

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026
プログラムNo.603-3-07

幅広い用途に向けたAEM水電解高度化のための 膜・電極触媒・MEAの設計開発基盤の構築

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/ 次世代燃料電池・水電解の要素技術開発

発表：2026年7月23日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

東京科学大学 山口 猛央（代理 黒木 秀記）

*(国)東京科学大学、日本化薬(株)、リタケ(株)、(株)SCREENホールディングス

問い合わせ先 国立大学法人東京科学大学 E-mail: yamag@cls.iir.isct.ac.jp

事業概要

1. 期間

開始：2025年6月、終了（予定）：2030年3月

2. 最終目標

本事業では、**アルカリ濃度が大きく異なる2種類のAEM水電解**における材料・MEAの設計・開発を通して、幅広いアルカリ濃度や幅広い用途に対応した**高効率・高耐久なAEM水電解の開発設計基盤を構築**する。

3. 2025年度の主な成果・進捗概要

- ・ 高耐久官能基を有するポリフルオレン系電解質膜を開発
- ・ ポリマースケールアップを検討し、**400 g/batch**を達成
- ・ 従来のNi多孔体よりも高表面積な新規多孔電極を開発し、低いアノードOER過電圧を達成
- ・ 低Ru担持Niナノ粒子を開発し、カソードHER過電圧の低減を実現
- ・ 開発材料を用いたMEA開発を行い、長期水電解連続試験を実施中

