.75Sr0.25Cr0.5Mn0.5O3 - Gd0.2Ce0.8Ox composite anode	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	東大	2021
Super-resolved in-operando observation of SOFC pattern electrodes	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	東大	2021
Unsupervised generative adversarial network for 3-D microstructure synthesis from 2-D image	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	東大	2021
In-operando observations of Ni-YSZ patterned fuel electrodes under SOFC and SOEC operations	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	東大	2021
リバーシブル運転下におけるパターン Ni-YSZ 電極の in-operando 観察	第 29 回 SOFC 研究発表会	東大	2020
Evolutions of microstructure and performance of Ni-GDC and Ni-YSZ fuel electrodes under reversible operation	14th European SOFC and SOE Forum	東大	2020
Study on Influences of Polarization on Nickel Morphological Changes in Nickel-Yttria-Stabilized-Zirconia Fuel Electrode During both Fuel Cell and Electrolysis Mode Operations of Solid Oxide Cells	14th European SOFC and SOE Forum	東大	2020
Physics-Informed Neural Network を用いた SOFC 燃料極の 1 次元数値解析	第 60 回日本伝熱シンポジウム	京都大学	2023
機械学習手法を用いた SOFC 電極の屈曲度ファクタの定量化	第 60 回日本伝熱シンポジウム	京都大学	2023
Quantification of Bimodal Pore Structure in Solid Oxide Fuel Cell Anodes and Its Effects on Permeability	17th International Heat Transfer Conference	京都大学	2023
Quasi-3D Modeling of Solid Oxide Fuel Cells for Combined Degradation study	14th International Conference on Computational Heat and Mass Transfer	京都大学	2023
分極による局所環境が Ni/YSZ 界面の濡れ性に与える影響	2023 電気化学秋季大会	京都大学	2023
分極下における Ni/YSZ 界面の相互作用	第 49 回固体イオニクス討論会	京都大学	2023
単位セル性能データベースに基づく固体酸化物形燃料電池セルの新規数値シミュレーション手法の開発	熱工学コンファレンス 2020	京都大学	2020
３次元畳み込みニューラルネットワークによる多孔質体の屈曲度ファクタの推定	第 58 回日本伝熱シンポジウム	京都大学	2021
Electrochemical Characteristics of SOFC Anodes Operated at High Fuel Utilization	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	京都大学	2021

SOFC 燃料極における二峰性空隙構造の定量化と透過率への影響	第 25 回動力・エネルギー技術シンポジウム	京都大学	2021
過酷運転環境における固体酸化物形燃料電池の電気化学特性	2021 年電気化学会秋季大会	京都大学	2021
Bimodal pore-size distribution in solid oxide fuel cell anode and its effect on gas permeability	European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes (EUROMAT 2021)	京都大学	2021
Gas Transport with Total Pressure Difference in Solid Oxide Fuel Cell Anode Substrate	6th Asian SOFC Symposium and Exhibition	京都大学	2021
SOFC アノードにおける Ni/酸化物界面の相互作用	第 30 回 SOFC 研究発表会	京都大学	2021
SOFC 燃料極支持体中のガス輸送現象における全圧差の影響	第 30 回 SOFC 研究発表会	京都大学	2021
機械学習を用いた SOFC 燃料極における交換電流密度のモデル化	日本機械学会関西学生会 2021 年度学生員卒業研究発表講演会	京都大学	2022
SOFC 多孔質燃料極支持層の微細空隙構造がガス輸送特性に及ぼす影響	日本機械学会関西学生会 2021 年度学生員卒業研究発表講演会	京都大学	2022
過酷運転環境における固体酸化物形燃料電池の電気化学特性（２）	2022 年電気化学会第 89 回大会	京都大学	2022
SOFC 燃料極における異なる分子量を持つ気体の対向輸送に対する全圧差の影響	第 59 回 日本伝熱シンポジウム	京都大学	2022
SOFC 燃料極多孔質体内に生じる対向ガス輸送現象に関する 3 次元数値解析	熱工学コンファレンス 2022	京都大学	2022
SOFC アノードにおける Ni/酸化物界面の相互作用(2)	第 31 回 SOFC 研究発表会	京都大学	2022
Interfacial interaction between Ni and oxide in SOFC anodes	SOFC-XVIII	京都大学	2023
Physics-Informed Neural Network を用いた SOFC 燃料極の一次元数値解析－損失関数定式化手法の比較評価－	第 28 回動力・エネルギー技術シンポジウム	京都大学	2024
敵対的生成ネットワークを用いた SOFC 模擬燃料極構造の生成 ―体積分率及び表面積密度の同時制御手法の検討―	第 28 回動力・エネルギー技術シンポジウム	京都大学	2024
Influence of local environment under polarization on wettability of Ni/YSZ interface	PRiME2024	京都大学	2024
Numerical framework for simulation of combined degradation of SOFC stacks based on quasi-3D modeling	7th Asian SOFC Symposium	京都大学	2024
分極下における Ni/YSZ 界面の濡れ性変化(2)	第 50 回固体イオニクス討論会	京都大学	2024
Generative adversarial network for synthesizing artificial 3D porous electrodes for solid oxide cells controlling multiple structural properties	The 3rd Pacific Rim Thermal Engineering Conference	京都大学	2024
Application of Physics-Informed Neural Networks for Numerical Simulation of SOFC Anode	The 3rd Pacific Rim Thermal Engineering Conference	京都大学	2024
分極による局所環境の変化が Ni/YSZ 界面の濡れ性に与える影響	第 33 回 SOFC 研究発表会	京都大学	2024
ステンレス鋼表面酸化皮膜の加湿水素中における構造変化および耐久性への影響	第 32 回 SOFC 研究発表会	九州大学	2023
汎用ステンレス SUS430J1L の加湿水素中で生成する表面酸化皮膜の微構造と電気抵抗	第 33 回 SOFC 研究発表会	九州大学	2024
SOFC 発電によるセリア/ジルコニア界面における SrZrO3 の形態変化	"日本セラミックス協会第 33 回秋季シンポジウム	九州大学	2020
SOFC 過酷運転下における Ni-ScSZ アノードの局所構造変化	日本セラミックス協会第 33 回秋季シンポジウム	九州大学	2020
SOFC 過酷運転下におけるアノード反応場の局所構造・組織に関する解析	第 29 回 SOFC 研究発表会	九州大学	2020
SOFC 用ステンレス鋼の耐久性向上のための表面酸化皮膜の検討	第 31 回 SOFC 研究発表会	九州大学	2022
SOFC 用ステンレス鋼の予備酸化処理が耐久性に及ぼす影響	日本セラミックス協会 2023 年 年会	九州大学	2023
信頼性向上のためのセル内不均一性評価手法の開発	第 29 回 SOFC 研究発表会	1 東北大学 2 慶應義塾大学 3 (株)メカニカルデザイン	2020

固体酸化物形燃料電池のその場応力測定	第 29 回 SOFC 研究発表会	1:東北大学環境科学研究科、2:東北大学工学研究科	2020
高温模擬作動環境下における SOFC 構成材料間の界面破壊特性評価手法の開発	第 29 回 SOFC 研究発表会	1 岐阜工業高等専門学校機械工学科、2 東北大学工学部機械知能・航空工学科、3 東北 大学大学院工学研究科附属先端材料強度科学研究センター	2020
固有値直交分解による電気化学ポテンシャル解析の代理モデルの構築	日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス	（株）メカニカルデザイン 2 東北大学 3 慶應義塾大学	2021
In-situ measurement of residual stress in solid oxide fuel cells	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	Tohoku University	2021
反応分子動力学法に基づく水蒸気環境下における Ni/YSZ 多孔質アノード材料の疲労シミュレーション	第 30 回 SOFC 研究発表会	Tohoku University	2021
テラヘルツ波による SOFC 内部欠陥評価の可能性	第 30 回 SOFC 研究発表会	1.東北大学 2.株式会社 DENSO	2021
Operando measurement of redox-originated stress in anode supported SOFC	241st ECS Meeting, Vancouver, Canada	Tohoku University	2022
代替モデルと代理アプローチを用いた固体酸化物形燃料電池の電気化学 - 力学連成解析	日本機械学会 M&M2022 材料力学カンファレンス	（株）メカニカルデザイン 2 東北大学 3 慶應義塾大学	2022
SOFC の過酷運転試験に基づく信頼性評価法の開発	第 31 回 SOFC 研究発表会	東北大学	2022
Fracture of Ni/YSZ Porous Material Under Water Vapor Environment in SOFC Anode: Reactive Molecular Dynamics Simulation	SOFC-XVIII	Tohoku University	2023
Visualization of micro damage in SOFC using terahertz waves	SOFC-XVIII	Tohoku University	2023
From Electrochemical to Mechanical Modeling of SOFCs and their Experimental Validation	SOFC-XVIII	Tohoku University	2023
固体酸化物セルの機械的信頼性の確立に向けた製造から発電までの全工程におけるセル発生応力の解析手法 -還元工程-	2023 年度日本機械学会年次大会	1 (株)デンソー，2.東北大学	2023
固体酸化物セルの機械的信頼性の確立に向けた製造から発電までの全工程におけるセル発生応力の解析手法 -発電工程-	2023 年度日本機械学会年次大会	1 (株)デンソー，2.東北大学	2023
Determination of Temperature Distribution of SOFC/SOEC by Simulation and Experimentation	第 32 回 SOFC 研究発表会	A 東北大学 ， B 島根大学	2023
急速昇降温耐性評価のための SOFC 単セル試験プロトコルの策定	第 32 回 SOFC 研究発表会	A 東北大学，B 島根大学，C イムラ・ジャパン株式会社，D メカニカルデザイン株式会社，E 慶應義塾大学	2023
Million-atom molecular dynamics simulations on the splitting mechanism of Ni particles within the anode of solid oxide fuel cells	11th Triennial Congress of the International Society for Theoretical Chemical Physics	Tohoku University	2024
Redox-Originated Mechanical Stress in Anode-Supported Solid Oxide Fuel Cells: In situ stress measurement by Cosα method	7th Asian SOFC Symposium	A 東北大学 大学院環境科学研究科，B:島根大学 材料エネルギー学部, C:東北大学 大学院工学研究科, D: National Research and Innovation Agency (BRIN)	2024
Investigation on the Splitting Mechanisms of Ni particles in Solid Oxide Fuel Cells Anodes: A Million-atom Molecular Dynamics Simulation	The 12th Singapore International Chemistry Conference	Tohoku University	2024
スタック急速起動・停止を想定した SOFC 過酷試験法の開発	第 33 回 SOFC 研究発表会	A 東北大院・環境，B:東北大院・工，C:イムラ・ジャパン(株)，D:(株)メカニカルデザイン，E:慶應大・理工， F:東北大・災害研, G:島根大・材料エネルギー	2024

SOFC セル強度耐久性に対する評価プロトコル確立に向けて	日本材料学会　第 73 期 第 4 回 高温強度部門委員会	東北大学	2025
BZCY 系プロトン伝導性酸化物を用いた SOFC・SOEC の開発状況	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	九州大学	2020
噴霧熱分解法によるプロトン伝導セラミック燃料電池用のナノ複合化空気極の開発	日本セラミックス協会・第 33 回秋季シンポジウム	産総研	2020
プロトン伝導セラミック燃料電池の高出力密度化に向けた検討	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	産総研	2020
超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池の実用化に向けた取組み	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	産総研	2020
パナソニックにおけるプロトン伝導セラミック燃料電池の開発状況	SOFC 研究会・第 118 回 SOFC 研究会	パナソニック	2020
Proton transport properties of Yb-doped BaZrO3 and its application to high efficiency proton ceramic fuel cell	The Electrochemical Society / PRiME2020	宮崎大学	2020
超高変換効率を有した PCFC 電解質の開発状況	SOFC 研究会・第 118 回 SOFC 研究会	宮崎大学	2020
プロトン伝導性セラミックス燃料電池を流れる水素イオン電流測定	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	宮崎大学	2020
Development of electrochemical device using protonic ceramics	The American Ceramic Society / 45th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites 2021	宮崎大学	2021
Yb をドープした BaZrO3 のプロトン伝導特性と燃料電池への応用	電気化学会・第 88 回大会	宮崎大学	2021
新規プロトン伝導セラミック燃料電池の開発～究極の超高効率燃料電池の実現に向けて～	第 17 回 国際 水素・燃料電池展（FC-EXPO 2021）	産総研	2021
Improvement in Power Density of Protonic Ceramic Fuel Cells with Yb doped BaZrO3 Electrolyte	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	産総研	2021
Effect of Ce/Zr ratio on thermal and chemical expansions and CO2 resistance of rare earth-doped Ba(Ce,Zr)O3 perovskite-type proton conductors	17th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVII)	産総研	2021
Yb をドープした BaZrO3 への Ni 固溶が与える輸率への影響	日本セラミックス協会 第 34 回秋季シンポジウム	宮崎大学	2021
BaZr0.8Yb0.2O3-δ電解質を用いたプロトン伝導セラミック燃料電池の部材構造制御による出力密度の向上	日本セラミックス協会　第 34 回秋季シンポジウム	産総研	2021
希土類添加 Ba(Ce,Zr)O3 系ペロブスカイト型プロトン伝導体の結晶構造、熱膨張係数、化学膨張率、及び CO2 耐性	日本セラミックス協会　第 34 回秋季シンポジウム	産総研	2021
パナソニックにおける PCFC の開発状況	燃料電池開発情報センター 第 161 回研究会　(燃料電池開発情報センター,FCDIC)	パナソニック	2021
水素社会に貢献する高性能電気化学セラミックデバイスの開発	産総研コンソーシアム名古屋工業技術協会 2021 年度第 1 回研究会(産総研コンソーシアム名古屋工業技術協会)	産総研	2021
機械学習を用いたプロトン伝導性セラミックスの伝導度および輸率の予測	第 30 回 SOFC 研究発表会（SOFC 研究会）	宮崎大学	2021
Effect of added transition element on proton transport properties of ytterbium-doped barium zirconate	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	宮崎大学	2021
Development of protonic ceramic fuel cells with Yb doped BaZrO3 electrolyte toward higher power density	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	産総研	2021
Progress and challenges on ultra-high efficiency protonic ceramic fuel cells in NEDO project	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	産総研	2021
Thermal and chemical expansions of Ba(Ce,Zr)O3-based electrolyte materials for PCFCs	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	産総研	2021
Low-temperature sintering of the BaZrO3 based electrolyte material using reactive sintering method without sintering aids.	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	産総研	2021

Colloidal processing approach toward high performance ceramic fuel cells	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	群馬大学	2021
Development of protonic ceramic fuel cell with BZYb electrolyte	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	パナソニック	2021
Intermediate Temperature SOEC and SOFC Using Proton-Conducting Perovskites	14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14)	九州大学	2021
プロトン伝導性セラミックス燃料電池を流れる水素イオン電流評価装置の開発	第 47 回固体イオニクス討論会（日本固体イオニクス学会）	宮崎大学	2021
パルスレーザー堆積法を用いたプロトン伝導酸化物薄膜の電気伝導特性と燃料電池の作製	第 47 回固体イオニクス討論会	九州大学	2021
機械学習による Ba(Ce,Zr)O3 系ペロブスカイト型プロトン伝導体の空間群予測	日本セラミックス協会 2022 年年会	産総研	2022
BaZr(Ce,Y)O3 film by pulse laser deposition method on Ni-Fe substrate for metal support proton conducting fuel cells	第４８回固体イオニクス討論会	九州大学	2022
BaZr(Ce,Y)O3 electrolyte film prepared by PLD method for proton conducting oxide fuel cells	第３１回 SOFC 研究発表会	九州大学	2022
BaZr0.8Yb0.2O3-δ電解質を用いた燃料極支持型プロトン伝導セラミック燃料電池における電解質薄膜化の効果	日本セラミックス協会　第 34 回秋季シンポジウム	産総研	2022
Ba(Ce0.8-xZrx)Y0.2O3-δ系ペロブスカイト型プロトン伝導体の結晶構造、熱膨張係数、化学膨張率、及び CO2 耐性	日本セラミックス協会　第 34 回秋季シンポジウム	産総研	2022
プロトン伝導セラミック燃料電池における Co-free カソードの可能性検討	日本セラミックス協会　第 34 回秋季シンポジウム	産総研	2022
スケールアップ可能な BaZr0.8Yb0.2O3-δナノ粒子液相合成法の開発	日本セラミックス協会第 35 回秋季シンポジウム	群馬大学	2022
産総研中部センターにおけるセラミック電気化学セルの研究開発	革新的技術研究会（名古屋産業振興公社）	産総研	2022
Co-free カソード材料 La0.65Ca0.35FeO3-δを用いたプロトン伝導セラミック燃料電池の発電特性	2022 年度 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会	産総研	2022
金属-セラミックス接合型 PCFC の Ni アノード電極の過電圧評価	第 31 回 SOFC 研究発表会	京都大学	2022
高出力密度化を目指したプロトン伝導セラミック燃料電池のセル開発状況	第 31 回 SOFC 研究発表会	産総研	2022
プロトン・電子混合伝導の獲得に向けた、BaZrO3 への Y と Ti の共ドープ	日本鉄鋼協会・日本金属学会関西支部材料物性工学談話会	京都大学	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池における La0.65Ca0.35FeO3-δを用いた Co-free カソードの検討	日本セラミックス協会 2023 年年会	産総研	2023
Ba(Ce0.8-xZrx)Yb0.2O3-δ系ペロブスカイト型プロトン伝導体の結晶構造、熱膨張係数、化学膨張率、及び CO2 耐性	日本セラミックス協会 2023 年年会	産総研	2023
プロトン伝導性セラミック燃料電池の輸率と発電効率	第 124 回 SOFC 研究会	宮崎大学	2022
機械学習を用いたプロトン伝導性セラミックス材料探索ツールの開発	日本セラミックス協会第 35 回秋季シンポジウム	宮崎大学	2022
イッテリビウム添加ジルコン酸バリウムを電解質とした燃料電池における漏れ電流の膜厚依存性	第 16 回固体イオニクスセミナー	宮崎大学	2022
プロトン・デューテロン同位体効果を用いたアノード支持型プロトン伝導性セラミック燃料電池電極反応機構の解明	第 16 回固体イオニクスセミナー	宮崎大学	2022
プロトン・デューテロン同位体効果を用いたプロトン伝導性セラミック燃料電池電極反応機構の解明	2022 年度電気化学会秋季大会	宮崎大学	2022
水素同位体置換によるプロトン伝導性セラミック燃料電池電極反応機構の解明	第 48 回固体イオニクス討論会	宮崎大学	2022
イッテリビウム添加ジルコン酸バリウムを電解質とした燃料電池の電子リークと開回路電圧	第 48 回固体イオニクス討論会	宮崎大学	2022
プロトン伝導性セラミック燃料電池の開発状況と課題	第 31 回 SOFC 研究発表会	宮崎大学	2022

Lu、Ni 共置換ジルコン酸バリウムにおける Ni 溶出による不定比欠陥生成とプロトン伝導	電気化学会 90 回大会	宮崎大学	2023
BaZrYbO3 電解質を用いた PCFC における空気極/電解質界面の元素拡散	第 31 回 SOFC 研究発表会	パナソニック	2022
Investigation of La0.65Ca0.35FeO3−δ as a Co-free cathode for Protonic Ceramic Fuel Cell with Yb Doped BaZrO3 Electrolyte	18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	産総研	2023
Durability and interfacial elemental diffusion about BZYb based protonic ceramic fuel cell	18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	パナソニックホールディングス	2023
Development of PCFC using BaZrYbO3 as the electrolyte	18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	パナソニックホールディングス	2023
Experimental demonstration of the electric efficiency with BZYb based Protonic Ceramic Fuel Cell	18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	パナソニックホールディングス	2023
Evaluation of hydrogen ions flowing through protonic ceramic fuel cell using ytterbium-doped barium zirconate as electrolyte	18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	宮崎大学	2023
Colloidal Processing based Growth of BaZr0.8Yb0.2O2.9 Nanoparticles toward Lower Temperature Sintering of PCFC electrolyte	XVIII ECerS Conference & Exhibition	群馬大学	2023
パナソニックにおけるプロトン伝導セラミック燃料電池開発	燃料電池・FCH 部会　第 284 回定例研究会	パナソニックホールディングス	2023
機械学習を用いたプロトン伝導性セラミック燃料電池のカソード抵抗予測	第 60 回化学関連支部合同九州大会	宮崎大学	2023
Yb 添加ジルコン酸バリウムを電解質としたプロトン伝導性セラミック燃料電池の耐久性	第 60 回化学関連支部合同九州大会	宮崎大学	2023
低温作動化を目指した PCFC 開発とインフォマティクスの活用	燃料電池・ＦＣＨ部会 第 284 回定例研究会（一般財団法人大阪科学技術センターエネルギー技術対策委員会燃料電池・ＦＣＨ部会）	宮崎大学	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池における La0.65Ca0.35FeO3-δを用いた Co-free カソードのコンポジット化検討	第 17 回固体イオニクスセミナー・新学術領域「蓄電固体界面科学」第 5 回若手勉強会	産総研	2023
Ba(Zr,Ti)O3 の Y 置換がイオン・電子伝導特性に与える影響	第 17 回固体イオニクスセミナー・新学術領域「蓄電固体界面科学」第 5 回若手勉強会	京都大学	2023
プロトン伝導性セラミック燃料電池の耐久性と中間層の効果	第 17 回固体イオニクスセミナー＆新学術領域「蓄電固体界面科学」第 5 回若手勉強会（日本固体イオニクス学会）	宮崎大学	2023
易焼結性 BaZr0.8Yb0.2O3-δナノ粉末を用いたプロトン伝導セラミック燃料電池の開発	日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム	産総研	2023
機械学習による Ba(Ce0.8-x　Zrx)Yb0.2O3 ペロブスカイト型プロトン伝導体の空間群予測	日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム	産総研	2023
Ba(Co,Fe,Y)O3-δ系カソードを用いたプロトン伝導セラミック燃料電池の発電特性	日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム	産総研	2023
Improvement in power density of protonic ceramic fuel cells with Yb-doped BaZrO3	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	産総研	2023
機械学習によるプロトン伝導性セラミック燃料電池のカソード抵抗予測	第 36 回秋季シンポジウム（日本セラミックス協会）	宮崎大学	2023
Yb 添加ジルコン酸バリウムを電解質としたプロトン伝導性セラミック燃料電池の劣化挙動	第 36 回秋季シンポジウム（日本セラミックス協会）	宮崎大学	2023
Determining elementary electrode reactions for protonic ceramic fuel cells by H/D isotope effect	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	宮崎大学	2023
Pr doped CeO2-BaZr(Ce,Y)O3 double columnar interlayer for protonic ceramic fuel cell	第 49 回固体イオニクス討論会	九州大学	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池用の二相共存型空気極の検討	第 49 回固体イオニクス討論会	産総研	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池の耐久試験における電気化学インピーダンス解析	第 49 回固体イオニクス討論会	産総研	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池の高出力密度化のための製造および解析技術	第 32 回 SOFC 研究発表会	産総研	2023
BaZrYbO3 電解質を用いた PCFC の発電効率および耐久性の検討	第 32 回 SOFC 研究発表会	パナソニックホールディングス	2023

H/D 同位体効果を用いたアノード支持型 PCFC インピーダンスの電極素反応帰属と劣化要因の特定	第 32 回 SOFC 研究発表会	宮崎大学	2023
パナソニックにおけるプロトン伝導セラミック燃料電池の開発状況	電気化学会九州支部 2024 年度春季講演会	パナソニックホールディングス	2024
Resolving the influence of Sr and Ni diffusion on the moderate-temperature sintering of BaZr0.44Ce0.36Y0.2O3/ SrZr0.4Ce0.4Y0.1O3–NiO proton conducting half-cells	第 91 回電気化学会	九州大学	2024
易焼結性 BaZr0.8Yb0.2O3-δナノ粒子を用いた PCFC の作製とその発電性能評価	日本セラミックス協会 2024 年 年会	群馬大学	2024
Ba(Ce0.4Zr0.4)(Sc0.2-xGax)O3-δ系ペロブスカイト型酸化物の合成、結晶構造、熱膨張係数、化学膨張率、及び CO2 耐性	日本セラミックス協会 2024 年年会	産総研	2024
Yb 添加ジルコン酸バリウムを電解質とした燃料電池の耐久性	電気化学会第 91 回大会	宮崎大学	2024
Enhanced Proton Conductivity in doped LaScO3 film	第 50 回 固体イオニクス討論会	九州大学	2024
Metal Support Protonic Ceramic Fuel Cells using Cathode Functional Layer of La1-xSrxScO3 (LSS, x=0.1-0.25) for high power density	The 38th International Japan-Korea Seminar on Ceramics	九州大学	2024
Sr Doped LaScO3 Thin Film As Cathodic Functional Layers for Ni-Fe Metal Supported Protonic Ceramic Fuel Cell Using BaZr0.44Ce0.36Y0.2O3 Film	PRiME 2024	九州大学	2024
Advanced Functional Layer of Pr doped CeO2-BaZr(Ce, Y)O3 on Protonic Ceramic Fuel Cells	THE POWER OF INTERFACES 2024	九州大学	2024
PCFC と SOFC における Yb と Co を同時置換したジルコン酸バリウムのカソード特性	第 92 回電気化学会	宮崎大学	2025
機械学習を活用した固体酸化物形燃料電池材料の探索	セラミックス協会年会科学技術委員会企画インフォマティクスセッション	宮崎大学	2025
PCFC 材料開発の現状と将来展望	セラミックス協会年会サテライトミーティング ワークショップ	宮崎大学	2025
Yb 添加ジルコン酸バリウムを電解質とした燃料電池のカソード開発状況	第 33 回 SOFC 研究発表会（SOFC 研究会）	宮崎大学	2024
Yb 添加ジルコン酸バリウムを用いた燃料電池における電解質表面処理の効果	第 50 回固体イオニクス討論会（日本固体イオニクス学会）	宮崎大学	2024
機械学習によるプロトン性セラミック燃料電池カソードの ASR 予測と実験による検証	トークシャワーイン九州 2024（電気化学会九州支部）	宮崎大学	2024
Co と Yb を同時置換したジルコン酸バリウムの酸素および水素透過測定	第１８回固体イオニクスセミナー（日本固体イオニクス学会）	宮崎大学	2024
Hydrogen Isotope Effects on the Impedance of Electrodes in Protonic Ceramic Fuel Cells	4th Asian Symposium on Electrochemical Impedance Spectroscopy	宮崎大学	2024
SOFC 低温作動化を目指したプロトン伝導性セラミック燃料電池の開発	2024 年度水素・燃料電池材料研究会講座（公益社団法人 高分子学会　水素・燃料電池材料研究会）	宮崎大学	2024
Determination resistance of steam formation in electrode impedance of PCFC using proton/deuteron isotope effect	7th Asian SOFC　(SOFC 研究会)	宮崎大学	2024
機械学習による各種カソードを用いた PCFC の開回路電圧の予測	セラミックス協会第３７回秋季シンポジウム（日本セラミックス協会）	宮崎大学	2024
Electrochemical Properties of Co and Yb Doped BaZrO3 and Its Application to PCFC Cathodes	The Electrochemical Society ／ PRiME2024	宮崎大学	2024
機械学習による開回路電圧を基にした PCFC カソード探索ツールの開発	第 61 回化学関連支部合同九州大会（電気化学会九州支部）	宮崎大学	2024
SOFC 低温作動化を目指したプロトン伝導性セラミックスの開発	第 121 回新電池構想部会（電気化学会電池技術委員会）	宮崎大学	2024
Ni exsolution induced fast proton conduction in Lu and Ni-codoped barium zirconate	24th International Society for Solid State Ionics	宮崎大学	2024
機械学習による Ba(Ce0.8-x Zrx)(M10.2-yM2y)O3(M1 = Y, Yb, M2 = Co, Ni）ペロブスカイト型プロトン伝導体の空間群予測	日本セラミックス協会 第 37 回秋季シンポジウム	産総研	2024

Ba(Ce,Zr)O3 系ペロブスカイト型プロトン伝導体の結晶構造、熱膨張係数、化学膨張率、及び CO2 耐性	第 50 回固体イオニクス討論会	産総研	2024
Evaluation of power generation efficiency and durability about PCFC with BaZrYbO3 electrolyte	7th international workshop Prospects on Protonic Ceramic Cells (PPCC)	パナソニックホールディングス	2024
Experimental study of the electric efficiency and current leakage with BZYb based Protonic Ceramic Fuel Cell	PRiME 2024	パナソニックホールディングス	2024
Evaluation of the electric efficiency with Φ60mm-sized PCFC	7th Asian SOFC Symposium	パナソニックホールディングス	2024
BaZrYbO3 電解質を用いたプロトン伝導セラミック燃料電池の発電効率と耐久性	第 33 回 SOFC 研究発表会	パナソニックホールディングス	2024
Effect of chemical composition of Yb-doped BaZrO3 electrolyte material on PCFC performance	7th International Workshop PROSPECTS ON PROTONIC CERAMIC CELLS (PPCC2024)	産総研	2024
Progress of protonic ceramic electrochemical cell in Japan toward high efficency hyrdogen fuel cell and electrolyzer	14th International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Systems, CMCEE	産総研	2024
プロトン伝導セラミック燃料電池における Ba コーティングによる電解質表面改質の効果	日本セラミックス協会 第 37 回秋季シンポジウム	産総研	2024
Investigation of Co-free Cathode Composited with Proton Conductors for Protonic Ceramic Fuel Cells with Yb-doped BaZrO3 Electrolyte	PRiME 2024	産総研	2024
Effect of excess Ba-diffusion from anode on sinterability of BaZr0.8Yb0.2O3-δ electrolyte	Asian SOFC symposium 2024	産総研	2024
水素社会に貢献するプロトン伝導セラミックセル	産総研中部センター「未来モビリティー材料」共創フェア	産総研	2024
高出力密度を実現するプロトン伝導セラミック燃料電池の開発	第 33 回 SOFC 研究発表会	産総研	2024
プロトン伝導セラミックセル開発の現状と将来展望	2024 年度第 3 回 SOCs センター現地オープンサイエンスイベント	産総研	2024
High-performance PCFCs with dense BZYb20 electrolytes fabricated through Ba-diffusion sintering	49th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC2025)	産総研	2025
超高効率エネルギー変換を実現するプロトン伝導セラミックセルの開発	産総研コンソーシアム名古屋工業技術協会 2024 年度第 3 回セミナー	産総研	2025
低温接合型 PCFC のアノード過電圧低減に向けた電解質/アノード接合界面制御	第 33 回 SOFC 研究発表会	京都大学	2024
Fabrication and performance evaluation of PCFCs using co-precipitation derived highly sinterable BaZr0.8Yb0.2O3-δ Nanoparticles	7th Asian SOFC Symposium	群馬大学	2024
Double Columnar Functional Layer of Pr0.2Ce0.8O2-BaZr0.1Ce0.7Y0.2O3 for Increased Power Density of Metal Supported PCFC	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	九州大学	2023
コロイドプロセスを用いた BaZrXY1-XO3 の合成とその焼結特性	日本セラミックス協会 第 34 回 秋季シンポジウム	群馬大学	2021
Hydration Enthalpies of Oxide Perovskites LaMO3 (M = V-Ni) from First-Principles Calculations	17th Asian Conf. Solid State Ionics (ACSSI-17)	JFCC	2022
第一原理計算による電極候補材料 LaMO3 (M=V-Ni)におけるプロトン化エネルギー解析	日本セラミックス協会第 35 回秋季シンポジウム	JFCC	2022
第一原理計算による PCFC 候補空気極材料 LaMO3(M=V-Ni)のプロトン化反応	第 31 回 SOFC 研究発表会	JFCC	2022
第一原理計算による LaMO3 （M = V-Ni）のプロトン化反応	第 32 回日本 MRS 年次大会	JFCC	2022
Effectively enhanced oxygen reduction activity and stability of triple-conducting composite cathodes by strongly interacting interfaces for protonic ceramic fuel cells	第 48 回固体イオニクス討論会	京都大学	2022
Oxygen non-stoichiometry and mixed conductivity of Ti and Mg doped BaCo0.4Fe0.4Y0.2O3-d perovskite	23rd Int. Conf. Solid State Ionics (SSI-23)	名古屋工業大学	2022
Ni 固溶が Ba-La-Fe 系酸化物の酸素透過特性に及ぼす効果	日本セラミックス協会第 35 回秋季シンポジウム	名古屋工業大学	2022

Mixed Conducting Properties of BaCo0.4Fe0.4Y0.2-xAxO3-d (x= 0, 0.1; A: Zr, Mg, and Zn) Perovskite	17th Asian Conf. Solid State Ionics (ACSSI-17)	名古屋工業大学	2022
水蒸気透過測定による混合伝導体のプロトン導電率の定量評価	日本セラミックス協会 2023 年年会	名古屋工業大学	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池における La0.65Ca0.35FeO3-d を用いた Co-free カソードの検討	日本セラミックス協会 2023 年年会	産業技術総合研究所、名古屋工業大学	2023
PCFC 空気極高性能化のための反応機構評価【依頼講演】	第 124 回 SOFC 研究会	東北大学	2022
超高効率を実現するプロトン伝導セラミック燃料電池の研究開発（第 2 報）	FCDIC 第 29 回燃料電池シンポジウム	産業技術総合研究所、東北大学	2022
パターン緻密膜モデル電極を用いたプロトン伝導性セラミック燃料電池空気極材料の系統的評価	第 48 回 固体イオニクス討論会	東北大学	2022
パターン緻密膜モデル電極を用いた PCFC コンポジット空気極の反応機構解明	第 31 回 SOFC 研究発表会	東北大学	2022
Mechanism of Cathodic Reaction in Proton-Conducting Ceramic Fuel Cells Investigated by Patterned Model Electrodes【招待講演】	242nd ECS Meeting	東北大学	2022
Composite Effects on PCFC Cathodes Investigated by Utilizing Patterned Thin-Film Model Electrodes	23rd Int. Conf. Solid State Ionics (SSI-23)	東北大学	2022
Material Screening for Protonic Ceramic Fuel Cell Cathode by Using Patterned Thin-Film Model Electrode	23rd Int. Conf. Solid State Ionics (SSI-23)	東北大学	2022
Investigation of Composite Effects on PCFC Cathodes by Utilizing Patterned Thin Film Model Electrodes	17th Asian Conf. Solid State Ionics (ACSSI-17)	東北大学	2022
第一原理計算による燃料電池空気極候補材料 LnMO3（Ln=La-Nd、M=遷移金属）の水和反応	日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム	JFCC	2023
Hydration Energies of Transition Metal Perovskite Oxides from First-Principles Calculations	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	JFCC	2023
第一原理計算を用いた PCFC 空気極候補材料 LaMO3 (M=V-Ni)におけるプロトン化エネルギー解析	第 49 回固体イオニクス討論会	JFCC	2023
Proton Solubility in Candidate PCFC Air Electrode Materials LnMO3 (Ln = lanthanide; M = transition metal) from First Principles	STAC-D2MatE International Joint Symposium	JFCC	2024
ペロブスカイト型酸化物 LnMO3（Ln=希土類；M=遷移金属）におけるプロトン溶解度の理論計算	日本セラミックス協会 2024 年年会	JFCC	2024
Surface Manipulation of a Triple-conducting Cathode for Protonic Ceramic Fuel Cells to Enhance Oxygen Reduction Activity and CO2 Tolerance	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	京都大学	2023
Fe 系混合伝導性ペロブスカイトの水蒸気透過特性	第 64 回 東海若手セラミスト懇話会 2023 年 夏期セミナー	名古屋工業大学	2023
Ba-Co-Fe-Y 系ペロブスカイトの酸素透過性における他元素置換効果	第 64 回 東海若手セラミスト懇話会 2023 年 夏期セミナー	名古屋工業大学	2023
Ba(Co, Fe, Y)O3-δ 系カソードを用いたプロトン伝導セラミック燃料電池の発電特性	日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム	産業技術総合研究所、名古屋工業大学	2023
Cr 系ペロブスカイト型酸化物に基づくトリプルコンダクターの探索	日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム	名古屋工業大学	2023
Detailed evaluation of transport numbers of both proton and oxide- ion in proton conductive oxides using an improved electromotive force method	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	名古屋工業大学	2023
Oxygen permeation mechanism of iron based mixed conductive oxides【招待講演】	The 15th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM15)	名古屋工業大学	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池の耐久試験における電気化学インピーダン ス解析	第 49 回固体イオニクス討論会	産業技術総合研究所、名古屋工業大学	2023
水蒸気透過測定により評価した混合伝導性ペロブスカイトのプロトン伝導性	第 49 回固体イオニクス討論会	名古屋工業大学	2023

Investigation on Reaction Mechanism in an SOFC Composite Cathode by Using Patterned Thin Film Electrodes	18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	東北大学	2023
PCFC 空気極反応を理解するために考えるべきこと【依頼講演】	固体化学の新しい指針を探る研究会 第 90 回定例研究会	東北大学	2023
デバイス開発のための高度オペランド放射光計測技術【招待講演】	水素科学技術連携研究会	東北大学	2023
Composite Effects on PCFC/EC Air Electrode Investigated by Using Patterned Thin Film Model Electrodes	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors (SSPC-21)	東北大学	2023
電解質の混合導電性が PCFC 空気極のインピーダンス応答に及ぼす影響とそれを考慮した解析法の検討	電気化学会第 36 回東北若手の会東北支部・	東北大学	2023
電気化学デバイスの高度オペランド XAFS 計測～何が分かるのか？どう役立つのか？～【招待講演】	2023 年度電気化学会九州支部シンポジウム	東北大学	2023
PCFC 空気極反応の交流インピーダンス応答に及ぼす電解質の混合導電性の影響	第 49 回 固体イオニクス討論会	東北大学	2023
電解質の混合導電性を考慮した PCFC 空気極のインピーダンス解析法の検討	32 回 SOFC 研究発表会	東北大学	2023
Evaluation of Air Electrode Reaction in Proton-Conducting Ceramic Fuel Cells/Electrolysis Cells (PFCFC/EC) by Using Patterned Thin Film Model Electrodes	11th Symposium of Kyoto International Forum for Environment and Energy	東北大学	2024
Effect of Mixed Conduction in Electrolytes on the Impedance Response of Cathodes for Proton Conducting Ceramic Fuel Cell	11th Symposium of Kyoto International Forum for Environment and Energy	東北大学	2024
第一原理計算によるプロトン伝導性ペロブスカイト型酸化物における欠陥化学	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	ファインセラミックスセンター	2020
(Ba,Sr)6RE2Co4O15-Ba(Ce,Pr,Y)O3 複合材料の PCFC 用空気極特性	第 46 回 固体イオニクス討論会	京都大学	2020
複合材料を用いた PCFC 用空気極の高性能化	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	京都大学	2020
(Ba,Sr)6RE2Co4O15-Ba(Ce,Pr,Y)O3 複合材料中の元素拡散が PCFC 用空気極特性に及ぼす影響	電気化学会第 88 回大会	京都大学	2021
パターン緻密膜モデル電極を用いた SOFC 空気極の反応機構の検討	第 46 回 固体イオニクス討論会	東北大学	2020
パターン緻密膜モデル電極を用いた PCFC 空気極の反応機構の検討	SOFC 研究会・第 29 回 SOFC 研究発表会	東北大学	2020
バリウムジルコネート系プロトン導電性酸化物における水和および酸化還元時の化学ひずみ	電気化学会第 88 回大会	東北大学	2021
Defect concentrations in proton-conducting perovskite oxides from first principles	12th Int. Conf. Sci. Tech. Adv. Ceramics (STAC12)	ファインセラミックスセンター	2021
第一原理計算によるペロブスカイト型プロトン伝導性酸化物の欠陥濃度解析	日本セラミックス協会第 34 回秋季シンポジウム	ファインセラミックスセンター	2021
第一原理計算による燃料電池空気極候補材料 LaMO3（M=遷移金属）の水和反応	日本セラミックス協会 2022 年年会	ファインセラミックスセンター	2022
表面修飾による PCFC 用空気極の高性能化	SOFC 研究会第 30 回 SOFC 研究発表会	京都大学	2021
起電力法による Sr2(Ti0.95Al0.05)O4-δの酸化物イオン及びプロトン輸率の評価	日本セラミックス協会第 34 回秋季シンポジウム	名古屋工業大学	2021
Evaluation of both oxide-ion and proton transport number in Sr2Ti0.95Al0.05O4-δ	20th Int. Conf. Solid State Proton Conductors (SSPC-20)	名古屋工業大学	2021
Evaluation of Reaction Mechanism in PCFC Composite Cathodes by Utilizing Patterned Thin Film Model Electrodes	第 89 回マテリアルズテーラリング研究会	東北大学	2021
Evaluation of Electrode Reaction Mechanism of Ba0.5La0.5CoO3-δ for Protonic Ceramic Fuel Cell Cathode by Using Patterned Thin Film Electrode	2021 年化学系学協会東北大会	東北大学	2021
How Do We Investigate Reaction Mechanism in Oxide Electrode on Proton-Conducting Electrolyte?【Keynote Talk】	20th Int. Conf. Solid State Proton Conductors (SSPC-20)	東北大学	2021
PCFC 空気極の反応機構解明と高性能化への設計指針提案	SOFC 研究会第 30 回 SOFC 研究発表会	東北大学	2021

Elucidation of Reaction Mechanism of PCFC Composite Cathodes by Utilizing Patterned Thin Film Model Electrodes	SOFC 研究会第 30 回 SOFC 研究発表会	東北大学	2021
電極材料 LaCoO3 におけるドーピング効果の第一原理計算	日本セラミックス第 37 回秋季シンポジウム	JFCC	2024
Proton Solubilities in Candidate Protonic Ceramic Fuel Cell Air Electrode Materials from First Principles	The Electrochemical Society・PriME2024	JFCC	2024
ペロブスカイト型酸化物 LnMO3（Ln=希土類；M=遷移金属）におけるプロトン溶解度の第一原理計算	第 50 回固体イオニクス討論会	JFCC	2024
候補 PCFC 空気極用ペロブスカイト型ランタノイド遷移金属酸化物におけるプロトン溶解度および拡散の第一原理計算	日本セラミックス協会 2025 年年会	JFCC	2025
Performance Improvement Factor for BaCo0.4Fe0.4Zr0.1Yb0.1O3-δ Cathode of Proton-Conducting Ceramic Fuel Cells	7th Asian SOFC Symposium	京都大学	2024
La-Fe-Cr 系ペロブスカイト型酸化物に基づくトリプルコンダクターの探索	第 66 回 東海若手セラミスト懇話会 2024 年 夏期セミナー	名古屋工業大学	2024
Ba-Co-Fe-Y 系混合伝導性ペロブスカイト酸化物の結晶構造と水蒸気透過により評価したプロトン伝導性	日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウム	名古屋工業大学	2024
BaCoxFe1.0-xNi0.1Y0.1O3-δ ペロブスカイトにおける Co/Fe 固溶量が酸素透過性及び PCFC 空気極性能に及ぼす効果	日本セラミックス協会 第 37 回秋季シンポジウム	名古屋工業大学	2024
Ba-Co-Fe-Mg-Y 系酸化物における Co 固溶量がイオン-電子混合伝導性とプロトン溶解度に及ぼす効果	第 55 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会	名古屋工業大学	2024
Ba-Co-Fe-Y 系混合伝導性ペロブスカイトの酸素透過性と PCFC 空気極性能	第 33 回 SOFC 研究発表会	名古屋工業大学	2024
プロトン伝導セラミック燃料電池における酸素還元反応機構の解明	第 50 回固体イオニクス討論会	産業技術総合研究所、名古屋工業大学	2024
混合伝導性 Ba-Co-Fe-Mg-Y ペロブスカイトへのプロトン導入と その水蒸気透過によるプロトン伝導率評価	第 50 回固体イオニクス討論会	名古屋工業大学	2024
プロトン伝導性セラミック燃料電池空気極反応に及ぼす電極／電解質中間層挿入効果の解明	第 18 回固体イオニクスセミナー	東北大学	2024
電解質の電子伝導が PCFC 空気極のインピーダンス応答に及ぼす影響の実験的解明	第 18 回固体イオニクスセミナー	東北大学	2024
パターン緻密膜電極を用いたプロトン伝導性セラミック燃料電池空気極反応に及ぼす電極／電解質中間層挿入効果の解明	第 50 回固体イオニクス討論会	東北大学	2024
プロトン伝導性セラミック燃料電池空気極反応に及ぼす電極 ／電解質中間層挿入効果の解明	第 33 回 SOFC 研究発表会	東北大学	2024
マイクロ X 線吸収分光法を用いた La0.6Sr0.4CoO3-δ 多孔体電極における有効反応場の二次元オペランド評価	電気化学会第 92 回大会	東北大学	2025
Direct Observation of Chemical Potential Distribution in Solid State Ionics Devices by Using Operando Micro X-Ray Absorption Fine Structure Measurements【Keynote Talk】	24th International Conference on Solid State Ionics (SSI-24)	東北大学	2024
Effect of Mixed Conduction in Electrolytes on the Impedance Response of Proton Conducting Ceramic Fuel Cell Cathodes	24th International Conference on Solid State Ionics (SSI-24)	東北大学	2024
Influence of Minor Electronic Conduction in the Electrolyte on the Impedance Response of Proton Conducting Ceramic Fuel Cell Cathode	PRiME 2024	東北大学	2024
Influence of oxygen nonstoichiometry change in the electrolyte on the impedance response of proton conducting ceramic cell air electrode【Invited Talk】	Mixed Conducting and Nonstoichiometric Compounds VIII	東北大学	2024
Influence of Minor Electronic Conduction in the Electrolyte on the Impedance Response of Solid-State Ionic Devices	The 4th Asian Symposium on Electrochemical Impedance Spectroscopy (AEIS2024)	東北大学	2024
インクジェットプロセスを用いたプロトン伝導形燃料電池部材の開発	電子セラミック・プロセス研究会	ノリタケ株式会社	2025

"Improvement of Durability of NiCo-Dispersed SDC Hydrogen Electrodes via Reversible Cycling Operation Between SOEC and SOFC-Modes	Solid State Ionic Device 13 in PRiME2020	山梨大学	2020
固体酸化物形セル用 Ni-Co 高分散 SDC 水素極の可逆交互運転による微細構造の変化	第 88 回電気化学会（on-line）	山梨大学	2021
Changes in Microstructure of NiCo-Dispersed SDC Hydrogen Electrodes for the Improvement of Durability via Reversible Cycling Operation Between SOEC and SOFC-Modes	SOFC XVII	山梨大学	2021
SOFC/SOEC 可逆交互運転による Ni-Co 高分散 SDC 水素極の耐久性向上機構の解析	FCDIC 第 28 回燃料電池シンポジウム	山梨大学	2021
Enhanced Durability of NiCo-Dispersed SDC Hydrogen Electrodes for Reversible Solid Oxide Cells	6th Asian SOFC Symposium and Exhibition	山梨大学	2021
高効率・高耐久・可逆作動 SOFC の実用化に向けた研究開発	第 30 回 SOFC 研究発表会	山梨大学、ノリタケカンパニーリミテド	2021
可逆作動固体酸化物形セル（R-SOC）の研究開発	ASEC-2 公開シンポジウム 2022	山梨大学	2022
SOEC/SOFC 可逆作動セルの電極開発	SOEC 課題共有開フォーラム	山梨大学	2022
Ni ナノ粒子－サマリアドープセリア水素極の SOEC/SOFC 可逆作動特性	第 90 回電気化学会	山梨大学、ノリタケカンパニーリミテド	2023
Ni ナノ粒子–サマリアドープセリア水素極を用いた可逆作動 SOFC の耐久性	第 91 回電気化学会	山梨大学、ノリタケカンパニーリミテド	2024
Performance and Durability of Ni Nanoparticle-Samaria Doped Ceria Hydrogen Electrodes for Reversible Solid Oxide Cells	7th Asian SOFC Symposium	山梨大学、ノリタケ	2024
Ni ナノ粒子–サマリアドープセリア水素極の可逆 SOFC 耐久性と微細構造の解析	第 92 回電気化学会	山梨大学、ノリタケ	2025
CFRP 水素容器のマルチスケール設計解析技術	第 12 回日本複合材料会議	東京大学	2021
曲がり梁 ENF 試験による CFRP のモード II 層間破壊靭性評価手法について	第６３回構造強度に関する講演会	東京大学	2021
Analyical evaluation of mode I and II fracture toughness of CFRP curved beams	7th International Conference on Mechanics of Composites	東京大学	2021
フィラメントワインディング成形による高圧水素タンク用 CFRP の製造条件の差異による損傷累積挙動への影響	第 13 回日本複合材料会議	日本大学	2022
高圧水素貯蔵容器用 FW-CFRP の非弾性スリースケール均質化解析	第 13 回日本複合材料会議	筑波大学	2022
CFRP 製水素タンクのマルチスケール設計・評価解析技術の研究開発	第 13 回日本複合材料会議	東京大学	2022
Multiscale inelastic analysis of FW-CFRP for high-pressure hydrogen tanks	15th World Congress on Computational Mechanics	筑波大学	2022
CFRP 製高圧水素タンクの設計革新に向けて	日本機械学会年次大会	東京大学	2022
FCV 水素タンク用 FW-CFRP のマルチスケールモデリングと均質化解析	日本機械学会 M&M2022 材料力学カンファレンス	筑波大学	2022
高圧水素容器用 FW-CFRP のマルチスケール損傷進展／強度解析	第 14 回日本複合材料会議	筑波大学	2023
高圧水素タンク用 FW-CFRP のマルチスケール損傷解析	日本機械学会関東支部第 29 期総会・講演会	筑波大学	2023
CFRP の長期信頼性評価に対するマルチスケール解析の寄与	シンポジウム「繊維強化プラスチック破壊の描像 －破壊素過程の究明－」	筑波大学	2022
ＣＦＲＰ製水素タンクのマルチスケール設計・評価解析技術の研究開発	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2023	東京大学	2023
フィラメントワインディング成形による高圧水素タンク用 CFRP のボイドの発生原因と分類	第 48 回複合材料シンポジウム	日本大学	2023
フィラメントワインディング CFRP のマルチスケールモデリングと損傷／強度解析	日本機械学会 M&M2023 材料力学カンファレンス	筑波大学	2023
Multiscale damage development/strength analysis of FW-CFRP for FCV hydrogen tanks	Advanced Technology in Experimental Mechanics and International DIC Society Joint Conference 2023 (ATEM-iDICs '23)	筑波大学	2023
Voids in Type IV high-pressure hydrogen tank of carbon fiber reinforced plastic	The 48th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites	日本大学	2024

繊維不整を有するフィラメントワインディング CFRP のマルチスケール損傷／強度解析	第 15 回日本複合材料会議	筑波大学	2024
Identification of damage parameters under the uneven damage development in carbon fiber reinforced plastic	American Society for Composites 39th Annual Technical Conference	日本大学	2024
Evaluation on fatigue degradation and residual strength of composite pressure vessel	American Society for Composites 39th Annual Technical Conference	東京大学	2024
Multiscale damage development analysis of filament winding CFRP considering fiber imperfections	14th Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength	筑波大学	2024
CFRP 製高圧水素タンクの内圧疲労シミュレーション	第 16 回日本複合材料会議	東京大学	2025
高圧水素タンク用 FW-CFRP の損傷／強度特性に及ぼすボイドの影響	第 16 回日本複合材料会議	筑波大学	2025
炭素繊維の低コスト化の動向と今後の展開	知の拠点あいち研究会(WEB)	東海国立大学機構	2021
赤外分光分析による平均分子構造パラメータの推算- 芳香族性指数と平均側鎖長 -	第 58 回石炭科学会議	産業技術総合研究所	2021
赤外分光分析による固体試料中のカルボニル基定量法	第 58 回石炭科学会議	産業技術総合研究所	2021
持続可能社会に貢献する炭素繊維，CFRP の開発	2021 年繊維学会秋季研究発表会	東海国立大学機構	2021
低コストと高性能を両立した炭素繊維の研究開発	JCCM13	東海国立大学機構	2022
炭素繊維の低コスト化の動向と今後の展開	第 35 回複合材料セミナー「カーボンニュートラル社会に貢献する炭素繊維」	東海国立大学機構	2022
炭素繊維の強さと未来の炭素繊維	第 138 回黒鉛化合物研究会	東海国立大学機構	2023
バージン炭素繊維への液相酸化処理の効果	第 49 回 炭素材料学会年会	東海国立大学機構	2022
New Carbon Fiber Development for the Future in Japan	Sustainable Composite Conference (SCC2022)	東海国立大学機構	2022
炭素繊維および炭素繊維強化プラスチックの未来に向けての開発	繊維加工技術研究会	東海国立大学機構	2022
炭素繊維が描く未来と炭素繊維の未来	セラミクス学会 2022 年 東海若手セレミスト懇話会	東海国立大学機構	2022
炭素繊維が描く未来と炭素繊維の未来	化学工学会 2022 年材料化学システム工学討論会	東海国立大学機構	2022
炭素繊維の未来と炭素繊維が描く未来	ICC メンバーズフォーラム	東海国立大学機構	2022
Analysis of compression fracture behavior of carbon fiber by in-situ SAXS measurements using synchrotron radiation	Asian Workshop on Polymer Processing 2022	東京工業大学	2022
Relation between compressive strength and deformation of the void of carbon fibers by in-situ SAXS measurement	49th Textile Research Symposium	東京工業大学	2022
炭素繊維の圧縮破壊過程におけるボイド構造変化の in-situ 測定	第 49 回 炭素材料学会年会	東京工業大学	2022
“脱炭素”に“炭素”繊維で貢献 ~サステナブル炭素繊維と資源循環技術開発の最前線~	炭素材料学会 先端科学技術講習会 2023	東海国立大学機構	2023
炭素繊維複合材料(炭素繊維のリサイクル技術)	2023 年繊維基礎講座	東海国立大学機構	2023
In-situ SAXS measurements on sigle carbon fiber compression tests using synchrotron radiation	The World Conference on Carbon (Carbon 2023)	東京工業大学	2023
Analysis Method for Small-Angle	The World Conference on Carbon (Carbon 2023)	東京工業大学	2023
Effect of the surface treatment with ammonium peroxodisulfate on mechanical and interfacial properties of virgin and recycled carbon fibers	The World Conference on Carbon (Carbon 2023)	東海国立大学機構	2023
Carbon recycling society created with carbon materials	The World Conference on Carbon (Carbon 2023)	九州大学	2023
Preparation of spinnable mesophase pitch using pyrolyzed fuel oil as a raw material	The World Conference on Carbon (Carbon 2023)	九州大学	2023
Development of low-cost carbon fiber and circularly designed CFRP for realization of sustainable society	CSE2023	東海国立大学機構	2023
Development of coal-tar and slurry oil derived mesophase pitches based on lyotropic liquid crystal property	CSE2023	九州大学	2023

“脱炭素”に“炭素材料で貢献” ~炭素繊維で溢れる未来~	化学工学会 GT 委員会	東海国立大学機構	2023
多環芳香族化合物の空気酸化機構	第６０回石炭科学会議	産業技術総合研究所	2023
耐炎化不要な前駆体から作る炭素繊維とその課題	産学連携炭素材料研究会 令和 5 年度第 3 回 ABC 分科会	東海国立大学機構	2023
耐炎化フリー前駆体炭素繊維製造の課題とその克服に向けた開発	第 50 回炭素材料学会年会	東海国立大学機構，東京工業大学，京都工芸繊維大学	2023
X-ray Scattering of Carbon Fibers Us	第 50 回炭素材料学会年会	東京工業大学，東海国立大学機構	2023
耐炎化フリー前駆体炭素繊維の製造条件と力学物性に関する検討	第 50 回炭素材料学会年会	東海国立大学機構	2023
炭素繊維用メソフェーズピッチの高収率調製手法の開発	第 50 回炭素材料学会年会	九州大学	2023
ワイブル解析を用いたポリベンズイミダゾール系炭素繊維の強度解析	2024 年度繊維学会年次大会	東海国立大学機構	2024
ポリベンズイミダゾールの分子量とそれを前駆体とする炭素繊維の力学物性の相関について	2024 年度繊維学会年次大会	東海国立大学機構	2024
芳香族系高分子を前駆体とする炭素繊維製造における利点と課題	2024 年度繊維学会年次大会	東海国立大学機構	2024
Investigation of compressive failure mechanism of carbon fibers using in-situ SAXS measurements with synchrotron radiation	CSE2024	東京工業大学	2024
Fabrication of sustainable carbon fibers, including recycled carbon fibers, and their applications	CSE2024	東海国立大学機構	2024
Development of carbon materials using stranded resources	CSE2024	九州大学	2024
Development of circularly designed CFRPs and sustainable carbon fibersand their applications	Carbon 2025	東海国立大学機構	2024
Carbon recycling society created with carbon materials	Carbon 2025	九州大学	2024
Fabrication of sustainable carbon fibers	CMB-NEXT 2023	東海国立大学機構	2024
ピッチ系炭素繊維原料の平均分子構造解析	第６１回石炭科学会議	産業技術総合研究所、九州大学	2024
ゆりかごからゆりかごへ～廃棄物を資源にする炭素繊維の新資源循環モデル～	2024 年度 CSJ フェスタ	東海国立大学機構	2024
The Development of New Generation Carbon Fiber toward The Circular Future	ISF2024	東海国立大学機構	2024
The Development of Sustainable Carbon Fiber in Japan	IFES East Asia Special Symposium (Nagano)	東海国立大学機構	2025
高機能メソフェーズピッチ系炭素繊維の低コスト化戦略	第 49 回 炭素材料学会年会	九州大学	2022
アンモニアボラン水溶液の溶解度曲線と状態図	第 15 回水素若手研究会	琉球大学、琉球大学カガク院・沖縄高専	2021
アンモニアボラン水素放出時におけるアンモニア放出抑制法の開発	第 7 回水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会	琉球大学	2021
実用化に向けたアンモニアボラン溶液に関する基礎物性評価	第 7 回水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会	琉球大学、琉球大学カガク院・沖縄高専	2021
水素化リチウム-アンモニアボラン-イオン液体混合物の熱分解挙動と濃度依存性	第 41 回水素エネルギー協会大会	琉球大学	2021
アンモニアボラン加水分解反応においてアンモニアの放出を抑制する反応場の検討	日本セラミックス協会 2022 年年会	崇城大学	2022
アンモニアボランの加水分解反応におけるアンモニア放出の抑制	日本化学会第 102 春季年会（2022）	崇城大学	2022
Recent development of ammonia borane for fuel cell system	Taipei International Conference on Catalysis（TICC 2022）	琉球大学	2022
Evaluation of Basic Physical Properties of Ammonia Borane Stored in Liquid Ammonia	2022 World Hydrogen Energy Conference	広島大学、ハイドロラボ、琉球大学	2022
アンモニアボランの加水分解反応における pH 緩衝剤の添加効果	第 59 回化学関連支部合同九州大会	崇城大学	2022
The investigation of basic properties of ammonia borane-ammonia system	日本金属学会 2022 年秋期(第 171 回)講演大会	広島大学、ハイドロラボ、琉球大学	2022

触媒無添加アンモニアボラン水溶液の水素放出反応における速度論解析	第 16 回水素若手研究会	琉球大学	2022
アンモニアボラン加水分解時におけるアンモニア放出速度の評価	第 16 回水素若手研究会	琉球大学	2022
アンモニアボラン実用化のための安全性・保存性評価	第 42 回水素エネルギー協会大会（HESS 大会）	琉球大学、ハイドロラボ	2022
水素化リチウム-水素化ナトリウム-アンモニアボラン-イオン液体混合物の熱分解挙動と濃度依存性	第 42 回水素エネルギー協会大会（HESS 大会）	琉球大学	2022
The fundamental study of ammonia borane as a possible ammonia storage material	第 42 回水素エネルギー協会大会（HESS 大会）	広島大学、琉球大学、ハイドロラボ	2022
アンモニアボラン-クエン酸加水分解反応における アンモニア放出とそのメカニズム	日本エネルギー学会西部支部第 6 回学生・若手研究発表会	琉球大学	2022
アンモニアボラン-有機溶媒二元系相図による溶解度評価	日本エネルギー学会西部支部第 6 回学生・若手研究発表会	琉球大学	2022
アンモニアボラン-クエン酸加水分解反応におけるアンモニア遅延放出反応	第 8 回水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会	琉球大学カガク院・那覇国際高校、琉球大学	2022
アンモニアボラン加水分解時におけるアンモニア放出速度の評価	日本機械学会 技術と社会部門 2022 部門講演会 開催地特別企画中高生研究発表会	琉球大学カガク院・那覇国際高校、琉球大学	2022
アンモニアボランの燃料電池利用に向けた材料開発最前線	第 32 回日本 MRS 年次大会	琉球大学	2022
Inhibition of Ammonia Emission by Buffer Solution in Ammonia Borane Hydrolysis	1st International Conference on New Energy (ICNE2022)	崇城大学	2022
Effect of pH Buffer Materials to Suppress Ammonia Emission During Ammonia Borane Hydrolysis Reaction	The11th SOJO-UTP Joint Seminar on Nano and Bio Research	崇城大学	2022
アンモニアボラン加水分解におけるアンモニア放出速度の評価	第 3 回エコテクノロジーフォーラム	琉球大学カガク院・那覇国際高校、琉球大学	2022
アンモニアボラン加水分解反応におけるアンモニア放出抑制のためのリン酸緩衝剤添加	日本セラミックス協会 2023 年年会	崇城大学	2023
移動式 FC 用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた先端技術開発	一般社団法人 燃料電池開発情報センター　第 30 回燃料電池シンポジウム	琉球大学、ハイドロラボ、崇城大学、I-PEX、昭和飛行機工業	2023
アンモニアボラン加水分解反応の速度に対する pH 緩衝剤の添加効果	第 5 回資源・環境関連材料部会討論会	崇城大学	2023
pH 緩衝剤がアンモニアボランの加水分解速度に及ぼす影響	第 60 回化学関連支部合同九州大会	崇城大学	2023
Ignition dehydrogenation of ammonia borane using metal hydride and ionic liquid	Thermec 2023	琉球大学	2023
移動式ＦＣ用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた先端技術（口頭）	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2023	琉球大学	2023
移動式ＦＣ用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた先端技術開発（ポスター）	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2023	琉球大学	2023
アンモニアボラン-有機溶媒二元系相図の作成	第 17 回水素若手研究会	琉球大学	2023
アンモニアボラン水溶液への pH 緩衝剤の添加が水素生成速度に及ぼす影響	日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム	崇城大学	2023
アンモニアボラン加水分解反応におけるリン酸塩添加によるアンモニア放出抑制効果	第 32 回無機リン化学討論会	崇城大学	2023
エネルギー貯蔵の話	エネルギーシステム研究会 2023 夏のセミナー	琉球大学	2023
アンモニアボラン熱水分解による水素・アンモニア放出挙動と発電特性	2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会	琉球大学、アツミテック	2023
水素貯蔵材料としてのアンモニアボランⅠ：合成と基礎物性	第 33 回日本 MRS 年次大会	琉球大学、ハイドロラボ、広島大学、崇城大学、昭和飛行機工業	2023
水素貯蔵材料としてのアンモニアボランⅡ：水素利用とリサイクル	第 33 回日本 MRS 年次大会	琉球大学、崇城大学、I-PEX	2023
アンモニアボランから放出する水素・アンモニアの連 続定量法の開発とその実測例	第 43 回水素エネルギー協会（HESS）大会	1 琉球大学、2 琉球大学カガク院・那覇国際高校	2023
アンモニアボラン-有機溶媒二元系における相平衡の研究	第 43 回水素エネルギー協会（HESS）大会	琉球大学	2023
Multiple options for energy storage by hydrogen storage material	OPTICS & PHOTONICS International Congress	琉球大学	2024
アンモニアボラン水溶液の水素放出特性	第３１回燃料電池シンポジウム	琉球大学	2024

