

九大・水素利用プロセス研究室(佐々木研) におけるPEFC材料開発について

佐々木 一成、野田志云、安武昌浩、立川雄也、西原正通、松田潤子

九州大学・次世代燃料電池産学連携研究センター(NEXT-FC)

(水素エネルギー国際研究センター、工学研究院、副学長)

(Email: sasaki@mech.kyushu-u.ac.jp)

第16回FC-Cubicオープンシンポジウム in 九大伊都キャンパス

2025年3月7日



国内最大規模の“実証実験”キャンパス



脱炭素・水素社会実現へ世界と戦う“チーム福岡”

大学：社会に多様な価値を提供！ 九大水素関連の取組

エネルギー研究教育機構 (総長が機構長。オール九大で今世紀後半のエネルギー社会を提案)

技術実証

次世代エネルギー

実証施設

(大学発技術を
キャンパス内で実証)



(稲盛フロンティア 研究センター)

(世のため、人のための
未来科学研究→プログラムへ)



未来科学

水素タウン
(世界最大規模、150台の
燃料電池が集中設置)



センターオブイノベーション
(社会実装のためのイノベーション拠点)



水素ハイウェイ
(九大水素キャンパスから、
全国へ展開)



人材育成

**水素エネルギー
システム専攻**
(世界初。工学府に
平成22年度新設)



産学連携

**次世代燃料電池 産
学連携研究センター**
(次世代燃料電池の世界初の
本格的な産学連携集中研)



**(公財)水素エネルギー
製品研究試験センター(福岡県)**
(伊都近郊に立地。産業化を支援)



燃料電池

**水素エネルギー
国際研究センター**
(水素・燃料電池インキュベーター)



水素エネ

**水素材料
先端科学研究センター**
(水素に触れる材料に関する集中研)



**カーボンニュートラル・
エネルギー国際研究所**
(英語が公用語の
世界トップレベル国際研究所)

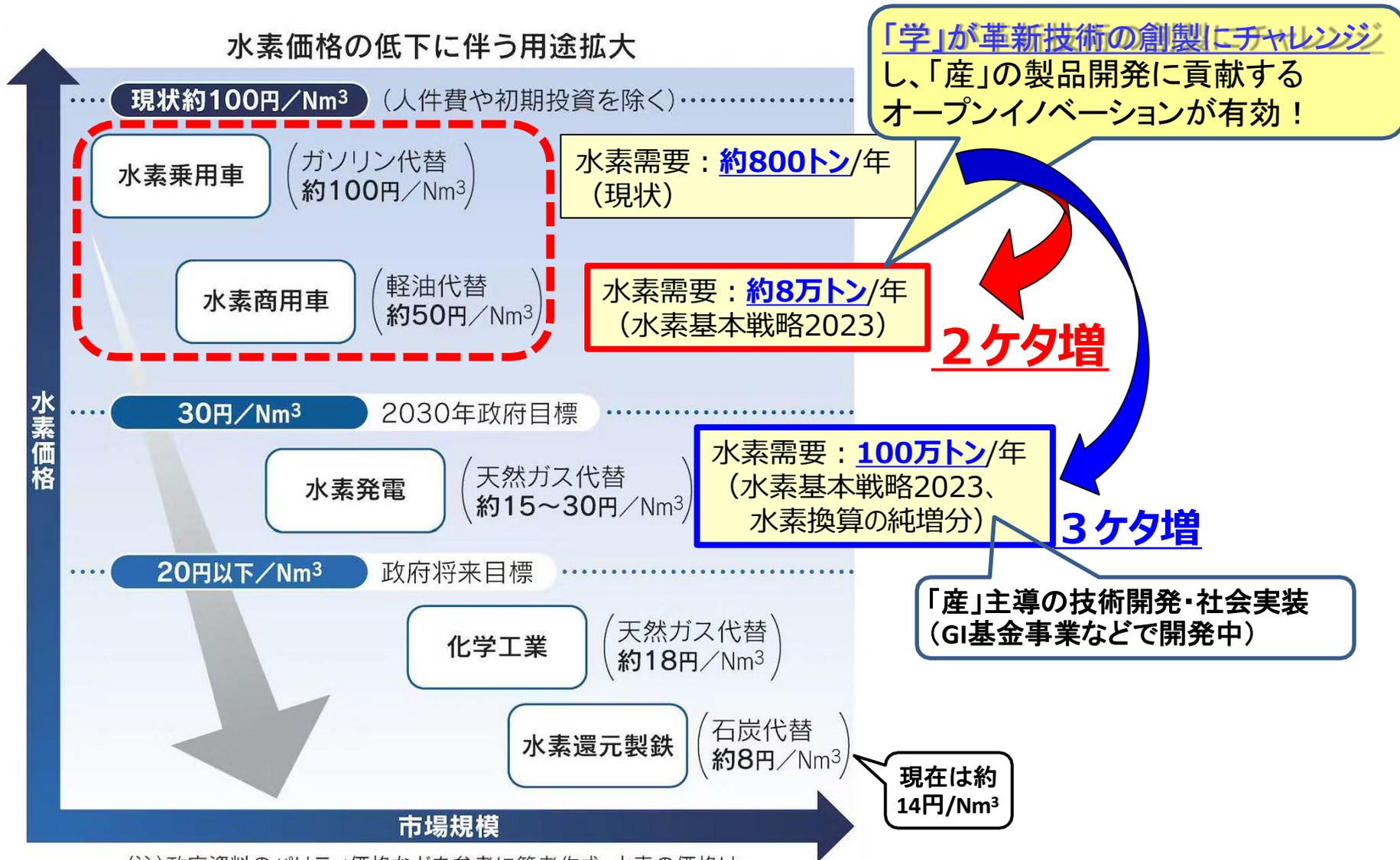


国際連携

基盤研究

産学官地域連携：基礎基盤研究から産学共創、そして本格普及へ

経済：水素価格と用途拡大(輸送⇒発電⇒化学⇒製鉄)



(注) 政府資料のパリティ価格などを参考に筆者作成。水素の価格は大気圧・0度・1立方メートル(Nm³)あたりで表示

固体高分子形燃料電池に 無機材料は貢献できるか？

SOFC研究の経験・知見(1989年～)

⇒担体からの材料・デバイス設計！

⇒平成13～16年度NEDO事業

「ナノ構造制御PEFC電極触媒の開発」

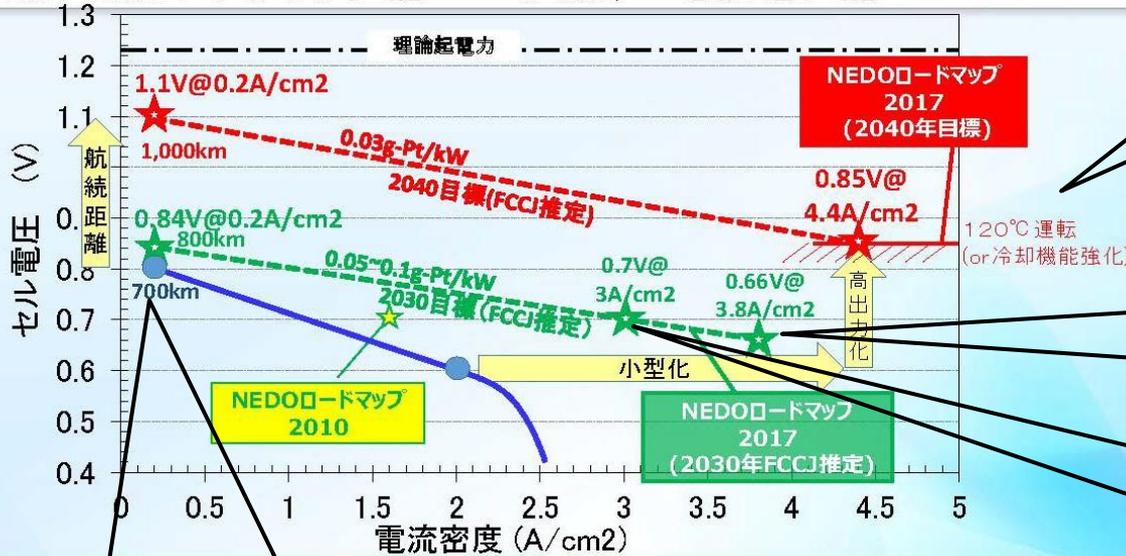
(研究代表者:九大・佐々木一成)

(当時、大学人が研究代表者の唯一のNEDO-PEFC事業！)

現NEDO事業の開発目標の位置づけ

主な目標値 スタック性能 ~達成すべき発電性能~

FCCJ₁



少ない触媒で発電性能の大幅な向上が必要

【高温作動化】

- 高温作動に耐える酸化物担体使用で高負荷用途展開を可能に
- 高温作動時の耐久性向上

【濃度過電圧低減】

- 触媒からGDLまでの薄層化と全体最適化で、高電流密度域でのガス拡散性向上

【抵抗過電圧低減】

- GDLの薄層化で抵抗成分低減
- MEGAの一体開発で集電性なども向上

【活性化過電圧低減】

- メソポーラスカーボンのメソ孔利用でNafion被毒回避

【高電位サイクル安定性確保】

- 酸化物担体などで高電位耐久性付与

水素基本戦略(改訂版)が示すように国際競争や技術間競争が激化する中で、このような目標の早期達成が我が国にとって不可欠!

- **産業界 (FCCJ) の2030年目標を2024年度に前倒し達成する野心的な研究開発目標設定**
- 「酸化物」「メソポーラスカーボン」「親水撥水MPL」など、長年の独自技術を基盤にした研究
- 研究グループ内での性能・耐久性評価のみならず、プラットフォーム機関での評価で客観性担保
- 本事業への**関心表明企業を含む約30社に毎年、基盤研究成果を報告して多面的に議論**

九大（佐々木G）における研究開発の概要

PtTaCo触媒など
 (800 or 900°C処理など)
 ● PtCo合金で活性向上
 ● Ta添加(高温熱処理で相分離)で触媒凝集抑制

TaOx担体など
 (Ar・1500°C処理など)
 ● TaOxなどによるPtとカーボンの直接接触回避で、カーボン腐食抑制

MC担体など
 (メソ孔径: 5nm径など)
 ● メソ孔内部への触媒・担体の担持で、Pt溶解・再析出抑制
 ● Nafion被毒回避

(TaリッチPtTaCoで自己組織的に同時実現?)

2024
年度末
目標

定常走行
 (0.2A/cm²)
0.84V
 (活性化過電圧低減)

加速走行
 (3A/cm²)
0.7V
 (濃度過電圧低減)

起動停止
 (1.0↔1.5V)
6万回
 (カーボン腐食抑制)

負荷変動
 (0.6↔0.95V)
40万回
 (Pt溶解析出抑制)

**MPL/GDL
薄層化**
(50μm厚)
 (MPLの薄層化・自立化)

出口案: PtTaCo触媒/TaOx担体表面層/高黒鉛化MC担体/自立MPL-GDL

(メッシュ材を補強材として薄層化!)

撥水性制御MPLなど
 (カーボン材料+PTFEなど)
 ● 撥水性の最適制御で、フラッディング防止とガス拡散性確保

メッシュGDLなど
 (MPLの自立補強材)
 ● MPLの補強材(約40μm厚)として、MPLの薄層化・自立化を実現
 ● 繊維系材料使用でガス拡散性向上

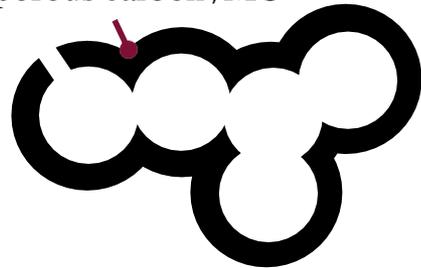
高活性+高出力+起動停止耐久+負荷変動耐久+薄層化の同時実現!!