1. 事業の位置付け・必要性

アルカリ水電解

液体型
高電流領域で効率低下
卑金属使用
PFAS不使用
6~8 M KOH使用

既に商用化

PEM水電解

薄膜型
高電流領域でも高効率
Ir, Pt使用
PFAS使用
純水使用

既に商用化

アルカリ供給AEM水電解

薄膜型
高電流領域で高効率
卑金属使用
PFAS不使用
1M KOH使用

純水供給AEM水電解

薄膜型
高電流領域で高効率
卑金属使用
PFAS不使用
純水または
極低濃度KOH使用

目標：PEM水電解と同等の性能
PEM水電解に準じる耐久性

1. 事業の位置付け・必要性

アルカリ供給AEM水電解

KOH水溶液でイオン伝導

OH⁻伝導性：1 M KOH > AEM

1 M KOH：80℃、**0.39 S/cm**

AEM：80℃、~0.1 S/cm

利点：開発要素が少ない

課題：逆電流による劣化

・配管腐食・安全性

純水供給AEM水電解

アニオン交換基でイオン伝導

極低濃度アルカリ < AEM

純水では空气中CO₂の影響

→ 0.01 M KOHに設定

利点：配管腐食・逆電流の影響大幅緩和

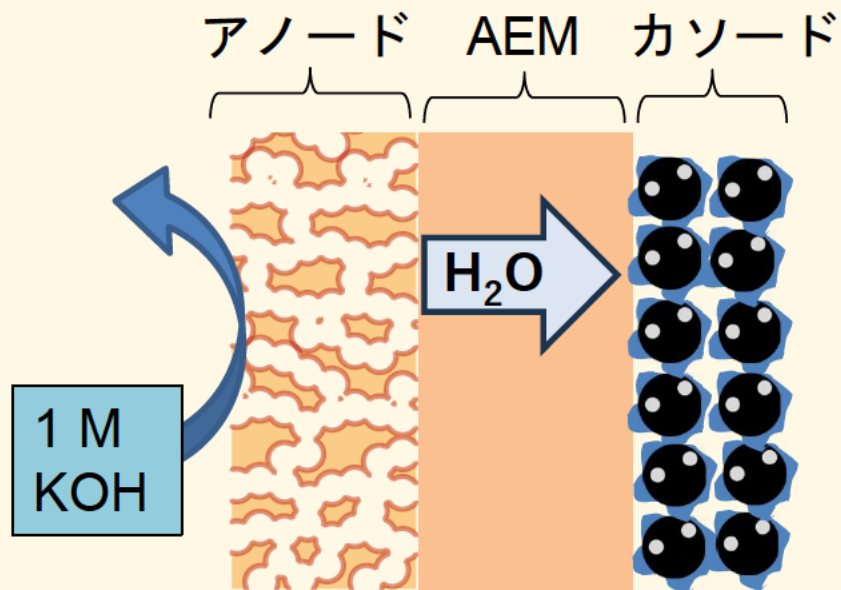
・プロセスの簡素化

課題：開発要素が多い

1. 事業の位置付け・必要性

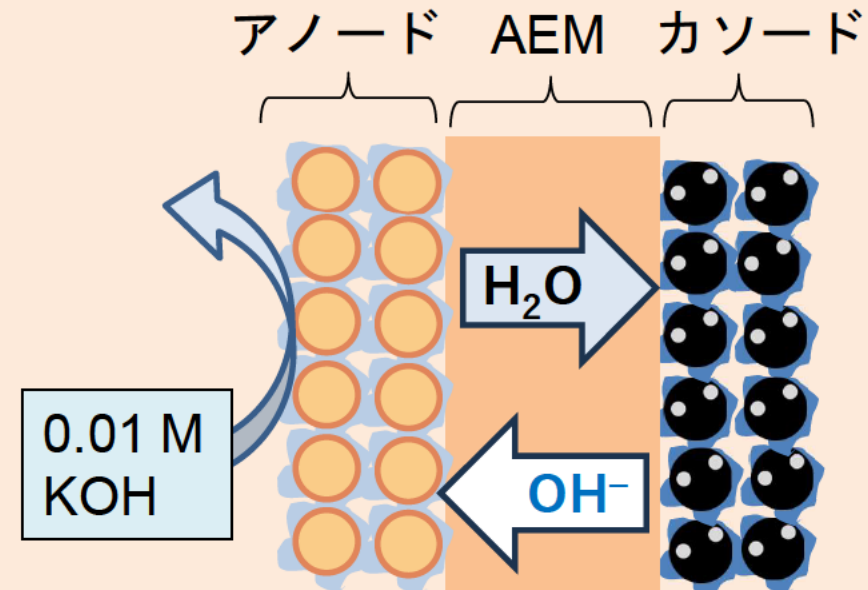
1 M KOHアルカリ水溶液

- ・ AEMの要求性能：高耐久、低ガス透過性
- ・ 水溶液自身がイオン伝導 アノード触媒層アイオノマー必要ない



0.01 M KOH低濃度アルカリ水溶液

- ・ AEMの要求性能：高OH⁻伝導性、高耐久、低ガス透過性
- ・ アイオノマー要求性能：高ガス透過性・低金属吸着性、酸化劣化耐性



2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発の目標と目標設定の考え方

最終目標(2029年度)

アルカリ濃度が大きく異なる2種類のAEM水電解における材料・MEAの設計・開発を通して、幅広いアルカリ濃度や幅広い用途に対応した高効率・高耐久なAEM水電解の開発設計基盤を構築

1 M KOHアルカリ水溶液

- 2040年PEM水電解の目標値と同等に設定
- 開発材料を用いたMEA性能1.8 V以下@4 A/cm²

0.01 M KOH低濃度アルカリ水溶液

- 1 M KOH型の5年遅れ、一般的なAEM水電解の性能に設定
- 開発材料を用いたMEA性能1.9 V以下@2 A/cm²

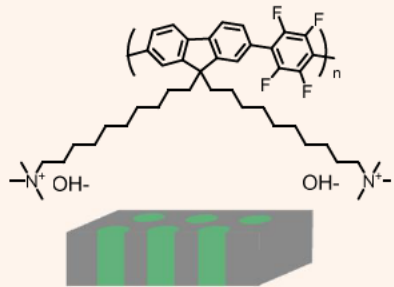
最終目標のMEA性能を満たす触媒・AEM特性は、AEM水電解性能予測モデルを用いたシミュレーション結果を基に設定

2. 研究開発マネジメントについて

① AEM、アイオノマー
(東京科学大、日本化薬)

AEM (1 M, 0.01 M)

ポリフェニレン膜
細孔フィリング膜

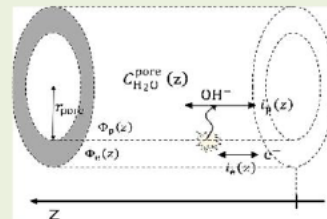
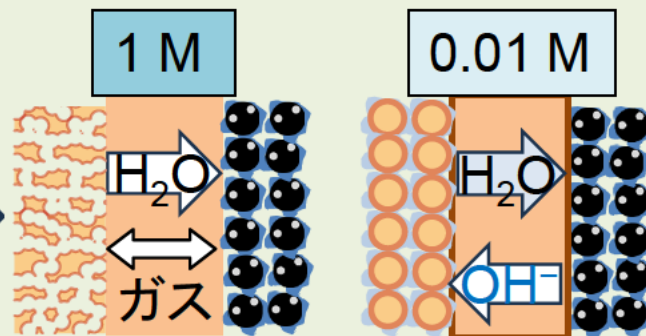


アイオノマー
(0.01 M)

3次元ねじれ
構造など

④ MEA
(東京科学大、日本化薬、
SCREEN)

アルカリ濃度が異なる
2種類のMEA

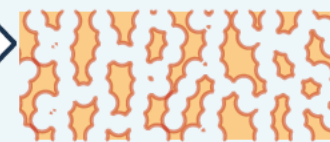


性能予測モデル
によるフィード
バック

② アノード触媒
(東京科学大)

インフォマ
ティクス
高活性卑金属

金属多孔体、
ナノ粒子 (1 M)



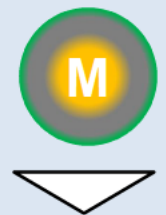
ナノ粒子
(0.01 M)



③ カソード
触媒
(ノリタケ)

ナノ粒子
(1 M,
0.01 M)

低Ruまた
は卑金属

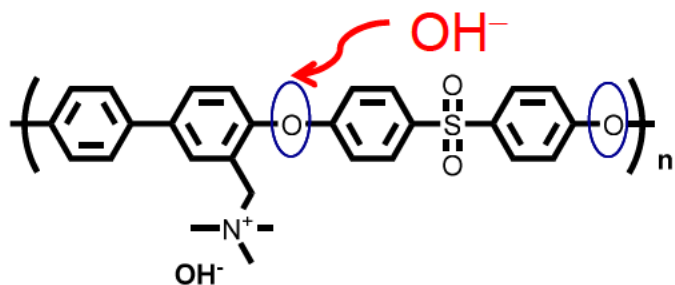


三相界面
の制御

幅広い用途に向けたMEA開発をトータルで進める設計基盤構築

3. ① AEM 東京科学大学

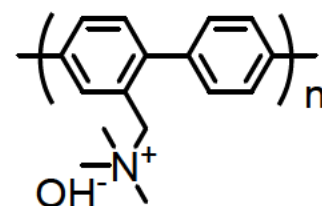
一般的なアニオン伝導膜の分解機構の解明



主鎖のエーテル基の開裂を介して骨格・アニオン交換基が両方分解する事を世界に先駆けて解明

S. Miyanishi, T. Yamaguchi, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 18, 12009–12023 (2016),
New J. Chem., 41(16), 8036–8044 (2017)

