

発表No.A-56

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／
共通課題解決型基盤技術開発／

高温低加湿作動を目指した革新的低白金化技術開発

発表者名 同志社大学 稲葉 稔

団体名 学校法人 同志社

石福金属興業株式会社

国立大学法人 東北大学

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

国立大学法人 千葉大学

発表日 2022年7月29日

連絡先：稲葉 稔
学校法人同志社 同志社大学
(e-mail: minaba@mail.doshisha.ac.jp)

事業概要

1. 期間

開始: 2021年7月 終了(予定): 2025年3月

2. 最終目標

コアシェル触媒技術をベースとして、2030年以降に求められるFCV用スタック性能を実現可能な革新的高活性触媒を開発する。

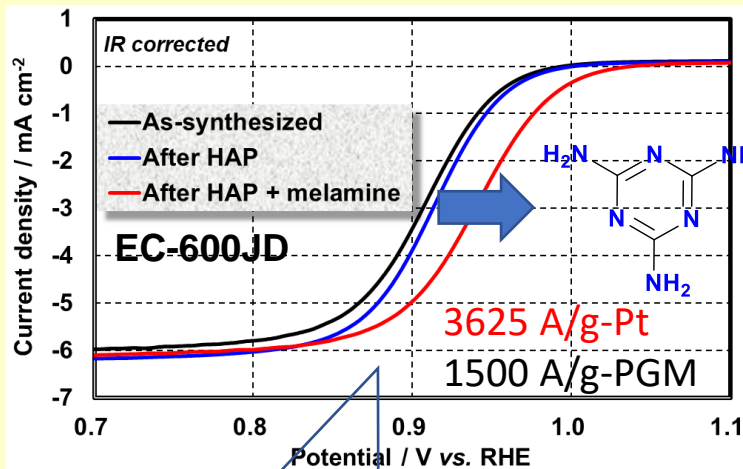
- 回転ディスク電極: 質量活性1500 A/g-PGM(@0.9 V)以上
- MEA評価: 0.84 V以上(@ 0.2 A/cm²)、0.6 V以上(@3.0 A/cm²) (作動温度100℃以上、RH 30-60%、加圧条件1.5気圧以下)、**耐久性3倍以上**

3. 成果・進捗概要

委託先	成果進捗概要
① 学校法人同志社	・メソポーラスカーボン(MPC)担体に存在するメソ孔は高い連通性を有し、同時にマクロ孔が存在することがわかった。この多孔性が一次粒径2 μmのMPC担体を用いたPt系触媒においても、高電流密度領域で高い電池電圧を示す要因と推測された。PtCo/MPC合金触媒を用いたMEAのI-V特性は0.2 A/cm ² で0.81 V、3.0 A/cm ² で0.64 Vであり、ECSA基準の負荷応答耐久性はPt/C触媒の1.5倍であった。全固体ハーフセルの検討から、Pt/MPC触媒をイオン液体で修飾すると低湿度環境でPt利用率が高まることがわかった。
② 石福金属興業	・導入したCSTR、スリ送液技術および直接置換法を組合せることでコアシェル触媒を連続生産できる技術を開発した。MPCの内部にPtを担持できる少量生産技術を開発した。種々の触媒のインク調製、MEA化、I-V特性を評価できる技術を得た。
③ 東北大学	・Pt-高エントロピー合金およびPt/硫化Co中間層/Coコアよりなるマイクロ構造のカソード特性、さらに、表面組成比Ir:Pt=7:3、(111)表面原子配列を有するIr-Pt合金のアノード特性は、それぞれの2022年6月末中間目標値を達成することを示した。
④ 産業技術総合研究所	・メラミンの疎水性アニオンと対形成させた有機物修飾剤を開発し、メラミンの吸着安定性を改善した。メラミンが溶液中に存在している場合、耐久試験後の白金触媒の劣化が大きく抑制されることを見出した。脂溶性メラミンを吸着させたPtCo合金触媒は未修飾のPtCo触媒に比べてMEA中で高い性能を発揮することがわかった。
⑤ 千葉大学	・MTBDがPt表面に斜めもしくは直立で吸着すると、ORRが活性化することを明らかにした。メラミンはステップに優先して吸着し、Pt合金の卑金属溶出を抑制して耐久性を向上させることを実証した。メラミンは(111)テラスと(111)ステップで吸着配向が異なることを示した。

1. 事業の位置付け・必要性 (背景と研究開発内容)

前プロジェクト成果(2019)
Pt/Pd/Cコアシェル触媒+メラミン修飾

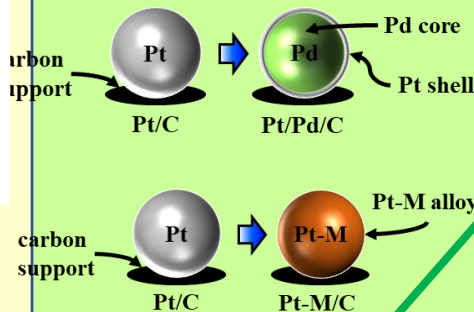
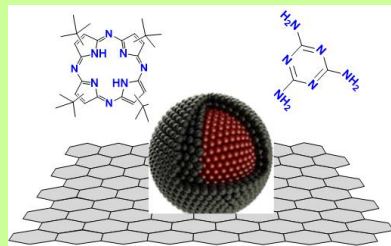


標準Pt/Cの11倍(Ptベース)

S. Yamazaki et al., *ACS Catal.*, **10**, 14567-14580 (2020). DOI: 10.1021/acscatal.0c03124

触媒金属内部構造および表面修飾

含窒素有機物修飾による高活性化(産総研、千葉大学)

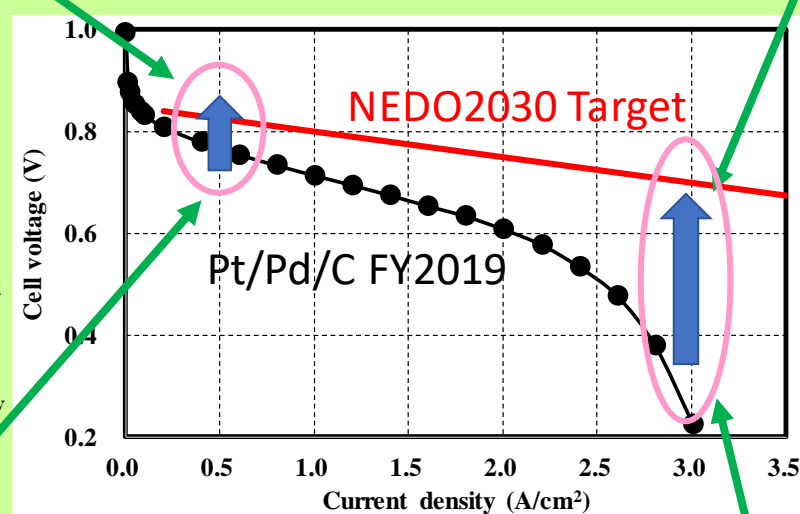


合金系触媒、コアシェル触媒による高活性化(東北大学、同志社大学、石福金属)

カーボン担体中の物質移動促進

連通孔を有するカーボン担体による高速酸素輸送(同志社大学、石福金属)

Meso-porous carbon



細孔内へのプロトン伝導性イオン液体含浸→高温(100°C)低加湿対応(同志社大学、千葉大学)

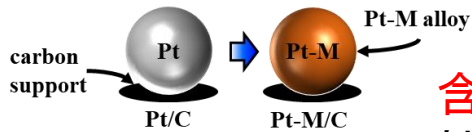
- MPCのメソ孔内に担持した触媒
- プロトン伝導性イオン液体含浸
- 有機物表面修飾

触媒の置かれる反応場を疎水化し、高活性化、高耐久化を狙う

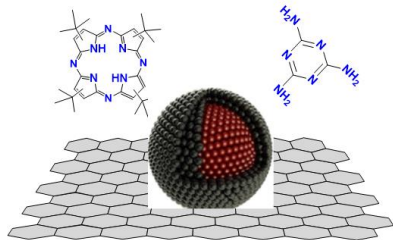
2. 研究開発マネジメントについて

年度	RDE質量活性 (A/g-PGM@0.9V)	MEA評価条件	MEA触媒活性 @0.2 A/cm ²	MEA出力特性 @0.6 V	耐久性 0.6-0.95 V
現状	750	80°C, RH100%	0.80 V	2.4 A/cm ²	-
2022年6月	1000	80°C, RH100%	0.84 V	3 A/cm ²	-
2023年度末	1200	80°C, RH30-60%	0.84 V	3 A/cm ²	Pt/Cの2倍
2024年度末	1500	100°C, RH30-60%	0.84 V	3 A/cm ²	Pt/Cの3倍

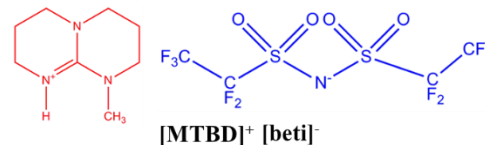
合金系触媒、コアシェル触媒による高活性化（東北大学、同志社大学、石福金属）



含窒素有機物修飾による高活性化、高耐久化（産総研、千葉大学）

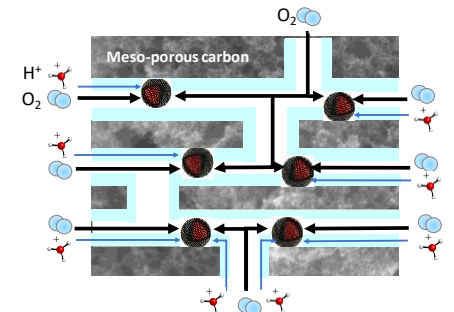


細孔内へのプロトン伝導性イオン液体含浸→高温低加湿対応（同志社大学、千葉大学）



低配位サイトのブロッキング

連通孔を有するカーボン担体による高速酸素輸送（同志社大学、石福金属）



3. 研究開発成果について(2022年6月ステージ目標の達成状況)

研究開発テーマ	中間目標	達成度	成果・状況
① 高温低加湿に対応可能な高酸素拡散性を有する高活性触媒の開発 (学校法人同志社)	高活性触媒、MPC、プロトン伝導性ILを組み合わせ ・RDE: 1000 A/g-PGM@0.9 V vs. RHE ・MEA: 0.84 V@0.2A/cm² , 0.60 V@3.0A/cm ² (80°Cフル加湿)	△	・RDE PtCo/MPC 1100 A/g-Pt, Pt/Pd/MPC 650 A/g-PGM (1530 A/g-Pt) ・MEA (0.1 mg-PGM/cm ² , 80°C, 75%RH, 50 kPa-Gage) PtCo/MPC: 0.81 V@0.2 A/cm² , 0.64 V@3.0 A/cm ² Pt/Pd/MPC: 0.79 V@0.2 A/cm² , 0.53 V@3.0 A/cm² ・PtCo/MPC+IL修飾により0.84 V@0.2 A/cm ² を達成見込み ・PtCo/MPCの耐久性はECSA基準でPt/C触媒の1.5倍 ・メラミン修飾したPt/CとPtCo/C触媒で耐久性が大幅に向上することを確認
② コアシェル触媒の連続生産技術および新規触媒のMEA評価技術の開発 (石福金属興業)	・連続生産方式の決定と連続運転の実施と課題の抽出 ・新規触媒の1 g/バッチレベルの少量生産技術を開発 ・MEA評価技術を開発	○	・連続槽型反応器によるコアシェル触媒の連続生産技術を開発し、終日連続運転に向けた課題を抽出した。 ・MPCの内部にPtを担持できる技術を開発し、今後PtCo/MPCの作製技術を同志社大学から移転予定 ・評価解析PFの標準条件でPt目付量0.1 mg/cm ² で3 A/cm ² までI-V特性が得られる技術を得た。
③ 酸化物および硫化物マイクロ構造制御による高温対応モデル触媒開発 (東北大学)	カソード: 1000 A/g-PGM アノード: H ₂ O ₂ 生成対Pt比で1/10以下となる触媒表面の原子構造の明確化	○	カソード: Ptシェルと高エントロピー合金および硫化Co中間層Coコア構造が目標値をクリアする材料系であることを示した。 アノード: Ir-Pt合金において、(111)原子配列で表面組成Ir:Pt=7:3の場合、H ₂ O ₂ 生成が単味Pt比1/10以下でHOR活性も向上する。またそのメカニズムも明らかにした。
④ 高温低加湿に対応可能な有機物修飾による触媒高活性化技術の開発 (産業技術総合研究所)	有機物修飾により ・RDE: 1000 A/g-PGM ・MEA: 0.84V@0.2 A/cm²	△	RDE (O ₂ 飽和0.1 M HClO ₄ , 1600 rpm, 25°C@0.9 V vs. RHE) ・メラミン吸着PtCo/C: 1043 A/g-Pt メラミンによる修飾でPt/C触媒の高耐久性を確認 MEA (0.21 mg-PGM/cm² , 80°C, 75% RH, 50 kPa-G) ・オクチルメラミン修飾PtCo/F: 0.822 V@0.2 A/cm² ・PtCo/MPC+有機物修飾により0.84 V@0.2A/cm ² 達成見込み
⑤ 高温で高ORR活性を発現する活性化因子の解析 (千葉大学)	・1000 A/g-PGM以上を到達し得るイオン液体と金属単結晶面の組み合わせの決定 ・高温で測定可能な振動分光測定装置の開発	○	イオン液体と金属単結晶面の組み合わせ ・[MTBD][beti]修飾Pt(111)の活性はPt(111)の3倍 ・メラミン修飾Pt ₃ Fe(544)の活性はPt(544)の17倍 高温で測定可能な赤外分光装置の作製完了 ORRが活性化される面には、MTBDとメラミンが斜めに吸着

