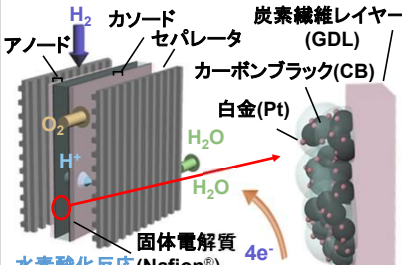
NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026
発表No.：a-26

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

～1－nm白金系触媒の精密構造制御に基づくPEFCカソード触媒の高活性化

団体名：国立大学法人東北大学
発表日：2026年7月22日

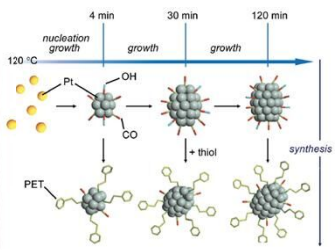
固体高分子形燃料電池（PEFC）



水素酸化反応(Nafion®)
アノード：$2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$
酸素還元反応（ORR）➡ 律速段階
カソード：$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$
全反応：$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

当研究室の研究例

Ptナノクラスターのサイズ選択的合成

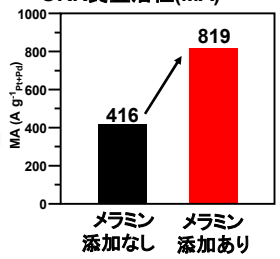


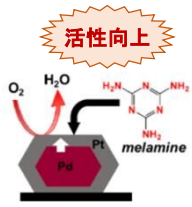
Y. Negishi *et al.*, *Nanoscale*, **2021**, *13*, 14679-14687.

Pt触媒を使用 ➡使用量➡ 削減 Pt触媒の微細化によってORR活性が向上

Pd@Ptコアシェル粒子に対する有機添加物の効果

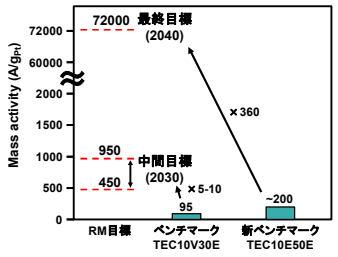
ORR質量活性(MA)





H. Inoue, et al., ACS Catal. 2020, 10, 14567−14580.

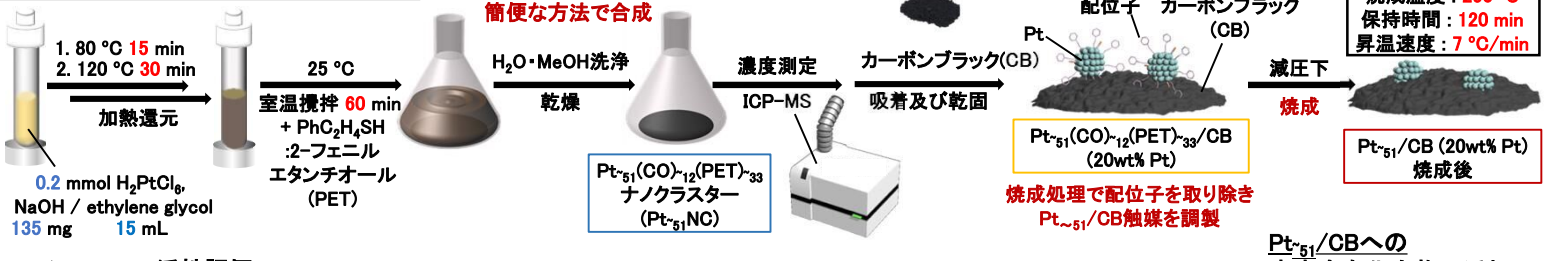
燃料電池の広範な普及に向けた数値的目標



Ptナノクラスターに対するメラミン添加によるORR活性の向上とその効果を調査

Ptナノクラスターの合成と担持触媒の調製

ポリオール還元により、簡便な方法で合成



焼成処理で配位子を取り除き Pt~51/CB触媒を調製

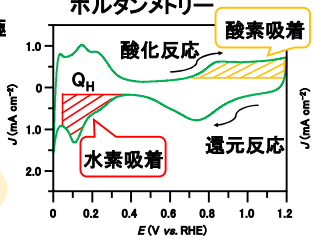
Pt~51/CBのORR活性評価

◉ 作用電極の作製

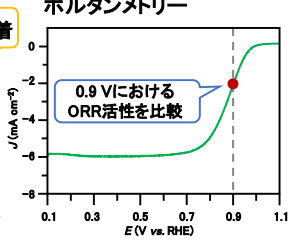
- Pt~51/CB …12.5 mg
- 超純水 …19.1 mL
- 2-propanol …6 mL
- Nafion® …100 μL

三電極法により測定

◉ サイクリックボルタンメトリー (CV)



◉ リニアスイープボルタンメトリー (LSV)



- ECSA:電気化学有効表面積
  → 活性有効表面積 cm^{-2}/g_{Pt}

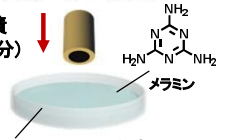
$$ECSA = \frac{\text{水素吸着の電気量 } Q_H}{\text{ref } Q_H \times \text{Pt重量}}$$