ポリフェニレン系アニオン伝導膜



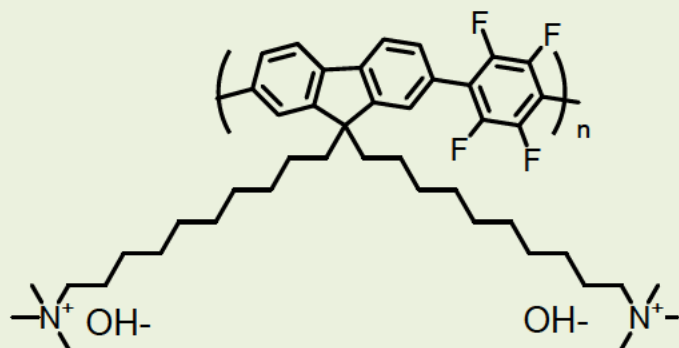
エーテルフリーな骨格
高アルカリ耐性

- ・低分子量
- ・低い溶解性
- ・低い機械強度
- ・合成が複雑

3. ① AEM 東京科学大学

本グループの既開発品

ポリフルオレン系電解質



PFT-C₁₀-TMA (IEC = 2.7)

S. Miyanishi, T. Yamaguchi, *J. Mater. Chem. A*, 7, 2219–2224 (2019)

宮西将史、山口猛央、特開2018-135487

特徴

- エーテルフリー骨格
- 高分子量 ($M_w = 20$ 万)
- 簡易な合成手法 (3ステップ)
- 高溶解性・高機械強度
- 高OH⁻イオン伝導性 (0.14 S/cm@80°C水中)

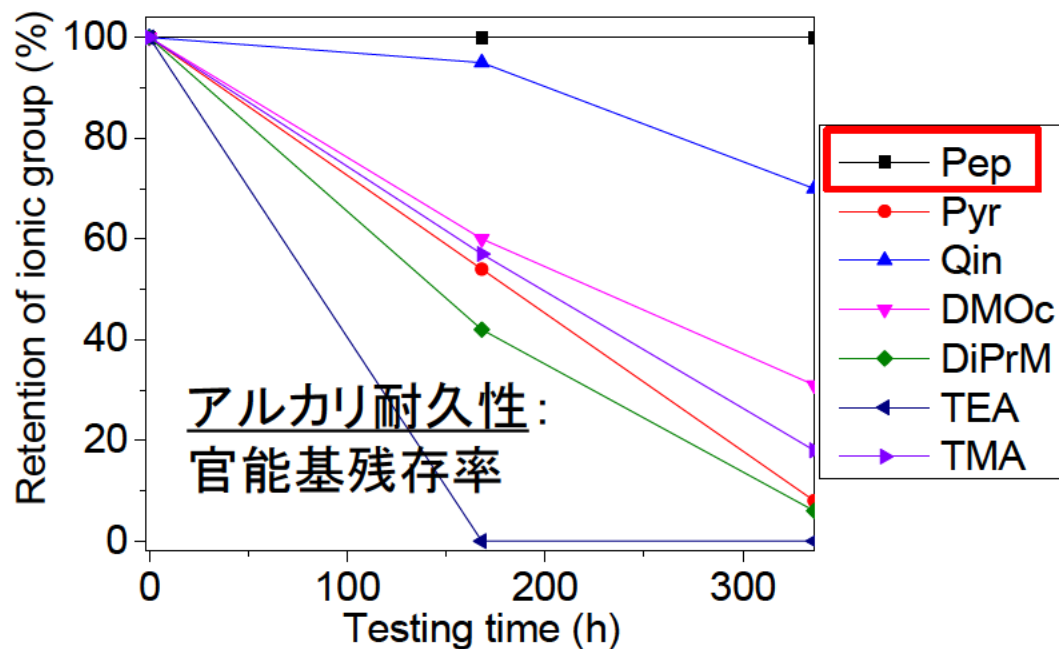
課題

- 機械特性も含めた膜の長期アルカリ耐久性の強化
- イオン伝導性/ガスバリア性の選択性向上
- ラジカル耐久性の向上

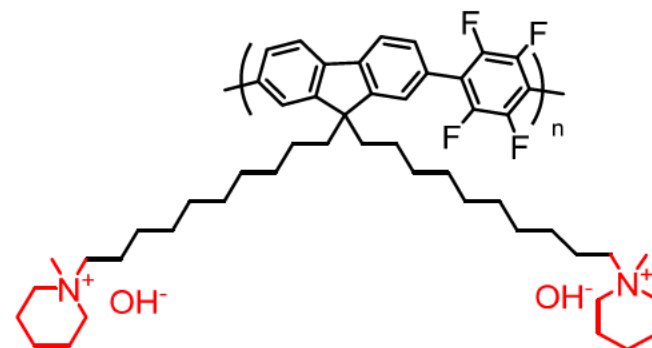
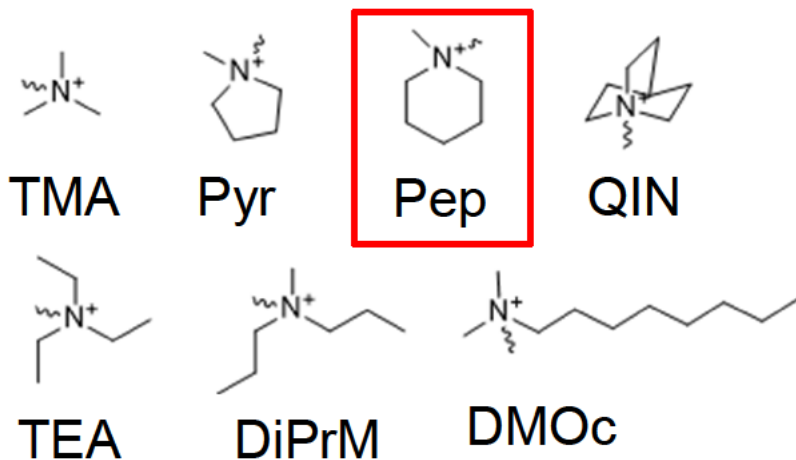
3. 研究開発成果 ① AEM 東京科学大学

