

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.603-3-06

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
／アニオン膜型水電解セルの高性能化・高耐久化とスタック
技術の開発

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

発表者名 宮武 健治

(国)山梨大学, タカハタプレシジョン(株), 日本化学産業(株), 富士電機(株)

問い合わせ先 (国)山梨大学 TEL: 055-220-8618

事業概要

1. 期間

開始 : (西暦)2025年 7月
終了(予定): (西暦)2030年 3月

2. 最終目標

	中間目標(2027年9月)	最終目標(2030年3月)	評価方法
電解性能 (V @4.0A/cm ²)	2.2	2.0	1～10cm ² の単セル
耐久性 (h)	500	1000	加速耐久試験
アノード貴金属量 (mg/cm ²)	0	0	1～25cm ² の単セル
カソード貴金属量 (mg/cm ²)	0.5	0.1	1～25cm ² の単セル
抵抗 (Ωcm ²)	0.1	0.07	1～25cm ² の単セル
運転温度 (℃)	80	80	1～25cm ² の単セル

3. 成果・進捗概要

- ①優れた物性を持つ新規フッ素フリーのアニオン交換膜・イオノマーを開発した。三元共重合構造により、従来のフッ素化アニオン膜と同等の高いアニオン導電率を維持しつつガス透過率の制御を可能にした。量産技術を進めた。
- ②非貴金属触媒NiFeOxを基にした新規触媒を開発した。アノード用にはNiFeOxに対し含浸法にて非結晶性NiOを担持した新触媒が、市販IrOxに比べて2.4倍高い活性を達成した。カソード用にはNiFeOxにPtナノ粒子を担持し、HER活性が市販Pt/Cの3倍に向上した。量産技術を進めた。
- ③標準アニオン膜を用いて水電解の給水方式と膜厚の影響を明らかにした。両側給水では10A/cm²まで安定に電解が可能であり、アノード片側給水では膜厚30μmでは安定した電解が可能であった。
- ④量産用のNiFe触媒を用いた25cm²単セル試験において高電解性能を達成した。25cm²スタックでは線パッキング構造の採用で締結面圧のばらつきを抑え、セル間電圧のばらつきを大幅に低減できた。

1. 事業の位置付け・必要性

事業の目的

アニオン膜型水電解装置セルの高効率化と低コスト化のための要素技術開発に取り組む。具体的には、PFAS対応のアニオン膜・イオノマー、非/低貴金属触媒を設計するとともに量産化技術の開発を行う。また、これら材料からなる膜電極接合体を作製し、アニオン膜型水電解セルの高性能化と高耐久化を両立させるとともに、スタック化の開発も行うことにより、我が国の水素社会実現に貢献する基幹技術の創出を目指す。

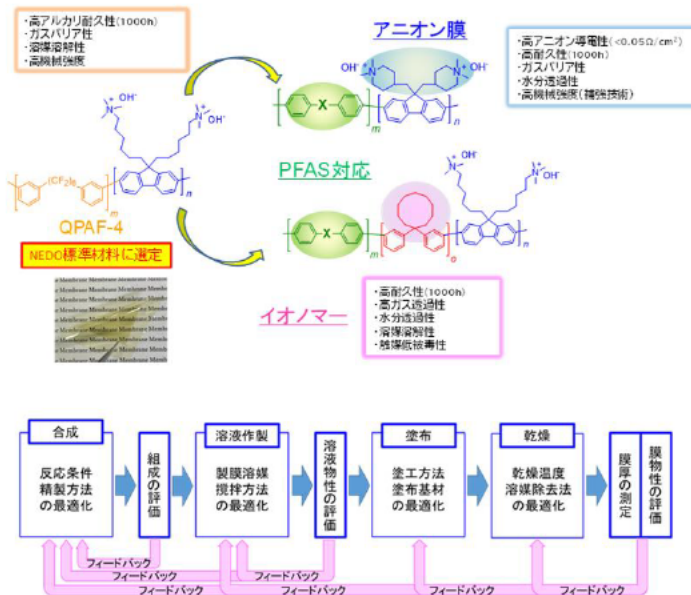
事業内容概略

- ①低コストPFAS対応アニオン膜・イオノマーの開発と量産技術
(山梨大学、タカハタプレジジョン)
- ②非/低貴金属電極触媒の開発と量産技術
(山梨大学、日本化学産業)
- ③アニオン膜型水電解セルの高性能化・高耐久化
(山梨大学)
- ④アニオン膜型水電解セル・スタック技術の開発
(富士電機・山梨大学)