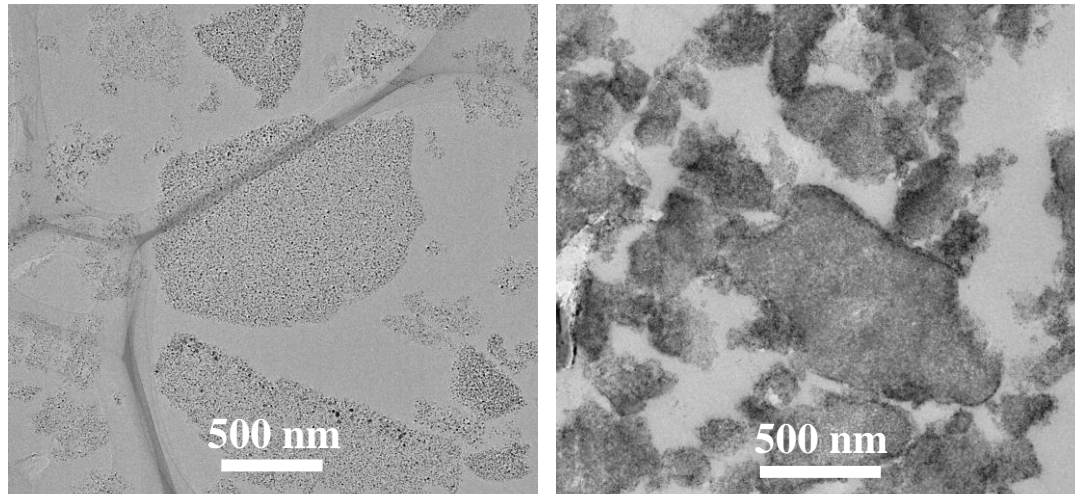
赤字の部分 (MEA: 0.84 V@0.2A/cm²) は現状未達成. MEAへの修飾剤の添加方法の改善が必要。

3-1-1メソポーラスカーボン(MPC)担体を用いたPt系触媒の合成 (同志社大学, IFK)

表 炭素担体の多孔性評価結果

炭素担体	表面積 (m ² /g)	細孔面積 (m ² /g)	中心細孔径 (nm)	一次粒径 (nm)
CNovel MH-18	1,334	1,130 (85%)	4	~2,000
KB-600JD	1,345	846 (63%)	2-20	~50

➤ 中心径4 nmのメソ孔を有し、細孔表面積が大きいMPCを選択



(a) Pt/Pd/MPCコアシェル触媒 (b) PtCo/MPC合金触媒

図 MPCに担持したPt系触媒の断面TEM像

➤ Pt系触媒粒子がMPC担体内で均一に担持

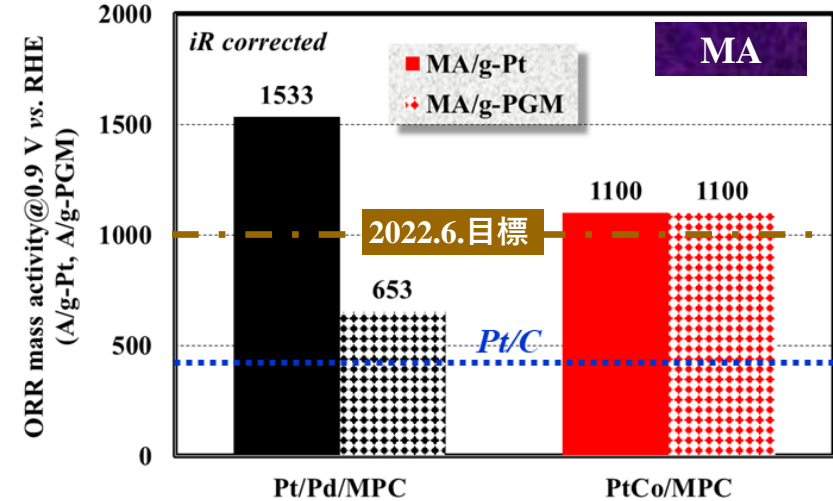
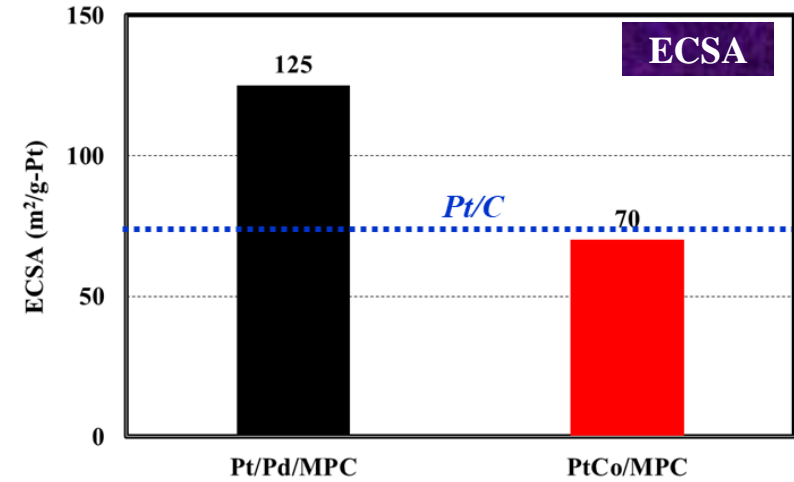


図 Pt/Pd/MPCとPtCo/MPC触媒のECSAとMA

- Pt系触媒をミクロンサイズのMPC担体内に高担持率で均一担持する技術を確立.
- PtCo合金触媒で1,000 A/g-Pt@0.9 V vs. RHE以上のMAを実現.
- MPCの一次粒径は約2 μmと大きく粉砕が必要.

❖ MPC内部への高分散担持Pt触媒
MPC担体の製造法に関し東洋炭素と特許共願.

3-1-2. Pt/Pd/MPCコアシェル触媒とPtCo/MPC合金触媒の電池特性 (同志社大学, PF)

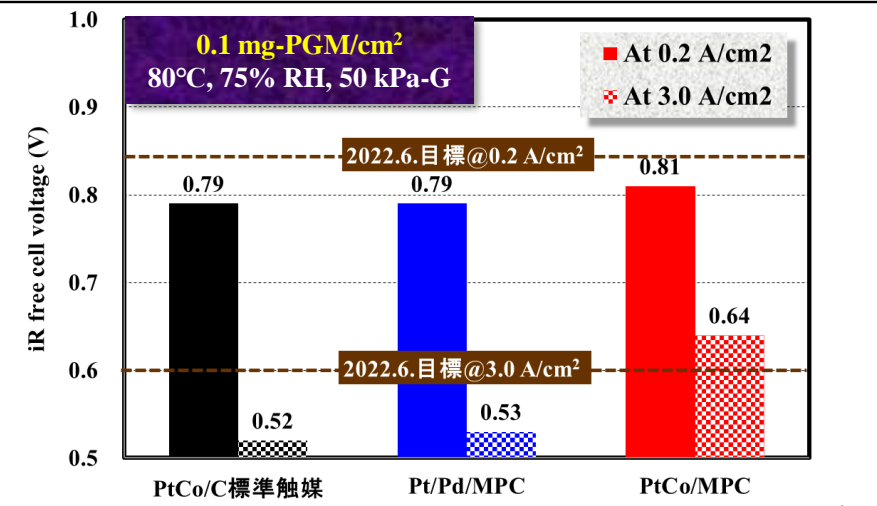
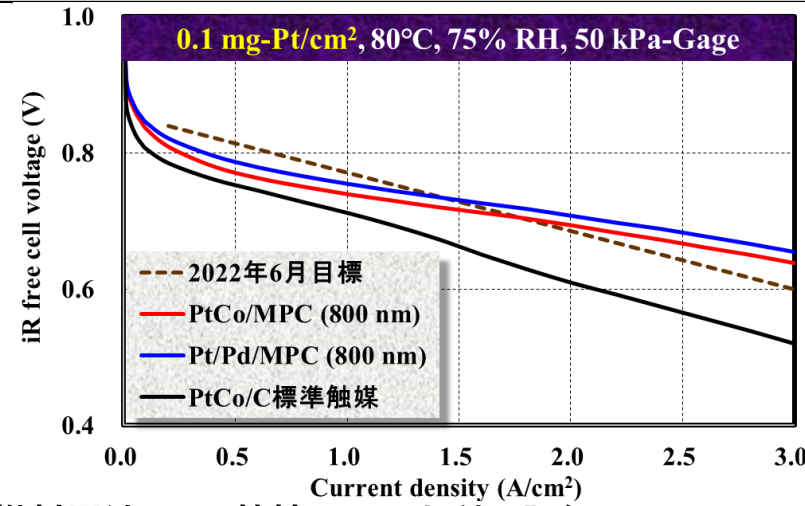
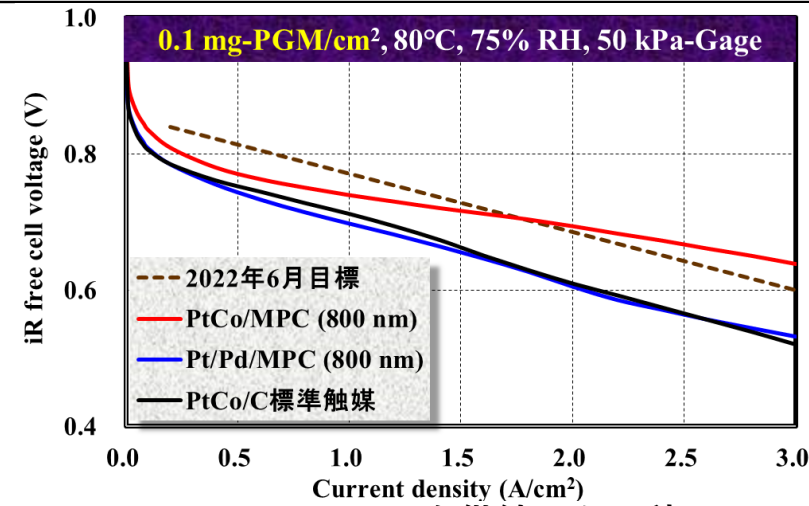


図 H₂-Airを供給した面積1 cm²の燃料電池のI-V特性 (PF@山梨で評価)

図 Pt/Pd/MPCとPtCo/MPCのセル電圧 (PF@山梨で評価)

