

# NEDO水素・燃料電池成果報告会2023

発表No. A1-11

## 水素利用等先導研究開発事業

／①水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発

／高性能アニオン膜型アルカリ水電解のための材料開発と膜電極接合体に関する研究開発

発表者 山梨大学 宮武健治

国立大学法人山梨大学

パナソニック ホールディングス株式会社

タカハタプレシジョン株式会社

日本化学産業株式会社

国立大学法人東北大学

2023年 7月13日

連絡先：山梨大学 水素・燃料電池ナノ材料研究センター  
(fcnano-as@yamanashi.ac.jp)

- 事業名称・・・高性能アニオン膜型アルカリ水電解のための材料開発と膜電極接合体に関する研究開発
- 事業期間・・・2021年4月23日～2023年3月31日
- 事業目的

2040年以降という長期的視点を睨み、水素等の「**カーボンフリーなエネルギーの新たな選択肢**」としての地位を確立させることを目指す。具体的には、再生可能エネルギーからの**高効率低コスト水素製造技術**、水素の長距離輸送、長時間貯蔵を容易にするための**エネルギーキャリア技術**及び**大規模水素利用技術**の先導的な研究開発に主として取り組む。

# 1. 事業の位置づけ・必要性

## 研究開発テーマと従来技術との比較

**アニオン膜、非貴金属触媒、MEA構築に取り組み、アニオン膜型水電解の高いポテンシャルを実証**

方式	アルカリ水型 (AE)		プロトン膜型 (PEM)		アニオン膜型 (AEM)		固体酸化物型 (SOE)	
高出力・負荷変動	×	隔膜:リークにより低出力	○	高出力 高速起動	○	電解質膜:リークせず、高出力化可 低温で高速起動可	×	高温:起動時間が長い
コスト*	○	8.5万円/kW	×	13.5万円/kW	○	≤10万円/kW	△	研究段階
効率 (LHV)	△	70%	○	75%	○	>80%	○	80%
電解質	×	隔膜リークでH <sub>2</sub> 純度低下	○	高耐久	○	高耐久アニオン膜	△	研究段階
電極触媒	○	低コスト	×	高コスト (貴金属)	○	低コスト (非貴金属)	△	研究段階
その他	電解液が濃アルカリで危険		高コストPtコートTiセパレータ		エネ環で、AEM・低コスト触媒の開発およびMEA構築		高温での材料劣化 廃熱利用が必須	

\*):"Development of Water Electrolysis in the European Union" PEM, AEの2020年のトレンドデータより試算  
AEMは触媒層、セパレータ部材をAE相当

# 1. 事業の位置づけ

---

## – 事業目標（最終年度）

MEA部材のアノード触媒と電解質膜の材料開発及び性能・耐久を引き出すためのアッセンブリー基盤技術開発に焦点を当てる。電解質膜のコスト目標は1.5万円/m<sup>2</sup>以下、ならびに開発アノード触媒のコスト目標は一般的な貴金属アノード触媒IrOxの1/10以下とする。開発アノード触媒はコスト目標と同時に貴金属アノード触媒IrOx性能レベルを維持又は凌駕することが必要である。したがって本プロジェクト終了時点（2022年度末）において、これらコストが実現可能である見通しを立てることを目標とする。

1.65 Vにおいて1 A/cm<sup>2</sup>の電解性能と1000h後の電解電圧2.0V以下@1A/cm<sup>2</sup>, 1M KOH, 80℃の耐久性を、MEAで検証する。

## – 事業内容

アルカリ水電解の高性能化と高耐久化を可能とするために、アニオン膜型アルカリ水電解MEAに関する以下のボトルネック課題に取り組む。

**研究開発項目①高性能高耐久性アニオン膜・イオノマーの開発とスケールアップ技術の確立**（山梨大学、タカハタプレジジョン株式会社）

**研究開発項目②高活性高耐久性非貴金属系触媒の開発とスケールアップ技術の確立**（山梨大学、日本化学産業株式会社）

**研究開発項目③膜/電極触媒界面の設計とアルカリ水電解MEAの構築**（山梨大学、東北大学、パナソニック株式会社）

**研究開発項目④アルカリ水電解用のMEA形成を実現するプロセス基盤技術の確立**（パナソニック株式会社）

# 1. 事業の位置づけ

---

## ✓ 高性能アニオン膜型アルカリ水電解の課題

アニオン膜型アルカリ水電解MEAは、アルカリ水電解の利点（貴金属触媒が不要、大規模化が容易）と高分子膜型水電解の利点（高電流密度が可能、変動に対する応答性が高い、得られる水素が高純度）を併せ持ち、現在実用化されているプロトン膜型水電解MEAに比べて高効率化と低コスト化を両立できる高いポテンシャルを持っている。

しかし、これまで耐久性に優れるアニオン膜およびそれと組み合わせで高性能を発揮できる非貴金属系触媒がなく、水電解MEAとしてその利点が十分に発揮されていない。

## ✓ 技術課題解決のアプローチの方法

学術的な手法に基づいたアプローチによりこの課題を根本的に解決することを目的としており、産学で共同しながら、アニオン膜型アルカリ水電解MEAに関するボトルネック課題(事業テーマとして①アニオン膜、②非貴金属系触媒、それらを組み合わせた③膜電極界面・MEAおよび④プロセス基盤の技術確立)に取り組む。

各課題は独立して実施するのではなく、各課題の技術確立をそれぞれアジャイル型開発で推進し、目標達成に向けてスクラムを組み各々の成果を共同提案者全員で共有しながら全体事業のアジャイル開発を推進する。

# 1. 事業の位置づけ

---

## 各テーマの目標

### **①高性能高耐久性アニオン膜・イオノマーの開発とスケールアップ技術の確立**

- ・ 水中でのアニオン導電率が100mS/cm以上、破断強度が20MPa、破断伸びが200%以上のアニオン膜。
- ・ 80℃の4M KOH水溶液中で1000時間以上の耐久性を持つアニオン膜。
- ・ 水素および酸素の透過係数が調節可能な分子構造設計指針を明らかにする。
- ・ アニオン膜の製造コストが15000円/m<sup>2</sup>以下を見通す。
- ・ アニオン膜をA4サイズで製膜できる技術を開発する。

### **②高活性高耐久性非貴金属系触媒の開発とスケールアップ技術の確立**

- ・ アルカリ水溶液中にて酸素発生電位 (vs. RHE) がIrOxより低い非貴金属系酸素発生触媒を開発する。
- ・ 主にアルカリ水溶液中にて触媒活性と耐久性を評価する。さらに、項目③の結果もフィードバックして、1.65 V (vs.RHE) にて1 A/cm<sup>2</sup>の電流密度を達成する非貴金属系酸素発生 (アノード) 触媒。
- ・ 主にアルカリ水溶液中にて水素発生電位が0.1V (vs. RHE) 未満になると共に、10Ω・cm<sup>2</sup>以下の電気抵抗率を示す非貴金属系水素発生 (カソード) 触媒を開発する。
- ・ 酸素発生/水素発生用非貴金属触媒を50g/時間で量合成する技術。

# 1. 事業の位置づけ

---

## 各テーマの目標

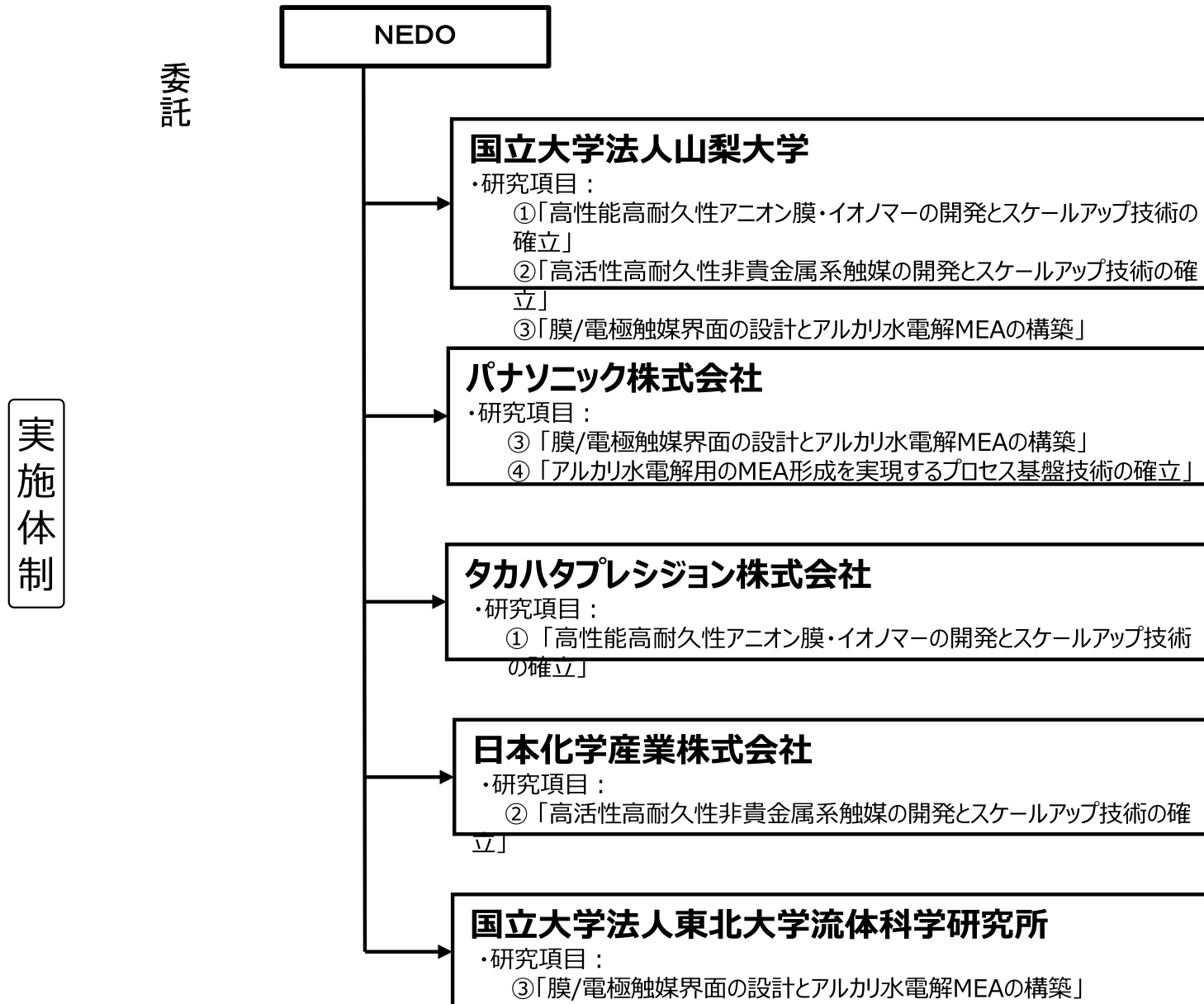
### **③膜/電極触媒界面の設計とアルカリ水電解MEAの構築**

- ・ 1.65 Vにて 1 A/cm<sup>2</sup>の電流密度を達成する本事業で開発されたアニオン膜・イオノマーと非貴金属触媒を用いたアルカリ水電解MEAを開発。
- ・ MEAで80℃の1M KOH水溶液中で電解時間1000h後の電解電圧2.0V以下@電流密度1A/cm<sup>2</sup>を達成する。
- ・ 触媒層、膜/電極触媒界面を構築し、電解性能発現の主要メカニズムを解明。
- ・ 触媒層、膜/電極触媒界面の主要劣化メカニズムを解明。

