

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第14732号
------	-------------

氏 名 MOON Jun mo

論文題目

Analysis and design of Li ion flow in the materials
for batteries
(電池材料中におけるリチウムイオンの流れに関する設計と分析)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	齋藤 永宏
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	市野 良一
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	竹岡 敬和
委員	名古屋大学	未来社会創造機構	准教授	澤田 康之

論文審査の結果の要旨

MOON Jun mo君提出の論文「Analysis and design of Li ion flow in the materials for batteries (電池材料中におけるリチウムイオンの流れに関する設計と分析)」は、電池材料開発として新しい固体電解質材料の設計・提案と電池材料向けの炭素材料の特性に関する相関関係を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、エネルギーデバイスとして普及している電池において、現在主流になっているリチウムイオン電池開発における車載利用での課題を提起した上で、現在の状況を分析し、本研究目的を述べている。特に、航続距離と充電時間を現状の改善性能として提起し、それらを決める電池特性パラメータとしてイオン導電性とキャパシティに着目した。また、両者を決定づける材料特性を幅広い炭素材料から測定・抽出し相関関係を明らかにすると同時に、現在実用化に向けて開発が進められている全固体電池向けの固体電解質にも、Liイオンの流れに注目した材料設計・開発を行うことを目的としている。

第2章では、各炭素材料の材料特性を測るための分析装置ならびに分析方法を紹介している。その中で、材料の結晶構造を測定するXRD、ミクロスケールの粒子状態を観察するために用いるSEM、元素の分布を検出するEDX、材料の表面積を計算するBETを基本原理とともに紹介し、本研究での分析方法などが述べられている。また、続けて本研究の結果に重要なLiイオン伝導度やLiイオン容量の測定法も紹介している。最後に、相関関係を統計的に有意であることを検証するための方法として仮説検定の内容に伴う記述があり、p値の算出とその意義が述べられている。

第3章では、固体電解質材料として選定されたLiFに添加する材料として、その安定性向上を想定してZrを候補材料とし、それを液体メタノールを媒体としてLiFに添加することでLiZrFを合成する方法が述べられた。電極と固体電解質との界面接触は、リチウムイオンの伝導性に関する重要な因子の一つであることから、合成した固体電解質をSEMを用いて構造分析を行った。その結果、LiFは立方体構造であるのに対し、LiZrFは岩塩型構造を示していることから、接触させることでLiイオンの移動がスムーズになることが判明し、Liイオンの伝導性が向上することがわかった。総括として、LiFのFCC構造からLiZrFのP31m構造に変化することで、Zrの添加によりLiイオンの伝導性が向上することがわかった。

第4章では、電池の導電剤および負極材として使用される炭素材料の特性を数値化すると同時に、性能の予測式を提案した。合計で21種類の炭素材料に対し、結晶化度のデータを収集し、ナノスケールからミクロスケールまでの相関解析による検討を行った。収集した各種特性のうち、容量特性はc軸方向の結晶化度の影響を大きく受けており、電池性能の重要な要因となっていることが分かった。また、得られた相関関係について、Hillの関数にフィッティングすることが提案された。その提案によるLiイオンの流れに注目した解釈として、Liイオンが2つのグラフェン層間に挿入されると、グラフェン層間の間隔が増大することが推測された。また、挿入後はグラフェンの基底面に沿うようにイオンが通過し、通過後には増大したグラフェン層間の距離が元に戻ることを予測された。これらの結果に基づき、容量予測に必要な主要因と現象を予測するための予測式が提案され、その予測精度が担保されていることが確認された。

第5章では、本博士論文の総括と今後の方向性について述べた。特に、第1章で提起した電気自動車用電池開発の課題と方向性に対する研究目的が示され、第2章では、その分析方法としてLiイオンの導電率や容量の測定方法、材料の構造や物性の解析方法、統計的な検証方法を紹介した。第3章では、現状の低いリチウムイオン伝導性を改善するためのLiZrF材料の提案と新規合成法を紹介した。第4章では、電池の負極および導電剤として使用される炭素材料の容量に関連した相関解析ならびにその性能予測について示した。

以上のように本論文では電池性能向上を目指した固体電解質の材料設計ならびにLiイオンの流れに注目した炭素材料の特性間の相関解析ならびに性能予測式の提案を行っている。これらの結果は、今後の新しい電池用材料開発・設計への応用を実現するために重要であることから、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者であるMOON Jun mo君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。