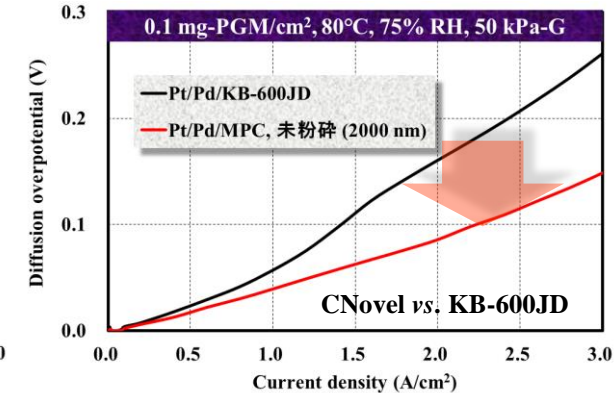
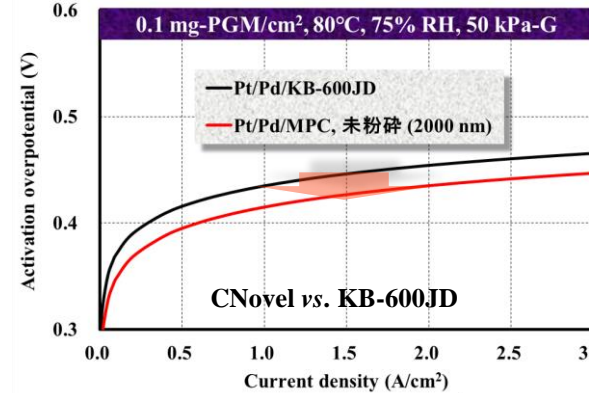
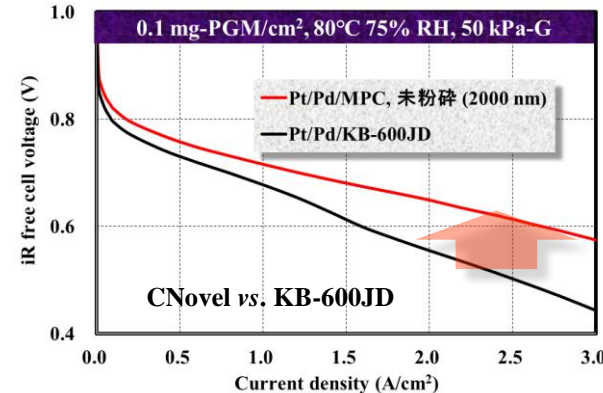
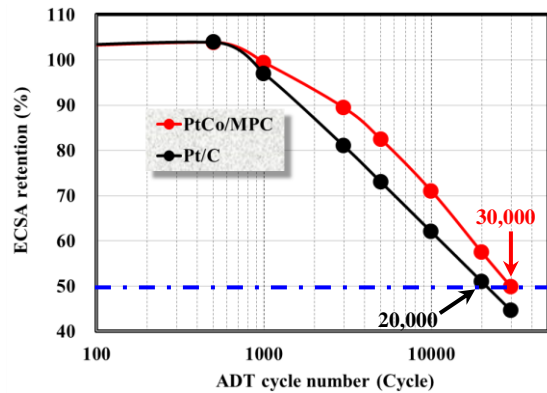


図 Pt/CとPtCo/MPCの耐久性 (PF@山梨で評価)

図 H₂-Airを供給した面積1 cm²の燃料電池のI-V特性 (PF@山梨で評価)

- 粒径が1000 nm程度のMPCでは内部まで酸素が十分拡散し、プロトン伝導性も阻害されていない。
⇒ 触媒構造に関するこれまでの常識を覆す可能性があり、最適構造を提案して実証する。
- Pt目付量0.1 mg-PGM/cm²でのI-V特性 ⇒ PtCo/MPC合金触媒(800 nm) > Pt/Pd/MPC(800 nm)コアシェル触媒
- PtCo/MPC合金触媒のADT耐久性はECSA基準(ECSA50%減少)でPt/C触媒の1.5倍。
- MPC担体では従来のKB-600JD担体と比較して活性化過電圧と拡散過電圧が減少し、電池電圧が大きく向上。
- 0.6 V@3.0 A/cm²を達成。0.84 V@0.2 A/cm²には30 mV向上要。PtCo合金触媒とイオン塩修飾で達成予定。

3-1-3 評価解析PFの活用実績

プロジェクト全体でMEA評価6件 (23サンプル), 評価解析7件 (38サンプル)

1. MEA評価: MPC担体の粉碎によるI-V特性への影響調査 (PF@山梨)

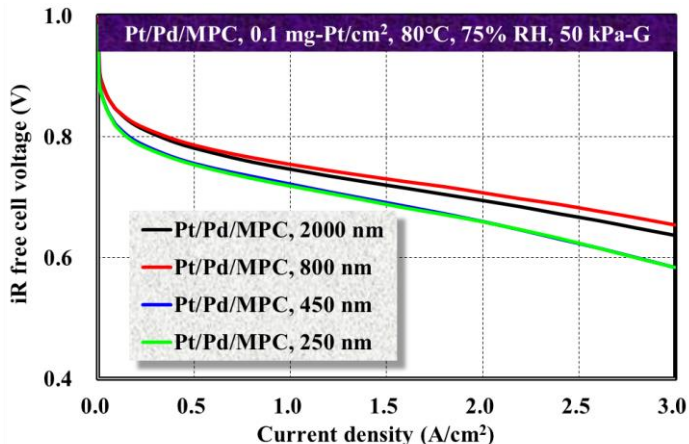


Fig. H₂-air fuel cell polarization curves of 1.0 cm² MEAs.

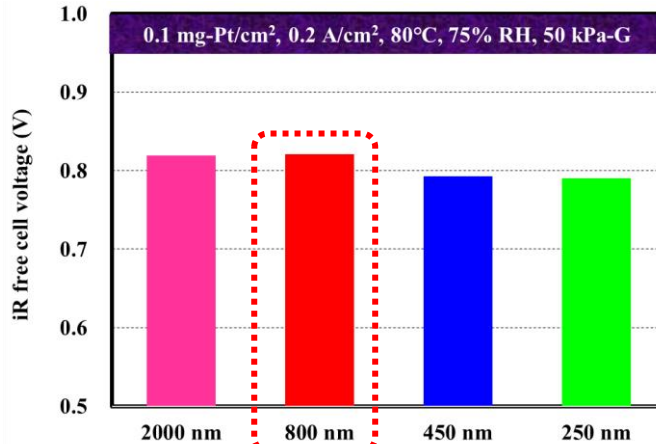


Fig. Cell volatage of H₂-air fuel cell with 1.0 cm² MEAs.

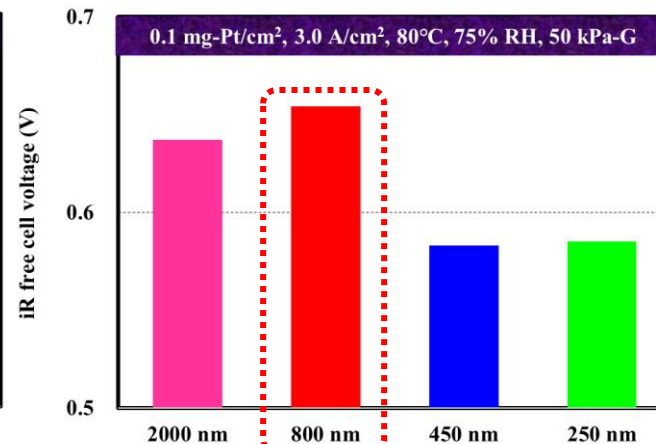
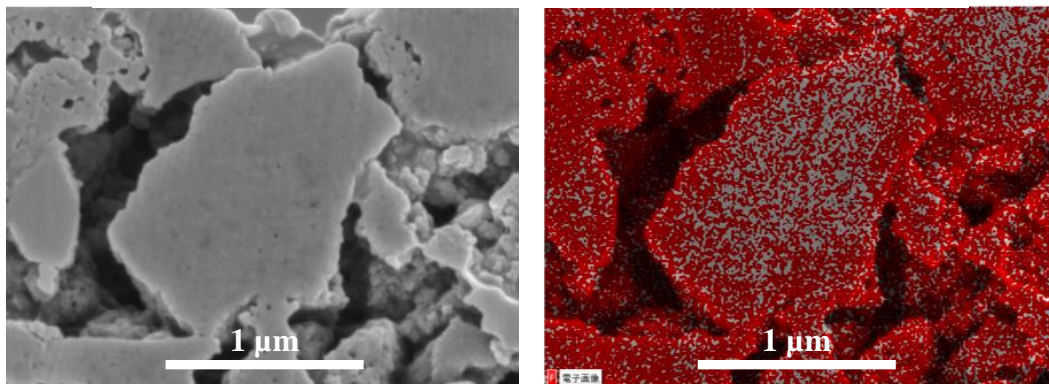


Fig. Cell volatage of H₂-air fuel cell with 1.0 cm² MEAs.

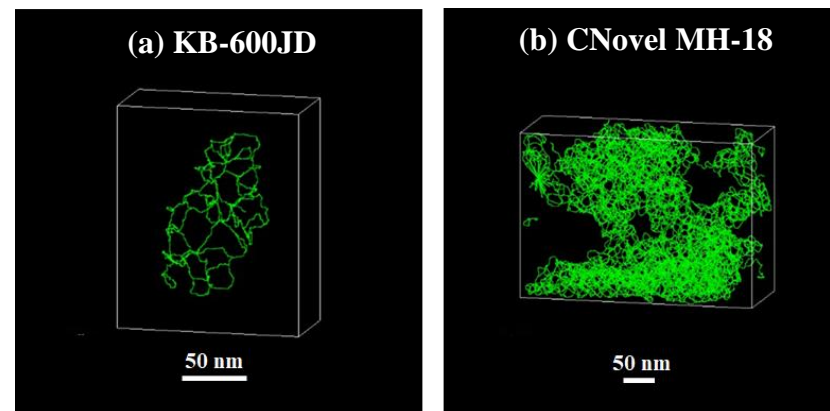
➤ I-V特性へのMPC粒径の影響を評価 ⇒ MPC粒径を最適化: 800 nm

2. 高分解能断面SEM-EDX観察 (日産アーク)



➤ MPC担体内部の細孔構造観察とイオノマーの存在状態分析
⇒ 孔径50 nm以上のマクロ孔が存在し, イオノマーがMPC内部に侵入

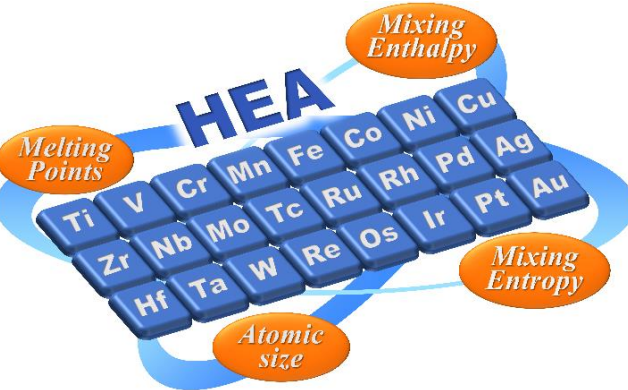
3. 3D-TEMによる細孔連結性可視化 (日産アーク)



➤ MPC担体の三次元TEM解析
⇒ MPCメソ孔の高い三次元的連続性を確認

3-2-1 Ptを含む高エントロピー合金系 (カソード ; 東北大学)

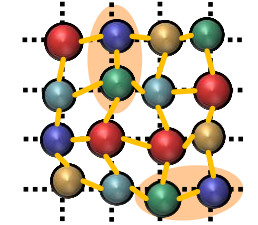
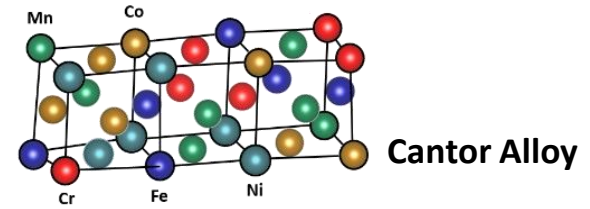
Ptを含む遷移金属系高エントロピー合金(Pt-HEA)系のORR特性



高エントロピー合金 (High Entropy Alloy : HEA)

Cr-Mn-Fe-Co-Ni5元系 (通称Cantor Alloy ; 面心立方格子) が代表
5種類以上の等モル比元素からなる固溶体合金

- ・ **高**エントロピー $\Delta S_{mix} > 1.5R$ ($\ln 5=1.61$; $\ln 4=1.39, \ln 6=1.79$)
- ・ **低**体拡散速度
- ・ **高**格子歪 が特徴