これら各課題を事業実施者全員で共有しながら研究開発を進め、効果的に成果を挙げる。

事業内容

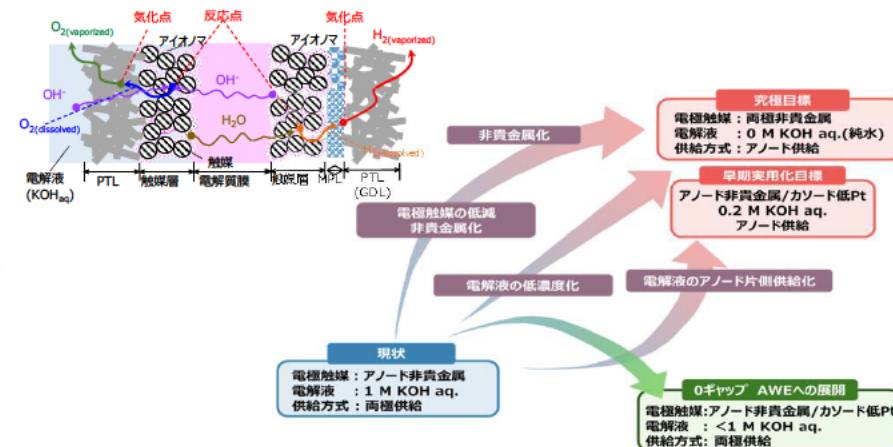
①低コストPFAS対応アニオン膜・イオノマーの開発と量産技術



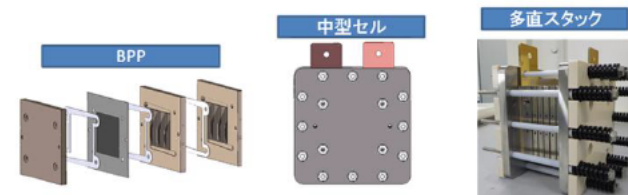
②非/低貴金属電極触媒の開発と量産技術



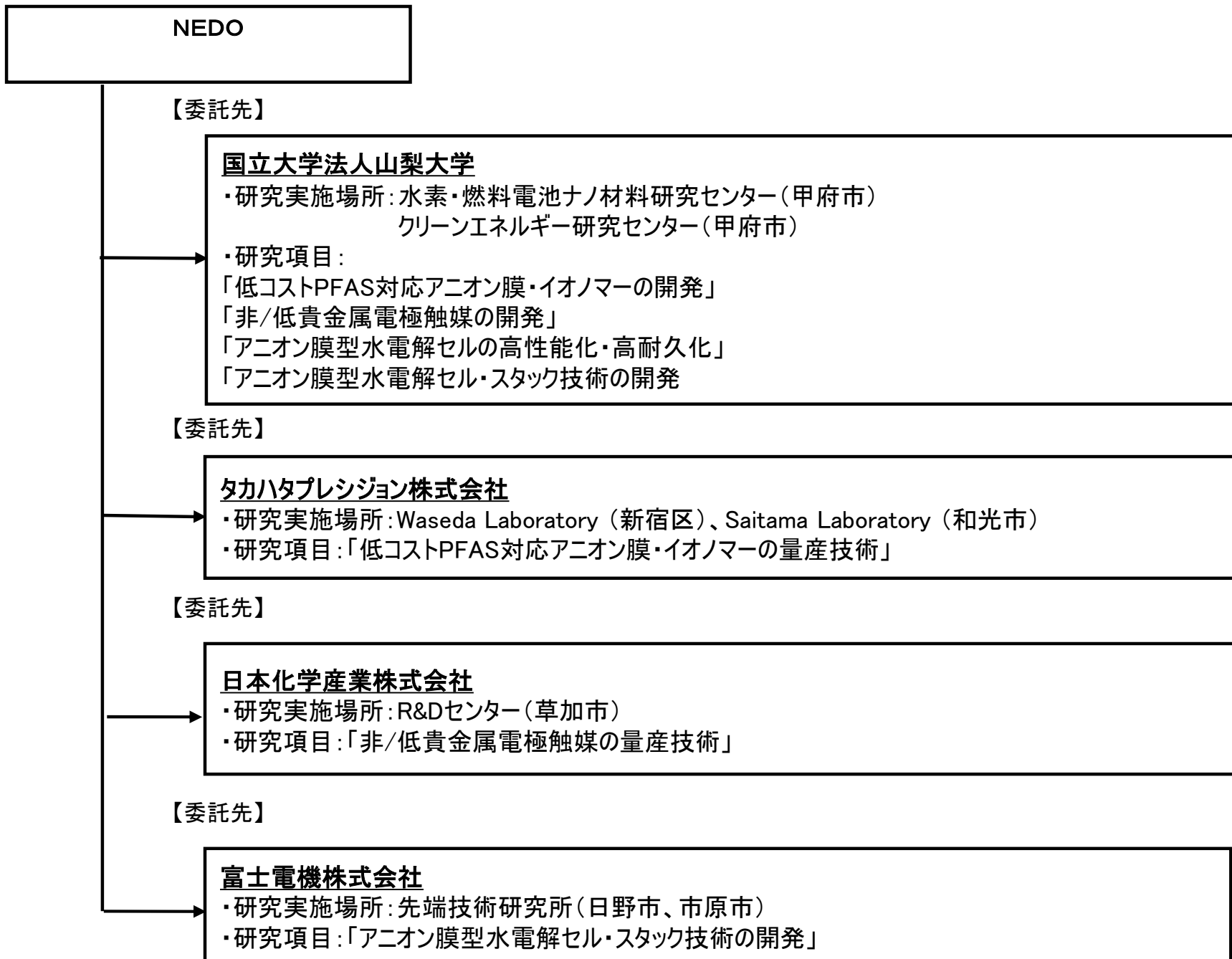
③アニオン膜型水電解セルの高性能化・高耐久化



④アニオン膜型水電解セル・スタック技術の開発



2. 研究開発マネジメントについて：実施体制



2. 研究開発マネジメントについて：スケジュールと進捗

研究開発テーマ	2025年度				2026年度				2027年度				(参考) 2028年度			
	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期
①低コストPFAS対応アニオン膜・イオノマーの開発と量産技術（山梨大学・タカハタプレシジョン）																
アニオン膜の設計と合成																
イオノマーの設計と合成																
アニオン膜の量合成と製膜																
イオノマーの量合成																

2. 研究開発マネジメントについて：スケジュールと進捗

研究開発テーマ	2025年度				2026年度				2027年度				(参考) 2028年度			
	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期
②非/低貴金属触媒の開発と量産技術（山梨大学・日本化学産業）																
酸素発生(アノード)触媒設計																
酸素発生(アノード)触媒 耐久評価・メカニズム検討																
水素発生(カソード)触媒設計																
水素発生(カソード)触媒 耐久評価・メカニズム検討																
触媒量合成と評価技術の確立																
アノード/カソード触媒量合成																
アノード/カソード触媒材料の 量産技術の要素検討																

2. 研究開発マネジメントについて：スケジュールと進捗

③アニオン膜型水電解セルの高性能化・高耐久化（山梨大学）

実施項目	2025年度				2026年度				2027年度				2028年度（参考）			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①低コストPFAS対応アニオン膜・イオノマーの開発と量産技術 →																
②非/低貴金属触媒の開発と量産技術 →																
③アニオン膜型水電解セルの高性能化・高耐久化 →																
④アニオン膜型水電解セル・スタック技術の開発 →																

2. 研究開発マネジメントについて：スケジュールと進捗

研究開発テーマ	2025年度				2026年度				2027年度				(参考) 2028年度			
	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期	第1 四 半 期	第2 四 半 期	第3 四 半 期	第4 四 半 期
④アニオン膜型水電解セル・スタック技術の開発（富士電機株式会社）																
大面積（300cm²級）単セルの設計及び評価		電極構成検討 → セル構成検討 → 設計試作 → 改良MEA単セル評価	大ロット触媒↓ セル構成検討・スタック構成検討完了▽						改良MEA劣化評価 → 再改良MEA劣化評価 →							→
多直スタック（25cm²級、10セル級）の試作及び評価		運転時劣化要因抽出 → 構造・運転条件検討 → PF情報加味した設計 → スタック試作 → 改良MEAスタック一次評価完了▽							改良MEAスタック評価 → 再改良MEAスタック評価 →							→

3. 研究開発成果について

①低コストPFAS対応アニオン膜・イオノマーの開発と量産技術

アニオン膜・イオノマーの開発設計指針

アニオン膜

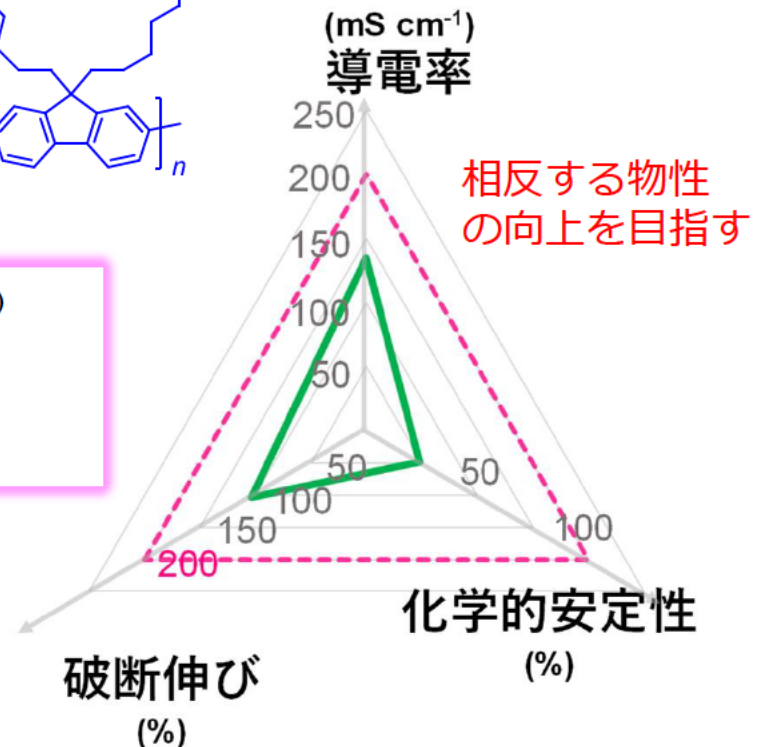
- ・高アニオン導電性($<0.05\Omega/\text{cm}^2$)
- ・高耐久性(1000h)
- ・ガスバリア性
- ・水分透過性
- ・高機械強度(補強技術)

PFAS対応

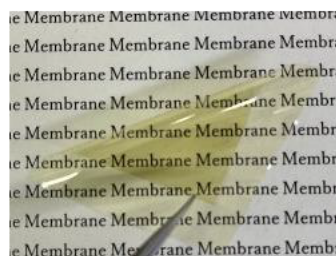
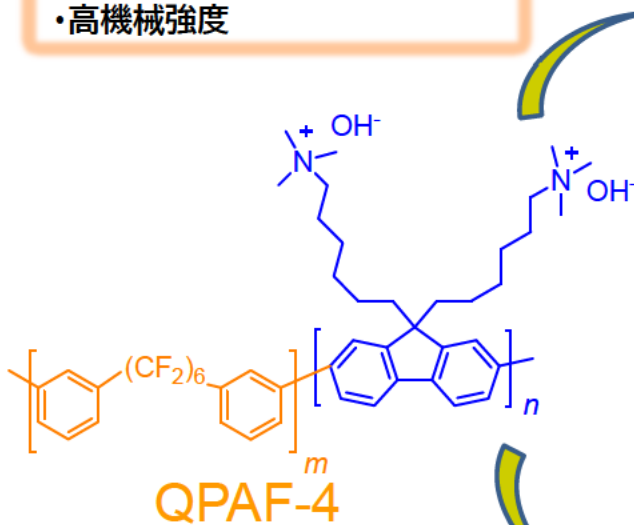
イオノマー