アニオン交換基(低分子)の耐久性

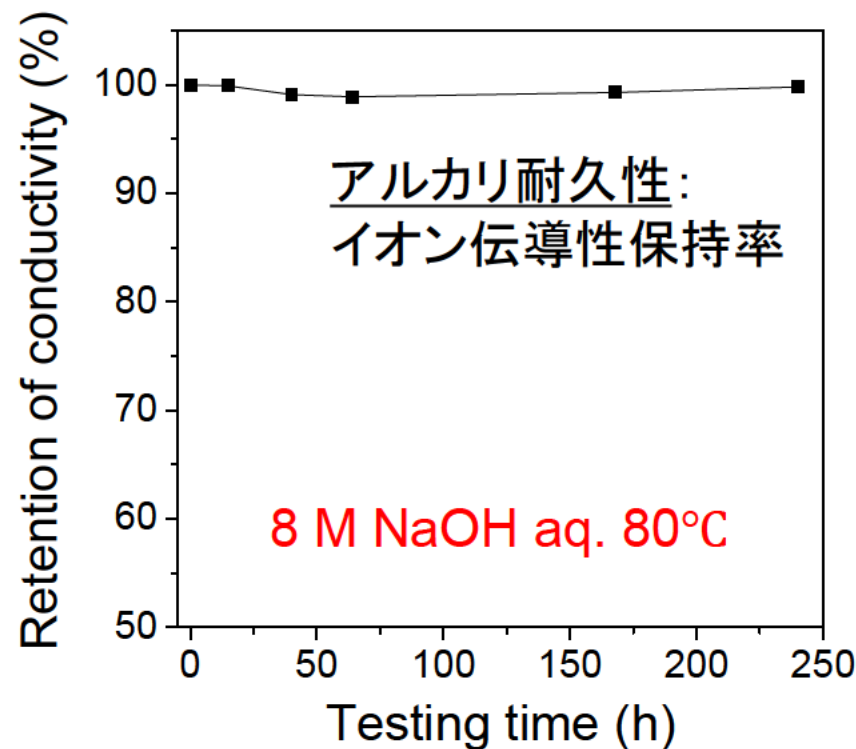
5 M NaOH メタノール溶液 80°C



アルカリ耐久性:
官能基残存率



PFT-C₁₀Pep (IEC = 2.4)



アルカリ耐久性:
イオン伝導性保持率

8 M NaOH aq. 80°C

S. Miyanishi, T. Yamaguchi, *Polym. Chem.*, 16, 4423–4432 (2025)

3. 研究開発成果 ① AEM、④ MEA 日本化薬

<ポリマースケールアップ検討>

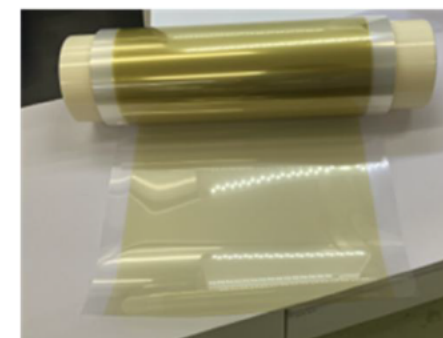


検討項目 ・不純物の制御

・分子量の制御
・コストダウン
・共重合、官能基導入

・イオン交換基選定
・精製工程の生産性向上

- ・ 分子量制御を検討し、目的の品質を有するポリマーを400 g/batchで合成
- ・ Roll-to-Roll塗工による製膜条件を検討
- ・ 開発AEMを用いたMEAの長期水電解連続耐久性評価を実施中

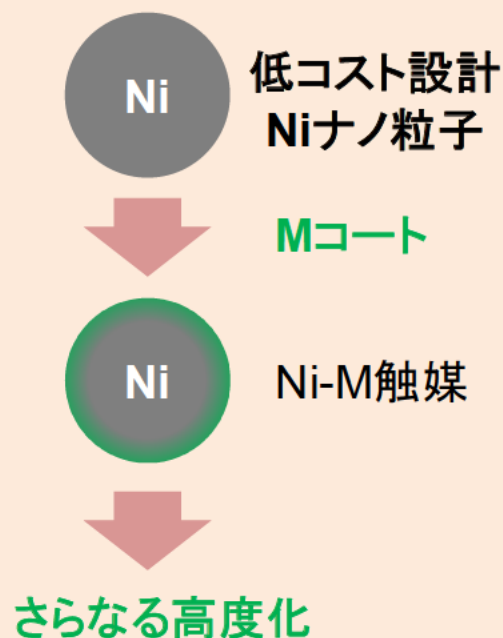


3. 研究開発成果 ② カソード触媒 ノリタケ

コンセプト: 低コストNiナノ粒子を基盤としたカソード触媒設計

- ・産業化プロセス設計を確立済であるNiナノ粒子(≈50 nm)を基盤材料として活用
⇒ kgスケール生産・低コストプロセスを既に保有 ⇒ 実装加速、コスト有利

