

2024 年度実施方針

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

1. 件名

次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発

2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ニ及び九号

3. 背景及び目的・目標

(1) 研究開発の目的

① 政策的な重要性

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、自動車からの CO₂ 排出の大幅な削減が世界的に求められている中、電動車の普及拡大とそれによる蓄電池市場の急速な拡大が予想される。蓄電池産業ならびに蓄電池素材産業は、関連する技術分野が多岐にわたる我が国の基幹産業であり、競争力の強化と将来にわたる継続的研究開発の促進が必要である。以上を背景に、我が国においては様々な政策で蓄電池の技術開発の必要性・重要性が指摘されている。

・「革新的環境イノベーション戦略」(2020 年 1 月統合イノベーション戦略推進会議決定)

電動車の普及拡大に向け、取り組むべきテーマの一つに、全固体リチウムイオン電池 (Lithium Ion Battery、以下「LIB」と記載する。) を含む高性能蓄電池の技術開発が選定されている。また、この高性能蓄電池の技術開発に際しては、基礎基盤研究を進めつつ、大学・ベンチャー等の知識を取り込みながら、国内外の研究機関との連携体制を構築するとしている。さらに、電池特性に係る基礎的課題の解明のための拠点を設置し、次世代モビリティ用途も含め、電池設計から電極や電解質等の材料開発、電池作製・評価解析までを一気通貫で行う体制を整備するとの方針も示されている。

・2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 (2021 年 6 月経済産業省改定)

2035 年までに、乗用車新車販売で電動車 100% を実現できるよう、包括的な措置を講じるとしている。商用車については、8 トン以下の小型の車について、2030 年までに新車販売で電動車 20~30%、2040 年までに、新車販売で電動車と合成燃料等の脱炭素燃料の利用に適した車両で合わせて 100% を目指し、車両の導入やインフラ整備の促進等の包括的な措置を講じるとしている。また、2030 年までのできるだけ早期に、電気自動車 (Electric Vehicle、以下「EV」と記載する。) とガソリン車の経済性が同等となる車載用の電池パック価格 1 万円/kWh 以下を目指すとしている。技術開発で日本が世界をリードする全固体 LIB は、その安全性と高い性能から EV の普及実現には欠かせない蓄電デバイスとして位置付けられ、2030 年以降の本格実用化を目指すことが示されている。

・第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）

運輸部門のCO₂排出量の86%を占める自動車のカーボンニュートラル化に向け、燃料・エネルギーのカーボンニュートラル化の取組を通じて多様な選択肢を追求し、2050年に自動車の生産、利用、廃棄を通じたCO₂ゼロを目指す。特に乗用車については、2035年までに新車販売で電動車100%を実現できるよう、電動車・インフラの導入拡大、電池等の電動車関連技術の強化等の包括的な措置を講じる。また、国内の自動車製造の安定的な基盤を確保するため、2030年までのできるだけ早期に、国内の車載用蓄電池の製造能力を100GWhまで高めるとともに、蓄電池サプライチェーンの強化に向け、蓄電池材料を含めた大規模投資を促すとしている。

・蓄電池産業戦略（2022年8月蓄電池産業戦略検討官民協議会策定）

蓄電池に対する産業戦略として、上流資源の確保を含めた液系LIBの国内製造基盤を確立（遅くとも2030年までに蓄電池・材料の国内製造基盤150GWh/年を確立）するとともに、国内で確立した技術をベースに国内企業が競争力を維持・強化できるよう、海外展開を戦略的に展開し、グローバルプレゼンスを確保（グローバル市場において、2030年に、我が国企業が製造能力600GWh/年を確保）していくこと、全固体電池など次世代電池を世界に先駆けて実用化するために技術開発を加速し次世代電池市場を着実に獲得することが今後の方向性として掲げられている。次世代電池については、研究開発能力目標として全固体電池など次世代電池を世界に先駆けて実用化し製造技術の優位性・不可欠性を確保するため、産学官の研究開発力を結集し、2030年頃に全固体電池の本格実用化、2030年以降も我が国が技術リーダーの地位を維持・確保することを目標とするとしている。この蓄電池産業戦略に基づき、具体的な施策や取組を進めるため、2023年9月に蓄電池産業戦略推進会議が設置され、議論が行われている。

② 我が国の状況

蓄電池市場において、液系LIBの主力市場が民生用からEV・プラグインハイブリッド電気自動車（Plug-in Hybrid Electric Vehicle、以下「PHEV」と記載する。）等の電動車用に移った現在、需要の大幅な拡大に対し国内蓄電池メーカーも生産・販売量を拡大しつつも、2022年時点で10%前後のシェアとなっている。

