

固体高分子型燃料電池の水生成を伴う負荷サイクル試験における触媒表面の親水性とアイオノマーの分散や耐久性との相関を評価

～白金カーボン (Pt/C) 触媒の表面処理により官能基を制御することで、アイオノマーの分散性と耐久性が向上することが明らかに～

エヌ・イー ケムキャット株式会社（本社：東京都港区、代表取締役社長 遠藤晋）は、固体高分子型燃料電池（PEFC）の水生成負荷サイクルにおいて、燃料電池触媒の官能基と親水性との相関を評価し、白金カーボン（Pt/C）触媒の表面処理による官能基制御などによって触媒の親水性を適切に管理することで、最適なアイオノマー（電解質ポリマー）の分散状態の実現と耐久性の向上が可能であることを明らかにしました。本研究内容は、11月27日発行の米国化学会（ACS: American Chemical Society）誌「ACS Applied Energy Materials」に掲載され、Supplementary Cover Art に採択されました。

■発表のポイント：

- ・ 表面処理によって Pt/C 触媒表面官能基などを制御させることによる親水性の変化が、アイオノマーの分散性と耐久性に与える影響を評価
- ・ 過度な親水性を示す(excessively hydrophilic)Pt/C 触媒と比べ、親水性を適度に低減した(decreased hydrophilic)Pt/C 触媒は、高いアイオノマー分散性と優れた I-V 特性を発揮
- ・ 燃料電池車（FCV）の実作動環境に近い、発電によって生成水が発生する条件下の耐久性試験においても、過度な親水性を示す(excessively hydrophilic)Pt/C 触媒と比べ、親水性を適度に低減した(decreased hydrophilic)Pt/C 触媒は耐久性が向上することを究明
- ・ 本結果により、触媒表面状態の制御によって MEA 構造の最適化と耐久性の向上への貢献が期待できる。

燃料電池は、CO₂ などの温室効果ガスを排出せずに電気を生成するクリーンな発電システムであり、カーボンニュートラル実現のための技術として期待されています。中でも PEFC は発電効率の高さ等から燃料電池車（FCV）でも採用されており、各国では大型商用車への搭載に向け、出力密度の向上と 100 万 km を超える最終保障距離を実現するために、燃料電池の中心部となる、燃料電池用膜電極接合体（MEA）においても性能および耐久性の向上が求められています。加えて、米国エネルギー省（DOE）は、2040 年までに燃料電池システムのコスト目標を 1 kW あたり 60 ドルに設定するなど、プラチナ（Pt）等の使用貴金属の低減による低価格化実現への要求が高まっています。

本研究では、MEA を構成する燃料電池触媒の官能基と親水性との相関関係について検証を行いました。

まず、触媒の親水性は、Pt 表面積の影響ではなく、主に官能基と Pt 酸化物の量によって影響されることを突き止め、さらに、Pt/C 触媒を独自の表面処理法(図 1)によって、官能基と Pt 酸化物の量を制御し、触媒表面の親水性を調整できることを明らかにしました。(図 2)

Surface hydrophilicity

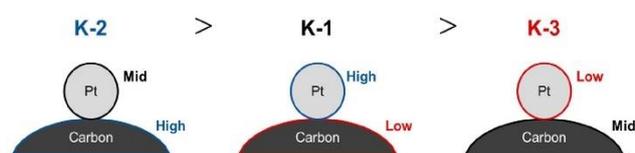


図 1 表面処理した各 Pt/C 触媒イメージ

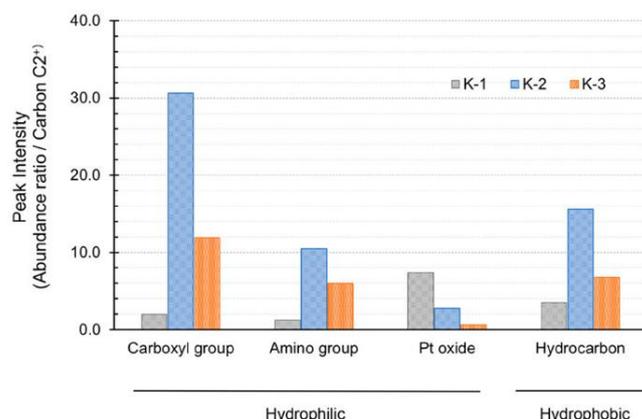


図 2 各 Pt/C 触媒の表面官能基、Pt 酸化物分析結果

さらに独自の表面処理によって調整した触媒表面の親水性が、アイオノマーの分散性と耐久性に及ぼす影響を評価したところ、過度な親水性を有する(excessively hydrophilic)Pt/C 触媒は、アイオノマーの分散性が悪く、水の蓄積によりガス拡散性が低下することが示されました。一方、親水性を制御し、適度に低減した(decreased hydrophilic) Pt/C 触媒では、最適なアイオノマーの分散性(図 3)と優れた I-V 性能が示されました。加えて、FCV 等のより実作動条件に近い試験条件となる水生成を伴う負荷サイクル試験により、親水性を制御し、適度に低減した(decreased hydrophilic) Pt/C 触媒は、過度な親水性を有する(excessively hydrophilic)Pt/C 触媒と比べて、適度なぬれ性により耐久性が向上することが明らかになりました。

