

革新型蓄電池先端科学基礎研究事業

事業原簿

(公開版)

2011年4月19日

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

スマートコミュニティ部

蓄電技術開発室

目次（公開版）

	ページ
概要	I～IV
第1章 事業の位置付け・必要性について	
1. はじめに	1
2. 事業の必要性について	4
3. 波及効果について	6
4. 国内外の情勢について	7
第2章 研究開発マネジメントについて	
1. 研究開発の概要	12
2. 研究開発目標	16
3. 研究開発計画	17
4. 研究開発の実施体制	18
5. 研究開発の運営管理	22
第3章 研究開発成果について	
1. はじめに	30
2. 高度解析技術開発	36
3. 電池反応解析	43
4. 材料革新	46
5. 革新型蓄電池	53
第4章 実用化の見通し	58
参考資料1. 対外発表関係リスト	参考資料 1
参考資料2-1. 基本計画	参考資料 14
参考資料2-2. 基本計画パブリックコメント	参考資料 18
参考資料3. エネルギーイノベーションプログラム基本計画	参考資料 20
参考資料4. 低炭素社会づくり行動計画	参考資料 25
参考資料5. 事前評価書	参考資料 37
参考資料6. 行政事業レビューシート	参考資料 42
参考資料7. 平成23年度個別施策ヒアリング資料（優先度判定）とパブリックコメント	参考資料 47

概要

		最終更新日	2011年3月31日
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	革新型蓄電池先端科学基礎研究事業革新型蓄電池先端科学基礎研究開発	プロジェクト番号	P09012
担当推進部/ 担当者	スマートコミュニティ部/井上利弘（2009年10月1日～）、 同/鈴木直（2009年10月1日～）、同/室賀茂樹（2009年11月1日～）、 同/黒柳考司（2009年12月1日～）		
0. 事業の概要	<p>エネルギー消費量の増加が著しい運輸部門における石油依存度は、ほぼ100%の状況であり、今後、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行により、石油依存度を低減していく必要性が指摘されている。それゆえ、石油依存度を低減し、多様なエネルギーでかつ低環境負荷で走行することができる電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車等の次世代クリーンエネルギー自動車の開発、普及が期待されている。</p> <p>本研究事業は、電池の基礎的な反応メカニズムを解明することによって、既存の蓄電池の更なる安全性等の信頼性向上、並びにガソリン車並の走行性能を有する本格的電動車両用の蓄電池（革新型蓄電池）の実現に向けた基礎技術を確立することを目的とする。リチウムイオン電池（LIB）の飛躍的な性能向上、安全性等の信頼性向上、並びに革新型蓄電池の早期実用化が実現されることによって、電動車両等の航続距離が伸びる等、走行性能向上に貢献することが期待される。ガソリン車と比較してCO₂排出量が1/4程度になる電動車両等が普及することにより、CO₂排出量の大幅削減に貢献するとともに、産業競争力の強化に資する。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>本研究事業は、資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するため、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことを目的として経済産業省が取りまとめた「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として革新フェーズに位置づけられる。</p> <p>電動車両の普及はエネルギーの多様化、CO₂削減などの社会的影響が極めて大きく、その実現の為、次世代の蓄電池開発において国家主導で激しい開発競争が繰り広げられている。革新的な電池においては従来からの延長線のアプローチではなく、研究の高さ深さ及びスピード感を持った展開が求められる。原理に立ち返った基礎研究上のブレークスルーが不可欠であり、現状のリチウムイオン電池とは、キャリア、材料、構造が全く異なる新概念の電池を開発する必要がある。このため、産学官、オールジャパンで技術の集中化を図り、電気化学的な基礎的なアプローチ、最先端評価・分析技術に関する包括的な研究を産学官で連携して、基礎技術の確立を進めることが求められている。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>本研究事業では蓄電池の革新を目指した基礎研究を行うことにより、2030年に500 Wh/kgの蓄電池開発に結びつく基礎的な知見とその開発指針を得ることを目指す。この目標に向けて、現行のLIBの飛躍的な性能向上に結びつく電池反応の解明、これによる電池内の現象解明、電池材料の革新を目指すことに加え、LIBの制限を突破する先進・革新型蓄電池の開発に結びつく基本的な指針を提出する。これに加えて、電池の研究開発に関する情報の交差点としての役割を果たし、知見の蓄積を図る。その一環として、海外の研究機関等と国際連携を進めるとともに国際ワークショップや国際会議などを積極的に開催する。さらに、蓄電池技術の世界における優位性を維持発展させて揺るぎないものにするため、長期的視野に立って、電池に関する研究者・技術者を育成する。これらの育成に結びつく大学等の教育・研究機関の活性化を目指す。</p> <p>研究開発毎の基本目標は以下の通りである。</p> <p>① 高度解析技術開発 これまででない世界最高性能の電池 in situ解析技術を開発する。特に、ラボ測定に留まらず、量子ビーム施設を用いた電池測定に特化した高度解析技術の開発を行う。得られた成果を材料革新、革新型蓄電池の開発に活かす。</p> <p>② 電池反応解析 主にラボ測定による電池研究のための in situ解析技術を確立する。その手法を用い、LIBの反応について、反応過程とその速度論的把握を行い、反応速度（レート）決定要因、劣化要因、不安全現象過程を明らかにする。得られた成果を材料革新と革新型蓄電池の開発に活かす。</p> <p>③ 材料革新 主に、ex situ解析技術を基にしたLIBの分析結果を基に、LIBの革新のための材料開発の方向の指針を得ると共に、その指針に基づいてLIBの材料の革新を目指す。</p> <p>④ 革新型蓄電池 電気自動車の本格的普及に向けて、現行のLIBのエネルギー密度を飛躍的に向上させた、500 Wh/kgの容量を目指す革新型蓄電池の研究を行う。</p>		

事業の計画内容	主な実施事項	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	総額
	高度解析技術開発								
	電池反応解析								
	材料革新								
	革新型蓄電池								
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)	会計・勘定	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	総額
	一般会計								
	特別会計 (電源・需給の別)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	21000
	加速予算 (成果普及費を含む)		450						
	総予算額	3000	3450	3000	3000	3000	3000	3000	21450
	契約種類: 委託 () 助成 () 共同研究 (○) 負担率	(委託) ----- (助成) ----- : 助成率△/□ (共同研究) ----- : 負担率△/□	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課							
	プロジェクトリーダー(PL)、 グループリーダー(GL)	PL 小久見善八 (国) 京都大学産官学連携本部特任教授 GL 内本喜晴 (国) 京都大学 人間・環境学研究科教授 GL 安部武志 (国) 京都大学 工学研究科教授 GL 辰巳国昭 (独) 産業技術総合研究所 主幹研究員 GL 平井敏郎 (国) 京都大学産官学連携本部特定教授							
	委託先 (* 委託先が 管理法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載)	(国) 京都大学、(国) 東北大学、(国) 東京工業大学、(学) 早稲田大学、(国) 九州大学、(学) 立命館、(独) 産業技術総合研究所、(財) ファインセラミックスセンター、(共) 高エネルギー加速器研究機構、三洋電機(株)、(株) GSユアサ、新神戸電機(株)、トヨタ自動車(株)、(株) 豊田中央研究所、日産自動車(株)、パナソニック(株)、(株) 日立製作所、日立マクセル(株)、(株) 本田技術研究所、三菱自動車工業(株)、三菱重工業(株)、(国) 静岡大学、(国) 茨城大学、(独) 日本原子力研究開発機構							
情勢変化への対応	電動車両の普及はエネルギーの多様化、CO ₂ 削減などの社会的影響が極めて大きい。その為、欧米をはじめ中国・韓国などを含めて、国家主導で電動車両及び蓄電池に対して普及施策が展開され、そのキーデバイスである革新的な電池においても国を挙げての激しい開発競争が繰り広げられている。従来の単なる延長線のアプローチでは到達が難しい革新的な電池においては、研究開発の基礎・基盤となる世界最先端の革新的な解析技術を開発・構築し、それをベースに、より一層の研究開発の高さ深さ及びスピード感を持った展開が求められる。								
中間評価結果への対応	(中間評価を実施した事業のみ)								
評価に関する事項	事前評価	20年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部							
	中間評価	23年度 中間評価実施							
	事後評価	年度 事後評価実施							

<p>Ⅲ. 研究開発成果 について</p>	<p><全体> 以下の項目について展開を図り、基礎技術のコンテンツ形成ができた。 ・反応のその場測定法設定 ・専用ビームライン設置 ・測定解析法の反応場適用 と現象の把握 ・革新型電池新概念検討</p> <p>① 高度解析技術開発</p> <p>1) シンクロトロン放射光をプローブとする高度解析技術開発 界面解析技術、時間分解XAFS、位置分解XAFS、in situ XRD、イメージング手法などの新測定技術の開発に成功した。蓄電池界面における現象の解明などの成果が得られた。空気暴露しない条件でのXAFS・PES計測が可能となり、具体的な成果を得た。ビームライン建設については順調に推移し整備が進んだ。</p> <p>2) 中性子をプローブとする高度解析技術開発 中性子回折（充放電機構および劣化機構解明）、in situ測定セルの設計・開発を行ない、予備測定で可能性を確認した。ビームライン建設については順調に推移して建屋建設も進行している。</p> <p>3) 核スピンをプローブとする高度解析技術開発 高磁場NMR/MRIシステムの開発、イメージング、新NMR機が立ち上がり、NMRの強みを生かした相互作用の検出などが進行した。</p> <p>4) 計算科学に基づいた高度解析と材料シミュレーション 第一原理計算システムを立ち上げ電子分光結果等の理論的解釈が可能となり、NMC系電池などの実用検討に威力を発揮した。</p> <p>② 電池反応解析</p> <p>1) 正極の反応と劣化機構解明 LiCoO₂薄膜の表面被覆を行ない、正極特性に与える影響をラマン分光法により解析した。また、電極反応の可逆性が高い5V級Mn系薄膜正極が得られた。</p> <p>2) 炭素系負極の反応と劣化機構解明 黒鉛エッジ面の負極のSEIをin situ AFMおよびex situ FT-IRにより解析し正極からの溶出Mnが負極の劣化に与える影響を解析するための測定を確立した。</p> <p>3) 新規電解質/電極界面反応解析 添加剤の存在により充放電反応に伴うエッジ面の結晶構造の乱れが抑制されることを明らかにした。</p> <p>4) 電池内反応分布解析 反応分布解析のため、in situラマン計測用のプローブを新規に設定した。</p> <p>5) 交流インピーダンスによる電池内部状態解析 正負極を分離して交流インピーダンス測定を行うための参照極の最適化をはかり、経時変化を解析して状態解析の可能性を明らかにした。</p> <p>6) in situ電子線ホログラフィー LiCoO₂モデル電極により、界面近傍でのLiイオンの分布を可視化する技術開発を行い、電極劣化解析からメカニズムの一端をつかんだ。</p> <p>③ 材料革新</p> <p>1) 正極/電解質界面の高度安定化 正極界面の高度安定化を目指し、メカノケミカル法による各種処理により、正極界面における結晶構造変化等と低抵抗化の関係を明らかとした。また、湿式法においても有効な手法を開発した。</p> <p>2) 高電位正極 スピネルMn系正極活物質に対する表面被覆の検証を進めた。</p> <p>3) 高容量負極 高容量合金負極についてはSn-Cu系膜形成にメッキ法を適用し、活物質利用率および充放電可逆性に優れた電極形成が得られた。</p> <p>4) 極端条件下における層状岩塩型材料の反応制御 Li過剰層状岩塩型酸化物の合成に成功し、高容量材料であること等の評価を進めた。</p> <p>5) 高容量・高電位フッ化物系活物質 新規なマトリックスをもつ正極活物質群を開拓した。NaFeF₃の合成に成功し、200mAh/gの可逆容量を確認した。</p> <p>④ 革新型蓄電池</p> <p>1) リザーバタイプ革新型蓄電池 亜鉛空気電池における亜鉛極のデンドライト制御技術を開発した。</p> <p>2) 界面タイプ革新型蓄電池 ナノ界面制御電池において、300mAh/g以上の容量を示す系の探索を進めた。</p>
---------------------------	--

	投稿論文	「論文発表（査読あり）」 9報、「その他」 3件 「論文投稿中（査読あり）」 15報
	特 許	「出願済」 3件、「登録」 0件、「実施」 0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 メディア露出 2件 講演など発表 9 2件
IV. 実用化の見通しについて	<p>(1) 成果の実用化可能性</p> <p>本研究事業で得られる電池の高度解析、反応解析による電池の挙動解析技術は、エネルギー密度、入出力特性、温度特性など電池性能の向上に大きく貢献する。更には、これらの性能向上に加え、安全性、耐久寿命、電池のタフネス性などの特性や車両適合性を兼ね合わせることで、電気自動車およびハイブリッド車等の次世代クリーンエネルギー自動車（以下 次世代自動車と表す）への電池搭載の可能性は大きく広がる。</p> <p>具体的には、電動車両用電池として実用化に資する高エネルギー密度で高出力かつ高耐久の電池を構成する高性能リチウムイオン電池技術の性能上の課題解決の見通しが得られ、また、2030年へ向けてのポストリチウムイオン電池の可能性が高い候補となりうる空気電池として、亜鉛-空気電池の最大の課題、即ち、充電時の亜鉛極におけるデンドライト析出抑制の可能性も見いだせた。これにより、将来の軽量化が見込める空気電池の実用化に向け、開発の指針を得ることができた。</p> <p>このように、本研究事業でエネルギー密度 300Wh/kg~500Wh/kg が達成できれば、現在のガソリン車並みの1充電当たりの走行距離が望め、更には、エネルギー密度の向上は電池性能の選択自由度の向上をもたらすことも可能となる。たとえば、走行距離を大きく伸ばす必要のない場合は、使用する電池のエネルギー密度を抑えたり、電池の占める容積を小さくしたりでき、他の特性を高めるなどの設計の自由度が拡大されることになる。以上、本研究事業の成果は、次世代自動車という明確な市場ニーズに合致したものであり、成果が実用化する可能性は極めて高いと言える。</p> <p>(2) 実用化までのシナリオ</p> <p>本研究事業には電池メーカーおよび電気自動車やハイブリッド自動車の技術開発を進める自動車メーカーなどの法人が研究拠点へ集結し、競争と協調のもとに研究開発を行っている。ここで扱う研究課題は、多くの参画企業の研究開発ニーズの中でも、とりわけ波及効果の高い共通基盤的なものであり、得られた研究開発成果は参画企業にとって極めて利用価値が高い。開発終了時のみならず、途中段階においても、本事業の成果を見える化し、機動的に共有することにより、実用化を加速することが可能である。</p> <p>今後は、さらに、本事業によって得られた成果を、迅速かつ適正にトランスファーし、得られた成果や実施中の研究開発に、情勢変化に応じた企業ニーズを的確に取り込む仕組みを構築する。これにより、蓄電池の高性能化、高信頼性を実現するのみならず、コスト低減等により実用化に近い技術開発への繋がりは事業化へ技術開発を加速させることができる。これにより電気自動車の実用化への見通しを得ることができる。</p> <p>(3) 波及効果</p> <p>本事業での研究開発成果は、本格的な電気自動車の導入を加速し、これにより起動時・超低負荷時および高負荷領域での二次電池作動と回生制動が可能となる。電動自動車の最大の特長である高効率性とクリーンさを最大限発揮でき、電動車両の導入がより一層促進される。また、本事業で得られた電池技術は、電気自動車やハイブリッド車などは勿論、スマートコミュニティー等の新規産業の創生、雇用拡大、各種の省エネルギー・新エネルギー利用によるクリーンエネルギーへのシフト等への波及が予想される。そして、これらの研究開発と技術により、我が国の工業生産額で高い割合を占める自動車産業、電池産業がグローバルな技術優位性を維持し、持続的な成長が可能となる。我が国の産業技術の持続型発展が電池を中心としたクリーンエネルギーによって実現されることになる。</p> <p>本事業に集結した研究員や参画機関は、それぞれの高度解析技術のノウハウを蓄積するとともに、参画研究員の研究レベル、技術力が向上し、それぞれの参画機関内部への水平展開を図ることで我が国の産業技術力の高度化や人材のレベルを高めることができる。将来の我が国の技術発展において、これらの基礎技術力と人材の育成は欠くことのできないものであり、人材育成は重要な波及効果の一つと言える。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	H 2 1 年 3 月 作成
	変更履歴	年 月 改訂

第1章 事業の位置づけ・必要性について

1. はじめに

本研究事業は、革新的な蓄電池技術を創出し、グローバルに推進されている次世代型のエネルギー利用社会構築に貢献し、かつ、グローバルなビジネス機会として産業活性化を図ることを目的として計画され、2009年度に産学官が結集連携して研究を開始した。

地球温室効果ガス（以下GHG）の主要を占めるCO₂排出削減は世界共通の課題であるなか、特に我が国は、エネルギー消費量の増加が著しい運輸部門における石油依存度がほぼ100%の状況であり、また、全CO₂排出の20%を運輸部門が占めており、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行が、次代への重要課題になっている。石油依存度を低減し、エネルギー消費と環境負荷の低い電気自動車（以下EV）、プラグインハイブリッド自動車（以下PHEV）、燃料電池自動車（以下FCV）等の次世代クリーンエネルギー自動車の開発、普及に向け、蓄電池の革新が大きな役割を担う。

従来からのガソリン車並の走行性能を有する本格的なEVを実現するためには、従来の蓄電池の耐久寿命や容量（エネルギー密度）を飛躍的に向上しなければならない。本研究事業が狙う、革新的な蓄電池技術の目標を、図1.1-1と図1.1-2に示す。本研究事業は、二次電池の基礎的な電気化学反応メカニズムを解明することによって、新たな革新的な基礎技術を確立することを目的としている。本研究事業により、リチウムイオン電池（以下LIB）の飛躍的な性能向上、安全性等の信頼性向上、並びに革新型蓄電池の早期実用化を図り、EV、PHEV等の航続距離が伸びる等、走行性能向上に貢献することが期待される。ガソリン車と比較してCO₂排出量が1/4程度になるEV、1/3のPHEV、1/2のHEV等が普及することにより、CO₂排出量の大幅削減に貢献するとともに、産業競争力の強化に資することができる。

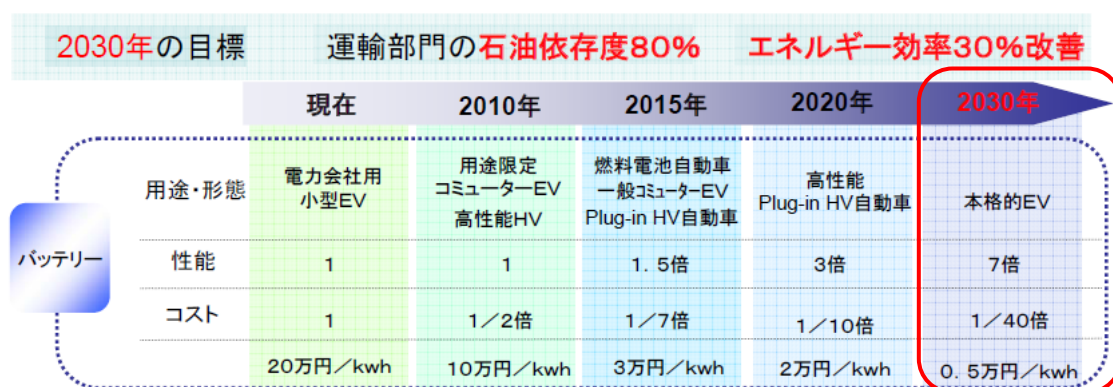


図1.1-1 革新型蓄電池の目標

(出所 次世代自動車・燃料イニシアティブ 2007年5月 経済産業省)

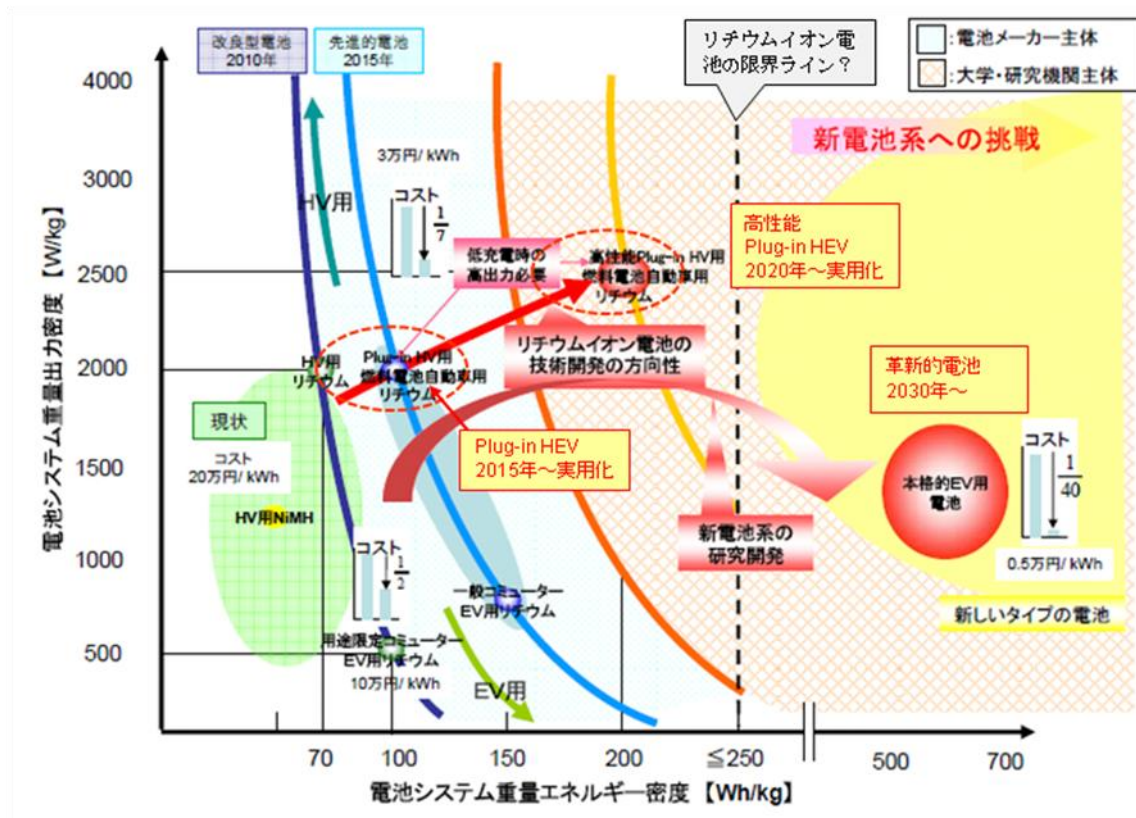


図1.1-2 自動車用電池の研究開発目標の方向性

(出所 新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会
2006年8月 経済産業省)

経済産業省では、蓄電池の研究開発を含め、6つの戦略に基づいて次世代自動車戦略(図1.1-3)を進めている。日本をEV、PHEVなど次世代自動車の開発・生産拠点にすべく取り組む「全体戦略」、EV、PHEVなどの電動化自動車部品のレアメタルを有効に活用するための技術開発やリサイクルに関連する「資源戦略」、EV、PHEV向けの充電環境を整備する「インフラ整備戦略」、EV、PHEVを社会システムとしてスマート化する「システム戦略」、グローバルな取組への貢献と市場化競争に先んじる「国際標準化戦略」とともに、「電池戦略」は重要な戦略として位置づけられている。

NEDOではこれらの戦略に基づき、電動化交通社会向けに、図1.1-4に示す蓄電池関連事業を担っている。現状では、日本はLIBの研究範囲も広く世界をリードしており、また、LIB、EV、HEVのグローバル市場シェアで優位にあり、技術開発と事業開発の総合評価でトップレベルにある。しかしながら、近年、LIB技術分野は温暖化対策への切札として、容量(エネルギー密度)や信頼性に優れた新型電池のビジネス機会獲得を目指した激しい競争時代に入っている。日本は、中国、韓国に対して研究開発レベルは10年以上は先行しているものの、LIB市場は中国、韓国の追い上げが激しくなっている。また、世界的な先駆けとなる、インパクトの高い新電極材料などの基礎研究成果は欧米の研究機関から出ており、その点では基礎研究レベルは欧米が強力なライバルである。かかる状況下で、現状優位性を維持し、グローバルな低炭素社会シフトへの中で、事業化機会を他国に先んじて獲得し続けるためには、本研究事業が担う、革新的な基礎技術分野の研究開発が取り分け重要になっている。

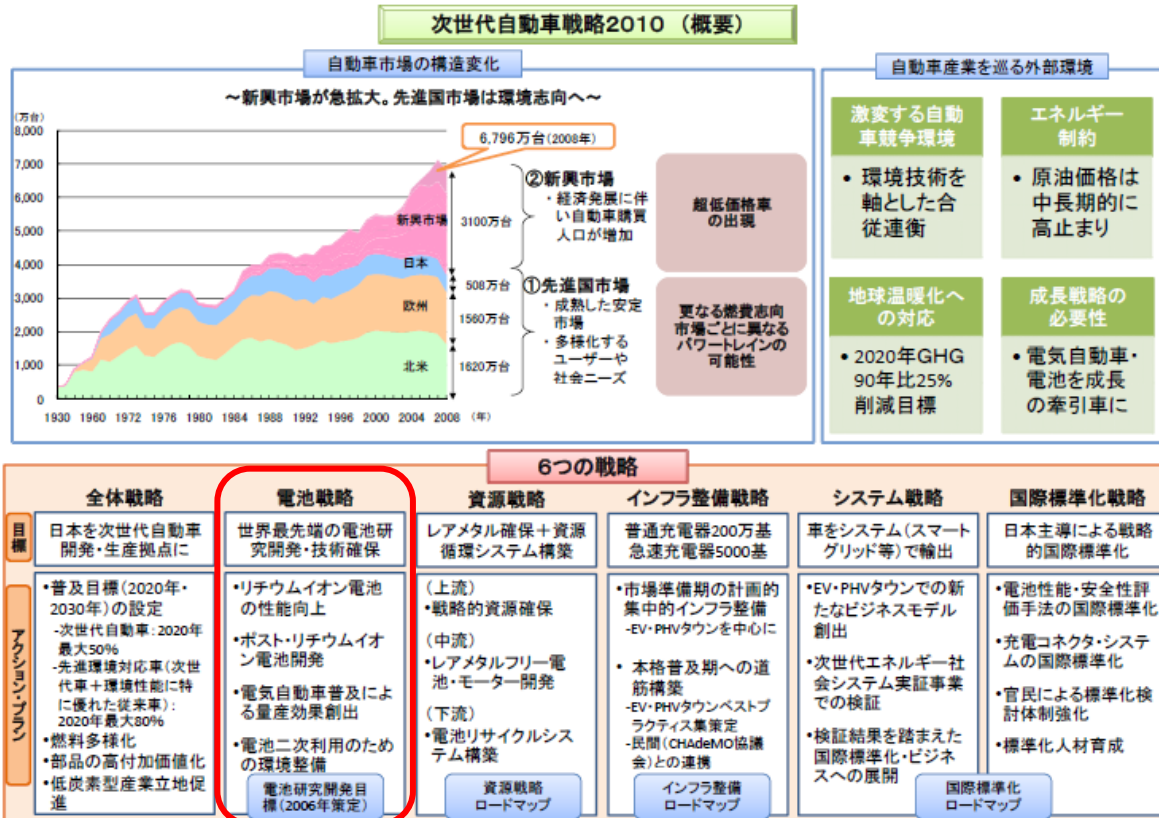


図 1.1-3 次世代自動車戦略における、日本の電池研究の位置づけ
(出所 次世代自動車戦略 経済産業省 2010年4月)

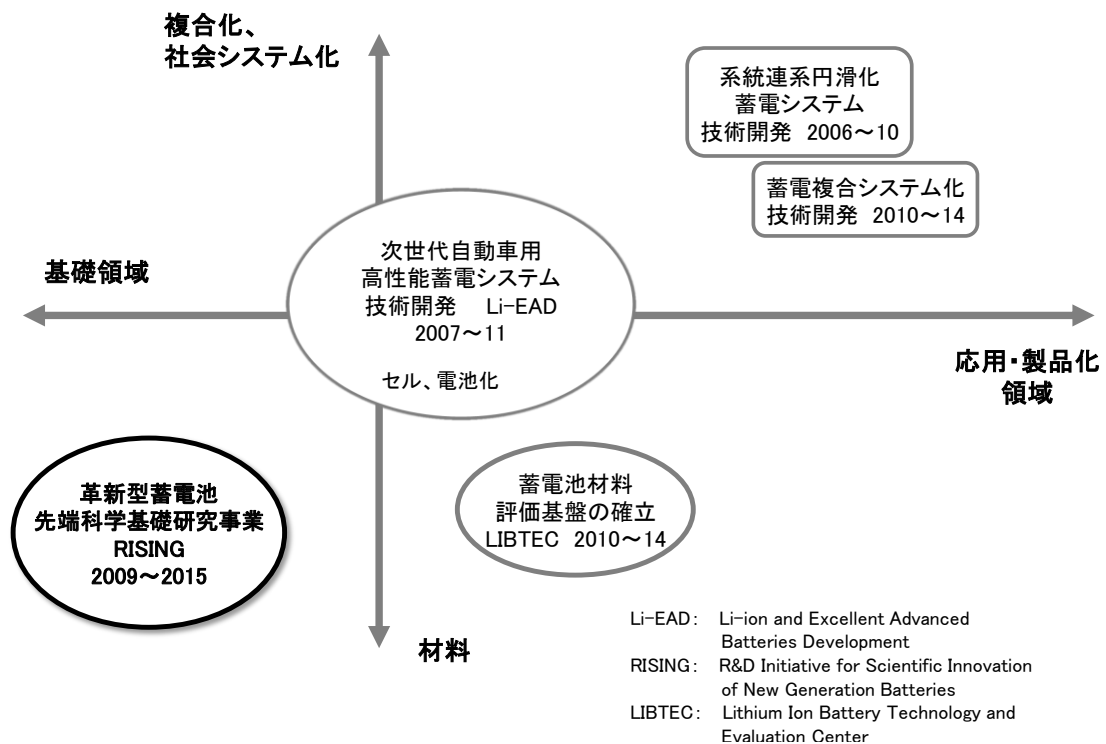


図1.1-4 NEDO蓄電池関連事業における本研究事業の位置づけ

国の政策としての方向付けでは、「第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）」において、2030年頃を目処にさらに高性能化・低コストな新しい電池の開発により、クリーンエネルギー自動車の性能向上を図ることを目標に「電力貯蔵技術」が戦略重点科学技術として選定され、また、「経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）」においては、新世代自動車向け電池は、世界をリードする新産業創出の重点技術と位置付けられた。その後、「次世代自動車用電池の将来に向けた提言（新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会；経済産業省2006年8月）」、「次世代自動車・燃料イニシアティブ（経済産業省2007年5月）」、「Cool Earth－エネルギー技術革新技術計画（2008年3月）」を経て、蓄電池は、2006年時点での容量100Wh/kg、価格20万円/kWhに対して、2030年頃には、容量7倍、価格1/40を目指す、重要な戦略的革新技術開発課題として挑戦的な目標値が定められている。

本研究事業開始後、第4期答申（2010.12.24）「科学技術に関する基本政策について」に「蓄電池重要性」が引き続き織込まれ、また、平成23年度概算要求の科学・技術関係施策の優先度判定では、平成22年初年度の「S判定」に続き「優先」判定を受けている。

産学官が結集して取り組む本研究事業は、グリーン・イノベーションを目指し、継続的に技術・産業のシーズを創出するとともに、新たなイノベーションのための産学官協働の場作りを担って進めること、以上、「革新シーズ創出と協働の場作り」が大事な使命である。

2. 事業の必要性について

我が国のこれまでの「LIBに関連する技術開発と市場開発」での競争優位を活かし、次代の革新的な蓄電池技術を創出し、国、地球、各レベルでの、グローバルな地球環境維持へのエネルギーシフトの大変革とビジネス機会獲得に資するため、本研究事業は不可欠である。

革新的な蓄電池を目指し、本事業では従来からのLIBとポストLIBの二つの研究が展開されている。

例えば、LIBにおいては、様々な材料や反応界面における現象解明が現状まだ不十分である。現象論的には捉えられていても、反応メカニズムからの解明や、ナノレベルでの解明までは行えてはいないのが現状である。反応界面の現象は材料の局所的な変化を伴うために、電池が作動している状態での現象解明が重要であり、その結果が材料の創出や界面の制御に極めて有益である。電池の耐久性・安全性・信頼性といった工業的に求められる諸特性を論理的に明示するには、これらのメカニズムや材料の限界を元にしなければ困難である。電池を構成する、種々の電極材料や電解質の材料系や反応界面における電気化学反応のメカニズム解明を元に、電池セルとしての安定な充放電を制御できるレベルに応用していくことになる。電池内部での、温度差、濃度差、イオンの拡散、電位などの変化や、価数の変化などにより、構成元素間や材料における反応速度の違いや異種反応を制御し、局所構造とセル内の反応メカニズム、界面現象、材料や界面の構成・修飾方法について解明していかなければならない。

また、ポストLIBといった新概念の創出を伴うより高い目標を実現するためにも、反応メカニズムや材料の特性を論理的に明らかにしていくことは不可欠である。

本研究事業では、「粒子・原子レベルでの電気化学反応の高度な解析」→「解析結果に基づく反応メカニズム原理の解明」→「電極、界面の部材設計および修飾製法」、この3つのアプローチを、有機的に連携して三位一体で進めることで、ブレークスルーを可能とする。

我が国は、SPring-8の放射光、J-PARCの中性子と、世界トップレベルの高度な、原子・分子レベルの電子状態や結晶構造を解析する技術を有している。これを電池の電気化学反応メカニズム研究向けに高度に特化し、このプロジェクトの世界トップとなる強み技術のひとつとすべく進められており、すでに、1ms、10nmレベルで、時間空間分解能の手

法を開発しつつあり、2011年度中に開発予定の専用ビームラインでは、ビームの強度、安定性で世界トップ、しかも、電池専用のビームラインであり、世界最強の開発を進めることができる。

このような高度な基礎科学領域への挑戦アプローチを進めつつ、グローバルに急進展している、各国政策主導での技術開発や市場整備投資の強化状況や、企業による産業化競争状況に応じ、素早く的確に、市場投入可能な技術へのトランスファーを図るために、産官を加えた、三者一体の取組が不可欠である。

グローバルにLIBの研究業績で世界のトップリーダーのひとつである京都大学を拠点として、学内多分野の研究者が集い、LIBや先進材料や解析技術で世界的に特徴ある研究実績のある、大学、公的研究機関が連携して研究ネットワークを組み、自動車、蓄電池、両業界からは、グローバルに優位を築いてきた事業活動を通じ、基礎から応用への技術開発経験のある技術者が拠点に集結した。さらに、NEDOが拠点に常駐して研究開発マネジメントを連携して担い、強い産学官連携体制を作りつつある。この体制により初めて、大きな塊の技術課題を設定して、基礎から製品出口まで一貫した技術創出を図り、また、グローバルな競争状況下で、予想を超えて進展する状況変化にフレキシブルに素早く対応して、研究開発に関わる種々のマネジメント方策を産学官で連携して進めうる、新たな「協創の

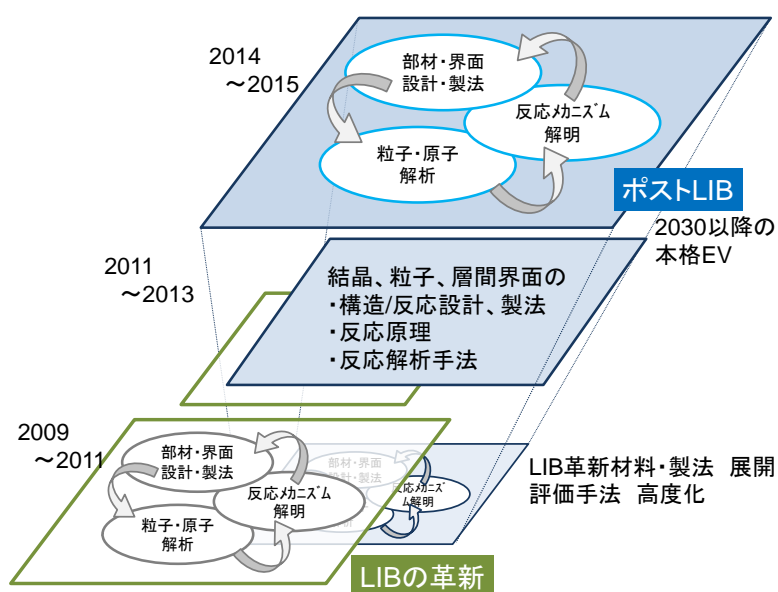


図 1.2-1 革新型蓄電池の研究アプローチ

場」作りを進めることができる。

従来の一般的なプロジェクトでは、個別課題に分解して、大学・研究機関・企業が、分散・分担して取り組むスタイルであり、大きな塊の技術課題目標に向け、相互の相乗作用を活かし、研究開発の質と加速を図るのは難しい。欧米が日本に倣うように大規模プロジェクトを計画推進し始めているが、日本キャッチアップ目標を掲げ、分散連携スタイルが主であり、出口につなぐ実効ある研究として軌道にのるには時間がかかると予測される。また、中国は元より産学官一体で、韓国は産業化サイドからの取組みを政策的に強化している。

このような各国の取組みに対し、日本は、産学官一体の陣容で研究スピードを上げて取り組む研究開発マネジメントが必須となる。本事業開始後、立ち上げスピードを重視し、強力なリーダーシップと、比較的コンパクトな産学官一体の陣容で、研究基盤を構築してきており、今後は、3つの技術アプローチを何回も繰り返しながら有機的に連携を進めつつ、研究進展と内外の情勢に応じて、機を捉えてフレキシブルに体制強化を進めることが重要である。

3. 波及効果について

蓄電池研究開発のグローバルな競争激化は、地球規模でのGHG削減の源泉となるコア技術ゆえであり、継続的に他国に先んじて革新技術を創出できなければ、先進電動化車両の事業機会を失い、旧来の車両は市場から撤退を余儀なくされる。つまり、投資の原資を失えば、次への事業化投資は勿論、研究開発投資縮小への連鎖反応も招くことになり、二重三重に再起が難しくなる。

以下、本研究事業の目的に鑑み、1) 国内外、電動化車両と車載蓄電池のビジネス機会への波及、2) 産学官連携の新たな「協創の場」作りによる波及の二点について述べる。

1) 国内外、電動化車両と車載蓄電池のビジネス機会への波及

国内、各国間で共有している目標ガイド、および、現状の日本企業の自動車の世界シェア30%に基づいて試算すると、LIB市場において、2020年では0.4兆円、2030年では0.8兆円の事業機会になる。耐久寿命・効率・コストに競争力のある、革新的な蓄電池技術を保有することによる、ビジネス機会は非常に大きい(表1.3-1)。

