

研究開発の背景と目的

次世代SOFCのニーズ
⇒発電効率の向上
水素社会の実現

2010年 2020年 2030年 2040年

水素社会の実現と定置用燃料電池の本格的普及拡大を目指して発電効率70%を見通す画期的な「プロトン伝導セラミック燃料電池 (PCFC)」を開発する

研究開発目標 (WP1~3)

1. 発電効率の向上：発電効率65%以上を実証、70%を見通す
2. 出力密度の向上：セルの出力密度 >1.3W/cm²@550℃ (低温作動)
3. 耐久性向上：電圧低下率 1%/1000hr以下
4. システム検討：単セルの性能を検証し、システムの机上検討を行う

研究開発実施体制

WP1 革新的高性能電極・部材の開発

WP2 高効率・高出力密度セルの開発

WP3 セル評価・アプリケーション研究

WP1 革新的高性能電極・部材の開発 / 実施機関と担当テーマ

①JFCC 計算科学的手法による高性能空気電極材料の探索・評価
混合伝導性材料の探索
水和エネルギー・電子状態の評価

②京都大学 実験科学的手法による高性能空気電極材料の探索・評価
実用多孔体電極を用いた設計指針の検証・課題抽出

③名工大 空気電極材料の基礎物性評価
混合伝導性材料の探索
プロトン・電子伝導の分離評価 (手法の確立)

④東北大学 空気電極反応機構の解明
三相界面 (TPB) 反応
二相界面 (DPB) 反応
モデル電極の利用
高性能空気電極の設計指針

TPB反応の利用
DPB反応の利用

新規空気電極の部材化・構造化技術の確立
インクジェット印刷の活用
メリット：構造・組成制御
傾斜機能化
コンポジット化

部材化・構造化技術の移転
高性能空気電極の実装

WP1最終目標：550℃で分極抵抗0.1 Ω・cm²以下の空気電極開発

本事業における主な成果

◎ 反応理解に基づく高性能空気電極の材料・構造設計指針の提示およびその検証

- ✓ 新規材料の開発に成功 (目標値0.1 Ω・cm²@550℃を達成)
- ✓ モデル電極を用いた反応機構 (主たる反応サイト, 有効反応場長等) の解明
- ✓ 性能向上/材料両立性/耐久性に及ぼすコンポジット化・表面修飾・中間層挿入効果の実験的検証
- ✓ 計算科学による反応活性の系統的理解

◎ インクジェット印刷による最適構造の実現

- ✓ 電極構造制御 (組成傾斜, コンポジット化, 中間層形成等) への適用
- ✓ 性能/耐久性向上効果を確認

WP2へ技術移転し、革新セルに実装

開発された空気電極として実装したPCFCセルの発電特性

インクジェットで空気電極/電解質中間層を形成したPCFCセルの耐久評価

反応機構評価

モデル電極による反応サイトの特定, 反応活性の定量評価、性能向上効果の解明

電極反応機構の理解に基づく最適電極材料/構造設計

実験科学的手法による材料探索

実電極を用いた各性能向上因子の有効性検証

コンポジット化, 中間層挿入, 表面修飾による性能向上

BCFMY系コンポジットおよび表面修飾電極の分極抵抗

基礎物性評価

新規材料探索・基礎物性評価

開発されたBaCo_{0.4}Fe_{0.4}A_{0.1}Y_{0.1}O_{3-δ} (BCFAY)を空気電極として実装したPCFCセルの(a)I-V特性および(b)インピーダンススペクトル

新規空気電極候補材料の開発に成功

計算科学的手法による材料探索

第一原理計算によるペロブスカイト酸化物LnMO₃の物性の系統的検討

LnMO₃における水和エネルギー LnMO₃におけるプロトン拡散の活性化エネルギー

水和エネルギー, 拡散機構の解析 → 電極反応活性との相関

部材化・構造化

インクジェット印刷による電極構造制御

インクジェット印刷で形成した(a)コンポジット空気電極, (b) 多孔質中間層, (c)組成傾斜電極

インクジェット印刷による電極形成の実効性検証 → コインセルでの発電特性・耐久評価