

FC3 第8回 オープンシンポジウム

水電解 課題共有

AEM形水電解における課題

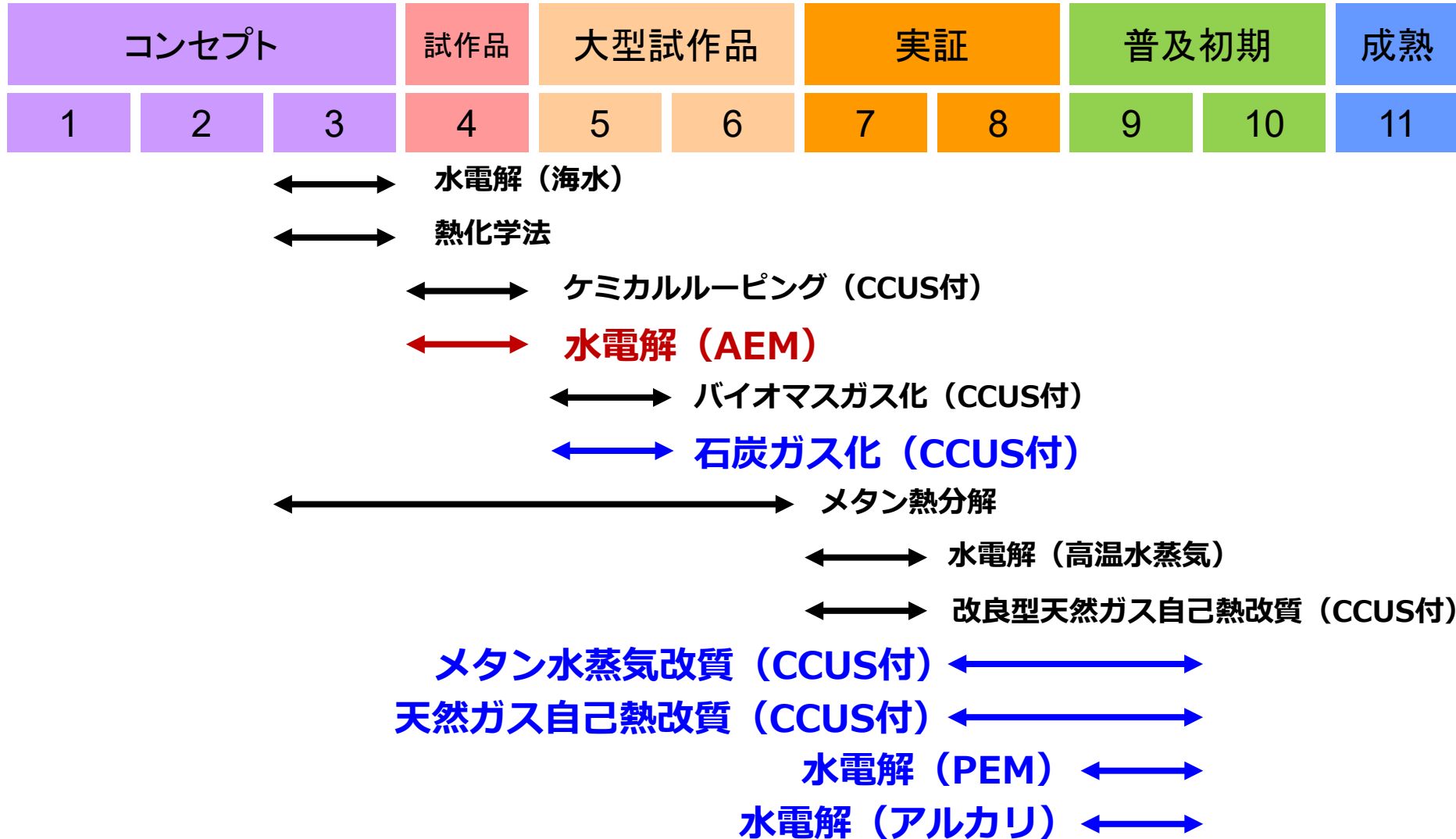
山梨大学 宮武健治

2021年 7月13日



# 水素製造技術の技術成熟度

■ 2070年までの主たる水素製造手法は、CCUS付き化石燃料改質や、水電解が量的な寄与が大きいとされる。



# 各種水電解デバイスの特徴

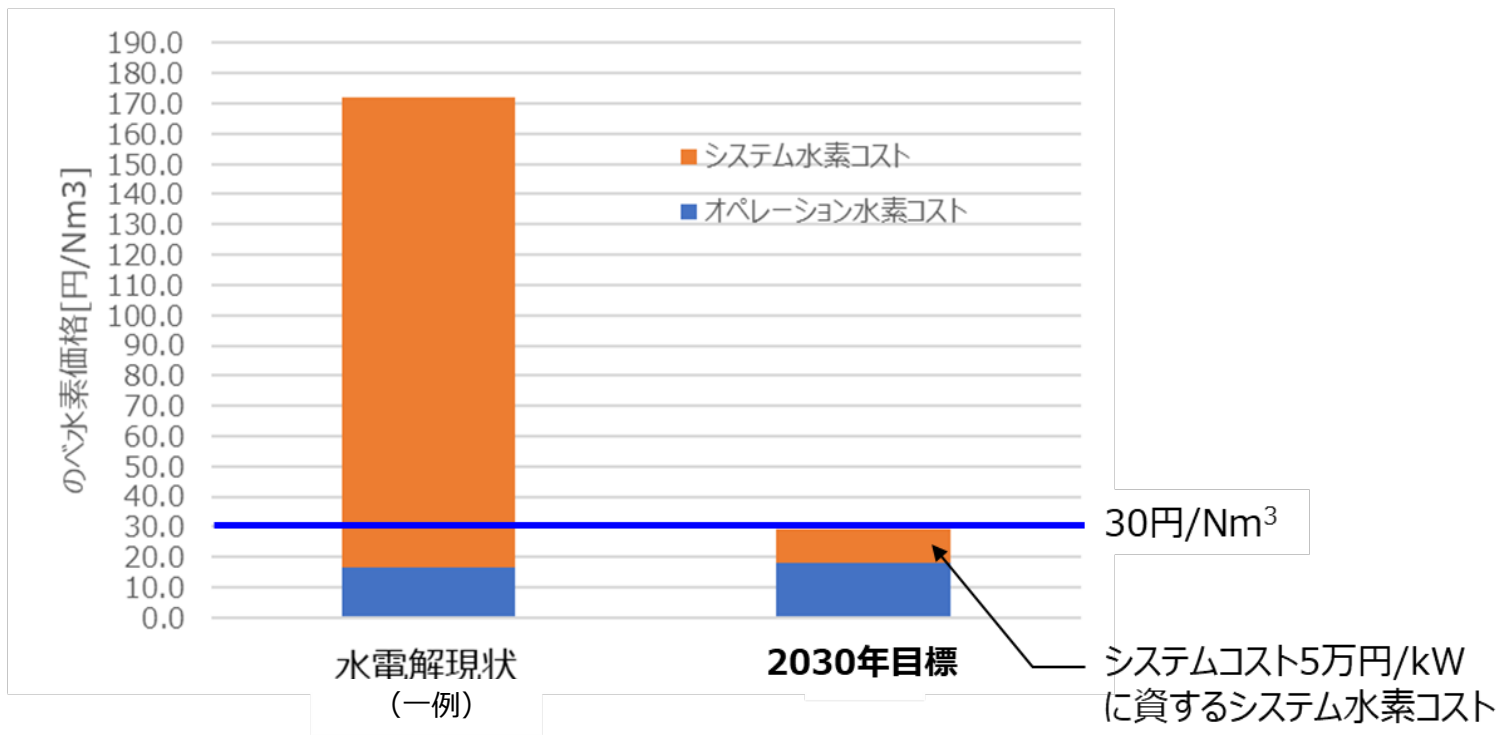
アニオン膜型水電解はコスト、性能、効率の観点から高いポテンシャルを持つが、材料開発が鍵を握る

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	×
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		AEM・低コスト触媒の開発プロジェクトが進行中		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

