

補助事業番号 2024M-462

補助事業名 2024年度高速充放電実現に向けた全固体電池の熱特性解明と予測モデル
構築補助事業

補助事業者名 東京科学大学 工学院 機械系 准教授 兒玉学

1 研究の概要

本研究では、次世代電気自動車の中核技術と目される全固体電池の安全性と性能を左右する「熱特性」について、固体電解質材料の構造変化と熱輸送特性の関係を明らかにした。硫化物および酸化物系の固体電解質に対して、成形圧や焼成温度といった製造条件が、熱伝導率や熱拡散率に及ぼす影響を体系的に評価したものである。

2 研究の目的と背景

従来のリチウムイオン電池に比べ、全固体電池は高エネルギー密度、安全性の向上といった特長を有する一方で、熱輸送特性に関する知見は極めて乏しく、急速充放電時の熱暴走リスクが課題である。本研究では、こうした熱的課題に取り組むべく、材料構造と熱特性の定量的関係を解明することを目的とした。

3 研究内容

本研究では、次世代電気自動車の中核技術である全固体電池において、熱設計上の重要パラメータである固体電解質(SE: Solid Electrolyte)の熱輸送特性を、材料構造の観点から詳細に解明した。特に、硫化物系SE(LPSガラス, Li_3PS_4 ガラスセラミックス, $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Cl}$)および酸化物系SE($\text{Li}_{6.25}\text{Ga}_{0.25}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$: 通称LLZO)を対象に、それぞれ成形圧力や焼成温度が粒子の統合や緻密化に与える影響と、その結果としての熱伝導率および熱拡散率の変化を定量的に評価した。

硫化物SEについては、成形圧を増加させることで粒子同士の結合が強化され、密度が上昇するとともに、ポイドが減少し、トータス性(tortuosity)が低下することが確認された。これにより、熱伝導率は大きく向上したが、一方で熱拡散率は体積比熱の増加により顕著な上昇を示さなかった(図1参照)。酸化物SEにおいても、焼成温度の上昇により同様の密度上昇と熱伝導率の向上が見られた。また、これらの熱物性変化は、イオン伝導率の傾向とも一致し、構造緻密化が輸送特性全体に与える影響の大きさが明らかとなった。

本研究の特筆すべき成果として、成形や焼成による構造変化があっても、熱拡散率は比較的一定であるという、新たな物性上の知見を導出した点がある。これは、全固体電池の熱マネジメント設計において、熱拡散率よりも熱伝導率や熱容量がより設計変数として有効である可能性を示唆するものであり、材料選定やプロセス設計への指針を提供するものである。さらに、グローブボックス内での高精度熱測定手法の確立を通じ、実験的に扱いが困難な硫化物SEの測定を可能とした点でも、研究的・技術的貢献は大きい。

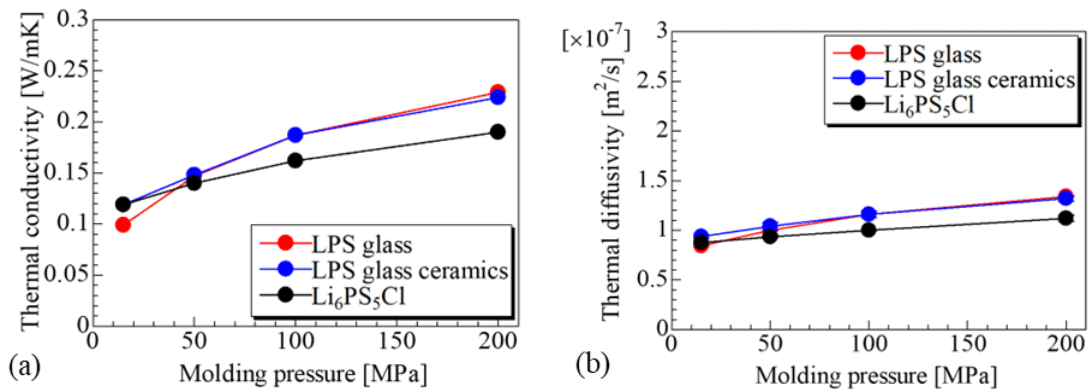


図1: 固体電解質の成形圧と(a)熱伝導率と(b)熱拡散率

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究により、全固体電池の熱設計において重視すべき材料パラメータ(例:熱伝導率)が明らかとなった。これは将来のEVの安全性向上や高出力対応設計に不可欠であり、電池の信頼性設計やシミュレーション精度向上に直接寄与することが期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者はこれまで電池の構造・熱流体解析に関する研究に従事しており、今回の研究はその知見を熱物性の実測評価に展開するものである。また、研究指導の一環として修士学生が主体的に取り組んだプロジェクトでもあり、研究者育成の視点からも意義が大きい。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

論文

- Kiyoung Lee et al., Journal of Power Sources (投稿中)

国際学会発表

- HAYOUNG LEE, Yuto Seki, Atsuro Okumura, Manabu Kodama. Effect of Structural Changes on the Thermal Diffusivity of Sulfide/Oxide Solid Electrolytes in All-Solid-State Batteries, HTSJ International Heat Transfer Symposium, May 2025.
- Hayoung Lee, Manabu Kodama, Shuichiro Hirai. Effect of Molding Pressure on the Thermal Diffusivity of All-Solid-State Battery Electrolytes, PRTEC2024, Dec. 2024.

国内学会発表

- 李 河永, 関 勇人, 奥村 篤朗, 兒玉 学. 硫化物系/酸化物系固体電解質の熱拡散率と電解質構造の関係, 電気化学会第92回大会, Mar. 2025.
- イ ハヨン, 兒玉 学, 平井 秀一郎. 全固体電池電解質の熱拡散率に及ぼす成型圧の影響, 熱工学カンファレンス, Oct. 2024.

7 補助事業に係る成果物

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東京科学大学 (トウキョウカガクダイガク)

住 所: 〒152-8550

東京都目黒区大岡山2-12-1 NE-10

担 当 者: 准教授 兒玉学 (コダマ マナブ)

担 当 部 署: 工学院 機械系 兒玉研究室 (コウガクイン キカイケイ コダマケンキュウ
シツ)

E - m a i l: kodama.m.d0f2@m.isct.ac.jp

U R L: <https://www.manabukodama.com>

<https://www.manabukodama.com/%E5%90%84%E7%A8%AE%E6%83%85%E5%A0%B1%E5%85%AC%E9%96%8B%E7%94%A8>