有機電解液を用いた液系LIBに対し、熱的安定性やLiイオン輸率等の優位点を有する固体電解質を用いた全固体LIBは、電池パックの安全・冷却系の簡素化による体積エネルギー密度の向上、急速充電の実現などが見込める次世代の高性能蓄電池である。全固体LIBは、固体内及び固固界面の物質移動に基づくことから技術難易度が極めて高く、早期実用化に向け、基礎・学理的研究、実用化に向けた研究開発、さらに製品開発と量産技術開発に至るまで、産学官を挙げた研究開発に取り組んでいる。

国立研究法人科学技術振興機構（JST）の「革新的GX技術創出（GteX）」や、文部科学省科学研究費助成事業「新学術領域研究 蓄電固体界面科学（Interface IONICS）」においては、酸化物系や硫化物系の固体電解質を含めた広範な全固体電池及び材料系の基礎研究や、固体界面科学での学理構築に取り組んでいる。

NEDOでは、全固体LIBの実現と社会実装に向け、産業界の共通指標として機能する材料

評価技術を中心とした研究開発基盤の構築を進めてきた。「先進・革新蓄電池材料評価技術開発（第1期）」（2013～2017年度）においては、液系 LIB 用材料とともに、全固体 LIB の基軸材料となる硫化物系固体電解質等の特性評価に適用するラボレベルの標準電池モデルのプロトタイプを開発した。さらに同第2期（以下、「前身事業」と記載する。）（2018～2022年度）において、液系 LIB と同様の製法技術を用いた硫化物系全固体 LIB の標準電池モデルを開発し材料評価の基礎的基盤を構築するとともに、一般的な液系 LIB に迫るエネルギー密度（450Wh/L）を中型セルサイズで実証した。

上記の成果を背景として、高性能蓄電池の早期社会実装を目指す「グリーンイノベーション基金事業／次世代蓄電池・次世代モーターの開発」（2022～2030年度）（以下、「GI基金事業」と記載する。）における量産と社会実装を指向した全固体 LIB とその関連材料の高性能化及び量産技術開発を始めとする、国内企業における本格量産に向けた開発の取組が活発化している。

③ 世界の取組状況

米国では、2021年10月にアルゴンヌ国立研究所が中心となり国立研究所と産業界を橋渡しする新プロジェクト（Li-Bridge）が発表され、全固体電池関連で17件の開発テーマが行われている。また、2021年7月に公表された「NATIONAL BLUEPRINT FOR LITHIUM BATTERIES」では次世代電池の一つとして全固体電池が位置付けられている。米国エネルギー省（DOE）は、2023年より「Electric Vehicles for American Low-Carbon Living（EVs4ALL）」において、予算総額4,200万ドルで全固体電池を含む新型電池関連12テーマの研究開発を開始した。

EUでは、欧州研究開発フレームワーク「Horizon 2020」において全固体電池の研究開発プロジェクトが推進されており、2020年開始のプロジェクト「All Solid-State Reliable Battery for 2025（ASTRABAT）」において酸化物・高分子複合電解質を用いた全固体電池開発に取り組んだほか、全固体 Li 負極電池等の全固体 LIB 関連プロジェクトを支援している。

ドイツ連邦教育研究省（BMBF）では、2021年からリチウム金属負極を中核とした研究開発「Alternative Anode Concepts for Safe Solid State Batteries（ALANO）」プロジェクトが開始された。

中国では、2020年10月に中国自動車工学学会が発表した「省エネルギー・新エネルギー自動車技術ロードマップ2.0」で新体系電池として全固体 LIB が挙げられており、第14次5ヶ年計画に反映されている。

韓国 K-バッテリー発展戦略では、全固体電池の2027年までの商用化に向け、電極材料、固体電解質など必要な要素技術の開発のため、次世代バッテリーパークを設置し、集中的に支援するとしている。

④ 本事業のねらい

2030年以降の車載用蓄電池市場の急速な拡大に対し日本がイニシアティブをとるために、技術開発の観点からは、現行の液系 LIB の性能を超える次世代全固体 LIB の早期市場投入と、競争力の維持・拡大に向けた産業界共通の研究開発基盤の強化が重要である。全固体 LIB のポテンシャルを引き出した次世代全固体 LIB の実現には、全固体 LIB にカスタマイズされた蓄