### **④アルカリ水電解用のMEA形成を実現するプロセス基盤技術の確立**

- ・ インクプロセス：二次粒子の粒径を10 μm以下、インク粘度を5～100 mPa・sの間に制御することで分散安定性1時間以上を達成する。
- ・ 塗工プロセス：超音波スプレーを用い電極面積25cm<sup>2</sup>における担持量バラつき±10%以内、触媒層厚みバラつき±10%以内のMEAを形成する。

## 2. 研究開発マネジメントについて







# 2. 研究開発マネジメントについて

山梨大学、パナソニック、タカハタプレジジョン、日本化学産業、東北大学

(a1) \*c1ccc(cc1)C(F)(F)F (a2) \*c1ccc(cc1)C(F)(F)F

$x=2, 3, 5, 6, 10$

(a3) \*c1ccc(cc1)C(F)(F)F



トフッ素構造  
軟薄膜形成  
疎親和性

(c1) \*c1ccc(cc1)R (c2) \*c1ccc(cc1)R

(d1) R-N+(R)3 (d2) R-N+(R)3

イオン基構造

- 高アニオン導電性
- アルカリ安定性

多孔質基材

複合膜

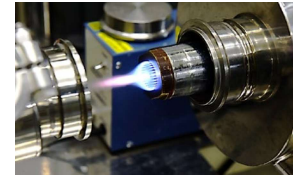
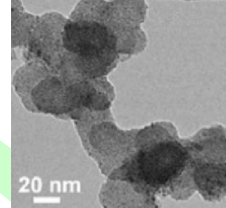
**① アニオン膜・イオノマーの開発とスケールアップ**

(山梨大・タカハタプレジジョン)

## アニオン膜・イオノマー

### 事業目標

2030年の30円/Nm<sup>3</sup>の水素コストの実現のため、①～④の課題をアジャイル開発で推進し、1.65Vにて1 A/cm<sup>2</sup>の電解性能と、1000h後の電解電圧2.0V以下 @1A/cm<sup>2</sup>, 1M KOH, 80℃の耐久性をMEAで検証する。

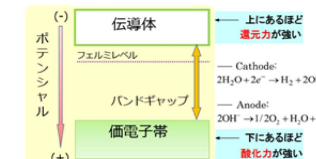



**② NPGM触媒材料の創製とスケールアップ**

(山梨大・日本化学産業)

1.34 V

**NiO → NiOOH (OER活性点)**



伝導帯 (上にあるほど還元力が強い)

価電子帯 (下にあるほど酸化力が強い)

バンドギャップ

ニオ/ニオオハイドラキッド (shell)

ニッケル系金属 (core)

## NPGM触媒

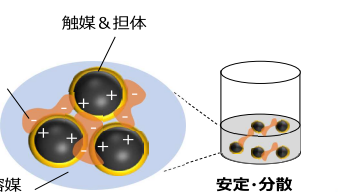
## 評価・解析結果

Particles settled out of suspension

Same suspension after 30 seconds using SonicSyringe

**④ MEA形成を実現するプロセス基盤技術の確立**

(パナソニック)



触媒&担体

アイオノマー

溶媒

安定・分散

均一滴下

送液インクの超音波分散 + スワール流に影響しない均一滴下

## MEA設計指針

**③ 膜/電極触媒界面の設計とMEAの構築**

(山梨大・東北大・パナソニック)

Back-diffusing water

Anode

Electrolyte membrane (OPAF-4)

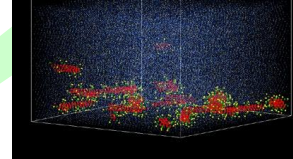

Back-diffusing water

Region a

EDL

O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

● Dry ● Wet

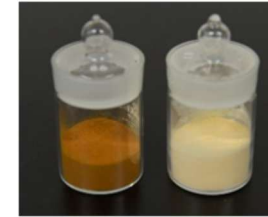



Cathode Anode

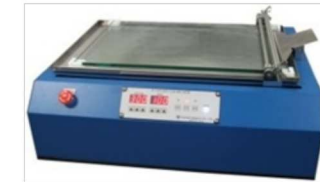
NiFe-LDH < 10nm

山梨大学

NEDOエネ環先導研究で創製した新規アニオン膜の基本構造を基に、高分子の疎水部構造、親水部構造、イオン交換基、およびそれらの配列を制御、最適化し、高アニオン導電率、高機械強度、高アルカリ耐久性、気体透過特性などの物性が調節可能なアニオン膜およびイオノマーを創製する。



アニオン膜・イオノマー  
粉末サンプル



バーコート  
(B5～A4サイズ)



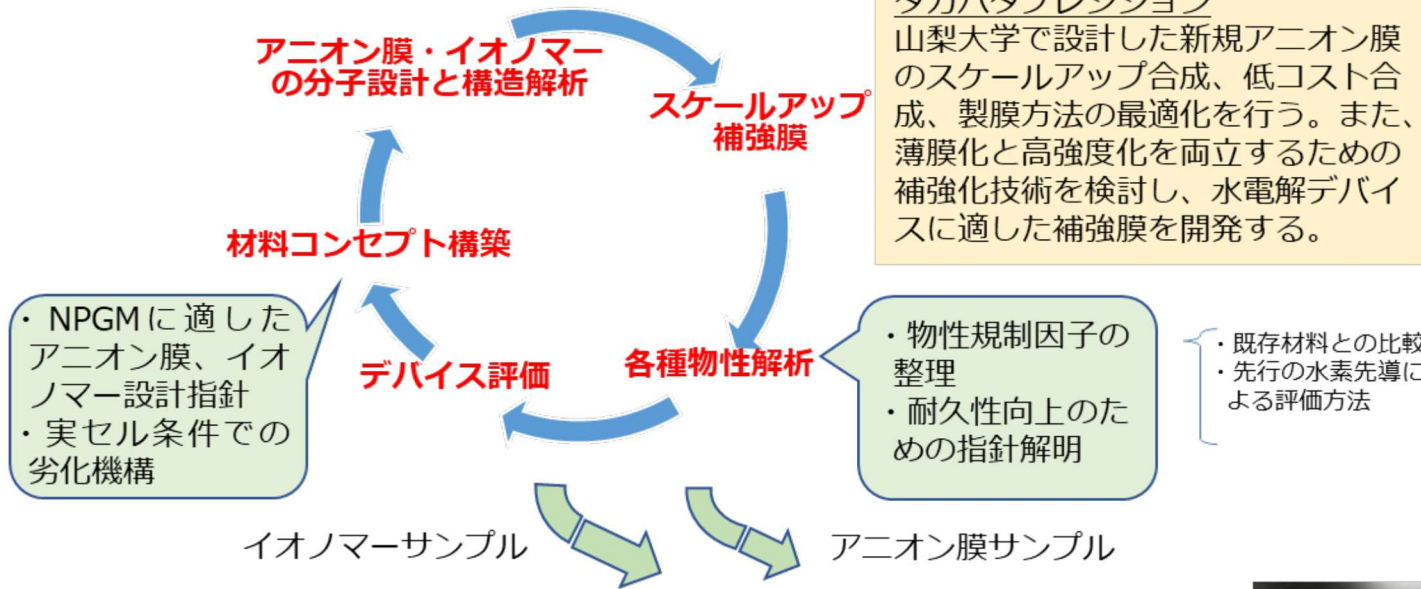
ロールトゥロール  
(A4サイズ 数十枚～)



ロール製膜

タカハタプレジジョン

山梨大学で設計した新規アニオン膜のスケールアップ合成、低コスト合成、製膜方法の最適化を行う。また、薄膜化と高強度化を両立するための補強化技術を検討し、水電解デバイスに適した補強膜を開発する。



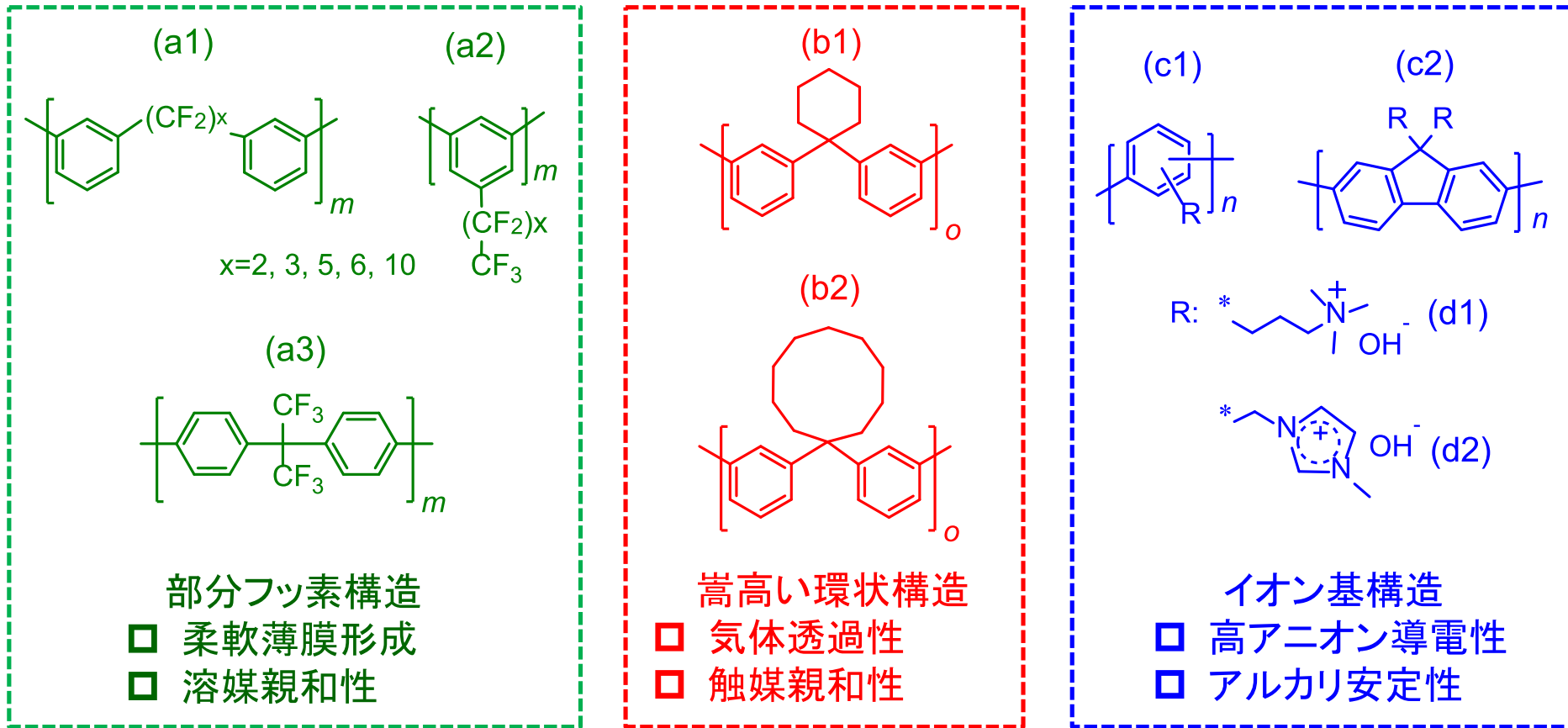
テーマ③膜/電極触媒界面の設計とアルカリ水電解膜電極接合体の構築  
 テーマ④アルカリ水電解用の膜電極接合体形成を実現するプロセス基盤技術の確立

