

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」
中間評価報告書

2025年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

2025年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 斎藤 保 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 木野 邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」
中間評価報告書

2025年8月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

目次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
研究評価委員会委員名簿	4
第1章 評価	
1. 評価コメント	1-1
1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	
1. 2 目標及び達成状況	
1. 3 マネジメント	
（参考）分科会委員の評価コメント	1-4
2. 評点結果	1-16
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」の中間評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 80 回研究評価委員会（2025 年 8 月 8 日）に諮り、確定されたものである。

2025 年 8 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

審議経過

- 分科会（2025年6月6日）

 - 公開セッション

 - 1. 開会
 - 2. プロジェクトの説明

 - 非公開セッション

 - 3. 成果の全体説明
 - 4. 研究開発設備の現地調査
 - 5. 成果の詳細説明
 - 6. 全体を通しての質疑

 - 公開セッション

 - 7. まとめ・講評
 - 8. 閉会

- 現地調査会（2025年6月6日）

 - 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 関西センター（大阪府池田市）

- 第80回研究評価委員会（2025年8月8日）

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」（中間評価）

分科会委員名簿

(2025年6月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	いでもと やすし 井手本 康	東京理科大学 副学長 創域理工学部 先端化学科 教授
分科会長 代理	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
委員	いまにし のぶゆき 今西 誠之	三重大学 大学院工学研究科 応用化学専攻 教授
	いわさき ひろのり 岩崎 裕典	PwC アドバイザリー合同会社 エネルギー・素材セクター パートナー
	きたじょう あゆこ 喜多條 鮎子	山口大学大学院 創成科学研究科 教授
	せき しろう 関 志朗	工学院大学 先進工学部 環境化学科 准教授
	はやし かつや 林 克也	エクシオグループ株式会社 電気・環境・スマートエネルギー事業本部 担当部長

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2025年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きのの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授
	いなば みゆる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	ほらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 教授
	まつもと まゆみ 松本 真由美	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 産業創発部 主席研究員

敬称略、五十音順

第 1 章 評価

1. 評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

カーボンニュートラルな世界に向けて、車両が電動化され、その関連市場の拡大が見込まれている中、現状では我が国の電気自動車および電動車用蓄電池の生産量は中国、韓国に大きく遅れを取っている。電動車用液系 LIB^{*1} に対して高性能、高安全性、高耐久性の優位性が期待される全固体蓄電池を他国に先んじて実用化することにより、電動車用 LIB 市場における我が国のシェア向上が期待できる。

本事業は、前身事業の成果である全固体蓄電池標準電池モデルをベースに実用化を加速するための材料の評価・基盤技術開発である。前身事業に引き続き、産官学連携で事業が推進されており、他国との差別化を図ることができる技術障壁の高い硫化物系全固体蓄電池を検討していることから、国において実施すべき事業である。

アウトカム達成までの道筋については、実用化および社会実装という目標に向けて技術面と社会面の両方について具体的な課題設定とスケジュール設定がなされている。技術面においては全固体蓄電池の耐久性・入力特性・エネルギー密度の3つの性能に対して、それぞれ標準モデルを用意し独自の課題設定がなされており、事業全体としてアカデミア、材料、電池、自動車メーカーの産官学連携により Win-Win の関係となるよう技術開発が推進され課題解決が適切に図られている。技術開発以外の側面として国際規格の策定に向けたリーダーシップの獲得、情報の共有と管理を意識した枠組みの策定、市場形成時の産業を支える人材育成、事業終了後は民間企業への成果の移転など、多様な戦略を立てていることは本事業の実効性を高める優れた取り組みと認められる。また、GI 基金^{*2} や GteX^{*3} など他の関連事業との連携の下で役割を上手く分担しながら進められている。

知的財産のオープン・クローズ戦略は、事業の参加者間での知的財産の取り扱いルールがきちんと明文化され、適切に進められている。標準化に関しては標準化関係者で進められているが、そのベースとなるデータや試験用電池を提供することなど積極的に協力しており問題無いと言える。

2030 年の市場投入は目前であるため、低拘束圧における耐久性向上等の技術課題への対策、市場投入に向けたコスト管理と量産化戦略、安全性と規制への対応は優先して対応する必要があると考える。引き続き、我が国の全固体蓄電池の独自性を出し、早期の実用化に貢献するとともに、本事業終了後の市場動向、ニーズも意識しつつ事業を進めていきたい。

*1 Lithium Ion Battery の略

*2 グリーンイノベーション基金事業

*3 革新的 GX 技術創出事業

1. 2 目標及び達成状況

アウトカム目標である 2040 年経済効果 2.1 兆円／年、CO₂削減効果 1,400 万トン／年は、前身事業で培われた技術的資産を基盤として、現行の液系 LIB の性能を的確にとらえ、それを超えることを目標に具体的かつ現実的な事業計画に基づいていることから、目標値の設定は妥当であると考えられる。目標達成については技術開発のみならず社会情勢にも影響されるため一概に見通しを持つことは難しいものの、その目標達成に向けて努力していくことで、一定の見込みはあると思慮される。

前身事業と合わせて 200 億円のインプットに対するアウトカムの規模や波及効果は妥当と思われるが、本事業が貢献する試算についてはより良い示し方を今後検討いただきたい。本事業に参画する材料、電池、自動車メーカーの総力を結集し、NEDO・LIBTEC^{*4}によるマネジメントを行うことで、計画通り 2030 年の市場投入を行い、確実なアウトカムに結び付けて頂きたい。そのためには、我が国がリードして作成する必要がある全固体蓄電池の世界的な規制や基準などの国際競争力に対する対策も示していただく必要があると考える。

アウトプット目標については、材料評価技術として 4 件の標準電池モデルを提示、要素技術の達成度評価として EV10 万 km 走行を想定したサイクル試験で目標の容量維持率を大きく上回る結果を得ており、全ての間目標を達成している。特に電池の充放電における性能バラツキに関する精度の高さは、開発の領域自身を拓げる特筆すべき成果であり、全固体蓄電池の本質的な安定性と標準電池モデルの高い完成度を示している。これらは液系 LIB に対する優位性を明確に示している。電動車への実装を考慮した低拘束圧を新たに評価条件として設定し、エネルギー密度、高速充電特性、耐久性を目指すなど、目標値は適切に見直されている。また、事業終了後は導入した装置や開発した技術を活用して、材料評価サービス等の自主事業への展開も考えられており、引き続き開発した技術の活用が期待される。さらに事業内企業のみならず、一般にも学会発表、論文発表を通して広く成果を報告していることも評価できる。

引き続き、ライバル国の状況を都度詳細に調査し、定置用なども含め、ニーズ・ターゲットの漏れのないようにしていただきたい。また、蓄電池として、全固体蓄電池であるが故に成し遂げられる特長を真に見出し、それを生かすべきで、エネルギー密度や入出力密度に拘わらず、容量維持率などを検証することも検討いただきたい。

新たな課題設定での目標達成はかなりチャレンジングであるが、逆にそのように設定することにより、社会実装をより早めることにもつながると思われるので、今後もしっかりと取り組んでいただきたい。

^{*4}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

1. 3 マネジメント

本事業は、硫化物系電解質を用いた全固体蓄電池を以て、材料・電池・自動車の各産業の競争力強化・市場獲得のための研究開発であり、各社の利害調整や連携促進のためにも、NEDO 事業として取り組むことは妥当である。前身事業での経験も踏まえて、LIBTEC を中核機関とする実施体制も確立されており、的確に運営されている。LIBTEC は、主要な自動車メーカー、電池メーカー、材料メーカー等の企業からの出向研究者により研究開発の中核が担われており、全固体蓄電池開発における共通基盤的な技術開発を行う本事業に適した機関であると言える。NEDO の PMgr^{※5} と LIBTEC の PL^{※6} とのホットラインを構築し両者の連携も緊密に取れている。サテライトの大学との連携や、他の国家事業との連携も非常に有効に進められており、大学で得られた知見や材料が中核機関における研究開発に取り入れられ始めていることは評価できる。

全固体蓄電池の研究開発には長い年月が見込まれ、企業が自主的に研究開発を行うにはリスクを伴う。一方で全固体蓄電池の実現は電動車市場の主導権を握ることにつながるため、経済的な波及効果は甚大である。諸外国への対抗上、国も伴走し企業の研究開発を支援する必要がある。前身事業から 8 年にわたって技術開発が行われ、両事業の確固たる成果として完成度の高い全固体蓄電池が得られつつあり、全固体蓄電池の産業分野の確立と市場形成に向けて引き続き委託事業とすることが重要である。

研究開発計画については、前身事業からの成果や課題、そして本事業開始時点での評価委員のコメント等を踏まえて、適切な研究開発計画を緻密に作成し、実行している。電動車への実装を考慮した低拘束圧の厳しい評価条件を設定、またリチウム金属負極を用いた全固体蓄電池開発に着手するなど、研究開発内容も適宜見直されている。進捗管理の手法も外部有識者の意見を取り入れるなど適切に整備されている。ステージゲートを導入し各大学・研究機関の進捗状況を評価し、事業全体の効率化を図っていることは評価できる。

今後は、アウトプット目標を達成する技術に最注力し、開発の優先度の軽重を付けながら開発を進めていただきたい。一方、蓄電池として電動車向け実用化以外の開発軸も並行して考えるなど、業界の広がりをもより意識して進めていただきたい。

※5 Project Manager の略

※6 Project Leader の略

(参考) 分科会委員の評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

<肯定的意見>

- LIB の状況、EV の状況を含めて、現状把握はきちんとされている。
- 現在は標準電池を 2 種類用意して、新材料が出てきたら、あるいは開発されてきたら、それを評価できる体制ができていること、また耐久性に対する課題を整理して対策対応も取られていることは、行程のマネジメントがしっかりできていると思う。
- 業界内共通技術で、新材料の創生、エコシステムを目指すということだが、その道筋にも沿って展開されている。
- 知財管理に関しては問題なく、標準化に関しては既存のものをフォローしていくということで、問題はない。
- 現状では電気自動車および電気自動車用蓄電池の生産量は中国、韓国に大きく遅れを取っており、大きく巻き返しを図るには高性能、高安全性、高耐久性の全固体蓄電池の開発が不可欠と思われ、国において進めるべき事業である。
- 全固体蓄電池の実用化に向けては、課題が多く残されており、共通基盤的な技術開発、特に粒子接合、界面、劣化等の全固体蓄電池特有の機構解明や設計指針提言、高度分析・解析技術の構築に取り組んでおり、企業での実用化開発に有用な技術開発を進めている。
- グリーンイノベーション事業における全固体蓄電池開発に合わせて、リチウム金属負極を用いた全固体電池の取り組みも 2024 年度より開始するなど、状況にあった臨機応変の開発が行われている。
- プロジェクト内企業のみならず、一般にも学会発表、論文発表を通して広く成果を報告している。
- 知的財産のオープン・クローズ戦略は適切に設定されており、妥当と思われる。
- 事業の参加者間での知的財産の取り扱いルールもきちんと明文化され、適切に進められている。
- 標準化に関しては JARI を中心に業界団体で進められているが、そのベースとなるデータや試験用電池の提供により協力を積極的に行っている。
- 本事業は蓄電池サプライチェーンにおける中核を我が国が占めるようになることが最終目標である。これを達成しようとする場合、現状の液 LIB を全固体電池で置換することが必要となるので、液 LIB よりも高い有用性を実証しアピールしなければならない。全固体電池の論文数、特許数は 2021 年から増加が鈍化している。数自体は依然として多いものの、研究者の全固体電池への期待を維持し続けるためには実用化を急ぐ必要がある。以上の背景より開発のステージを SOLiD-EV から SOLiD-Next へ移行し、全固体電池の実用化を加速しようとするには高い意義がある。
- 構成材に有機物を用いない点は本事業の大きな特徴であり、実用化を達成できれば他国との差別化を図ることができる。

- ・ 実用化および社会実装という目標に向けて技術面と社会面の両方について具体的な課題設定とスケジュール設定がなされている。技術面においては全固体電池の耐久性・入力特性・エネルギー密度の3つの性能に対して研究が深まるようそれぞれ独自の課題設定がなされ、事業全体として技術開発の推進が適切に行われている。また、アカデミアとの連携による課題解決が図られており研究者間の交流が行われる点は高く評価できる。
- ・ 技術開発以外の側面として国際規格の策定に向けたリーダーシップの獲得、情報の共有と管理を意識した枠組みの策定、市場形成時の産業を支える人材育成など、多様な戦略を立てている点は本事業の実効性を高める優れた取り組みと認められる。
- ・ 情報共有のメリットを最大限に活かしながら、情報流出リスクを回避するためには、適切な知的財産管理やガイドラインの整備が不可欠で、本事業ではどちらも適切に行われている。NDA フリー仕様のセルは持ち出し解体分析可能とし、セル製造プロセスは仕様書として提供されることで企業における独自開発が促進されるようになっている。個別に情報共有することで企業の競争力を維持しつつ企業間の差別化も可能となっている。
- ・ 実用化には参加企業側のニーズをくみ取ることが極めて重要であるが企業からの出向者が仲介を行っている。事業に対する企業側の満足度についてはアンケート実施とフィードバック分析がなされており、おおむね良好な評価である。アカデミアへの情報開示策として学会発表が行われている。国際特許の取得が国際競争力の強化において重要であるが、他国の特許出願の動向も分析されている。
- ・ 脱炭素に向けた車両の電動化という観点、蓄電池産業を巡る我が国の競争力の確保という観点からも、本事業の実施意義は高い。特に、産官学の連携で材料メーカー、電池・自動車メーカーの双方が Win-Win となる SOLiD-Next のようなプロジェクトは海外では見当たらず、そして PJ が実効的に上手く推進されている点が素晴らしい。
- ・ GI 基金や GteX など他の関連事業との連携の元で役割を上手く分担しながら進めている点、および事業終了後の民間企業への成果の移転と実効的に事業につながるような標準化や認証制度も含めた戦略的な活動が行われている。
- ・ 従前の SOLiD-EV での反省点も踏まえて、知財を守るところは守り、PJ メンバー内でオープンにして共有するところはより共有をしやすいスキーム構築ができており、実効性が増している。
- ・ 全固体電池開発を加速させるため、基準となる「物差し電池」を確立し、各企業などによる新たな材料開発と電池評価を円滑に連携させるための重要なプロジェクトであることが明確に示されていた。
- ・ プロジェクト後に開発した標準電池やノウハウなどを利用するとした、電池材料開発や電池開発となるプラットフォームの形が示されていた。このプロジェクトを基に電池評価事業を行うことによって、様々な企業における全固体電池開発に対する壁が低くなる可能性を期待する。
- ・ 知財化する部分とノウハウとしてクローズする領域が明確化されている。また、データ管理についても十分であると感じた。

- ・ 我が国オリエンテッドの硫化物全固体電池の基盤技術の確立開発を、本国の NEDO 旗艦事業として実施することは、電池大国日本として是非とも実施すべき内容であることは間違いない。対外分析なども含め、全て構想が十分練られており、実施する意義は十分に高い。
- ・ 分科会当日に外部状況のご説明は十分に頂いた。国際的なプレゼンス、標準化、広報についての現状は十分に高いアクティビティを持っており、全く問題はないと考える。全固体電池の実用化上には必ず必要なプロジェクトであることを改めて確認できた。
- ・ NEDO-LIBTEC 間の相互連携が好適に進み、これが機能していることを感じた。知財戦略、情報共有（手順書）なども全て適切であると感じた。材料を持ち込んでのセル組み込み評価の試みは高く評価できる。このような部分により重点的に予算を投入するべきではないか。
- ・ カーボンニュートラルな世界に向けて、エンジン車が EV,PHEV 等の電動車に移行し、その市場を拡大することは明白である。そこでの電源は液系 LIB が牽引するが、全固体電池が登場し優位性が認められることによって、その比率(シェア)が向上すると考えられる。本事業は、これを実現するための全固体電池用電池材料の評価・基盤技術の構築であり、国において実施する意義がある。
- ・ 本事業のアウトプットが、材料・電池・自動車のそれぞれのメーカーの開発に貢献する流れであり、アウトカム達成までの道筋が示されており、妥当である。既に材料の評価・フィードバックが先行して行われており期待が持てる。
- ・ オープン・クローズ戦略は、その領域を適切に設定し、国際標準化やライセンス方針についても明確化して運営している。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 世の中の情勢で EV の普及の遅れが出るとか、中国の動きの中で、日本の独自性をこの分野に出していかななくてはいけないということを、より一層意識しながら進めていただきたい。
- ・ ここ数年では欧米での電気自動車普及速度の停滞がみられるが、長期的には自動車の電動化は確実に進むと考えられる。むしろ、欧米での普及停滞をチャンスととらえ、全固体蓄電池の実用化によって一躍電気自動車で世界のトップに躍り出ることを期待している。
- ・ SOLiD-EV と SOLiD-Next は事業として連続しているが、期間延長ではなく実用化を加速するものである。しかし、両者は大筋で内容がよく似ている。実用化加速を意識した取り組みがどの部分か分かりにくい。
- ・ 標準電池（物差し電池）を実現することは多様な材料の開発を促す重要な項目である。しかし物差しが年々更新されるものだとすると、物差し自体が変化することになって材料の評価や直接比較が難しくなるのではないか。物差しの性能は今後ある程度収束することが見込まれるのか。

- 本事業の終了時とその後のプロセスや事業とをどう接続するか、ここで企業のニーズは十分にくみ取られているのか。市場化およびそれ以降の段階における本事業成果の運用はどのようなものになるか。
- 2030年の市場投入は目前であり、このスケジュールに対してどのような課題を克服する必要があるのかという認識を共有する必要がある。具体的な技術課題として低拘束圧における耐久性向上が挙げられている。耐久性を低下させる原因とその回避方法を検討するためには、セル作動時の状態分析の比重をもう少し増やすとよいだろう。一方、実用化が難しい溶解・析出型電極である金属リチウム負極を新テーマとして追加することは外部動向を反映したものとはいえ、早急な成果が求められるものではない。
- 技術開発以外では市場投入に向けたコスト管理と量産化戦略、安全性と規制対応など検討すべき課題は多い。特に具体的な言及はないので、これらは個々の企業に任されている、という認識でよいのか。
- オープン・クローズ戦略は、本来、市場形成後の段階で用いられる概念であるから、本事業における知財戦略の評価としては何を見ればよいのかよく分からない。例えば、現時点での戦略を的確に評価するために、オープン領域とクローズ領域を明確に定義し、それぞれの選択における具体的な効果を示すことが一法である。
- 国際特許の取得は国際競争力強化の観点から欠かせない要素だが、他国の技術開発の動向を十分に把握し、適切な対応が講じられているのか。また、本来は企業の事業戦略と一体的に運用されるべきものであろう。企業の事業戦略との連携については、どのような形で実施するか、特に事業終了後の実用化フェーズで重要になるとと思われる。
- 現在の LIB の需要の中で、どの程度の需要が全固体蓄電池へ移行すると予測されたうえでのプロジェクトなのかを示された方がよいと感じた。
- 事業化をプロジェクト終了後、いつまでに行うのかなどの時間スケールも示されるとよいと感じた。
- 硫化物系全固体電池の最大の技術的メリットの一つは、電解質の Li イオン輸率が 1 であることにある。この技術的な大きな本筋自身は必ず堅持していただきたい。例えば、高分子充填などはトレードオフの関係上（輸率は 1 を大きく下回る）、技術的なマイナスも大きくなるうえ、分解による低分子化も招くなど、無駄なく本当に必要な技術の取捨選択（絞り込み）を行っていただきたい。
- 予算規模に比較して、学術論文発表・論文アクティビティ（インパクトファクター）などは少ないと感じる。オープンにできる部分は、より積極的に発表すべきである。
- 全固体電池が蓄電池として、液系 LIB に対しての優位性を示すことができなければ、電動車での採用やシェア向上も期待できないこととなる。この判断は本事業で行うことではないかもしれないが、この点を認識しつつ事業を進めて頂きたい。
- アウトカム達成への起点が、本事業でのアウトプットとなるので、その優位性・有効性を高めるよう取り組んで頂きたい。
- 的確に実行されていると聞いたが、多くの企業等から出向者によって事業が運営されているので、知的財産の発案者の設定には留意をお願いしたい。

1. 2 目標及び達成状況

<肯定的意見>

- LIBTEC のこの事業自体は、参画企業との情報共有、アカデミアとの情報共有、それから、プラットフォームの形成の仕方を含めて、これまでの経験を生かして、よりの確に動かれており問題無い。
- 費用対効果に関しては問題ない。
- 前身の SOLiD-EV 事業で培われたものは生かしつつ、それとの差別化、それからより発展させていく、本 SOLiD-Next 事業の道筋は明確に進められている。
- 中間目標は、しっかり達成しており、それを踏まえて、今後の課題方針に関しても、明確化されていることは、非常に良い。
- 開発の軸も、耐久性だけではなく、高入力、高エネルギー密度という三点で進めていくという考え方は良い。
- 全固体蓄電池特有のさまざまな界面現象、劣化機構の解明、評価解析技術の開発が進んでおり、大学や企業における全固体蓄電池開発に大いに役立っている。
- NEDO シンポジウムや事業内の会議を通して、企業／アカデミア、異種事業者間の交流も進められている。
- 前プロジェクトと合わせて 200 億円の事業費であるが、2040 年に 2.1 兆円／年の売り上げ、1,400 万トン／年の CO₂ 削減効果が見込まれており、十分に費用対効果も高い事業である。
- 全固体蓄電池特有のさまざまな界面現象、劣化機構の解明が進み、4 種類の標準電池の提示、10 万キロ以上の耐久性、450Wh/L のエネルギー密度などの中間目標が既に達成されるなど、きわめて優れた成果が得られている。
- 自動車への実装を考慮した拘束圧について、新たに厳しい評価条件を設定し、今後は低拘束圧下でのエネルギー密度、高速充電特性、耐久性を目指すなど、目標値は適切に見直されている。
- 事業終了後は導入した装置や開発した技術を活用して、材料評価サービス等の自主事業への展開も考えられており、事業終了後も引き続き開発した技術の活用が期待される。
- プロジェクト内企業のみならず、一般にも学会発表、論文発表を通して広く成果を報告している。
- グリーンイノベーション基金事業における全固体蓄電池開発開始に合わせて、リチウム金属負極を用いた全固体電池の取り組みも 2024 年度より開始するなど、状況にあった臨機応変の開発が行われている。
- SOLiD-EV で培われた技術的資産を基盤として、現行の液 LIB の性能を的確にとらえ、それを超えることを目標にしたアウトカム指標と目標値が見直されている。拘束圧の低減は実用化を反映した目標設定であり、金属リチウム負極の採用は関連分野の動向を反映した新しい目標である。
- 4 つのチームからなる研究開発体制は事業推進のために整備され、効率的な作業の推進の実現、チーム間の有機的な協力体制がとられている。

- 分科会における報告内容から判断してアウトカム目標の達成は十分に見込まれる。具体的かつ現実的な事業計画が示されていることから、蓄電池サプライチェーンの中核を占めるという経済波及効果と二酸化炭素削減という社会的課題解決という目標が達成される可能性は高い。
- これらアウトカムの規模や波及効果を踏まえると、費用対効果の試算は妥当であり、国費を投入する高い公共的価値がある。
- 全固体電池の開発において、入力特性、耐久性で高い到達度を示した点は評価すべきポイント。多くのセルが全く同じ分極曲線を示したのは驚くべきことで、全固体電池の本質的な安定性と標準電池（物差し電池）の高い完成度を示している。これらは液 LIB に対する優位性を明確に示す成果である。
- 現状の問題として挙げられるものにサイクル劣化が依然存在することがある。固体電解質の電気化学的分解という化学的理由と、構成部材の体積変化に伴う界面剥離という物理的理由の2つが確認されている。正極に関しては LiNbO_3 による粒子の完全被覆が固体電解質の劣化分解を抑制する上で効果的との成果を得ている。界面剥離に関しては拘束圧を均一に印加する機構をセルに付与することによって大きな改善が達成されている。サイクル劣化の課題も早晩の解決が期待される。
- オープン・クローズ戦略と実用化・事業化の方針に基づく論文発表や特許出願等の知的財産管理も適切に実施されている。情報共有プラットフォームと情報セキュリティの強化による情報共有と個別限定情報の開示による特定企業への情報提供によって事業化への展開を見据えた戦略的な対応がなされている。
- 中間目標については全て計画通りに達成されており、進捗状況は順調である。
- 目標値の設定は妥当である。目標達成については技術開発のみならず社会情勢にも影響されるため一概に見通しを持つことは難しいものの、その目標達成に向けて努力していくことで、一定の見込みはあると思慮される。
- 設定された目標は、妥当な根拠に基づいており適切である。一部チャレンジングな目標もあるが（拘束圧）、高みを目指していくという心意気のもとで設定されており、そのやる気・情熱に期待をしたい。
- 中間目標は概ね達成見込みであり、また現時点で未達の場合でもその理由や今後の取り組み方針が明確となっており、非常に高い成果を出していると評価できる。また電池の性能といった成果だけではなく、実験器具の改良や検査・評価技術などの面での成果も出ており、総合的に高いレベルでのアウトプットを提示できている。
- 事業化をプロジェクト終了後、いつまでに行うのかなどの時間スケールも示されるとよいと感じた。
- 知財化やクローズ戦略は、明確である。また、中間目標は、十分に達成できていると考えられる。次の目標である拘束圧についてもチャレンジングな目標を目指しており、この部分においては、新たな電池反応機構の解明などを進めていくなどのアウトプットの目標を必要に応じた検討が十分になされている。

- ・ 社会実装までの距離の取り方は全面的に肯定する。本プロジェクトに参入する自動車メーカー、電池メーカー、材料メーカーの総力を結集し、NEDO・LIBTECでのコントロールを行うことで、2030年の市場投入を行うストーリーが立てられており、この予定通りに進捗を進めていただきたい。確実なアウトカムに結び付けて頂きたい。
- ・ 物差し電池・チャンピオン電池の使い分けを行い、その特徴を十分に理解・活用をしている印象を受けた。特に、電池の性能バラツキに関する確度の高さは、開発の領域自身を拓げる特筆すべき成果であり、既存LIBに迫る数値であると感じる。加えて、拘束圧の飛躍的低減は数値目標を達成しているだけではなく、想定以上の数値までを達成しており、高く評価できる。順当な進捗により、開発ビジョンとも十分に合致することが期待できるため、妥当である。
- ・ 複数の電動車の市場予測などを基に相応の仮定をもってアウトカム目標が設定され、またその達成も可能であると思われる。費用対効果も妥当と思われる。またアウトカム目標の実現に対して、本事業での実用化の定義を行い、役割を明確化し、事業終了後の展開も考慮している。
- ・ 材料評価技術として4件の電池モデルを提示、要素技術の達成度評価としては、EV10万km走行を想定したサイクル試験で目標の容量維持率を大きく上回る結果を得ており、ともに中間目標を達成している。既に電池モデルを使用した材料評価・フィードバックを事業終了に先駆けて実施しており、その意義は大きい。また電池材料の評価として、例えば、その場観察などにより電池反応時の特性評価を行っており、高い評価技術を実現している。外部発表や特許出願も十分行っており、技術レベルの高さをアピールしている。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 今後の課題設定自体もかなりチャレンジングではあるが、逆にそのように設定することにより、将来の社会実装をより進めるためにも大事なところではあるので、ぜひ、しっかりと取り組んでいただきたい。
- ・ 低拘束圧の達成はきわめて難しいと予想されるが、全固体蓄電池が実用化するためには不可欠であると考えられ、界面現象の解明、新規開発の活用で是非残りの期間で達成して欲しい。
- ・ 標準電池の開発は国内でのBTOS(Battery Take Out System;NDAフリーで持ち出し可能な仕様)材料が手に入れにくく、海外製を利用するなど苦勞がみられるが、国内企業製のBTOS材料が使えるように関係各位の協力が必要と感じられる。
- ・ 現状のセル開発状況を鑑みると最終的なアウトカム達成は可能であると予想されるが、2030年の市場投入というスケジュールには高温での耐久性、安全性、負極入力特性などについて早めの対処が必要である。このうち耐久性は正極と負極のいずれもが界面の化学的・物理的安定性に依存しているという結果であるから界面を深掘りするテーマを増やしてもよい。

- セルのエネルギー密度は 450Wh/L という中間目標値が達成されている。セルに使用されている固体電解質は液 LIB に比してかなり多くの空間を占有しており、高エネルギー型の 600Wh/L や液 LIB を超えるエネルギー密度の実現は簡単ではない。どこまで固体電解質を減らして活物質を増やせるかは電極構造の緻密な設計にかかっている。最適構造を割り出すには T4 の計算・解析の協力を得ることも重要。
- 正極に関して LiNbO₃ の厚膜被覆により電解質の副反応の回避が達成されているものの、80℃においては酸化反応が進行するとある。室温における改善効果は電子絶縁性の向上ゆえとあるが、実はそれほど絶縁性は高くない (10⁻⁶~10⁻⁵ S_{cm}⁻¹ のレベル)。完全な副反応抑制には LiNbO₃ の電子導電性とイオン導電性両方の役割の解明とその大きさの最適化が必要である。今後リン酸系材料を適用する計画が紹介されたが、界面層は全固体電池の中核材料である。他国から別のより優れた材料特許が出てこないとも限らないので、材料探索の指針を確立しておくことは重要である。
- 負極に関しては界面接合の破壊の問題が明白なので、黒鉛の表面処理なり界面層の設置なりを検討する必要がある。
- 黒鉛負極では高電流密度で金属リチウムの析出が起こってサイクル寿命の低下を招いている。一方、アノードレスで金属リチウムを析出させて負極として使用する場合は良い結果が得られると報告されている。これら 2 つの結果は互いに正反対の傾向であり、リチウムの振る舞いについては慎重な検討が必要である。特にリチウムデンドライトによる短絡や電解質の破壊、電解質の還元分解などの問題に取り組む必要がある。
- 費用対効果の試算については、インプット (SOLiD-EV、SOLiD-Next の合計額) とアウトカム (2040 年時点の全固体蓄電池電池パック売上) が 1 対 1 に対応していないため誤解を招く恐れもあると思われる。厳密な試算は難しいと思うものの、より良い示し方について今後検討頂きたい。
- 全固体電池の開発を進める中で、我が国がリードして作成する世界的な規制や基準などを示していくのかなどの国際競争力に対する対策なども少し見えるとよいと感じた。
- ライバル国の状況を都度もう少し詳細に調査し、ニーズ・ターゲットの漏れのないようにしていただきたい。特に、この電池系は EV 用途としての目線の報告に聞こえたが、実際には定置用などとしての将来性もあると考えられるので、調査をすすめてみて良いのではないかと。
- 第 5 章の部分でサテライト研究機関の実施報告があるが、開発費用に対しての成果がやや弱いと感じる。「全固体電池開発に本当に必要な技術か?」、「通常の LIB の開発の延長線上の技術転用」、「容易・単純な技術」、「そもそもこの開発課題上必要のない技術」は含まれていないか、中間評価の段階よりお考えを頂きたい。要素研究として重要なことは十分に認めるが、高レベル且つ本課題で必要な技術であることを再認識し、陣容を構築されてはどうか。加えて、この開発ではセルコストに関する議論は薄いと感じる。低コスト化も十分に検証して欲しい。
- アウトカム目標の達成に対して、本事業でのアウトプットが大きな役割を果たすので、意欲的に取り組んで頂きたい。

- ・ 「600Wh/Lの高エネ密度型電池」、「250Wh/Lのエネルギー密度で12Cの高入力型電池」を最終目標にしているとあるが、これらのチャレンジをこの事業内で行うかについては熟考をお願いしたい。蓄電池として、全固体電池であるが故に成し遂げられる特長を真に見出し、それを生かすべきであると考え。例えば、容量維持率が限りなく100%に近い蓄電池が特長となり得るならば、エネルギー密度や入出力密度に拘わらず、その検証をすることが一案となる。エネルギー密度や入出力密度を上げるのは、その検証後に取り組むことでよいと考える。

1. 3 マネジメント

<肯定的意見>

- ・ 固体電池セルの研究開発は、社会実装に近いところでGI（グリーンイノベーション基金事業）が、もう少しアカデミックよりのところはGteX（革新的GX技術創出事業）が動いており、このSOLiD-Next事業は、各々の事業との切り分けと連携が非常にうまくいっている。
- ・ この固体電池の分野は、基礎研究があり、実用化があり、社会実装があり、現在その三つが同時に動いているところなので、このプロジェクト自体の立ち位置、存在価値は非常に重要である。是非、今後も引き続き、最終目標に向けて邁進していただきたい。
- ・ 進捗管理に関しましては、PM、PLのホットラインを構築しつつ、産官学との連携がうまくいっていることは、お互いにウィンウィンのものをうまく引き出しているというような、進め方をしている。これらの連携やマネジメントを、より高めていただきたい。
- ・ 技術研究組合LIBTECは、主要な自動車メーカー、電池メーカー、材料メーカー等の企業からの出向研究者により研究開発の中核が担われており、全固体蓄電池開発における共通基盤的な技術開発を行う本事業に適した中核機関である。
- ・ NEDOと中核機関の連携も緊密に取れている。
- ・ サテライトの大学との連携や、他の国家プロジェクトの連携も非常に有効に進められており、大学で得られた知見や材料が中核機関における研究開発に取り入れられ始めている。
- ・ 本事業の研究開発内容は全固体蓄電池開発に必要な共通基盤技術開発であり、委託事業として継続することが適切である。
- ・ 自動車への実装を考慮した拘束圧について新たに厳しい評価条件を設定し、リチウム金属負極を用いた全固体蓄電池開発に着手するなど、研究開発内容も適宜見直されている。
- ・ NEDOは工学分野の技術開発に特化した機関であり、特に事業化、社会普及の段階に重点を置いた支援を行っている。本事業では全固体電池の実用化を目標としており、その研究をマネジメントする機関としてNEDOは最も相応しい。本事業では政策と連携して、産学連携の効果的なプラットフォームにより、研究開発と社会実装の橋渡しができる体制が構築されている。

実施者は多くの材料合成、電池製造、電池ユーザー企業が集合し、アカデミアからは世界に冠たる研究者が集まり、All Japan体制で全固体電池の先端技術開発が推進されて

いる。

オープン・クローズ戦略等の実行により、実施者の意見交換が行いやすい環境が整っている。企業のニーズをくみ上げ、限定情報を提供することで実用化を加速する方策が採られている。

- 全固体電池は作動させること自体が他の電池に比べて格段に難しいが、事業目標は正常に作動した上でさらに液 LIB の性能を超えることである。これは技術的に極めて高い障壁である。研究開発には長い年月が見込まれる。企業は事業化を見通すことが難しくなり、自主的に研究開発を行うことにはリスクを伴う。一方で全固体電池の実現は自動車市場の主導権を握ることにつながるため、経済的な波及効果は甚大である。諸外国は国家として開発に注力していることから、対抗上我が国も伴走し企業の研究開発を支援する必要がある。前事業の SOLiD-EV から 8 年にわたって技術開発が行われ、両事業の確固たる成果として完成度の高い全固体電池が得られつつある。
全固体電池の産業分野の確立と市場形成に向けて引き続き委託事業とすることが重要である。
- 海外の開発動向、自動車を取り巻く社会情勢を適切に考慮し、必要な要素技術の設定(例：リチウム負極)や連携を見直している。現状は技術開発が順調に進んでおり、中間目標も全て達成でき、マネジメントは適切に行われているといえる。また、進捗管理の手法も外部有識者の意見を取り入れるなど適切に整備されている。ステージゲートを導入し各大学・研究機関の進捗状況を評価し、プロジェクト全体の効率化を図っている。事前評価の結果や提言に対して、改善に向けた具体的な取り組みを積極的に進めている。目標達成に向けて弾力的に事業計画が策定されている。
- 実施体制は妥当である。SOLiD-EV の経験を踏まえて、より実効的な体制となるように工夫されている点も素晴らしい。
- 産学官が連携することにより、個々の企業では困難な点を上手く保管できる研究開発スキームとなっており、我が国の産業競争力を高めて国富を増やす意味で、本事業の継続は適切である。
- SOLiD-EV 時代からの成果や課題、そして本 PJ 開始時点での評価委員のコメント等を踏まえて、適切な研究開発計画を緻密に作成し、実行している。研究開発項目に対する取組み項目も WBS (Work Breakdown Structure ; 作業分解構造) として細かくブレイクダウンされており、スケジュール管理やタスク管理も適切に実行されている。
- NEDO⇄プロジェクトマネージャー⇄各グループ、サテライトとの連携は有効に機能しており、サテライトで開発された材料についても新たに評価を加えるなど実施体制として、十分に機能している。
- 我が国における技術開発、特に、エネルギー・電力を支える点において、重要であるプロジェクトであることから、継続や研究費・委託先など適切である。
- 次世代全固体電池を開発する中で、新たな要素技術と考えられる Li 金属負極なども盛り込んだスケジュールとして指針が検討されており、技術委員会などを通じて、必要な要素技術については、柔軟に取り入れている。

- NEDO での主導が、今後の電池実用化のためには適切である。学術的な部分は JST との連携もなされており、事業遂行の観点からは最善であろう。実施者の LIBTEC の技術的ポテンシャルは群を抜いていることも、見学を通じて十分に理解できた。ライン系統も全て適切であり、実用化を意識した現体制を維持していただきたい (SOLiD-Next の加速的な開発推進)。情報管理なども規程を取り揃え、申し分ない。
- 適切である。蓄電池開発は本国の基幹産業であることから、全固体電池のイニシアティブを取るためにも、強力な推進を継続するべきである。
- 非常に良く計画されており、適切な見直しなども加えられている。NEDO-LIBTEC による進捗管理は適切である。
- 硫化物系電解質を用いた全固体電池を以て、材料・電池・自動車の各産業の競争力強化・市場獲得のための研究開発であり、各社の利害調整や連携促進のためにも、NEDO 事業として取り組むことは妥当である。前プロジェクトでの経験も生かされ、実施体制も確立されており、的確に運営されている。
- 本事業は、全固体電池及びその材料の開発を加速させるため、全固体電池特有現象の解明・課題解決を行う共通基盤技術開発事業である。このため、委託事業として継続することが適切である。
- Li 金属負極の取り組みを十分検討のうえ着手したように、外部状況の変化により、必要な要素技術やスケジュールの適切な見直しを実行している。各進捗状況は、NEDO の担当者も配置し、常に関係者が把握できる体制を敷き実施している。

<問題点・改善点・今後への提言>

- サテライト 20 研究室におけるテーマの優先順位、配分方針、年次ごとに配分が変わるかなどの方針が明確化されると良い。
- サテライトで開発されている多くの材料が、残りの研究期間に実証電池に組み込まれるなどの成果を期待したい。
- 今年度のステージゲート時にはサテライトの大学の成果の厳正な評価と柔軟な入れ替えにより、残りの期間での開発の加速も必要と思われる。
- 電池の技術開発に関していくつかの課題が明らかとなっている。例えば高温や低拘束圧下でのサイクル劣化である。こうした課題が見出された際に、各チームがどのように連携して解決策を見出すのか、そのプロセスが明確には語られていない。当日の報告で公開されなかっただけで適切に行われているのであれば問題ない。

本事業では優れた電池が開発されつつある一方で、2030 年に市場投入という厳しいスケジュールが設定されている。市場ニーズに合致しない技術開発に陥る時間的余裕はなく、効率的な事業執行を行うために企業との対話を密にする必要がある。

- 一般論として、国家プロジェクトにおいては経済的な側面で公的資金の投入と受益者負担のバランスを考慮する必要がある。

本事業は未だ市場投入前の段階であるから、事業資金を投入して企業のリスクを抑えて研究開発を行うことが適切である。しかし、2030 年以降は全固体電池の市場化が予定さ

れている。これ以後は企業側の受益者負担を求めて蓄電池産業の活性化や我が国の経済成長につながるような自立支援に切り替えることが適切だろう。また、事業で得られた知財の運用方法について議論する余地がある。

- ここまで実用化という目標に向かって事業が適切に実施され、最終目標も達成される公算は極めて大きい。しかし、ここで得られた技術が実際の市場ニーズにどれだけ適合しているか、外部の人間には判断することができない。もし、そこにギャップが存在するとしたら、残りの事業期間で最終的な取り組みを行うようなマネジメントがなされるべきである。

液 LIB の場合は市場化後に基礎研究が大きく花開いて、世界的に一大研究分野を形成するに至った。同様にはいかないであろうが、全固体電池の更なる発展のために事業終了後の知的財産保護とオープンサイエンスのバランスを考慮し研究者のすそ野を広げる戦略があってもよいと思う。

- ガソリン車では、一般的に 10 万キロ走ったものは、買い替えなどが検討されるが、目標として、30 万キロを掲げている点についての開発計画が十分なのかなど、再検討すべき目標設定もあるように感じた。
- EV 用に限らないのであれば、2030 年に実用化する時間軸以外にも活用の道があるのではないか。EV 実用化以外の開発軸を並行して考え、業界の広がりをもっと意識していただければ幸いである。
- アウトプット目標を達成する技術に最注力し、開発の優先度の軽重を付けながら開発を進めていただきたい。
- サテライトでの各テーマは様々で、それぞれニーズやシーズ的な面を持っていると思われる。既に集中拠点とサテライトの連携は適切で、十分機能していると思われるが、急にブレークスルーが現れることも考えられるので、更なる連携・相乗効果に期待したい。
- 分科会での議論も踏まえて、実施する要素技術やその実施方法、スケジュールを適切に見直して頂きたい。また、引き続き、状況に応じて柔軟に研究計画を見直して頂きたい。

2. 評点結果

評価項目・評価基準	各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1) 本事業の位置づけ・意義	B	A	A	A	A	A	A	2.9
(2) アウトカム達成までの道筋	A	A	A	A	A	B	A	2.9
(3) 知的財産・標準化戦略	A	A	A	A	A	B	A	2.9
2. 目標及び達成状況								
(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	A	A	B	A	A	A	2.9
(2) アウトプット目標及び達成状況	A	A	B	A	A	B	A	2.7
3. マネジメント								
(1) 実施体制	B	A	A	A	A	A	A	2.9
(2) 受益者負担の考え方	A	A	A	A	A	A	A	3.0
(3) 研究開発計画	A	A	B	A	B	A	A	2.7

《判定基準》

- A：評価基準に適合し、非常に優れている。
 B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。
 C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
 D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点はA=3、B=2、C=1、D=0として事務局が数値に換算・平均して算出。

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」

事業原簿

公開版

担当部	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 自動車・蓄電池部
-----	---

目次

概要	概要-1
プロジェクト用語集	プロジェクト用語集-1
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	1-1
1.1 事業の位置づけ・意義	1-1
1.2 アウトカム達成までの道筋	1-32
1.3 知的財産・標準化戦略	1-33
2. 目標及び達成状況	2-1
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	2-1
2.2 アウトプット目標及び達成状況	2-9
3. マネジメント	3-1
3.1 実施体制	3-1
3.2 受益者負担の考え方	3-4
3.3 研究開発計画	3-5
(添付資料)	
・添付資料1：プロジェクト基本計画	
・添付資料2：プロジェクト開始時関連資料（事前評価書）	
・添付資料3：論文・外部発表等リスト	

概要

プロジェクト名	NEDO プロジェクト名： 「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」 METI 予算要求名称： 「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」	プロジェクト番号	P23005
担当推進部/ プロジェクト マネージャー または担当者 及び METI 担当課	<p>自動車・蓄電池部 車載蓄電池ユニット PM 臼田 浩幸 (2024 年 7 月～現在) 担当者 曾我 巖 (2024 年 7 月～現在)、山木 孝博 (2024 年 7 月～現在)、 向井 寛 (2024 年 7 月～現在)、太田 英男 (2024 年 7 月～現在)、 久世 智 (2024 年 7 月～現在)、佐藤 勇人 (2024 年 7 月～現在)、 丸内 亮 (2024 年 7 月～現在)、松下 智子 (2024 年 7 月～現在)、 田中 直樹 (2024 年 11 月～現在)、紅山 史子 (2024 年 12 月～現在)、 加藤 祐作 (2025 年 1 月～現在)、加州 大輔 (2025 年 4 月～現在) 鷺野 誠一郎 (2024 年 7 月～2024 年 10 月)、 米川 輝 (2024 年 7 月～2024 年 11 月)、磯部 裕史 (2024 年 7 月～2024 年 12 月) 亀尾 祐介 (2024 年 7 月～2025 年 3 月)</p> <p>スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 PM 臼田 浩幸 (2023 年 4 月～2024 年 6 月) 担当者 曾我 巖 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、山木 孝博 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、 向井 寛 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、太田 英男 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、 久世 智 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、佐藤 勇人 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、 丸内 亮 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、磯部 裕史 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、 米川 輝 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、亀尾 祐介 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、 鷺野 誠一郎 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)、 松下 智子 (2023 年 4 月～2024 年 6 月)</p>		
0. 事業の概要	<p>本事業では、2030 年以降に訪れる全固体リチウムイオン電池（全固体 LIB）の本格導入期に向けた新規材料開発を促進するため、材料評価を行うための標準電池モデル（ものさし電池）の開発や材料評価の方法等の共通基盤技術開発を実施する。また、これらの取組を通じて、全固体 LIB の本質的な課題（耐久性や拘束圧等）について現象・機構解明と対応策の検討にもつなげる。</p> <p>本事業を通じ、耐久性の課題を根本から解決するとともに、業界内で共通基盤技術を活用して、新材料を常に生み出し続けるエコシステムを創出する。</p>		
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1 本事業の 位置付け ・意義	<p>2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、2030 年以降の車載用蓄電池市場の急速な拡大が予想される。全固体 LIB は、次世代蓄電池の 1 つとして政策的にも期待されており、海外でも活発に研究開発が行われている。</p> <p>今後の車載用蓄電池市場において、日本がイニシアティブを獲得するためには、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。グリーンイノベーション基金事業（GI 基金事業）による各社への支援により、2030 年までの早期実用化を目指すとともに、本事業では、2030 年以降の全固体 LIB 本格導入期に新材料を提供するための共通基盤技術を開発する。</p>		
1.2 アウトカム 達成までの 道筋	<p>本事業は業界全体に寄与する共通基盤技術開発である。また、本事業の成果は、標準電池モデルを始めとする全固体蓄電池材料の材料評価技術、固固界面課題を解決し競争力のある全固体蓄電池の実現に向けた電池設計や製造プロセス、新材料の提案、および本事業で蓄積される、材料、電池の試験・評価データである。これらの成果を材料メーカー、電池メーカー、自動車メーカーへ展開し、GI 基金事業を始めとする個社の全固体 LIB 及びその材料の開発加速並びに全固体 LIB およびパックの商品設計へ活かしていく。これにより、2030 年の全固体 LIB 搭載 EV・PHEV の市場投入における本格実用化を図る。さらに、車載用蓄電池の規格・標準化活動を進める国内審議団体・業界団体に対し、情報提供や試験用電池の提供等の適切なサポートすることで、EV・PHEV の本格普及を推進する。</p>		
1.3 知的財産・ 標準化戦略	<p>知的財産：将来の産業競争力の維持・向上を念頭に、研究開発成果の内容に応じてオープン（公表、論文発表、標準化）とクローズ（特許化、秘匿ノウハウ）を判断する。材料特性評価技術（標準電池モデル、材料特性評価の条件・要領・手順、個別の物性測定・分析評価手法等）に関する成果は、基本的にはノウハウ（ブラックボックスのクローズ領域）として取り扱うものとし、特許出願やデジュール標準化は行わない方針である。一方、要素技術開発</p>		

	<p>の成果（要素技術開発の過程で創出される材料発明を含む。）は、全固体 LIB ビジネスの武器となる基本特許の創成活動を推進し、国外特許出願も積極的に実施し、特に、電極活物質・電解質等の材料発明は積極的に権利化するが、製造方法や運転・制御方法等の発明は、原則、ノウハウとして秘匿化する。</p> <p>標準化戦略：全固体 LIB の標準化の方向性は、全固体 LIB が持つ高い耐久性・安全性の価値を客観的に浮かび上がらせ、ユーザーに強い訴求力を示すための試験評価法の国際標準化に取り組む必要がある。全固体 LIB の試験評価法に係る国際標準化の推進に向け、前身事業である先進・革新蓄電池材料評価技術開発（SOLiD-EV）から引き続き、本事業においても国内の標準化関係者と定期的に会合を実施している。当面求められる標準化に関連した研究開発は、SOLiD-EV にて既に実施してきたことから、本事業では、標準化活動を進める中で必要なデータや試験用電池の提供等、業界に対して適切なサポートを実施する。</p>																				
<p>2. 目標及び達成状況</p>																					
<p>2.1 アウトカム目標及び達成見込み</p>	<p>本事業のアウトカム目標は前述したとおり、2050 年のカーボンニュートラル実現への貢献である。詳細は省略するが、アウトカム目標として、EV・PHEV への全固体 LIB の搭載が 2028 年に開始され、2030～2035 年の年率と同じ年率で 2040 年まで増加、液系 LIB を含む総台数に対する割合を 2040 年に 35%（EV が約 330 万台、PHEV が約 102 万台）と仮定する。その時の、経済効果および CO₂ 排出削減効果は以下の通りである。</p> <table border="1" data-bbox="432 689 1423 757"> <tr> <td>経済効果</td> <td>車載用全固体 LIB パック売り上げ（世界）約 2.1 兆円/年（2040 年）</td> </tr> <tr> <td>CO₂削減効果</td> <td>約 1,400 万トン/年（2040 年）</td> </tr> </table>	経済効果	車載用全固体 LIB パック売り上げ（世界）約 2.1 兆円/年（2040 年）	CO ₂ 削減効果	約 1,400 万トン/年（2040 年）																
経済効果	車載用全固体 LIB パック売り上げ（世界）約 2.1 兆円/年（2040 年）																				
CO ₂ 削減効果	約 1,400 万トン/年（2040 年）																				
<p>2.2 アウトプット目標及び達成状況</p>	<p>研究開発区分と開発内容</p> <p>本事業のアウトプット目標達成に向けた開発戦略は、標準電池モデルの開発とともに、固体電解質間や活物質との界面形成とその維持という固固界面の技術課題を解決することで、全固体 LIB の本来のポテンシャルを引き出すことである。</p> <table border="1" data-bbox="432 884 1423 1167"> <thead> <tr> <th>開発区分</th> <th>開発内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① 材料評価基盤技術開発</td> <td>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。</td> </tr> <tr> <td>② 全固体 LIB 特有の現象・機構解明</td> <td>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。</td> </tr> <tr> <td>③ 電極・セル要素技術開発</td> <td>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。</td> </tr> </tbody> </table> <p>研究開発区分とアウトプット目標</p> <table border="1" data-bbox="432 1227 1423 1727"> <thead> <tr> <th>開発区分</th> <th>中間目標（2025 年度末）</th> <th>最終目標（2027 年度末）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① 材料評価基盤技術開発</td> <td>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。</td> <td>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。</td> </tr> <tr> <td>② 全固体 LIB 特有の現象・機構解明</td> <td>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 450Wh/L 以上を目安とする。</td> <td>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 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。</td> </tr> <tr> <td>③ 電極・セル要素技術開発</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	開発区分	開発内容	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。	開発区分	中間目標（2025 年度末）	最終目標（2027 年度末）	① 材料評価基盤技術開発	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。	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 全固体 LIB 特有の現象・機構解明	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 450Wh/L 以上を目安とする。	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 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。	③ 電極・セル要素技術開発		
開発区分	開発内容																				
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。																				
開発区分	中間目標（2025 年度末）	最終目標（2027 年度末）																			
① 材料評価基盤技術開発	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。	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 全固体 LIB 特有の現象・機構解明	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 450Wh/L 以上を目安とする。	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 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。																			
③ 電極・セル要素技術開発																					

上記の中間目標に対する、2025年3月末現在での達成状況を下記に示す。			
開発区分	中間目標 (2025年度末)	成果 (2025年3月)	達成度 (見込み)
① 材料評価 基盤技術開発	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。	4件を提示 <u>高耐久型 (2種類)</u> エネ密: 400Wh/L、出力: 5C 耐久: 10万km相当以上 <u>高入力型</u> エネ密: 250Wh/L、出力: 8C <u>単極評価モデル</u> LTO 対極	○ 2025年 3月に 達成済み
② 全固体 LIB 特有の現象・ 機構解明	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450Wh/L以上を目安とする。	EV10万km走行を想定した充放電試験後の容量維持率 93% (拘束圧 20MPa、25℃、1C 充放電試験 300 サイクル後) ※エネルギー密度 450Wh/L	○ 2024年 10月に 達成済み
③ 電極・セル 要素技術開発			

3. マネジメント

3.1 実施体制	経産省担当原課	製造産業局 素材産業課、自動車課、商務情報政策局 電池産業課
	プロジェクト マネージャー	自動車・蓄電池部 車載蓄電池ユニット PM 白田 浩幸 (2024年7月～現在) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 PM 白田 浩幸 (2023年4月～2024年6月)
	プロジェクト リーダー	プロジェクトリーダー (PL) 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) 理事 幸 琢寛 (2023年4月～現在) サブプロジェクトリーダー (SPL) 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) 第1研究部 部長 黒葛原 実 (2023年4月～現在) 第2研究部 部長 遠藤 英司 (2025年4月～現在) 第2研究部 部長 荻原 航 (2023年4月～2025年3月まで) 第3研究部 部長 川本 浩二 (2023年4月～現在) 第4研究部 部長 藤原 良也 (2023年4月～現在)
	委託先	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) (参画 35 機関) アイシン、旭化成、いすゞ中央研究所、出光興産、AGC、ENEOS マテリアル、大阪ソーダ、関西ペイント、クラレ、小松製作所、GS ユアサ、SUBARU、住友化学、住友金属鉱山、大日本印刷、東亜合成、東レ、TOPPAN ホールディングス、トヨタ自動車、日産自動車、日本触媒、パナソニックホールディングス、ピークルエナジージャパン、日置電機、堀場製作所、本田技術研究所、マクセル、マツダ、三井化学、三井金属鉱業、三菱ケミカル、村田製作所、ヤマハ発動機、ライオン・スペシャリティ・ケミカルズ、産業技術総合研究所 国立研究開発法人産業技術総合研究所 (再委託: 九州大)、国立研究開発法人物質・材料研究機構、国立大学法人京都大学、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 (共同実施: オハラ)、国立大学法人東京科学大学、国立大学法人豊橋技術科学大学、国立大学法人名古屋工業大学、国立大学法人奈良国立大学機構奈良女子大学、国立大学法人北海道国立大学機構北見工業大学、国立大学法人北海道大学、国立大学法人横浜国立大学、公立大学法人大阪公立大学、学校法人早稲田大学、一般財団法人電力中央研究所、一般財団法人日本自動車研究所、一般財団法人ファイナセラミックスセンター (17機関)

3.2 受益者負担の考え方	(単位：百万円)						
		2023年度	2024年度	2025年度	合計		
	集中研究拠点 (LIBTEC) の予算	1,162	1,377	1,393	3,932		
	サテライト (大学・研究機関) の予算	544	500	487	1,531		
	合計 (NEDO 委託費)	1,706	1,877	1,880	5,463		
3.3 研究開発計画							
		2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
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)	→		標準電池モデルの開発			
	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						
	検証			検証			
評価時期			中間評価			終了時評価	
情勢変化への対応	<p>金属 Li 負極は、Si 負極と並び次世代負極として期待される材料であり、事業開始以降、日本の自動車メーカーが金属 Li 負極を採用する動きが見られた。各国でも取組が活発化する中、速やかに対応が必要と考え、金属 Li を負極に活用した場合の新規材料評価基盤の検討に着手した。本事業では、本取組に技術委員会での議論も経て、2024 年度に 2,000 万円の予算を増額した。今後、本取組を通じて、金属 Li 負極のあらゆる要素技術開発を実施することになり、基盤的な知見を日本の全固体 LIB 開発メーカーに提供するなどの貢献ができ、これにより、各社の開発加速も期待される。</p>						
中間評価結果への対応							
評価に関する事項	事前評価	2022 年度実施 担当部 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部					
	中間評価	2025 年度 中間評価実施予定					
	終了時評価	2028 年度 終了時評価実施見込み					
別添							
投稿論文	「論文」：9 件、そのうち「査読付き」8 件 (2023 年度 1 件、2024 年度 8 件) 「研究発表」：113 件 (23 年度 27 件、24 年度 86 件) 「受賞」：1 件 (23 年度 1 件、24 年度 0 件)						
特許	「出願済」8 件 (2023 年度 1 件、2024 年度 7 件) 特記事項：2025 年 5 月時点で公開前のため、添付はなし						
その他の外部発表 (プレス発表等)	2 件 (23 年度 0 件、24 年度 2 件)						
基本計画に関する事項	作成時期	2023 年 1 月 作成					
	変更履歴	2024 年 8 月 改訂 (組織改編による部署名変更にとまなう)					

プロジェクト用語集

用語	説明
C	評価対象の電池の容量から規定される電池を充放電する際の電流値の表記法。定電流放電したときに、1時間で対象電池の全容量を放電できる電流値を1Cと規定する。2Cの定電流放電では電流値が1Cの電流値の2倍であり、0.5時間で充電状態から全容量が放電される。
EV	電気自動車。Electric Vehicleの頭字語。外部からの電力供給によって搭載する蓄電池に充電し、蓄電池から電動機に電力を供給することで走行する、内燃エンジンを搭載していない自動車。
HEV	Hybrid Electric Vehicleの頭字語。ハイブリッド電気自動車。蓄電池を搭載し、内燃エンジンと電動機で走行可能な自動車。蓄電池の充電は内燃エンジンで行う。
IEC	International Electrotechnical Commissionの頭字語。和訳は国際電気標準会議。電気・電子技術分野の国際規格の制定を行っている非政府国際標準化機関。制定された規格はIEC62660などと付番される。IECには、技術分野毎に規格を開発するための専門技術委員会があり、これらはTC(Technical Committee)と呼ばれる。TCはTC1からTC114まであり、TC21は蓄電池である。
LCA	Life Cycle Assessmentの頭文字。製品・サービスのライフサイクル全体(資源採取—原料生産—製品生産—流通・消費—廃棄・リサイクル)における環境負荷を定量的に評価する手法である。
LIB	リチウムイオン電池(Lithium Ion Battery)。本事業では、電解質に固体電解質を使用するリチウムイオン電池を全固体LIB、電解質に電解液を使用するリチウムイオン電池を液系LIBと呼称する。
NCM	$\text{Li}[\text{NiCoMn}]\text{O}_2$ LIB用正極材として利用。三元系正極活物質とも呼ばれる。Ni、Co、Mnの比率に応じてNi:Co:Mn=5:2:3であればNCM523などと表記される。
OEM	Original Equipment Manufacturerの頭字語。一般には他社ブランドの製品を製造すること、またはその企業に使われる場合が多いが、自動車産業関係の話題では、自動車製造者の事をOEMと呼ぶ。
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicleの頭字語。プラグインハイブリッド電気自動車。外部から充電可能な蓄電池を搭載し、内燃エンジンと電動機で走行可能な自動車。
SE	Solid Electrolyteの頭字語。固体電解質の略号として使用される。
SOC	State of Chargeの頭字語。電池の規定容量に対してどの程度充電されているかの状態。SOC 100%で満充電。SOC 0%で完全放電状態。
圧粉体セル	粉末状の材料を円筒状の形状を有する評価セルの内部に充填し、密閉、必要に応じて加圧することで電池として作動する構成を実現し評価をおこなうセル。
活物質	電極活物質ともいう。化学電池で、その電池の起電反応のもととなる主要物質のこと。LIBでは、正極活物質として、コバルト酸リチウム、マンガン酸リチウム、リン酸鉄リチウム等が、負極活物質として、黒鉛等が使用されている。
固体電解質	有機物または無機物の固体の中で、リチウムイオン伝導性を示し、電解質として使用できるもの。
酸化物系固体電解質	酸素を主成分の一つとして含有する酸化物の固体電解質。化学的安定性に優れるが、リチウムイオン伝導度が相対的に低い物質が多い。
三元系正極活物質	リチウムイオン電池の正極活物質の一種。層状結晶を有するリチウム金属酸化物で金属にコバルト(Co)、ニッケル(Ni)、マンガン(Mn)の3種を使用する物質。NCMとも呼ばれる。
シングルイオン伝導体	電解質中をイオンが移動する際、移動するイオンが1種類の電解質。電解液では解離したプラスイオン、マイナスイオンの2種類が移動する。
セパレータ	正極と負極の間に短絡防止、間隔保持、電解液保持等の目的で挿入する多孔または微孔性の膜や不織布状のもの。

用語	説明
セル	電池の内部構造で、正極・負極・電解質の1組を有し蓄電機能を有する最小単位として機能する構造体。またはそれを1組だけ持つ電池。
全固体電池	電解質として電解液の代わりに固体電解質を利用し、電池の構成成分全てが固体からなる電池。液体をゲル化などの手法で固形化した電池を固体電池と称する例もあり、液体成分を含まない構成を特に「全」を付して識別するが、使用者によって定義が異なることもある。
電解液	二次電池内の電気化学反応に際してイオン伝導させる溶液。LIBでは、極性が大きく溶解力の高いカーボネート系有機溶剤が使用される。
電極	二次電池においてエネルギーの保存に関与する部材。正極、負極がある。リチウムイオン電池では活物質をバインダーと混合し集電体上に膜形成したもの。
二次電池	蓄電池。充電することで繰り返し利用することが可能な電池。鉛蓄電池、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池(Ni-MH電池)、リチウムイオン電池など。充電できない乾電池などを一次電池、充電できる電池を二次電池と区別する。
パック (電池パック)	蓄電池の搭載機器において蓄電池が収納されているユニット。電動車に対して用いる場合が多く、複数の電池と電池制御システムを一つの筐体に収めたパーツ。
標準電池モデル	一定のカテゴリの材料系を用いた電池において、安定かつ十分な性能を発現できる電池構成、電池作製プロセスを開発しモデルとした電池。材料評価、特性評価の基準として活用する。
フルセル	検討対象の電池において、想定する正極、負極の双方を有するセル。一方が参照用のリチウム金属などで代替される場合はハーフセルという。
放射光	磁場中を円運動する電子が曲げられるときに放射(シンクロトロン放射)する紫外～X線。通常の光源に比べ強度と指向性が極めて高く、電池をはじめ物理、化学、生物、工業分野での研究に広く活用されている。国内ではSPring-8、フotonファクトリー等の施設がある。
ラミネート形電池	従来の金属ケースに代えて、金属箔、高分子フィルムなどを積層(laminate)した複合フィルムからなる包材を成型し、ケースとした電池の総称。小型で軽量の電池が比較的容易に実現できる。
リチウムイオン電池	二次電池の1種。充放電における反応は、リチウム原子が正極・負極、両極の層状物質の層間を往復するだけのシンプルなものである。(1)起電力が約4Vと高い、(2)エネルギー密度が高い、(3)レート特性が良い、(4)温度特性、自己放電特性が良い、(5)メモリ効果が見られない、という特徴を持っている。これらの特徴から、家電、通信機等の幅広い分野で応用されている。今後は、自動車等輸送機器用の電源としての用途が期待されている。
硫化物系固体電解質	Lithium phosphorus sulfideなど硫黄(S)を主成分として含有する固体電解質。高いリチウムイオン伝導度を示す材料系が複数知られている。

第1章 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

1.1 事業の位置づけ・意義

1.1-1 事業の背景・目的

蓄電池は、モビリティの動力源や再生可能エネルギーの導入に向けた調整源等、カーボンニュートラル達成に向けて寄与するだけでなく、様々な製造業の生産活動の発展に不可欠な重要技術である。基本的な構造は、正極、負極、電解質の3つから構成され、これら各材料が電池性能向上の中心的な役割を果たす。さらに、実用的な蓄電池として仕上げるためには、これら材料単体の性能向上に加え、各種構成材料との組合せやアプリケーションの要求仕様との適合性等、総合的な検討が必要となる。