触媒粒子設計: Niナノ粒子基盤
からの段階的高度化

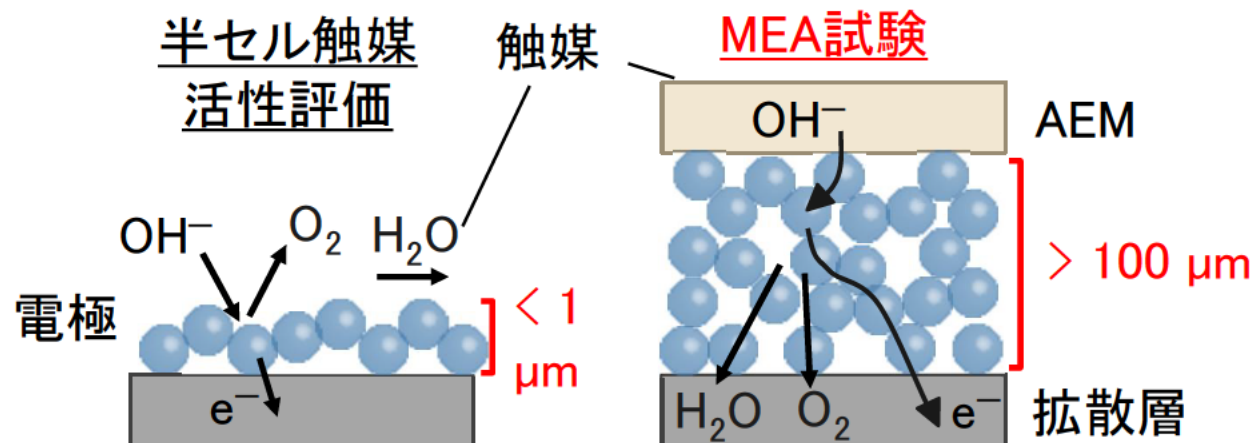


1 M KOH中でのHER活性

サンプル	HER過電圧@10 mA/cm ² (V)
PtRu/C	30
Niナノ粒子	410
低Ru担持Niナノ粒子	107

- ・ Niナノ粒子にRuを担持し、過電圧を大幅に低減
- ・ 今後、Ru担持量低減の検討、合成プロセスの最適化など

3. ③ アノード触媒 東京科学大学



MEAは半セルの100倍以上の厚み
→ 電子の伝導経路が必要

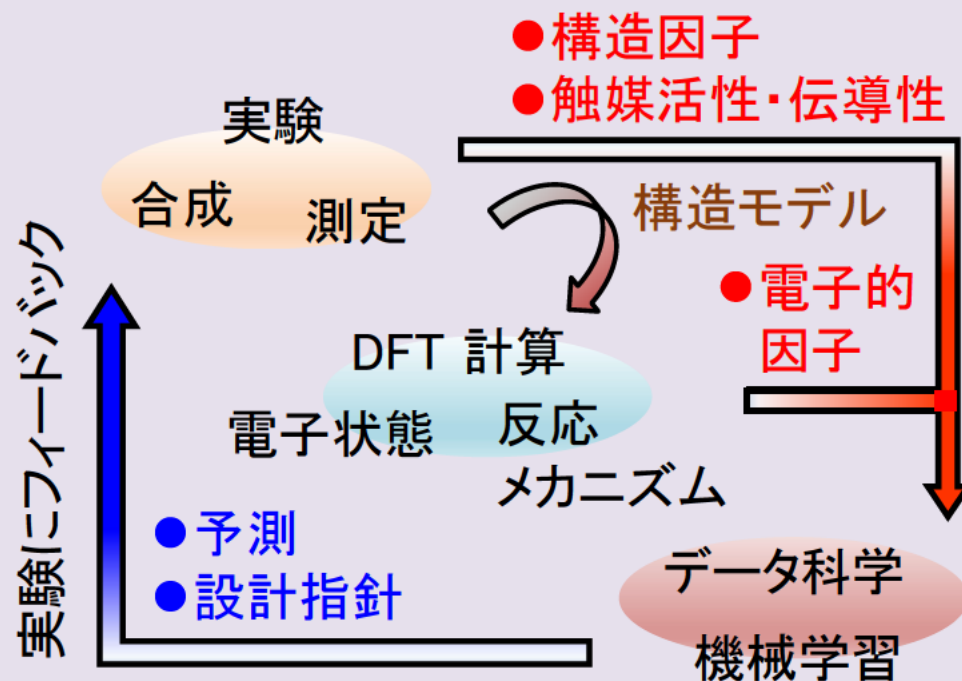
電子伝導性と高いOER活性を両立する触媒の設計

実験＋DFT計算＋インフォマティクス

- OER活性・伝導性の指標となる構造および電子的因子の提案

フィードバック

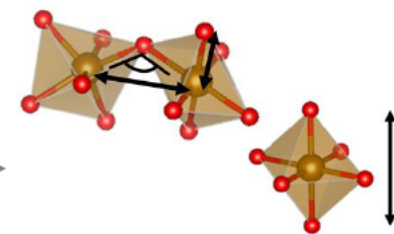
- 候補材料・組成を選定
- 反応・伝導メカニズムの解明



3. 研究開発成果 ③ アノード触媒 東京科学大学

- ① 遷移金属としてFe, Co, Niを含む29種類の複合酸化物を合成
- ② OER活性・電子伝導性を測定、材料のパラメータを収集
- ③ データ科学的に解析、重要因子を考察

パラメータ収集



構造的パラメータ

TSUBAME計算サービス
TSUBAME4.0



DFT計算



電子的パラメータ

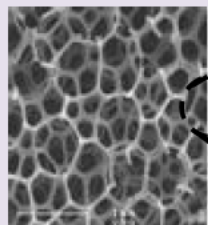
OER活性および電子伝導性に関する重要因子を抽出

3. ③ アノード触媒 東京科学大学

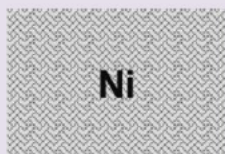
本グループの既開発アノード触媒 多孔体+電着

独自性：電気化学的表面改質の利用

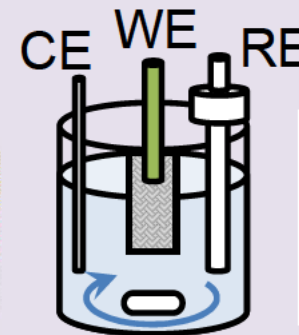
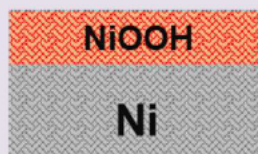
Ni多孔体