# 水素コスト目標と達成のための課題

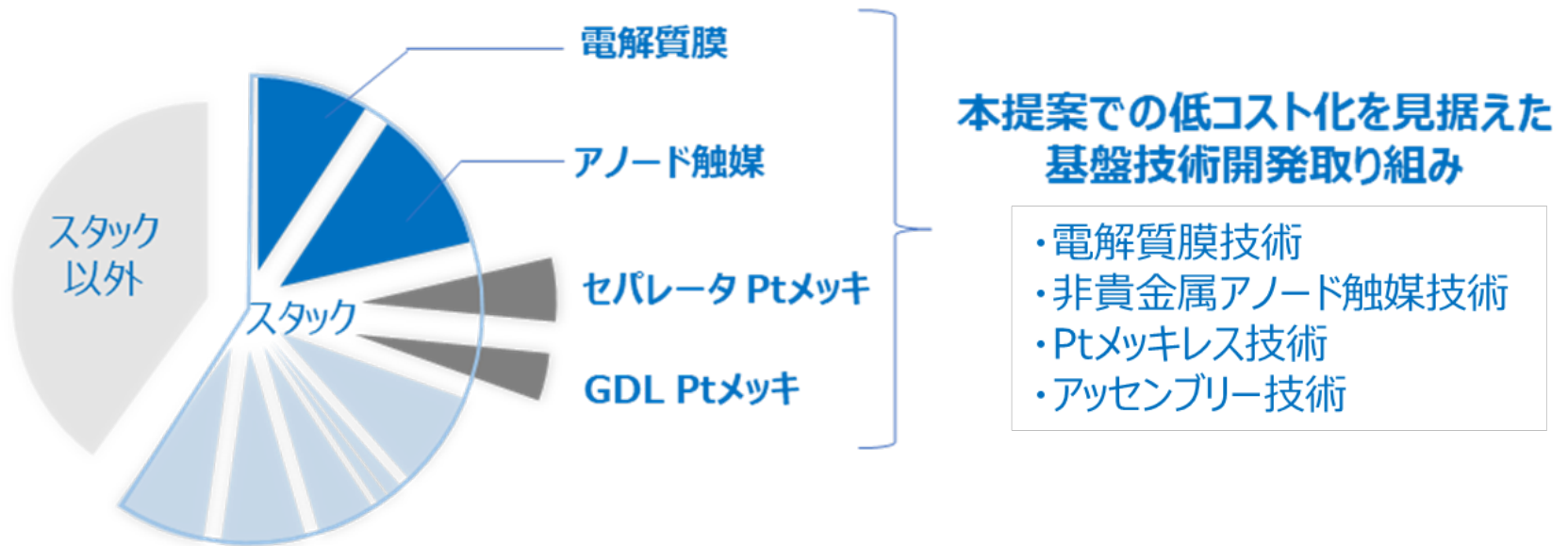
水素コスト30円/Nm<sup>3</sup>に向けてシステムコスト5万円/kWは必達目標



	仮定値	根拠
電力コスト	4円/kWh	卸売電力を想定
システム効率	65% (単セル80%)	PEM同等 性能劣化▲10%/80000hr込み
システムコスト	<b>5万円/kW</b>	METI目標値
設備利用率	30%	洋上風力想定 ※NEDO 再生可能エネルギー技術白書

