

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 ／共通課題解決基盤技術開発 ／高効率・高出力・高耐久PEFCを実現する革新的材料の研究開発事業

【発表者】 国立大学法人山梨大学／パナソニック株式会社／田中貴金属株式会社／日本化学産業株式会社
／株式会社日産アーク／国立大学法人東北大学／国立大学法人大阪大学
／株式会社東レリサーチセンター（山梨大学共同実施先）
／日揮ユニバーサル株式会社,株式会社リガク,学校法人東京理科大学（山梨大学再委託先）

○事業概要

本事業は、燃料電池の2030年以降に目指すべき目標性能を達成するための担体・触媒・電解質・触媒層に関する過電圧低減と耐久性向上を達成させ、高効率・高出力・高耐久を両立した新たな電極・電解質材料を産業界と共に実用化につなげるものである。以下の3テーマを実施している。

- A. 「高効率・高出力・高耐久を実現する触媒の研究開発」
- B. 「高効率・高出力・高耐久を実現する炭化水素系電解質材料の研究開発」
- C. 「高効率・高出力・高耐久を実現する触媒層の研究開発」

各テーマの参画機関における体制が順調に構築され、研究の実施に必要な設備や部材等の導入により研究環境構築の準備も進み、各参画機関において研究活動が予定通り進捗し始めた。また評価PFへ研究材料の提供について情報共有を実施し、提供する材料のリストを共有し、サンプル提供を開始した。事業全体で着実に成果が挙がっており、狙いとする実用化・事業化の見通しに遅れはない。

連絡先
国立大学法人山梨大学燃料電池ナノ材料研究センター
E-mail: fcnano-as@yamanashi.ac.jp
TEL: 055-254-7092

高効率・高出力・高耐久を実現する触媒の研究開発

<委託先>

山梨大、田中貴金属工業、日本化学産業、日産アーク、東レリサーチセンター、東京理科大学、リガク、日揮ユニバーサル

<共同実施先>

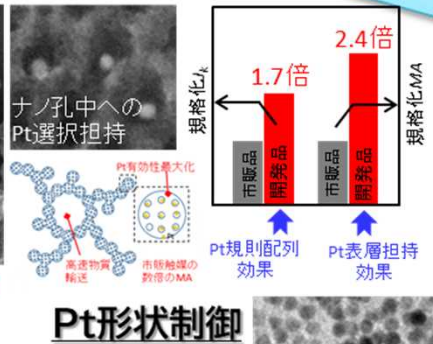
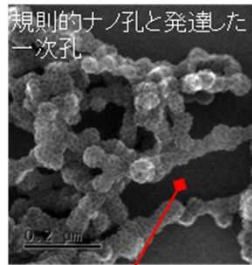
<再委託先>

目標

NEDO事業等で構築した材料設計技術を発展させ、**100+α℃**にて作動可能かつ高効率・高出力・高耐久を両立した**電極触媒の開発・量産化検討**を実施

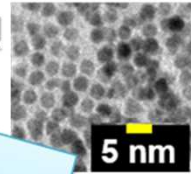
触媒材料コンセプト(カーボン担体)