Ammonia borane;for;portable FC system	MH2024	University of the Ryukyus, I-PEX, Hiroshima University, Hydrolab,Showa Aricraft Industtry	2024
移動式ＦＣ用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた先端技術開発	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2024	琉球大学	2024
犠牲試薬型加水分解によるアンモニアボラン の水素放出システム	第 33 回日本エネルギー学会大会	琉球大学、I-PEX 株式会社	2024
酢酸を用いたアンモニアボラン加水分解における水素・アンモニア放出量の分析	沖縄科学技術教育シンポジウム 2024	琉球大学	2024
アンモニアボラン-有機溶媒二元系における相平衡の研究	第 18 回水素若手研究会	琉球大学	2024
アンモニアボランから放出する水素・アンモニア 連続定量装置の改良と評価	第 18 回水素若手研究会	琉球大学	2024
金属水素化物-アンモニアボラン-イオン液体の水素・アンモ ニア放出特性	日本金属学会 2024 年秋期講演（第 175 回）大会	琉球大学	2024
Recent progress of ammonia borane as a hydrogen storage material	International Symposium on Carbon Materials Breakthrough in the Next Generation (CMB-Next 2024)	琉球大学	2024
アンモニアボランのギ酸による加水分解	第 34 回日本 MRS 年次大会・水素科学技術連携研究会 2024 年度後期研究会	琉球大学、I-PEX 株式会社	2024
軽量・小型・安全なアンモニアボランで水素社会へ！	第 1 回エコテックグランプリ	琉球大学	2020
アンモニアボランを水素源とした分散型電源開発の最前線	兵庫県立大学水素エネルギー共同研究センター シンポジウム 2019	琉球大学	2020
アンモニアボランを用いた燃料電池システムの開発	第 40 回水素エネルギー協会大会	琉球大学	2020
Fundamental Properties of Ammonia Borane Aqueous Solution: Dissolution Enthalpy of Solution, Freezing Points and Solubility Curve, Thermal analysis, Stability and Phase diagram	第 33 回日本エネルギー学会大会	琉球大学	2024
Effect of pH buffers on release of hydrogen and ammonia during catalytic ammonia borane hydrolysis reaction	The 38th International Japan-Korea Seminar on Ceramics	崇城大学	2024
犠牲試薬型加水分解によるアンモニアボラン の水素・アンモニア放出特性	第 33 回日本エネルギー学会大会	琉球大学	2024
Effect of pH buffer addition on rate of ammonia borane hydrolysis reaction	The 13th SOJO-UTP Joint seminar	崇城大学	2024
Evaluation of Basic Physical Properties of Ammonia Borane Stored in Liquid Ammonia	2022 World Hydrogen Energy Conference	広島大学	2022
The investigation of basic properties of ammonia borane-ammonia system	日本金属学会 2022 年秋季 第 171 回講演大会	広島大学	2022
The fundamental study of ammonia borane as a possible ammonia storage material	第 42 回水素エネルギー協会(HESS)大会	広島大学	2022
車載機器用高圧水素適合性高分子材料	第 12 回日本複合材料会議（JCCM12）	九州大学	2021
放射線架橋ポリエチレンの高圧水素特性	第 70 回高分子討論会（主催：高分子学会）	九州大学	2021
燃料電池用水素貯蔵タンク開発に向けたモデル材料としての放射線架橋ポリエチレンの高圧水素耐性評価	第 62 回高圧討論会（主催：高圧学会）	九州大学	2021
EVOH/ETFE 系ブレンド材料の力学物性および高圧水素体制に関する研究	第 70 回高分子討論会	滋賀県立大学	2021
耐高圧水素材料の開発を目指した放射線架橋によるポリエチレンの改質	第 70 回高分子討論会	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、九州大学、滋賀県立大学	2021
量子ビームを利用した水素適合性高分子材料の開発	QST 高崎フェスタ 2021	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、九州大学、滋賀県立大学	2021
量子ビームを利用した水素適合性高分子材料の開発 (2)	QST 高崎フェスタ 2022	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、九州大学、滋賀県立大学	2022
Fabrication of conductive anatase Ti1−xNbxO2 thin films by mist chemical vapor deposition	2022 年第 83 回応用物理学会秋季学術講演会	Tokyo Tech.1, JST-PRESTO.2, Chubu Univ.3, Kyoto Univ.4, Univ. Tokyo5	2022

水を溶媒とするミスト CVD 法によるアナターゼ型 TiO2 薄膜の作製	2022 年第 83 回応用物理学会秋季学術講演会	Tokyo Tech.1, Chubu Univ.2, Kyoto Univ.3, Univ. Tokyo4	2022
Depth profile of Nb in anatase Ti1−xNbxO2 thin films grown by mist chemical vapor deposition method	2023 年 第 70 回応用物理学会春季学術講演会	Tokyo Tech.1, Chubu Univ.2, Kyoto Univ.3, Univ. Tokyo4	2023
アナターゼ型 TiO2 透明導電膜の局所構造解析	2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会	Univ. Tokyo1, Tokyo Tech.2, Chubu Univ.3	2023
水溶液を用いた導電性 Nb:TiO2 薄膜の大気圧成膜	2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会	1.中部大院工、2.東大院理、3.立命館大学、4.岡山理大学理	2023
Transparent conducting anatase Nb-doped TiO2 thin films fabricated by ethanol-based mist chemical vapor deposition	日本表面真空学会関東支部講演大会	Tokyo Tech. 1, Chubu Univ.2, Ritsumeikan Univ.3, Univ. Tokyo4	2023
アナターゼ型 TiO2 薄膜中の格子間酸素の局所構造解析	第 36 回日本吸着学会	東大院理、中部大工	2023
トポケミカル反応による層状水酸化物配向膜の作製	第 17 回日本フラックス成長研究発表会 第 36 回日本吸着学会研究発表会	東大 1，東工大 2	2023
Local Structural Analysis of Transparent Conducting Anatase TiO2 Films	MRS Boston	Univ. Tokyo1, Tokyo Tech.2, Chubu Univ.3	2023
ミスト化学蒸着法による導電性 TiO2 薄膜の作製と燃料電池セパレータ表面処理への応用	2024 年 第 71 回応用物理学会春季学術講演会	Univ. Tokyo1, Tokyo Tech.2, Ritsumeikan Univ.3, Chubu Univ.4	2024
ミスト化学堆積法によるアナターゼ型 Nb ドープ TiO2 エピタキシャル薄膜の作製	2024 年 第 71 回応用物理学会春季学術講演会	Univ. Tokyo 1, Tokyo Tech2, Ritsumeikan Univ3, Chubu Univ.4	2024
アナターゼ型酸化チタンを活用した低接触抵抗性セパレータ表面処理技術の開発	電気化学会第 91 回大会	1. 東京大学、2. 中部大学	2024
Nb-Doped Anatase TiO2 T hin Films Prepared from Aqueous Solutions	MRM2023/IUMRS-ICA2023	Chubu Univ.1, Univ. Tokyo2, Ritsumeikan Univ3, Okayama Univ. Sci.4	2023
チタニルアセチルアセトナートを前駆体とした Nb:TiO2 薄膜のミスト CVD 成膜	2024 年 第 71 回応用物理学会春季学術講演会	1. 中部大学、2. 東京大学、3. 立命館大学	2024
Fabrication of Conductive TiO2 Thin Films by Mist Chemical Vapor Deposition and Its Application for Surface Coating of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Separators	E-MRS 2024 SPRING MEETING	Univ. Tokyo1, Tokyo Tech.2, Ritsumeikan Univ.3, Chubu Univ.4	2024
導電性 Nb ドープ TiO2 薄膜のミスト化学堆積法における Nb 源の検討	2024 年 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会	1. 中部大学、2. 東京大学、3. 立命館大学	2024
ミスト化学気相堆積法で作製した Nb ドープ TiO2 薄膜の膜構造と溶媒の関係	2024 年 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会	"1. 中部大学、2. 東京大学、3. 立命館大学 4. 岡山理科大	2024
Orientation Control of Anatase Nb-doped TiO2 Epitaxial Thin Films by Mist Chemical Vapor Deposition	2024 MRS Fall Meeting	Univ. Tokyo1, Chubu Univ.2, Ritsumeikan Univ.3	2024
AI analysis of the hydrogen compatible polymeric materials	International Symposium of Hydrogen Polymers Team, HYDROGENIUS(福岡)	国立大学法人　九州大学	2023
Soft X-ray Imaging of Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Different Support Materials for Catalyst Layers	244th ECS meeting Gothenburg Sweden	Osaka University,University of Yamanashi	2023
燃料電池とフロー電池における熱流体研究と材料研究の協働	日本機械学会関西支部 専門部会	大阪大学	2023
A Study on the Performance Stability and the Water management of PEFC with Interdigitated Gas Flow Channels formed on a Gas Diffusion Layer	The 6th International Electric Vehicle Technology Conference EVTeC2023,	University of Yamanashi, Enomoto Co., Ltd., Osaka University	2023
Materials Needed for Proton Exchange Membrane Fuel Cells Operated at Temperatures Higher than 100 degree C	ICFCHT-SFCHT 2023 (Keynote speaker 8)	University of Yamanashi	2023
高効率・高出力 FC を実現する電極構造の研究について	公益社団法人自動車技術会燃料電池部門委員会	大阪大学	2023
Operando 3D-Monitoring of the Oxygen Partial Pressure (p(O2)) within a Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC) during Cell Operations at Higher Temperatures	244th ECS Meeting (Z01-3156)	University of Yamanashi	2023

流路付き GDL を用いた PEFC の X 線可視化・性能解析	第 60 回日本伝熱シンポジウム	大阪大学, エノモト, 山梨大学	2023
流路付き GDL を組み込んだ固体高分子形燃料電池（PEFC）発電中の生成水イメージング	一般社団法人総合科学研究機構中性子科学センター 第 27 回 CROSS Workshop	株式会社エノモト	2023
流路付き GDL を組み込んだ固体高分子形燃料電池（PEFC）発電中の生成水イメージング	令和 5 年度 中性子イメージング専門研究会	株式会社エノモト	2023
ｶﾞｽ流路付き GDL(GDLFC+)を組み込んだ PEFC 発電中の生成水ｲﾒｰｼﾞﾝｸﾞ(ﾊﾟﾈﾙﾃﾞｨｽｶｯｼｮﾝ)	令和 4 年度 中性子ｲﾒｰｼﾞﾝｸﾞ研究会	山梨大学, エノモト	2022
In situ X-ray visualization of liquid water behaviors in an operating PEMFC with advanced materials	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022 (P22) (Yamanashi, Japan)	Osaka University, Enomoto Co.,Ltd., University of Yamanashi	2022
Development Status of Flat Metal Separator Integrated Gas-Diffusion Layer with Channels and Efforts in the Project	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi, Enomoto Co.,Ltd.	2022
Performance improvement of PEFC with a gas diffusion layer with interdigitated gas flow channels under high & low humidification conditions	The 9th International Fuel Cell Workshop 2022	University of Yamanashi, Suzuki Motor Corporation, Enomoto Co.,Ltd.	2022
対向櫛歯型流路が形成されたｶﾞｽ拡散層が固体高分子型燃料電池ｾﾙの高加湿および低加湿条件下における出力安定性の向上に及ぼす影響	第 63 回電池討論会	山梨大学, スズキ, エノモト	2022
ガス拡散層一体型金属セパレータ	第 6 回 FC-Cubic オープンシンポジウム ポスター発表	ENOMOTO Co. Ltd,	2021
Study on Performance Stability Improvement of Polymer Electrolyte Fuel Cells with Interdigitated Gas Flow Channels on a Gas Diffusion Layer	PRiME2024	山梨大学	2024
Effect of Gdl Structure and Operating Conditions on PEMFC Performance and Liquid Water Removal	PRiME2024	大阪大学	2024
X-RAY IMAGING AND NUMERICAL SIMULATION OF A POLYMER ELECTROLYTE FUEL CELL WITH INTERDIGITATED GAS FLOW CHANNELS FORMED ON A GAS DIFFUSION LAYER	PRiME2024	大阪大学	2024
酸化物薄膜を有する高耐食性・低接触抵抗性 PEFC ステンレスセパレータの開発	2023 年電気化学秋季大会	名古屋工業大学	2023
酸化物薄膜を有する PEFC ステンレスセパレータの耐食性評価	コロージョン・ドリーム 2023	名古屋工業大学	2023
PEFC 模擬環境下における酸化物薄膜を有するステンレスセパレータの溶解挙動評価	電気化学会第 91 回大会	名古屋工業大学	2024
Anodic Dissolution of Stainless Steel Covered with Oxide Thin Film in PEFC Simulated Environment	PRiME 2024	Nagoya Institute of Technology	2024
3D Impedance Analysis on Dissolution Behavior of Stainless Steel Covered with Oxide Thin Film in PEFC Simulated Environment	AEIS2024	Nagoya Institute of Technology	2024
PEFC 用 SUS セパレータの高耐食性酸化表面処理	電気化学会・コロージョンドリーム	東京理科大学	2022
PEFC 用ステンレス鋼セパレータのタングステンを含む高耐食性酸化処理	電気化学会第 90 回大会	東京理科大学	2023
PEFC 内部環境におけるステンレス鋼の新規腐食評価法の検討	コロージョン・ドリーム　２０２３	東京理科大学	2023
印刷法を用いたステンレス鋼の耐食性 導電層コーティングの開発	コロージョン・ドリーム　２０２３	東京理科大学	2023
PEFC 用 SUS セパレータへのタングステンをインヒビターとした表面処理と導電層コーティング	コロージョン・ドリーム　２０２３	東京理科大学	2023
"Development of Evaluation Method of Corrosion Resistance and Long-Term Durability of Stainless Steel for PEMFC	Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science 2024 (PRiME 2024)	Tokyo University of Science, National Institute for Materials Science	2024
固体高分子形燃料電池用バイポーラプレートの腐食評価法の検討	腐食防食学会 材料と環境 2024	東京理科大学、物質・材料研究機構	2024
ステンレス鋼の耐食性を大幅に改善するアノード酸化処理法の開発	表面技術協会 第 151 回講演大会	物質・材料研究機構	2025

イオン交換基を有する高分子微粒子上への無電解合金めっきと皮膜構造解析	表面技術協会第 146 回講演大会	甲南大学、神戸大学	2022
炭化水素存在下でのシード分散重合によるポリメタクリル酸メチル粒子の形状制御	第 71 回高分子討論会	神戸大学	2022
大学におけるモノづくりにかかる研究開発の取組みについて	メディケミカル拠点シンポジウム /FIRST・FIBER 産学連携サロン	甲南大学	2023
凹凸構造を有する異形高分子微粒子への選択的無電解ニッケルめっき	表面技術協会第 147 回講演大会	甲南大学、神戸大学	2023
部位選択的に官能基を有する異形高分子粒子の作製	第 72 回高分子学会年次大会	神戸大学、甲南大学	2023
部位選択的に官能基を有するゴルフボール状粒子の作製	第 61 回日本接着学会年次大会	神戸大学、甲南大学	2023
異形高分子マイクロ粒子への無電解ニッケルめっきと被膜構造評価	表面技術協会第 148 回講演大会	甲南大学、神戸大学	2023
部位選択的にイオン基を有したゴルフボール状粒子の作製	第 22 回 高分子ミクロスフェア討論会	神戸大学、甲南大学	2023
導電化異形高分子マイクロ粒子を用いたナノコンポジットフィルムの作製	表面技術協会第 149 回講演大会	甲南大学、神戸大学	2024
ポリマーの炭素化過程に及ぼす雰囲気ガス種の影響	第 49 回炭素材料学会年会	群馬大学 1、日清紡ホールディングス株式会社 2	2022
金属塩化物による湾曲網面カーボン形成とキャラクタリゼーション	第 49 回炭素材料学会年会	群馬大学 1、日清紡ホールディングス株式会社 2	2022
塩素ガス処理が炭素材料に与える影響評価	第 60 回炭素材料夏季セミナー	群馬大学 1、日清紡ホールディングス株式会社 2	2023
金属塩化物から得たナノ粒子による湾曲構造構築手法の開拓	第 60 回炭素材料夏季セミナー	群馬大学 1、日清紡ホールディングス株式会社 2	2023
カーボンブラックの塩素ガス処理に伴う物性変化と電気化学的酸化挙動	第 50 回炭素材料学会年会	群馬大学 1、日清紡ホールディングス株式会社 2	2023
湾曲グラファイト網面形成のための in-situ ナノテンプレート法とメカニズム検証	第 50 回炭素材料学会年会	群馬大学 1、日清紡ホールディングス株式会社 2	2023
連続湾曲網面カーボン上に担持した FePc の酸素還元活性とその構造解析	第 51 回炭素材料学会年会	群馬大・院理工 1, 千葉大・院理 2, 日清紡 HD3	2024
in-situ ナノテンプレート法による連続湾曲網面カーボンの調製とその酸素還元活性	第 51 回炭素材料学会年会	群馬大・院理工	2024
グラフェン細孔体の創製および吸着特性	第 50 回 炭素材料学会年会	千葉大学	2023
種々の湿度・温度下での長期グラフェン劣化挙動の評価	第 50 回 炭素材料学会年会	千葉大学	2023
HRMD シミュレーションによる炭素材料の構造解析	第 50 回 炭素材料学会年会	千葉大学、群馬大学、日清紡	2023
シミュレーションを用いた炭素・炭素細孔中に吸着した分子のナノ構造解析	第 139 回黒鉛化合物研究会	千葉大学	2023
高活性カーボンに対する Hybrid reverse molecular dynamics simulation による構造解析	第 51 回 炭素材料学会年会	千葉大学、群馬大学、日清紡	2024
カーボン担体への含アミジン基分子修飾による白金の ORR 活性と耐久性への影響	第 62 回電池討論会	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2021
カーボン担体の含窒素分子修飾による白金触媒への影響	第 29 回燃料電池シンポジウム	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2022
PEFC 用 Pt/C 触媒への含アミジン基分子修飾	第 63 回電池討論会	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2022
白金担持率の異なる Pt/C 触媒に対する含アミジン基分子修飾効果	第 30 回燃料電池シンポジウム	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2023
PtCo/C 触媒への含アミジン基分子修飾	第 30 回燃料電池シンポジウム	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2023
含アミジン基分子修飾 Pt/C 触媒へのアニオン導入	第 60 回化学関連支部合同九州大会	大分大院，大分大理工	2023
PEFC 用 PtCo/C 触媒の含アミジン基分子修飾	第 60 回化学関連支部合同九州大会	大分大院，大分大理工	2023
白金担持カーボン触媒への含アミジン基分子修飾	第 64 回電池討論会	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2023
白金コバルト合金担持カーボン触媒への含アミジン基分子修飾	第 64 回電池討論会	大分大院，大分大理工	2023
水中でのラジカル捕捉法による燃料電池用炭素材料表面へのアミジン基の導入	第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023	大分大院，大分大理工	2023

含アミジン基分子による Pt/C 触媒の修飾	第 31 回燃料電池シンポジウム	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2024
白金コバルト合金担持カーボン触媒への含アミジン基分子修飾効果	第 31 回燃料電池シンポジウム	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2024
Pt/C 触媒への含アミジン基分子修飾の効果	第 65 回電池討論会	大分大院，大分大理工，日産化学株式会社	2024
PtCo/C 触媒への含アミジン基分子修飾の効果	第 65 回電池討論会	大分大院，大分大理工	2024
ラジカル捕捉法による金属担持炭素表面への含窒素有機官能基の導入	第 61 回化学関連支部合同九州大会	大分大院，大分大理工	2024
1 nm 程度の粒径を有する白金 17 量体ナノクラスターの高収率合成と酸素還元反応活性評価	第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023	東理大院理	2023
チオラート保護白金クラスターを用いた燃料電池用電極触媒と有機添加物による高活性化	第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023	東理大院理	2023
Phosphine-Protected Platinum Nanoclusters as Catalysts for Fuel Cell Electrodes	International Conference on Molecular Matter 2023	東理大院理	2023
原子精度で制御された貴金属クラスターを用いた高機能触媒の創製	令和 4 年花王科学奨励賞研究発表交流会	東理大院理	2023
燃料電池応用に向けたホスフィン保護白金クラスター担持触媒の創出	第 12 回　JACI/GSC シンポジウム	東理大院理	2023
白金 17 量体クラスター担持触媒の創製と酸素還元反応における高活性メカニズムの解明	第 14 回触媒科学研究発表会	東理大院理	2023
Synthesis of Pt17 Nanoclusters and Their Oxygen Reduction Reactivity	The 8th International Workshop on Advanced Nanoscience and Nanomaterials 2023	東理大院理	2023
トリフェニルホスフィンを配位子とした白金ナノクラスターの合成と高い酸素還元反応活性を示す触媒創製	日本ゼオンナノカーボンキックオフ研究会	東理大院理	2023
粒径 1nm 程度のチオラート保護白金ナノクラスターを用いた燃料電池電極触媒の創出と有機添加物の効果	日本ゼオンナノカーボンキックオフ研究会	東理大院理	2023
Synthesis of Pt17 Nanoclusters and Preparation of Platinum Catalysts with High Oxygen-Reduction Reaction Activity	界面科学研究部門 2023 夏季シンポジウム	東理大院理	2023
ホスフィン保護白金ナノクラスターを用いた高活性な燃料電池用触媒の創出	2023 電気化学秋季大会	東理大院理	2023
チオラート保護白金ナノクラスター担持触媒と窒素含有化合物の添加による酸素還元能の高活性化	第 28 回光触媒シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」	東理大院理	2024
白金 17 量体ナノクラスターの高収率合成法の確立と固体高分子形燃料電池触媒としての応用	第 29 回光触媒シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」	東理大院理	2024
燃料電池用白金ナノクラスター担持触媒のメラミンによる高機能化	第 13 回 JACI/GSC シンポジウム	東理大院理	2024
高機能白金 17 量体ナノクラスター担持触媒を用いた水素生成反応活性の評価	日本ゼオンナノカーボンキックオフ研究会	東理大院理	2024
硫黄ドープカーボンナノチューブを用いた白金ナノクラスター担持触媒調製及び酸素還元反応活性評価	日本ゼオンナノカーボンキックオフ研究会	東理大院理	2024
高い酸素還元反応活性を有する粒径約 1 nm 白金ナノクラスター担持触媒の創製：窒素含有化合物による保護効果	第 75 回コロイドおよび界面化学討論会	東理大院理	2024
硫黄をドープしたカーボンナノチューブ担体による白金ナノクラスターの凝集抑制と酸素還元反応の高活性化	第 75 回コロイドおよび界面化学討論会	東理大院理	2024
高い水素生成反応活性を示すホスフィン保護白金 17 量体ナノクラスターの合成と評価	第 18 回水素若手研究会	東理大院理	2024
原子精度にて制御されたホスフィン保護白金１７量体ナノクラスターの 水素生成反応触媒活性	第 75 回コロイドおよび界面化学討論会	東理大院理	2024
白金ナノクラスターのサイズ選択的合成法と酸素還元反応活性触媒の調製	第 134 回触媒討論会	東理大院理	2024
白金ナノクラスター担持硫黄ドープカーボンナノチューブによる高活性な酸素還元反応	第 14 回 CSJ 化学フェスタ 2024	東理大院理	2024
白金 17 量体ナノクラスター担持触媒による水電解水素生成反応の活性向上	第 14 回 CSJ 化学フェスタ 2024	東理大院理	2024
添加剤保護による白金ナノクラスター触媒の酸素還元促進および活性向上因子の解明	第 34 回日本 MRS 年次大会	東理大院理	2024

高い酸素還元反応活性を有する Pt17 量体ナノクラスター担持電極触媒の創製	第 34 回日本 MRS 年次大会	東理大院理	2024
微細白金クラスターを前駆体とした白金担持アルミナ触媒の創製とそれらの酸化能の評価	第 26 回光触媒シンポジウム	東理大院理	2022
サイズ制御された Pt クラスターの簡便な合成と ORR 触媒活性評価	第 72 回コロイドおよび界面化学討論会	東理大院理	2021
粒径 1nm 程度の白金クラスター担持触媒の簡素還元能と添加剤の効果	2023 電気化学秋季大会	東理大院理	2023
日大 LEBRA-PXR 線源による 40keV 単色 X 線の生成とその特性	第 19 回日本加速器学会年会	日本大学	2022
交流インピーダンス法を用いた水蒸気電解セル PCEC の解析-ナイキスト線図におけるオーミック損の検討-	第 66 回日本大学理工学部学術講演会	日本大学	2022
PCFC の燃料極及び空気極への加湿が EIS 波形に及ぼす影響	第 48 回固体イオニクス討論会	日本大学	2022
内部リーク電流を考慮したプロトン伝導セラミック燃料電池（発電モード時）の性能解析方法	第 31 回 SOFC 研究発表会	日本大学	2022
パラメトリック X 線源を用いた燃料電池セルの観測	第 36 回日本放射光学会年会	日本大学	2023
プロトン伝導セラミック燃料電池の初期性能低下に伴う DRT 波形の変化	令和 5 年電気学会全国大会	日本大学	2023
Performance Analysis Method for PCFC Considering Leak Current and Application to 1000hr Endurance Test	第 18 回 SOFC-XVIII	日本大学	2023
日大 LEBRA における加速器光源の開発とその現状	第 20 回日本加速器学会年会	日本大学	2023
改良 PCFC の DRT 解析による内部抵抗評価	第 49 回固体イオニクス討論会	日本大学	2023
内部リーク電流を考慮したプロトン伝導セラミック燃料電池（電解モード時）の性能解析方法	第 32 回 SOFC 研究発表会	日本大学	2023
日大 LEBRA における光源利用研究の近況	第 30 回 FEL と High-Power Radiation 研究会	日本大学	2023
ＰＸＲ線源を利用した燃料電池セルのＸ線イメージング	令和 6 年電気学会全国大会	日本大学	2024
PCEC の空気極材料の差異が EIS 波形に及ぼす影響	第 42 回電気設備学会全国大会	日本大学	2024
Application of PXR-based X-ray source using a Si(400) radiator in the 40-keV region	The 10th International ConferenceChanneling 2024Charged & Neutral Particles Channeling Phenomena	日本大学	2024
日大 LEBRA PXR 線源の現状と高度化のアイデア	第 31 回 FEL と High Power Radiation 研究会	日本大学	2024
プロトン伝導セラミック燃料電池のリバーシブル運転と性能解析－電解単一運転モードとの比較－	第 33 回 SOFC 研究発表会	日本大学	2024
交流インピーダンス法と DRT スペクトル解析を用いた発電時における PCFC ボタンセルの温度依存性解析	2024 年(第 6 回)電気設備学会学生研究発表会	日本大学	2024
Evaluation of the Impact of FC/EC Reversible Operation on the Durability of Protonic Ceramic Fuel Cells	第 19 回 SOFC-XIX	日本大学	2025
水素透過セラミックスの開発とプロトン SOFC への応用	第 129 回 SOFC 研究会	北海道大学	2024
H–/H+ bipolar conductor electrolytes for steam electrolysis	7th Asian SOFC Symposium	北海道大学	2024
高圧水素損傷許容接合容器の実現に向けた技術的課題と取り組み	日本ゴム協会　第 40 回水素機器用エラストマー材料研究分科会	東京工業大学	2022
"R&D Trends of Non Destructive Testing of CFRP High Pressure Hydrogen Tanks in Japan	AEWG	東京工業大学，明治大学，物質材料研究機構，千代田化工建設，関西大学	2022
CFRP タンクの非破壊検査	プラスチック成形加工学会　新加工技術専門委員会	東京工業大学	2022

Stacking Sequence Optimization Method for Damage Tolerant Composite Overwrapped Pressure Vessell	機械材料・材料加工国際会議 2022（ICM&P2022）	東京工業大学	2022
Ultrasonic testing for CFRP high-pressure hydrogen tanks used for fuel cell vehicles	機械材料・材料加工国際会議 2022（ICM&P2022）	東京工業大学	2022
CFRP スカーフ継手の引張負荷下における損傷進展挙動	第 47 回複合材料シンポジウム	東京都立大学	2022
Development of damage detection method by using guided wave inspection for type-IV composite vessel	17th APCFS（オーストラリア）	明治大学	2022
Nondestructive Testing of CFRP and Application Issues for High–Pressure Composite Pressure Vessels for FCVs	Research Forum: Lightning Resistant Metal Coating Technology on CFRP Assisted by Kinetic, Physical and Chemical Energies	東京工業大学	2023
Evaluation of Fiber Defects in High–Pressure Composite Pressure Vessels for FCVs by Eddy Current Testing	Research Forum: Lightning Resistant Metal Coating Technology on CFRP Assisted by Kinetic, Physical and Chemical Energies	東北大学	2023
CFRP 接合による高圧水素容器の開発	M&M2023 材料力学カンファレンス	東京都立大学	2023
損傷許容性を有する複合圧力容器の CFRP 積層構成最適化	JCOSSAR2023（構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム）	東京工業大学	2023
機械と構造物の保全分野への AI・SHM 技術の適用とそれらの適用を想定した設計	化学工学会 89 年会	東京工業大学	2024
高圧水素容器における AE 法を用いた供用中健全性保証の基礎検討	安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム	東京工業大学	2024
SHM が機械と構造物の設計と維持管理を変革する	NDE ネットワーク	東京工業大学	2024
非破壊検査 WG，CFRP 容器の破裂圧力比の合理的設定方法に関する検討 WG の報告	オンライン	東京工業大学	2024
AE/AU 法を用いた損傷許容型 CFRP 製水素タンクの健全性保証の構想	AE コンファレンス（東京）	東京工業大学	2021
CFRP スカーフ継手における損傷挙動の実験的評価と数値解析	第 13 回日本複合材料会議（大阪）	東京工業大学	2022
複合材料製高圧水素容器に適用可能な超音波探傷技術の開発	日本非破壊検査協会　安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術	東京工業大学	2022
R&D Trends of Non Destructive Testing of CFRP High Pressure	AEWG（米国）	東京工業大学	2033
5G 時代における燃料電池自動車用高圧水素容器の設計と健全性保証	日本機械学会 M&M2021 材料力学カンファレンス	東京工業大学	2021
高圧水素用肉厚 CFRP 容器の設計・非破壊検査	産総研 FIoT コンソーシアム応力発光技術分科会	東京工業大学	2021
FCV 用高圧水素容器の健全性を保証するための非破壊検査，損傷許容技術の開発	日本複合材料学会　JCCM-13	東京工業大学	2022
AE およびガイド波による燃料電池自動車用水素タンク水圧サイクル試験のモニタリング	非破壊検査総合シンポジウム	NIMS	2024
SHM を前提とした燃料電池自動車用水素タンクの設計と健全性保証	非破壊検査総合シンポジウム	東京工業大学	2024
Tips to use AI for NDT and SHM application	20th WCNDT	東京工業大学	2024
"Application of SHM to composite pressure vessels for fuel cell vehicles	IIW 2024	東京工業大学	2024
モニタリング技術を活用した水素関連機器の革新的技術展開	日本非破壊検査工業会　第 20 回技術討論会	東京工業大学	2024
DX 時代の非破壊検査	千葉県非破壊検査研究会総会	東京工業大学	2024
複合蓄圧器を模擬した CFRP パイプを伝搬するガイド波特性の評価	日本非破壊検査協会　秋季講演大会	明治大学	2024
Experimental and numerical investigation of damage process in adhesively bonded composite scarf joints	49th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites	東京都立大学	2025
Assurance of Integrity of Composite Pressure Vessels by AE Testing Using Remaining Life Indicator	36th Conference of the European Working Group on Acoustic Emission (EWGAE 2024)	東京工業大学	2024
Damage-tolerance design for composite high-pressure hydrogen vessels when AE testing is applied	36th Conference of the European Working Group on Acoustic Emission (EWGAE 2024)	東京工業大学	2024
残存寿命マーカーを利用した CFRP 構造の健全性保証方法についての基礎的検討	AE コンファレンス（佐賀）	東京工業大学	2024

複合材スカーフ継手の損傷・破壊挙動に対する実験ならびに数値的検討	シンポジウム「繊維強化プラスチック破壊の描像　－破壊素過程の究明－」（東京大学生産科学研究所ファイバステアリング研究会主催）	東京都立大学	2024
複合材スカーフ継手におけるメゾ損傷過程の実験的評価と数値シミュレーション	第３０回　高分子基複合材料の成形加工に関する研究会（日本機械学会高分子基複合材料の成形加工に関する研究会主催）	東京都立大学	2024
Fundamental study on remaining life evaluation of CFRP structures under cyclic loading using remaining life indicator	APCFS2024	東京科学大学	2024
A study on fiber breakage detection for end-of-life prediction of CFRP structures	APCFS2024	東京科学大学	2024
Application of SHM and damagetolerance design for hydrogen composite pressure vessel	US-Japan Conference on Composite Materials	東京科学大学	2024
CFRP タンクの電磁非破壊検査	CFRP 機器開発の高度化セミナー（「FrontCOMP ユーザー会」および「ファイバステアリング複合材料技術の実現性調査と技術課題分析に関する研究会」）	東北大学	2024
CFRP タンクの破裂安全率適正化	CFRP 機器開発の高度化セミナー（「FrontCOMP ユーザー会」および「ファイバステアリング複合材料技術の実現性調査と技術課題分析に関する研究会」）	東京科学大学	2024
"Towards Optimal Safety Factors in Hydrogen Vessels through SHM Implementation"	34th Annual Conference & Exhibition on Non Destructive Evaluation & Enabling Technologies	東京科学大学	2024
水素容器の低コスト化に向けた CFRP 積層板の残留強度評価および接合法の検討	第 16 回日本複合材料会議(JCCM-16)	東京都立大学	2025
水素容器用 CFRP 積層板の残留強度評価および接合法の検討	2024 年度 安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム	東京都立大学	2025
ガイド波を用いた燃料自動車用水素タンクの状態評価手法の開発	2024 年度 安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム	明治大学	2025
"AE 試験による燃料電池自動車用水素タンクで発生する繊維束破壊のモニタリング	第 16 回日本複合材料会議(JCCM-16)	東京科学大学	2025
渦電流試験法を用いた燃料自動車用水素タンク内面の繊維配向評価	2024 年度 安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム	東北大学	2025
DX 時代の非破壊検査を活用した設備設計/保全	第 28 回化学工学会関西支部・和歌山地区共催セミナー「持続可能なプラント運用」，アバローム紀ノ国，和歌山	東京科学大学	2025
高圧水素複合圧力容器の非破壊試験法の開発および安全率の適正化に向けた NEDO プロジェクトの紹介	2024 年度 安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム	東京科学大学	2025
AE 法を用いた複合圧力容器における繊維束破断量の定量評価	2024 年度 安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム	東京科学大学	2025
高圧複合圧力容器における超音波減衰メカニズムの解明	2024 年度 安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム	東京科学大学	2025
"Characterization and modeling of progressive damage in adhesively bonded composite scarf joints	2nd JSME International Conference on Materials & Processing (ICM&P2025)	東京都立大学	2025
"Design of High-Pressure Hydrogen Composite Pressure Vessels with Online Monitoring Assumption and Monitoring of Fiber Bundle Fracture	AEWG-65: 65th Acoustic Emission Working Group	東京科学大学	2025
非ＦＷ／分割プリフォームおよび新規樹脂（ＲＥＤＯＸ硬化型樹脂）による高圧水素タンクの革新的ハイレート製造プロセスの開発	日本複合材料学会・第 13 回日本複合材料会議（JCCM-13）	金沢工業大学	2022
FCV 用分割成形 CFRP 高圧水素タンクの応力解析	日本複合材料学会　第 47 回複合材料シンポジウム	東京農工大学，金沢工業大学，日本大学	2022
ドーム／シリンダ分割構造 CFRP タンクの試作と内圧破壊挙動	日本複合材料学会　第 47 回複合材料シンポジウム	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2022
REDOX 反応を用いた高圧容器製造用トウプリプレグの開発	日本複合材料学会　第 47 回複合材料シンポジウム	金沢工業大学、ミズノテクニクス	2022
CFRTP テープを用いた燃料電池自動車用分割タンクの真空成形	第 55 回日本大学生産工学部学術講演会	日本大学，金沢工業大学，東京農工大学	2022

FEM 解析を用いた FRP 製圧力容器の構造設計に関する研究	第 55 回日本大学生産工学部学術講演会	日本大学，金沢工業大学，東京農工大学	2022
燃料電池自動車用 CFRTP 製圧力容器の真空成形	日本複合材料学会／日本材料学会　第 14 回日本複合材料会議（JCCM-14）	日本大学，金沢工業大学，東京農工大学	2023
ドーム／シリンダ分割構造 CFRP タンクの破裂挙動と損傷進展解析	日本複合材料学会／日本材料学会　第 14 回日本複合材料会議（JCCM-14）	東京農工大学，金沢工業大学，日本大学	2023
ドーム・シリンダ接着型 CFRP 水素タンクにおける継手構造の強度評価	日本複合材料学会／日本材料学会　第 14 回日本複合材料会議（JCCM-14）	東京農工大学，金沢工業大学，日本大学	2023
高圧容器製造のための REDOX 反応を用いたトウプリプレグの開発	日本複合材料学会／日本材料学会　第 14 回日本複合材料会議（JCCM-14）	金沢工業大学，ミズノテクニクス，金沢工業大学	2023
ドーム・シリンダ接着構造を有する複合圧力容器の破裂試験	日本複合材料学会　第 48 回複合材料シンポジウム	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2023
ドーム・シリンダ分割成形 CFRP 水素タンクの内圧破裂挙動	第 68 回 FRP 総合講演会・展示会	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2023
接合式 CFRP 製圧力容器の応力解析と構造設計	プラスチック成形加工学会第 31 回秋季大会	日本大学，東京農工大学，金沢工業大学	2023
CFRP 製水素貯蔵圧力容器の応力解析と構造設計	日本大学生産工学部学術講演会（2023 年）	日本大学，東京農工大学，金沢工業大学	2023
熱可塑トウプレグを用いた RTM 成形における樹脂流動特性	日本複合材料学会／日本材料学会　第 15 回日本複合材料会議（JCCM-15）	金沢工業大学	2024
ドーム・シリンダ接着型 CFRP 水素タンクにおける継手構造の強度評価	日本複合材料学会／日本材料学会　第 15 回日本複合材料会議（JCCM-15）	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2024
ドーム・シリンダ接着型 CFRP 水素タンクの破壊挙動	日本複合材料学会／日本材料学会　第 15 回日本複合材料会議（JCCM-15）	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2024
ドーム・シリンダ接着型 CFRP 水素タンクの破裂挙動と継手構造の強度評価	第 66 回構造強度に関する講演会, 日本航空宇宙学会	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2024
ドーム・シリンダ接着型 CFRP 水素タンクにおける継手構造の強度評価	第 49 回複合材料シンポジウム, 日本複合材料学会	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2024
Progressive damage analysis of CFRP pressure vessels with dome/cylinder bonded structure	39th Annual Technical Conference (ASC 2024), American Society for Composites (ASC)	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2024
高圧水素容器の分割プリフォーム成形を可能とする樹脂の開発	日本複合材料会議（JCCM-16）、日本複合材料学会／日本材料学会	金沢工業大学	2025
高圧水素タンクのドーム/シリンダー分割プリフォームの作製手法の開発	日本複合材料会議（JCCM-16）、日本複合材料学会／日本材料学会	金沢工業大学	2025
高圧水素容器の量産化に向けた熱可塑トウプレグを用いた低圧 RTM の開発	日本複合材料会議（JCCM-16）、日本複合材料学会／日本材料学会	金沢工業大学	2025
ドーム/シリンダ分割成形による高圧 CFRP 水素貯蔵タンクの破裂挙動と損傷進展解析動	第 16 回日本複合材料会議（JCCM-16), 日本複合材料学会/日本材料学会	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2025
ドーム/シリンダ分割構造からなる CFRP 水素貯蔵容器用の高強度多層ラップ継手	第 16 回日本複合材料会議（JCCM-16), 日本複合材料学会/日本材料学会	東京農工大学，日本大学，金沢工業大学	2025
燃料電池システムを搭載した油圧ショベルの研究開発と実証検証	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2022	コベルコ建機株式会社	2022
燃料電池システムを搭載した油圧ショベルの研究開発と実証検証	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2023	コベルコ建機株式会社	2023
燃料電池システムを搭載した油圧ショベルの研究開発と実証検証	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2024	コベルコ建機株式会社	2024
NEDO 事業水素燃料電池ショベル開発	日本機械学会誌	コベルコ建機株式会社	2024
水素燃料電池を搭載した内航客船の概要	マリンエンジニアリング学会誌		2023
クボタの見据えるスマート農業の未来と市場戦略	第 13 回農業 WEEK	株式会社クボタ	2023
農業の大転換　未来につながるクボタの取り組み	一社）日本種苗協会「第 40 回 野菜種子部会」	株式会社クボタ	2023
クボタのスマート農業：現状と将来展望	立命館大学農林中金アカデミー寄付講座「食農ビジネス開発」	株式会社クボタ	2023
クボタの見据えるスマート農業の未来と市場戦略	一社）北海道土地改良設計技術協会「令和 5 年度 第 1 回 土地改良研究会」	株式会社クボタ	2023
カーボンニュートラルへの取り組み	JEMA（一般社団法人日本電機工業会）	株式会社クボタ	2023
北海道内 JA 常任理事向けのご講演	北海道内 JA 常任理事向けのご講演	株式会社クボタ	2023
クボタのカーボンニュートラルへの取り組み	日本機械学会関西支部第 3 専門部会　第二回専門部会	株式会社クボタ	2024
光と塗布印刷技術を用いるセラミック製膜のグリーンプロセスデザイン	日本セラミックス協会第 38 回秋季シンポジウム	産業技術総合研究所	2025

Preparation of PVPA-modified ZrO2 and W18O49 NWs as efficient proton conductors for fuel cell applications	8th Nano Today Conference	Toyohashi University of Technology	2023
Synthesis and proton conduction properties of nitrogen-containing UiO-66 metal-organic frameworks with phosphate groups in the pore via hydrogen bonding	8th Nano Today Conference	Toyohashi University of Technology	2023
リン酸を内包した窒素含有型金属有機構造体 UiO-66-Py の合成とそのプロトン伝導特性	電気化学会第 90 回大会	豊橋技術科学大学	2023
高プロトン伝導材料の作製に向けた Poly(4-vinylpyridine)をベース有機塩の検討	第 48 回 固体イオニクス討論会	豊橋技術科学大学	2022
Synthesis and Characterization of Polyvinylphosphonic acid/Polybenzimidazole/Pt/C as an electrocatalyst for formation of three-phase interface and its application to fuel cell	2022 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会	豊橋技術科学大学	2022
無機多孔質材料を添加した無機-有機コンポジット電解質膜の作製と中温無加湿燃料電池への応用	2022 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会	豊橋技術科学大学	2022
無機フィラーを添加した PBI 電解質膜の作製と中温無加湿燃料電池への応用	日本セラミックス協会 第 35 回秋季シンポジウム	豊橋技術科学大学	2022
中温無加湿 PEFC の高性能化に向けた新規プロトン伝導体 CsHSO4-Triazole-TiO2 の作製と評価	日本セラミックス協会 第 35 回秋季シンポジウム	豊橋技術科学大学	2022
Theoretical and experimental approach to Fabricate the Organic Salts with High Proton Conductivity: Acidic Effects of Poly(4-vinylpyridinium salt)	17th Asian Conference on Solid State Ionics	Toyohashi University of Technology	2022
Synthesis and Characterization of Pt@TiO2 Core-Shell Nanoparticles as Electrocatalyst for Application in PEMFCs	17th Asian Conference on Solid State Ionics	Toyohashi University of Technology	2022
イミダゾール塩酸塩-シリカ複合系新規プロトン伝導体の作製と中温無加湿燃料電池への応用	2022 年電気化学秋季大会	豊橋技術科学大学	2022
Synthesis of Proton-Conducting Inorganic-Organic Composites Based on Strong Acid Salts of Heterocyclic Compounds and Their Application to Medium-Temperature Anhydrous Fuel Cells	23rd International Conference on Solid State Ionics	Toyohashi University of Technology	2022
複素環式化合物強酸塩をベースとするプロトン伝導体の合成と中温無加湿燃料電池への応用	電気化学会第 89 回大会	豊橋技術科学大学	2022
チタニアナノワイヤを添加したリン酸固定型燃料電池ハイブリッド電解質膜の作製と評価	日本セラミックス協会 2024 年年会	豊橋技術科学大学	2024
Synthesis and Characterization of Pt/Metal Oxide Particles as an Electrocatalyst for Application in PEMFCs	第 62 回セラミックス基礎科学討論会	Toyohashi University of Technology	2024
プロトン伝導性混合カチオン型リン酸塩を高充填した中温作動燃料電池用電解質膜の作製と評価	第 62 回セラミックス基礎科学討論会	豊橋技術科学大学	2024
プロトン伝導性チタニアナノワイヤの作製と広温作動燃料電池ハイブリッド電解質膜への応用	第 62 回セラミックス基礎科学討論会	豊橋技術科学大学	2024
イミダゾール塩酸塩を導入した金属有機構造体 UiO67 の合成と評価	日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会	豊橋技術科学大学	2023
Synthesis and proton-conducting properties of UiO66-type metal-organic frameworks encapsulating hydrogen-bonded phosphoric acid	European Materials Research Society 2023 Fall Meeting	Toyohashi University of Technology	2023
Investigation of Low-Concentration Phosphoric Acid-Doped PBI Membrane	European Materials Research Society 2023 Fall Meeting	Toyohashi University of Technology	2023
プロトン酸を固定化した金属有機構造体 UiO-66-Py の合成と伝導性評価	2023 電気化学秋季大会	豊橋技術科学大学	2023
中温動作型 PEFC への応用に向けたプロトン伝導体高充填電解質膜の作製と評価	2023 電気化学秋季大会	豊橋技術科学大学	2023
表面電荷調整を行った無機フィラーを添加した PBI 電解質膜の作製と中温無加湿燃料電池への応用	日本セラミックス協会 東海支部 第 64 回 東海若手セラミスト懇話会	豊橋技術科学大学	2023
中温動作型 PEFC への応用に向けたアルカリ金属リン酸塩型プロトン伝導体をベースとする電解質膜の作製・評価	日本セラミックス協会 東海支部 第 64 回 東海若手セラミスト懇話会	豊橋技術科学大学	2023

アルカリ金属リン酸塩で構成されるプロトン伝導体の中温動作型 PEFC への応用	粉体粉末冶金協会 2023 年度春季大会	豊橋技術科学大学	2023
酸-塩基反応によって形成された無機-有機複合型プロトン伝導体の作製と中温無加 湿燃料電池への応用	第 30 回燃料電池シンポジウム	豊橋技術科学大学	2023
Synthesis and Conductivity of Metal-Organic Framework UiO66 with Immobilized Protic Acid and its Application to Fuel Cells	Asian Conference on Electrochemical Power Sources 12	Toyohashi University of Technology	2024
Proton conductivity of heterocyclic compound-incorporated metal-organic framework UiO-67 and its application to fuel cells	Asian Conference on Electrochemical Power Sources 12	Toyohashi University of Technology	2024
プロトン伝導体を導入した金属有機構造体 UiO-67 の合成と燃料電池への応用	粉体粉末冶金協会 2024 年度春季大会	豊橋技術科学大学	2024
プロトン酸を固定化した金属有機構造体 UiO-66 の合成と燃料電池への応用	東海支部東海若手セラミスト懇話会 2024 年夏季セミナー	豊橋技術科学大学	2024
プロトン伝導体を導入した金属有機構造体 UiO-67 の作製と燃料電池発電試験評価	東海支部東海若手セラミスト懇話会 2024 年夏季セミナー	豊橋技術科学大学	2024
窒素ドープ酸化グラフェンの焼成処理による格子酸素量低減が PEFC の MEA 性能に与える影響	日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウム	豊橋技術科学大学, 鶴岡高専	2024
プロトン酸を固定化した金属有機構造体 UiO-66Py の合成と燃料電池への応用	日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウム	豊橋技術科学大学	2024
新規イオン伝導体の創製と電気化学デバイスへの応用	日本ファインセラミックス協会豊橋技術科学大学-2days セミナー	豊橋技術科学大学	2024
PBI をベースとする燃料電池用ハイブリッド電解質膜の薄膜化と評価	2024 年日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会	豊橋技術科学大学	2024
プロトン酸を固定化した金属有機構造体 UiO-66Py のイオン伝導特性と金属コアの影響	第 63 回セラミックス基礎科学討論会	豊橋技術科学大学	2025
スルホ基を導入した MOF の合成と MOF 添加複合膜のプロトン伝導性評価	第 63 回セラミックス基礎科学討論会	豊橋技術科学大学	2025
プロトン酸を固定化した UiO66-PBI ハイブリッド電解質膜の作製と特性評価	第 32 回燃料電池シンポジウム	豊橋技術科学大学	2025
次世代エネルギーデバイス分野における先端燃料電池と全固体二次電池	第 1 回次世代半導体・センサ科学研究所研究会	豊橋技術科学大学	2025
白金酸ナノシート由来の白金ナノシート担持カーボンの調製と酸素還元反応活性：還元方法の影響	第 63 回電池討論会	信州大学、琉球大学	2022
カーボンフリー・イオノマーフリーPt カソードを用いた PEFC の発電特性と耐久性	化学工学会第 88 年会	信州大学	2023
Overpotential Evaluation of Carbon-free Ionomer-free Pt Cathode for PEFC	74th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry	信州大学	2023
PEFC 用無担持 Pt 電極の濃度過電圧に造孔剤が及ぼす影響	化学工学会第 54 回秋季大会	信州大学	2023
PEFC 用 Pt 黒電極の過電圧特性の湿度依存性にイオノマーが及ぼす影響	化学工学会第 54 回秋季大会	信州大学	2023
Performance and Durability of Carbon-free Ionomer-free PEFC Cathode Using Pt Nanosheet Catalyst	244th ECS Meeting	信州大学	2023
Oxygen Reduction Reaction Activity of Platinum Nanosheets Derived from Layered Platinic Acid	244th ECS Meeting	信州大学	2023
高表面積・高活性な表面を有する白金ナノシート担持触媒の創成に向けた最適な還元方法の探索	電気化学会第 91 回大会	信州大学	2024
金属ナノシート電極触媒の創製と固体高分子形燃料電池への応用	第 16 回水素若手研究会	琉球大学	2022
Pt 系ナノシート触媒の開発	第 30 回燃料電池シンポジウム	琉球大学	2023
燃料電池開発に向けた貴金属ナノシート触媒の創製	表面技術協会関東支部第 102 回若手講演会 in 琉球大学	琉球大学	2023
Development of facile methods for Pt nanosheet preparation by using staked graphene oxides	12th International Conference on Environmental Catalysis)	Doshisha Univeristy	2022
官能基密度の異なる酸化グラフェンテンプレートを利用した 白金ナノシート合成	第 130 回触媒討論会	同志社大学	2022

Synthesis of Pt nanosheets using graphene oxide templates with different functional group densities	Osaka-Kansai International Symposium on Catalysis	Doshisha Univeristy	2022
官能基の種類および密度の異なる酸化グラフェンテンプレートから調製した Pt ナノシートの構造	第 132 回触媒討論会	同志社大学，熊本大学	2023
Understanding the Conductivity of Metal Oxide Nanomaterials using Structural Analysis	KIFEE-11	国立研究開発法人物質・材料研究機構	2024
Pair distribution function analysis of energy harvesting nanomaterials	KIFEE-11	国立研究開発法人物質・材料研究機構	2024
Tuning Oxygen Reduction on Monoclinic and Tetragonal Zirconia Surfaces Using Oxygen Vacancy and Nitrogen Doping: A Density-Functional Study	ECS Meeting Abstracts	東京大学、山形大学	2022
Zr 酸化物薄膜への窒素添加が酸性溶液中での酸素還元反応に与える効果	2023 電気化学秋季大会(福岡)	横浜国立大学	2023
Effects of Oxygen Defects in Zr Oxide-Based Thin Films on Oxygen Reduction Reaction in Acidic Media	244th ECS Meeting (Gothenburg, Sweden)	Yokohama National University	2023
PEFC カソードのための Ti 酸化物ベース触媒の酸素還元活性向上の試み	第 14 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	横浜国立大学	2023
PEFC 用 F 含有 Zr 酸化物触媒への Fe 添加が ORR 活性と結晶構造に与える影響	電気化学会第 91 回大会	横浜国立大学	2024
PEFC 用カソード触媒に関する基礎検討（ＸＸⅢ）～ジルコニウム酸化物系触媒の酸素還元活性の影響因子の解明	第 31 回燃料電池シンポジウム	横浜国立大学	2024
Zr 酸化物系触媒への Fe および F 添加が酸素還元活性及び結晶構造に与える影響	第 31 回燃料電池シンポジウム	横浜国立大学	2024
Improvement of Oxygen Reduction Activity on Ti Oxide-Based Electrocatalyst	HYPOTHESIS XIX	Yokohama National University	2024
Zr 酸化物系触媒への Fe および F 添加が酸素還元活性及び結晶構造に与える影響	電極材料研究会	横浜国立大学	2024
Development of Zirconium Oxide-based Electrocatalysts for PEFC	The 10th International Symposium on Functional Materials 2024	Yokohama National University	2024
PEFC 用カソード触媒への適用に向けた 4 族金属酸化物の半導体特性の制御による電子伝導パス形成	第 15 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	横浜国立大学	2024
Nanoparticle surface enhanced Raman spectra of Nb-doped TiO2 single crystal electrodes	PRiME2024	国立大学法人千葉大学	2024
酸性溶液中で高い自然電位を有する材料の探索とその PEFC カソード触媒への適用	第 44 回水素エネルギー協会大会	横浜国立大学	2024
PEFC 用カソード触媒の高活性のための 4 族金属酸化物の半導体特性が酸素還元触媒活性に及ぼす影響	第 44 回水素エネルギー協会大会	横浜国立大学	2024
PEFC 用 Zr 系酸化物触媒への遷移金属添加効果	第 44 回水素エネルギー協会大会	横浜国立大学	2024
表面に異種元素蒸着を施した Ti 酸化物系薄膜が持つ酸性溶液中での半導体特性の基礎検討	電気化学会第 92 回大会(東京)	横浜国立大学	2025
回転電極法により得られる酸性溶液中の白金上での酸素還元電流-電位曲線の触媒過程を考慮した解析法の検討	電気化学会第 92 回大会(東京)	横浜国立大学	2025
Zr 酸化物薄膜への窒素添加が酸性溶液中の酸素還元反応の電気化学的特性に与える影響	電気化学会第 92 回大会(東京)	横浜国立大学	2025
Nb ドープ TiO2 単結晶電極の表面吸着種と酸素還元反応の相関	電気化学会第 92 回大会(東京)	国立大学法人千葉大学	2025
重水素置換プロトン伝導性配位高分子結晶の融解過程の原子位置の精密決定	茨城県中性子ビームライン実験報告書	株式会社デンソー	2024
Rate Determining Step of Anhydrous Proton transport in Phosphonic Acid Electrolytes revealed by Machine-Learned Potential	2023 MRS Fall Meeting & Exibit	TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.	2023
FC 用配位高分子材料の結晶構造解析	中性子産業利用報告会	株式会社デンソー、株式会社豊田中央研究所	2023
Coherent X-ray Imaging of the Nanostructures of Covalent Organic Frameworks in the initial Synthesis Process	UVSOR-III + MAX IV International Workshop	DENSO CORPORATION, Tohoku University	2023

側鎖官能基を持つプロトン伝導性共有結合性有機構造体(COF)の合成と低湿下での水保持特性	日本化学会第 104 春季年会	株式会社デンソー、国立大学法人京都大学	2024
プロトン伝導性共有結合有機構造体（COF）膜の配向評価	日本化学会第 104 春季年会	株式会社デンソー、国立大学法人京都大学	2024
機械学習力場を用いた COF のプロトン伝導メカニズムの分子動力学解析	第 88 回固体イオニクス研究会	株式会社豊田中央研究所、株式会社デンソー	2024
COF のプロトン伝導メカニズムの機械学習力場を用いた分子動力学解析	第 38 回分子シミュレーション討論会	株式会社豊田中央研究所、株式会社デンソー	2024
Effect of Local Water Uptake on Proton Transport in Covalent Organic Framework revealed by Machine-Learning Potentials	APS Global Physics Summit 2025	TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC., DENSO CORPORATION	2025
分子性構造体を用いたプロトン伝導体の開発	高分子学会　水素・燃料電池材料研究会	国立大学法人京都大学	2025
配向 2 次元 COF 膜の高プロトン伝導性	日本化学会第 105 春季年会	株式会社デンソー、株式会社豊田中央研究所、国立大学法人京都大学	2025
Metal-organic framework glasses and liquids for energy	I2CNER THRUST　WORKSHOP	国立大学法人京都大学	2025
共有結合性有機構造体（COF）形成過程の液中 TEM 観察	日本顕微鏡学会第 81 回学術講演会	株式会社デンソー	2025
共有結合性有機構造体(COF)の会合構造に関する置換基効果の理論的研究	第 19 回分子科学討論会	株式会社デンソー	2025
Study on the Fracture Toughness of Thermosetting Epoxy Alloys	第 71 回高分子討論会	物質・材料研究機構	2022
Development of Polypropylene/Biomass Composites with Exceptional Mechanical Properties	第 14 回 日本複合材料会議 (JCCM-14)	物質・材料研究機構	2023
軽量液体水素タンク用高分子系ハイブリッド複合材料の研究開発	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2023	物質・材料研究機構	2023
軽量液体水素タンク用高分子系ハイブリッド複合材料の研究開発	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2024	物質・材料研究機構	2024
接着接合部の力学	第 9 回接着適用技術者養成講座	物質・材料研究機構	2024
接着接合部の力学特性評価手法	第 297 回 ゴム技術シンポジウム	物質・材料研究機構	2024
接着接合部の力学の基礎から強度測定方法	接着接合部の力学の基礎から強度測定方法セミナー	物質・材料研究機構	2024
接着接合部の力学特性評価	接着接合の基礎と接着力学特性評価技術および接着不良の原因と対策のポイント＜オンラインセミナー＞	物質・材料研究機構	2025
走査透過電子顕微鏡法を用いた Pt 系触媒の表面原子間距離精密計測	日本顕微鏡学会　第 78 回学術講演会	ファインセラミックスセンター	2022
Atomic-scale Strucural Analysis of Pt-based Nanoparticles using Scanning Transmission Electron Microscopy	242nd ECS Meeting	ファインセラミックスセンター	2022
走査透過電子顕微鏡法を用いた白金系触媒表面の原子間距離精密計測	第 13 回新電極触媒シンポジウム	ファインセラミックスセンター	2022
EELS を用いた遷移金属化合物の価数評価と応用	2023 年新春電子顕微鏡解析技術フォーラム	ファインセラミックスセンター	2023
HADDF STEM 法を用いたＰｔ表面の精密原子間距離計測	第 70 回応用物理学会　春季学術講演会	ファインセラミックスセンター	2023
原子間距離の実空間精密計測	第 4 回　先鋭固体化学・物理に関する討論会	ファインセラミックスセンター	2023
精密原子間距離計測による白金粒子表面の原子配列解析	日本セラミックス協会　2023 年年会	ファインセラミックスセンター	2023
SPring-8 における燃料電池実験データベースの構築	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	JASRI	2023
コンプトン散乱を用いた蓄電池・燃料電池解析	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	JASRI	2023
コンプトン散乱イメージングを用いた燃料電池の液水分布の可視化	日本光学会年次学術講演会 2022	JASRI	2022
Anomalous Small-Angle X-Ray Scattering Of Fuel-Cell Catalyst Samples	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	JASRI	2022
Imaging Liquid Water in a PEFC with High-Energy X-ray Compton Scattering	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	JASRI	2022
Reverse Monte Carlo Modeling for Catalyst Nanoparticles in Polymer Electrolyte Fuel	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	JASRI	2022

