

「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」

事業原簿【公開】

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 スマートコミュニティ部
-----	--

—目次—

概要

プロジェクト用語集

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	1
1. 1. 1 事業の目的	1
1. 1. 2 事業の背景	2
1. 1. 3 関連する上位政策・戦略	5
1. 1. 4 未来開拓研究プロジェクトについて	7
1. 1. 5 市場動向	9
1. 1. 6 特許動向	12
1. 1. 7 研究開発動向	17
1. 2. NEDOの事業としての妥当性	23
1. 2. 1 NEDOの関与の必要性	23
1. 2. 2 実施の効果	24

第2章 研究開発マネジメントについて

2. 1. 研究開発目標の妥当性	26
2. 1. 1 目標設定の戦略性について	26
2. 1. 2 達成度判定の指標について	26
2. 2. 研究開発計画の妥当性	27
2. 2. 1 研究開発内容	27
2. 2. 2 研究開発スケジュール	28
2. 2. 3 研究開発費	28
2. 3. 研究開発の実施体制の妥当性	29
2. 3. 1 実施者	30
2. 3. 2 プロジェクトリーダー	31
2. 4. 研究開発の進捗管理の妥当性	31
2. 5. 知的財産等に関する戦略の妥当性	32
2. 5. 1 基本的な考え方	32
2. 5. 2 本プロジェクトにおける知財取扱いの合意内容	33

第3章 研究開発成果について

3. 1. 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義	34
3. 1. 1 高電位正極(PJ-1)の成果の一例	38
3. 1. 2 高容量正極(PJ-2)の成果の一例	38
3. 1. 3 高容量負極(PJ-3)の成果の一例	39
3. 1. 4 難燃性電解液(PJ-4)の成果の一例	40
3. 1. 5 全固体電池(PJ-5)の成果の一例	41
3. 2. 成果の最終目標の達成可能性	42
3. 3. 成果の普及	43
3. 4. 知的財産等の確保に向けた取り組み	43

第4章 成果の実用化に向けた取組み及び見通しについて

4. 1. 成果の実用化に向けた戦略と取組み	44
4. 2. 成果の実用化の見通し	44

(添付資料)

・プロジェクト基本計画	添付資料-1
-------------	--------

概要

		最終更新日	2015年7月6日
プログラム（又は施策）名	未来開拓研究プロジェクト		
プロジェクト名	先進・革新蓄電池材料評価技術開発	プロジェクト番号	P13007
担当推進部/担当者	スマートコミュニティ部 桜井 孝史（2014年4月～現在）、細井 敬（2013年7月～現在）、 安井 あい（2014年5月～現在）、森山 英樹（2014年3月～現在）、 大島 直人（2014年6月～現在）、上村 卓（2015年4月～現在）、 古田土 克倫（2015年6月～現在）、下山田 倫子（2015年6月～現在）、 平松 星紀（2013年7月～2014年3月）、釘野 智史（2013年7月～2014年3月）、 佐藤 丈（2013年7月～2014年4月）、高橋 悟（2014年4月～2014年10月）		
0. 事業の概要	我が国蓄電池産業の競争力の維持・向上を下支えするソフトインフラの開発として、先進リチウムイオン電池及び全固体電池（硫化物系）に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。		
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</p> <p>1.1.1 事業の目的</p> <p>世界的な企業間競争が激化しつつある蓄電池産業において、我が国の競争優位性を確保するためには、高性能・低コストの蓄電池を他国に先駆けて開発し、継続的に市場へ投入していく必要がある。そのため、本事業においては、先進リチウムイオン電池や革新電池の技術進展に合わせて、産業界の共通指標として機能する材料評価技術（標準電池モデルの仕様、作製法、性能評価条件・手順等）を確立し、国内材料メーカーからの迅速な新材料提案や国内電池メーカーの開発効率向上を促進することで、高性能・低コストの蓄電池の早期実用化を図る。</p> <p>1.1.2 事業の背景</p> <p>リチウムイオン電池（LIB）は2020年代の蓄電池市場で中心に位置すると見られ、更なる高性能化・低コスト化を進めるため、蓄電池メーカー、自動車メーカー等が中心となって高電位・高容量の電極活物質、高電圧耐性を有する電解液等を用いた先進LIBの開発が進行している。</p> <p>その一方で、高性能化・低コスト化とトレードオフの関係にある安全性の確保を考慮すると、LIBのエネルギー密度には工業的な限界が近づいている。例えば、EVの走行距離をガソリン車並みに伸ばさせようとした場合、現在の電池パックのエネルギー密度を現状の5倍程度まで高める必要がある。加えて、販売価格もガソリン車並みとするには、電池パックのコストを現状の1/5程度まで低減する必要がある。このような開発目標となると、LIBでの達成は難しく、革新電池（ポストLIB）を開発する必要がある。そのため、理論上、LIBのエネルギー密度を超える様々な革新電池の候補に関する研究開発が世界全体で取り組まれている。</p> <p>蓄電池の高性能化・低コスト化、耐久性、信頼性・安全性の確保において構成材料の占めるウェイトは極めて大きい。LIBの材料に関して、国内材料メーカーは高い技術力を保持しているが、近年、中国材料メーカーの存在感が増す傾向にある。競争力の維持・向上にはユーザーが望むタイミング・スピードで要求特性を満足し、かつ価格バランスの取れた材料を提供する必要がある。しかしながら、材料メーカーとユーザーの間では、新材料の開発に関するコミュニケーションが十分に取れず、蓄電池の実用化開発には摺合せ期間と呼ばれる開発非効率が存在している。材料メーカーが新材料を提案した場合、実用化までには5～7年の長期間を要している。加えて、最近では競争領域としての材料技術の高度化が進んでいるため、両者のコミュニケーションは従来よりもむしろ難しくなっている側面もある。この課題を解決するためには、国内蓄電池関連産業界の共通指標として機能する材料評価技術を開発する必要がある。</p> <p>1.1.3 関連する上位施策</p> <p>① エネルギー基本計画（第四次計画） 蓄電池について技術開発、国際標準化等により低コスト化・高性能化を図っていくとしている。</p> <p>② 次世代自動車戦略2010及び自動車産業戦略2014 EV及びPHEVの普及目標として新車販売に占める割合を2020年に15～20%、2030年に20</p>		

～30%を設定し、蓄電池は産産・産学で協調し、研究開発の効率化とより高度な摺り合わせを実現すべき重点分野の一つとして選定している。

③ 科学技術イノベーション総合戦略 2014

次世代蓄電池技術の実装化が重点的取組として取り上げられており、本プロジェクトと整合する「蓄電池材料評価法の開発」の実施内容・スケジュールが提示されている。

1.1.4 未来開拓研究プロジェクトについて

本プロジェクトは、この実施要綱及び「未来開拓研究プロジェクトの実施に関する基本方針の一部を改正する方針」（2013年8月、経済産業省）に基づき実施している。

未来開拓研究プロジェクトでは省庁の枠を越えた連携に取り組むことになっており、本プロジェクトは文部科学省「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」と連携する。本プロジェクトの役割は、最低限のスクリーニングを受けた文部科学省プロジェクトの研究成果を受け取り、工業的視点で評価・コンサルティングを行い、実用化に向けた研究開発を加速することである。

1.1.5 市場動向

2014年における蓄電池の世界市場規模は約8兆円である。今後、各用途でプラス成長の見込みであり、2025年には16兆円超に成長と予測されている。また、市場全体の成長分（8兆円超）の大半がLIBで占められると予測されている。

LIB材料の市場も堅調に成長しており、2014年における世界市場規模は約7,000億円である。今後、次世代自動車やモバイル機器の需要増に牽引され、世界市場規模は2018年には1兆円、2025年には2.5兆円を突破すると予測されている。

1.1.6 特許動向

LIBの世界全体の年間特許出願件数は1998年～2007年で約2,700件/年に対し、2006～2010年では4,400件/年と1.5倍以上に増えている。特許出願件数は日本が圧倒的に多い。日本の蓄電池メーカーがLIBの技術開発で世界に先行し、長年、市場を占有してきたこともあり、特許件数が多い。しかしながら、特許は実質的に技術を公開することに繋がり、実際、民生LIBの市場で苦境に立たされていることから、特許出願・登録の件数が必ずしもグローバル市場の競争力に直結しないケースもあることに留意する必要がある。

また、全固体電池の2002年～2011年（10年間）における総出願件数は3,306件であり、日本国籍出願件数は1,996件で全体の約60%を占めており、他国に比べて突出して多い。

1.1.7 研究開発動向

LIBの論文発表件数は1998年の409件から2011年の1,762件と約4倍に増加している。論文の著者所属機関国籍別の発表件数比率は1998年～2008年では日本国籍が約22%で最多であったが、直近の2009年～2011年の3年間では中国籍が約30%で最多となっている。米国籍、韓国籍の比率に大きな変化は無いが、日本国籍は約13%と大きく減少している。

国際会議の研究発表で見ると、現在もLIBの研究が中心であるものの、革新電池の研究発表が増加する傾向にある。各国・地域でもLIBの研究が中心であるが、日本と中国は革新電池の割合が50%を超えている。日本の場合、ナトリウムイオン電池と全固体電池の研究発表が多い。

2003年～2012年における全固体電池の論文発表件数は600件である。著者所属機関国籍別の発表件数比率で日本は34%で最多であるものの、特許出願の約60%に比べると比率は小さい。

また、主要各国政府は産学官連携によるLIB及び革新電池の研究開発プロジェクトを精力的に推進している。

1.2 NEDOの事業としての妥当性

1.2.1 NEDOの関与の必要性

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過去の材料評価技術開発プロジェクトのマネジメント経験・ノウハウの活用等の観点から、本プロジェクトを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。

1.2.2 実施の効果

本プロジェクトの成果（材料評価技術）が産業界に普及・定着することにより、①新材料の開

	<p>発効率向上及び開発期間短縮、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、③LIBTECによる材料評価のワンストップサービスの提供、④我が国蓄電池関連産業の技術力の底上げ等が期待される。</p> <p>本プロジェクトの成果を活用しての差別化された製品の市場投入による日本メーカーのシェアアップ分を10%とすれば、LIBについては約1兆円、LIB材料については約2,500億円の経済効果となる。なお、本プロジェクトに参画しているLIBTEC組合員企業のうち、市場シェア上位の材料メーカーの2014年売上げの合計は800~900億円規模である(NEDO推計)。さらに、次世代自動車、スマートコミュニティ及びモバイル・IT機器に係る国内生産・雇用、輸出、内外ライセンス収入、国内生産波及・誘発効果、国民の利便性向上等の形を通じて、我が国経済活性化に貢献することが期待される。本プロジェクトの総事業費(5年間)は約23億円(想定)であり、十分な費用対効果があると言える。</p>						
2. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	<p>[中間目標] (2015年度) 先進リチウムイオン電池に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。</p> <p>[最終目標] (2017年度) 革新電池のうち全固体電池に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。また、必要に応じ、先進リチウムイオン電池の材料評価技術について、電池及び電池材料の開発の進展に対応した見直し・追加を行う。</p>						
事業の計画内容	主な実施事項	H25FY	H26FY	H27FY	H28FY	H29FY	
	先進リチウムイオン電池材料の評価技術開発	←				→	
	全固体電池材料の評価技術開発	←				→	
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載)(単位:百万円) 契約種類: ○をつける 委託(○) 助成() 共同研究()	会計・勘定	H25FY	H26FY	H27FY	H28FY	H29FY	総額
	一般会計						
	特別会計(電源)						
	特別会計(需給)	306	524	600			1,430
	総予算額	306	524	600			1,430
	(委託): 負担率 1/1	306	524	600			1,430
	(助成): 助成率						
(共同研究): 負担率							
開発体制	経産省担当原課	製造産業局 化学課					
	プロジェクトリーダー	太田 璋 (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)					
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	<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>○組合員(11法人): 旭化成株式会社、株式会社UACJ、JSR株式会社、信越化学工業株式会社、東レ株式会社、凸版印刷株式会社、日立化成株式会社、富士フィルム株式会社、三井化学株式会社、三菱化学株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所</p> <p>○連携研究機関(3法人): トヨタ自動車株式会社、日立マクセル株式会社、パナソニック株式会社</p>					

情勢変化への対応	特に無し。	
中間評価結果への対応	—	
評価に関する事項	事前評価	H24 年度 事前評価実施
	中間評価	H27 年度 中間評価実施
	事後評価	H29 年度 事後評価実施（予定）
3. 研究開発成果について	<p>(1) 先進 LIB／高電位正極</p> <p>① LNMO 正極の導電構造に着目し、導電助剤の選定及び電極組成の適正化を行った結果、容量バラツキが小さい正極仕様を見出した。</p> <p>② 放電負荷特性評価の観点から、高電位の電池系においても、負極表面が非晶質炭素で被覆されていたもので良好な性能が得られることを確認し、負極活物質として表面修飾天然黒鉛を選択。</p> <p>③ 寿命特性評価の観点から適正な電解液を検討し、25 °C、250 サイクルで 90 %以上の容量維持率を有するものを標準用電解液として選択。</p> <p>④ 電解液添加材を添加すると高電位において多量のガスが発生することが確認されたため、電池モデルでは無添加を選択。</p> <p>⑤ 上記①～④の結果を基に作製した電池モデルの 25 °C寿命特性が実用レベルにあることを確認。</p> <p>⑥ 試作仕様書(暫定版)が策定済みで、10 月より材料サンプルの受入開始の予定。</p> <p>(2) 先進 LIB／高容量正極</p> <p>① 初回充電における正極構成元素の電池反応(高容量発現機構)への関与状況をX線吸光分析法で解析し、格子酸素(O^{2-})が高容量化に大きく寄与していることを把握。</p> <p>② 上記①の知見に基づき、初回充電の条件(電圧及び電流値等)を検討し、充電電圧 4.6V 若しくは 0.05 C の電流値で容量規制を行うことで、高容量が安定的に発現することを確認。</p> <p>③ 1Ah 級の電池モデルで電解液の適正化を行い、放電容量のバラツキを低減。</p> <p>④ 上記②、③を踏まえて作製した標準電池モデルが放電温度特性や保存特性で実用電池レベルにあることを確認。また、各 SOC における抵抗の値も一般的な傾向と一致することを確認。</p> <p>⑤ 試作仕様書及び性能評価手順書は策定済み。6 月より材料サンプルの受入を開始済み。</p> <p>(3) 先進 LIB／高容量負極</p> <p>① LFP 正極と SiO/黒鉛混合負極の組合せで電池モデルを策定し、異なる材料の組合せで寿命特性評価が可能なことを確認。</p> <p>② 評価負極の電極組成、スラリー分散方法、電極密度の適正化を検討し、CNTの添加、ジェットペースタを用いた混練、電極の低密度化(1.2 g/cm³)を行うことで、安定評価が可能となった。この結果を基に、電池モデルを改良。</p> <p>③ 上記②の電池モデルは、500 サイクル後の容量維持率が 89%と実用レベルにあり、電池モデルとして妥当であることを確認。</p> <p>④ 試作仕様書及び性能評価手順書を策定済み。</p> <p>(4) 先進 LIB／難燃性電解液</p> <p>① 4.5V 級 LCO 正極、黒鉛負極を用いた電池モデルを策定し、添加剤違いの電解液について寿命特性や安全性評価が可能なことを確認できた。</p> <p>② 電池モデルでの熱特性評価のため、測定容器等の評価系を含めた評価方法を検討し、DSC、C80、ARC を用いた評価技術を確立。添加剤の異なる電解液について、これらの評価データと実電池の昇温試験挙動との相関がつくことを確認。</p> <p>③ 試作仕様書及び性能評価手順書を策定済み。</p> <p>(5) 革新電池／全固体電池</p> <p>① 全固体電池で特に課題となる電極内導電パスの確保に向け、加圧条件や活物質組成検討を実施し、電極内導電性向上技術を開発。</p>	

	<p>② 負極活物質の密度など粒子特性に着目した比較検討を実施し、全固体電池に適した粒子特性を見出した。</p> <p>③ 固体電解質との界面抵抗低減に寄与する正極活物質コーティング膜の形成技術、電池モデルの電極において最適な固体電解質と活物質との混合比を見出せる新規な電気化学評価法を開発。</p> <p>④ 上記結果を受け、良好な出力特性を有する標準電池モデル（圧粉体型）を策定。</p> <p>⑤ 試作仕様書及び性能評価手順書を策定済み。</p>	
	投稿論文	0件（うち査読付き0件）
	特許	「出願済」1件（うち国際出願0件）
	その他の外部発表 （プレス発表等）	「プレス発表」0件 「展示会への出展」0件
4. 実用化・事業化の見通し及び取組みについて	<p>4.1 成果の実用化に向けた戦略と取組み</p> <p>本プロジェクトにおける成果の実用化の考え方（定義）は、「本プロジェクトで開発した評価技術が、材料メーカーにおける新材料の研究開発（ポテンシャル把握、実用化課題の抽出、改良の方向性の検討等）や蓄電池・自動車メーカーに対する提案活動等に活用されること。」である。</p> <p>これを実現するためには、材料メーカーとユーザーの双方に、開発した評価技術の有用性を認知させる必要がある。この場合、技術面だけでなく、ドキュメント類の分かり易さ、秘密漏洩・技術流出防止に対する配慮等も含めて、「LIBTECの評価に基づくデータであれば信頼して使用できる。」という認識が業界全体に浸透する所まで持っていく必要がある。</p> <p>そのための取組みは次のとおりである。</p> <p>① 材料メーカーに対するアクション</p> <p>当年度7月に開催予定のLIBTECの運営委員会・技術委員会において、これまでの成果を組合員企業19社に説明するとともに、新材料の評価活動を開始することをアナウンスし、先進LIB及び全固体電池の新材料サンプルの提供を呼び掛ける。</p> <p>この組合員企業から提供される新材料サンプルの評価を29年度末までの2年間継続することで、技術のブラッシュアップを行い、その後はLIBTECの自主事業（技術プロバイダー事業）として維持・管理していく。</p> <p>② ユーザーに対するアクション</p> <p>LIBTEC内に設置済みの蓄電池メーカー及び自動車メーカーの専門家で構成されるアドバイザリー委員会を定期的に開催して、本開発成果に対する意見・助言を求め、それを技術のブラッシュアップに反映していく。また、開発技術に係る技術情報流出防止の在り方についてコンセンサスを得る。</p> <p>4.2 成果の実用化の見通し</p> <p>LIBTECはNEDO事業「次世代蓄電池材料評価技術開発」において開発した評価技術を活用し、現行LIB用の新材料の評価事業（自主事業）を行っている。本プロジェクトで開発した評価技術をLIBTECの自主事業の中に組み入れることで、実用化されていくものと考えている。</p> <p>本プロジェクトは文部科学省「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」と連携しており、大学・公的研究機関で研究された新材料を工業的視点で評価・コンサルティングする役割を担っている。全固体電池の評価技術については、このような学術成果の産業技術への引き上げにも活用ができる。</p> <p>期待される波及効果としては、人材育成が挙げられる。LIBTECでは、材料メーカーの技術者を外向研究員として受け入れ、蓄電池メーカー出身のマネージャーの指導の下、蓄電池の評価技術の開発に携わることで、蓄電池の設計・作製・評価に関する技術を習得している。これまでに36名の外向研究員を受け入れている。LIBTEC外向経験者は、蓄電池評価の知見が少ない材料メーカーにとって貴重な戦力であり、帰任後において蓄電池用材料開発におけるキーパーソンとなっている。</p>	
5. 基本計画に関する事項	作成時期	2013年3月 作成
	変更履歴	なし

プロジェクト用語集

用語	説明
AB	Acetylene Black の頭字語。アセチレンブラック。アセチレンガスを不完全燃焼して製造した高純度の粉末状の導電助材。
C	定電流放電したときに、ある時間で放電終了となる電流値。)1 C…1 時間、0.2 C…5 時間で放電終了となる電流値。
DEC (Diethyl Carbonate)	ジエチルカーボネート。低粘度溶媒であり、イオン移動度が大きいことから、リチウムイオン二次電池向け電解液の溶媒用途に使用されている。
DOD	Depth of Discharge の頭字語。放電深さと訳され、電池(容量)を使った程度(深さ)を示す指標。完全充電状態は DOD=0 で、完全放電状態は DOD=100%。
EC (Ethylene Carbonate)	エチレンカーボネート。高極性溶媒であり、電解質を大量に溶解できることから、リチウムイオン二次電池向け電解液の溶媒用途に主に使用されている。
EV (Electric Vehicle)	外部からの電力供給によって二次電池(蓄電池)に充電し、電池から電動機に供給する二次電池車。
HC	Hard Carbon の頭字語。ハードカーボンあるいは難黒鉛化性炭素と呼ばれる。材料の硬度は高いが、微小構造の特性から急速かつ大電流での充電が出来、HEV 向きとも言われる。
LCO	LiCoO ₂ コバルト酸リチウム。リチウムイオン電池用正極材として利用。
LFP	リン酸鉄リチウム LiFePO ₄ 原料が安価で、放電電圧が約 3.4V でやや低い平坦で、かつ 400°C 超まで熱安定性に優れるので、ナノレベルの粒径にすることで、電動工具、電気自動車や定置用の電池に用途が広がっている。
Li	→リチウム
LiClO ₄	過塩素酸リチウム。リチウムイオン電池で常用される LiPF ₆ とは違って加水分解することがなく、安定かつ便利であるため、実験室での試験に適している。
LiPF ₆	六フッ化リン酸リチウム。リチウムイオン二次電池の電解質塩として使用される。
LMO	LiMn ₂ O ₄ マンガン酸リチウム。リチウムイオン電池用正極材として利用。
LNMO	スピネル型ニッケルマンガン酸リチウム LiNiMnO ₄ の頭字語。5V 正極材料として注目されている材料。
MCMB	Meso-phase Carbon Micro Beads の頭字語。メソカーボン小球体と呼ばれる。ピッチを 400°C 程度に加熱することにより生成する。電気化学的にシンプルかつ優れた電流-電圧特性を示し、電極への充填性も高い。
NCA	Li[NiAlCo]O ₂ リチウムイオン電池用正極材として利用。
NCM	Li[NiMnCo]O ₂ リチウムイオン電池用正極材として利用。
OCV	Open Circuit Voltage の頭字語。開回路電圧と呼ばれ、電池に電流が流れていない状態での電池の電圧を指す。
PA	ポリアミド樹脂。耐熱セパレータの素材として注目されている。
PC	Propylene Carbonate の頭字語。炭酸プロピレン。黒鉛材負極とは互換性が低い、沸点が低いとため電池に使用すると低温特性が良化する。
PVDF	Poly-Vinylidene Difluoride の頭字語。ポリフッ化ビニリデン。酸化還元耐性に優れ