また、日本は、蓄電池の研究開発を含め、6つの戦略で次世代自動車戦略(図1.1-3)を実行している。国ごとの事情に応じた社会システムとしてのインフラや関連エネルギーマネジメントシステムについても、大きくグローバルな事業機会を狙って、統合的に進めており、本研究事業の成否は大きなウェイトを占めている。

2) 産学官連携の新たな「協創の場」作りによる波及

多様な専門家が結集して、多様なアプローチで一つのゴールに向かうことにより、新しい基礎科学分野の開拓にも波及することを期待できる。また、結集した企業研究者が多様な基礎技術を身につけ、将来の事業化開発力を強めることへの波及も期待できる。拠点をコアに参画している、企業、大学、公的研究機関、それぞれの相互の連携も、相補という

よりは複合相乗して、これらの力のシナジーにより高度な研究開発を目指すことができる。放射光や中性子、核磁気共鳴など、それ自体も世界トップレベルの解析技術の研究者が、蓄電池が抱えている、固体物性、界面化学反応、結晶化学などに関わる複合的な課題解決を通じて、課題を理解共有することにより、オープンに深く探求できる場を形成することができる。これらのシナジーの中から革新的なアイデアを生み出すことが求められている。さらには、将来を担う若手研究者や企業開発者が成長する機会としても、重要な場となる。プロジェクト中は勿論のこと、終了後についても、関連機関との連携の元に、基礎技術開拓を継続できるような、世界をリードする拠点としての位置付けが重要となってくる。

表 1.3-1 革新型蓄電池の市場規模 試算

		2020		2030	
		EV	PHEV	EV	PHEV
日本	市場台数 万台	30 万台	70 万台	50万台	100 万台
	搭載蓄電池 容量 (航続距離)	20 kWh (200 km)	2 kWh (20 km)	50 kWh (500 km)	2 kWh (20 km)
	蓄電池 価格 (円/kWh)	40 万円	4 万円	25 万円	1.0 万円
		(2万円/kWh)		(0.5万円/kWh)	
	蓄電池 トータル	1200 億円	280 億円	1250 億円	100 億円
1480 億円		1350 億円			
世界	市場台数 万台	250 万台	500 万台	1000 万台	2000 万台
	搭載蓄電池 容量 (航続距離)	20 kWh (200 km)	2 kWh (20 km)	50 kWh (500 km)	2 kWh (20 km)
	蓄電池 価格 (円/kWh)	40 万円	4 万円	25 万円	1.0 万円
		(2万円/kWh)		(0.5万円/kWh)	
	蓄電池 トータル	10000 億円	2000 億円	25000 億円	2000 億円
		12000 億円		27000 億円	
世界シェア30%	0.4 兆円		0.8 兆円		
注記: 日本:全需500万台、EV/PHEVは、1/2の率で、2020は全需の20%、2030は30% 世界:全需 2020 8000万台、2030 12000万台 EV/PHEVは1/2比率で、2020 8%、2030 25% (WBCSD、IEA試算)					

4. 国内外の情勢について

日本、アメリカ、欧州、中国、韓国について、それぞれの取組状況の概要を表 1.4-1(a)、(b)にまとめた。IEA や IPCC など、グローバルな CO₂ 削減目標や、電動化車両の導入目標について共有が進みつつあるが、各国、各地域の、研究開発、産業、エネルギー事情などに応じ、目標値の置き方や導入年度が異なっている。総じて、日本が先行している。以下、各国別に述べる。

表 1.4-1 (a)各国の蓄電池と省エネルギー先進自動車への取組状況 (国策)

国、地域	取組み状況、目標ガイドライン (CO ₂ 削減▲、省エネ車◇、蓄電池☆)				国・地域取組み 説明
	2010	'20	'30	'50	
グローバル			50%削減 ▲	◇新車の 30%	IEA のガイドに沿えば、EV、PHEV の世界販売は、2020 年 800 万台、2030 年 3200 万台となる (EV 比率 30%)。
日本			◇新車の 50%	◇新車の 70%	省エネ車、革新蓄電池を、グリーン・イノベーションの重要技術として位置づけ、現時点で世界一の競争力の維持・強化を図っている。他国に先行して世界トップの目標ガイドを掲げて取り組んでいる。
アメリカ	◇2015	EV100 万台		☆2014 200Wh/kg、\$300/kWh	オバマ大統領就任後、アメリカ復興プランの目玉として、電動化重視が強まり、研究から産業化支援まで、広範に豊富な資源の投入を進めている。
欧州	◇2015	EV100 万台		☆2015 175Wh/kg、 ☆245Wh/kg	日米の後を追いつき、EU 協同で電動化への取組が強化されつつある。
中国	◇2011	EV 50 万台		◇新車の 20% (全需予想 2000 万台)	急激な経済成長下、電動化についても、世界の工場を目指して取組み始めている。LIB 産業育成、主要 25 都市での EV 社会試行を進めており、2011 年～2015 年の国家研究計画でも重点分野として強化される。急成長の自動車国内市場(2010 年 1600 万台) を強みにしている。
韓国			◇EV 新車 10%	☆性能 2 倍、価格 1/5 生産シェア 世界一	蓄電池の産業化政策が主体。素材から製品まで一貫した世界拠点を目指している。

表 1.4-1 (b) 各国の蓄電池と省エネルギー先進自動車への取組状況 (技術・事業化)

国、地域	蓄電池 技術開発、事業化開発 競争力の状況		
	研究開発競争	事業化競争	説明
グローバル	—	—	日本の LIB 世界シェアは、2000 年 80%から 2009 年 40%で、韓国、中国が急伸長している。
日本	◎ トップ基礎から応用まで広い	◎ トップ世界をリードしている	論文、特許、生産で、世界をリードしているが、円高、韓国・中国の追上げもあり、世界市場の拡大機会に向け、目標を早期達成できるよう、一層の継続強化が必須。

USA	◎ 基礎が強い 応用は弱い	○ 産業化で後手	全米の国研、拠点大学、蓄電池と自動車関連企業に、広範に資金を投入しており、元来の優れた基礎研究実績も考えると、革新的な技術創出の可能性はあり、手強いライバル。
欧州	◎ 基礎が強い 応用は弱い	○ 産業化で後手	蓄電池メーカーが少ないので、EU内の産業振興には時間がかかる。革新技術創出の研究基盤は強い。
中国	○ 基礎から応用 まで広く強化 中	○ 急速に追上げ 中	急増する自国市場向けを背景に、蓄電池、電動車とともに、基礎から製造、まで、最も手強いライバルになるポテンシャルがある。
韓国	○ 応用重視で強 化中	◎ 急速に追上げ 中	蓄電池、自動車とともに、グローバルに急成長してきた実績あり、手強い。

1) 日本

前述の図 1.1-3 に示した、6つの戦略に基づく経済産業省のグリーン・イノベーション施策のもとで、国内産業振興、国際的な競争力確保、国際協調の観点から、総合的な取り組みとして進めている。将来に向けて長期的な観点からの研究開発では、「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」が、目標値、研究アプローチ、体制ともに、世界トップのプロジェクトである。

2) アメリカ

2009年8月、オバマ大統領はARRA（アメリカ再生投資法）に基づき、自動車電池製造およびEV普及促進に関する助成を宣言した。また、2011年1月の一般教書で、アメリカが2015年迄に世界で最初にEV100万台走らせ、2035年にはクリーン電力比率を80%とすると宣言した。2010年時点では、総額28億ドル規模の計画になっており、先進蓄電池およびEV製造関連に15億ドル、EV関連部品5億ドル、充電インフラや推進拠点基盤に4億ドルが配分され、先進蓄電池や先進自動車の研究開発には4億ドル相当と多額が配分されている。

主たる研究開発は、①VTP（Vehicle Technologies Program）、②ARPA-e（Advanced Research Project Agency-Energy）、③BES（Basic Energy Science）の3プログラムで進めている。

①VTP： 先進自動車に関連する総合的なプロジェクトで、2～3年の短期的な目標でマネジメントしており、2011年予算は325百万ドルで、内、蓄電池と電動機構に120百万ドル配分されている。蓄電池については、動作条件や車両仕様を細かく設定し目標値を定めている。電動化はHEV、PHEVを想定し、1200ドル/kWh(2008)から300ドル/kWh(2014)と、短期取組では、日本の目標（図 1.1-1）と同レベルの目標になっている。蓄電池のR&Dは、ABR（Applied Battery Research）で、エネルギー省傘下のアルゴンヌ、ブルックヘブン、ローレンスバークレー、サンディア、アイダホの、5つの国立研究所で連携して進めている。

②ARPA-e： エネルギー関連のR&Dを統括したプロジェクトで、輸送用の蓄電池は、BEEST（Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation）プログラムで進め

られる。約 50 百万ドル/3 年間の予算で、LIB 革新、ポスト LIB、キャパシタなど、14 プロジェクトを進め、現在、予算を増額して 2012 年以降の第 2 期計画を進めている。LIB、ポスト LIB については、300~500 マイル走行/1 充電、ガソリンタンクと同容量の蓄電池サイズ、充電時間は 15 分程度と、現時点では、将来技術なので大まかなガイドになっている。3 年毎の短期更新で、大学、研究機関、ベンチャー系に分散して実施するスタイルで進めている。

③BES： 全米 40 余の国立研究所を統括して進めるプロジェクトで、その統括下、2010 年にエネルギー関連の基礎的な研究を担う、Energy Innovation Hub が作られ、その元で「Batteries and Energy Storage Hub」が、輸送用蓄電池を担っている。2011 年予算は、初年度分 10 百万ドル込みで 34 百万ドルで推進中である。蓄電池目標は、ARPA-e と同様だが、研究期間が 5 年で複数機関での研究であり、ARPA-e は 3 年以内で単独機関とフォーメーションは異なる。

先進研究に加え、国内産業振興の観点から、先進蓄電池製造関係の 15 億ドルは PHEV 向けへの重点的投資で、2011 年末までに 10kWh 級 5 万ユニット、2015 年に 10kWh 級 50 万ユニットの製造能力を目標に掲げ、原材料製造とリサイクルに 0.4 億ドル、蓄電池セルおよびパッケージ製造に 14.6 億ドルが、20 社に配分助成されている。

以上、米国は、LIB およびポスト LIB と、EV および PHEV の電動機構技術について、基礎技術から事業化支援まで幅広く、豊富な資源を投入して支援プログラムを充実させてきており、事業化基盤と国内市場作りが進むと強力なライバルになる。現時点では、豊富な基礎研究開発資源が国内に分散しており、要素としての基礎技術創出は期待できるものの、製品として強みを持つまでの進展には時間がかかると思われる。

3) 欧州

EU 各国が集う場として、ICT4FEV (Information and Communication Technologies for the Full Electric Vehicle) が設置され、EV 開発プログラム EGCI (European Green Cars Initiative) を進めている。EGCI は、フル EV を、2020 年代初め、1.5 万ユーロ/台の普及を目標に掲げ、総額 50 億ユーロ、R&D に 10 億ユーロの予算が生まれ、2010 年 11 月時点では、108 百万ユーロが 30 プロジェクトに配分されている。EGCI は、EERP (European Economic Recovery Plan) が資金元になっている。EU 各国協調で、総合的な先進自動車 (E3CAR : Energy Efficient Electrical Car) ドライバ支援システム、路車間の情報通信、充電システム、複合化パワートレインシステム、さらには実証試験などを推進している。

EU をリードしているドイツとフランスの代表例をあげる。

・ドイツ： 2020 年 100 万台の EV を目標に掲げ、経済技術省 (BMWI)、運輸交通省 (BMVBS)、環境省 (BMU)、教育研究省 (BMBF) の 4 省連携で、2009 年~2011 年の 3 年間プロジェクトの、先進自動車 (e-mobility) を推進している。蓄電池の電気化学反応の研究開発と製造技術もカバーし、国内 30 余の研究機関が連携して、30 百万ユーロの予算で取り組んでいる。2011 年 1 月には、種々の蓄電池研究を進める新しい研究拠点が、ヘルムホルツ研究所、ウルム大学、カールスルーエ大学などが連携し、予算 5 百万ユーロで設立されてその中核を担う。

・フランス： 2020年、EVとPHEV合わせて2百万台、充電ステーション4百万ヶ所の目標を掲げ、2008年～2012年の5年間で予算200百万ユーロで、ULC-V (Ultra Low Carbon Vehicle)を進めている。2015年中に充電ステーションの設置完了めざし、2009年に予算15億ユーロの予算を計上した。

欧州は、日米の取組を追うようにプログラム作りを進めている。蓄電池についての基礎的な研究では強みを持っているが、現計画は、従来LIBの延長戦での改良と、改良LIBを先進自動車に適用するための電動化のためのパワー半導体や電力制御技術への取組み、実証試験などが主となっており、革新的なLIBやポストLIBのための基礎技術開発、さらに、それらの蓄電池事業競争力を高めるには時間がかかると思われる。

4) 中国

2011年末、EVとHEV合わせて50万台、2020年には15%の目標を掲げ、ここ数年に200億人民元の予算が投入され、電動化のR&Dおよびインフラ整備を進めている。2009年から始めたアメリカとのクリーンエネルギーの協同プログラムは、150百万ドルに増額、世界的な連携も強めながら進めている。未知数的な部分が多いものの、米国留学した研究者が多数で、論文投稿数も増えており、LIB生産の世界シェアも2008年以降15%を超え、ここ数年での伸びは著しい。世界一のエネルギー消費国であり、自動車市場も急増し2010年国内全需は1600万台に達している。中国は、電動車、LIBの国内需要で世界最大の事業機会を有しており、今後、産業化と研究開発の加速が進められると、日本にとっては最大の脅威となる。

5) 韓国

2020年にLIB生産世界一と産業化に重点をおいた目標を掲げ、産官一体で、グローバル展開を進めて急成長している。2009年には、サムスンSDIとLG化学の2社で、LIBの世界シェアで30%を超え、韓米欧の自動車メーカーとの提携により、電動車向けの事業機会づくりを積極的に進めている。さらに、日本メーカーをキャッチアップするのみならず、グローバルに展開しており、アメリカ企業と合弁でアメリカに蓄電池製造拠点を設けるなど、事業展開のスピードは速い。なお、電動車、ポストLIB、ともに、研究開発力は未知数だが、現代・起亜自動車グループは自国市場が小さいハンディを乗り越え、世界販売600万台規模で世界トップ5の目前まで急成長してきた実績もあり、サムソン、LG化学との連合体制を整え、グローバルに産業化主体で進める手強い競争相手である。

以上、LIBおよびポストLIBの革新的な性能向上に向け、日本の取組みが先んじているものの、今後、世界各国の急速な追い上げが予想される。研究開発力では、日本、米、EUがリードしており、潜在ポテンシャルでは中国が2番手に位置し、事業化支援への国家的な取組としては、日本、米、中国、韓国がリードしている。急成長している大きな市場機会を自国内にも持つ中国は、自国の事業機会を元にグローバルにもリーダーとなるポテンシャルがあり、日本にとっては最大のライバルとなる可能性があるため、今後の動向には注意を払わなければならない。

第2章 研究開発マネジメントについて

1. 研究開発の概要

本研究事業は、蓄電池の革新を目指した基礎研究を行うことにより、2030年に500Wh/kgの蓄電池開発に結びつく新たな基礎技術とその開発指針を得ることを目指すものである。この極めて挑戦的な目標を実現するために、これまでの分散した委託研究や共同研究といった従来スキームではなく、大学・研究機関や企業等による英知を結集させたコンソーシアム形式の研究開発事業とした。すなわち、競合メーカーも含めた産業界からの人材が、拠点となる大学へ集結して研究事業を推進する形態である。そのためには新しい現場密着型の研究推進、つまり拠点における組織的な研究開発ならびに研究開発管理へも挑戦することが必須であり、NEDOとして初めての「直轄型共同研究事業」に際して、以下の点に留意した。

- ・従来の従来の蓄電池プロジェクトが「応用技術」、「システム」を主流としているのに対して、本研究事業は「基礎研究」、「材料(物質・界面)」に立ち帰った先端科学の取り組みが重要。
- ・諸外国の競争相手に打ち勝ち、「蓄電池技術立国日本」を実現するためには広く英知を結集し、その成果を素早く事業展開に移すことが必要不可欠。
- ・グローバルに激化している国・地域レベルの政策を背景にした競争に勝つために、拠点や各分散拠点の事情を組み込んで、素早く柔軟に体制強化を図る方策実行が不可欠。

本研究事業の実施にあたっては、NEDOが2008年に策定した「次世代自動車用蓄電池技術開発ロードマップ」における産学官からの各種ヒアリングに加え、国内外の技術開発動向等を幅広く情報収集を行うとともに、様々な企業への個別ヒアリング、産学官による検討会、2009年1月には200名超の参加者によるワークショップを開催し、論議を積み重ねて本研究事業の根幹となる基本計画の検討に着手した。あわせて、NEDOホームページ上で事業概要を公表して意見を求める「NEDO POST」制度により、一般国民からの意見を幅広く募集を行い、基本計画策定へとつなげた。

本事業は2009年6月に採択され、7月から本研究事業が開始された。これらの流れを図2.1-1に示す。

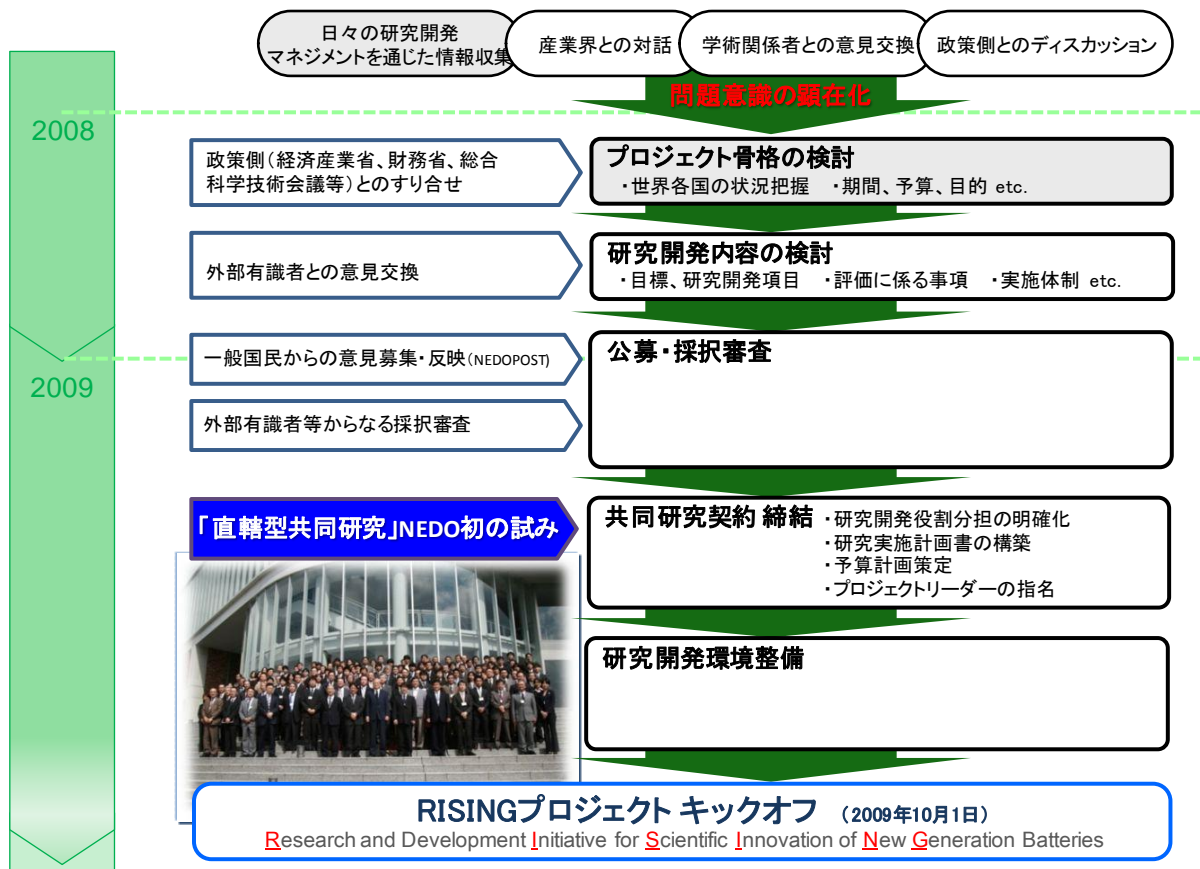


図2.1-1 本研究事業立ち上げまでの準備状況

2009年10月1日には参画機関関係者によるキックオフミーティングを行い、本研究事業をスタートさせた。本研究事業「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」の英語名称 Research and Development Initiative for Scientific Innovation of New Generation Batteries の頭文字を引用して「RISINGプロジェクト(RISING事業)」と称している。

次に、本研究事業の目指す姿・ミッションについて記述する。「革新型蓄電池の実現」による日本製革新電池の産業展開を図るべく、本研究事業のミッションとして3つ掲げた。

- ・「真に革新的な蓄電池」の実現
- ・「現象解析の新技术」への挑戦
- ・分野横断的な「新たな蓄電池コミュニティー」の形成



図2.1-2 本研究事業の目指す姿・ミッション

「電池反応機構の解明」、「材料革新」、「革新電池」これらのスパイラルアプローチで、2030年「革新型蓄電池の実現」を目指す。電池開発・材料革新と解析技術との間には密接なコラボレーションが必要であり、これら3つの研究サイクルを幾度も回していくことになる。研究過程での成果・知見については、随時、現行LIBの改良手法に適用したり、新解析技術を産業活用に展開したり、材料指針に基づいて材料メーカーにて実証検討するなど、積極的に産業界へのトランスファーを展開していく。

こうしたスパイラルな研究と参画機関と法人間のコラボレーションを重ねることにより、本研究事業が、電池研究に関する“情報交差点”としての役割を強め、知見の集積を図ることが可能になる。「新たな蓄電池コミュニティー」の形成には、このような継続的な取組をコアにする。NEDOが取り組んでいる海外研究機関等との国際連携や、国際ワークショップおよび国際会議などの開催も「蓄電池コミュニティー」作りに有効な場として活かすことができる。このコミュニティーと関わることによって、電池関連の研究者は自らの成長を実感することができ、大学・研究機関、関連企業等にとって本研究事業に関わるメリットは大きくなると期待できる。こうして、蓄電池技術立国日本の優位性を拡大させて揺るぎないものにするに本研究事業が貢献できる。

次に具体的研究概要について述べる。これまでに開発されてきた最も高性能な蓄電池はリチウムイオン電池(LIB)であり、小型携帯機器用電源として急速な発展を遂げてきたが、未だその限界まで性能が引き出されているとは言えない。LIBはプラグインハイブリッド電気自動車、電気自動車用電源としても期待されているが、エネルギー密度、出力密度、耐久性、安全性、温度特性等を大幅に向上させる必要があり、その課題は多い。また、電気自動車の航続距離を拡大させるためにはLIBをはるかに凌駕する性能を示す画期的な革新型蓄電池（ポストリチウムイオン電池）の開発も望まれている。

LIBの電極は電池活物質、結着剤、導電材など多様な部材で構成されている。電極内では電子伝導性、イオン伝導性が十分に高いことが要求され、またセパレータ内でのイオ

ン伝導も速やかに起こることが必要である。電池の充放電反応時にはリチウムイオンの電解質相と電池活物質相間での電荷移動反応が生じ、リチウムイオンは活物質内を拡散する。リチウムイオンの拡散により活物質内では格子の再編が行われ、相変化をもたらす。リチウムイオンの活物質と電解質界面間での移動は原子・分子レベルであり、0.1nmのオーダーである。一方、電気自動車用LIBの電極層の厚みは数十 μm であり、さらに電池高さは数十cmである。従って、nmから μm 、さらには数十cmの範囲でLIBの充放電反応を捉える必要がある。

電気自動車用LIBでは大電流を流すため、活物質、合剤電極、セパレータ中でリチウムイオンの高速な移動が求められる。この時の課題と反応を捉えるスケールの例をいくつか示す。

- ・電極合剤層の電子伝導性の低下
 - 活物質と導電助剤のコンタクトが失われる (サブ $\mu\text{m}/\mu\text{m}$)
- ・合剤層電解質の挙動
 - 大電流下で電解質の分布が不均一となる (μm)
- ・活物質/電解質界面層の電荷移動抵抗の変化
 - 活物質の構造変化や表面被膜生成のため有効反応サイトの低下(0.1nm)
- ・電極の大面積化の問題
 - LIBの電極の厚みは数十 μm 程度のため、車用大型電池向けには電極を大面積化する必要がある。そのため、電流密度分布が不均一になる部分があり、局所的に過充電、過放電状態になるため、LIBの劣化を招き、また安全性が低下する。
また数十 μm の厚さ方向にも反応分布があり、また、粒子1個の中にも表面とバルクでは数~数百nmのオーダーで分布があり、それが劣化や不安定化を招く。

電気自動車用LIBの飛躍的性能向上をはかるためにはnm~ μm レベル、さらには数十cmで反応の解析をする必要がある、従来にはない、高度な解析技術の構築が必要不可欠となる。

当初、基本計画として(1)高度解析技術の開発 (2)電池反応メカニズムの解明 (3)革新型蓄電池の基礎研究の3項目を掲げた。具体的な実施計画の段階では、①「高度解析技術開発」、②「電池反応解析」、③「材料革新」、④「革新型蓄電池」の4項目を設定し、項目毎に研究グループを形成して革新型蓄電池の包括的基礎研究を推進することとした。3つの基本計画と4つの実施項目との相関について、図2.1-3に示す。

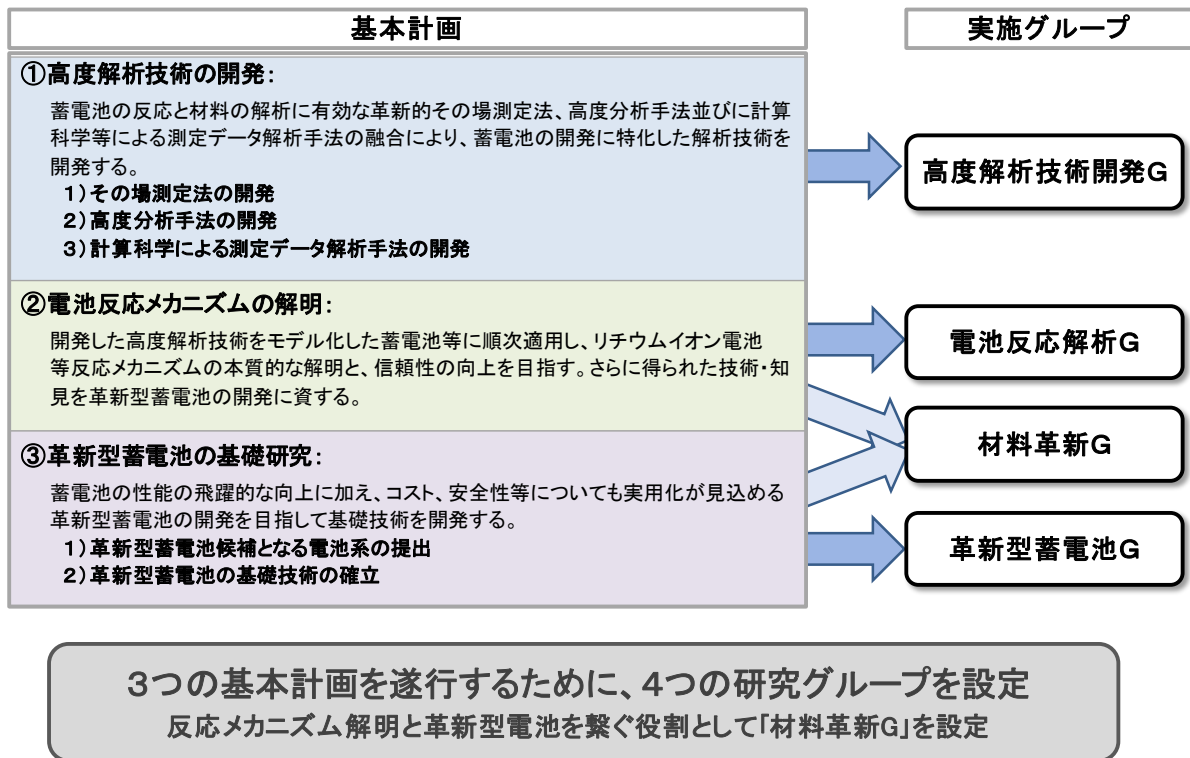


図2.1-3 3つの基本計画と4つの実施グループの関係

2. 研究開発目標

本研究事業の最終目標を図2.2-1に示す。本事業においては、革新型蓄電池の創製に不可欠な高度解析技術および電池反応メカニズムの解明により、材料および電池システムの革新的手法を得ることを目指す。その上で2030年に現行技術水準の5倍（500Wh/kg）以上のエネルギー密度が期待できる蓄電池を実現するための処方案を提案することを目指す。その際に、3倍以上のエネルギー密度を達成し、初期サイクル安定性を確保する電池を実際に検証することを目指す。

[7年間の最終目標]

1. 開発した分析手法を用いてリチウムイオン電池（不安定反応現（寿命劣化、不安定ニズ解明）現象の解決を図る
2. 現行技術水準（注）^{3倍}以上のエネルギー密度を誇る革新型蓄電池について、小型電機（注）^{3倍}として3倍以上のエネルギー密度及び初期（注）^{3倍}サイクル蓄電池の基礎技術確立5倍以上のエネルギー密度を

（注）現行技術水準とは、「次世代自動車用電池の産業省製造産業局（注）^{2010年（平成22年）}課において記載されている電気自動車用蓄電池の現状の重量エネルギー密度である100 [Wh/kg]を意味する。

世界に先駆けて0.7Wh/kgのチャレンジングな目標

図2.2-1 本研究事業の最終目標

3. 研究開発計画

本研究事業の実施期間は平成 21 年度（2009 年度）から平成 27（2015 年度）年度までの 7 年間である。フェーズを大きく 3 つに分けて、革新型蓄電池の実現を目指して取り組む。

- ・第 1 期...方向性確認とコンテンツ形成
- ・第 2 期...反応メカニズム解明と革新電池の方向付け
- ・第 3 期...技術確立と成果の実用化

	年度	中間評価			中間評価			
		2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)
全体計画		【第 1 期】 方向性確認と コンテンツ形成		【第 2 期】 反応メカニズム解明と 革新電池の方向付け		【第 3 期】 技術確立と 成果の実用化		
高度解析技術開発G		ビームライン建設立ち上げ		ビームライン(放射光、中性子)本格的解析				革新型蓄電池の実現
電池反応解析G		ビームライン開発等、 高度解析技術の開発		装置の改造等、高度解析技術の 更なる高機能化				
材料革新G		研究開発成果		研究開発成果		研究開発成果		
革新型蓄電池G		電池反応メカニズム、劣化メカニズムの解明		リチウムイオン電池の革新のための材料開発方向の指針				
革新型蓄電池G		活用		活用		活用		
革新型蓄電池G		革新型蓄電池の開発および評価技術の確立						活用
予算(百万円)		3,000	3,446	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

グループ毎に目標設定し、研究成果を相互活用して事業目標達成を図る

図 2.3-1 本研究事業開発計画の基本スキーム

	2009年度	2010年度	2011年度	
高度解析	a. ex/in situ 研究環境	SPring8ビーム建設 XAFS, XRD, PES 手法 ex situ 手法 NRD 手法 ex situ 手法	手法、セル 開発 XAFS, in situ 手法	J-PARCビーム建設 in situ 化
	b. 計算科学	熱力安定、物質移動計算手法 電子分光解析 手法	高磁場核スピンスystem 電子/スピンス密度、手法	適用確認 適用確認
電池反応解析	a, b 電極反応と劣化解明	電極作製、キャラクタリゼーション	in situ 測定・解析	
	c. 新規電解質/電極界面反応解析		電極・電解質設計、in situ 測定・解析	
	d. 電池内反応分布解析		ラマン分光測定系の開発、熱分析	
	e. 電池内部状態解析		解析手法開発、劣化評価と解析	
	f. 電子線ホログラフィー		解析手法開発、メカニズム解明	
	材料革新	a. 正極/電解質界面安定化	被覆材料、電解質 評価・選定	安定化効果 機構解明、手法評価
b. 高電位正極			合成法、特性評価 反応機構 解明	
c. 高容量負極			合成法、特性評価 反応機構 解明	
d. 層状岩塩型材料の反応制御			合成法、特性評価 反応機構 解明	
e. 高容量、高電位フッ化物系物質			合成法、特性評価 反応機構 解明	
革新型蓄電池	金属-空気電池 多価負極 電池	dendrait 生成条件 解明 負極変化 測定法、抑制法 提案	多電子反応系開発	
	ナノ界面制御 電池 固体化 電池	多電子移動電極、ハロゲン化物電極 反応検証 電極/界面 提案、検証		

図 2.3-2 グループ別の研究開発計画

4. 研究開発の実施体制

(1) 本研究事業の体制と重視したマネジメント

本研究事業は、「直轄型共同研究」として、京都大学および産業総合研究所関西センターに拠点を置き、集中研方式による研究推進を行う（図2.4-1参照）。前項の研究計画に沿って、4つの研究グループを構成した。これにより、産学官24法人によるAll-Japan体制を構築した。サテライト7拠点（分散拠点）においても、4つの研究グループと有機的な連携を行う（図2.4-2）。

また、本研究開発事業の運営管理にあたり、参画法人・機関による効果的かつスピードの速さを意識した研究実行を目指し、①「中長期的な方針や年度単位での、諸環境要件を織り込んだマネジメント」、②「日々および研究現場での研究進展のマネジメント」、③「研究拠点と、参画メンバー間の相互の連携強化のマネジメント」、④「上記①～③を実行するための諸方策作りのマネジメント」の4項目を重視して、本研究開発事業のマネジメントの枠組みを定めた。

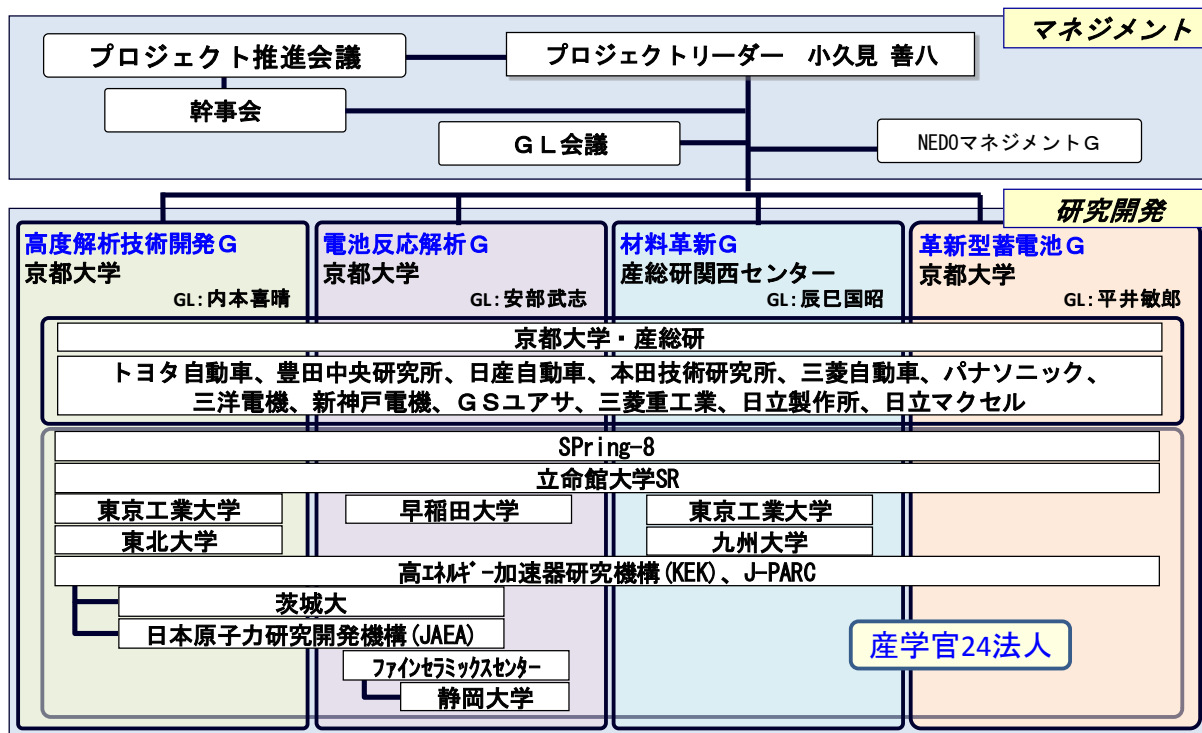


図 2.4-1 本研究事業の体制

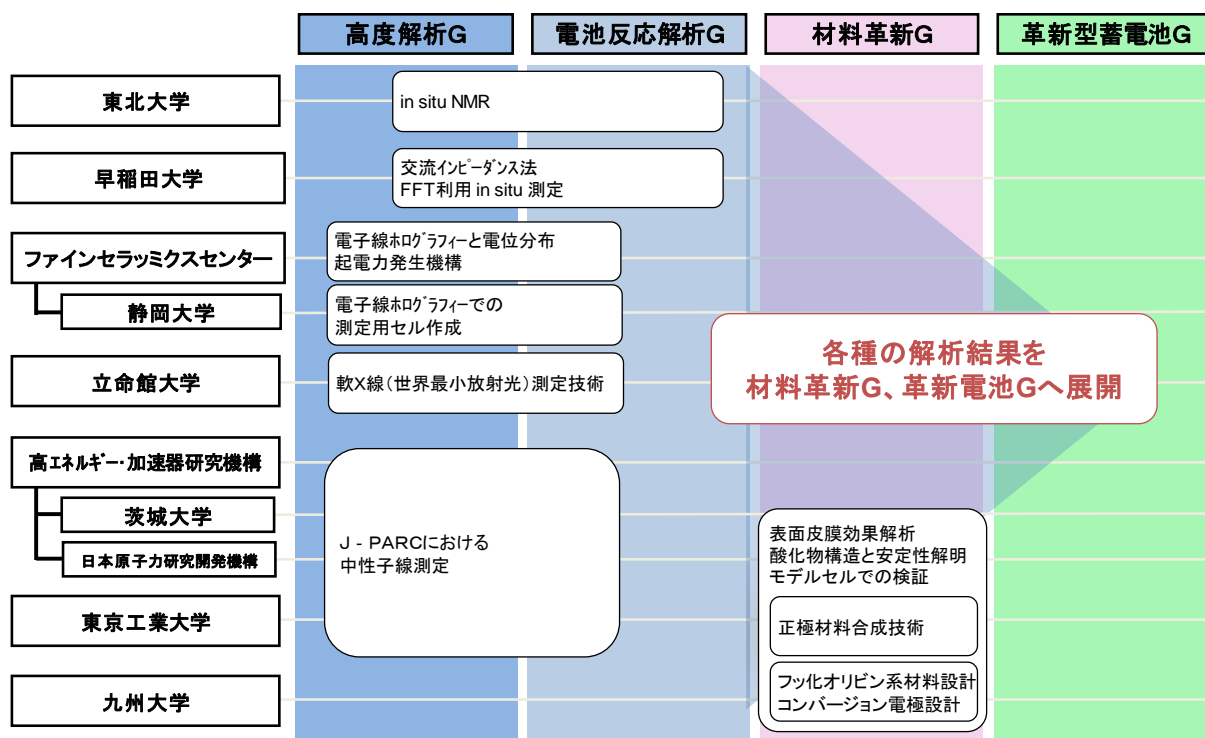


図 2.4-2 分散拠点（サテライト）と研究グループとの関係

(2) 本研究事業のマネジメント体制

1) プロジェクトリーダー（PL）のマネジメント機能

本研究事業のプロジェクトリーダー（PL）の役割については、図2.4-3の通り規定した。本研究事業において、PLは事業全体を管理、統括する最高責任者として、研究開発目標の達成を図るために、参画する企業、大学等への技術的指導、助言等を適切に行うとともに、外部協力機関、国際共同研究機関等も含めた全体コンソーシアムを適切に運営する。各グループには、PLに任命されたグループリーダー（GL）を置き、グループ内の研究を管理・運営する。