主コンセプト【電極触媒】：MC + 酸化物 + 合金触媒

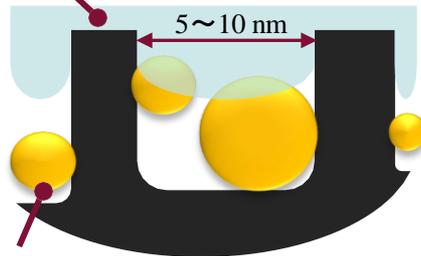
高耐久化・高活性化へ向けて

メソポーラスカーボン^[1]

Mesoporous carbon; MC



Ionomer

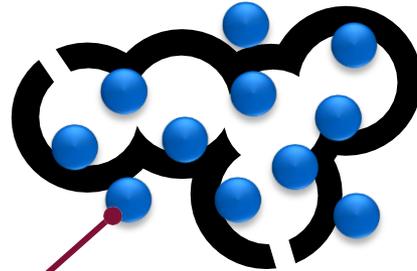


Pt nanoparticle

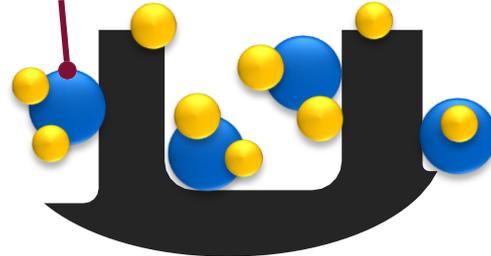
○アイオノマ被毒の抑制
⇒ORR活性の向上

○ Pt凝集の抑制
⇒負荷変動耐久性向上

酸化物担体^[2,3]



導電性酸化物

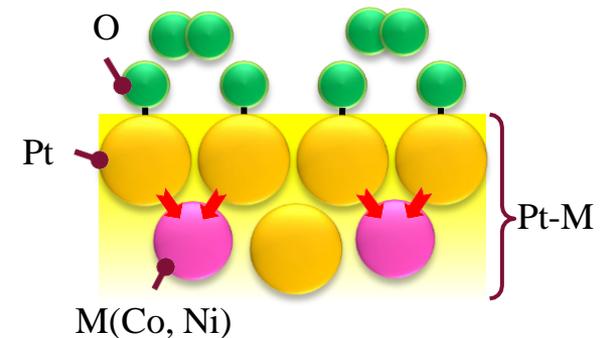
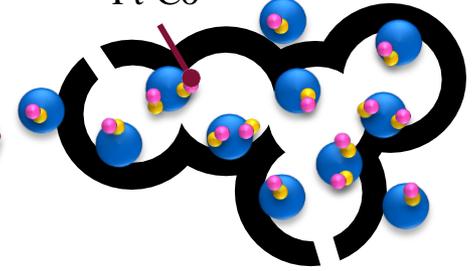


○PtとCの直接接触なし
⇒酸化腐食の抑制

◎Sn系担体^[2]または
Ta系担体^[3]で耐久性向上。
相分離で自己組織的形成

合金触媒^[4,5]

Pt-Co



○Pt-Pt間距離の最適化
(粒子内部に合金元素)

◎ORR活性向上
(PtTaCoなど)

[1] A. Hayashi *et al.*, *Electrochem. Acta.*, **53**, 6117 (2008).

2 S. Matsumoto *et al.*, *J. Electrochem. Soc.*, **165** (14), F1164 (2018).

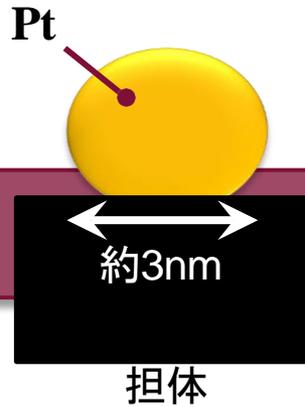
3 K. Sanami *et al.*, *ECS Trans.*, **114** (5) 85 (2024).

4 M. Oezaslan *et al.*, *J. Electrochem. Soc.*, **159**, B394 (2012).

5 M. Asano *et al.*, *ECS Trans.*, **75**, 809 (2016).

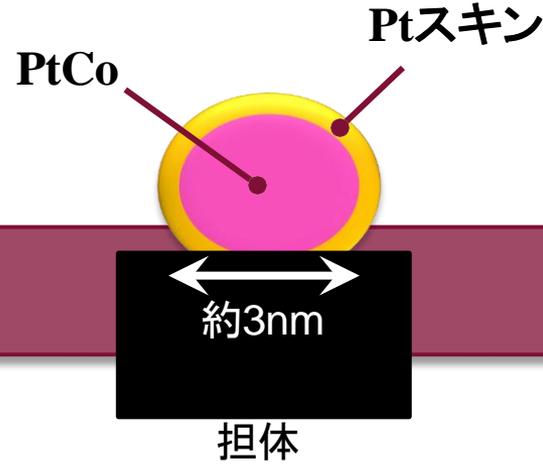
設計指針【触媒】：三元触媒

純Pt



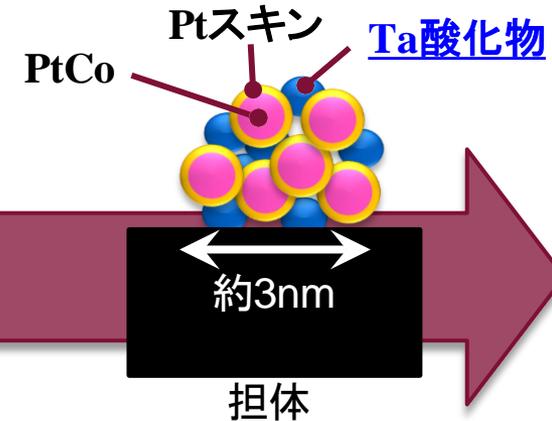
△ORR活性を要向上

PtCo合金



○Ptスキん形成で
ORR活性向上

PtTaCo合金^[6]

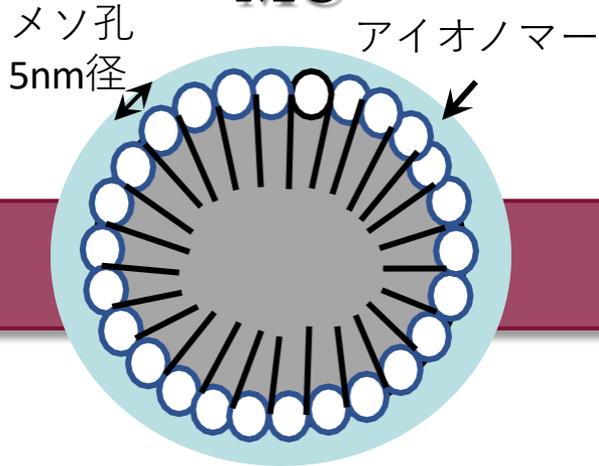


- ◎PtTaCo合金の相分離プロセスでナノ構造制御
- ◎Pt合金触媒の粒径を1nm台で制御
⇒高ECSA、高MA
- ◎熱力学的に安定な酸化物で、Pt合金触媒の粒成長を抑制⇒高耐久性
- TaO_xへのCoドーピングで電子伝導性向上？

[6] R. Miyamoto *et al.*, *ECS Trans.*, 112 (4), 353 (2023).

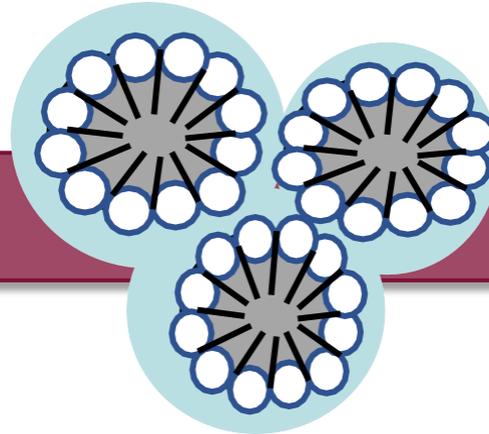
設計指針【MC担体】：高分散担持性＋高導電性

MC



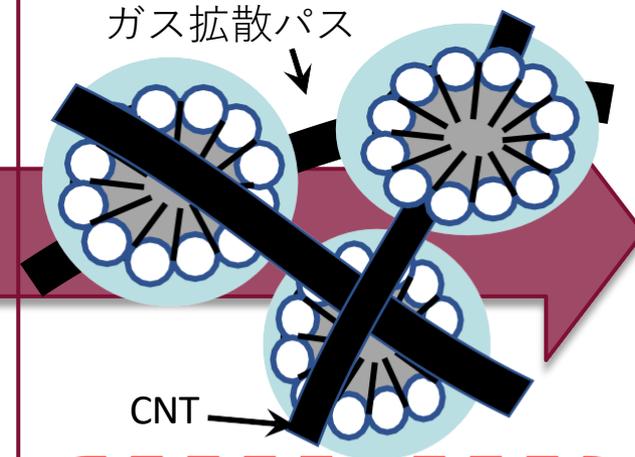
- ✓メソ構造でPt触媒凝集抑制
- ✓メソ孔5nm径でアイオノマー被毒抑制
- ✓黒鉛化(1800°C)で起動停止耐久性向上・高導電性
- ×1ミクロン径程度では電極触媒層の多孔構造不均一
- ×アイオノマー分布も不均一

微粉砕MC



- 約160nm径までMC粉砕可
- Pt系触媒の高分散担持可
- ×MC粒子間の接触抵抗大。電子絶縁性のアイオノマーがMC間の電子伝導パス切断。
- △触媒層緻密化でガス拡散性低下
- △MC粒径の最適化だけでは「高分散担持性」と「高導電性」の両立は困難

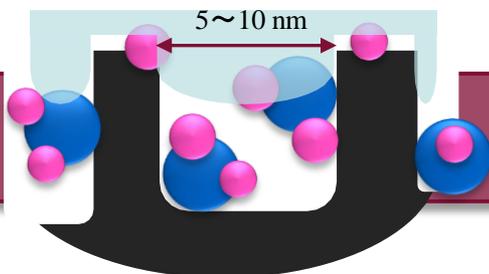
微粉砕MC＋CNT



- ◎「**高分散担持性**」と「**高導電性**」の機能を分離
- ◎CNT添加で、**MC粒子間の電子伝導をCNTが担保**
 - ・電子伝導パス：CNT+MC
 - ・イオン伝導パス：Ionomer
 - ・ガス拡散パス：MC間のPore
- ◎**Pt系触媒とアイオノマー**は（撥水性のCNT表面ではなく）**MC担体上に選択的に担持**
- CNTネットワークで**多孔構造支持・保持**？！

設計指針【MEGA】：MEA + 自立型MPL/GDL

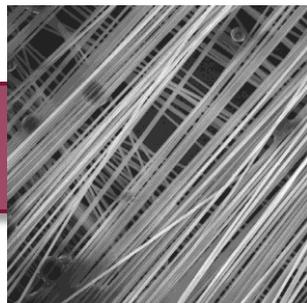
高活性触媒



◎ 三元触媒 (PtTaCo など) で触媒活性の向上
(初期活性MA約700到達)

◎ 低電流密度域で
0.840V@0.2A/cm²達成
(@九大)

MPL 薄層自立化



◎ メッシュGDLを基材とする、自立型薄層MPL/GDL実現^[8]