革新的な新規材料を開発するためには、正極や負極等の材料単体の開発に加え、電池全体(以下、「フルセル」という。)としての材料評価も重要であり、これらの開発と評価サイクルの繰り返しが求められる。

しかしながら、(材料メーカーが開発した)新規材料について蓄電池メーカーを代表とするユーザーがフルセルで評価し、詳細にフィードバックを実施することは、自社の電池設計の情報開示等につながる可能性もあるため容易ではない。このような課題を解決するため、本事業では、材料評価用の「ものさし」としてフルセルで材料評価を行うための材料評価用電池や材料評価の方法等、共通基盤技術の開発を実施している。本事業の成果により、材料メーカーとユーザー企業との擦り合わせが加速し、効率的に全固体リチウムイオン電池(以下、「全固体 LIB」という。)の新規材料創出につながることを狙う。

また、NEDO では、グリーンイノベーション基金事業にて 2030 年頃までの車載用電池としての実用化を目指し全固体 LIB の技術開発を行っている。このグリーンイノベーション基金事業の実用化の時期を全固体 LIB の初期導入期とするならば、本事業の共通基盤技術は、その先にある 2030 年以降に訪れる全固体 LIB の本格導入期に投入される電池材料への貢献を想定している。加えて、本事業では材料評価用の電池開発を通じ、全固体 LIB の本質的な課題(耐久性や拘束圧等)について現象・機構解明と対応策の検討も行う。この成果は、事業期間中においてもグリーンイノベーション基金事業の技術開発の促進に貢献する。

1.1-2 市場動向

(1) LIB の市場動向

含 Li 金属酸化物、炭素系負極を使用し、有機溶媒電解液を用いた LIB(以下、「液系 LIB」という。)は 1990 年代に実用化され、容量、電圧の高さからモバイル・IT 機器への搭載が急速に進んだ。その後の技術改良による高性能化・低コスト化は著しく、今日、LIB は自動車の電動化、再生可能エネルギーの導入量拡大、災害対応、ドローンや自立型ロボットの性能向上、スマートコミュニティの社会実装等も担うキーデバイスとなっている。

図 1.1-2-1 に示すように、LIB の市場規模は 2024 年の見込みで約 30 兆円だが、2030 年には約 52 兆円、2040 年には約 73 兆円に成長すると予測されている。この市場拡大を牽引するのが、EV・PHEV 等の電動車用の LIB である。使用される蓄電池としては、現時点では液系 LIB が主に採用されており市場規模は 2024 年の見込みで約 27 兆円であるが、2030 年には 43 兆

円、2040年には約58兆円に成長すると予測されている。

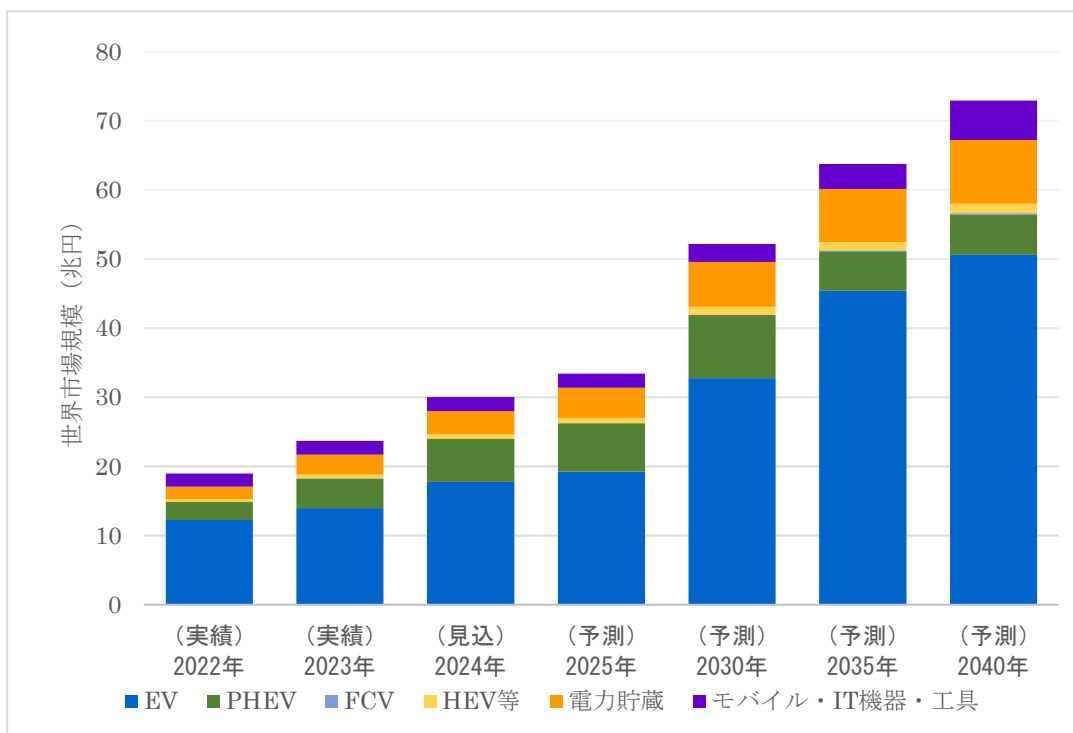


図 1.1-2-1 LIBの市場規模推移と将来予測

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2023,2024」(株式会社富士経済)を参考にNEDO推定

電動車のLIBの市場拡大が予測される主な理由は、中長期的には自動車が化石燃料に依存し続けるには制約があり、再生可能エネルギーを利用できる電動車の活用は欠かせないことである。これまで環境・エネルギー問題に対応するため、各国は自動車の燃費規制・排出ガス規制を強化すると同時に、電動車、特にEV・PHEVへの補助金政策、ガソリン・ディーゼル車販売を段階的に禁止する政策等を推進してきた。世界的なカーボンニュートラルを目指す動きの中、自動車メーカー各社も2030年前後に数百万台規模のEV販売を目標とする電動車へのシフトを発表している。現時点においては米国における環境対策の後退、国際情勢の変化、欧米における蓄電池育成の遅れ等から電動車の導入に関しては停滞感もあるが、2050年のカーボンニュートラル達成に向けては、電動車の活用は必須の要素であり、政策、産業基盤、技術が整えば再び導入が進行すると予想される。

電動車の大幅な導入が予想される中、中国及び韓国の蓄電池メーカーはLIBの生産設備投資を精力的に進めている。特に中国政府による手厚い支援を受けた中国蓄電池メーカーの躍進には目覚ましいものがある。結果として、図1.1-2-2に示すように、日系蓄電池メーカーは生産・販売量は増やしているものの、シェアは低下している。

今後、電動車用蓄電池の市場が拡大していく中で、日本が市場でのプレゼンスを向上させるためには、国内製造基盤を強化し、国内で確立した技術をベースに海外展開を戦略的に展開するとともに、全固体電池を含む次世代電池を世界に先駆けて実用化し、次世代電池市場を着実に獲得していくことが重要と考えられる。

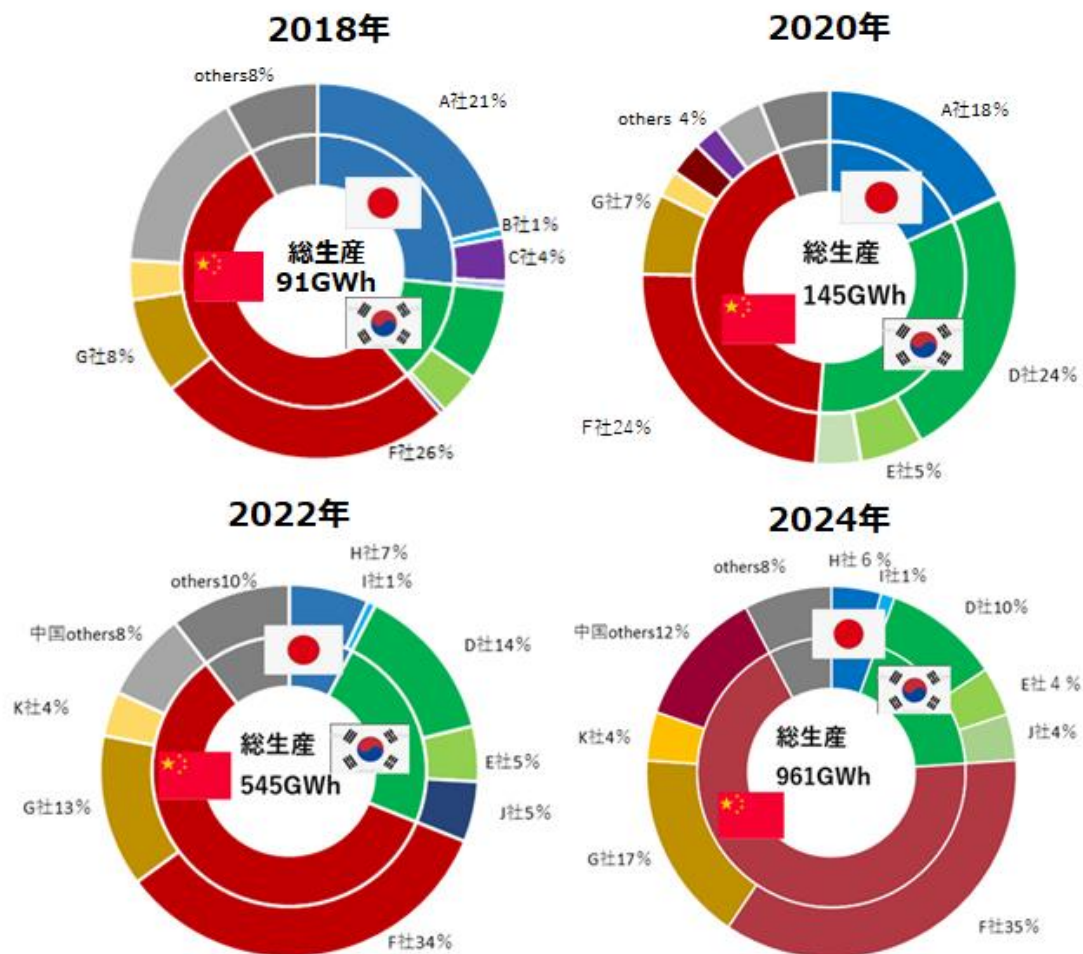


図 1.1-2-2 電動車用 LIB の市場シェア推移
 出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2019,2021,2024」(株式会社富士経済)に基づき NEDO 作成

1.1-3 技術動向

(1) LIB の現状と課題

カーボンニュートラル政策を契機とした CO₂ 排出量削減の要請に伴い、再生可能エネルギーの利用拡大や、CO₂ 排出量の 17%を占める運輸部門、特にその中の 9 割弱を占める自動車についての対策が必要となっている。蓄電池は車両の電動化による CO₂ 排出量削減に効果的であることから導入拡大が期待されている。そのため製造設備の拡充に対する投資に加え、生産性向上、電池性能向上に向けた研究開発が継続している。一方で予想される市場の大幅な拡大は蓄電池に使用する資源の枯渇やサプライチェーンリスク、蓄電池製造プロセスの CO₂ 排出量削減、多量に発生することが確実となっている使用済み蓄電池の処理方法などの新たな課題も発生させている。

蓄電池の需要の中心となっている電動車では、飛躍的な市場の成長期待を踏まえ、EV・PHEV 用の蓄電池市場は拡大を続けているものの、車両価格がエンジン車との比較で高い、航続距離が短い、充電時間が長い、充電インフラが少ないなどの技術課題と利便性の課題は依然として残っており、各国は課題を解決するための政策的支援や研究開発を継続的に進めている。また、性能向上に向けた研究開発や産業支援に加えて、蓄電池のリユース・リサイクルへの取組も

行われており、欧州では、域内での電池生産と循環を推進する電池規則案制定の協議が始まっている。今後、EV・PHEV の普及が進むにつれ、車載用蓄電池としてコスト低減、エネルギー密度向上による航続距離延長、充電性能向上による充電時間短縮等はいっそう重要となってくる。

現在、車載用蓄電池の主流となっている液系 LIB は、他の電池系に比してエネルギー密度が高いという特徴から車載用以外の用途も含め採用が進んできた。現在では更なるエネルギー密度向上や安全性向上、リサイクル対応などの技術課題に対して検討が進められるとともに、リン酸鉄正極の採用など目的に応じた最適化を指向する動きも見られる。一方で幅広く普及し生産量が飛躍的に増大し、一定の完成形も存在することから、技術的優位性視点での製品差別化は困難となりつつあり、技術競争領域からコスト競争領域に移行してきているという面もある。それゆえ、中期的には日本の蓄電池産業は、液系 LIB での一定の市場確保を狙うため、生産基盤強化のための大規模投資、戦略的なグローバルアライアンスの確立を段階的に推進することを検討していく一方で、製品性能として差別化可能な全固体電池を含む次世代電池の技術開発への中長期的な投資を進めている。

現状の EV・PHEV に用いられている液系 LIB は、電解質に有機溶媒電解液を用いていることから、異常時に発火の危険性があり、また、高レートでの充放電による温度上昇で劣化が進むため、電池パックには安全系や冷却系(熱マネジメント系)のシステム部品が数多く組み込まれている。また、電池パックの生産コストも高く、車両コストの約 1/3 を占めるとされており、低価格帯の車両モデルではガソリン車と同レベルの収益性を確保することが困難となっている。

そのため、車載バッテリーについては、信頼性・安全性を損ねることなく、エネルギー密度を向上させ、低コスト化及び軽量・コンパクト化を図る必要がある。しかしながら、この課題を現状の液系 LIB の技術開発の延長線上で解決するには多くの課題がある。

この理由としては、LIB の充放電反応は Li イオンの活物質への挿入・脱離反応を用いるため、安定的に充放電できる材料には制限があり、大きな比容量を示す材料は構造変化や体積変化、副反応といった課題があるため、電池セルでの数倍レベルのエネルギー密度の向上は簡単ではないことが挙げられる。高電位の正極活物質を用いることで電圧を上げる方向にしても、有機溶媒電解液の酸化分解とガス発生の問題がある。セルレベルでのエネルギー密度向上の困難性から cell to chassis などモジュール、パックレベルでセルの充填密度を高める試みも進められているが、セルを密に充填する事は発熱制御や異常時の延焼の危険性など安全性とのバランスが課題になる。

この様に種々の課題は存在し、解決のための技術的な課題の難易度は高いが、液系 LIB は車載用蓄電池における現在の主流であり、将来的にも有望であることから各国では研究開発が盛んに進められている。

(2) 全固体電池の特徴と期待

前記した液系 LIB の課題を解決する手段として、液系 LIB そのものの技術開発や、他の電池系、例えば水系電解質などを用いる電池系の開発などに加えて、全固体電池の開発が進められている。

全固体電池は固体電解質(硫化物、酸化物や固体有機物のイオン伝導体)を電解質として使用した電池であり、種々の電池系で実現しうるものである。液系 LIB において有機溶媒電解液をリチウムイオン伝導性を有する固体電解質に置き換えれば、LIB でも全固体電池を実現すること

ができる。固体電解質の物理的、化学的安定性(揮発性がない点や実用的な高電圧耐性)を活かすことで、液系 LIB の有機溶媒電解液では分解・ガス発生が起きる高電圧条件でもセルを作動させることができる。そのため、セルのエネルギー密度を現行より向上させることができる。また、流動性のない電解質を使用するためバイポーラ型構造を採用することも可能であり、将来的にバイポーラ型のセル構造が実現できれば更にエネルギー密度は向上できる。無機系固体電解質を用いる場合は、その熱的安定性を活かし、電池パックの冷却システムの小型化やシステムレス化を推進することが可能であるとともに、不燃性・難燃性である特徴から発火リスクが大幅に低減することから安全装置の簡素化が期待できる。結果として、電池パック段階でのエネルギー密度向上と低コスト化が期待できる。加えて、有機溶媒電解液中では陽イオンと陰イオンが同時に移動するため、Li イオンの輸率は 0.5 以下と低いが、無機固体電解質はシングルイオン伝導体であるため、輸率が 1 となり、入出力特性が格段に向上し急速充電の実現も期待できる。

かつて固体電解質は Li イオン伝導性が低く、全固体リチウムイオン電池の実用化は困難と見られていた。しかしながら、近年、優れた硫化物系の固体電解質が日本で相次ぎ発見され、小型のセルであったものの、液系 LIB を凌駕する性能が実証された。この結果、世界中で研究開発が活発化しており、トヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業、Volkswagen、Mercedes-Benz Group、Samsung SDI、CATL、BYD 等、大手自動車・蓄電池メーカーが早期実用化に向け、研究開発に取り組んでいる。また、米国・欧州には固体電解質を用いた蓄電池を手掛けるベンチャー企業が多数存在する。さらに、米国、EU、ドイツ、英国、中国、韓国等においては公的資金による研究開発も進められている。

当面は液系 LIB が市場の主流であるが、全固体 LIB の第一段階として、2030 年頃までに研究開発が先行している硫化物系固体電解質を活用した全固体 LIB の市場投入が期待される。

(3) 全固体電池の研究開発動向

全固体電池の研究開発は、基本材料である固体電解質の材料開発から固体電解質を用いた電池設計・プロセス開発、基礎解析まで幅広く、固体電解質も硫化物系、酸化物系、高分子系など多岐にわたる。以下では本事業で対象としている硫化物系固体電解質及びそれを用いた全固体電池を中心に全固体電池の研究開発動向を示す。

① 日本

NEDO の全固体電池研究開発では、「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」(2013～2017 年度)において、硫化物系固体電解質を想定した全固体 LIB の基軸材料となる固体電解質・電極活物質の特性評価に適用する圧粉成形タイプの標準電池モデル(2mAh 級コインセル)、セル特性の評価に適用するシート成形タイプの標準電池モデル(8mAh 級、50mAh 級、200mAh 級単層ラミネートセル)が開発された。また、全固体 LIB 特有の電気化学特性及び劣化メカニズムの解析評価手法が開発された。

「先進・革新蓄電池材料評価技術開発 第 2 期(SOLiD-EV)」(2018～2022 年度)においては、三元系正極活物質、黒鉛系負極、硫化物系固体電解質を用いた系で、実用生産でも使用されるロール to ロールプロセスでシートタイプの、4×12.5cm 中型単層セルを作成し車載用蓄電池として適用可能なレベルの 450Wh/L のエネルギー密度を実証した。これにより全固体 LIB が実用可能な電池系であることが示された。また、チャレンジングな取組として、三元系正極活物質、

シリコン系負極活物質を用いた 2cm 角単層の実証セルを製作、860Wh/L の体積エネルギー密度を実証し、高エネルギー密度化への可能性も示した。加えて、これらの成果を踏まえ、安定的に製作可能な標準電池モデルを製作した。特に、三元系正極活物質、黒鉛系負極、硫化物系固体電解質を用いた標準電池モデルを開発した事は、材料構成や製作方法、耐久性も含め、全固体 LIB 材料評価用の「ものさし」として機能する「原型」を生み出した非常に大きな成果と言える。本事業では、SOLiD-EV で培われた「原型」を発展させ、適切に材料開発を行うための材料評価用として、高耐久型、高入力型、高容量型の 3 つの標準電池モデルの開発に取り組んでいる。

さらに、NEDO は、全固体 LIB の本格量産に向けて必要な技術開発にも取り組んでいる。2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略の中で定められた「グリーンイノベーション基金事業」では、高性能電池・材料、省資源化、生産技術、リサイクル等を研究対象として、2030年の本格実用化を目標に、電池パックでのエネルギー密度 700～800Wh/L 以上等の目標を掲げたテーマを実施している。全固体 LIB と関連材料の研究開発テーマとしては表 1.1-3-1 に示すテーマが採択され、現在では各社とも開発フェーズから、パイロットラインの設計・ライン建設に移りつつあり、実用化に向け着実に進捗している状況である。例えば、本田技術研究所では電極材の混練から、塗工、ロールプレス、セル・モジュールの組み立てまでの各工程の検証が可能なパイロットラインを完成させている。出光興産では固体電解質の小型実証設備における検討に引き続き、大型パイロット装置の設計を開始している。なお、本事業では、材料評価用の標準電池モデルの開発を通じて、材料評価技術による新材料評価や固固界面現象の解明等、共通基盤研究を実施しており、これら研究成果を通じて各テーマの取組を支援している。

表 1.1-3-1 グリーンイノベーション基金事業 全固体 LIB と関連材料の研究開発テーマ

機関	研究開発テーマ
本田技研工業株式会社 株式会社本田技術研究所	次世代全固体電池の開発
日産自動車株式会社	ASSB(全固体電池)パイロットラインによる高性能・低 LCA バッテリー生産のプロセス確立
株式会社 GS ユアサ	先進固体電池開発
住友金属鉱山株式会社	次世代蓄電池用高性能正極材料の開発と実証
株式会社アルバック	次世代蓄電池向けリチウム金属負極生産技術開発
出光興産株式会社	硫化物系固体電解質の量産技術開発
株式会社大阪ソーダ	全固体電池用超高イオン伝導性ポリマーの開発

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)」の枠組みで従来の蓄電池の性能を凌駕する革新的な蓄電池の創製を目指した「次世代蓄電池研究開発プロジェクト」(2013～2022年度、以下、「ALCA-SPRING」という。)でも全固体 LIB(全固体リチウム硫黄電池も含む。)の研究開発が行われ個別材料や要素技術の開発、メカニズムの解明にとどまらず、蓄電池として最大のパフォーマンスが発揮できるよう、電池の最適化が研究された。また、文部科学省 科学研究費助成事業 「蓄電固体界面科学」(2019～

2023 年度)においては、界面イオンダイナミクスに関わる因子の解明(基礎学理構築)を目標とした研究を行い、構築した学理をもとに全固体電池の産業競争力強化に資する次世代固体イオンクスデバイスの界面設計指針を明確にした。JST「共創の場形成支援プログラム」(COI-NEXT)においては2021年より「先進蓄電池研究開発拠点」で全固体電池に取り組んでおり、起電力、出力、エネルギー密度、寿命といった性能がさまざま、多用途な蓄電池を設計するための電池解析・開発設計プロトコルを作り上げている。そして、2023年に開始された革新的GX技術創出事業(以下「GteX」という。)の蓄電池領域においては、GHG削減・経済波及効果に対して量的貢献が見込める蓄電池技術の創出を目指し、高安全性を実現する硫化物型全固体電池および酸化物型固体電池の開発が行われている。

なお、「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」第2期においては、ALCA-SPRINGと連携関係を構築しており、事業開始時においてALCA-SPRINGの全固体電池チームから硫化物型サブチームのメンバーが参画し、事業開始後はALCA-SPRINGで開発される材料を受け入れてセルを試作し、その特性評価を行ってきた。2021年からは「蓄電固体界面科学」とも連携を進め、ALCA-SPRINGと同様の取組を実施してきた。本事業においても協力関係を引き継ぎ、GteXの開始後は内部会議に相互に参加するなどより強化された事業連携を行っている。

次に、個別の国内企業による全固体電池開発の主な取組について、以下に示す。

トヨタ自動車株式会社は、2021年9月に、電池・カーボンニュートラルに関する公開説明会で全固体電池を実用化するという目標をあらためて表明し、全固体電池の特長を生かした高出力という特徴をハイブリッド車に適応させるとしていた。2023年6月の技術説明会では課題であった電池の耐久性を克服する技術的ブレイクスルーを発見したため、従来のHEVへの導入を見直しBEV用電池として開発を加速し、量産に向けた工法を開発中で、2027～2028年の実用化にチャレンジしていると発表した。2023年10月には出光興産と連携に合意し2027～2028年の全固体電池実用化をより確実なものとするとしている。電池寿命の短さを克服する新技術の発見と、出光興産の固体電解質にトヨタグループの正極・負極材、電池化技術を組み合わせることで全固体電池の性能と耐久性を両立する目途がついたとしている。2024年9月には、全固体電池も対象に含む生産・開発計画が経済産業省の「蓄電池に係る供給確保計画」に認定されている。

日産自動車株式会社は、「Nissan Ambition 2030」(2021年11月発表)の中で、2028年度までに自社開発の全固体電池を搭載した電気自動車(EV)を市場投入することを目指すとした。2024年4月には、2028年度の実用化を目指して研究開発を行っている全固体電池のパイロット生産ラインを公開した。このパイロットラインを用いて、電気自動車(EV)用の全固体電池の実用化に向け、革新的な工法を取り入れながら、様々な生産技術の課題に取り組んでいくとしている。

本田技研工業株式会社は、2040年に世界市場で販売する全車両を電気自動車(EV)または燃料電池車(FCV)にする計画の中で、電池戦略としては液系LIBの生産拡大と革新電池の実現の両面で投資していく方針としている。2024年11月には栃木県さくら市の本田技術研究所の敷地内に投資額約430億円で建設した全固体電池のパイロットラインを初公開した。従来の液体リチウムイオン電池の製造プロセスをベースにしなが、固体電解質層の緻密化に寄与し連続加工が可能な、ロールプレス方式を採用することで、電極界面との密着性を高めるとともに生産性の向上を目指すとしている。さらに、一連の組立プロセスを集約するとともに高速化することにより、1セルあたりの製造時間の大幅な短縮を目指すとしている。

株式会社GSユアサは、2021年11月に硫化物と組み合わせる最適な材料(窒化物及びハロ

ゲン化物)を効率的に選定することで、高いイオン伝導度と優れた耐水性を兼ね備えた窒素含有硫化物固体電解質の合成に成功したことを公表している。2020年代後半に衛星用などの特殊用途から実用化し、2030年代には車載用に展開していくとしている。

マクセル株式会社は、硫化物系固体電解質を採用し、バイポーラ構造を適用することで高電圧・高出力を実現したコイン型全固体電池のサンプル出荷を2021年11月から開始し、2022年7月に約2倍のエネルギー密度をもつセラミックパッケージ型全固体電池を新たに開発、製品化したと発表した。2023年10月には200mAhと大容量化した円筒形全固体電池の開発を進めており、2024年1月にサンプル出荷を予定と発表した。インフラモニタリングなどのセンシング用途を含めた主電源用途でも適用可能な全固体電池の大容量化のニーズに対応している。2024年5月には全固体電池の作動上限温度を150°Cに引き上げる技術開発に成功したと発表している。

カナデビア株式会社(日立造船から改名)は、機械加工技術を活用した独自の製造方法による全固体LIBを開発している。硫化系固体電解質を使用し充放電時におけるセルの機械的加圧が不要であるとしている。2024年11月には従来比厚さ1/4の1Ah全固体リチウムイオン電池を開発したと発表しており、厚さ3.0mm、体積当たりエネルギー密度200Wh/L以上としている。カナデビアはJAXAとの全固体リチウムイオン電池の実用化に向けた実証実験に関する共同研究契約を締結しており、2022年8月、全固体リチウムイオン電池が世界で初めて宇宙で充放電できることを確認したとしている。2025年1月の見本市では宇宙産業用向け全固体電池を展示するなど宇宙用途向けの利用を念頭に進めている。

出光興産株式会社は小型実証設備第1プラント(2021年11月稼働開始)、小型実証設備第2プラント(2023年7月稼働開始)で、固体電解質の量産プロセスを検討している。2023年10月、トヨタと全固体電池の量産化に向けて、固体電解質の量産技術開発や生産性向上、サプライチェーン構築に取り組むことに合意した。2024年10月、固体電解質の大型パイロット装置の基本設計を開始したと発表しており、2025年2月には総事業費の約213億円で原料となる硫化リチウムの大型製造設備を建設すると発表した。

三井金属鉱業株式会社は量産試験設備で生産した全固体電池向け固体電解質「A-SOLiD[®]」のサンプル供給を2021年11月に開始し、2023年2月には生産能力を倍増すると発表した。2024年2月には第2次生産能力増強投資を発表し、2024年9月には固体電解質「A-SOLiD[®]」の「初期量産工場」の新設を決定したと発表している。

AGC株式会社は2023年9月に車載用全固体電池向け硫化物固体電解質の新生産技術開発に成功したと発表した。ガラスと化学の技術を融合させた独自の熔融法を確立し、量産を視野に入れたプロセスの下、従来の製法では難しかった多様な組成を高品質で作ることが可能になったとしている。またリサイクルされた原料の利用が容易であるとしている。

住友金属鉱山株式会社は2023年4月、全固体電池用正極材をはじめとする次世代正極材料および新しい製造プロセスを開発するため、パイロット設備の導入とそれらの設備を収容する建屋(電池研究所第2開発棟、2025年12月完成予定)の建設を決定したと発表している。

② 米 国

米国では主にエネルギー省(Department of Energy、DOE)がエネルギー関連の産業・研究開発支援を統括している。蓄電池関連ではDOE部局の科学局(Office of Science、OS)、エネ

ルギー先端研究局(Advanced Research Projects Agency- Energy、ARPA-E)、エネルギー効率・再生可能エネルギー局(Office of Energy Efficiency and Renewable Energy、EERE)の下の自動車技術局(Vehicle Technologies Office、VTO)などが基礎研究、新規材料開発、電池系開発から資源リスク対応、リサイクル、寿命診断などを含む蓄電池運用方法、産業支援に至るまで幅広い分野にわたる支援を実施している。

全固体電池関連では ARPA-E が 2013～2017 年に実施した耐久性に優れ実用的な価格の次世代蓄電システム(Robust Affordable Next Generation Energy Storage Systems)を開発することを目指した「RANGE」プロジェクトにおいて、予算総額 4,000 万ドル(5 年間)で燃料電池やリチウムイオン電池など 22 のテーマが採択された中、3 テーマが固体電池関連で、Solid Power、Bettergy、Maryland 大学などが研究を実施した。Solid Power のテーマは 350 万ドルの予算で 3 年半実施され硫化物系固体電解質を使用した全固体電池開発に取り組んだ。

ARPA-E が 2022 年から実施した低炭素社会向け電動車(Electric Vehicles for American Low-carbon Living)を目指した「EVs4ALL」プロジェクトでは、当初予算総額 4,200 万ドル(3 年間)で急速充電対応や安全性向上、資源リスク対応(カリウム電池、Ni・Co 削減など)、劣化解析等の 12 テーマが採択され、4 テーマが固体電池関連(24M Technology のテーマは半固体電池が中心と思われる)でありいずれも継続中である。表 1.1-3-2 に 4 テーマの概要を示す。4 テーマの予算額合計は 1,600 万ドルで全体の約 4 割となっている。プロジェクトの目標として 5～15 分で電池容量の 80%充電、20 万マイル走行後の容量維持率 80%以上、商業レベルで\$75/kWh 以下を目指すことなどを掲げている。

表 1.1-3-2 EVs4ALL の固体電池関連開発テーマと代表参画機関

参画機関	開発テーマ
Ampcera	熱的変調で制御する高安全急速充電対応固体電池。Ni-rich 正極と Si 負極を使用
24M Technologies	低コスト、高エネルギー密度のアノードレスナトリウム金属電池。NASICON タイプ固体電解質セパレータ層
Univ. of Maryland	急速充電対応、高エネルギー密度の固体電池。酸化物系のイオン、電子伝導セラミックス開発。
Solid Power	急速充電対応、高エネルギー密度の固体電池。全固体リチウム硫黄電池。

ARPA-E の最近のプロジェクトでは 2024 年 7 月から実施した鉄道、船舶、航空機の電動化を目的とした PROPEL-1K プロジェクトにおいて、当初予算総額約 1,600 万ドル(2 年間)で燃料電池やレドックスフロー電池、アルミニウム空気フロー電池、リチウム空気フロー電池などテーマが採択される中、3 テーマが固体電池関連で Li 空気固体電池のテーマなどが実施されている。3 テーマの予算総額は約 230 万ドルでプロジェクト全体の予算総額も小規模であるが、鉄道、船舶、短距離航空機の電動化を目的としたプロジェクトになっている。1K とは 1,000Wh/kg、1,000Wh/L を蓄電システム全体で実現し、かつ製品使用末期でも維持する技術としている。カテゴリ A では航空機向けに短時間最大出力と持続的出力について高コストを許容して実現、カテゴリ B では鉄道、船舶向けに最大出力は抑えて持続的出力を低コストで実現するとして用途別に目標を区分している。

ARPA-E では他に分野横断的プログラムでいくつかの固体電池開発を支援しており、2023 年開始の SCALEUP 2023 プログラムの中では Ion Storage Systems, Inc.が予算 2,000ドルで固体電池の製法検討を、2016 年開始の OPEN 2015 プログラムの中では Zakuro 社が酸化物系固体電解質 LLZO の量産法検討を実施している。

エネルギー効率・再生可能エネルギー局自動車技術室 (EERE-VTO) は、Advanced Battery Materials Research (BMR) などのプログラムを通じて車載向け蓄電池開発を継続的に支援している。全固体電池関連としては 2015 年頃から Oak Ridge 国立研究所や University of Maryland が酸化物系固体電解質や高分子複合固体電解質のテーマを実施している。

2019 年開始の「Advanced Vehicle Technologies Research (AVTR)」プログラムでは、全体の予算総額 5,900 万ドル(3 年間)のうち 1,500 万ドルが全固体電池に割り当てられた。テーマは 1A: 固体電池を実現するための材料、1B: 固体電池の診断技術開発、1C: 固体電池のモデリング技術に区分され 15 テーマが採択された。代表機関として Maryland 大、Michigan 大などの大学や、Solid Power などのベンチャー、General Motor(米)など参画し固体電解質、製造プロセス、診断ツール、モデリング等の研究開発が実施された。固体電解質としては酸化物系、硫化物系及び高分子系が開発対象になっている。

表 1.1-3-3 Advanced Vehicle Technologies Research の参画機関と開発テーマ

参画機関	開発テーマ
Maryland 大 College Park	高エネルギーリチウム電池用デンドライトフリー固体電解質
Solid Power, Inc	多機能電解質材料による全固体電池
Iowa 州立大学	ガラス系電解質の低コスト製造プロセス
Michigan 大	Li 含有セラミック薄膜形成における挙動解析
Maryland 大 College Park	正極-電解質界面の低抵抗化
Virginia 州立工科大	全固体電池と高電圧リチウム電池に適用可能な高分子電解質
General Motors LLC	硫化物系ガラス電解質を用いた全固体電池のホットプレス工程
West Virginia 大 Research Corp.	全固体電池用のシングルイオン伝導電解質開発
Pennsylvania 州立大	高エネルギー密度固体 Li 硫黄電池用の材料開発
Wisconsin 大 Milwaukee	In-situ 生成による Li 金属負極保護層の開発
Wildcat Discovery Technologies	Li との界面を制御した複合固体イオン伝導体
General Motors	全固体電池の界面挙動の基礎的研究
Houston 大	Li 固体電池の界面挙動の多次元診断
Virginia Commonwealth 大	固体電解質の第一原理モデリング
Louisville 大	全固体リチウム硫黄電池の正極と界面の挙動予測手法開発

2021 年 10 月に開始の新たなプロジェクト(Li-Bridge)では電気自動車や先端電池、コネクテッド自動車に焦点を当てた 26 件のテーマが 2 億 900 万ドルの予算で 5 年間で予定して採択された。このプロジェクトでは基礎的研究成果を実用成果に結びつけるとしており、アルゴンヌ国立研究所が中心になって国立研究所と産業界を橋渡しするとしている。全固体電池の開発に関

係するプロジェクトは、AOI 2: Solid State Electrolytes for Lithium Metal の下の Multiple solid electrolyte、Ceramic solid electrolytes、Sulfide solid electrolytes、Composite solid electrolytes、Other solid electrolytes の各 Focus で区分された 17 テーマであり合計予算は約 5,000 万ドルである。硫化物系固体電解質を対象としたテーマは5件であり、Partner として参画している機関には Solid Power 社などがある。

また Li-Bridge では AOI 1: Battery500 Research Consortium として 2017 年から 2021 年まで Pacific Northwest 国立研究所が主導して実施された Battery500 プロジェクトが Battery500 Phase 2 として予算 7,500 万ドルで 5 年間延長された。Battery500 は Li 金属負極を採用して 500Wh/kg と 1,000cyc の寿命を実現することを目指したプロジェクトであり、正極は Ni-rich 系や硫黄系、電解質は液体電解質を中心に検討を進めていたが、2022 年 12 月に技術提案のリクエストとして、Battery500 Solid-State Battery Seedling Projects をアナウンスし固体の Li 金属硫黄電池についての提案を募集した。今後、固体 LiS 電池に検討を拡げる可能性がある。

科学局 (Office of Science, OS) は、Office of Science Programs などのプログラムを通じて研究支援をおこなっており、Basic Energy Sciences (BES) のもとの Energy Innovation Hub において蓄電池関連の支援を実施している。Batteries and Energy Storage Hub program では Argonne 国立研究所が中心となった Joint Center for Energy Storage Research (JCESR) が蓄電池関連の研究に 2013 年から取り組み 2018 年には総額 12,000 万ドルの予算で 5 年間延長されたが 2024 年に終了した。その後、新たに Aqueous Battery Consortium (ABC) と Energy Storage Research Alliance (ESRA) が予算 12,500 万ドル、5 年間予定で立ち上がった。ESRA では金属空気電池や多価反応有機材料に加えて固体電池も検討対象に掲げている。

Energy Earthshots の枠組みの中では局間をまたがるプログラムとして Energy Storage Grand Challenge が設定され 2022 年には Storage Innovations 2030 が開始された。策定された Energy Storage Strategy and Roadmap の中にはリチウムイオン電池技術の新たな技術としてシリコン負極やリチウム金属とならんで固体電解質が記載されている。

また BES プログラムの一環として 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挙げられ、2030 年にコバルトとニッケルを使用せずに重量エネルギー密度として 500Wh/kg を目指すとしている。

次に、個別の米国企業による全固体電池開発の主な取組は以下のとおりである。

全固体電池を開発する米スタートアップ企業、Solid Power は Ford Motor (米)、BMW (独) 等から投資を受け硫化物系全固体電池の開発を進めているが、2024 年 1 月、SK On と技術移転契約を締結したと発表している。硫化物系固体電解質を供給し、全固体電池の開発を支援するとしている。

Volkswagen (独) から投資を受けている QuantumScape は、2024 年 1 月、VW 傘下の電池会社 PowerCo が QuantumScape の全固体電池セルの耐久テスト結果を発表し、1,000 回を超える充放電サイクルを完了し、サンプルテストの要件を大幅に上回ったとしている。また、PowerCo と全固体リチウム金属電池技術に関するライセンス契約を締結し、今後、QuantumScape が開発した全固体電池セルを PowerCo が量産するとしている。

マサチューセッツ州に拠点を置く Factorial Energy は、2024 年 12 月、乾式正極コーティングプロセスを採用した 40Ah 全固体電池セルを発表している。ライフサイクル試験の結果、小型のプ

ロタイプはすでに 2,000 サイクル以上を達成していることが実証されているとしている。Factorial Energy に関しては 2024 年 10 月、ステランティスが 2026 年までに Factorial Energy の全固体電池を搭載した新型フルサイズ EV セダンのダッジ「チャージャー デイトナ(Charger Daytona)」のデモフリート車両を展開するとしている。この車両は、Factorial Energy のバッテリー技術を検証し、実走行条件下での性能をテストするために使用されるとしている。

③ EU

EU では欧州研究開発フレームワークの下で広範な研究開発支援が実施されている。2014 年～2020 年に実施された Horizon 2020 は 2021 年～2027 年の予定の Horizon Europe に移行しており、蓄電池関連の多数のプロジェクトが含まれている。

2019 年には低炭素、気候変動対策の未来を構築するとして多分野のプログラムが企画され、蓄電分野においても複数のプログラムが設定された。全固体電池関連は LC-BAT-1-2019 として総額予算 2,500 万ユーロ、期間 4 年間で、電気自動車向けの大幅に改善された高性能、高安全の全固体電池を目的としたプログラムが設定され、SOLiDIFY、SAFELiMOVE、ASTRABAT、SUBLIME の 4 プロジェクトが採択された。いずれも予算は約 780 万ユーロで産学を含む 15 程度の機関が参画しており、SOLiDIFY はナノコンポジット電解質を用いた液相を経由するプロセス、SAFELiMOVE は Ni リッチ正極、Li 金属負極、ハイブリッドセラミックスを用いた固体電池開発、ASTRABAT は酸化物と高分子の複合電解質を用いた量産可能な全固体電池の開発に取り組んだ。SUBLIME は、FEV EUROPE GMBH が代表機関となり SAFT 社やユミコア社など 19 機関が参画し Ni リッチ正極、Li 金属負極で硫化物系固体電解質を用いた全固体電池開発を実施した。

Horizon 2020 では他に 2021 年から予算 791 万ユーロ、3 年半で実施された「SIMBA」(Sodium-Ion and sodium Metal BAtteries for efficient and sustainable next-generation energy storage)プロジェクトが Na イオン全固体電池、Na 金属全固体電池開発に取り組んだ。また規模は小さいが 10 以上のテーマで高分子固体電解質などの材料開発や界面設計、反応解析などの要素技術開発が実施された。

Horizon Europe でも気候変動対策、エネルギー、移動体の分野で蓄電分野に大規模なプログラムが継続的に企画されており、2021 年には気候変動に対する分野横断的解決法として蓄電分野で 5 つのプログラムが総額 12,700 万ユーロで企画され、固体電池関連では電動車等向けの Li イオン固体電池開発のプログラムが総額 3,600 万ユーロ、期間約 4 年間、固体電池製造法開発のプログラムが総額 2,600 万ユーロ、期間約 4 年間で設定され、それぞれ 5 プロジェクト、3 プロジェクトが採択された。ADVAGERN のハイブリッド固体電解質は LLZO—LPS ベースであり TOYOTA MOTOR EUROPE が参画している。AM4BAT は Ni リッチ正極、LLZO 固体電解質、Li 金属負極の構成であり、SOLiD の固体電解質は高分子系となっている。HELENA プロジェクトは Ni-rich NMC 正極、ハライド固体電解質、Li 金属負極の構成であるが 2024 年 3 月にフルセルを試作したと報告している。PULSELiON は 15 機関が参加し Ni-rich NMC 正極、硫化物系固体電解質、Li 金属負極の構成で電解質層及び Li 金属は真空成膜手法を採用するプロセスの開発をおこない 10Ah のパウチセルを試作するとしている。

表 1.1-3-4 「Horizon Europe」の 2021 年採択プログラムの固体電池関連テーマ

プログラム	予算	参画機関数	検討内容
HELENA	€837 万	17	ハロゲン化物系固体電解質を用いた固体電池
SEATBELT	€825 万	22	資源リスクの低い低コストの固体電池
PSIONIC	€800 万	13	Li 金属負極、高分子固体電解質の固体電池
ADVAGEN	€818 万	14	ハイブリッド固体電解質による固体電池
AM4BAT	€485 万	8	3D プリンティングによる固体電池
PULSELiON	€700 万	15	Li 金属、硫化物系固体電解質。真空成膜
SOLiD	€703 万	13	Role to Role 製法、真空成膜 Li 金属負極
SPINMATE	€698 万	13	Ni リッチ正極、高分子固体電解質、Li 金属

また、2023 年には固体電池の大規模製造を可能とする材料、セル開発のプログラムが予算約 900 万ユーロ弱、期間は 3-4 年間で設定され 3 プログラムが採択された。「SOLVE」プログラムは 4V 級正極、高分子複合電解質、Li 金属負極を用いるもので 20Ah のセルを作製するとしている。「HyList」プログラムは LNMO 正極、複合固体電解質、真空成膜 Li 金属負極を使用する構成で 450Wh/kg が目標となっている。「SOLIDBAT」プログラムは Ni リッチ正極と Li 金属負極であるが電解質はハイブリッドゲル電解質である。

2024 年には解析やパックに関するプログラムが設定され、固体電池関連として先進電池システムと集積法、cell-to-chassis 技術を検討する「ARISE」プロジェクトが予算 536 万ユーロ、期間 3 年半、12 機関で、固体電池の BMS と module-to-chassis 技術を検討する「S4MILE」プロジェクトが予算 500 万ユーロ、期間 3 年半、10 機関でそれぞれ開始された。

他にも 10 以上の固体電池関連テーマが支援されており、全固体 Na 電池や、高分子固体電解質などの材料開発、界面など解析を実施している。比較的規模が大きいプロジェクトでは 2023 年開始の固体電池の高度解析(シンクロトロン)を実施する「OPERA」プロジェクトが予算 442 万ユーロ、期間 3 年間、11 機関。同一プログラムで採択された走行距離 500km、ライフタイム 30 万 km を目指すバッテリーパックを開発する「EXTENDED」プログラムが予算 499 万ユーロ、期間 3 年間、19 機関。水運用途に固体電池を含む蓄電系を開発する「AENEAS」プロジェクトが 2023 年から予算 499 万ユーロ、期間 3 年間、14 機関で実施されている。

「BATTERY 2030」プロジェクトは蓄電関連の先端科学技術の支援をおこなっているが、2019 年の開始から、「Battery 2030+」、「B2030 CSA3」と延長され固体電池の高度解析なども実施している。

Horizon Europe とは別に、民間のバッテリー企業団体 BEPA と欧州委員会の契約によって設立されたパートナーシップ協定である BATT4EU は、2021-2027 の期間で活動しており、Horizon Europe で採択されたプロジェクトなどに対して支援をおこなっている。

④ ドイツ

ドイツ連邦教育研究省(BMBF)は全固体電池の基盤技術を確立するため、2018 年に研究クラスター「FestBatt」を立ち上げた。総予算(3 年間)は 1,600 万ユーロで、Justus-Liebig 大学、Karlsruhe 工科大学、Jülich 研究所、(FZJ)、ドイツ航空宇宙センター(DLR)、Helmholtz

Ulm 研究所、Max Planck 研究所、Duisburg 大学、Marburg 大学、Darmstadt 工科大学等、14 の大学・研究機関が参画した。重点研究テーマは、3 つの電解質材料系(硫化物、酸化物、ポリマー)の開発と 2 つのプロセスプラットフォーム(分析評価、理論・データプロセッシング)で構成された。

また、BMBF は、全固体電池の量産化技術の開発を行うプロジェクトとして「ARTEMYS」を 2017 年に立ち上げた。開発予算は 3 年間で 600 万ユーロの予算となっている。Braunschweig 工科大、BMW、BASF、Thyssen Krupp System Engineering、Rehm 等の企業・大学が参加している。酸化物系全固体電池については、量産に適用する電解質の合成技術や正極層と固体電解質層を一体化させて塗工・乾燥・焼成する技術等を検討している。硫化物系全固体電池についてはテープキャスト法で成形する正極層及び電解質層に Li 金属負極を組み合わせて 1Ah 級の積層セルを開発するとした。

さらに 2021 年、BMBF の「Battery 2020 Transfer」プロジェクトによる資金提供の下、ALANO (Alternative Anode Concepts for Safe Solid State Batteries) プロジェクトが開始された。本プロジェクトは、リチウム金属負極と固体電解質を使用し高安全と高エネルギー密度を指向するもので、BMW、DAIKIN Chemical Europe、VARTA Microbattery などの企業や Helmholtz Ulm 研究所、Fraunhofer 研究所、Münster 大学の MEET バッテリー研究センター等がメンバーとして参加している。

次に、個別のドイツ企業による全固体電池開発の主な取組は以下のようなものがある。

Mercedes-Benz は 2024 年 9 月、Factrial と共同開発した全固体電池 Solstice を発表している。Solstice はより効率的で持続可能な生産を実現する新しい乾式カソード設計を採用しているとしており、硫化物ベースの全固体電解質システムを採用した難燃・低揮発設計となっており最大 450Wh/kg のエネルギー密度が期待されるとしている。

BMW は全固体電池を搭載した車両を 30 年までに発売する計画である。BMW は Solid Power に出資し提携を拡大しパルスドルフ拠点でセル生産プロセスを最適化していくとしている。

VW は 2024 年 7 月、VW 傘下の PowerCo と米国 QuantumScape は次世代固体リチウム金属電池技術を産業化するための契約を締結したと発表している。VW グループと QuantumScape とのバッテリーの共同生産に関する従来の合弁事業を置き換えるものとなり、両社は総力を挙げて QuantumScape の技術の産業化を加速させるとしている。

⑤ 英国

バッテリー戦略を 2023 年 11 月に発表し設備投資や研究開発に 20 億ポンド以上を投資するとした。これ以前からビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS) が 2017 年に開始した「Faraday Battery Challenge」イニシアティブにおいて、種々の蓄電池の基礎研究及び応用・実用化開発が行われており、予算総額はその後追加も含めて 541 百万ポンド、当初の 2022 年までの予定が 2025 年まで延長されている。基礎研究には開始時点で 78 百万ポンドの予算が割り当てられており、多くの企業・大学等が参加している。この中には全固体電池を対象とする SOLBAT プロジェクトが含まれており、Oxford 大、Warwick 大学 WMG (Warwick Manufacturing Group) などが参画している。2023 年には研究イノベーション庁 (UKRI) が「Faraday Battery Challenge」から支援を受ける 17 の電池プロジェクトを発表した。電池サプライチェーンの構築、電池性能向上、コスト削減、持続可能性強化、高性能電池などのプロジェクトの中には固体電池のシリコン負極を開

発する「HISTORY」プロジェクト、準固体リチウム硫黄電池を開発するプロジェクトなどが含まれている。

また、全固体電池の開発を手掛けるベンチャー企業 Ilika Technologies は、2018 年より「Faraday Battery Challenge」に参加し、約 500 万ポンドの資金提供を受けて、EV 用に大型化した全固体電池 Goliath の開発を進めている。2023 年には英国バッテリー工業化センター (UK Battery Industrialization Centre: UKBIC) と提携して自動車変革基金 (Automotive Transformation Fund: ATF) の運営を主導すると発表し、SSB パウチセルの A サンプルを供給する 1.5MWh のラインを構築するとしている。またバッテリー材料メーカー Nexeon および BMW と提携し、「HISTORY」において電気自動車 (EV) 向けのシリコンベースの固体電池 (SSB) を開発すると発表している。ファラデー・バッテリー・チャレンジから 280 万ポンド (約 4 億 5 千万円) の助成金を受けセントアンドリュース大学、ロンドン大学、インペリアル・カレッジも参加している。

⑥ 中国

第 14 次 5 ヶ年計画 (2021 年～2025 年) の中の「新型エネルギー貯蔵発展の実施方案」では蓄電池もコア技術として位置づけられ、固体リチウムイオン電池等の次世代高エネルギー密度のエネルギー貯蔵技術の研究開発を行うとしている。車載向け蓄電池では 2020 年 10 月に中国自動車工学会が発表した「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」において新体系電池として全固体 LIB が挙げられている。

2023 年 2 月に国家自然科学基金委員会 (NSFC) が発表した「重大研究計画『従来の水準を超越した電池システム』2024 年度プロジェクトガイドラインの発表に関する通告」では中国における次世代電池の革新と発展を科学の面から支える旨が指摘され、高比エネルギー・長寿命・高安全性の全固体電池が対象に含まれている。

2024 年 1 月に設立された中国全固体電池産学研 (企業・大学・研究機関) 協働革新プラットフォーム (CASIP: China All-Solid-State Battery Collaborative Innovation Platform) では全固体電池の商業化、量産化の実現、サプライチェーンを構築目標に全固体電池の研究開発に対する強力な支援を表明している。2025 年 2 月の第 2 回中国全固体電池開発サミットフォーラムでは 2025 年～2027 年に高 Ni 正極+黒鉛/低容量 Si 負極の硫化物系全固体電池でエネルギー密度目標: 200～300Wh/kg、2027 年～2030 年に高 Ni 正極+高容量 Si 負極の硫化物系全固体電池でエネルギー密度目標: 400Wh/kg、800Wh/L、2030 年以降は高電圧・高容量正極 (高ニッケル、高リチウム、硫黄など) + 金属 Li 極+複合電解質 (硫化物系電解質+補助電解質) でエネルギー密度目標 500Wh/kg、1,000Wh/L などの開発方向性が提示された。

2024 年 5 月には政府が主導し CATL など主要 6 社 (CATL、BYD、第一汽車、上海汽車、吉利汽車、北京衛藍新能源科技) を対象とする総投資額 60 億元で複数の全固体電池開発プロジェクトが開始されると報道された。さらに中国工程院は 2023 年 9 月に常州市で硫化物系の全固体電解質生産拠点/量産プロジェクトを開始すると発表した。固体電解質材料の量産を実施し硫化物系固体電解質および全固体電池セルを上市して 2030 年までに全固体電池の生産工場を建設する予定としている。

次に、個別の中国企業による全固体電池開発の主な取組は以下のとおりである。

BYD は全固体電池については 2027 年頃に大規模な搭載車両の実証応用が開始され、本格的な大規模応用は 2030 年以降になると予測している。長期的視点でみると全固体電池と液体電

池の価格はほぼ同じ水準になり得るとしている。

CATLは独自の固体電池「凝縮電池」や硫化物系および高分子系全固体電池の開発に取り組んでいる。全固体電池について研究開発と大量生産に注力すると表明しており2027年に少量生産を実現する見込みとしている。

上海汽車は2024年5月に全固体電池の量産を2026年に始める計画を公表し27年に発売する車両に搭載するとしている。液体の含有率を段階的に引き下げ2026年では全固体となる計画である。エネルギー密度は400Wh/kgを超える水準で従来型電池の倍としている。

広州汽車は全固体電池の量産を2026年から開始すると発表した。スポンジシリコン負極を使用して、エネルギー密度は約400Wh/kgとしている。

吉利汽車が自主開発した全固体電池セルは酸化物系固体電解質+ポリマー系でエネルギー密度は400Wh/kgに達したとしている。また自動車の発売と量産を実現する最初のものになると報告されている。吉利汽車は、政府の基礎研究開発支援を受けた6社のうちの1社である。

⑦ 韓国

韓国では、産業通商資源部や教育科学技術部等の公的資金による全固体電池の研究開発が推進されている。2021年7月に発表されたK-バッテリー発展戦略では、次世代二次電池の早期商用化に向けて高性能化、安全性の向上を目指すとしている。その中で全固体電池を2027年までに商用化し、電極素材、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。2023年7月には大手電池3社(LGES、Samsung SDI、SK On)を中心とした「次世代電池官民協議会」が発足し全固体電池、Li金属電池、Li-S電池を主な支援対象に挙げている。2024年3月には、全固体電池、Li金属電池、Li-S電池などの次世代電池の技術開発に対して、2028年までの5年間で約1,172億KRWを支援することを発表した。

個別の韓国企業による全固体電池開発の主な取組は次のとおりである。

Samsung SDI及び日本サムスン研究所は、硫化物系電解質を用いた全固体LIBの開発に取り組んでいる。2020年3月には、アルジロダイト系の硫化物系固体電解質、Ni配合率90%のNCM正極活物質(Zr被覆有り)、Ag-C複合体負極活物質を組み合わせた0.6Ah級セルで、体積エネルギー密度900Wh/Lを実証した。Samsung SDIは2023年には社内に全固体電池事業の研究開発チームを新設し、全固体電池事業の発展を積極的に推進するために「ASB (All Solid Battery) 事業化推進チーム」を新設したとしている。2024年8月にはEV向けの新しい固体酸化物電池を発表した。エネルギー密度は500kWh/kgで自動車メーカーと連携し、2027年から量産開始予定としている。

現代自動車は、2030年から主要電気自動車モデルに全固体電池を適用する方針としている。同社はSolid Power社やIonic Material社、に出資しFactorial Energyとは電気自動車(EV)向け全固体電池の共同開発契約を交わしている。

SK Onは硫化物系、酸化物系-高分子複合系の検討を進めており、大田市にある同社の研究センターに建設中の固体電池パイロット施設は2025年下半期の完成予定としている。硫化物系ではソウル大学との共同研究による正極からの酸素の放出を抑制する特別なコーティング材料、酸化物系では韓国セラミック技術研究院のグループとの共同研究による無機-有機複合ハイブリッド固体電解質の製造における超高速光焼結技術などを発表している。

POSCO Holdings と固体電解質技術を保有する Jeong Kwan との合弁会社 POSCO JK Solid Solution は年産 24 トンの固体電解質工場を着工したと 2022 年 2 月に発表している。

Lotte Energy Materials は、硫化物系固体電解質製造の年間 70t の生産能力を持つパイロットプラントを完成させ、評価用サンプルを国内外の電池メーカーに提供する計画である。乾式・湿式合成法でコスト効率の高い大量生産プロセスを確立しており、2027 年までに年間 1,200t の量産を目指している。

Isu Chemical は、産業通商資源部が主管するプロジェクト「リチウムベース次世代二次電池の性能高度化および製造技術開発事業」に参画した。2021 年から 5 年間、300 億ウォンの予算でリチウム硫黄電池、全固体電池、リチウム金属電池などの商用化を目指すプロジェクトでは Isu Chemical は、硫化物系全固体電池の電解質の開発を行う計画になっている。

(4) 全固体電池の論文発表動向

特許庁が 2024 年 3 月に報告した「令和5年度 特許出願技術動向調査報告書 ―全固体電池― 報告書 I」から引用した 2013 年～2022 年の過去 10 年間における全固体電池の論文発表件数の推移を図 1.1-3-1 に、論文の著者所属機関国籍別の発表件数の割合を図 1.1.3-2 に示す。中国からの発表が 2017 年以降急激に伸びており増加傾向は続いている。日本、欧州、韓国も 2017 年以降増加傾向であるが微増であり、米国は同レベルに留まる。累積の論文発表件数比率で見ると、中国が最多で欧州、米国がこれに続き、日本は第 4 番手に位置している。

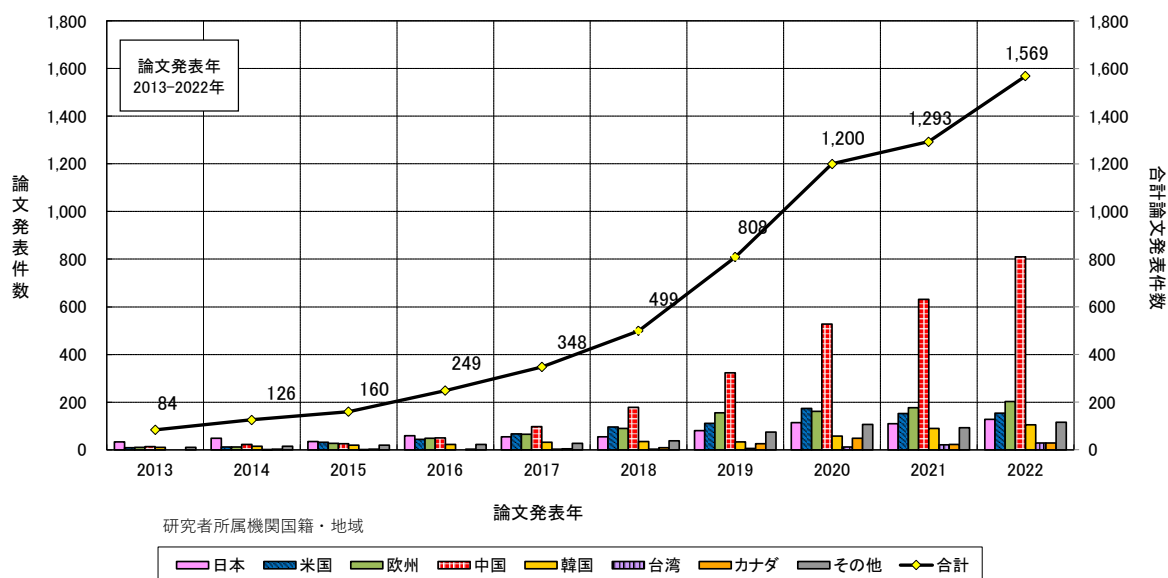


図 1.1-3-1 全固体電池の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数推移
(論文発表年:2013～2022 年)

出典:特許庁「令和5年度 特許技術動向調査報告書 ―全固体電池―」より引用

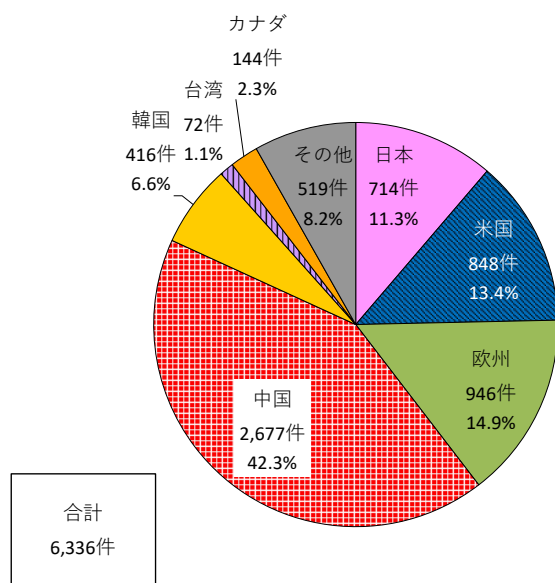


図 1.1-3-2 全固体電池の研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数比率
(論文発表年:2013～2022 年)

出典:特許庁「令和5年度 特許技術動向調査報告書 ー全固体電池ー」より引用

特許庁が 2024 年 3 月に報告した「令和5年度 特許出願技術動向調査報告書 ー全固体電池ー 報告書 I」から引用した 2013 年～2022 年の過去 10 年間における技術区分「固体電解質材料の主な材料」について、技術区分「固体電解質材料の主な材料」別ー研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数を図 1.1-3-3 に示す。

その他を除いて比較すると、日本籍は、「酸化物系」と「硫化物系」の件数が多い。中国籍は「高分子材料系」、「酸化物系」が多く「硫化物系」は日本と同程度である。米国籍・欧州籍は「酸化物系」の件数が最も多く、次に「高分子材料系」であり「硫化物系」は日本、中国の半分程度である。韓国籍は「硫化物系」、「酸化物系」、「高分子材料系」の件数が 80～90 件台で同程度となっている。全体の件数が多い中国はいずれの技術区分も活発に研究されていると言えるが、各国内での比率で見ると日本は「酸化物系」と「硫化物系」、中国は「高分子材料系」、「酸化物系」、欧州、米国は「酸化物系」、「高分子材料系」の研究が主流となっている。

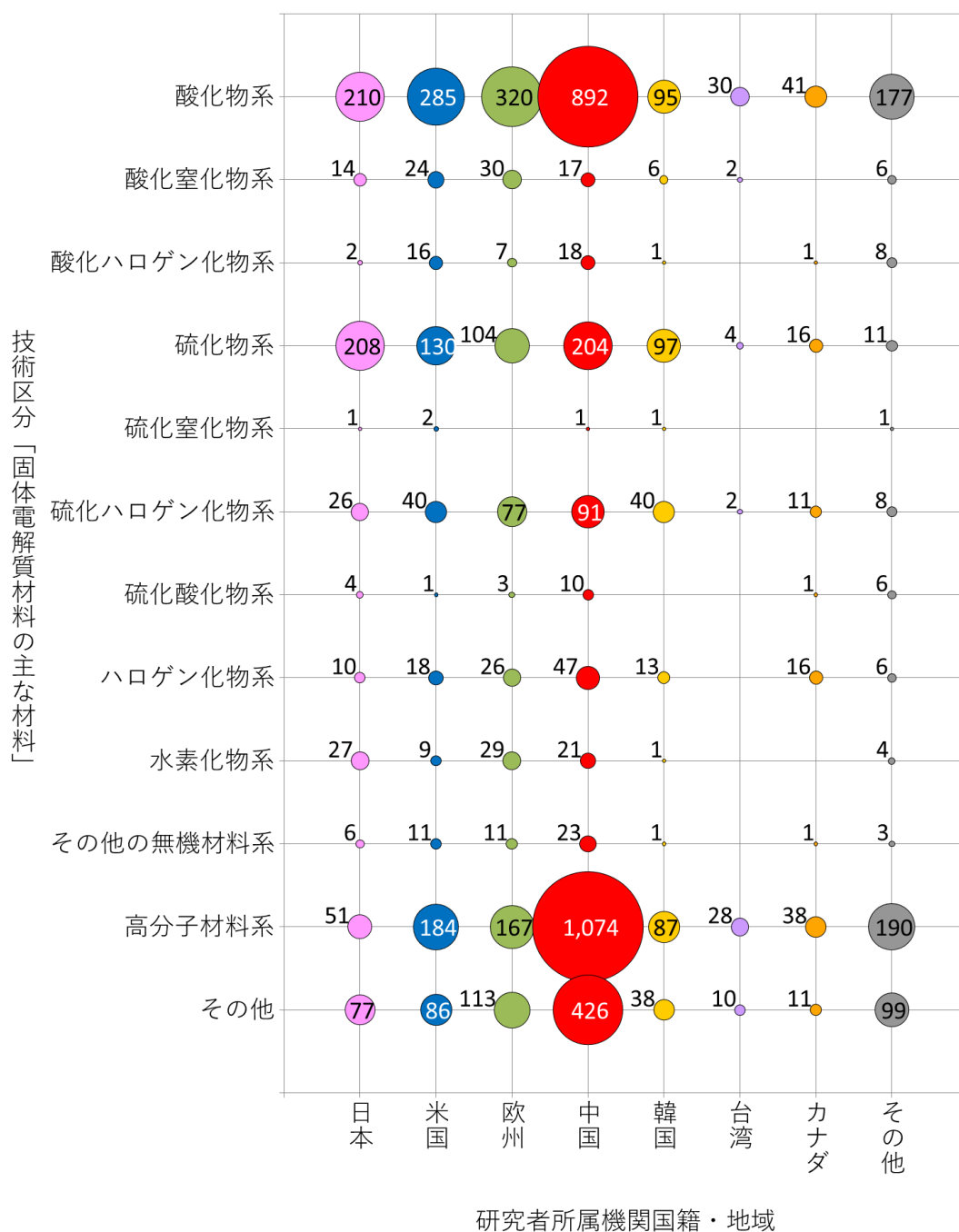


図 1.1-3-3 技術区分「固体電解質材料の主な材料」別—研究者所属機関国籍・地域別論文発表件数

(論文発表年:2013~2022 年)

