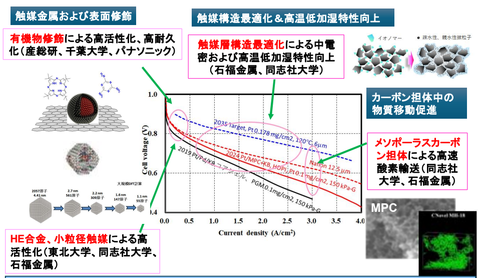
NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026
発表No.：a-13

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

HDV用燃料電池を目指した革新的低白金化技術開発

団体名：学校法人同志社、石福金属興業、東北大学、産業技術総合研究所、千葉大学、パナソニック エレクトリックワークス
発表日：2026年7月22日

研究開発の目的・概要



メソポーラスカーボン担体、有機物修飾によるメリットを最大限に生かして、高活性化、高耐久化、120℃高温低加湿対応を狙う

実施体制（2025年度）

NEDO（PM, PL, SPL） ⇔ 指示・協議 ⇔ GL ・同志社大学　稲葉　稔

委託

高活性・高耐久性触媒開発

- 学校法人同志社　同志社大学　（実触媒）
  ①メソポーラスカーボン担体を用いる高活性・高耐久白金系触媒の開発
  - （株）SCREENホールディングス(共同実施)　①-3　開発した技術を用いたMEA作製技術の最適化評価　（MEA）
- 石福金属興業株式会社　（実触媒　MEA）
  ②触媒層構造の最適化および新規触媒の少量生産技術の開発
- 国立大学法人　東北大学　（モデル電極）
  ③白金－ハイエントロピー合金モデル触媒の気相合成と表面構造最適化
  - 国立大学法人　島根大学（再委託）　（解析）　③－3状態図計算と構成元素種の探索により表面構造最適化を支援
  - 国立大学法人　東京科学大学（再委託）　（解析）　③－3白金や構成元素種溶出速度の定量化により表面構造最適化を支援

有機物修飾による触媒高活性化・高耐久化

- 国立研究開発法人　産業技術総合研究所　（実触媒）
  ④有機物修飾による白金触媒の高活性化・高耐久化技術の開発
  - 国立大学法人　大阪大学（再委託）　（計算）　④-2 触媒表面での有機物吸着構造の理論解析
- 国立大学法人　千葉大学　（モデル電極　解析）
  ⑤有機物修飾により高温で高ORR活性を発現する活性化因子の解析
- パナソニック株式会社　（MEA）
  ⑥高活性・高耐久有機物修飾触媒の性能を引き出すMEAの性能・耐久性実証

連携・サンプル評価

PEFC評価解析プラットフォーム
他のNEDOプロジェクト
GteX燃料電池チーム
自動車メーカー、エネファームメーカー、膜メーカー

プロジェクト開発目標

■中間目標（2027年9月）
　合金（ハイエントロピー含む）触媒、コアシェル触媒、小粒径(2nm以下）触媒と有機物修飾を組み合わせ、5000A/g-PGM（RDE, 25℃）、1500A/g-PGM（MEA, 80℃, 100%）以上の質量活性、0.87V(IR free)@0.2A/cm², 0.77V(IR free) @3.0 A/cm² (80℃, 75%, 150kPaG）以上のMEA発電特性、標準触媒(3nm)の1/2以下のPt溶出速度を達成可能な触媒（層）を開発する

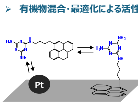
■最終目標（2030年3月）
　合金（ハイエントロピー含む）触媒、コアシェル触媒、小粒径(2nm以下）触媒と有機物修を組み合わせ、5000A/g-PGM（MEA, 80℃, 100%）以上の質量活性、0.90V(IR free)@0.2A/cm²、0.83V(IR free)@3.0A/cm²（80℃, 75%, 150kPaG, 120℃で性能低下無し）以上のMEA発電特性、標準触媒(3nm)の1/2以下のPt溶出速度を達成可能な触媒（層）を開発する。