	る。主に正極のバインダー(結着材)に使用する。
SBR	Styrene-butadiene rubber の頭字語。スチレン-ブタジエンゴム。リチウムイオン電池負極の水系バインダーとして使用される。
SMG	Surface Modified Graphite の頭字語。高充填性を実現すべく、天然黒鉛を塊状化処理を行った後に、表面改質処理を施した黒鉛。高比容量である。
SOC (State of Charge)	充電状態。
VGCF	Vapor Grown Carbon Fiber の頭字語。和訳は気相成長炭素繊維。
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。リチウムイオン電池では、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、リン酸鉄リチウムなどが、負極活物質として、黒鉛などが使用されている。
グラファイト	炭素の同位体の一つであり、炭素原子六員環が同一面に連なったグラフェン面が積層した構造となっている。商品化されているリチウムイオン電池の負極材料として使用されている。
合金系負極	Si や Sn のように、充放電の際に Li と合金を形成する材料のこと。炭素系負極材料に比べて、充放電電位は高くなるが、数倍の理論容量を示す。
黒鉛	→グラファイト
固体電解質	有機物又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。
サイクル特性	一定条件下での充放電サイクル数と容量維持率の関係をプロットした図で表され、エネルギー密度、レート特性と並ぶ重要な電池特性。通常、室温、1 C で充放電を繰り返したときの容量値の推移を見る。二次電池のような充放電をしながら使用するデバイスでは、充放電サイクルを重ねても劣化が少ないことが要求される。
試作仕様書	標準構成電池モデルを試作(作製)する際の、材料の規定から始まって電池完成までの作製に関わる全てのプロセスを詳細に記載した書類。この仕様書に従って電池作製を行えば常に一定の品質の当該電池が作製できる。
充放電サイクル	充放電の繰り返し回数。電池の劣化していく主な原因は充放電繰り返しによるセルの内部抵抗の増大。内部抵抗が増大すると電池容量、放電レートや温度特性も低下。
出力密度	二次電池の単位質量又は単位容積当たりに取り出せる電気出力。W/kg、W/L などの単位で示される。
性能評価手順書	各ロットの電池を評価する際には、複数の評価項目について試験を行うが、その際に評価順序、評価条件、評価電池個数、等を定めた評価方法を記載した書類。
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。
セル	単電池。電池の内部構造で、正極・負極・電解液の 1 組。またはそれを 1 組だけ持つ電池。
全固体電池	可燃性電解液の代わりに固体電解質を利用し、電池全てが固体でできた電池。電池パックの損傷などによるショート、発火する危険性が低減する。
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。リチウムイオン電池では、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。

バインダ	活物質同士あるいは活物質と集電体を結着させ、導電ネットワークを形成し構造を維持するために、電極合剤に添加される。塗料特性、柔軟性、電解液への不溶性、電気化学的な安定性など様々な性能が要求される。
評価基準書	標準構成電池モデルごとに、その使用する材料、電極と電池の作製方法、電極と電池の評価方法、評価結果のまとめ、信頼性評価、安全性評価、留意点と展開、などを一纏めとしたもので、当該モデルの技術の全てが記載されている書類。「評価基準書一次版」には上記の「試作仕様書」、「性能評価手順書」の他に「構造解析結果」、「評価手法と評価結果」等が含まれる。「評価基準書二次版」にはこれらに加えて「信頼性」、「安全性」に関する項目が追加される。
ラミネート形電池	従来の金属ケースに代えて、水蒸気の浸透を阻止できるアルミニウム(A?)箔を中心に、外装面に強度と対候性のあるナイロンや PET(ポリエチレンテレフレート)の薄膜を、内装面に PP(ポリプロピレン)などの水蒸気透過性の低い薄膜を積層した(laminated)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。パウチ形電池とも呼ばれる。
リチウム	元素記号 Li。原子量 6.941。銀白色の金属結晶。酸化還元電位が全元素中で最も低く、原子量が小さいことから、電極材料として使用すると、エネルギー密度の大きい電池が作製できる。反応性に富み、水、窒素、ハロゲン等と激しく反応する。
リチウムイオン電池	二次電池の一種。リチウムイオン電池の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 4 V 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、通信機などの幅広い分野で応用されている。今後は、自動車など輸送機器用の電源としての用途が期待されている。

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

1.1.1 事業の目的

気候変動問題の深刻化や新興国の経済成長による資源獲得競争が顕著となりつつある現在、徹底した省エネルギーの推進と再生可能エネルギーの導入が求められており、技術革新による蓄電池の高性能化・低コスト化がその実現成否の鍵を握っている。また、我が国の経済成長の視点で捉えても、蓄電池は今後、市場拡大が想定される成長産業であり、国内企業が市場競争力を有した製品・サービスを他国に先駆けて開発し、外需を獲得することで貿易収支の改善に寄与していくことが期待される。

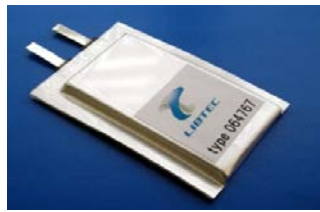
こうした中、現在、国内自動車メーカーや蓄電池メーカー等は、国家プロジェクトあるいは自社開発において先進リチウムイオン電池^{※1}や革新電池^{※2}の技術開発を鋭意進めている。この場合、信頼性・安全性の確保を前提とした上で如何に高エネルギー密度化・高出力化を図るのが重要となり、これらの実現には電極活物質、電解質、セパレータといった蓄電池の構成材料の占めるウェイトが極めて大きい。

そのため、本プロジェクトは、先進リチウムイオン電池や革新電池の技術進展に合わせ、国内蓄電池関連産業界の共通指標として機能する材料評価技術(標準電池モデルとその作製法、評価条件・手順等)を確立し、国内材料メーカーからの迅速な新材料提案や国内蓄電池メーカーの開発効率向上を促進することにより、高性能・低コストの蓄電池の早期実用化を図ることを目的として実施する。

本プロジェクトにおける材料評価技術開発の成果イメージを図1-1に示す。なお、標準電池モデルとその作製仕様書については、ユーザーの製造工程をモデル的に再現した設備を適用して策定する。また、評価基準については、想定される主要な用途をカバーするものを策定する。さらに、必要に応じ、高精度分析・測定機器を使用した個別課題の評価技術の開発とその評価手順書も策定する。

※1:先進リチウムイオン電池:高電位・高容量正極材料、高容量負極材料、高電圧耐性を有する電解質材料等を用いて、高性能化や高耐久化、低コスト化を図ったリチウムイオン電池。

※2:革新電池:リチウムイオン電池のエネルギー密度の工業的な限界(250Wh/kg程度)を超えての実用化が期待できる電池。全固体電池、多価カチオン電池、金属空気電池等

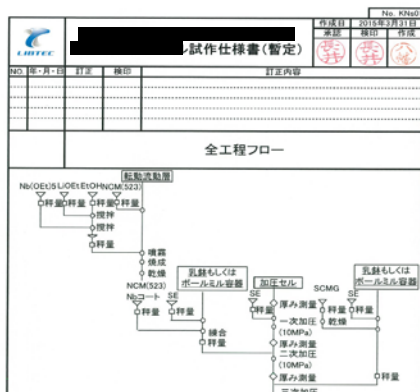


先進 LIB (1Ah 級ラミネートセル)



全固体電池 (圧粉体型)

(a) 標準電池モデル



(b) 試作仕様書

項目	
温度 25°C, 充放電レト / 3C	
温度 0°C, 充放電	ト
C 50%, 温度 , 充放電 (/ 3.1, . .)	
OC 50%, 温度 °C, 充放電 (/ 3.1, 2. .)	
50%, 温度 25°C, 充放電レ (/ 3.1, 5. .)	
50%, 温度 40°C, 充放電レ (/ 3.1, 5.1)	

(c) 性能評価手順書

図 1-1 本プロジェクトの成果イメージ

1.1.2 事業の背景

(1) 蓄電池の技術進化の方向性

蓄電池は、大きな流れとして鉛蓄電池、ニカド電池、ニッケル水素電池 (Ni-MH 電池)、リチウムイオン電池 (LIB) の順で開発・製品化されてきた。この歴史は基本的に高エネルギー密度化の歴史であると言え、現在市販されている小型蓄電池の重量エネルギー密度で比較すると、ニカド電池は鉛蓄電池の約 1.5 倍、Ni-MH 電池はニカド電池の約 2 倍、LIB は Ni-MH 電池の約 2~2.5 倍となっている。

携帯電話、デジタルカメラ等の小型軽量化・高機能化やパソコン、電動工具等のコードレス化が進む中、Ni-MH 電池を超えるエネルギー密度を有する蓄電池として、LIB が 1991 年にソニーによって商品化されると瞬間に普及が進んだ。LIB の生産量は現在も顕著に増加しており、民生用では 2010 年の約 21GWh から 2014 年には約 43GWh と 5 年間で約 2 倍、車載用も 2010 年の約 100MWh から 2014 年には約 5GWh と 5 年間で約 50 倍と急増している。エネルギー密度も飛躍的に向上しており、発売当初、18650 型 LIB の重量エネルギー密度と体積エネルギー密度は 80Wh/kg、200Wh/L 程度であったのに対して、現在は 250Wh/kg、700Wh/L 程度と 3 倍以上になっている。

このため、LIB は 2020 年代の蓄電池市場では中心に位置すると見られ、更なる高性能化・低コスト化を進めるため、蓄電池メーカー、自動車メーカー等が中心となって高電位・高容量の電極活物質、充電終止電圧を上昇させるための高電圧耐性を有する電解液、薄型化集電体等を用いた先進 LIB の開発が進行している。

その一方で、高性能化・低コスト化とトレードオフの関係にある安全性・耐久性の確保を考慮すると、LIBのエネルギー密度には工業的な限界が近づいていると言われている。例えば、EVの1回の充電あたりの走行距離をガソリン車並みに延長させようとした場合、現在の電池パックのエネルギー密度を現状の5倍程度まで高める必要がある。加えて、販売価格もガソリン車並みとするには、電池パックのコストを現状の1/5程度まで低減する必要がある。このようなレベルでの開発目標となると、LIBでの達成は難しく、LIBとは電荷キャリア、材料、構造等が異なった革新電池(ポストLIB)を開発する必要がある。これはIT・モバイル機器でも同様であり、例えば、今後の市場拡大が予想されるウェアラブル端末(スマートウォッチ、スマートバンド等)では、端末自体が極めて小型になるため、LIBの高容量化での対応にも限界があると言われている。そのため、詳細は「1.1.7 研究開発動向」で述べるが、理論上、LIBのエネルギー密度を超える様々な革新電池の候補に関する研究開発が世界全体で取り組まれている。

上記した蓄電池の技術進化の方向性を整理したものを図1-2に示す。

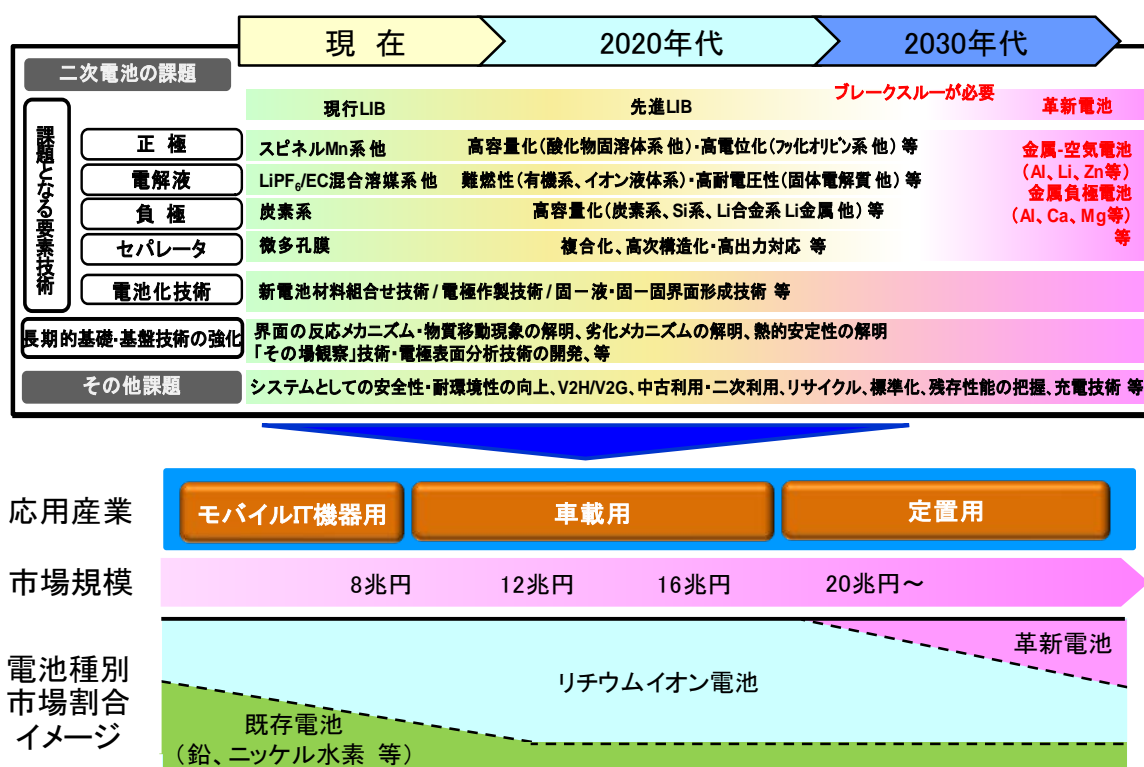


図1-2 蓄電池の技術進化の方向性

(2) 蓄電池材料の実用化開発における課題

蓄電池の高性能化・低コスト化、耐久性、信頼性・安全性の確保において正極・負極活物質、電解質、セパレータ、バインダー、集電体、外装包材といった構成材料の占めるウェイトは極めて大きい。詳細は「1.5 市場動向」で述べるが、LIBの材料に関して、国内材料メーカーは高い技術力を保持しているものの、近年、価格競争力に優る中国材料メーカーの存在感が増す傾向にある。そのため、ビジネス面での競争力の維持・向上には、蓄電池メーカー、自動車メーカー等のユーザーが望むタイミング・スピードで、要求特性を満足し、かつ価格バランスの取れた材料を提供する必要がある。

従来、実用サイズのセル試作設備とその試作ノウハウを所有しない材料メーカーは、基本的に材料単体の物理・化学的特性の評価のみを行い、完成形(フルセル)でどのような性能や耐久性・安全性等

が得られるかについては、材料サンプルをユーザーに提供し、その評価結果の開示を受けることで把握してきた。しかしながら、材料メーカーにとってユーザー評価には下記①～④の課題があり、新材料開発へのフィードバックをかけ難いといった状況がある。加えて、先進 LIB や革新電池についてはユーザー自身が材料も含めて開発を手掛けており、開示情報は制限される。

- ① 評価用としてユーザーに受け取ってもらえるサンプル数が少ない(限定される)こと。
- ② ユーザー評価の結果が出るまでの期間が長いこと。
- ③ 試作セルの作製仕様(他の材料・部品の組合せ等)・プロセス、その評価条件・方法等の詳細情報がユーザーより開示されないこと。
- ④ 上記③の作製仕様や評価基準は各ユーザーが個別にノウハウとして保有し、共通化されていないため、複数のユーザー評価の結果が異なった場合、その解釈が難しいこと。

一方、ユーザーの立場から見ると、材料メーカーから提示される情報は材料単体の特性データであるため、その材料の特性を最大限に引き出すための電極構造、他の構成材料・部品との組合せ、セルの製造プロセス等を検討する必要がある。また、材料単体の特性データも材料メーカーが各社各様の評価条件・方法で取得したものであるため、そのポテンシャルや有用性等を見極めることが難しく、ユーザー自らが材料データの取得を改めて行う場合もある。

このように、材料メーカーとユーザーの間では、新材料の開発に関するコミュニケーションが十分に取れず、蓄電池の実用化開発には摺合せ期間と呼ばれる開発非効率が存在している。そのため、図 1-3 に示すように、材料メーカーが新材料を提案した場合、実用化までには 5～7 年の長期間を要している。加えて、最近では競争領域としての材料技術の高度化が進んでいるため、両者のコミュニケーションは従来よりもむしろ難しくなっている側面もある。

これらの課題を解決するためには、国内蓄電池関連産業界の共通指標として機能する材料評価技術を開発する必要がある。

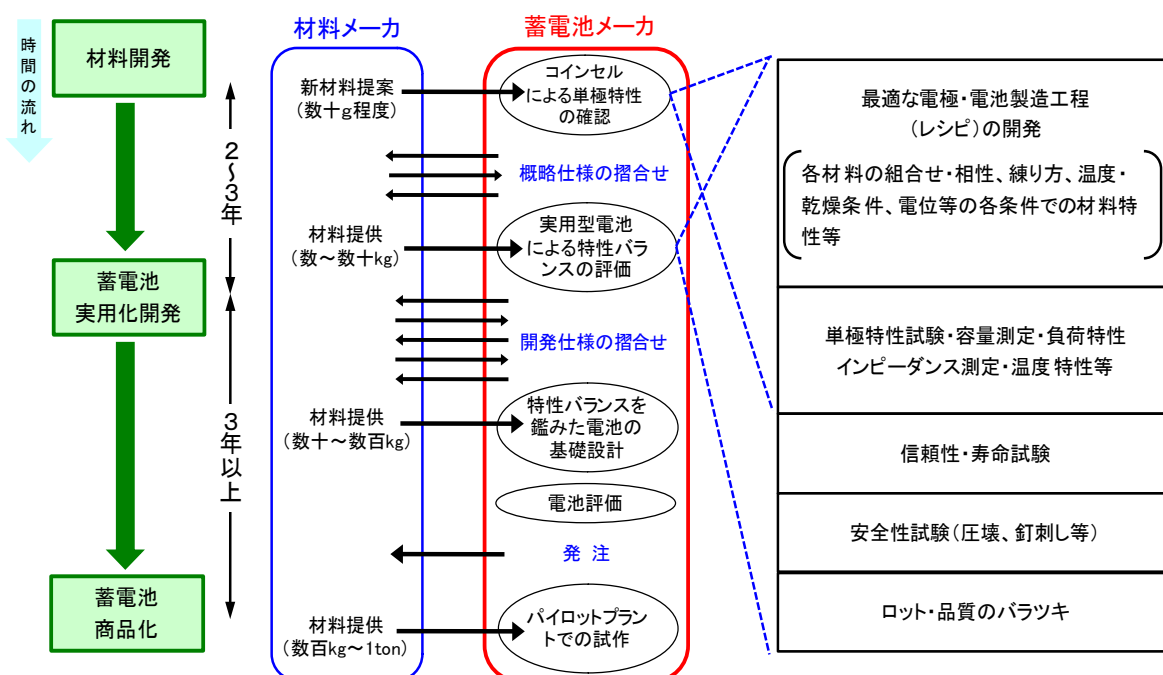


図 1-3 新材料の提案から実用化までの流れと開発内容

1.1.3 関連する上位政策・戦略

本プロジェクトが関連する下記(1)～(4)の上位政策・戦略について述べる。

- (1) エネルギー基本計画(第四次計画:2014年4月、閣議決定)
- (2) 次世代自動車戦略 2010(2010年4月、経済産業省策定)
- (3) 自動車産業戦略 2014(2014年11月、経済産業省策定)
- (4) 科学技術イノベーション総合戦略 2014(2014年6月閣議決定)

(1) エネルギー基本計画(第四次計画:2014年4月閣議決定)

我が国は化石燃料に乏しく、その大宗を輸入に頼るといった脆弱性を抱え、エネルギーを巡る国内外の状況変化に大きな影響を受けやすい構造を有している。エネルギーの安定確保は国の安全保障には不可欠であり、我が国にとって常に大きな課題である。さらに、国際的な地政学的構造の大きな変化に直面する中で、我が国のエネルギー安全保障を巡る環境は厳しさを増してきている。このような状況への対応には、長期的、総合的かつ計画的な視点に立ってエネルギー政策を遂行していく必要があり、その着実な遂行の確保を目的として、2002年に「エネルギー政策基本法」が制定された。この基本法では、政府が総合資源エネルギー調査会の意見を聴き、エネルギー需給施策の長期的、総合的かつ計画的な推進を図るために「エネルギー基本計画」を策定することを定め、少なくとも3年には1度の頻度で内容を検討し、必要に応じて変更を行うとしている。この法に基づき、2003年に最初の計画が策定されている。その後、第二次計画が2007年に、第三次計画が2010年に策定され、東日本大震災以降では最初の計画となる第四次計画が2014年4月に策定された。

この第四次計画では、「第2章 エネルギーの需給に関する施策についての基本方針」において「電気は多様なエネルギー源から生産することが可能であり、利便性も高いことから、今後も電化率は上がっていきと考えられ、二次エネルギー構造において、引き続き中心的な役割を果たしていくこととなる。」とした上で、「第3章 エネルギーの需給に関する長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策」において「利便性の高い電気を貯蔵することで、いつでもどこでも利用できるようにする蓄電池は、エネルギー需給構造の安定化を強化することに貢献するとともに、再生可能エネルギーの導入を円滑化することができる、大きな可能性がある技術」、「最近の安全性の向上や充放電効率の増加による性能向上によって、従来の用途に加え、車載用、住宅・ビル・事業用等の定置用の用途へも広がりつつあるが、引き続き、技術開発、国際標準化等により低コスト化・高性能化を図っていく」としている。

(2) 次世代自動車戦略 2010(2010年4月、経済産業省)

我が国の自動車産業は、内燃機関自動車の開発・製造において技術的な優位性を持ち、国際競争力を保有してきており、この優位性を保持することは日本の産業政策として重要である。その一方で、自動車産業を巡る外部環境を踏まえると、将来、次世代自動車が普及していくことは確実である。既に市場化が始まり、世界的にも開発・普及に向けた競争が激化している電気自動車(EV)・プラグインハイブリッド車(PHEV)に関しては、我が国がバリューチェーン上、広い範囲で強みを維持しているものの、海外企業もキャッチアップに向けた取組みを強化しており、我が国にとっても戦略の策定は重要である。こうした状況を踏まえ、経済産業省は2010年4月、「次世代自動車戦略 2010」を策定した。

この戦略は「全体戦略」、「電池戦略」、「資源戦略」、「インフラ整備戦略」、「システム戦略」、「国際標準化戦略」の6つの戦略で構成されている。このうち、「全体戦略」においては、次世代自動車の普及加速のため、政府が目指すべき車種別普及目標(新車販売に占める割合)を表1-1のように設定し

ており、EV・PHEV は 2020 年が 15～20%、2030 年が 20～30%と極めて野心的な目標になっている。また、アクションプランの一つとして、部品・部材産業の高付加価値化を図るとしており、蓄電池及び電池マネジメント技術についても研究開発を推進するとしている。

また、「電池戦略」においては、蓄電池材料及び蓄電池自体の技術は日本企業が現時点では世界をリードしている一方で、海外の蓄電池メーカーが続々と市場参入し、大規模な設備投資の計画や特許出願件数・論文発表件数も急増していることから、リチウムイオン電池の新材料についても引き続き幅広い基礎的な研究が必要であるとしている。

表 1-1 2020～2030 年の乗用車種別普及目標

	2020 年	2030 年
従来車	50～80%	30～50%
次世代自動車	20～50%	50～70%
ハイブリッド自動車	20～30%	30～40%
電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	15～20%	20～30%
燃料電池自動車	～1%	～3%
クリーンディーゼル自動車	～5%	5～10%

出典:「次世代自動車戦略 2010」(2010 年 4 月、経済産業省)

(3) 自動車産業戦略 2014(2014 年 11 月、経済産業省)

上記の「次世代自動車戦略 2010」では EV 等の次世代自動車を対象としていたが、自動車産業全般を幅広く取扱い、自動車産業が「国民産業」として今後も持続的に発展することを目指す戦略として、経済産業省は 2014 年 11 月、「自動車産業戦略 2014」を策定した。この戦略においては、「次世代自動車の普及目標(表 1-1)は、我が国の環境・エネルギー制約の克服と同時に、我が国の自動車産業が持続的に発展していくためにも達成されなければならない、意欲ある多様な主体がさらに幅広く大同団結し、取組をさらに強化する必要がある」とした上で、蓄電池は産産・産学で協調し、研究開発の効率化とより高度なすり合わせを実現すべき重点分野の一つとして選定している。

(4) 科学技術イノベーション総合戦略 2014(2014 年 6 月閣議決定)

我が国政府は、「第 4 期科学技術基本計画」(2011 年 8 月閣議決定)を指針とする科学イノベーション政策の大きな方向性の下、短期の工程表を具備する「科学技術イノベーション総合戦略」を毎年策定する枠組みを構築している。この枠組みに基づき、「科学技術イノベーション総合戦略 2014」が 2014 年 6 月に閣議決定されているが、この戦略の「第 2 章 科学技術イノベーションが取り組むべき課題」の「(8)革新的エネルギー変換・貯蔵・輸送技術の高度化」において、次世代蓄電池技術の実装化が重点的取組として取り上げられている。また、図 1-4 に示す詳細工程表が提示されているが、同図中に記載の「蓄電池材料評価法の開発」が本プロジェクトに該当し、その実施内容・スケジュールは本プロジェクトの計画と整合している。

