NEDO水素・アンモニア成果報告会2025

発表No.P1-5

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業／水素利用等高度化先端技術開発／常温水電解の実用化基盤研究プラットフォームの構築

団体名：　横浜国立大学, 産業技術総合研究所, 京都大学, 大阪公立大学, 東京大学, 立命館, デノラ・ペルメレック株式会社, 物質材料研究機構, 技術研究組合ＦＣ－Ｃｕｂｉｃ, JFEテクノリサーチ株式会社

発表日：2025年7月15日

１．期間　開始：2023年6月　終了：2025年3月

２．最終目標　２０３０年以降の高効率、高耐久、低コストの水電解システムを実現するための協調領域の基盤技術のプラットフォームを開発し水電解技術の競争力を強化することを目的とし、材料及びセル評価技術、電極触媒の高度解析及び材料開発手法、ならびにマルチスケールシミュレーション手法を開発し、これらの協調領域の基盤技術を共有する体制を構築する。

性能発現や劣化機構解析に基づく材料の評価・解析・開発並びに再エネ利用水電解水素製造プロセス最適化のプラットフォームを構築し、産官学の共通認識の醸成と新規参入拡大を図る

材料レベル	電極/触媒層部材レベル	電極-隔膜 / MEA-PTL	単セル /ラボスタック	電解システム (AWE/PEMWE共通)	連係システム (AWE/PEMWE共通)
常温水電解の実用化基盤研究プラットフォームの構築					再生可能エネルギーシスム環境下での水電解評価技術基盤構築(FREA)

②電極触媒の高度解析及び材料評価手法の開発

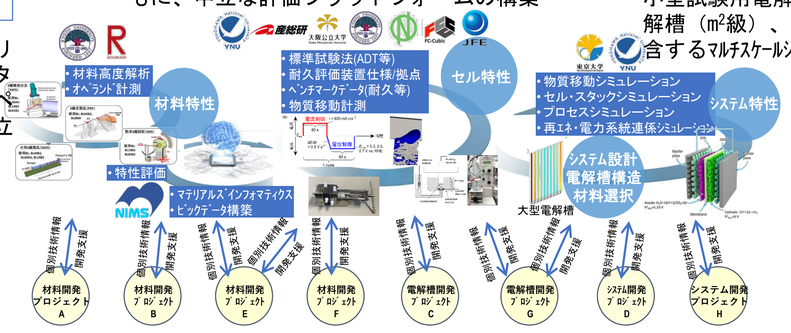
耐久試験プロトコルのバリデーション、MIへのデータインプットに対応したオペランド高度解析手法の確立

①材料及びセル評価技術の開発

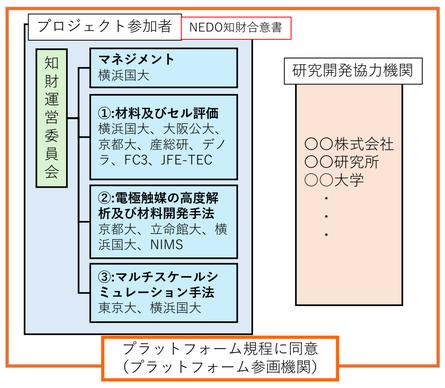
加速倍率50倍の劣化試験法を確立するとともに、中立な評価プラットフォームの構築

③マルチスケールシミュレーション手法の開発

小型試験用電解槽（cm²級）から大型電解槽（m²級）、水素製造システムまでを包含するマルチスケールシミュレーションモデル開発



プラットフォームの概要



水電解に関連する企業、研究所、大学等とプラットフォーム規定（NDA）を締結し、サンプル評価、プロトコル作成への協力等の相互連携、拡大研究開発推進会議による情報交換等の活動を実施

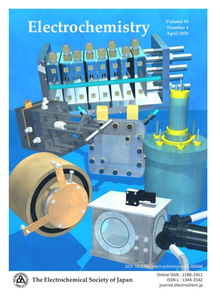
プラットフォームの実績

拡大研究開発推進会議

- NDA締結機関のみが参加するクローズドな会議として半年に1回の全体会議を実施
- プロジェクト参加機関にて開発した評価法や機能発現・劣化機構等の研究成果の共有
- 研究開発協力機関からの課題共有や技術紹介といった情報提供

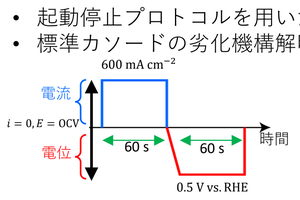
水電解評価法（英語版）の公表

- 前事業にてまとめた水電解評価法を改訂、英訳したレビューをElectrochemistry誌に報告
Electrochemistry, **93**, 046001 (2025).