テーマ②で開発するNPGM触媒との組み合わせの評価を含む

アニオン膜の分子設計

山梨大

独自の分子設計指針（役割分担型三元共重合構造）



ボトルネック課題と解決方法

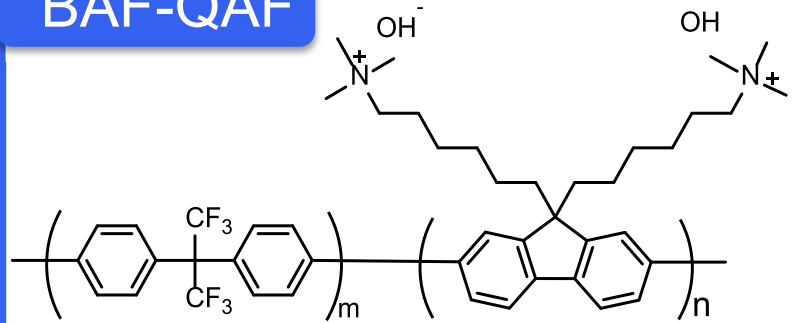
- ・ アニオン導電率: 相分離構造制御によるイオン移動度向上
- ・ アルカリ安定性: アンモニウム基の電子・立体構造最適化
- ・ 気体透過性、透過選択性の増大: 嵩高い芳香族基導入による自由体積増大
- ・ 触媒との親和性: アンモニウム基および芳香族基の電子・立体構造最適化
- ・ 低級アルコールへの溶解性: フッ素基導入による極性分子との相互作用増大

重合体構成成分の選定

新規三元共重合体

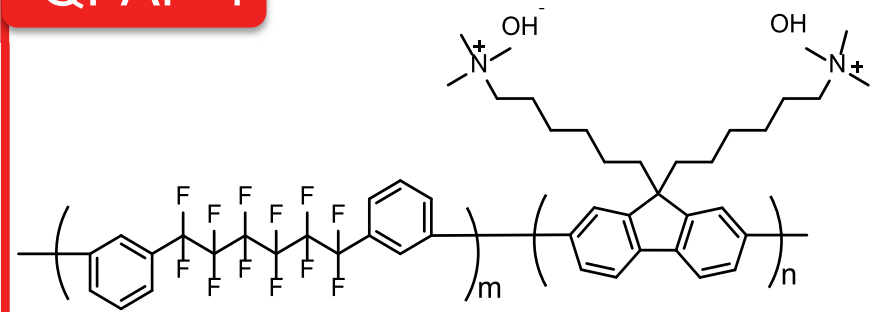
山梨大

BAF-QAF



高いアニオン導電率  
含水率の抑制

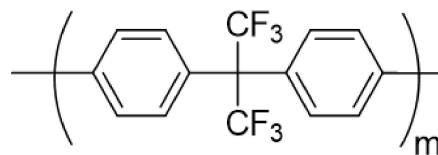
QPAF-4



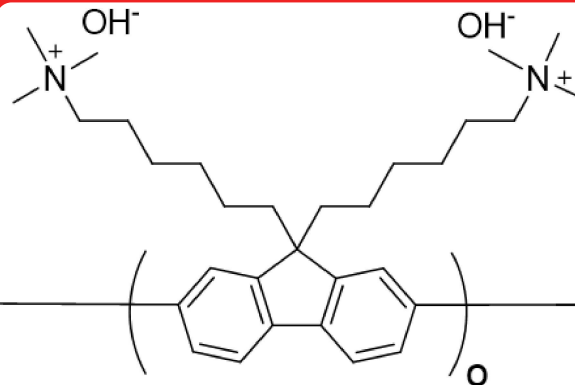
優れた機械特性

QBPA(BAF-PAF-QAF)