- ・高耐久性(1000h)
- ・高ガス透過性
- ・水分透過性
- ・溶媒溶解性
- ・触媒低被毒性

スケールアップ合成
ロールトゥロール製膜技術



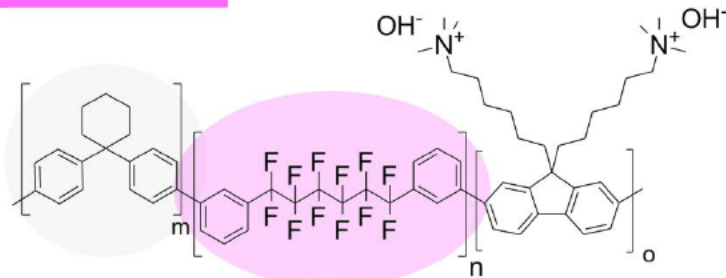
- ・高アルカリ耐久性(1000h)
- ・ガスバリア性
- ・溶媒溶解性
- ・高機械強度



3. 研究開発成果について ①低コストPFAS対応アニオン膜・イオノマーの開発と量産技術

フッ素フリー膜の開発: 三元共重合体

QC6PA

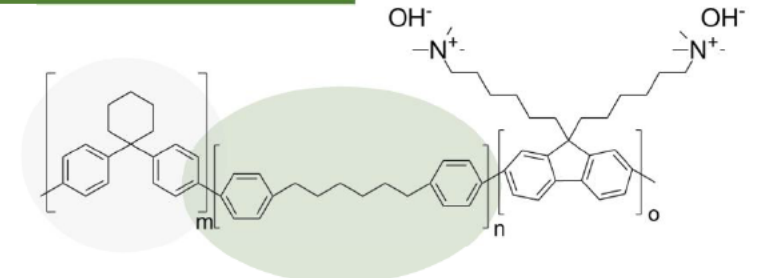


PAF

フッ素フリー化

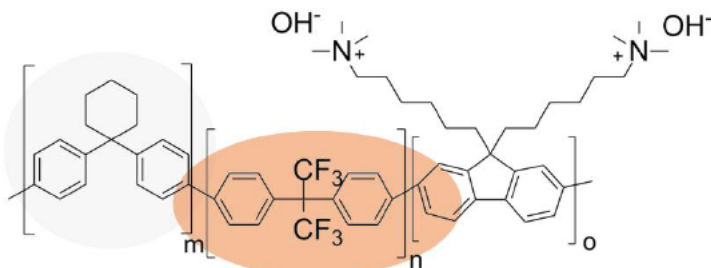


C6-PAC-QAF



PAC

QC6BA

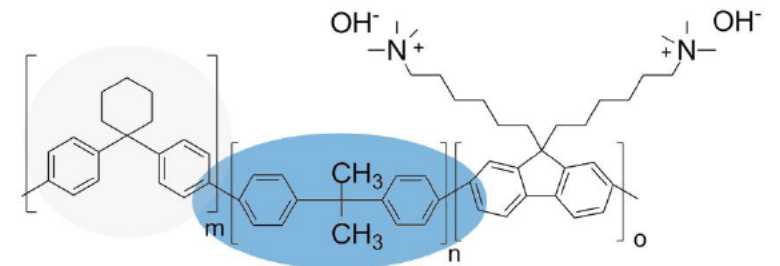


BAF

フッ素フリー化



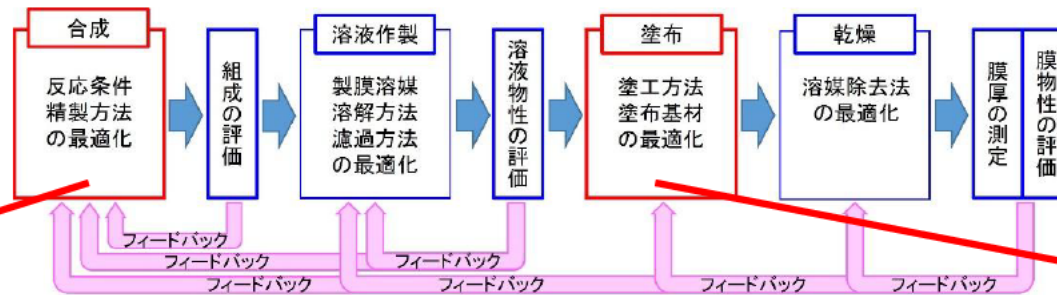
C6-BAC-QAF



BAC

3. 研究開発成果について

スケールアップと品質改善

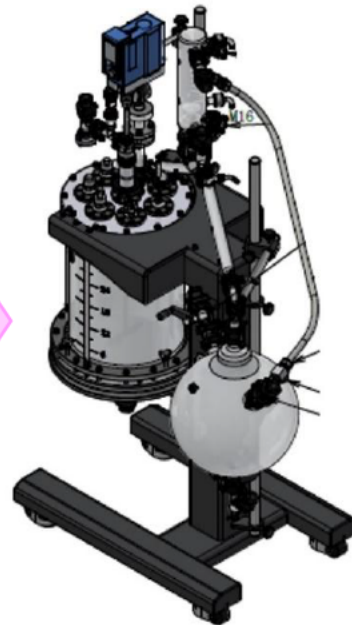


合成のスケールアップ

ラボスケール



新規導入

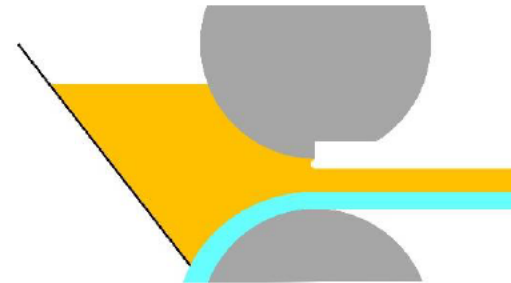


10倍
スケール

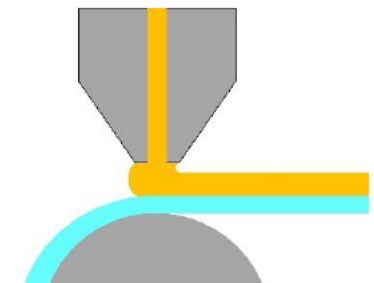
10倍スケールの合成においても、
従来品と同程度の物性を有する
アニオン膜・イオノマーを実現すべく、
反応や精製の条件検討を実施

塗布方法の検討

コンマコーター



ダイコーター



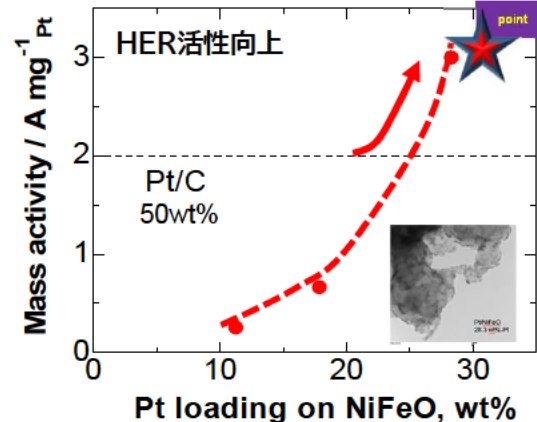
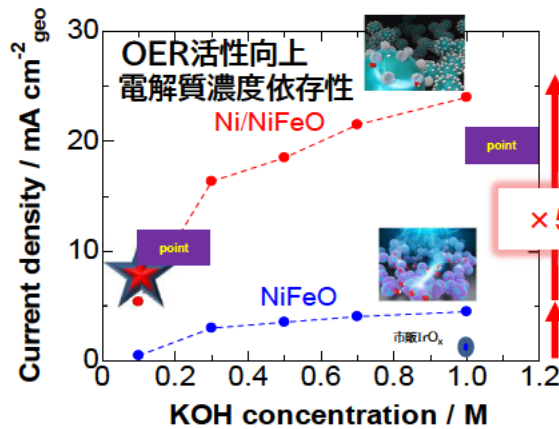
- ・ムラがでにくい
- ・塗工量が一定
- ・密閉できるため
塗工液が一定

現在、小型のダイコーターを用いて、
塗工テストを実施中

3. 研究開発成果について ②非/低貴金属触媒の開発と量産技術

電極触媒の開発設計指針

現状到達点



NEDO標準材料に選定

#Ni/NiFeO系触媒

- 成果** アルカリ濃度(0.1M)でも高活性な触媒を創製
- 新発見** Niナノ粒子電子&表面構造解析
→逆スピルオーバー現象(発見)

