

未来社会創造事業（探索加速型）
「顕在化する社会課題の解決」領域
終了報告書（探索研究）

令和 4 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:藪 浩]

[東北大学 材料科学高等研究所・教授]

[研究開発課題名:バイオマスを基にした物質・エネルギー循環技術の実現]

実施期間：令和 4 年 10 月 1 日～令和 7 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(1)「バイオマスを基にした物質・エネルギー循環技術の実現」グループ(東北大学)

① 研究開発代表者: 藪 浩 (東北大学材料科学高等研究所、教授)

② 研究項目

- ・電極触媒としての性能評価による最適組成の決定
- ・エネルギーデバイスへの実装

(2)「バイオマス由来電極触媒の生産技術開発およびエネルギーデバイス開発」グループ(AZUL Energy(株))

① 主たる共同研究者: 伊藤 晃寿 (AZUL Energy(株)、代表取締役社長)

② 研究項目

- ・量産と触媒電極化
- ・エネルギーデバイスへの実装
- ・協業企業・体制の構築

§2. 研究開発成果の概要

水電解・燃料電池などの水素システムや金属空気二次電池は再生可能エネルギーから得られる電力の平準化技術として期待されている。しかしながら資源制約や経済安全保障上課題があり、高コストな Pt 等の白金族金属(Platinum Group Metals, PGMs)を電極触媒として使用するため、普及が妨げられている。本研究では廃棄バイオマスであるホヤ殻由来セルロースナノファイバー(CNF)と乾燥血粉を混合・焼成することで得られる「ナノ血炭」を最適化することにより、PGM フリーかつ廃棄資源を活用した上記デバイスにおける多機能な電極触媒として、PGM や代替触媒に匹敵する性能を有することを証明した。具体的には、混合する廃棄バイオマスの組成を最適化することで、水電解における電極反応である水素発生反応(Hydrogen Evolution Reaction, HER)、酸素発生反応(Oxygen Evolution Reaction, OER)、および燃料電池や金属空気二次電池のボトルネック反応である酸素還元反応(Oxygen Reduction Reaction, ORR)の全てに高い活性を示す電極触媒を実現した。また、廃棄バイオマスとしてのホヤ殻由来 CNF の量産技術、大量炭化技術および電極化技術の開発に成功し、廃棄バイオマスから電極触媒の生産技術開発にも成功した。デバイスとしては水電解、金属空気二次電池だけでなく、通常よりも電圧が 1.6 倍高い亜鉛空気電池セルや、海水などを吸って発電する金属空気紙電池、高性能キャパシタなど、様々な新規エネルギーデバイスの開発にも成功した。これらの開発の結果、廃棄バイオマスを用いた電気化学触媒の基礎的な学理の構築と応用実証を完了した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Ishibashi, M. S. Grewal, K. Ito, N. Shoji, Y. Matsuo, H. Yabu, "Trifunctional Rare-metal-free Electrocatalysts Prepared Entirely from Biomass", *Advanced Energy and Sustainability Research*, 3(11), 2200107 (2022).
- 2) T. Liu, H. Yabu, "Biomass-Derived Electrocatalysts: Low-Cost, and Robust Materials for Sustainable Electrochemical Energy Conversion", *Advanced Energy and Sustainability Research*, 5(1), 2300168 (2024). Front Cover

- 3) K. Ishibashi, K. Ito, H. Yabu*, "Rare-metal-free Zn-Air Batteries with Ultrahigh Voltage and High Power Density Achieved by Iron Azaphthalocyanine Unimolecular Layer (AZUL) Electrocatalysts and Acid/Alkaline Tandem Aqueous Electrolyte Cells", *APL Energy*, 1, 016106 (2023).