# アニオン膜型水電解のコスト分析

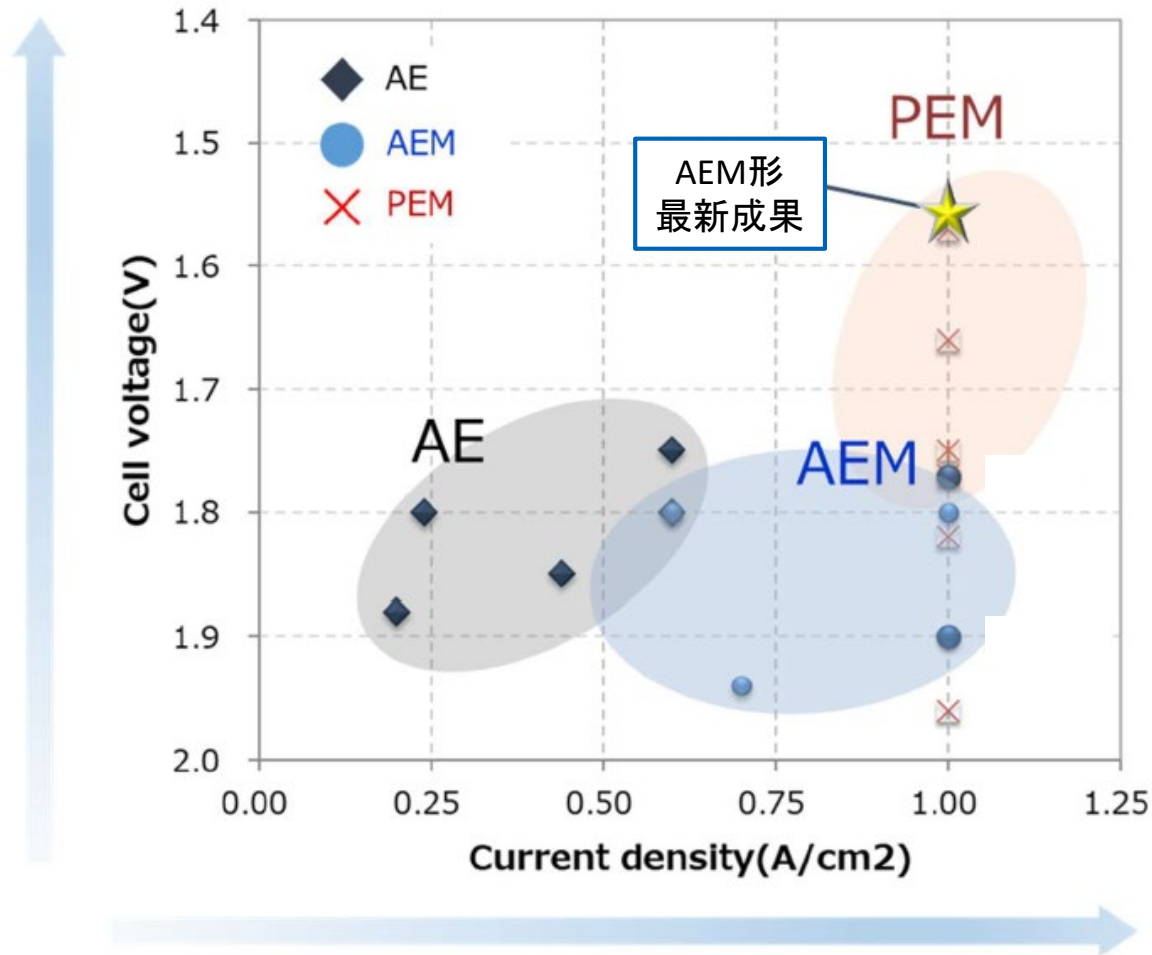
コスト割合の高いアノード触媒、電解質膜の基盤材料開発、およびアッセンブリー（プロセス）の基盤技術開発による低コスト化が最重要ポイント



