NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026
発表No.：a-48

水素利用拡大に向けた共通基盤強化のための研究開発事業／燃料電池・水電解の共通基盤技術開発／高温水蒸気電解評価解析プラットフォームの技術開発

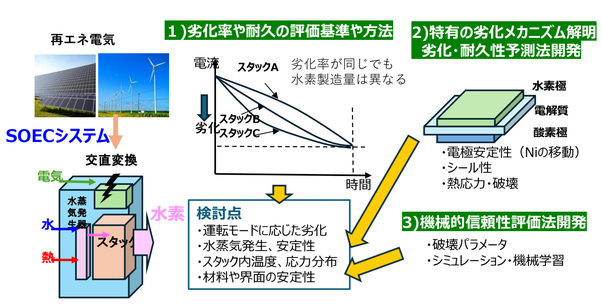
団体名：(国研)産業技術総合研究所、（一社)電力中央研究所、(国)東北大学、(国)東京大学、(国)京都大学、(国)九州大学
発表日：2026年7月23日

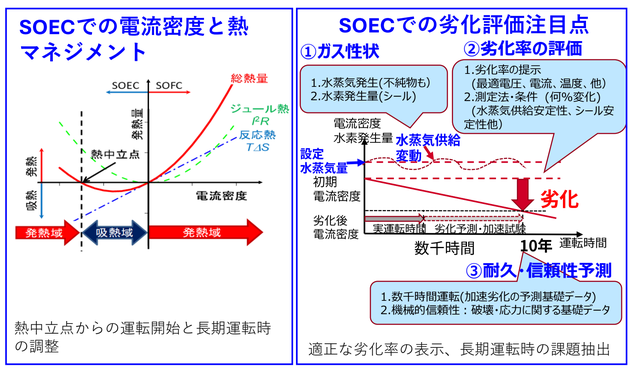
1．背景と事業目的

高温水蒸気電解(SOEC)セルスタック及びシステムでの劣化メカニズムは不明な点があり、これを解明して高耐久化を図る。開発企業が使う性能評価法・劣化評価法について共通的に使える方法を開発し、産業競争力の維持と開発の加速に貢献

解決しようとする課題とその意義

1)劣化率提示の評価基準と予測法確立→経済的な水素コスト実現、電解技術の普及
2)特有の劣化メカニズムの解明と対策→部材の耐久性向上、長寿命、機械的破壊予見
3)長時間の劣化予測や複合劣化を考慮した予測法→開発が容易に、加速化、競争力UP



