「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた
高効率冷凍空調技術の開発」
中間評価報告書

２０２５年８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

2025 年 8 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。

「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた
高効率冷凍空調技術の開発」
中間評価報告書

２０２５年８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　1-16

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　分科会議事録及び書面による質疑応答　参考資料 1-1
参考資料２　評価の実施方法　参考資料 2-1
参考資料３　評価結果の反映について　参考資料 3-1

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、「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」の中間評価報告書であり、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「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 80 回研究評価委員会（2025 年 8 月 8 日）に諮り、確定されたものである。

2025 年 8 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 6 月 10 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（一部、公開）

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

● 現地調査会（2025 年 5 月 27 日）

一般財団法人電力中央研究所 横須賀地区（神奈川県横須賀市）

● 第 80 回研究評価委員会（2025 年 8 月 8 日）

「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」

（中間評価）

分科会委員名簿

（2025 年 6 月現在）

	氏名	所属、役職
分科会長	丸田（まるた） 薫（かおる）	東北大学　流体科学研究所　所長／教授
分科会長代理	中島（なかじま） 英彰（ひであき）	国立研究開発法人　国立環境研究所　地球システム領域 シニア研究員
委員	赤穂（あかほ） 啓子（けいこ）	経済ジャーナリスト 積水樹脂株式会社　取締役
	奥（おく） 真美（まみ）	東京都立大学　都市環境学部　都市政策科学科　教授
	髭分（ひげわけ） 美次（よしじ）	一般社団法人　日本冷凍空調設備工業連合会　技術部長
	涌井（わくい） 徹也（てつや）	大阪公立大学　大学院工学研究科　機械系専攻　教授

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

（2025 年 8 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

本事業の位置付け・意義については、モントリオール議定書キガリ改正に対応するとともに、カーボンニュートラルの実現に向けては低 GWP※1 冷媒の開発・市場投入が必要であり、環境省による自然冷媒機器の導入支援との住み分けを図るという、本事業の位置づけが明確である。また、市場投入を図るには、民間企業だけで対応することは困難であるため、産学官連携プロジェクトとして取り組む意義は大きい。さらに、HFO※2 系冷媒を用いた直膨式空調はアジアやインドなどでの新規参入ポテンシャルが高いため、本プロジェクトによる経済的価値も高いと判断する。

アウトカム達成までの道筋については、冷媒メーカーや機器メーカー、業界団体のヒアリングを通して検討されており、国際標準化や法対応も含めて、目標達成までの道筋は明確である。

知的財産・標準化戦略については、オープンデータをステークホルダーと情報共有し、開発成果などは特許化して、開発主体の利益を確保する戦略となっており、オープン領域とクローズ領域が適切に設定されている。安全性に関する項目を標準化に盛り込む方針も妥当である。

一方、アウトカム達成までの道筋については、自然冷媒が世界の主流となる可能性が指摘されており、HFO 系冷媒を使った低 GWP 冷媒空調機器が国外においてもいかに受容されるようにしていくかが重要課題と考える。HFO 系冷媒機器のメリットや優位性等に関する積極的な広報活動を進めると同時に、利益確保に向けた方策を積極的に検討いただきたい。また、情報の発信については不足していると思われるので、学会などアカデミアの世界だけでなく、冷媒メーカー、機器メーカーの事業化を後押しするための情報発信や広報活動をさらに積極的に進めていただきたい。さらに、PJ 終了後数年を見込んでいる HFO 系混合冷媒の量産と、その対応機器の量産に関しては市場の動向に左右される可能性もあり、事業終了後の自立化に向けては、国産技術の維持・発展、国際競争力の発現までを担う何らかの体制維持が期待される。

知的財産・標準化戦略については、知財マネジメントシステムとして PJ 全体を俯瞰した判断のプロセスと体制の明確化が期待される。自然冷媒の普及を進めたい国々から、標準化作業に反対意見が出されるおそれもあり、国際標準化においては、仲間づくりが重要になるので、今後の国際市場でのシェア拡大を図るにあたって、海外での知財・標準化・特許戦略をどのように行うか、早急にその方針を検討いただきたい。

※1 HFO（Hydro FluoroOlefin）：冷凍機やエアコンに用いる地球温暖化係数の低い冷媒として注目されている。

※2 GWP（Global-warming potential）：地球温暖化係数

１．２　目標及び達成状況

アウトカム目標及び達成見込みについては、アウトカム目標の達成に向け、計画が合理的に立案されていること、また、国際規格に対して積極的に情報開示・情報交換を進めており、実用化前に国際規格へ提案予定であることから、アウトカムの達成見込みが高いと判断する。キガリ改正目標の達成への貢献も高いため、費用対効果は妥当なものである。

アウトプット目標及び達成状況については、実用化・事業化に繋がるアウトプット中間目標および最終目標の指標が具体的に設定されている。また、どの課題についてもほぼ中間目標を予定通り、あるいは予定を超えて達成している。自己分解反応特性評価のために新たな着火手法が構築され、反応発生メカニズムとその抑制策の知見が得られたこと、冷媒についての諸特性や燃焼特性等の信頼性の高いデータが取得されていることは高く評価される。また、NEDO 講座において冷凍空調分野の人材育成に貢献することは、将来の事業化に向けた大きな波及効果であると考える。必要な論文発表や特許出願に関しても順調になされてきている。

一方、アウトカム目標については、日本メーカーのシェアが拡大され、それによって増収につながる想定であるとの数値が示されたが、そうした数値はアウトカム目標として示されると良い。また、PFAS※1 規制などの外部環境の変化に対する継続的調査と対応が期待される。さらに、冷媒の大量生産については将来的な課題であり、検討いただきたい。

積極的に論文掲載，研究発表・講演が行われているが、本プロジェクトの研究インパクトを鑑みると、さらに積極的な論文投稿によって実施研究者の成果をより広く周知することも検討いただけるとより良い。REFPROP※2 や ASHRAE※3、ISO 817※4 等の国際規格・標準化・指針へのインプットも適切に進めていってもらいたい。

※1 PFAS：ペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物の総称。難分解性、高蓄積性、長距離移動性という性質があるため、規制やリスク管理の取り組みが進められている。

※2 REFPROP：アメリカ国立標準技術研究所が開発した、研究開発者向けの冷媒熱物性データベース。

※3 ASHRAE：アメリカ暖房冷凍空調学会。

※4 ISO 817：冷媒の呼称と安全性分類に関する国際規格。識別するための番号体系と、安全性に関する分類基準を定めている。

１．３　マネジメント

実施体制については、NEDO はこれまでに次世代冷媒とその適用機器の開発事業を進めてきており、その知見やネットワークを活用し、効果的・効率的に事業を執行できることから、NEDO 事業として進めることが適切と判断する。また、実施者は、十分な技術力を持っており、実用化・事業化能力を発揮している。指揮命令系統及び責任体制についても、有効に機能しており、実施者の体制に問題はない。知財コーディネータの指導の下、知財の取得、国際標準化に向けた情報公開、国際的データベースへの登録、ISO における項目新設等、普及や事業化を念頭においた適切なマネジメントがなされている。

受益者負担については、委託事業は今後も委託として継続することは適切である。助成事業は本プロジェクト終了後数年以内の製品化・量産化を計画しており、現在と同様の助成率を継続することが適切である。

研究開発計画については、目標達成に必要な要素技術を抽出し、それぞれをグループ化して同時並行で実施することで早期の事業化を実現する体制を構築しており、各グループ間で情報共有を行う場を設けることで、共有イメージが構築されている。進捗管理を行うための月例報告、各種会議が適切に設定・実施されており、外部有識者・業界団体との意見交換をプロジェクトにフィードバックする体制も確立され、積極的にプロジェクト運用に反映している点は高く評価できる。交付金インセンティブ制度により、開発へのモチベーションを高める工夫をしていることも評価できる。

一方、実施体制については、5 年間の研究開発期間の残りで成果を上げるために、選定された冷媒に関する情報を各グループ間でいち早く共有する仕組みのさらなる検討を望む。HFO 系冷媒とそれを用いた空調機器の実用化に向けて、さらに効果的なグループ間連携とその成果を強く期待したい。また、自国発の新技術の発展の観点で、継続的な外部環境調査を行うことが NEDO または国に期待される。併せて将来事業化を行う企業群を念頭に、蓄積技術の効果的な情報共有や活用、必要に応じた組織間の協創を推進するようなプロジェクトを国として起こしていただきたい。

研究開発計画については、研究データの利活用や提供方針等について、オープン・クローズ戦略の精緻化を慎重に検討し、明確にしていく必要がある。併せて、外部環境の変化や社会的影響の把握方法、見直しを図っていくタイミング・仕組みについて、研究開発計画のなかに組み込んでおく必要があると思われる。

（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＞

・ ビジョン・目標：増加する冷凍空調機器におけるフロン類の低 GWP 化に向け混合冷媒のスクリーニングから技術開発までを行う事業であり、位置づけや目標達成への寄与は明確である。
・ 内外環境を考慮しても低 GWP 化に貢献し、経済的価値の高い事業である。
・ インプットを踏まえ、アクティビティ、アウトプットからアウトカムに至る計画が明確な論理構成を以て整えられている。
・ HFO 系混合冷媒の絞り込み、同利用機器要素技術開発、同安全性評価技術確立、冷凍空調システム評価技術の 4 点につき研究 Gr が組織され、以降の実用化、事業化、社会実装へと対応者と連携が整理されている。
・ オープン・クローズ戦略は両者の領域が適切に設定され、現状の外部環境を踏まえると妥当である。
・ 事業参加者間での知的財産・データの取扱いは、研究進捗を促進する形で整備されており、国際標準化・シェア拡大に向けた意欲的な内容となっている。
・ 自己分解反応を免れ得ない HFO 冷媒を導入するが、その安全性に関する項目を標準化に盛り込む方針も妥当である。
・ 2034～2036 年のモントリオール議定書キガリ改正による 85%の HFC 使用削減に向け、本事業を行うことにより目標が達成できる見込みとされており、政策・施策における位置づけは明確である。
・ 本事業は開発的要素が多く、企業の競争的環境では実現しづらいことから、国において実施する意義は大きい。
・ 2027 年のプロジェクト終了後 1 年目をめどに冷媒メーカー、機器メーカーがそれぞれ HFO 系混合冷媒とそれを用いた機器を実用化、PJ 終了後 3 年目をめどに量産体制を構築することにより、2034～2036 年のアウトカムを達成する計画となっており、目標達成までの道筋は明確である。
・ 低 GWP 混合冷媒の熱物性データや機器の設計指針、安全性・環境影響評価等はオープンデータとしてステークホルダーと情報共有するとともに、冷媒及び空調要素機器の開発成果などは特許化して、開発主体の利益を確保する戦略となっており、オープン領域とクローズ領域は適切に設定されている。
・ 2050 年のカーボンニュートラル達成、2036 年のキガリ改正で日本が約束した HFC の 85%削減を実行するためには、低 GWP の冷媒とそれに対応した空調機器の開発と市場投入が不可欠。ただ、市場投入をはかるには、安全性の評価や既存の安全や環境影響に関する法規制との調整などが必要で、民間企業だけで対応することは困難である。産学官連携のプロジェクトとして取り組む意義が大きいと考える。

- 冷媒グループ、機器グループ、安全グループ、評価グループがそれぞれ役割分担を定めて、同時並行で作業を進める体制ができており、いつまでに何をやるというアウトプット目標も定められている。国際標準化を視野に入れて作業を進めており、開発から実用化、事業化、社会実装までのタイムスケジュールも明確にしている。
- 中間段階としては概ねスケジュールどおりに進捗していると見られる。
- 世界が注視している中での開発であり、特許化や完全な非公開技術とするなど、守るべきものは守るクローズ領域と、標準化を進めて世界の仲間づくりを進めるオープン領域の両面で進めるという考え方は妥当と考える。また、何を国際標準とするかを定めて、標準化作業に向けて準備を進めていることも評価できる。
- モントリオール議定書キガリ改正に対応するために HFC の生産・消費量を削減するとともに、カーボンニュートラルの実現に向けては低 GWP 冷媒の開発・普及が必要であり、環境省による自然冷媒機器の導入支援との住み分けを図るなかで、本プロジェクトが対象とする冷媒や機器を明確化し、本プロジェクトの果たし得る役割と意義に関する説明がなされている。
- 委託事業と助成事業との関係性、それら事業に関わる各グループとその構成主体の役割、本プロジェクト終了時におけるアウトプット目標とそれ以降の実用化・事業化の目途、アウトカムとして最終的に目指すところについては、整理された形で分かりやすく示されている。
- 国際標準化に向けた具体的な道筋が示されている。
- 知的財産・標準化に係るオープン・クローズ戦略および知的財産管理に関する考え方は、分かりやすく図化され整理されている。
- 本事業の位置づけが明確に示されており、その効果も論理的な道筋が示されている。
- 社会貢献、経済的価値の観点において、その意義は極めて大きいものと評価する。
- 考慮すべき事項は、不足なく網羅され、時間軸を含め、体制が明確化され、取り組みが実行されている。
- オープン・クローズ戦略、標準化戦略とも必要な事項が盛り込まれ、適切な手法・視点で設定され、取り組まれている。
- キガリ改正に基づく HFC の使用規制を満たすために、本プロジェクトで開発する低 GWP 冷媒への代替が進むことが見込まれており、オゾン層破壊、地球温暖化防止を実現するための政策・施策の実現に本プロジェクトは大きく貢献できる。
- 低 GWP 冷媒は空調性能や安全性に課題があり、これを解決することに本プロジェクトは大きく貢献できる。
- 低 GWP 冷媒の海外での開発状況および規制措置、自然冷媒の安全性の課題を踏まえると、業務用、家庭用直膨式空調を対象とした HFO 系冷媒およびその適用機器を開発することはキガリ改正による規制を満たすために重要なプロジェクトであると考える。また、HFO 系冷媒を用いた直膨式空調はアジアやインドなどでの新規参入のポテンシャルが高いため、実用化に向けた研究開発を行う本プロジェクトは経済的価値も高いと判断する。

・ HFO 系冷媒とその適用機器の開発を民間企業で優先的に実施することは難しく、国が主導して企業、大学、研究機関の連携体制を構築して開発することは必須と考える。
・ アウトカム（2030 年頃の実用化，2036 年時の事業化）の達成に向けた道筋が、冷媒メーカーや機器メーカー、業界団体のヒアリングを通して検討されている。HFO 系冷媒およびその適用機器の事業化に向けて特に重要な国際標準化、その後の法対応がアウトカム達成に向けて適切に考慮されている。
・ 特許化およびノウハウ化によるクローズ戦略と、ステークホルダーとの情報共有および国際標準化に向けた情報公開によるオープン戦略のバランスは本プロジェクトにおいて極めて慎重な対応が求められるが、生じうるリスクと利益効果を考慮して適切に進められている。
・ 知財コーディネータによる知財戦略策定と知的財産管理は、本プロジェクトによる自国産業の競争力強化に不可欠であり、現体制を高く評価する。
・ 業界団体への情報公開を積極的に進めることで、本プロジェクト終了後の事業化に大きく貢献している。
・ 国際標準化は実用化、事業化に先立って制定するべく積極的に活動を進めてられている。

＜問題点・改善点・今後への提言＞
・ 外部環境の変化に対する継続的調査と対応が期待される。
・ 事業終了後の自立化については、国の関与を伴う形でバトンを渡し、国産技術の維持・発展、国際競争力の発現までを担うため、何らかの体制維持が期待される。
・ 例としては、自然冷媒を推進する欧州のように、国・地域によって将来事業の境界条件が大きく異なるため、外部環境の地域性や情勢変化を組織的に継続把握し、柔軟に対応を変えていくことが期待される。
・ 本事業終了後に得られた成果がそのまま市場に広がっていくかどうかは不透明な部分も多く、事業終了後も NEDO、もしくは国による成果の普及のための助力や方策が望まれる。
・ PJ 終了後数年後を見込んでいる HFO 系混合冷媒の量産と、その対応機器の量産に関しては市場の動向に左右される可能性もあり、NEDO、もしくは国によるさらなる成果普及のための働きかけが望まれる。
・ 知財コーディネータの指導の下、知財戦略策定と知的財産管理を実施、また研究成果の早期実用化に向け、業界団体との連携を深め、積極的に情報開示を進める、とあるが、その具体的な内容に関しては未知数である。
・ 今後の国際市場でのシェア拡大を図るにあたって、海外での知財・標準化・特許戦略をどのように行っていく予定なのか、現時点では示されておらず、早急にその方針を検討すべきである。
・ 自然冷媒が世界の主流となる可能性が指摘されており、HFC を使い続ける意義を理論立てて世界に説明する必要がある。特に日本と気候的に近いアジア諸国へのアピールが重要である。

- 同時並行で開発を行っているとはいえ、混合冷媒の候補が決まらなければ、機器開発や安全性の評価が進まないことは明らかである。混合冷媒の確定に見通しを立てることが何よりも急がれる。また、情報の発信についてはまだまだ不足していると思われる。学会などアカデミアの世界だけでなく、産業界に今後の方向性を示し、ユーザーとしての心構えを促す取り組みを強化する必要がある。
- 現実のビジネスの世界では、何を特許とするか、特許化した技術をどう活用するか、ライセンスフィーをどう確保するかは、企業の戦略そのものである。今回のように国プロとして開発した技術の帰属をどこにするのかについて、国と開発企業との間で齟齬が生じる可能性があることには留意する必要がある。国際標準化においては、仲間づくりが重要になる。特に自然冷媒の普及を進めたい国々から、標準化作業に反対意見が出されるおそれもある。
- 諸外国での冷媒開発や空調機器等の普及状況等を踏まえて、世界における本プロジェクトの意義や独自性はいかなる点に見出されるのかが十分に説明されているとはいえない。日本において業務用・家庭用空調を対象として、HFO を用いた低 GWP 冷媒を開発し実用化を図ることによる実質的な意義や効果（途上国への展開可能性、日本が既に有している安価な機器や効率的な空調システムの普及可能性、日本としての選択肢の保持など）を明確に示すことによって、本プロジェクトを実施することに一層の説得力を持たせることにつながる。
- 幅広いステークホルダーへの情報発信や広報については、誰に・どのように・何について行っていくのかが明確になっていない。
- 基本的な考え方や概念整理は示されているものの、本プロジェクト参加主体間での知的財産の取扱い、市場展開が見込まれる国での権利化、内外の環境変化に応じた戦略展開・見直しといった点については現時点では具体化しておらず、今後の検討に委ねられている部分が多いことから、本プロジェクトの成果が事業化と世界的シェアの拡大につながるものとなり得るのかは不透明である。
- 外部環境の変化については、現状において想定し得る様々な可能性を踏まえていると考察するが、今後における想定外の状況も含めて、どのようなケーススダディをされているかまでは不明。抽出された想定外ケースとその対処法を明確化し、PJ 内で共有されていることが望ましい。
- 時間軸において、Gr 間の不整合やフィードバックに費やすバッファーが充分あるのかまでは不明。今後も進捗が順調に推移するとしても、適時「振り返り」のステップを設定し、実行されることが望ましい。
- オープン・クローズの個別選別は、局面ごとに非常に難しい判断が伴うことが理解できる。PJ 全体を俯瞰した判断のプロセスと体制があるのか不明。どのようなケースで、どのように判断するか、知財マネジメントシステムの明確化が望ましい。
- HFO 系冷媒を使った直膨式空調を低 GWP 冷媒空調機器として選択することを国外でいかに受容してもらうかが重要課題と考える。マーケットの対象となりうる地域を中心とした積極的な広報活動を進めて頂くと同時に、開発技術が自国産業の競争力強化に繋

がるような利益確保に向けた方策を積極的に検討いただきたい。
・ 開発している HFO 系冷媒は PFAS 規制の影響を大きく受ける可能性があり、世界の規制動向に対する情報収集およびそれに基づく方針設定が今後はさらに重要視されると考えられる。HFO 系冷媒が活用できる未来を構築するための国際規格化に向けた強い働きかけや情報発信をさらに強く進めて頂きたい。
・ 冷媒メーカー、機器メーカーの事業化を後押しするための情報発信、広報活動を積極的に進めていく道筋をさらに具体的に検討頂きたい。
・ PFAS 規制の影響を受けて HFO 冷媒の世界的な受容には不確実性を伴うため、事業化に向けて必要な道筋は適宜、検討を続けて頂きたい。
・ 自国産業としての競争力強化に向けて、オープン・クローズ戦略は今後さらに慎重な判断に基づきながら積極的に進めて頂きたい。

１．２　目標及び達成状況

＜肯定的意見＞

・ アウトカム指標・目標値の見直しを含め、アウトカム目標の達成に向け、計画が合理的に立案されている。
・ 外部環境の変化等、議論になる部分もあったが、我が国独自の技術戦略として順調に進捗しており、また課題も明確である。
・ 低 GWP 化を目指し、反応性の高い冷媒を導入する混合冷媒の実現に向け、自己分解反応抑制までを包含する計画である。
・ 技術的困難にも関わらず、技術課題が克服されており、目標の適切な見直しと共に、中間目標が達成されている。
・ 自己分解反応特性評価のために新たな着火手法が構築されたことは高く評価される。
・ 冷媒についての諸特性や燃焼特性等の信頼性の高いデータが取得されていることは高く評価される。
・ 混合冷媒における混合比と、自己分解反応抑制のための付加物質について、科学的知見に基づく知見の蓄積が達成されている。GWP の目標カテゴリ別に、柔軟に対応できる体制が整っている。
・ 諸外国への技術普及、ある程度の先行的開発を念頭に、オープン・クローズ戦略が立案され実行されている。論文発表、特許出願も行われている。
・ 2036 年のモントリオール議定書キガリ改正による 85%の HFC 使用削減に向け、日本の HFC 生産・消費量削減目標値が適切に設定されており、本研究開発の実施によりその達成が見込まれている。
・ 本プロジェクト費用の当初計画の総額は 2023～2027 年度の 5 年間で 38 億円となっており、アウトカム目標としては 2035 年時点でのキガリ改正を達成する基幹技術として、日本メーカーの海外での 30→35%のシェア拡大（約 750 億円）が見込まれるため、費用対効果は妥当なものである。

- 今回の中間評価分科会開催時点においては、どの課題についてもほぼ中間目標を予定通り、あるいは予定を超えて達成している。また必要な論文発表や特許出願に関しても、順調になされてきている。
- 2050 年のカーボンニュートラル達成と日本メーカーのシェア拡大をはかるという目標は妥当である。
- また、混合冷媒の候補の絞り込みや安全性評価など各グループの取り組みは、中間段階として目標に向けて着実に進んでおり、目標を達成する見込みはあると思われる。特に混合冷媒の選定において、自己分解反応が発生するメカニズムとそれを抑制する対応策に知見が得られた成果は大きい。国際標準化の規格化作業も各標準化団体との情報共有が行われている。
- 混合冷媒において、自己分解反応が発生するメカニズムとそれを抑制する対応策に知見が得られた成果は大きい。冷媒の物性評価を 15 件以上実施し、国際データベースへの登録申請に耐えられる基本物性データを 1 種類見いだせたことも、今後の低 GWP、HFO 冷媒の価値を世界に主張することに貢献できる。
- 自己分解反応を誘発する着火源について、国際標準に提案する着火手法を開発したことも評価できる。
- このように、大学などの研究機関が、計測・基礎実験をもとにデータベース化やモデル化するという理論武装面で貢献し、それを企業が事業化して収益化することができれば、産学連携の好事例として、意義がある。また、助成事業として実施した冷蔵・冷凍ショーケースの開発にめどが立ち、量産化計画が具体化していることも評価できる。
- キガリ改正への対応と 2050 カーボンニュートラルの実現、途上国の HFC 削減目標達成への貢献、日本企業の世界市場シェアの拡大といった指標は示されている。
- 冷媒安全性評価手法の確立と規格化に向けた着実な進捗がみられる。
- 委託事業の 4 グループおよび助成事業のすべてにおいて、具体的な成果（見込みも含めて）が認められる。
- 現状の外部環境におけるアウトカム目標は、考慮すべき項目を網羅され、適切に設定されている。
- 中間評価段階での達成度は高く、最終目標の達成の見込みは、充分に期待できる。
- 現状の外部環境におけるアウトプット目標は、考慮すべき項目を網羅され、適切に設定されている。
- 中間評価段階での達成度は高く、未達成の項目は見当たらない。
- 論文発表、特許出願等、必要十分な範囲で実行されている。
- 2030 年頃の実用化に向けて、4 つの研究グループでそれぞれ HFO 系冷媒およびその適用機器を普及させるため、国際規格に対して積極的に情報開示・情報交換を進めており、国際規格への提案時期も明確化されている。この時期は実用化前であることから、アウトカムの達成見込みが高いと判断する。
- 実用化に向けた課題を明確にしており、それに対する対応も検討されている。

・ 本プロジェクトに基づくアウトカム目標が達成されれば、プロジェクト総額を大きく上回る市場拡大を見積もっており、キガリ改正目標の達成への貢献も高い。
・ 4 つの研究グループでそれぞれ実用化・事業化に繋がるアウトプット目標を明確に設定しており、それを達成するための指標が中間目標および最終目標で具体的に設定されている。設定根拠も明確である。
・ 4 つの研究グループがいずれも中間目標を達成する見込みが立てられている。計画を前倒して進めている研究グループもあり、今後さらなる成果が期待できる。研究開発に取り組まれている皆様に心から敬意を表する。
・ 本プロジェクトの成果がデータベース化、モデル化、シミュレーターといった形で結実し、大学・企業における研究開発を促進することを期待したい。
・ NEDO 講座において冷凍空調分野の人材育成に貢献することは、将来の事業化に向けた大きな波及効果であると考える。

＜問題点・改善点・今後への提言＞
・ 冷媒の大量生産については将来的な課題と判断されている。
・ 論文発表については、一定の期間が経過後、高インパクトの国際的なレビュー学術誌へ投稿するなど、実施研究者の成果をより広く周知することも検討いただけるとより良い。
・ ヨーロッパで計画されている、人体及び環境への影響への観点から PFAS の規制検討に関連し、本プロジェクトで開発予定の冷媒に含まれる HFO-1234yf が規制の対象となる可能性があるため、今後の動向をよく注視し、必要な対策を講じていく必要がある。
・ オープン・クローズ戦略や、実用化・事業化の改革を踏まえて、適切に REFPROP や ASHRAE、ISO 817 等の国際規格・標準化・指針へのインプットも進めていってもらいたい。
・ 国産冷媒メーカー2 社の進捗（R 番号の取得など）に差がみられることが気になる。また、PFAS 規制がどのような影響を及ぼす可能性があるのかについても注意する必要がある。
・ 混合冷媒候補を確定し、量産化をはかること、対応機器を開発し、量産化をはかること、それらを世界市場に普及させるという目標が計画どおりに達成できるかは見通せていない。
・ キガリ改正への対応と 2050 カーボンニュートラルの実現、途上国の HFC 削減目標達成への貢献、日本企業の世界市場シェアの拡大といった指標はあるものの、定量的な目標値が示されていないことから、どのような状態になればアウトカム目標を達成したといえるのかの判断基準を欠いている。
・ プロジェクト費用総額は 5 年間で 38 億円であることが示されている一方で、それによる効果については定量的にはいっさい示されていない。波及効果として 2035 年時点で日本メーカーの家庭用エアコンのシェア増加との記載があり、質疑のなかでは現在 30%のシェアが 35%になり、それによって 750 億円の増収につながる想定であるとの数値が示されたが、そうした数値はアウトカム目標として示されるべきものである。

・ 社会実装・実用化は 2036 年になることが見込まれているなかで、2035 年時点でのシェア増加が果たして可能なのかどうか疑問がある。
・ 中間年度における目標達成状況は、見込みも含めて「◎」（大きく上回って達成）か「○」（達成）となっているが、最終目標に向けては克服すべき課題や達成可能性が不透明な部分が残されていることが質疑を通して明らかになった。達成状況や成果のみを強調するのではなく、むしろアウトプット目標とその先のアウトカム目標を達成していくうえでの課題を明らかにし、その克服に向けた対応策を示すことが重要である。今回の中間評価は「PDCA」サイクルの「C」にあたり、「A」につなげていく機会であることを意識した評価がなされるべき。
・ EU における F ガスや PFAS に係る規制といった国際的な動向を十分にフォローしながら、本プロジェクトの進むべき方向性や立ち位置を見極めていく必要がある。
・ 費用対効果の試算は妥当であるが、PJ 後の市場実装に関わる段階における費用対効果について、PJ 外の体制による想定と対応への取り組みが望まれる。
・ 副次的や波及等、特段の成果としては明示されていない。一方で顕在化した課題や新たな目標等、今後の取り組みに影響を及ぼすような事項の有無については不明。今後のプロセス見直し要否を判断する場が望まれる。
・ 実用化に向けた課題の一つとして挙げられている PFAS 規制の動向注視に関して情報収集活動をさらに積極的に進め、アウトカム目標の達成への道筋を適宜見直して頂きたい。
・ 低 GWP 冷内の対応機器の開発に関しては順調に進んでいると理解しているが、機器上市に向けた課題と対応をより明確にして、開発を進めて頂きたい。
・ クローズ戦略を取る知見も少なくない中、積極的に論文掲載、研究発表・講演が行われているが、本プロジェクトの研究インパクトを鑑みると、さらに積極的な研究発信（特に論文投稿）を期待したい。
・ アウトカムの達成に向けて、研究開発成果のさらなる発信の場を設けて頂きたい。

１．３　マネジメント

＜肯定的意見＞

・ 適切な執行機関が、構造化され整理されたマネージメント・スキームの中でプロジェクト運営が行なわれている。
・ 実施者は、基礎面の成果を活用し、開発担当に接続する体制、その運営が実現しており、効率的な連携体制が構築されている。
・ 知財の取得、国際的に著名なデータベースへの登録、ISO における項目新設等、普及や事業化を念頭においた適切なマネジメントがなされている。
・ 研究インテグリティについても、配慮がなされた上で、普及・実用化に向けて進められている。
・ 特定の用途向けに、開発技術の活用を見込んだ事業がすすめられており、委託事業として継続することが適切と判断される。

・ 特に海外での普及の観点では、予測が困難な各種規制（F ガス規制、PFAS 規制等）を念頭に、連携やスケジュールを見直しできる体制が構築されている。
・ 研究進捗管理、また研究開発の継続・中止判断の仕組みも適切に設定され、実施されている。
・ 本事業は、地球温暖化対策のため HFC 排出量を 2030 年代以降さらに削減していこうとするものであり、NEDO のミッションである「エネルギー・地球環境問題の解決」及び「産業技術力の強化」と合致し、これまでの次世代冷媒及びその適用機器開発の流れの延長上で執行する意義は高く、他により効果的・効率的に事業を執行できる機関は存在しない。
・ 本事業実施者は、十分な技術力を持っており、実用化・事業化能力を発揮している。また、その指揮命令系統及び責任体制についても、有効に機能しており、実施者の体制に問題はない。
・ 委託事業に関しては、各委託先とも十分な成果を上げており、今後も委託事業として継続することは適切である。
・ 補助事業に関しては、メーカーの事業化までの期間を考えると、現状では現在と同様の助成率（50%）を継続することが適切である。
・ 本プロジェクトでは、早期の事業化の実現のため、通常想定されるプロセスとは異なり、各研究開発項目や企画・標準化への取り組み、企業の開発促進のためのプロジェクト成果の公開を同時並行的に実施し、研究開発及び事業化の早期達成を図る計画となっている。
・ グループ内・グループ間の連携をとるため、定期的に情報共有・議論を行う場を複数用意することにより、効果的なプロジェクトマネジメントを行っている。
・ 事業期間中でも、研究の進捗状況や情勢変化に対応して、柔軟に対応を行ってきている。
・ 地球温暖化対策に関する技術開発を産学官連携で進めるうえで、NEDO が実施機関としてかかわることは適切である。多数の研究機関を束ねて実施体制を構築し、運営する能力も NEDO には備わっている。
・ 今回のプロジェクトは技術開発だけでなく、安全性評価や国際標準化、法制度の改正など取り組むべきテーマが多岐にわたり、民間企業だけで対応できないものである。また、開発された成果は地球温暖化対策に大きな効果があり、さらに国民生活の向上にも資するものであり、国費を投入する意義はある。委託事業として継続することは適切である。
・ 目標達成に必要な要素技術を抽出し、それぞれをグループ化して同時並行で実施し、早期の事業化を実現する体制を構築し、各グループ間で情報共有を行う場を設けている。それぞれの進捗状況についても適宜確認している。現状で進捗は順調であるとみられる。交付金インセンティブ制度により、開発へのモチベーションを高める工夫をしていることも評価できる。
・ 執行機関と複数の実施主体が存在するなかで、全体としてのコーディネートが上手く図られ、ひとつのプロジェクトとしてのマネジメントは適切になされていると考えられる。

・ 各実施主体がもつノウハウや技術力等を活かして研究開発が遂行されていると判断できる。
・ 受益者負担の考え方は、現時点では妥当であると考えられる。
・ 進捗管理の対象・目的や頻度は示されており、事前評価委員会における外部委員意見への対応も図られていることが確認できた。
・ 成果普及の取組みとして、NEDO 特別講座等が開催されている。
・ 執行機関は、対象として合致し適切である。
・ 実施者は、その能力を十分に発揮している。
・ 実施者間での連携や成果のユーザーによる関与など、意思疎通が良い体制が構築されている。
・ 個別事業の採択プロセスは、適切と考える。
・ 研究の健全性、公正性は、確保されている。
・ 「事業性が予測できない」ことを基本として、委託事業として継続することが適切と判断する。
・ 補助事業については、「事業化までの期間」に変動がないことを基本として、現状補助率の設定を続けていくことが適切と判断する。"
・ 連携、スケジュールの見直しは適切と判断する。
・ 進捗を管理する手法は、適切と考える。中間評価では、遅れが生じたケースは報告されていないため、その場合の対応については評価できない。
・ 継続又は中止の判断要件や個別事業の絞り込みなどの競争を促す仕組みを見直すような状況にはなっていないものと判断する。
・ キガリ改正における HFC 生産・消費量削減目標を達成することはエネルギー・地球環境問題を解決するために重要であり、また、この目標達成を実現するための冷凍空調技術を以て自国産業の技術力・競争力強化に繋げる本プロジェクトは NEDO 事業として進めることが適切と判断する。
・ NEDO はこれまでに次世代冷媒とその適用機器の開発事業プロジェクトを進めてきており、本プロジェクトはその知見やネットワークを活用、さらに展開できると考える。
・ 実施者は 4 研究グループとも実用化・実用化に向けた優れた研究開発能力を有している。
・ プロジェクト内での全 Gr 会議と Gr 個別会議による情報・進捗共有と、外部メーカーおよび業界団体との情報交換が効果的に進められる体制ができており、実用化・事業化を目指した実施体制が構築できている。
・ 個別事業の採択プロセスは適切であったと判断する。特に、採択条件の設定は高く評価できる。
・ 研究データの管理については、知財コーディネータの指導の下で競争力強化のためのクローズ領域を適切に設定しており、また、早期上市を実現するための国際標準化に向けた方策および情報公開が適切かつ効果的に実施されている。
・ 自国産業として低 GWP 冷媒とその適用機器の開発を進めることは大きな経済便益をもたらしうるが、海外の政策動向の影響を大きく受けるため、民間企業の自主研究開発で

はなく、委託事業として進めることは極めて適切であり、大きな意義を持つ。
・ 助成事業は本プロジェクト終了後数年以内の製品化・量産化を計画しており適切であると判断する。
・ アウトプット目標の達成に必要な要素技術は明確にされている。
・ 低 GWP 冷媒とその適用機器の最適性能実現と安全性実現を両立するための研究グループ間での成果・知見の共有イメージが構築されている。
・ 進捗管理を行うための月例報告、各種会議が適切に設定・実施されている。外部有識者・業界団体との意見交換をプロジェクトにフィードバックする体制が確立されている。特に、事前評価委員会、技術委員会での改善点や提言を積極的にプロジェクト運用に反映している点は高く評価できる。
・ 国際情勢変化の情報，国際標準化・実用化に向けたニーズをプロジェクト運用に反映する体制が確立されている。情勢変化に対する対応実績もある。
・ 交付金インセンティブ制度を導入することで、研究開発の自由度が向上し、さらなる成果が期待できる。

＜問題点・改善点・今後への提言＞
・ 特に諸外国における冷媒、また冷凍空機器の研究・開発状況、規制動向を的確に把握するため、自国発の新技術の発展の観点で、継続的な外部環境調査を行うことが NEDO または国に期待される。
・ 今回の実施者のみならず、将来事業化を行う企業群を念頭に、蓄積技術の効果的な情報共有や活用、必要に応じた組織間の協創を推進するようなプロジェクトを国として起こしていただきたい。
・ 今回の研究開発では、冷媒グループ、機器グループ、安全グループ、評価グループ、また機器開発チームの中に多くの大学や研究機関、メーカーが関わっているが、本研究開発で開発予定の冷媒の種類もその混合比率を含めると多岐にわたってくる。5 年間の研究開発機関の残りで成果を上げるためには、選定された冷媒に関する情報を、各グループ間でいち早く共有するための仕組みを構築する必要がある。
・ 将来的に、補助事業受託者が独立で商品化が成功し、事業化のめどが立った段階で、補助率を下げることも考えられる。
・ 技術委員会や情報共有会議の回数が年 1 回となっているが、オンライン会議システムなども活用し、より多くの情報交換の機会を設定することが望ましい。
・ 研究開発の成果の活用について、企業と大学とでは考え方に違いがある場合がある。企業は秘密として自社で管理したいと考え、大学は開発の成果として論文など外部に公表したいと考えるといったことが起こりえる。NEDO は両者が納得できる開発成果の活用策を提示していく必要がある。
・ 助成事業として助成率 50 %というのは、中小企業向けにはあるものの、大企業の系列企業を対象とするなら、過大とみられる可能性もある。環境省が実施している自然冷媒の導入支援策とのバランスを考えて、今後の助成のあり方を考えていく必要がある。

- 画期的な要素技術であっても、実用化ができなければ成果とは言えない。実用化を担当する企業と早い段階から情報共有して、開発の方向性を定める必要がある。
- 本プロジェクトにおける研究データの利活用や提供方針等は現時点では明確に定まっておらず、どのタイミングで、いかなる情報を、どの程度、どのような方法で、誰に対して開示していくのかといった点については、オープン・クローズ戦略の精緻化において慎重に検討するなかで明確にしていく必要がある。
- 助成事業については、1/2 補助率の妥当性について、実用化と普及状況等を踏まえて事後検証がなされる必要がある。
- 外部環境の変化や社会的影響の把握方法、必要に応じて見直しを図っていくタイミング・仕組みについて、研究開発計画のなかに組み込んでおく必要があると思われるが、現行の計画においてはそれらが明確には示されていない。
- 指揮命令、責任体制は、有効に機能しているが、各リーダーに頼る部分が大きいと感じた。個人の意向に偏らないような判断が導かれる全体審議プロセス体制のあることが望ましい。
- 研究開発計画については、中間評価として順調であり、評価項目・評価基準の欄に記載されている見直しや対応が必要になった状況が見受けられなかったため、評価項目・評価基準の対象懸案がなく、評価 A とは言い切れない。
- 実施体制は極めて優れていると判断する。外部環境に応じた柔軟かつ大胆な実施方針の立案を期待したい。
- 外部環境が大きく変化を続けている状況下でも、低 GWP 冷媒とその適用機器の開発が我が国の経済的便益に繋がるように、今後の事業方針（アウトプット目標の設定，アウトカム目標達成までの見通し）を柔軟かつ大胆に見直していただきたい。HFO 系冷媒が世界で生き残れるよう国際的な情報発信、見解の共有が必要と考える。
- 必要な要素技術は明確にされているが、大きく変化しつつある外部環境に対して、達成目標およびスケジュールは積極的に見直していただきたい。
- 今後は各要素技術の成果をさらに共有・補い合いながら、実用化を目指した研究開発を行うことが重要になると考える。各研究 Gr が同時平行で進められるプロジェクトであるため、HFO 系冷媒とそれを用いた空調機器の実用化に向けて、さらに効果的な Gr 間連携とその成果を強く期待したい。

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) 本事業の位置づけ・意義	A	A	A	B	A	B	2.7
	(2) アウトカム達成までの道筋	A	A	B	B	B	B	2.3
	(3) 知的財産・標準化戦略	A	B	B	B	B	A	2.3
2. 目標及び達成状況								
	(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	A	B	B	A	B	2.5
	(2) アウトプット目標及び達成状況	A	A	B	B	A	A	2.7
3. マネジメント								
	(1) 実施体制	B	A	A	A	B	A	2.7
	(2) 受益者負担の考え方	A	A	B	A	A	B	2.7
	(3) 研究開発計画	A	A	B	B	B	B	2.3

≪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。

「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」

事業原簿

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 サーキュラーエコノミー部

更新履歴

更新日	更新内容
2025 年 5 月 12 日	初版発行

目次

概　要 **1**

プロジェクト用語集 **1-1**

1.　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋 **1-6**

1.1.　事業の位置づけ・意義 1-6
1.2.　アウトカム達成までの道筋 1-11
1.3.　知的財産・標準化戦略 1-11

2.　目標及び達成状況 **2-1**

2.1.　アウトカム目標及び達成見込み 2-1
2.2.　アウトプット目標及び達成状況 ..... **エラー! ブックマークが定義されていません。**

3.　マネジメント **3-1**

3.1.　実施体制 3-1
3.2.　受益者負担の考え方 ..... **エラー! ブックマークが定義されていません。**
3.3.　研究開発計画 ..... **エラー! ブックマークが定義されていません。**

4.　目標及び達成状況の詳細 **4-1**

4.1.　研究開発項目①：家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価 4-1
4.1.1.　低ＧＷＰ混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価（国立大学法人九州大学、学校法人中村産業学園九州産業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社エイゾス） 4-1
4.1.2.　低ＧＷＰ混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／混合冷媒に対応する要素技術開発（国立大学法人佐賀大学、国立大学法人神戸大学、国立大学法人静岡大学） 4-12
4.1.3.　低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価（一般財団法人電力中央研究所、公立大学法人公立諏訪東京理科大学） 4-23
4.1.4.　低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒のシステム評価手法開発（学校法人早稲田大学） 4-31
4.2.　研究開発項目②：低ＧＷＰ冷媒の対応機器（家庭用／業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発 4-39
4.2.1.　グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発（日立空調清水株式会社） .. **エラー! ブックマークが定義されていません。**

添付資料 **1**

●プロジェクト基本計画 1
●関連する施策や技術戦略 9
●プロジェクト開始時関連資料 9
●各種委員会開催リスト 15

●特許論文等リスト 16

概　要

プロジェクト名	次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発 METI 予算要求名称：グリーン冷媒・機器開発事業	プロジェクト番号	P23001
担当推進部/ プロジェクトマネージャーまたは担当者及び METI 担当課	サーキュラーエコノミー部　森　智和チーム長（令和 7 年 4 月現在） 経済産業省 大臣官房 産業保安・安全グループ 化学物質管理課 オゾン層保護等推進室		
０．事業の概要	・代替冷媒候補のない家庭用空調機等を対象に、新たな混合冷媒のスクリーニングから適用機器要素技術の開発までを委託事業で一気通貫で実施する。（研究開発項目①） ・得られた成果・知見を展開し、家庭用／業務用空調機、業務用冷凍冷蔵機の要素機器・周辺機器開発を助成事業で実施する。（研究開発項目②）		
１．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1　本事業の位置付け・意義	冷凍空調機器の冷媒等に使用されてきた特定フロンはオゾン層破壊物質としてモントリオール議定書の規制対象になり、オゾン層を破壊しない代替フロン等４ガスへの転換が進んでいる。一方で、代替フロン等４ガスは温室効果が大きい点が問題となっている。モントリオール議定書キガリ改正に基づき、2034 年及び 36 年までに HFC(代替フロン)の使用をそれぞれ 80%及び 85%以上削減することが求められ、また、2050 年の CN 実現に備え、冷凍・空調機器等由来の GHG 抑制も必要。そこで本プロジェクトでは、早期に HFO 新混合冷媒候補の組成・物性を決定するとともに、これを使用する家庭用空調機器、および業務用空調・冷蔵機器等の要素技術開発の加速化を図る。		
1.2　アウトカム達成までの道筋	国内外の企業や市場のニーズ・技術動向・規制規格・特許動向等の各種情報把握とそれらも踏まえたプロジェクトマネジメントの実施、また、アウトプットやアウトカム目標の考え方についてのわかりやすい説明を行うと同時に、アウトカム目標達成に資する取り組みとして、例えば標準化活動を促すために、得られた情報やプロジェクトの成果を必要に応じ国内審議団体へ提供したり、進捗・成果について積極的な広報活動を行うなど、プロジェクト周辺のステークホルダーへの働きかけを試みる。		
1.3　知的財産・標準化戦略	知財コーディネーターの指導の下、オープン戦略として、研究成果としての各種基盤データについて、ステークホルダーと連携し冷媒・機器の国内・国際規格・ルール対応を進めると共に、国内メーカーに公開し、国産 HFO 系冷媒、およびその適用機器の普及と市場の拡大を図る。クローズ戦略として、低 GWP 混合冷媒及び空調要素機器の開発成果を特許・ノウハウ化して開発主体の利益を確保する。各社は当該データと自社技術・ノウハウを活用し製品開発し、上市加速化とシェア拡大を進める。		
２．目標及び達成状況			
2.1　アウトカム目標及び達成見込み	本事業による成果を通じて次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器の実装を加速することで、モントリオール議定書キガリ改正における日本の HFC 生産・消費量削減目標（2036 年までに 85%削減）に貢献するとともに、代替フロン分野における 2050 カーボンニュートラル達成に向けた道筋をつける。		
2.2　アウトプット目標及び達成状況	研究開発項目①　「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」 １）物性や燃焼特性等の評価を累計 25 件以上実施し、基本物性データを整備する。この評価を基に、HFO 混合冷媒の熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルを開発する。併せて、当該混合冷媒の燃焼特性を解明する。（当初中間目標以上の成果を上げている） ２）企業の速やかな製品開発に貢献する候補冷媒及び冷凍機油の提案、ならびに候補冷媒に対応した熱交換器・圧縮機の 設計指針を確立する。（当初中間目標を達成） ３）HFO 混合冷媒の基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐える得るデータを３種類以上取得する。また、安全性・リスク評価手法等について、空調機器の安全性に係る国際規格等３件以上の国際標準の改正の提案に必要となるデータを取得する。（当初中間目標を達成） 研究開発項目②　「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」 次世代低 GWP 混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器の技術を確立する。（当初中間目標を達成し、前倒しで進捗している）		
３．マネジメント			
3.1　実施体制	プロジェクトマネージャー	森　智和（サーキュラーエコノミー部）	

プロジェクトリーダー	飛原　英治（東京大学名誉教授）
委託先	研究開発項目①家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価 【委託先】九州大学、九州産業大学、（国研）産業技術総合研究所、株式会社エイゾス、佐賀大学、神戸大学、静岡大学、（一財）電力中央研究所、公立諏訪東京理科大学、早稲田大学 【再委託先】（国研）産業技術総合研究所、長崎大学、東京海洋大学、株式会社 UACJ、大阪電気通信大学、アドバンスコンポジット株式会社、AGC 株式会社、ダイキン工業株式会社、電気通信大学 研究開発項目②低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発 【助成先】日立空調清水株式会社

3.2　受益者負担の考え方

受益者負担の考え方
研究開発項目①家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価
上記研究開発項目は、次世代冷媒、及び次世代冷媒に対応する冷凍空調機器要素技術の開発と安全性評価手法の確立を目的としており、我が国の冷凍空調産業界全体にとって高い共通基盤性を有する研究であり、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うことが見込めない「公共財の研究開発」事業として、委託事業を実施する。

研究開発項目②低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発
上記研究開発項目は、既に民間企業等が主要な技術やノウハウ等を所有している技術について、ユーザーサイドのニーズをくみ取ることにより開発終了後の事業化計画を明確にして、実用化及び普及化の研究を行う。本開発終了後、数年以内に製品化を想定できるものを対象とする。これらは、助成事業（助成率：1／2）として実施する。

主な実施事項	2023fy	2024fy	2025fy		
研究開発項目①家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価	委託 100%	委託 100%	委託 100%		
研究開発項目②低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発	助成 50%	助成 50%	助成 50%		

3.3　研究開発計画

事業費推移［単位:百万円］

主な実施事項	2023fy	2024fy	2025fy		総額
研究開発項目①家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価	381	550	479		1410
研究開発項目②低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発	20	23	33		75
事業費	2023fy	2024fy	2025fy		総額
会計（特別）	401	514	512		1,427

		追加予算		59			59
		総 NEDO 負担額	401	573	512		1,486
	情勢変化への対応	業界団体（日本冷凍空調工業会）からのヒアリングを通して見えてきた課題に対し、必要となる追加施策を期中加速により対応した。					
	中間評価結果への対応						
	評価に関する事項	事前評価	2022 年度実施　　担当部　環境部				
		中間評価	2025 年度　中間評価実施				
		終了時評価	2028 年度　終了時評価実施予定				

別添

投稿論文	「査読付き」19 件、「その他」1 件	
特　　許	「出願済」9 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 7 件） 特記事項：2025 年 3 月現在	
その他の外部発表（プレス発表等）	「外部講演」57 件 「受賞実績」1 件 「新聞・雑誌等への掲載」3 件 「その他メディア」3 件	
基本計画に関する事項	作成時期	2023 年 1 月　作成
	変更履歴	2024 年 7 月　改訂（部署名の変更に伴う改訂）

●プロジェクト用語集

APF	Annual Performance Factor（通年エネルギー消費効率）：1年を通して、ある一定条件のもとにエアコンを使用した時の消費電力1kWhあたりの冷房・暖房能力を表したもの。
ASHRAE	American Society of Heating、 Refrigerating and Air-Conditioning Engineers（アメリカ暖房冷凍空調学会）：暖房、換気、空調、冷凍など（空気調和、HVAC&R）に関わるあらゆる個人や団体のための国際的学会。冷媒の安全性に係る規格（毒性、燃焼性など）も作成している。ASHRAE34は冷媒に関する規格。
CFC(CFCs)	CFC（クロロフルオロカーボン）：フロンの一種。冷媒、発泡剤、洗浄剤等として使用される。オゾン層破壊物質であり、モントリオール議定書の規制対象物質。また、強力な温室効果ガスでもある。先進国では1995年末に生産・消費が全廃されており、開発途上国でも2009年末に生産・消費が全廃された。
COP	Coefficient Of Performance（成績係数（動作係数））：冷暖房器具のエネルギー消費効率をチェックするための係数のこと。消費電力1kWに対しての機器の冷却能力、暖房（加熱）能力を示す。
COP3(4,・・・)	Conference of the Parties（締約国会議）：気候変動枠組条約に基づき、温室効果ガスの排出量を削減するために開催されている会議。1997年12月に京都で開催されたものがCOP3(第3回)であり、COP3で採択された京都議定書では、地球温暖化問題に対して21世紀以降、人類が中長期的にどのように取り組んでいくのかという道筋の第一歩が定められ、この仕組みを京都メカニズムと呼んでいる。
Fガス規制	欧州では、京都議定書中のHFC（ハイドロフルオロカーボン）、PFC（パーフルオロカーボン）、SF_6（六フッ化硫黄） をF ガスと呼んでいる。F ガス規制はこれらのガスを規制するもので、欧州において2006 年6 月に公布、7 月4 日から施行されている。
GHG	Green House Gas：温室効果ガスのこと。
GWP	Global Warming Potential（地球温暖化係数）：二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素などの各種の温室効果ガス毎に定められる、温室効果の程度を示す値。二酸化炭素のGWPを１とする。別表参照。
HCFC(HCFCs)	HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）：フロンの一種。オゾン層破壊物質であり、モントリオール議定書の規制対象物質。オゾン層破壊係数はCFCよりも小さい。また、強力な温室効果ガスでもある。先進国では2020年までに、また開発途上国でも2030年までに、生産・消費が全廃される予定。
HFC(HFCs)	HFC（ハイドロフルオロカーボン）：CFCやHCFCの代替物質として使用が増えている。オゾン層破壊効果はないものの強力な温室効果ガスであり、京都議定書において排出削減の対象となっている。
HFO(-1234yf,-1234ze(E)等)	HFO（ハイドロ・フルオロ・オレフィン）：フロンの一種。水とフッ素またはニフッ化酸素が反応して生成する極めて不安定な化合物で、すぐにフッ化水素と酸素に分解する。オゾン層を破壊せず、GWPも１等と極めて低い。
IEC	International Electrotechnical Commission（国際電気標準会議）：電気工学、電子工学、および関連した技術を扱う国際的な標準化団体。その標準の一部は国際標準化機構(ISO)と共同で開発されている。IEC60335-2-40はエアコンに関する基準。
ISO	International Organization for Standardization（国際標準化機構）：電気分野を除く工業分野の国際的な標準である国際規格を策定するための民間の非政府組織。ISO5149は冷凍空調機器に関する基準、ISO817は冷媒の安全等級等に関する基準。

LCCP	Life Cycle Climate Performance（製品寿命気候負荷）：生産から使用、廃棄段階におけるトータルの冷媒漏洩とエネルギー消費（燃費）の影響を加味した環境影響評価手法。
ODP	Ozon Depletion Potential（オゾン破壊係数）：オゾン層を破壊する力を定数値化した値。R11（ＣＦＣ）を1.0として、同一質量の他の物質が放出されたときのオゾンへの影響（破壊すると考えられる能力）を相対値で示すもの。別表参照。
PFAS	有機フッ素化合物のうち、ペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物を総称して「PFAS」と呼び、１万種類以上の物質があるとされている。
PFAS規制	PFASの中でも、PFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）、PFOA（ペルフルオロオクタン酸）は、難分解性、高蓄積性、長距離移動性という性質から、人体や環境への影響が懸念されており、国内外で規制やリスク管理に関する取り組みが進められている。 一方で規制対象のPFASをより広く定義する動きがあり、その中でHFOの大気中分解生成物であるTFA（トリフルオロ酢酸）もPFASに含まれるとして、制約対象とすべきかどうかの議論がなされている。
R～(ex.R410A)	フロンに付けられている物質番号（冷媒番号）。別表参照。
RAC	Room Air Conditioner：家庭用室内エアコンの略称。
REFPROP	アメリカ 国立標準技術研究所（NIST）が作成する、冷媒物性データベースの標準版として現在流通しているソフトウェア。
アキュームレーター	圧縮機の吸込み蒸気配管に取り付ける液分離器。吸込み蒸気中に混在した冷媒液を分離し蒸気だけを圧縮機に吸い込ませることで、液圧縮を防止し圧縮機を保護する。
オゾン層	地球の大気中でオゾンの濃度が高い部分のこと。オゾンは、地上から約10～50kmほどの成層圏に多く存在し、特に地上20～25kmの高さで最も密度が高くなる。太陽からの有害な紫外線の多くを吸収し、地上の生態系を保護する役割を果たしている。
オゾン層保護法	モントリオール議定書の国内担保措置として、国内における特定フロンの製造や輸入を規制している。キガリ改正を受けて、2018年に本法を改正し、HFCについても国内における生産・消費を規制することとなった。
温度すべり （温度勾配、温度グライド）	非共沸混合冷媒では、液相、気相での組成が異なるため、熱交換器での 蒸発（または凝縮）開始温度と終了温度が異なる。これを温度すべり（温度勾配、温度グライド）という。
キガリ改正	キガリとは、ルワンダの首都キガリのことで、2016年のモントリオール議定書第28回締約国会合（MOP28）開催地。その会合でモントリオール議定書改正が採択されたことに因んで、その改正は「キガリ改正」と呼ばれる。
京都議定書	1997年に京都で開催されたCOP3において採択された議定書。2005年２月に発効した。二酸化炭素（CO_2）など６種類の温室効果ガスを先進国全体で削減することを義務づけるとともに、排出量取引などの京都メカニズムや森林吸収源の算定などを盛り込んでいる。
京都議定書目標達成計画	地球温暖化対策の推進に関する法律（地球温暖化対策推進法）に基づき、京都議定書発効の際、温室効果ガス６%削減約束を確実に達成するために必要な措置を定めるものとして作成された計画のこと。
高圧ガス保安法	高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、輸入、移動、消費、廃棄等を規制するとともに、民間事業者及び高圧ガス保安協会による高圧ガスに関する自主的な活動を促進し、公共の安全を確保することを目的とする法律。本法律の一般高圧ガス保安規則によれば、HFO-1234yfは可燃性ガスに分類される。

コンデンシングユニット	一般的には、圧縮機、凝縮器、受液器等をユニット化した冷媒再液化装置（蒸発器は含まれない）のこと。冷凍冷蔵設備としては半製品であり、ユーザーが別置型ショーケースやクーリングユニットと組み合わせることで、冷凍・冷蔵・産業空調等の幅広い用途に使用可能。
自然冷媒	人工的に化学合成されたものではなく、もともと自然界に存在し生成から消滅までの循環サイクルがすでに確立されている物質を冷媒として使用する場合、このような冷媒を自然冷媒と呼ぶ。アンモニア、プロパン、ブタンなどの炭化水素、炭酸ガス、空気、水、等がある。 別表参照。
次世代冷媒	地球温暖化への影響が極めて少ない冷媒
消炎距離	混合気中を火炎が伝播するとき、火炎が固体壁へ近づくと、壁に熱を奪われて、ある距離以下にまでは近づけず、そこで消炎が起こる。壁近傍の、この火炎伝播が阻害される領域の厚みのこと。通常、平板を向かい合わせにした配置での間隔で議論する。
ショーケース	スーパーマーケット、コンビニエンスストア等において冷凍・冷蔵が必要な商品の陳列に使用する冷凍冷蔵ショーケースのこと。「冷凍機別置型」と「冷凍機内蔵型」がある。
代替フロン	特定フロンの代替として産業利用されている合成化合物のこと。HCFC類やHFC類等が該当し、オゾン層破壊効果はないが温室効果はある。
代替フロン等4ガス	代替フロンのうち、温室効果が高く、広く使用されているHFC、PFC（パーフルオロカーボン）、SF_6（六フッ化硫黄）、NF_3のこと。 （代替フロン等3ガスは、HFC、PFC、SF_6のこと）
直膨型空調機	利用する場所で冷媒を膨張させ熱を奪う「直接膨張方式」を用いた空調機のこと。
低GWP冷媒（低温室効果冷媒）	GWPが小さく、温室効果の少ない冷媒。HFOや自然冷媒（CO_2、アンモニア、炭化水素、水）など。
特定フロン	特にオゾン層破壊効果が大きい、CFC（クロロフルオロカーボン）等５種類のフロンおよび３種類のハロンのこと。
ドロップイン試験	冷凍空調機器において、システムには何の変更も加えずに冷媒だけを入れ替えて、性能等の変化を確認する試験。
燃焼限界	空気と可燃性ガスの混合気において、燃焼できる混合気に含まれる可燃性ガスの濃度の限界のこと。可燃性ガスの濃度の薄い方の燃焼限界を下限界、濃い方の燃焼限界を上限界という。
ノンフロン冷媒	オゾン層破壊の恐れが無く温室効果の低い冷媒の総称として使用。
パリ協定（COP21）	パリ協定は、1997年に定まった「京都議定書」の後を継ぎ、国際社会全体で温暖化対策を進めていくための礎となる条約で、2015年12月にフランス・パリで開催されたCOP21（国連気候変動枠組条約第21回締約国会議）で成立した。世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して、2℃より充分低く抑え、1.5℃に抑える努力を追求することを目的としています.
微燃性冷媒	燃焼性の弱い冷媒のこと。我が国の高圧ガス保安法や冷凍保安規則には不燃と可燃の分類しかなく、燃焼性の弱い冷媒の取り扱いについての考慮が少ない。ASHRAE34規格では2L（燃焼熱量＜19MJ/kg、燃焼速度＜10cm/s）に位置付けられており、アンモニア、R32、R1234yf、R1234ze(E)等が含まれる。

フロン	炭化水素の水素を塩素やフッ素で置換した化合物（CFC、HCFC、HFC）の総称で、このうち水素を含まないものをクロロフルオロカーボン（Chlorofluorocarbons; CFCs）と呼んでいる。化学的に安定で反応性が低く、ほとんど毒性を有しない。また揮発性や親油性などの特性を持っており、冷蔵庫などの冷媒、半導体などの精密な部品の洗浄剤、ウレタンフォームなどの発泡剤、スプレーの噴射剤などとして幅広く使用されてきた。
フロン排出抑制法	2001年に制定された「特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律の（フロン回収・破壊法）」において、フロン類の適正な回収・破壊によるフロン類の大気中への放出抑制を進めてきたが、2013年にこれまでのフロン類の回収・破壊に加え、フロン類の製造から廃棄までのライフサイクル全体にわたる包括的な対策にとられるよう法改正され、名称も「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律（フロン排出抑制法）」と改められた（2015年4月施行）
ポスト京都	京都議定書の第１約束期間（2008年から2012年まで）の後に来る、2013年以降の地球温暖化ガス削減を目指す枠組み。同議定書については、アメリカの不参加や、中国・インドなどに削減義務がないこと、途上国と先進国間の立場と意見の相違、各国の取り組みの温度差などさまざまな課題がある。第2約束期間（2013～2020）については、我が国は不参加となった。
マルチ空調機	一つの室外機で複数の室内機を使用し空調を行うもの。中小規模の建築物で一般に使用されている。室内機の個別起動・停止が可能で、増設が容易。マルチ、ビルマル（ビル用マルチ空調機）と省略されることが多い。
モントリオール議定書	正式名称は「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」。1987年に採択、1989年発効。日本は1988年9月30日に加入。事務局はナイロビのUNEPに置かれている。 ウィーン条約に基づき、オゾン層を破壊するおそれのある物質を特定し、該当する物質の生産、消費及び貿易を規制することをねらいとしている。具体的には、成層圏オゾン層破壊の原因とされるフロン等の環境中の排出抑制のための削減スケジュールなどの規制措置を定めている。議定書の発効により、特定フロン、ハロン、四塩化炭素などが先進国では1996年以降全廃となり、同議定書のキガリ改正により代替フロンも大幅に削減することとなった。
冷媒の自己分解反応	自己分解反応とは、ある物質が熱、光、圧力等によって外部環境から与えられるエネルギーにより、自発的に分解するる化学反応のこと。一部のHFO系冷媒では、高濃度・高温・高圧下での放電等のエネルギー付与により連鎖的に発熱反応が生じる可能性がある。何らかの不具合により圧縮機内で発生した場合、圧力と温度の著しい上昇を引き起こし機器の損傷に繋がる可能性がある。
冷媒番号	ISO817（国際標準化機構）で定められた、冷媒の種類を表すRで始まる番号。冷媒番号はＲの次に3ないし4桁の数字と英添え字で表される。別表参照。
レトロフィット	代替フロンを冷媒とする従来の冷凍空調機器に、低GWP冷媒を適用させること。

プロジェクト用語集（別表）

代表的な冷媒

●フルオロカーボン類[*1]

種類	冷媒番号	略称	化学式（組成）	地球温暖化係数GWP[*3]	オゾン破壊係数ODP	安全性分類[*2]
CFC	R12	CFC12	CCl_2F_2	12500	1	A1
ＨＣＦＣ	R22	HCFC22	$CHClF_2$	1960	0.055	A1
ＨＦＣ	R32	HFC32	CH_2F_2	771	0	A2L
	R125	HFC125	CHF_2CF_3	3740	0	A1
	R134a	HFC134a	CH_2FCF_3	1530	0	A1
混合系	R404A	―	(HFC125/143a/134a)	4728	0	A1
	R407C	―	(HFC32/125/134a)	1908	0	A1
	R410A	―	(HFC32/125)	2256	0	A1
	R422A	―	(HFC125/134a/R600a)	3359	0	A1
	R422D	―	(HFC125/134a/R600a)	2917	0	A1
	R417	―	(HFC125/134a/R600)	2508	0	A1
	R454A	―	(HFC32/HFO1234yf)	270	0	A2L
	R454B	―	(HFC32/HFO1234yf)	531	0	A2L
	R454C	―	(HFC32/HFO1234yf)	166	0	A2L
	R474A	―	(HFO1132(E)/1234yf)	<1	0	A2L
	R474B	―	(HFO1132(E)/1234yf)	<1	0	A2L
	R479A	―	(HFC32/HFO1132(E)/1234yf)	166	0	A2L
HFO	―	HFO1123[*4]	$CHF=CF_2$	0.3	0	(A2L)
	R1132(E)	HFO1132(E)	trans-CHF=CHF	0.0056	0	B2
	R1234yf	HFO1234yf	$CH_2=CFCF_3$	0.501	0	A2L
	R1234ze(E)	HFO1234ze(E)	trans-$CHF=CHFF_3$	1.37	0	A2L

*1：「特定フロン（CFC/HCFC）およびフルオロカーボン類の環境・安全データー覧表（日本フルオロカーボン協会）」より抜粋

*2：ASHRAE 34 冷媒安全性分類規格；　A低毒性、B毒性、1不燃性、2L低微燃性、2微燃性､3強燃性

*3：IPCC AR6

*4：AGC株式会社技術資料より

●自然冷媒

種類	冷媒番号	化学式
プロパン	R290	C_3H_8
プロピレン	R1270	C_3H_6
ブタン	R600	C_4H_{10}
イソブタン	R600a	$CH(CH_3)_3$
二酸化炭素	R744	CO_2
アンモニア	R717	NH_3
水	R718	H_2O

1.　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

1.1.　事業の位置づけ・意義

1.1.1.　事業の背景・目的・将来像

冷凍空調機器の冷媒等に使用されてきた特定フロンはオゾン層破壊物質としてモントリオール議定書の規制対象になり、オゾン層を破壊しない代替フロン等４ガス（HFC、PFC、SF_6、NF_3）への転換が進んでいる。一方で、代替フロン等４ガスは温室効果が大きい点が問題となっている。

フロン類は時代の流れと共にオゾン層保護、地球温暖化防止等複数の観点から規制・代替物質への切り替えが進んでおり、今後更なる低 GWP 化が求められている。

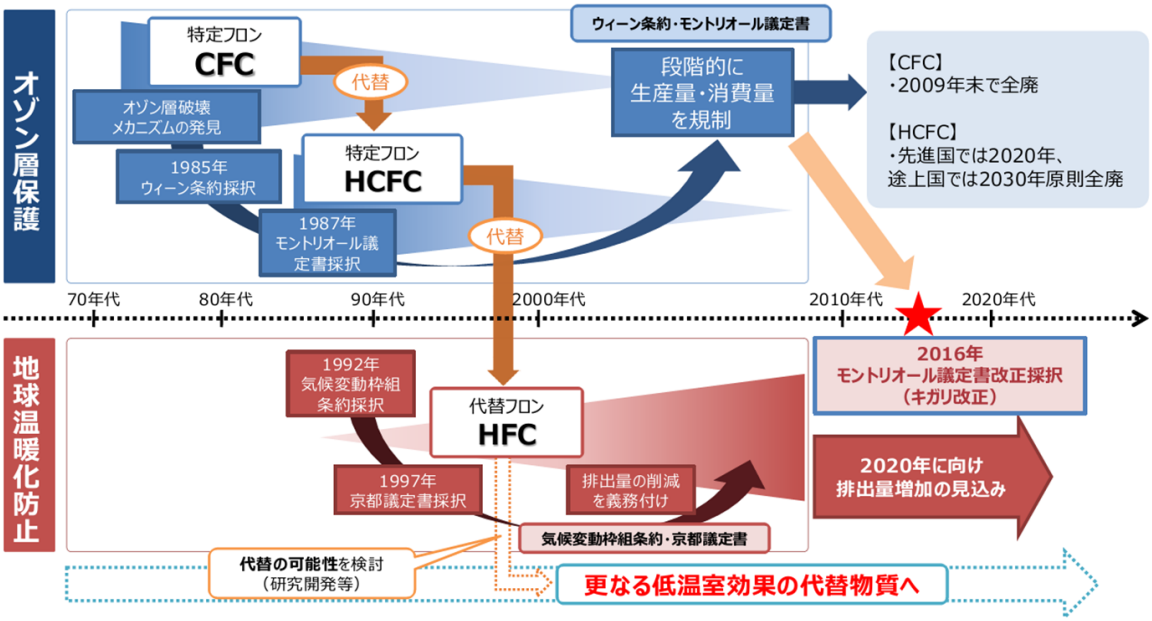


図 1.1.1 フロン対策を巡る規制と対策の流れ

1.1.1.1 オゾン層保護対策の動向

表 1.1.1.1-1 に主なフロン類の種類と性質および国際規制の状況を示す。

1970 年代にフロンのオゾン層への影響が指摘されたことを受け、特定フロン等（CFC、HCFC 等）のオゾン層破壊物質は、1985 年に採択された「オゾン層保護に関するウィーン条約」に基づき、フロン規制のための国際的な枠組みとして、モントリオール議定書（1987 年）により生産、輸出入の段階的な廃止が義務付けられることとなった。その後、2007 年 9 月開催の第 19 回締結国会合において、消費量についても段階的に削減することが定められた。特定フロンについて、CFC は 1996 年に全廃、HCFC は 2020 年までに全廃することが決定されている。この結果、特定フロンの代替として、オゾン層破壊のおそれがない代替フロン等 4 ガス（HFC、PFC、SF_6、NF_3）が開発され、冷媒(冷凍・冷蔵庫、空調機器、自動車エアコン等)、 発泡剤、洗浄剤、絶縁材等として利用されており、特定フロンからの転換が進むにつれ、これらの使用量・排出量が増加している。

我が国におけるモントリオール議定書の国内担保措置としては、「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律（オゾン層保護法）」の下、特定フロンの規制を進めてきた。同法では、国が生産量・消費量の限度を定め、製造許可及び輸入承認を行うこととしている。

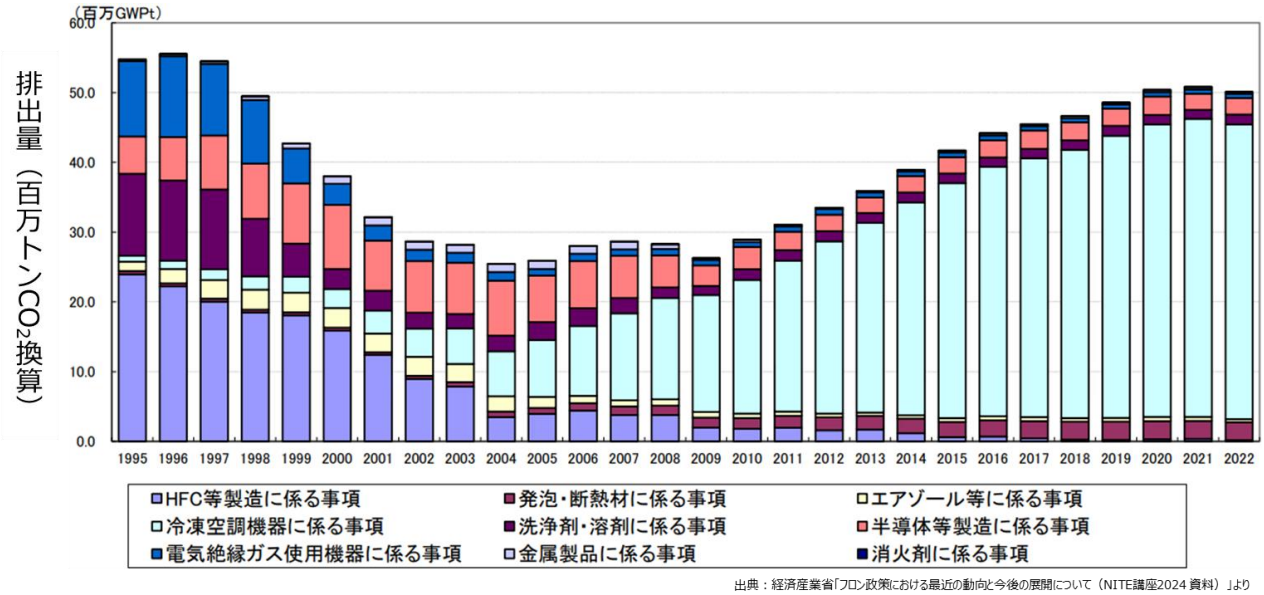
表 1.1.1.1-1 主なフロン類の種類と性質および国際規制の状況

総称	特定フロン		代替フロン等4ガス			
			代替フロン等3ガス			ー
種類	CFC（クロロフルオロカーボン）	HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）	HFC（代替フロン）（ハイドロフルオロカーボン）	PFC（パーフルオロカーボン）	SF_6（六フッ化硫黄）	NF_3（三フッ化窒素）
国際規制	モントリオール議定書 対象物質（生産・輸入規制） 京都議定書対象外		京都議定書・パリ協定対象物質（NF_3は2013年より）			
オゾン層破壊効果	大きい	比較的小さい	まったくオゾン層を破壊しない			
温室効果（GWP※1）	極めて大きい（約10,000）	大きい（数百～約2,000）	大きい（数百～約4,000）※2	極めて大きい（約6,000～9,000）	極めて大きい（約23,900）	極めて大きい（約17,200）
主な用途	・冷凍空調機器の冷媒 ・洗浄剤、溶剤等 （95年以降全廃済み）	・冷凍空調機器の冷媒 ・洗浄剤、溶剤等 （2020年全廃予定）	・冷凍空調機器の冷媒 ・断熱材の発泡剤等	・半導体、液晶製造 ・洗浄剤、溶剤	・電気絶縁機器 ・半導体、液晶製造 ・マグネシウム製造	・半導体、液晶製造等

※1 GWP：地球温暖化係数（CO_2の何倍の温室効果を有するか表す値）　※2 主な冷媒種としての値

1.1.1.2 温暖化対策の動向

代替フロン等 4 ガスは、大気中に長期間に亘って安定に存在し、かつ CO_2 の数百倍から一万倍超という極めて高い温室効果を有する。その中で HFC の排出源として、冷媒転換に伴って冷凍空調機器用途が増加しており、HFC 排出量全体の約 9 割を占める。（図 1.1.1.2-1）。



出典：経済産業省「フロン政策における最近の動向と今後の展開について（NITE講座2024 資料）」より

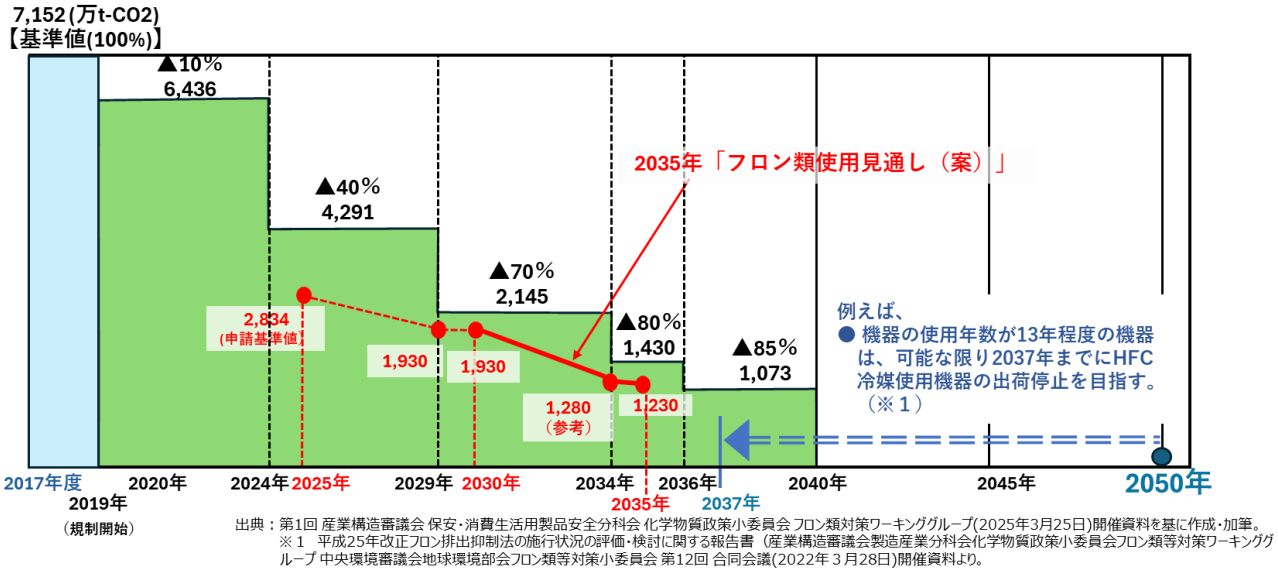
図 1.1.1.2-1 我が国の HFCs の排出量の推移

この様に、特定フロンから代替フロン等への転換に伴い代替フロン等の持つ温室効果が問題となり、フロン類を巡る対策はオゾン層保護から地球温暖化防止へと移ってきている。

1.1.2. 政策・施策における位置づけ

モントリオール議定書キガリ改正に基づき、2034 年及び 36 年までに HFC(代替フロン)の使用をそれぞれ 80%及び 85%以上削減することが求められ、また、2050 年の CN 実現に備え、冷凍・空調機器等由来の GHG 抑制も必要になる。

2025 年 産構審における「フロン類使用見通し」(案)では、本プロジェクトで開発中のグリーン冷媒への代替が進むことを見込んでおり、プロジェクトの成果が政策に反映されている。



出典：第1回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 化学物質政策小委員会 フロン類対策ワーキンググループ(2025年3月25日)開催資料を基に作成・加筆。
※１ 平成25年改正フロン排出抑制法の施行状況の評価・検討に関する報告書（産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ 中央環境審議会地球環境部会フロン類等対策小委員会 第12回 合同会議(2022年３月28日)開催資料より。

図 1.2.2-1 フロン類使用見通し（案）と 2050 年カーボンニュートラル

1.1.3. 技術戦略上の位置づけ

フロン対策分野の研究開発の取組は、フロン等の破壊・回収技術の開発と、フロンの代替物質の開発として物質の探求とその合成および精製技術の開発、さらに、フロン類を全く使用しないノンフロン化技術の開発に分類され、NEDO のプロジェクトとして体系的に実施してきた（図 1.1.3-1）。

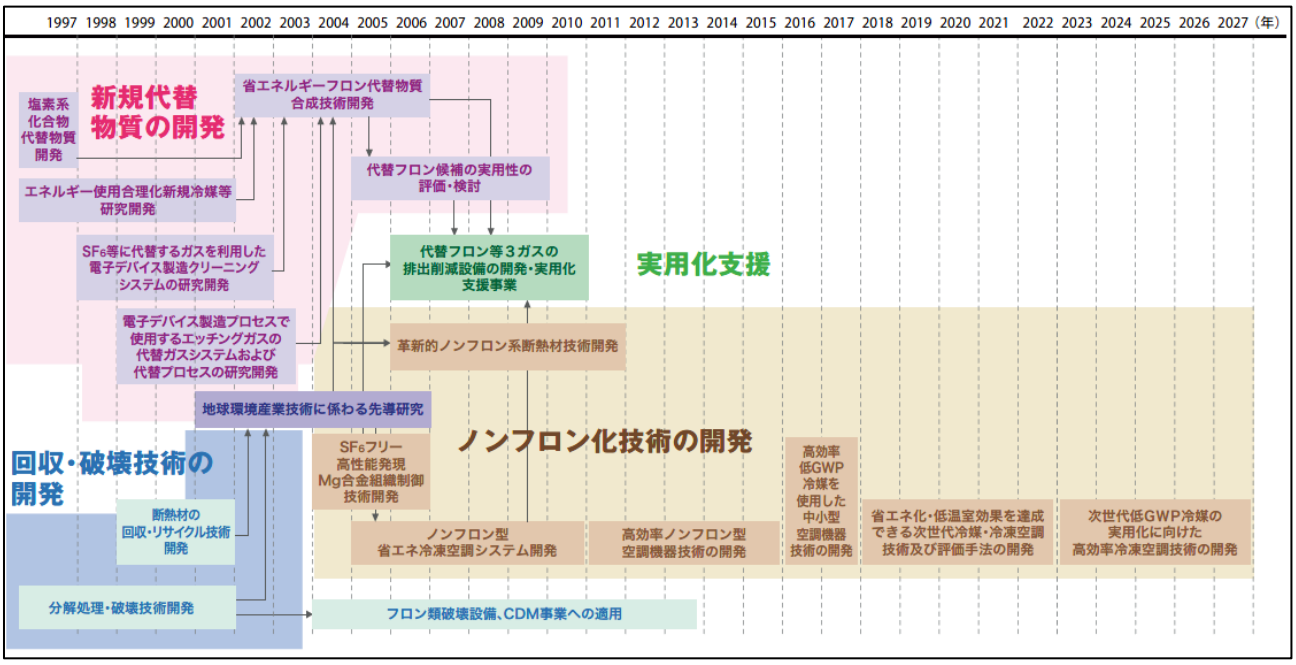


図 1.1.3-1 NEDO におけるフロン対策技術の変遷

このうち、ノンフロン化技術においては、「ノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」事業（2005～2010 年度）により、冷却のみを行う業務用冷凍冷蔵や機器規模が小さい家庭用エアコン分野を対象として冷媒転換の技術開発を行い、従来機比 10%省エネのノンフロンショーケースを実用化する等の成果を挙げてきた。また、「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」事業（2011～2015 年度）において業務用空調機器分野等を対象として冷媒転換の技術開発を行い、「高効率低 GWP 冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」事業（2016～2017 年度）では、家庭用空調機器を対象として高効率を実現しつつ低温室効果冷媒及び適用空調機器の基盤要素技術開発を実施した。さらに、「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発」事業（2018～2022 年度）では、業務用冷凍冷蔵機器及び家庭用空調機器を主とする中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の開発・評価、安全性・リスク評価手法を確立する研究開発、並びに次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発を実施した。

それぞれのプロジェクトにおいて掲げられた目標に対する成果は得られたものの、2050CN 達成に向けては、さらに新たな冷媒（グリーン冷媒）を探し、それに対応する要素機器の開発、システム性能評価を早急に行なわざるを得ない現実がある。この現状において、単一冷媒では新たな冷媒候補を見つけることは不可能に近いことが徐々に判明してきており、必然的に混合冷媒の活用を考慮せざるを得なくなっている。

このような背景を踏まえ、本事業「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」では、代替冷媒の決まっていない家庭用空調機等を対象に、新たな混合冷媒のスクリーニングから適用技術の開発・評価までを一気通貫で実施し、適用機器設計指針の基盤技術を確立する。また、家庭用・業務用空調機、業務用冷凍冷蔵機器を対象とした次世代低 GWP 冷媒適用機器の普及に必要な要素機器・周辺機器の技術開発により、民間企業による次世代低 GWP 冷媒及び、その適用機器の早期開発・上市を促す。

1.1.4. 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

世界的にキガリ改正の受諾が進んでいる。米国・日本・中国では次期冷媒として HFO 冷媒開発を進めている。冷媒輸入比率の高い欧州では規制措置が先行しており、改正 F ガス規制の発効や PFAS 規制の検討等各国ともにその動向を注視しているものと思われる。

表 1.1.4-1 外部環境の状況

	動 向
米国	・2022年キガリ改正受入表明。HFCの削減計画はAIM法に基づき行われており、キガリ改正の削減スケジュールに沿ったものとなっている。 ・燃焼性冷媒の評価を諸機関で実施中。 ・冷媒メーカー(Honeywell、Chemours等)のイニシアチブのもと、HFO系冷媒を選択肢として関連規格との対応を含め種々提案されている。 ・2025年１月トランプ大統領がパリ協定からの離脱を表明。
欧州	・2024年3月欧州Fガス改正規制（2050 年までにHFC（含むHFO）の使用が段階的に廃止）が発効し、製品・機器別にGWP値等の制限のある上市禁止日が定められた。 ・人体及び環境への影響への観点からPFASの規制検討が行われており（PFAS 規制 / REACH 規制）、一部フッ素系冷媒も対象とされている。 ・冷媒は輸入が多く、機器も日米系のメーカーが主導とみられ、技術開発より規制措置が先行している模様。
中国	・キガリ改正を2021年6月に批准。2024年より段階的削減が実施される。 ・中国政府の主導により家庭用RAC の代替冷媒としてR290 を推進しており、その動向が注目されている。 ・特許出願からみた冷媒動向では、機器メーカーに加え学術機関からの出願が多い。冷媒別では自然冷媒系が多く、近年ではHFO 系が増加傾向。
途上国	・HCFC であるR22 の使用割合がいまだ高い。 ・モントリオール議定書実施のための基金による支援等を受けつつ、議定書の削減スケジュールに則った対策が進められている。キガリ改正を受け、HFCを対象とする活動も開始されている。
日本	・キガリ改正を受けて、2019年1月にHFCの製造及び輸入を規制する等の措置を講じた、オゾン層保護法が施工されHFCの生産量・消費量の限度を定めて段階的削減を進めている。 ・2020年に総理より2050年カーボンニュートラルが宣言され、我が国の温室効果ガス排出量を2050年までに実質ゼロにすることが求められる。 ・2022年に対象製品とGWP目標値、目標年度を定めた改正フロン法（指定製品制度）が施行され、以降順次見直しが行われている。 ・冷媒メーカー(ダイキン、AGC)によるHFO系冷媒開発が進んでいる。

1.1.5. 他事業との関係

環境省では、冷凍冷蔵倉庫、食品製造工場並びに食品小売店舗におけるショーケースその他の脱炭素型自然冷媒機器の導入支援を実施している。

本 PJ では代替となる低 GWP 冷媒候補の検討が続いている、家庭用エアコン及び小型業務用冷凍冷蔵庫分野で、低 GWP 冷媒の技術開発と実用化に向けた機器開発を実施する。

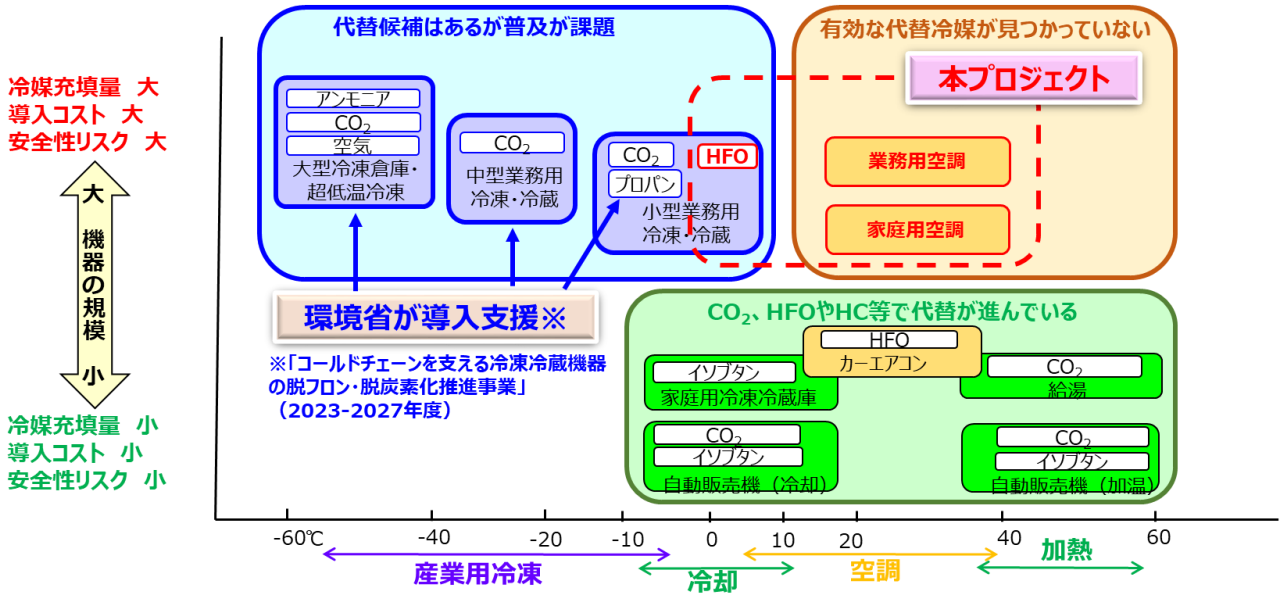


図 1.1.5-1 他事業との関係

1.2. アウトカム達成までの道筋

本プロジェクトの成果となる、混合冷媒の物理モデルおよび安全性・リスク評価手法を国際規格に登録し、企業による低 GWP 混合冷媒の実用化につなげる。また、要素機器設計指針およびシステム性能評価結果を提供することで、低 GWP 混合冷媒に対応した冷凍・空調機の開発を促し、製品普及を通して、HFC の削減を進め、2050CN 達成に結びつける。

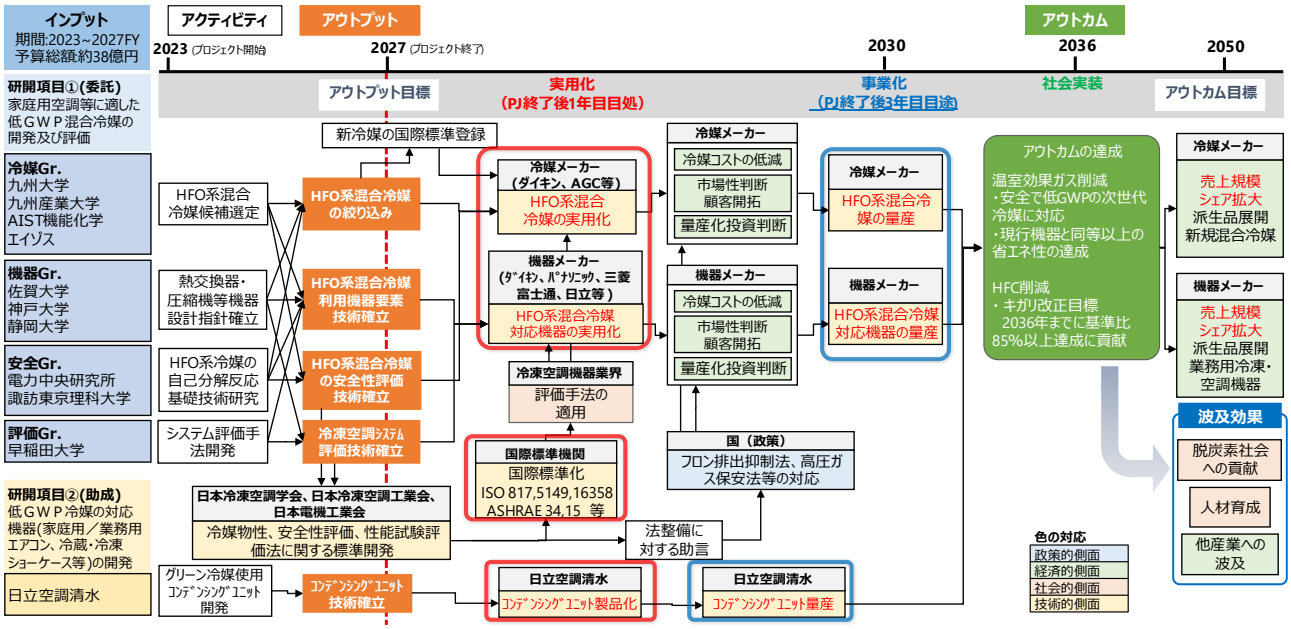


図 1.2-1 アウトカム達成までの道筋

1.3. 知的財産・標準化戦略

1.3.1. 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略

本プロジェクトでは、オープン戦略として、研究成果としての各種基盤データについて、ステークホルダーと連携し冷媒・機器の国内・国際規格・ルール対応を進めると共に、国内メーカーに公開し、国産 HFO 系冷媒、およびその適用機器の普及と市場の拡大を図る。他方クローズ戦略としては、低 GWP 混合冷媒及び空調要素機器の開発成果を特許・ノウハウ化して開発主体の利益を確保する。各社は当該データと自社技術・ノウハウを活用し製品開発し、上市加速化とシェア拡大を進める。

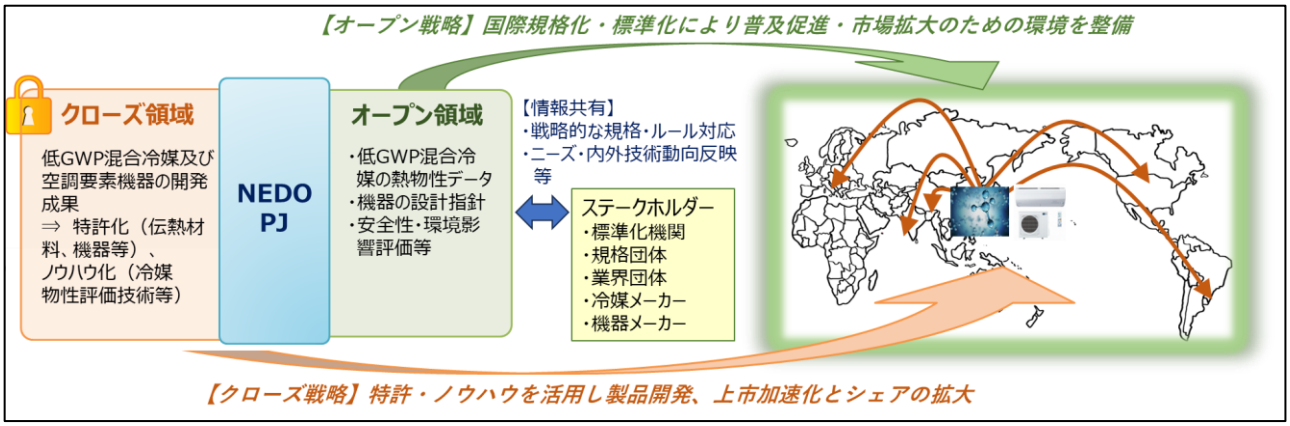


図 1.3.1-1 オープン・クローズ戦略

1.3.2. 知的財産管理

本プロジェクトでは、オープン・クローズ戦略に基づき、知財コーディネーターの指導の下、知財戦略策定と知的財産管理を実施し、研究成果の早期実用化に向け、業界団体との連携を深め、積極的に情報開示を進めている。

・知的財産権の帰属：産業技術力強化法第 17 条第 1 項に規定する 4 項目及び NEDO が実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属。

・知財マネジメント基本方針：NEDO 知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成。

・データマネジメントに係る基本方針：NEDO データ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成。

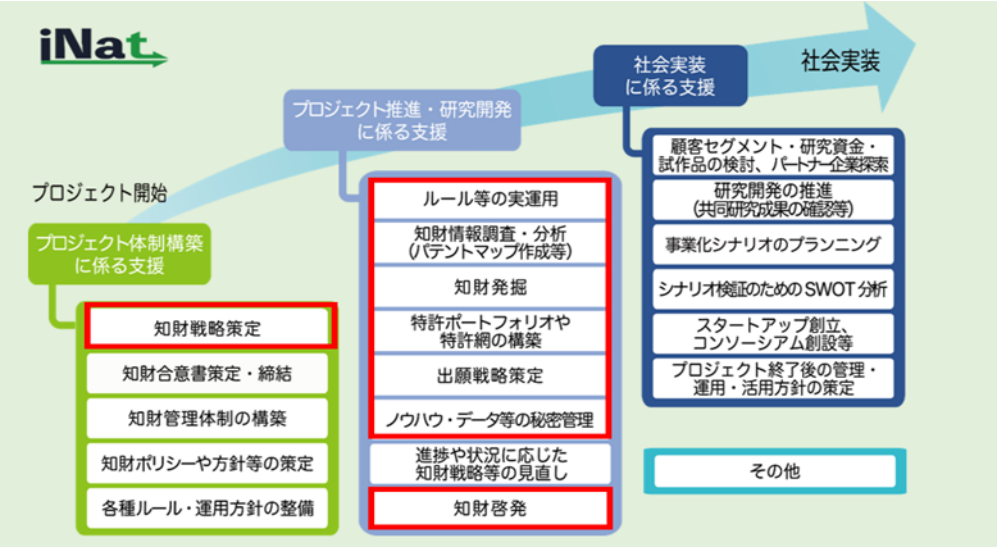


図 1.3.2-1 知財コーディネーターによる支援計画

2. 目標及び達成状況

2.1. アウトカム目標及び達成見込み

2.1.1. 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

本事業では、5 年間で予算総額は 38 億円で代替冷媒のない家庭用空調機等を対象に、新たな混合冷媒のスクリーニングかた適用機器要素技術の開発までを一気通貫で実施する。また、得られた成果・知見を展開し、家庭用／業務用空調機、業務用冷凍冷蔵器の要素機器・周辺機器開発を実施する。本事業のアウトカム目標として以下を設定した。

本事業による成果を通じて次世代低冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器実装を加速することで、モントリオール議定書キガリ改正における日本の HFC 生産・消費量削減目標（2036 年までに 85%削減）に貢献するとともに、代替フロン分野における 2050 カーボンニュートラル達成に向けた道筋をつける。

本事業での実用化の考え方は、研究開発項目①では、冷媒の物性、性能、安全性評価に係る公的な知的基盤が整備され、社会的利用（企画課、標準化、データベース等への利用、産業界における研究開発への利用、他の研究開発への利用等）に供されることである。研究開発項目②では、現状の市販フロン製品と同等以上の性能を実現する技術を確立し、その技術に基づく試作品等の社会的利用（顧客への提供等）が開始されることである。

事業化の考え方は、当該研究開発に係る商品、製品等の販売や利用により、企業活動（売上等）に貢献することである。

またアウトカム目標の設定および根拠は以下の２点があげられる。

モントリオール議定書キガリ改正や 2050CN 等、温室効果ガス対策や HFC 規制の達成が困難となる可能性があるため、日本の HFC 生産・消費量削減目標（2036 年までに 85%削減）に貢献するとともに、代替フロン分野における 2050 カーボンニュートラル達成に向けた道筋をつける。

技術開発の遅れにより、拡大が見込まれる政界市場での日本メーカーシェアの大幅な低下が危惧されるため、途上国におけるキガリ改正の削減義務が厳しくなる 2040 年代（2047 年までに 85%削減）に、日本初の技術が普及することによって、途上国の HFC 削減目標達成及び日本企業の世界市場におけるシェア拡大に貢献する。

実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定およびその根拠の関係性について図 2.1.1-1 に、また、中間評価時点での対象技術ごとのアウトカム目標の達成見込を表 2.1.1-1 に示す。

アウトカム目標	根拠
モントリオール議定書キガリ改正における日本のHFC生産・消費量削減目標（2036年までに85%削減）に貢献するとともに、代替フロン分野における2050カーボンニュートラル達成に向けた道筋をつける。	モントリオール議定書キガリ改正や2050CN等、温室効果ガス対策やHFC規制の達成が困難となる可能性がある。
途上国におけるキガリ改正の削減義務が厳しくなる2040年代（2047年までに85%削減）に、日本発の技術が普及することによって、途上国のHFC削減目標達成及び日本企業の世界市場におけるシェア拡大に貢献する。	技術開発の遅れにより、拡大が見込まれる世界市場での日本メーカーシェアの大幅な低下が危惧される。

事業化の考え方（2032年頃）	当該研究開発に係る商品、製品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。

（研究開発項目）	①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価（委託事業）	②低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発（助成事業）
実用化の考え方（2030年頃）	冷媒の物性、性能、安全性評価に係る公共的な知的基盤が整備され、社会的利用（規格化、標準化、データベース等への利用、産業界における研究開発への利用、他の研究開発への利用等）に供されること。	現状市販フロン製品と同等以上の性能を実現する技術を確立し、その技術に基づく試作品等の社会的利用（顧客への提供等）が開始されること。

図 2.1.1-1　実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定およびその根拠の関係性について

表 2.1.1-1　アウトカム目標の達成見込み

研究開発項目	達成見込み	課題と対応
①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価	■ 次世代冷媒の普及に必要な各種国際規格・標準の改定、登録に向け、各研究Grが分担して対応する委員・国内審議団体等との情報交換を実施し理解が得られつつある。 ■ 国内企業の開発促進、成果の国際的な普及促進のため、国内外に積極的に情報を公開。本PJの知見・開発の方向性が浸透しつつある。 詳細：「進捗管理：成果普及への取り組み」参照	■ PFAS規制の動向注視および規制内容への対応。 →情報収集活動及び非PFAS冷媒の検討 ■ 国際規格・標準化に向けたエビデンスの充実。 →研究会や技術委員会等を通じた外部有識者意見に基づく研究内容の追加・修正 ■ 国内外への成果発信の更なる充実。 →業界への知見提供、国際アピールのためのNEDO特別講座実施
②低GWP冷媒の対応機器の開発	■ 開発は順調に進んでおり、事業者は本事業と並行して製品設計、開発試験、量産技術検討を実施中。開発完了後、冷媒メーカーの上市に合わせて機器上市の予定。	■ 使用冷媒の安定性評価、量産化。

対象国際規格	規格の内容	対応Gr	提案時期	取り組み状況
REFPROP（NIST）	冷媒物性	冷媒Gr 機器Gr	'25-'26	NISTとの情報共有実施中。
ANSI/ASHRAE Standard34	冷媒燃焼特性評価方法	冷媒Gr	'25-'26	ASHRAE委員と継続的に情報交換を実施中。
ISO817	安全性評価指標	安全Gr	'25	冷媒安定性に関するTFが2024年に開始され、委員として参画中。
ISO16358	運転性能評価	評価Gr	'25-'27	ISO/WG15や日冷工規格検討分科会 等の作業部会に参画中。

2.2.　アウトプット目標及び達成状況

2.2.1. 前進事業との関連性

前身 PJ「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発（2018～2022 年度）」において、有力な次世代冷媒候補である HFO 冷媒の物性・性能評価および、自己分解反応抑止の為の開発を進め、次世代混合冷媒の絞り込みが可能な段階となった。

しかし、低 GWP､安全性、現行と遜色のないサイクル性能全てを具備する HFO 系混合冷媒は見つかっていないため、本 PJ では、これまでの研究開発成果、および上記の研究で得られた知見を展開し、早期に新混合冷媒候補の組成・物性を決定するとともに、これを使用する家庭用空調機、および業務用冷蔵庫等の要素技術開発の加速化を図る。また、研究開発と並行し、ステークホルダーとの情報交換を密にすることにより、外部環境変化への対応、および本 PJ の開発成果の普及

促進に必要な広報活動（学会など）、各種国際規格・標準等の登録・改定に積極的に取り組む。以上のことや、2023 年度実施の当該 PJ の終了時評価委員会（委員長：丸田教授、委員：産学の外部有識者 6 名）において戴いた助言（表 2.2.1-1）を踏まえ、実施方針実施計画を作成した。

表 2.2.1-1　「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発（2018～2022 年度）」終了時評価委員会における取組の成果と委員からの評価

取組の成果	終了時評価（2023年度実施）委員からの評価
• HFO冷媒の基本的な熱物性値とサイクル性能等のデータ収集により、混合冷媒開発の方向性について見通しを得た。 • 次世代冷媒候補であるHFO冷媒の自己分解反応を抑制する手法や、機器側での燃焼抑止方法について一定の知見が得られた。	• アウトプット目標達成に向けて必要な要素技術の開発は網羅されており、その開発スケジュールも綿密に計画されていた。産学官の協調により着実に成果が出来てきており、今後も研究開発の継続を期待する。 • REFPROP10.1 に、本研究開発の中から冷媒特性データと低 GWP（<150）の新規冷媒が複数搭載予定であり、さらに ISO、IEC にも多くの成果が登録されたことは、高く評価できるものであった。 • キガリ改正やPFAS 規制の検討など、外部環境が短期間で大きく変化しつつあり、 今後は、その動向に柔軟に適用した目標設定が求められる ほか、世界と比較して、特異となっている 日本の安全基準を国際標準へ適合させるための改善の取り組み も、本研究開発の発展の中で推進されることを期待する。

2.2.2. 本事業における研究開発項目の位置づけ

図 2.2.2-1 にアウトプットの全体イメージを、また、図 2.2.2-2 には本事業の研究開発テーマの詳細を示す。

委託事業（研究開発項目①）においては、次世代冷媒開発に必要な冷媒の基本特性に関するデータの取得を行うと同時に、このデータを基に次世代冷媒を機器で使用した場合の性能評価を実施した。また自己分解反応等の課題がある次世代冷媒候補を中心に、安全性・リスク評価手法の開発や、システム性能評価手法の開発を行い、国際規格・標準への登録や改定への貢献を図る。

助成事業（研究開発項目②）においては、次世代冷媒の社会実装の加速化を図るため、次世代冷媒および適用機器開発への取組みを実施する。

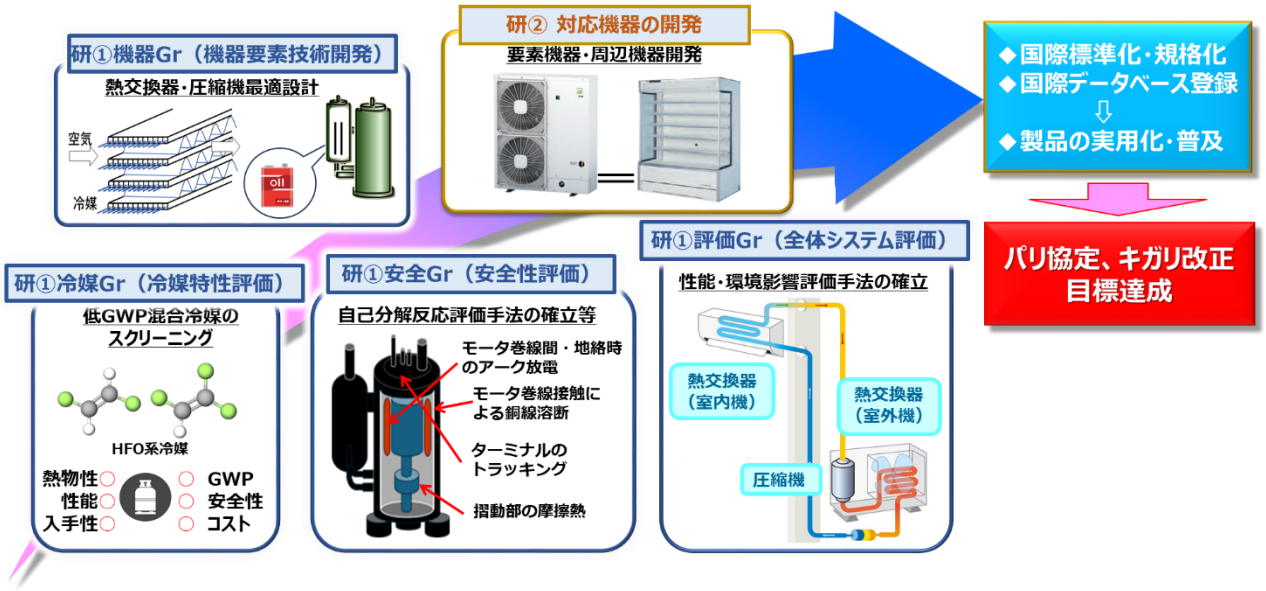


図 2.2.2-1　アウトプット（研究開発成果）のイメージ

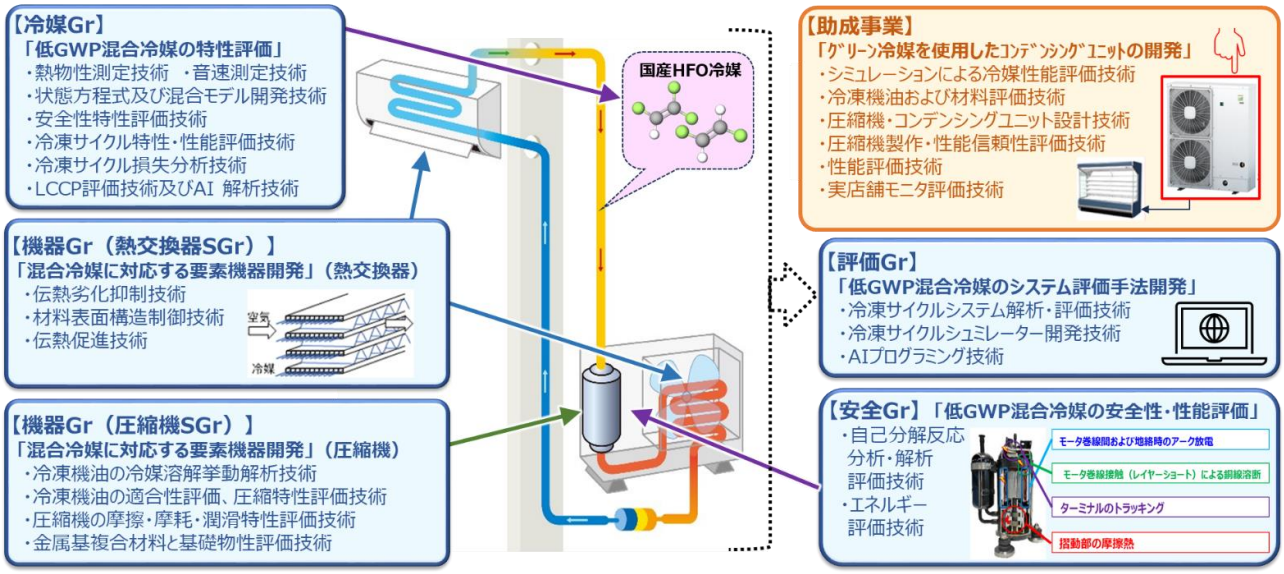


図 2.2.2-2　研究開発テーマ

2.2.3. アウトプット（中間）目標の設定及び根拠

本事業ではこれまでの研究開発の知見を踏まえ、市中冷媒ストック量の多い家庭用空調機を対象とした実装可能な HFO 混合冷媒候補を早期に絞り込むとともに、熱交換器、圧縮機など、HFO 混合冷媒に対応した要素機器の開発に資する基盤技術の開発（伝熱促進技術、圧縮特性の解明等）、および安全性や環境影響の評価を行うモデルや評価手法などの開発を行う。

また、これまでの関連研究開発事業の成果や、前述の家庭用空調機を対象とした冷媒・空調機器要素技術の知見を展開し、業務用冷凍空調機等、HFO 混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器技術開発の加速化を図る。

下記に基本計画にて設定したアウトプット目標を示す。

【中間目標（2025 年度）】

研究開発項目①「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」

1）これまでのプロジェクトの知見をベースに、研究効率化のための手法（例えば AI 技術や DX 技術）を取り入れ、低 GWP・安全性・性能を考慮した次世代冷媒としての HFO 混合冷媒候補の絞り込みを行う。この結果得られた有力な混合冷媒について物性等の詳細な評価を累計 15 件以上実施し、基本物性データを整備する。

2）1）で得られた基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐える得るデータを 1 種類以上取得する。

3）HFO 混合冷媒の伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発（例えば流路形状や構造の最適化）により冷媒に対応する熱交換器の設計指針案を作成する。

4）冷凍機油・冷媒混合物の冷媒溶解・潤滑特性の解明により、HFO 混合冷媒に適した冷凍機油の提案を行う。

5）HFO 混合冷媒の圧縮特性（組成変化が圧縮性能に与える影響）を解明し、対応する圧縮機の設計指針案を作成する。

６）HFO 混合冷媒の安全性や環境影響に関する評価を行うため、HFO 混合冷媒の着火・爆発に関するモデル化、燃焼特性の解明、自己分解反応の評価方法、およびLCCP(ライフサイクル温暖化特性）等の評価手法を確立する。

７）１）～６）の研究と並行し、空調サイクル全体として総合的に性能評価が出来る試験装置を製作する。

研究開発項目②「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

これまでの関連研究開発事業の成果や、本事業における家庭用空調機を対象とした冷媒・空調要素技術の知見を展開し、次世代低 GWP 冷媒に対応するとともに現状市販フロン品と同等以上の性能(COP、APF 等※)を実現する要素機器及び周辺機器の技術開発の道筋をつける。

※COP:成績係数（Coefficient Of Performance）の略。冷暖房器具のエネルギー消費効率を示す係数で、消費電力 1kW に対しての機器の冷却能力、暖房(加熱)能力を表したもの。

APF:通年エネルギー消費効率（Annual Performance Factor）の略。1 年を通して、ある一定条件のもとに空調機を使用した時の消費電力 1kW あたりの冷房・暖房能力を表したもの。

【最終目標（2027 年度）】

研究開発項目①「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」

中間評価結果を踏まえ、混合冷媒の燃焼特性の解明、及び実用化可能性の高い HFO 混合冷媒の提案、当該冷媒の物性及び当該冷媒に対応した要素機器の設計指針の確立を図る。

１）中間目標１）に引き続き、物性等の評価を累計 25 件以上実施し、基本物性データを整備する。この評価を基に、HFO 混合冷媒の熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルを開発する。

２）中間目標１）～６）に記した開発成果を、７）で作成した試験機により検証しつつ、各研究開発にフィードバックしながら改善を図ることで、企業の速やかな製品開発に貢献する候補冷媒及び冷凍機油の提案、当該混合冷媒の燃焼特性、自己分解反応機構の解明、ならびに候補冷媒に対応した熱交換器・圧縮機の設計指針を確立する。

３）HFO 混合冷媒の基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐える得るデータを３種類以上取得する。また、安全性・リスク評価手法等について、空調機器の安全性に係る国際規格等３件以上の国際標準の改正の提案に必要となるデータを取得する。

研究開発項目②「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

中間目標の成果を元に技術開発を行い、次世代低 GWP 混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器の技術を確立する。なお、中間目標、最終目標等については、研究開発費の確保状況、研究開発の進捗状況、産業への波及効果等を総合的に勘案し、適宜見直しを行う。

これら基本方針で定めたアウトプット目標について、対象技術ごとに具体化した目標、及びその根拠を表 2.2.3-1 に示す。

表 2.2.3-1　アウトプット（中間時）の設定および根拠

研究テーマ	中間目標（2026年3月）	最終目標（2028年3月）		根拠
【委託事業】 研究開発項目①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価　注）表中の"冷媒"とは、開発中の"HFO混合冷媒"の事を差す。				
冷媒 Gr	■ 冷媒候補の絞り込み。 ■ 物性等の詳細評価を15件以上実施。 ■ 国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データ１種類以上の取得。 ■ 燃焼特性を解明する手法の確立。	■ 物性等の詳細評価を累計25件以上実施 基本物性データの３種類以上の取得。 ■ 熱物性値を高精度で計算できる混合モデルの開発。 ■ 候補冷媒の燃焼特性の解明。 ■ 企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案。 ■ 国際規格等３件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	■ 企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案する。 ■ 国際規格等３件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	国際規格化・標準化及び国際データベース登録には、正確な冷媒特性・燃焼性の解明が必要である。
機器 Gr	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術開発。 ■ 冷媒の圧縮特性の解明。 ■ 冷媒の溶解・潤滑特性の解明。	■ 熱交換器の設計指針の確立。 ■ 圧縮機の設計指針の確立。 ■ 冷凍機油の提案。		従来と異なる混合冷媒に対応する機器要素技術を確立することは、企業の速やかな製品開発に必要不可欠である。
安全 Gr	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化。 ■ 自己分解反応の評価方法の確立。	■ 冷媒の自己分解反応機構の解明。 ■ 空調機器の安全性に係るデータの取得。		国産冷媒普及のためには、自己分解反応の解明や抑制技術の開発、および国際規格・標準化による環境整備が必要。
評価 Gr	■ 冷媒のLCCP等の評価手法の確立 ■ 空調サイクル全体の性能評価装置製作。	■ 各Grの開発成果を性能評価装置にて検証。（各Grにフィードバックしながら改善）		■ 冷媒選定の上では環境影響も含め総合的な判断が必要。 ■ 機器開発加速化のためには実用に即した評価手法の確立が必要。
【助成事業(民間企業)】 研究開発項目②低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発				
	■ 現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	■ 圧縮機の試作と評価。（長期信頼性現行同等） ■ コンデンシングユニット試作と評価。（性能現行機以上）		■ 製品化、普及促進のためには、性能、価格、環境性等の観点から市場競争力が必要。性能を維持する必要がある。

2.2.4. アウトプット目標の達成状況

研究開発は順調に進捗し、対象技術ごとの中間目標に対する 2024 年度末の達成度は、開発促進財源を使用して実施した研究による追加項目を含め「達成度 100%」となった。

表 2.2.4-1 に研究開発テーマごとのアウトプット目標の達成状況と根拠を示す。

表 2.2.4-1　アウトプット目標の達成状況

（赤字：2024年度までの実績　黒字：2025年度末までの見込み）　（◎ 大きく上回って達成、○達成）

	中間目標（2026年3月）	主な成果（2026年3月）	達成度	達成の根拠／解決方法
【委託事業】 研究開発項目①家庭用空調等に適した低 GWP混合冷媒の開発及び評価　注）表中の"冷媒"とは、開発中の"HFO混合冷媒"の事を差す。				
冷媒 Gr	■ 冷媒候補の絞り込み ■ 物性等の詳細評価を15件以上実施 ■ 国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データの１種類以上の取得 ■ 燃焼特性を解明する手法の確立	■ 熱物性および音速等の詳細評価を18件実施。 ■ 候補冷媒の燃焼性について燃焼速度，燃焼限界等の国際標準に耐えうるデータを取得。 ■ 物性およびサイクル性能から候補冷媒を絞り込み、実用性の面からの最適組成の範囲を明確化。	◎	■ 当初目標以上の成果を達成。 ■ 物性等の詳細評価を18件実施。1種類の3成分系燃焼特性データ取得を前倒しで完了。さらに別成分のデータを取得中。
機器 Gr	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発 ■ 冷媒の圧縮特性の解明 ■ 冷媒の溶解・潤滑特性の解明	■ 伝熱面処理、断続流路の開発・適用による伝熱促進効果を確認。AIによる熱伝達予測モデルを構築。 ■ 圧縮特性計算モデル、機械効率評価装置を構築。 ■ 冷凍機油溶解モデル、油膜計測技術、圧縮特性計算モデル、機械効率評価装置を構築。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 熱交換器実験を加速化するため、自動制御機能を追加し、計画のキャッチアップおよび実験精度の向上を図る。
安全 Gr	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 ■ 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	■ 自己分解反応を誘発する着火源の調査・比較・実験を通じ、国際標準に提案する着火手法を開発。 ■ 実機によるアーク放電エネルギーの定量化を達成。 ■ 次世代冷媒の自己分解反応境界条件を明確化。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 国際標準化についてはISO TFにて評価手法を提案。
評価 Gr	■ 冷媒のLCCP等の評価手法の確立 ■ 空調サイクル全体の性能評価装置の製作	■ 候補冷媒も対象とし、実機レベルでの機器性能予測精度を5%程度まで実現。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 国際規格化も順調に進めている。
【助成事業(民間企業)】 研究開発項目②低GWP冷媒の対応機器（家庭用 /業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発				
	■ 現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	■ 環境・実用性・耐久性等の総合評価により適用冷媒、冷凍機油の選定を完了。 ■ 性能向上策積上完了。（計算上で効果を確認）	◎	■ 当初目標を達成。 ■ 進捗はやや前倒し。

2.2.5. 研究開発成果の副次的効果等

表 2.2.5-1 に研究開発テーマの研究開発成果の意義を示す。副次的効果としては、以下の４点があげられる。

本事業では各種の計測・基礎実験を基に、最終的にデータベース化、モデル化、シミュレーター等に整理する。これらを標準化或いは業界の標準ツール等とすることにより、高度な技能・

多大な労力を必要とする実験・実機試験等を省略する事が出来、大学・企業における研究開発を促進する事が可能となる。

日本発の国際登録・国際標準化により、日本の技術に対する国際的な評価が高まり、国内製品の販売促進、市場の拡大に繋がる。

本事業の成果の一部は、国内法における評価指標としても採用され、国内の社会整備にも寄与する。

NEDO 講座において本事業に関するセミナー等を行ない、冷凍空調分野の人材育成が図られる。

表 2.2.5-1　研究成果の意義

【委託事業】 研究開発項目① 家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価	■ 開発中の低GWP、HFO混合冷媒は国際規格（ASHRAE　STANDARD34）で定められている安全性分類において、微燃性冷媒（A2L）に位置づけられる。これは現在普及しているR32冷媒と同じ分類であり、大きな社会整備も必要なく、製造責任を負うメーカーにとっても上市へのハードルが少ないため、発展途上国を含めた国際的な普及・市場拡大が期待出来る。
【助成事業(民間企業)】 研究開発項目② 低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発	■ 現在コンデンシングユニットの代替冷媒として実用化されているCO_2に比べ、本事業で選定した冷媒は現行冷媒（R448A）と圧力条件が近く、機器設計、施工やメンテナンス性も現行機同等とすることが出来、既設機入替を目指すコンビニエンスストア、スーパーマーケット、冷凍冷蔵倉庫等での普及が期待出来る。

2.2.6.　特許出願及び論文発表

論文等の成果は、表 2.2.6-1 に示すとおりである。委託事業においては積極的に論文投稿、講演発表を行った。

表 2.2.6-1　特許などの出願件数

テーマと対象	分類	2023 年度	2024 年度	2025 年度（予定含む）	合計
冷媒 Gr	特許出願 （うち外国出願）	0	0		0
	論文	3	6		9
	研究発表・講演	11	9		20
	受賞実績	0	1		1
	新聞・雑誌等への掲載	1	1		2
	展示会への出展	0	0		0
	TV その他	2	0		2
機器 Gr	特許出願 （うち外国出願）	0	0		0
	論文	0	0	2(予定)	2
	研究発表・講演	0	11		11
	受賞実績	0	0		0
	新聞・雑誌等への掲載	0	0		0
	展示会への出展	0	0		0
	TV その他	0	0		0

安全 Gr	特許出願 （うち外国出願）	0	0		0
	論文	0	0		0
	研究発表・講演	0	4		4
	受賞実績	0	0		0
	新聞・雑誌等への掲載	0	0		0
	展示会への出展	0	0		0
	TV その他	0	0		0
評価 Gr	特許出願 （うち外国出願）	1	1(1)		2
	論文	4	4		8
	研究発表・講演	11	11		22
	受賞実績	0	0		0
	新聞・雑誌等への掲載	0	0		0
	展示会への出展	0	0		0
	TV その他	0	0		0
助成	特許出願 （うち外国出願）	0	7(6)		7
	論文	0	0		0
	研究発表・講演	0	0		0
	受賞実績	0	0		0
	新聞・雑誌等への掲載	0	1		1
	展示会への出展	1	0		1
	TV その他	0	0		0
合計	特許出願 （うち外国出願）	1	8(7)	0	9
	論文	7	10	2	19
	研究発表・講演	22	35	0	57
	受賞実績	0	1	0	1
	新聞・雑誌等への掲載	1	2	0	3
	展示会への出展	1	0	0	1
	TV その他	2	0	0	2

3.　マネジメント

3.1.　実施体制

本事業の実施体制を図 3.1-1 に示す。

本事業は大学・国研による基礎研究が中心となり協調領域を担っている点が特徴となっている。このためアウトカムの達成に向けては、得られた成果を共通基盤化し、企業の開発につなげる事が重要である。

プロジェクトの効率的・効果的な運用を図るため、委託事業については特に関連する４つの研究 Gr を設置した。

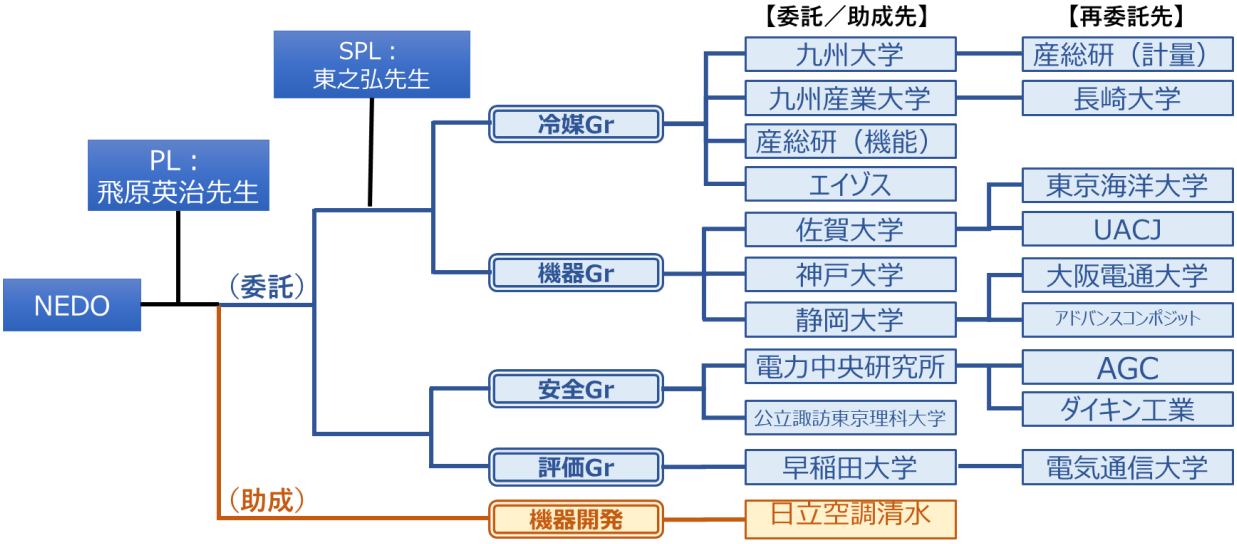


図 3.1-1　実施体制

3.1.1.　NEDO が実施する意義

本事業を NEDO が実施する意義について以下に示す。

- 地球温暖化対策は国内外における緊要の課題であり、**HFC排出削減は急務。**
- モントリオール議定書キガリ改正における目標の達成（2036年までにHFCの生産及び消費量を85%削減）には、**より一層低GWP冷媒への転換が必須。**
- 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）」及び「革新的環境イノベーション戦略（2020年1月統合イノベーション戦略推進会議決定）」において、フロン類の削減に向けたイノベーション創出を推進。
- **我が国産業の競争力強化のため**にも、世界に先駆けた**次世代冷媒及びその適用機器の開発**が急務。
- 低GWP混合冷媒の実装には、①低GWP・サイクル性能・安全性等を満たす混合冷媒の開発、②新冷媒対応機器（省エネ性含む）の開発を、迅速に行うことが必要。一方で、**民間企業には、現存する高効率な冷媒・機器からの転換を加速する研究開発に取り組む優先度が乏しい。**
- 次世代冷媒の物性評価、安全性・リスク評価については、**多くの企業、大学、研究機関の知見の結集によるオープンイノベーションが不可欠**であり、**高度な研究開発マネジメントのもと国内安全基準の策定や国際規格化・標準化策定に取り組むことが重要。**

ＮＥＤＯのミッション「エネルギー・地球環境問題の解決」「産業技術力の強化」

NEDOは、これまでもステークホルダーと連携し、次世代冷媒及びその適用機器の開発を進めて来ており、その知見やネットワークを生かすことで、効果的かつ効率的な事業実施が可能。

⇒ NEDO事業としての妥当性は極めて高い。

3.1.2. 実施体制（実施者間での連携）

委託事業では、冷媒開発および当該冷媒に対応した機器の要素技術開発、安全性・性能評価等の研究を並行して実施するため、進捗を共有しながら連携して研究を進める必要がある。このため、プロジェクト内で連携するための会議体と、実用化および国外動向共有の観点からプロジェクト外関係者を含めて情報交換を行う会議体とを別に設置し、両者が連携することで知財保護の元、効率的かつ効果的にプロジェクトを推進する体制とした。（図 3.1.2-1）

■ プロジェクト内で連携するための会議体（↕）と、実用化および国外動向共有の観点からPJ外関係者を含めて情報交換を行う会議体とを別に設置し、両者が連携（↔）することで知財保護の元、効率的かつ効果的にプロジェクトを推進する。

		プロジェクト内			外部を含む会議※【外部関係者】	国外情報収集
		全Gr会議	Gr個別会議			
冷媒Gr		情報共有会議 年１回 持回りで主催	冷Gr-機Gr連携会議 九産大or佐賀大主催	冷媒Gr会議 年１回 九産大主催	新冷媒に関する打合せ【冷媒メーカー】	・アメリカ暖房冷凍空調学会（ASHRAE） ・ISO/TC 86/SC 8 Meeting ・沸騰凝縮伝熱国際会議(ICBCHT) ・国際冷凍会議（ICP） ・ヨーロッパ熱物性会議（ECTP） ・国際会議Micro Nano Flows(MNF) 他
機器Gr	熱交換器SGr			機器Gr会議 年1回 佐賀大主催	熱交換器SGr会議【材料メーカー】	
	圧縮機SGr				圧縮機SGr会議【冷凍機油メーカー】	
安全Gr			知財運営委員会 電中研主催	安全Gr会議 月1回 電中研主催	自己分解反応研究会【日冷工】	
評価Gr			NEDO研究PJ進捗確認打合せ 早大主催		NEDO次世代冷媒システム評価委員会【日冷工】	
NEDO、PL		各会議体に参加し状況を把握、プロジェクト目標の達成の視点で必要な助言を行う。				

※必要に応じて他Grからも参加者。社内外有識者が多数参加する会議での情報漏洩の阻止のため、会議で知り得た情報の秘密保持同意を要件化。

図 3.1.2-1 事業者間での連携

3.1.3. 個別事業の採択プロセス

研究開発項目①　家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価（委託）

【公募内容】

次世代冷媒、及び次世代冷媒に対応する冷凍空調機器要素技術の開発と安全性評価手法の確立を目的とする。

公募予告（2023 年 12 月 28 日）⇒　公募（1 月 31 日）⇒　公募〆切（3 月 13 日正午・延長あり）

【採択】

採択審査委員会（2023 年 3 月 27 日）

採択審査項目：

本事業の目的達成のためには複数の要素技術を適切に組み合わせる必要があるため、採択基準においては基本計画全体の中での役割・他事業者との連携等の評価要素を含む「提案の実現性」および、本事業成果の社会実装に必要な周辺環境の整備（規格・標準化、外部ステークホルダー等との連携等）を評価する「成果の実用化」についての重み付けを高く設定した。

採択条件：

（全委託者）PJ 内外のステークホルダー連携等、成果の最大化に向けた必要な対応を行うこと

（全委託者）実施内容及び事業費金額の合理化を行うこと

（冷媒・機器 Gr のみ）GWP 等の目標や研究内容については随時、国の政策や業界ニーズ等、外部環境の変化に合わせて整合するよう事業管理を実施すること

（安全・評価 Gr のみ）実施計画の一部具体化

研究の健全性・公平性の確保に係る取組：

公募の際、その他の研究費の応募受入状況を確認し不合理な重複及び過度の集中がないか確認。採択審査にあたっては NEDO 技術委員・技術委員会等規定に則り、応募者と利害関係に該当する採択審査委員については当該提案の審査はせず、採択審査委員会においても当該提案の説明および審議の際には会場から退出して戴いた。

研究開発項目②　低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発（助成）

【公募内容】

既に民間企業等が主要な技術やノウハウ等を所有している技術について、実用化及び普及化の研究を行う（1/2 助成）

公募予告（2023 年 12 月 28 日）⇒　公募（1 月 31 日）⇒　公募〆切（3 月 2 日正午）

【採択】

採択審査委員会（2023 年 3 月 22 日）

採択審査項目：

助成事業は企業の中で責任をもって事業化を進めてもらう位置づけであることから、採択基準においては企業がもつ技術力や事業化計画を評価するため「実現性」の重み付けを最も高く設定した。

採択条件：

冷媒の選定にあたっては、冷媒メーカーとの連携体制の構築など必要な対応を行うこと。（日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社※）

※　現　日立空調清水株式会社

3.1.4. 研究データの管理・利活用

「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント方針」に基づき、グループ毎に「知財及びデータ合意書」を作成し、知財運営委員会を設けて研究成果の取り扱いを一元的に管理・運用する。尚、研究データは、オープン・クローズ戦略のもと積極的に公開し、産業界の早期上市に資するようにデータ登録、国際規格標準化を進める。

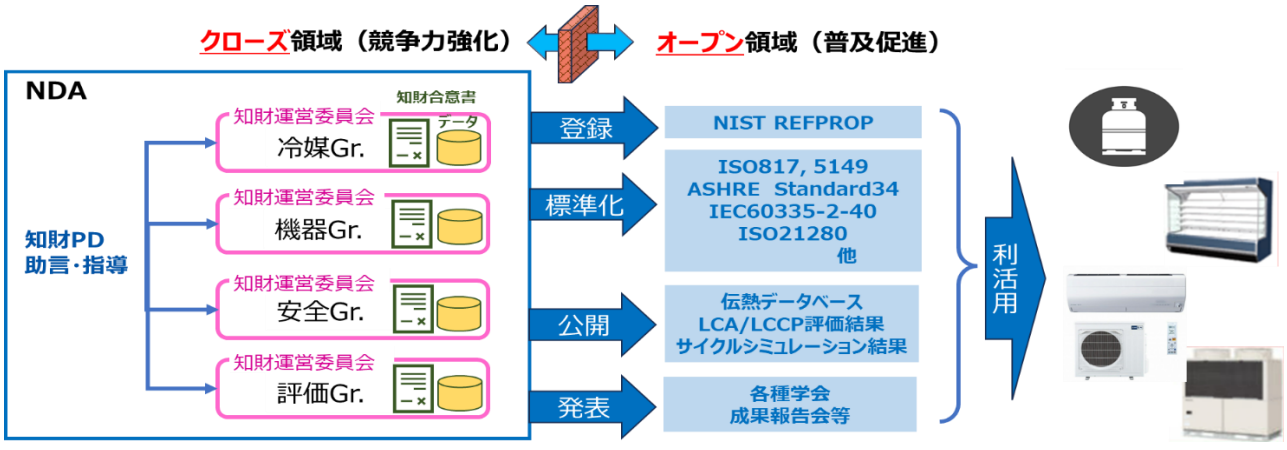


図 3.1.4-1 研究データの管理・利活用

3.2.　受益者負担の考え方

【委託事業】（研究開発項目①）

上記研究開発項目は、次世代冷媒、及び次世代冷媒に対応する冷凍空調機器要素技術の開発と安全性評価手法の確立を目的としており、我が国の冷凍空調産業界全体にとって高い共通基盤性を有する研究であり、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うことが見込めない「公共財の研究開発」事業として、委託事業を実施する。

【助成事業（助成率：1／2）】（研究開発項目②）

上記研究開発項目は、既に民間企業等が主要な技術やノウハウ等を所有している技術について、ユーザーサイドのニーズをくみ取ることにより開発終了後の事業化計画を明確にして、実用化及び普及化の研究を行う。本開発終了後、数年以内に製品化を想定できるものを対象とする。これらは、助成事業（助成率：1／2）として実施する。

表 3.2-1【予算】

（単位：百万円）

研究開発項目	負担	2023年度	2024年度	2025年度	合計
① 家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価（委託）	委託100%	400.7	579.6	503.9	1484.2
② 低GWP冷媒の対応機器の開発（助成）	助成率50%	20.7	24.1	34.7	79.5
合計		421.4	603.6	538.6	1563.6

3.3.　研究開発計画

3.3.1.　目標達成に必要な要素技術

本プロジェクトの目標達成に必要な要素技術を図 3.3.1-1 に示す。

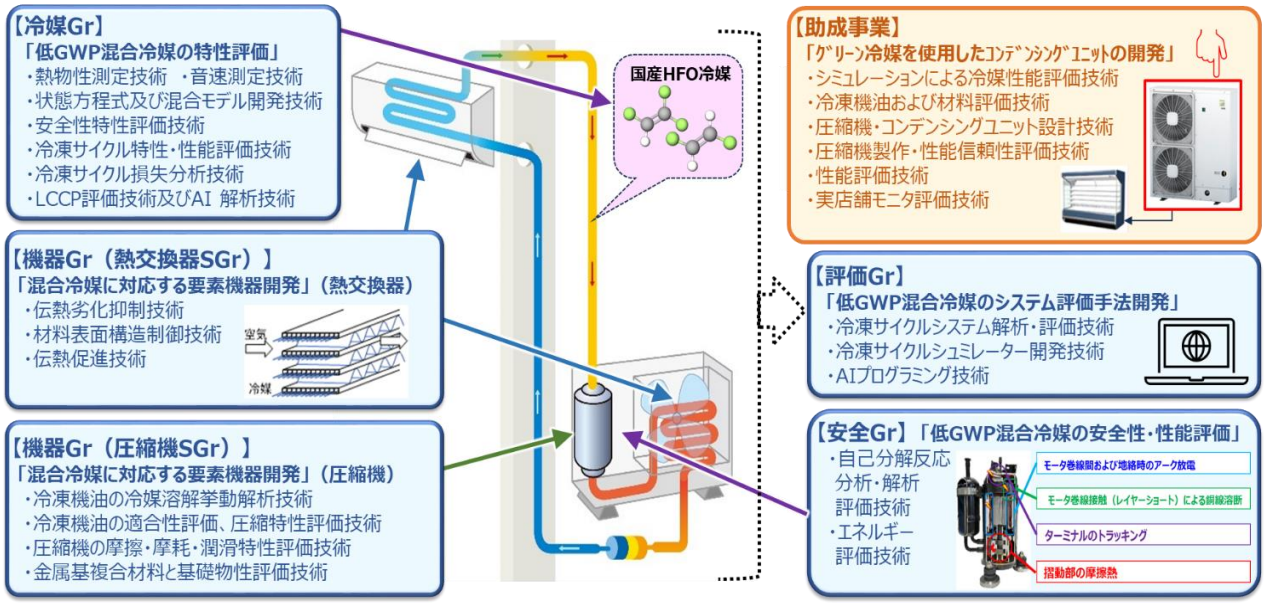


図 3.3.1-1　目標達成に必要な要素技術

3.3.2. 研究開発のスケジュール

本プロジェクトの研究開発のスケジュールを図 3.3.2-1 に示す。

		研究開発項目		2023	2024	2025	中間目標	2026	2027	最終目標
委託事業	冷媒Gr	低GWP混合冷媒の特性評価		熱物性データ取得及び候補冷媒の絞込・音速データ取得						
				状態方程式及び混合モデルの開発						
				安全性特性評価						
				サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価・サイクル要素内損失分析						
				LCCP 評価方法の開発及びAI 解析						
	機器Gr	混合冷媒に対応する要素機器開発	熱交換器	伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発・伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発・アルミニウムの表面構造制御による混合冷媒の蒸発・凝縮性能の向上と伝熱管適用に関する研究開発						
				熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発						
			圧縮機	圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び圧縮特性の解明・圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性の解明・圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価						
	安全Gr	低GWP混合冷媒の安全性・性能評価		HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究						
				自己分解反応評価手法の開発（HFO-1123混合冷媒の研究・R1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認）						
				圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発						
	評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発		冷凍サイクル実機シミュレーション技術開発・AIを活用した冷凍サイクルシミュレーターの最適化技術開発・冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発						
助成事業		ｸﾞﾘｰﾝ冷媒を使用したｺﾝﾃﾞﾝｼﾝｸﾞﾕﾆｯﾄの開発		①シミュレーションによるHFO混合冷媒の性能評価と選定②冷凍機油および材料評価と選定③圧縮機設計④コンデンシングユニット設計⑤圧縮機試作・性能信頼性評価⑥コンデンシングユニット試作・性能評価⑦実店舗相当のモニタ評価						

図 3.3.2-1 研究開発のスケジュール

本プロジェクトは早期の事業化が求められている。このため各研究開発項目、規格・標準化への取り組み、企業の開発促進のためのプロジェクト成果の公開を同時並行的に実施し、研究開発および事業化の早期達成を図る計画としている。このため、この計画を実現する上で必要な、プロジェクト内外との連携を公募条件に加えるとともに（3.1.3. 個別事業の採択プロセス参照）、採択後に効率的・効果的な連携がとれる様、前述のように研究 Gr を設置し、研究体制を再構築した（3.1 実施体制参照）。