PEMシステムをベースとしたコスト割合

# アニオン膜型水電解の現状性能

AEM型でPEM型トップレベル性能に匹敵する成果もあり



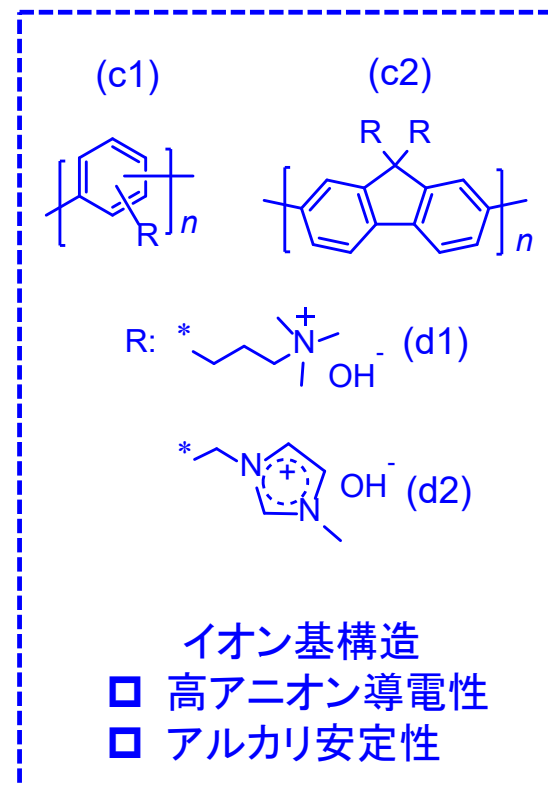
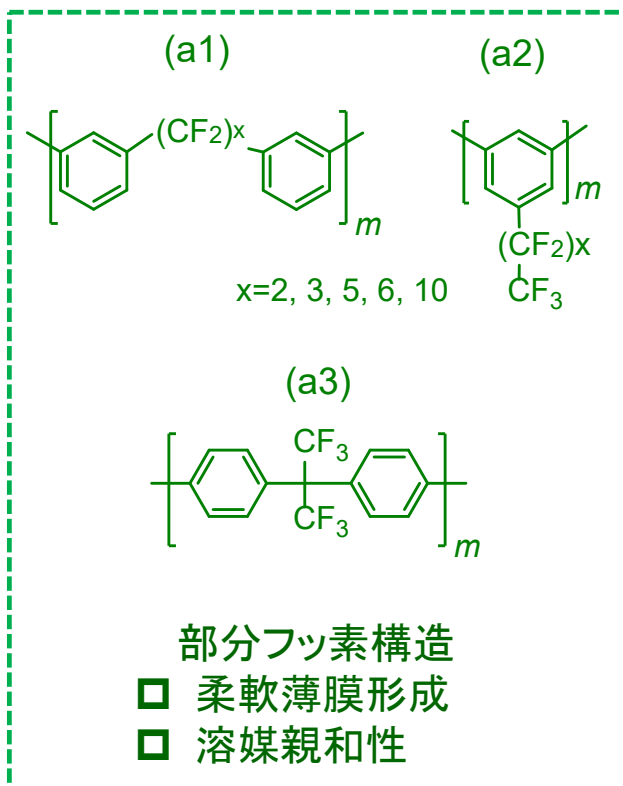
# アニオン膜型水電解の技術課題例

分類	技術課題
アニオン膜 ・イオノマー	① アニオン導電性(水酸化物イオン導電率)の向上
	② 耐久性(アルカリ安定性、機械強度)向上
	③ 劣化機構の解明
	④ 気体(不)透過性、水透過性の制御
	⑤ 薄膜形成能の向上、形成方法の改善
電極触媒	⑥ OER活性、HER活性の向上
	⑦ 触媒機構の解明
	⑧ 電子導電性の向上
	⑨ 耐久性(負荷変動、高電流密度)の向上
	⑩ 劣化機構の解明
触媒層	⑪ 電子導電性の向上
	⑫ AEM/触媒層の接触性の改善
	⑬ 多孔質輸送層(PTL)の最適化
	⑭ 耐久性の向上
	⑮ 劣化機構の解明

# アニオン膜開発における設計例

## 役割分担型三元共重合構造

①, ②, ④, ⑤



## ボトルネック課題と解決方法

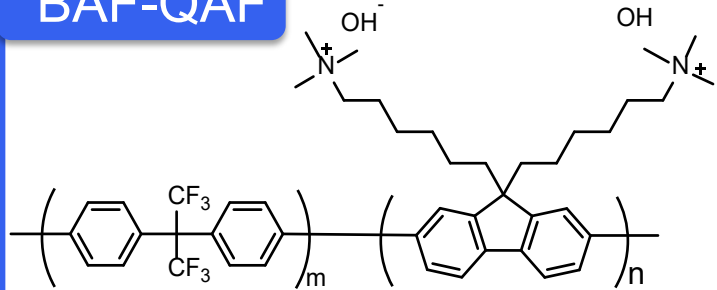
- ・ アニオン導電率: 相分離構造制御によるイオン移動度向上
- ・ アルカリ安定性: アンモニウム基の電子・立体構造最適化
- ・ 気体透過性、透過選択性の増大: 嵩高い芳香族基導入による自由体積増大
- ・ 触媒との親和性: アンモニウム基および芳香族基の電子・立体構造最適化
- ・ 低級アルコールへの溶解性: フッ素基導入による極性分子との相互作用増大



