

「次世代蓄電池材料評価技術開発」
(中間評価)分科会
資料5-1

「次世代蓄電池材料評価技術開発」

事業原簿(公開)

担当部	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
-----	--

— 目 次 —

I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	1
1. 1 NEDOが関与することの意義	1
1. 2 実施の効果	3
2. 事業の背景・目的・位置付け	4
2. 1 蓄電池分野における国内外の情勢	4
2. 2 本事業の背景	10
2. 3 事業の目的・位置付け	13
II. 研究開発のマネジメントについて	
1. 事業の目標	14
2. 事業の計画内容	14
2. 1 研究開発の内容	14
2. 2 研究開発の実施体制	17
2. 3 研究の運営管理	18
2. 4 成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性	19
3. 情勢変化への対応	19
III. 研究開発成果について	
1. 事業全体の成果	20
2. 助成先個別成果	21
2. 1 LIBTEC の成果	21
2. 2 住化分析センターの成果	31
IV. 実用化の見通し	
1. 事業全体の実用化の見通しと波及効果について	35
2. 助成先個別の実用化の見通し	35
2. 1 LIBTEC の実用化の見通し	35
2. 2 住化分析センターの実用化の見通し	36

概要

最終更新日 2012年5月23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	次世代蓄電池材料評価技術開発	プロジェクト番号	P10009
担当推進部/担当者	スマートコミュニティ部 細井敬（2012年5月～現在）、 丸山陽一（2010年7月～現在） 松村光家（2011年3月～現在） 白神昭（2010年7月～2011年2月）		
0. 事業の概要	<p>我が国では、二酸化炭素総排出量の約2割を占める運輸部門において、低環境負荷で走行することが可能な電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）、燃料電池自動車等（FCV）等の次世代自動車の早期普及が期待されており、そのキーとなる蓄電池に対する注目度が高まっている。</p> <p>一方、NEDOでは蓄電池開発関連事業として、2006年度から5年間「系統連系円滑化蓄電システム技術開発」、2007年度から5年間「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」を実施した。また、2009年度から7年間「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」においてリチウムイオン電池等の基礎的な反応原理・反応メカニズムを解明し、革新型蓄電池の実現等を目指している。</p> <p>これら高性能蓄電池の実用化のためには、開発した新しい蓄電池材料の性能や特性について、的確かつ迅速に評価し、高性能蓄電池開発にフィードバックしていく体制と評価技術の確立が求められている。</p> <p>本プロジェクトでは、高性能蓄電池のために開発された新しい蓄電池材料の性能や特性について、的確かつ迅速に評価できる技術の確立を行う。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>(1) 政策上の位置付け</p> <p>我が国が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・普及により世界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む必要があるが、エネルギー技術開発には長期間と大規模投資を必要とするとともに、将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的に取り組むことは容易ではない。このため、政府が長期を見据えた技術進展の方向性を示し、官民双方が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を可能にすることを旨とし、「エネルギーイノベーションプログラム」が制定されている。</p> <p>また、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術の確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的として、「ナノテク・部材イノベーションプログラム」が制定されている。</p> <p>本プロジェクトは、上記した「エネルギーイノベーションプログラム」及び「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施する。</p> <p>(2) NEDOが関与する意義</p> <p>本プロジェクトは、高性能蓄電池に用いられる新材料の標準的手法の確立に取り組むものであり、我が国の蓄電池産業の海外競争力強化を図る知的基盤整備の研究開発に該当することから、NEDOの関与は適当である。また、NEDOは高性能・次世代型蓄電池の技術開発プロジェクトを基礎から応用まで様々な形で推進しており、プロジェクト間の連携によりシナジー効果の創出が可能である。</p> <p>(3) 実施の効果</p> <p>本プロジェクトの実施によって、各材料メーカーと電池メーカーとの擦り合わせ期間が短縮され、高性能蓄電池用材料開発の効率が抜本的に向上・加速化されることが期待できる。さらには電池設計の視点から、材料に求められる要件、組み合わせに関する知見が蓄積されることにより、高性能蓄電池の早期開発が期待できる。</p> <p>その結果として、新材料を用いた次世代蓄電池のEV市場への投入が3年早期化されたと仮定すると、経済効果は蓄電池販売額の増加分として134億円、省エネルギー効果は9,600万リットル、CO2削減効果は18万トンが期待される。</p>		