出典:特許庁「令和5年度 特許技術動向調査報告書 —全固体電池—」より引用

(5) 全固体電池の特許動向

特許庁が2024年3月に報告した、調査対象期間を出願年(優先権主張年)2013～2021年とした「令和5年度 特許出願技術動向調査報告書 ー全固体電池ー 報告書 I」に記載の図表より、全固体電池の特許動向は以下の通りである。

出願先国別、出願年別の件数推移を示す以下の図 1.1-3-4 を見ると、合計出願件数の推移は2015年以降増加傾向となっている。個別の出願先国・地域別の出願件数推移はすべて増加傾向であるが、中国への出願件数の増加量が最も大きい。2016年までは日本への出願が最も多かったが、2017年からは中国への出願が最も多くなったことが判る。

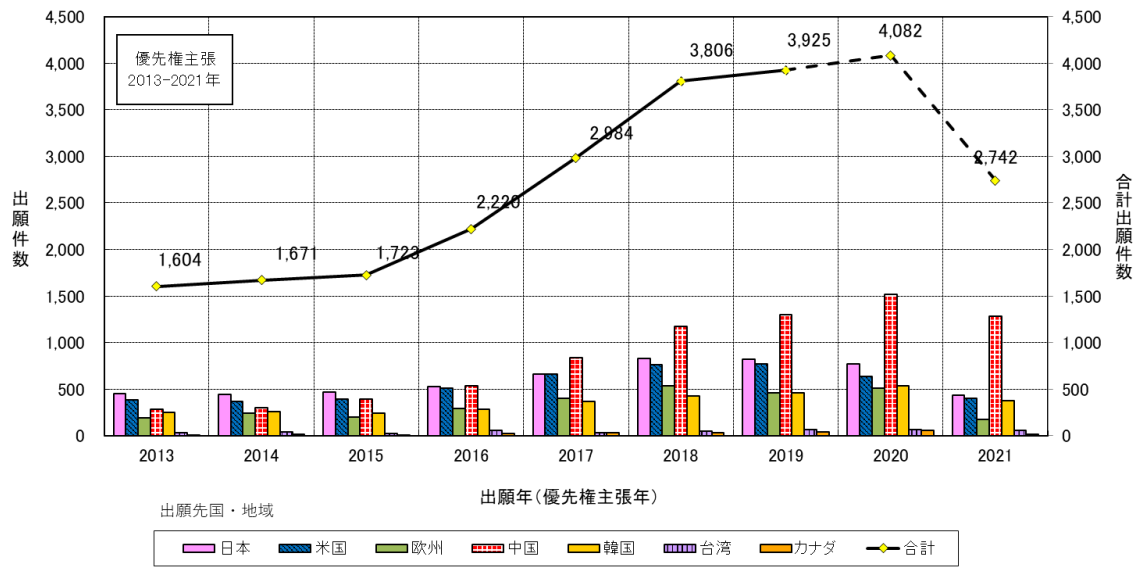


図 1.1-3-4 出願先国・地域別出願件数推移

(日米欧中韓台加への出願、出願年(優先権主張年):2013～2021年)

出典:特許庁 令和5年度「特許出願技術動向調査報告書 ー全固体電池ー」より引用

2013～2021年の期間での日米欧中韓台加それぞれへの出願先国・地域別件数及び出願件数比率を示す以下の図 1.1-3-5 から、出願先国・地域別の件数比率では、中国への出願が30.8%、日本への出願が21.8%、米国への出願が19.7%、韓国への出願が12.9%、欧州への出願が12.2%、台湾への出願が1.7%、カナダへの出願が0.9%であった。

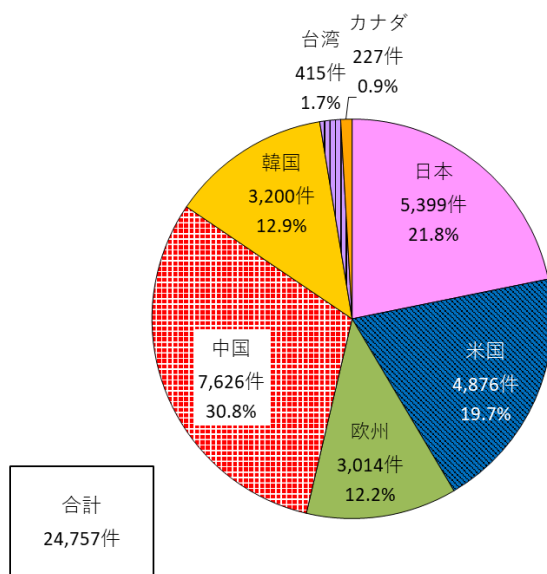


図 1.1-3-5 出願先国・地域別出願件数比率

(日米欧中韓台加への出願、出願年(優先権主張年):2013~2021 年)

出典:特許庁 令和5年度「特許出願技術動向調査報告書 -全固体電池-」より引用

また出願人国別の件数推移を示す以下の図 1.1-3-6 では、2020 年まで日本からの出願が最も多かったが、2021 年に中国に逆転されてしまったことが判る。

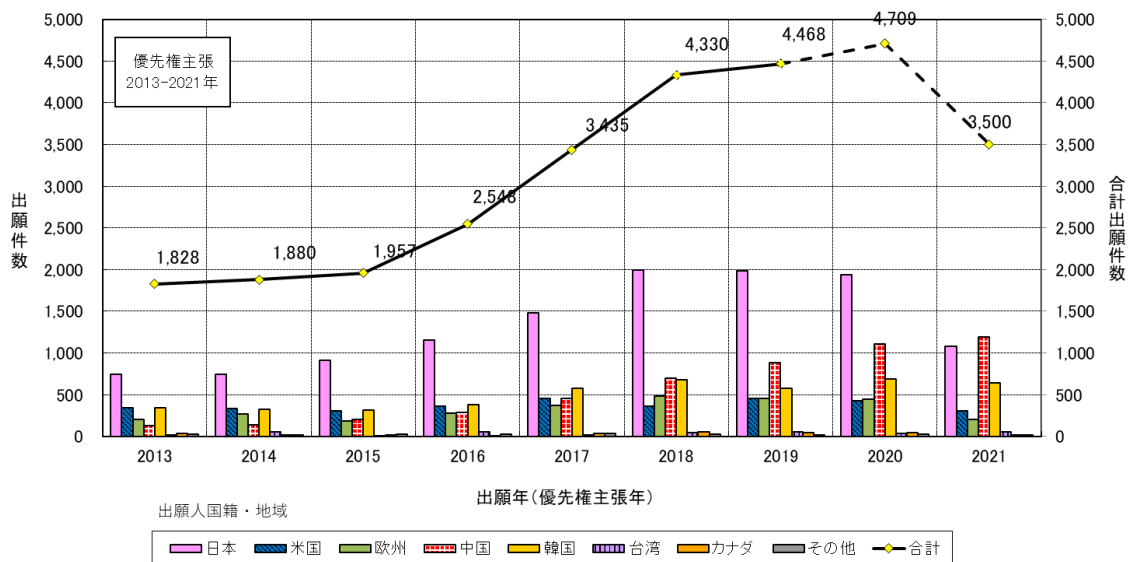


図 1.1-3-6 出願人国籍・地域別出願件数推移

(日米欧中韓台加への出願、出願年(優先権主張年):2013~2021 年)

出典:特許庁 令和5年度「特許出願技術動向調査報告書 -全固体電池-」より引用

一方、2013～2021 年の期間での日米欧中韓台加それぞれからの出願人国籍・地域別件数及び出願件数比率を示す以下の図 1.1-3-7 から、いまだ累積出願件数では日本からの出願が最も多く、先行していることが判る。

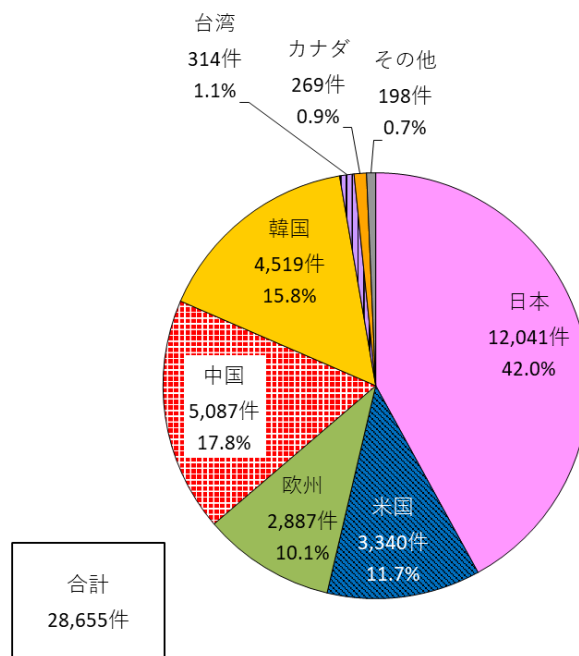


図 1.1-3-7 出願人国籍・地域別出願件数比率

(日米欧中韓台加への出願、出願年(優先権主張年):2013～2021 年)

出典:特許庁 令和5年度「特許出願技術動向調査報告書 -全固体電池-」より引用

以下の出願国と出願人の国籍の対応をプロットした以下の図 1.1-3-8 では、中国からの出願は自国内に偏っており、日本からは各国へ広く出願されている点で大きく異なることが判る。

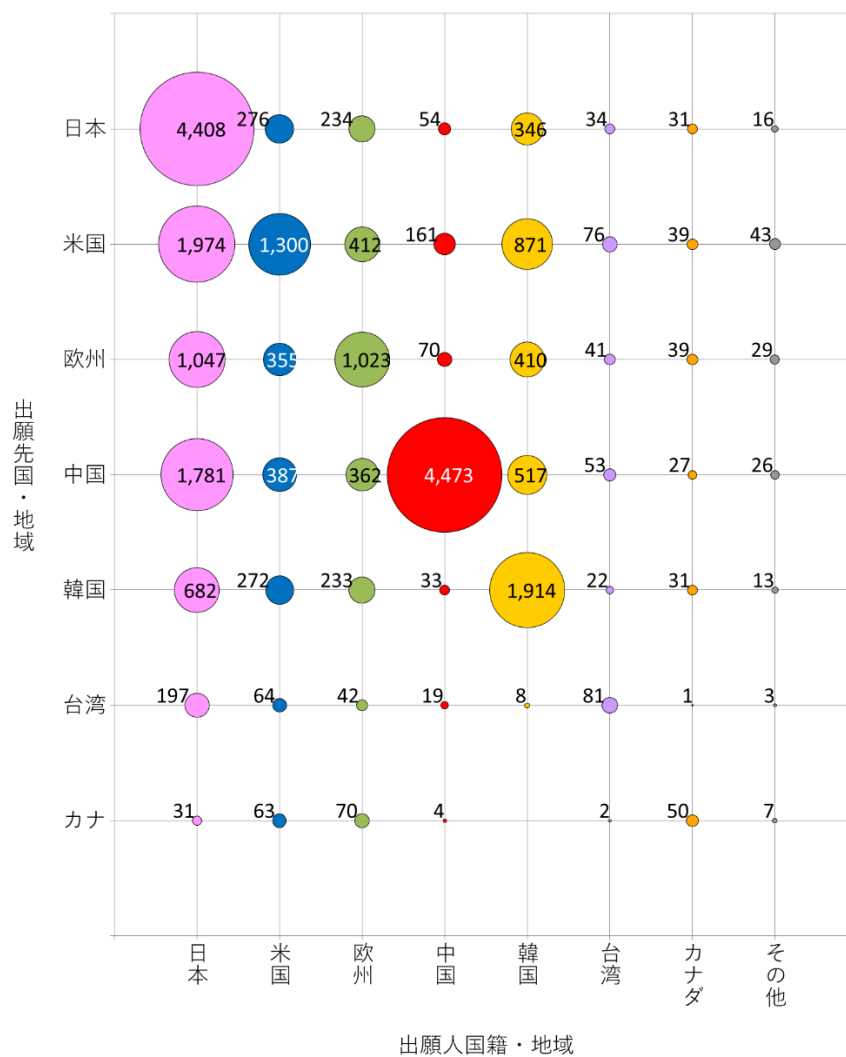


図 1.1-3-8 出願先国・地域別一出願人国籍・地域別出願件数
 (日米欧中韓台加への出願、出願年(優先権主張年):2013~2021年)
 出典:特許庁 令和5年度「特許出願技術動向調査報告書 -全固体電池-」より引用

以下の表 1.1-3-5 に示す出願件数上位出願人ランキングからは、上位 20 件中 13 が日本企業の出願人であり、我が国の優位性を維持していることが判る。

表 1.1-3-5 パテントファミリー件数上位出願人ランキング

(日米欧中韓台 WO への出願、出願年(優先権主張年):2013~2021 年)

出典:特許庁 令和5年度「特許出願技術動向調査報告書 -全固体電池-」より引用

全体への出願				
順位	出願人	国籍・地域	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	950
2	パナソニック	日本	企業	507
3	サムスングループ	韓国	企業	485
4	LGグループ	韓国	企業	430
5	中国科学院	中国	研究機関	370
6	現代自動車	韓国	企業	193
7	ボッシュ	欧州	企業	190
8	富士フイルム	日本	企業	189
9	村田製作所	日本	企業	177
10	本田技研工業	日本	企業	138
11	TDK	日本	企業	131
12	レゾナック	日本	企業	130
13	出光興産	日本	企業	127
14	セイコーエプソン	日本	企業	109
15	日産自動車	日本	企業	100
16	北京威蘭新能源科技	中国	企業	97
17	日本ガイシ	日本	企業	94
18	ポスコ	韓国	企業	91
19	古河機械金属	日本	企業	90
20	三井金属鉱業	日本	企業	88

固体電池におけるキーマテリアルである固体電解質について、材料の種類と出願人国籍・地域別にまとめた以下の図 1.1-3-9 から、中国の出願人は主に高分子固体電解質、次いで酸化物固体電解質の開発に注力しており、日本の出願人は硫化物系に注力している点が大きく異なることが判る。

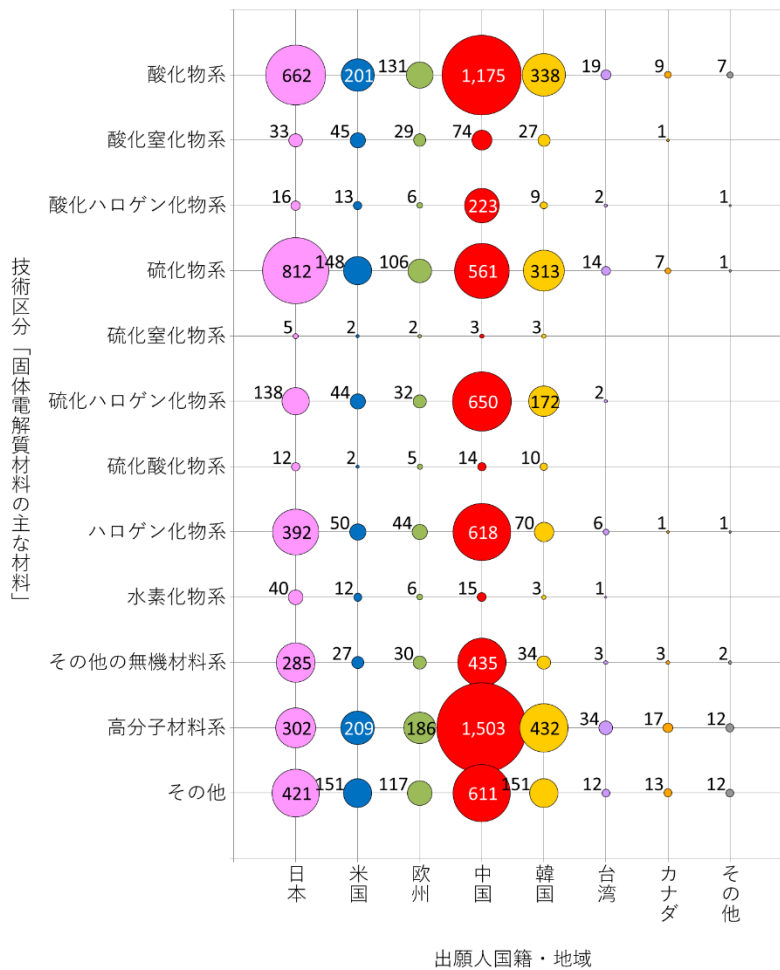


図 1.1-3-9 技術区分「固体電解質材料の主な材料」別

－出願人国籍・地域別パテントファミリー件数

(日米欧中韓台加 WO への出願、出願年(優先権主張年):2013~2021 年)

出典:特許庁 令和5年度「特許出願技術動向調査報告書－全固体電池－」より引用

改めて以下、表 1.1-3-6 に示す固体電解質材料に関する出願人別ランキングを見ると、中国の出願人はアカデミアが中心であり、産業としては日本の競争力に優位性があることが判る。

表 1.1-3-6 パテントファミリー件数上位出願人ランキング

(「固体電解質材料の主な材料」、日米欧中韓台加 WO への出願、出願年(優先権主張年): 2013～2021 年) 出典:特許庁 令和5年度「特許出願技術動向調査報告書 -全固体電池-」より引用

固体電解質材料の主な材料への出願				
順位	出願人	国籍・地域	属性	件数
1	中国科学院	中国	研究機関	312
1	サムスングループ	韓国	企業	312
3	パナソニック	日本	企業	254
4	LGグループ	韓国	企業	239
5	トヨタ自動車	日本	企業	211
6	富士フイルム	日本	企業	158
7	出光興産	日本	企業	103
8	北京威蘭新能源科技	中国	企業	83
9	レゾナック	日本	企業	81
10	ボッシュ	欧州	企業	79
11	中南大学	中国	大学	65
12	村田製作所	日本	企業	63
12	古河機械金属	日本	企業	63
12	三井金属鉱業	日本	企業	63
15	珠海冠宇電池	中国	企業	61
15	韓国生産技術研究院	韓国	研究機関	61
17	日本ガイシ	日本	企業	52
18	TDK	日本	企業	51
19	AGC	日本	企業	49
20	セイコーエプソン	日本	企業	47
20	日立製作所	日本	企業	47

これら全固体電池に関する特許出願動向から読み取れることをまとめると、全固体電池の技術開発は近年、中国勢が活発に取り組んでおり出願数が急増しているものの、我が国における研究開発の歴史は古く、蓄積された知見、権利の数ではいまだ優位性を維持しており、一日の長があると俯瞰できる。

詳細を見ると、中国での研究開発の主体はアカデミアである傾向がみられ、注力している固体電解質が高分子材料系および酸化物系である点が特徴的であった。また出願先が中国国内に留まる傾向があり、中国における全固体電池の研究開発は、いまだ社会実装からは遠いステージにあると見ることができる。

一方、我が国での全固体電池の研究開発は電池メーカー、材料メーカーのみならず自動車メーカーからもまとまった数の出願があるなど産業側にも展開されていることに特徴がある。また国内出願に留まらず積極的に海外出願をしていることからグローバルな展開を意図していることが解り、より社会実装に近いステージにあり、国際的な産業競争力の観点で優位にあると考えられる。

特に硫化物系固体電解質を用いた全固体電池の開発において、いまだ優位性を維持していると言える。

1.1-4 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。

(1) 関連する上位施策

① 「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LIB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。

② 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。

③ 第7次エネルギー基本計画(2025年2月閣議決定)

運輸部門のCO₂排出量の86%(2022年度時点)を占める自動車分野のカーボンニュートラル化に向け、多様な選択肢を追求し、2050年に自動車のライフサイクルを通じた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%の実現を目指す。このため電動車の導入促進や、2030年に30万口を目標とする充電インフラ整備の促進等の包括的な措置を講じる。電動化に必要な蓄電池については、遅くとも2030年までに国内製造基盤150GWh/年の確立を目指して、蓄電池・部素材・製造装置の製造基盤の国内立地・技術開発への支援等を進めていく。また、車載用蓄電池のリユースや車両からの給電設備の整備を促進し、再生可能エネルギーの有効利用に貢献するとしている。

また、蓄電池産業としては、蓄電池は、モビリティの電動化や再生可能エネルギーの導入拡大等、2050年カーボンニュートラルを実現するために不可欠であり、我が国が世界の蓄電池のサプライチェーンにおける中核を占めるようになっていくことが重要である。経済安全保障の観点から求められる、国内における蓄電池・部素材・製造装置の製造基盤の確立・強化に加えて、グロー

バル市場において日本の蓄電池関連の生産及び技術がプレゼンスを発揮し、競争力を強化するための取組を進める。特定国への依存脱却を含めたグローバルのサプライチェーン強靱化、次世代電池の技術開発等の市場獲得、人材の育成・確保に向けた取組を推進する。また、蓄電池のリユース・リサイクルシステムの確立・本格運用も通して資源循環及びレアメタル等の資源確保を目指すとしている。

④ 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て議論が行われており、2025年1月開催の第3回では全固体電池開発への取組が主要な議題の一つとして取り上げられ議論された。

⑤ 産業構造審議会 経済産業政策新機軸部会(2024年6月第3次中間整理)

産業構造審議会では、「経済産業政策の新機軸」と称して、世界的潮流も踏まえた産業政策の強化策の検討を実施している。第3次中間整理においては、これまでと異なるアプローチが求められる世界的な構造変化があることを明らかにした上で、新機軸の政策の延長線上で、十分に実現可能な、一つの将来見通し(シナリオ)を策定することを目指しており、蓄電池に関しては個別産業として取り上げられている。その中で、全固体電池については、世界全体の供給構造の変化として、「研究開発により実用化され、供給が進む」とされ、日本の事業構造の変化として、「全固体電池は技術優位な製品であるため、経済安全保障の観点から、機微技術の流出を防ぎつつ、国際市場において高い付加価値を獲得する。」とされている。その上で、今後検討が必要となる施策として、蓄電池産業については、「次世代電池の継続的な技術開発、次世代電池市場の獲得に向けた取組の推進」が上げられている。

1.1-5 NEDO の全固体 LIB 開発

図 1.1-5-1 に、NEDO における本事業の全固体 LIB 開発上の位置づけを示す。全固体 LIB について、GI 基金事業では、電池・材料開発及び製造プロセス開発に取り組み、先行者利益を獲得すべく、2030 年までの早期実用化を目指している。一方、本事業は、2030 年以降の全固体 LIB 本格導入期に新材料を提供し、EV 市場で日本企業のプレゼンスの維持・向上に貢献を目指している。本事業を通じて、耐久性の課題を根本から解決するとともに、新材料を常に生み出し続けるエコシステムを創出する。

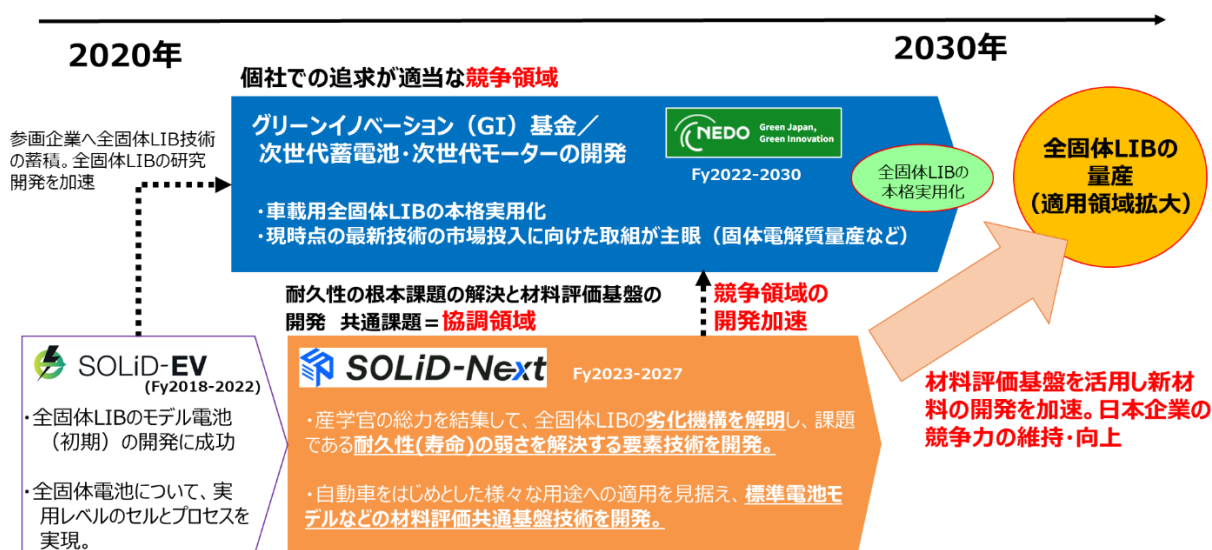
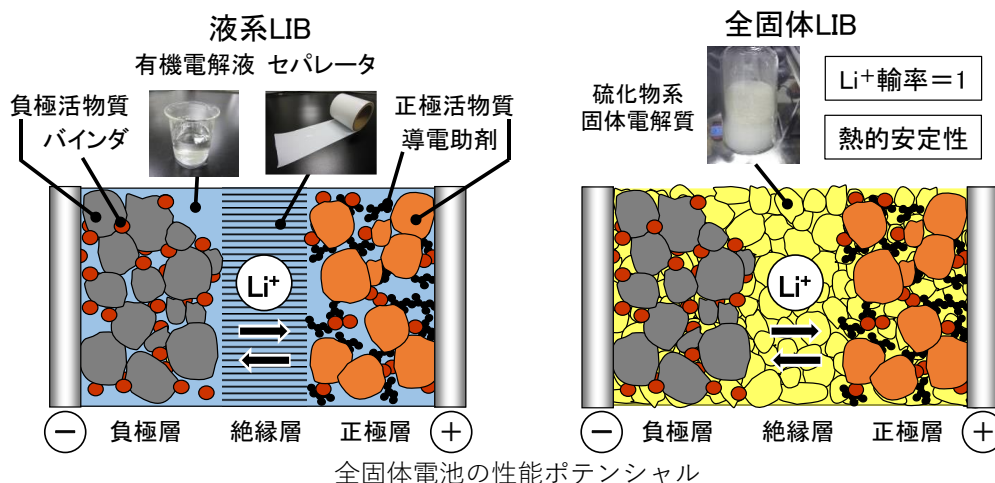


図 1.1-5-1 NEDO における本事業の全固体 LIB 開発上の位置づけ

1.1-6 本事業での開発対象

(1) 全固体 LIB の特徴

液系 LIB と全固体 LIB の構成の模式図を図 1.1-6-1 に示す。液系 LIB が電解質として液体の有機電解液を用いるのに対し全固体 LIB は固体電解質を使用する。熱的安定性、電気化学的安定性、不揮発性や Li イオン輸率等に特徴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電池である。正極、負極に使用される活物質は同様のものが使用可能であるが、液中への溶出が無いことや電気化学的安定性が高いことから、液系 LIB では使用できなかった活物質や電位領域が利用できる可能性もある。一方で、構成成分がすべて固体であることから、製造方法は全く同じにはならない。有機電解液は流動性から予め形成された正極層、負極層や絶縁層多孔体への含浸により電解質形成が可能であるのに対し、固体電解質では製法、構成を工夫しないと空隙の無い層の形成ができない。また、有機電解液であれば均質性、形状可変性から液中のイオン移動、活物質表面への接触は確保されるが、固体電解質では、固体粒子間の接触をマイクロ、マクロレベルで十分に確保しないとイオンの移動が阻害される。



全固体電池の性能ポテンシャル

	液系LIB	全固体電池	メリット
イオン伝導度	$1.0 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$	$2.5 \times 10^{-2} \text{ S/cm}^{(1)}$	充電時間短縮
燃焼性	可燃性液体	難燃性固体	安全性向上
分解温度	80°C以上	200°C以上	冷却機構削減

(1)Y. Kato et al., Nature Energy, 1, 16030(2016).

図 1.1-6-1 液系 LIB との比較による全固体 LIB の特徴

(2) 全固体 LIB の課題

全固体 LIB では固体電解質に由来する利点があるが、固体であるための課題も存在する。全固体 LIB の技術課題を図 1.1-6-2 に示す。本質的な技術課題として、固体電解質間や活物質との界面(固固界面)形成とその維持が挙げられる。マクロレベルでは固体電解質を空隙なく緻密に充填すること、マイクロレベルでは固体と固体の接触界面においてイオンが円滑に移動できる原子レベルの構造を形成すること、それに加えて活物質と電解質の界面では電気化学的な安定性を確保する必要がある。また液体と異なり、割れや剥離といった現象が生じるため、それらの発生機構と対策も必要である。性能面の技術課題としては、LIB と共通するものであるが、容量向上、充放電速度向上、サイクル特性向上等が挙げられ、これらについて固体電解質を用いた構成で実現する必要がある。挙げられた課題解決に向けては、イオン伝導性などの性能が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、さらなる開発が不可欠である。

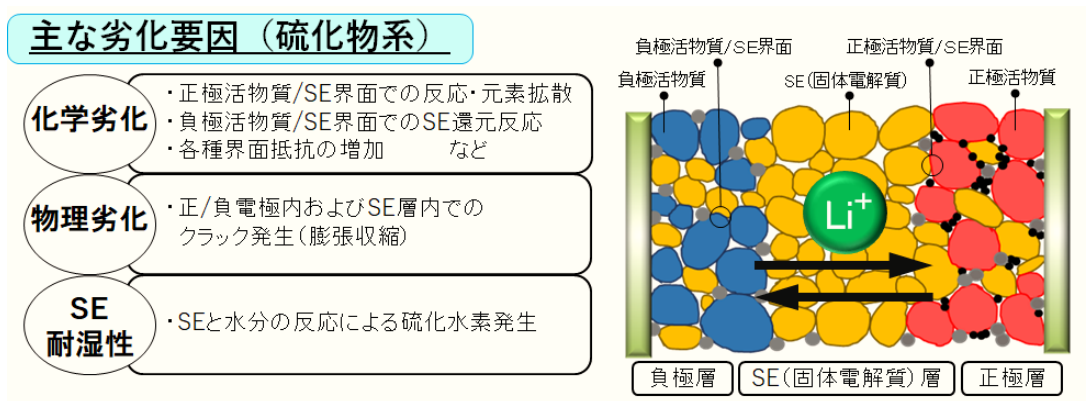


図 1.1-6-2 全固体 LIB が直面する技術課題

(3) 開発対象

2030 年以降の全固体 LIB 本格導入期に新材料を提供し、EV 市場において日本企業のプレゼンスの維持・向上に貢献するため、本事業では、下記の研究開発を実施する。

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

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。

1.2 アウトカム達成までの道筋

1.2-1 社会実装に向けた道筋

本事業は、プロジェクト終了後 5 年を目処に(もしくはそれ以上の期間で)、実用化まで達することを旨とする基礎的・基盤的研究開発である。図 1.2-1-1 に、2040 年アウトカム達成に向けた本事業の成果の社会実装への道筋を示す。

本事業成果の主体は、標準電池モデルを始めとする全固体蓄電池材料の材料評価技術である。開発された技術を活用して、材料開発が促進され、2030 年以降の全固体 LIB 本格導入期に材料メーカーが新材料を提供し、EV 市場で日本企業のプレゼンスの維持・向上に貢献する。

また、固固界面課題の解決につながる成果や、本事業で蓄積される材料・電池の試験・評価データについては、材料評価技術への活用以外にも、GI 基金事業をはじめとする個社の全固体 LIB の開発や全固体 LIB パックの商品設計等に活用される。さらに、本事業で得られる試験・評価データは、国内審議団体・業界団体に提供されることで、車載用蓄電池の規格・標準化活動の推進にも貢献する。

なお、2040 年のアウトカム達成までには、不確定要素が多数存在し、見通しが難しい。そのため第 2 章では、本事業終了後、産業界やアカデミアに対し、着実に成果を活用して貰うための取組や工夫等について記載した。

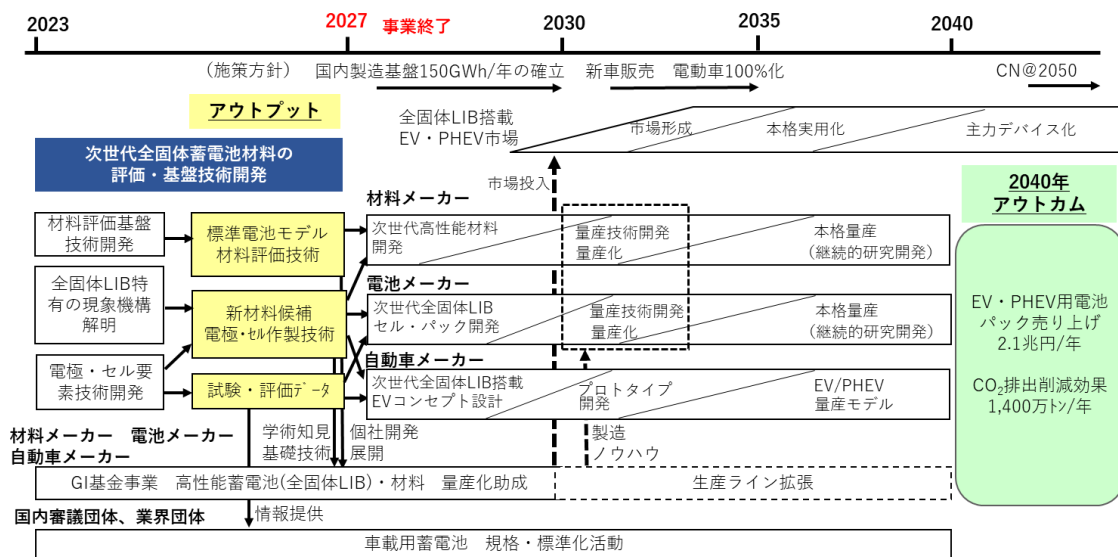


図 1.2-1-1 アウトカム達成までの道筋

1.3 知的財産・標準化戦略

1.3-1 知的財産戦略

国際市場で競争力を獲得するためには、知的財産と標準化を戦略的に組み合わせてビジネス戦略に相乗効果をもたらす取組を進める必要がある。その一方、特許化やデジュール標準化(公的標準化)は実質的な技術の公開に繋がるという側面を持つため、オープン&クローズの戦略が必要である。

本事業の成果となる材料特性評価技術(標準電池モデル、材料特性評価の条件・要領・手順、個別の物性測定・分析評価手法等)は、国内自動車・蓄電池・材料メーカーが市場競争力を有した製品を創出するために使用するツールであり、フォーラム標準に近い性質を持つ。そのため、これらの技術は基本的にはノウハウ(ブラックボックスのクローズ領域)として取り扱うものとし、特許出願やデジュール標準化は行わない方針としている。現状、車載用の製品として事業化されていない全固体LIBを対象としたものであり、技術情報の海外流出は競争力の低下を招くおそれがあることから、その防止対策を設けることが必要と認識している。ただし、技術によっては、国内産業界全体の競争力強化の観点から、本事業に不参加の国内関係者にも広く共有し、産業界の共通指標として普及・定着させるべきものが生じる可能性もある。この場合は、積極的に対外的に働きかけ、普及を試みる。

一方、要素技術開発の成果(要素技術開発の過程で創出される材料発明を含む。)については、以下に示す戦略を取ることを基本としている。

- ① 全固体LIBビジネスの武器となる基本特許の創成活動を推進する。この場合、量よりも質を重視する。創成した基本特許は、補正・分割・改良出願等して、他国企業が回避困難な堅固な特許網を計画的・戦略的に構築することを狙う。
- ② 国外特許出願を積極的に行う。国外出願しない特許は日本出願もしない方向で進める。出願対象国は、海外競合企業のバッテリー及びバッテリー材料の製造工場が存在する国及び主要な電動車普及国とする。
- ③ 電極活物質・電解質等の材料発明は、少数の特許で独占排他のビジネスが可能となることから、積極的に権利化する。また、海外競合企業には基本的にライセンスしないか、若しくは高料率・拘束条件付のライセンスを行う。
- ④ 秘匿することがビジネス上有利となる製造方法や運転・制御方法等の発明は、原則、ノウハウとして秘匿化する。ただし、リバースエンジニアリングの容易性や他国企業の出願可能性等のリスクを考慮して最終判断する。同時に、秘匿に際しての先使用权主張の準備も行う。

なお、本事業の成果に関わる知的財産権は、「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、全て委託先に帰属することになっている。

1.3-2 知的財産マネジメント

本事業では、「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に基づき、知的財産マネジメントを推進している。

事業開始初年度において、本事業参加の全機関で成果活用のために必要な知的財産の取扱いについて合意を形成する場として「知財運営委員会」を設置済みである。また、知的財産の帰属、実施許諾、継承・移転等の細目、データの取扱いを定めた合意書、知的財産に係る出願・活用ルール

を定めた「知的財産権取扱規程」、情報管理・秘密保持のルールを定めた「情報管理規程」を策定済みである。

知的財産の出願に関しては、参加企業及び大学・研究機関において個別出願又は共同出願を適宜、柔軟に選択することが可能となるルールを設けている。

また、情報管理に関しては、秘密情報の区分を設けて、適切に管理している。さらに、秘密保持に関しては、「情報管理規程」の下での保護(賠償請求有)を基本に研究者個人と守秘契約を締結している。なお、企業については、LIBTEC からの脱会時の対応についても合意済みである。

1.3-3 標準化戦略

新規技術である全固体 LIB のグローバル市場への投入と普及拡大に向けては、性能・品質、安全性、互換性等の統一的なルールとなる国際規格の整備が必要となる。また、近年は様々な産業分野で技術革新のスピードが増す中、海外企業はブラックボックス化とオープン化を組み合わせた標準化戦略の仕掛けで競争優位を発揮しており、自社や自国に不利にならない国際規格を作ることが産業競争力の強化には不可欠である。加えて、国際規格は法的拘束力を持たないが、近年は各国の規制において国際規格を引用するケースが増加しており、この点を考慮して国際標準化の取組を進める必要がある。

全固体 LIB の標準化の方向性としては、市場における車載用バッテリーの耐久性・安全性に対する関心の高まりと、中韓蓄電池メーカーの液系 LIB の技術向上・低価格化が顕在化しつつあることを踏まえ、全固体 LIB が持つ高い耐久性・安全性の価値を客観的に浮かび上がらせて、ユーザーに強い訴求力を示すための試験評価法の国際標準化に取り組む必要がある。

全固体 LIB の試験評価法に係る国際標準化の迅速・円滑な推進に向け、前身事業である SOLiD-EV から引き続き、本事業においても国内の標準化関係者と定期的に会合を実施している。ただし、当面求められる標準化に関連した研究開発については、SOLiD-EV にて既に実施しており、本事業では、標準化活動を進める中で必要なデータや試験用電池の提供等、業界に対して適切なサポートを行っている。

2 章 目標及び達成状況

2.1 アウトカム目標と達成見込み

2.1-1 アウトカム目標の設定及び根拠

本事業は、将来の全固体 LIB への適用につながる新規材料評価用の電池や材料評価の方法等、共通基盤技術の開発を実施している。本項では、事業開始時に設定したアウトカム目標の考え方について記載する。

(1) 経済効果

本事業に参加しているトヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業の電動車の 2035 年までのセールスマックスにつき、民間の市場予測事例の一つを図 2.1-1-1 に示す。2035 年の EV・PHEV の世界生産台数(3 社合計)は、EV が約 560 万台、PHEV が約 190 万台と予測されている(注 1)。この EV・PHEV の世界生産台数が、上記予測による 2030～2035 年の年率と同じ年率で 2040 年まで増加すると仮定した場合、2040 年で EV が約 940 万台、PHEV が約 290 万台と試算される。

これら EV・PHEV への全固体 LIB の搭載が 2028 年に開始され、液系 LIB を含む総台数に対する割合を 2040 年に 35%(EV が約 330 万台、PHEV が約 102 万台)と仮定し(注 2)、また、電池パックの容量を EV が 60kWh、PHEV が 15kWh、コストを EV・PHEV 共通で 1 万円/kWh とすると、車載バッテリーの年間売上としての経済効果は 2040 年で 2.1 兆円/年となる。なお、EV・PHEV の車両価格を 200 万円とした場合、その年間総売上としての経済効果は 2040 年で約 8.6 兆円/年となる。

(注 1)「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2021 - 電動自動車・車載電池分野編-」(株式会社富士経済)の予測による。

(注 2)2030 年、2035 年の全固体 LIB 搭載割合を「2020 次世代電池関連技術・市場の全貌」及び「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2020 - 電気自動車・車載電池分野編-」(いずれも株式会社富士経済)を参考に算出し NEDO が仮定した。

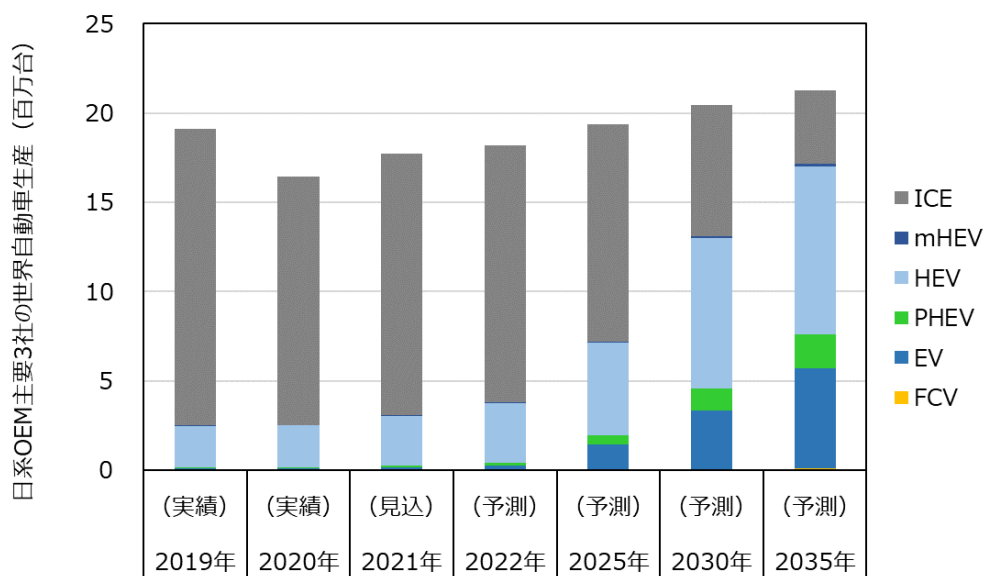


図 2.1-1-1 国内自動車メーカーの電動車生産台数の推移と将来予測

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2021」(株式会社富士経済)に基づき NEDO 作成

(2) CO₂削減効果

耐久性に優れた全固体 LIB を搭載した EV・PHEV であれば、ガソリン車に対する、製造・使用・廃棄リサイクルに至るまでの CO₂ 削減効果を EV で 1.18 トン/台/年、PHEV で 1.0 トン/台/年と試算される。(注 3)

全固体 LIB 搭載の EV・PHEV の生産台数が(1)経済効果の試算条件と同じとし、車両が 10 年毎に更新され普及すると仮定すると、EV・PHEV の普及台数は 2040 年に EV が約 950 万台、PHEV が約 310 万台と推定される。これによる CO₂ 排出量の削減は 2040 年で約 1,400 万トンと見込まれる。

(注 3) IEA: Global EV Outlook 2020 を基に、開発した高性能蓄電池の搭載による電池パックの軽量化等の効果を考慮して推定

2.1-2 本事業における「実用化」の考え方

本事業では、2030 年以降に訪れる全固体 LIB の本格導入期に向けた新規材料開発を促進するため、材料評価を行うための電池開発や材料評価の方法等の開発を実施している。加えて、これらの取組を通じて、全固体 LIB の本質的な課題(耐久性や拘束圧等)について現象・機構解明と対応策の検討にもつなげている。これらの取組は業界全体に寄与するものであり、共通基盤技術開発として位置づけられることから、本事業における成果の実用化定義を以下のように定めた。

『本事業の成果が、材料メーカー・大学等における新材料の研究開発や自動車・蓄電池メーカーにおける電動車及び車載バッテリーの研究開発に活用されること。』

2.1-3 成果の実用化に向けた取組

上記定義に基づき、成果の実用化に向けた基本的な戦略と具体的な取組について以下に述べる。

(1) 開発成果の参加企業での活用に向けた取組

本事業の集中研究拠点である LIBTEC は、全固体 LIB や車載バッテリーで豊富な技術蓄積を有する材料・蓄電池・自動車メーカー等より、研究者・エンジニアを外向研究員として受け入れ(2025 年 3 月時点で 42 名在籍)、各社の技術シーズ・ニーズを循環させつつ、大学・研究機関の専門性を取り入れて研究開発を推進している。こうした企業間連携及び産学連携により価値を高めた技術や知識は、非常に有用である。事業実施中はもちろんのことながら、外向研究員が LIBTEC から出向元企業に復帰後も、LIBTEC で培った技術や知識を企業内で活用することで企業の研究開発を促進させる。各企業の技術力が高まることで、結果として産業界全体の技術力の向上につながる。

LIBTEC が出向元企業に対し、ヒアリングを実施した結果では、評価・解析手法を活用しているとの回答や、人材育成や会社間の技術交流が進んでいるとの回答が多数寄せられている。

参画企業にタイムリーに成果が活用されることを基本戦略とし、以下に示す取組を実施した。

a) 「LIBTEC 技術委員会」の開催

集中研究拠点に参加する組合員企業である材料・プロセスメーカー及び蓄電池・自動車メーカー等(33社、1研究機関)の開発責任者が出席する「LIBTEC 技術委員会」を合計4回定期開催し、研究開発の計画及び進捗状況を共有した。開催実績を表2.1-3-1に示す。

表 2.1-3-1 「LIBTEC 技術委員会」の開催実績

回次	開催年月日	内容
第1回	2023年9月20日	事業全体の研究開発計画の確認。知財合意内容の確認。
第2回	2024年2月14日	委員会の開催方法の協議。
第3回	2024年9月25日	SOLiD-Next 成果の報告・情報共有。
第4回	2025年2月12日	SOLiD-Next 成果の報告・情報共有。

本委員会では、成果の情報共有の他、知的財産の取扱いや情報管理といった成果活用に係る仕組みや運用方法についても、協議・調整している。

b) 「SOLiD-Next 技術シンポジウム」の開催

参加法人の開発責任者及び担当者に加え、参加大学・研究機関の研究者、連携中の他事業関係者、外部有識者(NEDO 技術委員)及び、経済産業省が参加する「SOLiD-Next 技術シンポジウム」を開催し、関係者全員で研究開発の進捗状況を共有した。

開催実績を表2.1-3-2に示す。これまでに合計3回開催し、1回あたり約230~280名が出席した。また、シンポジウムの会場風景を図2.1-3-1に示す。

表 2.1-3-2 「SOLiD-Next 技術シンポジウム」(LIBTEC 主催)の開催実績

回次	開催年月日	開催形式	内容	参加者数
第1回	2023年11月1日、2日	ハイブリッド開催(会場/オンライン)	事業全体の研究開発方針・計画、個別研究テーマ(84件)の研究内容。	240名
第2回	2024年6月12日	オンラインのみ	事業全体の進捗報告(5件)および連携プロジェクト講演(2件)	231名
第3回	2024年10月21日、22日	ハイブリッド開催(会場/オンライン)	事業全体の研究開発方針・計画、個別研究テーマ(97件)の研究内容。	283名



開発進捗報告の状況(第1回)



ポスターセッションの状況(第1回)

図 2.1-3-1 「SOLiD-Next 技術シンポジウム」の会場風景

本シンポジウムでは、プレゼンテーションによる発表の他、ポスターセッションを設け、各企業の関係者が大学・研究機関の研究開発内容について、技術的な理解を深める機会を提供した。特にアカデミア技術に対して産業界からの視点でのフィードバックを直接伝達できる貴重な場として機能している。また、業種・競合等の垣根を越えた企業間の交流も促進されている。なお、各技術シンポジウムの発表資料は、当日だけでなく、一定期間閲覧できるようにする等、より活発な議論や研究開発への活用ができるような工夫も行っている。

c) 参加企業に対する「個別限定情報」の開示

LIBTEC では、出向研究員が取り組んでいる研究開発の情報を出向元企業に対して「個別限定情報」として管理しつつ、報告することが出来るルールを設け、出向元企業内での全固体 LIB の研究開発を促進してきた。

これまでの実績は、表 2.1-3-3 に示すように、2023 年度、2024 年度の 2 年間で合計 259 件に至った。事業開始当初から 2 年間で、1 年あたり 100 件以上の件数となっており、今後研究が進むとともに情報が蓄積されることから件数が増加する傾向になると推測する。特に材料・プロセスメーカーで件数が多く、材料評価技術基盤として一定の役割を果たしている。

表 2.1-3-3 LIBTEC 組合員企業への個別限定情報の開示実績

企業の業種	2023 年度	2024 年度* *2025 年 3 月末現在	合計
自動車・二輪メーカー	28 件	34 件	62 件
蓄電池メーカー	18 件	22 件	40 件
材料・プロセスメーカー	66 件	91 件	157 件
合計	112 件	147 件	259 件

d) 研究設備の企業見学会の開催

LIBTEC は、組合員企業の開発責任者や出向研究員の上司・同僚が参加する「企業見学会」を開催し、本事業で導入した研究開発設備や研究開発現場の状況等を紹介してきた。

これまでの「企業見学会」の開催実績は、表 2.1-3-4 に示すように延べ 42 回であり、24 社、約 120 名が参加した。

表 2.1-3-4 LIBTEC による企業見学会の開催実績

期間	企業の業種	企業数	回数
2023 年 4 月 ～2025 年 3 月	自動車・二輪メーカー	6 社	18 回
	蓄電池メーカー	3 社	5 回
	材料・プロセスメーカー	15 社	19 回
	合計	24 社	42 回

(2) 材料特性評価技術の産業界・学界の活用に向けた取組

全固体 LIB の材料特性評価技術を産業界・学界へ浸透に向け、実際のユーザーの立場で成果を利用してもらい、その有用性を実感させる取組を実施している。具体的には、新材料の受入れと電池試作・評価、標準電池モデルの提供を行うことを基本戦略とし、以下の取組を進めた。

a) 新材料の受入れと電池試作・評価

材料評価用モデル電池及び、評価技術の妥当性検証を行う取組として、組合員内外の企業やサテライトから提供された新材料サンプルを用いて、電池試作・評価を実施している。また、本取組は、提供された新材料の改良の方向性等のフィードバックも同時に実施しており、win-win の関係を築くとともに、結果として材料開発の推進にもつながっている。フィードバックの際は、単に評価結果のデータを提示するのではなく、何故、このような評価結果が得られるのかといった現象・メカニズムの裏付けデータも併せて提示してきた。

これまで、新材料を用いた電池試作・評価の実績は、表 2.1-3-5 に示すように合計 226 件である。評価結果のフィードバックを受けることで、サンプル提供者が材料の性能を向上することができた実績が複数ある。また、LIB 主要材以外のバインダーやその他材料の評価件数も多く、前身事業の SOLiD-EV から継続して開発材料の裾野が広がっている。

表 2.1-3-5 LIBTEC による新材料の電池試作・評価の実績種類数

評価材料種	評価種類数
正極活物質	18
正極被覆材	12
負極活物質	36
負極被覆材※表面改質含む	0
固体電解質	63
固体電解質複合材料	5
導電助剤	6
バインダー	48
その他	38
総計	226

(2025 年 3 月末時点)

加えて、今後、JST 革新的 GX 技術創出事業 (GteX) など、省庁の枠を超えたプロジェクト間連携の中でも、連携先プロジェクトから新材料を受け入れ、全固体電池への適用に向けた検討を進めていく予定である。

b) 全固体 LIB の特性評価及び分析・解析に係るドキュメント類の整備

本事業では、本事業で開発する材料特性評価技術が広く活用されるよう、材料・セルの特性評価や分析・解析に係る試験(実験)の条件、方法等をドキュメント化し、仕様書、要領書といった組織文書として発行・管理している。

これまでの文書発行の実績は、表 2.1-3-6 に示すように合計で 226 件である。

表 2.1-3-6 LIBTEC による特性評価・分析・解析ドキュメントの発行実績

文書の分類	2023 年度	2024 年度	合計
材料技術関連	9	82	91
設計・プロセス技術関連	21	80	101
標準電池・評価技術関連	0	25	25
計算・解析技術関連	1	4	5
材料評価法妥当性検証関連	1	3	4
合計	32	194	226

c) 産業界・学界に向けた情報発信

本事業の成果を、可能な限り広く情報発信し、広く関心を高め、裾野を広げることも重要である。本事業においては事業期間中から論文、学会発表等による成果の公開を行っている。2025 年 3 月までに論文発表 9 件、学会発表 113 件を実施した。

なお、2024 年には第 65 回電池討論会において「NEDO セッション」として電気自動車用革新型蓄電池開発 (RISING3) と合同で成果を発信した。個別の成果発表とは別に、成果の全体理解できる機会を創出し、多くの方が参加しやすいよう工夫した。

(3) 国内標準化関係者との研究開発情報の共有

第 1 章に記載の通り、本事業は、国内の標準化関係者に対し、定期的に情報共有を実施している。また、標準化活動を進めていく中で、必要なデータや試験用電池の提供等の適切なサポートを行っている。

2.1-4 アウトカム目標の達成見込み

2.1-1 で記載した 2040 年のアウトカム達成には、本事業の成果を材料メーカー、電池メーカー、自動車メーカー等へ展開し、事業化につなげていくことが求められる。2.1-3 で示した本事業の実施期間中の取組と併せて事業終了後も産業界で活用される取組を実施する。

本事業の実施主体である LIBTEC は、過去の NEDO 事業で開発した液系 LIB の材料評価技術及び導入した設備・装置を活用し、材料評価サービス、蓄電池開発コンサルティング等の自主事業を展開しており、NEDO 事業成果の産業界への展開に係る大きな実績を有する。本事業においても、高耐久型や高入力型等の複数の用途別標準電池モデルに加え、単極評価技術、材料物性評価技術の開発も進めており、事業終了後も成果の自主事業化等を通じた、個社の材料開発への展開が大いに期待できる。

また、LIBTEC は国内の主要な蓄電池メーカーや蓄電池材料メーカー、EV/PHEV 開発を進めている自動車メーカーが組合員企業として参画する技術研究組合である。これらの企業は本事業の成果の受け取り手でもある。本事業ではこれらの企業からの出向研究者が研究開発推進の中核を担い、かつ数年単位で出向者が入れ替わる体制となっており、本事業終了時の成果のみならず、事業期間中に得られた中間成果や技術情報・知見についても、速やかに個社の研究開発に展開される体制が整っている。

なお、2030年頃の社会実装を目指すグリーンイノベーション基金事業（GI基金事業）の「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」では、全固体LIBと関連材料の研究開発テーマとして7件が採択されている。これらの企業の多くは、LIBTECの組合員企業として、本プロジェクトにも参画していることから、本事業の成果の展開は大いに見込まれる。

2.1-5 波及効果

(1) 蓄電池基礎研究の活性化

本事業は、産業界と大学や国立研究機関等のアカデミアが参画し、産学連携によるコンソーシアム体制を構築するとともに、相互に利益がある関係を築いている。例えば、産業側に全固体LIBに係る反応機構等の学術的知見や高度な材料解析技術等が提供され、もう一方のアカデミア側には、実用電池開発に基づく学術的要求課題、電池設計等の情報、開発材等の実電池に近い仕様での評価等、アカデミアにおける研究では得難い産業の視点に立脚した情報が提供される。本事業の連携体制は、アカデミア側からも高い評価を得ており、将来の蓄電池産業発展の礎となるアカデミアのすそ野を広げ、研究の活性化を図る波及効果がある。

(2) 人材育成

2.1-4でも記載した通り、本事業は、事業実施主体であるLIBTECに主要な蓄電池メーカーや材料メーカー、EV/PHEV開発を進めている自動車メーカー等から人材が集まり研究開発を担うとともに、数年単位で人材が入れ替わる体制となっている。

本事業に参画した企業からの人材は、蓄電池の研究者・技術者として幅広い経験を積み、企業に復帰後は第一人者として自社の蓄電池開発を牽引している。本事業は、研究成果の創出だけでなく、人材育成にも貢献している。

(3) 成果の他用途への展開

本事業は、全固体LIB用の新規材料を開発するための共通基盤技術を構築することである。したがって、本事業の成果は、EV/PHEV用途だけでなく、電動バイク、無人搬送車、フォークリフト、ロボットといった他の移動体機器、住宅設置、需要家設置、系統設置等の電力貯蔵システム用途へも波及が期待される。

2.1-6 費用対効果

本事業の費用は、事業期間(2023～2027年度)の総額で約100億円を見込む。なお、2023年度から2025年度までの3年間で約54億円の予算を予定している。全固体LIBの材料評価に係る取組は、前身事業においても実施してきており、その事業総額は約103億円(5年間)であった。これらの事業を併せると、総額として、約200億円の投資が見込まれる。

2.1-1で記載したように、本事業成果が適用される車載用バッテリーの年間売上としての経済効果は2040年で2.1兆円/年と試算され、単年の市場規模に限っても約50倍の経済効果が見込まれる。なお、GI基金事業では全固体LIBと関連材料の研究開発テーマに数百億円規模の助成が計画されているため、これを含めると、やや費用対効果は小さくなるが、それでも数十倍の経済効果が想定される。

上記は自動車メーカー3社の生産台数予測より、経済効果を試算した内容であるが、材料メー

カーにおける新材料の市場投入や、蓄電池メーカーにおける車載用バッテリーの他の自動車メーカーへの展開など、サプライチェーン全体としての経済効果はさらに大きくなると考えられる。加えて、技術波及効果まで考慮すると国の投資による費用対効果は十分大きい。

2.2 アウトプット目標と達成状況

2.2-1 アウトプット目標の設定および根拠

2.1 で詳述したアウトカム目標と、第 1 章 1.2 に記載した 2040 年アウトカム達成に向けた道筋を見据え、本事業のアウトプット目標を以下のとおり設定し基本計画に記載した。なお、本事業のアウトプット目標を踏まえた、個々の研究開発テーマとその目標については、NEDO と実施者との協議の上、実施計画書において定めた。

【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。

【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。

以下、本事業の開発戦略に基づく設定目標の考え方について記載する。

前身事業の SOLiD-EV においては、全固体 LIB の材料評価用の標準電池モデルの原型を開発した。具体的には、正極に三元系、負極に黒鉛系の材料を活用し、電解質に硫化物系固体電解質を用いた全固体 LIB において、材料評価用として安定的に製作可能な標準電池モデル (400Wh/L) を製作した。

なお、技術的には、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。また、これらの開発を通じて、全固体 LIB のポテンシャルを引き出すためには、固体電解質間や活物質との良好な界面を形成し、その状態を維持することが重要であるとの結論に至った。

アウトプット目標の 1) は、耐久性や急速充電等、多様な目的に必要な新材料の開発を促進させるため、適切に評価可能な標準電池モデルや評価技術の開発を目指して設定した。SOLiD-EV の成果である材料評価用の標準電池モデルの原型を発展させ評価技術の深化・多様化を図る。

アウトプット目標の 2) は、固固界面課題を解決する個々の要素技術の達成度を測る指標として位置付け設定した。具体的な数値については、有識者との議論を踏まえ、車載現行 EV の保証値 16 万 km の約 2 倍である耐久性 30 万 km 走行とした。加えて、拘束圧についても安定な界面構築を測る技術指標と位置付けられるだけでなく、車載用としての適切な材料評価条件としても必要と考え、最終目標の前提とした。2.2-2 研究開発内容 2.2-1 で記載した目標達成に向け、本事業の具体的な研究開発内容として、下記の研究開発区分①、②および③を設定した。図 2.2-2-1 に示す通り、これ

らの開発サイクルを迅速かつ、柔軟に回しながら、事業全体の開発を推進している。

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。

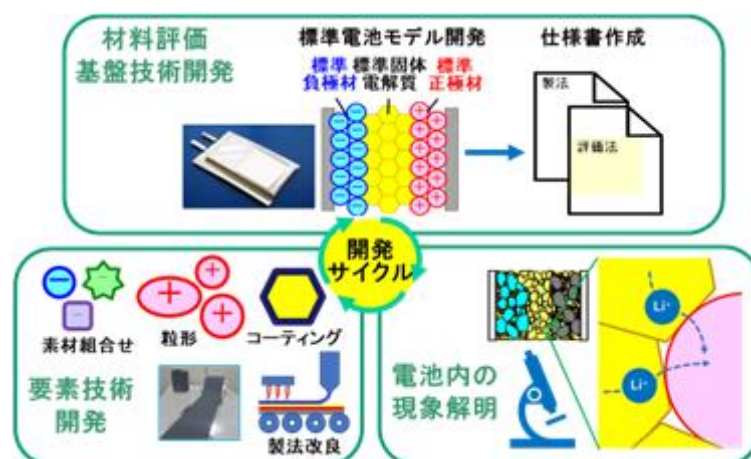


図 2.2-2-1 研究開発基盤構築を推進する開発サイクル

2.2-3 アウトプット目標の達成状況

中間目標に対する研究開発区分①、②、および③の達成状況を表 2.2-3-1 に示す。また、SOLiD-Next におけるこれまでの取組と成果について、研究開発区分①～③にて具体的に説明する。なお、中間目標については、すべて達成済みである。

表 2.2-3-1 研究開発区分①、②、および③の中間目標達成状況

研究開発区分	中間目標 (2025 年度末)	成果 (2025 年 3 月)	達成度 (見込み)
① 材料評価 基盤技術開発	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。	4 件を提示 高耐久型 (2 種類) エネ密: 400Wh/L、出力: 5C 耐久: 10 万km相当以上 高入力型 エネ密: 250Wh/L、出力: 8C 単極評価モデル LTO 対極	○ 2025 年 3 月に 達成済み
② 全固体 LIB 特有の 現象・機構解明	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 450Wh/L 以上を 目安とする。	EV10 万 km 走行を想定した 充放電試験後の 容量維持率 93% (拘束圧 20MPa、25°C 1C 充放電試験 300 サイクル後) ※エネルギー密度 450Wh/L	○ 2024 年 10 月に 達成済み
③ 電極・セル要素 技術開発			