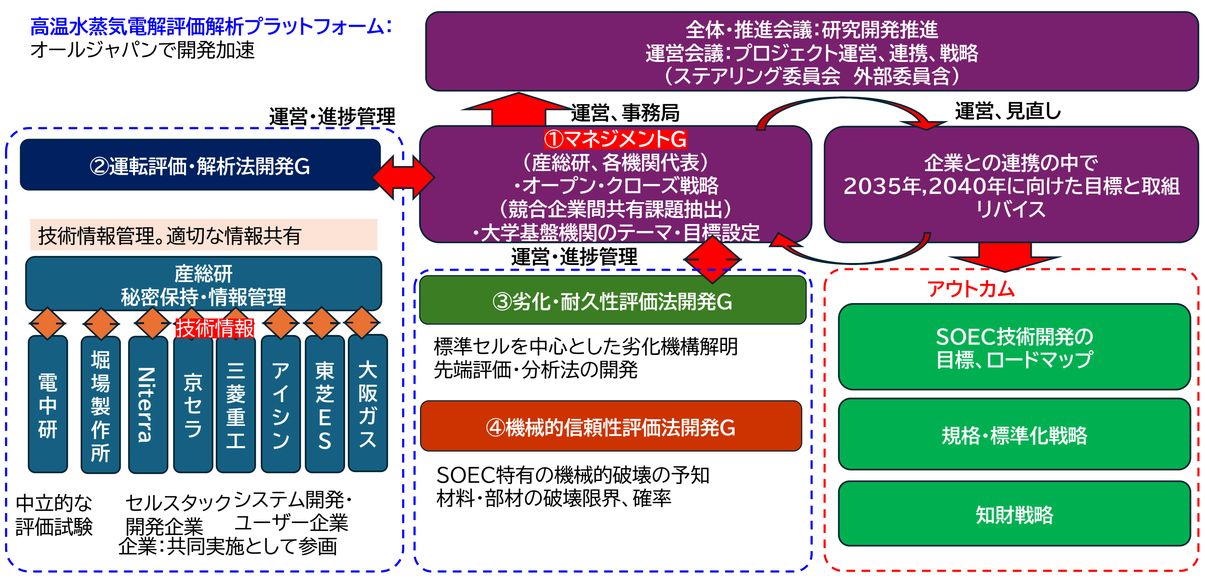


熱中立点からの運転開始と長期運転時の調整

適正な劣化率の表示、長期運転時の課題抽出

2．開発体制

高温水蒸気電解評価解析プラットフォーム：
オールジャパンで開発加速



3．2025年度の成果：概要

項目	目標(2027年度)	達成状況	アプローチ	達成度
①マネジメントG	プロジェクトの研究開発推進・進捗管理、課題の整理	・全体会議等でのプロジェクト推進 ・プロトコルへの連携開始	・各テーマの進捗確認 ・参画企業との意見交換・方向性確認	○
②運転評価・解析法開発G	SOECスタック、システムの評価すべき項目と評価方法を提示	民間企業でのスタック試験に有効な劣化評価法の第1次案検討	・各社からのヒアリングで、参考にできる標準的な方法の提示	○
③劣化・耐久性評価法開発G	SOEC特有の劣化メカニズムの解明とその対策、長期寿命予測への基盤データを蓄積する	・劣化を予測する機械学習の高度化を開始 ・セルスタックシミュレーションの高度化を開始 ・Ni-YSZ電極でのNi凝集機構の解明を開始	・SOFCで培った高度な分析技術の展開 ・機械学習の高度化 ・シミュレーション技術の展開	○
④機械的信頼性評価法開発G	(1)材料のマクロ挙動解明(2)材料劣化のミクロレベルからの解明(3)セル製造時および(4)スタックとしての信頼性の課題の抽出とその評価・解析の手法の開発	・マクロ強度データの評価装置整備、集積の開始 ・ミクロレベルのセル損傷機構の測定法検討(マイクロカンチレバーなど) ・セル製造時、運転時の信頼性評価法の検討開始	・ワイブル統計を入れた破壊確率 ・新規評価法によるミクロレベルセル損傷解明 ・製造から運転までを含めた機械特性	○

4．課題と今後の取組

●SOEC評価劣化解析法の課題について整理し、スタック長期試験を開始した。
耐久試験法はセルスタックやシステムによって特有の評価法を考慮
●異なる性能・耐久試験評価法の特徴を把握し、最適な評価法を提案していく予定
●加えて加速劣化試験に供する加速因子の解明など、まだ取り組んでいない項目も今後開発を進める
●技術的な注意点を反映した評価法を国際標準化に反映させ、適切なもの普及させていく

5．事業化の見通し

本PJで開発した　1)劣化評価・解析法、2)耐久予測法、3)劣化診断法
実用化：評価解析技術、機械学習とデータセット、シミュレーションソフト

システム開発企業
次世代機開発に使用
スタック開発企業
次世代機開発に使用
装置開発企業
次世代評価装置へ

具体的効果：
標準的な評価・解析法、劣化機構解明を基に
・市場導入可能な水素製造装置実現
・SOEC高性能・高耐久機の開発
・出荷前診断の高度化(高信頼性)
・高度評価装置の販売・普及

社会実装
次世代SOEC
システム、
セルスタック

水素社会実現へ

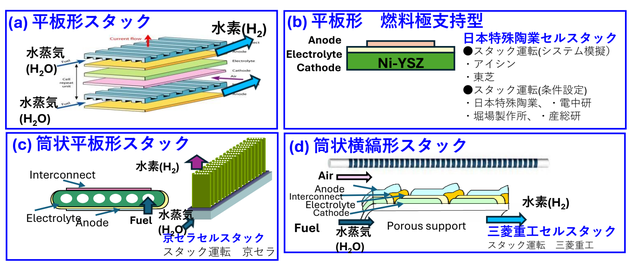
目標とその設定の考え方

目標：特有の劣化機構解明、長期寿命予測可能な評価法を確立
1)高温、高電流密度、高水蒸気など、SOEC特有の作動条件での劣化機構解明
2)性能評価法(電流、電圧一定での注意点、温度分布や応力分布)の確立
3)劣化評価法の標準化
4)寿命予測法の確立(シミュレーション、機械学習)