◎ 分子拡散抵抗 (R_m) がPF標準MPL/GDL (XGL) を下回る結果

△ 触媒層抵抗 (R_{other}) は要低減

△ 低加湿～高加湿の幅広い作動範囲での フラッディング抑制 が課題

撥水性制御



○ 親水撥水複合MPLで 耐フラッディング性 実現 (北原ほか)^[9]

○ 弱撥水チャンネルと強撥水チャンネルの共存 がカギ (CB+CNT+PTFEほか)

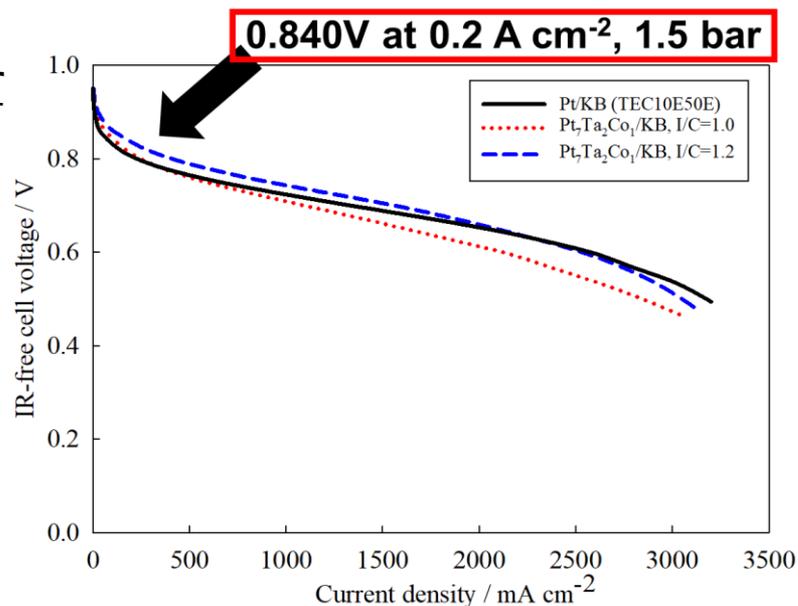
⇒ 自立型薄層MPL/GDL 開発へ

[8] M. Yoshikawa et al., *ECS Trans.*, **112** (4) 83 (2023).

[9] P. Wang et al., *ECS Trans.*, **112** (4) 45 (2023).

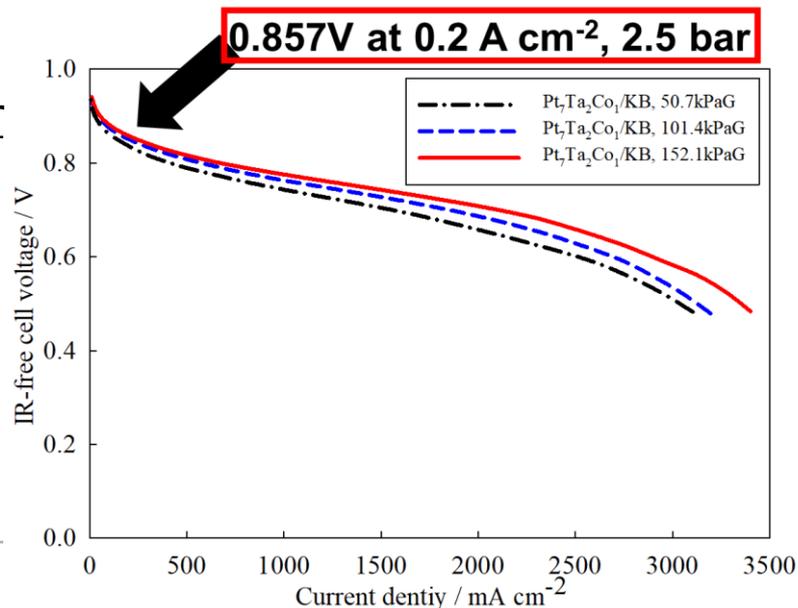
セル性能 : 0.84V@0.2A/cm²到達 (九大調製触媒⇒九大測定)

1.5 bar



(宮本君ほか)

2.5 bar

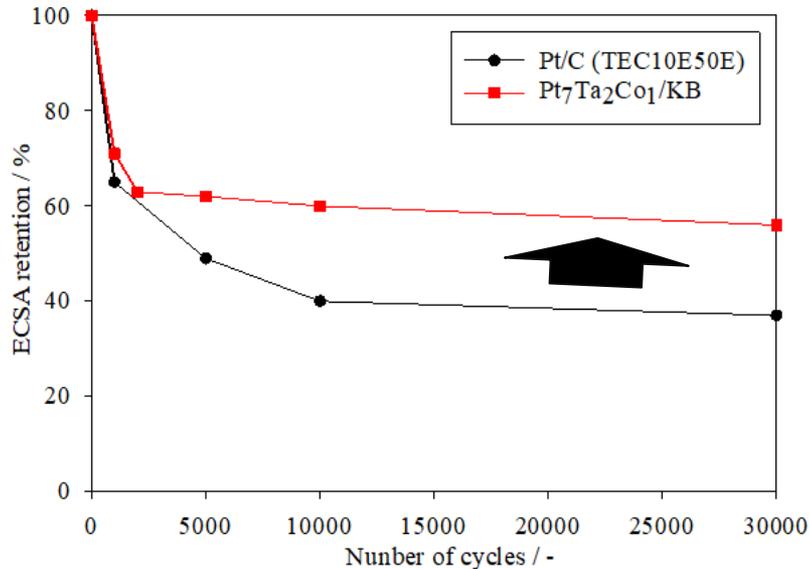


アノード側 電極触媒	Pt/C (TEC10E50E)
カソード側 電極触媒	Pt₇Ta₂Co₁/KB
電解質膜	Nafion212
電極面積	1 cm ²
アノード 白金担持量	0.1±0.01 mg/cm²
カソード 白金担持量	0.2±0.01 mg/cm²
カソード I/C	1.2
圧力	50 or 150 kPaG (1.5 or 2.5 気圧)

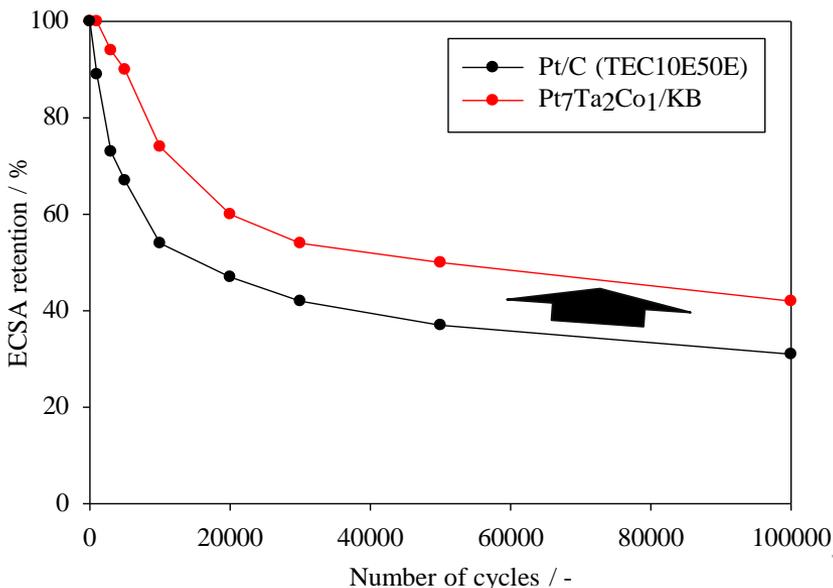
- 目標0.84V@0.2A/cm²を
九大で達成
- 2.5barで**0.857Vに到達**

セルでのサイクル耐久性 (九大調製触媒⇒九大測定)

起動停止
サイクル耐久



負荷変動
サイクル耐久

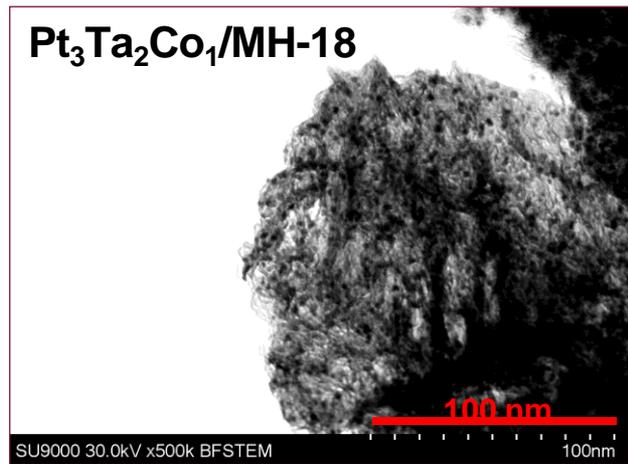
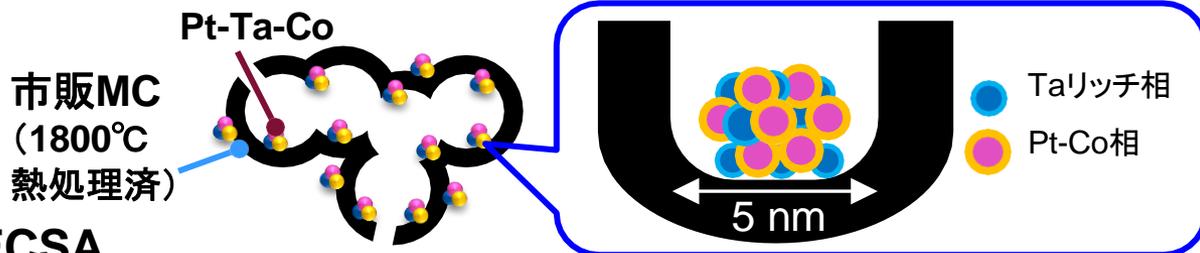


(宮本君ほか)

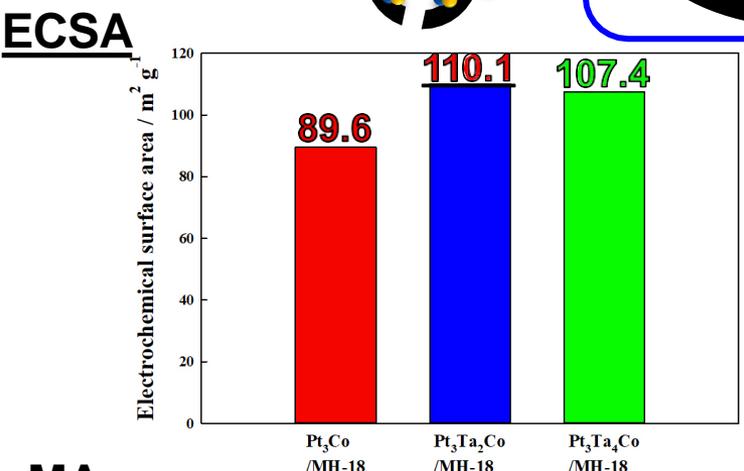
アノード側 電極触媒	Pt/C (TEC10E50E)
カソード側 電極触媒	Pt₇Ta₂Co₁/KB
電解質膜	Nafion212
電極面積	1 cm ²
アノード 白金担持量	0.1±0.01 mg/cm ²
カソード 白金担持量	0.2±0.01 mg/cm ²
カソード I/C	1.2
圧力	50 kPaG (1.5 気圧)

- **起動停止および負荷変動のサイクル耐久性はいずれも向上**
- **PtとMCの直接接触部分が先に酸化劣化。その後、TaO_x担体を介してPtCo触媒が保持されて安定化**

触媒開発 : $Pt_3Ta_2Co_1/MC(MH-18) \Rightarrow$ 触媒⑬⑱⑳へ



(佐波君ほか)