2) 本研究事業の研究マネジメントの機能と仕組み

中長期的な方針や年度単位での、諸環境要件を織り込んだマネジメントの場として「推進会議」と「幹事会」、研究現場直結日々の研究進展のマネジメントの場として「GL会議」、以上の3つの方針ごとにマネジメントの場を持ち、随時、参画全機関・法人との連携により、運用方策検討の場で、研究拠点と、参画メンバー間の相互の連携強化を図りつつ進める仕組みとした。

全体のスキームを図 2.4-4 に、年間の概略スケジュールを図 2.4-5 に示す。

以上の全体マネジメント統括を PL が担い、これを現場密着で PL および GL と連携して、NEDO メンバーが京都大学拠点に常駐して、全体方針マネジメントや日々の円滑な研究運営方策作りを担う。その役割を図 2.4-6 に示す。

また、参画した全産学官の契約スキームを図 2.4-7 に示す。

プロジェクトリーダー = RISINGプロジェクト全体を管理・統括する最高責任者

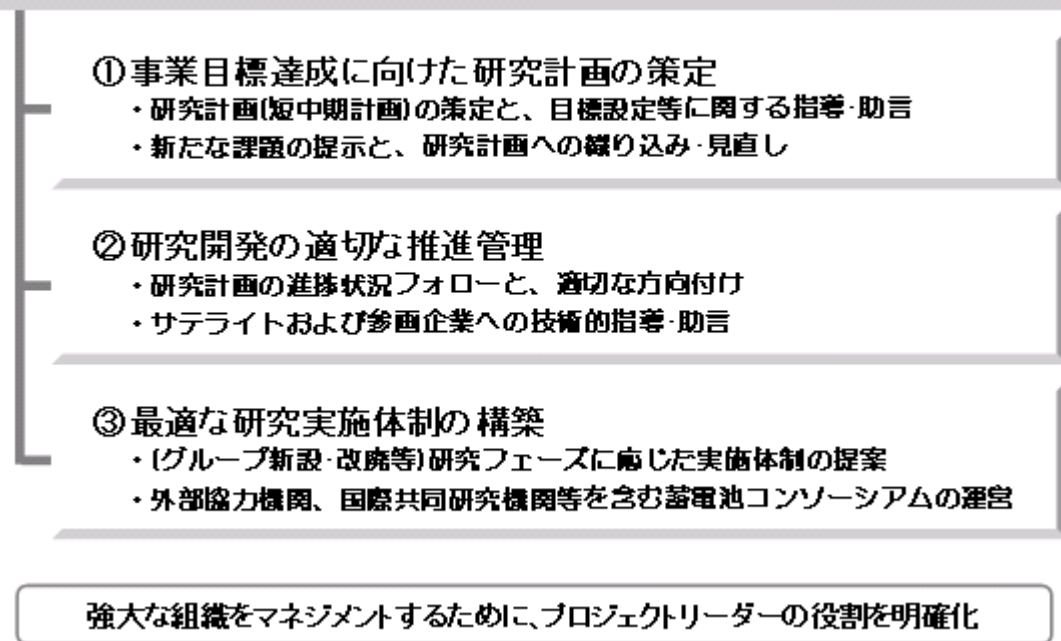


図 2.4-3 本研究事業におけるプロジェクトリーダーの役割

	1Q	2Q	3Q	4Q
研究計画策定・推進管理 国家政策との整合チェック		加速予算審議 行政レビュー		次年度予算審議 (総合科学技術会議レビュー) ★推進会議
研究推進管理	日常管理	★幹事会	★幹事会	★幹事会
契約・検査	日常管理	中間検査		期末検査 契約更新
サテライト・企業との連携	研究計画、体制、について随時、および、幹事会・推進会議の事前事後連携、 適宜、個別WGを計画			
諸運営仕組み作り	日常メンテナンス・新たな規程類の策定 (関連サテライト・企業との連携)			
		← 月度 GL会議		◎中間年報

直轄型共同研究の主旨に沿って、ミッションを日常～節目まで連続的に管理

図 2.4-4 研究開発マネジメントの活動項目と年度計画

	推進会議	幹事会	GL会議
出席者	<ul style="list-style-type: none"> ■有識者委員(11名) ■オブザーバー(4団体:経産省他) ■参画企業(12社:役員・業務管理者) ■PL・GL・運営事務局 	<ul style="list-style-type: none"> ■参画企業(12社:業務管理者) ■分散拠点(業務管理者) ■PL・GL・運営事務局 	<ul style="list-style-type: none"> ■PL・GL・運営事務局
開催頻度	年1回(年度末)	年4回(四半期毎)	月1回
マネージ内容	<ul style="list-style-type: none"> ■年度・中期の研究方針 ・研究進捗報告(年度まとめ) ・関連する重要世界動向 ・研究ラボ見学会 	<ul style="list-style-type: none"> ■年度主体の研究方針 ・研究状況 ・諸仕組み、資源 ・ポスターセッション/ラボ見学 ■各グループ研究の細部共有 	<ul style="list-style-type: none"> ■研究進捗 ・新しい発見、課題 ・グループ間相互共有
	<ul style="list-style-type: none"> ■電池研究全体に関する議論 ■国家プロジェクトへの要望 	<ul style="list-style-type: none"> ■研究マネジメント関連の審議(重要審議案件の基本承認) 	<ul style="list-style-type: none"> ■日常研究マネジメント関連の伝達および審議(安全・人事案件含む)

**「日常」「四半期」「年度」の各節目で、各階層に相応しい会議体を設定
➡ 効率的かつ効果的な運営を図る**

図2.4-5 推進会議・幹事会・GL会議の位置づけ

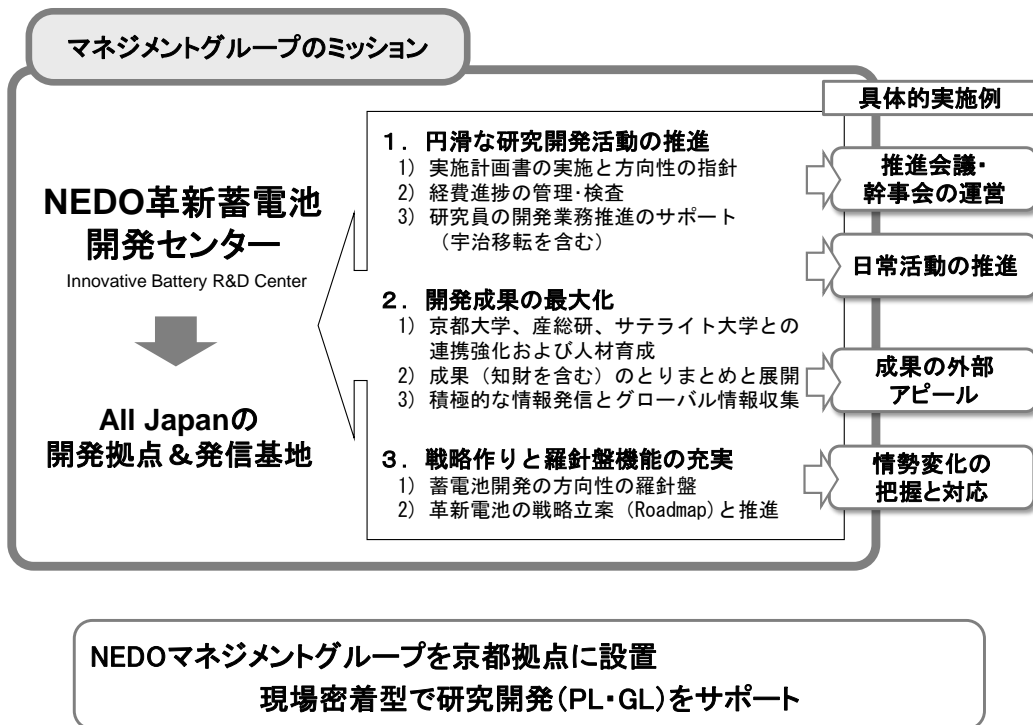


図2.4-6 NEDOマネジメントグループ(京都拠点)の基本方針

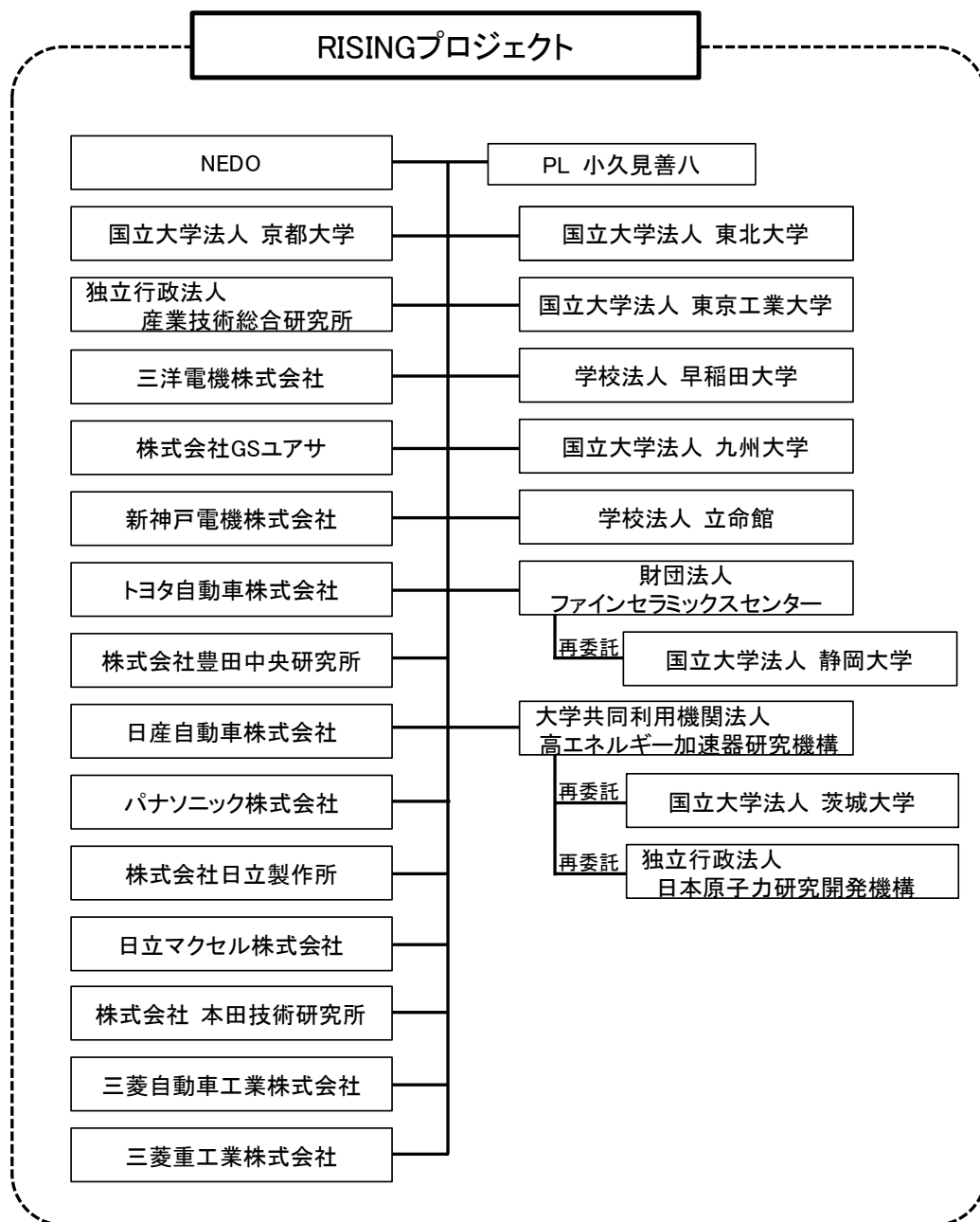


図 2.4-7 本研究事業の契約体制

5. 研究開発の運営管理

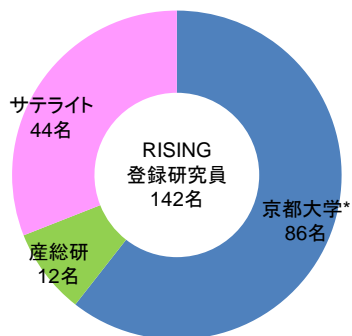
2009年10月1日キックオフ後の研究運営管理状況を以下に記す。

(1) 研究者数の推移

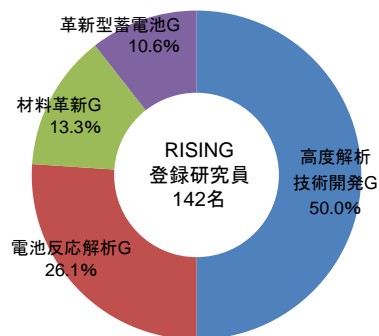
本研究事業の登録研究員は総計で142名を数える（非専従教員・企業出張研究員含む）。

2009年10月のキックオフ以降、放射光・中性子等の研究の進展に応じて研究体制の拡充を図らなければならず、高度解析グループにおけるワーキング活動も取り入れた。

【拠点別状況】



【グループ別状況】



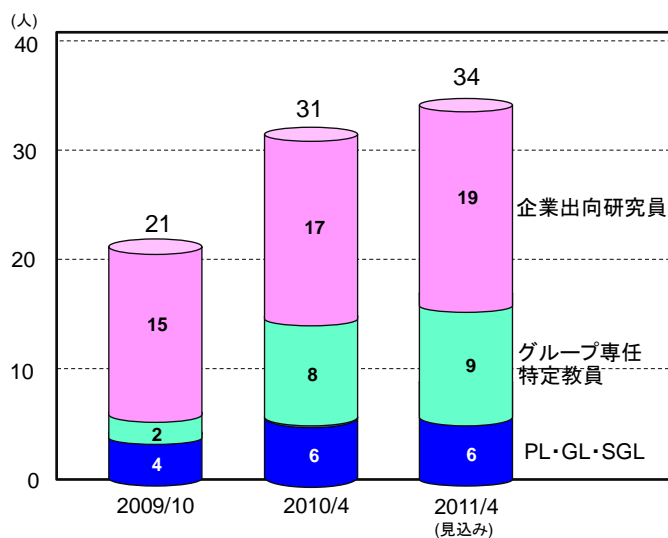
(2011/2/10現在)

* 京都大学: 非専任教員・企業出張研究員含む

登録研究員は142名、京都大学拠点で6割、解析関係で3/4を占める。

図 2.5-1 本研究事業登録研究員の状況

【京都大学拠点 登録研究員(専従のみ・出張研究員を除く)の推移】



研究計画遂行に向けて教員・研究員を強化 ➡ 立ち上がりの1.6倍に増強

図 2.5-2 京都大学拠点の強化状況

(2) 事業予算の推移

本研究事業の年間予算は約30億円、7年間にわたって総額約210億円を、研究計画に沿って最適配分する。拠点別・グループ別の予算配分を下表に示す。立ち上がり序盤は放射光・中性子などの大型高度解析装置等への投資比率が高く、2011年度見込みでは解析関係(高度解析技術開発・電池反応解析)で年度予算投資額の8割を超える。

特に、2010年度では研究加速予算として4.46億円の増額を行い、放射光および中性子測定機器の導入について一部前倒しを行った。

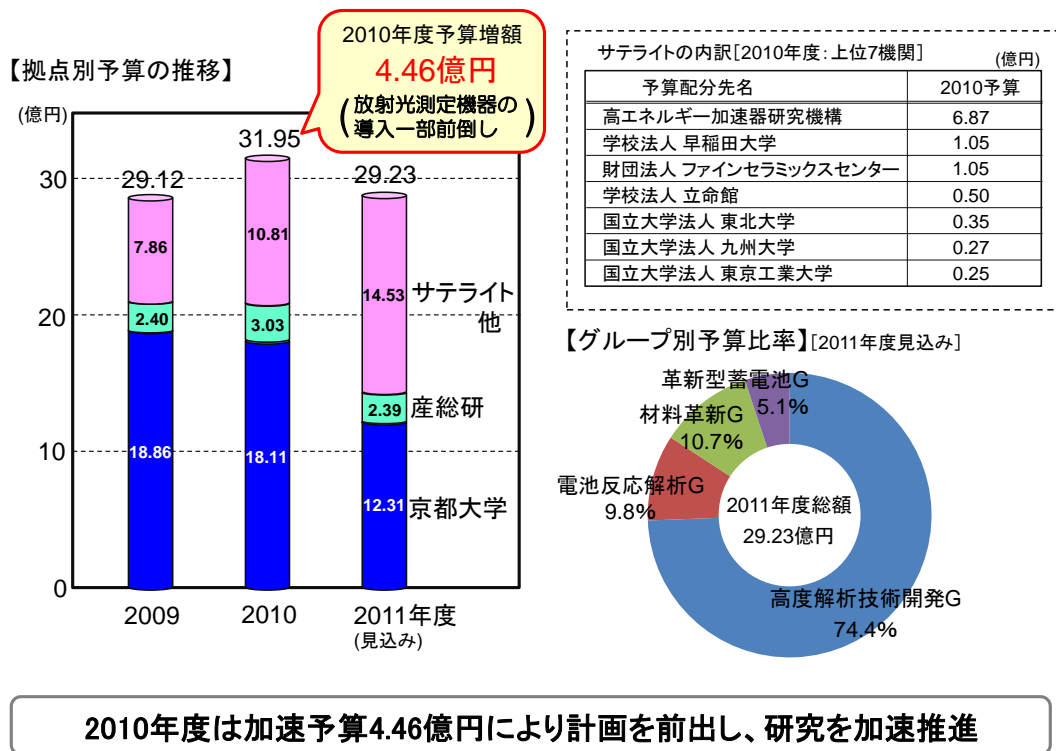


図 2.5-3 本研究事業の予算配分

(3) 推進会議と幹事会の実施

これまでに、中長期的な方針や年度単位での、諸環境要件を織り込んだマネジメントの場としての「推進会議」を2回、研究開発の進捗検討や論議の場としての「幹事会」を5回実施した。主な議事内容を図2.5-4にまとめた。

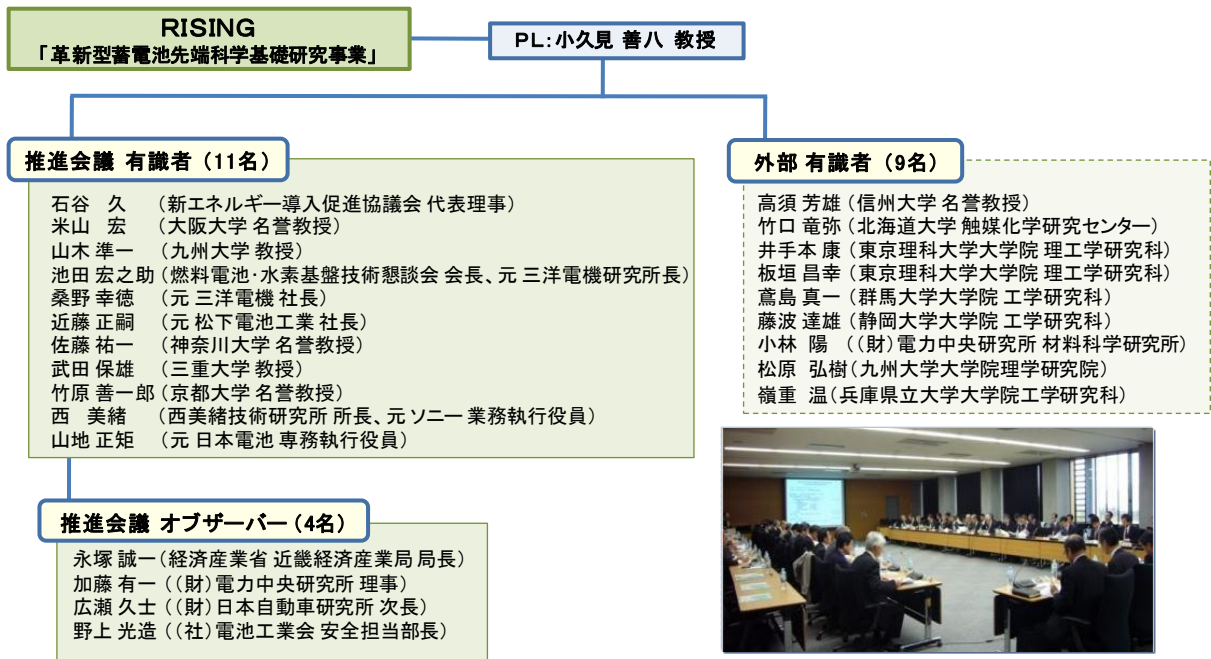
これらの会議では、研究進展の報告に基づき、その方向性について、共有および有用な意見をいただき、熱心な意見交換や討議を行った。また、重要なマネジメント事項として、その「情報管理・共有化に関する事項」や「特許出願に関する事項」が多く議論された。「情報管理・共有化に関する事項」では、立ち上がり当初は「研究内容の秘匿性」に関する議論がなされたが、最近ではプロジェクト内の情報共有化を積極的に行って、「グループ間コラボ研究の推進」や、参画企業のノウハウ結集を図る方向が議論された。会議を通じて次第にプロジェクト活性化を図る雰囲気を醸成できつつある。このような実施者間の流れを大切に、今後の事業運営を図っていく。

加えて、推進会議ではその開催目的に沿って、有識者より「先端基礎研究に関する国家理念の構築と、その理念に基づく国家プロジェクトの推進が必要である」というご意見や、「電池関係への国家予算投資を強化するべき」など、国家政策に関する要望があった。会議の主旨に相応しく、大所高所からのご意見を頂き、推進会議としての役割を十分果たしていると認識している。これらの意見については、今後の国家プロジェクトへの反映を考えていかなければならない。

		情報管理・共有化に関する事項	特許出願に関する事項	その他
推進会議	第1回 (2010/3/12)		■特許・ノウハウ・研究者業績評価 * 知財=開示を念頭に置いた知財化・非知財化の峻別 * 知財のみならず真の国際競争に打ち勝つ戦略	■事業達成への期待 * 高度解析およびin-situ解析の重要性 * 「安全」「寿命」など地道な研究の徹底 ■電池関係への国家予算投資政策強化の必要性
	第2回 (2011/3/9)	■研究成果(知財・ノウハウ)のトランスファー仕組み構築の検討 * RISNGが提供できる成果と産業が受け取れる成果のすり合わせ * RISNG参画企業が制約なく特許を使用できる仕組み・ルールづくり * 論文発表・特許化に伴うマイナス面(日本産業競争力低下)への配慮		■研究成果の見せ方の工夫 ■「研究経営会議」の再検討 ■先端基礎研究に関する国家理念の構築と理念に基づく国プロ推進
幹事会	第1回 (2010/2/20)	■成果アピールと秘匿性との両立 ■参画企業の積極的なノウハウ開示によるプロジェクトへの貢献		■海外情報の整理とプロジェクト戦略への織り込み
	第2回 (2010/7/23)	■グループ間コラボ研究の必要性 ■追加公募での情報開示方法		■海外ベンチマークによるRISINGの世界的位置づけの明確化
	第3回 (2010/10/22)	■追加公募での必要技術の具体的提示方法	■対外発表前の内容開示および特許出願要否のチェック	
	第4回 (2010/12/22)		■特許出願の進め方について * 特許出願への意識強化 * 解析技術はノウハウ保持を優先	
	第5回 (2011/2/22)			■RISING事業の重要性と研究成果の意義・うれしさの明確化

貴重な意見を集約・層別して、研究マネジメントに反映

図2.5-4 推進会議・幹事会での主な審議内容



第2回RISING推進会議(2011.3.9 桂)
有識者・オブザーバー・企業関係 67名出席

大所高所からRISING事業および電池研究についてアドバイスを頂いた

図2.5-5 RISING推進会議の主要構成メンバー

(4) 「高度解析技術開発グループの体制強化に向けた活動」 (2010年3月～)

「直轄型共同研究開発」体制を生かし、初年度取組みに基づき一層の研究事業加速のために、様々な活動を推進した。放射光および中性子の専用ビームライン導入後の本格稼働に備え、有効に活用するための仕組みや体制づくり、拠点成果を参画企業で迅速に共有できる仕組みの構築を目指し、2010年度から取り組んだ。さらに、拠点の研究メンバーを核として分散拠点（サテライト）と企業メンバーが参加し、日常的な研究活動でのコラボレーションによる研究強化も目指した。「放射光」、「中性子」、「核スピン」、「計算科学の4つの専門領域に精通した企業研究者（マネージャークラス）にも広く参画を求め、ワーキンググループを形成し取り組んだ。2010年7月15日にはキャンパスプラザ京都にて「全体WG検討会」を開催し、4つのWGに関連するメンバー44名が集まって、研究取組み状況の交流と研究推進の論議を行った。今後さらには、研究開発の進展にあわせてメンバー増強や研究テーマの優先順位設定によって、円滑な研究推進を図っていく。

目的： 高度解析技術開発グループの研究強化/加速と、企業への移転の加速、ビームライン本格稼働に向けての体制強化を図る

【検討メンバー・体制】

PL・GL
SGL<リーダー> 京都大学教員
分散拠点教員
参画企業上司・登録研究員



【検討日程】

2010 3月	
4月	参画企業との連携策論議
5月	ミニ幹事会 (吉田キャンパス)
6月	WGメンバー選定 研究員増員の個別お願い
7月	全体WG検討会 (キャンパスプラザ京都)

「全体WG検討会」
2010/7/15
キャンパスプラザ京都



- 【検討課題】**
- プロジェクト内グループ間コラボ、参画企業との情報開示の仕組み
 - 専用ビームライン稼働に向けて、効果的に活用運用する仕組み

図2.5-6 日常活動「高度解析技術開発グループ協力体制強化」の取組み状況

(5) GL会議の開催

日常的、また年度計画など、研究現場直結の大事なマネジメントの場として、「GL会議」はおおよそ月に1回の頻度で開催して、これまでに延べ15回開催した。新たな技術知見の議論、研究進展への論議、グループ間コラボレーション等を中心に、実行に伴う資源マネジメントの進捗、宇治拠点への移転準備、さらには、これらに関連する、分散拠点や企業メンバーとの連携方策などの共有と論議を行いながら課題解決を進めた。

(6) 研究事業運用規程の策定

本研究事業は産学官の様々な研究機関のコンソーシアム形態で運営されているため、研究開発の推進にあたっての管理上必要な運用規程を策定してきた。これまでに「発明規程」、「外部発表規程」、「ノウハウ等の情報開示規程」など7件の規程を策定し、運用している。今後も必要に応じて、新設および改廃を行いながらプロジェクト運営においてマネジメントが効果的に進められるように適切に運用していく。

(7) 事業成果に基づく技術交流

先端基礎研究開発の立ち上がり序盤は、プロジェクト内部体制を固めつつ、その一環として重要な技術交流と外部への成果の発信と貢献、および知財マネジメント基盤づくりを進めた。さらに、世界各国の研究情勢等をベンチマークとして調査し、本事業への戦略に反映させるべく調査活動を行っている（第1章参照）。

以下に主な内容を示す。

① 学会発表等の対外発表

学会等の外部発表では、「第51回電池討論会」および「電気化学会第78回大会」の活動が顕著であった。電池討論会（2010/11/9～11開催；名古屋）では参画機関から12件の研究発表が行われた。また、電気化学会第78回大会（2011/3/29～31；横浜国立大学）では、14件の研究発表を予定していたが、東日本大震災により、学会は成立したが発表は中止された。

全体として、2009年7月のプロジェクトスタートから2011年3月末までの、特許出願は4件、査読あり論文発表は査読審査中を含めて24報、学会等発表は92件となっている。

高度解析技術開発および電池反応解析のような解析手法開発型の研究グループからは学会発表や論文の件数が比較的多く見られる一方、材料革新や革新型蓄電池研究開発の研究グループからは、特許出願に指向していることがわかる。この結果はそれぞれの研究グループの研究開発の特性・状況をよく表している。今後は高度解析技術開発や電池反応解析のそれぞれの研究グループから得られた成果が、材料革新や革新型蓄電池技術開発の研究活動に反映され、それぞれの研究開発が有機的に連携して特許出願を通じてさらなる研究成果につながるものと期待される。詳細は第3章の表3.1-5にて示す。

② NEDO成果報告会でのRISING事業成果報告

研究4グループから進捗状況を報告した。成果発表後の質疑応答では、会場から「成果のすべてを公開しないほうがよいのではないか」との質問に対して、「内容によって他者を利することのないように判断していく」との回答にて対応した。

開催日	報告会名
2010/6/9	NEDO成果報告会（東京国際交流館）

③ RISING ワークショップ&国際シンポジウムの開催

ワークショップやシンポジウムを行った。国際ワークショップとしてはアメリカのアルゴンヌ国立研究所からも部門長以下が参加して開催した。なお、2011年3月25日開催の準備を進めていた「第1回RISING国際フォーラム」（大阪新エネルギーフォーラム2011と共催）については、東日本大震災発生に伴い開催延期となった。

開催日	会議名
2010/5/28	第1回 RISING 国際ワークショップ（京都大学桂、京都）
	“Expanding Roles of Battery for New Energy Systems”, 小久見善八(京都大学)

(8) 本研究事業のプレゼンスの向上

今後の蓄電池コミュニティ作りへの一助とすべく取り組んだ。現状では研究体制紹介を優先し、今後のコミュニティ作りの核となる専用ホームページを開設した。先進挑戦的な事業としての世界的な注目を背景に、アクセス数も増大している。また、メディア取材へは、秘匿に留意して取材に応じた。取材後の問合せも多く、ホームページへのアクセスが増え、本研究事業分野への関心が高いことを裏付けた。

① RISINGホームページの開設



図2.5-7 本研究事業(RISING事業)ホームページの画面(トップページの例)

<http://www.rising.saci.kyoto-u.ac.jp/index.html>

② メディア系取材対応

以下、取材関係の主な項目と、図2.5-8には日本テレビによる取材風景を示す。

【TV 放映の実績】

放映日	番組名	放送局
2010/5/9	NHK スペシャル「自動車革命 リチウム電池 国益をかけた攻防～米中急接近の脅威～」	NHK 総合
2011/1/19	「NEWS ZERO」特集 『次世代カーの“心臓部”開発 動く国家プロジェクト』	日本テレビ系

【新聞報道の実績】

報道日	記事名	新聞
2011/1/10	「革新電池」実用化へ一歩 RISING 企業・研究機関・大学等の紹介	日本経済新聞

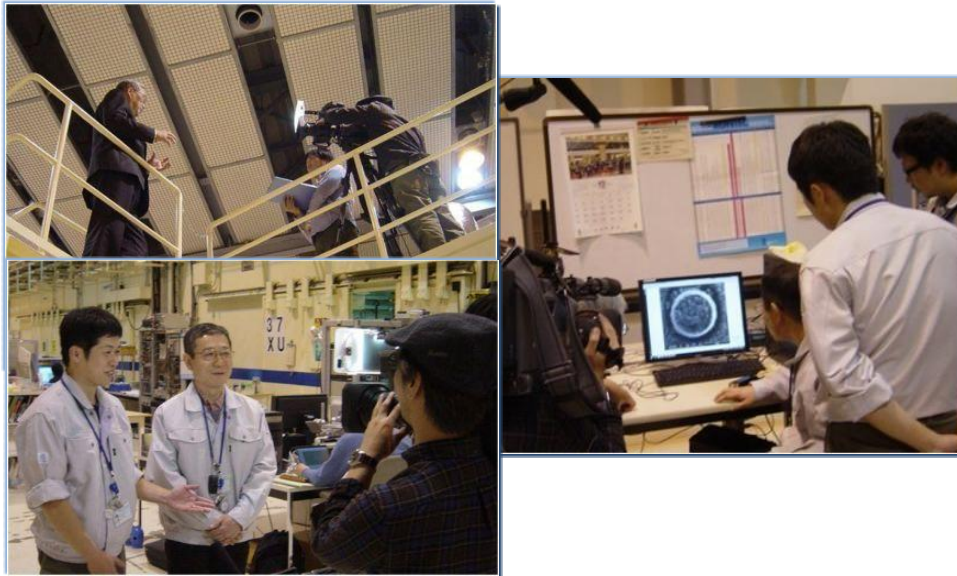


図 2.5-8 日本テレビ系 NEWS ZERO の取材風景 (2010/12/15@SPring-8)

第3章 研究開発成果について

1. はじめに

本研究事業は、電池の基礎的な反応メカニズムを解明することによって、既存の蓄電池の更なる耐久性や安全性等の信頼性向上、並びにガソリン車並の走行性能を有する本格的電気自動車用の蓄電池（革新型蓄電池）の実現に向けた基礎技術を確立することを目的としている（図 1.1-2 参照）。本研究開発により、リチウムイオン電池の飛躍的な性能向上、安全性等の信頼性向上、並びに革新型蓄電池の早期実用化が実現されることによって、EV、PHEV 等の航続距離が伸びる等、走行性能向上に貢献することが期待される。即ち、ガソリン車と比較して CO₂ 排出量が 1/4 程度になる EV 等が普及拡大することにより、CO₂ 排出量の大幅削減に貢献するとともに、産業競争力の強化をはかることが可能となる。これまで、我が国はリチウムイオン電池の製品化や性能向上により、世界の蓄電池産業をリードしてきた。今後もこれを維持しながら、蓄電池に関わる基礎技術力をさらに強化し、蓄電池の革新を通してグローバルに持続的発展を可能にする社会の構築に貢献していかなければならない。

一方、アメリカ、欧州、アジアにおいても次世代自動車用の高性能蓄電池の開発が国家レベルの支援を受け活発化してきている。EV 等の電動車両の本格的な普及には、性能、耐久性及び信頼性の飛躍的な向上並びにコストの大幅低減という蓄電池に対する多様な要求を満たす革新的なブレークスルーが待望されており、そのためには、サイエンスに立ち戻った研究開発によるイノベーションが不可欠である。

これまでは、蓄電池の研究開発には長時間を要してきたが、今後この技術領域は世界的に急激に加速し、さらにハイスピードで進展すると考えられる。本プロジェクトでは”Begin with the Basics”の考え方を基本に置き、“なぜ”を明らかにしつつ、リチウムイオン電池の飛躍的な性能向上とポストリチウムイオン電池の実現に向けた基礎技術の確立を目指している。

以上のような背景を基に、本研究事業の基本計画では以下のように示されている。

① 高度解析技術の開発：

蓄電池の反応と材料の解析に有効な革新的その場測定法、高度分析手法並びに計算科学等による測定データ解析手法の融合により、蓄電池の開発に特化した解析技術を開発する。

1) その場測定法の開発：

蓄電池系での電気化学下での各種反応解析が可能な、その場測定法を開発する。

2) 高度分析手法の開発：

世界最高レベルの量子ビーム施設等を用い、必要に応じて装置を開発するなどして、蓄電池の開発に特化した世界最先端の分析・解析手法を開発する。

3) 計算科学による測定データ解析手法の開発：

分析装置からの取得データについて計算科学等を利用することによって、高度解析を実施する。

② 電池反応メカニズムの解明：

開発した高度解析技術をモデル化した蓄電池等に順次適用し、リチウムイオン電池等反応メカニズムの本質的な解明と、信頼性の向上を目指す。さらに得られた技術・知見を革新型蓄電池の開発に資する。

③ 革新型蓄電池の基礎研究：

蓄電池の性能の飛躍的な向上に加え、コスト、安全性等についても実用化が見込める革新型蓄電池の開発を目指して基礎技術を開発する。

1) 革新型蓄電池候補となる電池系の提出：

革新型蓄電池の課題を整理し、リチウムイオン電池の限界を超えた性能を示し、かつ、コスト、安全性等についても見通しのある蓄電池系について検討を行う。

2) 革新型蓄電池の基礎技術の確立：

革新型蓄電池の課題について、高度解析技術等を用いて解決を図ることにより、基礎技術の開発を行うとともに、小型電池等での検証を行う。

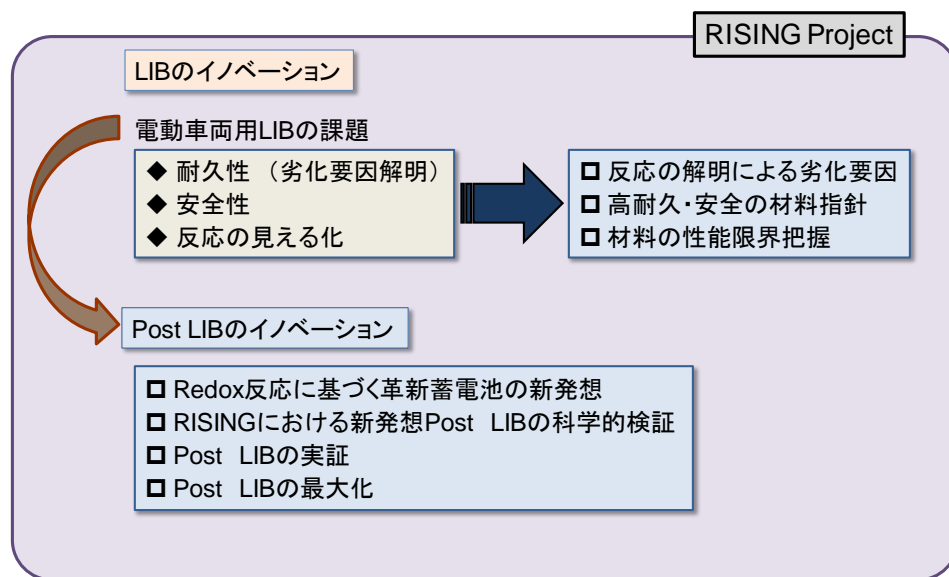


図 3.1-1 RISING プロジェクトにおけるイノベーション

本研究事業では上記の3つの研究開発項目について、アプローチ手法の観点から4つの研究グループにグループを編成して研究開発を行ってきた。研究グループは、リチウムイオン電池ならびにポストリチウムイオン電池のイノベーションに向けて(図3.1-1)、「高度解析技術開発グループ」、「電池反応解析グループ」、「材料革新グループ」、「革新型蓄電池グループ」であり、それぞれにグループリーダーと研究員を配置するとともに研究開発活動を有機的に連携させることによって研究開発を推し進める体制である(図2.1-3参照)。