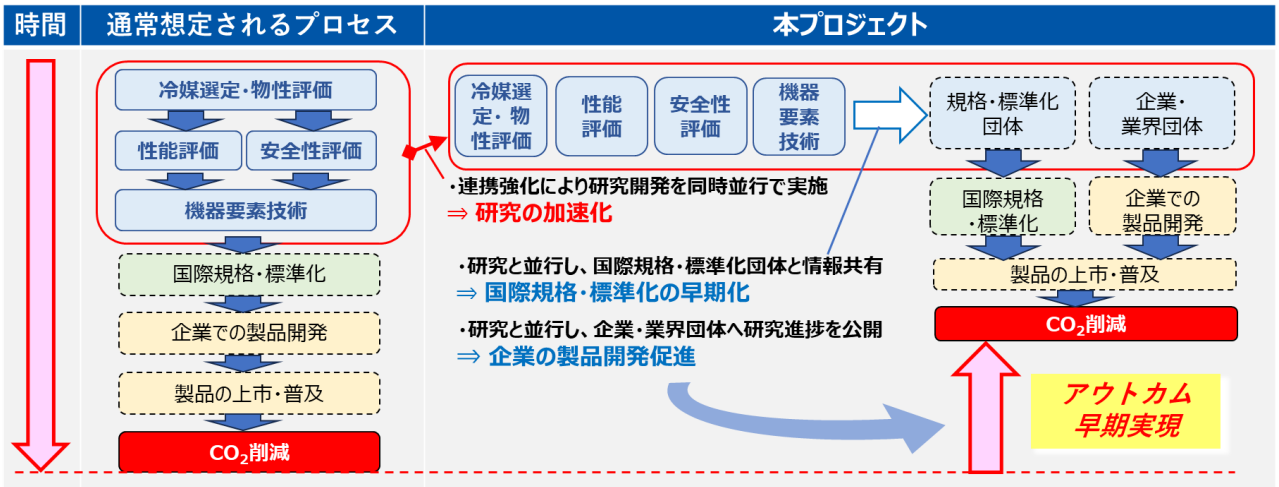


図 3.3.2-2 本プロジェクトにおける社会実装プロセス

3.3.3. 進捗管理

グループ内、グループ間の連携を重視し、定期的に情報共有・議論を行う場を複数用意することにより、プロジェクトの実効性を高め、効果的なプロジェクトマネジメントにつなげる事を目

標とした。また、研究成果をいち早く社会実装につなげるため、外部有識者を交えた会議を開催して情報開示を進めると共に、得られた意見を研究に反映させる。

これらを達成するため PL/SPL への月例進捗報告、PL 視察・指導等の充実を図ることで進捗状況を常に把握・共有し、目標達成を確実なものとする。

表 3.3.3-1 進捗管理

会議名	主なメンバー	対象・目的	頻度	主催
技術委員会	・**外部有識者（技術委員）** ・**全事業者**、PL、SPL、PM	・各Grの研究開発の進捗状況等について**外部有識者が確認**し、客観的立場から**プロジェクトの方向性**について意見を頂く。	年に１回	NEDO
情報共有会議	・**全事業者**、PL、SPL、PM	・各Grの研究開発の進捗状況について**事業者全体で共有**し、**PL・SPLから研究内容についてのフィードバック**を受ける。	年に１回	Gr持ち回り
冷媒Gr/機器Gr連携会議	・**冷媒/機器Gr**、 PL、SPL、PM ・外部有識者	・**Gr内事業者の研究進捗状況**を確認し課題に関して議論する ・研究内容に関して外部有識者からの意見を聞く。	年に2回～4回	各Gr
自己分解反応研究会	・**安全Gr**、PL、SPL、PM ・外部有識者	・**自己分解反応に対する評価手法の確立や、標準化への道筋**をつけるために、外部有識者を交えた会議を開催。	年４回	電中研
NEDO次世代冷媒システム評価委員会	・**評価Gr**、PL、SPL、PM ・外部有識者	・開発中の**システム評価手法の実用化**に向けて、外部有識者を交えて定期的に情報・意見交換を実施。	年４回	早稲田大
知財運営委員会	・**各Gr**知財運営委員	・研究開発の成果についての**権利化・秘匿化等の方針決定や公開・実施許諾に関する調整**を行う。	随時	各Gr

3.3.4. 進捗管理：外部委員意見への対応

事前評価における外部有識者の指摘・指導事項および、技術委員会における委員提言を踏まえた、本プロジェクトでの対応を以下に示す（表 3.3.4-1）。

表 3.3.4-1 外部委員意見への対応

■ **事前評価委員会における委員提言への対応**

問題点・改善点・今後への提言	対応
・「我が国の産業技術に関する研究開発活動の動向（経産省）」によれば、**研究開発の段階から「コスト、収益、費用対効果」や「市場ニーズ、技術動向、特許動向」などの情報を把握・共有することが、事業化の成功に資する**とされている。 ・現行および前PJで得られた**成果、期待されるアウトカムの数値的説明等について、外部関係者に対し十分な説明**が求められる。	・各Grの**外部有識者を含む会議体**を通じて得られた、市場ニーズ・技術動向・費用対効果等の情報を**PJ内に設置された会議体で共有する体制**としている。 ・**知財CN**を採用し、知財戦略上の助言や**特許動向に関する説明会を実施**している。 ・前PJの成果は**和英レポートを作成**し、**日本冷凍空調学会やNEDOのHPを通じて公開**している。 ・現行PJの計画や進捗状況についても、**学会等で積極的に公表**するとともに、継続的な情報発信と理解促進を図る（下段：**活動報告会、NEDO特別講座等も活用**）。
・本事業の成果が世界市場で優位性を発揮するためには、**技術開発に加え、各国の関連規制や国際標準・規格への対応が不可欠**である。しかしながら、これらは企業単独では対応が困難な課題であり、**国による支援とともに、プロジェクトとしての計画的な環境整備が必要**である。 ・国際標準化には5年以上の**準備期間を要する**こともあり、**事業期間中からの外部広報・周知活動の積極的な展開**が望まれる。	・各Grにおいては研究と並行し、**国内規格団体・国際標準団体と連携し、その意見をPJに反映、早期の登録・標準化を実現する仕組みを構築**している。 ・本事業の進捗状況を**国内外の会議等でリアルタイムに発信**し、標準化の加速や企業の開発促進に資する情報提供を行っている。 ・原課・業界の要望に基づき、**活動報告会（'25年4月）を通じ、事業の成果を広く周知**している。 ・'25年度より、**NEDO特別講座を通じて、本事業に関する広報、人材育成、人的交流などの活動を展開**する（調査、国際イベント開催、企業・大学向け講座開催、成果報告等）。

■ **技術委員会における委員提言への対応**

問題点・改善点・今後への提言	対応
・評価を行う**冷媒種等について、グループ内・グループ間事業者で情報共有**して進めるように。 ・**自己分解反応評価手法の国際規格化**をめざすのであれば、**スピード感を持って広く関係者と情報共有**しつつ進める必要がある。	・**事業者間で情報交換を密に進めており**、今後、冷A-1,2で評価された、R32＋HFO混合冷媒の組み合わせでの評価が各事業者において進んでいく。 ・**日本冷凍空調工業会会員企業に対し、NEDOプロジェクトの研究状況を説明**する機会を設け、課題とその対応状況について紹介した。

3.3.5. 進捗管理：動向・情勢変化への対応

各研究 Gr の委員会に国内ステークホルダーが参加する体制とし、国際情勢変化に関する動向や研究進捗を共有すると同時に、国際規格化や早期事業化達成のためのニーズを NEDO 事業に反映することで、プロジェクトの効率的な運用を実施している。

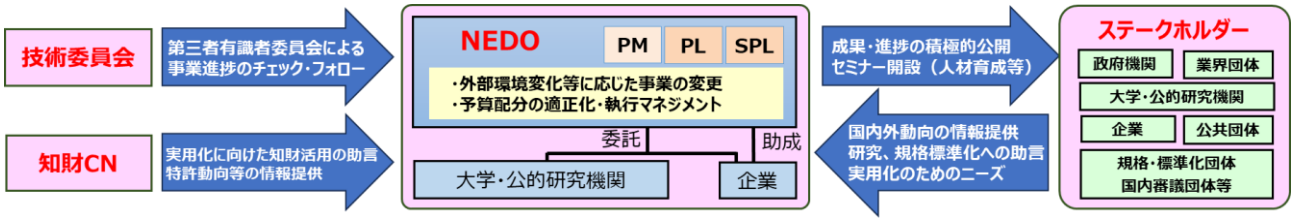


図 3.3.5-1 本事業における情報共有およびチェック・フォロー体制

表 3.3.5-1 事業期間中の具体的な動向・情勢変化への対応実績

アクションの内容	時期	理　由
事業者の追加	‘24.4月	研究の進捗に伴い新たな開発要素が必要となったため、当初外注先を予定していた会社を再委託先に変更し、研究を委託。
加速化予算の追加	随時	研究進捗およびステークホルダーのニーズに応え５件の加速化研究を追加。（詳細:開発促進財源投入実績参照）
知財CNの採用	‘24.4月	本事業のオープン・クローズ戦略に則り、事業者への知財戦略上のアドバイス、特許動向等の情報提供を強化。
活動報告会の開催	’25.4月	原課、業界団体の要請を受け、企業への情報提供・開発促進のため、業界団体向けのNEDO事業の活動報告会を開催。
NEDO講座の開設	’25予定	本事業に係る広報、人材育成、人的交流を強化する活動（周辺動向調査,イベント・セミナー開催,成果報告他）を開始。

3.3.6. 進捗管理：成果普及への取り組み

成果の普及に向け、国内外に向けて積極的・多角的な情報発信を奨励している。

表 3.3.6-1 成果普及への取り組み

主な対象	目　的	実　績
国際政治団体 ・技術者	・国際動向の把握 ・市場ニーズの把握 ・研究成果の普及促進	■ **環境と新冷媒国際シンポジウム**（’23.11）【全Gr】 成果報告,【NEDO】 ポスター展示 ■ **その他国際会議等での成果発表** 【冷媒Gr】欧州冷媒会議（’23.8）,欧州熱物性会議（’23.9）,MRS(材料)国際会議(‘24.12) 【機器Gr】冷凍空調に関するヘリック会議(‘24.7) ,エネルギー製造先端材料に関する国際会議(‘24.11) 輸送現象に関する国際シンポジウム(‘24.11)【冷媒・機械Gr】 熱物性国際シンポジウム（’24.6） 【機器・評価Gr】IIR持続可能性とコールドチェーンに関する国際会議(‘24.6) 【評価Gr】アジア冷凍空調会議(‘24.4)
規格・標準化団体	・国際規格・標準・登録の早期実現	【冷媒Gr】計量標準総合センター成果発表会（’25.1） 【評価Gr】IEAヒートポンプ会議(‘23.5) ,家庭用電化製品のエネルギー効率に関する国際会議(‘24.10) ASHRAE冬季大会(‘25.2)
国内技術者	・技術開発促進 ・技術情報交流	■ **日本冷凍空調学会年次大会**（’23.9, ’24.9※）/近畿地区シンポ(‘23.10) ※【NEDO・全Gr】 関連講演を含め34件（全体の16%,NEDO-PJ3セッション）、ワークショップ開催。 ■ **その他国内会議等での成果発表** 【冷媒Gr】化学工学会（’23.9), 日本熱物性シンポジウム（’23.10), 冷凍・空調・暖房展(‘24.1) 【冷媒・安全Gr】 電気学会全国大会（’25.3）【評価Gr】環境工学総合シンポジウム(‘23.7), 空気調和・冷凍連合講演会(‘23.3,’24.9), 空気調和・衛生工学会大会(‘23.9,’24.9)
国内企業 ・業界団体	・企業の開発促進 ・普及促進 ・人材育成	■ **NEDOプロジェクト活動報告会**（’25.4）【PL,安全Gr】 プロジェクト概要・成果報告 ■ **NEDO特別講座の開催** 【NEDO（公募中）】 イベント開催、成果報告書、講座開設他
一般層	・普及に向けた理解醸成	■ **プロジェクト紹介パンフレット（日本語版、英語版）**の作成。(‘25.4)【NEDO】

3.3.7. 進捗管理：開発促進財源投入実績

事業進捗や産業界からの要望を踏まえ、2024 年度に 5 件（約 30 百万円）の開発促進財源を投入した。

表 3.3.7-1 開発促進財源投入実績

実施項目	内 容	百万円	目的	想定される効果・意義
機器Gr（佐賀大学）	①再委託先(UACJ)の追加 ②研究員の増員	6.37	①熱交換器伝熱性能向上のため、表面処理等に実績にあるメーカーを再委託先として追加し研究項目を追加する。 ②冷媒の各種物性測定、および高精度予測モデルの開発（NIST※と協力）を加速化する。 ※米国の国立研究機関	①開発中冷媒に対応した実用に供する熱交換器設計指針の作成。 ②開発中冷媒の国際データベース(REFPROP)への反映早期化。
評価Gr（早稲田大学）	熱交換器デバイスの追加	2.50	産業界の要望を受け、従来冷媒に加え、温度グライドのある低GWP冷媒で最適化した熱交換器の実験を追加して実施することで、熱交換器最適化シミュレーターの開発を加速化する。	企業における開発中冷媒に対応した機器（熱交換器）の早期上市。
冷媒Gr（エイゾス）	研究員の増員	5.28	産業界の要望を受け、冷媒評価項目として当初のLCA/LCCPに加え安全性を追加するための関連技術資料、データ収集。	開発中冷媒の環境影響と社会受容性の両面からの検証による上市の加速化。
安全Gr（電中研）	高速度カメラの導入	9.37	国際標準化を目指す自己分解反応評価手法において、反応を誘発する一連の現象についての詳細な観察を行い、冷媒ガスに伝わるエネルギーの定量化と制御手法の開発を行なう。	開発中冷媒の上市・普及に必要となる自己分解反応評価手法の開発、および国際登録の実現。
機器Gr（佐賀大学）	風洞装置改良（自動制御）	6.50	熱交換器評価試験における風洞装置の温度、湿度及び風速の設定を自動制御により安定化することで試験精度の向上と高速化を図り、熱交換器の開発を加速化する。	企業における開発中冷媒に対応した機器（熱交換器）の早期上市。
計		30.0		

3.3.8. モチベーションを高める仕組み

本事業では「交付金インセンティブ制度」を活用し、委託事業者を対象に実施者のモチベーション増大を図る。インセンティブ配賦対象者の選抜にあたっては、事業成果に加えてインセンティブ計画（提案書）を評価対象とする。ここで、インセンティブの使途については基本計画の目標に縛られず、事業者の自由な発想を尊重する。

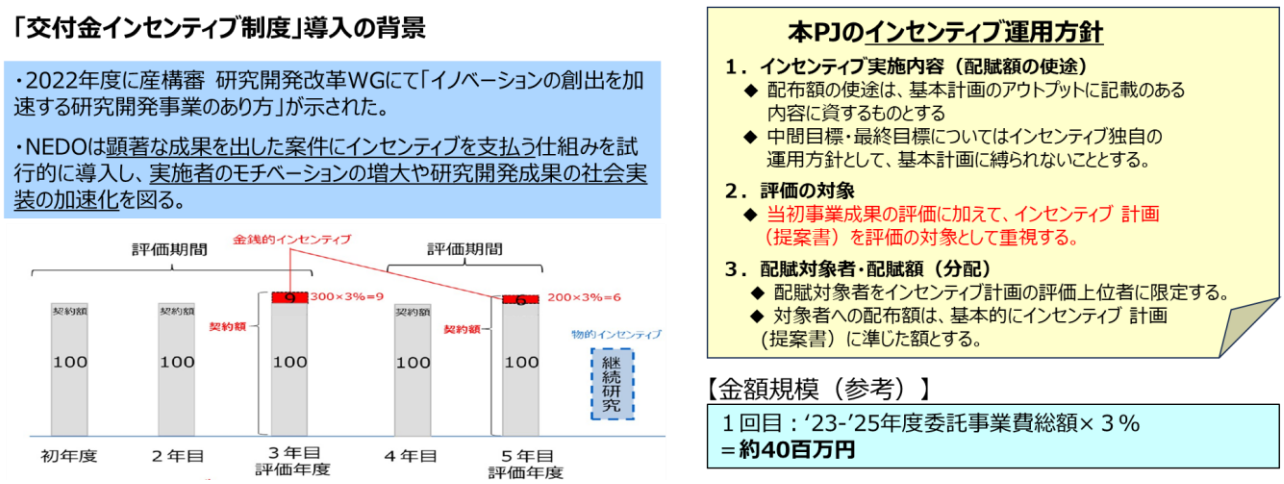


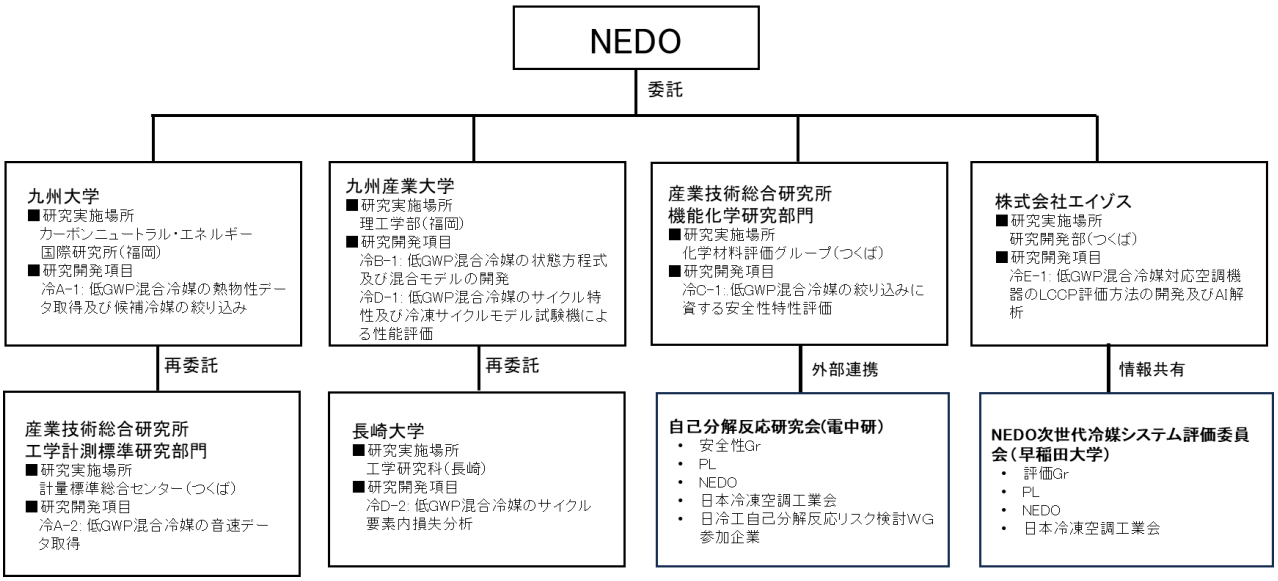
図 3.3.8-1 インセンティブ運用方針

4.　目標及び達成状況の詳細

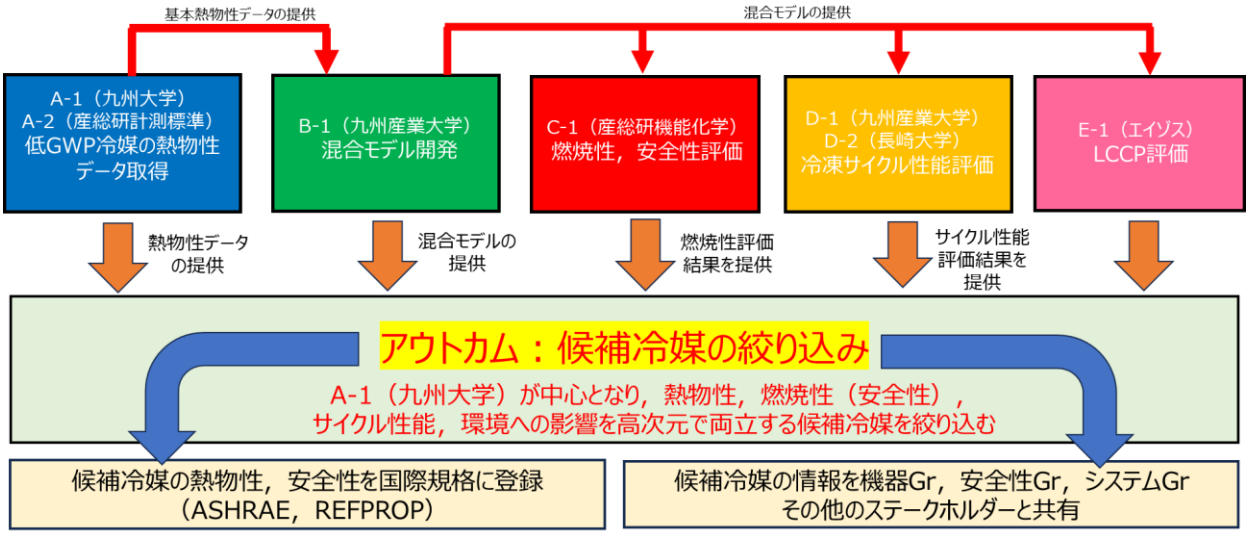
4.1.　研究開発項目①：家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価

4.1.1. 低ＧＷＰ混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価（国立大学法人九州大学、学校法人中村産業学園九州産業大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、株式会社エイゾス）

4.1.1.1 実施体制



4.1.1.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

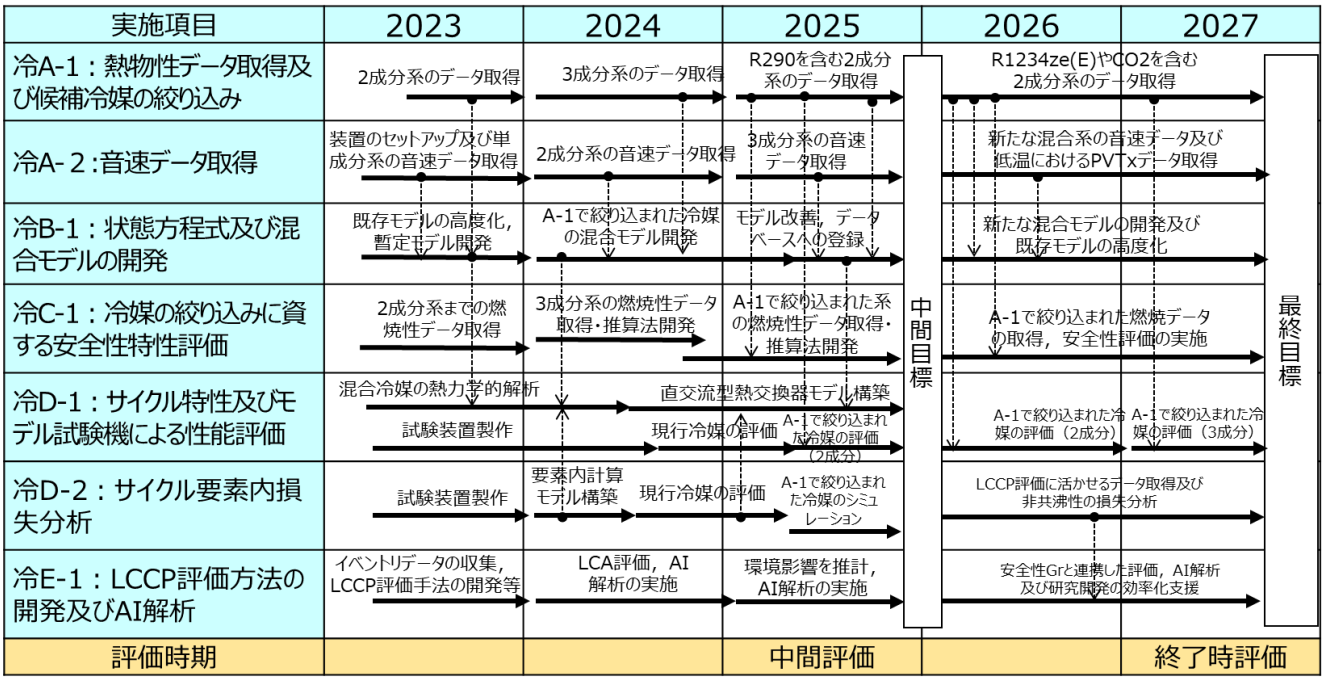


キガリ改正において我が国が課された削減義務を達成するためには、これまでの NEDO 事業により得られた純冷媒の成果をさらに発展させ、家庭用空調機等に対する混合冷媒の実用化研究を積極的に推進する必要がある。本研究開発項目では、可能性のある混合冷媒候補の熱物性データ取得、絞り込み、冷媒性能評価、サイクル性能評価及び環境影響評価を包括的に実施し、他の事業者や国内外のステークホルダーに対する情報提供を行う。プロジェクトアウトカム目標に資する取り組みとして、研究成果に基づいて混合冷媒に対する熱力学モデル及び燃焼性評価方法を提案し、国際標準である REFPROP や ASHRAE への登録を提言する。

4.1.1.3 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
冷媒Gr	低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価	–	・冷媒候補の絞り込み ・物性等の詳細評価を15件以上実施 ・国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データの１種類以上の取得 ・燃焼特性を解明する手法の確立	・物性等の詳細評価を累計25件以上実施、基本物性データの３種類以上の取得。 ・熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルの開発。 ・候補冷媒の燃焼特性の解明 ・企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案する。 ・国際規格等３件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	国際規格化・標準化及び国際データベース登録には、正確な冷媒特性・燃焼性の解明が必要である。
冷A-1	熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み	（国）九州大学	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とし、R32、R1234yf、R290などの低GWP冷媒を混合した低GWP混合冷媒の、(1)*PVTx*性質、(2)気液平衡性質、(3)臨界点、 (4)気液共存曲線の冷媒物性を解明する。	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とし、R32、R1234yf、R290、およびnon-PFAS冷媒であるCO2, R152aなどを混合した低GWP混合冷媒の(1)*PVTx*性質、(2)気液平衡性質、(3)臨界点、(4)気液共存曲線の冷媒物性を解明する。	GWP150以下の次世代冷媒候補を絞り込むために、GWP10以下のHFO1123 及びR1132(E)を成分冷媒に用いることで実現させる。現時点でHFO1123 及びR1132(E)を含む混合冷媒の熱物性データは本グループ以外からの報告はない。
冷A-2	音速データ取得	（国研）産総研 （計測標準）	R1132(E)の純冷媒、ならびにHFO1123やR1132(E)にR1234yf、R32を加えた混合冷媒について、音速データ等を取得し、状態方程式及び混合モデルの高度化に資する熱物性値情報を整備する。	HFO1123やR1132(E)を含む各種低GWP混合冷媒について、状態方程式及び混合モデルの高度化に資する音速データ等の熱物性値情報を整備する。	HFO1123やR1132(E)を含む混合冷媒の熱物性値情報はまだ十分に整備されておらず、高精度な状態方程式及び混合モデルを開発するためには、音速データ等の精密な実測値が必要となる。
冷B-1	状態方程式及び混合モデルの開発	（学）九州産業大学	従来から行われてきた混合モデルの開発手法を高度化し、より少ない実測値情報からのモデル開発を可能にする。この開発手法を用いてA-1で絞り込まれた混合冷媒のうち、1種類以上のモデルを確立する。	モデル開発をさらに進展させ、A-1で絞り込まれた混合冷媒のうち、3種類以上のモデルを確立するとともに、REFPROP等の熱物性データベースに登録する。	本研究開発項目で開発する混合モデルの最適手法は、開発効率を従来の手法よりも飛躍的に向上させるものであり、少ない実測値情報から短期間にモデルを開発することが可能である。
冷C-1	安全性特性評価	（国研）産総研 （機能化学）	フルオロエチレン類を主成分とする低GWP混合冷媒の燃焼諸特性の評価を行い、１種類以上の３成分系の燃焼特性を明らかにする。	１種類以上の混合冷媒候補の燃焼性について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得する。	新冷媒の安全性の観点からの絞り込みに資するため、国内外の冷媒の安全性基準を満足するものと同等以上の高安全性となる混合組成範囲を明らかにする。
冷D-1	サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価	（学）九州産業大学	サイクル試験装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒の性能試験を行う。また、性能試験結果を用いて広範囲の混合組成に対応したサイクルシミュレーションを確立する。	サイクル試験装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒の性能試験を行う。またサイクルシミュレーションを行い、広範囲の混合組成についても検討を行う。	サイクル試験は通常、ドロップイン試験を実施するか、作成した装置1つを用いて試験を行う。しかし本試験では同一の要素機器を用いた成績係数を測定するのに特化した装置と、その要素機器の損失測定に特化した装置を2種類用いるため、要素機器の損失を把握した成績係数を取得する事が可能となる。その結果、広範囲での混合組成に対応したシミュレーションを可能とする。
冷D-2	サイクル要素内損失分析	（国）長崎大学	製作した評価装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒のサイクルにおける各要素機器の損失を測定する。また，候補サイクルの損失要因を分析できる詳細計算モデルを確立する。	製作した評価装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒のサイクルにおける各要素機器の損失を測定する。また詳細計算モデルを作成し、D-1で挙がった候補サイクルの損失要因を分析する。	
冷E-1	LCCP 評価方法の開発及びAI 解析	（株）エイゾス	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計する。他の研究開発項目に対して適宜AIを用いた解析ツールを開発・活用し、研究開発効率化を支援する。	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響低減に向けた施策の検討と提言。他の研究開発項目に対して適宜AIを用いた解析ツールを開発・活用し、研究開発効率化を支援する。	新規混合冷媒を搭載した家庭用空調機のLCA/LCCP評価を行い、将来需要推計と組合せることで、将来の日本全体における環境影響を推計することを可能とする。また、AIを用いた解析により、他研究開発項目の研究を促進することを可能とする。

4.1.1.4 研究開発スケジュール

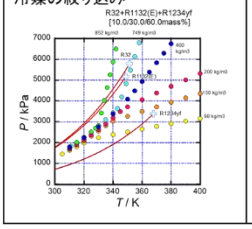
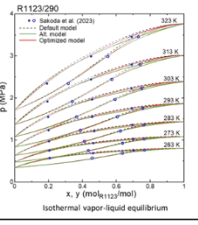
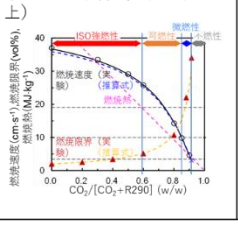
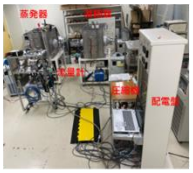
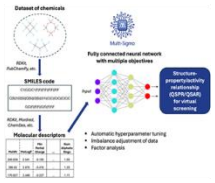


4.1.1.5 成果の達成状況と根拠

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、 ×未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
冷媒Gr	低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価	－	混合冷媒候補の絞り込み，熱物性評価，燃焼性能評価等を行い、混合冷媒を実用化するための基礎的知見を得るとともに、他の事業者や国内外のステークホルダーに対する情報提供を行う。	各研究開発項目の成果参照。	◎	全体として当初の目標の成果を達成し、一部は目標以上の成果を達成したため。
冷A-1	熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み	（国）九州大学	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とした低GWP混合冷媒の冷媒物性を解明する。	8種類の2成分系混合冷媒、2種類の3成分系混合冷媒の熱物性を解明した。	◎ 2025年内達成見込み	目標で設定した以上の混合冷媒の熱物性測定が完了しているため。
冷A-2	音速データ取得	（国研）産総研（計測標準）	R1132(E)の純冷媒、ならびにHFO1123やR1132(E)にR1234yf、R32を加えた混合冷媒について、音速データ等を取得する。	R1132(E)の純冷媒、HFO1123を含む4種類の混合冷媒、R1132(E)を含む4種類の混合冷媒について、音速データ等を取得した。	○ （2026年3月に達成見込み）	当初の目標の成果を得ることができたため。
冷B-1	状態方程式及び混合モデルの開発	（学）九州産業大学	A-1で絞り込まれた混合冷媒うち、3種類以上の混合モデルを確立する。	高度化されたモデル開発手法により3種類以上のモデル確立を達成した。	◎ 2026年3月に達成見込み	モデル開発手法を高度化・効率化し、目標で設定した以上の混合冷媒のモデル確立を達成したため。
冷C-1	安全性特性評価	（国研）産総研（機能化学）	１種類以上の混合冷媒候補の燃焼性について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得する。	１種類以上のR1132(E)混合冷媒について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得した。	◎ 2026年3月に達成見込み	R1132(E)混合冷媒の燃焼限界、燃焼速度の評価を開始し、いずれも順調に完了したため。
冷D-1	サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価	（学）九州産業大学	候補冷媒の広範囲の混合組成に対して検討を実施し、最適な混合比を見出す。	候補冷媒の広範囲の混合組成に対して検討を実施し、実機に沿った三角図を示す。	◎ 2026年1月に達成見込み	三角図から得られる最適組成に基づいたシミュレーションにも着手しているため。
冷D-2	サイクル要素内損失分析	（国）長崎大学	要素内の不可逆損失を行いD1のサイクル評価を裏付けるとともに冷媒選択の材料を提供する。	要素内不可逆損失と必要伝熱面積を様々な混合系で計算し、三角図を示す。	◎ 2026年1月に達成見込み	三角図から得られる最適組成に基づいたシミュレーションにも着手しているため。
冷E-1	LCCP 評価方法の開発及びAI 解析	（株）エイゾス	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計する。AIを用いて、他の研究開発項目の研究開発効率化を支援する。	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計結果を示す。	◎ ２６年１月に達成見込み	日本全体の環境影響評価が完了しているため。

4.1.1.6 成果と意義

混合冷媒の熱物性値取得及び候補冷媒の絞り込み（冷A-1，冷A-2）	混合冷媒の熱力学モデルの開発（冷B-1）	混合冷媒の安全性特性評価（冷C-1）	サイクル特性評価及び試験機による性能評価，要素分析（冷D-1，冷D-2）	LCCP評価方法の開発及びAI解析（冷E-1）
低GWP混合冷媒の熱物性解明と音速データ取得および有望冷媒の絞り込み	A-1で絞り込まれた混合冷媒の混合モデル確立（3種類以上）	混合冷媒候補の燃焼性について，国際標準登録申請に耐えうるデータの取得（１種類以上）	サイクル試験装置を用いた混合冷媒の性能評価、サイクルのシミュレーション及び損失の要因分析に対する計算モデル確立	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響推定及びAIを用いた研究開発効率化
				

成果（2026年３月末見込み）
- ●8種類の2成分系混合冷媒、2種類の3成分系混合冷媒の熱物性の解明。
- ●R1132(E)の純冷媒，HFO1123を含む4種類の混合冷媒，R1132(E)を含む4種類の混合冷媒音速データ取得。
- ●高度化されたモデル開発手法により混合モデルの確立。
- ●R1132(E)混合冷媒に対する国際標準登録申請に耐えうるデータの取得。
- ●実機構成要素を用いたサイクル試験結果と構成要素内損失の明確化により、サイクル性能側からの候補冷媒の最適組成を提案。

意義
- ●実用化が期待される混合冷媒を絞りこみ、その熱物性及び燃焼特性を明らかにすることで、開発の方向性を明らかにする。
- ●熱物性及び燃焼特性の情報を他の事業者と共有し、要素機器開発、安全性評価及び空調機シミュレーション等の基盤情報とする。
- ●熱物性及び燃焼特性のモデルを国際標準として登録する。

(1) ［冷 A-1］低 GWP 混合冷媒の熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み（担当：国立大学法人九州大学）

低 GWP 次世代混合冷媒の圧力-体積-温度-組成の関係（PVTx 性質）、気液平衡性質、臨界点及び臨界軌跡、気液共存曲線及び飽和密度の関係を、下記に示す 8 種類の 2 成分系混合冷媒、2 種類の 3 成分系混合冷媒について、世界で初めて特性を明らかにした。

【GWP150 相当の混合冷媒】

(1) 21.5%R32+28.0%R1132(E)+50.5%R1234yf(R479A)；(2) 21.5%R32+40.0%HFO1123+ 38.5% R1234yf；(3)21.5%R32+78.5%R1234yf；(4)20%R32+80%R1132(E).

【GWP70 相当の混合冷媒】

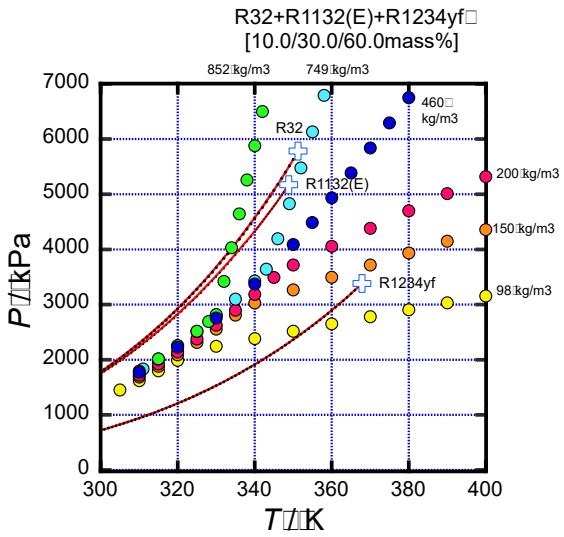
(1)10.0%R32+30.0%R1132(E)+60.0%R1234yf；(2)10.0%R32+40.0%HFO1123+50.0%R1234yf

【GWP10 以下の混合冷媒】

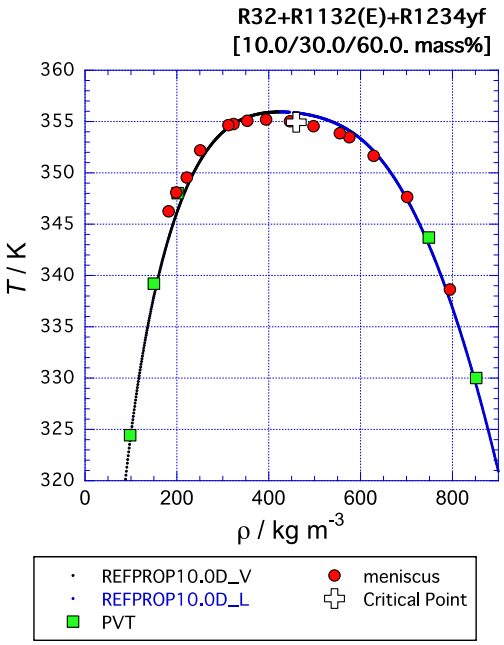
(1)R1132(E)+R1234yf；(2)HFO1123+R1234yf；(3)R1132(E)+R290；(4)HFO1123+R290；

(5)R1132(E)+CO_2；(6)HFO1123+CO_2

本研究の成果を利用して、高精度で熱物性計算ができる次世代混合冷媒の混合モデルが作成できるようになった。さらに、作成された混合モデルが REFPROP に搭載されることにより、世界中の一般ユーザーにおいて次世代新冷媒の熱物性計算が可能になり、冷凍空調機器の機器設計、製品開発、性能評価が世界標準規格（ISO、ASHRAE）の元で行えるようになる。



図［冷 A-1]-1 GWP70 相当の混合冷媒 R32+R1132(E)+R1234yf［10.0/30.0/60.0 mass%]の PVT 性質測定結果

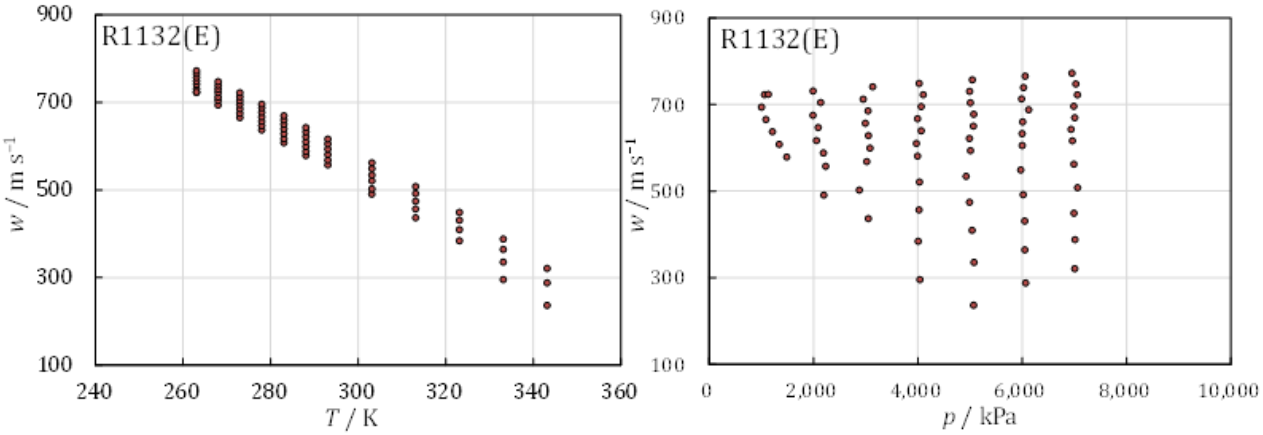


図［冷 A-1]-2 GWP70 相当の混合冷媒 R32+R1132(E)+R1234yf［10.0/30.0/60.0 mass%］の気液共存曲線測定結果

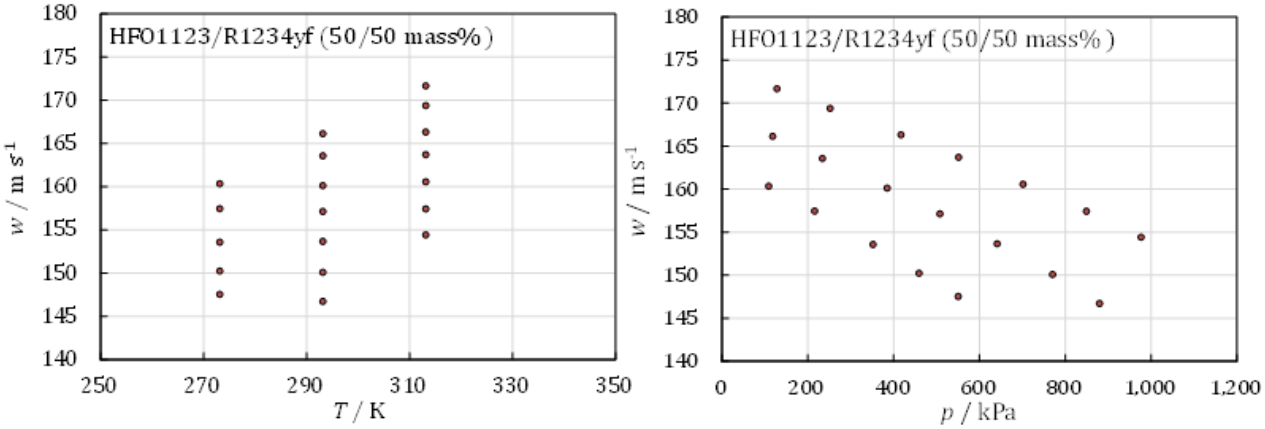
(2) ［冷 A-2］低 GWP 混合冷媒の音速データ取得（担当：国立研究開発法人産業技術総合研究所工学計測標準研究部門（再委託））

冷媒の高精度な熱力学状態方程式を開発するためには、熱力学理論に基づいて温度及び密度の関数で表される式の各係数を正確に求める必要があり、そのために式の温度や密度に関する微分で得られる様々な熱力学性質の実測値が必要となる。研究開発項目[冷 A-2]においては、HFO1123 や R1132(E)を主成分とする 2 成分系または 3 成分系の混合冷媒を測定対象として、状態方程式及び混合モデルの開発に必要となる音速データの取得を目標とする。音速は分子の熱エネルギーと密接に関連した熱力学性質であり、冷媒の状態方程式にとって重要なエンタルピーやエントロピーといった熱力学性質の計算精度向上に貢献するものである。また、状態方程式及び混合モデルの有効範囲拡張を図るために、室温以下の低温域における PVTx 性質データの取得も行う。

研究開発項目[冷 A-2]では、音波共鳴式気体音速測定装置ならびに超音波パルス式液体音速測定装置を用いて、2024 年度までに R1132(E)の純冷媒、R1132(E)+R1234yf の 2 成分系混合冷媒 2 種類、HFO1123+R1234yf の 2 成分系混合冷媒 2 種類について、世界で初めて音速データを取得した。測定結果の一例を下図に示す。2025 年度までに、R1132(E)+R1234yf+R32 の 3 成分系混合冷媒 2 種類、HFO1123+R1234yf+R32 の 3 成分系混合冷媒 2 種類について音速データを取得し、状態方程式や混合モデルの高度化につなげる。



図[冷 A-2]-1 R1132(E)の液体音速データ



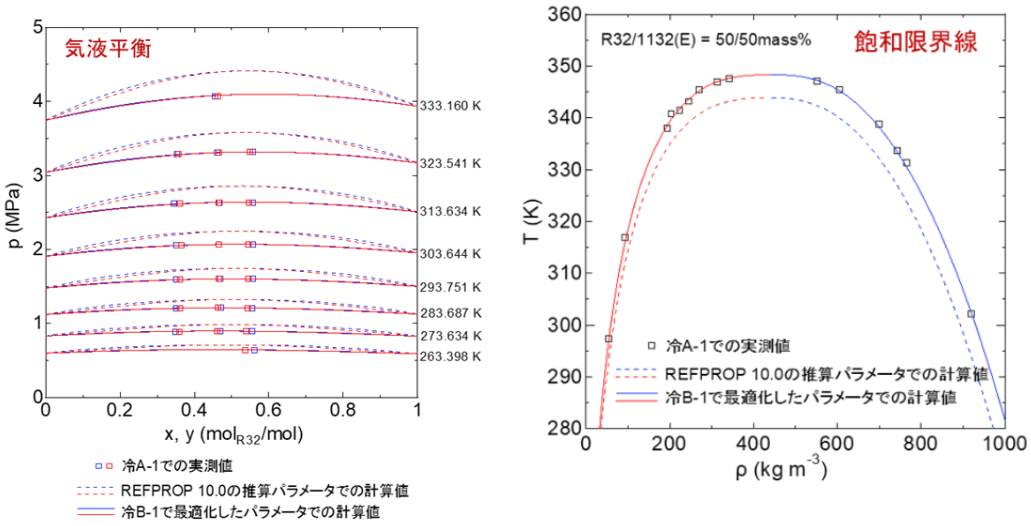
図[冷 A-2]-2 HFO1123+R1234yf(50/50 mass%)の気体音速データ

(3) [冷 B-1] 低 GWP 混合冷媒の状態方程式及び混合モデルの開発（担当：学校法人中村産業学園九州産業大学）

研究開発項目[冷 B-1]では、限られた実測データから広範な温度・圧力範囲に適用可能な混合モデルの開発手法を確立し、[冷 A-1]で選定された混合冷媒に適用して 1 種類以上のモデルを構築する。さらに、開発したモデルを基に REFPROP の物性定義ファイルを作成し、プロジェクトに関わる他の事業者やステークホルダーと共有することで、実用化に向けた基盤情報の提供を可能にする。また、フィードバックを受けることで、モデルの精度と信頼性をさらに向上させる。

本研究開発項目で開発する混合モデルは、ヘルムホルツ自由エネルギーの混合則に基づく多流体モデルである。従来、このモデルの構築には PVT 性質や気液平衡データなど、多くの熱物性値が必要とされていた。しかし、本研究開発では、等圧線や等密度線の傾きや勾配を最適化することで、少ない実測データから高い信頼性を持つモデルを構築することに成功した。

図[冷 B-1]-1 は、R32+R1132(E)系に対するモデルの再現性を示している。今後は、この手法を他の混合系にも適用するとともに、純物質の状態方程式開発における手法の改善も並行して進める予定である。



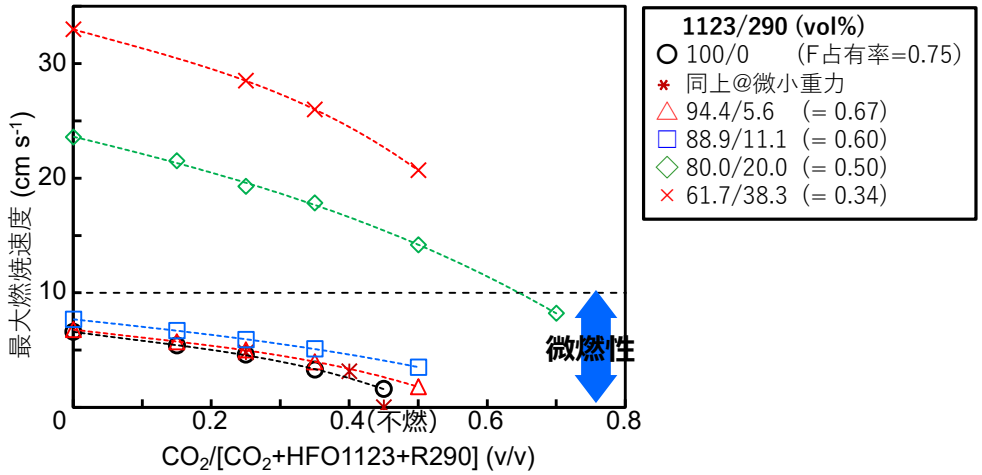
図[冷 B-1]-1 R32+R1132(E)系に対する混合モデルの再現性
（左：気液平衡、右：飽和限界線）

(4) [冷 C-1] 低 GWP 混合冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価（担当：国立研究開発法人産業技術総合研究所機能化学研究部門）

新規評価法の導入のため、軽量化した消炎距離測定装置を製作し、微小重力装置に組み込んだ。通常重力下では浮力の影響で評価困難な R32/R1234yf 混合系について微小重力下でデータを取得した。また、高圧用燃焼測定装置を製作し、高圧下で浮力の影響を低減した条件における R32/R1234yf 混合系の消炎距離を測定し、標準条件の消炎距離や燃焼速度を推算した。これらの消炎距離データを比較することにより、通常重力・常圧下の評価法の低燃焼性への適用限界を明らかにした。

3 成分系 CO_2/HFO1123/R290 の燃焼特性評価を行った。まず、必要な 2 成分系 CO_2/HFO1123、HFO1123/R290、及び CO_2/R290 について、標準条件における燃焼限界、燃焼速度、燃焼熱、消炎距離等の燃焼特性評価を行い、データを数式化した。次に当該 3 成分系の評価を行い、燃焼速度が 10cm/s 以下の微燃性等級（特定不活性ガス）となる混合条件を明らかにした。

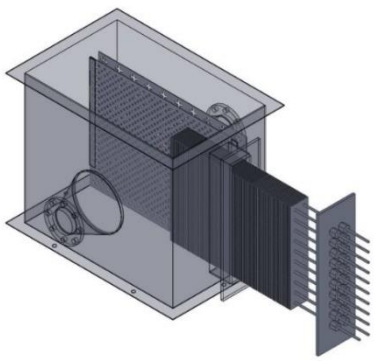
冷媒開発グループで冷媒候補として選定された R1132(E)/R32(10 wt%固定)/R1234yf 混合系の燃焼特性評価を行った。まず、燃焼特性が明らかになっていない R1132(E)単体について種々の温度・湿度条件における燃焼諸特性の評価を行った。次に 2 成分系 R1132(E)/R32 及び R1132(E)/R1234yf の標準条件における評価を行い、データを数式化した。それらを基に当該 3 成分系の燃焼特性の混合比率依存性を明らかにし、微燃性等級化する混合条件を明確にした。更に、1 種類の特定組成について、燃焼限界の必要な温度、湿度影響を明らかにし、国内外の標準登録申請に耐えうるデータを取得した。



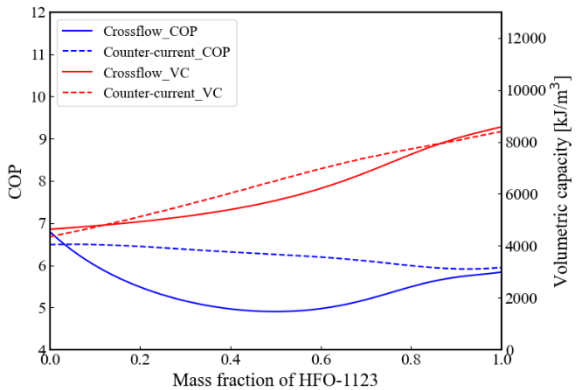
図［冷 C-1］-1　CO_2/HFO1123/R290 混合系の最大燃焼速度の CO_2 添加効果

(5) ［冷 D-1］低 GWP 混合冷媒のサイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価（担当：学校法人中村産業学園九州産業大学）

次世代冷媒選定のため候補冷媒のサイクル性能を測定するためのヒートポンプサイクル実験装置を製作した。図［冷 D-1］-1 に製作した熱交換器の 3D モデルを示す。実際の家庭用空調機に同様に冷媒配管に直角に熱源があたる直交式熱交換器を製作した。また、熱源には水を使用するが熱源の出入口温度を設定することにより、冷媒の温度分布を相対的に再現し、サイクル性能を取得する。実験装置の作成と並行しサイクル計算を実施した。図［冷 D-1］-2 に R1123 と Propane の二成分混合系の計算結果を示す。横軸は R1123 の質量組成比であり、縦軸は COP および体積能力である。破線が［冷 D-1］で計算した対向流式の計算結果であり、実線が［冷 D-2］で計算したピンチ温度を固定した計算結果である。R1123 の質量組成比が 0.1～0.8 ではピンチ温度を固定した計算結果の COP と体積能力が対向流式の計算結果に比して低くなっている。この質量組成比の区間は混合物の温度すべり（露点沸点温度差）が大きいところであり、対向流式ではない場合に温度すべりの大きい混合冷媒を用いることはサイクル性能を下げることになる。家庭用空調機も対向流式熱交換器を用いることは困難であるため、今回作成した直行流式熱交換器を有したサイクル試験装置を用いてサイクル試験を行うことは重要である。



図［冷 D-1］-1 熱交換器の 3D モデル

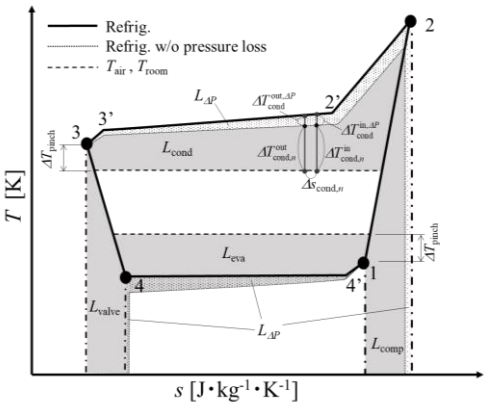


図［冷 D-1］-2 R1123/Propane の計算結果

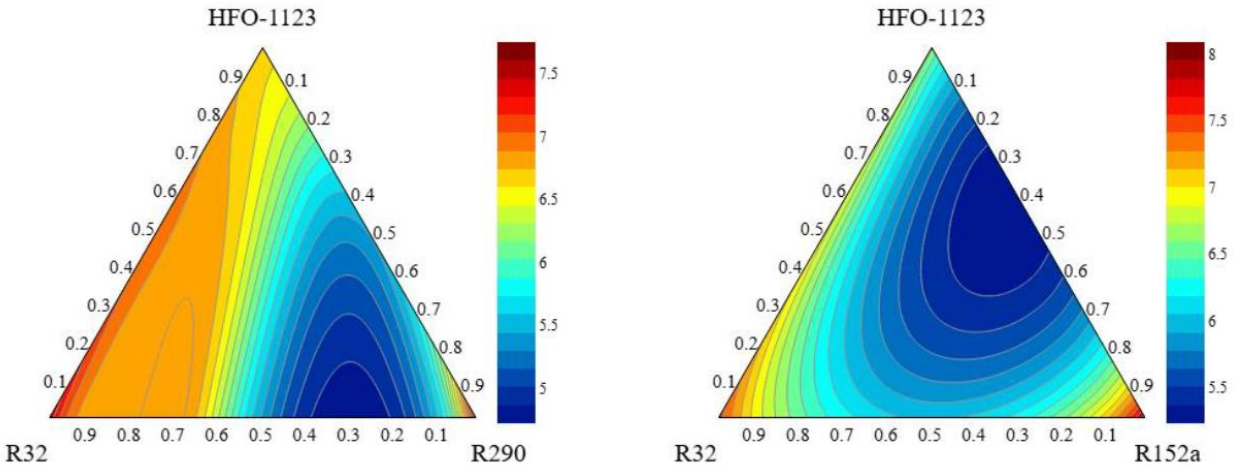
(6) [冷 D-2] 低 GWP 混合冷媒のサイクル要素内損失分析（担当：国立大学法人長崎大学（再委託））

冷房能力 2 kW 程度の家庭用空調機へ HFO-1123 などの低 GWP を含む混合冷媒を仕様する場合のサイクル性能を計算した。サイクル全体の取りまとめを[冷 D-1]（九州産業大学）で行い、熱交換器モデルや損失分析を[冷 D-1]（長崎大学）で行った。図［冷 D-2]-1 は計算条件を示す。空気温度と冷媒温度の差が最小になるピンチ温度が常に 5 K に固定し、必要な伝熱面積を求めた。この方法により、温度勾配が大きな混合冷媒が不利にならぬよう評価した。計算の結果、物性測定値に基づく混合パラメータを使用する場合と、推算されたパラメータを使用する場合では最大 COP に 0.38、温度勾配に 1.5K、体積能力に 4.5%の差異が生じた。測定値に基づいた混合パラメータを用いて性能を評価することが重要であることを示した。HFO-1132/R32、 HFO-1132/R290、 ならびに HFO-1132/R152a の計算結果を比較し、冷媒質量流用を約 1.9 倍、熱交換器サイズを約 1.5 倍に増大させる必要があることなどを示した。図［冷 D-2]-2 は三成分混合冷媒 HFO-1123/R32/R290(左)および HFO-11123/R32/R152a の計算結果を示す。温度勾配大きい組成では COP が低下しやすい。

Calculation conditions			
cooling condition	outside air temp.	T_{air}	35 °C
	room air temp.	T_{room}	27 °C
	cooling capacity	$Q_{cooling}$	2.0 kW
heating Condition	outside air temp.	T_{air}	7 °C
	room air temp.	T_{room}	20 °C
	heating capacity	$Q_{heating}$	2.2 kW
pinch temp.		ΔT_{pinch}	5 K
initial condenser subcooling		ΔT_{SC}	3 K
initial evaporator superheat		ΔT_{SH}	3 K



図［冷 D-2]-1　計算条件（左）と計算方法を示す T-s 線図（右）。T-s 線図中の破線が空気温度、黒実線が冷媒温度を示す。3 番と 1 番のピンチ温度を固定し計算した。



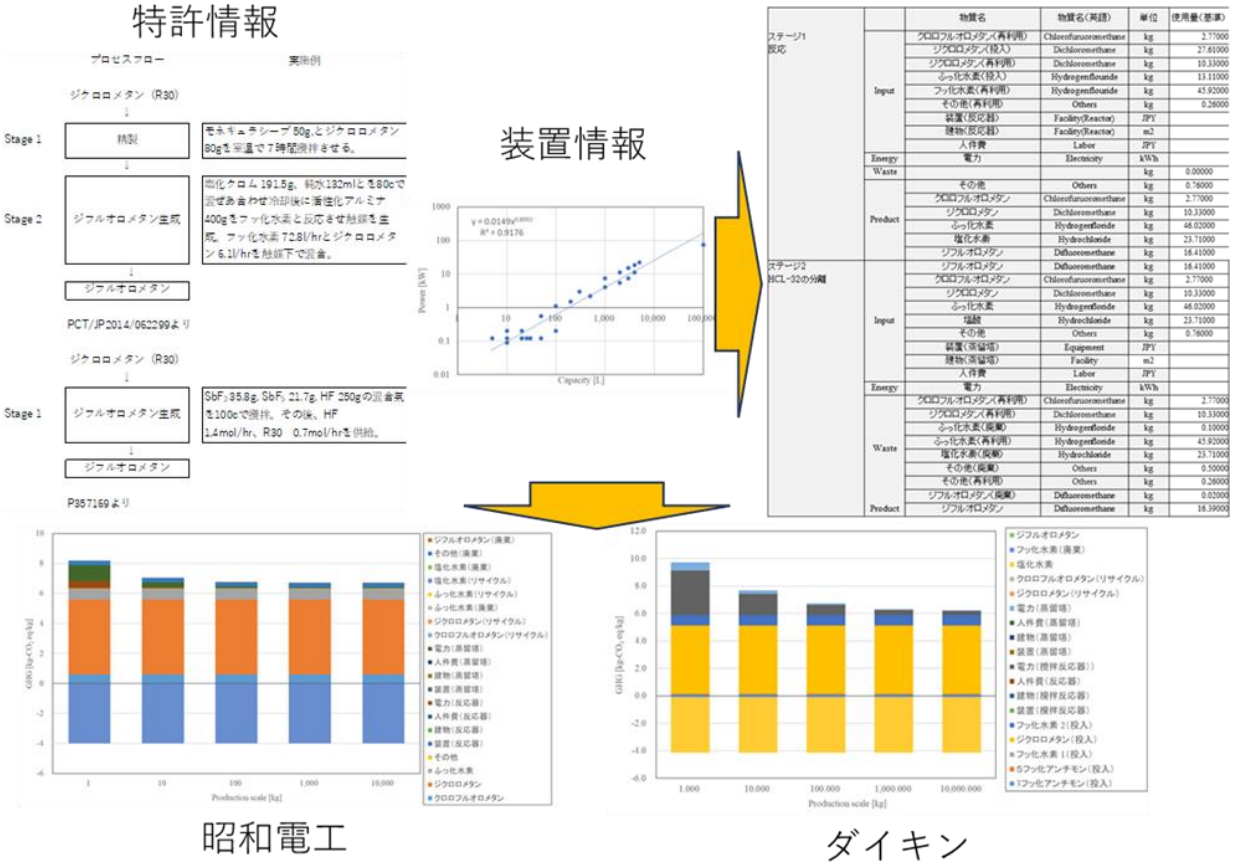
図［冷 D-2]-2　HFO-1123/R32/R290(左)および HFO-11123/R32/R152a（右）の COP

(7) [冷 E-1] 低 GWP 混合冷媒対応空調機器の LCCP 評価方法の開発及び AI 解析（担当：株式会社エイゾス）

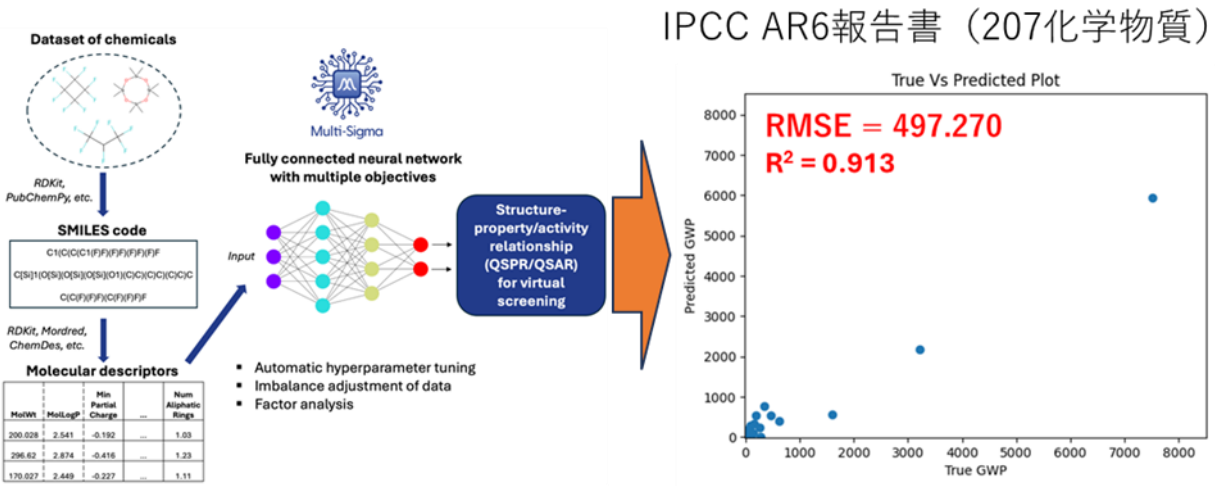
本プロジェクトの混合冷媒の候補物質となる 7 つの冷媒について、各冷媒メーカーの特許情報に基づいて、LCA 評価を実施した（図[冷 E-1]-1 参照）。また、解体調査や既存データベースに基づいて、家庭用エアコンに関する LCA 評価のデータを取得した。将来の日本におけるエアコンの容量別の販売台数を、統計情報に基づいて推計した。これらの LCA/LCCP 評価の結果により、最適な冷媒の探索を支援するとともに、将来の日本全体の環境影響を推計するためことが可能になった。

また、IPCC AR6 報告書に記載の 207 化学物質のデータを AI に学習させ、冷媒の温暖化係数の推計が可能な AI を生成し、その推計精度を検証した（図[冷 E-1]-2 参照）。本検証により、既存の研究よりも高い精度で温暖化係数を予測することに成功し、それらの成果を学会発表するとともに、論文として投稿した。本研究の副次的効果として、様々な化学物質の温暖化係数を簡易に推計することが可能となった。

最後に、安全性評価に関する過去の調査や研究についてレビューを行い、冷媒の温暖化係数、LCCP、および安全性の 3 つの観点で最適な冷媒を探索するための研究の枠組みについて検討を行った。



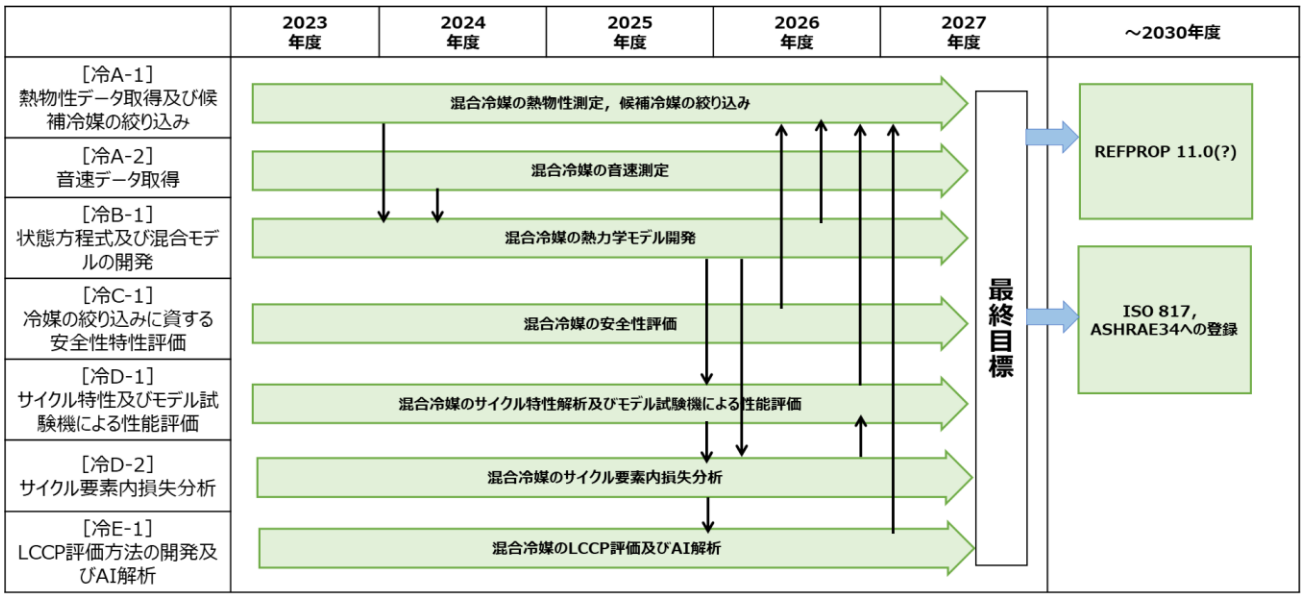
図[冷 E-1]-1. 冷媒の LCA 評価



図[冷 E-1]-2. AI を用いた冷媒物質の温暖化係数の推計

4.1.1.7 実用化・事業化への道筋

[冷 A-1]および[冷 A-2]では、候補となる混合冷媒の基本的な熱物性（臨界点、PVT 性質、気液平衡、音速など）を精密測定し、そのデータを基に[冷 B-1]で状態方程式および混合モデルを開発する。次に、[冷 D-1]および[冷 D-2]において、開発したモデルを用いた冷凍サイクル特性の実験的・解析的評価を行い、有望な混合冷媒を選定する。同時に、得られた評価結果を[冷 B-1]へフィードバックし、状態方程式および混合モデルの精度を向上させる。信頼性が十分に確立された段階で、REFPROP へ組み込み、他の事業者やステークホルダーと共有する。[冷 D-1]および[冷 D-2]における実験的評価では、機器開発グループが開発した熱交換器や圧縮機を用いてサイクル性能の評価を実施する。また、[冷 C-1]では、選定された混合冷媒の燃焼性などの安全性評価を行い、得られたデータを ISO 817 や ASHRAE 34 登録に向けた基礎的知見として提供する。さらに、[冷 E-1]では、[冷 A-1]から[冷 D-2]で得られたデータを活用し、混合冷媒の LCCP 評価や AI 解析を実施する。



4.1.1.8 期間・予算

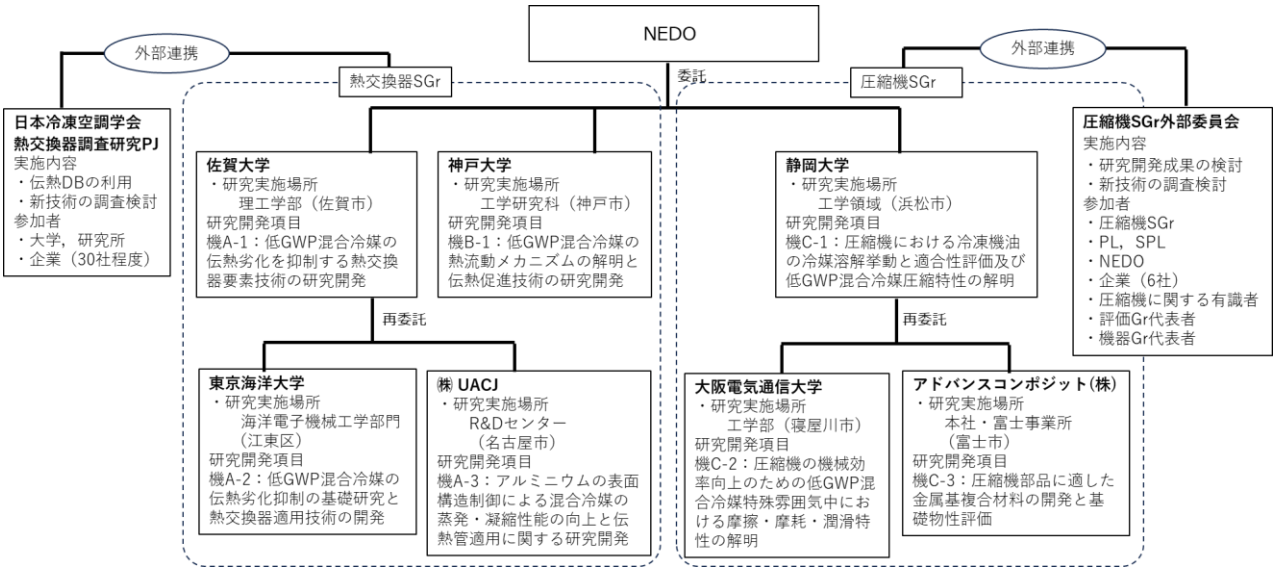
（単位：百万円）	2023FY	2024FY	2025FY
	170 百万円	187 百万円	178 百万円

4.1.1.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
0 件	9 件	20 件	1 件	2 件	0 件	2 件

4.1.2. 低ＧＷＰ混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／混合冷媒に対応する要素技術開発（国立大学法人佐賀大学、国立大学法人神戸大学、国立大学法人静岡大学）

4.1.2.1 実施体制



4.1.2.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

オゾン層保護や地球温暖化防止の観点から、現在使用されている冷媒を環境影響の小さい冷媒に転換することが緊急の課題となり、低 GWP 冷媒が新規に開発された。しかし、安全に使用できる低 GWP 冷媒の種類は限られており、種々の用途や温度条件で使用される冷凍空調機器が要求する冷媒特性に対応することはできない。特に家庭用空調機では、適切な単一冷媒が無く、混合冷媒を使用する必要がある。混合冷媒は、熱交換器における性能低下や圧縮機における冷凍機油適合性などが課題となる。本研究開発項目では、混合冷媒の伝熱劣化抑制、熱交換器の適応性改善、混合冷媒圧縮特性の解明及び潤滑特性評価などの応用面での冷媒適合性評価を行うことで、新たな混合冷媒を使いこなす熱交換器や圧縮機を研究する。それにより、混合冷媒に対応する冷

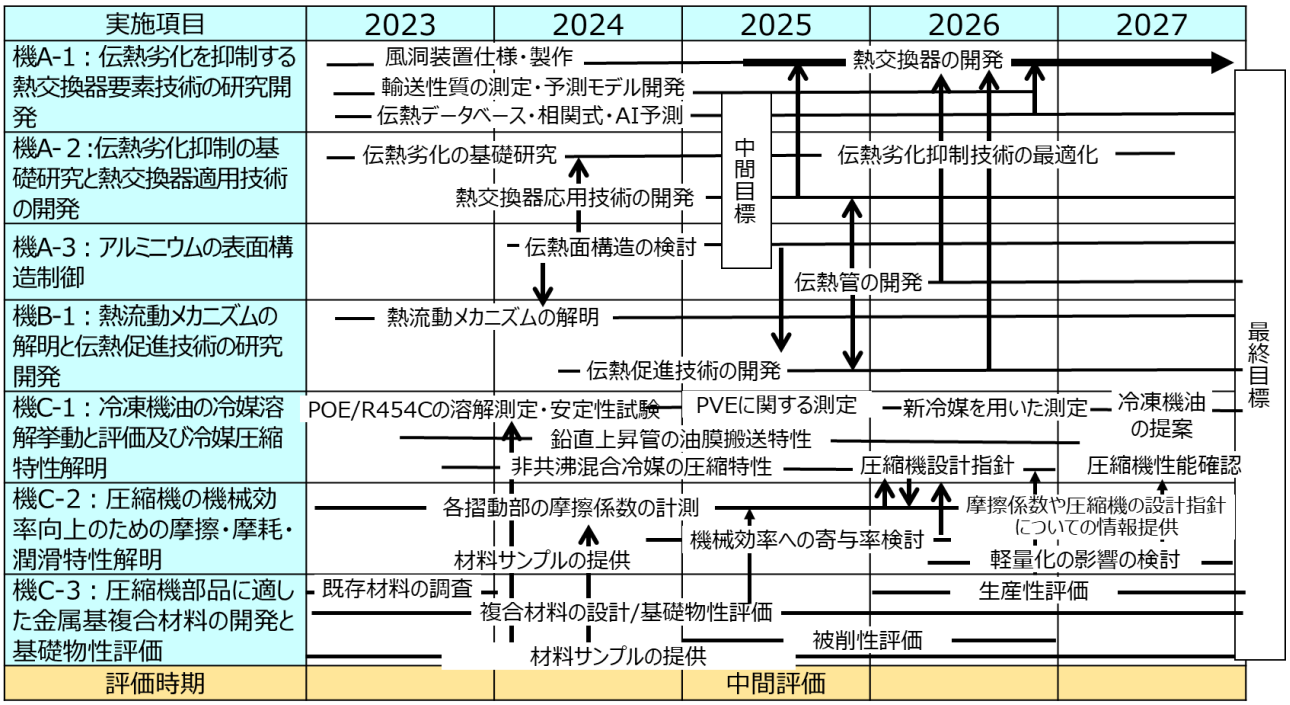
媒ー空気コンパクト熱交換器及び圧縮機が開発され、軽量コンパクトスプリット型空調機が社会実装できる。

4.1.2.3 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	–	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発 ■ 冷媒の圧縮特性の解明 ■ 冷媒の溶解・潤滑特性の解明	■ 熱交換器の設計指針の確立 ■ 圧縮機の設計指針の確立 ■ 冷凍機油の提案	■ 従来と異なる混合冷媒に対応する機器要素技術を確立することは、企業の速やかな製品開発に必要不可欠である。
機A-1	伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発	（国）佐賀大学	1)候補混合冷媒1種類以上の熱交換器性能評価実験 2)2種類以上の候補混合冷媒の粘度及び熱伝導率の測定と予測モデル 3)3万点以上のデータの蓄積及びAI予測の基本機能確立	1)3種類の混合冷媒にについて3種類以上の熱交換器を用いて評価 2)粘度及び熱伝導率の測定と予測モデル 3)4万点以上のデータ蓄積，10種類以上の相関式を評価，AI予測	1)混合冷媒の伝熱特性を明らかにし、最適な熱交換器の開発に繋がる。 2）粘度と熱伝導率の計算を可能になり、熱交換器設計に貢献する。 3)実験値の直接検索、相関式評価、熱伝達率のAI予測が可能になる。
機A-2	伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発	（国） 東京海洋大学	R1234yfと同程度の伝熱性能を示す伝熱劣化抑制技術の開発	低GWP混合冷媒に対応する熱交換器開発指針の獲得	非共沸混合冷媒は蒸発、凝縮過程で伝熱性能が低下するため、伝熱劣化抑制が重要となる。高性能熱交換器の開発のためには、混合冷媒に対応する表面処理および流路形状による伝熱劣化抑制、伝熱促進手法が必要である。
機A-2	アルミニウムの表面構造制御	（株）UACJ	混合冷媒に対する伝熱性能劣化を低減する表面構造作製法の確立と実機適用可能性検討	候補冷媒の伝熱劣化メカニズムに基づく流路構造の最適化、伝熱劣化抑制効果のある表面処理を施した伝熱管を搭載した改良型熱交換器の試作	混合冷媒による伝熱性能劣化の対策として、伝熱管内面への表面処理による沸騰促進が有効と考えられる。また伝熱管内面への処理と熱交換器への搭載について技術確立の必要がある。

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	–	（前頁に記載）	（前頁に記載）	（前頁に記載）
機B-1	熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発	（国）神戸大学	水力等価直径が1mm程度の円形及び非円形管を対象として、冷媒気液二相流の気液界面構造を評価可能なプラットフォームを構築する。これを用いて低GWP冷媒の熱流動現象を明らかにするとともに熱交換器に適用可能な混合方法を開発する。	細径流路内気液二相流の撹拌手法は冷媒の流動条件、流路形状（円形／非円形）、運用条件（質量速度、蒸気乾き度）に依存すると考えられる。低GWP混合冷媒に適用可能な撹拌手法を積極的に応用した熱交換器を開発する。	非円形細管内気液二相流の液膜構造を明らかにすることが伝熱性能改善の近道となる。 安定した定常流では非共沸冷媒による性能低下は明らかであり，非円形細管に適用できる振動流を引き起こすような伝熱促進法が必要である。
機C-1	冷凍機油の冷媒溶解挙動と評価及び冷媒圧縮特性解明	（国）静岡大学	非共沸混合冷媒に対する冷凍機油の溶解特性、物性値、油膜流動特性を明らかにするとともに、冷媒組成を考慮した圧縮特性を明らかにする．低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の評価を行う。	新たな低GWP冷媒に対して適用可能な冷凍機油の特性を明らかにし、使用可能な冷凍機油を提案する。また、非共沸混合冷媒用圧縮機の設計指針を示す。低GWP混合冷媒用圧縮機の性能を確認する。	低GWP混合冷媒用圧縮機の性能と信頼性を確保するためには、低GWP混合冷媒に適した冷凍機油の開発・評価、および非共沸混合冷媒の圧縮特性の把握が重要となる。
機C-2	圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性解明	（学） 大阪電気通信大学	2種の冷凍機油および3種の材料を用い，ベーン・固定溝間およびベーン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする.	機械損失に大きく関わる圧縮機構部での摩擦・摩耗・潤滑特性を詳しく調べ、高性能圧縮機の設計指針を明らかにする。 さらに、圧縮機本体の質量を約10%軽量化した際の効率を明らかにする。	圧縮機本体に複合材を使用し，軽量化すること検討している．そのため，複合材料を使用した場合の圧縮機構内摺動部の摩擦特性を把握しておく必要がある．軽量化が効率に及ぼす影響についても検討する必要がある.
機C-3	圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価	アドバンスコンポジット（株）	アルミ基複合材料の強化材違いを用いた新たな複合材料の設計・試作行う	圧縮機本体の質量10%の軽量化を図る	鉄系比重：7.2～7.6g/㎤ 複合材料比重：2.7～3.3g/㎤ 比重差で約4g/㎤

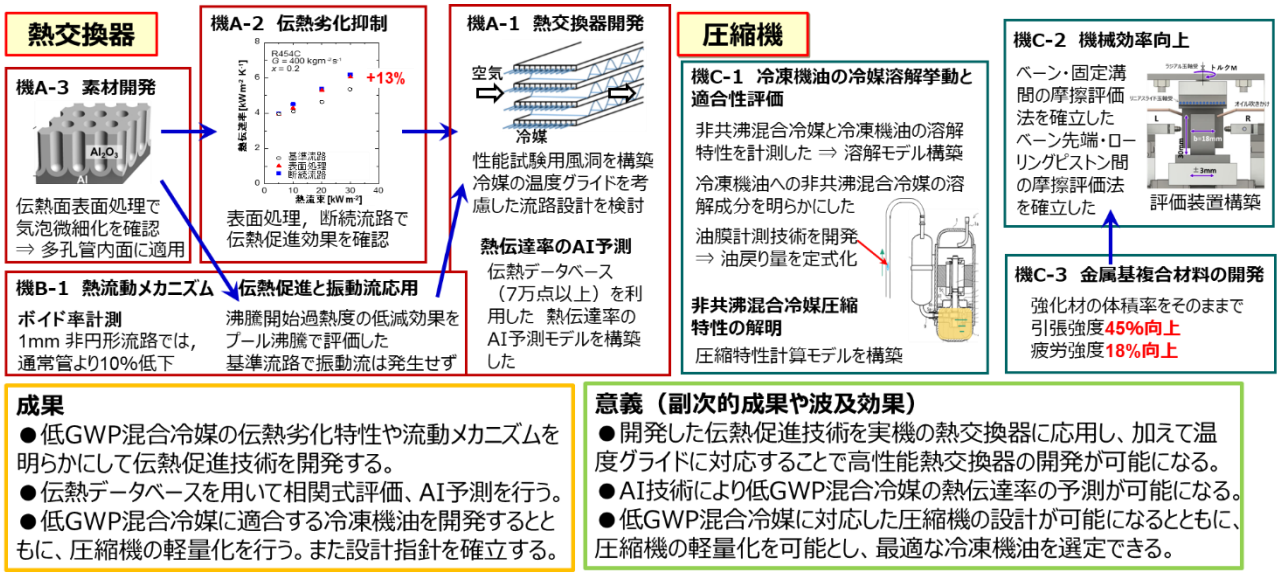
4.1.2.4 研究開発スケジュール



4.1.2.5 成果の達成状況と根拠

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	–	・混合冷媒に対応する伝熱面構造及びその作製方法の試行 ・実機への適用方法を検討 ・設計に利用できるデータベースの確立 ・対象冷媒に対する冷凍機油の溶解特性や流動特性、材料の摩擦特性の解明 ・新たな複合材料の試作	・特殊構造を有する伝熱面を試作し、実験的に混合冷媒伝熱特性を実験的に検討 ・7万点の伝熱データを蓄積 ・冷凍機油の溶解特性や流動特性、摩擦特性を実験的に検討し、一部は学会で発表 ・試作した複合材料の特性を測定	○:2026年3月に全ての項目で達成見込	・各研究機関で当初の目標を達成できる成果が得られている. ・熱交換器実験が若干遅れていているが、自動制御機能を追加することで加速できる。
機A-1	伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発	（国） 佐賀大学	1)混合冷媒熱交換器の評価 2)輸送性質の測定と予測モデル 3)データ蓄積とAI予測基本機能	1)混合冷媒1種類の性能評価 2)候補冷媒2種類の予測モデル 3)3万点のデータ蓄積とAI予測	○:2026年3月達成見込 ◎:2026年3月達成見込 ◎:2026年3月達成見込	1)自動制御を追加し加速 2)順調に開発が進行中 3)予定以上のデータを蓄積
機A-2	伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発	（国） 東京海洋大学	・候補冷媒について伝熱劣化抑制効果の評価 ・R1234yfと同程度の伝熱劣化抑制技術の検討	・候補冷媒に対する伝熱劣化抑制効果の評価を実施 ・R1234yfと同程度の伝熱劣化抑制の指針の獲得	○ 2026年3月に達成見込み	評価装置は構築済みであり、概ね予定とおり伝熱劣化抑制効果の評価を進めている。
機A-2	アルミニウムの表面構造制御	（株）UACJ	混合冷媒に対する伝熱性能劣化を低減する表面構造作製法の確立と実機適用可能性検討	・最適な表面構造の解明 ・伝熱管内面への実装方法の検討	○ 2026年2月に達成見込み	現時点で概ね予定通りのため
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	–	（前頁に記載）	（前頁に記載）	（前頁に記載）	（前頁に記載）
機B-1	熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発	（国） 神戸大学	微細流路内冷媒気液二相流の気液界面構造を評価するプラットフォームを構築する。低GWP冷媒の熱流動現象を明らかにするとともに熱交換器に適用可能な混合方法を開発する。	細管内気液二相流のボイド率，沸騰開始過熱度の低減のデータは確認された。伝熱面改質，リブ形状操作による伝熱改善法を開発する。	○ 2026年3月に達成見込み	実験プラットフォームは構築済みであり，表面改質面の沸騰開始過熱度の評価も予定通り進められている。並列管振動流について振動流と熱伝達の相関を得ている。
機C-1	冷凍機油の冷媒溶解挙動と評価及び冷媒圧縮特性解明	（国） 静岡大学	非共沸混合冷媒に対する冷凍機油の特性を明らかにするとともに、冷媒組成を考慮した圧縮特性を明らかにする。低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の評価を行う。	非共沸混合冷媒に対する、冷凍機油の適合性、油膜流動特性、圧縮特性を明らかにする。低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の特性を明らかにする。	○ 2026年3月に達成見込み	実験装置、方法はほぼ確立できたため、今後試験が進むと予想しており、達成と評価
機C-2	圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性解明	（学）大阪電気通信大学	2種の冷凍機油および3種の材料を用い，ベーン・固定溝間およびベーン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする	ベーン・固定溝間およびベーン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする.	○ 2026年3月に達成見込み	目標の摩擦特性を明らかにできたため達成と評価
機C-3	圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価	アドバンスコンポジット（株）	圧縮機部品に適した軽量高剛性金属基複合材料を設計し基礎物性を明らかにする	実施計画書 P23 表2に記載8項目の機械的物性値・他	○ 2026年3月に達成見込み	2種類の複合材料を設計試作し1種類は目標の物性値を概ね達成している.

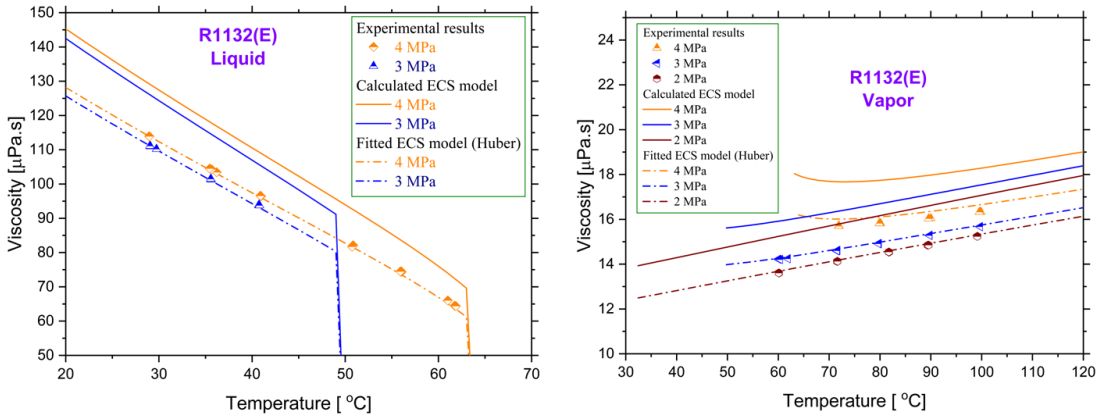
4.1.2.6 成果と意義



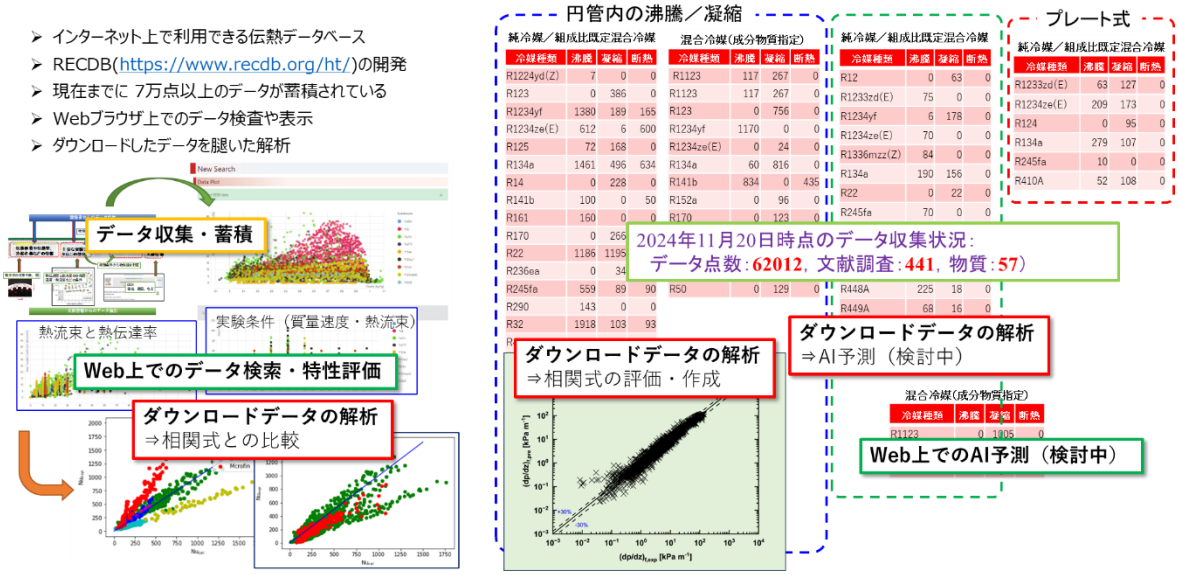
(1) ［機 A-1］低 GWP 混合冷媒の伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発（担当：国立大学法人佐賀大学）

［機 A-1］では、混合冷媒と空気との熱交換を効率的行うことができる凝縮器および蒸発器の開発を行うとともに、熱交換器の性能評価や設計、また他の研究開発項目で行うシミュレーションなどに必要となる低 GWP 純冷媒及び混合冷媒の粘度および熱伝導率の測定とそれらの予測モデルの開発を行う。また、本プロジェクトで得られた実験データや文献情報を収集して伝熱データベースを構築するとともに、相関式の評価や AI による予測機能を追加する。熱交換器開発では、性能比較のための既存熱交換器の性能評価を行うとともに、［機 A-3］と協力して新規構造の低 GWP 混合冷媒用熱交換器の基本概念を構築して開発を進めている。また、［機 A-2］、［機 A-3］及び［機 B-1］と協力して開発中の伝熱面を実機に適用する方法を検討した。粘度及び熱伝導率に関しては、低 GWP 混合冷媒の有望な成分冷媒である R1132(E)の粘度及び熱伝導率の測定を完了し、予測モデルを作成した。図［機 A-1］-1 に粘度の測定値と予測モデルの比較を示す。R32 と R1234yf の混合冷媒である R454B 及び R454C については、測定を完了し、予測に必要な混合モデルの開発を進めた。伝熱データベースに関しては、データ収集を継続し 7 万点近くのデータを蓄積するとともに、蓄積したデータを用いて相関式を評価するプログラムを作成した。AI 予測では、いくつかの機械学習モデルの評価を行い、入力データの適正化や隠れ層の最適化の検討を進めた。図［機 A-1］-1 にその全体概要を示す。

これらの成果は、低 GWP 冷媒を用いる冷凍空調機器の熱交換器設計において有益な情報となるとともに、新たな熱交換器の開発につながることが期待できる。



図［機 A-1]-1　R1123(E)の粘度測定結果とパラメータフィッティング前後の予測値



図［機 A-1]-2　伝熱データベースのデータ蓄積と相関式および AI 予測機能の構築

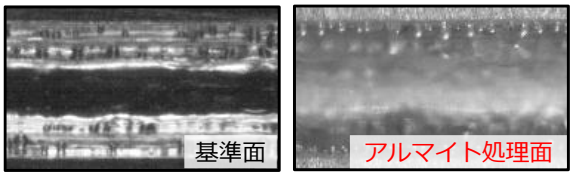
(2) ［機 A-2］低 GWP 混合冷媒の伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発（担当：国立大学法人東京海洋大学（再委託））

研究開発項目[機 A-2]は、低 GWP 混合冷媒の伝熱劣化メカニズムに関する基礎的な伝熱実験及び理論的な考察に基づき伝熱劣化を抑制する要素技術を開発するとともに、それを実際の熱交換器において具現化する技術の開発を行う。表面処理を行った伝熱面や間欠壁を有する流路形状により、伝熱劣化の原因である濃度境界層抵抗を低減する技術を開発する。また、研究開発項目[機 A-1]、[機 A-3]および[機 B-1]と連携し、高性能熱交換器の開発につなげるとともに、伝熱データベースシステムの機能拡張とデータ収集に貢献する。

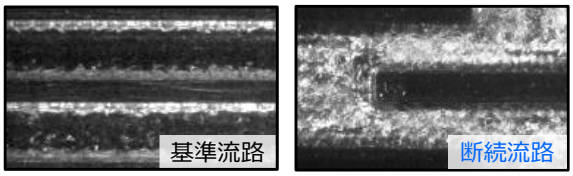
これまでに扁平多穴管を模した並列マイクロチャンネル内における混合冷媒の相変化をともなう流動様相および液膜構造の可視化、ならびに蒸発・凝縮熱伝達率の評価を行った。2024 年度までは主に入手可能な現行冷媒 R454 系を用いて、混合冷媒の基礎的な伝熱実験を行った。図［機 A-2]-1 および図［機 A-2]-2 に示す流動様相の可視化により、伝熱面への表面処理による核沸騰熱伝達の促進効果および間欠壁による流れの撹拌効果を確認した。また、図［機 A-2]-3 に示すよう

に、伝熱面への表面処理および間欠壁を有する流路形状が混合冷媒の熱伝達特性に及ぼす効果を検証し、表面処理および流路形状が特定の条件において伝熱劣化抑制効果があることを確認した。

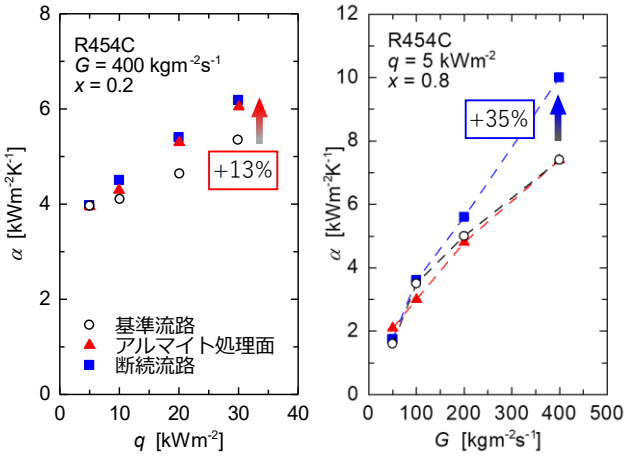
これらの成果は、低 GWP 混合冷媒を用いる際の運転条件選定や伝熱面開発につながることが期待できる。



図［機 A-2］-1　基準面およびアルマイト処理面の流動様相



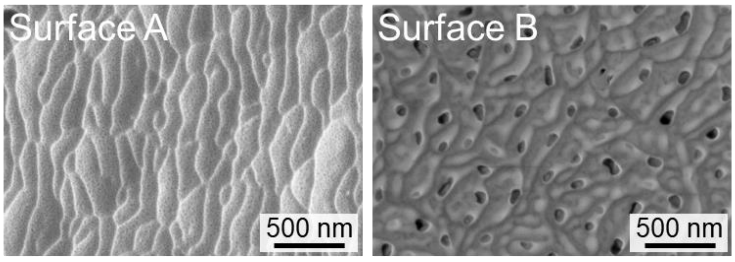
図［機 A-2］-2　基準流路および断続流路の流動様相



図［機 A-2］-3 蒸発熱伝達特性に及ぼす伝熱面への表面処理および流路形状の効果検証

(3) ［機 A-3］アルミニウムの表面構造制御による混合冷媒の蒸発・凝縮性能の向上と伝熱管適用に関する研究開発（担当：株式会社 UACJ（再委託））

孔径の大きく異なる伝熱面を［機 A-3］において作製し（図［機 A-3］-1）、沸騰様相の可視化、伝熱性能測定を［機 A-2］、［機 B-1］と連携して試みた。［機 A-2］で作製した流路形状に加工したアルミニウムブロックサンプルに対して、それらの流路へ大小様々な形状を有する多孔質層を形成し、その表面における沸騰様相を［機 A-2］で観察した。表面処理を行った流路表面において沸騰気泡の微細化が確認されたが、伝熱性能の向上は限定的であった。また、［機 B-1］とはφ10㎜未満のアルミチップの片側表面のみに表面処理を施したサンプルを提供し、プール沸騰試験により伝熱性能を評価している。加えて、多穴管内壁への表面処理の予備検討をビーカースケールで実施した。定電流電解法によりアルミニウム表面に形成される酸化皮膜は、外面と内面とで酸化皮膜厚さを比較すると内面側は皮膜が薄くなる傾向が見られた。従って、多穴管内壁の処理においては、付き回り性も考慮した製造法の検討が必要であるものと考えられた。



図［機 A-3］-1　作製した多孔質表面の SEM 写真

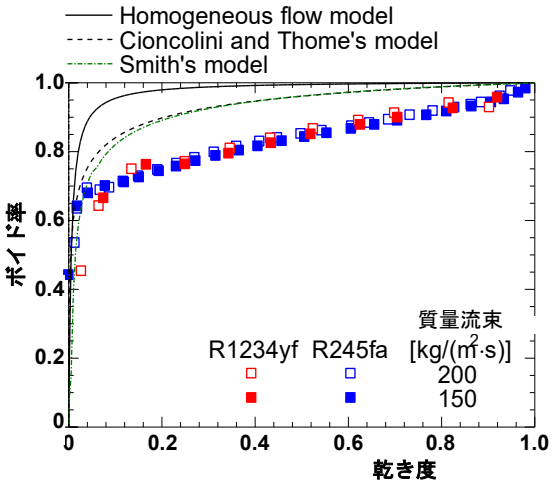
前述のように実施計画における伝熱性能の劣化を抑制する伝熱面表面の検討では、表面処理による沸騰性能の改善は限定的な条件下のみであり、表面処理条件を変更した検討を継続している。伝熱性能のさらなる改善のため、表面処理に適した扁平多穴管の形状検討において、流路形状による蒸発性能の改善も加味した押出用ダイスを製作中である。

これらの成果は、多孔質構造の最適化と表面処理方法の確立につながることが期待できる。

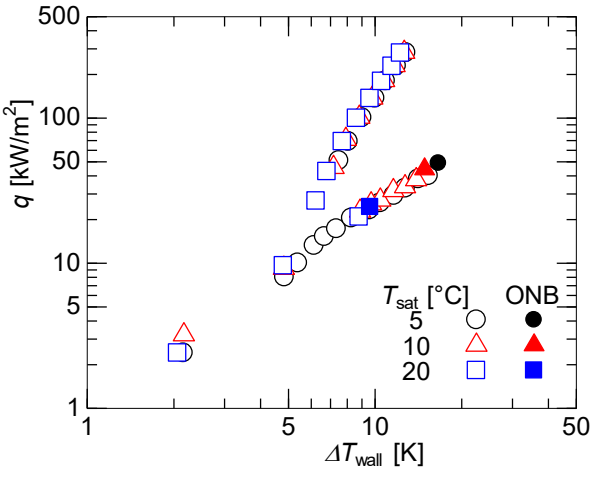
(4) [機 B-1] 低 GWP 混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発（担当：国立大学法人神戸大学）

研究開発項目[機 B-1]は、非共沸混合冷媒の扁平多孔管熱交換器への応用を想定し、微細流路内の気液界面構造を明らかにするとともに、その流動構造に応じた濃度境界層撹拌による伝熱促進技術を開発する。気液界面構造に関する知見は、研究開発項目[機 A-1]、[機 A-2]と連携し、[機 A-3]からは伝熱促進のため表面改質面の提供を受けてメカニズムの解明と高性能熱交換器につなげる。これまで、①細管内気液二相流の流動特性の解明、②沸騰開始過熱度の把握とその低減、③並列流路蒸発流の振動流、3 つの研究開発課題を進めた。

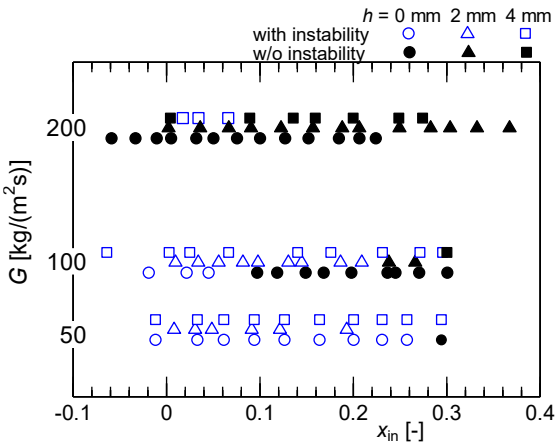
2024 年度までに、課題①では微細非円形流路内気液二相流実験プラットフォームの構築し、気相体積割合であるボイド率が従来モデルより 10%低くなること（図[機 B-1]-1）、非共沸混合冷媒の場合も純冷媒とほぼ同じであることを示した。環状流での液膜安定化が予想され、液膜内核沸騰の必要性を示すものである。課題②では、プール沸騰実験装置を構築、非共沸混合冷媒の場合、高沸点冷媒を単一で使用したときの沸騰開始過熱度より低下することを示した（図[機 B-1]-2）。液膜内核沸騰を積極的に利用する観点では、好ましい結果であるが、試作アルマイト処理では核沸騰促進効果が得られなかったことから、処理方法にフィードバックし、伝熱促進面の開発につなげる。課題③では、熱交換器で観察された振動流を分類し、それぞれの形態での伝熱特性を明らかにした（図[機 B-1]-3）。得られた知見をもとに、振動流を積極的に発生させる手法の開発につなげる。



図[機 B-1]-1　断面平均ボイド率



図[機 B-1]-2　R454C の沸騰曲線



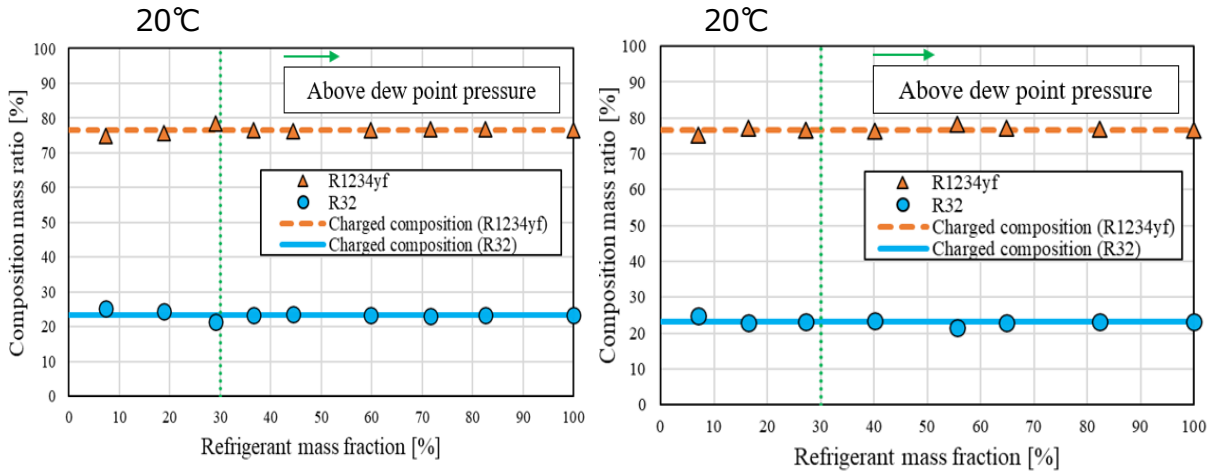
図[機 B-1]-3　不安定流動マップ

(5) [機 C-1] 圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び低 GWP 混合冷媒圧縮特性の解明（担当：国立大学法人静岡大学）

低 GWP 混合冷媒対応の冷凍システムを実現するためには、冷媒に対応した圧縮機の開発が必要であり、圧縮機の性能と信頼性を確保するためには、冷媒に適した冷凍機油の開発・評価、および非共沸混合冷媒の圧縮特性の把握が重要となる。冷凍機油の評価においては、冷媒と冷凍機油との適度な溶解性、冷凍機油／冷媒混合物の安定性、材料適合性、吸込み配管における油戻り特性などに注意をする必要がある。

2024 年度は、非共沸混合冷媒 R454C と冷凍機油混合物の溶解特性と物性値を二種類の油に対して測定し、非共沸混合冷媒が冷凍機油にほぼ組成と同じ成分で溶解することを明らかにした。また、非共沸混合冷媒用冷凍機油の安定性をオートクレーブ試験により確認し、アルミ／セラミック複合材との適合性も問題がないことを確認した。さらに圧縮機吸い込み配管における油膜計測技術を開発し、今後冷凍サイクルにおいて油膜状態を測定し、油戻りを定式化する予定である。圧縮特性計算モデルに関しては、基本的な計算モデルの構築が終わり、今後は混合冷媒の成分変化を考慮して圧縮特性を検討することで、非共沸混合冷媒に対する設計指針を得る予定である。

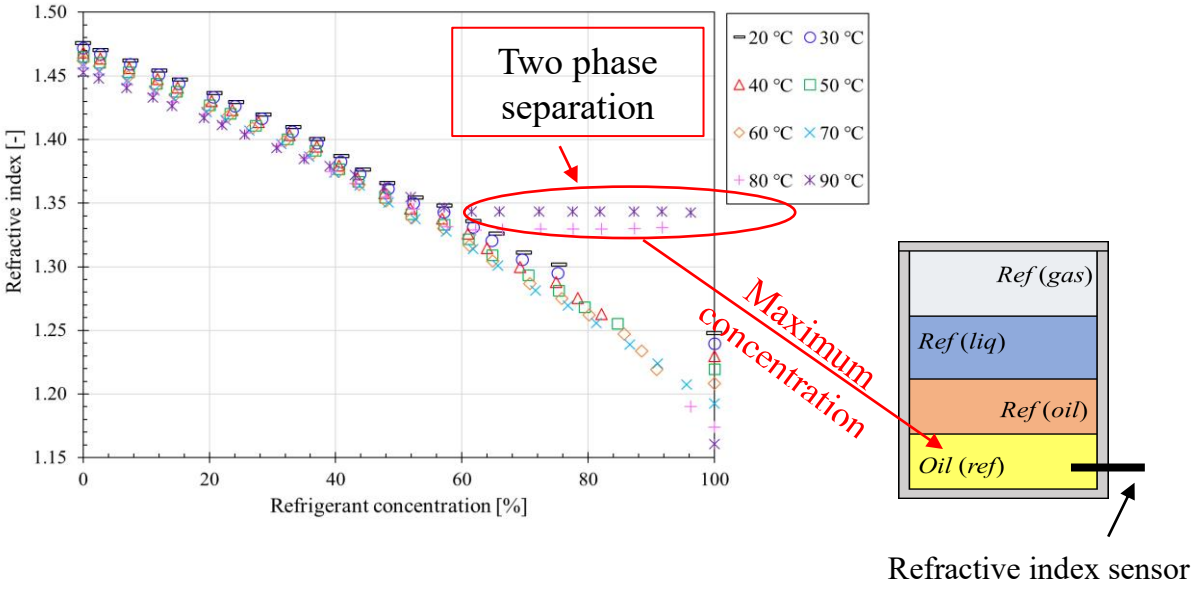
これらの成果により、企業における圧縮機設計（冷凍機油選定）を可能とし、非共沸混合冷媒用圧縮機の設計指針や圧縮機の信頼性（油戻り）に対する設計指針を示すことにより、新たな冷媒用圧縮機の実現を目指す。



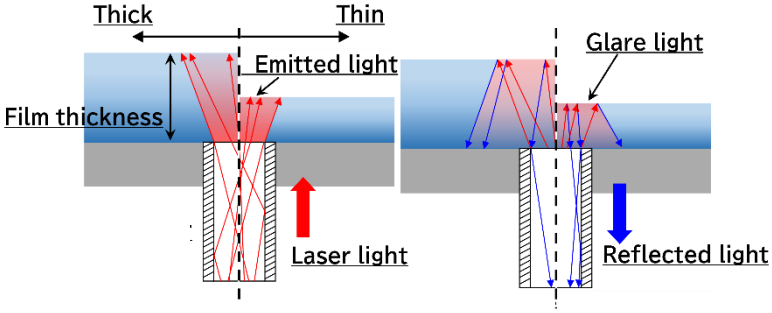
Charged composition
R32 : R1234yf = 23.5 : 76.5 [wt.%]
(POE/R454C)

Charged composition
R32 : R1234yf = 23.3 : 76.7[wt.%]
(PVE/R454C)

図[機 C-1]-1　冷凍機油に対する R454C の溶解組成



図[機 C-1]-2　冷凍機油／冷媒混合物の屈折率



図[機 C-1]-3　光ファイバを用いた油膜測定技術の開発

(6) [機 C-2] 圧縮機の機械効率向上のための低 GWP 混合冷媒雰囲気中における摩擦・摩耗・潤滑特性の解明（担当：学校法人大阪電気通信大学（再委託））

圧縮機の寸法を大型化せず、大容量化を実現するために、高速運転化が望まれている。高速運転を行うためには、圧縮機構に複合材を使用した圧縮機の軽量化が有用であると考えられる。しかしながら、高速運転時の摩擦による摺動損失が大きければ、機械効率が低下することになる。そこで、[機 C-3]で開発される複合材料の摩擦特性が高速運転可能な圧縮機の要求を満たすことを確認するために、低 GWP 混合冷媒雰囲気中における圧縮機摺動部の摩擦特性を計測する。

2024 年度はロータリー圧縮機のベーン・固定溝間に着目した実験装置を作製し、摩擦の有効な評価法を確立した。今後はベーン先端・ローリングピストン間他の各摺動部における摩擦を順次計測していく予定である。

得られた摩擦係数は軸受定数等を用いて整理し、実機運転状態の摩擦係数を推定できるようにする。得られた結果を[機 C-1]、[機 C-3]と共有し、低 GWP 混合冷媒用圧縮機の設計指針作成に役立てる。

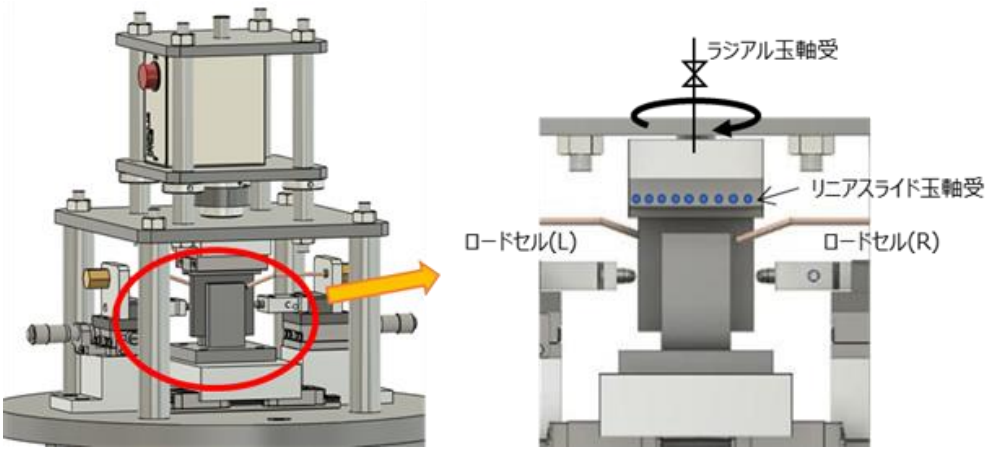
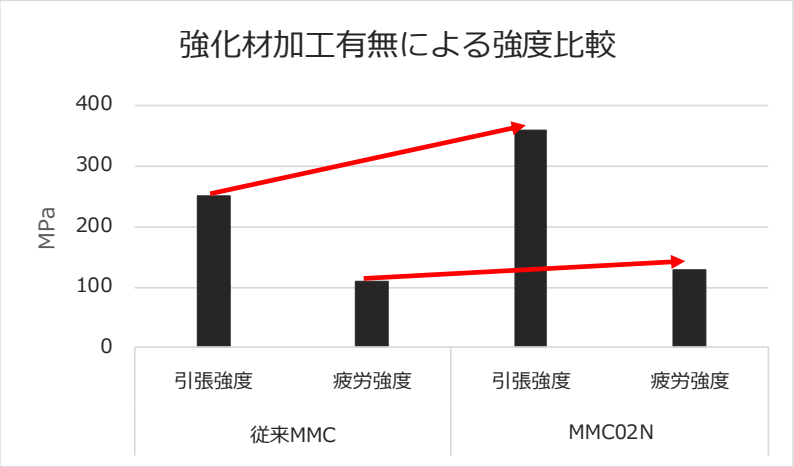


図 [機 C-2]-1　ベーン・固定溝間の摩擦力計測モデル

(7) [機 C-3] 圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価（担当：アドバンスコンポジット株式会社（再委託））

現行の圧縮機の設計で低 GWP 冷媒に対応しようとすると、圧縮機を 2 台もしくは圧縮機の回転部品の増速が必要となると言われている。しかし、圧縮機を 2 台とした場合、室外機が過剰に大きくなる、また、回転部品の増速を行うと軸受けの焼き付けなどが発生し、製品の信頼性を損なうこととなる。そこで、軽量・高剛性の金属基複合材料を開発し、低 GWP 混合冷媒に対応した設計指針に役立てる。2024 年度は、前年度ベンチマークとする材料調査で得られた情報を基に金属基複合材料の設計を行い試作・評価を行った。併せて金属基複合材料が持つ弱点を改良し、引張強度 45%、疲労強度 18%向上させた金属基複材料を完成させた。今後は、[機 C-2]に上記で得られた金属基複合材料を提供し摩擦摩耗特性を明らかにしていき、必要があれば表面処理などの検討も行う。併せて、[機 C-1]にも同様に材料提供を行い、冷凍機油との相性などを確認していただくことを行っていく。また、この金属基複合材料を市場に受け入れやすくするために、加工特性などを明らかにしていく。



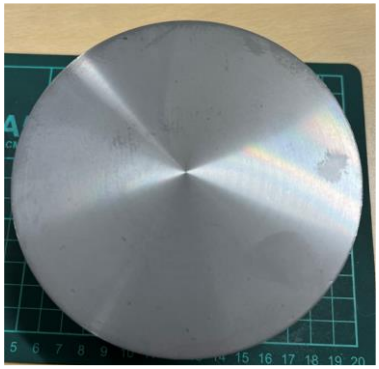
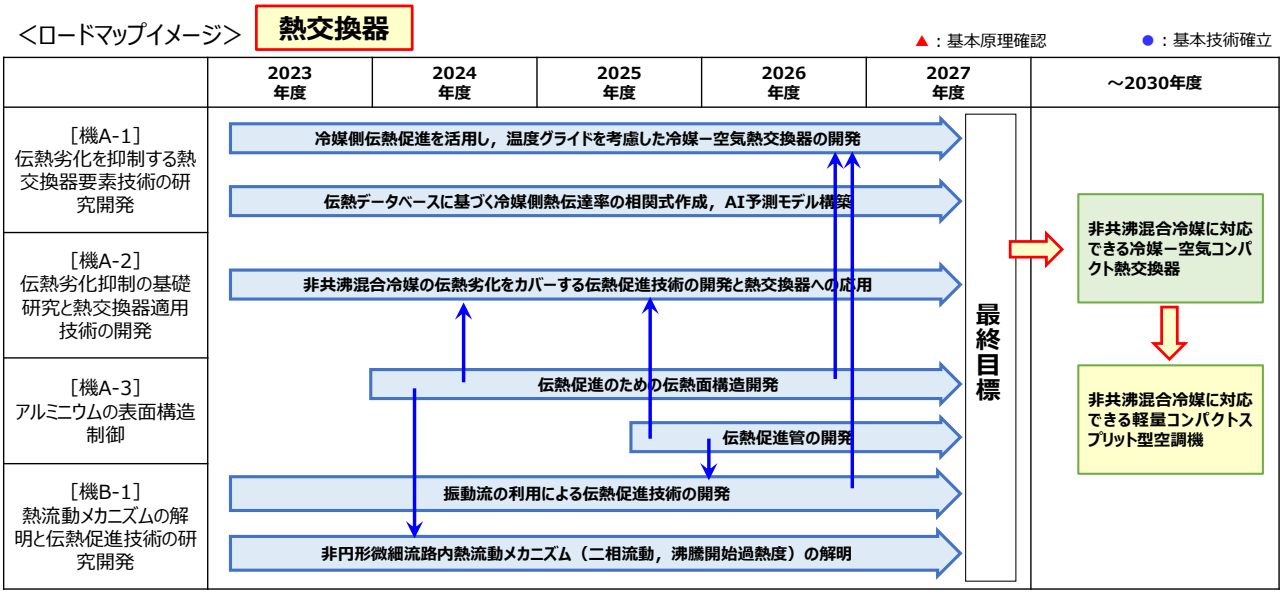
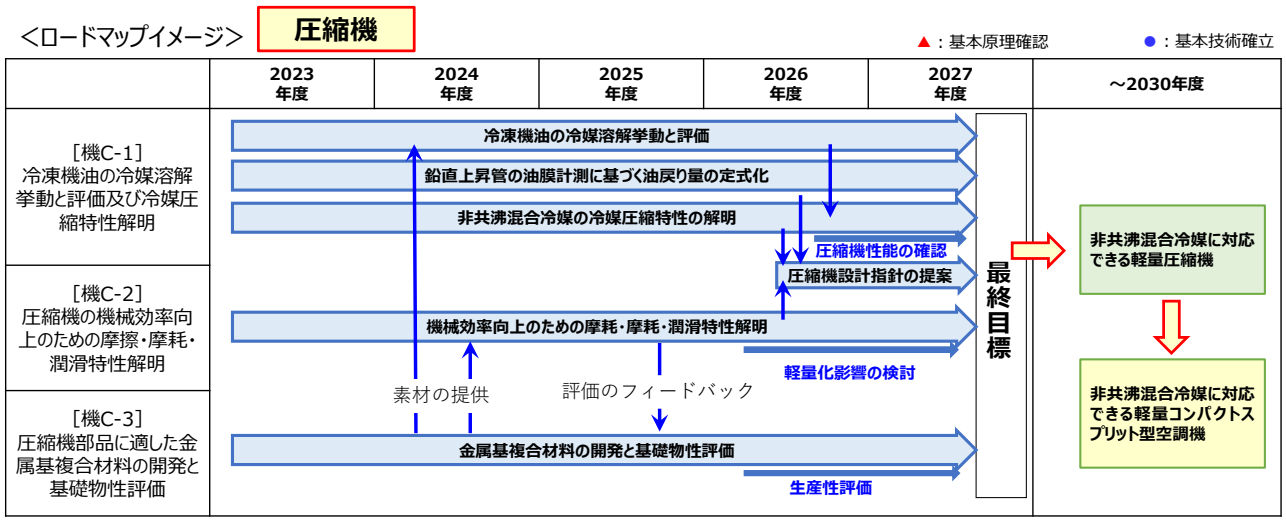


図 1[機 C-3]　性能向上比と開発素材

4.1.2.7 実用化・事業化への道筋

空調機の重要な要素機器である熱交換器及び圧縮機においては、その性能だけでなく、軽量かつコンパクトであることが実用化・事業化に要求される。本研究では混合冷媒の伝熱劣化抑制技術を開発するが、ある程度の性能低下は避けられない。冷媒流路の細径化や高密度化により伝熱面積を拡大して伝熱劣化を補うとともに、表面構造及び流路を最適化したオールアルミ製熱交換器により、軽量かつコンパクトな冷媒－空気高性能熱交換器を実現する。圧縮機においては、混合冷媒の圧縮特性に加え、冷凍機油の冷媒溶解や油戻りを解明するとともに、摩耗・摩擦・潤滑特性を解明して最適な金属基複合材料を開発することで、従来と同じ大きさの圧縮機に対して軽量化が実現できる。この熱交換器及び圧縮機の開発により、また熱交換器及び圧縮機の設計指針が提供されることにより、混合冷媒空調機の実用化・事業化が実現できる。





4.1.2.8 期間・予算

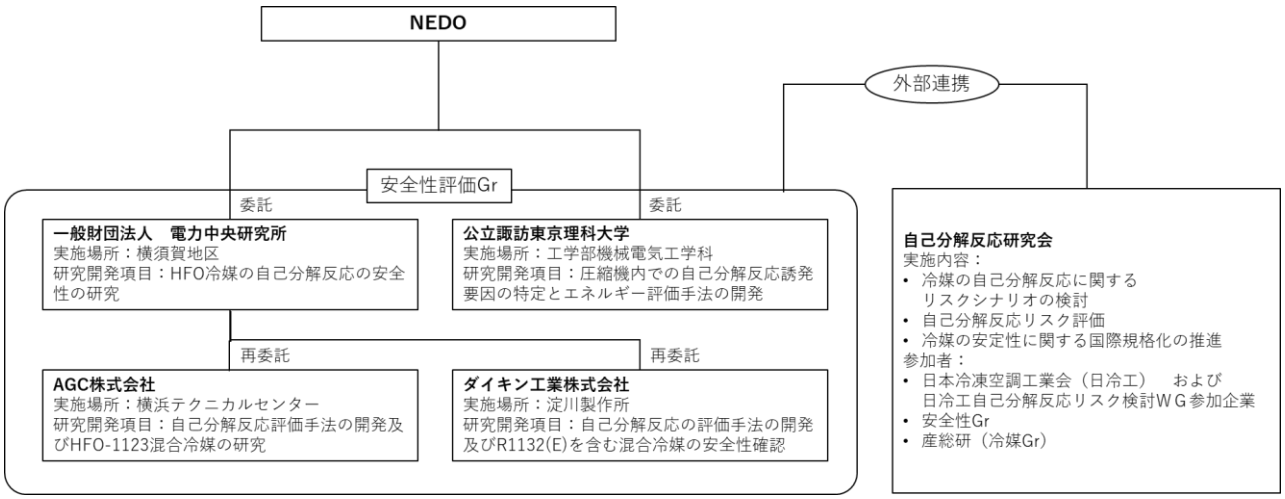
（単位：百万円）	2023FY	2024FY	2025FY
	106 百万円	169 百万円	150 百万円

4.1.2.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
0 件	2 件	11 件	0 件	0 件	0 件	0 件

4.1.3. 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価（一般財団法人電力中央研究所、公立大学法人公立諏訪東京理科大学）

4.1.3.1 実施体制



4.1.3.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

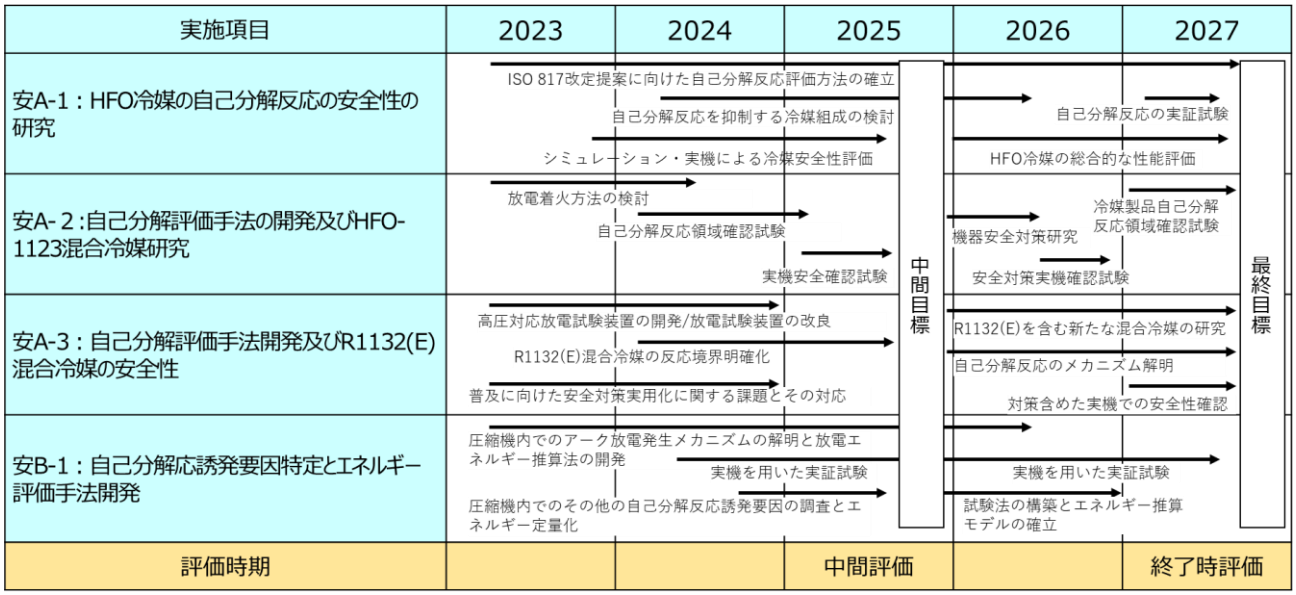
低 GWP 化を図る次世代冷媒として HFO 系の冷媒が注目されている。GWP が極めて低いことや優れた熱物性から、その実用化・普及が望まれている。しかしそれらの次世代 HFO 冷媒には自己分解反応と呼ばれる爆発的な反応を起こす懸念があり、実用化のためには安全性の検証や安全対策の確立、安全性・リスク評価が不可欠である。

本研究では、HFO 系低 GWP 混合冷媒の安全性評価を実施する。HFO-1123、R1132(E)及びそれらを用いた HFO 混合冷媒を対象に、自己分解反応の安全性評価手法の開発、混合冷媒の安全性評価、圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とそのエネルギー評価手法の開発を行う。さらに関連する業界団体と自己分解反応に係る事故シナリオや発生境界、着火源検討結果について情報連携し、国際規格改定に資する。

4.1.3.3 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
安全Gr	低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価	–	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 ■ 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	■ 冷媒の自己分解反応機構の解明 ■ 空調機器の安全性に係るデータの取得	国産冷媒普及のためには、自己分解反応の解明や抑制技術の開発、および国際規格・標準化による環境整備が必要である。
安A-1	HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	（一財）電中研	次世代冷媒の自己分解反応性評価について，ISO 817の改定提案を見据えた評価手法を開発・確立する.	安全性・リスク評価手法について，空調機器の安全性に係る国際標準の改定に資する知見を取得する. 実用可能なHFO混合冷媒の絞り込みを行う.	次世代HFO系冷媒は自己分解反応に係る安全性の懸念があるが，現状規格ではその規定ができていない．まず評価手法を国際標準化することにより次世代冷媒の安全性を定義し，安全対策を進めることで実用化に資する.
安A-2	自己分解評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒研究	（株）AGC	結果再現性の高い自己分解リスク評価法の確立。規制計画にそった1123製品組成物のリスク評価を完結する。	自己分解リスク評価法の国際規格化。高性能冷媒実用化に向けた安全技術開発と実検証。	自己分解リスクを判定するための評価法を規格統一することで、適用範囲を明確化できる。
安A-3	自己分解評価手法開発及びR1132(E)混合冷媒の安全性	（株）ダイキン工業	3MPa以上で放電可能な装置を作成し、R1132(E)を含む新たな混合冷媒の組成の自己分解境界を最大ガス圧6MPaまで明らかにする。	機器リスクアセスメントに提供できる自己分解反応データの取得と国際規格化。	国際規格化により安全性の周知を促し事業化に貢献する。
安B-1	自己分解応誘発要因特定とエネルギー評価手法開発	（公）公立諏訪東京理科大学	基本計画の中間目標6）に資するため，アーク放電発生を再現可能な模型実験及び数値シミュレーション環境を整え，各種運転条件におけるアーク放電エネルギーをデータベース化する．また，アーク放電エネルギーの推算法について プロトタイプを構築する．さらに，圧縮機内部の摺動機構やトラッキングの発生可能性を調査し，エネルギー測定環境を構築する。これらの成果を2件以上の学術論文あるいは口頭発表等により発信する.	公募時の基本計画にある最終目標の2)および3)に資するため，中間目標の達成内容に加えて，測定回数の増加あるいは対象運転条件の追加などにより，放電エネルギーデータベースを完成させる。加えて，電流，電圧，放電時間等からアーク放電エネルギーを推算できる手法を完成させる。これらの成果は国際標準の改正提案に耐えられるものとして整備する。	本研究は圧縮機内で現実に生じうるエネルギーの定量化であり，安全Gr内他事業者が行う自己分解反応誘発条件が実際に生じうるかを評価するものである。圧縮機内でのエネルギー発生は，特にアーク放電によるところが大きいことから中間目標としてアーク放電エネルギーの定量化を，最終目標としてその他要因も含む圧縮機内でのエネルギー定量化を掲げた。

4.1.3.4 研究開発スケジュール

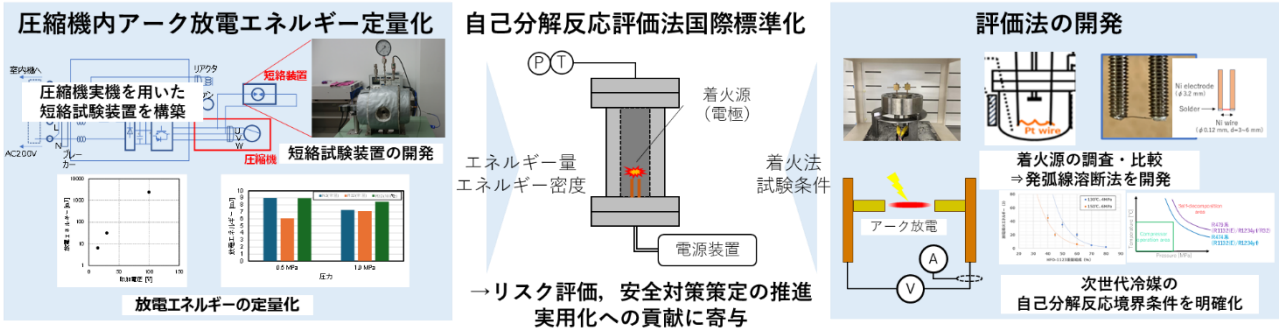


4.1.3.5 成果の達成状況と根拠

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
安全Gr	低GWP混合冷媒の安全性・性能評価	–	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 ■ 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	■ 実機によるアーク放電エネルギーの定量化を達成。 ■ 自己分解反応を誘発する着火源の調査・比較・実験を通じ、国際標準に提案する着火手法を開発。 ■ 次世代冷媒の自己分解反応境界条件を明確化。	○ 2026年3月に達成見込み	■ 当初目標を達成。 ■ 国際標準化については ISO TFにて評価手法を提案。
安A-1	HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	（一財）電中研	ISO 817の改定提案を見据えた，冷媒の自己分解反応評価手法を開発・確立する.	再現性が高く，簡便な評価手法を開発．圧縮機内発生エネルギーを踏まえ冷媒のリスク評価を実施.	○ 2026年3月に達成見込み	比較・調査により国際標準化に有望な手法を絞り込み開発中．参加中のISO TC86 SC8 TF3にて，冷媒安定性の評価手法を提案.
安A-2	自己分解評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒研究	（株）AGC	結果再現性の高い自己分解リスク評価法の確立。規制計画にそった1123製品組成物のリスク評価を完結する。	結果再現性の高い着火法を確立し国際規格化に向けた基礎研究を終了。自社冷媒のリスク評価を完了。	○ 自己分解評価手法は2025年5月に達成見込み。2025年6月以降は自社冷媒リスク評価に注力。	1123冷媒のR番号取得が遅延のため、2025年5月まではリスク評価法開発に注力。2025年6月以降で組成開発に注力する
安A-3	自己分解評価手法開発及びR1132(E)混合冷媒の安全性	（株）ダイキン工業	3MPa以上で放電可能な装置を作成し、R1132(E)を含む冷媒の自己分解境界を明らかにする。	R1132(E)/R1234yf/R32の3元系の自己分解境界データを明らかにした。	◎ 2026年3月に達成見込み	スケジュール通り、装置作成及び自己分解反応境界データを取得したため達成と評価
安B-1	自己分解応誘発要因特定とエネルギー評価手法開発	（公）公立諏訪東京理科大学	各種運転条件におけるアーク放電エネルギーをデータベース化する.	圧縮機実機を用いて，6MPa，150°Cにおけるアーク放電エネルギーを実測した	◎ 2026年3月に達成見込み	圧縮機実機内のエネルギーを定量化したことで達成と評価

4.1.3.6 成果と意義



成果
- エアコン圧縮機実機を用いた短絡試験装置を構築．冷媒雰囲気下でのアーク放電エネルギー量を取得．
- 高圧冷媒雰囲気下で再現性良く放電を発生させる着火手法を開発．
- 自己分解反応評価手法を確立．

意義（副次的成果や波及効果）
- 自己分解反応が圧縮機内で起こりうるか否かを定量評価可能とする．
- リスク評価における事故発生確率の精緻化に資する．
- 次世代冷媒の安全性・リスク評価により，安全対策の策定に資する．

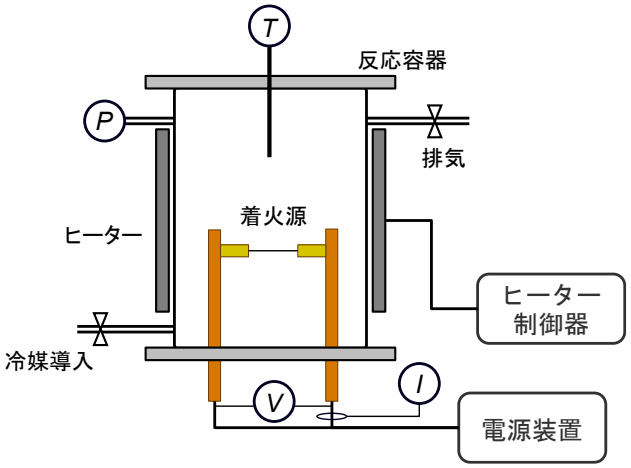
(1) ［安 A-1］HFO 冷媒の自己分解反応の安全性の研究（担当：一般財団法人電力中央研究所）

次世代 HFO 冷媒の自己分解反応性評価はこれまで複数の評価手法により実施されてきたが、手法により同じ冷媒組成であっても反応境界条件が異なることが報告されており、国際標準化やリスク評価のためには評価法の確立が必須である。

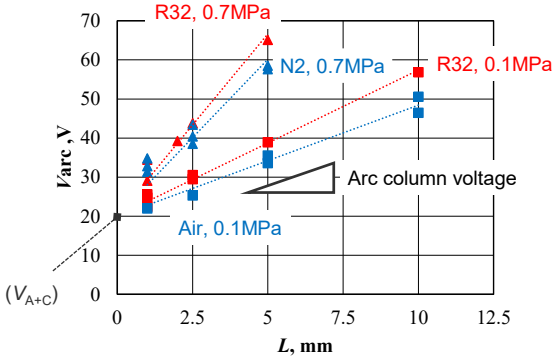
図[安 A-1]-1 に、自己分解反応評価試験装置概略図を示す。評価対象の冷媒を反応容器に所定の温度・圧力で封入し、反応の起因となるエネルギーを着火源により与え、反応伝播の有無を調べるものである。着火源や実験条件などを規定する必要がある他、標準化のためには再現性や簡便さが重要である。既存の規格や既往評価手法の調査・比較を実施し、標準化に有望な手法として発弧線溶断法を開発した。重要な試験条件の 1 つであるエネルギー量の評価を実施し、冷媒雰

囲気下でのエネルギー量の予測・制御を可能とした（図[安 A-1]-2）。本手法を導入した自己分解反応評価装置（図[安 A-1]-3）を製作し、HFO 冷媒の自己分解反応評価を実施した。

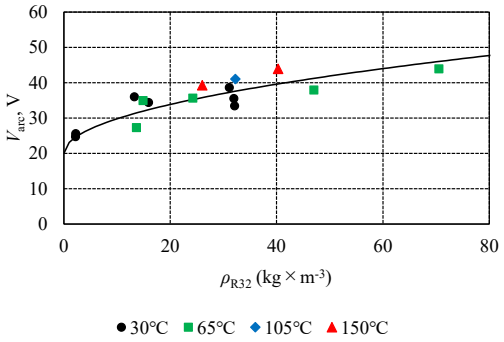
冷媒安全性国際規格である ISO817 に、自己分解反応性に関連する冷媒安定性の区分を追加する改定タスクフォースが 2024 年より開始された。確立した評価法を提案し、国際標準改定を主導した。今後は本手法を用いて次世代冷媒の自己分解反応性を評価し、次世代冷媒のリスク評価や安全対策策定に寄与する。



