

オゾン援用水熱合成法による酸化スズナノ粒子の開発と 固体高分子形燃料電池カーボンフリー触媒への応用

Ozone-Assisted Hydrothermal Synthesis Method of Sb-SnO₂ Conductive Nanoparticles for
Carbon-free ORR Catalysts of Hydrogen Fuel Cells

M23海自40

派遣先 IUMRS先端材料国際会議および第11回先端技術材料国際会議
(シンガポール共和国・シンガポール)

期間 2023年6月25日～2023年7月1日(7日間)

申請者 兵庫県立大学 大学院 博士前期課程2年 福田 剛 士

海外における研究活動状況

研究目的

本研究は、固体高分子形燃料電池(Proton-exchange-membrane-fuel-cell: PEMFC)のカソード触媒材料として用いられている酸化スズ(SnO₂)ナノ粒子の新規合成方法を提案し、従来触媒を上回る高性能・高耐久性を実現することでPEMFCの更なる普及に貢献することを目的とする。

海外における研究活動報告

固体高分子形燃料電池(Polymer Electrolyte Fuel Cells: PEMFC)は、水素燃料電池自動車や、家庭用燃料電池エネファームなどに用いられているクリーンエネルギーデバイスである。PEMFCは、排出物が水のみで低公害であるという燃料電池の利点に加えて、低温動作下でも出力密度が高いことから、水素利用のメインデバイスとして期待されている。しかしながら、PEMFCの更なる普及のためには、使用する触媒の低コスト化および長寿命化が不可欠である。現在一般的に使用されている白金カーボン(Pt/C)触媒は、繰り返し動作を行なうこ

とでカーボンが酸化し、その結果性能が低下する。そのため、触媒にカーボンを使用しない「カーボンフリー触媒」の開発が盛んに行なわれている。先行研究より、酸化スズ(SnO₂)や酸化チタン(TiO₂)などの金属酸化物がカーボンの代替材料として有用な候補であるとされており、なかでもSnO₂に金属元素をドーピングした金属ドーブ酸化スズを用いた触媒でPt/Cと同等の触媒性能を持つことが報告されている。

本研究では、PEMFCに用いるSnO₂の新規合成方法の検討を行なった。SnO₂の合成法として従来より存在する「オゾン援用法」と「水熱合成法」を組み合わせた「オゾン援用水熱合成法」を開発し、材料評価および触媒性能評価を行なった。オゾン援用法によって粒径の制御された単分散SnO₂ナノ粒子に水熱処理を加えることで結晶化が促進され、導電性の高いSnO₂ナノ粒子の作製に成功した。さらに、SnO₂にSbをドーピングしたSb-doped SnO₂をカーボンの代替材料として使用したところ、市販のPt/Cを上回る高い触媒性能と耐久性を示した。以上の結果を、シンガポールにて行なわれた国際学会IUMRS-ICAM & ICMAT 2023にて発表し、活発な議論を行なった。

ポスター発表では、分野内外の多くの研究者から質問を頂戴した。合成方法や材料評価に関する質問が多く、新規合成法が有用であることを理解してもらうことができ、一定の評価を得た。その一方で、TEM観察やホール効果測定などの追加のデータ取得を行なうことが必要であると実感した。

また、講演発表では、世界中の著名な研究者の発表を拝聴した。材料分野の学会ということもあり、ナノ粒子やペロブスカイト材料に関する最先端の研究動向を聴くことができ、分野外の幅広い知見を得た。また、水素関連分野の講演や、SnO₂を使用した研究内容などの自身の研究に関連のある発表も多く、興味深い結果を知ることで自身の分野に応用可能なインスピレーションを得た。

学会期間中にシンガポールの燃料電池を扱う企業 (POWERZONE H₂ TECHNOLOGIES PTE LTD) を訪問し、学会と同様のポスター発表を行なった後、意見交換を行なった。同社は燃料電池の電極触媒膜 (Catalyst Coated

Membrane: CCM) を扱っており、申請者の発表を大変興味深く聴いていただいた。ここでは、実用化した際の想定に関する質問を多く頂戴し、本研究の触媒がPt/Cに代わる触媒であることを示すことが出来た。また、双方進行中のプロジェクトについて情報交換を行ない、共同研究に繋がる活発なディスカッションを行なうことが出来た。

以上に示すように、シンガポールへの海外渡航およびIUMRS-ICAM & ICMAT 2023への参加は非常に有意義なものであった。この経験を、自身の研究の更なる発展に役立てていく所存である。今回ご支援いただいた村田学術振興財団に心から感謝申し上げます。

**この派遣の研究成果等を発表した
著書、論文、報告書の書名・講演題目**

Takeshi Fukuda, Kenji Iimura, Takanori Yamamoto, Maito Tanabe, Seigo Ito. "Ozone-Assisted Hydrothermal Synthesis Method of Sb-SnO₂ Conductive Nanoparticles for Carbon-free ORR Catalysts of Hydrogen Fuel Cells", IUMRS-ICAM & ICMAT 2023, Singapore, Jun 2023.