- MA:ORR質量活性(@0.9 V *vs.* RHE)
  Koutecky-Levich の式より算出

$$MA = \frac{\text{活性支配電流 } i_k}{\text{Pt重量}}$$

Pt~51/CBへの窒素含有化合物の添加

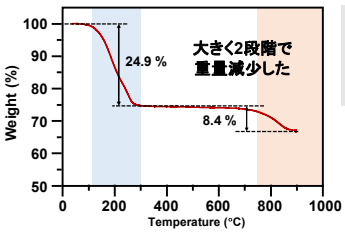
◉ 化合物の添加方法

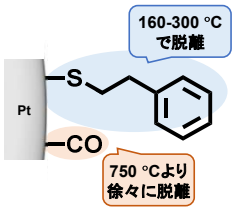


メラミンなどの化合物を添加することで活性向上を目指した

焼成による配位子の除去

◉ Pt~51NCの熱重量分析（TGA）

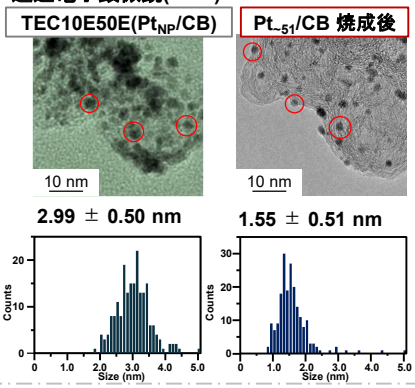




160-300 °CでPET基が脱離し、750 °Cから徐々にCO基が脱離すると考えられる

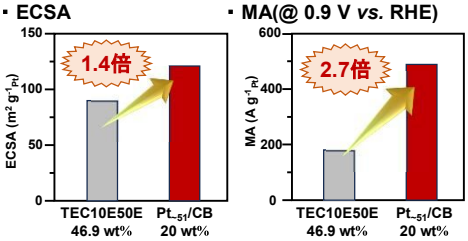
160-300 °CでORR反応を阻害するかさ高い配位子が解離

◉ 透過電子顕微鏡(TEM)



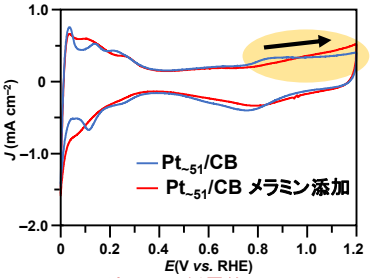
電気化学測定による活性評価

◉ TEC10E50E(市販触媒)とPt~51/CBの比較

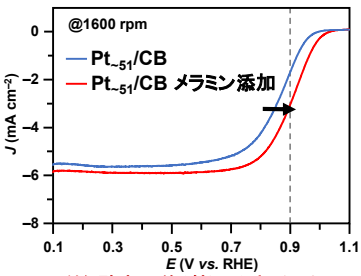


Pt触媒の微細化によりMAは大きく向上
Pt NPと比較して微細な粒径サイズ

窒素含有化合物の添加によるORR活性の変化

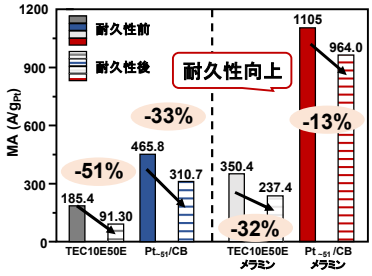


メラミン添加により低電位でのPtへの過剰な酸素吸着が抑制



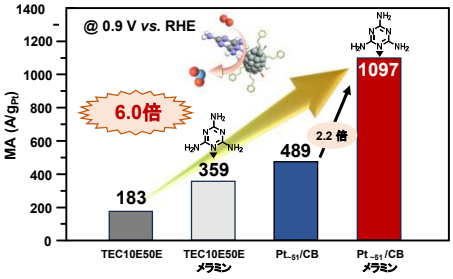
過剰な酸素吸着が抑えられることでORR活性が向上

◉ 耐久性試験（0.6 V-0.95 V）



メラミンの表面保護によってPtの凝集や溶出が防がれたことに起因

◉ メラミン添加によるMAの変化



メラミンのアミノ基3つとトリアジン環の両者がPt表面の修飾に影響していると考察

まとめ、実用化・事業化の見通し、課題

✓ 電気化学測定の結果、Pt~51/CBは市販触媒と比較して約2.7倍、更にメラミン添加により約6倍高いORR質量活性を示した。また、優れた耐久性を示した。
✓ 加えて密度汎関数理論から、メラミンの添加により白金がORRに適した電荷状態に変化していることを明らかにしている。また、担体加工と合金化により更なる高活性触媒の創出に成功している。
✓ 今後も担体加工と合金ナノクラスターを組み合わせた新たな高活性触媒の創出と実用化に向けMEAによる活性評価もおこなっていく予定である。

連絡先：根岸　雄一
連絡先：yuichi.negishi.a8@Tohoku.ac.jp