アクセシブルカーボン触媒・**規則的細孔形成とPt位置選択担持**



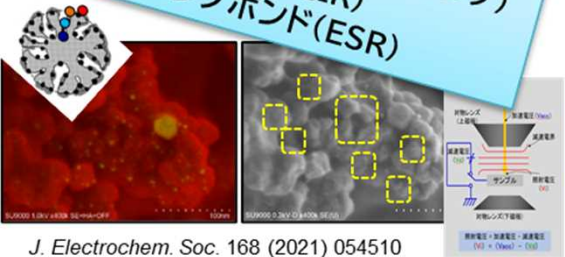
発達一次孔で高速拡散

Pt形状制御



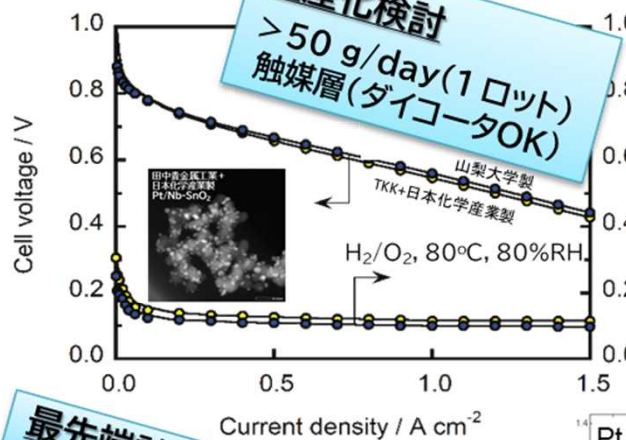
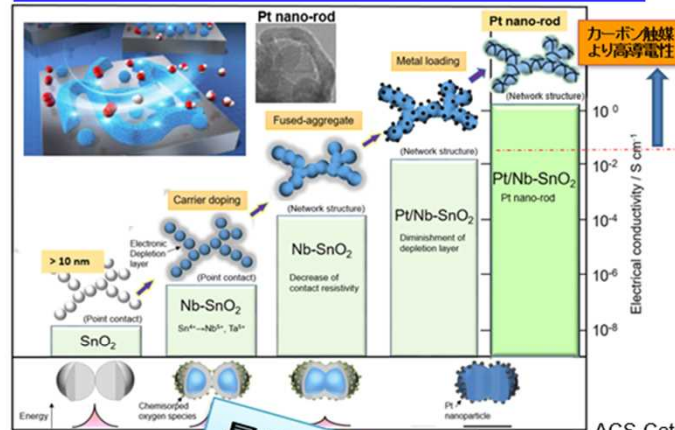
新解析法開発

- ・アクセシビリティ
- ・アイオノマー被覆(リターディング)
- ・表面吸着物(放射光IR)
- ・ダンギングボンド(ESR)

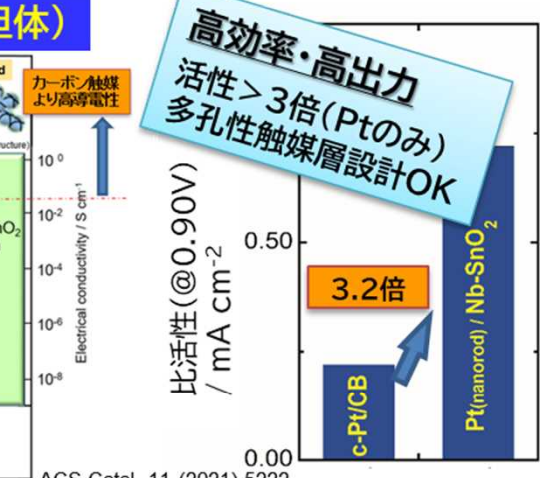
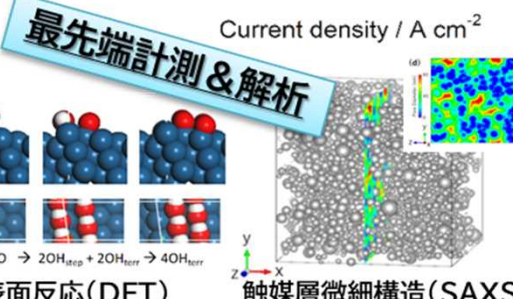


J. Electrochem. Soc. 168 (2021) 054510

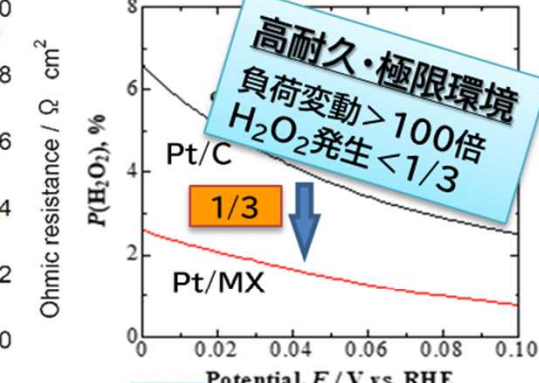
触媒材料コンセプト(セラミック担体)