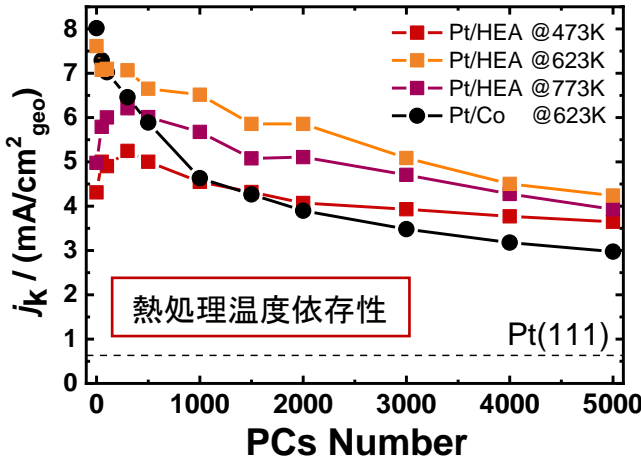
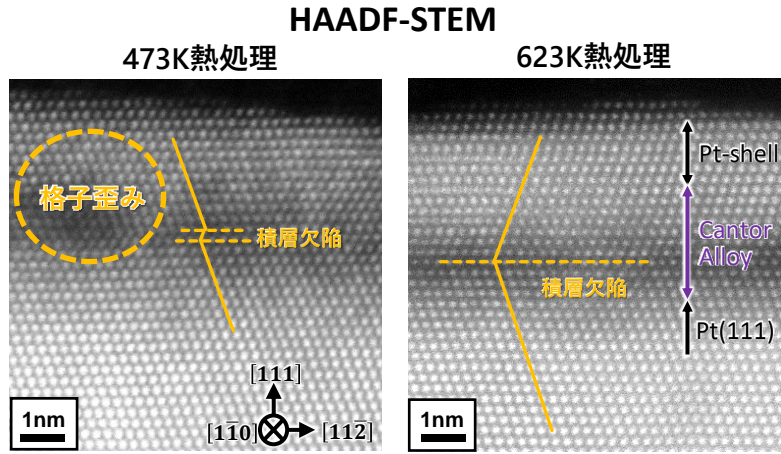
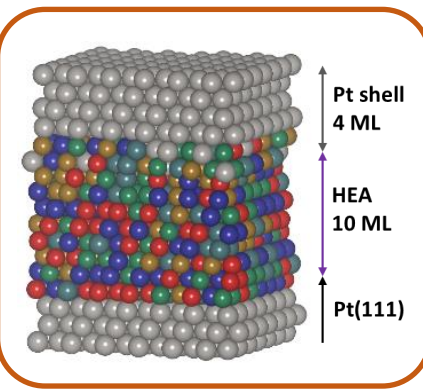


局所的な拡散抑制箇所
⇒ ピン止め効果

低白金東北大:

Cantor AlloyにPtを加えた高エントロピー合金 (Pt-HEA) 系を起点にカソード触媒モデルを気相合成
Pt単結晶 (基本低指数面; Pt(hkl)) 基板の上にHEA、Ptをアークプラズマ逐次堆積

➔ **ORR活性(歪効果)とサイクル負荷特性(合金化元素の溶出抑制)の両立を狙う**



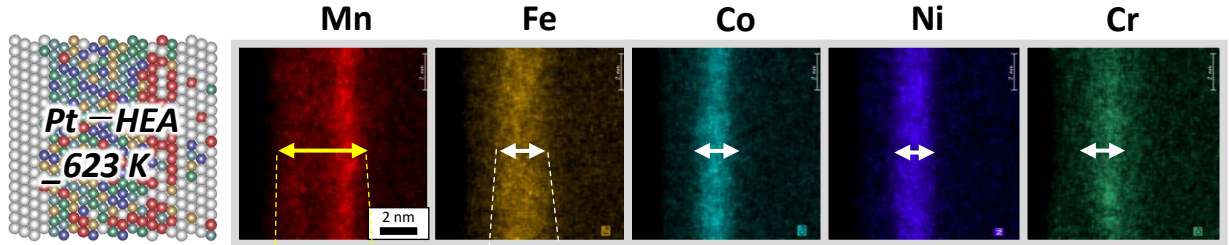
ORR特性 Pt-HEA (5元系) > Pt/Co

- 473K(赤) : 低活性・高耐久 (原子欠陥存在、Pt移動抑制)
- 623K(橙) : 高活性・中耐久 (表面歪最適化、PCsで構造緩和)
- 773K(紫) : 中活性・中耐久 (中間的な特性)

「構成元素種と原子配列を自在に制御可能な合金触媒研究プラットフォーム」

3-2-2 Ptを含む高エントロピー合金系 (カソード ; 東北大学)

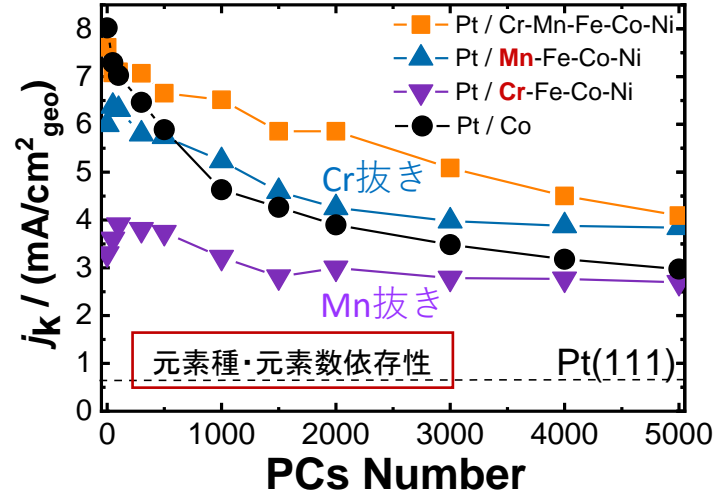
Pt-HEA系のORR特性 ~元素数(種)依存性~



表面近傍の元素分布

HEA : Cr-Mn-Fe-Co-Ni
MEA(Middle Entropy Alloy) : Mn-Fe-Co-Ni

STEM-EDS ; 産総研との共同研究



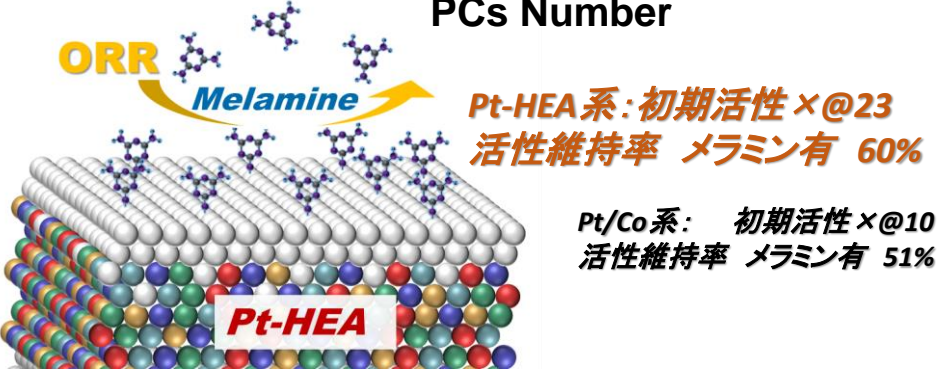
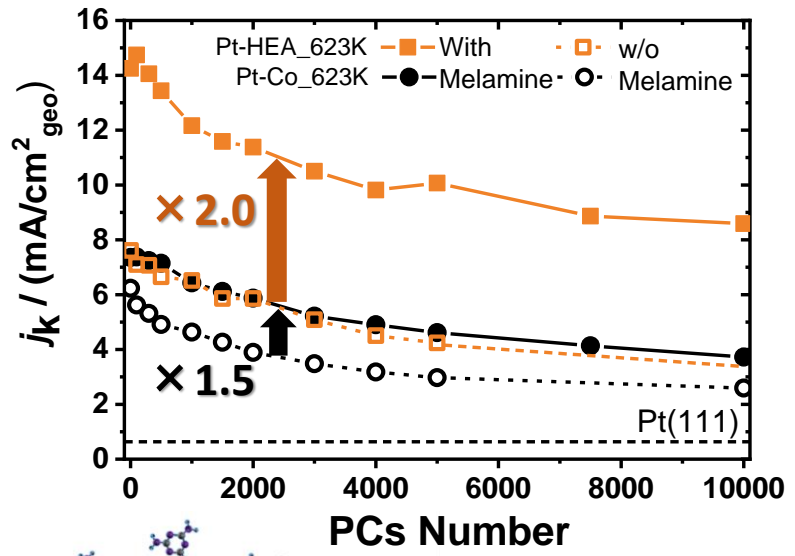
Pt-HEA_623K
 Mn: Pt基板(シェル)界面に濃化
 Cr, Fe, Co, Ni: Pt下層に均質分布

Pt-MEA_623K
 Pt-HEAに比べ合金元素分布が拡大

Pt-HEA(5元系) > Pt-MEA(4元系)

4元系: 元素種依存 (Cr抜き, Mn抜き)
 Mnは高活性化、Crは高耐久化に寄与

~表面有機物(Melamine)修飾~



Pt-HEA系: 初期活性 ×@23
 活性維持率 メラミン有 60%

Pt/Co系: 初期活性 ×@10
 活性維持率 メラミン有 51%

Pt/HEA5元系(内部構造制御)はMelamine(表面修飾)と高いシナジー(ORR活性+耐久性の大幅向上)

「構成元素種と原子配列を自在に制御可能な合金触媒研究プラットフォーム」

⇒ 今後構成元素種 (2~6元系)、原子配列を変えてサイクル負荷特性を検討する

3-3-1 安定性の高いメラミン系修飾剤の開発①～疎水性イオン対化～ (産総研)

前プロでメラミン等のある種の含窒素芳香族化合物がPt触媒の活性を上昇させることが分かった。
 → 次の課題はメラミン等の修飾剤を電解液に溶出させずに、白金上に安定的に存在させること。この目的のために **(1) 修飾剤の疎水性化**、及び **(2) 修飾剤のポリマー化** を行った。

★ 修飾剤の疎水性化

安定性試験条件：0.6V-1.0V(CV), 150 cycles, 25 °C.

アルキル基の導入によるメラミンカチオンの疎水性向上

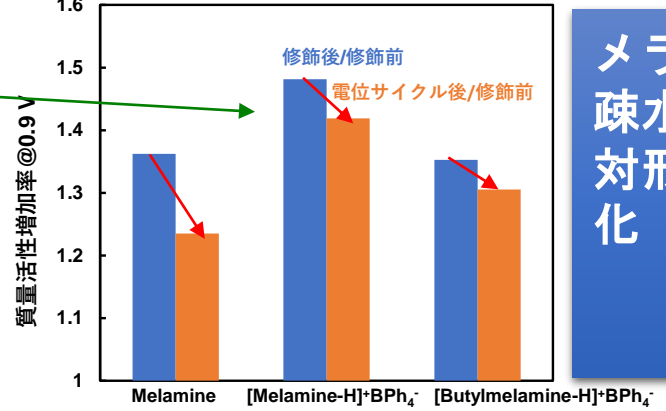
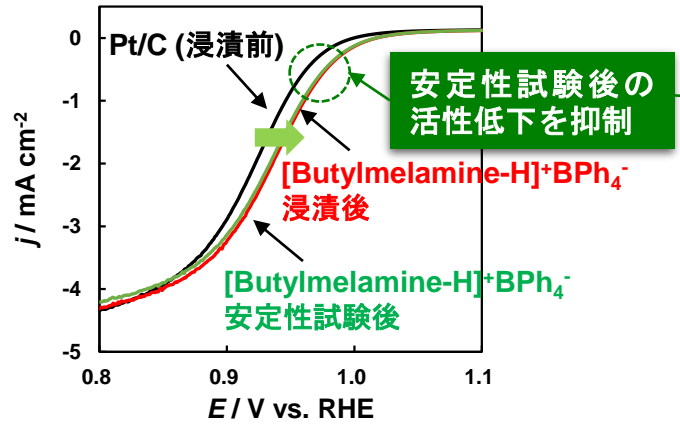
脂溶性アニオンとのイオン対形成による疎水性化

