

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 6 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 : 入山恭寿]

[国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 大学院工学研究科・教授]

[研究開発課題名 : 高安全・長寿命な酸化物型固体電池の開発]

実施期間 : 令和6年4月1日～令和7年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「固体電池基礎」グループ

① グループ参画者:

- グループリーダー : 雨澤 浩史 (東北大学多元物質科学研究所、教授)
- 主たる共同研究者 : 土井 貴之 (同志社大学理工学部、教授)
- 主たる共同研究者 : 大西 剛 (物質・材料研究機構エネルギー・環境材料研究センター電池界面制御グループ、グループリーダー)
- 主たる共同研究者 : 入山 恭寿 (名古屋大学工学研究科、教授)
- 主たる共同研究者 : 田中 優実 (東京理科大学工学部、准教授)
- 主たる共同研究者 : 土屋 敬志 (物質・材料研究機構ナノアーキテクトニクス材料研究センターニューロモルフィックデバイスグループ、グループリーダー)
- 主たる共同研究者 : 山本 和生 (ファインセラミックスセンターナノ構造研究所、主席研究員)
- 主たる共同研究者 : 桑田 直明 (物質・材料研究機構エネルギー・環境材料研究センター固体電池イオニクスグループ、グループリーダー)
- 主たる共同研究者 : 塚田 祐貴 (名古屋大学工学研究科、准教授)
- 主たる共同研究者 : 佐藤 一永 (東北大学工学研究科、准教授)

② 研究項目

- ・全固体電池の基礎反応・劣化機構解明手法の開発
- ・電池構成材料の基礎物性取得
- ・高容量負極(Li・Si 等)の反応安定化
- ・厚膜正極利用の基礎技術開発

(2)「複合電解質」グループ

① グループ参画者:

- グループリーダー : 入山 恭寿 (名古屋大学工学研究科、教授)
- 主たる共同研究者 : 大野 真之 (東北大学多元物質科学研究所、准教授)
- 主たる共同研究者 : 手嶋 勝弥 (信州大学先鋭領域融合研究群、所長・教授)
- 主たる共同研究者 : Jalem Randy (物質・材料研究機構エネルギー・環境材料研究センター固体電池材料グループ、主幹研究員)
- 主たる共同研究者 : 吉井 一記 (産業技術総合研究所電池技術研究部門次世代蓄電池研究グループ、主任研究員)
- 主たる共同研究者 : 福塚 友和 (名古屋大学工学研究科、教授)
- 主たる共同研究者 : 森 大輔 (三重大学工学研究科、准教授)
- 主たる共同研究者 : 稲田 亮史 (豊橋技術科学大学大学院工学研究科、教授)
- 主たる共同研究者 : 高田 瑤子 (産業技術総合研究所マルチマテリアル研究部門セン

シング材料研究グループ、主任研究員)

②研究項目

- ・高イオン伝導複合電解質の開発
- ・超高イオン伝導電解質の開発($\sim 10^{-1}$ S/cm)と、それに向けたイオンダイナミクス解析

(3)「デバイス化」グループ

①グループ参画者:

- グループリーダー : 奥村 豊旗(産業技術総合研究所電池技術研究部門蓄電デバイス研究グループ、研究グループ長)
- 主たる共同研究者 : 渡邊 賢(九州大学大学院総合理工学研究院、准教授)
- 主たる共同研究者 : 柿部 剛史(兵庫県立大学大学院工学研究科、准教授)
- 主たる共同研究者 : 木村 禎一(ファインセラミックスセンター材料技術研究所、主席研究員)
- 主たる共同研究者 : 片岡 邦光(産業技術総合研究所省エネルギー研究部門エネルギー応用材料グループ、研究グループ長)
- 主たる共同研究者 : 稲熊 宜之(学習院大学理学部、教授)
- 主たる共同研究者 : 小林 剛(電力中央研究所エネルギー変換・エネルギー貯蔵研究本部、上席研究員)
- 主たる共同研究者 : 濱本 孝一(産業技術総合研究所 極限機能材料研究部門 蓄電材料グループ グループ長)

②研究項目

- ・中型焼結型電池の開発
- ・非焼結型電池の開発
- ・高エネルギー密度電池の開発

§2. 研究開発成果の概要

焼結型電池の研究開発においては、85 Wh/Lのエネルギー密度を有する電池を開発し、350 サイクル後も 70%の容量を維持した。この電池の高性能化に向けてオペランド・マルチスケール計測を進め、CT-XAFS、STEM-EELS、SIMS を用いて電極層組織やクラック形成等が及ぼす電池の劣化機構、充放電過程における Li 拡散機構に関して理解を深め、長寿命化に向けた複合電極組織のあり方、出入力特性向上の鍵となる因子についても知見を得た。また、焼結型電池の社会実装に向けて、大容量材料合成システムの構築、グリーンシート工法、大型焼結の各プロセスでの連携も進めた。例えばφ 25 mm の焼結型電池を作製して、動作することを確認した。

非焼結型電池の研究開発においては、無機複合化・有機複合化による可塑性電解質の研究を中心に進めている。無機複合化では 5 年後の目標値である室温で 1×10^{-4} S/cm 以上のイオン伝導率をもつ可塑性複合電解質を現時点で開発することができ、これを用いた非焼結型電池も動作することを確認した。材料探索の基盤となる、結晶材料－伝導度相関マップ、新規固体電解質の計算材料設計と材料スクリーニングに関する計算ワークフローとプログラミングスクリプトを開発し、粒子レベルでイオン伝導率を評価するシステムを構築した。

高エネルギー密度型電池の研究開発においては、膨張収縮の大きな Si を多孔質化すると固体電解質と接合した系で、安定した充放電性能が発揮されることがわかり、同様な傾向が他の合金負極でも見られることを確認した。以上の研究成果から、高容量負極を全固体電池で安定に使いこなす基礎指針を得た。また、20 μm の厚みで 1×10^{-4} S/cm 以上のイオン伝導率を有する緻密固体電解質シートも開発した。

人材育成・受賞の観点においては、本年度は 2 名の学生が博士後期課程に進学、13 名が蓄電池に関連する企業に就職、6 件の受賞があった。

【代表的な原著論文情報】

(1) “Tailored Design of a Nanoporous Structure Suitable for Thick Si Electrodes on a Stiff Oxide-Based Solid Electrolyte”

Kohei Marumoto, Kiyotaka Nakano, Yuki Kondo, Minoru Inaba, Takayuki Doi*

ACS Applied Materials Interfaces 2024, vol. 16, pp. 62274–62281.

DOI: <https://doi.org/10.1021/acsami.4c15894>

(2) “Imaging Phase Boundary Kinetics in Lithium Titanate Using Operando Electron Energy-Loss Spectroscopy”

Yuki Nomura*, Kazuo Yamamoto, Naoaki Kuwata, Tsukasa Hirayama

ACS Energy Letters 2025, vol. 10, pp. 1404–1410.

DOI: <https://doi.org/10.1021/acsenerylett.5c00209>

(3) “New insight into designing a thick-sintered cathode for Li-ion batteries: the impact of excess lithium in LiCoO_2 on its electrode performance”

Shinichi Takeno, Taiki Suematsu, Ryusei Kunisaki, Gen Hasegawa, Ken Watanabe*, Naoaki Kuwata, Kazutaka Mitsuishi, Tsuyoshi Ohnishi, Kazunori Takada, Kohichi Suematsu, Kengo Shimanoe

Journal of Materials Chemistry A, 2025, vol. 13, pp. 2943-2949.

DOI: <https://doi.org/10.1039/D4TA07377K>