BAF-QAF

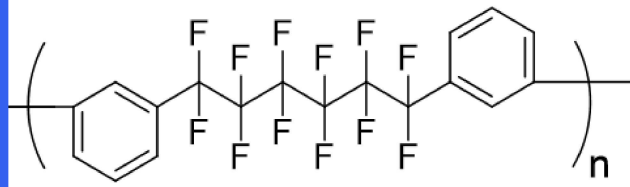


含水率抑制



高いアニオン導電率

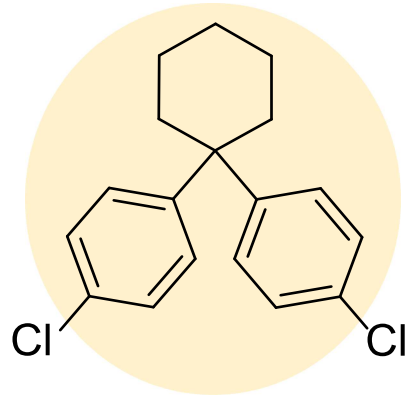
QPAF-4



機械特性の向上

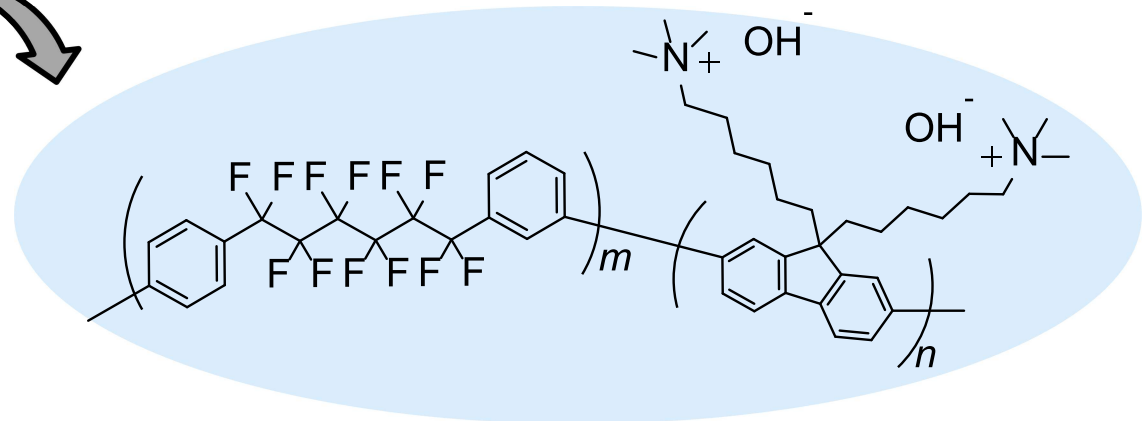


C6 monomer

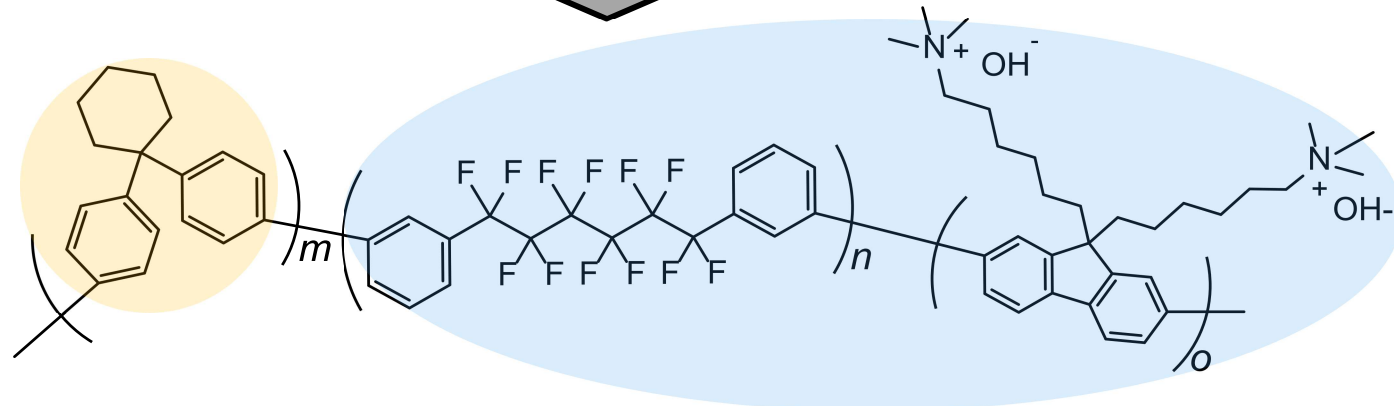


嵩高い構造  
高ガス透過性が期待

QPAF-4 polymer



良好なアルカリ安定性  
高い製膜性



QC6PA: 高ガス透過性とガス透過性の制御を目指す

# ①高性能高耐久性アニオン膜・イオノマーの開発とスケールアップ技術の確立 アニオン膜の量合成とA4製膜

タカハタプレジジョン

## 合成

モノマーの品質管理, 反応系の制御により,

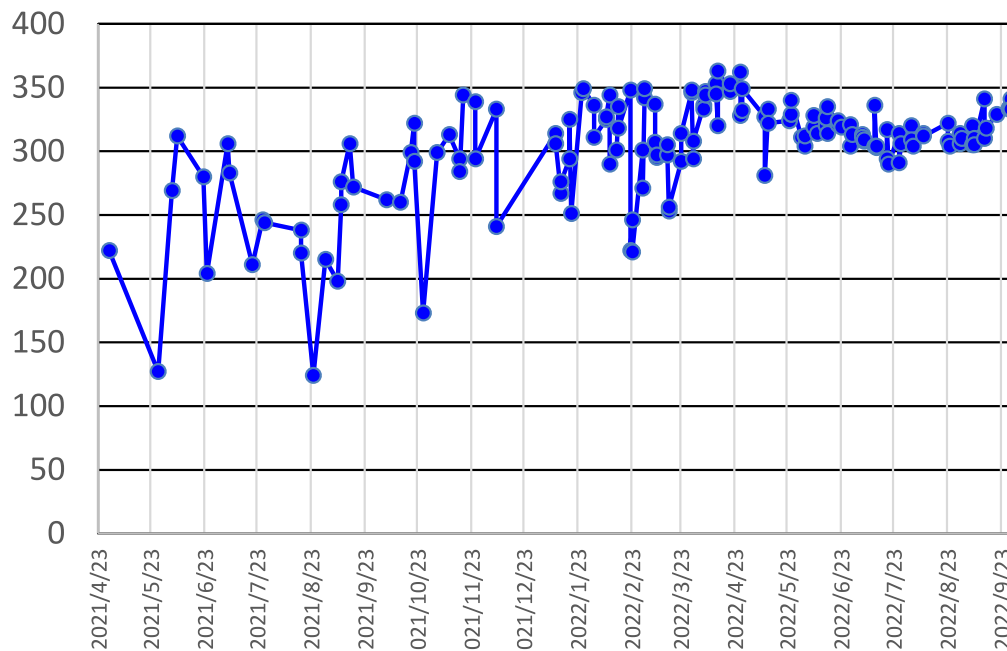
- ・ 平均分子量の向上
- ・ ロット間のバラツキを抑制

## 製膜

ロールトゥール製膜装置の使用により,

- ・ 膜厚の狙い値 : 30 $\mu$ mと50 $\mu$ mの2種類
- ・ 膜厚の平均値 : 30 $\pm$ 2 $\mu$ m, 50 $\pm$ 3 $\mu$ m

重量平均分子量Mw (kDa)



※200 kDa以下のロットはNG品としています。



※黒い点や文字は、膜厚測定のために、バックシート表面に印字。

作製した膜は、山梨大学およびパナソニックでCCM作製、セル評価

### ○ 開発体制・スキーム

#### 山梨大学

NEDOエネ環先導研究で創製した新規非貴金属触媒を基に、その最表面構造、微細構造、電子構造を制御すると共に最適化し、高電子伝導性と過電圧の低い水素発生・酸素発生触媒を創製する。

NPGM触媒  
粉末サンプル



・表面構造、微細構造、電子構造の解析と性能との相関解明

・実セル条件での性能評価と劣化機構解析  
・耐久性向上の設計指針検討

・既存材料との比較  
・先行の水素先導による評価方法

テーマ②で開発するNPGM触媒との組み合わせの評価を含む

酸素発生・水素発生  
触媒設計

各種構造  
性能解析

材料コンセプト構築

量産化検討

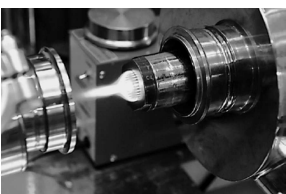
デバイス解析

・触媒量産化に向けた合成条件及び評価要素検討

#### 日本化学産業

日本化学産業独自の金属原料合成技術及びエネ環先導PGの成果であるナノ粒子量産合成技術を駆使し、山梨大学で設計した新規非貴金属触媒の量産工程の検討、最適化を行う。

触媒量産化



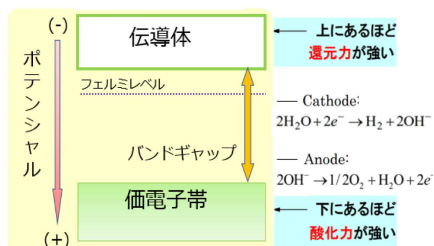
評価解析



### ○ オリジナリティ

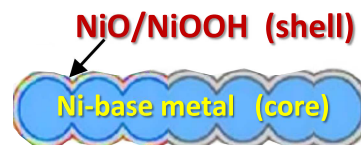
#### マルチスケールでの触媒構造設計

##### 1) 電子構造



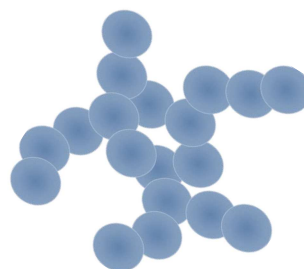
バンドギャップ > 1.30eV  
→ オンセット電位低下

##### 2) 最表面構造



コアシェル型  
最表面結晶性制御  
→ 活性化過電圧抑制

##### 3) 微細構造

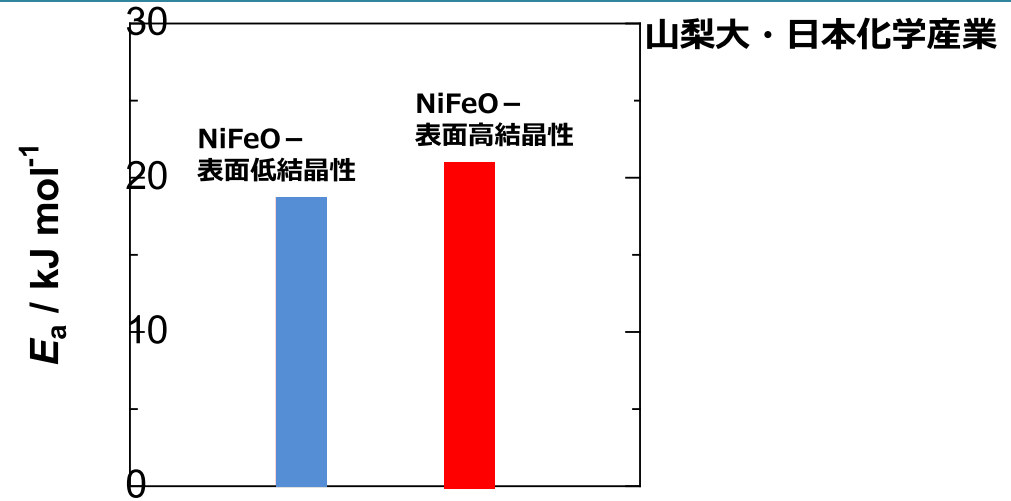
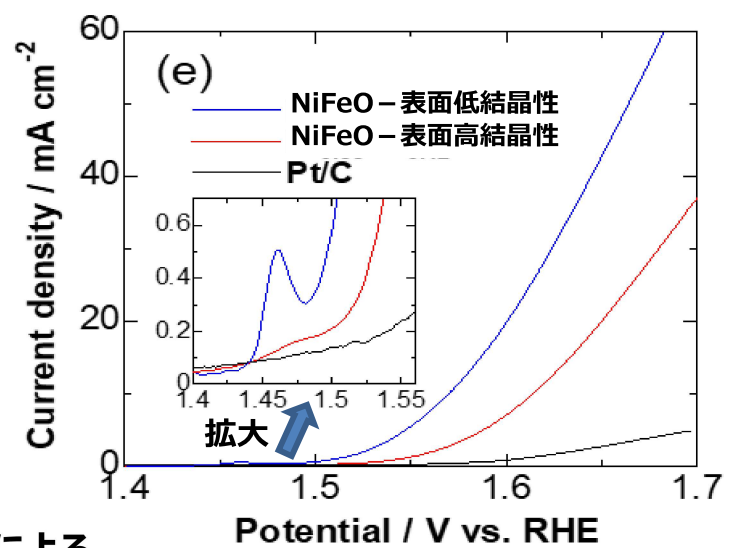


連珠構造  
電子・物質輸送経路形成  
→ 抵抗・濃度過電圧抑制

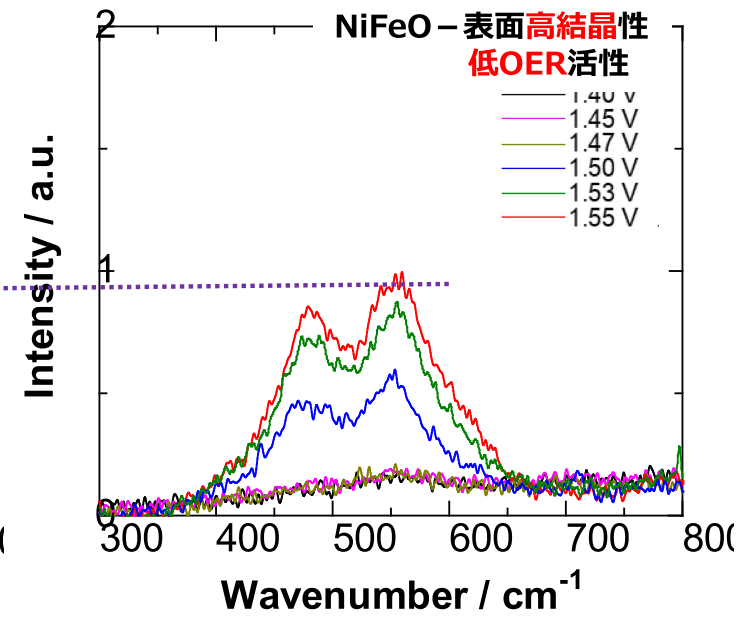
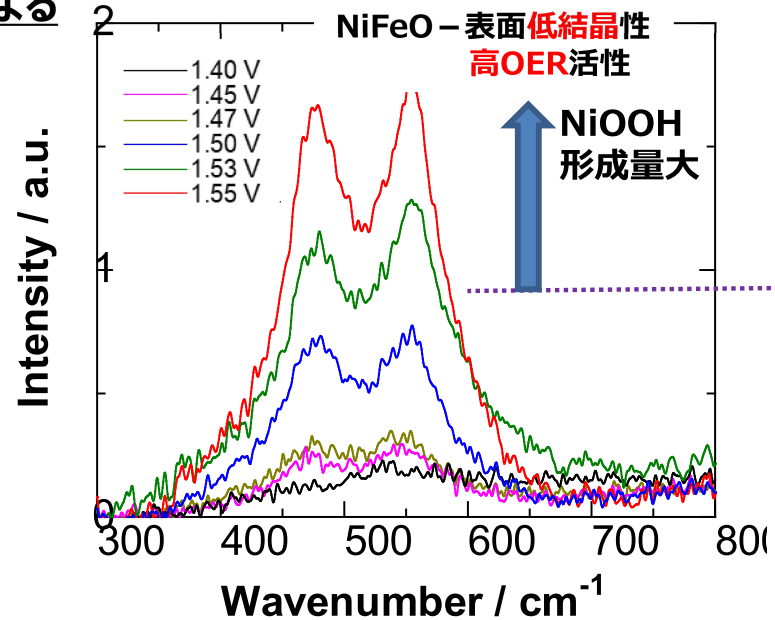