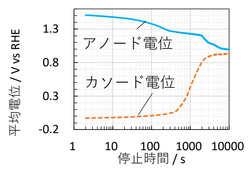


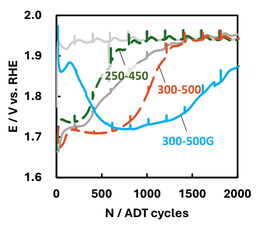
(1) AWE電極用起動停止模擬試験法の開発

- 起動停止プロトコルを用いた劣化機構解明、高耐久指針
- 標準カソードの劣化機構解明、剥離を抑制した評価法確立

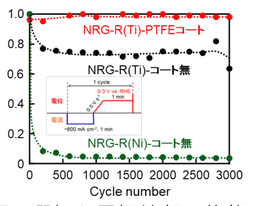


起動停止模擬プロトコル





熱処理による耐久性の変化

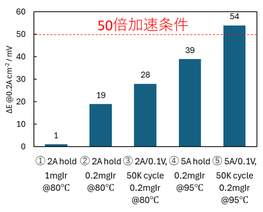


基板の選択と電極端部の修飾による触媒安定化・耐久性向上

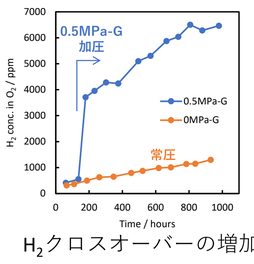
(2) PEMWE耐久性評価手法の開発

加速劣化プロトコル

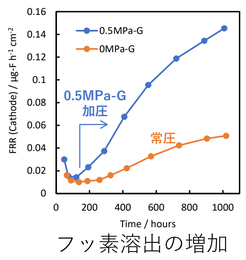
- 高電流密度化、高温化、起動停止サイクルによりアノード触媒の劣化加速を確認
- 水素加圧条件では、アノード水素濃度の上昇とフッ素溶出の増加を確認