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>主な開発成果を下記（１）～（６）に示す。</p> <p>（１）標準構成電池モデルとして、コイン形電池５種類、ラミ形電池４種類の合計９種類を策定した。なお、ラミ形電池については、用途を意識した２つのサブモデル、すなわちエネルギー密度を志向した「容量型」と高出力を志向した「出力型」を策定しており、サブモデルベースでは合計８種類のモデルを策定した。</p> <p>（２）標準構成電池モデルの標準作製法を検討し、「試作仕様書」として策定し、組合員企業に展開した。なお、「試作仕様書」に記載の電池作製法は、電池メーカーが実際に適用している作製法に極めて近いものとなっており、材料メーカーが作製する電池であっても実用電池とほぼ同様なものが作製できるため、材料メーカーにとって新材料の開発の短縮に大きく寄与する。</p> <p>（３）標準構成電池モデルの電気特性評価法を検討し、用途に則した特性評価が可能となるよう「汎用用途」、「定置用用途」、「ＢＥＶ用途」、「ＨＥＶ用途」の４つの「性能評価手順書」を策定し、組合員企業に展開した。</p> <p>（４）上記（１）～（３）の成果に基づき、組合員企業が開発した新材料の評価を実施した。平成２２年度は８社から評価依頼を受け、４７の電池試作を行い、２８の評価報告書を作成した。また、平成２３年度は１０社から評価依頼を受け、９１の電池試作を行い、８８の評価報告書を作成した。さらに、平成２４年度は５月時点で９社からの評価依頼を受け、３０の電池試作を行い、１０の評価報告書を作成した。</p> <p>（５）上記（４）の評価において注目すべき特性を示した正極活物質について、アドバイザー委員会で紹介したところ、アドバイザー委員の所属する電池メーカー６社が興味を示した。</p> <p>（６）電極構造の空隙構造、導電ネットワーク、バインダー分布に着目し、これらと電極特性との相関性の把握を進めた。その結果、バインダー分布が電極乾燥条件（乾燥方法と乾燥速度）によって変化し、乾燥速度が大きくなると負荷特性が低下し、電池内部抵抗が増大することを見出した。また、負極に導電助剤として気相成長炭素繊維（ＶＧＣＦ）を添加すると、負極の多孔度が増加し、またそのポアの孔径分布が小さくなり、寿命やレート特性が改善されることを見出した。さらに、空隙構造、導電ネットワーク、バインダー分布についての顕微鏡観察画像を客観的に評価するための数値化方法の開発を進めた。なお、これら知見は電池メーカーのノウハウであり、通常は材料メーカーに開示されないものであり、材料メーカーの開発には有益なものである。</p> <table border="1" data-bbox="448 1245 1436 1406"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>０件</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願済」 １件</td> </tr> <tr> <td>その他外部発表</td> <td>講演１０件、展示会への出展２件</td> </tr> </table>	投稿論文	０件	特許	「出願済」 １件	その他外部発表	講演１０件、展示会への出展２件
投稿論文	０件						
特許	「出願済」 １件						
その他外部発表	講演１０件、展示会への出展２件						
<p>Ⅳ. 実用化の見通しについて</p>	<p>本事業の成果である標準構成電池モデルとその試作仕様書、電気特性評価法、および電極製造法－電極構造－電気化学特性の関連性に関するデータベース、評価シミュレーション技術等は、技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センターの組合員企業等（旭化成㈱、石原産業㈱、㈱カネカ、㈱クラレ、（独）産業技術総合研究所、ＪＳＲ㈱、住友ベークライト㈱、ダイキン工業㈱、大日本印刷㈱、㈱田中化学研究所、ＪＮＣ㈱、東レ㈱、戸田工業㈱、凸版印刷㈱、日本板硝子㈱、日東電工㈱、㈱日本触媒、日本ゼオン㈱、富士フイルム㈱、三井化学㈱、三菱化学㈱）における次世代蓄電池用の新材料開発に活用される予定である（成果の一部は既に活用されている）。</p> <p>また、㈱住化分析センターにおいては、次世代蓄電池材料に関する新規簡易構造解析法を用いた分析サービスを２０１５年以降に商品化する予定である。本サービスの特徴は、電極材料、電極構造および電池性能の関係を明確に示すことにより従来困難であった電極材料開発から電池製造プロセスに至るまでの総合解析サービスを提供する点にある。</p>						
<p>Ⅴ. 基本計画に関する事項</p>	<table border="1" data-bbox="448 1823 1436 1944"> <tr> <td>作成時期</td> <td>平成２２年３月制定</td> </tr> <tr> <td>変更履歴</td> <td>平成２２年３月、推進部の変更及び「ナノテク・部材イノベーションプログラム」を追加</td> </tr> </table>	作成時期	平成２２年３月制定	変更履歴	平成２２年３月、推進部の変更及び「ナノテク・部材イノベーションプログラム」を追加		
作成時期	平成２２年３月制定						
変更履歴	平成２２年３月、推進部の変更及び「ナノテク・部材イノベーションプログラム」を追加						