電気化学的酸化

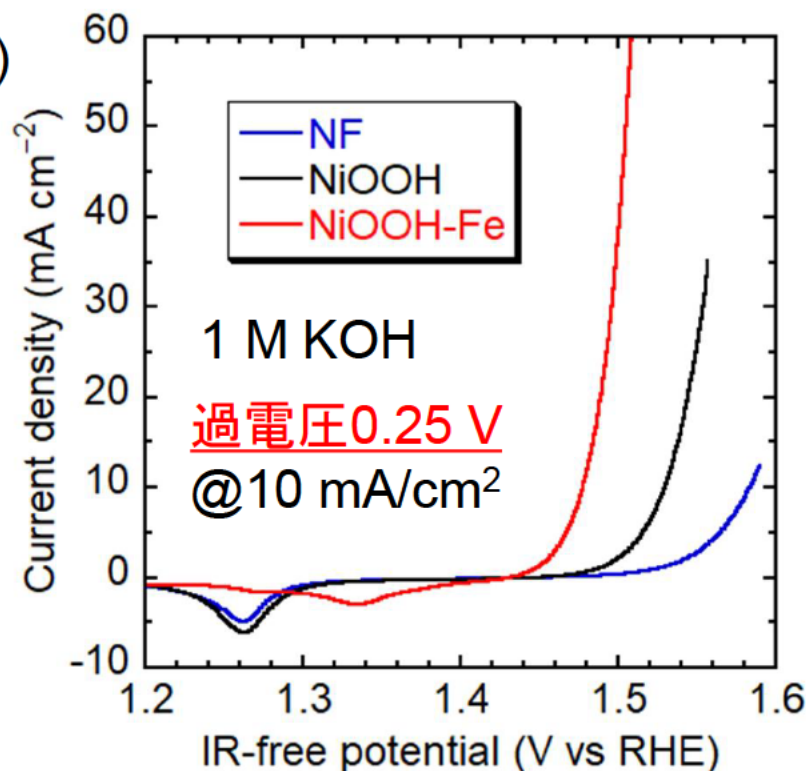
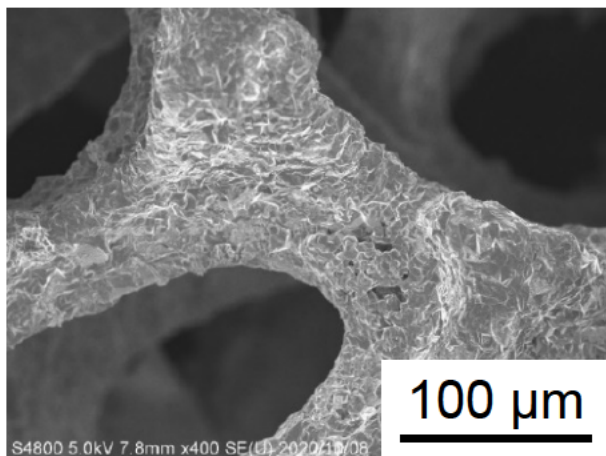


電気化学的析出



均一 &
スケール
アップ容易

改質Niフォーム(NiOOH-Fe)