H_2 0.5MPa加圧 1000 h@80℃, 2 A/cm²定電流電解



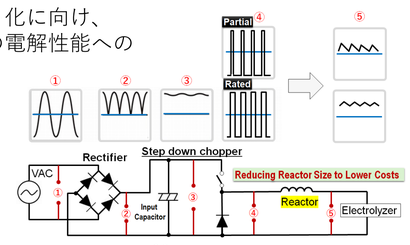
H_2クロスオーバーの増加

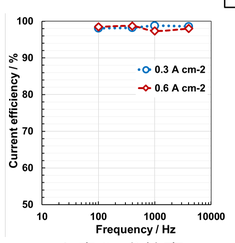


フッ素溶出の増加

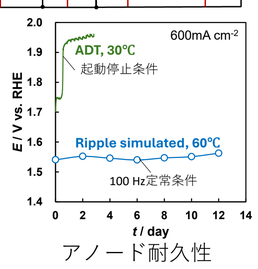
(3) AWEへの電源リップルの影響

・電源の低コスト化に向け、電源リップルの電解性能への影響を調査





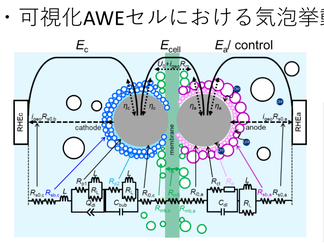
水素生成効率



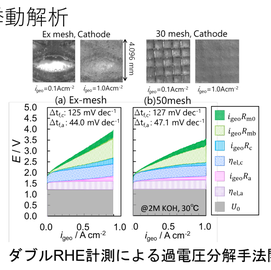
アノード耐久性

(4) 電極近傍気泡計測による物質輸送の評価

・可視化AWEセルにおける気泡挙動解析

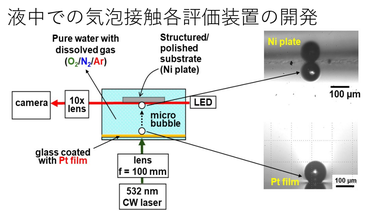


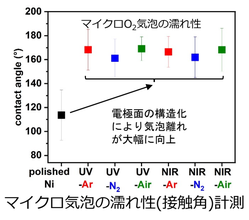
セル内物質輸送抵抗の等価回路モデルの構築



ダブルRHE計測による過電圧分解手法開発

液中での気泡接触各評価装置の開発





マイクロ気泡の濡れ性(接触角)計測

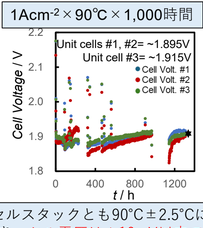
(5) 長期運転試験サイトの整備

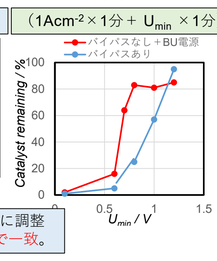
各種電解槽部材の長期試験並びに評価法のバリデーションデータの取得を目的とし、電解槽試験設備の拠点設置を進めた。

- 長期運転設備の共通仕様策定
- 同仕様装置・MEAを用いた際の異サイト間での評価値誤差10%以内を達成
- 3セルスタックの各セル独立制御設備の構築
- 再エネ模擬パターンを入力した1000 h耐久試験

AWE試験設備（デノラ・ペルメレック）

1Acm⁻²×90℃×1,000時間　（1Acm⁻²×1分＋ U_{min} ×1分）×400回、60℃



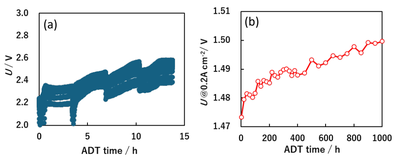


改良した加速耐久試験セルでは解析精度が向上した。連続稼働8,000時間における触媒消耗との比較で、加速係数は600倍に相当した。

3セルスタックとも90℃±2.5℃に調整でき、セル電圧は±10mV以内で一致。

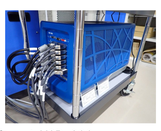
構築したAWE（上）とPEMWE（下）評価設備

AWE/PEMWE試験設備（産総研FREA）

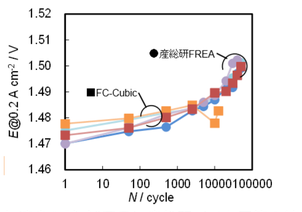


(a) AWE-ADTプロトコル耐久試験。
（PEMWE-ADTプロトコル耐久試験は5試験実施、下FC-Cubicグラフ参照）
(b) PEMWEにおける再エネ変動パターンを用いた耐久試験。
再エネ変動パターン劣化速度（16.4μV/h）に対するADTプロトコル劣化速度（55.1μV/h）の比（劣化倍率）は3.4倍。

PEMWE試験設備（FC-Cubic）



水電解評価装置
ポテンショスタットVSP-300
ブースターボード5枚内蔵 50 A仕様



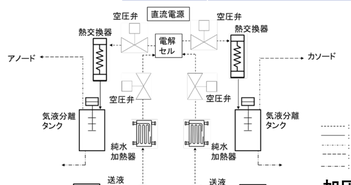
- 加速劣化試験2回目は産総研FREAと同等の結果
- 一回目は設備トラブルにて中断

(6) 高圧水電解試験サイトの整備

- 高圧ガス保安法の法規制に対応するための許認可プロセスを整理
- リスクアセスメントの結果を加えて加圧**PEMWE**評価試験設備を製作

開発した加圧PEM水電解評価装置

項目	設定値等	備考
設計圧力	5MPa	両側加圧可能(基本は両側等圧運転)
常用圧力	3MPa	
常用温度	80℃	水を加熱して供給
電極面積	4cm²	
電解質膜	予め差圧耐圧試験で限界圧力を求めた膜(ex Nafion ™ 117)は交換可能	



加圧PEM水電解試験設備のフロー図

高圧ガス保安協会(設備に関する規定)
- 高圧ガス接触部品認定試験
  - 強度計算
  - 気密試験
  - 耐圧試験

耐圧試験は設計圧力の1.5倍で実施
気密試験圧力は設計圧力で実施

相談・折衝

JFEテクノリサーチ
横浜国立大学
- 装置／セル設計・製造

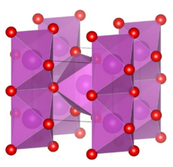
相談・折衝

横浜市消防局(設置に関する規定)
- 高圧ガス製造設備設置許可
- 気密試験(常用圧力以上)