電池材料の開発と性能向上が必要であり、更なる材料評価技術の高度化や評価指標の拡大などの研究開発基盤の強化が必要である。本事業は、全固体 LIB にカスタマイズされた新材料の評価技術の開発を軸とする、硫化物系固体電解質を用いた次世代全固体 LIB の実現に資する産業界の協調領域としての研究開発基盤を構築する。本事業の成果の展開により、GI 基金事業をはじめとする個社における全固体 LIB 及び材料の開発促進とリスク低減を図る。

(2) 研究開発の目標

前身事業において、硫化物系固体電解質を用いた全固体 LIB の研究開発に取り組み、液系 LIB 同様の電極設計や製法技術を駆使することで、一般的な液系 LIB に迫るエネルギー密度 (450Wh/L) を実証した。あわせて、本技術を展開した全固体 LIB 用材料の評価のための標準電池モデル (400Wh/L) を開発し材料評価の基礎的基盤を構築した。さらに、全固体 LIB の反応機構や劣化現象の解析により、実用化・競争力の向上に向けた開発課題も明らかにしてきた。特に、全固体 LIB のポテンシャルを引き出すための本質的な技術課題は、固体電解質間や活物質との良好な界面を形成しかつ使用によってもその状態が維持されることであるとの結論に至った。

固固界面の課題を解決し全固体 LIB のポテンシャルを引き出すためには、イオン伝導性等の性能を向上した固体電解質を始めとする、全固体 LIB 向けにカスタマイズされた正極・負極材料等の各種蓄電池材料の更なる性能向上が必要である。このためには、材料評価技術の一層の高度化や評価指標の拡大などの研究開発基盤の強化が必要である。あわせて、これらの新材料の適用を軸とした電極・セルの要素技術開発が必要である。加えて、これらの開発に対しブレークスルーを与える、サイエンスに基づいた全固体 LIB 特有の現象・機構解明とそれに基づく固固界面課題解決に向けた知見・指針提示が求められる。

以上を踏まえ、研究開発のアウトプット目標として、前身事業の標準電池モデルを始めとする材料評価技術を発展・深化させた、次世代全固体 LIB 材料の評価基盤技術を開発する。開発においては、全固体 LIB の用途展開を想定しそれに適合した評価技術とすることを目指す。さらに、固固界面課題の解決に向けた研究開発の達成度を測る技術指標として、充放電サイクルによる耐久性を定める。目標設定にあたり、電動車の普及拡大に向け車載用蓄電池に求められる耐久性を想定する。

研究開発項目「次世代全固体 LIB 基盤技術開発」

【最終目標】(2027 年度)

- 1) 標準電池モデルなどの次世代全固体 LIB 材料評価技術を 2 件以上開発する。
- 2) 固固界面課題を解決するための個々の要素技術の達成度を測る指標を充放電サイクルによる耐久性とし、EV30 万 km 走行を想定した充放電試験後の容量維持率を 70%以上、と定める。なお前提として、エネルギー密度並びに急速充電性能は前身事業で性能を実証した 450Wh/L 以上並びに 6C 充電が可能であることを目安とし、拘束圧は車載用電池パックへの搭載を想定する。

上記の目標を基に、個々の要素技術の研究開発に対する指標・目標を、個別に実施計画書等において定めるものとする。

【中間目標】（2025 年度）

- 1) 標準電池モデルなどの次世代全固体 LIB 材料評価技術の一次仕様・コンセプトを 2 件以上提示する。
- 2) 固固界面課題を解決するための個々の要素技術の達成度を測る指標を充放電サイクルによる耐久性とし、EV10 万 km 走行を想定した充放電試験後の容量維持率を 70%以上、と定める。なお前提として、エネルギー密度は前身事業で性能を実証した 450Wh/L 以上を目安とする。

上記の目標を基に、個々の要素技術の研究開発に対する指標・目標を、個別に実施計画書等において定めるものとする。

4. 実施内容及び進捗(達成)内容

プロジェクトマネージャー（以下、「PMgr」と記載する）に NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 臼田 浩幸 蓄電技術開発室長を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させた。

技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター（LIBTEC）フェロー（理事待遇）・委託事業部 事業部長 兼 外部連携部 部長 幸 琢寛 氏を PL とし、また、LIBTEC 第 1 研究部 部長 黒葛原 実 氏、LIBTEC 第 2 研究部 部長 荻原 航 氏、LIBTEC 第 3 研究部 部長 川本 浩二 氏、LIBTEC 第 4 研究部 部長 藤原 良也 氏を SPL とし、以下の研究開発を実施した。

4. 1 2023 年度（委託）事業内容

研究開発項目「次世代全固体 LIB 基盤技術開発」

材料評価基盤技術の高度化、拡充に向けた検討を進め、各種材料・電池用途に適用する標準電池モデルの構成検討や、材料の単極セル評価技術の有用性を高めることができる現行のリチウムインジウム（Li-In）対極より安定な対極の探索を進めた。

