

# 「先進・革新蓄電池材料評価技術開発（第2期）」 (事後評価)

## プロジェクト概要（分科会資料抜粋）

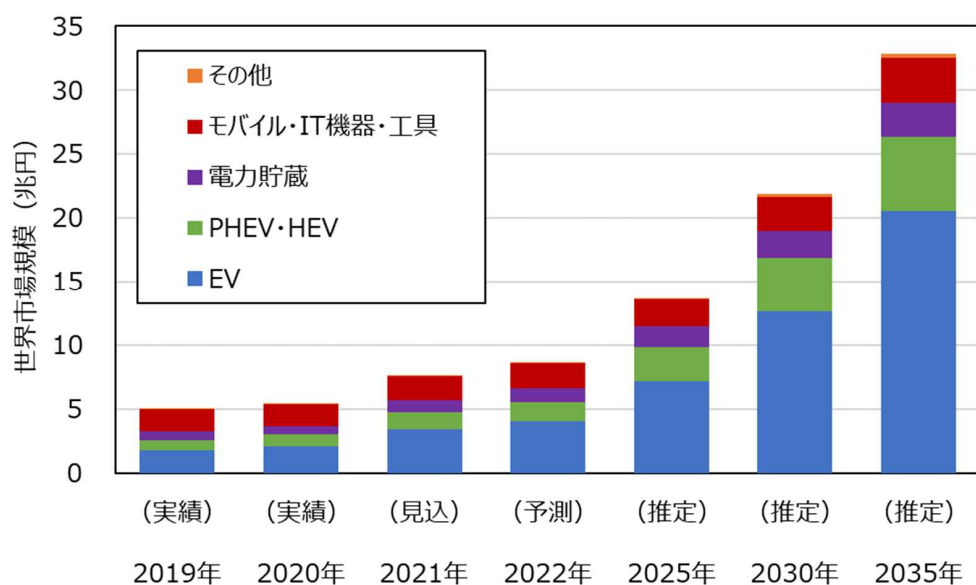
評価分科会開催：2022年7月29日（金）

NEDO 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

第1章 事業の位置付け・必要性について 1.1 事業目的の妥当性

公開

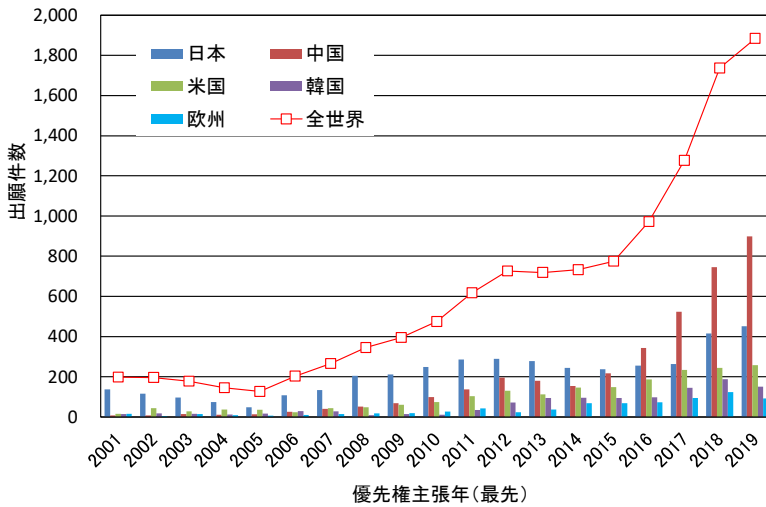
### LIBの市場規模推移と将来予測



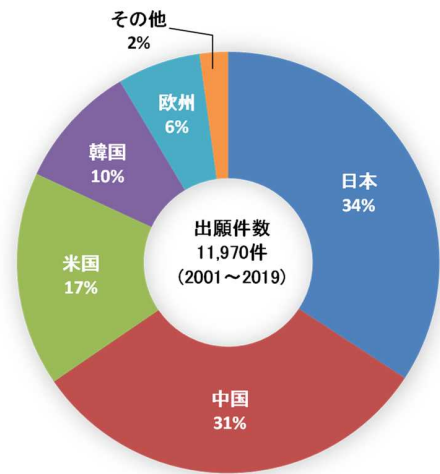
出典：「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2021」及び「2020 電池関連市場実態総調査」  
(株式会社富士経済) を参考にNEDO推定

# 全固体電池の特許動向

全固体電池の特許出願件数推移



全固体電池の出願人国籍別出願件数の比率



出典：データベース「Derwent World Patents Index」に基づきNEDO作成

# 全固体電池の研究開発動向 (国家プロジェクト)

<p>米国</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>Li-Bridge (DOE)</b> 2021年開始。予算総額2億900万ドル。 アルゴン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。</li> <li>◆ <b>AVTR (DOE/VTO)</b> 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）。</li> <li>◆ <b>EVs4ALL (DOE/ARPA-E)</b> 2022年立上げ。提案募集中。（開始は2023年予定）。予算総額4,500万ドル。 研究開発内容には、高容量や高出力の蓄電池開発が含まれる。また、電解質は液体、全固体、ポリマー又はこれらのハイブリッドも含め募集対象範囲。</li> <li>◆ <b>IONICS (DOE/ARPA-E)</b> 2016年開始。予算総額3,700万ドル。 UC San Diego、PolyPlus等が参加。全固体電池の電解質（酸化物系、ポリマー）、セパレーター複合体等を検討（全9テーマ）。</li> </ul>	<p>ドイツ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>FestBatt (BMBF)</b> 2018年開始。予算総額1,600万ユーロ。 Karlsruhe工科大学、Jülich研究所、Helmholtz Ulm研究所、Max Planck 研究所等、14大学・研究機関が参加。電解質（硫化物系、酸化物系、ポリマー系）、分析評価、理論・データプロセッシング等の基盤技術を検討。</li> <li>◆ <b>ARTEMYS (BMBF)</b> 2017年開始。予算総額600万ユーロ。 BMW、BASF、Braunschweig工科大学等が参加。硫化物系及び酸化物系を検討。硫化物系はテープキャスト法で1Ah級積層セルを開発。酸化物系は一体焼結プロセスを検討。</li> <li>◆ <b>ALANO (BMBF)</b> 2021年開始。 BMW、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。リチウム金属負極を中核とした研究開発に注力。</li> </ul>
<p>EU</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>ASTRABAT</b> 2020年開始。予算総額780万ユーロ。 CEA（仏）、PSA（仏）等、14企業・研究機関が参加。酸化物-高分子複合電解質を用いた全固体電池を検討。セル仕様としてA4サイズバッチ40Ahとする報告書を発行。</li> <li>◆ <b>Horizon2020、欧州グリーンビークル・イニシアティブ</b> ASTRABATの他にSAFELIMOVE（全固体Li負極電池）、SOLIDIFY（全固体Li負極電池製造）、SUBLIME（全固体LiS）等全固体LIB関連PJを支援。</li> </ul>	<p>英国</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>Faraday Battery Challenge (BEIS)</b> 2017年開始。予算総額246百万ポンドのうち、基礎研究に78百万ポンドが割り当てられ、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。</li> </ul> <p>中国</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>新エネ車試行特別プロジェクト (中国科学技術部)</b> 2016年開始。予算総額60億円。 中国科学院とその傘下の研究所等が種々の高エネルギー密度電池の研究開発を実施。全固体LIBについては硫化物系と酸化物系を中心に研究開発。この方針は、第14次5カ年計画（2021-2025）でも引き継がれている。</li> </ul> <p>韓国</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>K-バッテリー発展戦略</b> 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ことと公表。全固体電池を2027年までに商用化することを目標にしている。</li> </ul>

## 関連する上位施策

本事業に関連する上位施策においても、電動車の普及拡大や研究開発の必要性が謳われおり、本事業の取組もこれら施策に寄与。

- ① 未来投資戦略2018（2018年6月閣議決定）
- ② パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）
- ③ 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）
- ④ 第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）
- ⑤ 蓄電池産業戦略（中間とりまとめ）（2022年4月 経済産業省発表）

## NEDOの関与の必要性

以下の点から本研究開発をNEDO事業として取り組むことは適当。

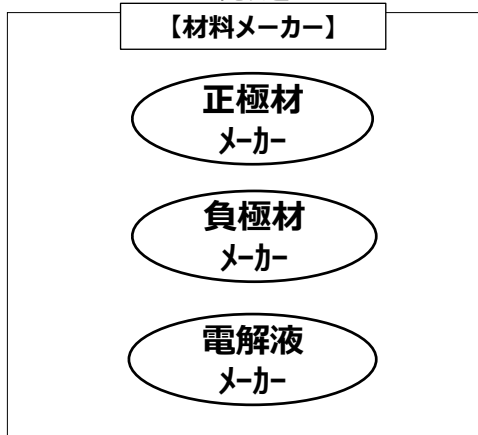
- ① 産業界全体の競争力強化（公共性・汎用性）
- ② 学術成果の産業技術への引き上げ
- ③ 開発リスク・ハードルの高さ
- ④ 関係者間の利害調整
- ⑤ 過去の蓄電池材料評価技術開発事業におけるマネジメント経験の活用
- ⑥ 国内の蓄電池開発事業間の連携促進