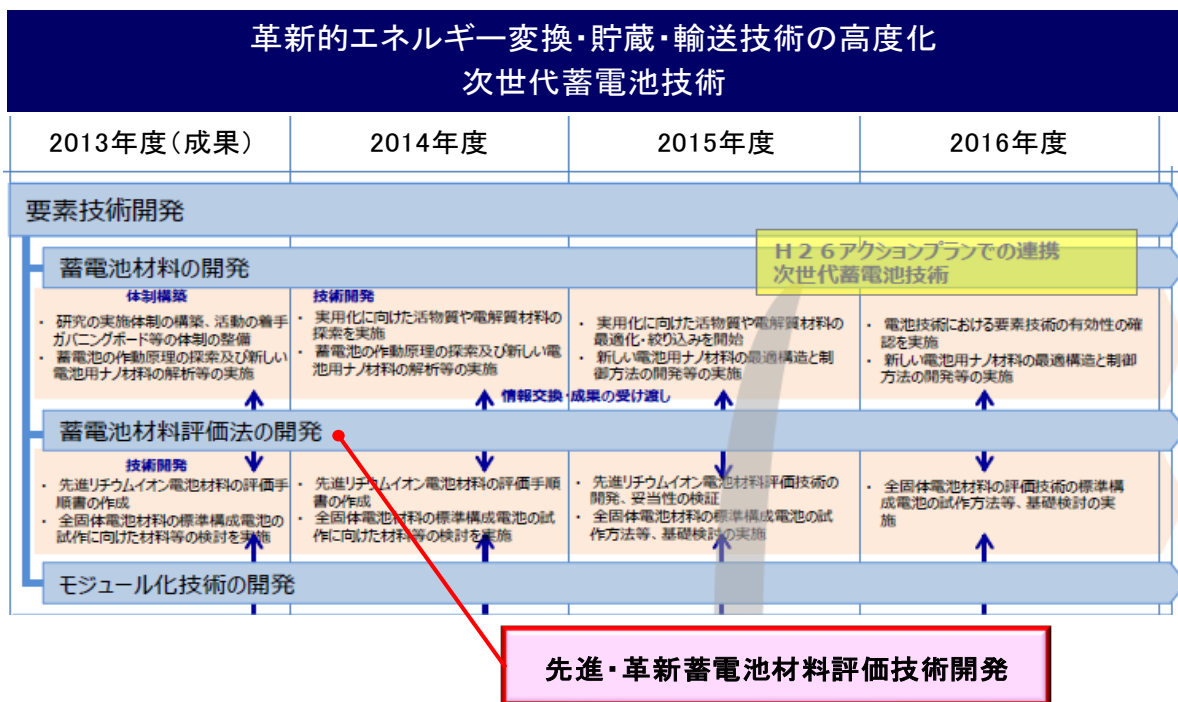


図 1-4 「科学技術イノベーション総合戦略」における本プロジェクトの位置付け

出典:「科学技術イノベーション総合戦略 2014」(別表)詳細工程表(2014年6月閣議決定)

1.1.4 未来開拓研究プロジェクトについて

2012年8月、経済産業省は、産業構造審議会・産業技術分科会・研究開発小委員会における議論を踏まえ、我が国の将来の糧となるイノベーションを創出する、従来技術の延長線上にない、開発リスクの高い革新的技術に関する中長期的な研究開発プロジェクトであって、国のイニシアティブの下、優れた技術及び知見を有する国内外の企業、大学、公的研究機関等を集め、継続的に実施されるべきものを対象とした「未来開拓研究プロジェクト実施要綱」及び「未来開拓研究プロジェクト実施に関する基本方針」を策定した。本プロジェクトは、この実施要綱及び「未来開拓研究プロジェクトの実施に関する基本方針の一部を改正する方針」(2013年8月、経済産業省)に基づき実施している。

未来開拓研究プロジェクトでは省庁の枠を越えた連携に取り組むことになっており、本プロジェクトの連携先として、文部科学省の「戦略的創造推進事業／先端的低炭素化技術開発」における「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」(図1-5)が選定されている。また、両プロジェクトを一体的に運営するため、「文部科学省・経済産業省ガバナンスボード(蓄電池)」(戦略コーディネーター:東京大学大学院工学研究科教授 橋本和仁)が設置されており、本プロジェクトのプロジェクトリーダー(PL)及びNEDO蓄電池技術開発室長が構成員となっている。

この連携における本プロジェクトの役割は、図1-6に示すように、最低限のスクリーニングを受けた文部科学省プロジェクトの研究成果を受け取り、工業的視点で評価・コンサルティングを行い、実用化に向けた研究開発を加速することである。同ガバナンスボードにおける合意により、当面、本プロジェクトは、図1-5中の全固体電池チームのうち硫化物系サブチームとの連携強化を図ることになっており、現在、具体的な連携内容、スケジュール等を協議中である。

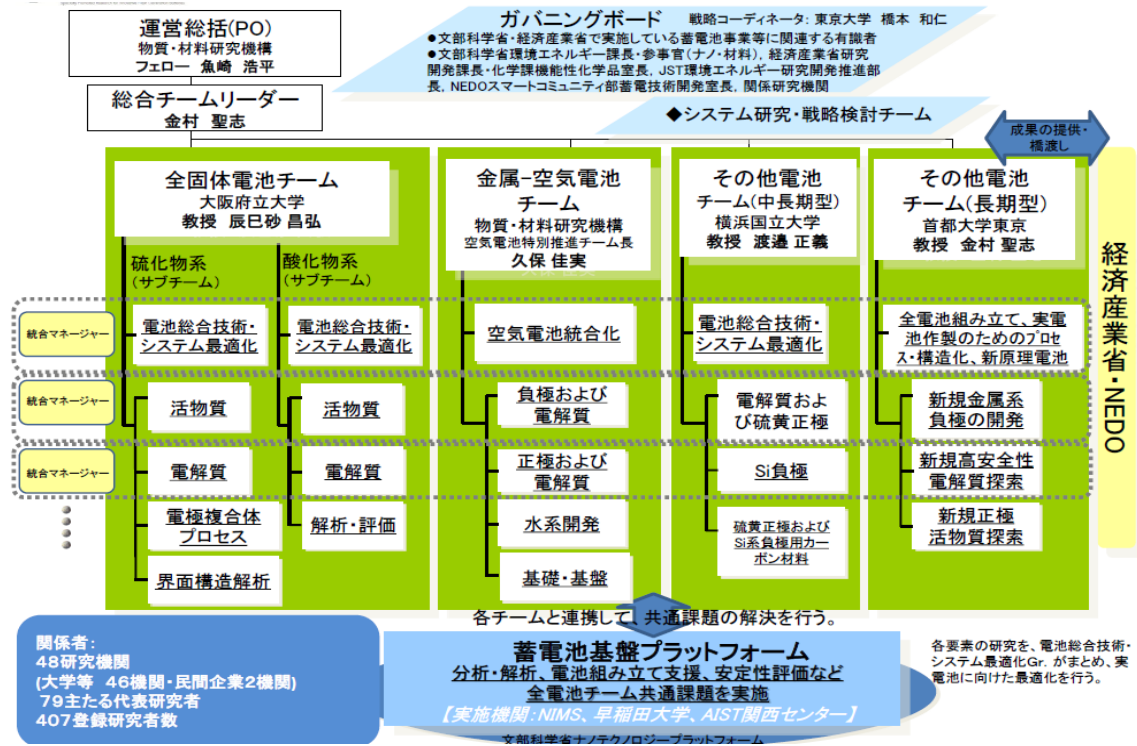


図 1-5 文部科学省「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」の運営体制

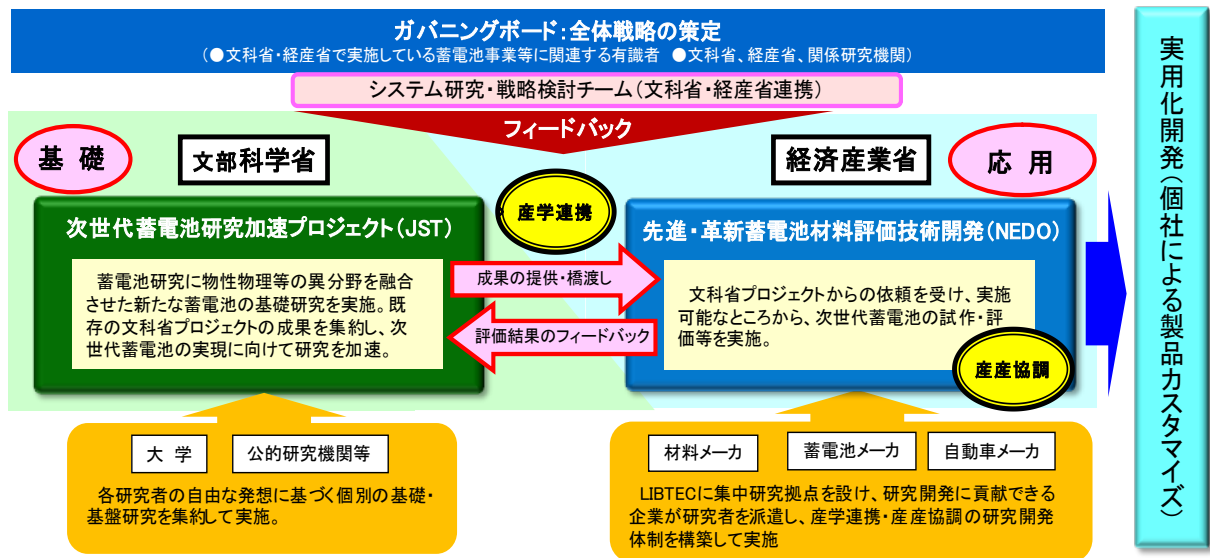


図 1-6 本プロジェクトと文部科学省プロジェクトとの連携

1.1.5 市場動向

(1) 蓄電池の市場動向

蓄電池市場の現況と将来予測を図 1-7(用途別)及び図 1-8(蓄電池種別)に示す。

2014 年における蓄電池の世界市場規模(実績見込み)は約 8 兆円である。今後、各用途でプラス成長の見込みであり、2025 年には 16 兆円超に成長と予測されている。また、図 1-8 に示すように、市場全体の成長分(8 兆円超)の大半が LIB で占められると予測されている。

モバイル機器用LIBについては、市場規模がまだ数千億円であった 2000 年台初頭は 90%以上のシェアを日本メーカーが占めていた。しかし、市場規模が生産(容量)ベースで 40GWh超、売上ベースで約 2 兆円となった現在、①スマートフォン、ノートPC等のアプリケーション市場での日本メーカーの競争力低下、②産業政策支援、大胆な生産設備投資等によるコスト競争力、③日本メーカーの人材獲得による品質向上、④為替相場での円高・ウォン安等を背景に、韓国勢が首位に立っている。2014 年のシェア(生産ベース)は、韓国メーカーの約 50%に対し、日本メーカーは約 20%と報告されている^{※1}。

一方、2014 年における次世代自動車用(HEV、PHEV、EV、アイドリングストップ車)の市場規模は約 8,400 億円であり、その内訳はLIBが約 6,500 億円、Ni-MH電池が約 1,300 億円、鉛蓄電池とキャパシターで約 600 億円である。これらは蓄電池自体に高い技術水準が求められることに加え、自動車メーカーの電動車両システム技術との摺り合わせにも高い技術水準が求められるため、日本メーカーが競争力を保持している。LIBの生産ベースのシェアは日本メーカーの約 70%に対し、韓国メーカーは約 20%であり、Ni-MH電池は日本メーカーがほぼ 100%と報告されている^{※2}。しかしながら、欧米自動車メーカーも近年、積極的にEV・PHEVの開発及び市場投入を進めており、これらに搭載するLIBを韓国メーカーより調達する流れが出来つつあり、今後、競争激化が予想される。

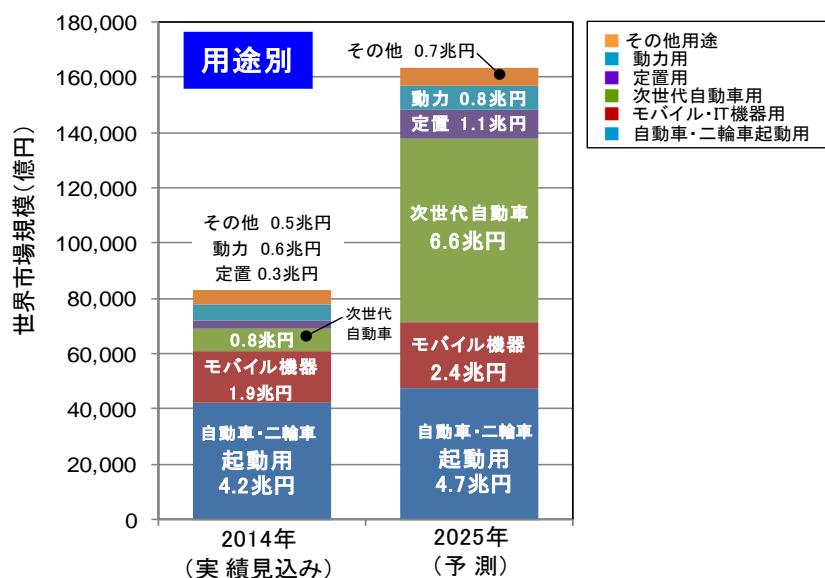


図 1-7 蓄電池市場の現況と将来予測(用途別)

出典:「エネルギー・大型二次電池・裁量の将来展望 2015」(株式会社富士経済)等に基づき NEDO 作成

出典 ※1:「電気化学セミナー2015 最先端電池技術」(株式会社 B3 発表資料)

※2:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2015」(株式会社富士経済)

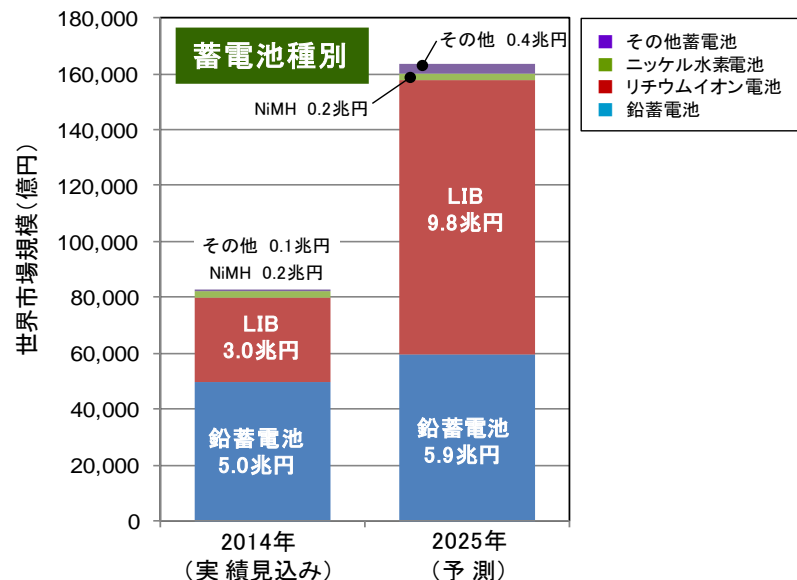


図 1-8 蓄電池市場の現況と将来予測(蓄電池種別)

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2015」(株式会社富士経済)等に基づき NEDO 作成

(2) リチウムイオン電池材料の市場動向

リチウムイオン電池材料の市場規模の推移と将来予測を図 1-9 に示す。LIB 材料の市場は堅調に成長しており、2014 年における世界市場規模(実績見込み)は約 7,000 億円である。今後、次世代自動車やモバイル機器の需要増に牽引され、世界市場規模は 2018 年には 1 兆円、2025 年には 2.5 兆円を突破すると予測されている。

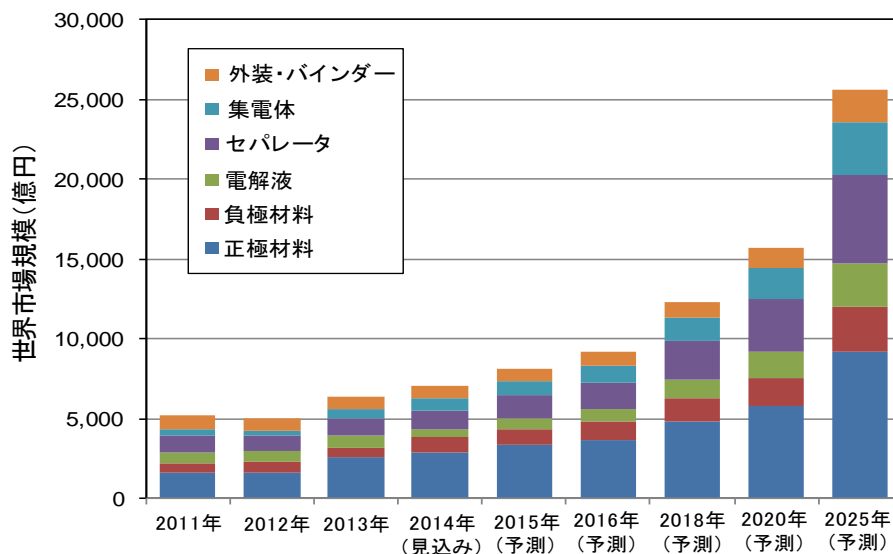


図 1-9 リチウムイオン電池材料の市場規模推移と将来予測

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2015」(株式会社富士経済)等に基づき NEDO 作成

次に、2012 年～2014 年の 3 年間における正極、負極、電解液及びセパレータの市場規模推移を図 1-10～図 1-13 に示す。スマートフォンの大型化に伴うセルの大型化・高容量化や EV・PHEV 新モデルの市場投入等を受け、各材料の生産量は堅調に増加する中、価格競争力に優る中国材料メーカーの生産量が増加する傾向にある。また、中国材料メーカーの値引きに引きずられる形で市場全体での取引価格が低下し、日本メーカーは利幅の少ない旨味の無いビジネスを強いられると見られる。

このような状況は、スマートフォンの先進国需要が一巡し、新興国向けのミドル～ローエンドモデルが市場の牽引役に移行し、安価な中国製材料の採用が増加したことによると見られる。加えて、中国政府のEV普及策及び蓄電池への助成措置に期待し、多くの材料メーカーが過剰な設備投資に動くとともに、中国蓄電池メーカーのセル生産歩留まりが低いため、材料メーカーの設備投資に拍車を掛け、セルの実需を大きく上回る量の材料が出荷されている可能性があると言われている。

その一方で、モバイル機器用や車載用で高品質品の需要が増加基調にあり、為替相場が円安基調であることも相俟って、高品質品をリーズナブルな価格で提供する日本材料メーカーに対して、各国の蓄電池メーカーからの引合いが増加しているとも言われている。また、新規参入でありながらも、他社と差別化された製品を市場投入することでビジネスを成長させている日本材料メーカーも存在する。

しかしながら、現時点でも一定の技術力を保有する中国材料メーカーは存在し、日韓蓄電池メーカーでの採用が増えているのも事実であり、近い将来、内需によってさらに技術力を高めた状態で海外展開を強気に推進してくることが予想される。そのため、日本の材料メーカーが今後、プレゼンスを向上させていくためには、製品ラインナップを戦略的に取り揃え、ハイスペック化と低価格化を両立させた新材料をユーザーが望むタイミング・スピードで供給していく必要がある。

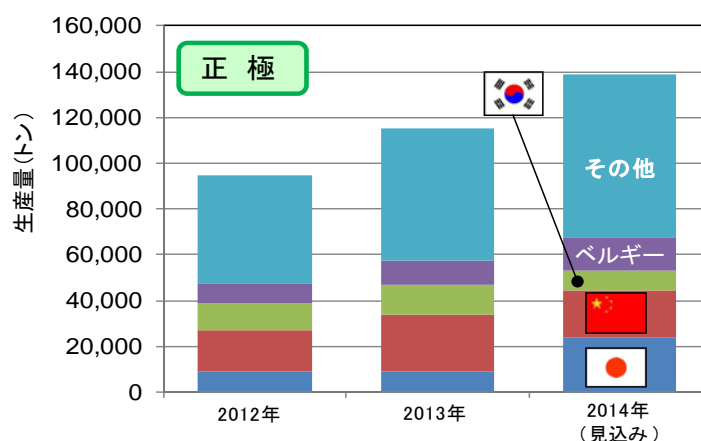


図 1-10 リチウムイオン電池・正極の市場規模推移

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2013～2015」(株式会社富士経済)に基づき NEDO 作成

(注記) その他には、一部日本や中国の零細が含まれる。

正極について、ほぼ生産量で 2014 年の中国材料メーカーのシェアが 50%超との報告もある。

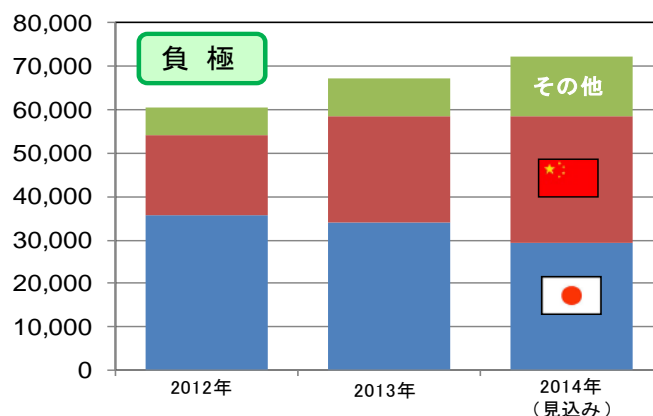


図 1-11 リチウムイオン電池・負極の市場規模推移

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2013～2015」(株式会社富士経済)に基づき NEDO 作成

(注記) その他には、一部日本や中国の零細が含まれる。

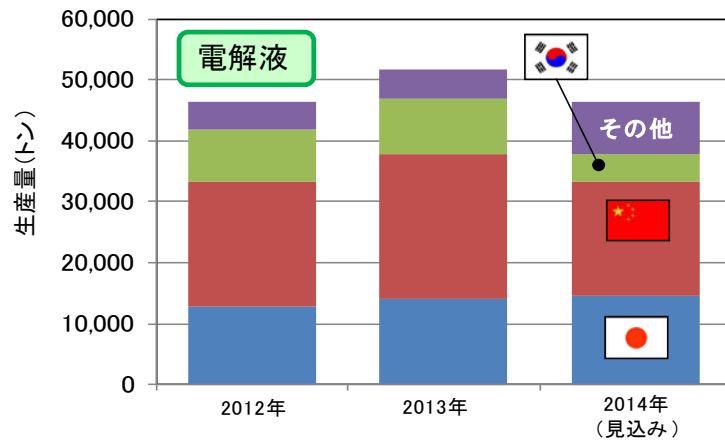


図 1-12 リチウムイオン電池・電解液の市場規模推移

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2013～2015」(株式会社富士経済)に基づき NEDO 作成

(注記) その他には、一部日本や中国の零細が含まれる。

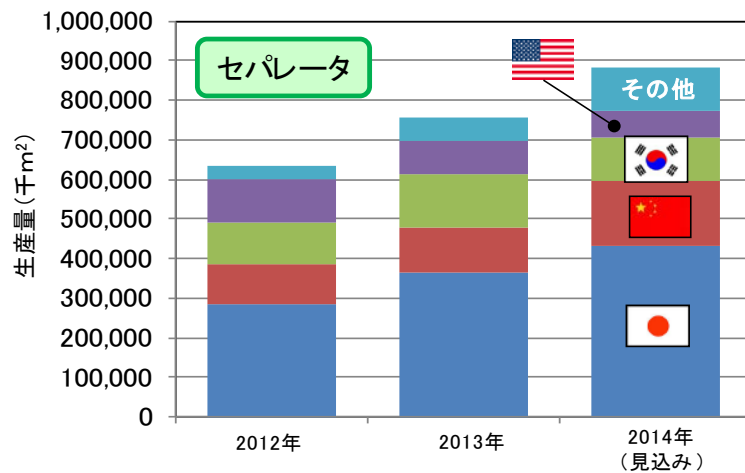


図 1-13 リチウムイオン電池・セパレータの市場規模推移

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2013～2015」(株式会社富士経済)に基づき NEDO 作成