# ②高活性高耐久性NPGM触媒材料の創製とスケールアップ NiO系触媒のOER活性向上要因解明

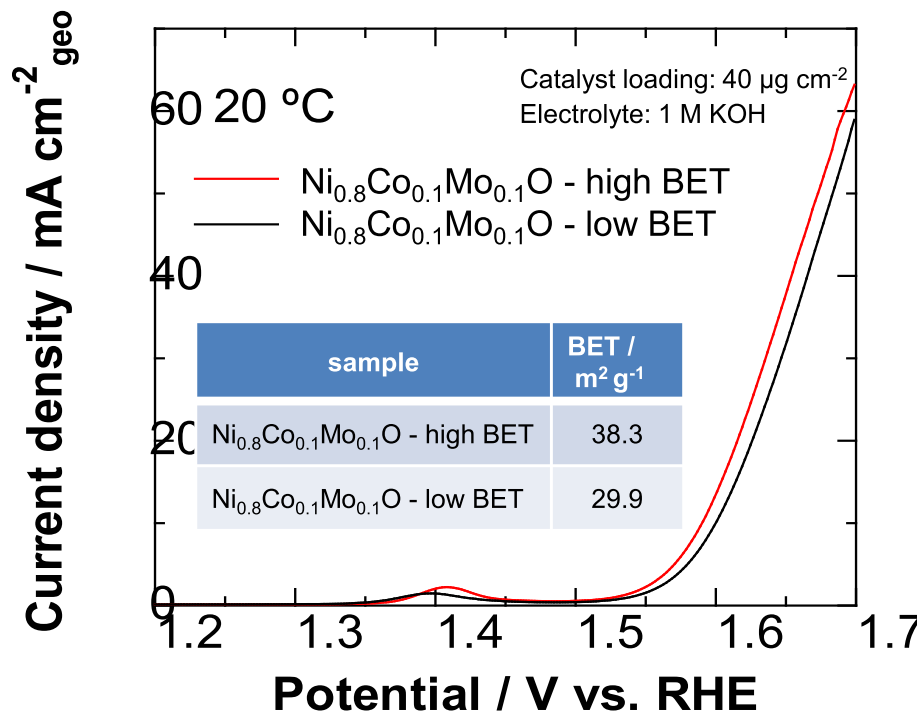
## OER反応



## In situ Ramanによる 最表面構造解析



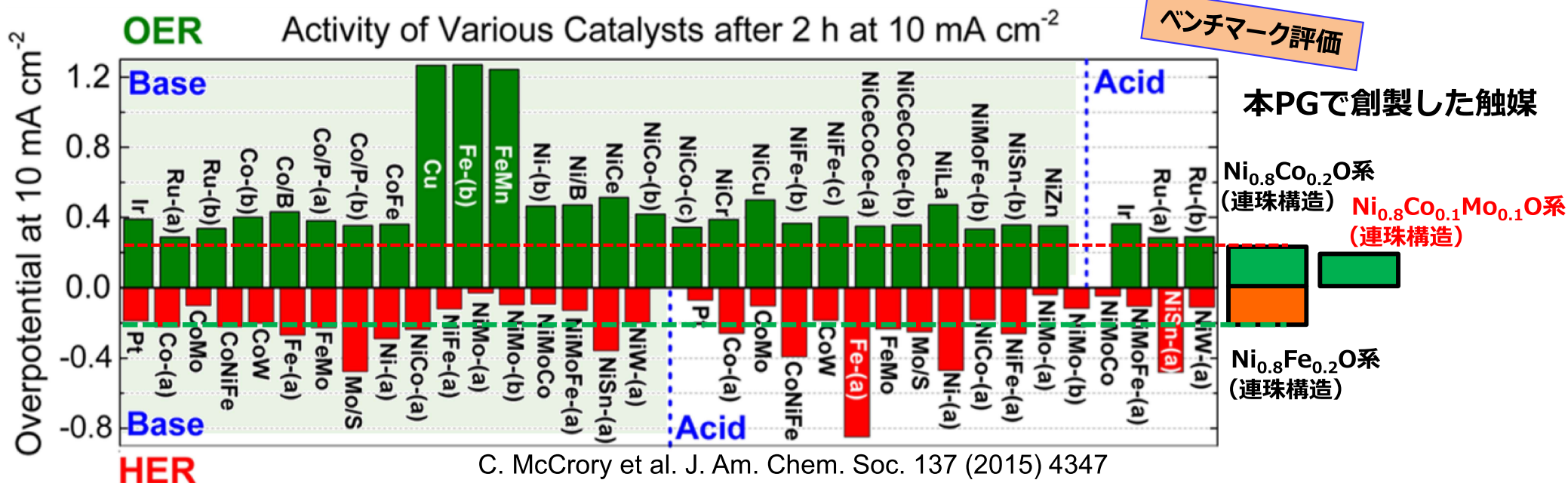
触媒活性(OER)と表面結晶性の相関を検討  
In situ Raman にて、NiO系触媒最表面を評価  
低結晶性であるほどNiOOH(OER活性点)が多く生成することを確認



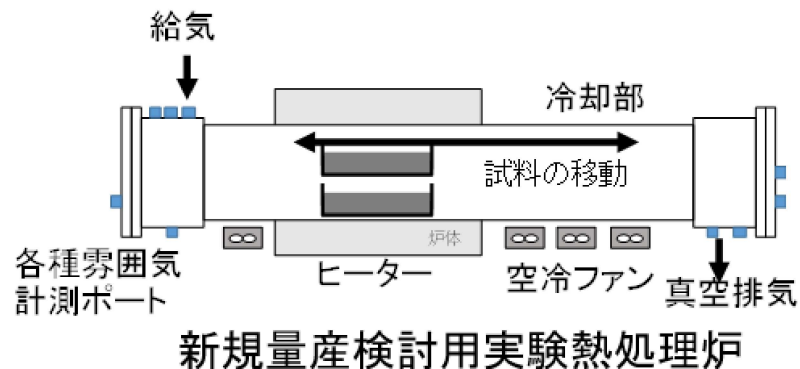
OER活性の更なる向上を検討  
Moを部分置換することでOER活性向上  
(オンセット電位20 mV低下)

第三周期元素(Fe,Co,Mn)→第四周期元素(Mo)  
イオン半径拡大による酸素配位数の変化を予想  
(結晶化学的・固体化学的見地)  
電子状態変化等を解析予定

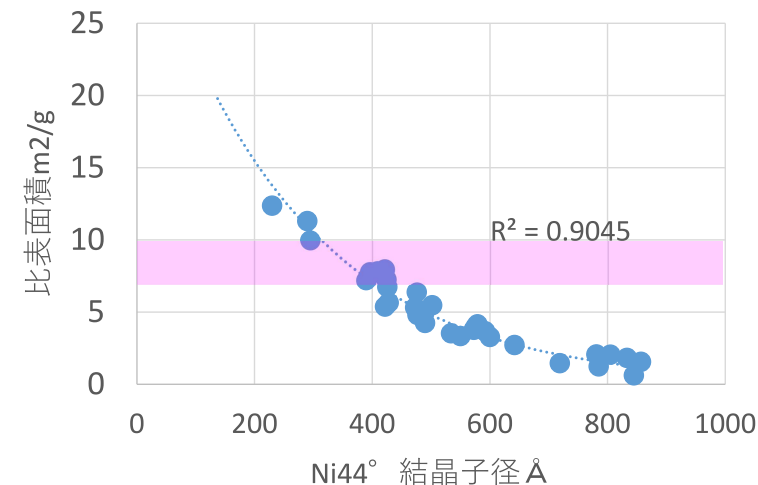
耐久性は単セルにて評価中



### 量産工程検討



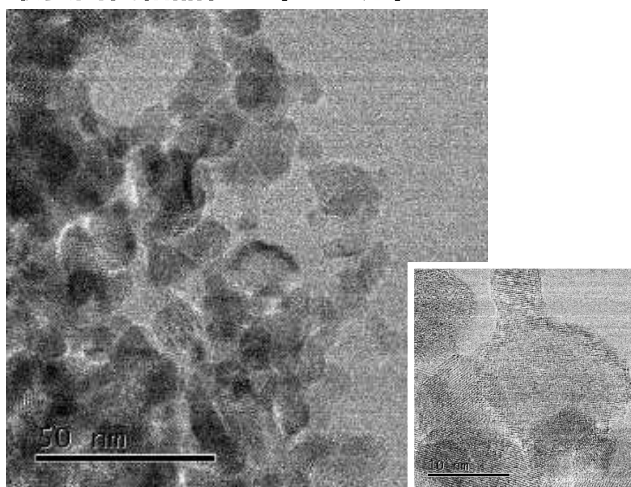
- 特徴
- ・急熱急冷
  - ・短時間で雰囲気切替
  - ・雰囲気、温度の均等化
  - ・大容量
  - ・水素使用時の安全対策



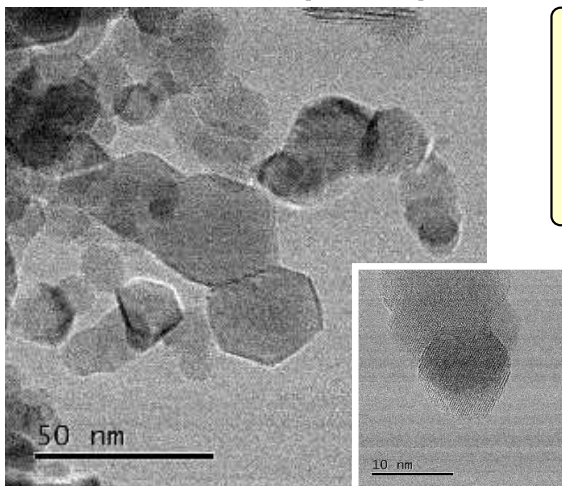
還元後の結晶子径と比表面積の関係

### 最表面の結晶性制御

最表面低結晶性 (OER用)



最表面高結晶性 (HER用)