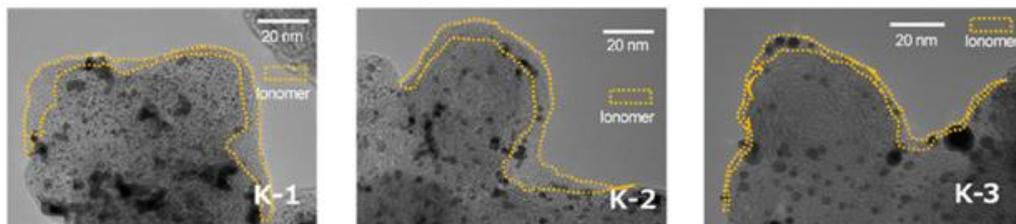
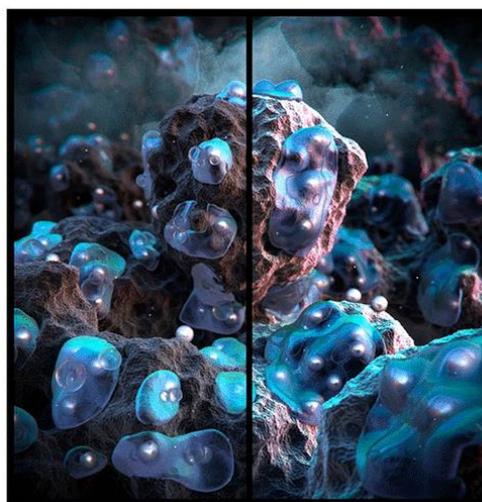


図 3 各 Pt/C 触媒表面におけるアイオノマー分散観察

本成果は、触媒の表面状態を適切に制御することで、MEA 構造を最適化し、耐久性を向上できることを示すものです。触媒の親水性に基づいたアイオノマーの分散と耐久性に関する MEA の最適化をより簡単かつ定量的に行うための指標となりうるものとなります。

発表の詳細につきましては、右記よりご確認ください。<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsaem.3c01706>



触媒表面の親水/疎水状態を示す 3D モデル

■ 発表誌 : 「ACS Applied Energy Materials」 (2023 年 11 月 27 日発行号) *WEB 版は 11 月 9 日発行

■ 論文タイトル : Impacts of Pt/Carbon Black Catalyst Surface Hydrophilicity on Ionomer Distribution and Durability during Water-Generating Load Cycling of Polymer Electrolyte Fuel Cells

■ DOI 番号 : 10.1021/acsaem.3c01706

■ アブストラクト(PDF 版) URL : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsaem.3c01706>

本研究は、当社エヌ・イー ケムキャット(株)と国立大学法人 山梨大学 水素・燃料電池ナノ材料研究センター 内田誠教授らの研究グループとの共同研究成果になります。

■ 共同執筆者

内田 誠 (山梨大学教授 水素・燃料電池ナノ材料研究センター 金属研究部門長)
田本 加代子 (水素・燃料電池ナノ材料研究センター)

■ 執筆者

永森 聖崇 (研究開発センター基礎開発部 グループ長)
青木 智史 (研究開発センター基礎開発部)
池川 真弓 (研究開発センター基礎開発部)
本多 祐太 (研究開発センター基礎開発部)
関 安宏 (研究開発センター基礎開発部長)
五十嵐 寛 (研究開発センター長)

■ 共同執筆者 山梨大学 内田誠教授コメント

固体高分子型燃料電池 (PEFC) の性能は、MEA の構造とアイオノマーの分散性に大きく影響されます。この研究では、広く使用されている中空カーボン担体触媒の表面処理によって触媒表面の親水性を調整し、それがアイオノマーの分散性と耐久性に及ぼす影響を調査しました。その結果、中程度の官能基を持つ親水性触媒が減少すると、最適なアイオノマー分散性と優れた I-V 性能が示されました。

また、水生成負荷サイクルを使用した耐久性テストにより、親水性が低下させた触媒は適度な湿潤性により耐久性が向上することが明らかになりました。私たちの発見は、触媒の表面状態を適切に制御することで、MEA 構造とその性能および耐久性の向上を促進できることを示唆しています。

この研究の画期的な点は、特に以下の 3 点が挙げられます。

- ①触媒層の親水性を容易に評価する手法を提案していること、
- ②発電を伴う耐久評価を実施し、耐久性評価に水マネジメントの効果を加えた解析が実施されていること
- ③広く普及しているカーボン担体触媒に表面改質の処理をすることで、その性能と耐久性を格段に向上させており、その新規性・進歩性が高く評価されています。

■ エヌ・イー ケムキャット株式会社について :

エヌ・イー ケムキャットでは、プロセス触媒・自動車排出ガス浄化触媒 (三元触媒・ディーゼル自動車触媒等) ・燃料電池触媒等の開発・製造・販売や貴金属触媒の回収精製を行っています。

【本社】〒105-5127 東京都港区浜松町二丁目 4 番 1 号 世界貿易センタービルディング南館 27 階

【沼津事業所】〒410-0314 静岡県沼津市一本松 678

【つくば事業所】〒306-0608 茨城県坂東市幸神平 25 番 3 号

【代表者】代表取締役社長 遠藤 晋

【設立年月】1964 年 4 月 【資本金】34 億 2,350 万円

【U R L】<https://www.ne-chemcat.co.jp/>

■ 本リリースに関するお問合せ :

エヌ・イー ケムキャット株式会社 広報担当 E-mail: info-pr@ne-chemcat.co.jp