(注記) その他には、一部日本や中国の零細が含まれる。

1.1.6 特許動向

(1) リチウムイオン電池の特許動向

(i) 出願人国籍別の特許出願件数

1998年～2007年(10年間)、2006年～2010年(5年間)におけるLIBの出願人国籍別の特許出願件数を図 1-14 に示す。調査期間に重複があるが、世界全体の年間特許出願件数は1998年～2007年で約2,700件/年に対し、2006～2010年では4,400件/年と1.5倍以上に増えている。

特許出願件数は日本が圧倒的に多い。日本の蓄電池メーカーがLIBの技術開発で世界に先行し、長年、市場を占有してきたこともあり、特許件数が多い。しかしながら、特許は実質的に技術を公開することに繋がり、実際、民生用LIBの市場で苦境に立たされていることから、特許出願・登録の件数が必ずしもグローバル市場の競争力に直結しないケースもあることに留意する必要がある。

	1998年～2007年		2006年～2010年	
	件数	割合	件数	割合
日本	17,781	66.1%	11,625	52.7%
米国	2,149	8.0%	1,585	7.2%
欧州	1,587	5.9%	1,668	7.6%
中国	1,289	4.8%	2,921	13.2%
韓国	3,704	13.8%	3,906	17.7%
その他	378	1.4%	362	1.6%
合計	26,888	100%	22,068	100%

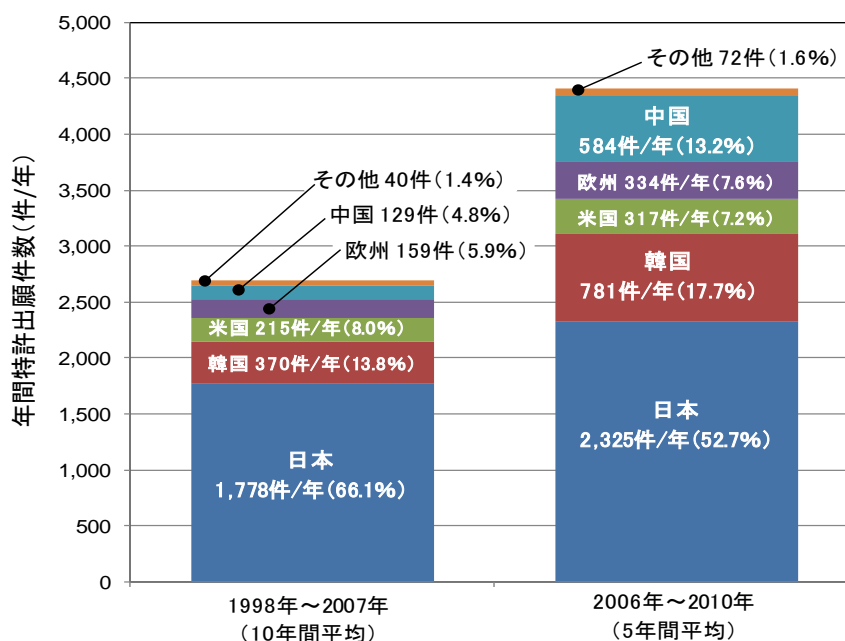


図 1-14 リチウムイオン電池の出願人国籍別特許出願件数

出典:「平成 21 年度特許出願技術動向調査ーリチウムイオン電池ー」(2010 年 4 月、特許庁)及び

「平成 24 年度特許出願技術動向調査ーリチウム二次電池ー」(2013 年 4 月、特許庁)に基づきNEDO作成

(ii) 出願特許の内容

2006～2010 年の全出願件数 22,068 件のうち、用途が明記された出願が 11,533 件ある。その内訳は携帯電子機器が 5,360 件(46.5%)、電動自動車が 2,743 件(23.8%)、複数用途が 3,104 件(26.9%)、電動機器・定置用その他が 326 件(2.8%)である。また、課題については、耐久性・保存性が 10,000 件のオーダーで最多であり、エネルギー密度、入出力特性及び安全性が 5,000 件のオーダーで同程度である。

各材料の出願件数と全出願件数に占める割合を図 1-15 に示す。正極が最多の 8,143 件で最多(約 37%)、これに負極が 6,406 件(約 29%)で続く。電解質、セパレータ、集電体、外装・モジュール構造等は 1,000～2,000 件のオーダーである。

次に、正極、負極、電解液、セパレータ及び集電体の材料別の出願件数を図 1-16～図 1-19 に示す。正極の特許は Ni 系、Co 系、リン酸塩(オリビン)に関する材料が他より多く出願されている。負極の特許は黒鉛質炭素、Si 系の出願が突出し、Ti 酸化物が続いている。また、電解液は低分子有機溶媒、セパレータはポリオレフィン系が突出して多い。

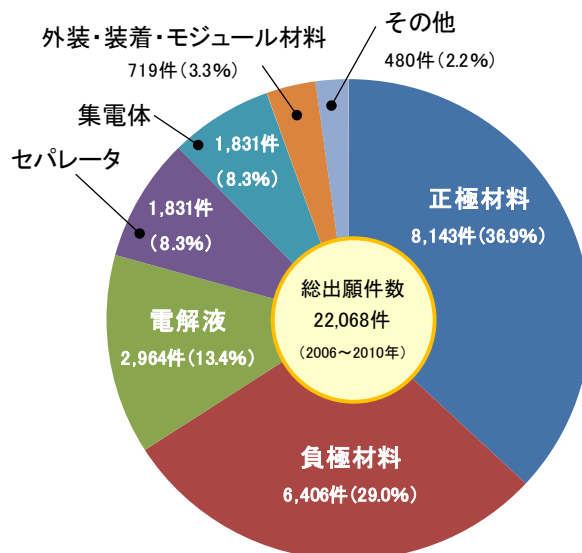


図 1-15 リチウムイオン電池の材料別出願件数の比率(2006~2010 年の出願)

出典:「平成 24 年度特許出願技術動向調査ーリチウム二次電池ー」(2013 年 4 月、特許庁)

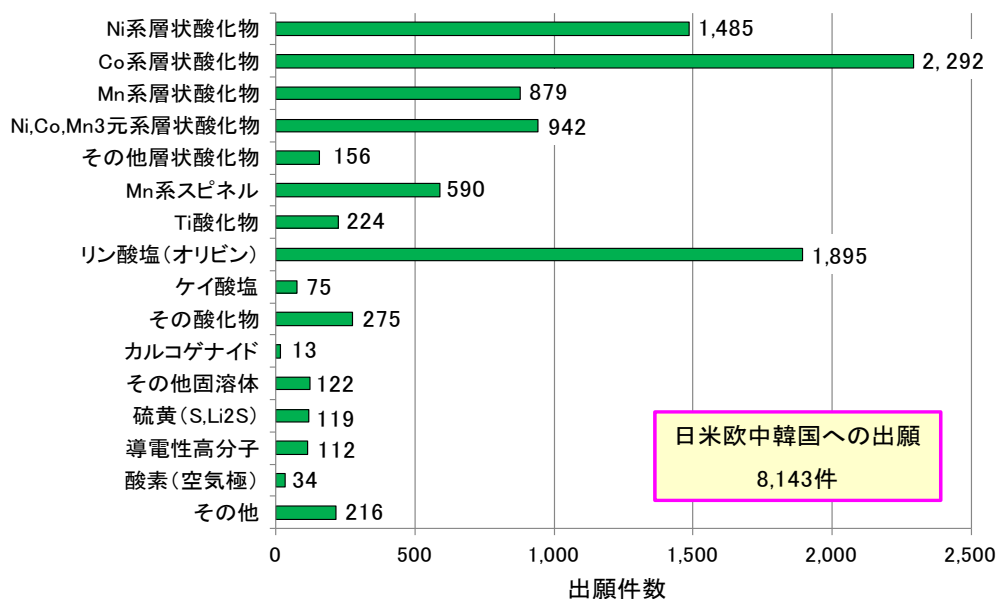


図 1-16 リチウムイオン電池・正極の特許出願(2006~2010 年の出願)

出典:「平成 24 年度特許出願技術動向調査ーリチウム二次電池ー」(2013 年 4 月、特許庁)

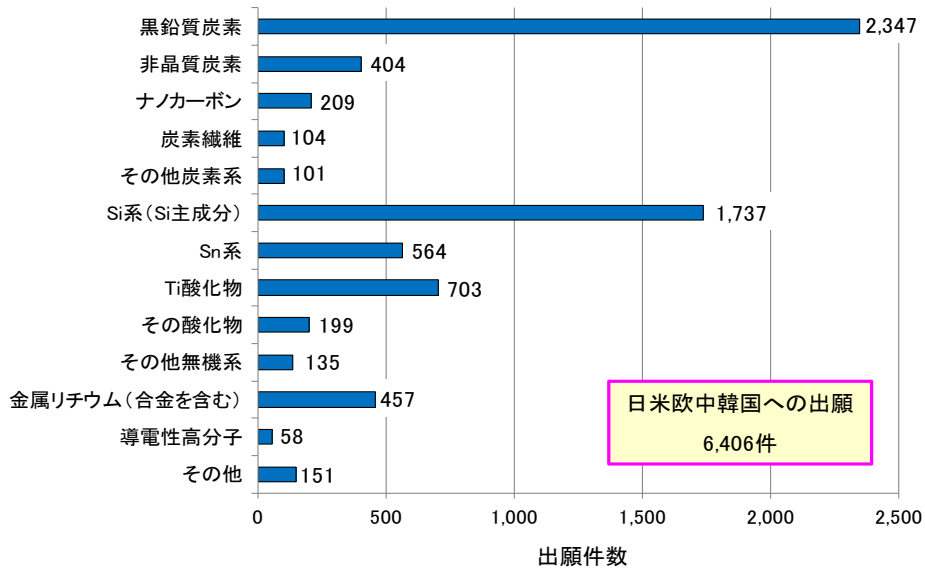


図 1-17 リチウムイオン電池・負極の特許出願(2006～2010年の出願)

出典:「平成 24 年度特許出願技術動向調査ーリチウム二次電池ー」(2013 年 4 月、特許庁)

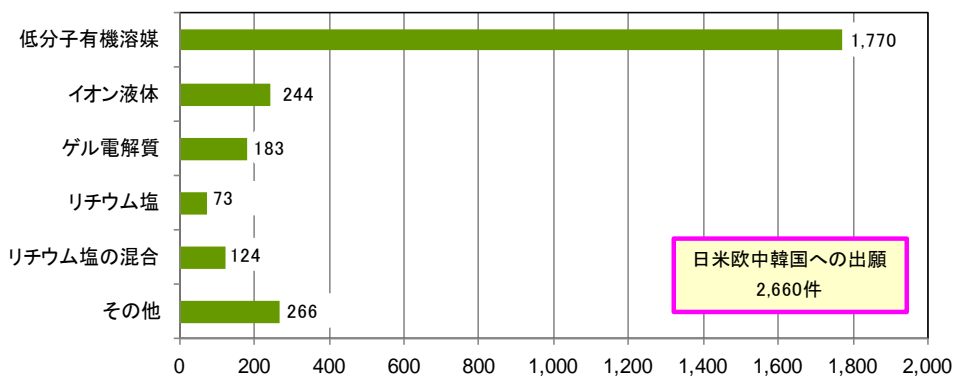


図 1-18 リチウムイオン電池・電解液の特許出願(2006～2010年の出願)

出典:「平成 24 年度特許出願技術動向調査ーリチウム二次電池ー」(2013 年 4 月、特許庁)

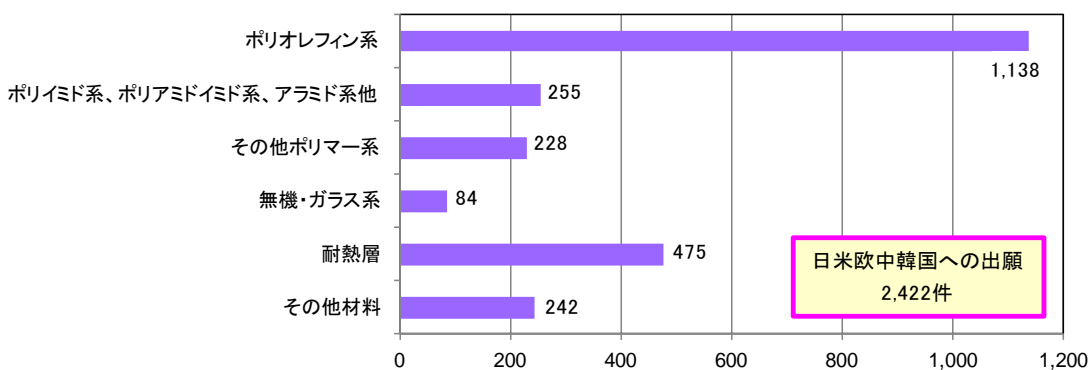


図 1-19 リチウムイオン電池材料・セパレータの特許出願(2006～2010年の出願)

出典:「平成 24 年度特許出願技術動向調査ーリチウム二次電池ー」(2013 年 4 月、特許庁)

(2) 全固体電池の特許動向

2002年～2011年の10年間における出願人国籍別出願件数の推移を図1-20に示す。2010年以降はデータベース集録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれで全データが反映されていない可能性があるが、2006年以降、増加している。また、図1-21に示すように、総出願3,306件のうち、日本国籍出願人件数は1,996件で全体の約60%を占めており、他国に比べて突出して多い。

全固体電池は薄膜型(真空蒸着法、パルスレーザー法、スパッタ法等の気相法を用いて薄膜を積層。)とバルク型(微粒子を積層。電極内にもリチウムイオンの伝導経路としての固体電解質を使用。)に大別されるが、それぞれの総出願件数と出願人国籍別出願件数を図1-22に示す。本プロジェクトで対象としているバルク型の出願が多く、その傾向は日本国籍出願人で顕著である。

材料別の出願件数は電解質が1,866件で最多であり、正極が1,325件、負極が1,022件、電池全体が949件、集電体、外装、セパレータが100～200件のオーダーである。また、電解質の出願については、図1-23に示すように、酸化物系材料と硫化物系材料の総出願件数は大差ないが、本プロジェクトで対象としている硫化物系材料は日本国籍出願人が圧倒的に多い。

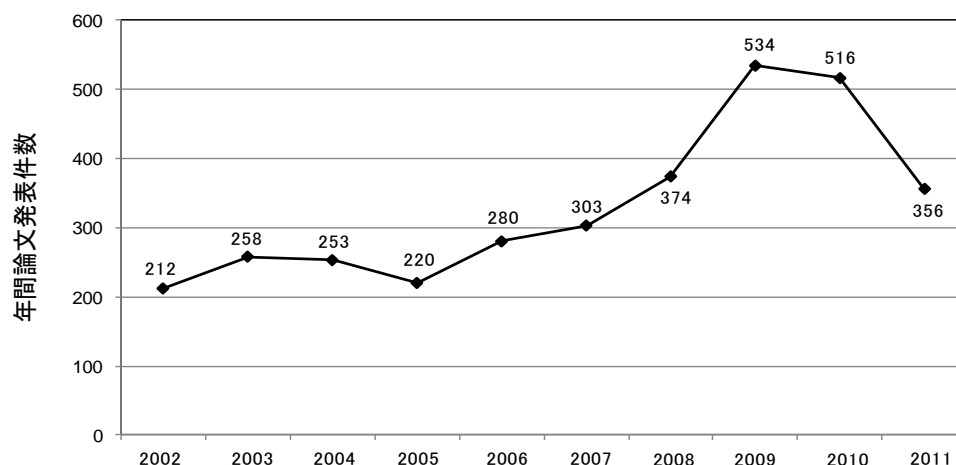


図1-20 全固体電池・特許出願推移

出典:「平成25年度特許出願技術動向調査一次世代二次電池」(2014年2月、特許庁)

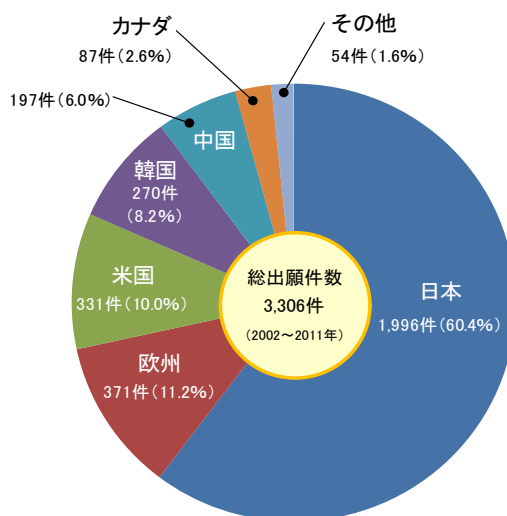


図1-21 全固体電池・出願人国籍別出願件数の比率

出典:「平成25年度特許出願技術動向調査一次世代二次電池」(2014年2月、特許庁)

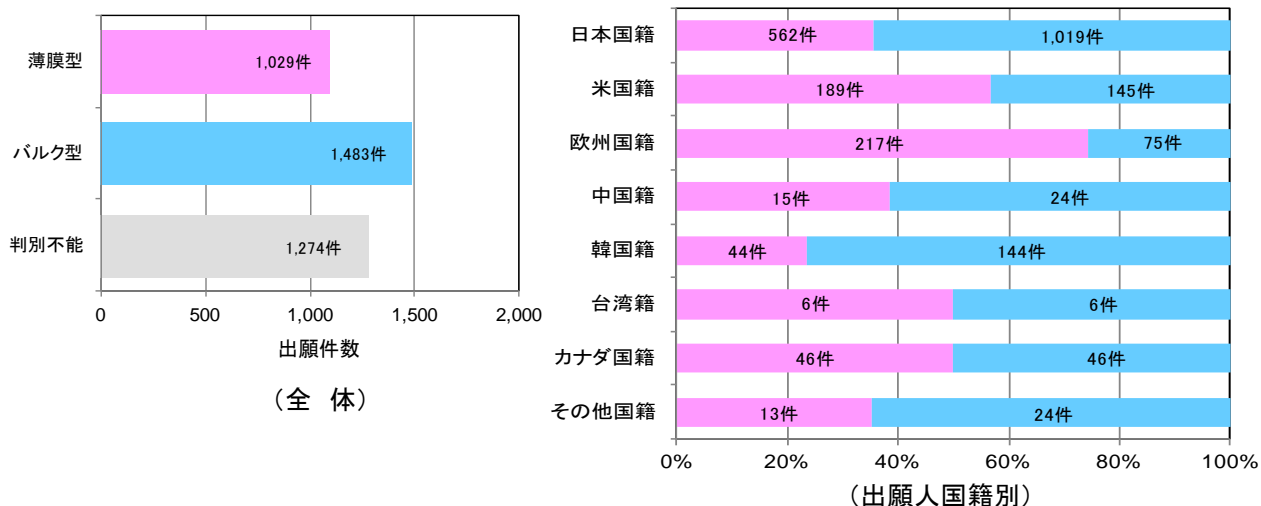


図 1-22 全固体電池・薄膜型／バルク型の出願人国籍別出願件数の比率

出典:「平成 25 年度特許出願技術動向調査一次世代二次電池」(2014 年 2 月、特許庁)

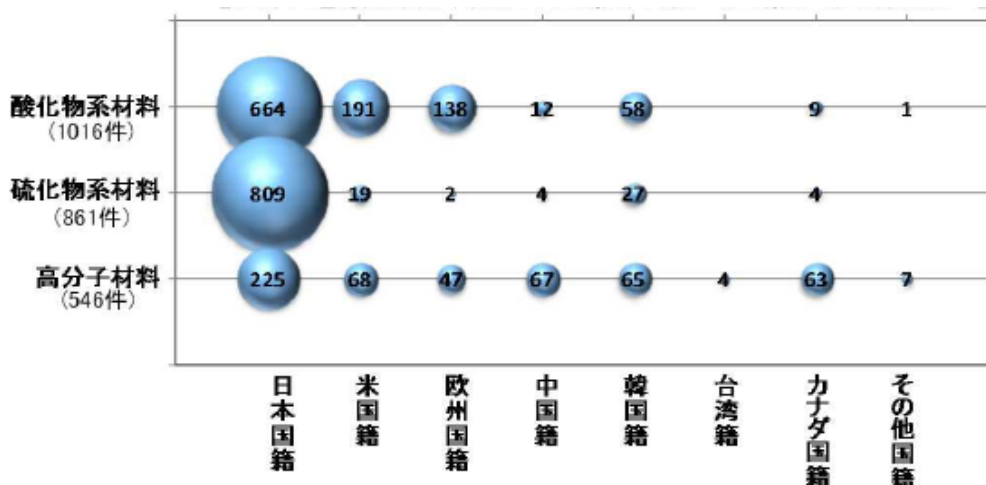


図 1-23 全固体電池・電解質材料別出願件数

出典:「平成 25 年度特許出願技術動向調査一次世代二次電池」(2014 年 2 月、特許庁)

1.1.7 研究開発動向

(1) 学界・論文発表動向

リチウムイオン電池について、国際的な主要論文誌に限定した場合の論文発表件数の推移を図 1-24 に示す。論文発表件数は 1998 年の 409 件から 2011 年の 1,762 件と約 4 倍に増加している。

また、論文の著者所属機関国籍別の発表件数比率を図 1-25 に示す。1998 年～2008 年の 11 年間では日本国籍が約 22%で最多であったが、直近の 2009 年～2011 年の 3 年間では中国籍が約 30%で最多となっている。米国籍、韓国籍の比率に変化は無いもので、日本国籍は約 13%と大きく減少している。