# 三元共重合アニオン膜

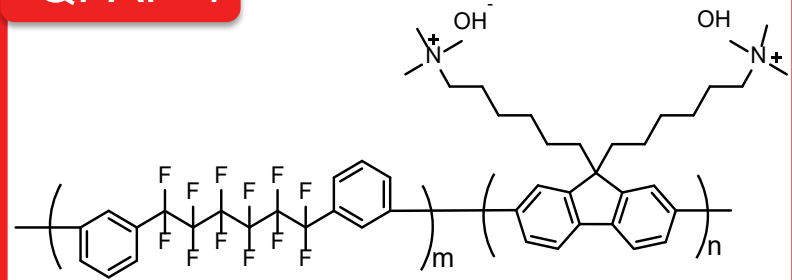
①, ②

**BAF-QAF**



高いアニオン導電率  
含水率の抑制

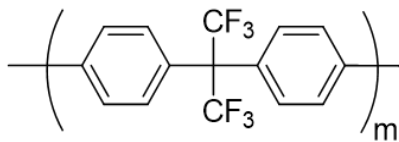
**QPAF-4**



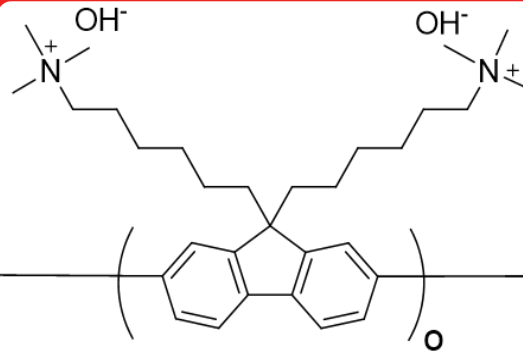
優れた機械特性

**QBPA(BAF-PAF-QAF)**

**BAF-QAF**

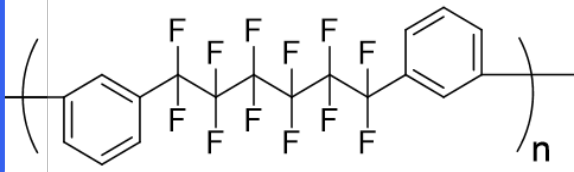


含水率抑制



高いアニオン導電率

**QPAF-4**

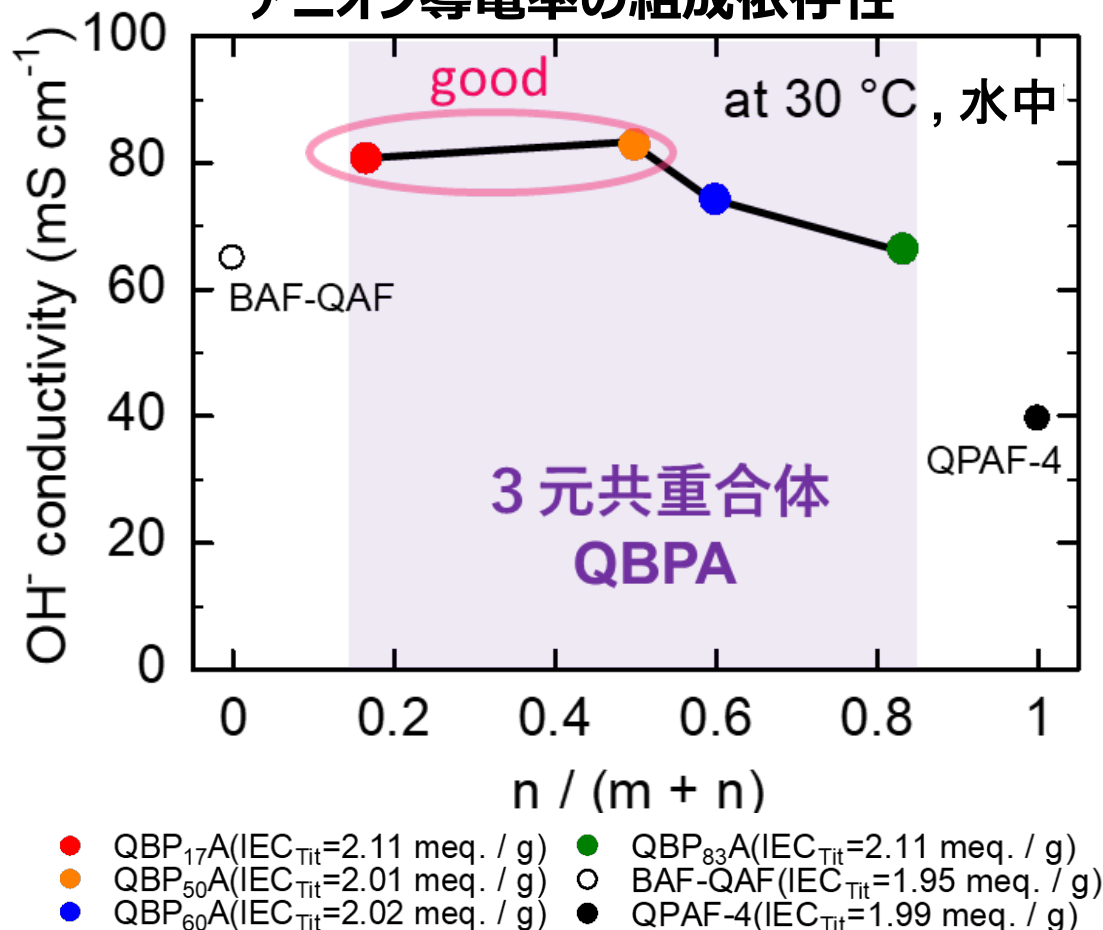


機械特性の向上

# 三元共重合アニオン膜

## アニオン導電率の組成依存性

①