0.1 HClO₄ 0.1 HClO₄(80 °C)

可溶	可溶
不溶	微溶
不溶	不溶

メラミンに比べて電解液への溶解性が減少した。

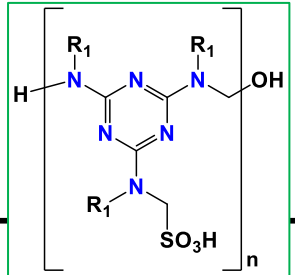
[Butylmelamine-H]⁺BPh₄⁻



メラミンのアルキル化及び疎水性アニオンとのイオン対形成により修飾剤を疎水性化
 → Pt上での吸着安定性が改善

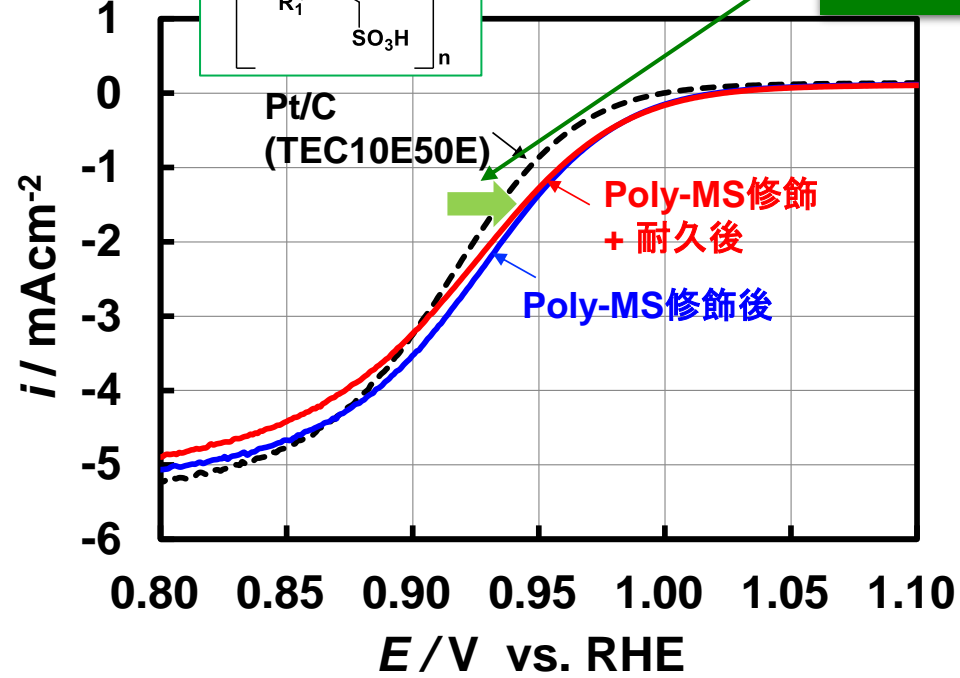
3-3-2 安定性の高いメラミン系修飾剤の開発②～ポリマー化～ (産総研)

◆ ポリメラミンスルホン酸(Poly-MS)



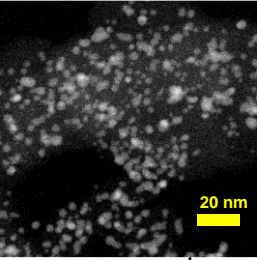
メラミンポリマーの一種

Poly-MSはPt/Cに安定的に吸着し、その活性向上効果は耐久試験後も持続した



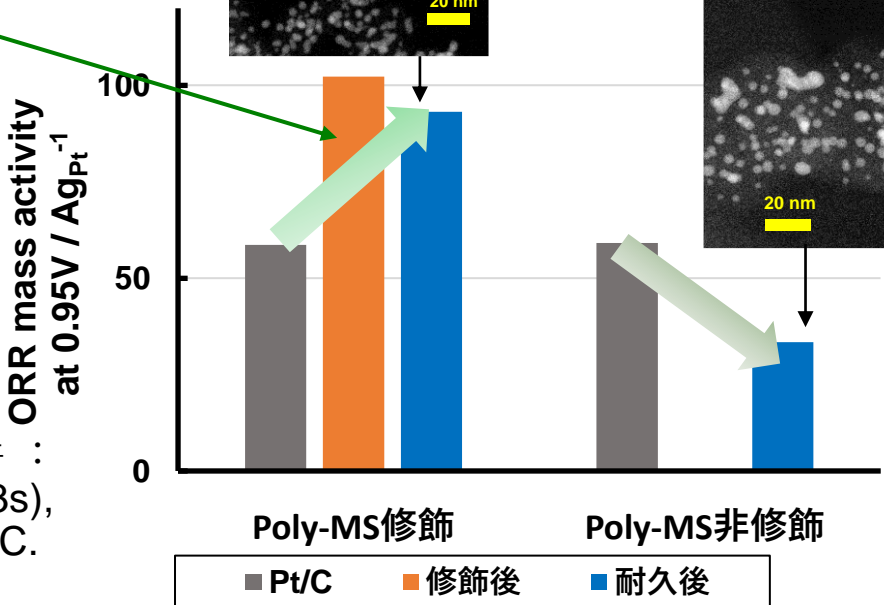
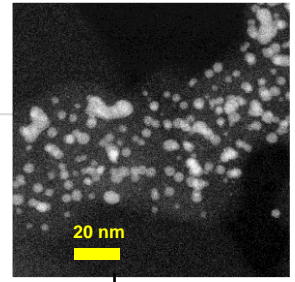
耐久試験条件：
0.6V(3s)-0.95V(3s),
2800cycles, 79 °C.

平均粒径
3.7 nm



Poly-MSは、耐久試験後のPtナノ粒子の粒径増大を抑制することも分かった

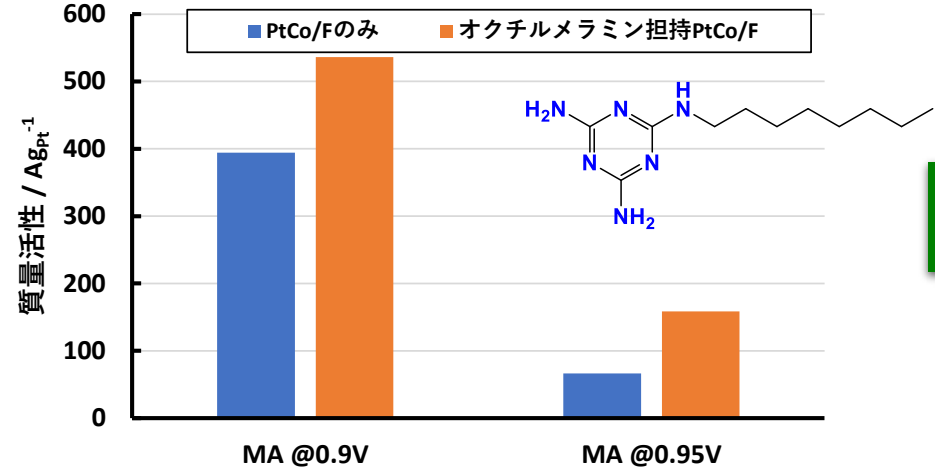
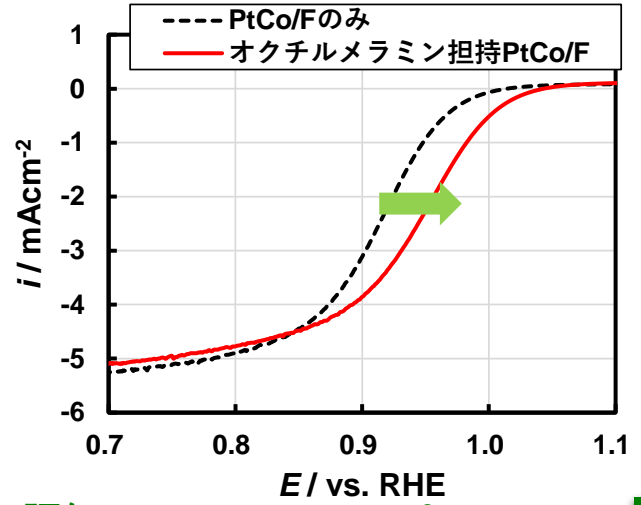
平均粒径：**4.4 nm**



- Poly-MSの被覆によりPt/C活性が上昇し、その効果は耐久試験後も持続した。
- Poly-MSの利用により修飾剤の吸着が安定になることに加えて、Ptナノ粒子の耐久性も上昇した。
→ 耐久性上昇効果の原因の検証 (次の次のスライド) :
(1) ポリマーであることの効果 or (2) メラミン分子自体の効果

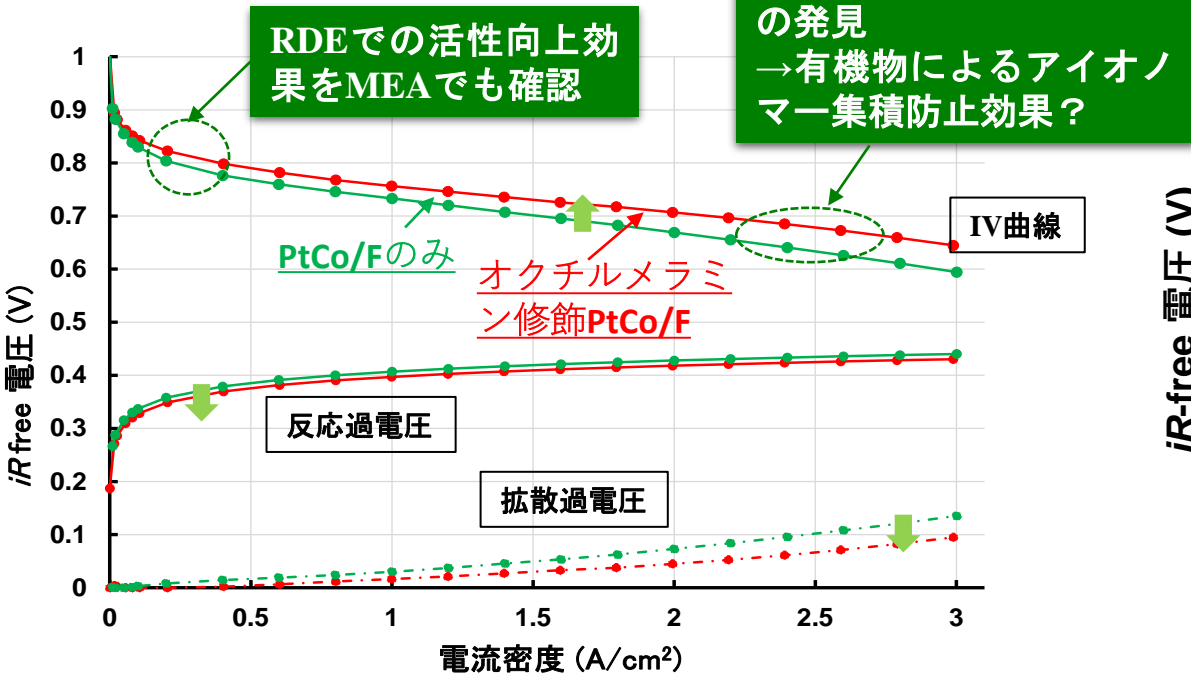
3-3-3 有機物修飾触媒のMEA評価 (PF・産総研)

★ RDEによる活性評価

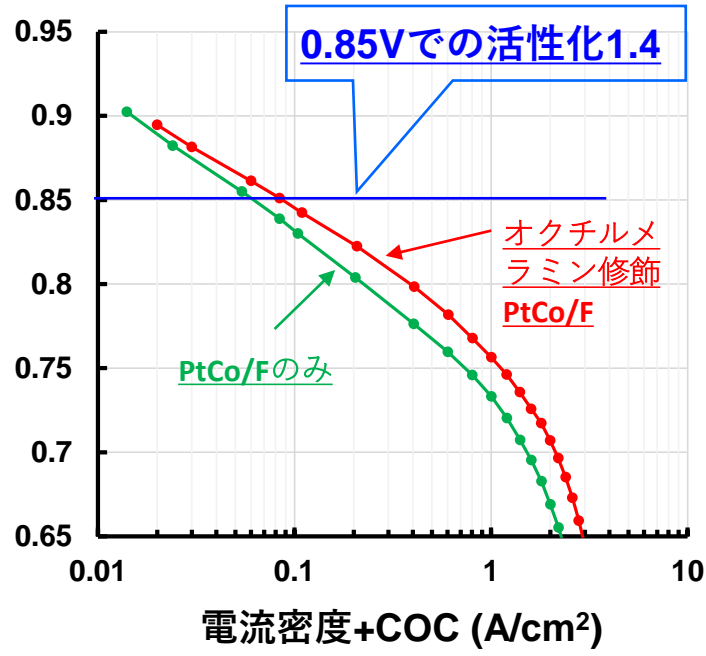


RDE評価によりオクチルメラミンによる高活性化を確認

★ MEA評価 (Pt = 0.21 mg/cm²)