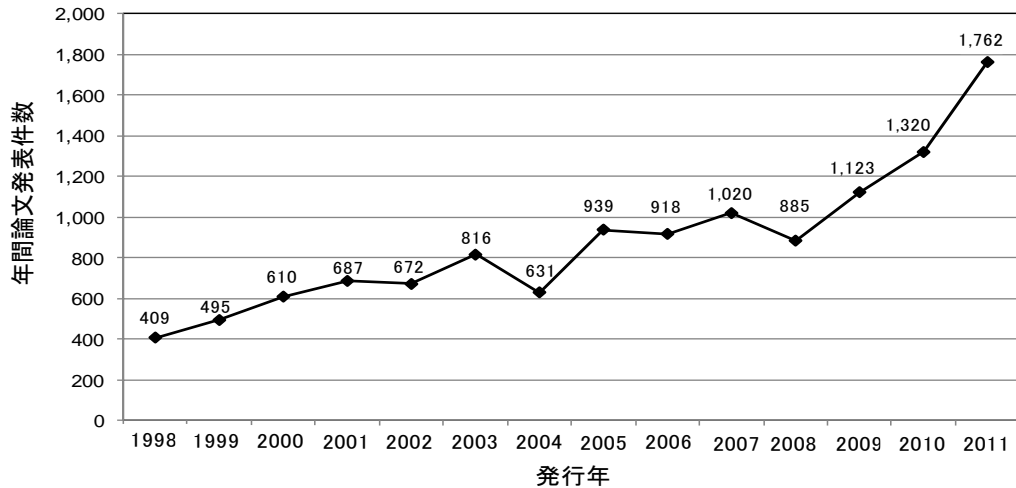


図 1-24 リチウムイオン電池の論文発表件数の推移

出典:「平成 21 年度特許出願技術動向調査ーリチウムイオン電池ー」(2010 年 4 月、特許庁)及び

「平成 24 年度特許出願技術動向調査ーリチウム二次電池ー」(2013 年 4 月、特許庁)に基づきNEDO作成

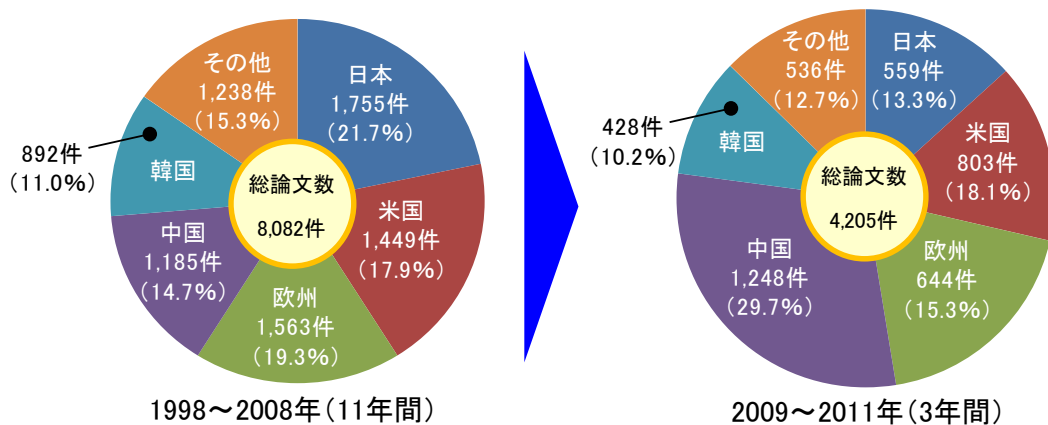


図 1-25 リチウムイオン電池・著者所属機関国籍別の論文発表件数

出典:「平成 21 年度特許出願技術動向調査ーリチウムイオン電池ー」(2010 年 4 月、特許庁)及び

「平成 24 年度特許出願技術動向調査ーリチウム二次電池ー」(2013 年 4 月、特許庁)に基づきNEDO作成

次に、リチウム電池国際会議(IMLB:International Meeting on Lithium Batteries)における蓄電池タイプ別の発表件数を 2010 年と 2014 年で比較して図 1-26 に示す。また、米国電気化学会(ECS)における蓄電池タイプ別の発表件数を 2009 年と 2014 年で比較して図 1-27 に示す。これらの図からも明らかのように、現在も LIB の研究が中心であるものの、革新電池の研究発表が増加する傾向にある。

IMLB2014 における革新電池の研究発表について、研究者所属機関の国籍別発表件数を整理したものを図 1-28 に示す。各国・地域でも LIB の研究が中心であるが、日本と中国は革新電池の割合が 50%を超えている。また、日本の場合、ナトリウムイオン電池と全固体電池の研究発表が多い。

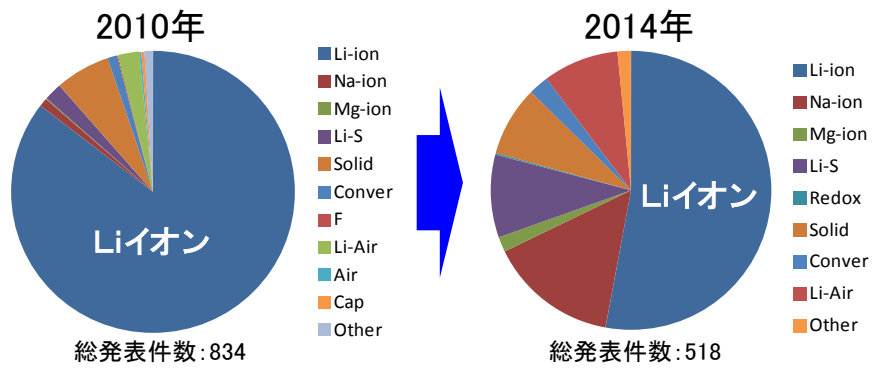


図 1-26 IMLB における蓄電池タイプ別の発表件数

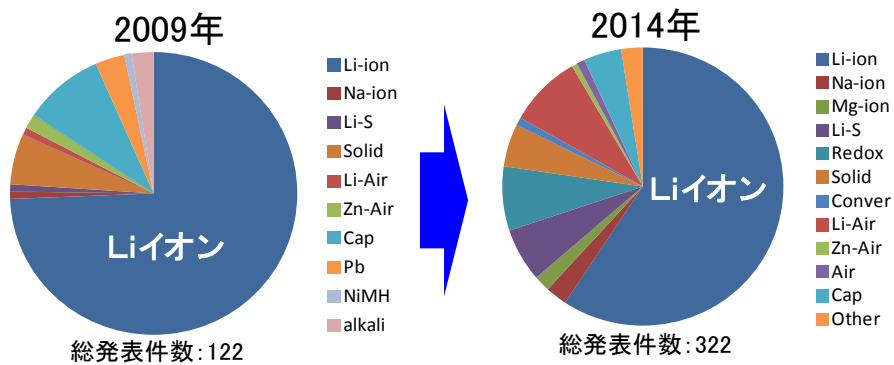


図 1-27 ECS における蓄電池タイプ別の発表件数

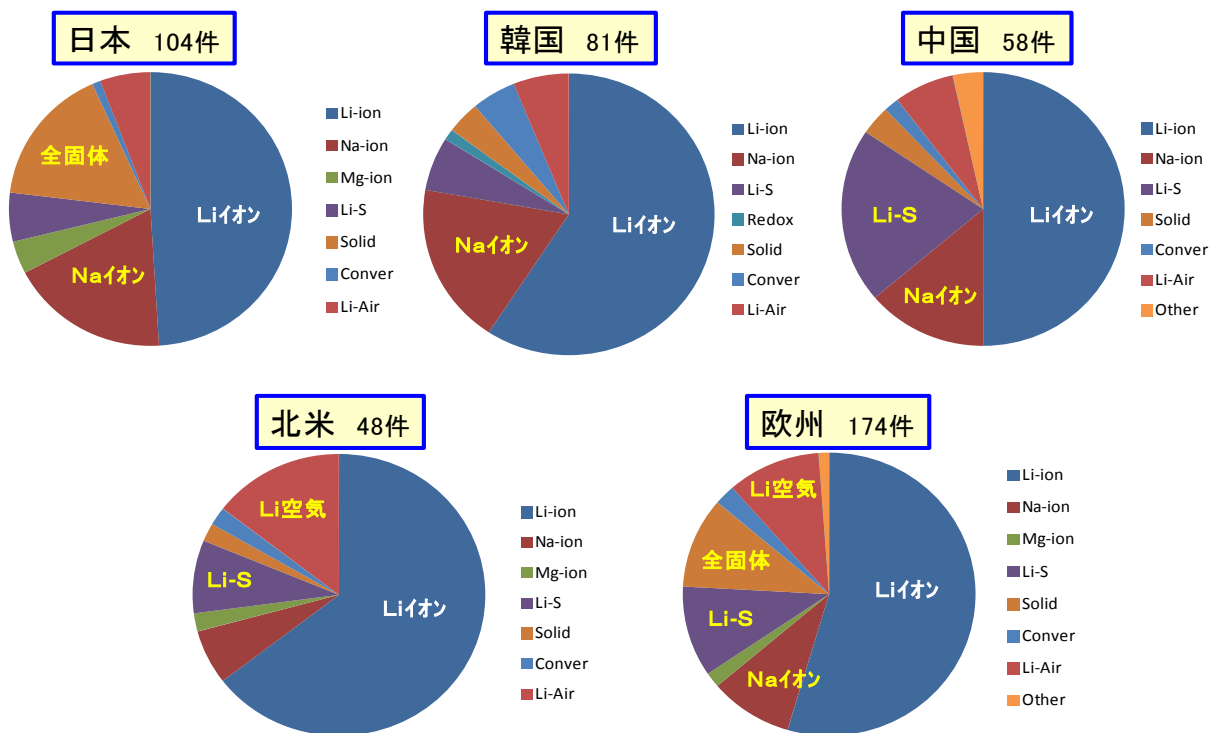


図 1-28 IMLB2014 における蓄電池タイプ別発表件数～研究者所属機関国籍別～

2003年～2012年(10年間)における全固体電池の論文発表件数の比率を図1-29に示す。2009年より急増していることが見て取れる。また、論文の著者所属機関国籍別の発表件数比率を図1-30に示すが、日本は34%で最多であるものの、特許出願の約60%に比べると比率は小さい。

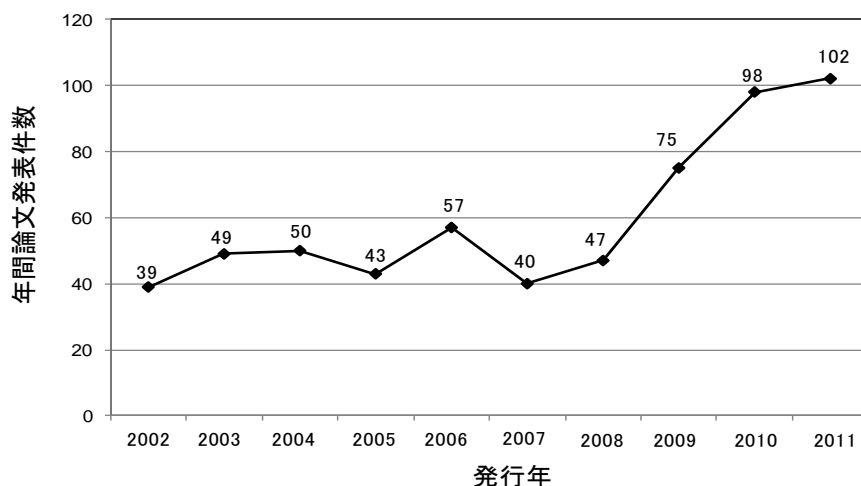


図1-29 全固体電池・論文発表件数の推移

出典:「平成25年度特許出願技術動向調査一次世代二次電池」(2014年2月、特許庁)

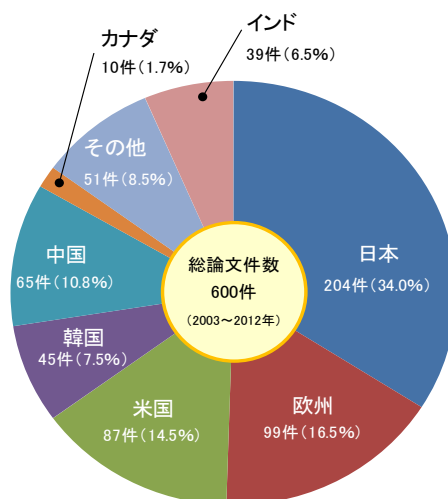


図1-30 全固体電池・論文著者国籍別発表件数の比率

出典:「平成25年度特許出願技術動向調査一次世代二次電池」(2014年2月、特許庁)

(2) 主要国における技術開発プロジェクト

(i) 米国

米国においては、エネルギー省(DOE)の各部局が蓄電池の技術開発プロジェクトを推進している。技術の成熟度の高いものから順に、自動車技術局(VTO)、エネルギー先端研究計画局(ARPA-E)、科学局(Office of Science)が担当することになっている。

VTOは、年間2億ドル規模の予算を拠出して、総合的な車載用蓄電池の技術開発プロジェクト「Vehicle Technologies Battery R&D」を推進している。「Advanced Battery Development」プログラムでは、ビッグスリー(Chrysler、Ford、GM)を幹事会社とするコンソーシアム「The United States Advanced Battery Consortium」(USABC)が主導して、複数タイプの車載用蓄電池がフルスケール

サイズで開発されている。Johnson Controls、3M、Maxwell 等の米国蓄電池・化学メーカーに加え、LG Chemical、SK Innovation、Dow Kokam、Saft 等の海外蓄電池メーカーも参加している。例えば、LG Chemical は Mn リッチ層状岩塩構造の正極と Safety-Reinforced Separator (マイクロポーラスポリオレフィンフィルムをナノサイズのセラミック粒子で被覆したもの) を組み合わせた次世代セルを開発している。また、SK Innovation はコアシェル形態の安定化材料で表面を被覆した三元系正極材を用いた次世代セルを開発している。

ARPA-E が 2010 年～2013 年の 3 年間、予算総額約 3,500 万ドルで実施した「BEEST」プロジェクトでは種々の革新電池の研究開発が行われたが、Planar Energy が全固体電池、Envia Systems が表面修飾した Mn 系固溶体正極と耐高電圧電解液を組み合わせた先進的な LIB の開発に取り組んだ。

Office of Science は、「Basic Energy Science」(BES) プログラムの一環として、2012 年 11 月、次世代蓄電池(車載用/定置用)の研究拠点として「Joint Center for Energy Storage Research」(JCESR) を Argonne 国立研究所に設立した。開発予算総額は 1 億 2,500 万ドル(5 年間)の予定である。開発目標は 5 年以内にエネルギー密度 5 倍、コスト 1/5 のポストリチウムイオン電池を開発することであり、Argonne 国立研究所をリーダーとして 5 国立研究所、5 大学、4 企業(Dow Chemical、Applied Materials、Johnson Controls、Clean Energy Trust)が参加している。

(ii) 欧州

欧州においては、EU、欧州投資銀行、産業界等から官民パートナーシップ「欧州グリーンカー・イニシアティブ」(EGCI)に対して拠出される資金を使い、数多くの車載用蓄電池の技術開発プロジェクトを推進している。1 つのプロジェクトに多数の EU 加盟国の企業、大学・研究機関が参加するコンソーシアム方式で実施されている。

例えば、2010 年～2013 年に実施された「HELIOS」プロジェクトでは、Renault、OPEL、PSA、Volvo、Ford、Fiat といった自動車メーカーが中心となり、代表的な 4 種類の正極材料(NCA、LMO、LFP、NMC)に黒鉛負極を組み合わせた 40Ah 級セルを用いて、安全性・耐久性に優れる LIB を見出すための評価試験法の開発が行われた。また、2013 年～2017 年の 5 年計画で進行中の「MARS-EV」プロジェクトでは、Johnson Matthey、Rockwood、Solvionic といった材料メーカーが中心となって、複数の高電圧正極とシリコン合金負極の組合せで構成される高エネルギー密度の LIB の開発を行っている。

革新電池の研究開発プロジェクトが 5 件存在し、その内訳はリチウム硫黄電池が 2 件、リチウム空気電池が 2 件、鉄空気電池が 1 件となっている。

(iii) 中国

中国においては、「国家ハイテク研究発展計画」(863 計画)の第 12 次 5 ヶ年計画(2011 年～2015 年)の枠組みで車載用 LIB の技術開発が実施されている。2012 年には、次世代自動車に特化した新プログラム「Industrialization Technology Innovation Project of New Energy Vehicles」が立上げられ、開発予算総額約 3 億元のうち 60%が割り当てられて、正極ではリン酸金属塩リチウム、三元系、リチウム過剰マンガン系固溶体、負極では黒鉛、シリコン系、チタン酸リチウム(LTO)等を用いたリチウムイオン電池の開発が行われている。また、「中国国家重点基礎研究発展計画」(973 計画)においては、エネルギー密度で 300Wh/kg 以上を目標としたリチウム硫黄電池やリチウム空気電池等の革新型蓄電池の基礎研究も行われている。

(iv) 韓国

2010年4月、韓国政府は地球温暖化対策の推進と環境科学技術産業(グリーン産業)の育成を関連付けて規定し、これを経済成長の新たな牽引力にすることを旨とした「低炭素グリーン成長基本法」を施行した。同法に基づき、知識経済部、企画財政部、教育科学技術部等は、2010年7月、二次電池を韓国の次世代の基幹産業へと育成することを旨とした2020年までの長期計画である「二次電池の競争力強化に向けた統合ロードマップ」を発表した。この計画においては、2020年までにはEV用や大規模エネルギー貯蔵用の中大型LIBの市場が急拡大することが見込まれるが、韓国は小型民生用の競争力では日本と同等であるものの、中大型の技術力は日本に相当に劣るとし、中大型市場を狙った研究開発に4~5兆ウォンを投資するとしている。

また、蓄電池の素材メーカーは零細企業が多く、そのR&D環境は劣悪であるため、LIB素材全体の国産化率は20%以下、特に負極材の自給率は1%に過ぎず、大部分を日本からの輸入に頼っているとし、以下に示す対応を取るとしている。

- ① 今後10年間で二次電池分野の修士・博士級人材を1,000人育成。その一部を技術革新型の中小・中堅企業に派遣。
- ② 蓄電池分野のグローバル素材企業を10社以上育成し、世界市場のシェアも50%へと引き上げる。
- ③ 各大学の課程拡大や専門大学院の新設を検討。LIBの重要部材である正極材や負極材の技術者を育成。

さらに、2012年に前記の関係省庁が発表した「揚水発電を代替する中大型エネルギー貯蔵技術開発及び産業化推進」では、中長期的に価格・寿命・容量で画期的なエネルギー貯蔵技術(マグネシウム電池、リチウム金属電池、全固体電池等)の開発を推進するとしている。

1.2 NEDO の事業としての妥当性

1.2.1 NEDO の関与の必要性

本プロジェクトが取り組む材料評価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)

低炭素化社会の構築に向けては、技術革新による蓄電池の高性能化・低コスト化が必須であり、その実現に向けては蓄電池及び蓄電池材料の中・長期的な研究開発が必要である。加えて、蓄電池及び蓄電池材料分野は日本メーカーが技術力で世界をリードしているものの、ビジネス面での国際競争は激化している。さらに、主要各国も研究開発を精力的に推進し、キャッチアップを目指している。

そのため、日本メーカーによる競争力を有した製品の早期に市場投入を実現する研究開発を加速化あるいは効率化するためには、共通的な材料評価技術の開発が必須要素である。材料自体の開発は個別の事業者の負担で行うべきであるが、材料評価技術は関連産業界全体の競争力強化を図るものであり、公共性・汎用性を有する共通基盤技術である。

② 学術成果の産業技術への引き上げ

蓄電池及び蓄電池材料については、国内の大学・公的研究機関において学術的な基礎研究が連綿として取り組まれており、また、その研究レベルも世界トップレベルにある。そのため、これら学術成果を産業技術として仕上げていく観点からも材料評価技術の整備が必要である。

③ 開発リスク・ハードルの高さ

国内の企業や大学等が異なる蓄電池及び蓄電池材料の技術を保有し、独自に研究開発を進める中、その技術進展に合わせ、適切かつ公平な評価を可能とする材料評価技術を開発することは、開発リスクとハードルが極めて高い。

④ 関係者間の利害調整

共通の「ものさし」となる材料評価技術の開発に際しては、企業を競争させるのではなく、競合関係あるいは売り手と買い手の関係にある複数の企業を連携・協調させる必要がある。特に、技術情報の開示／非開示の範囲に関して、説得性・納得性のあるルールをプロジェクト内で作る必要がある。この場合、関係者の利害得失を調整し、関係者のメリットを最大化させるのは、民間活動だけでは困難であり、中立的な立場でマネジメントを行う機関の関与が必要である。

⑤ 過去の材料評価技術開発プロジェクトの技術蓄積等の活用

NEDO は、平成 22 年度～平成 26 年度に「次世代蓄電池材料評価技術開発」(2/3 助成事業)を実施した。助成先は、本プロジェクトの委託先でもある「技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター」(LIBTEC)である。

この助成事業では、既に上市されている LIB 材料(例えば、コバルト酸リチウム正極、球状黒鉛負極等)を使用し、標準電池モデル(ラミネート形 7 モデル、コイン形 5 モデル)とその試作仕様書、性能評価手順書等を策定した。また、これらの有用性・汎用性を検証するため、LIBTEC において 5 年間で約 400 件の新材料評価を行うとともに、その新材料サンプル提供を行った材料メーカーに対して評価結果のフィードバックを行った。

そのため、この助成事業で蓄積された技術及びマネジメント経験・ノウハウが本プロジェクトにも活用できる。

⑥ 蓄電技術開発プロジェクトの一体的マネジメント

NEDO は蓄電池に係る政策を所管する経済産業省の新エネルギー対策課、自動車課、化学課、情報通信機器課、研究開発課等と緊密に連携しつつ、第一線級の実力を有する企業、大学、公的研究機関等の技術開発能力を最適に組み合わせ、図 1-31 に示すように、共通基盤技術開発から応用・実用化開発までを戦略的かつ包括的にマネジメントしている。

「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発」では、EV・PHEV用LIBの高性能化・低コスト化の技術開発を推進しているが、本プロジェクトでも取り扱っている固溶体正極やシリコン合金負極を用いた先進 LIB 及び全固体電池を取り扱っている。また、「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発」では、電力系統用大型蓄電システムの開発をその実証試験を行っている。さらに、「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」では、ガソリン車並みの航続距離を有する EV の実現を目指してオールジャパンの産学官連体制を構築し、量子ビームライン技術等も活用しながらサンエンスに立脚した革新電池の基礎研究を推進している。

このように様々な領域・分野における NEDO 蓄電技術開発プロジェクトの推進等を通じて蓄積された技術及び市場・産業動向に関する知見やマネジメントの経験・ノウハウを活用できる。

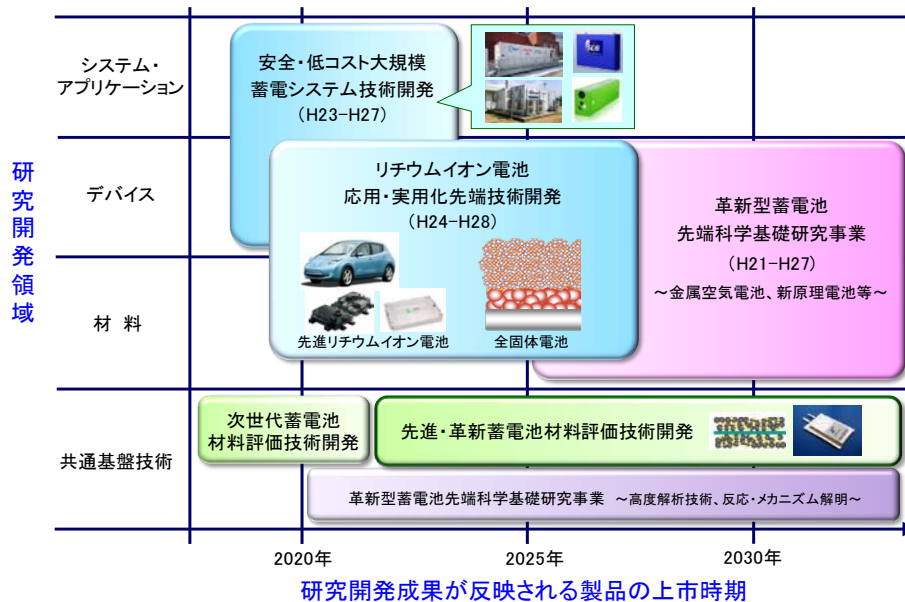


図 1-31 NEDO の蓄電技術開発プロジェクト

1.2.2 実施の効果

(1) 蓄電池産業の競争力強化

本プロジェクトの成果(材料評価技術)が産業界に普及・定着することによる効果、及び本プロジェクトを実施すること自体の効果として、下記①～④が挙げられる。

① 新材料の開発効率向上及び開発期間短縮

材料メーカーによる新材料の提案・サンプル供試の段階より、蓄電池の完成形(フルセル)として得られる各種特性データに基づいて、材料メーカーとユーザー(蓄電池メーカー、自動車メーカー等)がハイレベルの議論が行うことが可能となる。引き続いて、フィージビリティスタディや共同開発のフェーズに移行した場合も、技術の摺合せが円滑に進展し、実用化開発の効率向上と開発期間の短縮が実現する。

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

ユーザーへの新材料提案の前段階において、材料メーカー自身で開発品のポテンシャル把握が可能になる。また、他の蓄電池構成材料・部品との相互影響や蓄電池製造プロセスへの適合性等も明らかになる。そのため、材料メーカーとしての開発の方向性や戦略等が明確になり、ビジネスの選択と集中の判断に繋げることもできる。

