

研究開発の背景と目的

プロトン伝導セラミック電解セル（PCEC）

PCEC

電力100

蒸気

断熱材

550℃

電子リーク10%

吸収4%

水素94%

放熱ロス

SOEC

電力100

蒸気

断熱材

750℃

水素92%

放熱ロス

次世代SOECの二ズ ⇒ 水素製造効率の向上, 中低温作動 ⇒ 低コスト水素製造

水素社会の実現に向け、低コスト水素製造を実現するPCECを開発する

PCECに期待される特徴・長所

- ・高効率水素製造
水蒸気・中高温熱の利用
- ・中低温（500～700℃）作動
放熱損失の低減
安価な金属材料が利用可能
起動時間・エネルギーの低減
- ・ドライ／加圧水素製造の可能性
システム簡素化

研究開発目標

研究開発課題	目標項目（2030）
水素製造性能（電流効率・密度）の向上	① 消費電力量：3.3kWh/Nm ³ H ₂ 以下の見通し ② 電流効率：95%以上 ③ 電流密度：1A/cm ² 以上@1.24V
化学的安定性・耐久性の検証と確保	④ 耐久性：3,000hr実証で0.5%/1,000hr以下 ⑤ 化学的安定性：中低温水蒸気雰囲気耐性
セル大面積化・スタック化の要素技術	⑥ 大面積化：10cm角セル／ショートスタックを実証 ⑦ 機械的信頼性の確保

電解電圧 (V) (主) 副電圧 (V)

電流密度 (A/cm²) → 低コスト

SOEC, PCEC, PEMWE, AWE

1A/cm² 1.3V @2040, 1A/cm² 1.24V @2030, 2A/cm² 1.3V @2040, 4A/cm² 1.8V @2040, 1A/cm² 1.7V @2040

研究開発実施体制:実施機関と担当テーマ

NEDO

PL: 鈴木 稔 先生

委託

有識者

山口 周 先生

横川 晴美 先生

前NEDO事業（プロトン伝導セラミック燃料電池）の成果・技術・ノウハウ

①：水素製造性能（効率向上）

②：安定性・耐久性確保

③：セル大面積化・スタック化

東北大学 (gI) 反応理解に基づく高性能酸素極の設計

宮崎大学 酸素極の組成最適化 性能・耐久性評価

九州大学 電極／電解質界面設計

名古屋工業大学 セル製造・作動下での材料安定性

産業技術総合研究所 (集中研) セル製造プロセス開発

セル提供

フィードバック

エアー・リキード・ラボラトリーズ ユーザー視点評価

共同実施 セルスタック化

(株)デンソー

日本特殊陶業(株)

電力中央研究所 材料・セルの機械的信頼性評価

研究協力企業 (LOI企業)

パナソニック

ノリタケ

イムラ・シバハ

在原発作所

関西電力

IHI

NGK

委員会等での外部指導／協力

助言協力

連携

評価解析プラットフォーム（別実施）

放射光高度計測・微構造解析

I. PEFC評価開発プラットフォーム

II. 高温水蒸気電解の高度評価・解析法に関する研究開発

2025年度の成果と進捗

水素製造性能の向上

(1) 酸素極高性能化

・ EC条件での材料スクリーニング

・ 反応機構解明に着手・手法確立

(2) 積層電極による電流効率向上

・ 独自の積層構造電極の適用

・ ファラデー効率50～80% @ 600℃

(3) DX技術活用による酸素極組成最適化

・ 開発材料(BCF系)の組成検討・実証

(4) マルチフィジックスモデル

・ EC運転下でのファラデー効率予測

化学的安定性・耐久性の検証と確保

(1) 要素技術を実装したPCECセル開発

・ 0.6 A/cm²@550℃

・ 300時間の安定した電解運転を実現

(2) 材料およびセルの機械的信頼性評価

・ PCEC材料の機械特性評価の手法確立

・ 電解質材料の破壊強度の評価を実施

・ セル内応力分布評価(FEM解析)に着手

(3) 企業への技術移転

・ PCEC実用セル開発に着手

・ 大判セル試作プロセス構築

セル大面積化・スタック化の要素技術

(1) PCECセルの耐久試験

・ 定電流試験(200 h)@550℃を実施

・ 中間層導入によるファラデー効率向上

・ 中間層組成最適化により安定動作を確認

(2) 化学的安定性の検討

・ 新規組成酸素極の開発、安定性検討

・ 電解質表面の組成ズレ→界面抵抗要因

(3) 酸素極劣化

・ モデル電極による劣化機構評価に着手

各機関における研究成果トピックス

反応理解に基づく高性能酸素極の設計（東北大）

モデル電極を用いた材料特性評価・反応機構解析

多孔体電極

柱状電極

パターン緻密電極

TPB型

DPB型

log(σ / S cm⁻¹)

T / °C

ρ_{O2}=0.01

BZCYb4411

ρ_{BZCYb4411}=0.02

Ni-BZCYb4411

ρ_{Ni-BZCYb4411}=0.03

Co-BZCYb4411

ρ_{Co-BZCYb4411}=0.02

材料安定性の検討（産総研／名工大）

開発酸素極材料の水蒸気耐性評価

Wet anneal@600℃ 5 h

Wet anneal@500℃ 5 h

As-prepared BCF0125

BaCO₃

セルスタック化（産総研／デンソー）

セルスタック化（産総研／デンソー）

大判セルの作製

酸素極

電解質

水蒸気

PCECセル電解性能検証

Voltage / V

Current density / A cm⁻²

500 °C

550 °C

600 °C

Theoretical OCV at 550 °C

Thermo-neutral voltage at 550 °C

酸素極の組成最適化、性能・耐久性評価（宮崎大）

不純物固溶が電解質特性に及ぼす影響 DX予測による酸素極の組成最適化

log(σ / S cm⁻¹)

T / °C

ρ_{O2}=0.01

BZCYb4411

ρ_{BZCYb4411}=0.02

Ni-BZCYb4411

ρ_{Ni-BZCYb4411}=0.03

Co-BZCYb4411

ρ_{Co-BZCYb4411}=0.02

積層構造酸素極によるファラデー効率の向上

H₂ evolution rate (μmol/min/cm²)

Current density (mA/cm²)

550℃

Faradaic

Layered cell

Conventional cell

電極／電解質界面設計（九大）

H⁺/h⁺/O²⁻輸送および熱・気体輸送連成モデルを用いたファラデー効率予測

External voltage (V)

External current density (A cm⁻²)

Current efficiency

Current efficiency (-)

セル製造プロセス開発（産総研）

要素技術を実装したPCECセル開発

Faraday Efficiency / %

Time / h

550℃

Without interlayer (reference)

1711 interlayer

4411 interlayer

Alternative electrolyte BCFMg1711

セルスタック化（産総研／日本特殊陶業）

電解質材料の破壊強度の統計解析

破壊強度 (MPa)

破壊確率

17法 (固体電解質材)

3点曲げ試験 (固体電解質材)

3点曲げ試験 (水素極材)

FEM解析によるセルの定常応力分布評価（厚み方向）

電極近傍に応力集中箇所の発生を示唆

厚み増加→応力低減

水素極材の破壊強度範囲

空気極

水素極

ユーザー視点評価（エア・リキード・ラボラトリーズ）

材料・セルの機械的信頼性評価（電中研）

今後、各機関で得られた研究成果・要素技術を統合したセルを作製し、さらなる性能向上、効率向上、耐久性向上を図る。合わせて、共同実施企業への技術移転を促進する。

(国)東北大学 雨澤 浩史
連絡先 : koji.amezawa.b3@tohoku.ac.jp