#NiFeO系触媒

- 成果** IrO_xより活性&高耐久な非貴金属触媒を創製
→CAPEX抑制(標準触媒)
- 新発見** ・金属コア(高伝導パス形成)
・酸化物シェル(活性点形成)
・結晶&電子&微細構造解析
→活性&耐久発現要因解明

#Pt/NiFeO系触媒

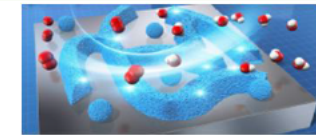
- 成果** 水素発生活性1.5倍(vs. Pt/C)
- 新発見** Pt・NiFeO電子&結晶構造解析
→高結晶NiFeOにHER活性付与

新規目標

新規OER触媒創製

新規OER触媒
高活性面成長&シングルナノロッドNi/NiFeO触媒
活性10倍向上(vs.標準触媒)&高耐久発現
(アルカリ濃度0.1M以下での作動実現へ)

新規HER触媒
高活性面成長&シングルナノロッドPt/NiFeO
活性3倍向上(vs.標準触媒)&高耐久発現



探求事項

OER/HER開発触媒
活性向上&反応メカニズム解明
by Operando&DFT解析
耐久評価&劣化メカニズム解明

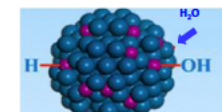
OER標準触媒
標準触媒の品質評価・供試(日本化学産業と共同)

知見活用

知見活用

新規HER触媒創製

新規HER触媒
Bi-function付与NiFeO触媒
Synergy 効果(触媒最表面-Ni金属担体界面)
活性×3倍向上(vs.標準触媒)&高耐久発現
(アルカリ濃度0.1M以下での作動実現へ)



山梨大学
材料設計

日化産
Ni担持量産技術

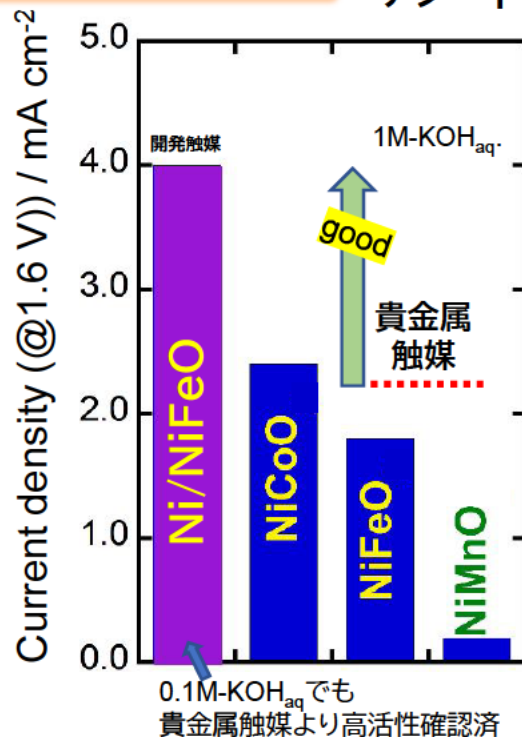
少量バッチ試作
数百g/バッチ
(kg~t)量産スケール

3. 研究開発成果について ②非/低貴金属触媒の開発と量産技術

電極触媒の活性

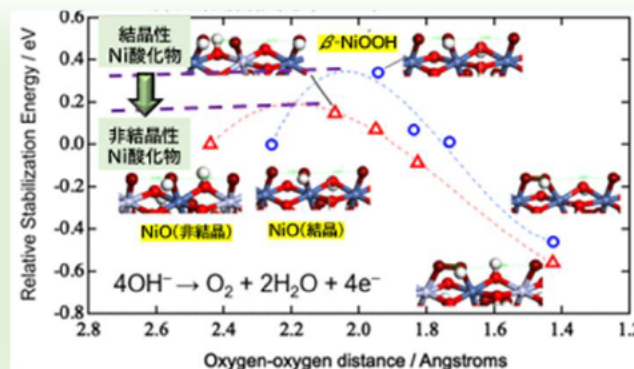
触媒設計・評価

アノード

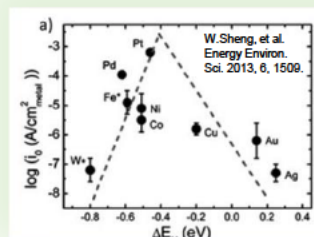


-Structure design and synergy effect -

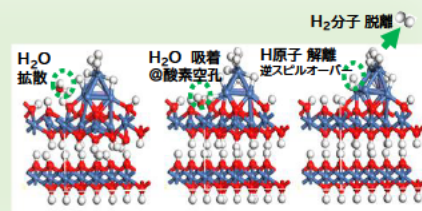
← アノード活性向上メカニズム(非結晶最表面)



カソード活性向上メカニズム(合金&逆スピルオーバー)

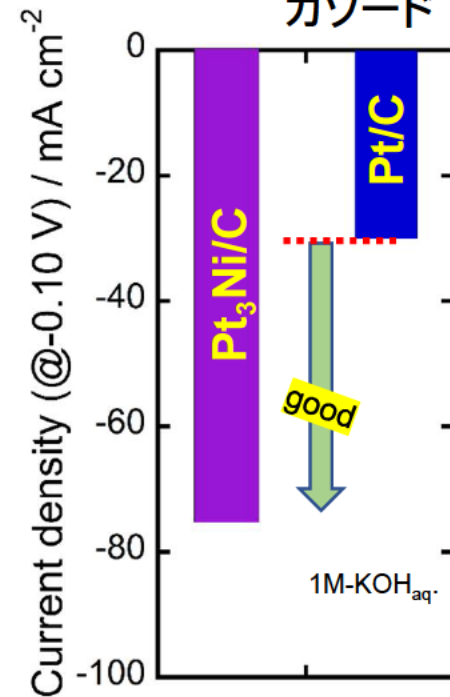


合金利用



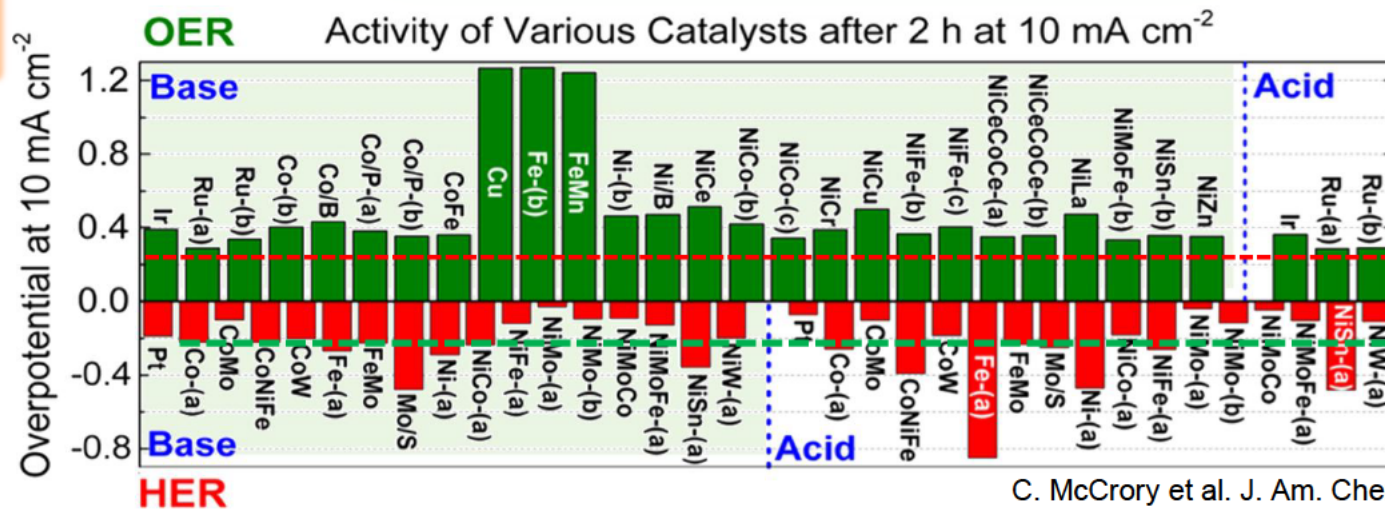
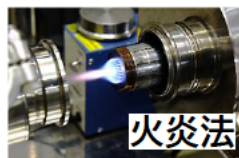
逆スピルオーバー(NiFeO利用)