Cells by High-energy X-ray Diffraction Measurement			
Experimental Data Infrastructure with BENTEN for Fuel Cell Project at SPring-8	NOBUGS2022(New Opportunity for Better User Group Software)	JASRI	2022
in situ 硬 X 線発光分光計測による固体高分子形燃料電池カソード Pt/C 触媒の吸着酸素種／硫黄種の解明	第 83 回応用物理学会秋季学術講演会	JASRI	2022
Overview of X-ray Compton Scattering Research	12th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (IXS2022)	JASRI	2022
Operando Radical Quencher Mapping in Through-plane MEA by X-ray Fluorescence Spectroscopy	73rd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry	Ritsumeikan University, FC-Cubic, JASRI	2022
Operando Cerium Distribution Analysis on Through-plane MEA in 2nd-generation MIRAI	242nd ECS Meeting	Ritsumeikan University, FC-Cubic, JASRI	2022
Operando X-ray Fluorescence Measurement Method of Cerium Radical Quencher Distribution in Through-plane MEA	242nd ECS Meeting	Ritsumeikan University, FC-Cubic, JASRI	2022
高エネルギーマイクロ蛍光 X 線を用いた固体高分子形燃料電池電解質膜のラジカルクエンチャー移動現象解析	第 63 回電池討論会	立命館大学、 FC-Cubic, JASRI	2022
Analysis of Radical Quencher Transfer Phenomenon in PEFC Using X-ray Fluorescence Spectroscopy	11th Asian Conference on Electrochemical Power Sources	Ritsumeikan University, FC-Cubic, JASRI	2022
蛍光 X 線分析法を用いた固体高分子形燃料電池電解質膜内ラジカルクエンチャー移動機構解析	第 37 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	立命館大学、 FC-Cubic, JASRI	2023
Small-Angle Neutron Scattering Analysis of Fuel Cell Materials	242nd ECS meeting	1 CROSS, 2 JAEA, 3 KEK, 4 NISSAN ARC, Ltd., 5 FC-Cubic TRA	2022
中性子小角散乱による燃料電池触媒層の研究	2022 年度量子ビームサイエンスフェスタ	1 CROSS, 2 JAEA, 3 KEK, 4FC-Cubic TRA	2023
Radiation-Damage-Free Nanoimaging using Femtosecond X-ray Laser	The International Conference on Phase Retrieval and Coherent Scattering (Coherence 2022)	Hokkaido University	2022
X 線自由電子レーザーによるフェムト秒コヒーレントイメージング	2021 年度第 3 回強光子場科学研究懇談会	北海道大学	2022
Damage-Free Femtosecond X-Ray Laser Snapshot Imaging of Catalyst Layer Nano-Structures of Polymer Electrolyte Fuel Cells	242nd ECS Meeting	Hokkaido University	2022
自動車用電池材料の XFEL イメージング	SACLA Users' Meeting 2023	北海道大学	2023
固体高分子形燃料電池セルの高温・低加湿運転条件における Pt 触媒ならびに PtCo 触媒のオペランド X 線吸収分光計測	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	a 京都大学、b 山梨大学、c 日産アーク、d JASRI、e FC-Cubic	2022
窒素ドープカーボンを被覆した L10 型 PtCo 触媒の ORR 活性と劣化	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	a 京都大学、b 日産アーク、 c JASRI、 d FC-Cubic	2022
PtNi 合金ナノワイヤの酸素還元反応下におけるオペランド X 線吸収分光計測	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	a 京都大学、b 日産アーク、 c JASRI、 d FC-Cubic	2022
異なる形態に制御した PtNi 合金ナノワイヤ触媒の ORR 活性	第 63 回電池討論会、福岡国際会議場	a 京都大学、b 日産アーク、 c JASRI、 d FC-Cubic	2022
Exploring the Function of Nitrogen-doped Carbon Shell on Ordered and Disordered PtCo Alloy Catalysts in Oxygen Reduction Reaction by X-ray Absorption Spectroscopy	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	1Kyoto University, 2JASRI, 3FC-Cubic, 4Nissan ARC	2022
operando X-ray Absorption Spectroscopic Study on Electrochemical Oxygen Reduction Mechanism of Novel Platinum-based Nanostructured Catalysts	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	1Kyoto University, 2JASRI, 3FC-Cubic, 4Nissan ARC	2022
Operando X-ray absorption spectroscopy of Pt catalyst in polymer electrolyte fuel cell under high temperature and low humidification	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	1Kyoto University, 2Yamanashi University, 3Nissan ARC, 4JASRI, 5FC-Cubic	2022
Operando X-ray Absorption Spectroscopic Study of Pt-based nanowire catalysts under Oxygen Reduction Reaction	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	1Kyoto University, 2Nissan ARC, 3JASRI, 4FC-Cubic	2022
Inhibition of ionomer specific adsorption on Pt/C catalysts coated with dopamine-derived nitrogen-doped carbon	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	1Kyoto University, 2JASRI, 3FC-Cubic, 4Nissan ARC	2022

Influence of specific adsorption of sulfo group in perfluorosulfonic acid ionomer under the oxygen reduction reaction activity of Pt/C by operando X-ray absorption spectroscopy	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	1Kyoto University, 2JASRI, 3FC-Cubic, 4Nissan ARC	2022
operando High Energy Resolution Fluorescence Detected (HERFD) X-ray absorption spectroscopic study of TOYOTA MIRAI Gen.1 catalysts	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	1Kyoto University, 2Nissan ARC, 3JASRI, 4FC-Cubic	2022
High Resolution Observation of Liquid Water in Polymer Electrolyte Fuel Cell using X-ray Nano Computed Tomography	242nd ECS Meeting、Atlanta USA	1Kyoto University, 2JASRI, 3FC-Cubic, 4Nissan ARC	2022
観ることで広がる化学の世界	歴史的化学論文大賞受賞記念シンポジウム	名古屋大学	2022
オペランドイメージングによる燃料電池の可視化	日本 MRS 水素科学技術連携研究会第 4 回トピックス研究会～化学文科会～	名古屋大学	2022
Operando 3D Imaging of Membrane Electrode Assembly of Polymer Electrolyte Fuel Cell	The 22nd International Vacuum Congress IVC-22	名古屋大学	2022
イメージングと情報技術が拓く材料反応の可視化	東海国立大学機構名古屋大学学際統合物質科学研究機構キックオフシンポジウム	名古屋大学	2022
Operando 3D Visualization of Practical Polymer Electrolyte Fuel Cell	The 6th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics	名古屋大学	2022
Go beyond Imaging: Infogarphy for Material Sciences	Asia-Oseania Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation 2022	名古屋大学	2022
反応の可視化がもたらす知と物質科学の発展	日本学術会議公開シンポジウム「物理学のアプローチが拓く世界とその展開」	名古屋大学	2022
燃料電池内 Pt ナノ粒子表面の吸着酸素種のオペランド X 線発光分光計測評価	第 73 回コロイドおよび界面化学討論会	A:電気通信大学、B:JASRI、C:東京大学	2022
オペランド CT イメージングによる PEFC 内の液水の可視化	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	A:名古屋大学、C:東京大学	2023
燃料電池内 Pt ナノ粒子表面の吸着種のオペランド X 線発光分光計測評価	第 36 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム	A:電気通信大学、B:JASRI、C:東京大学	2023
燃料電池電極触媒のオペランド HR-XANES/RIXS/QXAFS/XRD マルチモーダル計測評価	日本化学会第 103 春季年会(2023)	A:電気通信大学、B:JASRI、C:東京大学	2023
X 線 CT イメージングによる PEFC 内部の液水のその場観察	日本化学会第 103 春季年会(2023)	A:電気通信大学、B:JASRI	2023
車載用燃料電池セル内部に生成する水の可視化	第 22 回日本中性子科学会年会	1JAEA, 2KEK, 3 日産アーク, 4FC-Cubic	2022
operando X 線吸収分光法を用いた形態制御 PtCo ナノワイヤー触媒の電子構造と酸素還元反応への影響	第 64 回電池討論会	1Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, 2Institute for Chemical Research, Kyoto University, 3Fuel Cell Cutting-Edge Research Center Technology Research Association, 4Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)	2023
Exploring the Degradation Mechanism on PtxCoy Alloy Catalysts for Oxygen Reduction Reaction by operando X-ray Absorption Spectroscopy	244nd ECS Meeting、Gothenburg	1Kyoto University, 2 Nara Women's University, 3 FC-Cubic4JASRI	2023
operando X-ray Absorption Spectroscopic Study on Pt and PtCo polymer electrolyte fuel cell cathodes for Heavy-Duty Vehicle Applications	ICMAT2023	1Kyoto University, 2Yamanashi University, 3 FC-Cubic4JASRI	2023
Development of Multi-component Platinum Alloy Nanowires as Highly Active Fuel Cell Cathodes	ICMAT2023	1Kyoto University, 2FC-Cubic3JASR	2023
Development of Multi-component Platinum Alloy Nanowires as Highly Active Fuel Cell Cathodes	MRM2023/IUMRS-ICA	1 Kyoto University, 2 Nara Women's University, 3 FC-cubic, 4 JASRI	2023
Exploring the Degradation Mechanism on PtxCoy Alloy Catalysts for Oxygen Reduction	MRM2023/IUMRS-ICA	1 Kyoto University, 2 Nara Women's	2023

Reaction by operando X-ray Absorption Spectroscopy		University, 3 FC-cubic, 4 JASRI	
固体高分子型燃料電池の高温・低加湿運転条件下における Pt および PtCo 触媒のオペランド X 線吸収分光測定	関西電気化学研究会	1 京大院人・環, 2 東北大, 3 山梨大, 4 奈良女, 5Nissan ARC, 6JASRI, 7FC-Cubic	2023
Operando Spectroimaging for Reaction Infography of Heterogeneous Catalysts	TheXXVI Congress and General Assembly of the IUCr	1.名古屋大学理学研究科, 2.名古屋大学物質科学国際研究センター	2023
Reaction Infography for Heterogeneous Catalysis	TU/e-ICAT Joint International Symposium on Catalysis: Advanced Technologies for Sustainable Society	名古屋大学物質科学国際研究センター	2023
X 線分光三次元イメージングによる材料反応可視化	日本顕微鏡学会顕微鏡計測インフォマティックス研究部会第 5 回講演会	名古屋大学物質科学国際研究センター	2024
スペクトロイメージングとインフォマティクスを活用した材料診断革新	第 3 回データ駆動型社会における産学連携シンポジウム	名古屋大学物質科学国際研究センター	2024
PEFC カソードの SO2 被毒・回復処理に関するオペランド 3D-XAFS イメージング	第 132 回触媒討論会	1.名古屋大学理学研究科, 2.JASRI/SPring-8, 3.名古屋大学物質科学国際研究センター	2023
Operando X-ray Imaging of Water Distribution in Membrane Electrode Assembly of Polymer Electrolyte Fuel Cell	Advanced Materials Research Grand Meeting, MRM2023/IUMRS-ICA2023	1.名古屋大学理学研究科, 2.JASRI/SPring-8, 3.名古屋大学物質科学国際研究センター	2023
オペランド QXAFS による PEFC Pt/C カソード触媒の SO2 被毒回復過程の構造速度論解析	第 37 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム	1.名古屋大学理学研究科, 2.JASRI/SPring-8, 3.名古屋大学物質科学国際研究センター	2024
X 線自由電子レーザーによるフェムト秒コヒーレントイメージング	日本材料学会・X 線材料強度部門委員会講演会	北海道大学	2023
蓄積リング放射光やX線自由電子レーザーを用いた新規分析技術	ニューガラスフォーラム第 149 回若手懇談会	北海道大学	2023
Structural Analysis of Fuel Cell Catalyst Ink by 100-nm Focused X-ray Free-Electron Laser	The 2023 RIES–CEFMS Joint International Symposium	Hokkaido University	2023
Damage-Free Femtosecond X-ray Laser Diffraction Studies of Catalyst Layer Nano-Structures of Polymer Electrolyte Fuel Cells	MRM2023	Hokkaido University	2023
Through-plane Cerium Ion Migration and Diffusion Analysis on Polymer Electrolyte Membrane by Operando X-ray Fluorescence Spectroscopy	244th ECS Meeting	立命館大学、FC-Cubic, JASRI	2023
有限拡散を考慮した固体高分子電解質膜の膜直方向セリウムイオン拡散係数算出	第 49 回固体イオニクス討論会	立命館大学、FC-Cubic, JASRI	2023
Recent Progress in Operando Detection for Cerium Radical Quencher Distribution Through-plane Polymer Electrolyte Membrane	MRM2023	立命館大学、FC-Cubic, JASRI	2023
Analysis of Cerium ion Diffusion Phenomena in Through-Plane Polymer Electrolyte Membrane by Operando X-ray Fluorescence Spectroscopy	MRM2023	立命館大学、FC-Cubic, JASRI	2023
Small-Angle Neutron Scattering Analysis of Fuel Cell Catalyst Layer Materials	MRM2023	1CROSS, 2J-PARC, JAEA, 3J-PARC, KEK, 4FC-Cubic	2023
中性子小角散乱による燃料電池触媒層の研究	2023 年度量子ビームサイエンスフェスタ	1CROSS, 2J-PARC, JAEA, 3J-PARC, KEK, 4FC-Cubic	2024
固体高分子形燃料電池内 Pt ナノ粒子表面の酸素種と硫黄種のオペランド放射光 X 線発光分光マルチモーダル計測評価	第 132 回触媒討論会	A:電気通信大学, B:JASRI, C:東京大学	2023
Operando Multimodal Measurements of Oxygen Species on Pt Nanoparticles at Pt/C Cathode in Practical Polymer Electrolyte Polymer Fuel Cell	日本化学会第 104 春季年会	A:電気通信大学, B:和歌山大, C:JASRI, D:東京大学	2024
白金表面の原子間距離実空間計測	第 14 回新電極触媒シンポジウム	ファインセラミックスセンター	2023
Application of Small -Angle X-ray Scattering (SAXS) in Fuel Cell Materials	International Symposium on New Energy Technology	JASRI	2023

まとめと将来展望	日本物理学会 第 78 回年次大会	JASRI	2023
Development of PEFCs database for Synchrotron Radiation Experiments at SPring-8	MRM2023	1 JASRI2 Kyoto Univ.3 FC-Cubic	2023
Efficient and Cost-Effective Catalysts for Hydrogen Fuel Cells: Application of SAXS for Structural Analysis	MRM2023	1 JASRI2 Kyoto Univ.3 FC-Cubic	2023
Efficient and Cost-Effective Catalysts for Hydrogen Fuel Cells: Application of SAXS for Structural Analysis	2nd UK-Japan Symposium on Advanced Materials for Hydrogen and Fuel Cells	JASRI	2024
Multi-modal structure and distribution analysis of functional groups on carbon supports for polymer-electrolyte fuel cells	244th ECS meeting	FC-Cubic TRA, Japan Synchrotron Radiation Research Institute, Kyoto University	2023
Operando Analysis of Cerium-ion Radical Quencher Through-plane Migration in Polymer Electrolyte Fuel Cells	12th Asian Conference of Power Sources	立命館大学、FC-Cubic, JASRI	2024
NEDO FC-Platform における燃料電池の先端解析	"FCDIC 第 31 回 燃料電池シンポジウム タワーホール船堀	FC-Cubic	2024
Operando X-Ray Fluorescence Analysis of Dynamic Cerium Radical Quencher Motion Perpendicular to MEA	245th ECS Meeting	立命館大学、FC-Cubic, JASRI	2024
Operando 3D Visualization of PEFC Catalysts by CT-XAFS Imaging	E-MRS Spring Meeting, Strasbourg, France	名古屋大学	2024
走査透過電子顕微鏡法を用いた Pt(111)表面の原子間距離計測	日本顕微鏡学会 第 80 回学術講演会	ファインセラミックスセンター	2024
燃料電池触媒層構造の最適化とクライオ電子顕微鏡観察への期待	日本顕微鏡学会 第 80 回学術講演会	FC-Cubic	2024
X 線スペクトロイメージングが拓く可視化と材料診断	第 73 回高分子年次大会 特別セッション, 仙台	名古屋大学	2024
Preparation and Operando Spectroimaging of Pt-Bimetallic Catalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cell	6th International Conference on Applied Surface Science, Wuzhen China	名古屋大学	2024
走査透過電子顕微鏡法を用いた Pt 表面の精密原子間距離計測	2024 年度 JFCC 研究成果発表会	ファインセラミックスセンター	2024
オペランド XAFS で観る触媒材料	XAFS 夏の学校 2024	名古屋大学	2024
X 線吸収分光イメージングによる材料の可視化	日本ゴム協会関東支部第 22 回若手からベテランのためのセミナー	名古屋大学	2024
走査透過電子顕微鏡法を用いた結晶表面の原子間距離計測	日本セラミックス協会. 第 37 回秋季シンポジウム	ファインセラミックスセンター	2024
ADF STEM 法を用いた結晶表面の精密原子間距離計測	第 85 回応用物理学会秋季学術講演会	ファインセラミックスセンター	2024
オペランドマルチモーダル X 線同時系列計測による燃料電池カソード Pt/C 電極触媒の Pt ナノ粒子上の吸着酸素種の特定と挙動解明	第 75 回コロイドおよび界面化学討論会（東北大）	電気通信大学、東京大学、JASRI	2024
Development of the fuel cell operation system for operando neutron imaging expeirment	13th Design and Engineering of Neutron Instruments Meeting (DENIM XIII), 東海	JAEA, KEK	2024
"Structural Analysis Based on Slight Atomic Displacement Measurements Using Scanning Transmission Electron Microscopy	Mini crossover seminar on functional materials 2024	ファインセラミックスセンター	2024
オペランド蛍光 X 線分光法を用いた固体高分子形燃料電池内の電解質膜内膜厚方向のセリウムラジカルクエンチャーの移動現象解析	第 73 回高分子討論会	立命館大学、FC-Cubic, JASRI	2024
Advanced analysis technologies developed in NEDO FC-Platform: From innovative material developments to solving problems for industrial implementation	"PRiME2024 Honolulu	1FC-Cubic, 2JASRI, 3KEK, 4Kyoto University	2024
Cryo-STEM tomography of the three-dimensional structure of swollen catalyst layers of fuel cells	" PRiME2024 Honolulu	1NISSAN ARC LTD.,2 FC-Cubic, 3 Leica Microsystems、4 University of Hyogo	2024
水素社会がやってくる！	"第 4 回 J-PARC 国際シンポジウム 「J-PARC の将来と J-PARC が創る未来」市民公開講座	FC-Cubic	2024
"Ex-situ and in-situ surface analysis at atomic resolution using scanning transmission electron microscopy	Thermo Fisher EM Summit Tuskuba2024	JFCC	2024

Damage-free 100-nm-localized coherent SAXS analysis of fuel cell catalysts using X-ray free-electron lasers	Cutting Edge in Soft Matter Science 2024 (CeSMS2024)	北海道大学	2024
Synchrotron-based Compton Scattering Imaging for Energy Devices	CentraleSupelec, Paris-Saclay University	JASRI	2024
Beyond Imaging for Materials Science	ナノ学会合同部会シンポジウム, 仙台	名古屋大学	2024
Operando X-ray Spectroimaging of Solid Materials	Sydney Sustainability Symposium, Australia	名古屋大学	2024
XAFS イメージングと材料開発への活用	名古屋大学第 28 回 D センターVBL シンポジウム	名古屋大学	2024
Operando X-ray Spectroimaging of Electrocatalysts in Polymer Electrolyte Fuel Cell	SICC-12, Singapore	名大	2024
オペランド蛍光 X 線分光を用いた固体高分子膜内のセリウムカチオン移動現象の解析	第 48 回電解技術討論会	立命館大学、FC-Cubic, JASRI	2024
コンプトン散乱イメージングによる燃料電池の液水分布の可視化	第 38 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム、つくば	JASRI, FC Cubic, 京大	2025
XFEL100-nm 局所解析による燃料電池触媒インクのアイオノマー被膜構造の評価	第 38 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム、つくば	北大	2025
燃料電池材料解析のための DB 開発	第 38 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム、つくば、XAFS データベース打合せ	JASRI	2025
3D Imaging of Adsorption Behaviors in MOF Crystals	International Conference on the Fundamentals of Adsorption 15, Porto	名古屋大学	2025
高速スキャンシステムを用いた Pt3Co の加熱 in situ 観察	日本顕微鏡学会第 81 回学術講演会	ファインセラミックスセンター	2025
Pt3Co 粒子表面 Pt スキン層の Pt 原子配位解析	日本顕微鏡学会 第 81 回学術講演会	ファインセラミックスセンター	2025
観ることで広がる触媒の世界	分子科学フォーラム 50 周年特別版, 岡崎	名古屋大学	2025
Operando 3D Imaging of Solid Materials	2nd Global Conference for Women Leaders and Emerging Researchers in Materials Science, Singapore	名古屋大学	2025
Examining the Structure-Activity Relationship for Acid Treated Ordered PtCo with Different Ordering Degree Using PDF and XAS Analysis for Oxygen Reduction Reaction	PRiME Meeting、Hawaii	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2024
Investigation on high stable ordered PtM (M=Fe, Co, Ni, Cu) catalysts via operando X-ray absorption spectroscopy analysis	PRiME Meeting、Hawaii	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2024
Protection against absorption passivation on platinum by a nitrogen-doped carbon shell for enhanced oxygen reduction reaction	第 65 回電池討論会	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2024
Investigation of Degradation Mechanism of PtCo@Pt Core Shell catalysts by Using Operando X-ray Absorption Spectroscopy	第 65 回電池討論会	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2024
Investigating the Structure-Activity Relationship in Ordered PtCo after Acid Treatment using PDF and XAS Analysis for Oxygen Reduction Reaction	第 65 回電池討論会	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2024
Operando XAS Analysis of Mesoporous Carbon Supported Stable and Ordered PtM Alloys	第 65 回電池討論会	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2024
液体窒素との違いよりみた液体水素タンク内部の状態変化予測に関する研究	低温工学・超電導学会関西支部特別講演会（第 22 回低温工学・超伝導若手合同講演会）（大阪）	神戸大学	2023
液体窒素との違いよりみた液体水素タンク内部の状態変化予測に関する研究	2023 年度秋季第 106 回低温工学・超電導学会研究発表会（下関）	神戸大学	2023
横振動時における液体水素の貯蔵・輸送に関する基礎研究	2023 年度秋季第 106 回低温工学・超電導学会研究発表会（下関）	神戸大学	2023
充填率をパラメータとした横振動時における液体水素の貯蔵・輸送に関する研究	第 23 回低温工学・超伝導若手合同講演会（低温工学・超電導学会関西支部特別講演会）	神戸大学	2024
充填率をパラメータとした横振動時における液体水素の貯蔵・輸送に関する研究	2024 年度秋季第 108 回低温工学・超電導学会研究発表会	神戸大学	2024
極低温スロッシングに伴うタンク内圧力変化に及ぼす壁面熱伝達の影響	日本航空宇宙学会、第 67 回宇宙科学技術連合講演会	東京大学	2023

スチレン系ブロック共重合体/反応性ポリフェニルエーテルオリゴマーブレンドの架橋形成	日本接着学会第 61 回年次大会（東京）	兵庫県立大学	2023
スチレン系ブロック共重合体/PPE オリゴマーブレンドの架橋形成と物性	第 72 回ネットワークポリマー講演討論会（横浜）	兵庫県立大学	2023
スチレン系ブロック共重合体/PPE オリゴマーブレンドの架橋形成と耐クリープ性	日本接着学会関西支部第 19 回若手の会	兵庫県立大学	2023
スチレン系ブロック共重合体/反応性ポリフェニレンエーテルオリゴマーブレンドの架橋形成と相構造	日本接着学会若手交流シンポジウム（富山）	兵庫県立大学	2024
スチレン系ブロック共重合体/反応性ポリフェニレンエーテルオリゴマーブレンドの架橋形成と接着強さ	日本接着学会第 62 回年次大会（富山）	兵庫県立大学	2024
弱架橋スチレン系トリブロックコポリマー/反応性ポリフェニレンエーテルオリゴマーブレンドの構造と物性	第 73 回高分子討論会（新潟）	兵庫県立大学	2024
スチレン系ブロック共重合体/反応性ポリフェニレンエーテルオリゴマーブレンドの架橋形成における相構造変化	第 73 回ネットワークポリマー講演討論会（東大阪）	1 兵庫県立大学, 2 高輝度光科学研究センター (JASRI)	2024
電気化学計測による接着剤により被覆された Al 合金の溶解挙動解析	2023 年電気化学秋季大会	名古屋工業大学，東京工業大学	2023
電気化学インピーダンス法による接着剤被覆 Al 合金の耐食性評価	第 33 回材料フォーラム TOKAI	名古屋工業大学	2023
電気化学インピーダンス法による接着剤被覆 Al 合金の腐食検出	コロージョン・ドリーム 2023	名古屋工業大学	2023
電気化学インピーダンス法による接着剤被覆 Al 合金の溶解挙動解析	材料と環境 2024	名古屋工業大学	2024
エポキシ樹脂を被覆した Al 合金の腐食挙動に対する電気化学インピーダンス法による評価	日本鉄鋼協会第 188 回秋季講演大会	名古屋工業大学	2024
EIS Study on Dissolution Behavior of Al Alloy Covered with Adhesive	PRiME 2024	Nagoya Institute of Technology	2024
Corrosion Detection of Al Alloy Covered with Adhesive by Electrochemical Impedance Spectroscopy	AEIS2024	Nagoya Institute of Technology	2024
3D インピーダンス法による接着剤被覆 Al 合金の溶解進展挙動の評価	日本鉄鋼協会第 189 回春季講演大会	名古屋工業大学	2025
プラズマ溶射法で作製した金属支持型固体酸化物形燃料電池の稼働時の応力及び電気化学的評価	第 31 回 SOFC 研究発表会	1: 東北大	2022
還元雰囲気焼成により作製した金属支持固体酸化物形燃料電池の構造と特性の相関	日本セラミック協会 第 35 回秋季シンポジウム	1: 産総研	2022
テープキャスト法を用いた Ni-Fe 金属支持固体酸化物燃料電池の作製と発電特性	第 48 回固体イオニクス討論会	1: 九州大	2022
固体酸化物形電気化学セル強靭化技術の開発	第 31 回 SOFC 研究発表会	1: 産総研，2: 京都大，3: 東北大，4: 九州大，5: イムラ・ジャパン	2022
メタルサポート SOFC における Fe-Cr 合金/アノード界面の微構造特性	2023 電気化学会秋季大会	1 :京都大，2: 近畿大	2023
機械学習による金属支持型 SOFC 製造プロセス最適化検討	日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム	1: 産総研	2023
メタルサポート SOFC におけるステンレス支持体/アノード界面の微構造評価	第 32 回 SOFC 研究発表会	1: 京都大，2: 近畿大	2023
共焼結法での固体電解質膜の作成とメタルサポートセルへの展開	2023 電気化学会秋季大会	1: 九州大	2023
熱転写法を用いた Ni-Fe金属基板上への Sc 安定化 ZrO2 膜の作製と SOFC の発電特性	第 49 回固体イオニクス討論会	1: 九州大	2023
固体酸化物形電気化学セル強靭化技術の開発	第 30 回燃料電池シンポジウム	1: 産総研，2: 京都大，3: 東北大，4: 九州大，5: イムラ・ジャパン	2023
Electrochemical Performance and Mechanical Stress Evaluation of Metal-Supported Solid Oxide Fuel Cells Fabricated By Plasma Spray Method	18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII)	1: 島根大，2: 東北大	2023
溶射法による固体酸化物形燃料電池のセル強靭化技術	日本溶射学会中部支部第 17 期・第 4 回溶射技術研究会	1: 島根大，2: 東北大	2024

Effects of Ce doping to A site of Sm0.5-xSr0.5CoO3-δ on oxygen reduction reaction of cathode of SOFC	第 91 回電気化学会	1: 九州大	2024
"Microstructural analysis of stainless steel support/Ni-YSZ anode interface in metal-supported SOFCs "	PRiME2024	1: Kyoto Univ., 2: Kindai Univ.	2024
Fabrication of Dense Electrolyte for Metal-Supported Solid Oxide Fuel Cells By Plasma Spray Method	PRiME2024	1: Shimane Univ., 2: Kyoto Univ., 3: Tohoku Univ.	2024
Preparation of Y2O3-Stabilized ZrO2 Film By Warm Isostatic Press (WIP) Method for Metal-Support Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs)	PRiME2024	1: 九州大	2024
Enhancement of mechanical and electrochemical properties of metal-supported SOFCs by AlxNi1-x coating	7th Asian SOFC Symposium	1: Kyoto Univ.	2024
Selective reduction method for metal support SOFC using YSZ film prepared by WIP process	The 38th International Japan-Korea Seminar on Ceramics	1: 九州大	2024
"Solid oxide fuel cells and electrolyzers for high-efficiency energy conversion towards carbon neutrality: potential use of plasma spraying in their manufacturing process	アジア溶射学会(ATSC2024)	1: Tohoku Univ.	2024
メタルサポート SOFC におけるステンレス合金支持体/アノード界面の微構造特性	第 33 回 SOFC 研究発表会	1: 京都大，2: 近畿大	2024
選択還元法を用いた金属基板支持 YSZ 薄膜 SOC の発電・電解特性	第 33 回 SOFC 研究発表会	1: 九州大	2024
小型円筒型可逆動作燃料電池の初期特性に及ぼすアノード基板の粒度制御	2022 年電気化学会秋季大会	九州大学	2022
粒度制御した Ni-YSZ 基板が小型円筒型可逆動作燃料電池の初期特性および長期安定性に及ぼす影響	第 48 回 固体イオニクス討論会	九州大学	2022
Recent Advance on Microencapsulation of metal-based phase change material for middle-high temperature thermal management	THANOS Workshop on Thermal Energy Storage	北海道大学	2023
粒度制御した Ni-YSZ 基板を用いる円筒型可逆動作燃料電池の劣化挙動とパルスノイズ	2023 年電気化学秋季大会	九州大学	2023
合金系相変化マイクロカプセルの開発とサーマルマネジメントへの応用	第 60 回日本伝熱シンポジウム	北海道大学	2023
Preparation of tubular type solid oxide reversible cell using La0.9Sr0.1Ga0.8Mg0.2O3-δ	第 61 回化学関連支部合同九州大会	九州大学	2024
Effects of anode functional layer and composition of NiOYSZ substrate for high performance tubular SORC prepared by dip-coating method	第 33 回 SOFC 研究発表会	九州大学	2024
"Ternary Al-Cu-Si Alloy-based Microencapsulated Phase Change Material for Middle-High Temperature Appllications	2024 MRS Fall Meeting & Exhibit	北海道大学	2024
Evaluation of Ti-Doped Al-Si Phase Change Materials Composites for Effective Use in Thermal Energy Storage and Thermal Management Systems	2024 MRS Fall Meeting & Exhibit	北海道大学	2024
高温廃熱回収技術における Al-Cu-Si 系潜熱蓄熱粒子の最適化と機構の評価	日本鉄鋼協会 2024 年秋季(第 188 回)講演大会	北海道大学	2024
蓄熱技術におけるスタートアップの可能性	化学工学会第 55 回秋季大会	北海道大学	2024
今こそ再考すべき蓄熱技術 ～新材料開発からシステムまで～	化学工学会第 55 回秋季大会	北海道大学	2024
溶融硝酸塩と Al 系相変化マイクロカプセルを用いた顕熱/潜熱ハイブリッド蓄熱システムの可能性調査	化学工学会第 55 回秋季大会	北海道大学	2024
Supercooling suppression of Al-Si phase change material for efficient thermal energy storage and practical applications	Enerstock 2024	北海道大学	2024
Recent advance on metal/alloy based micro-encapsulated phase change materials for middle-high temperature applications	Enerstock 2024	北海道大学	2024
中高温用 Al-Cu-Si 合金系潜熱蓄熱ペレットの開発とその熱物性調査	第 61 回日本伝熱シンポジウム	北海道大学	2024

Al-Cu-Si 系コアシェル型相変化マイクロカプセルの開発と蓄熱・放熱サイクル耐久性における微細構造の評価	"日本金属学会 2024 年春季（第 171 回）講演大会	北海道大学	2024
小型円筒型可逆動作燃料電池における Ni-YSZ 基板の多孔度の向上効果	第 49 回固体イオニクス討論会	九州大学	2023
Development of Multi-Nozzle Electrospray Device for Fabrication of Cathode Catalyst Layer on Polymer Electrolyte Fuel Cells	244th ECS Meeting　Sweden Gothenburg	"University of Yamanashi Meiko Co., Ltd,	2023
固体高分子形燃料電池触媒層作製における静電噴霧の安定吐出条件の検討	日本機械学会関西学生会　2023 年度学生員卒業研究発表講演会	大阪大学	2024
Fabrication of Cathode Catalyst Layer by use of Electrospray Method on Polymer Electrolyte Fuel Cells and Development of Multi-Nozzle Electrospray Device	"International Chemical Engineering Symposia 2023 (IChES2023) (Session:Materials and Interfaces)（化学工学会第 88 年会内）	山梨大学	2023
NUMERICAL SIMULATIONS OF ELECTROSPRAY FLOW FIELD WITH CATALYTIC INK FOR POLYMER ELECTROLYTE FUEL CELLS	PETEC2024	大阪大学	2024
A VISUALIZATION STUDY Of ELECTROSPRAY TIP BEHAVIORS WITH HIGH SPATIAL AND TEMPORAL RESOLUTION	PETEC2024	大阪大学	2024
Iridium Oxide Nanorods Supported on Sb-Doped SnO2 as Highly Active Oxygen Evolution Catalysts for PEM Water Electrolysis	244th ECS Meeting	University of Yamanashi	2023
"Low PGM Catalysis for Polymer electrolyte Membrane (proton type) Water Electrolysers	NEDO-NOW Workshop(甲府)	山梨大学	2023
Development of new network structured oxide catalysts toward the application of proton or anion-exchange membrane water electrolysis	75th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry	山梨大学	2024
The network macrostructure oxide catalysts toward the application of proton/anion-exchange membrane water electrolysis	ELECTROCHEMISTRY 2024	山梨大学	2024
IrOx Nanoparticle Catalysts on a Unique Microstructure of Doped Tin Oxide to Dramatically Boost Oxygen Evolution Reaction Activity for PEM Water Electrolysis	ECS　245th Meeting（Invited Speaker）	University of Yamanashi	2024
プロトン交換膜型水電解装置用革新的低貴金属担持アノード触媒の研究開発	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2024	山梨大学	2024
酸化物担体に担持した Ir 触媒の OER 活性と耐久性	触媒学会　新電極触媒 シンポジウム (招待講演)	山梨大学	2024
繊維不連続部を有する UD-CFRP の強度に及ぼすオーバーラップ長さの影響	第 24 回高分子基複合材料の成形加工に関する研究会ワークショップ、日本機械学会機械材料・材料加工部門	東京都立大学	2023
せん断-圧縮二軸荷重下における CFRP 接着継手の強度評価	第 48 回複合材料シンポジウム、日本複合材料学会	東京都立大学、名古屋大学	2023
複合材料積層板のボルト接合構造の損傷挙動	第 10 回構造物の安全性･信頼性に関する国内シンポジウム	名古屋大学	2023
リング状軸力部材を適用した CFRP 高圧水素貯蔵容器	第 15 回日本複合材料会議、日本材料学会／日本複合材料学会	東京農工大学、東京大学	2024
マルチロードパス構造を用いた CFRP 高圧水素貯蔵容器のコンセプト研究	第 15 回日本複合材料会議、日本材料学会／日本複合材料学会	東京大学、東京農工大学	2024
CFRP 接着継手のせん断強度に及ぼす面外圧縮応力の影響	第 15 回日本複合材料会議、日本材料学会／日本複合材料学会	東京都立大学、名古屋大学	2024
リング状軸力部材を適用した FCV 用 CFRP 高圧水素貯蔵容器	第 49 回複合材料シンポジウム、日本複合材料学会	東京農工大学、東京大学	2024
マルチロードパス構造を有する複合圧力容器における軸力部材の設計	６９ｔｈ　ＦＲＰ　ＣＯＮ－ＥＸ ２０２４、強化プラスチック協会	東京農工大学、東京大学	2024
内圧成形法による高圧水素容器製造のための基礎的検討	６９ｔｈ　ＦＲＰ　ＣＯＮ－ＥＸ ２０２４、強化プラスチック協会	日本大学、金沢工業大学、東京農工大学	2024
Composite high pressure vessel with ring-shaped axial load members for hydrogen fuel cell vehicle	49th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC2025), The American Ceramic Society	東京農工大学、東京大学	2025
内圧成形法による CFRP 高圧水素 容器の成形と強度評価	第１６回日本複合材料会議、日本材料学会／日本複合材料学会	日本大学、金沢工業大学、東京農工大学	2025

分割式高圧気体水素タンクの構造検討と基本設計	第１６回日本複合材料会議、日本材料学会／日本複合材料学会	名古屋大学	2025
マルチロードパス構造を適用した FCV 用 CFRP 水素貯蔵タンクの設計と破裂試験	第１６回日本複合材料会議、日本材料学会／日本複合材料学会	東京農工大学、東京大学	2025
Synthesis of sulfonated C60 as a radical quencher for Nafion fuel cell membranes	第 66 回 FNTG 学会総合シンポジウム	名古屋大学大学院工学研究科化学システム工学専攻	2024
Fullerene Derivative and Cerium Composite as Radical Quenchers in Nafion Matrix Fuel Cell Membranes	第 66 回 FNTG 学会総合シンポジウム	名古屋大学大学院未来社会創造機構 マテリアルイノベーション研究所 エネルギーマテリアル研究部門	2024
Highly Water-Soluble Fullerene Derivatives for Durable Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells	245th ECS Meeting	"名古屋大学大学院工学研究科化学システム工学専攻 名古屋大学大学院未来社会創造機構 マテリアルイノベーション研究所 エネルギーマテリアル研究部門	2024
Synthesis of pentapod phosphonated C60 and application to fuel cell membranes	第 68 回 FNTG 学会総合シンポジウム	名古屋大学大学院工学研究科化学システム工学専攻	2025
Synthesis of phosphonate fullerene derivative radical quenchers and their application to fuel cell electrolyte membrane	第 68 回 FNTG 学会総合シンポジウム	名古屋大学大学院工学研究科化学システム工学専攻	2025
Water-Soluble Fullerene Derivatives as Radical Scavenger for Highly Durable Proton Exchange Membrane Fuel Cell	第 68 回 FNTG 学会総合シンポジウム	名古屋大学大学院工学研究科化学システム工学専攻	2025
水素社会とアニオン交換膜型水電解の展開	高分子学会　2023 年度水素・燃料電池材料研究会講座	東京工業大学	2023
水素社会の必要性とアニオン交換膜型水電解材料およびシステム	電気化学会電解科学技術委員会講演会	東京工業大学	2023
水素社会の必要性とアニオン交換膜型水電解	燃料電池・ＦＣＨ部会　第 286 回定例研究会	東京工業大学	2023
水素国際動向と東京工業大学水素戦略	東京工業大学 2023 年度第 1 回 GXI シンポジウム	東京工業大学	2023
高耐久 AEM 水電解の開発	FCDIC 第 39 回 セミナー	東京工業大学	2023
Systematic material design for anion-exchange membrane water electrolysis	CARISMA2023 (7th International conference on polymer electrolyte membrane fuel cells & Electrolysis. Material, Systems & Applications)	東京工業大学	2023
アニオン交換膜の基礎物性と設計開発	大阪大学 中西研究室セミナー	東京工業大学	2023
"アニオン交換膜型水電解による水素製造技術の研究開発動向	サイエンス&テクノロジー	東京工業大学	2023
アニオン交換膜型水電解技術の必要性と進展	FCDIC 機関誌 2024 年冬号特集「水電解」	東京工業大学	2024
アルカリ水電解用卑金属硫化物触媒の開発	化学工学会第 89 年会	東京工業大学	2024
電着法を用いた表面構造制御によるアニオン交換膜型水電解用非貴金属多孔体触媒の開発	化学工学会第 89 年会	東京工業大学	2024
水素時代を見据えた技術課題の克服と将来展望	日本脱塩協会　JDL ラウンドトーク	東京工業大学	2024
卑金属水素発生電極触媒の探索と活性に対する重要因子の解明	FCDIC 第 31 回燃料電池シンポジウム	東京工業大学	2024
ニッケルリン酸化物を用いたアニオン交換膜型水電解用卑金属アノード触媒層の開発	FCDIC 第 31 回燃料電池シンポジウム	東京工業大学	2024
アニオン交換膜型水電解における膜特性の水電解性能への影響	日本膜学会第 46 年会	東京工業大学	2024
2050 年のための膜技術～エネルギー、医療、水処理～	膜分離技術振興協会技術講演会	東京工業大学	2024
Efficient Oxygen Evolution Activity of Nickel-based Compounds and their Structural and Electronic Effects.	PRiME2024	東京工業大学	2024
実践的ものづくりシミュレーショントレーニングコース「機械学習を利用した高圧水素容器の最適設計」	東京大学生産技術研究所革新的シミュレーション研究センター　実践セミナー（東京都）	東京大学	2023

機械学習を用いた Type4 容器の最適設計探索	令和 5 年度日本高圧力技術協会秋季講演会（沖縄県）	東京大学	2023
燃料電池自動車用高圧水素タンクの最適設計に関する研究	日本機械学会第 15 回最適化シンポジウム（OPTIS2024）（北海道大学）	東京大学	2024
CFRP タンクの軸対称モデル高精度化と最適設計探索	FrontCOMP ワークショップ「CFRP 機器開発の高精度化」（東京大学生産技術研究所）	東京大学	2024
高圧水素容器の最適設計探索のための軸対称モデル高精度化	第 16 回日本複合材料会議（JCCM-16）（東京農工大）	東京大学	2025
高圧水素複合容器の形状最適設計に関する研究	第 16 回日本複合材料会議（JCCM-16）（東京農工大）	東京大学	2025
Influence of Electrolyte Supply Scheme in Anion Exchange Membrane Water Electrolysis	PRiME 2024 (246th ECS meeting)	産業技術総合研究所，筑波大学	2024
Performance and Durability of Membrane-Electrode Assemblies Using Non-Precious Metal Catalyst and aHydrocarbon-Based Electrolyte for Anion Exchange Membrane Water Electrolysis	244th ECS Meeting	"University of Yamanashi, Waseda University"	2023
非貴金属アノード触媒と炭化水素系電解質を用いたアニオン交換膜型水電解セルの性能・耐久性評価	電気化学会第 91 回大会	山梨大学、早稲田大学	2024
非貴金属触媒と炭化水素系電解質を用いた貴金属フリーアニオン交換膜型水電解セルの性能・耐久性評価	電気化学会第 91 回大会	山梨大学、早稲田大学	2024
Anion exchange membranes with pendent ammonium groups for water electrolyzers	Workshop on Ion Exchange Membrane for Energy Applications	"University of Yamanashi"	2023
山梨大学におけるアニオン膜型アルカリ水電解に関する研究	水電解水素製造に関する要素技術･研究開発動向･展望セミナー	山梨大学	2023
Emerging anion exchange membranes for alkaline fuel cells and water electrolysis cells	The 21st International Conference on Solid-State Protonic Conductors	"University of Yamanashi	2023
アニオン導電性高分子／多孔質ポリエチレン複合膜の作製と評価	第 72 回高分子討論会	山梨大学、早稲田大学	2023
高ガス透過性三元共重合アニオン導電性薄膜：疎水部構造の効果	第 72 回高分子討論会	山梨大学、早稲田大学	2023
Chemical States of Water in Anion Exchange Membrane for Fuel Cells Using Raman and Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopies	244th ECS Meeting	"University of Yamanashi, Waseda University"	2023
Operando Neutron Imaging of Water Distribution inside Running Anion-Exchange Membrane Fuel Cell	244th ECS Meeting	"University of Yamanashi, Waseda University"	2023
アルカリ水電解のためのアニオン交換膜設計	2023 年度触媒学会「水素の製造と利用に関するシンポジウム」	山梨大学	2023
高性能アニオン膜の開発とアルカリ水電解への応用	電気化学会第 47 回電解技術討論会「水素社会を見据えた電解技術」	山梨大学	2023
"非貴金属アノード触媒と炭化水素系電解質を用いたアニオン交換膜型水電解セルの性能・耐久性能評価	第 64 回電池討論会	山梨大学、早稲田大学	2023
Performance and durability of membrane electrode assemblies using a non-precious metal catalyst on both electrodes and a hydrocarbon-based electrolyte for anion exchange membrane water electrolysis	PRiME2024	"University of Yamanashi, Waseda University"	2024
"Performance and durability evaluation of anion exchange membrane water electrolysis cells using non- precious metal catalysts and a hydrocarbon-based electrolyte	PRiME2024	"University of Yamanashi, Waseda University"	2024
アニオン膜型水電解セルにおける非貴金属系アノード触媒の検討	電気化学会第 92 回大会	山梨大学	2025
アニオン膜型水電解セルにおけるカソード白金触媒担持量低減の効果	電気化学会第 92 回大会	山梨大学	2025
Design of Ionomer Membranes for Applications in Energy Devices	ACEPS-12	University of Yamanashi, Waseda University"	2024
Highly Conductive and Durable Piperidinium-Based Anion Exchange Membranes by Super-Acid Promoted Polycondensation	第 73 回高分子学会年次大会	University of Yamanashi, Waseda University"	2024

"Effect of Semi-Fluoroalkyl Pendant Length on the Properties of Poly(arylene piperidinium) Anion Conductive Terpolymer Membranes	第 73 回高分子学会年次大会	University of Yamanashi, Waseda University"	2024
酸化物を担持したアニオン導電性高分子複合膜の作製と物性評価	第 73 回高分子学会年次大会	山梨大学	2024
The Network Microstructured Oxide Catalysts toward the Application of Proton/Anion-Exchange Membrane Water Electrolysis	Electrochemistry2024	" University of Yamanashi, Waseda University"	2024
Highly Gas Permeable and Dimensionally Stable Anion Exchange Ionomers for Anion Exchange Membrane Water Electrolyzers	PRiME2024	" University of Yamanashi, Waseda University"	2024
Radical-Mediated Cross-Linked Anion Exchange Membranes for Efficient Alkaline Water Electrolysis Cells	PRiME2024	" University of Yamanashi, Waseda University"	2024
Pt/Ni-Fe Oxide-Based Catalyst for Hydrogen Evolution Reaction in Alkaline Media	PRiME2024	" University of Yamanashi, Waseda University"	2024
非貴金属触媒及び炭化水素系電解質膜を用いた AEM 水電解セルの運転条件の影響調査	電気化学会第 92 回大会	山梨大学、富士電機	2025
機械学習を用いた燃料電池触媒層の反応・物質輸送性評価	化学工学会 第 54 回秋季大会（福岡）	九州大学	2023
Evaluation of reaction and mass transport properties of fuel cell catalyst layers	IschE2023（韓国）	九州大学	2023
Evaluation of reaction and mass transport properties of fuel cell catalyst layers	ECS PRiME 2024(ホノルル)	九州大学大学院工学研究院化学工学部門	2024
Optimization of Cathode Catalyst Layer Composition of Polymer Electrolyte Fuel Cell for Maximum Cell Performance Using Machine Learning and Genetic Algorithm	PRiME2024 (Interational)	九州大学大学院工学研究院化学工学部門	2024
Autonomous exploration of catalyst layer drying process of PEMFC	ECS PRiME 2024(ホノルル)	東京大学	2024
機械学習による固体高分子形燃料電池の性能予測	化学工学会 第 55 回秋季大会（札幌）	九州大学大学院工学研究院化学工学部門	2024
エネルギーキャリアとしてギ酸を用いるための要素技術開発	電気化学会北陸支部春季大会	金沢大学	2024
"触媒の粒度分布が触媒層細孔特性と DFAFC の発電・物質輸送特性におよぼす影響	化学工学会 第 55 回秋季大会（札幌）	金沢大学	2024
直接ギ酸形燃料電池の多孔質電極内部の物質輸送制御	2024 年度日本伝熱学会北陸信越支部秋季セミナー	金沢大学	2024
直接ギ酸形燃料電池の物質輸送特性におよぼすインク内粒度分布の影響	化学工学会第 90 年会	金沢大学	2025
Effect of the mixing process of catalyst ink for the PEFC on the ink propertie	第 32 回燃料電池シンポジウム	金沢大学	2025
NEDO 技術開発ロードマップにおける目標と技術開発課題	FCDIC 第 30 回燃料電池シンポジウム	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社	2023
最新 NEDO 燃料電池技術開発ロードマップに関する解説	電気化学会第 158 回燃料電池研究会	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社	2023
マンガン酸化物に基づく PEM 型水電解用アノードの省イリジウム技術の開発	2023 電気化学秋季大会	東ソー株式会社、国立研究開発法人理化学研究所	2023
New electrocatalyst with the content of Ir<0.1 mg/cm2 for proton exchange membrane water electrolysis	245th ECS meeting	東ソー株式会社、国立研究開発法人理化学研究所	2024
"Ultra-Low Iridium Content in Manganese Oxide Anode for High-Durability PEM Water Electrolysis	International society of electrochemistry, 75th annual meeting	東ソー株式会社、国立研究開発法人理化学研究所	2024
"Manganese Dioxide-Based Catalysts with Low Ir Content for High-Durability PEM Water Electrolysis	PRiME2024	東ソー株式会社、国立研究開発法人理化学研究所	2024
Ir 量を低減した水電解用アノード触媒	ケミカルマテリアルジャパン	東ソー株式会社	2024

New OER Catalyst with Ultralow Iridium Content for Water Electrolysis	World Electrolysis Congress	東ソー株式会社	2025
Time Course of Polymer Electrolyte Electrochemical Cells (PEEC) Hydrogen Evolution Properties with MnIrOx Oxygen Evolution Catalyst	2024 Materials Research Society (MRS) Fall Meeting & Exhibit	RIKEN RAP, RIKEN CSRS	2024
PIAD 法によるインテリジェント DLC 薄膜	第 3 回北方薄膜応用技術交際セミナー／(中国・大連)	株式会社プラズマイオンアシスト	2023
高密度プラズマイオン注入成膜による燃料電池用アルミセパレータの開発	ＣＶＤ学会	株式会社プラズマイオンアシスト	2024
Materials Informatics: Perspective & Opportuniries	TACC2023	北海道大学	2023
触媒インフォマティクスによる固体触媒の設計と展望	第 132 回触媒討論会 北の国セッション	北海道大学	2023
Catalyst Informatics: Revolutionizing Catalyst Design through Data-Driven Approaches	MRM2023 IUMRS-ICA 202	北海道大学	2023
ハイスループット実験と触媒インフォマティクスが実現する仮説から脱却した触媒設計	第 133 回触媒討論会	北海道大学	2024
Highly Catalytic and Durable Pyrochlore Oxide for OER in Alkaline Water Electrolysis	The 74th Annual Meeting of International Society of Electrochemistry	Doshisha University	2023
Kinetics of Oxygen Catalyst Based on Pyrochlore Oxide Nano-Particles for Low Temperature Water Electrolysis	The 245th Meeting of The Electrochemical Society	Doshisha University	2024
革新的水電解用電極技術の研究開発	NEDO 水素・燃料電池成果報告会 2024	同志社大学	2024
Reduction in Overpotential of Oxygen Reactions by Increasing Exchange Current Density of Bi-Ru Based Pyrochlore Oxide	The 75th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry	Doshisha University	2024
DFT Calculation on Na Doping Effects on Bismuth Ruthenate-Based Pyrochlore Oxides	Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science (PRiME2024)	Doshisha University	2024
ビスマスルテニウム系パイロクロア酸化物のＯＥＲ触媒活性とターフェル勾配	第 26 回関西表面技術フォーラム	同志社大学	2024
アルカリ水電解用陽極に用いるパイロクロア酸化物触媒の酸素発生過電圧	資源・素材学会第 21 回『若手研究者・学生のための研究発表会』	同志社大学	2024
パイロクロア酸化物 Bi2Ru2O7 の結晶構造と電子状態	第 48 回電解技術討論会	同志社大学	2024
酸素発生用電極材料の開発	NEDO 事業「常温水電解の実用化基盤研究プラットフォームの構築」第 3 回拡大研究開発推進会議	同志社大学	2025
パイロクロア酸化物触媒の異なる基材上での酸素発生挙動	電気化学会第 92 回大会	Doshisha University	2025
A Novel Catalyst Based on Pyrochlore Oxide to Reduce OER Overpotential for Low Temperature Alkaline Water Electrolysis	TMS2025	Doshisha University	2025
アルカリ水電解における電流密度ごとの水素生成過電圧と気泡由来の抵抗成分の定量化	第 47 回電解技術討論会－ソーダ工業技術討論会－（大阪府）	横浜国立大学	2023
アルカリ水電解のセル電圧を構成する抵抗成分と電極形状の関係	第 47 回電解技術討論会－ソーダ工業技術討論会－（大阪府）	横浜国立大学	2023
ガス発生反応用粉末電極触媒の活性評価に向けた気泡の影響除去の検討	第 47 回電解技術討論会－ソーダ工業技術討論会－（大阪府）	横浜国立大学	2023
Exploring the Performance of Alkaline Water Electrolyzers Under Dynamic Operational Conditions	245th ECS Meeting（アメリカ合衆国サンフランシスコ）	横浜国立大学	2023
アルカリ水電解槽における作用極近傍の流動状態と電解性能に対する電極形状の影響	第 26 回化学工学会学生発表会(オンライン)	横浜国立大学	2024
NiCo スピネル酸化物被覆 Ni 基板アノードの焼成温度最適化による 起動停止下での耐久性向上	電気化学会第 91 回大会(電気化学会第 91 回大会)	横浜国立大学	2024
アルカリ水電解槽における気泡生成の瞬間の 高速度顕微観察と物質移動の等価回路モデル解析	日本機能水学会第 89 回ウォーター研究会セミナー 兼 機能水研究振興財団令和 5 年度第 3 回研修会(東京／ハイブリッド)	横浜国立大学	2024
Relationship between resistance due to bubbles and electrode shape in alkaline water electrolysis cells	"PRiME 2024(Honolulu, USA)	横浜国立大学	2024

Water electrolysis for renewable electricity utilization	HYPOTHESIS XIX Hiroshima 2024（広島）	横浜国立大学	2024
アルカリ水電解槽における OER/HER 性能に対する平織型 mesh 電極構造の影響	化学工学会第 55 回秋季大会（北海道）	横浜国立大学	2024
AWE 用 NiCo 酸化物被覆 Ni アノードの焼成温度最適化による剥離抑制と耐久性向上	第 33 回電極材料研究会（ハイブリッド・対面：横浜国立大学）	横浜国立大学	2024
アルカリ水電解における OER/HER 性能に対する平織メッシュ電極形状の影響	第 48 回電解技術討論会－ソーダ工業技術討論会－（宮城県）	横浜国立大学	2024
ゼロギャップアルカリ水電解セルにおける各抵抗成分の分離手法と電極形状の影響の評価	第 48 回電解技術討論会－ソーダ工業技術討論会－（宮城県）	横浜国立大学	2024
Mass Transfer Model through Bubble Layer Covering an Electrode in Alkaline Water Electrolysis	"4th Asian Symposium on Electrochemical Impedance Spectroscopy (AEIS2024)（愛知県）	横浜国立大学	2024
熱分解条件最適化によるアルカリ水電解用 NiCo 酸化物被覆 Ni 電極の 起動停止耐久性向上	電気化学会第 92 回大会（東京都）	横浜国立大学	2025
PEM 水電解特性への不純物の影響	電気化学会第 91 回大会	産業技術総合研究所	2024
Hg-UPD によるイリジウム系触媒の ECSA 評価	電気化学会第 91 回大会	産業技術総合研究所	2024
PEM水電解の劣化要因評価と加速劣化評価法の開発	第 31 回燃料電池シンポジウム	産業技術総合研究所	2024
再エネ時代の水素: 水電解と燃料電池	関西電気化学研究会	産業技術総合研究所	2024
再エネ時代の燃料電池・水素技術	阪大ナノ理工学情報交流会	産業技術総合研究所	2024
Hg-UPD による酸化イリジウム触媒の活性評価	電気化学会第 92 回大会	産業技術総合研究所	2025
Catalyst Activity and Durability Evaluations for PEM Water Electrolyzers	PRiME2024	産業技術総合研究所	2024
レーザーを用いた液中バブル濡れ性測定法の開発	レーザー学会学術講演会第 44 回年次大会	京都大学	2024
電極面の 1064/355 nm ナノ秒レーザー加工による電解性能向上	レーザー学会学術講演会第 44 回年次大会	京都大学	2024
レーザーを用いた液中マイクロ気泡濡れ性測定法の開発	2024 年応物春季学術講演会	京都大学	2024
水電解水素製造用 Ni 電極の NIR/UV レーザー構造化による電解性能向上	2024 年応物春季学術講演会	京都大学	2024
Investigating the reaction mechanism of iridium oxides for PEM water electrolysis by operando soft X-Ray Absorption Spectroscopy	244th ECS meetimg, Gothenburg, Sweden	京都大学、横浜国立大学、田中貴金属	2023
Effect of Electrolyte Anions on the Activity of Iridium Oxide Catalysts for Water Electrolysis	244th ECS meetimg, Gothenburg, Sweden	京都大学、横浜国立大学、田中貴金属	2023
Investigation of the factors controlling the activity of iridium oxide water electrolysis catalysts by advanced analysis using synchrotron radiation	IUMRS-ICAM&ICMAT2023, Singapore	京都大学、横浜国立大学、田中貴金属	2023
Electronic Structural Analysis of Ba-Sr-Co-Fe based Perovskite-type oxides for Alkaline Water Electrolysis Using operando O K-edge X-ray Absorption Spectroscopy	IUMRS-ICAM&ICMAT2023, Singapore	京都大学、横浜国立大学、立命館大学、デノラペルメレック	2023
Elucidation of the controlling factor of activity in Ba-Sr-Co-Fe perovskite-type oxides for alkaline water electrolysis by electronic structure analysis using operando O K-edge X-ray absorption spectroscopy.	2023 年度第 3 回電気化学研究会	京都大学、横浜国立大学、立命館大学、デノラペルメレック	2023
Investigation of factors controlling the activity of iridium oxide water electrolysis catalysts by using synchrotron radiation	2023 年度第 3 回電気化学研究会	京都大学、横浜国立大学、田中貴金属	2023
Investigating the Factors influencing the activity of Iridium-Based Perovskite Oxide Electrocatalyst for Acidic Water Oxidation by operando XAS	電気化学会第９１回大会（電気化学会第９１回大会）	京都大学、横浜国立大学、田中貴金属	2024
Key factors affecting the structure-activity relationship of iridium oxides via X-ray absorption spectroscopic and theoretical studies	第 48 回 電解技術討論会	京都大学、横浜国立大学、田中貴金属	2024
Identification of structure-activity correlations in iridium-based perovskite oxides for oxygen evolution by operando X-ray absorption spectroscopy	第 48 回 電解技術討論会	京都大学、横浜国立大学	2024

Modified Hydrothermal synthesis of RuIrOx nanoparticles with enhanced activity for the Oxygen Evolution Reaction	第 48 回 電解技術討論会	京都大学、横浜国立大学	2024
Electronic Structure Investigation of BSCF Catalysts during electrochemical Water Electrolysis by Using Time Zero Analysis and advanced operando X-ray Absorption Spectroscopy	245th ECS meetimg, SanFrancisco, USA	京都大学、横浜国立大学	2024
Highly Active Ni-RuO2 based Bifunctional Electrocatalyst for Overall Water Splitting	PRiME 2024, Hawaii, USA	京都大学、横浜国立大学	2024
Investigating the Factors Influencing the Activity of Iridium-Based Perovskite Oxide Electrocatalyst for Acidic Water Oxidation by operando XAS	PRiME 2024, Hawaii, USA	京都大学、横浜国立大学、田中貴金属	2024
High performance bifunctional catalysts using RuCoOx composite oxide system for alkaline water electrolysis	PRiME 2024, Hawaii, USA	京都大学、横浜国立大学	2024
オペランド X 線吸収分光法によるアルカリ水電気分解用複合酸化物触媒の電子構造の調査	2024 年度第 3 回電気化学研究会	京都大学、横浜国立大学	2024
異なる基板上に担持した金属酸化物カソードのアルカリ水溶液中での 水素発生反応における触媒活性と耐久性の評価	第 33 回電極材料研究会（ハイブリッド・対面：横浜国立大学）	大阪公立大学	2024
アルカリ水電解における起動/停止時のルテニウム系酸化物カソードの 構造解析と電気化学特性評価	第 48 回電解技術討論会（仙台）	大阪公立大学	2024
アルカリ水溶液中での Ru-lanthanoid 系酸化物電極の水素発生反応における触媒活性と耐久性の評価	第 3 回関西電気化学研究会（京都）	大阪公立大学	2024
アルカリ水溶液によるペロブスカイト型酸化物の表面構造変化と酸素発生活性の解析	第 48 回電解技術討論会	立命館大学、横浜国立大学	2024
軟 X 線吸収分光法を用いたアルカリ水電解アノード触媒の解析	HESS「第 175 回定例研究会」	立命館大学	2025
Exploring the Degradation Mechanism on PtxCoy Alloy Catalysts for Oxygen Reduction Reaction by operando X-ray Absorption Spectroscopy	244th ECS meetimg, Gothenburg, Sweden	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2023
operando X 線吸収分光法を用いた形態制御 PtCo ナノワイヤー触媒の電子構造と酸素還元反応への影響	第 64 回電池討論会	京都大学、FC-Cubic、JASRI	2023
X 線画像検出器 CITIUS を用いた高速蛍光法 XAFS 計測	第 37 回日本放射光学会年会・放射光化学合同シンポジウム	JASRI	2024
Development and application of simultaneous operando time-resolved fluorescence mode Quick XAFS/XRD measurement system	MRM2023(Advanced Materials Research Grand Meeting 2023)	JASRI	2023
実デバイス内部の希薄濃度試料に対する XAFS 計測法の開発	2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会	JASRI	2023
X 線画像検出器 CITIUS を用いた蛍光法 XAFS 計測	2023 年第 26 回 XAFS 討論会	JASRI	2023

