

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」 基本計画

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(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。

②我が国の状況

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・販売量を増やし、2020 年において 20%前後のシェアを有しているものの、国外の蓄電池メーカーにシェアを奪われつつある。また、主要な LIB 材料である正極活物質、負極活物質、有機電解液においても、生産量は拡大しつつも 2020 年時点で 10%台のシェアに留まっている。

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「戦略的創造研究推進事業／先端的低炭素化技術開発（ALCA）」の「次世代蓄電池研究開発プロジェクト（SPRING）」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。

上記の成果を一因として、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

米国エネルギー省（DOE）は、2019年開始の「Advanced Vehicle Technologies Research（AVTR）」において、予算総額（3年間）1,500万ドルで全固体電池関連15テーマ（酸化物、硫化物、及び高分子固体電解質、界面解析等）の研究開発を行った。2021年10月には、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。

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、2018年に全固体電池の基盤技術確立に向けた研究クラスター「FestBatt」を立ち上げた。2021年からは、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

①アウトプット目標

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。

2022 年に実施した前身事業の前倒し事後評価においても、「二次電池として必要不可欠な特性についての課題に対するブレークスルーに向けた継続した取組への期待」、また「世界をリードする全固体電池の実用化に向け、開発した基盤技術をさらに活用した継続的開発が望まれる」、との趣旨のコメントが付された。

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。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。

【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。

②アウトカム目標

本プロジェクトの成果の活用により、以下の車載用全固体LIBパックの売り上げとそれによるCO₂削減効果とに貢献する。

車載用全固体LIBパック売り上げ(世界) 約2.1兆円 (2040年)

CO₂削減効果 約1,400万トン/年 (2040年)

※1 国内自動車メーカーの全固体LIBパックを搭載したEV・PHEVの2040年における生産台数を各々330万台、102万台、同じく2040年における普及台数を各々950万台、310万台と試算(富士経済の市場予測を基にNEDOが推定)。

※2 EV・PHEVの電池パック搭載容量をそれぞれ60kWh、15kWhと仮定し、容量当たりの単価を1万円/kWhとして算出。

※3 ガソリン車に対するCO₂削減効果をEVで1.18トン/台/年、PHEVで1.0トン/台/年と試算。(IEA: Global EV Outlook 2020を基に、製造・使用・廃棄リサイクルに至るまでのCO₂排出量を推定)。

③アウトカム目標達成に向けての取組

本プロジェクトの成果である新材料の評価技術並びに電極やセル作製の要素技術を、参画する蓄電池メーカーや材料メーカーへ展開を進め、個社の全固体LIBの設計と開発、新材料開発の加速により、次世代全固体LIBの本格実用化を図る。あわせて、開発技術の試験・評価データに基づく全固体LIBの特徴やポテンシャルを示し、個社における全固体LIB及びパックの商品設計やEV・PHEVのコンセプト設計への活用を狙う。

また、関連する国際規格や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。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、研究開発項目「次世代全固体LIB基盤技術開発」について、(別紙1)の研究開発計画及び(別紙2)の研究開発スケジュールに基づき、下記①から③の研究開発サイクルにより事業全体の開発を推進する。

本研究開発は、次世代全固体LIBの研究開発基盤構築という業界の協調領域として取り組むものであり、また原理現象の解明のための基礎的研究が必要であることから、委託事業として実施する。

①材料評価基盤技術開発

②全固体 LIB 特有の現象・機構解明

③電極・セル要素技術開発

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下、「PMgr」と記載する。）（候補）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指名する。PMgr は、事業の成果・効果を最大化させるため、実務責任者として担当事業全体の進行を計画・管理し、事業遂行にかかる業務を統括する。

NEDO は研究開発実施者を公募する。研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。

なお、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プロジェクトリーダー（以下、「PL」と記載する。）及びサブプロジェクトリーダー（以下、「SPL」と記載する。）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。

(2) 研究開発の運営管理

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. 研究開発の実施期間

2023年度から2027年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

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。

評価の時期は、中間評価を2025年度、事後評価を2028年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等適宜見直すものとする。

また、中間評価結果を踏まえ、必要に応じてプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

研究開発実施者は、研究開発成果を、プロジェクト内で速やかに共有した後、わが国の関連産業の競争力強化に資することを留意しつつ、広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究開発成果の広範な普及を促進する。

② 標準化施策等との連携

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。

③ 知的財産権の帰属、管理等取扱いについての方針

研究開発成果に係る知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、開発段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

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。

(2) 基本計画の変更について

NEDOは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェ

クト基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、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に基づき実施する。

(4) その他

本事業は、交付金インセンティブ制度を活用することとする。当該事業における具体的運用等は、公募を経て採択された実施者に提示する。

6. 基本計画の改訂履歴

2023年1月 制定

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目「次世代全固体 LIB 基盤技術開発」

1. 研究開発の必要性

全固体 LIB のポテンシャルを引き出すには、固体電解質間や活物質との界面形成とその維持が本質的な技術課題であり、その解決にはイオン伝導性等の性能を向上した固体電解質をはじめ、全固体 LIB 向けにカスタマイズされた正極・負極材料等の材料の更なる性能向上が必要である。したがって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。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、サイエンスに基づく全固体 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。

2. 具体的研究内容

(1) 材料評価基盤技術開発

標準電池モデルを始めとする次世代材料の評価基盤技術を開発する。

(2) 全固体 LIB 特有の現象・機構解明

サイエンスに基づく粒子接触・界面、劣化等、固固界面を始めとする全固体 LIB 特有の機構の解明と、知見に基づく電極・セル要素技術開発への指針提示、及びそのための高度分析・解析技術の構築に取り組む。

(3) 電極・セル要素技術開発

次世代材料提案、ならびに材料性能を引き出し固固界面課題の解決に向けた電極・セル要素技術を開発し、開発技術の検証を行う。また、標準化も想定した試験評価データの蓄積と試験条件案の検討に取り組む。

上記(1)から(3)の開発サイクルにより事業全体の開発を推進する。

3. 達成目標

【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。

【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。

(別紙2) 研究開発スケジュール

研究開発項目「次世代全固体 LIB 基盤技術開発」

	2023fy	2024fy	2025fy	2026fy	2027fy
(1) 材料評価 基盤技術開発	標準電池モデル (一次仕様・コンセプト)		標準電池モデル開発		
	材料物性等の標準的評価手法開発				
(2) 全固体LIB 特有の現象・ 機構解明	現象解明、指針方策策定				
	高度分析・解析技術、物理化学・電気化学計算・シミュレーション技術開発				
(3) 電極・セル 要素技術開発	次世代材料提案				
	電極・セル作製要素技術開発				
	開発技術検証			開発技術検証	
	試作全固体LIB試験評価・データ蓄積				

中間評価



事後評価
(2028fy)