図[安 A-1]-1 自己分解反応評価装置概略図

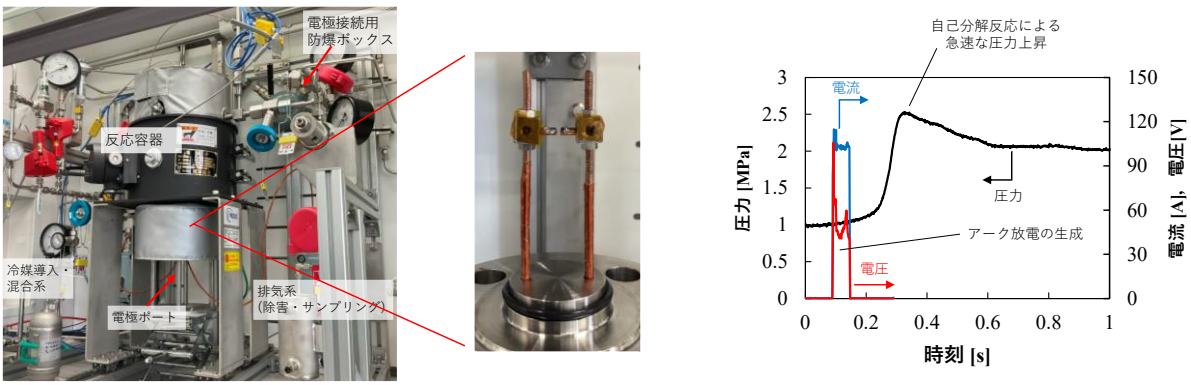


(a) 電極間距離の影響



(b) ガス密度の影響

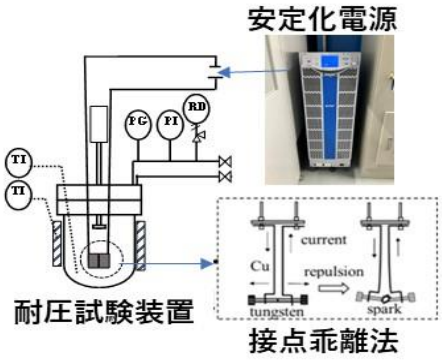
図[安 A-1]-2
種々の条件でのアーク電圧測定結果



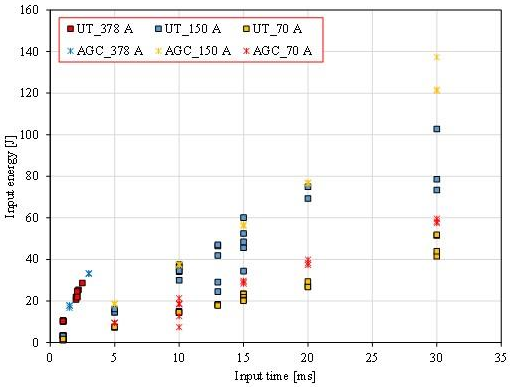
図[安 A-1]-3
自己分解反応評価装置（左）と実験結果例（右）

(2) ［安 A-2］自己分解反応評価手法の開発及び HFO-1123 混合冷媒の研究（担当：AGC 株式会社（再委託））

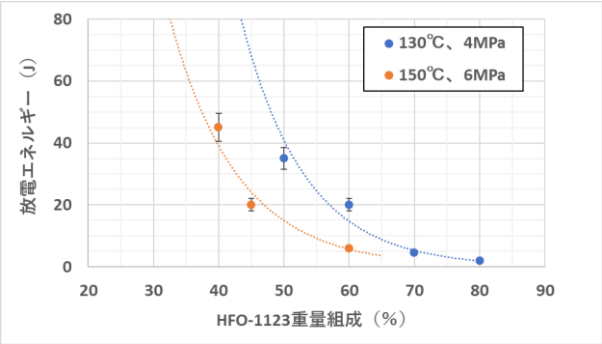
AGC は前 NEDO 事業における自己分解反応評価手法として、接点乖離型の電極を用いた評価手法を確立していた。この方法は交流電源を用いた実圧縮機内で発生する放電現象を忠実に再現可能な電極である一方、接点乖離時に発生する放電現象は発生時の電極間距離や継続時間などが一定でなく、発生エネルギーなどの試験毎の再現性が悪いという欠点があった。試験法の標準化を見据え、再現性や汎用性の高い放電法を確立することを目的に電極構造は変えずに安定化電源を導入することで電流・電圧値、放電時間を制御することで目的とする放電を再現性良く発生させることが可能な評価手法を確立した（図[安 A-2]-1、2）。



図[安 A-2]-1
自己分解反応評価試験装置



図[安 A-2]-2
放電エネルギーと電圧印加時間相関



[安 A-2]-3　自己分解伝播発生に至る HFO-1123 組成と放電エネルギー境界線図

電圧印加時間と電流上限値の設定により意図した放電を再現性良く発生させることが可能となった。この方法を用い、HFO-1123 混合冷媒における自己分解伝播発生境界に至る組成と放電エネルギー相関を評価し自己分解リスクアセスメントの指標を得ることが出来た（図[安 A-2]-3）。

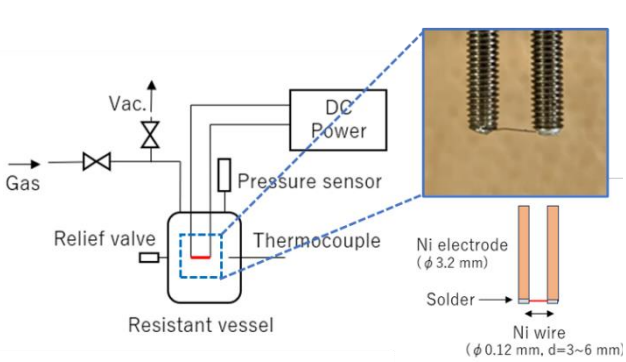
また、実機発生放電を模擬可能な接点乖離電極を用いた評価と国際標準化を目的とした発弧線溶断法での評価結果を比較することで、それぞれの評価法で得られた結果間の比較が可能となる。

(3) [安 A-3] 自己分解反応の評価手法の開発及び R1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認（担当：ダイキン工業株式会社（再委託））

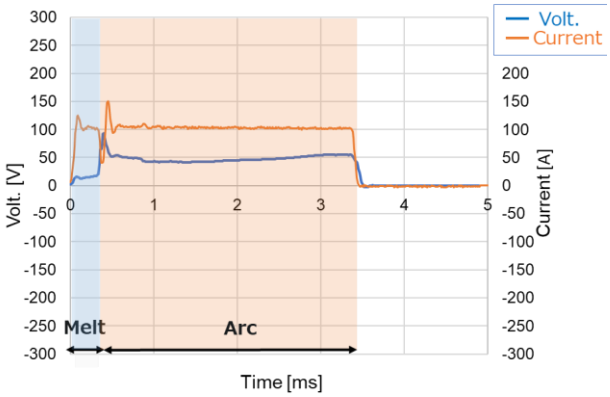
空調機内における自己分解反応の評価に適した試験方法の確立のため、高ガス圧に対応した放電試験装置を開発するとともに、試験方法を ISO817 に国際規格化し安定性の新区分を作ることで R-1132(E)を含む冷媒の普及を図る。また自己分解反応メカニズムを解明し、空調機で使用する際に想定されるリスクを検証することで、機器対策の要否の際の判断材料を提供する。

図[安 A-3]-1 には、新しく開発した放電装置の概略図と電極形状を示す。本手法では電極間の金属細線に電流を流し、溶断時の溶融金属から発生する熱電子を介して放電が形成される。R-32、5MPa、150℃雰囲気下で放電の有無を検証したところ、電極間距離を 1.0mm 以下に調整し、DC 電源を用いて電圧印加することで図[安 A-3]-2 に示す波形が得られた。印加初期(0.4ms まで)に金属融解に伴う低電圧高電流の波形がみられた後、電流降下が生じた。これは金属線が溶断したことを示すもので、その後アーク放電に進展していることを確認した。また、放電時間や電流を制御することで任意の放電エネルギーに調整可能であることを確認した。放電の再現性が高く、装置作成のコストも低いことから ISO 規格に提案できる手法と考えている。

今後、R-1132(E)を含む冷媒の安全対策の要否を判断するため、本試験法で自己分解発生境界を明らかにしていく。



図[安 A-3]-1 評価装置と電極形状

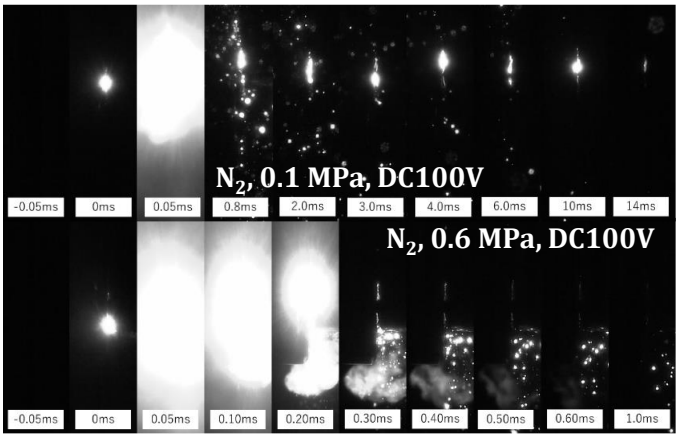


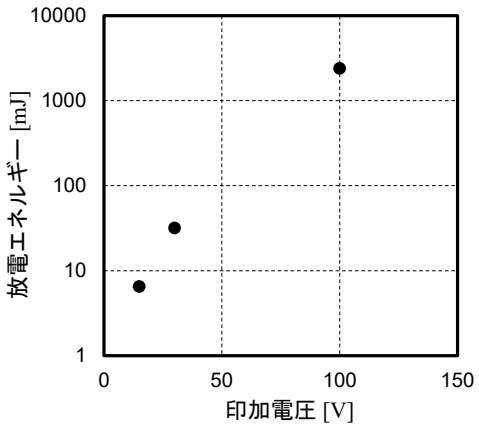
図[安 A-3]-2 アーク放電時の波形

また、グローバルに普及させるための実用化における安全対策等の課題について抽出し、有識者から助言を得ながら解決策の検討を進めた。

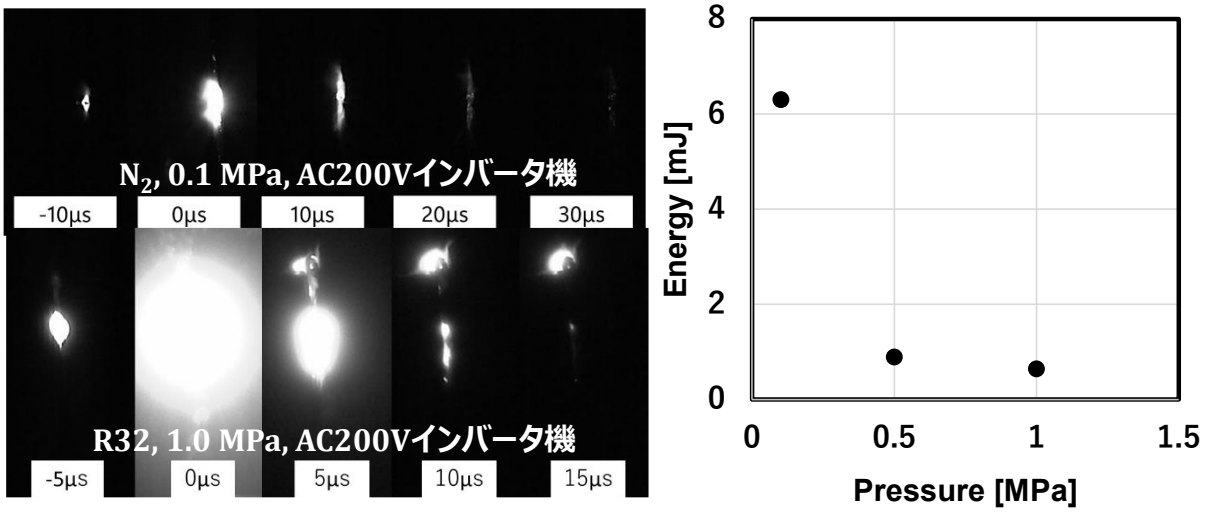
(4) [安 B-1] 圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発（担当：公立大学法人公立諏訪東京理科大学）

本研究は、実際の機器運転時に冷媒がエネルギー源と接触するシナリオとして圧縮機内での巻き線間の短絡によるアーク放電エネルギーを定量化するものである。まず、上記短絡を模擬するために、6MPa、150° C を達成できる高圧容器内に可動式対向電極を備えたアーク放電観察装置を製作し、これを電源と負荷で構成された回路と接続することで、冷媒運転条件を再現した雰囲気下での短絡実験を可能とした。まず窒素雰囲気下で温度・圧力を変化させつつ直流電源を用いて短絡実験を行ったところ、制限電流の大きさにも依存するが J オーダーの放電エネルギーを認めた（図[安 B-1]-1）。放電発光の大きさは雰囲気圧力に依存して大きくなるが、エネルギー自体にはあまり影響しない。続いて、窒素及び R32 雰囲気下で、インバータ式エアコン実機を用いた短絡試験を実施したところ、放電エネルギーは mJ オーダーにとどまった（図[安 B-1]-2）。インバータの矩形波が発生している時間しか放電が起きないことによるとみられる。この結果は LTSpice を用いたシミュレーションでも確認された。ただし、R32 を用いた場合は自己分解反応による炭素の生成を認めた。以上の成果は、安全 Gr 他事業者の研究成果（自己分解反応発生のトリガーとなるエネルギー値）との比較により、自己分解反応が圧縮機内で起こりうるか否かの定量評価を可能とし、リスク評価における事故発生確率の精緻化に資する。



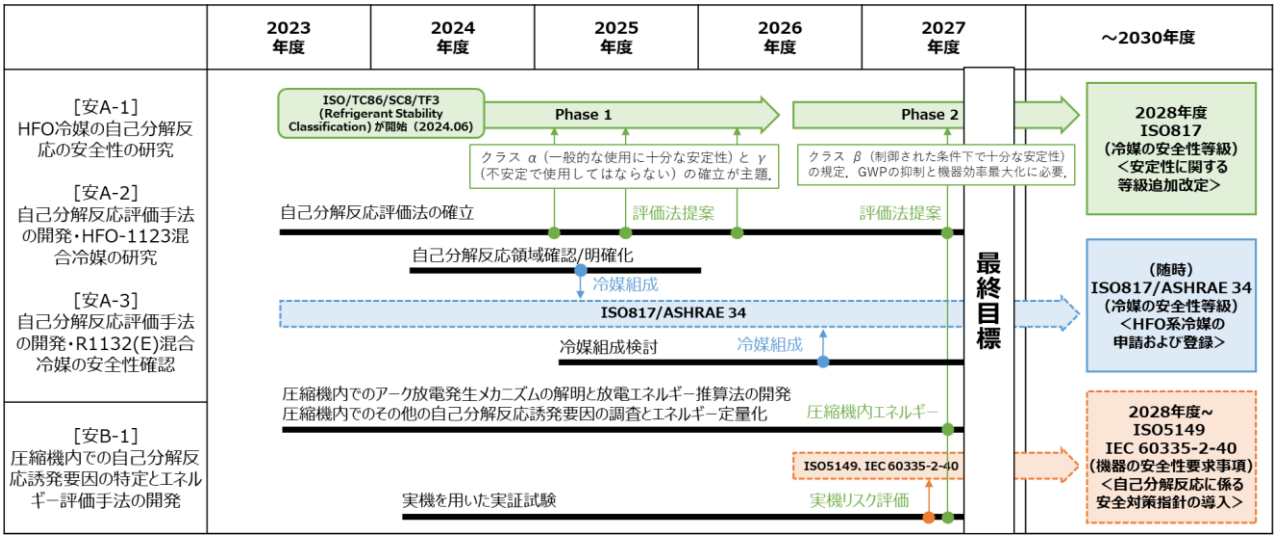


図[安 B-1]-1　直流安定化電源を用いた短絡実験によるアーク放電挙動とエネルギー



図[安 B-1]-2　インバータ式エアコン実機を用いた短絡実験によるアーク放電挙動とエネルギー

4.1.3.7 実用化・事業化への道筋



○ISO 817（冷媒の安全性等級）

本規格では、冷媒の安定性を燃焼性 4 等級、毒性 2 等級で規定している。ここに、自己分解反応に関連する冷媒安定性に関する等級を追加・改定するタスクフォース（TF）が 2024 年 6 月に開始された。2 年間×2 フェースでのスケジュールで規格化が進行中であり、委員として参画中である。本事業で開発した評価手法や区分法を TF に提案し、国際標準化する。また、HFO 系冷媒の申請および登録を行う。

○ISO 5149　IEC 60335-2-40（機器の安全性要求事項）

自己分解反応に関する安全性リスクアセスメント結果の提供、安全性向上手法の検討結果の提供を行う。自己分解反応に係わる安全対策指針の導入を通じて、次世代 HFO 系冷媒の安全な使用と普及に寄与する。

4.1.3.8 期間・予算

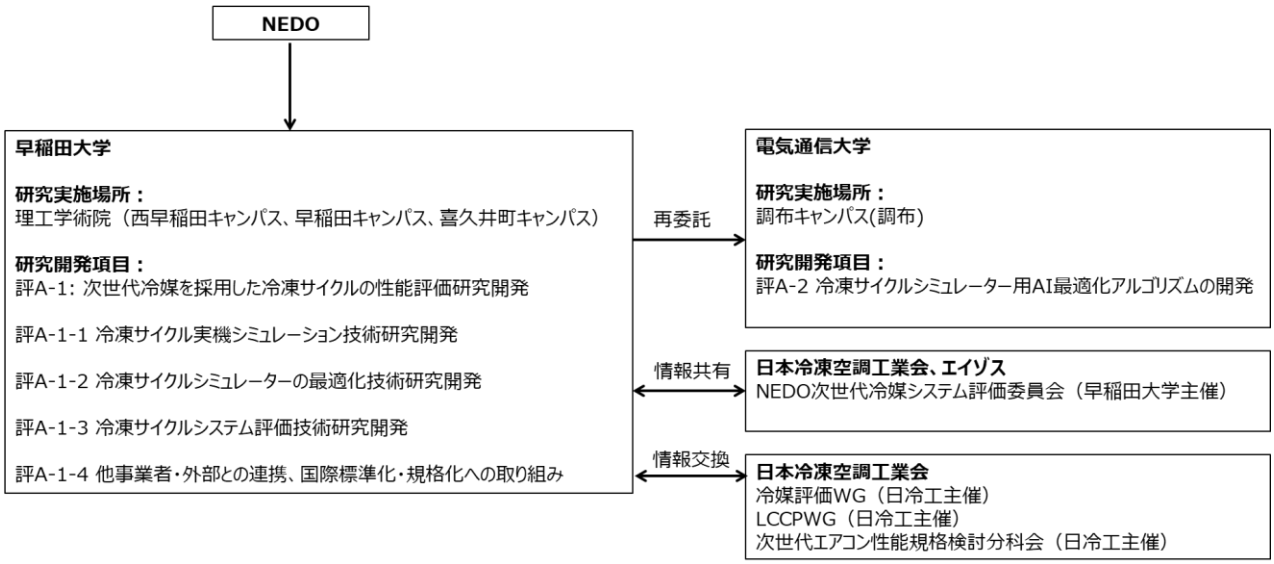
（単位：百万円）	2023FY	2024FY	2025FY
	58 百万円	122 百万円	97 百万円

4.1.3.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
0 件	0 件	4 件	0 件	0 件	0 件	0 件

4.1.4. 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒のシステム評価手法開発（学校法人早稲田大学）

4.1.4.1 実施体制



4.1.4.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

背景：未だ次世代冷媒候補が見つかっていない家庭用・業務用空調機に対する低 GWP 冷媒の選定には、それら冷媒を導入した機器の性能を公平に評価する必要がある。しかし、製品もまだ開発されていない現状では、評価条件次第でいかような結果も得られてしまう状況である。

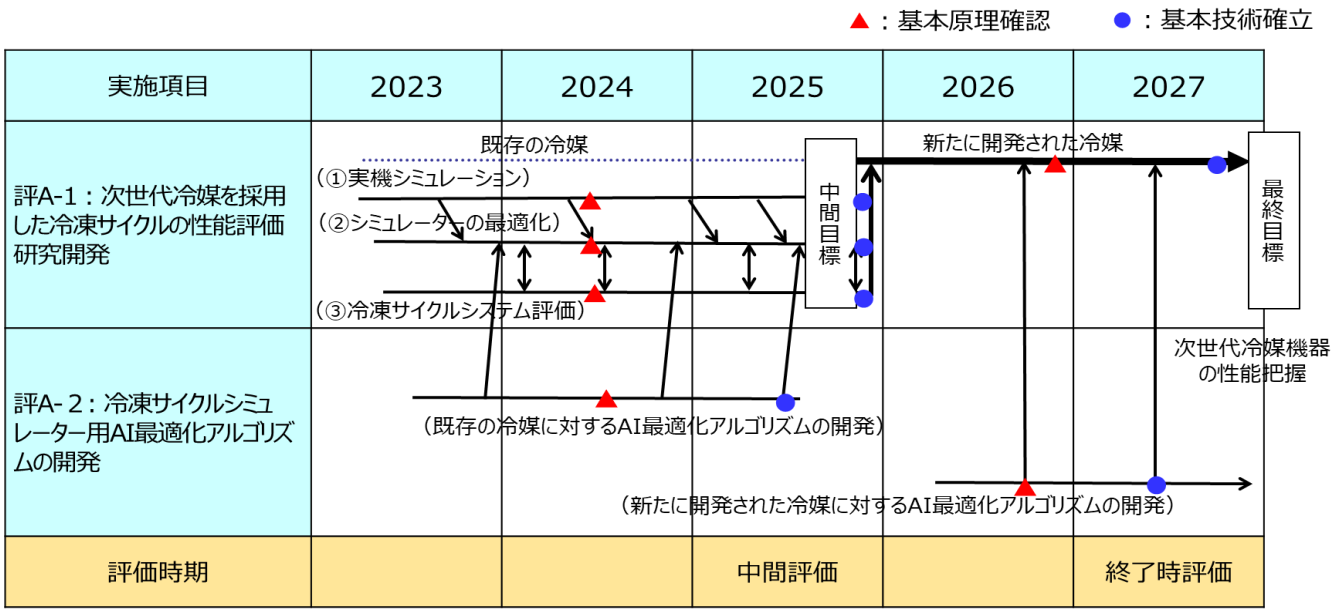
目的：次世代冷媒導入機器を含め、実機レベルでの機器性能を評価可能なシミュレーション技術、高精度実運転評価技術を確立することによって、公平公正に次世代冷媒の機器性能を評価できる体制を構築し、高性能な次世代冷媒導入機器の早期上市に貢献する。

プロジェクトアウトカム目標との関係：多様な冷媒に対し機器の性能が高精度に評価できる理論としてのシミュレーション技術、実機評価技術を開発することによって性能評価技術の国際標準化や規格化を目指す。

4.1.4.3 アウトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標	最終目標	根拠
評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発	－	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能をシミュレーションと性能評価装置にて検証し、5%程度の精度で実現	各Grが開発した次世代冷媒に対して本Grが開発したシミュレーターや性能評価装置にて検証し、5%程度の精度で実現（各Grにフィードバックしながら改善）	最適化された熱交換器シミュレーターと候補冷媒の選定の上では環境影響評価も含めて総合的な判断が必要である。 対応機器の開発加速化のためには、実用に即した評価手法の確立が必要である。
評A-1	次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発	（学）早稲田大学	・最適化熱交換器シミュレーター開発 ・高度システムシミュレーター開発 ・妥当性検証装置の開発と妥当性確認実験	物性が整備された次世代冷媒も対象として実機レベルの機器性能を予測可能とし，冷媒性能の比較検討を実施する.	実機としての評価が可能となるシミュレーターや評価装置を開発することによって、いち早い機器性能評価を可能とする。。
評A-2	冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発	（国）電気通信大学	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムの構築	製作上実現可能な条件下での熱交換器の最適化を実現するアルゴリズムの開発、改良	実機として実現性ある熱交換器分析が可能となるように、熱交換器シミュレーターに搭載する熱交換器の最適化を実現するアルゴリズムの実現。

4.1.4.4 研究開発スケジュール

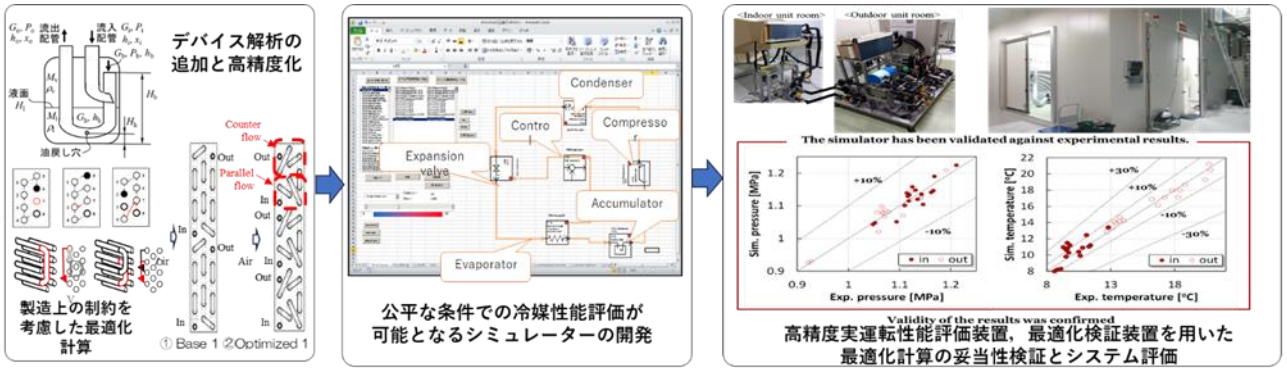


4.1.4.5 成果の達成状況と根拠

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、 ×未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発	－	■ 最適化検証装置の製作とこれを用いた最適化計算の妥当性検証 ■ 最適化した熱交換器を用いたLCCP等の評価	■ 物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を5%程度の精度で実現。	○ 2026年3月達成見込み	■ 当初目標を達成。 ■ 国際規格化も順調に進めている
評A-1	次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発	（学）早稲田大学	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を５％程度の精度で予測可能とする	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を５％程度の精度で予測可能を実現	○ 2026年3月達成見込み	目標通りのため達成と評価
評A-2	冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発	（国）電気通信大学	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムを構築する	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムの構築	○ 2026年3月達成見込み	目標通りのため達成と評価

4.1.4.6 成果と意義



成果
- **アキュムレーターやプレート熱交換器モデルの改良や拡充によるシステムシミュレーターの高度化**
- **妥当性が確認された中でしかも製作が可能な条件下でシミュレーターによる機器性能の分析実現**
- **非共沸を含む各種冷媒の性能比較(既存冷媒)**

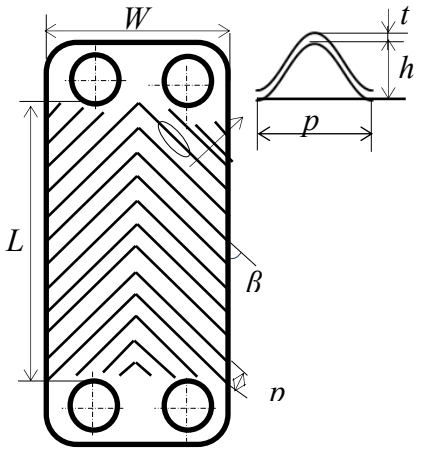
意義
実機として製作が可能な実現性あるなかでの最適化を実現
- **各種冷媒ごとに最適化された機器による公平な条件での機器性能の評価や比較が可能**
- **日本冷凍空調工業会における標準ツール化**
- **システム性能評価法の国際規格化**

(1) ［評 A-1］次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発（担当：学校法人早稲田大学）

(1)-1. 冷凍サイクル実機シミュレーション技術研究開発

・各種低 GWP 冷媒の熱交換性能を解析できる熱交換器シミュレーターの開発

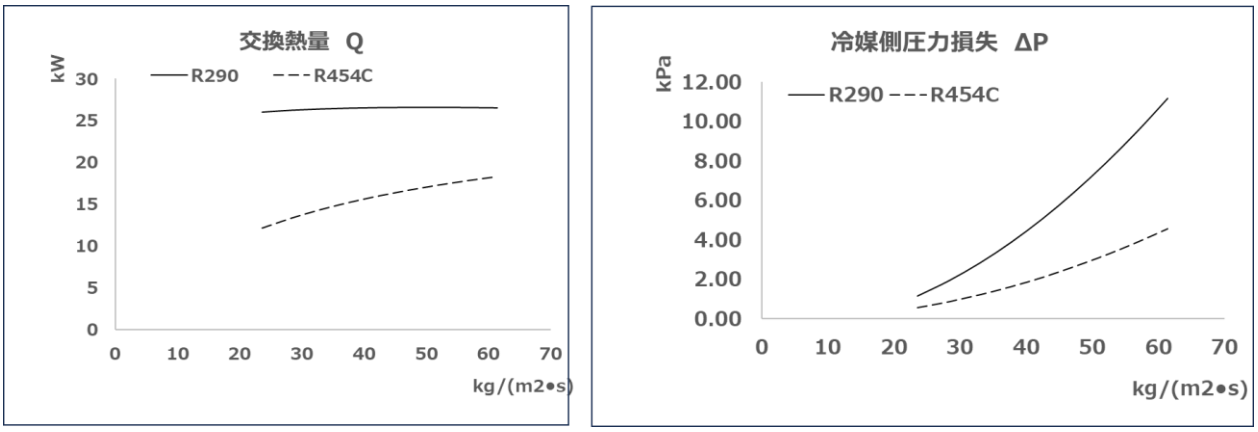
シミュレーション技術を高度化し、実機レベルで使用可能な技術に発展させるため、熱伝達率・圧力損失の式に波形角度βと面積拡大率ϕが含まれている汎用的なプレート式熱交換器モデルを構築した。プレート式熱交換器の概略図を図［評 A-1］-1 に示す。



A	:	Area of heat transfer
D_{eq}	:	Equivalent diameter (= 2･D_{eq})
h	:	Corrugation height
L	:	Length of corrugated section
n	:	Number of plates
p	:	Corrugation pitch
t	:	Thickness of plate
W	:	Width of corrugated section
β	:	Corrugation angle
δ	:	Plate spacing
ϕ	:	Area enlargement factor

図［評 A-1]-1 プレート式熱交換器の概略構造図

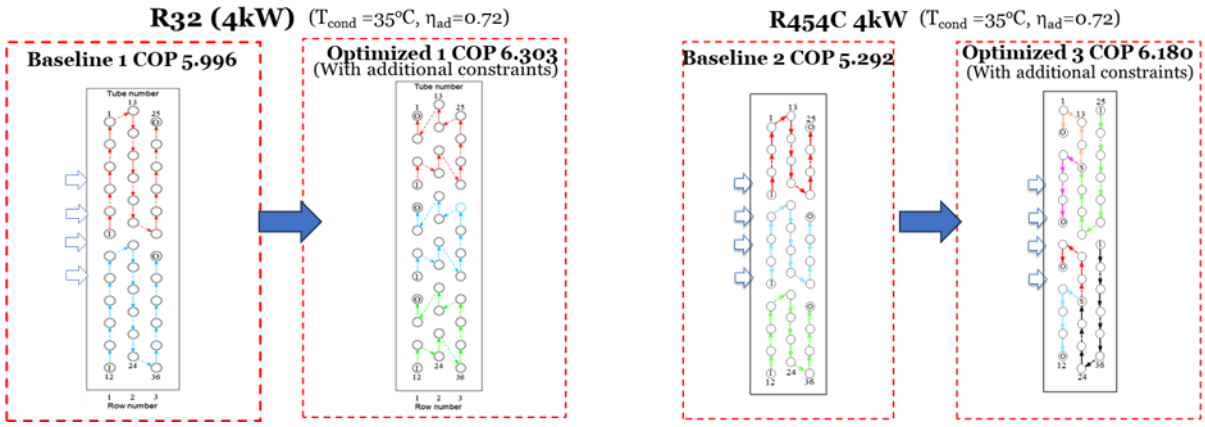
長さ 118.5mm、幅 62mm、波形角度 60°、枚数 10 枚のプレート式熱交換器を用い、一次側に約 30℃、二次側に 39℃の水を対向流で流す実験を行った。冷媒側の質量流量を変化させて、プレート熱交換器における交換熱量と冷媒側の圧力損失を計算した。図［評 A-1]-2 に、水入口流量：40L/min、 水入口温度：40℃、 水入口圧力：1000kPa、 冷媒飽和ガス温度：50℃、 冷媒入口状態：飽和ガスの実験例を示す。



図［評 A-1]-2 蒸発器の計算例

(1)-2. AI を活用した冷凍サイクルシミュレーターの最適化技術研究開発

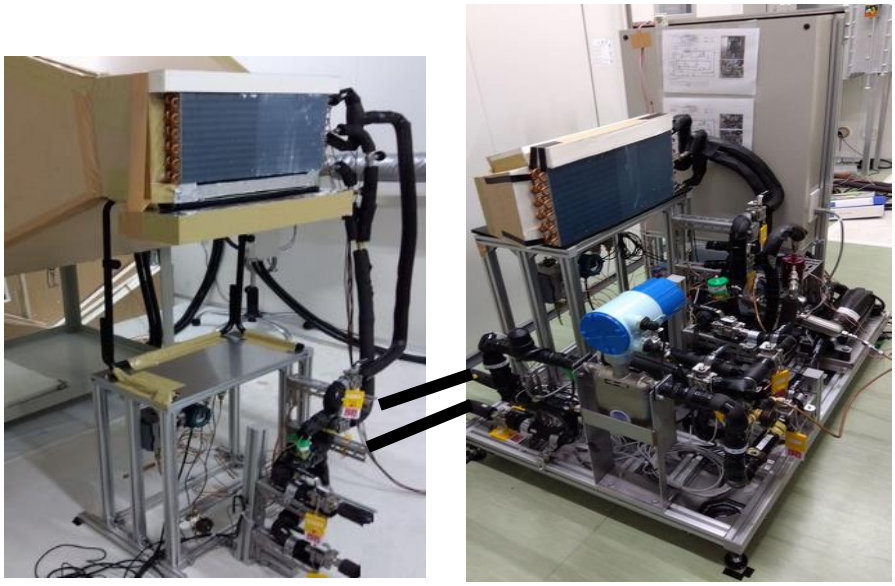
蒸発器を対象に、２つの入力と２つの出力を持つ単純な冷媒回路の熱交換器を基準（baseline）として AI を活用した冷凍サイクルシミュレーターによって最適化検討を行った。図［評 A-1]-3 に、圧縮機断熱効率が 0.72 、凝縮温度が 35℃、4 kW の冷却能力を持つ R32 冷媒での条件のシミュレーションと最適化の結果を示す。



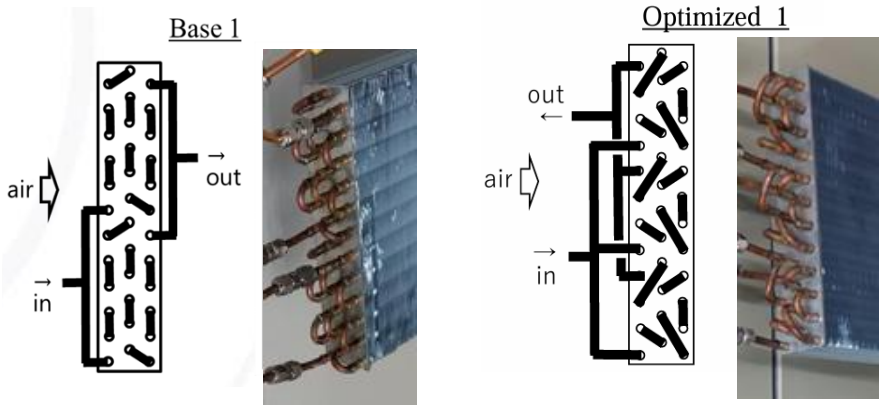
図［評 A-1]-3 凝縮温度 35℃で 4kW の容量を供給する R32 蒸発器の最適化結果

(1)-3. 冷凍サイクルシステム評価技術研究開発

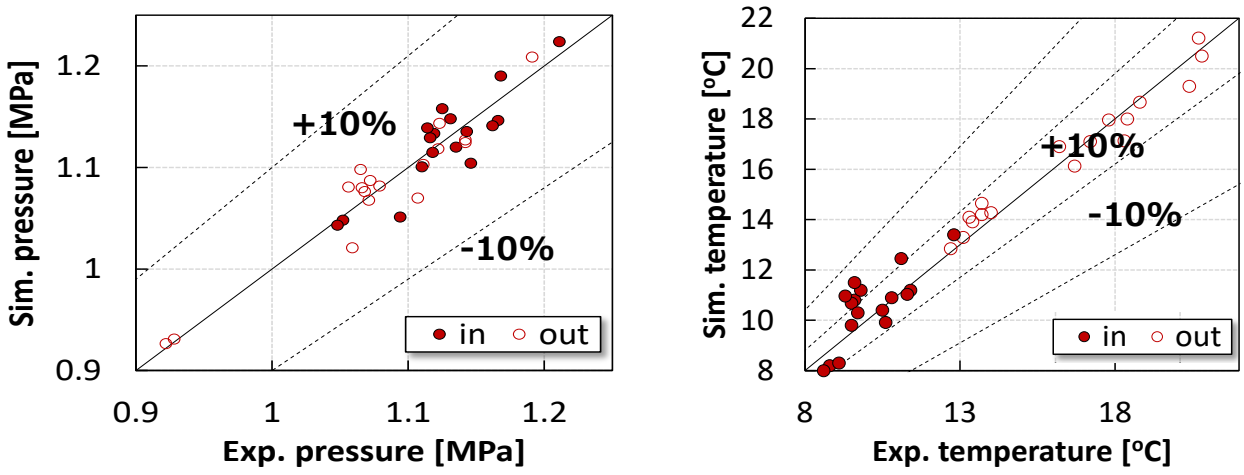
冷凍サイクルシステム最適化検証装置の構築と改良を行い、それを用いて AI を用いた最適化設計手法によって最適化された熱交換器やサイクルの妥当性確認の実験を行った。最適化検証装置を図［評 A-1]-4 に、実験に使用した熱交換器の例を図［評 A-1]-5 にそれぞれ示す。



図［評 A-1]-4 最適化検証装置の外観



図［評 A-1］-5 実験に使用した熱交換器の例



図［評 A-1］-6 実験値によるシミュレーション計算値の妥当性検証

最適化検証装置で、冷媒は R32 とし、設計・製作した熱交換器を蒸発器として使用した場合の実験を行った。また、シミュレーションの合わせ込み用に、凝縮器周囲温度を変化させた場合と蒸発器の送風量を変化させた場合のデータも必要に応じて測定した。その結果、図［評 A-1］-6 に示すように、実験値とシミュレーション計算値は概ね 10%の精度で合っており、妥当性が検証できた。

(2) ［評 A-2］冷凍サイクルシミュレーター用 AI 最適化アルゴリズムの開発（担当：国立大学法人電気通信大学（再委託））

実機レベルでの熱交換器最適化を実現する上では、シミュレーターの開発において、熱交換器を実際に製造する工程における各種の制約条件（例えば、熱交換機の物理的な大きさや熱交換器製作工程において実現可能な冷媒配管の分岐パス）なども考慮する必要がある。これら制約条件を考慮した AI 最適化アルゴリズムの開発を行うことが目標である。

そこで、熱交換器を実際に製造する工程における各種の制約条件について網羅的に洗い出し、日冷工と情報交換により、最終的に 10 の制約（1 つは必須、9 つはオプション）を整理した。図[評 A-2]-1 に制約の例を示す。

この熱交換器のベント管に対する物理的制約条件を AI 最適化アルゴリズムへ反映した。制約を入れることにより、実現不可能な最適化結果になる可能性が減少するとともに、最適化対象の探索範囲が大幅に縮小する。その結果、最適化に必要な時間短縮が見込まれる。

9 のオプション制約それぞれについて ON/OFF を可能にできるようにするため、合計 2^9=512 通りの最適化シナリオが想定される。効率的なアルゴリズム実装に向けての検討を行い、2024 年度中にはどの最適化シナリオに対しても、指定された全ての制約を確実に満たす設計を出力できるアルゴリズムを実装した。

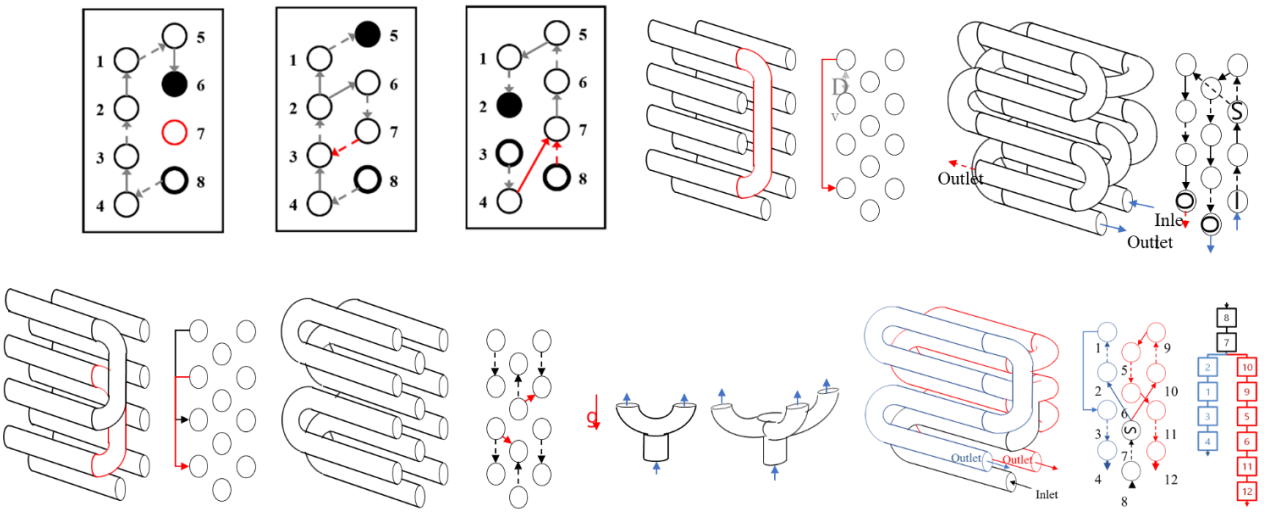
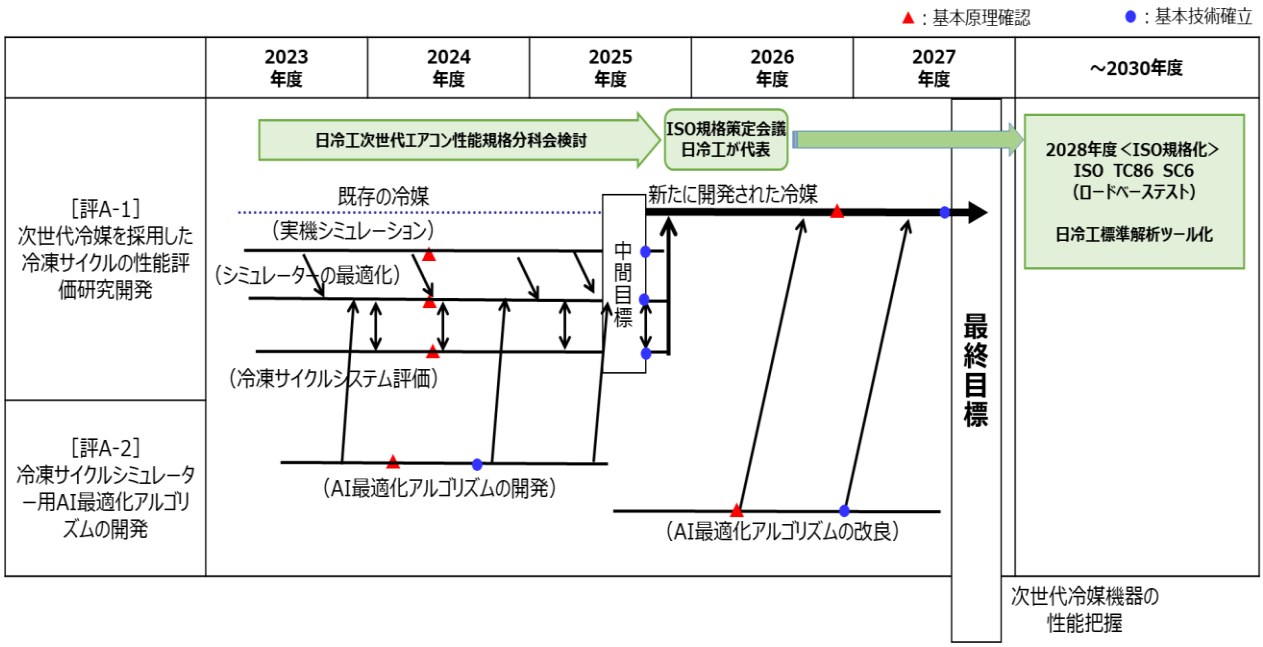


図 [評 A-2]-1 日本冷凍空調工業会から提示のあったベント管の物理的制約条件

4.1.4.7 実用化・事業化への道筋

日本冷凍空調工業会の主催する「次世代エアコン性能規格分科会」と情報交換を密に行いながら、シミュレーション技術や機器性能評価技術をさらに高度化することによって、公平な評価基準の中で次世代冷媒機器を理論と実機の両面から性能面から評価可能な体制を整える。そして、次世代冷媒導入機器を含め、実機レベルでの機器性能を評価可能なシミュレーション技術と高精度実運転評価技術を確立することによって、公平公正に次世代冷媒の機器性能を評価できる体制を構築し、開発したシミュレーションツールは日冷工の標準解析ツールにすることによって、高性能な次世代冷媒導入機器の早期上市に貢献する。また、多様な冷媒に対し機器の性能が高精度に評価できる理論としてのシミュレーション技術と実機評価技術を開発することによって性能評価技術の国際標準化や規格化を目指す。



4.1.4.8 期間・予算

（単位：百万円）	2023FY	2024FY	2025FY
	55 百万円	58 百万円	58 百万円

4.1.4.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
2 件	8 件	22 件	0 件	0 件	0 件	0 件

4.2.　研究開発項目②：低ＧＷＰ冷媒の対応機器（家庭用／業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発

4.2.1. グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発（日立空調清水株式会社）

4.2.1.1 実施体制

本研究の実施体制は以下の図に示すとおり。



図 4.2.1.1-1　実施体制図

4.2.1.2 背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

研究開発対象のコンデンシングユニットは、冷凍冷蔵ショーケースやユニットクーラーとの組合せでコンビニエンスストア、スーパーマーケット、冷凍冷蔵倉庫等での利用を検討している。

現在、コンデンシングユニットの代替冷媒としてCO_2が実用化されているが、性能において従来フロン冷媒に劣り、経済性において主要部品がフロン品と異なり割高であり初期導入コストが高くなるため、普及に課題があると言われている。一方近年、ハイドロフルオロオレフィン(HFO)を使ったGWP10未満のグリーン冷媒の研究が進められている。

そこで本研究開発では、現行フロン機と性能を同等以上とし、初期導入コストも同等に抑えられる、グリーン冷媒(GWP<10)を使用したコンデンシングユニットを検討する。これにより速やかな低GWP機器の普及に貢献する。

4.2.1.3 アウトプット目標および設定根拠

本研究の目標は以下の表に示す通り。

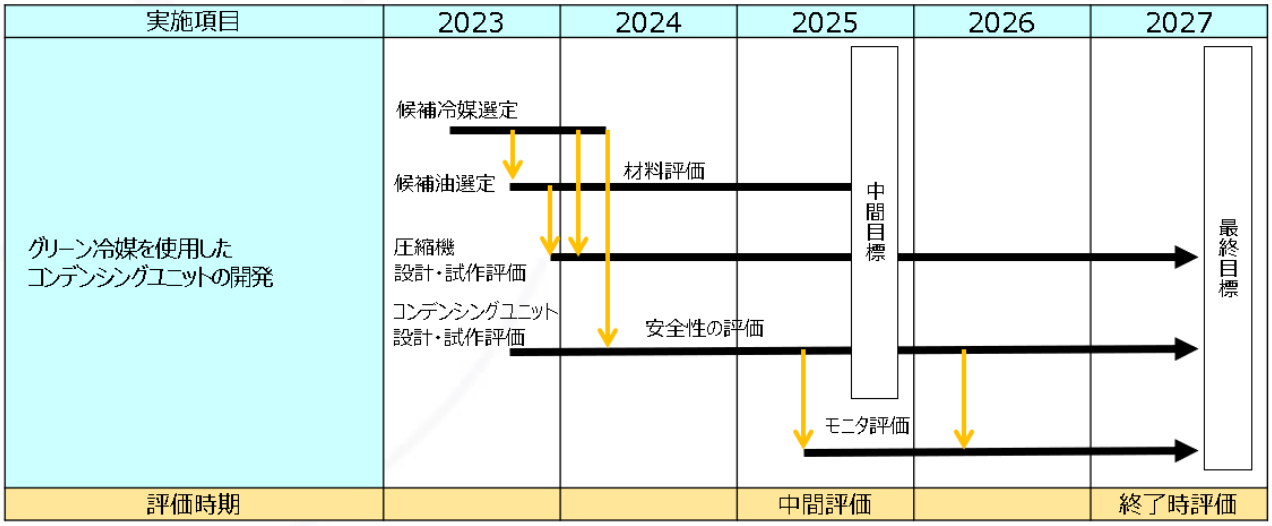
表 4.2.1.3-1　アプトプット目標および設定根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
助成	グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発	日立空調清水（株）	現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	1. 圧縮機の試作と評価（長期信頼性現行同等） 2. コンデンシングユニットの試作と評価（性能現行機以上）	製品化、普及促進のためには、性能、価格、環境性等の観点から市場競争力が必要。性能を維持する必要がある。

4.2.1.4 研究開発スケジュール

本研究の開発スケジュールは以下の表に示す通り。

表 4.2.1.4-1　研究開発スケジュール表

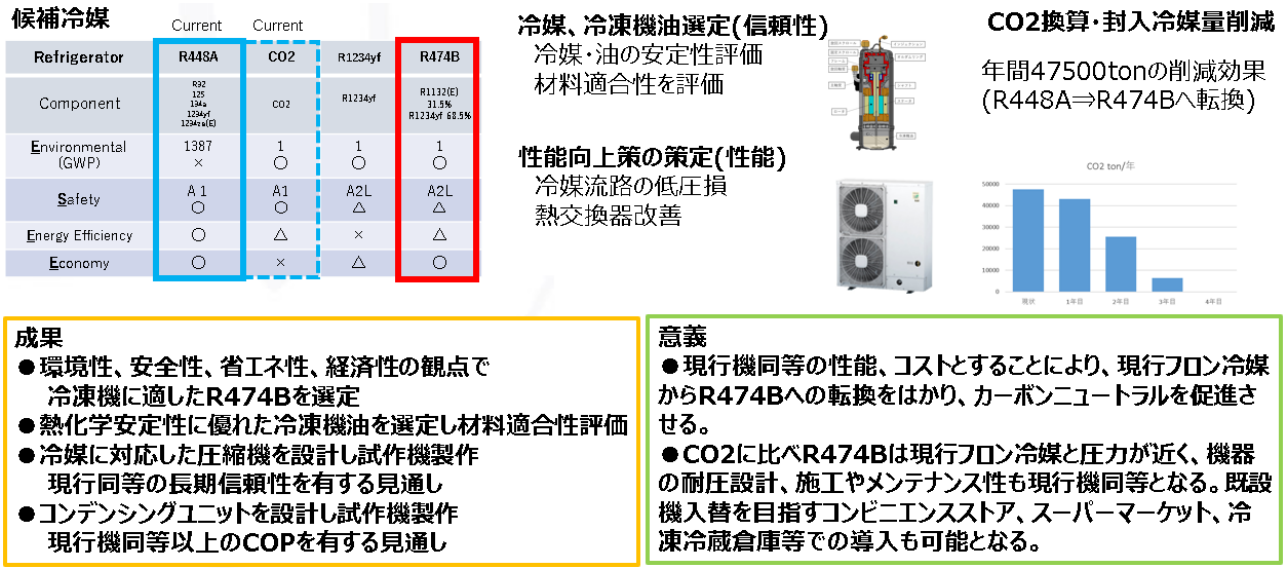


4.2.1.5 成果の達成状況と根拠

表 4.2.1.5-1　目標達成状況

	実施内容	事業者	目標(2026年3月)	成果(2026年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠 /解決方針
助成	低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発	日立空調清水株式会社	■ 現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	■ 環境・実用性・耐久性等の総合評価により適用冷媒、冷凍機油の選定を完了。 ■ 性能向上策積上完了。（計算上で効果を確認）	◎ 2026年３月に達成見込み	■ 当初目標を達成。 ■ 進捗はやや前倒し。

4.2.1.6 成果と意義



中間年度までの成果として、冷媒の選定において、環境性、安全性、省エネ性、経済性の観点で、冷凍機に適した R474B を選定した。表 4.2.1.6-1 に候補冷媒との比較を示す。

冷媒の選定と同時に、熱化学安定性に優れた冷凍機油を選定した。この冷媒と冷凍機油の組合せにて、材料適合性評価をおこない、良好な結果を得ることができた。また機器において、R474B に対応した圧縮機を設計し、試作機評価にて現行同等の長期信頼性を有する見通しを得た。図 4.2.1.6-1 に圧縮機の図を示す。

更にコンデンシングユニットを設計し、試作機評価し、現行機同等以上の COP を有する見通しを得た。図 4.2.1.6-1 にコンデンシングユニットの図を示す。

本研究の意義として、現行機同等の性能および製品コストの製品を開発することにより、現行フロン冷媒から R474B への転換をはかり、カーボンニュートラルを促進させる効果が期待できる。

また、R474B は CO_2 に比べ、現行フロン冷媒と圧力が近く、機器の耐圧設計、施工やメンテナンス性も現行機同等となる。特に既設機入替を要望されるコンビニエンスストア、スーパーマーケット、冷凍冷蔵倉庫等での導入も、可能となり、普及促進が期待できる。

表 4.2.1.6-1　候補冷媒との比較

候補冷媒	Current	Current		
Refrigerator	R448A	CO2	R1234yf	R474B
Component	R32 125 134a 1234yf 1234ze(E)	CO2	R1234yf	R1132(E) 31.5% R1234yf 68.5%
Environmental (GWP)	1387 ×	1 ○	1 ○	1 ○
Safety	A1 ○	A1 ○	A2L △	A2L △
Energy Efficiency	○	△	×	△
Economy	○	×	△	○

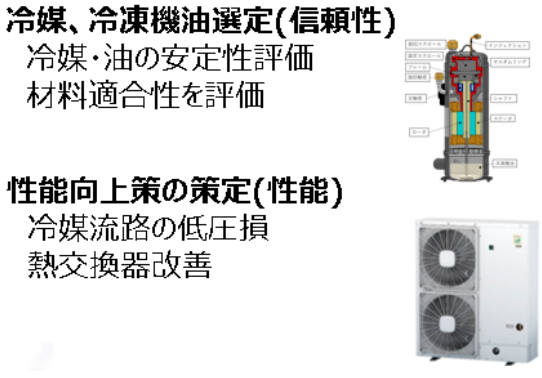


図 4.2.1.6-1　信頼性および性能

(1) 研究開発項目①シミュレーションによるHFO混合冷媒の性能評価と選定

当社が持つシミュレーション技術により、冷媒組成が異なる複数条件を机上計算することにより、HFO混合冷媒の新たな組成の検討を行った。冷凍機用R1132(E)混合冷媒については冷媒メーカより冷媒情報を提供頂き、性能と燃焼性を考慮した結果R474Bが最も目標に合致し、冷凍機用に選定した。

(2) 研究開発項目②冷凍機油および材料評価と選定

R474Bは、現行フロン冷媒と比較して冷凍機油の熱化学的安定性に課題がある。この課題に対して、新たに熱化学的安定性に優れた冷凍機油を選定し、圧縮機材料の適合性評価を実施した。評価の結果、圧縮機を構成する各部材に関して、現行機と同等以上の安定性を有する材料を選定できた。

(3) 研究開発項目③圧縮機設計

R474Bは、現行フロン冷媒と比較して冷凍能力が低下する課題がある。この課題に対応するため、圧縮機の大きさを変えずに高速運転化することにより、冷媒循環量（押除量×回転数）を増加させ、冷凍能力を確保する設計を行った。高速運転化に際しては、要素試験結果を元に軸受摺動部の潤滑状態を把握し、現行機の軸受部構造にて運転範囲の検討を行い、長期間運転していても信頼性を確保出来る設計仕様とした。

(4) 研究開発項目④コンデンシングユニット設計

R474Bは、環境負荷は小さいが冷凍機の性能が現行フロン冷媒(R448A)に比べ性能低下が懸念される。一方で、市場では現行製品の性能を下回るものは受け入れられないため、シミュレーションにて、ドロップイン時の性能を確認し、現行比COP94%となると試算した。また、計算にてCOP向上策を積み上げ、現行100%以上となる見込みを得た。

(5) 研究開発項目⑤圧縮機試作および性能信頼性評価

研究開発項目②及び③に基づいて、試作圧縮機の製作を行った。さらにR474B冷媒を封入した圧縮機単体用のガスサイクル試験装置を用いて、試作圧縮機の性能及び信頼性評価を実施した。評価の結果、設計検討した運転範囲で稼働可能であることを確認し、信頼性試験においても最大回転数での試験条件で異常が無いことを確認した。

(6) 研究開発項目⑥コンデンシングユニット試作および性能評価

研究開発項目④を実施するにあたり、現行機へ冷媒R474Bをドロップインし、カタログ定格条件にて現行比93%であることを確認した。また、過冷却回路を追加した試作機にて、＋4.6%の性能向上効果を確認した。

(7) 研究開発項目⑦実店舗相当のモニタ評価

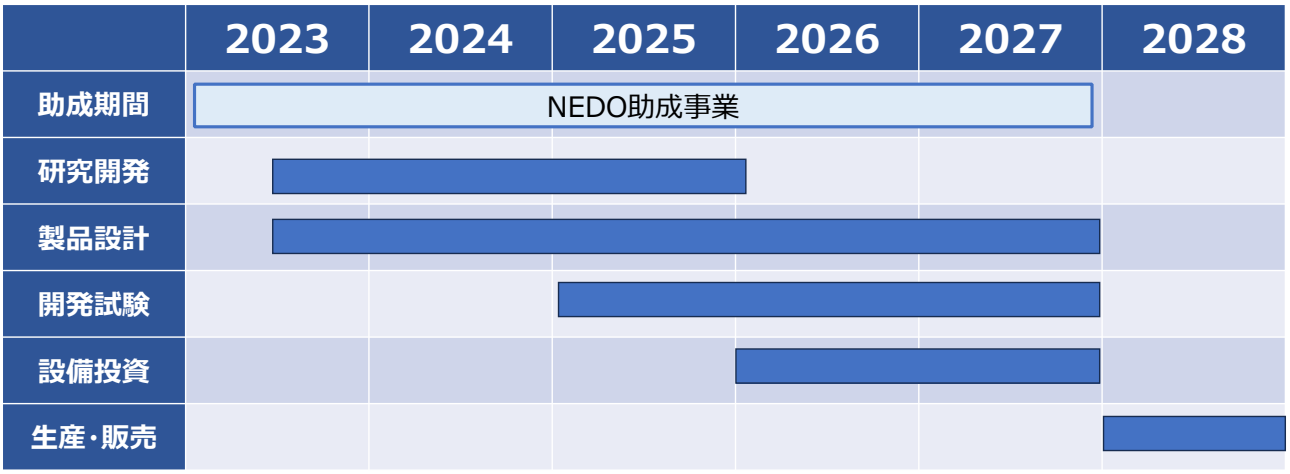
コンデンシングユニットに、ショーケースをつなぎ、実店舗を模擬した試験室において試験を開始した。試験では性能、信頼性に問題ないかの評価を実施し、圧縮機、コンデンシングユニットの設計改善に反映させる。

4.2.1.7 実用化・事業化への道筋

ＮＥＤＯ助成事業と並行して研究開発、製品設計を実施している。要素技術が確立された時点で製品開発試験に着手する。開発が順調に進めば、工場での量産化のための、技術検討も実施し、生産設備投資など必要に応じて行う。

一方で、事業化に向けては、冷媒メーカのグリーン冷媒の上市タイミングをみて、製品を市場投入する予定である。

完成したコンデンシングユニットは、日立代理店、ショーケースメーカ等に販売され、コンビニエンスストアなどに納入される。



4.2.1.8 期間・予算

（単位：百万円）	2023FY	2024FY	2025FY
	39 百万円	46 百万円	66 百万円

4.2.1.9 特許出願及び論文発表等

特許出願	論文発表	発表・講演	受賞実績	雑誌掲載	展示出展	その他
7 件	0 件	0 件	0 件	1 件	1 件	0 件

添付資料

●プロジェクト基本計画

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

オゾン層保護の観点から特定フロン(CFC、HCFC)の代替として開発された 4 ガス（HFC、PFC、SF_6、NF_3）は、大気中に長期間に亘って安定に存在し、かつ極めて高い温室効果を有する化合物であることから、京都議定書及びパリ協定において排出削減対象ガスに指定され、排出削減のための対策が進められているところである。また、機器使用中・廃棄時の冷媒の漏れを完全にゼロにすることは極めて困難であるため、排出量削減の根本的な対策としては、地球温暖化への影響が極めて少ない冷媒（以下「次世代冷媒」という。）への転換が有効であると考えられている。特に、代替フロン（HFC）が使用されている冷凍空調機器は、一旦市場に出荷されれば十数年にわたり排出源として温暖化に悪影響を及ぼすため、一刻も早く冷媒転換技術を開発し、市場投入を図ることが不可欠である。

さらに、2016 年 10 月に採択された HFC の生産及び消費量の段階的削減義務を定める旨のモントリオール議定書の改正（以下「キガリ改正」という。）において、先進国は、HFC 生産・消費量を 2011-2013 年の平均数量から最終的には 2036 年までに 85%を段階的に削減する目標が定められており、既存冷媒物質の継続使用ではこの目標を達成できないことが予想されている。このことからも、次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器の早期開発が必須の状況となっている。

②我が国の状況

我が国はこれまで代替フロン等 4 ガスの排出抑制に努めるとともに、温室効果がより小さい代替物質の開発・普及と設備等の導入を推進してきた。

HFC の排出抑制対策の一つとして、2015 年 4 月に「フロン排出抑制法」が施行され、2022 年 10 月時点で冷凍空調関連分野の 14 区分の製品を指定製品として、地球温暖化係数（GWP※）の目標値と目標年度を設定し、HFC を含むフロン類の排出量削減を促進している。また、同法においては、我が国におけるフロン対策に関する研究開発の推進が謳われている。

また、2019 年 1 月のキガリ改正発効による HFC の生産量・消費量の削減義務の履行を国内で担保するため、HFC の製造及び輸入を規制する等の措置を講じた「オゾン層保護法」が改正、施行されている。本法では、HFC の生産量・消費量の限度を定めて段階的削減を推進していくとしている。また、法運用において、HFC 削減に寄与する画期的な低 GWP 冷媒の製造等に対するインセンティブの付与や次世代冷媒を活用した機器の開発・導入を促すこととされている。

更に、2020 年 10 月には総理より 2050 年カーボンニュートラルが宣言され、我が国の温室効果ガス排出量を 2050 年までに実質ゼロにすることが求められた。さらに 2021 年 4 月には、2030 年度において、2013 年度比で温室効果ガス 46%削減を目指すこと、さらに 50%の高みに向けて挑戦を続けることが表明された。これらを踏まえ、2021 年 5 月にはパリ協定と共に 2050 年カーボンニュートラルを基本理念とすることを定めた「改正地球温暖化対策推進法」が成立、同 10 月には同理念に基づく「地球温暖化対策計画」及び「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」が閣議決定された。「地球温暖化対策計画」の中で、2030 年度の HFC の排出量については、2013 年度比で 55%削減（従来目標は 32.7%削減）という高い目標が掲げられている。また、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」の中で、HFC の排出抑制対策は喫緊の課題であるとし、2050 年のカーボンニュートラル実現に向けて HFC の排出量の増加傾向を早期に減少に転じさせ、フロ

ン類の段階的な削減を着実に進めるとともに中長期的にはフロン類の廃絶を目指すことが示されている。

こうした状況の中、これまで、冷凍空調分野に対しては「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」事業（2011～2015 年度）において、業務用空調機器分野等を対象として冷媒転換の技術開発を行った。また、「高効率低 GWP 冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発」事業（2016～2017 年度）では、家庭用空調機器を対象として、高効率を実現しつつ低温室効果冷媒及び適用空調機器の基盤要素技術開発を実施した。また、「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発」事業（2018～2022 年度）では、業務用冷凍冷蔵機器及び家庭用空調機器を主とする中小型規模の冷凍空調機器に使用する次世代冷媒の安全性・リスク評価手法を確立する研究開発、並びに次世代冷媒及び次世代冷媒適用技術の開発を実施した。

※GWP:地球温暖化係数（Global Warming Potential）の略。CO_2の温室効果の大きさを基準（1.0）として、同量・同期間における温室効果の大きさを相対比較した値。

③世界の取組状況

キガリ改正においては、新たに HFC の生産量・消費量の段階的削減義務が定められ、先進国及び開発途上国を問わず、HFC の生産量・消費量の削減スケジュールについて対応を迫られている状況にある。

欧州では、2006 年に、HFC、PFC、SF_6、NF_3といったフッ素を含むガスの排出抑制を目的とするいわゆる F-gas 規制※が欧州議会において制定された。さらに、2030 年までに F-gas の漏えいを現状の 2／3 のレベルにまで減らすこと及び環境に優しい冷媒が開発された分野では F-gas を使用する機器の販売を禁止することを目標に、欧州で販売される HFC の年間総量（各冷媒の販売量に GWP を掛けて総和をとった等価 CO_2量）を 2030 年には現状の 1／5 にまで削減することを加えた改正 F-gas 規制が 2014 年に発効した。2022 年現在、更なる規制強化のための見直しが行われている。

※Regulation on Fluorinated Greenhouse gases

米国は従来から州毎の取り組みが進んでいるが、2021 年 1 月の政権交代によりパリ協定に正式復帰しキガリ改正を受入れた。EPA（米国環境保護庁）は、AIM（American Innovation and Manufacturing Leadership）Act に基づき、HFC の製造、輸入の割当、取引プログラム等の規定を発表し、2022 年 1 月以降施行されている。HFC の削減は 2036 年に 85%減としており、これはキガリ改正のスケジュールと同等となっている。また関連企業への開発支援、補助金などの制度を導入し、費用と利益面での検討を実施している。

こうした世界的な HFC 削減意識の高まりの一方で、現在代替候補となっている次世代冷媒は、いずれも従来の HFC 冷媒適用機器と同等の機器性能を維持、あるいはそれ以上の性能とするための技術的ハードルが高く、さらに安全性においても課題（燃焼性、化学的不安定性等）がある事等の理由から、世界的に次世代冷媒適用冷凍空調機器は実用化に至っていない。

④本事業のねらい

キガリ改正の結果、先進国は 2036 年までに HFC の生産及び消費量を GWP 換算値で段階的に 85%削減する目標が示されたが、現在普及している冷媒だけではこの目標を達成するのは困難と考えられる。更に 2050 カーボンニュートラルに向けてはその排出量を実質ゼロにすることが求められている。温室効果ガスの中で排出量が増加傾向にある代替フロンの排出抑制対策は喫緊の課題で

あり、とりわけ代替フロンに代わる次世代冷媒・機器の技術開発と社会実装の加速が急務となっている。

冷凍機器のうち、家庭用冷凍冷蔵庫においては既に適用されている燃焼性の高い冷媒の安全性評価が十分に行われ、低 GWP 冷媒への転換が進んでいるが、業務用小型冷凍冷蔵機器等に対しては、次世代冷媒候補の使用に必要な安全対策の技術開発や安全性・リスク評価手法が確立していないことなどから、依然として HFC 冷媒が使用されている。また、市中冷媒ストック量が多く、大気中への漏えい源としても影響が大きい家庭用・業務用空調機に対する次世代の適切な冷媒候補は未だ開発途上である。

こうした状況をふまえ、本事業では代替冷媒の決まっていない家庭用空調機等を対象に、新たな混合冷媒のスクリーニングから適用技術の開発・評価までを一気通貫で実施し、適用機器設計指針の基盤技術を確立する。また、家庭用・業務用空調機、業務用冷凍冷蔵機器を対象とした次世代低 GWP 冷媒適用機器の普及に必要な要素機器・周辺機器の技術開発により、民間企業による次世代低 GWP 冷媒及び、その適用機器の早期開発・上市を促す。

（２）研究開発の目標

①アウトプット目標

2022 年度までに実施した事業では、低 GWP 性を有する HFO 冷媒の基本的な熱物性値とサイクル性能等のデータ収集により、混合冷媒開発の方向性について見通しを得た。また、HFO 冷媒の欠点である自己分解反応を抑制する手法についても一定の知見が得られている。しかしながら低 GWP、安全性、機器に適用した場合に現行と遜色のないサイクル性能、の全てを具備する冷媒は見つかっていない。

本事業ではこれまでの研究開発の知見を踏まえ、市中冷媒ストック量の多い家庭用空調機を対象とした実装可能な HFO 混合冷媒候補を早期に絞り込むとともに、熱交換器、圧縮機など、HFO 混合冷媒に対応した要素機器の開発に資する基盤技術の開発（伝熱促進技術、圧縮特性の解明等）、および安全性や環境影響の評価を行うモデルや評価手法などの開発を行う。

また、これまでの関連研究開発事業の成果や、前述の家庭用空調機を対象とした冷媒・空調機器要素技術の知見を展開し、業務用冷凍空調機等、HFO 混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器技術開発の加速化を図る。

【中間目標（2025 年度）】

研究開発項目①　「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」

１）　これまでのプロジェクトの知見をベースに、研究効率化のための手法（例えば AI 技術や DX 技術）を取り入れ、低 GWP・安全性・性能を考慮した次世代冷媒としての HFO 混合冷媒候補の絞り込みを行う。この結果得られた有力な混合冷媒について物性等の詳細な評価を累計 15 件以上実施し、基本物性データを整備する。

２）１）で得られた基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐える得るデータを１種類以上取得する。

３）HFO 混合冷媒の伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発（例えば流路形状や構造の最適化）により冷媒に対応する熱交換器の設計指針案を作成する。

４）冷凍機油・冷媒混合物の冷媒溶解・潤滑特性の解明により、HFO 混合冷媒に適した冷凍機油の提案を行う。

５）HFO 混合冷媒の圧縮特性（組成変化が圧縮性能に与える影響）を解明し、対応する圧縮機の設計指針案を作成する。

６）HFO 混合冷媒の安全性や環境影響に関する評価を行うため、HFO 混合冷媒の着火・爆発に関するモデル化、燃焼特性の解明、自己分解反応の評価方法、および LCCP(ライフサイクル温暖化特性）等の評価手法を確立する。

７）１）～６）の研究と並行し、空調サイクル全体として総合的に性能評価が出来る試験装置を製作する。

研究開発項目②「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

これまでの関連研究開発事業の成果や、本事業における家庭用空調機を対象とした冷媒・空調要素技術の知見を展開し、次世代低 GWP 冷媒に対応するとともに現状市販フロン品と同等以上の性能(COP、APF 等※)を実現する要素機器及び周辺機器の技術開発の道筋をつける。

※　COP:成績係数（Coefficient Of Performance）の略。冷暖房器具のエネルギー消費効率を示す係数で、消費電力 1kW に対しての機器の冷却能力、暖房(加熱)能力を表したもの。

APF:通年エネルギー消費効率（Annual Performance Factor）の略。1 年を通して、ある一定条件のもとに空調機を使用した時の消費電力 1kW あたりの冷房・暖房能力を表したもの。

【最終目標（2027 年度）】

研究開発項目①「家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価」

中間評価結果を踏まえ、混合冷媒の燃焼特性の解明、及び実用化可能性の高い HFO 混合冷媒の提案、当該冷媒の物性及び当該冷媒に対応した要素機器の設計指針の確立を図る。

１）中間目標１）に引き続き、物性等の評価を累計 25 件以上実施し、基本物性データを整備する。この評価を基に、HFO 混合冷媒の熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルを開発する。

２）中間目標１）～６）に記した開発成果を、７）で作成した試験機により検証しつつ、各研究開発にフィードバックしながら改善を図ることで、企業の速やかな製品開発に貢献する候補冷媒及び冷凍機油の提案、当該混合冷媒の燃焼特性、自己分解反応機構の解明、ならびに候補冷媒に対応した熱交換器・圧縮機の設計指針を確立する。

３）HFO 混合冷媒の基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐える得るデータを３種類以上取得する。また、安全性・リスク評価手法等について、空調機器の安全性に係る国際規格等３件以上の国際標準の改正の提案に必要となるデータを取得する。（具体的な国際規格、国際標準の例については５.-(1)-②を参照）

研究開発項目②「低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発」

中間目標の成果を元に技術開発を行い、次世代低 GWP 混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器の技術を確立する。

なお、中間目標、最終目標等については、研究開発費の確保状況、研究開発の進捗状況、産業への波及効果等を総合的に勘案し、適宜見直しを行う。

②アウトカム目標

１）本事業による開発成果を踏まえ、安全で低 GWP の次世代冷媒に対応し、かつ年間消費電力量で現行機器と同等以上の省エネを達成する機器の開発に貢献する。その後、次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器が 2030 年頃より上市されることによって、モントリオール議定書キガリ改正における日本の HFC 生産・消費量削減目標（2036 年までに 85%削減）に貢献するとともに、代替フロン分野における 2050 カーボンニュートラル達成に向けた道筋をつける。

２）途上国におけるキガリ改正の削減義務が厳しくなる 2040 年代（2047 年までに 85%削減）に、日本発の技術が普及することによって、途上国の HFC 削減目標達成及び日本企業の世界市場におけるシェア拡大に貢献する。

③アウトカム目標達成に向けての取り組み

本事業では、国内外の企業や市場のニーズ・技術動向・規制規格・特許動向等の各種情報把握とそれらも踏まえたプロジェクトマネジメントの実施、また、アウトプットやアウトカム目標の考え方についてのわかりやすい説明を行うと同時に、アウトカム目標達成に資する取り組みとして、例えば標準化活動を促すために、得られた情報やプロジェクトの成果を必要に応じ国内審議団体へ提供したり、進捗・成果について積極的な広報活動を行うなど、プロジェクト周辺のステークホルダーへの働きかけを試みる。

（３）研究開発の内容

上記目標を達成するために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。

【委託事業】

研究開発項目①　家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発及び評価

上記研究開発項目は、次世代冷媒、及び次世代冷媒に対応する冷凍空調機器要素技術の開発と安全性評価手法の確立を目的としており、我が国の冷凍空調産業界全体にとって高い共通基盤性を有する研究であり、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うことが見込めない「公共財の研究開発」事業として、委託事業を実施する。

【助成事業（助成率：1／2）】

研究開発項目②　低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発

上記研究開発項目は、既に民間企業等が主要な技術やノウハウ等を所有している技術について、ユーザーサイドのニーズをくみ取ることにより開発終了後の事業化計画を明確にして、実用化及び普及化の研究を行う。本開発終了後、数年以内に製品化を想定できるものを対象とする。これらは、助成事業（助成率：1／2）として実施する。

２．研究開発の実施方式

（１）研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下「PMgr」という。）は、事業の成果・効果を最大化させるため、実務責任者として担当事業全体の進行を計画・管理し、事業遂行にかかる業務を統括する。

NEDO は公募により研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や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ものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO はプロジェクトリーダー（以下「PL」という。）、サブプロジェクトリーダー（以下「SPL」という。）を委嘱する。PL は、PMgr の指示の下、プロジェクトに参画する実施者の研究開発を主導する。SPL は、専門的見地から PL を補佐する。

（２）研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、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、PL、SPL 及び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を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。具体的には、年１回以上 PL・SPL 等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受け、必要に応じて、NEDO に設置する技術検討委員会等を開催し、外部有識者の意見を参考として、選択と集中により優秀な技術を短期間に育成するマネジメントを行う（例えば、成果が得られた時点で、標準化事業など次ステップへの転出を奨励する。反面、期間内に成果が見込めないと判断された事業は研究開発途中であっても中止するなど。）

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を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、必要に応じて本プロジェクトにおける委託事業として実施する。

③研究開発テーマの評価

研究開発を効率的に推進するため、研究開発項目①及び②を対象として、ステージゲート方式を適用する。

PMgr は、外部有識者による審査を活用し、2026 年度以降の研究開発テーマの継続是非を 2025 年度に決定する。

（３）その他

本プロジェクトは非連続ナショナルプロジェクトとして取扱う

３．研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、2023 年度から 2027 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、技術的及び政策的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、中間評価を 2025 年度、終了時評価を 2028 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、適宜見直すものとする。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

５．その他重要事項

（１）研究開発成果の取り扱い

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ものとする。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。

②標準化施策等との連携

得られた研究開発の成果については、データベースへのデータの提供、規格・標準の提案等に積極的に活用する※と共に、内容を公開し国内外の基準（標準）形成に資することとする。

※　次世代冷媒の社会実装に必要な国際規格、国際標準としては ISO5149（機器）、ISO817（冷媒物性）、IEC60335-2-40（空調）、IEC60335-2-89（冷凍冷蔵）、ASHRAE34（冷媒物性）、ASHRAE15（機器）が想定される。また、国際データベースでは、NIST（アメリカ国立標準技術研究所）が作成する冷媒熱物性データベースソフトウエア；REFPROP が想定される。

③知的財産権の帰属、管理等取扱い

研究開発委託事業の成果に関わる知的財産権については、「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、すべて委託先に帰属させることとする。なお、基盤技術の研究開発段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

④知財マネジメントに係る運用

本事業は、「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。

⑤データマネジメントに係る運用

本事業は、「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

（２）基本計画の変更

PMgr は、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、実施体制等、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

本事業は、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

本事業の実施を通じて、イノベーションの担い手として重要な若手研究員及び女性研究員の育成等を支援することとする。

本事業は、交付金インセンティブ制度を活用することとする。当該事業における具体的運用等は公募を経て採択された実施者に提示する。

6．基本計画の改訂履歴

（1）2023 年 1 月、制定

（2）2024 年 7 月、部署名の変更に伴う改訂。

●関連する施策や技術戦略

（１）パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（令和 3 年 10 月 22 日閣議決定）
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai48/pdf/senryaku_honbun.pdf

以下、該当部分の抜粋

②代替フロン分野におけるカーボンニュートラルに向けた対策

我が国において、強力な温室効果を有する代替フロン（HFCs）の排出増加の傾向は継続しており、HFCs の排出抑制対策は喫緊の課題である。2050 年のカーボンニュートラル実現に向け、HFCs の排出量の増加傾向を早期に減少に転じさせ、フロン類の段階的な削減を着実に進め、中長期的にはフロン類を廃絶することを目指す。対策の実施に当たっては国民理解が欠かせないことから、国民理解の増進を図る。

その他、PFCs、SF6 及び NF3 については、既に産業界の自主行動計画により極めて高い水準の排出抑制を実現しており、引き続きその水準を維持する。具体的には、以下の対策を柱として着実に取組を推進する。

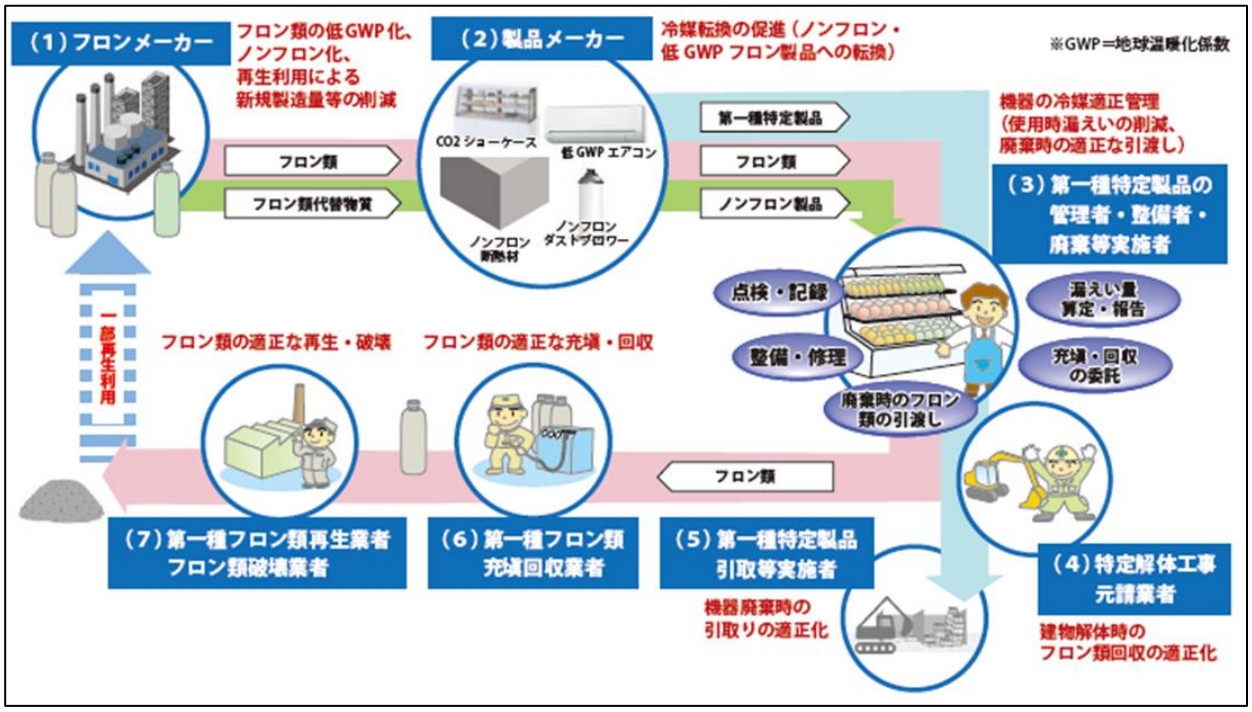
(a)モントリオール議定書キガリ改正の着実な履行

国際枠組みであるモントリオール議定書キガリ改正と、その国内担保法である特定物質等の規制等によるオゾン層の保護に関する法律（昭和 63 年法律第 53号）に基づき、HFCs の生産量・消費量を段階的に削減し、2036 年に基準量比（2011～2013 年の平均値＋HCFCs の基準値の 15％）の 15％まで削減した後、グリーン冷媒機器普及対策と一体的に対応することで、2050 年に向けて更に消費量を削減する。

(b)グリーン冷媒機器普及拡大

自然冷媒機器の主流化をはじめとしたグリーン冷媒機器の普及拡大は、キガリ改正への対応及び冷凍空調機器の耐用年数を踏まえて早期に着手すべき対策であり、供給・需要の両側面から導入を推進する。具体的には、フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律（平成 13 年法律第 64 号。以下「フロン排出抑制法」という。）に基づく指定製品制度等を積極的に運用し、指定製品の対象拡大や目標値の見直しなどにより、市場に適用可能となったグリーン冷媒機器の早期主流化を図る。また、現時点では市場での利用に課題を有する可燃性・微燃性冷媒についてはその性状を踏まえ、対応機器の開発及び普及を促進するとともに、超低 GWP冷媒の開発を支援し、世界のグリーン冷媒機器市場をリードする。

（２）フロン排出抑制法（平成 27 年 4 月施行、令和 2 年 4 月改正法施行）
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/law_furon_outline.html


（1）フロンメーカー
フロン類の低GWP化、
ノンフロン化、
再生利用による
新規製造量等の削減
（2）製品メーカー
冷媒転換の促進（ノンフロン・
低 GWP フロン製品への転換）
※GWP＝地球温暖化係数
機器の冷媒適正管理
（使用時漏えいの削減、
廃棄時の適正な引渡し）
フロン類
フロン類代替物質
CO2 ショーケース
低 GWP エアコン
ノンフロン
断熱材
ノンフロン
ダストブロワー
第一種特定製品
フロン類
ノンフロン製品
（3）第一種特定製品の
管理者・整備者・
廃棄等実施者
点検・記録
漏えい量
算定・報告
整備・修理
充填・回収
の委託
廃棄時のフロン
類の引渡し
一部再生利用
フロン類の適正な再生・破壊
フロン類の適正な充填・回収
フロン類
（7）第一種フロン類再生業者
フロン類破壊業者
（6）第一種フロン類
充填回収業者
（5）第一種特定製品
引取等実施者
機器廃棄時の
引取りの適正化
（4）特定解体工事
元請業者
建物解体時の
フロン類回収の適正化

（３）フロン排出抑制法に基づく指定製品制度

https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/furon_seihin_seizo.html

指定製品制度における現行の対象製品

指定製品の区分		現在使用されている主な冷媒及びＧＷＰ	環境影響度の目標値	目標年度
家庭用エアコンディショナー（壁貫通型等を除く）		R410A(2090) R32(675)	750	2018
店舗・オフィス用エアコンディショナー				
	①床置型等除く、法定冷凍能力３トン未満のもの	R410A(2090) R32(675)	750	2020
	②床置型等除く、法定冷凍能力３トン以上のものであって、③～⑥を除くもの	R410A(2090)	750	2023
	③中央方式エアコンディショナーのうちターボ冷凍機を用いるもの	R134a(1430) R245fa(1030)	100	2025
	④中央方式エアコンディショナーのうち容積圧縮式冷凍機を用いるもの（空調用チリングユニット）	R410A(2090)	750	2027
	⑤ビル用マルチエアコンディショナー（新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限り、冷暖同時運転型や寒冷地用等を除く）	R410A(2090)	750	2025
	⑥ ガスエンジンヒートポンプエアコ ンディショナー（新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限り、冷暖同時運転型や寒冷地用等を除く）	R410A(2090)	750	2027
	⑦ 設備用エアコンディショナー（新設及び冷媒配管一式の更新を伴うものに限り、電算機用、中温用、一体型などの特定用途対応機器などを除く）	R410A(2090)	750	2027
自動車用エアコンディショナー				
	乗用自動車（定員11人以上のものを除く）に搭載されるものに限る	R134a(1430)	150	2023
	トラック（貨物の輸送の用に供するもの）及びバス（乗用定員が11人以上のもの）に搭載されるものに限る	R134a(1430)	150	2029
	コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット（圧縮機の定格出力が 1.5kW 以下のもの等を除く）	R404A(3920) R410A(2090) R407C(1770) CO2(1)	1500	2025
業務用一体型冷凍冷蔵機器（内蔵型小型冷凍冷蔵機器）				
	業務用冷凍冷蔵庫（蒸発器における冷媒の蒸発温度の下限値が-45℃未満のものは除く）	R134a(1430) R404A(3920) R410A(2090) R407C(1770) CO2(1)	150	2029
	ショーケース（圧縮機の定格出力750W以下のものに限る）		150	2029
硬質ポリウレタンフォームを用いた冷蔵機器及び冷凍機器		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2024
硬質ポリウレタンフォームを用いた冷蔵又は冷凍の機能を有する自動販売機		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2024
中央方式冷凍冷蔵機器(有効容積が５万?以上の新設冷凍冷蔵倉庫向けに出荷されるものに限る)		R404A(3920) アンモニア（一桁）	100	2019
住宅用硬質ポリウレタンフォーム用原液		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2020
非住宅用硬質ポリウレタンフォーム用原液		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2024
硬質ポリウレタンフォームを用いた断熱材		HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2024
専ら噴射剤のみを充填した噴霧器（不燃性を要する用途のものを除く）		HFC-134a(1430) HFC-152a(124) CO2(1)、DME(1)	10	2019

●プロジェクト開始時関連資料

（１）研究開発事業に係る事前評価書

https://www.meti.go.jp/policy/tech_evaluation/e00/03/r04/J125.pdf

研究開発事業に係る事前評価書

事　業　名	グリーン冷媒・機器開発事業 「※ＮＥＤＯ事業名：次世代低 GWP 冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」
担当部署	経済産業省製造産業局　化学物質管理課オゾン層保護等推進室 （国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）　環境部
事業期間	2023 年度～2027 年度（5 年間）
概算要求額	2023 年度　600（百万円）
会計区分	□ 一般会計 ／ ☑ エネルギー対策特別会計
実施形態	経産省（交付金）　→　NEDO（委託/補助(1/2)）　→　事業者
類　　型	□ 複数課題プログラム ／ ☑ 研究開発プロジェクト ／ □ 研究資金制度
事業目的	2016 年のモントリオール議定書キガリ改正において、温室効果の高い代替フロン（HFC）が規制対象物質に追加されたことにより、我が国を含む先進国は 2036 年までに HFC を 85%削減することが求められている。また 2050 年のカーボンニュートラルの実現に向け、冷凍・空調機器等由来の GHG（温室効果ガス）抑制も必要である。しかしながらこれらの課題を解決する低 GWP（地球温暖化係数）・安全性・性能を備えた冷媒・機器は実用化されていない。 本事業では、低 GWP 混合冷媒の絞り込みや適用機器要素技術、安全性・環境性等の評価等について開発を行い、早期に低 GWP 混合冷媒及び適用機器の省エネ等の技術実用化に目処をつけることで、上記の社会課題解決に貢献する。
事業内容 (ｱｸﾃｨﾋﾞﾃｨ)	研究開発項目①家庭用空調等に適した低 GWP 混合冷媒の開発および評価 （１）低 GWP 混合冷媒の開発及び熱物性等評価 ・低 GWP・安全性・性能を発揮できるこれまでにない混合冷媒を開発するため、最適な混合冷媒の成分及び組成を早期に絞り込み、当該混合冷媒の熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルを開発すると共に、当該混合冷媒の燃焼特性等を解明する。 （２）低 GWP 混合冷媒に対応した機器の要素技術開発のための評価 ・沸点が異なる混合冷媒の熱交換において、気液界面で発生する伝熱の劣化や気液各相の成分変化に起因する熱交換器性能の低下が生じることを踏まえた、新規流路形状・構造、混合冷媒の熱流動特性等を考慮した革新的な伝熱促進技術を開発するための試験及び評価を行う。 ・組成変化する混合冷媒に対応した冷凍機油及び圧縮機の要素技術の開発に資する冷凍機油/冷媒混合物の冷媒溶解・潤滑特性および混合冷媒の圧縮特性の解明を行う。 ・（１）等により収集した精度の高い熱物性情報・伝熱性能情報を用いた混合冷媒の最適組成探索技術を開発する。 （３）低 GWP 混合冷媒対応空調機器の安全性評価及び全体システム評価手法開発 ・国内外の規制・標準・市場などの動向を踏まえつつ、混合冷媒の着火、爆発等に関するモデル化、LCA（ライフサイクルアセスメント）や LCCP(ライフサイクル温暖化特性）評価

	手法の開発を行い、評価結果を各課題にフィードバックすることで全体システムの最適化及び高度化を図る。 研究開発項目②低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発 ・家庭用/業務用エアコンおよび冷蔵・冷凍ショーケース等について、これまでの関連研究開発事業の成果や、研究開発項目①に基づく冷媒・空調要素技術の知見を展開し、次世代低 GWP 冷媒に対応する要素機器及び周辺機器技術開発の加速化を図る。

研究開発目標（アウトプット目標）の指標		研究開発目標（アウトプット目標）
中間目標 （2025 年度）	評価を実施した冷媒数	15 件（累積）
最終目標 （2027 年度）	・評価を実施した冷媒数 ・冷媒を社会実装するためのデファクトスタンダードとなっている国際規格等への提案及び登録件数	・25 件（累積） ・提案 3 件以上、登録 3 件以上

研究開発成果（アウトプット）の受け手
冷媒メーカー、冷凍空調機器メーカー

アウトカム指標		アウトカム目標
最終目標 （2035 年度）	キガリ改正の最終目標年度に冷媒由来で削減できる温室効果ガスの量（CO2 換算）	556 万 t-CO2（国内）

外部専門家
亀山　秀雄　国立大学法人東京農工大学名誉教授 西村　伸也　公立大学法人大阪市立大学名誉教授 齋川　路之　一般財団法人電力中央研究所エネルギーイノベーション創発センター首席研究員

総合評価コメント	
亀山氏	【肯定的意見】 ・今後 10 年間で 150 兆円の新規投資を目標に掲げる政府の新しい資本主義を具体的に進めるために、このグリーン冷媒・機器開発事業は、過去 15 年に渡り行ってきた研究による世界で日本が強みとする新冷媒製造技術と高性能省エネ空調技術の開発を行うものとなっており、それを活かして、将来のグリーン投資を呼び込める有効な事業である。 【問題点・改善すべき点】 ・経済産業省産業技術環境局が令和 3 年 11 月に出した「我が国の産業技術に関する研究開発 活動の動向－主要指標と調査データ」によれば、「コスト、収益、費用対効果」や「市場ニーズ、技術動向、特許動向」の把握が研究開発中のプロジェクト内で共有されることが事業化を成功に導く上で必要であると述べられている。そのような研究項目が検討されることが必要である。

	・本事業の成果が世界市場で優位性を持つためには、技術のみならず各国の関連規制や国際標準・規格等への対応を行うための環境整備が重要であるが、企業では荷が重すぎる課題であり、その分野での国の支援も継続して行う事が必要である。
西村氏	【肯定的意見】 ・本プロジェクトは、冷媒の使用量 85％削減を定めたキガリ改正の達成や 2050 年カーボンニュートラルを国際公約としている我が国にとって、必須の事業である。プロジェクトでは、2027 年を目処として、低 GWP 冷媒の熱物性・伝熱特性、ならびに燃焼性・毒性等に関する基礎的研究に加えて、社会実装を目的とし、熱交換器や圧縮機などの要素技術開発、また商品化を加速するためのモデル機試作やシミュレーション技術の開発を並行して計画している。加えて、冷凍空調産業の国際競争力強化の観点から、助成事業も計画に組み込んでおり、高く評価できる。 【問題点・改善すべき点】 ・研究開発の成果（アウトプット）からアウトカム達成の道筋に関しては、事業の期間中から、セミナー（国内・国際）等の外部に対する広報・周知活動を企画することが望ましい。標準化には 5 年以上の準備期間が必要と考える。 ・現行プロジェクトで得られた成果や、本プロジェクトにおける達成目標の時期や期待されるアウトカムの数値について、充分な説明が必要である。
齋川氏	【肯定的意見】 ・地球温暖化防止、関連産業の国際競争力の維持・強化の観点から、NEDO（国）が主導して本 PJ を進めるべきである。 ・新冷媒の熱物性や伝熱特性、安全性などの基礎的な知見や開発機の性能評価は必要不可欠であり、産学官の連携が必須である。これまでの実績を踏まえ、NEDO による実施が望ましい。 ・家庭用エアコンを対象に、冷媒の選定から、新冷媒に対応した主要素機器技術の開発、モデル機の性能評価や安全性評価など、必要な課題が網羅されている。開発計画として妥当である。 ・業務用エアコンおよび冷凍冷蔵ショーケースの商品化に向けた技術開発を行う点も評価できる。 ・我が国の主要なメーカーが参画することに期待する。 【問題点・改善すべき点】 ・”GWP＜70“という目標について、これまでの開発状況を踏まえると、相当高い目標である。少なくとも、70 の根拠を示しておくべきである。
問題点・改善すべき点に対する見解・対処方針	
ご指摘を踏まえ、企業や市場のニーズ・技術動向・特許動向等の各種情報把握とそれらも踏まえたプロジェクトマネジメントの実施、また、アウトプットやアウトカム目標の考え方についてのわかりやすい説明を行うと同時に、アウトカム目標達成に資する取り組みとして、例えば、標準化活動を促すための必要なデータ収集をプロジェクト中で行い国内審議団体等と事業者の連携を促したり、また、進捗・成果について積極的な広報活動を行うなど、プロジェクト周辺のステークホルダーへの働きかけを試みます。	

（２）パブリックコメント募集の結果

・パブリックコメント募集期間

２０２２年１２月２７日～２０２３年１月１０日

・パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞

計０件

●各種委員会開催リスト

採択審査委員会		
件名	内容	実施日
2023年度「次世代低GWP冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」採択委員会（助成事業）	提案事業者によるプレゼンテーション及び質疑応答	2023年3月22日
2023年度「次世代低GWP冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」採択委員会（委託事業）	提案事業者によるプレゼンテーション及び質疑応答	2023年3月27日

契約・助成審査委員会		
件名	内容	実施日
「次世代低 GWP 冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」の公募(新規)に係る委託・助成先の選考について	委託・助成先の選考	2023年4月11日

技術委員会		
件名	内容	実施日
令和5年度次世代低GWP冷媒実用化技術委員会	プロジェクト内容説明、各グループ進捗報告	2024年3月11日
令和6年度次世代低GWP冷媒実用化技術委員会	各グループ進捗報告、インセンティブ実施方針説明	2025年1月15日

●特許論文等リスト

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内外国PCT	出願日	状態	名称	発明者	テーマNo.
1	学校法人早稲田大学	特願 2023-110460	国内	2023/07/05	公開	空調機の性能測定方法、空調機の性能測定装置、及び、条件発生器の制御方法	齋藤潔　他	評A-1
2	学校法人早稲田大学	PCT/JP2024/022837	PCT	2024/06/24	公開	空調機の性能測定方法、空調機の性能測定装置、及び、条件発生器の制御方法	齋藤潔　他	評A-1

（PCT:Patent Cooperation Treaty 特許協力条約）

※助成事業の特許は非公開のため未掲載

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月	テーマNo.
1	Uthpala Perera, Kozue Miyane, Naoya Sakoda, Kyaw Thu, Yukihiro Higashi	九州大学	PvT Properties and Thermodynamic Property Correlations for the Low Global Warming Potential Hydrofluoroolefin Refrigerant R-1132a (1,1-Difluoroethene)	Int. J. Thermophysics, 44, #84	有	2023/04/01	冷A-1
2	Naoya Sakoda, Kentaro Kitabatake, Hiroaki Ishimaru, Yukihiro Higashi	九州大学	Vapor-Liquid Equilibrium and PVTx Property Measurements of HFO1123 + CF3I and HFC125 + CF3I	Int. J. Thermophysics, 44, #84	有	2023/12/01	冷A-1
3	Naoya Sakoda, Hiroaki Ishimaru, Yukihiro Higashi	九州大学	Thermodynamic Property Measurements of Binary Refrigerant Blends HFO1123+R290	Int. J. Thermophysics, 44, #84	有	2024/03/01	冷A-1
4	Sannan Salabat Butt, Uthpala A. Perera, Takahiko Miyazaki, Kyaw Thu, Yukihiro Higashi	九州大学	Energy, Exergy and Environmental (3E) Analysis of Low GWP Refrigerants in Cascade Refrigeration System for Low Temperature Applications	Int. J. Refrig., 160, 373-389	有	2024/04/01	冷A-1
5	西橋奏子，狩野祐也，粥川洋平，倉本直樹	産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門	低GWP冷媒の物性評価へ向けた液相域音速測定装置の開発	日本冷凍空調学会論文集, vol.41(4), 377-385	有	2024/12/31	冷A-2
6	Ryo Akasaka, Sho Fukuda, Yukihiro Higashi	九州産業大学、九州大学	Multifluid Mixture Models for the Binary Mixtures of Trifluoroethene (R-1123) with Difluoromethane (R-32), 2,3,3,3-Tetrafluoroprop-1-ene (R-1234yf), and Propane (R-290)	ACS Omega	有	2025/01/28	冷B-1
7	滝澤賢二,五十嵐直治,久保田栄,中西裕子,徳橋和明,近藤重雄	産業技術総合研究所機能化学研究部門	CO2/プロパン混合系の燃焼特性評価	日本冷凍空調学会論文集 41(4)	有	2024/12/01	冷C-1
8	苗宇峰，小川康太，福田翔，近藤智恵子，赤坂亮	長崎大学，九州産業大学	HFO-1123 を含む二成分混合冷媒のヒートポンプサイクル性能評価および熱交換方式の影響	日本冷凍空調学会論文集, Vol.41, No.4 (2024), pp. 299-307	有	2024/12/01	冷D-2
9	Navin Rajapriya Inbaraj，河尻耕太郎	株式会社エイゾス	Deep Learning for GWP Prediction: A Framework Using PCA, Quantile Transformation, and Ensemble Modeling	arXiv, Machine Learning (cs.LG)	無	2024/12/01	冷E-1
10	Tran Xuan Duc, Atiqur R. Tuhin, Monjur Morshed, Ryuga Hirata, Akio Miyara	佐賀大学	Measurement and Prediction Evaluation of Viscosity of Low GWP Mixtures R454B and R454C	日本冷凍空調学会論文集, in press (J-stageにて早期公開)	有	in press	機A-1
11	有賀弘晟, Wannarat Rakpakdee, 福田充宏, 本澤政明	静岡大学	非共沸混合冷媒のPOE油に対する溶解組成	日本冷凍空調学会論文集, in press (J-stageにて早期公開)	有	in press	機C-1
12	宮岡　洋一	早稲田大学	エミュレーター式負荷試験装置による業務用空調機のラウンドロビンテスト－第１報：冷房試験の結果－	doi: 10.11322/tjsrae.23-21_OA	有	2024/02/15	評A-1
13	ジャンネッティ ニコロ	電気通信大学	Feed-Forward Compensation for Emulator-type Testing Facilities	doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2024.07.023	有	Nov. 2024	評A-1
14	ジャンネッティ ニコロ	電気通信大学	Thermodynamic optimization of heat exchanger circuitry via genetic programming	doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123623	有	Sep. 2024	評A-1
15	ジャンネッティ ニコロ	早稲田大学	Reproducibility assessment of an emulator-type load-based testing methodology	doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2023.12.032	有	Mar. 2024	評A-1
16	Kim CheolHwan	早稲田大学	Systematic development of multilayer-perceptron-based void fraction model	doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.108563	有	Mar. 2025	評A-1
17	Kim CheolHwan	早稲田大学	EXPERIMENTAL AND THEORETICAL CHARACTERIZATION OF TWO-PHASE FLOW DISTRIBUTION IN UNBALANCED FLOW NETWORKS	10.1615/JENHHEATTRANSF.2024051524	有	Mar. 2024	評A-1
18	ジャンネッティ ニコロ	早稲田大学	Circuitry optimization using genetic programming for the advancement of next generation refrigerants	doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124648	有	Dec. 2023	評A-2
19	金城　富宏	電気通信大学	Prediction of boiling heat transfer coefficient for micro-fin using mini-channel	doi.org/10.3390/app14156777	有	2024/08/01	評A-2

【外部発表】

(a)学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月	テーマNo.
1	Yukihiro Higashi, Naoya Sakoda	九州大学	PVT Properties, Saturated Densities, and Critical Parameters of trans-1,2-Difluoroethene (R1132(E)) + 2,3,3,3-Tetrafluoroprop-1-ene (R1234yf)	The 26th International Congress of Refrigeration (ICR2023)	2023/08/23	冷A-1
2	Hiroaki Ishimaru, Kentaro Kitabatake, Naoya Sakoda, Yukihiro Higashi	九州大学	Vapor-Liquid Equilibrium of Binary Refrigerant Blends of R1132(E) + R1234yf and R1132(E) + R32	The 26th International Congress of Refrigeration (ICR2023)	2023/08/22	冷A-1
3	迫田 直也, 石丸 寛明, 東 之弘	九州大学	2成分系混合冷媒HFO1123 + R290の気液平衡測定	日本冷凍空調学会2023年度年次大会	2023/09/07	冷A-1
4	東 之弘, 迫田 直也, 宮本 泰行, 田中 勝之, 近藤 智恵子, 狩野 祐也, 赤坂 亮, 宮良 明男, 仮屋 圭史	九州大学	次世代低GWP冷媒の熱物性計測 (NEDO プロジェクトの成果)	日本冷凍空調学会2023年度年次大会	2023/09/07	冷A-1
5	Naoya. Sakoda, Hiroaki Ishimaru, Yukihiro Higashi	九州大学	Thermodynamic Property Measurements of Binary Refrigerant Blends HFO1123 + R290	The 22nd European Conference of Thermophysical Properties	2023/09/22	冷A-1
6	東 之弘	九州大学	低GWPの HFO系混合冷媒の熱物性	2023年度化学工学会第54回秋季大会	2023/09/13	冷A-1
7	東 之弘	九州大学	R454CおよびR454AのPvTx性質の測定：REFPROP 10.0における混合パラメータの重要性	日本冷凍空調学会2024年度年次大会	2024/09/04	冷A-1
8	東 之弘, 迫田 直也, Kyaw Thu, 宮根こず恵, 高田保之	九州大学	低GWP混合冷媒HFO1123+R1234yfおよびR1132(E)+R1234yf の熱力学性質の測定	日本冷凍空調学会2024年度年次大会	2024/09/06	冷A-1
9	藤井直亮, 迫田直也, 高田保之, 東 之弘	九州大学	R32+R1234yf混合冷媒の実測値に基づく３次型および多項式型状態方程式の評価	第４５回日本熱物性シンポジウム講演論文集	2024/10/28	冷A-1
10	粥川洋平, 狩野祐也, 西橋奏子, 倉本直樹	産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門	低GWP冷媒純物質/混合物に関する音速およびPVT性質の測定	環境と新冷媒国際シンポジウム2023	2023/11/17	冷A-2
11	Kanako Nishihashi, Yuya Kano, Naoki Kuramoto	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)	Speed of sound measurements for trifluoroiodomethane (R-13I1) and cis-1,1,1,4,4,4hexafluoro-2-butene (R-1336mzz(Z)) in the liquid phase	22nd European Conference on Thermophysical Properties (ECTP2023)	2023/09/13	冷A-2
12	Yohei Kayukawa	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)	Dew-Point/Bubble-Point Measurements for HFC/HFO Refrigerant Mixtures	22nd Symposium on Thermophysical Properties	2024/06/28	冷A-2
13	西橋奏子, 狩野祐也, 倉本直樹	産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門	低GWP冷媒R1132(E)の音速測定	2024 年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	冷A-2
14	狩野祐也, 西橋奏子, 粥川洋平, 倉本直樹	産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門	次世代冷媒R1132(E)の気相域における音速・誘電率測定	2024年度計量標準総合センター成果発表会	2025/01/17	冷A-2
15	西橋奏子, 狩野祐也, 粥川洋平, 倉本直樹	産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門	次世代冷媒の液相域音速測定装置の開発	2024年度計量標準総合センター成果発表会	2025/01/17	冷A-2
16	Ryo Akasaka	九州産業大学	A Thermodynamic Property Model for R1234yf and Propane Mixtures	The 26th International Congress of Refrigeration (ICR2023)	2023/08/22	冷B-1
17	滝澤賢二	産業技術総合研究所機能化学研究部門	次世代冷媒の安全性・リスク評価	日本冷凍空調学会2023年度近畿地区シンポジウム	2023/10/20	冷C-1
18	滝澤賢二	産業技術総合研究所機能化学研究部門	冷凍空調用冷媒をめぐる最近の状況と展望	HVAC&R JAPAN 2024	2024/01/31	冷C-1
19	苗宇峰, 森啓太, 小川康太, 福田翔, 森崎弘大郎, 赤坂亮, 近藤智恵子	長崎大学, 九州産業大学	HFO-1123を含む混合冷媒のヒートポンプサイクル性能評価および物性計算精度の影響	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/04	冷D-1
20	Navin Rajapriya Inbaraj, 河尻耕太郎	株式会社エイゾス	Multi-Sigma — An Easy-to-Use AI Analysis Platform for Prediction and Optimization	2024 MRS Fall Meeting & Exhibit	2024/12/01	冷E-1
21	Duc TRAN XUAN, SILVIA, Tuhin ATIQUR RAHMAN, Akio MIYARA	佐賀大学	Viscosity measurements of binary mixtures R-454B and R-454C at low temperature condition	8th IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain (ICCC2024)	2024/06/11	機A-1
22	Monjur Morshed, Atiqur R. Tuhin, Akio Miyara	佐賀大学	Viscosity Measurements of Binary Mixtures of Difluoromethane (R32) and 2,3,3,3-Tetrafluoropropane (R1234yf) Refrigerants and Their Empirical Models	22nd Symposium on Thermophysical Properties	2024/06/24	機A-1
23	宮良明男, Monjur MORSHED, Atiqur R. TUHIN, Tran Xuan DUC, 平田竜雅, 小川竜飛	佐賀大学	低GWP冷媒の粘度および熱伝導率の測定と予測モデル開発	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	機A-1
24	Monjur MORSHED, Akio MIYARA	佐賀大学	Method for Calculating Viscosity Binary Interaction Parameters in Extended Corresponding States Viscosity Models for Mixture	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/04	機A-1
25	Atiqur Rahman TUHIN, Ryuga HIRATRA, Tran Xuan DUC, Ryuhi OGAWA, Akio MIYARA	佐賀大学	Measurements of Viscosity and Thermal Conductivity of R1132(E)	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/04	機A-1
26	Akio MIYARA	佐賀大学	Development of Refrigeration and Air-Conditioning Technologies for Use of Next-Generation Refrigerants	2nd International Conference on Energy, Manufacture, Advanced Material, and Mechatronics	2024/11/09	機A-1
27	沼田夏実, 西崎綾美, 野上大河, 地下大輔, 井上順広	東京海洋大学	放電加工面を有する並列マイクロチャンネルにおけるR454Cの沸騰熱伝達特性に関する実験	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	機A-2

28	Shota Akai, Kota Nakagawa, Katsumi Sugimoto, Hitoshi Asano	神戸大学	Effect of Thermophysical Properties on Wall Superheat at Onset of Nucleate Boiling	2024 Herrick Conference in Refrigeration and Air Conditioning	2024/07/15	機B-1
29	赤井彰太，杉本勝美，浅野等	神戸大学	非共沸混合冷媒の沸騰開始過熱度の評価	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	機B-1
30	有賀弘晟，ラックパックディワナラット，福田充宏，本澤政明	静岡大学	非共沸混合冷媒のPOE油に対する溶解組成の測定	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/05	機C-1
31	Wannarat Rakpakdee, Mitsuhiro Fukuta, Masaaki Motozawa	静岡大学	Mixing Behaviors of Refrigeration Oil and Zeotropic Refrigerant	34th International Symposium on Transport Phenomena (ISTP34)	2024/11/12	機C-1
32	今村友彦，高木雅翔，平野凌成，末松潤一	公立諏訪東京理科大学	次世代冷媒のリスク評価に資するアーク放電エネルギーの定量化	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	安B-1
33	岡本秀一，張之華，伊藤誠，飛原英治	AGC株式会社	次世代冷媒のリスク評価試験方法の開発と空調機器での実検証	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	安A-2
34	後藤智行，吉村崇，臼井隆，山田康夫	ダイキン工業株式会社	R-1132(E) 混合冷媒の開発および安全性評価	2024年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09/06	安A-3
35	伊藤誠，東朋寛，橋本克巳	電力中央研究所	ヒートポンプ用冷媒安定性試験法確立に向けたアーク電圧評価	令和7年電気学会全国大会	2025/03/18	安A-1
36	宮岡　洋一	早稲田大学	Development of a Refrigerant Evaluation Tool for Air Conditioners	14th IEA Heat Pump Conference	2023/05/16	評A-1
37	鄭 宗秀	早稲田大学	地域別稼働条件によるヒートポンプ給湯機の LCCP 評価	第33回環境工学総合シンポジウム2023	2023/07/25	評A-1
38	キム チョルファン	早稲田大学	Circuitry optimization and parametric study on fin-tube evaporators for maximizing COP	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/07	評A-1
39	ジャンネッティ ニコロ	早稲田大学	遺伝的冷媒流路生成アルゴリズムを用いた熱交換器の最適化に関する研究　最適化結果の熱力学的な検討	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/07	評A-1
40	宮岡　洋一	早稲田大学	低 GWP 冷媒を採用した次世代冷凍空調技術の実用化評価に関する研究開発　第６報：機器性能評価手法に関する取り組みと成果	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/07	評A-1
41	水野　亜杜	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」によるラウンドロビンテスト第1報：冷房試験と暖房試験の結果	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/07	評A-1
42	宮岡　洋一	早稲田大学	LCCP シミュレーターの開発とその活用	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/08	評A-1
43	金　武重	早稲田大学	ボイド率予測のための平滑管およびマクロ管の流動様式を考慮したドリフトフラックスモデルの開発	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09/08	評A-1
44	宮岡　洋一	早稲田大学	空調負荷シミュレーターを搭載した空調機の性能評価装置の開発第２報：空調機の実運転性能評価	令和 5 年度空気調和・衛生工学会大会	2023/09/07	評A-1
45	ジャンネッティ ニコロ	早稲田大学	遺伝的冷媒経路アルゴリズムを用いた熱交換器回路の最適化に関する研究	環境と新冷媒 国際シンポジウム2023	2023/11/16	評A-1
46	ジャンネッティ ニコロ	早稲田大学	エミュレーター式負荷試験装置によるエアコンディショナーの動的試験	環境と新冷媒 国際シンポジウム2023	2023/11/17	評A-1
47	田原　大暉	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」を用いたパッケージエアコンの年間性能評価	第 57 回空気調和・冷凍連合講演会	2024/04/18	評A-1
48	宮岡　洋一	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」による空調機の性能試験と今後の展望	第 57 回空気調和・冷凍連合講演会	2024/04/18	評A-1
49	宮岡　洋一	早稲田大学	Development of “emulator-type load-based testing methodology	ACRA2024	2024/04/24	評A-1
50	宮岡　洋一	早稲田大学	Performance Evaluation of Low-GWP Refrigerants for Refrigerated Display Cabinet	8th IIR International Conference on Sustainainability and the Cold Chain	2024/06/10	評A-1
51	宮岡　洋一	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」による業務用空調機の CD 値の実測評価	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09/04	評A-1
52	中野 颯士	電気通信大学	円形流路内垂直沸騰流の実験的評価および深層学習による沸騰熱伝達率の予測	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09/05	評A-2
53	ジャンネッティ ニコロ	電気通信大学	Manufacturability constraints for evolutionary optimization of heat exchanger circuitry using genetic programming	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09/05	評A-1
54	ジャンネッティ ニコロ	電気通信大学	Development of Feed-Forward Compensation for Emulator-Type Testing Facilities	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09/07	評A-1
55	宮岡　洋一	早稲田大学	「エミュレーター式負荷試験装置」による空調機の性能評価第２報：地球温暖化によるパッケージエアコンの年間性能への影響評価	令和 6 年度空気調和・衛生工学会大会	2024/09/12	評A-1
56	宮岡　洋一	早稲田大学	Development and implementation of “emulator-type load-based testing methodology”	12th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL’24)	2024/10/08	評A-1
57	キム チョルファン	早稲田大学	Analysis and Validation of Genetic Programming for Circuitry Optimization	2025 ASHRAE WINTER CONFERENCE	2025/2（予定	評A-1

(b) 受賞実績

番号	受賞者	所属	受賞タイトル	主催者	受賞年月	テーマNo.
1	西橋奏子	産業技術総合研究所　工学計測標準研究部門	日本冷凍空調学会賞・優秀講演賞	日本冷凍空調学会	2024/12/26	冷A-2

(c) 新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月	テーマNo.
1	九州大学	冷凍空調用冷媒をめぐる最近の状況と展望	高圧ガス，Vol.60, No. 8	2023/08/01	冷A-1
2	産業技術総合研究所機能化学研究部門	冷凍空調用冷媒をめぐる最近の状況と展望	月刊「建築設備と配管工事」,p.21-29	2024/10/05	冷C-1
3	日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社	多面的な施策進む先進工場　日立ジョンソンコントロールズ空調清水事業所	空調タイムス第3018号P8	2024/07/10	

(d) 展示会への出展

番号	所属	タイトル	展示会名	発表年月	テーマNo.
1	日立ジョンソンコントロールズ空調株式会	日立コンデンシングユニット次世代冷媒	HVAC&R JAPAN 2024	2024/01/30	

(e) TVその他メディア

番号	発表者	所属	タイトル	媒体、TV番組名など	発表年月	テーマNo.
1	東 之弘	九州大学	次世代冷媒の基本特性評価	令和５年度日本冷凍空調学会近畿地区シンポジウム	2023/10/20	冷A-1
2	東 之弘	九州大学	地球温暖化対策のためのカーボンニュートラル	信州大学工学部環境委員会第２８回市民公開講座	2023/10/23	冷A-1

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。

「次世代低GWP冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」（中間評価）

2023年度～2027年度　5年間

プロジェクトの説明（公開版）

2025年6月10日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

サーキュラーエコノミー部

継続

次世代低GWP冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発

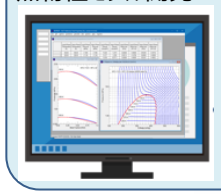
サーキュラーエコノミー部　ＰＭｇｒ：森智和チーム長
関連する技術戦略：地球環境対策(フロン)分野(2021)
プロジェクト類型：標準的研究開発

事業の概要

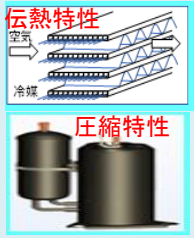
・代替冷媒候補のない家庭用空調機等を対象に、新たな混合冷媒のスクリーニングから適用機器要素技術の開発までを委託事業で一気通貫で実施する。（研究開発項目①）
・得られた成果・知見を展開し、家庭用／業務用空調機、業務用冷凍冷蔵機の要素機器・周辺機器開発を助成事業で行う。（研究開発項目②）

研究開発項目①（委託事業）

冷媒絞り込み・評価
燃焼特性
熱物性モデル開発



要素技術開発



安全リスク評価



研究開発項目②（助成事業）

【家庭用・業務用空調機】

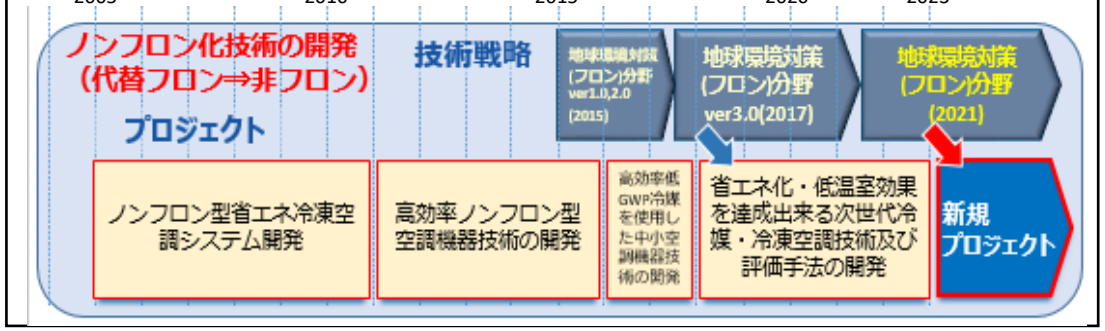


【業務用冷凍冷蔵機】



既存プロジェクトとの関係

・オゾン層保護から温暖化対策への政策目的等の変化にも対応しつつ、2005年以降ノンフロン化技術開発を継続的に実施。
・代替冷媒として有効だが、普及が課題である業務用冷凍冷蔵機等に適用する自然冷媒の導入支援事業については環境省で実施。



想定する出口イメージ等

アウトプット目標	研究開発項目①「家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価」 １）物性や燃焼特性等の評価を累計25件以上実施し、基本物性データを整備する。この評価を基に、HFO混合冷媒の熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルを開発する。併せて、当該混合冷媒の燃焼特性を解明する。 ２）企業の速やかな製品開発に貢献する候補冷媒及び冷凍機油の提案、ならびに候補冷媒に対応した熱交換器・圧縮機の設計指針を確立する。 ３）HFO混合冷媒の基本物性データについて、国際データベース等への登録申請に耐える得るデータを３種類以上取得する。また、安全性・リスク評価手法等について、空調機器の安全性に係る国際規格等３件以上の国際標準の改正の提案に必要となるデータを取得する 研究開発項目②「低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発 次世代低GWP混合冷媒に対応する要素機器及び周辺機器の技術を確立する。
アウトカム目標	本事業による成果を通じて次世代冷媒及び次世代冷媒適用冷凍空調機器の実装を加速することで、モントリオール議定書キガリ改正における日本のHFC生産・消費量削減目標（2036年までに85%削減）に貢献するとともに、代替フロン分野における2050カーボンニュートラル達成に向けた道筋をつける。
アウトカム目標達成に向けての取組	国内外の企業や市場のニーズ・技術動向・規制規格・特許動向等の各種情報把握とそれらも踏まえたプロジェクトマネジメントの実施、また、アウトプットやアウトカム目標の考え方についての」わかりやすい説明を行うと同時に、アウトカム目標達成に資する取り組みとして、例えば標準化活動を促すために、得られた情報やプロジェクトの成果を必要に応じ国内審議団体へ提供したり、進捗・成果について積極的な広報活動を行うなど、プロジェクト周辺のステークホルダーへの働きかけを試みる。

事業計画

期間：２０２３～２０２７年度（５年間）
総事業費（ＮＥＤＯ負担分）
：３8億円（予定）（委託／1/2助成　等）
２０２３年度政府予算額：５億円（需給）
２０２４年度政府予算額：５億円（需給）
２０２５年度政府予算額：５億円（需給）

＜研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模＞

	2023	2024	2025	2026	2027	2028
研究開発項目①	→	→	→	→	→	
研究開発項目②	→	→	→	→	→	
評価時期			中間評価			終了時評価
予算　（億円）	5.0	5.0	5.0			

報告内容

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1)本事業の位置づけ・意義
(2)アウトカム達成までの道筋
(3)知的財産・標準化戦略

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

3．マネジメント

(1)実施体制
(2)受益者負担の考え方
(3)研究開発計画

ページ構成

- 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
- 事業の位置づけ・ターゲット
- 本事業の概要
- 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

- 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み
- 費用対効果
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット（中間）目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義と副次的成果、波及効果等
- 特許・論文数

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 研究データの管理・利活用
- 予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：進捗管理：外部委員意見への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み

＜評価項目１＞意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

（１）本事業の位置づけ・意義
（２）アウトカム達成までの道筋
（３）知的財産・標準化戦略

報告内容

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1)本事業の位置づけ・意義
(2)アウトカム達成までの道筋
(3)知的財産・標準化戦略

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

3．マネジメント

(1)実施体制
(2)受益者負担の考え方
(3)研究開発計画

ページ構成

- 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
- 事業の位置づけ・ターゲット
- 本事業の概要
- 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

事業の背景・目的・将来像

～特定フロンと代替フロン等4ガスについて～

- 冷凍空調機器の冷媒等に使用されてきた特定フロンはオゾン層破壊物質としてモントリオール議定書の規制対象になり、オゾン層を破壊しない代替フロン等４ガスへの転換が進んでいる。
- 一方で、代替フロン等４ガスは**温室効果が大きい点が問題**となっている。

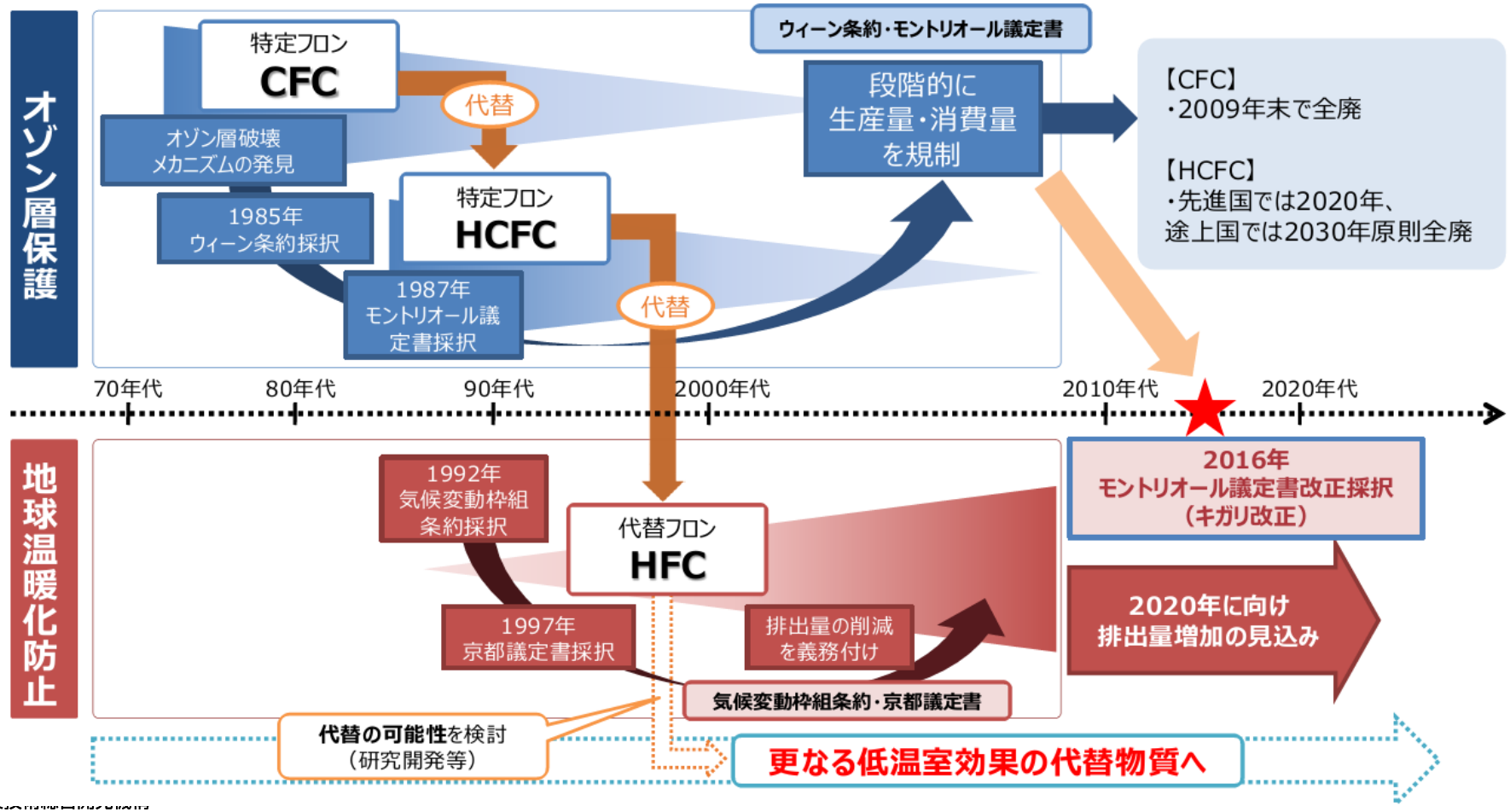
総称	特定フロン		代替フロン等4ガス			
			代替フロン等3ガス			ー
種類	CFC（クロロフルオロカーボン）	HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）	HFC（代替フロン）（ハイドロフルオロカーボン）	PFC（パーフルオロカーボン）	SF_6（六フッ化硫黄）	NF_3（三フッ化窒素）
国際規制	モントリオール議定書 対象物質（生産・輸入規制） 京都議定書対象外		京都議定書・パリ協定対象物質（NF_3は2013年より）			
オゾン層破壊効果	大きい	比較的小さい	まったくオゾン層を破壊しない			
温室効果（GWP※1）	極めて大きい（約10,000）	大きい（数百～約2,000）	大きい（数百～約4,000）※2	極めて大きい（約6,000～9,000）	極めて大きい（約23,900）	極めて大きい（約17,200）
主な用途	・冷凍空調機器の冷媒 ・洗浄剤、溶剤等 （95年以降全廃済み）	・冷凍空調機器の冷媒 ・洗浄剤、溶剤等 （2020年全廃予定）	・冷凍空調機器の冷媒 ・断熱材の発泡剤等	・半導体、液晶製造 ・洗浄剤、溶剤	・電気絶縁機器 ・半導体、液晶製造 ・マグネシウム製造	・半導体、液晶製造等

※１ GWP：地球温暖化係数（CO_2の何倍の温室効果を有するか表す値）　※２ 主な冷媒種としての値

事業の背景・目的・将来像

～フロン類を巡る規制と対策の流れ～

■ フロン類は時代の流れと共にオゾン層保護、地球温暖化防止等複数の観点から規制・代替物質への切り替えが進んでおり、今後更なる低GWP化が求められている。

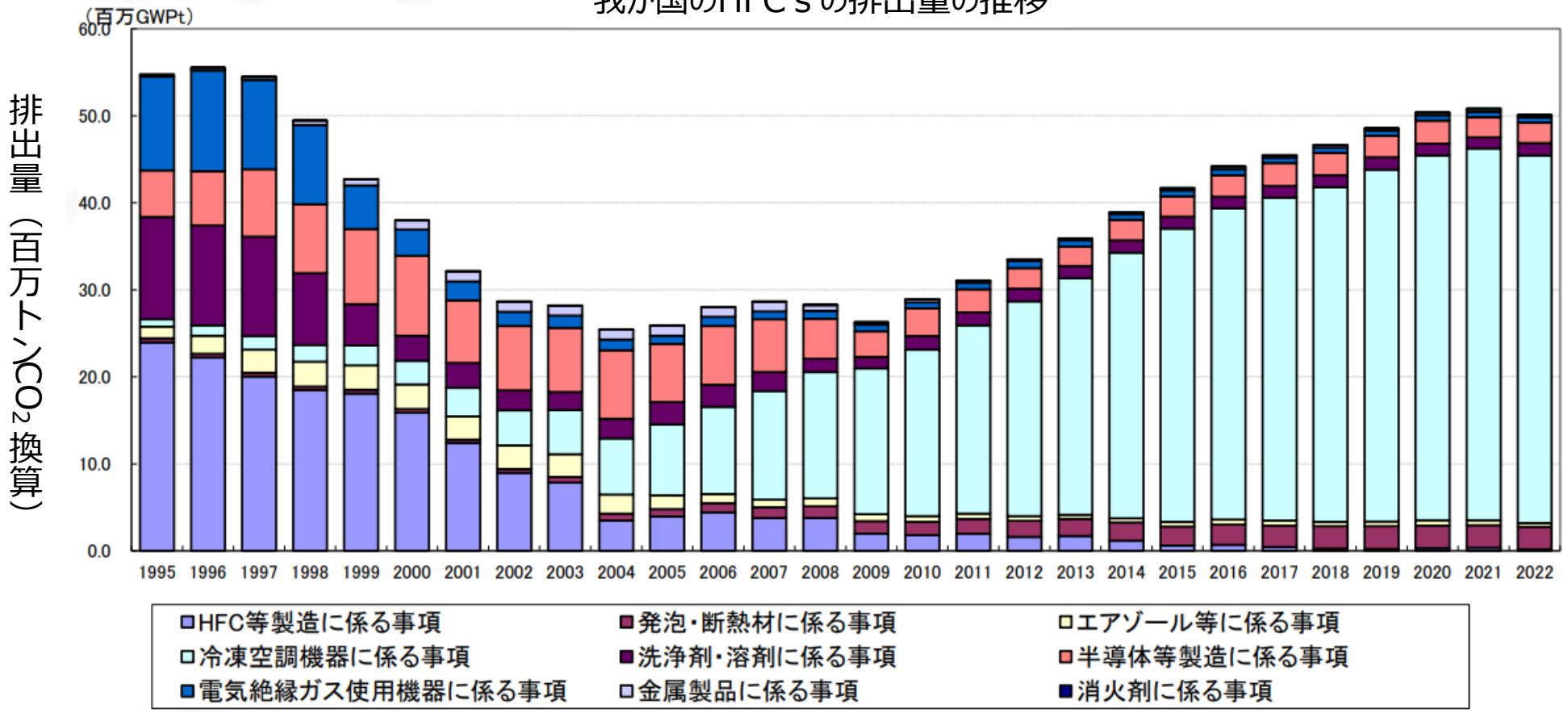


事業の背景・目的・将来像

～冷凍空調分野におけるHFC（代替フロン）の排出量推移～

■ HFCの排出源として、冷媒転換に伴って冷凍空調機器用途が増加しており、HFC排出量全体の約9割を占める。

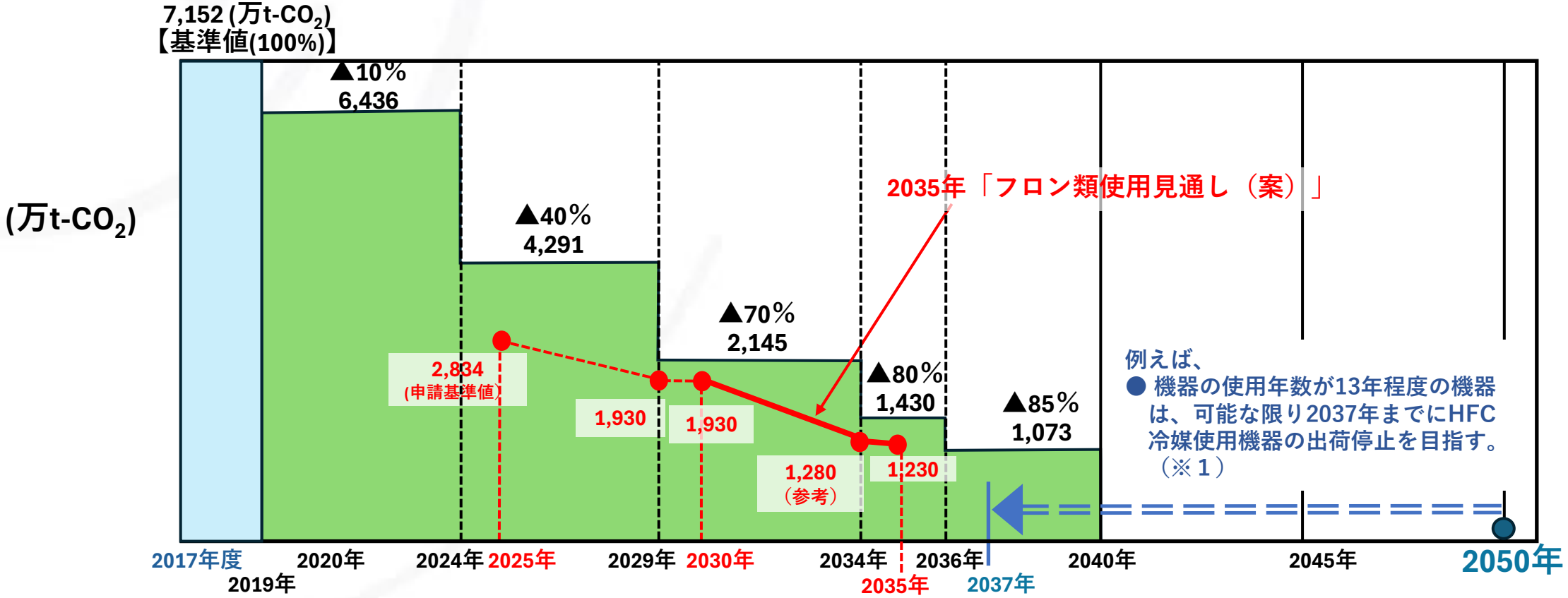
我が国のHFCｓの排出量の推移



出典：経済産業省「フロン政策における最近の動向と今後の展開について（NITE講座2024 資料）」より

政策・施策における位置づけ

- モントリオール議定書キガリ改正に基づき、2034年及び36年までにHFC(代替フロン)の使用をそれぞれ80%及び85%以上削減することが求められ、また、2050年のCN実現に備え、冷凍・空調機器等由来のGHG抑制も必要。
- 2035年 産構審「フロン類使用見通し」(案)では、本プロジェクトで開発中のグリーン冷媒への代替が進むことを見込む。



出典：第1回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 化学物質政策小委員会 フロン類対策ワーキンググループ(2025年3月25日)開催資料を基に作成・加筆。
※１　平成25年改正フロン排出抑制法の施行状況の評価・検討に関する報告書（産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ 中央環境審議会地球環境部会フロン類等対策小委員会 第12回 合同会議(2022年３月28日)開催資料より。

外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

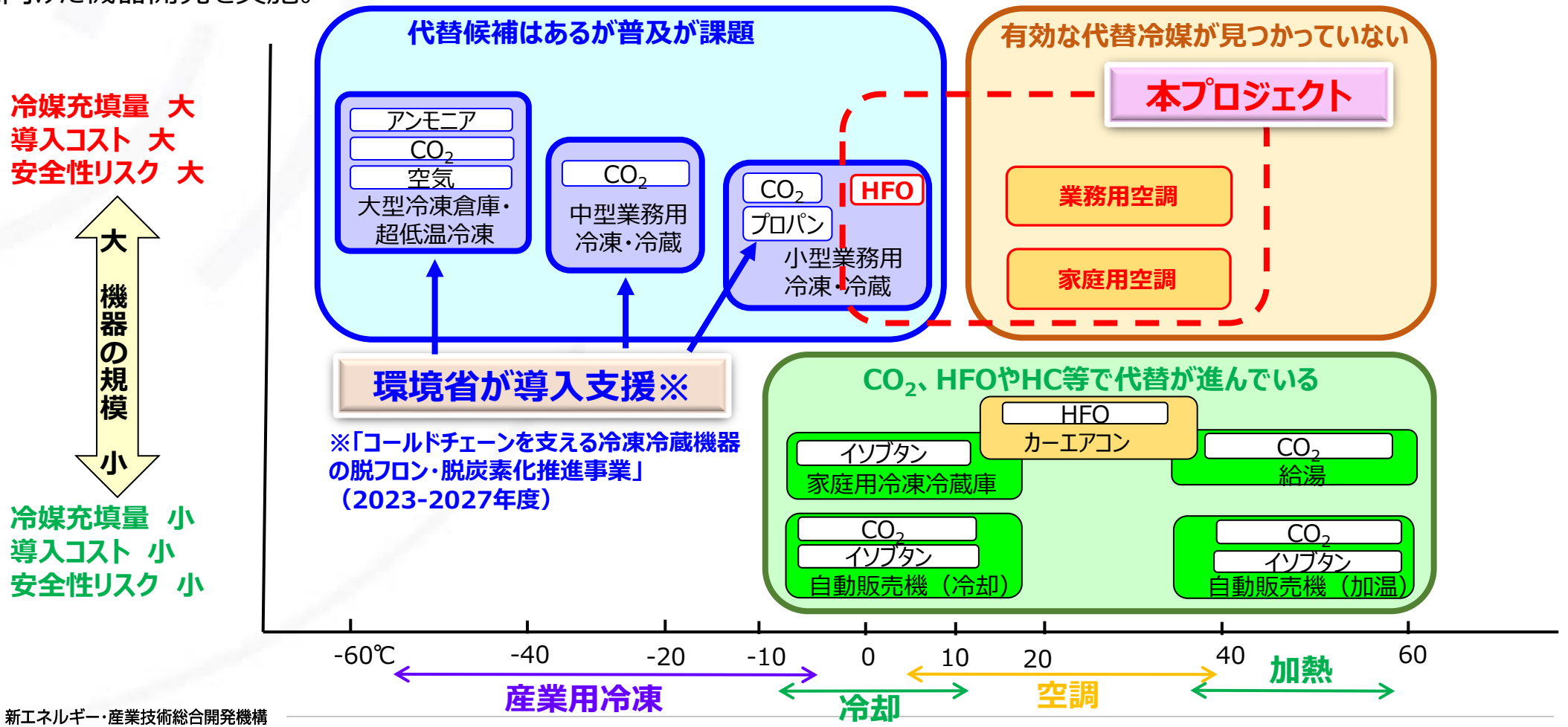
■ 世界的にキガリ改正の受諾が進んでいる。米国・日本・中国では次期冷媒としてHFO冷媒開発を進めている。冷媒輸入比率の高い欧州では規制措置が先行しており、改正Fガス規制の発効やPFAS規制の検討等各国ともにその動向を注視しているものと思われる。

	動　向
米国	・2022年キガリ改正受入表明。HFCの削減計画はAIM法に基づき行われており、キガリ改正の削減スケジュールに沿ったものとなっている。 ・燃焼性冷媒の評価を諸機関で実施中。 ・冷媒メーカー(Honeywell、Chemours等)のイニシアチブのもと、HFO系冷媒を選択肢として関連規格との対応を含め種々提案されている。 ・2025年１月トランプ大統領がパリ協定からの離脱を表明。
欧州	・2024年3月欧州Fガス改正規制（2050 年までにHFC（含むHFO）の使用が段階的に廃止）が発効し、製品・機器別にGWP値等の制限のある上市禁止日が定められた。 ・人体及び環境への影響への観点からPFASの規制検討が行われており（PFAS 規制 / REACH 規制）、一部フッ素系冷媒も対象とされている。 ・冷媒は輸入が多く、機器も日米系のメーカーが主導とみられ、技術開発より規制措置が先行している模様。
中国	・キガリ改正を2021年6月に批准。2024年より段階的削減が実施される。 ・中国政府の主導により家庭用RAC の代替冷媒としてR290 を推進しており、その動向が注目されている。 ・特許出願からみた冷媒動向では、機器メーカーに加え学術機関からの出願が多い。冷媒別では自然冷媒系が多く、近年ではHFO 系が増加傾向。
途上国	・HCFC であるR22 の使用割合がいまだ高い。 ・モントリオール議定書実施のための基金による支援等を受けつつ、議定書の削減スケジュールに則った対策が進められている。キガリ改正を受け、HFCを対象とする活動も開始されている。
日本	・キガリ改正を受けて、2019年1月にHFCの製造及び輸入を規制する等の措置を講じた、オゾン層保護法が施工され、HFCの生産量・消費量の限度を定めて段階的削減を進めている。 ・2020年に総理より2050年カーボンニュートラルが宣言され、我が国の温室効果ガス排出量を2050年までに実質ゼロにすることが求められる。 ・2022年に対象製品とGWP目標値、目標年度を定めた改正フロン法（指定製品制度）が施行され、以降順次見直しが行われている。 ・冷媒メーカー(ダイキン、AGC)によるHFO系冷媒開発が進んでいる。