4.5. その他発表・公表リスト

公表形態・掲載先等	タイトル	発表者所属	発表年
プレスリリース	船舶や鉄道などの移動体向け純水素燃料電池モジュール開発を加速 －ＮＥＤＯ事業を受託し、大型モビリティに向けた高出力燃料電池モジュールを開発－	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2020
General Student Poster Session, First Place Award @242nd ECS Meeting (Atlanta)	"MEA Performance of Pd@Pt Core-Shell Catalysts Supported	同志社大学	2022
第 14 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー 優秀ポスター賞 第 3 位	on Different Particle Sizes of Mesoporous Carbon"	同志社大学	2023
Polymer Electrolyte Fuel Cells and Electrolyzers 23, 2nd prize	SiO2 粒子をテンプレートに使用した固体高分子形燃料電池用多孔質炭素担体の合成	同志社大学	2023
Polymer Electrolyte Fuel Cells and Electrolyzers 23, 3rd prize	Enhancement of ORR Activity of Pt Catalyst for PEFCs by Modification with Hydrogen-Bonded Organic Framework Composed of Melamine and Cyanuric Acid	同志社大学	2023
2nd Place Award, PEMFC&WE Poster Session, PRiME 2024	Synthesis of Spherical Mesoporous Carbon (SMPC) Support and Electrochemical Properties of Pt/SMPC Catalyst	同志社大学	2024
2024 年度第 15 回新電極触媒シンポジウム 優秀ポスター賞　第 1 位	Synthesis of Mesoporous Carbon Support Using Two Different Sizes of SiO2 Hard Templates	同志社大学	2024
鉄鋼新聞	触媒インク作製時に用いるアルコールの PEFC の電池特性に与える影響	石福金属興業株式会社	2020
化学工業日報	NEDO 事業に 2 件採択	石福金属興業株式会社	2020
PEFC&E 21 Symposium Student Poster Session 2nd Prize	NEDO 事業に 2 件採択	東北大学	2021
PEFC&E 21 Symposium Student Poster Session 1st Prize	Hydrogen Peroxide Generation and Hydrogen Oxidation Reaction Properties of Pt/Ir(111) and Ir/Pt(111) Bimetallic Surfaces	東北大学	2021
東北大学プレス発表	Oxygen Reduction Reaction Properties and Microstructures of Pt/Nb:SnO2 Model Catalysts Fabricated on Pt Single Crystal Surfaces	東北大学	2021
電気化学会第 89 回大会　優秀発表賞	第 3 元素添加による燃料電池用触媒の性能向上― 燃料電池自動車用高性能触媒のための原子レベル開発設計指針 ―	東北大学	2022
Yano E plus	Pt を含む遷移金属ハイエントロピー合金単結晶表面の酸素還元反応特性	東北大学	2022
第 13 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー　優秀ポスター賞 第 1 位	燃料電池用触媒の動向 （3～34 ページ）～燃料電池用触媒として高価な Pt が多用されているが、機能や耐久性を高めて Pt の使用量を減らすことが、急務～	東北大学	2023
電気化学会第 90 回大会　優秀学生講演賞	メラミン修飾 Pt-HEA 単結晶表面系の ORR 特性	東北大学	2023
東北大学プレス発表	気相合成した Pt-多元系合金単結晶表面系の構成元素種が及ぼす ORR 特性への影響	東北大学	2023
日本経済新聞電子版	"ハイエントロピー合金"で電極触媒性能の飛躍的向上に成功 ―実験プラットフォーム構築により燃料電池用触媒の高性能化メカニズムを原子レベルで解明―	東北大学	2023
サイエンス・ジャパン(JST)	東北大、燃料電池向け新触媒　多元素化で劣化耐性 3 割増	東北大学	2023
客観日本(JST)	Tohoku University fabricate model for studying high-entropy alloy catalysts: Combining high activity and durability	東北大学	2023
電気化学会第 91 回大会　優秀学生講演賞	日本东北大学利用“高熵合金”大幅提高电极催化剂性能，同时具有高活性和耐久性	東北大学	2024
PRiME2024	Pt 電極表面結晶粒と水素酸化反応特性の可視化	東北大学	2024
日本金属学会　2024 論文賞	SECM Study for Surface-Grain-Resolved Hydrogen Oxidation Reaction Activity of Polycrystalline Pt Electrode	東北大学	2025

人とくるまのテクノロジー展 2021 名古屋	Suppressed Hydrogen Peroxide Generation and Enhanced Electrochemical Hydrogen Oxidation Activity for Tungsten-Oxide-Modified Platinum Surface Model Catalyst System	山梨大学, 田中貴金属工業（株）	2021
プレスリリース	燃料電池の劣化を大幅に抑制する白金-コバルト合金水素極触媒	弘前大学, 岩手大学	2021
東奥日報	【弘大・岩手大技術開発】燃料電池新素材 大量・安価に	弘前大学, 岩手大学	2021
陸奥新報	【弘大・岩手大技術開発】燃料電池新素材 大量・安価に	弘前大学, 岩手大学	2021
特願 2021-146229	燃料電池車に新触媒技術	弘前大学, 岩手大学	2021
特願 2021-192613	導電性チタン酸化物、金属担持導電性チタン酸化物、膜電極接合体、固体高分子形燃料電池、導電性チタン酸化物の製造方法、及び金属担持導電性チタン酸化物の製造方法	信州大学	2021
特眼 2021-192613	酸化イリジウムナノシートを助触媒として含む電極触媒	山梨大学	2022
特願 2022-180666	燃料電池用膜電極接合体、燃料電池セル、及び燃料電池用膜電極接合体の製造方法	信州大学	2022
経済産業省	酸化タングステンナノ粒子を含む電極触媒	山梨大学	2024
経済産業省	令和6年度産業標準化貢献者表彰・イノベーション・環境局長賞	山梨大学	2025
特願 2021-146229	令和 7 年度 IEC1906 賞	弘前大学、岩手大学	2021
所属機関でのプレスリリース	導電性チタン酸化物、金属担持導電性チタン酸化物、膜電極接合体、固体高分子形燃料電池、導電性チタン酸化物の製造方法、及び金属担持導電性チタン酸化物の製造方法	岩手大学	2021
所属機関でのプレスリリース	燃料電池車の本格普及に資する触媒技術～安価かつグラム単位での高耐久導電性酸化物合成と高性能燃料電池電極の開発に成功～	弘前大学	2021
東奥日報	燃料電池車の本格普及に資する触媒技術～安価かつグラム単位での高耐久導電性酸化物合成と高性能燃料電池電極の開発に成功～	弘前大学、岩手大学	2021
陸奥新報	【弘大・岩手大技術開発】燃料電池新素材 大量・安価に	弘前大学、岩手大学	2021
デンソー先端技術研究所オンライン記者発表	燃料電池車に新触媒技術	株式会社デンソー	2021
中日新聞	先端技術研究所 30 年の歩みと今	株式会社デンソー	2022
日本自動車研究所 2020 年度年報	熱に強い！ 燃料電池素材	一般財団法人日本自動車研究所	2021
日本化学会第 104 春季年会	硫黄化合物等の吸着脱離メカニズムと被毒予防・回復技術開発	京都大学	2024
鉄鋼新聞，化学工業日報	学生講演賞	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2020
燃料電池	二次元反応場制御によるナノシート触媒/触媒層の高耐久化技術開発」が NEDO で採択	同志社大学	2023
令和 5 年度一般社団法人燃料電池開発情報センター	活性と耐久性を両立した燃料電池用電極触媒の創製と評価	同志社大学	2023
山梨日日新聞	活性と耐久性を両立した水素・燃料電池用触媒の創製と評価	同志社大学	2023
読売新聞	水素エネ活用実験　山梨での事例紹介	同志社大学	2024
Proc. 1st Intern. Confer. New Energy	水素エネルギー関心を　きょう米倉山で体験、施設見学	同志社大学	2023

Bulletin of the Chemical Society of Japan Award Article	Cold Startup of a PEFC Studied by Operando Visualization of Ice and Oxygen Partial Pressure	同志社大学	2022
山梨科学ｱｶﾃﾞﾐｰ	Sulfonated and Fluorinated Aromatic Terpolymers as Proton Conductive Membranes: Synthesis, Structure, and Properties	石福金属興業株式会社	2022
自動車技術会 第 1 回燃料電池部門委員会	第 27 回山梨科学ｱｶﾃﾞﾐｰ・奨励賞	石福金属興業株式会社	2022
技術情報協会ｾﾐﾅｰ	燃料電池商用展開を視野に入れた高温作動触媒の研究について	東北大学	2022
ﾘｶﾞｸ 粉体ｾﾐﾅｰ 最前線の研究	酸化物担体を用いた固体高分子形燃料電池用高耐久・高活性触媒の開発と評価	東北大学	2022
科学技術未来戦略ﾜｰｸｼｮｯﾌﾟ報告書 電気-物質ｴﾈﾙｷﾞｰ変換反応場の開拓に向けた材料開発	燃料電池用新規ｶｿｰﾄﾞ触媒及び担体の開発	東北大学	2023
山梨日日新聞	次世代 PEM としてのﾎﾟﾘﾌｪﾆﾚﾝ電解質膜	東北大学	2022
山梨日日新聞	山梨科学ｱｶﾃﾞﾐｰ甲府で授与式	東北大学	2022
山梨日日新聞	燃料電池で温暖化抑制	東北大学	2022
山梨日日新聞	水素・燃料電池で連携 山梨大、長野の機構と協定	東北大学	2022
読売新聞	水素や燃料電池「ﾆｰｽﾞ創出を」	東北大学	2022
読売新聞	水素利用の研究開発会議	東北大学	2022
山梨日日新聞	水素社会って?児童ら大学見学	東北大学	2022
山梨日日新聞	燃料電池 最新研究学ぶ	東北大学	2023
山梨日日新聞	水素や燃料電池 海外の戦略解説	東北大学	2023
日刊工業新聞	ｲﾝﾄﾞ大使が来甲	東北大学	2023
読売新聞	水素・燃料電池参入向けｾﾐ	東北大学	2023
一般社団法人燃料電池開発情報センター機関紙「燃料電池」	駐日印大使 水素装置視察	山梨大学, 田中貴金属工業（株）	2022
高分子学会	固体高分子形燃料電池開発のための高度解析技術：硬Ｘ線光電子分光による電極触媒の解析	弘前大学, 岩手大学	2022
粉体工学会誌	燃料電池用材料	弘前大学, 岩手大学	2022
太陽ｴﾈﾙｷﾞｰ	固体高分子形燃料電池用電極触媒粉末の設計と評価	弘前大学, 岩手大学	2023
文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門）	固体高分子形燃料電池用電極触媒担体の性能と展望	弘前大学, 岩手大学	2021
燃料電池開発情報センター（FCDIC） 顕彰制度学術賞	次世代燃料電池への応用を目指した革新的高分子薄膜の研究	信州大学	2021
朝日新聞	高性能・高耐久性炭化水素系電解質膜の創製	山梨大学	2021
日経新聞	国産燃料電池初搭載	信州大学	2021
毎日新聞	燃料電池のアシスト自転車試作	山梨大学	2021
日経産業新聞	山梨発の電動アシスト自転車	山梨大学	2021
読売新聞	燃料電池の電動自転車試作	弘前大学、岩手大学	2021
山日新聞	水素燃料電池展望語る	岩手大学	2021
日経新聞	山梨大燃料電池寿命５倍へ	弘前大学	2022
日経産業新聞	電動自転車脱炭素へギア	弘前大学、岩手大学	2022
リガクジャーナル	電動自転車に燃料電池搭載	弘前大学、岩手大学	2024
読売新聞	小角 X 線散乱法を使った固体高分子形燃料電池向け Pt/GDC 触媒の粒子充填構造解析	株式会社デンソー	2024
読売新聞	ホームルーム　水素燃料電池　児童と実験	株式会社デンソー	2024

読売新聞	山梨大読売講座　燃料電池と環境解説	一般財団法人日本自動車研究所	2024
日本経済新聞	山梨大読売講座　「甲府を燃料電池バレーに」内田教授　企業と連携　挑戦語る	京都大学	2024
山梨日日新聞	燃料電池トラック開発へ　山梨大と三菱ふそう　共同研究で協定	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2024
読売新聞	新機能性持つ素材開発へ学術交流会	同志社大学	2025
一般社団法人燃料電池開発情報センター機関紙「燃料電池」	ホームルーム　水素利用ブルネイで講演	同志社大学	2022
日本膜学会第 45 年会	固体高分子形燃料電池開発のための高度解析技術:硬 X 線光電子分光による電極触媒の解析	同志社大学	2023
第 31 回日本ポリイミド・芳香族系高分子会議	優秀ポスター賞	同志社大学	2023
高分子学会	優秀ポスター賞	同志社大学	2023
第 72 回高分子化学年次大会	三菱ケミカル賞	同志社大学	2023
第 70 回高分子学会年次大会	優秀ポスター賞	石福金属興業株式会社	2021
電気化学	優秀ポスター賞	石福金属興業株式会社	2021
シーエムシー出版	高分子ナノファイバーを用 いた PEFC 用電解質膜の開発	東北大学	2021
化学と教育	エレクトロスプレー/スピニング法とその応用	東北大学	2020
45th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC'21 Virtual)	水素エネルギー社会の実現に貢献する化学	東北大学	2021
日本機械学会	Plenary Speaker Award	東北大学	2021
日本セラミックス協会	日本機械学会フェロー	東北大学	2021
九大水素モーターショー	日本セラミックス協会フェロー	東北大学	2021
I01-Polymer Electrolyte Fuel Cells & Electrolyzers 22 poster Awards 2nd Place（242nd ECS meeting）	「九大水素モーターショー」開催による水素燃料電池の普及啓発活動（2021 年 3 月 19 日、九大伊都キャンパス・水素ステーション前で開催）	東北大学	2022
I01-Polymer Electrolyte Fuel Cells & Electrolyzers 22 poster Awards 3rd Place（242nd ECS meeting）	Investigation of A Correlation between IV Performance and Cathode Structure for MEAs Using Mesoporous Carbon Supports	東北大学	2022
電気化学会第 90 回大会	PEFC electrocatalysts using Sn-based materials dispersed on mesoporous carbon	東北大学	2023
Polymer Electrolyte Fuel Cells & Electrolyzers 23（PEFC＆E23）Honable mention- Student poster Awards	優秀学生講演賞	東北大学	2023
registration and travel award for Symposium I01 – PEFC&E23 at the 244th ECS Symposium in Gothenburg Sweden	Ta205 Catalyst Support for Polymer Electrolyte Fuel Cells	東北大学	2023
BS テレ東「居間からサイエンス」	Suppression of PEFC Membrane Degradation By Using SnO2 As Electrocatalyst Support	東北大学	2023
公財）自動車技術会	BS テレ東の「居間からサイエンス」に出演し、二酸化炭素の排出ゼロ！. 次世代エネルギー「水素」のテーマにて司会者と質疑応答を行い、水素燃料電池の普及啓発活動	東北大学	2024
日本機械学会	大学院研究奨励賞	東北大学	2024
travel award for the ECS PRIME 2024, as part of Symposium I01- PEFC&WE24.	日本機械学会三浦賞	山梨大学, 田中貴金属工業（株）	2024
travel award for the ECS PRIME 2024, as part of Symposium I01- PEFC&WE24.	Electrochemical Characteristics of Polymer Electrolyte Fuel Cells Using Pt-Ta-Co Electrocatalysts	弘前大学, 岩手大学	2024
travel award for the ECS PRIME 2024, as part of Symposium I01- PEFC&WE24.	PEFC Electrocatalysts using Highly-Graphitized Mesoporous Carbon Supports	弘前大学, 岩手大学	2024
travel award for the ECS PRIME 2024, as part of Symposium I01- PEFC&WE24.	Effect of Contamination in the Carbon Catalyst Support on Chemical Degradation	弘前大学, 岩手大学	2024

	of Polymer Electrolyte Membranes in Fuel Cells		
travel award for the ECS PRIME 2024, as part of Symposium I01- PEFC&WE24.	A Tantalum-Rich Pt-Ta-Co Electrocatalyst for Polymer Electrolyte Fuel Cells	弘前大学, 岩手大学	2024
第 16 回 FC-Cubic オープンシンポジウム in 九州大学伊都キャンパス	Self-Supporting Microporous Layer for Polymer Electrolyte Fuel Cells using a Thin Carbon Mesh Gas Diffusion Layer	信州大学	2025
日本経済新聞	「第 16 回 FC-Cubic オープンシンポジウム in 九州大学伊都キャンパス」開催 において、FC-Cubic と連携した、FCEV や FC トラックの実物展示などによる普及啓発活動に努めた。	山梨大学	2021
第 29 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	燃料電池、白金使わず 自動車普及へ素材代替	信州大学	2022
第 29 回燃料電池シンポジウム(FCDIC)	優秀ポスター賞「4 族金属酸化物薄膜の酸性溶液中での酸素還元反応に影響する電気化学特性」	山梨大学	2022
12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022)	優秀ポスター賞「酸性電解質中における 4 族酸化物ベース触媒への鉄添加による酸素還元活性の向上」	山梨大学	2022
"国立大学法人豊橋技術科学大学 Press Release	Synthesis and adsorption properties of nitroso compounds on metal oxides aiming for evaluation of PEFC oxide catalysts	弘前大学、岩手大学	2020
"	次世代燃料電池用電解質膜の研究開発プロジェクトがスタート	岩手大学	2021
日本経済新聞	燃料電池、白金使わず　自動車普及へ素材代替	弘前大学	2022
CSJ カレントレビュー	非白金酸素還元触媒	弘前大学、岩手大学	2021
東京工業大学プレスリリース	燃料電池の非白金化に繋がる新物質を開発	弘前大学、岩手大学	2021
日刊工業新聞	酸性電解質中でも安定　東工大など　鉄系酸素還元触媒	株式会社デンソー	2021
TECH+ Powerd by マイナビニュース（Web ページ）	燃料電池の非白金化につながる鉄系新物質、東工大などが開発	株式会社デンソー	2021
化学工業日報	鉄由来触媒　安定性向上	一般財団法人日本自動車研究所	2021
科学新聞	燃料電池の非白金化に直結	京都大学	2022
Yano E plus	燃料電池用触媒の動向	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022
ポリイミドの高機能設計と応用技術	含窒素高分子の形態制御と炭素化による電極触媒の開発	同志社大学	2024
河合塾「みらいぶっく」	燃料電池に高価な白金を使わない触媒を開発する	同志社大学	2025
熊本大学プレスリリース	燃料電池触媒の非白金化へ前進 ～高耐久性コバルト触媒の開発に成功～	同志社大学	2023
化学工学会第 88 年会優秀学生賞	カーボンフリー金属ナノ粒子連結触媒を用いた PEFC 用膜電極接合体の開発と耐久性評価	同志社大学	2022
Poster Award 2022, The 14th Japan-Korea Symposium on Materials and Interfaces	Core-shell type connected Pt-based catalysts with advanced oxygen-reduction performances for polymer electrolyte fuel cells	同志社大学	2023
化学工学会第 54 回秋季大会優秀ポスター賞	Pt-Co ナノ粒子連結触媒を用いた PEFC 用カーボンフリー触媒層の構造制御と性能解析	同志社大学	2024
化学工学会第 89 年会優秀学生賞	PEFC の高出力化に向けたカーボンフリー触媒層の構造制御と性能解析	石福金属興業株式会社	2024
化学工学会第 89 年会学生奨励賞	Structural Effects of Connected Pt Catalysts on Enhanced Oxygen Reduction Performances	石福金属興業株式会社	2022
"第 32 回日本 MRS 年次大会	疎水性イオン液体で修飾した Pt/C 触媒の電気化学挙動	東北大学	2023

奨励賞"	【奈良高専】ホスホニウムイオン液体の高いイオン伝導性の起源を解明	東北大学	2024
https://www.nara-k.ac.jp/k-smart/post-2.html	【奈良高専】触媒開発の取り組み	東北大学	2024
"GEAR5.0 活動報告パンフレット	電磁場誘起振動を用いた微小異物金属リアルタイム検査システム EMIG-LDS	東北大学	2025
https://www.kosen-k.go.jp/gear5-0/assets/doc/common/pamphlet.pdf"	Automatic Diagnosing System of Metallic Micro-particles Buried into Fuel Cell using Pore Fluid Pressure Excited Oscillation under Magnetic Field	東北大学	2025
名城大学リサーチフェア 2023	電磁場誘起振動を用いた微小異物金属リアルタイム検査システム EMIG-LDS	東北大学	2024
カーボンニュートラルテック・フェア 2025	Ta-TiO2/Nafion コンポジット膜の作製と燃料電池への応用	東北大学	2021
名城大学リサーチフェア 2024	国産燃料電池初搭載	東北大学	2021
電気化学会第 91 回大会優秀学生講演賞	水素燃料電池展望語る	東北大学	2021
朝日新聞	山梨大燃料電池寿命５倍へ	東北大学	2021
読売新聞	耐久性と活性を両立させた固体高分子形燃料電池用 Pt セラミック触媒	東北大学	2020
山日新聞	セラミック担体・触媒に関する展示	東北大学	2020
日本材料科学会誌	環境対応、交通安全で最新成果披露	東北大学	2022
イノベーションジャパン 2020	固体高分子形燃料電池・水電解用セラミックナノ粒子触媒の創製	東北大学	2025
日刊自動車新聞	グリーンな水素社会へ向けた取り組み	山梨大学, 田中貴金属工業（株）	2021
日本セラミックス協会　学術賞	鶴岡高専　K-ARC での取り組み	弘前大学, 岩手大学	2022
新機能性材料展 2025 パネル展示	第６章７節　燃料電池用材料の開発に向けたイオン液体型ポリマーの分子設計	弘前大学, 岩手大学	2023
第 5 回 FC-Cubic オープンシンポジウム	PEFC 電解質への応用を目指した新規アニオン性イオン液体型ポリマーの合成と電気的特性評価	弘前大学, 岩手大学	2021
"書籍名：イオン液体の実用展開へ向けた最新動向（ISBN	ブロック共重合体をベースとした無水系電解質膜の調製	弘前大学, 岩手大学	2023
978-4-7813-1674-1）"	高密度に酸基を有する高伝導高分子電解質膜を開発 ～次世代燃料電池・水電解装置開発等に資する脱炭素技術～	信州大学	2023
"GEAR5.0『ONEKOSEN シンポジウム』	Nagoya University researchers in Japan develop a new ultra-high-density sulfonic acid polymer electrolyte membrane for fuel cells	山梨大学	2024
「最優秀賞」「グッドデザイン賞」受賞"	次世代燃料電池向け電解質材料の新設計コンセプト ～100℃以上の高温・低湿度で良好な伝導率実現、PFAS 規制に対応～	信州大学	2024
日本ゴム協会 2021 年年次大会優秀発表賞（若手優秀発表賞）	次世代燃料電池向け電解質材料の新設計コンセプト ～100℃以上の高温・低湿度で良好な伝導率実現、PFAS 規制に対応～	山梨大学	2024
名古屋大学プレスリリース	New concept for sustainable fuel cell polymer electrolytes overcomes barriers in high-temperature, low-humidity use, advancing net-zero carbon goals	山梨大学	2024
Nagoya University Press Release	燃料電池の効率向上へ新材料	弘前大学、岩手大学	2024
名古屋大学プレスリリース	燃料電池の効率向上、名大が新材料　脱 PFAS にも寄与	岩手大学	2024
SPring-8 プレスリリース	名大など、フッ素使わず燃料電池の電解質膜作製　PFAS 規制にらむ	弘前大学	2023
Nagoya University Press Release	名古屋大学、燃料電池の基幹部材　新製法で燃費向上へ	弘前大学、岩手大学	2024
日本経済新聞 2024 年 12 月 24 日 19 面	Japan's new fuel cell tech hits scorching 248°F with 40x conductivity leap	弘前大学、岩手大学	2024
日経電子版 2024 年 12 月 22 日	New design for fuel cell electrolytes advances net-zero carbon goals	株式会社デンソー	2023

日刊工業新聞 2024 年 12 月 12 日 23 面	円偏光発光色　緑や青に自由自在　らせん形状の極小ガラス容器による簡便な制御技術を確立	株式会社デンソー	2022
日経電子版 2023 年 4 月 21 日	電気化学会第 89 回大会 優秀学生講演賞	一般財団法人日本自動車研究所	2021
yahoo.com での記事（2024 年 12 月 11 日）	2021 年度関西電気化学奨励賞	京都大学	2022
MSN.com での記事（2024 年 12 月 11 日）	"世界初、パルス中性子ビームで車載用燃料電池セル内部の水の可視化に成功	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022
大阪工業大学プレス発表	―燃料電池のさらなる高性能化で、温室効果ガス排出量削減に貢献―"	同志社大学	2021
電気化学会第 89 回大会	Pt3Co 合金触媒粒子表面 Pt skin 層の精密原子間距離計測	同志社大学	2021
2021 年度第 3 回関西電気化学研究会	in situ XAFS 測定による活性構造と劣化挙動の観察・評価	同志社大学	2022
プレスリリース	X-ray Absorption Fine Structure Techniques for Nano-Catalytic Materials	同志社大学	2021
日本金属学会　第 72 回金属組織写真	世界初、パルス中性子ビームで車載用燃料電池セル内部の水の可視化に成功	同志社大学	2021
触媒の劣化対策、長寿命化；技術情報協会	燃料電池評価・解析技術の研究動向	同志社大学	2024
Handbook of Characterization and Properties of Nanostructured Materials	PEFC 単セルでの MEA 電気化学的特性の解析手法の解説	石福金属興業株式会社	2024
NEDO ホームページ	NEDO 事業での燃料電池材料評価の概要紹介	石福金属興業株式会社	2023
水素エネルギー協会会誌	MIX platform 説明会	東北大学	2022
電気化学会誌　「電気化学」の測定法講座水素エネルギー協会会誌	MIX platform 説明会	東北大学	2024
山梨県産業技術センター令和 5 年度研究報告	MIX platform 説明会	東北大学	2021
第 9 回 FC ワークショップ	An integrated fuel cell system simulator ‘FC-DynaMo’ for the multi-purpose applications	東北大学	2023
第 6 回 FC ワークショップ	燃料電池の固体高分子膜の水素透過流束	東北大学	2021
第 3 回 FC ワークショップ	プロトン伝導セラミック燃料電池の発電性能が飛躍的に向上―発電効率 70%以上が実現可能	東北大学	2021
16th International Green Energy Conference (IGEC-XVI)	プロトン伝導性セラミック燃料電池モジュールの製造における経済性および生産プロセス評価	東北大学	2021
第 23 回化学工学会学生発表会	プロトン伝導性セラミックス燃料電池の製造プロセス設計および経済性評価	東北大学	2023
共同プレスリリース	PCFC 内リーク電流のガス分圧依存性に関する数値解析	東北大学	2023
化学工学会第 52 回秋季大会（優秀ポスター賞）	高効率プロトン伝導性セラミック燃料電池のシステム設計および技術経済性評価	東北大学	2024
第 28 回燃料電池シンポジウム（優秀ポスター賞）	プロトン伝導セラミック燃料電池の発電性能が飛躍的に向上―発電効率 70%以上が実現可能	東北大学	2020
日本セラミックス協会第 34 回秋季シンポジウム：最優秀プレゼンテーション（FCDIC）賞	プロトン伝導型セラミック燃料電池の供給加湿変化に伴う欠陥輸送特性解析	東北大学	2023
化学工学会第 54 回秋季大会　優秀ポスター賞	Christian Friedrich Schonbein Best Poster Medal	東北大学	2023
共同プレスリリース	SOFC セル単セル発電用ホルダ	東北大学	2022
第 37 回日本セラミックス協会秋季シンポジウム FCDIC 賞	High Temperature Division, Subhash Singhal Award	山梨大学, 田中貴金属工業（株）	2022
14th European SOFC & SOE Forum	世界最高レベルの燃料電池	弘前大学, 岩手大学	2023
Tokyo Mobility Show 2023	BaZrO3 系電解質を用いたプロトン伝導セラミック燃料電池の高出力密度化	弘前大学, 岩手大学	2023
The Electrochemical Society Inc. USA	高効率で強靭なセラミック燃料電池の革新的製造プロセスの開発	弘前大学, 岩手大学	2023

nano tech 2022 第 21 回 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議（株式会社JTBコミュニケーションデザイン）	固体酸化物燃料電池用ナノコンポジット粉末	弘前大学, 岩手大学	2023
公益社団法人日本セラミックス協会誌　セラミックス 2022 年 11月号	Ba(Co,Fe,Y)O3-δ系カソードを用いたプロトン伝導セラミック燃料電池の発電特性	信州大学	2023
nano tech2023	機械学習を用いたプロトン伝導性セラミック燃料電池のカソード抵抗予測	山梨大学	2023
nano tech2023	プロトン伝導性セラミック燃料電池の耐久性と中間層の効果	信州大学	2024
日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム FCDIC 優秀プレゼンテーション賞	次世代プロトン伝導セラミック燃料電池の発電性能を飛躍的に向上 ― 発電効率 70%が実現可能で、カーボンニュートラルに貢献 ―	山梨大学	2025
優秀研究発表賞、電気化学会九州支部、第 60 回化学関連支部合同九州大会	機械学習によるプロトン性セラミック燃料電池カソードの ASR 予測と実験による検証	山梨大学	2023
Interface Ionics/SSI Seminar Award 2023 Platinum Prize、固体イオニクス学会、第 17 回固体イオニクスセミナー	高効率・高出力を実現する次世代プロトン伝導セラミック燃料電池の開発	弘前大学、岩手大学	2023
プレス発表	電解質の混合導電性が PCFC 空気極のインピーダンス応答に及ぼす影響とそれを考慮した解析法の検討	岩手大学	2021
トークシャワーイン九州 2024 ポスター賞	電解質の混合導電性を考慮した PCFC 空気極のインピーダンス解析法の検討	弘前大学	2021
第 42 回永井科学技術財団賞 奨励賞	Evaluation of Electrode Reaction Mechanism of Ba0.5La0.5CoO3-δ for Protonic Ceramic Fuel Cell Cathode by Using Patterned Thin Film Electrode	弘前大学、岩手大学	2024
若手講演賞・電気化学会東北支部・第 36 回東北若手の会	パターン緻密膜電極を用いたプロトン伝導性セラミックス燃料電池空気極における反応機構の解明	弘前大学、岩手大学	2023
第 18 回多元物質科学研究奨励賞・東北大学籏野奨学基金	プロトン伝導性セラミック燃料電池空気極の交流インピーダンス応答に及ぼす電解質混合伝導性の影響解明	株式会社デンソー	2023
令和 3 年度化学系学協会東北大会ポスター賞・日本化学会東北支部	焼成用または乾燥用の治具、該治具を構成する支持部材、および該支持部材を構成するユニット部材	株式会社デンソー	2024
第 16 回多元物質科学研究奨励賞・東北大学籏野奨学基金	ガラス接着剤および該ガラス接着剤の焼成物である接合部を有する焼成用または乾燥用の治具	一般財団法人日本自動車研究所	2021
多元物質科学研究所所長賞・2024 年経現物質科学研究所発表会	令和6年度産業標準化貢献者表彰・イノベーション・環境局長賞	京都大学	2022
特願 2023-056526	岐阜大学 Gu コンポジット研究センター（GCC）の活動紹介～Future Fiber Factory～	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2022
特願 2023-056527	繊維の街の知恵袋　岐阜大の素材開発「工場」始動	同志社大学	2022
経済産業省	岐阜大学、帝人やホンダと炭素繊維を共同開発	同志社大学	2022
コンポジットハイウェイ広域連携セミナー	東海地区の繊維産業を世界に発信！Future Fiber Factory が活動開始．NEDO 事業と連携，世界をリードするサステナブル型炭素繊維実用化コンソーシアムもスタート！	同志社大学	2021
日本経済新聞 WEB 版	炭素繊維で輝く未来を描く	同志社大学	2021
日本経済新聞 WEB 版	水素のチカラ	同志社大学	2021
岐阜大学 HP	分散型燃料電池システム水素源としてのアンモニアボラン	同志社大学	2021
中部経済新聞	分散型電源の水素源としてのアンモニアボラン	石福金属興業株式会社	2022
琉球大学公開講座	私にとっての水素貯蔵材料と TEM の世界	石福金属興業株式会社	2022
水素エネルギー利用拡大に向けた最新技術動向	次世代エネルギー「水素」の可能性について	東北大学	2022
日本エネルギー学会「えねるみくす」特集記事	"水素エネルギーや環境調和技術のための金属ナノ粒子	東北大学	2022

水素エネルギーシステム「若手研究者の声」	～セラミックス複合触媒の開発と微細構造評価～"	東北大学	2022
沖縄県地球温暖化防止活動推進センターZoom オンラインセミナー	燃料電池用水素源としてのアンモニアボラン開発	東北大学	2022
ナノサイエンス学科 SOJO コラボ技術交流会	水素のチカラ	東北大学	2022
第 46 回沖縄の産業まつり、産学官イノベーション創出展	水素で遊びまくる！　作って、ためて、使ってみる。	東北大学	2022
琉球大学公開講座	脱炭素社会のエース「水素エネルギー」に貢献する金属ナノ粒子の化学	東北大学	2022
サイエンステックルーム 2022	優秀賞	東北大学	2023
夢ナビ	優秀ポスター賞	東北大学	2023
日本エネルギー学会西部支部第 6 回学生・若手研究発表会	水素どうでしょう～作って、貯めて、使って遊ぼう～	東北大学	2023
第 8 回水素化物に関わる次世代学術・応用展開研究会	水素コーナー	東北大学	2023
サイエンステックフェス 2022	より身近に水素を扱える社会へ “水素エネルギー”のポテンシャルとは	東北大学	2023
第 63 回春のフルラインアップフェスティバル	OKINAWA TOYOTA	宮城ヶ原 17 ゴールズ 9	東北大学	2023
RBC（琉球放送） RBC NEWS Link	水素射的・充電	東北大学	2023
学生団体 VONS 宮城ヶ原 17 ゴールズ	エネルギーはどうやって貯めるのか	山梨大学, 田中貴金属工業（株）	2023
西原町 グローカルフェスティバル	水素どうでしょう ～琉大水素研の取組～	弘前大学, 岩手大学	2023
沖縄県地球温暖化防止活動推進センター CO2 ゼロのゆたかな島づくり会議（第一回）	水素エネルギーに貢献する触媒と電子顕微鏡技術～将来的な共同研究のための技術紹介～	弘前大学, 岩手大学	2024
第 47 回沖縄の産業まつり	ミニお仕事体験イベント in 琉大	弘前大学, 岩手大学	2024
第 3 回 SRAP セミナー※学内の研究交流会での発表	水素を作って遊ぼう！(わくわく体験ブース)	弘前大学, 岩手大学	2024
ちゅらプロ	水素を作って使おう！	信州大学	2020
サイエンステックフェス	研究が導く自分と社会の将来	山梨大学	2024
第４６回沖縄青少年科学作品展	水素製造・貯蔵・利用体験	信州大学	2024
向陽ＳＳＨ生徒研究発表会	理学部 中川助教がエコテックグランプリで企業賞（損保ジャパン賞、三井化学賞）を受賞	山梨大学	2024
琉球 GLOCAL キッズ 春休み STEM ブートキャンプ	論文賞	山梨大学	2024
琉球大学広報（https://www.u-ryukyu.ac.jp/news/17803/)	材料化学の SDGs：水素とリサイクル	弘前大学、岩手大学	2024
日本エネルギー学会	水素とリサイクルで沖縄の課題を解決！	岩手大学	2020
九州高等学校理科教育研究会 第 62 回九州高等学校理科教育研究会 沖縄大会	水素を体験しよう！	弘前大学	2020
沖縄の産業まつり実行委員会 第 48 回沖縄の産業まつり	水素ロケットで的当てゲーム	弘前大学、岩手大学	2025
イオン那覇チアーズクラブ科学講座	三井化学賞	弘前大学、岩手大学	2025
西原町 グローカルフェスティバル	損保ジャパン賞	株式会社デンソー	2025
第 1 回エコテックグランプリ	プロジェクト概要	株式会社デンソー	2025
第 1 回エコテックグランプリ	車載機器用高圧水素適合性高分子材料の水素特性	一般財団法人日本自動車研究所	2025
車載機器用高圧水素適合性高分子材料シンポジウム	ETFE 系ブレンド材料を用いた高圧水素タンク用ライナー材料に関する研究	京都大学	2020
車載機器用高圧水素適合性高分子材料シンポジウム	高密度ポリエチレンへのガンマ線照射が構造と力学疲労特性に与える影響	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2021
車載機器用高圧水素適合性高分子材料シンポジウム	放射線改質による高分子材料の水素特性改善に関する検討	同志社大学	2021

車載機器用高圧水素適合性高分子材料シンポジウム	高出力燃料電池搭載船の実用化に向けた実証事業を開始	同志社大学	2023
車載機器用高圧水素適合性高分子材料シンポジウム	横浜市と高出力燃料電池搭載船（水素 FC 船）実証事業に関する包括連携協定書を締結	同志社大学	2023
プレスリリース	海運分野における脱 CO2 への日本郵船の取り組み	同志社大学	2023
プレスリリース	A Study on the Performance Stability and the Water Management of PEFC with Interdigitated Gas Flow Channels Formed on a Gas Diffusion Layer	同志社大学	2025
一般社団法人燃料電池開発情報センター機関誌「燃料電池」	X-ray Imaging and Numerical Simulation for Optimization of PEFCs with Advanced Materials	同志社大学	2024
The 6th International Electric Vehicle Technology Conference EVTeC2023, Young Investigators Award	Visualization of Generated Water in Newly-designed Polymer Electrolyte Fuel Cell during Power Generation	石福金属興業株式会社	2022
The 6th International Electric Vehicle Technology Conference EVTeC2023, Young Investigators Award	山梨県展示ブースで流路付き GDL とフラット金属セパレータの試作品を展示	石福金属興業株式会社	2022
J-PARC Annual Report2021	PEFC 模擬環境下における酸化物薄膜を有するステンレスセパレータの溶解挙動評価	東北大学	2024
H2&FC-EXPO2025	耐食性ステンレス鋼及び耐食性ステンレス鋼の製造方法	東北大学	2023
電気化学会第 91 回大会 優秀学生講演賞	金属の微細組織と腐食挙動の関係解明による表面機能化・高耐食化に関する研究	東北大学	2023
知財出願	固体高分子形燃料電池用バイポーラプレートの腐食評価法の検討	東北大学	2022
日本金属学会　功績賞	部位選択的にイオン基を有したゴルフボール状粒子の作製	東北大学	2023
腐食防食学会 材料と環境 2024 若手講演奨励賞	異形高分子マイクロ粒子への無電解ニッケルめっきと被膜構造評価	東北大学	2023
第 22 回 高分子ミクロスフェア討論会　優秀発表賞	ポリマーの炭素化過程に及ぼす雰囲気ガス種の影響	東北大学	2022
表面技術協会第 148 回講演大会　優秀講演賞	塩素ガス処理が炭素材料に与える影響評価	東北大学	2023
第 49 回炭素材料学会年会	金属塩化物から得たナノ粒子による湾曲構造構築手法の開拓	東北大学	2023
第 60 回炭素材料夏季セミナー	優秀ポスター賞	東北大学	2024
第 60 回炭素材料夏季セミナー	優秀ポスター賞	東北大学	2023
第 29 回燃料電池シンポジウム	優秀研究発表賞	東北大学	2023
第 30 回燃料電池シンポジウム	優秀ポスター賞	東北大学	2023
第 60 回化学関連支部合同九州大会	1 nm 程度の粒径を有する白金 17 量体ナノクラスターの高収率合成と酸素還元反応活性評価	東北大学	2023
第 31 回燃料電池シンポジウム	チオラート保護白金クラスターを用いた燃料電池用電極触媒と有機添加物による高活性化	山梨大学, 田中貴金属工業（株）	2023
第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023	Phosphine-Protected Platinum Nanoclusters as Catalysts for Fuel Cell Electrodes	弘前大学, 岩手大学	2024
第 13 回 CSJ 化学フェスタ 2023	Synthesis of Pt17 Nanoclusters and Preparation of Platinum Catalysts with High Oxygen-Reduction Reaction Activity	弘前大学, 岩手大学	2024
International Conference on Molecular Matter 2023	ホスフィン保護白金ナノクラスターを用いた高活性な燃料電池用触媒の創出	弘前大学, 岩手大学	2024
界面科学研究部門 2023 夏季シンポジウム	チオラート保護白金ナノクラスター担持触媒と窒素含有化合物の添加による酸素還元能の高活性化	弘前大学, 岩手大学	2024
2023 電気化学秋季大会	白金 17 量体ナノクラスターの高収率合成法の確立と固体高分子形燃料電池触媒としての応用	信州大学	2024
第 28 回光触媒シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」	燃料電池用白金ナノクラスター担持触媒のメラミンによる高機能化	山梨大学	2021
第 29 回光触媒シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」	高い酸素還元反応活性を有する粒径約 1 nm 白金ナノクラスター担持触媒の創製：窒素含有化合物による保護効果	信州大学	2021

第 13 回 JACI/GSC シンポジウム	添加剤保護による白金ナノクラスター触媒の酸素還元促進および活性向上因子の解明	山梨大学	2023
第 75 回コロイドおよび界面化学討論会	サイズ制御された Pt クラスターの簡便な合成と ORR 触媒活性評価	山梨大学	2023
第 34 回日本 MRS 年次大会	日本大学理工学部吉川研究室	弘前大学、岩手大学	2024
第 72 回コロイドおよび界面化学討論会	N/A	岩手大学	2024
燃料電池	高圧水素容器への損傷モニタリングシステムの適用	弘前大学	2025
エコプロ２０２３	信頼性設計の導入に向けて	弘前大学、岩手大学	2023
非破壊検査	A Simplified Stress-Calculation for Each Layer and Stacking-Sequence Optimization Method in CFRP-COPV Cylindrical Part	弘前大学、岩手大学	2024
HONDA R&D Technical Review	ドーム・シリンダ分割成形構造を適用した FCV 用高圧水素貯蔵 CFRP タンクの研究	株式会社デンソー	2024
圧力技術	"水素を駆動源とした燃料電池式電動ショベル試作機での稼働評価	株式会社デンソー	2024
公益社団法人 自動車技術会　大学院研究奨励賞	～カーボンニュートラルに向けた建設機械の開発～"	一般財団法人日本自動車研究所	2024
神戸製鋼所 ESG 説明会	水素を駆動源とした電動ショベル	京都大学	2024
第 22 回水素・燃料電池展(H2&FC EXPO)(東京ビッグサイト)	水素を駆動源とした電動ショベル	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2025
ニュースリリース	神戸製鋼所とコベルコ建機が水素燃料電池ショベルの開発を加速 ～高砂製作所に水素供給・稼働評価のための環境を整備～	同志社大学	2025
国際フロンティア産業メッセ 2024(神戸国際展示場)	水素を駆動源とした電動ショベル	同志社大学	2025
エコプロ 2024（東京ビッグサイト）	水素を駆動源とした電動ショベル	同志社大学	2024
ニュースリリース	神戸製鋼所 高砂製作所に水素燃料電池ショベルの高圧水素充填設備の整備を完了～連続掘削作業など、本格稼働評価を開始～	同志社大学	2022
第 23 回水素・燃料電池展(H2&FC EXPO)(東京ビッグサイト)	水素を駆動源とした電動ショベル	同志社大学	2025
レジリエンスセッション 震災と未来のこうべ博(神戸メリケンパーク)	水素を駆動源とした電動ショベル	同志社大学	2023
弊社ニュースリリース（https://www.kubota.co.jp/news/2024/management-20240328.html）	クボタ、開発中の「水素燃料電池トラクタ」を初公開	石福金属興業株式会社	2022
TUT 一般公開講座	先端燃料電池と全固体二次電池（依頼講演）	石福金属興業株式会社	2023
豊橋技術科学大学出前授業	私たちの身近な電池と未来の電池	東北大学	2024
令和 5 年度 科学技術分野の文部大臣表彰 科学技術賞 研究部門	電気化学エネルギー応用に資する多孔質低次元材料の研究	東北大学	2023
Osaka-Kansai International Symposium on Catalysis	Synthesis of Pt nanosheets using graphene oxide templates with different functional group densities	東北大学	2023
燃料電池	燃料電池研究の将来とキャリア形成について	東北大学	2024
日刊工業新聞	未来の燃料電池触媒　酸化物表面に注目	東北大学	2024
表面と真空	酸化物電極触媒の計算予測	東北大学	2022
第 14 回新電極触媒シンポジウム&宿泊セミナー	PEFC カソード触媒への適用を目的とした Zr 酸化物薄膜の電気化学特性の検討	東北大学	2022
第 44 回水素エネルギー協会大会	PEFC カソード用 ZrOxNy 薄膜の結晶構造に注目した酸素還元活性サイトの解明	東北大学	2022
日刊工業新聞	材料進化の最前線　NIMS 未来戦略（22）軽量液体水素タンク　高分子系複合材で開発へ	東北大学	2024
英国王立化学会	Fellow of RSC	東北大学	2024
プレス発表	分子サイズの世界を明るく照らす超高強度X線集光ビームを X 線フラッシュ顕微鏡に応	東北大学	2025

	用　−SACLA において世界最高分解能の 2 ナノメートルを達成−		
NEDO、J-PARC ホームページ	世界初、パルス中性子ビームで車載用燃料電池セル内部の水の可視化に成功 ―燃料電池のさらなる高性能化で、温室効果ガス排出量削減に貢献―	東北大学	2025
触媒学会	教育賞	東北大学	2025
プレス発表	次世代燃料電池向け電解質材料の新設計コンセプト ～100℃以上の高温・低湿度で良好な伝導率実現、PFAS 規制に対応～	東北大学	2024
プレス発表	"触媒の未来を拓く！原子レベルで見えた「並び」の秘密	山梨大学, 田中貴金属工業（株）	2024
公益財団法人井上科学振興財団	～ピコメータースケールで解明された表面構造が新材料開発を加速～"	弘前大学, 岩手大学	2023
プレス発表	第 41 回（2024 年度）井上学術賞	弘前大学, 岩手大学	2024
日本接着学会若手交流シンポジウム（富山）	"燃料電池材料開発を支える新たな放射光実験データベースを構築	弘前大学, 岩手大学	2024
第 73 回ネットワークポリマー講演討論会（東大阪）	～高品質な実験データ管理で加速するデータ駆動型材料研究～	弘前大学, 岩手大学	2024
特願 2023−088838	～ピコメータースケールで解明された表面構造が新材料開発を加速～"	信州大学	2024
特願 2024−085183	優秀ポスター賞	山梨大学	2024
腐食防食学会	若手最優秀発表賞	信州大学	2024
特願 2024-047190（出願番号）	架橋性スチレン系熱可塑性エラストマー組成物，スチレン系エラストマー架橋体，及び接合部材	山梨大学	2024
H2＆FC-EXPO2024	架橋性スチレン系熱可塑性エラストマー組成物，スチレン系エラストマー架橋体，及び接合部材	山梨大学	2024
AHK 2024 (Energizing Insights: The Japanese-German Lecture Series on Renewable Energy)	材料と環境 2024 若手講演賞「電気化学インピーダンス法による接着剤被覆 Al 合金の溶解挙動解析」	弘前大学、岩手大学	2024
化学工学会第 89 年会　最優秀学生賞	燃料電池、電解セル及び組セル	岩手大学	2025
FCDIC 第 31 回燃料電池シンポジウム　優秀ポスター賞	山梨県展示ブースで ES 塗工装置の試作品を展示	弘前大学	2025
第 13 回 FC-CUBIC オープンシンポジウム（兵庫県）	Green Hydrogen Hydrogen: The Fuel of the Future	弘前大学、岩手大学	2024
JEC WORLD 2024（フランスパリ）	電着法を用いた表面構造制御によるアニオン交換膜型水電解用非貴金属多孔体触媒の開発	弘前大学、岩手大学	2025
日本高圧力技術協会令和 7 年度 科学技術賞	ニッケルリン酸化物を用いたアニオン交換膜型水電解用卑金属アノード触媒層の開発	株式会社デンソー	2024
日刊工業新聞	シミュレーションによる水素タンク開発の高度化―設計と製造の最適化―	株式会社デンソー	2024
第 4 回 A ランク認定企業ビジネスマッチング会／京都市（公財）京都高度技術研究所	"Simulation Software for Developing CFRP Tank	一般財団法人日本自動車研究所	2024
関西領事団視察会／京都市（公財）京都高度技術研究所	- Optimum Design and Manufacturing -"	京都大学	2025
若手科学者賞	機械学習を用いた樹脂ライナー複合高圧水素容器の最適設計仕様探索	東芝エネルギーシステムズ株式会社	2020
日経 XTECH	東大・堀場など、燃料電池触媒層形成を自動探索　量産技術で迅速実装	同志社大学	2022
日経 XTECH	高齢者向けモビリティー用燃料電池アルミセパレータの商品化	同志社大学	2023
資源・素材学会第 21 回『若手研究者・学生のための研究発表会』	New Functional Materials − Intelligent DLC thin films using PIAD method	同志社大学	2023

２．分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」（終了時評価）

（2020年度～2024年度　5年間）

プロジェクトの説明（公開）

NEDO
水素・アンモニア部

2025年 11月25日

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業

事業の背景・目的

燃料電池システムおよび水電解システムの本格的な普及へ向け、公的機関であるＮＥＤＯがハブとなり、製品化を担う燃料電池メーカー等の共通的な技術課題を抽出。そのうち、個別企業では対処困難な、２０３０年以降を見据えた中長期的な基礎研究課題を対象に、我が国の研究機関等へ研究を委託する。

燃料電池システムおよび水電解システムの飛躍的な利用拡大を目指して、従来とは異なる用途への展開や生産性向上に向けた取組を助成する。



事業の概要

- ◆ 事業期間：2020年度～2024年度(5年間)
- ◆ 実績額：約350億円（5年間）

●20年度採択	●21年度採択	●22年度採択	●23年度採択
委託：39テーマ 助成：7テーマ	委託：17テーマ 助成：7テーマ	委託：14テーマ 助成：3テーマ	委託：12テーマ 助成：2テーマ

研究開発目標（最終目標）

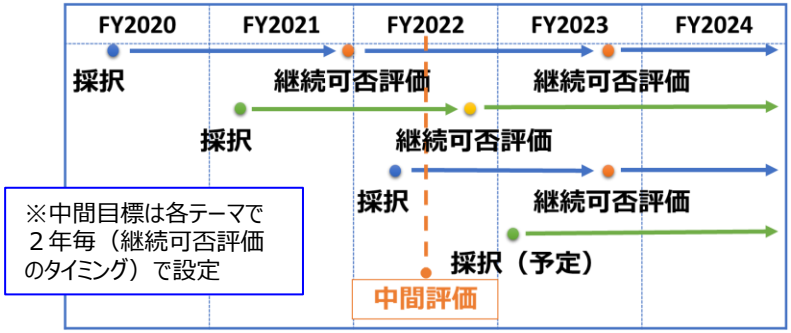
アウトカム目標	委託事業は、燃料電池車の市場規模は2035年に約3.4兆円、2040年に約12.6兆円、定置用燃料電池の市場規模は2035年に約0.5兆円、2040年に約3兆円と推定され、ここへ貢献。助成事業は、これに加えて自動車を除く移動体やその他新規システムの市場は2035年に0.5兆円、2040年に3兆円と拡大傾向であり、ここへ貢献。また、パリ協定に示される温室効果ガス排出26%削減@2030年及び80%削減@2050年に貢献。
出口戦略（実用化見込み）	事業終了後（2024年以後）、材料メーカー等は事業成果を活用して数年間は、触媒、電解質膜及びシール材等の自主研究に着手。 これら材料メーカー等は2020年代後半から燃料電池メーカーへ材料の市販を開始、燃料電池メーカーにおける数年間の量産化開発経て、2030年以降の自動車用燃料電池等への実装を目指す。 国際標準化提案：無／第三者データ提供：無
グローバルポジション	プロジェクト開始時：ＬＤ → プロジェクト終了時：ＬＤ 我が国は伝統的に電気化学分野に強みを有するが、欧米の政府は当該分野に集中的に資金を投入しており、今後も我が国がＬＤを維持するためには国が積極的にアシストする必要がある。 現在世界中で自動車等の従来以外の用途への燃料電池の展開に向けた実証が推進されているが、我が国では同様の取組は為されていない。

研究開発目標

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（委託事業）	
PEFC	航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する
SOFC	発電効率６５％超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立する。耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する
共通	上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）および低コスト化技術等を確立する
研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（委託事業）	
PEFC/SOFC	研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術の設計指針を確立するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする
水素貯蔵他	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する
研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」（助成事業）	
共通	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。燃料電池／水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。

研究開発スケジュール

・産業界ニーズや研究開発動向を踏まえ毎年度公募を実施
・採択したテーマは2年毎に評価し継続可否を判断するステージゲート方式を採用



◆事業の概要

- **事業期間：**2020年度～2024年度(5年間)
- **事業規模：**350億円程度（5年間）
- **NEDO負担率：**
  委託事業　[NEDO100%負担]
  助成事業　[NEDO50%以内負担]
- **研究開発課題：**

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」

・2030年以降のFCVや業務・産業用燃料電池への実装を目指した技術の開発。

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」

・2030年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術や水電解などのその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術の開発

・研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術

研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」

・2030年までの燃料電池の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業等

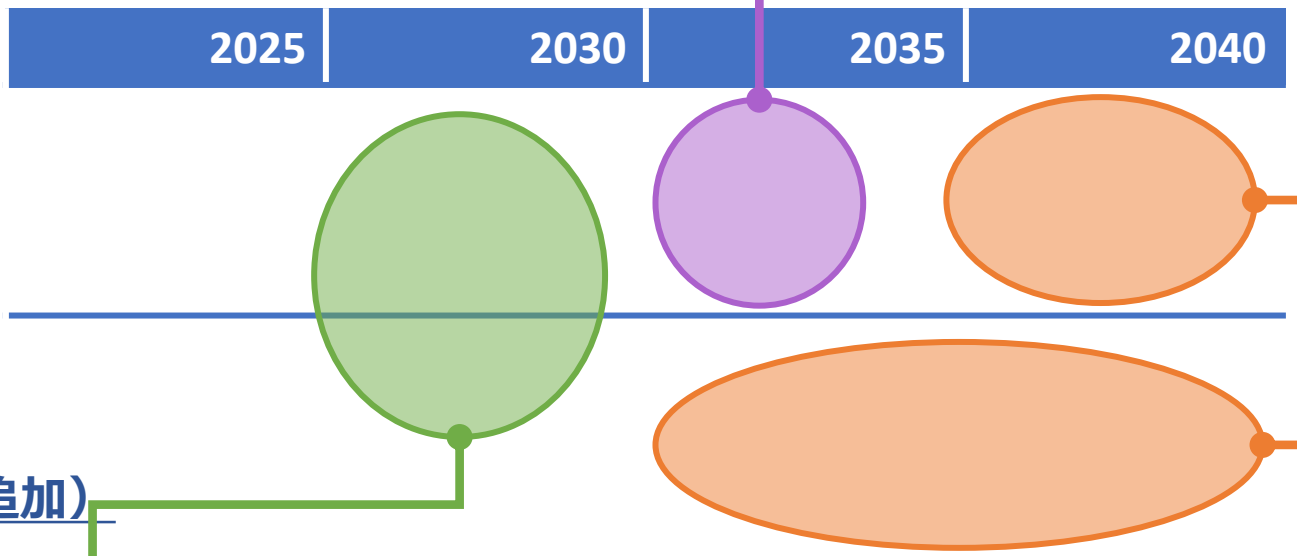
・燃料電池システム、水電解システムのコスト低減を実現するための革新的な生産技術や周辺機器、これらを含めたシステム化技術等の研究開発

◆事業の概要

- 燃料電池に直接紐付く技術は、技術フェーズで研究開発項目を以下の通り分類
- 水素貯蔵＆水電解分野は、研究開発項目Ⅱでどちらのフェーズも包含

●各研究開発項目の社会実装時期

2030年-2035年頃までの社会実装を目指す燃料電池技術 ➡ **研究開発項目Ⅰ**



2030年までの社会実装を目指す技術開発（多用途展開等）
➡ **研究開発項目Ⅲ**

2035年-2040年頃（燃料電池）、2030年以降（水素貯蔵・水電解）の社会実装を目指す燃料電池技術 ➡ **研究開発項目Ⅱ**

◆事業の概要

●実施のポイント

- 研究テーマは産業界のユーザーニーズに対応したもの。純粋基礎研究は対象外。
- 成果の技術移転先たるユーザー企業を明確化。 ➡関心表明書（LOI）
- 社会実装を出口として意識したマネジメントを推進。 ➡PL意見交換等
- 電気化学には知見が少ないが有望な新規の材料研究者等の参入を促すと共に、我が国の材料研究データを蓄積して開発力を強化するため、共通的な指標で材料を評価、解析し、その結果を解釈して研究者に向けて材料設計指針をフィードバックするPEFC評価解析プラットフォームを構築。
- 各研究グループ※にはGL（グループリーダー）を設定し、責任と権限を明確化。
- 関係するテーマ間の連携や知の共有を積極的に推進。
- ２年毎にテーマ継続可否を審査。

※研究グループとは個別の研究テーマを実施するグループのこと



報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方
- アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み
- アウトプット目標の設定及び根拠、達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願及び論文発表

3．マネジメント

(1)実施体制
(2)研究開発計画・進捗管理

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 研究データの管理・利活用
- 研究開発のスケジュール
- 目標達成に必要な要素技術
- 進捗管理（研究開発マネジメント）
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方
- アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み
- アウトプット目標の設定及び根拠、達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願及び論文発表

3．マネジメント

(1)実施体制
(2)研究開発計画・進捗管理

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 研究データの管理・利活用
- 研究開発のスケジュール
- 目標達成に必要な要素技術
- 進捗管理（研究開発マネジメント）
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み

◆事業実施の背景と事業の目的

脱炭素化が世界的な課題

燃料電池は発電効率が高く、水素を燃料とした場合、温室効果ガスを排出しないクリーンなエネルギーデバイス

CO2排出量の多い運輸部門や民生部門において燃料電池への期待が大きい

事業の目的

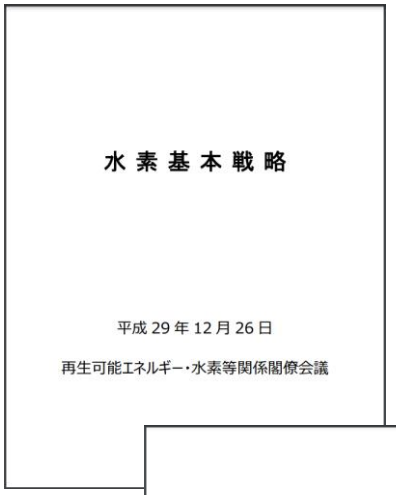
- **燃料電池の自律的な普及拡大に向けて更なる高性能化、高耐久化、抵コスト化に資する要素技術を開発し、産業界へ橋渡しする**
- **これまで実用化されてきた自動車や定置用以外の様々な用途への燃料電池の展開につながる技術を確立する**

◆政策的位置付け：本プロジェクト開始前

水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

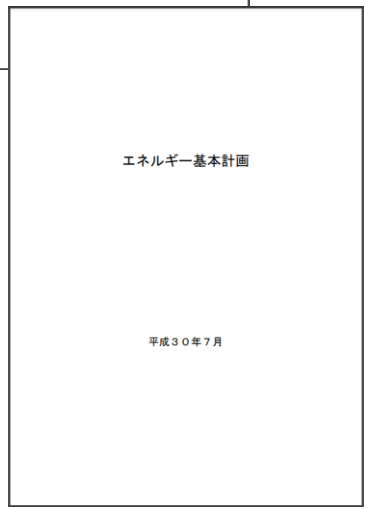
2017年12月：水素基本戦略策定

・世界で初めてとなる「水素」に関する国家戦略
・その中で燃料電池も重要な位置づけとして記載
　－乗用車やトラックなどのモビリティへの適用
　－その他様々なアプリケーションへの展開
　－分散型電源や高効率な熱電供給としての期待



2018年7月：第5次エネルギー基本計画

・「水素社会」の実現に向けた取組の抜本強化が掲げられ、燃料電池を活用した省エネルギーの推進やモビリティにおける水素利用の加速に言及



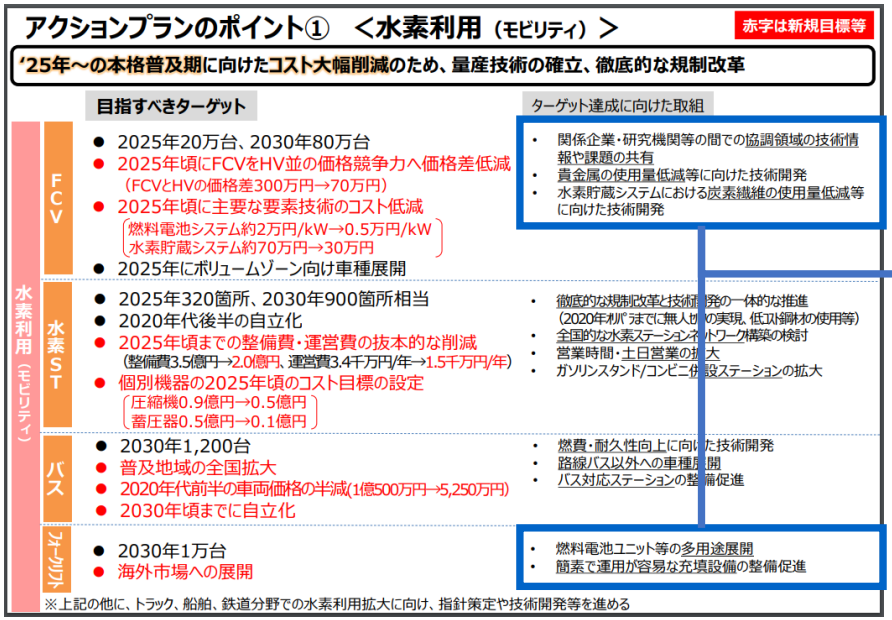
2019年3月：水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂

・水素基本戦略や第5次エネルギー基本計画を踏まえた具体的なアクションプランを策定（次頁）

◆政策的位置付け：本プロジェクト開始前

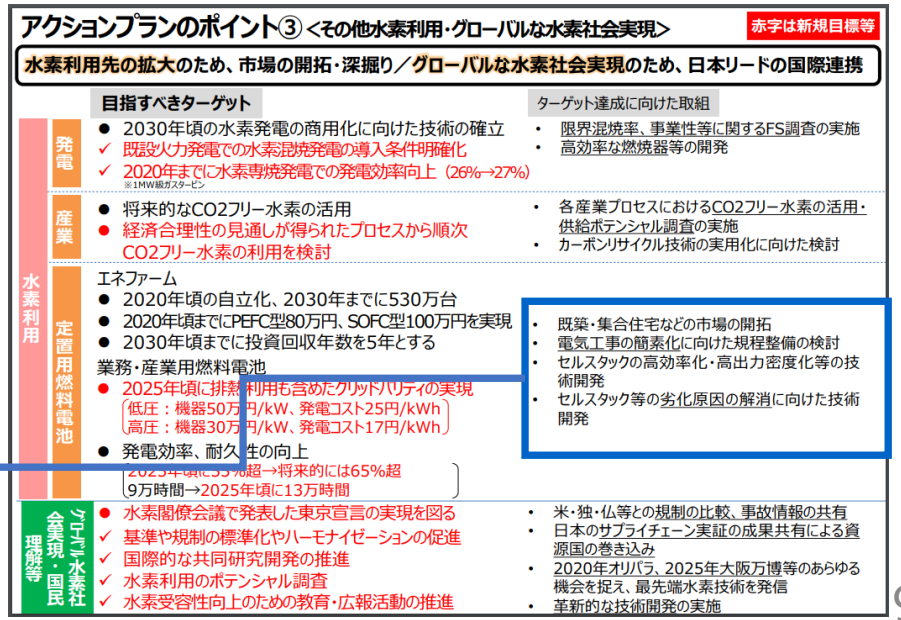
水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

○水素・燃料電池戦略ロードマップ



●モビリティ（FCVなど）

- 協調領域の技術情報や課題の共有
- 貴金属の使用量低減、水素貯蔵システムの技術開発
- 燃料電池ユニットの多用途展開



●定置用燃料電池

- 高効率化・高出力密度化等の技術開発
- 劣化原因の解消に向けた技術開発

◆政策的位置付け

水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

2020年10月：菅首相2050年カーボンニュートラル宣言

2021年6月：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略改訂

・水素は重点分野の一つに位置づけ
・需給一体での取組により、導入量の拡大と供給コストの低減を目指す
・革新的燃料電池の開発や多用途展開も工程表に記載

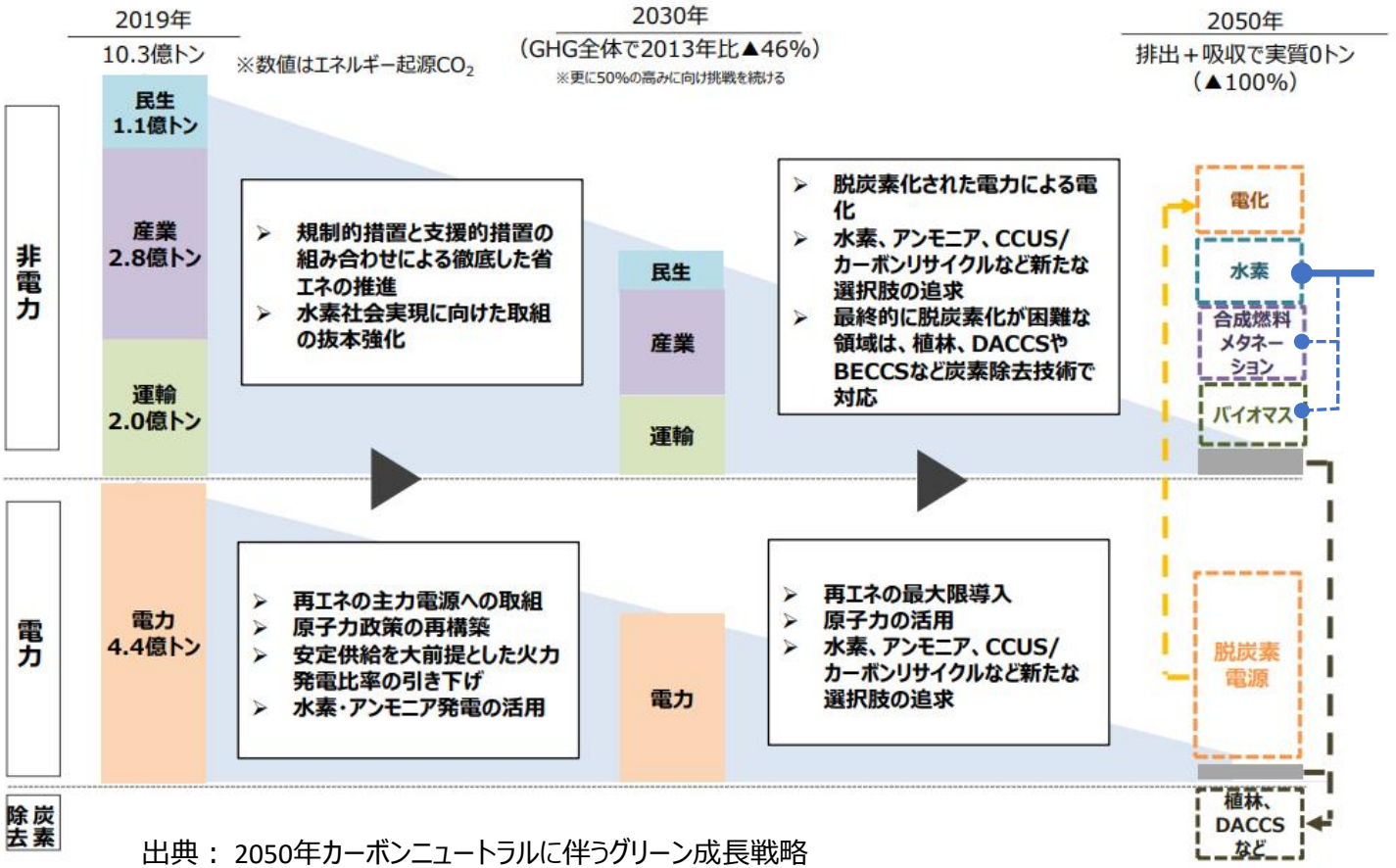
2021年10月：第6次エネルギー基本計画

・水素をカーボンニュートラルに必要不可欠な二次エネルギーと位置づけ
・日本の競争優位を維持し、燃料電池のコスト低減を通じた社会実装を実現する観点から、官民一体となった以下取り組みの重要性に言及
① 基礎研究を含む要素技術の研究開発強化
② 多用途展開支援及び設備投資促進に伴う供給能力強化を通じた規模の経済の活用
③ 協調領域での標準化を含むＦＣメーカー等の更なる協力関係構築

◆政策的位置付け

水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

○2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略



燃料電池は、
・運輸部門
・民生／産業部門
の脱炭素化に貢献

出典： 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

◆政策的位置付け

水素に関する世界初の国家戦略である水素基本戦略やこれを基に改訂された水素・燃料電池戦略ロードマップを踏まえ本事業を立案

2023年2月：GX実現に向けた基本方針

2023年6月：水素基本戦略改訂

・燃料電池の技術開発の方向性：現状の燃料電池で対応できる以上の高温対応（最大120℃）を実現し、・・・さらに、その基盤となる一企業や一大学では抱えきれない専門的な試験設備・分析設備などは、共用化を前提に技術研究組合 FC-Cubic など各地の水素研究拠点に整備を行っていく。

2024年5月：水素社会推進法成立

2025年2月：第7次エネルギー基本計画閣議決定

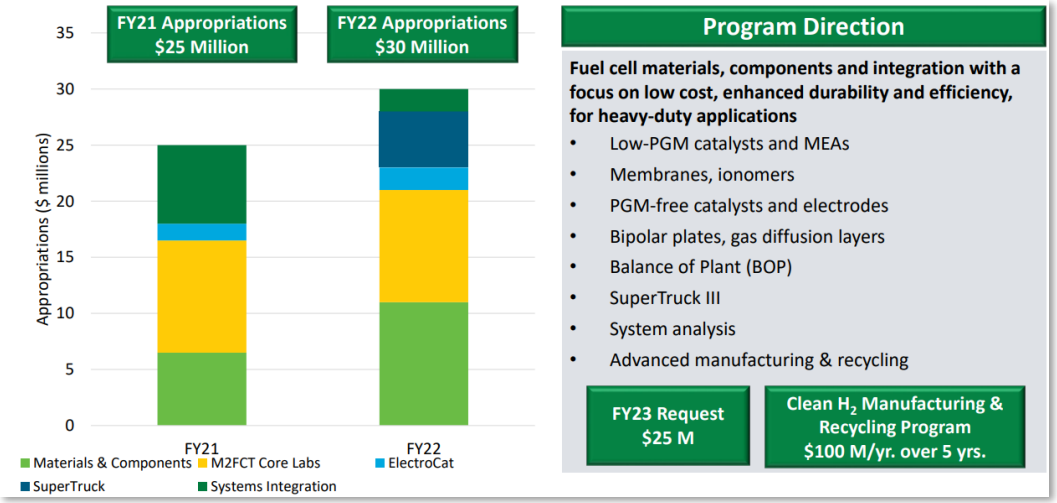
・水素等（アンモニア、合成メタン、合成燃料を含む）は、幅広い分野での活用が期待される、カーボンニュートラル実現に向けた鍵となるエネルギー

・我が国においても、技術開発により競争力を磨くとともに、世界の市場拡大を見据えて先行的な企業の設備投資を促していく

◆国内外の研究開発の動向と比較

米国

- DOEが技術開発プロジェクトを主導。 ➡2022年度の燃料電池R＆D予算は30M$（前年度より5M$増）
- 車載用PEFC として商用車のコスト分析を背景として、高耐久電解質膜、白金使用量低減が大きなテーマとなっており、コアシェル触媒や非白金触媒の開発を推進。
- アルカリ形燃料電池（AEMFC）や可逆燃料電池（RFC）等の長期間にわたる開発テーマも研究推進。
- 定置用SOFCは、NETL※主導のもとSOFCの研究開発が進められ、材料開発からセルスタック、システムの開発・実証まで取り組む。
  ➡2021年度予算は30M$
- 特に実証には企業が参画して取り組みを加速。



出典：DOE Annual Merit Review 2022

※National Energy Technology Laboratory

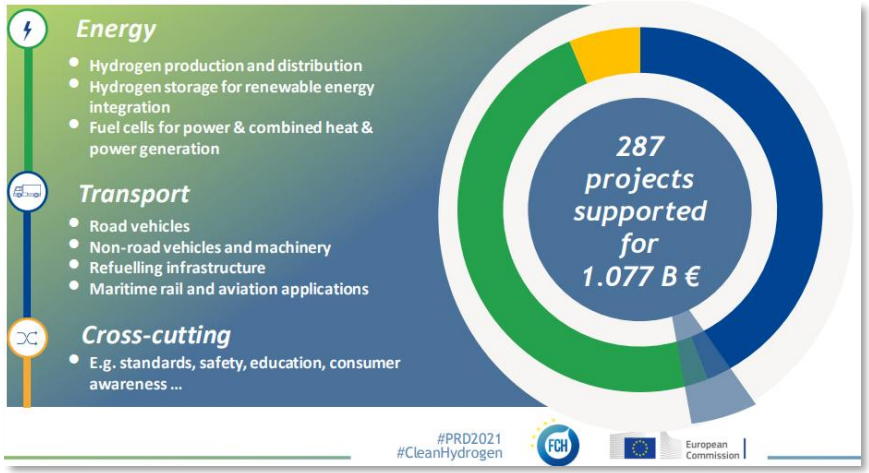
中国

- 「第13次5カ年計画戦略的進行産業発展計画」（2016～2020）で燃料電池の研究開発を支援。基礎研究（FC 主要材料・部材の研究開発）、応用技術研究（スタックの性能向上、FC システムの高出力・高耐久化、車両統合システムプラットフォーム開発）を推進。➡2022年に14次5カ年計画を策定
- 2018年以降、上記国家計画などの政策に含まれる重点分野「水素エネルギー技術開発」において、燃料電池部材やシステム補機の海外依存からの脱却を目標として、MEA やセパレータの製造技術、空気コンプレッサ、水素循環ポンプの開発が重点課題。
- 2021年末までに、北京、上海、広東の3大モデル都市群が相次いで正式にスタートし、鉱石鋼材の輸送、建築材料の輸送、完成車物流など18以上の応用目的に向け、燃料電池車両が累計2万台を超え、水素ステーション建設が306カ所を超える計画となっている。

◆国内外の研究開発の動向と比較

欧州

- FCH2JU（Clean Hydrogen JU）の研究開発プログラムにおいて、燃料電池のR＆Dや実証事業を推進。
  ➡2021年度の水素全体（燃料電池以外も含む）の予算として約10億€
- 車載用PEFC の研究開発においては、非白金触媒などの材料開発のみならず、セル評価手法の標準化や周辺機器の改良、材料評価＋モデリング・検証による大量生産を見据えた部材・スタックの設計・製造技術の検討等も行われている。
  また、車載用だけでなく、鉄道、船舶、航空機などの多用途展開も指向している点が特徴。
- 2021年からは産学官連携で商用車向け標準FCモジュール開発、高性能・高耐久MEA開発もスタート。



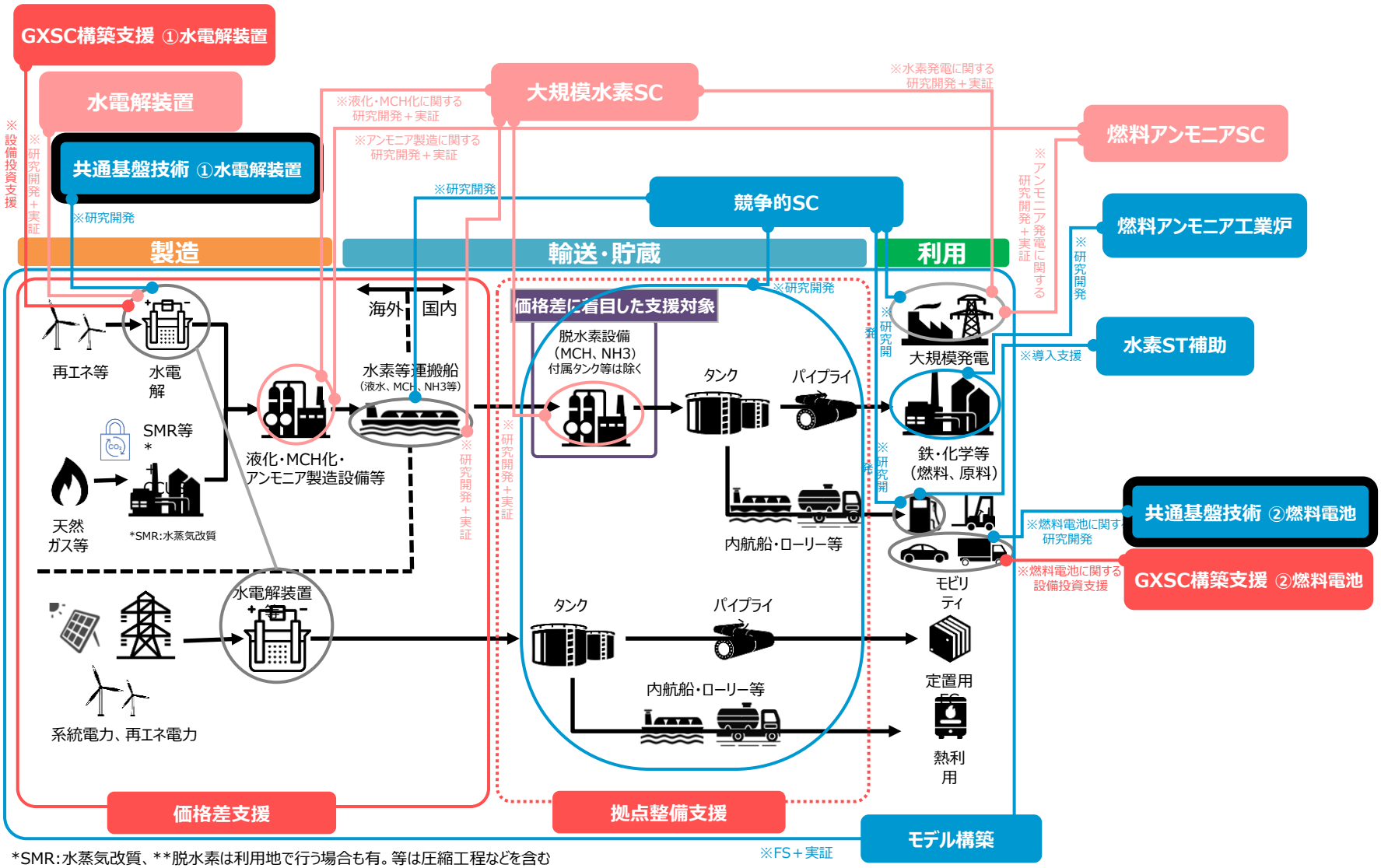
出典：FCHJU Programme Review Days 2021

- 定置用FCでは、家庭用を指向した小型のSOFC システムから業務用を志向したμ-CHP、数MW 級SOFCの開発・実証だけでなく、診断技術の開発等も推進。

韓国

- 産業通商資源部（MOTIE）は2020年、「水素燃料電池トラック改造技術開発と実証事業」の推進として、電気・動力部品の国産化R&D事業を実施、さらに、2023年までの期間で大型燃料電池トラックの電気動力を構成する350～400kW級駆動モータと動力伝達装置の技術開発を開始。
  ➡2020年度のMOTIEのR＆D予算は約46億円
- MOTIEを含む3 省庁は、現代自動車および主要な国内物流事業との間で「水素燃料電池トラックの配備の実証に関する覚書」を締結、2022 年までの2 年間で実証を実施。

◆水素・アンモニアサプライチェーンにおける技術開発および普及支援の全体像（経済産業省／NEDOにおける水素全般施策）



*SMR:水蒸気改質、**脱水素は利用地で行う場合も有。等は圧縮工程などを含む

◆NEDOにおける水素に関する技術開発プロジェクトの位置づけ

	共通基盤　技術開発	要素技術の研究開発～技術実証	大規模化・商用化実証
つくる	**燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業** 2030年以降の実装を目指した水電解分野の共通基盤・要素技術開発	・生産技術・システム化技術等 **水素社会構築技術開発事業** ・再エネ由来電力等による水素製造技術開発（FH2R） **燃料アンモニア利用・生産技術開発** ・ブルーアンモニア製造技術	**グリーンイノベーション基金事業** ・水電解装置の大型化技術等の開発、グリーンアンモニア製造実証 ・水電解装置の性能評価技術の確立
はこぶ・ためる		**競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業** ・水素・アンモニアサプライチェーン構築に向けた要素技術の更なる高度化、低コスト化、多様化に向けた技術開発 「大規模水素サプライチェーンの構築」 「需要地水素サプライチェーンの構築」 「水素ステーションの低コスト化・高度化」 ・国内規制適正化、国際標準化 ・材料・製品の品質評価、安全評価等	・水素輸送技術等の大型化・高効率化技術開発・実証 ・革新的な液化、水素化、脱水素技術の開発 ・液化水素関連材料評価基盤の整備
つかう	**燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業** 2030年以降の実装を目指した燃料電池＆水素貯蔵分野の共通基盤・要素技術開発	**燃料アンモニア利用・生産技術開発** ・工業炉における燃料アンモニア燃焼技術開発 ・生産技術・システム化技術等	・水素・アンモニア発電技術（混焼、専焼） ・水素・アンモニア燃料船、次世代航空機の開発、燃料電池商用車走行・運用実証 ・水素還元製鉄、CO2等を用いた燃料製造技術開発・プラスチック原料製造技術開発
モデル実証		**水素社会構築技術開発事業（地域水素利活用技術開発）** ・地域で水素を利活用するためのポテンシャル調査、水素社会のモデル構築実証	
		脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国技術の国際実証事業	

◆他事業との関係

●JST・GteX事業とも経産省・文科省ガバニングボード等を通じて、両FA間で連携して事業を推進

・事業間の情報共有および連携促進を目的として経産省・文科省ガバニングボードを設置

・NEDO・JST担当者間での協議も定期的に実施

・以下連携を推進・議論中
- 研究機器の相互活用（実施済み）
- 具体的な分野での情報交換（実施済み）
- 解析技術の相互活用（議論中）
- 取得データの相互活用／DX・MIの促進（議論中）
- 有望な研究開発テーマ・成果の共有



領域の概要

水素は、利用時に温室効果ガスを排出しないクリーンなエネルギーであり、また、多様な資源から製造できるため、国内での製造や、海外からの資源の調達先の多様化を通じ、我が国のエネルギー供給・調達リスクの低減に資するエネルギーとして、2050年カーボンニュートラル実現に向けた鍵となる技術です。

2050 年カーボンニュートラルまでの道筋に貢献し、将来産業の創出が期待される技術開発のうち、我が国のアカデミアによる大きな貢献が期待できる、「水素製造技術」、「水素貯蔵技術（輸送に資する貯蔵技術を含む）」、「燃料電池技術」等の領域において研究開発テーマを設定します。

（文部科学省から示された「革新的GX技術創出事業（GteX）」研究開発方針（領域：水素）より作成）

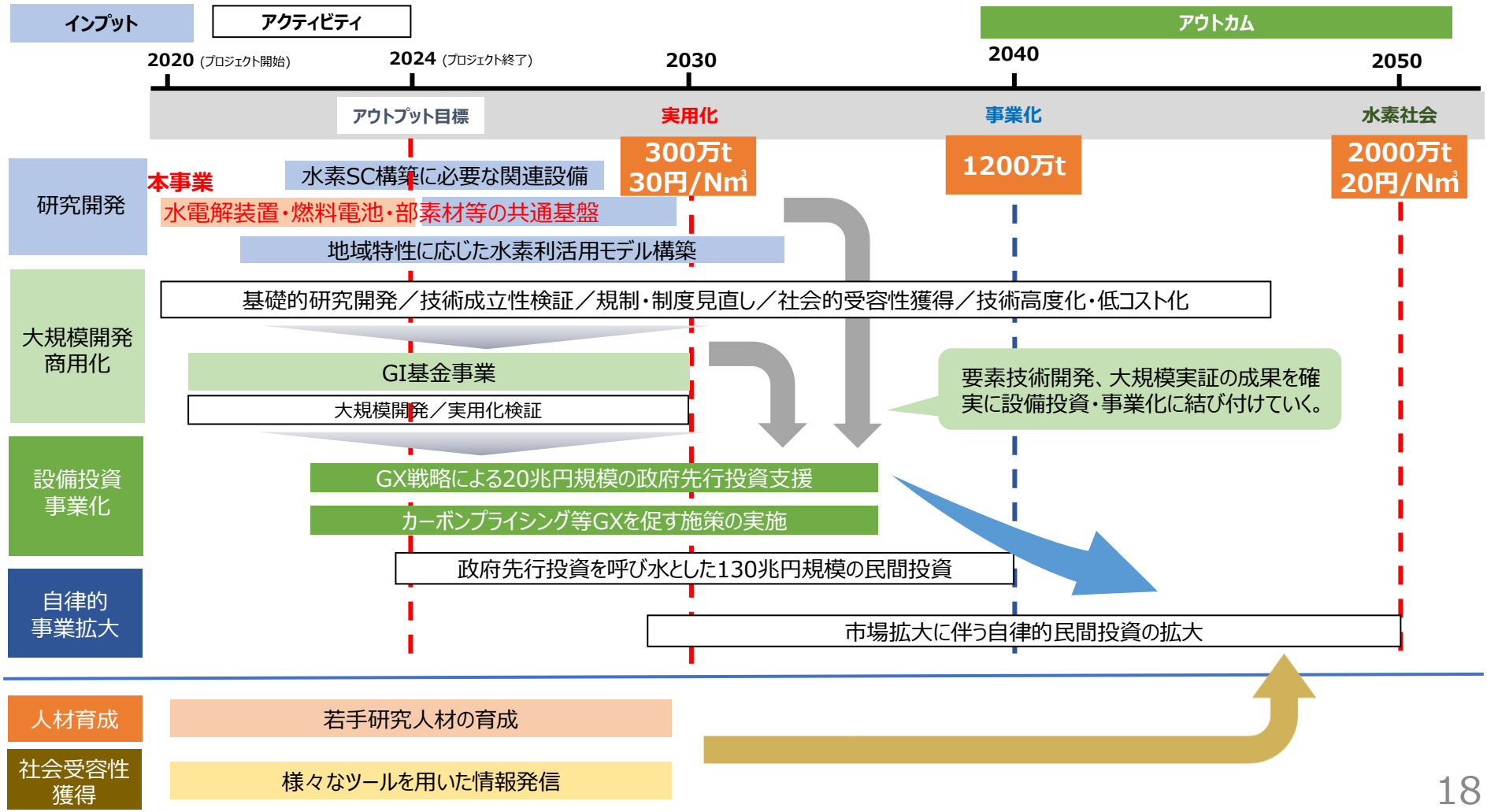
目的

本領域では、2050年カーボンニュートラルを目指す上で必要不可欠な水素について、再生可能エネルギー由来の電力を用いた水電解による製造、貯蔵から利用に関わる先進的技術の開発により、水素社会の実現に貢献します。アカデミア等のシーズを活かして、現状のボトルネック課題を革新的に打破するための技術開発や、新概念の創出、およびこれら技術の実用化に向けた研究開発を対象とし、要素技術の基礎研究に留まらず、材料の評価とスケール化の見通しまでを一気通貫で行い統合的な研究開発を推進します。また、広い視野を持ち展開力のある人材を育成・輩出していくことも目的とします。

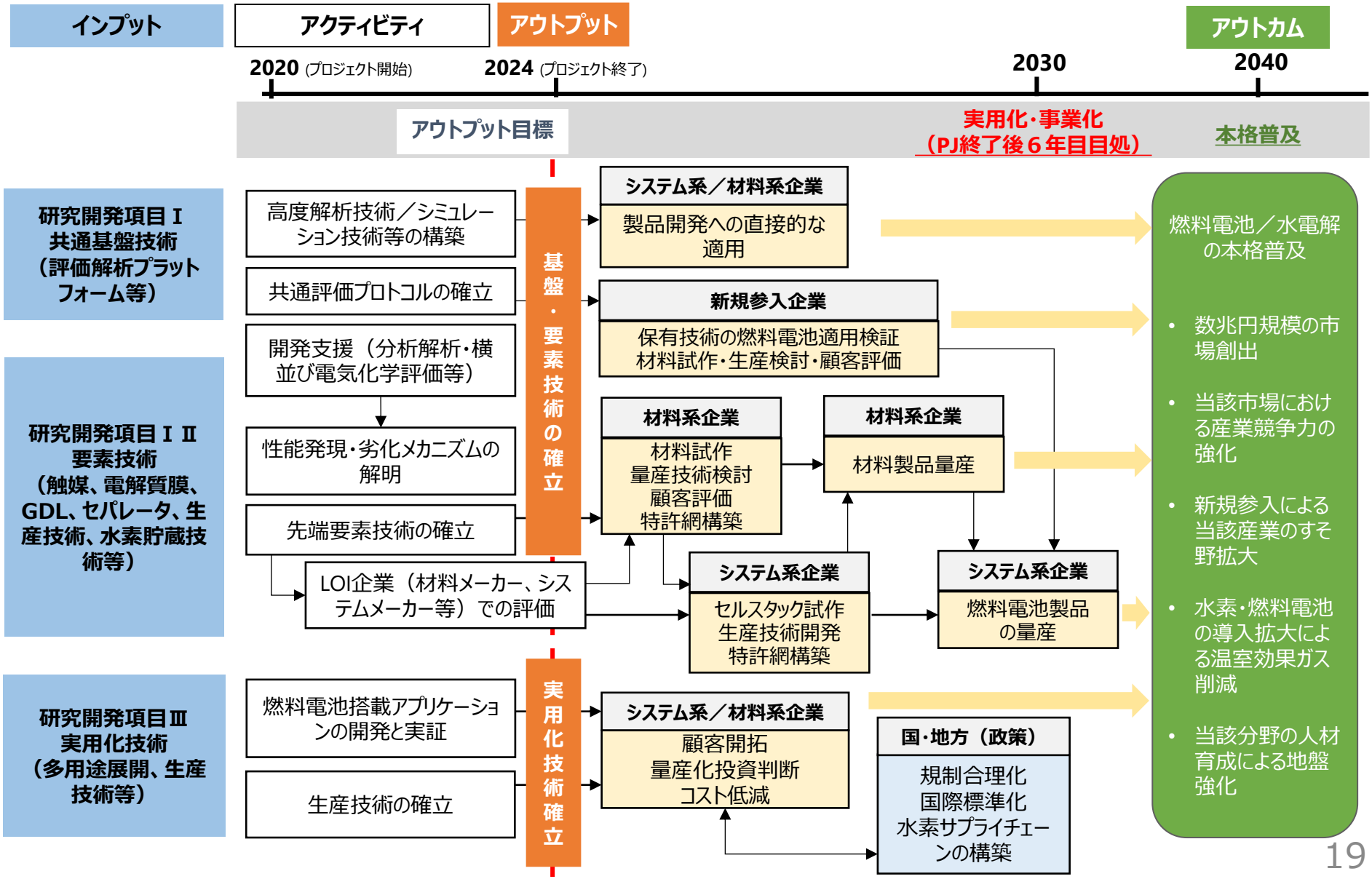
出典：JSTホームページ

◆NEDO水素関連事業全般におけるアウトカム達成までの道筋

●大規模開発／実証や設備投資支援、価格差支援、その他各種施策等を通じて、研究開発事業で得られた成果を社会実装へとつなげていく。



◆本事業におけるアウトカム達成までの道筋



◆本事業におけるアウトカム達成までの道筋

●公募・採択、研究開発の進捗管理、継続可否評価まで一貫して実用化・事業化を意識したマネジメントを推進

○委託事業

産業界ニーズに沿った要素技術の確立　➡　産業界へ如何に橋渡しするか

産業界の意向・熱意の確認	課題共有会／ロードマップ策定
産業界のニーズに沿ったテーマを採択	関心表明書（LOI）のルール整備
実用化を見据えた技術育成	PL意見交換／評価解析PF
開発成果の有用性をPR	評価解析PF／成果報告会

産業界への発信・交流を促進

- 燃料電池自動車や家庭用燃料電池、産業用燃料電池を世界に先駆けて事業化
- 依然、我が国産業界は燃料電池分野での世界的なトップランナー
- しかしながら、各製品領域にて各国の追い上げが急務

➡ カーボンニュートラルの実現に向けて市場が拡大、競争力維持に向けた取り組み

◆知的財産権等に関する戦略

●各テーマで実用化を見据えた知財戦略を策定、関心表明企業との連携を推奨
●提案段階から考え方の説明を求め、採択審査委員／継続可否評価委員として知財専門家を委嘱

●基本方針

- **知財マネジメント基本方針に従い、知財合意書や知財運営委員会規則をテーマ毎に策定**
- **関心表明企業への権利移転等も念頭に出願方針を検討**
- **PL意見交換や継続可否評価にて、出願方針や懸念事項等を確認して推進**

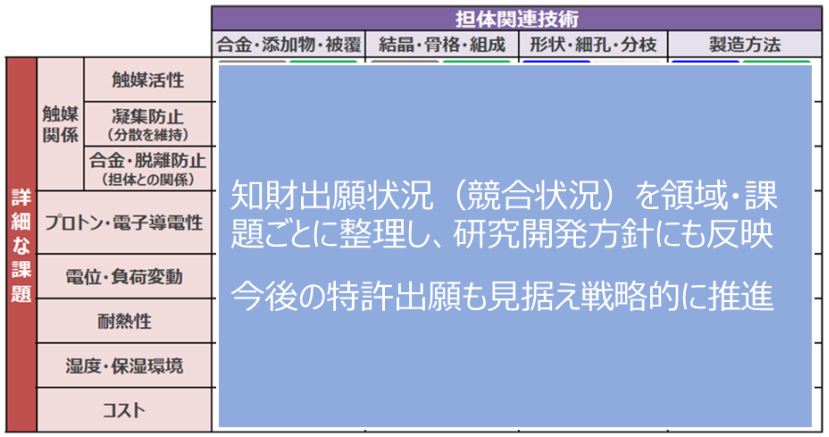
	非競争領域	競争領域
公開	・革新的材料により実現が期待される高効率・高出力・高耐久性の性能の評価結果、その評価手法のうちノウハウに属さない部分。 ・革新的材料により性能が実現する現象の機構。	・セパレータ、GDL　等の研究成果の革新的材料の形態や組成
非公開		・プロセス技術

→ 侵害を発見しやすい知財は、強みや事業の要となる技術として積極的に出願し、特許として権利化を図る。

→ 侵害の発見しにくい知財（例えば、客観的な推測を以ってしても侵害確認が困難なものなど）については出願せずにノウハウ化しての不要な漏洩を抑制する

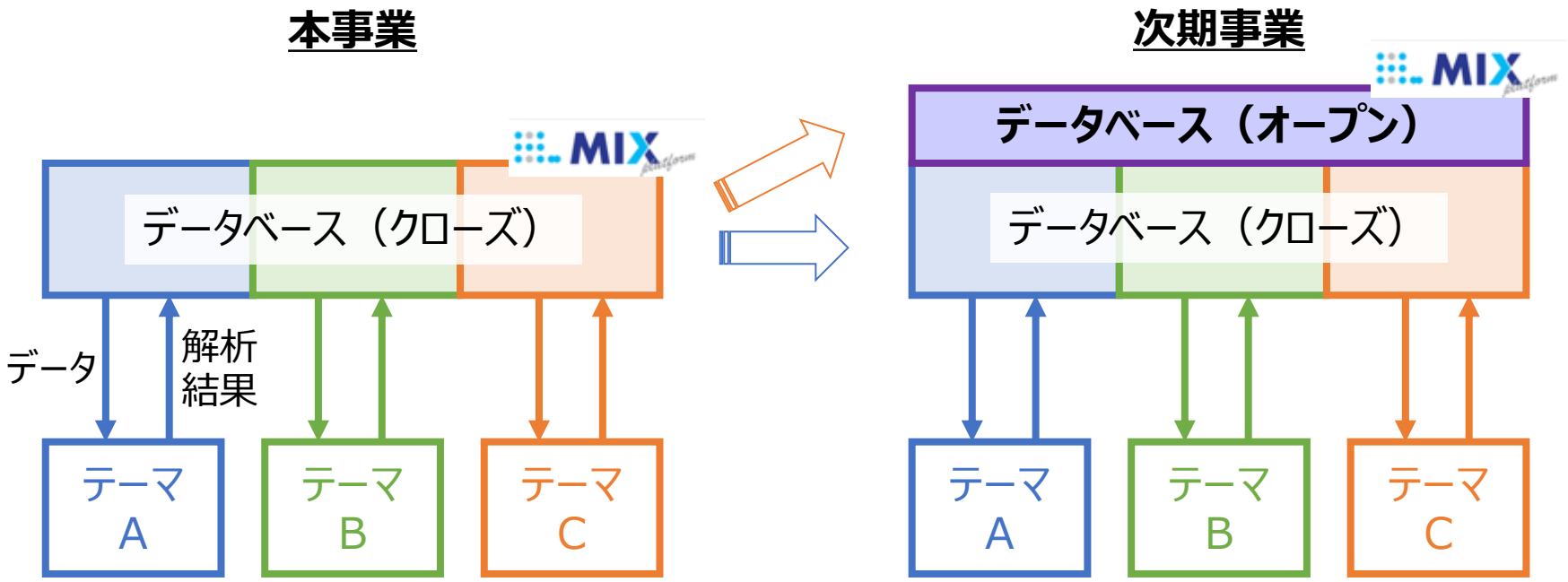
・論文、特許出願などにより広く公開。
・開発の過程で得られた解析手法や評価手法は、標準化などに資するように積極的に開示および必要な特許権利化を行い活用を促進する。

例）PE03の知財戦略



◆知的財産権等に関する戦略（研究データのオープン・クローズ）

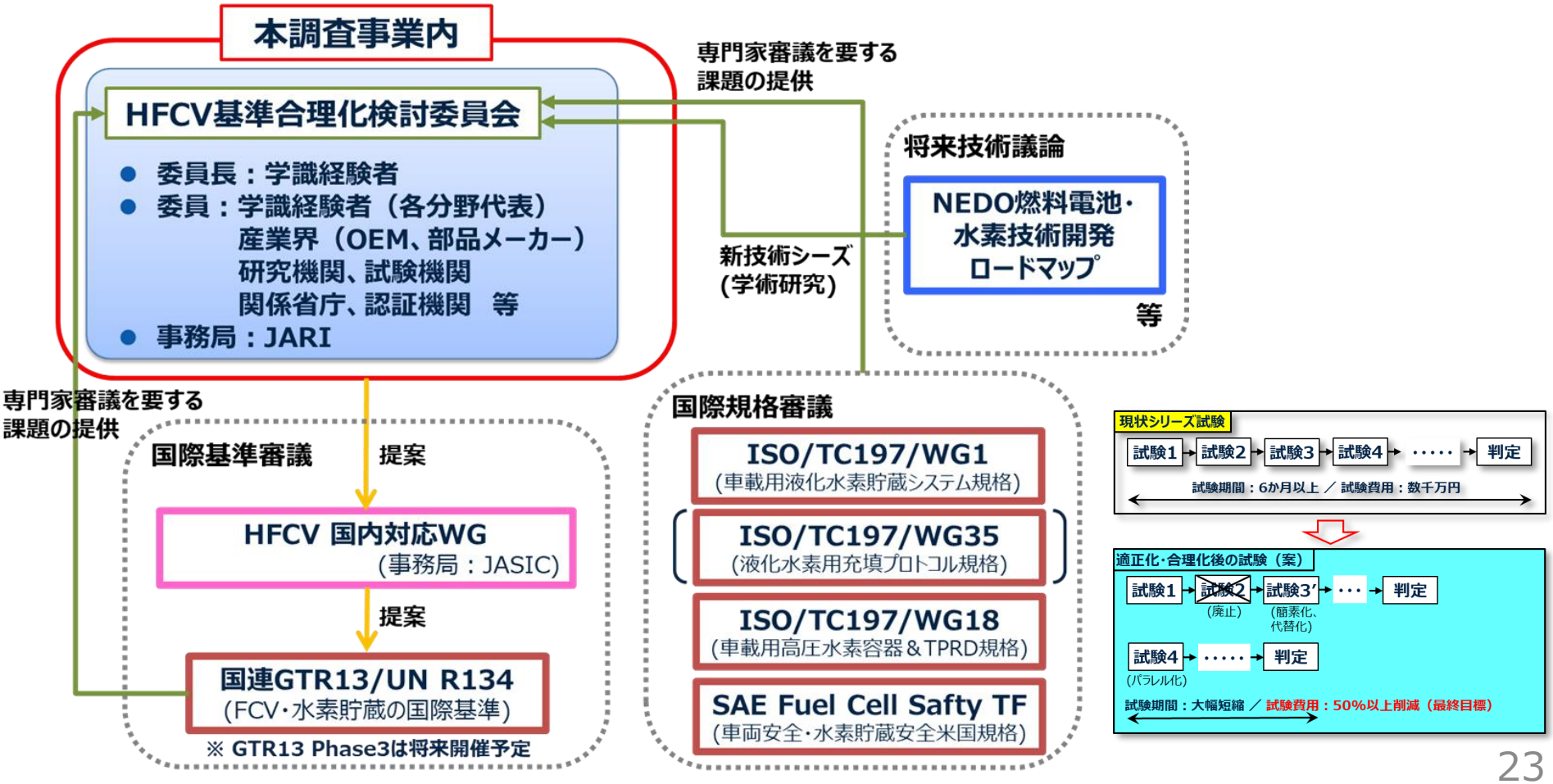
- 本事業では原則として各テーマ内の研究データはクローズ領域に管理
- 事業終了時に秘匿性のないデータはオープン領域（事業内限り）へ移行して、自事業において複数テーマ間での利活用が可能な設計とした



- 次期事業ではマテリアルズインフォマティクスによる研究加速のため、特許出願／論文発表等が対応が完了したデータはオープン領域に格納することをルール化
- 論文や特許等の大量データを自然言語処理により抽出しオープン領域に格納する構想（本事業にてその基盤技術を構築）

◆標準化に関する戦略

- 本事業では国際標準化提案を見据えた検討は原則対象としていない。
- ただし、現状長期間かつ高額が必要となる高圧水素タンク試験の適正化・合理化にかかる検討を調査事業として推進。次期事業での本格検討へとつなげた。



報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方
- アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み
- アウトプット目標の設定及び根拠、達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願及び論文発表

3．マネジメント

(1)実施体制
(2)研究開発計画・進捗管理

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 研究データの管理・利活用
- 研究開発のスケジュール
- 目標達成に必要な要素技術
- 進捗管理（研究開発マネジメント）
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」（終了時評価）における「実用化・事業化」の考え方

本事業における「実用化・事業化」の考え方（定義）

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

・本事業では基礎・基盤的なフェーズの研究テーマも多数存在するが、最終的なゴールは上記事業化の実現である。

・事業終了から事業化までには長期間を要するが、この実現のために本事業の課題・目標設定や、マネジメント、技術成果等が適切であるかを総合的に評価いただきたい。

◆アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み

本プロジェクトは燃料電池自動車や業務・産業用燃料電池、その他多様な用途向けの燃料電池および水電解システムの市場拡大に貢献し、カーボンニュートラル実現を図る

プロジェクト総額（5年間）	約350億円

アウトカム目標		目標と達成時期
市場規模	燃料電池車分野の市場	（2035年度）34,400億円 （2040年度）126,000億円
	業務・産業用燃料電池の市場	（2035年度）5,000億円 （2040年度）9,000億円
	自動車を除く移動体、燃料電池を使用した新規システムの市場	（2035年度）5,000億円 （2040年度）30,000億円
温室効果ガス排出量削減への貢献		パリ協定に示される温室効果ガス排出26%削減@2030年及び80%削減@2050年に貢献

設定根拠：水素・燃料電池戦略ロードマップの目標値と富士経済の市場予測から設定

- **富士経済の2025年版市場予測によれば、2040年における燃料電池車の市場規模は14兆円、業務・産業用燃料電池は0.9兆円、その他産業車両等は2.6兆円と事業開始当初とほぼ同等。本事業も含め当該分野の技術開発が着実に進展しており、競合技術も伸びる中で上記市場創出の流れに寄与。**
- **本事業参画企業や関連企業がGXサプライチェーン構築支援事業等を通して野心的な投資計画を発表しており、燃料電池・水電解市場の拡大の期待は高い。**
- **本事業の革新的な技術が実装され、また本事業を通した人材育成により競争力を確保できれば、相応の市場シェアを獲得し、川上のサプライチェーン含めた日本産業の創出に貢献する。**

◆事業の目標

本プロジェクトは、第６次エネルギー基本計画や水素・燃料電池戦略ロードマップ等で定めるシナリオに基づき

・２０３０年以降の自立的普及拡大に資する高効率、高耐久、低コストの燃料電池システム（水素貯蔵タンク等を含む）を実現するための**ユーザーニーズに基づく協調領域の基盤技術を開発**するとともに、

・**従来以外の用途に展開するための技術開発並びに大量生産を可能とする生産プロセス又は検査技術の取組を助成**することにより、

世界に先駆けて市場導入を開始した我が国の燃料電池技術の競争力を強化し、世界市場において確固たる地位を確立する。

◆研究開発目標と達成状況

分野	最終目標	達成度	達成状況（達成度の根拠）	TRL
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」				
PEFC	航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○	本目標を基にロードマップの中で要素技術毎の目標値（触媒活性、膜抵抗、ガス拡散抵抗等）にブレークダウン。各研究テーマにてこの目標値を実現する要素技術を開発した。なお、当初実施予定のなかった本事業成果を組み合わせたMEAの作製・評価にも挑戦し、2030年目標に肉薄する性能は達成した。	5
SOFC	発電効率６５％超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立する。 耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する	○	企業の実用SOFCスタックを用いて、通常の燃料利用率（Uf）75%程度よりも高い80-85%の水準（効率65%を見通す）で世界最長レベルである2万時間以上の耐久データを取得することに成功した。またこれらのデータをもとに性能表示式を構築し、セルスタックの内部抵抗変化を明らかにし、劣化メカニズム解明を行い13万時間の耐久を予測することに成功した。	5
共通	上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）および低コスト化技術等を確立する	◎	大型放射光設備を活用したマルチスケールでの液水可視化や触媒層可視化などの高度解析技術、高温でのMEA評価手法など多数の基盤技術を構築。また、評価プロトコルの策定や標準セルの開発・提供、FC-Dynamoの構築・提供など、成果を広く発信し当該分野の開発効率化に大きく貢献した。	5

※目標設定の根拠：
水素・燃料電池戦略ロードマップやNEDO燃料電池技術開発ロードマップの内容を基に各技術分野で目標を設定

◆研究開発目標と達成状況

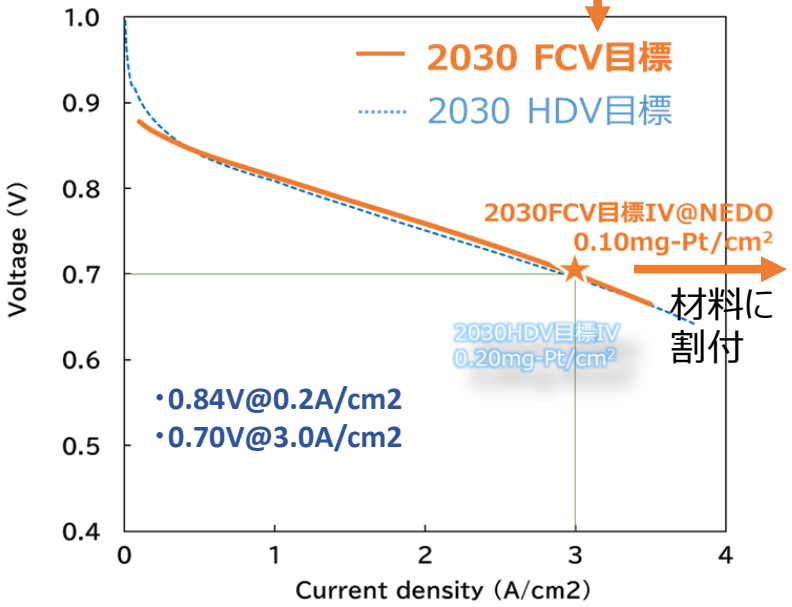
分野	最終目標	達成度	達成状況（達成度の根拠）	TRL
研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」				
PEFC/SOFC	研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する革新的な要素技術の設計指針を確立するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする	○	2035年ロードマップ目標で掲げる120℃30%RH下で高いプロトン伝導性を有する電解質膜の開発に成功。また非貴金属触媒の高活性化にも取り組み、2035年以降の飛躍に資する技術の基盤を構築した。	3～4
水素貯蔵・水電解他	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する	○	ロードマップで策定した水素貯蔵密度向上および低コスト化の目標につながる要素技術として、短期間で貯蔵密度8.3wt%を導出する最適構造探索システムの開発や分割構造の成立性を予想精度10%以内とする技術、耐炎化不要かつ低コスト原料から製造可能な炭素繊維技術を開発した。また、事業途中から水電解の要素技術開発にも着手し、市販触媒に比べて10倍以上の質量活性を有するPEMアノード触媒やPEM型と同程度の性能を有するAEMセルの開発に成功した。	3～5
研究開発項目Ⅲ「燃料電池の多用途活用実現技術開発」				
共通	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。 燃料電池システムおよび水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。	◎	船舶、建機、農業用トラクタ、ガントリークレーンの4種類について燃料電池を搭載した実機を開発し、実環境で要求通り作動することを実証した。これに加えてドローンや携帯基地局用電源としての成立可能性をシミュレーション等により明らかにした。 また、燃料電池や水電解のMEA・CCM・電解質膜・セパレータ等の生産技術を開発し大量生産の見通しをつけるとともに、GXサプライチェーン構築補助金等へ橋渡しした。	8

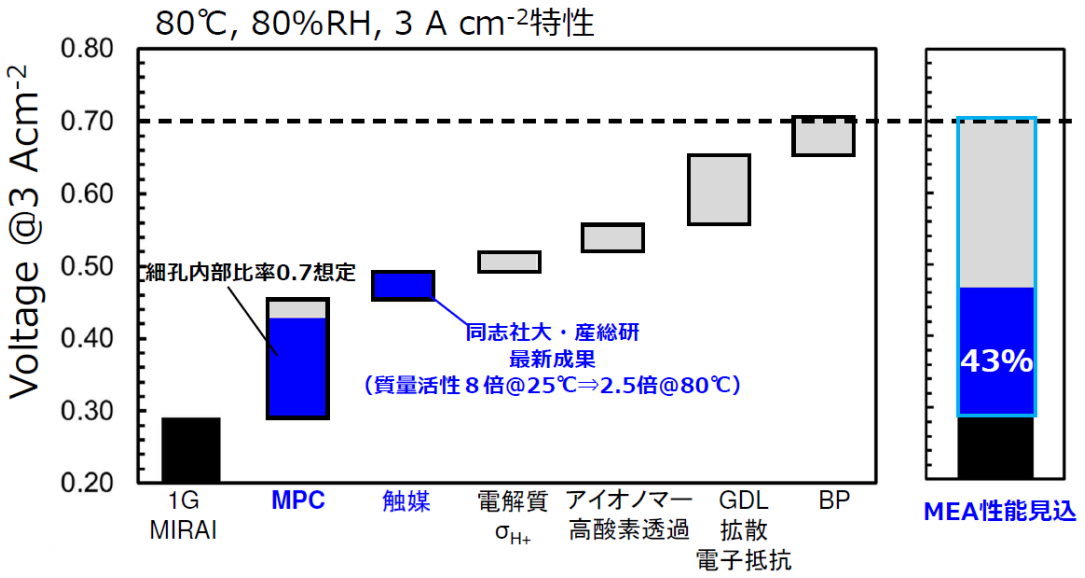
※目標設定の根拠：
水素・燃料電池戦略ロードマップやNEDO燃料電池技術開発ロードマップの内容を基に各技術分野で目標を設定

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	**航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上**、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

ロードマップ目標をIV特性にブレークダウン





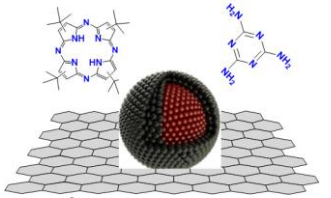
- 各アイテムの最終目標で2030年FCVの性能目標を到達することを確認
  ➡ 2021年度追加公募で、GDL、BPPにアプローチする研究開発テーマを採択
- 2022年度追加公募にてコスト低減に資する生産技術テーマを採択

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

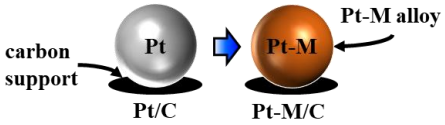
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	**航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上**、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

- 高活性カソード触媒開発テーマ@同志社大学では、RDEだけでなくMEAでの評価を実施。白金合金触媒と有機物修飾等の組み合わせにより高活性化、高耐久化を確認。

●含窒素有機物修飾



●白金合金触媒



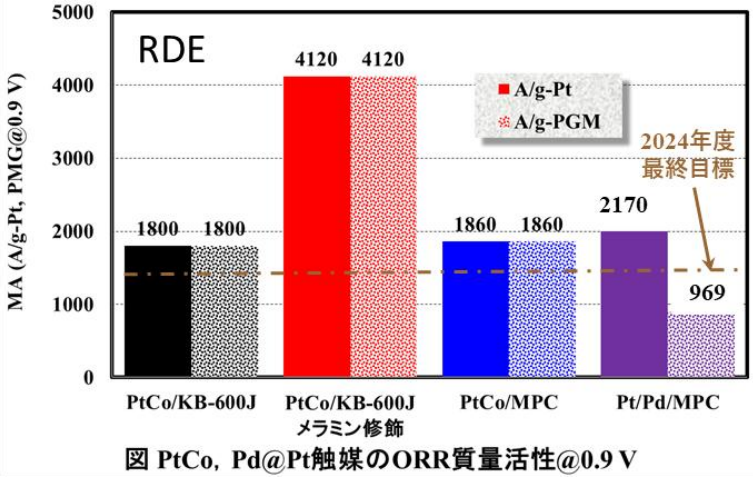
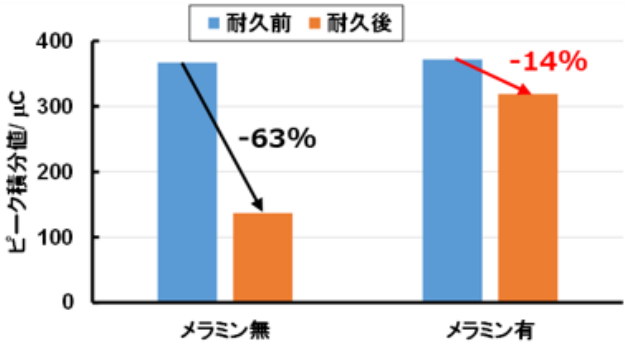


図 PtCo，Pd@Pt触媒のORR質量活性@0.9 V

耐久試験前後のCOストリッピングピーク面積



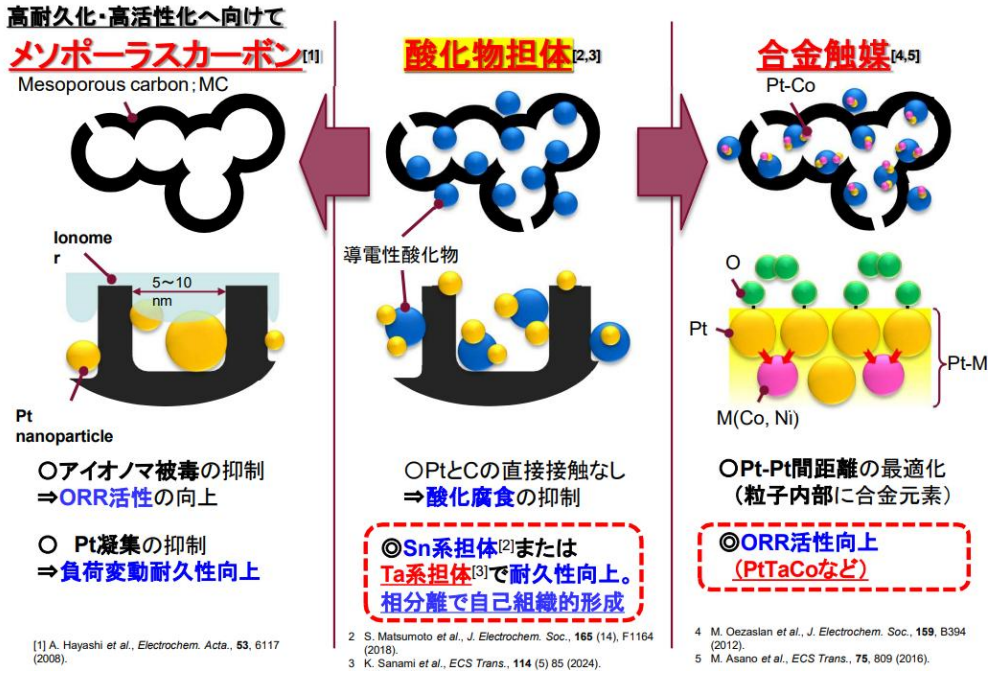
有機物修飾と白金合金触媒で極めて高いORR活性を実現
MEA評価でも0.84V@0.2A/cm2を確認（有機物無）

有機物修飾により耐久試験後のPtの粒径増大が抑制され、ECSAの低下も抑制

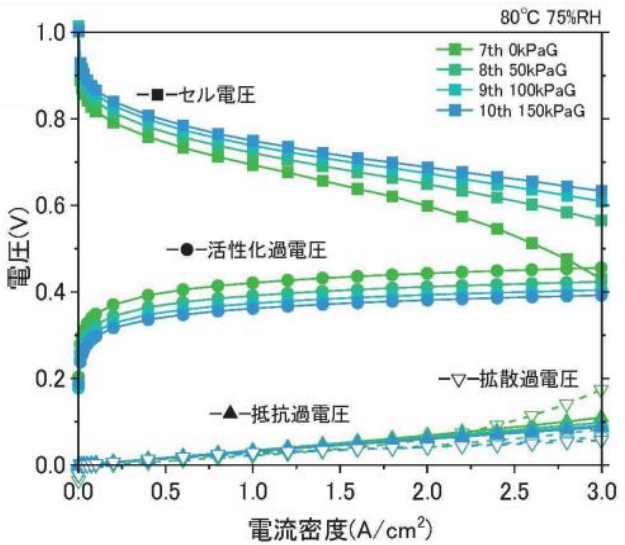
◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
PEFC／SOFC	研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する**革新的な要素技術の設計指針を確立**するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする	○
研究開発項目Ⅰ（PEFC）で設定された**最大出力密度や負荷点、耐用年数**等の目標にも貢献		

- 高活性カソード触媒開発テーマ@九州大学では、酸化物TaとPt-Co合金の複合により高活性と高耐久を両立した触媒を開発。実用を見据え企業での水系プロセスでの合成に成功しMEAでも高評価。



150kPaGで0.84V@0.2A/cm2を達成



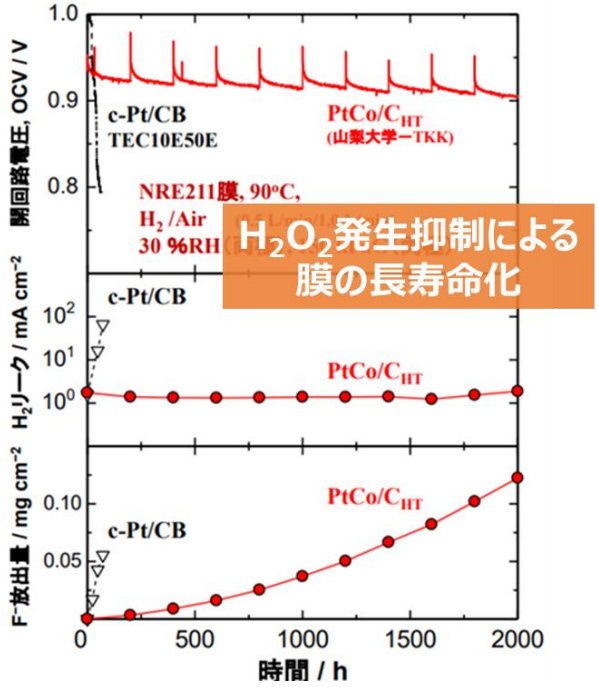
➢ Nafionイオノマー＋Pt-Ta-Co触媒/MC+CNTの評価解析PFでのMEA評価結果

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

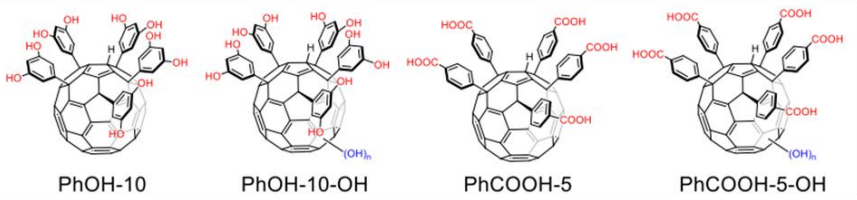
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、**耐用年数１５年以上**、最高運転温度１００℃以上、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

- 過酸化水素の発生を抑制するアノード触媒の開発、水溶性フラーレンを用いたラジカルクエンチャーの開発に成功し、電解質膜の長寿命化に貢献。企業での検討へと移行。

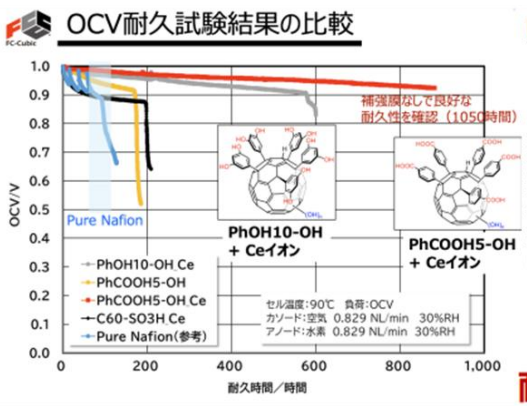
○新規アノード触媒による膜劣化抑制@山梨大

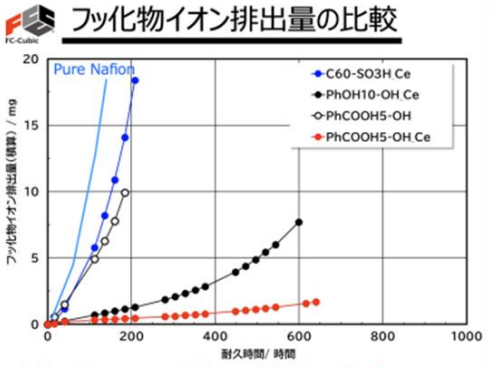


○フラーレン誘導体ラジカルクエンチャー設計@名古屋大



水溶性のフラーレンを各種設計-膜劣化抑制を実証





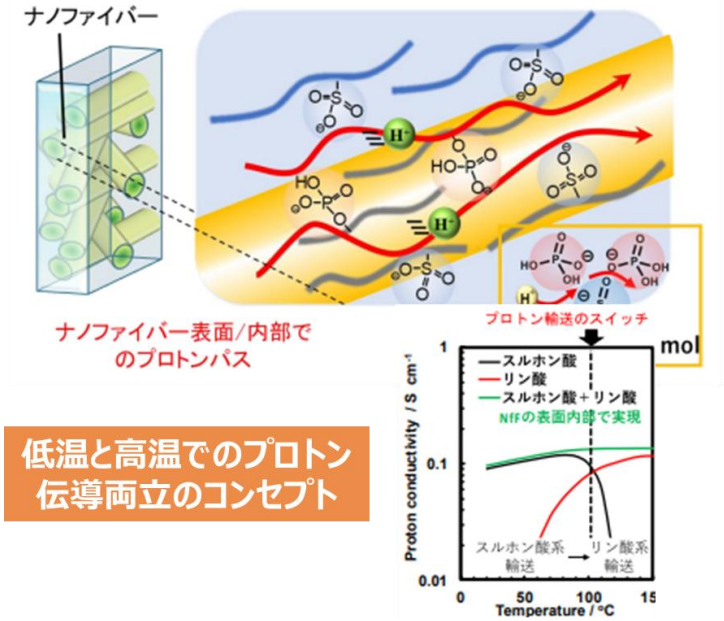
耐久時間10倍，排出速度1/10

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
PEFC／SOFC	研究開発項目Ⅰの性能やコスト目標を凌駕する燃料電池の実現に資する**革新的な要素技術の設計指針を確立**するとともに、実用化に向けた課題を明らかにする	○
研究開発項目Ⅰ（PEFC）で設定された**最高運転温度１００℃以上**の目標にも貢献		

