

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、2018 年度までに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やギ酸塩酸化用 Pd 系触媒の開発を行ってきた。開発した触媒について、2019 年度は 2) で示す液体燃料直接型固体アルカリ燃料電池の MEA での評価を行った。また、ギ酸塩酸化用 Pd 系触媒について、開発した PdNi 合金触媒^[3]の高活性化要因を検証するために、in situ X 線吸収微細構造(XAFS)による分析を行った。Pd 単体と PdNi 合金の比較より、PdNi 合金では Pd 上の CO 被毒種の酸化反応が Ni 上に形成した OH 種により促進されていることが示され、PdNi 触媒の高活性化要因が明らかとなった。

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、高性能・高耐久で製膜性に優れ、かつ材料合成の簡略化も考慮したエーテルフリー型高分子量ポリマーを開発した^[1]。また、エーテルフリー型高分子量ポリマーを充填した細孔フィリング膜を用いた MEA の発電試験を行い、MEA の高性能化へ向けた電解質膜設計指針として、ギ酸塩の透過抑制も重要であることを示した。MEA のさらなる高性能化へ向けて、本研究で開発した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を用いて作製し、高出力密度・高耐久性を示した MEA^[2]について、クライオ電顕による加湿触媒層のその場観察を行い、開発したポリマーが発電試験条件でも高耐久であることを示した。また、電極触媒層および液体燃料を供給するチャンネル・拡

散層での物質移動を考慮した直接ギ酸塩型固体アルカリ燃料電池モデリングを行い、高出力密度を達成するために触媒層外側の物質移動が重要であることを示した。さらに、ギ酸塩の再生反応についての検証を行った。

【代表的な原著論文】

- [1] Shoji Miyanishi, Takeo Yamaguchi, “Highly conductive mechanically robust high Mw polyfluorene anion exchange membrane for alkaline fuel cell and water electrolysis application”, *Polymer Chemistry*, vol. 11, No. 23, pp. 3812–3820, 2020
- [2] Hidenori Kuroki, Shoji Miyanishi, Ayaka Sakakibara, Yuhei Oshiba, Takeo Yamaguchi, “Highly stable membrane–electrode assembly using ether–linkage–free spirobifluorene–based aromatic polyelectrolytes for direct formate solid alkaline fuel cells”, *Journal of Power Sources*, vol. 438, Article No. 226997, 2019
- [3] Sasidharan Sankar, Gopinathan M. Anilkumar, Takanori Tamaki, Takeo Yamaguchi, “Binary Pd–Ni Nanoalloy Particles over Carbon Support with Superior Alkaline Formate Fuel Electrooxidation Performance”, *ChemCatChem*, vol. 11, No. 19, pp. 4731–4737, 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
 - ・ギ酸塩酸化用 Pd 系触媒の開発

(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