

山口 猛央

東京工業大学科学技術創成研究院
教授

液体燃料直接型固体アルカリ燃料電池用触媒層
および MEA 基盤技術の構築

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、性能が高く、耐久性の高い固体アルカリ燃料電池を開発するための基盤を構築することを目標に、1) アノードで用いる液体燃料酸化触媒、カソードで用いる酸素還元触媒の開発を行うとともに、2) 電解質膜を組み合わせた膜電極接合体(MEA)の設計開発を行い、液体燃料直接型アルカリ燃料電池触媒・触媒層および MEA の開発基盤を構築する。

1) 触媒・触媒層の開発基盤の構築では、1-1) アルカリ環境での従来触媒の重要な課題であるカーボン担体表面の腐食による触媒粒子の脱離を解決するカーボンフリー中空ナノカプセル触媒(以下、金属ナノ粒子連結触媒)の開発を行っている。平成 30 年度は、連結触媒の合成方法を改良し、超臨界処理を用いない合成法でも、従来法と同様の構造を有する触媒が得られた。1-2) 脱 Pt 化へ向けたヘテロ元素高密度コードープグラフェン触媒の開発では、Co, Zn, Fe を含む 3 元系 Zeolitic imidazolate framework を熱処理することにより得られるヘテロ元素コードープカーボン触媒を用いて、白金使用量を大幅に低減した酸・アルカリハイブリッド燃料電池を開発した。また、1-3) 再生反応も考慮して選定したギ酸塩溶液を用いるエネルギーキャリアシステムにおけるギ酸アニオン酸化用 Pd 系触媒の開発では、1-4)の触媒表面の反応解析により得られた触媒設計指針に基づき、Ru や Ni 等との合金化を行い高活性な触媒が得られた^[1]。1-4) 触媒開発基盤の構築へ向けた検討では、ギ酸アニオン酸化用 Pd 系触媒の in situ X 線吸収微細構造(XAFS)による分析を行った。平成 29 年度までに、従来研究で主流とされてきた反応機構とは異なり、アルカリ中の Pd 上のギ酸アニオン酸化反応において CO 被毒が起こることを明らかにしている。平成 30 年度は、高活性を示した Pd と CeO₂ の複合化触媒について解析を行い、CeO₂ から Pd 上への OH 種供給により CO 被毒が低減されていることを示し、高活性触媒の設計指針を得た。

2)の液体燃料直接型固体アルカリ燃料電池の MEA 開発基盤構築では、2-1) 高性能・高耐久

かつ製膜性に優れたアイオノマーおよび電解質膜として加熱変換型ポリマー^[2]を開発した。また、2-2) 本研究で開発したナノ粒子連結触媒をカソード、Pd 触媒をアノード、スピロビフルオレン構造を主鎖に持つ高耐久性アニオン伝導性ポリマー^[3]をアイオノマーおよび電極と電解質膜の接合部に用いて作製し、高出力密度・高耐久性を示した MEA について、発電性能試験後の構造解析を行うことでさらなる高耐久化へ向けた指針を得た。

【代表的な原著論文】

[1] Sasidharan Sankar, Gopinathan M. Anilkumar, Takanori Tamaki, Takeo Yamaguchi, “Cobalt-Modified Palladium Bimetallic Catalyst: A Multifunctional Electrocatalyst with Enhanced Efficiency and Stability toward the Oxidation of Ethanol and Formate in Alkaline Medium”, ACS Applied Energy Materials, vol. 1, No.8, pp. 4140-4149, 2018

[2] Hafis P. R. Graha, Shinji Ando, Shoji Miyanishi, Takeo Yamaguchi, “Development of a novel durable aromatic anion exchange membrane using a thermally convertible precursor”, Chemical Communications, vol. 54, No.77, pp. 10820-10823, 2018

[3] Shoji Miyanishi, Takeo Yamaguchi, “Highly durable spirobifluorene-based aromatic anion conducting polymer for a solid ionomer of alkaline fuel cells and water electrolysis cells”, Journal of Materials Chemistry A, vol. 7, No. 5, 2219-2224, 2019

§ 2. 研究実施体制

(1)「山口」グループ

- ① 研究代表者:山口 猛央 (東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・カーボンフリー中空ナノカプセル触媒および MEA の開発と評価

(2)「Anilkumar」グループ

- ① 主たる共同研究者:G.M. Anilkumar ((株)ノリタケカンパニーリミテド開発・技術本部研究開発センター、研究員)
- ② 研究項目
 - ・ヘテロ元素高密度コドープグラフェン触媒の開発と評価

(3)「今井」グループ

- ① 主たる共同研究者:今井 英人 ((株)日産アーク・デバイス機能解析部、部長)
- ② 研究項目
 - ・触媒の構造・電子状態および反応解析

(4)「黒木」グループ

- ① 主たる共同研究者:黒木 秀記 (神奈川県立産業技術総合研究所研究開発部、常勤研究員)
- ② 研究項目
 - ・カーボンフリー中空ナノカプセル触媒の開発