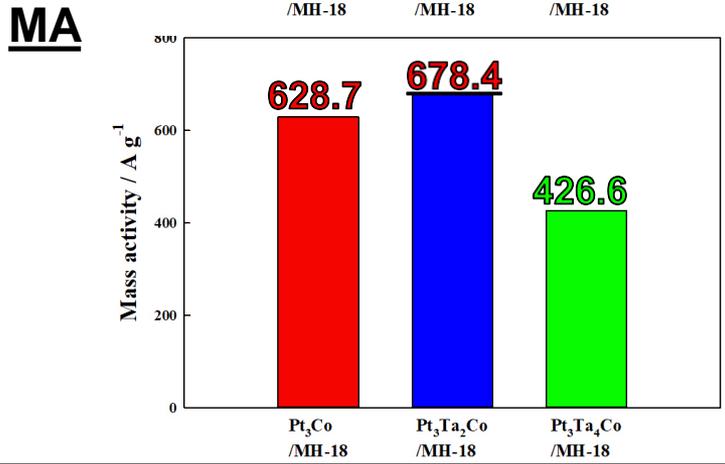


結晶子径 (XRDより)

$Pt_3Co \Rightarrow 2.4 \text{ nm}$

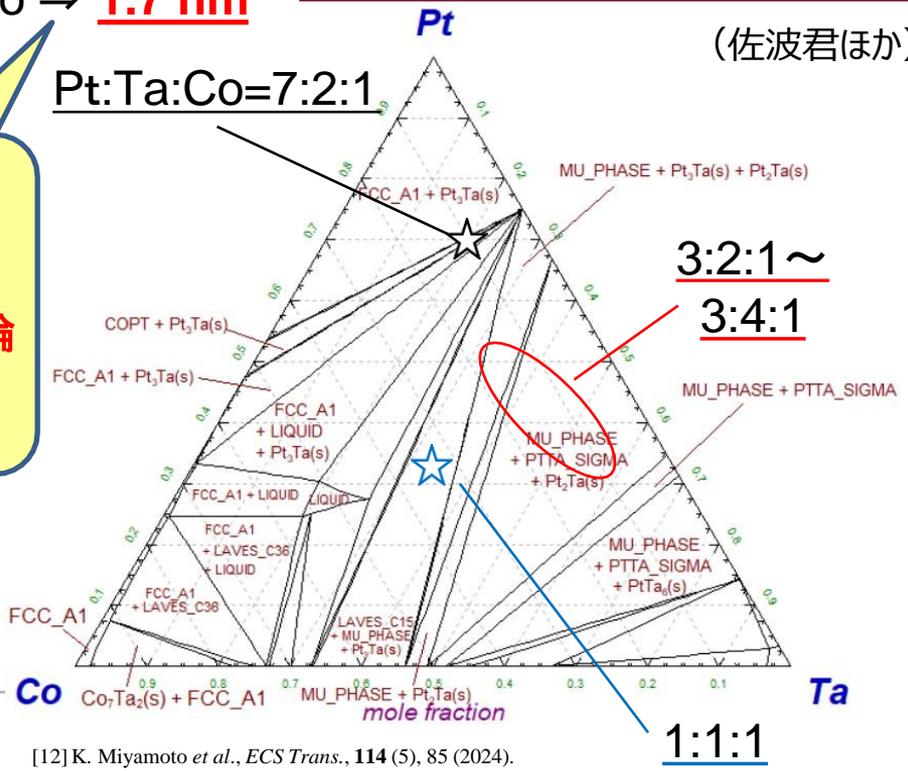
$Pt_3Ta_2Co \Rightarrow 1.5 \text{ nm}$

$Pt_3Ta_4Co \Rightarrow 1.7 \text{ nm}$



PtCo径が1nm台!

1.5nmの場合の理論ECSAは215m²/g



PtTaCo三元触媒 : ECSAが100超、MAが700弱A/gに到達。PtCo径が1nm台。

[12] K. Miyamoto et al., ECS Trans., 114 (5), 85 (2024).

電極触媒層の多孔構造（断面）

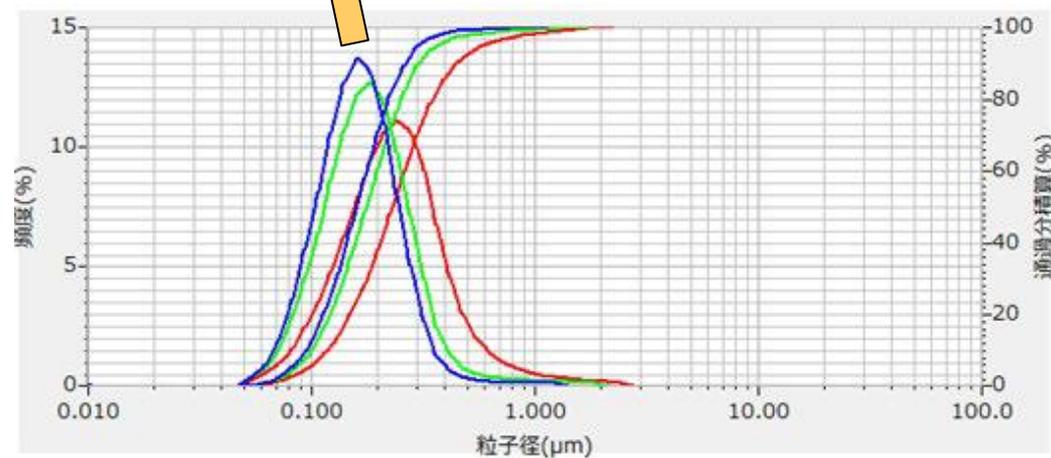
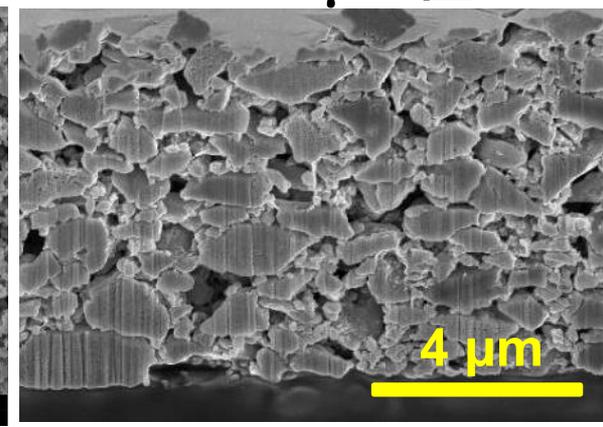
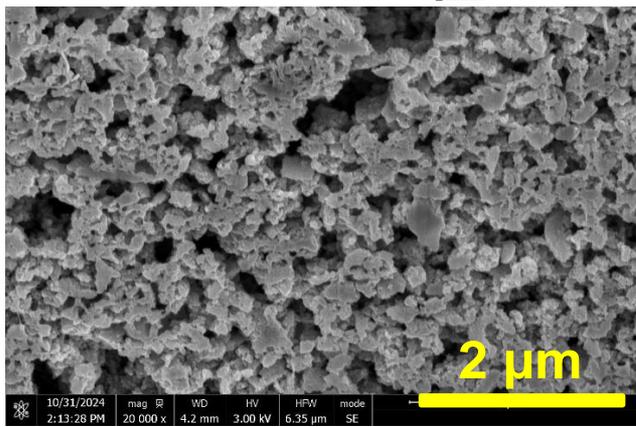
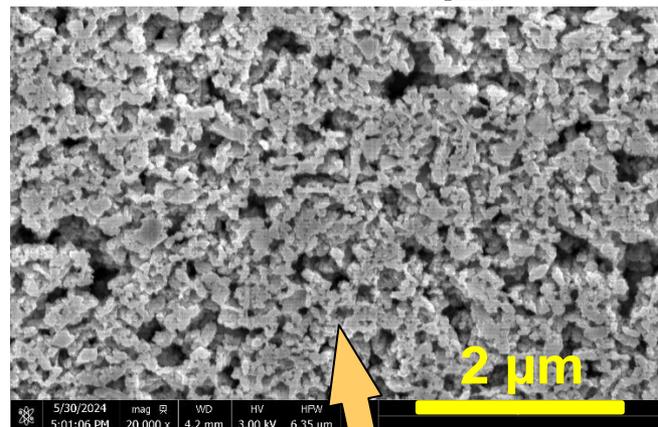
【電極触媒層断面: Pt7Ta2Co1/MC (CNT無し)】

(鈴木君ほか)

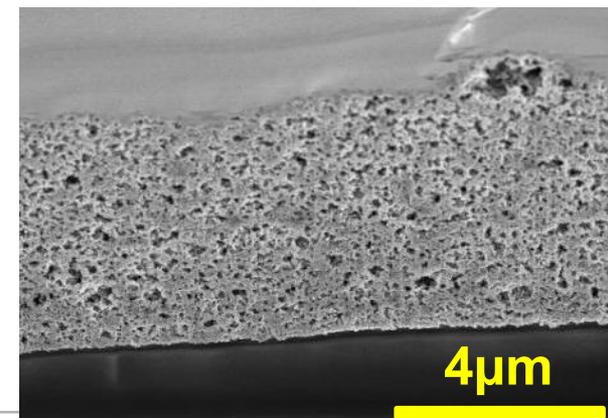
MC160nm径

MC400nm径

MC $\geq 1\mu\text{m}$ 径



比較: KB担体での断面
(TEC10E50E)



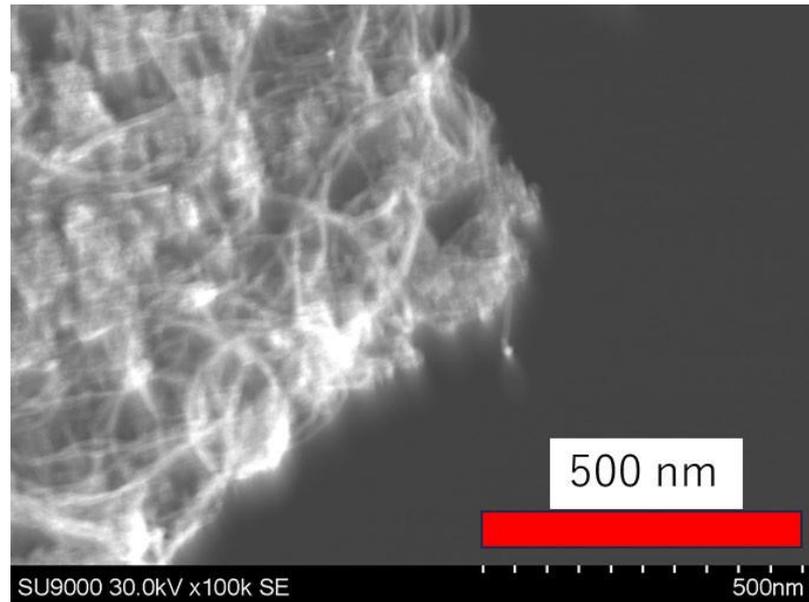
- 粉砕によって、より均一な多孔構造へ
- 大きなMC粒子では、アイオノマーネットワークも粗く
- 細かいMC粒子では、MC粒子間の接触抵抗増大