量産化検討
>50 g/day(1ロット)
触媒層(ダイコートOK)

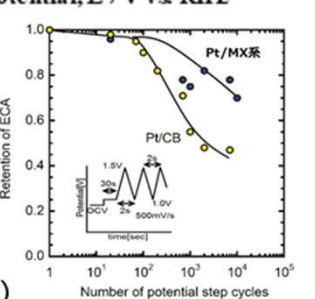
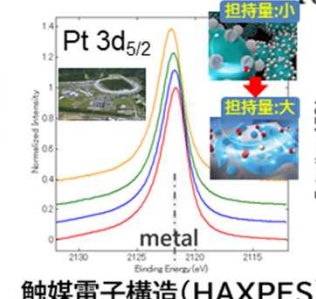


ACS Catal. 11 (2021) 5222
ACS App. Mater. Interfaces. 11 (2019) 34957.



高耐久・極限環境
負荷変動>100倍
H₂O₂発生<1/3

1/3



表面反応(DFT)

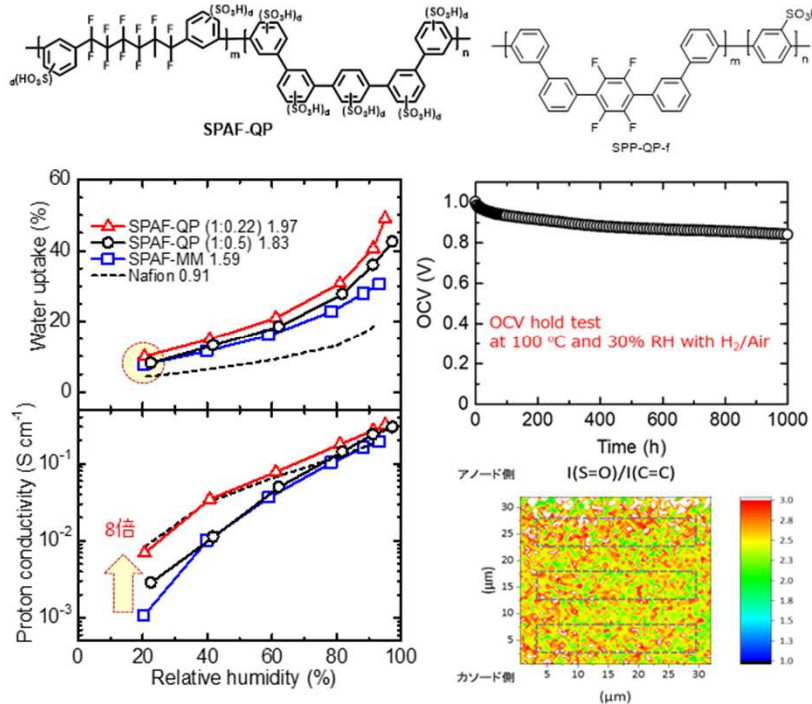
触媒層微細構造(SAXS)

触媒電子構造(HAXPES)

高効率・高出力・高耐久を実現する炭化水素系電解質材料の研究開発

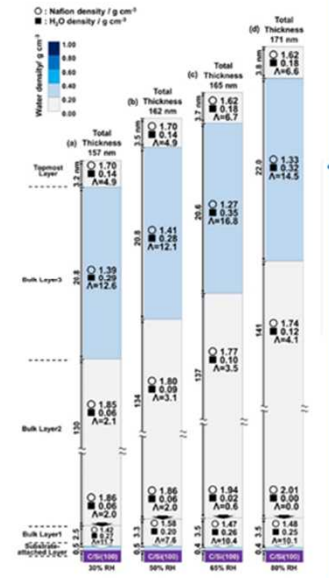
<委託先> 山梨大、パナソニック、日産アーク、東北大学、東レリサーチ
 <共同実施先>

