

安全保障技術研究推進制度 令和4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：船舶向け軽量不揮発性高エネルギー密度二次電池の開発
- (2) 研究代表者：株式会社日立製作所 奥村 壮文
- (3) 研究期間：令和元年度～令和4年度

2. 終了評価の実施概要

日時：令和5年11月13日

場所：ビジョンセンター品川

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 大学院工学研究科 工学専攻 教授（副学長）
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

東京工業大学 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

東京工業大学 名誉教授
谷岡 明彦

科学技術振興機構 研究開発戦略センター 企画運営室長、
フェロー

中山 智弘

理化学研究所 光量子工学研究センター センター長
緑川 克美

量子科学技術研究開発機構 量子技術基盤研究部門
研究企画部長

八巻 徹也

情報通信研究機構 電磁波研究所 リモートセンシング研究室
主任研究員（兼務）経営企画部 プランニングマネージャー

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

本研究では、モビリティの電化を実現するための革新的二次電池として、密閉空間で使用可能な、高安全・長寿命・コンパクト蓄電システムの実現を目指した。

成果の概要

先行研究で見出していた不揮発性電解質を用い、高エネルギー密度リチウムイオン二次電池（LIB）の要素技術として、その揮発温度向上、高エネルギー密度化、大容量化と充放電サイクルの長寿命化を実現するための材料技術、製造技術、解析技術の研究に取り組んだ結果、研究開始時に設定した目標値を全て達成した。

4. 終了評価の評点

AA 期待以上の研究成果をあげた。

5. 総合コメント

配向性を持ち電極界面で酸化還元されない電解物質を発見したこと、液晶構造がLiチャンネルとして重要であるという知見、初期の数値目標が達成されていることは評価できる。

一方、電池への実用化・事業化・社会実装に繋がりうる、大きな構想や他社との連携では多少の課題が残っている。

科学技術上、真に価値ある成果は何なのか総括を行い、軽量不揮発性高エネルギー密度二次電池の実用化に向けた道筋が見えるよう、今後も取り組んでいただきたい。

6. 評価の観点ごとの評価結果と個々の委員によるコメント

6-1. 研究開始時に設定した研究目標の達成度（主題的成果）

低粘度化溶媒やその配合比の検討、高エネルギー密度化のための電極設計、高密度電極への不揮発性電解質の含浸性向上、容量劣化原因の解明と電解質開発へのフィードバック等の結果、電解質揮発温度 140°C、エネルギー密度 302Wh/kg、電池容量 1.7Wh、充放電 100 サイクル経過時の容量維持率 83%、と、いずれの項目に対しても目標を達成した。

【個々の委員によるコメント】（主題的成果）

- ・ 不揮発性の電解質の開発で当初設定した目標をすべて達成している。
- ・ 取り組みの各段階で十分な検討を行い、研究を着実に進めたと考える。
- ・ 電解質揮発温度とセル容量に対して目標を大幅に超えているという意味で、十分な成果をあげたといえる。一方、船舶用途としての開発技術のレベルを判断できる

だけの研究成果は提供されなかった。

6-2. 計画時に想定していなかった成果（副次的成果）

本研究では、設定目標を達成するための電解質製造および電池製造技術の開発を進め、定量目標を達成した。一方、達成に至るまでの過程の中で、独自の評価手法を検討し、その有効性を実証した。

例えば、電極内の不揮発性電解質の均一分布を評価する手法として、電気化学インピーダンス法による電極内イオン伝導抵抗評価の有効性を確認した。本評価により、電極に対する新規電解質の親和性を評価することができ、電池大面積化への適合性の観点での効率的な材料スクリーニングを可能とした。

加えて、長寿命化に必要な電極結着材と電解質材料の組み合わせを選定する方法として、ハンセン溶解度パラメータ（HSP）を用いた相溶性評価、および、これを用いた電池材料設計の有効性も実証した。この評価手法は、本材料系にとらわれず、他の新規電池材料の電池化に際しても適用可能なものであり、電池研究に広く重要な見識を与えるものである。

【個々の委員によるコメント】（副次的成果）

- ・新規電解質の開発法として計算科学を利用した新たな方法で成果を上げた。
- ・電池研究に広く重要な見識を与えるもので、計画時に想定していなかった副次的成果が得られていると判断する。
- ・電解質分布評価手法と高耐久電極材料スクリーニング手法が見いだされているが、成果発表には至っておらず、その価値を客観的に判断できなかった。