カソード



今後NiFeO担体に変えて 活性向上検討

性能比較



Ni_{0.88}Fe_{0.12}O

NiO/Ni_{0.88}Fe_{0.12}O

Pt₃Ni/C

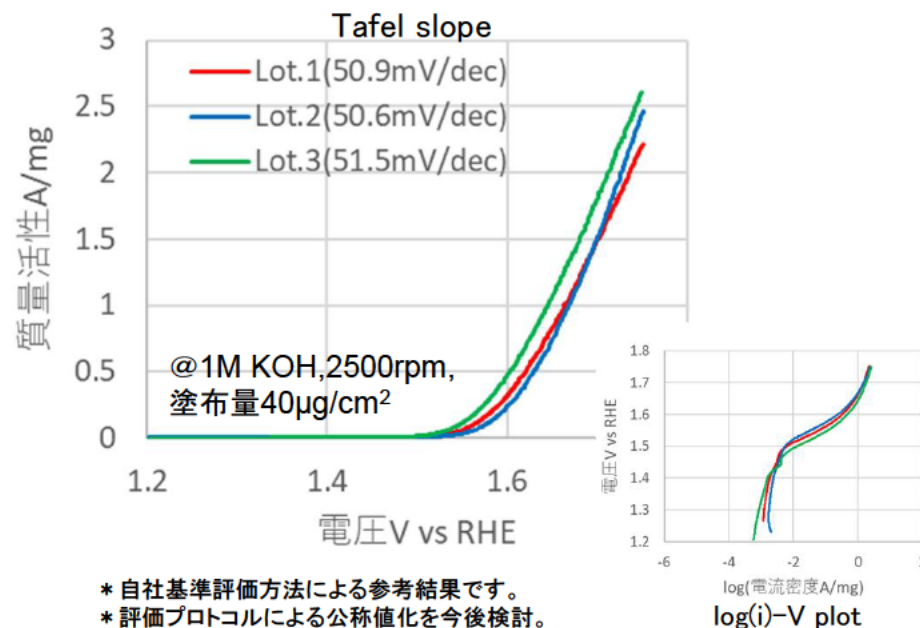
本プロジェクト触媒過電圧

3. 研究開発成果について ②非/低貴金属触媒の開発と量産技術

アノード触媒の量合成

標準触媒

- (課題) 容易な触媒層設計のため、粒子径を小さくする
(結果) 触媒粒子径を従来比1/3(5 μm 程度、15 m^2/g)
OER質量活性は従来通りに成功
(効果) 標準触媒の触媒層作製容易
(今後) 現在200g/dayでの合成可能
より迅速な評価手法確立のため、データ収集中

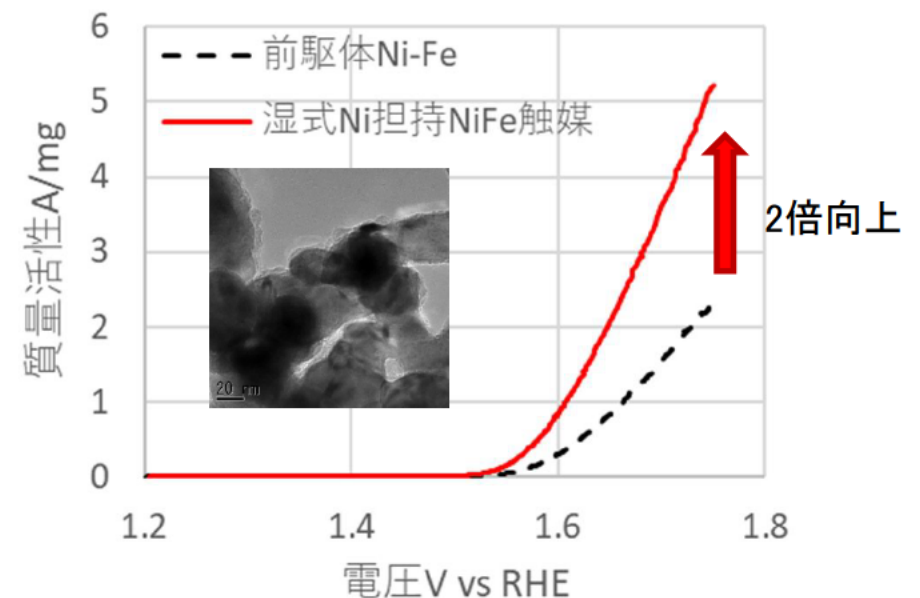


触媒物性

比表面積: 10~20 m^2/g 、D50粒径: ~8 μm

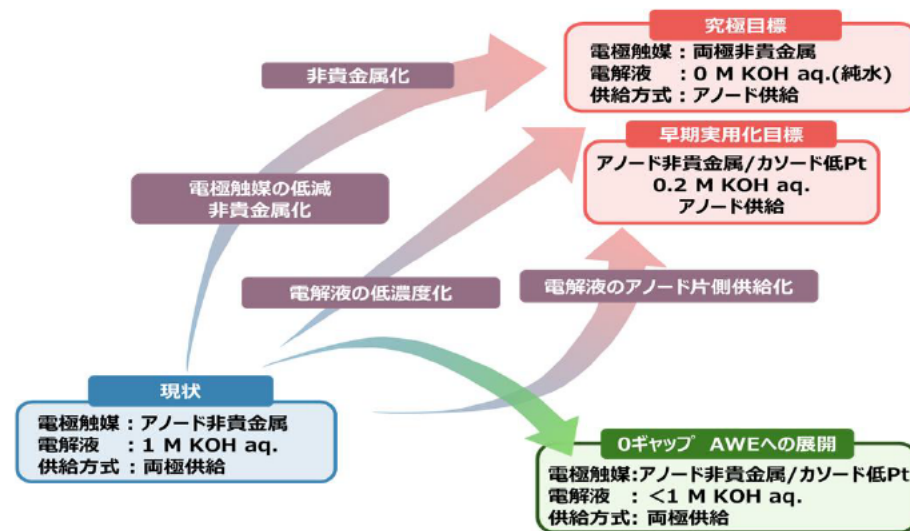
新規触媒

- (課題) 低アルカリ濃度でも高OER活性を発現する触媒量合成。つまり、OERを更に向上させた触媒量合成が必要。
(結果) 2倍の質量活性を示す触媒合成に成功
(今後) 表面積拡大の視点にて、量合成条件を検討中