2.2-4 研究成果

2.2-4-(1) 研究開発区分①:材料評価基盤技術開発

標準電池の開発

標準電池の開発は、主要材料として三元系正極活物質、天然黒鉛系負極活物質、アルジロダイト型硫化物系固体電解質を用い、2cm 角単層セルを作製した。次に、高耐久型標準電池と高入力型標準電池の開発状況を示す。

a) 高耐久型標準電池

前身事業(SOLiD-EV)で構築した標準電池の基盤技術をベースに(ア)セル設計、(イ)プロセス、(ウ)正極活物質のコート、(エ)負極活物質において改善をはかり、エネルギー密度 400Wh/L を低下させずに高入力・高耐久化をはかった。その結果、実施計画書に個別に定めた中間目標であるエネルギー密度:400Wh/L、25°C入力性能:5C、サイクル性能:5 万 km 走行相当(150cyc)容量 70%以上に対し、目標を達成した。

a)- (ア) 高耐久型標準電池ーセル設計

図 2.2-4-1 に示すように電極体として 13%薄膜化し、上限電圧を 4.2 → 4.35V にセル設計を変更した結果、図 2.2-4-2 に示すように容量 6.5mAh(エネルギー密度 401Wh/L)の電池を得た。

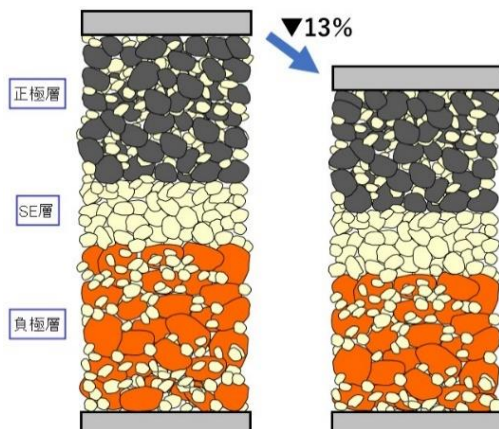


図 2.2-4-1 電極体の薄膜化
(左: SOLiD-EV 右: SOLiD-Next)

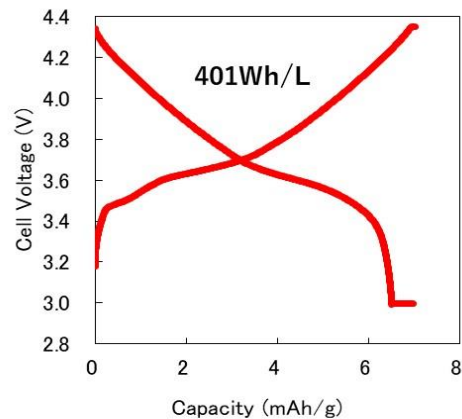


図 2.2-4-2 充放電特性

a)-(イ) 高耐久型標準電池ープロセス

正極作製時に導電材の分散性を高めるため、図 2.2-4-3 に示すように導電材(VGCF)とバインダー溶液のみを自公転ミキサーで混合し、導電材の分散性を高めてから正極活物質と粘度調整用の有機溶媒を追加し、自公転ミキサーで正極合材のスラリー化をはかった。

その結果、図 2.2-4-3 の SEM 写真に示すように VGCF の凝集が減少することを確認した。

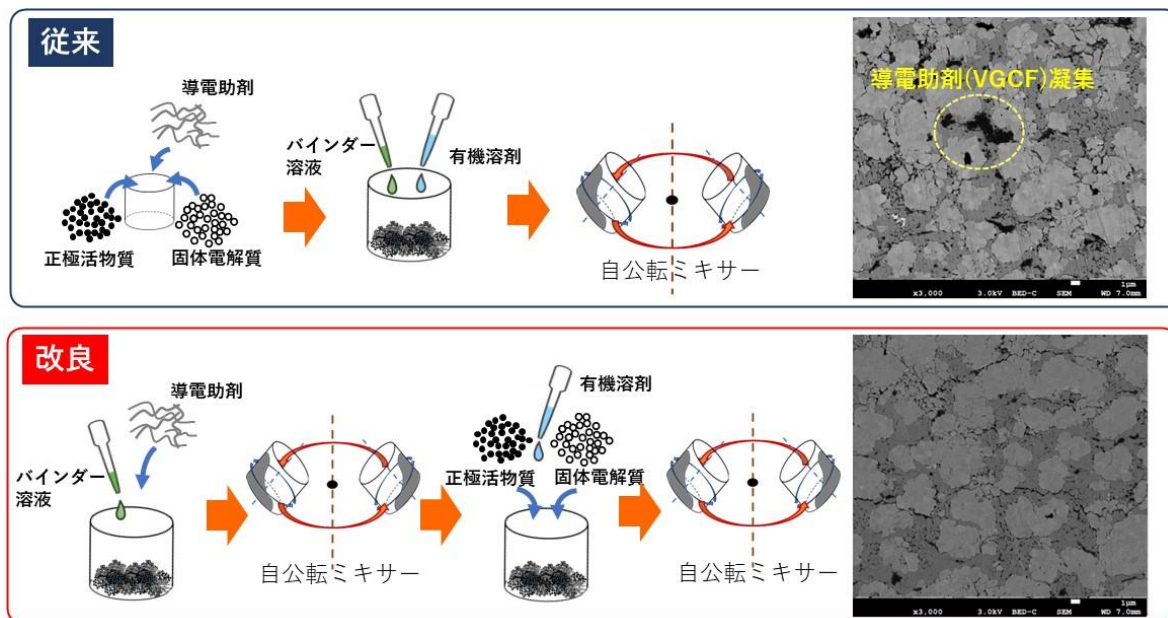


図 2.2-4-3 正極合材作製プロセス(左)と得られた正極合材の SEM 写真(右)

a)-(ウ) 高耐久型標準電池ー正極活物質のコート

充電時に正極活物質と固体電解質の酸化反応を抑制するため正極活物質にニオブ酸リチウムをコートしている。SOLiD-EV では、入出力向上のためコート厚みを 3nm としていたが、コート被覆率をアップし耐久性を向上させるためコート厚みを 9nm に厚膜化した。

a)-(エ) 高耐久型標準電池ー負極活物質

負極活物質を図 2.2-4-4 に示すように小粒径化(16→11 μ m)し比表面積増大による Li イオンの受け入れ性向上(入力特性向上)をはかった。

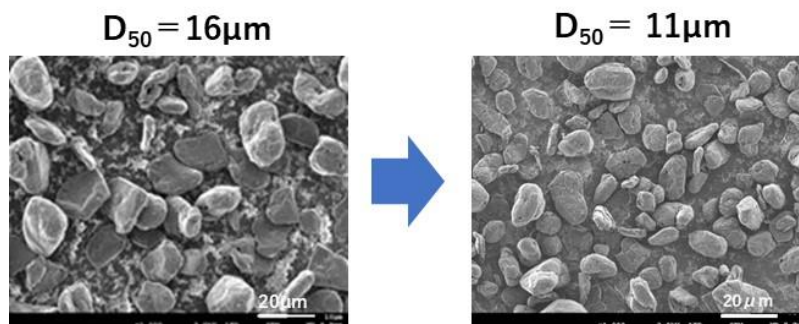


図 2.2-4-4 負極活物質の小粒径化

a)-(オ) 高耐久型標準電池－電池性能

①-a-(ア)～(エ)で開発した要素技術を適用した標準電池を作製し性能を評価した。入力特性は図 2.2-4-5 に示すように 0.1C の充電容量に対し 5C での充電容量は 81%となり、5C 入力可能であることを確認した。また、300 サイクル耐久後の容量維持率は図 2.2-4-6 に示すように上限電圧を 4.35V に上げて SOLiD-Next 標準電池(上限電圧 4.2V)よりも耐久性は向上し、容量維持率 84%であった。これより、サイクル性能も目標 300cyc 70%以上を達成した。

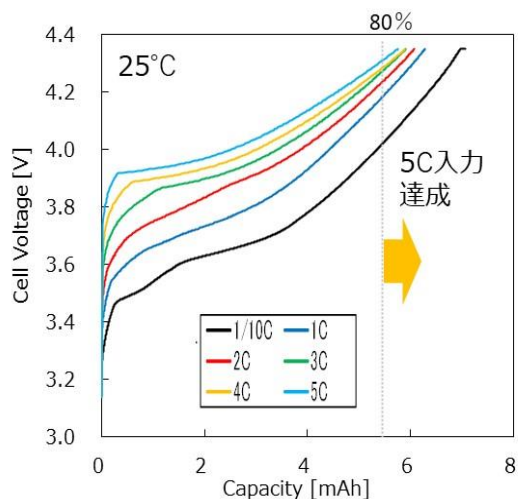


図 2.2-4-5 入力特性

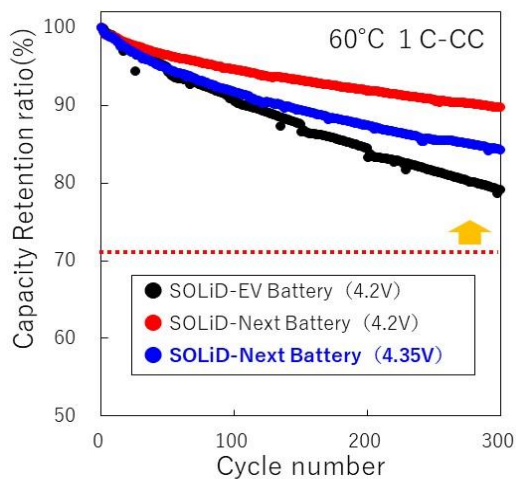


図 2.2-4-6 サイクル特性

b) 高入力型標準電池

上記で開発した高耐久型標準電池の技術をベースに主に①電極薄膜化(25%減) ②電極中の固体電解質割合アップ(約 1.5 倍)を行った結果、実施計画書に個別に定めた中間目標であるエネルギー密度:250Wh/L、25°C入力性能:8C に対し、エネルギー密度:278Wh/L、25°C入力性能:8C となり目標を達成した。図 2.2-4-7 に入力特性を示す。

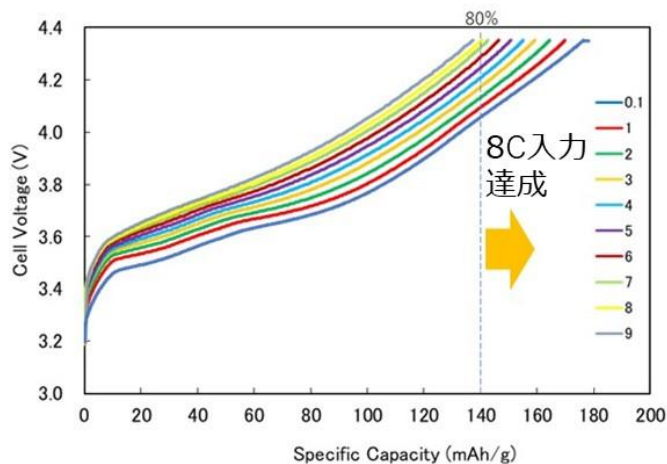


図 2.2-4-7 入力特性

c) 単極評価基盤技術開発

電池設計や劣化要因を特定するために、正極もしくは負極の単極特性を把握することは重要である。通常、全固体 LIB で単極評価を行う際には対極として In-Li 合金を用いているが、単極評価する作用極よりも Li を多く含むため、不可逆反応等により Li 量が減少しても In-Li から Li が補充されるため、正確な容量劣化が測定できないことや、In-Li の抵抗が大きいこと、正確な作用極の抵抗を把握しにくいなど課題があった。

本研究では、アルジロダイト型硫化物系 SE の還元反応による劣化抑制のため図 2.2-4-8 に示すように In-Li よりも高い電位をもつ $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) を対極候補材として検討した。

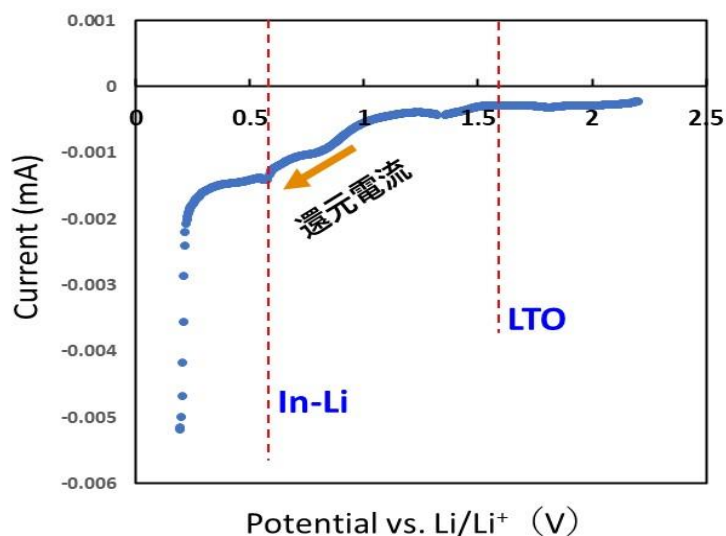


図 2.2-4-8 アルジロダイト型硫化物系 SE の CV 特性

LTO の安定性を確認するため、NCM523 を用いて充電により Li をドーブした LTO (Li-LTO) と LTO の組み合わせでラミネート型対称セルを作製し、サイクル評価 0.1C-CC 充放電 (25°C) を実施した。また、正極評価用対極に Li を含有しない LTO 材料、負極評価用対極に Li をドーブした LTO (Li-LTO) を用いて黒鉛負極 (Gr) の単極評価を実施した。その結果を図 2.2-4-9 に示す。

LTO 対称セルでは、ほとんど劣化は見られず LTO が安定であることを確認した。作用極を黒鉛負極として単極評価をおこなうと黒鉛負極起因の劣化が見られた。さらに、対極を In-Li にすると容量劣化は大きくなり、In-Li による容量劣化が大きいことを示唆していると考えられる。

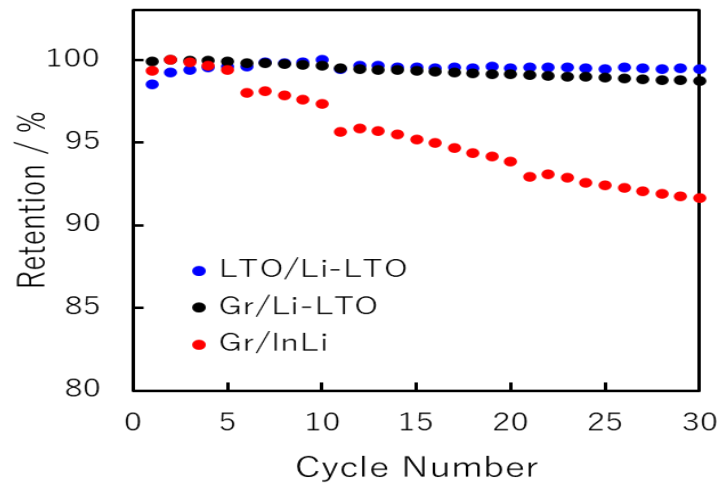


図 2.2-4-9 各種電極組み合わせによるサイクル特性

また、LTO が無歪材料である特徴を活用して、充電時の作用極の膜厚変化を調査した。その結果を図 2.2-4-10 に示す。NCM 正極との組み合わせでは、若干膜厚が減少し、活物質が収縮することを示している。一方、黒鉛負極との組み合わせでは、5%ほど膜厚が増大し黒鉛が大きく膨張することを確認した。オペランド SEM を用いて黒鉛負極の膜厚変化を調査した結果も同様に 5%膜厚増であったため、対極 LTO を用いたセルの膜厚変化は作用極の膜厚変化と一致することを確認した。

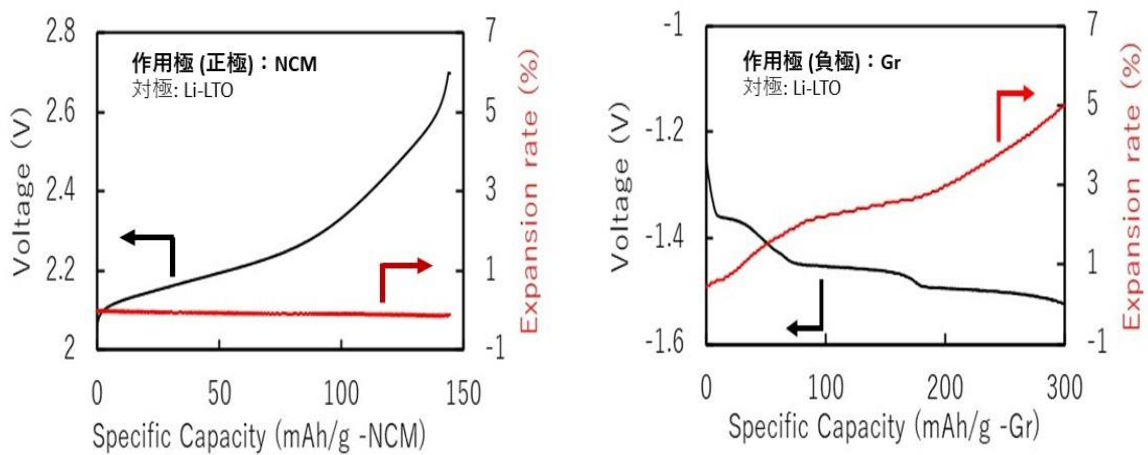


図 2.2-4-10 充電時の膜厚変化(左:NCM / LTO 右:黒鉛 / LTO)

2.2-4-(2) 研究開発区分②:全固体 LIB 特有の現象・機構説明

a) 開発技術検証

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図る指標として、実証電池の設計、作製、評価に取り組んだ。実証電池は以下のスペックを前提とした。

- ・電池サイズ: 4 cm x 12.5cm アルミラミネートセル(中型セル)
- ・電池容量: 200mAh 以上 @0.1C
- ・体積エネルギー密度: 450Wh/L 以上(車載相当のセルサイズ換算)

本事業では図 2.2-4-11 に示したスケジュールにて中型セルを作製し、要素技術を実証していく予定である。2025 年度に設定された中間目標に向けては、要素技術検証のための中型セル (Feasibility Study :以下 FS)を 3 回と、技術実証のための実証電池セル(Cell Confirmation: 以下 CC)を 1 回の計 4 回の作製評価を計画して実施してきている。最終目標へ向けには、得られた結果と新たな要素技術開発成果を取り込みながら、引き続き FS セルによる作製評価、実証セルでの実証のサイクルで開発を進める計画である。

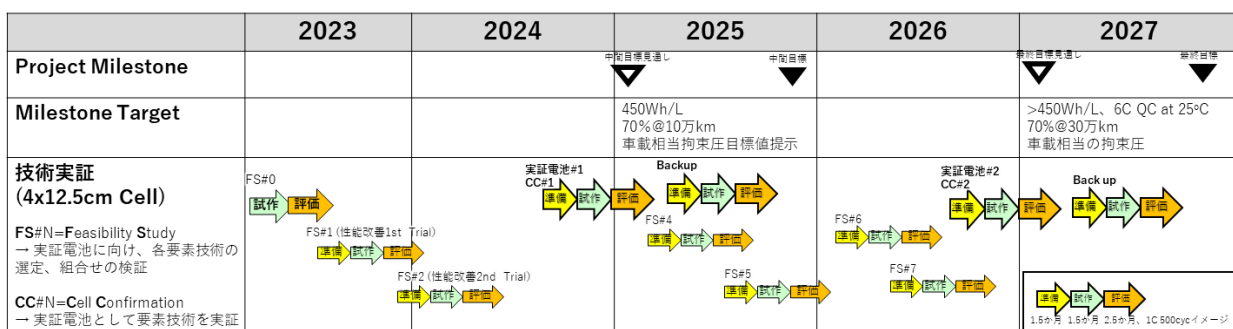


図 2.2-4-11 SOLiD-Next における技術検証用全固体 LIB 中型セルの作製計画

本報作製時点においては、実証電池#1 は性能評価が開始されていないため、FS#1 について設計および特性評価結果を述べる。FS#0 と比較し、FS#1 設計は正極活物質である NCM523 の粒子表面に施す LiNbO₃ コートを従来の 3 倍としたこと、負極活物質として用いる黒鉛の平均粒径をこれまでの半分としたこと、抵抗要因となりえる正極用増粘剤の不使用といった、高入力化や高耐久化の向上が期待できる要素技術を適用したことが特徴である。

図 2.2-4-12 には、SOC50%の中型セルを EIS 測定し得られたナイキストプロットを示した。拘束圧違いによらず、極めて低い反応抵抗と良好な充電特性が得られることが確認できた。25°Cでの充電レート特性試験の結果、6C 充電時の容量維持率は 5MPa 拘束において 78%、20MPa 拘束にて 80%超と良好な値を示した(図 2.2-4-13)。

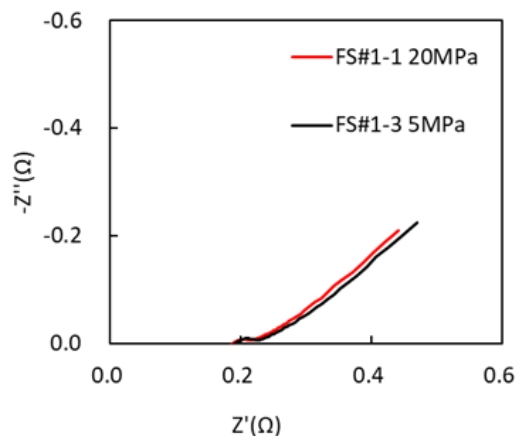


図 2.2-4-12 拘束圧が異なる FS#1 のナイキストプロット

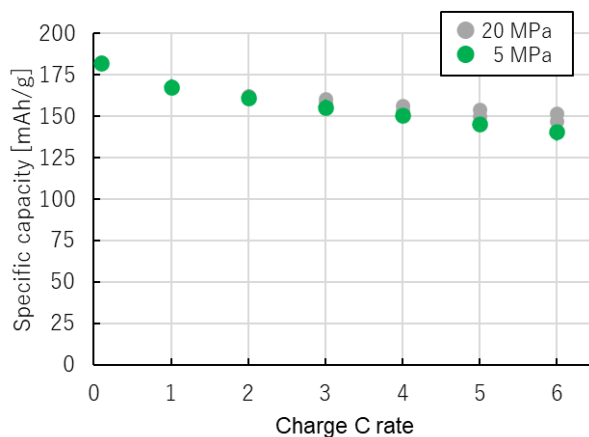


図 2.2-4-13 FS#1 の 25°Cにおける充電レート特性および拘束圧の影響

1C 相当の電流密度で定電流充放電を繰り返すサイクル試験の実施にて、耐久性を確認した。本委託事業の中間目標では、EV10 万 km 走行時においては容量維持率 70%以上という全固体 LIB の耐久性が設定されている。EV10 万 km 走行に相当する充放電サイクル数を算出するため、電池容量を 2022 年における量販バッテリーEV の平均電池容量 72kWh とし、また走行に必要なエネルギーを 10km/kWh と仮定し、10 万 km 走行後に電池容量が 70%となった場合のサイクル数を算出した結果、約 300 サイクルであったため、300 サイクル時の容量維持率を目標指標とした。図 2.2-4-14 には、25°Cにおける 1C 充放電サイクル試験の結果を示した。拘束圧が 20MPa の場合、300 サイクル時で 93%、1000 サイクル後も維持率は 73%であり、中間目標で定められた耐久性目標を達成していることを確認できた。しかしながら 5MPa 拘束に関しては、20MPa 拘束と比較して充放電サイクルを経るごとに容量維持率が大きく低下していくことが確認でき、低拘束圧での全固体 LIB の充放電には課題が残っていることが確認できる。

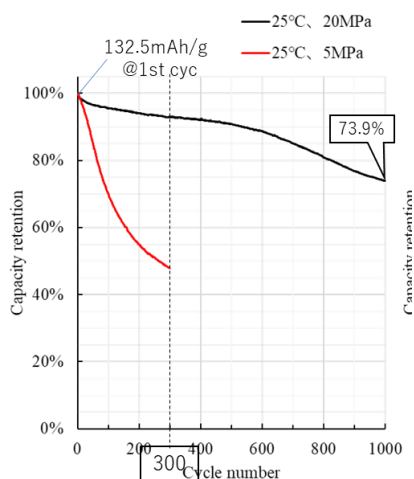


図 2.2-4-14 FS#1 の 1C 充放電サイクルにおける容量維持率の推移

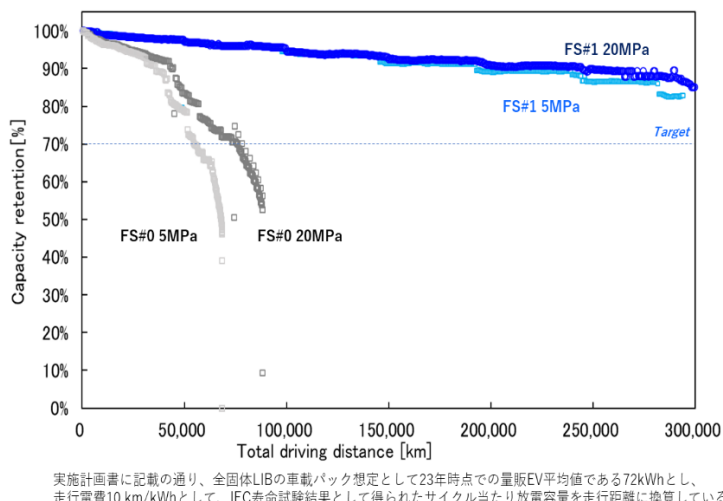


図 2.2-4-15 IEC62660-1 条件での FS#0 および FS#1 の耐久性評価

また、車載用電池の特性評価のための国際規格 IEC62660-1 に基づいた耐久性評価もあわせて実施した。拘束圧 5MPa、20MPa について、IEC 試験の結果を図 2.2-4-15 に示す。図中の X 軸は、2022 年における量販 BEV の平均電力容量 72kWh、走行電力消費量 10km/kWh と仮定し、IEC 試験中の放電サイクル結果を走行距離に換算した値とした。FS#1 に先立って作製評価した FS#0 と比較し、耐久試験中における容量維持率が大きく改善しており、30 万 km 走行相当時点において容量維持率 80%を達成した。また、容量維持率の航続距離(充放電サイクル)依存性は、5MPa と 20MPa でほとんど違いがないことも示された。FS#0 と比較して耐久性が大きく向上した要因として、正極活物質への LiNbO₃ コートを厚くした結果、化学劣化が抑制できたことが考えられる。また、拘束圧違いで耐久性に差異が出なかった理由としては、IEC62660-1 においては 45°C、0.33C で充電しているため、Li 析出にくい条件であり、物理劣化の発生が抑制されたためと考えられる。

なお、こうした技術検証用中型セル FS シリーズの設計、試作、評価結果に対して、本事業を通じ、2024 年 10 月までに開発された要素技術を更に統合することで、実証電池#1 を設計した。今後、セル作製及び特性評価の実施により、電池特性に対する要素技術の達成度を確認する。

b) 電極の空隙定量化と反応分布解明

負極活物質に黒鉛を用いた全固体 LIB において耐久性向上と低拘束圧動作を実現する上で、従来、Li 析出及びそれに伴う劣化が示唆されていたが、Li の析出形態やセル物性に対する影響が明確でなかった。そこで全固体 LIB における Li 析出の形態と、それがセル物性に及ぼす影響を明らかとするため、放射光施設での X 線ナノ CT 測定にて全固体 LIB における充放電中の内部挙動を Operando で観察した。

正極として LiNbO₃ がコートされた NCM523、アルジロナイト型硫化物系 SE、導電助剤、バインダーを混合・塗布した電極(合材層厚さ約 60µm)を、負極として球形化天然黒鉛、SE、バインダーを混合・塗布した電極(合材層厚さ約 85µm)を用いた。同様に混合・塗布して得られた SE とバインダーからなる SE 層(厚さ約 24µm)を負極に転写後、正極と負極とを積層して加圧接合し、ラミネート包材に入れて封止することでセルとした。得られたセルを、5MPa と 20MPa の 2 種類の拘束圧に分けて拘束し、それぞれ 4.35-3.0V で充放電しながら、SPring-8 の BL20XU ビームラインにて高分解能 CT 撮影し、充放電中における全固体 LIB 中での Li 析出挙動を観察した。

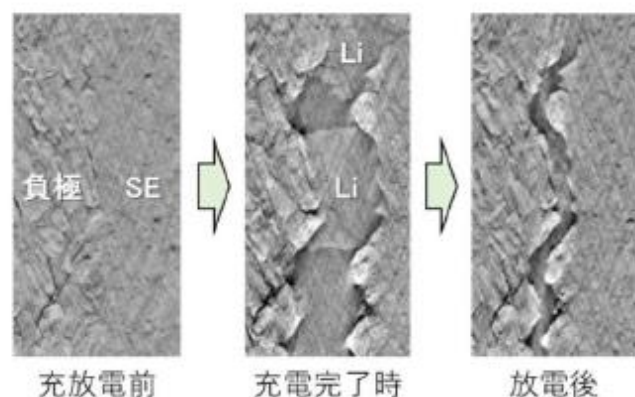


図 2.2-4-16 3C 充電での全固体 LIB 内での Li 析出およびそれに伴うクラック発生の様子

SPring-8 での CT 撮像にて得られた、拘束圧 10MPa における 25°C、3C 充電、1C 放電過程での全固体 LIB 内部の様子を図 2.2-4-16 に示した。最初は接合していた SE 層と負極との界面に、充電完了時には明瞭に析出 Li が層状に生成し、放電後、析出部は連続した亀裂として残存する様子が観察された。全固体 LIB における Li 析出は、SE の実効イオン伝導度が低い常温から低温において負極中の反応分布が大きくなり、電荷移動反応が SE 層側に集中することが主原因と考えており、その際、SE 層と負極層との界面にて該界面全体を破断する形で押し上げて生成することが示唆された。本結果は従来知見を強く支持するものである。従って、上記の抵抗上昇は該界面の不可逆的破断に伴うものと推測される。拘束圧が 20MPa と高い系では界面接合性が改善され、接触抵抗及び実効イオン伝導度が改善することにより、Li 析出に至るまでの充電容量が増大すると共に析出量も減少し、抵抗上昇も抑制されると考えられる。

硫化物系固体電解質を用いた全固体 LIB では電極活物質と固体電解質の界面を強固に形成する上で電極充填プロセスが重要な工程である。一方で電極充填プロセスには種々の手法が存在し、手法によって電極の充填度合や界面形成状態が異なることが知られているため、電極充填プロセスと電池性能との関係を明らかにすべく、ホットロールプレス(RP)と温間等方圧処理(WIP)のそれぞれで電極充填を施したセルを作製し、電極状態観察を放射光施設での X 線ナノ CT で観察した。

正極活物質として NCM523、負極活物質として球形化天然黒鉛、固体電解質(SE)としてアルジロナイト型硫化物系 SE を用い、スラリー塗工によって形成した正極、負極を RP と WIP それぞれで充填処理し、セル化した。放射光 X 線 CT 測定画像から正負極合材の厚みを計測したところ、RP の場合、各層の厚みは、正極で 62 μm 、負極で 86 μm だったのに対して、WIP の場合には正極で 64 μm 、負極で 81 μm となった。各層の空隙率は、RP の場合には正極が 15%、負極が 13%、WIP の場合、正極が 16%、負極が 6%となり、正負極で充填しやすい手法が異なるという結果が得られた。これは正負極それぞれを構成する材料の強度の高低関係性に由来すると考えられる。また異なる手法で充填処理した正負極を組合せて作製された全固体 LIB は充電特性において、4C までは RP の方が高いレート特性であった一方で、5C 以上の高レートでは WIP の方が充電性能に優れるという結果が確認された。この結果は各セルのクーロン効率の違いに起因しており、WIP セルと比較して RP セルは、充電レートが高くなるに伴ってクーロン効率がより大きく低下しており、充電時に Li 析出等の副反応が生じやすいと考えられた。WIP よりも RP のほうが負極の空隙率が大きく、受け入れ性に劣ったためと推定された。

上記のように、放射光施設での X 線ナノ CT による全固体 LIB の非破壊分析その場観察によって、作製工法や拘束圧といった要件によって及ぼされる全固体 LIB 特性への影響を明らかにすることができた。こうした結果を全固体 LIB の要素技術開発に反映している。

c) 計算・解析による高度分析・解析技術の研究開発

計算・解析領域においては、イオン伝導機構を非平衡状態の Li イオン伝導挙動や電気化学反応をナノスケールでその場観察できるオペランド透過型電子顕微鏡解析技術の開発を連携サテライトとともに行った。また、NCM 正極活物質に LiNbO₃ を被覆したサンプルを対象に、その結晶性と組成を STEM-EELS にて分析した。まず、ナノビーム電子回折によって、NCM 正極と LiNbO₃ コート層の結晶構造を解析した。その結果、NCM の電子回折図形はシャープなスポット

から成り、結晶性であることが判明した一方、 LiNbO_3 の電子回折図形はハローリングであり、非晶質であることがわかった。さらに、EELS による組成分析の結果、Li イオン濃度が想定よりも低い可能性が示唆された。アモルファス構造は結晶性材料と比較して異なる物性を示すことが知られており、Li が欠乏しているという情報とともにこの知見は LiNbO_3 コート層が電池性能に与える影響を理解する上で重要な知見が得られた。

Li 同位体を用いた二次イオン質量分析 (SIMS) を用いて、計算科学で明らかなボトルネックとなる固固界面での Li イオン伝導挙動を可視化する技術開発は、すでに酸化物固体電解質に対しては確立している。しかし、硫化物系固体電解質を用いた全固体 LIB への適用はこれまで実例がなく、連携サテライトにより新規に開発している。連携サテライトは、LIBTEC が湿度による SE の劣化を明らかにしたサンプルを用いて、NMR によるイオン伝導性の解析をおこない、界面におけるイオン移動抵抗の効果を明らかにした。現在 Li 同位体の導入手法の確立に取り組んでおり、今後は活物質・固体電解質界面を有するサンプルを供給し、その界面におけるイオン移動の実験的解析によりボトルネック課題解決のための対応手法の効果を検証していく。

本事業の大きな課題として全固体 LIB を車載相当の拘束圧で作動させるための技術開発が求められており、一般的に全固体 LIB の適切な作動には、相当量の拘束圧力が必要なことが知られている (F. Zhang et al., *A review of the effect of external pressure on all-solid-state batteries*, eTransportation 15 (2023) 100220)。前身事業である SOLiD-EV においては、拘束圧 20MPa が標準的に適用され性能、耐久性が評価されてきた。これに対し、現在市販されている液系 LIB を用いた EV のモジュールは、最大で数 MPa 以下の拘束圧で電池を保持するように設計されている。そのため、車載レベルの拘束圧まで低減させるためには、拘束圧に応じた全固体 LIB の充放電挙動の把握が必要となる。その目的を達成するため、LIBTEC において共焦点レーザー顕微鏡による全固体 LIB 断面の挙動観察システムを世界に先駆けて開発し、充放電による電池内部の構造変化を明らかにした。

以下に、全固体 LIB の充放電挙動について共焦点レーザー顕微鏡を用いたオペランドによる組成、構造の解析技術および成果について詳細を述べる。

共焦点レーザー顕微鏡による全固体 LIB のオペランド解析は、次の方法で実施した。まず、拘束圧力の変化により電極内で起こる変化を可視化するために、顕微鏡による電極断面のオペランド観察技術の検討を行った。全固体 LIB は充放電に伴い電極の膨張収縮、Li 析出、クラック発生などの電極内の物理的変化が起こることが知られており、これらは顕微鏡で観察可能と考えられる。また、負極にグラファイトを用いた場合、グラファイトへの Li の挿入量により黒→青→赤→金の色変化がみられることを利用し、これらを観察することで拘束圧を変えた時に性能が変化するメカニズム解明につながると考えた。次に、測定治具は、共焦点レーザー顕微鏡と自作の定圧拘束治具を組み合わせた装置構成とした (図 2.2-4-17)。拘束治具は拘束圧一定を実現するばねを備える構造とした。また、顕微鏡と拘束治具を Ar グローブボックス内に配置することで硫化物系全固体 LIB のオペランド観察が可能となった。

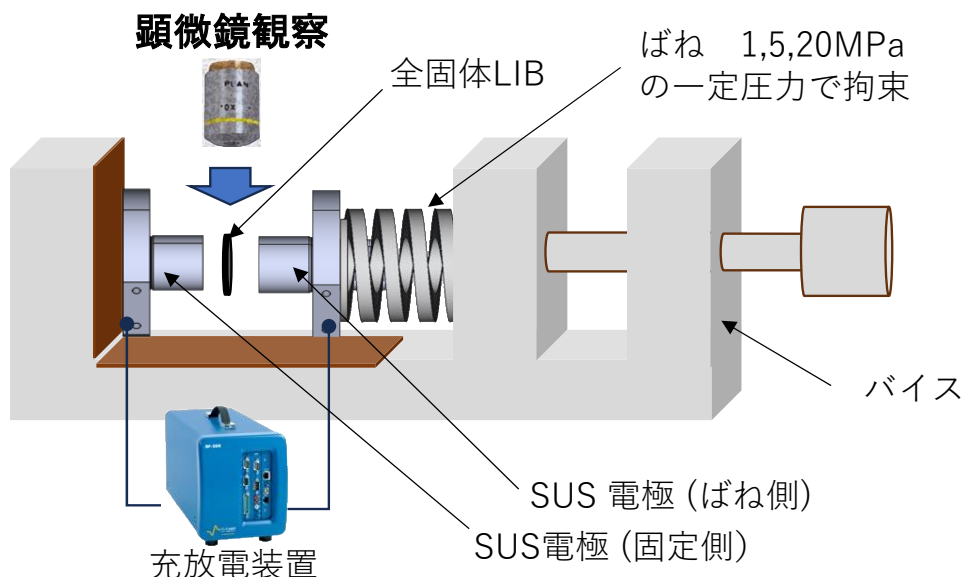


図 2.2-4-17 オペラント顕微鏡観察の定圧拘束治具構成

オペラント顕微鏡観察には実証電池 FS#0 仕様を用い、WIP 後の正極・SE 層・負極の 3 層電極を 1cm^2 の円形に打抜いて使用した。この電池の電池容量は 2.85mAh/cm^2 である。

オペラント顕微鏡観察は室温 (25°C) で行い、それぞれ拘束圧力を 1MPa 、 5MPa 、 20MPa と変化させて充放電サイクルを行った。オペラント観察時の充放電条件は図 2.2-4-18 に示す通り、電圧範囲を 3.0V – 4.2V 、電流を 0.1C 、 0.5C 、 1.0C とした。各充電および放電後は 30min. のレストタイムを挿入した。

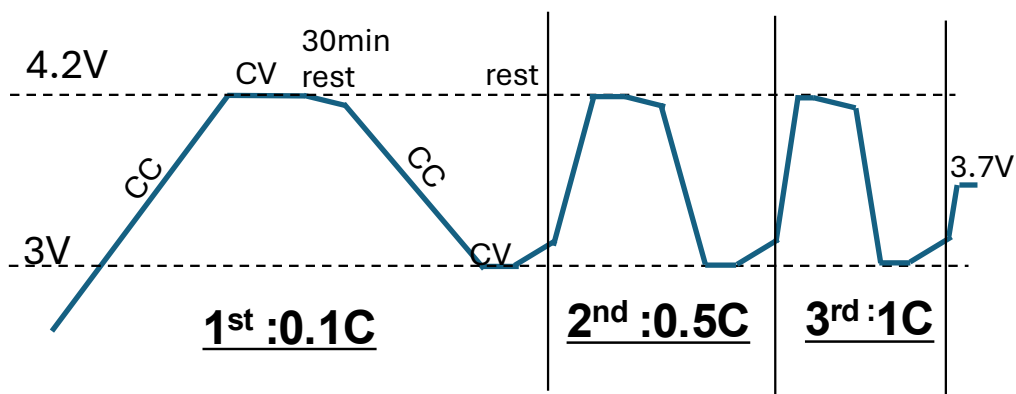


図 2.2-4-18 オペラント顕微鏡観察の条件

1MPa 、 5MPa 、 20MPa のいずれの拘束圧力においても電極の膨張収縮、グラファイト中の Li 濃度変化を反映した色変化 (T. Miyuki, et al., 第 57 回電池討論会 2016) が観察された。図 2.2-4-19 に拘束圧 1MPa 、 5MPa 、 20MPa における 1C 充電直後でのそれぞれの観察結果を示す。拘束圧 1MPa 、 5MPa の 1C 充電時には負極層/SE 界面に Li 金属の析出が観察された。Li 析出が確認された拘束圧 1MPa 、 5MPa の 1C 充電においては、Li 析出後 CV 充電過程で析出した Li が負極層へ吸収されることによる消失が観察された。Li 析出は大きな体積膨張をとるため、それが消失した後にクラックが生じ、このクラックは 1MPa および 5MPa の拘束下においては放電後に修復されずに空隙として残存していることが分かった。拘束圧 20MPa においては明確な Li 析出は観察されずクラック発生も観察されなかった。

	20MPa拘束	5MPa拘束	1MPa拘束
観察結果 1C充電 直後			
Li析出	確認できず	有り	有り
クラック	確認できず	有り	有り(多い)

図 2.2-4-19 拘束圧 1MPa、5MPa、20MPa でのオペランド観察結果

図 2.2-4-20 にオペランド観察時の充放電カーブを示す。いずれの拘束圧力においても 1C 充電の 3.9V 付近から短絡挙動が見られる。短絡の原因は現在不明であるが打抜き時の影響が考えられるため、正極の配置や打抜き方法の見直しを実施中である。

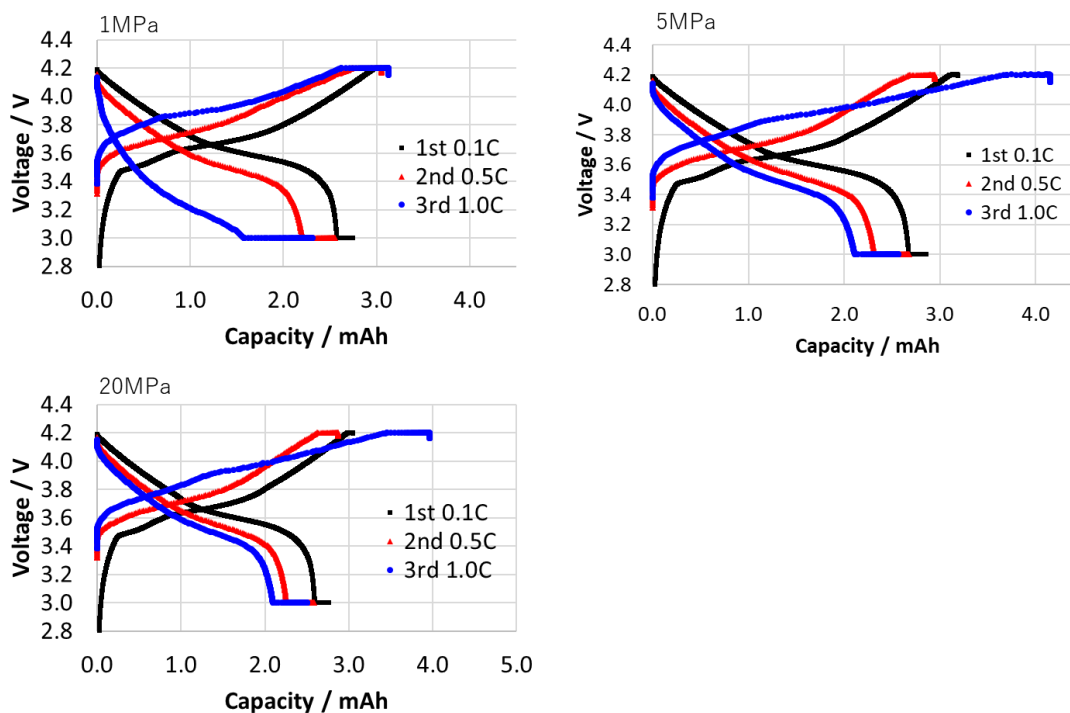


図 2.2-4-20 オペランド観察時の充放電カーブ

オペランド観察結果を劣化メカニズムと相関づけるため DIC (Digital Image Correlation: デジタル画像相関法) 解析によるひずみ解析を断面に対して行った。図 2.2-4-21 に 1MPa と

20MPa の拘束圧におけるひずみ解析の結果を示す。また、図 2.2-4-22 に拘束 1MPa における (Li 析出→消失の詳細)の結果を示す。

拘束圧 20MPa では充電時に負極の膨張が観察され、放電後には負極全体にわずかに膨張が残留しているのに対し、拘束圧 1MPa では Li 析出が発生した負極と SE 層の界面とその周りに局所的な大きなひずみが発生した。その後の放電で全体的なひずみは減少するが、充電時に発生した局所的なひずみは残存し後に元に戻らないことがわかった。Li 析出に起因する物理的変化が低拘束圧力時の性能低下の要因となっていると考察した。

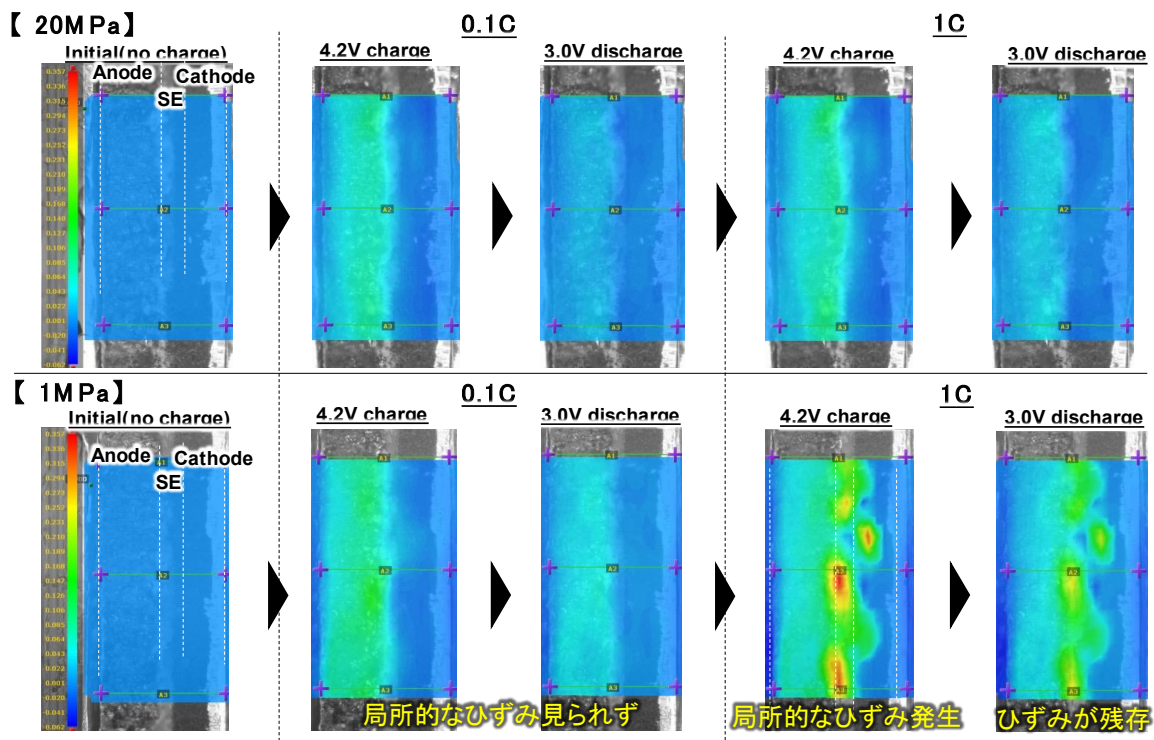


図 2.2-4-21 1MPa、20MPaのひずみ解析の結果

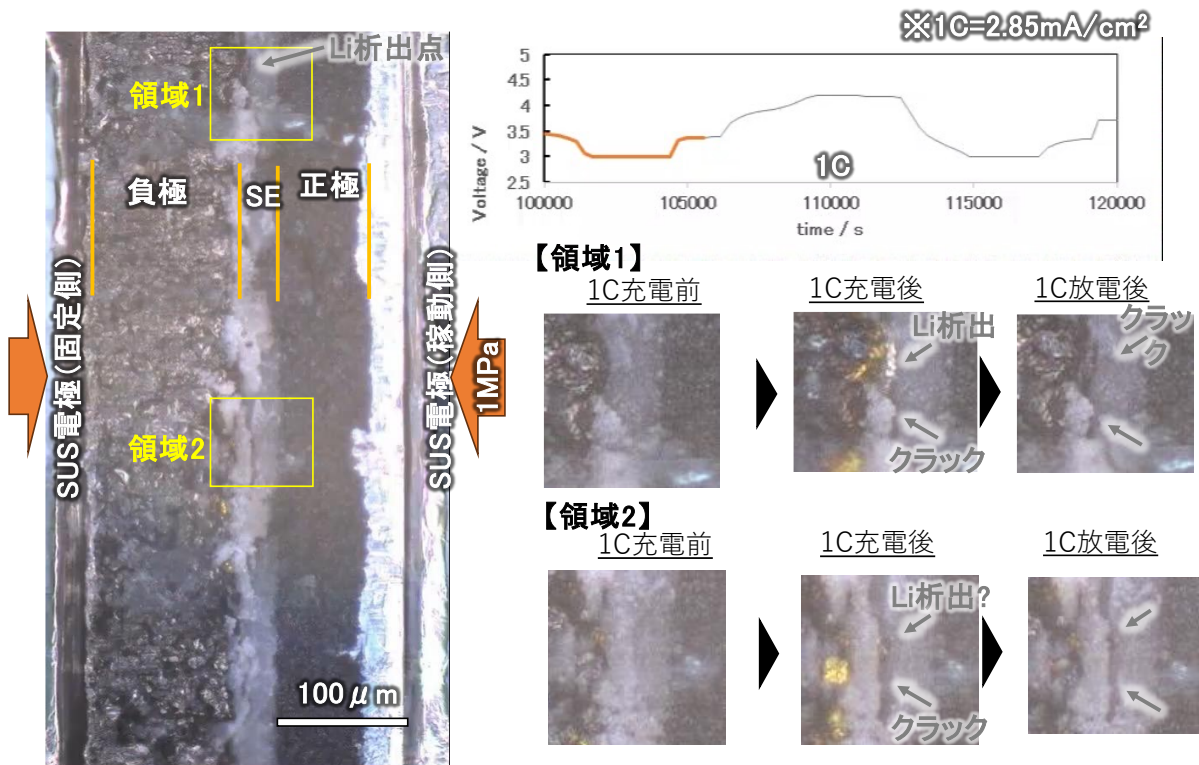


図 2.2-4-22 拘束 1MPa (Li 析出→消失の詳細)

以上、共焦点レーザー顕微鏡と DIC 解析を組み合わせた世界初の全固体 LIB オペランド断面充放電解析の結果、以下の成果を得た。

全固体 LIB を一定圧力で拘束し、顕微鏡を用いて電極断面をオペランドで観察できるシステムを構築し DIC 解析と組み合わせることで電極断面の組成や局所構造変化の解析に世界で初めて成功した。

本技術による全固体 LIB のオペランド解析により、1MPa および 5MPa の低拘束圧下では負極層と SE の界面の Li 析出に起因するクラックによる局所ひずみが発生していることを明らかにし、これら低拘束圧下ではクラックが塞がることができず、固固界面の接合不整合が性能低下の要因となっていると推定した。

1MPa および 5MPa の低拘束圧下においても充電レートを制限することで電極構造が維持され、局所ひずみが発生しないことを確認した。

今後の展開として、次の 3 項目を行う予定である。

- T1 がサテライトと開発中の無歪み (低体積変化) 材を使用した全固体 LIB での効果確認
- Li 金属負極全固体 LIB の拘束圧による Li 析出場所や析出形態、SE 層の構造変化解析
- 標準電池 E タイプで検討中のグラファイト+Si 混合負極の全固体 LIB での局所ひずみ解析

2.2-4-(3) 研究開発区分③ :電極・セル要素技術開発

a) 高エネルギー密度化要素技術

in-situ 加圧抵抗測定

材料やセル設計指標として活用できるかの知見獲得を目的とし、SE の機械的物性(充填率)と電気的特性(イオン伝導度)を同時に測定する、高精度 *in-situ* 加圧抵抗測定技術を開発した。「高精度」とあえて表記した理由は、高荷重をかけると材料以外の測定系(電極やプレス機など)の変形も拾ってしまい、検出したい数 μm ~数百 μm オーダーの厚み誤差が発生してしまうことや、SE のイオン伝導度測定に必要な数 MHz 帯域までの高周波測定におけるインピーダンス測定誤差をより低減させることを目指したためである。

本試験で使用した機器を図 2.2-4-23 に示す。グローブボックス(GB)内にて荷重・厚み・電気計測のできる、HIOKI製粉体インピーダンス測定システムを導入し立ち上げた。ロードセル、変位計、インピーダンスアナライザのそれぞれに対する補正機能が専用アプリ SA2653 に備わっている。測定は、SE 粉末を充填し、プレス機に測定用フィクスチャを取りつけ後、任意の圧力に変更しながら測定し、充填率とイオン伝導度の圧力依存性を得る。実験方法と測定サンプルを図 2.2-4-24 に示す。

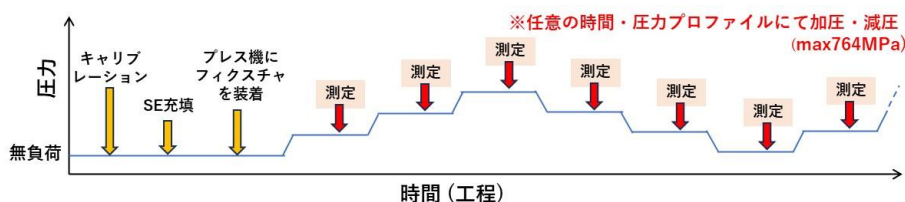


図 2.2-4-23 使用機器概要

【評価方法】

- ・質量: 200mg
- ・信号レベル: 0.1V
- ・周波数: 4Hz~5MHz
- ・プレス条件: 目的とする荷重に到達してから1分後に計測開始(インピーダンス測定)
- 最小: 1MPa 最大: 750MPa (参考値)

【測定サンプル】

	SE①	SE②
組成	アルジロダイト型SE $\text{Li}_{(7-x)}\text{PS}_{(6-x)}\text{Cl}_x$	
D50	4 μm	0.7 μm
真密度	1.82g/cm ³ (メーカー実測値)	
σ_{ion} 注1	約4mS/cm	約2mS/cm
弾性率	40GPa	
備考	-	SE①微粉化

注1: 2020/12/23-検査成績書概算値

【圧力履歴図】

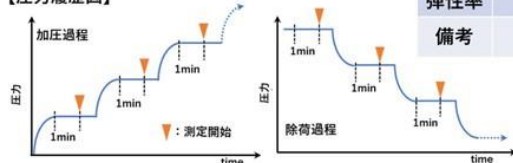


図 2.2-4-24 実験方法およびサンプル概要

図 2.2-4-25 に最大 750MPa までの加圧過程と減圧過程の厚み及び、充填率の圧力依存性を示す。図 2.2-4-25 の左に加圧・減圧した時の厚み変化を示す。図 2.2-4-25 の右に加圧・減圧した時のかさ密度を真密度で割り、充填率に換算した結果を示す。加圧するほど SE 粒子同士が塑性変形しながら緻密化し、SE①は最大 97.8%、SE②は 95.3%まで充填された。SE①よりも微粒化した SE②の方が充填率は低い結果となった。充填率は、粒度分布や弾性率、形状による影響もあると推測されることから、本結果を他の SE と比較する場合は、他のパラメータにも十分留意し比較する必要がある。

加圧時の圧粉過程により緻密化が進んだ SE ペレットは、減圧過程で厚みが増加、つまり充填率としては低下した。750MPa と 1MPa の充填率の差をスプリングバック量とすると、D50 によらずほぼ同程度の 4%となった。これは、同一組成であるため同程度となったと推測している。

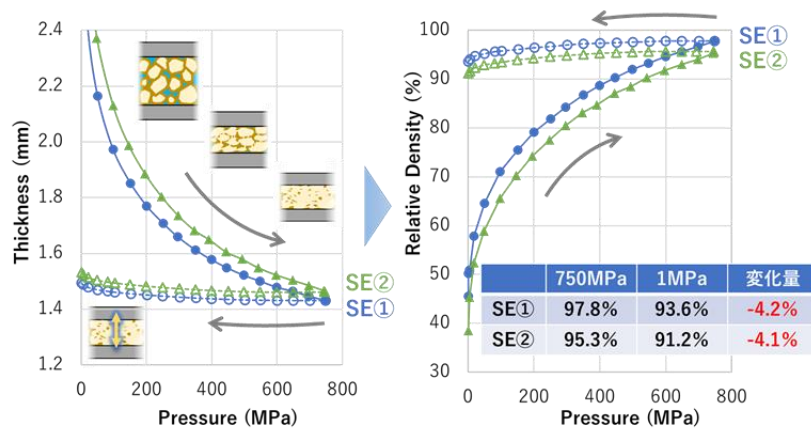


図 2.2-4-25 加圧・減圧過程における厚みおよび充填率の圧力依存性

図 2.2-4-26 にイオン伝導度の圧力依存性の結果を示す。図 2.2-4-26 の左上に SE①の加圧し塑性変形していく過程の EIS スペクトルを示す。加圧するほど低抵抗化することが確認できた。図 2.2-4-26 の左下に位相のボード線図を示す。粒界・粒内の時定数に近くなる数 MHz の高周波領域において、加圧するほど位相が小さくなった。これらの結果は、加圧により緻密になったことを示唆していると推測する。

図 2.2-4-26 の右にイオン伝導度に換算したグラフを示す。圧力をかけ緻密になるほどイオン伝導度は逐次的に向上せず、徐々に緩やかになった。SE①では 550MPa、SE②では 650MPa で極大となった。また、イオン伝導度は SE①の方が SE②よりも高くなった。これは、SE①は平均粒径が大きいため、体積当たりの粒界抵抗が小さく、その結果高いイオン伝導度を発現したと推測する。イオン伝導度最大となる圧力が SE①と SE②で異なるのは、SE②は上記粒界抵抗の割合が大きい事と充填性の違いによるものと推測する。

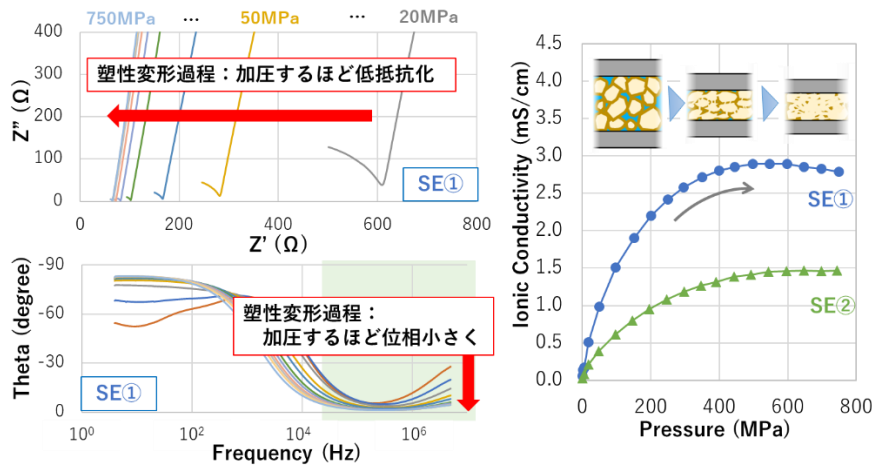


図 2.2-4-26 加圧過程における EIS スペクトルおよびイオン伝導度の圧力依存性

図 2.2-4-27 に減圧過程も追記した結果を示す。図 2.2-4-27 の左上は、減圧過程の EIS スペクトルを示している。加圧成形後の減圧過程では、更に抵抗が下がる挙動が観測され、抵抗の最小値は 100MPa となった。100MPa より更に低圧側では徐々に抵抗は増大した。図 2.2-4-27 の左下にボード線図を示す。加圧過程と比較して減圧過程では高周波領域の変化は小さく、数十～数 MPa という極低圧において大きくなった。図 2.2-4-27 の右にイオン伝導度の圧力依存性を示す。最大のイオン伝導度は圧力をかけた 750MPa の値から減圧過程において約 50%増加した。イオン伝導度の圧力依存性は、図 2.2-4-27 に示した充填率の圧力依存性とは異なり、極大値を持つことがわかった。

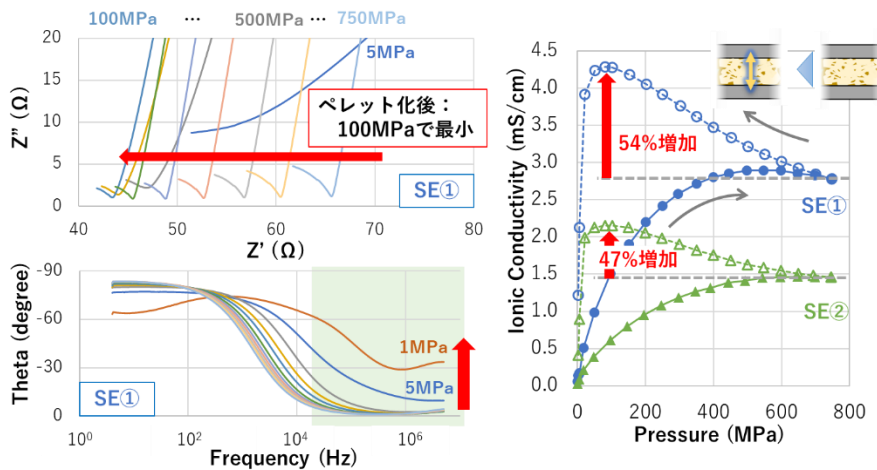


図 2.2-4-27 加圧・減圧過程における EIS スペクトルおよびイオン伝導度の圧力依存性

イオン伝導度の圧力依存性に関して、なぜ極大値を持つか考察を行った。考案したモデルを図 2.2-4-28 の右に示す。EIS スペクトルより読み取る SE のイオン伝導抵抗には 3 つの抵抗成分があると考えた。その抵抗成分とは、電極ピンと SE ペレット界面の抵抗 R_1 、SE と SE の粒界抵抗 R_2 、SE 内部の粒内抵抗 R_3 である。高圧で抵抗が低くなる抵抗成分は機械的な接触によるものと想定し、 R_1 と R_2 、高圧において抵抗が高くなる抵抗成分は SE の結晶内部の物性と考え R_3 とした。加圧成形過程においては SE 粒子同士がつぶれながらイオン伝導パスを形成していく過程であるため、 R_2 が支配的な圧力過程と考えた。高圧側でイオン伝導度が高止まりしている結果

は、 R_2 は低下しつつも SE 粒子同士が機械的に強固に接合したことで SE 内部へもより圧力が加わるようになり、 R_3 の影響も発現してきていると考えている。ペレット化後の減圧・加圧過程においては、十分緻密化されたことで R_2 の変化よりも高压側では R_3 が、低压では R_1 が支配的であると考えた。