MC担体の微構造：MCとCNTの均一混合・複合化

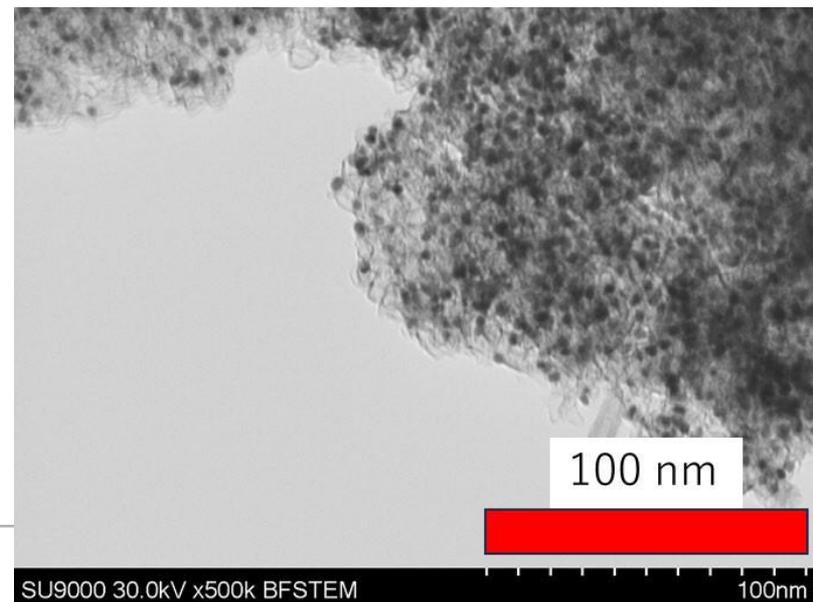
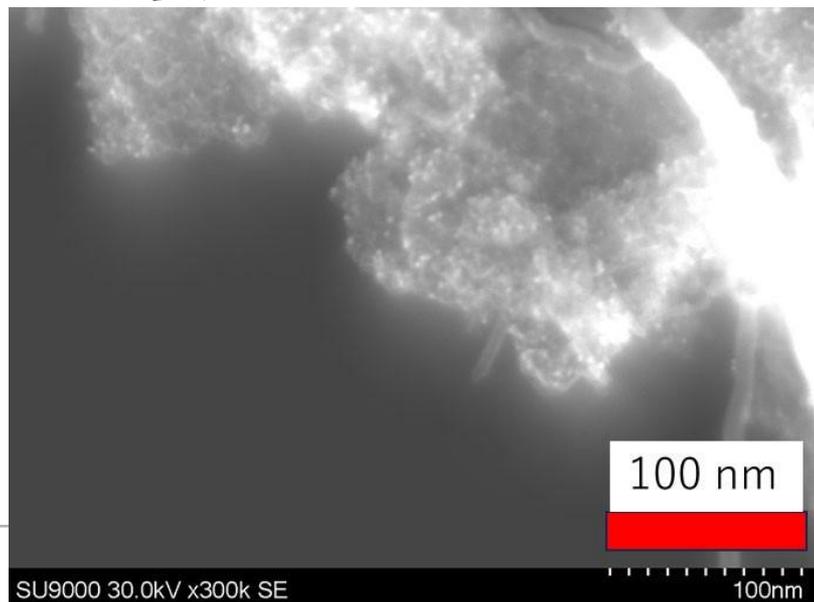
【MC+CNT担体】

Pt/MC+CNT(MC:CNT=9:1)

- MC粉碎とCNT混合を同時に行うことで均一複合化
- Pt触媒はMC上に選択的に担持
- MC粒子間の導電パス付与
 - ・接触抵抗低減
- CNTでナノレベルの多孔性付与
(CNT表面上へのアイオノマーコート少)



(鈴木君ほか)



九大開発触媒の進化 (PF機関提出触媒など)

KB担体 (触媒自体の評価)

高分散担持性+電子伝導性
(KB担体粒子が相互連結して、
両機能を両立)

①Pt7Ta2Co1/KB (acac 自作触媒、Pt31.9%)

水系で量産可、有機コンタミ排除
⑬Pt7Ta2Co1/KB (水系、メーカー製、Pt34.1%)

KBにもCNT添加
★Pt7Ta2Co1/(KB+CNT) (acac 自作触媒、Pt35%?)

微粉碎MC担体

高分散担持性 vs. 電子伝導性
(微細化で分散性向上) < 両立困難 > (微細化で界面抵抗増大)

⑨Pt3Ta2Co1 (MC1μm径、acac、Pt28.9%、MA680、セルMA390)

⑭Pt7Ta2Co1 (水系、MC160nm径、Pt35%)

⑮Pt7Ta2Co1 (水系、MC160nm径、Pt45%)

⑯Pt3Ta2Co1 (水系、MC160nm径、Pt35%)

⑰Pt7Ta2Co1 (水系、MC400nm径、Pt45%)

⑲Pt7Ta2Co1 酸処理 (水系、MC400nm径、Pt45%)

⑳Pt3Ta1Co2(700°C)/(MC+CNT)酸処理 (水系、MC400nm径、Pt35%)

微粉碎MC+CNT担体

高分散担持性+電子伝導性
(MCが触媒高分散担保) < 機能分離で両立 > (CNTが導電性担保)

微粉碎MC粒子間をCNTで連結して、電子伝導性・多孔性を確保

⑱Pt3Ta2Co1/(MC+CNT) (水系、MC400nm径、Pt35%)

⑳Pt3Ta2Co1/(MC+CNT)酸処理 (水系、MC400nm径、Pt35%)

汎用溶媒で3元素同時担持
㉑触媒⑳を同時担持調製

㉓Pt3Ta1Co2(800°C)/(MC+CNT)酸処理 (水系、MC400nm径、Pt35%)

㉔以降 ㉓までの結果を踏まえたベストの触媒

MC+高Co

MC

高Coで高触媒活性

MC粒径増で最適化

酸処理でPtスキン、メソ孔親水化

酸処理でPtスキン、メソ孔親水化

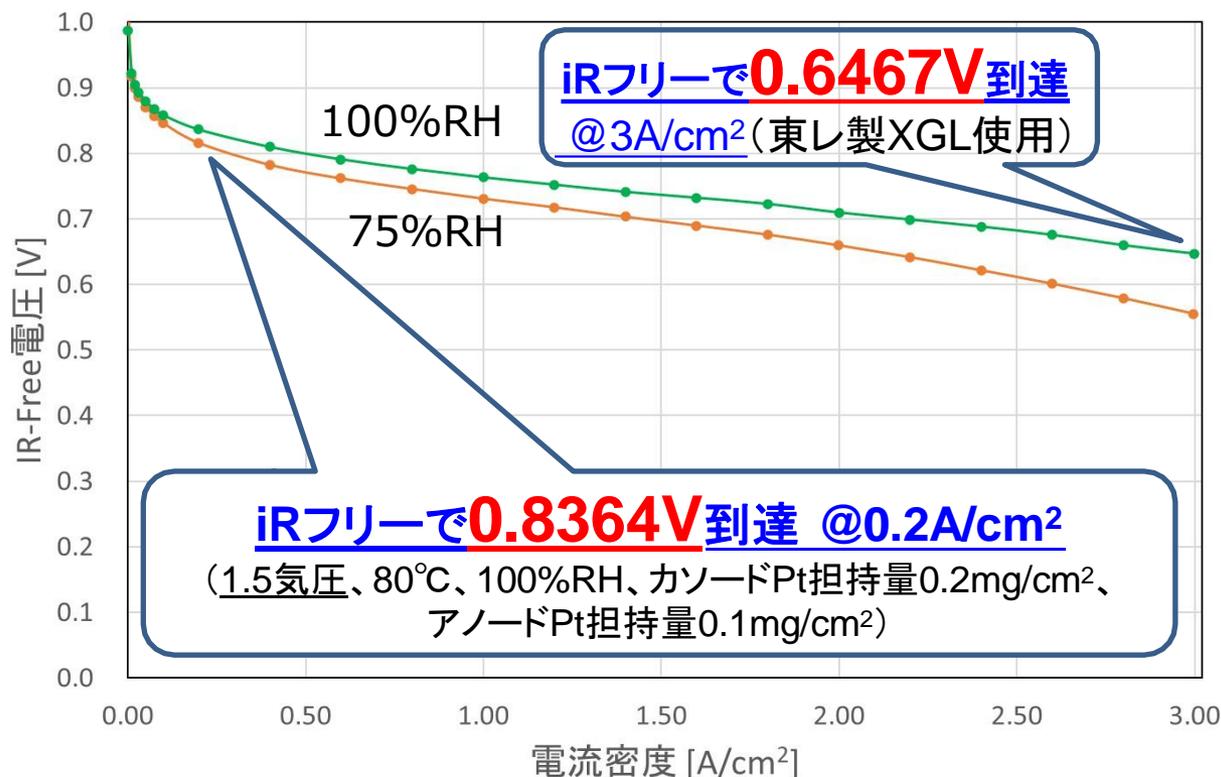
Pt3Co/Ta2CoO6から余剰Co酸除去

高温合金化

触媒①：KB担体で0.84V目標をほぼ達成 (九大製⇒PF機関測定)

(九大でacac法で触媒調製)

0.8364V=中間目標**0.84V** at 0.2A/cm² **ほぼ達成!**
0.6467V=最終目標**0.70V** at 3A/cm² **達成目前!**



アノード側電極触媒	Pt/C (TEC10E50E)
カソード側電極触媒	Pt7Ta2Co1/KB
電解質膜	Nafion212
電極面積	1 cm ²
アノード白金担持量	0.1±0.01 mg/cm²
カソード白金担持量	0.2±0.01 mg/cm²
圧力	50kPaG (1.5気圧)

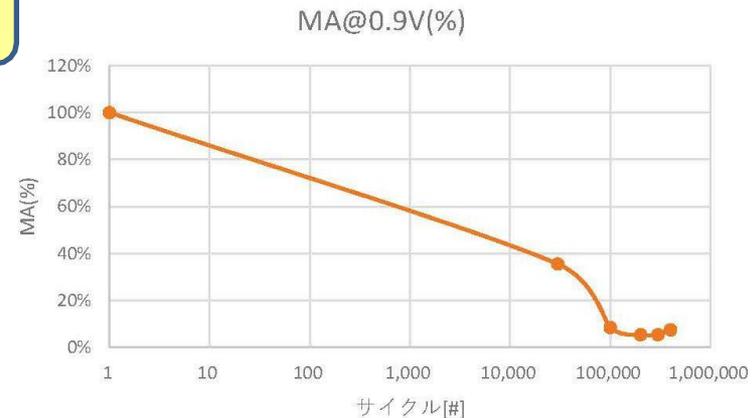
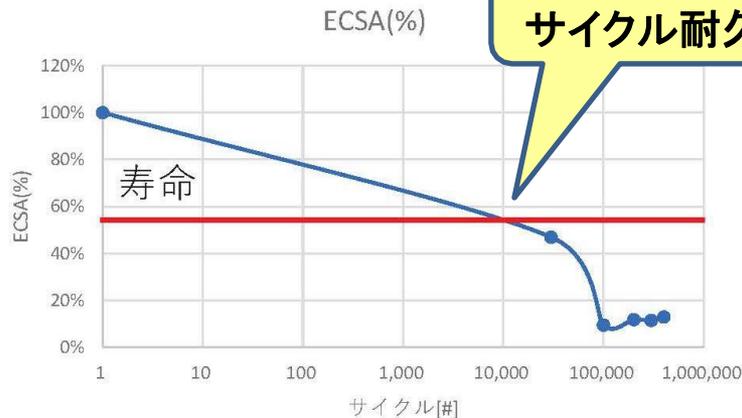
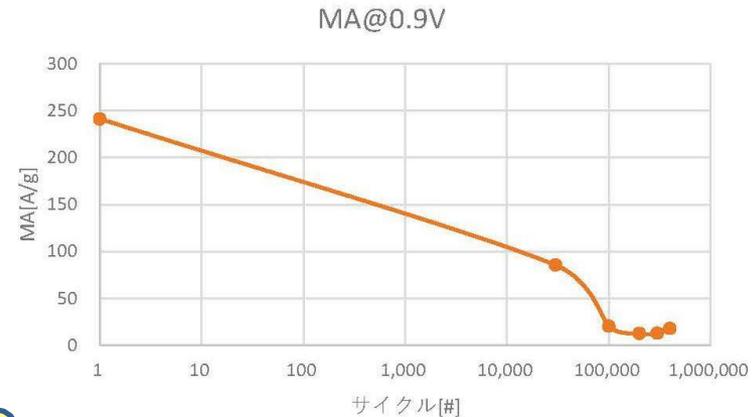
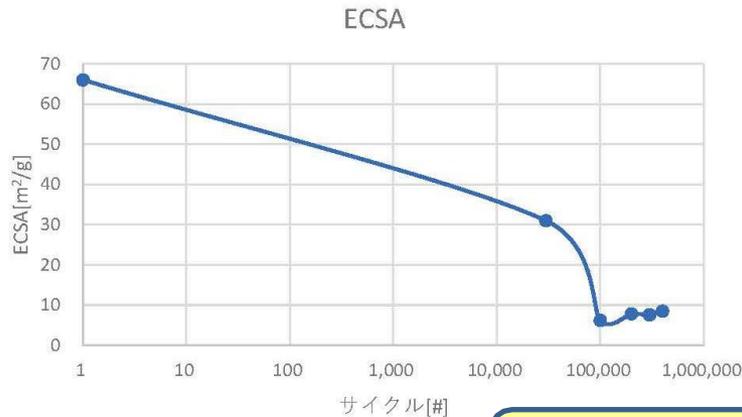
九大（佐々木研）開発中の高活性触媒適用などで、**産業界2030年目標の具現化へ!**

