

発表No.A-69

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/水素利用等高度化先端技術開発/触媒担体表面の化学修飾技術によるPEFC超高機能界面の創出

発表者名	衣本 太郎
団体名	国立大学法人大分大学
発表日	2022年7月29日

連絡先：衣本 太郎
国立大学法人大分大学
kinumoto@oita-u.ac.jp

事業概要

1. 期間

開始 : 2021年6月

終了 (予定) : 2023年3月

2. 最終目標

0.2 A/cm²@0.84 V を達成するため1333 A/g のORR 活性 (Pt 目付量0.15mg/cm²とする) が必要であるが、新世代化学修飾MPC と新規アイオノマーの組み合わせによりORR 活性1400 A/g 以上を達成する。また0.7 V で3.0 A/cm²以上の発電性能を同時に達成し、FCCJ が提示する2030 年度に達成すべき発電性能を実現する。

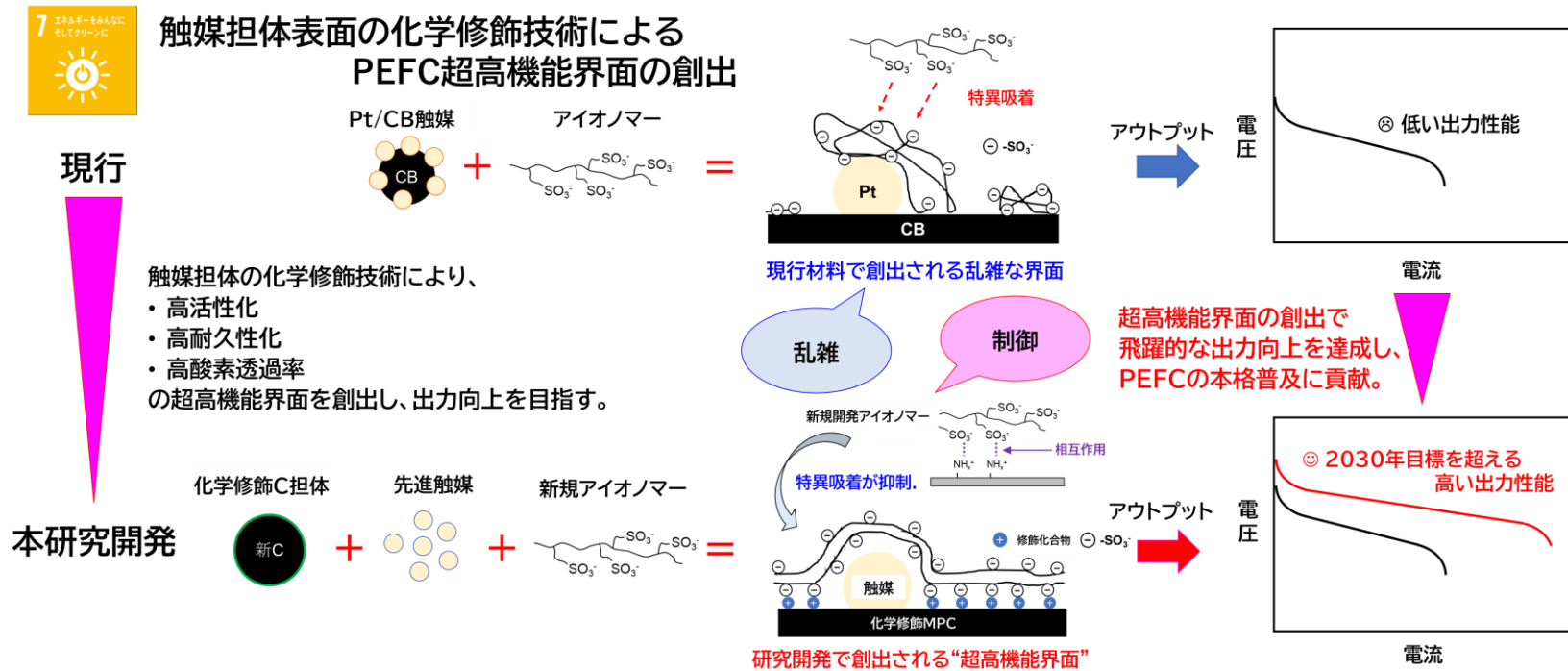
3. 成果・進捗概要

- PEFCの担体カーボンの表面を含窒素化合物で化学修飾して、酸素還元反応および耐久性を向上させ、含窒素化合物とアイオノマーとの相互作用を発現させて、三相界面の構造を制御する機能を担体から付与し、超高機能界面を創出する新しいアプローチの研究開発に取り組んでいる。
- 担体の化学修飾による高性能化にベルリン工科大学の研究例があるが、本研究開発の技術はその例に比べて、(a) 酸化工程がなくカーボン材料の構造を毀損しづらい、(b) アゾ重合開始剤の選択により導入する含窒素化合物の構造を選択・制御できる、(c) 触媒担持後修飾にも可能性がある点で優位性がある。
- 中間目標として、(1) RDE 法、Nafion アイオノマー存在条件、0.9 V で、白金単身触媒のORR 質量活性が800 A/g 以上の白金担持含窒素化合物修飾MPC (Pt/N-MPC) の合成と(2) 耐久性がPt/MPC の2倍以上を設定し、ほぼ達成している。産業界のさらなるニーズに応えるため、新たな修飾技術にも取り組んでいる。 2