それぞれの研究グループの役割を以下に示す。それぞれの研究グループが様々なアイデアを検証し、リチウムイオン電池の高度な解析技術開発を通じて、材料の革新や革新型蓄電池の創出に向けて連携し、プロジェクト全体がサイエンスの融合体として研究開発が革新型蓄電池に結集していく姿を目指している。

① 高度解析技術開発

これまでにない世界最高性能の電池in situ解析技術を開発する。特に、ラボ測定に留まらず、量子ビーム施設を用いた電池測定に特化した高度解析技術の開発を行う。

得られた成果を材料革新、革新型蓄電池の開発に活かす。

② 電池反応解析

主にラボ測定による電池研究のためのin situ解析技術を確立する。その手法を用い、LIBの反応について、反応過程とその速度論的把握を行い、反応速度(レート)決定要因、劣化要因、不安全現象過程について明らかにする。得られた成果を材料革新と革新型蓄電池の開発に活かす。

③ 材料革新

主に、LIBの革新のために、高耐久化および安全性等信頼性向上の機構解明を行い、材料開発の方向の指針を得るとともに、その指針に基づいてLIBの材料の革新を目指す。

④ 革新型蓄電池

電気自動車の本格的普及に向けて、現行のLIBのエネルギー密度を飛躍的に向上させた、500 Wh/kgの容量を見通す革新型蓄電池の研究を行う。

研究開発のステージと拠点および分散拠点の関係については第2章（図 2.3-1 および図 2.4-2）にて述べたとおりである。

それぞれの研究グループにおける研究テーマと実施者ならびにその内容を以下の表 3.1-1～表 3.1-4 に示す。

表 3.1-1 【高度解析技術開発G】

実施者	研究テーマ	研究開発内容
京都大学、三洋電機、トヨタ自動車、豊田中央研究所、日産自動車、日立製作所、本田技術研究所、三菱自動車	【シンクロトロン放射光をプローブとする高度解析技術開発】	高エネルギーX線をプローブとして用いた高速時分割in situ XAFS、in situ XRD、時分割X線位相および吸収像測定、光電子分光(PES)、時分割in situ全反射X線吸収スペクトロスコープ等により、蓄電池内部の構造変化の直接観察、活物質/電解質境界界面の深さ分解構造・密度解析等を実施し、蓄電池の階層構造に起因する合剤層内の反応素過程の時間・空間分布を明らかにし、蓄電池の性能、寿命の劣化、不安定性を支配する因子を明らかにして、蓄電池の高耐久・高安全電極材料開発に結びつける。
	【中性子をプローブとする高度解析技術開発】	世界最高性能のパルス中性子源をもつ大強度陽子加速器(J-PARC)物質・生命科学実験施設(MLF)に建設する蓄電池構造解析用中性子回折装置により in situ で、軽元素でも重元素と同程度に電極材料からの高い構造情報により革新型蓄電池の材料開発に向けて物質設計の指針を得る。

	【核スピンをプローブとする高度解析技術開発】	核スピンをプローブとするNMR・MRIの技術、電池材料の構造変化やイオン移動に関する情報を材料革新、革新電池開発に役立てるため、既存のNMR・MRI技術の高感度化と多核化を進め、電池材料・電池システムの高度解析技術を開発する。
	【計算科学手法に基づいた高度解析と材料挙動のシミュレーション】	得られた高度解析測定結果を第一原理計算により解析し、密度汎関数法を用いて電子状態を求める。
高エネルギー加速器研究機構（KEK） 茨城大学 日本原子力研究開発機構（JAEA）	中性子をプローブとする高度技術開発	軽元素であるLiをin situで中性子回折を行い、各種の静的・動的情報から高耐久・高安全電極材料のための設計指針を得る。
東北大学	核スピンをプローブとする高度解析技術開発	高磁場NMR・MRIにより、電池材料の構造変化やイオン移動に関する解析を行う。
立命館大学	軟X線放射光をプローブとする高度解析技術開発	軟X線分光等により、軽元素を中心とする蓄電池構成部材における電子構造解析を行い評価する。

表 3.1-2 【電池反応解析G】

実施者	研究テーマ	研究開発内容
京都大学、GSユアサコーポレーション、新神戸電機、トヨタ自動車、豊田中央研究所、パナソニック、日立製作所、日産自動車	正極の反応と劣化機構解明	正極活物質の反応の劣化機構について高度解析技術の結果と併せて明らかにする。
	炭素系負極の反応と劣化機構解明	炭素負極の被膜生成や被膜の安定性を調べ、高度解析技術の結果と併せて炭素電極の劣化要因を明らかにする。
	新規電解質/電極界面反応解析	添加剤、反応温度、電極電位が電解質の分解挙動に与える影響を調べ、電極上での界面反応を明確にする。
	電池内反応分布解析	通電時の電解液分布や電解液濃度分布を調べ、電池内の状況を把握する技術を開発する。
早稲田大学	交流インピーダンス測定による電池内部状態解析	電池内部状態評価解析として、LIBの交流インピーダンス法による解析を行い、劣化要因推測のための評価解析法を開発する。
ファインセラミック	in situ 電子線ホログ	各種の全固体型モデルLiイオン電池を作

スセンター、静岡大学	ラフィー	製し、ホログラフィー電子顕微鏡内で充放電させながら電池内部の電位分布をリアルタイムで解析する手法を開発する。
------------	------	--

表 3.1-3 【材料革新G】

実施者	研究テーマ	研究開発内容
産業技術総合研究所、パナソニック、日立マクセル、本田技術研究所	正極/電解質界面の高度安定化	被覆正極の電極特性について、各種の電位・高温での劣化試験において、被覆状態と劣化抑制効果の関連性を見出すとともに、電極特性測定や保存劣化試験後の活物質表面近傍の変化を捉え得る分光法によって、定量的な把握を可能にする
	高電位正極	電極特性について、組成・合成法との関連性を見出すとともに、電極特性測定や劣化試験後の材料バルクの変化を定量的に捉え得る解析法を見出す。
	高容量負極	組成・電極形成手法との関連性を見出すとともに、電極特性測定や劣試験後の電極としての変化を定量的に捉え得る解析法を見出す。
東京工業大学	層状岩塩型材料の反応制御・反応機構解明	層状岩塩型化合物の構造、組成と電気化学反応との相関を捉え直す基礎となる物質の組成、構造の制御方法の開拓を目指す。
九州大学	高容量・高電位フッ化物系活物質	FeF_3 を凌ぐ大容量革新的フッ化物正極材料を探索、開拓すべく、様々なフッ化物の合成を試み、未開拓のフッ化物正極の可能性を検討する。

表 3.1-4 【革新型蓄電池G】

実施者	研究テーマ	研究開発内容
京都大学、トヨタ自動車、日産自動車、パナソニック、本田技術研究所、三菱自動車、三菱重工業	【リザーバタイプ革新型蓄電池】 金属-空気電池および多価負極電池	亜鉛-空気電池に着目し、亜鉛極の課題を克服する。多価負極の課題解決と硫黄の可能性を探索する。
	【界面タイプ革新型蓄電池】 ナノ界面制御電池および、固体化電池	界面機能を生かした新しいタイプの蓄電池を開発する。

これらのそれぞれの実施機関並びに研究テーマの連携推進を基に、本事業のミッションを、

- (1) 産学官の英知を結集し、リチウムイオン電池の革新のために「現象解析の新技術」に挑戦する。
- (2) 分野分リチウムイオン電池を遙かに凌ぐ「真に革新的な蓄電池」を実現する新たな技術を開発する。
- (3) 分野横断的な「新たな蓄電池コミュニティー」を形成する。

と定め、All Japan の研究体制により「蓄電池立国日本」の優位性、競争力を強化することを目指した。

プロジェクトの最終年度の目標は、次のとおりである。

- ① 開発した分析開発した分析手法を用いてリチウムイオン電池の不安定反応・現象（寿命劣化、不安全）のメカニズムを解明し、その解決を目指す。
- ② 2030年に500Wh/kgの蓄電池開発を見通すことができる300Wh/kgの蓄電池を検証する。

表 3.1-5 には成果の外部発表等の 2011 年 3 月 31 日まで(H22 年度末)のまとめを示す。詳細は参考資料 1 に記述した。

表 3.1-5 成果の外部発表のまとめ

研究開発G	2009年度 (H21年度)					2010年度 (H22年度)				
	特許出願		論文		学会等 発表	特許出願		論文		学会等 発表
	国内	外国	査読あり	その他		国内	外国	査読あり	その他	
高度解析技術開発G	0件	0件	0報	0件	6件	0件	0件	5報 (15報)	3件	43件
電池反応解析G	0件	0件	0報	0件	1件	0件	0件	2報	0件	26件
材料革新G	0件	0件	0報	0件	3件	4件	0件	2報	0件	10件
革新型蓄電池G	0件	0件	0報	0件	1件	0件	0件	0報	0件	2件
合計	0件	0件	0報	0件	11件	4件	0件	9報 (15報)	3件	81件

注1) H22年度末(2011年3月31日)現在
注2) 論文の()は投稿済み査読中の件数

2009/7~2011/3の 合計	4件	0件	9報 (15報)	3件	92件
------------------------------	-----------	-----------	---------------------	-----------	------------

得られた研究開発の成果のポイントを以下に示す。

【高度解析技術開発 G】

- 放射光で、深さ分解能 3nm、空間分解能 1 μ m等を達成し、薄膜系・合剤系電極の測定解析と計算科学に目処。
- 中性子測定・解析セル等に方向性。
- 高分解能 NMR 新規手法にて Li 局所構造解析。

【電池反応 G】

- Co 系、Mn 系正極のラマン等の分光光学手法による劣化解析。
- 負極界面の被膜解析。
- 測定時参照極の最適化とホログラフィーによる Li イオンの可視化。

【材料革新 G】

- 正極材料の表面被覆として、有効な手法を見出し、効果を解析。
- 高容量負極の電極構造を確立。
- 層状岩塩型モデル化合物・高電位フッ化物材料の合成と特性の把握。

【革新型蓄電池 G】

- リザーバタイプ電池として、亜鉛空気電池において、添加剤等により析出形態を制御。
- ナノ界面電池の課題の明確化。

なお、いずれの研究項目においても、中間目標（H23 年度末目標）を達成する見通しが得られている。

2. 高度解析技術開発

現在の代表的なリチウムイオン電池の反応は、通常、数百 nm～数十 μm の活物質粒子バルクへのリチウムイオンの挿入・脱離反応によって進行する。活物質粒子は数百 nm 以下の一次粒子によって構成されているが、反応の開始は、活物質(電極)/電解質界面で行われる。また巨視的な観点で見ると、電極は、活物質粒子、導電材(カーボン微粒子)、結着材、電解質の複雑な三次元構造からなる合剤電極であり、電子導電パスとイオン導電パスが両立できるように構成されている。しかしながら、これらの複雑な階層構造が、リチウムイオンの挿入・脱離反応という一見単純な反応を複雑化しており、界面反応に加え、相間イオン移動、固相内イオン拡散、さらには合剤電極内の反応分布などが電池の性能、寿命劣化、不安全性に影響を与えている。また、電池内反応分布は電池の耐久性にも大きな影響を与えている。これらの様々な空間スケール、時間スケールの現象を解明することにより、リチウムイオン電池の飛躍的な性能向上並びに本格的電気自動車用電池(革新型蓄電池)の実現に向けた基礎技術の確立を試みた。

1) シンクロトロン放射光をプローブとする高度解析技術開発

シンクロトロン放射光からの高強度で高エネルギー X 線をプローブとして用いた蓄電池解析技術を開発した。SPring-8 における各種のビームラインを用い、X 線吸収(XAFS)によって、蓄電池作動条件下での合材電極内活物質の電子・局所構造を 1 μm 以下の空間分解能で得ることに成功した。

また、二次元検出器を用いた深さ分解 XAFS 解析手法を開発し、約 3nm の分解能を実現した。表面被覆した LiCoO₂ 薄膜モデル系にこの手法を適用させて、表面からバルクに至る原子間距離の変化や局所歪の状態を明らかにした(図 3.2-1)。これらの解析から、表面修飾カチオンの Li サイトへの固溶と、それに伴う劣化抑制機構を説明することができる。さらに、全反射 XAFS においては、電極/電解質最界面の 2-5nm の深さでの観察に適した条件を見出すことができた。

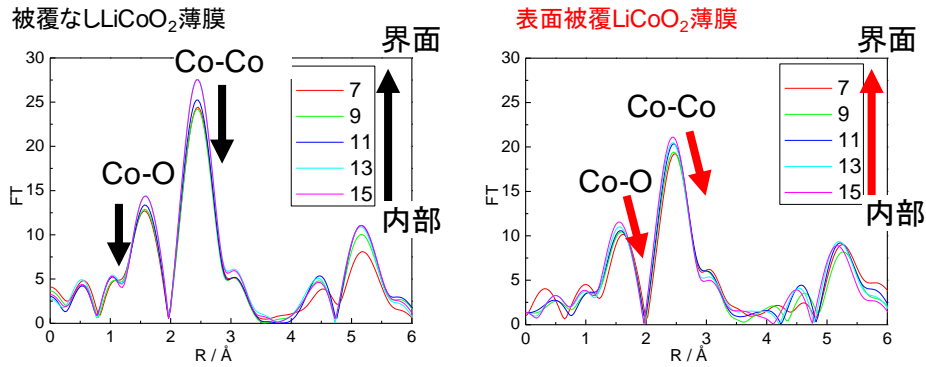


図3.2-1 LiCoO₂薄膜における深さ分解XAFS解析

これらの手法をさらに発展させることで、電極最表面における特有な電荷移動反応に影響を与える反応機構の解明が大きく前進するものと考えられ、得られた解析手法が界面構造の解明に有効であることが示された。

またその2次粒子内を分割してXAFS測定を試みた。図3.2-2の試料は、5C充電で正極からリチウムを脱離し、4.5V到達直後に解体したものである。電子・局所構造を1 μ mオーダーでの空間分解能で明らかにすることができ、二次粒子内での状態の違いを明らかにできる手法の開発に成功した。

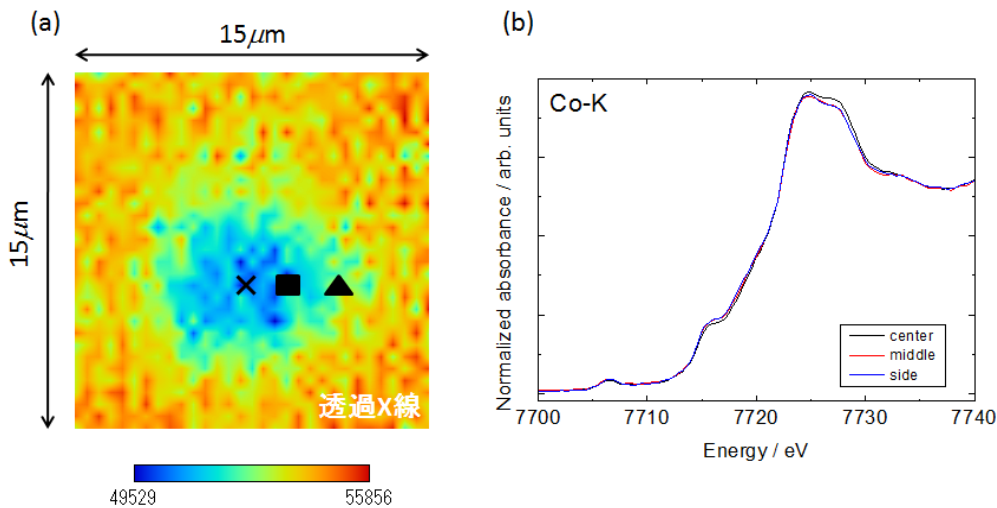


図 3.2-2 (a) マイクロ X 線を用いた正極活物質粒子の透過 X 線のマッピング像 (b) 二次粒子内 (10 μ m 径) における XANES スペクトル (×)center (■) middle (▲) side。

また合剤電極内の活物質・導電剤等の分布を明らかにし、経験的に行われてきた電極作製の高度化を科学的に推進するため、イメージング手法を用いた電極の三次元構造の解明を試みた。X線の位相コントラストおよび吸収コントラストを用いたコンピュータトモグラフィ法 (CT法) を検討し、特に結像CT法では、感度とコントラストを考慮した試料サイズを選定し、再構築断層像 (図 3.2-3 (A))、およびその断層像を積み重ねた三次元像 (図 3.2-3 (B)) の取得に成功した。活物質粒子の不均一な分散が確認できた。さらにエネルギーを変えた測定を行うことで反応分布を調べる技術も確立した。

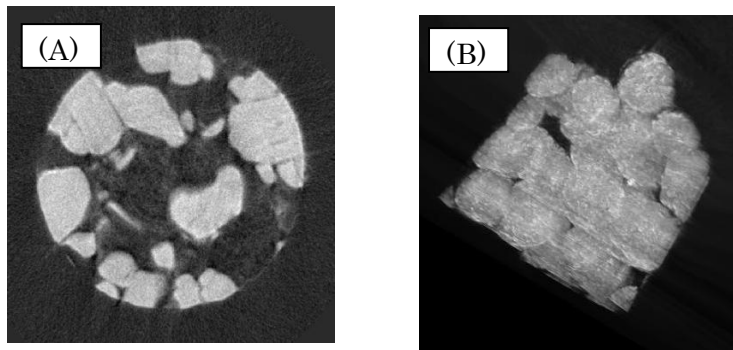


図 3.2-3 結像 CT 法により測定した LiCoO_2 合剤電極の断層像(A)と三次元像 (B)

電極活物質の結晶構造解析において最も重要な回折法においては、シンクロトロン X 線の高い輝度を利用して、ラミネート型電池内の電極活物質を、電池を解体せずにその場観察する解析技術を推し進めた。特に時間分解能を追及して取り組んだ結果、角度分解能 0.01° 程度で、サブ秒での露光時間での回折測定が可能であった。図 3.2-4 は低角側が $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$ の(104)、高角側がアルミ集電箔の(200)であり、活物質のみに回折角シフト・ブロード化が起こる様子を連続的に捉えることができた。大電流充放電時等の反応追跡への活用が期待できる。

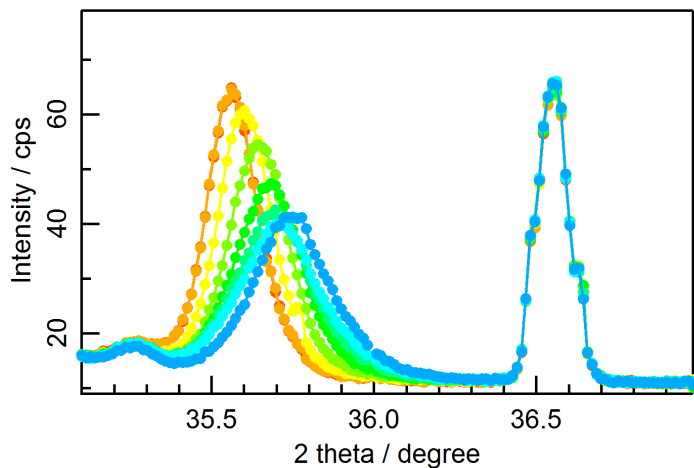


図 3.2-4 ラミネートセル内の $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$ の充電中における回折パターン変化

一方、放射光を各種高度解析に用いることを目的に、SPring-8 に蓄電池専用ビームラインの建設を推進した。SPring-8 における専用ビームライン (BL28XU) は、時分割 XAFS、空間分割 XAFS 等に対応してエネルギー範囲も $5\sim 30\text{keV}$ と幅広く、蓄電池解析専用設計されたものである。建設中のビームラインの概要を図 3.2-5 に示す。

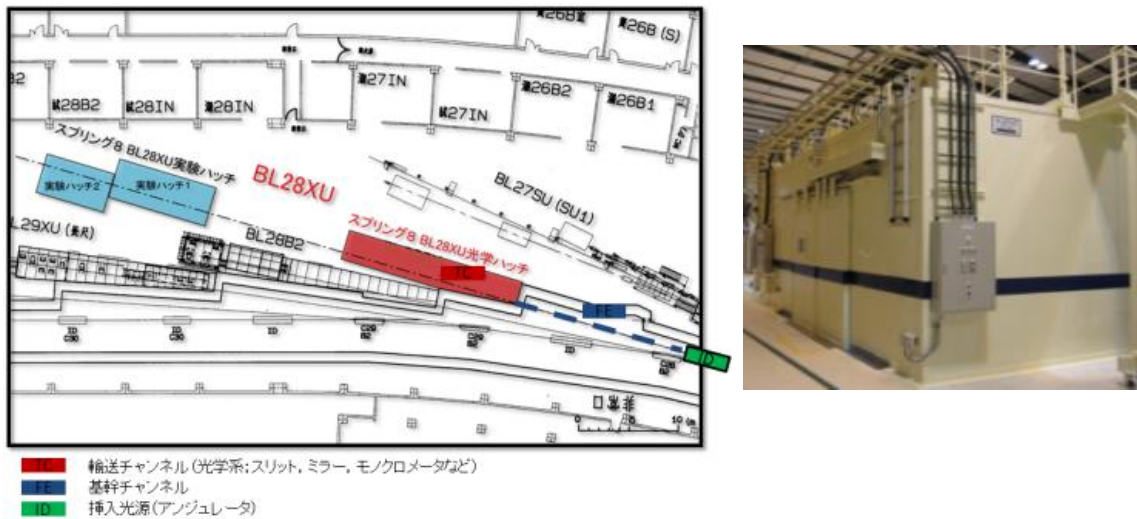


図 3.2-5 SPring-8 に建設する蓄電池反応下での測定に特化した XAFS および XRD のためのビームライン概要図と実験ハッチ

また、軟 X 線領域の XAFS・PES を用いた手法の高度化は、立命館大学 S R センターで実施した。軟 X 線は、SPring-8 では測定困難なリチウム、酸素等の軽元素に関する XAFS 測定が可能なる点に大きな特徴がある。

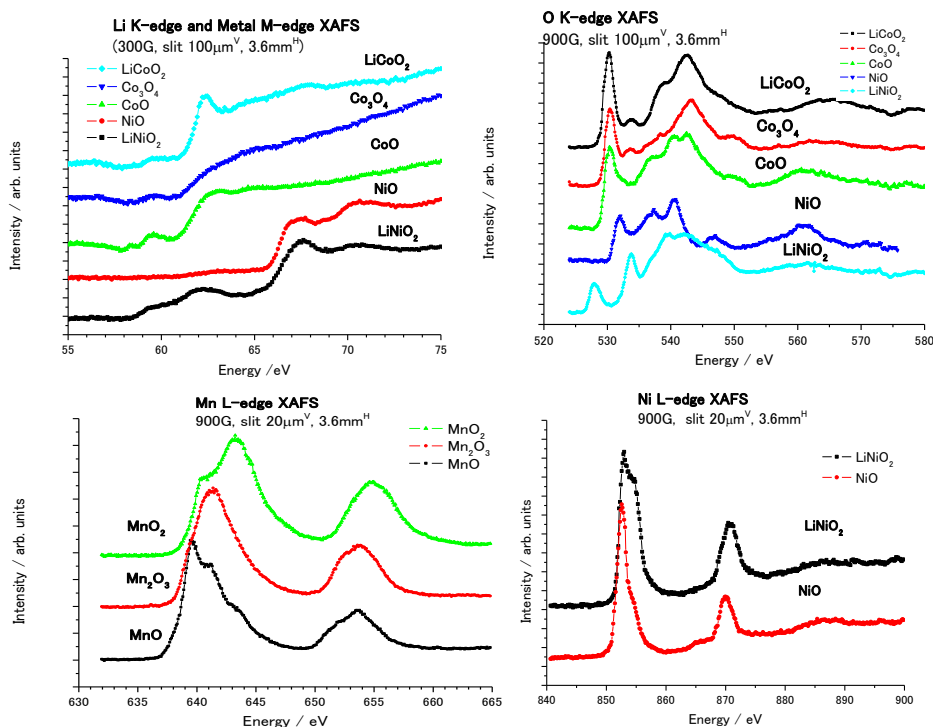


図 3.2-6 正極関連酸化物標準試料の XAFS スペクトル

軟 X 線分光ビームライン (BL-2) は 3 種類の不等間隔溝回折格子により 40 ~ 550 eV の単色光を供給していたが、蓄電池材料研究に必要な 3d 遷移元素の L 吸収端 XAFS 測定用に、1000 eV までの単色光が供給できる新規回折格子を設計製作した。これにより、40 ~ 1000 eV の範囲での XAFS 測定が可能となり、蓄電池材料に関連した標準物質の Li、C、

O、F の K 端-XAFS、Mn、Fe、Co、Ni の L 端-XAFS 測定を行い、データベースを作成した（図 3.2-6）。

2) 中性子をプローブとする高度解析技術開発

リチウムイオン電池はリチウムイオンを電荷担体としているため、リチウムイオンを含んだ詳細な静的・動的構造情報を得ることが、高耐久・高安全電極材料を設計する上で重要である。世界最高性能のパルス中性子源をもつ大強度陽子加速器(J-PARC)の既存ビームラインを用いた中性子回折法によって、蓄電池を構成する電解質および活物質の構造およびリチウムイオン分布について種々の検討を加えた。

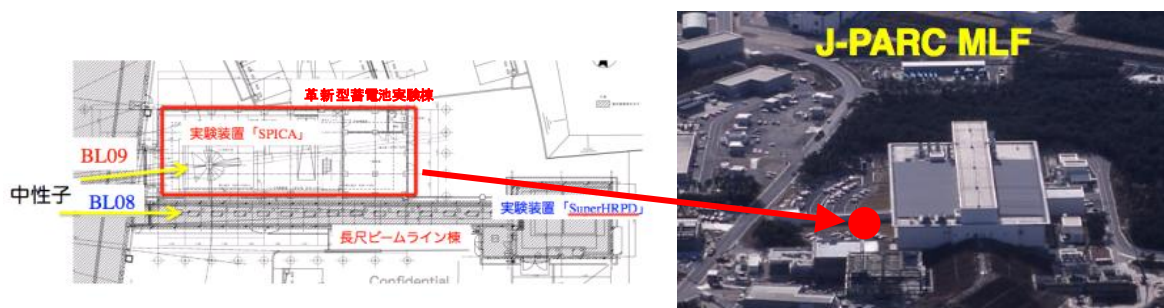


図 3.2-7 J-PARC に建設中の蓄電池反応下での測定に特化したビームラインの概要

また、中性子回折実験が可能な中性子蓄電池正極活物質構造解体解析用セルの設計・開発を開始した。新規に建設中のビームラインは、BL09 (SPICA) で、蓄電池内で想定される様々な電池反応場および蓄電池の利用環境を特殊環境形成装置によって発生させ、反応場で中性子回折実験を行うことができる専用化学実験室を備えた蓄電池構造解析用ビームラインである（図3.2-7）。測定装置には様々な実験を考慮し、ミリ秒以下の時分割測定が可能な装置とした。これにより、比較的ハイレート領域における蓄電池の実用条件に対応する測定が可能となる予定である。さらに、これらの中性子の結果と放射光の結果をあわせると、広範囲の元素の解析が可能となる（図3.2-8）。

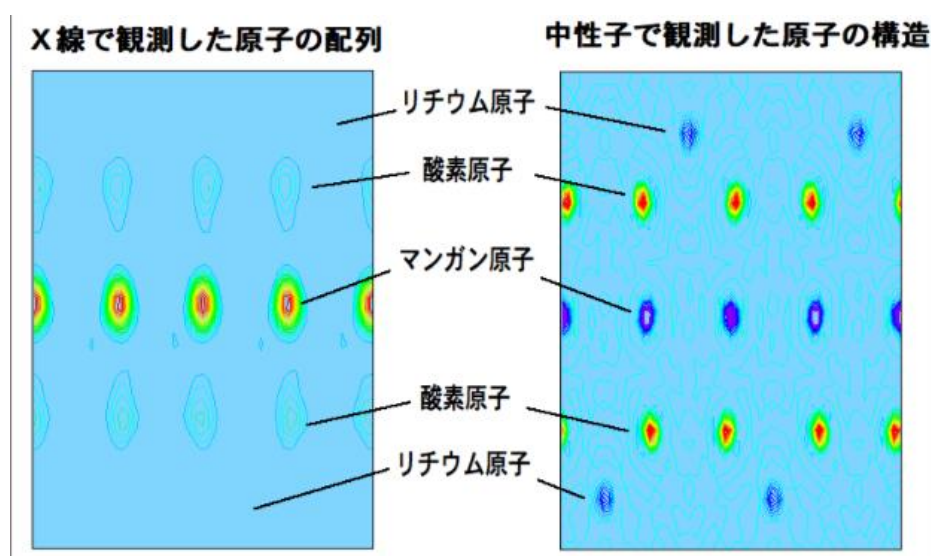


図 3.2-8 X線と中性子実験データから得られたフーリエ図。軽元素であるリチウムの位置と占有率は中性子で調べることができる。

3) 核スピンをプローブとする高度解析技術開発

核スピンをプローブとするNMRの技術を材料や電池開発に役立てるため、既存のNMR技術の高感度化と多核化測定を進め、電池材料・電池システムの高度解析技術の開発を行った。また、マイクロMRIシステムはNMRを用いたイメージング技術であり非破壊で物質内部を可視化することが可能であるため、マイクロオーダーの高分解能MRIシステムと電気化学的手法とを組み合わせたシステム構築を東北大学にて行った。

電解液は軽元素の割合が高く、光やX線では有機分子やリチウムイオンの分布を検出するのは困難である。NMRは核スピンを観測するため、プロトン(^1H)やリチウム(^7Li)などが高感度でとらえられる。さらにMRIによってその三次元分布をとらえることが可能となる。この利点により電池電解液の構造把握、電極と電解液との反応によるマクロな物性の変化を伴う電池劣化原因の可視化が可能である。また電気化学測定と組み合わせることで、MRI装置内部で充放電過程をリアルタイムで検出できる可能性を持つ。電池の内部構造をMRIによって捉える試みは世界初であり、画像取得の方法や、種々の機能強調画像法、電池セルの構造、充放電との組み合わせ等の課題を克服することで計測手法の新たな技術領域を開拓できる。

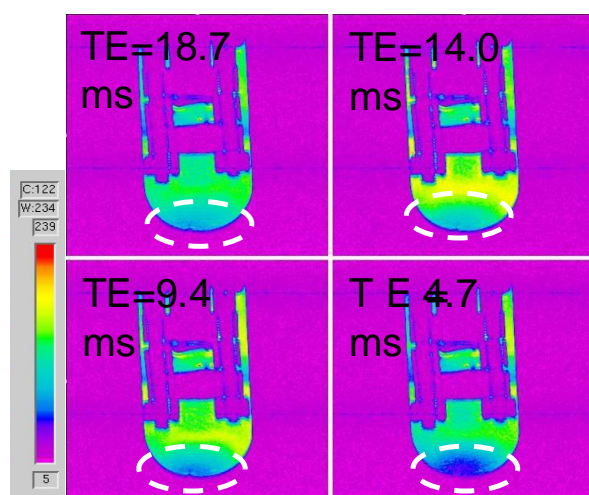


図 3.2-9 T2強調画像による電解液劣化の可視化

図 3.2-9 に計測パラメータである TE (エコー時間) を変化させた四枚の画像を示す。TE=18.7ms において電解液強度はほぼ均一でありこれは電解液の密度像を示している。一方 TE=4.7ms においては電解液下部の強度が減少している。これは T2 強調画像と呼ばれ、電解液中の緩和時間の違いを画像として取り出したものである。T2 強調画像で強度が弱く見える部分は緩和時間 T2 が短く運動性が低くなっていることを示唆している。電解液の運動性の低下はイオン伝導性の低下をもたらし電池内部の抵抗増大に寄与し、電池の劣化要因の一つである。MRI による電池の電解液の可視化は電解液の劣化過程を検出できる有力な手法であると考えられる。

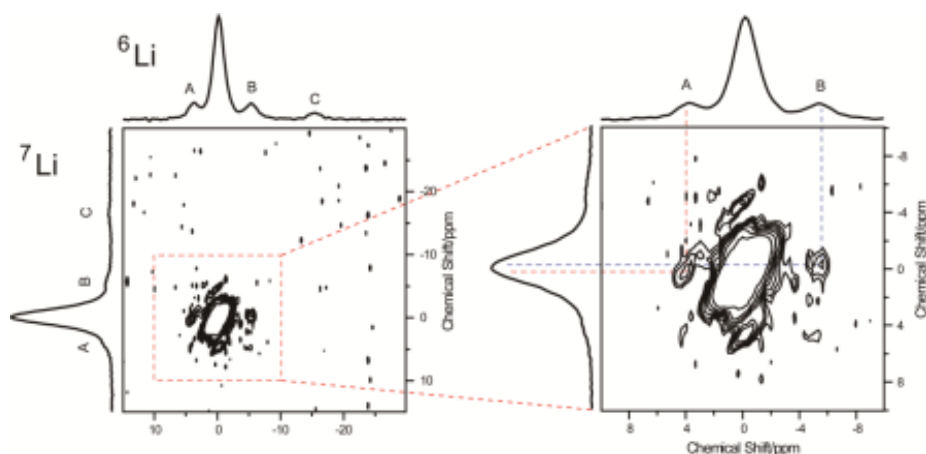


図3.2-10 LiCoO₂の⁶Li-⁷Liの異種核相関（HETCOR）スペクトル

核磁気共鳴(NMR)はリチウム電池中の⁷Li核をはじめ、電解質中の¹H核(プロトン)、¹⁹F核などの様々な原子核スピンをプローブとして、電池材料の構造変化やイオン移動に関する情報を得ることができる。超高磁場の固体NMRシステムを構築し、以下の知見を得た。すなわち、⁶Li-⁷Li 二次元相関測定法の開発を行い、LiCoO₂の局所構造解析に適用した。図3.2-10に示すよう交差ピークが観測され、⁶Liで分離した欠陥サイトの信号と⁷Liのメインピーク間の距離相関測定を実現し、Coサイトを占有した数種のLiと、Co常磁性中心との関係を明らかにした。

4) 計算科学手法に基づいた高度解析と材料挙動のシミュレーション

リチウムイオンの構成材料に対して、時間・空間の階層構造に応じた種々の高度解析技術の結果と、得られた測定結果の物理的な意味を定量的に解釈するため、第一原理計算に基づいた理論解析結果と実験結果を合わせて考察を試みた。

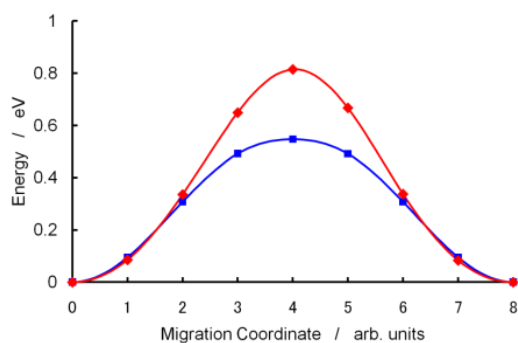


図3.2-13 リチウムイオンのジャンプに伴うエネルギー変化

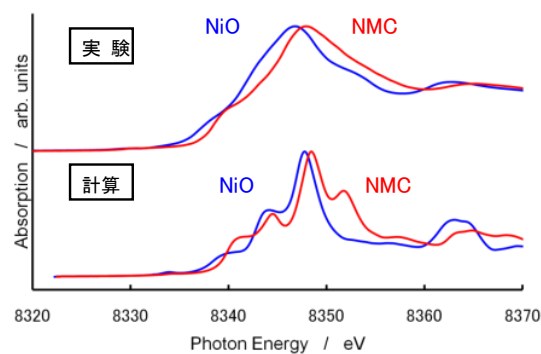


図3.2-14 LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂ (NMC)のNi-K端XANES

反応過程を速度論的に考察するために、第一原理計算による熱力学的安定性の評価と、その反応の素過程となる局所構造が異なる2種類の原子ジャンプ経路のシミュレーションを行った(図3.2-11、図3.2-12)。局所構造の違いにより、ポテンシャル障壁が異なることも明らかとなり、適切な拡散経路が確保できるならば活物質の出力性能の向上等蓄電池材用の設計指針を速度論の観点からも得ることが見込める。

また、高度解析技術で得られるスペクトルのもつ物理的意味を定量的に解釈することによって、NMCとNiOのスペクトルの違いは電子状態の違いではなく、局所構造の違い

に由来することが確かめられた。

3. 電池反応解析

リチウムイオン電池の充電特性の向上をはかるためには、正極から負極へのリチウムイオンの輸送を高速化することが必要となる。リチウムイオンはセル内部では正極活物質中の拡散、正極活物質／電解質界面でのイオン移動、電解質中のイオン移動を経て、負極活物質／電解質界面でのイオン移動、負極活物質内の拡散が生じる。このときのセルのレート特性は正極・負極それぞれの活物質の粒径、合剤電極の厚み、活物質の反応サイト、あるいはセパレータの厚みなどに影響を受ける。これに加えて、正負極上での被膜の状態にも特性は依存し、これらの決定要因は複雑である。

これらの複雑な反応現象の解明のために、リチウムイオン電池における反応過程とその速度論的把握のための解析技術の開発を行った。

1) 正極界面の解析

LiCoO₂およびLiMn₂O₄を用いて、電気化学原子間力顕微鏡（E-AFM）により電解液界面の解析を行った。LiMn₂O₄を用いた場合の50°Cサイクルにおける正極の放電容量の低下は、界面に新たな相が生じて界面抵抗が増大することによるものと考えられた。また、LiCoO₂薄膜モデル系による解析からは、活物質表面をAl₂O₃にて被覆することにより正極のサイクル劣化が抑制されることが明らかで、ラマンスペクトルによる解析結果からは被覆によってLiCoO₂電極の表面構造が安定化されるためと考えられた。