現在、50 g ロットにて、比表面積最表面結晶性を制御しつつ合成製品品質検査手法も検討中

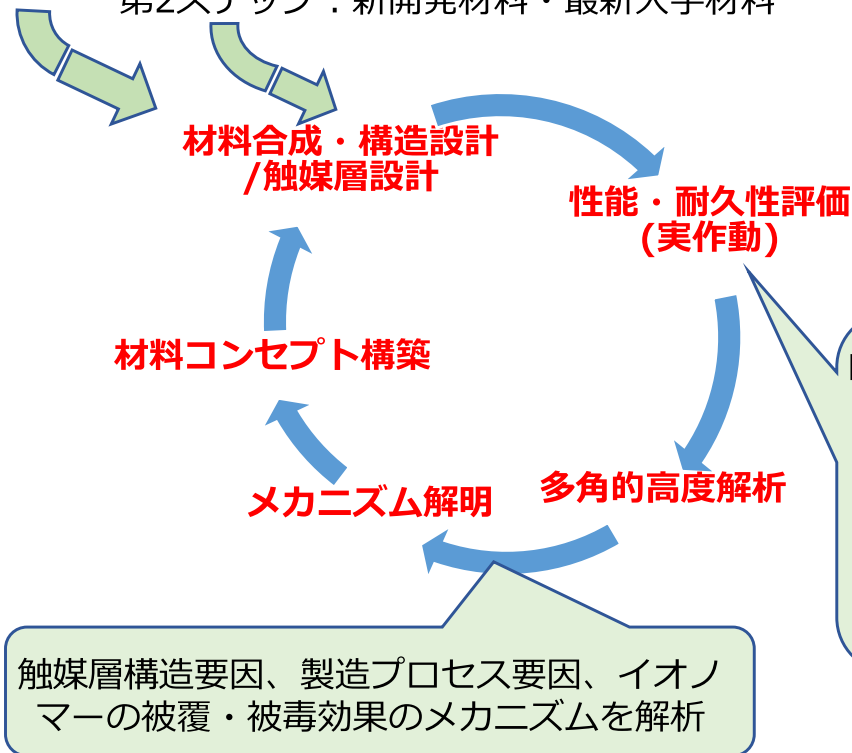


山梨大学

NEDO事業等で整備された高度な解析装置やセル評価装置群を最大限活用し、各種開発材料の特徴を最大限発揮する触媒層構造、各種材料間の相互作用、界面状態の影響を明らかにし、材料技術開発にフィードバックし触媒層技術を構築する。

第1ステップ：先行開発材料・市販材料

第2ステップ：新開発材料・最新入手材料



パナソニック

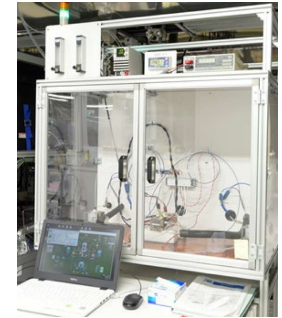
・独自のアノード非金属触媒と山梨大学開発のアニオン膜・イオノマーを用いて膜電極接合体を作製し山梨大学と協力して各種電解性能と耐久性を検証する。各種開発材料の特徴を最大限発揮させるための膜/電極触媒界面およびガス拡散層の設計技術を構築し、膜電極接合体形成を実現するプロセス基盤技術開発へのフィードバックを行う。



・既存のNEDO「水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発」プロジェクトや産業界等と実用条件に即した評価プロトコルについて意見交換を実施

評価手法の標準化やその他の基盤技術構築に貢献

＜活用するセル評価装置群＞  
アルカリ形水電解評価装置  
(水循環型)



アルカリ形水電解（フロー型）  
／燃料電池評価装置



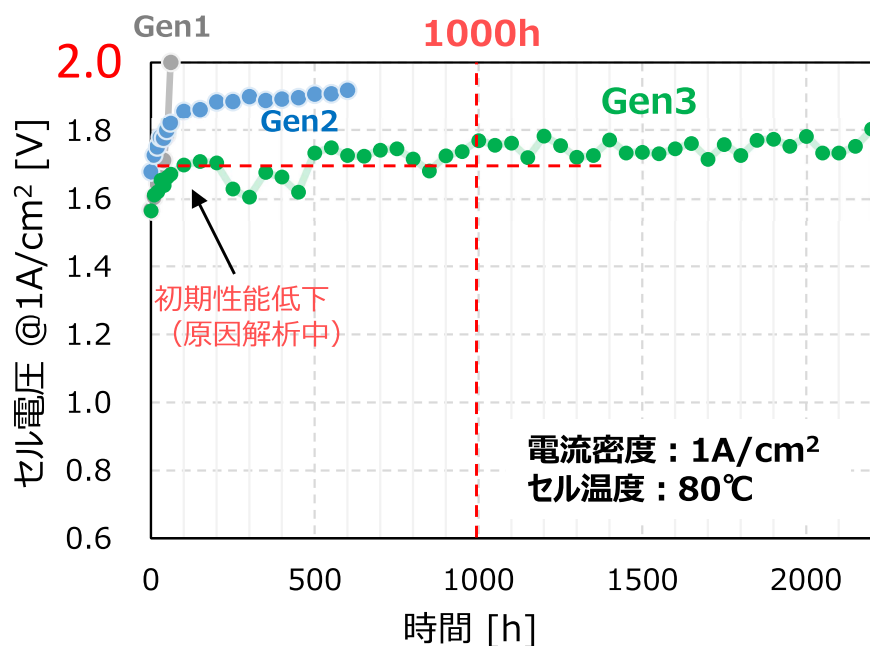
東北大学

・高度なシミュレーション技術を用い、山梨大学と協力のもとイオノマーと触媒の界面の解析を行い、イオノマーの被覆・被毒効果のメカニズムを解析し、高効率・高耐久化のためのイオノマー分子構造や触媒・触媒層構造構築のためのフィードバックを行う。

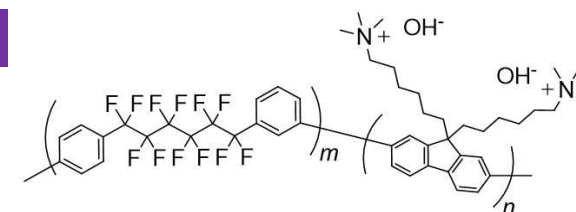
# ③膜/電極触媒界面の設計とアルカリ水電解膜電極接合体の構築 非貴金属アノード触媒(LDHパナソニック触媒)セルの評価

## 2022年度目標

- ① 1.65Vにて1 A/cm<sup>2</sup>の電流密度を達成
- ② 80 °Cの1M KOH水溶液中で電解時間1000h後の電解電圧2.0V以下@電流密度1A/cm<sup>2</sup>



QPAF-4



### MEA基本構成

電解質膜 : QPAF4  
 アノード触媒 : パナソニック標準 非貴金属触媒  
 カソード触媒 : Pt/C

### 評価仕様 (アノードGDL検討)

Gen1 : カーボン GDL  
 Gen2 : Pt×ツキTi GDL (PEM標準)  
**Gen3 : Ni GDL (パナソニック選定)**

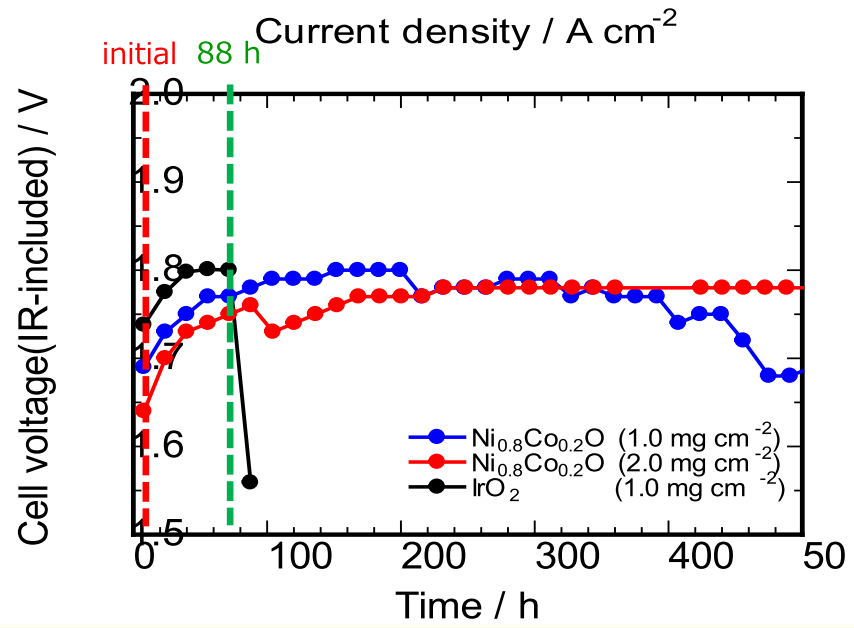
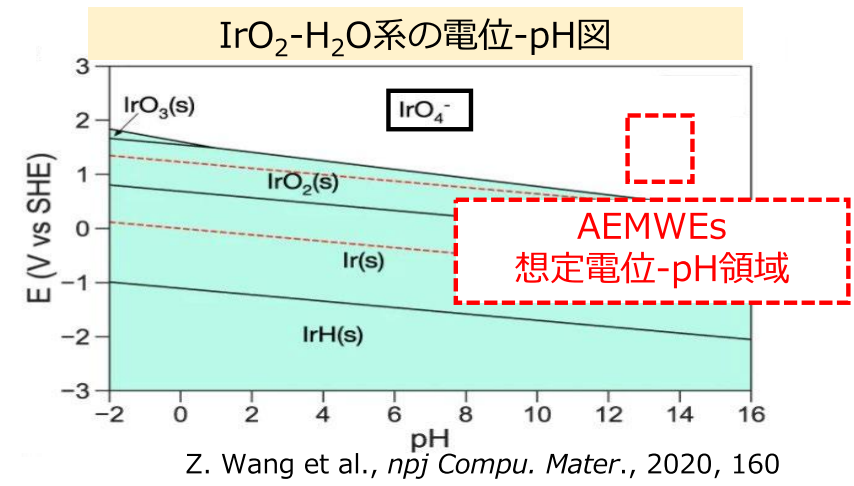
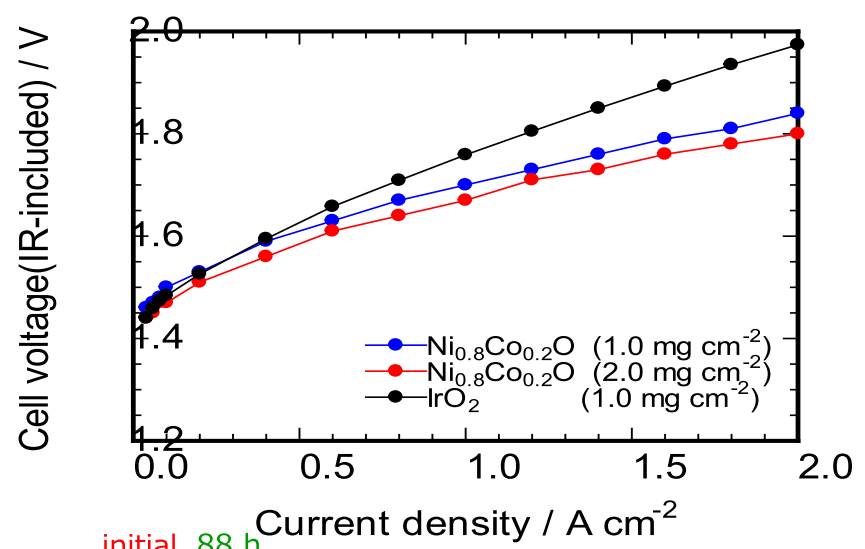
### 評価パターン