次世代冷媒に関する調査委員会（日本冷凍空調学会）ファイナルレポート等を元に作成

他事業との関係

- 環境省では、冷凍冷蔵倉庫、食品製造工場並びに食品小売店舗におけるショーケースその他の脱炭素型自然冷媒機器の導入支援を実施。
- 本PJでは代替となる低GWP冷媒候補の検討が続いている、家庭用エアコン及び小型業務用冷凍冷蔵庫分野で、低GWP冷媒の技術開発と実用化に向けた機器開発を実施。



事業の位置づけ・ターゲット

■ 低GWP冷媒への転換

・低GWP冷媒の多くは、HFC冷媒に比べて性能や安全性に課題がある。

	HFC冷媒	低GWP冷媒
物質	・HFC ・HFC同士の混合	・HFO ※ ・HFOを含む複数物質の混合 ・CO_2、NH_3、HC（炭化水素）等
GWP	高い傾向 ※※ （数百から～数千）	低い傾向 ※※ （～数百）
性能	低GWP冷媒に比べて 効率が良い傾向	HFC冷媒に対し 効率が悪い傾向
燃焼性	不燃性～微燃性	微燃性～強燃性

低GWP冷媒を使用して、従来機器(HFC冷媒使用)と同等性能を維持するためには、機械側での工夫(機器開発)、性能を維持できる新冷媒の開発(冷媒開発)がある

燃焼性等安全性に懸念のある物質を冷媒として用いるには、リスクの存在や大きさ、必要な安全対策を明らかにする必要がある

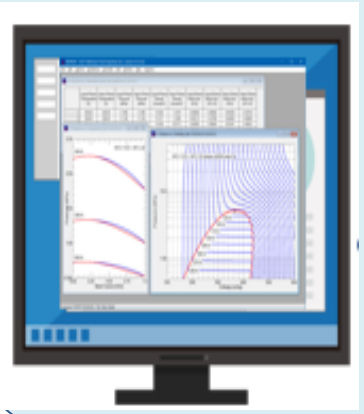
※ ハイドロフルオロオレフィン。
　二重結合の特徴を持つフッ素化合物であり、地球温暖化係数が特定フロンや代替フロンよりも圧倒的に低い。
※※ 主な冷媒種としての値

本事業の概要

- 代替冷媒候補のない家庭用空調機等を対象に、新たな混合冷媒のスクリーニングから適用機器要素技術の開発までを委託事業で一気通貫で実施する。（研究開発項目①）
- 得られた成果・知見を展開し、家庭用／業務用空調機、業務用冷凍冷蔵機の要素機器・周辺機器開発を助成事業で行う。（研究開発項目②）

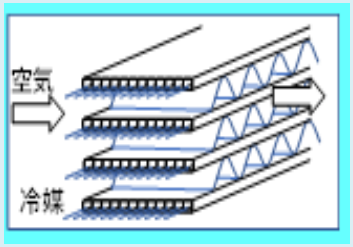
研究開発項目①（委託事業）

冷媒絞り込み・評価
燃焼特性
熱物性モデル開発



機器要素技術開発

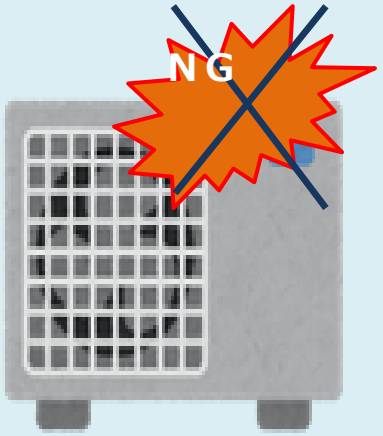
＜伝熱特性＞



＜圧縮特性＞



安全リスク評価



研究開発項目②（助成事業）

家庭用・業務用空調機

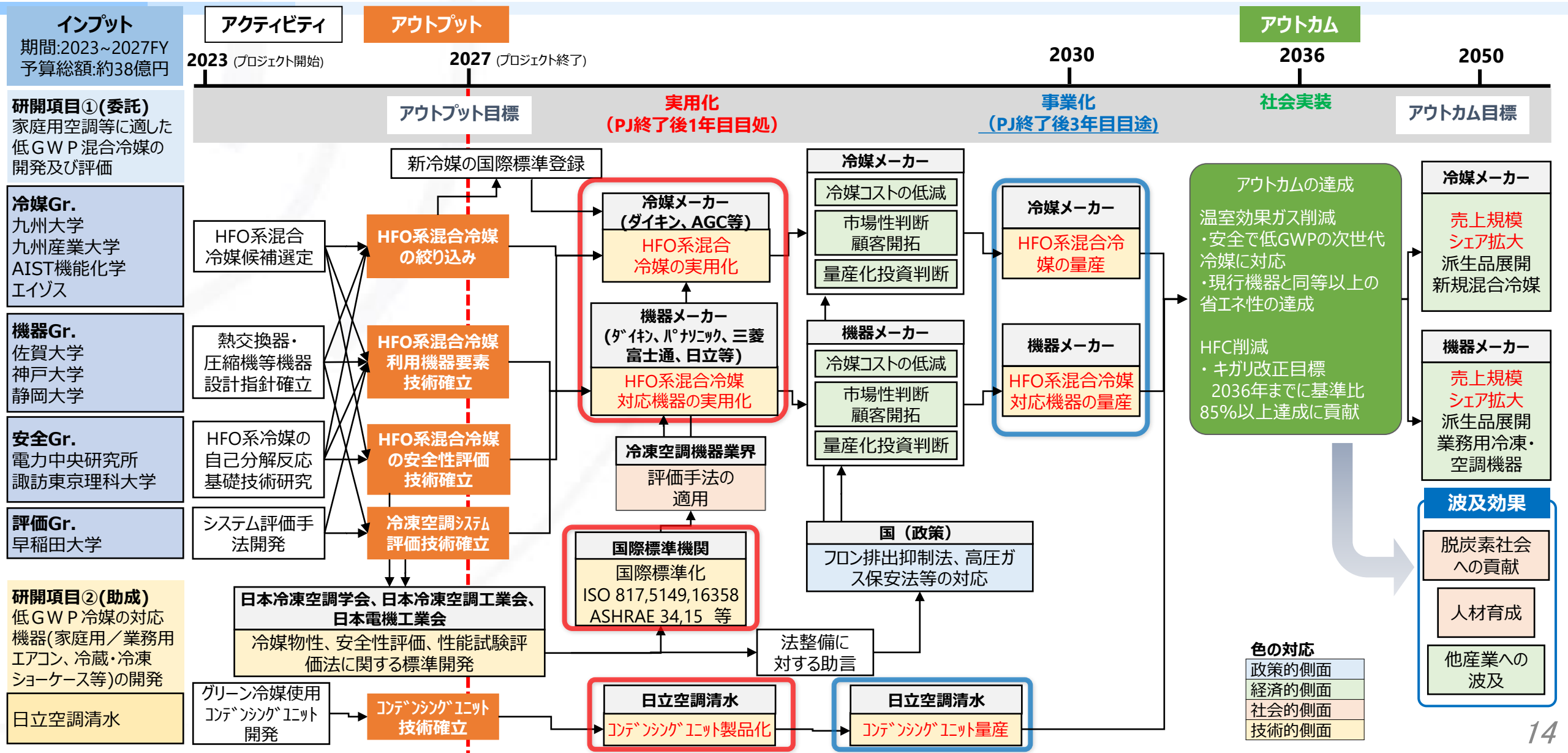


業務用冷凍冷蔵機





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

- **オープン戦略**：研究成果としての各種基盤データについて、ステークホルダーと連携し冷媒・機器の国内・国際規格・ルール対応を進めると共に国内メーカーに公開し、国産HFO系冷媒、およびその適用機器の普及と市場の拡大を図る。
- **クローズ戦略**：低GWP混合冷媒及び空調要素機器の開発成果を特許・ノウハウ化して開発主体の利益を確保。各社は当該データと自社技術・ノウハウを活用し製品開発、上市加速化とシェア拡大を進める。

【オープン戦略】国際規格化・標準化により普及促進・市場拡大のための環境を整備

クローズ領域

低GWP混合冷媒及び空調要素機器の開発成果
⇒ 特許化（伝熱材料、機器等）、
ノウハウ化（冷媒物性評価技術等）

NEDO PJ

オープン領域

・低GWP混合冷媒の熱物性データ
・機器の設計指針
・安全性・環境影響評価等

【情報共有】
・戦略的な規格・ルール対応
・ニーズ・内外技術動向反映
等

ステークホルダー
・標準化機関
・規格団体
・業界団体
・冷媒メーカー
・機器メーカー



【クローズ戦略】特許・ノウハウを活用し製品開発、上市加速化とシェアの拡大

知的財産管理

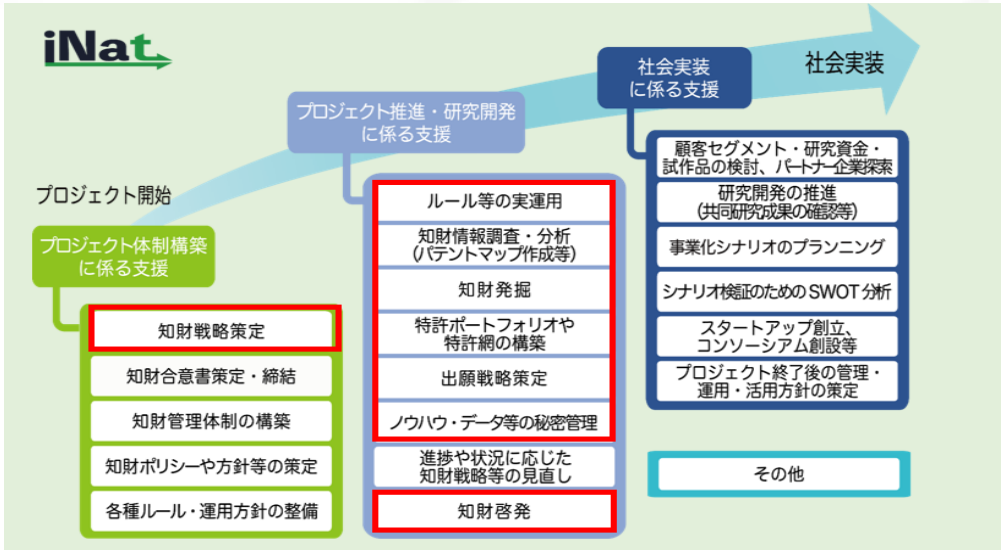
- オープン・クローズ戦略に基づき、知財コーディネーター（以後、知財CN）の指導の下、知財戦略策定と知的財産管理を実施
- 研究成果の早期実用化に向け、業界団体との連携を深め、積極的に情報開示を進める

・**知的財産権の帰属：**産業技術力強化法第17条第１項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属

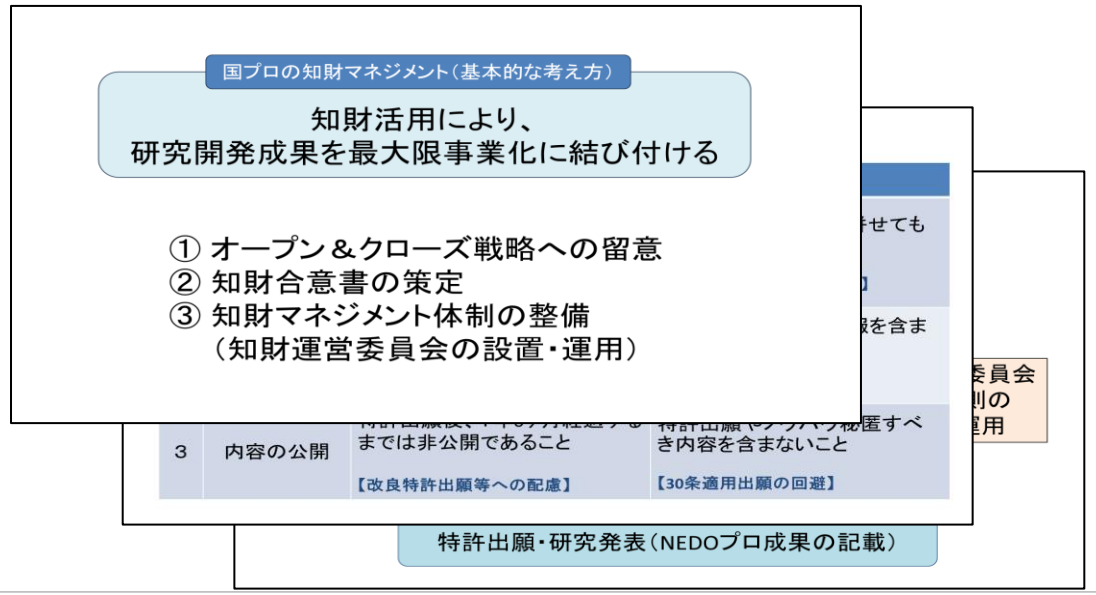
・**知財マネジメント基本方針：**NEDO知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成

・**データマネジメントに係る基本方針：**NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成

知財CNによる支援計画



指導例



＜評価項目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

報告内容

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1)本事業の位置づけ・意義
(2)アウトカム達成までの道筋
(3)知的財産・標準化戦略

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

3．マネジメント

(1)実施体制
(2)受益者負担の考え方
(3)研究開発計画

ページ構成

- 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み
- 費用対効果
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット（中間）目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の意義と副次的成果、波及効果等
- 特許・論文数

実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標	根拠
モントリオール議定書キガリ改正における日本のHFC生産・消費量削減目標（2036年までに85%削減）に貢献するとともに、代替フロン分野における2050カーボンニュートラル達成に向けた道筋をつける。	モントリオール議定書キガリ改正や2050CN等、温室効果ガス対策やHFC規制の達成が困難となる可能性がある。
途上国におけるキガリ改正の削減義務が厳しくなる2040年代（2047年までに85%削減）に、日本発の技術が普及することによって、途上国のHFC削減目標達成及び日本企業の世界市場におけるシェア拡大に貢献する。	技術開発の遅れにより、拡大が見込まれる世界市場での日本メーカーシェアの大幅な低下が危惧される。

事業化の考え方（2032年頃）	当該研究開発に係る商品、製品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。

（研究開発項目）	①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価（委託事業）	②低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発（助成事業）
実用化の考え方（2030年頃）	冷媒の物性、性能、安全性評価に係る公共的な知的基盤が整備され、社会的利用（規格化、標準化、データベース等への利用、産業界における研究開発への利用、他の研究開発への利用等）に供されること。	現状市販フロン製品と同等以上の性能を実現する技術を確立し、その技術に基づく試作品等の社会的利用（顧客への提供等）が開始されること。

アウトカム目標（実用化）の達成見込み

<table>
<tr><th>研究開発項目</th><th>達成見込み</th><th>課題と対応</th></tr>
<tr><td>①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価</td><td>■ 次世代冷媒の普及に必要な各種国際規格・標準の改定、登録に向け、各研究Grが分担して対応する委員・国内審議団体等との情報交換を実施し理解が得られつつある。
<table>
<tr><th>対象国際規格</th><th>規格の内容</th><th>対応Gr</th><th>提案時期</th><th>取り組み状況</th></tr>
<tr><td>REFPROP（NIST）</td><td>冷媒物性</td><td>冷媒Gr
機器Gr</td><td>’25-’26</td><td>NISTとの情報共有実施中。</td></tr>
<tr><td>ANSI/ASHRAE Standard34</td><td>冷媒燃焼特性評価方法</td><td>冷媒Gr</td><td>’25-’26</td><td>ASHRAE委員と継続的に情報交換を実施中。</td></tr>
<tr><td>ISO817</td><td>安全性評価指標</td><td>安全Gr</td><td>’25</td><td>冷媒安定性に関するTFが2024年に開始され、委員として参画中。</td></tr>
<tr><td>ISO16358</td><td>運転性能評価</td><td>評価Gr</td><td>’25-’27</td><td>ISO/WG15や日冷工規格検討分科会 等の作業部会に参画中。</td></tr>
</table>
■ 国内企業の開発促進、成果の国際的な普及促進のため、国内外に積極的に情報を公開。本PJの知見・開発の方向性が浸透しつつある。
詳細：「進捗管理：成果普及への取り組み」参照</td><td>■ PFAS規制の動向注視および規制内容への対応。
→情報収集活動及び非PFAS冷媒の検討

■ 国際規格・標準化に向けたエビデンスの充実。
→研究会や技術委員会等を通じた外部有識者意見に基づく研究内容の修正・追加

■ 国内外への成果発信の更なる充実。
→業界への知見提供、国際的に認知度を高めるためのNEDO特別講座等の取組み</td></tr>
<tr><td>②低GWP冷媒の対応機器の開発</td><td>■ 開発は順調に進んでおり、事業者は本事業と並行して製品設計、開発試験、量産技術検討を実施中。開発完了後、冷媒メーカーの上市に合わせて機器上市の予定。</td><td>■ 使用冷媒の安定性評価、量産化。</td></tr>
</table>

費用対効果

■ インプット

・プロジェクト費用の総額（当初計画）　38.0 億円（５年間）

■ アウトカム目標

・温室効果ガス削減

・安全で低GWPの次世代冷媒に対応

・現行機器と同等以上の省エネ性の達成

・HFC削減　キガリ改正目標（2036年に基準比85%以上）達成に貢献

■ 波及効果

・獲得市場（家庭用エアコン）

2035年時点の日本メーカーのシェアの増加

非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

◆非連続ナショナルプロジェクトの考え方

選定基準	内容
非連続的な価値の創造	画期的で飛躍的な変化を伴う価値が創造され、提供されることにより、生活、環境、社会、働き方などを変える。
技術の不確実性	難易度が高い技術的課題や、新領域へのチャレンジなどにより、目標とする特性値や技術は従来の延長上にはなく、リスクが特に高い。

◆非連続ナショナルプロジェクト選定の妥当性

選定基準	該当	理由
①非連続的な価値の創造	該当	・安全且つ性能を維持できる、国産低GWP冷媒による家庭用空調システムが開発できれば、世界的な普及が期待され、国内企業の活性化とともに地球温暖化防止に大きく貢献出来る。
②技術の不確実性	該当	・混合冷媒は、その成分となる冷媒が決まっても混合比は無限にあるため、物性を把握するためには従来のような実測に基づく手法に加えて、物性予測モデル（混合モデル）を開発する必要がある。 ・また、これら成分となる冷媒は各々性質が異なるため、従来から普及している単一冷媒とは異なる革新的な機器開発（熱交換器・圧縮機）、および冷凍サイクル全体の評価技術が必要である。 ・国産冷媒は安全上のリスクとなる自己分解反応という特性を持つ。普及のためにはその反応機構（条件）を明らかにし、評価方法を確立して国際標準化するとともに、冷媒に関する国際的な安全規格を改定する事が必要不可欠である。

前身事業との関連性

■　前身PJ「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発（2018～2022年度）」において、有力な次世代冷媒候補であるHFO冷媒の物性・性能評価および、自己分解反応抑止の為の開発を進め、次世代混合冷媒の絞り込みが可能な段階となった。

取組の成果	終了時評価（2023年度実施）委員からの評価
• HFO冷媒の基本的な熱物性値とサイクル性能等のデータ収集により、混合冷媒開発の方向性について見通しを得た。 • 次世代冷媒候補であるHFO冷媒の自己分解反応を抑制する手法や、機器側での燃焼抑止方法について一定の知見が得られた。	• アウトプット目標達成に向けて必要な要素技術の開発は網羅されており、その開発スケジュールも綿密に計画されていた。産学官の協調により着実に成果が出来てきており、今後も研究開発の継続を期待する。 • REFPROP10.1 に、本研究開発の中から冷媒特性データと低GWP（<150）の新規冷媒が複数搭載予定であり、さらにISO、IEC にも多くの成果が登録されたことは、高く評価できるものであった。 • キガリ改正やPFAS 規制の検討など、外部環境が短期間で大きく変化しつつあり、今後は、その動向に柔軟に適用した目標設定が求められるほか、世界と比較して、特異となっている日本の安全基準を国際標準へ適合させるための改善の取り組みも、本研究開発の発展の中で推進されることを期待する。

しかし、低GWP、安全性、現行と遜色のないサイクル性能全てを具備するHFO系混合冷媒は見つかっていない。

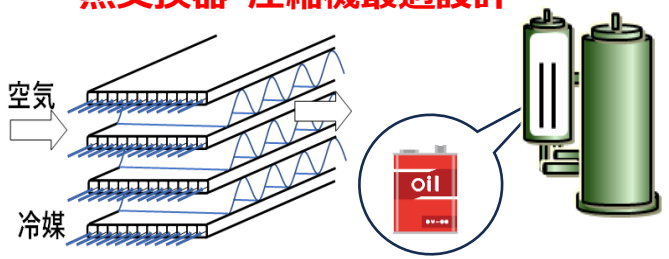
■ 本PJでは、これまでの研究開発成果、および上記の研究で得られた知見を展開し、早期に新混合冷媒候補の組成・物性を決定するとともに、これを使用する家庭用空調機、および業務用冷蔵庫等の要素技術開発の加速化を図る。

■ 研究開発と並行し、ステークホルダーとの情報交換を密にすることにより、外部環境変化への対応、および本PJの開発成果の普及促進に必要な広報活動（学会など）、各種国際規格・標準等の登録・改定に積極的に取り組む。

本事業における研究開発項目の位置づけ

研①機器Gr（機器要素技術開発）

熱交換器・圧縮機最適設計



研② 対応機器の開発

要素機器・周辺機器開発

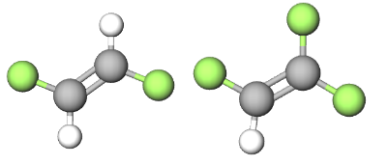


◆国際標準化・規格化
◆国際データベース登録
⇩
◆製品の実用化・普及

パリ協定、キガリ改正
目標達成

研①冷媒Gr（冷媒特性評価）

低GWP混合冷媒の
スクリーニング

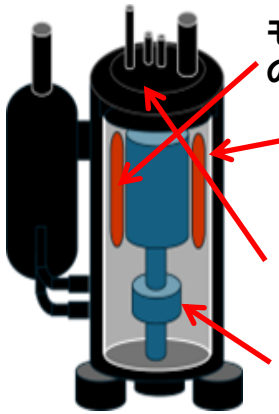


HFO系冷媒

熱物性○		○ GWP
性能○		○ 安全性
入手性○		○ コスト

研①安全Gr（安全性評価）

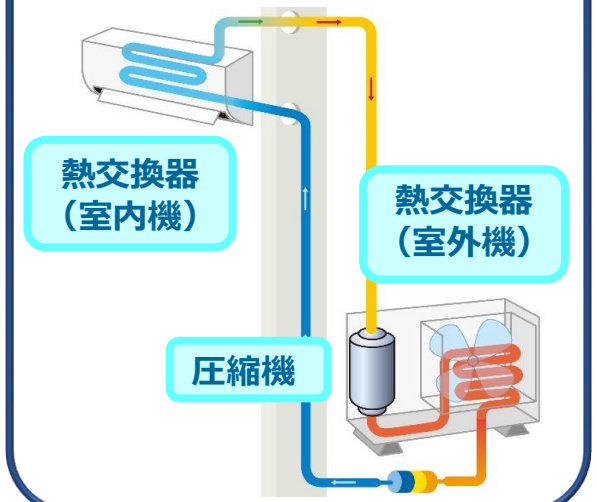
自己分解反応評価手法の確立等



- モータ巻線間・地絡時のアーク放電
- モータ巻線接触による銅線溶断
- ターミナルのトラッキング
- 摺動部の摩擦熱

研①評価Gr（全体システム評価）

性能・環境影響評価手法の確立



アウトプット（中間）目標の設定及び根拠

研究テーマ	中間目標（2026年3月）	最終目標（2028年3月）		根拠
【委託事業】 研究開発項目①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価 注）表中の”冷媒”とは、開発中の“HFO混合冷媒”の事を差す。				
冷媒Gr	■ 冷媒候補の絞り込み。 ■ 物性等の詳細評価を15件以上実施。 ■ 国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データ１種類以上の取得。 ■ 燃焼特性を解明する手法の確立。	■ 物性等の詳細評価を累計25件以上実施 基本物性データの３種類以上の取得。 ■ 熱物性値を高精度で計算できる混合モデルの開発。 ■ 候補冷媒の燃焼特性の解明。 ■ 企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案。 ■ 国際規格等３件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	■ 企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案する。 ■ 国際規格等３件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	国際規格化・標準化及び国際データベース登録には、正確な冷媒特性・燃焼性の解明が必要である。
機器Gr	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術開発。 ■ 冷媒の圧縮特性の解明。 ■ 冷媒の溶解・潤滑特性の解明。	■ 熱交換器の設計指針の確立。 ■ 圧縮機の設計指針の確立。 ■ 冷凍機油の提案。		従来と異なる混合冷媒に対応する機器要素技術を確立することは、企業の速やかな製品開発に必要不可欠である。
安全Gr	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化。 ■ 自己分解反応の評価方法の確立。	■ 冷媒の自己分解反応機構の解明。 ■ 空調機器の安全性に係るデータの取得。		国産冷媒普及のためには、自己分解反応の解明や抑制技術の開発、および国際規格・標準化による環境整備が必要。
評価Gr	■ 冷媒のLCCP等の評価手法の確立 ■ 空調サイクル全体の性能評価装置製作。	■ 各Grの開発成果を性能評価装置にて検証。（各Grにフィードバックしながら改善）		■ 冷媒選定の上では環境影響も含め総合的な判断が必要。 ■ 機器開発加速化のためには実用に即した評価手法の確立が必要。
【助成事業(民間企業)】 研究開発項目②低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発				
■ 現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	■ 圧縮機の試作と評価。（長期信頼性現行同等） ■ コンデンシングユニット試作と評価。（性能現行機以上）			■ 製品化、普及促進のためには、性能、価格、環境性等の観点から市場競争力が必要。性能を維持する必要がある。

アウトプット目標の達成状況

赤字：2024年度までの実績
黒字：2025年度末までの見込み

◎　大きく上回って達成、○達成

	中間目標（2026年3月）	主な成果（2026年3月）	達成度	達成の根拠／解決方法
【委託事業】 研究開発項目①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価 注）表中の”冷媒”とは、開発中の“HFO混合冷媒”の事を差す。				
冷媒Gr	■ 冷媒候補の絞り込み ■ 物性等の詳細評価を15件以上実施 ■ 国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データの１種類以上の取得 ■ 燃焼特性を解明する手法の確立	■ 熱物性および音速等の詳細評価を18件実施。 ■ 候補冷媒の燃焼性について燃焼速度，燃焼限界等の国際標準に耐えうるデータを取得。 ■ 物性およびサイクル性能から候補冷媒を絞り込み、実用性の面からの最適組成の範囲を明確化。	◎	■ 当初目標以上の成果を達成。 ■ 物性等の詳細評価を18件実施。1種類の3成分系燃焼特性データ取得を前倒しで完了。さらに別成分のデータを取得中。
機器Gr	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発 ■ 冷媒の圧縮特性の解明 ■ 冷媒の溶解・潤滑特性の解明	■ 伝熱面処理、断続流路の開発・適用による伝熱促進効果を確認。AIによる熱伝達予測モデルを構築。 ■ 圧縮特性計算モデル、機械効率評価装置を構築。 ■ 冷凍機油溶解モデル、油膜計測技術、圧縮特性計算モデル、機械効率評価装置を構築。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 熱交換器実験を加速化するため、自動制御機能を追加し、計画のキャッチアップおよび実験精度の向上を図る。
安全Gr	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 ■ 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	■ 自己分解反応を誘発する着火源の調査・比較・実験を通じ、国際標準に提案する着火手法を開発。 ■ 実機によるアーク放電エネルギーの定量化を達成。 ■ 次世代冷媒の自己分解反応境界条件を明確化。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 国際標準化についてはISO TFにて評価手法を提案。
評価Gr	■ 冷媒のLCCP等の評価手法の確立 ■ 空調サイクル全体の性能評価装置の製作	■ 候補冷媒も対象とし、実機レベルでの機器性能予測精度を5%程度まで実現。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 国際規格化も順調に進めている。
【助成事業(民間企業)】 研究開発項目②低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発				
	■ 現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	■ 環境・実用性・耐久性等の総合評価により適用冷媒、冷凍機油の選定を完了。 ■ 性能向上策積上完了。（計算上で効果を確認）	◎	■ 当初目標を達成。 ■ 進捗はやや前倒し。

研究開発成果の意義と副次的成果、波及効果等

【研究開発成果の意義】

【委託事業】 研究開発項目① 家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価	■ 開発中の低GWP、HFO混合冷媒は国際規格（ASHRAE　STANDARD34）で定められている安全性分類において、微燃性冷媒（A2L）に位置づけられる。これは現在普及しているR32冷媒と同じ分類であり、大きな社会整備も必要なく、製造責任を負うメーカーにとっても上市へのハードルが少ないため、発展途上国を含めた国際的な普及・市場拡大が期待出来る。
【助成事業(民間企業)】 研究開発項目② 低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発	■ 現在コンデンシングユニットの代替冷媒として実用化されているCO_2に比べ、本事業で選定した冷媒は現行冷媒（R448A）と圧力条件が近く、機器設計、施工やメンテナンス性も現行機同等とすることが出来、既設機入替を目指すコンビニエンスストア、スーパーマーケット、冷凍冷蔵倉庫等での普及が期待出来る。

【副次的効果・波及効果】

■ 本事業では各種の計測・基礎実験を基に、最終的にデータベース化、モデル化、シミュレーター等に整理する。これらを標準化或いは業界の標準ツール等とすることにより、高度な技能・多大な労力を必要とする実験・実機試験等を省略する事が出来、大学・企業における研究開発を促進する事が可能となる。
■ 日本発の国際登録・国際標準化により、日本の技術に対する国際的な評価が高まり、国内製品の販売促進、市場の拡大に繋がる。
■ 本事業の成果の一部は、国内法における評価指標としても採用され、国内の社会整備にも寄与する。
■ NEDO講座において本事業に関するセミナー等を行ない、冷凍空調分野の人材育成が図られる。

特許・論文数

項目	2023	2024	2025	2026	2027	計
特許出願（うち外国出願）	1(0)	8(7)	-	-	-	9
論文	7	10	2※	-	-	19
研究発表・講演	22	35	-	-	-	57
受賞実績	0	1	-	-	-	1
新聞・雑誌等への掲載	1	2	-	-	-	3
展示会への出展	1	0	-	-	-	1
TVその他	2	0	-	-	-	2

※ 予定を含む

＜評価項目３＞マネジメント

（１）実施体制
（２）受益者負担の考え方
（３）研究開発計画

報告内容

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1)本事業の位置づけ・意義
(2)アウトカム達成までの道筋
(3)知的財産・標準化戦略

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

3．マネジメント

(1)実施体制
(2)受益者負担の考え方
(3)研究開発計画

ページ構成

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 研究データの管理・利活用
- 予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：進捗管理：外部委員意見への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み

NEDOが実施する意義

- 地球温暖化対策は国内外における緊要の課題であり、HFC排出削減は急務。
- モントリオール議定書キガリ改正における目標の達成（2036年までにHFCの生産及び消費量を85%削減）には、より一層低GWP冷媒への転換が必須。
- 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）」及び「革新的環境イノベーション戦略（2020年1月統合イノベーション戦略推進会議決定 ）」において、フロン類の削減に向けたイノベーション創出を推進。
- 我が国産業の競争力強化のためにも、世界に先駆けた①低GWP・サイクル性能・安全性等を満たす混合冷媒の開発、②新冷媒対応機器（省エネ性含む）の開発を、迅速に行うことが必要。一方で、民間企業には、現存する高効率な冷媒・機器からの転換を加速する研究開発に取り組む優先度が乏しい。
- 次世代冷媒の物性評価、安全性・リスク評価については、多くの企業、大学、研究機関の知見の結集によるオープンイノベーションが不可欠であり、高度な研究開発マネジメントのもと国内安全基準の策定や国際規格化・標準化策定に取り組むことが重要。

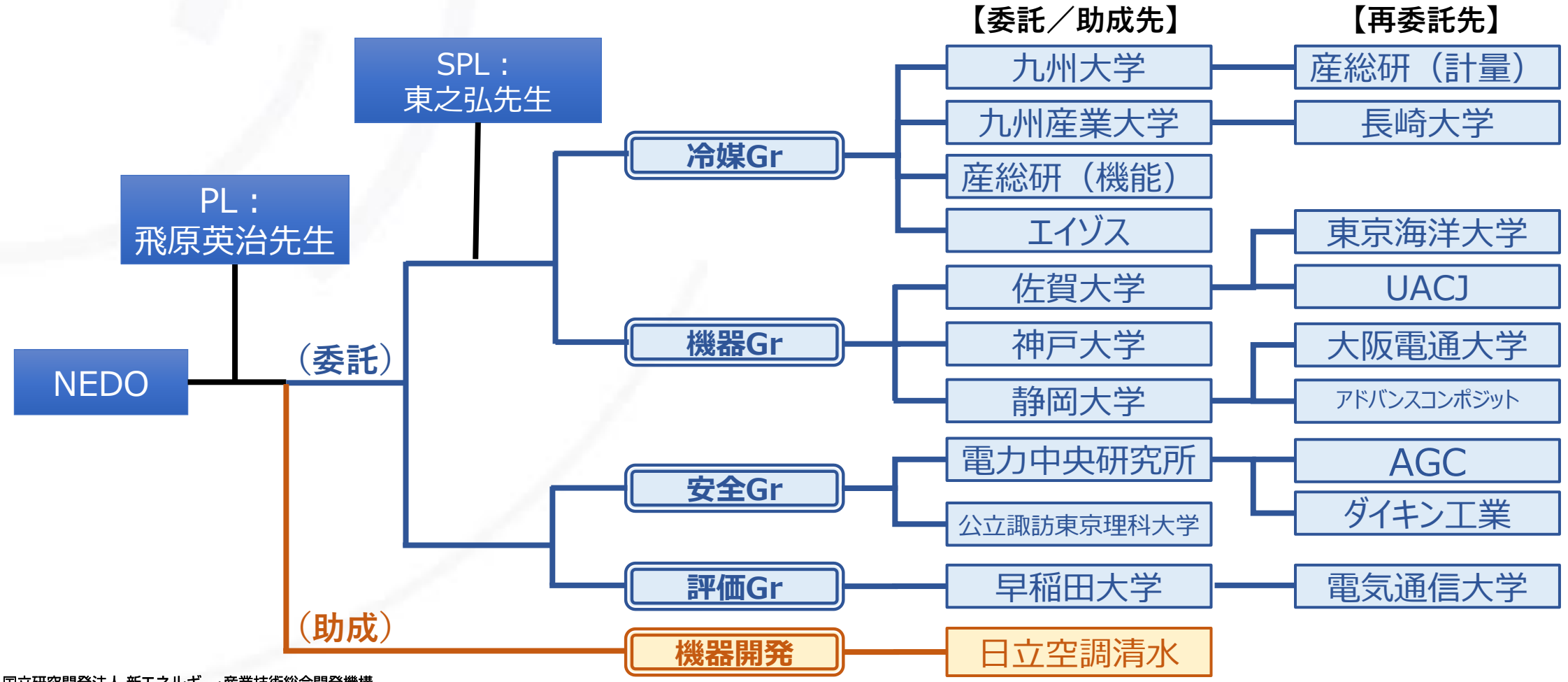
ＮＥＤＯのミッション 「エネルギー・地球環境問題の解決」「産業技術力の強化」

NEDOは、これまでもステークホルダーと連携し、次世代冷媒及びその適用機器の開発を進めて来ており、その知見やネットワークを生かすことで、効果的かつ効率的な事業実施が可能。

⇒ NEDO事業としての妥当性は極めて高い。

実施体制

■ 本事業は大学・国研による基礎研究が中心となり協調領域を担ってる点が特徴。
■ このためアウトカムの達成に向けては、得られた成果を共通基盤化し、企業の開発につなげる事が重要。



実施体制　～研究開発項目①～

■ プロジェクト内で連携するための会議体（↕）と、実用化および国外動向共有の観点からPJ外関係者を含めて情報交換を行う会議体とを別に設置し、両者が連携（↔）することで知財保護の元、効率的かつ効果的にプロジェクトを推進する。

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="3">プロジェクト内</th><th rowspan="2">外部を含む会議※
【外部関係者】</th><th rowspan="2">国外情報収集</th></tr>
<tr><th>全Gr会議</th><th colspan="2">Gr個別会議</th></tr>
<tr><td colspan="2">冷媒Gr</td><td rowspan="5">情報共有
会議
年１回
持回りで主催</td><td rowspan="2">冷Gr-機Gr
連携会議
九産大or
佐賀大主催</td><td>冷媒Gr会議
年１回
九産大主催</td><td>新冷媒に関する打合せ
【冷媒メーカー】</td><td rowspan="5">・アメリカ暖房冷凍空調学会（ASHRAE）
・ISO/TC 86/SC 8 Meeting
・沸騰凝縮伝熱国際会議(ICBCHT)
・国際冷凍会議（ICP)
・ヨーロッパ熱物性会議（ECTP）
・国際会議Micro Nano Flows(MNF)

他</td></tr>
<tr><td rowspan="2">機器Gr</td><td>熱交換器SGr</td><td rowspan="2">機器Gr会議
年1回
佐賀大主催</td><td>熱交換器SGr会議
【材料メーカー】</td></tr>
<tr><td>圧縮機SGr</td><td>圧縮機SGr会議
【冷凍機油メーカー】</td></tr>
<tr><td colspan="2">安全Gr</td><td>知財運営
委員会
電中研主催</td><td>安全Gr会議
月1回
電中研主催</td><td>自己分解反応研究会
【日冷工】</td></tr>
<tr><td colspan="2">評価Gr</td><td colspan="2">NEDO研究PJ進捗確認
打合せ　早大主催</td><td>NEDO次世代冷媒システム評価委員会
【日冷工】</td></tr>
<tr><td colspan="2">NEDO、PL</td><td colspan="4">各会議体に参加し状況を把握、プロジェクト目標の達成の視点で必要な助言を行う。</td></tr>
</table>

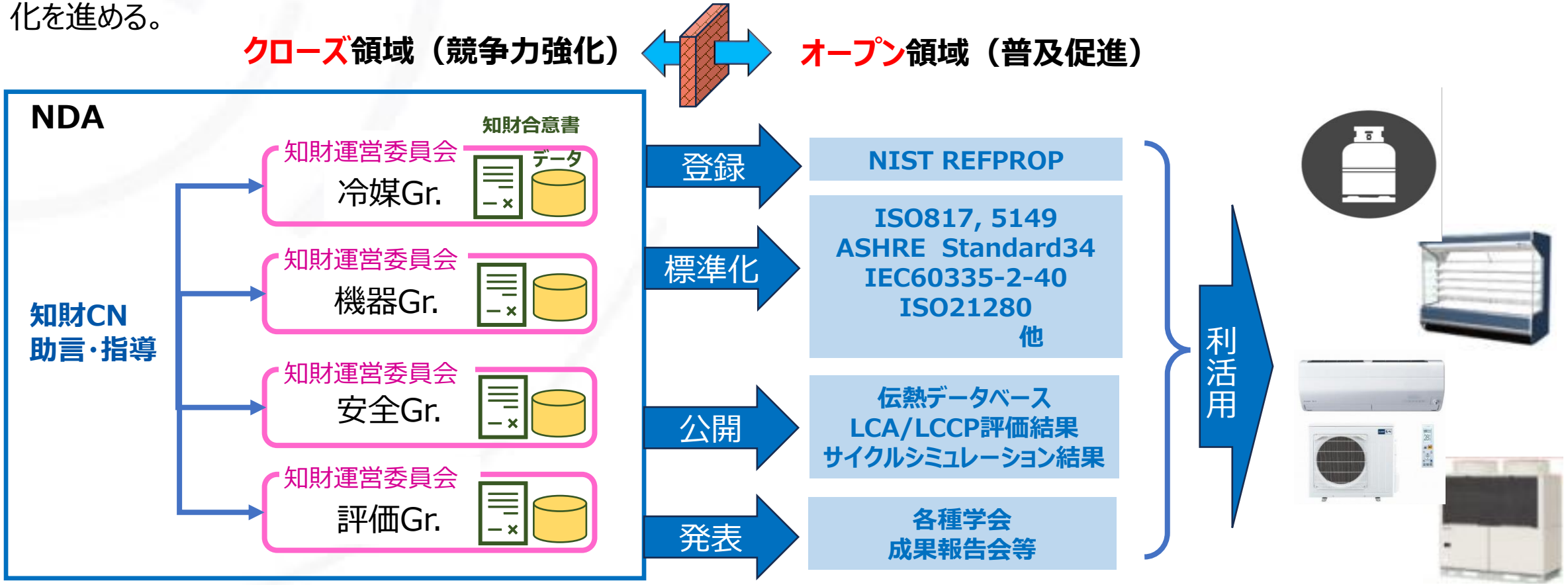
※必要に応じて他Grからも参加者。社内外有識者が多数参加する会議での情報漏洩の阻止のため、会議で知り得た情報の秘密保持同意を要件化。

個別事業の採択プロセス

研究開発項目①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価（委託）	研究開発項目②低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発（助成）
【公募内容】 ● 次世代冷媒、及び次世代冷媒に対応する冷凍空調機器要素技術の開発と安全性評価手法の確立を目的とする ● 公募予告（2023年12月28日）⇒ 公募（1月31日）⇒ 公募〆切（3月13日正午・延長あり）	【公募内容】 ● 既に民間企業等が主要な技術やノウハウ等を所有している技術について、実用化及び普及化の研究を行う（1/2助成） ● 公募予告（2023年12月28日）⇒ 公募（1月31日）⇒ 公募〆切（3月2日正午）
【採択】 ● 採択審査委員会（2023年3月27日） ● 採択審査項目： 本事業の目的達成のためには複数の要素技術を適切に組み合わせる必要があるため、採択基準においては基本計画全体の中での役割・他事業者との連携等の評価要素を含む「提案の実現性」および、本事業成果の社会実装に必要な周辺環境の整備（規格・標準化、外部ステークホルダー等との連携等）を評価する「成果の実用化」についての重み付けを高く設定した。 ● 採択条件： ✓ （全委託者）PJ内外のステークホルダー連携等、成果の最大化に向けた必要な対応を行うこと ✓ （全委託者）実施内容及び事業費金額の合理化を行うこと ✓ （冷媒・機器Grのみ）GWP等の目標や研究内容については随時、国の政策や業界ニーズ等、外部環境の変化に合わせて整合するよう事業管理を実施すること ✓ （安全・評価Grのみ）実施計画の一部具体化 ● 研究の健全性・公平性の確保に係る取組： 公募の際、その他の研究費の応募受入状況を確認し不合理な重複及び過度の集中がないか確認。 採択審査にあたってはNEDO技術委員・技術委員会等規定に則り、応募者と利害関係に該当する採択審査委員については当該提案の審査はせず、採択審査委員会においても当該提案の説明および審議の際には会場から退出して戴いた。	【採択】 ● 採択審査委員会（2023年3月22日） ● 採択審査項目： 助成事業は企業の中で責任をもって事業化を進めてもらう位置づけであることから、採択基準においては企業がもつ技術力や事業化計画を評価するため「実現性」の重み付けを最も高く設定した。 ● 採択条件： ✓ 冷媒の選定にあたっては、冷媒メーカーとの連携体制の構築など必要な対応を行うこと。(日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社※) ※　現　日立空調清水株式会社

研究データの管理・利活用

- 「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント方針」に基づき、グループ毎に「知財及びデータ合意書」を作成し、知財運営委員会を設けて研究成果の取り扱いを一元的に管理・運用。
- 研究データは、オープン・クローズ戦略のもと積極的に公開し、産業界の早期上市に資するようにデータ登録、国際規格標準化を進める。



予算及び受益者負担

委託及び助成事業の理由

【委託事業】(研究開発項目①)

上記研究開発項目は、次世代冷媒、及び次世代冷媒に対応する冷凍空調機器要素技術の開発と安全性評価手法の確立を目的としており、我が国の冷凍空調産業界全体にとって高い共通基盤性を有する研究であり、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うことが見込めない「公共財の研究開発」事業として、委託事業を実施する。

【助成事業（助成率：1／2）】(研究開発項目②)

上記研究開発項目は、既に民間企業等が主要な技術やノウハウ等を所有している技術について、ユーザーサイドのニーズをくみ取ることにより開発終了後の事業化計画を明確にして、実用化及び普及化の研究を行う。本開発終了後、数年以内に製品化を想定できるものを対象とする。これらは、助成事業（助成率：1／2）として実施する。

予算

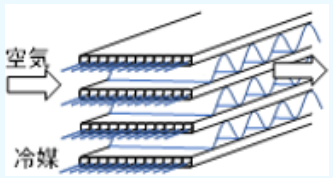
（単位：百万円）

研究開発項目	負担	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	合計
①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価（委託）	委託100%	400.6	578.7	503.9			1483.2
②低GWP冷媒の対応機器の開発（助成）	助成率50%	20.7	24.0	34.7			79.4
③その他調査など	委託100%	0.0	0.0	15.8			15.8
合　計		421.3	602.7	554.4			1578.4

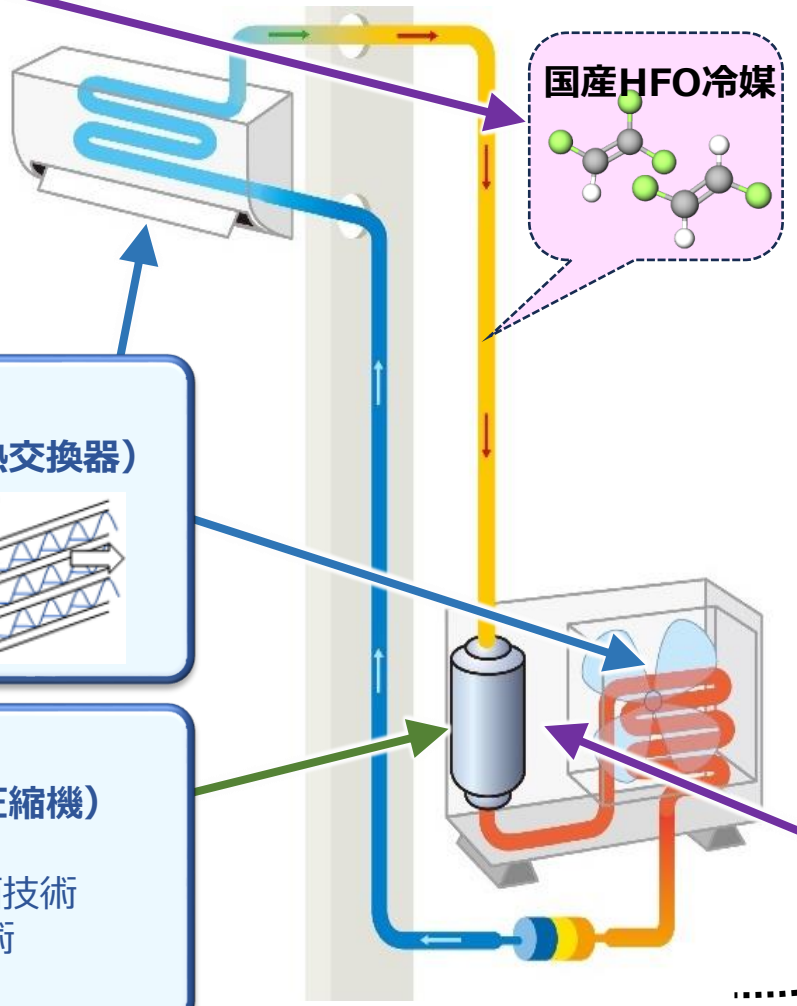
目標達成に必要な要素技術

【冷媒Gr】
「低GWP混合冷媒の特性評価」
- 熱物性測定技術　・音速測定技術
- 状態方程式及び混合モデル開発技術
- 安全性特性評価技術
- 冷凍サイクル特性・性能評価技術
- 冷凍サイクル損失分析技術
- LCCP評価技術及びAI 解析技術

【機器Gr（熱交換器SGr）】
「混合冷媒に対応する要素機器開発」（熱交換器）
- 伝熱劣化抑制技術
- 材料表面構造制御技術
- 伝熱促進技術



【機器Gr（圧縮機SGr）】
「混合冷媒に対応する要素機器開発」（圧縮機）
- 冷凍機油の冷媒溶解挙動解析技術
- 冷凍機油の適合性評価、圧縮特性評価技術
- 圧縮機の摩擦・摩耗・潤滑特性評価技術
- 金属基複合材料と基礎物性評価技術

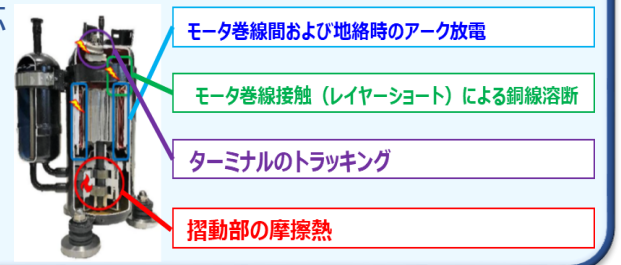


【助成事業】
「ｸﾞﾘｰﾝ冷媒を使用したｺﾝﾃﾞﾝｼﾝｸﾞﾕﾆｯﾄの開発」
- シミュレーションによる冷媒性能評価技術
- 冷凍機油および材料評価技術
- 圧縮機・コンデンシングユニット設計技術
- 圧縮機製作・性能信頼性評価技術
- 性能評価技術
- 実店舗モニタ評価技術



【評価Gr】
「低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発」
- 冷凍サイクルシステム解析・評価技術
- 冷凍サイクルシュミレーター開発技術
- AIプログラミング技術

【安全Gr】「低GWP混合冷媒の安全性・性能評価」
- 自己分解反応分析・解析評価技術
- エネルギー評価技術

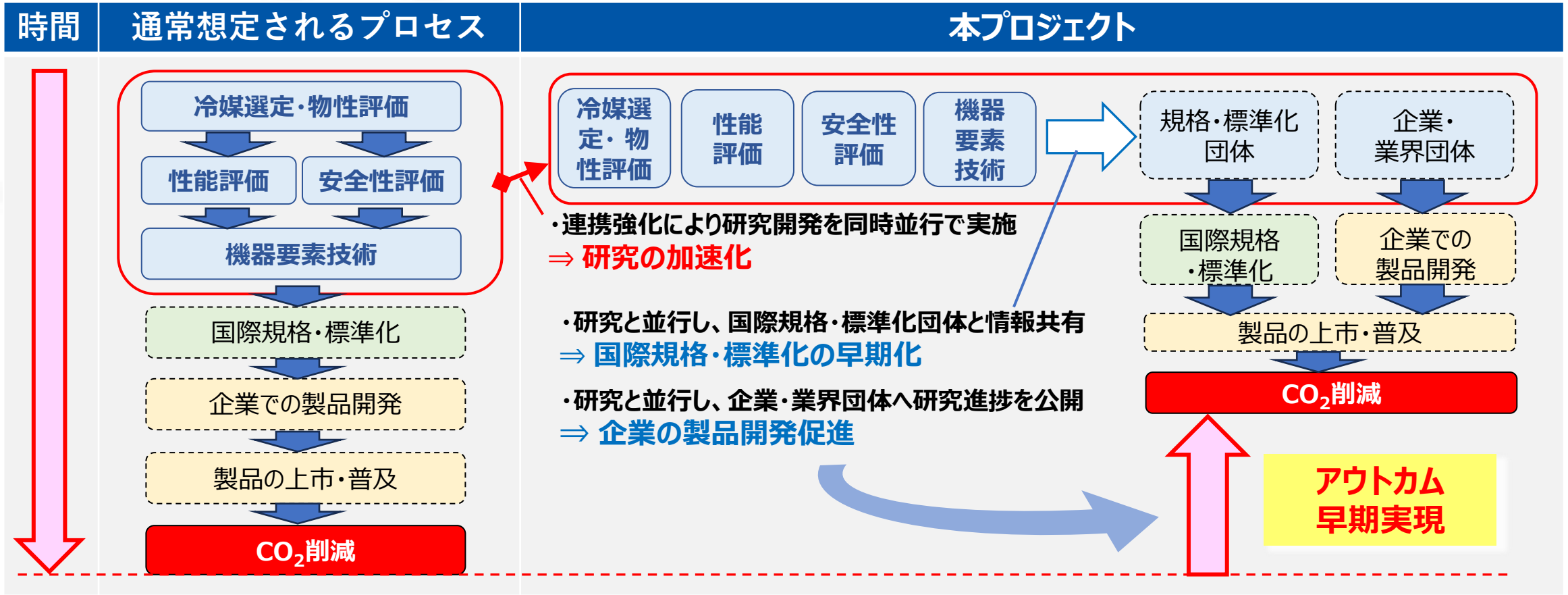


研究開発のスケジュール

		研究開発項目		2023	2024	2025	中間目標	2026	2027	最終目標
委託事業	冷媒Gr	低GWP混合冷媒の特性評価		熱物性データ取得及び候補冷媒の絞込・音速データ取得						
				状態方程式及び混合モデルの開発						
				安全性特性評価						
				サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価・サイクル要素内損失分析						
				LCCP 評価方法の開発及びAI 解析						
	機器Gr	混合冷媒に対応する要素機器開発	熱交換器	伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発・伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発・アルミニウムの表面構造制御による混合冷媒の蒸発・凝縮性能の向上と伝熱管適用に関する研究開発						
				熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発						
			圧縮機	圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び圧縮特性の解明・圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性の解明・圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価						
	安全Gr	低GWP混合冷媒の安全性・性能評価		HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究						
				自己分解反応評価手法の開発（HFO-1123混合冷媒の研究・R1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認）						
				圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発						
	評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発		冷凍サイクル実機シミュレーション技術開発・AIを活用した冷凍サイクルシミュレーターの最適化技術開発・冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発						
助成事業		ｸﾞﾘｰﾝ冷媒を使用したｺﾝﾃﾞﾝｼﾝｸﾞﾕﾆｯﾄの開発		①シミュレーションによるHFO混合冷媒の性能評価と選定②冷凍機油および材料評価と選定③圧縮機設計④コンデンシングユニット設計⑤圧縮機試作・性能信頼性評価⑥コンデンシングユニット試作・性能評価⑦実店舗相当のモニタ評価						

研究開発のスケジュール　～研究開発項目①～

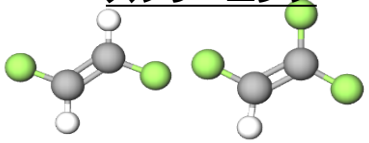
- 本プロジェクトは早期の事業化が求められている。このため各研究開発項目、規格・標準化への取り組み、企業の開発促進のためのプロジェクト成果の公開を同時並行的に実施し、研究開発および事業化の早期達成を図る計画。
- 上記を実現する上で必要な、プロジェクト内外との連携を公募条件に加えるとともに、採択後に効率的・効果的な連携がとれる様、前述のように研究Grを設置し、研究体制を再構築した。



本事業における研究開発項目の位置づけ

研①冷媒Gr（冷媒特性評価）

低GWP混合冷媒のスクリーニング



HFO系冷媒

熱物性○		○ GWP
性能○		○ 安全性
入手性○		○ コスト

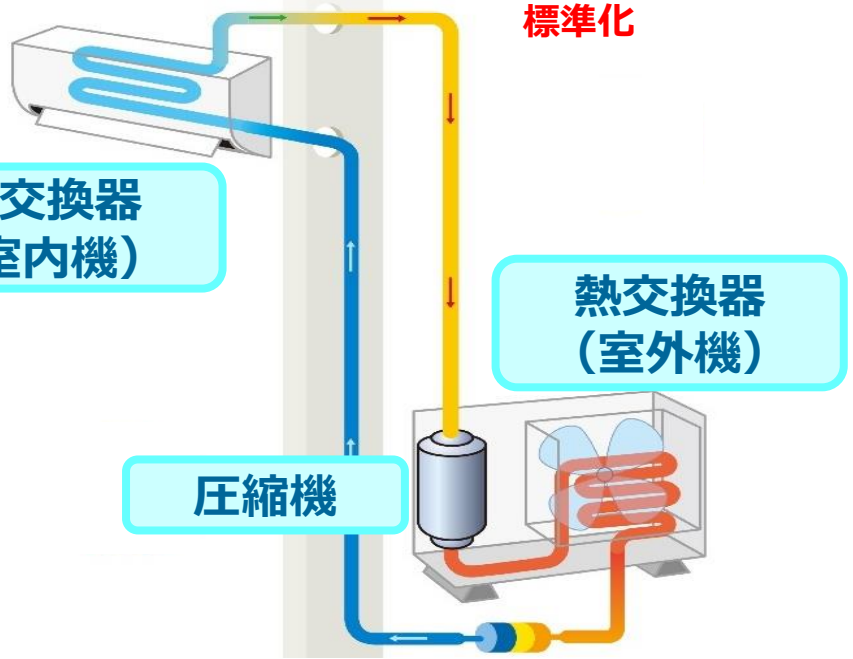
性能と安全性を両立する低GWP混合冷媒の提供

研①評価Gr（全体システム評価）

性能・環境影響評価手法の確立

知見の統合　総合評価

安全かつ低GWPな混合冷媒を使用した空調システム　国際規格化 標準化



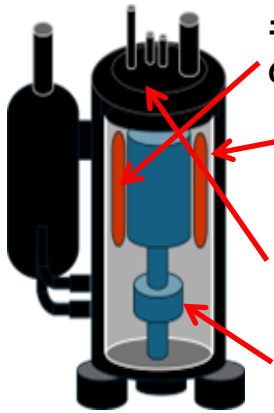
両立する指針

安全性評価
- 冷媒の自己分解反応評価
- 機器安全性・性能の評価

課題・改善策のフィードバック

研①安全Gr（安全性評価）

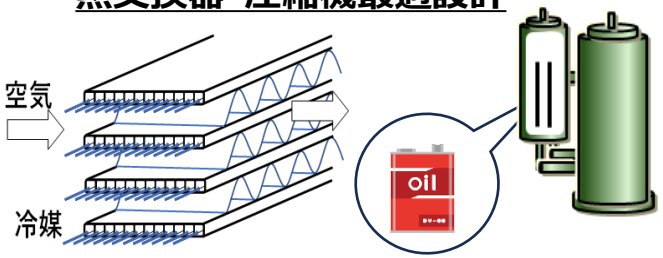
自己分解反応評価手法の確立等



低GWP混合冷媒の物理化学的な知見

研①機器Gr（機器要素技術開発）

熱交換器・圧縮機最適設計



最適性能を実現する機器設計指針

安全を実現する機器設計・システム対策指針

進捗管理

- グループ内、グループ間の連携を重視し、定期的に情報共有・議論を行う場を複数用意することにより、プロジェクトの実効性を高め、効果的なプロジェクトマネジメントにつなげる。
- 研究成果をいち早く社会実装につなげるため、外部有識者を交えた会議を開催して情報開示を進めると共に、得られた意見を研究に反映させる。
- PL/SPLへの月例進捗報告や、適時のPLによるヒアリング・指導により進捗状況を把握し、目標達成を確実なものとする。

会議名	主なメンバー	対象・目的	頻度	主催
技術委員会	•**外部有識者（技術委員）** •**全事業者**、PL、SPL、PM	•各Grの研究開発の進捗状況等について**外部有識者が確認**し、客観的立場から**プロジェクトの方向性**について意見を頂く。	年に１回	NEDO
情報共有会議	•**全事業者**、PL、SPL、PM	•各Grの研究開発の進捗状況について**事業者全体で共有**し、**PL・SPLから研究内容についてのフィードバック**を受ける。	年に１回	Gr持ち回り
冷媒Gr/機器Gr連携会議	•**冷媒/機器Gr**、 PL、SPL、PM •外部有識者	•**Gr内事業者の研究進捗状況**を確認し課題に関して議論する •研究内容に関して外部有識者からの意見を聞く。	年に2回～4回	各Gr
自己分解反応研究会	•**安全Gr**、PL、SPL、PM •外部有識者	•**自己分解反応に対する評価手法の確立や、標準化への道筋**をつけるために、外部有識者を交えた会議を開催。	年４回	電中研
NEDO次世代冷媒システム評価委員会	•**評価Gr**、PL、SPL、PM •外部有識者	•開発中の**システム評価手法の実用化**に向けて、外部有識者を交えて定期的に情報・意見交換を実施。	年４回	早稲田大
知財運営委員会	•**各Gr**知財運営委員	•研究開発の成果についての**権利化・秘匿化等の方針決定や公開・実施許諾に関する調整**を行う。	随時	各Gr

進捗管理：外部委員意見への対応

■ 事前評価委員会における委員提言への対応

問題点・改善点・今後への提言	対応
・「我が国の産業技術に関する研究開発活動の動向（経産省）」によれば、研究開発の段階から「コスト、収益、費用対効果」や「市場ニーズ、技術動向、特許動向」などの情報を把握・共有することが、事業化の成功に資するとされている。 ・現行および前PJで得られた成果、期待されるアウトカムの数値的説明等について、外部関係者に対し十分な説明が求められる。	・各Grの外部有識者を含む会議体を通じて得られた、市場ニーズ・技術動向・費用対効果等の情報をPJ内に設置された会議体で共有する体制としている。 ・知財CNを採用し、知財戦略上の助言や特許動向に関する説明会を実施している。 ・前PJの成果は和英レポートを作成し、日本冷凍空調学会やNEDOのHPを通じて公開している。 ・現行PJの計画や進捗状況についても、学会等で積極的に公表するとともに、継続的な情報発信と理解促進を図る（下段：活動報告会、NEDO特別講座等も活用）。
・本事業の成果が世界市場で優位性を発揮するためには、技術開発に加え、各国の関連規制や国際標準・規格への対応が不可欠である。しかしながら、これらは企業単独では対応が困難な課題であり、国による支援とともに、プロジェクトとしての計画的な環境整備が必要である。 ・国際標準化には5年以上の準備期間を要することもあり、事業期間中からの外部広報・周知活動の積極的な展開が望まれる。	・各Grにおいては研究と並行し、国内規格団体・国際標準団体と連携し、その意見をPJに反映、早期の登録・標準化を実現する仕組みを構築している。 ・本事業の進捗状況を国内外の会議等でリアルタイムに発信し、標準化の加速や企業の開発促進に資する情報提供を行っている。 ・原課・業界の要望に基づき、活動報告会（'25年4月）を通じ、事業の成果を広く周知している。 ・'25年度より、NEDO特別講座を通じて、本事業に関する広報、人材育成、人的交流などの活動を展開する（調査、国際イベント開催、企業・大学向け講座開催、成果報告等）。

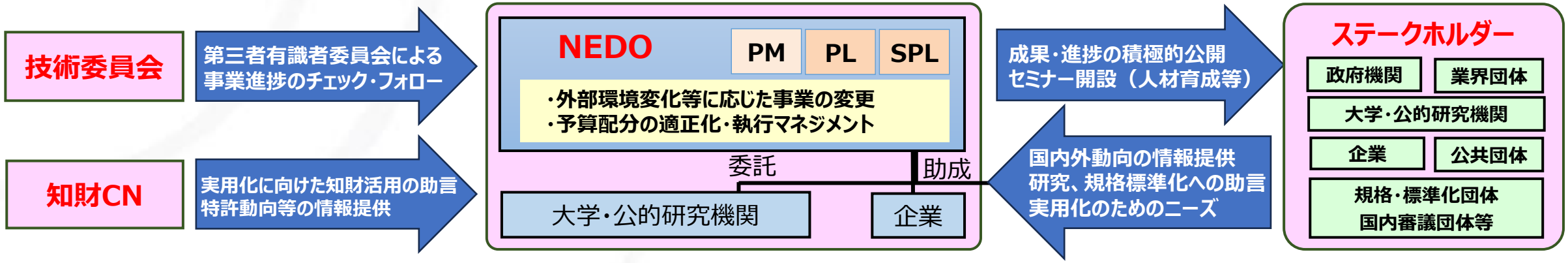
■ 技術委員会における委員提言への対応

問題点・改善点・今後への提言	対応
・評価を行う冷媒種等について、グループ内・グループ間事業者で情報共有して進めるように。 ・自己分解反応評価手法の国際規格化をめざすのであれば、スピード感を持って広く関係者と情報共有しつつ進める必要がある。	・事業者間で情報交換を密に進めており、今後、冷A-1,2で評価された、R32＋HFO混合冷媒の組み合わせでの評価が各事業者において進んでいく。 ・日本冷凍空調工業会会員企業に対し、NEDOプロジェクトの研究状況を説明する機会を設け、課題とその対応状況について紹介した。

進捗管理：動向・情勢変化への対応

■ 各研究Grの委員会に国内ステークホルダーが参加する体制とし、国際情勢変化に関する動向や研究進捗を共有すると同時に、国際規格化や早期事業化達成のためのニーズをNEDO事業に反映することで、プロジェクトの効率的な運用を実施。

＜本事業における情報共有およびチェック・フォロー体制＞



＜事業期間中の具体的な動向・情勢変化への対応実績＞

アクションの内容	時期	理　由
事業者の追加	‘24.4月	研究の進捗に伴い新たな開発要素が必要となったため、当初外注先を予定していた会社を再委託先に変更し、研究を委託。
加速化予算の追加	随時	研究進捗およびステークホルダーのニーズに応え５件の加速化研究を追加。（詳細:開発促進財源投入実績参照）
知財CNの採用	‘24.4月	本事業のオープン・クローズ戦略に則り、事業者への知財戦略上のアドバイス、特許動向等の情報提供を強化。
活動報告会の開催	’25.4月	原課、業界団体の要請を受け、企業への情報提供・開発促進のため、業界団体向けのNEDO事業の活動報告会を開催。
NEDO講座の開設	’25予定	本事業に係る広報、人材育成、人的交流を強化する活動（周辺動向調査,イベント・セミナー開催,成果報告他）を開始。

進捗管理：成果普及への取り組み

■ 情報発信の主な対象と目的および実績

主な対象	目　的	実　績
国際政治団体 ・技術者	・国際動向の把握 ・市場ニーズの把握 ・研究成果の普及促進	■ **環境と新冷媒国際シンポジウム**（'23.11）【全Gr】 成果報告,【NEDO】 ポスター展示 ■ **その他国際会議等での成果発表** 【冷媒Gr】欧州冷媒会議（'23.8）,欧州熱物性会議（'23.9）,MRS(材料)国際会議('24.12) 【機器Gr】冷凍空調に関するヘリック会議('24.7) ,エネルギー製造先端材料に関する国際会議('24.11) 輸送現象に関する国際シンポジウム('24.11) 【冷媒・機械Gr】 熱物性国際シンポジウム（'24.6） 【機器・評価Gr】IIR持続可能性とコールドチェーンに関する国際会議('24.6) 【評価Gr】アジア冷凍空調会議('24.4)
規格・標準化団体	・国際規格・標準・登録の早期実現	【冷媒Gr】計量標準総合センター成果発表会（'25.1） 【評価Gr】IEAヒートポンプ会議('23.5) ,家庭用電化製品のエネルギー効率に関する国際会議('24.10) ASHRAE冬季大会('25.2)
国内 技術者	・技術開発促進 ・技術情報交流	■ **日本冷凍空調学会年次大会**（'23.9, '24.9※）/近畿地区シンポ('23.10) ※【NEDO・全Gr】 関連講演を含め34件（全体の16%,NEDO-PJ3ｾｯｼｮﾝ）、ﾜｰｸｼｮｯﾌﾟ開催。 ■ **その他国内会議等での成果発表** 【冷媒Gr】化学工学会（'23.9), 日本熱物性シンポジウム（'23.10), 冷凍・空調・暖房展('24.1) 【冷媒・安全Gr】 電気学会全国大会（'25.3）【評価Gr】環境工学総合シンポジウム('23.7), 空気調和・冷凍連合講演会('23.3,'24.9), 空気調和・衛生工学会大会('23.9,'24.9)
国内企業 ・業界団体	・企業の開発促進 ・普及促進　・人材育成	■ **NEDOプロジェクト活動報告会**（'25.4）【PL,安全Gr】 プロジェクト概要・成果報告 ■ **NEDO特別講座の開催** 【NEDO（公募中）】 イベント開催、成果報告書、講座開設他
一般層	・普及に向けた理解醸成	■ **プロジェクト紹介パンフレット（日本語版、英語版）**の作成。('25.4)【NEDO】

進捗管理：開発促進財源投入実績

■事業進捗や産業界からの要望により、2024年度に５件（約30百万円）の開発促進財源を投入。

実施項目	内　容	百万円	目的	想定される効果・意義
機器Gr（佐賀大学）	①再委託先(UACJ)の追加 ②研究員の増員	6.37	①熱交換器伝熱性能向上のため、表面処理等に実績にあるメーカーを再委託先として追加し研究項目を追加する。 ②冷媒の各種物性測定、および高精度予測モデルの開発（NIST※と協力）を加速化する。　※米国の国立研究機関	①開発中冷媒に対応した実用に供する熱交換器設計指針の作成。 ②開発中冷媒の国際データベース(REFPROP)への反映早期化。
評価Gr（早稲田大学）	熱交換器デバイス の追加	2.50	産業界の要望を受け、従来冷媒に加え、温度グライドのある低GWP冷媒で最適化した熱交換器の実験を追加して実施することで、熱交換器最適化シミュレーターの開発を加速化する。	企業における開発中冷媒に対応した機器（熱交換器）の早期上市。
冷媒Gr（エイゾス）	研究員の増員	5.28	産業界の要望を受け、冷媒評価項目として当初のLCA/LCCPに加え安全性を追加するための関連技術資料、データ収集。	開発中冷媒の環境影響と社会受容性の両面からの検証による上市の加速化。
安全Gr（電中研）	高速度カメラ の導入	9.37	国際標準化を目指す自己分解反応評価手法において、反応を誘発する一連の現象についての詳細な観察を行い、冷媒ガスに伝わるエネルギーの定量化と制御手法の開発を行なう。	開発中冷媒の上市・普及に必要となる自己分解反応評価手法の開発、および国際登録の実現。
機器Gr（佐賀大学）	風洞装置改良（自動制御）	6.50	熱交換器評価試験における風洞装置の温度、湿度及び風速の設定を自動制御により安定化することで試験精度の向上と高速化を図り、熱交換器の開発を加速化する。	企業における開発中冷媒に対応した機器（熱交換器）の早期上市。
計		**30.0**		

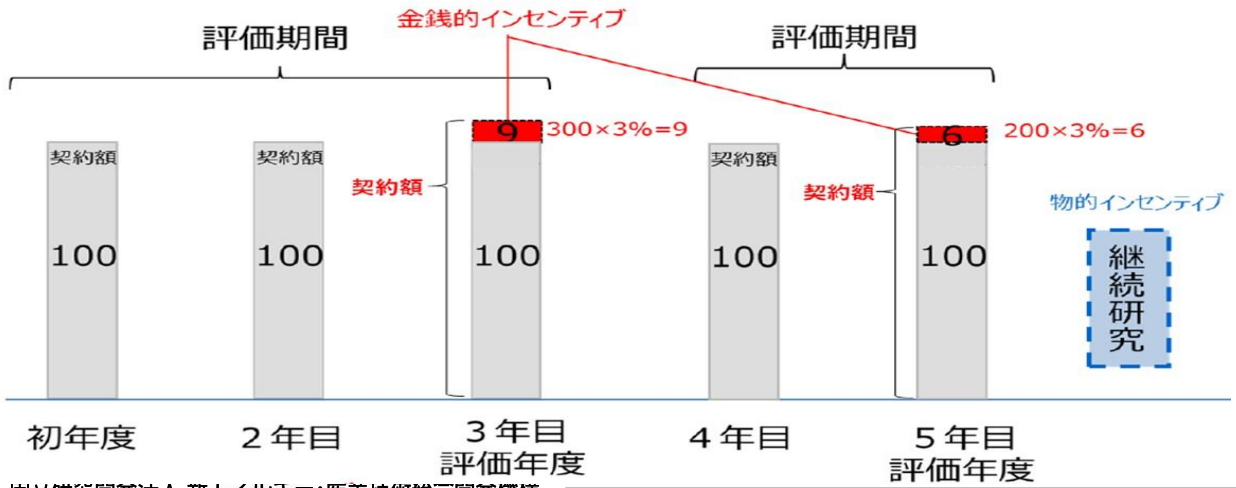
モティベーションを高める仕組み

- 本事業では「交付金インセンティブ制度」を活用し、委託事業者を対象に実施者のモチベーション増大を図る。
- インセンティブ配賦対象者の選抜にあたっては、事業成果に加えてインセンティブ計画（提案書）を評価対象とする。
- ここで、インセンティブの使途については基本計画の目標に縛られず、事業者の自由な発想を尊重する。

「交付金インセンティブ制度」導入の背景

・2022年度に産構審 研究開発改革WGにて「イノベーションの創出を加速する研究開発事業のあり方」が示された。

・NEDOは顕著な成果を出した案件にインセンティブを支払う仕組みを試行的に導入し、実施者のモチベーションの増大や研究開発成果の社会実装の加速化を図る。



本PJのインセンティブ運用方針

１．インセンティブ実施内容（配賦額の使途）
- ◆ 配布額の使途は、基本計画のアウトプットに記載のある内容に資するものとする
- ◆ 中間目標・最終目標についてはインセンティブ独自の運用方針として、基本計画に縛られないこととする。

２．評価の対象
- ◆ 当初事業成果の評価に加えて、インセンティブ 計画（提案書）を評価の対象として重視する。

３．配賦対象者・配賦額（分配）
- ◆ 配賦対象者をインセンティブ計画の評価上位者に限定する。
- ◆ 対象者への配布額は、基本的にインセンティブ 計画(提案書）に準じた額とする。

【金額規模（参考）】

１回目：‘23-’25年度委託事業費総額×３％
＝約40百万円

「次世代低GWP冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」（中間評価）

2023年度～2027年度　5年間

プロジェクトの詳細説明（公開版）

2025年6月10日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

サーキュラーエコノミー部

２．目標及び達成状況（詳細）

研究開発項目①　家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価　【委託事業】

研究開発項目②　低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発　【助成事業】

(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

報告内容

ページ構成

２．目標及び達成状況（詳細）

研究開発項目①
家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価
【委託事業】

(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

- 背景
- アウトカム達成に向けた戦略・具体的な取組
- アウトカム目標達成の見込み
- 個別事業ごとの目標と根拠
- 個別事業ごとの目標達成状況
- 個別事業の成果（アウトプット目標達成度）と意義

２．目標及び達成状況（詳細）

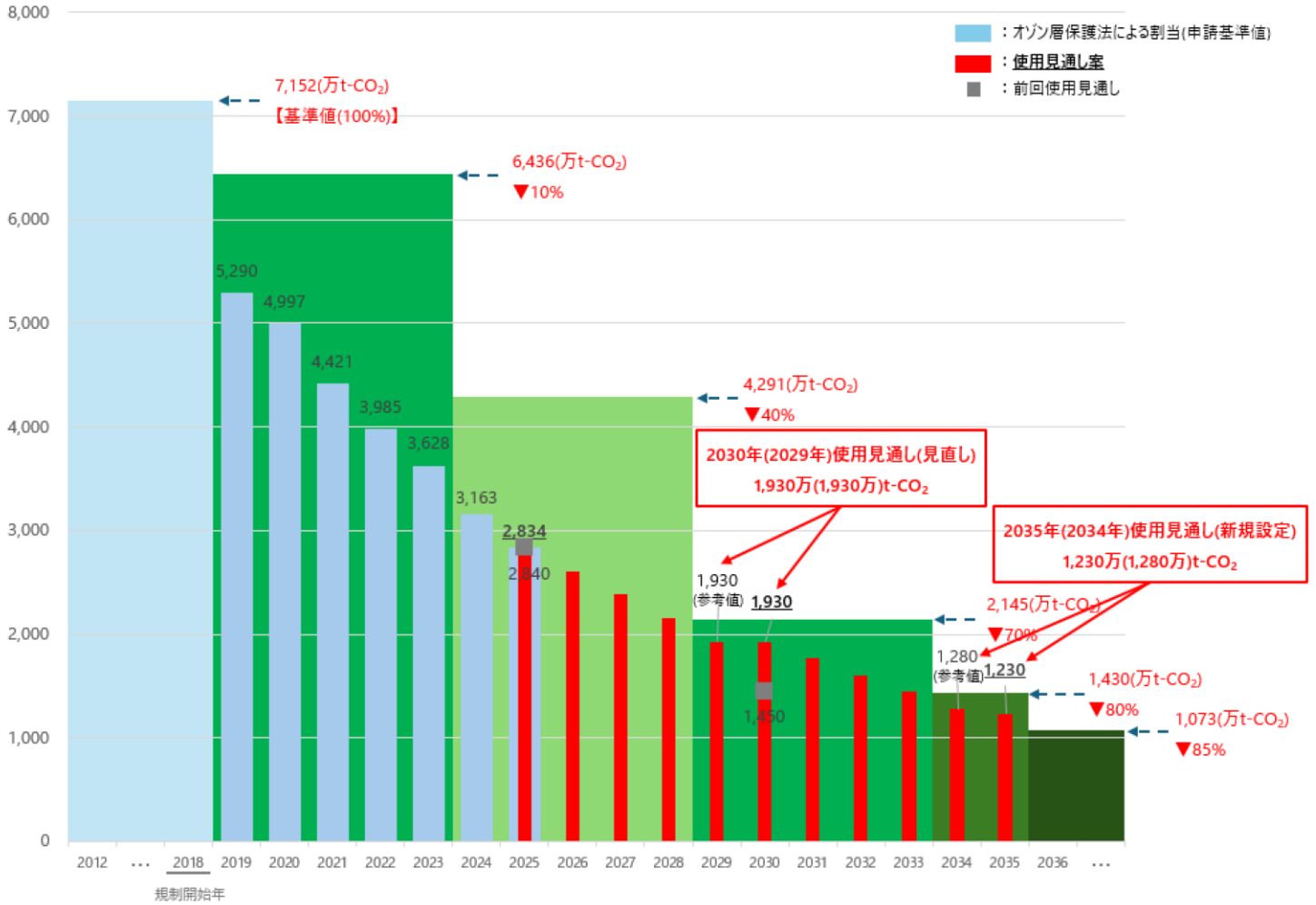
研究開発項目②
低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発
【助成事業】

(1)アウトカム目標及び達成見込み

- 背景
- 事業概要
- 個別事業の成果（アウトプット目標達成度）と意義

背景：法規制及び技術開発支援を通じた グリーン冷媒・機器の導入シナリオ（2024年度のフロン類の使用見通し）

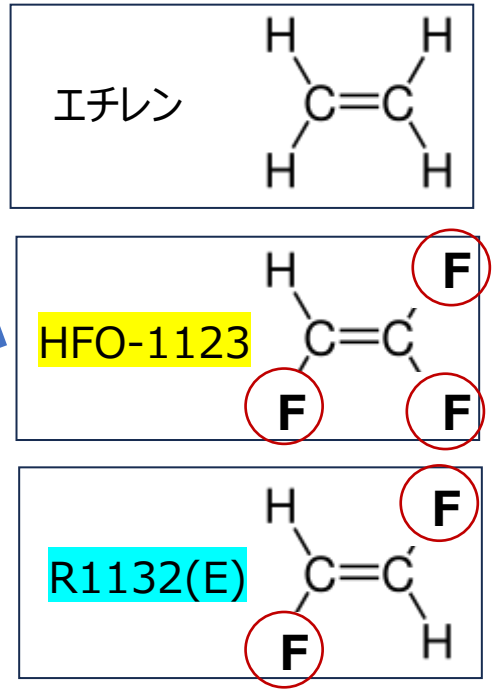
- 2024年度にフロン類の使用見通しが改訂された。
- 想定
  - キガリ改正基準値から１割程度を留保することを前提に、指定製品の目標値を全て達成した上で、NEDOプロジェクト等で開発中のグリーン冷媒への代替が進むことを見込む。
  - 資源の有効利用の観点から、大気放出の抑制対策・回収を徹底した上で、再生冷媒を最大限活用することが必要。
- 使用見通し
  - 2030年 1,930万t-CO_2
  - 2035年 1,230万t-CO_2
- 2034年以降の階段をくぐるために、2030年以降、NEDO冷媒（本プロジェクトで開発中の低GWP冷媒）の実用化に大きな期待が示されている。



モントリオール議定書キガリ改正に基づく基準値とフロン類需要見通しの対比
(2025年3月25日経済産業省産業構造審議会フロン類対策WG資料)

背景：本プロジェクトで開発されている国産冷媒

1. AGC(株)がNEDOプロで開発したHFO-1123
2. ダイキン工業がNEDOプロで開発したR1132(E)
3. 共通した特徴（利点）
   - GWPが1未満，ODPが0
   - 物性的にエアコン、カーエアコン、冷凍冷蔵機器に使える
4. 共通した課題
   - 高温，高圧条件で圧縮機内で放電が起これば，自己分解反応（不均化反応）を起こし，圧縮機破裂事故を引き起こす可能性がある
   - 自己分解反応を起こさないような混合冷媒を探索
5. 混合冷媒の選択において考慮すべき事項
   1) 低GWP（150未満または10未満）
   2) 低燃焼性や低毒性
   3) 自己分解反応の抑制
   4) 従来冷媒と同等の省エネ性
   5) 材料適合性，潤滑油の選択
   6) 物性データベースが使用できることが好ましい



自己分解反応

HFO－1123: $CF_2 = CHF$
$\rightarrow \frac{1}{2}CF_4 + \frac{3}{2}C + HF + 250\ kJ/mol$
R1132(E): $CHF = CHF \rightarrow 2C + 2HF + 248\ kJ/mol$

背景：代表的な国際規格と国際データベース

冷媒の安全性を規定する国際規格　ISO 817:2014

- 燃焼性の区分は4つ（不燃性：Class1、微燃性：Class2L、燃焼性：Class2、強燃性：Class3）に分類されている
- 毒性の区分は2つ（低毒性：A、高毒性：B）に分類されている
- 冷媒の自己分解反応の観点から、安定性の新区分の新設を目指す

  安定：α、条件付安定：β、不安定：γ
- 米国規格ASHRAE 34も同様の内容
- NEDO冷媒が安定であることを国際的に認知し、安全に使用するための機器設計の国際規格へ展開することによって、世界的な市場確保を目指す

現在の冷媒の安全性指標

	低毒性(A)	高毒性(B)
不燃性(1)	A1	B1
微燃性(2L)	A2L	B2L
燃焼性(2)	A2	B2
強燃性(3)	A3	B3

冷媒の物性値の国際的データベース　REFPROP

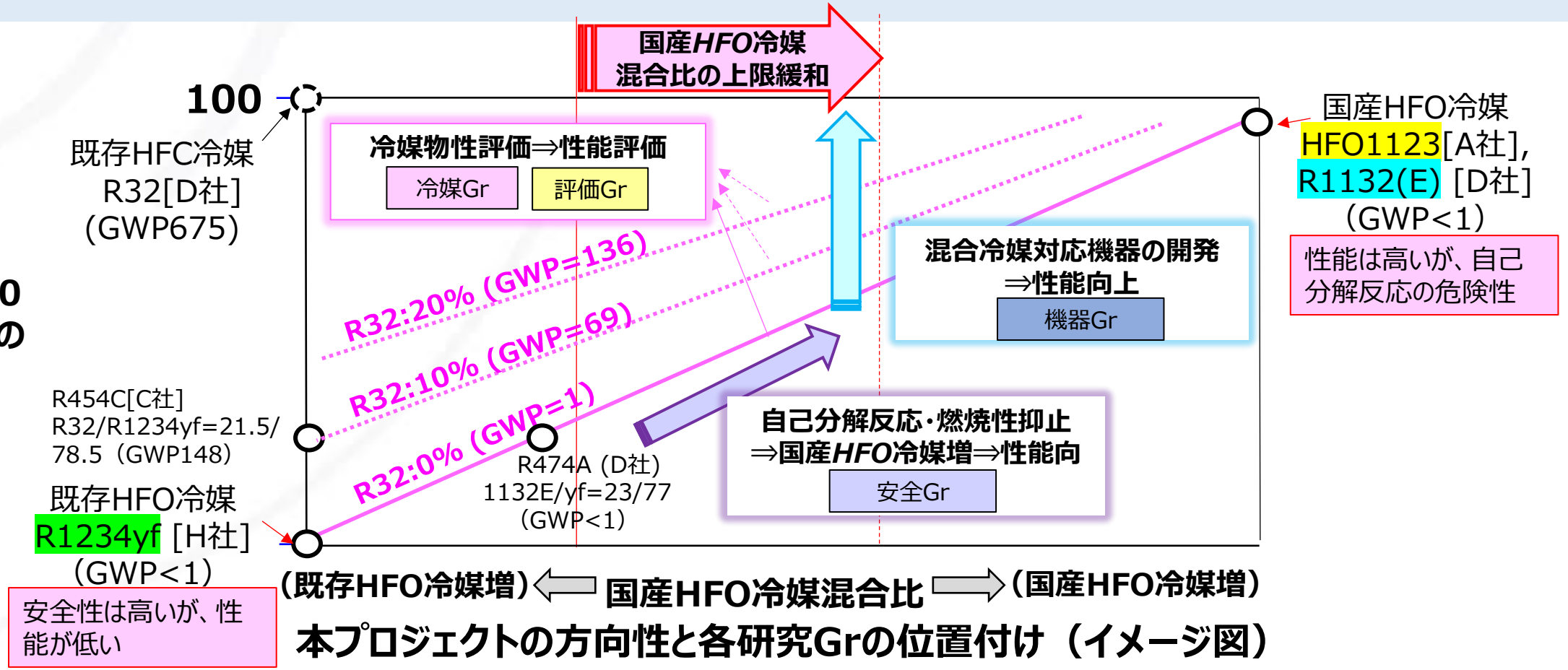
- REFPROPは米国NISTが提供する国際的な物性値データベース
- 様々な冷媒の空調・冷凍冷蔵機器の性能を計算したり、機器の制御法を設計するには必須
- 新しい冷媒を開発すると、その物性を測定し、それらを用いて状態方程式を決定し、REFPROPで使用可能にする必要がある

冷媒の例(GWP)

	低毒性(A)	高毒性(B)
不燃性(1)	R410A(2090), R134a(1430)など多数	R245fa
微燃性(2L)	R32(675), R1234yf(4), R1234ze(E)(6)	アンモニア
燃焼性(2)	R152a(124)	ー
強燃性(3)	プロパン(3), イソブタン(4)	ー

本プロジェクトの研究開発目標（研①委託）

- 現在普及しているHFO系冷媒（R1234yf）は低GWP冷媒である反面、既存のHFC冷媒（R32）に対し性能が劣る。
- これに対し開発中の国産冷媒（HFO1123,R1132(E)）は性能の向上が期待されているものの多量使用に際しては安全性に課題がある。
- また、HFO系冷媒（およびその混合物）の物性や燃焼特性などはまだ未解明の部分がある。
- ⇒ 本プロジェクトでは、国産HFO系混合冷媒の物性・性能評価を行なうとともに安全上の課題解決を図り、国産HFO冷媒混合比の増加とこの混合冷媒に適応する機器の要素技術を開発することで、現行のHFC冷媒機器並みの性能を実現する技術開発を行なう。



本プロジェクトの方向性と各研究Grの位置付け（イメージ図）

本事業における研究開発項目の位置づけ　～研究開発項目①～

■ モントリオール議定書の削減目標を達成するためには、低GWP冷媒・機器の普及が必要。アウトカム達成への取組として、標準化をはじめとする共通基盤を作ることが必須。

■ 研究開発項目①では、委託事業として、市中冷媒ストック量の多い家庭用空調機を対象とした実装可能なHFO混合冷媒候補を早期に絞り込むとともに、熱交換器、圧縮機など、HFO混合冷媒に対応した要素機器の開発に資する基盤技術の開発（伝熱促進技術、圧縮特性の解明等）、および安全性や環境影響の評価を行うモデルや評価手法などの開発を行う。

研究テーマ・主な実施者（再委託先含む）

- **安全Gr**
  「低ＧＷＰ混合冷媒の安全性・性能評価」
  （電中研、公立諏訪東京理科大、他2企業）
- **冷媒Gr**
  「低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価」
  （九州大学他、2大学、2研究機関、1企業）
- **機器Gr**
  「混合冷媒に対応する要素技術開発」
  （佐賀大学他、4大学、2企業）
- **評価Gr**
  「低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発」
  （早稲田大学、電気通信大学）



アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組（研①委託）
～規格・標準化・指針等への取り組み～

	対象	規格・標準化・指針等の内容	取組・課題	提案時期	発行時期
委託事業					
安全Ｇｒ	ISO817	冷媒安全性規格に，安定性に関する指標とその評価手法を追加する。	ISO/TC86/SC8/TF3 (Refrigerant Stability Classification) が2024年に開始され，2年間×2フェースでのスケジュールで規格化が進行中．委員として参画.	2025 (第一次)	2028
	ISO5149 IEC 60335-2-40		自己分解反応に関する安全性リスクアセスメント結果の提供、安全性向上手法の検討結果の提供。	未定	未定
	ISO817 / ASHRAE 34	HFO系冷媒の申請および登録。		随時	随時
冷媒Ｇｒ	REFPROP	HFO1123やR1132(E)等を含む、有望な混合冷媒に対して開発された混合モデルを登録。	2024年度までに開発した混合モデルをNISTと共同評価し、REFPROP上で使えるようにする。また、ISO817やASHRAE SSPC34の委員会に参加し、標準化に資するモデルを提供する。	2025 -2026	未定
	ANSI/ASHRAE Standard 34	燃焼特性評価方法の見直しと新たな方法の提案・登録	半年に1度開催されるASHRAE SSPC34委員会等へ、代表的な混合冷媒の燃焼特性の基準となるデータを提供し、規格改定に係る提案を主導する。	2025 -2026	未定

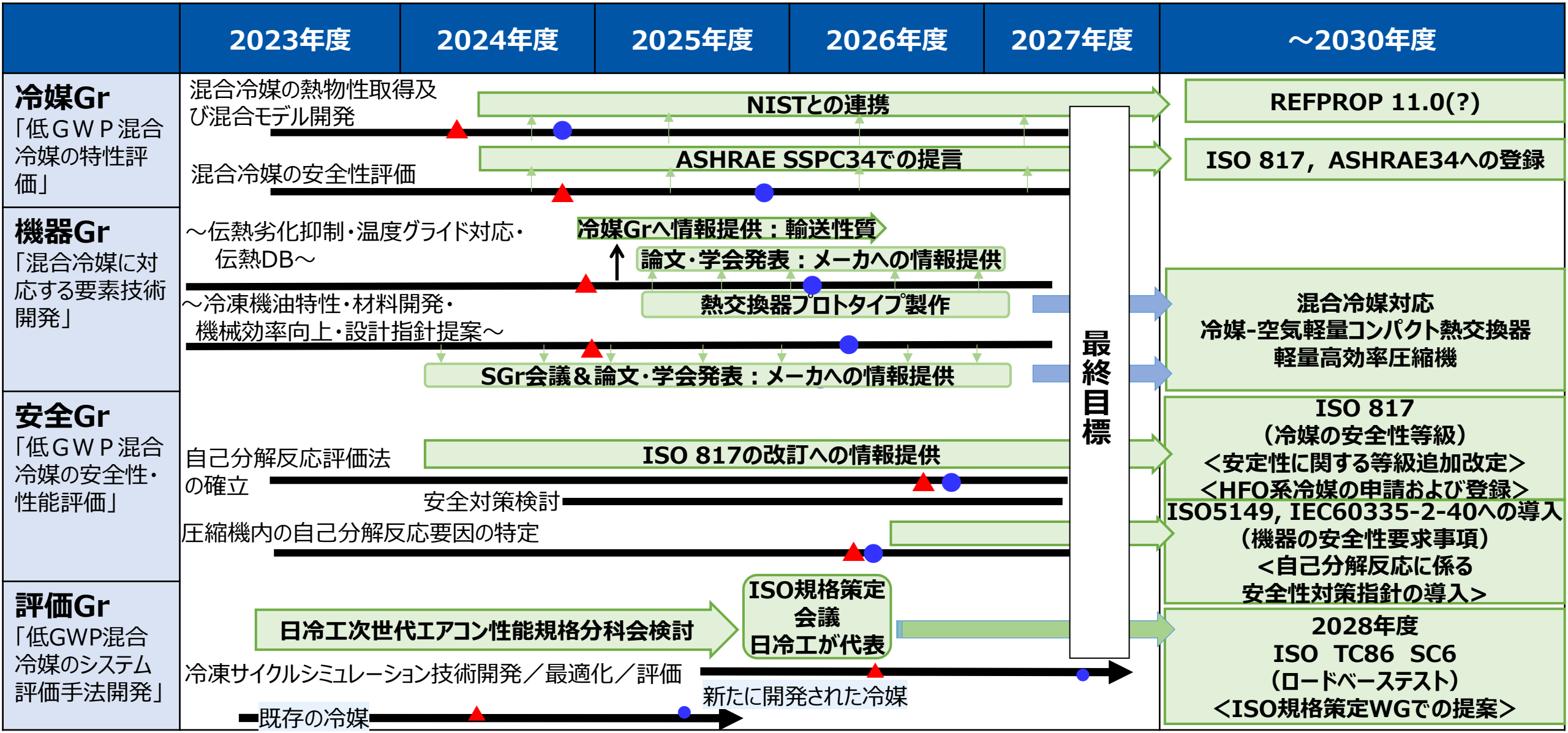
アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組（研①委託）
～規格・標準化・指針等への取り組み～

	対象	規格・標準化・指針等の内容	取組・課題	提案時期	発行時期
委託事業					
機器Ｇｒ	REFPROP	輸送性質（粘度、熱伝導率）の予測モデルを搭載。	冷媒Grと協力し、冷媒Grが作成する状態方程式と粘度及び熱伝導率の測定により得られたデータを併せて輸送性質（粘度、熱伝導率）の予測モデルを提供する。	随時	随時
	伝熱データベース	冷媒の凝縮及び沸騰・蒸発に関する7万点程度の伝熱データの閲覧・検索が可能となる。データダウンロードできるアカウントを設定し、研究開発に必要な詳細情報を提供。	継続的に伝熱データ、特に低GWP冷媒の実験データを蓄積する。 Webブラウザ上での伝熱相関式評価や AI予測を可能とする。	随時	随時
	熱交換器設計指針	低GWP純冷媒及び混合冷媒の伝熱相関式を提供。	低GWP純冷媒及び混合冷媒の実験データに基づいて、その伝熱特性を明らかにするとともに熱伝達率を予測する式を開発する。	未定	未定
評価Ｇｒ	ISO16358後継規格	開発したシミュレーションを新冷媒を含む冷媒に関してISO次期期間性能規格のベース として、ディジタル規格化を目指す当該規格の根幹を形成。必要な機能を追加して、測定の負担が少なく、高精度かつ利便性の高い規格の成立を目指す。	日冷工の冷媒評価WGやLCCPWGに参画することで、協調した活動を展開中。	2025-2027	2027
	ISO5151, ISO15042, ISO16358-1,2,3	パッケージエアコン、ルームエアコンの性能や試験方法に関する規格。現在、圧縮機の回転数を固定した試験方法（「静的試験」）となっており、実際の空調機の性能と乖離しているとの指摘がある。そこで、ユーザーが使用する状態で空調機お試験を実施（「動的試験」）することで、実態に応じた試験方法にする。	ISO/TC86/SC6のInformal group meetingで、NEDO成果を基に負荷固定試験方法に関する報告を行い、またこの方法の残課題の解決に向けて継続的に参画し、同方法の国際規格化を推進・支援している。現在、作業部会へ参画しており、今後の規格の成立を図る。	2023-2026	2026

アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組（研①委託）

～ロードマップ～

▲：基本原理確認　●：基本技術確立



個別事業ごとの目標と根拠（研①委託）

研究テーマ	中間目標（2026年3月）	最終目標（2028年3月）		根拠
【委託事業】 研究開発項目①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価 注）表中の”冷媒”とは、開発中の“HFO混合冷媒”の事を差す。				
安全Gr	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 ■ 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	■ 冷媒の自己分解反応機構の解明 ■ 空調機器の安全性に係るデータの取得	■企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案する ■国際規格等３件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	国産冷媒普及のためには、自己分解反応の解明や抑制技術の開発、および国際規格・標準化による環境整備が必要である。
冷媒Gr	■ 冷媒候補の絞り込み ■ 物性等の詳細評価を15件以上実施 ■ 国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データの１種類以上の取得 ■ 燃焼特性を解明する手法の確立	■物性等の詳細評価を累計25件以上実施基本物性データの３種類以上の取得 ■熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルの開発 ■候補冷媒の燃焼特性の解明企業の速やかな製品開発に貢献する実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案する。 ■国際規格等３件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。		新たなHFO混合冷媒の普及には、正確な熱物性値に基づいた混合モデルや燃焼性データを国際規格や国際データベースに登録し、実用化の基盤情報とする必要がある。
機器Gr	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発 ■ 冷媒の圧縮特性の解明 ■ 冷凍機油に対する冷媒の溶解・潤滑特性の解明	■ 熱交換器の設計指針の確立 ■ 圧縮機の設計指針の確立 ■ 冷凍機油の提案		従来と異なる混合冷媒に対応する機器要素技術を確立することは、企業の速やかな製品開発に必要不可欠である。
評価Gr	■ 冷凍・空調機器の実運転性能やLCCP等の評価手法の確立 ■ 冷凍サイクル全体の性能評価装置の製作	■ 各Grの開発成果を性能評価装置にて検証（各Grにフィードバックしながら改善）		■ 候補冷媒の選定の上では環境影響評価も含めて総合的な判断が必要である。 ■ 対応機器の開発加速化のためには、実用に即した評価手法の確立が必要である。
【助成事業(民間企業)】 研究開発項目②低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発				
	■ 現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	■ 圧縮機の試作と評価（長期信頼性現行同等） ■ コンデンシングユニットの試作と評価（性能現行機以上）		■ 製品化、普及促進のためには、性能、価格、環境性等の観点から市場競争力が必要。性能を維持する必要がある。

個別事業ごとの目標達成状況

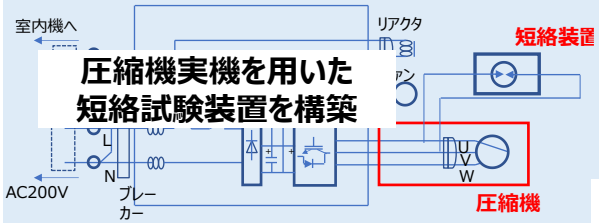
赤字：2024年度までの実績
黒字：2025年度末までの見込み

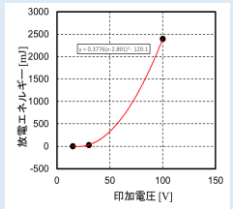
◎　大きく上回って達成、○達成

	中間目標（2026年3月）	主な成果（2026年3月）	達成度	達成の根拠／解決方法
【委託事業】 研究開発項目①家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価 注）表中の”冷媒”とは、開発中の“HFO混合冷媒”の事を差す。				
安全 Gr	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 ■ 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	■ 自己分解反応を誘発する着火源の調査・比較・実験を通じ、国際標準に提案する着火手法を開発。 ■ 実機によるアーク放電エネルギーの定量化を達成。 ■ 次世代冷媒の自己分解反応境界条件を明確化。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 国際標準化についてはISO TFにて評価手法を提案。
冷媒 Gr	■ 冷媒候補の絞り込み ■ 物性等の詳細評価を15件以上実施 ■ 国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データの１種類以上の取得 ■ 燃焼特性を解明する手法の確立	■ 熱物性および音速等の詳細評価を18件実施。 ■ 候補冷媒の燃焼性について燃焼速度，燃焼限界等の国際標準に耐えうるデータを取得。 ■ 物性およびサイクル性能から候補冷媒を絞り込み、実用性の面からの最適組成の範囲を明確化。	◎	■ 当初目標以上の成果を達成。 ■ 物性等の詳細評価を18件実施。1種類の3成分系燃焼特性データ取得を前倒しで完了。さらに別成分のデータを取得中。
機器 Gr	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発 ■ 冷媒の圧縮特性の解明 ■ 冷媒の溶解・潤滑特性の解明	■ 伝熱面処理、断続流路の開発・適用による伝熱促進効果を確認。AIによる熱伝達予測モデルを構築。 ■ 圧縮特性計算モデル、機械効率評価装置を構築。 ■ 冷凍機油溶解モデル、油膜計測技術、圧縮特性計算モデル、機械効率評価装置を構築。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 熱交換器実験を加速化するため、自動制御機能を追加し、計画のキャッチアップおよび実験精度の向上を図る。
評価 Gr	■ 冷媒のLCCP等の評価手法の確立 ■ 空調サイクル全体の性能評価装置の製作	■ 候補冷媒も対象とし、実機レベルでの機器性能予測精度を5%程度まで実現。	○	■ 当初目標を達成。 ■ 国際規格化も順調に進めている。
【助成事業(民間企業)】 研究開発項目②低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発				
	■ 現状市販フロン品と同等以上の性能を実現する要素機器・周辺機器の技術開発の道筋をつける。	■ 環境・実用性・耐久性等の総合評価により適用冷媒、冷凍機油の選定を完了。 ■ 性能向上策積上完了。（計算上で効果を確認）	◎	■ 当初目標を達成。 ■ 進捗はやや前倒し。

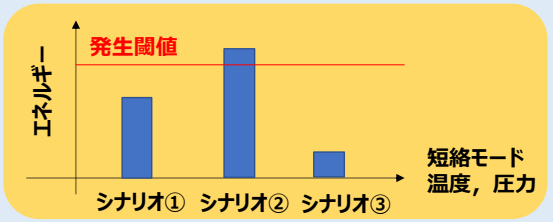
安全Grの成果（アウトプット目標達成度）と意義

圧縮機内アーク放電エネルギー定量化



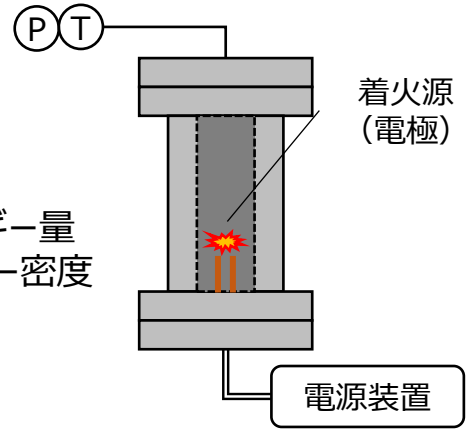


放電エネルギー量を取得



各事故シナリオ発生エネルギーの解明

自己分解反応評価法国際標準化



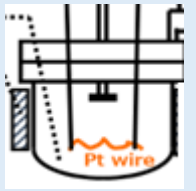
エネルギー量
エネルギー密度

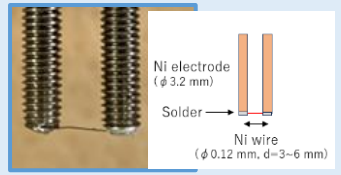
着火法
試験条件

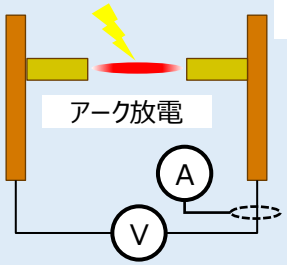
→リスク評価，安全対策策定の推進
実用化への貢献に寄与

評価法の開発

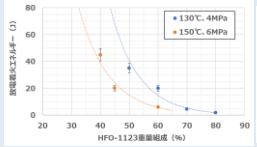


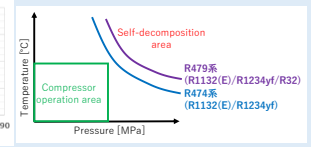






着火源の調査・比較
⇒発弧線溶断法を開発





次世代冷媒の
自己分解反応境界条件を明確化

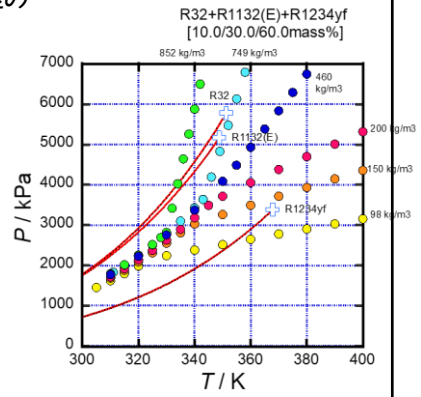
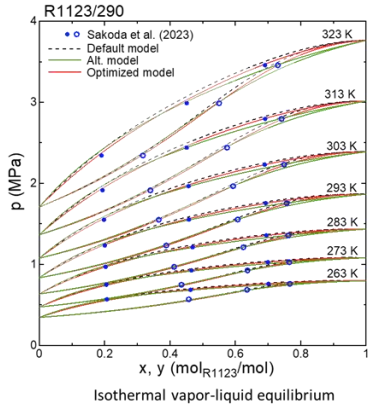
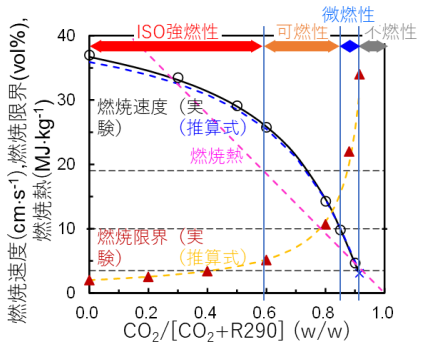
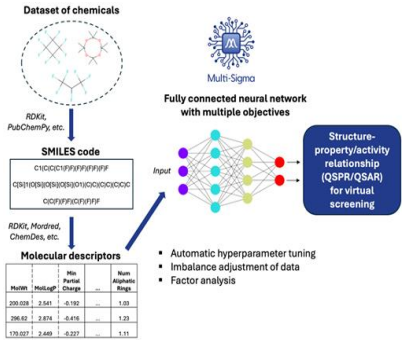
成果

- エアコン圧縮機実機を用いた短絡試験装置を構築．冷媒雰囲気下でのアーク放電エネルギー量を取得
- 高圧冷媒雰囲気下で再現性良く放電を発生させる着火手法を開発
- 自己分解反応評価手法を確立

意義

- 自己分解反応が圧縮機内で起こりうるか否かを定量評価可能とする．
- リスク評価における事故発生確率の精緻化に資する．
- 次世代冷媒の安全性・リスク評価により，安全対策の策定に資する．

冷媒Grの成果（アウトプット目標達成度）と意義

混合冷媒の熱物性値取得及び候補冷媒の絞り込み（冷A-1，冷A-2）	混合冷媒の熱力学モデルの開発（冷B-1）	混合冷媒の安全性特性評価（冷C-1）	サイクル特性評価及び試験機による性能評価，要素分析（冷D-1，冷D-2）	LCCP評価方法の開発及びAI解析（冷E-1）
低GWP混合冷媒の熱物性解明と音速データ取得および有望冷媒の絞り込み 	A-1で絞り込まれた混合冷媒の混合モデル確立（3種類以上） 	混合冷媒候補の燃焼性について，国際標準登録申請に耐えうるデータの取得（１種類以上） 	サイクル試験装置を用いた混合冷媒の性能評価，サイクルのシミュレーション及び損失の要因分析に対する計算モデル確立 	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響推定及びAIを用いた研究開発効率化 

成果（2026年３月末見込み）

●8種類の2成分系混合冷媒、2種類の3成分系混合冷媒の熱物性の解明。
●R1132(E)の純冷媒，HFO1123を含む4種類の混合冷媒，R1132(E)を含む4種類の混合冷媒音速データ取得。
●高度化されたモデル開発手法により混合モデルの確立。
●R1132(E)混合冷媒に対する国際標準登録申請に耐えうるデータの取得
●実機構成要素を用いたサイクル試験結果と構成要素内損失の明確化により、サイクル性能側からの候補冷媒の最適組成を提案。

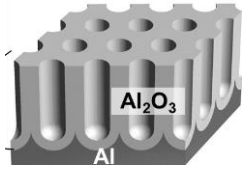
意義

●実用化が期待される混合冷媒を絞りこみ、その熱物性及び燃焼特性を明らかにすることで、開発の方向性を明らかにする。
●熱物性及び燃焼特性の情報を他の事業者と共有し、要素機器開発、安全性評価及び空調機シミュレーション等の基盤情報とする。
●熱物性及び燃焼特性のモデルを国際標準として登録する。

機器Grの成果（アウトプット目標達成度）と意義

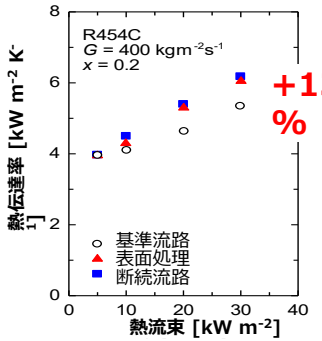
熱交換器

機A-3　素材開発



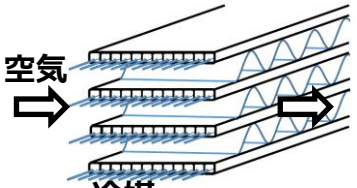
伝熱面表面処理で気泡微細化を確認
⇒ 多孔管内面に適用

機A-2　伝熱劣化抑制



表面処理，断熱流路で伝熱促進効果を確認

機A-1　熱交換器開発



性能試験用風洞を構築
冷媒の温度グライドを考慮した流路設計を検討

熱伝達率のAI予測
伝熱データベース（7万点以上）を利用した　熱伝達率のAI予測モデルを構築

機B-1　熱流動メカニズム　伝熱促進と振動流応用

ボイド率計測
1mm 非円形流路では，通常管より10%低下

沸騰開始過熱度の低減効果をプール沸騰で評価
基準流路で振動流は発生せず

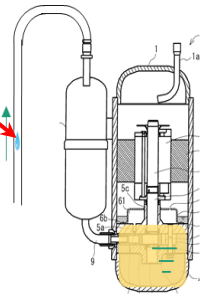
圧縮機

機C-1　冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価

非共沸混合冷媒と冷凍機油の溶解特性を計測 ⇒ 溶解モデル構築

冷凍機油への非共沸混合冷媒の溶解成分を測定

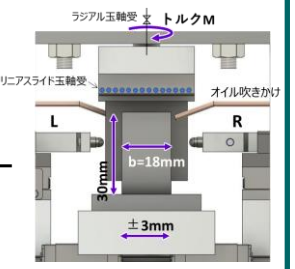
油膜計測技術を開発
⇒ 油戻り量を定式化



非共沸混合冷媒圧縮特性の解明
圧縮特性計算モデルを構築

機C-2　機械効率向上

ベーン・固定溝間の摩擦評価法を確立
ベーン先端・ローリングピストン間の摩擦評価法を確立



評価装置構築

機C-3　金属基複合材料の開発

強化材の体積率をそのままで
引張強度**45%向上**
疲労強度**18%向上**

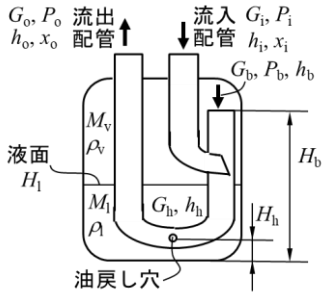
成果

●低GWP混合冷媒の伝熱劣化特性や流動メカニズムを明らかにして伝熱促進技術を開発。
●伝熱データベースを用いて相関式評価、AI予測。
●低GWP混合冷媒に適する冷凍機油を評価・提案、圧縮機の軽量化、設計指針を確立。

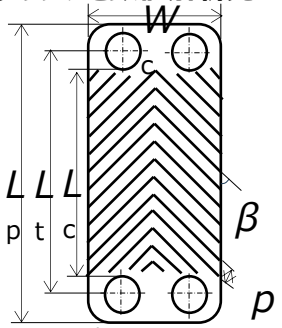
意義

●開発した伝熱促進技術を実機の熱交換器に応用し、加えて温度グライドに対応することで高性能熱交換器の開発が可能。
●AI技術により低GWP混合冷媒の熱伝達率の予測が可能。
●低GWP混合冷媒に対応した圧縮機の設計が可能、圧縮機の軽量化が可能、最適な冷凍機油を選定。

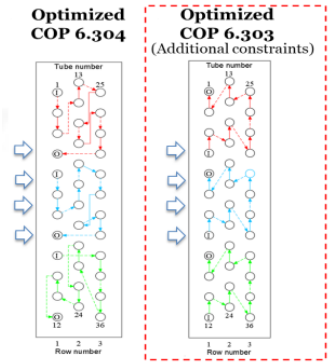
評価Grの成果（アウトプット目標達成度）と意義



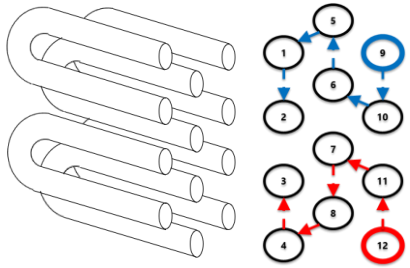
評A-1-1 アキュムレーターのモデリングと数値解析完了



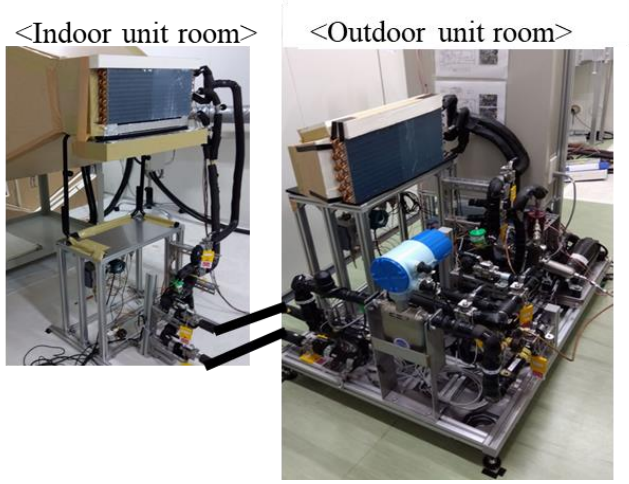
評A-1-1 プレート熱交換器のモデリングと数値解析完了



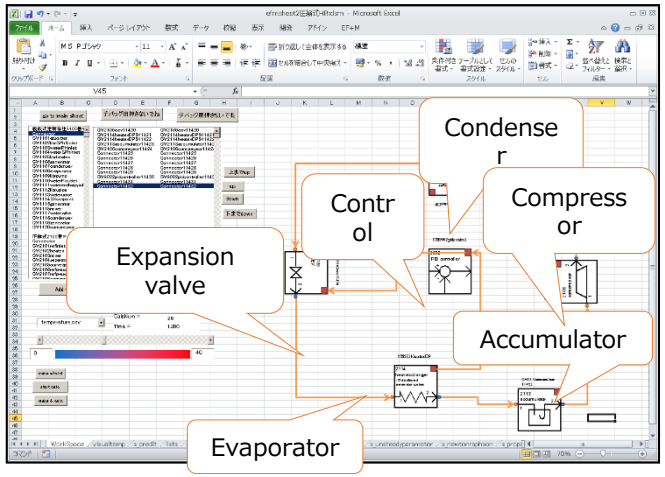
評A-1-2 最適化計算の実現完了



評A-2 アルゴリズム開発完了



評A-1-3 最適化検証装置の構築完了と妥当性検証の実施



各種低GWP冷媒ごとに最適化した公平な条件での冷媒性能評価が可能となるシミュレーターの開発完了

成果

- アキュムレーターとプレート熱交換器のモデリングによるシミュレーターの改良を実施
- 実機製作上の制約条件を実装したAI最適化アルゴリズムによる熱交換器シミュレーターの開発
- 熱交換器シミュレーターで得られた結果の妥当性検証

意義

- 実機製作上の制約を考慮した熱交換性能を解析できる熱交換器シミュレーターの開発
- 各種低GWP冷媒ごとに最適化した冷凍空調機器による公平な条件での冷媒性能評価が可能
- 日本冷凍空調工業会における標準ツール化への提案

報告内容

ページ構成

２．目標及び達成状況（詳細）

研究開発項目①
家庭用空調等に適した低GWP混合冷媒の開発及び評価
【委託事業】

(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

- 背景
- アウトカム達成に向けた戦略・具体的な取組
- アウトカム目標達成の見込み
- 個別事業ごとの目標と根拠
- 個別事業ごとの目標達成状況
- 個別事業の成果（アウトプット目標達成度）と意義

２．目標及び達成状況（詳細）

研究開発項目②
低GWP冷媒の対応機器（家庭用/業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発
【助成事業】

(1)アウトカム目標及び達成見込み

- 背景
- 事業概要
- 個別事業の成果（アウトプット目標達成度）と意義

背景：フロン排出抑制法と市場ニーズ

【フロン排出抑制法】
対象となるコンデンシングユニットの指定製品制度による規制値は以下の通り
　目標値750　目標年度2029

指定製品の区分	現在使用されている主なフロン類等及びGWP	環境影響度の目標値	目標年度
コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット（1.5kW以下のもの及び蒸発器における冷媒の蒸発温度の下限値が−45℃未満のものを除く）	R404A (3920) R410A (2090) R407C (1770) CO2 (1)	1500	2025
① 冷却器と一体型のもの		150	2029
② ①以外のもの		750	2029
コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット（1.5kW以下のものであって、蒸発器における冷媒の蒸発温度の下限値が−45℃未満のものを除く）		150	2029

【市場ニーズ】
CO_2コンデンシングユニットが市場に存在する。
規制値クリア製品(例:GWP150)を提供し、将来GWP10未満を提供する場合、下記課題がある
・機器(ショーケース)の２重開発と投資回収
・複数冷媒機器混在による現地サービス複雑化

顧客のショーケースメーカ、コンビニエンスストアからはCO_2同等の環境性（GWP10未満）が求められている。提供できなければ、CO_2普及が優先される。

P社が2010年にCO_2冷媒採用製品を発売し、2010年から2021年までに累計14000台の販売実績。＊1000台/年
しかし、90000台/年の市場規模に比べ不十分である。

事業概要（助成）

＜個別事業名＞　グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発
＜事業者名＞日立空調清水株式会社
＜事業期間＞２０２３年４月～２０２８年３月

＜事業概要＞キガリ改正を受けて、先進国は2036年までにHFC消費量をGWP換算値で段階的に85%削減する目標が示された。コンデンシングユニットでは低GWP冷媒としてCO_2が実用化されているが、性能は従来冷媒を下回るとともに、初期導入コストは高くなるため、普及に課題があると言われている。そこで本研究開発では、現行機と性能を同等以上とし、初期導入コストも同等に抑えられる、グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットを開発し、低ＧＷＰ機器の普及に貢献する。

事業概要として、
①「シミュレーションによるHFO 混合冷媒の性能評価と選定」
②「冷凍機油及び材料評価と選定」
③選定冷媒に適応した長期信頼性を確保できる「圧縮機の設計」
④「コンデンシングユニット設計」
⑤「圧縮機試作及び性能信頼性評価」
⑥「コンデンシングユニット試作及び性能評価」

最終的にはここで製作したコンデンシングユニットとショーケースをつなぎ、実店舗摸擬試験室において長期モニタ試験を実施する。試験にて性能、信頼性評価を実施し、設計改善に反映する。



コンデンシングユニット　　ショーケース

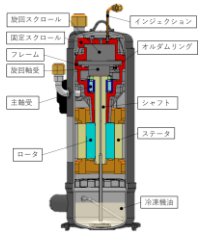
成果と意義（中間年度見通し）

候補冷媒

	Current	Current		
Refrigerator	**R448A**	**CO_2**	**R1234yf**	**R474B**
Component	R32 125 134a 1234yf 1234ze(E)	CO2	R1234yf	R1132(E) 31.5% R1234yf 68.5%
Environmental (GWP)	1387 ×	1 ○	1 ○	1 ○
Safety	A1 ○	A1 ○	A2L △	A2L △
Energy Efficiency	○	△	×	△
Economy	○	×	△	○

冷媒、冷凍機油選定(信頼性)

冷媒・油の安定性評価
材料適合性を評価



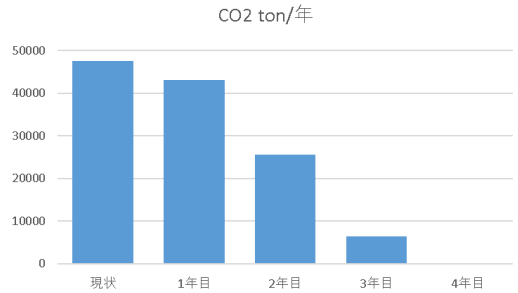
性能向上策の策定(性能)

冷媒流路の低圧損
熱交換器改善



CO_2換算・封入冷媒量削減

年間47500tonの削減効果
(R448A⇒R474Bへ転換)



成果

- **環境性、安全性、省エネ性、経済性の観点で冷凍機に適したR474Bを選定**
- **熱化学安定性に優れた冷凍機油を選定し材料適合性評価**
- **冷媒に対応した圧縮機を設計し試作機製作 現行同等の長期信頼性を有する見通し**
- **コンデンシングユニットを設計し試作機製作 現行機同等以上のCOPを有する見通し**

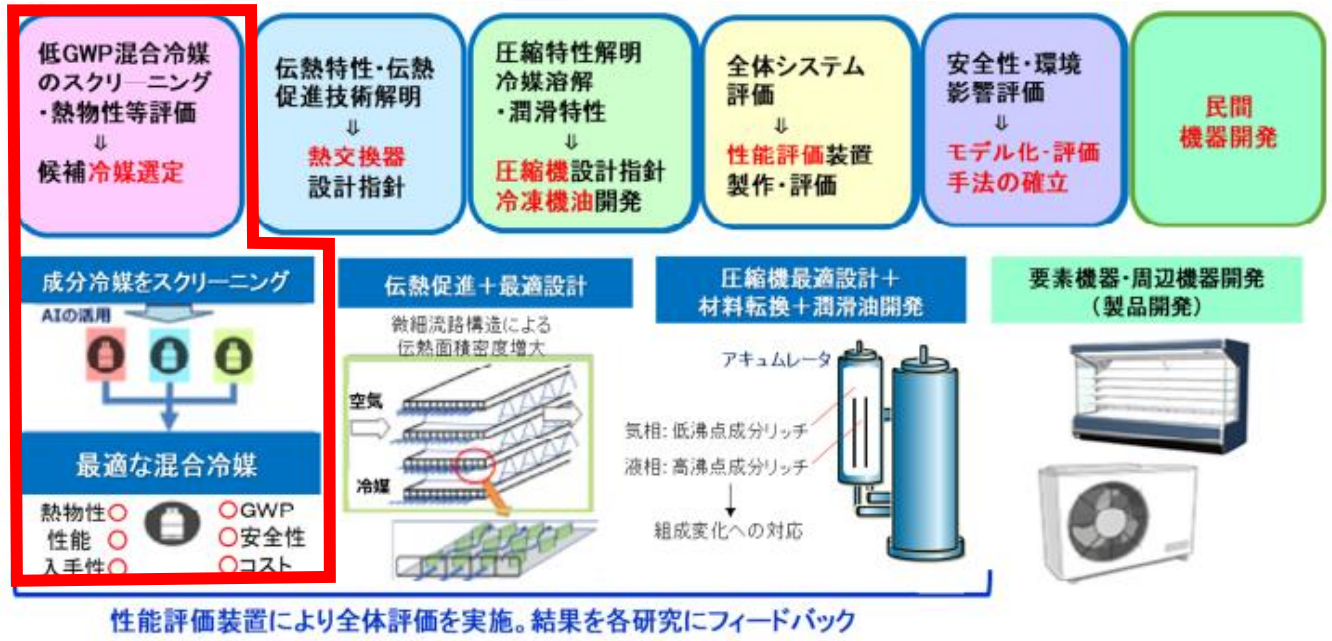
意義

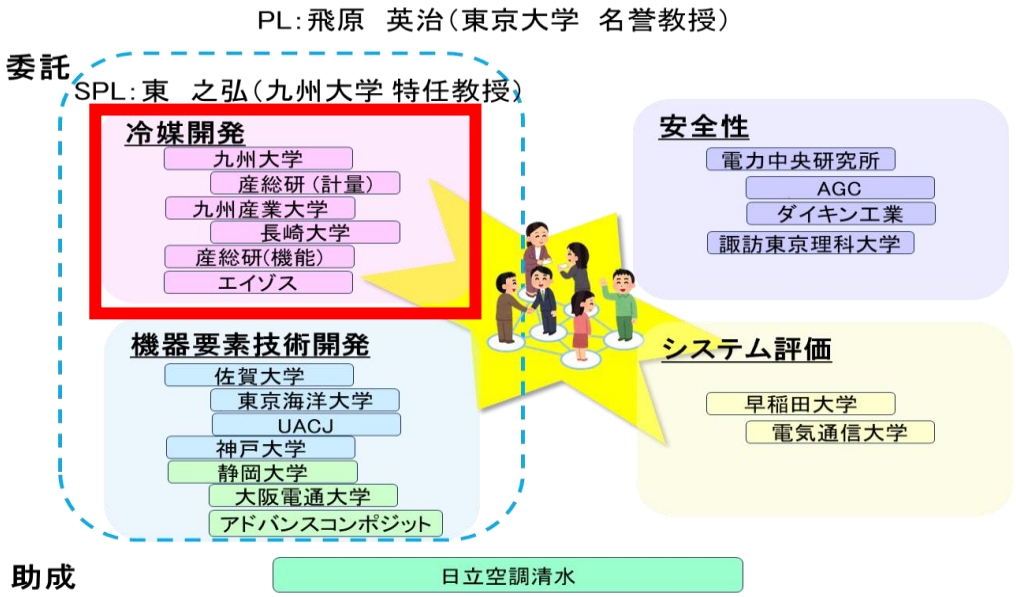
- **現行機同等の性能、コストとすることにより、現行フロン冷媒からR474Bへの転換をはかり、カーボンニュートラルを促進させる。**
- **CO_2に比べR474Bは現行フロン冷媒と圧力が近く、機器の耐圧設計、施工やメンテナンス性も現行機同等となる。既設機入替を目指すコンビニエンスストア、スーパーマーケット、冷凍冷蔵倉庫等での導入も可能となる。**

事業概要（冷媒開発Gr.）

＜個別事業名＞　低GWP混合冷媒の特性評価
＜事業期間＞２０２３年４月～２０２８年３月
＜事業概要＞
本研究では、次世代低GWP混合冷媒の熱物性及び燃焼性の包括的評価を通して有望な候補冷媒の絞り込みを行うとともに、候補冷媒の熱力学的状態方程式を確立する。さらに、NEDOプロジェクトで新たに開発された熱交換器や圧縮機を用い，候補冷媒の基本サイクル特性評価を行うとともに、LCCP評価を実施し環境影響を評価する。

技術課題①　：熱力学特性、燃焼性、安全性を高い次元で両立する低GWP混合冷媒の探索
技術課題②　：国際標準となる熱力学的状態方程式や燃焼性評価手法の開発
技術課題③　：基本サイクル特性評価による低GWP混合冷媒に特化した要素機器の性能向上の定量把握





背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

●背景：

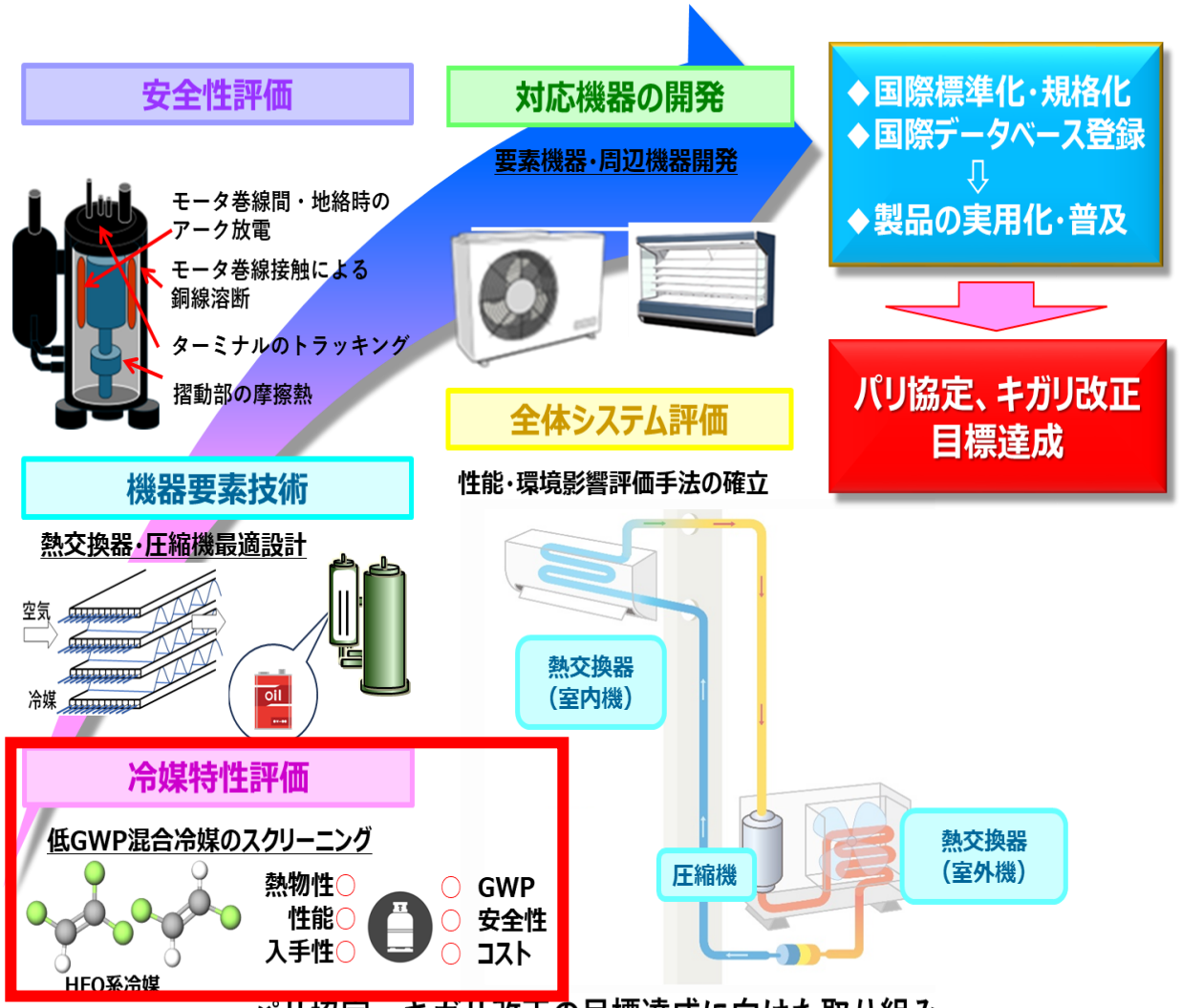
キガリ改正において我が国が課された削減義務を達成するためには、これまでのNEDO事業により得られた純冷媒の成果をさらに発展させ、家庭用空調機等に対する混合冷媒の実用化研究を積極的に推進する必要がある。

●目的：

可能性のある混合冷媒候補の絞り込み、性能評価、システム性能評価及び環境影響評価を包括的に実施し、他の事業者や国内外のステークホルダーに対する情報提供を行う。

●規格・標準化・指針等との関係：

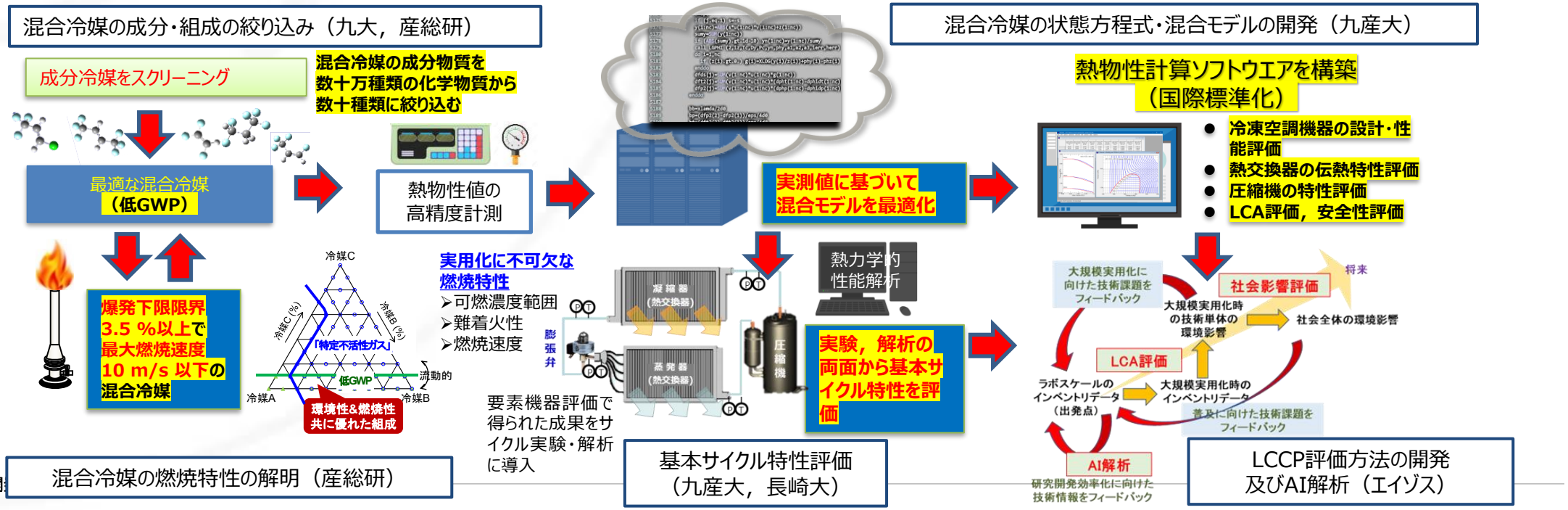
研究成果に基づいて混合冷媒に対する熱力学モデル及び燃焼性評価方法を提案し、REFPROPやASHRAEへの登録を提言する。



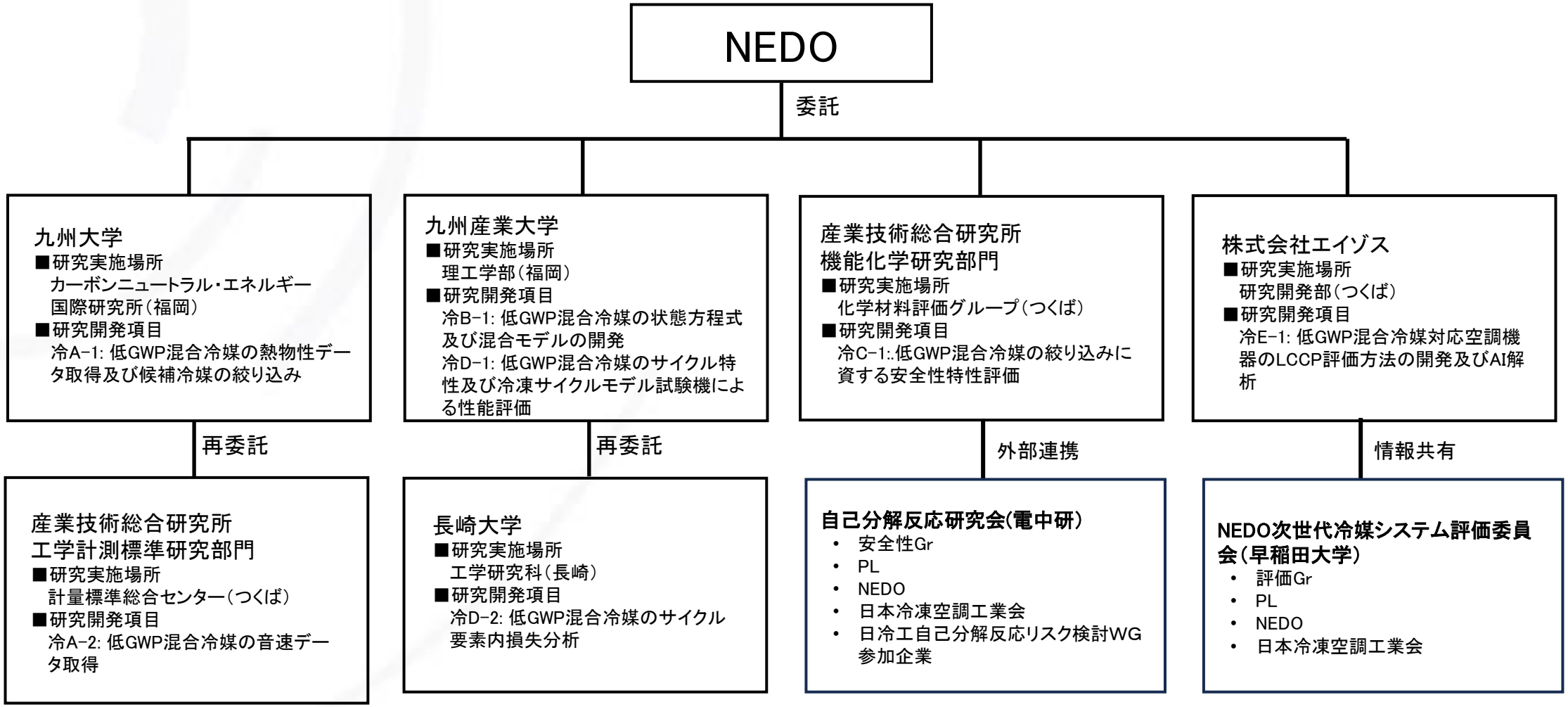
パリ協定、キガリ改正の目標達成に向けた取り組み

研究開発項目

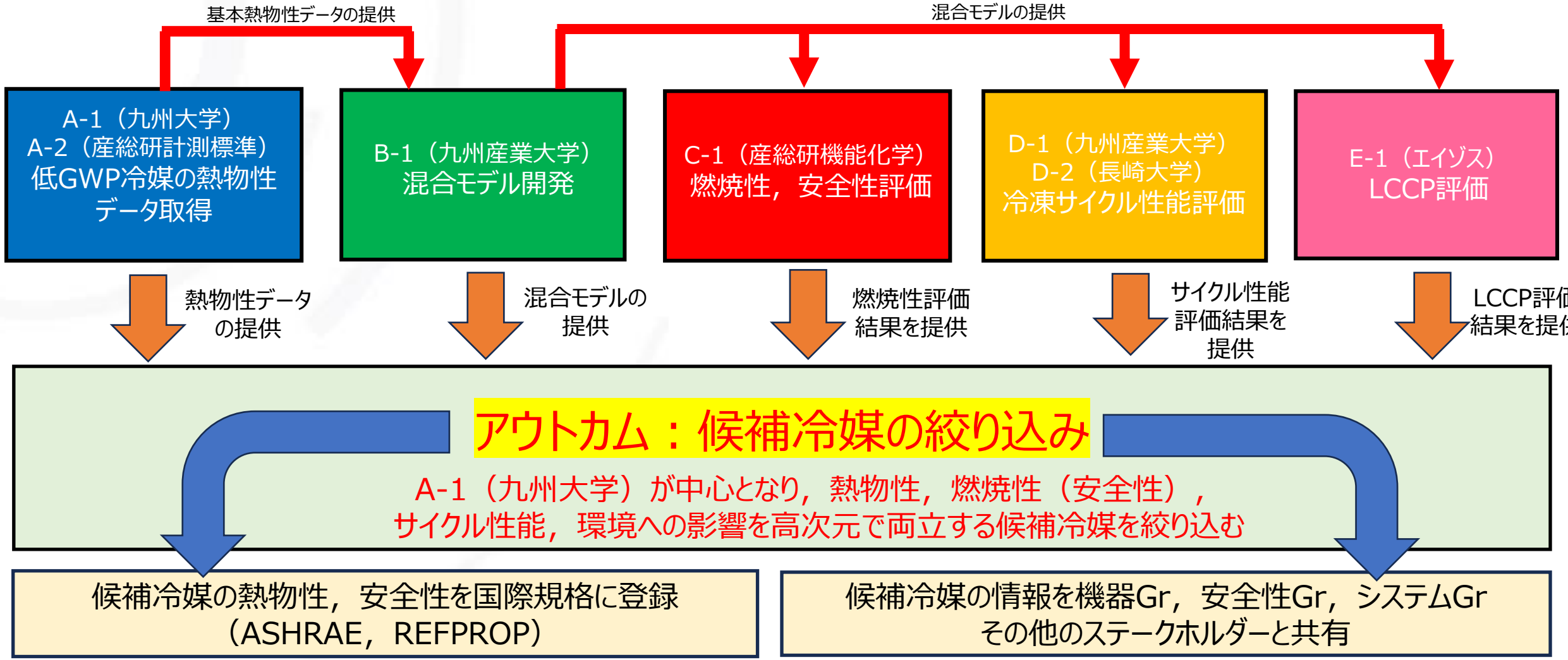
	委託	再委託	研究開発項目	事業者
冷媒G	冷A-1		低GWP混合冷媒の熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み	国立大学法人九州大学
		冷A-2	低GWP混合冷媒の音速データ取得	国立研究開発法人産業技術総合研究所工学計測標準研究部門
	冷B-1		低GWP混合冷媒の状態方程式及び混合モデルの開発	学校法人中村産業学園九州産業大学
	冷C-1		低GWP混合冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価	国立研究開発法人産業技術総合研究所機能化学研究部門
	冷D-1		低GWP混合冷媒のサイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価	学校法人中村産業学園九州産業大学
		冷D-2	低GWP混合冷媒のサイクル要素内損失分析	国立大学法人長崎大学
	冷E-1		低GWP混合冷媒対応空調機器のLCCP評価方法の開発及びAI解析	株式会社エイゾス