# 蓄電池材料開発における評価基盤整備の必要性

## 材料開発における課題

### ①各社の最先端の材料を提供

- 各社の最先端の材料を蓄電池メーカーに売り込む。



### ②蓄電池メーカー（ユーザー）が蓄電池を組んで評価

- 蓄電池メーカーが、詳細に材料のフィードバックを行うことは、自社の電池設計の情報開示につながるため難しい。（〇か×”のみしか示せない）



### ③新たな材料の開発

- 蓄電池全体の評価が分からないまま、かつ、材料側で何を改善して良いのか分からないまま、次の試作品を開発せざるを得ない。

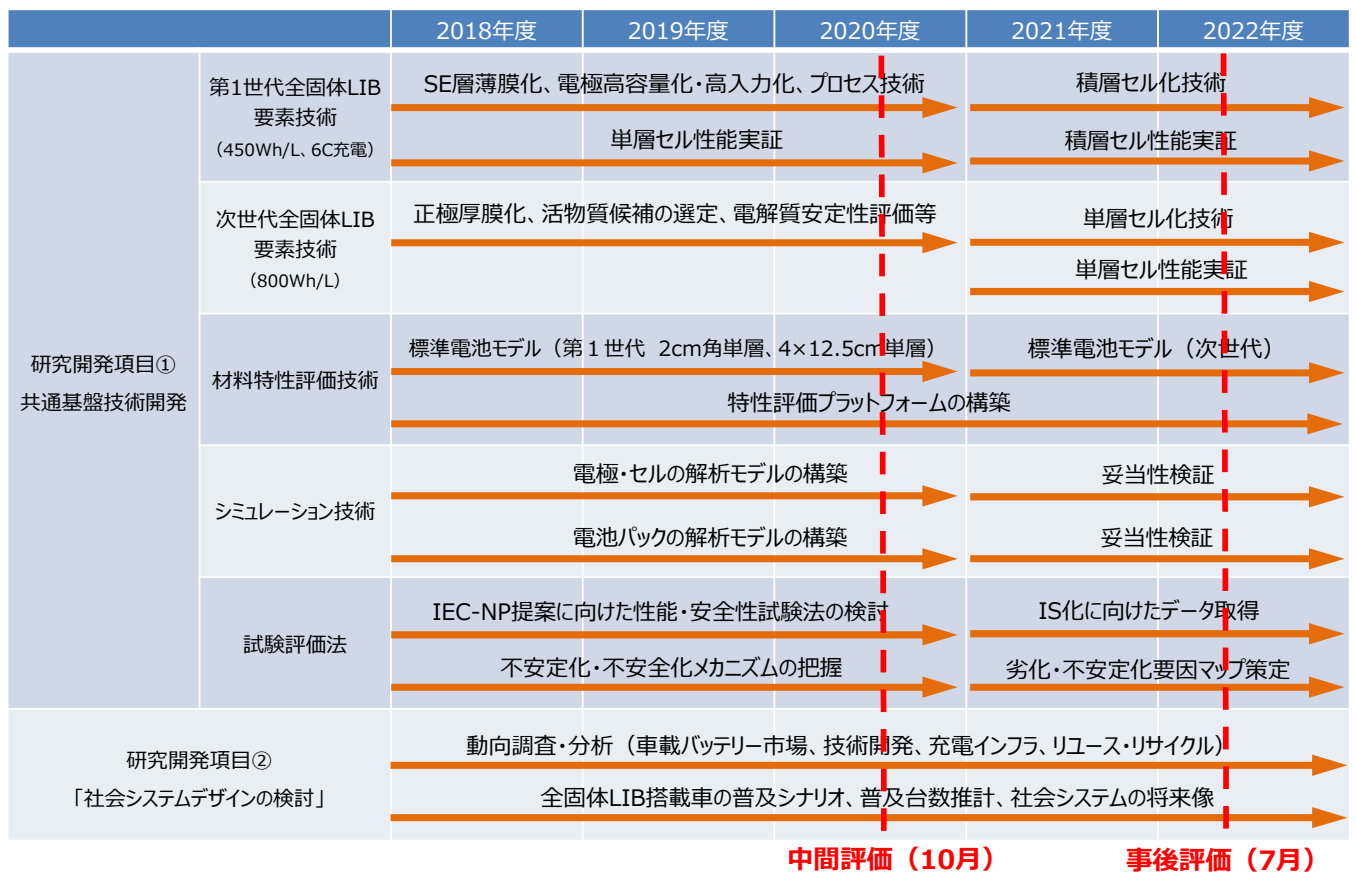
## 解決策

材料の個別評価を可能とする共通評価基盤（評価条件等）を確立することにより、**摺り合わせ期間の短縮**が図られ、**蓄電池の開発スピードが加速化**することで**早期市場投入**を実現

# 研究開発目標

研究開発項目① 共通基盤技術開発	
中間目標（2020年度末）	最終目標（2022年度末）
1) 第1世代全固体LIBの大型化・量産化に必須となる固体電解質の量産、電極設計、電極活物質粒子への電解質コーティング、合剤電極の塗工及び電極厚膜化・大面積化等の要素技術を開発する。 2) 第1世代全固体LIBに用いられる新材料について、性能、耐久性、安全性・信頼性を大型の標準電池モデルで評価する技術を開発する。 3) 量産プロセスをモデル的に再現した標準電池モデルの作製設備を設計・製作し、標準電池モデルを性能バラツキが無く、安定的に作製可能であることを検証する。 4) 次世代全固体LIBとして、第1世代全固体LIBからの飛躍的な性能向上を実現する高性能固体電解質や高電位・高容量電極活物質等の候補材料を選定する。 5) 次世代全固体LIBでユーザー訴求力を有したEV・PHEV用の電池パックを実現するための外装パッケージ構造及びセル積層構造の候補を抽出する。 6) イオン濃度・輸送の理論モデルに基づいて、セルの不安定化・劣化、熱的挙動を予測するシミュレーション技術を開発する。また、車両走行パターンにおける電池モジュール・パックの充放電・熱的挙動を予測するシミュレーション技術を開発する。 7) 将来の国際規格・基準への反映を想定した全固体LIBの試験評価法としての試験項目をリストアップし、試験条件・方法・クワイテリア等を明確化する。	1) 第1世代全固体LIBの標準電池モデルを用いた材料評価技術について、産業界における新材料開発の進展に対応した見直しを行い、性能、耐久性及び安全性・信頼性に加えて、量産への適合性も評価可能な技術として仕上げる。 2) 高性能固体電解質や高電位・高容量電極活物質等を次世代全固体LIBに適用するための電解質-電極活物質の界面形成技術を開発するとともに、合剤電極での配合比や電極構造の最適化を行う。 3) 次世代全固体LIBに適用する外装パッケージ構造及びセル積層構造のコンセプトを策定する。 4) 次世代全固体LIBに用いられる新材料について性能、耐久性及び安全性・信頼性を小型の標準電池モデルで評価する技術を開発する。 5) 次世代全固体LIBの標準電池モデルの作製設備を設計・製作し、標準電池モデルを性能バラツキが無く、安定的に作製可能であることを検証する。 6) 国際規格・基準への反映を想定した全固体LIBの試験評価法の原案を策定する。 7) 全固体LIBの耐久性試験データや劣化メカニズム解析、劣化現象解明の結果に基づき、全固体LIBの劣化・不安定化要因マップを策定する。また、長期耐久性を短期間で予測可能な劣化加速試験法を開発する。 8) 全固体LIB及び全固体LIBを搭載したEV・PHEVの国際標準化戦略・方針を策定する。
研究開発項目② 社会システムデザインの検討	
中間目標（2020年度末）	最終目標（2022年度末）
国内外の政策・市場・研究開発動向等の調査・分析結果に基づき、エネルギー・資源、リユース・リサイクル産業、充電インフラ等も視野に入れた全固体LIB及びEV・PHEVを取り巻く社会システムの将来像を提示する。	本事業の成果を産業競争力として結実させるための社会システムのシナリオ・デザインをとりまとめる。