設定の考え方：SOFCで培った劣化評価法を応用・技術向上
1)システム開発、セルスタック開発企業、ユーザー、装置開発企業、アカデミア
が結集して産学官連携でSOECの評価解析プラットフォームを形成
このプラットフォームで評価法の基準を示し、プロトコルとする。
国際標準(IEC,ISO)への技術データとして提供(産業競争力の維持)
2)劣化大；高電流密度、強還元、吸熱・発熱域の存在
3)SOEC運転条件・劣化評価の方法やその評価基準が不明で標準を示す必要
4)評価の基準を示すことで、開発の加速、性能の信頼性向上
(社会実装加速と産業競争力向上へ)

3．2025年度の成果：②運転評価・解析法開発G

数種類の実用SOECセルスタックの運転を通じて、性能・劣化評価法の開発

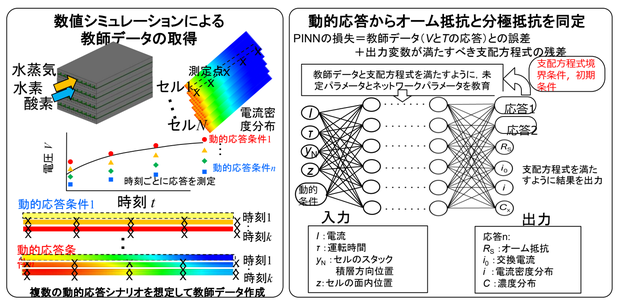


現在　一定の評価運転法にて長期運転データを取得中

3．2025年度の成果：③劣化・耐久性評価法開発G

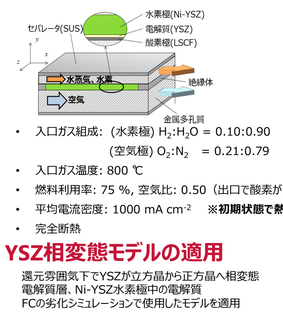
ア）DX技術を活用した高度劣化予測技術の開発

Physics Informed Neural Networks (PINN)を用いた
計測が容易な変数によるSOECスタック劣化因子のモニタリング（東大）



イ）スタックシミュレーション開発

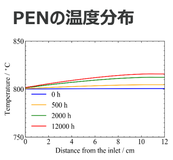
SOFC単セルコードのSOECへの展開



- 入口ガス組成：(水素極) $H_2:H_2O$ = 0.10:0.90
(空気極) $O_2:N_2$ = 0.21:0.79
- 入口ガス温度：800 ℃
- 燃料利用率：75 %，空気比：0.50（出口で酸素が1.5倍に
- 平均電流密度：1000 mA cm^{-2}　※初期状態で熱中立
- 完全断熱

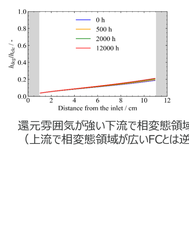
YSZ相変態モデルの適用
還元雰囲気下でYSZが立方晶から正方晶へ相変態
電解質層、Ni-YSZ水素極中の電解質
FCの劣化シミュレーションで使用したモデルを適用
（上流で相変態領域が広いFCとは逆）

PENの温度分布



劣化に伴う損失（発熱）の増加により時間経過とともに下流で温度上昇

電解質層の相変態領域

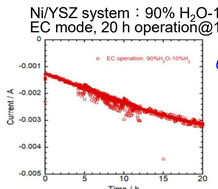


還元雰囲気が強い下流で相変態領域が広い

ウ） 水素極の劣化機構解明

✓ Ni/Oxide接触角解析

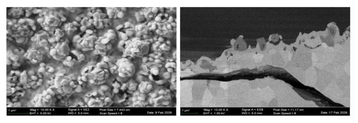
Ni/YSZ system：90% H_2O-10% H_2
EC mode, 20 h operation@1000ºC