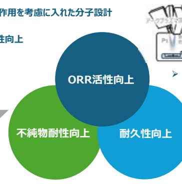
	質量活性 (A/g-PGM)	MEA Pt目付量 (mg-PGM/cm²)	MEA 発電特性 @0.2 A/cm²	MEA 発電特性 @3.0 A/cm²	触媒層内O_2拡散抵抗(s/m)	Pt溶出速度 (対標準触媒: 3 nm)
現状 2025/03	1500 PtCo 4500(+Mer) (RDE、25℃) 500 Pt/MPC (MEA, 80℃)	PtCo/MPC 0.2 Pt/MPC 0.1 (+KB+HOPI)	0.84 V (IR free) 0.84 V (IR free) (80℃, 75%, 150 kPa)	0.70 V (IR free) 0.71 V (IR free) (80℃, 75%, 150 kPaG)	8-10 (含浸熱還元)	メラミン添加, 80℃で1000サイクル後 MA(Pt/KB) 69%減→13%減
中間目標 2027/09	5000 (RDE,25℃) 1500 (MEA, 80℃, 100%)	0.178	0.87 V (IR free) (80℃, 75%, 150 kPaG)	0.77 V (IR free) (80℃, 75%, 150 kPaG)	10以下	1/2以下 (80℃)
最終目標 2030/03	5000 (MEA, 80℃, 100%)	0.178	0.90 V（IR free) (80, 75%, 150 kPaG) 120℃性能低下無	0.83 V (R free) (80℃, 75%, 150 kPaG) 120℃性能低下無	10以下	1/2以下 (80℃)

有機物修飾による高活性化・高耐久化

産総研（大阪大）＋千葉大＋パナソニック

高活性化
- カーボンやionomerとの相互作用を考慮に入れた分子設計
- かさ高い置換基の導入
- 有機物混合・最適化による活性向上



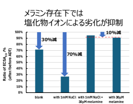


高活性化

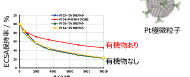
- 極微粒子触媒の安定化と活性化（ドライプロセスの活用）

高耐久化
- 触媒表面構造の安定化
- Edge部分に強く吸着する修飾剤

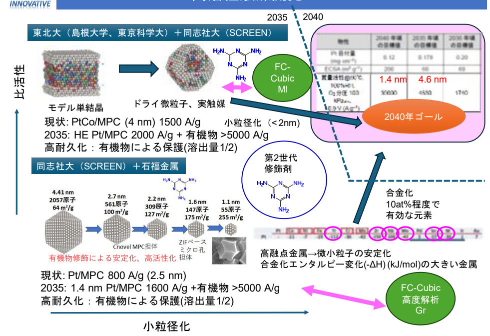
メラミン存在下では塩化物イオンによる劣化が抑制



不純物耐性＆高耐久化
- 不純物（イオノマー含む）の吸着を抑制に適した有機物設計



高活性触媒開発



メソポーラスカーボン担体を用いる高活性・高耐久白金系触媒の開発（同志社大学、共同実施先：SCREEN）

◆ アルコール還元法による微細Pt/MPC触媒の合成とメラミン添加効果

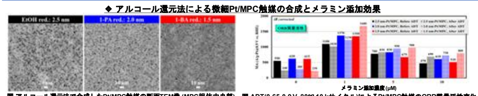


図 アルコール還元法で合成したPt/MPC触媒の断面TEM像 (MPC担体中央部)　図 ADT(0.65-0.9 V, 80℃ 10 kサイクル)によるPt/MPC触媒のORR質量活性変化

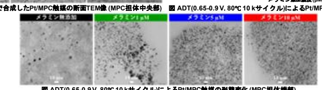


図 ADT(0.65-0.9 V, 80℃ 10 kサイクル)によるPt/MPC触媒の形態変化 (MPC担体端部)

➤ 1.5 nm-Pt/MPC触媒において1 μMのメラミン添加でMAが1680 A/gに向上．ADT耐久性向上には5 μM以上が必要．

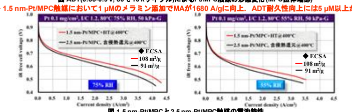


図 1.5 nm-Pt/MPCと2.5 nm-Pt/MPC触媒の電池特性

- 適切なメラミン添加により1.5 nm-Pt/MPC触媒においても高活性化と高耐久性化が可能．
- 微細化した1.5 nm-Pt/MPC触媒によりPt触媒のECSAが高まり，I-V特性が向上．