新規な部分フッ素化炭化水素系高分子電解質膜



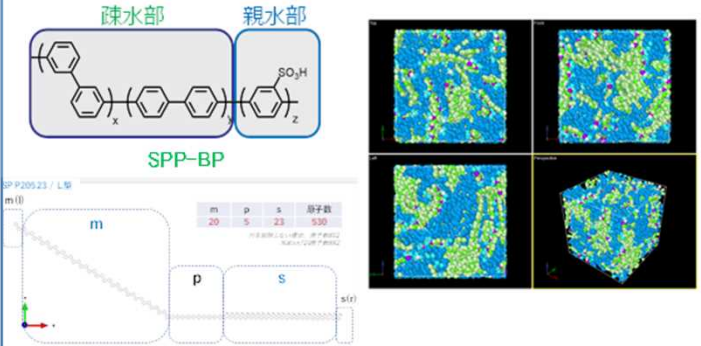
- 従来の炭化水素系と同様の手法で合成可能
- 部分フッ素化とスルホン酸基高密度化を組み合わせることで高プロトン導電率を達成
- SPP-QP-fはアルコールにも可溶
- 高温OCV(100°C, 30%RH, 1000h)後でもスルホン酸基の脱離は5%程度

カーボン基板における電解質薄膜の水分布解析



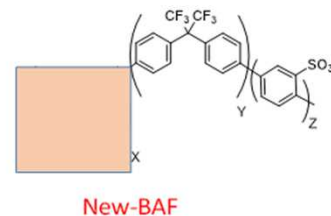
- モデル系としてカーボン基板上のNafion薄膜内部の水分布を中性子反射率測定で解析
- 4つのサブレイヤー層の形成と湿度変化にともなう各層の含水率の変化を定量
→ Pt/炭化水素系薄膜系に展開予定

触媒層表面における炭化水素系イオノマー吸着状態の分子シミュレーション



- 大規模分子シミュレーションを行うための分子動力学計算モデルを構築
- 系を平衡状態にする手法の構築
- 系の密度分布を計算
→ モデルによってばらつきが小さい

高酸素透過性炭化水素系イオノマーの開発



- 部分フッ素化炭化水素系電解質に気体透過を促進する成分を導入
- 溶解度係数が増大する効果を確認
→ 組成の検討などにより、拡散係数の向上効果も検討中

	Permeability coefficient (cm ³ cm cm ⁻² s ⁻¹ cmHg ⁻¹)	Diffusion coefficient (cm ² sec ⁻¹)	Solubility coefficient (cc cc ⁻¹ cmHg)
New-BAF	7.11E-10	2.50E-07	2.85E-03
SPP-QP	2.87E-10	2.28E-07	1.26E-03
NRE212	1.28E-9	6.65E-07	1.92E-03

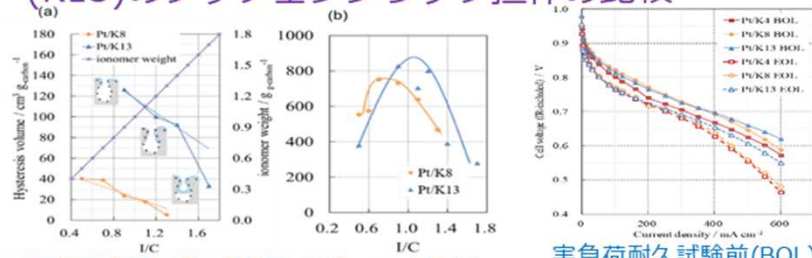
高効率・高出力・高耐久を実現する触媒層の研究開発

<委託先>

山梨大、パナソニック、日産アーク、大阪大学、東レリサーチ

<共同実施先>

▶ 比表面積が約800 m²/g (K8)と約1300 m²/g (K13)のケッチェンブラック担体の比較



高分子電解質とCBの重量比 (I/C) での(a)P/P0 = 0.5のヒステリシス体積と(b)0.60Vでの電流密度

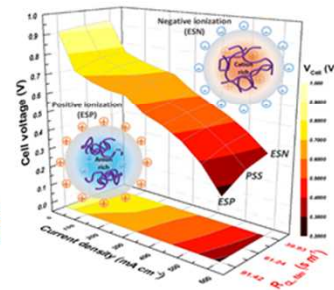
ACS Appl. Energy Mater. 2021, 4, 2307–2317