① 1A/cm<sup>2</sup>定常 7.5h ② 負荷変動測定(2A/cm<sup>2</sup>まで) 0.5h  
 計8hを1パターンとして、IVによる負荷変動対応性の確認および  
 電流密度1A/cm<sup>2</sup>における耐久性を確認

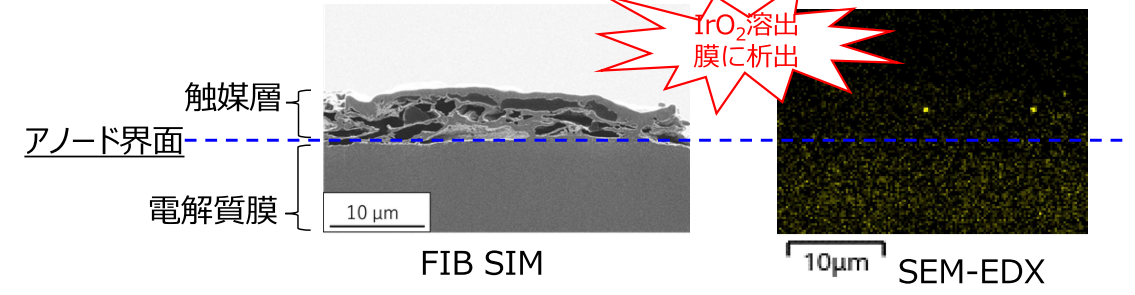
**GDLの性能・耐久性への影響を見出し、Ni GDLにより耐久性が大幅に延伸 (2200h以上)**

# ③膜/電極触媒界面の設計とアルカリ水電解膜電極接合体の構築 非貴金属アノード触媒(山梨大NiCoO)セルの評価

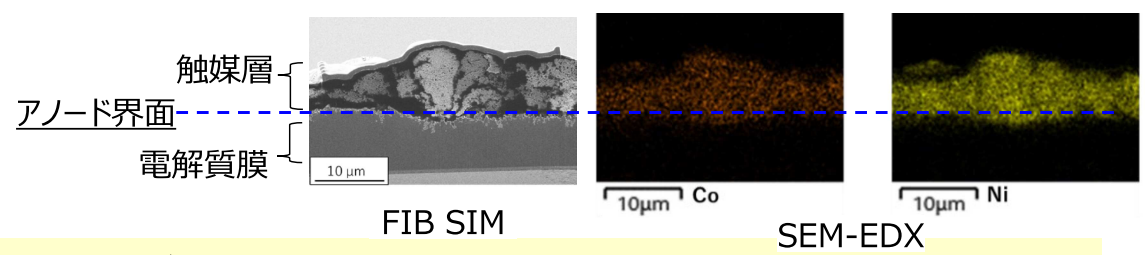
測定プロトコル ● I-V試験(0-2 A cm<sup>-2</sup>) ⇔ ● 耐久性試験(1 A cm<sup>-2</sup>, 8時間連続)



## IrO<sub>2</sub>アノード耐久後の触媒層&膜の観察



## NiCoOでは、耐久後の膜へのNi,Coの析出は見られない



- ▶ 88 h 経過後 IrO<sub>2</sub>触媒セルの短絡電流確認 ⇒ IrO<sub>2</sub>触媒がアルカリ溶液中で溶出したことに起因
- ▶ Ni<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>O触媒を用いたセルにおいて高耐久 ⇒ Ni系触媒は中～アルカリ環境下で安定
- ▶ 担持量 2.00 mg cm<sup>-2</sup>のセルにおいて500 hを超える高耐久

アルカリ水電解用膜/電極接合体(MEA)の開発において、分子動力学シミュレーションを用いて、高いアニオン導電率・含水率抑制などの特徴を持つ材料(BAF-AQF)と優れた機械特性を持つ材料(QPAF-4)に対して、材料に関する評価を実施する。

### ● 前回からの進捗

#### ➤ カ場ファイルの準備

- BAF-QAFに関するカ場ファイルを修正
- QPAF-4に関しては、カ場ファイルを作成

アニオンと高分子の相互作用を明確に評価できるようにした。

#### ➤ 計算系構築およびそのパラメータファイルの準備

- 三面周期条件あり計算について、inputファイルを作成・修正
- 2種類の高分子に関して、すでに作成した分子モデルよりそれぞれの.ltファイルを作成した。
- H<sub>2</sub>OとHydroxideイオンの分子モデルより、2種類の高分子を使用する計算に対する.ltファイルを作成した。

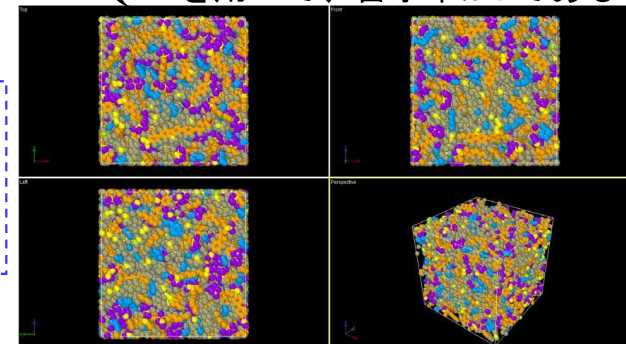
#### ➤ テスト計算の実行

- BAF-QAFとQPAF-4のそれぞれの分子モデルを用いて、含水率3の計算系を構築し、テスト計算を行った(右図1、2)。

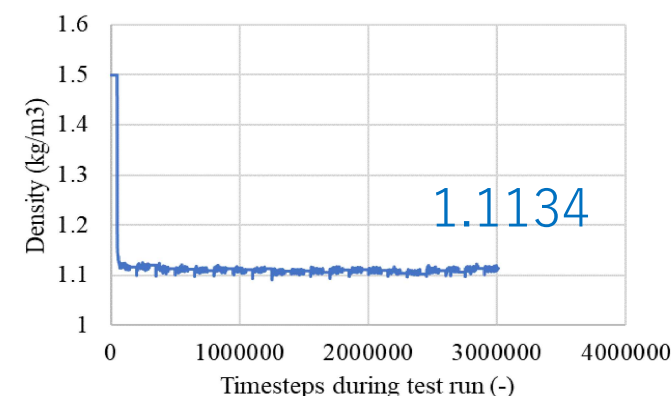
→ 密度は一定値に収束している。今後、この値と実験結果を比較することにより妥当性を検証

- 各含水率において、白金表面の吸着現象、アイオノマーにおける酸素透過に対する計算を行い、アイオノマーの酸素透過生と膜表面の構造特性の相関を解析した。

BAF-QAFを用いて、含水率が3である



テスト計算の可視化



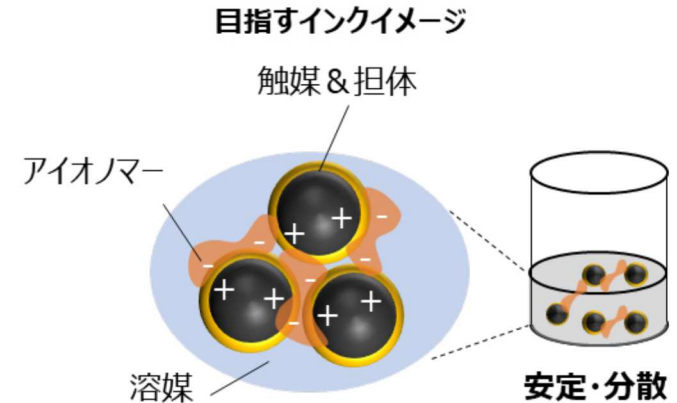
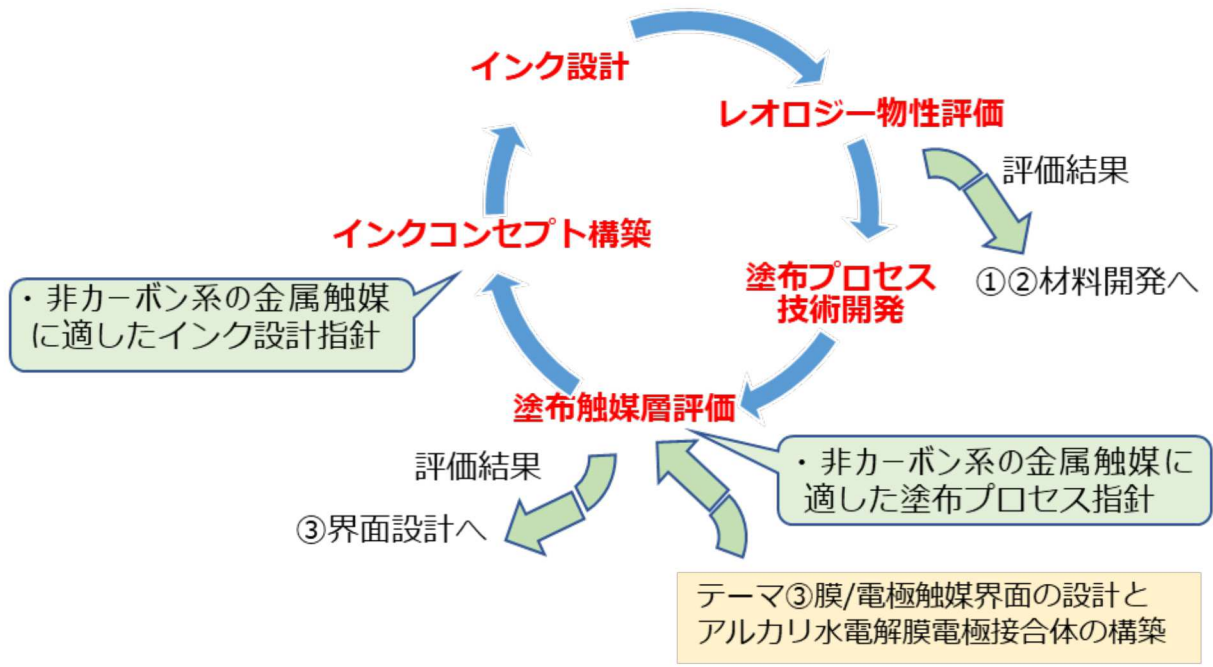
テスト計算で得られた密度値



パナソニック

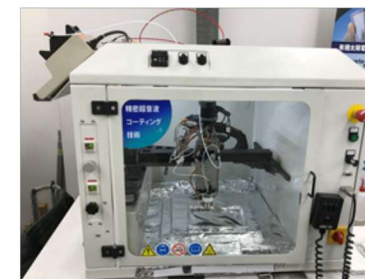
パナソニック

燃料電池技術で未開拓である、高電位で酸化分解されない非カーボン系の金属触媒については従来のカーボン担体に比べて、約5倍程度密度が高いことに由来し沈降性が高く塗布における不均一性を引き起こしてしまうことが課題。インク中の触媒分散を維持するためのインク設計および塗布プロセス開発のプロセス基盤技術を構築する。成果は材料開発および膜/電極触媒界面の設計とアルカリ水電解膜電極接合体の構築にフィードバックする。