メソポーラスカーボン担体を用いる高活性・高耐久白金系触媒の開発（同志社大学、共同実施先：SCREEN）

◆ 中空/球状MPC(H-SMPC)担体とMPC担体の親水化による低湿度環境のI-V特性向上

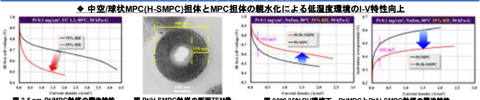


図 2.5 nm-Pt/MPC触媒の電池特性　図 Pt/H-SMPC触媒の断面TEM像　図 80℃ 35%RH環境下，Pt/MPCとPt/H-SMPC触媒の電池特性

➤ Pt/H-SMPC触媒のシェル部(110 nm厚)にPt粒子が存在することでPt利用率が向上し，低湿度環境のI-V特性が向上．

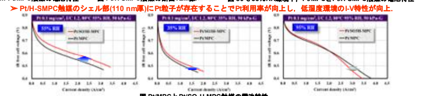
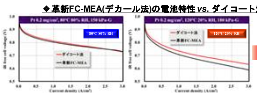


図 Pt/MPCとPt/SO_3H-MPC触媒の電池特性

➤ スルホン酸基で修飾したMPC担体により，低湿度環境のI-V特性が向上したが，高湿度環境のI-V特性が低下．
⇒ MPC担体あるいはPt/MPC触媒の親水性化処理では，広い湿度環境でI-V特性を高めるのは困難．

◆ 革新FC-MEA(デカール法)の電池特性 vs. ダイコート法@SCREENで作製したMEAの電池特性



Pt/MPC触媒をダイコート法で作製したMEAのI-V特性はデカール法で作製した革新FC-MEAのI-V特性と同等以上．

図 革新FC-MEAとダイコート法@SCREENで作製したMEAの電池特性

触媒層構造の最適化および新規触媒の少量生産技術の開発（石福金属興業株式会社）

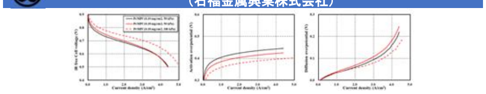


図 Pt/MPCのI-V特性(NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ(2025年2月版)仕様)

- Pt目付を増やすことで活性化過電圧の低減と拡散を含むその他過電圧の増加を確認
⇒ 目標達成に向けては活性化過電圧の低減と触媒層厚さが増加しても拡散過電圧が抑制できる触媒層が必要

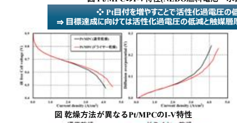


図 乾燥方法が異なるPt/MPCのI-V特性

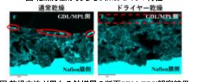


図 乾燥方法が異なる触媒層の断面SEM-EDX観察結果

- 触媒層の乾燥条件で拡散を含むその他過電圧が減少
⇒ 乾燥条件により触媒層中のイオノマー分布の制御技術を開発中

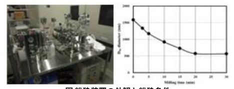


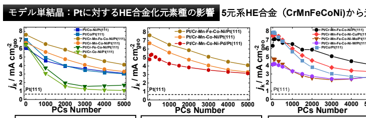
図 粉砕装置の外観と粉砕条件

- 粉砕装置の導入と粉砕時間の制御によりMPCの粒子径を制御
⇒ 粉砕条件の検討により粒度分布の均一化、微細化を検討予定

技術移転
同志社大学の「①-1 MPC担体を用いる高活性・高耐久白金系触媒の開発」にて開発されたアルコール還元法の技術移転を受けた。
本技術は当社の少量生産技術として既に適用されており、既に複数のユーザー企業に対してサンプル提供を実施している。

高耐久白金－ハイエントロピー合金表面構造の開発（東北大学　再委託先：島根大学、東京科学大学）

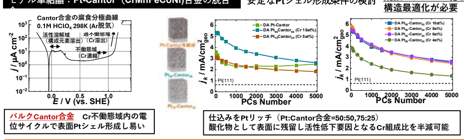
モデル単結晶：Ptに対するHE合金化元素種の影響　5元系HE合金（CrMnFeCoNi)から元素種の種類、数を増減