## 研究開発スケジュール

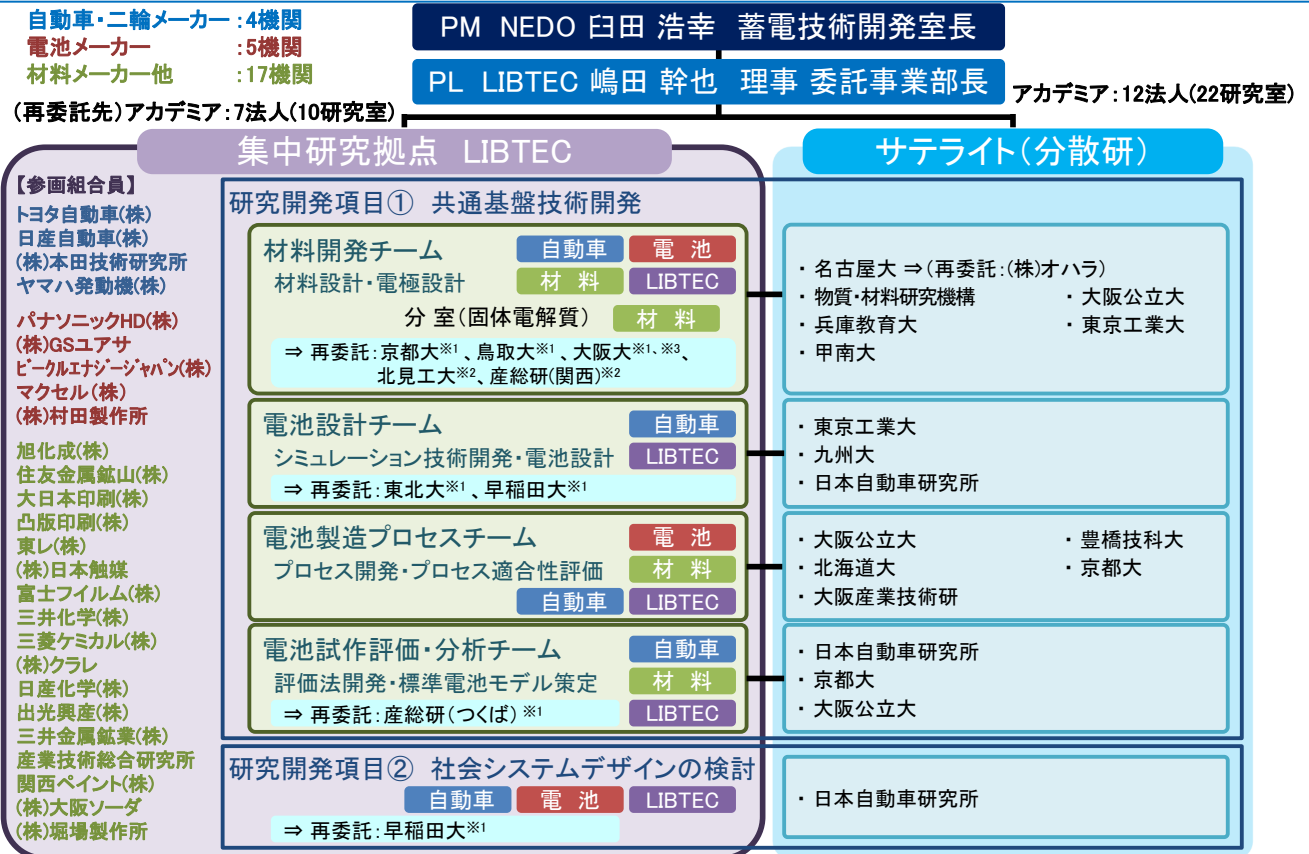


## 研究開発予算

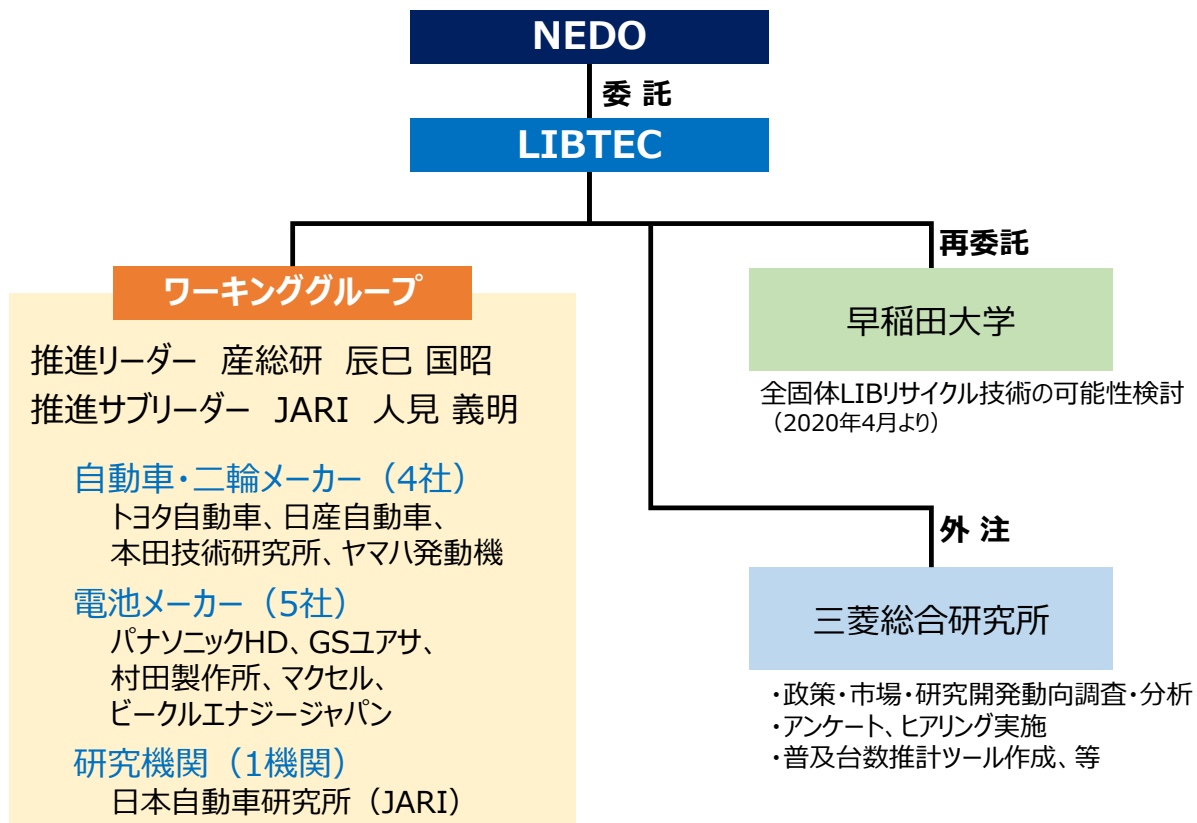
（単位：百万円）

研究開発項目		2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	合計
研究開発項目① 共通基盤 技術開発	(1) 第1世代全固体LIBの要素技術開発	739	1,007	870	1,009	787	4,413
	(2) 次世代全固体LIBの要素技術開発	264	312	443	656	445	2,119
	(3) シミュレーション技術	84	110	149	143	156	642
	(4) 試験評価法	398	550	503	576	517	2,544
	(1) ~ (4) 小計	1,485	1,978	1,964	2,384	1,906	9,717
研究開発項目② 社会システムデザインの検討		46	117	117	126	126	532
合計（NEDO委託費）		1,531	2,095	2,081	2,510	2,032	10,249
集中研究拠点（LIBTEC）の予算		1,219	1,640	1,426	1,806	1,644	7,735
サテライト（大学・研究機関）の予算		312	455	655	704	388	2,514

## 事業全体の実施体制



## 「社会システムデザインの検討」の実施体制



## 他事業との連携

事業名	連携開始年	連携の概要
JST 戦略的創造研究推進事業／先端的低炭素化技術開発／次世代蓄電池研究加速プロジェクト（ALCA-SPRING）	2018年	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、セル試作、特性評価を実施し、評価結果を提供。
JST 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	2022年	電池を試作して供給し、評価プロトコル作成の検討に貢献。
文部科学省 科学研究費助成事業 蓄電固体界面科学	2021年	開発された新材料を受け、セル試作、特性評価を実施し、評価結果を提供。
NEDO 革新型蓄電池実用化促進基盤技術開（RISING2）	2018年	革新電池の先行評価や高度解析技術の全固体LIBへの応用を検討。全固体用の専用治具の開発等、RISING2の高度解析技術発展にも寄与。
NEDO 電気自動車用革新型蓄電池開発（RISING3）	2021年	RISING2に引き続き、高度解析技術の全固体LIBへの応用に取り組んでいる。
NEDO 「エネルギー環境先導プログラム／車載用蓄電池の内部状態解析に基づく診断技術の研究開発」	2020年	標準電池材料を提供し、液系LIBの劣化予測手法の全固体LIBへの適用性の検討に貢献。
NEDO 新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業／電極活物質への無機材料の薄膜コート技術の実用化研究開発	2019年	正極へのコーティング技術を評価し、当該テーマの完了に貢献。当該テーマの成果は本事業の研究進展にもつながっている。
NEDO 新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業／全固体リチウムイオン電池（電極層並びに固体電解質）薄膜化成形用精密プレス技術の開発	2019年	プレス装置の改良について技術的コンサルティングを実施。

上記連携は、全固体電池及び材料の基礎研究から実用化研究の底上げに貢献

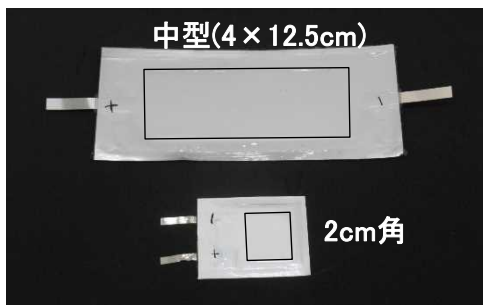
## 事業成果の達成状況（見通しも含む）

研究開発項目① 共通基盤技術開発	達成状況
<b>最終目標（2022年度末）</b>	
1) 第1世代全固体LIBの標準電池モデルを用いた材料評価技術について、産業界における新材料開発の進展に対応した見直しを行い、性能、耐久性及び安全性・信頼性に加えて、量産への適合性も評価可能な技術として仕上げる。	○
2) 高性能固体電解質や高電位・高容量電極活物質等を次世代全固体LIBに適用するための電解質-電極活物質の界面形成技術を開発するとともに、合剤電極での配合比や電極構造の最適化を行う。	
3) 次世代全固体LIBに適用する外装パッケージ構造及びセル積層構造のコンセプトを策定する。	
4) 次世代全固体LIBに用いられる新材料について性能、耐久性及び安全性・信頼性を小型の標準電池モデルで評価する技術を開発する。	
5) 次世代全固体LIBの標準電池モデルの作製設備を設計・製作し、標準電池モデルを性能バラツキが無く、安定的に作製可能であることを検証する。	
6) 国際規格・基準への反映を想定した全固体LIBの試験評価法の原案を策定する。	
7) 全固体LIBの耐久性試験データや劣化メカニズム解析、劣化現象解明の結果に基づき、全固体LIBの劣化・不安定化要因マップを策定する。また、長期耐久性を短期間で予測可能な劣化加速試験法を開発する。	
8) 全固体LIB及び全固体LIBを搭載したEV・PHEVの国際標準化戦略・方針を策定する。	
研究開発項目② 社会システムデザインの検討	達成状況
<b>最終目標（2022年度末）</b>	
本事業の成果を産業競争力として結実させるための社会システムのシナリオ・デザインをとりまとめる。	○

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み（2022年度末）、×未達

## 第1世代全固体LIBの要素技術開発

- 事業前半3年間（2018～2020年度）で、2cm角単層セルにて要素技術の性能実証目標（450Wh/L、6Cレート充電）をクリア。また、セルの面積を10倍以上とした4×12.5cmの中型単層セルでの実証も実施。2cm角サイズと同等の性能を確認。
- 事業後半2年間で、セル積層化技術を開発。  
4×12.5cm10積層実証セルについて、体積エネルギー密度は、450Wh/L以上をクリア。急速充電特性については現在検証中。
- 事業終了までに、積層・接合プロセスや端部絶縁処理の適正化、セル設計の細部の見直し等を進めながら、4×12.5cm10積層の実証セルの試作安定性を向上させ、急速充電性能を含めた性能実証をさらに進める。