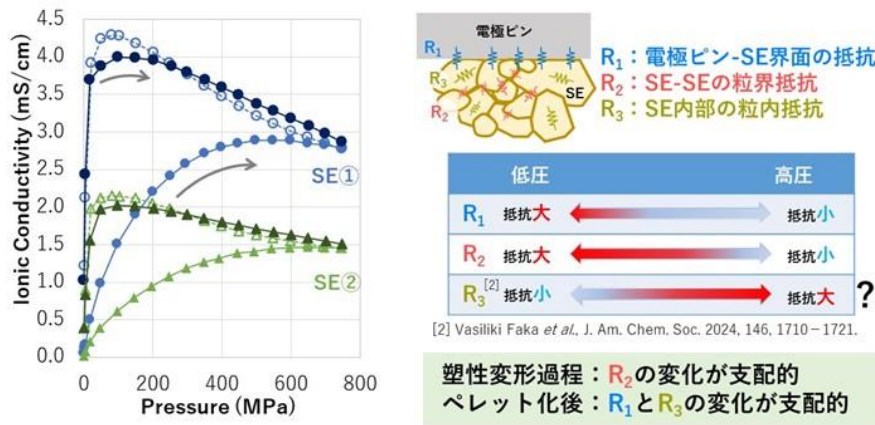


図 2.2-4-28 考案した抵抗成分モデル

粉体インピーダンス測定システムを用いて *in-situ* 加圧抵抗測定技術開発を行い、最大 750MPa までの SE の充填率(機械的特性)とイオン伝導度(電気的特性)の圧力特性を評価した。充填率は圧力が高いほど高くなることがわかった。また、イオン伝導度の圧力依存性を測定すると極大値を持つことがわかった。これは、SE の粒内・粒界抵抗の他に電極ピンと SE の界面抵抗があり、各抵抗成分の圧力依存性が異なっているためと考察した。

b) 高耐久化要素技術

正極活物質用の高耐久コート材の開発

硫化物系固体電解質(以下、硫化物系 SE)は、高いイオン伝導度を有する一方で、電位窓が狭く、酸化分解しやすいことが課題とされる。特に、アルジロダイト型硫化物系 SE では、安定な電位窓が約 1.72~2.34 V と報告され、高電位での使用に制限がある。

導電助剤の添加と LiNbO_3 コート層の厚さが全固体 LIB の性能に与える影響に着目して、詳細な解析を実施した。その結果、 LiNbO_3 コート層を厚くすると、コート層由来の抵抗成分が増大するが、導電助剤添加によって、この抵抗が低減されることを確認した。一方で、既存の研究では、導電助剤の添加が硫化物系 SE の劣化を促進する可能性が指摘されている。このため、本報告では、導電助剤の添加が全固体 LIB の性能に及ぼす影響をより詳細に理解することを目的とし、最終的に LiNbO_3 の厚膜化と導電助剤 (VGCF) 添加の組み合わせが電池性能にどのような影響を与えるかどうかを検証した。

b)-(ア) LiNbO_3 コート層の厚膜化と導電助剤の組み合わせによる耐久性の評価

図 2.2-4-29 は、フロート充電試験前後の充放電曲線および試験後の CC 容量維持率を示す。表面処理が施されていない未コート NCM523 セルは、 LiNbO_3 コートを施したサンプルと比較し

で最も低い容量維持率を示し、試験後には充放電動作が完全に停止した。この結果から、未コート NCM523 では高電圧条件下での著しい副反応が発生し、全固体 LIB の充放電性能が低下することが明らかとなった。一方、 LiNbO_3 コートを施したサンプルでは、コート層の厚さに応じて容量維持率が向上した。これらの結果は、正極合材に 3 wt% の VGCF が含まれている場合でも、厚い LiNbO_3 コート層が界面での副反応を大幅に抑制し、全固体 LIB の耐久性向上に寄与することを示している。

図 2.2-4-30 には、フロート充電試験前後の全セルにおけるナイキストプロットを示す。フロート充電試験後のインピーダンススペクトルにおいて、未コートまたは、 LiNbO_3 コートの厚みが薄いほど、抵抗が大きく増加する傾向が確認された。この結果から、 LiNbO_3 コート層を厚くすることで、コート層が薄い場合と比較して、界面での副反応や分解生成物の生成を抑制し、安定した固/固界面を形成することが示唆された。

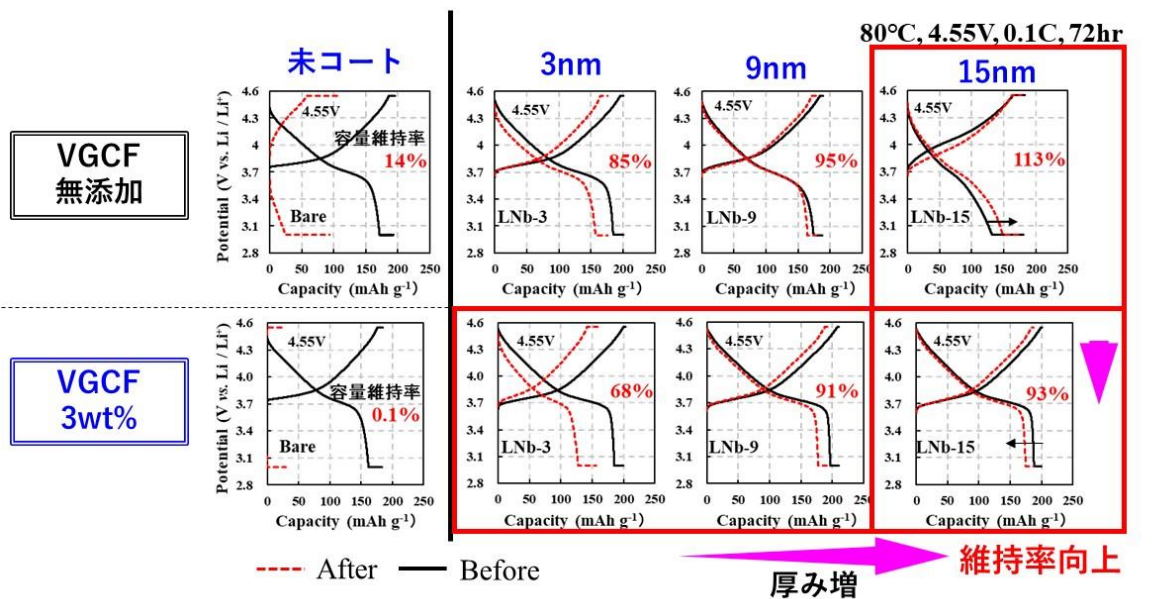


図 2.2-4-29 フロート試験前後の容量維持率

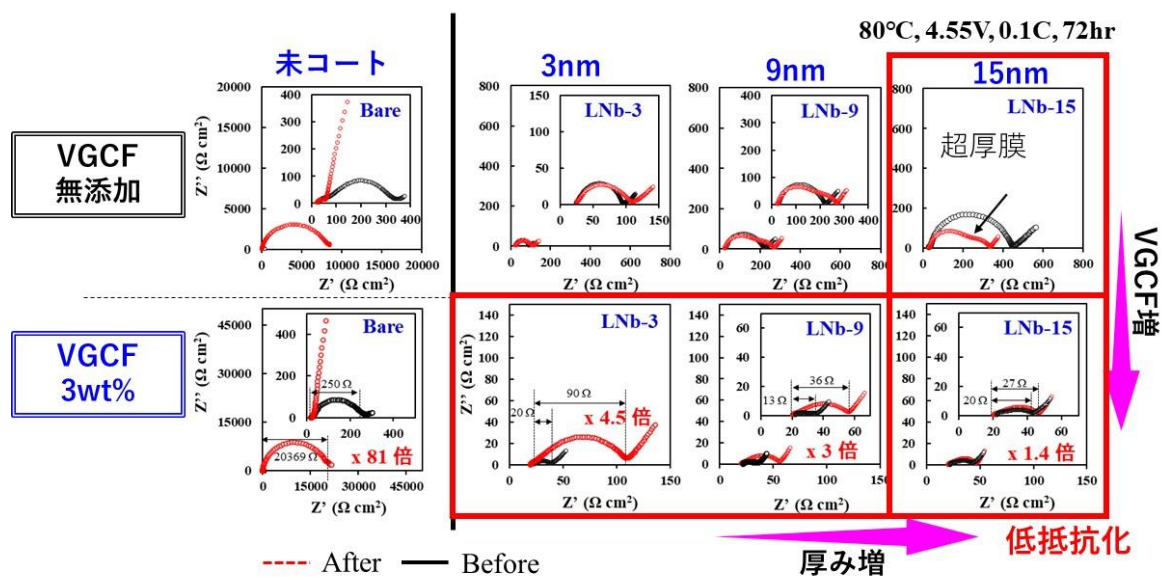


図 2.2-4-30 フロート試験前後の EIS 測定結果

b)-(イ) LiNbO₃コート層の厚膜化と VGCF 添加の組み合わせによる劣化機構の解明

これまでに実施した充放電試験および EIS 測定の結果をもとに、コート層厚みが 15nm の試料(LNb-15)の劣化モデルを図 2.2-4-31 の左に示す。VGCF 無添加試料と 3 wt%添加試料を比較した結果、VGCF を添加することで電子パスが増加し、初期容量が大幅に向上した。一方で、フロート充電試験後の容量低下が顕著に見られ、セル劣化が進行する可能性が高いことが示唆された。VGCF 無添加試料では電子パスが不足しており、孤立した未充放電の活物質が多く存在するため、初期容量が低く抑えられた。しかし、フロート充電試験後には容量の劣化がほとんど見られず、硫化物系 SE の劣化が抑制される可能性があると考えられた。この仮説を検証するために、VGCF 無添加試料と 3 wt%添加試料の XPS 分析を実施した。その結果を図 2.2-4-31 の右に示す。分析の結果、推測した劣化モデルと一致するように、VGCF 3 wt%添加試料では劣化前の試料と比較して XPS スペクトルのピークが広がり、S、P_xS_y、PO_x などの劣化生成物が VGCF 無添加試料に比べて多く生成されていることが確認された。この結果から、VGCF を添加することで正極合材層内の電位分布が均一化し、局所的な劣化ではなく、全面的に劣化が進行することが示唆された。

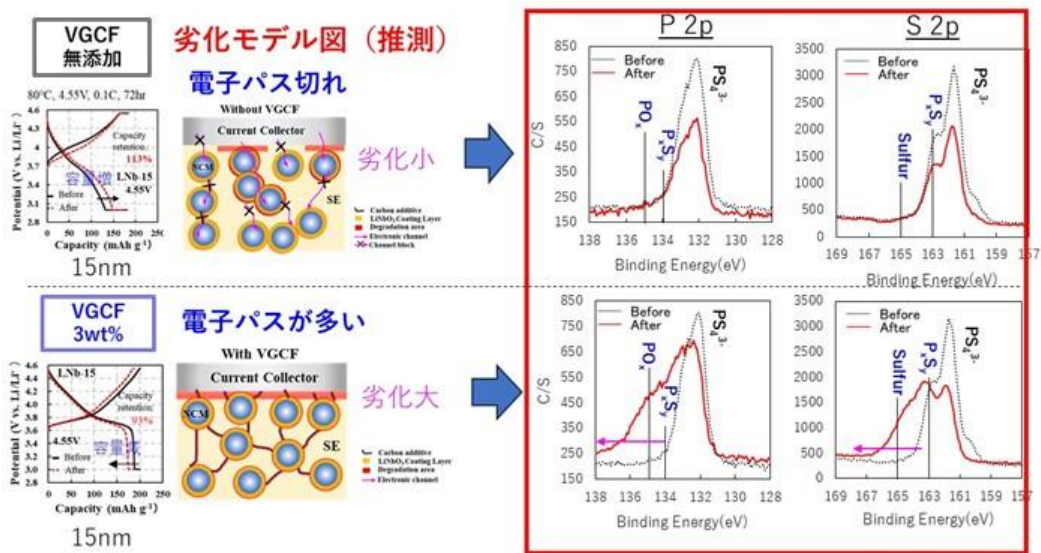


図 2.2-4-31 LNb-15 の劣化モデル(左)と XPS 分析結果(右)

VGCF 添加が硫化物系 SE の酸化劣化に及ぼす影響をより詳細に評価するため、未コート NCM523 および LiNbO₃ コート試料(LNb-3、LNb-9、LNb-15)のフロート試験後の XPS 分析を実施した。その結果を図 2.2-4-32 に示す。図 2.2-4-32(左)は、VGCF 添加の有無による PS₄³⁻ ユニットの残留量の変化を示している。VGCF を添加した試料では、添加前の試料と比較して PS₄³⁻ ユニットの残留量が全体的に低下しており、これにより合材層内での電位分布が均一化し、劣化が進行したことが示唆された。これは、VGCF 添加により局所的な導電性が改善される一方で、SE の酸化分解が促進される可能性を示している。

さらに、図 2.2-4-32(中)および(右)では、VGCF 添加の有無による S および P₂S_x の生成量と、SO_x および PO_x の生成量を比較している。VGCF を添加した試料では、S および P₂S_x の生成量が SO_x および PO_x の生成量を上回ることが確認され、硫化物系 SE 自体の酸化分解が劣化の主

要因であることを示唆している。この結果は、高電位領域において VGCF の添加により硫化物系 SE の酸化反応が加速し、S や P_2S_5 を含む劣化生成物が形成されることを示している。

これらの結果から、VGCF の添加は合材層内の電位均一化を促進する一方で、硫化物系 SE の酸化分解を進行させる要因となることが明らかになった。特に、VGCF が導電性を向上させることで、硫化物系 SE と正極活物質の界面での副反応が加速される可能性が示された。この知見は、VGCF の使用条件や界面設計の最適化が、硫化物系 SE の耐久性向上において重要であることを示唆している。

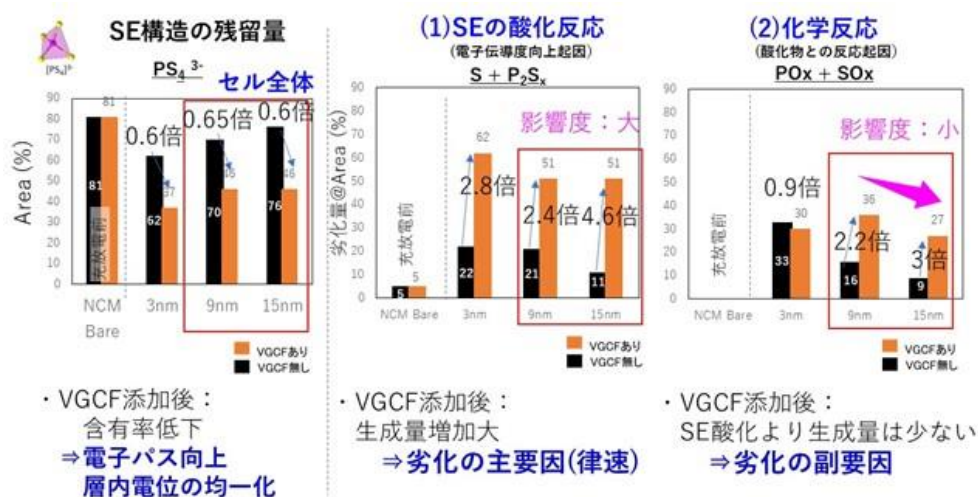


図 2.2-4-32 VGCF 添加の有無による PS_4^{3-} ユニットの残留量の変化

b)-(ウ) 劣化生成物と電池性能の関連に関する考察

本取り組みの全固体 LIB セルの劣化とその電池性能への影響について、耐久性試験前後の交流インピーダンス測定を基に考察した。図 2.2-4-30、図 2.2-4-33 に示すように、EIS の測定結果から算出した耐久試験前後の抵抗増大率を解析したところ、未コート品の抵抗増大率は最も大きく、約 81 倍に達した。このことから、硫化物系 SE の劣化に伴う元素の相互拡散が主要な劣化要因であることが示唆された。一方、LNb-3、LNb-9、および LNb-15 における抵抗増大率は、それぞれ 4.5 倍、3 倍、1.4 倍となった。これらの結果は、適切な保護コート層の形成により元素拡散が抑制され、電池の耐久性向上に寄与する可能性を示唆している。特に、LNb-15 では最も低い抵抗増大率が得られたことから、保護コート層の厚さが増加することで酸化反応や界面反応が抑制され、電池性能の安定化が期待できると考えられる。さらに、正極活物質表面に形成される保護コート層の膜厚と劣化の関係について詳細に検討した。その結果、膜厚 3nm の条件では未コート品と比較して元素拡散が低減し、抵抗増大倍率が抑制されたものの、一部未コート部が残存することで電子伝導度が依然として高い状態にあると考えられた。一方、膜厚 9 nm においては未コート部が消失し、電子伝導度の低下に伴い硫化物系 SE の酸化分解(S、 P_2S_5 の生成)が抑制される傾向が確認された。さらに、膜厚 15nm では酸化物との反応が低減し、最も小さい抵抗増大率を示した。

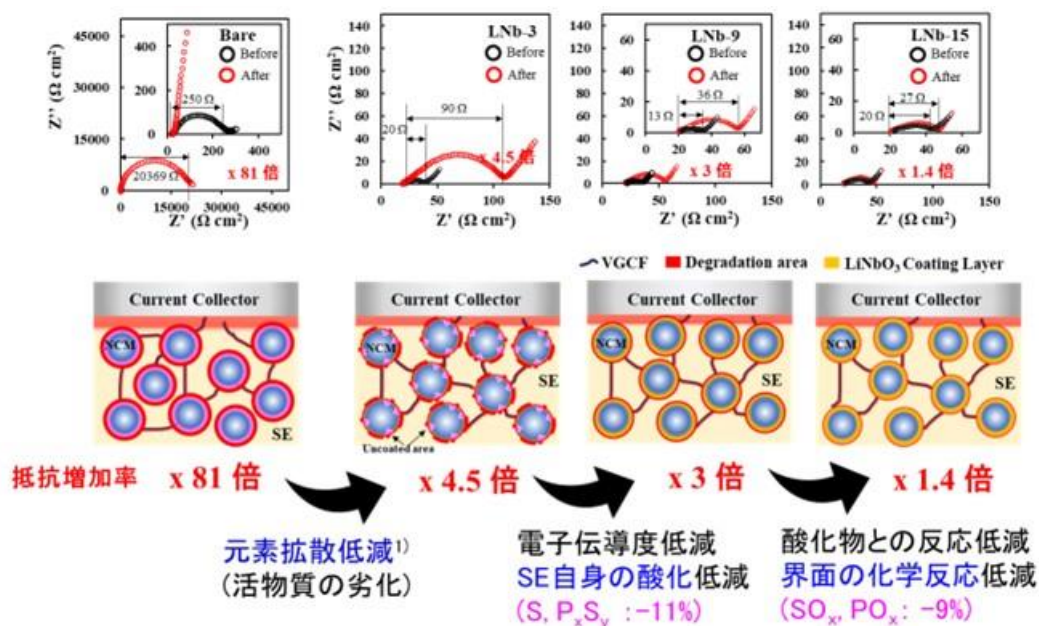


図 2.2-4-33 劣化生成物と電池性能の関連に関する考察

これらの結果を総合すると、劣化生成物と抵抗増大率の関係において、耐久性への影響度は(1) 元素拡散、(2) SE 自身の酸化、(3) 界面での化学反応 の順で大きいことが明らかとなった。したがって、コート層の適切な膜厚を設計することで、これらの劣化要因を効果的に抑制し、電池性能を向上させることが可能である。

b)-(エ) 全固体 LIB 用正極活物質への表面コーティング厚み効果検証

これまでの全固体 LIB の劣化に関する様々な検討の結果、充放電サイクル等により全固体 LIB の容量が不可逆的に低下する原因としては、正極においては SE の酸化や正極活物質の硫化などの副反応に由来する化学劣化、負極においては充放電に伴って黒鉛が膨張収縮することで負極内部に発生する粒子間の空隙やクラック、また負極と SE 層の間に金属リチウムが析出するのに伴う層間剥離などに由来する物理劣化に大別される。負極における物理劣化のメカニズムや方策要素技術開発については、低拘束圧化要素技術の項で述べることとし、本項では、正極における化学劣化に対する方策要素技術開発について説明する。

正極における化学劣化は、主として正極活物質や導電助剤が SE と接触している界面で発生している。材料レベルでは正極活物質への LiNbO₃ コーティングの厚みを増やすことが化学劣化抑制のために有効であると報告されてきた。そこで、小型ラミネートセルに LiNbO₃ コーティングを厚くした NCM523 を適用し、本委託事業における電池性能目標である室温での耐久性について評価検証した。図 2.2-4-34 に示したように NCM523 表面に施すコーティング厚みを厚くしたことで、全固体 LIB の耐久性はおよそ 10 ポイント改善し、化学劣化が正極活物質表面で発生しており、それを抑制することが耐久性向上に寄与すると確認できた。また、耐久性が改善できたのみならず、入力特性についてもコーティング厚みを増やすことで改善できており、図 2.2-4-35 に示したように 25℃、6C での充電容量維持率もおよそ 10 ポイント向上している。LiNbO₃ は電子伝導性を持たないため、正極内の電子伝導ネットワーク形成という観点では不利に働く要素であるが、化学劣化につながる界面での酸化分解および抵抗層形成を抑制できたことが抵抗増抑制につながり、

充電特性改善に寄与したと推定している。

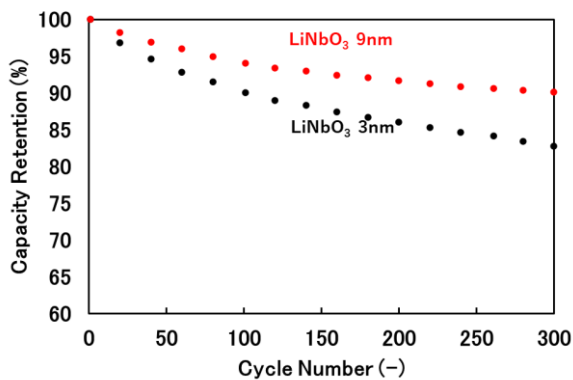


図 2.2-4-34 NCM523 への LiNbO₃コーティング厚みが異なる全固体 LIB の 25°C、1C 充放電サイクル特性

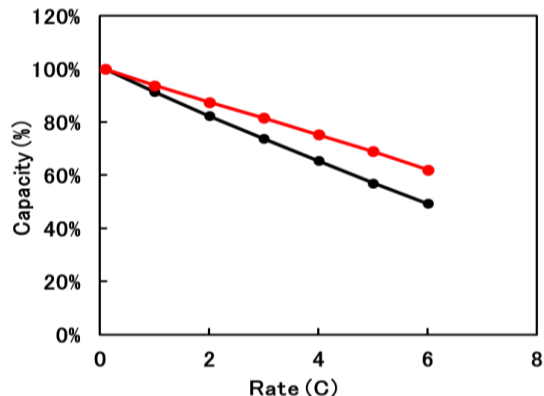


図 2.2-4-35 NCM523 への LiNbO₃コーティング厚みが異なる全固体 LIB の充電レート特性 (黒:LiNbO₃ 3nm 厚、赤:LiNbO₃ 9nm 厚)

c) 加速耐久評価技術

30 万 km の耐久評価を行うには、1C サイクルでも 1000cy 必要であり、3~4 か月程度の長期間の評価がかかるため、加速評価法の検討を実施した。SOLiD-EV プロジェクトで得られた成果として、正極では、活物質と固体電解質(SE)間で副反応による SE の酸化反応つまり化学的劣化が生じる。負極では、黒鉛の膨張収縮により SE 界面にクラックが発生しイオンや電子伝導パスが切れてしまう物理的劣化が生じることを確認している。そこで、温度と Δ SOC 範囲を区切った加速評価を行い、劣化挙動を確認することにより加速評価の妥当性を検討した。

c)-(ア) 温度加速評価

25°C~80°Cの範囲で1C 耐久評価を行った結果を図 2.2-4-36 に示す。温度上昇とともに、劣化は進行した。また、25~80°Cにおいて劣化量はアレニウスプロット上にあるため、同じ劣化機構であることがわかった。

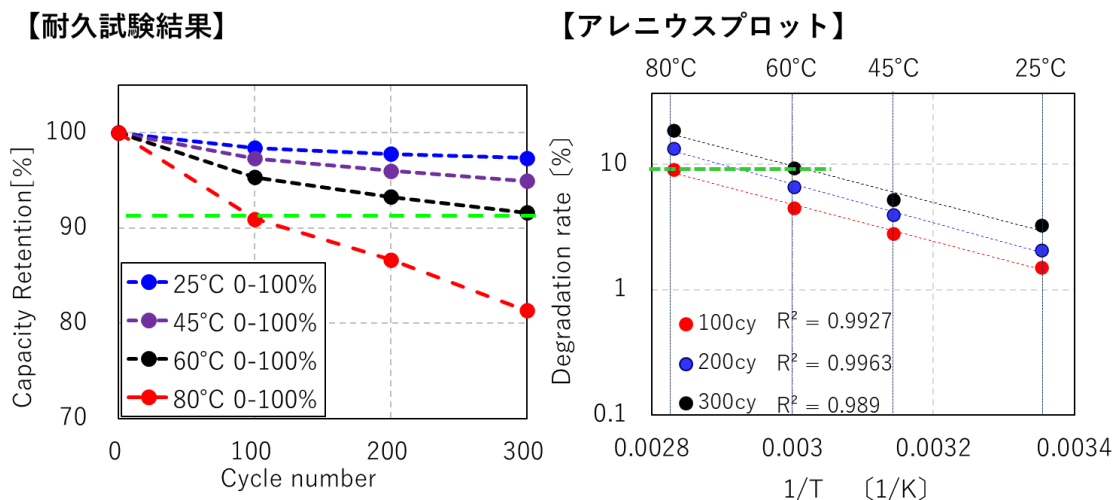


図 2.2-4-36 耐久試験の温度依存性

c)-(イ) 限定 SOC による加速評価

SOC と劣化との関係を把握するため、SOC 範囲を区切った充放電をおこない、SOC と固体電解質の基本骨格である PS₄⁻量との関係を XPS にて調査した。その結果、図 2.2-4-37 に示すように、SOC60%以上で正極中の固体電解質の PS₄⁻骨格が減少し化学劣化していることを明らかにした。

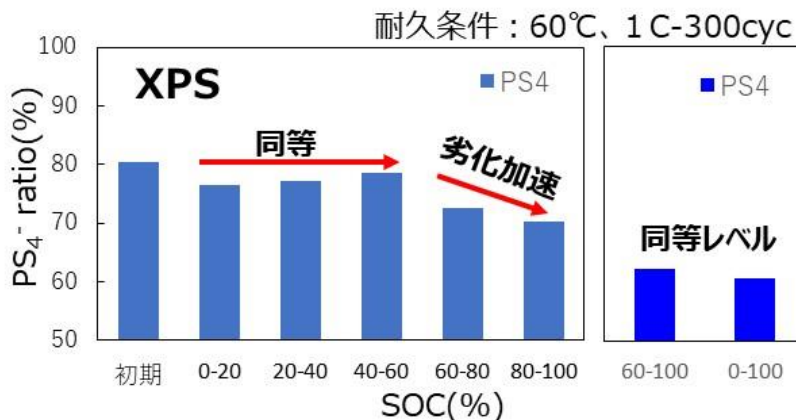


図 2.2-4-37 評価条件(SOC 範囲)と正極中の固体電解質の変化

次に負極黒鉛の膨張収縮による物理劣化の影響を把握するため充電時の負極の厚み変化を調査した。その結果、図 2.2-4-38 に示すように SOC60%以上で厚み変化が大きくなることが判明したため、SOC60-100%で劣化加速させることとした。

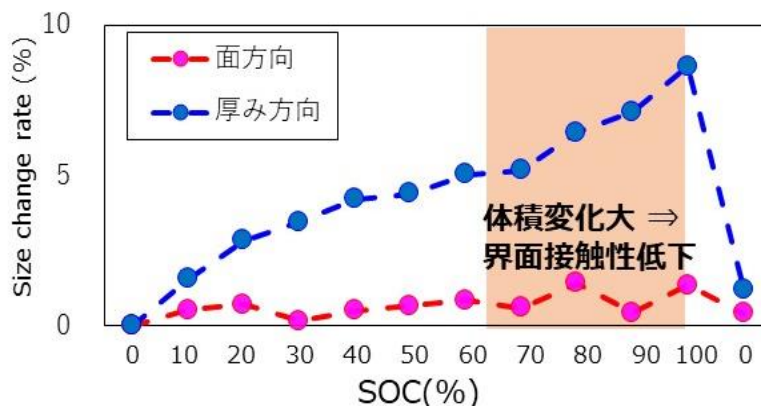


図 2.2-4-38 充電状態による負極の厚み変化

標準試験条件(60°C、SOC0-100%)と加速試験条件(80°C、SOC60-100%)で実施した耐久評価の結果を図 2.2-4-39 に示す。標準試験では容量維持率が 90%まで低下するのに 35 日程度日数がかかるところ、加速試験では 7 日程度と評価期間が 1/5 となり、5 倍の耐久評価試験加速効果があることがわかった。

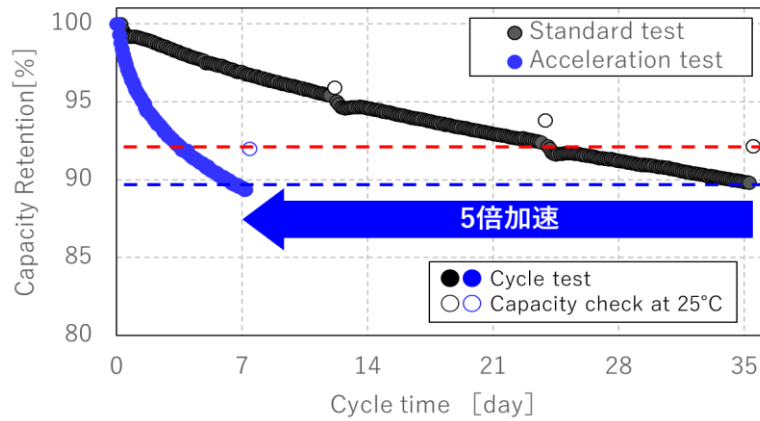


図 2.2-4-39 加速耐久評価の結果

d) 高入力化要素技術

d)-(ア) 全固体 LIB 用正極の設計およびプロセス適合

電池一般に通じることであるが、入出力特性を良好にするためには、電池抵抗の低減が重要である。全固体 LIB においては、液系 LIB と比較して界面での副反応がすくないと考えられているが、固体同士の接触に依存するイオン伝導形態であるため、活物質と SE の接触界面を出来るだけ増やすことや界面での酸化/還元分解を抑制すること、界面に電子やイオンを通さない絶縁体を出来るだけ配置しないことが重要である。それに加えて電極の構成成分を均一配置することも重要である。

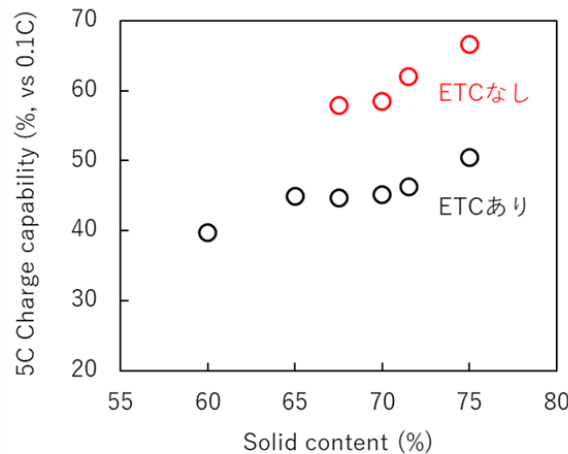


図 2.2-4-40 正極における ETC の有無や固形分濃度と 5C 充電レート特性の関係

これまでの研究の結果、電極構成成分を均一に配置するため、スラリー混練工程でスラリーを増粘させるために加えていた増粘剤であるエチルセルローズ(以下 ETC)が、全固体 LIB 用正極において抵抗成分となり入出力に悪影響することが示唆されていた。しかしながら、単純に不使用としてしまったのでは、スラリー混練、塗工にて得る正極の構造不均一性が助長されてしまう。そこで均一分散性を確認するためスラリーレオロジー特性のうち、低せん断ひずみにおける $\tan\delta$ が指標として有益であることに着目して検討をおこなった。ETC が無くても、 $\tan\delta$ が良好な値となる固形分濃度を探索するため、塗工正極の断面 SEM 観察を実施した結果、固形分に対する $\tan\delta$ の依

存性が小さい領域にすることで、塗工後も良好な分散性を保持した正極が得られることを確認できた。スラリーを塗工したのち、正極の乾燥が完了するまでに、構成成分粒子の流動を抑制して、正極構造の不均一化を抑制することが重要だと考えられる。

正極スラリーにおける ETC の有無や固形分濃度と充電レート特性の関係を図 2.2-4-40 に示した。適切な固形分濃度にすることで正極の均一性が良好になり、充電レート特性が向上することが確認できる。また、同等の固形分濃度において、ETC の有無により 5C 時の充電容量維持率が向上することもわかる。全固体 LIB 向け正極において ETC は作製上必要な材料であった一方で抵抗増加要因であったが、プロセス条件と併せて検証することで、電池特性とプロセス性の両者を満足する電極設計とすることができた。

e) 低拘束圧化要素技術

e)-(ア) 無体積変化正極材(LTVO)を用いた全固体 LIB の低拘束圧化検討

現行の全固体 LIB では正負極活物質が充放電中に体積変化するため固/固界面が剥離し性能劣化が生じる。そのため、界面接合を保つために外部治具を用いて高い拘束圧をかけ、その性能を維持している。しかし、車載用途等では、拘束具のスペース・重量増によるエネルギー密度減が想定され、拘束具を用いないことが望ましい。そこで、充放電過程で体積変化の無い正極活物質 ($\text{Li}_{8/7}\text{Ti}_{2/7}\text{V}_{4/7}\text{O}_2$; LTVO) を用いることによる全固体 LIB の拘束圧の低減を目指した。

2023 年に横浜国立大学 藪内らから報告された Disorder rocksalt structure の Li 過剰系 Ti・V 系材料 ($\text{Li}_{8/7}\text{Ti}_{2/7}\text{V}_{4/7}\text{O}_2$; 以下 LTVO) の XRD・SEM・充放電カーブを図 2.2-4-41 に示す。この正極活物質は、室温で 300 mAh/g 程度の可逆容量を示すことが報告されている (I, Konuma, and N, Yabuuchi, et al. A near dimensionally invariable high-capacity positive electrode material, Nature Materials 22, 225-234 (2023))。

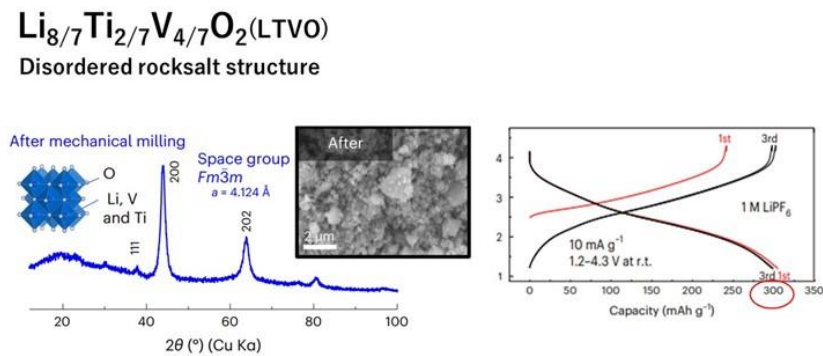


図 2.2-4-41 LTVO の XRD、SEM、充放電カーブ

図 2.2-4-42 に LTVO を用いた充放電中のオペランド XRD とそのハイライトを示す。充放電中の XRD パターンのピーク位置に変化がないことから、充放電過程での結晶構造変化および体積変化がないことが報告されている。本材料を全固体 LIB の正極材として用いることでセルの低拘束圧化を目的として検討を実施した。

充放電中のオペランドXRD

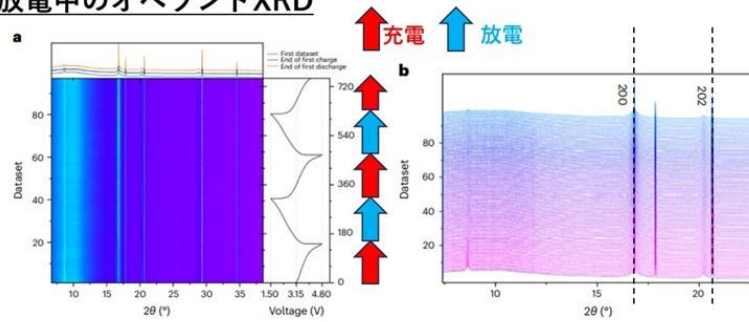


Fig. 3 | Structural characterization for nanosized $\text{Li}_{0.7}\text{Ti}_{2.7}\text{V}_{4.7}\text{O}_2$. a, An intensity contour map of operando XRD patterns on charge/discharge processes at a rate of 43 mA g^{-1} . b, The highlighted XRD patterns.

図 2.2-4-42 LTVO の Operando XRD(左)とピークハイライト(右)

まず、正極活物質に LTVO または NCM523 を用いた圧粉ハーフセルにて、拘束圧を変化させた時の充放電特性を評価した。図 2.2-4-43 に各拘束圧での 3 サイクル充放電容量を示す。LTVO を用いた場合、現行の圧粉セル拘束条件である 200MPa から 13MPa まで低下させても容量劣化が無いことを確認した。3MPa 条件では初期充電容量は得られたが、放電容量が得られない結果となった。これは In-Li 対極の影響が大きいと推定している。

NCM523 を用いた場合、200MPa から 20MPa および 20MPa から 13MPa と、低拘束圧化に伴い充放電容量が大幅に減少する結果となった。また NCM 系では、上述の LTVO 系とは逆に充電容量が先に減少する挙動がみられた。この結果より、LTVO の有用性を確認した。

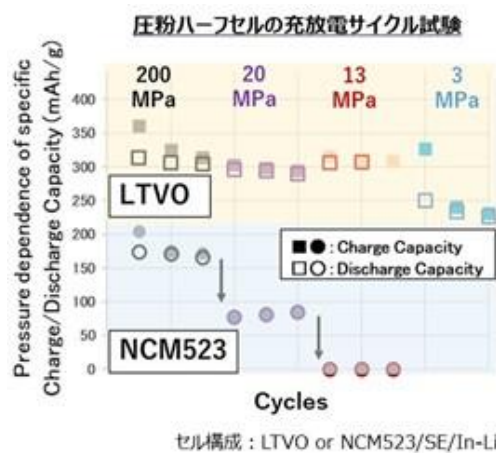


図 2.2-4-43 LTVO または NCM523 を用いた圧粉ハーフセルの拘束圧—充放電特性

次に LTVO を用いたさらなる低拘束圧検討を進めるべく、下記フローで圧粉体を用いたラミセルを作製した (図 2.2-4-44)。前項までの圧粉セルでの室温一軸プレスに加え、温間静水圧プレス (WIP) 処理を行った。作製したセルは右下完成図にあるように無拘束状態で電池評価を実施した。

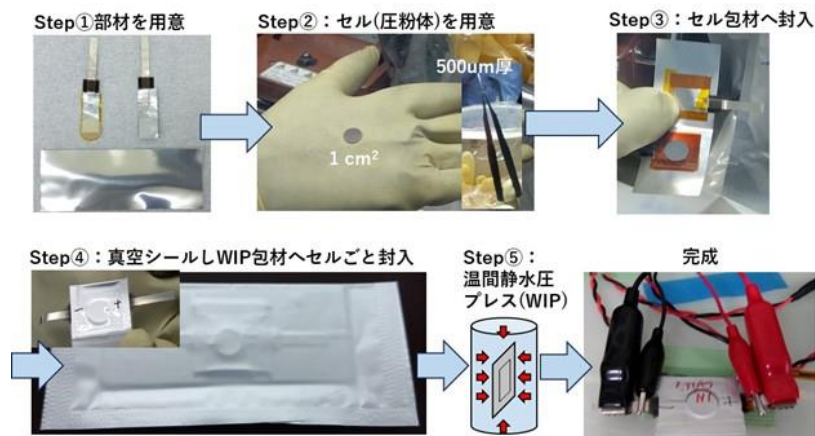


図 2.2-4-44 圧粉ラミセル作製フロー

作製した圧粉ラミセルの負極には黒鉛(グラファイト:Gr)を用い、充放電中の体積変化の小さい領域のみを使う設計とし負極の体積変化による影響が小さくなるように設計した。充放電サイクル試験の結果、100 サイクル後の容量維持率で 87%を示し、無拘束でも安定して充放電サイクルが可能であることを確認した(図 2.2-4-45)。

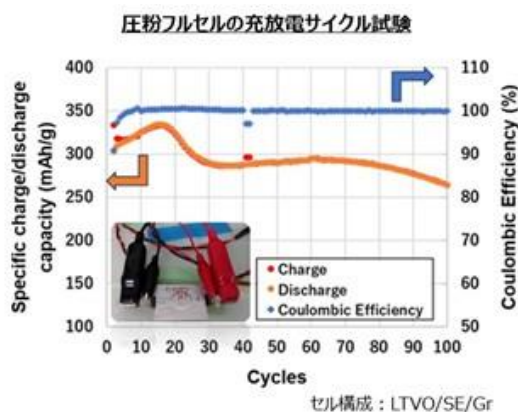


図 2.2-4-45 正極 LTVO-負極 Gr 圧粉ラミセルのサイクル試験結果

図 2.2-4-46 の左上の領域①~③の充放電容量の推移について考察を行った。①の充放電容量が増える領域については、LTVO 自体の電子伝導度が上がったことが一因と考えられる。横浜国立大学の報告では、遷移金属(ここではバナジウムイオン)の四面体サイトへのマイグレーションにより、静電相互作用が増加することが報告されている(Mizuki Nakajima, Naoaki Yabuuchi, Chem. Mater. 2017, 29, 6927-6935)。図 2.2-4-46 の下に同様のメカニズムを LTVO に当てはめたイメージ図を示す。まずサイクル初期段階では LTVO の活物質内部の電子伝導度が低く容量に寄与できていなかったものが、サイクル経過に伴い V イオンのサイト置換が起こり、より電子伝導効率が上がった結果、活物質内部まで容量に寄与できるようになり充放電容量が増加したと考えられる。領域②および③の充放電容量が減少する領域については、現在のところ負極 Gr の体積変化による抵抗増加の影響、LTVO や SE そのものの化学劣化や LTVO/SE 間の副反応による抵抗増加の影響を考えている。

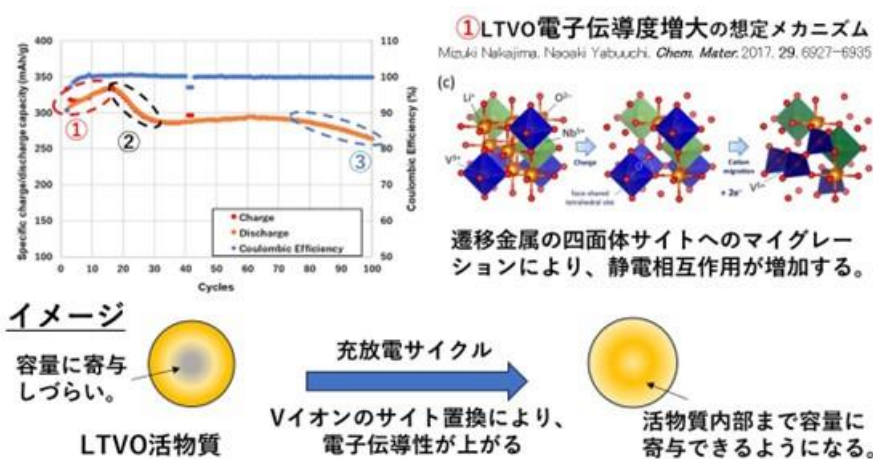


図 2.2-4-46 LTVO 充放電容量の推移要因考察

圧粉ハーフセルを用いて LTVO および NCM の低拘束圧化検討を行い、LTVO の有用性を確認した。また圧粉体を用いたラミセルを作製し、無拘束でサイクル試験を行ったところ、100 サイクル後の容量維持率が 87%を示し、LTVO などの体積変化の小さい電極材が全固体 LIB の低拘束圧化に有用であることが示唆された。

e)-(イ) 低拘束圧化と膨張収縮の検証

低拘束圧下での全固体 LIB の良好な特性発現に向け、低拘束圧における全固体 LIB 特性悪化の要因を明らかとするため、充放電中に拘束圧や充放電負荷によって全固体 LIB がどのように膨張収縮するかを解析し、これらの相関関係の解明を試みた。

図 2.2-4-47 には 10MPa で拘束した全固体 LIB について、0.1 から 2C の範囲で充放電負荷を変えた際の充放電サイクルにおけるセル厚み変化を示した。セル厚みが充電で増え放電で減った結果初期厚みに戻ること、高レートになるほど満充電時のセルが厚くなることが明らかとなった。セルの最大厚みと充電レートとの関係性を評価するため、満充電時の厚みから初期厚みを差し引いた値をセル厚み変化量とし、充電レートとの関係性について解析した。

図 2.2-4-48 より、0.1~0.4 C のセル厚み変化量は約 3.5 μm と拘束圧に関わらずほぼ一定であったが、2MPa 拘束では 0.6 C、5MPa、10MPa 拘束では 0.8 C、20MPa 拘束では 1.4C から変化量が増大し始めることが明らかとなった。現象理解のため、0.1C 充電時のセルについて In-Situ-断面 SEM 観察した結果、5MPa と 20MPa でセル膨張量はほぼ同等であった。このことから、0.1~0.4C のセル厚み変化量は、黒鉛に均一に Li が挿入されたことによる膨張と示唆された。また、3 C 充電時のセルについて In-Situ-断面 SEM 観察の結果からは、黒鉛と SE 粒子の接触面で Li 析出する様子が確認できたことに加え、3C 充電時に Operando での X 線ナノ CT 観察から、満充電時に負極層と SE 層の界面に、幅 2.5 μm のクラックが発生することを実際に確認した。これらの結果から、拘束圧が低くなったり、充電レートが高くなったりした際に、セル厚み変化量が急激に増大する要因としては、黒鉛に挿入されなかった析出 Li を起点とする負極層と SE 層間のクラックに由来することが明らかとなった。これらの結果は、低拘束圧下での全固体 LIB の特性悪化が、析出 Li を基点とする物理的な劣化に由来することを支持する。

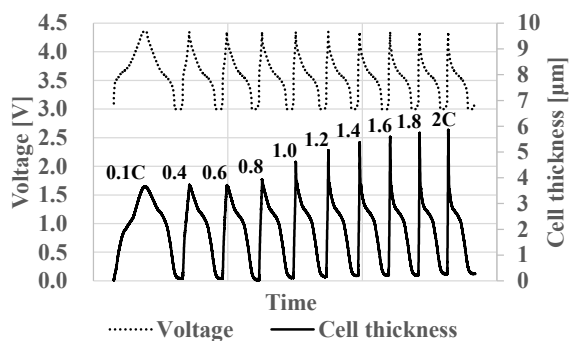


図 2.2-4-47 異なる充放電レートにおける全固体 LIB の厚みと電圧変化

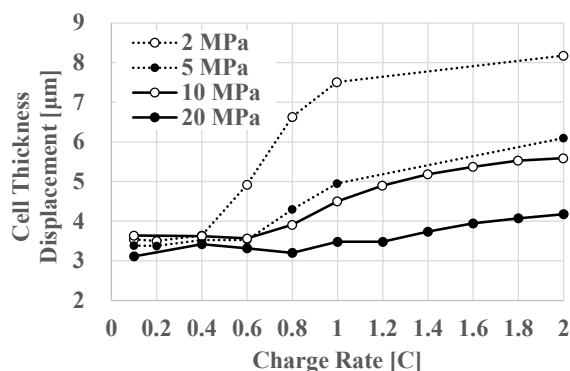


図 2.2-4-48 異なる拘束圧におけるセル厚み変位量の充電レート依存性

また低拘束圧化の障壁となる全固体 LIB の充放電中での挙動解析の他、低拘束圧下での全固体 LIB の良好な電池特性発現に向けて様々な要素技術を検討してきた。例えば、全固体 LIB の充放電性能が低拘束圧下で低下する要因として、充放電時に負極内で反応が不均一に進行し Li 析出やクラックが生じた結果、Li イオン伝導が阻害されることが挙げられる。負極活物質の一つであるハードカーボン(HC)はグラフェンがランダムに積層した非晶質材料であり、活物質内や SE との界面で円滑な Li イオン移動による反応均一化が黒鉛より期待できると考え、黒鉛と HC の混合負極を設計し、低拘束圧下での全固体 LIB 特性を評価した。

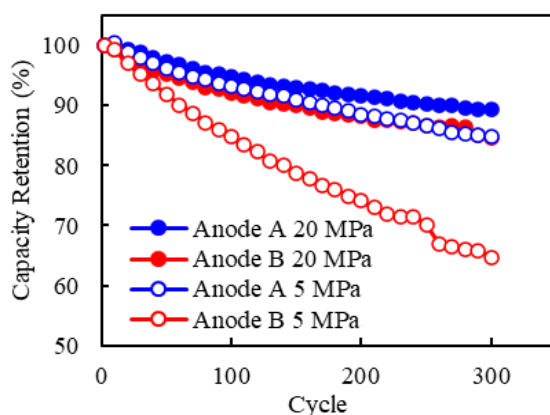


図 2.2-4-49 全固体 LIB の負極中の HC 有無による低拘束圧下での特性影響

全固体 LIB 用負極において、黒鉛と HC を混合した系を A、黒鉛のみを用いた系を B とし、拘束圧を 20MPa、5MPa と変えて 25°C 1C 充放電サイクルにおける放電容量維持率の推移を図 2.2-4-49 に示した。HC を混合した負極 A セルは、拘束圧によらず良好な容量維持率を示した一方で、黒鉛のみの負極 B セルは低拘束圧下では容量維持率が低下した。また 5MPa 拘束したセルについて、サイクル試験前後の抵抗値を比較すると A で抵抗が 1.7 倍に増加したのに対し、B では抵抗増加は 2.1 倍だった。これらの結果から、黒鉛と HC の混合によって低拘束圧下においても充放電中の負極合材中の反応が均一状態に近づき、Li 析出やクラックによる抵抗増加が抑えられたため耐久性が向上したと考察した。

f) 高安全化要素技術

SOLiD-EV プロジェクトにおいて全固体 LIB は 230℃で発熱挙動を示すものの 270℃以上の温度でも熱連鎖反応が抑えられることを確認した。発熱挙動の詳細を確認するため充電状態 (SOC100) の正極活物質 (NCM) 単体と正極合材の発熱と発生ガスを TG-TOFMS にて調査したところ、NCM 単体では加熱に伴い酸素 (O₂) が発生するが、固体電解質の入った正極合材では、硫黄ガス (S₂) が発生することを確認した (図 2.2-4-50)。これは、正極合材では NCM から発生した酸素が固体電解質と反応し硫黄ガスが発生したためと考えられる。

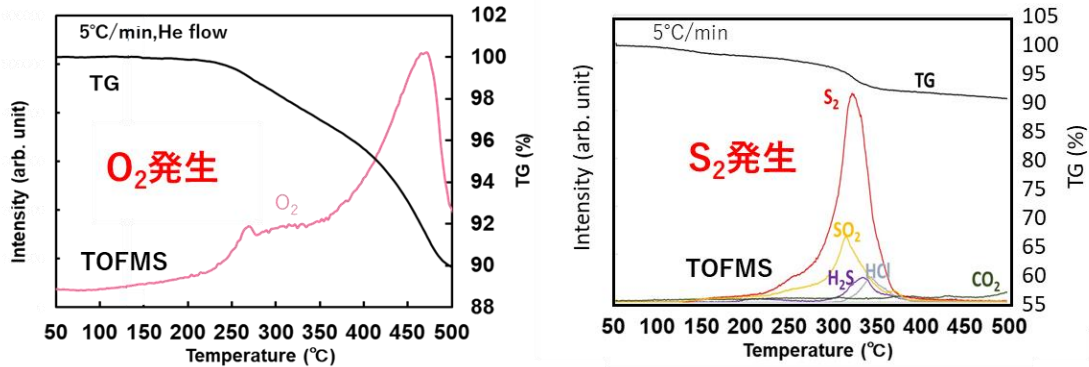


図 2.2-4-50 TG-TOFMS 測定結果
正極活物質 NCM のみ (左)、正極合材 (右)

2.2-5 成果の普及

(1) 特許出願・対外発表実績

本事業での特許及び論文、学会発表などの状況を表 2.2-5-1 に示す。特許は 2023 年度に 1 件、2 年目の 2024 年度には 7 件を出願し、出願予定の案件も控えている。いずれの特許もまだ公開前の段階である。今後の事業進展に伴い出願件数は増加が期待される。なお、特許については知財委員会における出願要否検討時に出願する案件については外国出願をすること前提として判断している。

研究開発成果の内、協調領域と判断されたものは積極的な論文投稿・学会発表を実施している。事業開始 2 年目ではあるが、電気化学会において賞を受賞するテーマもあり、対外的にも評価を受けている。

表 2.2-5-1 特許及び論文発表

種別	2023 年度	2024 年度	計
特許出願	1	7	8
論文(うち査読付)	1(1)	8(7)	9(8)
研究発表・講演	27	86	113
受賞実績	1	0	1
新聞・雑誌等への掲載	0	2	2
展示会への出展	0	0	0

(2) 情報発信

2.1-3 成果の実用化に向けた取組の項目にて記載の通り、事業期間中から論文、学会発表等による成果の公開を実施している。その他、電気化学会の電気化学セミナー等による講演の他、一般向けには図 2.2-5-1 のような形で NEDO の広報チャンネルを活用して、動画にて事業紹介を行っている。



図 2.2-5-1 NEDO の広報動画

第3章 マネジメント

3.1 実施体制

3.1-1 NEDO が実施する意義

本事業については、下記(1)～(5)に示す理由から、NEDO 事業として取り組む必要がある。

(1) 政策上の重要性

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。例えば、蓄電池に係る国の主要な政策の1つである蓄電池産業戦略(2022年8月に策定)では、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・確保することが目標に掲げられている。

(2) 産業界全体の競争力維持・向上

次世代電池の1つとして期待される全固体LIBにおいて、日本は知的財産も含め、世界トップクラスの技術力を有している。また、車載用電池の2030年頃の社会実装に向け、NEDOはグリーンイノベーション基金事業にて支援を実施している。本事業は、2030年以降に訪れると想定される全固体LIBの本格導入に向け、新規材料の開発を促進させるための標準電池モデルや評価手法及び、全固体LIBの共通課題である固固界面の現象解明と対策検討等の共通基盤技術開発を実施している。これらの研究開発は、自動車・蓄電池・材料・部材製造・測定機器メーカー等35法人及び大学・研究機関16法人の幅広い協調・連携体制により実施される。創出される成果は、産業界、学术界の発展に貢献するとともに、産業界の競争力維持・向上に大きく貢献する。

(3) 関係者間の利害調整

共通基盤技術の開発は、競合や売り手と買い手の関係を越えた連携・協調が必要となる。研究開発の進め方にあたっての情報の取扱いも含め、関係者の利害を調整し、関係者のメリットを最大化させる必要がある。この実現に向け、中立的な立場でマネジメントを行うNEDOの関与が必要である。

(4) 過去の蓄電池材料評価基盤技術開発におけるマネジメント経験の活用

蓄電池材料評価基盤技術の開発については、NEDOは「次世代蓄電池材料評価技術開発」(2010～2014年度)による液系LIBの取組から始まり15年以上取り組んできた。全固体LIBについては、「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」(2013～2017年度)の中の一部で取り組み、本格的な活動は「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」第2期(2018～2022年度)において産学連携による体制により行われた。自動車メーカー、蓄電池メーカー、材料メーカー等を組合員とする集中研に実用を想定した設備、評価体制を構築し、材料や解析等の高い専門性もつアカデ

ミアをサテライトして加える体制を構築して研究開発を推進した。三元系正極活物質、黒鉛系負極、硫化物系固体電解質を用いた系で、実用生産でも使用されるロール to ロールプロセスでシートタイプの、4×12.5cm 中型単層セルを作製し車載用蓄電池として適用可能なレベルの 450Wh/L のエネルギー密度を実証した。さらに、三元系正極活物質、シリコン系負極活物質を用いた 2cm 角単層の実証セルにおいて目標を上回る 860Wh/L の体積エネルギー密度を実証し高エネルギー密度化への可能性も示した。

これらの事業で蓄積された体制構築、開発技術の展開などのマネジメントの知見・ノウハウが本事業にも活用できる。

(5) 国内の蓄電池開発事業間の連携促進

文部科学省、科学技術振興機構(JST)及び経済産業省、NEDO と省庁の枠を越えた連携を効果的・効率的に行うため、各機関の事業に関係している有識者から構成される「文部科学省・経済産業省ガバニングボード(蓄電池)」(戦略コーディネーター:JST 理事長 橋本和仁)が設置されている。

NEDO 自動車・蓄電池部車載蓄電池ユニット長(本事業のプロジェクトマネージャー)は、このガバニングボードの構成員として参画し、省庁間連携の在り方等についてマネジメントレベルでの協議を実施し、文部科学省や JST 事業との連携に積極的に関与している。

3.1-2 実施体制

本事業全体の実施体制を図 3.1-2-1 に示す。集中研究拠点である LIBTEC に自動車・蓄電池・材料メーカー等、34 法人が研究者・エンジニアを派遣するなどして、相互に技術的ノウハウや自社材料等を持ち寄る企業間連携の体制を構築している。日本は川上から川下まで電池産業の各分野で活躍する企業が存在し、本事業でも組合員企業として参画する。この事業推進体制は世界的にも貴重であり、容易に構築できるものではない。なお、本事業開始以降に組合員企業として新たに 11 法人((株)ENEOS マテリアル、東亜合成(株)、住友化学(株)、(株)小松製作所、マツダ(株)、日置電機(株)、(株)アイシン、(株)SUBARU、AGC(株)、(株)いすゞ中央研究所、ライオン・スペシャリティ・ケミカルズ(株))が参画した。

LIBTEC 内に「第 1 研究部 材料開発(T1)」、「第 2 研究部 設計・プロセス開発(T2)」、「第 3 研究部 標準電池・評価(T3)」、「第 4 研究部 計算・解析(T4)」の 4 つの研究部を設け、これらの研究部を中心に研究開発を実施している。また、本事業には、大学・研究機関 16 法人(20 研究室)が参画し、各自の専門性を持ち寄り、LIBTEC と連携しながら研究開発を進めている。

さらに本事業では、LIBTEC のプロパーのみで構成される「材料評価法妥当性検証チーム(妥当性検証 T)」を編成し、参画企業が秘密情報を含む先端材料を提供しやすい環境を構築することで、開発された標準電池モデルや評価法の検証を多数の材料にて実施可能としている。なお、外部連携部は、他の NEDO 事業や文部科学省・JST 事業等と 4 研究部をつなぐ連携窓口として機能している。

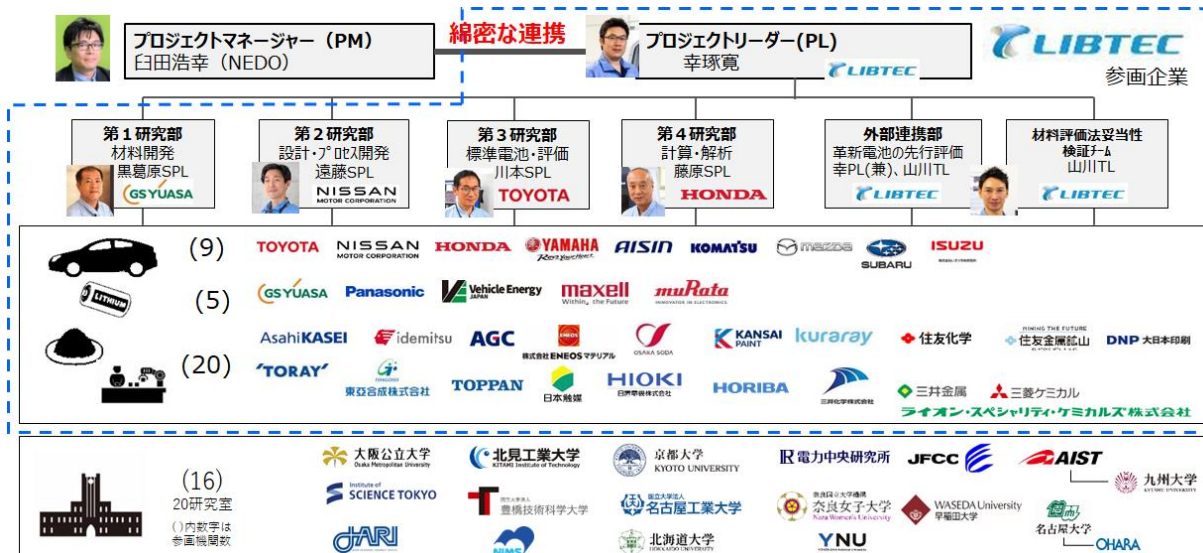


図 3.1-2-1 事業の実施体制

3.1-3 個別事業の採択プロセス

本事業では、公募予告を2022年12月26日から開始し、本公募を2023年1月24日から2月22日までの期間で実施した。採択審査は、1.基本計画の目的、目標との整合性、2.新規性・技術優位性、3.提案内容・研究計画の実現性、4.研究体制、5.研究遂行能力、6.実用化の見込み等の観点から実施された。結果、LIBTECを代表機関とする提案を採択し、2023年3月31日に本事業の実施体制を決定した。なお、採択審査の体制を表3.1-3-1に示す。採択審査は、技術や実用化の観点から十分審査が可能な体制により実施された。

表 3.1-3-1 採択審査委員会 委員一覧

	氏名	所属、役職
委員長	稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
委員	今西 誠之	三重大学 大学院 工学研究科 教授
	下田 景士	立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構 准教授
	林 克也	エクシオグループ株式会社 電気・環境・スマートエネルギー 事業本部 スマートエネルギー本部 担当部長
	松本 太	神奈川大学 工学部 物質生命化学科 教授

(所属、役職は採択審査委員会時点)

3.2 受益者負担の考え方及び研究開発予算

本事業は将来の全固体 LIB 材料開発を加速させるため、業界の協調領域として取り組むとともに、全固体 LIB の課題について現象解明等の基礎的研究を産学連携で実施する共通基盤研究開発であることから、委託事業としての実施が妥当である。

表 3.2-1 に 2023 年度から 2025 年度までの 3 年間の予算推移を示す。3 年間で約 54 億円の予算規模である。集中研究拠点の LIBTEC においては、要素技術開発と標準電池モデルの作製に必要な機器の購入や保守のための費用、研究員の人件費の他、電池試作関連の消耗品、材料の加工や分析を実施するための外注等に予算を活用した。また、サテライトにおいては、担当する基盤研究の遂行に必要な経費として予算を活用した。

表 3.2-1 研究開発予算 (単位:百万円)

	2023 年度	2024 年度	2025 年度	合 計
集中研究拠点 (LIBTEC) の予算	1,162	1,377	1,393	3,932
サテライト (大学・研究機関) の予算	544	500	487	1,531
合計 (NEDO 委託費)	1,706	1,877	1,880	5,463

3.3 研究開発計画

3.3-1 研究開発の内容とスケジュール

研究開発の内容を目標と合わせて表 3.3-1-1 に、研究開発スケジュールを表 3.3-1-2 に示す。

研究開発区分①～③は、LIBTEC 内に設ける 4 つの研究部およびサテライトが連携して行う。LIBTEC 内に設ける第 1～4 研究部(T1～T4)および材料評価法妥当性検証チーム(妥当性検証 T)の体制と主な役割については図 3.1.2-1 に示している。T1 は主に材料、T2 は主に電池の設計とプロセス、T3 は主に標準電池モデルの開発と評価、T4 は主に計算科学と解析をそれぞれ担当する。特に、固体電解質の開発においては、T1 が分散研究拠点(分室)の出光興産(株)・三井金属鉱業(株)とそれぞれ連携し、微粒化・粒度制御等による複合化に適した固体電解質の開発を実施する。

これらに加え、プロジェクト推進業務を担当する委託事業推進室と、外部の蓄電池プロジェクトとの連携および全固体 LIB との比較用としての液系 LIB の試作を担当する外部連携部を設置して、円滑なプロジェクト運営を図る。

表 3.3-1-1 研究開発区分とそれぞれの中間目標と最終目標

研究開発区分	研究開発内容	中間目標(2025年度末)	最終目標(2027年度末)
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。	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。	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。	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450Wh/L以上を目安とする。	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。
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。		