T. Yamaguchi, *et al.*, *RSC Sustainability*, 3, 1705 (2025),
PCT/JP2022/021635など

課題

- ◆ 大きな凹凸による膜への機械的負荷
- ◆ 膜/電極における界面抵抗
- ◆ 低表面積

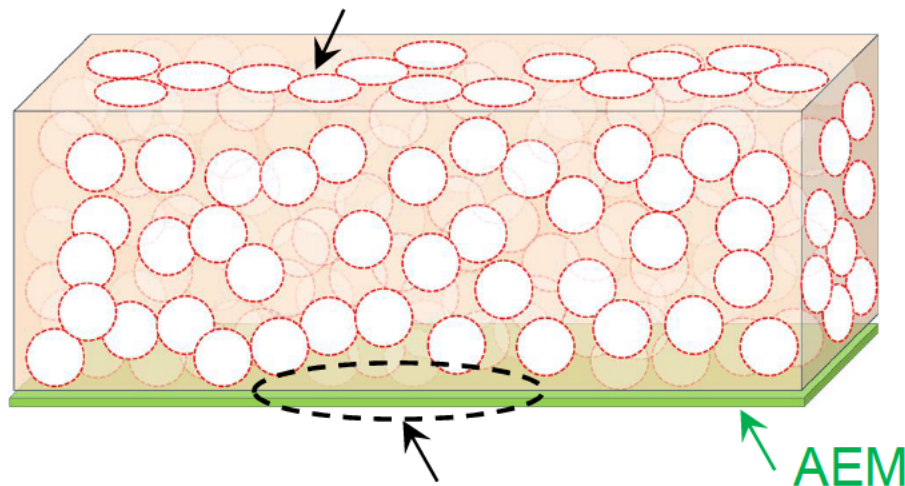
3. 研究開発成果 ③、④ アノード触媒・MEA 東京科学大学

AEM水電解性能予測モデルによる計算結果

アノード触媒層の高表面積化 ⇒ 過電圧を大きく低減可能

新規アイオノマーフリーNi系多孔電極を提案・実証

高表面積＋アイオノマーフリー
＋多孔構造



平滑な電極表面＋膜/電極
界面の良好な接合

- 従来のNi多孔体よりも高表面積
- 低いOER過電圧を達成

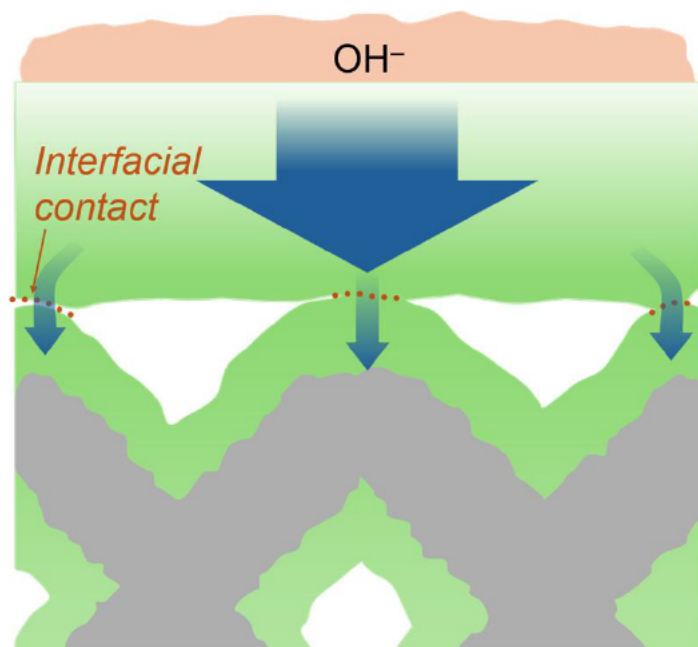
高表面積・高OER活性アイオノマーフリー
多孔電極の開発に成功

山口猛央ら, 特願2025-090686,
出願日: 2025年5月30日

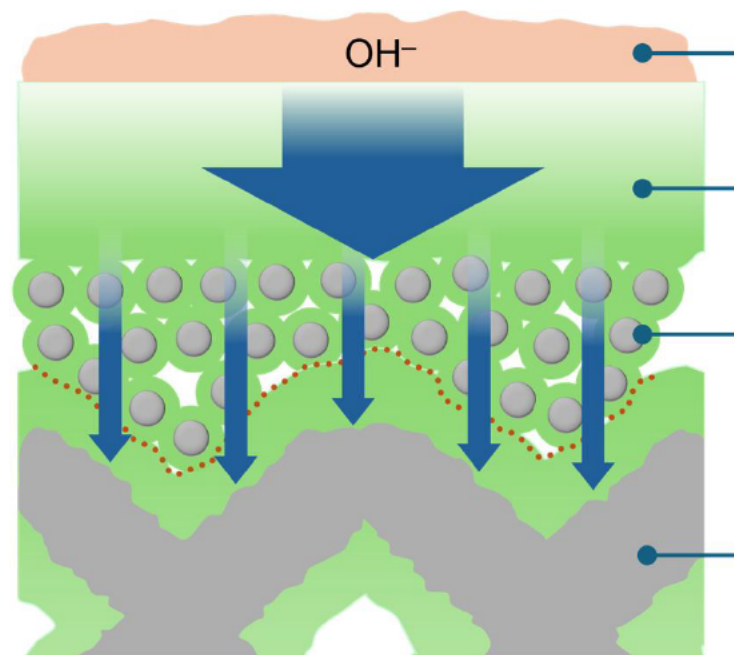
3. ④ MEA 東京科学大学

0.01 M用MEA開発

Ni粒子/アイオノマー層の導入によるイオン伝導パスの確保



Ni粒子層無し



Ni粒子層あり

カソード
($2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$)