高電流密度域の性能上昇の発見
→有機物によるイオンマ集積防止効果？

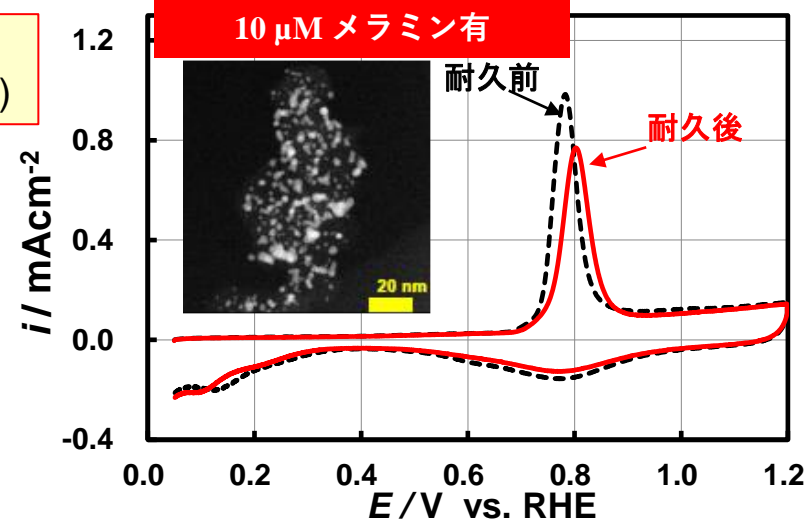
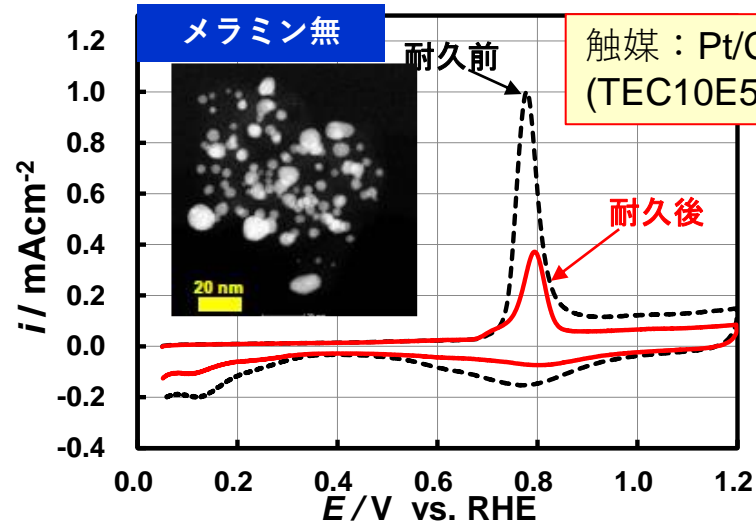


- オクチルメラミン修飾により活性化過電圧が低減され、0.85Vでの電流値が向上。
- オクチルメラミン修飾により高電流密度域の電圧も上昇した。(酸素透過性)

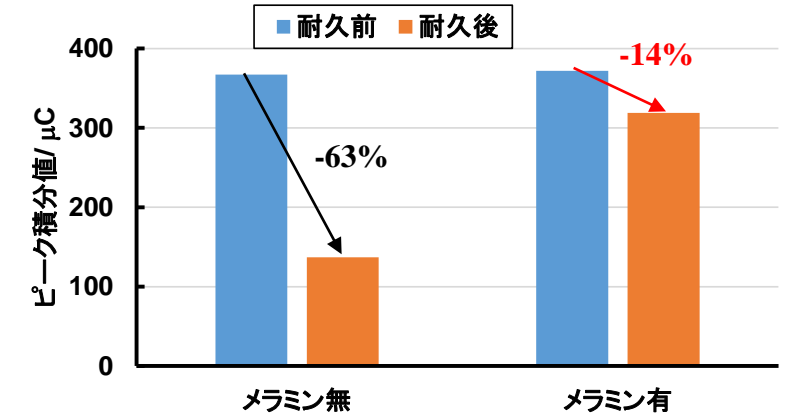
3-4-1 メラミン添加によるPt/Cの耐久性向上 (産総研・同志社大学)

メラミン分子自体の耐久性に対する効果を確認するため、メラミンを電解液中に入れて耐久試験を行った。

CO ストリッピング法による耐久試験前後の白金表面積評価

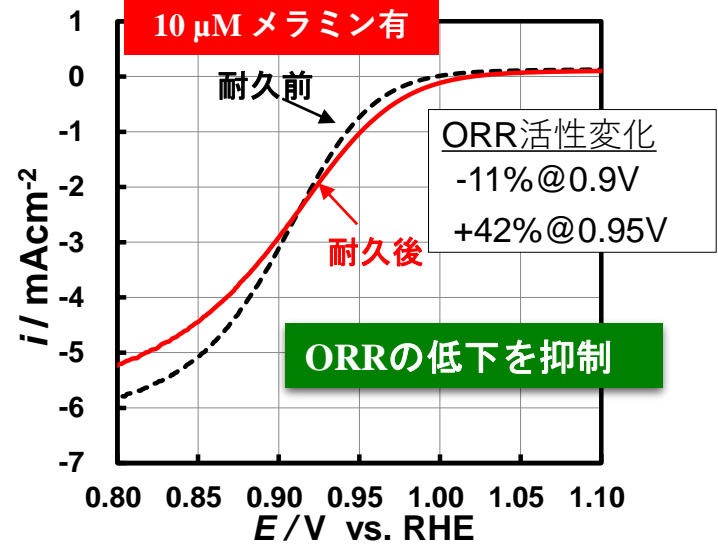
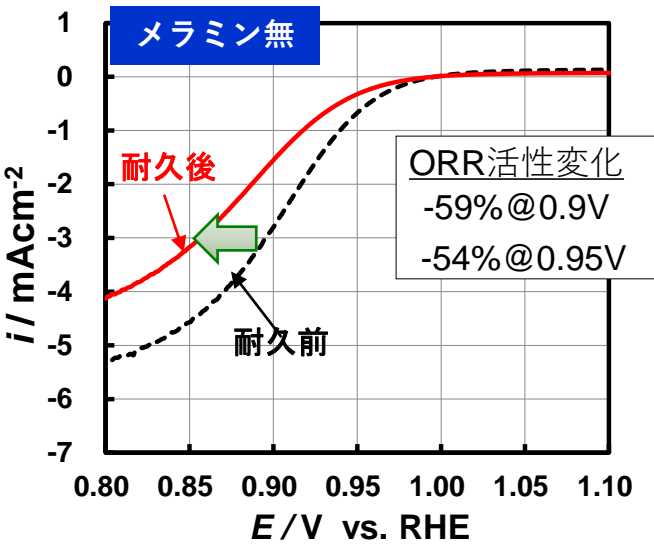


(耐久試験前後のECSA_{COad})



メラミンの存在により耐久試験後のPtの粒径増大が抑制され、ECSAの低下も抑制される。

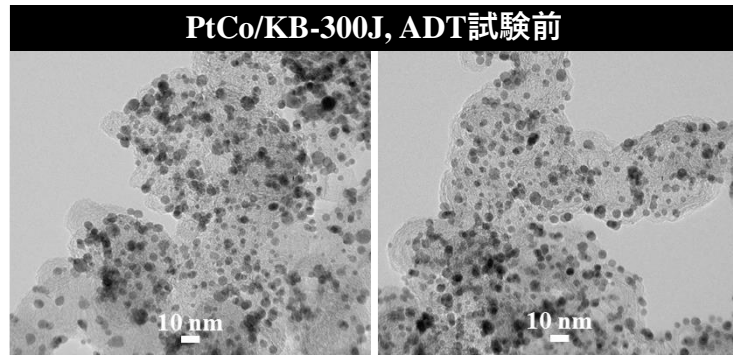
ORR活性変化



耐久試験条件：0.6V(3s)-1.0V(3s), 10000cycles, 79 °C.

➤ 溶液中へのメラミン10 μM添加によりADT後のECSA低下を大幅に抑制。メラミン分子自身に耐久性向上効果があることが分かった。

3-4-2 メラミン添加によるPtCo/C触媒の高耐久性化 (同志社大学, 産総研)



❖ ADT
0.6-1.0 V @ 80°C
10,000 cycles

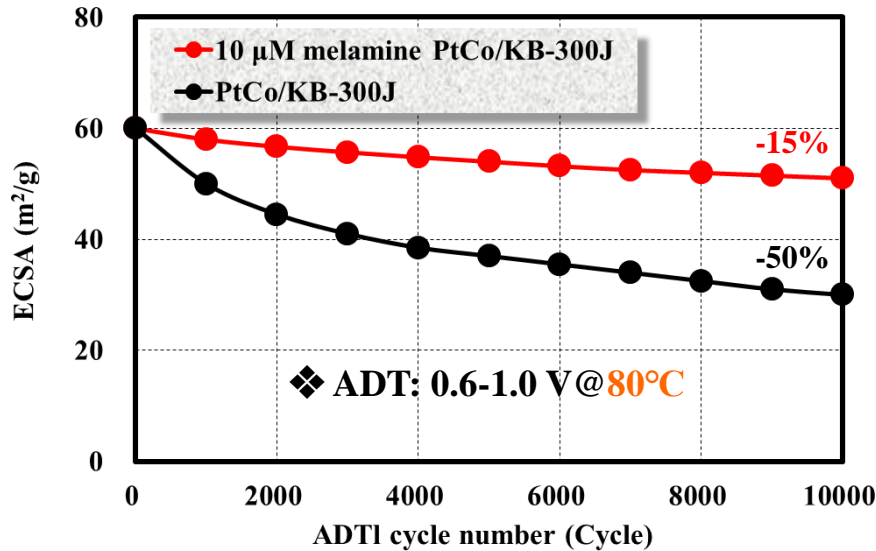
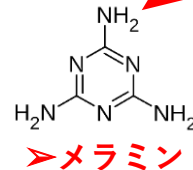
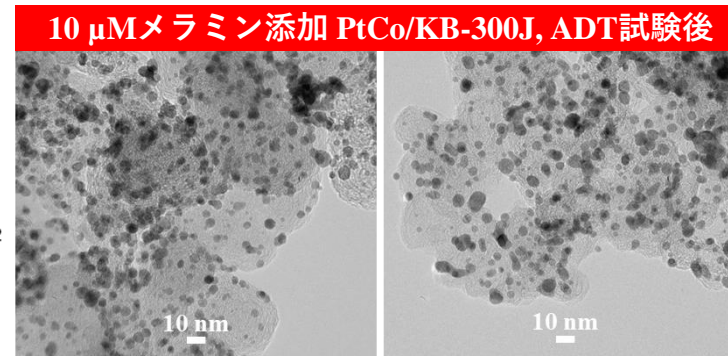
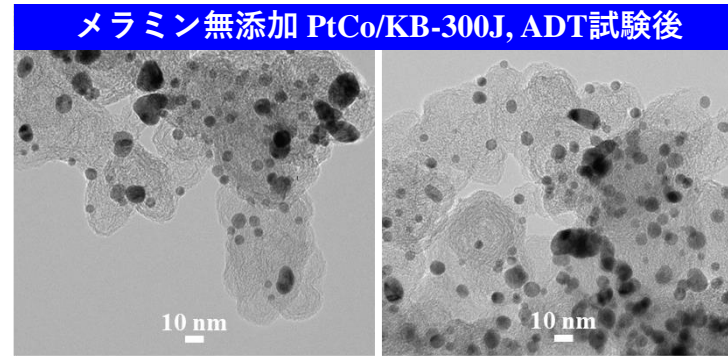


図 ADTによるPtCo/KB-300J合金触媒のECDSA変化

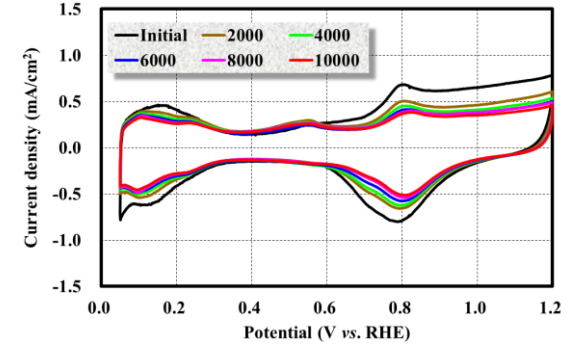


Fig. CVs of PtCo/KB-300J alloy catalyst.