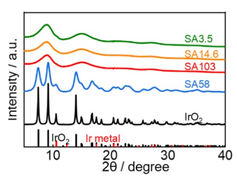
加圧PEM水電解試験装置開発スキーム

加圧PEM水電解評価設備

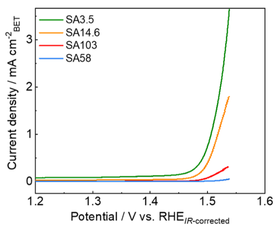
(8) 放射光高度解析によるIrO_xの活性発現機構解明

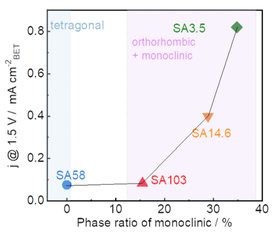


rutile IrO_2



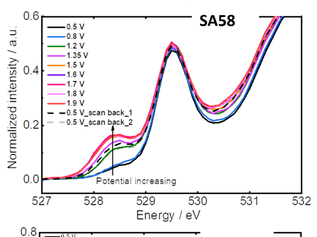
SA58以外はIrO_2と異なる単斜晶短距離秩序構造

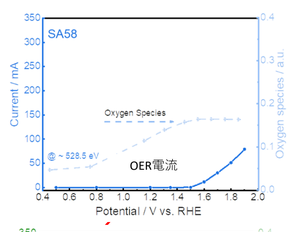


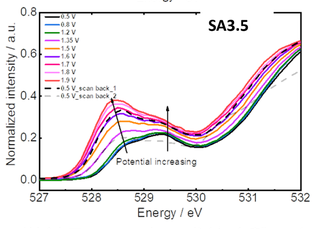


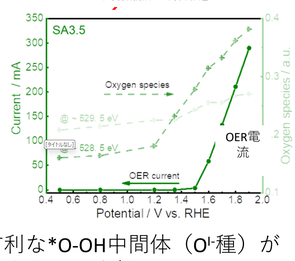
単斜晶相の割合とOER活性に高い相関

Operando O-K edge XAFS





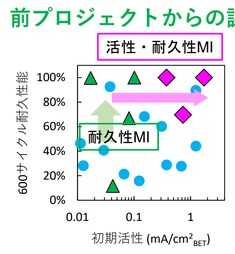




単斜晶IrO_xに水の求核攻撃に有利な*O-OH中間体（O^{I-}種）が形成され、高活性OERの起源となることを解明

(9)アルカリ水電解触媒の触媒反応機構・劣化機構

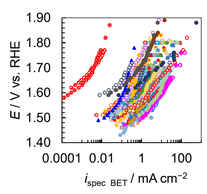
前プロジェクトからの課題



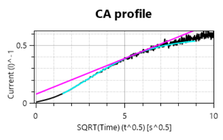
前PJでの成果
- 電気化学測定データと元素情報から高耐久・高活性な材料を予測

残課題
- 内挿的探索から外挿的探索に進むため、物理化学的性質を反映したデータが必要
- データ取得効率の向上

データ取得方法の統一化

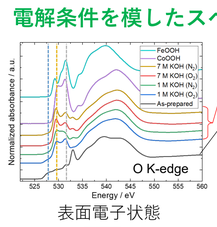


電気化学データの例



- 粉末触媒評価条件の確立
- 触媒2種/週の評価プロトコル
- 時間外挿法の解析支援プログラムの構築
- ペロブスカイト触媒への添加元素による高耐久化

電解条件を模したスペクトル測定



アルカリ処理後触媒

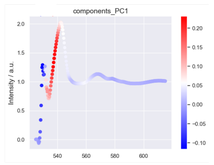
未処理触媒

表面電子状態

- X線吸収・光電子分光により種々のアルカリ条件での表面電子状態を測定
- バルク構造ではなく、活性に寄与する表面電子構造の実験データを蓄積

次元圧縮による情報抽出

生スペクトルをフルに使った電気化学データ解析技術確立

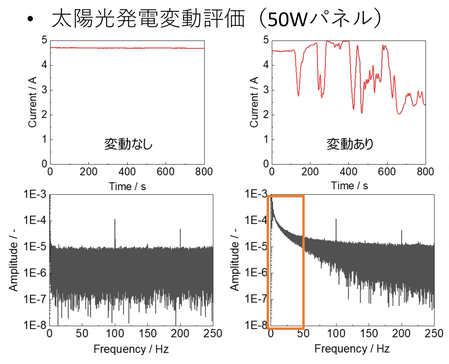


スペクトル主成分分析

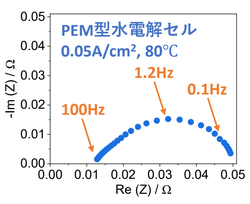
- 次元圧縮により点数の多いスペクトル全データから特徴量を抽出
- XAFSスペクトル及び電解データより、活性と相関する因子を決定
- 人による指紋認証的解析を超えてMI手動の活性支配因子抽出を実現。