3. 研究開発成果について ③アニオン膜型水電解セルの高性能化・高耐久化

MEA作製、セル性能の指針



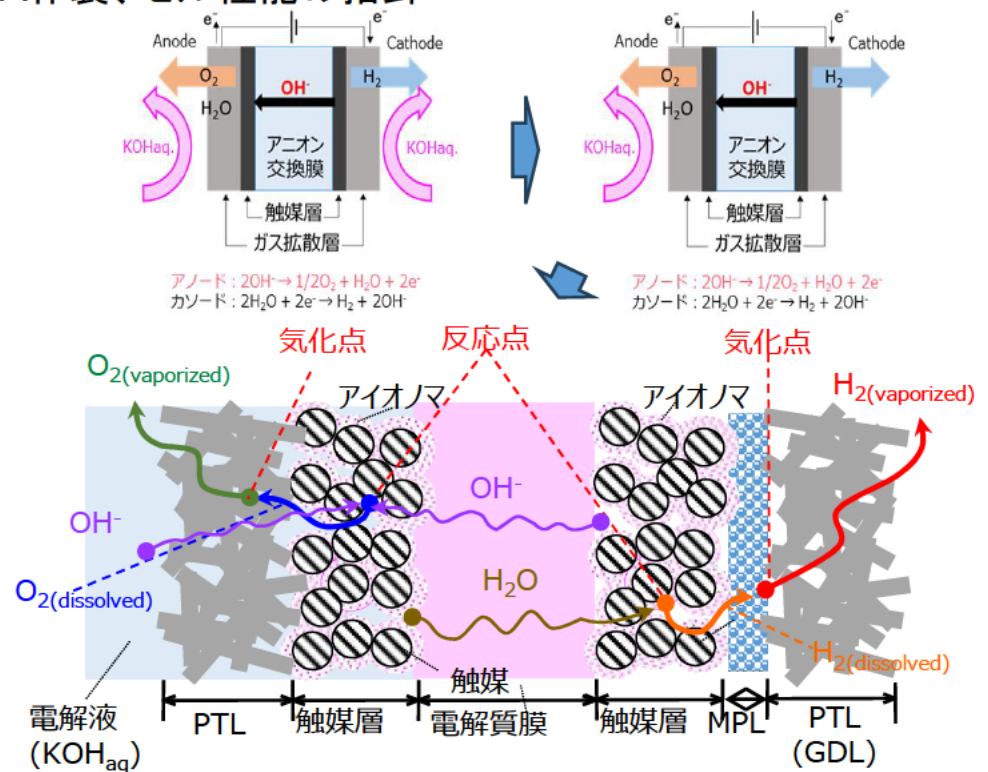
<検討項目>

* 新開発材料検証 & 高性能・高耐久化（要素技術開発）

- 新触媒 & 電解材料の性能 & 耐久性検証フィードバック
- 新開発材料を活かす作動条件探求
- 新開発材料を活かす最適MEA & PTL構造探求
(PF連携：気相圧力・水流量・電流密度、pH、温度の影響解明)
- 性能発現 & 劣化メカニズム解明：加速試験手法構築への貢献 (PF連携：気相圧力・水流量・電流密度、pH、温度の影響解明)

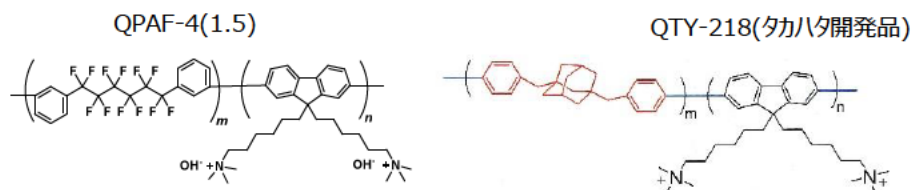
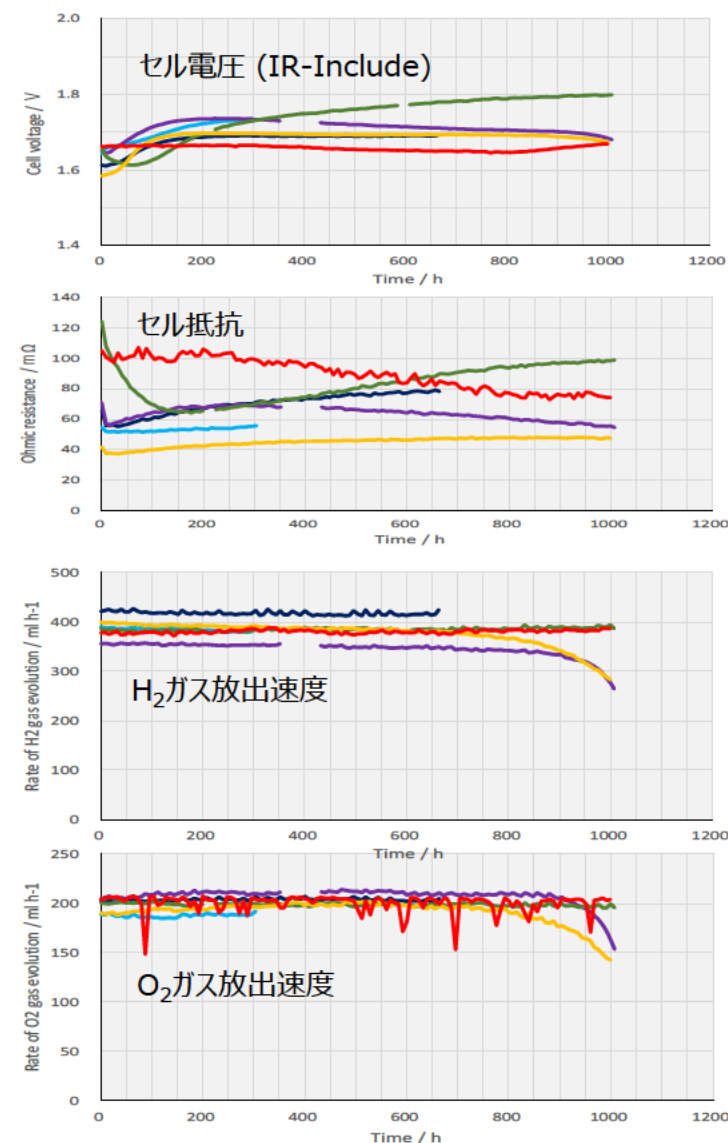
* 新開発素材だけではなく標準触媒 & 電解質材料で進める検討案（PF連携）

- アノードO₂気泡 & 影響とカソードH₂気泡影響の分離
 - ・低濃度KOHアノード給水(カソードドライ)の検討
 - ・カソード：Pt/C量低減、非貴金属触媒化、MPL効果
 - ・参照極導入
- 拡散過電圧の低減効果確認
& 素材変更等の影響（PTL素材メーカーLOI連携）
 - ・KOH低・触媒層多孔度（プロセス改良：ES法検討含む）
 - ・PTL構造濃度化
 - ・HOPI効果検証、膜 & アイオノマーの水透過能影響 など



- 大面積化、スタック課題：富士電機共同
・流路影響、面内分布影響、液絡課題対応
- 腐食性能評価(pH、温度、電位影響など)
・低コストBPP材料検討(ステンレス、鉄素材、Niメッキなど)
：JFEスチールLOI連携
- ・シール素材検証、抽出物影響検証（シール系LOI連携）
- ・劣化メカニズム、加速手法検討（PF連携）