AEM

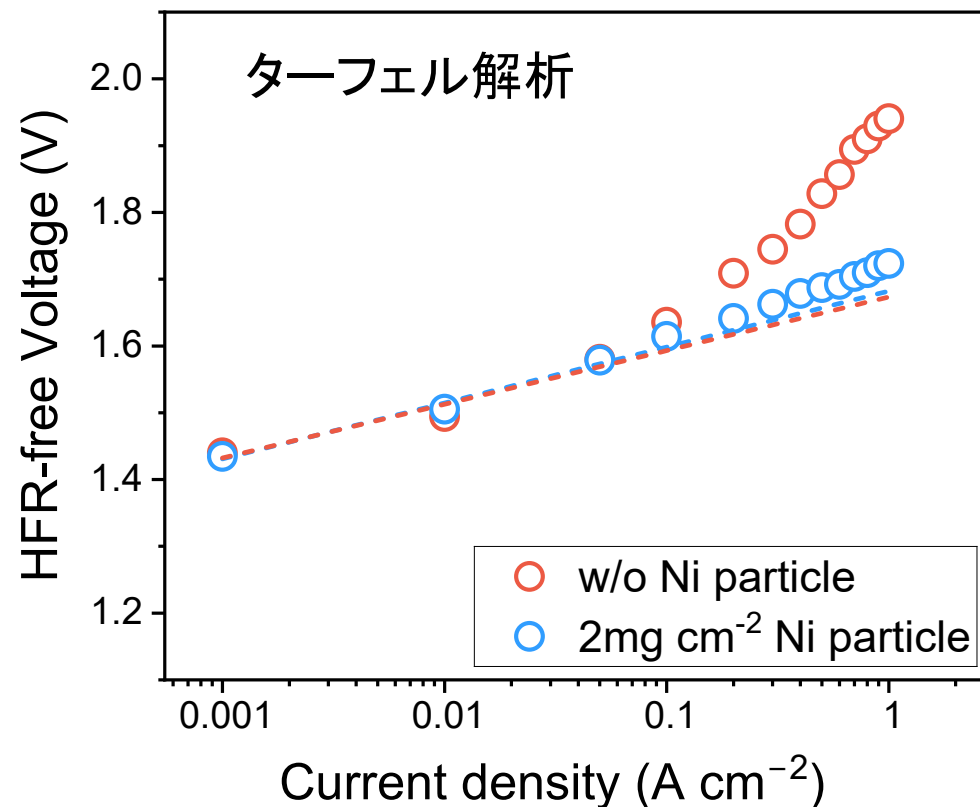
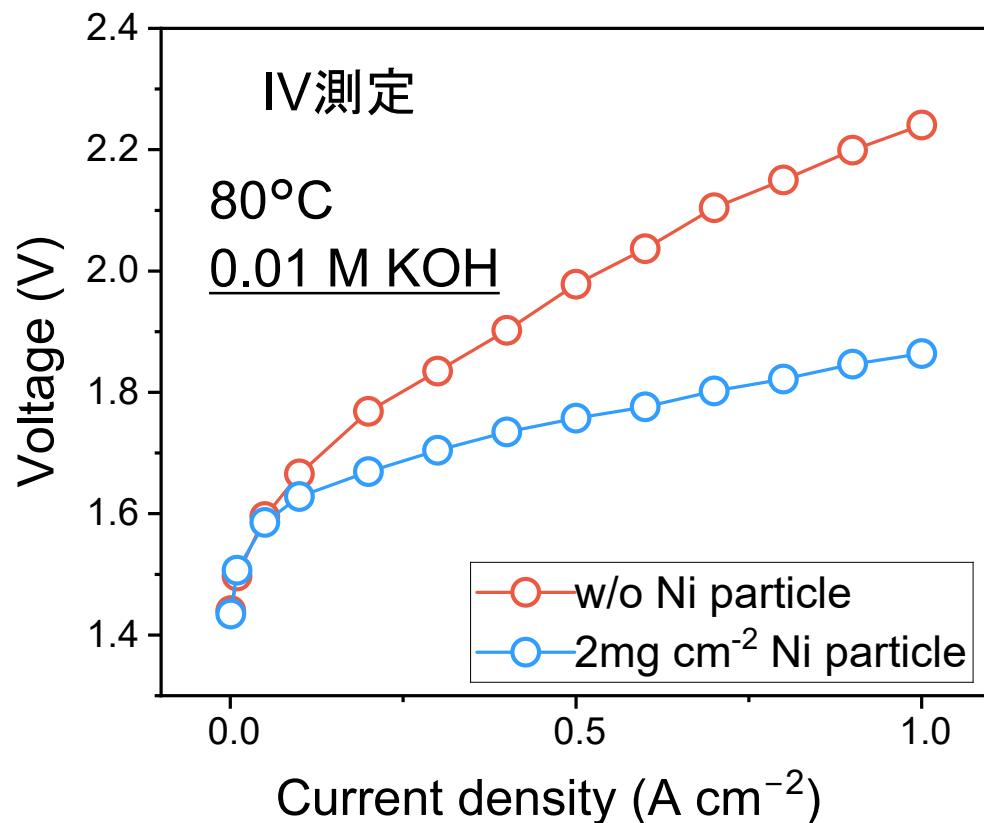
Ni粒子層

Ni多孔体

3. ④ MEA 東京科学大学

0.01 M用MEA開発

T. Yamaguchi, *et al.*, *ChemElectroChem*, 13 (6), e202500461 (2026)

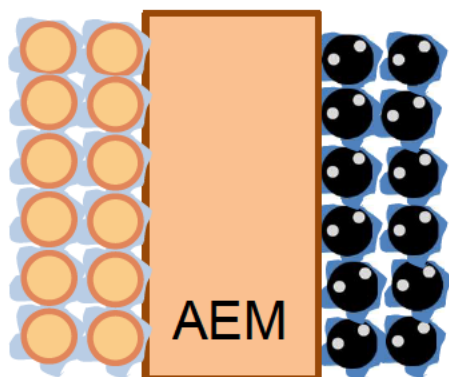


0.01 M用MEA → 触媒層/膜の界面設計が不可欠

3. 研究開発成果 ④ MEA SCREEN

1 M, 0.01 M触媒層開発

アノード カソード



- 触媒層製造プロセスの検討
- 作製した触媒層のMEA評価

市販材料を用いてCCM製造プロセスを検討



400 cm²以上の
CCM作製済み

- 市販材料から順次、本事業材料に変更し検証
- CCS構成などの検討

3. 研究開発成果 ①、② まとめ

AEM・アイオノマー（東京科学大学、日本化薬）

- ・ 高耐久官能基を有するポリフルオレン系電解質膜を開発
- ・ ポリマースケールアップを検討し、**400 g/batch**を達成
- ・ **Roll-to-Roll**塗工を用いた製膜条件を検討

カソード触媒（ノリタケ）

- ・ 低コストNiナノ粒子を基盤とした低Ru担持Niナノ粒子を開発し、カソードHER過電圧を低減

3. 研究開発成果 ③、④ まとめ

アノード触媒（東京科学大学）

- OER活性と電気伝導性の両方を考慮したアノード触媒の探索を開始
- 水電解性能予測モデル計算から触媒高表面積化の重要性を示唆
- 従来のNi多孔体よりも高表面積な新規多孔電極を開発し、低いアノードOER過電圧を達成

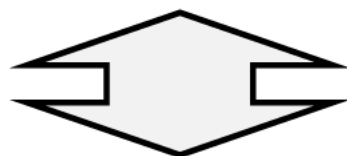
MEA（東京科学大学、SCREENホールディングス、日本化薬）

- 開発した膜・触媒材料を用いたMEA開発および性能評価を実施
- 開発したポリフルオレン系AEMを用いたMEAについて、長期水電解連続試験を実施中
- 触媒層製造プロセスを検討し、400 cm²以上のCCMを作製

4. 今後の見通し 実用化・事業化に向けた取り組み

本グループの既開発品の実用化・事業化に向けて

- 膜および触媒をサンプルワークする体制を整備
- スケールアップにおける課題を現象として理解し、一般化して対策



本事業：新規AEM・触媒材料、及びMEAシステムの開発

東京科学大学
日本化薬
ノリタケ
SCREENホールディングス
研究開発・知財出願

サンプルワーク
情報交換
アドバイス

関心表明企業
電解槽・システム