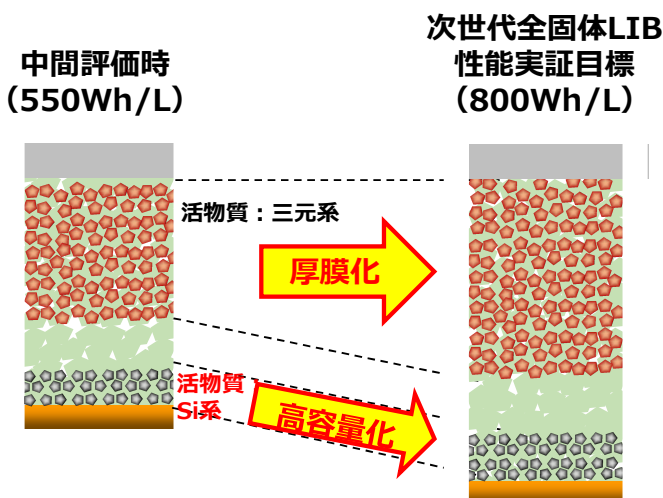
実証セルの外観

実証セルの基本仕様

設計容量	1.4Ah
電極形状・サイズ	4×12.5cm10積層
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

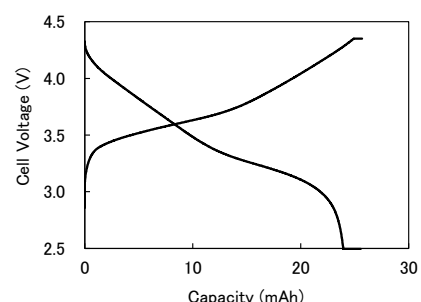
## 次世代全固体LIBの要素技術開発

- 事業前半3年間（2018～2020年度）で、2cm角単層セルにて、エネルギー密度550Wh/Lまで達成（要素技術の性能実証目標は、800Wh/L）。
- 事業後半から性能実証目標として設定した体積エネルギー密度800Wh/Lの実現に向け、電極の高容量・高電位化、正極層の厚膜化を進めるとともに、高安定固体電解質の創出に取り組み、目標を大きく超える860Wh/L以上の初期性能を実証した。



実証セルの基本仕様

設計容量	24mAh
電極形状・サイズ	2cm角単層
正極活物質	三元系
負極活物質	Si系
固体電解質	アルジロナイト結晶系



実証セル（次世代全固体LIB）の充放電曲線



## 材料特性評価技術の開発（標準電池モデル）

### 【第一世代全固体LIB】

- 事業前半3年間（2018～2020年度）で、第1世代全固体LIBの2cm角単層セル（300Wh/L）の標準電池モデル（標準電池2）の開発が完了。
- 事業後半も継続的に取組を実施。体積エネルギー密度400Wh/Lで2cm角単層セルの標準電池モデル（標準電池2.1）の開発が完了。同体積エネルギー密度で4×12.5cm単層セルの仕様書化も完了見込み。

### 【次世代全固体LIB】

- 事業後半から取組を実施。体積エネルギー密度790Wh/Lで2cm角単層セルの標準電池モデルの試作・評価を推進中。性能バラツキがなく、安定的なセルの作製はほぼ完了。標準電池モデルの仕様書作成を進めている。

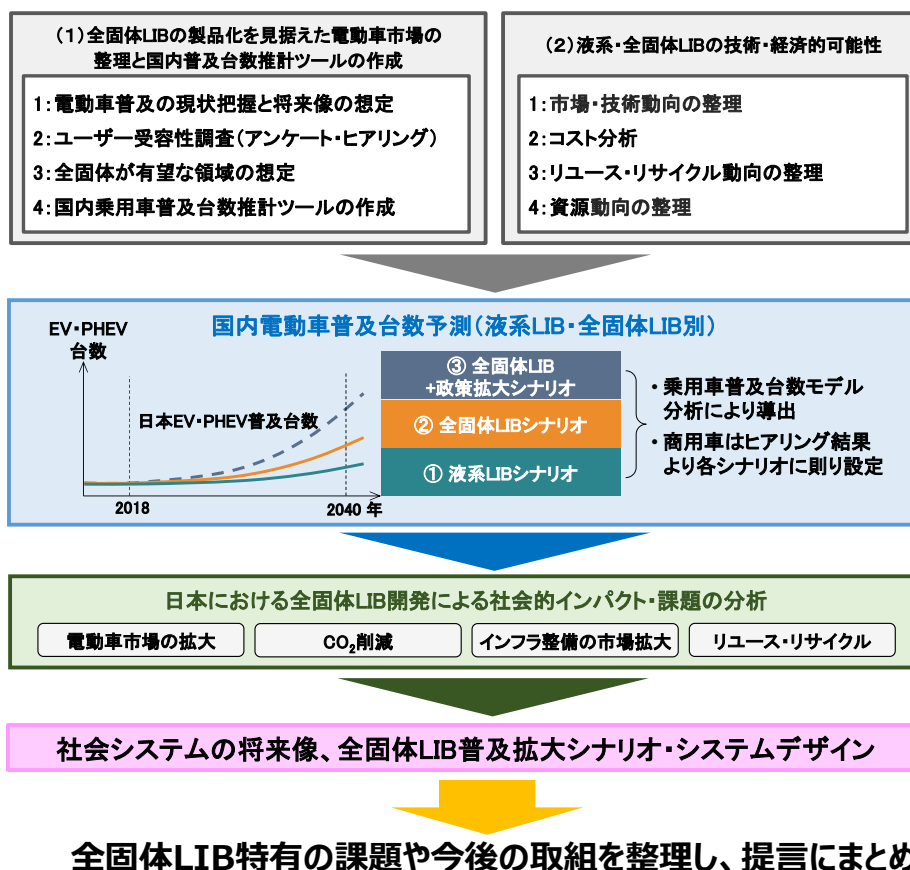
第1世代全固体LIBの標準電池モデル  
（標準電池2.1）の基本仕様

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	400 Wh/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

次世代全固体LIBの標準電池モデルの  
基本仕様

設計容量	24mAh	
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	790 Wh/L	
標準材料	正極活物質	三元系
	負極活物質	Si系
	固体電解質	アルジロナイト結晶系

## 社会システムの将来像検討による課題抽出



## 知的財産権及び対外情報発信

### 特許・論文・研究発表・講演・寄稿実績

	特許出願	論文	研究発表・講演	雑誌等への掲載
件数 (2022年5月迄)	25件	8件	84件	6件
予定件数 (2022年度6月以降)	23件	5件	40件	1件

講演には「電気化学セミナー」等での全固体LIBの紹介などを含む。他に取材対応3件。

※件数は筆頭者の所属機関でカウント

### 対外情報発信

2019年11月、「第60回電池討論会」において、「ナショナルプロジェクト（MEXT・JST・NEDO）合同セッション」を開催。幅広い先端電池の情報に触れられる機会として企画。1,000名以上が聴講。



2021年12月、「第62回電池討論会」において、「NEDOセッション」を開催。SOLiD-EV、RISING2の成果を纏めて聴講できる機会として企画。現地、オンライン合計で討論会セッション中最多の700名以上が聴講。



様々な形での情報発信により、プロジェクト参加者に限らず広く成果が活用される。

## 開発成果の参加企業の活用に向けた取組（1）

### 研究開発情報の共有

- ▶ 参加企業25社の開発責任者が出席する「SOLiD-EV技術委員会」を定期開催し、研究開発の計画及び進捗状況を共有。
- ▶ 出向元企業に対して、「個別限定情報」を開示。
- ▶ 「企業見学会」を開催し、LIBTECの研究開発設備や研究開発現場の状況等を紹介。

内容	実績
「SOLiD-EV技術委員会」の開催	10回
「個別限定情報」の開示	358件
研究設備の「企業見学会」の開催	46回

### 「個別情報開示」

出向研究員が本事業において取り組んでいる研究開発の情報を出向元企業に対して報告することが出来るルールを設け、企業内での全固体LIBの研究開発を促進。

企業の業種	実績
自動車・二輪メーカー	103件
蓄電池メーカー	78件
材料・プロセスメーカー	177件
合計	358件

### 「企業見学会」

組合員企業の開発責任者や出向研究員の上司・同僚がLIBTECを訪問、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。

企業の業種	実績
自動車・二輪メーカー	21回（3社）
蓄電池メーカー	4回（3社）
材料・プロセスメーカー	21回（11社）
合計	46回（17社）

## 開発成果の参加企業の活用に向けた取組（2）

### SOLID-EV技術シンポジウムの開催

- 参加企業、参加大学・研究機関、連携機関、外部有識者（NEDO技術委員）等が一堂に会するSOLID-EVシンポジウムを開催し、研究開発の進捗状況を共有。
- 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。同時に業種・競合等の垣根を越えた企業間の交流を促進

	開催日	内容
第1回	2018年9月3日	事業全体の研究開発方針・計画、個別研究テーマ（29件）の研究内容を共有。参加者数：146名。
第2回	2019年1月21日 ～2019年1月22日	事業全体及び個別研究テーマ（34件）の進捗状況を共有。参加者数：159名。
第3回	2019年12月9日 ～2019年12月10日	事業全体及び個別研究テーマ（42件）の進捗状況を共有。参加者数：188名。
第4回	2020年11月4日 ～2020年11月5日	事業全体及び個別研究テーマ（54件）の進捗状況を共有。参加者数：219名。
第5回	2021年7月12日 ～2021年7月13日	事業全体及び個別研究テーマ（46件）の後半2年の目標および今後の取組みの共有。参加者数：235名。
第6回	2021年12月14日 ～2021年12月15日	事業全体及び個別研究テーマ（57件）の進捗状況を共有。参加者数：238名。



開発進捗報告の状況（第3回）



ポスターセッションの状況（第3回）



開発進捗報告の状況（第4回）

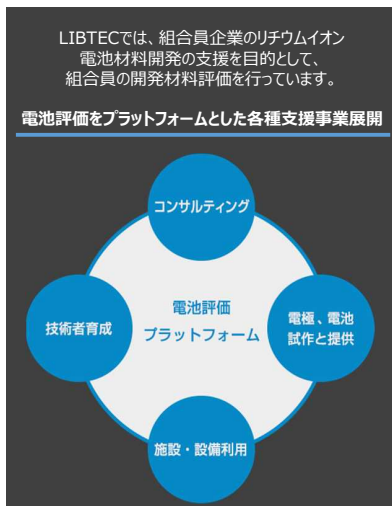


ポスターセッションの状況（第4回）

## 成果の実用化の見通し ～LIBTEC自主事業への展開～

LIBTECは、過去のNEDO事業で開発した材料評価技術を活用し、2017年より液系LIBの材料評価サービスや電池開発コンサルティングを自主事業で展開中。材料評価実績は1,000件を大きく超える。2021年度に評価した材料サンプル数だけでも約600件。液系LIBと同様、全固体LIBの材料評価技術についても、同様の展開が予想される。