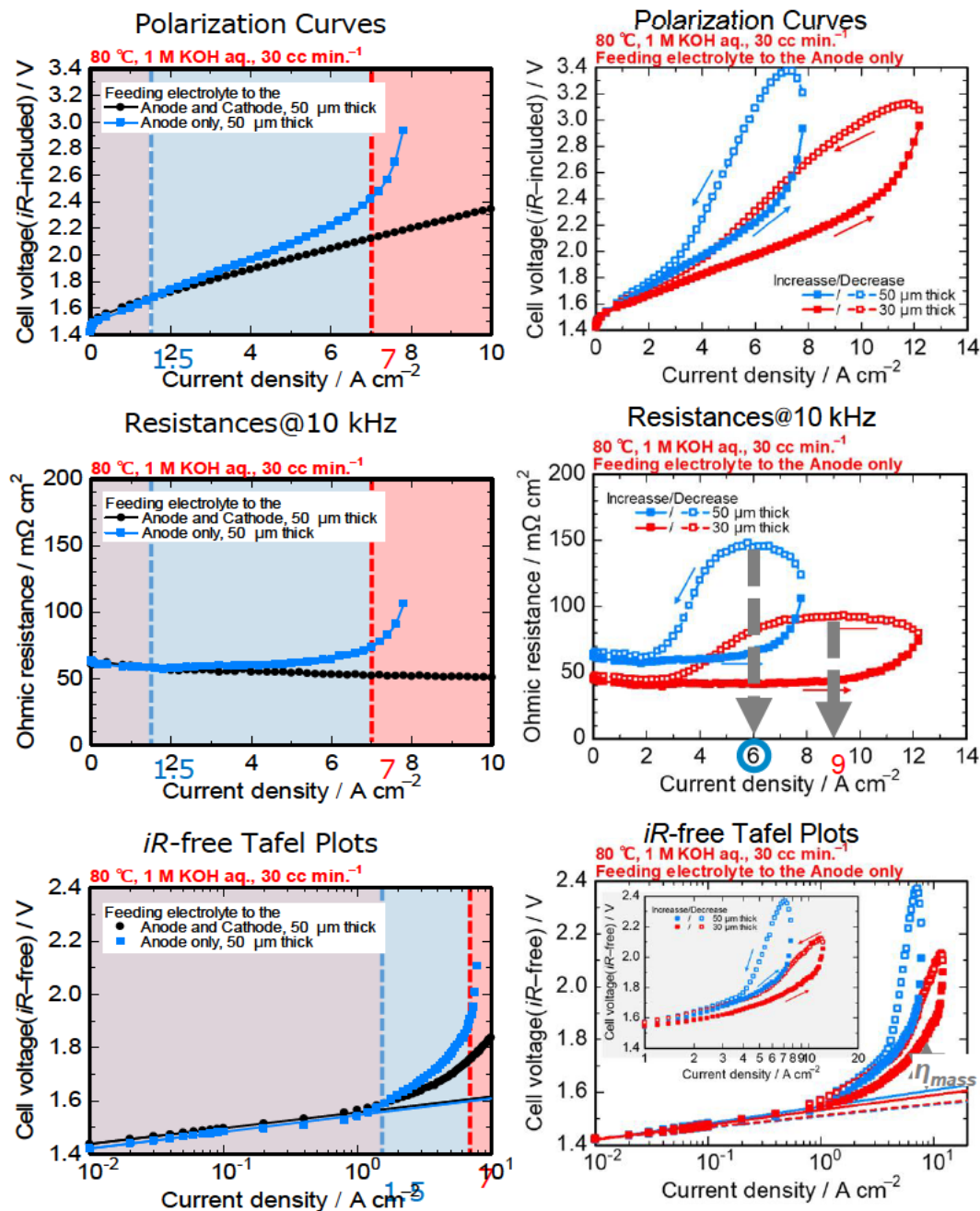
③アニオン膜型水電解セルの高性能化・高耐久化

セル温度：80 °C, 電解液：1 M KOH aq., 両極供給、電解液流速：10 mL min.⁻¹

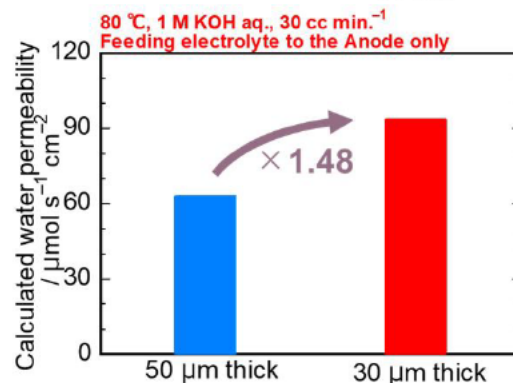
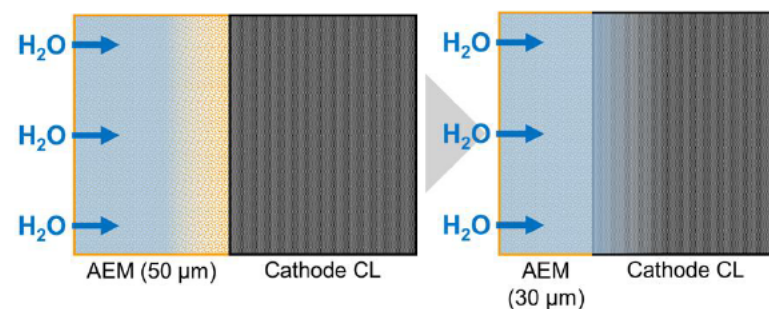
- QTY-218膜(フッ素フリー構造)が標準QPAF-4膜の特性と同等性能を示した。
- ベンチマーク：Duron (5μm) 膜は、ガスクロスオーバが顕著

3. 研究開発成果について

③アニオン膜型水電解セルの高性能化・高耐久化



大電流密度の影響



- 膜の厚さ以外の物質移動に関連する要因（触媒層の製造方法、触媒担持量、触媒ロット）は同じであるため、 η_{mass} の差はカソードにおける水供給量（膜を透過する水の量）の差であると考えられる。
- 電流密度を50 μmおよび30 μmの膜厚の最大値から減少させると、セル電圧とセル抵抗はそれぞれ6 A cm⁻²および9 A cm⁻²まで増加しました。
- ➔ 電流密度が膜の透水係数と水消費量が釣り合うレベルを下回ると、膜の水分量は回復。

- 電解質 & バインダーの液水透過能の向上とカソードの保水設計が重要！

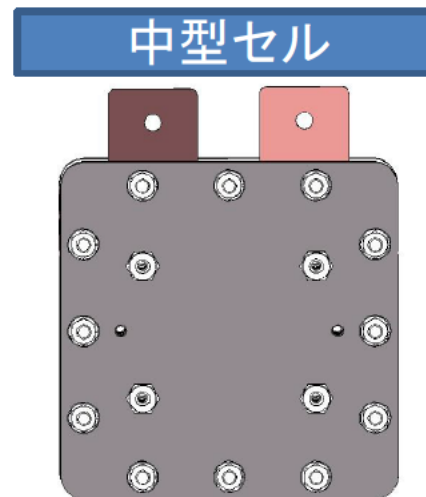
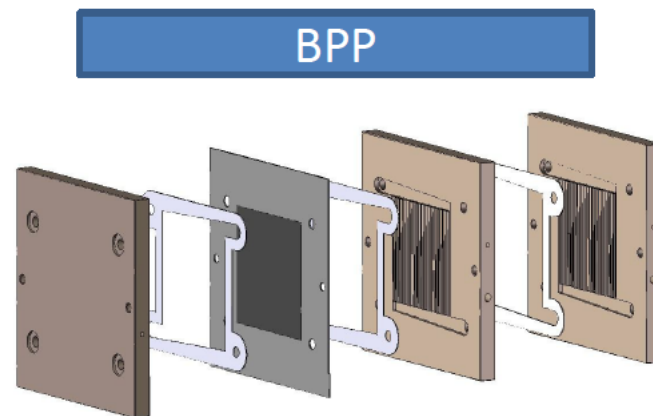
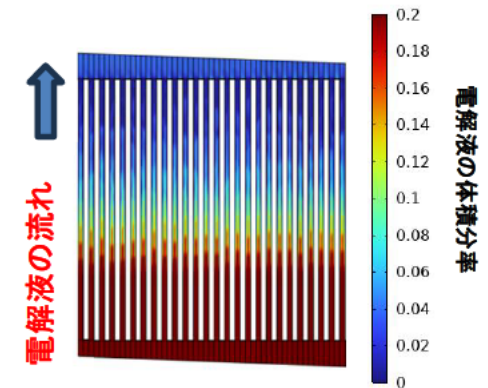
3. 研究開発成果について

④アニオン膜型水電解セル・スタック技術の開発

中型セル、多直スタックの評価指針

新開発材料の高性能・高耐久化のための実機模擬条件での早期課題抽出

- 中型セルの開発、多直スタックの開発(面内分布、等配影響も加味)
- 新触媒 & 新電解質材料の中型セルでの実機模擬条件での性能評価と課題抽出
- 新型セパレータ(BPP)、PTL撥水層効果の定量化、電解液低濃度化とアイオノマーIEC影響定量化
- 中型セル・スタックでの耐久性試験(連続、起動停止)での耐久性課題の抽出と高性能化
- 中型セル・スタックでの液絡等の劣化影響定量化と液絡影響の抑制技術開発
- 拡散過電圧の低減：アノード O_2 気泡影響とカソード H_2 気泡影響の抑制



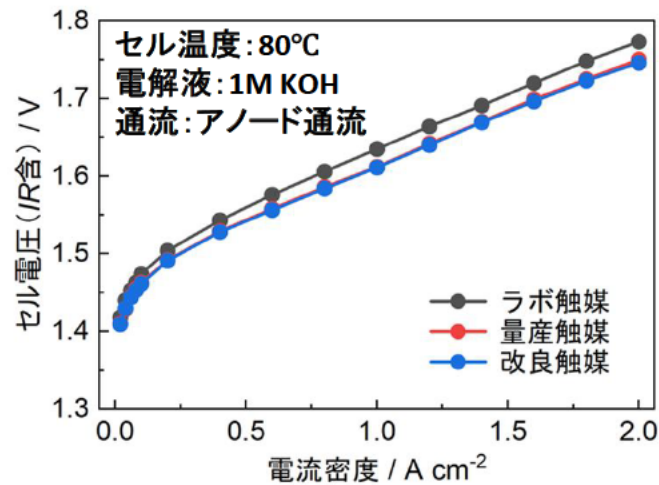
3. 研究開発成果について

④アニオン膜型水電解セル・スタック技術の開発

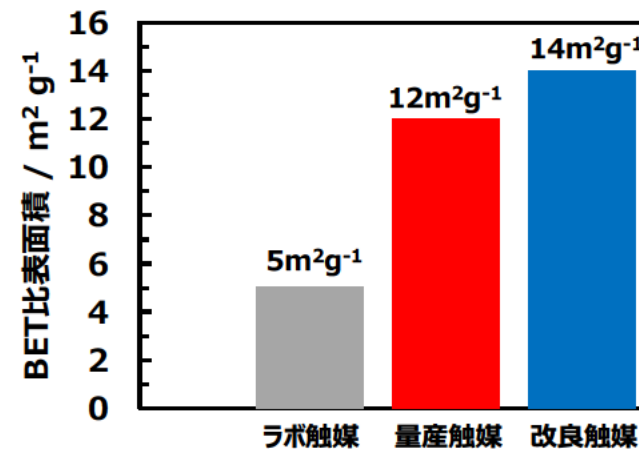
大面積単セルの検討

- ・改良触媒のIV特性は、従来触媒(ラボ触媒・量産触媒)と比べ**特性低下なし**
 - ・EISよりラボ触媒より活性が高い傾向、BET・XRDより一次粒子が小さく、二次粒子が大きい。
- ⇒二次粒子のみを小さく制御する触媒焼成条件にすることが重要