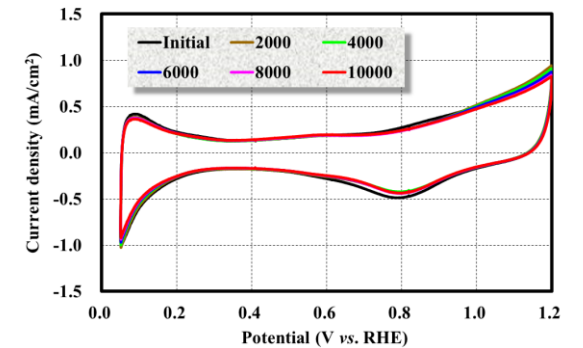


Fig. CVs of PtCo/KB-300J alloy catalyst.

表 ADT@80°CによるPtCo/KB-300J触媒からのCo酸化溶出とMAの変化

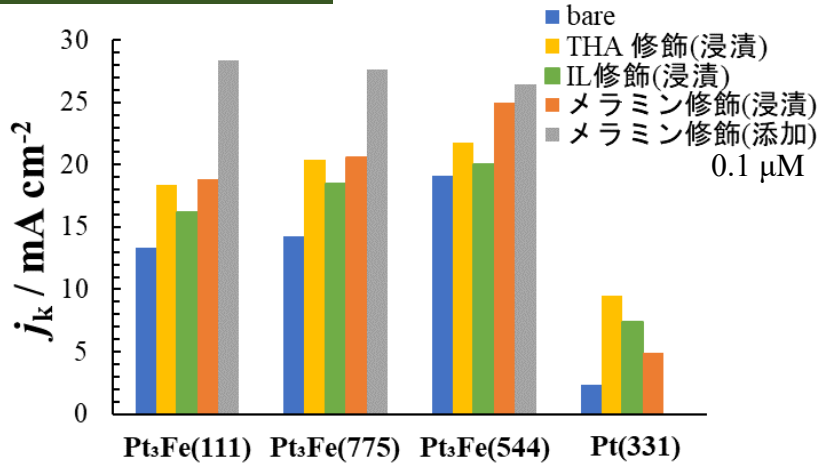
触媒	Co溶出率 (%)	MA (A/g@0.9 V)
PtCo/KB-300J, ADT前	-	1,176
PtCo/KB-300J, ADT後	56	357
メラミン-PtCo/KB-300J, ADT後	11	1,019

- 電解液に10 μMのメラミン添加により, ADTによるCoの酸化溶出とECDSA減少を劇的に抑制.
- Heavy duty用途向けPt合金触媒の高耐久性化に向け, 大きな期待.

3-5-1 高温で高ORR活性を発現する活性化因子の解析 (千葉大学)

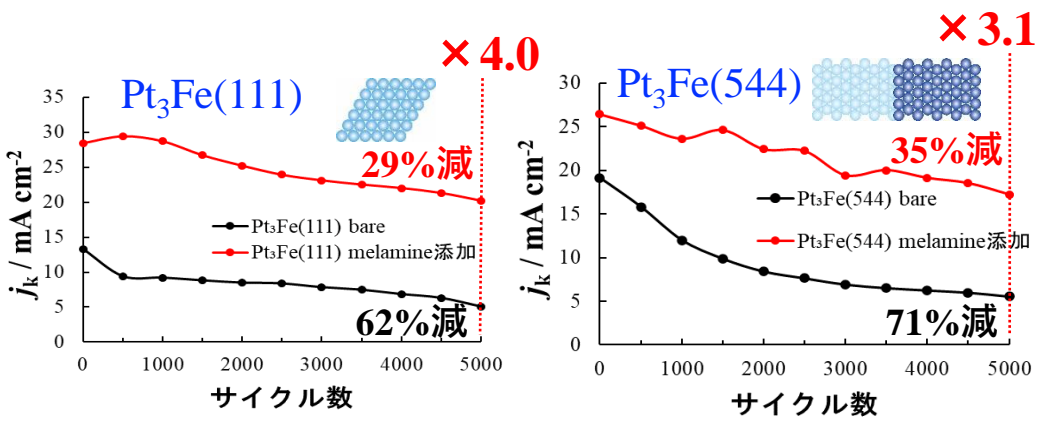
Pt₃Fe合金単結晶電極 (疎水性物質修飾)

活性への効果



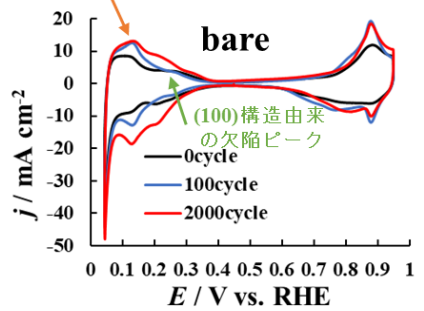
- ・メラミン修飾(0.1 μM添加)電極のORR活性向上率が最大
- ・メラミン修飾(0.1 μM添加)/Pt(111)が最大のORR活性を示す
→ Pt(111)の37倍
bareで最大活性を示すPt(331)の8.6倍 at 0.90 V(RHE)

耐久性への効果

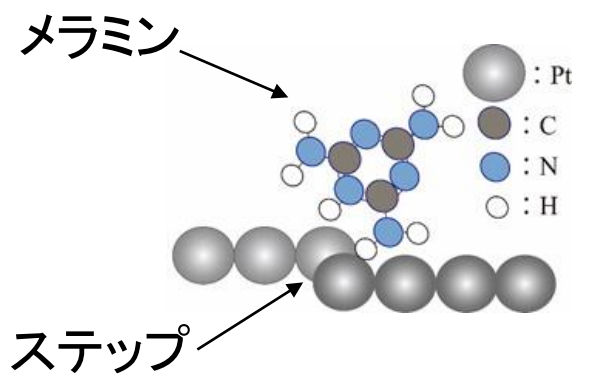
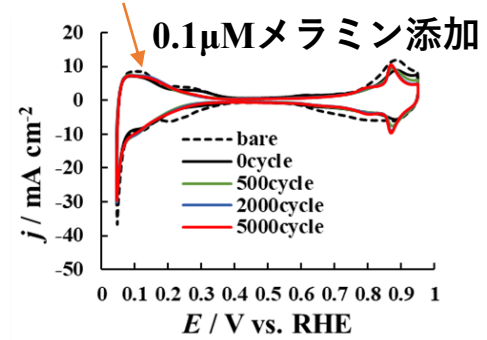


0.1 μMメラミン添加により耐久性向上

ステップ由来のピーク Pt₃Fe(544)



ステップ由来のピーク消失



ステップに優先的にメラミンが斜めに吸着
→ 合金の卑金属溶出抑制
→ 耐久性向上

3-6-1 メラミンをベースとしたイオン液体(塩)のORR活性向上効果 (同志社大学)

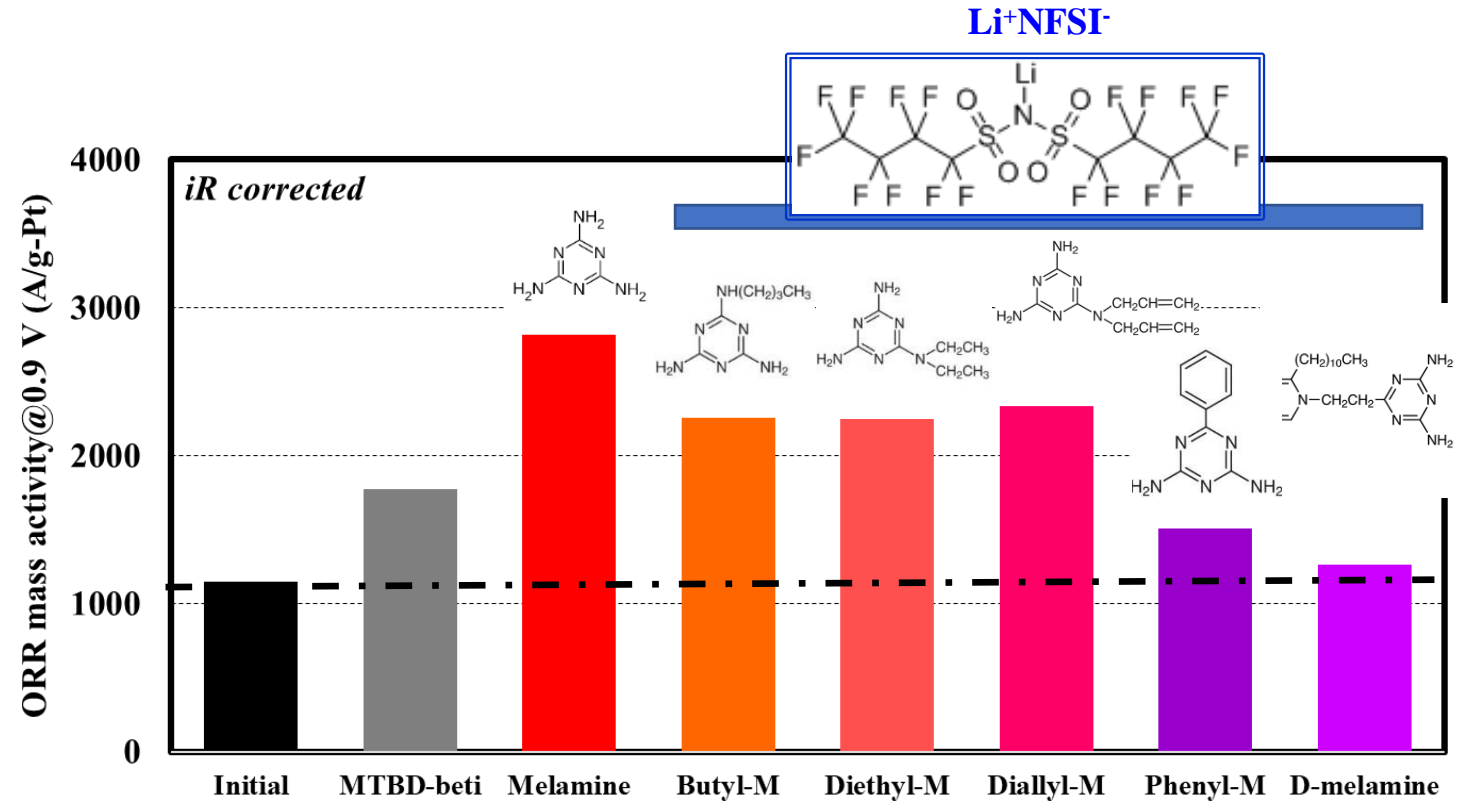
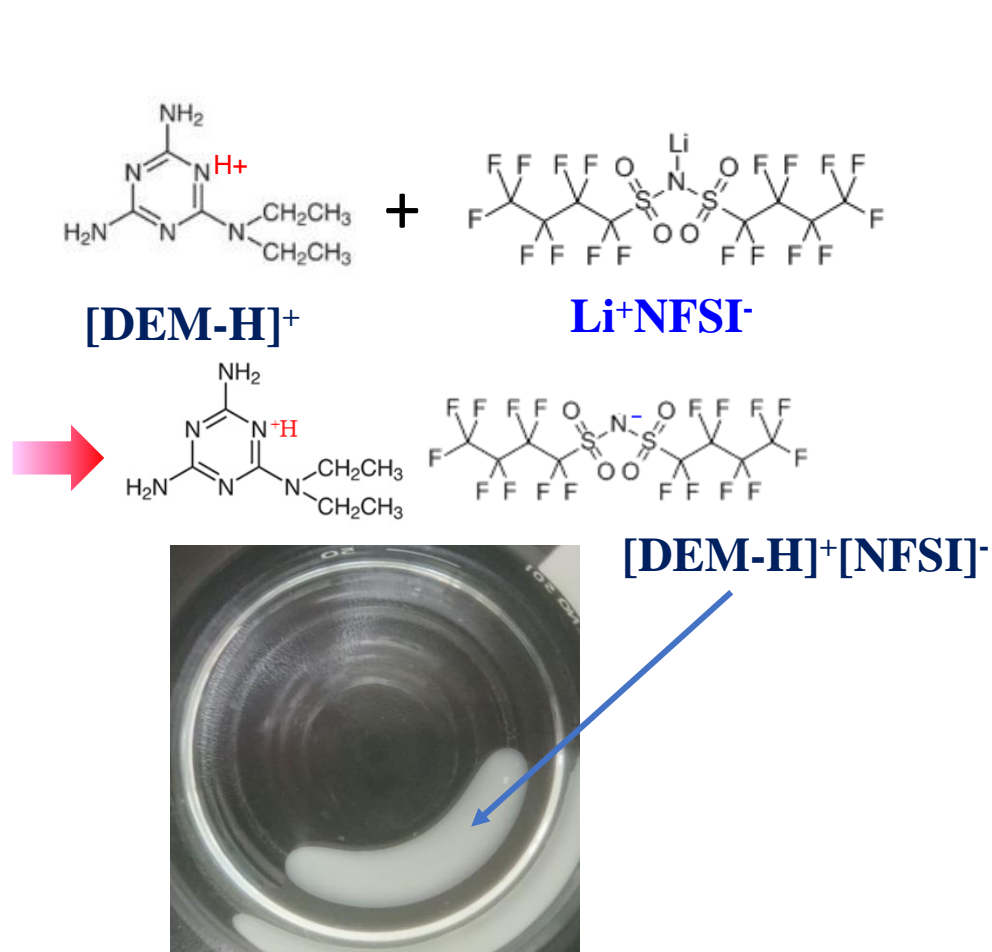


Fig. ORR mass activity of Pt/Pd/KB-600JD catalysts.