実施体制


NEDO
委託
九州大学
■研究実施場所
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所（福岡）
■研究開発項目
冷A-1: 低GWP混合冷媒の熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み
再委託
産業技術総合研究所
工学計測標準研究部門
■研究実施場所
計量標準総合センター（つくば）
■研究開発項目
冷A-2: 低GWP混合冷媒の音速データ取得
九州産業大学
■研究実施場所
理工学部（福岡）
■研究開発項目
冷B-1: 低GWP混合冷媒の状態方程式及び混合モデルの開発
冷D-1: 低GWP混合冷媒のサイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価
再委託
長崎大学
■研究実施場所
工学研究科（長崎）
■研究開発項目
冷D-2: 低GWP混合冷媒のサイクル要素内損失分析
産業技術総合研究所
機能化学研究部門
■研究実施場所
化学材料評価グループ（つくば）
■研究開発項目
冷C-1:.低GWP混合冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価
外部連携
自己分解反応研究会(電中研)
• 安全性Gr
• PL
• NEDO
• 日本冷凍空調工業会
• 日冷工自己分解反応リスク検討WG参加企業
株式会社エイゾス
■研究実施場所
研究開発部（つくば）
■研究開発項目
冷E-1: 低GWP混合冷媒対応空調機器のLCCP評価方法の開発及びAI解析
情報共有
NEDO次世代冷媒システム評価委員会（早稲田大学）
• 評価Gr
• PL
• NEDO
• 日本冷凍空調工業会

アウトカム達成に向けた各研究開発項目の役割と貢献



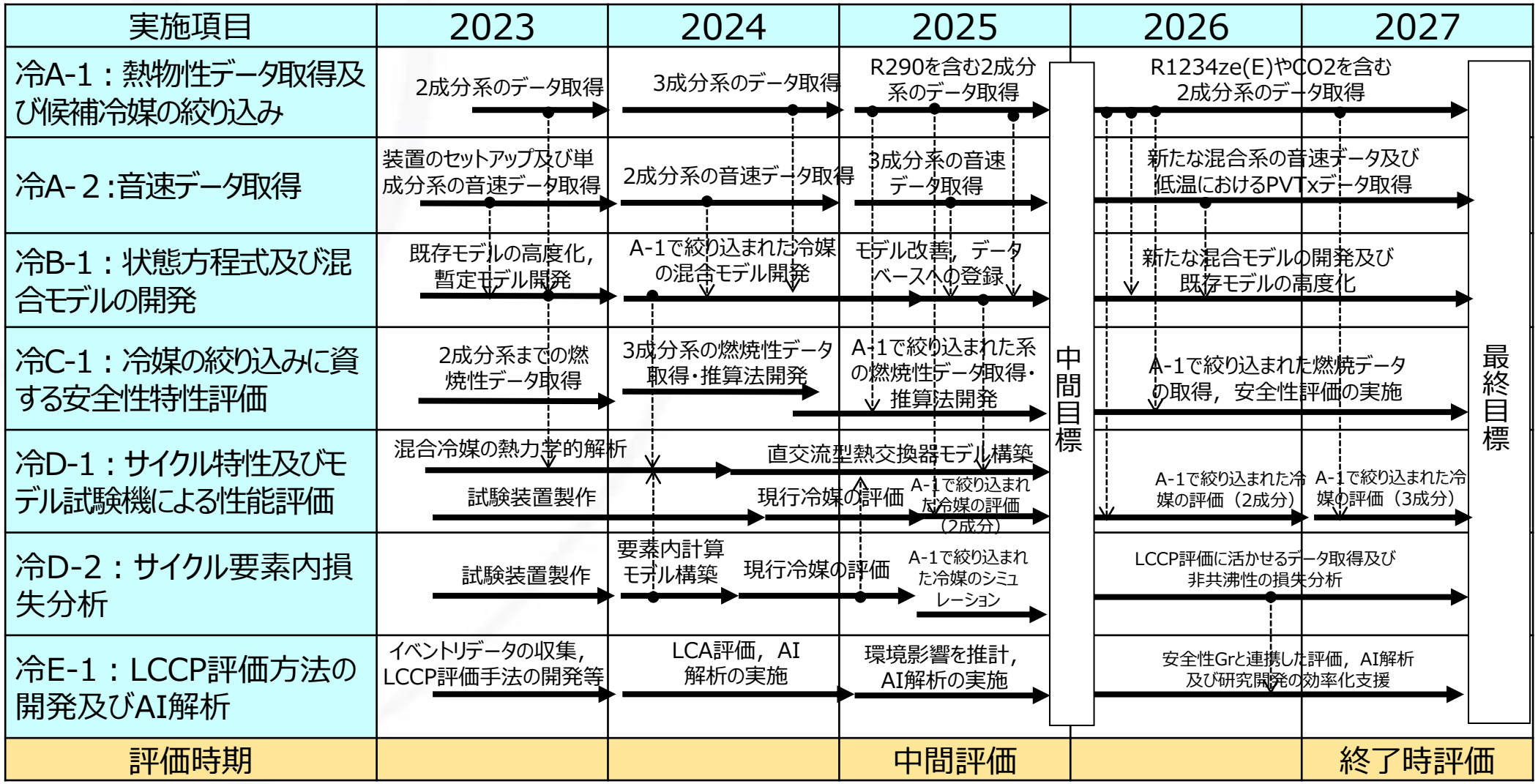
実施概要と目標（中間・最終）と根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
冷媒Gr	低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価	－	・冷媒候補の絞り込み ・物性等の詳細評価を15件以上実施 ・国際データベース等への登録申請に耐え得る基本物性データの１種類以上の取得 ・燃焼特性を解明する手法の確立	・物性等の詳細評価を累計25件以上実施、基本物性データの３種類以上の取得。 ・熱物性値情報を高精度で計算できる混合モデルの開発。 ・候補冷媒の燃焼特性の解明 ・企業の速やかな製品開発に貢献する、実用化可能性の高いHFO混合冷媒を提案する。 ・国際規格等３件以上の国際標準の改正提案に必要なデータの取得。	国際規格化・標準化及び国際データベース登録には、正確な冷媒特性・燃焼性の解明が必要である。
冷A-1	熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み	（国）九州大学	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とし、R32、R1234yf、R290などの低GWP冷媒を混合した低GWP混合冷媒の、(1)*PVTx*性質、(2)気液平衡性質、(3)臨界点、 (4)気液共存曲線の冷媒物性を解明する。	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とし、R32、R1234yf、R290、およびnon-PFAS冷媒であるCO2, R152aなどを混合した低GWP混合冷媒の(1)*PVTx*性質、(2)気液平衡性質、(3)臨界点、(4)気液共存曲線の冷媒物性を解明する。	GWP150以下の次世代冷媒候補を絞り込むために、GWP10以下のHFO1123 及びR1132(E)を成分冷媒に用いることで実現させる。現時点でHFO1123 及びR1132(E)を含む混合冷媒の熱物性データは本グループ以外からの報告はない。
冷A-2	音速データ取得	（国研）産総研 （計測標準）	R1132(E)の純冷媒、ならびにHFO1123やR1132(E)にR1234yf、R32を加えた混合冷媒について、音速データ等を取得し、状態方程式及び混合モデルの高度化に資する熱物性値情報を整備する。	HFO1123やR1132(E)を含む各種低GWP混合冷媒について、状態方程式及び混合モデルの高度化に資する音速データ等の熱物性値情報を整備する。	HFO1123やR1132(E)を含む混合冷媒の熱物性値情報はまだ十分に整備されておらず、高精度な状態方程式及び混合モデルを開発するためには、音速データ等の精密な実測値が必要となる。

実施概要と目標（中間・最終）と根拠

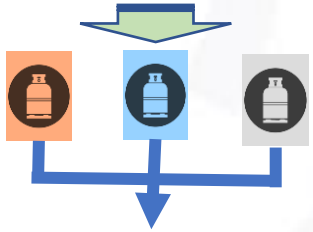
実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
冷B-1	状態方程式及び混合モデルの開発	（学）九州産業大学	従来から行われてきた混合モデルの開発手法を高度化し、より少ない実測値情報からのモデル開発を可能にする。この開発手法を用いてA-1で絞り込まれた混合冷媒のうち、1種類以上のモデルを確立する。	モデル開発をさらに進展させ、A-1で絞り込まれた混合冷媒のうち、3種類以上のモデルを確立するとともに、REFPROP等の熱物性データベースに登録する。	本研究開発項目で開発する混合モデルの最適手法は、開発効率を従来の手法よりも飛躍的に向上させるものであり、少ない実測値情報から短期間にモデルを開発することが可能である。
冷C-1	安全性特性評価	（国研）産総研（機能化学）	フルオロエチレン類を主成分とする低GWP混合冷媒の燃焼諸特性の評価を行い、１種類以上の３成分系の燃焼特性を明らかにする。	１種類以上の混合冷媒候補の燃焼性について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得する。	新冷媒の安全性の観点からの絞り込みに資するため、国内外の冷媒の安全性基準を満足するものと同等以上の高安全性となる混合組成範囲を明らかにする。
冷D-1	サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価	（学）九州産業大学	サイクル試験装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒の性能試験を行う。また、性能試験結果を用いて広範囲の混合組成に対応したサイクルシミュレーションを確立する。	サイクル試験装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒の性能試験を行う。またサイクルシミュレーションを行い、広範囲の混合組成についても検討を行う。	サイクル試験は通常、ドロップイン試験を実施するか、作成した装置1つを用いて試験を行う。しかし本試験では同一の要素機器を用いた成績係数を測定するのに特化した装置と、その要素機器の損失測定に特化した装置を2種類用いるため、要素機器の損失を把握した成績係数を取得する事が可能となる。その結果、広範囲での混合組成に対応したシミュレーションを可能とする。
冷D-2	サイクル要素内損失分析	（国）長崎大学	製作した評価装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒のサイクルにおける各要素機器の損失を測定する。また，候補サイクルの損失要因を分析できる詳細計算モデルを確立する。	製作した評価装置を用いて、現行冷媒および候補冷媒のサイクルにおける各要素機器の損失を測定する。また詳細計算モデルを作成し、D-1で挙がった候補サイクルの損失要因を分析する。	
冷E-1	LCCP 評価方法の開発及びAI 解析	（株）エイゾス	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計する。他の研究開発項目に対して適宜AIを用いた解析ツールを開発・活用し、研究開発効率化を支援する。	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響低減に向けた施策の検討と提言。他の研究開発項目に対して適宜AIを用いた解析ツールを開発・活用し、研究開発効率化を支援する。	新規混合冷媒を搭載した家庭用空調機のLCA/LCCP評価を行い、将来需要推計と組合せることで、将来の日本全体における環境影響を推計することを可能とする。また、AIを用いた解析により、他研究開発項目の研究を促進することを可能とする。

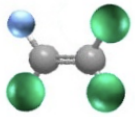
研究開発スケジュール


実施項目
2023
2024
2025
2026
2027
冷A-1：熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み
2成分系のデータ取得
3成分系のデータ取得
R290を含む2成分系のデータ取得
R1234ze(E)やCO2を含む2成分系のデータ取得
冷A-２:音速データ取得
装置のセットアップ及び単成分系の音速データ取得
2成分系の音速データ取得
3成分系の音速データ取得
新たな混合系の音速データ及び低温におけるPVTxデータ取得
冷B-1：状態方程式及び混合モデルの開発
既存モデルの高度化，暫定モデル開発
A-1で絞り込まれた冷媒の混合モデル開発
モデル改善，データベースへの登録
新たな混合モデルの開発及び既存モデルの高度化
冷C-1：冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価
2成分系までの燃焼性データ取得
3成分系の燃焼性データ取得・推算法開発
A-1で絞り込まれた系の燃焼性データ取得・推算法開発
A-1で絞り込まれた燃焼データの取得，安全性評価の実施
冷D-1：サイクル特性及びモデル試験機による性能評価
混合冷媒の熱力学的解析
直交流型熱交換器モデル構築
試験装置製作
現行冷媒の評価
A-1で絞り込まれた冷媒の評価（2成分）
A-1で絞り込まれた冷媒の評価（2成分）
A-1で絞り込まれた冷媒の評価（3成分）
冷D-2：サイクル要素内損失分析
試験装置製作
要素内計算モデル構築
現行冷媒の評価
A-1で絞り込まれた冷媒のシミュレーション
LCCP評価に活かせるデータ取得及び非共沸性の損失分析
冷E-1：LCCP評価方法の開発及びAI解析
イベントリデータの収集，LCCP評価手法の開発等
LCA評価，AI解析の実施
環境影響を推計，AI解析の実施
安全性Grと連携した評価，AI解析及び研究開発の効率化支援
中間目標
最終目標
評価時期
中間評価
終了時評価

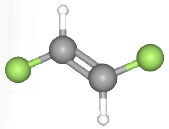
成果と意義：[冷A-1] 熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み（九州大学）

成分冷媒をスクリーニング
（熱物性、GWP、入手性）





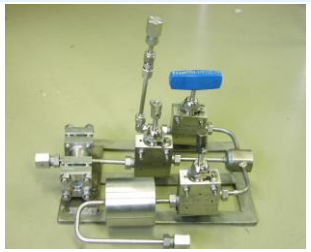
HFO1123



R1132(E)



圧力-体積-温度-組成の関係
（PVTx性質）



気液共存曲線及び飽和密度の関係
臨界点及び臨界軌跡

安全性評価に利用（冷C）

冷凍サイクル性能評価に利用
（冷D-1、冷D-2、冷E）

安全Gr、機器Grが評価に利用

【GWP 150】
- 21.5%R32+28.0%R1132(E)+50.5%R1234yf(R479A)
- 21.5%R32+40.0%HFO1123+38.5%R1234yf
- 21.5%R32+78.5%R1234yf, 20%R32+80%R1132(E)

【GWP 70】
- 10.0%R32+30.0%R1132(E)+60.0%R1234yf
- 10.0%R32+40.0%HFO1123+50.0%R1234yf

【GWP 10以下】
- R1132(E)+R1234yf, HFO1123+R1234yf
- R1132(E)+R290, HFO1123+R290
- R1132(E)+CO2, HFO1123+CO2

低GWP混合冷媒の高精度熱物性計測



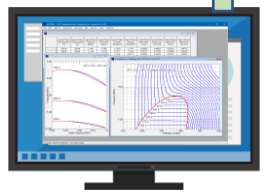
気液平衡性質



気体及び液体の音速
（冷A-2）

他グループへ
情報共有





実測熱物性値を用いた
状態方程式及び
混合モデルの作成(冷B)

NIST REFPROP
を使って熱物性計算
が利用可能

世界標準規格 (ISO, ASHRAE)

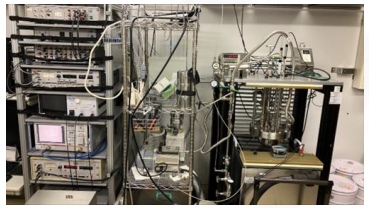
成果（2026年３月末見込み）
- 低GWP次世代混合冷媒の圧力-体積-温度-組成の関係(PVTx性質)、気液平衡性質、臨界点及び臨界軌跡、気液共存曲線及び飽和密度の関係を、 8種類の2成分系混合冷媒、2種類の3成分系混合冷媒について、世界で初めて明らかにした。

意義
- 成果を利用して、高精度で熱物性計算ができる次世代混合冷媒の混合モデルが作成できるようになった。
- 作成された混合モデルがREFPROPに搭載されることにより、世界中の一般ユーザーでも、次世代新冷媒の熱物性計算が可能になり、冷凍空調機器の機器設計、製品開発、性能評価が世界標準規格(ISO, ASHRAE) の元で行えるようになる。

成果と意義：[冷A-２] 音速データ取得（産総研計測）

低GWP混合冷媒の熱物性計測（冷A-1，冷A-2）

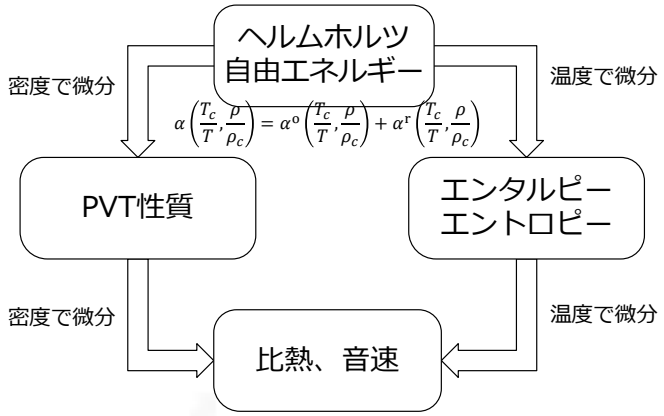
音波共鳴式気体音速測定装置



超音波パルス式液体音速測定装置



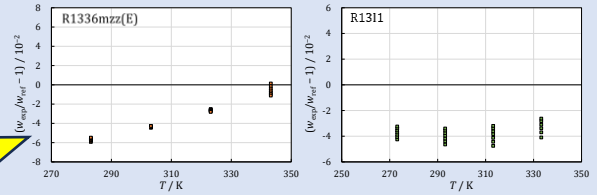
熱力学状態方程式・混合モデルの開発（冷B）



出典：赤坂亮，Helmholtz型状態方程式，「物性推算とその応用」

音速データの重要性

音速の推算値の誤差は5%以上



- 音速の推算値は測定値と比較すると5 %以上の誤差が生じることがあり、比エンタルピーの計算にも5 %程度（10 kJ/kg@0℃飽和液体）の誤差が生じ得る。
- PVT性質データだけではエンタルピーや比熱などを精度よく再現するのは困難であり、冷媒の高精度な状態方程式の開発のために音速データが必要となる。

成果（2026年３月末見込み）

- R1132(E)の純冷媒
- HFO1123+R1234yf、R1132(E)+R1234yfの二成分系混合冷媒4種類。
- HFO1123+R1234yf+R32、R1132(E)+R1234yf+R32の三成分系混合冷媒4種類

上記低GWP混合冷媒について、音速データを世界で初めて取得した。

意義

- 得られた測定データが高精度な状態方程式・混合モデルの開発につながり、任意の温度・圧力条件における低GWP混合冷媒の熱物性値を求めることができる（アウトカム達成に必要不可欠な高精度混合モデルの開発に対して音速データを提供）。
- 冷凍空調分野で広く使用されるREFPROPで低GWP混合冷媒の熱物性値を計算できるようになり、正確な冷凍サイクルの設計や要素機器の技術開発を行うことができる。

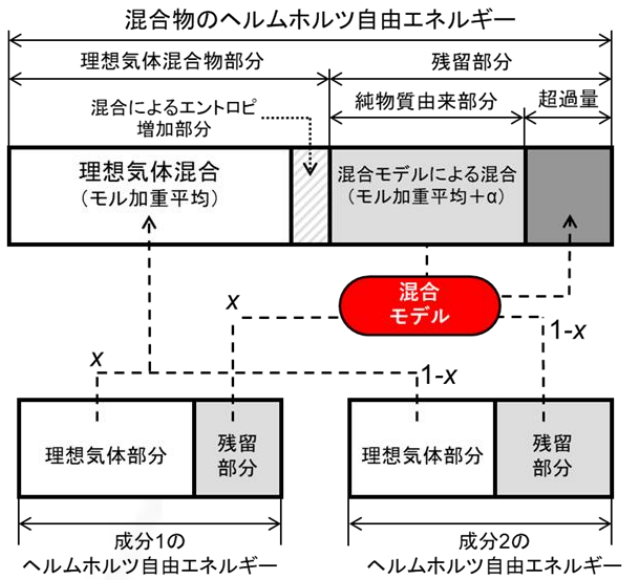
成果と意義：[冷B-1] 状態方程式及び混合モデルの開発（九州産業大学）

＜混合冷媒の熱力学モデル＞

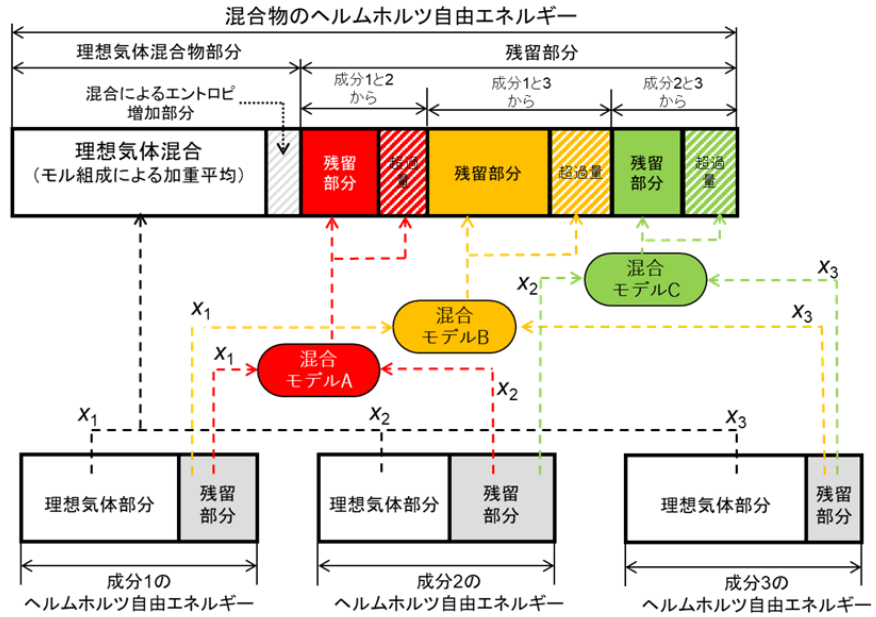
- 純冷媒の高精度状態方程式を、ヘルムホルツ自由エネルギーの混合則に基づく多流体モデル近似と組み合わせて混合冷媒の熱力学モデルを構成する。
- このようなモデルは、混合冷媒の気液平衡、PVTx性質、音速等を精度良く再現することができる。
- REFPROP等の熱物性データベースを通して広く公開することが可能である。

混合モデルの一般的な予測精度
（実測値と計算値との相対偏差）

PVTx（密度）	気液平衡（沸点圧力）
液体: 0.5% 気体: 1%	1%



混合モデルの概念（2成分系）



混合モデルの概念（3成分系）

成果（2026年３月末見込み）

●少ない実測値情報から信頼性が高い混合モデルを構築することができる手法を確立。

●この手法を適用して、冷A-1で絞り込まれた混合冷媒のモデルを1種類以上開発。

意義

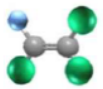
●開発したモデルのパラメータを組み込んだREFPROPの定義ファイルをプロジェクト内で共有することにより、他の研究グループでも熱物性値の計算が可能になる（アウトカム達成に必要な熱物性データの共有）。

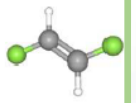
●さまざまな用途における熱物性値の計算結果を用いてモデルの修正を行い、完成度を高めることができる。

成果と意義：[冷C-1] 冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価（産総研機能化後）

熱物性による絞込み（冷A-1）

成分冷媒をスクリーニング
（熱物性，GWP，入手性）

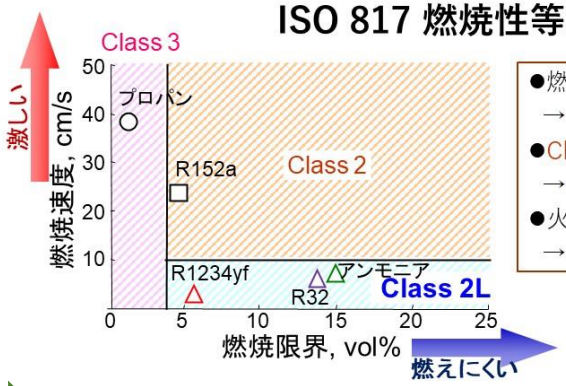




【GWP 150】
・21.5%R32+28.0%R1132(E)+50.5%R1234yf（R479A)
・21.5%R32+40.0%HFO1123+38.5%R1234yf
【GWP 70】
・10.0%R32+30.0%R1132(E)+60.0%R1234yf
・10.0%R32+40.0%HFO1123+50.0%R1234yf
【GWP 10以下】
・R1132(E)+R1234yf （R474A, R474Bを含む）
・HFO1123+R1234yf

情報を提供

安全性による絞込み（冷C-1）

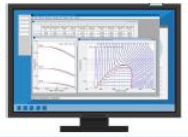


- R1132(E)/R32/R1234yf系の評価（実施中）
- CO_2/HFO1123/R290系の評価（終了）

状態方程式・混合モデル作成（冷B-1）



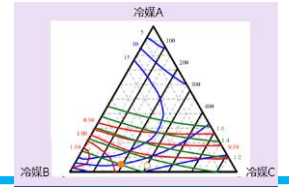
実測熱物性値を用いた状態方程式及び混合モデルの作成(冷B)



NIST REFPROPを使って熱物性計算が利用可能

候補冷媒の漏洩時最悪組成の算出

冷凍サイクル評価（冷D-1、冷D-2）



性能と安全性に総合的に優れた組成の決定

成果（2026年３月末見込み）

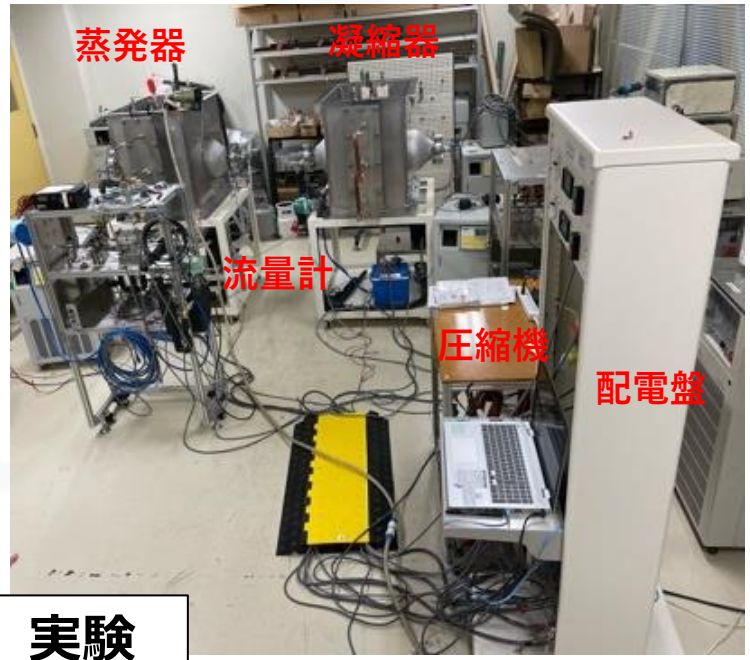
●CO_2/HFO1123/R290混合系の燃焼諸特性評価を終了し、GWP10以下冷媒の情報としてGr内で共有した。
●冷A-1の絞り込み情報を受け、R1132(E)/R32(10wt%)/R1234yf混合系の燃焼性評価を進捗中。

意義

●2005年以降、ASHRAE34、ISO817への提案や申請支援、本PJでも当該委員会の最新動向を関係者に共有。
●2022年以降高圧ガス保安法新法で全7冷媒の燃焼限界評価を担当、「特定不活性ガス」認定を支援。
●これらの実績を基に、**アウトカム達成に必要な候補冷媒の燃焼性データを提供し、国内外の標準登録申請に耐えうるデータを取得する。**

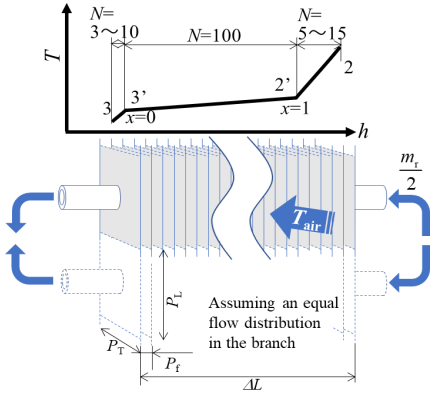
成果と意義：

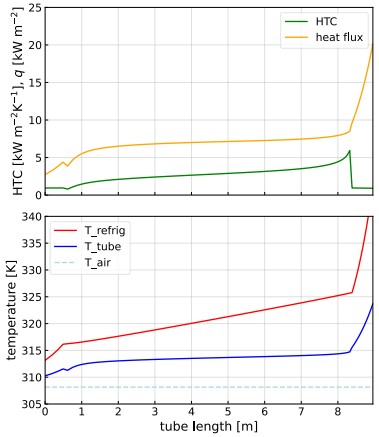
[冷D-1] サイクル特性及びモデル試験機による性能評価（九州産業大学）
[冷D-2] サイクル要素内損失分析（長崎大学）



実験

冷B-1で開発された混合モデルをいち早く計算に用いる





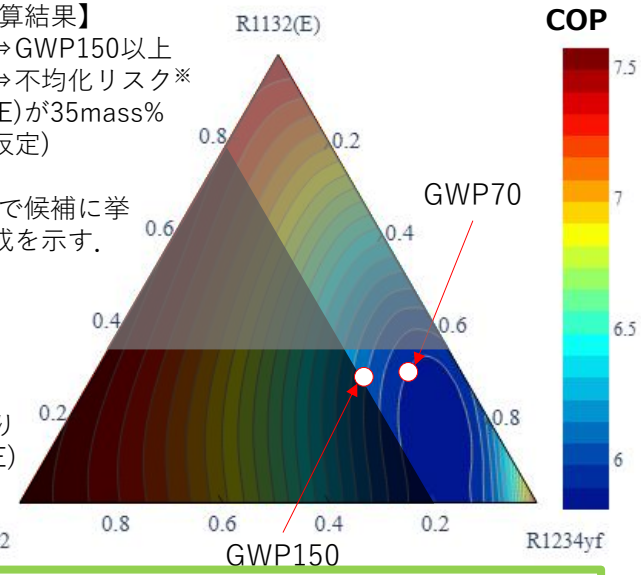
凝縮器内の熱伝達率・熱流束分布（右上），温度分布（右下）を分析．混合冷媒の利用では熱流束が低下する領域が増加．

計算

検証された物性データ・実機情報に基づいた最適組成の提案

【COP計算結果】
薄い黒色⇒GWP150以上
薄い灰色⇒不均化リスク※
(※R1132(E)が35mass%以上と仮定)

○は冷A-1で候補に挙がった組成を示す．



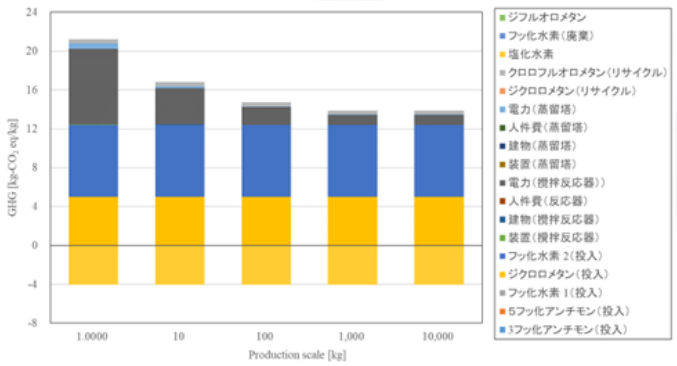
現在の候補組成よりできる限りR1132(E)を増やす方が性能面では有利．

成果（2026年３月末見込み）
- 実機に用いられている構成要素を用いたサイクル試験結果（D-1）、構成要素内損失も明確化（D-2）
- 試験結果より広範囲の混合組成に対応したサイクルシミュレーションの確立。
- サイクル性能側から候補冷媒の最適組成を提案。

意義
- 構成要素の損失などを明確化することにより、新規冷媒に対応した機器開発に必要な情報を提供。
- 機器Grで開発された熱交換器，圧縮機の性能向上をサイクル性能の観点から定量化
- **アウトカム達成のカギとなる冷媒の最適組成の選定に不可欠なサイクル性能評価を提供。**

成果と意義：[冷E-1] LCCP評価方法の開発及びAI解析（エイゾス）

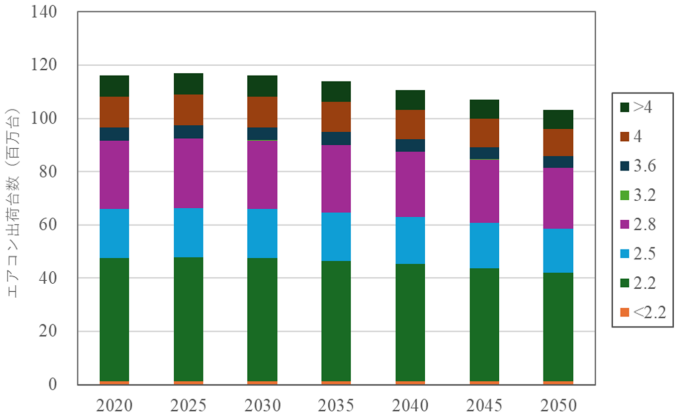
LCA/LCCP評価



冷媒1kg/家庭用エアコン１台あたりの環境影響

×

需要推計

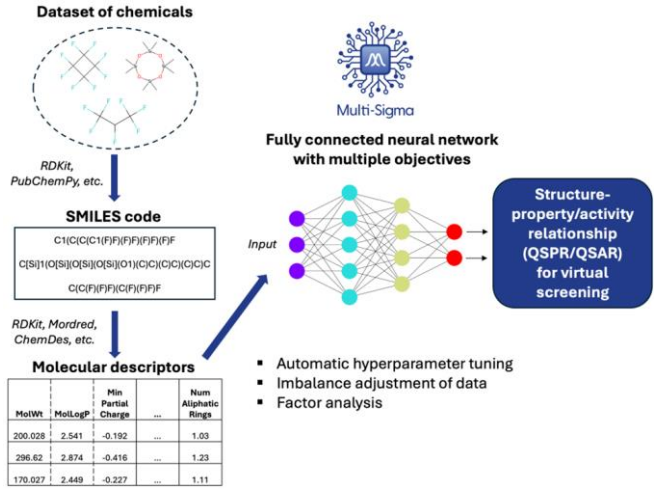


将来の日本における家庭用エアコンの台数

↓

将来の日本全体の環境影響

AI解析



最適な混合冷媒の探索
最適なエアコンの設計条件

成果（2026年３月末見込み）

- **新規混合冷媒を搭載した家庭用空調機器による将来の日本全体の環境影響の推計。**
- **他の研究開発項目の研究開発効率化。**

意義

- **将来の日本全体の環境影響を削減するための施策の検討。**
- **冷媒の温室効果の簡易推計手法。**
- **プロジェクトのアウトカム達成に必要な候補冷媒の環境負荷データの提供**

目標達成状況（中間年度見通し）

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

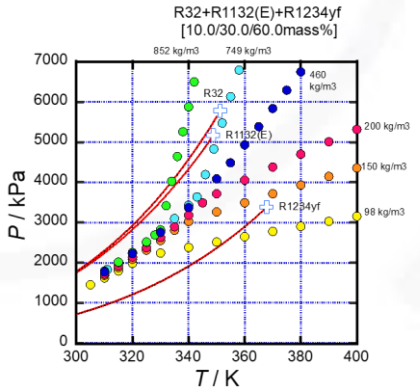
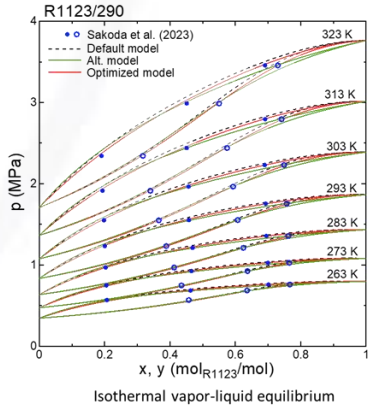
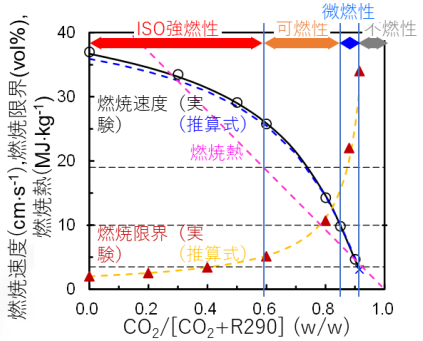
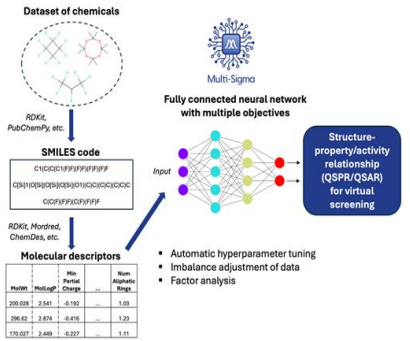
実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
冷媒Gr	低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価	－	混合冷媒候補の絞り込み，熱物性評価，燃焼性能評価等を行い、混合冷媒を実用化するための基礎的知見を得るとともに、他の事業者や国内外のステークホルダーに対する情報提供を行う。	各研究開発項目の成果参照。	◎	全体として当初の目標の成果を達成し、一部は目標以上の成果を達成したため。
冷A-1	熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み	（国）九州大学	HFO1123あるいはR1132(E)を主成分とした低GWP混合冷媒の冷媒物性を解明する。	8種類の2成分系混合冷媒、2種類の3成分系混合冷媒の熱物性を解明した。	◎ 2025年内達成見込み	目標で設定した以上の混合冷媒の熱物性測定が完了しているため。
冷A-2	音速データ取得	（国研）産総研（計測標準）	R1132(E)の純冷媒、ならびにHFO1123やR1132(E)にR1234yf、R32を加えた混合冷媒について、音速データ等を取得する。	R1132(E)の純冷媒、HFO1123を含む4種類の混合冷媒、R1132(E)を含む4種類の混合冷媒について、音速データ等を取得した。	○ （2026年3月に達成見込み）	当初の目標の成果を得ることができたため。
冷B-1	状態方程式及び混合モデルの開発	（学）九州産業大学	A-1で絞り込まれた混合冷媒うち、3種類以上の混合モデルを確立する。	高度化されたモデル開発手法により3種類以上のモデル確立を達成した。	◎ 2026年3月に達成見込み	モデル開発手法を高度化・効率化し、目標で設定した以上の混合冷媒のモデル確立を達成したため。

目標達成状況（中間年度見通し）

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
冷媒Gr	低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価	－	混合冷媒候補の絞り込み、熱物性評価、燃焼性能評価等を行い、混合冷媒を実用化するための基礎的知見を得るとともに、他の事業者や国内外のステークホルダーに対する情報提供を行う。	各研究開発項目の成果参照	◎	全体として当初の目標の成果を達成し、、一部は目標以上の成果を達成したため。
冷C-1	安全性特性評価	（国研）産総研（機能化学）	１種類以上の混合冷媒候補の燃焼性について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得する。	１種類以上のR1132(E)混合冷媒について、国際標準登録申請に耐えうるデータを取得した。	◎ 2026年3月に達成見込み	R1132(E)混合冷媒の燃焼限界、燃焼速度の評価を開始し、いずれも順調に完了したため。
冷D-1	サイクル特性及び冷凍サイクルモデル試験機による性能評価	（学）九州産業大学	候補冷媒の広範囲の混合組成に対して検討を実施し、最適な混合比を見出す。	候補冷媒の広範囲の混合組成に対して検討を実施し、実機に沿った三角図を示す。	◎ 2026年1月に達成見込み	三角図から得られる最適組成に基づいたシミュレーションにも着手しているため。
冷D-2	サイクル要素内損失分析	（国）長崎大学	要素内の不可逆損失を行いD1のサイクル評価を裏付けるとともに冷媒選択の材料を提供する。	要素内不可逆損失と必要伝熱面積を様々な混合系で計算し、三角図を示す。	◎ 2026年1月に達成見込み	三角図から得られる最適組成に基づいたシミュレーションにも着手しているため。
冷E-1	LCCP 評価方法の開発及びAI 解析	（株）エイゾス	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計する。AIを用いて、他の研究開発項目の研究開発効率化を支援する。	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響を推計結果を示す。	◎ ２６年１月に達成見込み	日本全体の環境影響評価が完了しているため。

冷媒Grの成果（アウトプット目標達成度）と意義

混合冷媒の熱物性値取得及び候補冷媒の絞り込み（冷A-1，冷A-2）	混合冷媒の熱力学モデルの開発（冷B-1）	混合冷媒の安全性特性評価（冷C-1）	サイクル特性評価及び試験機による性能評価，要素分析（冷D-1，冷D-2）	LCCP評価方法の開発及びAI解析（冷E-1）
低GWP混合冷媒の熱物性解明と音速データ取得および有望冷媒の絞り込み	A-1で絞り込まれた混合冷媒の混合モデル確立（3種類以上）	混合冷媒候補の燃焼性について，国際標準登録申請に耐えうるデータの取得（１種類以上）	サイクル試験装置を用いた混合冷媒の性能評価、サイクルのシミュレーション及び損失の要因分析に対する計算モデル確立	日本全体における低GWP混合冷媒対応空調機器の環境影響推定及びAIを用いた研究開発効率化
				

成果（2026年３月末見込み）

●8種類の2成分系混合冷媒、2種類の3成分系混合冷媒の熱物性の解明。
●R1132(E)の純冷媒，HFO1123を含む4種類の混合冷媒，R1132(E)を含む4種類の混合冷媒音速データ取得。
●高度化されたモデル開発手法により混合モデルの確立。
●R1132(E)混合冷媒に対する国際標準登録申請に耐えうるデータの取得。
●実機構成要素を用いたサイクル試験結果と構成要素内損失の明確化により、サイクル性能側からの候補冷媒の最適組成を提案。

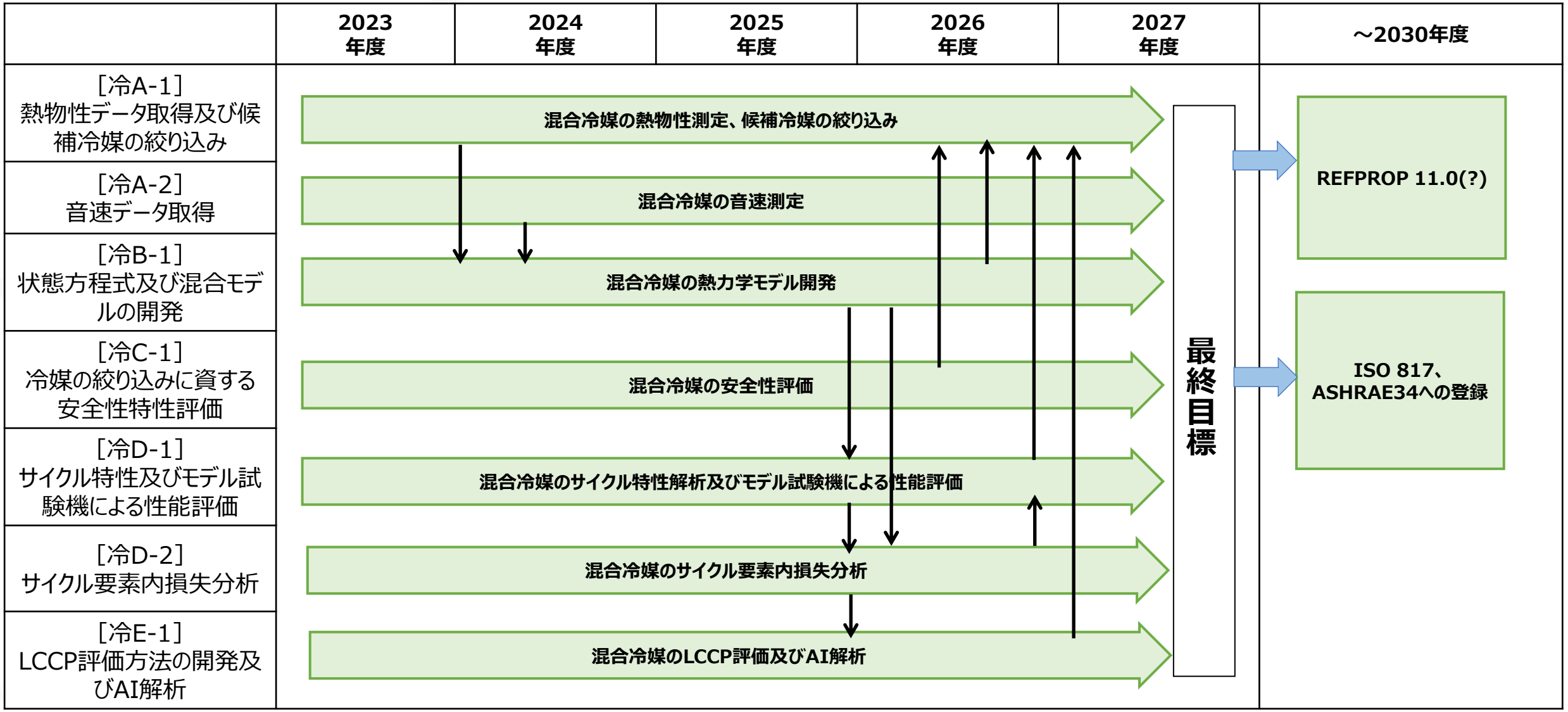
意義

●実用化が期待される混合冷媒を絞りこみ、その熱物性及び燃焼特性を明らかにすることで、開発の方向性を明らかにする。
●熱物性及び燃焼特性の情報を他の事業者と共有し、要素機器開発、安全性評価及び空調機シミュレーション等の基盤情報とする。
●熱物性及び燃焼特性のモデルを国際標準として登録する。

アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組

＜ロードマップイメージ＞

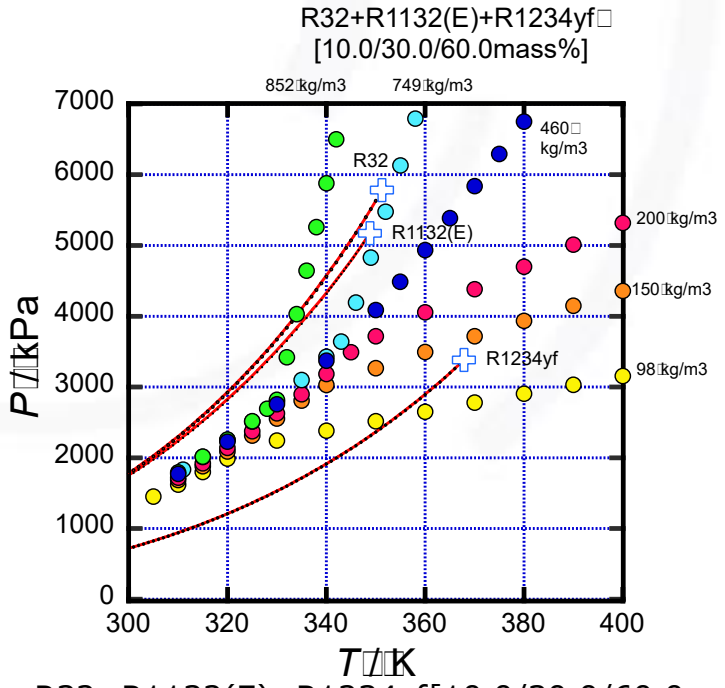
▲：基本原理確認　●：基本技術確立



補足資料

補足）成果と意義： [冷A-1] 熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み（九州大学）

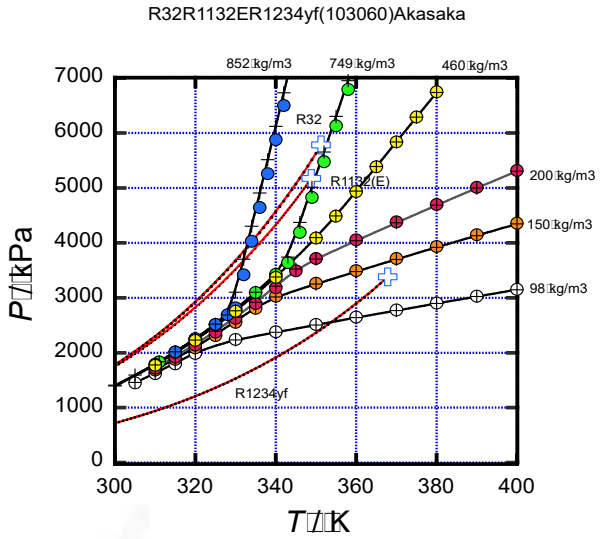
[R32+R1132(E)+R1234yf : GWP70]

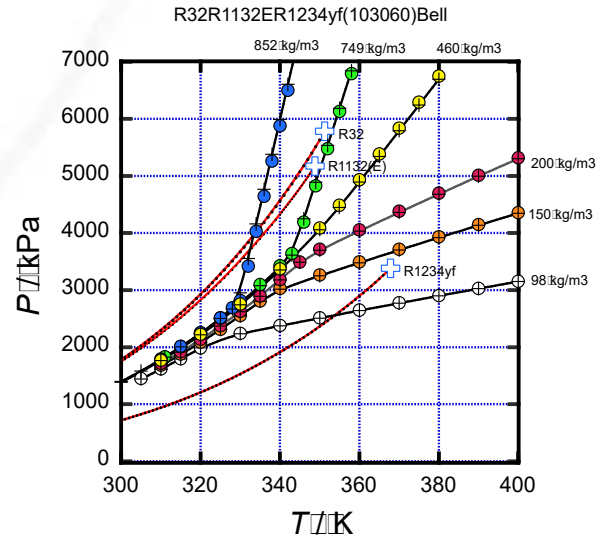


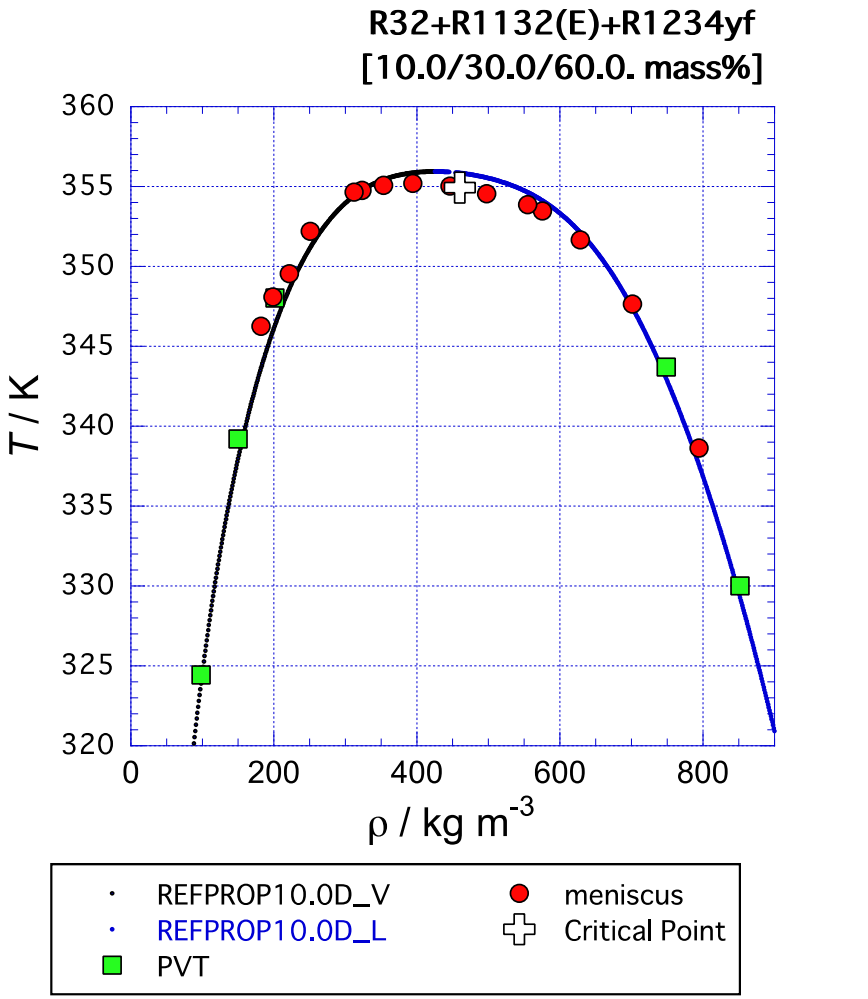
R32+R1132(E)+R1234yf[10.0/30.0/60.0mass%]
のPVT性質測定結果

R32+R1132(E)+R1234yf
[10.0/30.0/60.0mass%]
の臨界定数

Tc：354.93 ± 0.05 K
ρc：460 ± 5 kg/m3
Vc：183 ± 2 cm3/mol
Pc：4486 ± 3 kPa
M：84.2576 kg/kmol



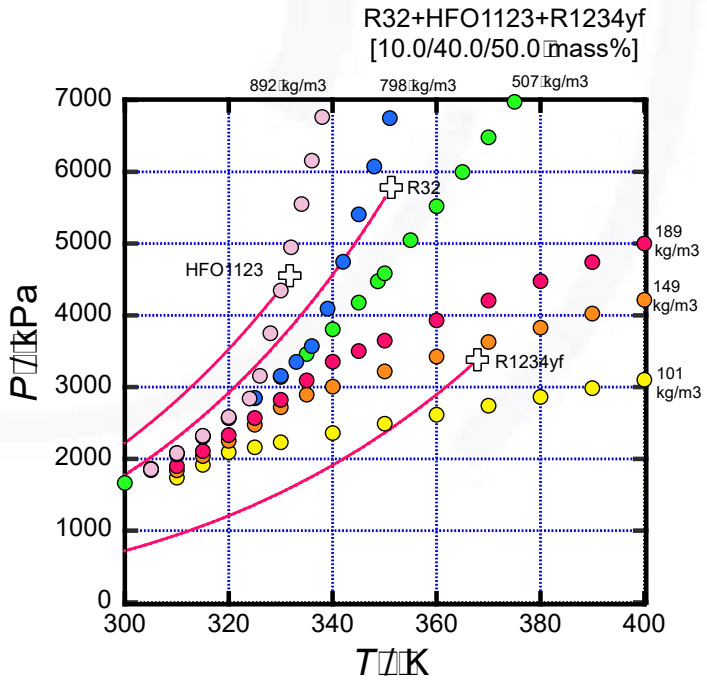




R32+R1132(E)+R1234yf[10.0/30.0/60.0mass%]の
気液共存曲線（気液平衡密度）測定結果

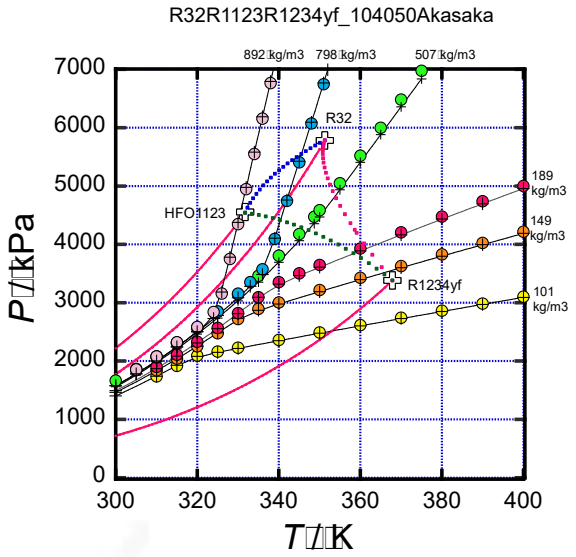
補足）成果と意義： [冷A-1] 熱物性データ取得及び候補冷媒の絞り込み（九州大学）

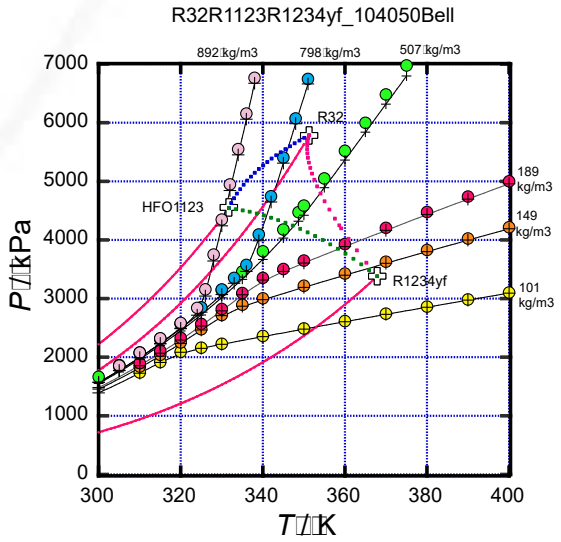
[R32+HFO1123+R1234yf : GWP70]

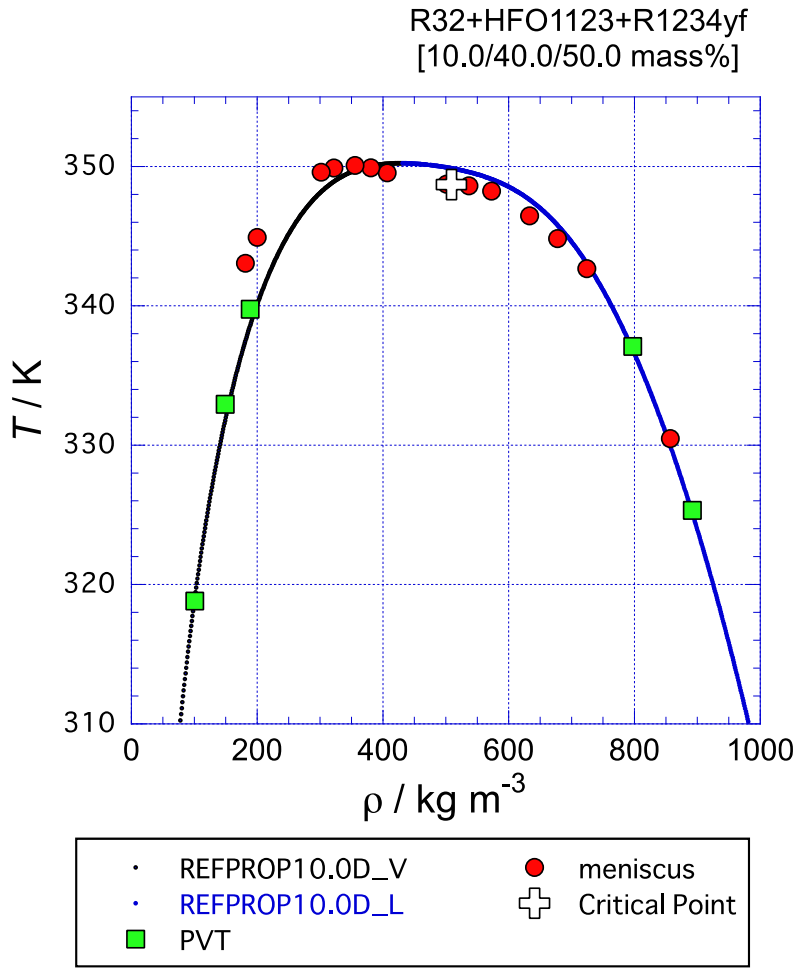


R32+HFO1123+R1234yf[10.0/40.0/50.0mass%]
のPVT性質測定結果

R32+HFO1123+R1234yf [10.0/40.0/50.0mass%] の臨界定数	*Tc* : 348.70 ± 0.05 K ρc : 509 ± 5 kg/m3 *Vc* : 176 ± 2 cm3/mol *Pc* : 4474 ± 3 kPa *M* : 89.4203 kg/kmol



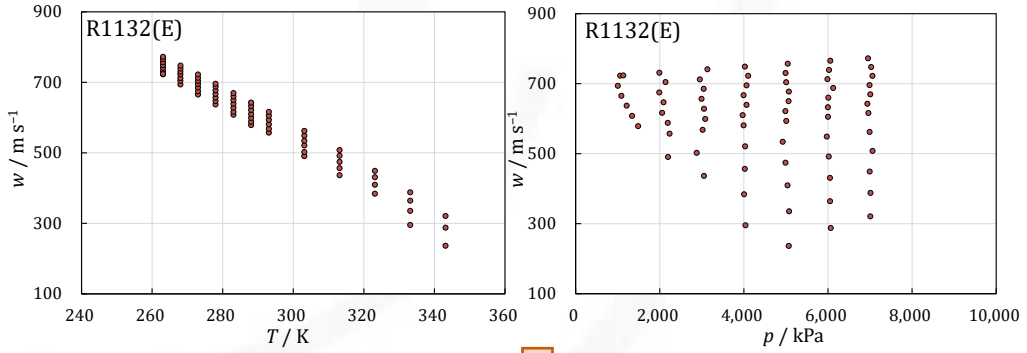




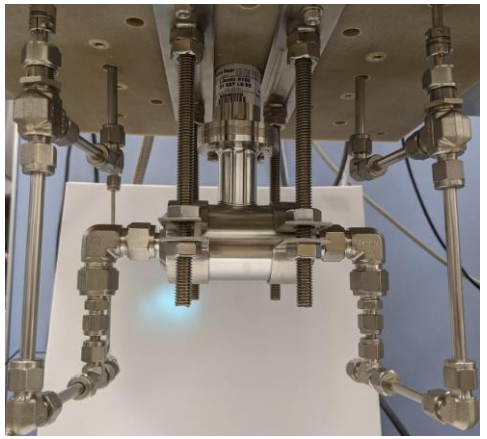
R32+HFO1123+R1234yf[10.0/40.0/50.0mass%]
の気液共存曲線（気液平衡密度）測定結果

補足）成果と意義： [冷A-２] 音速データ取得（産総研計測）

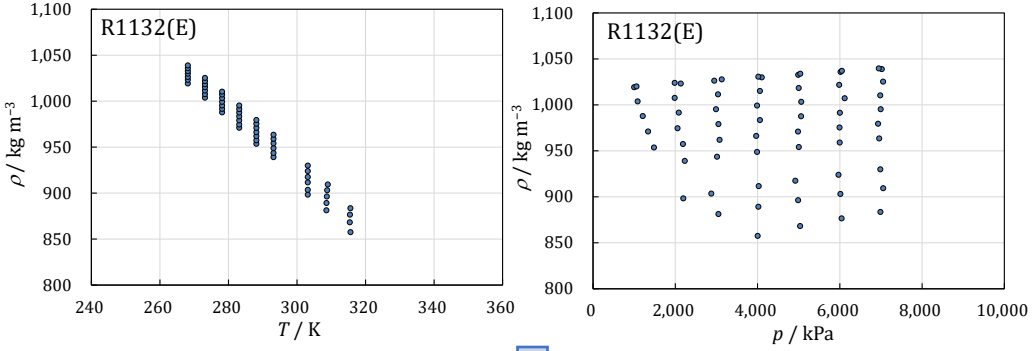
R1132(E)液体音速データ



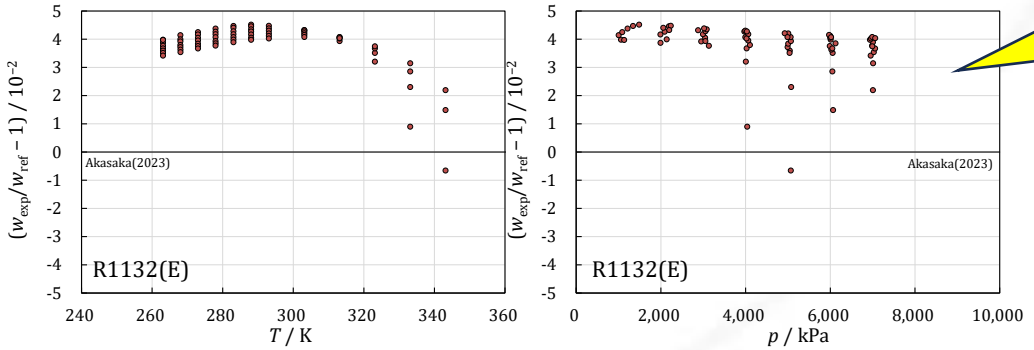
超音波パルス式液体音速測定装置



R1132(E)液体密度データ

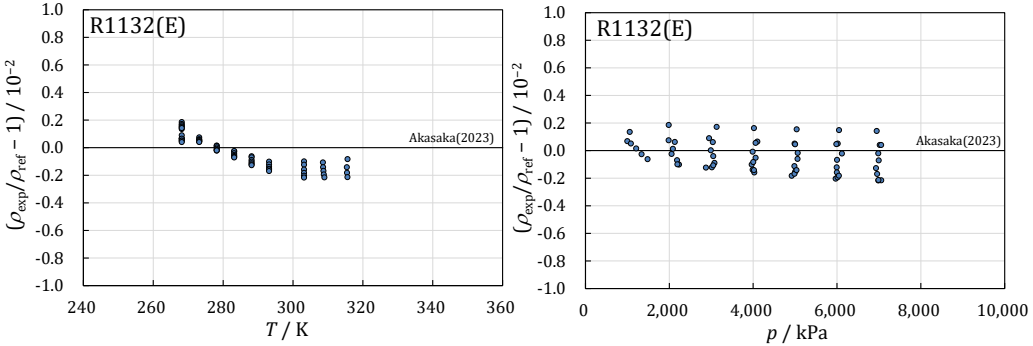


状態式（Akasaka, 2023）との比較



状態方程式の高度化に資するデータ

状態式（Akasaka, 2023）との比較



４ %程度の系統偏差

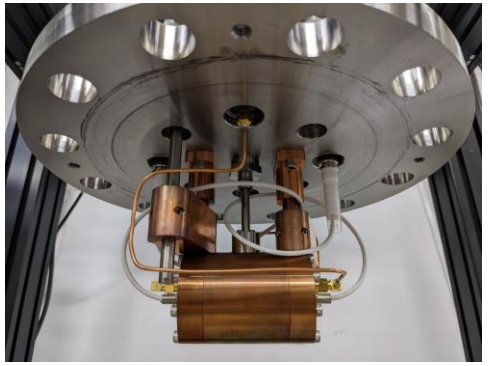
（今後の予定）
混合冷媒の測定に向けて充填系を改良する。

0.2 %以内で概ね一致

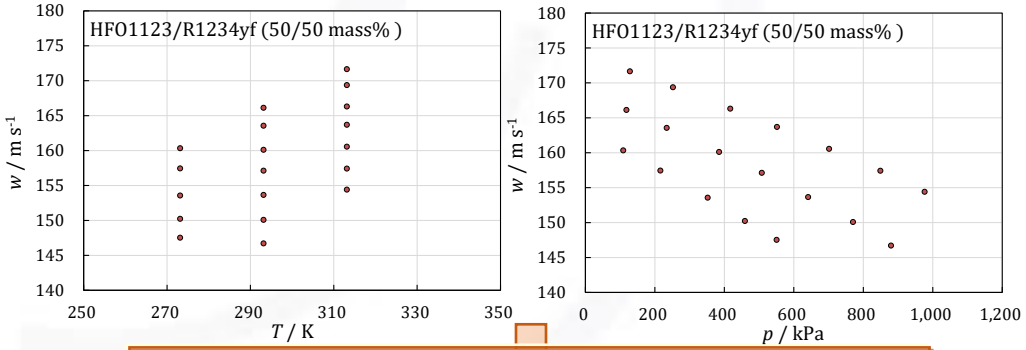
補足）成果と意義：［冷A-２］音速データ取得（産総研計測）

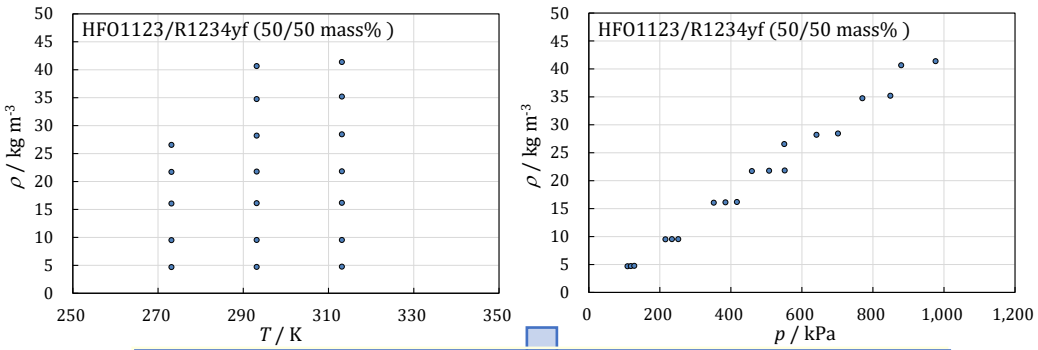
HFO1123/R1234yf (50/50 mass%)
気体音速データ

音波共鳴式気体音速測定装置

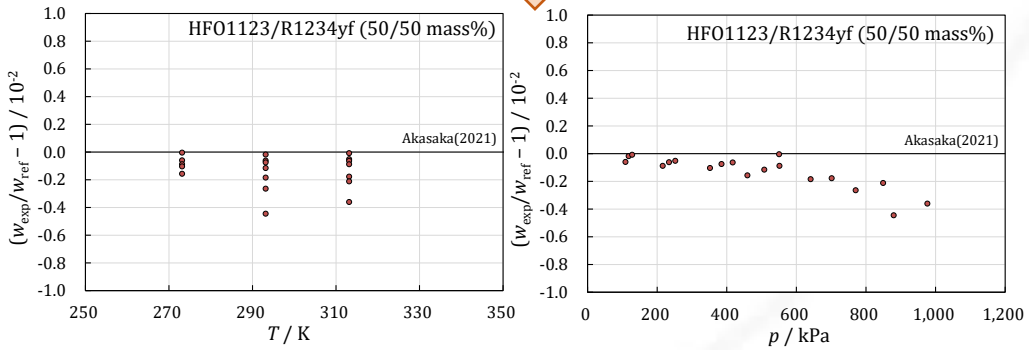


HFO1123/R1234yf (50/50 mass%)
気体密度データ

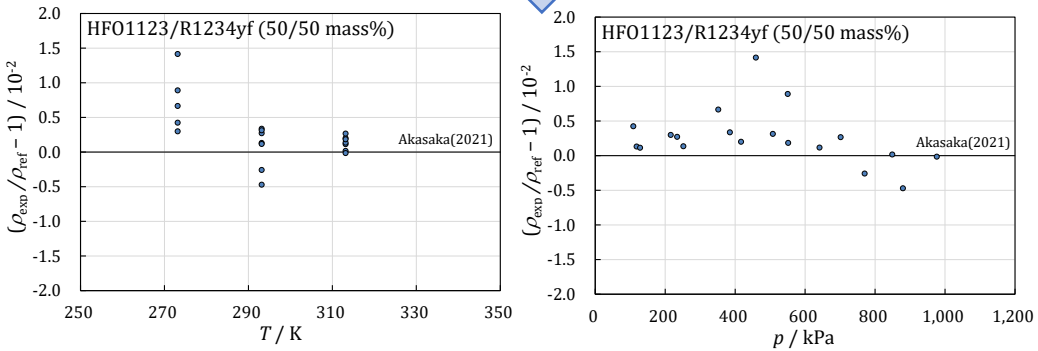




混合モデル（Akasaka, 2021）との比較



混合モデル（Akasaka, 2021）との比較



0.4 %以内で概ね一致

（今後の予定）
R1132(E)/R1234yfの測定を行う。

1.0 %以内で概ね一致

補足）成果と意義：[冷B-1] 状態方程式及び混合モデルの開発（九州産業大学）

今年度の検討内容

混合モデルの最適化において、実測値との偏差を最小化するだけでなく、実測値が存在しない領域の挙動も制御する手法を検討した。このような手法を用いることにより、少ない実測値情報から広い温度・圧力の範囲で成立するモデルを開発することが可能になる。

成果・課題

新たな手法をHFO1123+R290系やR32+R1132(E)系に適用し、気液平衡や密度の再現性が向上したモデルを開発した。最適化において高温・高圧域や臨界域での等温線、等圧線及び等密度の傾きや曲率を制御することにより、実測値が存在しない領域でも妥当な挙動を示すモデルが得られた。

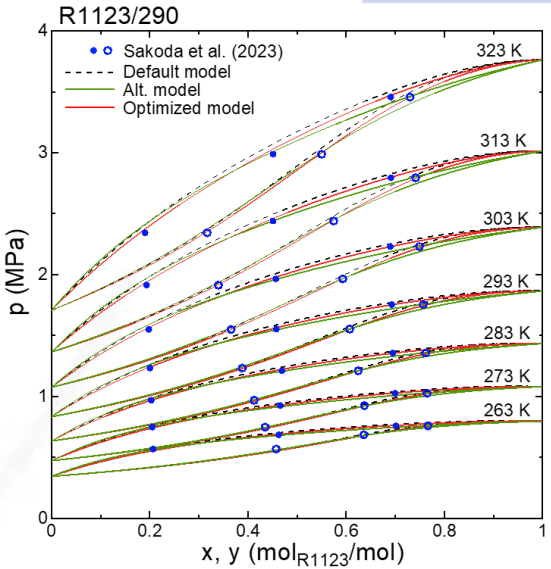
今後の計画

今後は、他の系にもこの手法を適用して完成度を高めるとともに、純物質の状態方程式に対する開発手法の改善も並行して行う。

HFO1123+R290系に対する計算結果

Mixing parameters

	Model	BetaT	GammaT	BetaV	GammaV	Fij
REFPROP 10.0 Default model (estimated)	XR0	1.0	0.93311	1.0	1.0036	0
REFPROP 10.0 Alt. model (R1234yf/290)	KW0	0.991523	0.937135	0.975164	1.011549	-0.030492
Optimized model	XR0	0.993493	0.934974	1.042959	1.020447	0

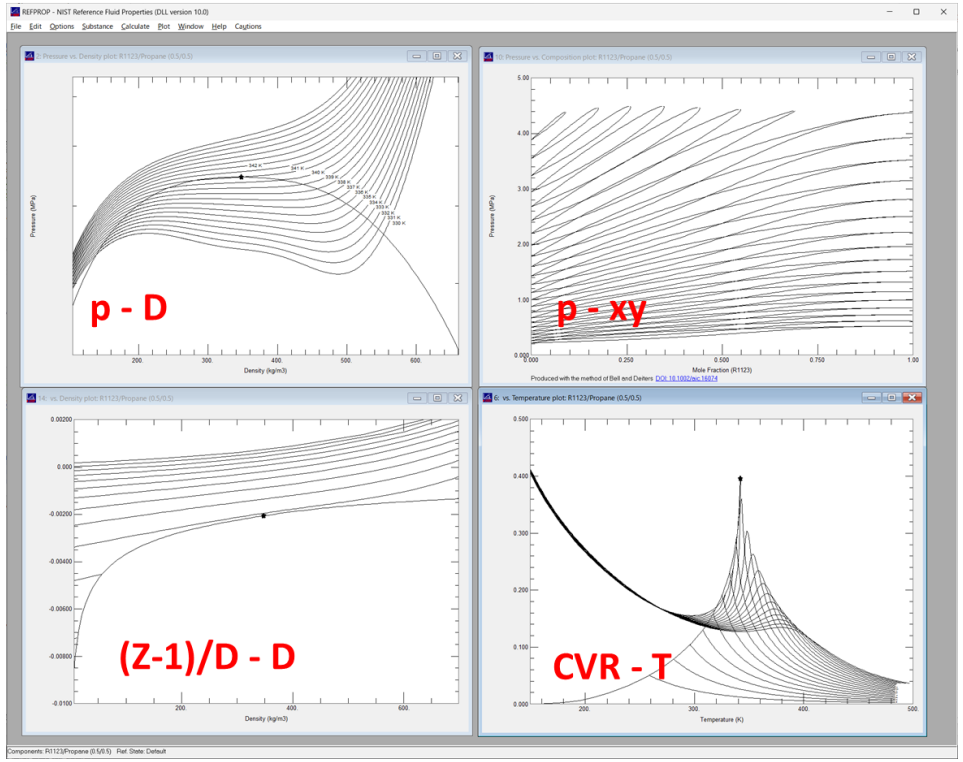


Isothermal vapor-liquid equilibrium

Average deviations in calculated bubble- or dew-point pressures

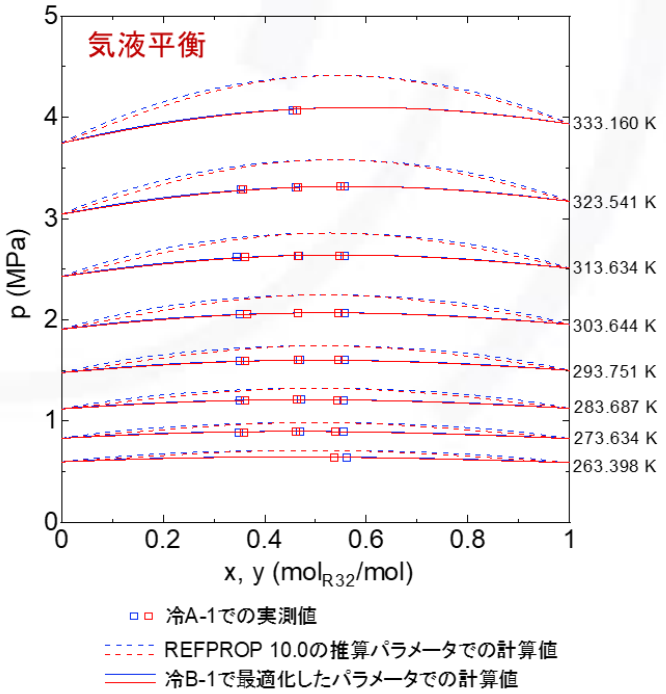
	Bubble (%)	Dew (%)
Default model	2.11	1.29
Alt. model	1.30	1.06
Optimized model	0.95	0.45

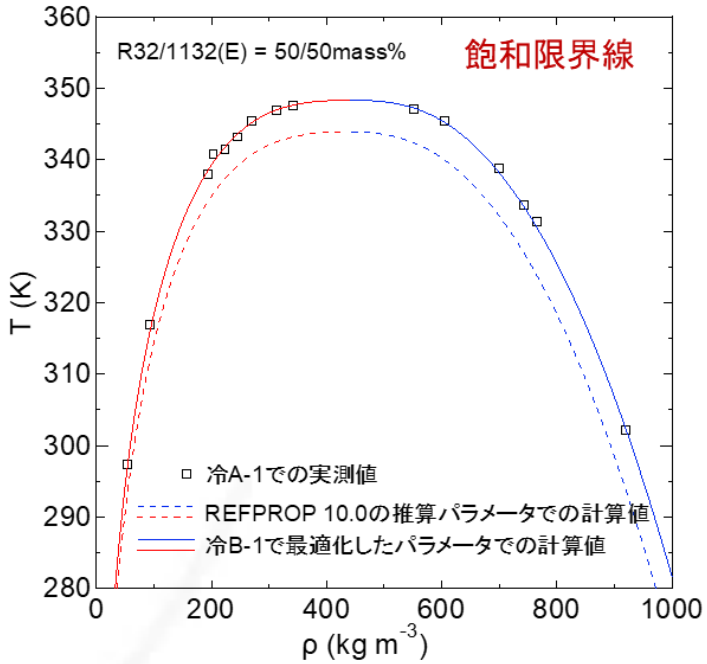
Behavior in the critical and extrapolated regions
(equimolar mixture)

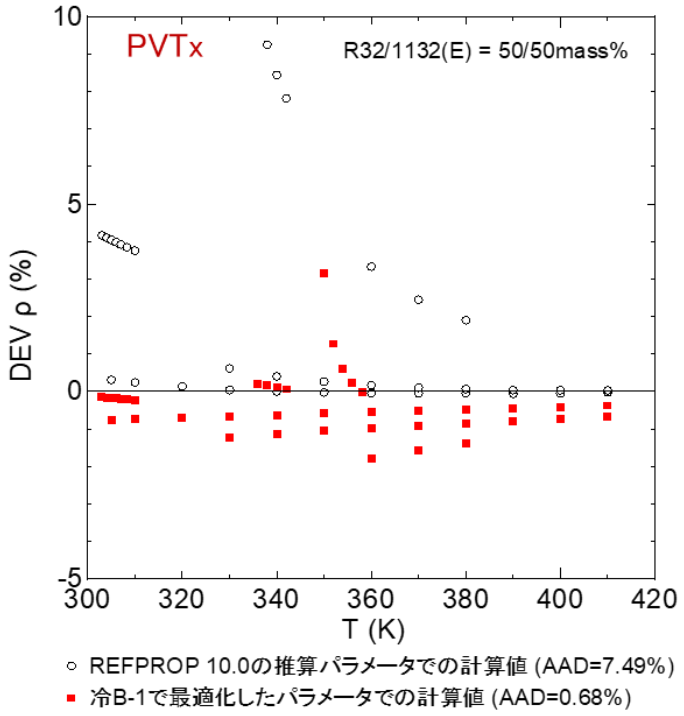


補足）成果と意義：[冷B-1] 状態方程式及び混合モデルの開発（九州産業大学）

R32+R1132(E)系に対する計算結果







臨界点（50/50mass%）

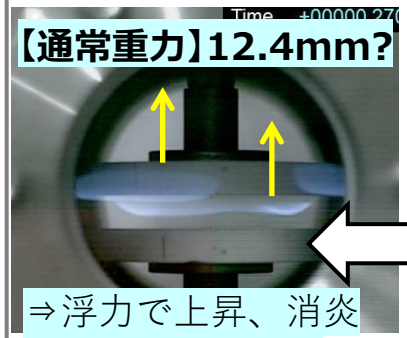
	Tc (K)	Pc (MPa)
冷A−1（実測値）	348.22	5.616
REFPROP 10.0 推算（計算値）	343.95	5.5437
冷B−1 最適化（計算値）	**348.37**	**5.6369**

補足）成果と意義：[冷C-1] 冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価（産総研機能化学）

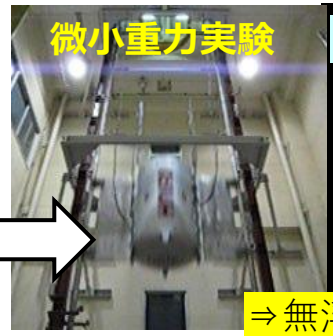
【研究環境の整備】

- 軽量化消炎距離測定装置を製作し、微小重力装置に搭載。微小重力下でR32/1234yf混合系の測定を行い、通常重力下の評価法の微燃性の適用限界を調べた。
- 高圧用燃焼測定装置を製作し高圧消炎距離の予備試験を実施。高圧下ではPaschen's lawにより絶縁破壊に必要な電圧が増大する。高圧下でどこまで長い距離放電させられるか（＝大きい消炎距離が測定可能か）、放電限界距離を測定した。
- 今後、混合系候補の微小重力下や高圧条件下の消炎距離評価を行い、燃焼速度との相互検証を行う。

微小重力下の平行平板間消炎距離*



⇒浮力で上昇、消炎距離の定量化困難



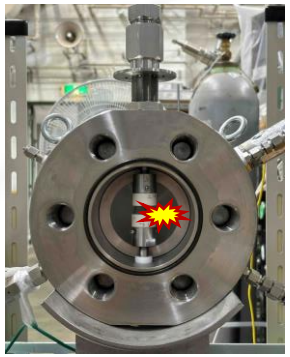


⇒無浮力で等方広がり、精確に定量化

・・・微小重力消炎距離装置を新規導入。より多様な燃焼特性値との相互検証を可能にした（信頼性向上）。

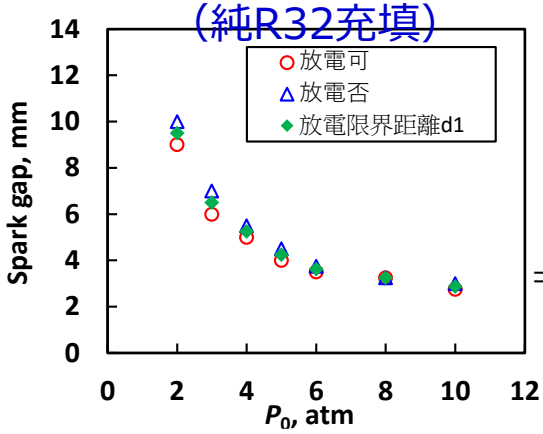
*着火エネルギーや燃焼速度と相関する難着火性の指標で、安全な機器設計に有用

高圧消炎距離装置



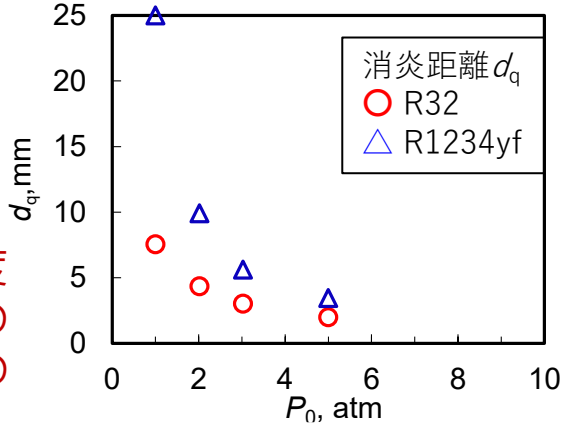
耐圧20MPa

本装置の放電限界距離（純R32充填）



⇒R1234yf程度のごく微燃性の1MPa 程 度 の測定は可能

高圧下での消炎距離



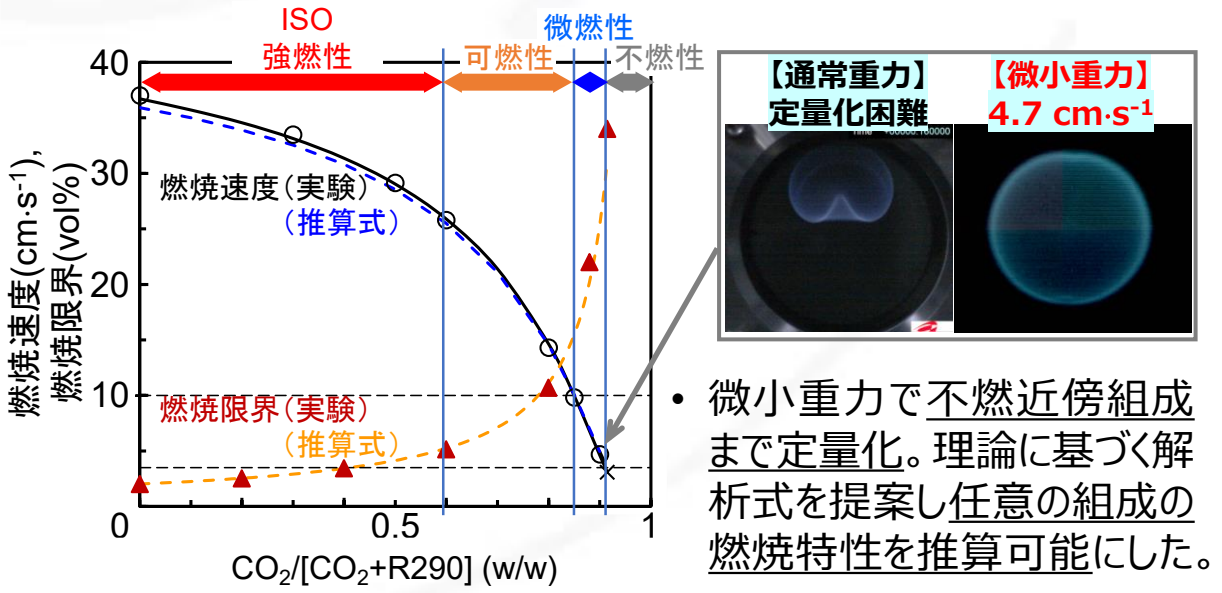
補足）成果と意義：[冷C-1] 冷媒の絞り込みに資する安全性特性評価（産総研機能化学）

【単体及び2成分系の追加取得】
- CO_2/R290の評価は終了、論文化。CO_2/HFO1123系、HFO1123/R290系の評価は終了。

【３成分系の評価と推算】
- CO_2/HFO1123/R290混合系の燃焼速度は概ね終了。

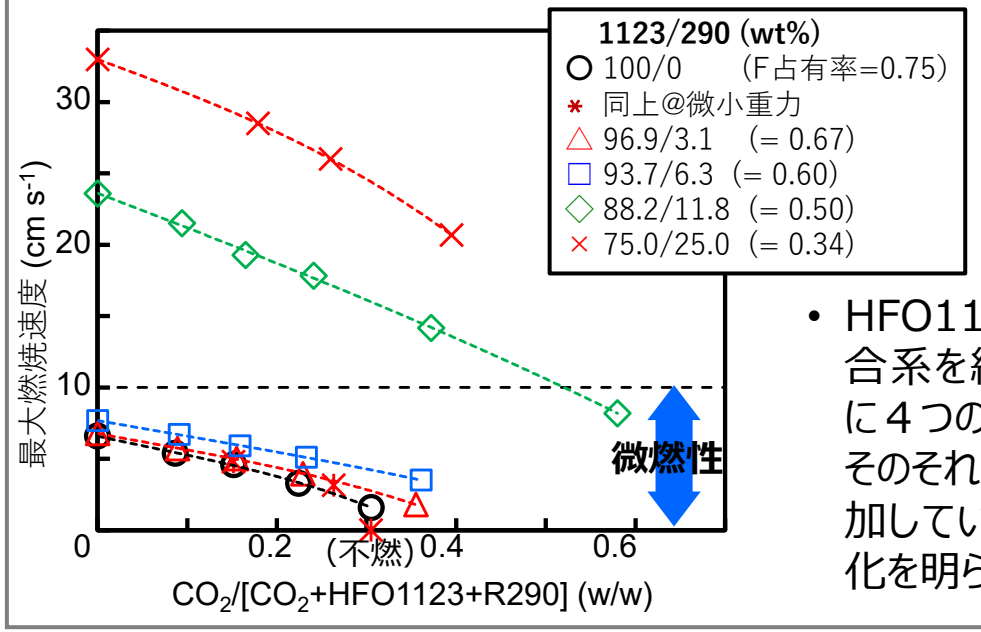
【A-1で絞り込まれた候補冷媒の評価】
- 絞り込まれた混合冷媒R1132(E)/R32(10 wt%)/1234yf混合系の評価を実施中、今後引き続き評価と推算法の開発を進める。

CO_2/R290混合冷媒の定量化と推算法開発



- 微小重力で不燃近傍組成まで定量化。理論に基づく解析式を提案し任意の組成の燃焼特性を推算可能にした。

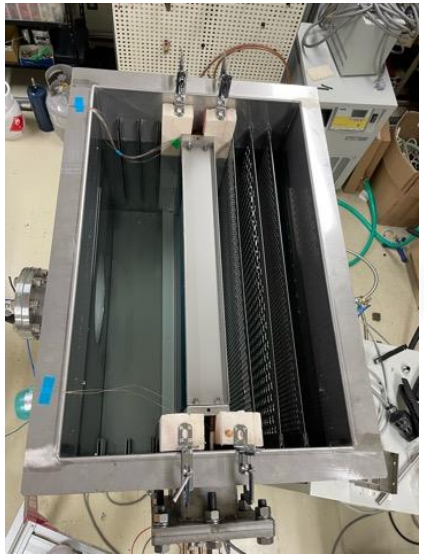
CO_2/HFO1123/R290の燃焼速度のCO_2添加効果(@$S_{u0,max}$)



- HFO1123/R290 混合系を総F占有率ごとに４つのケースに分類し、そのそれぞれにCO_2を添加していき燃焼性の変化を明らかにした。

補足）成果と意義：[冷D-1] サイクル特性及びモデル試験機による性能評価（九州産業大学）[冷D-2] サイクル要素内損失分析（長崎大学）

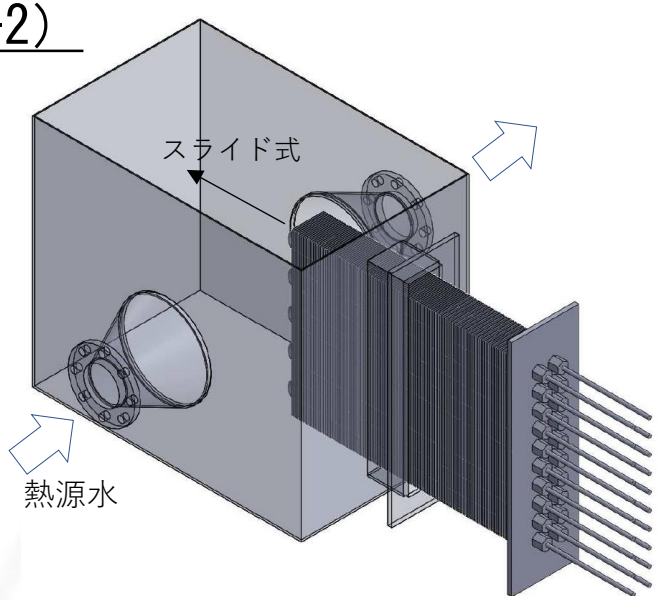
サイクル試験装置製作の進捗（冷D-1、冷D-2）



熱交換装置
（上部から）



熱交換装置 ２パス凝縮器用
（前方から）



家庭用エアコンに用いらる直交流型熱交換器を作成し、混合冷媒の温度勾配の影響をとらえたサイクル性能試験装置を構築する。



装置全体

冷D-1　配管長は短い。製品により忠実。
超音波流量計を用い圧損を抑える。

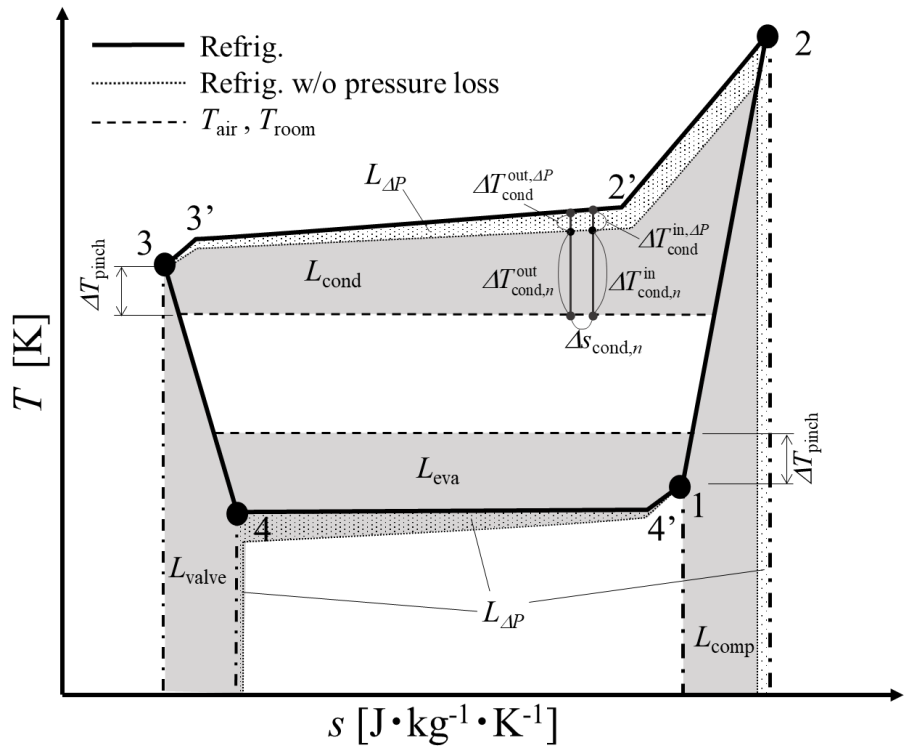
冷D-2　配管長は長い。センサや混合室が多い。

【今後の計画】現行冷媒R23を充填し試運転を行う。2025年度には本装置で新冷媒の試験を行う。

補足）成果と意義：[冷D-1] サイクル特性及びモデル試験機による性能評価（九州産業大学）

計算方法：サイクル計算全体（冷D-1）

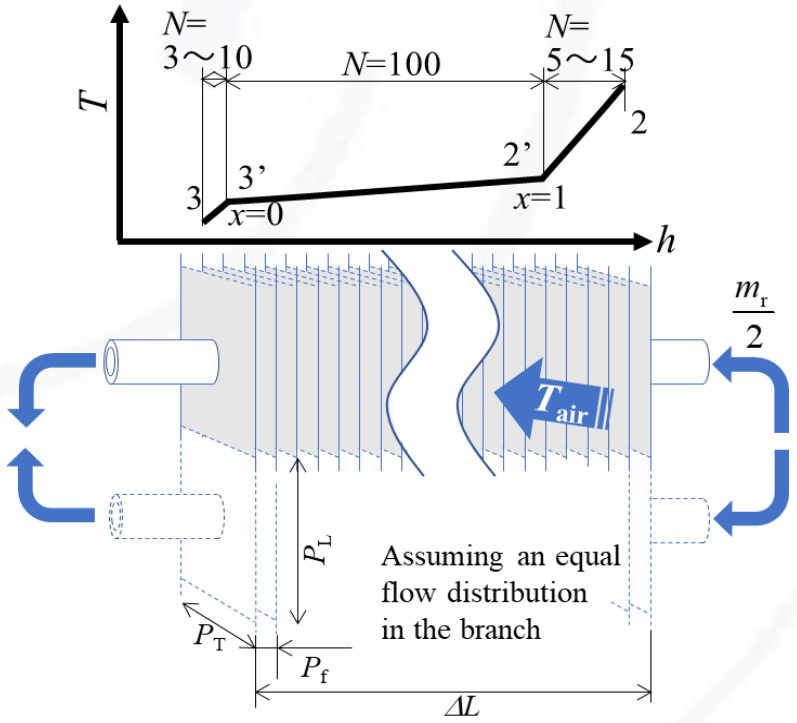
Calculation conditions			
cooling condition	outside air temp.	T_{air}	35 °C
	room air temp.	T_{room}	27 °C
	cooling capacity	$Q_{cooling}$	2.0 kW
heating Condition	outside air temp.	T_{air}	7 °C
	room air temp.	T_{room}	20 °C
	heating capacity	$Q_{heating}$	2.2 kW
pinch temp.		ΔT_{pinch}	5 K
initial condenser subcooling		ΔT_{SC}	3 K
initial evaporator superheat		ΔT_{SH}	3 K



- 2 kWクラスの家庭用空調機のサイクル性能評価を行った。ピンチ温度を固定し、必要な伝熱面積を求める手法。
- 圧縮機、膨張弁、凝縮器、蒸発器の4つの要素機器と圧力損失に起因する損失に分割してサイクルの不可逆損失も算出できるようにした。

補足）成果と意義：[冷D-2] サイクル要素内損失分析（長崎大学）

計算方法：クロスフィンチューブ式熱交換器モデル（冷D-2 ）



・N個の要素に離散化し、各要素区間の熱伝達率、圧力損失、交換熱量および伝熱管長を計算した。

Dimensions of the cross-finned-tube heat exchanger		
outer diameter	D_o	6.35 mm
equivalent inner diameter	D_i	6.00 mm
helix angle		20 °
internal area enlargement	η_A	2.00
thermal conductivity of tubes	λ_{tube}	370 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
air side heat transfer coefficient	α_{air}	100 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
heat transfer area ratio including fin efficiency	A_{air}/A_r	13

Condensation process	
heat transfer coefficient	Deng et al. (2019)
pressure drop	Yonemoto-Koyama (2007)
Evaporation process	
heat transfer coefficient	Kondou et al. (2013)
pressure drop	Kondou (2008)
Single phase heat transfer process	
heat transfer coefficient	Goto et al. (2005)
pressure drop	Carnavos (1980)

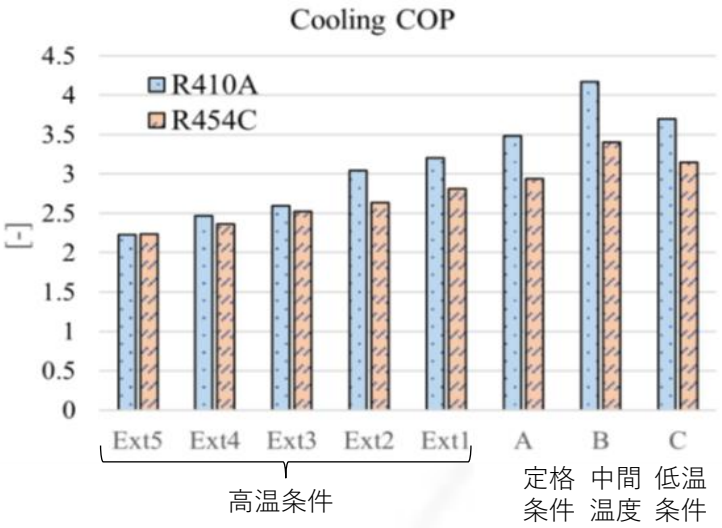
◘ R1123/R32、R1123/R290、R1123/R152aのサイクル性能評価結果について、冷凍空調学会年次大会で発表した。

補足）成果と意義：[冷D-1] サイクル特性及びモデル試験機による性能評価（九州産業大学）[冷D-2] サイクル要素内損失分析（長崎大学）

計算結果検証：パデュー大学のドロップイン試験結果 1) と比較。（冷D-1、冷D-2）

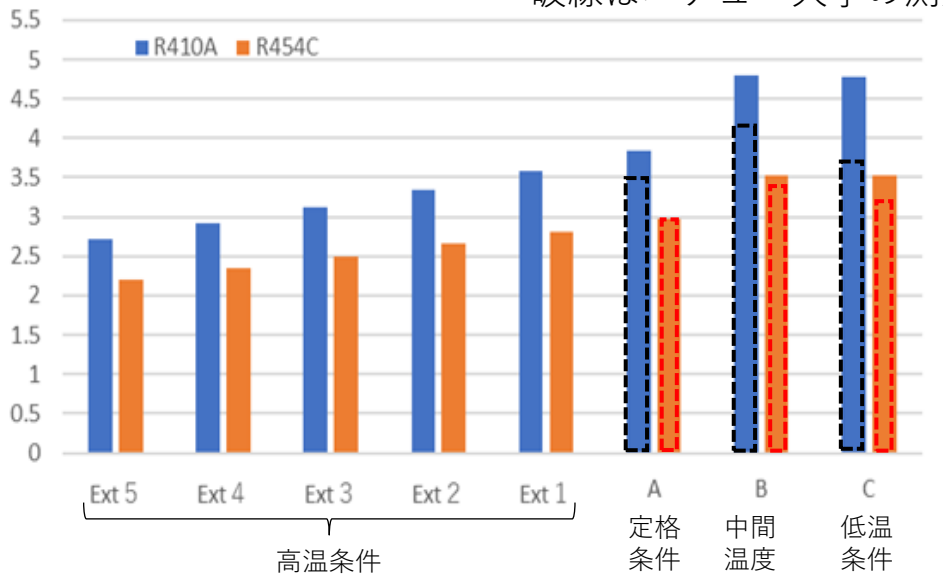
R454C A2L
R32/R1234yf
(21.5/78.5
mass%)

at 1.0 MPa
T_{liq} = 294.1 K
T_{vap} = 300.9 K
DT_{glide} = 6.8 K



(a)9 kWクラスの空気熱源ヒートポンプの実測COP

破線はパデュー大学の測定値



(b) 2 kWクラスを想定し、熱交換器サイズを最適化させた計算COP

本計算モデルは、温度勾配の無い場合（R410A）、COPを幾分過大評価。
空気側熱抵抗を大きくする、ピンチ温度を大きくする等の条件調整、列数の影響なども考慮する必要がある。

1) W., Hou; H.R., Fard, L., Burns, E.A., Groll, D., Ziviani, J.E., Braun, Experimental Investigation of R454C as a Replacement for R410A in a Residential Heat Pump Split System, International Refrigeration and Air Conditioning Conference., 2022, Paper 2482.

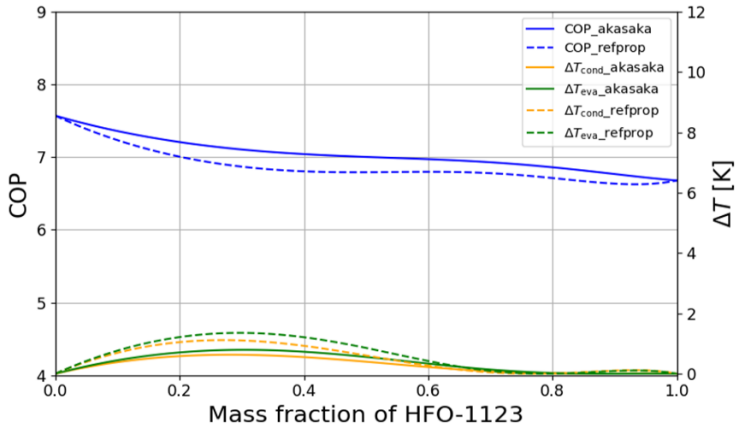
補足）成果と意義：[冷D-1] サイクル特性及びモデル試験機による性能評価（九州産業大学）[冷D-2] サイクル要素内損失分析（長崎大学）

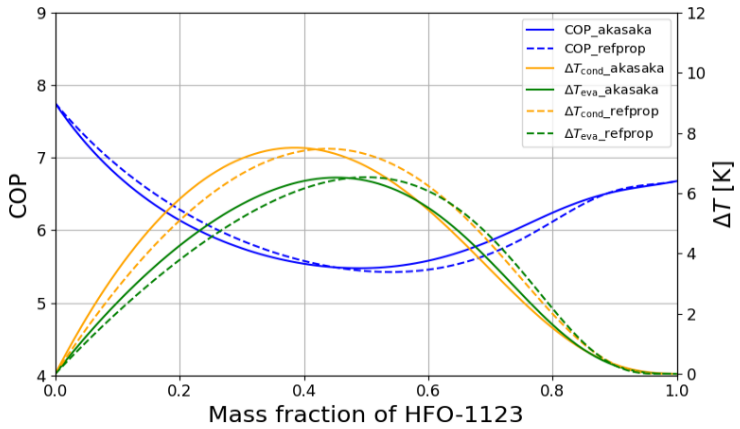
R1123/R32

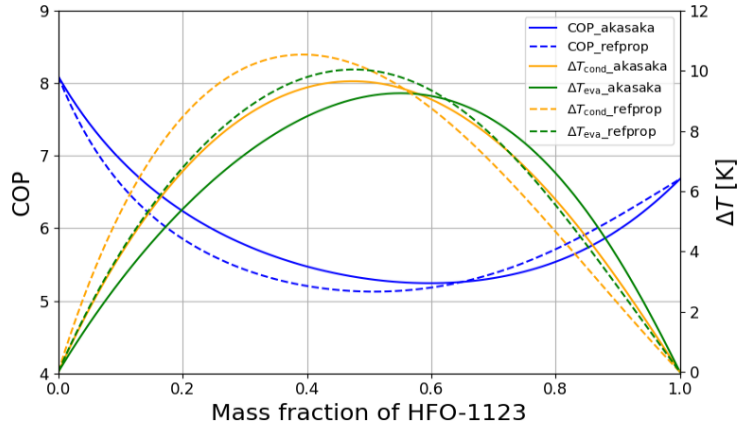
R1123/R290

R1123/R152a

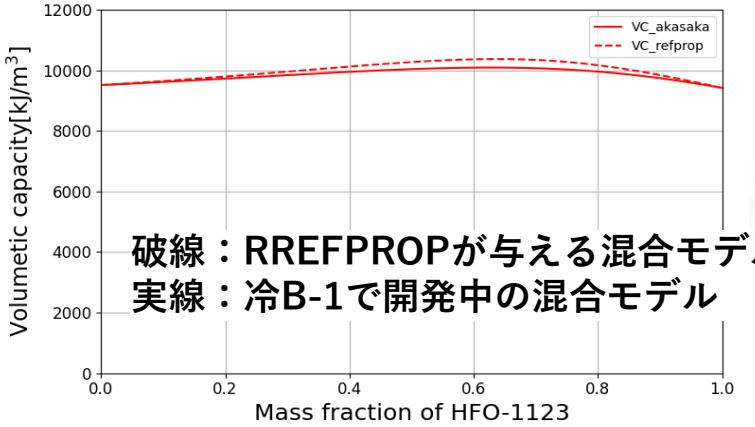
COPおよび温度勾配



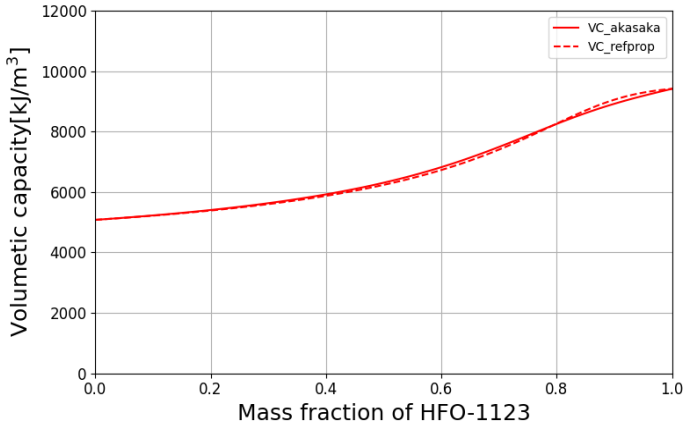


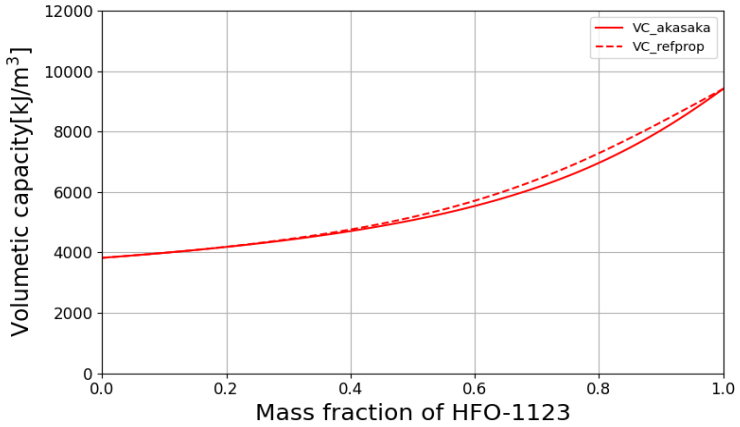


体積能力



破線：RREFPROPが与える混合モデル
実線：冷B-1で開発中の混合モデル

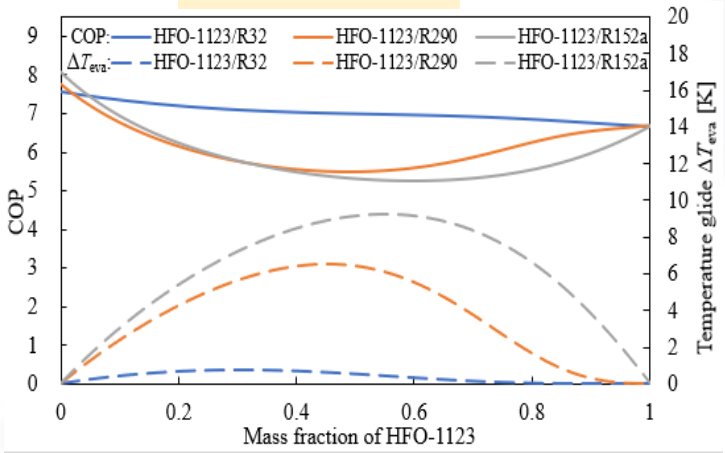


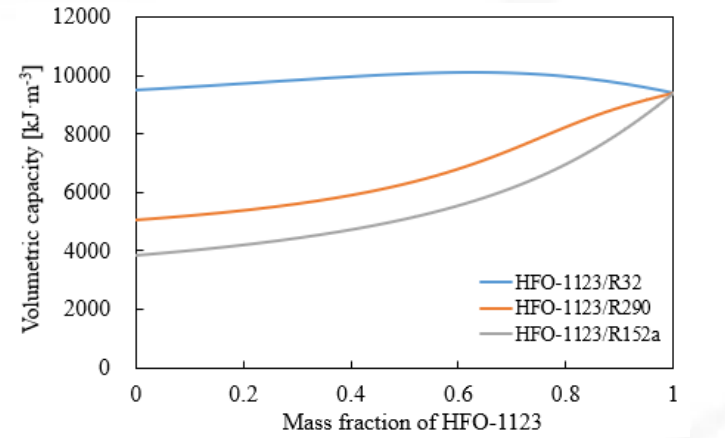


上記の確認範囲では、COPでは最大0.38、温度勾配では最大1.5 K、体積能力では4.5%の差異が生じた。
物性データに基づく混合モデルでなければ、これらが計算精度の限界であるようだ。

補足）成果と意義：[冷D-1] サイクル特性及びモデル試験機による性能評価（九州産業大学）[冷D-2] サイクル要素内損失分析（長崎大学）

冷房モード





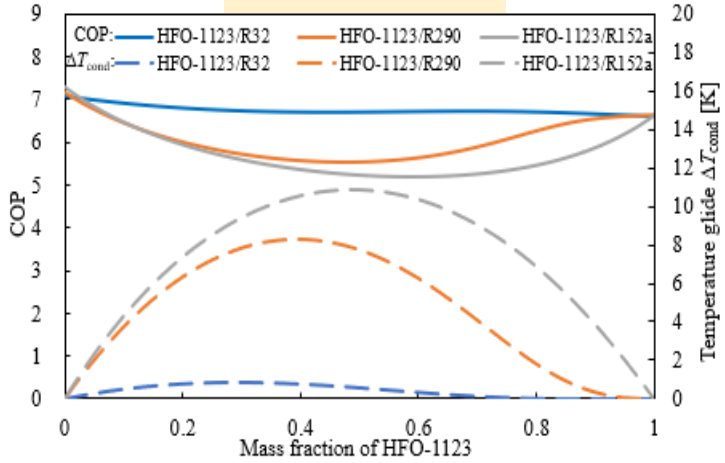
HFO-1123/R32　(0.6/0.4 mass)を基準とすると

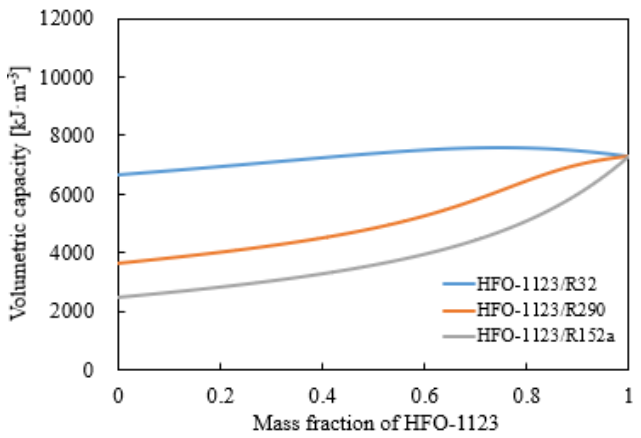
COP：7.0
HFO-1123/R290より **1.4** 高い
HFO-1123/R152aより **1.7** 高い

体積能力:10087 kJ·m^{-3}
HFO-1123/R290 の **1.5** 倍
HFO-1123/R152aの **1.8** 倍
⇒圧縮機回転数増

1パス当たりの蒸発器伝熱管長:
HFO-1123/R32: **6.17 m**
HFO-1123/R290: **7.48 m**（121%）
HFO-1123/R152a: **9.29 m**（151%）
⇒熱交換器サイズ増

暖房モード





HFO-1123/R32　(0.6/0.4 mass)を基準とすると

COP：6.7
HFO-1123/R290より **1.1** 高い
HFO-1123/R152aより **1.6** 高い

体積能力:7478 kJ·m^{-3}
HFO-1123/R290 の **1.4** 倍
HFO-1123/R152aの **1.9** 倍
⇒圧縮機回転数増

1パス当たりの蒸発器伝熱管長:
HFO-1123/R32: **7.62** m
HFO-1123/R290: **8.41** m（110%）
HFO-1123/R152a: **8.04** m（106%）
⇒熱交換器サイズ増

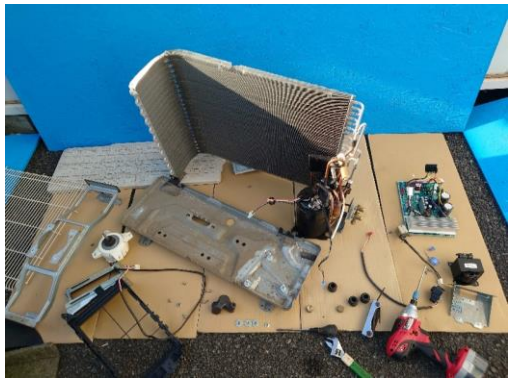
HFO-1123/R290やHFO-1123/R152aを利用するためには、
冷媒質量循環量は約1.9倍、熱交換器伝熱面積は約1.5倍の増大が求められる。

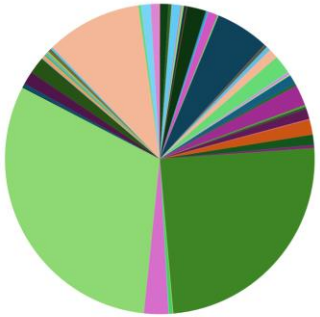
補足）成果と意義： [冷E-1] LCCP評価方法の開発及びAI解析（エイゾス）

成果：
- 新規冷媒のLCAは実施済み。
- エアコンのLCA評価のデータを取得。

今後の計画：
- 使用実態とサイクルシミュレーションに基づく家庭用空調機の消費電力推計。
- 安全性評価に関する手法・データのレビュー。

家庭用エアコンのLCA評価

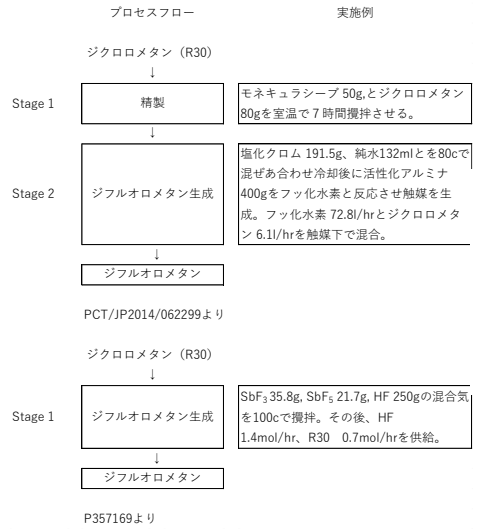




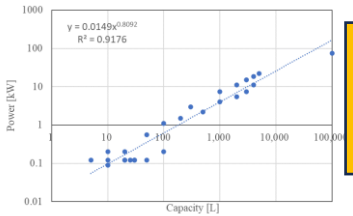


冷媒のLCA評価
（ R32, R1234yf, R1234ze(E), HFO1123, R1132(E), R290, R744 ）

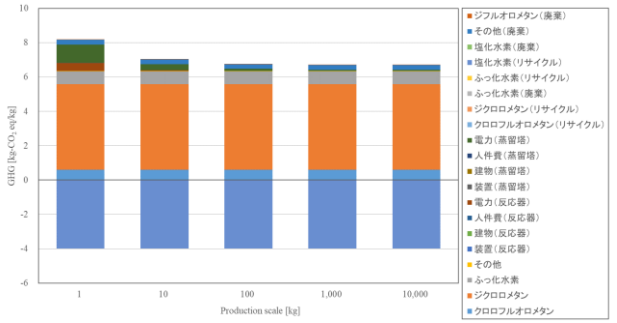
特許情報



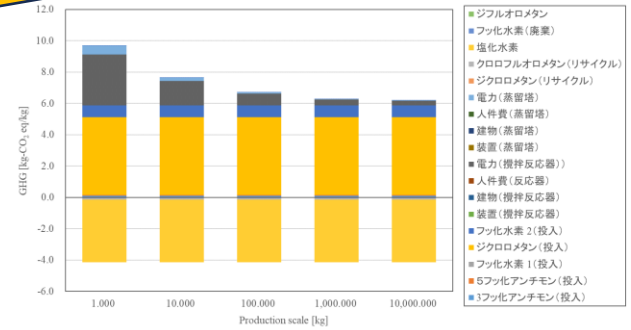
装置情報



		物質名	物質名(英語)	単位	使用量(基準)
ステージ1 反応	Input	クロロフルオロメタン(再利用)	Chlorofuruoromethane	kg	2.77000
		ジクロロメタン(投入)	Dichloromethane	kg	27.61000
		ジクロロメタン(再利用)	Dichloromethane	kg	10.33000
		ふっ化水素(投入)	Hydrogenflouride	kg	13.11000
		フッ化水素(再利用)	Hydrogenflouride	kg	45.92000
		その他(再利用)	Others	kg	0.26000
		装置(反応器)	Facility(Reactor)	JPY	
		建物(反応器)	Facility(Reactor)	m2	
		人件費	Labor	JPY	
	Energy	電力	Electricity	kWh	
	Waste			kg	0.00000
	Product	その他	Others	kg	0.76000
		クロロフルオロメタン	Chlorofuruoromethane	kg	2.77000
		ジクロロメタン	Dichloromethane	kg	10.33000
		ふっ化水素	Hydrogenfloride	kg	46.02000
		塩化水素	Hydrochloride	kg	23.71000
		ジフルオロメタン	Difluoromethane	kg	16.41000
ステージ2 HCL-32の分離	Input	ジフルオロメタン	Difluoromethane	kg	16.41000
		クロロフルオロメタン	Chlorofuruoromethane	kg	2.77000
		ジクロロメタン	Dichloromethane	kg	10.33000
		ふっ化水素	Hydrogenfloride	kg	46.02000
		塩酸	Hydrochloride	kg	23.71000
		その他	Others	kg	0.76000
		装置(蒸留塔)	Equipment	JPY	
		建物(蒸留塔)	Facility	m2	
		人件費	Labor	JPY	
	Energy	電力	Electricity	kWh	
	Waste	クロロフルオロメタン(再利用)	Chlorofuruoromethane	kg	2.77000
		ジクロロメタン(再利用)	Dichloromethane	kg	10.33000
		ふっ化水素(廃棄)	Hydrogenfloride	kg	0.10000
		ふっ化水素(再利用)	Hydrogenfloride	kg	45.92000
		塩化水素(廃棄)	Hydrochloride	kg	23.71000
		その他(廃棄)	Others	kg	0.50000
		その他(再利用)	Others	kg	0.26000
	Product	ジフルオロメタン(廃棄)	Difluoromethane	kg	0.02000
		ジフルオロメタン	Difluoromethane	kg	16.39000



昭和電工



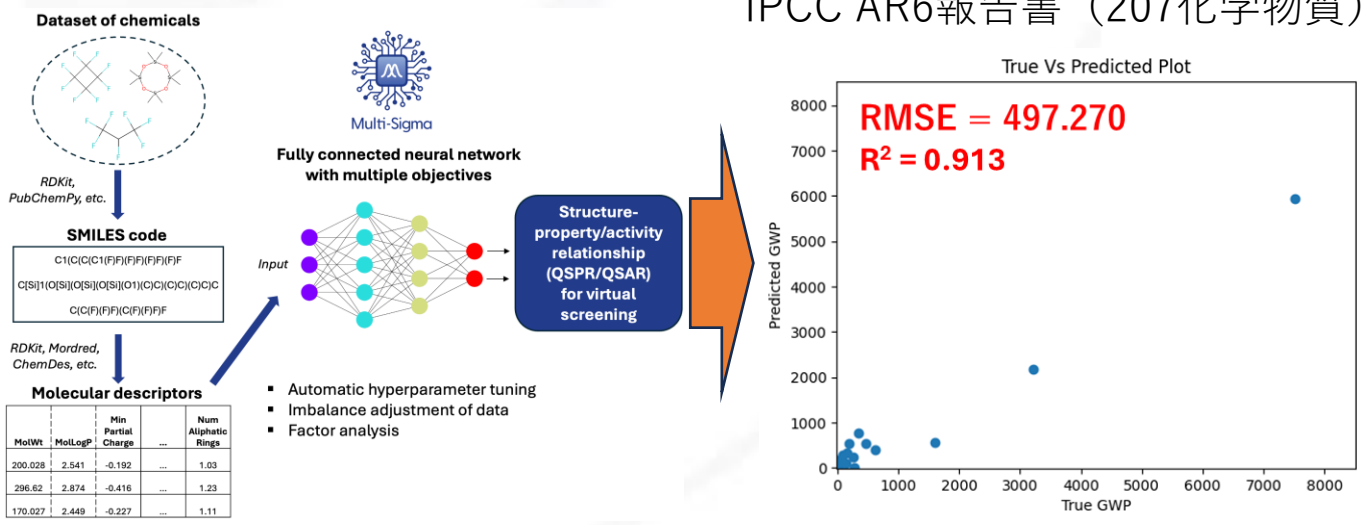
ダイキン

補足）成果と意義：［冷E-1］LCCP評価方法の開発及びAI解析（エイゾス）

成果：
- AIを用いた冷媒物質の温暖化係数の推計。
- 家庭用空調機の将来需要の推計。

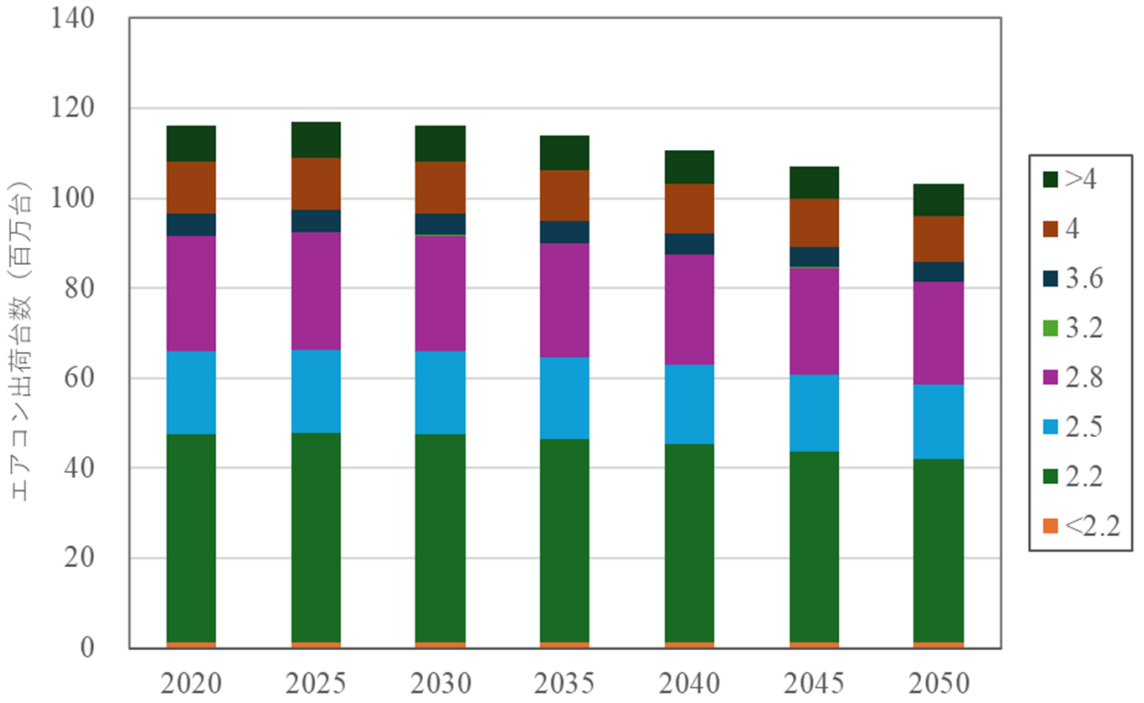
今後の計画：
- 混合冷媒の温暖化係数や物性値の推計。

AIを用いた冷媒物質の温暖化係数の推計



IPCC AR6報告書（207化学物質）

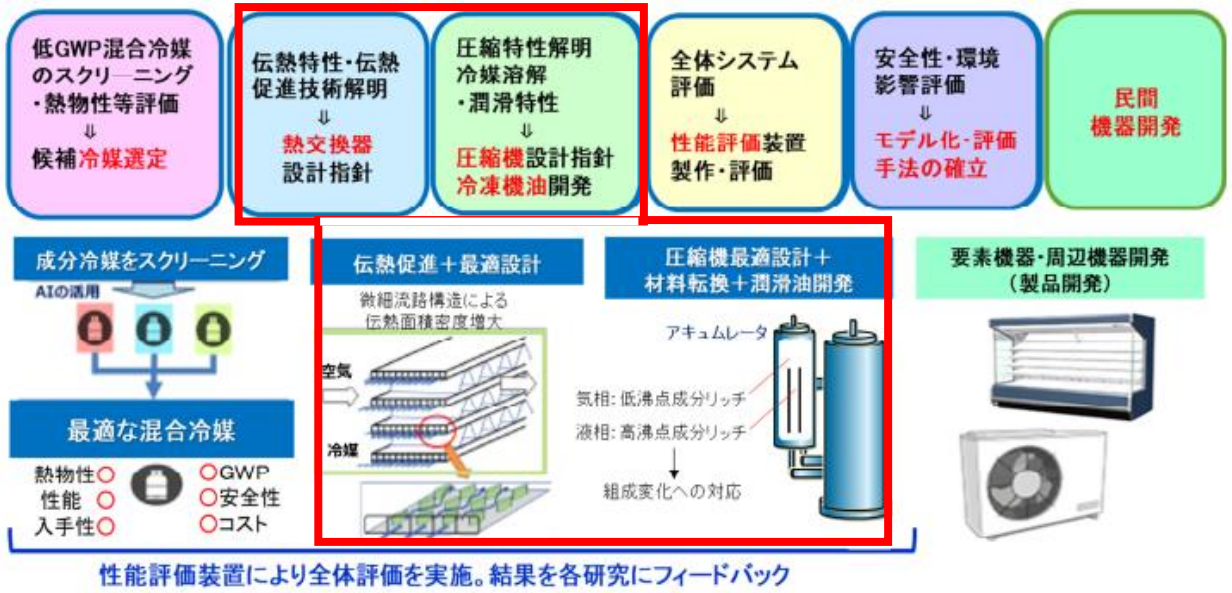
家庭用空調機の将来需要推計

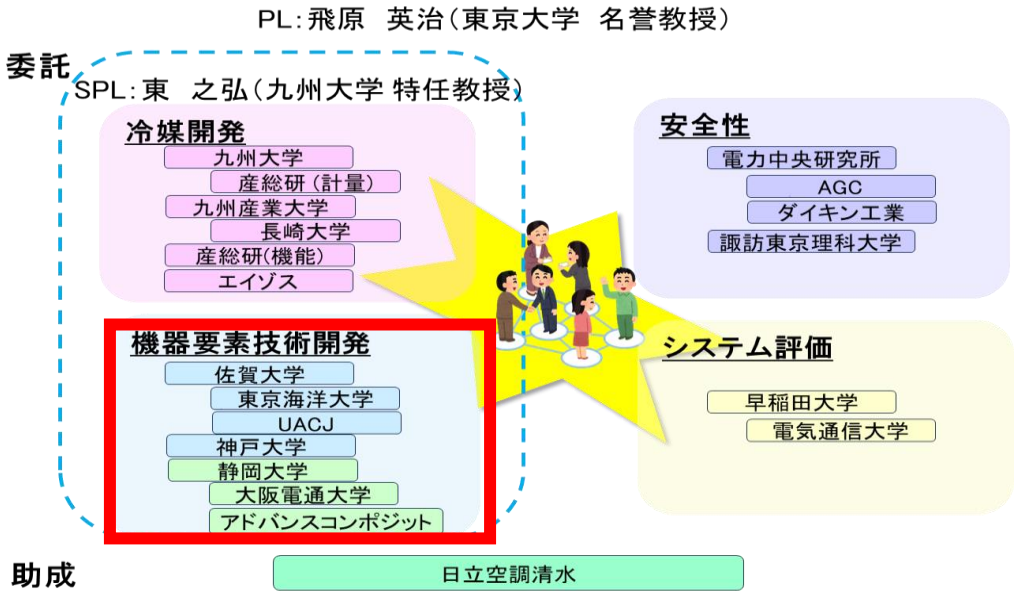


事業概要（機器Gr.）

＜個別事業名＞　混合冷媒に対応する要素機器開発
＜事業期間＞２０２３年４月～２０２８年３月
＜事業概要＞
本研究では、次世代低GWP混合冷媒の熱流動メカニズムを解明して伝熱劣化を抑制し、伝熱促進技術を開発するとともに、20%の軽量化と冷媒充填量30%削減を可能とする高性能熱交換器を開発する。そのために必要な冷媒の輸送性質の測定及び伝熱データベースの開発も行う。また、低GWP混合冷媒に対する冷凍機油の溶解挙動や返油特性及び潤滑特性の変化を明らかにするとともに、圧縮機構部での摩擦・摩耗・潤滑特性を分析して設計指針を確立する。加えて、低GWP混合冷媒の圧縮機に適した金属複合材料を開発する。

技術課題①　：混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱劣化を抑制する技術及び伝熱促進技術の探索
技術課題②　：混合冷媒に適した冷媒-空気熱交換器の開発
技術課題③　：冷凍機油の混合冷媒溶解挙動の解明と適合性評価
技術課題④　：混合冷媒圧縮に適した金属複合材料と摩擦・摩耗・潤滑特性に基づく機械効率向上





背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

●背景：

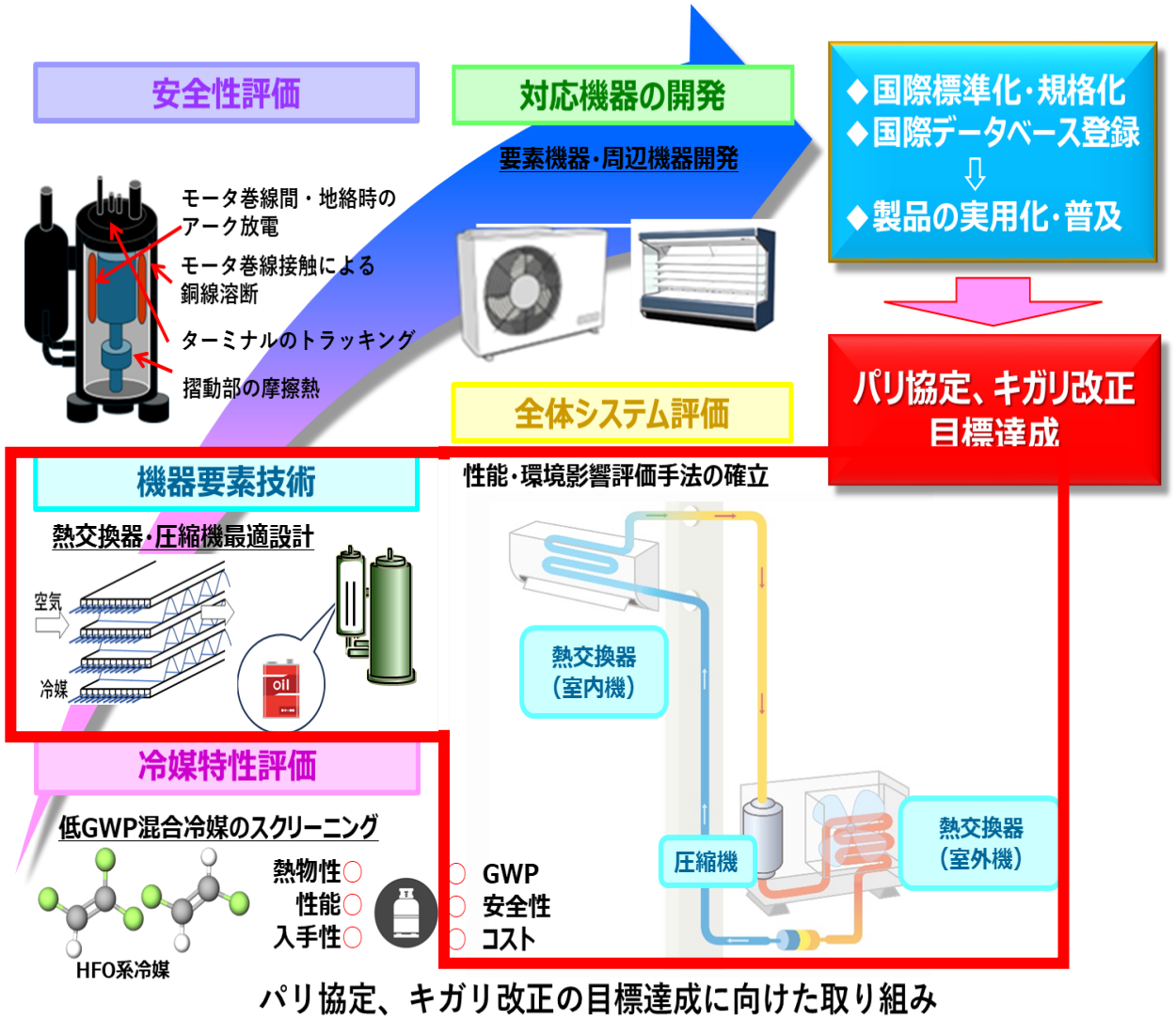
低GWP混合冷媒が次世代冷媒候補となっているが、温度グライドに起因する熱交換器の性能劣化が大きな課題である。また、各種混合冷媒を高効率で圧縮するとともに長期運転における信頼性の高い圧縮機が要求される。