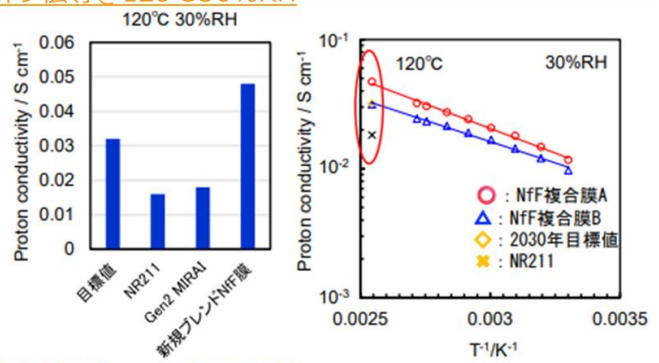
- 研究開発項目Ⅱ（PEFC）では、非貴金属触媒の開発や、高温（～低温）でプロトンを伝導する電解質膜・アイオノマの開発等を推進。機能性ナノファイバーを用いた複合電解膜のテーマでは、120℃低湿度下でのプロトン伝導性はNR211の約5倍、酸素透過性はNR211の約1/2を達成

○電解質膜の高性能化・高温対応@東京都立大

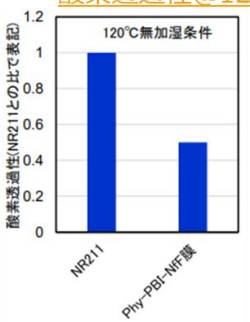


低温と高温でのプロトン伝導両立のコンセプト

プロトン伝導@120℃30%RH



酸素透過性@120℃無加湿



機能性ナノファイバー複合化による高温低加湿伝導＋ガスバリア機能付与

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

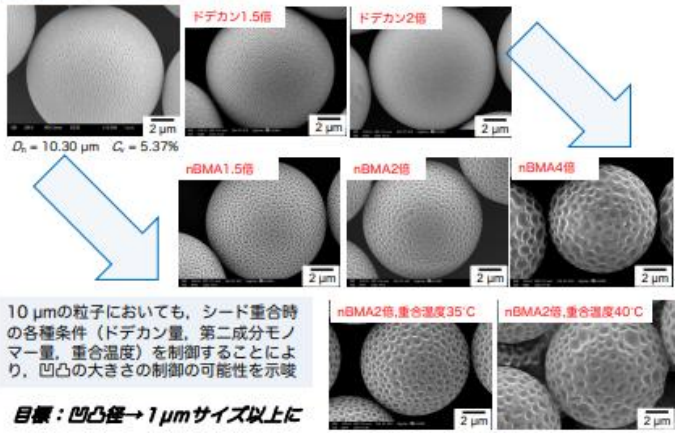
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上、**燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷ**に貢献する技術を確立する	○

- 燃料電池コストの低減に資するセパレータ表面処理手法や接着シール材料、生産技術（エージング時間の短縮化、プロセスインフォマティクス基盤の構築等）の開発に成功

異形粒子を用いたフィルムによる簡便かつ低抵抗なセパレータ表面処理技術に成功

達成度	①ピンホールレス	②粒子サイズ	③接触抵抗	④耐食性１	⑤膜厚制御	⑥ピール強度	⑦耐食性２
目標値（最終目標）	◎	◎	○	◎	◎	○	△
RM，ベンチマーク目標値	粒子の脱落率を0%	2~20 μm サイズ	初期3 mΩ cm²/腐食後5 mΩ cm²以下	溶出速度 1×10^{-10}mol cm^{-2} h^{-1}以下	歩留：98%以上	1.0kgf/cm以上	腐食試験後の伝導率/密着性90%維持

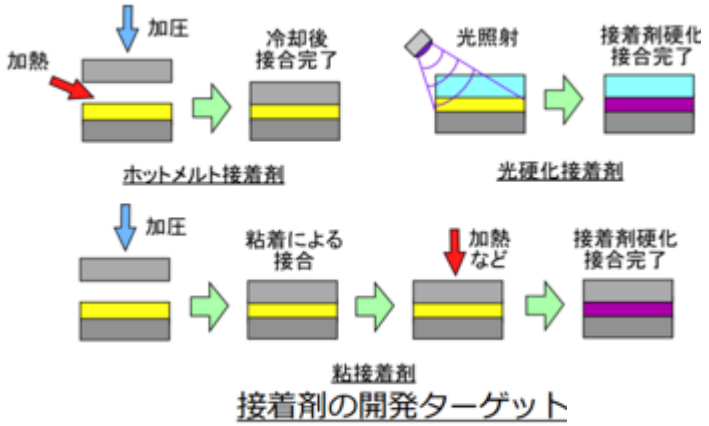
■粒子径および凹凸比の制御



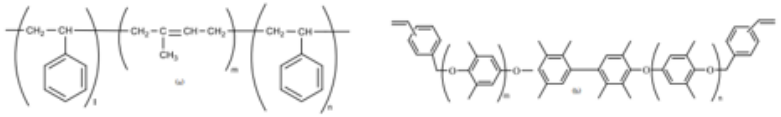
10 μmの粒子においても，シード重合時の各種条件（ドデカン量，第二成分モノマー量，重合温度）を制御することにより，凹凸の大きさの制御の可能性を示唆

目標：凹凸径→１μmサイズ以上に

PEFCシール部の過酷な環境（高温・高湿・低pH）に耐え，接合時間の短い接着剤を開発



接着剤の開発ターゲット



開発ホットメルト接着剤の組成
(a)SIS，(b)VB-PPE

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	**航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上**、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

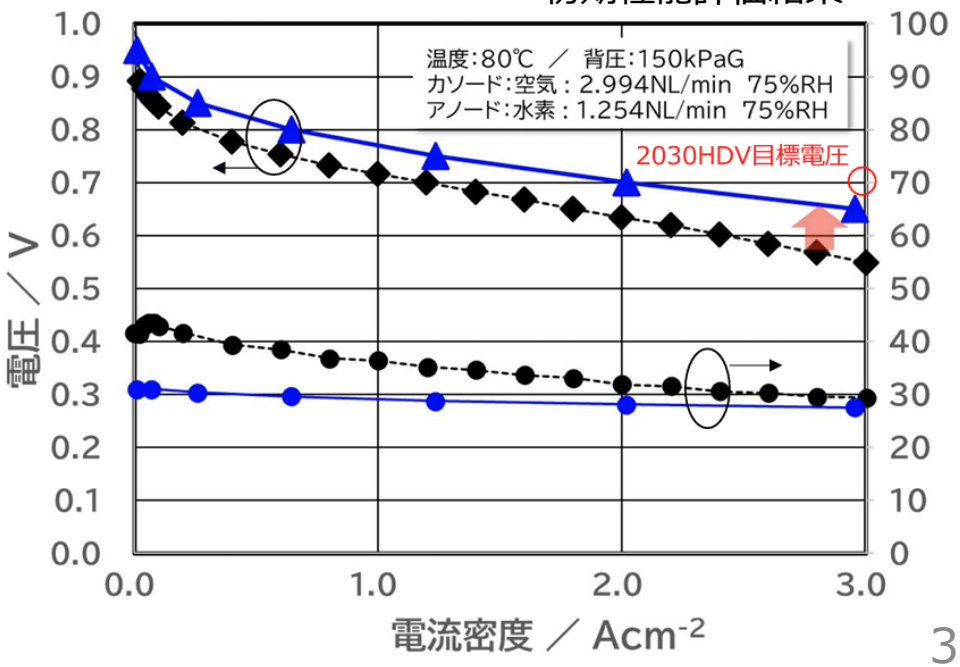
- 本事業の成果を組み合わせたMEAを評価解析プラットフォームで作製し性能評価
- PF基準仕様（本プロジェクト開始時点の市販FCレベルを想定）と比較して3A/cm2における電圧値で100mV程度向上、0.859V@0.2A/cm2、0.662V@3.0A/cm2を達成

○本事業成果を組み込んだMEA仕様

部位	本番仕様	基準
カソードGDL	**薄層MPL/GDL(東科大)**	MPL/GDL（東レ）
カソード触媒	**Pt/MPC（同志社大）** **PtTaCo/MPC（九大）**	**TEC36F52**
カソードアイオノマ	高酸素透過アイオノマ（AGC）	Nafion
I/C比	1.2	1
カソード担持量	0.2mg/cm^2	0.2mg/cm^2
塗布プロセス	転写	転写
電解質膜	8μm補強膜（GORE）	12μm補強膜（GORE）
アノード触媒	**PtCo/C（山梨大）**	TEC10EA50E
アノードアイオノマ	DE2020	DE2020
I/C比	1	1
アノード担持量	**0.05mg/cm^2**	0.1mg/cm^2
塗布プロセス	転写	転写
アノードGDL	MPL/GDL（東レ）	MPL/GDL（東レ）

※開発膜は触媒被毒・界面抵抗の影響懸念から見送り

初期性能評価結果

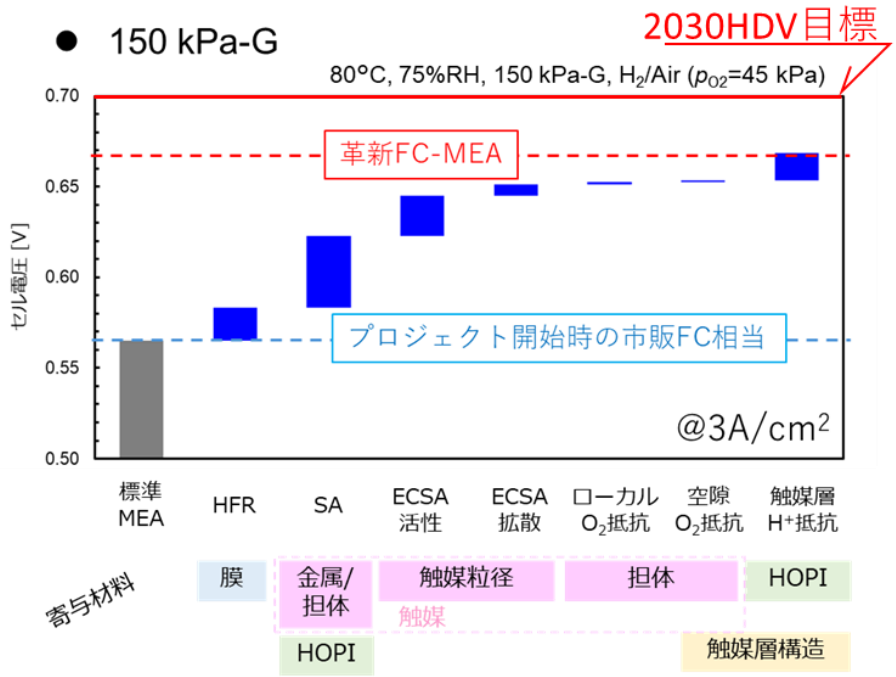


◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
PEFC	**航続距離８００ｋｍ以上、最大出力密度６ｋＷ／Ｌ以上、最大負荷点０．６Ｖ以上、耐用年数１５年以上、最高運転温度１００℃以上**、燃料電池システムコスト＜０．４万円／ｋＷに貢献する技術を確立する	○

- 2030年ロードマップHDV目標に対して、低電流密度域0.2A/cm2の性能はクリアするも、高電流密度域3A/cm2の性能は未達

性能向上への各要素の寄与度



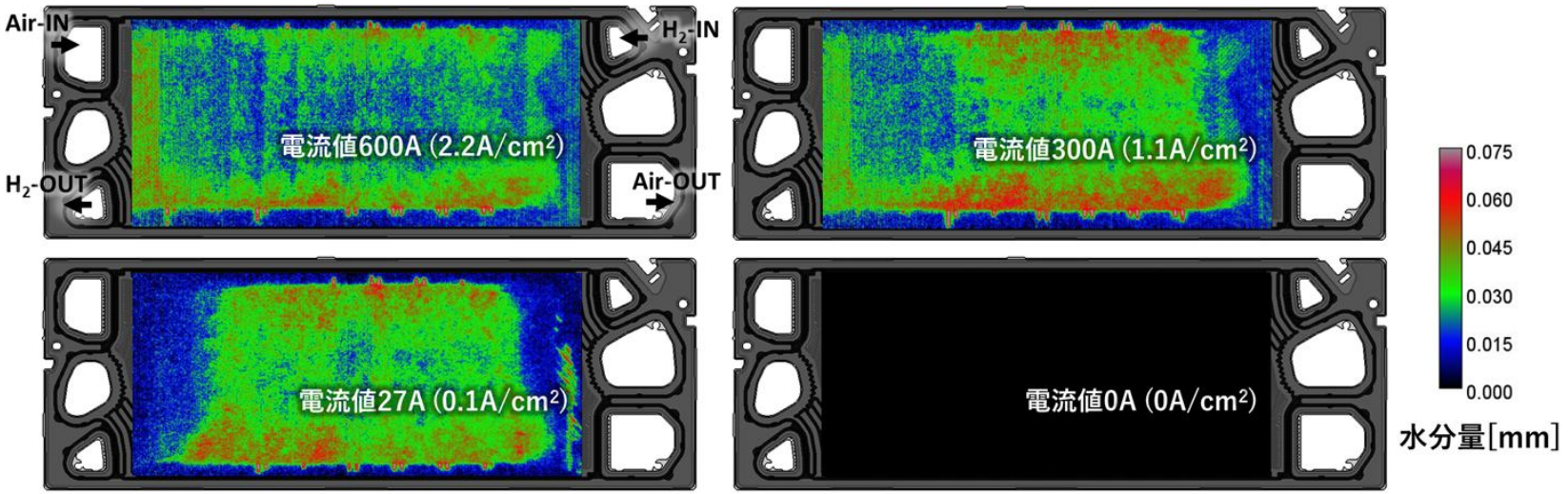
- 更なる膜抵抗低減、触媒活性向上、ガス拡散抵抗低減が目標に対する課題であると考えられる
- オープンシンポジウムや本事業のGL会議等でプロジェクト到達度、及び今後取り組むべき課題を提示し、次期事業設計の指針とした

本事業の基本計画にて『上記目標値の実現に資する要素技術の確立が本事業の最終目標であり、開発された各要素技術を組み合わせた燃料電池システムの構築及び目標値の達成検証は民間独自で実施すべき事項であることから本事業では対象としない』としていたことから本取組は付加的なものであり、達成度評価は”○”とした

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
共通	上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、**高精度計測技術**（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、**高精度計量観察技術**）および低コスト化技術等を確立する	◎

- PEFC評価解析プラットフォームの材料分析／解析グループにて、世界で初めてパルス中性子ビームを用いて実機サイズのセル内部の水挙動を可視化することに成功
- 製品開発にすぐに反映できるようになることから、最適な燃料電池セルや流路構造の開発を加速し、燃料電池のさらなる高性能化・低コスト化に貢献　➡企業からの期待大

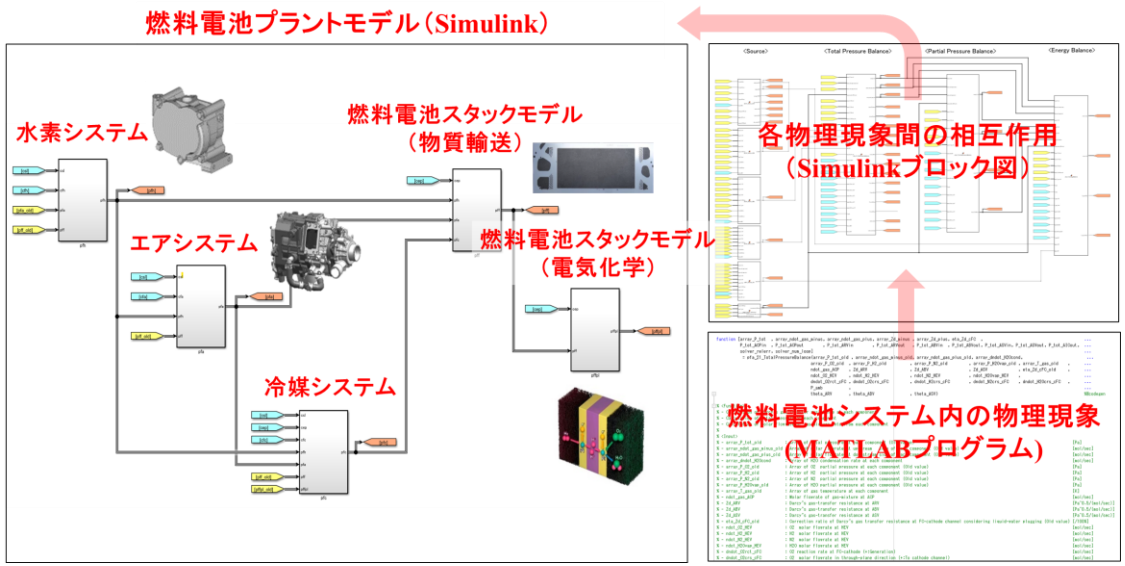


➡ **2022年7月にプレスリリースを実施**

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
共通	上記目標値に貢献する**高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術**、高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法、高精度計量観察技術）および低コスト化技術等を確立する	◎

- 燃料電池スタックと水素システム、エアシステム、冷媒システム、および制御システムを含む革新的な燃料電池システムシミュレーターFC-DynaMoを開発、実時間の40倍速で計算
- FC-DynaMoを産業界等の外部ユーザー（約200機関）に提供し、製品開発に貢献
- 技術的な革新性と産業界への貢献が認められ、第57回市村賞 市村地球環境学術賞 貢献賞を受賞



FC-DynaMo 配布数

Windows アプリ版（使用許諾契約）	MATLAB ソースコード版（使用改変許諾契約）
173	34

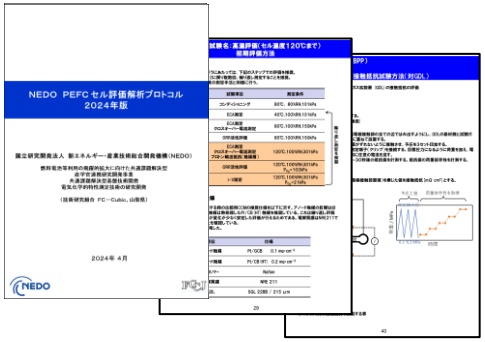
車：本田技術研究所、いすゞ中央研究所
定置用：パナソニック／建機：豊田自動織機
船舶：ヤンマーパワーテクノロジー
航空機：ボーイングジャパン
鉄道：鉄道総合技術研究所
部品：アイシン、日置電機、富士電機
ソフトウェア：MCOR、IDAJ　等

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ　「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
共通	上記目標値に貢献する高精度性能予測技術、燃料電池システム劣化予測技術、**高精度計測技術（高温下までのＭＥＡセル／部材構造／特性評価手法**、高精度計量観察技術）および低コスト化技術等を確立する	◎

- PF共通セルや評価プロトコルの策定・更新・展開により、本事業の研究開発加速に貢献するだけでなく、一般にも広く公開し新規事業者の参入障壁を下げる
- 本事業にてMEA評価：25機関177材料、材料特性評価18機関236仕様を実施

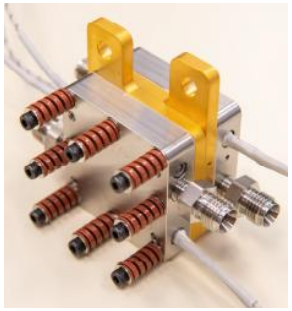
NEDO PEFCセル評価プロトコル



NEDO　評価プロトコル改訂版

FC-Cubic小型燃料電池セル　図面、使用法の展開





照会：79件

内）図面提供：70件
2025年3月時点

FC-Cubic小型燃料電池セル

MEAの高温耐久試験

BPPの耐食性評価

RDE評価法の公開

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
SOFC	**発電効率６５%超（低位発熱量）、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立**する。 **耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立**する	○

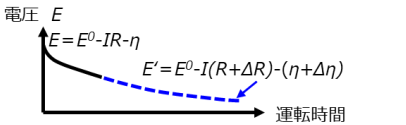
① SOFC先進スタックを的確に評価・解析する方法を確立し、その手法や得られた知見を企業の設計・開発にフィードバックすることで、高性能化、高耐久化、低コスト化等に貢献した

② 発電効率70%を見通す画期的なプロトン伝導セラミック燃料電池（PCFC）を開発した

- SOFC先進スタックを用いて燃料利用率Uf=80%で3.0万時間、Uf=85%で2.9万時間の耐久試験を達成。高燃料利用率試験でも安定に作動、抵抗成分分離に成功
- 性能表示式による寿命予測において、Uf=80%条件で13万時間程度を導出

目標

① 13万時間(15年)の耐久予測・加速劣化試験法・劣化診断法確立



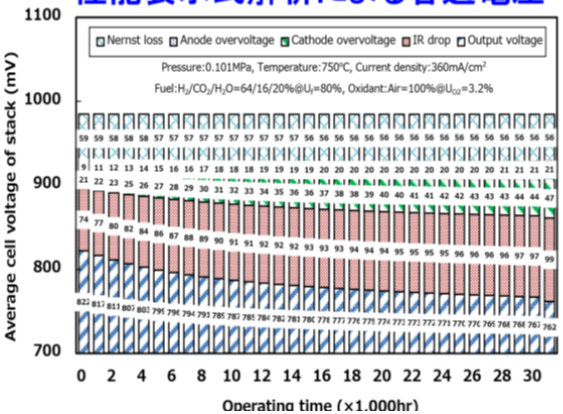
②運用性評価法プロトコル策定

・急速起動を適正に評価できるプロトコル
・システム動特性の評価法

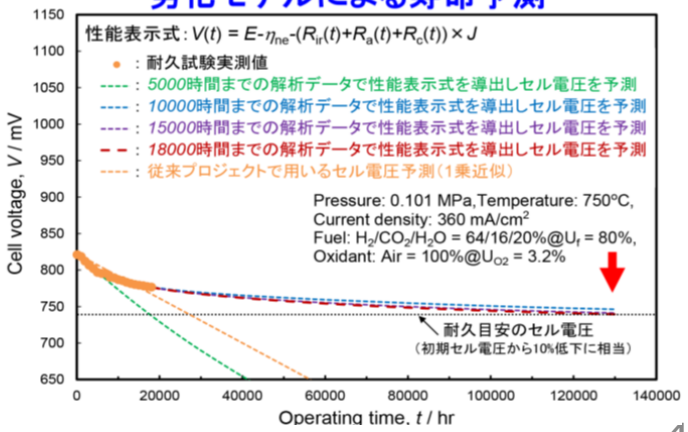
③先進劣化評価法の確立

・AI機械学習の適用：
電極微構造変化予測、電気化学性能予測
・劣化評価法の高度化

性能表示式解析による各過電圧



劣化モデルによる寿命予測



◆研究開発項目毎の目標と達成状況

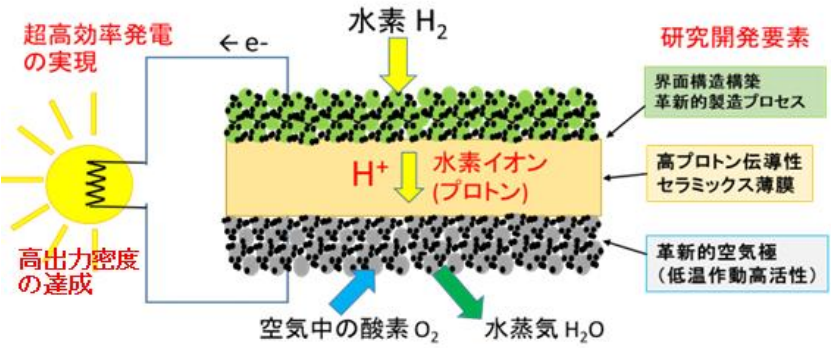
研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」		達成状況
SOFC	**発電効率６５%超（低位発熱量）**、耐久時間１３万時間以上に貢献する技術を確立する。 耐久時間１３万時間の業務・産業用燃料電池システムの劣化モデリング技術等を確立する	○

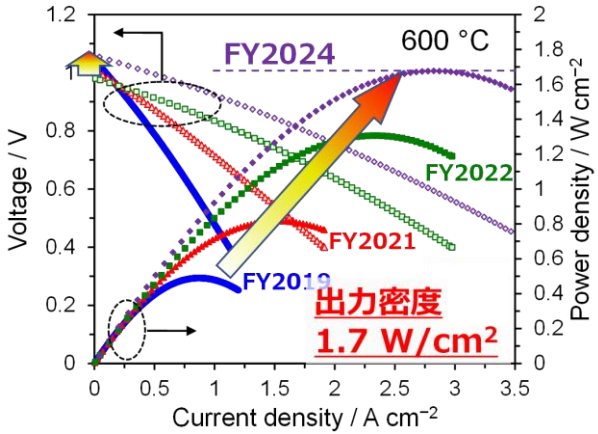
① SOFC先進スタックを的確に評価・解析する方法を確立し、その手法や得られた知見を企業の設計・開発にフィードバックすることで、高性能化、高耐久化、低コスト化等に貢献した

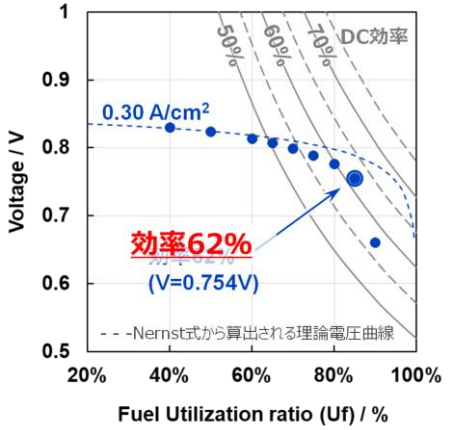
② 発電効率70%を見通す画期的なプロトン伝導セラミック燃料電池（PCFC）を開発した

- 世界最高レベルの出力密度を実現するとともに、耐久性も1%/1000h以下を達成
- セルやスタックの性能予測ができる数値解析モデルを開発し、本事業で得られた実験データから発電効率70%の実現性を提示@500℃

○PCFCの構造と原理、研究開発要素





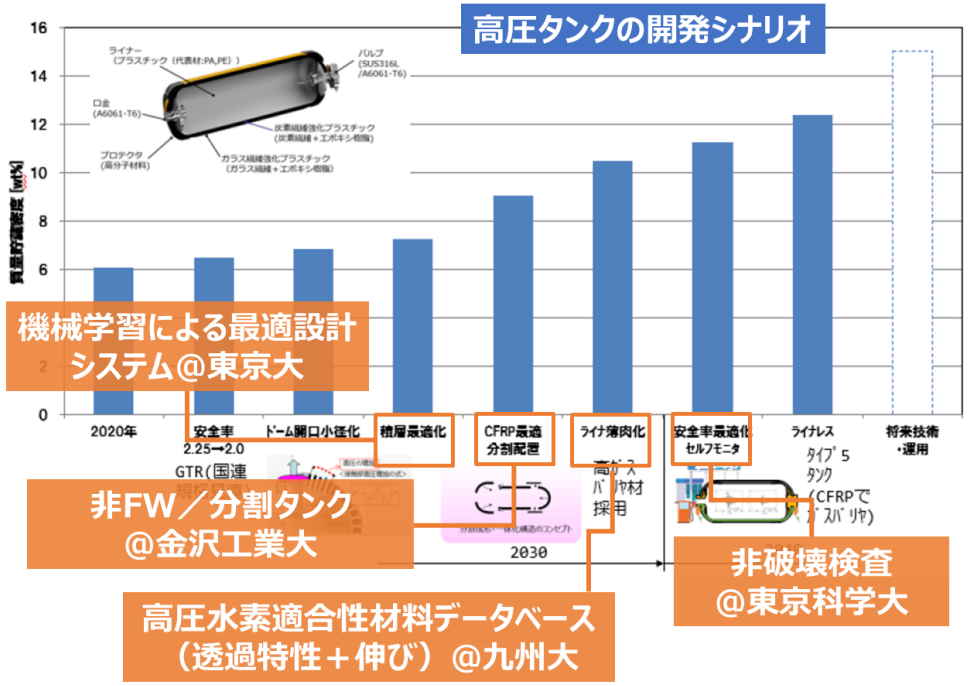


図左：開発したセルの発電特性
図右：セル電圧のUf依存性と発電効率@600℃

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

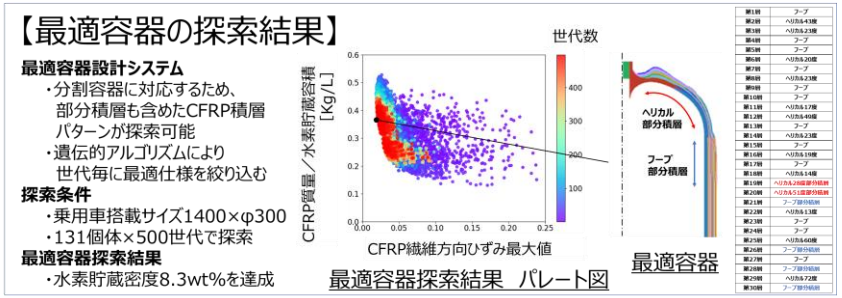
研究開発項目Ⅱ 「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
水素貯蔵	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの**低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術**やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する	○

- ロードマップにて高圧水素タンクの貯蔵密度に関する目標とシナリオを設定
- この実現に資する要素技術を本事業で開発



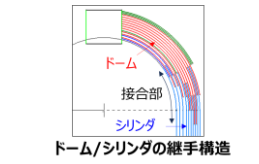
○ 最適容器設計システムの開発

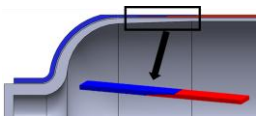
高精度軸対象モデルを用いた最適設計システムを構築し、短期間で水素貯蔵密度8.3wt%を達成

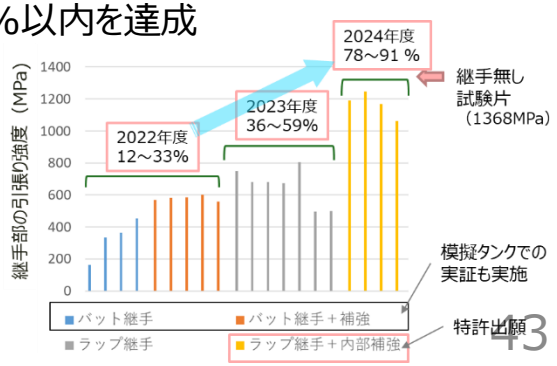


○ 継手構造の成立性の検証

数値解析による実構造タンクの技術的成立性を確認し、予測精度10%以内を達成







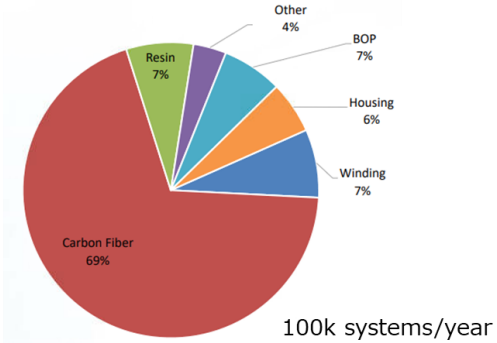
◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
水素貯蔵	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの**低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術**やその他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する	○

- 耐炎化工程が不要、かつ座礁資源等の低コスト原料から高性能炭素繊維の製造に成功

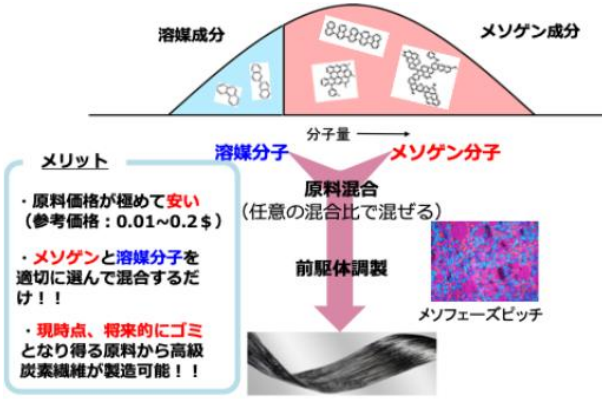


国内唯一の炭素繊維開発ラインを構築@岐阜大学



出典：DOE Annual Merit Review

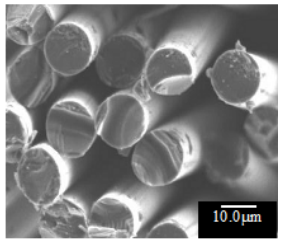
商用車タンクコスト試算@DOE

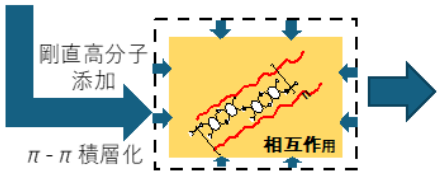


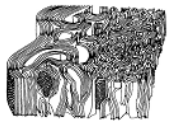


乱層（非晶）炭素
（無配向繊維）

等方性原料由来炭素繊維
弾性率 100GPa以下, 強度1.0GPa以下







繊維長さ方向に
配向した炭素

弾性率240GPa以上, 強度4.0GPa以上の実現

収率up:70%

弾性率240GPa以上、強度4.8GPa以上を達成

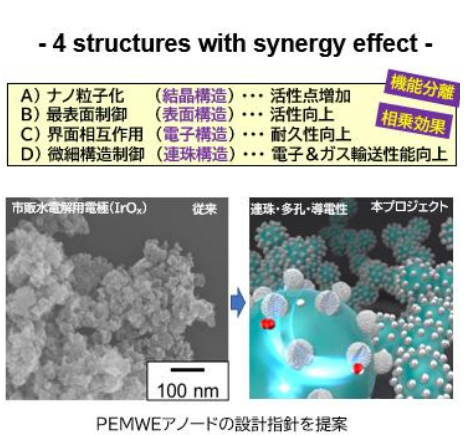
◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」		達成状況
水電解	２０３０年以降の更なる燃料電池システムの低コスト、高性能、高耐久に資する水素貯蔵関連技術や**その他多様な水素関連技術の高度化に資する技術を開発し、技術成立性を提示する**	○

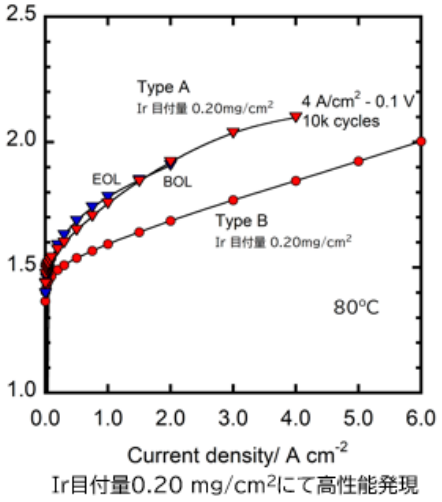
- 本事業の途中から水電解要素技術開発に着手し、企業での実用化開発へ橋渡し

○ PEMWEアノード触媒のIr削減

導電性酸化物ナノ粒子とIrOxナノ粒子の複合により、市販IrOx触媒に対して10倍のOER活性向上＆電圧上昇0.15%/1000hを達成



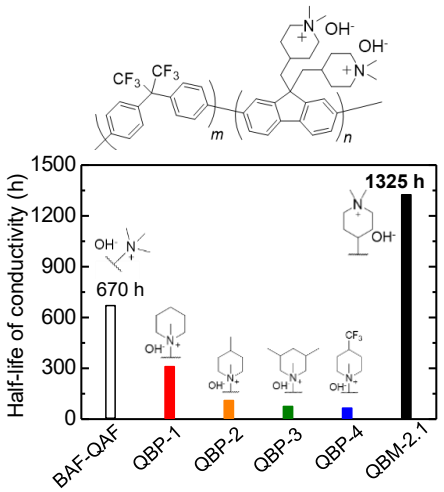
PEMWEアノードの設計指針を提案



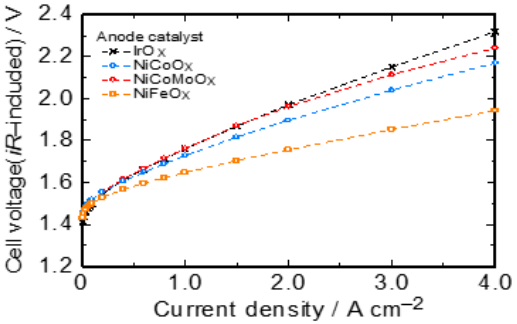
Ir目付量0.20 mg/cm²にて高性能発現

○ AEMWE電解質・触媒・MEAの開発

高いアニオン導電性を有する電解質膜、高活性なNiFeO系触媒等の要素技術を構築し、PEMWE同等の電解性能を有するアニオン交換膜型水電解セルを実現



耐久試験後性能



↑起動停止2000cycle後のセル性能

←新型電解質膜QBM-2.1がアルカリ耐久性1325時間を達成

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅲ 「燃料電池の多用途活用実現技術開発」		達成状況
共通	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、**エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示**する。 燃料電池システムおよび水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。	◎

- 燃料電池システムを搭載した農業用トラクタ、建機ショベル、ガントリークレーン、内航船を開発し、実環境にて実用に供せるレベルで動作可能なことを実証
- その他ドローンや携帯基地局向け非常用発電機等への適用性を検証







北米LA港にてFC-RTGCとして世界初となるトラックヤードでの運用を実証中



大阪・関西万博の開催中にユニバーサルシティポートと夢洲（万博会場）を結ぶ旅客実証運航を実現。商用化へ向けて運航データを蓄積

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目Ⅲ 「燃料電池の多用途活用実現技術開発」		達成状況
共通	２０３０年までの燃料電池ユニット等の多用途展開を目指して、エネルギーマネジメント要素も含めた実証事業を行い、自家用車以外で３種類以上の用途の適用可能性を提示する。 **燃料電池システムおよび水電解システムのコスト低減を実現するために革新的な生産技術等を開発する。**	◎

- セパレータやGDL、電解質膜、CCM等の生産技術を推進、大量生産および低コスト化を見通す

●ＰＥＭ形水電解向け大面積ＣＣＭ量産製造技術開発（株式会社SCREENホールディングス）

➢ **電極面積5,000cm2に対応したＣＣＭ連続生産技術を開発するとともに、枚葉方式ＣＣＭと同様の性能を実証**



● 電極面積5,000cm²のPEMWE向けCCMロールtoロール生産技術確立

●高信頼性炭化水素系電解質膜の革新的ＣＣＭ生産技術開発（東レ株式会社）

➢ **製造プロセス技術開発によりロールＣＣＭ20万m3/年を見通す生産性を実現するとともに、生産性を実証したロールＣＣＭで高い水電解性能を達成**



高生産性設備を設計・導入し、CCM製造プロセス技術開発を進め目標生産性を達成

➡ ＧＸサプライチェーン構築支援事業にて量産化に向けた生産ライン構築へ

写真：成果報告会資料より

◆研究開発成果の副次的成果等

本事業では延べ101テーマ260機関という非常に多くの研究機関が参画。特に大学・研究機関の比率が高く、学生研究員の参画による当該分野の人材育成に貢献。

○２０２４年夏に本プロジェクトに参画する事業者へアンケートを実施

回答数：延べ１５５機関

Q．学生研究員数について　➡２８５名

Q．博士号取得者数について　➡６０名

Q．水素・燃料電池業界企業への就職者数について　➡１４５名

○シンポジウムやワークショップでの情報発信





○人材育成講座の開催



◆特許出願及び論文発表

- 各テーマで策定する知財戦略を最優先にしつつ、研究発表等は積極的に実施
- 以下の通り、多数の成果発信により燃料電池・水電解分野の活性化につなげた
- 事業後半にかけて着実に成果を挙げていることが分かる

	中間評価時点	終了時評価時点	研究開発項目Ⅰ	研究開発項目Ⅱ	研究開発項目Ⅲ
特許出願(外国出願：PCT含む)	70	391(89) ×5.5	156(42)	136(44)	99(3)
論文	178	514 ×2.9	300	214	0
研究発表・講演	750	2455 ×3.3	1492	951	12
その他	102	336 ×3.3	154	169	13
計	1100	3696	2102	1470	124

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方
- アウトカム目標の設定及び根拠、達成見込み
- アウトプット目標の設定及び根拠、達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願及び論文発表

3．マネジメント

(1)実施体制
(2)研究開発計画・進捗管理

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 予算及び受益者負担
- 研究データの管理・利活用
- 研究開発のスケジュール
- 目標達成に必要な要素技術
- 進捗管理（研究開発マネジメント）
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み

◆NEDOが関与する意義

●産業界ニーズの集約、アカデミアによるイノベーション、産業界への橋渡し、当該分野の知見・経験およびネットワークを有するNEDOが中心として実施すべき事業である。

2030年以降の社会実装に向けた革新的な燃料電池技術の開発は、

- ○ **社会的必要性：大、国家的課題**
- ○ **運輸部門、民生・産業部門の脱炭素化／競争力強化に貢献**
- ● **研究開発の難易度：高**
  - → **燃料電池自動車をはじめとした先行製品の市場投入によって新規の課題も顕在化**
- ● **投資規模：大＝開発リスク：大**
  - → **企業では2020年代の製品化に向けた技術開発にリソースを集中**

ＮＥＤＯが産業界・アカデミアのハブとなり、これまでの知見やネットワークを活かして推進すべき事業（産業界ニーズ（中長期的課題）の集約／アカデミアによるイノベーション／産業界への橋渡し）

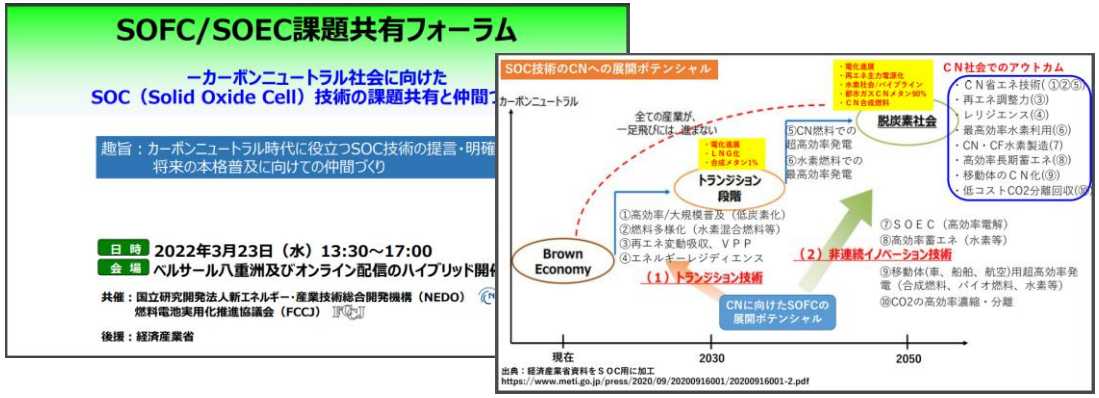
◆NEDOが関与する意義

NEDOがハブとなって各社からのニーズを抽出して共通課題を整理
2019年1月開催の「FCV課題共有フォーラム」を皮切りに、水素貯蔵分野やSOFCなどに関する様々な課題共有会を開催

★FCV課題共有フォーラムにおいてトヨタとホンダが同一スライドで課題を共有



★SOFC課題共有フォーラムをNEDOとFCCJで共催



★本プロジェクト開始後、NEDOとFC-Cubicの共催でオープンシンポジウム（課題共有会）を9回開催





FC-Cubic
技術組合FC-Cubic

◆研究開発の実施体制

●外部専門家としてPL、SPLを委嘱し、NEDOとともにこれまでに101もの研究開発テーマ（延べ参画機関260）のマネジメントを推進

NEDO水素・アンモニア部
PMgr：後藤 謙太

委託／助成

●20年度採択
委託：39テーマ（104機関）　→29テーマ
助成：7テーマ（10機関）　→3テーマ

●21年度採択
委託：17テーマ（43機関）　→13テーマ
助成：7テーマ（10機関）　→7テーマ

●22年度採択
委託：14テーマ（44機関）　→13テーマ
助成：3テーマ（4機関）　→3テーマ

●23年度採択
委託：12テーマ（43機関）
助成：2テーマ（2機関）

指導

プロジェクトリーダー（PL）
●PEFC・水素貯蔵分野
トヨタ自動車（株）水素製品開発部
チーフプロフェッショナルエンジニア　木崎 幹士
●SOFC分野
東京大学生産技術研究所 シニア協力員 兼
産業技術総合研究所 名誉リサーチャー 横川 晴美

サブプロジェクトリーダー（SPL）
●PEFC分野
技術研究組合FC-Cubic 先端解析技術推進部
部長　竹内　仙光
●水素貯蔵分野（2022年6月～）
トヨタ自動車（株）水素製品開発部
水素貯蔵システム開発室　高見　昌宜

※ステアリング委員会（水電解分野）
中部大学 先端研究センター 特任教授　藤田 照典
ビック情報（株）コンサルティング部 顧問　山松 節男

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（PEFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
PE01	2020	高温低加湿作動を目指した革新的低白金化技術開発	学校法人同志社、石福金属興業株式会社、国立大学法人東北大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人千葉大学
PE02	2020	未踏合金カソード触媒の創製	国立大学法人京都大学、国立大学法人岩手大学
PE03	2020	高効率・高出力・高耐久PEFCを実現する革新的材料の研究開発事業	国立大学法人山梨大学、パナソニックホールディングス株式会社、田中貴金属工業株式会社、日本化学産業株式会社、株式会社日産アーク（2022年度まで）、国立大学法人東北大学、国立大学法人大阪大学
PE04	2020	大型モビリティに適応する多用途型燃料電池モジュールの研究開発	東芝エネルギーシステムズ株式会社
PE05	2020	ラジカル低減機能と燃料欠乏耐性を有するアノード触媒の研究開発	国立大学法人山梨大学、国立大学法人岩手大学、国立大学法人信州大学、国立大学法人東北大学
PE06	2020	高耐久性を目指したラジカルクエンチャーの研究開発	学校法人上智学院
PE07	2020	配位高分子を用いた中温作動燃料電池の研究開発	株式会社デンソー
PE08	2020	硫黄化合物等の吸着脱離メカニズム解明と被毒予防・回復技術開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構、一般財団法人日本自動車研究所（2022年度まで）
PE09	2020	二次元反応場制御によるナノシート触媒/触媒層の高耐久化技術開発	国立大学法人信州大学，学校法人同志社，石福金属興業株式会社
PE10	2021	アナターゼ型TiO2薄膜を活用した低接触抵抗・高耐久性セパレータ表面処理技術の開発	国立大学法人東京工業大学、学校法人中部大学
PE11	2021	高効率・高出力・高耐久PEFCを実現するGDL一体型フラットセパレータの研究開発	国立大学法人山梨大学、株式会社エノモト、国立大学法人大阪大学
PE12	2021	高耐食性・低接触抵抗性を発現するPEFCステンレスセパレータコーティング技術の研究開発	国立大学法人名古屋工業大学、学校法人東京理科大学、国立研究開発法人物質・材料研究機構
PE13	2021	導電性ナノファイバーネットワークによる自立MPLの研究開発	日本バイリーン株式会社
PE14	2021	燃料電池スタックシール用高速架橋エラストマー材料の研究開発	国立大学法人九州大学、国立大学法人大阪大学、国立大学法人横浜国立大学、一般財団法人化学物質評価研究機構
PE15	2021	燃料電池セパレーター用ラミネート金属・高分子ナノコンポジット（NC）フィルムの研究開発	国立大学法人 神戸大学、学校法人甲南学園（甲南大学）、積水化学工業株式会社
PE16	2022	固体高分子形燃料電池用接着シール技術の研究開発	国立大学法人東京工業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人物質・材料研究機構、兵庫県公立大学法人兵庫県立大学、国立大学法人大阪大学、国立大学法人名古屋工業大学、埼玉県産業技術総合センター
PE17	2022	燃料電池セパレーター製造プロセスの研究開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所
PE18	2022	燃料電池の耐久性向上に向けたフラーレン誘導体ラジカルクエンチャーの研究開発	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（PEFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
PE19	2023	燃料電池のプロセスインフォマティクス共通基盤の構築	国立大学法人東京大学、国立大学法人金沢大学、国立大学法人九州大学、株式会社堀場製作所
PE20	2023	固体高分子形燃料電池生産時のエージングプロセスの現象解明	国立大学法人京都大学、技術研究組合FC-Cubic、公益財団法人高輝度光科学研究センター、国立大学法人九州大学
PE21	2023	高速連続プラズマ成膜による耐食性に優れた低コストアルミセパレータの開発	株式会社プラズマイオンアシスト、株式会社エフ・シー・シー、国立研究開発法人物質・材料研究機構

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（PEFC評価解析プラットフォーム）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
PF01	2020	評価解析プラットフォームマネジメント	技術研究組合FC-Cubic、みずほリサーチ＆テクノロジーズ株式会社
PF02	2020	長寿命化・高性能化達成のための設計シミュレーターの開発	国立大学法人京都大学、国立大学法人東北大学、国立大学法人九州大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学
PF03	2020	プラットフォーム材料の解析及び解析技術の高度化の技術開発	技術研究組合FC-Cubic、株式会社日産アーク（2022年度まで）、公益財団法人高輝度光科学研究センター、国立大学法人京都大学、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、一般財団法人ファインセラミックスセンター、国立大学法人電気通信大学、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、国立大学法人茨城大学（2022年度まで）
PF04	2020	電気化学的特性測定技術の研究開発	技術研究組合FC-Cubic、山梨県
PF05	2020	マテリアルズ・インフォマティクスによる燃料電池材料の研究開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構、株式会社日産アーク（2022年度まで）

●研究開発項目Ⅰ「共通課題解決型基盤技術開発」（SOFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
SO01	2020	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（WP1　革新的高性能電極・部材の開発）	国立大学法人東北大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人名古屋工業大学、一般財団法人ファインセラミックスセンター、株式会社ノリタケカンパニーリミテド
SO02	2020	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（WP2　高効率・高出力密度セルの開発）	国立研究開発法人産業技術総合研究所、パナソニックホールディングス株式会社、国立大学法人九州大学、国立大学法人宮崎大学
SO03	2020	超高効率プロトン伝導セラミック燃料電池デバイスの研究開発（WP3　セル評価・アプリケーション研究）	一般財団法人電力中央研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京大学、国立大学法人横浜国立大学
SO04	2020	固体酸化物形燃料電池強靭化技術の開発	国立大学法人京都大学、国立大学法人東北大学、国立大学法人九州大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、イムラ・ジャパン株式会社
SO05	2020	固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の研究開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所、一般財団法人電力中央研究所、国立大学法人東京大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人九州大学、国立大学法人東北大学、イムラ・ジャパン株式会社

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（PEFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
IP01	2020	高分子形と酸化物形の技術融合による電極一体型次世代PEFCの創製	国立大学法人九州大学
IP02	2020	カーボンフリー白金合金ナノ粒子連結触媒とポリフェニレン系細孔フィリング電解質膜の開発および高電圧・高出力MEAへの展開	国立大学法人東京工業大学
IP03	2020	広温湿度作動PEFCを実現する先端的材料コンセプトの創出	国立大学法人山梨大学、日本化学産業株式会社
IP04	2020	高性能・高耐久・低コストMEAに向けた先端要素技術の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
IP05	2020	超高電位を目指した酸化物カソードの開発・超機能発現のための表面/界面解析と制御	国立大学法人横浜国立大学、学校法人片柳学園東京工科大学、国立大学法人大阪大学
IP06	2020	超高電位を目指した酸化物カソードの開発・理論起電力達成のための触媒合成	学校法人福岡大学、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、国立大学法人九州大学、国立大学法人宇都宮大学、高知県公立大学法人高知工科大学
IP07	2020	超高電位を目指した酸化物カソードの開発・先端計測と理論解析による触媒能発現機構の解明	国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人東京大学、株式会社日産アーク
IP08	2020	十四員環型活性点の高活性化・高密度化による革新的非白金触媒の研究開発	国立大学法人東京工業大学、国立大学法人静岡大学、 国立大学法人熊本大学（2023年度まで）、旭化成株式会社（2023年度まで）、 トヨタ紡織株式会社（2024年度から）
IP09	2020	PEFC用イオン液体含侵型Pt/MPC高活性・高耐久カソード触媒合成技術の研究開発	独立行政法人国立高等専門学校機構　奈良工業高等専門学校、独立行政法人国立高等専門学校機構　和歌山工業高等専門学校
IP10	2020	イオン液体構造を有するアイオノマーによる革新的低白金技術の研究開発	独立行政法人国立高等専門学校機構　鶴岡工業高等専門学校
IP11	2020	機能性ナノファイバーフレームワークを基本骨格とする低コスト・高耐久性電解質複合膜の研究開発	東京都公立大学法人東京都立大学
IP12	2020	150℃運転可能な高耐久超薄コンポジット電解質膜/電極接合体の研究開発	国立大学法人豊橋技術科学大学、兵庫県公立大学法人、豊田通商株式会社
IP13	2020	高伝導無水系電解質膜の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学
IP14	2020	交流磁場誘起レーザー変位計を用いた金属異物非接触マイクロ断層検出システムの開発	学校法人名城大学

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（PEFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
IP15	2021	『湾曲グラファイト網面』をプラットフォームとする革新的カーボンアロイPEFCカソード触媒の研究開発	国立大学法人群馬大学、日清紡ホールディングス株式会社、国立大学法人千葉大学
IP16	2021	金属酵素インスパイアド非白金電極触媒の研究開発	国立大学法人北海道大学、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
IP17	2021	触媒担体表面の化学修飾技術によるPEFC超高機能界面の創出	国立大学法人大分大学
IP18	2021	～1-nm白金系触媒の構造・組成制御に基づくPEFCカソード触媒の高活性化	学校法人東京理科大学
IP19	2021	燃料電池高温低加湿運転に向けた炭化水素系およびガラス系無機電解質膜の研究	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人物質・材料研究機構
IP20	2022	スケーリング則を脱するカソード触媒の基盤研究：酸化物をベースとした非白金触媒の理解	国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人東京大学、国立大学法人横浜国立大学
IP21	2022	広作動条件に対応可能な革新的白金系ナノシート触媒の技術開発	国立大学法人信州大学、国立大学法人琉球大学、学校法人同志社大学
IP22	2022	広い温度範囲で作動可能なリン酸固定型極薄ハイブリッド電解質膜の研究開発	国立大学法人豊橋技術科学大学、兵庫県公立大学法人兵庫県立大学
IP23	2022	規則的ナノ細孔を活用した中温プロトン伝導膜の研究開発	株式会社デンソー、国立大学法人京都大学
IP24	2022	燃料電池および水電解の革新的な生産技術に資する静電スプレー法に関する プロセス要素技術の研究開発事業	国立大学法人山梨大学、国立大学法人大阪大学、株式会社メイコー
IP25	2023	酸高密度構造における新規プロトン伝導機構Packed-acid mechanismを利用した、高温・加湿レスでも高いプロトン伝導性を示す電解質膜の研究開発	国立大学法人京都大学

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（SOFC分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
IS01	2020	可逆動作可能な固体酸化物燃料電池の開発とエネルギー貯蔵システム	国立大学法人九州大学、特殊技研金属株式会社、国立大学法人北海道大学
IS02	2020	高効率・高耐久・可逆作動SOFCの研究開発	国立大学法人山梨大学
IS03	2021	可逆動作型プロトン伝導セラミック燃料電池の新規な健全性評価・解析技術の開発	学校法人日本大学
IS04	2021	低温作動水素透過膜支持型燃料電池の研究開発事業	国立大学法人北海道大学
IS05	2022	可逆動作可能な固体酸化物燃料電池の可逆性と繰り返し安定性の向上	国立大学法人九州大学、特殊技研金属株式会社、国立大学法人北海道大学
IS06	2022	固体酸化物形電気化学セル強靭化技術の開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人 東北大学、国立大学法人 京都大学、国立大学法人 九州大学、イムラ・ジャパン株式会社

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（水素貯蔵分野・その他）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
HS01	2020	CFRP製水素タンクのマルチスケール設計・評価解析技術の研究開発	国立大学法人東京大学、国立大学法人筑波大学、学校法人日本大学
HS02	2020	低コストと高性能を両立した炭素繊維の研究開発	国立大学法人東海国立大学機構　名古屋大学、国立大学法人九州大学
HS03	2020	車載機器用高圧水素適合性高分子材料評価法およびデータベースの確立	国立大学法人九州大学、公立大学法人滋賀県立大学、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
HS04	2020	移動式FC用水素源アンモニアボランの社会実装に向けた先端技術開発	国立大学法人琉球大学、ハイドロラボ株式会社
HS05	2021	革新的低コスト燃料電池自動車用高圧水素容器の健全性を保証するための非破壊検査，オンラインモニタリング，損傷許容技術の開発	国立大学法人東京工業大学、東京都公立大学法人東京都立大学、国立大学法人東北大学、国立大学法人東京大学、学校法人明治大学、国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学、国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学
HS06	2021	非FW／分割プリフォームおよび新規樹脂（REDOX硬化型樹脂）による高圧水素タンクの革新的ハイレート製造プロセスの開発	学校法人金沢工業大学、国立大学法人東京農工大学、学校法人日本大学、ミズノテクニクス株式会社
HS07	2021	水素貯蔵効率向上に向けた水素タンクの研究開発	豊田合成株式会社、株式会社アツミテック
HS08	2021	機械学習を用いた高圧水素複合容器の最適設計技術に関する理論検討及び実証研究	株式会社SUPWAT、国立大学法人東京大学
HS09	2022	マルチロードパス構造による連装型水素タンクモジュールの研究開発	国立大学法人東京農工大学、国立大学法人東京大学、学校法人日本大学、学校法人金沢工業大学、東京都公立大学法人　東京都立大学、国立大学法人東海国立大学機構　名古屋大学
HS10	2022	軽量液体水素タンク用高分子系ハイブリッド複合材料の研究開発	国立研究開発法人物質・材料研究機構
HS11	2022	大型FCV用液体水素貯蔵システム開発に向けた容器内液体水素挙動解明に関する研究開発	一般財団法人日本自動車研究所、国立大学法人琉球大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人神戸大学
HS12	2023	分割製造TYPE4高圧水素容器の最適設計のためのメゾ・マクロツースケール解析に基づくボス・ドーム部強度高精度予測軸対称有限要素モデルの開発と実証	国立大学法人東京大学

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止

●研究開発項目Ⅱ「水素利用等高度化先端技術開発」（水電解分野）

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
EC01	2022	プロトン交換膜型水電解装置用革新的低貴金属担持アノード触媒の研究開発	国立大学法人山梨大学、日本化学産業株式会社、石福金属興業株式会社
EC02	2023	革新的水電解用電極技術の研究開発	学校法人同志社
EC03	2023	アニオン交換膜水電解スタックおよび大面積セルの開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人早稲田大学、国立大学法人北海道大学、株式会社トクヤマ、デノラ・ペルメレック株式会社、凸版印刷株式会社
EC04	2023	出力変動対応、高電流密度域利用、高圧水素製造を可能とする高性能アニオン交換膜型水電解の研究開発	国立大学法人東京工業大学
EC05	2023	常温水電解の実用化基盤研究プラットフォームの構築	国立大学法人横浜国立大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人京都大学、大阪公立大学、国立大学法人東京大学、学校法人立命館、デノラ・ペルメレック株式会社、国立研究開発法人物質材料研究機構、技術研究組合FC-Cubic、JFEテクノリサーチ株式会社
EC06	2023	水電解用酸化マンガン系酸素生成（ＯＥＲ）触媒の運転方法・製造方法の確立と大型化へ向けた研究開発	東ソー株式会社、日本カーリット株式会社、国立研究開発法人理化学研究所
EC07	2023	マテリアルズインフォマティクスによるPEM型水電解装置の非貴金属化の研究開発	国立大学法人北海道大学、国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人熊本大学、国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学
EC08	2023	アニオン膜型アルカリ水電解セルの要素研究と実用化技術の確立	国立大学法人山梨大学、パナソニック ホールディングス株式会社、タカハタプレシジョン株式会社、日本化学産業株式会社、富士電機株式会社

◆研究開発の実施体制

実施完
SG中止
予定通り終了

●研究開発項目Ⅲ 「燃料電池の多用途活用実現技術開発」

番号	採択年度	テーマ名	実施機関
MU01	2020	MEA高速生産技術および検査技術の開発	株式会社SCREENファインテックソリューションズ
MU02	2020	高出力燃料電池搭載内航船舶の実用化に向けた実証	日本郵船株式会社、東芝エネルギーシステムズ株式会社、川崎重工業株式会社、ＥＮＥＯＳ株式会社
MU03	2020	低コスト高効率化技術を用いた燃料電池システムによる多用途活用技術開発	株式会社デンソー
MU04	2020	用途拡大を見据えた薄型・高効率ＳＯＦＣシステムの実用化開発	株式会社アイシン
MU05	2020	高信頼性炭化水素系補強電解質膜の低コスト・革新的生産技術開発	東レ株式会社
MU06	2020	車載用燃料電池セパレータの大量普及時に向けた品質担保手法の開発	日清紡ケミカル株式会社
MU07	2020	高耐久空冷式燃料電池システムの開発	日清紡ホールディングス株式会社
MU08	2021	多用途展開可能なクラウド対応型燃料電池（FC）発電モジュールの開発	株式会社豊田自動織機
MU09	2021	燃料電池システムを搭載した油圧ショベルの研究開発と実証検証	コベルコ建機株式会社
MU10	2021	商用運航の実現を可能とする水素燃料電池船とエネルギー供給システムの開発・実証	岩谷産業株式会社、関西電力株式会社
MU11	2021	燃料電池搭載農業用トラクタの実用化に向けた実証研究	株式会社クボタ
MU12	2021	港湾荷役機器ラバータイヤ式門型クレーンの水素駆動化（水素燃料電池の採用）開発事業	株式会社三井E&Sマシナリー
MU13	2021	高圧水素タンク及びＭＥＡの全数高速検査を実現する革新的Ｘ線検査技術の開発	東レ株式会社
MU14	2021	高性能SOFCスタックおよびエネルギーマネジメント連携によるドローン等実用化技術開発	日産自動車株式会社、株式会社アツミテック、株式会社プロドローン、インテグレーションテクノロジー株式会社
MU15	2022	カーボンと樹脂の複合材料を用いた燃料電池セパレータ高生産性技術開発	トヨタ車体株式会社
MU16	2022	高信頼性炭化水素系電解質膜の革新的ＣＣＭ生産技術開発	東レ株式会社
MU17	2022	高圧方式に適した大型アルカリ水電解装置及びセパレータの開発	株式会社日本触媒、株式会社トクヤマ
MU18	2023	PEM 形水電解向け大面積CCM 量産製造技術開発	株式会社SCREEN ファインテックソリューションズ
MU19	2023	高生産性・低環境負荷・低コストを実現する炭化工程を必要としないGDLの技術開発	株式会社巴川製紙所