図 公知のイオン液体, メラミンおよび同志社合成イオン液体(塩)で修飾した Pt/Pd/KB-600JDコアシェル触媒のORR質量活性

- メラミン誘導体カチオンとNFSIアニオンからなる塩を表面吸着させることで, メラミン単体と同様にORR質量活性が向上.
- DEM-NFSI塩でPt/CNovel MH-18触媒を修飾することにより, I-V特性向上を確認.

❖ 上記イオン液体(塩)の特許出願済. ❖ イオン液体(塩)で修飾したPtCo/MPC合金触媒の電池特性をPF@山梨で評価中.

3-6-1 メラミンベースイオン塩修飾Pt/MPCによる発電特性の向上 (同志社大学, 石福金属興業)

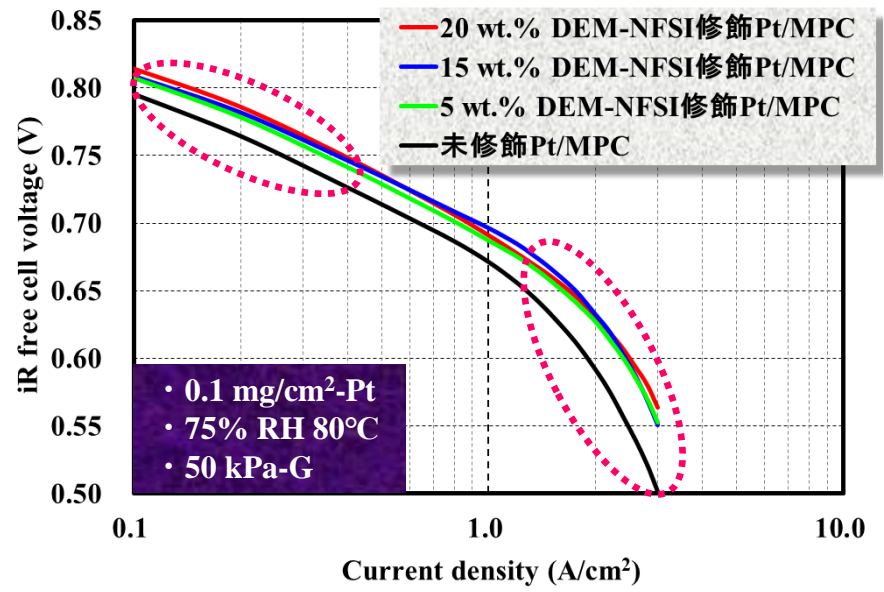
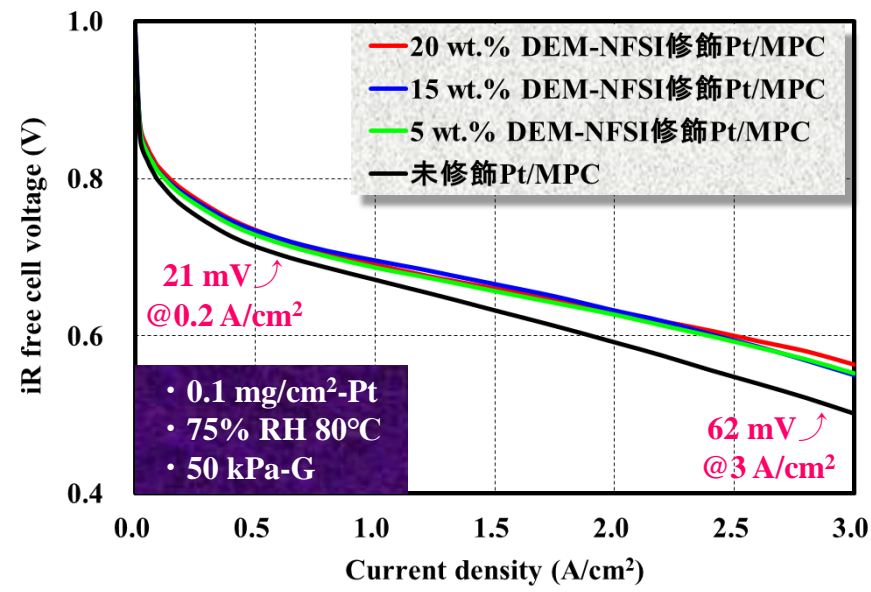
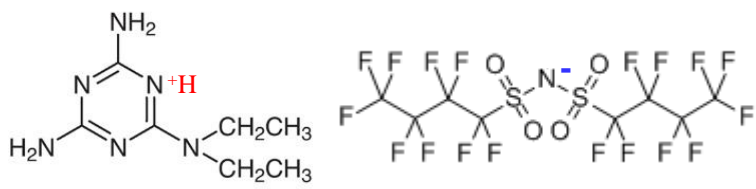


図 H₂-空気を供給したPt/CNovel面積1 cm²の燃料電池のI-V特性 (石福金属興業で評価)



図 導入したMEA評価装置

Cathode : 0.1 mg-Pt/cm², Serpentine flow path, 80°C, 75 %RH, 50 kPa-G, Ca. gas Air / An. gas H₂



DEM-NFSI: Diethylmelamine-nonafluorobutanesulfonylimide

➤ DEM-NFSI塩で修飾したPt/MPC触媒は、全電流密度領域で未修飾触媒に比べ高い電池電圧を示した。
 ➤イオン塩修飾による高電流密度の出力向上は、イオンマーが可塑化して酸素拡散性が向上した可能性?

➤ メラミンベースイオン塩で修飾 ⇒ 高活性化+プロトン伝導性補填+高酸素拡散性+高耐久性化.

4. 今後の見通しについて（と今後の計画）

1. MPC担体

- ・触媒粒子の担体内部への均一担持法と粒径制御（合金触媒）
- ・メソ孔構造、粒子サイズ、形状の最適化
- ・MPC担体内部のガス拡散、プロトン伝導性の数値化（シミュレーション）⇒ PF

2. 高活性触媒

- ・合金触媒の高活性化、高耐久化、基礎研究からの知見活用（有機物修飾、三元系、四元系高活性合金開発）

3. 有機物，イオン液体修飾

高活性化＋プロトン伝導性付与＋イオノマー酸素拡散性向上＋触媒高耐久化

- ・イオン液体、有機物修飾触媒を用いるMEA作製法の最適化（添加方法，添加量等）
- ・有機物，イオン液体による上記4つの効果のメカニズム解明 ⇒ PFと協力
- ・イオン液体，修飾有機物の構造最適化（高活性化）
- ・イオン液体，修飾有機物の耐久性向上（長期効果発現）

➤ Heavy duty FCVへの応用も視野に入れた触媒開発

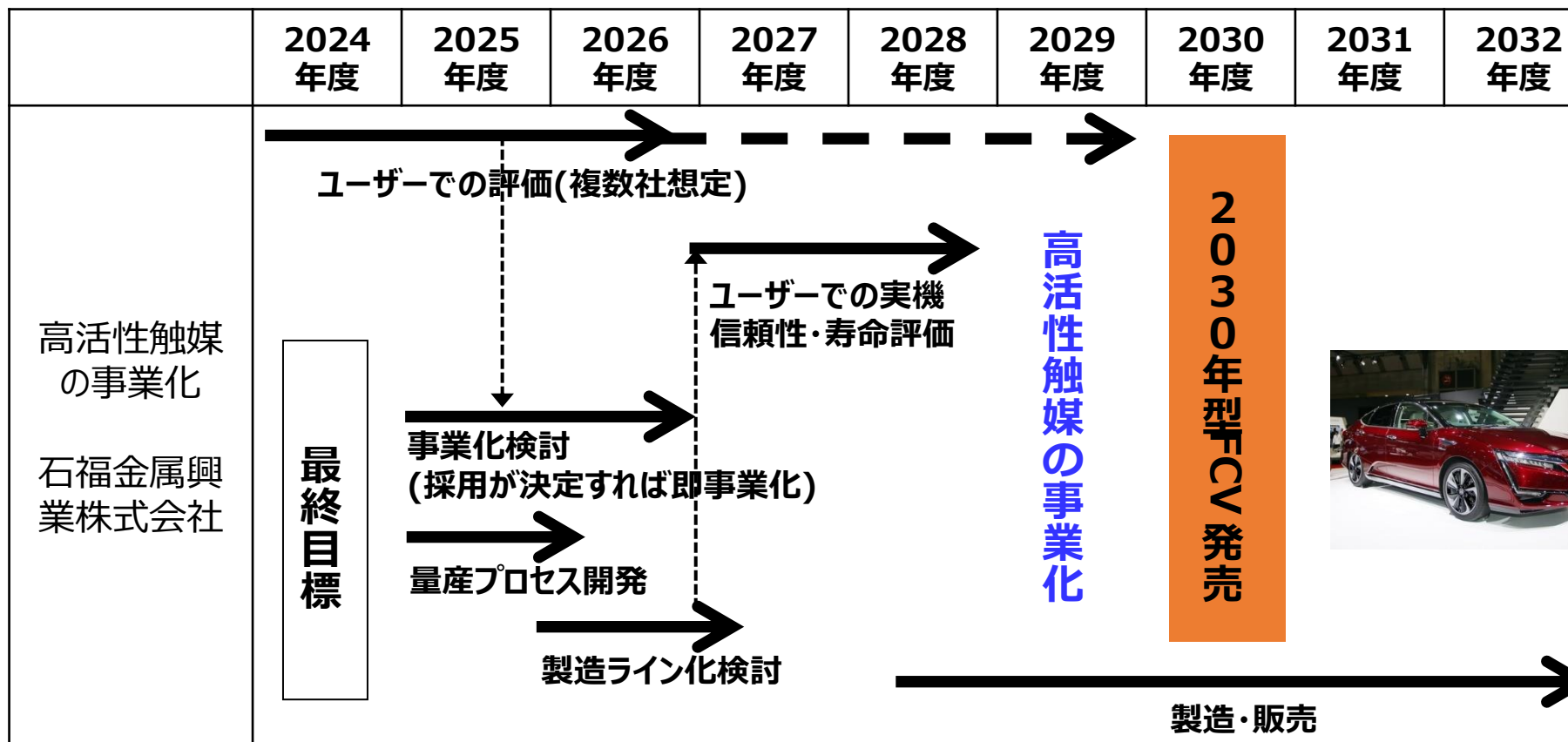
4. 今後の見通しについて（外部発表および事業化計画）

・ 外部発表

学会講演	論文文献	特許	プレス発表	受賞
52	14	4	3	5

・ 実用化イメージ

2024年度最終目標を達成した後、2030年型FCVへの搭載に向けて事業化を進める。



4. 今後の見通しについて

2020-2023年度

NEDO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
通課題解決型基盤技術開発／

高温低加湿作動を目指した革新的低白金化技術開発



Doshisha U.



TOHOKU
UNIVERSITY



CHIBA
UNIVERSITY



AIST



Ishifuku Metal

ご静聴どうもありがとうございました。