触媒① : 10,000回の負荷変動耐久性 (九大製⇒PF機関測定)

(九大でacac法で触媒調製)

負荷応答(0.6-0.95V)結果

31/40



寿命は3万時間程度。九大dataのようなサイクル毎とのECSA増加は確認できなかった

● **負荷変動耐久性**はKB担体使用で**10,000サイクル**に到達

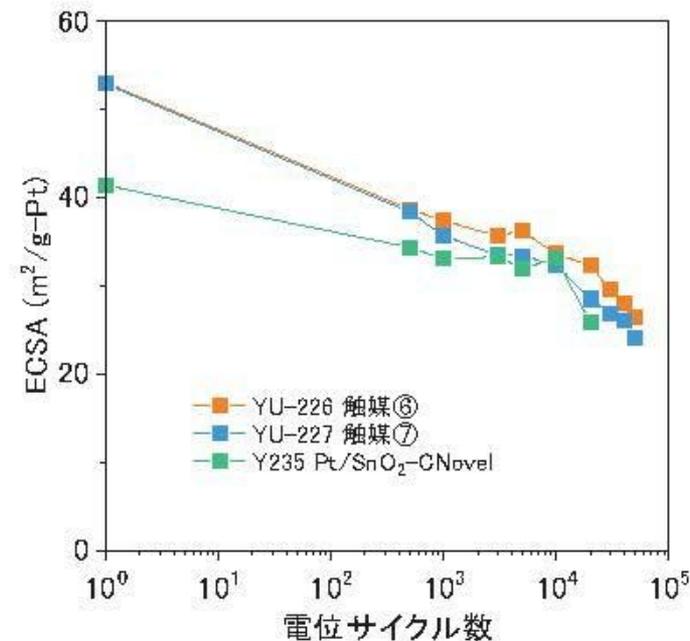
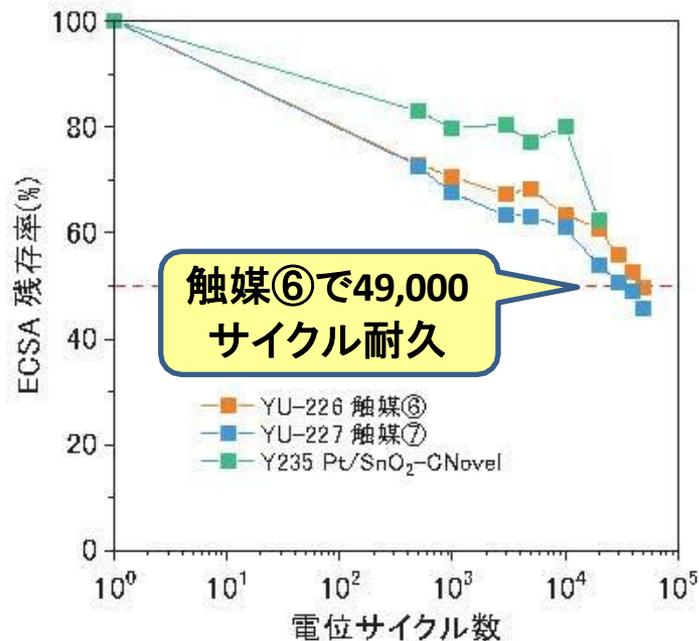
触媒⑥ : 49,000回の起動停止耐久性 (九大製⇒PF機関測定)

(九大でacac法で触媒調製)

起動停止耐久(ECSA)



山梨県産業技術センター



1.0V-1.5の起動停止耐久試験

ECSA 50%の寿命としては 触媒⑥49,000サイクル、触媒⑦34,000サイクル で一般的なカーボン担体と比べて良好な結果だが、0⇒500サイクル時に大きくECSAが低下している。

また、以前評価したPt/SnO₂-CNovelと比較するとECSA低下が早い

Ta酸化物での担体被覆状態がSnO₂と比較して良くない可能性

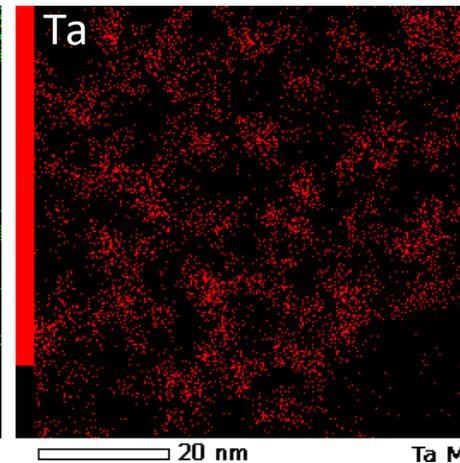
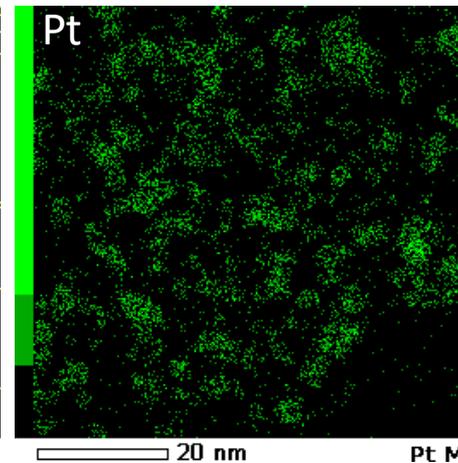
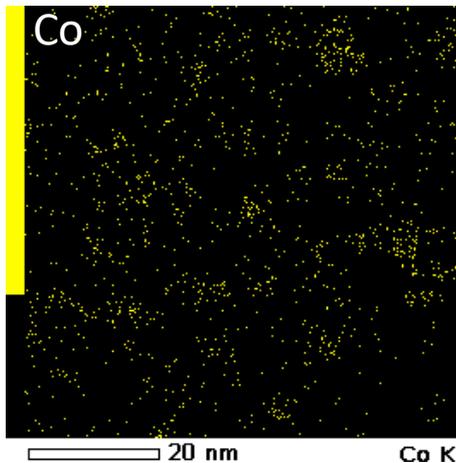
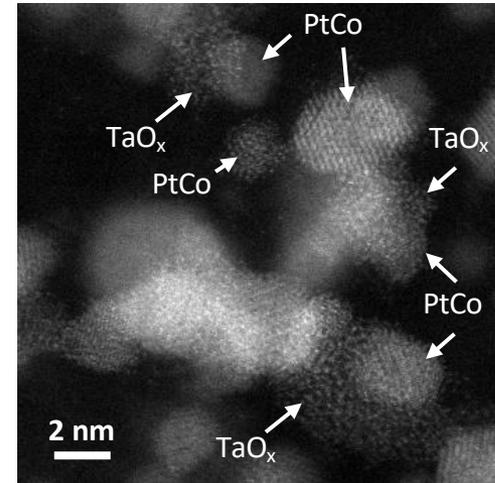
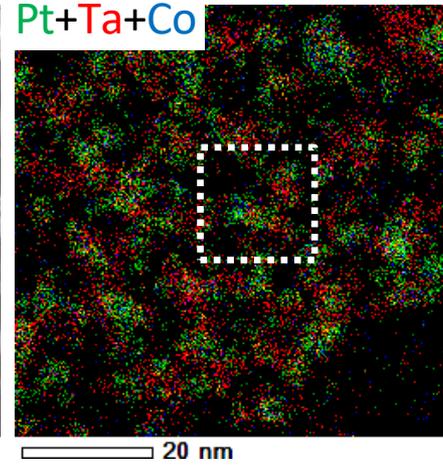
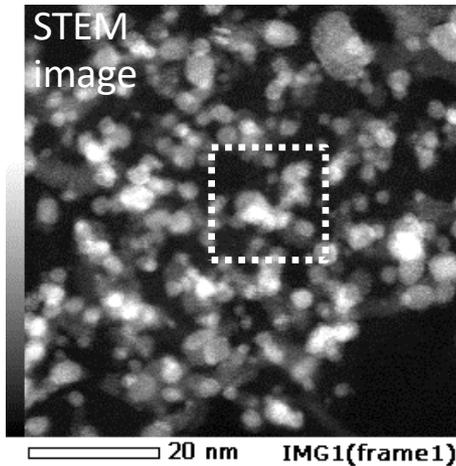
34/41

● TaO_x担体表面層をMC上に作り込めば、**起動停止49,000サイクル耐久達成**

触媒⑳ : 触媒微構造

Pt₃Ta₂Co₁/(MC+CNT(9:1)) 酸処理 (水系調製、MC400nm径、Pt担持率35%)

STEM-EDS元素分布図



TaO_x担体表面層
特許は
登録済み！

- 同時担持でない分PtCo触媒径が3nm強と少し大きめだが、ナノコンポジット構造形成
- 既存のPtCo触媒のMCへの担持プロセスの前にTaO_x含侵を追加するだけで、すぐに量産可

触媒②③：セル性能目標到達をPF確認 (メーカー製⇒PF機関測定)

PFご報告「触媒②③」(2025年1月31日)