### LIBTEC自主事業の概要



出典：LIBTECホームページ

## 波及効果 ～人材育成、多用途展開～

### 人材育成

本事業では、「科学者（アカデミア）とエンジニア（産業界）の交流」及び「蓄電池研究者と電池設計・プロセス技術者の交流」を実現。結果、以下の効果につながる。

- ① 大学・研究機関の研究者は研究と社会（産業）との繋がり・結び付き、企業のコスト意識や時間感覚等を体感。一方、LIBTECの出向研究員は、大学・研究機関が保有するサイエンスに立脚した研究を体感。
- ② 産学両方のフィールドで、「サイエンスを理解した電池設計・プロセス技術者」及び「電池産業を理解した蓄電池研究者」が育成される。

**SOLID-EV 出向研究員在籍者数と延べ人数**

	2018	2019	2020	2021	2022
在籍者数	33	33	33	33	34
延べ人数	33	38	50	63	65

※2018年度はプロジェクト開始時の人数、2022年度は6月現在の人数、それ以外は4月1日時点の人数

**毎年10名程度が出向元に復帰。自社にて第一人者として活躍**

### 全固体LIBの他用途展開

- 電動バイク、無人搬送車、フォークリフト、ロボット等
- 住宅設置、需要家設置、系統設置等の電力貯蔵システム

# 概要

		最終更新日	2022年7月21日
プロジェクト名	先進・革新蓄電池材料評価技術開発(第2期)	プロジェクト番号	P18003
担当推進部/ PMまたは担当者	<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(2022年2月～現在) PM 古川 喜規(2021年4月～2022年1月) 担当者 佐藤 勇人(2022年4月～現在)、檜座 秀一(2022年4月～現在)、 山崎 英生(2021年4月～現在)、水谷 有孝(2021年4月～現在)、 笹川 貴子(2021年4月～現在)、小宮山 知成(2021年4月～現在)、 中島 港人(2021年4月～現在)、松下 智子(2021年4月～現在)、 曾我 巖(2021年4月～現在)、山木 孝博(2021年4月～現在)、 臼田 浩幸(2021年6月～2022年1月)、奥村 貴典(2021年4月～2022年3月)</p> <p>次世代電池・水素部 蓄電技術開発室 PM 細井 敬(2018年4月～2021年3月) 担当者 田所 康樹(2018年4月～2021年3月)、北山 賢一(2018年4月～2021年3月)、 中島 港人(2018年11月～2021年3月)、中村 将司(2019年4月～2021年3月)、 奥村 貴典(2020年4月～2021年3月)、曾我 巖(2020年4月～2021年3月)、 山木 孝博(2020年4月～2021年3月)、 相原 茂(2018年4月～2020年3月)、宮本 潤一(2018年4月～2020年3月)、 豊川 卓也(2018年4月～2019年3月)、内田 雄輔(2018年4月～2020年3月)、 安井 あい(2018年4月～2020年3月)、佐藤 恵太(2018年4月～2018年10月)</p>		
0. 事業の概要	<p>コストパフォーマンスに秀でた全固体リチウムイオン電池(全固体 LIB)及びそれを搭載した電気自動車(EV)及びプラグインハイブリッド自動車(PHEV)の市場投入により、世界全体の環境・エネルギー問題に貢献するとともに、我が国の産業競争力を維持・向上することをねらいとして、国内企業(自動車・蓄電池・材料メーカー等)が幅広く協調・連携するとともに、大学・研究機関の公的研究成果や科学的知見も活用する体制を構築して、産業界の共通指標として機能する全固体 LIB の材料評価技術を中心とした共通基盤技術を開発する。</p> <p>また、本事業の成果を産業界の競争力として結実させるためのビジネスと一体となった国際標準化戦略の策定、国際規格化を想定した安全性・耐久性試験評価法の開発、国内外の政策・市場・研究開発動向の調査・分析に基づいた社会システムのシナリオ・デザインの検討等を行う。</p>		
1. 事業の位置付け・必要性について	<p>1.1 事業目的の妥当性 1.1.1 本事業の目的 本事業のねらいは、EV・PHEV の利便性向上と低価格化を同時実現する上で最も有望なアプローチと考えられる全固体 LIB について、その実用化で日本が世界の先手を取るとともに、その後の技術革新も日本が世界をリードしていくことである。そして、日本の蓄電池関連産業界にとって有利なビジネス環境やサプライチェーンを創造することを目指している。これらを実現するため、本事業においては、産業界の共通指標(ものさし)として機能する全固体 LIB の材料評価技術を中心とした共通基盤技術の確立とそのプラットフォームの構築に取り組むこととしている。取組の概要を以下に示す。</p> <p>「研究開発項目① 共通基盤技術開発」 1) 全固体 LIB の大型化・量産化のボトルネックとなっている技術課題を解決する要素技術及び全固体 LIB の更なる性能向上・低コスト化を実現するための要素技術を開発する。 2) 全固体 LIB への適用を想定し、今後、企業・大学等で開発される新材料をセルに組み込み、特性評価を行って、実用化課題や改良の方向性等を洗い出し、サンプル提供者にフィードバックするための特性評価の体系を構築する。 3) 上記の特性評価に用いるセル(以下、「標準電池モデル」という。)を、全固体 LIB の量産を想定した工業的な製造プロセス・装置を用いて作製する技術体系を構築する。 4) 実用サイズのセル及び車載電池パックの充放電特性や発熱挙動・温度分布等を予測する計算機シミュレーション技術を開発する。 5) 車載バッテリーの国際標準試験法としての発展を見据え、全固体 LIB の性能試験法及び安全性試験法を開発する。また、全固体 LIB の劣化解析・現象解明を行い、セル及び構成材料・部品の要因マップを策定するとともに、劣化加速試験法を開発する。</p> <p>「研究開発項目② 社会システムデザインの検討」 自動車市場、車載バッテリー、充電インフラ等に係る政策・市場、ユーザーニーズ、バリューチェーン、リユース・リサイクル等について、現状の動向把握と将来分析を行うことにより、本事業の成果を産業競争力として結実させるための社会システムのシナリオ・デザインをとりまとめる。</p>		

### 1.1.2 市場動向

リチウムイオン電池(LIB)の市場規模は現在、約 8 兆円であるが、2025 年には約 14 兆円、2035 年には約 33 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 等の電動車の LIB である。各国は環境・エネルギー問題の深刻化を背景に、自動車の燃費規制・排出ガス規制を強化し電動車の導入政策を推進している。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電動車へのシフト計画を発表し、2050 年のカーボンニュートラル達成に向け足並みを揃えつつある。電動車向け蓄電池としては現時点では電解質に有機電解液を使用する液系 LIB が主に採用されており、中国及び韓国の蓄電池メーカーは液系 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 EV・PHEV 導入補助金政策の恩恵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。また、欧米自動車メーカーの電動化が本格化することで増加した蓄電池需要に対して韓国の蓄電池メーカーが供給を増やすなどしており、結果として、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、シェアは大きく低下している。

今後、電動車用蓄電池の市場拡大とともに価格低下が見込まれるため、日系蓄電池メーカーが市場プレゼンスを向上させるためには、先を見据えた次の一手が必要であることは明白である。そして、ハイスペック化と低コスト化を両立させた全固体 LIB を早期に製品ラインナップ化することが重要と考えられる。

### 1.1.3 技術動向

自動車ユーザーの EV 購入意欲を掻き立てると同時に、自動車メーカーの EV・PHEV ビジネスを加速させるには、車載バッテリーについて信頼性・安全性を損ねることなく、エネルギー密度を向上させることにより、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のは簡単ではない。そこで課題を解決する一つ的手段として電解質に固体物質を使用する全固体 LIB が注目されている。全固体 LIB は無機固体電解質(硫化物あるいは酸化物のリチウムイオン伝導体)の化学的安定性(実用的な高電圧耐性)を活かし、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数 10%程度、向上させることができる。また、無機固体電解質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あるいは不要化が期待できる。さらに、無機固体電解質は不燃性であり、発火リスクが大幅に低減するため、電池パックの安全系システムの簡素化も期待できる。その結果として、1/2~1/3 のオーダーで電池パックの小型化と低コスト化が期待できる。加えて、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、数倍レベルでの「超急速充電」の実現も期待できる。

そのため、世界中の研究機関や企業で精力的な研究開発が進められている。公的資金による研究開発も主要国で行われており、本事業に加えて、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／次世代蓄電池」(ALCA-SPRING)、米国エネルギー省(DOE)の「Li-Bridge」や「IONICS」、ドイツ連邦教育研究省(BMBF)の「FestBatt」、英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)の「Faraday Battery Challenge」、中国「新エネルギー車試行特別プロジェクト」等で全固体電池が研究されている。

論文発表動向としては、2016 年頃から発表件数の増加が顕著になり 2021 年には 1,600 件を超え、20 年で 30 倍以上に増加している。21 年間の累積の総論文発表件数は 7,000 件以上になり、国別の発表件数で見ると、中国が最多で米国、欧州がこれに続き、日本は 1 割程度に留まる。

特許出願動向としては、2001 年～2019 年の過去 19 年間における全世界での全固体電池の特許出願件数の推移を見ると、2000 年代前半は 200 件／年以下であったが、2006 年より増加に転じ 2016 年から増加が顕著になって、2017 年以降、約 1,000 件／年以上となっている。また、2016 年より中国の出願件数が日本を上回るようになってきている。19 年間の累積の特許出願件数では日本は他国をリードしているものの、将来、中国に追い抜かれる可能性が高い。ただし、出願人別の出願件数では日本企業は 100 件以上の出願がある企業が複数あり集中した研究開発が進められている。