③ LIBTEC による材料評価のワンストップサービスの提供

本プロジェクトにおける材料評価法の開発のため、LIBTEC に導入した標準電池モデルの作製設備、特性評価試験設備、各種分析測定装置等は、材料メーカーの実際の新材料評価に利活用可能である。そのため、組合員企業は自己資金で設備投資を行わなくても、新規に開発した材料を LIBTEC に持ち込むことにより、材料評価のワンストップサービスを受けることが可能となる。

④ 我が国蓄電池関連産業の技術力の底上げ

本プロジェクトにおける材料評価技術の開発は、蓄電池メーカー出身の研究マネージャーで構成される LIBTEC、その組合員企業である各種蓄電池材料・部品でシェア上位の材料メーカー、LIBTEC の連携研究機関である蓄電池メーカー及び自動車メーカーが協同して取り組む。そのため、蓄電池及び蓄電池材料に関する技術シーズ・ニーズや知見が双方向に伝達することにより、我が国蓄電池関連産業全体の技術力の向上が期待される。

(2) 経済効果

「1.1.5 市場動向」で述べたように、LIB の世界市場規模は 2014 年が約 3 兆円で、2025 年には 3 倍以上の約 10 兆円に成長すると予想されている。また、LIB 材料の世界市場規模は 2014 年が約 7,000 億円で、2025 年には約 3.5 倍の約 2.5 兆円に成長すると予想されている。仮に、本プロジェクトの成果を活用しての差別化された製品の市場投入による日本メーカーのシェアアップ分を 10%とすれば、LIB については約 1 兆円、LIB 材料については約 2,500 億円の経済効果となる。なお、本プロジェクトに参画している LIBTEC 組合員企業のうち、旭化成、東レ、日立化成、三井化学、三菱化学等、市場シェア上位の材料メーカーの 2014 年売上げの合計は 800~900 億円規模である(NEDO 推計)。

さらに、アプリケーションである自動車(EV・PHEV 等)、スマートコミュニティ(定置用蓄電池・関連システム)及びモバイル・IT 機器の 2025 年世界市場規模は、それぞれ 70~100 兆円、約 80 兆円、60~70 兆円と見込まれ(各種データを参考に NEDO 推定)、これらアプリケーションに係る国内生産・雇用、輸出、内外ライセンス収入、国内生産波及・誘発効果、国民の利便性向上等の形を通じて、我が国経済活性化に貢献することが期待される。

一方、本プロジェクトの平成 25 年度から平成 27 年度(5 年間)の総事業費は約 23 億円(想定)であり、十分な費用対効果があると言える。

第2章 研究開発マネジメントについて

2.1 研究開発目標の妥当性

本プロジェクトの基本計画における研究開発目標の記載は以下のとおりである。

【中間目標】(平成 27 年度末)

先進リチウムイオン電池に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。

【最終目標】(平成 29 年度末)

革新電池のうち全固体電池に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。また、必要に応じ、先進リチウムイオン電池の材料評価技術について、電池及び電池材料の開発の進展に対応した見直し・追加を行う。

2.1.1 目標設定の戦略性について

第1章で述べたように、本プロジェクトは、蓄電池の技術進展に合わせ、産業界の共通指標として機能する材料評価技術を確立することにより、市場競争力を有した蓄電池及び蓄電池材料の早期実用化を図ることを目的としている。すなわち、産業競争力の維持・向上を下支えするソフトインフラの開発であり、性能・コスト等に関する数値目標を掲げてハード(蓄電池及び蓄電池材料)の開発に取り組むものではない。

そのため、基本計画においては、「いつまでに何をするか」という観点で、「先進 LIB は3年間、全固体電池は5年間で、評価技術を開発する」ことを目標として記載した。また、開発する評価技術に有用性を持たせるため、エネルギー密度の向上等、新材料が持つ優れた性能向上の効果のみを評価するのではなく、寿命、安全性、信頼性まで評価可能な技術を開発することを目標に掲げた。先進 LIB 及び全固体電池については現在、研究開発段階にあり、ベンチマークとなる上市された製品は存在しないことに加えて、これらに適用する材料自体も実用化に向けて絞り込まれたものも存在しない。

このような状況において、標準材料の選定と調達に始まり、電池構造及び作製プロセスの検討、材料-作製プロセス間の相互影響解析等を経て、寿命、安全性、信頼性まで評価可能な技術を先取りして開発することに戦略性があると考えている。

また、先進LIBの評価技術開発では、飛躍的な高エネルギー密度の向上に向けて大きな可能性を有した材料である高電位正極(スピネル系LNMO)、高容量正極(213 固溶体: $\text{LMO}_2\text{-Li}_2\text{MnO}_3$)、高容量負極(SiO系)、及びLIBの安全性・信頼性の向上に大きく寄与する難燃性電解液を基軸材料として取り上げている。また、革新電池の評価技術開発では、高電圧化・高エネルギー密度化、使用温度域の制限緩和、発火危険性の抑制を同時実現する可能性を有した全固体電池を取り上げている点も戦略的であると考えている。

2.1.2 達成度判定の指標について

本プロジェクトで開発される評価技術の価値は「産業界の共通指標(ものさし)として機能するか否か」で決まるものと考えている。そのため、目標達成度は次の①～⑤に示すような視点で判定するべきであり、これらの判断材料をプロジェクトの進行過程で収集・蓄積していく方針である。そのためには、新材料のサンプルを数多く入手し、評価実績を蓄積することが重要と認識している。

- ① 電池モデル試作時に新材料の製造プロセス上の得失・課題が把握できるか否か。
- ② 電池モデル性能評価において新材料の得失・課題を把握できるか否か。
- ③ 汎用性、技術進展への対応、経済性(電池モデル、試作設備、性能評価の方法・設備等)。
- ④ 各種ドキュメントの分かり易さ(試作仕様書、性能評価手順書、評価結果報告書等)。
- ⑤ 秘密漏洩防止、技術流出防止に対する対応。

本プロジェクトを開始して約 2 年が経過し、研究開発の進展を先読みできる状況になってきた。今後は、本プロジェクトの年度実施方針や実施計画書において、これらの視点を反映したアクションアイテムやマイルストーン等を盛り込んでいくことに努めたい。

2.2 研究開発計画の妥当性

2.2.1 研究開発内容

(1) 先進 LIB の新材料評価技術の開発

前記したように、LIB の高エネルギー密度化や安全性向上に向けて大きな可能性を有する LNMO 正極、213 固溶体正極、SiO 系負極及び難燃性電解液の合計 4 種の材料を基軸に標準電池モデルを開発し、その試作仕様書及び性能評価手順書を策定する。性能評価は初期特性のみならず、寿命、安全性・信頼性までを対象とする。これらの策定が完了した後、LIBTEC 組合員企業が開発した新材料サンプルを受け入れ、標準電池モデルに組み込んで特性評価を行い、開発した評価技術の有用性・妥当性を検証する。また、その評価結果をサンプル提供者にフィードバックする。

標準電池モデル及び試作仕様書は、各構成材料の特長を最大限引き出し、かつ量産化の視点で課題の有無を把握できるものを策定する。なお、標準電池モデルの性能は新材料サンプルに置換しての評価を行う際、リファレンスとして機能するレベルであれば良く、最先端の性能である必要はないと考えている。性能評価手順書は、電池電圧や出力特性等を考慮の上、ターゲットにする用途での新材料の得失・課題が把握できるものを策定する。

さらに、安全性試験法(電池内部への熱電対設置手法)、電極厚み変化測定法、非破壊電極構造観察法、in-situ XRD 測定法(結晶構造解析)等、各電池モデルに共通的な評価技術の開発を行う。

(2) 全固体電池の新材料評価技術の開発

硫化物系全固体電池について標準電池モデルを開発し、その試作仕様書及び性能評価手順書を策定する。性能評価項目、LIBTEC 組合員企業の新材料サンプルの評価実施、開発のポイント等については、上記(1)で述べた先進 LIB と同様である。

全固体電池については、開発は、下記①～③に示す 3 つの段階で進める計画としている。

- ① 全固体電池の基軸となる固体電解質及び電極活物質の特性評価が重要であり、その評価に適用する圧粉体型電池の標準電池モデルとその試作仕様書を策定する。
- ② 全固体電池の実用化展開には大面積化が必須であり、電極及び電解質のシート化技術を検討する。また、正極/電解質/負極の 3 層積層化技術、セルの充放電性能を維持するための印加荷重(圧力)や拘束手法等を検討する。
- ③ 全固体電池の特長を活かす複数セルの積層化技術(バイポーラ構造、集電体の選定)を検討した上で、シート型電池の標準電池モデルとその試作仕様書を策定する。

また、バルク型全固体電池の場合、イオン伝導経路を如何に形成するのかが重要であり、固体電解質の分散状態の観察技術を開発する。また、全固体電池固有の劣化モード、例えば、電極活物質-

電解質の界面における抵抗層の形成、充放電に伴う体積変化(電極構造の変化)について検討を行い、その結果を性能評価手順書等に反映する。

2.2.2 研究開発スケジュール

本プロジェクトの全体スケジュールを図 2-1 に示す。

先進 LIB については、4 テーマ全てがプロジェクトの前半 3 年間で標準電池モデル、試作仕様書、評価手順書の策定を完了させて、後半 2 年間で LIBTEC 組合員企業等から提供される新材料サンプルの評価を通じて、開発技術の妥当性検証を行う計画である。ただし、前半 3 年間においても、暫定版ベースで新材料サンプルを受け入れての評価とサンプル提供者へのフィードバックを実施する。

全固体電池については圧粉体型電池の評価技術を前半 3 年間で開発し、シート型電池の評価技術は最終年度までに開発する計画である。

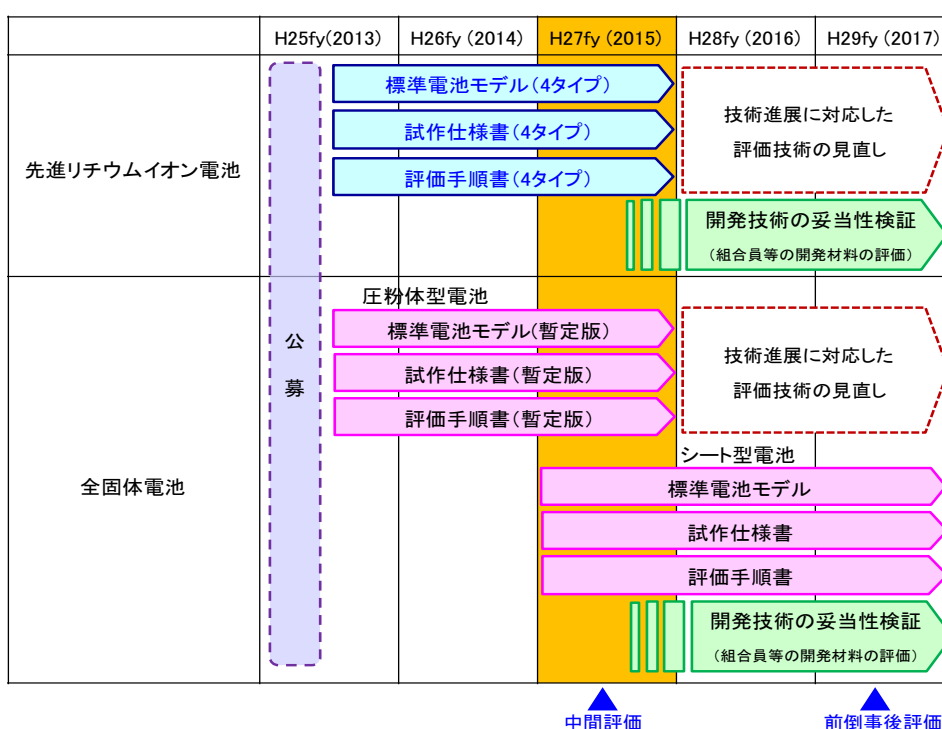


図 2-1 研究開発の全体スケジュール

2.2.3 研究開発費

本プロジェクトの研究開発予算を表 2-1 に示す。

予算総額は前半 3 年間で 1,430 百万円、後半 2 年間で 900 百万円であり、5 年間合計で 2,330 百万円を計画している。総予算の配分は先進 LIB が 1,097 百万、全固体電池が 823 百万、共通的な評価技術の開発が 410 百万である。

先進 LIB の評価技術開発では、NEDO 事業「次世代蓄電池材料評価技術開発」(平成 22 年度～平成 26 年度)において LIBTEC が取得した研究開発資産を利活用することを原則として、従来材料と異なる物性等に対応する部分でのみ分析・測定装置を導入することになっている。一方、全固体電池の評価技術開発では、アルゴンガス雰囲気グローブボックス、圧粉体成形用プレス、正極活物質への電解質コーティング装置等を新規に導入した。

表 2-1 研究開発予算

(単位:百万円)

研究開発テーマ		H25FY	H26FY	H27FY	H28FY	H29FY	合計
先進リチウムイオン電池	(1) 高電位正極(PJ-1)	51	57	60	(50)	(50)	(268)
	(2) 高容量正極(PJ-2)	21	85	56	(50)	(50)	(262)
	(3) 高容量負極(PJ-3)	27	94	60	(50)	(50)	(281)
	(4) 難燃性電解液(PJ-4)	57	58	71	(50)	(50)	(286)
	(1)~(4) 小計	156	294	247	(200)	(200)	(1,097)
全固体電池(PJ-5)		107	160	256	(200)	(100)	(823)
共通的评价技術の開発		43	70	97	(100)	(100)	(410)
合計(NEDO 委託費)		306	524	600	(500)	(400)	(2,330)

注記:カッコ内の金額は計画額を示す。

2.3 研究開発の実施体制の妥当性

本プロジェクト全体の実施体制を図 2-2 に示す。また、5 つの研究テーマ毎に「個別プロジェクト」(PJ-1~PJ-5)を LIBTEC 内に設置しており、その実施体制を図 2-3 に示す。

集中研究拠点である LIBTEC における研究開発に貢献できる企業が積極的に研究者・エンジニアを派遣し、相互にノウハウを持ち寄る連携体制を構築している。製品(蓄電池)としてのニーズ・課題を十分に把握している蓄電池メーカー及び自動車メーカーも連携研究機関として参加し、それらの情報が伝達される体制となっている。

また、各テーマに参加している LIBTEC 組合員の材料メーカーより提供される材料を用いて、標準電池モデルの開発とその試作仕様書を策定することとしている。

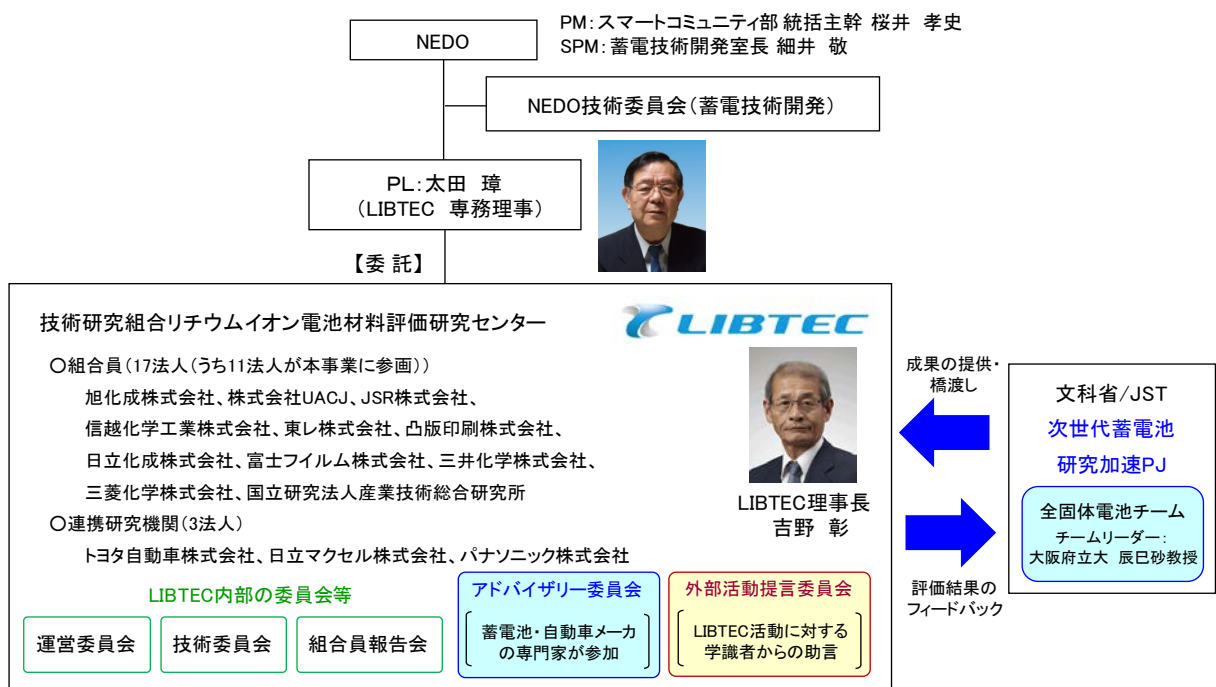


図 2-2 実施体制



図 2-3 個別プロジェクトの実施体制

2.3.1 実施者

平成 25年度に NEDO が公募を行って、研究開発の実施者として LIBTEC を選定した。

「1.2.1 NEDO の関与の必要性」で述べたように、LIBTEC は NEDO 事業「次世代蓄電池材料評価技術開発」(平成 22 年度～平成 26 年度)において、既に上市されている LIB を対象に新材料の評価技術の開発を実施した。また、現在、この助成事業の成果を用いて、民間負担 100%の自主事業として組合員企業の新材料評価を行っている。そのため、LIBTEC は材料評価技術の開発に必要な技術力とその成果の実用化能力を有していると言える。

LIBTEC には組合員として LIB 材料市場でシェア上位の材料メーカー及び産業技術総合研究所が参加している。組合員企業は、本プロジェクトで取り扱う新材料の欠点・弱点や改良の方向性を掴んでいる可能性が高く、この知見を活用できるとともに、本プロジェクトの成果を活用しての新材料の製品化・事業化に繋げることができる。産業技術総合研究所は蓄電池分野で世界トップレベルの研究機関であり、反応メカニズム解明等の基礎科学の知見が活用できる。

また、本プロジェクトには、蓄電池の研究開発に豊富な経験と実績を有し、かつ事業化能力を十分に有した日立マクセル、パナソニック及びトヨタ自動車連携研究機関として参加している。

さらに、「1.1.4 未来開拓研究プロジェクトについて」で述べたように、本プロジェクトが連携する文部科学省「次世代蓄電池研究開発プロジェクト」のチームリーダーである大阪府立大学・辰巳砂教授は、全固体電池の論文発表件数で世界ランキング第 1 位である。また、プロジェクト立上げ段階で、LIBTEC は同教授より実験環境の構築、材料合成、電池試作等について指導を受けている。

2.3.2 プロジェクトリーダー

本プロジェクトは、NEDO がプロジェクトリーダー(PL)として委嘱した LIBTEC の太田璋専務理事の下で実施している。

太田氏は我が国の蓄電池の研究開発を長年にわたりリードしてきた第一人者である。松下電池工業(現パナソニック)・技術研究所長、パナソニック EV エナジー・代表取締役社長に就任する等、その研究開発成果や事業化の功績は世界的に広く認められている。また、前記した NEDO 事業「次世代蓄電池材料評価技術開発」においても研究代表者として高い知見と指導力を発揮し、優れた成果を挙げた。そのため、本プロジェクトにおける材料評価技術開発のポイントや課題を把握している。さらに、技術的なアドバイスのみならず、成果を活用する企業の責任者との議論を行うことができる。

以上のことから、太田氏が本プロジェクトの PL として最も相応しいと判断している。

2.4 研究開発の進捗管理の妥当性

PL である太田氏は LIBTEC の研究部長を兼務しており、LIBTEC 内に太田氏を頂点する明確な指令命令系統及び責任体制を構築している。具体的には、LIBTEC 内に先進 LIB と全固体電池のテーマで PL を補佐する者をそれぞれ置き、さらに 5 つの個別プロジェクトのリーダーを置いて、プロジェクトの研究開発進捗を管理している。

- ① 毎週の LIBTEC 幹部会議で個別プロジェクトの各リーダーが進捗状況を PL に報告。
- ② 毎月、個別プロジェクト毎に PL に対する報告会を開催。
- ③ 2～3 ケ月に 1 回、組合員企業も含めた進捗報告会を開催。提供を受けた材料サンプルの特性評価結果の報告、課題の確認、材料サンプル等の提供依頼等を実施。

次に、NEDO による進捗管理の状況は次のとおりである。

- ① 2～3 ケ月に 1 回、NEDO 担当者が LIBTEC を訪問し、研究開発状況や導入設備を確認。
- ② 半年に 1 回、LIBTEC より研究進捗の報告を受ける会議を開催。
- ③ 毎月、LIBTEC に予算執行状況の報告を求め、研究設備の導入や消耗品の購入状況から研究開発に遅延が発生していないことを確認。

また、NEDO は、2013 年度より、表 2-2 に示す外部有識者 6 名で構成される「NEDO 技術委員会(蓄電技術開発)」を設置・運営し、技術的な助言及びプロジェクト全体の運営管理に関する助言をもらい、プロジェクト推進部として留意すべきことや追加的に対応すべきこと等の有無を点検している。技術委員会の助言・指摘は、NEDO 内の「開発成果創出促進制度」に向けた検討に使用するとともに、必要に応じて、実施方針や各実施者の研究計画に反映している。また、技術委員会には、議題に関係する専門家・学識者、他の蓄電技術開発プロジェクトのプロジェクトリーダー、経済産業省の担当者にもオブザーバーで出席してもらっている。

表 2-3 に示すように、技術委員会はこれまで 6 回開催した。このうち、第 3 回及び第 6 回の技術委員会は、本プロジェクトを対象に開催した。第 3 回では主に安全性評価試験の開発について助言をもらった。また、第 6 回では中間目標達成に向けての助言をもらった。また、プロジェクトの成果を分かり易く整理することが必要であるとの指摘を受けた。

表 2-2 NEDO 技術委員会(蓄電技術開発) 委員一覧

	氏名	所属・役職
委員長	佐藤 祐一	神奈川大学 工学研究所 名誉教授
委員	山木 準一	京都大学 産官学連携本部 特任教授
	鷺島 真一	群馬大学大学院 工学系研究科 教授
	松本 孝直	電池工業会 部長
	三田 裕一	電力中央研究所 材料科学研究所 上席研究員
	森田 賢治	日本自動車研究所 FC・EV 研究部 主任研究員

表 2-3 NEDO 技術委員会(蓄電技術開発)の開催実績

	開催日	議題
第 1 回	2013 年 6 月 28 日	NEDO 蓄電技術開発プロジェクトにおけるバッテリーの安全性確保
第 2 回	2013 年 11 月 18 日	「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発／共通基盤研究」における大規模蓄電システムの劣化診断技術について
第 3 回	2014 年 3 月 5 日	「次世代蓄電池材料評価技術開発」及び「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」の開発進捗状況
第 4 回	2014 年 3 月 19 日	「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発」の開発進捗状況
第 5 回	2015 年 1 月 16 日	「次世代蓄電池材料評価技術開発」の開発進捗状況
第 6 回	2015 年 4 月 10 日	「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」の開発進捗状況

2.5 知的財産等に関する戦略の妥当性

2.5.1 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てビジネス戦略に相乗効果をもたらす取組み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。

本プロジェクトの成果となる材料評価技術(標準電池モデル、試作仕様書、性能評価手順書等)は、国内蓄電池・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研究開発段階で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、この評価技術はノウハウ(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。

その一方、産業全体の競争力強化の観点においては、この評価技術は本プロジェクトに参加していない国内関係者にも広く共有し、産業界の共通指標(ものさし)として普及・定着させる方針である。ただし、製品として上市されていない研究開発段階にある先進 LIB 及び全固体電池を対象としたものであり、技術情報の流出は競争力の低下を招くおそれがあることから、その防止対策が必要と認識している。