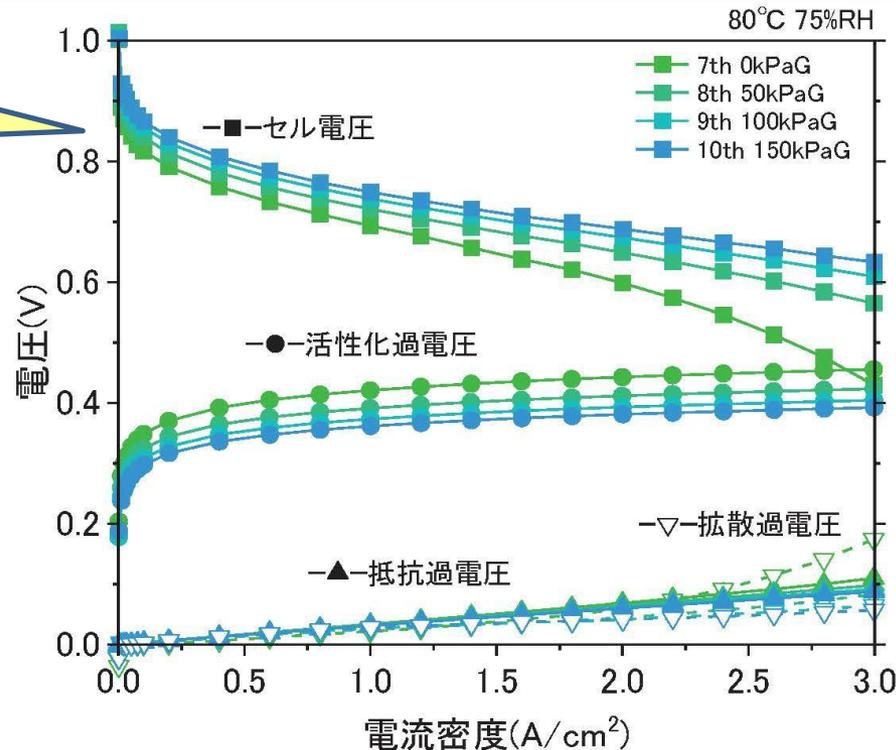
(触媒メーカーが水系調製)

75%RH 0-50-100-150kPaG

FC Platform  YAMANASHI

山梨県産業技術センター

150kPaGでは
0.2A/cm²で
0.84V到達



150kPaGでは3A/cm²
で約**0.7Vに接近**
(高酸素透過性ア
イオノマー使用で更
なる向上を期待)

加圧により性能は大きく向上

10th 150kPaG : 0.840 V @0.2 A/cm²、0.633V@3 A/cm² (IR-Free: 0.721V)

- 150kPaGで性能目標**0.840V@0.2A/cm²** (iR込み) をPF機関で確認
(IRフリーで**0.8466V@0.2A/cm²**)
- 150kPaGで性能目標**0.721V@3A/cm²** (iRフリー) をPF機関で確認

触媒⑳：負荷変動耐久性は要改善 (メーカー製⇒PF機関測定)

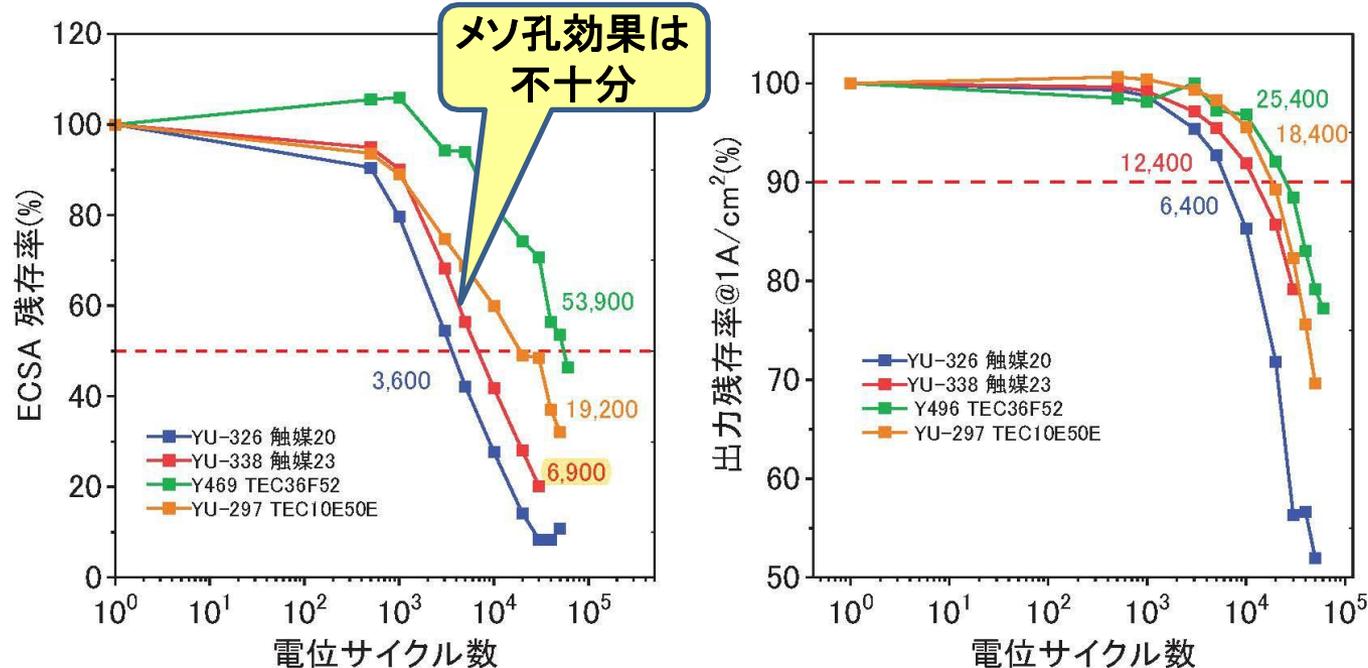
PFご報告「触媒⑳」(2025年1月31日)

(触媒メーカーが水系調製)

負荷応答耐久 0.60V-0.95V



山梨県産業技術センター



市販Pt/C (TEC10E50E) および市販PtCo/C (TEC36F52) との比較

ECDSA 初期50%寿命、出力@1A/cm² 90%寿命はいずれも市販触媒の方が良い結果。

触媒20および触媒23の触媒粒径はTEC10E50Eより大きい (ECDSAがTEC10E50Eより小さい) にもかかわらず負荷応答耐久は良くない。

また、担体細孔内ではなく担体表面に担持されている割合が大きく耐久性が低い? 45/51

● 負荷変動耐久性はむしろ低下⇒「メソ孔効果」が十分発揮できていない!

触媒②③：起動停止耐久性も要改善 (メーカー製⇒PF機関測定)

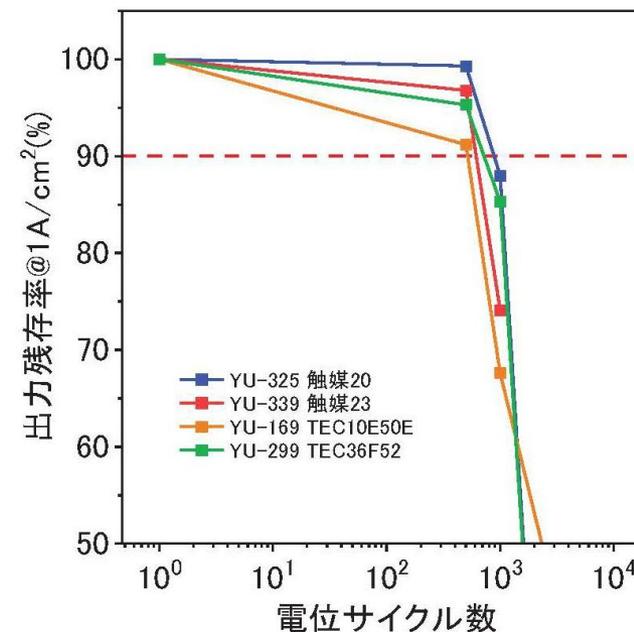
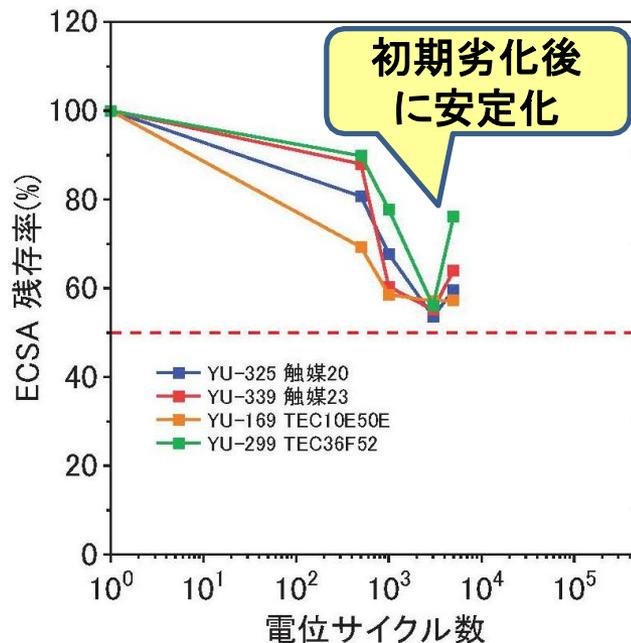
PFご報告「触媒②③」(2025年1月31日)

(触媒メーカーが水系調製)

起動停止耐久 1.0V-15V



山梨県産業技術センター



市販Pt/C (TEC10E50E) および市販PtCo/C (TEC36F52) との比較

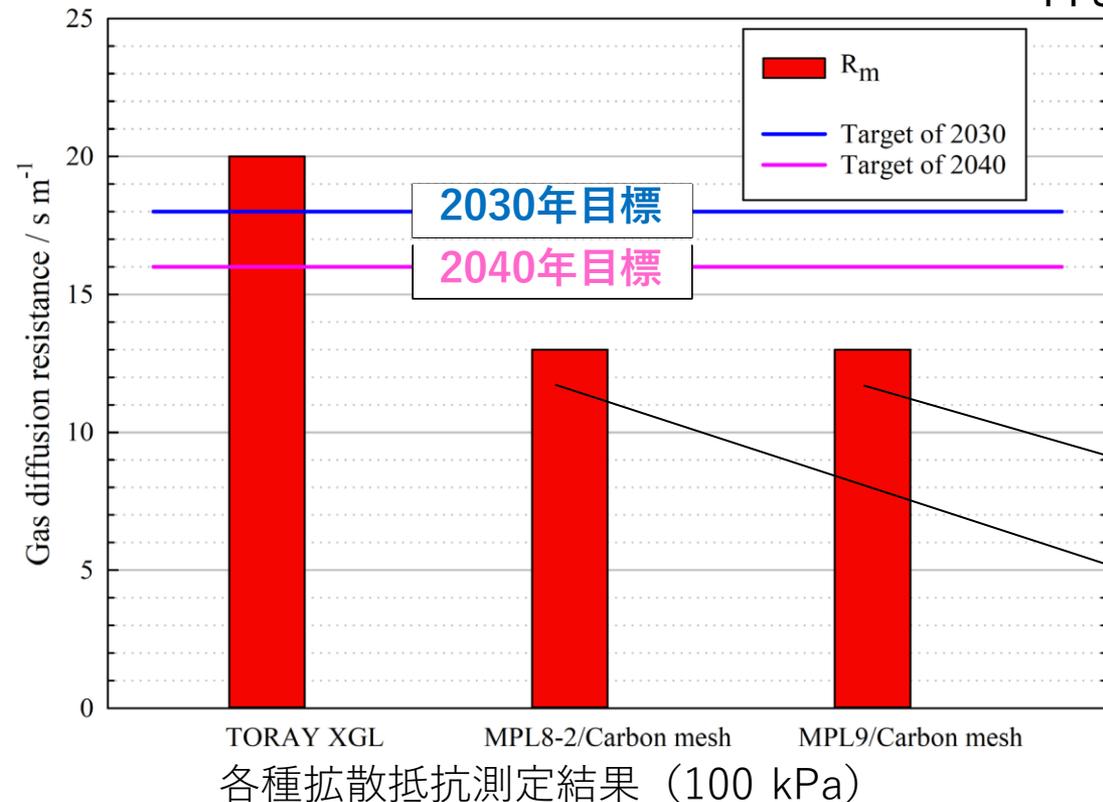
触媒23は500サイクルでのECSA残存率はTEC10E50Eより良いが、1000サイクルでは同程度まで低下している。

出力も1000サイクル以上では大きく低下しており、市販触媒同様に耐久性は低い。

- 起動停止耐久性低下⇒「**酸化物担体効果**」が**十分発揮できていない!**
(1500℃では再黒鉛化不十分? 多くのPtCo触媒がMC粒外に担持? ⇒要電顕観察)
- 三元触媒では、Pt系触媒に直接接触れるMC担体の酸化腐食後に**TaO_xを介して安定化**

MPL/GDL : 分子拡散抵抗低減 (13 s/mまで)

PFご報告「MPL/GDL⑨⑩」(2024年11月7日)



- MPLやGDLに由来する分子拡散抵抗 : R_m

いずれの自作MPL/GDLの分子拡散抵抗において、**NEDOロードマップの2030年目標だけでなく2040年目標を達成**[1]

- いずれの自作MPL/GDLも R_m はかなり低く、薄層化の影響が顕著に表れている。
 - 分子拡散抵抗の低減には、MPL中に撥水/親水のチャンネルそれぞれを混在させることが重要[2]。CNTと、ABまたはCBの混合により、MPL中に親水/疎水チャンネルがそれぞれ作製できたことが一因か。
- FIB-SEMで断面観察を行い、多孔性などに関して詳細な研究を実施予定。

[1] M. Yoshikawa *et al.*, *ECS Trans.*, **114** (5), 391 (2024).