◆個別事業の採択プロセス

- 専門家による適切な審査のため分野別の採択審査委員会を複数設置
- 産業界ニーズ等を踏まえた重点分野を設定して毎年度追加公募を実施

採択年度	審査委員会数	提案数	採択数	
2020	4	71	49	全般的に公募
2021	4	29	21	2020年度採択で不足する領域（セパレータ、GDL等）を重点領域として公募
2022	4	24	18	HDV向けの課題とシール技術を重点領域として公募
2023	3	25	16	水電解の要素・基盤技術を新たな対象領域として公募

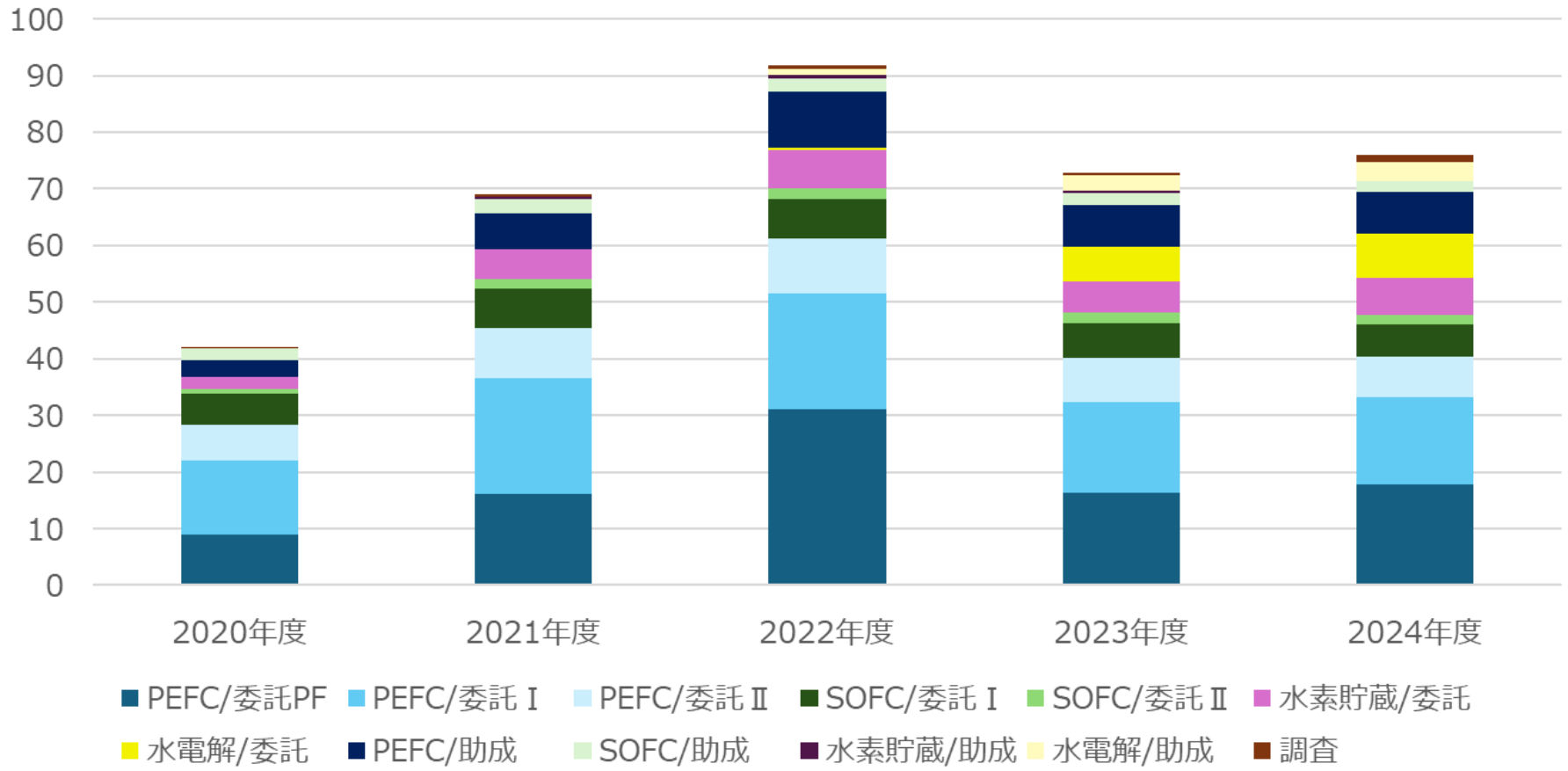
公募周知方法：NEDOホームページで公開、公募予告・本公募ともに1か月以上実施

公募条件・対象者：基本計画の目標に資するテーマであれば技術は限定せずに幅広く対象として公募。2年目以降の追加公募では産業界ニーズを踏まえ重点領域を設定して優先的に採択するも、それ以外の技術も限定せずに募集し審査

審査体制：PEFC、SOFC、水素貯蔵、水電解、実用化等の分野毎に委員会を設定

◆予算及び受益者負担

- 燃料電池への期待の高まりや新たな課題設定により政府予算額は年々増加
- 5か年の事業期間でPEFCに関する委託研究テーマの予算額が全体の60%超を占める



※研究開発項目Ⅲ／助成テーマの補助率は1/2

◆研究データの管理・利活用

●NEDOの基本方針に従い、情報公開や管理体制などの整備を進め、研究インテグリティの確保に努めた

○研究成果の公開について

- NEDOの運用に従い、委託事業についてはプロジェクト終了後に成果報告書を公開
- 毎年度NEDOが主催する成果報告会で、委託・助成事業の進捗を公開の場で報告

※ただし、日本の産業競争力の低下につながらないように公開範囲には留意

○研究インテグリティの確保について

- 公募・採択審査時に、同一研究者による「不合理な重複」及び「過度の集中」がないかを確認したうえで、採否を決定した。
- また政府方針にも基づき、2021年度追加公募から実施機関における情報管理体制の整備を図り、適切な情報セキュリティ規程の整備や本事業に係る機微情報の取扱者名簿や体制図の策定等を実施した。

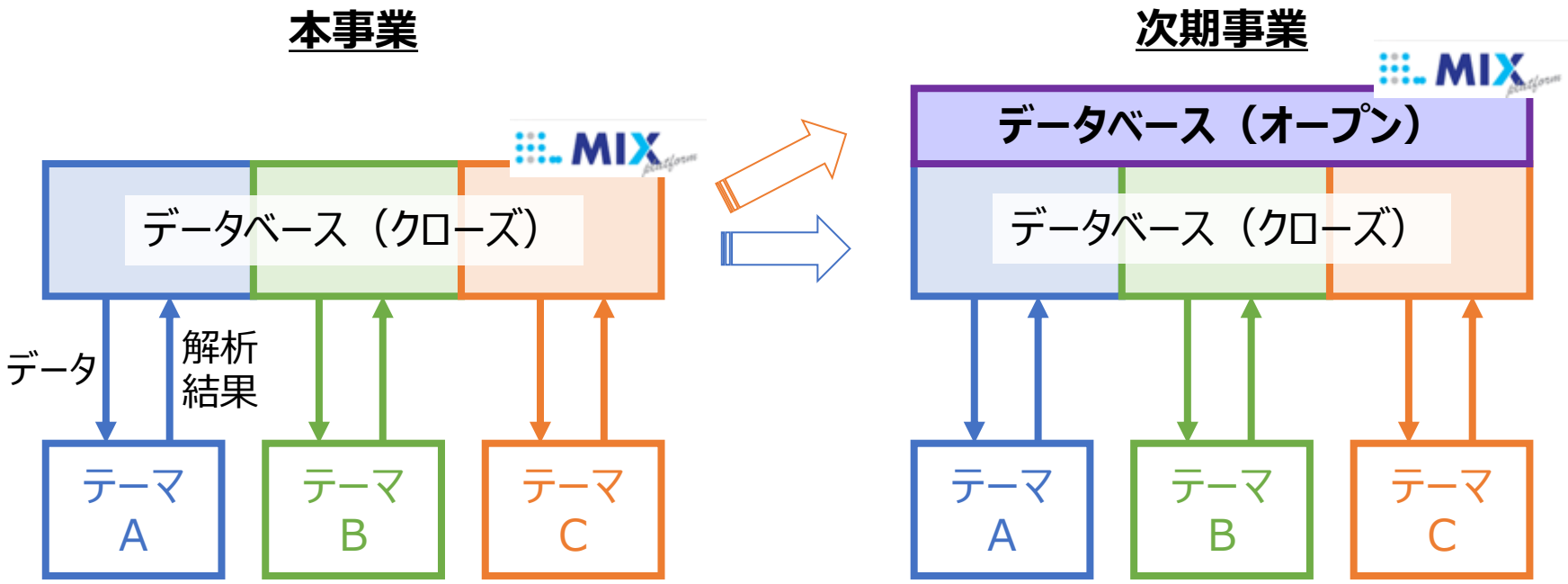
○研究データの管理について

- NEDOにおいてデータマネジメント基本方針を策定した。
- 本方針に基づき、プロジェクト開始当初に採択テーマのデータ管理・利活用・公開方針を定め、研究計画に反映した。

再掲

◆研究データの管理・利活用（研究データのオープン・クローズ）

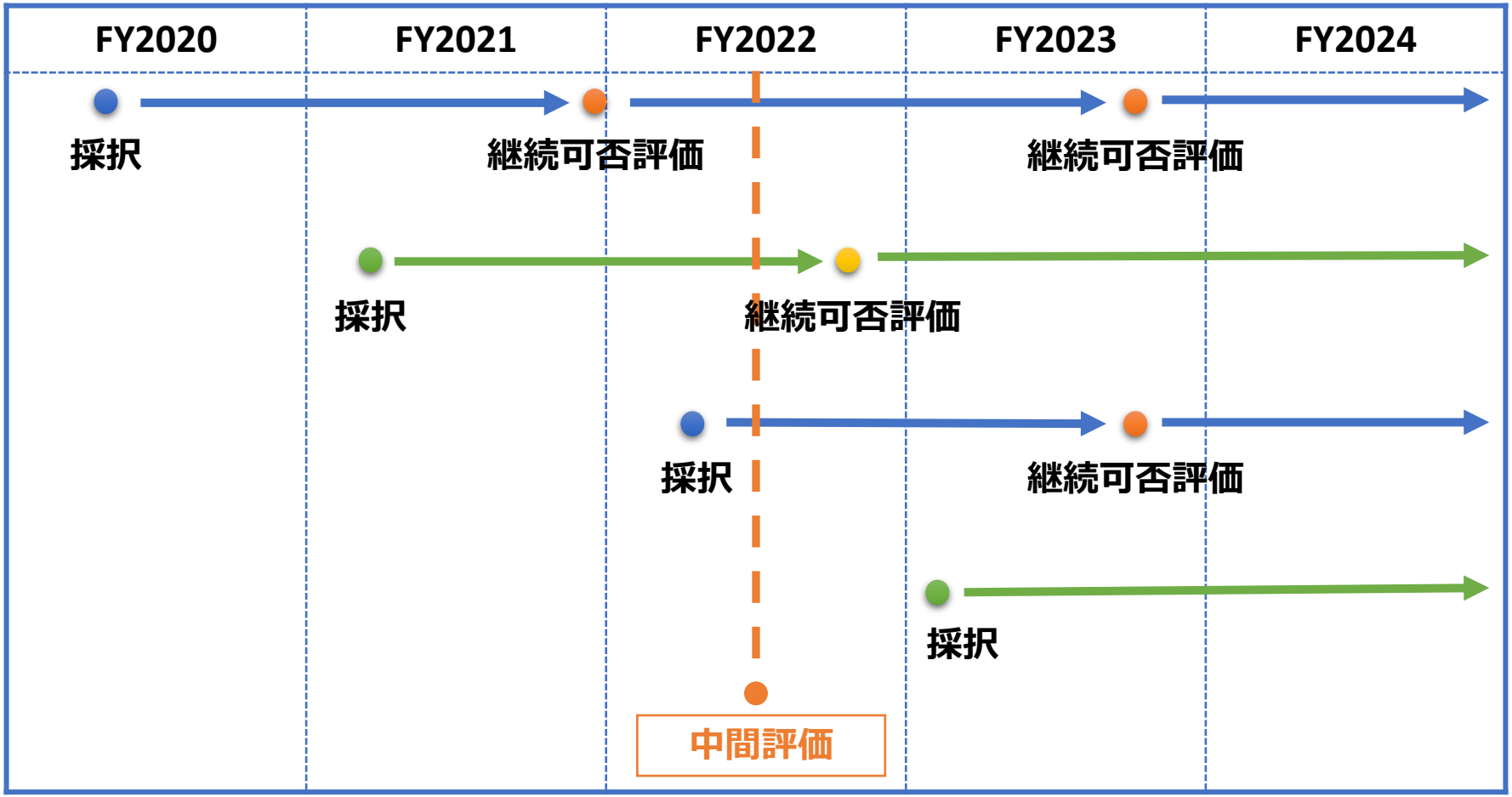
- 本事業では原則として各テーマ内の研究データはクローズ領域に管理
- 事業終了時に秘匿性のないデータはオープン領域（事業内限り）へ移行して、自事業において複数テーマ間での利活用が可能な設計とした



- 次期事業ではマテリアルズインフォマティクスによる研究加速のため、特許出願／論文発表等が対応が完了したデータはオープン領域に格納することをルール化
- 論文や特許等の大量データを自然言語処理により抽出しオープン領域に格納する構想（本事業にてその基盤技術を構築）

◆研究開発のスケジュール

産業界ニーズや研究開発動向を踏まえ毎年度公募を実施
採択したテーマは2年毎に評価し継続可否を判断するステージゲート方式を採用



※中間目標は各テーマで２年毎（継続可否評価のタイミング）で設定

◆目標達成に必要な要素技術

- 基本計画やロードマップで定める目標の実現に向けて取り組むべき課題を整理し、ロードマップや課題共有フォーラムを通して対外的に発信。これらに基づきテーマ公募的に多様なアイデアを採択して事業を推進した。

・FCV課題共有フォーラム（2019年1月）で提示した取り組むべきテーマの取り組む状況を可視化し、追加公募にて不足内容を重点的に採択

電解質・ｱｲｵﾉﾏ	（A）2020～2025年に取組むべきテーマ
1）実用技術開発	①ラジカルクエンチ技術（材料、固定化）
2）実用化に向けた開発・技術実証	①化学劣化抑制技術 ②プロトン輸送能力向上技術（低EW） ③酸素透過向上技術（ｱｲｵﾉﾏ） ④機械的要因による劣化抑制技術（膜） ⑤ガス透過抑制技術（膜） ⑥HC膜技術(機械耐久向上、水素バリア性向上技術含む)
3）要素技術開発	①高温対応技術（120℃） ・ガス透過抑制技術 ・高温劣化抑制技術・酸素透過向上技術（ｱｲｵﾉﾏ） ②機械的要因による劣化抑制技術（膜） ③プロトン伝導性向上技術（現行の２～４倍）
4）シーズ探索・基盤研究	①新プロトン輸送機構（無水伝導）材料 ②触媒被毒抑制材料

GDL・MPL	（A）2020～2025年に取組むべきテーマ
1）実用技術開発	①低コストGDL基材の適用 ②高ガス透過性材料（濃
2）実用化に向けた開発・技術実証	①低電気抵抗材料（接触 ②電解質膜保護とガス拡散
3）要素技術開発	①超低抵抗シート材料 ②高温運転対応（120℃
4）シーズ探索・基盤研究	①高電位化対応（0.85V ②革新物性シート（平滑

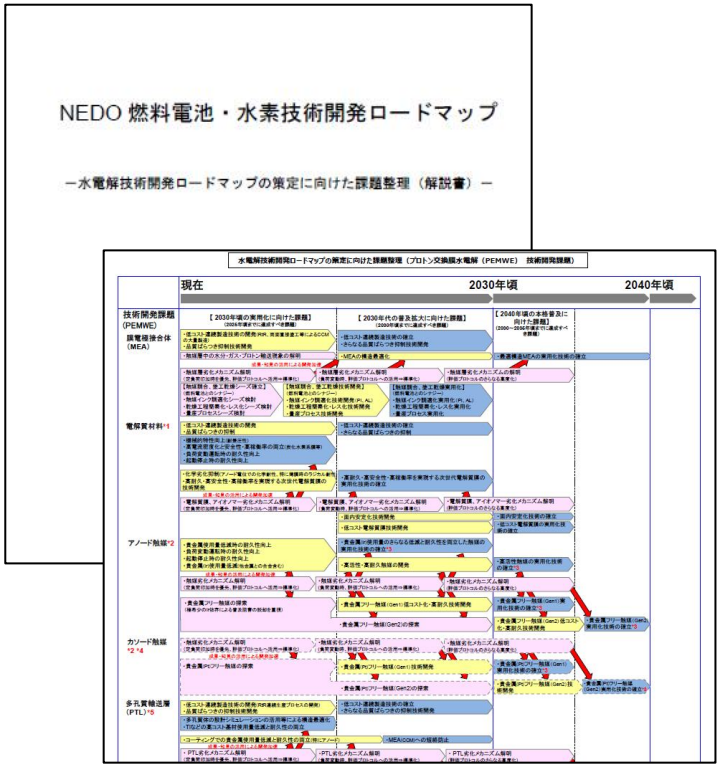
シール	（A）2020～2025年に取組むべきテーマ
1）実用技術開発	①低コストシール材料の成形性（短時間接着含む）向上 ②低コストシール材料の適用
2）実用化に向けた開発・技術実証	①高温化対応(120℃）シール・ガスケット材料の開発 ②サブガスケット材料の低コスト化 ③低コストシール材料の成形性向上技術（1枚/秒以上） ④含有成分の超低溶出化（反応触媒・残留モノマーなど）
3）要素技術開発	①高温化対応（120℃）シール材料の高耐久化 ②高性能化、高温化、高電位化対応技術（成形性、高速生産性との両立含む）
4）シーズ探索・基盤研究	

ｾﾊﾟﾚｰﾀ・表面処理	（A）2020～2025年に取組むべきテーマ
1）実用技術開発	①セパレータ低抵抗材料の適用 ②低ｺｽﾄｾﾊﾟﾚｰﾀ大量生産技術および品質担保手法の確立
2）実用化に向けた開発・技術実証	①良プレス成形性材料及び表面処理技術 ②低溶出性材料及び表面処理技術 ③低接触抵抗材料及び表面処理技術 ④低コスト高温・高電位耐性材料及び表面処理技術 ⑤高排水性・低接触流路構造
3）要素技術開発	①Ｔｉ精錬プロセス革新による低コスト化
4）シーズ探索・基盤研究	

青：2020年度採択テーマ

橙：2021年度以降の採択テーマ

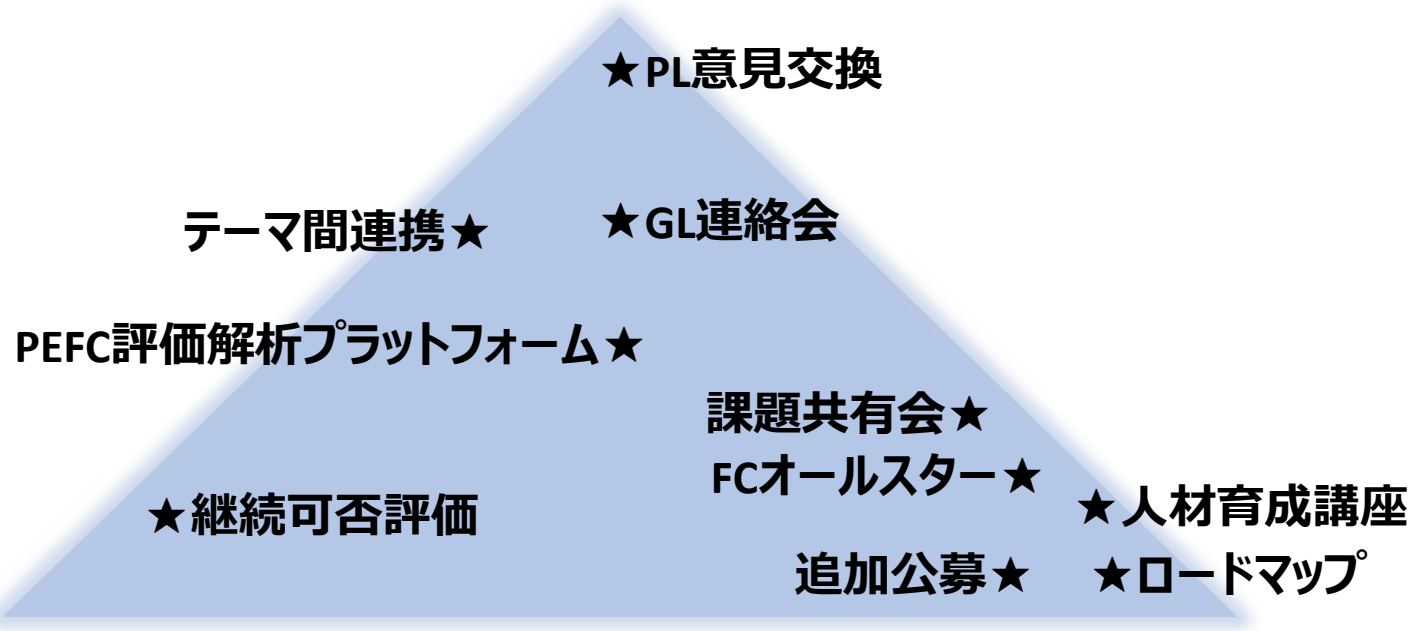
・2023年2月に水電解技術開発ロードマップ策定に向けた課題整理を公開し、ここで示す課題を2023年度の水電解公募で重点的に採択



◆研究開発マネジメントの全体像

- ＰＬ、ＳＰＬ、ＰＭ、ＮＥＤＯ担当者が定期的に各テーマの進捗状況を把握し、産業界のニーズや実用化・事業化を見据えた研究開発方針を議論

①各研究開発テーマのレベルアップ



②プロジェクト全体の効率化

③燃料電池分野の活性化

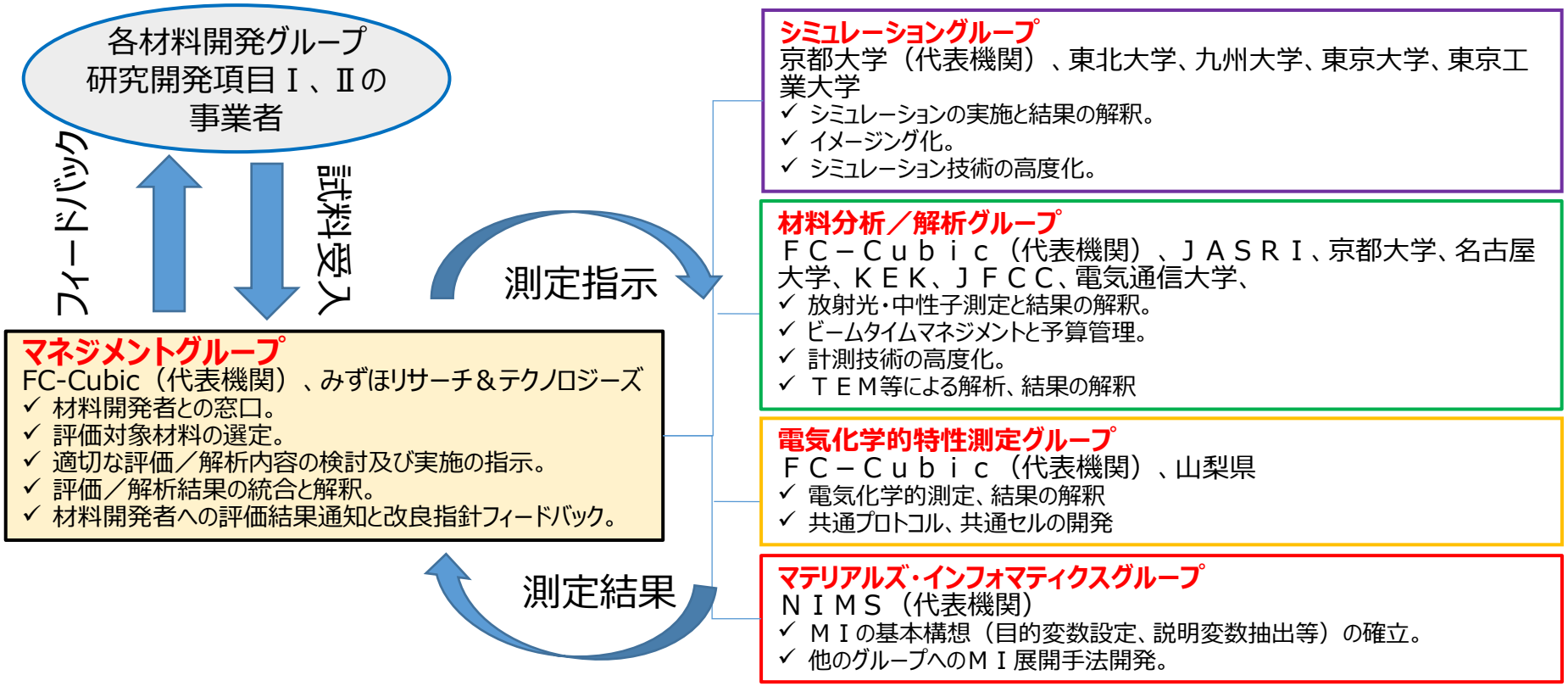
◆研究開発の進捗管理

- ＰＬ、ＳＰＬ、ＰＭｇｒ、ＮＥＤＯ担当者が定期的に各テーマの進捗状況を把握し、産業界のニーズや実用化・事業化を見据えた研究開発方針を議論
- 開発テーマの進捗管理だけでなく、ロードマップ検討等を通して燃料電池・水電解技術の目指すべき方向性を明確化し、新テーマ追加や既存テーマ中止を含め事業計画を不断に見直し

	役割	
プロジェクトマネジャー（PMgr）	●週1回のプロジェクト内ミーティングをテーマ担当と開催し、テーマ毎の進捗状況・課題を確認し、対策を検討する。 ●**PMとPLで構成するステアリングコミッティ**（プロジェクト全体の推進課題に関する会議体）を定期的に開催し、重要事項等を決定する。 ●委員会（外部有識者出席）等を開催し、テーマ毎の研究開発目標と達成度、実用化・事業化見込みを確認し、必要に応じて**計画修正の依頼や、研究開発を継続すべきかの判断**を行う。	➡ 週1回のプロジェクトチーム内MTG ➡ 週1回のNEDOとPLの定例MTG ➡ PLと事業者との意見交換会（燃料電池）の企画、ステアリング委員会（水電解）の企画と研究計画への反映
テーマ担当	●テーマ内（実施者コンソ）進捗会議にNEDO担当者が出席し、進捗状況・課題を確認し、対策を協議するなど**迅速なプロジェクトマネジメント**を実施する。	➡ 適時進捗を把握（定期会議出席含む）
プロジェクトリーダー（PL）	●テーマ毎の研究開発目標と達成度、実用化・事業化の見込みを確認し、**目標達成に向けた指導**を行う。 ●PMからの依頼に応じて速やかに**各テーマへの指導等**を行う。	➡ 延べ100回／年を超える意見交換を実施
委員（外部有識者）	●委員会等にて、テーマ毎の研究目標と達成度、実用化・事業化の見込みを確認し、**目標達成に向けた評価や助言**を行う。 ●PMからの依頼に応じて速やかに**各テーマへの助言等**を行う。	➡ ステアリング委員会（水電解）は年2回程度実施 ➡ 継続可否審査を毎年度7日間程度かけて開催し、各テーマの進捗を厳格に審査

◆研究開発の進捗管理：PEFC評価解析プラットフォーム

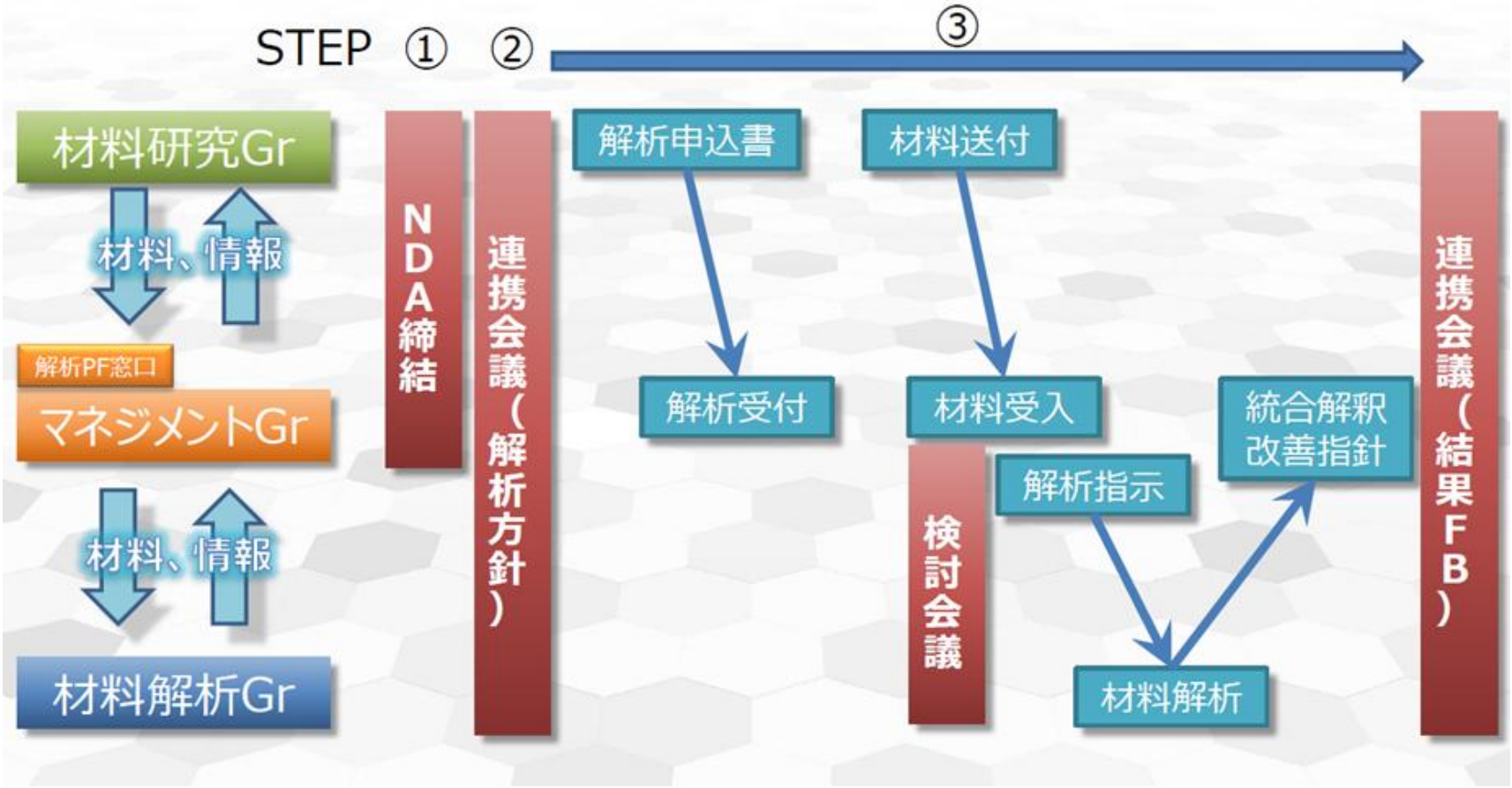
- 電気化学には知見が少ないが有望な能力を有する新規の材料研究者等の参入を促すと共に、国費を原資とした材料研究データを蓄積して我が国の開発力を強化。
- 共通的な指標で材料を評価、解析し、その結果を解釈して研究者に向けた材料設計指針をフィードバックする世界初のPEFC評価解析プラットフォームを構築。



◆研究開発の進捗管理：PEFC評価解析プラットフォーム

- NDA締結等のルール整備から、連携会議を通じた材料毎の解析方針の検討、解析結果の統合的な解釈と改善指針のフィードバックなどを精力的に実施

評価解析プラットフォームにおける材料解析の流れ



◆研究開発の進捗管理：ＰＬ意見交換

- ＰＬ、ＳＰＬ、ＰＭ、ＮＥＤＯ担当者が定期的に各テーマの進捗状況を把握し、産業界のニーズや実用化・事業化を見据えた研究開発方針を議論

○PEFC・水素貯蔵分野

- 製品化を念頭に、開発方針や目標設置の確認、競合技術とのベンチマーク、目標達成に向けたシナリオの検討、実用における課題の整理等について、定期的に議論を実施

	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回
20年度採択／32テーマ	2020/12-4	2021/7-8	2021/11-12	2022/8-9	2023/3-5	2023/9-11	2024/5-7	2024/10-2025/1
21年度採択／15テーマ	2021/9-11	2022/4-5	2022/10-11	2023/6-8	2024/3-6	2024/10-2025/1		
22年度採択／11テーマ	2022/8	2023/1-2	2023/8-10	2024/5-7	2024/10-12			
23年度採択／5テーマ	2023/6	2024/4	2024/10-12					

○SOFC分野

- 事業者の進捗会議等に出席し、2020年度に28回、2021年度に33回、2022年度に31回、2023年度に41回、2024年度に39回、5年間で計172回の指導を実施
- 2021年度には産業界の課題やニーズを確認するために、NEDOともにSOFCセルスタックメーカー等を6社ヒアリング、2024年度には業界団体FCCJとSOECへの展開に係る議論を実施

◆研究開発の進捗管理：評価解析ＰＦ＆ＰＬ意見交換

- 実用化を見据えた各テーマの研究開発推進のためPL意見交換と評価解析PFを有機的に連携

例１：触媒担体表面の化学修飾技術によるPEFC超高機能界面の創出

PL意見交換

- 当初はメソポーラスカーボン（MPC）への化学修飾を予定していたが、MPCは前処理方法が十分に確立していないなどの課題もあることから、化学修飾の効果を見極めるために、まずは汎用的なケッチェンブラック担体を使用する計画に変更。
- また、白金担持前に化学修飾する想定であったが、実工程では白金担持後に行う熱処理で修飾基が分解する恐れがあるため、白金担持後に化学修飾を行う方法を検討し、効果を確認することに計画を変更
  - ➢ 現段階で白金担持後の化学修飾でも効果が確認されつつある

評価解析ＰＦ

- 材料研究グループ内でRDE評価にて活性向上と耐久性向上を確認していたが、評価解析PFでMEA化しセル評価したところ、耐久性に課題があり、詳細解析を実施した結果、塩素の残留が認められた。
- 大学で行う回転電極評価では、塩素の影響を受けづらいため性能向上となっていたが、セル評価を早い段階で行うことで塩素の除去が重要であることが認識された。
  - ➢ 現在、合成後に残留塩素を除去する手順を加え効果の検証を行っているところ

例２：燃料電池セパレーター用ラミネート金属・高分子ナノコンポジット（NC）フィルムの研究開発

- ラミネート対象であるセパレータの形状、材質に関する情報交換を行い、実用化に向けて必要である仕様を再整理。また意見交換を通じて課題として顕在化した評価プロトコルについて、評価解析ＰＦに策定を指示。

- 評価解析ＰＦにて産業界とも調整の上、評価プロトコルを策定。連携会議にて現状の検討状況を共有した上でプレ評価を進めている。

◆研究開発の進捗管理：ＧＬ連絡会

- 各テーマのグループリーダーが集まるＧＬ連絡会を各分野で計21回開催し、テーマ間での開発内容の共有や分野全体に関する最新情報を共有

○ＧＬ連絡会の内容例

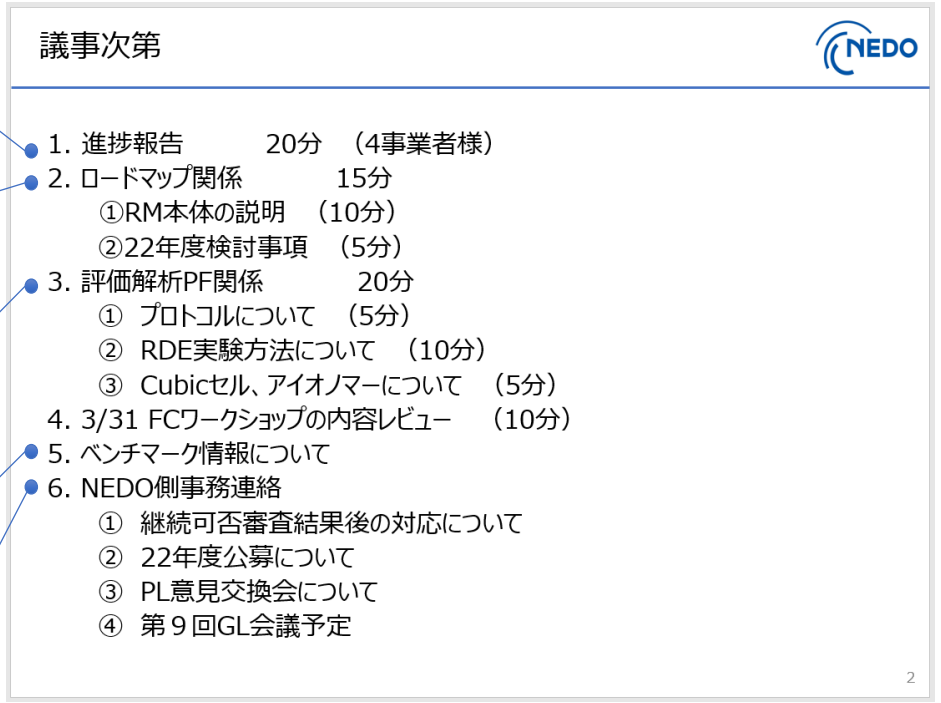
各事業者の開発概要、進捗状況、困りごと等を全体に共有

22年3月に策定したＨＤＶロードマップのポイントや今後の検討事項を共有

評価解析プラットフォームの最新情報：評価プロトコルの策定、評価セルの図面提供、MIRAI解析結果の報告等を共有

産業界の最新情報をＰＬから共有

プロジェクト全体の連絡事項：予算管理、継続可否評価、追加公募、ＰＬ意見交換等をＮＥＤＯから共有


議事次第

1. 進捗報告　20分　（4事業者様）
2. ロードマップ関係　15分
   ①RM本体の説明　（10分）
   ②22年度検討事項　（5分）
3. 評価解析PF関係　20分
   ① プロトコルについて　（5分）
   ② RDE実験方法について　（10分）
   ③ Cubicセル、アイオノマーについて　（5分）
4. 3/31 FCワークショップの内容レビュー　（10分）
5. ベンチマーク情報について
6. NEDO側事務連絡
   ① 継続可否審査結果後の対応について
   ② 22年度公募について
   ③ PL意見交換会について
   ④ 第９回GL会議予定

2

◆第7回GL連絡会（PEFC・水素貯蔵）議事次第@WEB

◆研究開発の進捗管理：テーマ間連携

- プロジェクトの効率的な運営や成果の最大化のために、効果やタイミングを見定めた上で様々な技術領域にて、NEDO／PL主導によるテーマ間の連携活動を推進

○テーマ間連携の事例

- **水素貯蔵分野**の事業者間の知見共有やコネクションづくりを促進するためのワークショップをNEDO主導で開催
- 第1回は「高圧水素容器の破壊モード」をテーマに本プロジェクト関係なく知見を共有し、活発に意見交換

その他・・・

- **機能性ナノファイバーと電解質**の成果融合に向けたグループ間連携
- **イオン液体**を扱う3グループを集めた連携会議を実施
- **ラジカルクエンチャー**を扱う2グループの連携を促進する場を設定　等々

水素貯蔵ワークショップ（WS）開催の位置づけ

【問題意識】

PEFCに関しては、FC-Cubicが主体となってGL会議の場やワークショップを開催して、革新FC事業に参画している機関への情報発信や、事業者間での交流の場が設けられている。一方で、水素貯蔵分野については、独自のコネクションをもとに個別で参画機関同士の連携がなされいるのが現状で、事業全体での連携が十分になされていない。

例えば高圧水素容器の中でも構成される部材や開発アプローチが多岐にわたることから、水素貯蔵分野においても参画機関同士の連携を強化する会議の場を設けることで、革新FC事業全体としての成果の最大化を目指す。

【水素貯蔵WS

- 水素貯蔵に
  たなコネクシ
- 産業界から
  社会実装に

第一回WS　議事次第

◆日時：2022年7月19日　14:45-17:40　　◆会場：NEDO分室@霞が関（次頁のマップ参照ください）
◆テーマ：高圧水素容器の破壊モード　　◆進行役（③～⑥）：東京大学　吉川先生

議事	スピーカー	時間配分
① NEDO挨拶	後藤PM	14:45-14:50 (5分)
② PL挨拶	木崎PL	
③ 話題提供 ・発表 ・質疑	東京大学　吉川先生 ・問題提起（高圧水素容器のシリーズ試験について）	14:50-14:55（5分）
	東京工業大学　水谷先生 ・損傷許容、非破壊検査について	14:55-15:50（55分） 発表40分＋質疑15分
	東京大学　横関先生 ・余寿命予測マルチスケールシミュレーション技術について	
	SUPWAT　横山様 ・破壊を支配する構造パラメータ	
	東海国立大学機構　入澤先生 ・炭素繊維由来の破壊現象や繊維の大径化について	15:50-16:10（20分） 発表15分＋質疑5分
	九州大学　西村先生 ・樹脂ライナーの破壊現象について	16:10-16:30（20分） 発表15分＋質疑5分
④ 業界動向共有 ・発表 ・質疑応答	トヨタ自動車　大神様	16:30-16:50（20分） 発表15分＋質疑5分
⑤ 全体討議	-	16:50-17:10（20分）
⑥ PLから情報共有（ロードマップについて）	木崎PL	17:10-17:30（20分）
⑦ 事務連絡（GL会議共有事項含む）	NEDO	17:30-17:40（10分）

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- テーマ公募的に多数のアイデアを検討するとともに、一定期間（2年度毎）で各テーマの継続可否を外部有識者による審査に基づき判断

- 不確実性の高い革新的なテーマ　＝　成功率は低い
- 如何に限られた予算の中で成功する／事業化につながるテーマを見出していくかが鍵

・石を一杯拾い集める
　→課題共有等の仕掛け

・石を磨き上げる
　→研究開発マネジメント

・石を選抜する
　→継続可否評価

・石を磨き上げる

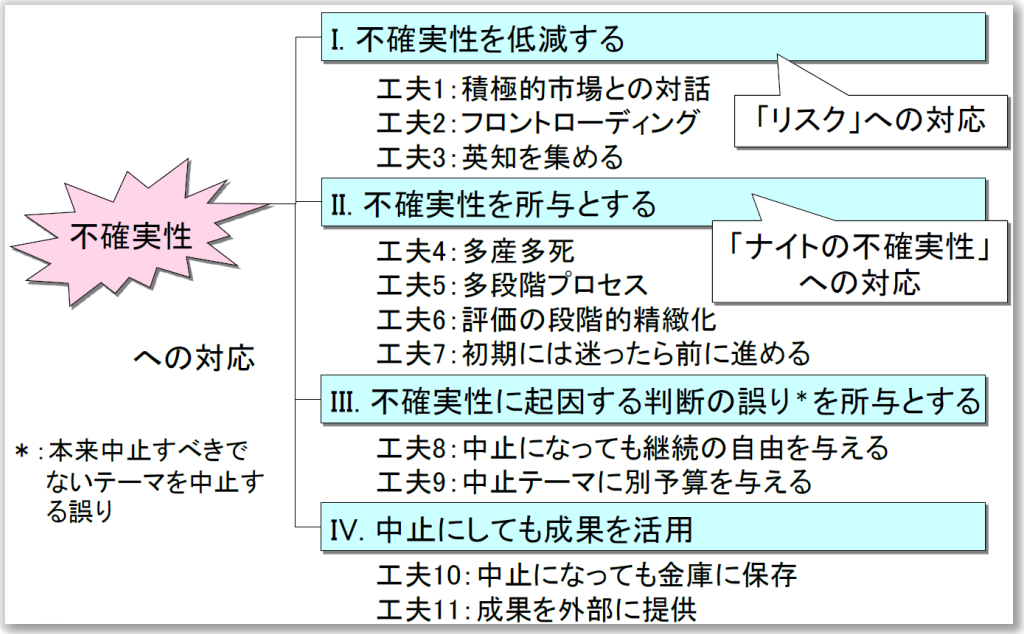
	ステージゲート	デザインレビュー
目的	事業・製品での成功	失敗しない製品を出す
対象	事業化・商品化面	設計面
活動	よってたかって、プロジェクトを冷静・冷徹に評価して、不適切なプロジェクトは果敢に切る	よってたかって、設計の完成度を向上させる（中止は前提ではない）
哲学	性悪説	性善説

※「ステージゲート法」（ベクター・コンサルティング株式会社）を基にNEDO作成

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- テーマ公募的に多数のアイデアを検討するとともに、一定期間（2年度毎）で各テーマの継続可否を外部有識者による審査に基づき判断

- 不確実性の高い革新的なテーマ　＝　成功率は低い
- 如何に限られた予算の中で成功する／事業化につながるテーマを見出していくかが鍵



出典：「ステージゲート法」（ベクター・コンサルティング株式会社）

ロードマップやワークショップの議論で目指すべき方向性や共通的なボトルネックの課題を明確化する努力

多様なアイデアを受け入れる
一定期間で厳格な評価を取り入れる
※この考え方を共有して推進する

再チャレンジの道は残す

成果は広く共有
※失敗も成功という文化の醸成

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- ①研究目的、②目標設定、③研究進捗、④研究計画の4つの視点で評価
- 中間目標の達成状況や最終目標達成の見通しに加えて、研究目的や設定目標が最新の産業界ニーズに対応しているかも改めて確認

●評価基準の例（研究開発項目Ⅰ）

評価基準	
評価項目	評価の視点
①【研究目的】 研究開発の狙い・意義	・最新の産業界のニーズに対応したものか。 ・最新のニーズに基づく使用環境・条件で致命的な弱点を持っていないか。 ・競合する最新の技術や研究テーマに対して優位性があるか。
②【目標設定】 事業完了後に目指す姿・目標値	・定量的かつ評価可能な目標設定になっているか。 ・目標値は最新の産業界ニーズと整合しているか。必要に応じて目標値は見直しされているか。
③【研究進捗】 ２年間の研究進捗・成果	・中間目標を達成しているか。達成できていない場合、科学的にその理由を明確化できていてその対策が準備されているか。 ・PFの評価解析結果（共通セル・プロトコル等）に基いた客観的な評価になっているか。 ・実用化を見据えた多角的な視点での検討がなされているか。 ・共同提案の場合、役割分担は明確であり、それぞれの機関できちんと成果を挙げているか。
④【研究計画】 目標達成に向けた課題・今後の取組み	・現在までの研究進捗を踏まえ、最終目標達成に向けた課題、解決方法が具体的になっているか。 ・項目Ⅰで実施すべき研究内容か。 ・実用化に向けた課題に対しての取り組み計画が明確か。 ・開発体制（企業との連携含む）は成果の実用化に向けた体制として妥当か。 ・必要となる予算（費用対効果）は妥当か。 ・知財戦略は成果の実用化に向けた戦略として妥当か。 ・GLのマネジメント能力は契約遂行に十分か。

目的や目標を中間段階で改めて確認

各テーマの中間目標の達成状況や技術的な成果を確認

最終目標達成の見通し、具体的な解決方針、その実現性等を確認

➡ 各委員会で設定した予算枠も踏まえ、評価結果が基準以上のテーマを継続

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- 継続可否評価を2021年度、2022年度、2023年度と計3回実施
- 2021年度の継続可否評価では20年度に採択した46テーマを33テーマに絞り込み（内2テーマは計画通り終了）

- 20年度に採択した全46テーマを対象に継続可否評価を2021年度末に実施
- 研究開発項目および分野により委員会を5つに分割
- 各委員会6名の外部有識者（2名以上は産業界）が、書面およびヒアリング審査により各テーマの継続可否を判断

委員会１：PEFC（研究開発項目Ⅰ）	14テーマ → 10テーマ
委員会２：PEFC（研究開発項目Ⅱ）	14テーマ → 10テーマ
委員会３：SOFC（研究開発項目Ⅰ・Ⅱ）	7テーマ → 5テーマ
委員会４：水素貯蔵（研究開発項目Ⅱ）	4テーマ → 4テーマ
委員会５：実用化開発（研究開発項目Ⅲ）	7テーマ → 3テーマ

- 同様に21年度採択テーマを2022年度末、20年度及び22年度採択テーマを2023年度末に評価し、前者は24テーマ→20テーマに、後者は48テーマ→47テーマに絞り込み

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- 継続可否評価では、単に継続／非継続だけではなく、各テーマの進捗や成果に応じて多様な評価結果＆コメントを提示

① 拡大継続：機能性ナノファイバーフレームワークを基本骨格とする低コスト・高耐久性電解質複合膜の研究開発 (IP11)

- ナノファイバーフレームを用いた電解質膜は非常に革新性が高く、競争力のある技術
- 高温低加湿運転の実現に向けて、成果も順調に出ていることから、継続すべきテーマ

➡ 本技術をベースとして、将来の更なる高温運転への対応に高い期待
140℃でも耐えられる耐熱性ポリマーからなる電解質材料の合成に向けて縮合系合成を専門とする岩手大学、秋田大学を再委託先に追加し、開発領域を拡張し継続

② 縮小継続：硫黄化合物等の吸着脱離メカニズム解明と被毒予防・回復技術開発 (PE07)

- 硫黄化合物の触媒被毒に対する取組は少なく、産業界のニーズと合致
- 被毒メカニズムの解明や助触媒を用いた対策などは一定の成果が得られている
- 他方、被毒回復技術の検討は実用化につながる有効な知見が得られたとは言い難い

➡ 被毒の予防や回復に資する運転モードの検討は中止し、予算・体制を縮小して継続

◆研究開発の進捗管理：テーマ継続可否評価

- 継続可否評価では、単に継続／非継続だけではなく、各テーマの進捗や成果に応じて多様な評価結果＆コメントを提示

③ 中止（→企業内で継続検討）：大型モビリティに適応する多用途型燃料電池モジュールの研究開発 (PE04)

- 燃料電池の普及拡大に向けて船舶や鉄道等への適用に関する研究開発は重要
- 他方、今後の目標達成に向けた検討としては、システムの詳細設計や小型化などが中心であり、委託研究として技術の新規性に欠けることから非継続の判定

➡ 今後の燃料電池の多用途展開に向け、本事業の成果を活用して企業内で継続検討

④ 中止（→再チャレンジ）：配位高分子を用いた中温作動燃料電池の研究開発 (PE08)

- 配位高分子を電解質として用いる取組は、高温化に向けて非常にチャレンジング
- 他方、目標の多くが未達であること、伝導性と耐水性の両立の見通しが立っていないことから、2030年実用化を目指した開発項目としては不適であり、非継続の判定

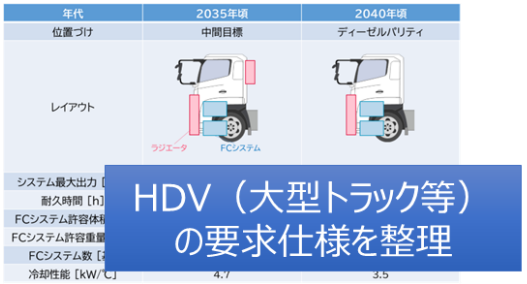
➡ 社会実装時期の後ろ倒し、伝導性と耐水性の両立に向けたコンセプトの精査、アカデミアも巻き込んだサイエンス視点での検討の追加など、継続可否評価のコメントを踏まえて提案内容・体制、研究開発項目を変更し、2022年度公募に再チャレンジ　➡採択

◆研究開発の進捗管理：ロードマップ

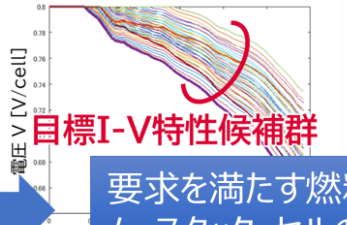
- 世界的に燃料電池適用検討が加速化する大型トラックや船舶、鉄道、建機、農機、フォークリフトなどのHDV向けロードマップを産学協調により2021～24年度に策定

- 2021年度から本格検討を開始し、2024年度まで一連の目標及び課題を導出。システム・スタック・セルの目標だけでなく材料物性までブレークダウンした目標値を提示。
- HDV用途として高温動作と更なる高耐久化の目標を提示。欧米に比べて野心的な目標に。

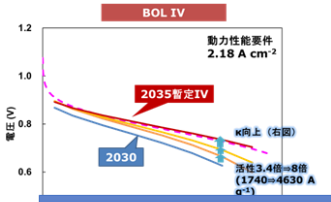
2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
2030年HDV目標	**2040年HDV目標**	**2035年HDV目標**	**2035年FCV目標**



HDV（大型トラック等）の要求仕様を整理

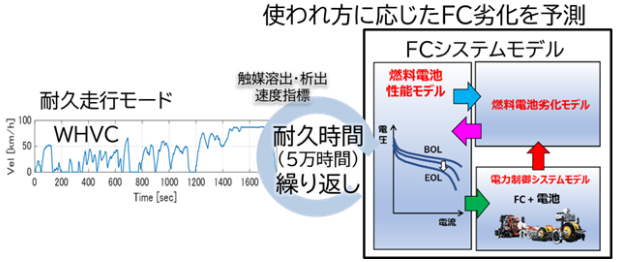


要求を満たす燃料電池システム・スタック・セルの目標を導出



左記目標を満たす材料物性にブレークダウン

使われ方に応じたFC劣化を予測

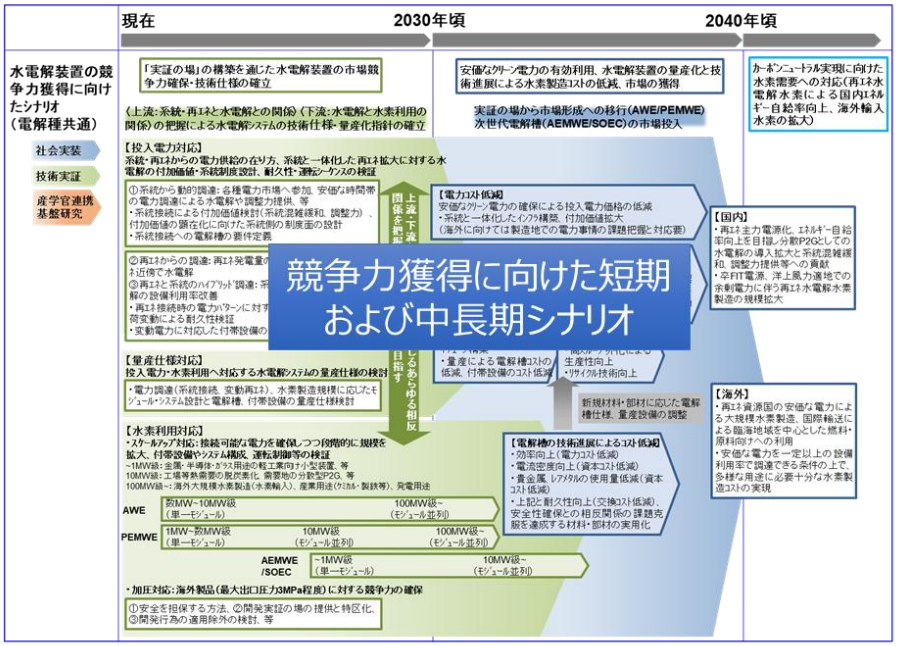


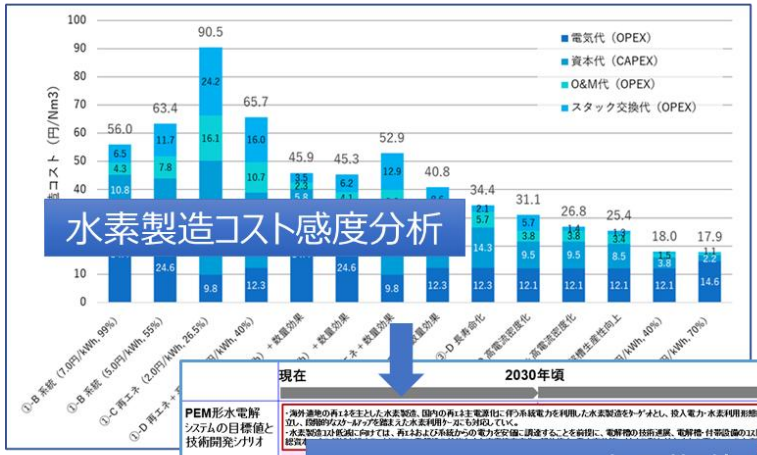
要素	物性	Gen2	203X	2035	2040
空気極触媒	Pt目付 (mg cm⁻²)	0.17	0.20	0.18	0.12
	触媒層厚さ (μm)	7.5	6.0	6.0	3.6
	BOL 質量活性 (A g⁻¹@80℃・100%RH	500	1740 [×3.4]	4630 [×8]	39400
	EOL 質量活性 (A g⁻¹@80℃・100%RH	-	348	1088[a]	9968
	BOL 酸素拡散抵抗 (sm⁻¹) [界面抵抗成分]	9.1 [×1]	10 [×1]	10 [×0.9]	8 [×1]
	Pt溶出速度	×1	×1	×1/2	×1/30
電解質膜	厚さ(μm)	8.5	8	5	1
	プロトン伝導率@120℃・30%RH (mScm⁻¹)[b]	18	32	50	150[a]
流路・GDL	酸素拡散抵抗 (sm⁻¹)[c]	58.3[d]	18	16 [×0.9]	18
	GDL/セパ、セパ/セパ等接触抵抗合計 (Ωcm²)	-	0.0065	0.0065	0.0004

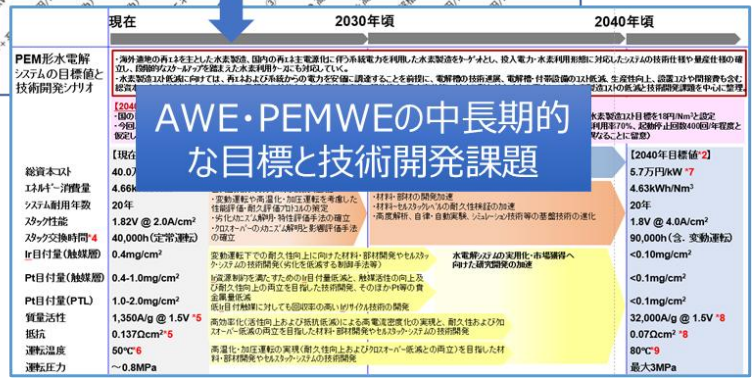
◆研究開発の進捗管理：ロードマップ

- 水電解に関しても2022年度末にAWE、PEM、AEM、SOECの各方式の技術課題を整理して公開。
- さらに2024年3月に水電解技術開発ロードマップを公開。競争力獲得に向けた短期・中長期のシナリオを策定するとともに、AWEおよびPEMWEを対象として、国の水素コスト目標を前提に2040年頃の技術目標・課題を導出

https://www.nedo.go.jp/library/battery_hydrogen.html

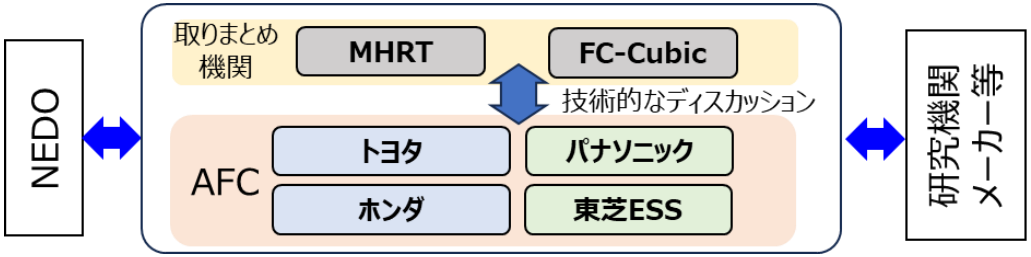






◆研究開発の進捗管理：オールスターFC

- PEFCの共通課題解決に向けて、オールスターFCとして、燃料電池システムOEM4社による課題検討会を開催
- 協調領域の課題として燃料電池のシール材および生産技術を設定



- **燃料電池製品の開発効率化や低コスト化に向けて協調して取り組むべき課題を議論する場としてオールスターFCを組成**
- **シールと生産技術を対象領域として抽出し、詳細議論を推進**