Pt-Cantor合金　PtシェルとCantor合金の相分離（疑似コアシェル形成）Cr,Mnの共存が重要
Pt-Cantor合金　FeをPdに代替 PtシェルとHEAの相分離が不明瞭（表面偏析　Pd>Fe　Pt_{ECSA}低下）
Pt-Cantor合金　Cu,W,Mo追加 Cu：Cantorと同程度 W,Mo：低ORR特性

Pt-Cantor合金：疑似コアシェルし易い 高ORR特性 (活性、耐久性）
一般のPt-HEA：疑似コアシェル化し難い 構造最適化が必要

モデル単結晶：Pt-Cantor（CrMnFeCoNi)合金の脱合金　安定なPtシェル形成条件の検討



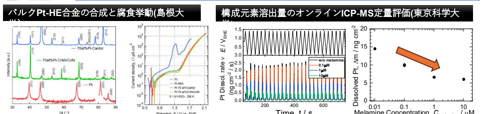
バルクCantor合金　Cr不働態域内の電位サイクルで表面Ptシェル形成し易い

仕込みをPtリッチ（Pt:Cantor合金=50:50,75:25）酸化物として表面に残留し活性低下要因となるCr組成比を半減可能

モデル単結晶➡　微粒子化に当たり合金化元素種の数（ΔSmix）と元素選択、さらにその組成比が重要

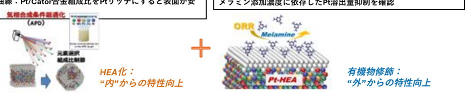
高耐久白金－ハイエントロピー合金表面構造の開発（東北大学　再委託先：島根大学、東京科学大学）

バルクPt-HE合金の合成と腐食挙動(島根大学)　構成元素溶出量のオンラインICP-MS定量評価(東京科学大学)



Pt-Cantor系合金のバルク合成
XRD：Feの有無や冷却速度によらず、Pt-Cantor規則相が出現
分極曲線：Pt/Cator合金組成比をPtリッチにすると表面が安定

Pt溶出速度のリアルタイム評価と有機物(メラミン)修飾効果
オンラインICP-MS：$0.05\text{-}1.4V_{SHE}$1サイクルあたり～15ng/cm²Pt
メラミン添加濃度に依存したPt溶出量抑制を確認



表面構造最適化に向けたHEA元素選択と組成、焼成温度、脱合金条件のチューニング
東北大：単結晶モデルにおける合金化元素の等モル添加（高エントロピー化）をベースに、Crの組成制御やFe代替元素を検討し、微粒子モデルの気相合成に取り組む
島根大、東京科学大：バルクPt-HEA合成時の熱処理温度と分極曲線、 PtおよびHE元素の溶出量定量化と有機物修飾効果の検討に基づき表面劣化機構を解明し、単結晶・微粒子モデルにフィードバック
モデル単結晶⇔モデル微粒子の気相合成条件とORR特性検討を相補的に進める

有機物修飾による白金触媒の高活性化・高耐久化技術の開発（産業技術総合研究所、再委託先：大阪大）

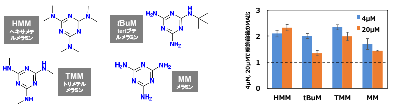


図　アルキルメラミンの構造、および各有機物濃度4 μM、20 μMでORR質量活性向上率（RDE）

◆ 種々の側鎖構造を有するメラミン類についてORR活性向上効果の有機物濃度影響を検討
⇒ MMやtBuMは高濃度で効果低減するが、HMMやTMMは高濃度でも高活性