●目的：

熱交換器の性能評価、混合冷媒への適合性改善、及び混合冷媒の圧縮特性の解明及び潤滑特性評価などの応用面での冷媒適合性評価を行うことで、新たな混合冷媒を使いこなす熱交換器や圧縮機の研究開発を行う。

●規格・標準化・指針等との関係：

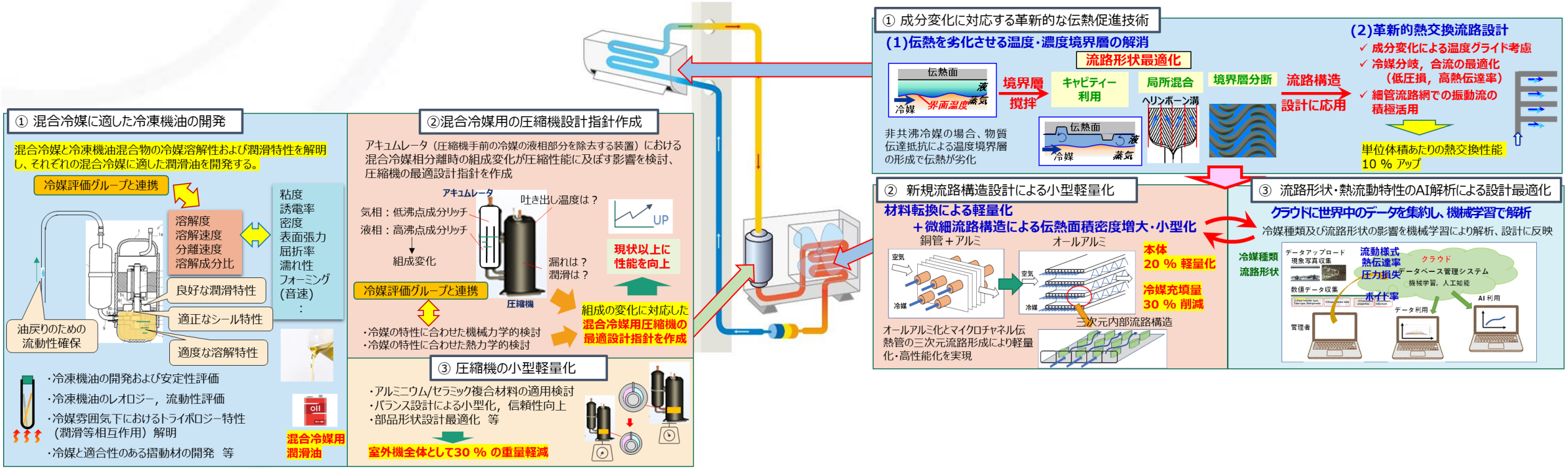
熱交換の実験値や予測式等は、論文などで公開した後にWeb上で公開する伝熱データベースを介して提供する。粘度及び熱伝導率の測定値と予測モデルは、論文やREFPROPを介して公開する。これらの情報が規格標準化に貢献する。



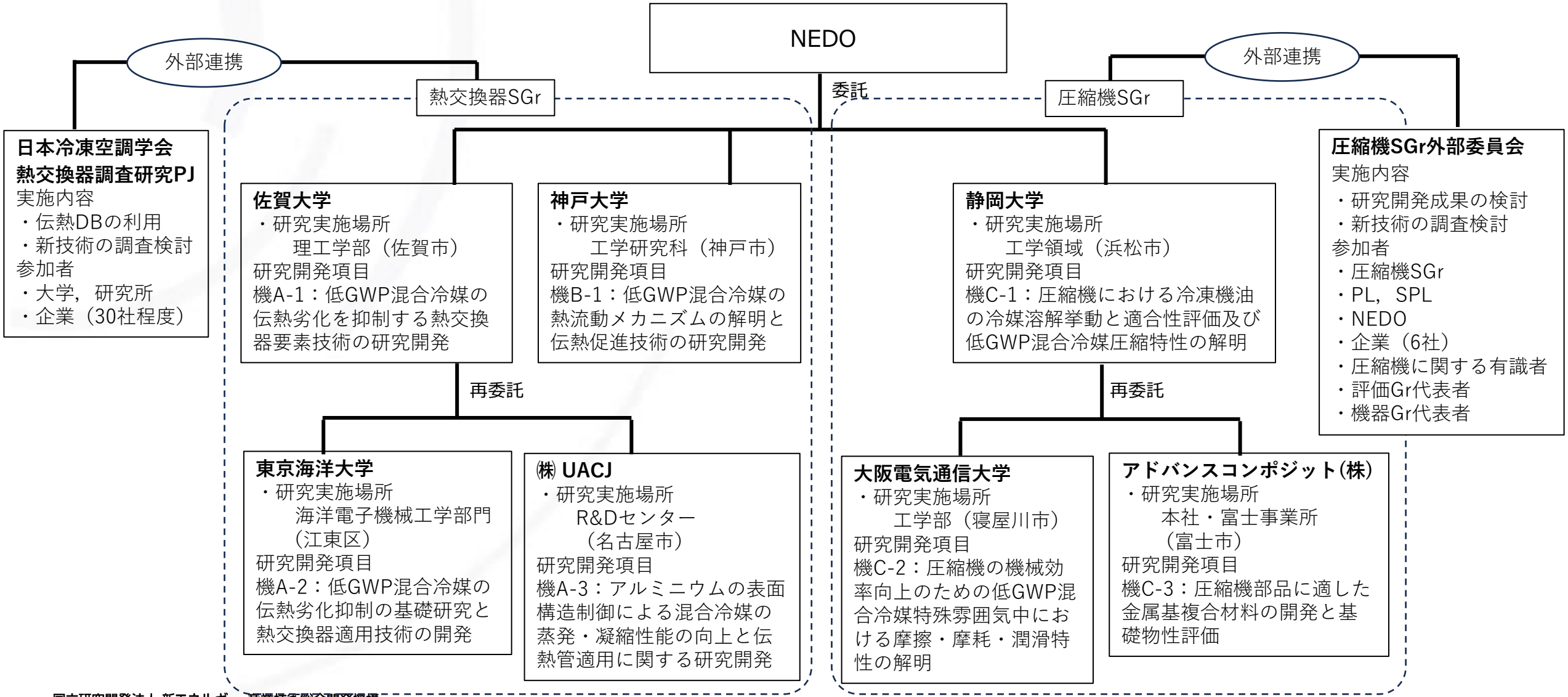
パリ協定、キガリ改正の目標達成に向けた取り組み

研究開発項目

	委託	再委託	研究開発項目	事業者
機械G	機A-1		低GWP混合冷媒の伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発	国立大学法人佐賀大学
		機A-2	低GWP混合冷媒の伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発	国立大学法人東京海洋大学
		機A-3	アルミニウムの表面構造制御による混合冷媒の蒸発・凝縮性能の向上と伝熱管適用に関する研究開発	株式会社UACJ
	機B-1		低GWP混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発	国立大学法人神戸大学
	機C-1		圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び低GWP混合冷媒圧縮特性の解明	国立大学法人静岡大学
		機C-2	圧縮機の機械効率向上のための低GWP混合冷媒雰囲気中における摩擦・摩耗・潤滑特性の解明	学校法人大阪電気通信大学
		機C-3	圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価	アドバンスコンポジット株式会社



実施体制


NEDO
委託
外部連携
熱交換器SGr
外部連携
圧縮機SGr
日本冷凍空調学会
熱交換器調査研究PJ
実施内容
・伝熱DBの利用
・新技術の調査検討
参加者
・大学，研究所
・企業（30社程度）
佐賀大学
・研究実施場所
理工学部（佐賀市）
研究開発項目
機A-1：低GWP混合冷媒の伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発
神戸大学
・研究実施場所
工学研究科（神戸市）
研究開発項目
機B-1：低GWP混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発
再委託
東京海洋大学
・研究実施場所
海洋電子機械工学部門（江東区）
研究開発項目
機A-2：低GWP混合冷媒の伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発
㈱ UACJ
・研究実施場所
R&Dセンター（名古屋市）
研究開発項目
機A-3：アルミニウムの表面構造制御による混合冷媒の蒸発・凝縮性能の向上と伝熱管適用に関する研究開発
静岡大学
・研究実施場所
工学領域（浜松市）
研究開発項目
機C-1：圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び低GWP混合冷媒圧縮特性の解明
再委託
大阪電気通信大学
・研究実施場所
工学部（寝屋川市）
研究開発項目
機C-2：圧縮機の機械効率向上のための低GWP混合冷媒特殊雰囲気中における摩擦・摩耗・潤滑特性の解明
アドバンスコンポジット(株)
・研究実施場所
本社・富士事業所（富士市）
研究開発項目
機C-3：圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価
圧縮機SGr外部委員会
実施内容
・研究開発成果の検討
・新技術の調査検討
参加者
・圧縮機SGr
・PL，SPL
・NEDO
・企業（6社）
・圧縮機に関する有識者
・評価Gr代表者
・機器Gr代表者

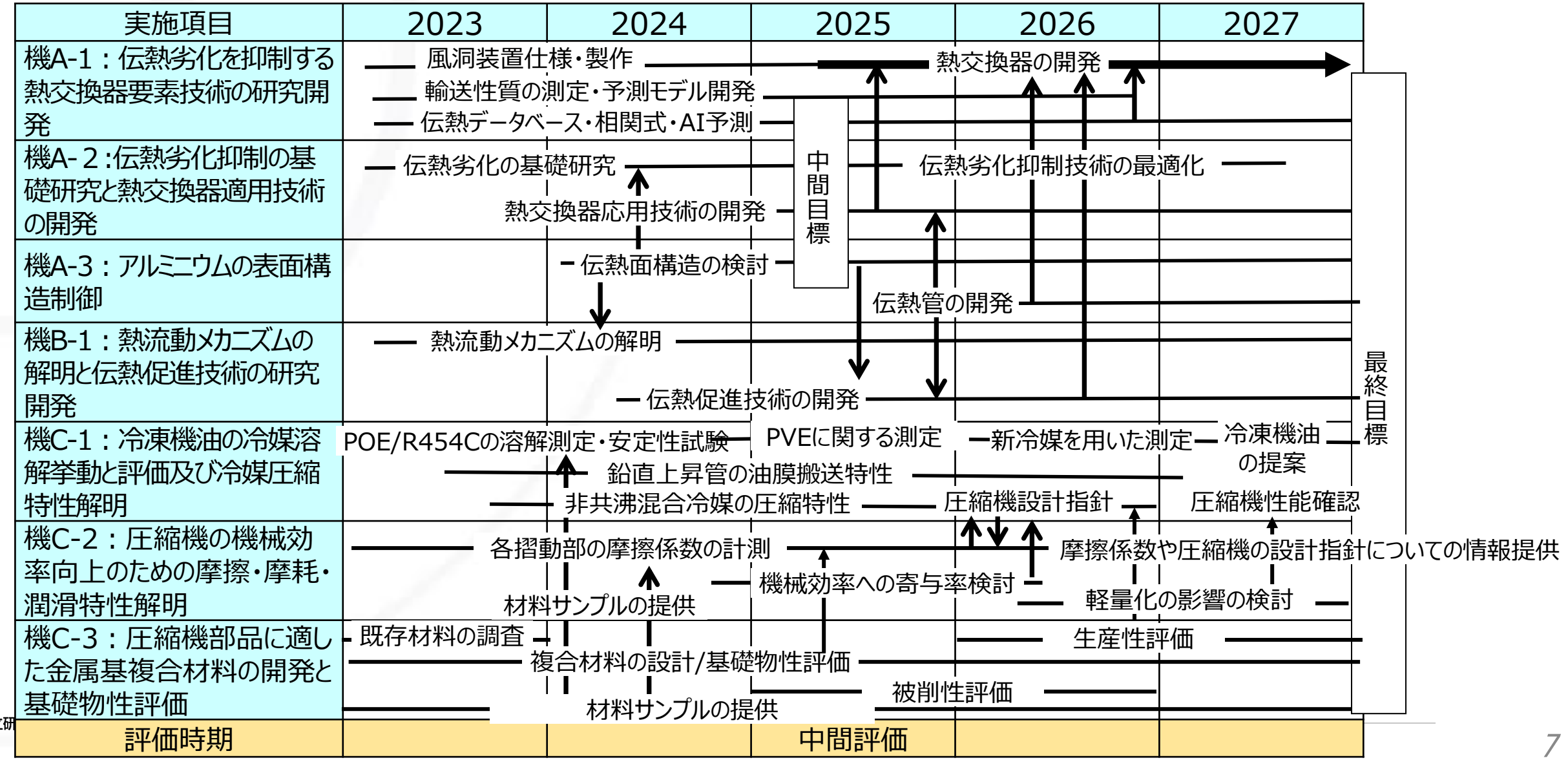
実施概要と目標（中間・最終）と根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	–	■ 伝熱特性の解明と伝熱促進技術の開発 ■ 冷媒の圧縮特性の解明 ■ 冷媒の溶解・潤滑特性の解明	■ 熱交換器の設計指針の確立 ■ 圧縮機の設計指針の確立 ■ 冷凍機油の提案	■ 従来と異なる混合冷媒に対応する機器要素技術を確立することは、企業の速やかな製品開発に必要不可欠である。
機A-1	伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発	（国）佐賀大学	1)候補混合冷媒1種類以上の熱交換器性能評価実験 2)2種類以上の候補混合冷媒の粘度及び熱伝導率の測定と予測モデル 3)3万点以上のデータの蓄積及びAI予測の基本機能確立	1)3種類の混合冷媒にについて3種類以上の熱交換器を用いて評価 2)粘度及び熱伝導率の測定と予測モデル 3)4万点以上のデータ蓄積，10種類以上の相関式を評価，AI予測	1)混合冷媒の伝熱特性を明らかにし、最適な熱交換器の開発に繋がる。 2) 粘度と熱伝導率の計算を可能になり、熱交換器設計に貢献する。 3)実験値の直接検索、相関式評価、熱伝達率のAI予測が可能になる。
機A-2	伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発	（国） 東京海洋大学	R1234yfと同程度の伝熱性能を示す伝熱劣化抑制技術の開発	低GWP混合冷媒に対応する熱交換器開発指針の獲得	非共沸混合冷媒は蒸発、凝縮過程で伝熱性能が低下するため、伝熱劣化抑制が重要となる。高性能熱交換器の開発のためには、混合冷媒に対応する表面処理および流路形状による伝熱劣化抑制、伝熱促進手法が必要である。
機A-2	アルミニウムの表面構造制御	（株）UACJ	混合冷媒に対する伝熱性能劣化を低減する表面構造作製法の確立と実機適用可能性検討	候補冷媒の伝熱劣化メカニズムに基づく流路構造の最適化、伝熱劣化抑制効果のある表面処理を施した伝熱管を搭載した改良型熱交換器の試作	混合冷媒による伝熱性能劣化の対策として、伝熱管内面への表面処理による沸騰促進が有効と考えられる。また伝熱管内面への処理と熱交換器への搭載について技術確立の必要がある。

実施概要と目標（中間・最終）と根拠

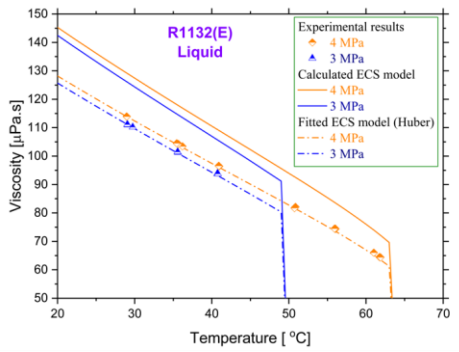
実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	–	（前頁に記載）	（前頁に記載）	（前頁に記載）
機B-1	熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発	（国）神戸大学	水力等価直径が1mm程度の円形及び非円形管を対象として、冷媒気液二相流の気液界面構造を評価可能なプラットフォームを構築する。これを用いて低GWP冷媒の熱流動現象を明らかにするとともに熱交換器に適用可能な混合方法を開発する。	細径流路内気液二相流の撹拌手法は冷媒の流動条件、流路形状（円形／非円形）、運用条件（質量速度、蒸気乾き度）に依存すると考えられる。低GWP混合冷媒に適用可能な撹拌手法を積極的に応用した熱交換器を開発する。	非円形細管内気液二相流の液膜構造を明らかにすることが伝熱性能改善の近道となる。 安定した定常流では非共沸冷媒による性能低下は明らかであり，非円形細管に適用できる振動流を引き起こすような伝熱促進法が必要である。
機C-1	冷凍機油の冷媒溶解挙動と評価及び冷媒圧縮特性解明	（国）静岡大学	非共沸混合冷媒に対する冷凍機油の溶解特性、物性値、油膜流動特性を明らかにするとともに、冷媒組成を考慮した圧縮特性を明らかにする．低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の評価を行う。	新たな低GWP冷媒に対して適用可能な冷凍機油の特性を明らかにし、使用可能な冷凍機油を提案する。また、非共沸混合冷媒用圧縮機の設計指針を示す。低GWP混合冷媒用圧縮機の性能を確認する。	低GWP混合冷媒用圧縮機の性能と信頼性を確保するためには、低GWP混合冷媒に適した冷凍機油の開発・評価、および非共沸混合冷媒の圧縮特性の把握が重要となる。
機C-2	圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性解明	（学） 大阪電気通信大学	2種の冷凍機油および3種の材料を用い，ベーン・固定溝間およびベーン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする.	機械損失に大きく関わる圧縮機構部での摩擦・摩耗・潤滑特性を詳しく調べ、高性能圧縮機の設計指針を明らかにする。 さらに、圧縮機本体の質量を約10%軽量化した際の効率を明らかにする。	圧縮機本体に複合材を使用し，軽量化すること検討している．そのため，複合材料を使用した場合の圧縮機構内摺動部の摩擦特性を把握しておく必要がある．軽量化が効率に及ぼす影響についても検討する必要がある.
機C-3	圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価	アドバンスコンポジット（株）	アルミ基複合材料の強化材違いを用いた新たな複合材料の設計・試作行う	圧縮機本体の質量10%の軽量化を図る	鉄系比重：7.2～7.6g/㎤ 複合材料比重：2.7～3.3g/㎤ 比重差で約4g/㎤

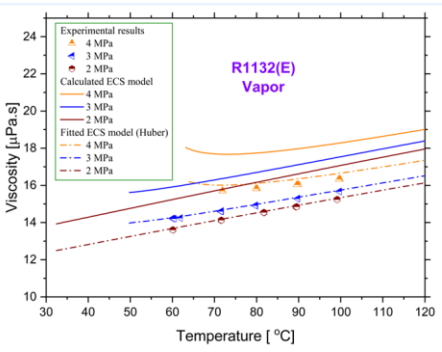
研究開発スケジュール

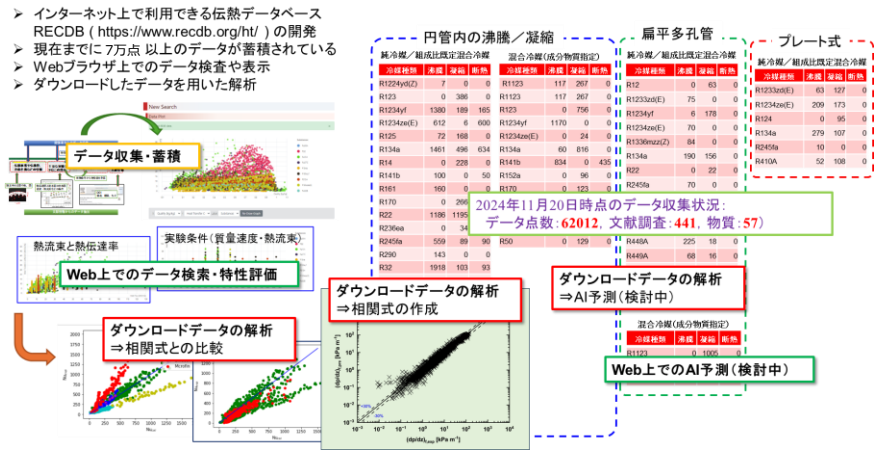

実施項目
2023
2024
2025
2026
2027
機A-1：伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発
風洞装置仕様・製作
熱交換器の開発
輸送性質の測定・予測モデル開発
伝熱データベース・相関式・AI予測
機A-２:伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発
伝熱劣化の基礎研究
伝熱劣化抑制技術の最適化
熱交換器応用技術の開発
中間目標
機A-3：アルミニウムの表面構造制御
伝熱面構造の検討
伝熱管の開発
機B-1：熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発
熱流動メカニズムの解明
伝熱促進技術の開発
最終目標
機C-1：冷凍機油の冷媒溶解挙動と評価及び冷媒圧縮特性解明
POE/R454Cの溶解測定・安定性試験
PVEに関する測定
新冷媒を用いた測定
冷凍機油の提案
鉛直上昇管の油膜搬送特性
非共沸混合冷媒の圧縮特性
圧縮機設計指針
圧縮機性能確認
機C-2：圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性解明
各摺動部の摩擦係数の計測
摩擦係数や圧縮機の設計指針についての情報提供
機械効率への寄与率検討
軽量化の影響の検討
材料サンプルの提供
機C-3：圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価
既存材料の調査
生産性評価
複合材料の設計/基礎物性評価
被削性評価
材料サンプルの提供
評価時期
中間評価

成果と意義：［機A-1］～低GWP混合冷媒の伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発～（国立大学法人佐賀大学）

- **混合冷媒対応熱交換器の開発**
- 低GWP混合冷媒を用いた熱交換器の特性に関する実験（準備中）
- 扁平多孔管内面にアルマイト処理を施した熱交換器の開発を検討
- 低GWP混合冷媒の温度グライドに対応する熱交換器の冷媒及び空気側流路を検討
- **次世代冷媒の粘度及び熱伝導率の測定**
- R1132(E) の粘度及び熱伝導率の測定を完了し、予測モデルを作成
- R454系混合冷媒の測定と混合冷媒の予測モデルを作成（予測モデルは作成途中）
- **伝熱データベースの開発**
- 冷媒の沸騰及び凝縮に関する 7万点以上の伝熱データを蓄積
- 相関式の選定及び評価、Web上での相関式評価機能の追加（Web機能は作成途中）
- 熱伝達率の AI予測に関する機械学習などの確率







成果

●低GWP混合冷媒の熱交換器特性（取得見込）
●R1132(E)、R454系混合冷媒の輸送性質測定
●7万点の伝熱データ、相関式評価、AI予測モデル開発

意義（副次的成果や波及効果）

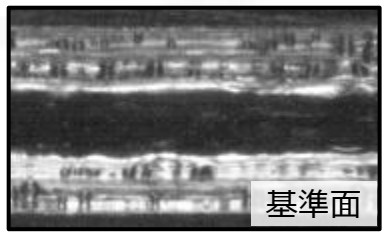
●低GWP混合冷媒の温度グライドに対応した熱交換器の開発
●予測モデルを確立することで熱交換器の設計に貢献
●Web上で実験値の検索、相関式評価、AI予測が可能

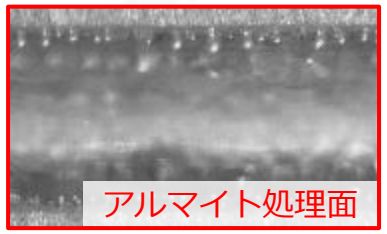
成果と意義：［機A-2］～低GWP混合冷媒の伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発～（国立大学法人 東京海洋大学）

低GWP冷媒に対応する熱交換器の開発のために、混合冷媒の沸騰・凝縮伝熱性能の評価と伝熱劣化を抑制する要素技術の開発を目指す。

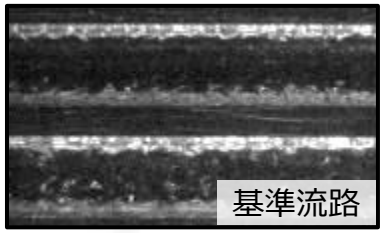
【成果及び意義（副次的成果や波及効果）】

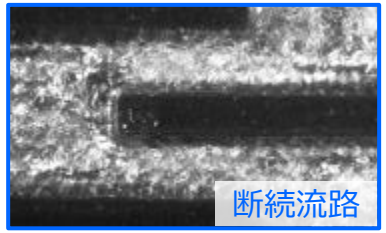
- 混合冷媒の沸騰・凝縮伝熱特性および流動様相・液膜構造の可視化
- 入手可能な現行冷媒を用いた熱伝達特性の評価（R454C）
- 伝熱面への表面処理、新規流路形状による伝熱劣化の抑制効果の検証



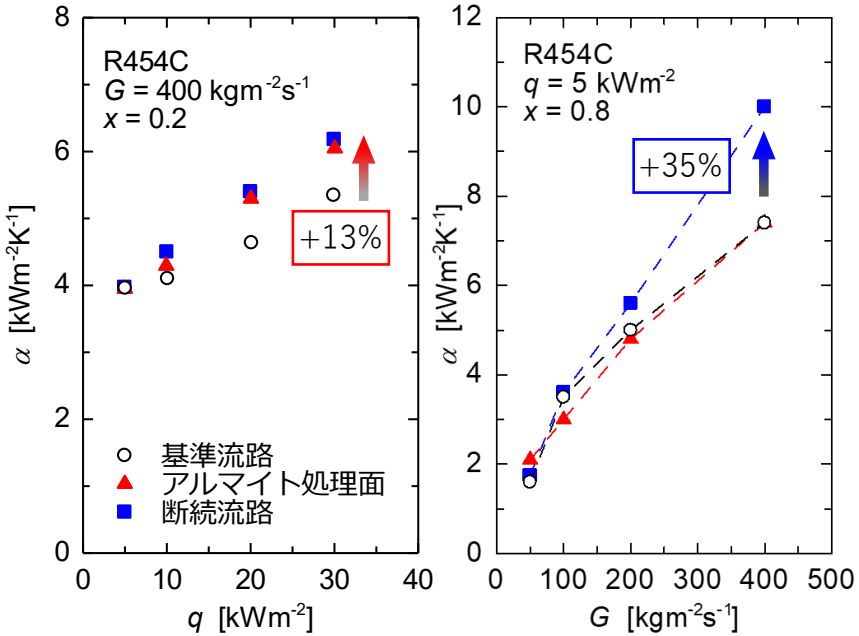


表面処理による核沸騰熱伝達の促進効果を確認





断続流路による流れの攪拌効果を確認



伝熱実験に基づく伝熱促進効果の検証

成果

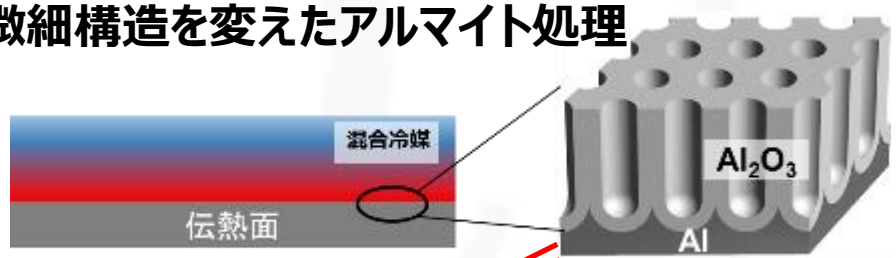
- 蒸発流および液膜構造の詳細な高速度撮影を実施
- 伝熱面への表面処理（アルマイト処理）の効果検証
- 流路形状による伝熱劣化の抑制効果の検証

意義（副次的成果や波及効果）

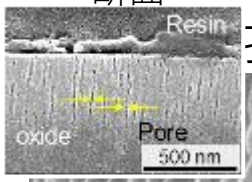
- 伝熱面への表面処理、新規流路形状による伝熱劣化の抑制効果について検証し、効果の期待できる熱流束、流量条件を確認

成果と意義：［機A-3］～アルミニウムの表面構造制御による混合冷媒の蒸発・凝縮性能の向上と伝熱管適用に関する研究開発～（株式会社UACJ）

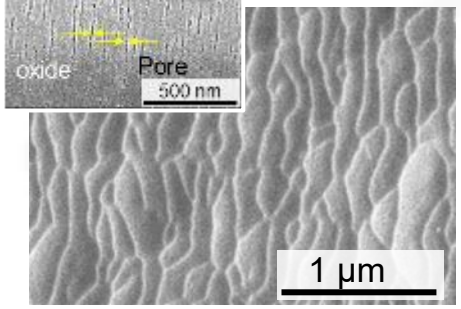
微細構造を変えたアルマイト処理

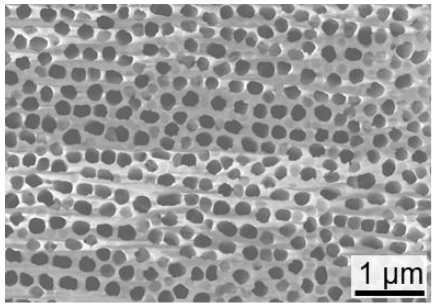


断面



孔径小 約15 nm　孔径大 約200 nm





微細構造を変えた伝熱面で評価。傾向を確認中。

多穴管内面処理の予備実験

・多穴管内面へのアルマイト処理の予備検討を、ビーカースケールにて実施。
・多穴管外面側と内面側で酸化皮膜の厚さが異なり、内面側は皮膜が薄くなる傾向。
→　付き回り性を考慮した製造法の検討が必要。

今後の見込み(~'25年)

① 最適な表面構造の解明（平板TP）
・微細構造をさらに大きく変えた表面
・より実態に近い押出材表面への処理

② 伝熱管内面への実装方法の検討
・長尺材へのラボ処理トライ
・穴形状を変えた伝熱管の試作とラボ処理
→　工業的な実現可能性の見極め

成果

●R454C中でアルマイト面での沸騰様相の変化（気泡の微細化）を確認
●押出管内面へ処理について、ビーカーレベルで課題を抽出

意義（副次的成果や波及効果）

●表面処理に気泡生成形態の変化を直接確認（協業効果）

成果と意義：［機B-1］～低GWP混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発～（国立大学法人 神戸大学）

熱交換器軽量化のためには，流路細径化による伝熱面積密度増大は必要不可欠

流路細径化で気液二相流の流動特性が変化

⇒ 環状流の液膜構造が蒸発熱伝達特性に強い影響を及ぼす

ボイド率，圧力損失特性



低GWP化と機器性能向上（省エネ）のためには非共沸混合冷媒が不可避

環状流の蒸発熱伝達率が劣化，液膜が厚いほど伝熱性能は低下

⇒ 液膜内での核沸騰促進が伝熱性能改善のカギ

沸騰開始過熱度の低減

圧力損失低減のため冷媒流路の並列化は不可避

濃度境界層の撹拌のため，積極的に振動流を起こしたい

振動流の積極利用

成果

●非円形細管内気液二相流動を明らかにする実験プラットフォームを構築した

⇒ 非円形流路のボイド率特性を明らかにした

●沸騰開始過熱度を定量評価する実験装置を構築した

⇒ 表面処理で過熱度を低減できることを示した

●水平並列流路での振動流発生条件を明らかにした

⇒ 入口湿り蒸気の場合，振動流が発生しなかった

意義（副次的成果や波及効果）

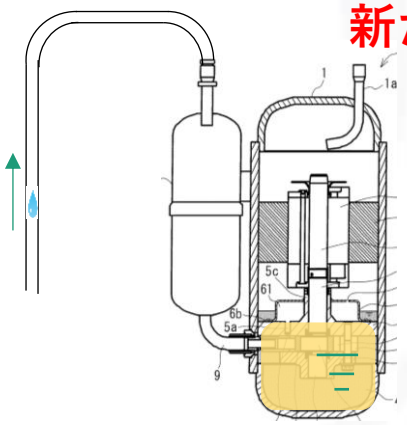
●液膜構造を知ることで伝熱劣化の要因，解決法が明らかとなる

●ボイド率の情報によって熱交換器内の冷媒量を推定できる

●非円形細管内冷媒蒸発流について，伝熱促進の方針が得られる

●非円形細管の冷媒流路で構成されるコンパクト熱交換器の実現に向けて，非共沸混合冷媒を用いた場合の設計指針が得られる

成果と意義：［機C-1］～圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び低GWP混合冷媒圧縮特性の解明～（国立大学法人 静岡大学）



新たな冷媒用の圧縮機がなければ冷凍空調システムは実現しない！

圧縮機の性能と信頼性を確保するためには、冷媒に適合する冷凍機油の選定が最も重要

- 冷媒と冷凍機油との溶解性は適当か？
- 冷凍機油／冷媒混合物の安定性、材料適合性は大丈夫か？
- 非共沸混合冷媒は、どのような成分比で冷凍機油に溶解するのか？
- 吸い込み配管における油戻りに問題はないか？油戻りを予測したい.
- 非共沸混合冷媒の成分比が変わると、圧縮機の性能はどうなるか？

→ 冷凍機油の適合性や諸特性を明らかにする

↓

新たな冷媒用圧縮機の実現

成果

●非共沸混合冷媒と冷凍機油混合物の溶解特性を測定した．二相分離状態を含む溶解モデルを構築予定

●冷凍機油に対する非共沸混合冷媒の溶解成分の変化を明らかにした.

●非共沸混合冷媒用冷凍機油の安定性を確認した.

●圧縮機吸い込み配管における油膜計測技術を開発した．今後油膜状態を測定し、油戻りを定式化予定.

●圧縮特性計算モデルを構築した．今後は混合冷媒の成分変化を考慮して圧縮特性を検討することで、非共沸混合冷媒に対する設計指針を得る予定.

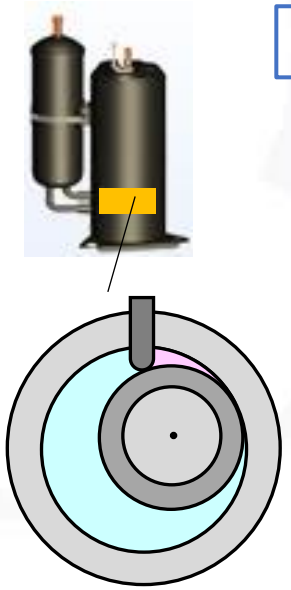
意義（副次的成果や波及効果）

●非共沸混合冷媒対する冷凍機油の適合性や安定性を示すことにより、企業における圧縮機設計（冷凍機油選定）が可能となる.

●非共沸混合冷媒を用いた場合の、冷媒の冷凍機油への溶解やアキュムレータにおける気液分離による冷媒組成変化が圧縮機性能に及ぼす影響を明らかにすることにより、非共沸混合冷媒用圧縮機の設計指針が得られる.

●圧縮機吸い込み配管での油膜の流動特性を明らかにすることにより、圧縮機の信頼性（油戻り）に対する設計指針が得られる.

成果と意義：［機C-2］～圧縮機の機械効率向上のための低GWP混合冷媒雰囲気中における摩擦・摩耗・潤滑特性の解明～（学校法人　大阪電気通信大学）



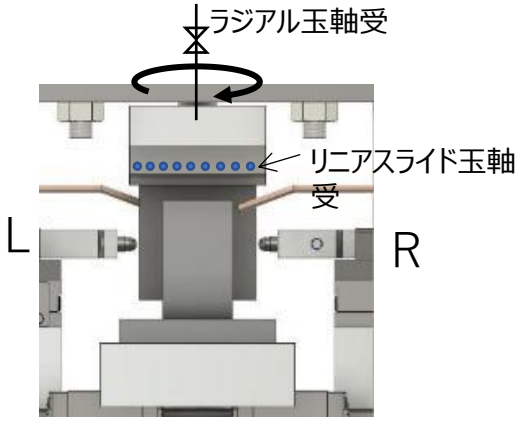
目的

圧縮機の寸法を大型化せず大容量化するために軽量化を検討

＜軽量化＞
・圧縮機の軽量化のためには，複合材料の適用が有効と考えられる．
・そのために，複合材料の摩擦特性を評価する必要がある．

＜高効率化＞
・摩擦損失を低減し，機械効率を上げたい．
・そのためには，圧縮機全体ではなく，各摺動部の摩擦をそれぞれ正確に評価する必要がある．

実施内容



ベーン・固定溝間の摩擦の計測

①ベーンと固定溝間
②ベーン先端とローリングピストン間
の摩擦を評価するための実験装置を作成，計測方法を確立した．

摺動２部品がともに鋳鉄，ともに複合材料，鋳鉄と複合材料の組み合わせの場合について摩擦特性を明らかにした．

成果

- ベーン・固定溝間の摩擦の有効な評価方法を確立した．
- ベーン先端・ローリングピストン間の摩擦の有効な評価方法を確立する予定．
- 機C-3にて開発の複合材を圧縮機として使用した際の摺動部摩擦を把握できる予定．

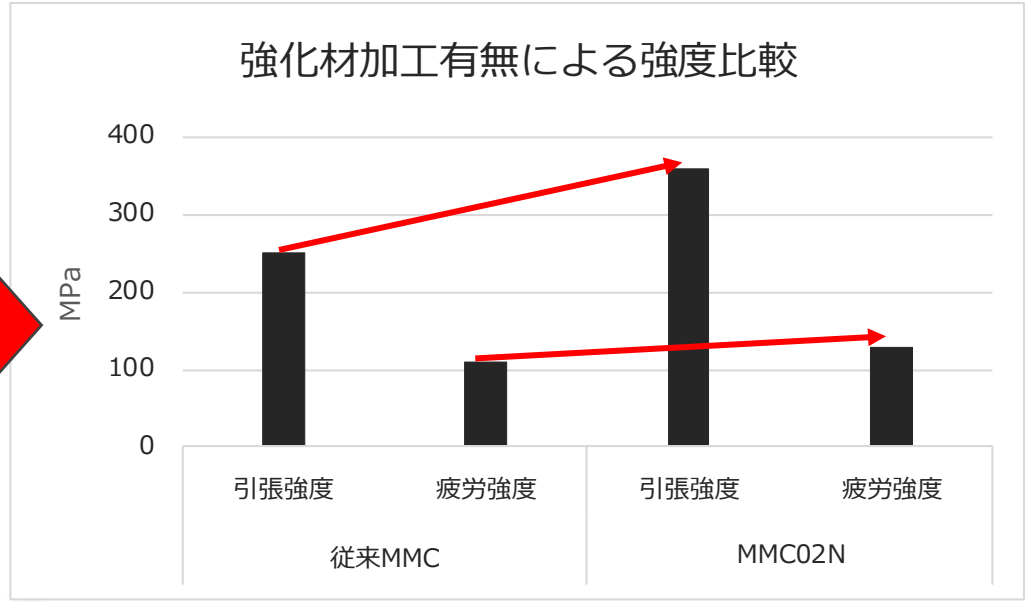
意義（副次的成果や波及効果）

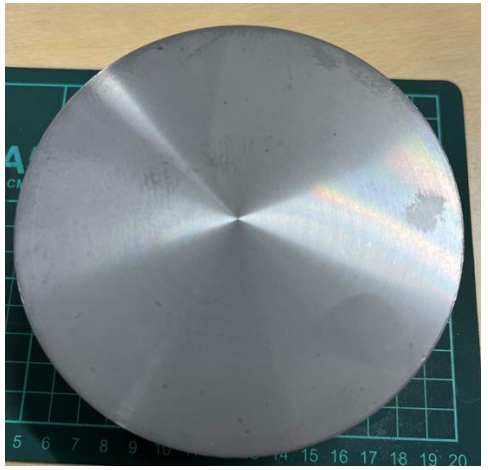
- 摺動部ごとの摩擦損失が明らかになる．それによって損失の割合が明らかになるので，圧縮機の効率を改善するための基本指針を示すことができる．

成果と意義：［機C-3］～圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価～（アドバンスコンポジット株式会社）

これまで
・強度を上げるためには，強化材の体積率をあげる方法が最適とされていた.
その結果・・
・複合化しにくい(含浸不良)
・加工性が悪くなる
・コストが僅かに高くなる
開発品コンセプト
・体積率はそのままVf40%
・粒子形状/粒子径を調整する
・加工性も維持する

開発結果





MMC02N写真

成果
- **引張強度45%向上**
- **疲労強度18%向上**
- **比重2.78g/㎤**
- **熱膨張係数12～13ppm/k**
- **上記機械的物性値を得られる成型方法を高圧鋳造技術で確立した。**

意義（副次的成果や波及効果）
- **従来品程度の強度で良い場合は、体積率を減らすことにより同等の強度を得ることが出来る。つまり、コストと直結する。**
- **粒子径/粒子形状を揃えることにより、材料の信頼性も向上すると考えられる。**

目標達成状況（中間年度見通し）

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	－	・混合冷媒に対応する伝熱面構造及びその作製方法の試行 ・実機への適用方法を検討 ・設計に利用できるデータベースの確立 ・対象冷媒に対する冷凍機油の溶解特性や流動特性、材料の摩擦特性の解明 ・新たな複合材料の試作	・特殊構造を有する伝熱面を試作し、実験的に混合冷媒伝熱特性を実験的に検討 ・7万点の伝熱データを蓄積 ・冷凍機油の溶解特性や流動特性、摩擦特性を実験的に検討し、一部は学会で発表 ・試作した複合材料の特性を測定	○:2026年3月に全ての項目で達成見込	・各研研究機関で当初の目標を達成できる成果が得られている. ・熱交換器実験が若干遅れていているが、自動制御機能を追加することで加速できる。
機A-1	伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発	（国） 佐賀大学	1)混合冷媒熱交換器の評価 2)輸送性質の測定と予測モデル 3)データ蓄積とAI予測基本機能	1)混合冷媒1種類の性能評価 2)候補冷媒2種類の予測モデル 3)3万点のデータ蓄積とAI予測	○:2026年3月達成見込 ◎:2026年3月達成見込 ◎:2026年3月達成見込	1)自動制御を追加し加速 2)順調に開発が進行中 3)予定以上のデータを蓄積
機A-2	伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発	（国） 東京海洋大学	・候補冷媒について伝熱劣化抑制効果の評価 ・R1234yfと同程度の伝熱劣化抑制技術の検討	・候補冷媒に対する伝熱劣化抑制効果の評価を実施 ・R1234yfと同程度の伝熱劣化抑制の指針の獲得	○ 2026年3月に達成見込み	評価装置は構築済みであり、概ね予定とおり伝熱劣化抑制効果の評価を進めている。
機A-2	アルミニウムの表面構造制御	（株）UACJ	混合冷媒に対する伝熱性能劣化を低減する表面構造作製法の確立と実機適用可能性検討	・最適な表面構造の解明 ・伝熱管内面への実装方法の検討	○ 2026年2月に達成見込み	現時点で概ね予定通りのため

目標達成状況（中間年度見通し）

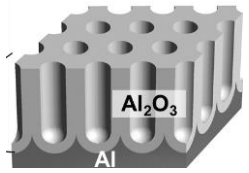
◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
機器Gr	混合冷媒に対応する要素技術開発	–	（前頁に記載）	（前頁に記載）	（前頁に記載）	（前頁に記載）
機B-1	熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発	（国） 神戸大学	微細流路内冷媒気液二相流の気液界面構造を評価するプラットフォームを構築する。低GWP冷媒の熱流動現象を明らかにするとともに熱交換器に適用可能な混合方法を開発する。	細管内気液二相流のボイド率，沸騰開始過熱度の低減のデータは確認された。伝熱面改質，リブ形状操作による伝熱改善法を開発する。	○ 2026年3月に達成見込み	実験プラットフォームは構築済みであり，表面改質面の沸騰開始過熱度の評価も予定通り進められている。並列管振動流について振動流と熱伝達の相関を得ている。
機C-1	冷凍機油の冷媒溶解挙動と評価及び冷媒圧縮特性解明	（国） 静岡大学	非共沸混合冷媒に対する冷凍機油の特性を明らかにするとともに、冷媒組成を考慮した圧縮特性を明らかにする。低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の評価を行う。	非共沸混合冷媒に対する、冷凍機油の適合性、油膜流動特性、圧縮特性を明らかにする。低GWP冷媒に対して使用可能な冷凍機油の特性を明らかにする。	○ 2026年3月に達成見込み	実験装置、方法はほぼ確立できたため、今後試験が進むと予想しており、達成と評価
機C-2	圧縮機の機械効率向上のための摩擦・摩耗・潤滑特性解明	（学）大阪電気通信大学	2種の冷凍機油および3種の材料を用い，ベーン・固定溝間およびベーン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする	ベーン・固定溝間およびベーン・ローリングピストン間の摩擦特性を明らかにする.	○ 2026年3月に達成見込み	目標の摩擦特性を明らかにできたため達成と評価
機C-3	圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価	アドバンスコンポジット（株）	圧縮機部品に適した軽量高剛性金属基複合材料を設計し基礎物性を明らかにする	実施計画書 P23　表2に記載8項目の機械的物性値・他	○ 2026年3月に達成見込み	2種類の複合材料を設計試作し1種類は目標の物性値を概ね達成している.

成果と意義（中間年度見通し）

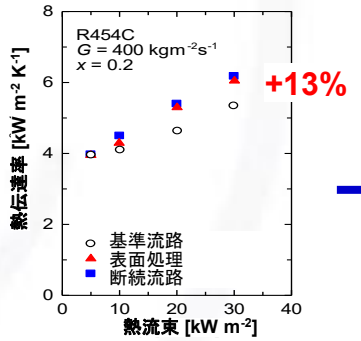
熱交換器

機A-3　素材開発



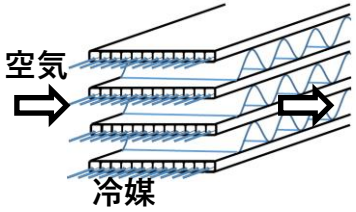
伝熱面表面処理で気泡微細化を確認
⇒ 多孔管内面に適用

機A-2　伝熱劣化抑制



表面処理，断続流路で伝熱促進効果を確認

機A-1　熱交換器開発



性能試験用風洞を構築
冷媒の温度グライドを考慮した流路設計を検討

熱伝達率のAI予測
伝熱データベース（7万点以上）を利用した　熱伝達率のAI予測モデルを構築した

機B-1　熱流動メカニズム

ボイド率計測
1mm 非円形流路では，通常管より10%低下

伝熱促進と振動流応用

沸騰開始過熱度の低減効果をプール沸騰で評価した
基準流路で振動流は発生せず

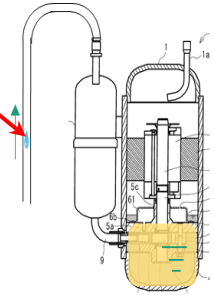
圧縮機

機C-1　冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価

非共沸混合冷媒と冷凍機油の溶解特性を計測した ⇒ 溶解モデル構築

冷凍機油への非共沸混合冷媒の溶解成分を明らかにした

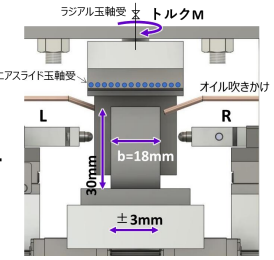
油膜計測技術を開発
⇒ 油戻り量を定式化



非共沸混合冷媒圧縮特性の解明
圧縮特性計算モデルを構築

機C-2　機械効率向上

ベーン・固定溝間の摩擦評価法を確立した
ベーン先端・ローリングピストン間の摩擦評価法を確立した



評価装置構築

機C-3　金属基複合材料の開発

強化材の体積率をそのままで
引張強度**45%向上**
疲労強度**18%向上**

成果

●低GWP混合冷媒の伝熱劣化特性や流動メカニズムを明らかにして伝熱促進技術を開発する。
●伝熱データベースを用いて相関式評価、AI予測を行う。
●低GWP混合冷媒に適合する冷凍機油を開発するとともに、圧縮機の軽量化を行う。また設計指針を確立する。

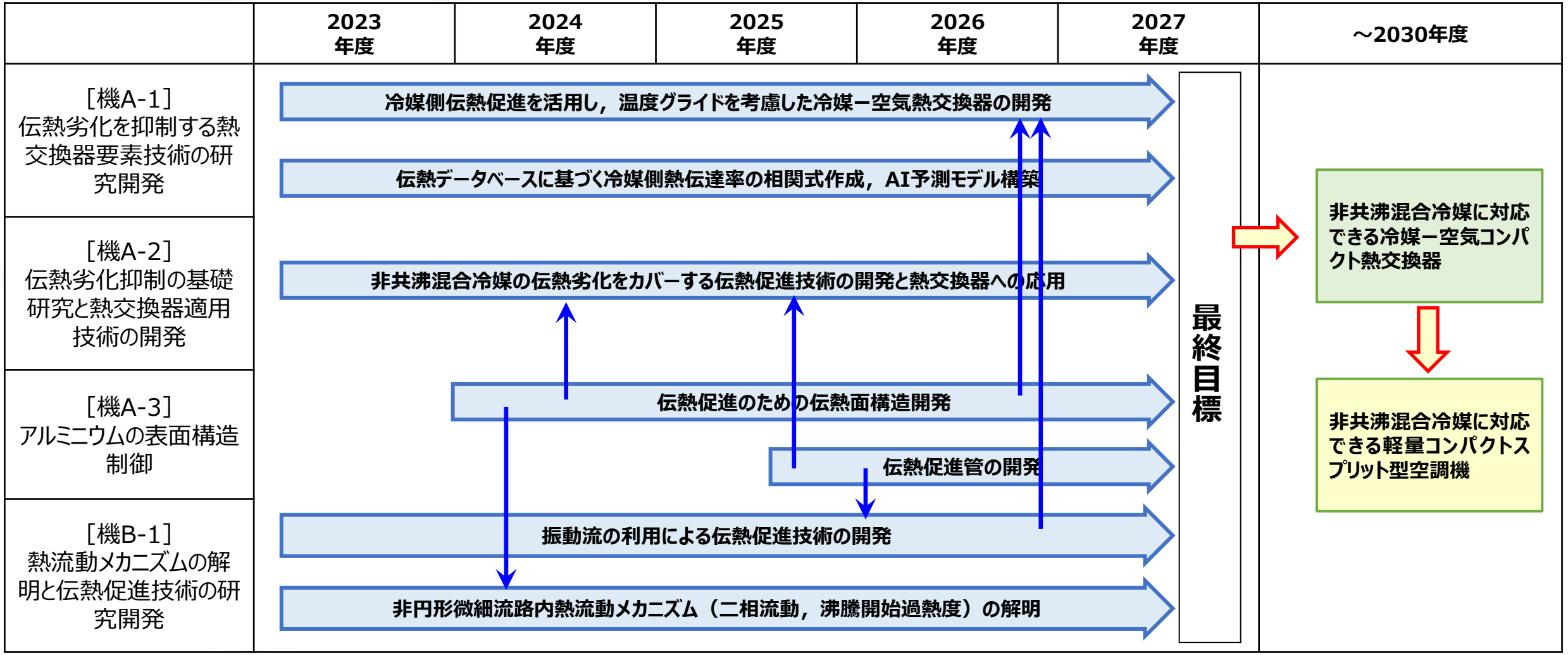
意義（副次的成果や波及効果）

●開発した伝熱促進技術を実機の熱交換器に応用し、加えて温度グライドに対応することで高性能熱交換器の開発が可能になる。
●AI技術により低GWP混合冷媒の熱伝達率の予測が可能になる。
●低GWP混合冷媒に対応した圧縮機の設計が可能になるとともに、圧縮機の軽量化を可能とし、最適な冷凍機油を選定できる。

アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組

＜ロードマップイメージ＞ **熱交換器**

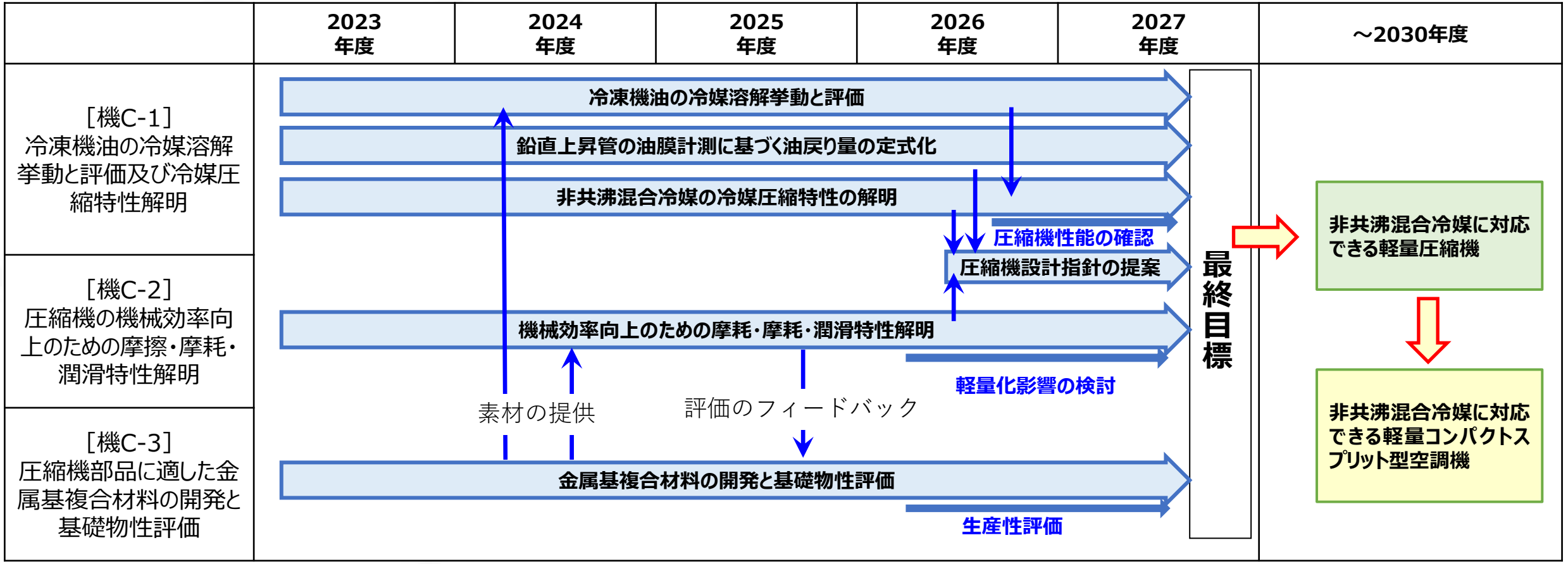
▲：基本原理確認　●：基本技術確立



アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組

＜ロードマップイメージ＞ **圧縮機**

▲：基本原理確認　●：基本技術確立



補足）成果と意義：［機A-1］～低GWP混合冷媒の伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発～（国立大学法人佐賀大学）

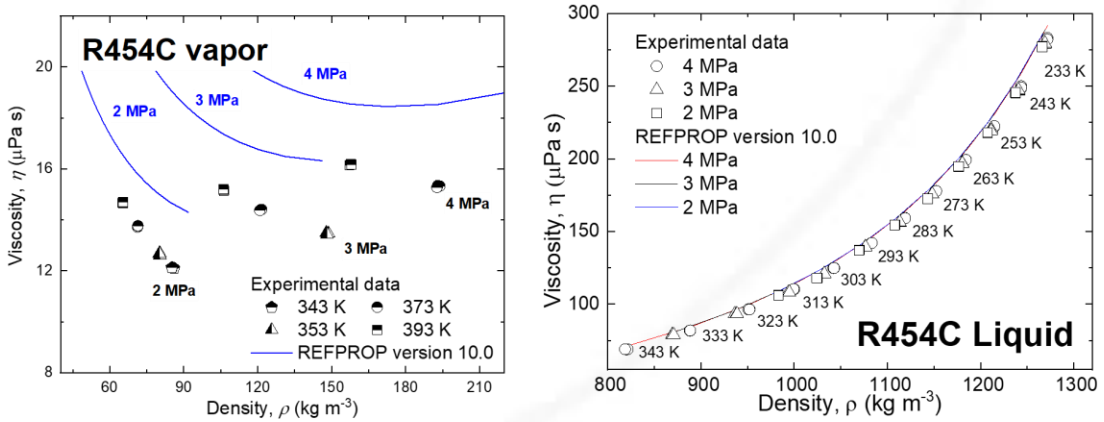
【2024年度の成果と課題】

＜低GWP混合冷媒対応熱交換器の開発＞

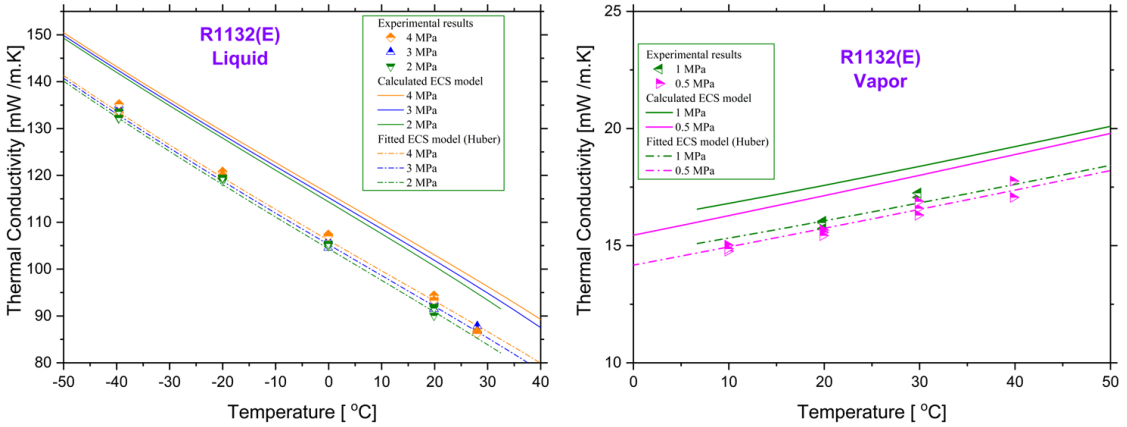
混合冷媒対応熱交換器の性能試験準備を進めている段階であり、今後は風洞の自動制御化を行い、実験を加速する。

＜次世代冷媒の粘度及び熱伝導率の測定および予測モデル開発＞

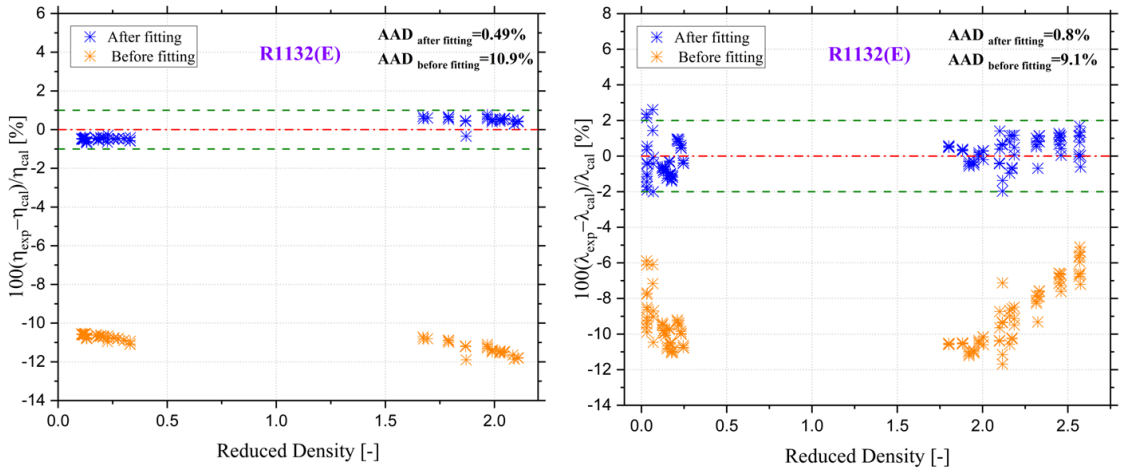
次世代候補冷媒のR1132(E) の粘度及び熱伝導率を測定し、予測モデルを開発した。R454系混合冷媒の実験値とREFPROPの予測値との間に差があるので、原因の調査と混合モデルの開発を計画。



混合冷媒R454Cの液相及び蒸気相の粘度



R1132(E)の液相及び蒸気相の熱伝導率



パラメータ調整前後のR1132(E)の粘度及び熱伝導率の予測値と実験値の差

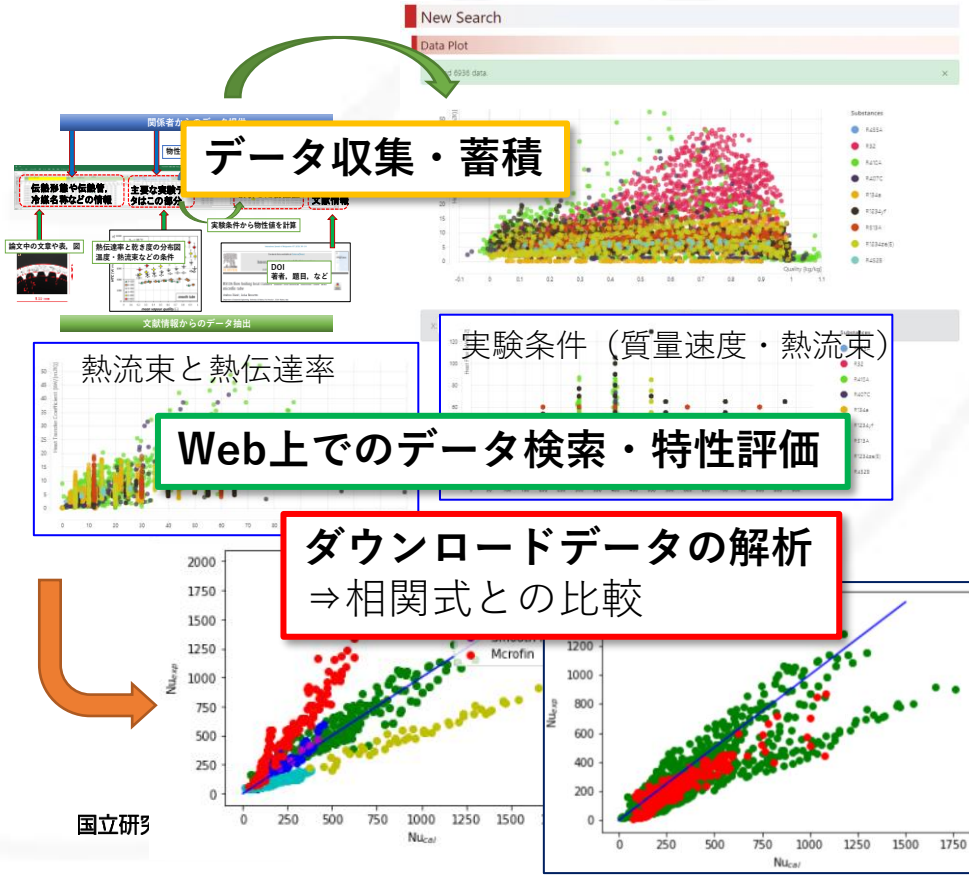
補足）成果と意義：［機A-1］～低GWP混合冷媒の伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発～（国立大学法人 佐賀大学）

【2024年度の成果と課題】

＜伝熱データベースの開発＞

現在までに 7万点以上のデータを蓄積

Web機能の追加を検討



円管内の沸騰／凝縮

純冷媒／組成比既定混合冷媒

冷媒種類	沸騰	凝縮	断熱
R1224yd(Z)	7	0	0
R123	0	386	0
R1234yf	1380	189	165
R1234ze(E)	612	6	600
R125	72	168	0
R134a	1461	496	634
R14	0	228	0
R141b	100	0	50
R161	160	0	0
R170	0	266	
R22	1186	1195	
R236ea	0	34	
R245fa	559	89	90
R290	143	0	0
R32	1918	103	93

混合冷媒（成分物質指定）

冷媒種類	沸騰	凝縮	断熱
R1123	117	267	0
R1123	117	267	0
R123	0	756	0
R1234yf	1170	0	0
R1234ze(E)	0	24	0
R134a	60	816	0
R141b	834	0	435
R152a	0	96	0
R170	0	123	0
R50	0	129	0

扁平多孔管

純冷媒／組成比既定混合冷媒

冷媒種類	沸騰	凝縮	断熱
R12	0	63	0
R1233zd(E)	75	0	0
R1234yf	6	178	0
R1234ze(E)	70	0	0
R1336mzz(Z)	84	0	0
R134a	190	156	0
R22	0	22	0
R245fa	70	0	0
R448A	225	18	0
R449A	68	16	0

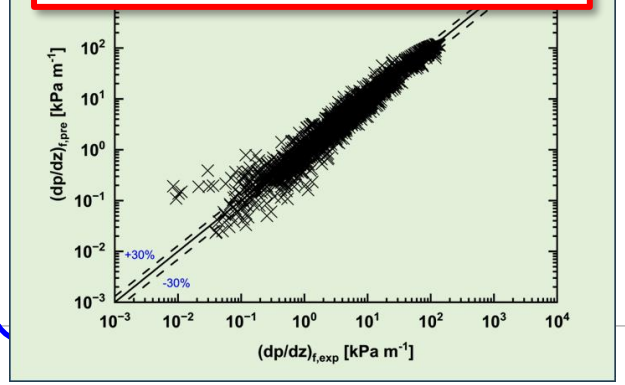
プレート式

純冷媒／組成比既定混合冷媒

冷媒種類	沸騰	凝縮	断熱
R1233zd(E)	63	127	0
R1234ze(E)	209	173	0
R124	0	95	0
R134a	279	107	0
R245fa	10	0	0
R410A	52	108	0

2024年11月20日時点のデータ収集状況：
データ点数：**62012**，文献調査：**441**，物質：**57**）

ダウンロードデータの解析
⇒相関式の評価・作成



ダウンロードデータの解析
⇒AI予測（検討中）

混合冷媒（成分物質指定）

冷媒種類	沸騰	凝縮	断熱
R1123	0	1005	0

Web上でのAI予測（検討中）

補足）成果と意義：［機A-1］～低GWP混合冷媒の伝熱劣化を抑制する熱交換器要素技術の研究開発～（国立大学法人佐賀大学）

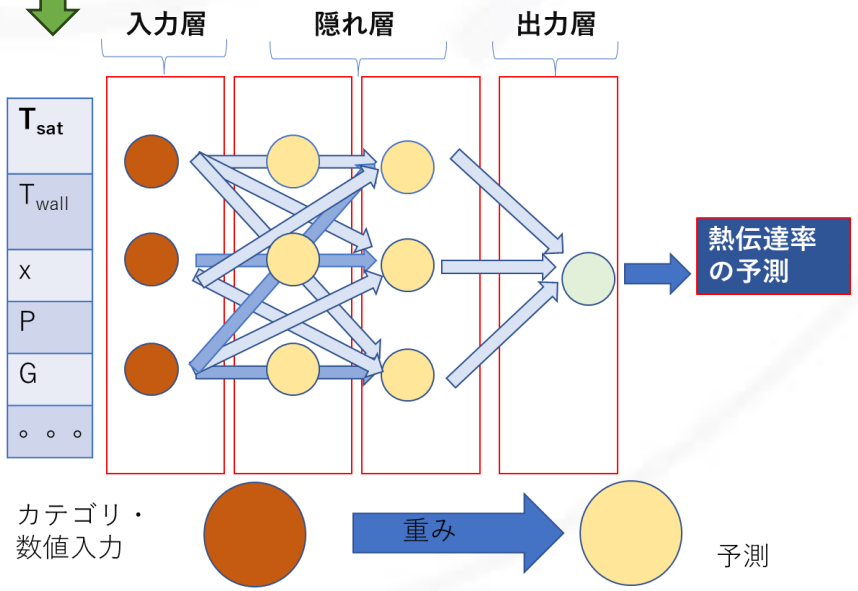
【2024年度の成果と課題】

＜伝熱データベースを利用したAI予測の開発＞

AI 予測モデル作成

Ts	HTC	Twi	TVb	P	x	G	qr	dP/dz	dP/dzF	ASHRAE	Heat_Tran	Heat_Exch	Tube_type	DOI	Note-1	Note-2	flow_dir
[C]	[kW/(m2K	[C]	[C]	[MPa]	[kg/kg]	[kg/(m2s)	[kW/m2]	[kPa/m]	[kPa/m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
9.45	5.270399	11.25	0	1287.35	0.29	197.721	9.481	1.675	0	R1123/R3	Boiling	Round Tul	Microfin/S	10.1080/23744731.2019.164209			Horizon
9.45	5.475149	11.21	0	1286.17	0.319	200.432	9.676	1.715	0	R1123/R3	Boiling	Round Tul	Microfin/S	10.1080/23744731.2019.164209			Horizon
9.52	6.259238	11.09	0	1286.01	0.392	197.62	9.808	2.051	0	R1123/R3	Boiling	Round Tul	Microfin/S	10.1080/23744731.2019.164209			Horizon

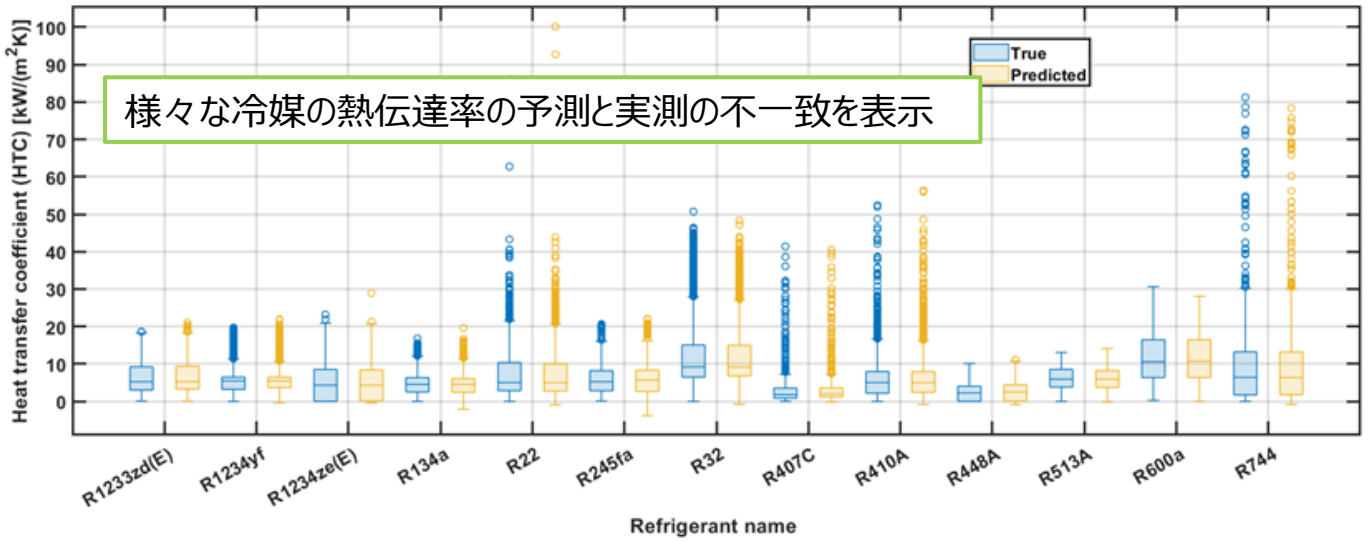
➢ 生データファイルからパラメータを選択



- ✓ モデルは概ね傾向を捉えている。
- ✓ 冷媒による精度のばらつきがある。
- ✓ 予測能力向上のため改良が必要である。
- ✓ データ量とパラメータを調整することで、モデル全体の精度を向上させる。

AI 予測モデル結果

熱伝達率の予測　wide neural network

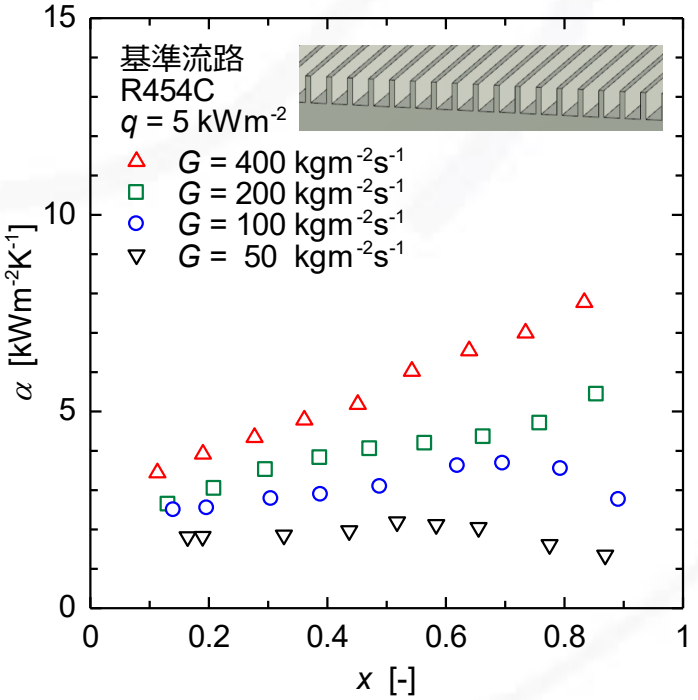


補足）成果と意義：［機A-2］～低GWP混合冷媒の伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発～（国立大学法人 東京海洋大学）

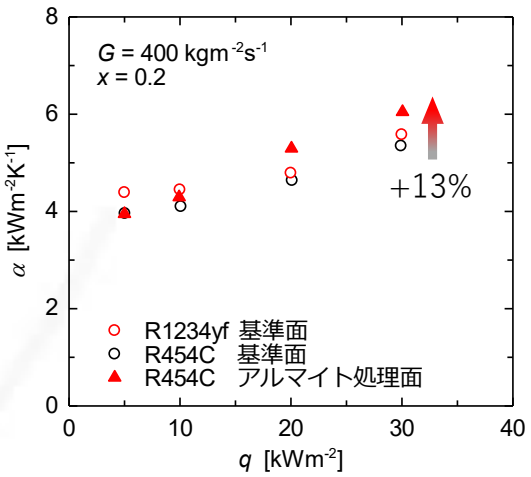
【2024年度の成果と課題】

＜伝熱面への表面処理の効果検証＞

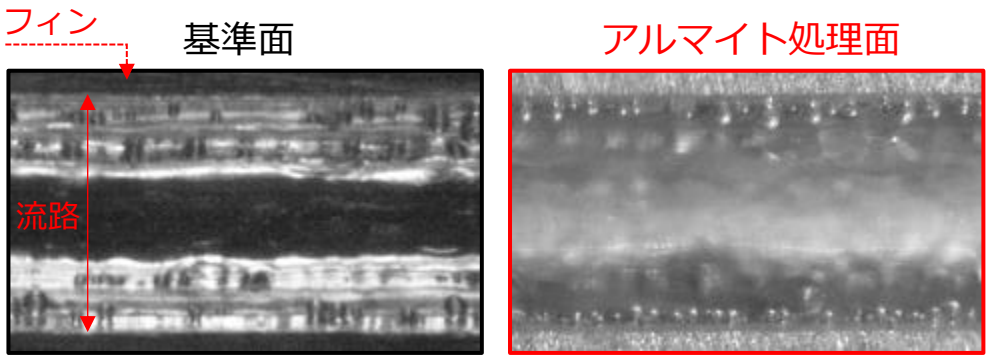
現行の混合冷媒R454Cを用いて、伝熱特性および流動様相への表面処理の効果を実験的に検証・評価した。



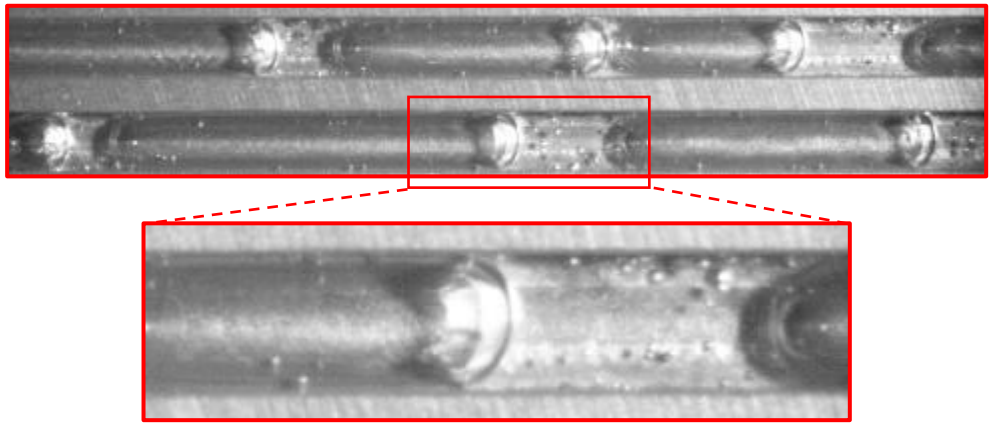
R454Cの熱伝達基本特性



高熱流束条件において，
アルマイト処理面の熱伝達率は
+13%（基準面R454C）
+8%　（基準面R1234yf ）



G = 100 kgm-2s-1, x = 0.2, q = 30 kWm-2



G = 50 kgm-2s-1, x = 0.2, q = 5 kWm-2

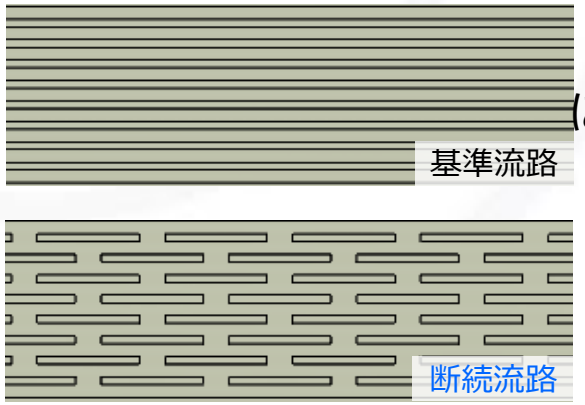
表面処理による核沸騰熱伝達の促進効果を確認

補足）成果と意義：［機A-2］～低GWP混合冷媒の伝熱劣化抑制の基礎研究と熱交換器適用技術の開発～（国立大学法人 東京海洋大学）

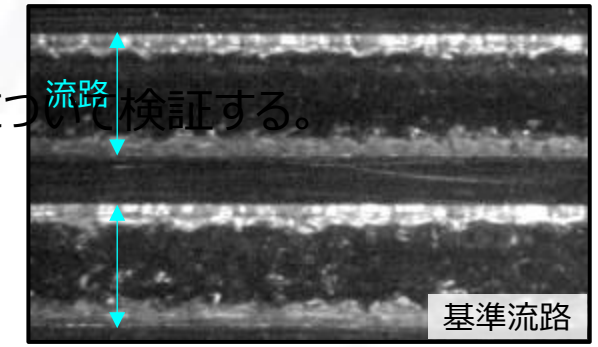
【2024年度の成果と課題】

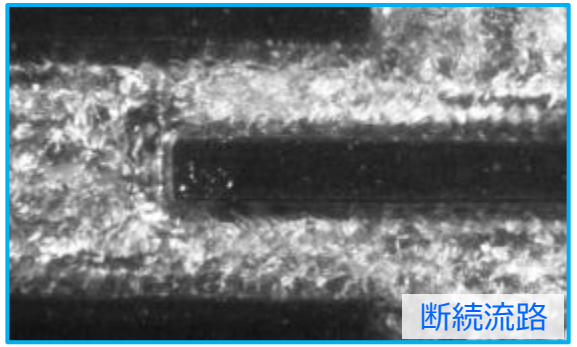
＜流路形状の効果検証＞

入手可能な現行の冷媒R454Cを用いて、伝熱特性および流動様相に及ぼす流路形状の影響を実験的に評価するとともに、伝熱劣化抑制、伝熱促進効果について検証した。

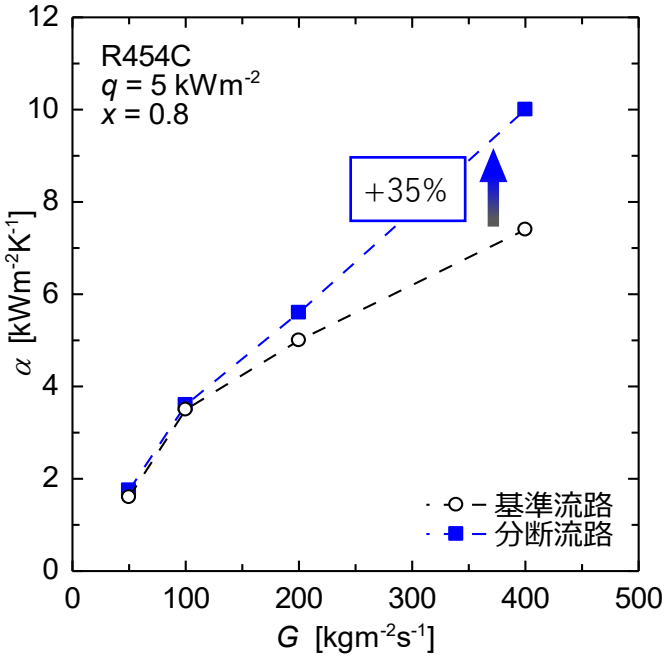


について検証する。





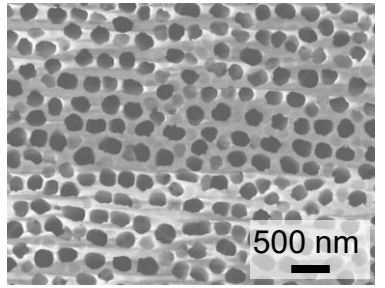
G = 400 kgm^{-2}s^{-1}, x = 0.8, q = 5 kWm^{-2}



断続流路による流れの攪拌

【今後の計画】

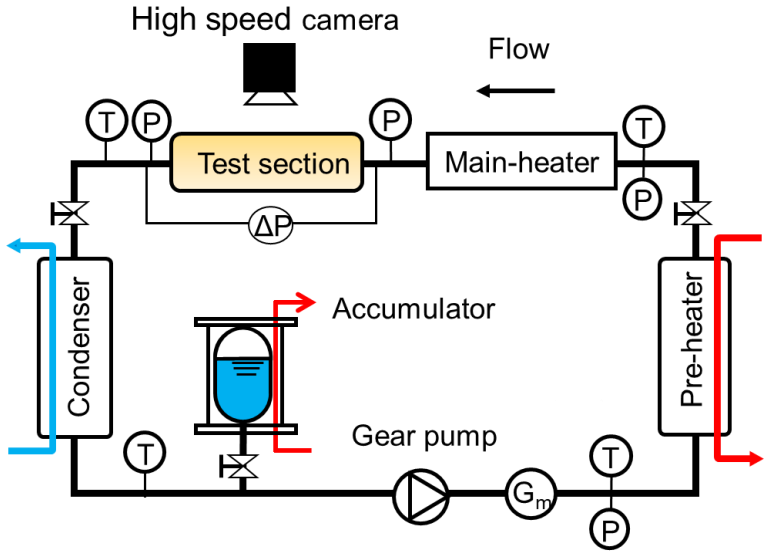
- 新たな表面処理面での伝熱促進効果について検証する。
- 次世代候補冷媒1種類について、表面処理および流路形状による伝熱劣化抑制効果について検証する。



補足）成果と意義：［機B-1］～低GWP混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発～（国立大学法人 神戸大学）

微細非円形流路内気液二相流実験プラットフォームの構築

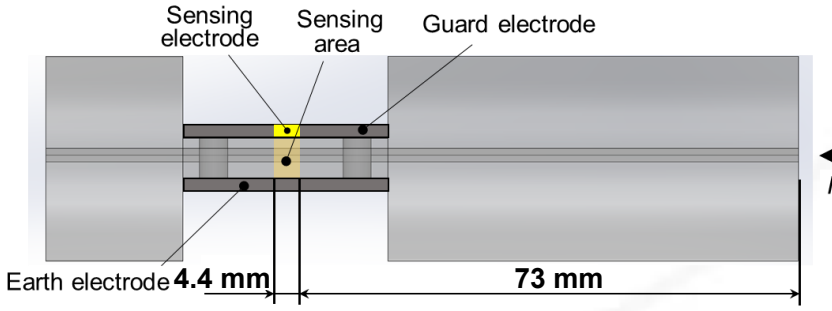
水力等価直径が1 mm程度の円形及び非円形管の単流路を対象として、気液二相流の気液界面構造を評価可能な微細単流路実験プラットフォームを構築した。

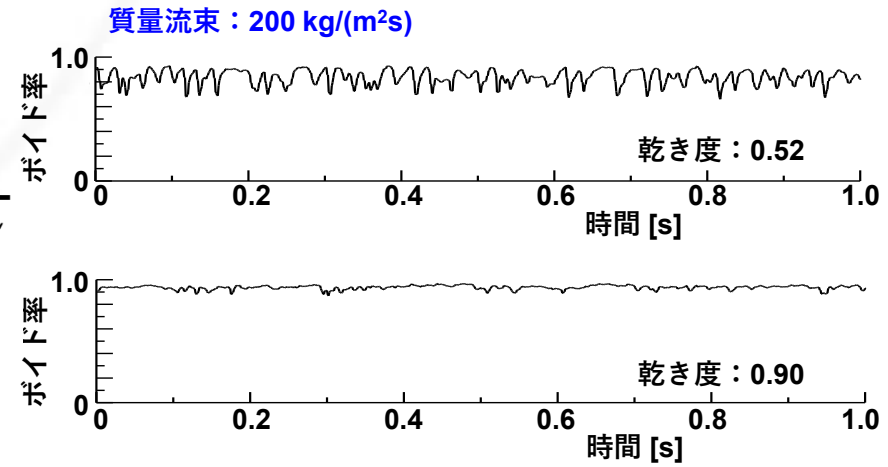


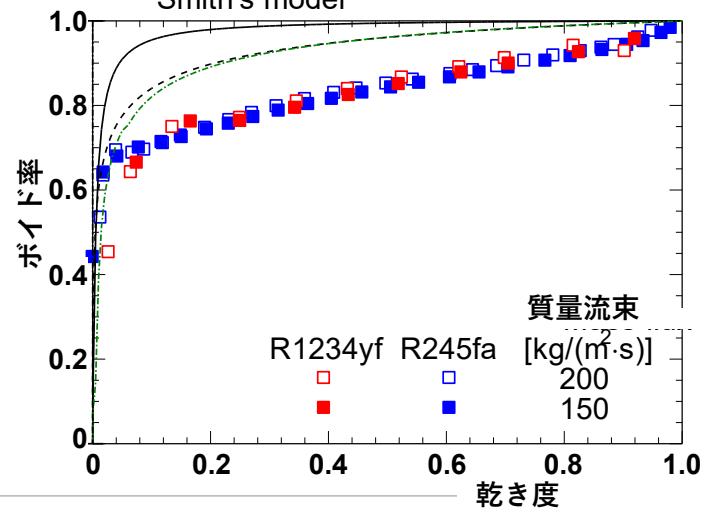
ボイド率計測

気液二相流での気相体積割合であるボイド率を知ることで，環状流の場合には液膜厚さを推定することができる。さらには，断面平均ボイド率の値によって気液二相流での気液各相の断面平均速度を推定できる。この値によって，気液間の速度差に基づく気液界面での熱伝達率や摩擦損失の整理につなげることができる。

高耐圧対応のポリカーボネート樹脂製静電容量センサを製作し，スチレン樹脂棒を液相に見立てた校正と純冷媒二相流でのボイド率計測を行った。低圧冷媒での計測結果とほぼ同じであり，環状流において従来の相関式より約10%低い値であった。







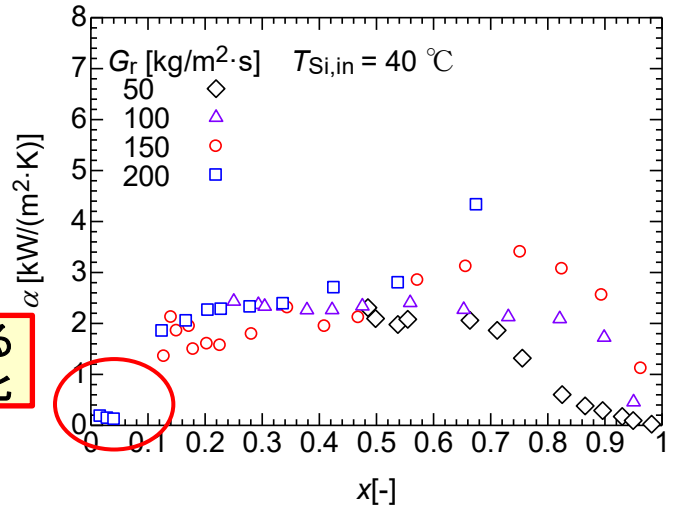
補足）成果と意義：［機B-1］～低GWP混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発～（国立大学法人 神戸大学）

プール沸騰実験による沸騰開始過熱度の評価

扁平多穴管内蒸発熱伝達計測において，低乾き度での沸騰遅れによる伝熱劣化が顕著であったことから、プール沸騰実験での沸騰開始過熱度の詳細計測に着手した。

プール沸騰実験装置を構築、純冷媒での実験によって計測結果の妥当性を確認した。

次に，表面改質伝熱面の試験のためアルミチップを銅製伝熱面にはんだ付けする方法を提案，伝熱面設置および計測法を開発した。



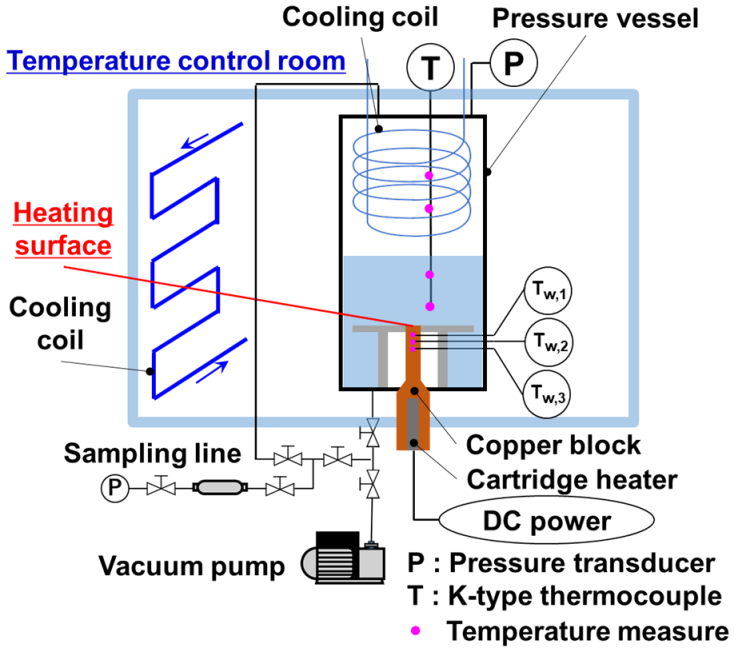
沸騰開始過熱度の計測

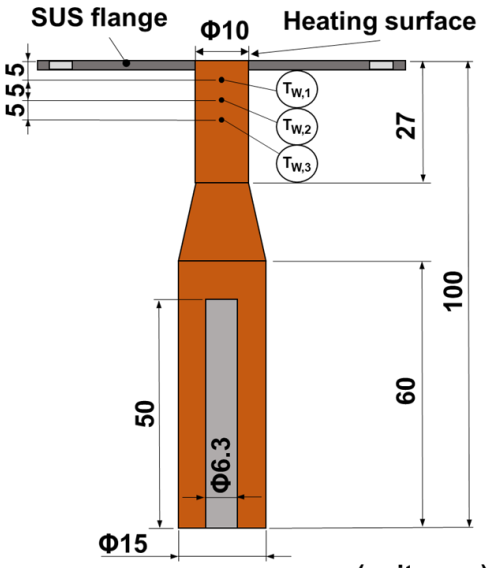
沸騰開始は熱流束の時間変化の影響を受けるため，過熱度近傍の熱流束条件で，熱流束の変化量を小さくした計測を実施し，沸騰開始条件を計測した。

沸騰開始過熱度低減のため，アルマイト処理およびCAST（Carbon-nanotube Added Surface Treatment）処理の表面改質を施した伝熱面で試験を実施する。CAST処理では沸騰開始遅れによる壁面のオーバーシュートは確認されない結果を得た。

沸騰開始過熱度 （T_{sat}=20℃）

	R1234yf/R32	R1234yf	R134a
q	63.59 kW/m²	53.99 kW/m²	38.43 kW/m²
ΔT_{wall}	19.45 K	18.94 K	13.65 K



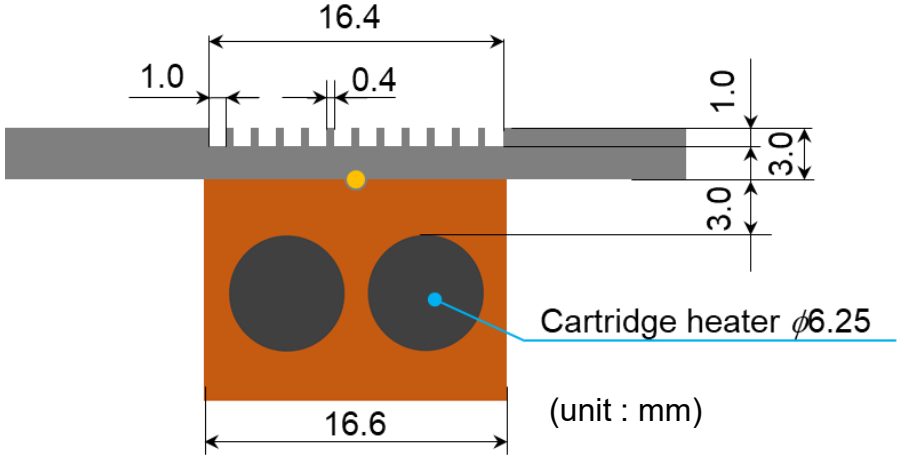


補足）成果と意義：［機B-1］～低GWP混合冷媒の熱流動メカニズムの解明と伝熱促進技術の研究開発～（国立大学法人 神戸大学）

微細並列流路での振動流実験

ポンプ駆動ループによる振動流実験装置を構築した。

ポンプには，ポンプヘッドに依存せず回転数の自律制御で定流量供給が可能なメカニカルギアポンプを使用した。入口ヘッダーには流量の均一分配のため多孔質板を挿入した。

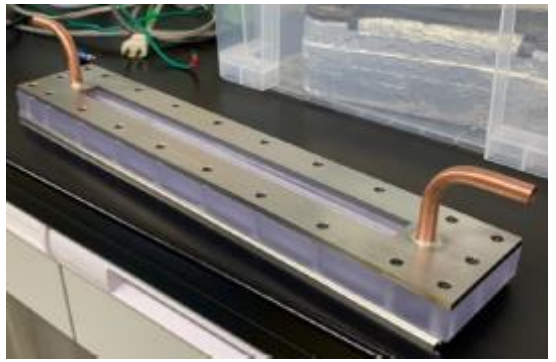


□1.0 mm×10パスの試験部における実験

加熱区間 200 mm（前後に25 mmの非加熱区間）の試験部に対し，純冷媒 R1234yfによる蒸発流実験を行った。

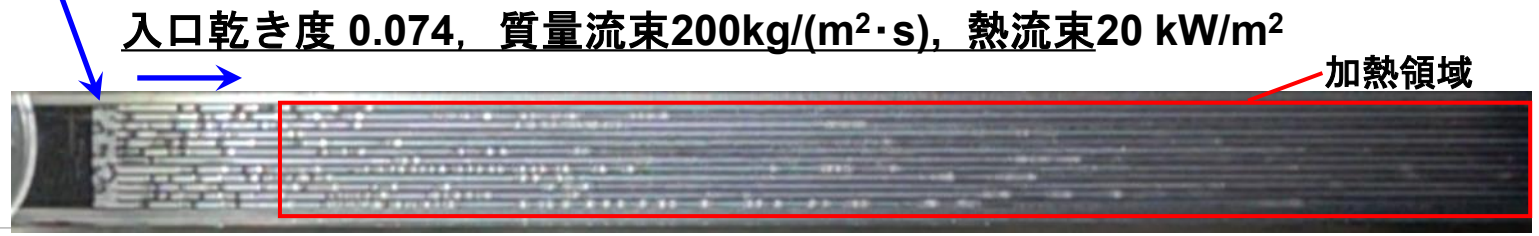
入口単相流の場合は，沸騰開始点の遅れによる振動流が確認されたが，入口湿り蒸気とした場合には振動流は確認されなかった。

並列流路の流入口に多孔質板を設置する場合，多孔質板端面から並列流路入口までの距離を，0 mm, 2 mm, 4 mmと変化させた実験を行ったが，流入口ヘッダの大きさの影響は見られなかった。



振動流生成の試み

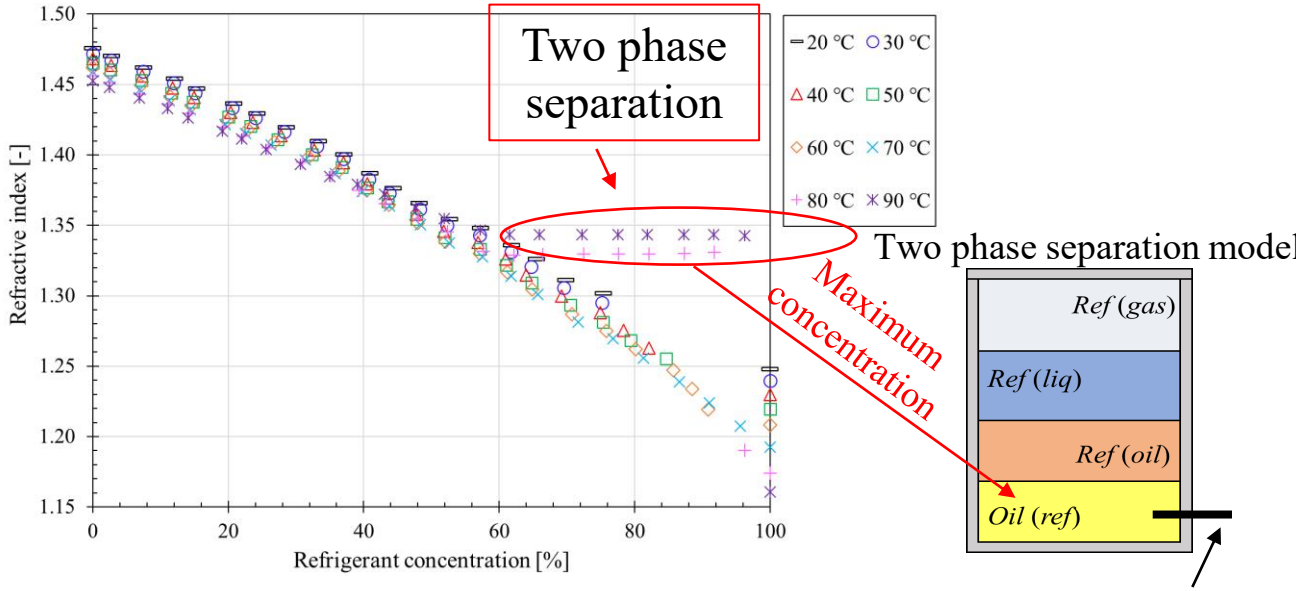
- ✓ 核沸騰開始過熱度を低減できる表面処理を冷媒流路に対し不均一に施す。
- ✓ 入口圧力を一定とした流動実験を実施する。



補足）成果と意義：［機C-1］～圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び低GWP混合冷媒圧縮特性の解明～（国立大学法人 静岡大学）

POE/R454C混合物の物性測定

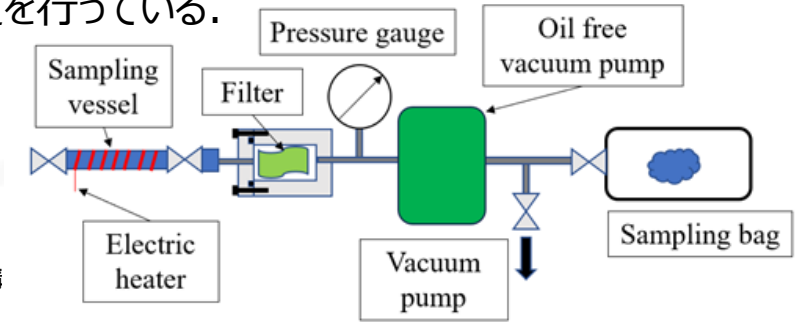
冷媒溶解度、混合物の温度を変化させ、屈折率と比誘電率の測定を行った．溶解状態においては屈折率及び比誘電率は冷媒濃度に対してほぼ直線的な変化が得られた．80℃以上の高温域で二相分離が確認され、二相分離状態を含む冷媒溶解モデルを構築する必要性が示された．現在PVE/R454Cについて測定を行っている．

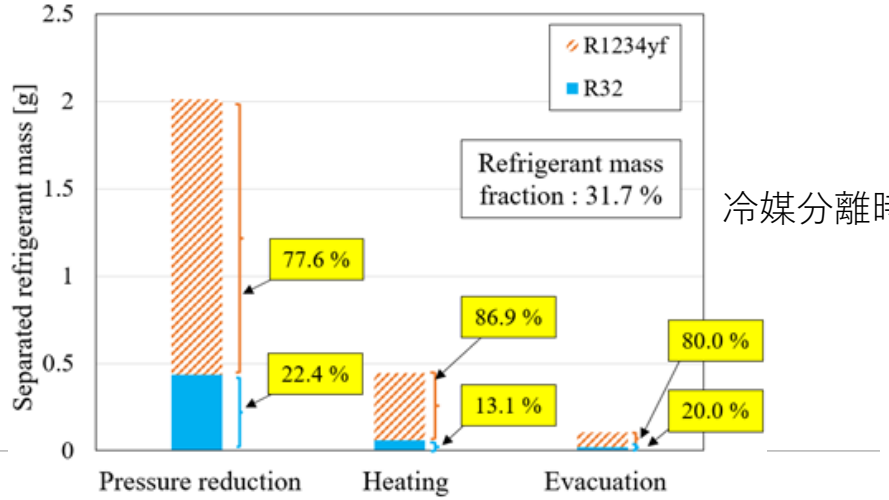


屈折率の変化

冷凍機油に溶解している冷媒の組成の測定

冷凍機油/冷媒混合物をサンプリングし、サンプリングした試料から分離した冷媒の成分をガスクロマトグラフィにかけて溶解冷媒組成を測定した．減圧に伴う冷媒分離は、低沸点成分であるR32から分離する．油の種類によってはR1234yfが多く冷凍機油に溶解して気相の組成変化により圧力が変化する場合もあるが，試験で使用したPOEでは試験範囲において，油に溶解している冷媒組成は，溶解初期から飽和溶解状態まで冷媒自体の組成とほぼ同じであった．現在PVE/R454C混合物について測定を行っている．



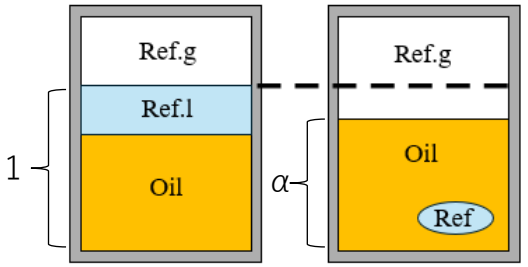


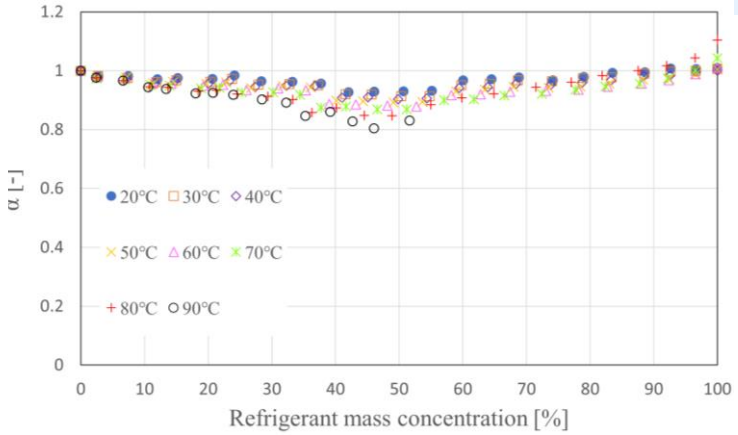
冷媒分離時の組成

補足）成果と意義：［機C-1］～圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び低GWP混合冷媒圧縮特性の解明～（国立大学法人 静岡大学）

冷媒溶解時の冷凍機油／冷媒混合物の密度変化に対する検討

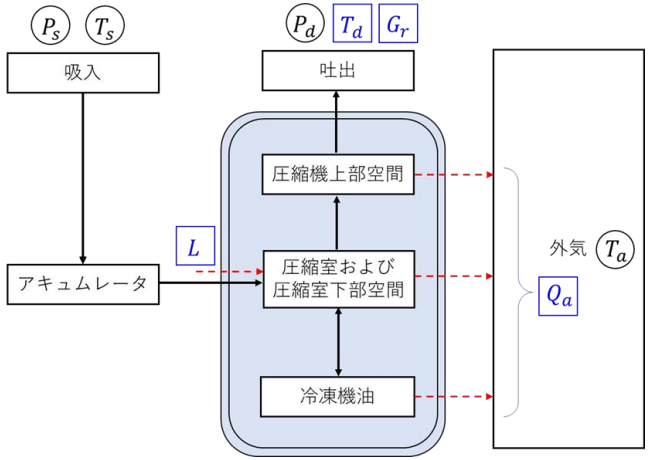
冷凍機油に冷媒が溶解した混合物の体積は，溶解している冷媒を液冷媒とした体積と冷凍機油の体積の和より小さくなるため，冷媒溶解時の冷凍機油の体積を実験的に調査して，その体積変化及び密度変化を明らかにした.





冷媒組成変化と圧縮特性の関係を検討するための圧縮機モデルの開発

純冷媒に対する基本的な圧縮機モデルの構築を行い、解析例として圧縮回転数に対する冷媒流量や圧縮機吐き出し温度を得た． 今後は冷凍機油への冷媒の溶解や非共沸混合冷媒への対応を進め、冷媒組成比がずれた場合の性能予測を行う.

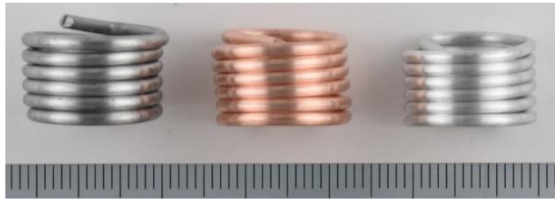


冷凍機油の安定性試験

POE／R454C混合物とPVE／R454C混合物の安定化試験をオートクレーブ試験により行った.
アドバンスコンポジット㈱のアルミ／セラミック複合材との適合性も合わせ、触媒の外観及び質量、冷凍機油の酸価、色相、夾雑物に特に問題は見られなかった.

冷凍機油の色相及び触媒の外観検査
PVE/R454C　50:50混合物
150℃　336時間

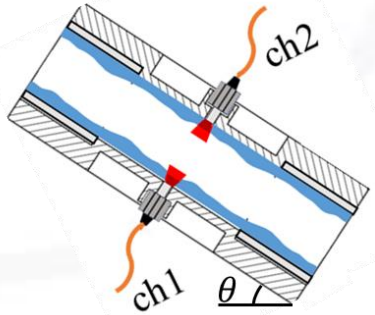


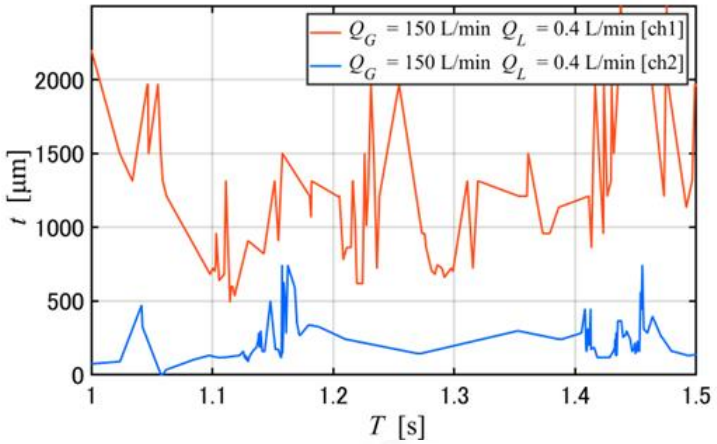


補足）成果と意義：［機C-1］～圧縮機における冷凍機油の冷媒溶解挙動と適合性評価及び低GWP混合冷媒圧縮特性の解明～（国立大学法人 静岡大学）

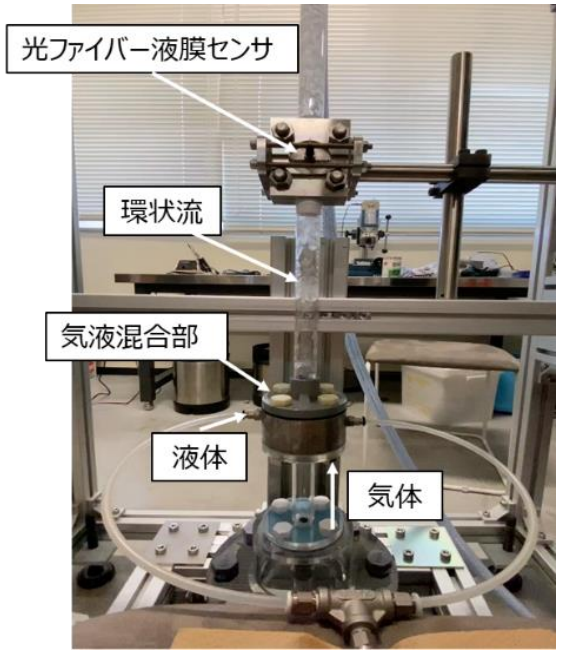
吸い込み配管における油膜流動特性評価

光ファイバープローブを用いた液膜厚さ測定装置を開発し、グリセリン水溶液-空気二相流による環状流において、油膜特性を把握することができた.



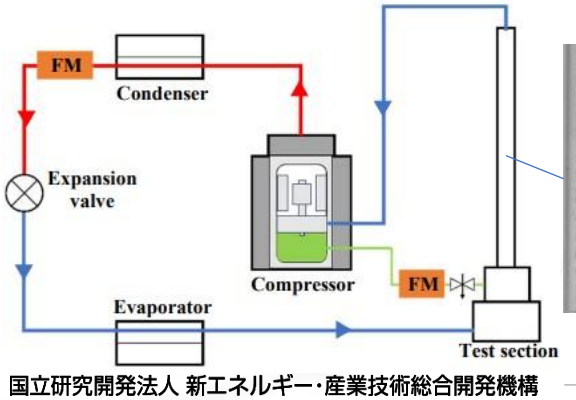


θ ＝30° における上下の油膜厚さ変化

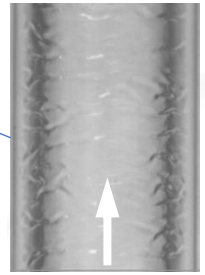


冷凍サイクルの吸い込み配管における油膜観察

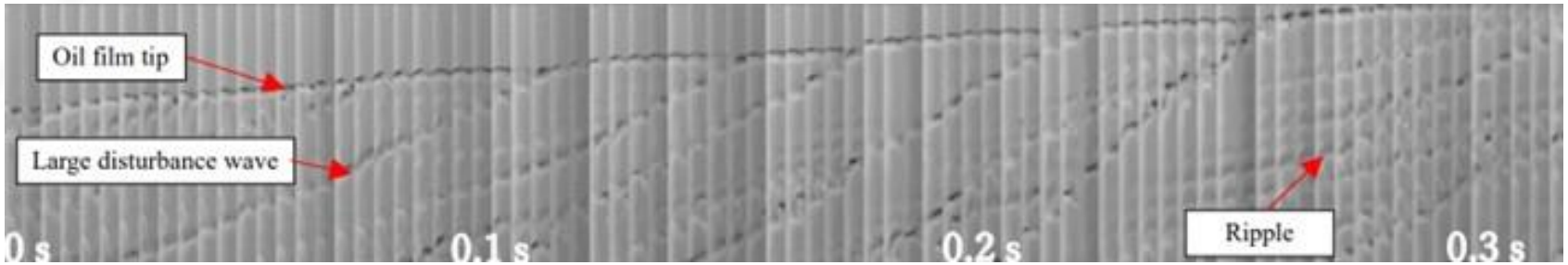
冷凍サイクルの吸い込み上昇配管を可視化した． 今後は、開発した光ファイバープローブの組み込み及び油膜測定を行っていく.



国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



OCR0.5%



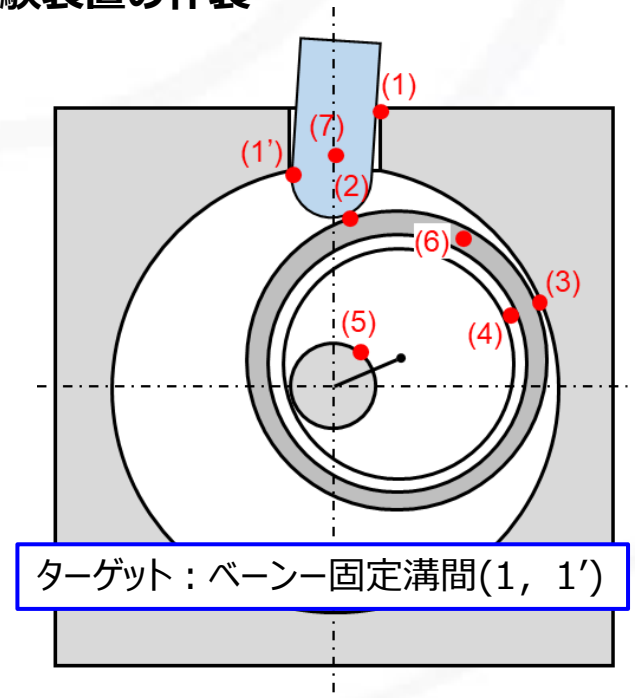
じょう乱波とリップル移動の連続写真（OCR0.84%）

補足）成果と意義：［機C-2］～圧縮機の機械効率向上のための低GWP混合冷媒雰囲気中における摩擦・摩耗・潤滑特性の解明～（学校法人　大阪電気通信大学）

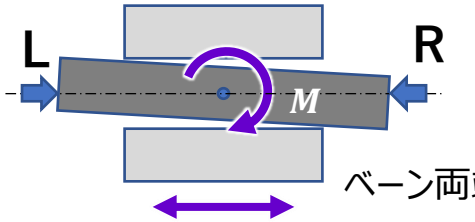
＜今年度の検討内容と成果と課題＞

ロータリ圧縮機のベーン・固定溝間について、摩擦・摩耗試験部を作製し、摩擦特性を計測する。ベーンの固定溝内での往復運動を再現した試験装置を作製し、摺動部の摩擦力を計測する。得られた摩擦力と摩擦係数の特性を整理する

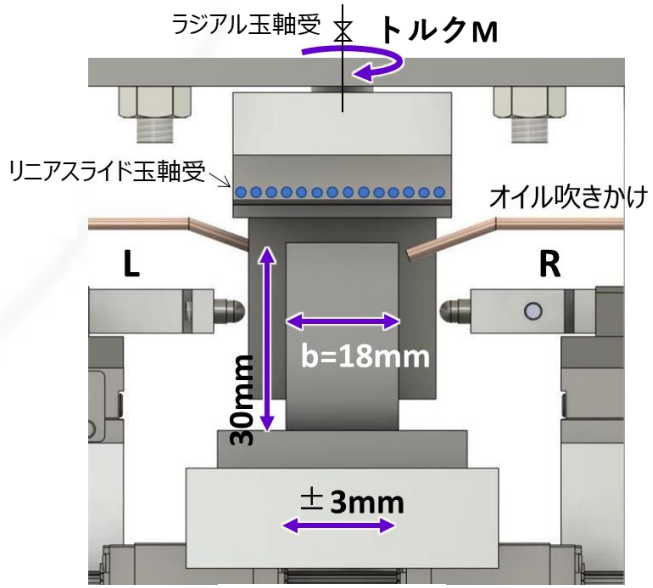
試験装置の作製



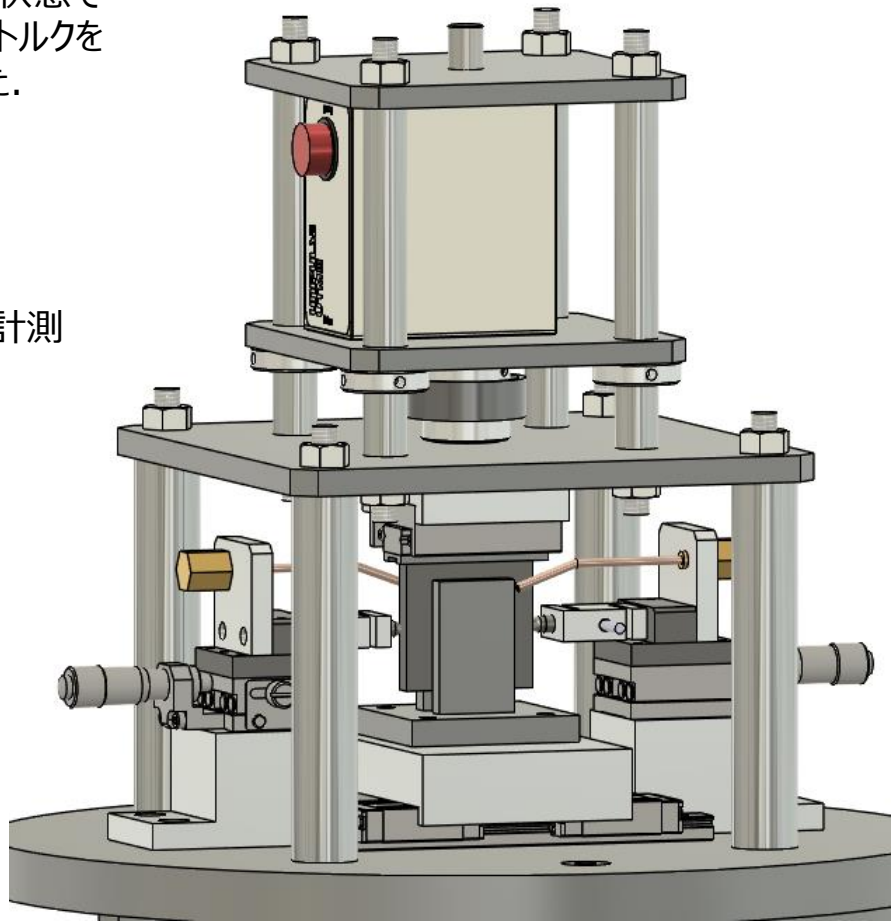
実機では，固定溝に対してベーンが傾いた状態で往復運動するが，試験装置では，ベーンにトルクをかけた状態で支持し，溝側を往復運動させた.



ベーン両端の拘束力を計測



試験機詳細

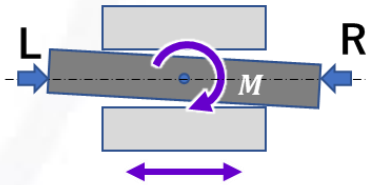


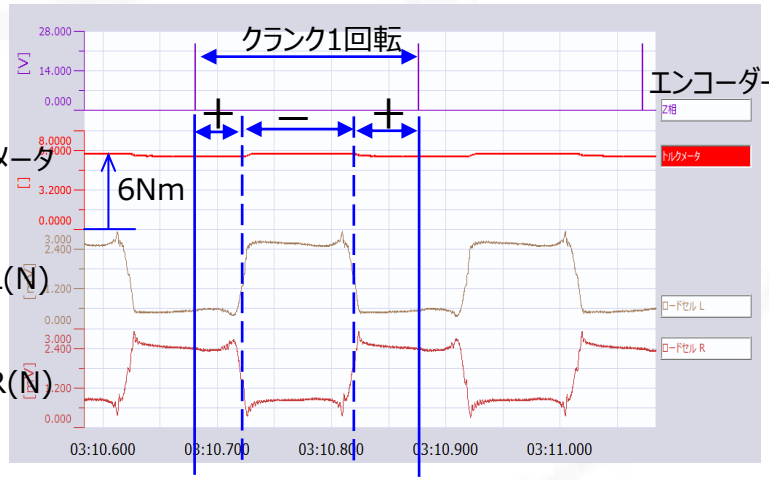
往復質量のバランスをとるため，バランサー(部分釣合わせ)を設計し軸に取付けている
→30Hzまでの範囲で問題となる振動は生じない

補足）成果と意義：［機C-2］～圧縮機の機械効率向上のための低GWP混合冷媒雰囲気中における摩擦・摩耗・潤滑特性の解明～（学校法人　大阪電気通信大学）

拘束力の計測と摩擦係数

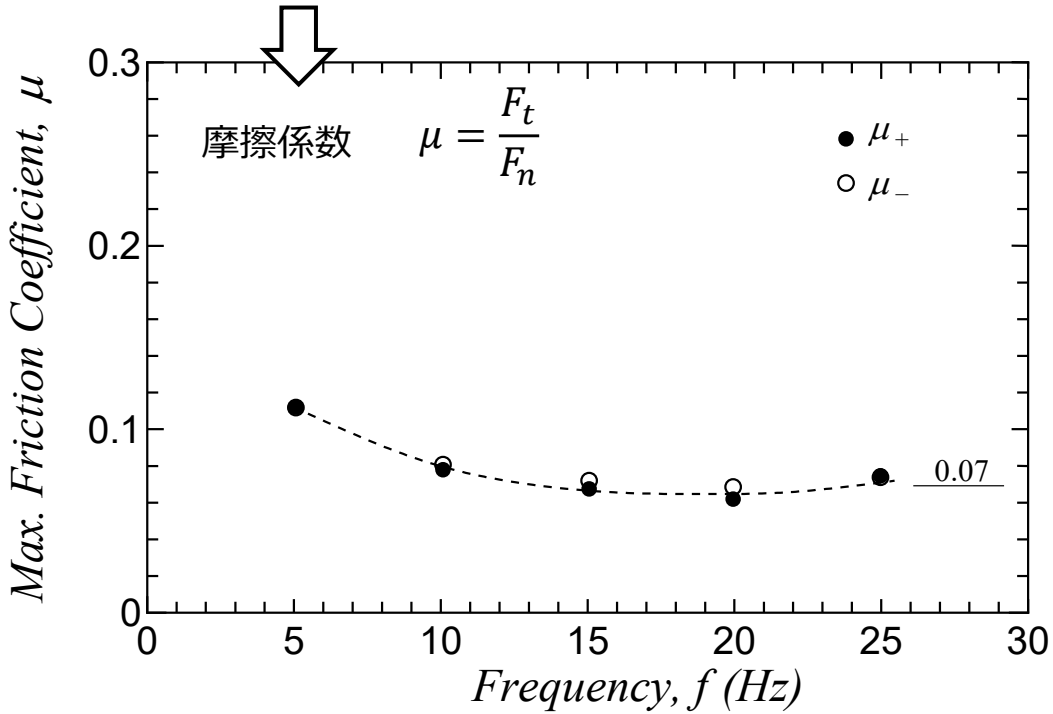
ガス：AIR (40℃)
オイル：POE; VG68; 0.1L/min（40℃）
ベーン材質：鋳鉄（FC250）
コの字溝材質：鋳鉄（FC250）
負荷トルク：6Nm
ベーンと溝の隙間：片側10μm





荷重(法線方向)　$F_n = \dfrac{M(\text{実測})}{b}$

摩擦力(接線方向)　F_t(実測)



複合材について
実験データ整理中

＜今後の計画＞

・冷媒雰囲気中（R454C）での実験を進める
・ベーンおよび固定溝の材料(組み合わせ)を変える
・実機運転状態の摩擦係数を推定できるよう軸受定数等を用いて整理する

補足）成果と意義：［機C-3］～圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価～（アドバンスコンポジット株式会社）

2024年度は，強化材として用いるセラミックスを2種類で試作し評価した.
その際，加工特性を生かすことを念頭に置いてセラミックス粉末を加工した.
セラミックス粉末を加工することによるメリットを以下に示す.

- **期待する効果**

① セラミックス粒子を加工することにより，素材加工時の工具摩耗を抑制する.

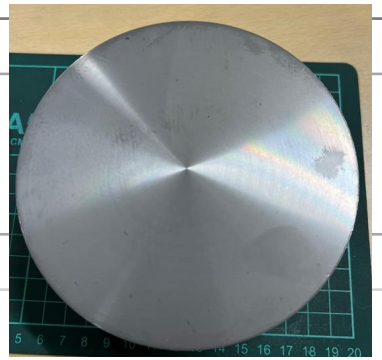
② セラミックス粉末の粒子形状，粒子径を一定の範囲で制御することにより，複合化時に発生するメタルフロー(アルミリッチな筋状の模様)を抑制することが出来る.

③ 機械的物性値の安定性と強度UP.

上記の期待される効果を得るために右図のプロセスで金属基複合材料を作製した.

複合化プロセス

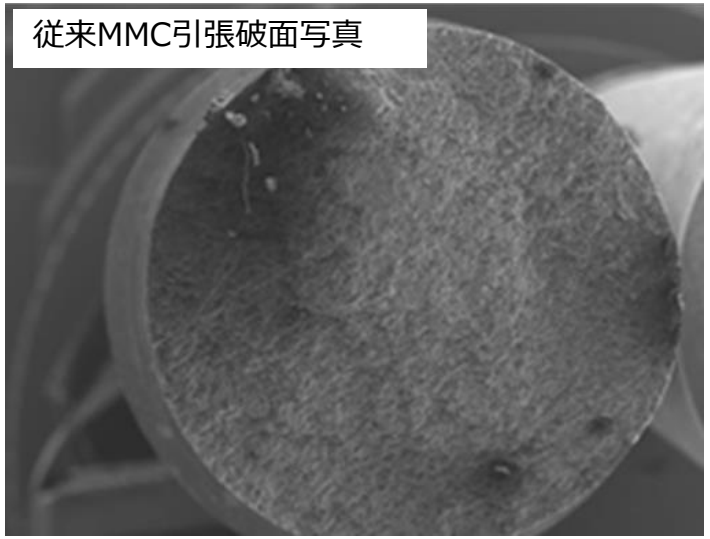
粉砕	• 購入原料を粉砕
粉末加工	• 粉末を球状に加工
前駆体成形	• 上記で得られた粉末を成形 • 大気加熱炉で仮焼成
複合化	• 半焼成し得られた前駆体に溶湯アルミニウムを高圧含浸

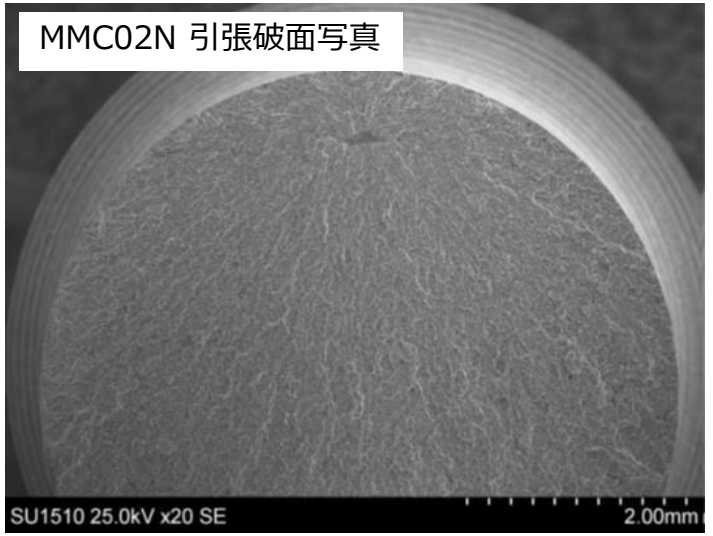


金属基複合材料写真

補足）成果と意義：［機C-3］～圧縮機部品に適した金属基複合材料の開発と基礎物性評価～（アドバンスコンポジット株式会社）

項目	単位	FC200 ベンチマーク材料	MMC01 弊社保有複合材料	MMC02N	MMC03N
密度	g/㎤	7.3	2.83	**2.73**	3.277
引張強度	MPa	200以上	250	**360**	284
ヤング率	GPa	95～120	110～120	**110～120**	169
熱膨張係数	ppm	11.5～12.0	12.0～13.0	**12.0～13.0**	10.0～11.0
疲労強度	MPa	120	110	**130**	未計測
硬度	HBW	223以下	190	**171～178**	未計測



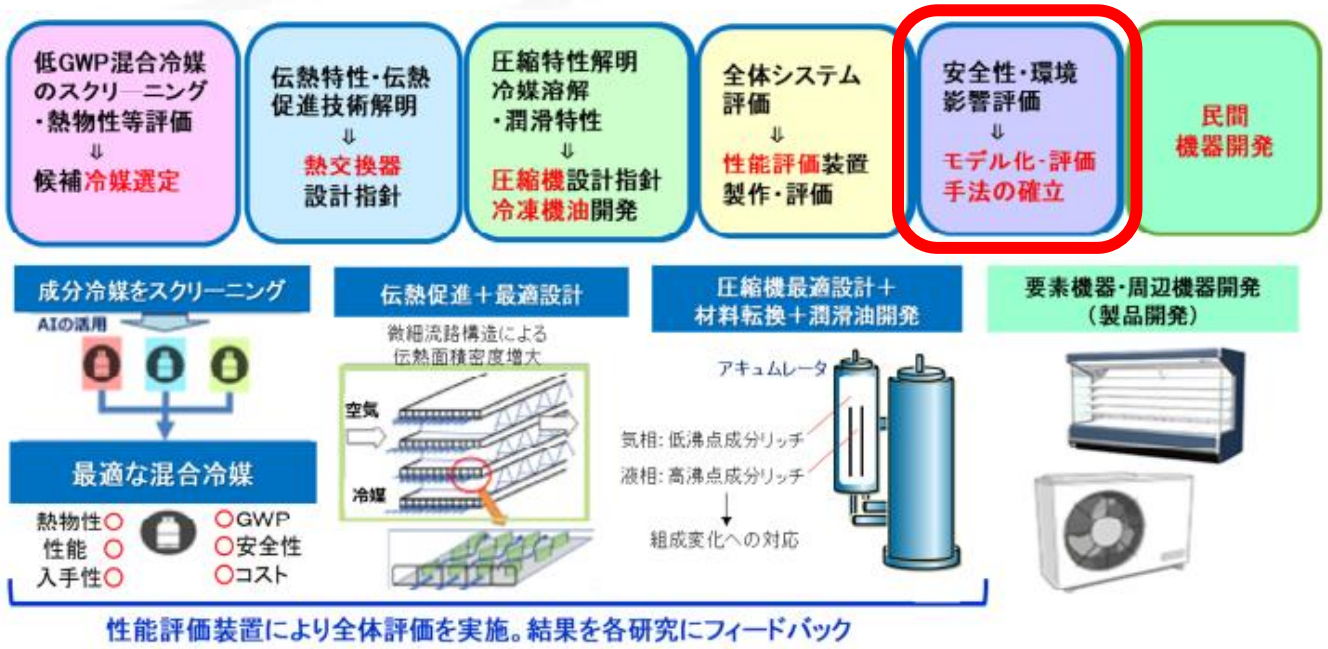


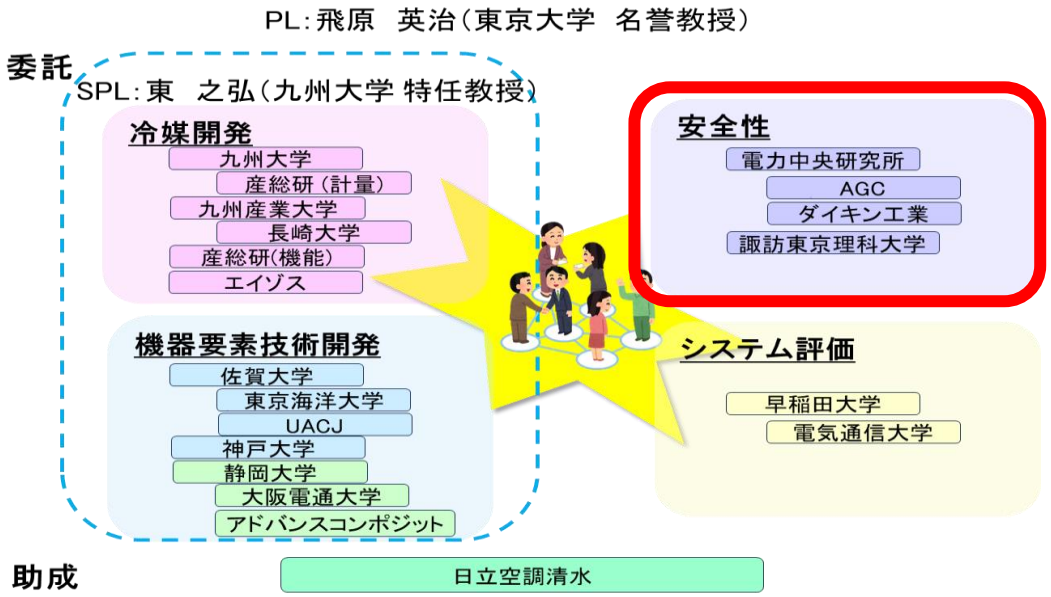
・開発品のMMC02Nにおいて，いずれの機械的物性値については達成した.
・引張強度/疲労強度については，強度が向上した.

今後の計画
・セラミックス粉末の加工において，加工条件を引き続き検討を継続する.
・摺動特性なども，Gr内の関係者と意見交換し明らかにする.
・金属基複合材料の切削特性を調査する.