シール材料の中長期目標・課題を設定。2022年度に追加公募を実施し課題解決に取り組むテーマを採択し、OEM各社と連携のうえ研究推進。

項目	RM2035年目標	
	移動体用	定置用
セル生産速度	1-2秒/セル以下	10秒/セル以下
シール材コスト（全シール部位・材料費）	¥150/セル以下	¥300/セル以下
温度	膜面温度：最高125℃ 局所温度：最高120℃	局所温度90℃
耐久時間	50,000時間以上	15年以上
メカニズム解明	接着剤シール構造の界面劣化及びリークのメカニズム解明	
設計技術	劣化予測手法やシール設計手法の開発	
生産技術等	材料のハンドリング性・塗工性・リサイクル性などの改善	

燃料電池の製造工程として実現したい姿を具体化して提示。その中での重要課題を2023年度に追加公募し、エージングとプロセスインフォマティクスに関するテーマを採択。また、異分野の取り込みのため中部経済産業局と連携してWSを開催。



◆研究開発の進捗管理（動向・情勢変化への対応）：追加公募

- 産業界等との議論や社会情勢を踏まえ重点課題を設定し、追加公募を実施

●2023年度追加公募

➢ FCオールスターでの議論に基づき将来的な量産化・低コスト化に資する生産技術を重点項目として設定するとともに、社会情勢を踏まえ燃料電池の逆反応である水電解に関する要素・基盤技術開発を新規項目として設定し公募

●2022年度追加公募

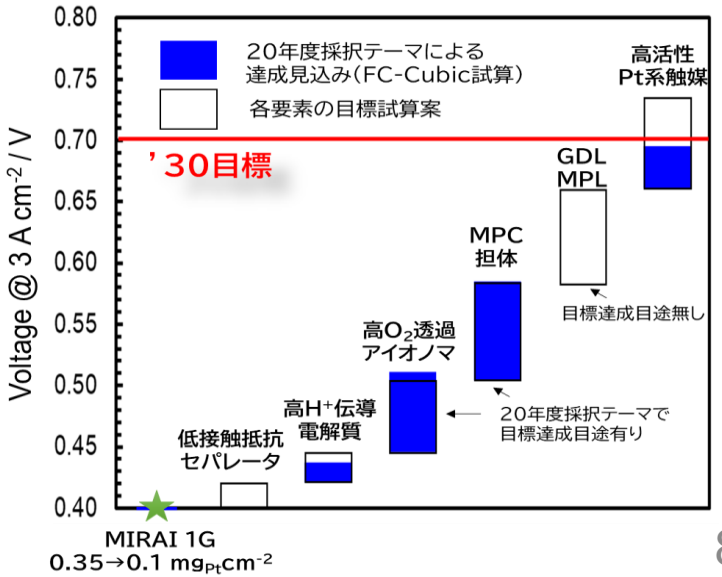
➢ HDVロードマップやFCオールスターでの議論に基づき、HDVに燃料電池を適用するにあたって求められる運転条件（広範な温湿度下）・耐久性・発電性能等の実現に資する要素技術開発や接着シールに関する技術開発を重点項目として設定し公募

●2021年度追加公募

➢ 基本計画に示す性能目標（2030年目標）の達成や、その他産業界からのニーズに対して特に貢献度の高い分野の研究テーマを重点的に採択

✓ 2020年度採択テーマの最終目標を達成した場合のセル発電性能の試算

✓ 青く埋まっていない部分を重点的に採択



◆中間評価結果への対応

	問題点・改善点・今後に向けた提言	対応
1	PEFCとSOFCといったテーマ間における相互の情報共有と連携にも期待する。	成果報告会等の場で双方の実施内容を共有。特に解析技術に関してはPEFC,SOFC,水電解での共通化・効率化を図る体制を議論して次期事業へ反映。
2	知財に関するオープン・クローズを基本とするアプローチにおいて、特に秘匿性が高い情報を敢えて公表しないことは重要であるが、既に学会で発表されている成果の特許出願がゼロであったり予定がなかったりするケースもみられるため、知財運営委員会等でよく議論することが望まれる。	PL意見交換等の進捗確認時に想定実用化時期を踏まえた出願方針を確認するとともに、実用化企業（LOI等）との議論・連携を促し、実用化・事業化目線で知財運営委員会で議論することを意識づけた。
3	燃料電池の多用途活用の社会実装実現にはユーザーの運用方法に合わせた水素供給方法及び必要に応じた規制合理化の検討も研究開発と並行して進めることが、普及の障害を取り除くひとつの手段になると考える。	本事業成果も踏まえ、参画企業がJH2A等の業界団体の枠組みにて議論。水素普及拡大に向けた規制合理化に関する取り組みは「競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業」で対応する。また、自動車以外の燃料電池モビリティの合理化に向けて自動車の知見をNEDOがつなぎ役となり事業者へ提供。
4	我が国は優れた製品を生み出す技術は有しているが、量産や価格面で国際競争に負けるケースがみられるため、普及に向けて本体及びメンテナンス等の運用コストの低減も不可欠と考える。	オールスターFCの枠組みの中でコスト低減に資する生産技術やシール部材の技術課題を検討し、追加公募によりテーマ採択。また、ロードマップ調査にて米国のコスト調査を分析し、詳細なコストブレークダウンの足掛かりを作った。（次期事業にて本格調査を開始）
5	当面の課題のみならず、より長期的な視点によるテーマの設定や、技術の底上げとしてより多くの中小企業等もこの分野に参入することが望まれる。	ロードマップやシンポジウムを通した技術開発の方向性の発信、評価プロトコルやシミュレーションの提供による参入障壁低減に取り組んだ。また、生産技術の分野では中部経済産業局と連携して中小企業向けワークショップを開催し異分野の取り込みを図った。（NEDO中小企業支援プログラムにてテーマ採択）

◆成果普及への取り組み：人材育成

- 2023～24年にかけて燃料電池に取り組む技術者・研究者のすそ野を広げるために人材育成講座を開設、全12回実施し、各回数百名以上が参加



◆成果普及への取り組み

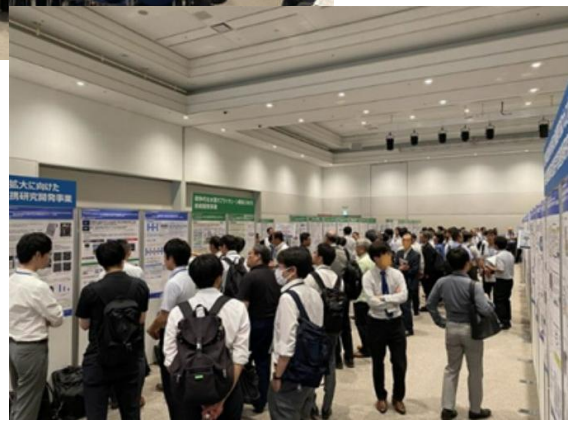
- 毎年度7月に、水素・燃料電池成果報告会を分野ごとに実施。出席者とのディスカッションを通じて、プロジェクトの課題が抽出されるとともに、さらなる改善につながる評価コメントがフィードバックがされている。来場者の満足度が非常に高く（95%以上）、本事業者への関心表明書の提出等にもつながる。

日時：2023年7月13日（木）～14日（金）
場所：パシフィコ横浜 アネックスホール／ハイブリッド・動画配信あり
口頭発表（62件）、ポスターセッション（180件）。来場者約1,100人。

日時：2024年7月18日（木）～19日（金）
場所：パシフィコ横浜 アネックスホール／ハイブリッド・動画配信あり
口頭発表（77件）とポスターセッション（150枚）。来場者1,100名超。

日時：2025年7月15日（火）～17日（木）
場所：パシフィコ横浜 アネックスホール／ハイブリッド・動画配信あり
口頭発表（89件）とポスターセッション（179枚）を行い、プロジェクトの実施状況、成果等を広く一般に公開。多数の事業者、聴講者が会場に一同に集まり、プロジェクトの進捗や課題に関して活発な意見交換がなされた。3日間での来場者数は計1,400名超、口頭発表の様子はオンラインでも配信。





https://www.nedo.go.jp/events/report/Z2SE_00012.html

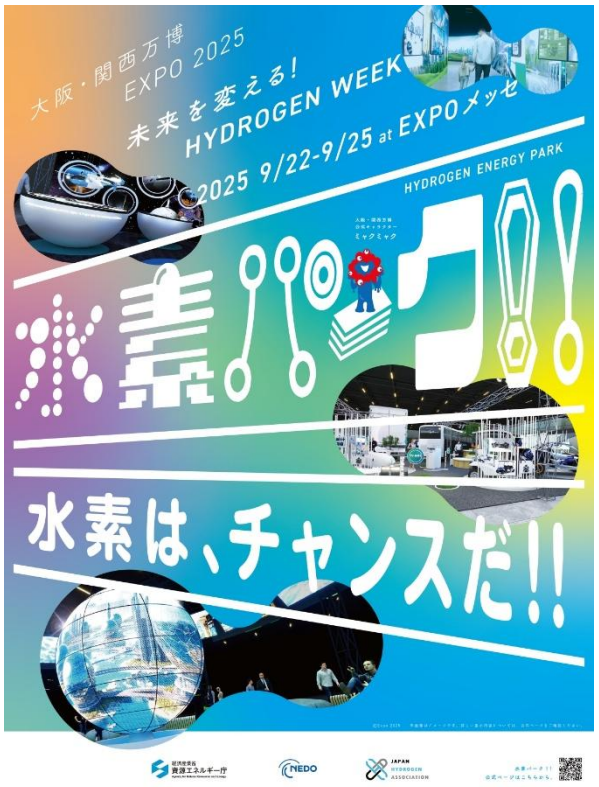
◆成果普及への取り組み（事業外）

- YouTubeやポータルサイトを通して、水素エネルギーの意義や現状、課題等を分かりやすく一般の方（特に若年層）に発信



https://www.nedo.go.jp/powered-by-h2/

大阪・関西万博への出展
2025.9.22～25



参考資料１　分科会議事録

研究評価委員会
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」
（終了時評価）分科会
議事録

日　時：2025 年 11 月 25 日（火）10：00～16：55
場　所：NEDO 川崎本部 23 階 2301～2303 会議室（オンラインあり）

出席者（敬称略、順不同）

＜分科会委員＞

分科会長	大澤　秀一	上武大学　ビジネス情報学部　教授
分科会長代理	櫻井　輝浩	芝浦工業大学　複合領域産学官民連携推進本部　研究推進部研究企画課 産学官連携コーディネーター/リサーチアドミニストレーター
委員	宇佐美　孝忠	いすゞ自動車株式会社　カーボンニュートラル戦略部門　CN 技術開発部 マネージャー/技術士
委員	清水　陽一	九州工業大学　大学院工学研究院　物質工学研究系　教授
委員	須田　聖一	静岡大学　学術院工学領域　電子物質科学系列　教授
委員	田中　優実	東京理科大学　工学部工業化学科　准教授
委員	遠山　浩二	株式会社ローランド・ベルガー　パートナー

＜推進部署＞

長谷川 浩之	NEDO 水素・アンモニア部 部長
原 大周	NEDO 水素・アンモニア部 チーム長
後藤 謙太(PMgr)	NEDO 水素・アンモニア部 主査
中川 椋介	NEDO 水素・アンモニア部 主任
髙橋 俊也	NEDO 水素・アンモニア部 主事
遠藤 理子	NEDO 水素・アンモニア部 主事

＜実施者＞

木崎 幹士(PL)	トヨタ自動車株式会社　水素製品開発部 チーフプロフェッショナルエンジニア
横川 晴美(PL)	東京大学　生産技術研究所 シニア協力員
竹内 仙光(SPL)	技術研究組合 FC-Cubic　先端解析技術推進部 部長
高見 昌宜(SPL)	トヨタ自動車株式会社　水素製品開発部 水素貯蔵システム開発室 主幹
内田 裕之	山梨大学　名誉教授
佐々木 一成	九州大学　副学長・主幹教授
佐藤 千明	東京科学大学　総合研究院 未来産業技術研究所 教授
秋山 陽久	国立研究開発法人 産業技術総合研究所　材料基盤研究部門 主席研究員
市村 欣也	株式会社三井 E&S　成長事業推進事業部 マーケティング部 部長補佐 技術開発 Gr 長
浅見 織音	株式会社三井 E&S　物流システム事業部 企画管理部 課長補佐
宮武 健治	山梨大学　教授

＜オブザーバー＞

下田 一哉	経済産業省　資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 水素・アンモニア課 専門職
堀 宏行	経済産業省　イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐

＜評価事務局＞

薄井 由紀	NEDO 事業統括部 研究評価課 課長
須永 竜也	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員
樋口 貴司	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員

議事次第

（公開セッション）

１．開会

２．プロジェクトの説明

2.1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

2.2 目標及び達成状況

2.3 マネジメント

2.4 質疑応答

（非公開セッション）

３．プロジェクトの補足説明

3.1 評価解析プラットフォームマネジメント

3.2 ラジカル低減機能と燃料欠乏耐性を有するアノード触媒の研究開発

3.3 高分子形と酸化物形の技術融合による電極一体型次世代 PEFC の創製

3.4 固体高分子形燃料電池用接着シール技術の研究開発

3.5 港湾荷役機器ラバータイヤ式門型クレーンの水素駆動化（水素燃料電池の採用）開発事業

3.6 アニオン膜型アルカリ水電解セルの要素研究と実用化技術の確立

４．全体を通しての質疑

（公開セッション）

５．まとめ・講評

６．閉会

議事内容

（公開セッション）

1．開会、出席者紹介

・開会宣言（評価事務局）

・出席者の紹介（評価委員、評価事務局、推進部署）

【大澤分科会長】　上武大学の大澤です。大学では経営学一般を教えております。また、NEDO との付き合いはもう 10 年以上となりまして、当時シンクタンクや証券会社で環境エネルギー政策を専門に分析に携わり、上場企業の企業評価等を行っておりました。そうしたところで縁が続いていることから、本日の終了時評価の分科会長を仰せつかったと思います。活発な議論をリードしていきますので、どうぞよろしくお願いいたします。

【櫻井分科会長代理】　芝浦工業大学の櫻井です。私の経歴ですが、もともとエネルギー会社のほうにおりまして、コージェネレーション用の原動機の開発や市場導入の仕事をしていました。古くはガスエンジンから、最近では燃料電池といったところまで幅広く原動機を扱ってきた経験があります。本日はよろしくお願いいたします。

【宇佐美委員】　いすゞ自動車の宇佐美です。私は、燃料電池自動車の開発について、過去の乗用車メーカーも含め 20 年ほどやっております。また、4 年前まで実は NEDO に出向しており、このような場でも運営側にていろいろと携わっていたことがあります。本日このような委員として参加するのは初めてですので、何かと至らない点あると思いますがよろしくお願いします。

【清水委員】　九州工業大学の清水です。私の専門は電気化学であり、特に燃料電池、空気電池などの電極触媒また逆反応の水電解などを主としております。本日はよろしくお願いします。

【須田委員】　静岡大学の須田です。専門は材料であり、特に固体材料を主に固体の界面などにこだわり、燃料電池等をずっとやってまいりました。本日は、技術の細かい話も伺えるとのことで楽しみにしてまいりました。どうぞよろしくお願いいたします。

【田中委員】　東京理科大学の田中です。専門はセラミックス材料で、特に固体電解質になります。プロトン伝導体や酸化物イオン伝導体という観点から、このプロジェクトに参加はしていないものの、非常に興味深く拝見しておりました。本日はよろしくお願いいたします。

【遠山委員】　ローランド・ベルガーというドイツが本社の経営コンサルティング会社のパートナーを務めております遠山です。企業様向けの事業戦略であるとかオペレーション改革、あとはコスト削減など企業活動に向けたコンサルティングを主としています。お客様のセクター的には、エネルギーで電力、ガス、石油、再エネ水素といったところになります。正直に申し上げますと、私自身はそれほど技術に強いわけではありませんが、仕事柄から事業性がどうかといった話をよく行っています。NEDO に対しては、GI 基金の水素製造プロジェクトがありまして、そちらでも委員を担っている次第です。様々な学校の先生方が技術についての話をされる横で、経済性がどうなのかといった観点の話ばかりいたしております。そういった観点からでもお役に立てればと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

2．プロジェクトの説明

（1）意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、マネジメント

推進部署より資料3に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【大澤分科会長】　御説明ありがとうございました。

ただいまから質疑応答に入りますが、評価項目 3 つについて、それぞれ順に議論を進めていきます。それでは、1 番目の意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋に関する御意見、御質問等をお受けします。櫻井委員お願いします。

【櫻井分科会長代理】　芝浦工業大学の櫻井です。御説明どうもありがとうございました。少しお尋ねします。資料 20 ページにて「実用化を意識してマネジメントを推進してきた」という記述があります。そして 19 ページのところで 2030 年の実用化といったところの道筋といいますか、このプロジェクトが終わった後にどのようなことをやるかが説明されていると思います。一方、26 ページに 2035 年で市場目標のようなものが出ていますが、30 年から 35 年について、この事業の中で実用化を意識といったところで市場形成については議論されたのかどうか。もしされているのであれば、どういうことを考えていらっしゃったのかを教えていただきたいです。

【後藤 PM】　基本的には、この事業のアウトプットということでは、櫻井委員がおっしゃるとおり 2030 年または 2030 年過ぎに社会実装につながる技術を確立していきましょうということで、これまでしっかりプロジェクトのマネジメントをしてきたと思っています。その先、例えば 2030 年にその技術が社会実装され、製品として出まして、それがこの燃料電池市場にどのように貢献していくかに関しては、ある意味この事業の枠外であるものの、この製品が他の競合技術に対して優位性がいかにあるか。かつ、これは燃料電池だけではなく、水素のコストまたはインフラの整備状況というのも踏まえ、これだけの市場が広がっていくかといったところになると思います。あくまでアウトプットとしては、我々として、しっかりそういった競合的に優位性のある、燃料電池としてしっかり特徴を出せる技術を 2030 年頃までに社会実装につなげていくということを意識してプロジェクトマネジメントをしてきました。そういうところが「どういった議論をしてきたのか」ということに対する回答になります。

【櫻井分科会長代理】　どうもありがとうございました。明確に答えていただき、よく分かりました。それから細かいところをもう 1 つだけよろしいでしょうか。時間を取ってしまって申し訳ございません。資料 28 ページに「達成度」という言葉がおります。そして、30 ページに「達成状況」とあるのですが、これは区別して読んだらいいのでしょうか。

【後藤 PM】　すみません、こちらはどちらかというと表記の誤りといいますか、本来であれば 30 ページ目以降、達成度としたほうがよかったのかと思います。こちらの 28 ページ目、29 ページ目で達成状況とお示ししているのは括弧書きのとおり、達成度が丸なら丸と考えた根拠をお示ししております。こちらの 30 ページ目以降は丸だけですので、達成度と書いたほうが適切だったかと思います。

【櫻井分科会長代理】　分かりました。あと、事業原簿に評価というのがありまして、これは達成度とリンクしていると考えてよいのでしょうか。

【後藤 PM】　基本的に事業原簿の各テーマのものということでよろしいですか。

【櫻井分科会長代理】　各テーマになります。

【後藤 PM】　各テーマのところについては、その各テーマのところで自己評価として達成度を基本的には評価しているわけですけれども、それを基本的には統合する形で事業全般として見たときに、これは NEDO としての達成度の評価ということで今回お示ししています。ある意味、そういった個別の達成状況を捉えた上で、我々としては達成度を設定していますので、連動していると言って差し支えないかと思います。

【櫻井分科会長代理】　評価は事業者が自己評価をされ、それを NEDO が総合的に達成度を設定されているということですね。

【後藤 PM】　そうですね。

【櫻井分科会長代理】　分かりました。どうもありがとうございました。

【大澤分科会長】　遠山委員、どうぞ。

【遠山委員】　遠山です。2つお伺いいたします。前半で、欧米にていろいろな取組が始まっている、ないしは脱炭素に向けて活動が始まっているという話があり、そして 2020 年の初頭頃にこのような話をされているといった情報もこのあたりに記載されています。確かに2020年の初頭あたりまでは、脱炭素または水素に対して非常にグローバルで前向きな状態だったという理解です。そうした中で、過去 1 年ぐらいで大分マーケットの様子は変わってきているように見ております。例えば 2023 年ぐらいから、ヨーロッパの洋上風力が FID しなくなったとか、水素製造のプロジェクトも計画はあるものの進まない。発表されているプロジェクトの、多分10分の1ぐらいしか実際に進んでいないなどといった状況にあるのが最近の認識になると思います。そうしたマーケットの状態変化、中長期的にどう見るかというのは別の話だと思いますが、少なくとも過去1、2年ほどは、非常に減速感を見ている人が多いと考えます。これをどのようにここに織り込まれてきたのか。ないしは、これからなのかもしれませんが、そのあたりをどのように踏まえて進めていらっしゃったのでしょうか。それからもう 1 つ、これと大きく関係するのですが、結局、水素を活用した様々な用途先としては、そうしたころから水素拡大の若干時間軸が遅れてしまう。そうするとボリュームが大して増えませんので、コストも少し当面は上がってしまうという状況にあります。そうなると、用途側からすれば、そんなにコストかけてもよいのかといった話になると思います。高くても使わなければいけないといったインダストリーの方々は依然として使わざるを得ないということは考えるものの、その閾値が下がってきているといった状況にあるはずです。そういう中で、46ページ目に3つほど新しい用途が見えたという話はありながらも、あまりボリュームが見えるような先でもないという印象です。そういう意味で、用途先を結構しっかり見極めてボリュームをつくっていくことが、燃料電池なり水素なりのコスト削減に向けた技術とボリューム、恐らくこの 2 つが大きなドライバーになり、進めていくために重要なところですが、なかなか大きなボリュームがどこの用途であるのかが見えないような状況であり、結局、用途先はどこで、どの程度使われるはずなのだろうか。何かその辺の前提事項であるとか見通しといったものがあった上でのこういった議論になるとよいと感じますが、そのあたりはいかがでしょうか。すみません、だらだらとしゃべってしまいましたが、整理しますと 1 つ目が最近の水素関連市場の減速的な環境についてどう捉えて織り込まれているか。2 つ目が用途先はどこでどのようなボリュームを想定しているから、様々な市場拡大につなげていけるといった見通しなのか。この 2 点をご共有いただけますと幸いです。

【大澤分科会長】　すみません、冒頭に評価項目 3 つについて順番に議論を行うと申し上げましたが、委員が多いことと時間も限られていることから、以降の質問より 3 つまとめて各委員が 1 回ずつ質問するという形式に改めたいと思います。後藤PM、どうぞ。

【後藤 PM】　ありがとうございます。まず 1 つ、こういった水素関連の減速に関しては、世界的な動きはおっしゃるとおりだと思っており、その認識でおります。そして、このプロジェクトにどう織り込んだのかというのは、そういった動きが出てきたのは私の認識で 1 年から 1 年強の動きであり、このプロジェクトとしても、ほぼ最終局面だったかと思います。ですので、特にこのプロジェクトの中で、動きを踏まえて何らか反映したということは正直ございません。それに対して、個人的な認識も含むかもしれませんが、結局そういった動きが弱まっていることは事実と思うものの、最終的に脱炭素というものが世界的な課題である上において、水素の重要性が落ちたわけではないと理解しています。そのような中で、むしろ私的な捉え方としては、この2020年くらいに世界的に水素の盛り上がりの下、欧米など特にそういったところで非常に大きな資金も出て相当急速な動きが出てきており、逆に日本はこのままで大丈夫なのかといった動きがあったと認識しております。逆に世界的にこういった動きが少し減速している中、経済産業省としても、先ほどの価格差支援であるとか拠点整備事業などといったものを着実に実行していくと政策的には変わらず打ち出しているわけです。ある意味、日本の強み

としては、こういったものを着実に地道にやっていくという中で、世界的な競争力を確保できるある意味よいチャンスではないかと個人的には考えます。我々としてはしっかりとこういったものを地道につなげていき、最終的な世界的に脱炭素が要らないとなれば考えるところもありますけれども、それが共通的な課題である以上、この競争力に資する事業になるのではないかと個人的には思います。それからもう 1 点の市場ボリュームの観点もおっしゃるとおりで、多用途展開の 1 つ 1 つが大きなマーケットになるかというと、なかなかそういったものは少ないと思います。大きな市場を稼ぐのは自動車であり、特に燃料電池の分野であれば、これも 2020 年頃から、特にヘビーデューティー、トラックの分野だと思っています。具体的な数値については今お示しできませんが、各種 DOE、日本も含めて、例えば水素のコストがどのくらいでパリティになるのか。そして、それがどのくらいの水素使用量になるのかを整理している中で、こういったモビリティ、トラック等の水素の使用量またはコストという観点での導入のしやすさ、パリティの迎えやすさということから言えば、そこが非常に大きな市場になると思っております。こういった多用途展開を推し進めながら、核となるのはそういった部分にあるのではないかと考えるところです。

【大澤分科会長】　よろしいでしょうか。今の議論を伺う中、大事なのは短期と中長期をしっかりと分けて、その投資効果や資金リスクを管理する必要があると感じました。経済学的な視点で言えば、中長期はインフラ整備を粛々とやっていくと、市場が見えたところで需要サイドをつつくというような順番で、NEDO もそれに対応した技術開発をやっていけば国際競争力につながるのではないかという印象を持った次第です。それでは、宇佐美委員お願いします。

【宇佐美委員】　いすゞ自動車の宇佐美です。御説明ありがとうございました。事前に軽く斜め読みで予習はしてきたものの、より中身を詳細に理解することができました。私からは 2 つ確認いたします。まず 1 つ目が、達成状況について軒並み丸、もしくは過達（二重丸）という形になっています。もともとこの目標はロードマップなどを前提になされたものだと思いますが、当初、我々ロードマップなども戦略などを作る際に参考にしております。出た際は非常にストレッチな目標であるという印象をまず受けました。また、実際にやってみてしっかりその目標を達成できているというのもすばらしいです。そういう中で、今後着実に技術を進展させていくためにより高い目標を持たなければいけない部分、そして足りない部分はもう少し減らさなければいけないといったこともあると考えますが、具体的にロードマップの改定及び修正についてはどのように考えられているのでしょうか。それから 2 つ目が、いろいろな結果が出され、特許が出されていると思います。数を見る限り国内の特許は非常に多く出ているようです。当然、今後戦うべきは海外との戦いになると思うのですが、特に昨今、中国の燃料電池の技術は非常に伸びています。その対中国という意味で何か大学なんかではなかなかいろいろやるのは難しいと思いますし、NEDO の領域ではないのかもしれませんが、そうしたマネジメントを具体的にどのように考えられているのか。また、今ないのであれば、こういうふうにすべきでないかといったアイデアがあれば教えてください。以上になります。

【後藤 PM】　ありがとうございます。ロードマップの改定に関して、まず前提を申し上げますと、この事業の開始当初には 2017 年のロードマップがありまして、ここにお示ししているような大きな目標だけでした。これをこのプロジェクトと並行して 2021 年に 2030 年の特にヘビーデューティー、もともとは乗用車の目標設定だったのですが、2020 年頃からここへの期待が大きかったことからヘビーデューティーの目標を設定しようとなっています。2022 年度に少し先、ある意味究極的な目標として掲げているのですけれども、2040 年の目標を設定し、2023 年度に 2035 年というその間を設定してきたというところです。燃料電池に関しては、ある意味、足元少し短中期的な目標から長期的な目標まで現時点設定はできているかと思っておりますので、今すぐにこれを改定することは考えていません。ですが、この 2、3 年研究開発を進めたところで技術的にこの目標は本当に実現可能性があるのか。逆にかなり

挑戦的な目標になっているので、ないとは思うものの目標が低過ぎるのではないか。それから、対外的な技術開発の動向も含め、そういったものがあれば、それはこの事業、または次であるとか数年後のタイミングで改定議論をしていくことになると考えます。逆に、水電解のロードマップというものも非常に重要だと思っています。水電解は燃料電池、特にモビリティと違いまして、どういう使われ方をするのかがまだ暗中模索の状態だと理解しています。ですので、この議論も非常に様々な方面での議論があったのですけれども、ここについては、実際にどういうケースでこの水電解が使われるのか。それはどういった電力、インプットがどういうものがあって、その水素をどういう形で出すのかというアウトプットも重要になると思いますので、そういったものを基に、もう少しこういった分析、コスト分析等も詳細に行いながら、それをさらにブレークダウンしたときの要素技術として求められるもの、また水電解の場合ですと、こういった要素技術もさることながら、補器類といったもののコスト低減も非常に重要です。そういったものの施策もより具体的に考えていかなければいけないといった問題意識の下、このロードマップ改定についてはなるべく早く次の手を打とうと今 NEDO 内で議論している状況です。また、2 点目については非常に難しいと思っております。対中国ということで、おっしゃるとおり非常に技術開発も旺盛ですし、市場も非常に燃料電池の自動車等も入って運転をされているということで、そこに対する対応というのは大変重要と考えます。まず 1 つは、なかなか NEDO だけでは情報収集が難しい部分もありますけれども、OEM の方々ともこういった中国市場、また中国の技術進展というのはどう捉えているのかをこれまでも議論しています。そういったところも踏まえ、先ほどの 1 点目の質問にも関係するかもしれませんけれども、今の目標としている技術水準でいいのかどうかを議論しながら、必要に応じてそこを見直していくのは必要と思います。それから知財に関して言えば、主要な市場での知財は押さえていかないと、あまりこの事業としてはうれしさがない、こういった目標に対するうれしさはないと思っておりますので、そういったものは引き続き事業者の方にも促しながら進めていくべきと考えております。2 点目は若干抽象的なお答えになるかと思いますが、以上です。

【大澤分科会長】　清水委員お願いします。

【清水委員】　九工大の清水です。資料 28 ページが多分まとめになると思います。一番聞きたいのは 13 万時間、15 年というのをどのように評価するのか。FC-DynaMo と下にあり、多分これを使われるのかと思うものの、少しそのあたりを教えてください。

【後藤 PM】　まず FC-DynaMo については、基本的には PEFC のシステムシミュレータですので、SOFC 用として今回開発したということではありません。ここの 13 万時間をどう見通すかというのは、先ほども少しだけお示ししましたが、今回企業が実際に用いるようなスタックを使用し、こういった運転条件で長期間、例えば 3 万時間耐久試験を行いまして、そのときの劣化、過電圧の上昇の因子がどういったものになるのかを分析するとともに劣化モデルを構築し、大体どのくらい、どういった形でこのカーブが推移していくだろうというような予測モデルを構築してきておりますので、これにのっとり、実データから今の企業の先進スタックで、なおかつ、こういった運転条件であれば 13 万時間に資するだろうといったことをこの事業の中では導出してきております。

【清水委員】　これは、ソフト的にということですか。

【後藤 PM】　そうですね。横川先生、もしよろしければ今の点について少し技術的な観点で補足いただけないでしょうか。

【横川 PL】　横川です。この方法は、なるべく短時間、1 万から 2 万時間で 13 万時間内の予測ができないかということで、その意味では 2 万時間ぐらいに出てくる劣化を非常に詳しく調べ、それがどのようなメカニズムになっているかをそれぞれのスタックごとに見極めて予測するというものです。関連するものとしては、今まで前のプロジェクトまでは通常の操作運転状況での劣化をやっていたのですけ

れども、本プロジェクトでは、より劣化が大きくなる燃料利用率を上げたところでどういう劣化が出るかも含めてやっております。ここではその結果は出てきませんが、一番運転時で劣化が大きくなる高燃料利用率運転でも設定に入れて全体的な動向を予測するといった手段を取っています。

【大澤分科会長】　それでは、田中委員お願いします。

【田中委員】　東京理科大学の田中です。本事業では対象外とされていた標準化に関して少し伺います。評価プロトコルや劣化機構など、評価の仕方に関しての標準化というのが、世界を牽引する日本の在り方を考える上で非常に重要だと思います。PL 会議や課題抽出のための会議でも、標準化は、このプロジェクトでは対象外としておくほうがよいとの考えに至ったという理解でよいでしょうか。

【後藤 PM】　ここで申し上げている標準化というのは、国際標準化を基本的には前提として考えております。おっしゃるように、例えばシステムの評価方法の標準化というものは、例えば定置用ですと JEMA 等で検討されているかと思います。そういった検討については、経済産業省の標準化事業のほうで各種動いていましたので、そういったすみ分けとしてこの事業としては対象としておりません。もう 1 つ、そういった例えば材料の評価プロトコルを標準化すべきなのかどうかといった議論があるかと思います。ここについては、世界的に今いろいろな評価プロトコル、各国での評価プロトコルというのもあるところと、それを本当に標準化すべきなのかというところで、そこの国際標準まではこの事業の中で議論されていませんでした。例えばヘビーデューティーの評価プロトコルがどうあるべきなのかということは、評価解析プラットフォームと DOE のプロジェクトに参画しているアメリカの機関または欧州の機関と定期的に協議等も行っております。ある意味、技術的な観点ですと、一部情報を共有しながら、あまり各国で違った方向にいかないように技術的な水準を見ていこうといった取組はできていると思います。

【田中委員】　ありがとうございます。もう 1 点よろしいでしょうか。資料 19 ページに、年実用化・事業化という赤字の部分がありまして、これは「プロジェクト終了後 6 年目めど」と書かれています。委託事業 1、2 では、12 テーマの設定で 43 という非常に多くの機関が参画されていて、各テーマにおいて非常によい成果は出されているということですが、25 ページには、実用化・事業化の定義が、サービスを開始する、すなわち燃料電池製品の量産と書かれていますので、それに向けて現時点である程度、どの技術をどのように組み込むのか運転条件の選定を含めた統合プラニングがなされているべきと考えます。そのあたりはいかがでしょうか。

【後藤 PM】　基本的には、例えばこういった OEM が、最終的に自動車メーカーさんやシステムメーカーがこういった技術を使うかどうかという判断になると思います。そこの中では、当然製品の仕様があって、どういう条件で動かしていくのかといったある程度基本的な考え方があるかと思います。そういったところに資するものになっているのかという点では、先ほど 19 ページ目にもお示ししましが、ある意味このプロジェクトの期間中にも、実際に作ったサンプルを企業様に出して、企業様のほうでも評価をしてもらい、それでどういったところに課題があるのかをフィードバックしてもらっています。今全てが企業に橋渡しできる状態になっているわけではないものの、顕著な成果を挙げたものについては、実際にこの事業が終わった後に企業と共同研究をしていこうといったことは、今この公開セッションの場では詳細を述べられませんが、複数聞いております。そういったものにつながったのは、ある意味こういった取組があったからではないかと考える次第です。

【田中委員】　ありがとうございます。

【大澤分科会長】　では、須田委員で最後にいたします。他の委員の方も追加の質問や御質問があるとは思うものの、本日の最後に全体質疑がありますので、そのときに取っておいていただきたいと思います。それではお願いします。

【須田委員】　静岡大学の須田です。幾つかあります。まずは、資料 22 ページのデータベースの話です。デー

タベースというのは、データを集めるだけではデータベースになりません。それをどのように解析し、使いやすいようにアレンジするのかというのが非常に重要と思います。その取組といいますか、リソースをどのようにやられているのかをお聞きしたいです。2 つ目が、37 ページの PEFC の成果を全て集めて課題抽出をされたというところです。今回の目的は、目標値を全部「&（アンド）」で結ぶことではなく、それに貢献する技術を開発するということだと思います。こういう形で全て、今まで様々な会社様がやられている成果を集約し結果を出すというのは非常に重要と思い、有意義な取組であると感じました。こういった場合、SOFC だったら特に多くみられるのですが、組み合わせたときにどこか干渉してしまうとか、こちらとこちらの技術がうまくいかない、ぶつかってしまうとかそういうのがあって思いどおりいかないことがあったのか。そういった干渉している部分があるのか否かといった点も伺いたいです。それから、博士課程を取った所属者が 60 何名いらっしゃったという話でした。そのうち、日本人は何名ぐらいになるでしょうか。そして最後に、原簿のほうにありました PEFC と SOFC の連携といいますか、技術交流を多く行ったというのは、多分これは中間評価を経ての話だと思います。昔、私がやっていた頃は、分野がやや違うといいますか、狙うところが違うなど材料が全然違うことから、参考になるところと参考にならないところがあるような気がいたします。どういったところがプラスで、これをやってよかったという点があるかについてお聞きしたいです。以上になります。

【後藤 PM】　ありがとうございます。まず、データベースの仕組みに関してはおっしゃるとおりで、今回、材料研究の方は、これまでどおりの実験ベースでの開発というものが主体になってしまいますので、ミックスプラットフォームを構築した NIMS を中心に、そこは MI（Materials Informatics）視点で各テーマの研究支援を行っています。そこでどういったデータを取っていくべきなのか、そのときにどういうデータ項目、データフォーマットをどういう形で用意すべきなのかについて議論し、それで出てきたデータを例えばベイズ最適化にかけるのか、どういった手法を用いて目的としているアウトプットを出していくのか、こういったことを、全てのテーマではないものの、入って議論をしていましたので、そういった Informatics、情報系の方と別途実験系の方とがしっかりと協議して進めてきたというのが 1 つ今回の仕掛けであったと思っております。また、統合 MEA の課題についてはおっしゃるとおりで、特に膜の部分が、本来であればここで開発した膜を用いて、主要部材ですので性能を出せればよかったのですが、膜と触媒との界面をどう設計するのか。あとは機械的な特性といったものが、この事業の枠内だけですとなかなかうまくすり合わせができなかった部分があります。それは、材料に課題があるというところも若干ありながら、そういったところがございましたので、今回お示ししている赤字の部分が部分的になってしまっているという実情です。3 点目の博士課程において日本人の割合については非常に重要であるものの、アンケートの中でそこまで聞き取れておりません。今後この後の事業等で聞く際には、そういった観点をぜひ入れたいと思います。それから、PEFC と SOFC は、正直申し上げると、そこまで議論を行って何かしら相乗効果があるかというとそうでもないかなというのもございます。お互い目指しているマネジメントの方向性が違います。PEFC のほうは様々な大学の革新的なテーマをいかに企業のほうにつなげていくかという観点のマネジメントであり、SOFC のほうは、先ほど申し上げたとおり企業のスタック等を用いて基盤技術を構築していくといった観点であることから少しマネジメントが違います。双方の取組をしっかり理解した上で反映すべきものがあるかどうかというのは検討してまいりましたけれども、目指すところが若干そこも違う部分がありますので、何か具体的にこれが本当に有意義だったということは、即座に思いつくものはないところです。中間評価でそういった指摘もありましたので、あまり頻度は高くないものの、しっかりと連携を取ったことだけお示ししたというのが実情です。

【大澤分科会長】　よろしいでしょうか。後藤 PM、御丁寧な回答をありがとうございました。終了予定時刻

を過ぎていますので、追加の質問及び質疑は最後の全体質疑のところでお願いいたします。それでは、以上で議題2を終了といたします。

（非公開セッション）

3．プロジェクトの補足説明

省略

4．全体を通しての質疑

省略

（公開セッション）

5．まとめ・講評

【遠山委員】　ほぼ1日にわたり、様々な取組状況について御紹介いただきました。目指されているレベルも他国と比べてもチャレンジングな目標を置かれ、それに向けて進められているといった印象を強く持った次第です。他方、途中に申し上げたとおり、水素市場ないしは脱炭素市場全般に対するマーケット状況が少し変わって見えている面もありますけれども、今回のプロジェクトは24年までということですので、特にその中に反映云々はないと承知いたしました。また、中長期的なことですから、足元の市場の変化にすぐ反応しなければいけないというわけでも恐らくないのだろうと思います。加えて、これも途中で述べたとおり、日本の企業、技術が他国にキャッチアップ、ないしは追い抜くというそういったチャンスでもあるので、しっかりと歩を進めていくことが極めて重要だろうと思いました。恐らく今回は車向けの燃料電池が中心であり、おのずとOEMの方々が特定のお客様だということで視野に入っているため、あまりその他のお客様というところが強く意識されていなかったとは思うのですが、もし本当に燃料電池の多用途化を推進し、そこでも規模を拡大していこうと強く念頭に置くのであれば、いわゆる用途側のマーケットに対してももう少し見に行かれまして、どこのどのようなインダストリーの人たちが、どういったプロダクトないしはサービスを求めているのか。そうしたところから市場側をきちんと捉えるということ、それから他の技術に比べ、水素が、燃料電池がどうよいというのをうまく訴求するといった部分、市場が立ち上がっていくというよりも立ち上げていくための見方と取組もこれから先の段階で加えてやっていかれると、なおすばらしい取組になっていくのではないかと思います。NEDOは、どちらかというと技術開発が領分であり、用途側は別の組織なりで担当するということであればそれはそれでよいとは思いますので、ぜひ御協力をなさって進めていただけるとよいと感じた次第です。

【樋口専門調査員】　ありがとうございました。続いて、田中委員よろしくお願いいたします。

【田中委員】　東京理科大学の田中です。長時間にわたり御説明いただきまして、どうもありがとうございました。この事業では、FCの将来的な市場予測達成に向け、企業のニーズに基づくような実効的かつ網羅的な課題を設定されているということ、世界動向から見て一段高い目標設定であったにもかかわらず、今回頂いた報告書によると、ほぼ全ての課題で目標を達成されているということで、これはすばらしいことだと思います。アウトプットに関しては十分出されていますが、今後この事業の真価が発揮されるためには、アウトカムに向けて、テーマが多い分、いかに横串を通していくか、せっかく構築した基盤をいかにオープン化して活かしていくか。そういったところが非常に重要になっていくかと思います。ですので、ここでストップしてしまわないように継続的な事業の展開を、ぜひNEDOのほう

で進めていただきたいと思います。どうもありがとうございました。

【樋口専門調査員】　ありがとうございました。続きまして、須田委員お願いいたします。

【須田委員】　長い時間にわたりまして、どうもありがとうございました。詳細について理解いたしました。まずマネジメントの件から見ますと、NEDOが長期間支えるというのは非常に大切であり、その中で、今回行った環境に伴って変化しなければいけないものと、国のやり方といいますか、それによって変えてはいけないところがあると思うのです。そこをうまくマネジメントするというのは結構大変だと思いますが、そこはNEDOの中のこれからの話と考えつつも、ぜひ進めていってもらいたいです。特に海外での動きが非常に活発ですから、それを横目で見ながら、日本としてどう走っていくのかの指標が重要と思います。研究開発については、今日はPEFCのほうでは成果を組み合わせたMEAという話がありました。マネジメントを行う面では非常に労力を伴う話だと思いますが、取組としては非常に重要だと思います。今日は、SOFCの話は少なかったのですが、長期間の耐久を見据えた従来のSOFCと、今後の技術としてのPCFCの技術、この立ち位置のすみ分けというのも少し見えたような気がいたしますので、さらに長期間を見据えて進めていただければと思います。人材育成の関しては、特に博士課程の日本人がどうなのか。あと若手のポスドクになるかもしれませんが、そういった研究者がどのぐらいいるのか。これらがどの程度本プロジェクトを通じて新しい技術を身に着けていっているのかというのは気になった次第です。あとPRのところでは、中間報告のほうで、特に若い中高生とかに対するPRは文科省の仕事だというコメントも一部あったと思います。それもそのとおりだと思います。我々、高校生に授業をすることもありますが、高校生、大学生は大体燃料電池を知っているのです。燃料電池がどういうものかも知っていながら、燃料電池の研究の面白さは全く分かっていません。電気化学であるとか電解移動反応、イオンと電子のやり取りといったあたりの面白さが全く伝わっていきません。それは、もしかしたら高校時代の教育の問題もあるかもしれませんが、そういうことを考えると、やはり文科省とうまく突き合わせてPRするのは、これから2030年といった1つのゴールに向けて非常に大切だと思います。それから、様々な人がその研究をやっている、いろいろな人がその製品を出しているというのが最大のPRだと思いますので、最後のフェーズ3にあった多用途活用については積極的にお願いしたいです。以上になります。ありがとうございました。

【樋口専門調査員】　ありがとうございました。続きまして、清水委員お願いいたします。

【清水委員】　九州工業大学の清水です。1日お疲れさまでした。主にPEFCを重点化した非常にすばらしい大型プロジェクトだったと思います。私、卒論、修論、ドクター論文と全部電極触媒といったところで40年もやってきており、過酸化水素もしていたのですが、シール材や炭素繊維、そういう多くの要因があるのには大変驚きました。また、それに取り組まれたのも大変すばらしかったです。それで、PEFCの売上目標、10年後4.4兆円、15年後15.6兆円というのはすごいと思いますが、私セラミックス屋であるため少し知っており、経産省の前で申し上げるのがあれですけれども、ファインセラミックスが今年4兆円となります。自動車産業が去年70兆円ということは、15年後に20%目指すということで、これは日本の戦略品としても考えられていると感じましたし、実際にそうだと思います。それから、あと須田委員も言われていたとおり、今後この電気化学の分野、若手人材を誰がやるか分からないですが、育てていかないと他国にやられてしまうのではないかと思います。それから最後に少し宣伝になりますが、北九州市門司港に「HANARIA」というものがございます。御存じでしょうか。燃料電池とディーゼルのハイブリッド船が2024年に竣工しまして、私も乗りましたがこのような応用も進んでいます。今後ともNEDO、それから関係者の発展を祈念いたしまして私のコメントといたします。どうもありがとうございました。

【樋口専門調査員】　ありがとうございました。続きまして、宇佐美委員お願いいたします。

【宇佐美委員】　いすゞ自動車の宇佐美です。本日は長きにわたりありがとうございました。5年にわたって

非常に多くのテーマを扱っていただきまして、非常に高い目標を達成されたというのは非常によかったと感じます。これらの技術が社会実装され、ぜひ我が社としても、業界としても、燃料電池自動車を何とかより普及に向けて続けていきたいと思っております。当然、燃料電池システムの性能がどんどん上がり、コストも下がっていくということは非常に喜ばしいことですけれども、この事業は直接関係ないのかもしれませんが、やはり水素の値段です。そちらが我々実際に車を入れる上で非常に重みになっております。その中でも水電解装置、こちらのほうは必ずしもFCだけでなく、アンモニアであるとか、合成燃料も最近いろいろと出ていますが、我々カーボンニュートラル化をするという意味で、全てにおいて共通する技術となります。その根底には、燃料電池で培った技術が活かされると思いますので、そういう立場からも、ぜひ日本の技術をより高め、全世界で使われる技術として構築していただきたいと思います。そのためには、他事業との連携もいろいろと重要になってくると考えますので、引き続きよろしくお願いします。以上です。

【樋口専門調査員】　ありがとうございました。続きまして、櫻井分科会長代理お願いいたします。

【櫻井分科会長代理】　本日は、御説明をどうもありがとうございました。全般を通じまして、NEDOのプロジェクト推進のマネジメントがしっかり機能していることがよく分かった点をまず1点目に挙げたいと思います。具体的にはNEDOの担当者に、PL、SPLを加え、連携及び相互補完しながら進めていってくれたことが、本日の説明の中でよく理解できました。特にニーズに応じて、途中に採択されたものもうまくマネジメントされ、十分な成果を出されていることは評価に値します。また、アウトカムと市場形成について、ここにギャップがあると午前中のプレゼン資料や事業原簿からは見て取れるのですけれども、そこについてもしっかりとした考え方で進められているのが、説明を伺い非常によく理解ができました。それから、このプロジェクトが次のプロジェクトにおいて相当活用されており、成果について挙げると切りがないものの、特に気になったところはFC-DynaMoです。評価のプラットフォームのところに入っていると思いますが、その機能がしっかり次に受け継がれていること、関心表明書、制度面のものについても活用され、現行のプロジェクトの中で参加の企業が増えており、制度面も含めて、成果が活用されているものと捉えます。最後に、丸きり今日のところとは違うものの、やはり水素社会といったときに、水素価格を低減していかないとなかなか使いづらいといったところがあります。ぜひタンクまで、作るところまででではなくタンクまでの価格について見ていただきたいと思います。実際に使う人たちは、そのタンクのところ、供給されるところまでの価格を考えていますので、そこまで見ていただかないとなかなか普及していかないと個人的に思いますので、そういうところにまで力を入れていただけたら幸いです。本日はどうもありがとうございました。

【樋口専門調査員】　ありがとうございました。最後に、大澤分科会長お願いいたします。

【大澤分科会長】　本日御出席の委員の方々及び推進部、あるいは事務局の方々、誠に建設的な意見をたくさん出していただき、分科会長としても非常に助かるとともに、最低限の基準はクリアできたのではないかと思い、少し安堵しております。全体の話ですが、140、150の提案の中から101に絞り込む過程で、私も幾つか参加いたしました。そうしたところで、5年間の結果を本日総括できるということは、非常に感慨深いです。それとともに、実施者側として説明されたものはどれも十分満足に至るもので、特に定量的な説明がしっかりとなされていたというのは非常によかった点です。また、海外に負けないであるとか、エネルギー基本計画、ロードマップに沿ったことを実際に対してしっかり導くことができたというのは、やはりNEDOのリーダーシップがうまく機能しているのだと改めて感じた次第です。この事業の後継事業も進めていらっしゃるということで、ぜひ今までのとおりマネジメント力を発揮し、リーダーシップを取られ、2030年、2035年の来るべき水素社会に向けて、「NEDOがあったからこそこれができた」というようなことになると思いますので、自信を持って実行していってください。私からは以上です。

【樋口専門調査員】　委員の皆様、改めて御講評いただきありがとうございました。それでは、ただいまの御講評を受けまして、水素・アンモニア部の長谷川部長から一言お願いいたします。

【長谷川部長】　NEDO 水素・アンモニア部の長谷川でございます。本日は、長時間にわたりまして活発に御議論いただき、また有益な御指摘を頂戴いたしまして誠にありがとうございます。先ほど講評のほうにございましたが、こちらの事業は参加企業、大学、研究機関も非常に多く、他の大規模な GI 事業と異なっております。代表的な企業が大規模で実施するものとは異なり、言わば「羊の群れを追う」といったように、様々なプレーヤーの方を同じ方向に導いていく必要があるといったところで、国の政策等を含め、そういったところをどのように皆様に理解していただくか。そういった面ではマネジメントにおいて難しさがあるかもしれません。ですが、そうしたところをうまく工夫してやってこられたのではないかといったところで、委員の先生からもそういった意味での評価をいただけたものと感じます。一方、先ほどから御指摘いただいているとおり、実際に事業化に向けての研究機関と企業の方との連携であるとか、海外の研究開発動向を横目で見ながらのマネジメントといったところは注視しながら我々のほうもプロジェクト運営を行っていく所存です。引き続き、委員の先生方におかれましては御指導をいただきまして、我々のプロジェクト運営に対して御支援いただければと考えております。改めまして、本日は長時間にわたりありがとうございました。

【樋口専門調査員】　ありがとうございます。以上で議題 5 を終了いたします。

6．閉会、今後の予定

配布資料

番号無し	議事次第
資料１	分科会委員名簿
資料２	評価項目・評価基準
資料３	プロジェクトの説明資料（公開）
資料 4-1~4-6	プロジェクトの補足説明資料（非公開）
資料５	事業原簿（公開）
番号無し	評価スケジュール
番号無し	評価コメント及び評点票

以上

参考資料２　評価の実施方法

NEDO における技術評価について

1. NEDO における技術評価の位置付けについて

NEDO の研究開発の評価は、プロジェクト/制度の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおける PDCA サイクル（図 1）の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODA ループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価プロジェクト/制度等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

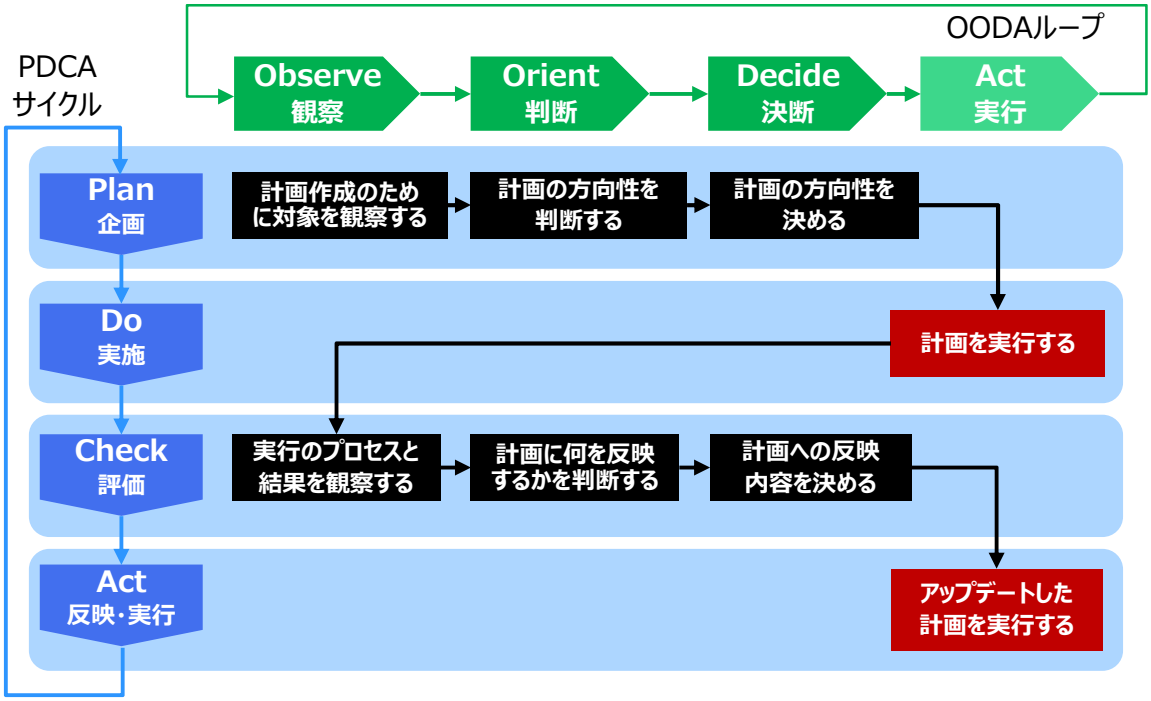


図 1　研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

2. 技術評価の目的

NEDO では、次の 3 つの目的のために技術評価を実施しています。

(1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
(2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
(3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の 5 つの共通原則に従って行います。

(1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
(2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
(3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
(4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
(5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

4. プロジェクト評価/制度評価の実施体制

プロジェクト評価/制度評価については、図 2 に示す実施体制で評価を実施しています。

(1) 研究開発プロジェクト/制度の技術評価を統括する研究評価委員会を、NEDO 内に設置。
(2) 評価対象プロジェクト/制度毎に当該技術の外部の専門家、有識者等からなる分科会を研究評価委員会の下に設置。
(3) 同分科会にて評価対象プロジェクト/制度の技術評価を行い、評価（案）を取りまとめる。
(4) 研究評価委員会の了承を得て評価が確定され、理事長に報告。

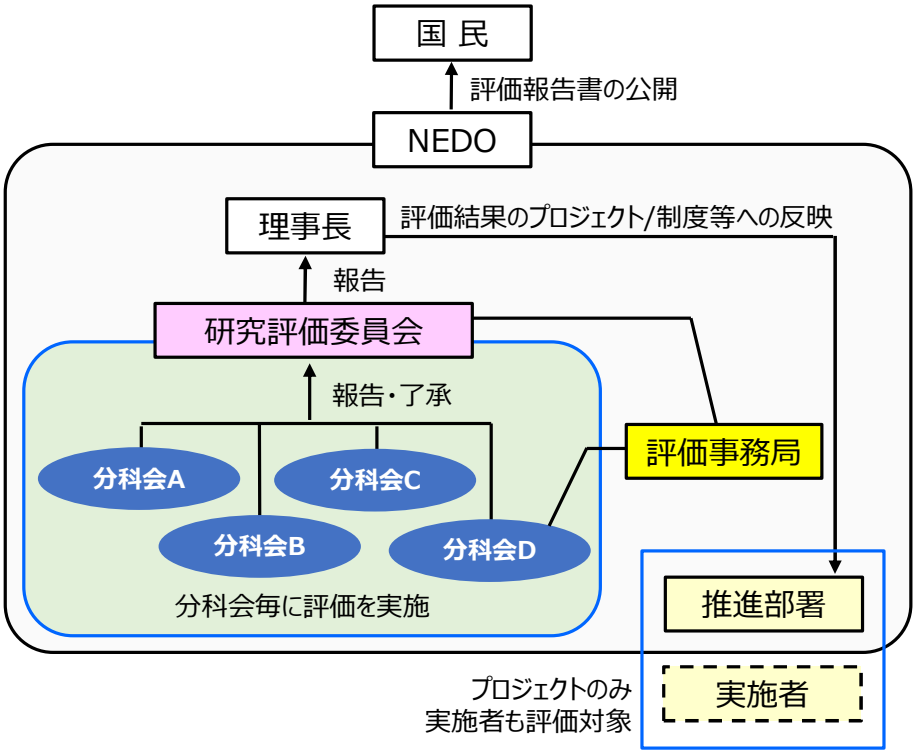


図 2　評価の実施体制

5. 評価手順

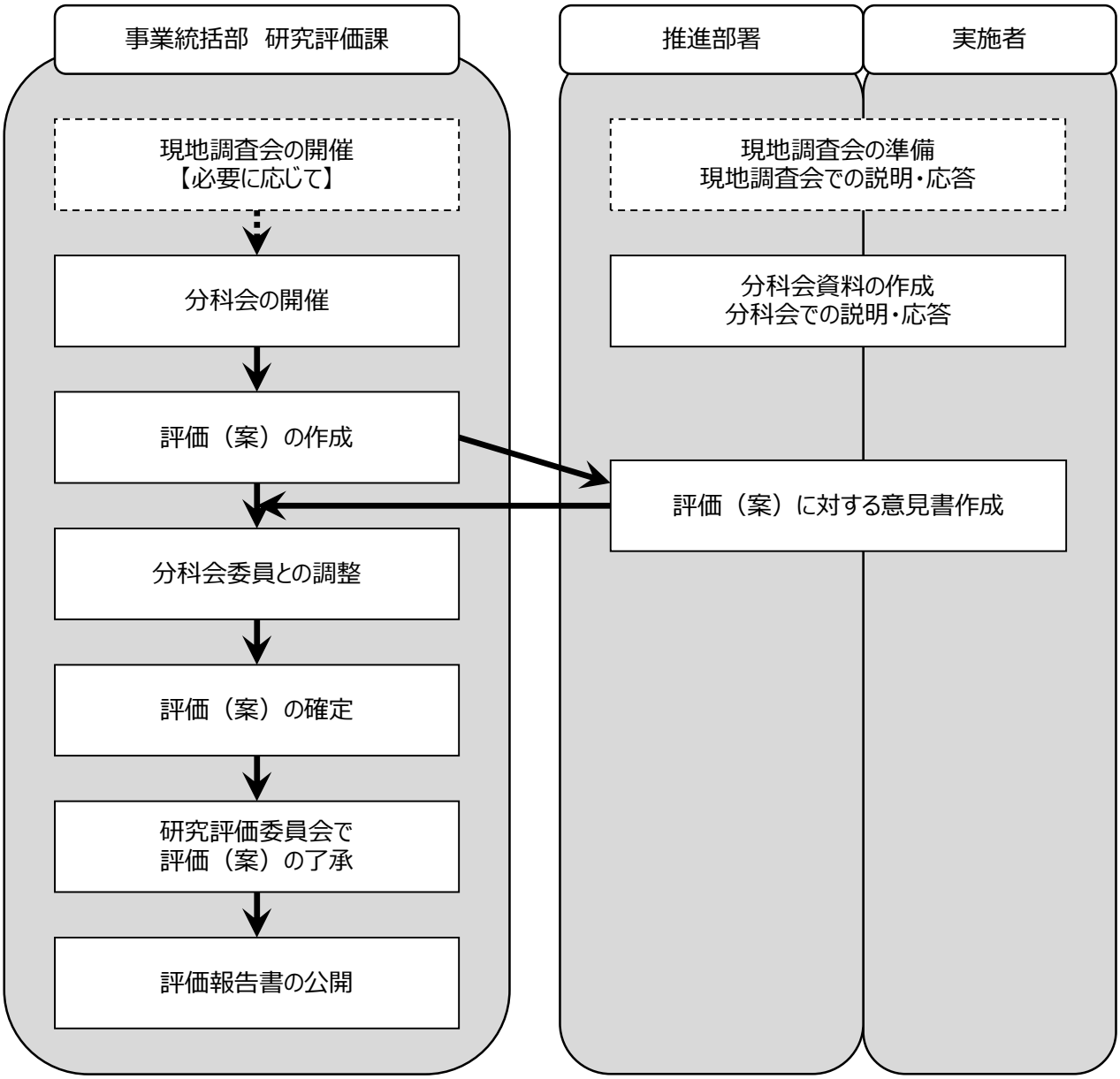


図 3 評価作業フロー

研究評価委員会
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」
（終了時評価）分科会に係る
評価項目・評価基準

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1) アウトカム達成までの道筋

・「アウトカム達成までの道筋」※の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮したか。

※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項
・将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
・本事業終了後の自立化を見据えていること。
・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

(2) 知的財産・標準化戦略

・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データも含めた上で、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当であったか。
・本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであったか。
・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいたか。

２．目標及び達成状況

(1) アウトカム目標及び達成見込み

・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に※見直していたか。

・アウトカム目標の達成の見込みはあったか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当であったか）。

※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO_2 削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。

・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。

・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。

・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

(2) アウトプット目標及び達成状況

・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に※見直していたか。

・最終目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切だったか。

・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあったか。

・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われていたか。

※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。

・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。

・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。

・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックと TRL※の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

3．マネジメント

(1) 実施体制

・実施者は技術力及び実用化・事業化能力を発揮したか。
・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能していたか。
・実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化・事業化を目指した体制となっていたか。
・個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切であったか。
・本事業として、研究開発データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものであったか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公正性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしたか。

(2) 研究開発計画

・アウトプット目標達成に必要な要素技術の開発は網羅され、要素技術間で連携が取れており、スケジュールは適切に計画されていたか。
・研究開発の進捗を管理する手法は適切であったか（WBS※1等）。進捗状況を常に関係者が把握し、遅れが生じた場合、適切に対応していたか。

※1 WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

・研究開発の継続又は中止を判断するための要件・指標、ステージゲート方式による個別事業の絞り込みの考え方・通過数などの競争を促す仕組みの運用は妥当だったか。

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）事業統括部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 事業統括部 研究評価課

＊研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。
（https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html）

〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地
ミューザ川崎セントラルタワー
TEL 044-520-5160