- ・カーボン担体の一次粒子内のナノ細孔内のPtを有効に利用するための細孔容積と高分子電解質量との関係を紐解く指標として、ナノ細孔のヒステリシス容積が有効であることが明らかになった。
- ・触媒の細孔に蓋をしないように高分子電解質を被覆させ、Pt粒子間距離を長くすることで発電性能と耐久性を向上できることが分かった。

▶ 静電スプレー(ES)法のイオン化モードの制御による高分子電解質の酸素輸送抵抗の低減による性能改善

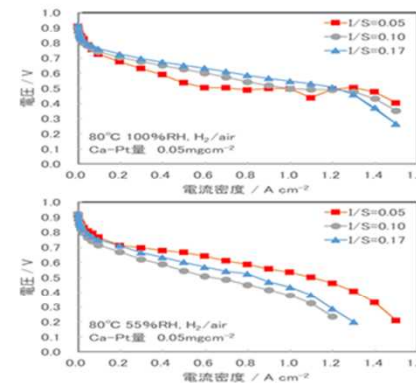
Energy Fuels 2020, 34, 14853–14863

イオン化モード別のES法とPSS法による単セルの発電性能と触媒層の高分子電解質の酸素輸送抵抗 ($R_{CL, film}$) 変化。

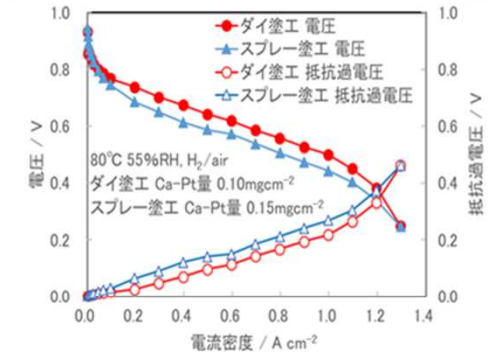


- ・負イオン化モード(ESN)で高分子電解質を比較的薄く均一に被覆することによって高いプロトン導電率を維持しつつ高分子電解質フィルムの酸素輸送抵抗を低減し、さらにより良好な水管理を誘発した細孔の多孔性により大電流で優れた性能を示した。

▶ パナソニック(実用セル評価)&山梨大(触媒開発)&TKK(製造)のPt/Nb-SnO₂カソード触媒評価



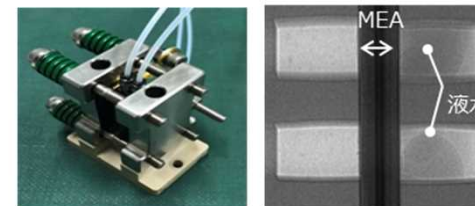
セラミック触媒のI/Sを振った初期IV特性 (上: フル加湿, 下: 低加湿)



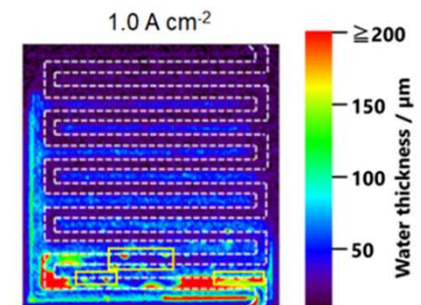
カソード塗工方法を変えた初期IV特性 (TEC10(Nb-SnO₂)20E (低加湿))

- ・低加湿条件でI/S=0.05で高い初期性能を発揮。
- ・セラミック触媒の場合、低加湿&低電密で性能発揮。
- ・ダイ塗工で、スプレー塗工以上の性能を達成。
- ・ダイ塗工では厚みのばらつきが小さい。

▶ 高負荷運転時の液水生成挙動の軟X線 & 中性子イメージングの環境整備構築



発電時液水可視化用セル 発電時X線透過像



液体水の中性子線イメージング

- ・セラミックス担体触媒層セルの液水可視化を実現。