事業概要（安全性評価Gr.）

＜個別事業名＞　低GWP混合冷媒の安全性・性能評価
＜事業期間＞２０２３年４月～２０２８年３月
＜事業概要＞
本研究では，HFO系次世代低GWP混合冷媒の安全性評価を通じて社会実装を推進する．HFO系冷媒の安全性リスクとして懸念されている自己分解反応について，圧縮機内着火源や発生エネルギーの解明，複数の着火法による反応発生境界の検証により，自己分解反応評価法を確立する．次世代冷媒の普及のため，開発した評価法により安全性評価を行う他，国際規格化を推進する．
　技術課題①　：HFO冷媒の自己分解反応に関わる安全性評価
　技術課題②　：圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発





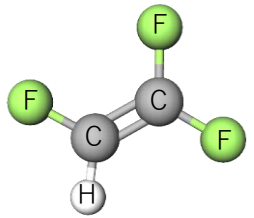
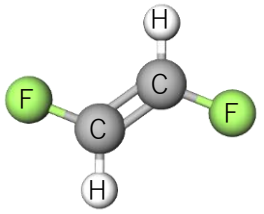
背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

●背景：

HFO1123やR1132(E)といったHFO系冷媒は優れた環境性や熱物性から，次世代グリーン冷媒として有望であるが，
自己分解反応に係る安全性の懸念がある．

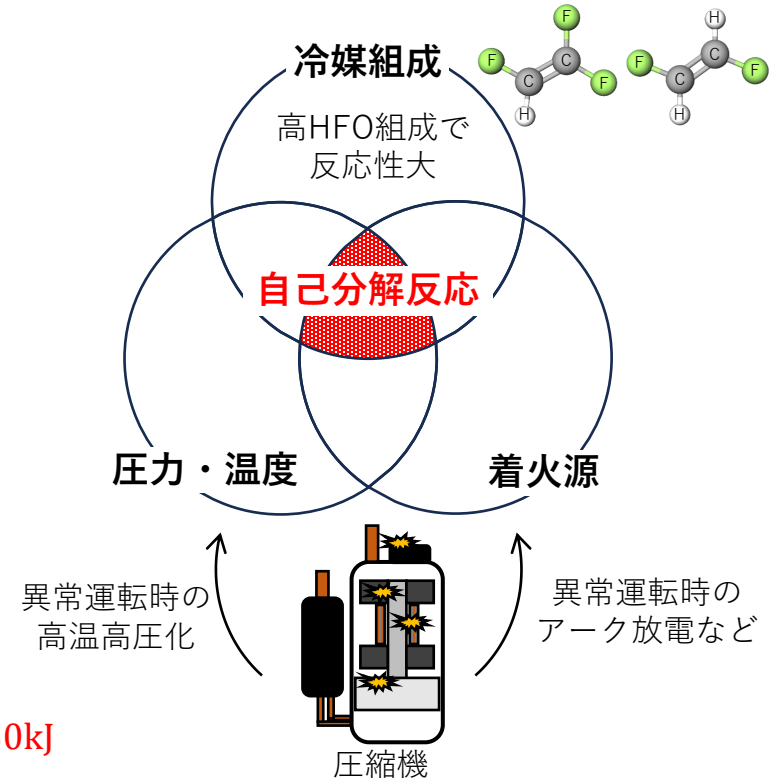
- **自己分解反応**：外部から与えられるエネルギーによって，2個以上の分子がお互いに反応して，2種類以上の異なる種類の生成物に分解する化学反応．不均化反応とも言う．
- HFO-1123，R1132(E)は自己分解反応し得る．発熱反応であり，圧力・温度の著しい上昇を引き起こす．
- 以下の３要因の複合で発生し得る．
  - 冷媒組成（高HFO組成）
  - 圧力・温度
  - 着火源
- 酸素は不要．大気漏洩しなくても冷媒回路内で反応する可能性．燃焼性リスクとは異なる事故リスクがある．
  - 事故リスク例：圧縮機内での反応
- 自己分解反応の評価法は未確立．リスク評価も課題．

冷媒構造と自己分解反応式

HFO-1123	R1132(E)
AGC開発	ダイキン工業開発
CF_2=CHF	CHF=CHF (trans.)
GWP<1	GWP<1
	

$$\text{HFO-1123}：\mathrm{CF_2=CHF} \rightarrow \frac{1}{2}\mathrm{CF_4}+\frac{3}{2}\mathrm{C}+\mathrm{HF}+250\mathrm{kJ}$$

$$\text{R1132(E)}：\mathrm{CHF=CHF} \rightarrow 2\mathrm{C}+2\mathrm{HF}+248\mathrm{kJ}$$



自己分解反応発生要因

背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

●背景：

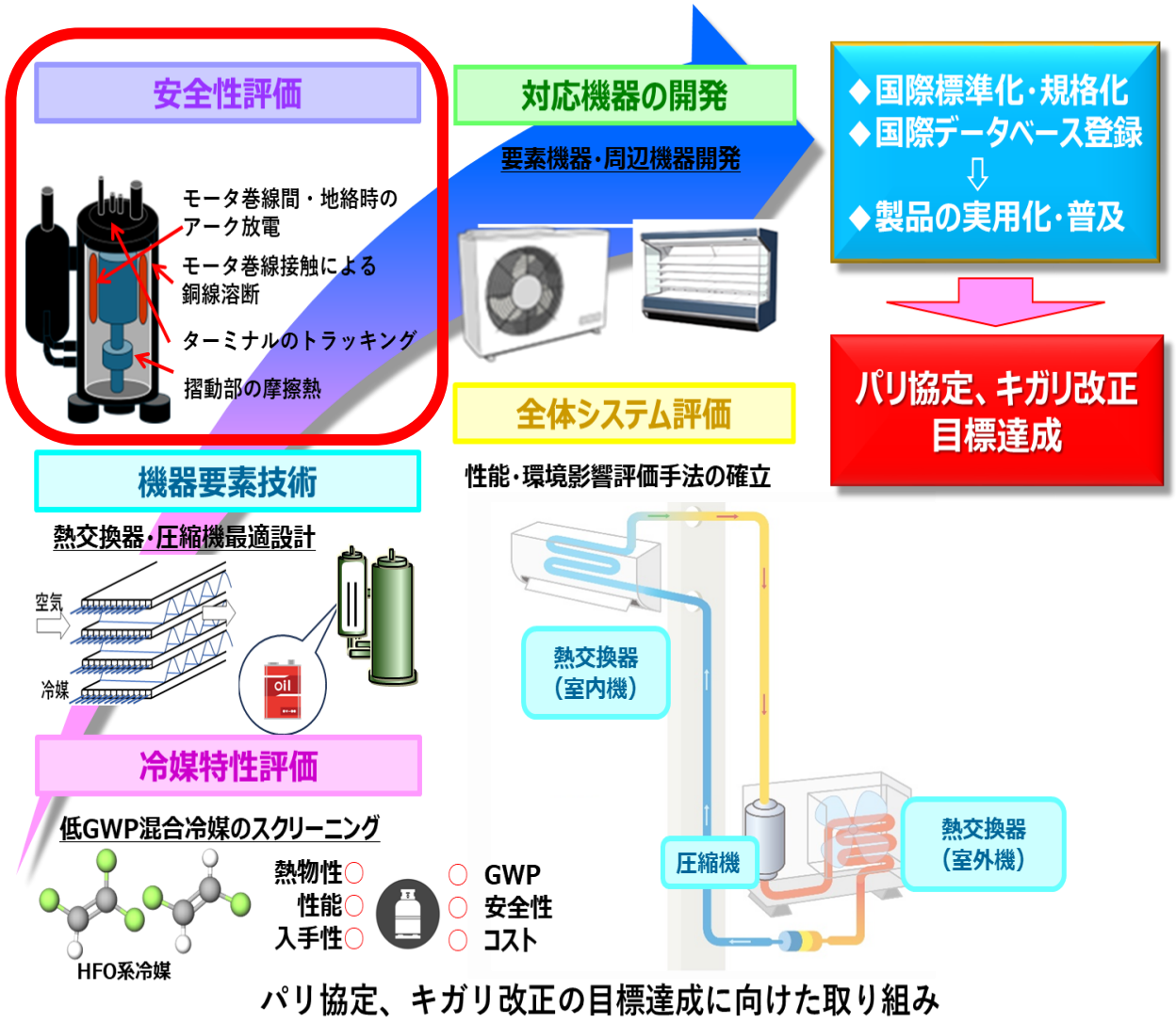
HFO1123やR1132(E)といったHFO系冷媒は優れた環境性や熱物性から，次世代グリーン冷媒として有望であるが，自己分解反応に係る安全性の懸念がある．

●目的：

圧縮機内の事故誘発要因調査やその発生エネルギー調査を行い，自己分解反応評価法を確立する．
次世代HFO冷媒のリスク評価を行う．

●規格・標準化・指針等との関係：

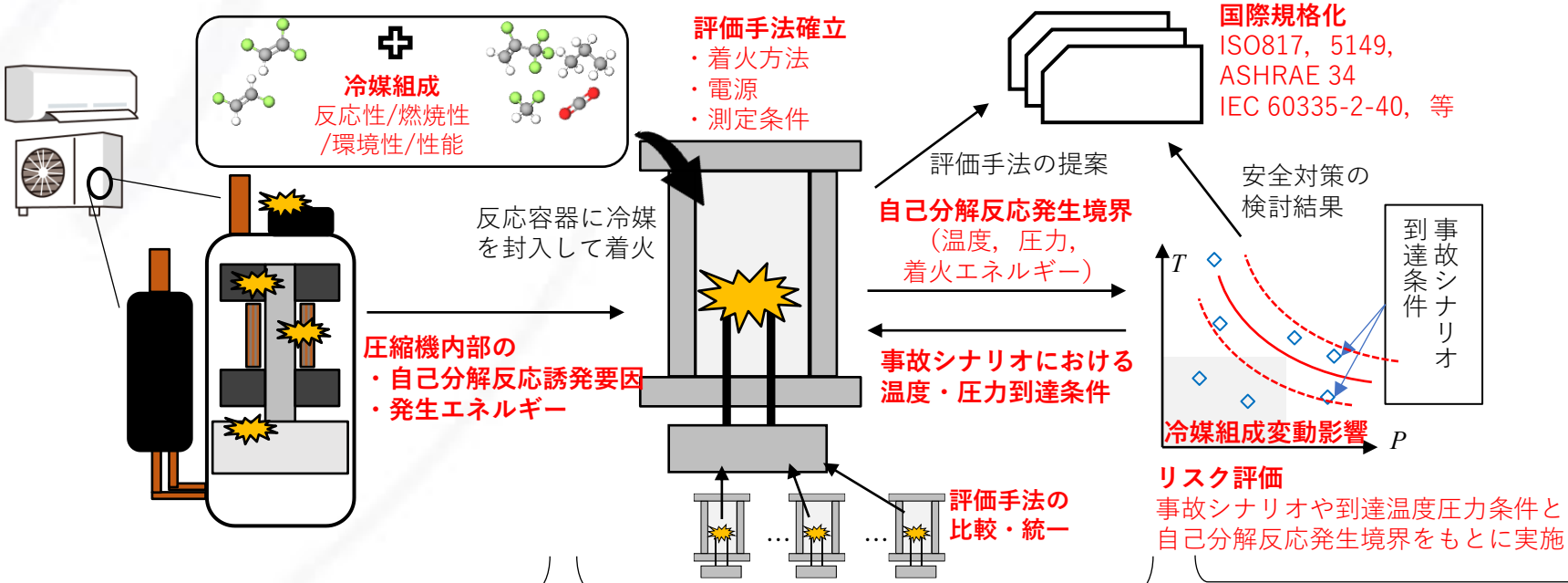
燃焼性と毒性で規定されている冷媒安全性規格に対し，自己分解反応に係る安定性を追加する国際規格化を行う．



パリ協定、キガリ改正の目標達成に向けた取り組み

研究開発項目

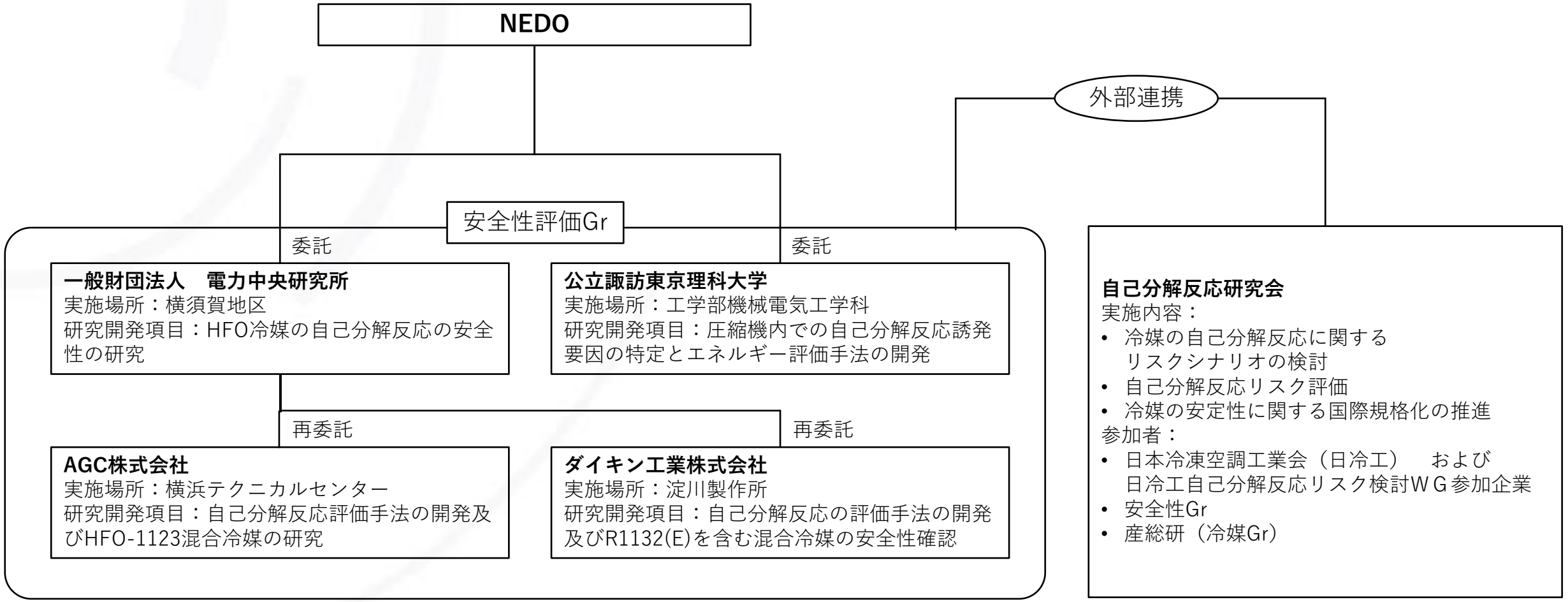
	委託	再委託	研究開発項目	事業者
安全G	安A-1		HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	一般財団法人電力中央研究所
		安A-2	自己分解反応評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒の研究	AGC株式会社
		安A-3	自己分解反応の評価手法の開発及びR1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認	ダイキン工業株式会社
	安B-1		圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発	公立大学法人公立諏訪東京理科大学



研究開発項目　安B-1：圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発

研究開発項目　安A-1：HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究
研究開発項目　安A-2：自己分解反応評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒の研究
研究開発項目　安A-3：自己分解反応の評価手法の開発及びR1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認

実施体制


NEDO
外部連携
安全性評価Gr
委託
委託
一般財団法人　電力中央研究所
実施場所：横須賀地区
研究開発項目：HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究
公立諏訪東京理科大学
実施場所：工学部機械電気工学科
研究開発項目：圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発
再委託
再委託
AGC株式会社
実施場所：横浜テクニカルセンター
研究開発項目：自己分解反応評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒の研究
ダイキン工業株式会社
実施場所：淀川製作所
研究開発項目：自己分解反応の評価手法の開発及びR1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認
自己分解反応研究会
実施内容：
• 冷媒の自己分解反応に関するリスクシナリオの検討
• 自己分解反応リスク評価
• 冷媒の安定性に関する国際規格化の推進
参加者：
• 日本冷凍空調工業会（日冷工）　および日冷工自己分解反応リスク検討ＷＧ参加企業
• 安全性Gr
• 産総研（冷媒Gr）

実施概要と目標（中間・最終）と根拠

実施項目	実施内容	事業者	中間目標※	最終目標	根拠
安全Gr	低ＧＷＰ混合冷媒の特性評価	－	■ 冷媒の着火・爆発に関するモデル化 ■ 冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	■ 冷媒の自己分解反応機構の解明 ■ 空調機器の安全性に係るデータの取得	国産冷媒普及のためには、自己分解反応の解明や抑制技術の開発、および国際規格・標準化による環境整備が必要である。
安A-1	HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	（一財）電中研	次世代冷媒の自己分解反応性評価について，ISO 817の改定提案を見据えた評価手法を開発・確立する.	安全性・リスク評価手法について，空調機器の安全性に係る国際標準の改定に資する知見を取得する. 実用可能なHFO混合冷媒の絞り込みを行う.	次世代HFO系冷媒は自己分解反応に係る安全性の懸念があるが，現状規格ではその規定ができていない．まず評価手法を国際標準化することにより次世代冷媒の安全性を定義し，安全対策を進めることで実用化に資する.
安A-2	自己分解評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒研究	（株）AGC	結果再現性の高い自己分解リスク評価法の確立。規制計画にそった1123製品組成物のリスク評価を完結する。	自己分解リスク評価法の国際規格化。高性能冷媒実用化に向けた安全技術開発と実検証。	自己分解リスクを判定するための評価法を規格統一することで、適用範囲を明確化できる。
安A-3	自己分解評価手法開発及びR1132(E)混合冷媒の安全性	（株）ダイキン工業	3MPa以上で放電可能な装置を作成し、R1132(E)を含む新たな混合冷媒の組成の自己分解境界を最大ガス圧6MPaまで明らかにする。	機器リスクアセスメントに提供できる自己分解反応データの取得と国際規格化。	国際規格化により安全性の周知を促し事業化に貢献する。
安B-1	自己分解応誘発要因特定とエネルギー評価手法開発	（公）公立諏訪東京理科大学	基本計画の中間目標6）に資するため，アーク放電発生を再現可能な模型実験及び数値シミュレーション環境を整え，各種運転条件におけるアーク放電エネルギーをデータベース化する．また，アーク放電エネルギーの推算法についてプロトタイプを構築する．さらに，圧縮機内部の摺動機構やトラッキングの発生可能性を調査し，エネルギー測定環境を構築する。これらの成果を2件以上の学術論文あるいは口頭発表等により発信する.	公募時の基本計画にある最終目標の2)および3)に資するため，中間目標の達成内容に加えて，測定回数の増加あるいは対象運転条件の追加などにより，放電エネルギーデータベースを完成させる。加えて，電流，電圧，放電時間等からアーク放電エネルギーを推算できる手法を完成させる。これらの成果は国際標準の改正提案に耐えられるものとして整備する。	本研究は圧縮機内で現実に生じうるエネルギーの定量化であり，安全Gr内他事業者が行う自己分解反応誘発条件が実際に生じうるかを評価するものである。圧縮機内でのエネルギー発生は，特にアーク放電によるところが大きいことから中間目標としてアーク放電エネルギーの定量化を，最終目標としてその他要因も含む圧縮機内でのエネルギー定量化を掲げた。

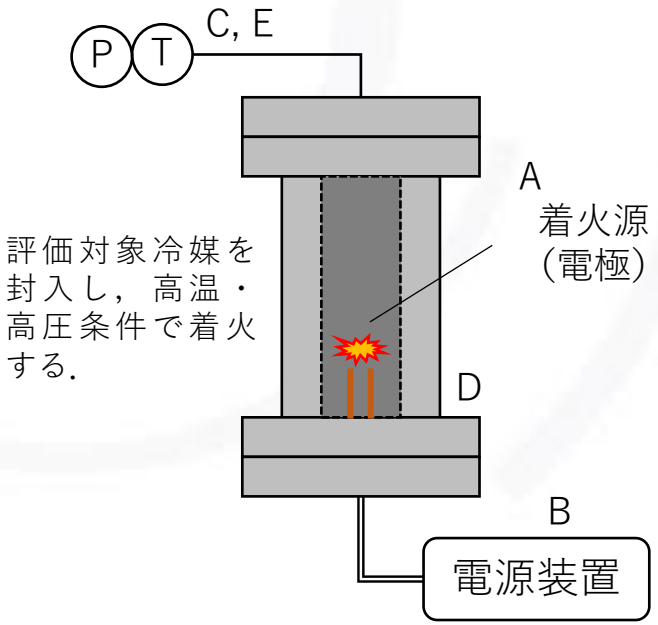
研究開発スケジュール

実施項目	2023	2024	2025	2026	2027
安A-1：HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	ISO 817改定提案に向けた自己分解反応評価方法の確立 自己分解反応を抑制する冷媒組成の検討 シミュレーション・実機による冷媒安全性評価			自己分解反応の実証試験 HFO冷媒の総合的な性能評価	
安A-２:自己分解評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒研究	放電着火方法の検討 自己分解反応領域確認試験 実機安全確認試験			機器安全対策研究 冷媒製品自己分解反応領域確認試験 安全対策実機確認試験	
安A-3：自己分解評価手法開発及びR1132(E)混合冷媒の安全性	高圧対応放電試験装置の開発/放電試験装置の改良 R1132(E)混合冷媒の反応境界明確化 普及に向けた安全対策実用化に関する課題とその対応			R1132(E)を含む新たな混合冷媒の研究 自己分解反応のメカニズム解明 対策含めた実機での安全性確認	
安B-1：自己分解応誘発要因特定とエネルギー評価手法開発	圧縮機内でのアーク放電発生メカニズムの解明と放電エネルギー推算法の開発 圧縮機内でのその他の自己分解反応誘発要因の調査とエネルギー定量化	実機を用いた実証試験		実機を用いた実証試験 試験法の構築とエネルギー推算モデルの確立	
評価時期			中間評価		終了時評価

中間目標

最終目標

成果と意義：
[安A-1] ～HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究～（電中研）

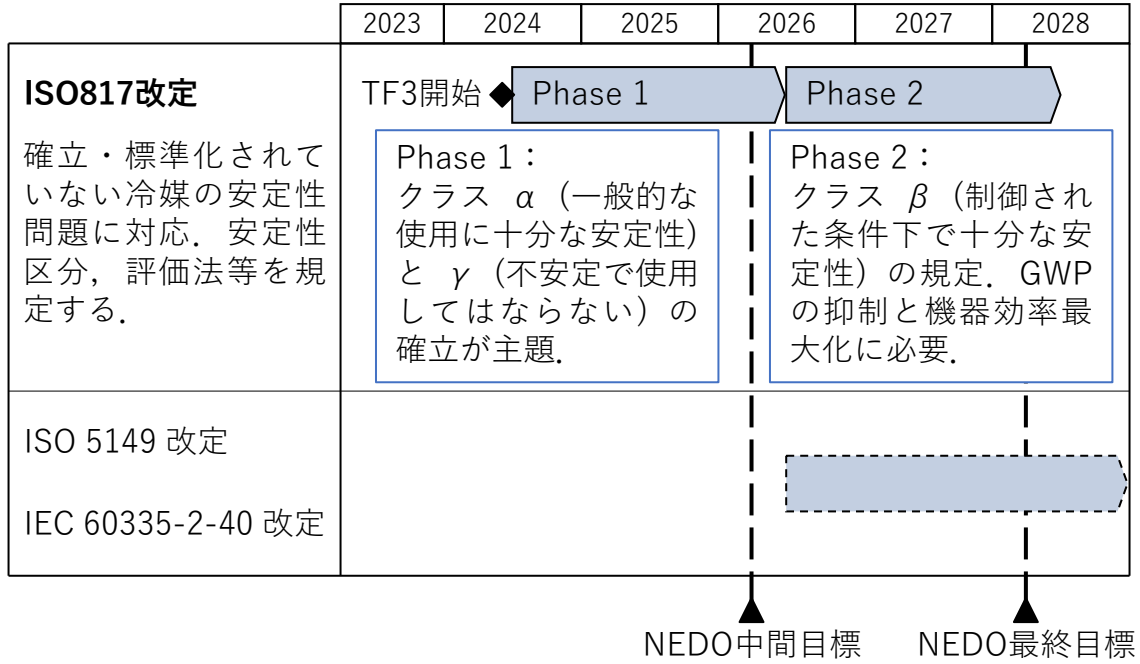


自己分解反応評価試験概略と検討課題

A：着火源
B：電源
C：実験条件（温度，圧力）
D：容器形状，大きさ
E：判定条件

さらに，国際標準化のためには以下の要件が求められる

- 高再現性
- 簡便さ
- 事故誘発要因となる圧縮機内発生エネルギーの再現



成果

- **既存の規格や既往評価手法を調査･比較し，発弧線溶断による着火法が国際標準化に有望であると見出した．**
- **発弧線溶断により発生するエネルギー量を評価した．**
- **自己分解反応評価手法を確立した．**

意義

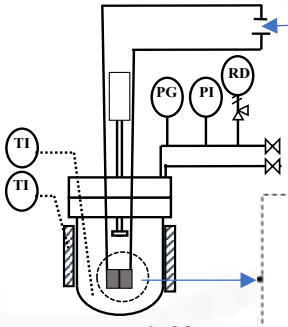
- **確立した評価手法を用いて次世代冷媒の安全性を評価することで，リスク評価や安全対策の策定に資する．**
- **今後開発されうる新グリーン冷媒の安全性評価･対策を容易にし，実用化に資することが可能である．**

成果と意義：
[安A-2] ～自己分解反応評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒の研究～（AGC）

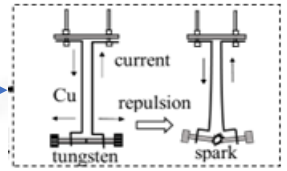
2023～2024年成果：安定化電源導入で再現性の高い評価システムを構築

安定化電源



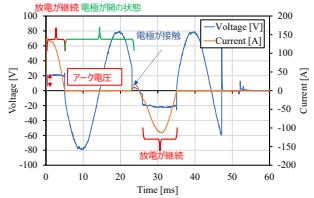


耐圧試験装置

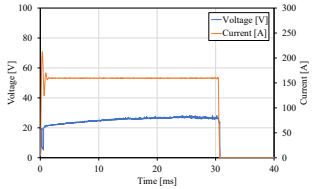


接点乖離法

交流放電



直流放電



放電現象の基礎検討
- 電極材質の影響
- 放電条件と発生エネルギー相関
  自己分解の基礎検討
- 冷媒組成と放電エネルギー相関

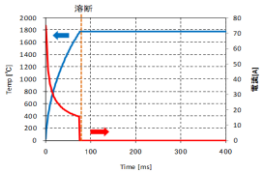
2025年成果見込：国際標準化のための最適電極構造選定

簡便で高い再現性

金属線溶断法
- 高圧ガスA法



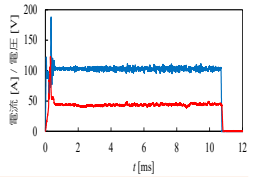
電極間設置
金属線溶断



発弧線溶断法
- TDG法
- DK、電中研
  新規開発法



金属線溶断
直後に放電



自己分解伝播境界への電極構造影響を評価

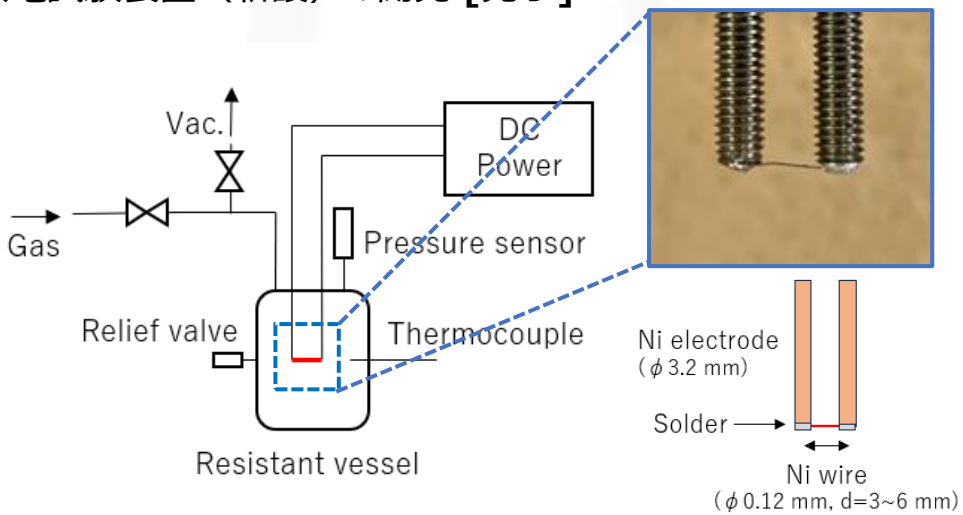
（成果）
- 安定化電源導入による各種制御により再現性良く意図する放電現象を試験装置内に発生させることが可能となった。
- 実機内放電を再現可能な交流放電と発弧線溶断も含めた直流放電や金属線溶断法の自己分解影響を比較することが可能となった。
- 一定条件における（130～150℃、4～6MPa）自社冷媒組成の自己分解伝播発生境界条件を明確した。

（意義）
- 実機内放電と国際標準に適した簡易法の影響比較が可能となった。
- 自己分解伝播発生境界条件の明確化はリスク評価に大きく寄与する。

成果と意義：[安A-3] ～自己分解反応の評価手法の開発及びR1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認～（ダイキン工業）

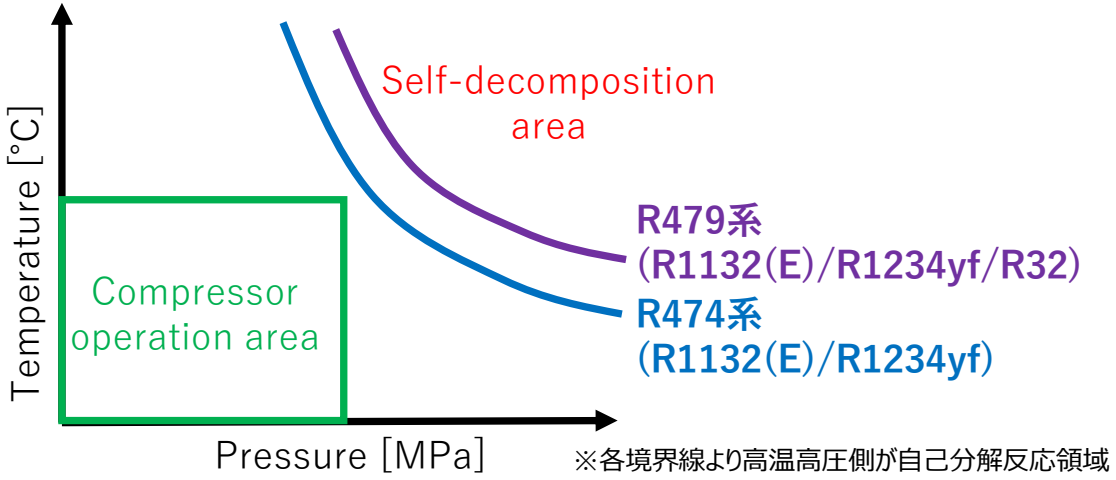
<自己分解反応評価>

■放電試験装置（新設）の開発 **[完了]**



5MPaの高圧ガス条件下で放電発生を確認

■R1132(E)混合冷媒の組成検討 **[今後検討]**



R1132(E)混合冷媒の自己分解境界線を明確化

<安全対策の実用化>

本事業で開発された次世代低GWP冷媒をグローバルに普及させるための実用化における安全対策の課題をリストアップし、課題解決のための対応策についてもリストアップ。さらに、有識者から助言を得ながら、本事業成果を活用するためのより具体的な解決策を検討し、準備項目を抽出。

成果

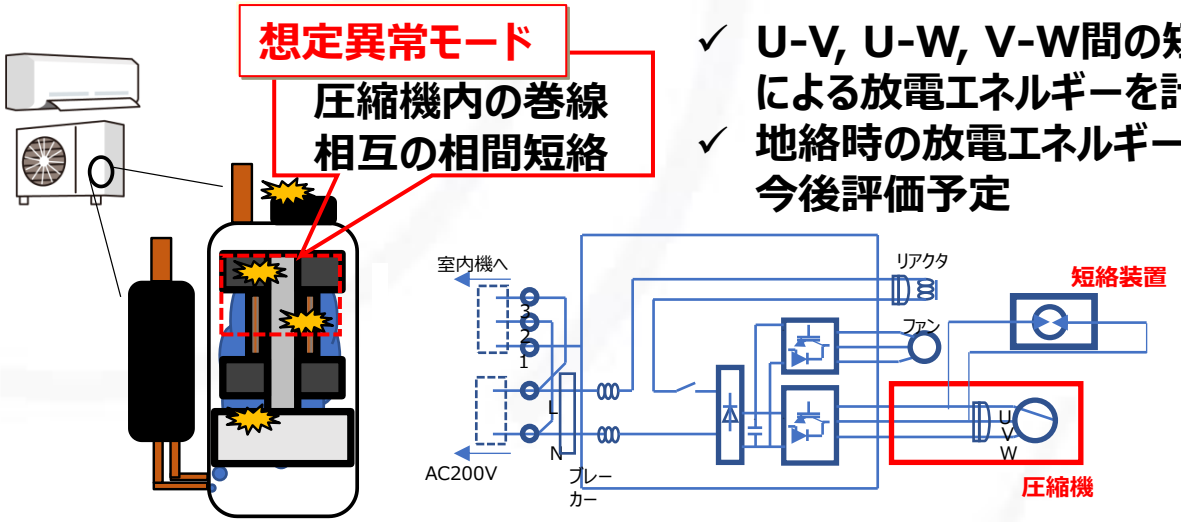
- **3MPa以上で放電可能な装置の作成完了**
- **R1132(E)混合冷媒の自己分解境界データ取得(予定)**
- **安全対策の実用化について具体的な解決策を立案**

意義（副次的成果や波及効果）

- **自己分解境界データを用いた機器リスクアセスメント、ISO規格化による冷媒安全性のグローバル訴求**
- **低GWP冷媒事業化への貢献**

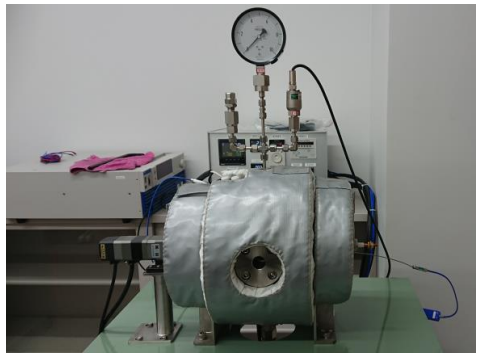
成果と意義：[安B-1] ～圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発～（公立諏訪東京理科大学）

・圧縮機内では主としてアーク放電が主要な異常エネルギー発生要因 ➔ アーク放電エネルギー定量化を中間目標での到達目標に設定
・冷媒使用実機での運転条件を勘案した短絡モードにおけるエネルギーの定量化が重要 ➔ 2024年度実機試験を開始

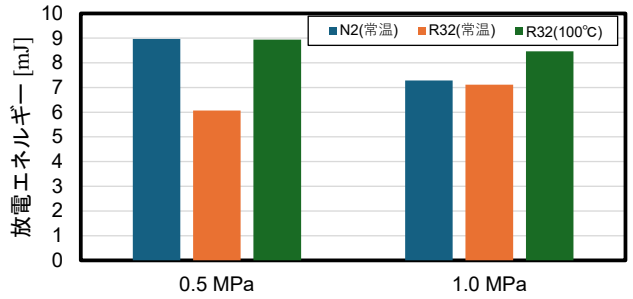


✓ U-V, U-W, V-W間の短絡による放電エネルギーを計測
✓ 地絡時の放電エネルギーも今後評価予定

①短絡試験装置の開発：
6MPa, 150°C環境下での短絡試験を実施可能



②放電エネルギーの定量：
いずれの短絡モードでもmJオーダー程度の放電エネルギー



U-V短絡時の放電エネルギー

成果

●圧縮機内の冷媒雰囲気下におけるアーク放電エネルギーを測定可能な環境を整えた
●エアコン実機の圧縮機内における短絡を模擬した実験を行った
●現時点では自己分解反応を誘発するエネルギーはいずれの短絡モードでも観察されていない

意義（副次的成果や波及効果）

●安全Gr他事業者の研究成果（自己分解反応発生のトリガーエネルギー値）と本研究で得られる圧縮機内でのエネルギーを比較することにより，自己分解反応が圧縮機内で起こりうるか否かを定量評価可能である。これにより，リスク評価における事故発生確率の精緻化に資する。

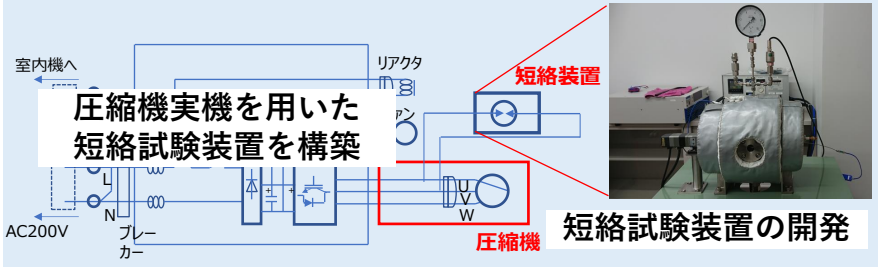
目標達成状況（中間年度見通し）

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

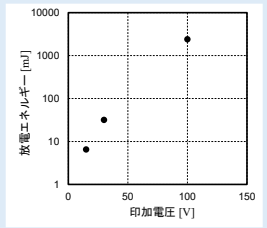
実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
安全Gr	低GWP混合冷媒の安全性・性能評価	–	■　冷媒の着火・爆発に関するモデル化 ■　冷媒の自己分解反応の評価方法の確立	■　実機によるアーク放電エネルギーの定量化を達成。 ■　自己分解反応を誘発する着火源の調査・比較・実験を通じ、国際標準に提案する着火手法を開発。 ■　次世代冷媒の自己分解反応境界条件を明確化。	○ 2026年3月に達成見込み	■　当初目標を達成。 ■　国際標準化についてはISO TFにて評価手法を提案。
安A-1	HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究	（一財）電中研	ISO 817の改定提案を見据えた，冷媒の自己分解反応評価手法を開発・確立する.	再現性が高く，簡便な評価手法を開発．圧縮機内発生エネルギーを踏まえ冷媒のリスク評価を実施.	○ 2026年3月に達成見込み	比較・調査により国際標準化に有望な手法を絞り込み開発中．参加中のISO TC86 SC8 TF3にて，冷媒安定性の評価手法を提案.
安A-2	自己分解評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒研究	（株）AGC	結果再現性の高い自己分解リスク評価法の確立。規制計画にそった1123製品組成物のリスク評価を完結する。	結果再現性の高い着火法を確立し国際規格化に向けた基礎研究を終了。自社冷媒のリスク評価を完了。	○　自己分解評価手法は2025年5月に達成見込み。2025年6月以降は自社冷媒リスク評価に注力。	1123冷媒のR番号取得が遅延のため、2025年5月まではリスク評価法開発に注力。2025年6月以降で組成開発に注力する
安A-3	自己分解評価手法開発及びR1132(E)混合冷媒の安全性	（株）ダイキン工業	3MPa以上で放電可能な装置を作成し、R1132(E)を含む冷媒の自己分解境界を明らかにする。	R1132(E)/R1234yf/R32の3元系の自己分解境界データを明らかにした。	◎ 2026年3月に達成見込み	スケジュール通り、装置作成及び自己分解反応境界データを取得したため達成と評価
安B-1	自己分解応誘発要因特定とエネルギー評価手法開発	（公）公立諏訪東京理科大学	各種運転条件におけるアーク放電エネルギーをデータベース化する.	圧縮機実機を用いて，6MPa，150°Cにおけるアーク放電エネルギーを実測した	◎ 2026年3月に達成見込み	圧縮機実機内のエネルギーを定量化したことで達成と評価

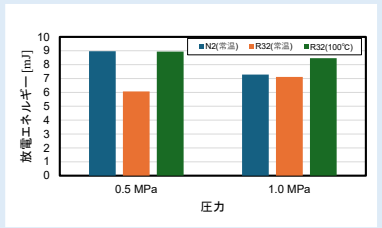
成果と意義（中間年度見通し）

圧縮機内アーク放電エネルギー定量化



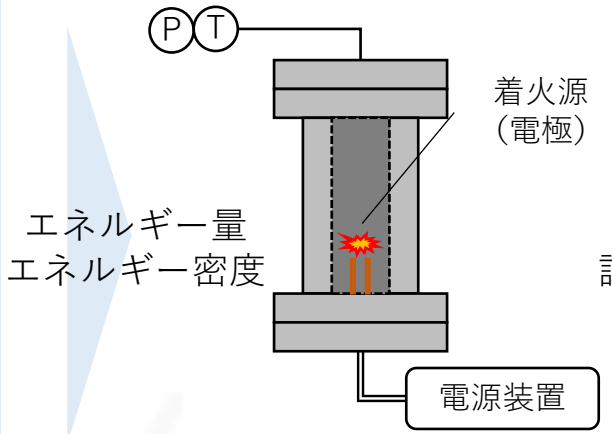
短絡試験装置の開発





放電エネルギーの定量化

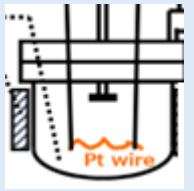
自己分解反応評価法国際標準化

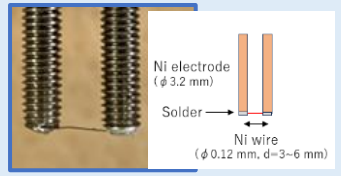


→リスク評価，安全対策策定の推進
実用化への貢献に寄与

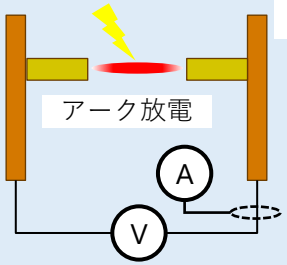
評価法の開発

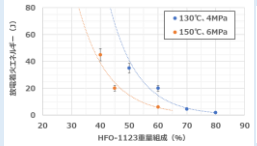


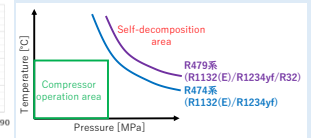




着火源の調査・比較
⇒発弧線溶断法を開発







次世代冷媒の
自己分解反応境界条件を明確化

成果

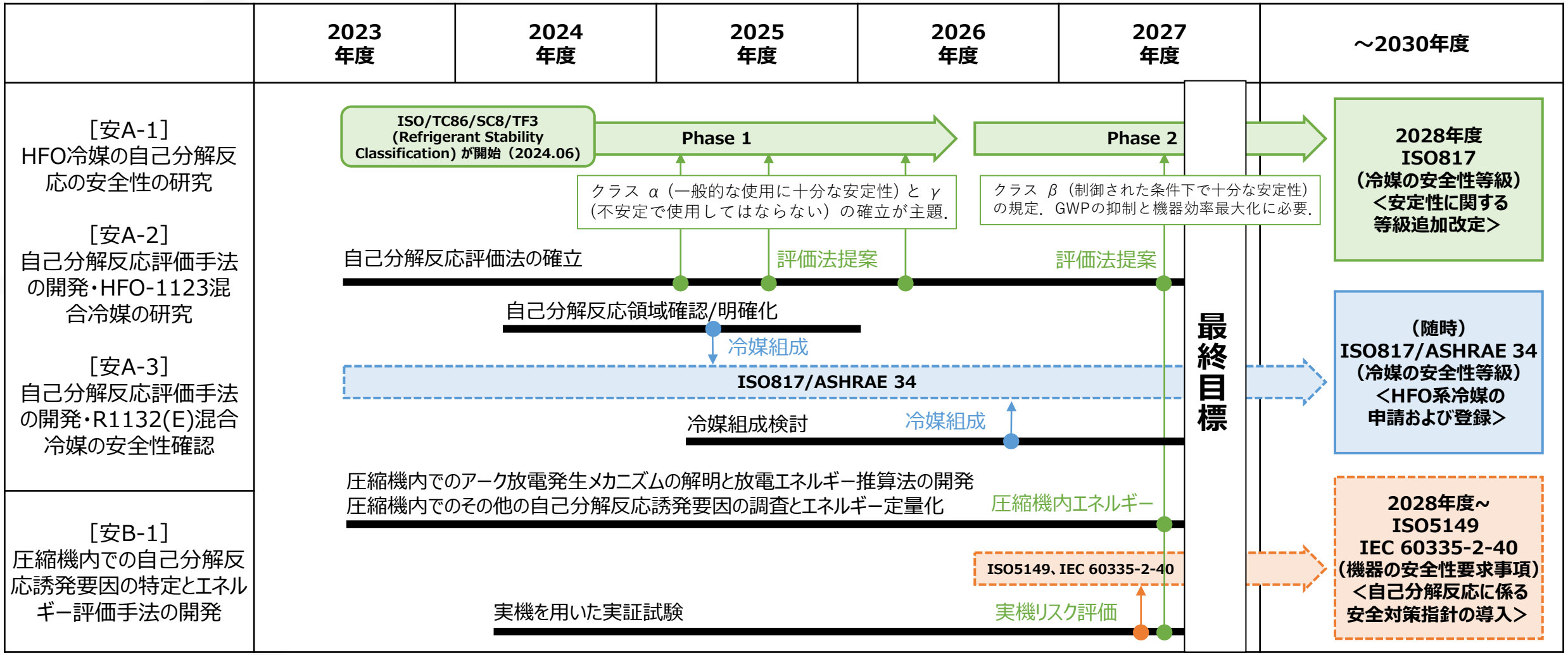
- エアコン圧縮機実機を用いた短絡試験装置を構築．冷媒雰囲気下でのアーク放電エネルギー量を取得．
- 高圧冷媒雰囲気下で再現性良く放電を発生させる着火手法を開発．
- 自己分解反応評価手法を確立．

意義（副次的成果や波及効果）

- 自己分解反応が圧縮機内で起こりうるか否かを定量評価可能とする．
- リスク評価における事故発生確率の精緻化に資する．
- 次世代冷媒の安全性・リスク評価により，安全対策の策定に資する．

アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組

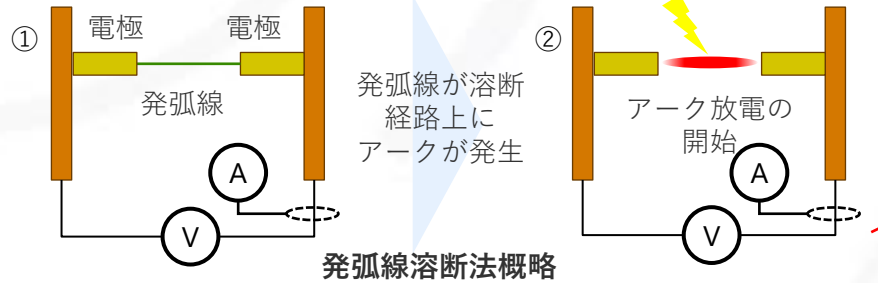
＜ロードマップイメージ＞



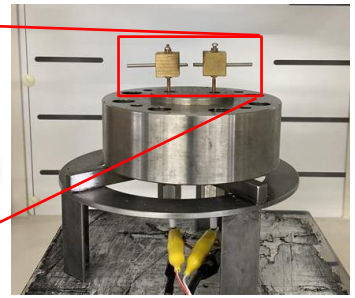
以下、補足資料

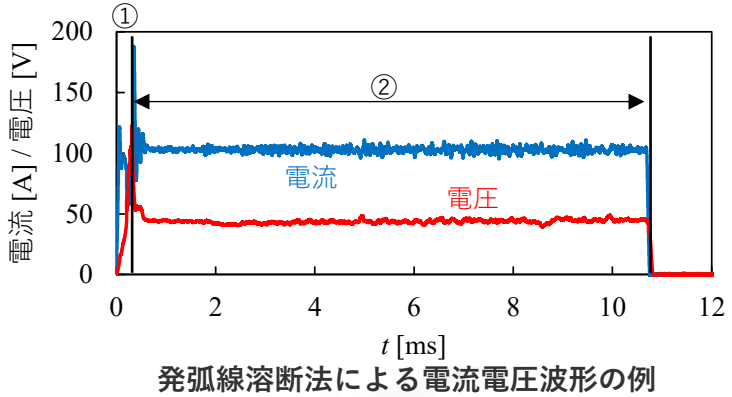
補足）成果と意義：
[安A-1] ～HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究～（電中研）

<着火源の比較・調査と絞り込み>
　物質安定性評価の規格等で用いられる着火源や，冷媒評価の先行事例の調査・比較を行った．放電が生じにくい高圧フルオロカーボン雰囲気において放電を介してエネルギーを簡便に投入する手法としては，発弧線溶断法（下図）が有望であると絞り込んだ．
　自己分解反応評価においては，冷媒に与えられるエネルギー量が重要なパラメーターの1つとなる．発弧線溶断においては，線溶断を境に異なる現象が発生する．電極間距離や金属種の影響を評価する装置を作成し，投入エネルギー量やアーク発生条件を調べた．



発弧線溶断法概略

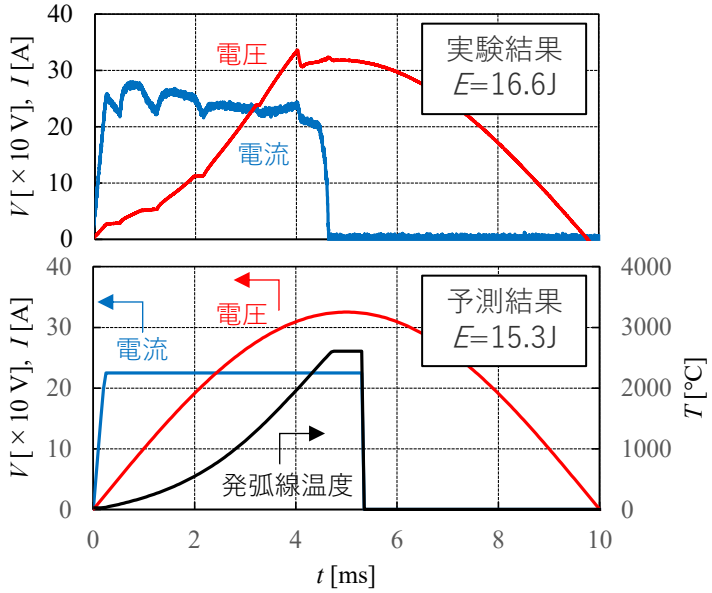

発弧線溶断試験装置



発弧線溶断法による電流電圧波形の例

①：溶断まで
　電流を流すとジュール熱により発弧線が昇温し，やがて融解，溶断する．
左の結果では1.1J
②：アーク放電
　電極間にアーク放電が発生し，自己分解反応の起因となるエネルギーが冷媒に与えられる．電圧は基本的に一定となる．
左の結果では47.4J

<投入エネルギー量評価①　溶断によるエネルギー>
　発弧線が溶断するまでの電流・電圧やエネルギー量を評価した．溶断までの電圧・電圧変化や溶断までの時間，エネルギー総量は，発弧線の物性値を用いて予測可能であることを示した．



発弧線溶断時の電流電圧波形と
その予測結果の比較
　発弧線の物性値を用いて，発弧線が溶断するまでの電流，電圧，温度変化を予測した．溶断までの時間やエネルギー総量の予測値は実験結果と良く一致した．

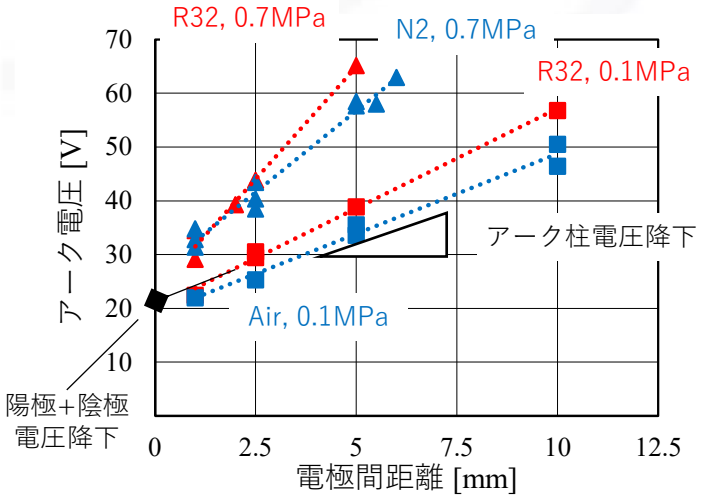
補足）成果と意義：
[安A-1] ～HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究～（電中研）

<投入エネルギー量評価②　アーク放電によるエネルギー>
　アークを介し投入されるエネルギーは主にアーク電圧・電流・時間で決まる.

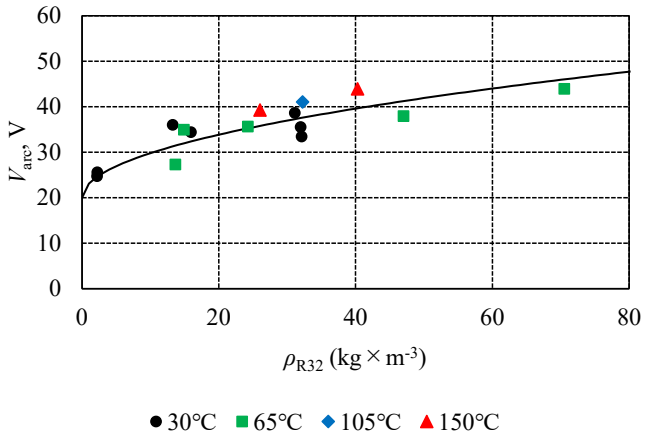
投入エネルギー E[J] = アーク電圧 V_{arc} [V] × 電流 I[A] × 放電時間 t[s]

電極，試料ガス（冷媒）条件により変化　　電源装置の設定値（実験条件）

　冷媒雰囲気下の投入エネルギー制御を容易にするため，アーク電圧V_{arc}を詳細に調べた．アーク電圧が距離に比例してガス種と圧力に依存した傾きで増加することを検証した．本結果を用いることで，発弧線溶断による投入エネルギー量を予測・制御可能となる.



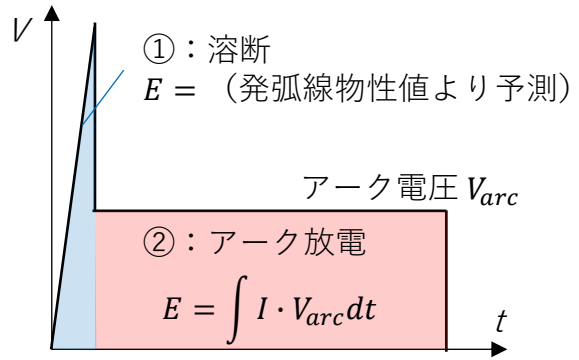
種々の電極間距離とアーク電圧の関係
電極間距離に対してアーク電圧は線型に増加する.



ガス密度とアーク電圧の関係（R32）
ガス密度の増加に伴いアーク電圧は増加.
温度依存性は本試験条件では小さい.

$$V_{arc} = V_{A+C} + \Delta V \cdot L \cdot (\rho_{gas})^{\beta}$$

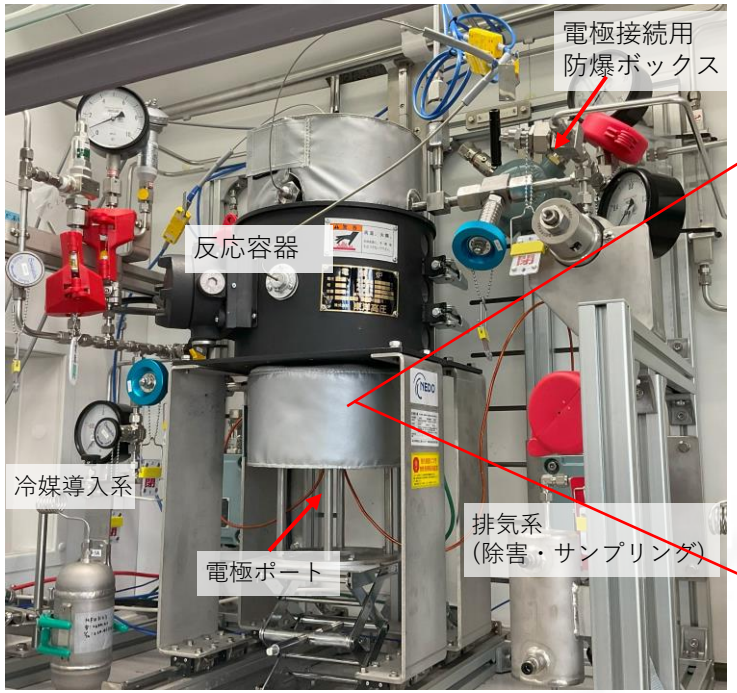
ただし,
V_{arc}：アーク電圧[V]
V_{A+C}：陽極陰極電圧[V]
L：電極間距離[mm]
ΔV：アーク柱電圧係数
[V/mm/(kg/m^3)$^{\beta}$]



発弧線溶断による電圧変化概略図
① 溶断によるエネルギーは発弧線の物性値より予測.
② アーク放電によるエネルギーはアーク電圧，印加時間（設定値），電流（設定値）により制御.
これらにより，発弧線溶断・放電による投入エネルギー量を予測・制御

補足）成果と意義：
[安A-1] ～HFO冷媒の自己分解反応の安全性の研究～（電中研）

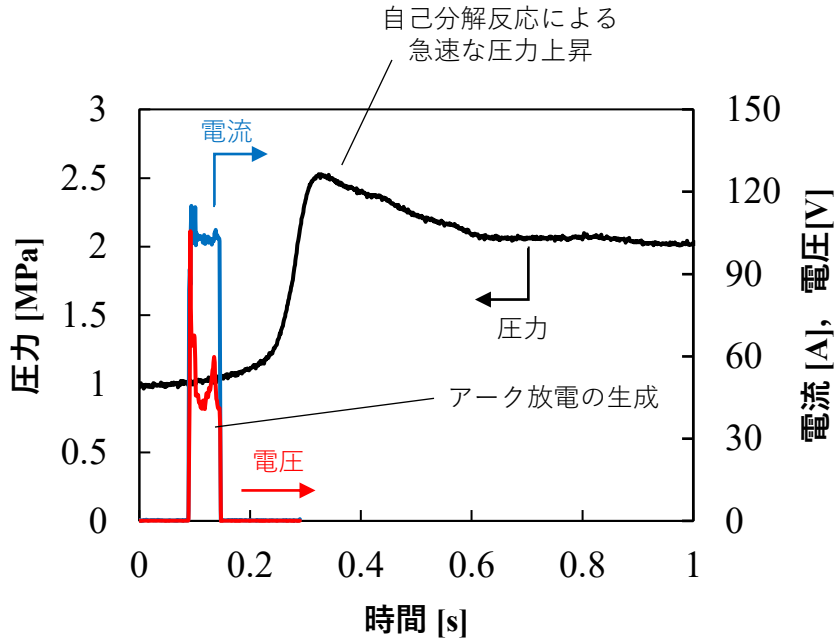
<次世代冷媒の自己分解反応性評価>
自己分解反応評価装置を製作．円筒形の反応容器内部に着火源となる電極が設置されており，冷媒を封入，所定の温度圧力とし，着火源でエネルギーを印加，圧力変化により反応伝搬の有無を判定する．
開発した発弧線溶断電極を設置し，次世代冷媒の自己分解反応評価を実施．



自己分解反応評価装置
中央に反応容器があり，下部から電極棒を挿入．
温度制御のため周囲にヒーターを設置．
第二種高圧ガス製造設備として制作．



着火源（電極）
反応容器の下部より電極棒を挿入．
電極棒の上部に発弧線溶断用の電極と発弧線を設置．



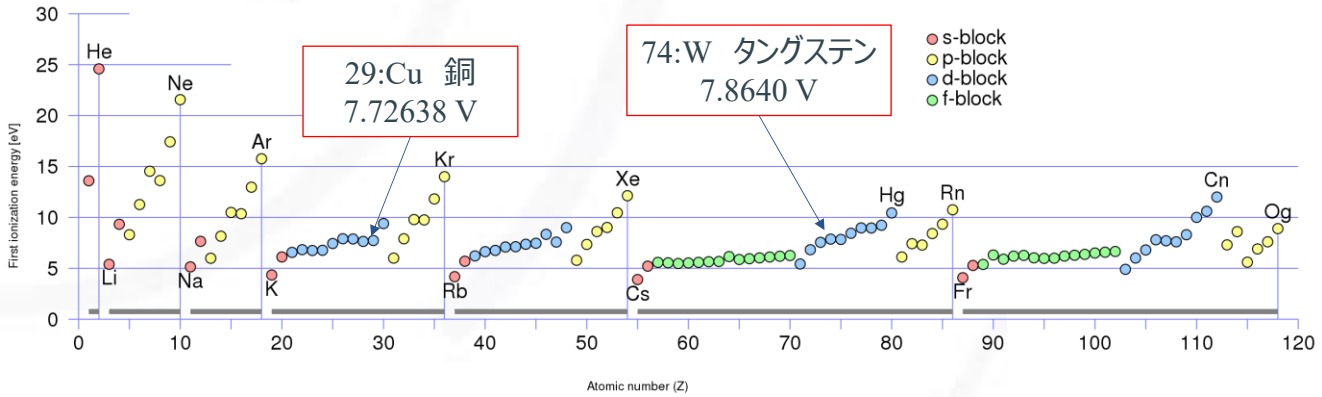
HFO冷媒の自己分解反応試験結果例
冷媒雰囲気下で発弧線に電圧を印加．放電が発生しづらい冷媒雰囲気下でも，発弧線が溶断した後にアーク放電を生成．電流は電源装置で規定．
エネルギー投入により自己分解反応が伝搬し，圧力が大きく上昇した．

補足）成果と意義：
[安A-2] ～自己分解反応評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒の研究～（AGC）

＜中間年度の検討内容と成果・課題・今後の計画＞

検討内容と成果：

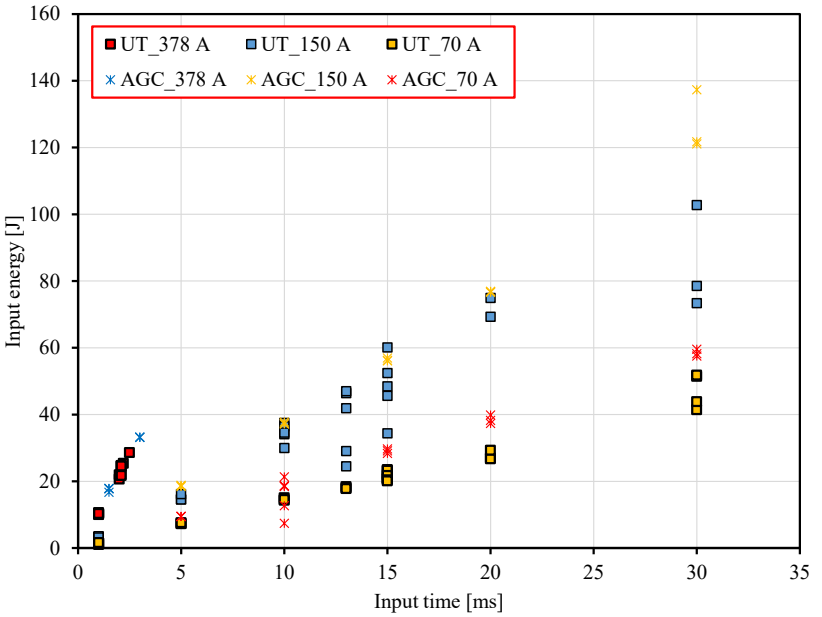
①交流放電と安定化電源を用いた直流放電による放電現象の基礎研究と標準化に向けたエネルギー制御法について検討を実施



各種元素の一次電離電圧

結果：印加電圧によらず放電電圧は一定でアーク放電の陰極降下（電圧）は、極材料の電離電圧に近い

→ 巻線材のCu（銅）と電極材として使用したW（タングステン）は近い数値となっており、実機の放電電圧を再現可能



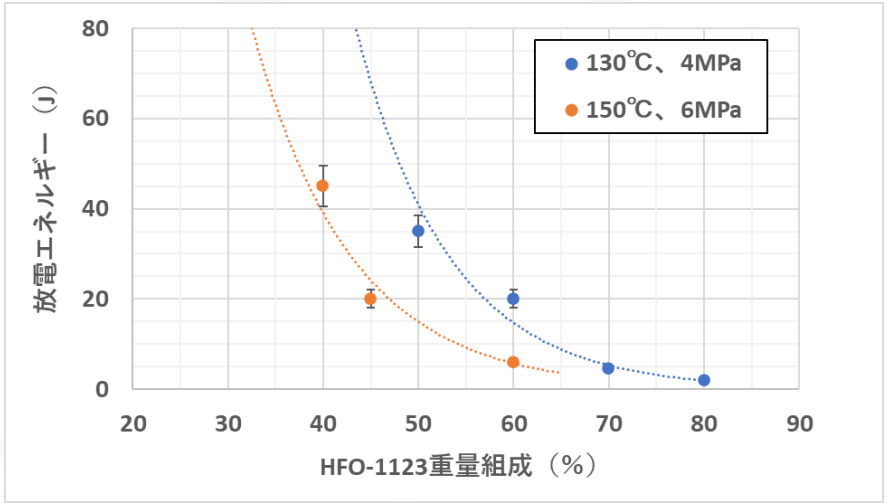
放電エネルギーと電圧印加時間相関

UT：東京大学実施、AGC：AGC実施

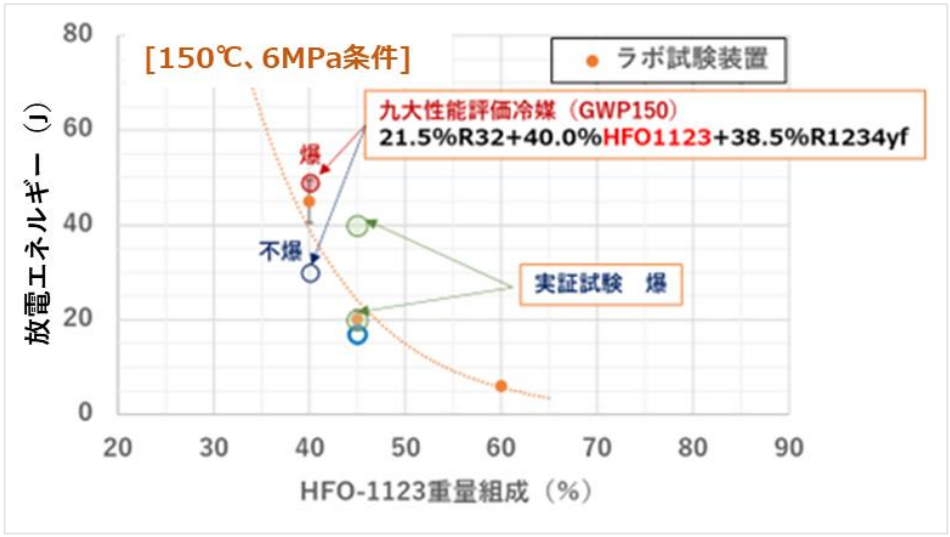
結果：リミット電流と放電時間設定で再現よく放電エネルギー及びエネルギー密度を制御可能

補足）成果と意義：
[安A-2] ～自己分解反応評価手法の開発及びHFO-1123混合冷媒の研究～（AGC）

②自己分解伝播が発生するHFO-1123重量組成と放電着火エネルギー相関（改良直流放電法を用いて確認）



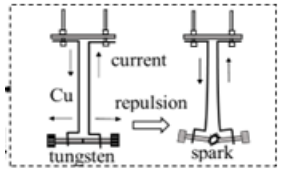
自己分解伝播発生の放電エネルギーとHFO-1123重量組成相関図



ラボ試験装置と実圧縮機の自己分解伝播発生境界比較図

結果：冷媒組成と自己分解発生の最小着火エネルギー境界を明確化した。実圧縮機（交流放電）でも境界を再現した。

③各種電極構造による自己分解伝播境界比較（国際標準化に最適な電極構造選定）



接点乖離法



金属線溶断法



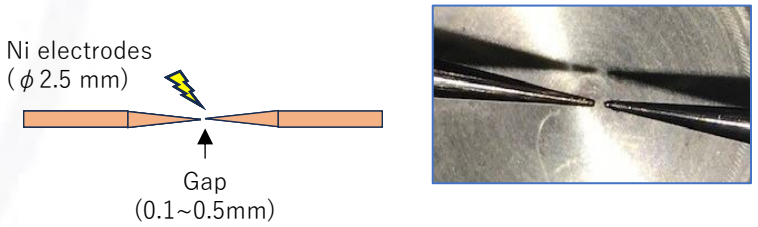
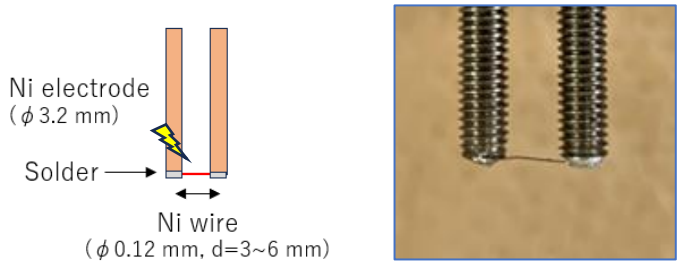
発弧線溶断法

中間年度成果：各種電極構造による発生エネルギーと自己分解伝播発生境界の比較検討を行い、国際標準化法に最適な電極構造を選定する

今後の計画：機器安全対策構築に必要な自己分解伝播抑制条件の明確化

補足）成果と意義：[安A-3] ～自己分解反応の評価手法の開発及びR1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認～（ダイキン工業）

既存装置と新設装置の放電発生メカニズム、使用範囲、特徴を比較。

項目	既存装置	新設装置
電極構造		
放電発生メカニズム	・高電圧をかけて電極間の電子を加速 ・絶縁破壊を起こし冷媒分子を電離 ・電子リッチな電極間に電流が流れ放電発生	・電極間に電圧をかけて金属細線を溶断 ・溶断時に溶融金属から熱電子放出 ・電子リッチな電極間に電流が流れ放電発生
入力電圧	DC:~2000 V (コンデンサー)	DC:~230 V
放電エネルギー	~250J	~100 J
試験可能圧力	**~3 MPa**	**~5MPa**
特徴	✓放電エネルギーの再現性の高い ✓固定電極であり、不均化評価の再現性が高い ✓高電圧を発生させる電源装置が必要	✓放電エネルギーの再現性の高い ✓固定電極を使用（不均化評価の再現性は今後確認） **✓電源装置の作成コストが低く、電極の調整が容易**

3MPa以上の高圧雰囲気下で放電可能な試験装置の開発が完了

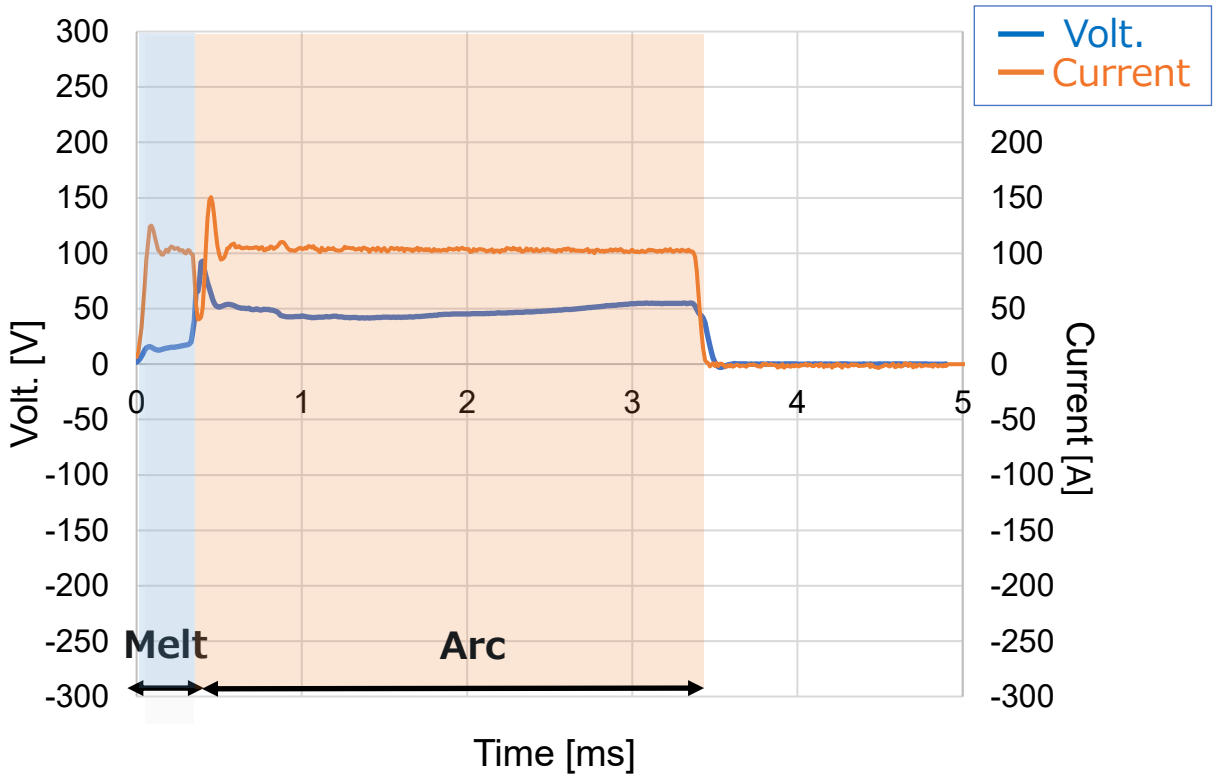
補足）成果と意義：[安A-3] ～自己分解反応の評価手法の開発及びR1132(E)を含む混合冷媒の安全性確認～（ダイキン工業）

圧縮機内の冷媒雰囲気を想定した5MPaでの放電発生有無を検証。

■試験条件

項目		パラメータ
ガス	ガス種	R-32
	圧力	**5 MPaA**
	温度	**150 ºC**
電極	材料	Ni
	径	Φ 3.2 mm
	電極間距離	1 mm
	金属線種	Ni
	線径	Φ 0.12 mm
	接続方法	ハンダ付け
電源	電圧	DC 230 V
	周波数	50 Hz
	電流制御値	100 A

■電流電圧波形



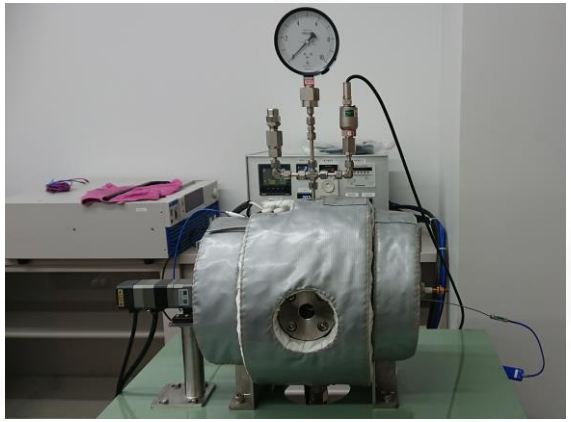
✓溶断後、アーク放電が発生することを確認
✓放電時間、電流を制御することでエネルギーの調整可能

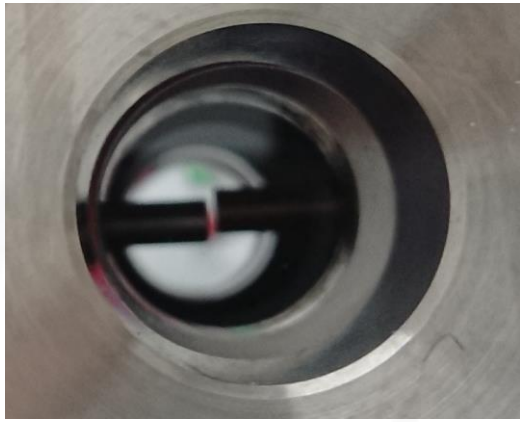
今後、R1132(E)混合冷媒を用いて自己分解評価を進める

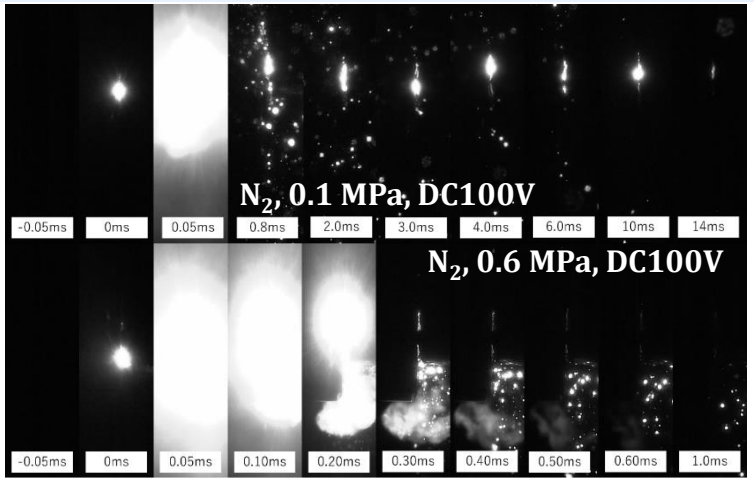
補足）成果と意義：[安B-1] ～圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発～（公立諏訪東京理科大学）

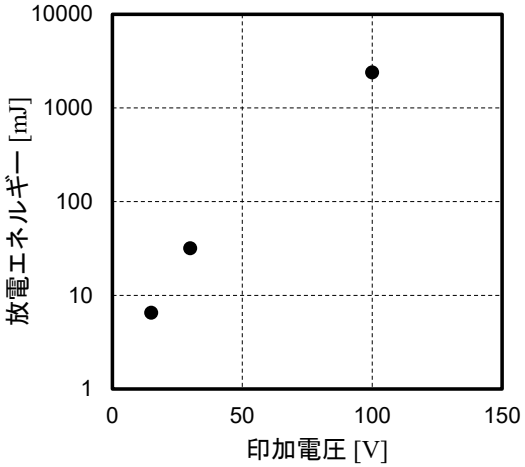
＜24年度の成果＞

①実運転条件下の冷媒環境内でアーク放電を測定する装置の開発



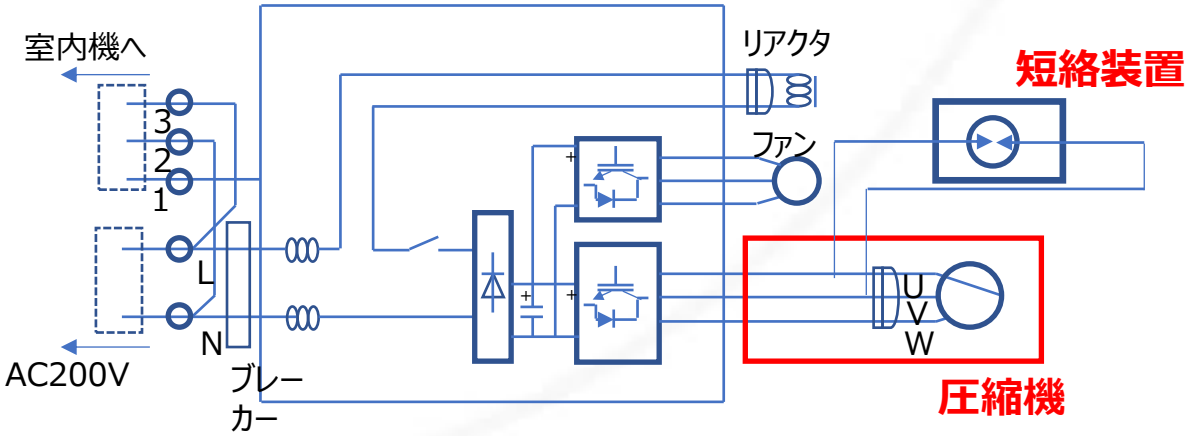


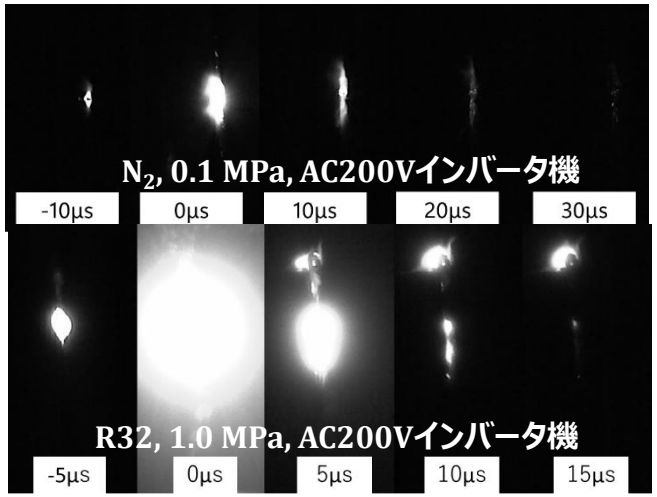


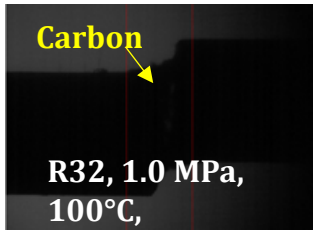


- ✓ 直流安定化電源を用いた放電実験では，2.5J程度の放電エネルギーが生じた
- ✓ 圧力が高くなると放電発光は大きくなるが，エネルギーにはあまり影響しない

②実機を用いた短絡実験の実施



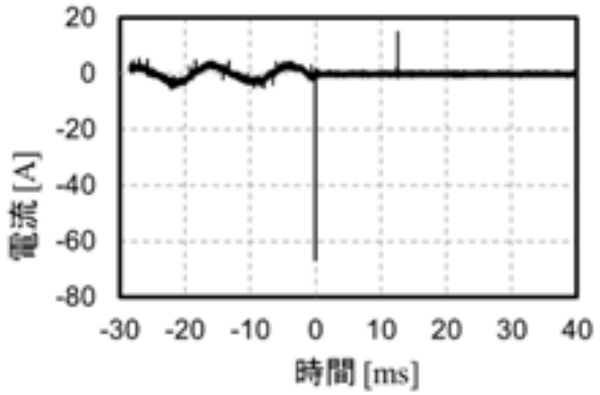


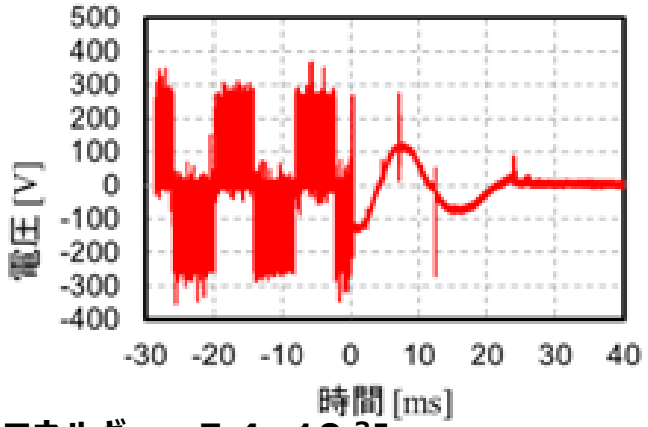


- ✓ 放電時間は安定化電源の場合に比べて3桁程度短い
- ✓ 圧力がエネルギーに及ぼす傾向は同様
- ✓ R32を用いた場合，自己分解によるCの生成を確認

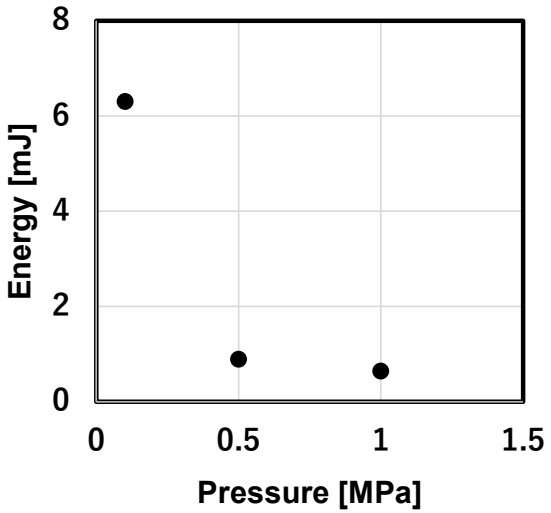
補足）成果と意義：[安B-1] ～圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発～（公立諏訪東京理科大学）

③実機を用いた短絡実験におけるエネルギー定量化



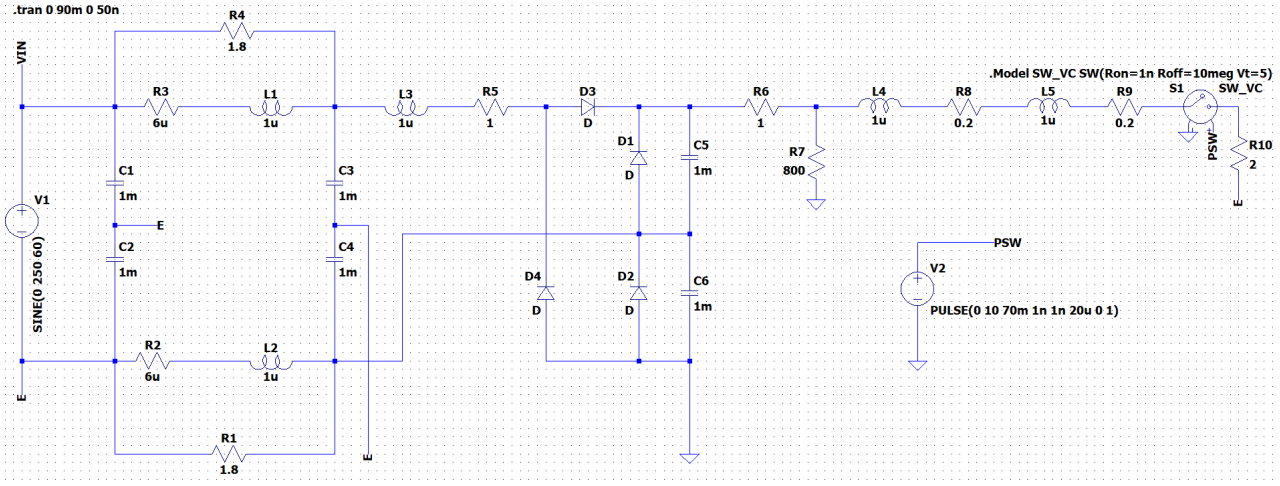


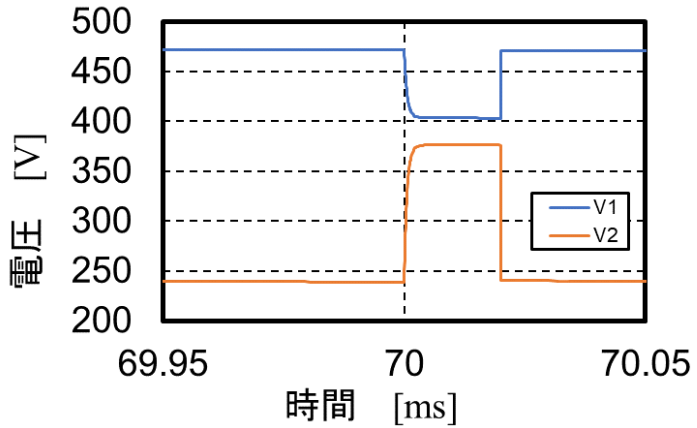
電流の最小値：-65.5A　エネルギー：5.4×10^{-3}J



- U-VショートではmJオーダーのエネルギーしか生じない

LTSpiceによる模擬インバータ回路





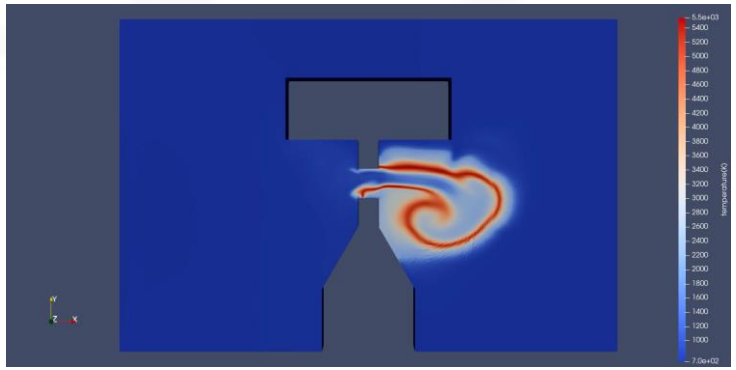
補足）成果と意義：[安B-1] ～圧縮機内での自己分解反応誘発要因の特定とエネルギー評価手法の開発～（公立諏訪東京理科大学）

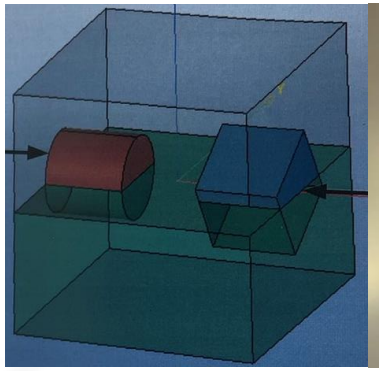
＜課題，今後の計画＞

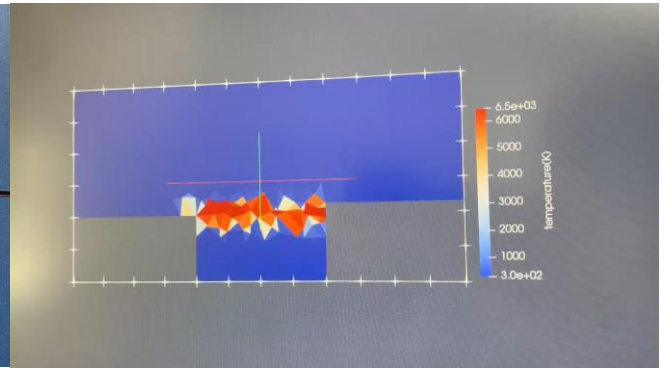
③実機を用いた短絡実験におけるエネルギー定量化：試験条件の広範化

- ✓ 6 MPa, 150°Cにおける冷媒環境下（R32）でのU-W, V-Wショートのエネルギー定量化
- ✓ 複数実機を用いた実験による実機個体差の影響評価
- ✓ 冷凍機の圧縮機内におけるアーク放電エネルギーの定量化（実機使用）
- ✓ エネルギーのデータベース化と論文による公知化

④アーク放電エネルギーの予測：数値シミュレーションとの併用，放電柱の分光計測による温度･化学種追跡







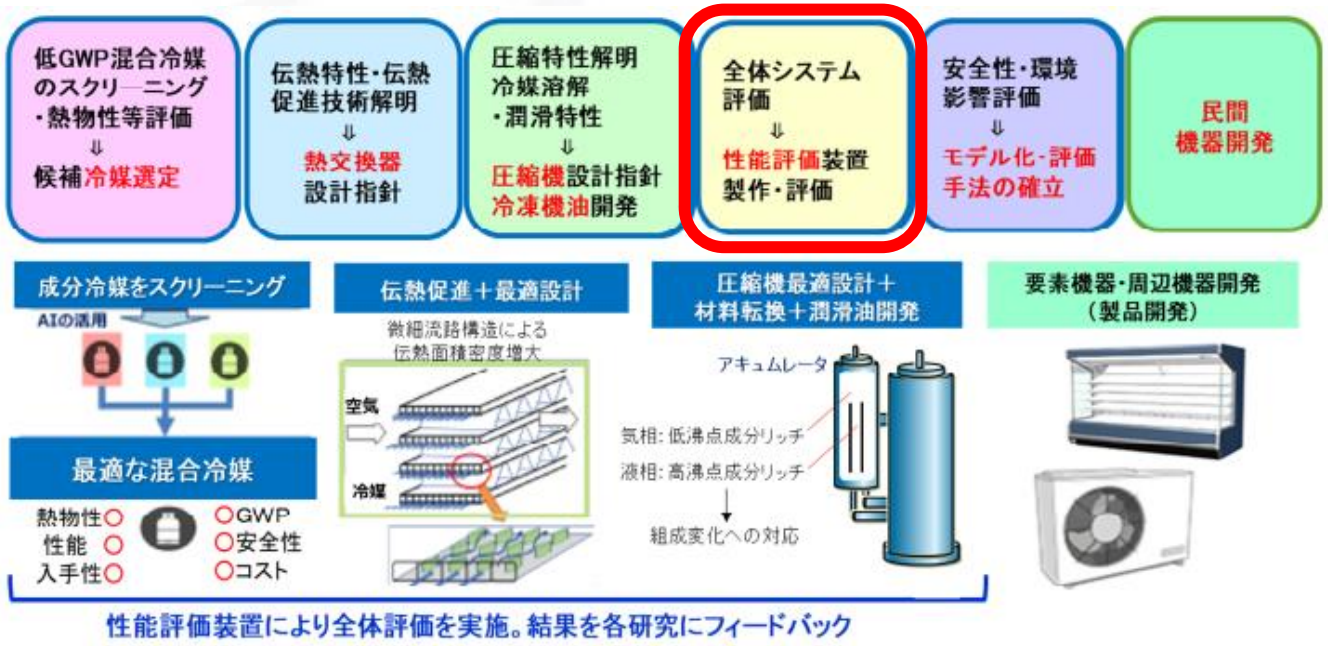
- 電流･電圧や雰囲気ガス条件を変化させ，放電有無･電流･電圧･アーク柱温度などを算出予定

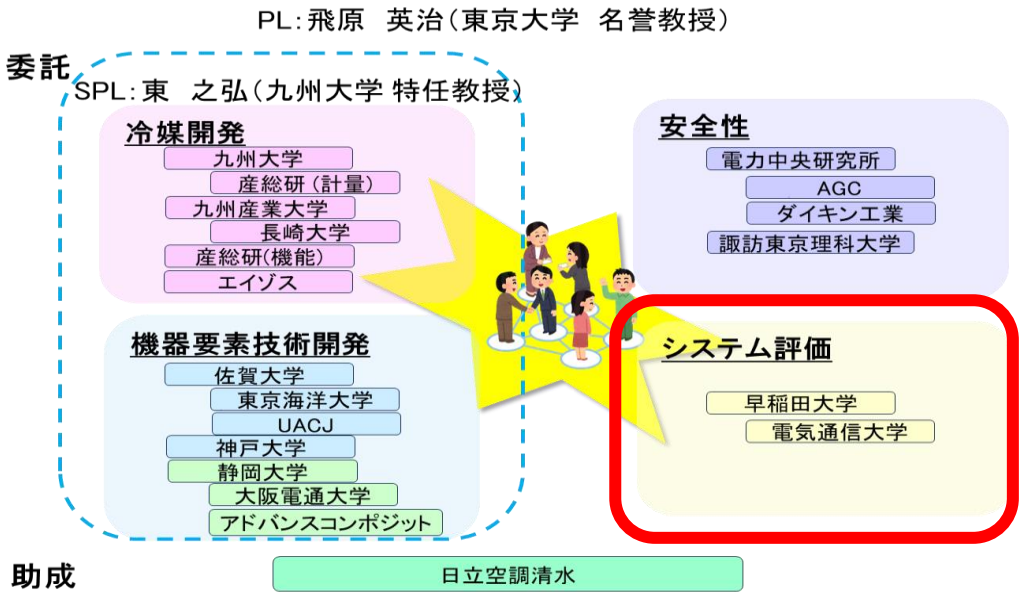
⑤放電以外の自己分解反応誘発要因の調査

- ✓ モータ巻き線の過熱や摺動に伴う温度上昇（高温熱面）
- ✓ ターミナルのトラッキング

事業概要（評価Gr.）

＜個別事業名＞　低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発
＜事業期間＞　２０２３年４月～２０２８年３月
＜事業概要＞　本研究では，空調機器のシミュレーション技術にデバイスモデルの追加や高精度化，最適化技術を加えて高度化し，次世代低GWP混合冷媒を採用した機器性能を実機レベルで比較分析が可能な技術へと発展させる．これらは，最適化検証装置によって妥当性検証がなされる．さらに，精度向上がなされた実運転性能試験装置を含め，ドロップイン試験などではなく，公平な評価基準の中で次世代冷媒機器を理論と実機の両面から性能評価が可能な体制を整える．
技術課題①　：実機レベルで性能評価が可能なシミュレーション技術（冷凍サイクル実機シミュレーション技術研究開発）
技術課題②　：実機レベルで想定される製造上等の制約条件を加味した最適化技術（冷凍サイクルシミュレーターの最適化技術研究開発）
技術課題③　：次世代冷媒機器の性能面からの評価が可能な冷凍サイクルシステム評価技術（冷凍サイクルシステム評価技術研究開発）



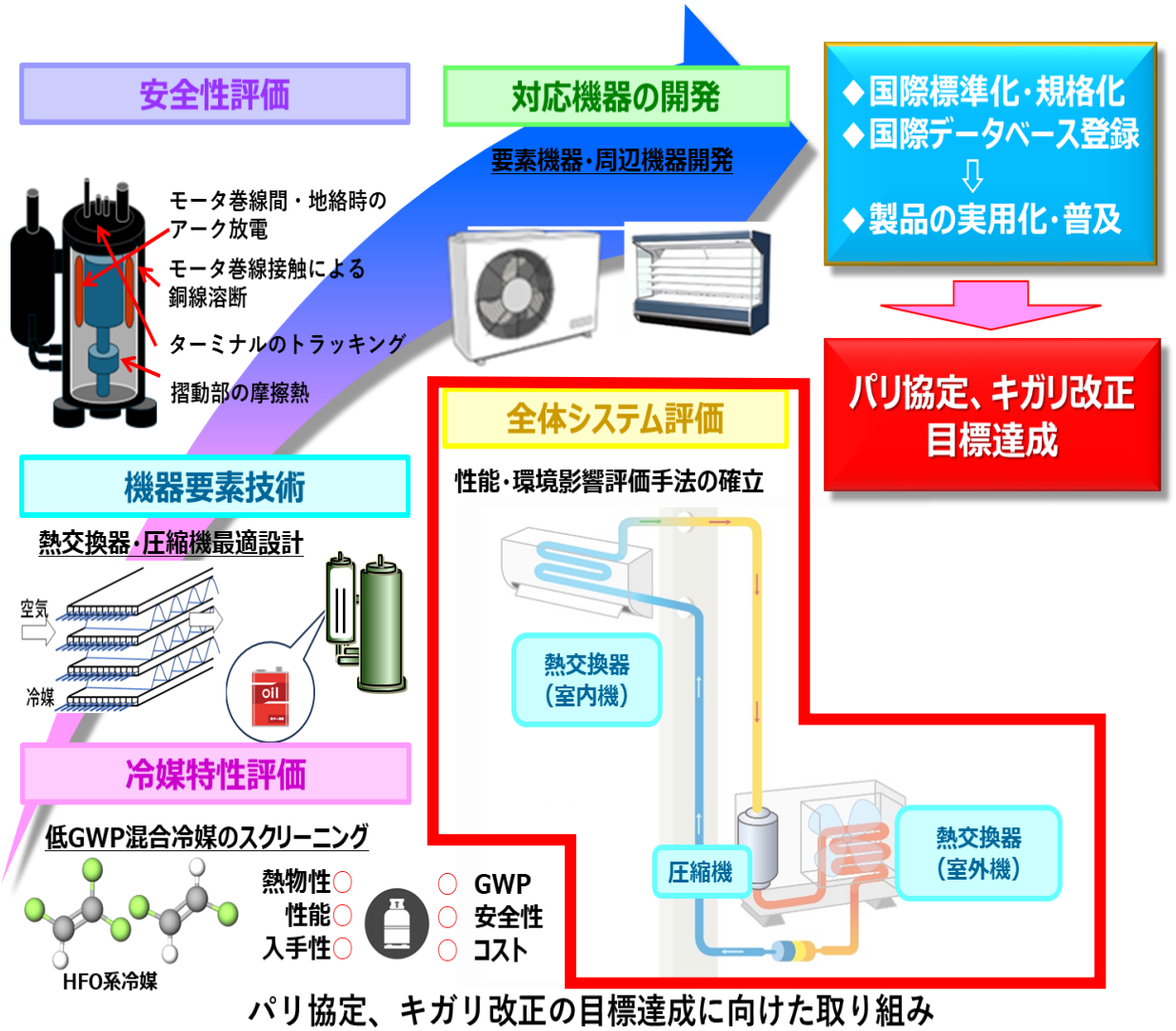


背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

●背景：未だ次世代冷媒候補が見つかっていない家庭用・業務用空調機に対する低GWP冷媒の選定には、それら冷媒を導入した機器の性能を公平に評価する必要がある。しかし、製品もまだ開発されていない現状では、評価条件次第でいかような結果も得られてしまう状況である。

●目的：次世代冷媒導入機器を含め、実機レベルでの機器性能を評価可能なシミュレーション技術、高精度実運転評価技術を確立することによって、公平公正に次世代冷媒の機器性能を評価できる体制を構築し、高性能な次世代冷媒導入機器の早期上市に貢献。

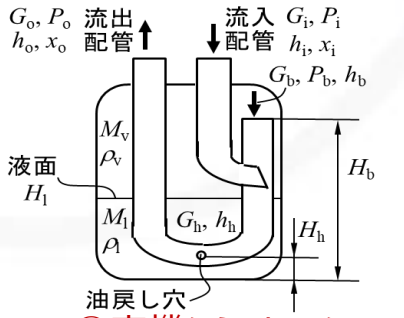
●規格・標準化・指針等との関係：
多様な冷媒に対し機器の性能が高精度に評価できる理論としてのシミュレーション技術、実機評価技術を開発することによって性能評価技術の国際標準化や規格化を目指す。



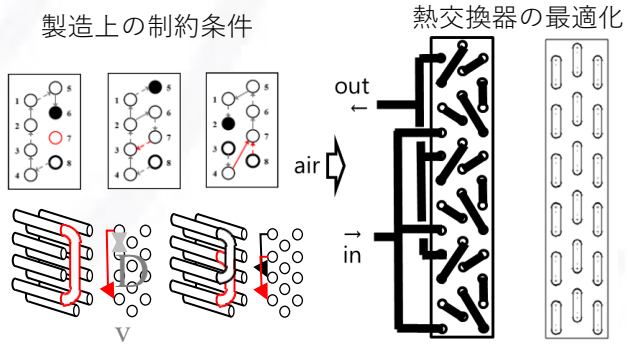
研究開発項目

	委託	再委託	研究開発項目	事業者
評価G	評A-1		次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発	学校法人早稲田大学
		評A-2	冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発	国立大学法人電気通信大学

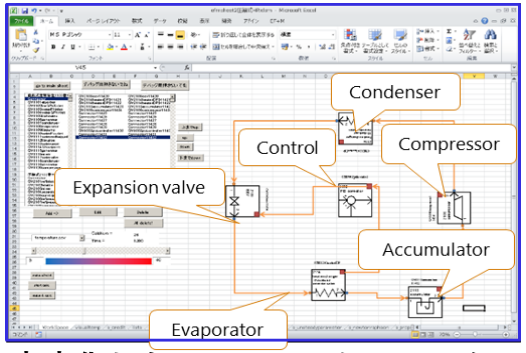
＜実施内容＞：シミュレーション技術や機器性能評価技術をさらに高度化することによって，公平な評価基準の中で次世代冷媒機器を理論と実機の両面から性能面から評価可能な体制を整える．



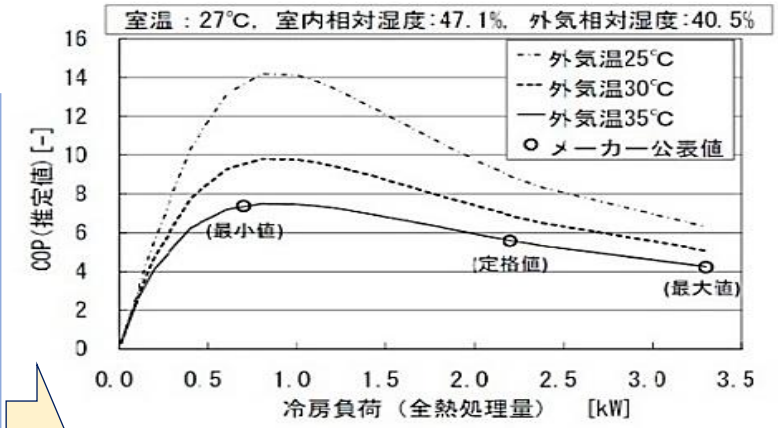
①実機シミュレーション技術の高精度化



②シミュレーターの最適化解析技術

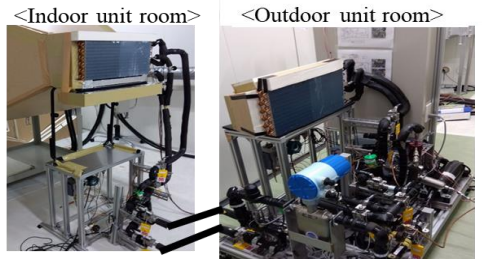


高度化したシステムシミュレーター



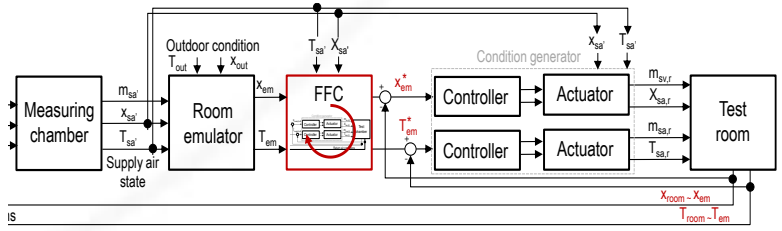
冷房負荷と COP 推定値の関係

年間性能評価



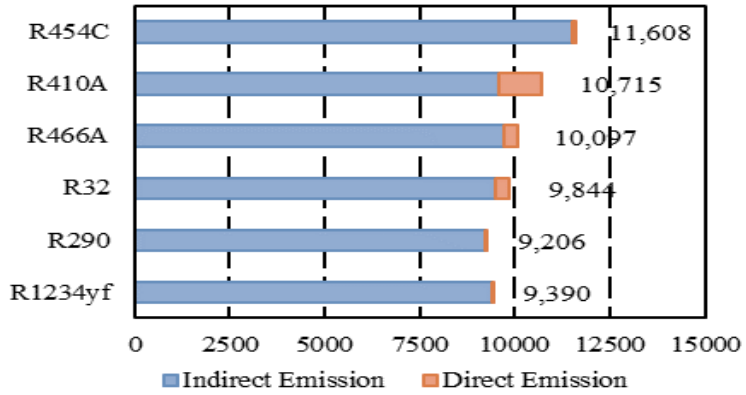
最適化検証装置

③冷凍サイクルシステム評価技術研究開発





実運転性能試験装置



LCCP評価（ライフサイクル評価）

実施体制

NEDO

早稲田大学

研究実施場所：
理工学術院（西早稲田キャンパス、早稲田キャンパス、喜久井町キャンパス）

研究開発項目：
評A-1: 次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発

評A-1-1 冷凍サイクル実機シミュレーション技術研究開発

評A-1-2 冷凍サイクルシミュレーターの最適化技術研究開発

評A-1-3 冷凍サイクルシステム評価技術研究開発

評A-1-4 他事業者・外部との連携、国際標準化・規格化への取り組み

再委託 →

電気通信大学

研究実施場所：
調布キャンパス(調布)

研究開発項目：
評A-2 冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発

情報共有 ↔

日本冷凍空調工業会、エイゾス
NEDO次世代冷媒システム評価委員会（早稲田大学主催）

情報交換 ↔

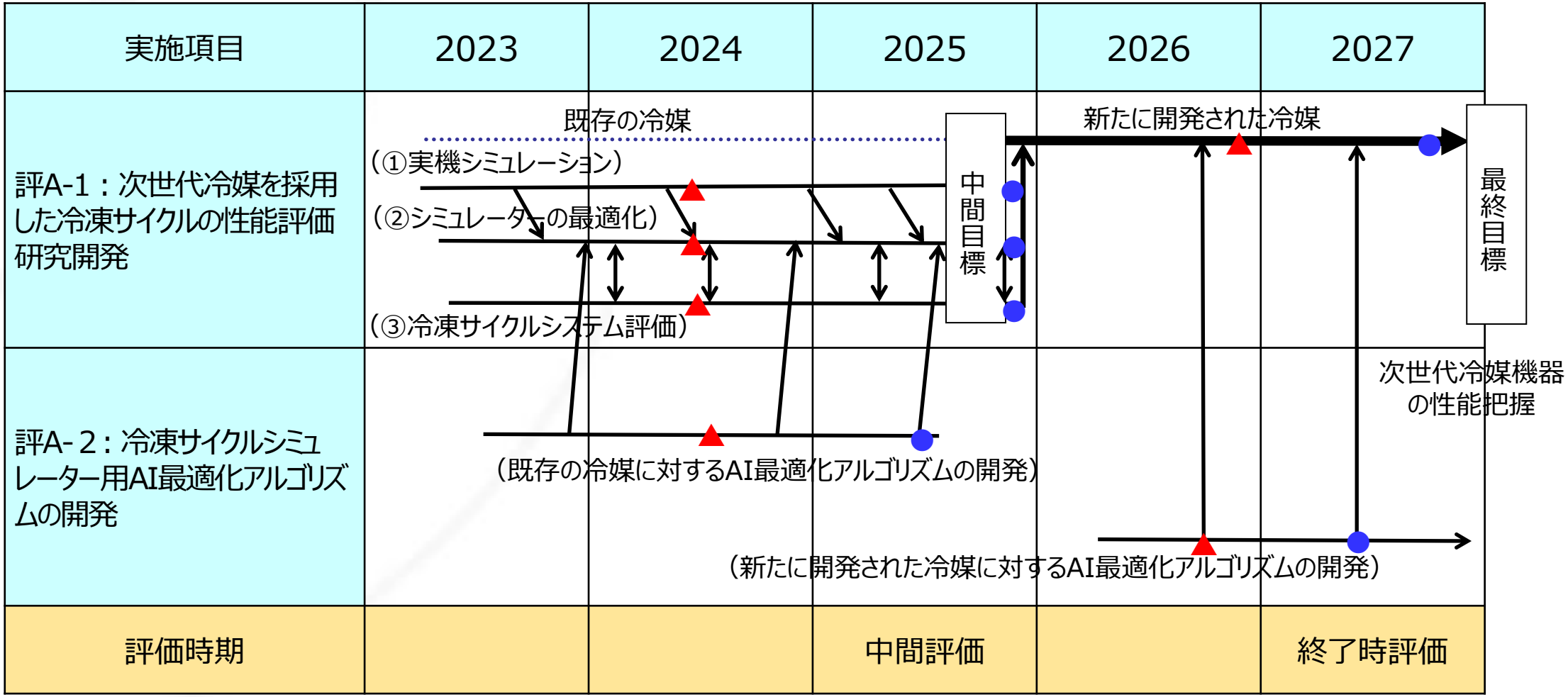
日本冷凍空調工業会
冷媒評価WG（日冷工主催）
LCCPWG（日冷工主催）
次世代エアコン性能規格検討分科会（日冷工主催）

実施概要と目標（中間・最終）と根拠

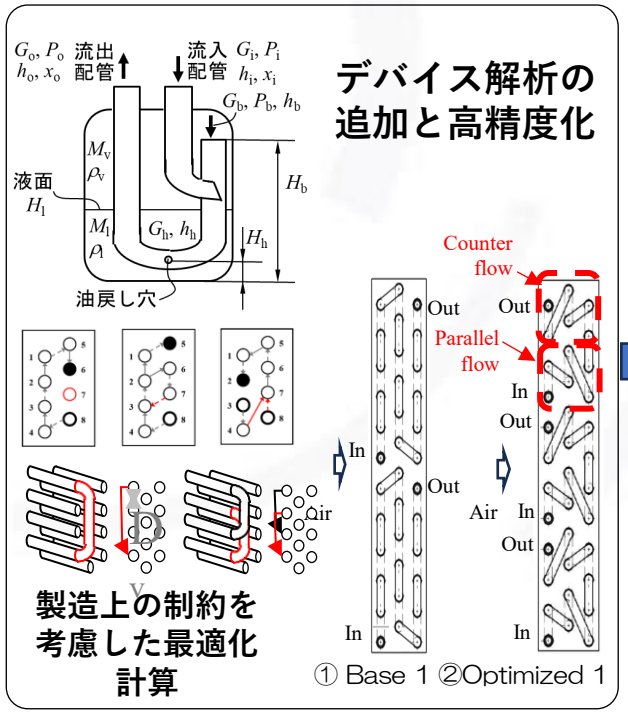
実施項目	実施内容	事業者	中間目標	最終目標	根拠
評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発	ー	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能をシミュレーションと性能評価装置にて検証し、5%程度の精度で実現	各Grが開発した次世代冷媒に対して本Grが開発したシミュレーターや性能評価装置にて検証し、5%程度の精度で実現（各Grにフィードバックしながら改善）	最適化された熱交換器シミュレーターと候補冷媒の選定の上では環境影響評価も含めて総合的な判断が必要である。 対応機器の開発加速化のためには、実用に即した評価手法の確立が必要である。
評A-1	次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発	（学）早稲田大学	• 最適化熱交換器シミュレーター開発 • 高度システムシミュレーター開発 • 妥当性検証装置の開発と妥当性確認実験	物性が整備された次世代冷媒も対象として実機レベルの機器性能を予測可能とし，冷媒性能の比較検討を実施する.	実機としての評価が可能となるシミュレーターや評価装置を開発することによって、いち早い機器性能評価を可能とする。。
評A-2	冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発	（国）電気通信大学	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムの構築	製作上実現可能な条件下での熱交換器の最適化を実現するアルゴリズムの開発、改良	実機として実現性ある熱交換器分析が可能となるように、熱交換器シミュレーターに搭載する熱交換器の最適化を実現するアルゴリズムの実現。

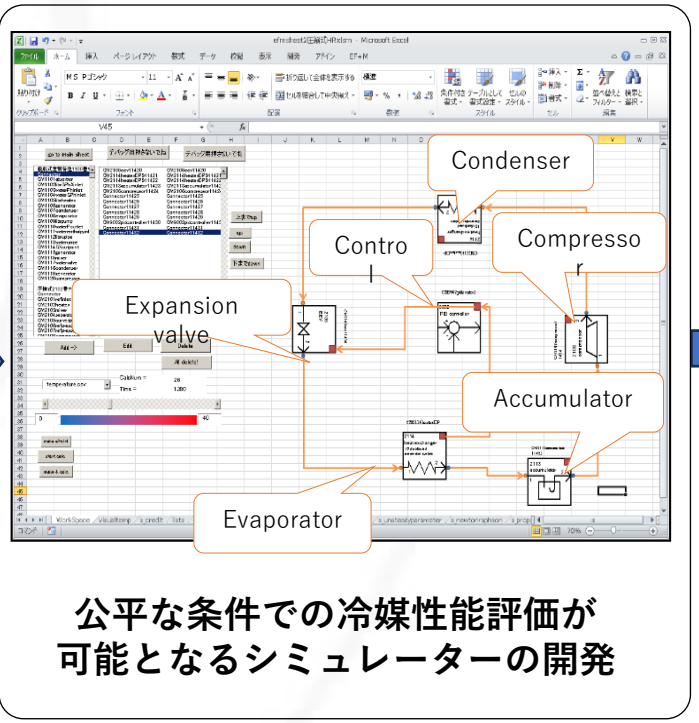
研究開発スケジュール

▲：基本原理確認　●：基本技術確立

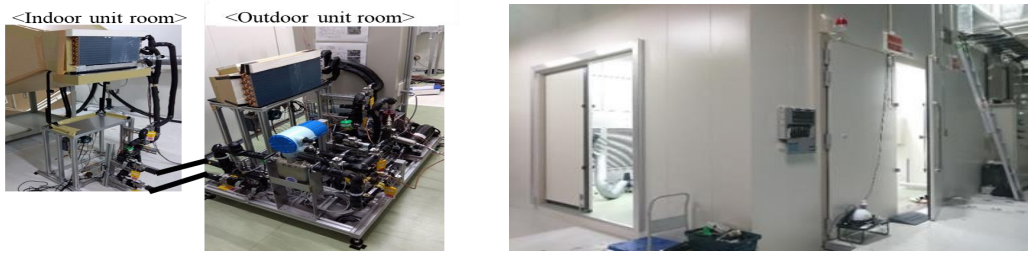


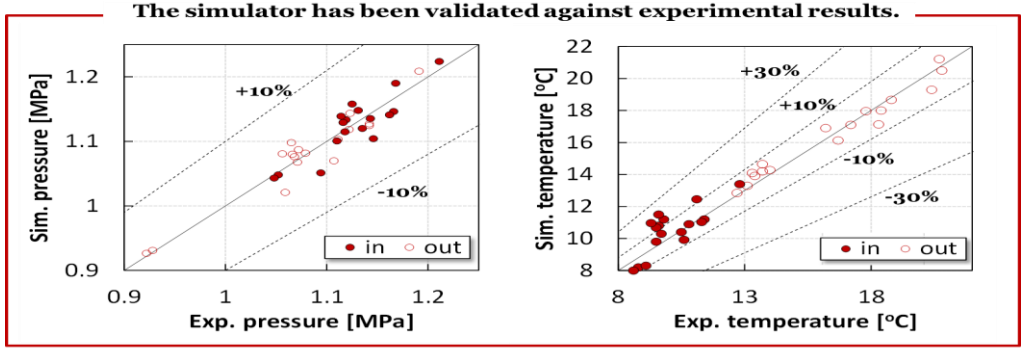
成果と意義：【評A-1】次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発





公平な条件での冷媒性能評価が可能となるシミュレーターの開発





高精度実運転性能評価装置，最適化検証装置を用いた最適化計算の妥当性検証とシステム評価

成果

- アキュムレーターやプレート熱交換器モデルの改良や拡充によるシステムシミュレーターの高度化
- 妥当性が確認された中でしかも製作が可能な条件下でシミュレーターによる機器性能の分析実現
- 非共沸を含む各種冷媒の性能比較(既存冷媒)

意義

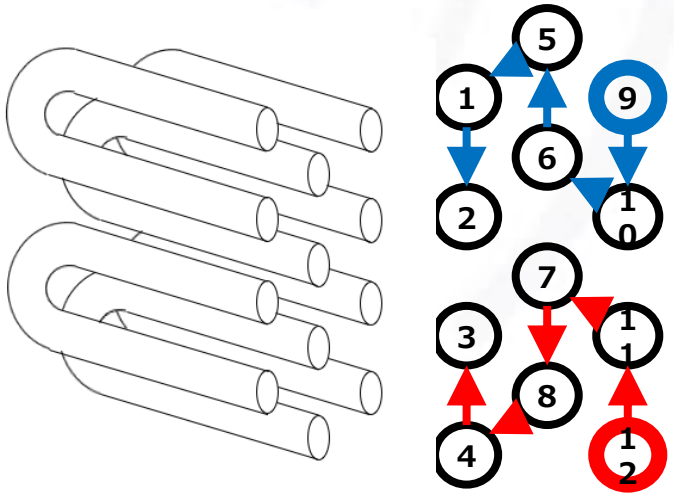
実機として製作が可能な実現性あるなかでの最適化を実現

- 各種冷媒ごとに最適化された機器による公平な条件での機器性能の評価や比較が可能
- 日本冷凍空調工業会における標準ツール化
- システム性能評価法の国際規格化

成果と意義：【評A-2】冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発

評A-2　AI最適化アルゴリズムの開発

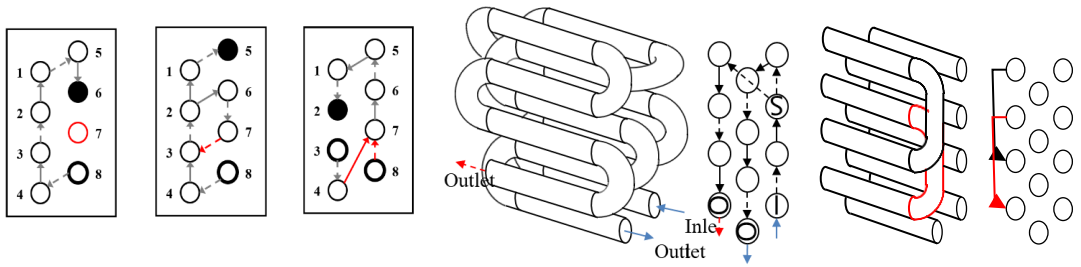
熱交換器のベント管に対する製造上の物理的制約条件をAI最適化アルゴリズムへ反映



制約を入れることにより、実現不可能な最適化結果になる可能性が減少するとともに、最適化対象の探索範囲が大幅に縮小
→ 最適化に必要な時間短縮が見込まれる

制約条件については，日冷工と情報交換により集約

＜制約条件の例＞



成果
- **AI最適化アルゴリズムを開発した**
- **熱交換器を実際に製造する工程における各種の制約条件について網羅的に洗い出した.**
- **日冷工と情報交換により、最終的に10の制約（1つは必須、9つはオプション）を整理した.**

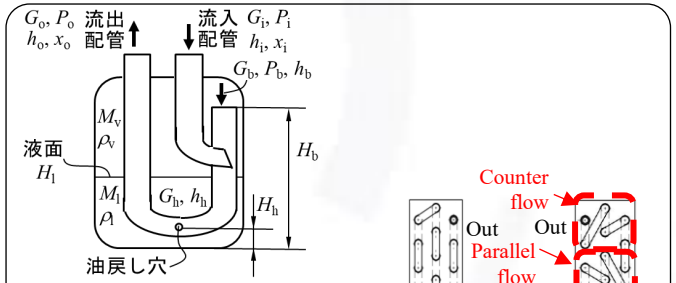
意義
- **評A-1-2に，開発したアルゴリズムを実装することによって実機製作上の制約を考慮した熱交換性能を解析できる熱交換器シミュレーターが実現**
- **既存の低GWP冷媒ごとに最適化した冷凍空調機器による公平な条件での冷媒性能評価が可能**

目標達成状況（中間年度見通し）

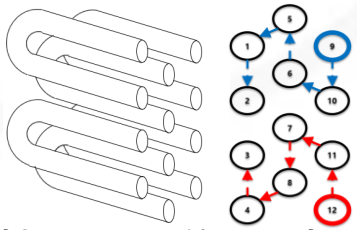
◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

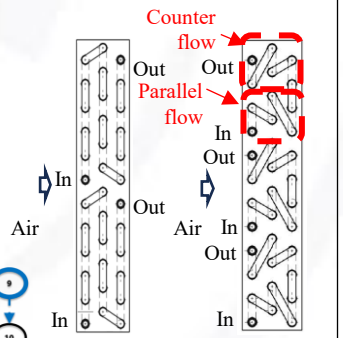
実施項目	実施内容	事業者	目標（2026年３月）	成果（2026年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
評価Gr	低GWP混合冷媒のシステム評価手法開発	ー	■ 最適化検証装置の製作とこれを用いた最適化計算の妥当性検証 ■ 最適化した熱交換器を用いたLCCP等の評価	■ 物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を5%程度の精度で実現。	○ 2026年3月達成見込み	■ 当初目標を達成。 ■ 国際規格化も順調に進めている
評A-1	次世代冷媒を採用した冷凍サイクルの性能評価研究開発	（学）早稲田大学	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を５%程度の精度で予測可能とする	物性が整備されている従来冷媒を主たる対象として実機レベルの機器性能を５%程度の精度で予測可能を実現	○ 2026年3月達成見込み	目標通りのため達成と評価
評A-2	冷凍サイクルシミュレーター用AI最適化アルゴリズムの開発	（国）電気通信大学	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムを構築する	熱交換器最適化に対して、実際に製造する工程における各種の制約条件を考慮した新アルゴリズムの構築	○ 2026年3月達成見込み	目標通りのため達成と評価

成果と意義（中間年度見通し）



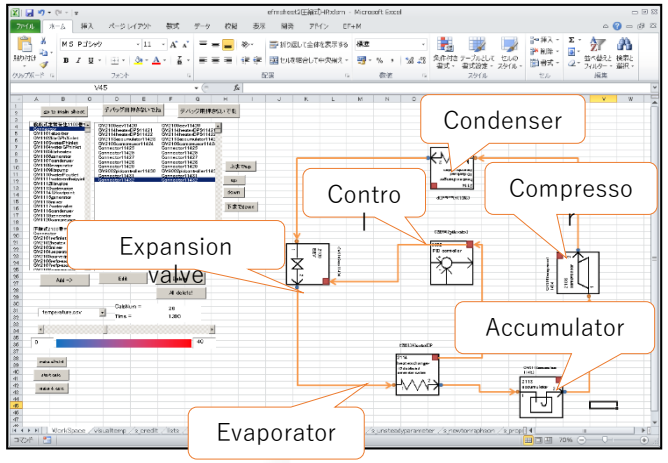
デバイス解析の追加と高精度化



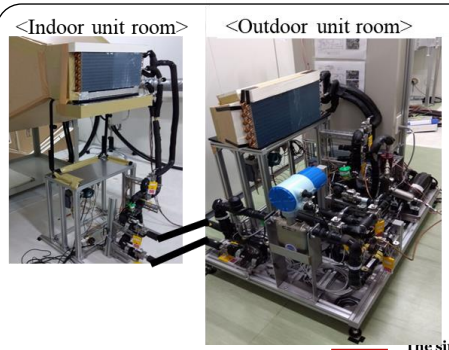


最適化計算

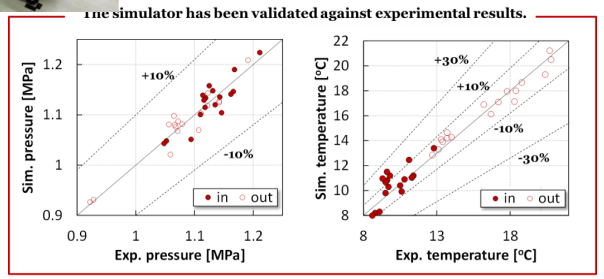
製造上の制約を考慮した最適化アルゴリズム



公平な条件での冷媒性能評価が可能となるシミュレーターの開発







高精度実運転性能評価装置，最適化検証装置を用いた最適化計算の妥当性検証とシステム評価

成果

- 実機が存在しない中でも，実機レベルの評価を可能とするシステムシミュレーター実現に向けた改良や拡充
- 妥当性が確認された中でしかも製作が可能な条件下でシミュレーターによる機器性能の分析実現
- 非共沸を含む各種冷媒の性能比較(既存冷媒)

意義

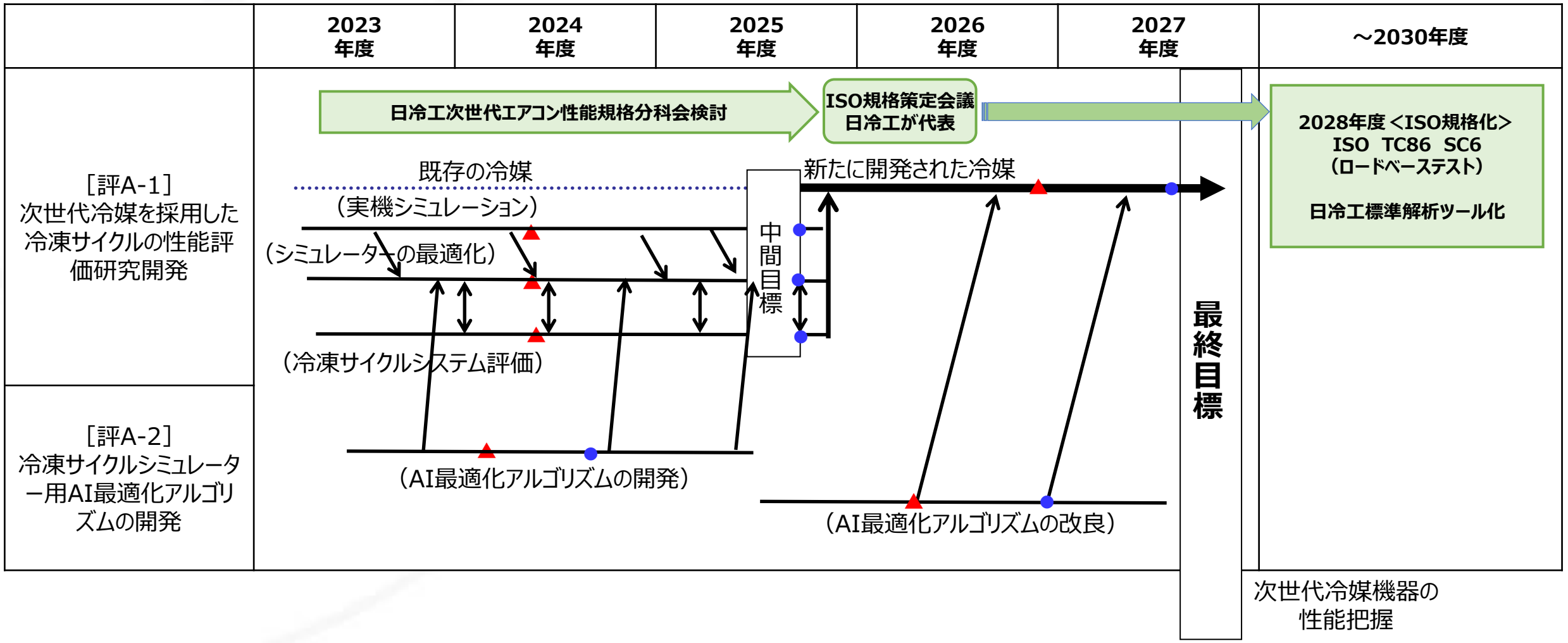
実機として製作が可能な実現性あるなかでの最適化を実現

- 各種冷媒ごとに最適化された機器による公平な条件での機器性能の評価や比較が可能
- 日本冷凍空調工業会における標準ツール化
- 機器評価法の国際規格化

アウトカム達成に向けた戦略・具体的取組

＜ロードマップイメージ＞

▲：基本原理確認　●：基本技術確立



補足）23、24年度の成果と課題、25年度の計画

評A-1-2 最適化技術（最適化計算）

<各年度の目標>

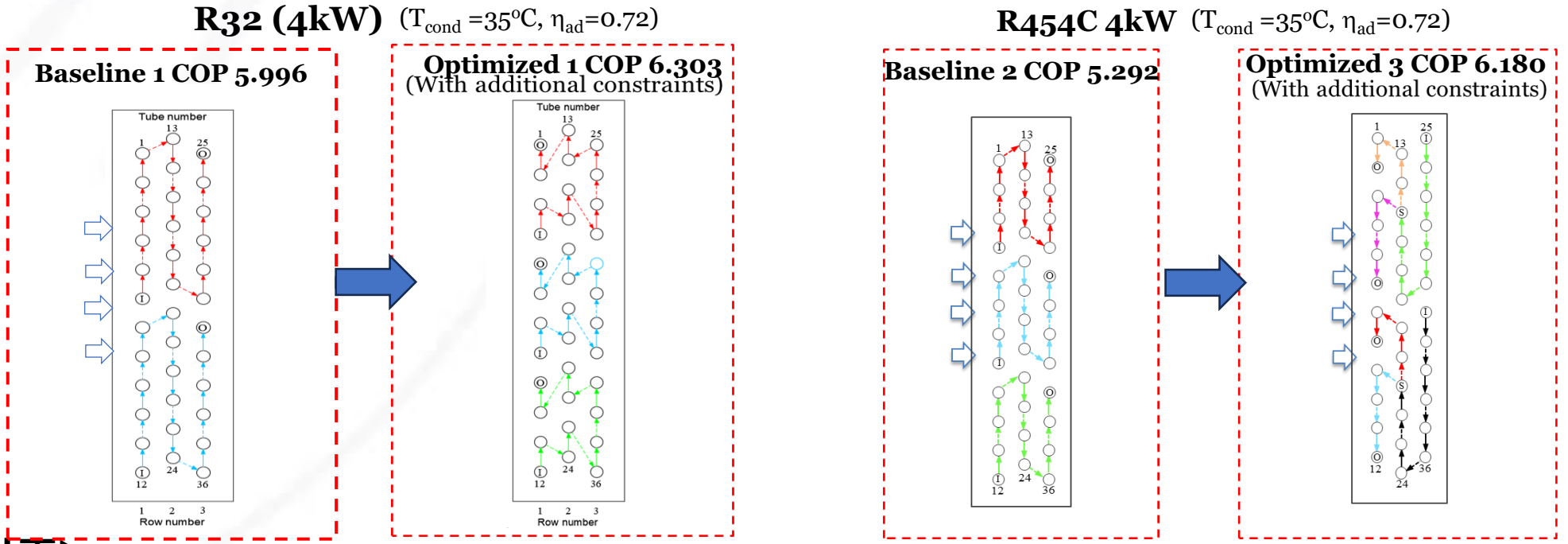
- **2023年度目標**：最適化熱交換器シミュレーターの構築
- **2024年度目標**：実機製作上の制約を考慮した熱交換器シミュレーターの開発

達成状況：実機製作上の制約を考慮した熱交換器シミュレーターを開発

（現在までに解析した冷媒は、R410A、R32、R454C．各パラメーターをチェック中）

<達成状況>

解析結果例



<2025年度の計画>

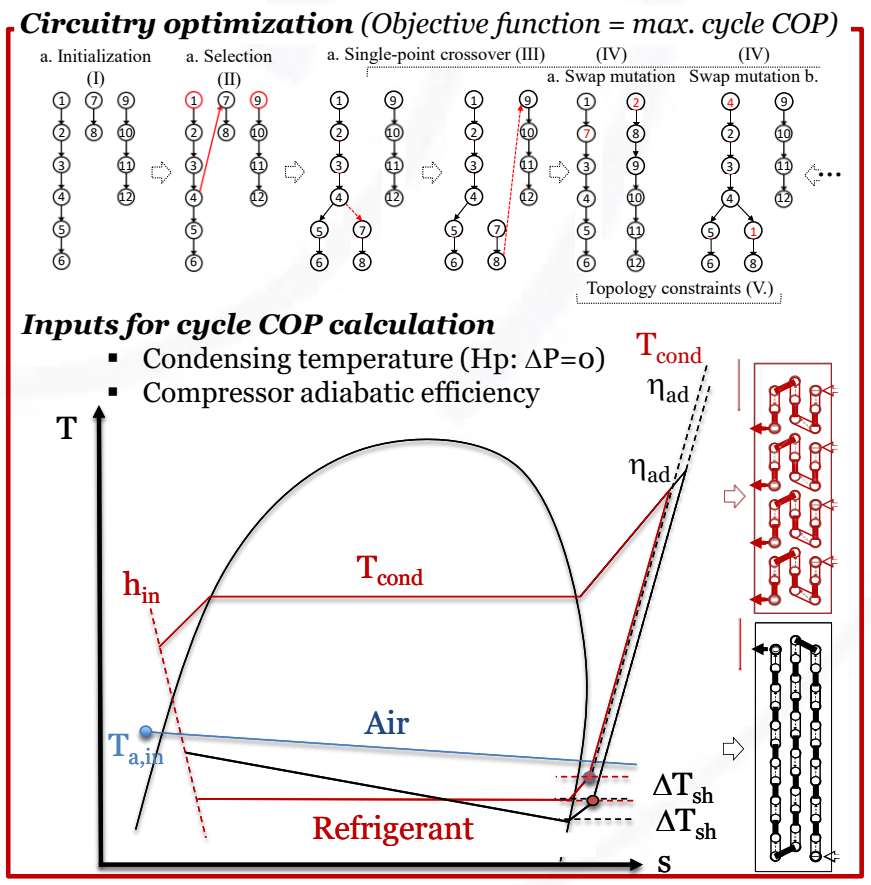
さらに最適化の妥当性検証を進める．

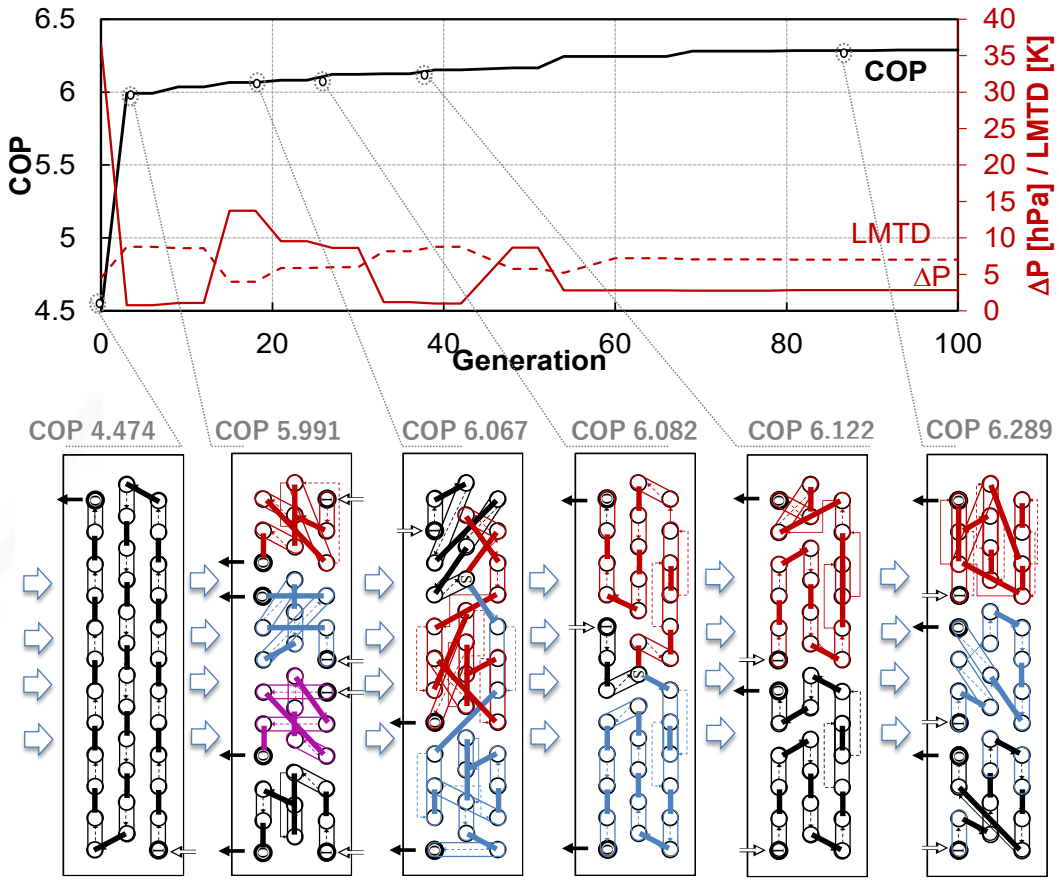
熱交換器シミュレーターで実機製作上の制約を考慮して最適化されたパス形状における熱交換器の効率向上効果が確認できた．

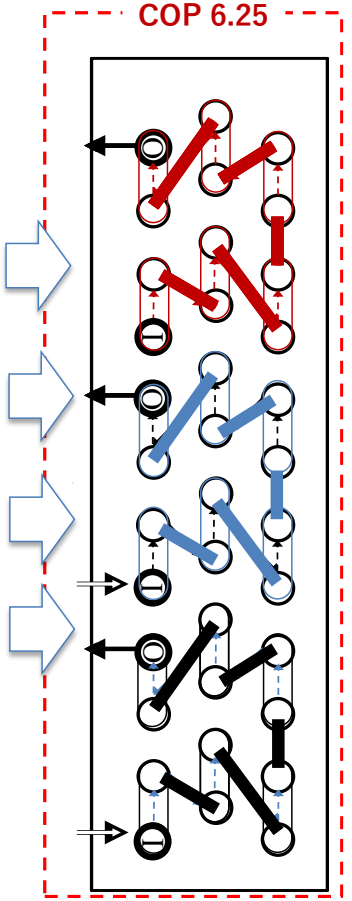
補足）23、24年度の成果と課題、25年度の計画

＜達成状況詳細＞

熱交換器最適化アルゴリズムを搭載したシミュレーターの探索世代による冷媒パスとCOPの推移（例）







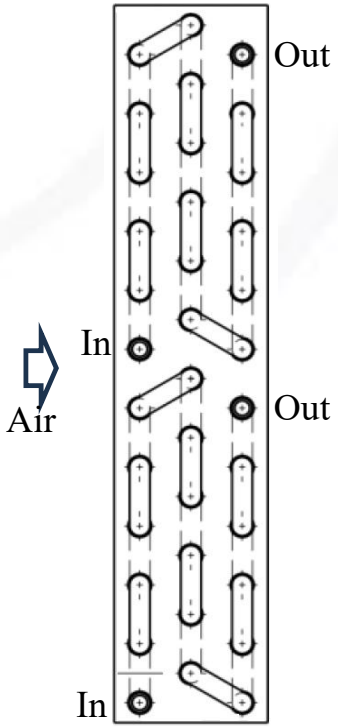
探索世代の進展により、冷媒パスが整理されつつあり、かつ、COPが向上していくことがわかる.

補足） 23、24年度の成果と課題、25年度の計画

＜達成状況詳細：シミュレーション結果＞

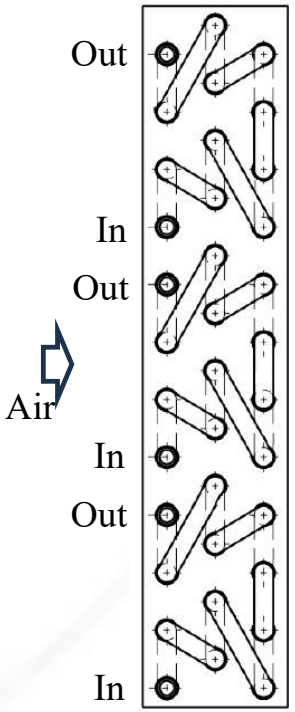
The benefit of optimized circuitries was verified experimentally supporting the validity of the algorithm

Exp 3.1 (base) Q 3.95kW

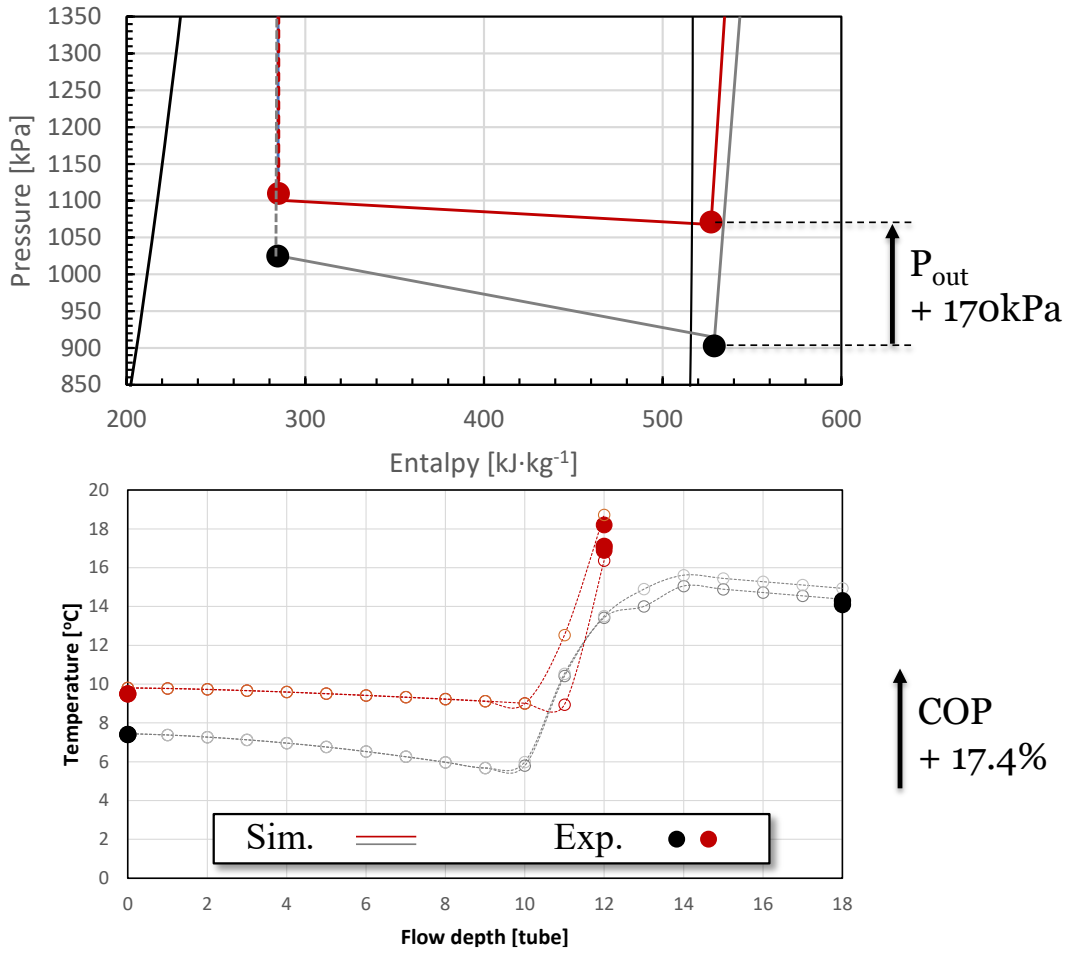


T_{cond} 52.5 °C
SC 7.9K
SH 10.9K
V_{air} 2.08m/s

Exp 5.1 (Opt.) Q 4.01kW



T_{cond} 52.1 °C
SC 7.4K
SH 8.3K
V_{air} 2.11m/s



補足） 23、24年度の成果と課題、25年度の計画

評A-1-3 冷凍サイクルシステム評価（妥当性検証）

<各年度の目標>

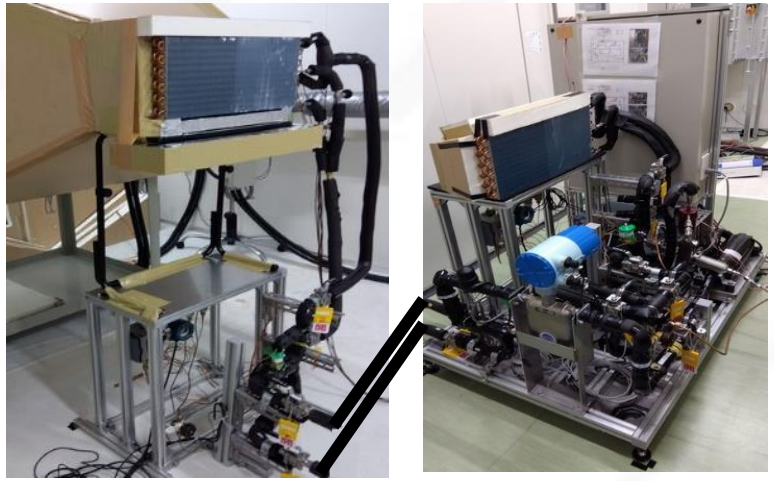
- **2023年度目標**：妥当性検証のための最適化検証装置の構築
- **2024年度目標**：熱交換器シミュレーターで得られた結果に対する妥当性検証の実施

達成状況：熱交換器シミュレーターで得られた結果に対する妥当性検証を実施した
（R32で3種類、R454Cで2種類の熱交換器の試験をする）

<達成状況>

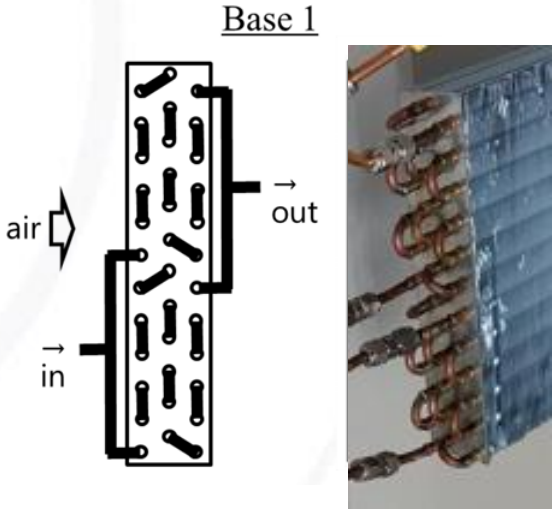
最適化検証装置を用いて，製作した熱交換器の評価を実施.