### 1.1.4 上位施策・制度への寄与

蓄電池に関しては、これまで我が国の様々な政策において研究開発の必要性・重要性が謳われてきている。このうち、本事業が密接に関連し、その目標達成に寄与する上位施策は以下のとおりである。

- ① 未来投資戦略 2018(2018 年 6 月閣議決定)
- ② パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(2021 年 10 月閣議決定)
- ③ 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)
- ④ 第 6 次エネルギー基本計画(2021 年 10 月閣議決定)
- ⑤ 蓄電池戦略産業戦略 中間とりまとめ(2022 年 4 月経済産業省公表)

## 1.2 NEDO の事業としての妥当性

### 1.2.1 NEDO の関与の必要性

本事業が取り組む全固体 LIB の共通基盤技術の開発については、下記①～⑥に示す理由から、NEDO 事業として取り組むこと、あるいは NEDO の関与が必要である。

- ① 産業界全体の競争力強化(公共性・汎用性)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>② 学術成果の産業技術への引き上げ</li> <li>③ 開発リスク・ハードルの高さ</li> <li>④ 関係者間の利害調整</li> <li>⑤ 過去の蓄電池材料評価技術開発事業におけるマネジメント経験の活用</li> <li>⑥ 国内の蓄電池開発事業間の連携促進</li> </ul> <p>1.2.2 実施の効果</p> <p>本事業の成果が国内産業界に普及・定着することによる効果、及び本事業を実施すること自体の効果として、下記の①～④が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 新材料の開発効率向上及び開発期間の短縮</li> <li>② 材料メーカーによる自社開発品の正確なポテンシャル把握</li> <li>③ LIBTEC による材料評価のワンストップサービスの提供</li> <li>④ 我が国蓄電池関連産業の技術力の底上げ</li> </ul> <p>また、国内産業界による全固体 LIB の手の内化によって、全固体 LIB を搭載した EV・PHEV の実用化・普及が進むことで、以下に示す経済効果と CO<sub>2</sub> 削減効果が得られる。</p> <p>&lt;経済効果&gt;</p> <p>車載バッテリーの年間売上としての経済効果は 2035 年が約 2,700 億円/年、2040 年が約 9,100 億円/年～2.1 兆円/年となる。なお、EV・PHEV の価格を 200 万円とした場合、その年間総売上としての経済効果は 2035 年が約 1.1 兆円/年、2040 年が約 3.7 兆円/年～8.6 兆円/年となる。</p> <p>&lt;CO<sub>2</sub>削減効果&gt;</p> <p>全固体 LIB 搭載の EV・PHEV の普及台数及び CO<sub>2</sub> 排出量の削減は 2035 年に 140 万台、約 210 万トン/年、2040 年に 740 万台～1,300 万台、約 1,100 万トン/年～約 1,900 万トン/年となる。</p>
--	--

2. 研究開発マネジメントについて

<p>事業の目標</p>	<p>「研究開発項目① 共通基盤技術開発」</p> <p>【中間目標】(2020 年度末)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 第 1 世代全固体 LIB の大型化・量産化に必須となる固体電解質の量産、電極設計、電極活物質粒子への電解質コーティング、合剤電極の塗工及び電極厚膜化・大面積化等の要素技術を開発する。</li> <li>2) 第 1 世代全固体 LIB に用いられる新材料について性能、耐久性、安全性・信頼性を大型の標準電池モデルで評価する技術を開発する。</li> <li>3) 量産プロセスをモデル的に再現した標準電池モデルの作製設備を設計・製作し、標準電池モデルを性能バラツキが無く、安定的に作製可能であることを検証する。</li> <li>4) 次世代全固体 LIB として、第 1 世代全固体 LIB からの飛躍的な性能向上を実現する高性能固体電解質や高電位・高容量電極活物質等の候補材料を選定する。</li> <li>5) 次世代全固体 LIB でユーザー訴求力を有した EV・PHEV 用の電池パックを実現するための外装パッケージ構造及びセル積層構造の候補を抽出する。</li> <li>6) イオン濃度・輸送の理論モデルに基づいて、セルの不安定化・劣化、熱的挙動を予測するシミュレーション技術を開発する。また、車両走行パターンにおける電池モジュール・パックの充放電・熱的挙動を予測するシミュレーション技術を開発する。</li> <li>7) 将来の国際規格・基準への反映を想定した全固体 LIB の試験評価法としての試験項目をリストアップし、試験条件・方法・クライテリア等を明確化する。</li> </ol> <p>【最終目標】(2022 年度末)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 第 1 世代全固体 LIB の標準電池モデルを用いた材料評価技術について、産業界における新材料開発の進展に対応した見直しを行い、性能、耐久性及び安全性・信頼性に加えて、量産への適合性も評価可能な技術として仕上げる。</li> <li>2) 高性能固体電解質や高電位・高容量電極活物質等を次世代全固体 LIB に適用するための電解質・電極活物質の界面形成技術を開発するとともに、合剤電極での配合比や電極構造の最適化を行う。</li> <li>3) 次世代全固体 LIB に適用する外装パッケージ構造及びセル積層構造のコンセプトを策定する。</li> <li>4) 次世代全固体 LIB に用いられる新材料について性能、耐久性及び安全性・信頼性を小型の標準電池モデルで評価する技術を開発する。</li> <li>5) 次世代全固体 LIB の標準電池モデルの作製設備を設計・製作し、標準電池モデルを性能バラツキが無く、安定的に作製可能であることを検証する。</li> <li>6) 国際規格・基準への反映を想定した全固体 LIB の試験評価法の原案を策定する。</li> <li>7) 全固体 LIB の耐久性試験データや劣化メカニズム解析、劣化現象解明の結果に基づき、全固体 LIB の劣化・不安定化要因マップを策定する。また、長期耐久性を短期間で予測可能な劣化加速試験法を開発する。</li> <li>8) 全固体 LIB 及び全固体 LIB を搭載した EV・PHEV の国際標準化戦略・方針を策定する。</li> </ol>
--------------	---

	<p>「研究開発項目② 社会システムデザインの検討」</p> <p>【中間目標】(2020 年度末)</p> <p>国内外の政策・市場・研究開発動向等の調査・分析結果に基づき、エネルギー・資源、リユース・リサイクル産業、充電インフラ等も視野に入れた全固体 LIB 及び EV・PHEV を取り巻く社会システムの将来像を提示する。</p> <p>【最終目標】(2022 年度末)</p> <p>本事業の成果を産業競争力として結実させるための社会システムのシナリオ・デザインをとりまとめる。</p>						
事業の計画内容	主な実施事項	2018FY	2019FY	2020FY	2021FY	2022FY	
	研究開発項目①						
	第 1 世代全固体 LIB の共通基盤技術	←					→
	次世代全固体 LIB の共通基盤技術	←					→
	材料特性評価技術	←					→
	シミュレーション技術	←					→
	試験評価法	←					→
	研究開発項目②						
社会システムデザインの検討	←					→	
事業費推移 (会計・勘定別に NEDO が負担した実績額(評価実施年度については予算額)を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	2018FY	2019FY	2020FY	2021FY	2022FY	総 額
	一般会計	—	—	—	—	—	—
	特別会計(需 給)	1,531	2,095	2,081	2,510	2,032	10,249
	総 NEDO 負担額	1,531	2,095	2,081	2,510	2,032	10,249
	(委 託)	1,531	2,095	2,081	2,510	2,032	10,249
開発体制	経産省担当原課	製造産業局 素材産業課、自動車課					
	プロジェクトリーダー	<p>プロジェクトリーダー(PL)</p> <p>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)</p> <p>理事 嶋田 幹也(2021 年 1 月から)</p> <p>常務理事 石黒 恭生(2020 年 12 月まで)</p> <p>サブプロジェクトリーダー(SPL)</p> <p>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)</p> <p>第 1 研究部 部長 川本 浩二(2021 年 1 月から)</p> <p>第 1 研究部 部長 阿部 武志(2020 年 12 月まで)</p> <p>第 2 研究部 部長 安田 博文(2020 年 12 月から)</p> <p>第 2 研究部 部長 蕪木 智裕(2020 年 11 月まで)</p> <p>第 3 研究部 部長 福岡 歩</p> <p>第 4 研究部 部長 川合 光幹</p>					
	プロジェクトマネージャー	<p>国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構</p> <p>スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室長</p> <p>臼田 浩幸(2022 年 2 月から)</p> <p>スマートコミュニティ・エネルギーシステム部長 兼蓄電技術開発室長</p> <p>古川 喜規(2021 年 4 月~2022 年 1 月)</p> <p>次世代電池・水素部 統括研究員 兼 蓄電技術開発室長</p> <p>細井 敬(2021 年 3 月まで)</p>					



	<p>委託先 (組合が委託先に含まれる場合は、その参加企業数及び参加企業名も記載)</p>	<p>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) (参加 26 機関) 旭化成、出光興産、大阪ソーダ、関西ペイント、クラレ、GS ユアサ、住友金属鉱山、大日本印刷、東レ、凸版印刷、トヨタ自動車、日産化学、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、富士フイルム、堀場製作所、本田技術研究所、マクセル、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、産業技術総合研究所</p> <p>(再委託 7 機関) 京都大学、早稲田大学、鳥取大学、大阪大学、東北大学、産業技術総合研究所、北見工大</p> <p>産業技術総合研究所(2020 年度まで)、物質・材料研究機構、理化学研究所(2018 年度のみ)、大阪産業技術研究所、大阪公立大学、九州大学、京都大学、群馬大学(2020 年度まで)、甲南大学、東京工業大学、豊橋技術科学大学、名古屋大学(再委託:オハラ)、兵庫教育大学、北海道大学、日本自動車研究所</p>
<p>研究開発の進捗管理</p>		<p>NEDO による進捗管理としては以下を実施。</p> <p>① NEDO 担当部による進捗管理。 本事業の研究開発テーマ毎に複数名の NEDO 担当者を配置。実施者(委託先)の研究進捗を常に把握するとともに、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。</p> <p>② 外部有識者による進捗点検(「NEDO 技術委員会」の開催)。 外部有識者で構成される「NEDO 技術委員会(蓄電技術開発)」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。</p> <p>③ サテライト機関のステージゲート審査の実施。 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、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審査項目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 2021 年 1 月に実施した。2021 年 12 月には前記審査で単年度契約となった 3 テーマについてステージゲート審査を追加で実施した。</p> <p>実施者による進捗管理としては以下を実施。</p> <p>① 「PL・SPL 会議」「PL 報告会」を毎週開催。 PL・SPL 間で各研究開発チームの研究進捗を共有。</p> <p>② 「研究開発チーム会議」を年に 1~2 回開催。 研究開発チーム内で研究進捗を共有。</p> <p>③ 「LIBTEC/SOLiD-EV 技術委員会」を年に 2 回程度開催。 参画企業の開発責任者等と研究進捗を共有。</p> <p>④ 「SOLiD-EV シンポジウム」を年に 1 回(もしくは 2 回)開催。 本事業の関係者全員で事業全体の研究進捗を共有。</p>
<p>知的財産に関する戦略</p>		<p>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&amp;クローズの戦略が必要である。</p> <p>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、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する。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>② 国外特許出願を積極的に行う。</p> <p>③ 電極活物質・電解質等の材料発明は積極的に権利化する。</p> <p>④ 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>