表 3.3-1-2 研究開発スケジュール

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
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）		標準電池モデルの開発			
	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					
			検証		検証	
評価時期			中間評価			終了時評価

3.3-2 進捗管理

(1) NEDO による進捗管理

① NEDO 担当部による進捗管理

NEDO は、本事業の研究開発テーマ毎に複数名の NEDO 担当者を配置して、実施者の研究進捗を把握するとともに、目標への到達度、成果の技術的意義、実用化の可能性、産業への波及効果等も分析・評価しながら、事業のマネジメントを推進している。

NEDO による具体的な進捗管理の事例としては次のとおりである。

- a) PM と PL とのホットラインを構築し、いつでも情報交換や意思決定が行えるネットワークを構築。
- b) 機会を設けて PM や NEDO 担当者が LIBTEC を訪問し、研究開発状況や研究設備の稼働状況を確認。また必要に応じオンライン会議、電話により状況を確認。
- c) 定期的で開催される「研究開発チーム会議」(LIBTEC 主催)に NEDO 担当者も出席し、チーム単位での研究開発進捗を確認。
- d) 年に 1～2 回、NEDO 担当者が大学・研究機関を訪問し、研究開発状況や研究設備の稼働状況を確認。
- e) 年に 1～2 回開催される「SOLiD-Next 技術シンポジウム」(LIBTEC 主催)に NEDO 担当者も出席し、事業全体の研究進捗を確認。
- f) 毎月、労務費が計上される登録研究員から提出される従事月報について内容を確認し、登録研究員ベースでの研究開発に遅滞が生じていないことを確認。
- g) 年度途中において、全実施者に予算執行状況の報告を求め、研究設備の導入状況や消耗品の購入状況から委託先単位での研究開発の遅延が発生していないことを確認。

② 外部有識者による進捗点検(「NEDO 技術委員会」の開催)

NEDO は、外部有識者で構成される「NEDO 技術委員会」を設置・運営し、研究開発内容に関する技術的な助言や事業全体の運営管理に関する助言・指摘をすくい上げながら、事業を推進している。NEDO 技術委員会での助言・指摘は、必要に応じて、事業の実施方針や各実施者の研究計画に反映している。

これまでに、第 1 回(2023 年 11 月 2 日)、第 2 回(2024 年 2 月 2 日)、第 3 回(2024 年 10 月 22 日)、第 4 回(2025 年 2 月 7 日)、第 5 回(2025 年 4 月 11 日)の合計 5 会合を開催した。

第 1 回では取り組み方針について議論した。第 2 回では 2023 年度の成果と 2024 年度の取組及び予算について議論した。第 3 回では現状の技術課題と解決策、目標のあり方について詳細な状況報告と議論を実施した。第 4 回では中間目標に向けて事業の状況と目標達成状況、対応について議論した。第 5 回では 2 年間の成果の纏めを報告し課題や今後の取り組み方針について議論した。本事業の技術委員会では実施者側からの相談事項の議題も設置し、実施者がより直截的に技術委員からの助言を得られるよう配慮している。2023 年 10 月以降の NEDO 技術委員会のメンバー構成を表 3.3-2-1 に示す。

表 3.3-2-1 NEDO 技術委員会 委員一覧(2023 年 10 月～)

	氏名	所属、役職
委員長	稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
委員	射場 英紀	トヨタ自動車 先端材料技術部 チーフプロフェッショナルエンジニア
	桑畑 進	大阪大学 名誉教授
	白井 敦史	本田技術研究所 先進技術研究所 材料プロセス領域 チーフエンジニア
	秦野 正治	日産自動車 総合研究所 先端材料・プロセス研究所 技術参与
	船引 厚志	GSユアサ 研究開発センター 先進固体電池開発部 部長

(所属、役職は 2025 年 3 月末時点)

③ サテライト機関のステージゲート審査の実施について

2025 年後半に本事業の研究進捗管理の一環として、サテライトの各大学・研究機関が実施している個別の研究開発を対象としたステージゲート審査を全研究開発テーマについて実施する予定である。

ステージゲート審査は、本事業を所管する NEDO 自動車・蓄電池部車載蓄電池ユニットが主体となり、前半 3 年間の目標達成度、これまでの研究開発成果、本事業への貢献(集中研究拠点との連携)、後半 2 年間の研究計画、研究成果の本事業及び産業界での活用見通し等を中心に審査を実施する予定である。この審査の結果に基づき、2026 年度以降における委託契約継続の可否、契約継続する場合の研究内容(技術の取捨選択や技術の融合)等を判断する予定としている。

(4) 進捗管理:動向・情勢変化への対応

金属 Li 負極は、Si 負極と並び次世代負極として期待される材料である。事業開始以降、日本の自動車メーカーが金属 Li 負極を採用する動きが見られた。各国でも取組が活発化する中、速やかに対応が必要と考え、金属 Li を負極に活用した場合の新規材料評価基盤の検討に着手した。本事業では、本取組に技術委員会での議論も経て、2024 年度に 2,000 万円の予算を増額している。

なお、本取組を通じて、金属 Li 負極のあらゆる要素技術開発を実施することになる。結果、基盤的な知見を日本の全固体 LIB 開発メーカーに提供することにもなるため、各社の開発加速も期待される。

3.3-3 他事業との関係

蓄電池分野においては、効果的・効率的な連携・協力に向け、経済産業省、文部科学省、NEDO、JST 及び、これら蓄電池事業に関係している有識者から構成される「文部科学省・経済産業省ガバニングボード(蓄電池)」(戦略コーディネーター:国立研究開発法人 科学技術振興機構 理事長 橋本和仁)が設置されている。NEDO 自動車・蓄電池部 車載蓄電池ユニット長(本事業のプロジェクトマネージャー)や本事業のプロジェクトリーダー(PL)は、このガバニングボードの構成員であり、図 3.3-3-1 に示すように、NEDO の事業間だけでなく、JST、文科省事業といった省庁の枠

を越えた連携関係を構築し、シナジー効果の獲得に取り組んでいる。

NEDO は、PL と相談しつつ、プロジェクト開始以降、NEDO 事業「電気自動車用革新型蓄電池開発 (RISING3)」及び、科学技術振興機構 (JST) 事業「革新的 GX 技術創出事業蓄電池領域 (GteX)」との連携を進めてきた。RISING3 については、同プロジェクトが培ってきた高度解析技術の全固体 LIB への応用に関して事業間の連携を実施している。また、GteX との連携では、GteX 側から、次世代全固体 LIB 用材料として期待される新材料の提供や新技術に関する情報の共有を受け、LIBTEC にてセル試作、特性評価を実施し、評価結果を提供する等の活動を実施している。さらに、2022 年度からは新たに JST 事業「共創の場形成支援プログラム (COI-NEXT) 環境エネルギー分野／先進蓄電池研究開発拠点」との連携している。

グリーンイノベーション基金事業に対しては同事業が助成事業であることから、上記事業との連携とは多少異なるが、本事業の目的である「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」は現に研究開発、製品開発を推進している企業に対して材料、電池の水準の提示、共通課題に対する情報、解決法を提示するものであり情報公開や性能評価を通じて開発促進に寄与している。

なお、これらの連携は研究開発だけでなく、相互に研究情報の共有化を図っていることから、我が国の全固体電池研究開発の効率的・効果的な推進や技術の底上げにもつながっている。



図 3.3-3-1 他事業との連携

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」 基本計画

自動車・蓄電池部

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。）に NEDO 自動車・蓄電池部 白田 浩幸 車載蓄電池ユニット長を指名する。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、終了時評価を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

2024年8月 組織改編による部署名変更にともなう改訂

(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)

研究開発事業に係る事前評価書

事業名	次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術の開発事業	
担当部署	経済産業省製造産業局 素材産業課 自動車課 商務情報政策局 情報産業課電池産業室 (国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) スマートコミュニティ・エネルギーシステム部	
事業期間	2023 年度～2027 年度 (5 年間)	
概算要求額	2023 年度 2,000 (百万円)	
会計区分	<input type="checkbox"/> 一般会計 / <input checked="" type="checkbox"/> エネルギー対策特別会計	
実施形態	経産省 (交付金) → NEDO (委託) → 事業者	
類型	<input type="checkbox"/> 複数課題プログラム / <input checked="" type="checkbox"/> 研究開発プロジェクト / <input type="checkbox"/> 研究資金制度	
事業目的	<p>現行の液系 LIB を越える性能を引き出した次世代全固体 LIB の早期社会実装と普及に向けた、次世代全固体 LIB 材料の共通開発基盤構築を目的に、新材料の評価技術・指標の確立、サイエンスによる原理現象解明とそれらに基づく電極・セル要素技術開発を推進する。</p> <p>車載用蓄電池市場の急速な拡大に対応し、蓄電池産業及び素材産業の活性化と将来にわたる継続的な研究開発を促すことによる競争力の強化を図り、GI 基金事業をはじめとする全固体 LIB の開発の加速とリスク低減に貢献する。</p>	
事業内容 (アクティビティ)	<p>研究開発項目「次世代全固体 LIB 基盤技術開発」として、以下を実施する。</p> <p>(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の確立。(機構解明のための評価解析用電池モデルの提供)</p> <p>(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、およびそのための高度分析・解析技術の構築。</p> <p>(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・セル化技術 (標準電池モデル作成技術)、および開発技術の検証。標準化を想定した試験評価データの蓄積と試験条件案の策定。 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。</p>	
	研究開発目標 (アウトプット目標) の指標	研究開発目標 (アウトプット目標)
中間目標 (2025 年度)	次世代材料評価技術(標準電池モデルなど)の一次仕様 (コンセプト) の提示	2 件以上
	固固界面課題を解決する個々の要素技術の達成度を測る指標としての耐久性 (容量密度 450Wh/L を前提)	EV10 万 km 走行を想定した充放電試験後の容量維持率 70%以上
最終目標	次世代材料評価技術(標準電池モデルなど)開発	2 件以上

(2027年度)	件数	
	固固界面課題を解決する個々の要素技術の達成度を測る指標としての耐久性 (容量密度 450Wh/L を前提)	EV30万 km 走行を想定した充放電試験後の容量維持率 70%以上
研究開発成果（アウトプット）の受け手		
蓄電池メーカー、蓄電池材料メーカー、自動車メーカー 大学・研究機関		
アウトカム指標		アウトカム目標
2040年	EV・PHEV用全固体LIBパック売上げ	2.1兆円/年
2040年	上記全固体LIBパックを搭載したEV・PHEV普及によるCO2削減量（世界）	1400万t/年
外部専門家		
石原 達己	九州大学大学院工学研究院 教授	
豊田 昌宏	大分大学理工学部 教授	
林 克也	エクシオグループ株式会社 担当部長	(五十音順)
総合評価コメント		
石原氏	<p>【肯定的意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・車両のEV化において安全性が高く、高容量の固体電池の開発への要望が高く、社会的なニーズに合っている。 ・先行プロジェクトから、引き続き検討を行うことで、継続性と初期投資が省けるメリットがある。 ・社会的要望の高い全固体LIBの基礎研究は、遅れている固体電池の開発課題の解決に資することが期待され、実用化の時期を早めることに有効である。 ・単独の企業や大学だけでは取り組みにくい基盤的な界面の課題に、総合的に取り組むことで、理想的な全固体電池の共通基盤の確立が期待できる。 ・個別の課題と共通の課題の線引きが行われており、オープンとクローズ戦略が明確で、チームとして取り組みやすい仕組みづくりが工夫されている。 	
	<p>【問題点・改善すべき点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・先行プロジェクトである程度の課題が明確になっているはずなので、後継プロジェクトとしてはその課題を改善する計画になっているべきだが、目標に先行プロジェクトでの課題がどう反映されているかが明確でない。 ・電池構造で、エネルギー密度などが変わるので、具体的な目標数値を挙げないということであるが、ある程度の数値目標が無いとプロジェクトとしての意義や成果の評価が明確にならない。とくに劣化率や寿命の見通し、製造の省エネ性など、全固体電池としての課題の解決指標を定量的に議論するべきである。 ・アカデミアとメーカーの役割分担が必ずしも明確になっていない。共通基盤の成果の分配を行う方法が明確とは言い難い。 	

<p>豊田氏</p>	<p>【肯定的意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グリーン成長戦略において、CO2の大幅な削減が必須である。一方、全固体電池材料は、安全性と高い性能から、液LIBに替わる蓄電デバイスであり、2030年の実用化を目指すのであれば、企業単独での研究開発に頼るのではなく、総合的に国策として取組む必要のある事業である。 ・これまでに全固体電池の材料開発は、NEDOを主体に実施されている。その成果をより確実なものにするためには、継続して実施することが望ましい。 ・液LIBではコスト等の問題から、シェアを落としていった。同様のことが起こらないようにNEDOとして取り組んで戴きたい。 ・当該分野の技術の優位性を世界の中でも確立していく上で、推進すべきプロジェクトである。 <p>【問題点・改善すべき点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全固体電池材料の開発に関しては幾つかの事業が並行して進められている。企業としてそれら複数の事業に申請されることも十分に考えられる。事業間での企業の棲み分け、企業等の間での関係について、「課題提起」、「技術提供」等は進めていけると考えるが、複数事業案件でどの様にブラッシュアップしてゆくのか、その具体的な施策が見えにくい。NEDOの舵取りは必須であると考ええる。
<p>林氏</p>	<p>【肯定的意見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CO2排出量の削減、そのための電動車への移行、そこでのより良い蓄電池を実現できる技術構築がこれからの世界で求められる。 ・我が国の素材から蓄電池、電動車に至る蓄電池産業が優位性を持ち、発展することが重要である。その点において、本事業を実施・推進する意義は極めて大きい。 ・前身事業を受け、産官学連携の強みを活用する体制、集中拠点での効率的な実施、他の事業とも相互補完し、基盤技術をもって蓄電池産業を主導することなどが明確化されており期待できる。 <p>【問題点・改善すべき点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基盤技術構築の対象となる全固体LIBについて、電池とした時に期待されることについて、それが真となるかの検証を行うこと、つまり、全固体電池の優位性を真に示すことを望みたい。 ・事業開始時の考え方・設定に問題はないと思われるが、状況の変化や課題・問題発生の場合は、躊躇なく、変更・改善できるよう取り組んでいただきたい。
<p>問題点・改善すべき点に対する見解・対処方針</p>	
<p>先行事業で明らかとなる固固界面等の課題に対し、本事業の目標の位置づけを基本計画の中で分かりやすく記載する。</p> <p>本事業で設定すべき技術指標について定量化を検討し、基本計画に記載する。</p> <p>事業実施者の役割分担と成果の分配等のスキームについて、実効性の高いものとなるよう、先行事業での取組を踏まえて十分に検討を進め、事業運営へ反映する。</p> <p>全固体電池関連の事業のミッション、技術範囲は、基礎研究から社会実装に至るまで個々に戦略的に位置</p>	

付けられている。文部科学省経済産業省ガバナリングボード等の場を用いて、事業間の相互補完、課題・情報共有等を進める。

先行事業に引き続き、開発技術の検証を通じ、全固体電池の優位性を明らかにしていく。

開発状況、外部の技術動向・潮流等を踏まえ、技術委員会や中間評価等の機会を活用し積極的な変更・改善に取り組む。

次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術の開発事業

製造産業局素材産業課
製造産業局自動車課
商務情報政策局電池産業室

令和5年度概算要求額 **20.0 億円** (**新規**)

事業の内容

事業目的

現行の液系LIB（リチウムイオン電池）を超える性能を引き出した次世代全固体LIBの早期社会実装と普及に向け、電池材料の製品化に必要なセル作成・評価を行うための標準電池モデルの開発など、材料評価共通基盤の構築を目指します。

本事業で構築する材料評価共通基盤により、将来にわたる継続的な研究開発を支援することで、全固体LIBの開発の加速とリスク低減、競争力の強化を図り、蓄電池産業および素材産業を活性化させることを目的とします。

事業概要

(1) 材料評価基盤技術開発

次世代全固体LIB用材料の性能を評価するために、標準電池モデルを始めとする評価基盤技術を確立します。

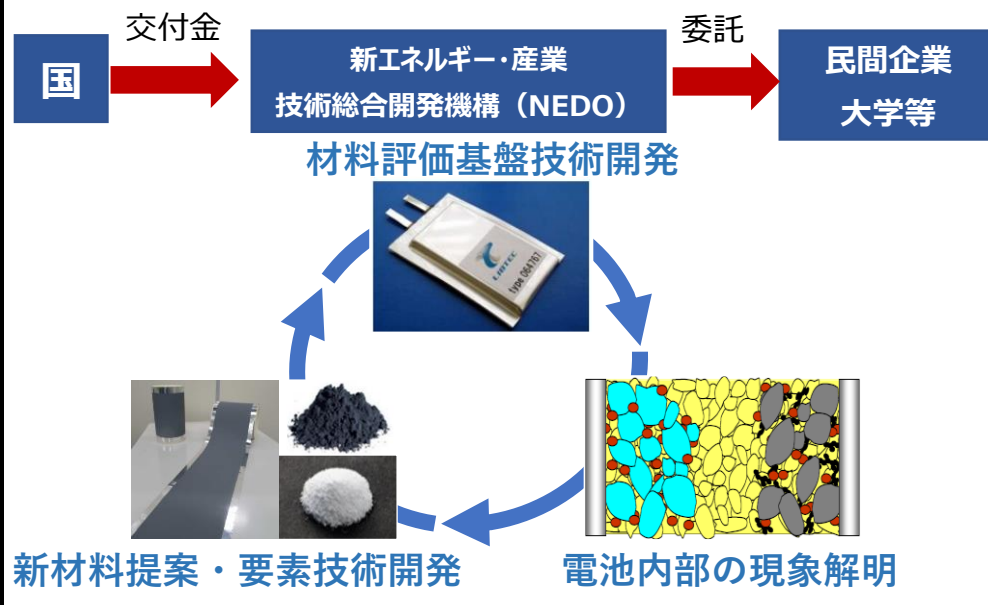
(2) 全固体LIB特有の現象・機構解明

全固体LIBの中のマイクロな現象・機構（固体粒子同士が接触する界面で起きている現象や劣化機構等）を解明します。また、そのための高度分析・解析技術の構築を行います。

(3) 電極・セル要素技術開発

次世代全固体LIBの電極・セルのための新材料を提案するとともに、(2)で得られた知見に基づき、新材料のポテンシャルを十分に引き出す要素技術の開発および検証を行います。これにより新たな標準電池モデルの開発など材料評価基盤技術開発の改良に繋がります。さらに、標準化を想定した試験評価データの蓄積と試験条件案の策定を行います。

事業スキーム（対象者、対象行為、補助率等）



成果目標

令和5年から令和9年までの5年間の事業であり、本事業を通じて、高性能の全固体LIBの電動車両への早期社会実装を促すことにより、令和22年度において約1,400万トン/年のCO2削減を目指します。

添付資料 3

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	森野 裕介 ¹⁾ 佐野 光 ¹⁾ 川口 俊介 ¹⁾ 堀 智 ²⁾ 菅野 了次 ²⁾ 作田 敦 ³⁾ 林 晃敏 ³⁾ 高橋 司 ⁴⁾ 宮下 徳彦 ⁴⁾	¹⁾ LIBTEC ²⁾ 東京工業大学 ³⁾ 大阪公立大学 ⁴⁾ 三井金属鉱業	High-Frequency Impedance Spectroscopic Analysis of Argyrodite-Type Sulfide-Based Solid Electrolyte on Air Exposure	The Journal of Physical Chemistry C, 2023, 127, 18678-18683	有	2023年 9月
2	黄 嵩凱 川本 浩二	LIBTEC	Revealing and Overcoming Unfavorable Electrochemical Behaviors of Thick LiNbO ₃ -Coated NCM523 for All-Solid-State Lithium Batteries	ECS Advances, 2024, 3, 20503	有	2024年 5月
3	蒲生 浩忠 前田 泰 清林 哲 城間 純 佐野 光	産業技術 総合研究所	Elucidating the mechanism of microscopic conduction in cathode composites for all-solid-state batteries through scanning spreading resistance microscopy	Journal of Materials Chemistry A 2024, 12, 14380-14388	有	2024年 6月
4	K. Yoshikawa ¹⁾ , T. Kato ¹⁾ , Y. Suzuki ¹⁾ , A. Shiota ²⁾ , T. Ohnishi ³⁾ , K. Amezawa ⁴⁾ , A. Nakao ¹⁾ , T. Yajima ¹⁾ , Y. Iriyama ¹⁾	¹⁾ 名古屋大学、 ²⁾ LIBTEC、 ³⁾ 国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (NIMS)、 ⁴⁾ 東北大学	Origin of O ₂ Generation in Sulfide-Based All-Solid-State Batteries and its Impact on High Energy Density	ADVANCED SCIENCE 2024, 11, 2402528	有	2024年 7月
5	Zizhen Zhou* Huu Duc Luong Bo Gao Toshiyuki Momma Yoshitaka Tateyama*	国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (NIMS) 吉林大 早稲田大	LiNbO ₃ and LiTaO ₃ Coating Effects on the Interface of the LiCoO ₂ Cathode: A DFT Study of Li-Ion Transport Click to copy article link	ACS Applied Materials & Interfaces 2024, 16, 42093-42099	有	2024年 8月
6	Kazuhiro Hikima ¹⁾ Ryota Kishi ¹⁾ Hiroyuki Tsukasaki ²⁾ Shigeo Mori ²⁾ Hiroyuki Muto ¹⁾ Atsunori Matsuda ¹⁾	¹⁾ 豊橋技術科学大学 ²⁾ 大阪公立大学	Electrochemical Properties of Li ₁₀ GeP ₂ S ₁₂ Solid Electrolytes Synthesized Using a Solution-Based Method	ACS Applied Energy Materials 2024, 7, 19, 8788-8796	有	2024年 8月
7	宮原 雄人 ¹⁾ 安部 武志 ¹⁾ 宮崎 晃平 ¹⁾ 近野 義人 ¹⁾ 石澤 喜代美 ¹⁾ 黒葛原 実 ²⁾	¹⁾ 京都大学 ²⁾ LIBTEC	全固体 LIB におけるカーボン負極の研究動向	セラミックス 第59巻 9月号 (2024年) 596-599	無	2024年 9月
8	Kanato Oka ¹⁾ Naoto Tanibata ¹⁾ Hayami Takeda ¹⁾ Masanobu Nakayama ¹⁾ Syuto Noguchi ²⁾ Masayuki Karasuyama ²⁾ Yoshiya Fujiwara ³⁾ Takuhiro Miyuki ³⁾	¹⁾ Department of Advanced Ceramics, Nagoya Institute of Technology ²⁾ Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology ³⁾ LIBTEC	Deep Learning based Emulator for Predicting Voltage Behaviour in Lithium Ion Batteries	Scientific Reports volume 14, Article number: 28905 (2024)	有	2024年 11月
9	Kazuhiro HIKIMA ¹⁾ Ikuyo KUSABA ¹⁾ Masaki SHIMADA ¹⁾ Yuhei HORISAWA ¹⁾ Shunsuke KAWAGUCHI ²⁾ Minoru KUZUHARA ²⁾ Hiroyuki MUTO ¹⁾ Atsunori MATSUDA ¹⁾	¹⁾ 豊橋技術科学大学 ²⁾ LIBTEC	Rapid Synthesis of Li ₁₀ GeP ₂ S ₁₂ -type Li-Si-P-S-Cl Solid Electrolytes via a Solution Method	Electrochemistry (日本電気化学会誌), Vol. 93, pp71029- (2025) *online publication	有	2025年 3月

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者(○)/連名者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	○蒲生 浩忠, 倉谷 健太郎, 佐野 光, 清林 哲, 前田 泰	産業技術 総合研究所	広がり抵抗顕微鏡による 全固体Liイオン電池用合材電極の電 子伝導解析	2023年電気化学 秋季大会	2023年 9月
2	○幸 琢寛	LIBTEC	SOLiD-EV・SOLiD-Nextにおける 硫化物系全固体電池の 共通基盤技術開発	2023年度第1回 全固体電池実用化 研究会セミナー	2023年 9月
3	○安藤 慧佑, 松田 智行、今村 大地 三輪 託也、川合 光幹	一般財団法人 日本自動車研究所 LIBTEC	Degradation Mechanisms of All-Solid-State Lithium-Ion Batteries with Sulfide-Type Electrolytes Based on High-Temperature Studies	244th ECS meeting	2023年 10月
4	○入山 恭寿	名古屋大学	全固体電池の低抵抗・高安定界面 構築の基礎的課題について	一般社団法人 粉体工業技術協会 第2回電池製造 分科会	2023年 11月
5	○山本 健太郎 ^{1,2} , 邊見 光紀 ² , 佐野 光 ³ , 渡邊 稔樹 ² , 松永 利之 ² , 高見 剛 ² , 作田 敦 ⁴ , 林 晃敏 ⁴ , 辰巳砂 昌弘 ⁴ , 川本 浩二 ³ , 内本 喜晴 ²	¹ 奈良女子大学 ² 京都大学 ³ LIBTEC ⁴ 大阪公立大学	水蒸気雰囲気下軟 X線吸収分光法を 用いた硫化物固体電解質の水蒸気 劣化機構の解明	第64回 電池討論会	2023年 11月
6	○前田 泰, 蒲生 浩忠, 清林 哲, 城間 純, 佐野 光	産業技術 総合研究所	全固体電池用合材電極の電気伝導 機構解析のための走査型広がり抵抗 顕微鏡の画像シミュレーション技術 の開発	第64回 電池討論会	2023年 11月
7	○蒲生 浩忠, 佐野 光, 清林 哲, 城間 純, 前田 泰	産業技術 総合研究所	機械学習および実測定による 全固体電池用合材電極の微視的 および巨視的な電気伝導機構の解析	第64回 電池討論会	2023年 11月
8	○齋藤 喜康, 岡田 賢, 岡垣 淳, 佐野 光, 新谷 綾子, 杉浦 晃一, 石田 直哉, 川合 光幹, 川本 浩二	産業技術 総合研究所 LIBTEC	硫化物型全固体電池の 充放電時の発熱挙動評価	第64回 電池討論会	2023年 11月
9	○渡邊 稔樹、 パク ヨンジュン、 山本 健太郎、 松永 利之、川本 浩二、 内本喜晴	京都大学 奈良女子大学 LIBTEC	operando X線CT法を用いた 全固体電池黒鉛負極の反応分布の 解明	第64回 電池討論会	2023年 11月
10	○川口 俊介、 黒葛原 実、幸 琢寛、 安田 博文、佐野 光	LIBTEC	全固体LIBにおける活物質/ 固体電解質の表面接触状態の 定量化に向けた取り組み	第64回 電池討論会	2023年 11月
11	○入山 恭寿	名古屋大学	全固体電池の低抵抗・高安定界面 構築に関する研究	第419回 電池技術委員会	2023年 12月
12	○前田 泰, 蒲生 浩忠	産業技術 総合研究所	Simulation of scanning spreading resistance microscopy on AI-generated 3D models for analysis of all-solid-state batteries	ICSPM31	2023年 12月
13	○幸 琢寛	LIBTEC	硫化物系全固体電池の 共通基盤技術開発 ～LIBTECの取組～	令和5年度 富士市 第3回 新産業創出 研究セミナー	2024年 2月
14	○大野 哲平、小沼 樹、宇 賀田 洋介、藪内 直明	横浜国立大学	低体積変化V系高容量正極材料の合 成条件最適化と全固体電池応用	電気化学会 第91回大会	2024年 3月
15	○前田 泰, 蒲生 浩忠	産業技術 総合研究所	全固体電池の走査型広がり抵抗 顕微鏡測定シミュレーション解析	2024年第71回 応用物理学会 春季学術講演会	2024年 3月
16	○蒲生 浩忠, 佐野 光, 清林 哲, 城間 純, 前田 泰	産業技術 総合研究所	走査型広がり抵抗顕微鏡による 全固体Liイオン電池の劣化挙動解析	2024年電気化学 春季大会	2024年 3月
17	○蒲生浩忠, 佐野光, 清林哲, 城間純, 前田泰	産業技術 総合研究所	走査型広がり抵抗顕微鏡による 全固体電池用合材電極の 電気伝導機構の解析	2024年第71回応用 物理学会春季学術 講演会	2024年 3月

番号	発表者(○)/連名者	所属	タイトル	会議名	発表年月
18	○田中 秀康、渡邊 稔樹	LIBTEC 京都大学	全固体電池における Li 析出	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
19	○花岡 輝彦、渡邊 稔樹、 西村 政輝、浅井 秀紀、 荻原 航	LIBTEC、 京都大学	全固体電池の電極充填プロセスと 電池性能との関係	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
20	○渡邊 稔樹、 パク ヨンジュン、 山本 健太郎、 Neha Thakur、 Mukesh Kumar、 松永 利之、川本 浩二、 内本 喜晴	京都大学 奈良女子大学 LIBTEC	高分解能コンピュータ断層撮影法と デジタル画像相関法を用いた全固体 電池負極の反応分布の定量解析	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
21	○田中 秀康、 仲村 博門、清水 良、 刀川 祐亮、 藤波 想、安部 武志	LIBTEC 京都大学	SPRING8 のオペランド XRD で見た 全固体電池の充放電挙動	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
22	○川口 俊介、 黒葛原 実、幸 琢寛	LIBTEC	全固体 LIB における正極合材の 設計指針	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
23	○塩田 彰宏、 小川 泰輝、黒葛原 実	LIBTEC	硫化物全固体電池における 導電助剤と固体電解質間の 副反応に関する調査	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
24	○黄 嵩凱、黒葛原 実、 石田 直哉、川本 浩二、 幸 琢寛	LIBTEC	硫化物系全固体電池における 固溶体系高容量正極材の検討-(1) 容量低下要因の解析	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
25	○黄 嵩凱、黒葛原 実、 石田 直哉、川本 浩二、 幸 琢寛	LIBTEC	硫化物系全固体電池における 固溶体系高容量正極材の検討-(2) 室温充放電特性の改善検討	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
26	○清水 良、田中 秀康、 刀川 祐亮、藤波 想、 安部 武志	LIBTEC 京都大学	負極構造が全固体電池の反応分布に 及ぼす影響	電気化学会 第 91 回大会	2024 年 3 月
27	○門田 紳司、浅井 秀紀、 荻原 航	LIBTEC	全固体電池用電極スラリーと 電池性能の関係	化学工学会 第 89 年会	2024 年 3 月
28	○桑田 直明	国立研究開発法人 物質・材料研究 機構 (NIMS)	PPG-NMR による ペロブスカイト型酸化物 固体電解質のリチウム拡散解析	第 121 回 新電池構想部会	2024 年 5 月
29	○大野 哲平、 藪内 直明、 宇賀田 洋介、小沼 樹	横浜国立大学	低体積変化 V 系高容量正極材料の 合成条件最適化と全固体電池応用	Asian Conference on Electrochemical Power Sources 12 (ACEPS12)	2024 年 5 月
30	○Takeshi Kobayashi, Kiyoshi Betsuyaku, Shunsuke Kawaguchi, Minoru Kuzuhara, Takuhiro Miyuki	Central Research Institute of Electric Power Industry Lithium Ion Battery Technology & Evaluation Center	Degradation studies of all-solid-state sulfide-based lithium-ion battery examined by voltage analysis	IMLB2024* *22st International Meeting on Lithium Batteries	2024 年 6 月
31	○Kiyoshi Betsuyaku, Takeshi Kobayashi, Shunsuke Kawaguchi, Minoru Kuzuhara, Takuhiro Miyuki	Central Research Institute of Electric Power Industry Lithium Ion Battery Technology & Evaluation Center	Improving Convergence of Voltage Analysis by Global Optimization	IMLB2024* *22st International Meeting on Lithium Batteries	2024 年 6 月
32	○渡邊 稔樹、朴 容俊、 松永 利之、内本 喜晴、 山本 健太郎、川本 浩二	京都大学 奈良女子大学 LIBTEC	Analysis of Reaction Distribution in Graphite Anode of All-Solid-State Batteries Using High-Resolution in situ X-ray CT Method	IMLB2024* *22st International Meeting on Lithium Batteries	2024 年 6 月
33	○大野 哲平、 藪内 直明、宇賀田 洋介	横浜国立大学	Sheet type all-solid-state Li-ion batteries with V-based near dimensionally invariable positive electrode	IMLB2024* *22st International Meeting on Lithium Batteries	2024 年 6 月

番号	発表者 (○) /連名者	所属	タイトル	会議名	発表年月
34	○ZIZHEN ZHOU、 館山 佳尚	東京工業大学	The Computational First-principles study on the interplay of strain and state-of-charge with Li-ion diffusion in LiCoO ₂	IMLB2024* *22st International Meeting on Lithium Batteries	2024年 6月
35	○岡 奏利、谷端 直人、 武田 はやみ、中山 将伸、 野口 柊都、鳥山 昌幸、 藤原 良也、幸 琢寛	名古屋工業大学 LIBTEC	LSTM 深層学習による バッテリーエミュレーター の作成	第25回化学電池 材料研究会 ミーティング	2024年 6月
36	○大野 哲平、藪内 直明、 宇賀田 洋介	横浜国立大学	リチウム過剰バナジウム系 酸化物の合成条件最適化と 電気化学特性評価	第25回化学電池 材料研究会 ミーティング	2024年 6月
37	○宮原 雄人	京都大学	硫化物系全固体リチウムイ オン電池におけるカーボン 負極の研究動向	炭素材料学会 先端科学 技術講習会 2024	2024年 6月
38	○蒲生 浩忠、佐野 光、 清林 哲、城間 純、 前田 泰	産業技術 総合研究所	Understanding Mechanism of Microscopic Conduction in Cathode Composites for All-Solid-State Batteries via Scanning Spreading Resistance Microscopy	24th International Conference on Solid State Ionics	2024年 7月
39	○Prince Sharma、 長谷川 源、桑田 直明	国立研究開発法人 物質・材料研究 機構 (NIMS)	Enhanced Lithium Exchange through Indium Layering: Progress in LLZO-Ta Solid Electrolyte Technology	24th International Conference on Solid State Ionics	2024年 7月
40	○長谷川 源、桑田 直明	国立研究開発法人 物質・材料研究 機構 (NIMS)	Grain boundary diffusion analysis in solid electrolytes by lithium isotope SIMS imaging	24th International Conference on Solid State Ionics	2024年 7月
41	○石田 直哉、新谷 彩子、 杉浦 晃一、川合 光幹、 川本 浩二、齋藤 喜康、 岡田 賢	LIBTEC 産業技術総合 研究所	硫化物系全固体電池の昇温 過程における正極・負極・ 固体電解質の結晶構造	日本セラミックス 協会 第37回 秋季シンポジウム	2024年 9月
42	○新谷 彩子、 石田 直哉、杉浦 晃一、 川合 光幹、川本 浩二、 齋藤 喜康	LIBTEC 産業技術総合 研究所	硫化物系全固体電池の充電 状態におけるガス発生起点 の解明	日本セラミックス 協会 第37回 秋季シンポジウム	2024年 9月
43	○前田 泰、山岸 裕史、 蒲生 浩忠	産業技術 総合研究所	全固体電池における 活物質間接触と電池容量に 関する3次元シミュレーション 解析	第85回 応用物理学会 秋季学術講演会	2024年 9月
44	○蒲生 浩忠、佐野 光、 清林 哲、城間 純、 前田 泰	産業技術 総合研究所	走査型広がり抵抗顕微鏡に よる全固体電池の劣化機構 解析	第85回 応用物理学会 秋季学術講演会	2024年 9月
45	○藤原 良也、黒葛原 実、 荻原 航、川本 浩二、 幸 琢寛	LIBTEC	Overview of the project SOLiD-Next “Evaluation of All-Solid-State Battery Material and Foundational Technology Development for Next Generation”	PRiME2024	2024年 10月
46	○黄 嵩凱、川本 浩二、 黒葛原 実	LIBTEC	Detailed Investigation on LiNbO ₃ coated layer of different thicknesses on LiNi _{0.5} Co _{0.2} Mn _{0.3} O ₂ cathode material for all-solid-state lithium batteries	PRiME2024	2024年 10月
47	○川口 俊介、黒葛原 実、 幸 琢寛	LIBTEC	Correlation between Active Material/Solid Electrolyte Interface Formation and Cell Performance in All-Solid- State Battery	PRiME2024	2024年 10月
48	○吉川 航暉、 藤原 良也、藤崎 布美佳 館山 佳尚、 Luong Huu Duc、 ZHOU Zizhen	LIBTEC 東京科学大学	A Computational Study of Amorphous LiNbO ₃ P _{0.5} O ₃ Cathode Coating Material Utilizing Universal Machine Learning Potentials	PRiME2024	2024年 10月

番号	発表者(○)/連名者	所属	タイトル	会議名	発表年月
49	○大野 哲平、藪内 直明、 宇賀田 洋介、小沼 樹	横浜国立大学	Toward High Performance All-solid-state Lithium Batteries with Low Volume Change V-based High-Capacity Positive Electrode Materials	PRIME2024	2024年 10月
50	○蒲生 浩忠、前田 泰、 清林 哲、城間 純、 竹市 信彦、佐野 光	産業技術 総合研究所	Understanding Degradation Behavior in All-Solid-State Batteries through Scanning Spreading Resistance Microscopy	PRIME2024	2024年 10月
51	○幸 琢寛	LIBTEC	硫化物系全固体電池の 共通基盤技術開発 ～LIBTECの取組～	電子情報技術 産業協会 (JEITA) 「全固体電池に 関する調査 TF」 (講演)	2024年 10月
52	○K. Oka, N. Tanibata, H. Takeda, M. Nakayama, S. Noguchi, M. Karasuyama, Y. Fujiwara, and T. Miyuki	名古屋工業大学 LIBTEC	LSTM Deep Learning Driven Battery Emulator	International Conference on Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment	2024年 11月
53	○黒葛原 実	LIBTEC	SOLiD-Next における材料技術開発	第65回 電池討論会	2024年 11月
54	○荻原 航	LIBTEC	SOLiD-Next における 全固体 LIB 設計・プロセス技術開発	第65回 電池討論会	2024年 11月
55	○川本 浩二	LIBTEC	SOLiD-Next における 標準電池モデルの開発と評価・解析	第65回 電池討論会	2024年 11月
56	○藤原 良也	LIBTEC	SOLiD-Next における計算・解析技術	第65回 電池討論会	2024年 11月
57	○村田 光司、荻原 航	LIBTEC	全固体 LIB における含有水分量と 電池性能の関係	第65回 電池討論会	2024年 11月
58	○石本 有佳梨、荻原 航	LIBTEC	全固体 LIB における正極-集電体の 界面が電池特性に及ぼす影響	第65回 電池討論会	2024年 11月
59	○伊藤 宏、宮下 哲、 石田 直哉、川本 浩二	LIBTEC	全固体 LIB における LTO 対極を 用いた単極評価(1)	第65回 電池討論会	2024年 11月
60	○宮下 哲、伊藤 宏、 石田 直哉、川本 浩二	LIBTEC	全固体 LIB における LTO 対極 を用いた単極評価(2)	第65回 電池討論会	2024年 11月
61	○川口 俊介、 吹谷 直美、荻原 航、 黒葛原 実、幸 琢寛	LIBTEC	活物質/固体電解質界面接触の 定量評価技術とそれを応用した 硫化物系全固体 LIB 開発	第65回 電池討論会	2024年 11月
62	○川口 俊介、吹谷 直美、 佐々木 勇治、黒葛原 実、 幸 琢寛	LIBTEC	ガラス溶融型バインダーレス 固体電解質自立膜を用いた 硫化物系全固体 LIB 開発	第65回 電池討論会	2024年 11月
63	○磯 瑛司、川口 俊介、 佐々木 勇治、松村 安行、 黒葛原 実	LIBTEC	SE 水分反応機構解析のための 手法開発とその適用	第65回 電池討論会	2024年 11月
64	○吉村 まな美、 川口 俊介、黒葛原 実、 幸 琢寛	LIBTEC	In-situ 加圧抵抗測定による 硫化物系固体電解質の 機械的・電氣的特性評価	第65回 電池討論会	2024年 11月
65	○塩田 彰宏、伊丹 雄也、 黄 嵩凱、川本 浩二、 黒葛原 実	LIBTEC	全固体圧粉ハーフセルでの 正極レート特性評価法の検討	第65回 電池討論会	2024年 11月
66	○佐々木 大介、荻原 航	LIBTEC	全固体 LIB の初期充放電時の 拘束圧が電池性能に及ぼす影響	第65回 電池討論会	2024年 11月
67	○杉浦 晃一、伊藤 有、 藤崎 布美佳、葛西 由香、 中村 亜希子、藤原 良也	LIBTEC	定圧治具における 硫化物全固体 LIB の耐久性能評価	第65回 電池討論会	2024年 11月
68	○花岡 輝彦、荻原 航	LIBTEC	全固体 LIB の負極合材の粉体設計と 電池性能の関係	第65回 電池討論会	2024年 11月
69	○伊藤 有、藤原 良也、 杉浦 晃一、藤崎 布美佳、 葛西 由香	LIBTEC	全固体 LIB におけるグラファイト負 極電極のオペランド顕微鏡観察	第65回 電池討論会	2024年 11月
70	○黄 嵩凱、黒葛原 実、 川本 浩二	LIBTEC	硫化物全固体電池における LiNbO3 被覆層の厚膜化と 導電助剤添加による耐久性の調査	第65回 電池討論会	2024年 11月

番号	発表者(○)/連名者	所属	タイトル	会議名	発表年月
7 1	○藤崎 布美佳、 吉川 航暉、藤原 良也	LIBTEC	アルジロダイト型固体電解質の組成とイオン伝導特性についての計算材料科学的検討	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
7 2	○福田 陽祐、 夏野 賢広、荻原 航	LIBTEC	全固体 LIB の作製プロセスが硫化物系固体電解質層に及ぼす影響について	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
7 3	○堀澤 侑平、川口 俊介、 磯 瑛司、佐々木 勇治、 黒葛原 実、幸 琢寛 野元 邦治、堀 智、 池松 正樹、菅野 了次	LIBTEC 東京科学大学	高エン트로ピー-LGPs (Li-Si-Sn-P-S-Cl-Br) の電池特性評価	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
7 4	○生駒 啓、石田 直哉、 川本 浩二、藤波 想、 安部 武志	LIBTEC 京都大学	全固体 LIB の加速試験法の開発と検証	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
7 5	○吉川 航暉、 藤崎 布美佳、藤原 良也 Luong Huu Duc、 Zhou Zizhen、館山 佳尚	LIBTEC 東京科学大学 国立研究開発法人 物質・材料研究 機構 (NIMS)	機械学習ポテンシャルを用いた非晶質 LiNb _{0.5} P _{0.5} O ₃ 系正極被覆層における副反応抑制能のメカニズム検討	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
7 6	○野村 優貴、山本 和生、 伊藤 有	ファインセラミックスセンター(JFCC) LIBTEC	オペランド透過電子顕微鏡法を用いた正極/硫化物固体電解質界面の劣化機構の解析	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
7 7	○仲村 博門、荻原 航、 清水 良、田中 秀康、 渡邊 稔樹	LIBTEC 京都大学	全固体 LIB の充電時における C レートとセル厚み変化の関係	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
7 8	○作田 敦、本橋 宏大、 川口 俊介、黒葛原 実、 林 晃敏	大阪公立大学、 LIBTEC	LGPS 相を有する Li ₃ PS ₄ -Li ₄ SnS ₄ -LiI 擬 3 元系ガラスセラミックス電解質の開発	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
7 9	○松本 卓人、野口 柊都、 中山 将伸、鳥山 昌幸 岡田 貴史、杉浦 晃一、 藤原 良也、幸 琢寛	名古屋工業大学 LIBTEC	機械学習による全固体電池の寿命予測: 時系列と非時系列特徴量を融合する Transformer モデルに関する検討	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
8 0	○引間 和浩、 草場 育代、松田 厚範 島田 真樹、川口 俊介、黒 葛原 実	豊橋技術科学大学 LIBTEC	溶液法による Li-Si-P-S-Cl 系 Li ₁₀ GeP ₂ S ₁₂ 型固体電解質の高速合成と評価	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
8 1	○入山 恭寿、 吉川 慶祐、加藤 雄、 鈴木 康弘、中尾 愛子、 矢島 健、塩田 彰宏 大西 剛、雨澤 浩史	名古屋大学 LIBTEC 国立研究開発法人 物質・材料研究 機構 (NIMS) 東北大学	硫化物型全固体電池の充電過程で起こる酸素放出と高エネルギー密度化への対策	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
8 2	○山本 健太郎、 Nur Chamidah 川口 俊介、黒葛原 実	奈良女子大学 LIBTEC	全固体電池における LiNbO ₃ 正極コート材料の高電位劣化機構解明	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
8 3	○渡邊 稔樹、 パク ヨンジョン、 松永 利之、 Mukesh Kumar、 Neha Thakur、 内本 喜晴、山本 健太郎 石田 直哉、宮下 哲、 川本 浩二	京都大学 奈良女子大学 LIBTEC	operando CT 測定法を用いた全固体電池の黒鉛負極の Li 析出機構の解明	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
8 4	○西村 笙、塩田 彰宏、 黒葛原 実、幸 琢寛 藪内 直明	LIBTEC 横浜国立大学	無体積変化正極材を用いた全固体 LIB の低拘束圧化検討	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
8 5	○蒲生 浩忠、前田 泰、 山岸 裕史、清林 哲、 城間 純、竹市 信彦、 佐野 光	産業技術 総合研究所	in situ 走査型広がり抵抗顕微鏡観察による全固体電池の劣化挙動解析	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月
8 6	○前田 泰、蒲生 浩忠、 山岸 裕史、清林 哲、 城間 純、竹市 信彦、 佐野 光	産業技術 総合研究所	走査型広がり抵抗顕微鏡像における全固体電池内部の粒子間接触の影響: 三次元構造モデルによるシミュレーション	第 65 回電池討論会	2024 年 11 月

番号	発表者(○)/連名者	所属	タイトル	会議名	発表年月
87	○藤田 真輝、川合 航右、大久保 將史、野村 優貴	早稲田大学、 ファインセラミックスセンター(JFCC)	硫化物系固体電解質を用いた全固体電池におけるMXeneの充放電特性	第65回電池討論会	2024年 11月
88	○大野 哲平、 藪内 直明、宇賀田 洋介	横浜国立大学	リチウム過剰バナジウム系高容量正極材料の合成条件最適化と全固体電池への応用	第65回電池討論会	2024年 11月
89	○館山 佳尚、周 子臻、 LUONG Huu Duc 門間 聰之	東京科学大学 早稲田大学	正極/コート層界面のLiイオン輸送に関する第一原理計算解析：LiCoO ₂ /LiNbO ₃ およびLiTaO ₃ 界面系	第65回電池討論会	2024年 11月
90	○ZIZHEN ZHOU、 館山 佳尚	東京科学大学	Explicit Interface Modeling of LiNb(Ta)O ₃ Coating on LiCoO ₂ Cathodes: A DFT Study on Li-Ion Transport.	MRS	2024年 12月
91	○大野 哲平、 藪内 直明、宇賀田 洋介	横浜国立大学	低体積変化V系高容量正極材料の合成条件最適化とシート型全固体電池への応用	第50回固体イオニクス討論会	2024年 12月
92	○藤波 想、安部 武志、 清水 良、田中 秀康	京都大学 LIBTEC	ピンクビーム共焦点X線回折法による全固体電池電極の厚さ方向反応分布のオペランド測定3	第38回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム	2025年 1月
93	○荻原 航	LIBTEC	SOLiD-Nextでの全固体電池研究について	電気化学会主催 最先端電池技術-2025	2025年 1月
94	○桑田 直明	国立研究開発法人 物質・材料研究機構(NIMS)	全固体電池のリチウムイオン拡散：NMRとSIMSでイオンの動きを明らかにする	化学系学協会 北海道支部 2025年冬季研究発表会	2025年 1月
95	○幸 琢寛	LIBTEC	硫化物系全固体電池の共通基盤技術開発～SOLiD-Nextの取組～	早稲田大学 スマート社会技術 融合研究機構主催 カーボンニュートラル社会研究会	2025年 2月
96	○前田 泰、蒲生 浩忠、 山岸 裕史、清林 哲、 城間 純、竹市 信彦、 佐野 光	産業技術 総合研究所	全固体電池の電子伝導の三次元シミュレーション解析	GeoDict ユーザー会2024	2025年 2月
97	○松田 厚範	豊橋技術科学大学	液相からの硫化物系固体電解質の創製と全固体電池の構築(依頼講演)	一般社団法人 日本粉体工業 技術協会 2024年度第3回 電池製造技術 分科会	2025年 2月
98	○蒲生 浩忠、前田 泰、 山岸 裕史、清林 哲、 城間 純、竹市 信彦、 佐野 光	産業技術 総合研究所	走査型広がり抵抗顕微鏡による全固体電池の劣化解析	公益社団法人 セラミックス協会 2025年年会	2025年 3月
99	○幸 琢寛	LIBTEC	硫化物系全固体電池の共通基盤技術開発～SOLiD-Nextの取組～	第50回ニューセラミックスセミナー	2025年 3月
100	○松田 厚範	豊橋技術科学大学	硫化物系固体電解質の液相合成と全固体電池への応用(依頼講演)	AndTech Live 配信 WEBセミナー	2025年 3月
101	○荻原 航	LIBTEC	全固体LIB用負極における固固界面接合促進に向けた複合化	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
102	○浅井 秀紀、磯 瑛司、 荻原 航	LIBTEC	硫化物系固体電解質の表面処理が電池特性に及ぼす影響	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
103	○花岡 輝彦、荻原 航	LIBTEC	全固体LIBの負極合材設計と電池性能の関係	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
104	○大北 一成、荻原 航	LIBTEC	全固体LIBにおけるハイニッケルNCM正極の結晶構造変化が電池特性におよぼす影響	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
105	○伊藤 有、藤原 良也、杉浦 晃一、葛西 由香	LIBTEC	拘束圧力を変えた全固体LIBのオペランド顕微鏡観察	電気化学会 第92回大会	2025年 3月

番号	発表者 (○) /連名者	所属	タイトル	会議名	発表年月
106	○川口 俊介、吹谷 直美、 江原 慶、佐々木 勇治、 島田 真樹、黒葛原 実、 幸 琢寛	LIBTEC	高イオン伝導性と高成形性を有する 硫化物系固体電解質の開発	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
107	○佐々木 勇治、 吉村 まな美、 堀澤 侑平、川口 俊介、 黒葛原 実	LIBTEC	硫化物固体電解質を用いた 全固体電池の in-situ 加圧充放電特性	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
108	○島田 真樹、川口 俊介、 黒葛原 実	LIBTEC	液相合成アルジロダイト型 LPSX の合成およびハロゲン種による 電気化学特性への影響	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
109	○宮原 雄人、 近野 義人、石澤 喜代美、 宮崎 晃平、安部 武志、 境田 真志、黒葛原 実	京都大学 LIBTEC	硫化物系全固体電池における フェノール樹脂由来 ハードカーボンの充放電特性	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
110	○丁 婕琳、宮原 雄人、 Gao Xinli、近野 義人、 石澤 喜代美、宮崎 晃平、 安部 武志、境田 真志、 黒葛原 実	京都大学 LIBTEC	炭素系被覆を行ったハードカーボンの 硫化物系全固体電池負極特性	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
111	○松田 智行、 青柳 貴子、今村 大地 生駒 啓、石田 直哉、 川本 浩二	一般財団法人 日本自動車 研究所、 LIBTEC	硫化物系全固体電池の 自動車走行モードでの サイクル安定性	電気化学会 第92回大会	2025年 3月
112	○杉浦 晃一	LIBTEC	硫化物系全固体 LIB の耐久性能に 及ぼす拘束圧の影響	アドバンスト・ バッテリー 技術研究会 第212回 定例研究会	2025年 3月
113	○藤波 想	京都大学	共焦点 XRD による全固体蓄電池の 反応分布解析・ピンクビームによる 高時間分解能反応機構解析への展開	日本化学会 第105 回春年会 (2025)	2025年 3月

【外部発表】

(b) その他：成果普及の努力（プレス発表、ニュースリリース等）など

番号	発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
1	引間和浩 ¹⁾ 岸遼太 ¹⁾ 塚崎裕文 ²⁾ 森茂生 ²⁾ 武藤浩行 ¹⁾ 松田厚範 ¹⁾	¹⁾ 豊橋技術科学大学 ²⁾ 大阪公立大学	実用化レベルの室温イオン伝導性を示す硫化物系固体電解質を液相合成し、電気化学特性を詳細に解析	豊橋技術科学大学 プレスリリース	2024年 11月
2	前田泰	産業技術総合研究所	電極内部の導電パスの評価	産業技術総合研究所 ウェブページ	2025年 3月

【受賞実績】

番号	発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
1	引間和浩 ¹⁾	豊橋技術科学大学	リチウム貯蔵材料の界面反応解析と全固体蓄電デバイスの高性能化	公益社団法人 電気化学会 固体化学の新しい 指針を探る研究会	2024年 3月

2. 分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発 (SOLiD-Next)」(中間評価)

2023年度～2027年度 5年間

プロジェクトの概要 (公開版)

2025年6月6日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

自動車・蓄電池部 車載蓄電池ユニット

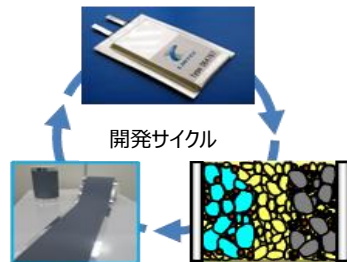
次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発 (SOLiD-Next)



概要

本事業では、2030年以降に訪れる全固体リチウムイオン電池（全固体LIB）の本格導入期に向けた新規材料開発を促進するため、材料評価を行うための標準電池モデル（ものさし電池）の開発や材料評価の方法等の共通基盤技術開発を実施する。また、これらの取組を通じて、全固体LIBの本質的な課題（耐久性や拘束圧等）について現象・機構解明と対応策の検討にもつなげる。具体的には、以下の開発サイクルにより事業全体の開発を推進する。

①材料評価基盤技術開発



③電極・セル要素技術開発 ②全固体LIB特有の現象・機構解明

- 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

本事業を通じて、耐久性の課題を根本から解決するとともに、業界内で共通基盤技術を活用して、新材料を常に生み出し続けるエコシステムを創出する。

【PMgr】自動車・蓄電池部（ユニット長・臼田浩幸）

【プロジェクト類型】基礎的・基盤的研究開発

政策や他事業との関係

【関連する政策・技術戦略】

「蓄電池産業戦略」(2022年8月)
 “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、(中略)、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。”

【他事業との関係】

- ・「先進・革新蓄電池材料評価技術開発（第2期）（SOLiD-EV）」の後継事業。
- ・革新的GX技術創出事業（GteX）を中心とする文部科学省系のプロジェクト、革新型蓄電池を対象とするRISING3、また高性能蓄電池の個社開発支援が中心のGI基金事業等と情報共有や解析技術他の連携を実施。

目標

アウトプット目標

- ・標準電池モデルなど次世代全固体LIB材料評価技術を2件以上開発。
- ・EV30万km走行を想定した充放電試験後の容量維持率70%以上となる電池を実現する要素技術を開発。（個々の要素技術の達成度を測る指標は、充放電サイクルによる耐久性とする。その際の電池性能目安としてエネルギー密度：450Wh/L、急速充電：6C、拘束圧：車載用電池パックへの搭載を想定。）

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）

アウトカム目標達成に向けての取組

本事業は業界全体に寄与する共通基盤技術開発である。また、本事業の成果は、標準電池モデルを始めとする全固体蓄電池材料の材料評価技術、固固界面課題を解決し競争力のある全固体蓄電池の実現に向けた電池設計や製造プロセス、新材料の提案、および本事業で蓄積される、材料、電池の試験・評価データである。これらの成果を材料メーカー、電池メーカー、自動車メーカーへ展開し、GI基金事業を始めとする個社の全固体LIB及びその材料の開発加速並びに全固体LIBおよびパックの商品設計へ活かしていく。これにより、2030年の全固体LIB搭載EV・PHEVの市場投入における本格実用化を図る。さらに、車載用蓄電池の規格・標準化活動を進める国内審議団体・業界団体に対し、情報提供や試験用電池の提供等の適切なサポートすることで、EV・PHEVの本格普及を推進する。

事業計画

期間：2023～2027年度（5年間）

総事業費（NEDO負担分）：100億円（予定）（委託）

2025年度政府予算額：20億円（需給）

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
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）		標準電池モデルの開発			
	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					
	検証			検証		
評価時期			中間評価			終了時評価

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

2. 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

3. マネジメント

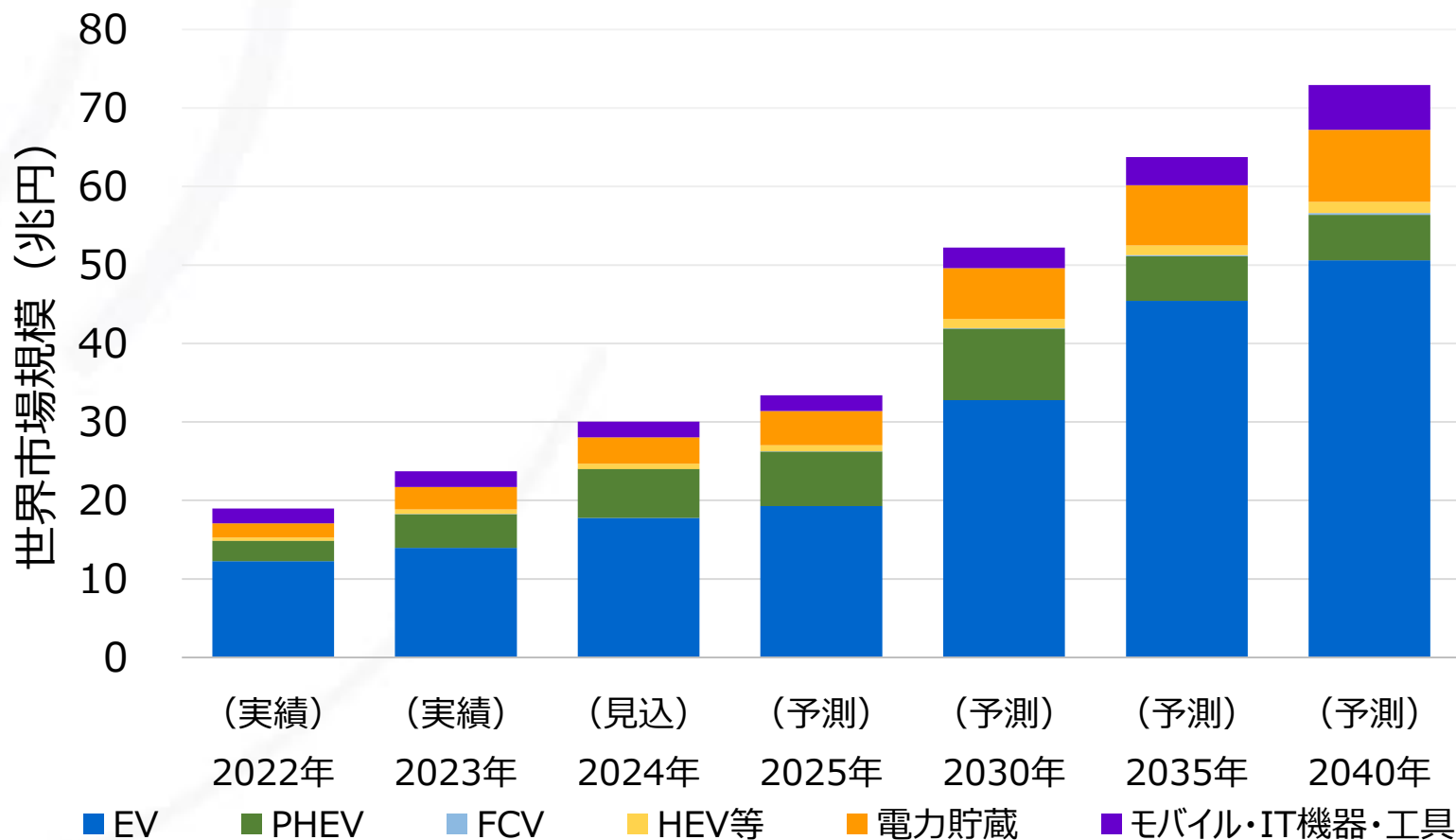
- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

＜評価項目 1＞ 意義・アウトカム（社会実装） 達成までの道筋

- （1） 本事業の位置づけ・意義
- （2） アウトカム（社会実装） 達成までの道筋
- （3） 知的財産・標準化戦略

事業の背景 LIBの市場規模推移と将来予測

- LIBの市場規模は、2030年には約52兆円、2040年には約73兆円に成長すると予測。EV・PHEV等の電動車用のLIBが市場拡大を牽引。

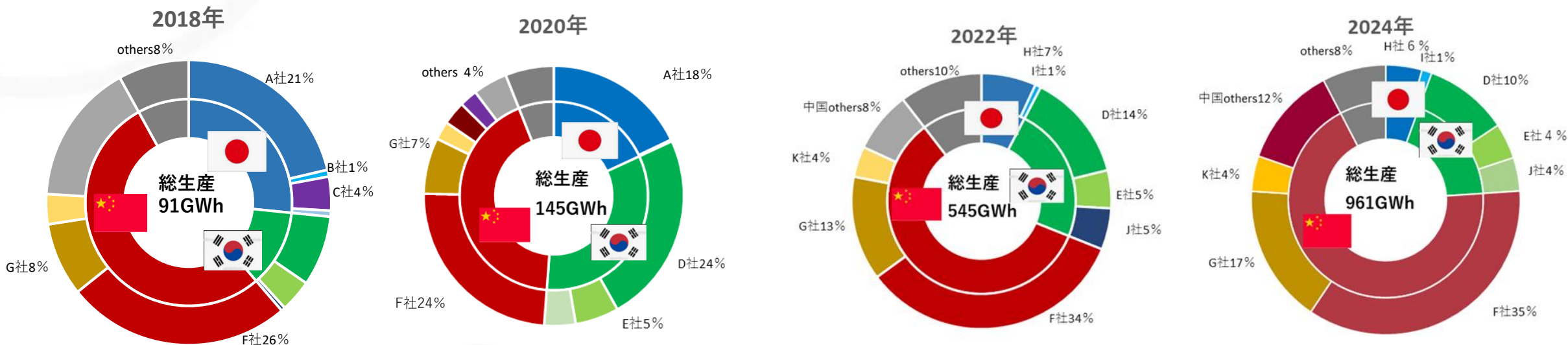


出典：「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2023,2024」(株式会社富士経済)を参考にNEDO推定

事業の背景 蓄電池産業の現状

- 電動車へのシフトが進む中、中国及び韓国の電池メーカーはLIBの生産設備投資を精力的に進めている。特に中国政府による手厚い支援を受けた中国電池メーカーの生産量増加が著しい。
- 日系電池メーカーは生産・販売量は増やしているものの、シェアは低下している。

xEV用LIBの世界市場規模とシェアの推移



出典：「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2019、2021、2024」富士経済 を基にNEDO作成

政策・施策における位置づけ

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）

エネルギー需要の運輸分野において、2050年までに日本車1台あたりの温室効果ガス排出量を2010年比で8割程度削減を長期のゴールと定めた上で、電動車の普及拡大に向けた取り組むべきテーマの1つに、高性能蓄電池の技術開発が選定されている。こ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、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」（2020年12月経済産業省策定）

遅くとも2030年代半ばまでに全ての乗用車新車販売を電動車100%とすることを目指すとされた。

蓄電池の高性能化と低コスト化への取組が鍵であり、技術開発で日本が世界をリードする全固体リチウムイオン電池は、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。

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）

次世代電池については、研究開発能力目標として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、産官学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。