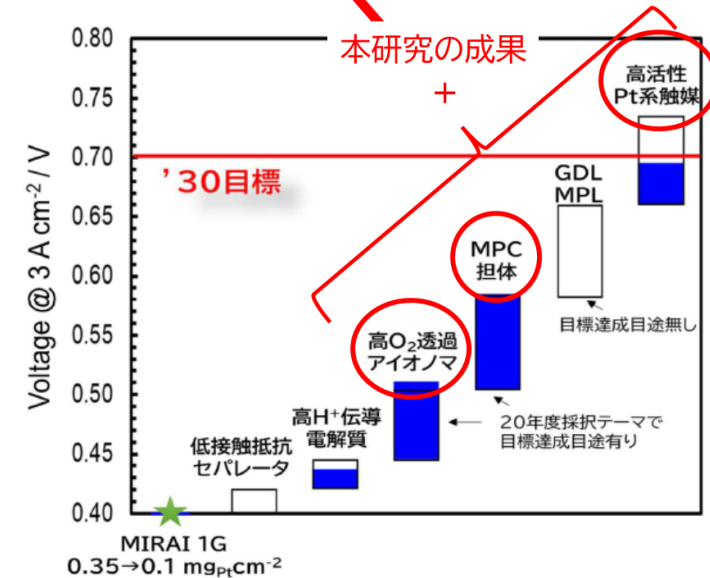
1. 事業の位置付け・必要性

○本事業を実施する背景と目的

PEFCの本格普及を図るためには、性能決定因子である三相界面に対する研究開発が必要不可欠である。本研究開発では、産業界からのニーズが高く“協調領域の課題である三相界面を高機能化”させ、“出力性能を飛躍的に向上させる”ことを目指す。



本研究成果と三構成材料の成果を連携させ、2030年目標を超える



本研究成果は、他PJや先進触媒の成果と組み合わせることが可能。

○本事業の位置付けや意義、必要性

PEFCの本格普及に対する産業界のニーズ（高出力化、高耐久化、低コスト化）に応えるため“三相界面の設計指針”を得ることが必要である。本研究成果は、他の研究成果とも連携可能であり、成果を結合させて高性能化に繋げる。

2. 研究開発マネジメントについて

○研究開発の目標と目標設定の考え方（根拠）

時期	目標	目標設定の考え方
中間	RDE法、Nafionアイオノマー存在条件、0.9 Vで、白金単身触媒のORR質量活性（MA）が800 A/g以上のPt/N-MPCの合成。	標準触媒（TEC10E50E）のMAの3倍以上の活性をMPCの化学修飾技術のみで実証・達成する。
	耐久性がPt/MPCの2倍以上。	Pt/MPCの白金のECSA半減期を化学修飾技術で2倍以上に引き延ばす。
最終	RDE法、アイオノマー存在条件、白金単身としてORRのMAが1400 A/g以上。	2030年目標（0.2 A/cm ² @0.84 V）には、1333 A/gのORRのMAが必要。それを上回る1400 A/g以上を目標とする。この成果と他の先進触媒や関連技術との融合で20,000 A/g-Pt以上を見込む。
	PEFC発電試験で、0.84 Vで0.2 A/cm ² かつ0.7 Vで3.0 A/cm ² 以上。	FCCJが提示した“達成すべき発電性能”以上を、コワークで実現する。

○研究開発のスケジュール

中間（2023年3月）までに上記2目標を達成し、その後、最終目標に取り組む。現在、産業界のさらなるニーズに応えるため、新たな修飾技術にも取り組んでいる。開発品を評価解析プラットフォームに適時提出して、性能を把握し、改善策を策定して実行する。

○研究開発の実施体制

国立大学法人大分大学 理工学部の3名が連携して研究に取り組んでいる。

3. 研究開発成果について

○中間目標及び進捗状況

中間目標についてはほぼ達成済み。PLから提示された含窒素化合物修飾カーボンブラックの開発や、産業界のさらなるニーズに応えるべく、新たな修飾技術の開発にも取り組んでいる。

中間目標	成果・状況
RDE 法、Nafion アイオノマー存在条件、0.9 V で、白金単身触媒のORR 質量活性が800A/g 以上の白金担持含窒素化合物修飾MPC (Pt/N-MPC) の合成。	含窒素化合物修飾で800 A/g _{Pt} 以上を達成し、ORR質量活性の中間目標を達成。
耐久性がPt/MPCの2倍以上。	0.6↔1.0 Vパルス試験のECSA半減期が、MPCへの修飾で2倍の目標を達成。高電位耐久については調査中。