(10) 再エネ利用水電解水素製造システムモデル

- 太陽光発電変動評価（50Wパネル）



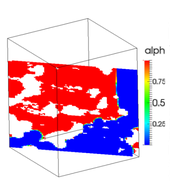
雲による出力変動の多い日では0.1Hz～数十Hzの高速微細振動が含まれることを確認



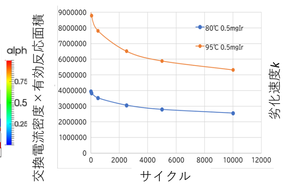
現状の水電解装置は変動電力入力に対する水電解セルのメリットを活かせておらず、BoP再構成による変動追従の実現可能性を示した

(11) マルチスケール水電解槽シミュレーション

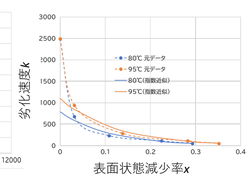
- 気泡の生成，成長からセル性能までを一貫してつなぐマルチスケールなシミュレーション手法を開発
- 複数の一定条件での劣化試験（産総研）からサイクルごとの劣化速度への影響を数式化．反応分布・熱物質輸送と劣化速度を連成しサイクルごとの劣化分布をシミュレーション．



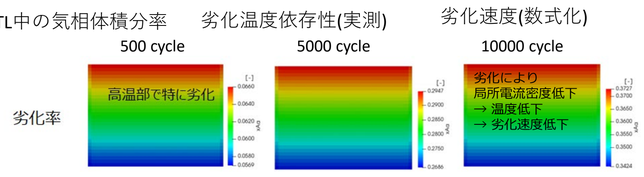
PTL中の気相体積分率



劣化温度依存性(実測)



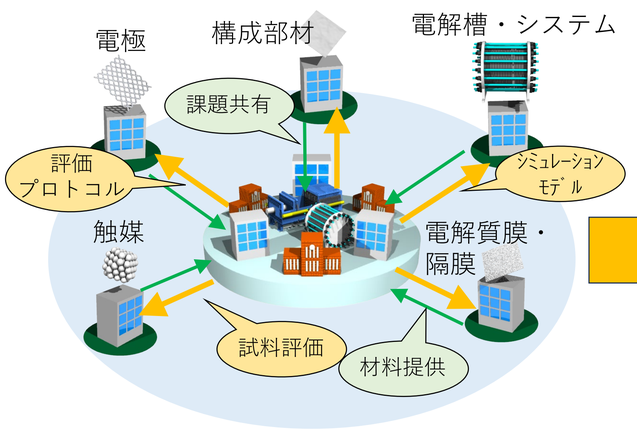
劣化速度(数式化)



劣化分布のシミュレーション結果

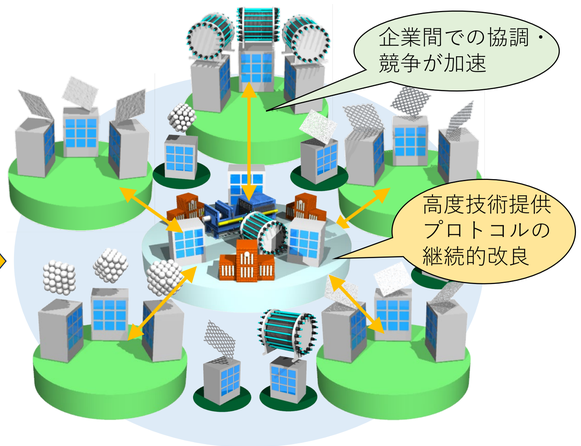
今後の見通しについて

現在のプラットフォームの役割



- プロトコル活用、材料評価支援による開発加速
- 拡大研究開発推進会議による情報共有、横連携

プラットフォームの将来像



- 産業界における企業間での議論の加速
- 協調領域の基盤としてのプラットフォーム実装

連絡先：横浜国立大学
ynugr-cel@ynu.ac.jp