

未来社会創造事業 探索加速型
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
年次報告書(探索研究)

令和元年度 研究開発年次報告書

平成30年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：内本 喜晴]

[国立大学法人 京都大学大学院人間・環境学研究科／教授]

[研究開発課題名：超高エネルギー密度・高安全性全固体電池の開発]

実施期間：平成31年4月1日～令和2年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1) 「研究開発代表者 (PL)」 グループ (京都大学)

① 研究開発代表者：内本 喜晴 (京都大学大学院人間・環境学研究科、教授)

② 研究項目

- ・耐還元性電解質材料の開発
- ・高可逆性正負極材料の開発

(2) 「研究開発グループ a」 グループ (東北大学)

③ 主たる共同研究者：雨澤 浩史 (東北大学多元物質科学研究所、教授)

④ 研究項目

- ・フッ化物および混合アニオンフッ化物固体電解質の開発
- ・含有機カチオンフッ化物固体電解質の開発

(3) 「研究開発グループ b」 グループ (物質・材料研究機構)

⑤ 主たる共同研究者：土谷 浩一 (物質・材料研究機構構造材料研究拠点、拠点長)

⑥ 研究項目

- ・正負極ナノ材料の材料設計指針の確立

(4) 「研究開発グループ c」 グループ (信州大学)

⑦ 研究開発代表者：太子 敏則 (信州大学工学部、准教授)

⑧ 研究項目

- ・フッ化物固体電解質材料のバルク単結晶育成
- ・フッ化物固体電解質単結晶の基礎物性解析
- ・電極材料と界面研究用単結晶固体電解質基板の試作・製作

(5) 「研究開発グループ d」 グループ (トヨタ自動車株式会社)

⑨ 研究開発代表者：中西 真二 (トヨタ自動車株式会社、チーフプロフェッショナルエンジニア)

⑩ 研究項目

- ・マテリアルズインフォマティクスを用いた新奇固体電解質探索

§2. 研究開発実施の概要

現状のリチウムイオン二次電池の数倍以上の体積エネルギー密度を有する高エネルギー密度二次電池を設計することを目指している。そのためには、1 価のアニオンであるフッ化物イオンをキャリアとして動かし、多電子移動を用いることで、高エネルギー密度化をはかる。

固体電解質/電極界面抵抗の原因解明のため、様々な固体電解質を用いてアノード/固体電解質モデル界面を構築し、電気化学測定により電荷移動反応速度を解析した。イオン伝導度の増加に伴い、交換電流密度が増加する相関関係が確認された。すなわち、全固体フッ化物イオン二次電池においてイオン伝導度の高い固体電解質を用いれば、全固体リチウムイオン二次電池と同様に、液系リチウムイオン二次電池よりも高入出力の電池構築が可能であることを見出した。

高容量の正極材料の探索として、Cu, Ni, Co の薄膜を作製し、電気化学特性評価を行った。薄膜の基板および固体電解質として酸化物被膜を前処理によって除去した単結晶 LaF_3 を用いた。Cu, Ni, Co 正極の理論容量はそれぞれ 2 電子、2 電子、3 電子移動を仮定すると、843 mAh/g、913 mAh/g、1364 mAh/g であり、初回放電時には各金属正極とも理論容量と同等の放電容量が得られていることが確かめられた。この可逆な充放電容量は、リチウムイオン二次電池の現行の正極活物資の容量に比べて、数倍以上の大きな容量を有している。正負極活物質の開発においては、高圧ねじり加工により、固体電解質と活物質のナノ混合体の形成が可能であり、良好な電極特性を示すことを示すことが明らかとなった。

高伝導かつ耐還元性の高い固体電解質の開発に向けて、2019 年度までに伝導度・還元分解電位の予測システムを構築し、材料探索プロトコルを確立することを目標として設定している。材料探索プロトコル確立と平行して新規なフッ化物イオン伝導性固体電解質の開発に取り組み、複数のポテンシャルが高い材料系を見出した。