

2025年7月18日

固体高分子型燃料電池（PEFC）運転時の生成水が Pt 粒子へのアイオノマー特異吸着による触媒被毒を抑制する効果について発表

～メソポーラスカーボンに担持した白金触媒の高・低温条件下での作用メカニズムを解明、
実使用環境に則した材料開発と応用設計に新たな道を拓く～

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、高・低温条件下における触媒作用メカニズムを分析し、固体高分子型燃料電池（PEFC）の稼働時に生成される水が、メソポーラスカーボンに担持した白金触媒における触媒性能の低下を軽減することを明らかにしました。本研究内容は、7月14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。

多くの規則的なメソ細孔構造を有するメソポーラスカーボンは、高い比表面と構造制御性から、近年、高出力 PEFC のカソード用の白金触媒担体として利用が注目されている炭素材料です。これまでは、高加湿条件下における酸素還元反応における高い性能を評価する研究が中心であり、低加湿条件下ではプロトンが触媒層全体に行きわたらず、触媒活性が低下する「触媒被毒」現象が生じることが指摘されていたものの、その挙動に関する議論は限定的でした。

当社は、独自の評価手法を用いて、実使用条件を想定した高・低加湿条件下での白金触媒の挙動メカニズムを分析し、その構造を明らかにしました。特にガス拡散の影響と反応速度解析手法としてターフェルプロットを用いて分析を行い、湿度に応じて現れるターフェルステップを手掛かりに、律速段階の変化や表面反応の状態を特定しました。

それにより、①カーボン担体の持つ細孔の種類と白金の位置による触媒活性の違い、②低加湿条件下における急速な水の消失の連関を明らかにするとともに③PEFC 稼働時に生成される水が、Pt 粒子へのアイオノマーによる被毒を緩和する事実が明らかとなりました。



メソポーラスカーボンにおける低温条件下の触媒作用を示した 3D モデル図

本研究により、これまで性能が不安定とされていた低加湿条件下でも、安定した応用設計が可能となる見通しが得られ、その成果は、メソポーラスカーボンの実用化に向けた条件最適化や次世代材料設計への指針を与えるものです。研究の詳細につきましては、以下より是非ご確認ください。

■発表誌：「ACS Applied Energy Materials」（2025年7月14日発行号）*WEB版は7月1日発行

■論文タイトル：Analysis of Ionomer Distribution and Reaction Mechanisms on Polymer Electrolyte Fuel Cell Pt Catalysts Supported on Mesoporous Carbon under Various Humidity Conditions

■DOI 番号：10.1021/acsaem.5c01411

■論文詳細(PDF版)

https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsaem.5c01411?ref=article_openPDF

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）

■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）

関 安宏（研究開発センター基礎開発部長）

五十嵐 寛（元フェロー）

■共同執筆者 山梨大学 内田誠教授コメント

本研究は、固体高分子形燃料電池（PEFC）の有望な材料として高い関心を集めているメソポーラスカーボン系触媒（Pt/MPC 触媒）において、その細孔構造とアイオノマー分布のカソード性能の湿度影響について詳細に調査しました。本研究が訴求する画期的な点は、以下の3点が挙げられます。

- ① 高い ORR 活性は主に外表面および細孔開口部近傍に位置する白金によって決定される。
- ② Pt/MPC は中程度の湿度条件下でも急速な水分損失を示すことが明らかとなった。
- ③ 低湿度条件でのアイオノマーの特異吸着による性能低下が、生成水により緩和されることを明確に示した。

本研究は、Pt/アイオノマー界面における白金のスルホン酸基被毒現象について新たな視点を提示しています。現状一般的に、メソポーラスカーボンは Pt をその内部細孔に分布することで、アイオノマーのスルホン酸被毒を軽減する戦略として提案されています。しかし本研究は、本現象を、発電に伴う生成水の影響を考慮した動的な観点から考察する必要性を強調しました。ターフェル分析に基づき、燃料電池の運転中に生成される水が Pt のスルホン酸被毒を軽減できる説得力のある結果を示しました。これは本現象の理解におけるパラダイムシフトを促しており、その新規性・進歩性が高く評価されています。

これらの結果は、0.1-0.2A/cm² 以上の電流密度での作動条件では、生成水によりアイオノマー被毒が無効化され、MPC 外表面の Pt 触媒の有効性が確保されることを示しており、今後の触媒構造設計に大きな示唆を与えます。

■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