- 1) 均一分散による触媒表面積最大化
- 2) アイオノマーによる凝集抑制
- 3) 安定分散による低い沈降性

超音波スプレー装置



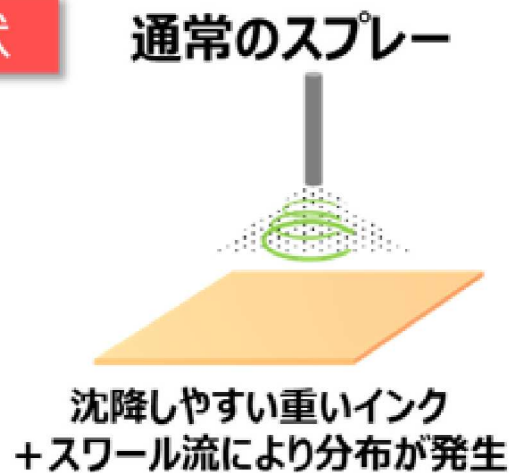


2022年度：最終目標	達成度
① インクプロセスにおいて、二次粒子の粒径を10 μm以下、インク粘度を5~100 mPa・sの間に制御することで分散安定性1時間以上を達成する。	① 達成
② 塗工プロセスにおいて、超音波スプレーを用い電極面積25cm <sup>2</sup> における担持量バラつき±10%以内、触媒層厚みバラつき±10%以内のMEAを形成する。	② 達成

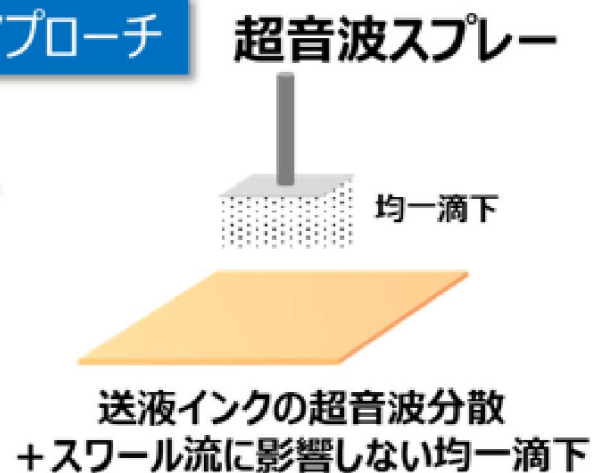
**課題**

水電解用の高電位で酸化分解されない非カーボン系の金属触媒は、従来燃料電池技術で用いられるカーボン担体触媒に比べ、約5倍程度密度が高いことに由来し沈降性が高く、分散安定性が低い。  
⇒インク中の触媒分散を維持するプロセス基盤技術検討(インク設計および塗布プロセス開発)が必要。

**現状**



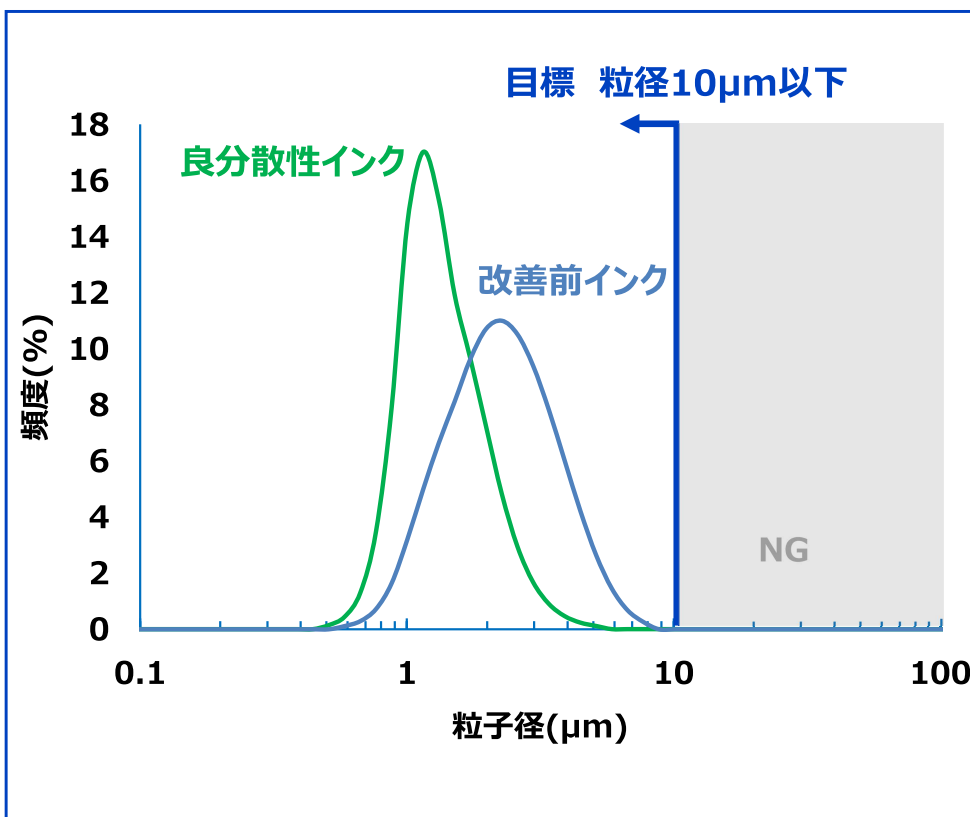
**アプローチ**



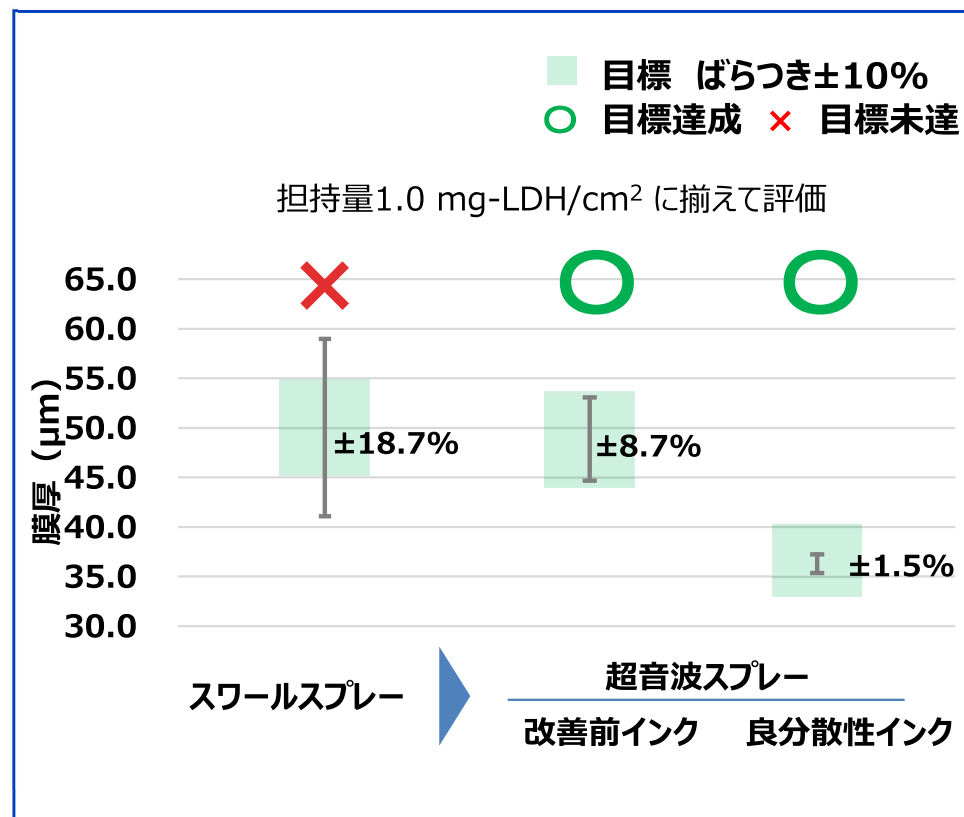
マクロな結着性・均一性と、ミクロな断面形状の双方からMEAの理想状態を作り出す

# インク分散性の改善により分散安定性1時間が可能なインク開発を達成 良分散性インクと超音波スプレー適用でMEA膜厚ばらつき目標を達成

インク粒度分布



膜厚ばらつき



### 3. 研究開発成果について

---

#### 事業目標と達成状況

アニオン膜型アルカリ水電解用のMEA部材である電解質膜、イオノマー、電極触媒の材料開発及び高性能化・高耐久化を目指すと共に、アッセンブリー基盤技術開発を実施した。

開発した電解質膜(部分フッ素化アニオン膜)のコストは1.5万円/m<sup>2</sup>以下を見通し(見込み)、開発したアノード触媒(NiCoO系触媒)のコストは、PEMWEで一般的に用いられている貴金属アノード触媒であるIrOxの1/10以下を達成した。さらにこの開発したアノード触媒は、IrOxよりも優れた酸素発生活性も達成した。開発したカソード触媒(NiFeO系触媒)は水素発生電位が0.1V (vs. RHE) 未満であり、貴金属カソード触媒であるPtと同等以上の水素発生活性を達成した。電解質膜・イオノマーは25g/バッチで量合成(見込み)、電極触媒は50g/hで量合成する技術を開発し、電解質膜・イオノマー・電極触媒材料の低コスト化と量合成が実現可能である見通しを立てた。

### 3. 研究開発成果について

---

- 学会発表  
国際学会 9件、国内学会 7件
- 論文発表  
査読付き学術論文 6報
- 特許出願  
1件（ほか出願準備中）
- 受賞  
学会講演賞、ポスター賞など 5件

## 4. 今後の見通しについて

---

### 本事業によって達成できたこと

電解性能 : 1.65 V@1A/cm<sup>2</sup>

耐久性 : 1000h後の電解電圧 $\leq$ 2.0V@1A/cm<sup>2</sup>, 1M KOH, 80°C

コスト : 電解質膜 :  $\leq$ 1.5万円/m<sup>2</sup>、非貴金属アノード触媒 : 貴金属コスト比1/10

### 今後取り組むこと

- ① アニオン膜・イオノマーの高性能化・高耐久化と量産技術
- ② 非貴金属触媒の高性能化・高耐久化と量産技術
- ③ アニオン膜型アルカリ水電解MEAの設計と高性能化・高耐久化
- ④ アニオン膜型アルカリ水電解セルの構築とスタック化の検討