

安全保障技術研究推進制度 令和5年度終了課題 終了評価結果

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：次世代二次電池のためのオペランド核磁気共鳴法に関する研究
- (2) 研究代表者：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学 後藤 和馬
- (3) 研究期間：令和3年度～令和5年度

2. 終了評価の実施概要

実施日：令和6年10月18日

場所：TKP秋葉原カンファレンスセンター

評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授

平澤 洽（委員長）

長岡技術科学大学 副学長・教授

井原 郁夫

産業技術総合研究所 上級執行役員

兼 エネルギー・環境領域 領域長

小原 春彦

東京科学大学 工学院 電気電子系 教授

梶川 浩太郎

東京農工大学 名誉教授

佐藤 勝昭

国立感染研究所 客員研究員

四ノ宮 成祥

科学技術振興機構 研究開発センター 企画運営室長、フェロー

中山 智弘

量子科学技術研究開発機構 高崎量子技術基盤研究所

先端機能材料研究部長

八巻 徹也

情報通信研究機構 電磁波研究所 総括研究員

山本 真之

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究と成果の概要

研究の概要

リチウムイオン電池 (LIB) をはじめとした二次電池は携帯電話やノートパソコンなどの携帯機器、電気自動車 (EV) などに利用されているが、その需要は今後さらに高まると予測されている。全固体リチウムイオン電池 (全固体電池) は可燃性有機電解液を使用しないことから化学的安全性が極めて高く、従来の溶液型 LIB を遥かに超える高エネルギー密度を期待できる次世代電池として開発が進められている。また、Li、Co 等のレアメタルを不使用とできるナトリウムイオン電池 (Na イオン電池) についても、元素戦略的観点から次世代電池として期待され、一部で実用化が始まっている。しかしこれらの電池では Li や Na の移動を伴う充放電、過充電において金属リチウムデンドライトの析出が生じ、内部短絡による電池の熱暴走や失活につながるものが問題になっている。このメカニズムを解明することは次世代電池の安全性確保や実用化に必須であるが、そのために Li、Na の充放電にともなう状態変化やデンドライト析出機構をリアルタイムで観察し、明らかにすることができるオペランド計測技術が求められている。本研究では、安全かつ高速での充放電が可能な次世代電池の実現に必要な材料特性解明のため、全固体電池などの二次電池が失活、暴走する原因となる電池内部の金属リチウム (デンドライト) 析出現象をリアルタイムで鋭敏に検出可能な手法を構築することを目的とし、高温環境下で全固体電池を動作させながら高感度で現象を計測可能なオペランド核磁気共鳴 (NMR) 法を開発した。

成果の概要

高感度オペランド NMR の測定を可能とする専用 NMR プロブの仕様策定、新規製作を行い、次世代電池の測定に必要な仕様を満たすプロブの作製に成功した。実際に高感度で NMR 信号を得られることを確認した。また全固体電池のオペランド NMR 測定が可能な特殊セルケースを設計、作製した。当該セルケースを用いて全固体電池を構築し、オペランド NMR 測定を実現した。このシステムを用いて全固体電池内部部材中での擬金属クラスター生成挙動や金属析出による短絡過程の観測に成功し、電池の充放電および短絡までの過程における内部 Li の状態変化を把握できることを示した。本技術は今後の全固体電池や Na イオン電池、その他 Li や Na を用いる様々な電気化学デバイスに広く適用が可能であり、本研究ではそのための基盤技術を構築することに成功した。

4. 終了評価の評点

A A 想定以上の成果をあげた。

5. 総合コメント

NMR によるオペランド計測に成功し、研究開始時に設定した高い研究目標を概ね達成するとともに、世界的に研究が進んでいない領域を開拓した。また、他グループとの共同研究に発展した優れたマネジメント性や限られた期間と費用で優れた研究成果が得られた点は評価できる。本研究の成果はリチウム全固体電池に留まらず、Na イオン電池など新しい電池開発への寄与が見込まれる。

一方で、開発手法の分析応用とそれに基づく機構解明についての成果が十分ではなかったため、今後の成果発表に期待するとともに、本研究で得られた観察結果をフィードバックした電池開発の道筋作りにも期待する。

6. 主な個別コメント

- ・ 0～150℃の範囲で測定可能なプローブ&セルの開発に成功し、さらに NMR 信号感度 (SN 比) が約 10 倍改善されており、初期の目標は概ね達成されている。
- ・ 空間分解能を持つ MRI への展開の可能性が見えてきた。
- ・ 学会発表等を通じて、他大学・企業等との連携ができ、ボタン電池のその場観測につながった点が評価できる。
- ・ 酸化物系だけでなく硫化物系固体電解質の専門家とも協力関係を構築しており、効率よく研究が実施されている。
- ・ NMR による電池、および電池部材の分析は、必ずしもそれだけで機構解明には至らず、他の手法との融合をいかに図るかがその成否の鍵となる。その意味で、本制度を通じて大規模のプロジェクトに展開できたのは波及効果として大きい。
- ・ 将来の、大学での学生指導や共同研究を通じた新たな人材育成に期待する。
- ・ 研究成果について知財の確保と論文発表をしっかりとやっていただきたい。