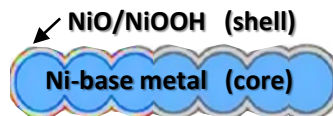
- 三元共重合体とすることにより、二元共重合体から予測される導電率を大きく凌駕
- 最適な組成を見出すことに成功

# 非貴金属系触媒開発における設計例

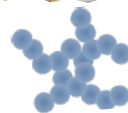
⑥, ⑧

## 触媒設計指針

- 1) 非貴金属触媒 (NPGM)
- 2) 両極を検討 (アノード+カソード 検討)
- 3) 各構造を改良 (電子構造・表面構造・微細構造)
- 4) 量産性に配慮 (NEDOの過去事業にて開発済)



コア (Ni合金相) ...金属伝導相へ (電子構造)  
 シェル (NiOOH相) ...活性点形成へ (表面構造)



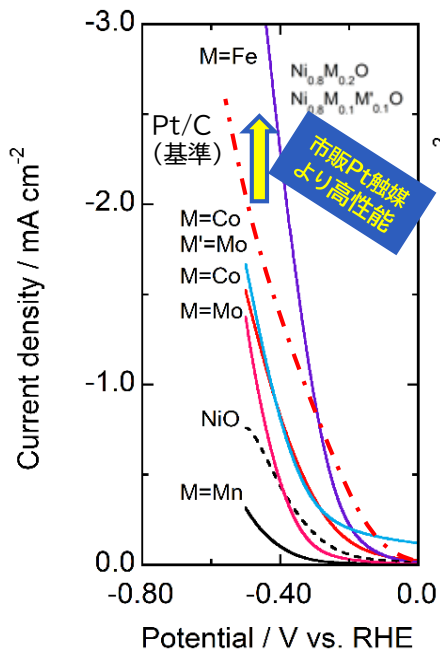
連珠構造

...電子伝導 & ガス拡散経路 (微細構造)