材料の高度分析手法・解析技術の構築や、放射光測定・界面分析測定などを通して全固体 LIB 特有の現象・機構解明に取り組んだ。核磁気共鳴（NMR）や走査型透過電子顕微鏡を用いた電子線エネルギー損失分光法（STEM EELS）による Li 伝導の可視化、球面収差補正走査透過型電子顕微鏡（Cs-STEM）の観察による固固界面電荷移動機構の解明、放射光 X 線 CT による電池内部のクラック発生観察や極材形態変化観察などを行った。さらに機械学習による耐久性予測について、全固体 LIB データの機械学習と液 LIB によるアルゴリズムの検討に着手した。

電極・セル要素技術開発として、高耐久化要素技術、高出力化要素技術、低拘束化技術、加速耐久評価技術などの開発を進めた。現行被覆材より優れる正極材向け新規高耐久被覆材の提案や、開発した無/低体積変化正極活物質によるセル拘束圧を低減させられる可能性の確認、電気化学測定による活物質/固体電解質の接触状態の定量化などを達成した。

4. 2 実績推移

	2023年度
	委託
実績額推移 需給勘定 (百万円)	1,800
特許出願件数 (件)	0
論文発表数 (報)	1
フォーラム・新聞発表等件数 (件)	12

* 2024年1月5日現在

5. 事業内容

PMgr に NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 白田 浩幸 蓄電技術開発室長を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター (LIBTEC) フェロー (理事待遇)・委託事業部 事業部長 兼 外部連携部 部長 幸 琢寛 氏を PL とし、また、LIBTEC 第 1 研究部 部長 黒葛原 実 氏、LIBTEC 第 2 研究部 部長 荻原 航 氏、LIBTEC 第 3 研究部 部長 川本 浩二 氏、LIBTEC 第 4 研究部 部長 藤原 良也 氏を SPL とし、以下の研究開発を実施する。実施体制については別紙を参照のこと。

5. 1 2024 年度 (委託) 事業内容

研究開発項目「次世代全固体 LIB 基盤技術開発」

(1) 材料評価基盤技術開発

次世代材料の評価基盤技術の開発として、高入出力型や高耐久型などの標準電池モデルに係る要素開発を実施する。材料評価技術では単極セル評価技術用の対極候補材料検討などを継続する。また、標準電池モデルが材料評価用の物差しとして機能するかを確認するための材料評価法妥当性検証に着手する。

(2) 全固体 LIB 特有の現象・機構解明

材料の高度分析手法・解析技術の構築を進め、放射光測定、電気化学測定、界面分析などを適用しながら全固体 LIB の材料特性、固固界面構造、電池内部構造や Li 伝導機構、固体電解質の劣化機構・反応機構などの解明を進める。また、機械学習による耐久性予測手法の開発を進める。

(3) 電極・セル要素技術開発

次世代材料提案、固固界面課題解決に向けて高耐久化要素技術、高出力化要素技術、低拘束化技術、加速耐久評価技術などの開発を引き続き実施する。

5. 2 2024 年度事業規模

委託事業 需給勘定 1,800 百万円（継続）

事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

（1）評価の方法

NEDO は、技術評価実施規定に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者によるプロジェクト評価を実施する。中間評価を 2025 年度に実施する。

（2）運営・管理

各実施者の研究開発資源を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO は実施主体の中から PL 及び SPL を選任する。PL は、PMgr の指示の下、プロジェクトに参画する実施者の研究開発を主導する。SPL は、専門的見地から PL を補佐する。

NEDO は、研究開発全体の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、PL、SPL、研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成される技術委員会等を組織し、ユーザーニーズの把握に努めると共に、定期的に技術評価を受け、目標達成の見通しとこれに対する課題等を常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

PMgr は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について必要に応じ調査し、技術の普及方策を分析・検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から事業の中で委託することができることとする。

③ 個別の研究開発の評価と見直し

PMgr は、研究開発を効率的に推進するため、必要に応じ、個別の研究開発について外部有識者による審査を活用し、研究開発の継続の可否、研究開発内容や実施体制の変更等の見直しを行う。

（3）複数年度契約の実施

2023 年度から 2025 年度の複数年度契約を行う。

（4）知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

(5) データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

(6) 標準化施策等での連携

NEDO は、標準化に関連する国内審議団体や企業関係者等との情報交換に取り組む。

7. 実施方針の改訂履歴

2024年3月 制定

(別紙) 事業実施体制の全体図