I-V曲線



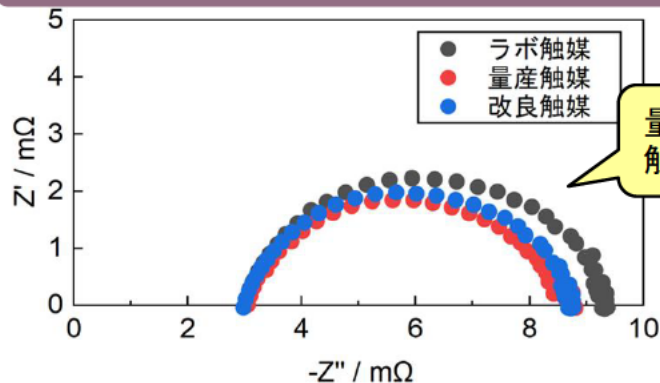
BET比表面積



量産触媒の比表面積1.4倍
XRDではピークシャープ化⇒結晶子径大

⇒1次粒径は小さく2次粒径が大きくなっている

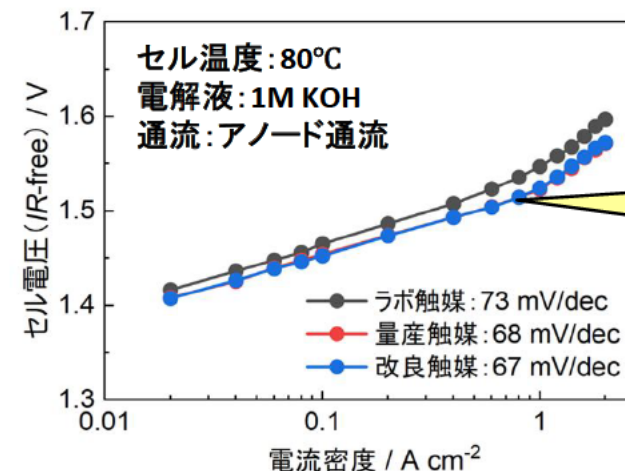
EIS評価



量産・改良触媒はラボ触媒よりRet ▲15%

※カソード無給水条件

ターフェルslope



量産・改良触媒はラボ触媒と比較し活性高

3. 研究開発成果について

④アニオン膜型水電解セル・スタック技術の開発

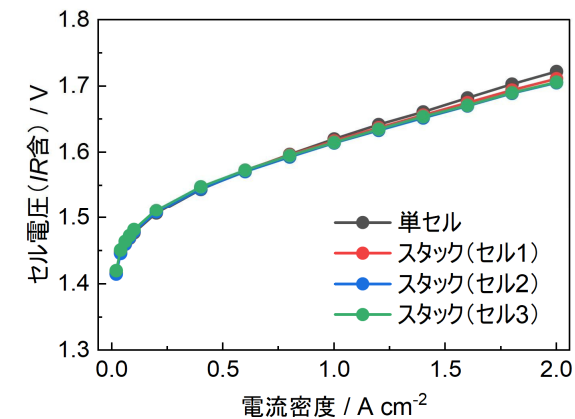
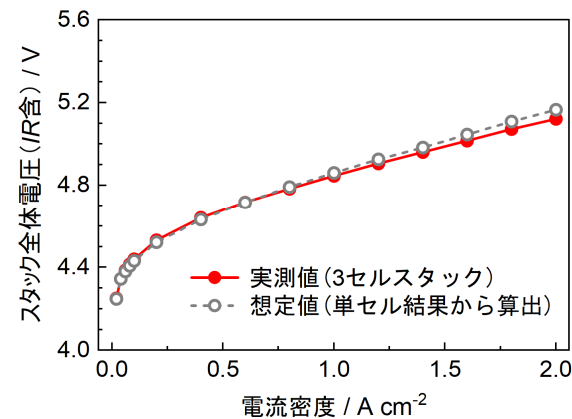
多直スタック構造の検討

- ・多直スタックのI-V特性は単セルと同等の特性が得られた。
- ・面内圧力分布の均一化により、各セル特性ばらつき改善(ばらつき1%未満)
- ・アノード通流条件においても、両極通流条件と同等の特性(各セル特性差12mV以下@2A/cm²)

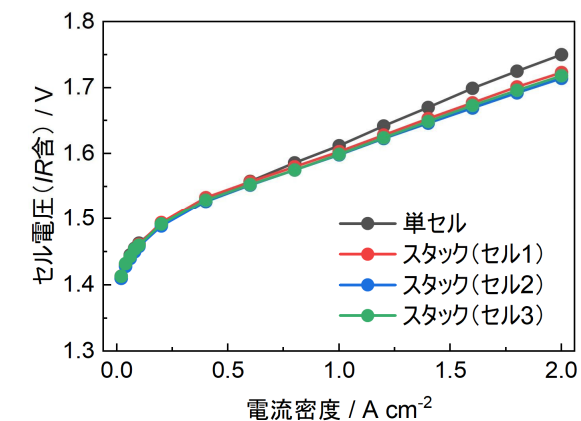
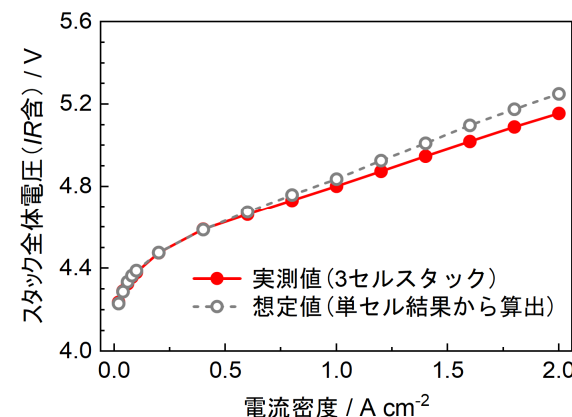
運転条件

項目	条件
セル温度	80℃
電解液	1M KOH
通流方式	アノード通流

両極通流I-V測定結果



アノード通流I-V測定結果



4. 今後の見通しについて：実用化に向けた戦略

本プロジェクトは5年間でアニオン膜型水電解セルの要素研究と実用化技術の確立、スタック技術の開発を目指すものであり、その目標を達成するためのアニオン膜の開発、非・低貴金属系電極触媒の開発、スケールアップ、単セル評価、スタック技術に関する研究開発を行う。主たる研究機関である山梨大学は国立大学法人であるため直接的に事業化を行うことは無いが、共同提案先の企業（タカハタプレシジョン株式会社：アニオン膜・イオノマー、日本化学産業株式会社：非・低貴金属系電極触媒、膜電極接合体・水電解セル、富士電機株式会社：スタック）による実施を見込んでいる。各材料（アニオン膜、イオノマー、電極触媒）、MEAの構造、組成、製造方法、単セルやスタックの構造や配置などに関する知財を創出する。

水電解膜電極接合体を販売する多数の企業から関心表明書を提出いただいております、これらの企業を通じた実用化・事業化も視野に入れている。システム企業とはスタック評価とシステム設計に関して定期的に情報交換を行っている。山梨大学は、必要な施策やフォローをプロジェクト期間中およびプロジェクト終了後においても行う。