高加湿環境下ECモードにおけるNi/YSZ接触角解析
接触角がOCV時と比較して減少傾向，

✓ Ni/GDC電極の形態変化

Ni/GDC system：90% H_2O-10% H_2
Annealing 20 h @1000ºC



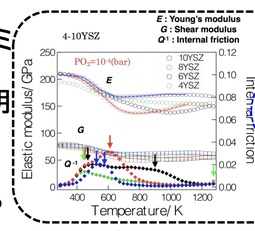
高加湿環境下で熱処理で，Ni粒子上をGDCが被覆
加湿量・時間に依存する現象であることを見出した，

1)劣化率提示の評価基準と予測法確立→経済的な水素コスト実現、電解技術の普及
2)特有の劣化メカニズムの解明と対策→部材の耐久性向上、長寿命、機械的破壊予見
3)長時間の劣化予測や複合劣化を考慮した予測法→開発が容易に、加速化、競争力UP

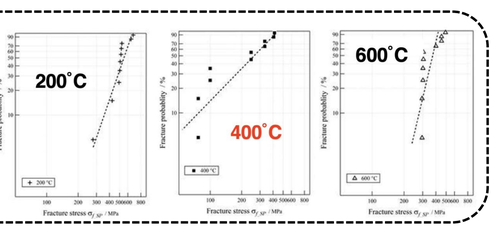
3．2025年度の成果：④機械的信頼性評価法開発G

材料のマクロ・ミクロレベルの破壊挙動解明

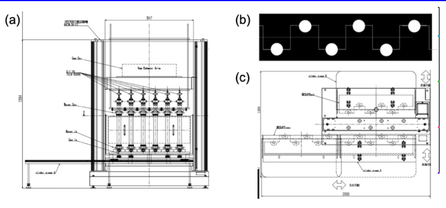
8YSZ電解質の破壊挙動から取組を開始



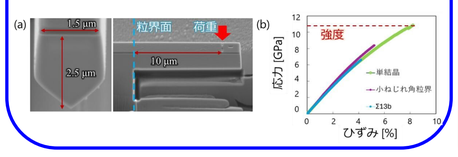
残されていた疑問
関連は？
YSZの弾性率の複雑な温度依存性
中温域でのWeibull係数の低下
信頼性への影響は？



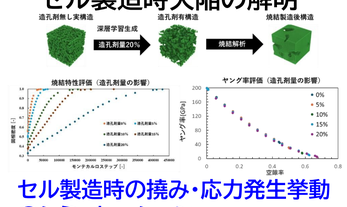
マクロ強度データ取得
多試料同時測定装置を設計，試作開始
各種条件で焼結・処理した試料を準備
グループ内共有



ミクロ挙動解析手法構築
マイクロカンチレバー試験／SEM内引張試験／破壊起点のTEM観察の連携体制構築

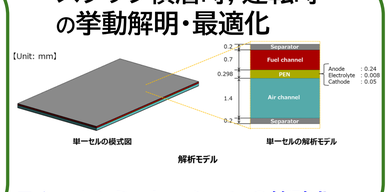


セル製造時欠陥の解明



セル製造時の撓み・応力発生挙動のシミュレーション

スタック積層時，運転時の挙動解明・最適化



スタックシミュレーションの簡略化

6．まとめ

1)産学官連携プラットフォーム(**全17機関**；委託6機関、再委託3機関、共同実施8機関)を構築し評価解析法開発を推進
2)劣化機構解明の課題を整理、標準的な評価・解析法の提案準備、長期試験を開始
3)吸熱・発熱、水蒸気安定供給、高電流密度など、燃料電池運転モードとは異なる特有の劣化・運転があり、それらに伴う劣化機構を解明。またマルチスケールシミュレーション技術を高度化した新規評価法、機械的破壊予測などができる評価法を開発
4)SOECに関する高度な評価・解析法により、それを使った一定水準以上のセルスタックの開発や量産が可能となり、水素コスト試算もしやすくなり、SOECの社会実装を加速

国立研究開発法人産業技術総合研究所　堀田照久
連絡先：t.horita@aist.go.jp