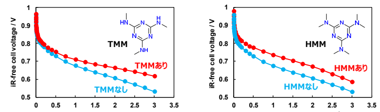


図　TMMおよびHMM（アノード供給）のIV特性への効果（80℃、100%RH、H_2/O_2）

◆ TMM, HMM修飾によりMEAでも全電流密度域で特性向上を確認
⇒ 有機物の分子構造制御及び供給方法の適正化により、過剰吸着によるネガを低減可能

有機物修飾による白金触媒の高活性化・高耐久化技術の開発（産業技術総合研究所、再委託先：大阪大）

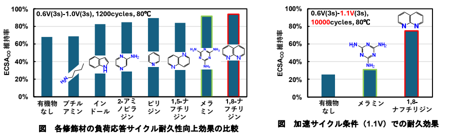


図　各修飾材の負荷応答サイクル耐久性向上効果の比較　図　加速サイクル条件（1.1V）での耐久効果

◆ ピリジン態窒素持つ化合物が高い耐久性向上効果を示す
⇒ Nが並ぶ1,8-ナフチリジンはメラミンを超えるPt粒径（ECSA）維持効果

図　1,8-ナフチリジン/Pt(332)のエネルギーマップ（機械学習力場）　図　DFT計算による1,8-ナフチリジン及びメラミンのPtエッジ面吸着構造解析

◆ 1,8-ナフチリジンはPtテラス面よりもエッジ面に吸着しやすい
⇒ Ptエッジへの吸着エネルギーもメラミンより大きく、高い耐久効果の要因

有機物修飾により高温で高ORR活性を発現する活性化因子の解析（千葉大学）

複数有機物と構造規整単結晶電極の組み合わせによるORR活性向上

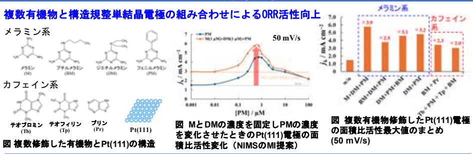


図 複数修飾した有機物とPt(111)の構造　図 MとDMの濃度を固定しPMの濃度を変化させたときのPt(111)電極の面積比活性変化（NIMSのMI提案）　図 複数有機物修飾したPt(111)電極の面積比活性最大値のまとめ (50 mV/s)

◆ 単体修飾で最大活性を示すPMより複数修飾した方が高活性
◆ 現時点でM(1 μM)+DM(1 μM)+PM(1 μM)の修飾が最大活性(w/oの3.9倍)
(今後の取組) MIにフィードバックし新たな組み合わせの提案を得る。ナノ微粒子モデルのPt高指数面に展開。

複数の有機物修飾によるORR活性化機構の解析

図 メラミン修飾したPt_3Co(111)のADT後のSTM像

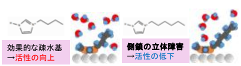


図 イミダゾール誘導体のPt(111)上の吸着構造

◆ メラミン修飾によりテラスおよびステップサイトからのPt溶出抑制を確認
◆ ORR活性化するイミダゾール誘導体の吸着構造を決定
(今後の取組) 振動分光および表面X線回折による複数有機物修飾したPt電極の構造解明。

高活性・高耐久有機物修飾触媒の性能を引き出すMEAの性能・耐久性実証（パナソニックEW）

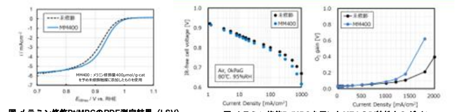


図 メラミン修飾Pt/MPCのRDE測定結果（LSV）　図 メラミン修飾Pt/MPCを用いたMEAのIV特性とO_2ゲイン

メラミン修飾MPCはRDE活性向上を確認、一方でMEAでは性能向上せず
修飾量、修飾方法等で性能向上条件を検討予定

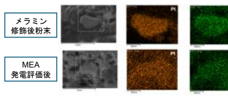


図 メラミン修飾Pt/MPC粒子の断面SEM/EDX

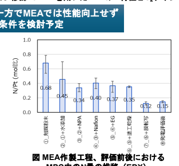


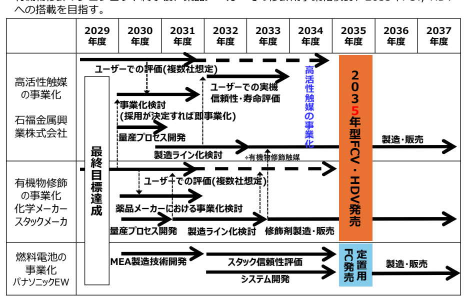
図 MEA作製工程、評価前後におけるMPC中のN量の推移（EDX）

SEM/EDXレベルではメラミン（N）はMPC中に一様に存在
発電試験後は全体にメラミンが減少

MEA化の過程で修飾したメラミンが移動
プロセスの最適化が重要

実用化・事業化の見通し

高活性触媒：プロジェクト終了後、2035年型FCV, HDVへの搭載に向けて事業化を進める。
有機物修飾：プロジェクト終了後、薬品メーカーでの修飾剤事業化検討、2035年FCV, HDVへの搭載を目指す。



同志社大学　稲葉　稔
連絡先：minba@mail.doshisha.ac.jp