6-3. 他の者により派生した成果（間接的成果）

特に無し。

6-4. 科学技術上特筆すべき成果

本研究では、当初設定した目標を全て達成したことに加え、達成に至った理由を明確化するために不揮発性電池のサイエンス深化に取り組んだ。本取り組みで得られた学術的知見について積極的に对外発表を実施し、学術論文3件、学会講演4件を発表した。また、本研究成果を含む、研究代表者、従事者らの電池研究業績に対し、社団法人電気化学会より技術賞（棚橋賞）が授与された。

【個々の委員によるコメント】（科学技術上特筆すべき成果）

- ・新しい電解質の開発で学会賞を受賞しており、科学技術への波及効果がある。
- ・新規の不揮発性電解質の開発と組成制御によるサイクル特性の向上に係る成果については、学会からの表彰もあり価値が高いと判断できる。一方、特筆すべき成果、

波及効果というレベルで印象に残るものがなかったのは残念である。

6-5. 論文（投稿中のものも含む）、学会発表等

学術論文 3件 学会発表 4件

また、本研究成果を含む、研究代表者らの電池研究業績に対し、社団法人電気化学会より技術賞（棚橋賞）が授与された。

6-6. 特許（出願中のものも含む）

出願中 2件

6-7. 科学技術への波及効果

本研究で開発した、濃厚スルホラン電解液と低粘度化溶媒の複合材料は、電池の不揮発化および長寿命化を両立しうる材料系であり、リチウムイオン電池の高信頼化に貢献しうる。その対象は、本研究で指向した船舶用電源のみならず、密閉空間での使用が想定される潜水艦向け電源、コンテナ式の定置エネルギー貯蔵電源、ビルファシリティ内電源など広範な適用が期待される。

また、研究目標達成のために確立した評価技術も広く電池研究に展開が可能である。評価手法に加え、独自の放電曲線解析を用いた非破壊での性能支配因子の特定により、電池材料およびセルの研究開発速度を高めることができ、将来的には、運用中の電池の劣化診断や予測に活用することも期待される。

6-8. 効率的な研究実施体制とマネジメント

本研究では、不揮発性二次電池の高エネルギー密度化、大容量化、長寿命化を両立する方針を早期に得るため、それぞれの項目における支配因子の仮説を立て、その妥当性を検証するための評価を繰り返し実施し、妥当性が認められた仮説に基づいた改善指針の立案と実行を進めた。特に、開発した不揮発性二次電池のサイクル劣化メカニズム解明と長寿命化指針考案に向けて、研究代表者管理のもと、各実施項目を担当している研究者が、実験データを収集、詳細に分析するとともに、全研究者が一緒になって議論できる体制を構築した。多角的な議論のため、研究者は、材料から設計、製造、評価といった様々なバックグラウンドを有する研究者を配置した。また、目標達成と並行して不揮発性二次電池に関するサイエンスの深化を重視し、開発材の解析を通し、性能向上メカニズムを解明することで、他の電池研究に波及できる知見を得た。

成果プレゼンス向上に向けた取り組みとして、前プロジェクトと同様に、計画的に学会発表にエントリーし、本研究の開発成果をタイムリーに公表し、国内外の著名な技術専門家からのフィードバックを得ることで、さらに発展性のある技術開発を進めた。その成果として社外表彰を得るに至った。タイムリーな成果公表に向け、

所内で定期的に研究成果を文書化し、学術的見地からブラッシュアップすることで、スムーズに学会、論文発表できるスキームを構築した。また、本研究で培った技術は、計画的な特許出願により将来の事業へ活用できるようにした。

【個々の委員によるコメント】（効率的な研究実施体制とマネジメント）

- ・全研究者が一体となって研究遂行・議論ができる研究実施体制が構築されていると判断する。
- ・良好に行われているように思える。研究遂行時に生じた問題への対応も適切である。
- ・目標達成に向けたマネジメントは適切に実施されているが、今後の実用化などの発展化に向けた道筋が見えていないことは、研究当初の見込みも含めてマネジメントを見直す必要があるのではないか。

6-9. 研究推進時に生じた問題への対応

特になし。

6-10. 経費の効率的な執行

事前に設定した研究計画に沿って、必要部材、解析に関する経費執行計画を立てて実行した。経費執行にあたり、相見積もりを確実に実施し、低価格の見積金額を提示した商社・業者へ発注し、経済性・効率性・公平性を図った。また、定期的に管理部門が執行状況を確認し、必要に応じて従事者へフィードバックすることで年度計画に沿った経費執行を達成した。

【個々の委員によるコメント】（経費の効率的な執行）

- ・特に問題は見られない。
- ・相見積もりの利用など効率的な執行に留意していた。
- ・妥当と思われるが、年度毎の経費の半分が人件費であり、その妥当性については判断できない。