○研究開発の成果と意義

掲げた目標についてはほぼ達成し、三相界面の高性能化に向けての一つの基盤を創出できた。産業界のさらなるニーズに応えるべく、新しい修飾技術の研究開発を進めていく必要がある。

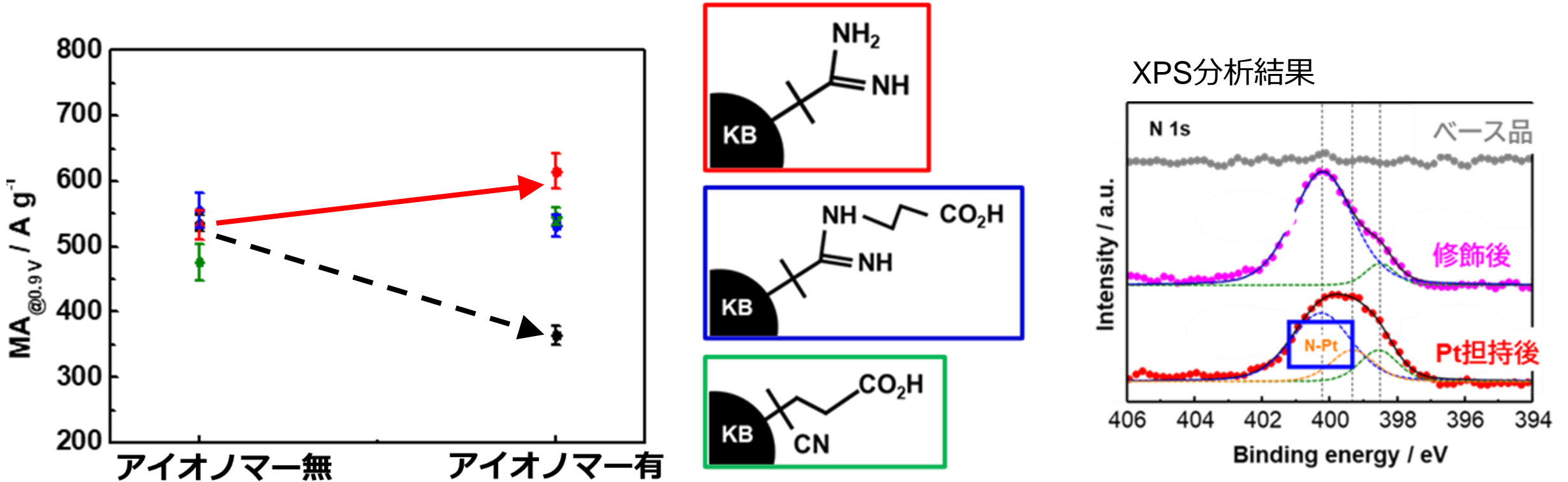
○特許、論文、学会発表等

学会発表（2件、内1件発表賞受賞）、弊学記者会見でのプレスリリース・新聞掲載1件

3. 研究開発成果について

○含窒素化合物修飾カーボンブラックへの白金担持品のORR活性の一例

PLからの指示により、含窒素化合物修飾カーボンブラックを開発し、その白金担持品のORR活性と耐久性も調べた。結果の一例を紹介する。



イオノマーがない場合のORR活性は、いずれの担体でも同等程度だが、含窒素化合物修飾カーボンブラックでは低下しづらく、特に、赤の含窒素化合物（2-メチルプロピオンアミジン）修飾カーボンブラックにおいてはむしろ向上した。耐久性も未修飾よりも含窒素化合物修飾カーボンブラックの方が高いこともわかった。今後、表面構造の推定などを通して化学修飾によりもたらされる超高機能界面について検討を進める予定。

4. 今後の見通しについて

○実用化・事業化のイメージ

- 移動体・定置用PEFCのMEAとしての実用化。
- 研究開発終了後に、外部機関と連携して、例えば、成果物をスタックメーカーや触媒メーカー等の燃料電池関連企業へのテストサンプルを製造（販売）できるようにしたい。

○実用化・事業化に対する今後の課題と対応方針

- 現在取り組んでいる新たな修飾技術の高度化。
- 本技術に適し、三相界面を構成する部材としての新しいアイオノマーの開発。

○実用化・事業化に向けた具体的な取り組み

- 共同実施先とのコラボレーションや関心表明企業との連携。
- 事業化想定機関としては、共同実施先、関心表明企業および燃料電池関連企業を想定している。

○顕著な経済・技術・社会的な効果、人材育成の取り組み

- 大学の特性を活かして、研究開発を通じた人材育成ができています。
- 新聞掲載や講演会等を通して地元へ研究を紹介し、水素・燃料電池への関心を喚起しています。