国際標準化	<p>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。全固体 LIB の標準化の方向性としては、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。</p> <p>また、この試験評価法の国際標準化を迅速・円滑に進めるには、ISO、IEC 等の国際標準化機関における議論を早く始めることが重要である。そのため、本事業における研究開発成果が速やかに国際標準化機関における議論の場で活用されることを目的として、車載バッテリーに関する国内標準化関係者との会合を定期的に持ち、研究開発の状況を共有するとともに、意見・助言をすくい上げて研究開発活動に反映する。</p>	
他事業との連携について	<p>事業の効率的・効果的な推進に向けては、事業内のみならず、他の事業との連携も不可欠である。本事業は、プロジェクト開始以降、NEDO 事業「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発(RISING2)」及び科学技術振興機構(JST)事業「戦略的創造研究推進事業／先端的低炭素化技術開発／次世代蓄電池研究加速プロジェクト(ALCA-SPRING)」と連携を進めてきた。RISING2 については、2021 年度から「電気自動車用革新型蓄電池開発(RISING3)」として新たに事業が開始されており、引き続き、事業間の連携を実施している。また、同年に文部科学省 科学研究費助成事業「蓄電固体界面科学」との連携も進めるとともに、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(COINEXT)環境エネルギー分野／先進蓄電池研究開発拠点」との連携も開始している。</p>	
評価に関する事項	事前評価	2017 年度 事前評価実施 担当部 スマートコミュニティ部
	中間評価	2020 年度 中間評価実施 担当部 次世代電池・水素部
	事後評価	2022 年度 事後評価実施 担当部 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部
3. 研究開発成果について	<p>3.1 「研究開発項目① 共通基盤技術開発」の研究開発成果</p> <p>3.1.1 要素技術に関する研究開発成果</p> <p>第 1 世代全固体 LIB の要素技術として、正極活物質の表面被覆手法の開発、黒鉛負極粒子の結晶性、粒径、形状の検討、固体電解質粒子の開発、固体電解質層の薄層化プロセスの開発、電極層の均質分散及び高充填化、電極層－固体電解質層の接合プロセスの開発検討を実施した。これらの要素技術の開発成果を取り込んだ 2cm 角単層の実証セルを試作し、体積エネルギー密度 450Wh/L 以上、6C レート充電を実証し、開発した要素技術の妥当性を検証した。さらに、大型化、量産化を見据えた連続プロセスの検討を実施し均一な電極が得られることを確認して 4×12.5cm 中型単層の実証セルにおいて 2cm 角と同等の性能を確認した。また、セルの積層化検討を実施し、集電体への電極両面塗工技術の開発、プレス装置を用いた加圧(緻密化、接合)技術の開発、積層体端部の絶縁処理技術の開発、ラミネートセル化技術等の開発を実施した。これらの要素技術の開発成果を取り込んだ 4×12.5cm のセルを 10 積層した実証セルを試作し、容量 1.4Ah、体積エネルギー密度 450Wh/L 以上を実証することで開発した積層技術に関わる要素技術の妥当性を検証した。</p> <p>次世代全固体 LIB の要素技術として、電極活物質の組合せの検討、正極活物質候補の検討、高容量・高電位正極活物質の被覆技術の検討、高容量負極活物質の検討、正極の厚膜化等の開発検討を実施した。これらの要素技術の開発成果を取り込んだ三元系正極活物質、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 860Wh/L の体積エネルギー密度を実証した。実証セルの作製は、第 1 世代全固体 LIB の実証セルの試作で得られた知見をベースに、電解質スラリーを基材上にダイコーターで塗工・成形し、正極スラリー、負極スラリーを集電体上にダイコーターで塗工・シート成形した後、各シートを積層し、一体で加圧することにより接合・緻密化するプロセスで行った。また高安定固体電解質の創出に向けた耐湿性評価・解析基盤の確立と、それを用いた水分劣化挙動の解析、及び高容量活物質の採用に付随する各種現象の評価法の開発と、劣化挙動の解析を進めて材料開発へ反映させた。</p> <p>3.1.2 材料特性評価技術の開発</p> <p>今後、企業・大学等で開発される全固体 LIB 用の新材料サンプルについて、セルとしての特性評価を行って、新材料の得失、技術的課題及びセル量産プロセスへの適合性等を把握することに使用する標準電池モデル(セル)の開発を進めた。体積エネルギー密度 200Wh/L、300Wh/L 及び 400Wh/L の 3 種の 2cm 角単層セルでの標準電池モデルの開発が完了し、400Wh/L で 4×12.5cm 単層セルの開発も完了見込みとなった。また次世代全固体 LIB の標準電池モデルについては体積エネルギー密度 790Wh/L で 2cm 角単層セルの開発を進めた結果、安定的に作製できる技術を完成見込みであり、仕様書作成を進めている。</p> <p>3.1.3 シミュレーション技術の開発</p> <p>Newman モデルをベースにして、液系 LIB とは異なってくる全固体 LIB の電極構造情報、すなわち、電極内の空隙の存在及び活物質と電解質の接触状態を考慮したマクロ電極モデルを開発した。さら</p>	

に、これを発展させた電極内粒子の膨張収縮に伴う弾塑性変形と、活物質や固体電解質粒子の接触状態をイオン伝導に反映可能な電極モデルを用いることで 2cm 角単層セルの実際の放電曲線を精度良く再現できることを確認した。

EV の走行時や急速充電時のセル及び電池パックの発熱挙動を予測する手法の開発を進めた。マクロ電極モデルの計算体系を一部簡略化して汎用有限要素法の物理シミュレーションソフトに組み込み、3次元のセルの伝熱計算モデルを構築した。0.3C 放電時の温度上昇の計算結果と実測値を比較した結果、概ね一致することが確認された。また、液系 LIB で実績のある電池パック解析モデルに、全固体 LIB のセル解析モデルを組み込み、全固体 LIB 搭載の EV 使用時の発熱挙動、温度分布の推算が可能となった。

### 3.1.4 試験評価法の開発

IEC 62660-1「電動車両推進用リチウムイオン二次電池 -性能試験-」に規定されている各性能試験項目について、試験温度範囲を広げて実施した。その結果、液系 LIB では電解液の分解によるガス発生が起きる 80℃以上でも全固体 LIB は問題なく作動することを確認した。入出力性能についても各性能試験をより高レートで実施した。入出力試験結果では 25℃以上の最大レートにおいて液系 LIB の最大レートとされている 5C レート以上の入出力が可能であることを確認した。

耐久性試験方法については IEC62660-1 の保存試験及びサイクル試験の全固体 LIB への適用性を確認した後に、高温作動性を評価可能な試験温度範囲に拡張して評価した。また、劣化後のセルの特性評価、解体分析などの劣化要因解析を行い劣化要因マップとしてまとめた。

安全性試験については、IEC 62660-2「電動車両推進用リチウムイオン二次電池 -信頼性・誤用試験-」及び IEC 62660-3「電動車両推進用リチウムイオン二次電池 -安全性要求事項-」に規定されている各安全性試験が全固体 LIB にも適用可能かを検討した結果、強制内部短絡試験(FISC 試験)のみが適用困難であるとの結論に至った。そのため、セルの解体が不要でかつ拘束状態でも試験が可能となる釘刺し方式の内部短絡試験法を開発した。開発された評価方法は、液系 LIB を対象とした強制内部短絡試験の代替試験法として、全固体 LIB に適用できることが示された。

特性評価法としては材料、電池に関する各種の評価法を確立した。新たに開発した参照極を有する全固体 3 極セルでは正極と負極の電位及び抵抗変化を分離して計測することが可能となった。

## 3.2 「研究開発項目② 社会システムデザインの検討」の研究開発成果

### 3.2.1 検討の流れ

社会システムデザインの検討を以下に示す流れで実施した。

- ① 一般ユーザー及び法人ユーザーを対象とした EV・PHEV の受容性調査を実施し、その結果に基づいて、国内乗用車普及台数推計ツールを作成する。
- ② 全固体 LIB 及び競合技術となる液系 LIB について、市場・技術動向を整理した上で、性能向上やコストダウン見通しを検討する。
- ③ 全固体 LIB 搭載 EV・PHEV の市場導入シナリオ(車両スペック・価格、市場投入タイミング等)を設定し、上記①で作成した普及台数推計ツールを用いて EV・PHEV(全固体 LIB 搭載車及び液系 LIB 搭載車)の普及台数を推計する。
- ④ 上記③で推計される EV・PHEV の普及台数を全固体 LIB の開発・実用化がもたらす社会的インパクトとして定義し、これを実現するために必要とされる施策を検討する。
- ⑤ 全固体 LIB 搭載 EV・PHEV の広範な普及が実現した際の社会システムの将来像を整理する。
- ⑥ 社会システムの将来像を実現するための課題を整理して、今後の取組と提言を検討する。