「第7次エネルギー基本計画」（2025年2月閣議決定）

蓄電池は、2050年カーボンニュートラルを実現するために不可欠であり、我が国が世界の蓄電池のサプライチェーンにおける中核を占めるようになっていくことが重要であり、国内における蓄電池・部素材・製造装置の製造基盤の確立・強化に加えて、グローバル市場において日本の蓄電池関連の生産及び技術がプレゼンスを発揮し、競争力を強化するための取組を進めるとされた。次世代電池の技術開発等の市場獲得、人材の育成・確保に向けた取組を推進するとしている。

国内外の動向と比較

全固体電池の研究開発動向（主な企業動向）

トヨタ自動車 (日本)	全固体電池をハイブリッド車から採用していく方針を発表。出光興産と連携し2027~28年の全固体電池実用化をより確実なものとするとしている。2024年9月には、全固体電池の開発・生産に向けた「蓄電池に係る供給確保計画」が経済産業省より認定されている	Mercedes-Benz (ドイツ)	2024年9月、Factrialと共同開発した全固体電池Solsticeを発表。最大450Wh/kgのエネルギー密度が期待されるとしている。
日産自動車 (日本)	2028年度までに自社開発の全固体電池を搭載した電気自動車を市場投入することを目指し、2024年4月には横浜工場内に建設中の全固体電池パイロット生産ラインを公開。	BMW (ドイツ)	全固体電池を搭載した車両を30年までに発売する計画。Solid Powerに出資しパルストルフ拠点でセル生産プロセスを最適化していくとしている。
本田技研工業、 本田技術研究所 (日本)	2024年11月に本田技術研究所の敷地内に建設した全固体電池のパイロットラインを公開。ロールプレス方式を採用し電極界面との密着性を高めるとともに生産性の向上を目指すとしている。	Ilika (英国)	全固体電池GoliathのパウチセルのAサンプルを供給する1.5MWhのラインを構築するとしている。HISTORYプロジェクトでセル開発を継続。
GSユアサ (日本)	高いイオン伝導度と優れた耐水性を兼ね備えた硫化物系固体電解質の合成に成功。さらに改良し、2020年代後半に全固体電池の実用化を目指す。	CATL (中国)	独自の固体電池「凝縮電池」や硫化物系および高分子系全固体電池の開発に取り組んでいる。全固体電池について研究開発と大量生産に注力すると表明しており2027年に少量生産を実現する見込みとしている。
マクセル (日本)	硫化物系電解質を採用したコイン型全固体電池を2021年から生産開始。2022年には容量2倍のセルを発表。2023年には容量200mAhの円筒型全固体電池を2024年からサンプル出荷すると発表。	BYD (中国)	全固体LIB電池については2027年頃に大規模な搭載車両の実証応用が開始され、本格的な大規模応用は2030年以降になると予測している。政府主導の主要6社（CATL、BYD、第一汽車、上海汽車、吉利汽車、北京衛蓝新能源科技）を対象とする総投資額60億元で複数の全固体電池開発プロジェクトを実施する一社である。
Solid Power (米国)	Ford、BMW等から投資を受け、2024年にはSK Onと技術移転契約を締結。EVs4ALLに予算560万ドルで全固体LiS開発で採択された。	上海汽車 (中国)	全固体電池の量産を2026年にはじめ27年に発売する車両に搭載する計画。液体の含有率を段階的に引き下げ全固体では400Wh/kgを超える。
Factorial Energy (米国)	2024年12月、乾式正極コーティングプロセスを採用した40Ah全固体電池セルを発表。小型のプロトタイプは2,000 サイクル以上を達成としている。	現代自動車 (韓国)	Solid Power社やIonic Material社に出資しFactorial Energyとは電気自動車（EV）向け全固体電池の共同開発契約を交わしている。2030年から主要電気自動車モデルに全固体電池を適用する方針としている。
Quantum Scape (米国)	Volkswagenが出資。2024年1月、VW傘下の電池会社PowerCoによる全固体電池セルの耐久テストで1,000回を超える受電サイクルを完了し、サンプルテストの要件を大幅に上回ったとしている。	Samsung SDI (韓国)	2020年に、負極側にAg-C複合体を用いた硫化物系全固体電池で体積エネルギー密度900Wh/Lを実証したと発表。2023年には社内に「ASB (All Solid Battery) 事業化推進チーム」を新設したとしている。

国内外の動向と比較

全固体電池の研究開発動向（主な国家プロジェクト動向）

日本



- ◆ **次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発 SOLiD-Next (NEDO)**
2023年開始。材料評価用の標準電池モデルの開発を通じて、材料評価技術による新材料評価や固固界面現象の解明等、共通基盤研究を実施。産学連携体制。
- ◆ **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 (経産省)**
2022開始。高性能電池・材料、省資源化、生産技術、リサイクル等を研究対象として2030年の本格実用化を目標。全固体電池関連で7テーマが採択。
- ◆ **革新的GX技術創出事業 GteX (文科省)**
2023年開始。蓄電池領域においては、GHG削減・経済波及効果に対して量的貢献が見込める蓄電池技術の創出を目指し、高安全性を実現する硫化物型全固体電池および酸化物型固体電池の開発を実施。

米国



- ◆ **Li-Bridge (DOE)**
2021年開始。予算総額2億900万ドル。
アルゴンヌ国立研究所が中心になってDOE管轄の国立研究所（アカデミア）と産業界を橋渡しする。全固体電池の開発に関係するプロジェクトは、全26件中17件。
- ◆ **AVTR (DOE/VTO)**
2019年開始。全固体電池関連の予算総額1,500万ドル。
GM、Solid power、Michigan大学等が参加し、固体電解質、界面解析、製造プロセス等を検討（全15テーマ）。
- ◆ **EVs4ALL (DOE/ARPA-E)**
2023年開始で3年間。予算総額4,200万ドル。
12テーマ中4テーマが固体電池関連。Solid Powerの全固体LiSなど。5-15分で電80%充電、20万マイル走行後の容量維持率80%以上、\$75/kWh以下としている。
- ◆ **PROPEL-1K (DOE/ARPA-E)**
2024年開始で2年間。予算総額1,600万ドル。
13テーマ中3テーマが固体電池関連。Solid Energies社がLi空気固体電池。他に、セラミック固体電解質や高分子固体電解質を用いたLi空気固体電池など。

EU



- ◆ **Horizon2020、Horizon Europeのフレームワーク**
多数の各種目的に対する基礎研究、応用開発プロジェクトを企画、支援。
LC-BAT-1-2019プログラム：ASTRABAT、SUBLIME（硫化物系）、SOLiDFY、SAFELiMOVEの4テーマが採択。4年間で各780万ユーロ。
2021の固体電池開発、製造に関するプログラム。合計8テーマが採択。予算合計は約5,800万ユーロ。4年間。HELENA（塩化物系固体電解質）、SEATBELT（低資源リスク、低コストの固体電池）、PSIONIC（Li金属、高分子固体電解質）、PULSELION（硫化物系固体電解質、真空成膜負極Li金属）など。
- ◆ **BATT4EU**
民間のバッテリー企業団体BEPaと欧州委員会で設立されたパートナーシップ協定。

ドイツ



- ◆ **ALANO (BMBF)**
2021年開始。BMWが主導し、Helmholtz Ulm研究所、Fraunhofer研究所、Münster大学のMEETバッテリー研究センター等が参加。リチウム金属負極、固体電解質を中核とした研究開発に注力。

英国



- ◆ **Faraday Battery Challenge (BEIS)**
2017年開始で継続中、予算総額はその後の追加も含め500百万ポンド以上。基礎研究分野は全固体電池を対象とするSOLBATプロジェクトにはOxford大、Warwick大等が参画。
2023年には固体電池のシリコン負極を開発する「HISTORY」プロジェクトが開始。

中国



- ◆ **新型エネルギー貯蔵発展の実施方案**
蓄電池もコア技術と位置づけ、固体リチウムイオン電池等の次世代高エネルギー密度のエネルギー貯蔵技術の研究開発を行うとしている。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」では新体系電池として全固体LIBが挙げられている。

韓国

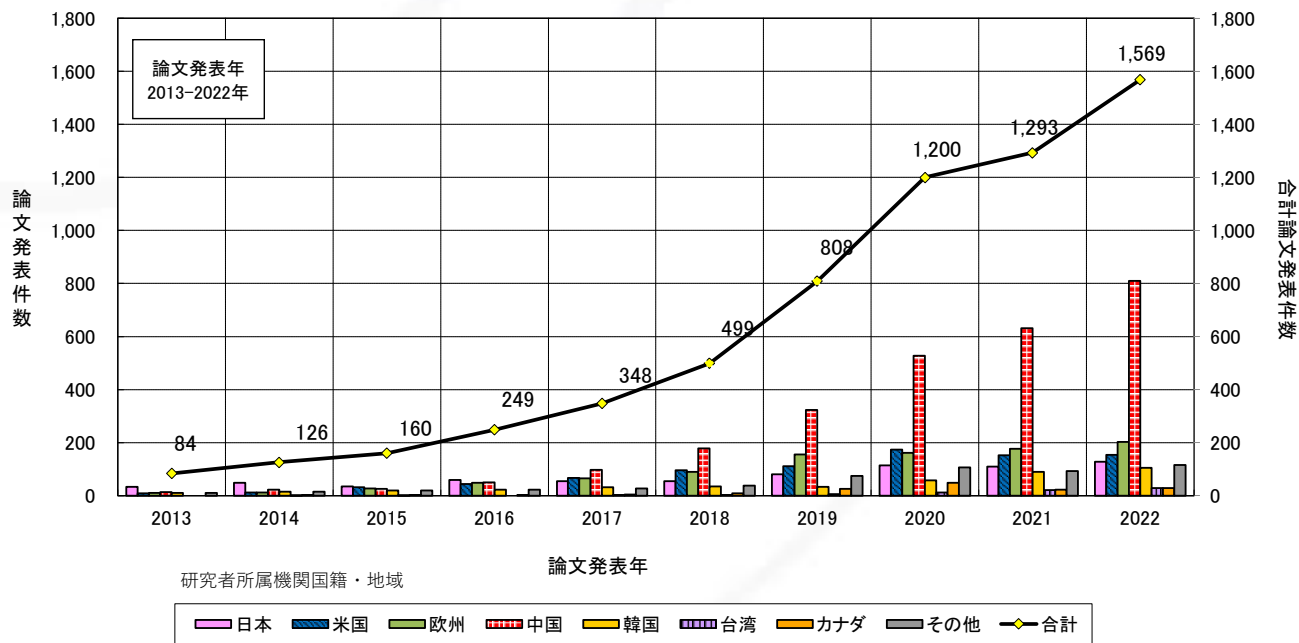


- ◆ **K-バッテリー発展戦略**
2021年、次世代二次電池の早期商用化とリチウムイオン電池の高性能化、安全性の向上を目指すとして公表。全固体電池を2027年までに商用化することを目標としている。2027月には大手電池3社を中心とした「次世代電池官民協議会」が発足し全固体電池などの開発を支援。

国内外の動向と比較 全固体電池の論文発表動向

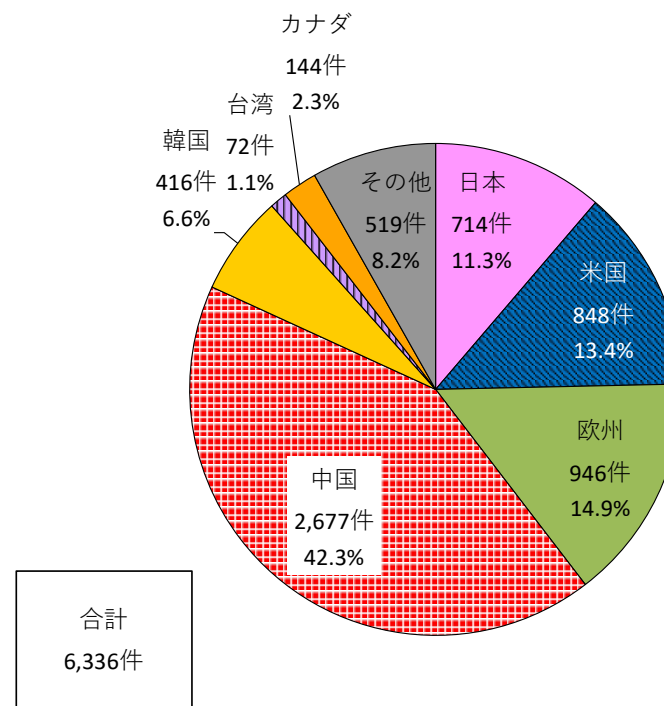
➤ 全固体電池関連の論文発表件数については、2017年以降中国が急激に増加。累積比率も中国が4割以上を占める。

全固体電池の論文発表件数の推移



出典：特許庁 令和5年度特許技術動向調査報告書 - 全固体電池 -

全固体電池の研究者所属機関 国籍別の論文発表件数の比率

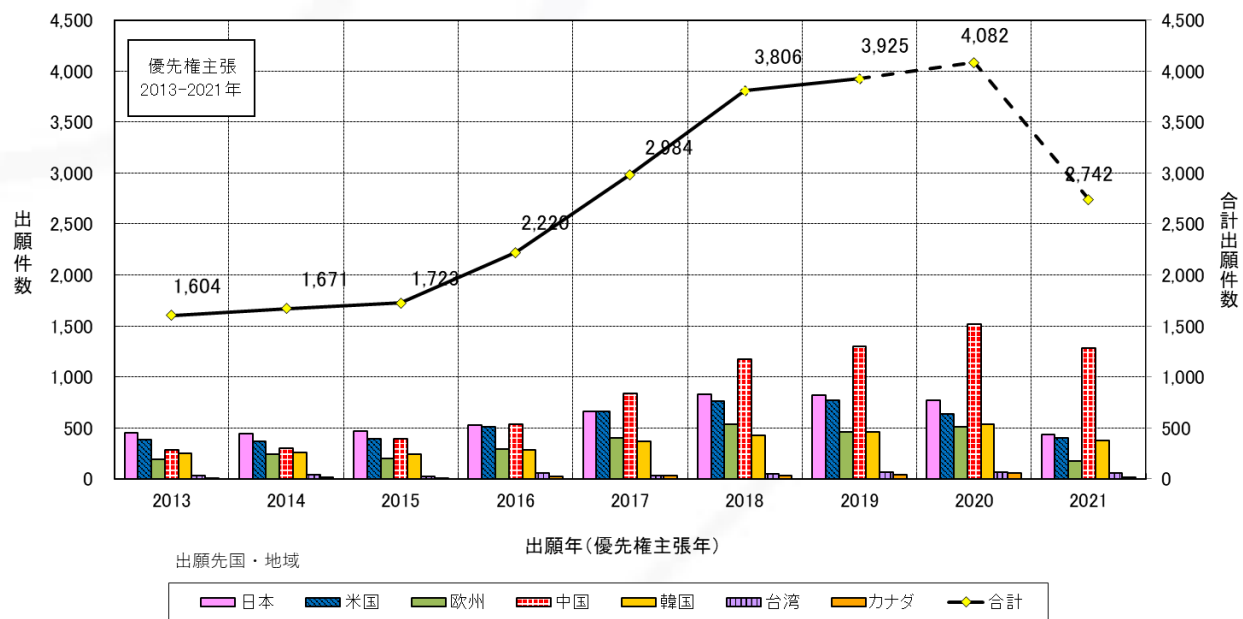


出典：特許庁 令和5年度特許技術動向調査報告書 - 全固体電池 -

国内外の動向と比較 全固体電池の特許動向①

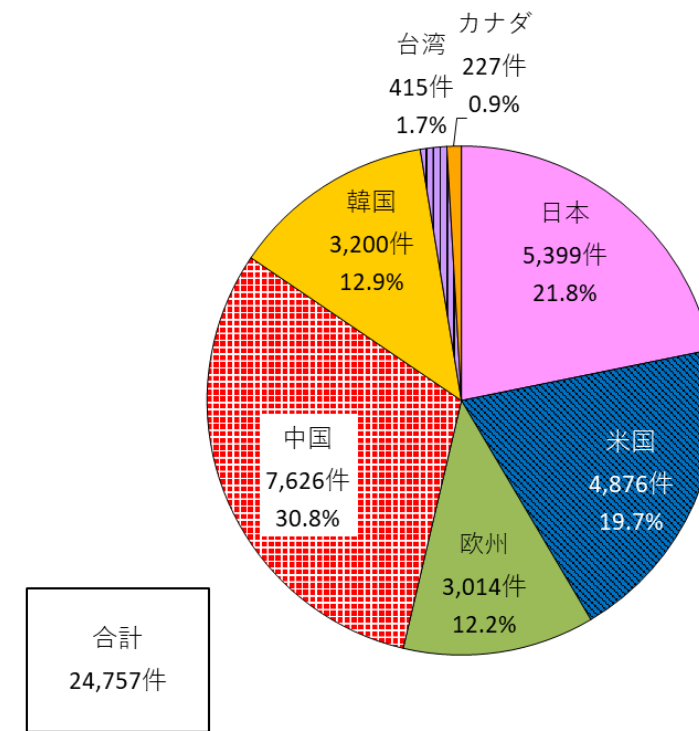
➤ 全固体電池関連の特許出願件数（国籍別）について、2017年から中国は日本を抜いて最大の出願件数。累積でも中国が最大。

全固体電池の特許出願件数推移



出典：特許庁 令和5年度特許技術動向調査報告書 - 全固体電池 -

全固体電池の出願人国籍別出願件数の比率

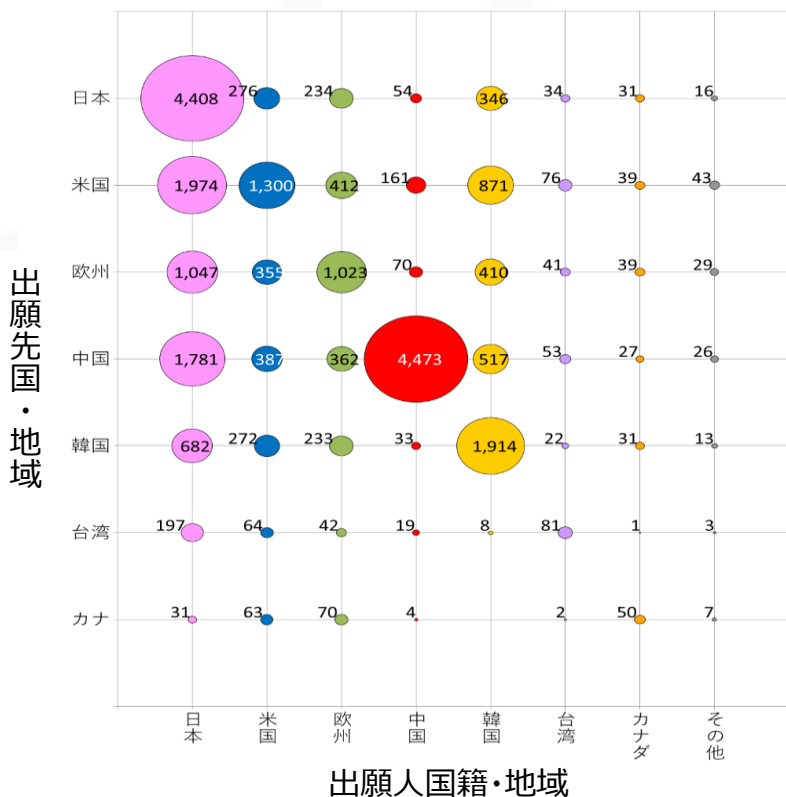


出典：特許庁 令和5年度特許技術動向調査報告書 - 全固体電池 -

国内外の動向と比較 全固体電池の特許動向②

▶ 海外出願の観点で見ると日本が優位。中国は件数が多いものの、ほぼ自国内の出願。企業別の特許件数からも日本の優位性が見られる。

出願先国・地域別-出願人国籍・地域別出願件数



パテントファミリー件数出願人ランキング

(日米欧中韓台WOへの出願、出願年（優先権主張年）：2012～2021年)

全体への出願				
順位	出願人	国籍・地域	属性	件数
1	トヨタ自動車	日本	企業	950
2	パナソニック	日本	企業	507
3	サムスングループ	韓国	企業	485
4	LGグループ	韓国	企業	430
5	中国科学院	中国	研究機関	370
6	現代自動車	韓国	企業	193
7	ポッシュ	欧州	企業	190
8	富士フイルム	日本	企業	189
9	村田製作所	日本	企業	177
10	本田技研工業	日本	企業	138
11	TDK	日本	企業	131
12	レゾナック	日本	企業	130
13	出光興産	日本	企業	127
14	セイコーエプソン	日本	企業	109
15	日産自動車	日本	企業	100
16	北京威蘭新能源科技	中国	企業	97
17	日本ガイシ	日本	企業	94
18	ポスコ	韓国	企業	91
19	古河機械金属	日本	企業	90
20	三井金属鉱業	日本	企業	88

出典：特許庁 令和5年度特許技術動向調査報告書 - 全固体電池 -

出典：特許庁 令和5年度特許技術動向調査報告書 - 全固体電池 -

事業の概要

事業名	: 次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発 (SOLiD-Next)
期間	: 2023年度～2027年度（5年間）
契約形態	: 委託契約（NEDO 100%負担）
予算	: 約55億円（FY2023-2025）



SOLiD-Next

実施体制



プロジェクトマネージャー (PM)
白田浩幸 (NEDO)

綿密な連携



プロジェクトリーダー(PL)
幸琢寛



参画企業

第1研究部

材料開発
黒葛原SPL



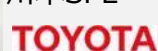
第2研究部

設計・プロセス開発
遠藤SPL



第3研究部

標準電池・評価
川本SPL



第4研究部

計算・解析
藤原SPL



外部連携部

革新電池の先行評価
幸PL(兼)、山川TL



材料評価法妥当性
検証チーム

山川TL



(9)



(5)



(20)



(16)

20研究室
()内数字は
参画機関数



NEDOの全固体LIB開発（戦略上の位置づけ）

2020年

2030年

個社での追求が適切な**競争領域**

グリーンイノベーション（GI）基金/
次世代蓄電池・次世代モーターの開発



Fy2022-2030

- ・車載用全固体LIBの本格実用化
- ・現時点の最新技術の市場投入に向けた取組が主眼（固体電解質量産など）

全固体LIBの
本格実用化

全固体LIBの
量産
(適用領域拡大)

耐久性の根本課題の解決と材料評価基盤の
開発 共通課題 = **協調領域**

**競争領域の
開発加速**

SOLiD-Next Fy2023-2027

- ・産学官の総力を結集して、全固体LIBの劣化機構を解明し、課題である耐久性(寿命)の弱さを解決する要素技術を開発。
- ・自動車をはじめとした様々な用途への適用を見据え、標準電池モデルなどの材料評価共通基盤技術を開発。

材料評価基盤を活用し新材料の開発を加速。日本企業の競争力の維持・向上

参画企業へ全固体LIB技術の蓄積。全固体LIBの研究開発を加速

SOLiD-EV (Fy2018-2022)

- ・全固体LIBのモデル電池（初期）の開発に成功
- ・全固体電池について、実用レベルのセルとプロセスを実現。

本事業の必要性

課題

【材料メーカー】

正極材、負極材、電解質等の最先端の材料をユーザー企業に提供

材料提供

【電池メーカー・自動車メーカー】

材料を電池に組上げ評価
(時間もかかる。自社の電池設計の情報開示につながるため詳細なフィードバックも困難)

詳細なフィードバック困難。
結果、材料開発が推進し難い。

本事業の成果による課題解決

【材料メーカー】

正極材、負極材、電解質等の最先端の材料を標準電池モデルを活用して評価



標準電池モデル
(材料評価のものさし)

【電池メーカー・自動車メーカー】

標準電池モデルに対するフィードバック
(自社の電池の開示が不要。適切なフィードバック)

適切なフィードバックを踏まえた材料開発。
結果、材料開発が加速。さらに電池開発も加速。

本事業の目的

- 本事業は、2030年以降に訪れる全固体LIBの本格導入期に向けた新規材料開発を促進するため、材料評価を行うための標準電池モデル（ものさし電池）の開発や材料評価の方法等の共通基盤技術開発を実施する。
- また、これらの取組を通じて、全固体LIBの本質的な課題（耐久性や拘束圧等）について現象・機構解明と対応策の検討にもつなげる。
- 本事業を通じて、耐久性の課題を根本から解決するとともに、業界内で共通基盤技術を活用して、新材料を常に生み出し続けるエコシステムを創出する。

前身事業（SOLiD-EV）の成果※

- 前身事業（SOLiD-EV）にて全固体LIB材料評価用の標準電池モデルを開発。
- 本事業では、多様な目的の材料開発を促進させるため、SOLiD-EVの標準電池モデルをベースに発展。

第1世代型

三元系
硫化物系
電解質
黒鉛系

450Wh/Lで安定動作する全固体LIBをシート塗工で実現

材料評価用
に製作

第1世代全固体LIBの標準電池モデル
（標準電池2.1）の基本仕様

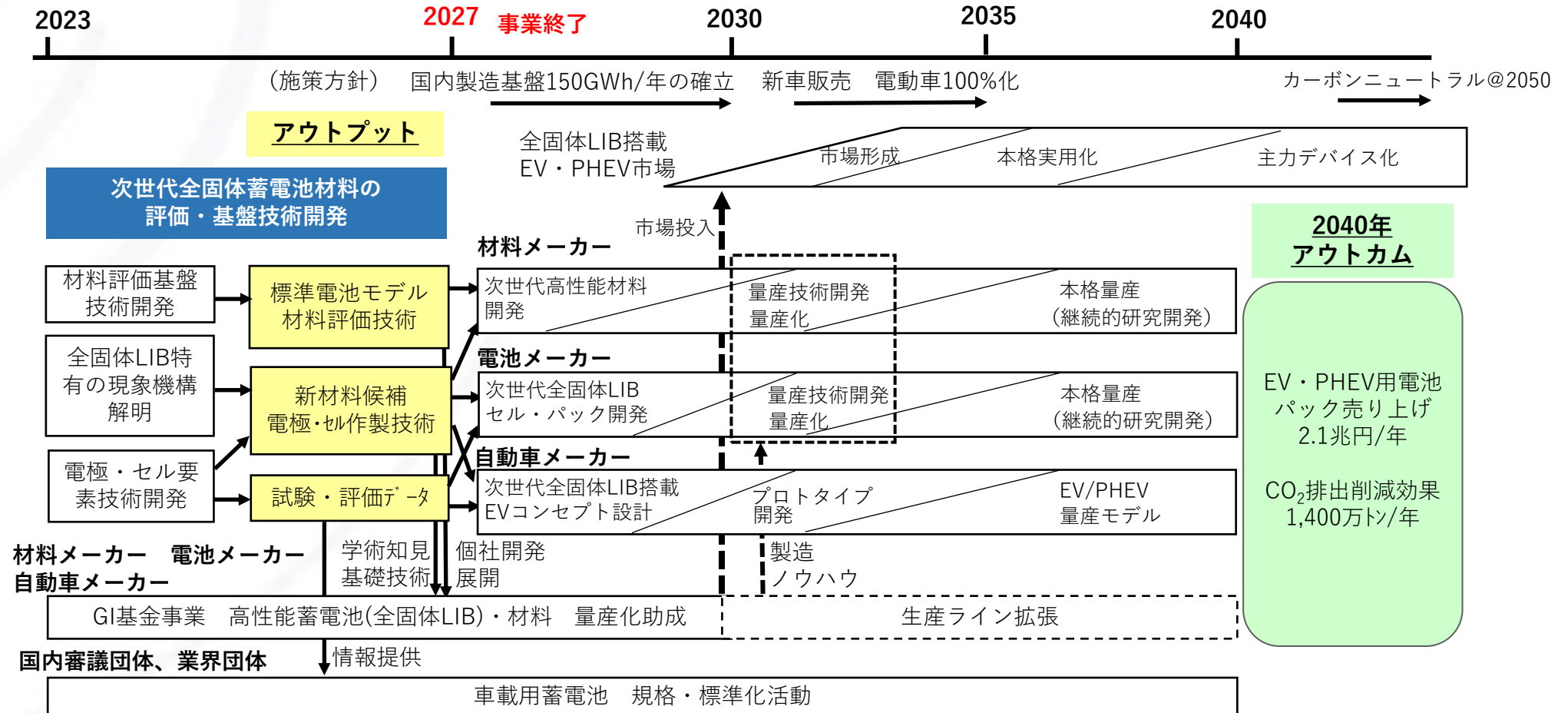
設計容量		8mAh
セル外形・サイズ		65×45mm
電極形状・サイズ		20×20mm単層
体積エネルギー密度		400Wh/L
標準材料	正極活物質	三元系
	負極活物質	天然黒鉛系
	固体電解質	アルジロナイト結晶系

本事業の研究内容及び目標※

研究開発区分	研究開発内容	中間目標（2025年度末）	最終目標（2027年度末）	設定根拠
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。	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。	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。	主に前身事業で標準電池モデルをベースに多様な目的を持って開発される新材料の評価を念頭に設定。
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。	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450Wh/L以上を目安とする。	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。	現行EVの各社のカタログ値を参考に、車載用の液系LIB並みの450Wh/L以上で、現行EVの保証値16万kmの約2倍の耐久性30万km走行を設定。
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、開発技術の検証等を行う。			

アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- 2030年以降の全固体LIB本格導入期に材料メーカーが成果を活用して新材料を提供。EV市場で日本企業が主導権を握る。
- 全固体LIB特有の現象・機構解明に係る成果は、個社の全固体LIBの開発や全固体LIBパックの商品設計等にも活用。
- 本事業で得られる試験・評価データは、国内審議団体・業界団体に提供され、車載用蓄電池の規格・標準化活動の推進にも貢献。



知的財産・標準化戦略

◆ 基本的な考え方

- 国際市場で競争力を獲得するためには、知的財産と標準化を戦略的に組み合わせたオープン＆クローズの戦略が必要。
- 本事業の成果となる材料特性評価技術（標準電池モデル、材料特性評価の条件・要領・手順等）は、国内メーカーが市場競争力を有した製品を創出するために使用するツールであるため、基本的にはノウハウとして取り扱う（クローズ）。
- 要素技術開発の成果（材料発明や製造方法など）は、知財戦略に基づき権利化・秘匿化を使い分ける（オープン＆クローズ）。
- 全固体LIBは、高い耐久性・安全性が期待され、その価値を示すための試験評価法の国際標準化に取り組むことが必要。
- 本事業では、国内の標準化関係者と定期的に会合を実施している。標準化活動を進める中で必要なデータや試験用電池の提供等、業界に対して適切なサポートを実施。

知財戦略

- (1) 車載バッテリービジネスの武器となる基本特許の創成活動を推進（量よりも質を重視）。創成した基本特許は、補正・分割・改良出願等して、他国企業が回避困難な堅固な特許網を計画的・戦略的に構築。
- (2) 国外特許出願を積極的に行う（国外出願しない特許は日本出願もしない方向で進めることも検討）。出願対象国は、海外競合企業のバッテリー製造工場が存在する国及び主要な電動車の普及国とする。
- (3) 電極活物質・電解質等の材料発明は、少数の特許で独占排他のビジネスが可能となることから、積極的に権利化。また、海外競合企業にはライセンスしない（若しくは高料率・拘束条件付のライセンス）。
- (4) 秘匿することがビジネス上有利となる製造方法や運転・制御方法等の発明は、原則、ノウハウとして秘匿化（ただし、リバースエンジニアリングの容易性や他国企業の出願可能性等のリスクを考慮して最終判断）。同時に、秘匿に際しての先使用権主張の準備も行う。

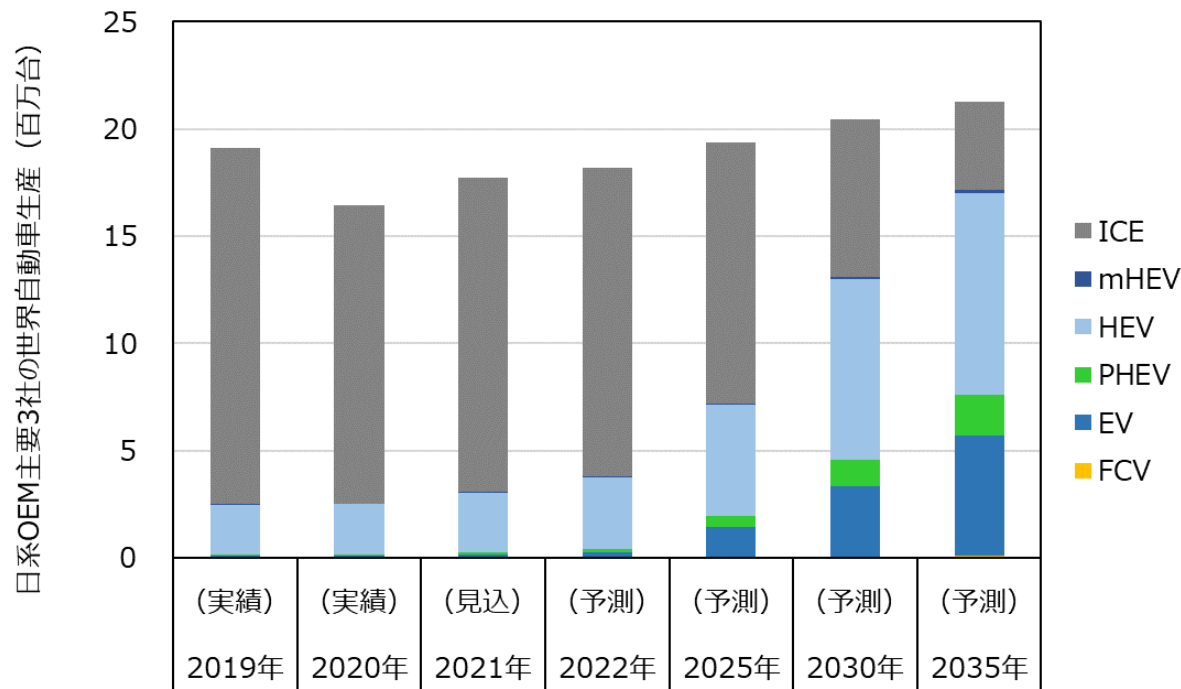
<評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

アウトカム目標の設定

- 調査会社やIEAの予測を参考にアウトカム目標を算出。
- 全固体LIBが車載用（EVやPHEV）に活用されたことによる2040年の経済効果（年間売上げ）は2.1兆円／年。CO₂削減効果は、2040年までの普及台数から1,400万トン／年と試算。

国内自動車メーカーの電動車生産台数の推移と将来予測



出典：「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2021」（株式会社富士経済）に基づきNEDO作成

アウトカム目標

	2040年
経済効果※1,2 （車載用電池パックとしての売上げ）	2.1兆円／年
CO ₂ 削減効果※1,3	1,400万トン／年

※1 「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2021 -電動自動車・車載電池分野編-」、「2020 次世代電池関連技術・市場の全貌」（いずれも株式会社富士経済）を参考にEV・PHEV総生産台数に対する全固体LIB普及率を2040年に35%とNEDO仮定

※2 電池パック容量をEVが60kWh、PHEVが15kWh、コストを1万円/kWhと仮定し試算

※3) IEA：Global EV Outlook 2020を基に、開発した高性能蓄電池の搭載による電池パックの軽量化等の効果を考慮して推定。CO₂削減効果をEVで1.18トン／台、PHEVで1.0トン／台と試算。

費用対効果

■ インプット*

- プロジェクト費用の総額 約100億円 (5年)
- 前身のSOLiD-EVの事業総額 約103億円 (5年)

※上記の他、グリーンイノベーション基金事業で全固体LIBと関連材料の研究開発テーマに数百億円規模の助成が計画

■ アウトカム

- 経済効果
 - 車載用全固体LIB電池パック売上 (世界) (2040年) 2.1兆円/年
- CO₂削減効果 (2040年) 1,400万トン/年

本事業における「実用化」の考え方

● 本事業の位置づけ

- 本事業では、2030年以降に訪れる全固体LIBの本格導入期に向けた新規材料開発を促進するため、材料評価を行うための電池開発や材料評価の方法等の開発を実施している。
- 加えて、これらの取組を通じて、全固体LIBの本質的な課題（耐久性や拘束圧等）について現象・機構解明と対応策の検討にもつなげている。
- これらの取組は業界全体に寄与するものであり、共通基盤技術開発として位置づけられる。

● 本事業における成果の実用化の考え方(定義)

本事業の成果が、材料メーカー・大学等における新材料の研究開発や自動車・電池メーカーにおける電動車及び車載バッテリーの研究開発に活用されること。

事業終了後の「実用化」に向けた取組①

事業参画企業への成果の共有

- ▶ 参画企業の開発責任者が出席する「LIBTEC技術委員会」を定期開催。研究開発の計画及び進捗状況を共有。知財の取扱いや情報管理といった成果活用の仕組みや運用方法についても、協議・調整。
- ▶ LIBTECへの出向研究員が取り組んでいる研究開発の情報を出向元企業に対して「個別限定情報」として管理しつつ、報告することが出来るルールを設け、出向元企業に共有。企業内での全固体LIBの研究開発を促進。
- ▶ 組合員企業の開発責任者や関係者が参加する「企業見学会」を開催。本事業で導入した研究開発設備や研究開発現場の状況等を紹介。

参画企業向けの取組実績

内容	実績※
「LIBTEC技術委員会」の開催	4回
「個別限定情報」の開示	259件
研究設備の「企業見学会」の開催	42回

※2025年3月時点

事業終了後の「実用化」に向けた取組②

事業参画企業や大学・研究機関への成果の共有

- ▶ 参画企業、参画大学・研究機関、連携機関、外部有識者（NEDO技術委員）等が一堂に会したSOLiD-Next技術シンポジウムを開催。関係者全員で研究開発の進捗状況を共有。
- ▶ アカデミア技術に対して産業界からの視点でのフィードバックを直接行える貴重な場としても機能。加えて業種・競合等の垣根を越えた企業間の交流も促進。

	開催日	参加者数	内容
第1回	2023年11月1、2日	240名	事業全体の研究開発方針・計画、個別研究テーマ（84件）の研究内容
第2回	2024年6月12日	231名	事業全体の進捗報告（5件）及び連携プロジェクト講演（2件）（オンライン開催）
第3回	2024年10月21、22日	283名	事業全体及び個別研究テーマ（97件）の進捗状況を共有



第1回 SOLiD-Next技術シンポジウムの状況

事業終了後の「実用化」に向けた取組③

材料特性評価技術の産業界・学界の活用に向けた取組

- 標準電池モデルや評価技術の妥当性検証等を通じて多数の電池試作・評価を実施。また、材料・セルの特性評価や分析・解析の条件や方法等をドキュメント化し、組織文書として発行・管理。
- この他、電池討論会での発表（2024年度はNEDOセッションを開催）や国内の標準化関係者との定期的な情報交換・データや試験用電池の提供などの協力も実施している。

新材料の受入れと電池試作・評価

評価材料種	サンプル件数
正極活物質	18
正極被覆材	12
負極活物質	36
固体電解質	63
固体電解質複合材料	5
導電助剤	6
バインダー	48
その他	38
合計	226

(2025年3月末時点)

特性評価・分析・ドキュメントの発行実績

文書の種類	件数
材料技術関連	91
設計・プロセス技術関連	101
標準電池・評価技術関連	25
計算・解析技術関連	5
材料評価法妥当性検証関連	4
合計	226

(2025年3月末時点)

事業終了後の「実用化」に向けた取組④

LIBTEC自主事業への展開

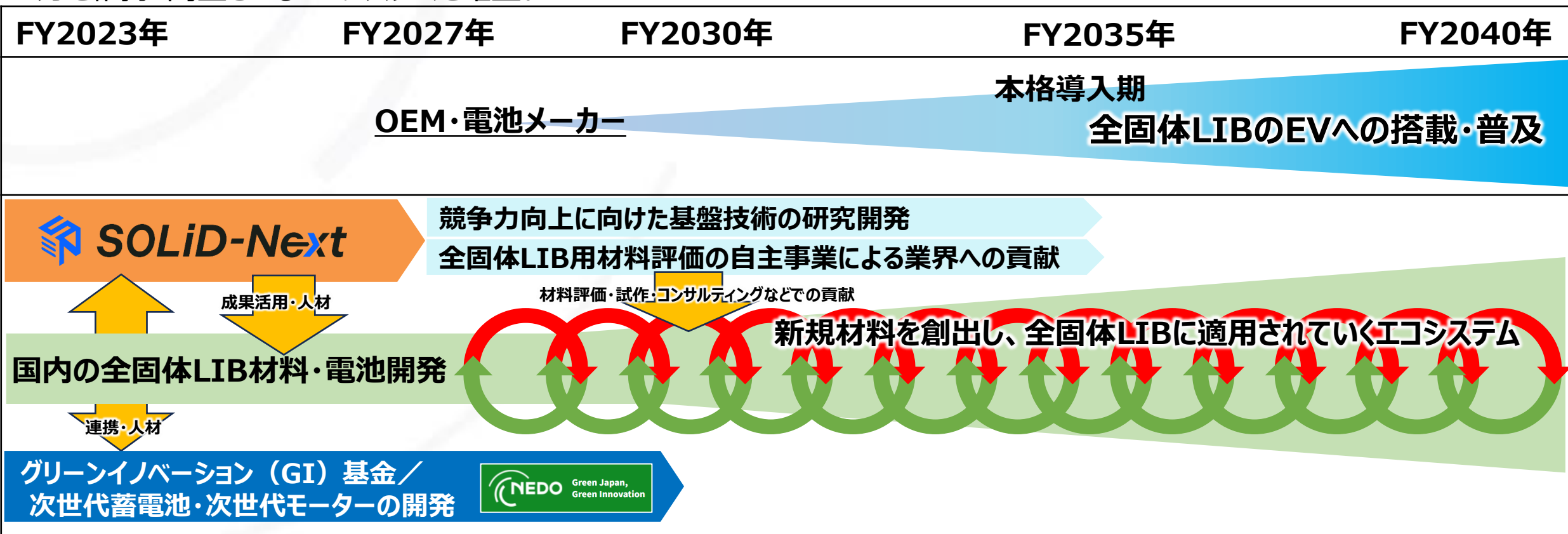
- ▶ 本事業の実施主体であるLIBTECは、過去のNEDO事業で開発した液系LIBの材料評価技術及び導入した設備・装置を活用し、材料評価サービス、蓄電池開発コンサルティング等の自主事業を展開。NEDO事業成果の産業界への展開に係る大きな実績を有する。
- ▶ 本事業においても、高耐久型や高入力型等の複数の用途別標準電池モデルに加え、単極評価技術、材料物性評価技術の開発も進めており、事業終了後も成果の自主事業化等を通じた、個社の材料開発への展開が大いに期待できる。

人材育成※

- ▶ 本事業では、主要な自動車メーカー、電池メーカー、材料メーカー等の企業からの出向研究者が研究開発推進の中核を担い、かつ数年単位で出向者が入れ替わる体制となっている。
- ▶ 本事業終了時の成果のみならず、事業期間中に得られた中間成果や技術情報・知見についても、速やかに個社の研究開発に展開される体制が整っている。

事業終了後の「実用化」に向けた絵姿（まとめ）

- ▶ 本事業で開発した標準電池モデルや各種要素技術等の全固体LIB材料評価基盤の成果を、LIBTECでの自主事業化や組合員企業の各社の開発に活用することで、全固体LIBの材料を中心とした研究開発が加速。
- ▶ 全固体LIBの初期導入（2030年頃）以降も、成果を活用し新材料を創出・適用することで、日本の全固体LIBの産業競争力を維持・向上させるエコシステムを確立。



アウトカム目標達成に向けて

これまでの実用化に向けた取組①～④の通り、
アウトカム目標達成に向けた、様々な仕掛けは用意



本事業では着実なアウトプットの達成が求められる

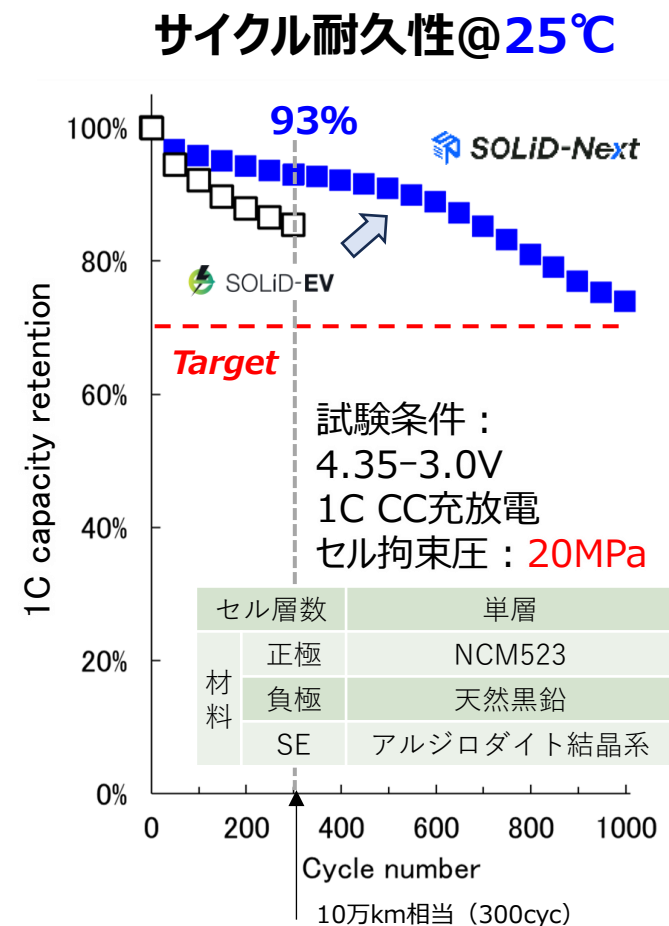
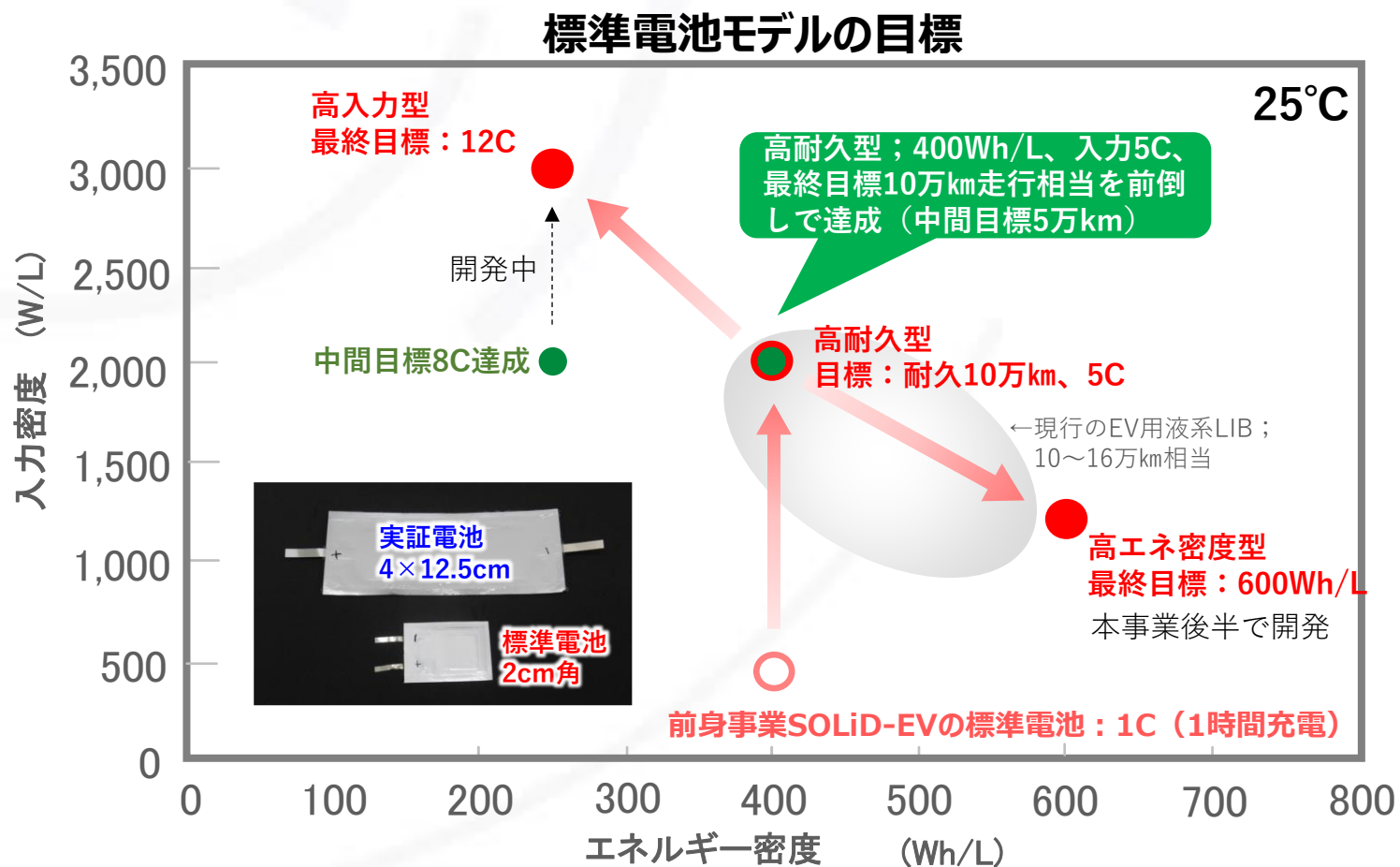
アウトプット目標（中間）の達成状況

研究開発区分	研究開発内容	中間目標（2025年度末）	達成状況	成果
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。	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。	○ 2025年3月に達成済み	<p>4件を提示</p> <p>高耐久型（2種類） （400Wh/L、5C、10万km相当以上） 高入力型（250Wh/L、8C） 単極評価モデル（LTO対極）</p> <p>今後、高入力型の改良および高エネ密型の策定推進</p>
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。	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450Wh/L以上を目安とする。	○ 2024年10月に達成済み	<p>EV10万km走行を想定した充放電試験後の容量維持率 93%</p> <p>（拘束圧20MPa、25℃ 1C充放電試験 300サイクル後）</p> <p>※エネルギー密度 450Wh/L</p> <p>今後、更なる低拘束圧化を推進</p>
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、開発技術の検証等を行う。			

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部未達、×未達

成果の概要

- 高耐久型は前倒しで最終目標達成。高入力型についても中間目標（8C）を前倒しで達成。
- 全固体LIB特有の機構解明等に取り組み、全固体LIBの耐久性が大幅改善。中間目標を前倒しで達成。



特許出願及び論文発表

- ▶特許については、国外特許出願を念頭に実施。
- ▶研究成果については、全固体LIBの研究開発が世界中で活発な状況にあることを意識しつつ、公開できる情報は可能な限り公開し、業界の裾野を広げるべく取り組んでいる。

特許出願及び論文発表等の活動状況

	2023年度	2024年度	合計
特許出願	1	7	8
論文（うち査読付）	1(1)	8(7)	9(8)
研究発表・講演	27	86	113
受賞実績	1	0	1
新聞・雑誌等への掲載	0	2	2

2025年3月31日現在

<評価項目 3> マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

NEDOが実施する意義

➤ 本事業については、以下の点から、NEDO事業として取り組む必要がある。

- **政策上の重要性**
- **産業界全体の競争力維持・向上**
- **関係者間の利害調整**
- **過去の蓄電池材料評価基盤技術開発における
マネジメント経験の活用**
- **国内の蓄電池開発事業間の連携促進**

実施体制

【再掲】



プロジェクトマネージャー (PM)
白田浩幸 (NEDO)

綿密な連携



プロジェクトリーダー(PL)
幸塚寛



参画企業

第1研究部

材料開発
黒葛原SPL



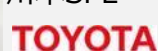
第2研究部

設計・プロセス開発
遠藤SPL



第3研究部

標準電池・評価
川本SPL



第4研究部

計算・解析
藤原SPL



外部連携部

革新電池の先行評価
幸PL(兼)、山川TL



材料評価法妥当性
検証チーム

山川TL



(9)



(5)



(20)



(16)

20研究室
()内数字は
参画機関数



事業の採択プロセス

- 公募予告を2022年12月26日から開始し、本公募を2023年1月24日から2月22日までの期間で実施。
- 採択審査は、1.基本計画の目的、目標との整合性、2.新規性・技術優位性、3.提案内容・研究計画の実現性、4.研究体制、5.研究遂行能力、6.実用化の見込み等の観点から実施。
- 採択審査の体制は、技術や実用化の観点から十分審査が可能なメンバーにより構成。

採択審査委員会 委員一覧

	氏名	所属、役職
委員長	稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
委員	今西 誠之	三重大学 大学院 工学研究科 教授
	下田 景士	立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構 准教授
	林 克也	エクシオグループ株式会社 電気・環境・スマートエネルギー 事業本部 スマートエネルギー本部 担当部長
	松本 太	神奈川大学 工学部 物質生命化学科 教授

(所属、役職は採択審査委員会時点)

予算及び受益者負担

研究開発予算

(単位：百万円)

	2023年度	2024年度	2025年度	合計
集中研究拠点（LIBTEC）の予算	1,162	1,377	1,393	3,932
サテライト（大学・研究機関）等の予算	544	500	487	1,531
合計（NEDO委託費）	1,706	1,877	1,880	5,463

委託事業の理由

本事業は将来の全固体LIB材料開発を加速させるため、業界の協調領域として取り組むとともに、全固体LIBの課題について現象解明等の基礎的研究を産学連携で実施する共通基盤研究開発であることから、委託事業としての実施が妥当。

研究開発計画

研究開発スケジュール

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度
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）		標準電池モデルの開発			
	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					
	検証			検証		
評価時期			中間評価			終了時評価

進捗管理①

NEDOによる進捗管理

本事業の研究開発テーマ毎に複数名のNEDO担当者を配置して、実施者の研究進捗を把握するとともに、目標への到達度、成果の技術的意義、実用化の可能性、産業への波及効果等も分析・評価しながら、事業のマネジメントを推進。

- **PMとPLとのホットラインを構築し、いつでも情報交換や意思決定が行えるネットワークを醸成。**
- 機会を設けてPMやNEDO担当者がLIBTECを訪問し、研究開発状況や研究設備の稼働状況を確認。また必要に応じオンライン会議、電話により状況を確認。
- 定期的に開催される「研究開発チーム会議」（LIBTEC主催）にNEDO担当者も出席し、チーム単位での研究開発進捗を確認。
- 年に1～2回、NEDO担当者が大学・研究機関を訪問し、研究開発状況や研究設備の稼働状況を確認。
- 年に1～2回開催される「SOLiD-Next技術シンポジウム」（LIBTEC主催）にNEDO担当者も出席し、事業全体の研究進捗を確認。
- 毎月、労務費が計上される登録研究員から提出される従事月報について内容を確認し、登録研究員ベースでの研究開発に遅滞が生じていないことを確認。
- 年度途中において、全実施者に予算執行状況の報告を求め、研究設備の導入状況や消耗品の購入状況から委託先単位での研究開発の遅延が発生していないことを確認。

進捗管理②

外部有識者による事業推進

- 事業の技術的取組や事業全体の運営管理について、効果的にマネジメントを実施する観点から、外部有識者によるNEDO技術委員会を設置。本事業の技術委員会は、単に研究成果を協議する場としてだけでなく、実施者側からの様々な相談内容も協議できる場としても機能させている。
- これまで、第1回（2023年11月2日）、第2回（2024年2月2日）、第3回（2024年10月22日）、第4回（2025年2月7日）、第5回（2025年4月11日）の合計5回開催。

NEDO技術委員会 委員一覧

	氏名	所属、役職
委員長	稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
委員	射場 英紀	トヨタ自動車 先端材料技術部 チーフプロフェッショナルエンジニア
	桑畑 進	大阪大学 名誉教授
	白井 敦史	本田技術研究所 先進技術研究所 材料プロセス領域 チーフエンジニア
	秦野 正治	日産自動車 総合研究所 先端材料・プロセス研究所 技術参与
	船引 厚志	G Sユアサ 研究開発センター 先進固体電池開発部 部長

(所属、役職は2023年10月時点)

進捗管理③

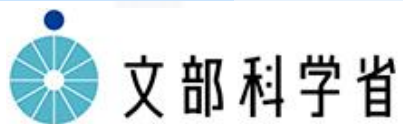
サテライト機関のステージゲート審査

- マネジメントの一環として、サテライトの各大学・研究機関が実施している個別の研究開発を対象としたステージゲート審査を2025年度後半に実施予定。
- ステージゲート審査は、前半3年間の目標達成度、これまでの研究開発成果、本事業への貢献（集中研究拠点との連携）、後半2年間の研究計画、研究成果の本事業及び産業界での活用見通し等を中心に審査を実施する予定。

動向・情勢変化への対応

- 金属Li負極は、Si負極と並び次世代負極として期待される材料。事業開始以降、日本の自動車メーカーが金属Li負極を採用する動きが見られた。各国でも取組が活発化中、速やかに対応が必要と考え、金属Liを負極に活用した場合の新規材料評価基盤の検討に着手した。本事業では、NEDO技術委員会での議論も経て、2024年度に2,000万円の予算を増額。
- なお、本取組を通じて、Li金属負極のあらゆる要素技術開発を実施することになる。結果、基盤的な知見を日本の全固体LIB開発メーカーに提供することにもなるため、各社の開発加速も期待される。

他事業との連携※



2023～

革新的GX技術創出事業
蓄電池領域



2022～

共創の場
形成支援プログラム



2021～

電気自動車用革新型蓄電池開発

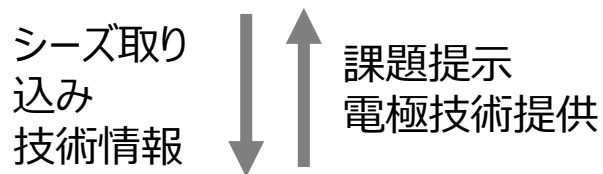


2022～

グリーンイノベーション (GI) 基金事業
次世代蓄電池・次世代モーターの開発



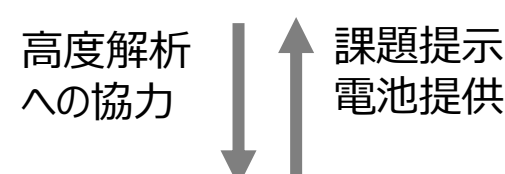
技術連携
内部会議相互参加



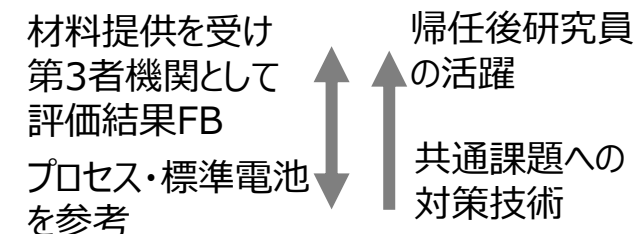
技術連携



技術連携



貢献・支援



インセンティブ制度

- 本事業は、2023年度から導入された「交付金インセンティブ制度」を積極的に導入。
- 中間評価や技術委員会を活用した評価により、各種インセンティブが付与される。

評価実施時期	評価判定方法	インセンティブ
事業3年目（中間年度）	中間評価時の「2.目標及び達成状況」の評価項目を達成基準に置き、当該評価項目に対し、過半数の委員よりA評価があった場合、インセンティブを付与。	金銭的インセンティブ
事業5年目（最終年度）	最終年度の2月までに技術委員会を開催し、基本計画の最終目標が達成しているかを確認する。委員会として、「目標達成」が承認された場合、インセンティブを付与。	物的インセンティブ

事前評価結果への対応 (事前評価書より)

	問題点・改善点・今後への提言	問題点・改善すべき点に対する見解・対処方針
1	<ul style="list-style-type: none"> 先行プロジェクトである程度の課題が明確になっているはずなので、後継プロジェクトとしてはその課題を改善する計画になっているべきだが、目標に先行プロジェクトでの課題がどう反映されているかが明確でない。 	<p>先行事業で明らかとなる固固界面等の課題に対し、本事業の目標の位置づけを基本計画の中で分かりやすく記載する。</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> 電池構造で、エネルギー密度などが変わるので、具体的な目標数値を挙げないということであるが、ある程度の数値目標が無いとプロジェクトとしての意義や成果の評価が明確にならない。とくに劣化率や寿命の見通し、製造の省エネ性など、全固体電池としての課題の解決指標を定量的に議論するべきである。 	<p>本事業で設定すべき技術指標について定量化を検討し、基本計画に記載する。</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> アカデミアとメーカーの役割分担が必ずしも明確になっていない。共通基盤の成果の分配を行う方法が明確とは言い難い。 	<p>事業実施者の役割分担と成果の分配等のスキームについて、実効性の高いものとなるよう、先行事業での取組を踏まえて十分に検討を進め、事業運営へ反映する。</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> 全固体電池材料の開発に関しては幾つかの事業が並行して進められている。企業としてそれら複数の事業に申請されることも十分に考えられる。事業間での企業の棲み分け、企業等の間での関係について、「課題提起」、「技術提供」等は進めていけると考えるが、複数事業案件でどの様にブラッシュアップしてゆくのか、その具体的な施策が見えにくい。NEDOの舵取りは必須であると考え。 	<p>全固体電池関連の事業のミッション、技術範囲は、基礎研究から社会実装に至るまで個々に戦略的に位置付けられている。文部科学省経済産業省ガバニングボード等の場を用いて、事業間の相互補完、課題・情報 共有等を進める。</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> 基盤技術構築の対象となる全固体LIBについて、電池とした時に期待されることについて、それが真となるかの検証を行うこと、つまり、全固体電池の優位性を真に示すことを望みたい。 事業開始時の考え方・設定に問題はないと思われるが、状況の変化や課題・問題発生の場合は、躊躇なく、変更・改善できるよう取り組んでいただきたい。 	<p>先行事業に引き続き、開発技術の検証を通じ、全固体電池の優位性を明らかにしていく。開発状況、外部の技術動向・潮流等を踏まえ、技術委員会や中間評価等の機会を活用し積極的な変更・改善に取り組む。</p>



参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会
「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」(略称:SOLiD-Next)
(中間評価)分科会/現地調査会
議事録及び書面による質疑応答

【日 時】2025年6月6日(金) 8:50~16:55

【開催場所】国立研究開発法人 産業技術総合研究所 関西センター C-4 棟第8会議室
現地調査会：基礎融合材料実験棟内(リモート開催あり)

出席者(敬称略、順不同) *：オンライン参加

<分科会委員>

分科会長	井手本 康	東京理科大学 副学長 創域理工学部 先端化学科 教授
分科会長代理	稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
委員	今西 誠之	三重大学 大学院工学研究科 応用化学専攻 教授
委員	岩崎 裕典	PwC アドバイザリー合同会社 エネルギー・素材セクター パートナー
委員	喜多條 鮎子	山口大学大学院 創成科学研究科 教授
委員	関 志朗	工学院大学 先進工学部 環境化学科 准教授
委員	林 克也	エクシオグループ株式会社 電気・環境・スマートエネルギー事業本部 担当部長

<推進部署>

古川 善規	NEDO 自動車・蓄電池部 部長
臼田 浩幸(PM)	NEDO 自動車・蓄電池部 ユニット長兼チーム長
向井 寛	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
曾我 巖	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
丸内 亮	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
田中 直樹	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
紅山 史子	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
松下 智子	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
山木 孝博	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
久世 智	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
太田 英男	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
岡本 雅彦	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
佐藤 勇人	NEDO 自動車・蓄電池部 主査
増井 梨乃	NEDO 自動車・蓄電池部 主事