この国内関係者(特にユーザー企業)への広い共有と技術情報流出防止を両立させるルールについては、様々な関係者の意見を聴きながら、本プロジェクト期間中にとりまとめる予定である。

2.5.2 本プロジェクトにおける知財取扱いの合意内容

本プロジェクトでは、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」(平成24年12月策定)及び「運用ガイドライン」(平成25年3月発行)に基づき、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」を整備済みである。また、これらについて参加者間の合意を形成する「知財委員会」を設置済みである。

本プロジェクトにおける知的財産の帰属と実施権は、図2-4に示すように、発明の主題が①組合員の提供した材料サンプル自体(改良・改変も含む)、②材料サンプルに固有の製法・評価法、③材料サンプルに固有ではない製法・評価法に分類して設定している。

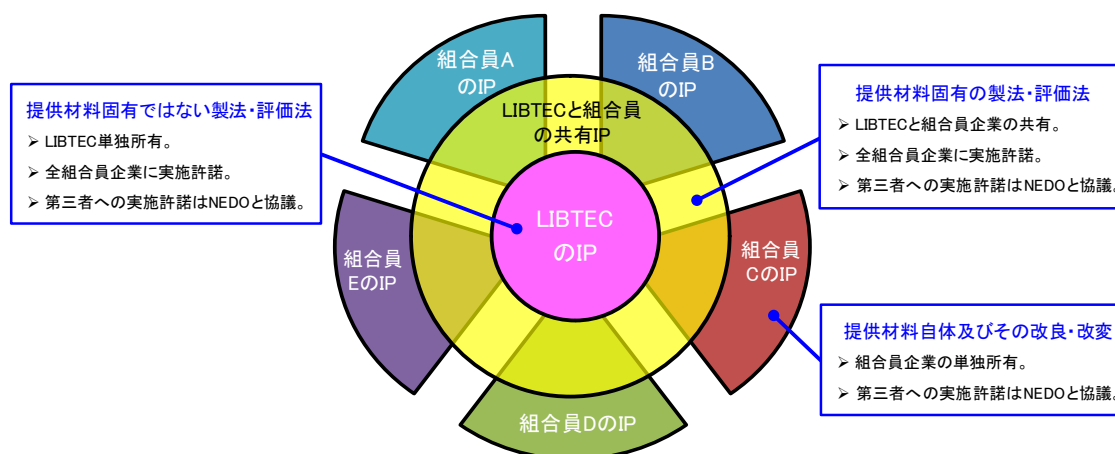


図2-4 知的財産の帰属と実施権

また、本プロジェクトにおける情報管理・秘密保持に関する対応は次のとおりである。

① 秘密漏洩防止、技術情報流出防止

- ・認証IDによる個別プロジェクト専用居室への入退室許可制
- ・サンプル・図面、作製仕様書、評価基準書等(電子媒体を含む)の外部持ち出し不可
- ・社用PCの監視
- ・社外電子メールの監視等

② 秘密保持の取扱い

- ・「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締結。
- ・組合員の脱会時の対応についても合意済。

第 3 章 研究開発成果について

3.1 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

5 つの研究テーマで策定した標準電池モデルの構成を表 3-1 に示す。このうち、先進 LIB4 種の標準電池モデルは外形寸法が厚さ 6mm×縦 67.5mm×横 47mmのラミネート形に統一した。電池エレメントは正極板・セパレータ・負極板を重ねて捲回し、一体化している。

また、各テーマの開発成果と達成度を表 3-2 及び表 3-3 に、中間目標達成に向けた課題と今後の取り組みを表 3-4 に示す。さらに、各テーマ個別の成果の一例を 3.1.1～3.1.5 に示す。

各テーマは大半の項目について中間目標を達成しているとともに、課題解決の見通しを立てている。

表 3-1 標準電池モデルの構成

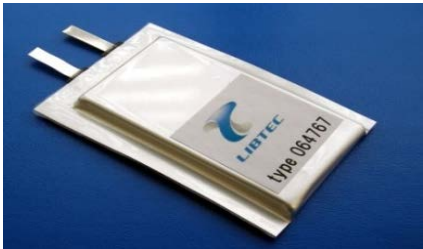

テーマ	先進 LIB				革新電池
	PJ-1: 高電位正極	PJ-2: 高容量正極	PJ-3: 高容量負極	PJ-4: 難燃性電解液	PJ-5: 全固体電池
正 極	LNMO	231 固溶体	LFP NCA	高電圧 LCO	NMC 有機硫黄系
負 極	人造黒鉛/SC	人造黒鉛	SiO/黒鉛	人造黒鉛	人造黒鉛
電解質	EC 系	EC 系	EC 系	EC 系 (添加剤入り)	LPS
セパレータ	ポリオレフィン (コーティング品)	ポリオレフィン	ポリオレフィン	ポリオレフィン	-
外 観					
	1Ah 級ラミネートセル				圧粉体型

表 3-2 各研究テーマの開発成果と達成度(PJ-1、PJ-2)

研究テーマ	中間目標 (H27 年度末)	成 果	達成度
PJ-1: 高電位正極	(1) 標準電池モデルの策定 (2) 試作仕様書の策定 (3) 性能評価手順書の策定	<ul style="list-style-type: none"> ① LNMO 正極の導電構造に着目し、導電助剤の選定及び電極組成の適正化を行った結果、容量バラツキが小さい正極仕様を見出した。 ② 放電負荷特性評価の観点から、高電位の電池系においても、負極表面が非晶質炭素で被覆されていた方が、性能が良好であることを確認し、負極活物質として表面修飾天然黒鉛を選択。 ③ 寿命特性評価の観点から、評価に適正な電解液を検討し、25 °C、250 サイクルで 90 %以上の容量維持率を有するものを標準用電解液として選択。 ④ 電解液添加材について、添加すると高電位において、多量のガスが発生することを確認したため、電池モデルでは無添加を選択。 ⑤ 上記①～④の結果を基に作製した電池モデルの 25 °C 寿命特性が実用レベルにあることを確認。 ⑥ 試作仕様書(暫定版)が策定済みで、10 月より材料サンプルの受入開始の予定。 	○
PJ-2: 高容量正極	(1) 標準電池モデルの策定 (2) 試作仕様書の策定 (3) 性能評価手順書の策定	<ul style="list-style-type: none"> ① 初回充電における正極構成元素の電池反応(高容量発現機構)への関与状況をX線吸光分析法で解析し、格子酸素(O²⁻)が高容量に大きく寄与していることを把握。 ② 上記①の知見に基づき、初回充電の条件(電圧及び電流値等)を検討し、充電電圧 4.6 V 若しくは 0.05 C の電流値で容量規制を行うことで、高容量が安定的に発現することを確認。 ③ 1Ah 級の電池モデルで電解液の適正化を行い、放電容量のバラツキを低減。 ④ 上記②、③を踏まえて作製した標準電池モデルが放電温度特性や保存特性で実用電池レベルにあることを確認。また、各 SOC における抵抗の値も一般的な傾向と一致することを確認。 ⑤ 試作仕様書及び性能評価手順書は策定済み。6 月より材料サンプルの受入を開始済み。 	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表 3-3 各研究テーマの開発成果と達成度(PJ-3～PJ-5)

研究テーマ	中間目標 (H27 年度末)	成 果	達成度
PJ-3: 高容量負極	(1) 標準電池モデルの策定 (2) 試作仕様書の策定 (3) 性能評価手順書の策定	① LFP 正極と SiO/黒鉛混合負極の組合せで電池モデルを策定し、異なる材料の組合せで寿命特性評価が可能であることを確認。 ② 評価負極の電極組成、スラリー分散方法、電極密度の適正化を検討し、カーボンナノチューブの添加、ジェットペースタを用いた混練、電極の低密度化(1.2 g/cm ³)を行うことで、安定評価が可能となった。この結果を基に、電池モデルを改良。 ③ 上記②の電池モデルは、500 サイクル後の容量維持率が89%と実用レベルにあり、電池モデルとして妥当であることを確認。 ④ 試作仕様書及び性能評価手順書を策定済み。	○
PJ-4: 難燃性電解液	(1) 標準電池モデルの策定 (2) 試作仕様書の策定 (3) 性能評価手順書の策定	① 4.5V 級 LCO 正極、黒鉛負極を用いた電池モデルを策定し、添加剤違いの電解液について寿命特性や安全性評価が可能であることを確認できた。 ② 電池モデルでの熱特性評価のため、測定容器等の評価系を含めた評価方法を検討し、DSC、C80、ARC を用いた評価技術を確立。添加剤の異なる電解液について、これらの評価データと実電池の昇温試験挙動との相関がつかうことを確認。 ③ 試作仕様書及び性能評価手順書を策定済み。	○
PJ-5: 全固体電池	圧粉体型電池を対象として、 (1) 標準電池モデルの策定 (2) 試作仕様書の策定 (3) 性能評価手順書の策定	① 全固体電池で特に課題となる電極内導電パスの確保に向け、加圧条件や活物質組成検討を実施し、電極内導電性向上技術を開発。 ② 負極活物質の密度など粒子特性に着目した比較検討を実施し、全固体電池に適した粒子特性を見出した。 ③ 固体電解質との界面抵抗低減に寄与する正極活物質コーティング膜の形成技術、電池モデルの電極において最適な固体電解質と活物質との混合比を見出せる新規な電気化学評価法を開発。 ④ 上記結果を受け、良好な出力特性を有する標準電池モデル(圧粉体型)を策定。 ⑤ 試作仕様書及び性能評価手順書を策定済み。	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表 3-4 中間目標の達成に向けた課題、今後の取り組み

研究テーマ	課題と今後の取り組み
PJ-1: 高電位正極	<ul style="list-style-type: none"> ① 現状の電池モデルでは、45℃以上の高温雰囲気において、充放電時のガス発生による電池の変形で正確な評価が困難なことから、寿命低下が顕著であることが課題。 ② 電池歪の解消のため、積層型電池構造を検討。 ③ 45℃以上の寿命改善のため、正極活物質の表面修飾の影響確認を実施。上記②の結果と合わせて、標準電池モデルの完成度を高める。 ④ 各種材料サンプルを受け入れ、開発技術の妥当性・有用性を検証。
PJ-2: 高容量正極	<ul style="list-style-type: none"> ① 電極の膨張に由来する電池の変形があること、サイクル寿命低下が顕著であることが課題。 ② 電池歪の解消のため、正・負極の容量比及び積層型電池構造を検討。 ③ サイクル寿命改善のため、表面修飾や異種元素をドーブした正極活物質、電解液、添加剤等の適応及び適正化を検討し、標準電池モデルの性能レベルを向上。 ④ 上記②、③の検討結果に基づき、試作仕様書及び性能評価手順書を改訂。 ⑤ 各種材料サンプルを受け入れ、開発技術の妥当性・有用性を検証。
PJ-3: 高容量負極	<ul style="list-style-type: none"> ① 電極の膨張収縮の影響が大きいSiO₂負極に関連する材料の評価においては、評価負極の状態が特性劣化の支配因子にならない電池モデルの開発が課題。 ② 充放電時の電極厚み変化の In-situ 評価技術、劣化部位・原因特定のための解析評価方法を開発。この結果に基づき、電池モデルの更なる改良を行う。 ③ 将来 SiO₂ 負極との組合せが想定される NCA 正極を用いた標準電池モデルを検討し、試作仕様書及び性能評価手順書、安全性評価手順書を策定。 ④ 各種材料サンプルを受け入れ、開発技術の妥当性・有用性を検証。
PJ-4: 難燃性電解液	<ul style="list-style-type: none"> ① 材料違いの実電池における昇温試験、過充電試験、短絡試験の挙動差について、材料物性等の基礎的な相関因子を明確にし、材料メーカーへのフィードバックを可能とする電池モデル、評価技術の開発が課題。 ② 上記①の課題解決のため、耐熱電解液と耐熱セパレータについて、実電池での昇温試験、過充電試験、短絡試験を実施し、電池モデルの妥当性を検証。 ③ 上記②の昇温試験、過充電試験の挙動差と、開発した熱特性評価で得られたデータとの相関性を検証するとともに、通電状態の熱特性評価方法等を新規に開発。 ④ 短絡系挙動評価方法を開発し、上記②の短絡試験の挙動差との相関性を検証。 ⑤ 各種材料サンプルを受け入れ、開発技術の妥当性・有用性を検証。
PJ-5: 全固体電池	<ul style="list-style-type: none"> ① 大面積化に向けたプロセス開発及びシート型電池モデル開発が主たる課題。 ② 大面積化を指向した有力なシート作製プロセスとして、湿式塗工プロセスの検討を実施することとし、最適なバインダー材料選定、塗工条件最適化、大面積化に対応可能な加圧方式等を検討する。 ③ 液短絡の無い全固体電池の特長を用いた直列積層電池モデルの策定。 (積層セル間の充電深度、放電深度ばらつきに対しての材料得失評価を検討) ④ 他材料(有機硫黄活物質等)を用いた電池モデルの妥当性を検証。

3.1.1 高電位正極(PJ-1)の成果の一例

(1) 正極組成の検討

セル容量のバラツキを改善するため、正極電極の導電性及び集電体-活物質間の接着強度に着目し、VGCFの添加やバインダー(PVDF)割合増加等を検討した。その結果、容量バラツキが大幅に改善する正極仕様を見出した。

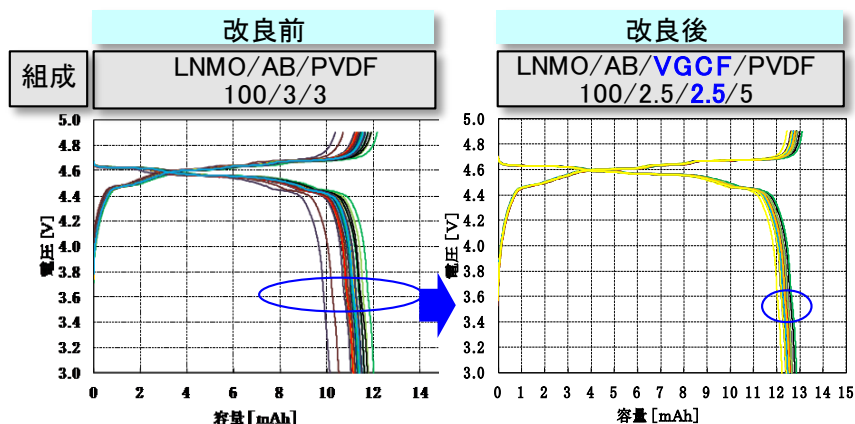


図 3-1 正極組成改良前後での充放電特性

(2) 寿命評価に適する標準電解液の検討

各種電解液を用いて寿命評価を行った結果、電解液 A で実用レベルの特性を確認した。この結果に基づいて、この電解液を電池モデルにおける標準電解液として採用した。

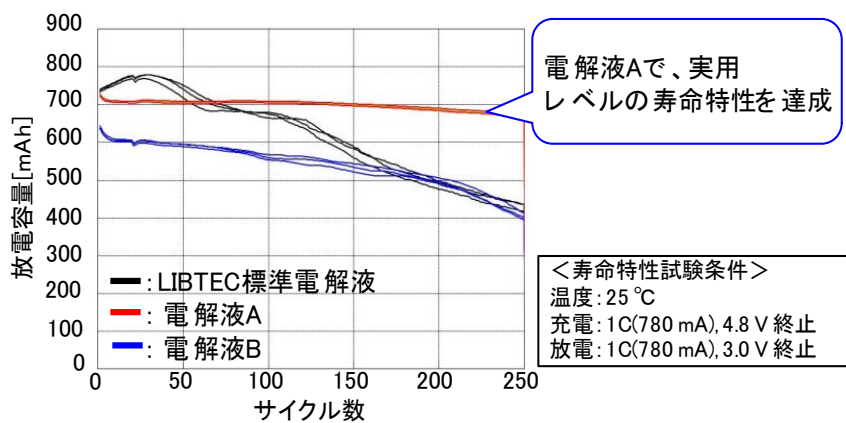


図 3-2 高電位正極(LNMO 系)の 25°C 寿命特性

3.1.2 高容量正極(PJ-2)の成果の一例

(1) 高容量化技術の開発

初回充電における正極構成元素の電池反応への関与状況をX線吸光分析法で解析し、格子酸素(O²⁻)が高容量化に大きく寄与していることを把握した。

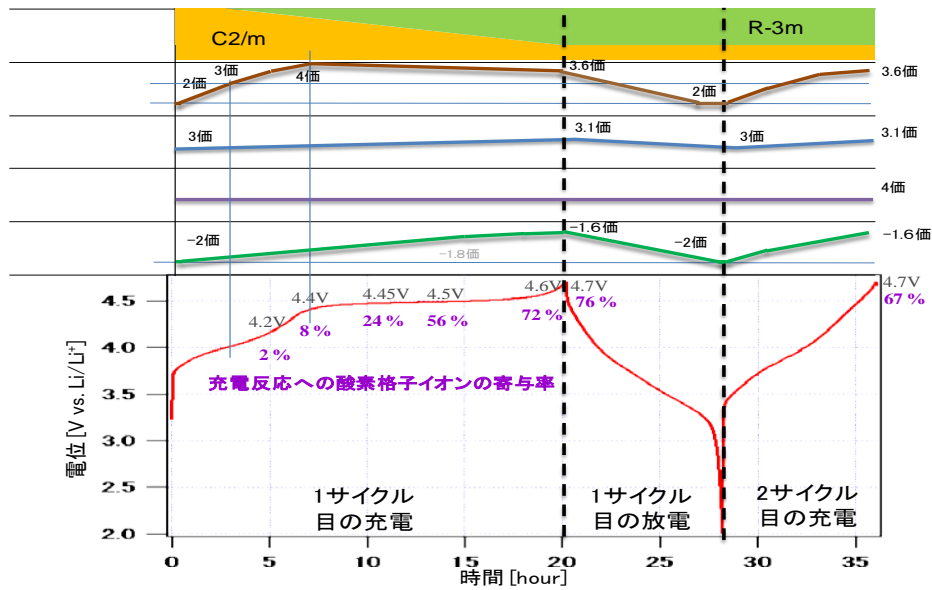


図 3-3 正極構成元素の価数変化

(2) 標準電池モデルの性能確認

試作した標準電池モデルについて、標準的な5時間率の電流(221mA)で -20°C から $+60^{\circ}\text{C}$ の範囲で放電した際の実績(電池3セル)を測定し、LIBTEC 標準電池と比較して、良好な特性が得られることを確認した。

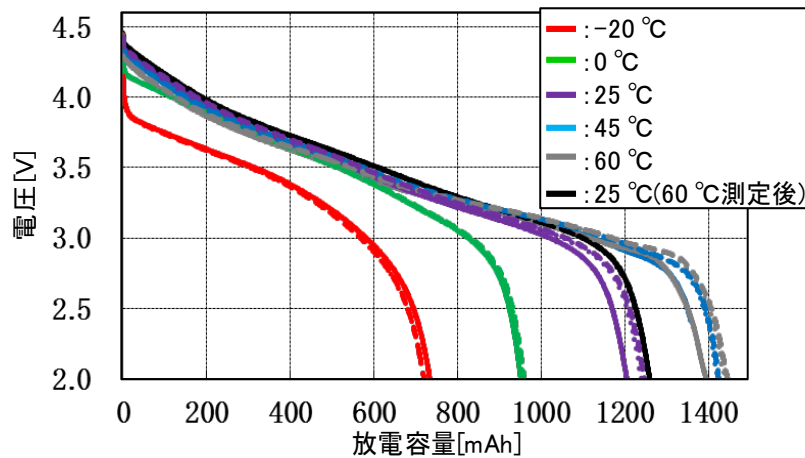


図 3-4 標準電池モデル(1Ah 級)の放電温度特性

3.1.3 高容量負極(PJ-3)の成果の一例

(1) 高容量負極(SiO 系)を用いた標準電池モデルの検討

負極性能評価のため、電圧平坦領域の大きいLFP(LiFePO_4)正極を選定し、SiO/黒鉛混合負極と組み合わせて標準電池モデルを策定した。異なるSiO材料(3 種類)、異なる負極バインダ材料(5 種類)等を用いてサイクル特性評価を行った結果、異なる材料での特性差を評価可能なことを検証した。

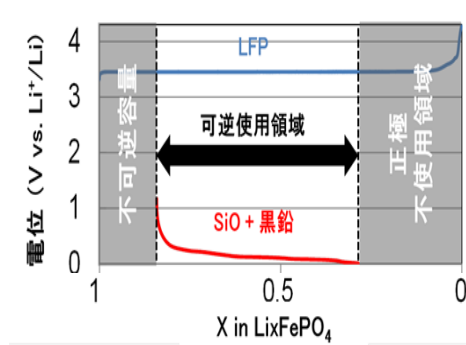


図 3-5 負極性能評価用の電池モデル

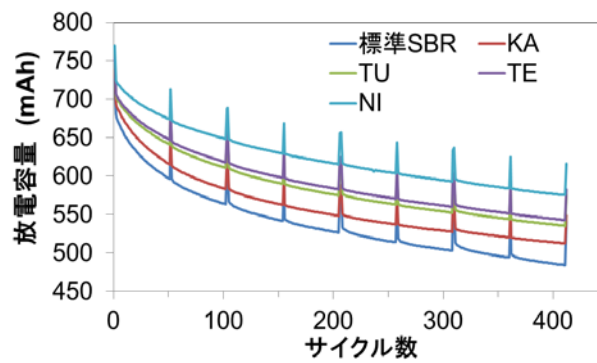


図 3-6 負極バインダの異なる電池モデルの寿命特性

(2) 標準電池モデルの改良

充放電における電極膨張収縮が大きい SiO 負極の安定評価ができるように、標準電池モデルの負極仕様を改良した。この負極仕様の適用により、電池特性も向上した。

表 3-5 標準電池モデルの負極の改良

	従来	改良点
導電助剤	ABのみ	AB+CNT
スラリー分散方法	プラネタリ混練	ジェットペースタ混練
電極密度	1.6g/cm ³	1.2g/cm ³

3.1.4 難燃性電解液(PJ-4)の成果の一例

(1) 難燃性電解液を用いた標準電池モデルの検討

高電圧・高容量材料を用いた電池評価のため、4.5V LCO(LiCoO₂)正極、MAG負極を用いた標準電池モデルを策定した。この標準電池モデルを用いて、異なる電解液でのサイクル特性評価、昇温試験、過充電試験を行い、材料による特性差が評価出来ることを確認した。

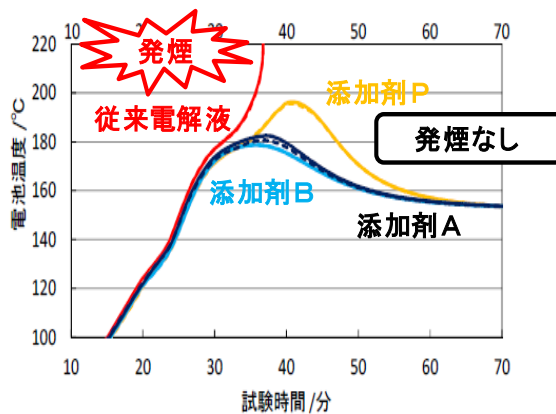


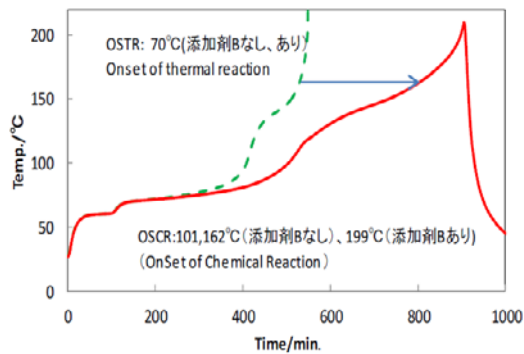
図 3-7 異なる電解液の電池モデル(1Ah)の 150°C昇温試験挙動

(2) 標準電池モデルの安全性評価技術の検討

標準電池モデルでの熱特性評価のため、評価容器等の検討を行い、DSC(示差走査熱量計)、C80(カロリメータ)、ARC(暴走反応熱量計)による評価技術を確認した。得られた結果と昇温試験挙動に相関があることを確認した。



