

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

家庭用燃料電池
エネファーム
(PEFC) 40%

SOFC 55%

SOFC 65%

PCFC >70%

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

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（電極材料開発）、WP2(セル開発)、WP3（評価解析）の3事業が連携して課題解決に取り組む

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

WP2 高効率・高出力密度セルの開発 / 実施機関と担当テーマ

①セル高出力密度化に向けた電極／電解質ミクロ界面設計
九州大学

②革新的プロセスによるセル化技術開発
産業技術総合研究所・群馬大学・京都大学

③高燃料利用状態での動作実証と耐久性向上のための劣化抑制技術の開発
パナソニック・宮崎大学

④機械学習を用いたPCFCセル・材料の性能予測と製造プロセス最適化提案
宮崎大学・九州大学・産総研

空気極材料 (WP1)

界面構造設計

出力密度向上

材料選定・プロセス最適化の加速推進

劣化解析

発電効率検証

耐久性向上

劣化要因の解析と耐久性向上

易焼結性電解質原料合成

Ni固溶濃度の定量手法開発

機械学習によるプロトン輸率の予測

低温焼結

Ni拡散抑制*1)

易焼結性電解質原料合成

Ni固溶濃度の定量手法開発

機械学習によるプロトン輸率の予測

*1) Niの拡散はセル性能を低下させる要因の1つ

本事業における主な成果

(1)セル出力密度を3倍以上に向上
2019年度0.5 W/cm²@600℃
2024年度1.7W/cm²@600℃

(2)セル発電効率62%を実証
電流密度0.3A/cm², Uf=85%

(3) 劣化要因の解析と耐久性向上
⇒電圧低下率 1%/1000hr

(4) 性能向上、耐久性向上のための要素技術

(1) 出力密度の向上

600 °C

出力密度 1.7 W/cm²

(2) 発電効率の向上と検証

0.30 A/cm²

効率62% (V=0.754V)

(3) 劣化要因の解析と耐久性向上

電圧低下率 1%/kh 以下

FY2023 i= 0.36 A/cm²

FY2024 組成改良品 i=0.59 A/cm²

各機関における研究成果トピックス

WP1新規空気極のセル実装

WP1開発品

Ba(Co,Fe,Mg,Y)O₃系空気極

Co表面修飾

WP1開発品の「新規組成材料+Co表面修飾」をWP2セルへ実装（産総研、WP1）

界面エンジニアリング

電子リーク反応抑制電極

界面機能層をスパッタで作製

電子リークを低減

電子リーク抑制・開回路電圧向上に効果がある界面機能層の開発（九大）

セル解析技術

格子定数 / Å

900 °C in wet N₂

900 °C in dry N₂

600 °C in wet N₂

600 °C in dry N₂

25 °C in air

25 °C in dry N₂

表面近傍の格子定数が変化

薄膜XRDによる電解質表面の解析（産総研）

電子リークによる温度上昇を観測

オペランドXRDによる界面歪みの評価（九大）

原料・新規プロセス

易焼結性電解質ナノ粒子（群大）

エッチングによる電解質表面処理（京大）

51.1 比表面積を著しく増加

高温焼結品に劣らない高いプロトン伝導率

耐久性向上要素研究

運転初期は燃料極が、200時間以降は空気極が主にセル性能低下に影響している可能性を示唆

セル連続運転における空気極と燃料極の抵抗変化（宮大）

機械学習

中間層の遷移金属固溶耐性の予測（宮大、九大）

連絡先：国立研究開発法人産業技術総合研究所

材料・化学領域 マルチマテリアル研究部門

島田 寛之（h.shimada@aist.go.jp）