<実施者>

幸 琢寛(PL) 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 委託事業部 事業部長
黒葛原 実 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 委託事業部第1研究部
部長
遠藤 英司 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 委託事業部第2研究部
部長
川本 浩二 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 委託事業部第3研究部
部長
藤原 良也 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 委託事業部第4研究部
部長
吉野 彰 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 理事長
吉村 秀明 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 専務理事
島村 達也 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 委託事業部
委託事業推進室 室長
三浦 克人 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 委託事業部
委託事業推進室 室長代理
高松 康浩 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
松本 和伸 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
松田 こず恵 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
菅野 了次 東京科学大学総合研究院全固体電池研究センター 特命教授
秦野 正治* 日産自動車株式会社 技術参与
掛谷 忠司 株式会社GSユアサ 研究開発センター先進固体電池開発部 担当部長
中谷 展人* 出光興産株式会社 先進マテリアルカンパニーリチウム電池材料部
材料開発センター 所長
高橋 哲哉* 日置電機株式会社 フェロー
荻原 航 日産自動車株式会社 総合研究所 先端材料・プロセス研究所 主管研究員

<オブザーバー>

黒田 正法* 経済産業省 製造産業局 素材産業課 革新素材室 課長補佐
池田 秀俊 経済産業省 製造産業局 素材産業課 革新素材室 課長補佐
酒井 花* 経済産業省 製造産業局 素材産業課 革新素材室 係長
波多野 彩花* 経済産業省 商務情報政策局 電池産業課 課長補佐
妹尾 博* 経済産業省 商務情報政策局 電池産業課 課長補佐
堀 宏行* 経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐
根上 友美* 経済産業省 イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐

<評価事務局>

山本 佳子	NEDO 事業統括部	研究評価課	課長
植松 郁哉	NEDO 事業統括部	研究評価課	主任
村上 康二	NEDO 事業統括部	研究評価課	専門調査員
松田 和幸	NEDO 事業統括部	研究評価課	専門調査員
板倉 裕之	NEDO 事業統括部	研究評価課	専門調査員

議事次第

【公開セッション】

1. 開会
2. プロジェクトの説明
 - 2.1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
 - 2.2 目標及び達成状況
 - 2.3 マネジメント
 - 2.4 質疑応答

【非公開セッション】

3. 成果の全体説明
4. 研究開発設備の現地調査
5. 成果の詳細説明
 - 5.1 設計・プロセス技術
 - 5.2 標準電池・評価技術
 - 5.3 材料技術
 - 5.4 計算・解析技術
 - 5.5 成果の活用見通しについて
6. 全体を通しての質疑

【公開セッション】

7. まとめ・講評
8. 閉会

議事内容

【公開セッション】

1. 開会

- ・開会宣言（評価事務局）
- ・資料1に基づき分科会委員を紹介
- ・出席者の紹介（推進部署、実施者、オブザーバー、評価事務局）

【井手本分科会長】 ご紹介にあずかりました東京理科大学の井手本でございます。今日はよろしくお願ひします。私は電池、すなわちリチウムイオン電池、次世代電池の正極材料を中心に研究をしていまして、量子ビームを使った構造解析も行っています。今日は分科会長を務めさせていただきます。どうぞよろしくお願ひいたします。

【稲葉委員】 同志社大学の稲葉と申します。

私、蓄電池関係では、特に負極と、それから電解液を中心に研究しています。また、燃料電池の研究、特に触媒などの研究もしております。本日はよろしくお願ひいたします。

【今西委員】 今西でございます。

私は、蓄電池に関する材料全般の研究をしております。本日はよろしくお願ひ申し上げます。

【岩崎委員】 岩崎と申します。本日はよろしくお願ひいたします。

私は、今、コンサルという立場で、前職もシンクタンクでしたが、蓄電池関係は国プロ、NEDO のプロジェクトですとか、経産省のプロジェクトとか、そういったところに、いかに電池を社会実装していくかという立場でずっと携わらせていただいております。今日は、どうぞよろしくお願ひします。

【喜多條委員】 山口大学の喜多條です。本日はどうぞよろしくお願ひいたします。

私の専門としましては、次世代蓄電池の正極材料の研究を主に進めさせていただいております。本日は、いろいろ勉強も含めて聞かせていただければと思っております。よろしくお願ひします

【関委員】 ご紹介、ありがとうございます。工学院大学の関でございます。

私は、専門は比較的新しめの実用には遠いような電池、現在ですとナトリウム電池の研究開発及びオペランドの分析・分光ですね、NMR やラマンを用いたような、特殊な分析のオペランド分析のほうを実施しております。本日は勉強させていただきよい機会をいただき、ありがとうございます。しっかり勉強させていただきたいと思っておりますので、どうぞよろしくお願ひいたします。

【林委員】 エクシオグループの林と申します。本日はどうぞよろしくお願ひいたします。

私は、リチウム二次電池の電解液の材料研究から始めまして、リチウムイオン電池、次世代電池、ナトリウムイオン電池等を手がけ、また、固体酸化物形燃料電池の研究開発に携わってきました。本日はよろしくお願ひいたします。

【NEDO 白田 PM】 ありがとうございます。私、NEDO 自動車・蓄電池部の白田でございます。本日はどうぞよろしくお願いいいたします。

当部からは、本日、部長の古川が対面出席しております。実施者側から、LIBTEC の吉野理事長、よろしくお願いたします。それからプロジェクトリーダーの幸 PL、吉村専務理事、遠藤 SPL、川本 SPL、黒葛原 SPL、藤原 SPL です。よろしくお願いたします。また、東京科学大の菅野特命教授も対面出席させていただいております。なお、LIBTEC の組合員企業から、GS ユアサの掛谷部長も、後ほど対面で出席予定でございます。本日、どうぞよろしくお願いいいたします。

2. プロジェクトの説明

2.1 意義・社会実装までの道筋、2.2 目標及び達成度、2.3 マネジメント

推進部署より資料 3 に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【井手本分科会長】 それでは、質疑応答に入りたいと思います。

ここからは、事業全体について、ご意見、ご質問をいただきたいと思うのですが、評価項目の順に進めたいと思います。

まずは、1 番目の意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋に関して、ご意見、ご質問があったらお願いします。順番は決めませんので、ご自由にご発言いただければと思います。よろしくお願いたします。いかがでしょうか。

【稲葉委員】 まずは、ご説明をどうもありがとうございました。

この背景のところなのですが、この研究は EV の普及に資するものだと思っているのですが、最近はやはり特に欧米で EV の普及速度というのですかね、それが減速して、逆に日本製のハイブリッド自動車が非常に売れているというような状況もあって、やはり EV の実用化というのは少し計画よりも遅れてきている状況にあると思っています。こういう情勢変化というのが、全固体電池の開発とか、あるいは SOLiD-Next のプロジェクトの開発にとって、どういう影響があるとお考えなのかと、プラスの面と多分マイナス面と、どっちもあるように思うのですが、もしありましたらお願したいと。

【NEDO 白田 PM】 ご質問をありがとうございます。

おっしゃるとおり、今、EV、踊り場というか、普及が少し遅れているというような状況がございます。グリーンイノベーション基金でも、今、全固体電池の支援とかを行っていますが、私としては、確かにマーケットとしての入り方というのは少しゆっくりになっているところはあるものの、長期の方向性として、では、電動車の普及が止まるかということ、そういうわけではないと思っているのでということと、それから、研究開発というのは、マーケットがゆっくりになったからと言ってゆっくりする必要はなくて、むしろしっかりと取り組んでいって、あとは、これは企業が考えるこ

とかもしれないですけども、いつ、どのタイミングで社会実装していくか、技術はあるけども、それをどう出していくかというところは、我々も企業と考えながら出していけばいいと思っていますので、SOLiD-Nextの取組は、グリーンイノベーションの基金の研究開発の側面は、特にマーケットに左右されず、できることを粛々とやっていくと、我々もそこに支援をしていくということを考えて取り組んでおります。

【稲葉委員】 ありがとうございます。ぜひ頑張ってください。

【NEDO 白田 PM】 ありがとうございます。

【関委員】 工学院大学の関です。

すごくオリジナリティーの高いご研究であることはよく分かったのですが、少し質問させてください。まず、今回、他国との比較をしたときに、やはり中国が伸びているというところをご紹介されていたと思うのですが、例えば、現在、どんなジャーナルであったとしても、中国の論文がかなりの位置を占めているというのがあってというときに、そこで、この SOLiD-Next では、その辺りの発表戦略とか、その辺りの何か固定されたような考え方がおありになるのかというのの一つと、今回このプロジェクトがすごく進んでいるのはよく分かるのですが、他国の今一番力を込められているところとか、他国が日本より進んでいるところというような比較で言うと、どういうふうな位置づけになっているのかというところを少し教えていただければと思うのですが。

【NEDO 白田 PM】 ありがとうございます。

まず、論文については、論文と、まずこの SOLiD-Next の取組の中で、論文を出すか出さないか、それを特許とするかも含めてなのですけども、そこは、さきの知財委員会もそうですけれども、組合員の PL、SPL を中心に協議しながら、出すもの、出さないものという取捨選択をさせていただいております。それから、各国の動向というところですが、まず企業は、やはり中国、韓国が全固体開発に取り組んでいて、なかなか細かい製造技術までは、お互いに手の内は出していないところですけども、脅威であるというふうに考えています。欧州とかは、どちらかという全固体関係、アカデミアとか、欧米はそちらのほうが多いのかなという印象です。

各国の取組として、全固体はやはり日本がトップ、先陣を切る形で今一生懸命頑張っていますけど、他国は、やはりまた違う電池系、日本でも GteX で取り組んでいますけど、ナトリウムでしたり、LIB とはまた違う電池系なんかも研究開発に力を入れて取り組んでいるかなと。もちろん日本もそうなのですけども、そういった動きがあるかなと。あと、全固体でいくと、そうですね、例えば固体電解質だと、やはり塩化物系のものとか、日本だと硫化物、それから酸化物なんかをやっていますけど、塩化物系は結構中国が力を入れて取り組んでいるという認識もございます。

あと PL、何か補足があればお願いします。

【LIBTEC 幸 PL】 そうですね、論文も特許もそうなのですけど、動向調査というのは、

我々も2年に1回、3年に1回ほどやっております、世界の動きというのは、トレンドというのはつかむようにしています。その中で分かってきているのは、中国のほうは、特に特許のほうは、たくさん数は出ているのですが、トップ15とかにはほとんど入ってなくて、いろんな企業さんが数件ずつ出しているような状況であったり、あと、硫化物系はそれほどでもなかったりということをつかんでいますので、まだ依然、我々のリードが、まだ有利なところが日本はあるというふうな認識でおります。論文について、LIBTECも出しておりますが、あまり数を追うというよりも質を重視しているような形でやっております。

【関委員】 ありがとうございます。強固にスクラムを組まれて、やはりこのプロジェクトの優位性が十分に示されているというのがよく理解できました。ありがとうございます。

【NEDO 白田 PM】 ありがとうございます。

【井手本分科会長】 他はいかがでしょうか。

【今西委員】 ご説明をありがとうございました。

冒頭でご紹介いただきましたように、液 LIB に関するシェアの低下や、特許や論文の数で中国が台頭しているという状況を鑑みますと、実用化を急がなければいけないという点で、本事業の意義というのは極めて高いというふうに認められると思います。

その上で、一つお伺いしたいのですが、実用化に際して企業との連携、各国内企業の事業戦略との連携というような観点での目標の設定や、活動というのはしておられるのでしょうか。

【NEDO 白田 PM】 ありがとうございます。

そうですね、まず、そういった形でいくと、この上のほうのグリーンイノベーション基金事業、ここについては、今、全固体の事業化に向けて、我々は日産と、それからホンダとGSユアサ、トヨタさんは独自にやられていると思いますけども、そういう形で、この4社が今日本の中で事業化に向けて中心に取り組んでいるという認識です。

ここのメンバー、そういった企業さんについては、まさにこちらに示すとおりなのですが、組合員企業として参加しております。事業化に向けた取組は、製造に向けた取組については、各社がそれぞれ取り組んでいるのですが、我々としては、やはり標準電池モデル、ものさし電池をつくるという過程で、どうしてもやはり全固体としての、先ほども申し上げたとおり界面のところとかも含めて、その辺りの基礎的な知見というのは、製造のほうにも必要な情報だと思いますので、そういったところをこのプロジェクトの中でも、なぜそういった界面のところの現象が起きているのかとか、何が問題なのか、どう解決するか、そのフィードバックを、このプロジェクトを通じて、情報共有して、事業化を推進しているという位置づけだったり、あとは、グリーンイノベーション基金というのは、全固体電池の開発だけではなくて、材料についても、例えば出光さんもそうですし、住山さんもそうですし、あと、アル

バックさんは金属負極だったり、あと大阪ソーダさんも膨張収縮の、次世代負極のポリマー、それを緩和するにはポリマーの開発なんかを行っていますけども、例えば、アルバックさんとか大阪ソーダさんなどの材料についても、このプロジェクトと連携しながら評価して、フィードバックしてみたいなことも実は行って、そういうところで全固体電池の事業化に向けた取組としての下支えも担っているのかなというふうに思っております。

【今西委員】 ありがとうございます。恐らくまた非公開のところでもそういう話が出てくるかなと思いますので、聞かせていただきたいと思います。

ありがとうございました。

【NEDO 臼田 PM】 ありがとうございます。

【井手本分科会長】 時間の関係で、井手本の方から1点だけ。

標準化に関しては、どのくらい意識されているのですか。

【NEDO 臼田 PM】 標準化に向けての取組として、今、全固体の LIB の標準化の活動というのは、JARI が中心に行っていますけども、実は必要な要素研究は SOLiD-EV のときにやっています、それはもうフィードバックをかけていて、今回のこのプロジェクトを立ち上げるときも、何か必要であればやるということなのですが、当面は、要素のところは、必要ところは大体出したので、今は例えば必要だったらデータを渡したり、電池を提供したり、そういう協力関係を築いているということと、あとは定期的なミーティングで、必要だったらそういう対応しますよという、そんなような取組を行っています。

【井手本分科会長】 ありがとうございます。

それでは、時間の関係で、次に行きたいと思います。

2 番目の目標及び達成状況に関しまして、ご意見、ご質問があったら、よろしく願いします。いかがでしょうか。

【林委員】 エクシオグループの林と申します。

「アウトプット目標（中間）の達成状況」というスライドが、単純に言えば、このプロジェクトが今うまくいっているかどうかを判断するところになると思います。それに対して、ご説明でもありましたが、「研究開発内容」について、それを評価するために「中間目標」を設定して、数字を入れ込んだということだと思います。しかし、その妥当性が分かりにくいと思います。なぜ「10 万 km で 70%」であるのかなどです。後ほど議論させていただければと思います。

あと、ここで気になるのが、一番上の「①(材料評価基盤技術開発)」における成果のところでの「高耐久型」とか「高入力型」です。こちらは材料評価用にほぼ決まっています、それぞれの仕様で、材料を変えたときの評価ができるものだと理解したのですが、この点は合っていますでしょうか。一番上(①材料評価基盤技術開発)の「耐久型」とか「高入力型」のセルは、材料評価と併せてのプラットフォーム的になって使われ

ているという認識です。

【NEDO 臼田 PM】 そうですね、そういう意味では上のところ、目標としては、当時は、高耐久とか高入力というのは NEDO 側では指定せずに、想定は持っていたのですが、そういうような電池、要は使い方に応じて特化したような電池の開発を念頭に、数だけ、コンセプトとか、そういったところの、中間目標というのは、すみません、そういう意味では具体的なものは書いていなくて、提案の中で、こういう電池をやりたいですという提案が来て、それでフィックスさせていただいていますけど、そういう意味では高耐久、高入力、それからプロジェクト後半にある高エネ密については、それぞれ、ものさし電池をつくって、最終的にはそれをものさしにして、各材料メーカーさんと電池メーカーさんが議論して、新しい材料開発につなげてもらえばいいなと思います・・・訂正します。

あと、10 万 km のところは、実際の液 LIB というか、実際のデータから、この目標値というのは設定させていただいているというのが現状です。

【林委員】 分かりました。

それでは、一番上(①材料評価基盤技術開発)のところは、コンセプトを 2 件以上提示するという中で、4 件を提示しているということで、これは材料評価で、電池として動く形でつくりました、と考えてよいでしょうか。

【NEDO 臼田 PM】 はい。

【林委員】 下の②(全固体 LIB 特有の現象・機構解明)と③(電極・セル要素技術開発)のところに記載のある、要はハイスペックを狙ったところは、右側(中間目標(2025 年度末))にある、界面とか研究内容を確認するために設定された値だと書いてもありますし、そう理解しました。ゆくゆく、こちらも例えば上(①材料評価基盤技術開発)でのコンセプトになるということもあり得るのでしょうか。

【NEDO 臼田 PM】 そうですね、技術がしっかりできてくれば、もっと性能は、あその目標、高耐久の目標値 400 と 5C と書いていますけど、あれにとらわれず、もっといいものができていいとは思うので。

【林委員】 そのようなお考えで展開していくということ、分かりました。ありがとうございます。

【NEDO 臼田 PM】 PL、何か補足はありますか。

【LIBTEC 幸 PL】 ご認識のとおりです。

【井手本分科会長】 他にいかがでしょうか。

【関委員】 今回の最後の目標というのが成果の活用というふうになっていて、実用化というよりは、そちらの成果の活用に重きが置かれているというのはよく理解ができるのですけれども、それを活用される頻度がやはり上がったほうが最終的に実用化なり本国の税収の増大につながると思うのですが、そのときに新しいプレイヤーの参入というか、例えば全固体電池、ただですら液 LIB よりは技術的に難しいかなと思うので、

そういうところの例えば中小企業さんとか、そういうところの新規のプレイヤーの参入というのをどうやって増やしていくかというのも結構大事だと思うのですが、その辺り、今後、もしもビジョンみたいなものがあつたら教えていただければと思うのですが。

【NEDO 臼田 PM】 今のところ、このプロジェクトで公開できる情報というのは、電池討論会などを通じてできるもの、なるべく公開できるものは公開していきましょうという取組を行っていることと、あとは、個別に、例えば何か測定技術というのが必要なことがあれば、そこは LIBTEC とかの研究開発をやっていく中で、何か公開するわけではないですが、個別にそういう企業さんと展示会でも、いろんなところでつながったときに話をするような進め方というのはあるかなと思っています。

【関委員】 ありがとうございます。広く成果がいろいろなところで使おうとしているということがよく分かりました。ありがとうございます。

【NEDO 臼田 PM】 ありがとうございます。

【井手本分科会長】 それでは、時間の関係で、この 2 番の内容は、非公開の方がいろいろ質問とかコメントをしやすいと思いますので、次に行きたいと思います。

最後に、3 番のマネジメントに関しまして、ご意見、ご質問があつたらよろしく願います。

では、私の方から、聞こうと思っていたもので、関委員の質問がここに関係していたのですが、ステージゲートをサテライトに対しても設定するとき、そのステージゲートでどういうさじ加減というか、そのステージゲートの結果で、どのようなことを想定してやられるのでしょうか。

【NEDO 臼田 PM】 今、そのステージゲートは、考えているのは、もちろん、ここまでの目標の達成度とか、成果もそうなのですが、あとは、集中拠点、LIBTEC との連携、やはり自分で好きなことをやっているわけではなくて、ちゃんと連携して成果を生み出していますよという観点や、もちろん後半 2 年の計画と、あと、どう実用化というか、どう研究開発をその後も生かしていきますよ、そういった観点で見させていただいて、そういう意味では、特に今回のプロジェクトも産学連携なので、しっかり参画企業との連携をどう図っていくかを見つつ、必要な計画上、たくさん、いろいろな取組が多過ぎだと思ったら、そこを少し絞り込んだりとか、研究内容を絞り込んだり、もしくは、後半に向けては、もともと想定していた後半 2 年の計画より、もっとテーマとして重点的に取り組んだほうが良いという話があれば、そこを重点的に願いますとか、そういう協議をして、最終的に結果を踏まえて、後半 2 年の契約ですね、実施計画書とか契約手続を各大学さんで行っていくようなことを考えております。

【井手本分科会長】 ありがとうございます。

まだ、ご意見はあろうかと思いますが、終了予定時間を過ぎておりますので、これで質疑応答は終了したいと思います。

【非公開セッション】

3. 成果の全体説明

省略

4. 研究開発設備の現地調査

省略

5. 成果の詳細説明

省略

5.1 設計・プロセス技術

5.2 標準電池・評価技術

5.3 材料技術

5.4 計算・解析技術

5.5 成果の活用見通しについて

6. 全体を通しての質疑

省略

【公開セッション】

6. まとめ・講評

【林委員】 エクシオグループの林と申します。

今日は、ほぼ朝から1日、いろいろと有益な情報交換、議論ができたと思います。

本プロジェクトにおいて、意義、アウトカム、これらは、言うまでもなく電動の世界は来るはずなので、全然問題ないと思います。ただ、そこで全固体電池が勝つかどうか問題であると思います。このプロジェクトはその実現に向けて、オールジャパンで取り組み、実現が早まっていると信じられ、疑う点はないと感じました。電動車とかカーボンニュートラルに対してが、市場となりますので、今の方向性を守って取り組んでいただければと思います。

知的財産や標準化、これは、世界で日本がリードするためにも重要なことでもありますし、企業競争に対しても大事ですし、守らなければいけないところであります。それらも十分に管理、運用がされているということで、これからも問題なく進めていただければと思います。

目標と達成状況ですが、単純に言えば、既に達成しています。ただ、議論の中で、いろいろと課題だとか、場合によっては、やることが出たと思いますので、その辺にも取り組んでいただければ、最終的なプロジェクト終了に向けて、うまくいくのではないかと感じました。

マネジメントです。マネジメントは最初に書類で見たときは、複雑でよく分からな

かった点があったのですが、お話を聞いて、適切に行われていることがわかりました。サテライトが一番よく分からなかった点ではあったのですが、各研究部からの説明で、サテライト等の成果である良い材料を試してみる、場合によっては、評価のための道具をつくってもらおうというところでも、うまくコミュニケーション、相互連携ができていると感じました。受益者負担も問題ないと思います。研究開発計画、大きくは変えないで進められれば、このプロジェクトはうまくいくと思います。今日の議論を踏まえて、多少の微調整は必要ではないかと思いますが、引き続き取り組んでいただければと思います。オールジャパンで、皆さんが取り組んでいるので、十分実現可能だと思います。以上です。

【NEDO 村上専門調査員】 林委員、ありがとうございました。

続けて、関委員、お願いいたします。

【関委員】 工学院大学の関です。

本日、朝からいろいろな硫化物電池の勉強をさせていただきました。また、見学もさせていただいて、すごく理解が深まりました。ありがとうございます。

最初に、意義とアウトカムについてですけれども、この硫化物を使ってという電池ですね。硫化物という電解質は、もともともう 2000 年付近から、いろいろ報告されていて、私自身、高分子固体電解質が専門なのですけれども、高分子固体電解質は、比較的性能があまりよくなくて、輸率も低いというところがありましたけれども、硫化物は輸率 1 で、伝導度もかなり高い、液系並みに近づいている、またはそれを超えるところの近くまで行っているということで、もう技術としてかなり高いというのを、今回社会実装へ持っていこうということで、やはり社会的意義が高いなというふうに改めて感じました。また、この硫化物自身が、この電解質自身が、もう日本がオリエンテッドであるということもありますから、やはり本国で、より強固に推進していただけるのは、やはり固体電解質でも、高分子をやっている少数派からすると、すごいな、やはり絶対これは実現してほしいなというふうに改めて思いました。他方で、この電池をつくる大変さというの、今日聞いていて、やはり理解できました。特に界面形成とか、劣化するときにもう膨れてしまう、位置を変えるぐらいの膨れが出てしまう。これは非常に大変だと思いますので、この辺りは技術課題として、一個一個解決していただければ、もうものさし電池の考えから、チャンピオン電池の話まで含めて実現可能かなというふうに、やはり改めて思いました。

目標及び達成状況でございますが、こちらについては、本当に目標を適切に立てられていると思いますし、チーム内連携も含めて、本当に予定どおりに進捗している。また、今後の予定を設定するときにも、それが妥当にまた達成されていくのかなというふうに見えるように思いました。再現性も含めて、やはり丁寧にご説明いただきましたので、実証に向かって本当に順調に進んでいるなというイメージを受けました。最後、マネジメントについてですが、NEDO と LIBTEC で、かなり良好にホットライ

ンという言葉が使われて、やはり本当に迅速なご判断をされているというのを改めて強調していただいて、実際にそれが具現化されているなというようなイメージを受けましたので、本当にマネジメントについては全く問題がないのかなというか、良好な事例であるなというふうに見えました。それと一緒に、最後に、成果の活用見通しについてというところです。こちらのほうをお伺いさせていただくと、やはり若手の方とかがアカデミアの方というので、かなり会社を超えた連携、ないしは LIBTEC 様との連携というのが良好に進んでいて、それが最終的に人材育成にもつながっているというのは副産物としてというか、直接的な研究成果として、プラス得られているというのはすごいことだなと思いましたし、それがもう時間が進んでいくと、キーパーソンとして育っていったらというものは、やはり成功事例として高く評価するべきではないかなというふうに感じました。本当にすごくうまく回っているプロジェクトだということ認識するとともに、非常に1日でたくさん勉強させていただいたことを改めてお礼申し上げます。以上です。

【NEDO 村上専門調査員】 関委員、ありがとうございました。

続きまして、喜多條委員、お願いいたします。

【喜多條委員】 本日はいろいろ勉強させていただき、ありがとうございました。

まず、最初の意義・アウトカム、社会実装達成までの道筋というところでの感想としましては、私も電池の世界にいますので、液 LIB、液体電解液から、全固体に推移していくことの重要性や、必要性というのは分かっています。それゆえ、もう少しその部分を、結局これは税金であることとして考えると、固体に行くところのメリットというところのアピールが必要出ると思います。また、日本の電池シェアとしては 10%まで落ちてしまったものを、逆にどこまで戻していくために、こういうことをしなければならぬみたいな、そういう点ももっとアピールされると、もっとよいプロジェクトの宣伝や、評価というか、いい研究をしているという点につながっていくと思いました。次に、目標、成果に関しては、標準電池にしても、実装電池にしても、もう様々な形でプロの方々がやられているというところで、目標通り全て進められていますし、これは、ほかの委員も言われていましたけど、やはり新規参入したいぞと思うところが、気軽にまず相談して、それをアウトプットして、いい形でサイクルしていくようなシステムになっていくと、電池というものを中心に日本を活性化させられるのかなと思いました。マネジメントに関しましても、LIBTEC と、ほかのサテライトの先生方、また、NEDO と LIBTEC、恐らくサテライトの方々との連携というのもしっかりやられている様子ですので、十分であると思いました。以上です。ありがとうございます。

【NEDO 村上専門調査員】 喜多條委員、ありがとうございました。

続きまして、岩崎委員、お願いいたします。

【岩崎委員】 PwC、岩崎です。今日は1日どうもありがとうございました。

最初の意義・アウトカムの達成までの道筋というところなのですけれども、意義としては、もちろん皆さん感じられているとおり、非常に高いものがあるなというふうに思っております。

今、喜多條委員もおっしゃいましたけれども、やはり蓄電池産業とか、あと、自動車産業として、日本がこれから先、世界の中でしっかり一定の地位を確保していくという上で、これを絶対進めなければいけないようなプロジェクトだと、プロジェクトというか、技術だというふうに思っております。その中で、特にこのプロジェクトの意義というのは、やはりその基礎技術と実用化、まさに社会実装、GI でやっているような、あそこの間をつなぐ非常に価値のあるというか、期待されているプロジェクトだなというふうに改めて今日思いました。組合員の方も、SOLiD-Nextになって少し増えたというところからも、やはり企業の方からも期待されているところだと思いますし、連携の中でも、GI もそうですし、GteX もそうですけれども、そういった先生方と連携をしてやっている。まさに日本の電池開発のハブとなっているようなプロジェクトだなというふうに改めて思いました、非常に意義の高いプロジェクトだというふうに思いました。二つ目が、目標及び達成状況というところなのですけれども、こちらでも紹介いただいていたように、標準電池と、もう一つの実証電池のスペックの目標に対しては、目標を達成されているなというふうに思いました。そういったスペックが達成するということだけでも非常に大変だとは思いますが、それだけではなくて、しっかり企業へのフィードバックがその中であり、単にスペックだけではなくて、実態として、企業のほうにフィードバックが行っているというところが非常に大きな成果として今進んでいるのだなというふうに感じた次第です。最後がマネジメントです。マネジメントも、今日この1日を通して、やはり LIBTEC と NEDO が非常に近い関係でやっておられるというのは、もう質疑対応とかの受け答えとか、そういったところからも感じられるところでもありましたので、まず、その点はすごくいい関係でやられておられるなど。プロジェクトとして、しっかりいい関係でやっていらっしゃるなというふうに思いました。やはり SOLiD-EV のときから、もう 5 年、プラス 3 年なので七、八年たっているという中で、いろいろご苦労されてきたところもあったかとは思いますが、今現状は、そこがいろいろ改善をされたりとかして、企業からもそうですし、LIBTEC の皆さんからもそうですけれども、いい関係ができていかなというふうに感じた次第です。どうもありがとうございました。

【NEDO 村上専門調査員】 岩崎委員、ありがとうございました。

続きまして、今西委員、お願いいたします。

【今西委員】 三重大学の今西です。本日はお疲れさまでございました。

まず、意義とアウトカムですね。電池産業というのは、日本の中でも元気がある産業分野の一つでありますから、その地位を国際的にさらに高めるという意味でも、本事業の意義というのは極めて高いというふうに思っております。特にこの全固体電池

において、有機物の液を入れるとか、ああいう安易な方向に流れずに、難しい固体のみで電池をつくるのだという、その姿勢は非常に高く評価されるべきだと思いますし、完成された暁には、ほかの国がまねできないような技術になるのではないかなという意味で、私は、非常にこれは高く評価されるべきだなというふうに思っております。目標と達成状況につきましては、もう皆さん、皆全て高い達成度を示していらっしゃると思います。技術開発の点で非常に優れた成果が見られました。入力特性、耐久性の点で、特に高い到達度を示されたという点は評価すべきポイントであろうと思います。

特に印象的であったのは、多くのセルが全て同じラインを描いて、充放電をするというのは、本当にすばらしいなというふうに思いました。電池の高い完成度を示しているというふうに思います。一方で、私は少し質問をさせていただいたのですが、セルが作動している最中の状態とか、した後の状態の分析というのは、劣化解析と言ってしまってもいいのかもしれませんが、そういったところのデータが今日はあまり見せていただけなかったかなというところと、それから、安全性に関する、こちらは質問させていただいて、いや、やっているのですというふうにお答えいただいたのですが、そういったところが、もう少し発表の中にあればよかったかなと。実用化に向けて、実際の使用環境におけるパフォーマンスを考慮した研究開発というのがこれから求められるのではないかなというふうに思っています。最後に、マネジメントについてですが、知財につきましては、これは何度か議論されていますけれども、国際競争力を獲得するには、やはり国際特許を出していくということが必要であろうかと思えます。ただ、そうすると、情報漏えいといったような話もあるので、その情報共有とセキュリティーをいかに両立させるのかというところはマネジメントをこれからはもっていただきたいなというふうに思いました。企業との対話という点は、最後のセクションでたくさん例を示していただきましたけど、非常に緻密な情報共有を、国内企業、若手研究者の間でやっておられるということで、これは本当に産学連携のいいモデルになり得るなというふうに感じました。本製品は、これからの実用に向けて、さらに加速することが必要でありますけれども、次回の開発においては、拘束圧の軽減、高耐久性のバランスを取られるということで、より完成度の高い電池ができるというふうに期待をしております。どうもありがとうございました。

【NEDO 村上専門調査員】 今西委員、ありがとうございました。

続きまして、稲葉委員、お願いいたします。

【稲葉委員】 同志社大学の稲葉です。

まず、本日、長時間にわたりまして、ご説明いただきまして大変ありがとうございました。

まず、その意義とかアウトカムなのですが、この全固体電池は日本でもブー

ムになっていますが、きっかけはやはりトヨタさんと、それから、今日来ていらっしゃる菅野先生のご研究成果というのがきっかけになったのですけれども、日本中でこのように全固体電池ブームになったというのは、前プロジェクトの SOLiD-EV の事業と、この事業があって、日本のメーカーさんが協力して、開発を進めるという体制ができたことが、日本全体としての全固体全電池ブームのきっかけになって、それが今のグリーンイノベーションでの実用化研究につながっていると、非常にいい形になった事業だと感じています。また、アウトカムに対しましても、評価技術は非常に優れた評価技術を開発することによって、新規参入される方が参入しやすくなるということで、今後の研究者とか、企業の裾野を広げることにつながる、非常にいい成果が得られていると思っています。それから、もう一つ、最初に私が質問した EV の普及が欧米で遅れているというところを、どうお考えですかというお話をさせていただいたのですけれども、最後に幸さんがおっしゃっていたように、私は肯定的に見ていまして、やはりあまり早く普及して、例えば中国の電気自動車に世界中が支配されてしまうと、なかなかその後に全固体を出しても、その中に入っていくのも難しくなってしまうのではないかなどと思ったのですけれども、そこが遅れているので、今のうちに一気に技術を高めて、その普及が進む前に出せるといいかなというように思っています。あとは、次の目標とか達成状況、これはもうわざわざ言う必要はないのですけど、特に驚いたのは、耐久性 30 万 km、拘束圧が高い状態ですけれども、達成したというのは驚きました。前プロジェクトの最後の結果として、高温では耐久性が高いのだけれども、25℃にすると液 LIB に負けてしまうという結果があり、そういう結果からこの事業が始まって、本当に大丈夫かなというのは思っていたのですけれども、たった2年でここまで来たというところで、かなり驚きました。さらにいろいろな現象解明も進んで、たしか前プロジェクトでは、正極側が劣化の原因と言っていたのですけど、今日伺ったら、もうそこは解決して、負極側のほうが劣化の原因ですという話にとり、非常に進んでいると思っています。この途中で、拘束圧をかなり厳しい条件でチャレンジするというように伺いまして、非常にこれは難しいでしょうけれども、この後3年間、頑張ってもらいたいと思っています。それから、マネジメントのほうも、皆さんがおっしゃったとおり、非常にうまく進められていまして、各グループ間の連携はもとより、サテライトの大学との連携、それから、他事業との連携、非常にうまく、かつ有効に進められていると思っています。あと、願わくは、大学の先生たちが開発した新しい材料を、残りの期間に、できるだけ多く実証電池に組み込めるようになるというように思っております。以上です。本日はどうもありがとうございました。

【NEDO 村上専門調査員】 稲葉委員、ありがとうございました。

これから井手本分科会長にご講評をいただきますけれども、このご講評内容につきまして、自動車蓄電池さんに後ほど確認をお願いさせていただきますので、よろしくお願いたします。

それでは、井手本分科会長、お願いします。

【井手本分科会長】 はい。分科会長を務めさせていただいていた東京理科大学の井手本でございます。まずは、長時間のご説明、それから、質疑応答、見学等にご対応いただきまして、ありがとうございます。改めて見させていただいて、設備、それから、研究開発体制はすばらしいものだったと思いました。まず、意義・アウトカムについてですが、LIBの状況、それからEVの状況を含めて、現状把握はきちんとされていると思います。一方で、世の中の情勢で、EVの実装の遅れが出るとか、中国の動きとかという中で、やはり日本の独自性をこの分野は出していかななくてはいけないというところですが、その点もお話を聞いて、意識しながら進められているということでしたので、その点はよろしいと思います。設定している目的に関しましては、現在は標準電池を2種類用意して、新材料が出てきたら、あるいは開発されてきたら、それを評価できるような体制が既にきちんとできていることとか、この後のアウトプットの話もありますけど、耐久性に対する課題、課題整理もして、その対策、対応も取られていることで、きちんと工程のマネジメントができていますのかと思います。こういうことを通じて、業界内共通技術で、新材料の創生、エコシステムを目指すということですが、その道筋にも沿って展開されていると思いました。知財管理に関しては問題なく、標準化に関しては、既存のものをフォローしていくということで、問題がないと思います。目標及び達成状況についてです。LIBTECのこの事業自体は、参画企業との情報共有、アカデミアとの情報共有、プラットフォームの形成の仕方を含めて、これまでの経験を生かして、よりの確に動かれていることと、今日のお話を伺って、費用対効果に関しては全く問題ないと思います。この前身事業がSOLiD-EVで、この後継がSOLiD-Nextですけど、SOLiD-EVで培われたものは生かしつつ、それとの差別化、それから、より発展させていくというような、このSOLiD-Nextの道筋というところを明確にして、そのとおりに進められていると思いました。中間目標に関しても、達成をきちんとしていることと、それを踏まえて、今後の課題、方針についても明確化されているということで、非常によろしいと思いました。開発の軸も耐久性だけではなくて、高入力、高エネルギー密度と、ほかの点も意識しながら進め、3点で進めていくという考え方と、今後の課題設定自体もチャレンジングな課題もありますけど、逆に、設定をしていくということが、将来の社会実装とかをより進めるためには大事なところであるので、ぜひそこら辺のところは頑張ってくださいねと思いました。最後に、マネジメントについてです。マネジメントに関しては、主にこの全固体電池は、社会実装に近いところはGIのほうで動いていて、もう少しアカデミック寄りのところはGteXが動いており、このSOLiD-Nextは、おのおのの事業の切り分けと連携が、この分野は非常にうまくいっているということ。それから、進捗管理に関しましても、今日お話がありましたけど、PM、PLのホットラインを構築しつつ、産官学の連携がうまくいっている。お互いにウィン・ウィンのものをうまく引き出し

ているというような進め方をさせていただいているので、ここもぜひこれまでの経験も踏まえて、連携とか、マネジメントをより高めていただければと思います。

この全固体電池の分野というのは、基礎研究があつて、実用化があつて、社会実装があつて、今、ちょうどその三つが同時に動いているところなので、逆に、このプロジェクト自体の立ち位置、存在価値というのは非常に重要なと思いますので、ぜひ今後、引き続き最終目標に向けて邁進していただければと思います。以上でございます。

【NEDO 村上専門調査員】 井手本分科会長、ありがとうございました。

ただいまの分科会長のご講評につきまして、自動車・蓄電池部から何かございませうでしょうか。

特にございませうか。はい、承知いたしました。

それでは今の委員の皆様からのご講評を受けまして、実施者、それから、オブザーバー、それから、推進部の皆様から一言お願いしたいと存じます。

【LIBTEC 吉野理事長】 本日は、ほぼ丸一日、非常に有意義な議論をどうもありがとうございました。この全固体電池につきまして、日頃私が思っていることを最後に述べさせていただきたいと思います。私は、毎週水曜日にここに来ておりまして、研究員から、毎週 3 件のレポートを受けております。日々、どういうデータが出て、どういう現象が出たというのはいろいろ報告を受けております。そういった現象に対して、これは多分こういうふうな考え方でいいのだなど、いわゆる定説めいたものが出た案件と、まだまだ実験の事実はそのとおりのんだけど、それをうまくまだ説明し切れていないねという、二つに大きく分かれるかと思ひます。今日は、こういう中間評価という場でありましたので、主として、ほぼ間違いなく、こういうような定説で大丈夫だねという内容を中心にお話があったかと思ひます。もう一つ、まだどうも定説めいたものが難しいねというのが実は二通りございまして、一つは、いろいろな仮説を出す、三つ、四つのこういう考え方で説明できそうだねと。ただ、残念ながら、どれが正しいのかというのはまだよく見えておりませうというのが一つのパターンでございませう。もう一つのパターンは理解不能というものでありまして、実験事実は確かにそのとおりのんだけど、どうにもこうにも説明できませんねと。仮説すら出てきませうねという類の案件が結構まだあります。そういうことで、先ほど申し上げたように、そういう定説が出たものを中心にお話しさせていただいたのですが、理解不能というやつもまだあります。理解不能というのは、もしそれが理解できるようになれば、アカデミックには Nature、Science に投稿できるような内容かもしれませうし、実用的な観点からして、大きな技術、ブレークスルーにつながっていく可能性もありますねと、そういうふうにお思ひしております。

そういうことで、今日お話しした技術内容の裏に、まだまだこれから先、少し楽しみもまだまだ眠っておりますというのを、最後に私の挨拶代わりに申し上げさせてい

たきます。

本日はどうもありがとうございました。

【経済産業省池田課長補佐】 経済産業省で素材産業課の池田と申します。本プロジェクトを担当させていただいています。

本日は、長時間ご議論いただきありがとうございました。

私ごとながら4月1日に着任したばかりで、若干客観的な部分でのコメントになることをご容赦いただきたいのですが、これまで製造局内の様々なポストを経験してきた中で、最近は特に国における予算の使い方というところが厳しく見られていると感じています。そのような中であって、このプロジェクトは本当にうまくいっていることを実感しています。成果もさることながら、モデル電池であるとか、それを中心とした産学の連携、もしくは先ほど事業者の方からもご説明ありましたが、人材育成についても成果が波及しているというところまで、そういう意味では、国の予算を使ってしかるべきプロジェクトだということを、胸を張って言えるものだと感じました。これも吉野理事長をはじめ、LIBTECの方々やアカデミアの方々、事業者の方々の日々のご努力があつてのことかと思っております。本当にありがとうございます。私は素材産業課におりますので、電池産業だけではなく広く素材産業の発展という側面で、今後新たなプロジェクトなどを検討していく中で、このようなLIBTECを中心としたSOLiD-Nextのプロジェクトについては大変参考になる取組だと感じ、改めて勉強させていただきました。ありがとうございました。また引き続き皆様からの貴重なご意見をいただきながら、国としても、これは国のプロジェクトでやっていくべきものだというように、胸を張っていけるような施策を様々な検討していきたいと考えています。引き続きどうぞよろしくお願いしたいと思います。

本日は本当にありがとうございました。

【NEDO古川部長】 NEDOの古川でございます。

本日は朝早くから1日、様々な角度からご議論をいただきまして、本当にありがとうございました。また、ご対応いただきましたLIBTECの皆様、ご参画されている大学の先生方、企業の皆様、ご準備を含めて本日のご対応、誠にありがとうございました。本プロジェクトは大きな絵図の中の一つの事業であることが伝わり、井出本分科会長の最後のコメントにまとめていただいたことが大変ありがたかったと思います。前身プロジェクトでは、液体リチウムイオン電池の電解液を固体電解質とし、全固体電池として産業応用が見通せるレベルで動作させることをコンセプトとしておりました。その成果がGI基金事業に引き継がれ、製造方法をWIPからロールプレスへ変更するなど、車載を可能とする製造技術として確立すべく研究開発・実証に取り組んでいるところでございます。しかしながら、吉野先生から言及がございましたとおり、これで全部が解決できるわけでもございません。本事業では、その先を見据え、全固体電池の更なる性能向上、全固体電池ならではの特性を引き出すことを目指して取り組んで

おります。第一世代の全固体電池が市場に出た後、さらに全固体電池の魅力と性能をいかに引き出していくかを目標として、様々な課題にチャレンジしているのが本事業であります。前半の研究開発成果や社会情勢の変化を踏まえて新たな開発目標を追加の上、次世代全固体電池の開発向け、残りの期間も邁進させていただきたく存じます。

電動車を構成する技術要素という視点から見れば、蓄電池も非常に重要な要素の一つであります。例えばモーター、ギアなどと一体化した e-アクスル技術、最近の競争領域である AI を活用した自動運転技術、販売後にも自動車の使い勝手や利便性を向上させていく **Over The Air(OTA)**技術など、様々な技術開発課題がございます。本プロジェクトでは「蓄電池」に対して切り込んでおりますが、NEDO 全体では多様な取り組みを進めております。例えば自動車の知能化に必須となる AI 活用において重要な **TOPS** 性能を向上させた車載用 **SoC** 開発などがあげられます。OEM や Tier1、ソフト会社が連携し、ASRA という技術研究組合を立ち上げ取り組むプロジェクトなどがあり、蓄電池だけでなく、自動車産業、更にはモダリティという視点を持って、様々なプロジェクトを切り分けつつも連携しながら取り組んでおります。

本日、井手本分科会長からお言葉がありましたとおり、蓄電池だけではなくて、自動車産業全体を捉え、必要な技術開発を切り分けながらも連携して進めていきたいと考えております。こうした意識のもと、昨年7月に実施した大きな組織改編の一環として、幣部も新たに設置された部の一つであり、まさに部の命題だと思っております。非常に多様な視点から俯瞰的に全体像をとらえていくことが必要となりますため、本日の評価委員会の場以外でも、委員の皆様方から様々なアドバイスやご指導いただきたいと願っております。引き続きご指導、ご鞭撻をいただけましたら大変ありがたく存じます。

本日は1日、本当にどうもありがとうございました。

【NEDO 村上専門調査員】 以上で議題7を終了させていただきます。

8. 閉会

- ・今後の予定

配布資料

番号無し	議事次第
資料 1	分科会委員名簿
資料 2	評価項目・評価基準
資料 3	プロジェクトの説明資料（公開）
資料 4	プロジェクトの説明資料（補足説明）（非公開）
資料 5-1	事業原簿（公開）
資料 5-2	事業原簿（補足説明含む）（非公開）
番号無し	評価コメント及び評点票
番号無し	評価スケジュール

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

研究評価委員会
「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」（中間評価）分科会

質問・回答票（公開）

資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答
資料3・P9,P16	SOLiD-Nextと類似のスキーム（産官学の連携で材料メーカー、電池・自動車メーカーの双方がWin-Winとなる開発プロジェクト）をとる海外での取組みはご存じでしょうか？	岩崎委員	<p>●材料評価基盤技術開発の取組は、SOLiD-Nextが唯一の事業であると考えます。他方、中国では、2024年に電池メーカー、自動車メーカー、アカデミア等が参加した全固体電池の開発とサプライチェーンの構築を目指すコンソーシアム「中国全固体電池協同創新：China All-Solid-State Battery Collaborative Innovation Platform (CASIP)」を結成しています。</p> <p>【China All-Solid-State Battery Collaborative Innovation Platform (CASIP)】 https://www.casip.org.cn/</p>
資料5-1 (2-2)	CO2削減効果は、発電源を火力発電として、試算されているのでしょうか？	喜多條委員	<p>●EV及びPHEV 1台あたりのCO2削減量については、「IEA Global EV Outlook 2020」の試算を基にしており、電力のCO2排出係数として、2018年の世界平均値518 gCO2-eq/kWh（送配電システムでの損失を含む）を利用しております。</p> <p>将来、電源の脱炭素化が進み、電力のCO2排出係数が低減した場合には、EV・PHEVの普及により、さらなるCO2削減効果が期待されます。</p> <p>※IEA Global EV Outlook 2020より Power supply GHG intensity in the fuel cycle is 518 gCO2-eq/kWh. This is representative of the 2018 global average and includes transmission and distribution system losses.</p>

資料番号・ ご質問箇所	質問	委員名	回答
	<p>今後プロジェクト後半の追い込みのフェーズに入ると思うが、（特にサテライト）プロジェクトを推進する上で必要な開発は加速し、更に新規に必要な技術は追加するなどを考えると共に、未だ学術的要素が高く探索課題に近いゴールの遠い開発及び既知に近いオリジナリティの比較的低い開発・性能特性が実用まで距離のある開発については、減速・中断などの軽重を付けた推進を行うことで効率的なプロジェクト運営が出来ると思うが如何か？。</p>	<p>関委員</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●全体的な事業の進め方については、本事業内に外部有識者によるNEDO技術委員会を設置し、助言を頂きながらマネジメントを実施しています。2024年度に金属Liを新規材料評価基盤の検討に加え予算を増額した際も技術委員会での議論を経て実施しました。 ●また、事業後半に向けては、当事業独自のマネジメントとして、サテライトを対象に外部有識者によるステージゲート審査を2025年の年末頃に実施します。当該ステージゲート審査は、前半3年間の目標達成度、これまでの研究開発成果、本事業への貢献（集中研究拠点との連携）、後半2年間の研究計画、研究成果の本事業及び産業界での活用見通し等を中心に審査を行います。この審査結果に基づき、事業後半における委託契約継続の可否、契約継続する場合の研究内容（技術の取捨選択や技術の融合）等を判断する予定です。 ●今般の中間評価の反映に加え、上記のマネジメントを実施することにより、効率的な事業運営を実施して参ります。

参考資料 2 評価の実施方法

NEDO における技術評価について

1. NEDO における技術評価の位置付けについて

NEDO の研究開発の評価は、プロジェクト/制度の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおける PDCA サイクル (図 1) の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODA ループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価プロジェクト/制度等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

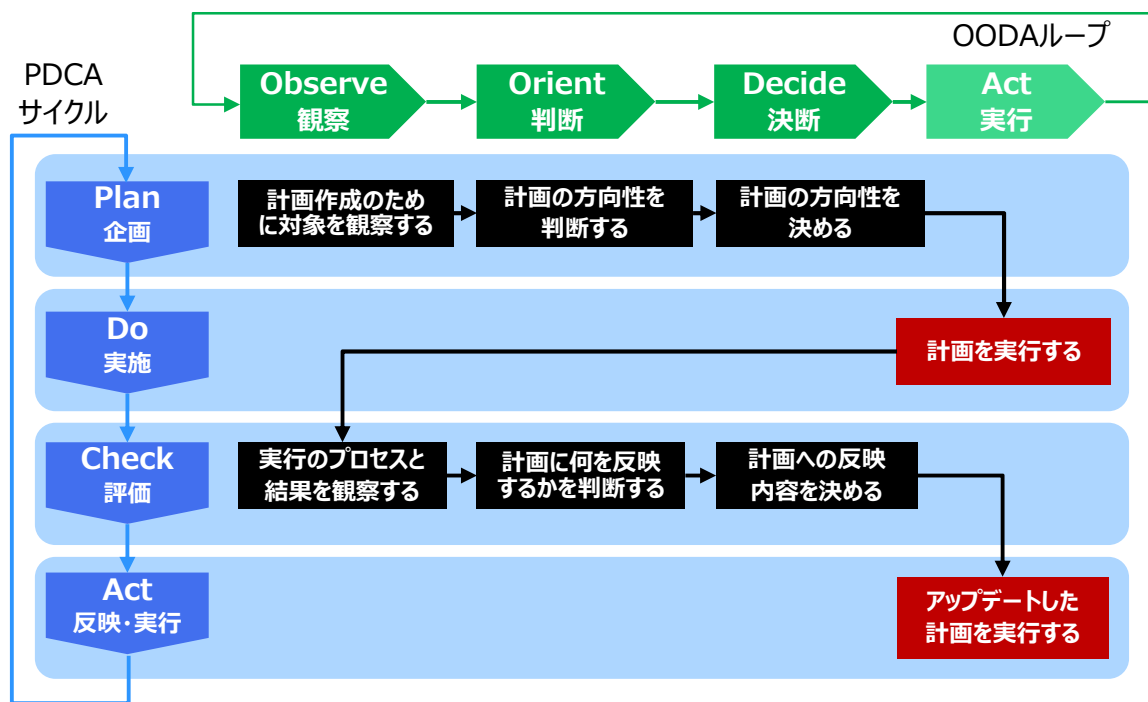


図 1 研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

2. 技術評価の目的

NEDO では、次の 3 つの目的のために技術評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
- (3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の 5 つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
- (4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

4. プロジェクト評価/制度評価の実施体制

プロジェクト評価/制度評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- (1) 研究開発プロジェクト/制度の技術評価を統括する研究評価委員会を、NEDO内に設置。
- (2) 評価対象プロジェクト/制度毎に当該技術の外部の専門家、有識者等からなる分科会を研究評価委員会の下に設置。
- (3) 同分科会にて評価対象プロジェクト/制度の技術評価を行い、評価（案）を取りまとめる。
- (4) 研究評価委員会の了承を得て評価が確定され、理事長に報告。

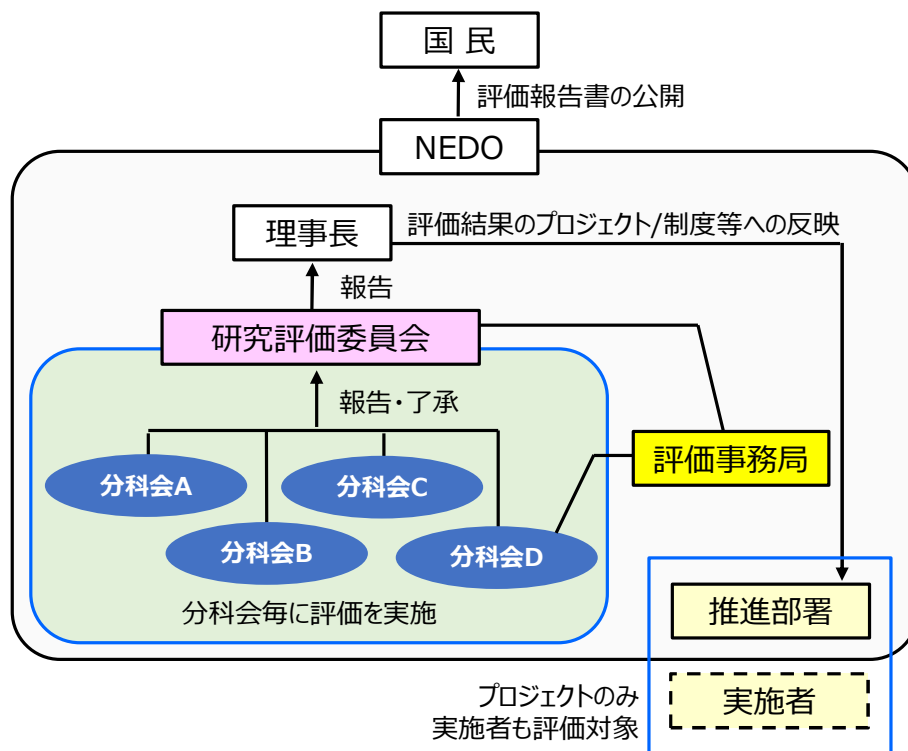


図2 評価の実施体制

5. 評価手順

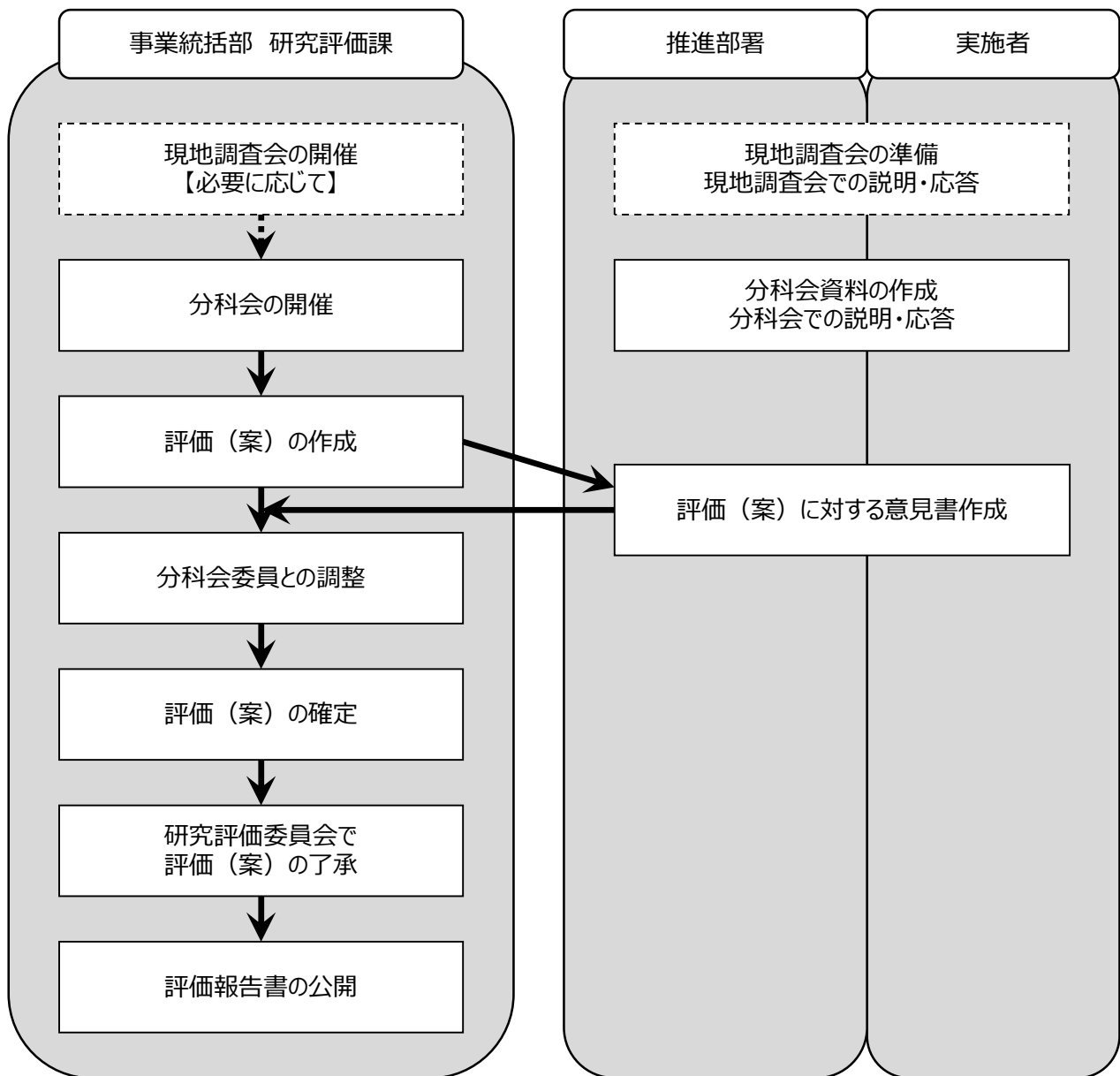


図3 評価作業フロー

研究評価委員会

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」（中間評価）分科会に係る 評価項目・評価基準

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1) 本事業の位置づけ・意義

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）や上位のプログラム及び関連する政策・施策における位置づけが明確に示された上で、それらの目的達成にどのように寄与するかが明確に示されているか。
- ・外部環境（内外の技術・市場動向、制度環境、政策動向等）の変化を踏まえてもなお、本事業は真に社会課題の解決に貢献し、経済的価値が高いものであり、国において実施する意義があるか。

(2) アウトカム達成までの道筋

- ・「アウトカム達成までの道筋」※の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮しているか。

※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項

- ・将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
- ・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
- ・本事業終了後の自立化を見据えていること。
- ・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

(3) 知的財産・標準化戦略

- ・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データを含め、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当か。
- ・本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであるか。
- ・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいるか。

2. 目標及び達成状況

(1) アウトカム目標及び達成見込み

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に*見直しているか。
- ・アウトカム目標の達成の見込みはあるか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当か）。
- ・費用対効果の試算（国費投入総額に対するアウトカム）は妥当か。

※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO₂削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。
- ・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。
- ・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

(2) アウトプット目標及び達成状況

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に*見直しているか。
- ・中間目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切か。
- ・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあるか。
- ・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われているか。

※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。
- ・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。
- ・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックとTRL*の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

3. マネジメント

(1) 実施体制

- ・ 執行機関（METI/NEDO/AMED 等）は適切か。効果的・効率的な事業執行の観点から、他に適切な機関は存在しないか
- ・ 実施者は技術力及び実用化・事業化能力を發揮しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は有効に機能しているか。
- ・ 実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化を目指した体制となっているか。
- ・ 個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切か。
- ・ 本事業として、研究データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公正性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしているか。

(2) 受益者負担の考え方

- ・ 委託事業の場合、委託事業として継続することが適切[※]か。補助事業の場合、現状の補助率の設定を続けていくことが適切[※]か。

※ 適切な受益者負担の考え方

- ・ 委託事業は、「事業化のために長期間の研究開発が必要かつ事業性が予測できない[※]、又は、海外の政策動向の影響を大きく受けるために民間企業では事業化の成否の判断が困難な場合において、民間企業が自主的に実施しない研究開発・実証研究」、「法令の執行又は国の政策の実施のために必要なデータ等を取得、分析及び提供することを目的とした研究開発・実証研究」に限られていること。
- ・ ※「長期間」とは、技術特性等によって異なるものの「研究開発事業の開始から事業化まで10年以上かかるもの」を目安とする。「事業性が予測できない」とは、開発成果の収益性が予測不可能であり、民間企業の経営戦略に明確に記載されていないものとする。
- ・ 補助事業は、事業化リスク（事業化までの期間等）に応じて、段階的に補助率を低減させていくなど、補助率が適切に設計されているものであること。

(3) 研究開発計画

- ・ 外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえ、アウトプット目標達成に必要な要素技術、要素技術間での連携、スケジュールを適切に見直しているか。
- ・ 研究開発の進捗を管理する手法は適切か（WBS[※]等）。進捗状況を常に関係者が把握しており、遅れが生じた場合、適切に対応しているか。

※ WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

参考資料 3 評価結果の反映について

「次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発」（中間評価）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【1】2030年の市場投入は目前であるため、低拘束圧における耐久性向上等の技術課題への対策、市場投入に向けたコスト管理と量産化戦略、安全性と規制への対応は優先して対応する必要があると考える。</p> <p>【2】引き続き、我が国の全固体蓄電池の独自性を出し、早期の実用化に貢献するとともに、本事業終了後の市場動向、ニーズも意識しつつ事業を進めていただきたい。</p> <p>【3】前身事業と合わせて200億円のインプットに対するアウトカムの規模や波及効果は妥当と思われるが、本事業が貢献する試算についてはより良い示し方を今後検討いただきたい。</p> <p>【4】本事業に参画する材料、電池、自動車メーカーの総力を結集し、NEDO・LIBTECによるマネジメントを行うことで、計画通り2030年の市場投入を行い、確実なアウトカムに結び付けて頂きたい。</p> <p>【5】我が国がリードして作成する必要がある全固体蓄電池の世界的な規制や基準などの国際競争力に対する対策も示していただく必要があると考える。</p>	<p>【1】コスト管理や量産化戦略等、材料評価基盤開発を実施する本事業の範囲を越えた内容も含まれるが、社会実装に向けた取組みについては、グリーンイノベーション基金事業の枠組みの中で適切に実施していく。一方、技術的課題への対応については、実施者及び技術委員会等の協議を通じて、内容を実施計画書に反映させる。</p> <p>【2】引き続き、産業界に貢献すべく市場の動向やニーズを意識しつつ事業を実施する。</p> <p>【3】本事業の貢献度の示し方について検討し、効果的な示し方があれば提示していく。</p> <p>【4】引き続き、確実なアウトカムに結びつけるため、事業者と協力して事業を実施する。</p> <p>【5】国内の標準化関係者に対し、定期的に情報共有や、標準化活動を進めていく中で必要なデータや試験用電池の提供等を既に実施している。引き続き、適切なサポートを実施する。</p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【6】引き続き、ライバル国の状況を都度詳細に調査し、定置用なども含め、ニーズ・ターゲットの漏れのないようにしていただきたい。</p> <p>【7】蓄電池として、全固体蓄電池であるが故に成し遂げられる特長を真に見出し、それを生かすべきで、エネルギー密度や入出力密度に拘わらず、容量維持率などを検証することも検討いただきたい。</p> <p>【8】新たな課題設定での目標達成はかなりチャレンジングであるが、逆にそのように設定することにより、社会実装をより早めることにもつながると思われるので、今後もしっかりと取り組んでいただきたい。</p> <p>【9】今後は、アウトプット目標を達成する技術に最注力し、開発の優先度の軽重を付けながら開発を進めていただきたい。</p> <p>【10】蓄電池として電動車向け実用化以外の開発軸も並行して考えるなど、業界の広がりをもっと意識して進めていただきたい。</p>	<p>【6】引き続き、注視して事業を進めていく。</p> <p>【7】事業予算を踏まえつつ、全固体電池の特長の可能性を拡大・追求していく。</p> <p>【8】今後も世の中の情勢に応じて、取組みを追加する等、柔軟に対応する。</p> <p>【9】技術委員会やステージゲート審査を実施し、開発の優先度を考慮しつつ、事業を実施する。</p> <p>【10】本事業は、全固体電池の新材料を開発するための評価基盤技術開発であり、車載用以外の用途への展開も十分に考えられる。組合員企業も多岐にわたることから、引き続き、産業界に貢献していく。</p>

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）事業統括部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 事業統括部 研究評価課

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。
(https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地
ミュージア川崎セントラルタワー
TEL 044-520-5160