ARC 評価容器



ARC セル評価結果

図 3-8 安全性評価のための熱分析評価技術の開発

3.1.5 全固体電池(PJ-5)の成果の一例

(1) 正極の電極内導電パス確保の検討

導電助剤添加により、不可逆容量が増加し、放電容量が低下することが確認された。導電助剤と固体電解質の副反応が原因と考えられたことから、導電助剤は使用しないで、正極活物質自体の導電性を改善するための組成を最適化することとした。

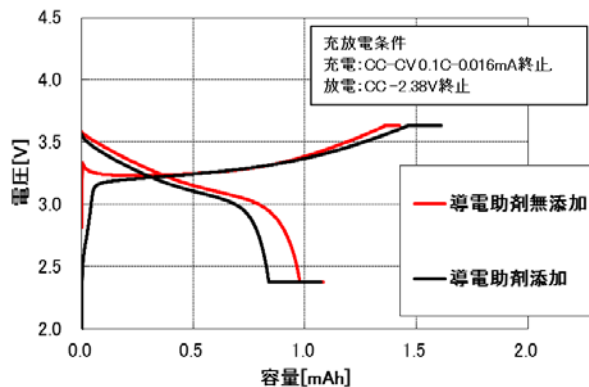


図 3-9 充放電容量に対する導電助剤の効果

(2) 負極の検討

密度の異なる人造黒鉛を用いてサイクル特性評価を実施し、高密度の人造黒鉛を標準電池モデルに適用することにした。

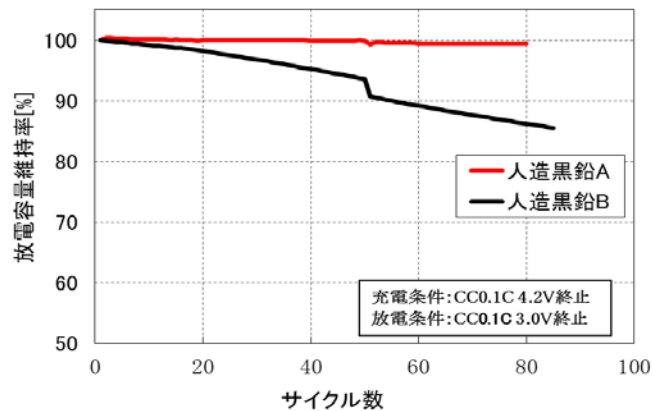


図 3-10 黒鉛材料の違いによる電池のサイクル特性

3.2 成果の最終目標の達成可能性

「2.1 研究開発目標の妥当性について」で述べたように、本プロジェクトの最終目標(平成 29 年度末)は、全固体電池に用いられる新材料の評価技術を開発することである。また、先進 LIB の材料評価技術については、必要に応じ、技術開発の進展に対応しての見直し等を行うことにしている。

この最終目標の達成可能性は次のとおりである。

① 全固体電池の新材料評価技術の開発

圧粉体型電池の標準モデル、試作仕様書、性能評価手順書の策定が完了しており、固体電解質と電極活物質の一次スクリーニングが可能な状況となっている。今後は、電解質・電極シート化技術、正極/電解質/負極の 3 層積層技術、複数セルの積層化技術の検討に主軸を移し、シート型電池の標準モデル、試作仕様書、性能評価手順書の策定に取り組む。現状においても、電解質・電極活物質の適正な組成、電極活物質と密着性に優れるコーティング膜の形成技術、最適な加圧条件・方法等は見い出されつつある。そのため、これらの成果を用いて、高容量とサイクル耐性を両立した標準電池モデルと試作仕様書が平成 28 年度末までに、性能評価手順書が平成 29 年度末までに策定可能と判断している。

② 先進 LIB の新材料評価技術の開発

今後の 2 年間で、LIBTEC 組合員企業から提供される新材料サンプルの評価を進め、策定した標準モデル、試作仕様書、性能評価手順書の妥当性・有用性を検証する。

「産業界の共通指標として機能するか否か」の到達度判定に向けては、新材料サンプルの評価実績を蓄積することが重要と認識しており、当年度より材料サンプルの提供を促す活動を本格的に開始する。加えて、本プロジェクトに直接関与していない国内蓄電池メーカー・自動車メーカーの専門家とも情報共有や意見交換を進め、ブラッシュアップする。

3.3 成果の普及

本プロジェクトの取組みに関して、NEDO は一般に対する情報発信を行っており、以下に示す学会・セミナー・シンポジウム等における講演、専門誌への寄稿等、合計 8 件に対応している。また、LIBTEC も技術情報の流出に配慮しつつ、2 件の研究発表・講演を行っている。

NEDO の情報発信実績(2015 年 6 月末)

- 1) CEATEC JAPAN2013／第 10 回 JEITA 電子材料セミナー(2014 年 10 月 3 日)
講演「NEDO における蓄電技術開発」
- 2) 近化電池セミナー(2014 年 10 月 3 日)
講演「次世代蓄電技術開発の現状、課題とその先へ」
- 3) 「おかやま電池関連技術研究会」第 3 回技術セミナー(2014 年 11 月 29 日)
講演「NEDO における次世代蓄電技術開発」
- 4) 日本電気化学会／電気化学セミナー(2014 年 1 月 24 日)
講演「NEDO における蓄電技術開発」
- 5) 第 55 回電池討論会(2014 年 11 月 19 日)
講演「NEDO における次世代蓄電技術開発」
- 6) 豊橋技術科学大学・未来ビークルシティリサーチセンターシンポジウム(2014 年 12 月 11 日)
講演「NEDO における次世代蓄電技術開発」
- 7) シーエムシー出版／「蓄電デバイスの今後の展開と電解液の研究開発」(2014 年 12 月)
寄稿「NEDO における次世代蓄電池の研究開発計画」
- 8) 日本電気化学会／電気化学セミナー(2015 年 1 月 21 日)
講演「NEDO におけるスマートコミュニティ海外実証と次世代蓄電技術開発」

3.4 知的財産権等の確保に向けた取り組み

材料評価技術に係る知的財産は、「2.5 知的財産等に関する戦略の妥当性」で述べた戦略に沿って、ノウハウ化(ドキュメント化も含む)を進めている。また、材料評価技術の開発の過程において発生した硫化物正極の特許を 1 件出願している。

第4章 成果の実用化に向けた取組み及び見通しについて

4.1 成果の実用化に向けた戦略と取組み

本プロジェクトにおける成果の実用化の考え方・定義は、「本プロジェクトで開発した評価技術が、材料メーカーにおける新材料の研究開発(ポテンシャル把握、実用化課題の抽出、改良の方向性の検討等)や蓄電池・自動車メーカーに対する提案活動等に活用されること。」である。

これを実現するためには、材料メーカーとユーザーの双方に、開発した評価技術の有用性を認知させる必要がある。この場合、技術面だけでなく、ドキュメント類の分かり易さ、秘密漏洩・技術流出防止に対する配慮等も含めて、「LIBTEC の評価に基づくデータであれば信頼して使用できる。」という認識が業界全体に浸透する所まで持っていく必要がある。

そのための取組みは次のとおりである。

① 材料メーカーに対するアクション

当年度7月に開催予定のLIBTECの運営委員会・技術委員会において、これまでの成果を組合員企業19社に説明するとともに、新材料の評価活動を開始することをアナウンスし、先進LIB及び全固体電池の新材料サンプルの提供を呼び掛ける。

この組合員企業から提供される新材料サンプルの評価を29年度末までの2年間継続することで、技術のブラッシュアップを行い、その後はLIBTECの自主事業(技術プロバイダー事業)として維持・管理していく。

② ユーザーに対するアクション

LIBTEC内に設置された2つのアドバイザー委員会を今後、定期的で開催して、蓄電池メーカー及び自動車メーカーの専門家に開発成果に対する意見・助言を求め、それを技術のブラッシュアップに反映していく。また、開発技術に係る技術情報流出防止の在り方についてコンセンサスを得る。

○第1アドバイザー委員会

NEC エナジーデバイス、新神戸電機、GS ユアサ、ソニーエナジーデバイス、東芝研究開発センター、パナソニック、日立マクセル、古河電池

○第2アドバイザー委員会

ブルーエナジー、本田技術研究所、リチウムエナジージャパン、日産自動車、日立ビークルエナジー、プライムアースEV エナジー

4.2 成果の実用化の見通し

(1) LIBTEC 評価事業としての実用化

「2.3.1 実施者」で述べたように、LIBTECはNEDO事業「次世代蓄電池材料評価技術開発」において開発した評価技術を活用し、現行LIB用の新材料の評価事業を行っている。

この評価事業を活用してビジネス進展したと推定される材料メーカー6社に対し、直近でNEDOが実施したヒアリング結果は次のようになっている。

- LIBTEC の評価事業では、入手できない他社材料との組合せ評価が可能で、電池のサイズ・作製条件・評価条件等のバリエーションが豊富。【6社】
- 自社の蓄電池評価の技術力やその評価結果の理解・判断力が向上。【6社】
- LIBTEC 評価材料で蓄電池メーカー採用【3社】、サンプル供試～採用前段階【2社】

- 開発期間の 50%短縮【2社】、10～20%短縮【1社】
- LIBTEC 評価で蓄電池の製造プロセス上、成立しないことが判明し、開発を中止した材料がある。これが無ければ、そのまま無駄に開発を継続していた。【2社】
- 他の試験評価機関は分析中心の評価であるが、LIBTEC の評価は蓄電池メーカーの目線で実用的かつ低コスト【6社】

上記したヒアリング結果から判断して、本プロジェクトで開発した評価技術は LIBTEC の自主事業の中に組み入れられて、実用化されていくと考える。

(2) 学術成果の産業技術としての引き上げ

「1.1.4 未来開拓研究プロジェクトについて」で述べたように、本プロジェクトは文部科学省「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」と連携し、大学・公的研究機関で研究された新材料を工業的視点で評価・コンサルティングする役割を担っており、学術成果の産業技術への引き上げにも活用される。そのため、PL 及び NEDO は、「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」の全体会議やシンポジウム等に出席し、同プロジェクトに参加している大学・公的研究機関が実施している革新電池の研究内容やその進捗状況の把握に努めている。特に、全固体電池(硫化物系)については当年度より「ALCA-LIBTEC 連携会議」を設置しており、具体的な連携活動の中で本プロジェクトの成果を活用していくことになっている。

(3) 波及効果

期待される波及効果として、人材育成が挙げられる。LIBTEC には、材料メーカーからの出向研究員が、蓄電池メーカー出身のマネージャーの指導の下、蓄電池の評価技術の開発に携わることで、蓄電池の設計～作製～評価に関する技術を習得している。これまでに受け入れた出向研究員は延べ 36 名である。LIBTEC 出向経験者は、蓄電池評価の知見が少ない材料メーカーにとって貴重な戦力であり、帰任後、材料メーカーの蓄電池用材料開発におけるキーパーソンとなっている。

また、本プロジェクトでは、連携機関として参加している蓄電池メーカー及び自動車メーカーの研究者が、LIBTEC において材料メーカーの研究者と同床執務で研究開発に取り組んでいる。このように川上企業と川下企業の研究者が協働することで、プロジェクトの開発効率を向上させたり、その成果展開を円滑化させるアプローチは、今後における高性能・高機能蓄電池の開発モデルの一つになり得ると考える。

「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」基本計画

スマートコミュニティ部

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

「蓄電池戦略」(2012年7月、経済産業省)においては、2020年に世界全体の蓄電池市場規模(20兆円)の5割のシェアを我が国関連企業が獲得することが目標に掲げられている。この目標を達成するためには、定置用蓄電池では低コスト化の技術開発が、車載用蓄電池では電気自動車(EV)の航続距離向上とコスト低減を進めるため、性能向上に寄与する材料の研究開発が必要であるとしている。

本研究開発は、我が国の将来の成長の糧となるイノベーションを創出する未来開拓研究プロジェクトの一つとして実施されるものである。

②我が国の状況

携帯電話、ノートパソコン等の民生用リチウムイオン電池市場において、我が国企業の世界シェアは2000年度において90%超を占めていた。しかしながら、ウォン安、政策支援に起因するコスト競争力の強みなどを背景として、韓国企業が急速に追い上げ、我が国企業の世界シェアは2011年度において40%程度まで落ち込んでいる。

民生用電池は今後も市場拡大が見込まれることに加えて、出力が不安定な再生可能エネルギーの大量導入時における電力貯蔵や電力系統の安定化対策、EV等の次世代自動車の本格的な導入・普及においても蓄電池は重要な技術であり、今後、市場が大きく成長すると共に、世界的な企業間競争が激化することが予想される。そのため、我が国の競争力確保に向けた技術開発、実証及び国際標準化を戦略的に推進する必要がある。

③世界の取り組み状況

現在、世界各国において、蓄電池の更なる高性能化や低コスト化を図る研究開発が進められている。

米国は、エネルギー省(DOE)の「Vehicle Technology Program」において先進的なリチウムイオン電池及びその材料の研究開発を行っている。また、「Advanced Research Projects Agency-Energy」(ARPA-E)の中にある「Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation」(BEEST)において、コストを現状の1/3、エネルギー密度を現状の2~5倍を開発目標として、マグネシウム電池、亜鉛空気電池、リチウム硫黄電池等の革新型蓄電池が開発されている。さらに、2012年11月、DOEは5年間で1億2,000万ドルを投資する計画で、アルゴンヌ国立研究所を中心とする次世代電池の研究拠点を設立して

おり、研究成果の事業化を図る役割で化学メーカーや自動車部品メーカー等も参加している。

欧州は、欧州連合（EU）の科学技術研究開発への財政支援制度である第7次「Framework Program」（2006～2012年）においてナノケミストリーを活用したリチウムイオン電池用材料の開発を行っている。また、EUとは別に、ドイツは2008年に閣議決定された「国家E-モビリティ開発計画」の中でEV用蓄電池の研究開発を行っている。

韓国は、2010年に「二次電池競争力強化方案」として、2020年までに企業及び政府で15兆ウォンを投資し、中・大型蓄電池での世界市場シェア50%、電池用素材の国産化率75%を目指すとの政策を打ち出している。特に本格輸出国家として浮上するため、グローバル素材メーカーを10社以上育成する等、電池メーカーのみならず、横断的な国際競争力を高める方針である。また、電池性能も日本と同レベルの目標（EV用途でエネルギー密度250Wh/kg）を掲げ、リチウムイオン電池の開発を推進している。

中国は、「国家ハイテク研究発展計画」（863計画）において、7億元規模（2011年～2013年の3年間合計）の資金を投入し、EV関連技術の開発を推進しており、この中にはエネルギー密度500Wh/kg以上を目標としたリチウム硫黄電池やリチウム空気電池の開発が含まれている。また、「中国国家重点基礎研究発展計画」（973計画）において新型蓄電池の基礎研究を行っている。

④本事業のねらい

世界的な企業間競争が激化しつつある蓄電池産業において、我が国の競争優位性を確保するためには、高性能・低コストの蓄電池を他国に先駆けて開発し、継続的に市場へ投入していく必要がある。

そのため、本事業においては、先進リチウムイオン電池^{※1}や革新電池^{※2}の技術進展に合わせて、産業界の共通指標として機能する材料評価技術（標準電池モデルの仕様、作製法、性能評価条件・手順等）を確立し、国内材料メーカーからの迅速な新材料提案や国内電池メーカーの開発効率向上を促進することで、高性能・低コストの蓄電池^{※3}の早期実用化を図る。

※1：先進リチウムイオン電池

高電位・高容量正極材料、高容量負極材料、高電圧耐性を有する電解質材料等を用いて、高性能化や高耐久化、低コスト化を図ったリチウムイオン電池

※2：革新電池

リチウムイオン電池のエネルギー密度の理論限界（250Wh/kg）を超えての実用化が期待できる電池。全固体電池、多価カチオン電池、金属空気電池等

※3：高性能・低コストの蓄電池の実用化目標

車載用蓄電池及び定置用蓄電池の2020年実用化目標を以下に示す。なお、車載用蓄電池については電池パックとしての目標値、定置用蓄電池についてはパワーコンディショナを含んだ蓄電池システムとしての目標値を示している。

車載用蓄電池の2020年実用化目標値

項目	PHEV、次世代HEV用	EV用
エネルギー密度	200Wh/kg	250Wh/kg
出力密度	2,500W/kg	1,500W/kg
カレンダー寿命	10～15年	10～15年
サイクル寿命	4,000～6,000サイクル	1,000～1,500サイクル
コスト	2万円/kWh	2万円/kWh

定置用蓄電池の2020年実用化目標値

項目	電力系統用		中規模グリッド、産業、家庭用
	電力貯蔵	短周期周波数変動	
寿命	20年	20年	15年
コスト	2.3万円/kWh	8.5万円/kW	4万円/kWh

(2) 研究開発の目標

①過去の取り組みとその評価

○ 次世代自動車高性能蓄電システム技術開発（2007～2011年度）

EV及びプラグイン・ハイブリッド車の早期普及を目指し、2015年以降の実用化を想定して高性能リチウムイオン電池とその構成材料並びに周辺機器（モータ、電池制御装置等）の開発、新規の概念に基づく革新的な電池の構成とそのための材料開発、電池反応性制御技術の開発、加速寿命試験法の開発、劣化因子の解明、電池性能向上因子の抽出、安全性基準・電池試験法基準の策定等を実施した。

○ 次世代蓄電池材料評価技術開発（2010～2014年度）

現行のリチウムイオン電池の高性能化や低コスト化を促進するため、リチウムイオン電池材料の共通的な評価技術の開発を推進している。

○ 安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発（2011～2015年度）

2020年代における再生可能エネルギーの大量導入と電力貯蔵市場での競争力強化に向けて、低コスト、長寿命で安全性の高い蓄電システム及び要素技術の実用化開発を推進している。対象としている蓄電池はリチウムイオン電池、ニッケル水素電池、鉛電池である。

○ リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業（2012～2016年度）

2020年代における次世代自動車の大量導入と車載蓄電池市場での競争力強化に向けて、車載用リチウムイオン電池の高性能化・低コスト化のための実用化開発を推進している。

○ 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業（2009～2015年度）

2030年代における実用化を想定し、エネルギー密度としてリチウムイオン電池の限界値（250Wh/kg）を遥かに超える500Wh/kgを実現する革新電池の基礎研究を推進している。

②本事業の目標

第1期（2013～2017年度）の目標は以下の通りとする。

[中間目標]（2015年度）

先進リチウムイオン電池に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。

[最終目標]（2017年度）

革新電池のうち全固体電池に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。また、必要に応じ、先進リチウムイオン電池の材料評価技術について、電池及び電池材料の開発の進展に対応した見直し・追加を行う。

なお、第2期（2018～2022年度）の目標は、第1期の進捗、2017年度に実施する外部有識者による第1期の前倒し事後評価の結果及び技術・市場動向等を総合的に勘案して決定する。

③全体としてのアウトカム目標

本プロジェクトの成果が直接寄与する蓄電池市場は、2020年時点の世界市場が20兆円規模に成長すると予想されている。我が国が強みを有する蓄電池材料開発が加速されることによって、高性能な新規材料を適用した蓄電池を他国に先駆けて市場に投入することが可能となり、「蓄電池戦略」の目標である我が国関連企業による5割のシェア^{※4}の獲得に貢献できる。

また、高性能蓄電池の早期実現により、既存ガソリン自動車よりCO₂排出量が少ない次世代自動車の普及が期待される。運輸部門は日本のCO₂総排出量約2割を占めることから、その貢献は非常に大きいと考えられる。

※4：5割のシェアの内訳は、大型蓄電池が35%、定置用蓄電池が25%、車載用蓄電池が40%を想定することとしている。

（3）研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

[委託事業]

先進リチウムイオン電池及び革新電池用新規材料の材料評価技術の開発

2. 研究開発の実施方式

（1）研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが、単独ないし複数の企業・大学等の研究機関（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用または国際標準獲得の観点か

ら国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。)から、公募によって研究開発実施者を選定し委託により実施する。なお、本事業実施にあたっては、プロジェクトリーダー(PL)を設置する。

(2) 研究開発の運営管理

経済産業省、PL、研究開発実施者等と緊密に連携し、適切な運営管理を実施する。また、外部有識者や産業界の意見等を踏まえ、研究進捗把握等のマネジメントを行う。

3. 研究開発の実施期間

本プロジェクトの実施期間は、2013年度から2022年度までの10年間とする。

全期間を2期に分け、2013年度から2017年度の5年間の第1期、2018年度から2022年度の5年間の第2期として実施する。

4. 評価に関する事項

NEDOは、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、外部有識者による研究開発の中間評価を2015年度に実施する。中間評価結果を踏まえ、必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。また、2017年度に第1期の前倒し事後評価を実施し、その評価結果を踏まえて、第2期における研究開発計画を策定する。

なお、評価の時期については、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。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

② 知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備事業又は標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準案の提案等を積極的に行う。

③ 知的財産権の帰属

委託研究開発及び共同研究の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・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、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、

研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(2) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ニに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成25年3月、制定

(別紙) 研究開発計画 (第1期)

研究開発項目「先進リチウムイオン電池及び革新電池用新規材料の評価技術の開発」

1. 研究開発の必要性

今後、大きな市場拡大が想定される定置用蓄電池や車載用蓄電池において我が国企業が競争力を維持するためには、現行のリチウムイオン電池と同等以上の安全性を確保しながら、エネルギー密度、出力密度、耐久性を向上させつつ、コストを低減した先進リチウムイオン電池や革新電池を他国に先駆けて開発し、継続的に市場へ投入していく必要がある。そのためには、先進リチウムイオン電池や革新電池の技術進展に合わせて、産業界の共通指標として機能する材料評価技術（標準電池モデルの仕様、作製法、性能評価条件・手順等）を確立し、国内材料メーカーからの迅速な新材料提案や国内電池メーカーの開発効率向上を促進することで、高性能・低コストの蓄電池の早期実用化を図る必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 電池モデルの策定

新規材料の電池としての商品化・実用化の課題を的確に把握出来るよう、新規材料を組み込む電池モデルの構造、形状寸法、材料構成、電気出力・容量等を電池の種別や用途別（定置用、車載用、汎用等）に策定する。

(2) 電池モデルの作製仕様書の策定

上記(1)で策定した各電池モデルに適用する正極・負極の構造、電池組立に関連する部品・材料、作製プロセス等を策定する。

(3) 性能評価手順書の策定

上記(1)で策定した電池モデルの性能評価に適用する試験条件（雰囲気温度、充放電時間・速度等）、試験方法、試験手順等を策定する。

(4) 評価技術の妥当性検証

上記(1)～(3)の成果を用いて、民間企業が開発した新規材料や大学等が開発した新規材料を評価し、開発した評価技術の妥当性を検証する。また、評価結果を工業的視点で分析して実用化の課題を抽出し、新規材料の開発者にフィードバックする。

なお、本プロジェクトは、文部科学省の所掌する「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」と連携し、同プロジェクトに参画する大学等が開発した新規材料を評価手法の妥当性検証に用いる。

3. 達成目標

下記を基本とするが、各年度の目標は採択後にNEDOと協議のうえ個別に実施計画に定める。

[中間目標] (2015 年度)

先進リチウムイオン電池に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。

[最終目標] (2017 年度)

革新電池のうち全固体電池に用いられる新規材料について、初期特性、保存・サイクル劣化等の寿命特性、安全性・信頼性を評価する技術を開発する。また、必要に応じ、先進リチウムイオン電池の材料評価技術について、電池及び電池材料の開発の進展に対応した見直し・追加を行う。

4. その他

初年度に公募により実施者を選定するが、2年目以降も必要に応じて公募を行う。

以 上