

革新的 GX 技術創出事業 (GteX) チーム型研究
「水素」領域
年次報告書

令和 5 年度
研究開発年次報告書

令和 5 年度採択研究開発代表者 (チームリーダー)

[研究開発代表者 (チームリーダー) 名 : 稲葉 稔]

[同志社大学理工学部・教授]

[研究開発課題名 : 革新的材料による次世代燃料電池システムの構築]

実施期間 : 令和 5 年 10 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究開発実施体制

(1) PEMFC グループ

①グループ参画者

グループリーダー: 稲葉 稔(同志社大学理工学部、教授)

主たる共同研究者: 古川森也(大阪大学大学院工学研究科、教授)、山元公寿(東京工業大学科学技術創成研究院、教授)、加藤南(産業技術総合研究所電池技術研究部門、主任研究員)、白旗崇(愛媛大学理工学研究科、准教授)、朝岡 賢彦(技術研究組合 FC-Cubic FC 特性解析部、部長)、白仁田沙代子(長岡技術科学大学大学院工学研究科、教授)、松田翔風(弘前大学大学院理工学研究科、助教)

②研究項目

- ・Pt 系多元素合金触媒開発／ヘテロ元素含有炭素とのハイブリッド化
- ・サブナノ合金 ORR 触媒開発
- ・プロトン伝導性マイクロポーラスポリマーの開発
- ・中電密性能支配因子の解明／触媒層最適化
- ・窒素熱処理ステンレス鋼セパレータ開発／AEMFC 用セパレータ開発

(2) AEMFC グループ

①グループ参画者

グループリーダー: 山口猛央(東京工業大学科学技術創成研究院、教授)

主たる共同研究者: 富田育義(東京工業大学物質理工学院、教授)、難波江裕太(東京工業大学物質理工学院、准教授)、守谷 誠(静岡大学学術院、准教授)、大山順也(熊本大学大学院先端科学研究部、准教授)

②研究項目

- ・高性能アニオン交換膜形燃料電池の開発
- ・非白金アノード・カソード触媒の開発

(3) PCFC グループ

①グループ参画者

グループリーダー: 奥山勇治(宮崎大学工学教育研究部、教授)

主たる共同研究者: 松井敏明(京都大学大学院工学研究科、准教授)

②研究項目

- ・SOFC 超低温作動化を目指した PCFC の開発

(4) システム化グループ

①グループ参画者

グループリーダー: 金坂浩行(技術研究組合 FC-Cubic FC 特性評価部、部長)

②研究項目

- ・共通セル解析による燃料電池開発支援

(5)先端計測・データ科学グループ

①グループ参画者

グループリーダー: 石川敦之 (東京工業大学環境・社会理工学院、准教授)

主たる共同研究者: 今井英人 (技術研究組合 FC-Cubic 高度材料解析部、部長)、中田彩子 (物質・材料研究機構ナノアーキテクニクス材料研究センター、主幹研究員)

②研究項目

- ・先端計測による燃料電池解析支援
- ・大規模計算とデータ科学による燃料電池開発支援

§2. 研究開発成果の概要

①PEMFC グループ

Pt₃Ni/CB の高い酸素還元活性を確認。修飾した酸化グラフェン担体を用いて、1-2 nm の Pt 粒子の固定化と高温安定性を確認した。また、TiO₂ を担体として Pt₁₂, Pt₂₈ および Pt₆₀ サブナノ粒子の高安定性を確認した。厚み 15 μm のプロトン伝導性マイクロポラスポリマー自立膜を合成、10⁻⁴ S cm⁻¹ オーダーのプロトン伝導率を確認した。担体構造の異なる Pt 触媒の MEA 発電特性の差異を確認し、触媒層特性との相関を明確化できた。窒素熱処理ステンレス鋼セパレータ開発では、熱処理温度依存性を検討し、目標値の低い腐食電流密度を達成した。

②AEMFC グループ

高イオン官能基容量を有するポリマーを用いて、高イオン伝導性を示す細孔フィリング膜の作製に成功した。また、従来の 100 倍以上の高いアルカリ耐性を示すホスホニウム塩を見いだした。さらに、種々の Mn 系酸化物触媒を合成し、触媒データベースの構築に取り組んだ。また、十四員環 Fe 錯体を熱処理した触媒が Pt 触媒を上回る質量活性を有することを確認した。

③PCFC グループ (グループリーダー)

BaZrO₃ の多元置換を行い、300℃にて 0.01 S cm⁻¹ を超えるプロトン伝導率を達成した。また、Pd, Cu, Ni アノードの反応抵抗の温度依存性を明らかにした。

④システム化グループ

各開発グループでのセル評価を開始するとともに、FC-Cubic では新規導入する単セル評価装置、MEA 試作装置向けに実験室インフラの整備を進めた。

⑤先端計測・データ科学グループ

高感度分析 TEM の設置に向けて実験室の環境整備を行った。また、大規模計算プログラム CONQUEST の計算環境を整備し、Pt クラスターの構造最適化計算、電子状態解析を実施した。理論計算(DFT)により算出された電子状態を特徴づける状態密度の機械解析手法を開発した¹⁾。また、FC-Cubic の MIX プラットフォームへのアクセスを完了し、さらに NIMS のデータベース(RDE)への登録も完了した。

【代表的な原著論文情報】

1) A. Ishikawa, "Machine-learning descriptor search on the density of states profile of bimetallic alloy systems and comparison with the d - band center theory", J. Computational Chem. DOI: 10.1002/jcc.27360