

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:金村 聖志]

[東京都立大学都市環境学部・特別先導教授(再任用)]

[研究開発課題名:高エネルギー密度を有する高温作動
長寿命リチウム系電池の開発]

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)「正極」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー: 藪内 直明 (横浜国立大学大学院工学研究院、教授)

主たる共同研究者: 大石 昌嗣 (徳島大学理工学部、准教授)

主たる共同研究者: 喜多條 鮎子 (山口大学工学部、准教授)

主たる共同研究者: 高橋 伊久磨 (千葉工業大学工学部、准教授)

② 研究項目

- ・長寿命・高性能ニッケル系正極材料の開発
- ・低コスト・高容量マンガン系正極材料の開発
- ・ $\text{LiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{PO}_4$ 、 LiVPO_4F の開発
- ・高温安定作動正極材料の開発

(2)「負極」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー: 玉手 亮多 (国立研究開発法人物質・材料研究機構、独立研究者)

主たる共同研究者: 春田 正和 (近畿大学産業理工学部、准教授)

② 研究項目

- ・人工 SEI の設計、試作、評価、解析
- ・リチウム金属を含む負極材料の電極特性評価

(3)「電解液」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー: 山田 裕貴 (大阪大学産業科学研究所、教授)

主たる共同研究者: 岡 弘樹 (東北大学多元物質科学研究所、講師)

主たる共同研究者: 渡辺 日香里 (東京理科大学理工学部、助教)

② 研究項目

- ・新規電解液材料の設計・合成および電池特性の評価
- ・電解液の基礎物性・電気化学特性・被膜形成能力の評価
- ・溶液構造・界面反応の解析

(4)「界面制御」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー: 前吉 雄太 (産業技術総合研究所、主任研究員)

主たる共同研究者: 山崎 温子 (電力中央研究所、主任研究員)

② 研究項目

- ・界面制御技術の開発
- ・界面の解析

(5)「計測」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー:折笠 有基 (立命館大学生命科学部、教授)

主たる共同研究者:山本 健太郎 (奈良女子大学大学院工学系、准教授)

主たる共同研究者:渡邊 稔樹 (京都大学大学院人間・環境学研究科、特定助教)

主たる共同研究者:村山 美乃 (神奈川工科大学工学部、教授)

主たる共同研究者:鈴木 真粧子 (群馬大学大学院理工学府、准教授)

② 研究項目

- ・放射光 X 線を用いた先進リチウムイオン電池の解析
- ・高温対応放射光 X 線オペランド測定技術の開発
- ・新規放射光 X 線解析手法の検討

(6)「計算」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー:袖山 慶太郎 (物質・材料研究機構、マテリアル基盤研究センター副センター長)

主たる共同研究者:春山 潤 (理化学研究所、開拓研究本部研究員)

② 研究項目

- ・高温作動用電解液のための、電極界面における第一原理分子動力学シミュレーション
- ・超長寿命電池のための、電極被膜界面における第一原理分子動力学シミュレーション
- ・高エネルギー密度実現のためのリチウム金属/電解液界面の第一原理分子動力学シミュレーションとデータ科学による電解液設計

(7)「共通部材・セル試作」グループ

① グループ参画者:

グループリーダー:金村 聖志 (東京都立大学都市環境学部、特別先導教授(再任用))

主たる共同研究者:米沢 晋 (福井大学産学官連携本部、教授)

主たる共同研究者:白石 壮志 (群馬大学大学院理工学府、教授)

主たる共同研究者:藤田 正博 (上智大学理工学部、教授)

② 研究項目

- ・イオン性ポリマーバインダーの合成と評価
- ・新規導電補助材カーボンの開発

- ・ラインフォーストされた 3DOM セパレータの開発
- ・電極など評価用部材作製プロセス開発
- ・電池セル構成を含む各種部材の性能評価手法の開発

§2. 研究開発成果の概要

リチウム系電池の高性能化を目的として正極、負極、電解液、セパレータ、その他の部材に関する材料開発を中心に研究を実施している。二酸化炭素の削減に資する高性能なリチウム系の蓄電池の開発課題として、(1) 60 °C 以上の温度で作動することができる高温対応リチウムイオン電池、(2) 10000 サイクル程度の寿命を有する超長寿命リチウムイオン電池、(3) Si あるいは Li 金属を負極とする高エネルギー密度 (500 Wh kg⁻¹) を設定した。新規活物質材料と電池部材に関する研究を展開するとともに、新規物質間の界面に関する研究を実施した。新規電解液を用いた Li 系電池の開発となるため、界面分析や界面形成に関する研究に注力した。課題(1)は短期で解決できるテーマとして実施しているが、高温耐性を有する新規正極と新規電解液の開発が既に進展しており、新規セパレータを用いた実証セルの準備を進めている段階である。(2)に関しては、基本的な電池材料構成は課題(1)と同じあるいは類似しており、実証試験セルに関する検討を開始している。充放電サイクルを来年度の前半には始めることができる。(3)については、Si および Li 金属の充放電の可逆性の向上が課題としてあるため、界面制御に関する研究を中心に展開した。人工界面被膜 (SEI) に関する知見を得ることができた。また、新規電解液を用いることでより安定な SEI を形成できることを見出した。SEI の安定性をアシストする 3DOM セパレータの強度向上に関して、作製条件の検討を行い、ラインフォースト 3DOM セパレータの作製方法に目途を立てることができた。また、高温条件での電池作動および長期サイクル寿命実現に適合する新規バインダーや導電助剤に関する研究も進展している。電池試作チームと各材料開発チームとの連携のもと、試作電池の作製に関する設計を開始した。放射光を用いたオペランド測定用セルの作製を開始した。計算科学を用いた界面設計および電解液設計に関する具体的な研究内容を議論し詳細にテーマを決定することができた。

【代表的な原著論文情報】

- (1) Yuta Maeyoshi, Kazuki Yoshii, Hikaru Sano, Hikari Sakaebe, “A Salt-Concentrated Gel Electrolyte for High-Voltage Lithium Metal Batteries”, ACS Appl. Energy Mater., under review.
- (2) Anusha Pradhan, Shoma Nishimura, Yasuyuki Kondo, Tomoaki Kaneko, Yu Katayama, Keitaro Sodeyama, Yuki Yamada, “Stabilization of lithium metal in concentrated electrolytes: effects of electrode potential and solid electrolyte interphase formation”, Faraday Discus., DOI: 10.1039/D4FD00038B (2024).
- (3) Miyaoka Yuka, Takahito Sato, Yuna Oguro, Sayaka Kondo, Koki Nakano, Masanobu Nakayama, Yosuke Ugata, Damian Goonetilleke, Neeraj Sharma, Alexey M. Glushenkov, Satoshi Hiroi, Koji Ohara, Koji Takada, Yasuhiro Fujii, and Naoaki

Yabuuchi, “A Practical and Sustainable Ni/Co-free High-Energy Electrode Material: Nanostructured LiMnO₂”, *ACS Cent. Sci.*, under review.