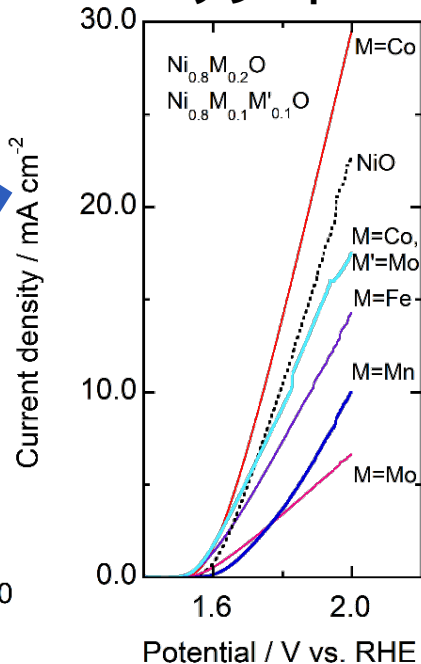
## 触媒性能評価(RDE)

室温, 1500rpm

カソード

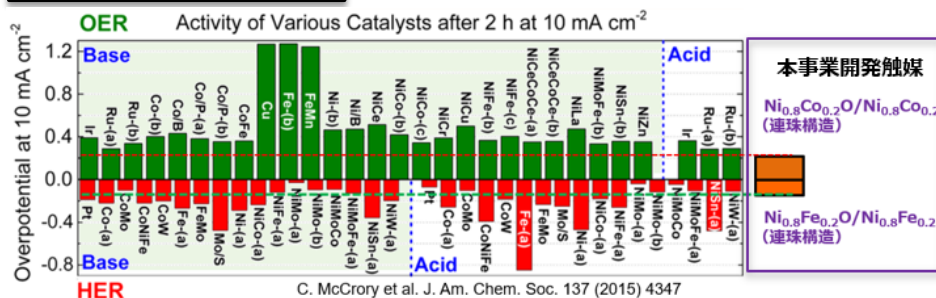


アノード

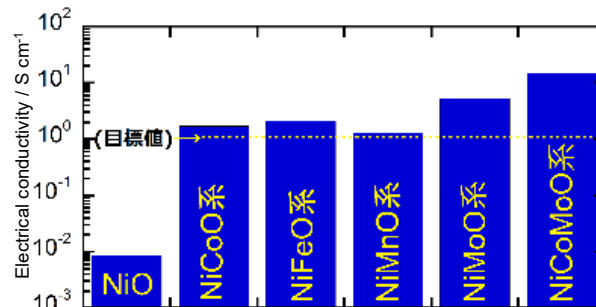


カソード: NiFeO系、アノード: NiCoO系が有望

## ベンチマーク比較



本事業開発触媒の高活性を確認 (オンセット電位比較)  
 →酸素発生電位(OER) : 0.1V以上小さい  
 水素発生電位(HER) : Ptと同レベル



本事業開発触媒の高電気伝導性確認  
 →抵抗過電圧を大幅抑制へ

# アニオン膜型水電解の技術課題例

分類	技術課題
アニオン膜 ・イオノマー	① アニオン導電性(水酸化物イオン導電率)の向上
	② 耐久性(アルカリ安定性、機械強度)向上
	③ 劣化機構の解明
	④ 気体(不)透過性、水透過性の制御
	⑤ 薄膜形成能の向上、形成方法の改善
電極触媒	⑥ OER活性、HER活性の向上
	⑦ 触媒機構の解明
	⑧ 電子導電性の向上
	⑨ 耐久性(負荷変動、高電流密度)の向上
	⑩ 劣化機構の解明
触媒層	⑪ 電子導電性の向上
	⑫ AEM/触媒層の接触性の改善
	⑬ 多孔質輸送層(PTL)の最適化
	⑭ 耐久性の向上
	⑮ 劣化機構の解明

# アニオン膜型水電解の技術課題例

分類	技術課題
生産性	⑩ CCMの連続生産
評価・解析	⑪ 標準評価セル(単セル、スタック用)の設定
	⑫ 性能評価プロトコルの設定
	⑬ 過電圧分離方法の確立
	⑭ 加速劣化プロトコルの設定
	⑮ 劣化要因解析方法の確立

# 今後の研究プロジェクト・体制に関する課題

