

革新的 GX 技術創出事業 (GteX) チーム型研究
「蓄電池」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:駒場 慎一]

[東京理科大学理学部第一部応用化学科・教授]

[研究開発課題名:資源制約フリーなナトリウムイオン電池の開発]

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) 「セル設計・評価」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー:

駒場 慎一 (東京理科大学理学部、教授)

主たる共同研究者:

大久保 将史(早稲田大学先進理工学部、教授、サブグループリーダー)

虞有為(物質・材料研究機構、エネルギー・環境材料研究センター、サブグループリーダー)

高 晟齊(東京大学大学院工学系研究科、助教)

林 克郎(九州大学工学研究院、教授)

中村 崇司(東北大学多元物質化学研究所、准教授)

② 研究項目

- ・電池部材の調達と基礎評価(駒場)
- ・フルセル作製プロトコルの構築(大久保)
- ・標準活物質と電極の評価(虞)
- ・Al 集電体の腐食抑制(高)
- ・酸化物系全固体 Na イオン電池の構築 (林)
- ・熱安定性の解析(中村)

(2)「材料開発」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー:

大久保 将史(早稲田大学先進理工学部、教授、正極サブグループリーダー)

主たる共同研究者:

小林 玄器(理化学研究所、主任研究員)

中山 雅晴(山口大学大学院創成科学研究科、教授)

江口 美陽(早稲田大学先進理工学部、准教授)

中村 崇司(東北大学多元物質化学研究所、准教授)

関 志朗(工学院大学先進工学部、准教授、電解質・界面サブグループリーダー)

高 晟齊(東京大学大学院工学系研究科、助教)

松本 一彦(京都大学大学院エネルギー科学研究科、准教授)

後藤 和馬(北陸先端科学技術大学院大学、教授、負極サブグループリーダー)

松尾 吉晃(兵庫県立大学応用化学工学科、教授)

長谷川丈二(名古屋大学大学院工学研究科、特任准教授)

③ 研究項目

- ・正極材料の開発(大久保)
- ・新規正極材料の探索(小林)
- ・高性能 PBA のための安全・効率的な合成プロセスの構築(中山)
- ・層状ナトリウム金属酸化物の特性評価(江口)
- ・正極酸素脱離現象の実験的評価(中村)
- ・電解質の物性調査(関)
- ・ハードカーボンの表面保護被膜(SEI)の高機能化(高)
- ・電解質・界面の設計・評価(松本)
- ・ハードカーボン負極の高容量化と吸蔵メカニズムの解明(後藤)
- ・グラフェン系炭素負極の特性評価(松尾)
- ・モノリス前駆体を用いたハードカーボンの合成(長谷川)

(3)「機構解明」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー:

館山 佳尚(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:

久保田 圭(物質・材料研究機構、

エネルギー・環境材料研究センター、主任研究員、サブグループリーダー)

安野 聡(高輝度光科学研究センター、主幹研究員)

大石 一城(中性子科学センター、主任研究員)

梅垣 いつみ(高エネルギー加速器研究機構、助教)

④ 研究項目

- ・第一原理計算を用いた材料安定性、Na イオン伝導性解析(館山)
- ・Na イオン電池電極材料に対するオペランド計測技術開発と反応機構解明(久保田)
- ・硬 X 線光電子分光法を用いた Na イオン電極材料の電子状態評価(安野)
- ・オペランド中性子小角散乱による Na イオン挙動解析(大石)
- ・ミュオンによる Na イオン電池のオペランドイオン拡散計測(梅垣)

§ 2. 研究開発成果の概要

資源制約フリーで、しかもリチウムイオン電池の従来技術も十分に活用でき、そのエネルギー密度等の諸特性に匹敵する二次電池として、ナトリウムイオン電池がひとつの現実解として注目されている。2023 年度に当チームの課題が採択され、日本や諸外国でのナトリウムイオン電池の動向調査を進めている。エネルギー密度では LiFePO_4 を用いたリチウムイオン電池と同等の値が発表され、さらにサイクル寿命や低温・高温での電池特性を改善する技術も発表されている。それらの最新動向の調査結果を踏まえて、当チームでは鉄マンガン系の正極活物質、炭素への Na 吸蔵反応を利用する負極活物質、およびナトリウムイオン伝導性の電解質材料を開発するグループ、その機構解明に取り組む、計算および計測の専門家からなるグループ、そして、それらを統合してフルセルの設計と実証を行うグループの計三つのグループが分担をしつつ密な連携を図って研究開発を行った。

材料開発では、過去 40 年のリチウムイオン電池の技術動向も参考に、正極ではコストとパフォーマンスの両立できる鉄マンガン系の酸化物、オキソ酸、およびシアノ錯体の化合物について、合成条件の検討、組成および構造最適化を行い、過去の成果との統合も含めて材料研究を進めた。さらに、粒子設計や結晶構造の最適化に取り組んでいる。正極では、前身の文科省元素戦略プロジェクトで開発したハードカーボンの鑄型合成に加え、グラファイトライクグラファイト、ヘテロ元素導入材料を調査し、負極容量 300 - 480 mAh/g を安定的に示す材料を見つけている。これらの電極反応や電解質界面について、計測および計算から作動機構の解明を図った上で、フルセルとしての正負極バランスを含む電池設計と集電箔や電解液添加剤開発の検討も開始し、本電池系の高エネルギー密度設計と高耐久長寿命化を進めている。

【代表的な原著論文情報】

1. Unprotected Organic Cations—The Dilemma of Highly Li-Concentrated Ionic Liquid Electrolytes, S. Zhang, S. Wu, J. Hwang*, K. Matsumoto*, and R. Hagiwara, *J. Am. Chem. Soc.*, 2024, **146**, 12, 8352–8361.