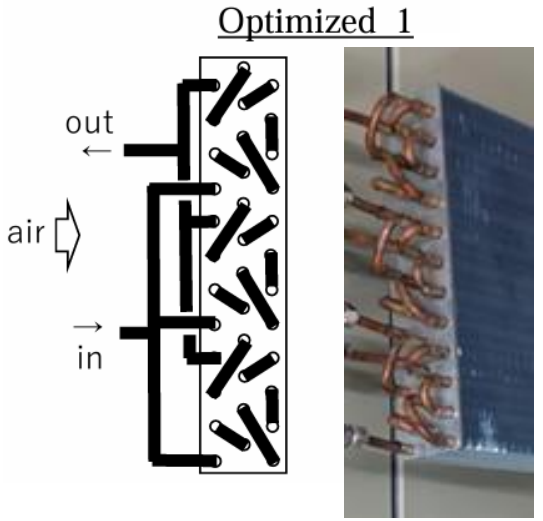
<Indoor unit room>　<Outdoor unit room>



2023年度に構築した最適化検証装置

R32：① Base 1、②Optimized 1、③Optimized 2
R454C：①Base 2 、②Base 2 -C、（ ③Optimized 3）





<2025年度の計画>

R32, R454Cを対象として，妥当性検証のための実験を実施

補足） 23、24年度の成果と課題、25年度の計画

＜達成状況詳細：実験結果＞

測定データのうち凝縮器出口過冷却度がほぼ同じデータを比較する．いずれも，環境条件は，室内DB27℃/WB19℃，室外DB29℃/WB19℃である．

Item	Base 1		Optimized 1	
Cooling capacity (kW)	3.950	3.052	4.008	3.038
Compressor discharge pressure (MPa)	3.366	2.966	3.390	2.897
Degree of subcooling (°C)	7.9	8.5	7.4	7.0
Evaporator differential pressure (kPa)	118.0	53.4	34.5	18.8
Evaporator inlet enthalpy (kJ/kg)	284.7	272.3	285.0	273.5
Evaporating temperature (°C)	5.4	9.3	9.5	10.8
Degree of superheat of evaporator outlet (°C)	10.9	4.5	8.3	8.3
Compressor suction pressure (MPa)	0.858	1.038	1.038	1.106
Compressor rotational speed (rps)	63.0	40.0	53.5	37
Refrigerant mass flow rate (kg/h)	58.20	43.86	59.56	43.06
Air velocity of evaporator (m/s)	2.08	1.64	2.11	1.63

（冷媒：R32）

Cooling capacity		4.0 kW	3.0 kW
COP	①Base 1	3.213	4.608
	②Optimized 1	3.869	5.025
	Improvement rate	+20.5%	+9.1%

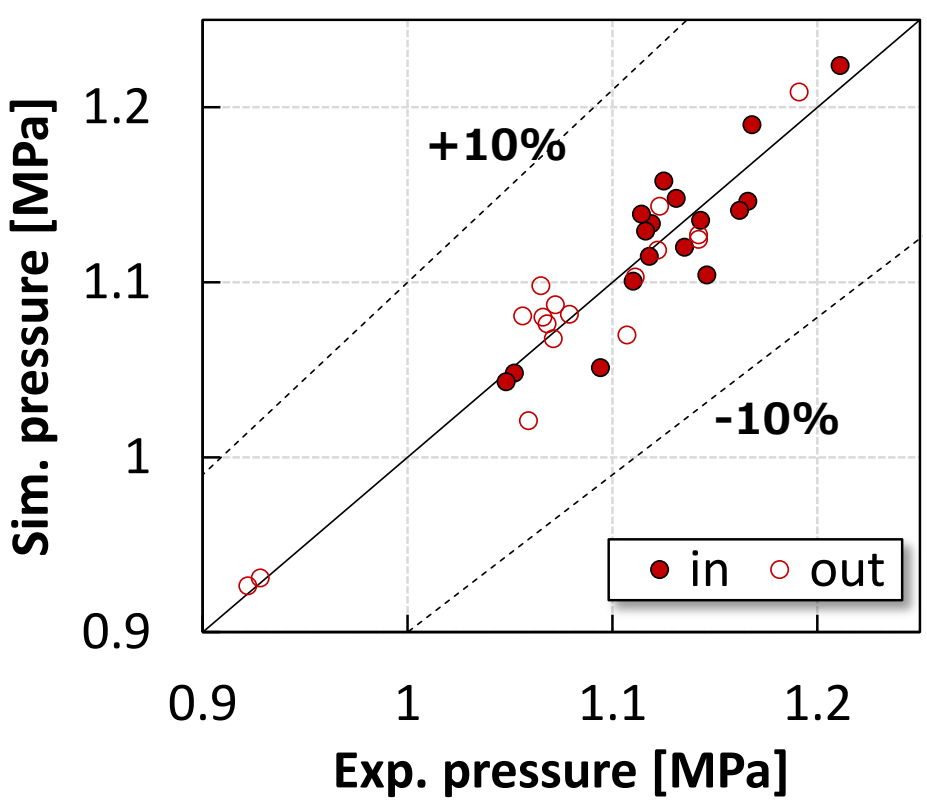
熱交換器シミュレーターで最適化された形状による熱交換器の性能向上が確認でき，熱交換器シミュレーターの妥当性が検証できた．

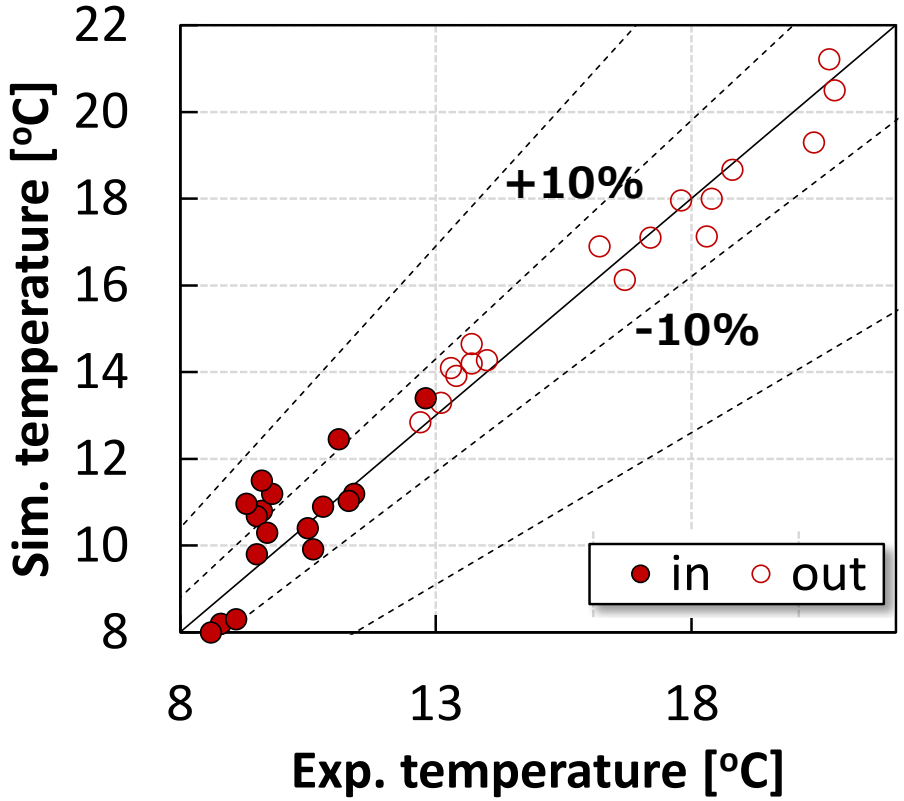
Optimized 1はBase 1に対して，差圧が小さく，蒸発温度が高くなっている．差圧・蒸発温度の改善度合いは3.0 kWよりも4.0 kWの方が大きい．

補足） 23、24年度の成果と課題、25年度の計画

＜達成状況詳細＞

シミュレーターの妥当性検証（実験値とシミュレーション計算値の比較）





実験値とシミュレーション計算値は概ね5～10%の精度で合っており、妥当性が検証できた.

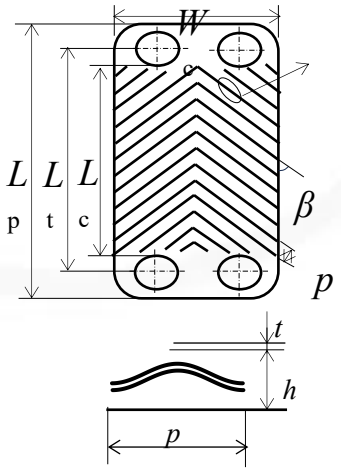
補足） 23、24年度の成果と課題、25年度の計画

評A-1-1 冷凍サイクル実機シミュレーション（モデル高度化）

<各年度の目標>

■ **2023年度目標**：既存の低GWP冷媒を解析できるアキュムレーターのモデリングを実施
■ **2024年度目標**：既存の低GWP冷媒の熱交換性能を解析できる熱交換器シミュレーターの開発
達成状況：アキュムレーターとプレート熱交換器の計算が可能となるモデルを構築

<達成状況>



L	：	プレート長さ	(m)
W	：	プレート幅	(m)
t	：	プレート厚さ	(m)
p	：	波形ピッチ	(m)
β	：	波形角度	(°)
h	：	波形深さ	(m)
δ	：	プレート間隔	(m)
n	：	プレート枚数	(-)
A	：	プレート1枚当たりの伝熱面積	(m^2)
D_{eq}	：	相当直径	(m)
ϕ	：	面積拡大率	(-)

単相・二相の熱伝達率・圧力損失の汎用的なモデル（波形角度βと面積拡大率ϕの双方が含まれている式）を調査・抽出した．

単相熱伝達率 ･･･Muley-Manglioの式，Martinの式のいずれかを使用

Muley-Manglik's equation:

$$Nu=\left(0.2668-6.967\cdot10^{-3}\cdot\beta+7.244\cdot10^{-5}\cdot\beta^2\right)\cdot\left(20.78-50.94\cdot\phi+41.16\cdot\phi^2-10.51\cdot\phi^3\right)\cdot Re^{0.728+0.0543\cdot\sin\{(\pi\beta/45)+3.7\}}\cdot Pr^{1/3}\cdot\left(\mu/\mu_{wall}\right)^{0.14}$$

Martin's equation:

$$Nu=\phi\cdot0.122\cdot Pr^{1/3}\cdot\left(\frac{\mu}{\mu_{wall}}\right)^{1/6}\cdot\left[\xi\cdot\left(\frac{Re}{\phi}\right)^2\cdot\sin\left(2\cdot\beta\right)\right]^{0.374}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\xi}}=\frac{\cos\beta}{\sqrt{0.18\cdot\tan\beta+0.36\cdot\sin\beta+\xi_0/\cos\beta}}+\frac{1-\cos\beta}{\sqrt{3.8\cdot\xi_{1,0}}}$$

$$\xi_0=\frac{64\cdot\phi}{Re}\quad(Re<2000),\qquad\xi_0=\left(1.8\cdot\log_{10}\frac{Re}{\phi}-1.5\right)^{-2}\quad(Re\geqq2000)$$

$$\xi_{1,0}=\frac{597\cdot\phi}{Re}+3.85\quad(Re<2000),\qquad\xi_{1,0}=\frac{39}{\left(Re/\phi\right)^{0.289}}\quad(Re\geqq2000)$$

<2025年度の計画>
圧縮機モデルの高度化

単相摩擦損失 ･･･Muley-Manglioの式，Martinの式のいずれかを使用

$$\Delta P=2\cdot f\cdot\frac{G^2}{\rho}\cdot\frac{L}{D_{eq}}$$

Muley-Manglik's equation:

$$f=\left(2.917-0.1277\cdot\beta+2.016\cdot10^{-3}\cdot\beta^2\right)\cdot\left(5.474-19.02\cdot\phi+18.93\cdot\phi^2-5.341\cdot\phi^3\right)\cdot Re^{-\left[0.2+0.0577\cdot\sin\{(\pi\beta/45)+2.1\}\right]}$$

Martin's equation:

$$f=\phi\cdot\xi/4,\qquad\frac{1}{\sqrt{\xi}}=\frac{\cos\beta}{\sqrt{0.18\cdot\tan\beta+0.36\cdot\sin\beta+\xi_0/\cos\beta}}+\frac{1-\cos\beta}{\sqrt{3.8\cdot\xi_{1,0}}}$$

$$\xi_0=\frac{64\cdot\phi}{Re}\quad(Re<2000),\qquad\xi_0=\left(1.8\cdot\log_{10}\frac{Re}{\phi}-1.5\right)^{-2}\quad(Re\geqq2000)$$

$$,\quad\xi_{1,0}=\frac{597\cdot\phi}{Re}+3.85\quad(Re<2000),\qquad\xi_{1,0}=\frac{39}{\left(Re/\phi\right)^{0.289}}\quad(Re\geqq2000)$$

凝縮熱伝達率 ･･･岡崎らの式

$$Nu=\phi\cdot1.172\cdot Pr^{1/3}\cdot\left[\xi\cdot\left(\frac{Re}{\eta}\right)^2\cdot\sin\left(2\cdot\beta\right)\right]^{0.28},\qquad\frac{1}{\sqrt{\xi}}=\frac{\cos\beta}{\sqrt{0.18\cdot\tan\beta+0.36\cdot\sin\beta+\xi_0/\cos\beta}}+\frac{1-\cos\beta}{\sqrt{3.8\cdot\varsigma_{1,0}}}$$

$$\xi_0=\frac{64\cdot\phi}{Re}\quad(Re<2000),\qquad\xi_0=\left(1.8\cdot\log_{10}\frac{Re}{\phi}-1.5\right)^{-2}\quad(Re\geqq2000)$$

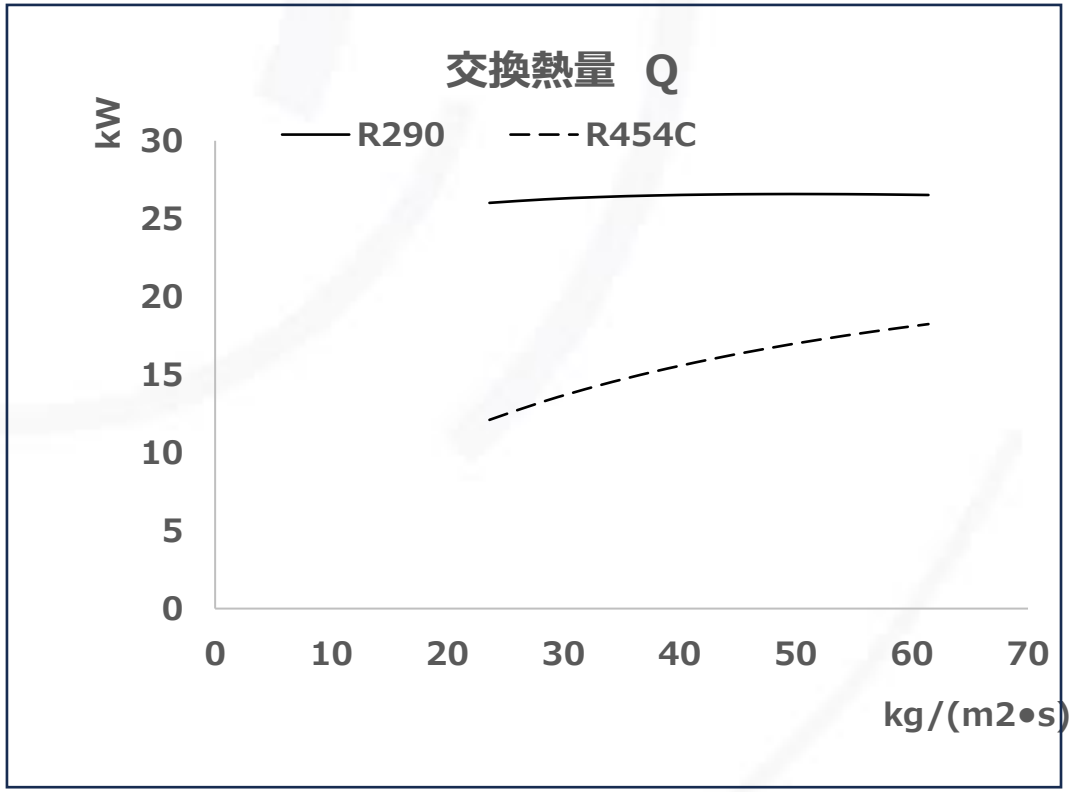
$$,\quad\xi_{1,0}=\frac{597\cdot\phi}{Re}+3.85\quad(Re<2000),\qquad\xi_{1,0}=\frac{39}{\left(Re/\phi\right)^{0.289}}\quad(Re\geqq2000)$$

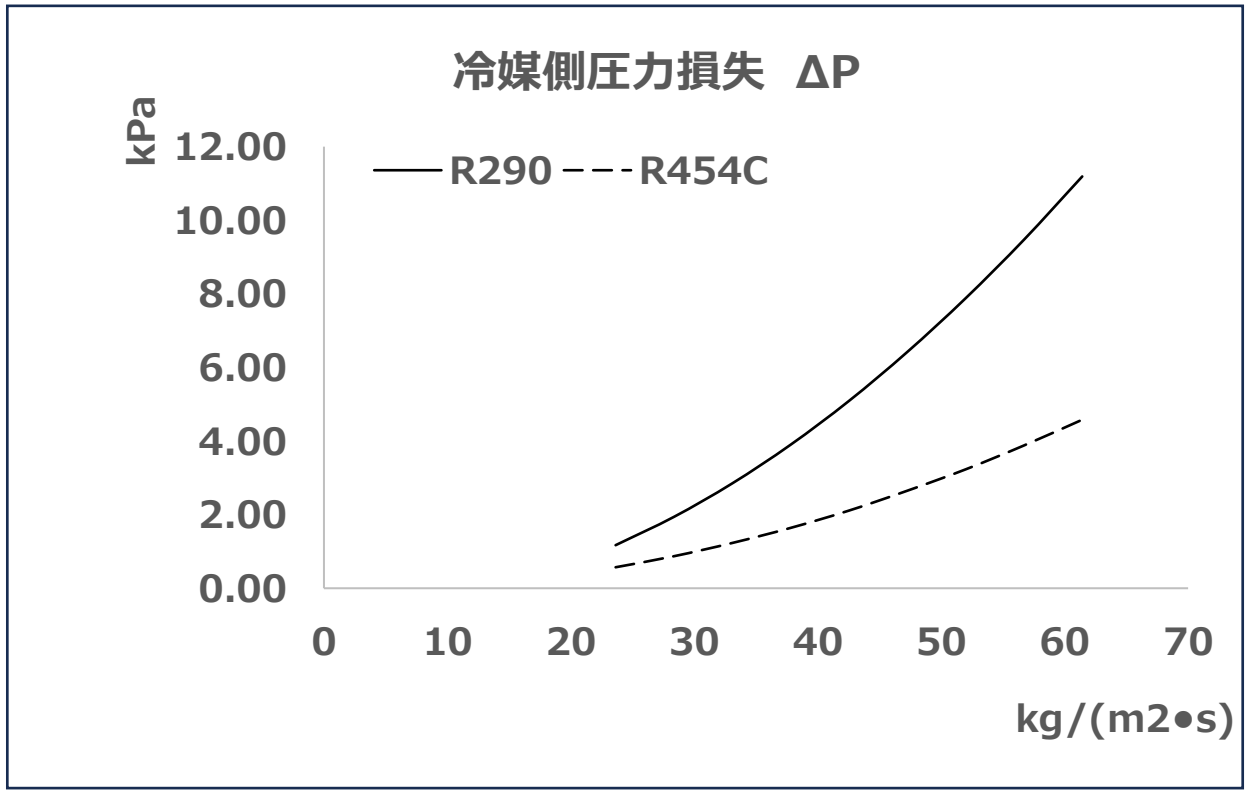
蒸発熱伝達率

波形角度βと面積拡大率ϕの双方が含まれているモデルは見当たらないため，実験を行って検討する．

補足） 23、24年度の成果と課題、25年度の計画

＜達成状況詳細＞ 凝縮器の計算例





②冷媒の流量変化計算例：冷媒側の質量流量を変化させて、プレート熱交換器における交換熱量と冷媒側の圧力損失を計算
水入口流量：40L/min, 水入口温度：40℃, 水入口圧力：1000kPa, 冷媒飽和ガス温度：50℃, 冷媒入口状態：飽和ガス

補足） 23、24年度の成果と課題、25年度の計画

「AI最適化アルゴリズムの開発」

＜各年度の目標＞

■ **2023年度目標**：AI最適化アルゴリズムの構築
■ **2024年度目標**：2023年度に考案したAI最適化アルゴリズムの検証及び改良

達成状況： AI最適化アルゴリズムを考案すると共に、検証と改良を実施

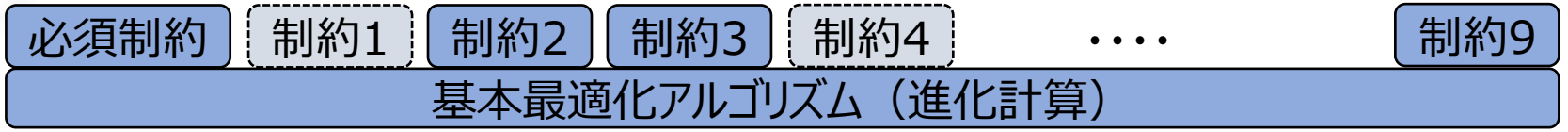
＜達成状況＞

2023年度の基本最適化アルゴリズムの検証を行うとともに、
熱交換器を実際に製造する工程における制約条件1つずつに対して、
その制約を確実に満たす最適化アルゴリズムの実装を進めている。



＜2024年度の内容＞

9のオプション制約それぞれについてON/OFFを可能にできるようにするため、合計2^9=512通りの最適化シナリオが想定される。
効率的なアルゴリズム実装に向けての検討を行い、2024年度中にはどの最適化シナリオに対しても、指定された全ての制約を確実に満たす設計を出力できるアルゴリズムを実装した。

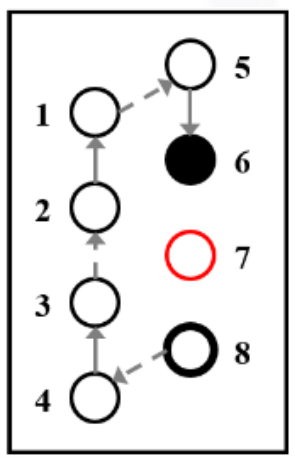


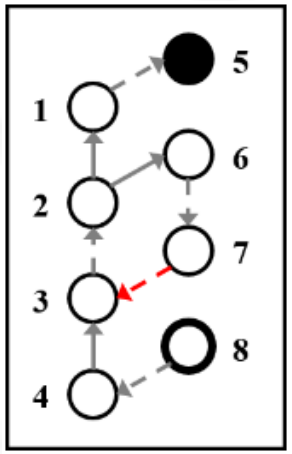
＜ 2025年度の計画＞

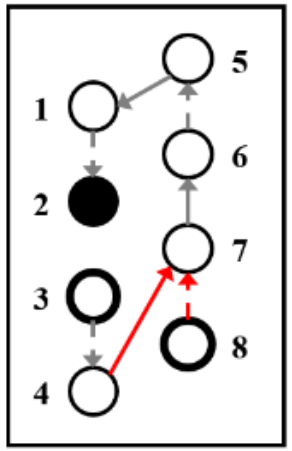
2025年度は、AIによる最適化性能を向上させる改良を行う。

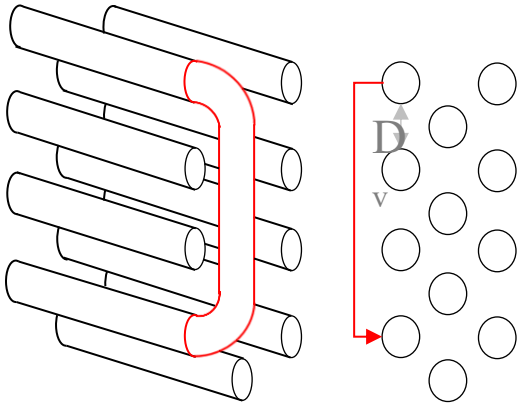
補足） 23、24年度の成果と課題、25年度の計画

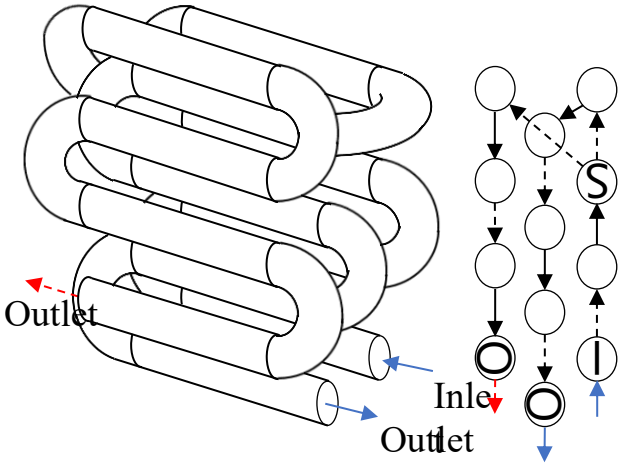
＜日冷工殿から提示のあったベント管の物理的制約条件＞

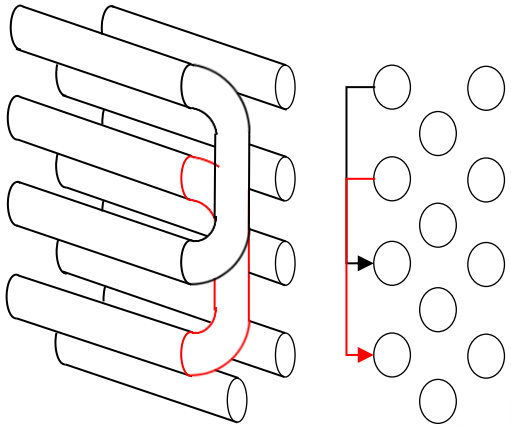


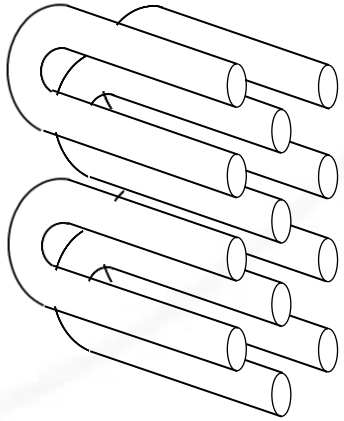


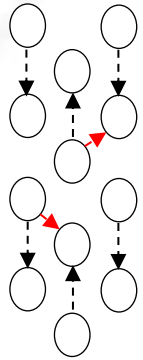


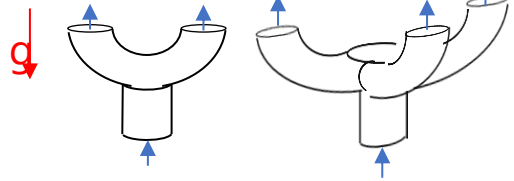


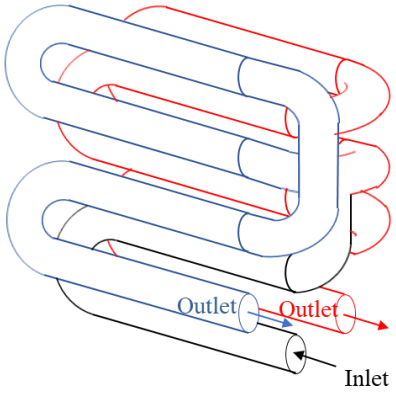


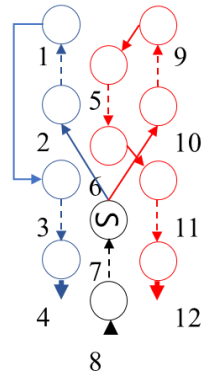


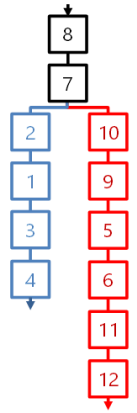












参考資料１　分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会
「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」（中間評価）分科会
議事録及び書面による質疑応答

日　時：2025 年 6 月 10 日（火）10：15～17：10
場　所：ステーションコンファレンス川崎　A/B/C 会議室（リモート開催あり）

出席者（敬称略、順不同）

＜分科会委員＞

分科会長	丸田　薫	東北大学　流体科学研究所　所長／教授
分科会長代理	中島　英彰	国立研究開発法人 国立環境研究所 地球システム領域　シニア研究員
委員	赤穂　啓子	経済ジャーナリスト/積水樹脂株式会社　取締役
委員	奥　真美	東京都立大学　都市環境学部 都市政策科学科　教授
委員	髭分　美次	一般社団法人 日本冷凍空調設備工業連合会 技術部　部長
委員	涌井　徹也	大阪公立大学　大学院工学研究科 機械系専攻　教授

＜推進部署＞

福永 茂和	NEDO サーキュラーエコノミー部 部長
森 智和(PM)	NEDO サーキュラーエコノミー部 チーム長
牛腸 誠	NEDO サーキュラーエコノミー部 主査
井上 由樹	NEDO サーキュラーエコノミー部 主査
鈴木 秀士	NEDO サーキュラーエコノミー部 主査
須澤 寛	NEDO サーキュラーエコノミー部 専門調査員

＜実施者＞

飛原 英治(PL)	東京大学 名誉教授
東 之弘(SPL)	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所附属 次世代冷媒物性評価研究センター 特任教授
赤坂 亮	九州産業大学 教授
宮良 明男	佐賀大学 教授
東 朋寛	一般財団法人 電力中央研究所 主任研究員
齋藤 潔	早稲田大学 教授
内藤 宏治	日立空調清水株式会社 部長

＜オブザーバー＞

山本 晃平	経済産業省　大臣官房 産業保安・安全グループ 化学物質管理課 オゾン層保護等推進室 課長補佐
小島 拓	経済産業省　大臣官房 産業保安・安全グループ 化学物質管理課 オゾン層保護等推進室 企画係長
亀山 秀雄	東京農工大学　名誉教授
高島 章吉	一般財団法人 日本冷媒・環境保全機構　専務理事
西村 伸也	大阪市立大学　名誉教授

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
根上 友美	経済産業省　イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐
白木 茜	経済産業省　イノベーション・環境局 研究開発課 係長
菱本 貴康	経済産業省　イノベーション・環境局 研究開発課 研究開発専門職
柴尾 優一	経済産業省　イノベーション・環境局 研究開発課
飯塚 裕介	NEDO イノベーション戦略センター 主査

＜評価事務局＞

山本 佳子	NEDO 事業統括部 研究評価課 課長
植松 郁哉	NEDO 事業統括部 研究評価課 主任
須永 竜也	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員
指田 丈夫	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員
宮代 貴章	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．プロジェクト説明・詳細説明

2.1 プロジェクトの説明

2.1.1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

2.1.2 目標及び達成状況

2.1.3 マネジメント

2.2 プロジェクトの詳細説明

2.3 質疑応答

３．プロジェクトの補足説明

3.1 低 GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／低 GWP 混合冷媒の特性評価

3.2 低 GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／混合冷媒に対応する要素機器開発

3.3 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価

3.4 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発／低 GWP 混合冷媒のシステム評価手法開発

（非公開セッション）

3.5 低 GWP 冷媒の対応機器（家庭用／業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発／グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発

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

・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）

【丸田分科会長】　東北大学 流体科学研究所から参りました丸田薫と申します。専門は基礎的な燃焼学となります。よろしくお願いいたします。

【中島分科会長代理】　国立環境研究所の中島と申します。オゾン破壊に関する物質において、フロン・代替フロン等の観測や、その研究を行っております。本日は、よろしくお願いいたします。

【赤穂委員】　赤穂啓子と申します。2 年前まで日刊工業新聞で記者や論説委員などをしておりました。代替フロンに関しては、産業構造審議会にて、フロンをいかに GWP 値の低いものに転換していくかという政策面を考えるワーキンググループの委員として 10 年間やってまいりました。今は、日刊工業新聞を退職し、経済ジャーナリストと積水樹脂の社外取締役として活動しております。よろしくお願いいたします。

【奥委員】　東京都立大学の奥と申します。私は、行政法という法律の分野がもともとのバックグラウンドであり、環境法政策の分野を中心に研究等をしております。環境省の中間審のフロン対策小委のほうのメンバーにもなっていまして、そこでは飛原先生とも御一緒しております。本日は、どうぞよろしくお願いいたします。

【髭分委員】　日本冷凍空調設備工業連合会の髭分と申します。以前は冷凍空調メーカー系のプラント建設に従事しており、2 年前から連合会のほうにお世話になっております。特に冷凍空調設備の据え付け、メンテナンスといった視点からいろいろと確認をできればと思いますので、よろしくお願いします。

【涌井委員】　大阪公立大学の涌井と申します。専門はヒートポンプ空調給湯システムをはじめとしたエネルギーシステムの設計・運用、そして制御の最適化に関する研究を行っています。また、このプロジェクトでは技術委員会のほうでもお世話になっており、いろいろとお話を伺っています。本日はまた別の立場になりますが、引き続きよろしくお願いいたします。

２．プロジェクト説明・詳細説明

（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3-1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。

（2）プロジェクトの詳細説明

PLより資料3-2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。

【丸田分科会長】　ありがとうございました。

それでは、事業全体に関する御意見、御質問をお受けいたします。まずは、①の意義・アウトカム（社会実装達成）までの道筋に関して、何かございますか。

中島分科会長代理、お願いします。

【中島分科会長代理】　国立環境研の中島です。資料 3-1 の 10 ページ目、外部環境の状況に関して伺います。特に欧州の中で、人体及び環境への影響の観点から PFAS の規制検討が含まれており、一部のフッ素系冷媒も対象とされています。確か、本事業で検討されている混合冷媒が関わってくるかと理解していますが、現在の状況がどのようになっているか教えてください。

【森 PM】　PM の森です。今御質問いただいた PFAS 関連ですが、現在、欧州のほうの化学物質に関する委員会にて、3 月に社会性の影響評価であるとか化学品に関する影響評価の委員会が開かれ、フッ素系

のガスについてはある程度の結論が出たというような話を聞いています。最終的な PFAS 規制に関する結論、全体的なまとめが今年の末ぐらいに出てくるという話ですから、そのときに明らかになるのではないかと思っています。そうした状況であり、実際に何が規制されるのか、または規制されようと考えているのか、欧州のほうが考えているのかというのはつかめておりません。

一方で、PFAS に我々が考えているようなフッ素系の冷媒が含まれるのかという観点に関しては、OECD であるとか、欧州、アメリカといった 3 つのところで異なる PFAS の定義が使われています。恐らく現在我々が開発に対象としている国産の HFO1123 と R1132(E)の冷媒に関しては、化学構造上含まれないのではないかと考えております。二重結合を両方とも持っており分解性が高いため、そういう意味で残留性という点では含まれないと思われます。ただ、分解性生物で含まれるような可能性がある物質に変わってしまう可能性はあるかもしれません。そこのところで確実な情報は出てきておりませんが、その点は少し心配されるところです。

それから混合冷媒に関して、先ほど飛原 PL から御説明のあったような HFO1123 と R1132(E)に加えたい R1234yf のほうがもしかしたら対象になってしまうのではないかといった化学構造になっているため、そこのところをどう対応していくかというのは現在プロジェクトの中でも検討している状況であり、なるべくそこを含まないような混合冷媒も検討したいと思っております。

【中島分科会長代理】　確か R1234yf はカーエアコンにも使われていると思います。BMW なども使っていたかと思うのですが、その点について欧州は大丈夫なのでしょうか。

【森 PM】　多分、そこが欧州のほうでも産業界と規制をしたい側との綱引きが大きくあるところだと思います。この欧州の規制案が出たときに 6,000 件という多数のパブリックコメントが出されており、そういったところで議論の対象になっているところと理解しています。我々としては、直接的に何かしたいというときにはパブリックコメントなどを通じて出すしかないと思っており、そういう機会があれば積極的に提言していくよう何かデータを出せればと思っている次第です。

【中島分科会長代理】　分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ほかにいかがでしょうか。飛原 PL お願いします。

【飛原 PL】　今の質問の答えに対して補足いたします。R1234yf の欧州規制については、PFAS での規制というよりも F ガス規制のほうで HFO 冷媒を将来的に全廃するということが上がっているため、そちらの規制のほうがより現実的かと思っております。ただし、では本当に全廃されるのかというと微妙でして、欧州の F ガス規制は何度も検証するチャンスがあり、それが本当に規制されていくかどうかについてはまだ微妙と思っております。その上で、カーエアコンの欧州のメーカーは R1234yf に対する規制があるかもしれないという点は考慮しながら、いろいろと研究開発を進めているといった話を聞いております。以上です。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。奥委員お願いします。

【奥委員】　今の御質問は私も非常に関心のある点でした。また、それとは別の観点で、先日の現地調査の際にも質問いたしましたが、本研究プロジェクトの意義は当然理解するところであるものの、キガリ改正に対応するということで、日本も 2036 年までに 85%の HFC の削減にコミットしているということですから、当然そこに向けて技術的な開発が必要だというのは分かります。しかし、それと併せて、世界における本プロジェクトの位置づけ、諸外国で行われている他の研究との違いであるとか、それに比べての本プロジェクトの優位性・必要性といった点の説明が資料にありませんので、まずそこもしっかりと押さえていただく必要があると思います。そこの御説明を改めてお願いできればと思います。

【森 PM】　ありがとうございます。資料にあまり書けておらず申し訳ございません。3-1 の 10 ページに記載のとおり、開発に関しては国家的なプロジェクトというよりは、各国の企業、何より米国、それから

日本、中国では HFO 系の冷媒の開発が進められています。国家的なプロジェクトのほうで我々が把握している状況では、米国や欧州を中心に HFO 系に限らず、可燃性の冷媒を使用できるよう規制等をある程度広げていくような安全性などの研究が進められていると把握しています。そういったことに対し、日本ではHFO系の冷媒についてもう少し広げていきたいということで、ある意味、独自の研究を進めているような状況と思っております。

【奥委員】　国際標準化を図ろうとされているわけですから、やはり世界が本プロジェクトの意義をしっかり認識され、国際標準化に向けてもそれを支持し、皆がついてきてくれる状況にならないといけないと考えます。そこが果たしてどの程度実現可能なのか、そういう状況になり得るのかという点が十分に説明されているとは思えなかったことから伺った次第です。

【飛原PL】　GWP の高い冷媒が規制されていき、低いものへと移っていきます。その候補として何が残っているかを考えると、一つの候補として有力なのはプロパンで、プロパンの GWP がほぼ 1 です。しかし、一方で非常に強い燃焼性を持っているため、それを安全に使うことについては非常にリスクを伴うことから、ルームエアコンに使うか、あるいは業務用のビルの空調に使うかといった際にプロパンが使えるのかどうかといったような問題が発生していきます。日本としては、なるべく燃焼性の低いもの、GWP はもちろん下げるものの、燃焼性も下げ、非常に強い燃焼性を有するものではなく、リスクがある程度抑制されたものを使っていきたい。それはなぜかというと、我々日本の冷凍空調産業を推進してきたものが、いわゆる「ビル用マルチエアコン」と呼ばれている、冷媒を室内まで引き込んで空調するという技術であり、その日本の専売特許のようなものがあったことから日本の空調産業は世界で生き残れてきたと言えるからです。ですから、そのメリットを継続するというような意味から、強燃性ではない弱燃性冷媒を使用するために、そうした冷媒を開発し、それを維持していきたい。それが国の産業育成にも符合するということで、NEDO の中で開発していくことになりました。

また、国際的に差別化というと、燃焼性の高いプロパンでよいのか、もう少し安全なフルオロ系の冷媒のほうがよいのではないかということでこの NEDO プロはスタートし、開発支援をしていることになります。二酸化炭素の冷媒もあるではないか、あるいはアンモニアがあるではないかという話もあるものの、二酸化炭素冷媒というのは空調に使うと非常に省エネ性が悪く、ほとんど使えないものになります。冷蔵・冷凍は使えるのですが、そういうものは普通の空調には使えません。そして、アンモニアは残念ながら毒性が強いという点から拒否反応も強いです。我々NEDO で開発しているフルオロ系の低 GWP 冷媒というのは、世界でも数少ない研究開発であり、それは非常に独創的なところではないかと思っています。その一方で、社会的な認知をしてもらわなければいけませんから、皆様に使いたいと思っていただくような努力をこれからもどんどん行っていく必要があります。

【丸田分科会長】　どうもありがとうございました。そのほか、いかがでしょうか。

赤穂委員、お願いします。

【赤穂委員】　赤穂です。使用の見通しに関して、データセンターの今後の普及というのがどのぐらい影響するかというのを、どう見ればいいのかをお伺いします。先般のエネルギー基本計画においても、データセンターの今後の増加がエネルギー需要に影響するということです。データセンターが増えると、当然それに伴い大型の空調機が相当必要になっていく点から、その影響をどう見ておけばいいのかお聞きします。

【飛原PL】　まだ確実なデータに基づいての回答はできませんが、電力が飛躍的に増えるということは予想されており、それに対応する電力会社もいろいろ苦慮していると聞いております。当然、空調によってサーバーラック類を冷却しなければいけませんから、冷凍装置の電力使用量が非常に大きいことも言われるとともに、冷媒の使用も増えます。ただ、このデータセンターの空調、あるいは冷却装置というのは、いわゆる大型装置ですから、冷媒を室内に持ち込んで冷やすといった装置ではありません。例え

ば冷水をどこかで作り、その冷水をうまく循環して冷やすことができるようであれば、GWP が小さい冷媒を使えます。従来のターボ冷凍機のような冷却システムでは非常に GWP の小さい 10 以下のものが今でも存在していますから、そういったものをうまく使えば、GWP の積算量を押し上げるような効果はあまりないという気もいたします。

【赤穂委員】　安心しました。ありがとうございます。それからもう 1 点、知財の取扱いに関して伺います。オープン・クローズ戦略で進められるのは大変結構だと思いますが、例えば以前 R32 の普及のときにも、当初、開発メーカーは機器メーカーからライセンスフィーを取りたいということで、いろいろともめて最後はライセンスフリーという形になりました。今後新しく開発される冷媒と、それに対応する機器についてのライセンスの扱いというのはどういう方向になるのか、現時点で何か決まっていることがあれば教えてください。

【森 PM】　ありがとうございます。決まっているというほどのことではありませんが、実際、冷媒の特に安全性を行っているグループの中に、ダイキン様と AGC 様などに入っていただき、共通基盤的な領域について研究を進めています。そこで、実用化に際しての知財というのは非常に大きな障壁になるという話を聞いております。この HFO 系の冷媒に関しては以前から開発がありましたので、機器メーカー様であるとか、そうしたところとの知財の絡みが様々あり、なかなか実用に持っていく、実装にするための知財関係の解決が大変だという話です。そのため、このプロジェクトの中でも知財コーディネーターなどに助言をいただきながら、どういった方向で解決へ、うまく皆が使えるような形へ持っていけばいいのかを議論しているところです。いきなり全開放というわけにはいかないと思いますが、まずは国内の競争力を上げるために皆が使いやすいような形にする、そういったことを協議しながら進めていくということが我々のプロジェクトの中でできることかと思います。そのためには、連携した会議などを使い、意見を交換しながら話をまとめていくのがよいとも考える次第です。

【赤穂委員】　ありがとうございました。

【丸田分科会長】　涌井委員、お願いします。

【涌井委員】　大阪公立大学の涌井です。3-1 の 14 ページになります。アウトカム達成の道筋を出していただいており、先ほど飛原 PL からも、実際に事業化をするのは 30 年を少し超えるかもしれないという話でした。2027 年に本プロジェクトが終了し、その後、事業化と呼ばれているところに対して、このスライドを拝見すると 3 ステップぐらいあると思います。このあたりの具体的な工数であるとか、どのぐらい必要な作業項目を考えてつくられているのかといった背景を少し教えてください。

【森 PM】　実用化から事業化のところは企業様の領分となるため、具体的な点は申し上げられませんが、企業様に聞いたところでは、冷媒の候補が出てきて、それを機器に落とし込み、ある程度、実用品第 1 号ぐらいにしていくのに 2 年ほどとのことです。通常は 3 年、4 年かかるそうですが、頑張ればもっと短くできるという話も聞いています。そこをいかに短くできるかというところで、プロジェクトを進めている段階でもなるべく情報を出していき、開発しやすい環境に持っていくということで、ここの期間を縮められるのではないかと思っています。そうした取組をこの中でやっていくという形です。

【涌井委員】　分かりました。そういう意味では、機器メーカーあるいは冷媒メーカーと意見交換、情報交換をする中で、そのような工数については見積りを立てられているものと理解しました。ありがとうございます。

【飛原 PL】　飛原から補足いたします。実用化というのは非常に重要であり、それには時間がかかるというのは承知しております。それで、工業会とはいろいろと意見交換を行っているところでして、機器メーカーからは、どんどん情報開示してほしい、どんな性能なのか、どんな危険性があるのか、あるいは回避するにはどうすればいいかといった様々な情報を開示してもらわないと対応がつかないといった意見をいただいております。それを受け、今年に入ってから我々の方針を少し変更しています。これまで

は開発者の秘密及び権利を守ることから、ある程度クローズにした状況でずっと運営してきたものの、実用化を図るためには公開をしていかないと周りの人たちがついていきません。開発フェーズが一歩進んだと思い、公開に重点を置くことを考え、機器メーカー様にとってもいろいろと開発がしやすいような状況をつくっていきたいと思っているところです。

それから、特許についても質問がありました。特許というのは、開発者の権利を守る一方、開発を阻害するという両方の側面を持っていて結構難しさが伴います。完全にフリーにしてしまえば、どこか知らない国の知らない会社が何か小さな特許を取ってしまう。そうすると、そこが障壁となっていろいろなことに権利を主張してくるといった場合もあるため、あまり権利を公開フリーにしてしまうのも逆に危険を招くことから、私自身もどうすればよいのか分からないような状況になっています。なるべく公開をしたいのですが、公開し過ぎることで特許をとられてしまいNEDO冷媒の実用化が遅れてしまうことも鑑みて、どんな情報をどういうペースで公開していくのが実用化にとって最もよいか、試行錯誤的に検討している状況です。

【涌井委員】　ありがとうございます。私も特許のことを少し伺いたいと思っていましたが、特許にすることと情報共有は非常にトレードオフであることを改めて理解しました。また、機器メーカーをはじめ、皆様の中でいろいろ情報交換を進められているのはとても良い方向に進むと思いますので、ぜひこのまま進めていただければと思います。

【丸田分科会長】　ありがとうございました。続いて、②の目標及び達成状況と③のマネジメントも含めた議論に入りたいと思います。

それでは、奥委員、お願いします。

【奥委員】　奥です。1点目は資料3-1の21ページ、費用対効果について示されている点ですが、先ほどの御説明及び議論にもあったところで、実用化が2036年寸前との話でした。スライドには2035年時点の日本メーカーのシェアの増加が記載されております。具体的にどれぐらいのシェア増加が見込めるのか、その規模などについて定量的な情報を示していただきたいです。

それから2点目は、42ページ、43ページになります。広報や情報公開に関わる部分だと思いますが、問題点等の指摘提言に対して、42ページの最初の四角のラストに広報等を展開するとあります。それから43ページの一番下にも同じようなことが記載ありますけれども、実際にどういったことがなされているのか、今年度の取組について教えてください。よろしくお願いいたします。

【森PM】　PMの森です。まず21ページ目の費用対効果ですが、波及効果の2035年時点の話になりますけれども、ここは2035年時点で世界の家庭用エアコンの市場が約1.5兆円程度という情報があります。その中で、現時点で2025年あたり大体30%ぐらいが日本メーカーのシェア獲得の割合ではないかと我々は試算しています。それが世界市場で、この時点ではHFO系の混合冷媒を使った機器というのが普及していくのはなかなか難しいかもしれませんが、この事業によって5ポイントぐらいの増加ができたらなと思う次第です。そうしたことから、5ポイントぐらいですので、750億円程度の市場規模の拡大が見込めるものと考えています。

それから2点目、42ページ、43ページの御質問、広報関係で取り組んでいることとしては、今年度からNEDOのほうでプロジェクトに付随したNEDO特別講座というようなスキームがありまして、こちらのプロジェクトの成果の広報であるとか、プロジェクト期間中の業界であるとか、関連の技術分野の方々への成果の知見の共有などが可能なスキームとなっています。これを活用し、プロジェクトの進行に合わせて、プロジェクトの27年、28年の期間で並走するような形で広報活動を行います。特に標準化、規格化に資するような情報を公開して、国際的にアピールできるようなイベントの開催であるとか、それから関連する企業の方々が開発をしやすいように、プロジェクトで得られた知見を開発者の方々から共有していただき、連続講座という形で開く取組を進めていこうと考えています。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

髭分委員、お願いします。

【髭分委員】　日設連の髭分です。マネジメントに関して、3-1 の 35 ページ、研究データの管理・利活用について伺います。文面に「グループごとに知財及びデータ合意書を作成し、知財運営委員会を設けて研究成果の取扱いを一元的に管理運用」とあるため、多分そのようにされているものと理解しますが、下の図でいくと、グループごとに知財運営委員会があるといった書き方になっています。この一元管理というのは、そうではなく、全体として最終的にオープンにするものを決定していくという理解でよろしいでしょうか。

【森 PM】　PM の森です。おっしゃるとおり、知財運営委員会はグループごとに設定しています。この中で公開するものと非公開にするものを決めているのですが、その中でも、知財の面で競争力強化に資するもの、それから国際標準化に持っていくものは全体の中で考えていきます。そこは知財コーディネーターに御相談させていただきながら、助言を受けつつ、どういったものを出していったらよいかを全体方針として考えながら進めていきます。

【髭分委員】　知財コーディネーターとの最終的なところで、各グループにおいてこれを出していこうと決めたものに関連性があったとして、こちらは出してもよいが、この部分は一緒にしては駄目だろうといったものもあり得るということですか。

【森 PM】　そういうコンフリクトが出てくるというのは、まだそこまで考えられてはいませんが、将来的には出てくると思いますので、そうしたところも検討を行います。

【髭分委員】　それから細かい話で恐縮ですが、3-2 の 21 ページに成果と意義があります。こちらで R474B を一応選定して採用にされていますが、この R474B のところの GWP が今 1 という表示になっています。それに対し、7 ページ目の混合の比率と GWP の関係のグラフがあるところで、そこには R474B は書かれておらず、R474A は D 社のものが書かれています。この既存 R32 を 100 とした場合の斜めの線ですが、これが一番左も一番右も GWP1 という書き方になっているため、少し分かりにくさを感じました。この点について、説明をお願いしたいです。

【飛原 PL】　飛原です。7 ページの図の横の軸は R1234yf と R1132(E)などの混合の比率を横軸に取っています。このどちらの冷媒も GWP は 1 なのです。つまり、どこの組成を取っても GWP は 1 ということになります。そして、この斜めの線は省エネ性能を示した線になっており、R1234yf が 100%の組成、一番左端が省エネ性能は一番低く、右のほうの R1132(E)などを増やしていくと性能がどんどん上がっていき、R32 に近づいていくといった見方になります。

【髭分委員】　分かりました。ありがとうございます。そうすると、今 R474B は R474A のところに近いところという理解で合っていますか。

【飛原 PL】　A と B とで組成が少し違うのですが、どちらにしても GWP は 10 以下です。1 のオーダーになります。

【髭分委員】　分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

【滝澤上席主任研究員（産総研）】　産総研の滝澤から補足をよろしいでしょうか。

GWP1 以下というのは、慣習的にこのように書くこととなっています。専門の論文などを投稿すると、皆 GWP1 以下と書くようになっているのです。実際に測定して評価をすると 0.03 などという数字が出るものの、1 以下のものは 1 以下とするのが環境の専門家の中でのコンセンサスであるため、そのようになっています。以上です。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

ちょうど時間が参りましたが、私からも 1 点だけお聞きします。特許・論文等が多数出てきていると

ころで、情報のオープン・クローズの頃合いで難しいところとは思うものの、学のほうからここまで先端的な内容のことに対して原理原則をきちんと押さえられていますから、時間遅れでもよいので、先生方に少しインセンティブの経費を出していただき、例えばレビュー論文など将来に残っていくようなものを書いていただいて、学のほうのプレゼンスも追って上げていただくようなことを御検討いただけるとありがたいと思います。この点、いかがでしょうか。

【森 PM】　ありがとうございます。NEDO の特別講座を先ほどお話ししましたが、そちらの取組の中で、この成果をまとめたような報告書を出したいと思っています。前プロジェクトでもプログレスレポートという形で毎年発行をしていまして、それが論文のような形で残っており、様々な知見が集結されているものですから、そうした形で出していきたいというのは思っておりますし、御提案のあったレビュー論文として出していくというような取組も非常に重要だと思います。そして、今回、私の発表の中で最後に御紹介したようなインセンティブの取組も活用いただけるのではと考える次第です。

【丸田分科会長】　ありがとうございました。大変盛んな議論になりました。

それでは、少し時間をオーバーしましたが、議題 2 の議論は以上で終了といたします。

3.プロジェクトの補足説明

3.1 低 GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及び
システムの性能評価／低 GWP 混合冷媒の特性評価

実施者より資料 4-1 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。

【丸田分科会長】　ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。

涌井委員、お願いします。

【涌井委員】　大阪公立大学の涌井です。非常に豊富な報告を興味深く聞かせていただきました。11 ページのところでは混合モデルを作っているということで、この先の見込みかもしれませんが、混合冷媒のモデルを 1 種類作られていると理解しています。恐らく冷媒によってモデルが変わってくると思いますが、最終的に 3 つぐらいだったでしょうか、正確な値は忘れてしまったのですが、ほかのものに適用するときには、1 つ作ったものを応用して加速度的に進められるものなのか。あるいは、ほかの物性になるとゼロスタートになるのか、そのあたりの見通しを教えてください。

【赤坂教授】　3 年間で 1 つのモデルというのは少し遅いのではないかとお考えの方もいらっしゃると思うのですが、先ほど申し上げたように、混合モデルというのは非常に広い温度圧力の範囲で成立する必要があります。そうしないと、様々な条件下での空調機の性能評価ができないわけです。しかしながら、実際に測定できるデータというのは、非常に限られた圧力の範囲であるということで、このプロジェクトで私がモデルを作るときに一番考慮したことは、少ないデータで広い範囲に成立するモデルを作るという方法でした。それを最初に開発及び適用し、やっと 1 つモデルができたというところです。残りの 2 年間では、このモデルがある程度完成しつつあるため、これまでよりは短い期間であと 2 つ作るという見通しです。

【涌井委員】　そういう意味では、限られたデータで精度よく作るというモデル、そして基盤づくりが非常に大事なポイントであるということでしょうか。

【赤坂教授】　そのようになります。

【涌井委員】　分かりました。その先に、さらに展開できることを期待しております。

【赤坂教授】　ありがとうございます。

【涌井委員】　続いて、12 ページになります。絞り込みの話で、いろいろな要件を考えて絞り込んでいくと理解しております。現状、この先のプロジェクトにつながる 1 つの絞り込みとしては、今こちらに書いてある問題はどれを絞り込んだと理解すればよろしいでしょうか。

【赤坂教授】　ここで対象にしている冷媒は、熱物性で評価を行い、ある程度これでいけるのではないかというところで燃焼性を評価しました。ですので、この安全性評価だけが単独で動いているわけではありません。これからどういう冷媒を対象にしていくかというのは、熱物性の評価とも連動しているところですが、例えば PFAS 対応で R1234yf を含まないような冷媒であるとか、R32 の割合をもう少しどこまで減らせるのか、あるいは CO_2 を少し入れる、今回も少しやっているのですが、どれほどの効果があるのか。そういったところが次の研究開発項目として上がってくるのではないかと考えています。

【涌井委員】　そういう意味では、具体的に絞り込んでいくのはこれからであり、まず燃焼性の点で評価もできるようになり、これまでのような GWP や様々なことを考えて絞り込んでいくということでしょうか。

【赤坂教授】　おっしゃるとおりです。

【涌井委員】　ありがとうございます。それからもう 1 点伺います。最初の質問で、これから基盤をつくるとほかの冷媒にも拡張できるということでした。最後のところでモデルを高度化されるという話をされていましたが、その部分はどういうことを考え、それというのは、このプロジェクト全体でいくとどのようなインパクトがあるのかを教えてください。

【赤坂教授】　少し込み入った話になりますが、現状のモデルは、これから産総研の計測標準部門で測定が行われる液体の音速の最適化まで十分に行えていないところです。液体の音速というのが、ほかの物性の最適化よりも若干困難なものですから、次のステップでは、その液体の音速まで含めたモデルの高度化を行い、よりそのモデルの完全性のようなものを高めていきたいと思っています。では、その液体の音速というのが一体何に関係するのかという点ですけれども、音速というのは比熱に関係しているものですから、例えば過冷却液や液体域の熱量、エンタルピーなどに関わっていきます。ですので、過冷却度を大きく取ったようなサイクルだと、そのあたりのエンタルピーというのが非常に性能に効いてくるだろうと考えています。

【涌井委員】　よく分かりました。ありがとうございます。この先、ほかのグループとの連携も視野に入れて展開されるということですので、今後さらに研究開発が進むことを楽しみにしています。

【赤坂教授】　ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。奥委員、お願いします。

【奥委員】　都立大の奥です。14 ページに関して、ここでいう環境影響といった場合に、環境といっても様々ありますが、低 GWP・GWP 以外でいかなる環境影響をそもそも見ているのかという点で、もう少し詳しく御説明いただきたいです。棒グラフが 2 つありまして、それを掛けて日本全体の環境影響となっていますが、その中身をお教えください。

【赤坂教授】　こちらについて、実施者から回答いたします。

【河尻研究開発部長（株式会社エイゾス）】　株式会社エイゾスの河尻と申します。御質問ありがとうございます。中身としては、分かりにくくなってしまい恐縮ですが、一番左側のグラフの上に LCA/LCCP と記載しております。今回のプロジェクトの大きな目標というのは、GWP 温室効果を計測する LCCP 評価がメインのテーマとなるため、まず一義的には、日本全体の温室効果を計測しています。ただ、それと並行して、例えば使われている部材 1 キログラムにどれぐらいの影響があるのかというのは、結局係数を掛ければ簡単に計算できますので、並行して LCA もやっています。そちらのほうでは、GWP 以外にほかの特性化係数であるとか被害評価、さらには LIME を使った統合指標の解析も行っております。回答になっているでしょうか。

【奥委員】　ありがとうございます。環境影響といっても、今御説明いただいたように GWP 以外にも様々な項目要素が考えられます。それを環境影響評価している、もしくはその手法を開発しているといったときに、いかなる指標もしくは要素について、それをこのプロジェクトの中で捉えようとしているのかという点を明確化していただく必要があると感じました。低 GWP ではあるけれども、ほかの環境影響が懸念されるというようなこと、ある意味トレードオフのような関係というのも起こり得ますから、そうしたところも全体的にしっかり見た上で総合評価をする。それに資するような手法を開発されようとしているのかどうかが今回の資料では分からなかったので、少し内容的な情報提供の充実を図っていただけるとありがたいです。

【河尻研究開発部長（株式会社エイゾス）】　承知しました。厳密に言いますと、LIME の日本版の影響評価の枠組みで考慮される全ての係数については計算されております。ですので、14 の特性化係数と 4 つの被害係数、そして最後に、そのコスト換算までを一応 LCA の作法にのっとって評価できる予定です。

【飛原 PL】　飛原です。普通の LCCP 評価や LCA 評価というのは、例えばルームエアコンであれば冷媒が機器から大気に放出されたときの温暖化、いわゆる GWP が 1 つめの要因です。それから機器が運転されているときに電力を消費するため、電力を消費するときの CO_2 の排出量が 2 つ目の要因です。3 つ目は機器の製造過程における CO_2 の発生量、冷媒も含め、そういうものの CO_2 の発生量です。以上の全ての要因を加えて環境影響をしています。GWP も CO_2 に換算するため、最終的には CO_2 の排出量として環境影響を見るということで、機器のライフサイクル全体にわたって評価するということです。製造から使用、消費電力を出して最終的に廃棄をし、その廃棄物がまた CO_2 を排出する場合がありますので、機器一生分の CO_2 排出量として環境影響を見ていることになります。公害等々は考慮しません。

【奥委員】　分かりました。午前中の PFAS のような何らかの有害性が懸念されるような物質に関わる評価は入っていないということでしょうか。

【飛原 PL】　それは、考慮しておりません。

【奥委員】　そのあたりが定かではなかったため、伺った次第です。今の御説明でよく分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。中島分科会長代理、お願いします。

【中島分科会長代理】　国立環境研の中島です。9 ページの冷媒の候補ですが、GWP の値で 150 以下と 70 ぐらいということでしょうか。あと、10 以下と 3 種類のグループに分けて書いてあります。これは、本プロジェクトの最終的な目標をどのように扱い、この 3 種類の GWP の冷媒を今後どういった形で認めていくのか。あるいは、実際の市場で使っていこうという意図をもって、こういう 3 種類で述べているのかを教えてください。

【赤坂教授】　この 3 種類に冷媒の絞り込みのカテゴリーを分けたのは、まず 150 というのが 1 つです。ヨーロッパでの規制である 150 が 1 つのボーダーラインになっていますので、それを満足する冷媒ということです。しかし、この冷媒及び組合せでは最終的なキガリの規制をクリアするのが若干難しいところがあります。そうしたところで、GWP10 以下というのが、ほぼ CO_2 換算で GWP がないという組合せになるため、これらの冷媒が実現できれば、キガリ改正の問題はクリアするだろう。しかし、10 以下の組合せはいずれもまだよく分からない部分が多い。それから、性能的に十分に現状の空調機の性能を担保できるかどうかは未知数というところで、NEDO として 1 つの新しい提案として 70 という間を取って基準のようなものをつくりました。それを満足する冷媒ということで、そこに 2 種類ほど上げております。この 3 つのカテゴリーをつくったのはそういう意図からくるものです。

【中島分科会長代理】　つまり、GWP70 の冷媒群も場合によっては、将来的には使っていくという想定でし

ょうか。

【赤坂教授】　そのようになります。どんなに良い冷媒であっても、実際の入手性が非常に悪く、午前中の飛原 PL の話にもありましたように、大量生産ができないようなものであれば、あまり意味がありません。ある程度の大量生産も見込めて、性能や環境影響もそれなりに達成できそうだというところの 1 つの落としどころだと我々は考えております。

【中島分科会長代理】　一番下の 10 以下のところは混合比が明示されていませんが、これは、いろいろあり得る点を見越しているのですか。

【赤坂教授】　70 や 150 の混合比というのは、この GWP を達成するために決められた値であり、GWP の値は通常の過重平均で決まります。そのため、こういう組成になるわけですが、10 以下のものはほぼ全て GWP がゼロです。どのような混合比であっても 10 以下だということで、あえて混合比を書いておりません。当然、性能等から見て最適な混合比というものが出てくるはずですから、それは、これからの研究で決めていくというスタンスになります。

【中島分科会長代理】　分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ほかに、いかがでしょうか。髭分委員、お願いします。

【髭分委員】　日設連の髭分です。15 ページ、16 ページの中間年度見通しの目標と成果と達成度の表になります。この中で、成果というところに、結果として 2026 年 3 月成果で解明及び取得した、完了したという記述があります。一方、その後の見込みのほうで達成見込みであったという記述がありまして、どちらが正しいのかよく分かりません。この 2 ページにおいて、何箇所かそうした点が見受けられたので確認させてください。

【赤坂教授】　見込みということです。現状ここに書いているのは成果の完了形になっていますが、来年 3 月にそのようになるように向けて今やっております。いずれも十分達成可能な現状であり、目標に対する見込みとして、二重丸もしくは丸をつけているという形です。

【髭分委員】　つまり、見込みと書いてあるものの、もう達成されているものが幾つかあり、その中で 3 月末まで状況を見ながら、また新しい問題が出てくれば、それにも対応していき、大きく上回っての達成、二重丸に到達するだろうといった理解で合っていますか。

【赤坂教授】　おっしゃるとおりです。

【髭分委員】　分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、以上のようですので、議題 3.1 を終了といたします。ありがとうございました。

【赤坂教授】　ありがとうございました。

3.2 低 GWP 混合冷媒の熱物性・安全性・環境影響評価、対応機器の要素技術開発及びシステムの性能評価／混合冷媒に対応する要素機器開発

実施者より資料 4-2 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。

【丸田分科会長】　ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。

では、私から伺います。まとめていただいているスライドがよいでしょうか、熱交換器、圧縮機いずれも様々なメニューがあって機器性能を上げるというものがあります。どういった冷媒でも適用可能なもの、混合冷媒特有のものといったある程度グループ分けがあると思います。そのあたりについて、一般性のあるもの、混合冷媒に対するもの、それから研究として成立するもの、今後実用化のほうにフ

ィードバックできるような性質のもの、それも特性が少し分かれてくると思います。それらが全部まとまったときに、全体としてどれぐらい性能回復できるかといった見通しであるとか、そういった全体的なことについて御知見があれば教えていただきたいです。

【宮良教授】　まず、熱交換器の性能低下に関して、混合冷媒の温度グライドというのは、その大きさは組合せによって違うものの、伝熱劣化のメカニズムは基本的に同じですから、熱物性が分かれば、ある程度予測できると考えられます。熱交換器グループでは現在、R454C を中心に研究をしているわけですが、基本的な特性がそういった入手可能な混合冷媒で解明されれば、他の冷媒についてもある程度分かってきます。ただ、物性値がそれぞれによって異なっていきますから、それぞれに適した形での伝熱促進の技術というのはチューニングが必要です。それで、東京海洋大学のほうでは新たな冷媒についての実験も行っているところです。研究レベルの方と実用化レベルの方と言われましたが、前者では、そういった伝熱のメカニズムを解明のところからどうやって促進していくのか、後者では、コストとの兼ね合いも出てきます。しっかり実機レベルの技術まで落とし込めるのかといったところで、そのあたりは、今後も伝熱促進について、表面処理の開発であるとか、扁平多孔管の断面形状を変えた実験を行うという計画を今進めていますが、その製造コストも考えていく必要があります。

圧縮機については、冷媒によって冷凍機とのマッチングが変わっていきますので、先ほど冷媒グループのほうで冷媒選定を進めているということがありましたけれども、その選定ができた冷媒について、最終的な調整が要るだろうということになります。ただ、現在は入手可能な冷媒について基本的な特性を明らかにしていますので、新しい冷媒について、今使っている冷媒等と特性が異なっているとしても、基本的な取扱いは同じであり、少し新しい冷媒に対して測定を進めていけば適切な油についても選定できるだろうと考えております。

それから、摩擦・摩耗に関しては、これは油との特性との関係がありますので、先ほど申しましたように、新しい冷媒についても溶解度の特性などが分かってくれば、機械的な効率についてそれほど違いはないと思っております。

【丸田分科会長】　ありがとうございました。赤穂委員、お願いします。

【赤穂委員】　赤穂です。御説明ありがとうございました。まず、それぞれの機器の要素技術について、提案されたものは今の生産技術レベルで作れるものなのかどうか。何かビーカーレベルでやっているものもありましたが、実用化を踏まえたときにしっかりと製作できるのか確認いたします。また、作れたとして、それが現状と比べて難易度というのはどのくらい上がるのかということも併せて伺います。

【宮良教授】　まず 1 つは、このアルマイト処理というアルミの表面に酸化処理を行うのですが、これは、こういうオープンな面であれば、ある程度処理ができるということになります。ただ、熱交換器で今考えているのは内径が 1 ミリぐらいの流路がたくさんあるようなものですから、その中にこういった処理ができるかと言われると、今の技術ではまだできません。そのため、これを今後開発していくというところです。そこのハードルが非常に高いところでもあります。それから、この資料の中にはまだ示していないものの、こういった扁平多孔管、この図で内径が 1 ミリ程度の流路を少しいろいろ工夫した形の断面形状を考えており、今 UACJ 様の方で製作しているところです。それを神戸大学と海洋大学でそれぞれ凝縮、蒸発などの実験を進めようというところです。その断面形状については、現状の技術で少し工夫をすれば製作できるといった状況です。

【赤穂委員】　コスト面へのインパクトというのはどのぐらいのものでしょうか。研究段階ではまだ難しいかもしれませんが、見通しとして伺います。

【宮良教授】　製造コストが非常に上がってくると実用機にはなかなか適用できないということになると思います。しかし表面形状、例えば断面形状であれば、それを工夫することでそれほどコスト高にはならないものと考えています。ただ、こういった表面処理に関して、一つ一つ例えば穴の中に表面処理をす

るのに相当時間がかかるとなれば、現実的には厳しいところで、コスト高になってくると思いますし、量産できない形になるので、その量産方法については何らかの目処が立たないと作れないとなります。それについては、今検討中というところです。複合材料などについては、私は材料の専門ではありませんが、比較的うまく進んできており、それほどコスト高にはならないと聞いております。

【赤穂委員】　分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。涌井委員、お願いします。

【涌井委員】　大阪公立大学の涌井です。ありがとうございました。熱交換器は空気と冷媒の熱交換器になって、あるときは凝縮器、あるときは蒸発器にならざるを得ないと思います。この場合、今開発しているその両方うまく性能を担保していく必要があると思いますけれども、今その方針としては、どちらに重きを置くというわけではないですが、両性能を上げていかなければいけないという点での見通しはどのようなものでしょうか。

【宮良教授】　基本的には両方です。先ほど申しました温度グライドは2つ影響が出てきます。1つは冷媒側の温度グライドにより、冷媒側の伝熱性能が劣化する。それから温度グライドがあることで、熱交換器では、純冷媒における一定温度で蒸発する冷媒と一様な温度の外気との熱交換をするのと違い、冷媒側の温度グライドがあることで熱交換器としての性能が低下することになります。凝縮器と蒸発器との比較では、空気側は同じなのですが、冷媒側の熱伝達の劣化に依存します。よく言われるのは、蒸発側において伝熱劣化が沸騰伝熱のところで非常に大きくなってくるということです。そのため、そこの沸騰促進が相当効いてくるのではないかというようなところで、今表面処理の効果を検討しています。凝縮については、そこで凝縮液膜が形成されるので、このような多孔質の表面処理というのはそこまで効いてこないと考えています。

【涌井委員】　分かりました。そういう意味では、表面処理のところは沸騰、蒸発のほうにメインを置いた研究開発が行われるということでしょうか。

【宮良教授】　そうなります。断面形状については凝縮のほうにも影響があり、液膜の形状が伝熱性能に関わってきます。

【涌井委員】　例えば、それを凝縮のほうに使ったときには、あまり影響がないのですか。

【宮良教授】　表面処理で濡れ性の変化が現れれば、多少凝縮のところでも影響は出てくるとは思いますが、凝縮のところでは、酸化処理の効果はあまり出ないように思います。

【涌井委員】　ありがとうございます。それから、中間ではいろいろと現象が分かり、課題が見えてきたというところで非常によいと思いますが、今このグループですと具体的に数値目標が出されていて、伝熱特性を10%ぐらい上げようというのが3ページにあります。コンプレッサーも質量を軽量化したいといった数値目標が出ているものに対し、そこに到達するのがこれからの2年ないしは2年半だとして、その間で目標に到達するための工程というのは、どんなところが主な課題になるでしょうか。

【宮良教授】　課題としては、熱交換器のところでは全体の流路形状などによってくるものと思います。現状エアコンに使われているR32というのは伝熱性能も非常によいので、それに比べると同等というところまで持っていくのはなかなか難しいと考えています。少なくとも8割程度の性能があるようなものを作りたいと思っておりますので、そのためには、どうしても伝熱面積を従来のものよりも大きくしたような形で面積拡大効果をうまく使わないといけません。それと、流路を小さくして、熱交換器全体のコンパクト化を図り、それによって軽量化にも結びつけていくといったことが必要になってくると考えます。

【涌井委員】　ありがとうございました。それと、コンプレッサーについて、先ほどの話ですと冷媒によって合う冷凍機油が様々変わってくるとのことでした。このプロジェクトでは、最後のアウトプットとしてこういった冷凍機油がよいという形を提案することが1つのゴールになると思いますけれども、そ

のときにターゲットにする冷媒がある程度見えていたほうがよいと考えます。そこは、残りの 2 年半でどういった冷媒をターゲットにした冷凍機油になるのでしょうか。

【宮良教授】　冷媒のターゲットは冷媒グループのほうになりますが、特に今 R454C、R32 と R1234yf の混合冷媒が現状では使われてきています。ただ、それではまだ GWP が高いため、先ほど目標としていた GWP が 70 であるとか 10 以下という冷媒になりますが, なかなか難しい状況です。実際に R1132(E)を中心とした混合冷媒が使われるようになってこないと、GWP 値は目標に達成できないので、それに対して冷凍機油の選定を進めていかなければなりません。ただ、そのような冷媒がまだそれほど容易に入手できるような状況にはなっていないので、入手できるように冷媒メーカーと連携する必要があります。入手できれば, これまで築いてきた技術を使い、新しい冷媒についても冷媒選定ができるような冷凍機油の選定であるとか、特性評価を行えるようなことが進めていけるのではないかと考えます。

【涌井委員】　やはり、「NEDO 冷媒」と呼んでいるところにうまくつながるとよいと思います。ありがとうございました。

【宮良教授】　ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。中島分科会長代理、お願いします。

【中島分科会長代理】　国立環境研の中島です。今の話にあった R1132(E)のほかに、AGC 様のほうで HFO1123 もプロジェクトで開発しており、両方同じようなほかのプロジェクトでは様々な評価もやっていますが、こちらの特性評価に関しては、そちらはやらないのですか。

【宮良教授】　HFO1123 についても佐賀大学のほうで粘度、熱伝導率の測定を進めております。HFO1123 と R32 だったでしょうか、R1234yf など混合したものについても今後進めていく予定にはなっています。HFO1123 についてもそれほど多くは作っていないため入手は容易ではなく、AGC 様とも話をしながら、熱物性の測定を進めています。ただ、まだ伝熱の実験やシステムの実験に使うほど大量に入手ができない状況ですから、まだこれはもう少し先の段階だと思います。また、R1132(E)を使った冷媒 R474A を東京海洋大学で今入手しており、まだ現状では非常に高価なのですが、一応その冷媒については伝熱実験ができるレベルぐらいの量は入手できるといった状況です。そうした状況の中で、少しずつ伝熱実験を進めているところであり、できれば、佐賀大学での風洞熱交換器全体の試験も今後 2 年間ぐらいで実施できればと考えております。

【中島分科会長代理】　ありがとうございました。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、私から伺います。少し細かい話になりますが、温度グライドが発生するような状況の組合せと使用温度域といいますか、機器が作動するところが干渉し、原理的にこの温度域は苦しいといったことを他の開発とフィードバックするなどは行われていますか。

【宮良教授】　そこまでは見ていないものの、温度グライドがどれくらいあるかという点で、現在も残っていますが、R407C という冷媒だと温度グライドは圧力レベルによりながらも 7 度程度あります。ただ、それぐらいになると、実際以前は使われていましたが、性能の問題とか様々あって使われなくなってきています。したがって、今は少なくとも 5 度以下にはしたいと言っているのですが、そういう冷媒が先ほど言っていた GWP の目標値に対して存在するかというのは少し難しいところがあります。温度グライドが 10 度やそれ以上あると、空気側との熱交換で相変化の伝熱抵抗に加え、空気との熱交換のところでも熱交換効率が悪くなります。分科会長が言われたようなうまく性能が出ないという課題も出てくるのではないかと思いますので、冷媒選定や組成比というのは、温度グライドと熱交換の効率など、そのあたりを考えながら組合せを見ていきます。そこは、冷媒グループもサイクル実験などを行っていますので、協力してどのような冷媒を使うべきかを今後検討する必要があると思っています。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、十分に議論が深まりましたので、以上で議題 3.2 を終了といたします。ありがとうございました。

【宮良教授】　どうもありがとうございました。

3.3 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発
／低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価

実施者より資料 4-3 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。

【丸田分科会長】　ありがとうございました。
それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。
涌井委員、お願いします。

【涌井委員】　大阪公立大学の涌井です。とても大事なテーマであり、いろいろと興味深く聞いておりました。6 ページに中間目標があり、自己分解反応の評価方法についてよく分かったのですが、もう 1 つの着火爆発に関するモデル化に関しては、今どのような状況でしょうか。安全性を評価するという点では、モデル化と自己分解反応の評価とはどのようにこの先展開をしていくのか、その関連性を教えてください。

【東主任研究員】　御質問どうもありがとうございます。まずは着火源に関するモデル化というところで、ちょうどこちらのページの下のほうにも書いてありますが、圧縮機の中でどのようなエネルギーが発生するのかというところをデータベース化していこうというのが 1 つです。これは圧縮機側の目標になります。そして、冷媒側に関しては、反応に関するモデルが明らかになることで、少ない実験点数、得られた境界から、例えばほかの温度圧力条件であるとか、ほかの冷媒組成であっても、反応境界が予測できるのではないかといった考えです。このあたりがしっかりと明確化、あるいは予測できるようになると、今後、例えば異なる事故シナリオであるとか、あるいは異なる冷媒組成において、安全性評価または組成の最適化といったところに役立つことができるのではないかなといったアイデアになります。

【涌井委員】　分かりました。このモデル化に関しては、めどが非常に立っているということでしょうか。

【東主任研究員】　今取り組んでいるところになります。ある程度、実験結果を使っての予測線という意味では、このような線が引けるのではないかといったところに関しては出ております。ただし、実験結果を使わないゼロからの予測に関しては、まだ現状これからだと思っています。

【涌井委員】　分かりました。それから、13 ページの最後に成果がまとめられています。右側の評価方法のところで、いろいろな着火源のバリエーションがあって、大体 3 つのサブグループでやっていると思うのですが、この先どういう形で連携していき、あるいは統合していくようなことを考えていますか。

【東主任研究員】　ありがとうございます。こちらに関しては、前 NEDO プロも含め、特に AGC 様、ダイキン様がそれぞれ手法を開発されてきたという経緯があります。また、今回の NEDO プロにおいて、国際標準化をするというのが非常に大きな目標になったときに、簡便性と再現性というのが大きなテーマになると思います。簡便性というと世界中の誰でもできるということであり、再現性というと同じ結果が出るということだと思いますが、それを実現するためにどのような手法が好ましいかという点で 3 社にて開発を進めているところです。その結果、こちらのページに書いてある発弧線溶断法発というのが今有望だというところで、ISO にも提案をしています。ですので、国際提案に向けては今 3 社でこの手法をそれぞれ実施し、比較をしているところになります。

【涌井委員】　このときに、プラチナを使っていたり、ニッケルを使っていたりという材料の違いは、様々そ

のときの冷媒によって違いが出てくるのでしょうか。

【東主任研究員】　評価手法の検討という意味では、金属線の影響がないかどうかというのも重要な項目になり得ると思います。

【涌井委員】　分かりました。あともう 1 点、B-1 の検討ですが、現状では自己分解反応が誘発する、生まれるようなケース、いろいろなケースがあまり見つけられていないというのが今の成果だと思いますけれども、この先どのようにこの知見を生かしたらよいのか。実際は、自己分解反応に到達するようなことがあり得ないといったシナリオで進むのか。あるいはもっと最悪のケースでそのシナリオを探し続けなければいけないのか。それによって進むべき方向が変わっていきそうな気もしますけれども、この成果をもってどのように考えられているか伺います。

【東主任研究員】　御質問ありがとうございます。現状では、最悪に近いものを想定して評価法の開発を進めています。その理由は、最後に示したこちらのロードマップですが、今はクラスαの規定をまず行うといった想定です。このクラスαは基本的に反応しない、どのような機器でも使えるというのを目指しておりますので、最悪に近いようなものを想定し、例えばエネルギー量であっても決めています。今この「安 B-1」で調べているようなものというのは、細かい話になりますが、発生し得るエネルギーが小さいようなシステムかと思われます。そうすると今度はクラスβ側で、この機器において発生し得るエネルギーが少ないと予想されるようなものに関しては、もう少し HFO 組成が大きく、反応性は少し高いかもしれないけれども、性能はよい冷媒が今度は規定されるのではないかというところで、そのあたりにフェーズ 2 であるとか、あるいは機器の安全性等級に対して非常にリンクしてくるような話だと思っております。

【涌井委員】　内容と背景がよく分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。中島分科会長代理、お願いします。

【中島分科会長代理】　国立環境研の中島です。9 ページの AGC 様の成果、一番左下になりますが、一定条件における自社冷媒組成の自己分解伝播発生境界条件を明確にしたといった成果の記載について、この具体的な結果が資料の中に見当たりません。これは、具体的にも値が得られたということでしょうか。

【東主任研究員】　こちらは、見込みも含めてですが、得られているという状況です。異なる圧力温度条件、例えば異なる温度条件によって、ある圧力以上では反応する、しないというような反応境界が得られています。

【中島分科会長代理】　それは、実際に実験してみて反応が起こったか、起こっていないかというのが見極められたということですか。

【東主任研究員】　おっしゃるとおりです。非常に地道な試験を繰り返して得られるようなものになります。

【中島分科会長代理】　ぜひその結果もどこかでお示しいただきたかったです。それから 12 ページ、AGC 様の「安 A-2」、一番右のところに HFO1123 冷媒の R 番号取得が遅延のため、リスク評価法に注力と書いてあります。確か私、前回のプロジェクトの際もお聞きした覚えがありまして、そのときは何か毒性の問題が引っかかっているような話だったかと思います。現状の R 番号取得の状況というのはどのようなところか御存じでしょうか。

【東主任研究員】　AGC 様、もし参加されていたら回答をお願いいたします。

【岡本（AGC 株式会社）】　AGC の岡本です。今、御質問いただいた件ですが、現状、R 番号の取得までに至っていないという状況に変わりありません。最終的に去年、追加で求められている試験を終了し、今その結果をベースに次のステップとして R 番号を取得するために必要な OEL という人への毒性の閾値になるのですが、こういうものを求めていただく委員会にかけるための準備を進めているところです。

【中島分科会長代理】　めどは立ったという理解でよろしいですか。

【岡本（AGC 株式会社）】　めどが立ったといいますか、これが得られるかどうかというのは、その委員会の判断と言うべきか、どういう数値が出てくるかによります。我々としては、できる毒性に関する試験のデータを全て終了し、それを提出しておりますので、得られるであろうという前提でいろいろなことの準備を進めている状況です。

【中島分科会長代理】　分かりました。その委員会は、今後 2、3 年以内には完了して得られるかもしれないというぐらいの時間スケールでしょうか。

【岡本（AGC 株式会社）】　時間的なスケールとしては、その数値を出すための根拠となるような毒性結果のまとめとシミュレーションというところが今年あと数か月の間に出てきます。それをもって、委員会の中で判断していただくということになります。今年中にはそこの数値というのが出てくるということで、最短 R 番号が取得できるところの目標としては来年初頭の ASHRAE 委員会になり、そのあたりが我々の今計画しているタイムスケジュールとなります。

【中島分科会長代理】　分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、私から伺います。先日の現地調査のときにも伺いまして、飛原 PL からも回答をいただいた件です。不均化に与える潤滑のための機油の影響ですが、不均化を見ていくときは多分プロパンなど割と炭素数の少ないものを使っていったときに不均化を抑える方向にある。試験条件 150 度ぐらいで進めていますが、潤滑油になるともう少し大きいハイドロカーボンになっていって、大きくなったときに割と低温から自己分解していくことがあるかと思います。そういったものが逆の影響を与えないかどうか。この点に少し懸念をするため、もしお考えがあれば教えてください。あと、混合される無機物の影響についても検討されていましたら、併せて見解を伺います。

【東主任研究員】　御質問どうもありがとうございます。現状では、潤滑油の影響に関してはまだ考慮していないところでした。想定としては、冷媒の気相側で発生し得る現象であるため、液相に溶け込んでいる潤滑油は、そこまで今のところ大きな優先順位では調べていないというところです。

【丸田分科会長】　先日、飛原 PL にも答えていただき、割とゆっくり温度が上がるので、あるところで潤滑油も相変化を始めるような温度域が来ることから、大丈夫かどうかということでした。酸素の有無は関係あるのですが、潤滑油の中の無機物の影響などというのが、別の分野で結構効いてくるみたいでして、伺った次第です。大丈夫だということであれば、それはよろしいかと思います。

【飛原 PL】　飛原です。考慮していないという話でしたが、AGC 様かダイキン様、何かこのあたりの経験があれば補足をいただけるとありがたいです。

【後藤（ダイキン工業株式会社）】　ダイキン工業の後藤です。自己分解反応は、メカニズム的にいいますと、反応で出てくる熱が伝播して反応を引き起こすといったメカニズムになっています。ですので、今回我々でいきますと、R1234yf という別の物質を混ぜているのですが、そういった自己分解反応に対して熱を奪ってくれるような物質が混ざると基本的には自己分解反応が抑えられる方向にいきます。冷凍機油でいきますと、混ざっているものが炭化水素系、それからエーテル系ですが、それらは熱を奪う物質になりますので、そうしていきますと自己分解反応を抑える方向にいくということがメカニズム的には考えられます。ただ、実験として冷凍機油を噴霧させて実験するということはできておりません。今私が申し上げたところは間接的な証拠になりますので、今後、検討として必要であれば進めていきたいと考えます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。私も見当違いのことを申し上げている可能性も高いのですが、今の御説明でよく分かりました。どうもありがとうございました。

【飛原 PL】　おっしゃるようにプロパンを抑制剤として混ぜることはあります。そうすると、非常に吸熱し

てくれてそれで不均化反応を抑制するため、潤滑油もそちらの方向に効くのではないかと思います。しかしながら、研究はやっていないので分からないという状況です。

【丸田分科会長】　分かりました。ありがとうございます。

【飛原 PL】　それからもう１点、涌井委員からの御質問にあった事故シナリオに関してですが、いろいろな事故シナリオを考え、圧縮機の中で放電がどの程度のものが起こるかというのを検討しています。それで、今検討できているのはかなり限られた条件の下で、例えばインバータを使っているような圧縮機であれば、インバータ自体が非常に安全な電源装置を持っているため、ほとんど大きな放電エネルギーは出さないことが分かりつつあるので、ほぼ安全ではないかということになっています。しかし、インバータのない普通のモーターを使っている場合はそういう安全装置がないので、ひょっとしたらどんどんエネルギーが投入され、大きなエネルギーが出ていくかもしれないということもあり、完全な事故シナリオが潰せてはいないということです。ですから、限られた条件でやった中では、危険な状況はほぼなさそうだという感じですけれども、それを外して、世界にあるどんな圧縮機でもどうなのかと言われたら、まだ分からない点も多いといったところになります。

【涌井委員】　まだインバータを使わないものも多くあるということで、分かりました。ありがとうございます。

【丸田分科会長】　追加で伺いますが、最初の涌井委員の質問のところで、モデル化においてキネティクスを使う分析も今後予定されているのでしょうか。

【東主任研究員】　今村先生、こちら御回答いただけますか。

【今村教授（公立諏訪東京理科大学）】　公立諏訪東京理科大学の今村です。キネティクスを使っての解析というところまでは現状考えておらず、あくまでも投入エネルギーとして電流・電圧波形を測っています。そのエネルギーから計測される放電のエネルギーというのが自己分解反応のトリガーとなるエネルギーと比較してどうなるかという話になります。そのため、キネティクスを使って反応をしっかり調べるというのは、どちらかというと「安 A」のほうでやられる自己分解反応のモデル化といいますか、そちらのほうでやられるところになると思います。

【丸田分科会長】　分かりました。ありがとうございます。

それでは、時間が延びてしまいましたが、以上で議題 3.3 を終了いたします。ありがとうございました。

【東主任研究員】　ありがとうございました。

3.4 低 GWP 混合冷媒の安全性・性能評価及び全体システム評価手法開発

／低 GWP 混合冷媒のシステム評価手法開発

実施者より資料 4-4 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。

【丸田分科会長】　ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対する御意見、御質問をお受けいたします。

赤穂委員、お願いします。

【赤穂委員】　赤穂です。御説明ありがとうございました。まず、今まではメーカーが自分にとって都合のよい評価を採用してアピールをされているというのがとても興味深かったです。

【齋藤教授】　少し言い過ぎてしまったかもしれません。

【赤穂委員】　新冷媒ではなく、現行の冷媒の段階でもう今回の中間段階でできた成果で、空調機というのは毎年新製品が出るものですから、何らかの新製品に今回のシミュレーター、データの結果が反映され

る可能性というのはあるのでしょうか。

【齋藤教授】　ありがとうございます。先ほど言いましたとおり、メーカーにもシミュレーターなどを提供していますから、うまい形で活用いただけると期待しておりますし、期待が大きくて大変だなとも思っているところですが、活用が進むものと思っております。

【赤穂委員】　それは、1つの成果として評価できると思います。ありがとうございました。

【齋藤教授】　ありがとうございます。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。涌井委員、お願いします。

【涌井委員】　大阪公立大学の涌井です。今のスライドで規格化の話が進んでいるという話を伺い、まだ足りないデータなどはあるということですが、具体的に今規格化を進めるに当たり、求められている要件として必要になっているデータなりシミュレーションというのは、どのようなものが足りていない状況でしょうか。

【齋藤教授】　ありがとうございます。データが足りていないというよりも、世界的に見ても早稲田しかデータを持っていないため、それが正しいのかどうかというのを逆に聞かれている状況です。今、パナソニックから始まりまして、三菱電機、日立に彼らの試験装置を使っても同じ結果が出るかどうかというラウンドロビンテストを通じ、皆同じ答えが出るかどうかの確認作業に入りました。これがなかなか大変であり、半年から1年程度かかってしまうのですが、それをきちんと行ってからISOの審議を進めていこうということで話が進んでいます。

【涌井委員】　分かりました。そういう意味では、規格化というのは、シミュレーションというよりも、それぞれの試験装置で測ったときの性能評価というところでしょうか。

【齋藤教授】　試験機を同じにして、彼らが持っている環境試験室で試験を行った場合に同じ結果が得られるかを確認する作業に入っているところです。

【涌井委員】　分かりました。ありがとうございます。それともう1点、シミュレーションのほうはさらに高度化されていてとてもすばらしいと思っているのですが、今既存の冷媒で非常に見通し立つようになってきて、次が次世代の冷媒を使うとなると、例えば今日お話に出ていたR1132(E)であるとかHFO1123のような混合冷媒が中心になるのだと思います。そういった場合に、このシミュレーションをそういった冷媒に切り替えていくときは、基本的に何か物性データなどがあると比較的簡単に切り替えられるのか。それ以外に何か新しい検討要素が出てくるのか。それによってこの先のどのぐらい工数がかかるかというのが変わってきそうな気もしますけれども、そのあたりはいかがでしょうか。

【齋藤教授】　実は今、現行のR454Cという非常に非共沸性が強い冷媒の評価もしています。基本的にはこれができていると次の次世代冷媒もそのまま評価できるのではないかと思っていますが、先ほど言いましたように、圧損が大きくなる等とにかく性能が悪いほうにいくので、もしかしたらどこかの要素で、このあたりをより詳細に考慮しないといけないといったものが出るかもしれませんが、基本的にはそのまま使えると期待しています.

【涌井委員】　ありがとうございます。そのときに、新しい冷媒になると、まだ冷媒の供給が十分ではないという中で、先生のほうでも実験を行うなどがなかなか難しいような状況だと思いますけれども、この2年間で精度、妥当性というのは、どういう形で検証されていく予定でしょうか。

【齋藤教授】　これはNEDOの会議の中で議論をしているのですが、なるべく早く必要な量を教えてほしいとと言われています。ただ、冷媒開発が遅れたときには、先生が言われるように厳しい状況となるかと思われますが，開発できたときには、いち早く私たちにいただけるように段取りをしていただいていますので、多分順当にいけるのではないか期待しております。

【涌井委員】　ありがとうございます。そうした前もった予定、計画も大事だというのがよく分かりました。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、私から少し伺いますが、8ページの熱交換器のベント管のところで、大分複雑な組合せがあります。7ページ、8ページあたりに製作可能なといったことが出ておりますが、その製作可能性やコストなど、どんな要素が最適化の方法の中に入っており、どんな要素が入っていないといったあたりをもう少し説明いただきたく思います。

【齋藤教授】　ありがとうございます。もともとはどういったものが必要かというのを、実は工業会の10社程度にアンケートを取っており、どのようなものが作れるのか、作れないかというのをヒアリングしています。その結果、この10パターンを導入してほしいということで、例えば、「全く冷媒の通らない管などがあってはいけない」といったシンプルな話から、下のほうを見ていただきますと、「ベント管が交差してぶつかるため、それはできないでしょう」といった話も含め、まさに冷媒の経路のところで何が作れて、作れないが全て網羅できていると思っています。場合によっては、これは考慮しなくてもよいように選択できるようにロジックを最適化計算に入れているため、ほぼ網羅している状況です。

一方、おっしゃられたように、コスト的にはどうなのかということまでは，まだ考慮できていないところです。このプロジェクトの中でやるかどうかは別としても、結局10パターンによって製造コストが変わってきてしまいます。もし業界から要請があれば、少しコスト計算に関しても、あまり複雑なものは入れられないと思いますが、制約条件の優先順位のようなものをつけて計算を行うことは，可能と考えますので、必要に応じて検討を進めてみたいと思います。

【丸田分科会長】　ありがとうございます。ほかに、いかがでしょうか。

それでは、時間は早いですが、十分に議論を行ったということで議題3.4を終了いたします。ありがとうございました。

【齋藤教授】　どうもありがとうございました。

（非公開セッション）

3.5 低GWP冷媒の対応機器（家庭用／業務用エアコン、冷蔵・冷凍ショーケース等）の開発
／グリーン冷媒を使用したコンデンシングユニットの開発

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

【涌井委員】　大阪公立大学の涌井です。本日は丸一日ありがとうございました。次世代の低GWP冷媒としてHFOを選ぶことの必要性もよく分かりましたし、選択した結果が、自分たちのこの国の産業の発展や競争力の強化につながり得るという話がたくさん聞けたと思っております。また、その結果、必要となる技術的な目標というのはおのずと見えてきて、それを5年間で達成するのはなかなか大変なところがあるのもよく分かりました。マネジメントの点につきましても、2030年ぐらいをめどに目標にしたアウトカムへの道筋というのを非常に考えられている印象です。それから、規格化に対してもオープンに重点を置き、知財コーディネーターも入りながらクローズドの情報交換というのが積極的に行われているという点もとても印象的でした。各研究グループでの成果につきましては、中間目標の到達の見込みがあることと、最終目標も適切に設定されていると思います。これからプロジェクト

後半になるかと思いますが、日本初の技術あるいは冷媒が今後世界にいろいろ展開できるよう研究開発がさらに進んでいくことに期待しております。私自身もたくさん勉強になりました。理解が足りないところもありまして、この先につながると思っております。

【指田専門調査員】　ありがとうございました。それでは、髭分委員、お願いいたします。

【髭分委員】　日設連の髭分です。今日はありがとうございました。全体的に見まして、当然中身の細かいところは皆様プロでいらっしゃいますから、問題なくやっていただけていると思います。ただ、非常に大きなプロジェクトであり、各グループの下にたくさんのグループがおられます。それぞれが専門性を持って進められているという中で、何度か質問にも書かせていただきましたが、そこの間の整合性の取り方、フィードバックの取り方です。多分、中間まではどちらかというと要素的な基礎的なことが多かったと思うので、意外に単独でできたことが多かったようにも感じます。これから後半にかけては、それの検証といいますか、お互いのフィードバックや確認、それぞれのやっていることに対しての理解といった中で、多分キャッチボールがたくさん出てくるなど、少し後戻りをすることや再確認をすること、これはちょっと駄目だったというものが出てくる可能性もあるかと思います。そうした点では、加速度的にあるデータによって想定が進む部分と、逆に、それらの結果によって、少し立ち止まるところが出てくるかも知れませんので丁寧に進めていただければと思います。

【指田専門調査員】　ありがとうございました。それでは、奥委員、お願いいたします。

【奥委員】　都立大の奥です。本日はどうもありがとうございました。いろいろと話を伺い、本プロジェクトの意義であるとか、世界における位置づけもよく理解できました。この 5 年間という全体の中で、今 2 年半たったところですが、この間、着実な成果を挙げてこられていることも確認できました。非常に重要と感じるところは、本日お答えいただきましたように、特に飛原 PL からお話のあった NEDO プロジェクトの世界における意義であるとか、これまで日本が開発してきた冷媒、空調システム、それから機器といったようなものを活かし、これから特に途上国での市場開拓の可能性といったようなところや、今後他の冷媒等が、例えば自然冷媒等も含めてもし駄目になったときの選択肢の 1 つとして、しっかり用意していく必要があるとご説明いただいたところです。そこが、そもそもこの NEDO プロジェクトを世界に対し、それ以前に国民に対してもそうですが、説得力を持って意義について説明する上で、非常に重要な内容だったと思っております。ぜひ、その部分の説明を今後もしっかりとしていただき、日本が国家戦略としてこのプロジェクトをやっている、そして、ある意味、世界戦略といったようなものを持って取り組んでいることを明確にしていただくことが、そもそもの部分として重要ではないかと思った次第です。

あともう 1 点、この資料の作り方の問題かもしれませんが、いずれにしても成果は挙がっていて、その意義はこうだと整理されており、達成度も全て丸か二重丸しかついていませんでした。しかし、細かいところをお伺いしていると、まだ課題があり、あと 2 年半の間でクリアしなければいけない点が残っているところもあるようです。やはり PDCA を回しているその一環で本日が C の部分であると思いますから、今後に向けての課題が何なのかというのもこの場で明確にしていただき、そこをどのように克服していくと、最終年度に目指すところに到達できるのか。そこの御説明も本来あったほうがよかったのではないかと感じるとともに、本日は、私も大変勉強になった次第です。ありがとうございました。

【指田専門調査員】　ありがとうございました。それでは、赤穂委員、お願いいたします。

【赤穂委員】　赤穂です。本日はありがとうございました。新しい冷媒の開発や機器の開発にこれだけ日本の大学の研究者の方々が御尽力いただいていることを知ることができ、大変感動いたしました。本当にありがとうございますと言いたいです。冷凍空調機というのは世界で成長市場であり、まだまだこれからも伸びます。ですので、今回の成果を踏まえ、世界市場で日本の製品が普及することが最終の目的だと思っています。それができれば、日本における産学館連携の大きな好事例として輝かしい歴史を

刻むことができると思っています。ただ、今後の普及に向かっては、これから大変なことが多々あると思います。何度も言って恐縮ですが、まずはガラパゴスにならないことです。そのためには、仲間を世界でつくっていく必要があると思っています。そして、普及のためには、なかなか知財を外に出すのは難しいものの、将来こういう世界になるということをある程度ユーザーに理解してもらう必要があるといます。2036 年というのは先のようでもすぐにやってきます。特に業務用の空調機に関しては、ビルの普及などを考えれば、今からある程度情報を出していき、これから先々、空調機というのは世界的にこういう方向に行くというのをユーザーにも知っておいていただかなければ、普及もおぼつかないと思っていますので、そういう情報発信もこれから考えていく必要があると思います。

【指田専門調査員】　ありがとうございました。それでは、中島分科会長代理、お願いいたします。

【中島分科会長代理】　本日は、大変立派な成果報告をどうもありがとうございました。モントリオール議定書のキガリ改正の 2034 年から 2036 年への対応に向け、HFC の消費量を 85%削減するために本研究開発事業は着実に成果を挙げてこられているということが、本日の中間評価を聞かせていただいてよく理解できました。その中でも、国内の 2 社からそれぞれ独自の有望な国産低 GWP 冷媒の候補の開発の話も出てまいりました。また、そのうちの 1 社からは、早ければ毒性評価が完了すれば、来年初めにも待望の R 番号が取得できるという明るい話も伺えました。また、機器メーカー様からも、新冷媒を実際に用いたショーケースを試作し、コンビニエンスストアでモニター評価を行う予定であるとの非常に心強い話を聞くこともできたのは非常によかったかと思います。今後は、着実にこの研究開発を進めていただき、5 年間のプロジェクトを完了する暁には、さらによい成果を聞けることを今から楽しみにしております。本日はどうもありがとうございました。

【指田専門調査員】　ありがとうございました。それでは、丸田分科会長から、全体の議論を踏まえ、評価項目ごとのコメントをお願いいたします。

【丸田分科会長】　本日は、大変ありがとうございました。多彩な意見及びコメントをいただきましたので、評価項目ごとに集約するのは非常に難しいですが、頑張ってまとめたいと思います。

まず、項目①の意義・アウトカムについては、委員の皆様も言われるように、特に印象的だったものは、低 GWP に対し、原理原則にのっとった研究開発をされた上で、現実に結びつけるという水準までを非常に丹念に多彩なグループ研究者の参加によって達成されており、素晴らしいと思いました。当然研究計画等もそうですが、さらに ISO や知財などについても戦略が綿密に立てられている状況であり、緻密かつ素晴らしい成果が達成されていると思います。

それから、項目②の目標及び達成状況については、計画がリーズナブルに立てられているので、もちろん議論になるところはありましたが、順調に進捗されています。何が課題であるか、これから進めていく点が明確ですから、特に指摘するものはありません。しかしながら、ここで全てを褒めてしまえば、あとの後半は何をすればよいかということになりますので、引き続きの取組をお願いしたいところがございます。項目③のマネジメントですが、全体の方向性について、（委員のみでの打合せに時間がかかったことを受けて、）先ほど議論に時間がかかりましたが、その理由というのは、「GWP ごとにグループ分けされた組成の違う状態のものが提示されており、組成が決まっていないように見える点は大丈夫か」という趣旨にかかるもので、そこでの説明としては、「GWP については、不飽和結合を持った冷媒をどれぐらいの量入れるかということと、GWP の水準とが相関している」とのことでしたので、組成の違いについては、実施者が特性を理解された上で、GWP 規制にどうやって適合していくかという段階で、いかようにも対応できる形で戦略を練られているとして、納得いただいています。

また、「マネジメントの外部環境」というスライドがあり、そこに各国の状況が記載されていました。これは実施者の皆様へのお願いというよりも NEDO、あるいは国への期待という側面が強いですが、外部環境や、研究の直近の進捗に対する調査を、継続的に行っていただいて、もし外部で良い成果があ

った場合には積極的に取り入れ、それを活用するということを、是非続けていただきたいと考えます。

現在研究開発をされている皆様に加えて、今後、よりTRLの高い開発に取り組まれるであろう企業様はまた違う制約の中で事業を進められるので、NEDOないしは国が主導され、現在の実施者と将来の実施者との情報共有やリレーを図りながら、研究開発事業を運営していくような、持続的なプロジェクトを起こしていただくと良いと思います。大切な日本の技術を大事に育てていく際に、日本の立場だけでなく、何とか割り込んでこようとする外国であるとか、規制で対応をしてくるようなところへの対応も含め、国として見ていただけるようなところに期待をします。

最後に、私個人としては、燃焼の基礎研究をしている点からハイブリッド車やEVあたりの動向に注視をしていますが、いろいろと感じるものがあります。（多彩なポートフォリオを立てるという我が国の方針に、）間違いがなければ、（今後も我が国の強みがハイブリッド車やPHEVを中心に発揮されるという）そのような方向に落ちていくと思うものの、なかなか一筋縄ではいかないところもあります。翻って今回の混合冷媒開発においても、良い研究成果を挙げたということに引き続いて、そのあたりは実施者様というよりも、ぜひ国として継続的にフォローしていただけるような体制があればより良いと感じております。長くなりましたが、講評は以上となります。

【指田専門調査員】　委員の皆様、分科会長、御講評をいただき誠にありがとうございました。

ただいまの講評を受けまして、推進部から何かございますか、よろしいでしょうか。では、推進部長及びPLから一言いただきたく存じます。よろしくお願いいたします。

【福永部長】　NEDOサーキュラーエコノミー部の福永です。本日は、長時間にわたり議論をいただきまして、ありがとうございました。最後の講評コメントをお聞きし、特に国際的な動向につきましては、NEDOとしてもしっかり把握をしていく必要があると考えております。最後に分科会長から自動車の話も出ましたが、我々NEDOとしても様々な技術開発を行っており、例えば自動車であれば、蓄電池は当然やっていますし、それから合成燃料もやっているところです。さらに、例えば発電分野ではアンモニアの混焼や水素の混焼、またCCSと様々な選択肢を遡上に乗せて技術開発をしております。それと同じことが代替フロンの分野にも言えるかと思っています。PLからもありましたが、世の中では様々な方式を切磋琢磨して開発をしているところであり、我々としてはこの「NEDO冷媒」をぜひ世界に広げていくところをしっかりとやっていきたいと考えております。それから標準化につきましても、これは今日の議論でもあったように、特許をどうしていくかという知財の問題について併せて考えていく必要があります。個別で公開すべきか否かというのは丁寧に考えていく必要があると思いますので、このプロジェクトで始めた知財コーディネーターの御指導もいただきながら、しっかり判断し、実用化に向けて進めていきたいと考えております。また、技術開発は、今日の議論でもありましたが、産業界の意見をフィードバックしながら、実際に作れるものを研究開発していくというのが重要です。この点もNEDOとしてマネジメントをして取り組んでまいりたいと思います。本日は、どうもありがとうございました。

【指田専門調査員】　福永部長、ありがとうございました。

続いて、飛原PL、お願いいたします。

【飛原PL】　飛原です。質疑の中でいろいろと発言しましたので、申し上げることはほとんど残っていませんが、今日、委員の皆様からいろいろと御意見を伺いまして、これまで産業界の方や大学の先生たちとプロジェクトの中で話をしていたこととは随分違った意見をいただけたと感じております。それと同時に、少し考えを切り替えていかなければならないという気もいたしました。特に、奥委員、赤穂委員の御意見というのは、私にとってこれまでにないものであり、「ガラパゴスにならないように」あるいは「国際的な視点でリーダーシップを取っていく」というのは、日頃の作業をやっているとついつい忘れてしまうようなところがありました。ですが、それを考えながら、日頃の研究推進に生かしていかな

ければならないと受け止めております。今 2 名の委員の名前を上げましたが、それだけではなく、他の先生方からもいろいろと御意見を伺いましたので、そのことをまた新たに考えながら、このプロジェクト全体の今後の進め方について再度考えていきたいと思った次第です。どうもありがとうございました。

【指田専門調査員】　飛原 PL、ありがとうございました。以上で、議題 5 を終了といたします。

6．閉会

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 3-1	プロジェクトの説明資料（公開）
資料 3-2	プロジェクトの詳細説明資料（公開）
資料 4-1	プロジェクトの補足説明資料（公開）
資料 4-2	プロジェクトの補足説明資料（公開）
資料 4-3	プロジェクトの補足説明資料（公開）
資料 4-4	プロジェクトの補足説明資料（公開）
資料 4-5	プロジェクトの補足説明資料（非公開）
資料 5-1	事業原簿（公開）
資料 5-2	事業原簿（非公開）
番号無し	評価コメント及び評点票
番号無し	評価スケジュール

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

研究評価委員会

「次世代低GWP冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」（中間評価）分科会

質問・回答票（公開）

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
3-1・26頁（表 安全Gr）	国際標準に提案する着火法の概要が書かれた箇所は、配付資料中のどの部分かご教示下さい。	丸田分科会長	資料4-3（安全Gr)、 P16の”補足）成果と意義”資料の中段に示しております、発弧線溶断法概略をご参照戴ければと思います。
一般的質問	開発冷媒の冷却性能は、現行冷媒R32と比較して、どの程度の水準となる見込みか。	丸田分科会長	本PJで絞り込む候補冷媒の冷却性能としては、現行冷媒R32と比較して概ね8～9割程度を目指しているところです。さらに本PJの機器要素技術開発による機器性能向上策を加えることで、機器としての冷却性能を現行冷媒使用のものと同水準となることを目指しています。資料3-2 P.7を合わせてご参照いただけますと幸いです。

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
4-1・9頁	GWP10以下の冷媒候補となっている各物質（計6種）の混合割合については、どのような割合を候補として絞り込んだのか？	中島分科会長代理	スライドに示した６種類の混合系に関しては、全ての成分冷媒が GWP が１０以下（大半は１以下）なので、全ての組み合わせの組成範囲で GWPが１０以下の混合冷媒になります。 そのため、全領域での熱物性計算が可能になるように、複数の組成での熱物性計測を行い、 REFPROP での混合モデルが幅広い組成で計算できるようにしました。 具体的には測定を行った混合冷媒に関して、 (1) R1132(E)+R1234yf では、R1132(E)の組成が 23, 30, 50, 70 mass% の４組成で測定しました。 (2) HFO1123+R1234yf では、HFO1123 の組成が 30, 50 mass% の２組成で測定しました。 (3) R1132(E)+R290 では、R1132(E) の組成が 35, 60, 80 masss% の３組成 で測定しました。 (4) HFO1123+R290 では、HFO1123 の組成が 65, 80 mass% の２組成で測定しました。 (5) R1132(E)+CO2 では、R1132(E)が 60, 90 mass% の２組成で測定しました。 (6) HFO1123+CO2 は 2025 年度中に CO2 の比率が低い混合系で測定を行う予定です。
4-1・9頁	R1132(E)+HFO1123、もしくはR1132(E)+HFO1123+R1234yfといった混合冷媒は候補になりえないのか？	中島分科会長代理	R1132(E)+HFO1123の２成分系混合冷媒 に関しても一部測定を行いました。 この２つの冷媒は熱物性が非常に似ています。 そのため、市場に出ても最初のうちはかなり高価になるであろう新冷媒２種を混合するよりは、２種類に対してそれぞれ同様なペアの混合冷媒を提案することで、 機器メーカーの選択肢に幅を持たせた方が良いものと考え、 あえてこの２つの混合することは今の所見送っています。

資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答
4-1・12頁	「CO2/HFO1123/R290系の評価（終了）」とあるが、この3種混合冷媒は同資料P.9の冷媒候補の中には含まれていないのはなぜか？また、その混合割合はどのような割合か？	中島分科会長代理	冷C-1は、実施計画書に記載のとおり、3成分混合系の評価を行います。 P.9には、冷媒候補として2成分系HFO1123+CO2、HFO1123+R290が挙げられていますが、2成分系は3成分系に包含されているため、結果として2成分系候補の燃焼特性についても対応しています。 HFO1123+R290は、HFO1123混合比が半分程度を超えると不均化リスクがあるため、それ以下の混合比で使用する必要があります。しかし、燃焼性から見ると、R290混合比が高い条件では、燃焼速度が極めて高くなるため実用化できません。そこで、HFO1123の混合比とR290の混合比を高くすることなく燃焼性を下げる低GWP冷媒の典型例としてCO2を第3成分として検討したものです。 上述のとおり、HFO1123が50 wt%を超える混合比については安全上の懸念があるため、燃焼限界についてはHFO1123を上限値50wt%に固定した条件でCO2、 R290の混合比を任意とした燃焼限界を得、規制緩和適用条件を得ました。燃焼速度については、種々のCO2/HFO1123/R290混合比※について、最大燃焼速度を得ました。 ※4種類の混合比のHFO1123/R290に対して4種類の混合比のCO2を添加した。
4-2 8頁,20頁	R1132(E)以外の新規候補冷媒（HFO1123やR1234yf）に関しては、粘度や熱伝導率の測定は行わないのか？	中島分科会長代理	HFO1123 については既に測定を開始しています。得られた結果は最新情報として学会等で一部報告しており、また今後も論文などでの発表を計画しています。 なお、R1234yf については、既に他の研究者により多くの測定が成されており、熱物性計算ソフト REFPROP にも反映され、正確な計算が可能になっています。 従って、R1234yf の測定は必要ないと考えています。

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
4-3・資料	電中研、AGC、ダイキン工業、諏訪東京理科大それぞれで特有なアーク放電発生装置を試作して実験しているようであるが、最終的にはどれか一番結果が得やすい装置に絞って、各種混合冷媒の不均化反応を評価したほうが良いのではないか？	中島分科会長代理	諏訪東京理科大は圧縮機内で発生し得るエネルギー量の調査、電中研/AGC/ダイキン工業は自己分解反応評価法の開発と冷媒の反応性評価という、異なる視点から開発を進めております。後者3社は国際標準化を見据えた再現性/簡便性の高い自己分解反応評価試験法の開発を進めております。ISOへの提案に向けて、同一手法を用いた比較試験を予定しております。
3-1・10頁	日本以外でのHFO系冷媒を対象とした開発状況は？	髭分委員	特許庁による特許動向調査（令和4年度）によれば、次世代冷媒に関する特許出願は日本国籍が最も多く、次いで中国、米国、欧州の順となっております。このうち日本と米国は国際特許が多く国際展開を見据えた技術を多く持っているとされており、両国の次世代冷媒に対する技術開発への意欲がうかがえます。 本委託事業の対象である家庭用空調分野においては、主成分となる純物質としてのHFO冷媒は世界的にもある程度絞り込まれており、米国および欧州では米国企業の開発したHFO1234yf、日本では本事業で実施している国産冷媒を主成分とする混合冷媒の開発が大型プロジェクト等により実施されています。本事業の大きな目標である自己分解反応の研究は国産冷媒の性質であることもあり国際学会等でも他国の報告例はほとんどなく、日本がリードする技術分野となっております。
3-1・26頁	冷媒Gr：「冷媒の絞り込み」の達成目標は最大何種類？　現時点の達成は何種類？	髭分委員	達成目標は「数種類」といったレベルになると考えています。ルームエアコン用の冷媒は、機器及び冷媒の各メーカーが独自の判断の下で選択できるように、複数の選択肢を提供する必要があると考えているからです。 現時点の達成状況としては、資料4-1 p9の左中央に囲った冷媒のうち、GWP70および10以下の冷媒が、本プロジェクトの成果となる冷媒候補になります。 今後、燃焼性や安全性、性能評価結果に基づき組成範囲をさらに絞りこみます。

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
3-1・26頁	上記について、絞り込み判断の条件は？条件における長所短所等の優先度はあるか？	髭分委員	絞り込み判断の条件としては、GWP、入手性、安全性、熱物性、性能、コストが上げられます（資料3-1 p24左下）。 プロジェクトとしてはGWP値が最優先であると考えています。 現時点で絞り込んだ混合冷媒の組み合わせには、それぞれに条件のトレードオフが存在します。 各条件の優先度は一概には決められませんが、研究段階ではコストの検討は難しいと思います。
3-1・33頁	全体スケジュール管理体制は？ 全Gr会議が年1回で充分と言える体制が不明？	髭分委員	PL・SPLとNEDOで全体スケジュール管理をしています。把握方法はP.41の通りで、各Gr会議に他Gr事業者も参加して相互の進捗状況を把握し、全Gr会議を複数回実施せずとも情報が共有できるような体制で進めています。
3-1・38頁	横軸記載内容を中間目標までの達成項目と最終目標までの取組項目に分類できないか？	髭分委員	取組み内容毎の中間目標・最終目標までの開発スケジュールは各Grの説明資料に記載（例：資料4-1 P.8、資料4-2 P.7等）しておりますので、そちらをご参照いただけますと幸いです。
3-1・38頁	上記について、クリティカルパスが不明？時間軸が充分と言える根拠は？	髭分委員	NEDO冷媒の実用化に際してのクリティカルパスは様々あり、冷媒供給設備の整備などはNEDO PJに関わるものではありません。NEDO PJとしては、冷媒物性評価と性能評価による冷媒候補絞込みと、自己分解反応の安全性評価手法確立を中心課題と捉えています。 時間軸については十分な研究開発期間が確保できているとは言い難いですが、国際約束に間に合わせるために限られた時間でもP.39に記載の通り連携して同時並行で進めていけるように取組んでいます。
3-2・11頁	研①最終目標が縦軸共通となっているが、Gr相互の横軸連携が曖昧？	髭分委員	研①最終目標のうち冷媒の提案については、低GWP､安全性、現行と遜色のないサイクル性能全てを具備するHFO系混合冷媒を提案することが目標です。そのため、冷媒性能予測に必要な物性評価および機器要素技術、サイクル性能評価手法開発の成果と、安全性評価の成果を摺合わせ提案していくことが重要と認識しており、各Grの相互連携をGr会議等を通じて行っているところです。

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
3-2・11頁	上記について、▲と●のポイントのおけるGr相互の相関？　各GrのPDCAへのフィードバック？	髭分委員	Gr相互連携に関する具体的な例を以下に示します。P.40も併せてご参照いただけますと幸いです。 ・冷媒Grで得られた熱物性や混合モデルは機器Grや評価Grで機器設計指針検討や評価手法開発に活用され、機器Grで得られた冷媒輸送性質等は冷媒Grにフィードバックされ、相互での検討ループを回していくことになります。 ・安全Grで得られた安全性評価および安全な冷媒組成は冷媒Grにフィードバックされ冷媒候補の絞込みに活用されます。 ・評価Grで得られたシステム評価手法やシミュレーションをの成果は機器Gr等にフィードバックされ、機器設計指針検討に活用される。
4-1・18頁	縦軸のフィードバックに対して、横軸項目に変化ないのか？資料4-1・8頁との相関含め	髭分委員	縦軸のフィードバックはもとより、他Grからのフィードバックや外部有識者・技術委員等からの助言等に基づき横軸の取組項目については変化があり得ます。資料3-1 P.45に示す開発促進財源を活用した追加検討事項への取組や、今後のプロジェクト後半年度に向けての実施計画変更等を通じて、変化に対応した取組を進めていきます。
4-2・2頁	冷媒の短所を補完する視点における安全装置等は、開発に含まれていないか？	髭分委員	今後リスク評価を進めるなかで現状機器では事故リスクが許容できない場合や、HFO割合がより高い冷媒組成の実用化を進める必要が生じた場合は、機器側の安全性要求を検討することも視野に入れております。ただし、まずは現状機器で安全に使用できる冷媒としての安定性等級標準化を目指しております。
4-2・2頁	上記に関連して、新たに法令や規制等の改正は想定されるか？（標準や規格の改定以外）	髭分委員	上記で必要が生じた場合は、国内ではJRA規格（日本冷凍空調工業会が作成する標準規格やガイドライン）の追加改定や、高圧ガス保安法の改定が想定されるかと存じます。

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
4-2・18頁	縦軸のフィードバックに対して、横軸項目に変化ないか？19頁あり。（資料4-2・7頁との相関含め）	髭分委員	（4-1・18頁への質問と同回答）縦軸のフィードバックはもとより、他Grからのフィードバックや外部有識者・技術委員等からの助言等に基づき横軸の取組項目については変化があり得ます。資料3-1 P.45に示す開発促進財源を活用した追加検討事項への取組や、今後のプロジェクト後半年度に向けての実施計画変更等を通じて、変化に対応した取組を進めていきます。
4-3・3頁	冷媒漏洩による系統外での火災事故誘発については、対象外？その根拠？	髭分委員	・自己分解反応性について：圧力が高い条件でのみ自己分解反応は発生し、大気圧では自己分解反応は発生しないと考えられます。そのため、系外漏洩時の安全性評価は対象外としております。 ・燃焼性について：現在検討中の冷媒は従来冷媒同等の燃焼性となるため、新たな安全性評価は不要と考えております。
4-3・3頁	上記に関連して、冷媒取扱技術者(充填、回収、メンテ、保守)に係わる安全上の懸念は？	髭分委員	従来冷媒でも点検、回収、充填などの管理が行われており（例えば冷媒フロン類取扱技術者）、先述の通り燃焼性に関しては従来冷媒同等であることから、開発中の冷媒に関しても新たな安全上の懸念は生じないと考えております。
4-4・2頁	性能評価の中に安全性は含まれていないか？	髭分委員	安全性を確保するための機器構成上の措置が性能に大きく影響を及ぼすとは考えにくいため、性能評価の中に安全性は含まれていません。安全性が確認された新規冷媒に対して、性能を評価してゆくことになっています。

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。

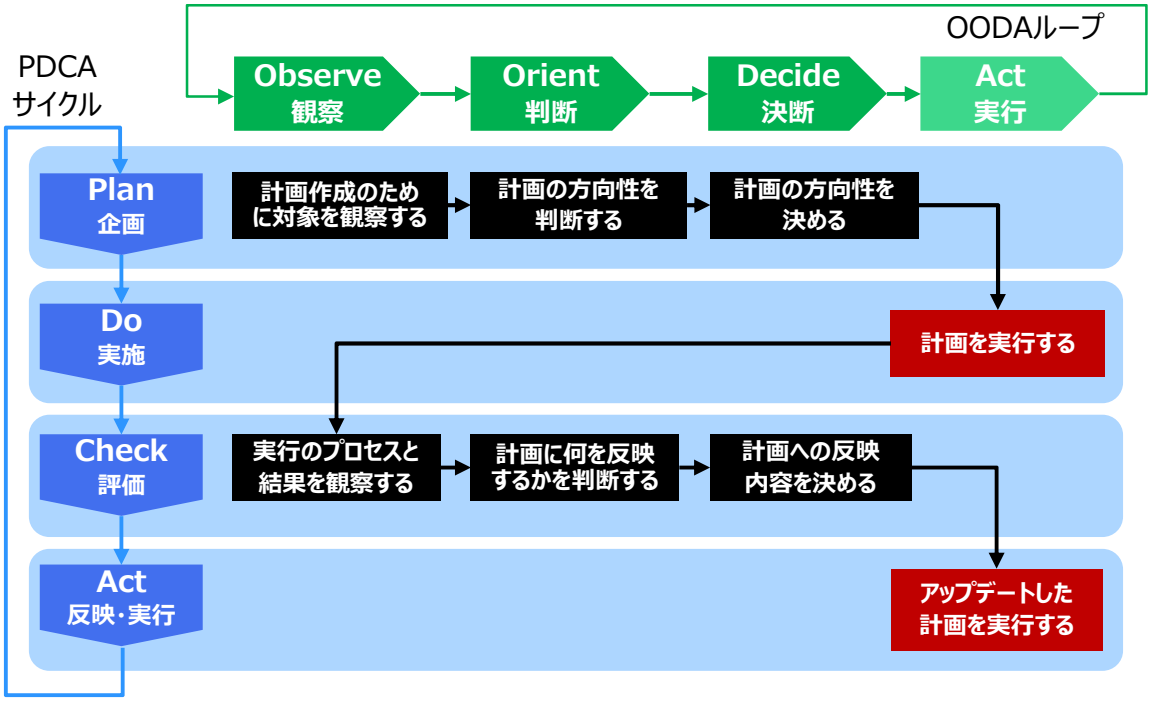


図 1　研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

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。

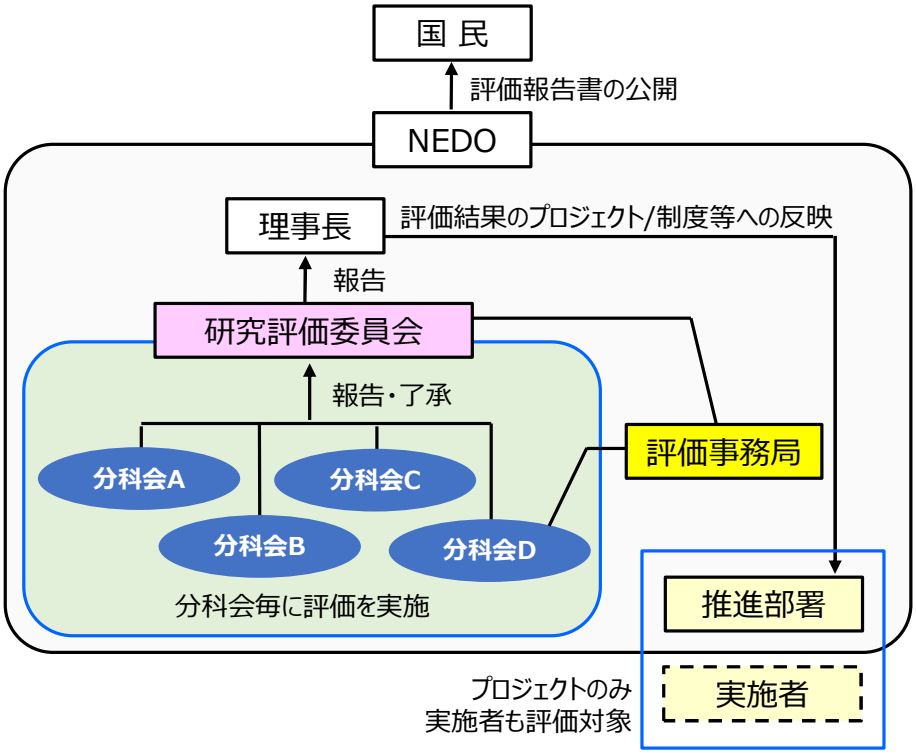


図 2　評価の実施体制

5. 評価手順

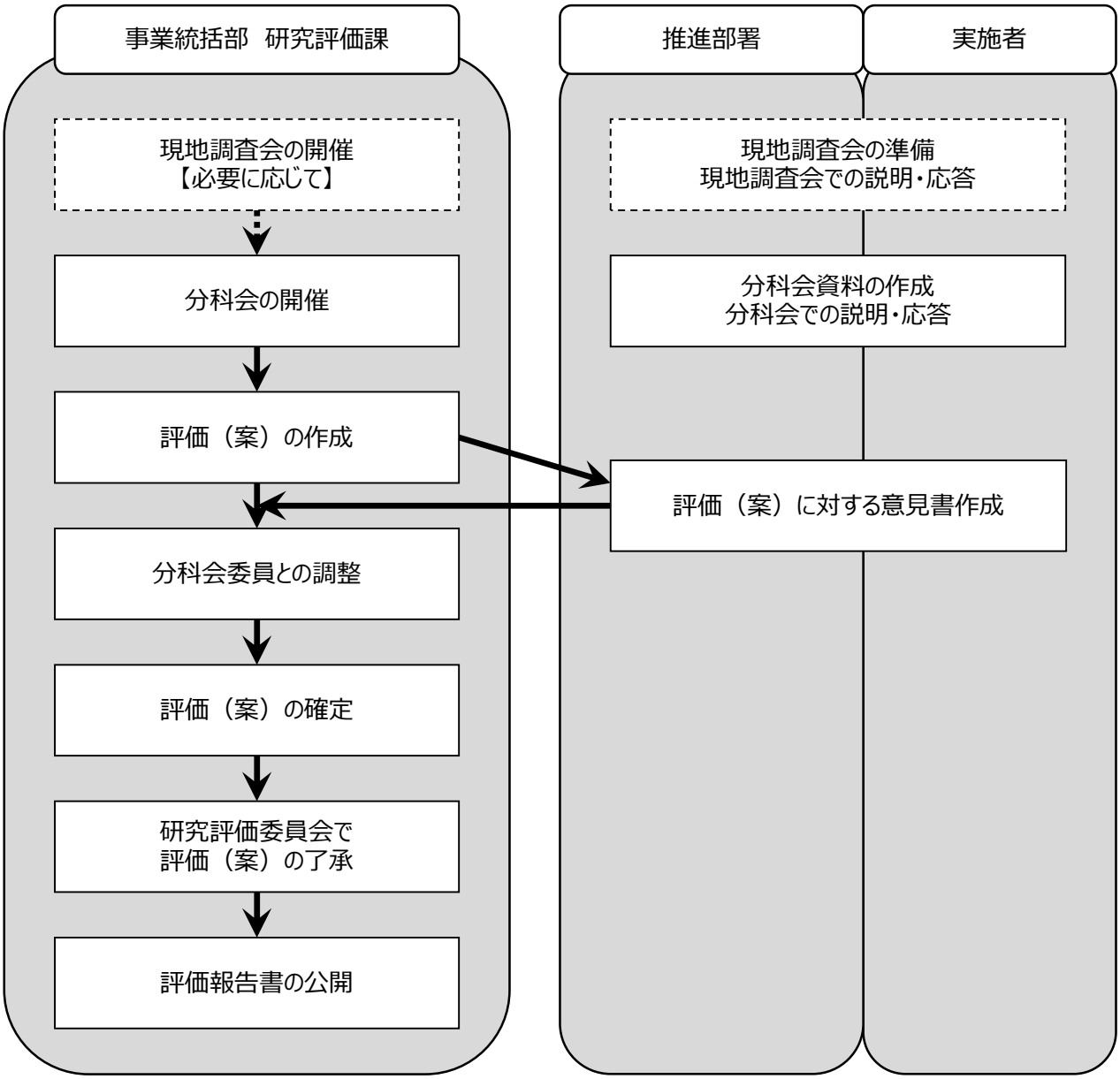


図 3 評価作業フロー

研究評価委員会
「次世代低 GWP 冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」（中間評価）
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) 本事業の位置づけ・意義

・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）や上位のプログラム及び関連する政策・施策における位置づけが明確に示された上で、それらの目的達成にどのように寄与するかが明確に示されているか。
・外部環境（内外の技術・市場動向、制度環境、政策動向等）の変化を踏まえてもなお、本事業は真に社会課題の解決に貢献し、経済的価値が高いものであり、国において実施する意義があるか。

(2) 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ているか。

※ 「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。

(3) 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、研究データを含め、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るか。
・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）で取り組んでいるか。
・国際標準化の制定の計画は、仲間作り、TC/SC 等の設置、主導的な立場（コンビナー等）の獲得なども含めて、必要な事項が盛り込まれており、実用化・事業化を見据

えた時間軸となっているか。

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※見直しているか。
・アウトカム目標の達成の見込みはあるか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当か）。
・費用対効果の試算（国費投入総額に対するアウトカム）は妥当か。

※ 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※見直しているか。
・中間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るか。
・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るか。

※ 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

・執行機関（METI/NEDO/AMED 等）は適切か。効果的・効率的な事業執行の観点から、他に適切な機関は存在しないか
・実施者は技術力及び実用化・事業化能力を発揮しているか。
・指揮命令系統及び責任体制は有効に機能しているか。
・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るか。
・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）は適切か。
・本事業として、研究データの利活用・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ているか。

(2) 受益者負担の考え方

・委託事業の場合、委託事業として継続することが適切※か。補助事業の場合、現状の補助率の設定を続けていくことが適切※か。

※ 適切な受益者負担の考え方
・委託事業は、「事業化のために長期間の研究開発が必要かつ事業性が予測できない※、又は、海外の政策動向の影響を大きく受けるために民間企業では事業化の成否の判断が困難な場合において、民間企業が自主的に実施しない研究開発・実証研究」、「法令の執行又は国の政策の実施のために必要なデータ等を取得、分析及び提供することを目的とした研究開発・実証研究」に限られていること。
※「長期間」とは、技術特性等によって異なるものの「研究開発事業の開始から事業化まで 10 年以上かかるもの」を目安とする。「事業性が予測できない」とは、開発成果の収益性が予測不可能であり、民間企業の経営戦略に明確に記載されていないものとする。
・補助事業は、事業化リスク（事業化までの期間等）に応じて、段階的に補助率を低減させていくなど、補助率が適切に設計されているものであること。

(3) 研究開発計画

・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、アウトプット目標達成に必要な要素技術、要素技術間での連携、スケジュールを適切に見直しているか。
・研究開発の進捗を管理する手法は適切か（WBS※等）。進捗状況を常に関係者が把握しており、遅れが生じた場合、適切に対応しているか。

※ 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を必要に応じて見直しているか。

参考資料３　評価結果の反映について

「次世代低ＧＷＰ冷媒の実用化に向けた高効率冷凍空調技術の開発」（中間評価）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
【1】HFO 系冷媒を使った低 GWP 冷媒空調機器が国外においてもいかに受容されるようにしていくかが重要課題と考える。HFO 系冷媒機器のメリットや優位性等に関する積極的な広報活動を進めると同時に、利益確保に向けた方策を積極的に検討いただきたい。 【2】冷媒メーカー、機器メーカーの事業化を後押しするための情報発信や広報活動をさらに積極的に進めていただきたい。	【1】【2】HFO 系冷媒やそれを使った空調機器が国内外において受容され、事業化を後押しできるよう、事業成果である HFO 系冷媒機器のメリットや優位性等を積極的に国内外のステークホルダーに周知・広報するため、2025 年度より PJ 伴走型の NEDO 特別講座を実施いたします。NEDO 特別講座に於いて、事業実施期間中に事業成果を冷媒・機器メーカーに情報共有することや、国際シンポジウム等の国外ステークホルダーへの情報発信を行います。また、事業終了後も PJ 参加事業者を主体とした事業を通して得られた知見や技術を講座形式で企業や学生等への周知広報を行います。
【3】事業終了後の自立化に向けては、国産技術の維持・発展、国際競争力の発現までを担う何らかの体制維持が期待される。	【3】PJ 参加の冷媒・機器メーカーや、PJ 外で連携している日本冷凍空調工業会等のステークホルダー等と協議し、事業終了後の自立化に向けた体制維持を検討します。
【4】知的財産・標準化戦略については、知財マネジメントシステムとして PJ 全体を俯瞰した判断のプロセスと体制の明確化が期待される。今後の国際市場でのシェア拡大を図るにあたって、海外での知財・標準化・特許戦略をどのように行うか、早急にその方針を検討いただきたい。	【4】INPIT 知財戦略プロデューサー派遣を継続し、知財情報の調査・分析結果を基に、PJ 参加事業者と一体となってグローバルな知財戦略の策定・推進に取組みます。

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
【5】日本メーカーのシェアが拡大され、それによって増収につながる想定であるとの数値が示されたが、そうした数値はアウトカム目標として示されると良い。	【5】ご指摘のアウトカム目標の数値記載につきましては、経済産業省が示している本事業のアウトカム目標に合わせた記載をするようにいたします。
【6】PFAS 規制などの外部環境の変化に対する継続的調査と対応が期待される。	【6】上記【1】【2】の対応である NEDO 特別講座の中で外部環境の継続調査を行い、PJ での随時の対応検討を進めます。
【7】冷媒の大量生産については将来的な課題であり、検討いただきたい。	【7】PJ のアウトプット発現からアウトカム発現までの将来的な課題解決は冷媒メーカーの経営判断によるところが多いのですが、その前提となる冷媒の普及に向けた課題について、有識者より助言を戴きながらその解決策や準備項目について検討を進めます。
【8】本プロジェクトの研究インパクトを鑑みると、さらに積極的な論文投稿によって実施研究者の成果をより広く周知することも検討いただけるとより良い。REFPROP や ASHRAE、ISO 817 等の国際規格・標準化・指針へのインプットも適切に進めていってもらいたい。	【8】PJ 参加各事業者の研究インパクトを鑑みた論文投稿の推進を進めます。また、上記【1】【2】の対応である NEDO 特別講座の中で実施する国際シンポジウム等の場を活用し、国際規格・標準化・指針へのインプットを進めます。
【9】冷媒に関する情報を各グループ間でいち早く共有する仕組みのさらなる検討を望む。HFO 系冷媒とそれを用いた空調機器の実用化に向けて、さらに効果的なグループ間連携とその成果を強く期待したい。	【9】PL/SPL を中心として各グループ間情報共有・連携の一層の強化を図ります。

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
【10】自国発の新技術の発展の観点で、継続的な外部環境調査を行うことがNEDOまたは国に期待される。	【10】上記【6】と同様の調査にて取組みます。
【11】将来事業化を行う企業群を念頭に、蓄積技術の効果的な情報共有や活用、必要に応じた組織間の協創を推進するようなプロジェクトを国として起こしていただきたい。	【11】上記【1】【2】の対応であるNEDO特別講座の中で、事業終了後も継続して講座形式の情報共有を行い、組織間協創を促すよう取組みます。
【12】研究データの利活用や提供方針等について、オープン・クローズ戦略の精緻化を慎重に検討し、明確にしていく必要がある。	【12】上記【4】の取組みの中で、技術の普及と優位性確保の両立を念頭に、研究課題ごとにデータマネジメントプランの最適化を図ります。後半年度はNEDO冷媒の実用化促進の観点から、PJ事業者に上記【8】の観点を含めて、取組みの推進を求めます。
【13】外部環境の変化や社会的影響の把握方法、見直しを図っていくタイミング・仕組みについて、研究開発計画のなかに組み込んでおく必要があると思われる。	【13】本年度、これまでの成果および、中間評価も含めた外部有識者との意見交換や、外部環境の動向をふまえ、後半年度の実施内容・計画を見直す取組を行います。

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