2) 炭素系負極の解析

高配向性熱分解黒鉛(HOPG)を用いて負極上に生成する被膜の劣化トリガーの検討と、被膜劣化の程度を明らかにするために、LiMn₂O₄とのモデルセルを用いて、各種条件下における電気化学インピーダンス解析、ラマン分光分析などによる解析を行った。電解液へのMnイオンの溶出により、HOPG被膜における界面抵抗の増大が認められた。Mnを含む系でのサイクリックボルタモグラムを図3.3-1に、その際のナイキストプロットの一例を図3.3-2に示した。

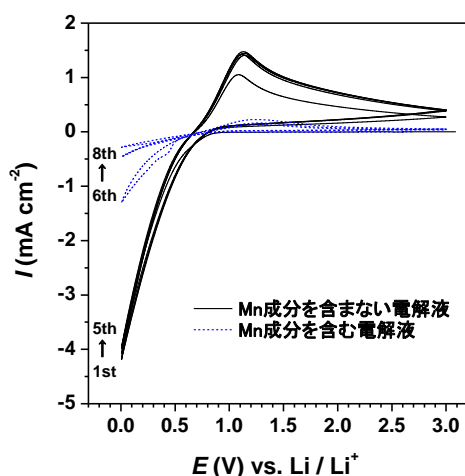


図3.3-1 サイクリックボルタモグラムにおけるMn溶出の影響

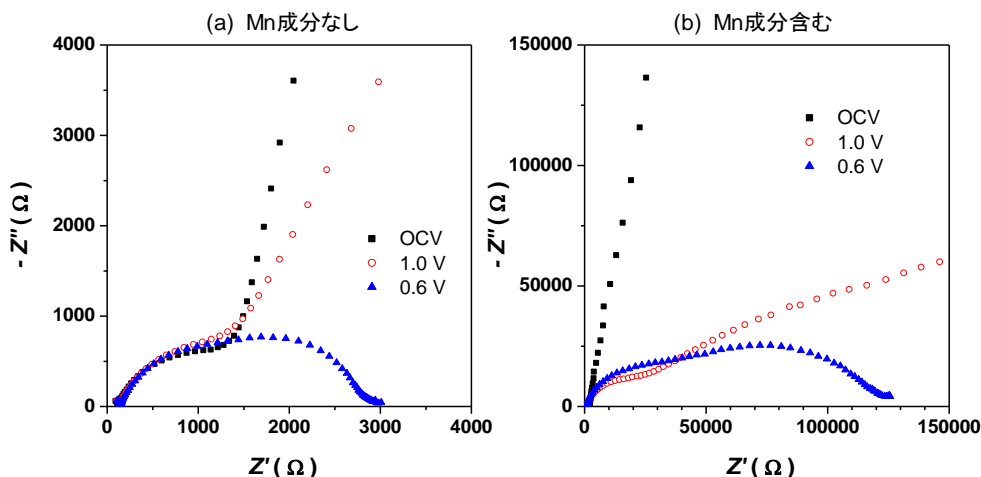


図3.3-2 Mn溶出におけるナイキストプロットの違い

3) 電解質/電極界面反応解析

リチウムイオン電池における電解質/電極界面の挙動と電解質の酸化・還元反応を明らかにするために、添加剤の有無、反応温度、電極電位などのパラメータと電解質の分解挙動などについて、電気化学インピーダンス解析やラマンスペクトル解析などを行った。さらに、モデル電極を用いて電解液の酸化還元挙動をE-AFM観察により解析した。

ラマンスペクトル(図3.3-3)からは、電解液中への添加剤により、エッジ面の黒鉛結晶構造の乱れが抑制されることが明らかとなった。これらの解析結果から、安定で高機能性被膜を形成するための指針を明らかにしてきた。

4) 電池内反応分布解析

セル作動時の電解液分布や電解液濃度分布を明らかにしてセル内部の状況を把握するために、測定セルの検討を行い、その有効性を検証した。その結果、電解液分布や電解液濃度分布を測定するため、30 μm程度の分解能で測定できるめどが得られた。

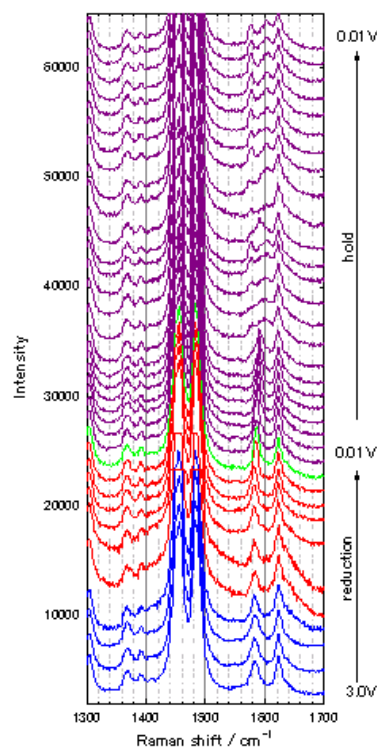


図3.3-3 HOPG電極のラマンスペクトル

5) 交流インピーダンス測定による電池内部状態解析 【早稲田大学】

電池内部状態評価解析としてLIBの交流インピーダンス法による解析を行い、劣化要因推測のための評価解析法の提案を行うことを目的とした。そのために実電池系に近いLIBに参照極の導入を実現させ、正極負極のそれぞれの反応を交流インピーダンス法により明確にし、電池を破壊することなく劣化要因を解析する。さらに、様々な電池を劣化させ、その劣化挙動を主として交流インピーダンス法を用いて解析し、その他の測定手法による補完的な結果と併せることにより、インピーダンス法の信頼性を確定する。最終的には、電池状態を *in situ* で解析・検出するための測定評価手法の確立を目指す。

現行のLIBを模擬した電池としてラミネート型単セルを作製し、そのLIBへの参照極導入箇所、導入方法を検討した。正極負極間内と正極負極間外に参照極を配置したセルについて、それぞれ正極、負極のインピーダンス測定を行った。その結果、正極負極間外に参照極を配置したセルのインピーダンス応答では、特に、負極インピーダンスにおいて、不安定な応答を示し、再現性を得ることが困難であった(図3.3-4下段)。一方、正極負極間内に参照極を配置したセルは、正極、負極ともに安定したインピーダンス応答が得られることを確認した(図3.3-4上段)。今後は、分離した正極・負極インピーダンスについて解析を行い、劣化要因を明確にする。

また、室温相当の25°Cと劣化加速させるべく設定した60°Cの試験温度を用いて、容量・用途の異なる三種の市販LIB(公称容量5Ah, 3.6Ah, 0.83Ah)に対して、それぞれサイクル・保存劣化セルを作製し、その劣化状態をインピーダンス解析により評価した。なお、劣化を目的としたため、充放電は3Cで行った。その結果、設定した等価回路をコアとした解析により劣化状態の変化に伴う抵抗・容量等の各パラメータの変化が観察された。さらに劣化を加速したセルについても同様に解析を行ったが、30日程度でインピーダンス解析によりその劣化が解析可能となり、劣化条件の最適化により短期間で劣化加速が可能であることを見出した。

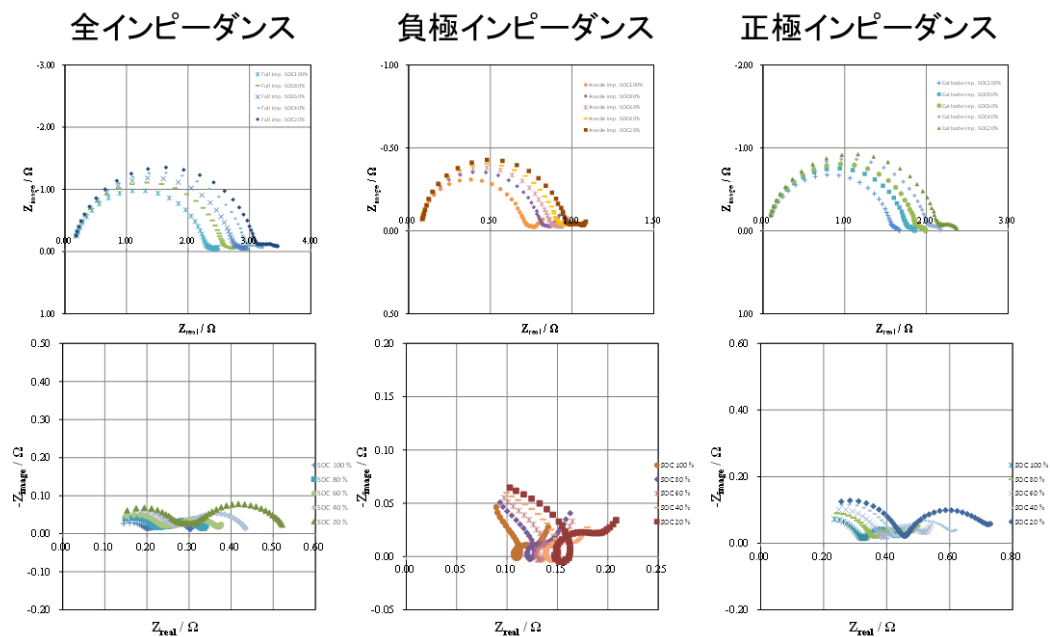


図 3.3-4 参照極導入ラミネート型単セルインピーダンス
上段：正極負極間内配置，下段：正極負極間外配置

6) *in situ* 電子線ホログラフィー 【ファインセラミックスセンター；JFCC】

本研究事業では「各種の全固体型モデルLiイオン電池をホログラフィー電子顕微鏡内で充放電させながら電池内部（正極/電解質界面、負極/電解質界面等）の電位分布（イオン分布）を解析する手法を開発する」ことを目標に研究を行っている。

リチウムは原子番号3番の軽元素であり、透過電子顕微鏡はリチウム分布を観察する能力を持たない。X線分光法（EDS）や電子線エネルギー損失分光（EELS）でも検出は容易でない。電子線ホログラフィーは、ホログラフィー電子顕微鏡を用いて観察サンプルの

干渉縞（ホログラム）を撮影し、その干渉縞を画像解析することによって、サンプルが持つ電位分布や磁束密度の分布を描くことのできる方法である。リチウムイオンは電荷を持つため、原理的には電子線ホログラフィーによってその分布を電位分布として描くことが出来るはずである。

再委託先の静岡大学で作製された全固体型リチウムモデル電池を JFCC に持ち込み、電子顕微鏡の中で充放電させることができるようにした。図 3.3-5 に、固体電解質としてセラミックス固体電解質シート ($\text{Li}_{1+x+y}\text{Al}_y\text{Ti}_{2-y}\text{Si}_x\text{P}_{3-x}\text{O}_{12}$ (室温におけるイオン伝導度 $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ OHARA 社製))、正極として LiCoO_2 、負極として LiMn_2O_4 を用いたモデル電池に 1.2V の充電電圧を印加した場合の正極/固体電解質界面付近および固体電解質/負極界面付近の電位分布を示す。正極および負極の電位を考えると、この電池は十分電池として動作するはずであるが、なぜか充放電特性があまり良くない電池である。電位分布を見ると、正極側界面付近の電位差が非常に小さいのに対し、負極側には大きな電位差が生じており、ここにイオン移動の大きな抵抗があることがわかる。

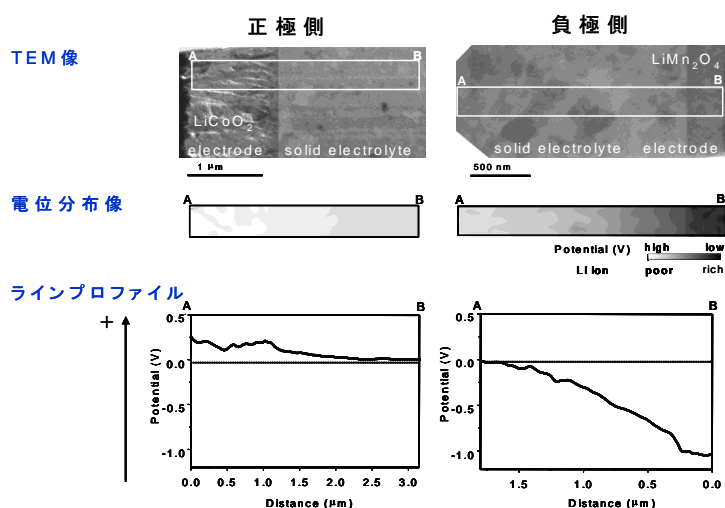


図 3.3-5 全固体型モデル電池の電極/固体電解質界面付近の電位分布

このように、電池の性能を決定する電極/電解質界面での電位分布（イオン分布）が本研究によってはっきりと観察・計測できるようになった。これは、電池開発においていまままでブラックボックスであった部分に光を当てることができるようになったことを意味している。現在、この固体電解質/負極界面のイオン抵抗の本質を解明する解析が進められている。これらの研究が進めば、何を改善すればイオン抵抗が小さくなるかなどの示唆が得られ、現実の電池開発に大きな寄与ができると考えられる。

さらに、電位分布の静的な解析に加え、動的に観察する手法を開発し、オンラインデジタルリアルタイム電子線ホログラフィーシステムを構築した。これにより、モデル電池を電子顕微鏡内で充放電させながら電池内電位分布を観察でき、充電と放電によってイオンが移動し、電位分布に変化が起きていることが明らかとなる。

4. 材料革新

リチウムイオン電池のエネルギー密度の向上並びに長寿命化・高度信頼性の同時達成のための高電位正極および高容量負極の材料の革新に資する指針の提案を目指すことを目的に研究活動を推進した。なお、材料革新の指針の導出に当たっては、本事

業の研究開発項目①「高度解析技術開発」において開発される高輝度 X 線等の量子ビーム技術や核スピン等をプローブに用いた高分解能測定手法を積極的に適用するとともに、研究開発項目②「電池反応解析」におけるリチウムイオン電池の反応過程とその速度論的把握のために開発される解析技術及び得られた成果を利用して、統合的に研究を推進する。

材料革新では、正極活物質への表面被覆材料および被覆手法の選定を進め、被覆結果のキャラクタリゼーションを行い、電極特性を調べ被覆効果の検証を行うとともに、正極/電解質界面での副反応抑制機構の解明を目標に、電極特性測定や劣化試験後の活物質の変化の定量的な把握を行った。また、高電位正極および高容量負極についても電極特性・サイクル特性を調べるとともに、特性試験後の活物質の変化の把握を行い、電極反応機構及び活物質の劣化機構の解明を進めた。

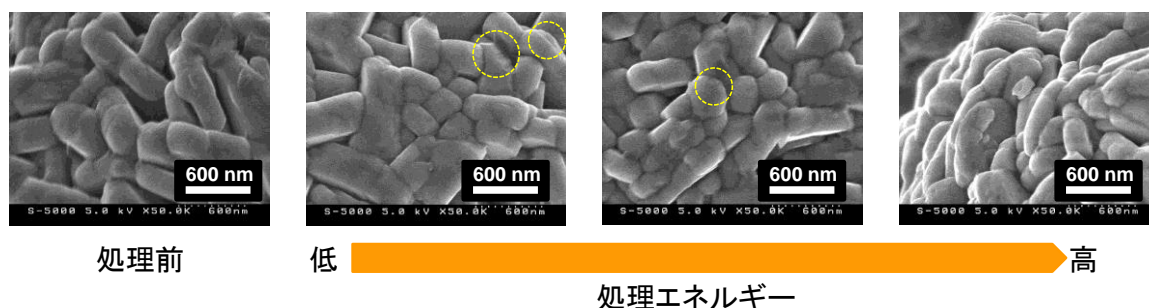


図 3.4-1. 酸化物正極 ($\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$) 母材のみへのメカノケミカル処理による酸化物正極表面形態変化の FE-SEM (加速電圧 5 kV, 50,000 倍) 観察。

1) 正極/電解質界面の高度安定化

本項目では、被覆処理が与える正極活物質母材への影響から、被覆物の物理的・化学的状態を正しく評価するとともに、電極特性、特に高電位・高温での劣化試験による被覆効果の解明を行った。

1)-1 メカノケミカル被覆法

酸化物正極として、更なる高エネルギー密度化が可能かつ高電位領域でも動作可能な正極材料として、 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ を母材として選択し検討を行った。メカノケミカル処理法については、処理エネルギーと酸化物正極表面の変化を調べ、 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 正極母材にダメージをほとんど与えない処理条件の抽出を行った(図 3.4-1)。その上で、 Al_2O_3 の被覆量を変えて被覆処理を行った活物質表面の形態変化を図 3.4-2 に示す。

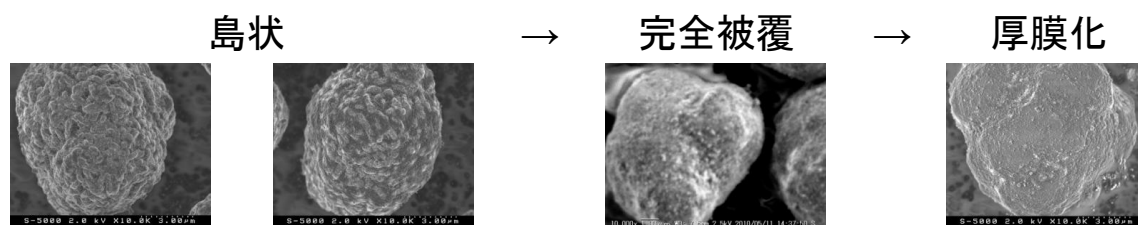


図 3.4-2. Al_2O_3 被覆量を変えてメカノケミカル処理した酸化物正極 ($\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$) の表面の FE-SEM 像。

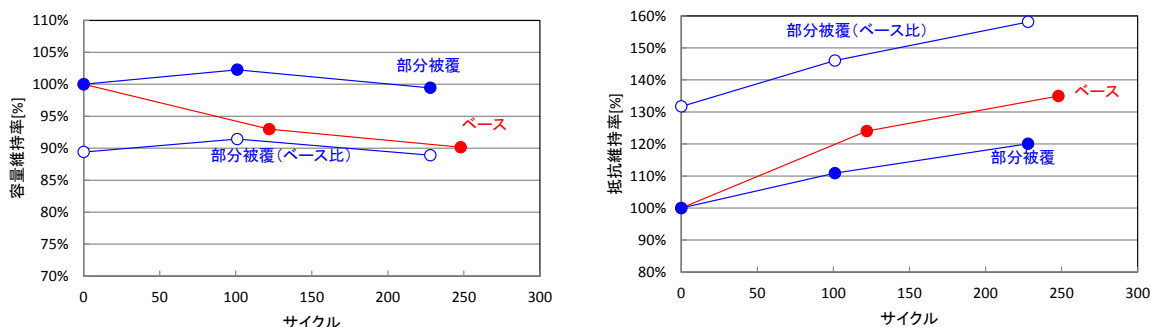


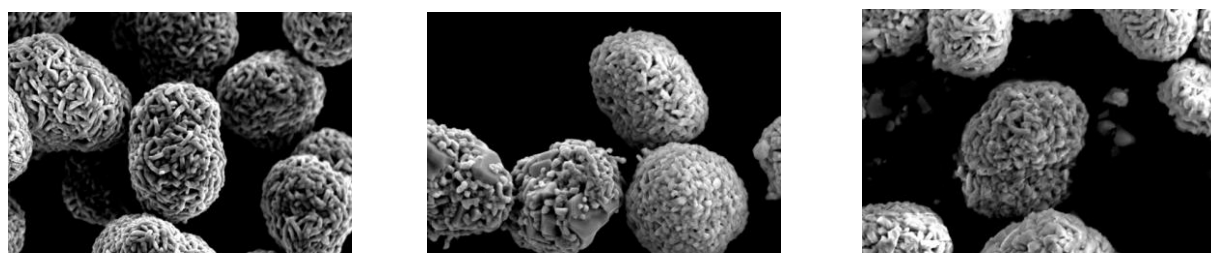
図 3.4-3. Al₂O₃ 部分被覆と酸化物正極 (LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂) の充放電サイクル劣化抑制効果；容量維持率 (左) および抵抗維持率 (右)。

正極／電解質界面の高度安定化の機能の解明とともに、当該機能の発現に必要な量の把握が必要である。そこで、LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂ 正極へのメカノケミカル法による Al₂O₃ 被覆量と被覆形態・被覆厚の関係から、特に部分被覆となる条件で Al₂O₃ 被覆試料を調製し、充放電サイクル試験における可逆容量と電極抵抗の変化率を測定した (図 3.4-3)。本手法での Al₂O₃ 被覆においては、初期特性としての電極抵抗の増加は認められるものの、初期値に対する劣化率としては、部分被覆の場合でも容量劣化率・電極抵抗増大率は明確に抑制されることを見出した。これらの事実は、部分被覆に於いても正極／電解質界面の安定化機能が現れることを示しており、被覆は単に電極／電解質界面の遮蔽物としての機能だけでなく、正極母材 (および電解質) と被覆物の複合化効果で、電極／電解質界面の安定化を発揮しうることを意味する。

この Al₂O₃ 部分被覆による LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂ 正極の正極／電解質界面安定化の機構については、今後、電池反応解析技術開発で開発される様々な *in situ* 解析技術との連携によって電気化学的な安定化効果を抽出するとともに、高度解析技術開発における高い空間分解能での試料の構造変化検出技術と連携して、解明して行くことを目指す。

1)-2 湿式被覆法

湿式被覆法については、通常の沈殿法による被覆においては、一般に被覆量を増やすほど、偏析物が現れやすくなる傾向がある。そこで、被覆物の前駆体に対して溶解度が低く沸点の比較的高い溶媒を用いて酸化物正極母材の分散液を調製し、当該酸化物正極母材分散液に被覆物前駆体溶解液を混ぜた後、溶媒の蒸発を行い、被覆物前駆体を被覆した (蒸発乾固法)。この蒸発乾固法で被覆された LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂ 正極の表面は、図 3.4-4 に示すとおり、被覆物の偏析はほとんど見出されず、被覆状態がほぼ均一であった。



処理前

沈殿法

蒸発乾固法

図 3.4-4. 湿式法のうち、沈殿法および蒸発乾固法にて Al₂O₃ 被覆した酸化物正極 (LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂) の SEM 画像。

次に、沈殿法および蒸発乾固法で、 Al_2O_3 を被覆した $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 正極試料の断面を走査透過型電子顕微鏡観察および EDX 線分析によって金属イオン分布を調べたところ、 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 正極表面近傍のみを拡大した TEM 像では、いずれの方法でもほぼ同一の厚みで被覆できていたことが確認された。これは、SEM 観察において偏析物は強い印象を与えるが、酸化物正極母材の大部分は、ほぼ同一の厚みで被覆されていたことを意味する。

一方、 Al_2O_3 被覆物および $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 正極間での金属イオンの相溶は、蒸発乾固法と沈殿法で異なり、さらに沈殿法においても溶媒種の違いの影響を受ける可能性が示唆された。このように、湿式被覆法においても、被覆物前駆体の溶媒の選択によって、最終的な被覆物相の金属分布に違いがあることが明らかとなり、電極特性との影響を検証することにより、表面被覆による正極/電解質界面制御指針の導出に繋げ得ることが期待される。

今後、前駆体化合物から被覆物への熱分解挙動、特に各温度での組成変化を明らかにするとともに、被覆物の形態について調べる。また、本現象についても、電池反応解析技術開発における様々な *in situ* 解析技術との連携によって電気化学的に安定化効果を抽出するとともに、高度解析技術開発における高い空間分解能での試料の構造変化検出技術と連携して、解明して行くことを目指す。

2) 高電位正極

高電位正極については、スピネル型マンガン酸リチウムのニッケル置換体 ($\text{LiNi}_{1/2}\text{Mn}_{3/2}\text{O}_4$) を取り上げ、前項の「a. 正極/電解質界面の安定化」で見出された劣化抑制指針の適用を試みた。メカノケミカル法での表面被覆によって、初期電極特性および充放電サイクル特性の影響を調べたところ、本系においても被覆量の増大により電極抵抗の増加および可逆容量が低減することが確認された。次年度は、負荷追従性保持とサイクル寿命向上の視点で、被覆量・被覆条件の最適化を進めるとともに、電極特性試験後の活物質変化の解析を行う。

3) 高容量負極

リチウムと金属間化合物を形成する合金系負極は、比容量が格段に高く、また炭素負極よりも比重が大きいため、体積当たりの容量密度も高くなる。しかし、合金系負極はリチウムの挿入による体積変化が大きいことから、サイクル寿命の向上が、合金系負極に求められる材料革新の重要な方向性である。

合金系負極の高耐久化に資する方法として、本事業では、多孔質構造に着目し、長寿命な高容量合金負極の開発を行った。現在、開発中の多孔質構造電極は、電極特性の測定結果から、徐々に漸近しつつあるものの、むしろサイクルを重ねることによって容量が増加し、高い充放電可逆性を持つ電極構造となっていることが確かめられた。ただし、0 V (vs. Li 金属極) までリチウム挿入を行った場合、充放電クーロン効率の低下 (99.8%→96.6%) が観察された。この原因の解明を進めるために、今年度は充放電後の合金系負極について、走査透過型電子顕微鏡観察並びにエネルギー分散型 X 線分光 (EDX) 法や電子エネルギー損失分光法 (EELS) の適用を試みた。その結果、本合金系負極においても、特に EELS 分析によって Li の存在比も確認できたことから、次年度以降、今後この手法を用いて、引き続きクーロン効率低下の原因解明を行うとともに、クーロン効率低下抑制に資する手法の開発を行う。

4) 極端条件下における層状岩塩型材料の反応制御 【東京工業大学】

層状岩塩型酸化物は、リチウムイオン電池が実用化された際の最初の正極材料である。その後、多元系やリチウム過剰系などの様々な誘導体が開発され、現在も次世代の正極材料として中心的な位置を占めている。層状岩塩型を基本とする酸化物は、既存の電極特性の延長線上にない飛躍的な特性向上の可能性を秘めている。本研究事業では、高容量型電極材料の実現への道筋を切り開くことを目的とした。層状岩塩型化合物の構造、組成と電気化学反応との相関を捉え直すために、通常用いられる大気圧下の限られた反応条件での合成手法から脱却し、組成、構造を連続的に、かつ狙い通りに制御できる合成過程の構築を試みた。しかしながら、この組成領域の層状岩塩型酸化物は既存手法では合成が困難であるため、Mn-Co-Ni 三元系化合物について、高圧下、低圧下の特殊な条件下で合成を反応制御することで、直接合成を試みた。その際、① Li 量の制御 $\text{Li}_{1+x}(\text{Li}_{0.2}\text{M}_{0.8})\text{O}_2$ ($0.2 < x < 0.6$) により過剰 Li の構造内への挿入を確認し、② 遷移金属比の制御 ($\text{M}=\text{Mn(IV)}_a\text{Co(III)}_b\text{Ni(II)}_c$; $a+b+c=0.8$) により、各遷移金属種の電極反応中の役割について明らかにすることを試みた。

a) Li 過剰層状岩塩型化合物の相関係

様々な Li 過剰量、Mn/Co/Ni 比を制御して高圧合成した試料の XRD 図形を図 3.4-5 に示す。

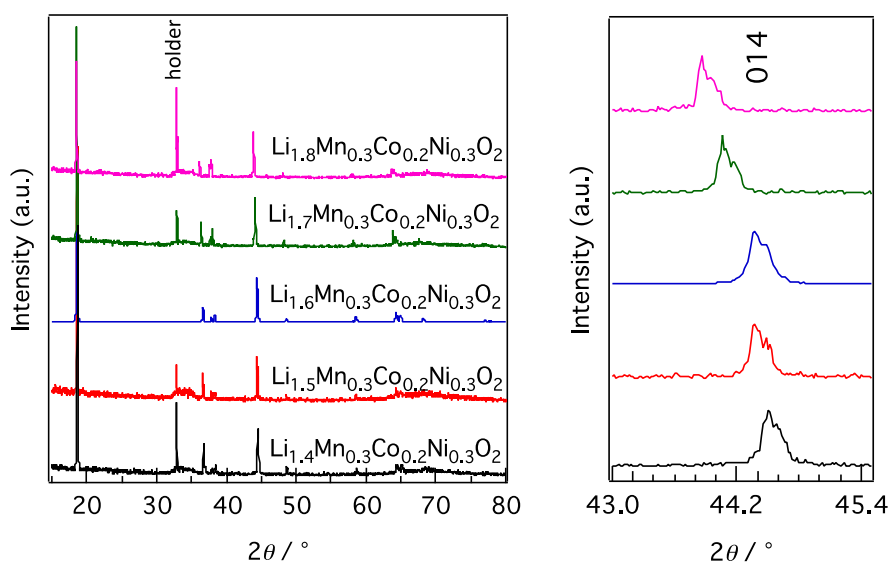


図 3.4-5 $\text{Li}_{1+x}[\text{Li}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{Ni}_{0.3}]\text{O}_2$ の X 線回折図形

得られた回折図形は層状岩塩型(空間群 $R\bar{3}m$)で指数付け可能であり、Li 量の増加により反射位置が低角側にシフトした。リートベルト解析から求めた格子定数は $x=0.2$ での $a=2.8610(3) \text{ \AA}$ 、 $c=14.2226(9) \text{ \AA}$ から $x=0.6$ での $a=2.8782(3) \text{ \AA}$ 、 $c=14.2726(8) \text{ \AA}$ と増大し、過剰 Li により格子が膨張した。またいずれの試料においてもメタノール洗浄前後において反射位置が変化せず、洗浄による Li 損失がないことを確認している。以上より、高圧合成法を用いることで従来法では合成できない新たな Li 過剰層状岩塩型酸化物の合成に成功した。

b) Li 過剰層状岩塩型化合物の電気化学特性

得られた Li 過剰層状岩塩型化合物 $\text{Li}_{1+x}[\text{Li}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{Ni}_{0.3}]\text{O}_2$ を用いた場合の充放電試験結果を図 3.4-6 に示す。 $x=0.3$ の試料においては、既存の Li 過剰層状岩塩化合物

$[\text{Li}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{Ni}_{0.3}]\text{O}_2$ の初期充電過程に観測される 4.5 V 付近でのプラトーが観測されず、酸素脱離による相転移が起こらないことが示唆された。

しかしながら、初期 10 サイクルの間に 20%ほど容量が低下し、構造変化の可逆性に乏しいことがわかった。一方、 $x=0.5$ の試料においては、4.5 V 付近でのプラトーが観測されたが、初期 10 サイクルの間に容量低下が 3%程であり、 $\text{Li}[\text{Li}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{Ni}_{0.3}]\text{O}_2$ よりも優れた可逆性を示した。以上より、見出した Li 過剰相は、既存物質とは異なる電気化学特性を有すること、また過剰量によっても電極特性は変化することを明らかにした。

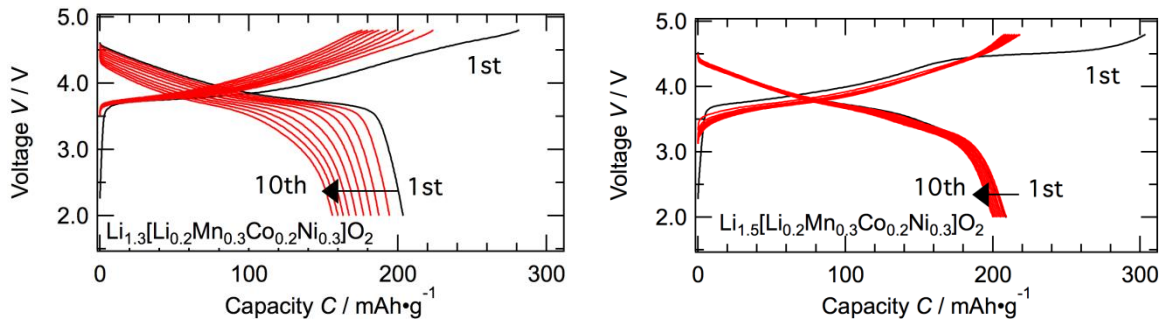


図 3.4-6 $\text{Li}_{1+x}[\text{Li}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{Ni}_{0.3}]\text{O}_2$ ($x=0.3, 0.5$) の充放電曲線。

c) Li 過剰層状岩塩型化合物のモデル電極作製

二次元界面を有するモデル電極を作製するには、原子レベルで表面が平滑な単結晶基板を用意する必要がある。これまでに SrTiO_3 単結晶表面を Å レベルで制御するための基板処理方法の確立を目指し、酸処理条件、アニール時間、アニール温度を変化させて基板前処理条件の最適化を行った。

今後はリチウム過剰系層状岩塩型酸化物の反応制御、機構解明に向けて、極端条件下での合成過程を検討し、今後は以下の課題を推進することで、Li 過剰層状岩塩型酸化物を次世代材料へと展開し、材料革新の指針を示す。

5) 高容量、高電位に結びつくフッ化物系活物質 【九州大学】

次世代リチウム二次電池の正極材料として、現在、経済性及び安全性の観点から最も有力視されている材料としてオリビン系リン酸鉄が挙げられるが、560 Wh/kg の理論エネルギー密度限界がネックとなっている。そこで鉄系ポリアニオン正極最大のエネルギー密度を有する LiFePO_4 を凌駕する容量を達成する最短ルートとして考えられるのが、アニオンの小型軽量化であり、究極のアニオン候補と考えられるのが元素中最大の電気陰性度を有するフッ素である。フッ化物は合成が難しいという課題があるが、同じスピネル骨格をもちながら酸素とフッ素アニオンの違いが正極特性に及ぼす影響を比べることは、非常に興味深いテーマである。また、また、リチウム含有酸化物系ではトレランスファクターの関係で安定相が得られないペロブスカイト構造が、フッ素系では容易に得られるという魅力もある。これまでの検討でフッ化ポリアニオンやペロブスカイト型フッ化金属などのフッ化物の中から、フッ素の小さな電気化学当量と高い電気陰性度を生かした 5 V 級高電位型正極活物質 $\text{Li}_2\text{CoPO}_4\text{F}$ や LiFePO_4 を凌ぐ理論容量の高容量型正極活物質 FeF_3 が見つかっている。

本研究事業では、さらに大容量の革新的フッ化物正極候補を探索、開拓すべく H21 年度から新規フッ化物系としてオキシフルオライド型 FeOF やクリオライト型 Li_3MF_6 、トリ

ルチル型 Li_2MF_6 の検討を進めてきたが、H22 年度は新たに①逆スピネル型 Li_2MF_4 、②ペロブスカイト型 NaFeF_3 を中心に検討した。

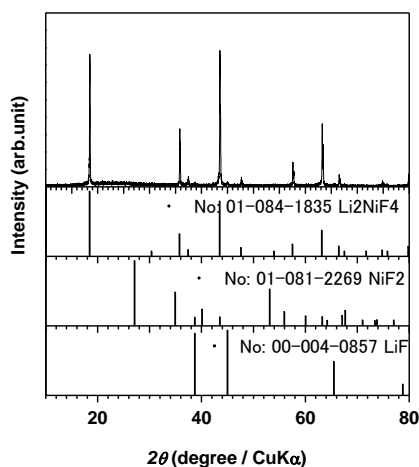


図 3.4-7 Li_2NiF_6 の X 線回折図

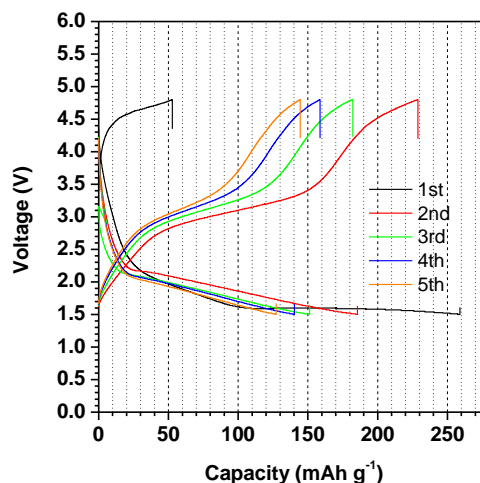


図 3.4-8 Li_2NiF_6 の充放電プロファイル

① 逆スピネル型 Li_2MF_4

逆スピネル型 Li_2NiF_4 の単相合成に成功(図3.4-7)し、フッ化物コンバージョン反応に起因すると思われる初期容量 250 mAh/g を超える 1.5 V 終止放電容量が得られた。さらに、充電プロファイルには、 $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}^{4+}$ のレドックスの存在を暗示する 5 V 付近のプラトー部の痕跡が認められ(図3.4-8)、今後さらに高い電位まで充電可能な電解液系が開発できれば、理論容量 360 mAh/g に肉薄する高電圧容量が見出される可能性が高いと期待している。今後逆スピネル型に続き、スピネル型フッ化物の単相合成をめざす。

② ペロブスカイト型 NaFeF_3

FeF_3 は鉄系正極の中で現在最も大きな 200 mAh/g 以上の可逆容量が報告された有望な正極であるが、レート特性がオリビン型 LiFePO_4 に及ばず、初期状態で Li を含有した LiFeF_3 の合成報告がなく、ケミカルリシエーションが必要であるという欠点がある。そこで、オレイン酸を用いた液相法で溶媒比の制御により数十ナノサイズの NaFeF_3 の合成に成功し、レート特性の改善を見た(図 3.4-9)。さらにナノ化されたことによって室温でも電解液中に浸すだけで LiFeF_3 へのイオン交換が可能であることを原子吸光により確認した。また、従来メカノケミカルで数時間かけて室温合成していた NaFeF_3 のより簡便な直接合成法として低融点の出発物質 NaHF_2 と NaF を用いることで NaFeF_3 を短時間に熔融急冷合成でき 200 mAh/g の可逆容量が得られることを明らかにした。

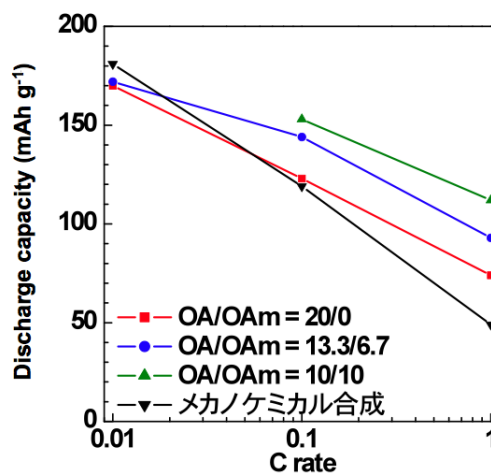


図 3.4-9 各々の溶媒比で液相合成された NaFeF_3 ナノ粒子のレート特性

従来検討されていなかった Li を含む金属フッ化物という新しい正極活物質の領域を提

案し、その中のクリオライト型およびトリルチル型、ペロブスカイト型というフッ化物ならではの新規なマトリックスをもつ正極活物質群を開拓、これら化合物の新規合成法も開発した。今後はフッ素化ポリアニオンやオキシフルオライドにまで検討範囲を展開することで、これまで検討報告例の極端に少なかったフッ化物系正極活物質の可能性を網羅的系統的に明らかにし、大容量金属フッ化物正極の発見をめざす。