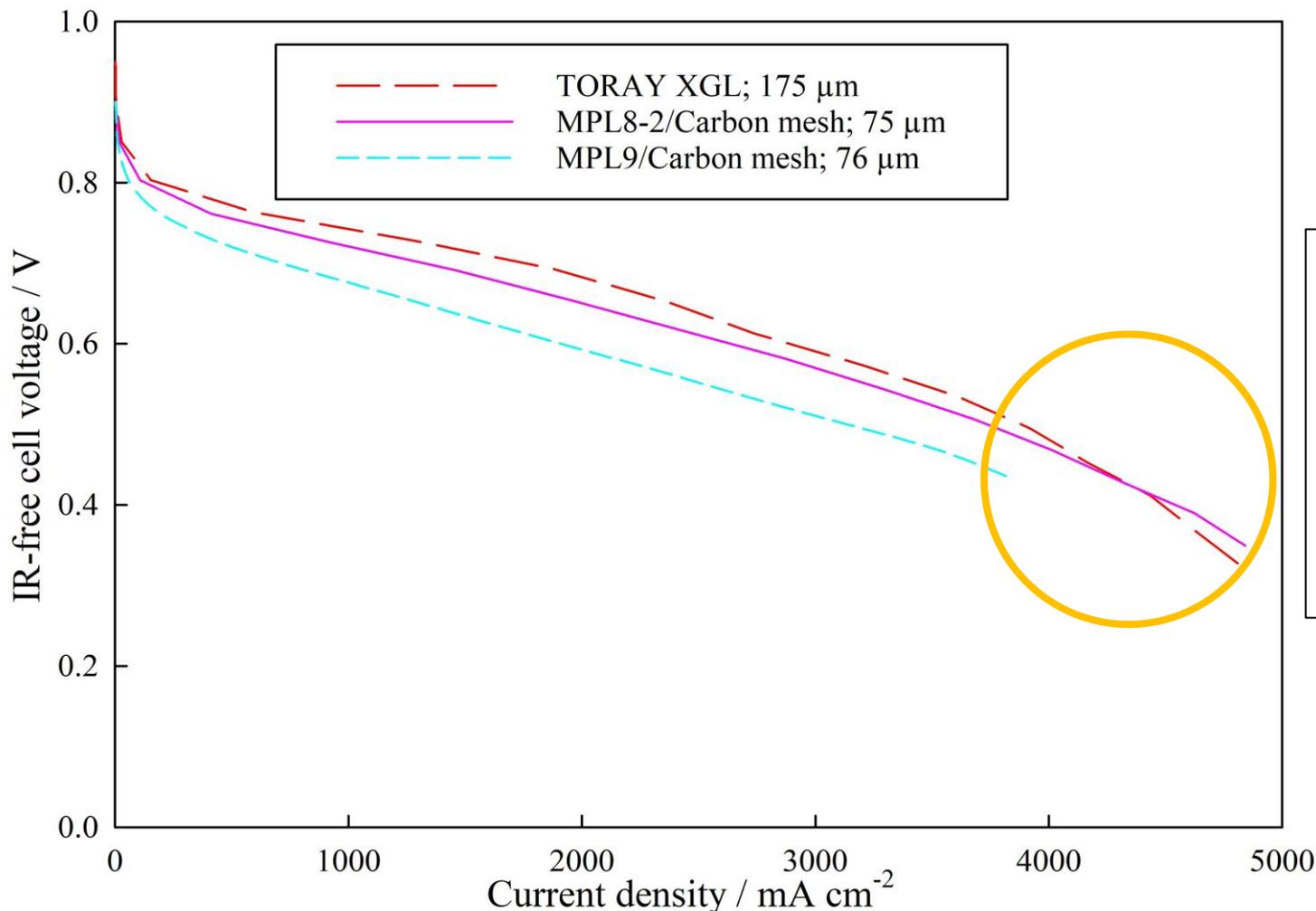
[2] P. Wang, H. Nakajima, and T. Kitahara, *J. Electrochem. Soc.*, **171**, 014501 (2024).

MPL/GDL : 自立薄層化でセル性能は東レXGL超え

PFご報告
「MPL/GDL⑨⑩」
(2024年11月7日)

測定条件

セル温度 : 80°C
加湿度 : 100%RH
電解質膜 : 5 μm
触媒担持量
: アノード 0.10 mg
カソード 0.20 mg



MPL/GDLを使用したセルのIV特性 (PF機関による評価)

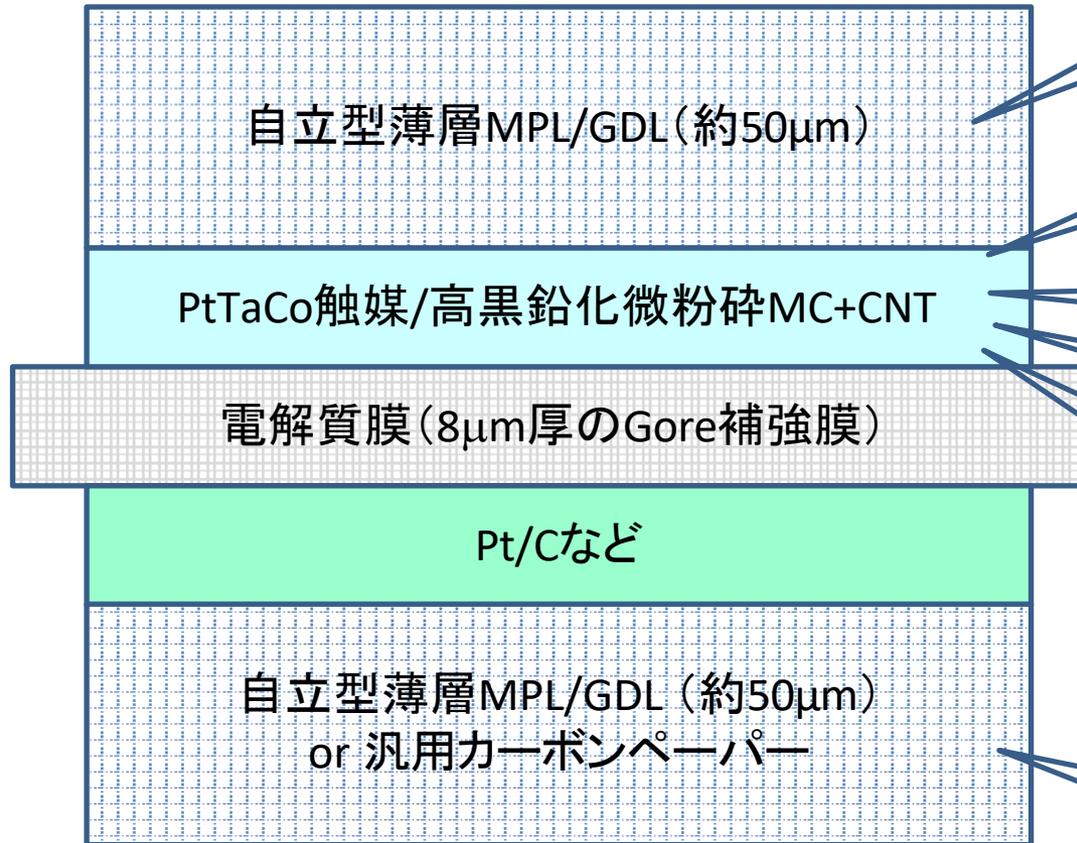
高電流密度域では東レ製XGLと同等かそれ以上のセル性能

プロトタイプセル開発 (MEGA)

プロトタイプ開発へ挑戦！ (プロトタイプ例)

カソード側

↑
厚さ
120
μm
程度
↓



アノード側

自立薄層型MPL/GDL

ガス拡散性向上・薄層化・高電流密度域のセル電圧向上

高導電性微粉砕MC+CNT骨格

負荷変動サイクル耐久性向上

酸化物担体(自己組織化)

起動停止サイクル耐久性向上

PtTaCo触媒 (PtCo+TaOx)

低電流密度域のセル電圧向上

(高酸素透過性イオノマー適用 (HOPI)で酸素透過性向上)

(自立型薄層MPL/GDL)

集電性向上・薄層化・高電流密度域のセル電圧向上

高活性 + 高出力 + 起動停止耐久 + 負荷変動耐久 + 薄層化の同時実現!!

まとめと今後の展望

【新材料・セル】

- PtTaCo三元触媒 (コンセプト、組成)
- 微粉碎メソポーラスカーボン担体 (最適粒径、作製法)
- 自立型薄層MPL/GDL (コンセプト、プロトタイプ)
- 九大プロトタイプセル (コンセプト、プロトタイプMEGA)

【知的価値】

- 材料設計コンセプト・指針 (触媒からMEGAまで)
- 知財群 (特許性がある研究成果は全て特許出願済 (国内・PCT・主要国))
- 材料 (特許出願済) から製造プロセス (ノウハウ) まで のパッケージ開発
- 触媒メーカー量産性 (利活用希望企業へ量合成サンプル提供可)
- 九大発「製品カタログ」: 触媒①～②③、MPL/GDL①～⑪
(PF機関・九大測定データ付、特許出願済、ライセンス可、触媒量産可)

【2035年ロードマップ目標 (BOL)】⇒九大触媒のPF測定値 (iRフリーかつ80°C)

- 30年FCV: 0.77V at 1.63A/cm² ⇒触媒①で0.731V (RM24年3月版)
- 35年HDV: 0.761V at 2.18A/cm² (Pt 0.2mg/cm²) ⇒触媒①で0.700V
- 35年FCV: 0.76V at 1.83A/cm² (Pt 0.1mg/cm², 2.80bar, 80°C)
⇒触媒②③で0.721V(ただし, 0.2mg/cm², 2.5bar, 80°C)

今後: 現事業での「ゼロからイチの材料探索(試行錯誤)」から、「各種依存性・構造を定量的に把握しながらの原子・ナノ・マイクロレベルの階層的な材料設計」へ系統的に展開

【謝辞】本研究は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 (JPNP20003)」の支援を受けて実施されました。また、セル性能の一部はプラットフォーム機関の技術研究組合FC-Cubicにおいて行われました。関係各位に感謝します。