### 3.2.2 EV・PHEV 導入に関するユーザー意識調査

中間評価に続き、2021 年度に改めて 2216 人(うち自動車保有者 1740 人)に対して、一般アンケート調査及びコンジョイントアンケート調査を実施し、EV・PHEV の受容性や次回購入する自動車に対する意識(価格、ランニングコスト等の属性の重要度)を把握した。

### 3.2.3 全固体 LIB 導入シナリオの検討

EV・PHEV の普及を、乗用車は普及台数推計モデル、商用車は経済性モデルを用いて推定することとし、S1:液系 LIB シナリオ(液系 LIB のみ普及する場合)、S2:全固体 LIB 開発シナリオ(全固体 LIB が普及する場合)、S3:全固体 LIB 開発+政策拡大シナリオ(全固体 LIB の普及に大きな政策的な支援が拡大される場合)の 3 つのシナリオを検討した。

### 3.2.4 全固体 LIB がもたらす社会的インパクト

社会的なインパクトを把握するため、(1)国内電動車普及台数の推計、(2)全固体 LIB 搭載車普及に関する CO<sub>2</sub> 排出削減、(3)全固体 LIB 搭載車普及に関するリユース・リサイクル、(4)全固体 LIB 搭載車普及に関する充電インフラ整備の観点から分析を行った。分析結果から充電インフラの充実が EV 普及につながること、急速充電を定期的に利用する商用車に全固体 LIB の耐久性のメリットが効果的である可能性が示唆された。

	<p>3.2.5 社会システムのシナリオ・デザイン</p> <p>全固体 LIB 普及がもたらす社会的インパクトの分析から、「社会システムの将来像」を実現するための課題とその課題解決に向けた方策の検討を進めた。一例として、全固体 LIB には長寿命化と急速充電による劣化を低減する開発が期待され、高耐久と急速充電性が生かされる A・B セグメントの PHEV に導入される将来像が示唆された。また、地球温暖化抑制への対策として、固体電解質の製造時のエネルギー消費、セル製造時の除湿負荷を低減することが期待される。抽出された課題は、材料調達、製造段階、充電インフラ整備、ユーザー購入意欲向上、資源循環の観点から整理し、解決に向けた方策を提言としてまとめ、全固体 LIB ならではの課題解決に向けた検討を進める。</p> <table border="1" data-bbox="391 448 1426 676"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>8 件(2022 年 5 月までの集計、2022 年度中に 5 件を追加予定)</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>出願済 25 件(2022 年 5 月までの集計、2022 年度中に 23 件を追加予定)</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 (プレス発表等)</td> <td>講演会・セミナー等 13 件、学会等 71 件、雑誌・書籍等 6 件、 取材・プレスリリース等 3 件 (2022 年 5 月までの集計)</td> </tr> </table>	投稿論文	8 件(2022 年 5 月までの集計、2022 年度中に 5 件を追加予定)	特許	出願済 25 件(2022 年 5 月までの集計、2022 年度中に 23 件を追加予定)	その他の外部発表 (プレス発表等)	講演会・セミナー等 13 件、学会等 71 件、雑誌・書籍等 6 件、 取材・プレスリリース等 3 件 (2022 年 5 月までの集計)
投稿論文	8 件(2022 年 5 月までの集計、2022 年度中に 5 件を追加予定)						
特許	出願済 25 件(2022 年 5 月までの集計、2022 年度中に 23 件を追加予定)						
その他の外部発表 (プレス発表等)	講演会・セミナー等 13 件、学会等 71 件、雑誌・書籍等 6 件、 取材・プレスリリース等 3 件 (2022 年 5 月までの集計)						
<p>4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し</p>	<p>本事業における成果の実用化の考え方は、以下のように定義した。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p><b>本事業における成果の実用化の考え方(定義)</b></p> <p>本事業の成果(全固体リチウムイオン電池の共通基盤技術及び社会システムのシナリオ・デザイン)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。</p> </div> <p>4.1 成果の実用化に向けた取組</p> <p>上記した定義に基づく成果の実用化に向けた基本的な戦略と具体的な取組は以下のとおりである。</p> <p>4.1.1 開発成果の参加企業の活用に向けた取組</p> <p>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 25 社より、研究者・エンジニアを外向研究員として受け入れ(2022 年 4 月時点で 34 名在籍)、各社の技術シーズ・ニーズを循環させつつ、大学・研究機関のサイエンスの知見を取り入れて研究開発を進めている。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の有用性は、各外向研究員が強く実感しており、各外向研究員が外向元企業に復帰することで、自ずと参加企業内で活用され、その後、産業界全体に浸透していくと考えられる。外向元企業に対するヒアリングの結果からも評価・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。</p> <p>この産業界浸透の迅速化をねらい、事業期間中より、参加企業の開発担当者に対しても研究開発情報をタイムリーに共有し、開発技術の有用性を認知させることを基本戦略として、以下に示す取組を進めた。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 「SOLiD-EV 技術委員会」の開催(開催実績: 10 回)</li> <li>② 「SOLiD-EV 技術シンポジウム」の開催(開催実績: 6 回、各回参加人数: 約 150~240 名)</li> <li>③ 参加企業に対する「個別限定情報」の開示(開示実績: 358 件)</li> <li>④ 研究設備の企業見学会の開催(開催実績: 46 回)</li> </ol> <p>4.1.2 材料特性評価技術の産業界・学界の活用に向けた取組</p> <p>本事業で開発している全固体 LIB の材料特性評価技術については、材料メーカーのみならず、大学・研究機関も広く活用して、我が国における全固体 LIB の研究開発を効率的に進め、日本が全固体 LIB の技術進化でリードする状況を作る必要がある。</p> <p>この材料特性評価技術の産業界・学界への浸透には、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のが最も効果的である。そのため、事業期間中より、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て、以下に示す取組を進めた。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 新材料の受入れと電池試作・評価(サンプル評価実績: 320 件)</li> <li>② 大学・研究機関への標準電池モデルの提供(提供実績: 7 機関)</li> <li>③ 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(文書発行実績: 109 件、発行予定: 69 件)</li> </ol> <p>4.1.3 国内標準化関係者との研究開発情報の共有</p> <p>試験評価法の国際標準化を迅速・円滑に進めるには、国際標準化機関における議論を早く始めることが重要である。そのため、事業開始初年度より、国内の標準化関係者と定期的に会合を持ち、研究開発の状況を共有していくとともに、意見・助言をすくい上げて実験データを取得した。</p>						

4.1.4 企業を交えた「社会システムデザインの検討」の実施  
 全固体 LIB 搭載電動車の社会実装に向けた推進力・担い手となるのは自動車・蓄電池メーカーである。そのため、自動車・蓄電池メーカー9社の専門家で構成されるワーキンググループを LIBTEC 内に設置し、定期的に会合を開催し、各専門家の意見・助言をすくい上げながら検討を進めた。

4.2 成果の実用化の見通し  
 次の 1)～3)に示す理由により、本事業の成果は、我が国における全固体 LIB の研究開発及び実用化を手戻りなく効率的に進めるための強力なツールとして、国内産業界及び学会で活用されることが期待できる。

1) 本事業に参加している企業は、蓄電池開発・実用化のパイオニア的な存在であり、この分野で世界トップの技術力を保有している。本事業では、こうした産業界・アカデミアの経験、技術力、人材等を最大限に活かす産学連携・企業間連携の体制で研究開発を進めている。

2) 全固体電池の研究開発が世界的に活発化しており、欧州では産学連携による国家プロジェクトも開始されているが、総合的に見て本事業の方が実施体制に厚みがあり、開発している要素技術や特性評価のプラットフォームは世界トップレベルの水準にある。

3) 事業期間中より、成果を企業・アカデミアに浸透させていく取組を研究開発と同時進行で行っており、順調に進展している。

また、本事業の成果と技術蓄積を活用し、将来、LIBTEC が全固体 LIB の材料評価サービスを展開することが予想される。既に 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、液 LIB の材料評価サービスを自主事業として展開している。全固体 LIB の材料評価サービスについても LIBTEC において自主事業化の検討を進めている。

さらに、2022 年度より開始したグリーンイノベーション基金事業は 2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、野心的な目標にコミットする企業等に対して、10 年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援するものであるが、自動車・蓄電池産業界における「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」プロジェクトにおいては全固体 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。これらの企業における研究開発で本事業の成果が活用されることが期待できる。

4.3 波及効果  
 4.3.1 オープンイノベーションの推進  
 本事業においては、自動車・蓄電池・材料メーカー等 26 法人が競合・売買関係等の垣根を取り払い、協調して研究開発に取り組んでいる。集中研究拠点である LIBTEC においては、企業各社からの出向研究員によってニーズ・シーズの好循環や幅広い知・人材の交流が図られている。さらに、本事業への参加により派生した企業間コネクションに基づいて個別の研究開発体制を作り、開発を進めようとする動きも見られている。また、LIBTEC がハブとなって国内の大学・研究機関を研究ネットワークに取り込み、課題・ニーズを共有しながら課題解決型の研究開発を進めることにより、学術成果の産業技術としての引き上げを実現している。さらに、各研究チームの内外で、大学・研究機関相互及び異分野の研究者相互の連携・協力も実現している。

4.3.2 人材育成  
 本事業では、「科学者(アカデミア)とエンジニア(産業界)の交流」及び「蓄電池研究者と電池設計・プロセス技術者の交流」を実現している。その結果として、科学者は研究と社会(産業)との繋がり・結び付き、企業のコスト意識や時間感覚等を体感し、一方、エンジニアは大学・研究機関が保有するサイエンスに立脚した研究を体感している。また、産学両方のフィールドで、「サイエンスを理解した電池設計・プロセス技術者」及び「電池設計・プロセス技術を理解した蓄電池研究者」が育成される。

4.3.3 全固体 LIB の他用途への展開  
 全固体 LIB 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動力分野用途にも応用できる。さらには、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でも応用できる。本事業に参加している企業は EV・PHEV 用以外でもビジネスを展開しており、本事業の成果は様々な分野の世界市場に展開することができる。

5. 基本計画に関する事項	作成時期	2018 年 1 月 作成
	変更履歴	なし