4. 革新型蓄電池

革新型蓄電池技術開発の目標は、現行水準の5倍以上のエネルギー密度が期待でき、3倍以上のエネルギー密度、および初期のサイクル安定性を示すポストリチウムイオン電池(LIB)となる革新型蓄電池の基礎技術を構築することである。具体的には、2030年に500 Wh kg⁻¹の蓄電池開発を見通すことができる300 Wh kg⁻¹の蓄電池を検証することにある。そのための研究開発の取り組みポイントとして、

- (i) 高性能を発揮しうる電池材料系の選定
- (ii) 高性能を発揮しうる電池反応環境の整備
- (iii) 高性能を発揮しうる電池動作環境の整備

が挙げられる。

項目(i)では、電池反応に関わる反応活物質、すなわち正極、負極の主要構成物質と、酸化還元反応、およびイオン移動の場としての電解質の選定を行う。すなわち、理想的な電池反応を想定して、材料の電気化学反応の能力を選定する。

項目(ii)では、上記の材料の能力を最大限に発揮する条件を追及する。たとえば、活物質材料を微粒子化して反応面積を増大したり、電池反応の進行を促進したり、ナノ化することによって反応活性を増大することを試みる。粒径制御、粒子表面修飾、複合材料化、合金化などの検討が想定される。

項目(iii)においては、電池構成、電池動作制御法の検討が考えられる。たとえば、正極/負極活物質質量比、電解質構成、正極・負極活物質/電解質構成比の最適化、動作電圧範囲や動作電流の最適化、電池の劣化状態に即した充放電条件の最適化などを検討する。

上記の3項目について、本研究事業の性格上、項目(i)および(ii)が本研究開発の対象となる。項目(ii)においては、他Gと連携し、高度解析技術開発Gの解析手段や、電池反応解析技術Gの反応解析技術を積極的に活用して、解析結果に基づく効果的、効率的な検討を進めていくことにした。

革新型蓄電池技術開発における具体的な取り組みとして、大別してリザーバタイプ革新型蓄電池と界面タイプ革新型蓄電池の2種の蓄電池を対象に検討を進める。

リザーバタイプ革新型蓄電池の検討では、主たる電極材料が充放電によって溶解析出を繰り返す電池反応を司る鉛電池、ニッケルカドミウム電池、ナトリウム硫黄電池など多くの従来型蓄電池、すなわちリザーブ型蓄電池に範をとり、従来型蓄電池において課題であった溶解析出形態などを最新の基礎科学や、高度解析技術開発、電池反応解析技術開発など他のグループの開発技術を積極的に活用して新しいリザーバ型蓄電池を実現する基礎技術の確立を目指す。

一方、界面タイプ革新型蓄電池では、電池反応において通常、活物質イオン、電子の移動が律速となる活電極/電解質、粒子間の界面制御を中心に検討するもので、最新の基礎科学、特に材料科学や微細加工技術を駆使し、上記と同様に高度解析技術開発、電池反応解析技術開発など他のグループの開発技術を積極的に活用して新しいタイプの蓄電池を実現

する基礎技術の確立を目指す。

リザーバタイプ革新型蓄電池では金属空気電池と多価負極電池を、界面タイプ革新型蓄電池ではナノ界面制御電池と固体化電池を、当初、検討対象の具体的電池系として選定した。

1) 電池系の選択指針

革新型蓄電池の実現のためには、その性能を有する可能性のある電池系の選定がカギとなる。電池系の選定にあたっては、以下の考えに沿って実施した。

- ① エネルギー密度の増大は、高電圧化ではなく、高容量化に求める。
高電圧化は材料の耐久性と安全性に課題が大きいことが指摘されている。これらの課題を回避し、実用電池としての実現性を追求すると、電池系の選択を高容量化に求めることが合理的である。
- ② 主な電池系として、リザーバタイプ電池系として金属空気電池および多価負極電池を、界面タイプとしてナノ界面制御電池および固体化電池を対象とする。H22年度までは、金属空気電池とナノ界面制御電池に重点を置いて研究開発を行った。
- ③ 金属空気電池として、水溶液を電解液として用い、体積当たりのエネルギー密度がリチウム空気より高い、亜鉛空気電池を主たる電池系として検討対象にする。

各金属を負極活物質として用いた金属空気電池について、重量当たりの放電容量と電池電圧の関係を図3.5-1に、体積当たりの放電容量と電池電圧の関係を図3.5-2に示す。金属空気電池では、正極活物質である酸素の還元体として、水と水酸イオンが広く知られている。したがって水溶液電解液は、金属空気電池の有力な電解液である。しかし、Li、Na、Mgといった金属は水に不安定であり、Alも安定性に難がある。水に安定な金属のうち、Znはもっとも高電圧、低コストで資源的制約も少ない。

さらに、Znは高密度であるため、体積当たりエネルギー密度も高い。水溶液電解液を用いた亜鉛空気電池は、電圧が1.5 V程度であるが、優れた安全性が期待できる。

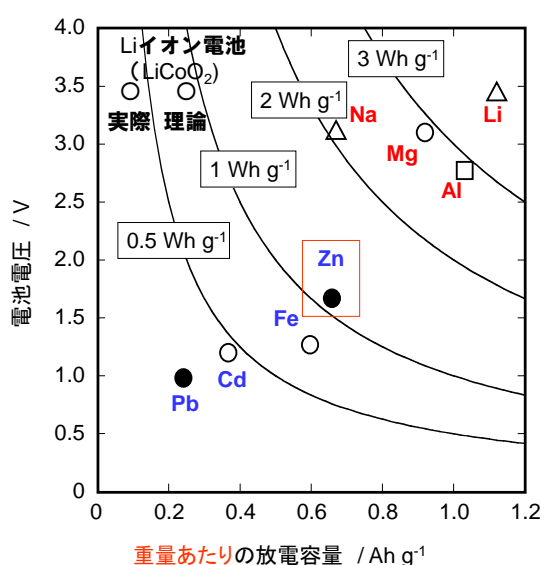


図 3.5-1 負極材料と重量エネルギー密度

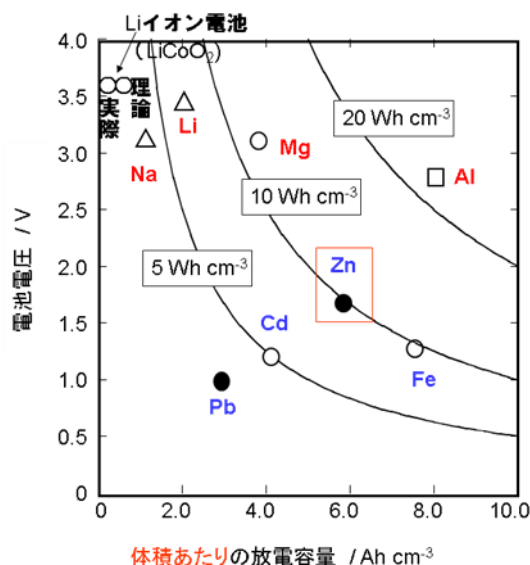


図 3.5-2 負極材料と体積エネルギー密度

これに対して、非水有機電解液と組み合わせたLi負極では、

- a. 酸化反応生成物Li₂OまたはLi₂O₂が反応の進行とともに正極（空気極）の細孔に堆積し正極特性を低下させ容量を制限すること、
 - b. カーボネート系電解液を用いると正極基板のカーボンと反応してLi₂CO₃などを生成し、正極劣化を引き起こすこと、
 - c. 正極活物質であるO₂が負極に到達して内部短絡、もしくはLi負極を化学劣化させること、
 - d. この点を緩和させる目的で負極Li界面に固体電解質などを設け、正極（空気極）側には水溶液電解液を用いる構造が提案されているが、電解質界面のイオン移動抵抗による取得電流低下が起こること、
 - e. 基本的に正極（空気極）を除いてLIBと同様の材料系を用いるため、根本的な安全性の課題を抱えている
- など、多くの課題を有している。

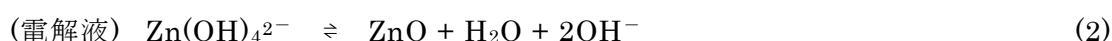
これらの点を勘案し、Znは金属空気電池用負極の有力候補と位置付け、検討の対象とした。

- ④ ナノ界面制御電池では、多電子移動材料系、多価金属材料系を対象とする。

正極活物質には2電子以上の多電子移動を伴う酸化還元系材料を、負極活物質には同様に、多電子移動を伴う酸化還元系金属材料を活用した電池系の確立を目指す。

2) 亜鉛空気電池系の検討

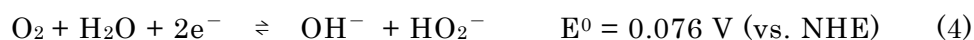
正極活物質に酸素、負極活物質に亜鉛を用いる亜鉛空気電池の理論起電力は1.65 Vと3 V以上を示すLIBより低いが、理論エネルギー密度は1082 Wh kg⁻¹に達し、LIB(LiCoO₂正極の場合)の570 Wh kg⁻¹をはるかにしのぐ高エネルギー密度化の能力を有している。亜鉛空気電池の反応式を式(1)-(6)に示す。



または



または、



$$W = 1082 \text{ Wh kg}^{-1}$$

亜鉛空気電池の負極放電反応では、Znがいったん錯イオンZn(OH)₄²⁻イオンを生成して電解液に溶解し、この錯イオンから最終生成物としてZnOまたはZn(OH)₂を負極上に形成する。このZnとZnO/Zn(OH)₂との間の酸化還元反応が円滑に進行することが良好な電池特性を発揮する一つのポイントとなる。亜鉛空気電池の反応概念とともに主な課題

を図3.5-3に示した。

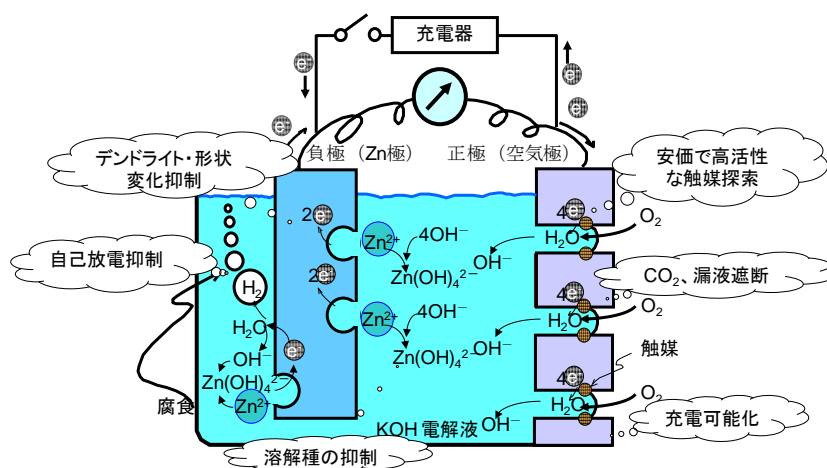


図 3.5-3 亜鉛空気電池の反応概念と主な課題

亜鉛負極では、デンドライトの抑制、水素発生抑制、電解液のイオン種のほか、空气中のCO₂の溶解による劣化抑制が課題として指摘できる。また、正極（空気極）では、何といても充電可能な電極化が課題であり、その一要素として酸素過電圧を低下させるBifunctionalな触媒の探索が挙げられる。

以上述べたように、亜鉛空気電池は次世代の高エネルギー密度電池としての期待が大きい半面、解決すべき課題点も多く存在する。これまで、同電池の実現に向けて長年精力的な研究開発が展開されてきたにも関わらずいまだ信頼性の高い充放電可能な亜鉛空気電池は実現に至っていない。

本研究事業では、次世代電池としての亜鉛空気電池の実現のため、まずZn負極の検討を重点的に行った。正極（空気極）に関しては、燃料電池の研究開発で培った技術を積極的に活用して開発を進める予定である。正極のみならず、亜鉛空気電池の研究開発推進においては、燃料電池やリチウムイオン電池の研究開発で確立された知識や技術を活用し、さらに従来には確立されていなかった各種技術を取り込んで研究開発を進めていく。

亜鉛負極の検討では、最初に $Zn(OH)_4^{2-}$ イオンの安定的溶解性を困難にする電解液系の確立に向けた検討を行った。また、負極亜鉛のデンドライト、形状変化の抑制のため、デンドライト形成機構の検討も行った。

3) ナノ界面制御電池の検討

ナノ界面制御電池は、正極、負極材料に多電子移動を伴う酸化還元系材料を採用することが基本的な考え方である。すなわち、容量密度を増大することによって高エネルギー密度電池の実現を目指す。

多電子移動系材料、多価金属材料を電池構成材料として採用することは、数値計算上、比容量（容量密度）の向上において高エネルギー密度化に有効と言えるが、その半面、このような多電子移動を伴う反応系を標榜する過程で反応活性や電子移動制御の面ではるかに困難な要素が存在することが従来から指摘されている。

ナノ界面制御電池の検討においても同様に、燃料電池やリチウムイオン電池の研究開発で培った知識や技術を積極的に活用し、また材料改質のための各種技術を取り入れて電池系の探索、確立を目指す。検討の開始に当たっては、何よりも高エネルギー密度電

池開発の検討対象となる電池系の選定が重要となる。H22年度は、上記概念に沿った電池系の探索に注力して検討を進めた。

第4章 実用化の見通し

1. 実用化の見通し

(1) 成果の実用化可能性

本研究事業は、競合メーカーを含めた産業界からの研究員が大学に集結してコンソーシアムを形成して研究事業を推進するという、世界でも類を見ない研究形態をとっている。これは、我が国の自動車産業等に向けた蓄電池産業の国際的な産業競争力の維持とさらなる発展の見地から行われているものである。

本研究事業で開発を目指す電池技術は、性能とコスト両面で現状のリチウム電池を遥かに凌ぐ極めてハードルの高い開発目標を設定している。本事業で得られる電池の高度解析および反応解析による電池の挙動解析技術およびそれを活用することで得られる電池性能向上（エネルギー密度、入出力特性、温度特性など）のみならず、安全性、耐久寿命、電池のタフネス性などの特性や車両との適合性を兼ね合わせることで電気自動車およびハイブリッド車（以下、電動車両と表す）などへの搭載の可能性は広がる。

一方、放射光や中性子の量子ビーム施設において、蓄電池の反応場におけるその場解析（in situ）を世界最高レベルの分解能で高度解析ができるようにすることで、電池や材料の反応評価に活用し、今まで明らかではなく、経験にゆだねられていた解析の確度・精度を大幅に向上できる見通しを得た。とりわけ、車載用電池に見られるような短時間での出力や入力が繰り返される電池において、充放電条件下におけるその場解析は現象解明にとって極めて有力な手法となり、得られる成果から材料や電池の改良を進める見通しが得られた。また、その解析ノウハウを平成 23 年度中に設置完了するプロジェクト専用ビームライン（放射光、中性子）に効果的に織り込み、ツールとして確立することでさらに有効活用することができる。

あわせて 2030 年へ向けてのポストリチウムイオン電池の有力候補となりうる空気電池において、亜鉛-空気電池の最大の課題である充電時の亜鉛極における dendrite 析出の抑制の方向性が見いだせ、将来、軽量化も見込める空気電池への方向性の指針を得ることができた。また、亜鉛極の金属析出状態を高度解析技術の利用により詳細な現象解明をすることで、亜鉛析出のメカニズムを解明し、工業的にも安定した亜鉛-空気二次電池の実現へ一歩近づくことができる。

以上、得られた成果から電動車両用電池として実用化に資する高エネルギー密度で高出力かつ高耐久性を具備する電池の技術課題解決の見通しが得られたと判断される。

エネルギー密度 300Wh/kg~500Wh/kg が達成できれば、現在のガソリン自動車並に近い一充電当たりの走行距離が望める。また、エネルギー密度の向上は電池性能の選択の自由度の向上をもたらす。たとえば、走行距離を大きく伸ばす必要のない場合は、使用する電池のエネルギー密度を抑えたり、電池の占める容積を小さくしたり、他の特性を高めるなどの設計の自由度を拡大できることになる。例えば、プロジェクトの目標である、300Wh/kg の電池すなわち、360Wh/L 程度の電池（Li-EAD；次世代自動車用蓄電技術開発プロジェクトからの推定）が実現すると、80kg の電池の容積は 67L 程度になると予想される。このレベルは 60L のガソリンタンクの重量や容積と同レベルとなる。この場合の電池の容量は 24kWh 程度であり、一充電の走行距離は 200km 程度が見込める。また、

500Wh/kgが実現すると、ポテンシャルはさらに広がる。それによって従来のガソリン自動車と同レベルの電気自動車が早期に実現する可能性が高まるとともに地球温暖化問題の改善にも大きく貢献する。

(2) 実用化までのシナリオ

本研究事業には電池メーカーおよび電動車両の技術開発を進める自動車メーカーなどの法人が参画している。これらの関係するメーカーが研究拠点へ集結して競争と協調のもとに研究開発を行っている。電池解析評価手法の開発を通じて、現在のリチウムイオン電池の中でどのような反応が起こっているのかを明らかにするとともに、得られる知見から材料や電池の新規材料、特性改良や新概念の確立とともに、ポストリチウムイオン電池につながる技術の芽を見出すことにある。このため、開発終了時もしくは途中段階においても、本事業の成果を比較的容易に共有可能である。

具体的には、短中期的には放射光・中性子専用ビームラインを用いた解析およびラボレベルの解析などによる、従来では計測できなかった技術の確立により、活物質系や合剤電極への適用で以下の実用化を図る。

- ・充放電反応における電池内部状態の変化追跡などから劣化現象の解明と定量化
- ・活物質・電解質の耐久性・安全性・信頼性向上の実現（SEIの安定化・適正化など）
- ・活物質・電解質の方向性、セルの設計、新規高機能材料への展開
- ・LIBの限界性能を引き出すとともに、性能の飛躍

以上解析技術の実用化をベースに並行して電池材料の革新を図り、次世代電池開発に向けた実用に活用する。

- ・正極活物質のバルク変化の定量化と電池特性との関連性の追求
- ・高容量負極の創出による電池の小型軽量化
- ・新規材料の設計指針の明確化と高機能材料の創出
- ・ポストリチウムイオン電池への革新（革新電池）

最終的には前記の解析技術および材料の高機能化などを基盤として、その技術の粋を革新型蓄電池開発にも連続的に展開反映する。ポストリチウムイオン電池の候補に対し、マイルストーンを明示しながら、要素技術検討を加速化し、早期に軌道に乗せ、新概念電池の創出に導く。つまりは、自動車用電池を想定してその他の性能（出力性能・耐久性・安全性・低温特性など）は使用上十分なレベルを確保した上で、エネルギー密度 300Wh/kgの検証と、500Wh/kgの見通しを提示していく。

その後は、これらの技術開発を基に時代に呼応した自動車の設計に即した実用的な条件での評価試験、十分な耐久性検証、セルやモジュールの設計開発、電池構成材料や製造プロセスの検討を通じてコストの見通しを明確にするとともに、安全性の確保を行うことで、性能・品質・コストのバランスの取れた実用化の確度を高める方向付けを行なう。

今後、得られた成果を参画企業に適時適正にトランスファー（技術移転）することと、追加公募などを行い、異業種・異分野からの参画を積極的にはかることで、さらに多面的なアプローチを行い、電池システム開発やコスト低減、さらには事業化への技術開発を加速させることにより、本格的な電気自動車の実用化への見通しを得ることができる。

実用技術を集約して自動車用電池に投入を図りながら、将来的には適応性を明確化した上でモビリティ以外も含めた用途へも効果的に拡大展開につなげられるようにしていく。

(3) 波及効果

本研究事業での研究開発成果を自動車に導入すれば、起動時・超低負荷時および高負荷領域での二次電池作動と回生制御が可能となるため、電動自動車の最大の特長である高効率性とクリーンさを最大限発揮でき、電動自動車の導入が促進される。乗用車車種別普及政府目標の構成を次世代自動車へ加速することが可能となる。仮に2030年に全て電気自動車に代替されるとした場合、低炭素社会への寄与は235(百万t、環境省統計値2008年確定値、全体1,214百万)が59(百万t)となり、約-14%(2008年比)、約-15%(COP3基準年比)の寄与が見込まれる。

そして、これらの研究開発と技術により、我が国の機械統計工業生産額の約30%以上を占める自動車産業と電池産業を中心としたグローバルな技術優位性を維持し、成長させることが可能となる。我が国の産業技術の持続型発展が電池を中心としたクリーンエネルギーによって実現され、我が国の国際競争力の維持発展に寄与することになる。

また、得られた電池技術は、電気自動車やハイブリッド車のような電動車両は勿論、スマートコミュニティー等の新規産業の創生、雇用拡大、各種の省エネルギー・新エネルギー利用によるクリーンエネルギーへのシフト等への波及が予想される。個人レベルでは、介護機器や様々なモビリティ関連の応用製品への展開も可能となる。

加えて、電池技術の発展や電池性能の向上は電動化の主要機能であるモーター・インバータまたは充電インフラなど相乗的に発展・促進させるドライビングフォースになる可能性を有す。

本研究事業では、多様な専門家が結集して、多様なアプローチで一つのゴールに向かうことにより、新しい基礎科学分野の開拓にも波及することが期待できる。本研究事業に集結した参画機関は、世界一技術を狙う中で高度解析技術・材料開発技術・新概念構成技術のアプローチ、および競合企業とも力を合わせて展開するなどの経験を通じてノウハウを蓄積することで、技術力を向上させると共に、人材育成にも効果が大きいと考えられる。得られた成果を参画機関内部へ水平展開を図り、それをさらに各社なりに高めていくことは我が国の産業技術力の高度化や人材のレベル・層を高め深めることにつながる。将来の我が国の技術発展において、これらの基礎技術力と人材の育成は欠くことのできないものである。

これらのシナジーの中から革新的なアイデアが生み出され、さらには、将来を担う若手研究者や企業開発者が成長する機会としても、重要な場となる。プロジェクト中は勿論のこと、終了後についても、関連機関との連携の元に、基礎技術開拓を継続できるような、世界をリードする拠点としても重要となってくる。

参考資料 1 対外発表関係リスト

NEDO 講演&ワークショップ

開催日	会議名
2009/ 11/25-28	2nd International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications (学術総合センター、東京)
	1. “Reactions in Lithium Ion Batteries – Diffusion and Phase Transition –”, 小久見善八(京都大学) 2. “Development of High-performance Batteries for Next-generation Vehicles in NEDO”, 弓取修二(NEDO)
2010/ 6/16-17	12 th Ulm Electrochemical Talks (Ulm, Germany)
	“NEDO’s Activity on Battery R&D in Japan”, 小久見善八(京都大学)
2010/9/8-10	3rd International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications, (Seoul, Korea)
	“R&D of High-performance Batteries for Next-generation Vehicles in NEDO”, 原大周(NEDO)
2010/10/7-8	ANL/NEDO workshop on Energy Storage (Argonne National Laboratory/U.S.A.)
	1. “R&D of High-performance Batteries for Next-generation Vehicles in NEDO”, 弓取修二(NEDO)
	2. “Advanced Analyses at RISING Project”, 荒井創(京都大学)
	3. “Interfacial phenomena of the spinel electrodes for lithium battery”, 菅野了次(東工大)
	4. “In-situ analysis of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ during high voltage charging process”, 高梨優(京都大学)
	5. “Phase Transition of Carbonate Solvent Mixture Solutions at Low Temperatures.”, 奥村壮文(日立製作所)
	6. “Studies on high energy density Li and Li-Ion rechargeable cells in AIST”, 辰巳国昭(産総研)
2010/10/27	Germany - Japan Workshop (NEDO 川崎)
	1. “Studies on Degradation of Li-Ion Cells of $\text{Li}(\text{NiCoAl})\text{O}_2$ Positive Electrode and Hard Carbon Negative Electrode for HEV/PHEV/BEV Applications”, 辰巳国昭(産総研)
	2. “All solid-state battery using thio-LISICON electrolyte”, 菅野了次(東工大)
	3. “Nano-sized carbonaceous materials for LIB”, 安部武志(京都大学)

RISING ワークショップ&国際シンポジウム

開催日	会議名
2010/5/28	第1回 RISING 国際ワークショップ(京都大学桂、京都)
	“Expanding Roles of Battery for New Energy Systems”, 小久見善八(京都大学)
2011/3/25	第1回 RISING 国際シンポジウム 【東日本大震災のため延期】 [大阪新エネフォーラム 2011 蓄電池分科会と共催](グランキューブ大阪、大阪)
	1. 「日本における蓄電池の開發現状」 辰巳国昭(産総研)
	2. 「RISING 事業における高度解析技術開発」 荒井創(京都大学)
	3. 「リチウムイオン電池用負極材の現状と今後の展望」 安部武志(京都大学)

論文 (査読あり)

著者	誌名	タイトル
T.Ichitsubo, et.al.	<i>Electrochemistry</i> , 78 (5), 460-462 (2010)	Effects of Transformation Strain Due to Lithiation/delithiation in Sn Electrode of Li-ion Batteries
S.Okada. et.al.	<i>Electrochemistry</i> , 78 (5), 471-474 (2010)	Electrochemical Properties of Trirutile-type Li_2TiF_6 as Cathode Active Material in Li-ion Batteries
T.Hirayama, et.al.	<i>J.Power Sources</i> , 196 , 764-767 (2011)	Characterization of the interface between LiCoO_2 and $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ in an all-solid-state rechargeable lithium battery
T.Ichitsubo, et.al.	<i>J.Mater. Chem.</i> , 21 , 2701-2708(2011)	Mechanical-energy influences to electrochemical phenomena in lithium-ion batteries
Y.Iriyama, et.al.	<i>Electrochemistry Communications</i> , in press	High lithium ion conductive $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ by inclusion of both Al and Si
S.Okada, et.al.	<i>J. Power Sources</i> , in press	Liquid-Phase Synthesis of Highly Dispersed Na FeF_3 Particles and Their Electrochemical Properties for Sodium-Ion Batteries
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Mater. Chem.</i> in press	Depth-Resolved X-Ray Absorption Spectroscopic Study on Electrode / Solid Electrolyte Interface for All Solid State Lithium Ion Battery
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Mater. Chem.</i> in press	Improvement of Lithium Ion Conductivity for A-site Disordered Lithium Lanthanum Titanate Perovskite Oxides by Fluoride Ion Substitution
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Mater. Chem.</i> in press	Effect of Average and Local Structures on Lithium Ion Conductivity in $\text{La}_{2/3-x}\text{Li}_{3x}\text{TiO}_3$

論文投稿中 (査読あり)

M.Murakami, et.al.	<i>Electrochem Solid-State Lett.</i>	Direct evidence of LiF formation at electrode/electrolyte interface by ^7Li and ^{19}F double-resonance Solid-state NMR spectroscopy
Y.Koyama, et.al.	<i>J. Phys. Chem.C</i>	Co-K XANES of LiCoO_2 and CoO_2 with variety of structures by density functional calculations
Y.Takanashi, et.al.	<i>J. Power Sources</i>	Thickness estimation of interface films formed on $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ electrodes by hard X-ray photoelectron

		spectroscopy
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Mater. Chem.</i>	Electronic and Local Structural Changes with Lithium-Ion Insertion in TiO ₂ -B: X-ray Absorption Spectroscopy Study
Y.Uchimoto, et.al.	<i>Chem. Mater.,</i>	Nanosized Effect on Electronic / Local Structures and Specific Lithium-Ion Insertion Property in TiO ₂ -B nanowires analyzed by X-ray Absorption Spectroscopy
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Phys. Chem.C</i>	Lithium Ion Transfer Reaction at Interface between Partially Fluorinated Insertion Electrodes and Electrolyte Solutions
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Mater. Chem.</i>	Role of Local and Electronic Structural Changes with Partially Anion Substituted Lithium Manganese Spinel Oxides on Their Electrochemical Properties: X-ray Absorption Spectroscopy Study
Y.Orikasa, et.al.	<i>Physical Chemistry Chemical Physics</i>	EXAFS Studies on Local Structural Changes with Oxygen Vacancy Formation of La _{0.6} Sr _{0.4} CoO _{3-δ} Cathode
Y.Orikasa, et.al.	<i>J. Phys. Chem.C</i>	X-ray Absorption Spectroscopic Study on La _{0.6} Sr _{0.4} CoO _{3-δ} Cathode Materials Related with Oxygen Vacancy Formation
Y.Orikasa, et.al.	<i>Chem. Mater.,</i>	X-ray Absorption Spectroscopic Study on Mixed Conductive La _{0.6} Sr _{0.4} Co _{0.8} Fe _{0.2} O _{3-δ} Cathodes II. Oxide Ionic Conductivity and Local Structure
Y.Orikasa, et.al.	<i>Physical Chemistry Chemical Physics</i>	X-ray Absorption Spectroscopic Study on Mixed Conductive La _{0.6} Sr _{0.4} Co _{0.8} Fe _{0.2} O _{3-δ} Cathodes I. Electrical Conductivity and Electronic Structure
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Electrochem.Soc.</i>	Oxygen Nonstoichiometry and Electrochemical Properties of La _{2-x} Sr _x NiO _{4±δ} with K ₂ NiF ₄ Structure
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Phys. Chem.C</i>	Theoretical fingerprints of transition metal <i>L</i> _{2,3} XANES and ELNES for lithium transition metal oxides by <i>ab-initio</i> multiplet calculations
Y.Uchimoto, et.al.	<i>J. Mater. Chem.</i>	Local Structural Analysis for Oxide Ionic Transport in La _{0.6} Sr _{0.4} FeO _{3-δ} Cathodes
Y.Uchimoto, et.al.	<i>Solid State Ionics</i>	Correlation between oxide ionic conduction and local structure for apatite-type lanthanum

	germanates
--	------------

一般論文(査読なし)

著者	誌名	タイトル
小久見善八、 松原英一郎	<i>SPring-8</i> 利用者情報、 15 (2)、MAY、64 (2010)	京都大学革新型蓄電池先端科学基礎研究科学ビーム ライン BL28XU の建設
土井貴之	<i>Electrochemistry</i> , 78 (12), 1011 (2010)	最先端の研究現場から～大学編～ 京都大学産官学連携本部 革新型蓄電池先端科学基 礎研究事業
荒井創 内本喜晴 小久見善八	<i>信学技報(IEICE Technical Report)</i> , Vol.110、No.411、 37 (2011)	RISING プロジェクトにおける高度解析技術 —シンクロトロン放射光と計算科学の解析事例—

H21 年度(2009 年度) 学会発表

実施者	学会名	年月	タイトル
KEK	第 1 回装置開発グループワークショップ	2009/8	先端材料化学特殊環境下中性子回折装置開発の経過と進捗状況
九州大学	2nd International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications (2nd ABAA)	2009/11	Metal Fluorides for Positive Electrode Materials of Li-ion Cells
東北大学	第 35 回固体イオニクス討論会	2009/12	トレハロース・水・ヨウ化リチウム混合物のガラス・過冷却液体状態におけるイオン伝導
京都大学	第 50 回電池討論会	2009/12	水-有機混合電解液中における亜鉛負極の可逆性
産総研	自動車技術会 No.16-09 シンポジウム	2010/2	リチウムイオン電池の開発動向と車載用としての本格普及への課題
KEK	日本物理学会 2010 年年次大会	2010/3	特徴的構造観測を目指した中性子回折装置の設計
京都大学	電気化学会第 77 回大会	2010/3	リチウム二次電池のモデル反応界面の構造とイオン移動に関する研究
京都大学	電気化学会第 77 回大会	2010/3	リチウムイオン電池の活物質の反応・物質移動と相変化
九州大学	九州大学シンクロトロン光利用研究センター設立記念講演会	2010/3	XAFS による次世代リチウムイオン電池用正極材 FeF_3 の充放電機構の解明
KEK	MLF シンポジウム (J-PARC, KEK)	2010/3	MLF 中性子実験装置現状
KEK	茨城県中性子利用促進研究会 生命物質構造解析研究会 分子間反応機構の解明分科会シンポジウム 「中性子回折による錯体構造研究の新展開」	2010/3	MLF 粉末中性子回折装置群 今後の方向性

H22 年度(2010 年度) 学会発表

実施者	学会名	年月	タイトル
KEK	中性子産業利用推進協議会	2010/4	MLF 中性子実験装置現状
KEK	中性子利用技術移転推進プログラム (財団法人放射線照射振興協会)	2010/5	電池材料の開発: 中性子回折をどう使えばいいか

九州大学	The 7th Asian Conference on Electrochemistry	2010/5	Hexafluorometallates as Positive Electrode Material for Rechargeable Batteries
九州大学	The 7th Asian Conference on Electrochemistry	2010/5	Liquid-phase Synthesis of Uniformly Nano-sized NaFeF_3 Particles and Their Electrochemical Properties for Li and Na ion Batteries
JFCC	日本顕微鏡学会第 66 回学術講演会	2010/5	電子線ホログラフィーによるリチウムイオン分布観察の物理的意味と産業的価値
JFCC	日本顕微鏡学会第 66 回学術講演会	2010/5	LiMn_2O_4 薄膜電極/ガラス系固体電解質界面の TEM 分析
JFCC	日本顕微鏡学会第 66 回学術講演会	2010/5	Analysis of LiCoO_2 positive electrode/ $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ solid electrolyte interface
JFCC	The 2nd International Symposium on Advanced Microscopy and Theoretical Calculations (AMTC2)	2010/6	Interface analysis of LiCoO_2 positive electrode/ $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ solid electrolyte
JFCC	The 2nd International Symposium on Advanced Microscopy and Theoretical Calculations (AMTC2)	2010/6	TEM analysis of thin film electrode/glass ceramic solid-electrolyte interfaces
JFCC	The 15th International Meeting on Lithium Batteries (IMLB 2010)	2010/6	In-situ observation using electron holography of electric potential resulting from Li-ions
JFCC	The 15th International Meeting on Lithium Batteries (IMLB 2010)	2010/6	Characterization of LiCoO_2 positive electrode/ $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ solid electrolyte interface
九州大学	The 15th International Meeting on Lithium ion Battery	2010/6	Chemical lithiation of MF_3 Perovskites as Cathode Materials in Rechargeable Battery
JFCC	The thirteenth international conference on intergranular and interphase boundaries in materials(第 13 回界面粒界国際会議(iib2010))	2010/6	Li-ion Profiling of an Inorganic Solid-state Electrolyte by Electron Holography

九州大学	The 15th International Meeting on Lithium ion Battery	2010/7	METAL FLUORIDES FOR POSITIVE ELECTRODE MATERIALS OF Li-ION CELLS
九州大学	第 47 回科学関連支部合同九州大会	2010/7	溶融急冷法を用いたフッ化鉄のナトリウムイオン電池特性
九州大学	第 47 回科学関連支部合同九州大会	2010/7	遷移金属フッ化物微粒子の液相合成とその Li/Na 電池特性
JFCC	Microscopy & Microanalysis 2010(アメリカ顕微鏡学会 2010)	2010/8	Electron Holographic Li-ion Profiling of an Inorganic Solid-state Electrolyte
KEK、 京都大学	26th European Crystallographic Meeting	2010/8	Powder Diffraction at the Japanese Spallation Source - Present status of J-PARC/MLF
京都大学	2010 年電気化学会秋季大会	2010/9	第一原理計算による Co 酸化物の XANES 理論解析
京都大学	第 3 回 ABAA (Advanced Lithium Batteries for Automobile Application)	2010/9	ADVANCED ANALYSES DEVELOPED AT RISING PROJECT
九州大学	5th Asian Conference on Electrochemical Power Sources / ACEPS-5	2010/9	Chemically lithiated metal trifluorides as positive electrodes in LIB
九州大学	5th Asian Conference on Electrochemical Power Sources / ACEPS-5	2010/9	Liquid - Phase Synthesis of Uniformly Nano - Sized NaFeF ₃ and Its Properties in Li/Na Cell
京都大学	5th Asian Conference on Electrochemical Power Sources / ACEPS-5	2010/9	Relationship between Dendritic Growth and Potential Oscillation
九州大学	The 8th Japan-France joint Seminar on Lithium Ion Batteries	2010/9	Metal Fluorides for Positive Electrode Materials of Li-Ion Cell
JFCC	2010 年日本金属学会秋期大会	2010/9	電子線ホログラフィーによる薄膜電極/固体電解質界面の電位分布観察
京都大学	the 61st Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE)	2010/9	Phase Transformation in Sn Anodes during Battery Reactions
KEK	SPring-8 粉末材料構造解析研究会(第 1 回) 一量子ビームを用いた	2010/9	J-PARC での中性子利用粉末回折装置の現状

	粉末材料構造解析の最前線)		
立命館大学	第 13 回 XAFS 討論会	2010/9	立命館大学 SR センター-Ultra Soft XAS ビームライン BL-2 の高度化と XAFS 測定
立命館大学	第 13 回 XAFS 討論会	2010/9	X 線領域で検出された異常な散乱 X 線分布
立命館大学	第 13 回 XAFS 討論会	2010/9	立命館 SR センター軟 X 線分光ビームラインにおける大気非暴露試料輸送システム
東北大学	International Conference on Materials science and technology	2010/10	NMR IMAGING OF LI-ION BATTERY
京都大学	ECS 218th Meeting	2010/10	Electrochemical Intercalation of Lithium-ion at Edge Planes of Graphite in EC-based Electrolyte Solution
京都大学	ECS 218th Meeting	2010/10	Preparation of Highly Crystallized LiMn ₂ O ₄ Thin Films by RF Magnetron Sputtering and Their Electrochemical Properties
KEK	AsCA2010 (Asian Crystallographic Association)	2010/11	Introduction to MLF, Materials and Life Science Experimental Facility, for Asian Crystallographers
KEK	The 15th Anniversary HANARO Symposium (High-flux Advanced Neutron Application Reactor) HOST:Korea Atomic Energy Research Institute	2010/11	Neutron Powder Diffraction for Materials Science
京都大学	第 51 回電池討論会	2010/11	第一原理計算を用いた LiCoO ₂ の Co-K 端 XANES の理論解析
京都大学	第 51 回電池討論会	2010/11	硬 X 線光電子分光を用いたリチウムイオン 2 次電池正極表面構造の解析
京都大学	第 51 回電池討論会	2010/11	in situ 測定を用いた LiNi _{1/3} Co _{1/3} Mn _{1/3} O ₂ の高電位充電時における構造劣化過程の 解明
京都大学	第 51 回電池討論会	2010/11	合材電極におけるマイクロ XAFS を用いた 電位分布発生メカニズムの解明
京都大学	第 51 回電池討論会	2010/11	深さ分解 XAFS を用いた表面被覆 LiCoO ₂

			薄膜電極中の電子・局所構造解析
京都大学	第 51 回電池討論会	2010/11	深さ分解 XAFS による全固体リチウム 2 次電池電極/電解質界面の電子・局所構造解析
京都大学	第 51 回電池討論会	2010/11	In situ 全反射 XAFS 法を用いた Li_xCoO_2 /有機電解液界面の解析
静岡大学	第 51 回電池討論会	2010/11	Tri-isopropoxy boroxine を添加した液体電解質の耐酸化性向上機構の検討
JFCC	第 51 回電池討論会	2010/11	薄膜電極/固体電解質界面の TEM 分析
JFCC	第 51 回電池討論会	2010/11	電子線ホログラフィーによるリチウムイオン分布観察の物理的意味と手法
JFCC	第 51 回電池討論会	2010/11	$\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ の Li^+ 伝導率向上の検討
早稲田大学	第 51 回電池討論会	2010/11	参照電極入ラミネート型リチウムイオン二次電池の基礎解析
九州大学	第 51 回電池討論会	2010/11	熔融急冷法によるフッ化物正極の合成とその電気化学特性
京都大学	第 49 回 NMR 討論会	2010/11	$^6\text{Li}/^7\text{Li}$ MAS NMR による LiCoO_2 の構造解析
JFCC	日本顕微鏡学会 マイクロビームアナリシス第 141 委員会	2010/11	電子線ホログラフィーによるリチウムイオン分布観察の物理的意味と手法
東北大学	固体イオニクス討論会	2010/11	NMR イメージングによる Li イオン二次電池正極材料 LiMn_2O_4 の研究
東北大学	固体イオニクス討論会	2010/11	LiMn_2O_4 正極を用いたリチウムイオン電池の NMR マイクロイメージング
KEK	日本結晶学会 60 周年記念シンポジウム	2010/12	パルス中性子回折の発展とリチウムイオン電池研究
立命館大学	Pacificchem2010	2010/12	New Application of MCP electron detector for XAFS measurement
立命館大学	Pacificchem2010	2010/12	Application of QXAFS at BL-3 in Ritsumeikan SR Center
JFCC	第 4 回ナノ構造研究所講演会	2011/1	Interface analysis of LiCoO_2 positive electrode/ $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ solid electrolyte
JFCC	第 4 回ナノ構造研究所講演会	2011/1	LiMn_2O_4 薄膜電極/ガラス固体電解質界面の TEM 分析

京都大学	Pacific Power Source Symposium 2011	2011/1	Advanced analyses development at RISING project in year 2010
立命館大学	第 24 回日本放射光学会	2011/1	フォトダイオードアレイ検出器を用いた XAFS 測定
立命館大学	第 24 回日本放射光学会	2011/1	放射光軟 X 線で観測される異常な散乱 X 線
京都大学	アドバンスト・バッテリー技術研究会 第 128 回定例研究会	2011/2	第一原理計算を用いた正極活物質の TM-K 吸収端 XANES の理論解析
京都大学	電子情報通信学会 電子通信エネルギー技術/電子部品・材料研究会	2011/2	RISING プロジェクトにおける高度解析技術—シンクロトロン放射光と計算科学の解析事例—
JFCC	立命館大学 SR センター	2011/2	電子線ホログラフィーによるリチウムイオン分布の in-situ 観察
京都大学	日本金属学会 2011 年春季大会	2011/3	第一原理計算による $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ の電子状態と XANES の解析
JFCC	ISPlasma 2011	2011/3	Characterization of the interface between LiCoO_2 and $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	$\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$ の電子・局所構造変化と電気化学特性
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	硬 X 線光電子分光を用いたリチウムイオン二次電池正極材料の表面構造解析
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	Li_2MnO_3 の酸素不定比性と電気化学特性
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	軟 X 線吸収分光法を用いた Li_2MnO_3 の高電位における状態分析
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	深さ分解 X 線吸収分光法を用いた全固体リチウム 2 次電池電極/電解質界面の電子・局所構造解析
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	第一原理計算による $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ の XANES の理論解析
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	薄膜モデル電極を用いたリチウムイオン二次電池正極における表面被覆効果メカニズムの解明
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	その場計測によるリチウムイオン二次電池正極の表面被覆効果メカニズムの解明
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	硬 X 線吸収分光法を用いた Li_2MnO_3 系正極材料の電子・局所構造解析

京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	ペロブスカイト型酸化物 $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{FeO}_{3-d}$ における酸素点欠陥が及ぼす局所構造変化と酸素空孔拡散
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	(La, Sr) (Co, Fe)O ₃ における局所構造変化と酸化物イオン拡散の関係
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	空気電池用亜鉛負極の水・非水混合電解液中における充放電反応とその評価
産総研	電気化学会第 78 回大会	2011/3	リチウムイオン二次電池用酸化物正極への表面被覆(1)
産総研	電気化学会第 78 回大会	2011/3	リチウムイオン二次電池用酸化物正極への表面被覆(2)
早稲田大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	測定温度制御によるリチウムイオン二次電池交流インピーダンス応答の周波数分離
早稲田大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	交流インピーダンス法によるリチウムイオン電池 (LIB) 解析の新展開
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	in-situ Raman による黒鉛負極の反応解析
京都大学	電気化学会第 78 回大会	2011/3	in-situ AFM による黒鉛負極の被膜形成反応の解析

H23 年度(2011 年度)学会発表 予定

京都大学	52nd ENC (Experimental Nuclear Magnetic Resonance Conference)	2011/4	$^6\text{Li}/^7\text{Li}$ MAS NMR studies on LiCoO ₂ Electrode Materials for Lithium Ion Battery
JFCC	日本顕微鏡学会	2011/5	電子線ホログラフィーによる LiMn ₂ O ₄ 薄膜電極/ガラス系固体電解質界面の電位分布観察
JFCC	日本顕微鏡学会	2011/5	電子線ホログラフィーによるリチウムイオン分布観察の原理と手法
JFCC	The 5th International Union of Microbeam Analysis Societies meeting (IUMAS-V 「第5回国際マイクロビーム分析学会議」)	2011/5	In-situ Li-ion Profiling by electron holography and its application to study lithium ion batteries
JFCC	International Conference Materials for Advanced	2011/6	An All Solid State Lithium-Ion Battery with In-Situ Formed Negative

	Technologies (ICMAT 2011)		Electrode Material
JFCC	International Conference on Solid State Ionics (ISSI)	2011/7	High Li+ conductive $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ by the presence of both Si and Al
京都大学	Denver X-ray Conference	2011/8	2D IMAGING QUICK XAFS WITH PIXEL ARRAY DETECTOR
JFCC	Microscopy & Microanalysis 2011	2011/8	Electric potential distribution across the LiMn_2O_4 /solid-electrolyte interface observed by electron holography

特許出願

出願日	出願番号	発明の名称
H23.2.21	特願2011-035252	電極活物質およびその製造方法
H23.2.22	特願2011-035550	電極活物質およびその製造方法
H23.3.24	特願 2011-65343	非水電解質二次電池用正極材料及び非水電解質二次電池
H23.3.28	特願 2011-70817	リチウム過剰三元系化合物およびその製造方法

RISING TV 放映

放映日	番組名	放送局
2010/5/9	NHK スペシャル 「自動車革命 リチウム電池 国益をかけた攻防～米中急接近の脅威～」	NHK 総合
2011/1/19	「NEWS ZERO」 特集 『次世代カーの“心臓部”開発 動く国家プロジェクト』	日本テレビ系

(エネルギーイノベーションプログラム)
「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」基本計画

燃料電池・水素技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

本プロジェクトは、資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するため、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことを目的として経済産業省が取りまとめた「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施するものである。

エネルギー消費量の増加が著しい運輸部門における石油依存度は、ほぼ 100% の状況であり、今後、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行により、石油依存度を低減していく必要性が指摘されている。それゆえ、石油依存度を低減し、多様なエネルギーでかつ低環境負荷で走行することができる電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車等の次世代クリーンエネルギー自動車の開発、普及が期待されている。

政府の「第3期科学技術基本計画(2006年3月閣議決定)」においては、「電源や利用形態の制約を克服する高性能電力貯蔵技術」が戦略重点科学技術として選定されている。また、「経済成長戦略大綱(2006年7月財政・経済一体改革会議決定)」においても、次世代自動車向け電池や運輸エネルギーの次世代技術開発が重点分野として位置付けられている。さらには、「Cool Earth—エネルギー技術革新技術計画」において、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車、燃料電池自動車が重点的に取り組むべきエネルギー革新技術として選定されるなど、政策的重要性が増してきている。米国、欧州、アジアにおいても次世代自動車用の高性能蓄電池の開発が国家レベルの支援を受け活発化してきている。電気自動車等の本格的な普及には、性能、耐久性及び信頼性の飛躍的な向上並びにコストの大幅低減という蓄電池に対する多様な要求を満たす革新的なブレークスルーが待望されており、そのためには、サイエンスに立ち戻った研究開発が必要である。

本研究開発は、電池の基礎的な反応メカニズムを解明することによって、既存の蓄電池の更なる安全性等の信頼性向上、並びにガソリン車並の走行性能を有する本格的電気自動車用の蓄電池(革新型蓄電池)の実現に向けた基礎技術を確立することを目的とする。本研究開発により、リチウムイオン電池の飛躍的な性能向上、安全性等の信頼性向上、並びに革新型蓄電池の早期実用化が実現されることによって、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車等の航続距離が伸びる等、走行性能向上に貢献することが期待される。ガソリン車と比較してCO₂排出量が1/4程度になる電気自動車等が普及することにより、CO₂排出量の大幅削減に貢献するとともに、産業競争力の強化に資する。

(2) 研究開発の目標

[中間目標](平成23年度)

- ① 電気化学反応下での反応解析が可能な、革新的なその場測定法を開発する。
- ② 世界最高レベルの量子ビーム施設等に高性能分析装置の設置を完了するとともに、測定を開始して測定条件を確立する。
- ③ 開発したその場測定法等を順次適用し、リチウムイオン電池の反応・現象を把握する。
- ④ 2030年以前の早期実用化を念頭に、ポストリチウムイオン電池となる現行技術水準(注)の

5 倍以上のエネルギー密度が期待できる革新型蓄電池の新概念を提出する。

〔中間目標〕(平成25年度)

- ① 開発したその場測定法の精度を向上させるとともに、モデル電池等に順次適用する。
- ② 世界最高レベルの量子ビーム施設等の装置の更なる高度化・精度向上等を実施し、解析ノウハウを蓄積するとともに、モデル電池等に適用する。
- ③ 開発した高度解析技術を組み合わせることによって、リチウムイオン二次電池の劣化要因等を明らかにする。
- ④ 本質的な問題点の抽出及び解決を図ることで、現行技術水準(注)の 5 倍以上のエネルギー密度が期待でき、且つ 3 倍程度のエネルギー密度達成が見通せる革新型蓄電池を抽出する。

〔最終目標〕(平成27年度)

- ① 開発した分析手法を用いてリチウムイオン電池の不安定反応現象(寿命劣化、不安全)のメカニズムを解明し、現象の解決を図る。
- ② 5 倍以上のエネルギー密度が期待できる革新型蓄電池について、小型電池による動作検証を行うなどして、現行技術水準(注)の 3 倍以上のエネルギー密度及び初期のサイクル安定性を示す蓄電池の基礎技術を確立し、5 倍以上のエネルギー密度を見通す。

(注)現行技術水準とは、「次世代自動車用電池の将来に向けた提言(経済産業省製造産業局自動車課:2006年8月)」において記載されている電気自動車用蓄電池の現状の重量エネルギー密度である 100 [Wh/kg]を意味する。また、開発目標値は、本格電気自動車で 40 [kWh]の電池パックが搭載されるものと仮定している。また、「提言」においては 2030 年以降において本格的電気自動車普及のため、700Wh/kg の重量エネルギー密度を持つ蓄電池開発の必要性について記載されている。

なお、研究開発項目毎の詳細な目標については、採択が決定した後、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合研究機構(以下、「NEDO技術開発機構」という。)、プロジェクトリーダー及び委託先との間で協議の上、定めるものとする。

(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研究開発を実施する。

①高度解析技術の開発:

蓄電池の反応と材料の解析に有効な革新的その場測定法、高度分析手法並びに計算科学等による測定データ解析手法の融合により、蓄電池の開発に特化した解析技術を開発する。

1)その場測定法の開発:

蓄電池系での電気化学下での各種反応解析が可能な、その場測定法を開発する。

2)高度分析手法の開発:

世界最高レベルの量子ビーム施設等を用い、必要に応じて装置を開発するなどして、蓄電池の開発に特化した世界最先端の分析・解析手法を開発する。

3)計算科学等による測定データ解析手法の開発:

分析装置からの取得データについて計算科学等を利用することによって、高度解析を実施する。

②電池反応メカニズムの解明:

開発した高度解析技術をモデル化した蓄電池等に順次適用し、リチウムイオン電池等の反応メカニズムの本質的な解明と、信頼性の向上を目指す。さらに得られた技術・知見を革新型蓄電池の開発に資する。

③革新型蓄電池の基礎研究:

蓄電池の性能の飛躍的な向上に加え、コスト、安全性等についても実用化が見込める革新型蓄電池の開発を目指して基礎技術を開発する。

1) 革新型蓄電池候補となる電池系の提出：

革新型蓄電池の課題を整理し、リチウムイオン電池の限界を超えた性能を示し、かつ、コスト、安全性等についても見通しのある蓄電池系について検討を行う。

2) 革新型蓄電池の基礎技術の確立：

革新型蓄電池の課題について、高度解析技術等を用いて解決を図ることにより、基礎技術の開発を行うとともに、小型電池等での検証を行う。

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技術開発機構が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（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後、共同研究契約等を締結する研究体を構築し、必要に応じて委託のスキームを活用しつつ実施する。

また、共同研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルを最大限活用し効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDO技術開発機構が選定する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。なお、本研究開発の実施にあたっては、研究開発の進捗を見極めながら、必要に応じて適宜体制の見直しを行う。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、当該研究開発の拠点となる研究実施場所にNEDO技術開発機構の職員等を派遣するなど、研究開発の運営管理に積極的に携わることとする。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成21年度から平成27年度までの7年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、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などについて、外部有識者による研究開発の中間評価を平成23年度及び平成25年度に、事後評価を平成28年度に実施する。また、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。なお、評価の時期については、当該研究開発に係わる技術動向、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. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取り扱い

① 成果の普及

得られた研究開発の成果については、NEDO技術開発機構、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、知的基盤整備事業また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、すべて受託者に帰属させることとする。

(2)基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、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、産業技術政策動向、プログラム基本計画の変更、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。

(3)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号ハに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1)平成21年3月、制定。

「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」基本計画（案）に対するパブリックコメント募集の結果について

平成21年3月16日
NEDO技術開発機構
燃料電池・水素技術開発部

NEDO POST 3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございます。

1. パブリックコメント募集期間
平成21年1月7日～平成21年1月20日
2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞
計1件
3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方
ご意見の概要

	ご意見に対する考え方	基本計画への反映
1. 研究開発の目的・目標・内容 (3) 研究開発の内容 [意見1] (1件) ・去る平成21年1月14日（水）のワークショップでのNEDOからの説明では、分析手段の高度化に余りに力点が置かれ、計測技術と電池の性能向上や新型電池開発との連携の観点が希薄であるように感じました。	[考え方と対応] ・NEDOとしましても、分析技術、電池反応現象解明と同様、革新型蓄電池の開発も重要なテーマであると考えっておりますので、これからも力を入れていく所存です。ご指摘のようにならば分析技術の高度化には取り組めますが、あくまで電池の性能向上や革新型電池の開発に資する具体的な課題克服のためには、単に分析、解析精度の向上を図るものではなく、電池反応現象解明等との連携につきましても、ご指摘のとおり、協調を取って進めていく必要があると考えております。	[反映の有無と反映内容] 特になし。

<p>[意見2] (1件)</p> <p>・先進・革新電池の研究は最も重要なテーマだと思いますので、是非、解析研究と同様あるいはそれ以上に力を入れて頂きたいと思っております。しかし、先日のワークショップにて、2030年までに開発の目処が立たないものを排除するとNEDOから再三、発言のあった事には疑問を感じます。既に、走っているプロジェクトとの仕分けが問題かとも思いますが、今こそ、「新しい」電池の概念を探るべき時期であり、あまり厳しい制限を新規な概念の提出について事業の開始時から課すことには疑問があります。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・ご承知のように、2030年以降を目指した革新的蓄電池の開発は、次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発で実施しており、一方、本プロジェクトで実施する革新的な蓄電池の開発は、2030年までの開発を目的としております。ご指摘の「新しい」電池の概念を探る点につきましては、その必要性を弊機構としても認識しており、本プロジェクトでも実施させて頂く所存です。実施に当たっては、あらゆる可能性を否定することなく取り組んで参ります。更に、革新的な電池の創出に資する基礎的な理論構築、現象解明に向けた取組と協調を取りながら、革新的な蓄電池としての可能性を見いだせた場合、2030年以前の開発可能性を見極めつつ適切に取り組んで参りたいと考えています。様々な可能性を否定することなく、また多くの夢が語れ、それを検証できる場にしていきたいと考えます。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>
<p>2. 研究開発の実施方式</p> <p>(1) 研究開発の実施体制</p>		
<p>[意見3] (1件)</p> <p>・運営体制については、産学官の結集を図ることが重要かと思えます。しかし、電池産業の中で既に企業間の熾烈な競争があること、参加が予想される電池業界と自動車業界の規模の違い、サプライヤーと顧客の関係などから、官と学による事業マネージメントが極めて重要と考えます。すなわち、特に委託先の企業については公開可能な部分とノウハウなどとして非公開の部分をマネージメントが丁寧に峻別して、全ての参加者が安心して研究開発に専心できる環境を保証することが必要だと思います。また、オールジャパンで新しい二次電池を開発するためにも集中研究ばかりではなくハイチャルな研究開発体制も併せて検討してはいいかがかと思えます。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>・情報管理のあり方については、プロジェクトを進めていく上で非常に重要な問題であると認識しております。今後、知財管理、情報セキュリティ等、ご参加頂く皆様方に安心してご研究頂けるよう、また頂いたご意見も参考にしながら十分検討する所存です。ご指摘のようにポテンシャルの高い研究者の皆様につきましても、必要に応じて具体的な対応策を検討する所存です。</p>	<p>[反映の有無と反映内容]</p> <p>特になし。</p>

以上

平成21・03・26座局第1号

平成21年4月1日

エネルギーイノベーションプログラム基本計画

1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを2050年までに半減するという長期目標を達成するため、以下に政策の柱毎に目的を示す。

1-I. 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

1-II. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

1-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

1-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

1-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

2. 政策的位置付け

- 低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）

2008年6月の福田総理（当時）のスピーチ「福田ビジョン」等を受け、我が国が低炭素社会へ移行していくための具体的な道筋を示すため、国全体を低炭素化へ動かす仕組みや革新的な技術開発、国民一人ひとりの行動を促すための取組について策定。

「環境エネルギー技術革新計画」や「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」等に示された革新的技術の開発に5年間で300億ドル程度を投入するという具体的な目標が示された。
- 環境エネルギー技術革新計画（2008年5月）

温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、以下の戦略等を策定。

 1. 低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略
 2. 国際的な温室効果ガス削減策への貢献策
 3. 革新的環境エネルギー技術開発の推進方策
- Cool Earth—エネルギー革新技術計画（2008年3月）

2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受け、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するため、エネルギー分野における革新的な技術開発について検討をおこない、21の技術を選定。
- エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）

重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、

 1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
 2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
 3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
 4. 新エネルギーに関する技術
 5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術

以上が位置づけられている。
- 新・国家エネルギー戦略（2006年5月）

世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため

 1. 省エネルギーフロントランナー計画
 2. 運輸エネルギーの次世代化計画
 3. 新エネルギーイノベーション計画
 4. 原子力立国計画

以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。
- 第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）

国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置づけられている。

○ 経済成長戦略大綱（２００６年７月財政・経済一体改革会議）

資源・エネルギー政策の戦略的展開として

- １．省エネルギーフロントランナー計画
- ２．次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー一次世代化
- ３．新エネルギーイノベーション計画
- ４．原子力立国計画
- ５．資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化

以上が位置づけられている。

○ 京都議定書目標達成計画（２００５年４月閣議決定）

「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

３．達成目標

３－Ⅰ．総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、GDP当たりのエネルギー消費指数を２０３０年度までに少なくとも３０％改善することを目指す。

３－Ⅱ．運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ１００％の運輸部門の石油依存度を２０３０年までに８０％程度とすることを目指す。

３－Ⅲ．新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

３－Ⅳ．原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

２０３０年以降においても、発電電力量に占める比率を３０～４０％程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

３－Ⅴ．化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

4. 研究開発内容

4-I. 総合エネルギー効率の向上

4-I-i. 共通

(1) 省エネルギー革新技術開発事業（運営費交付金）

①概要

テーマ公募型事業として、「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」に基づき、「先導研究」、「実用化開発」及び「実証研究」の3つの技術開発フェーズに加え、「挑戦研究」フェーズを追加し、革新的な省エネルギー技術の開発を行う。

②技術目標及び達成時期

世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減するという長期目標を実現するための「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」の主旨に基づき、大幅な省エネルギー効果を発揮する革新的なエネルギー使用合理化技術について研究開発・実用化を推進する。

③研究開発時期

2003年度～2013年度

(2) エネルギー使用合理化産業技術研究助成事業（運営費交付金）

①概要

産業界や社会のニーズに応える省エネルギー技術のシーズの発掘とその育成、並びに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。この目的のため、産業界からの期待が高い技術領域・課題を提示した上で、大学や独立行政法人の研究者等から研究開発テーマを募集する。厳正な外部評価によって省エネルギー効果があり且つ独創的・革新的なテーマを選定し、研究者代表者個人を特定して助成金を交付する。

②技術的目標及び達成時期

独創性のある研究者等を助成すると共に、中間評価ゲート方式が醸成する競争的環境の下で企業との連携を強化させることにより、10～15年後の実用化が有望な革新的省エネルギー技術の研究開発を促進する。本事業では革新的省エネルギー技術の実用化への第1歩となる特許について、助成期間終了後の出願比率を100%とすることを目標とするとともに、省エネルギー技術に関する次世代の研究リーダーの育成を図る。

③研究開発期間

2000年度～

(3) 新エネルギー技術実用化補助事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）

(4) 非化石エネルギー産業技術研究助成事業（運営費交付金）（4-III-i 参照）

③ 研究開発期間

2008年度～2012年度

4-III-iii. 電力系統制御・電力貯蔵

(1) 革新型蓄電池先端科学基礎研究 (運営費交付金)

① 概要

電池の基礎的な反応原理・反応メカニズムを解明することで、既存の蓄電池の性能向上及び革新型蓄電池の実現に向けた基礎技術の確立を目指す。

② 技術目標及び達成時期

世界最高レベルの放射光施設を用いた評価装置により、蓄電池の反応メカニズムを解明するとともに、2030年に電気自動車の航続距離500km、コスト1/40を実現すべく、新材料の開発を行う。

③ 研究開発期間

2009年度～2015年度

(2) 次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発 (運営費交付金) (4-IV-v 参照)

(3) 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証事業 (運営費交付金) (4-IV-v 参照)

4-III-iv. バイオマス・廃棄物・地熱等

(1) E3地域流通スタンダードモデル創成事業 (運営費交付金)

① 概要

離島(全域)におけるエタノール3%混合ガソリン(E3)の製造から給油までの大規模なフィールドテストを通じ、E3利用に関する社会システムモデルの構築と一般社会へ適用する際の技術課題の抽出を行う。

② 技術目標及び達成時期

2010年の「京都議定書目標達成計画」の導入目標(50万kl)に資するため、2009年度にE3利用の社会モデルを構築し、2011年度までにその検証を行う。

③ 研究開発期間

2007年度～2011年度

(2) バイオマス等未活用エネルギー実証事業 (運営費交付金)

① 概要

地域に賦存する未活用な資源であるバイオマスをエネルギーとして有効活用するため、熔融ガス化等熱化学的変換技術による燃料化システムやメタンガス等生物化学的変換技術による燃料化システム等の実証試験事業、事業可能性調査等を実施し、利用ノウハウ等を蓄積、本格的なバイオマス等エネルギーの導入を推進する。

② 技術目標及び達成時期

2009年度までに、バイオマス等の種別やエネルギー変換手法、更には地域

低炭素社会づくり行動計画

平成 20 年 7 月

低炭素社会づくり行動計画
(目次)

はじめに	1
I 我が国の目標	2
1 公平、公正な実効性ある次期枠組みの合意づくり	2
2 国別総量目標の設定	2
3 世界各国の取組に対する支援	3
(1)セクター別アプローチによる技術の普及、コベネフィットによる支援	3
(2)クールアース・パートナーシップ	3
(3)多国間基金の創設	4
II 革新的技術開発と既存先進技術の普及	5
1 革新的技術開発	5
(1)革新的技術開発のロードマップの着実な実行	5
(2)石炭利用の高度化	6
(3)「環境エネルギー国際協力パートナーシップ構想」の実現	6
2 既存先進技術の普及	7
(1)太陽光発電の導入量の大幅拡大	7
(2)「ゼロ・エミッション電源」の比率の50%以上への引上げ	7
(3)次世代自動車の導入	8
(4)白熱電球の省エネランプへの切替え	9
(5)省エネ型テレビ、給湯器、エアコン、冷蔵庫の導入の加速	10
(6)省エネ住宅・ビル、200年住宅の普及	10
(7)原子力の推進	11
(8)原子力発電の優れた安全技術や知見の世界への提供	12
(9)国自らの率先実施	12

Ⅲ 国全体を低炭素化へ動かす仕組み

13

- 1 排出量取引 13
- 2 税制 13
 - (1) 税制のグリーン化 13
 - (2) 地球環境税 14
- 3 見える化 14
 - (1) カーボン・フットプリント制度等の普及 14
 - (2) カーボン・オフセットや炭素会計のルールづくり 14
- 4 環境ビジネス等に資金を流れやすくするための基準と仕組みの整備 15

Ⅳ 地方、国民の取組の支援

17

- 1 農林水産業の役割を活用した低炭素化 17
- 2 低炭素型の都市や地域づくり 17
 - (1) 地方の特色をいかした低炭素型の都市・地域づくり 17
 - (2) 二酸化炭素排出の少ない交通輸送網 18
- 3 低炭素社会や持続可能な社会について学ぶ仕組み 19
- 4 ビジネススタイル、ライフスタイルの変革への働きかけ 19
 - (1) こまめな省エネやITの活用、3Rの推進 19
 - (2) サマータイム制度の導入の検討 20
 - (3) クールアース・デー 21
 - (4) NGOや地域のグループによる取組の支援 21

はじめに

我が国は、「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減」するという長期目標を、国際的に共有することを提案している。

その目標の達成には、主要経済国の参加はもちろん、世界のすべての国々が何らかの形で取り組むことが不可欠であるが、日本としても、先進国として途上国以上の貢献をすべきであり、2050年までの長期目標として現状から60～80%の削減を掲げて、世界に誇れるような低炭素社会の実現を目指すことが必要である。

そのような低炭素社会の実現に向けては、福田内閣総理大臣スピーチ(2008年6月9日)及び地球温暖化問題に関する懇談会提言(2008年6月16日)において、基本的な方針が示されたところであり、本行動計画においては、総理スピーチ及び懇談会提言で示された政策項目ごとに、具体的な施策を明らかにすることとする。

今後は、本行動計画に盛り込まれた施策を着実に実施するとともに、定期的に取り組状況のフォローアップを行うこととする。

I 我が国の目標

低炭素社会を目指し、2050年までに世界全体で温室効果ガス排出量の半減を実現するためには、主要経済国はもちろん、世界のすべての国々がこの問題に取り組む必要があり、日本としても2050年までの長期目標として、現状から60～80%の削減を行う。

また、2050年半減という長期目標を実現するため、世界全体の排出量を、今後10年から20年程度の間ピークアウトさせる。

さらに、次期枠組みについて公平かつ公正なルールに関する国際社会の合意形成を目指すとともに、来年のしかるべき時期に我が国の国別総量目標を発表する。

1 公平、公正な実効性ある次期枠組みの合意づくり

世界全体の排出量を今後10～20年の間にピークアウトし、2050年に少なくとも半減するため、米・中・印等の主要経済国を始めとする「全員参加」型の公平で実効性のある次期枠組みについて、2009年のCOP15で合意を目指す。

そのため、COP13で合意されたバリ行動計画に従い、国連の下での特別作業部会における議論を進めるとともに、G8サミットを含む多数国間会合、各種二国間会合において、長期目標の共有、セクター別アプローチを用いた公平な国別総量目標設定や技術移転を通じた世界全体でのエネルギー効率改善の在り方等について議論を深め、成果を国連の下での議論へ適切に反映させる。

2 国別総量目標の設定

セクター別積み上げ方式について、公平な国別総量目標を設定するための共通の方法論として国際的に確立すべく各国の理解を得ることを目指す。また、基準年の見直し等の論点も含め、来年のしかるべき時期に我が国の国別総量目標を発表する。

そのため、セクター別積み上げ方式をベースに国別総量目標を設定する方法について、G8サミット、主要経済国会合(MEM)、二国間会合等の様々な場を通じて各国の理解を促進するとともに、我が国の適用事例である長期エネルギー需給見通し等を紹介しつつ、各国が削減可能量の分析作業を行い、その報告をCOP14で行うよう、各国に働きかける。

共通の方法論を確立する上で特に重要な機会となる、2008年8月のガーナで

の国連特別作業部会で開催される「セクター別アプローチに関するワークショップ」や秋に主催するセクター別削減ポテンシャルの積み上げをテーマにした第2回国際ワークショップにおいて、一層の理解の進展を目指す。

その際には、基準年、森林等吸収源の取扱い等に係る論点も含め、セクター別積み上げ方式に対する各国の評価なども踏まえ、共通の方法論を確立すべく各国の理解を得ることを目指す。

我が国の国別総量目標の提示については、すべての主要経済国の参加や公平性の確保を図るという観点から、来年のしかるべき時期に交渉状況を踏まえて判断していく。

3 世界各国の取組に対する支援

(1) セクター別アプローチによる技術の普及、コベネフィットによる支援

セクター別アプローチを通じ、我が国が強みを持つ環境技術や省エネルギー技術を途上国など世界に積極的に普及させる。

そのため、IEA(国際エネルギー機関)、APP(クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ)において、セクターごとのベストプラクティスの特定・共有等を行うとともに、多国間及び二国間の枠組みを活用し、中国、インド等に対して省エネルギー設備の実証事業や専門家派遣等の技術協力の実施や障壁の除去に取り組む。

また、交通セクターにおける温室効果ガスの削減・大気汚染の改善に係る国際連携の強化に向けて、「交通分野における地球環境・エネルギーに関する大臣会合」等を通じ、ベストプラクティスの共有、新技術・方策の推進、キャパシティビルディング(途上国の能力向上)に関する協力等を推進する。

さらに、途上国において、持続可能な開発、低炭素・低公害・循環型社会や、気候変動に適応し自然と共生する社会を実現する。

そのため、クリーンアジア・イニシアティブを推進し、中国、インドネシアでのコベネフィット事業の推進や、東アジアでの廃冷媒フロン回収調査、途上国のインベントリ整備に向けた協力、アジア低炭素・循環型社会構築力強化プログラムなどを実施する。

(2) クールアース・パートナーシップ

温室効果ガスの排出削減と経済成長を両立させ、気候の安定化に貢献しよ

うとする途上国に対し、緩和策、適応策、クリーンエネルギーアクセスの観点から支援を進めるため、5年間で累計おおむね100億ドル程度の資金供給を可能とする「クールアース・パートナーシップ」を推進する。

その一環として新たに制度設計された気候変動対策円借款（第一弾として、2008年7月、インドネシアに対し、総額約308億円を上限とする円借款の供与を決定）、環境プログラム無償、地球環境保険、日・国連開発計画（UNDP）共同枠組みを活用するとともに、既存の無償資金協力、技術協力等やアジア開発銀行（ADB）等の国際機関を通じた政府開発援助による支援を進め（既にマダガスカル、セネガル、ガイアナに対し無償資金協力を実施済）、また、国際協力銀行（JBIC）、日本貿易保険（NEXI）等において政府開発援助以外の資金による支援も行う。具体的には気候変動対応のための森林保全・防災対策、コベネフィット対策、省エネルギー・新エネルギー対策等の支援を進める。

また、アフリカ諸国に対しては「日・アフリカ・クールアース・パートナーシップ」を呼びかけ政策協議を進めているほか、ツバル、ラオス等その他の途上国との間での取組も引き続き積極的に推進する。

以上を通じて、2013年以降の枠組みへの途上国の積極的な参加を促進する環境づくりを行う。

(3) 多国間基金の創設

日米英のイニシアティブにより、2008年7月1日に世界銀行に多国間基金として設立された気候投資基金を通じて、途上国における太陽光・風力発電所の導入や火力発電所のエネルギー効率向上、排出の少ない公共交通手段の活用、ビルや産業界などにおける電力使用効率の改善等、温室効果ガス削減のための緩和策や、気候変動の悪影響に対応するための適応策などの途上国の気候変動問題への取組を支援する。その際、日米英以外のより多くのドナー国を確保すべく、二国間や多国間会合の機会を通じて関心国へ本基金への参加を働きかけていく。

また、早期に基金の運営を開始することを目指し、途上国への効果的・効率的な支援を行うために、基金の運営に積極的に参画していく。

Ⅱ 革新的技術開発と既存先進技術の普及

低炭素社会を目指し、長期目標を実現するために重要な革新的技術開発の推進及び既存先進技術の普及促進を行う。

1 革新的技術開発

(1) 革新的技術開発のロードマップの着実な実行

温室効果ガス排出量の大幅な削減は、既存技術やその延長線上にある技術の普及だけでは決して達成できない。そこで、「環境エネルギー技術革新計画(2008年5月19日)」「Cool Earth—エネルギー革新技術計画(2008年3月5日)」等に示された革新技術(構造・素材やシステム等の点で既存技術やその延長線上にある技術を超えた革新性を持ち、2050年の世界における大幅な温室効果ガスの削減に寄与する技術)を開発する。

「環境エネルギー技術革新計画」に示された技術ロードマップ等(高速増殖炉サイクル技術、バイオマス利活用技術、低燃費航空機(低騒音)、高効率船舶、高度道路交通システム(ITS)による交通や物流の効率化、地球観測、気候変動予測及び影響評価への国際貢献など)の実施に向け、今後5年間で300億ドル程度を投入する。

そのうち、「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」に示された、重点的に取り組むべき21のエネルギー革新技術(飛躍的な効率向上と低コスト化を達成する革新的太陽光発電(新材料・新構造を利用して、2030年以降に発電効率40%超かつ発電コスト7円/kWhの太陽電池の技術の確立を目指す)、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車等、コークスの代わりに水素を還元剤とする技術及び二酸化炭素分離回収技術により排出を抑制する革新的製鉄プロセス(2008年度から基礎研究、2013年度から実証試験を行い、水素製造や二酸化炭素分離回収貯留に係るコストの状況を踏まえ、まずは2030年までに製鉄所での排出量を約30%削減する技術を確立し実用化を目指す)、次世代軽水炉等の先進的原子力発電技術、燃料電池技術(定置用燃料電池について、2020～2030年頃にコスト40万円/kW、耐久性9万時間まで向上させ本格普及を目指す)、民生部門の二酸化炭素排出の約5割を占める空調・給湯等に対して効果的な超高効率ヒートポンプ(2030年にコストを現状の3/4、効率を1.5倍、2050年にコストを1/2、効率を2倍にまで向上を目指す)など)についても、必要な予算を確保して開発を進める。

なお、技術ロードマップの実行に当たっては、国際的な連携、官民の役割分

担の下、適切に開発を進めるとともに、定期的なロードマップの見直しを行う。また、開発された成果の円滑かつ適切な普及を図る。

(2) 石炭利用の高度化

石炭は石油や天然ガスに比べ、埋蔵量が多く安価であるが、燃焼時の二酸化炭素排出量が多い。そのため、発電効率を高め排出量を削減できるクリーン燃焼技術や、排出された二酸化炭素を大気中に出さずに地中に埋め戻すCCS(Carbon Dioxide Capture and Storage:二酸化炭素回収貯留)技術の開発を推進する。

クリーン燃焼技術については、IGCC(石炭ガス化複合発電)の発電効率について2015年頃に48%、長期的には57%の達成、IGFC(石炭ガス化燃料電池複合発電)の発電効率について2025年頃に55%、長期的に65%の達成を目指す等必要な技術開発、実証試験等を進める。

CCSは、我が国の排出量の約3割を占める火力発電や約1割を占める製鉄プロセスの大幅削減につながり得る技術であるが、その分離・回収コストを2015年頃にトン当たり2000円台、2020年代に1000円台に低減することを目指して技術開発を進めるとともに、2009年度以降早期に大規模実証に着手し、2020年までの実用化を目指す。実用化に当たっては、環境影響評価及びモニタリングの高度化、法令等の整備、社会受容性の確保などの課題の解決を図る。

さらに、これらの技術を併せ、最終的には二酸化炭素の排出をほぼゼロにするために、石炭火力発電等からの二酸化炭素を分離し、回収し、輸送、貯留する一貫したシステムの本格実証実験を実施し、ゼロエミッション石炭火力発電の実現を目指す。

(3) 「環境エネルギー国際協力パートナーシップ構想」の実現

革新技術の開発には多額の資金と多数の人材が必要であり、国際社会の協調の下で各国がそれぞれ役割分担しながら進めることで、開発の加速化、成果の普及促進を図る。

このため、北海道洞爺湖サミットにおける首脳宣言で一致した、エネルギー技術開発投資の拡大、技術開発ロードマップの国際共有、既存の国際連携の強化及び新たな国際連携の立ち上げ等を実現する。また、意欲のある途上国

等の開発段階からの参加を促し、途上国への技術の適切な普及を促進する。

具体的には、「環境エネルギー国際協力パートナーシップ」の核となる、国際的に共有できるロードマップを2010年度中に策定するために、IEA等と連携しつつ、各国の技術開発施策情報の共有のための作業を2008年度中に新たに開始する。

2 既存先進技術の普及

(1) 太陽光発電の導入量の大幅拡大

太陽光発電は、再生可能エネルギーの中でも特に潜在的な利用可能量が大きく、エネルギー自給率の低い我が国の国産エネルギーとして重要な位置を占める可能性がある。そこで、太陽光発電世界一の座を再び獲得することを目指し、太陽光発電の導入量を2020年に10倍、2030年には40倍にすることを目標として、導入量の大幅拡大を進める。

そのためには、技術革新と需要創出により価格を大幅に低減するとともに、大量導入の際に大きな課題となる電力系統への影響を緩和するための技術開発を進め、大量導入につなげることが必要である。価格については、3～5年後に太陽光発電システムの価格を現在の半額程度に低減することを目指す。

ドイツを含めた諸外国の再生可能エネルギーについての政策を参考にしながら、大胆な導入支援策や新たな料金システム等を検討する。具体的には、住宅、産業、公共等の部門での思い切った導入支援、革新的太陽電池技術の技術開発、電気事業者によるメガソーラー建設計画への支援、地方公共団体との連携、ソーラーメーカーと住宅メーカーの連携の促進、グリーン電力証書や市民出資など更なる民間資金の活用等を行うとともに、電力系統への影響を緩和する系統安定化技術や、大容量・低コストの蓄電池の技術開発等を進める。また、再生可能エネルギーの導入と系統安定化に要するコストの負担の考え方について、2008年7月より検討を開始し、2009年春を目途に結論を得る。

(2) 「ゼロ・エミッション電源」の比率の50%以上への引上げ

我が国の温室効果ガス排出量の約3割を占める電力部門における対策は非常に重要である。その供給面の対策の一環として、「長期エネルギー需給見通し(2008年5月)」等を踏まえつつ、2020年を目途に、2006年に約40%であ

った発電電力量に占める「ゼロ・エミッション電源」(再生可能エネルギー、原子力発電等)の割合を50%以上とする。特に太陽光発電に関しては、2005年度比で導入量を10倍(原油換算で35万klから350万klへ拡大)とすることを目指す。また、原子力発電に関しては、新規建設の着実な実現(現在13基の建設を計画中。うち、2017年度までに9基の建設を計画中。)を目指す。

具体的には、太陽光発電については、各部門における導入支援や技術開発、電気事業者によるメガソーラーの建設計画に対する支援を推進するとともに、コスト負担の考え方について検討する。原子力発電については、徹底した安全の確保を絶対的な前提として、主要利用国並の設備利用率の向上を目指すことや、新規建設の着実な実現などを推進する。

風力発電については、陸上風力の導入支援、洋上風力などの新技術の検討を進める。水力発電については、2030年までの発電電力量の増加ポテンシャルが70億kWh¹との試算も踏まえ、開発調査や建設補助の改善を検討する。その他、地熱を含めた再生可能エネルギーについて、エネルギーの地産地消の推進、新エネベンチャーの支援、自主的取組の促進等を進める。

また、地方公共団体等による、太陽光、小水力、バイオマス、風力、雪氷などの地域性を考慮した地産地消型の新エネルギーの利用の取組を評価し、優れたものを「新エネ百選」として2～3年で選定するなど、各地のベストプラクティスを共有する。廃棄物発電については、飛躍的なエネルギー回収量の増強や経済的誘導策の検討を行う。

さらに、上記の措置による発電電力の取引の円滑化を図るため、卸電力取引所におけるCO₂フリー電気等の実験的取引を遅くとも2009年4月までに開始する。

また、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(RP S(Renewables Portfolio Standard)法)(平成14年法律第62号)」の現行の目標量を確実に実施するとともに、2018年度までの目標について、2010年度中までに検討を開始する。

(3)次世代自動車の導入

我が国の自動車産業の技術力・競争力の強化にもつなげつつ、排出量のうち約2割を占める運輸部門からの二酸化炭素削減を行うため、現在、新車販売のうち約50台に1台の割合である次世代自動車(ハイブリッド自動車、電気

¹水力発電に関する研究会 中間報告(2008年7月25日)

自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車、クリーンディーゼル車、CNG自動車等)について、2020年までに新車販売のうち2台に1台の割合で導入するという野心的な目標の実現を目指す。

具体的には、費用の一部支援などの導入支援の充実による初期需要の創出や電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車の基盤技術である次世代電池や燃料電池等の技術開発による高性能化や低価格化(2015年までに次世代電池の容量を現状の1.5倍、コストを7分の1、2030年までに容量を7倍、コストを40分の1にすることを旨す)を進めるとともに、電池切れの不安感を解消するため、急速充電設備(例えば、家庭充電で約7時間の充電時間を急速充電では約30分程度に短縮可能)を含む充電設備等のインフラ整備、高度道路交通システム(ITS)の推進などの交通流対策、クリーンディーゼル車のイメージ改善や普及促進等の統合的な取組、次世代低公害トラック・バス等の実用化促進等を進める。

(4) 白熱電球の省エネランプへの切替え

家庭等で使用される一般的な白熱電球について、2012年を目途に、原則として電球形蛍光ランプなど省エネルギー性能の優れた製品への切替えを実現する。

切替えに当たっては、電球形蛍光ランプは白熱電球に比べて、消費電力が5分の1程度、製品寿命が約6~10倍であることから、使用時を含めたコストに優れているものの、製品価格が約10倍と価格差が大きいいため導入時の負担が大きい。また、調光用や装飾用など一部の用途については現状では代替が困難であるといった課題がある。

その解決に向け、国、製造事業者、流通事業者、消費者団体等の連携の下、「あかりの日(10月21日)」や、「省エネあかりフォーラム」、「チーム・マイナス6%」を通じた省エネランプのメリット等の消費者への情報提供などにより、白熱電球からの切替えを消費者に働きかけていく。

また、国において、蛍光灯の発光効率を超える高い省エネルギー化を実現し得る有機ELを利用した次世代照明の研究開発を実施するとともに、製造事業者において、性能向上と使いやすさの改善、代替困難な用途向けの製品開発に取り組むほか、流通事業者において、省エネランプの積極的な情報提供、販売を行う。

事前評価書

	作成日	平成20年12月25日
1. 事業名称 (コード番号)	「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」	
2. 推進部署名	燃料電池・水素技術開発部	
3. 事業概要	<p>(1)概要:</p> <p>現在、運輸部門の石油依存度は、ほぼ 100%の状況であり、今後、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行により、石油依存度を低減していく必要性が指摘されている。それゆえ、石油依存度を低減し、多様なエネルギーでかつ低環境負荷で走行する電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車等の普及が期待されているが、電気自動車等の本格的な普及には、性能、耐久性及び信頼性の飛躍的な向上並びにコストの大幅低減という多様な要素を満たす革新型蓄電池が待望されており、そのためには、サイエンスに立ち戻った研究開発が必要である。</p> <p>本事業では、電池の基礎的な反応メカニズムを解明することで、既存の蓄電池の飛躍的な性能向上及び革新型蓄電池の実現に向けた基礎技術の確立を目指した技術開発を行う。</p> <p>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研究開発を実施する。</p> <p>①高度解析技術の開発:</p> <p>開発したその場分光測定法、高性能分析装置並びに計算科学等による測定データ解析手法の融合により、蓄電池の開発に特化した解析技術を開発する。</p> <p>1)その場分光測定法の開発:</p> <p>電気化学反応と同時に各種分光測定を実施可能なその場分光測定法等を複数種類開発する。</p> <p>2)高性能分析装置の開発:</p> <p>世界最高レベルの量子ビーム施設等を用いた蓄電池の開発に特化した世界最先端の分析装置を複数種類開発する。また、蓄電池の技術開発に特化した分析顕微鏡等の分析装置を開発する。</p> <p>3)計算科学等による測定データ解析手法の開発:</p> <p>分析装置からの取得データについて計算科学等を利用することで高度解析を実施する。また、データ解析に適したソフトウェアの開発も必要に応じて実施する。</p> <p>②電池反応メカニズムの解明:</p> <p>各種試験用モデル電池の作製技術を確立し、各種モデル電池系</p>	

での反応メカニズムを解明する。

1)モデル電池の作製と電池特性評価:

各種試験用モデル電池(例えば、18650 型円筒電池、薄膜電池等)を作製するための、技術開発を実施する。開発したモデル電池について、種々の条件で試験を実施し、各種分析用サンプルの提供に資する。

2)反応メカニズムの解明:

高度解析技術により得られた知見と電気化学理論等の融合を図ることで、各種モデル電池系での反応メカニズムを解明する。

③革新型蓄電池の基礎研究:

2030 年以前の早期実用化を念頭に、性能の飛躍的な向上に加え、コスト、安全性並びに大型化についても実用化が見込める革新型蓄電池についての基礎技術を開発する。

1)革新型蓄電池の絞り込み:

本格電気自動車用蓄電池(革新型蓄電池)の課題を整理し、2030 年以前の早期実用化を念頭に、リチウムイオン電池の限界を超えた性能を示し、かつ、コスト、安全性並びに大型化についても見通しのある電池系についての絞り込みを行う。

2)革新型蓄電池の基礎技術の確立:

革新型蓄電池の課題について、高度解析技術等を用いて調べることで、課題解決のための基礎技術の開発を行う。

(2)事業規模:210億円(予定)

(3)事業期間:平成21年度~27年度(7年間)

4. 評価の検討状況

(1) 事業の位置付け・必要性

経済産業省が、2006年5月にとりまとめた新・国家エネルギー戦略において、運輸部門などにおけるエネルギー戦略上の数値目標を定めている。そこでは、運輸部門の石油依存度を、現状のほぼ100%から2030年までに80%程度まで引き下げるとの目標を掲げている。また、部門横断的な目標として、省エネ目標を掲げており、我が国のエネルギー効率(GDPあたりのエネルギー消費原単位)を2030年までに現状から30%向上させることとしている。

このようにエネルギー制約が高まる中で自動車エネルギー技術は多様化し、今後は、電気を駆動力源(一部の場合を含む)とする、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車・燃料電池自動車や、クリーンディーゼル自動車等の既存技術の更なるクリーン化、化石燃料から代替燃料への移行、といった様々な技術体系の間での競争が進み、技術革新が加速されると見込まれている。

こうした中で、電池技術は、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車・燃料電池自動車等に共通するコア技術であり、次世代自動車の航続距離を決定づける重要な要因である。

本事業では、蓄電池を中心とする電力貯蔵技術の飛躍的な性能向上を目的とした革新型蓄電池実現のための基礎技術の開発を実施する。

なお、本技術開発は、エネルギーイノベーションプログラム(2008年5月、経済産業省)に則って推進する予定である。

(2) 研究開発目標の妥当性

車載用として必要な高エネルギー密度化を目指して以下のような目標値を設定する。本格電気自動車の車載容量(40 [kWh]級パック電池を想定)で設定するが、次世代自動車用高性能蓄電システムとして難易度の高い目標であり、妥当である。

[最終目標](平成27年度末)

本研究開発においては、種々のその場分光測定法並びに世界最高レベルの量子ビーム施設等を利用した世界最先端の測定手法を開発することで、従来、未解明であった各種革新型蓄電池の劣化要因等の現象解明をする。更には、エネルギー密度が現行技術水準(注)の5倍以上の潜在能力を持つ革新型蓄電池について、現行技術水準(注)の3倍以上のエネルギー密度及び初期のサイクル安定性を達成する基礎技術を確立することで、2030年以前の早期実用化の目処をつけることを目標とする。また、同時に、リチウムイオン電池の反応メカニズム(寿命劣化メカニズム、不安全メカニズム等)を解明することで、現状のリチウムイオン電池等の性能、信頼性並びに安全性技術レベルをブレークスルーした究極のリチウムイオン電池の基本コンセプトを提案する。

(注)現行技術水準とは、「次世代自動車用電池の将来に向けた提言(経済産業省製造産業局自動車課:2006年8月)」において記載されている電気自動車用蓄電池の現状の重量エネルギー密度である100 [Wh/kg]を意味する。また、開発目標値は、本格電気自動車で40 [kWh]の電池パックが搭載されるものと仮定している。

(3) 研究開発マネジメント

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、NEDO技術開発機構に設置する委員会や技術検討会等において、外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度、プロジェクトの進捗について報告を受けるなどを行う。さらに、年に一回程度、事業の効率的な推進、情報や認識の共有等を目的に、本事業の実施者による報告会を開催する等を行う予定であり、マネジメント体制として妥当である。また、評価についても毎年度の事業評価と併せて、平成23、25年度に中間評価、平成28年度に事後評価を実施することになっており、必要に応じてプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しが可能な弾力的対応が図られている。

(4) 研究開発成果

我が国における蓄電池産業は、これまでの国における先進的な技術開発および民間企業における自主開発の結果、世界市場において優位な状況であるが、昨今の韓国、中国等における市場シェアの伸びも予断を許さない状況である。加えて、自動車用蓄電池の分野においては、米国、欧州、アジアにおいても次世代自動車用の高性能蓄電池の開発が国家レベルの支援を受け活発化してきている。そのため、日本の国際競争力を維持、発展させるためにも長期的な視点で技術開発を進める必要がある。

本事業により、自動車用蓄電システム技術の格段の進展が達成された場合、電気自動車等の次世代自動車の本格普及に資することとなり、その波及効果は極めて大きい。電気自動車やハイブリッドカー向けの蓄電池の市場規模は、本事業終了の2015年頃には1兆円程度になると予想されており、本事業はその実現に大きく寄与する。

(5) 実用化・事業化の見通し

自動車用蓄電池システム技術の進展は、次世代自動車の航続距離の拡大を意味し、ガソリン自動車を性能的に置き換えることを可能にすることから、日本の電池産業の発展だけでなく、環境戦略やエネルギー戦略上も有益であり、新・国家エネルギー戦略の達成に大きく寄与することが期待される。

(6) その他特記事項

本事前評価に当たり、「次世代自動車用電池の将来に向けた提言(2006年8月発行)」(経済産業省主催:新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会)、「Cool Earth—エネルギー革新技術 技術開発ロードマップ(2008年3月発行)」(経済産業省)、並びに「総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会 緊急提言(2006年9月発行)」(経済産業省)を参照している。

5. 総合評価

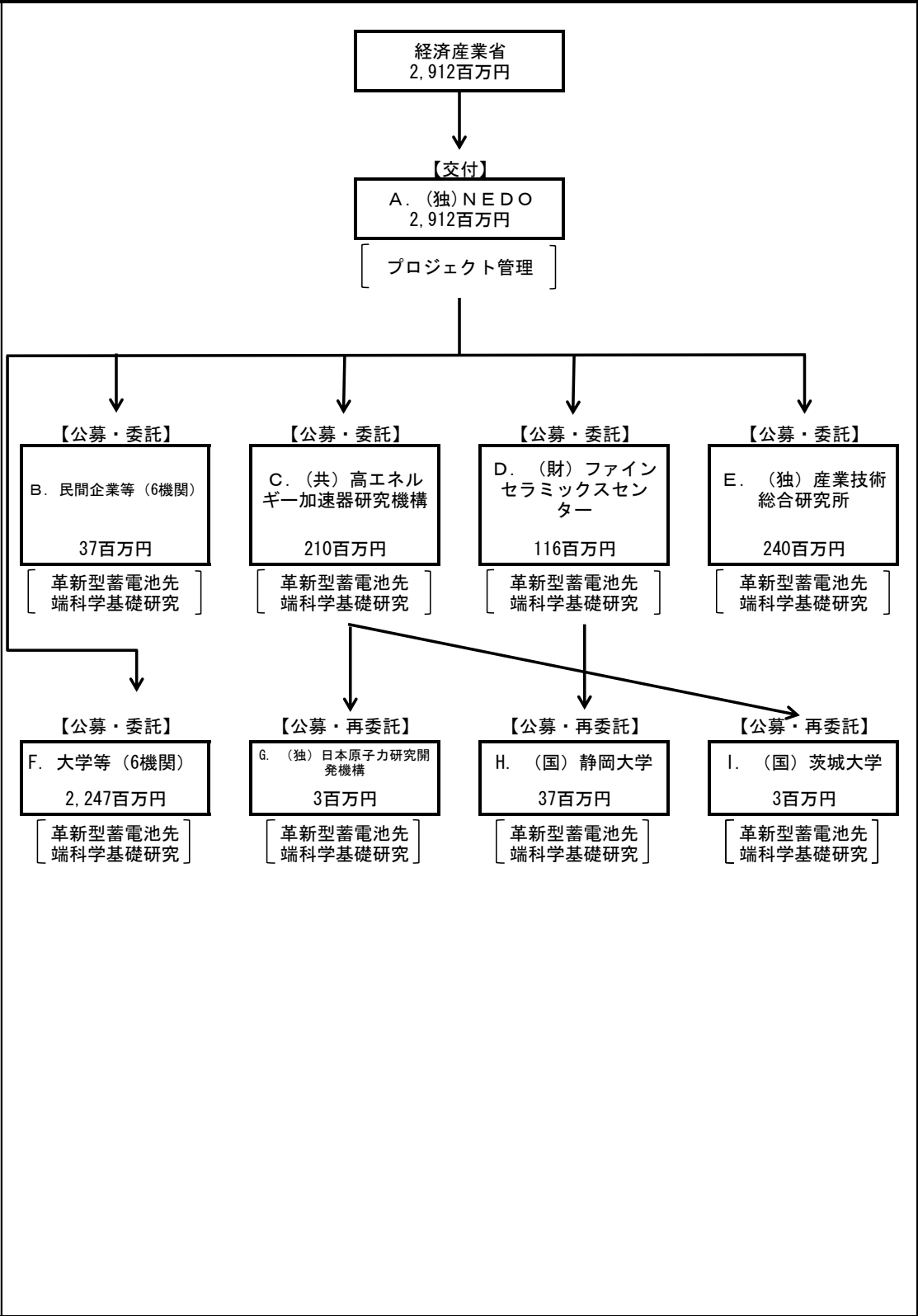
本事業は、電気自動車等の本格普及に不可欠な革新型蓄電池に関連する基礎技術を開発するものであり、日本の電池産業や自動車産業の更なる発展だけでなく、環境戦略やエネルギー戦略に対しても大きく寄与すると考えられることから、実施する意義は極めて大きい。

このため、本事業はNEDO技術開発機構が関与し円滑かつ効率的に推進することが必要であり、当機構が実施することは適切である。

事業番号 0590

行政事業レビューシート (経済産業省)						
予算事業名	革新型蓄電池先端科学基礎研究事業		事業開始年度	平成21年度	作成責任者	
担当部署	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部		担当課室	新エネルギー対策課	渡邊 昇治	
会計区分	エネルギー対策特別会計 エネルギー需給勘定		上位政策	26 エネルギー源の多様化・エネルギーの高度利用		
根拠法令 (具体的な 条項も記載)	特別会計に関する法律第85条第3項第1号イ		関係する計 画、通知等	<ul style="list-style-type: none"> ○エネルギー基本計画 (22年6月閣議決定) ○新成長戦略 (22年6月閣議決定) ○次世代自動車・燃料電池イニシアティブ (平成19年5月 経済産業省) ○Cool Earth-エネルギー革新技術計画 (平成20年3月 経済産業省)等 		
事業の目的	電池の基礎的な反応メカニズムを解明することで、ガソリン車並みの走行性能を有する本格的な電気自動車用の革新型蓄電池の実現及び既存の蓄電池の安全性等の信頼性、性能向上に向けた基礎技術の確立を目指し、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車の普及拡大を目的とする。					
事業概要	基礎研究拠点を京都大学におきオールジャパンでの技術の集中化を図り、電気化学的な基礎的アプローチ、最先端評価・分析技術に関する包括的な研究を産学官で連携し開発しつつ、次世代自動車用蓄電池技術開発ロードマップ(NEDO)の目標である2030年に求められる高性能・高安全性を有する革新型蓄電池の実現を目指した基礎技術の確立を行う。					
実施状況	平成21年度、1コンソーシアム(民間企業、大学、公的研究機関等15機関で組織)で実施し、支出総額は2,912百万円。					
予算の状況 (単位:百万円)		19年度	20年度	21年度	22年度	23年度要求
	予算額(補正後)	-	-	2,912	3,000	3,000
	執行額	-	-	2,912		
	執行率	-	-	100.0%		
	総事業費(執行ベース)	-	-	2,912		
自己点検	支出先・ 用途の把握 水準・ 状況	各技術開発項目にプロジェクト委員会を設置し、事業を推進するとともに、経済産業省はオブザーバとして委員会に出席し、進捗状況を把握している。また、NEDOにおいては、事業開始前に研究実施計画を立てるとともに、当該年度予算額の妥当性について、厳格な精査を経て、予算額を決定している。予算執行開始後は、プロジェクト実施者に対して定期的に執行状況のヒアリングを行い、さらに必要に応じて適宜支出状況を確認し支出先・用途を把握している。				
	見直しの 余地	プロジェクトの進捗を議論する定期的な会議(幹事会(参画企業等の会議)・推進委員会(外部有識者の会議))においても研究内容及び今後の方向性の議論に加えて、予算執行状況の監査的な役割をより強化するなどの方向性もあり得る。				
予算監視・ 効率化 の所見	継続					
補 記						

資金の流れ
 (資金の受け取り先が何を行っているかについて補足する)
 (単位: 百万円)



事業番号 0590

事業名:革新型蓄電池先端科学基礎研究事業

B.民間企業等のうち上位10社

単位:百万円

	支出先名	支出額	(手持ち用千円単)
1	パナソニック(株)	21	21,467
2	(株)豊田中央研究所	6	5,863
3	日立マクセル(株)	5	5,111
4	トヨタ自動車(株)	5	4,679
5	(株)日立製作所	0	231
6	(株)本田技術研究所	0	144

F.大学等のうち上位10社

単位:百万円

	支出先名	支出額	(手持ち用千円単)
1	(国)京都大学	1,886	1,885,741
2	(私)早稲田大学	212	211,804
3	(私)立命館	69	69,069
4	(国)東北大学	29	28,520
5	(国)九州大学	27	27,025
6	(国)東京工業大学	25	24,800

費目・使途
 (「資金の流れ」において
 ブロックごとに最大の金額
 が支出されている者について
 記載する。使途と費目の
 双方で実情が分かるように
 記載)

A. (独) NEDO			E. (独) 産業技術総合研究所		
費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
委託費	民間企業等の研究開発	2,849	機械装置等費	蓄電池基礎研究に必要な研究機器等	180
研究開発管理費	当該事業のマネジメントに必要な経費	63	労務費	蓄電池基礎研究に必要な研究員費等	3
			その他経費	蓄電池基礎研究に必要な消耗品費等	27
			間接経費等	蓄電池基礎研究に必要な間接経費	31
					0
計		2,912	計		240
B. パナソニック (株)			F. (国) 京都大学		
費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
機械装置等費	蓄電池基礎研究に必要な研究機器等	0	機械装置等費	蓄電池基礎研究に必要な研究機器等	1,420
労務費	蓄電池基礎研究に必要な研究員費等	17	労務費	蓄電池基礎研究に必要な研究員費等	75
その他経費	蓄電池基礎研究に必要な消耗品費等	3	その他経費	蓄電池基礎研究に必要な消耗品費等	145
間接経費等	蓄電池基礎研究に必要な間接経費	2	間接経費等	蓄電池基礎研究に必要な間接経費	246
計		21	計		1,886
C. (財) 高エネルギー加速器研究機構			G. (独) 日本原子力研究開発機構		
費目	使途	金額 (百万)	費目	使途	金額 (百万)
機械装置等費	蓄電池基礎研究に必要な研究機器等	129	機械装置等費	蓄電池基礎研究に必要な研究機器等	0
労務費	蓄電池基礎研究に必要な研究員費等	1	労務費	蓄電池基礎研究に必要な研究員費等	0
その他経費	蓄電池基礎研究に必要な消耗品費等	46	その他経費	蓄電池基礎研究に必要な消耗品費等	3
間接経費等	蓄電池基礎研究に必要な間接経費	27	間接経費等	蓄電池基礎研究に必要な間接経費	0
再委託費	(独) 日本原子力研究開発機構 (国) 茨城大学 の研究開発	7			
計		210	計		3
D. (財) ファインセラミックスセンター			H. (国) 静岡大学		
費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
機械装置等費	蓄電池基礎研究に必要な研究機器等	42	機械装置等費	蓄電池基礎研究に必要な研究機器等	28
労務費	蓄電池基礎研究に必要な研究員費等	20	労務費	蓄電池基礎研究に必要な研究員費等	0
その他経費	蓄電池基礎研究に必要な消耗品費等	4	その他経費	蓄電池基礎研究に必要な消耗品費等	5
間接経費等	蓄電池基礎研究に必要な間接経費	14	間接経費等	蓄電池基礎研究に必要な間接経費	5
再委託費	(独) 日本原子力研究開発機構 (国) 茨城大学 の研究開発	37			
計		116	計		37

費目・使途
 (「資金の流れ」
 においてブロックごとに最大の金額が支出されている者について記載する。使途と費目の双方で実情が分かるように記載)

I. (国)茨城大学					
費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
機械装置等費	蓄電池基礎研究に必要な研究機器等	0			
労務費	蓄電池基礎研究に必要な研究員費	0			
その他経費	蓄電池基礎研究に必要な消耗品費等	3			
間接経費等	蓄電池基礎研究に必要な間接経費	0			
計		3	計		0
費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
計		0	計		0
費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
計		0	計		0
費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
計		0	計		0

平成23年度個別施策ヒアリング資料(優先度判定)【経済産業省】

施策番号	27119	施策名		革新型蓄電池先端科学基礎研究事業			
新規/継続	継続	領域	グリーン・イノベーション	国際的位置付け	世界最先端	AP施策	○
競争的資金		e-Rad	○	社会還元			
施策の目的及び概要	電池の基礎的な反応メカニズムを解明することで、ガソリン車並みの走行性能を有する本格的な電気自動車用の革新型蓄電池の実現及び既存の蓄電池の安全性等の信頼性、性能向上に向けた基礎技術の確立を目指し、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車の普及拡大を目的とする。						
達成目標及び達成期限	2030年におけるガソリン車並の性能や安全性、耐久性に優れた蓄電池(現行技術水準の7倍のエネルギー密度)を実現することを目標とする。						
研究開発目標及び達成期限	2015年度までに ①リチウムイオン電池の不安定反応現象(寿命劣化、不安全)のメカニズム解明と現象解決 ② 現行技術水準の3倍以上のエネルギー密度及び初期のサイクル安定性を示す蓄電池の基礎技術確立と、5倍以上のエネルギー密度を見通す。						
23年度の研究開発目標	本施策により、平成23年度中に ①世界最高レベルの量子ビーム施設等への高性能分析装置の設置完了、測定条件確立 ② 電気化学反応下での反応解析が可能な、革新的なその場測定法の開発 ③ 開発したその場測定法等を順次適用し、リチウムイオン電池の反応・現象を把握 ④ ポストリチウムイオン電池となる現行技術水準の5倍以上のエネルギー密度が期待できる革新型蓄電池の新概念を提出						
施策の重要性	世界最高レベルの測定・解析技術を駆使した電池反応メカニズムの解明等により、リチウムイオン電池の耐久性の向上、更なる長寿命化、安全性等の向上を実現し、革新型蓄電池の早期実用化が期待できることから、CO2削減に寄与する電気自動車の普及を推進する上で極めて重要な施策である。						
実施体制	研究開発主体は公募により決定。産学一体となった「オールジャパン体制」を構築し、NEDOが研究拠点に職員を常駐させ研究開発マネジメントを実施。得られた成果は、多数参画している自動車メーカー、電池メーカーが実用化・普及の担い手となる予定。						
H22予算額(百万円)				H23概算要求額(百万円)			
3,000				3,000			
独立行政法人名(運営費交付金施策のみ)				NEDO			
H23概算要求額の内訳	人件費:567 (企業研究者、特任教授等計81名) 機材費:1,623 【主な内訳】 蓄電池拠点量子ビームライン建設 880 高分解能電極反応観察装置一式 140 in situ SPM & IR極表面観察装置一式 100 蓄電池内三次元構造解析装置一式 103 J-PARC中性子表面回折測定装置一式 400 消耗品費等:603 -						
期間	H21~H27			資金投入規模(億円)		210	

これまでの成果 (継続のみ)	<ul style="list-style-type: none"> 量子ビーム施設を利用した“その場”測定・解析手法の開発と予備実験、その他の各種測定・解析手法の検討、設計・製作、実験系の立ち上げを実施。 当初予定通り実験系の立ち上げ等順調に進捗している。 		
社会情勢・技術の変化 (継続のみ)	<ul style="list-style-type: none"> 民生用のリチウムイオン電池に関して日本は技術的優位性を持っているものの、自動車用電池の今後の世界市場においては韓国、中国メーカーが猛追。2010年には韓国のサムソンSDIが民生用のトップシェアとなる見通し。事業開始当初(H21)からますます情勢は厳しいものとなっている。 半導体、太陽光発電と同様、価格競争の泥沼に陥ると日本メーカーのシェアが落ち込むことは必至。このことから圧倒的な技術力をもって革新的な蓄電池の早期実用化を図る必要がある。 		
昨年度優先度判定 (継続のみ)	優先	優先度判定時の指摘への対応(継続のみ)	—
国民との科学・技術対話推進への対応(対象施策のみ)	アウトリーチ活動実施の具体化に向け検討中		

平成 23 年度概算要求における科学・技術関係施策の優先度判定(グリーン・イノベーション【AP施策】)

【蓄電池／燃料電池の飛躍的な性能向上と低コスト化の研究開発】

優先度判定	施策名・所管	概算要求・要望額(百万円)	施策の概要(目標、達成期限)	コメント	優先度判定の理由(改善・見直し指摘)
<AP 施策> 【原案】	革新型蓄電池先端科学基礎研究事業(継続) 《施策番号: 27119》 《昨年度: 優先》	3,000 うち 要望額 0	【目標】 2030年におけるガソリン車並の性能や安全性、耐久性に優れた蓄電池(現行技術水準の7倍のエネルギー密度)を実現。	【有識者議員コメント】 ○文部科学省の目的基礎研究との連携を強化すべき。 ○かなり基礎的なもので文部科学省との連携の姿を明示すべき。 ○重要な施策である。	
優先 【最終】 優先	経済産業省 新エネルギー・産業技術総合開発機構	前年度 予算額 3,000	本施策では、 ①リチウムイオン電池の不安定反応現象のメカニズム解明と頭象解決を行う。 ② 現行技術水準の3倍以上のエネルギー密度を示す蓄電池の基礎技術を確立し、5倍以上のエネルギー密度の見通しを得る。 【達成期限】 ①②2015 年度 【概要】 電池の基礎的な反応メカニズムを解明することで、ガソリン車並みの走行性能を有する本格的な電気自動車用の革新型蓄電池の実現及び既存の蓄電池の安全性等の信頼性、性能向上に向けて基礎技術の確立を目指す。電気自動車、プラグインハイブリッド自動車の普及拡大を目的とする。 【実施期間】 平成 21 年度～平成 27 年度	○文科省と重視しないように連携を十分に図るべき。 【外部専門家コメント】 ○7年間のプロジェクトで実施される研究の具体的な内容がよく見えない。 ○具体的な開発目標、ロードマップに関する詳細が不明確に感じられた。 《外部専門家 4 名 うち若手 2 名》 【パブコメ】 ○世界最高レベルの測定・解析技術を使用した電池反応メカニズムの解明だけでは、改良型蓄電池の開発に過ぎず、革新型蓄電池の目標達成へ向けには、蓄電池研究者以外の固体物理解・材料化学の理学系専門研究者をもっと巻き込んだ開発の取り組みが必要である。 ○実施体制(プロジェクトリーダーの選出、集中研形式)や、テーマの優先順位などの見直しが必要と考える。	【原案】 ○二酸化炭素排出量の大幅な削減に寄与する電気自動車の普及促進が期待される中、既存蓄電池の安全性向上や性能向上、革新型蓄電池の早期実用化の実現のため、世界最高レベルの測定・解析装置を駆使して、電池の基礎的な反応メカニズム等の解明を行う施策であり、極めて重要である。 ○文部科学省との連携の一層の強化を図ることが必要である。 ○プロジェクトのロードマップをより明確化するとともに、研究開発段階に応じた実施体制を十分に検討し、優先的に実施すべきである。 【最終決定】 原案のとおり。 《主担当: 相澤益男議員、副担当: 白石隆議員》

平成23年度優先度判定パブリックコメント結果

No.	属性	年代	府省名	施策番号	施策名	ご意見概要	ご意見	その理由
3960	民間企業	40～49歳	経済産業省	27119	革新型蓄電池先端科学基礎研究事業	改善・見直しをした上で推進すべき	<p>達成目標に対し最も必要なのは、徹底した電池新概念や電池用新材料の開発である。”電池反応メカニズムの解明”や”世界最高レベルの測定・解析技術”ではない。今ある電池の現象解明により可能となるのは、改良型蓄電池に過ぎないと考える。もちろんそれだけでも価値のあることは理解できるが、目標との乖離は明確と思う。改良研究や解析研究に分類されるものを積み重ねるのではなく、電池研究者以外の固体物理・材料化学の理学系専門研究者をもっと巻き込んだ、技術的体系を破壊するような「破壊的技術・材料」開発の取り組みの推進が必要である。</p>	<p>高額な機材費および人件費が計上され、”世界最高レベルの測定・解析技術を駆使した電池反応メカニズムの解明”が中心事業となっているが、”現行技術水準の7倍のエネルギー密度”の革新型蓄電池に結びつくストーリーが理解できない。現在のリチウムイオン電池の発明においては、1979年 Goodenough教授と当時留学中であった水島公一が、リチウムイオンを吸収・放出するリチウムコバルト酸化物 (LiCoO₂)が電池陽極として活用可能であることを示したことが技術的土台となり、この技術の延長が現在でも継続している。すなわち「破壊的技術・材料」は簡単には登場しないが、登場すればその後の世界を継続的に支配できることを示している。これは熱電変換、超伝導の分野と同様である。</p>

6073	その他	50～59歳	経済産業省	27119	革新型蓄電池先端科学研究事業	このまま推進すべき	量子ビームなどの国レベルでなければなかなか行うことのできない解析技術を通じて、自動車メーカーや電池メーカーが手を携えて蓄電池の基礎的な解析や発展につなげることはこれからの電気自動車の発展において意義がある。日本の自動車産業や電池産業の活力の維持や発展がなければ経済の閉塞感もなくなる。現在では新型蓄電池分野では日本は世界一であるが、各国の追い上げも激しく総力をあげて取り組む必要がある。	今後産業技術の構造が大きく変化していくことが予想される本格的な電気自動車導入に向けて、経済産業省が産業振興の視点で蓄電池の基礎研究に取り組むことは従来にない政策である。また、日本の産業活力の維持を求めなければ工場生産のみならず研究開発においても空洞化が生じると考えられる。自動車がEVに変われば、これまでにないパラダイムシフトが起こる。ぜひ、日本主役で成し遂げていただきたい。
------	-----	--------	-------	-------	----------------	-----------	---	--

6397	民間企業	40～49歳	経済産業省	27119	革新型蓄電池先端科学研究事業	改善・見直しをした上で進すべき	<p>●体制およびテーマの優先度の見直し 本テーマは、これまで我が国に技術の優位性があったが、現在は韓国の技術が追いつき近い将来は半導体分野と同じ轍を踏むことが懸念される。しかしながら、今後産業の核となる重要なテーマであるため是非実施体制を見直しいただき有益な効果期待し以下改善点を上げる。 <改善点></p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトリーダーが大学教授である点 ・集中研の形式 ・テーマの優先順位 <p>現体制は良い意味で日本的、でも国際競争力に対しては疑問。</p>	<p>●理由</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトリーダーは企業からコストの考え方は材料制御だけではない。性能向上&コストダウン&安全性を追求する非常に厳しい制約の中、大学教授のセンスで良いのだろうか？ ・集中研体制 技術の向上は民間企業が競争意識を持ち始めて迅速化・向上すると考える。また、企業から人を出すデメリットは大きく、本当のエース級を出すとは考えにくい。半導体を初めとする集中研形式の失敗例から学ぶべきである。 ・テーマ 技術の肝になる性能向上・コストに関わる技術はテーマは企業から流出しないと思われる。 またここで開発された新たな材料・技術特許は出す側も使う側も真の意味では難しいと思われる。但し、本テーマの普及を促進させるための自動車インターフェース関係、安全に関しては世界に先駆けイニシアチブを取れる様、この様な集中研で力を入れるべきと考える。
------	------	--------	-------	-------	----------------	-----------------	--	---

6404	民間 企業	40～ 49歳	経済 産業 省	27119	革新型蓄電 池先端科学 基礎研究事 業	改善・見 直しをし た上で推 進すべき	<p>●体制およびテーマの優先度の見直し 本テーマは、これまで我が国に技術の優位性があったが、現在は韓国の技術が追いつき近い将来は半導体分野と同じ轍を踏むことが懸念される。しかしながら、今後産業の核となる重要なテーマであるため是非実施体制を見直していただき有益な効果期待し以下改善点を上げる。 <改善点> ・プロジェクトリーダーが大学教授である点 ・集中研の形式 ・テーマの優先順位 現体制は良い意味で日本的、でも国際競争力に対しては疑問。</p>	<p>●理由 ・プロジェクトリーダーは企業から コストの考え方は材料制御だけではない。性能向上 & コストダウン & 安全性を追求する非常に厳しい制約の中、大学教授のセンスで良いのだろうか？ ・集中研体制 技術の向上は民間企業が競争意識を持ち始めて迅速化・向上すると考える。また、企業から人を出すデメリットは大きく、本当のエース級を出すとは考えにくい。半導体を初めとする集中研形式の失敗例から学ぶべきである。 ・テーマ 技術の肝になる性能向上・コストに関わる技術はテーマは企業から流出しないと思われる。またここで開発された新たな材料・技術特許は出す側も使う側も真の意味では難しいと思われる。但し、本テーマの普及を促進させるための自動車インターフェース関係、安全に関しては世界に先駆けイニシアチブを取れる様、この様な集中研で力を入れるべきと考える。</p>
------	----------	------------	---------------	-------	------------------------------	------------------------------	--	---

7089	大学・公的研究機関(独法・公設試等)	60歳～	経済産業省	27119	革新型蓄電池先端科学基礎研究事業	このまま推進すべき	<p>先日大阪でリチウムイオン電池関係の講演を聴いたが、その中でリチウムイオン電池の中味については良く分かっていないということであった。電池の中味を知るとは確かに難しいであろうが、現在の先端科学技術を駆使して中で起こる現象を正確に把握することが必要である。それがないと電池の応用技術の展開が砂上の楼閣のようになってしまう。電池の中味を正確に知るといふ基礎的な研究は、日本の電池産業が国際的に競争力を維持していくためには是非とも必要である。</p> <p>電池技術は次世代の自動車の中核技術になるだけでなく、太陽光発電などの再生エネルギーの導入にも必要な技術である。電池技術は、21世紀のエネルギーと環境の問題を解決し、次世代自動車や新エネルギー・環境関連の産業を育て、世界をリードする産業の基となる技術であり、そのためには基礎研究についても積極的に推進しなければならない。基礎研究は文部科学省の役割かもしれないが、経済産業賞がいち早く電池の基礎研究に着目し、これに取り組んでいることはすばらしいことである。是非とも、これを一層発展させて欲しい。</p>
------	--------------------	------	-------	-------	------------------	-----------	--