プロジェクト用語集

用語	説明
AB	→アセチレンブラック
Al	アルミニウム。代表的な正極の集電体として利用されている。
Ar イオンビーム加工法	→CP
BEV	(Battery Electric Vehicle) 電池駆動の電気自動車(EV)
C	定電流放電したときに、ある時間で放電終了となる電流値。Ex) 1 C・・・1 時間、0.2 C・・・5 時間で放電終了となる電流値。
CMC	→カルボキシメチルセルロース
CP	クロスセッションポリッシャ。Ar イオンビームで試料表面の原子を弾き飛ばすことによって、試料を切削し断面作製を行う装置。ブロードなイオンビームを用いているため、広い領域(500 μm 以上)で凹凸の少ない加工面が作製できる。また、硬さの異なる材料が含まれる試料や脆く崩れやすい試料でも断面作製も可能。
Cu	銅。代表的な負極の集電体として利用されている。
EPMA	→電子線マイクロアナライザー
ESR	→電子スピン共鳴法
EV	(Electric Vehicle) 電気輸送機器。狭義では、電気自動車を指す。
FIB	収束イオンビーム。イオンビームを細く絞ったもの。微細加工、蒸着、観察などに用いられる。微細加工用の FIB 装置では Ga イオンビームが用いられている。
FIB-SEM	FIB と SEM を 1 つにした装置。断続的に加工と観察を繰り返し、得られた SEM 画像をソフトウェアで再構築することで、三次元的な構造解析を行うことができる。
Ga	→ガリウム
HC	→ハードカーボン(難黒鉛性炭素)
HEV	(Hybrid Electric Vehicle) ハイブリッド電気自動車。
KMFC	(Kawasaki mesophase fine carbon) (1)リチウムの吸蔵能力が高い、(2)充放電効率が良い、(3)充放電レート特性が良い、(4)サイクル特性が良い、などの要求に応える高性能負極材として開発された球状黒鉛。JFE スチールグループ。
Li	→リチウム
LIB	→リチウムイオン電池
LCO	→コバルト酸リチウム
LiCoO ₂	→コバルト酸リチウム
LFP	→リン酸鉄リチウム LiFePO ₄
LM	→レーザー顕微鏡
LMO	→マンガン酸リチウム、スピネルマンガン酸化物 LiMn ₂ O ₄
LNO	→ニッケル酸リチウム LiNiO ₂
MCMB	(Mesophase-Pitch Carbon Micro Beads) リチウムイオン電池の負極活物質の一種。微小球体を溶媒選別により取り出し、酸化処理して不融化被膜を表面に形成、高温過熱して作った人造黒鉛。
NCA	LiNi _a Co _b Al _c O ₂ a=0.8, b=0.15, c=0.05
NCM	LiNi _a Co _b Mn _c O ₂ a=b=c=1/3
OsO ₄	酸化オスmium、または四酸化オスmium。電子顕微鏡を用いた試料の観察の際に、コントラストを増強するために使用される。酸化オスmiumは炭素・炭素二重結合に付加する性質がある。

PHEV	(Plug-in Hybrid Electric Vehicle) 発電機を搭載した電気自動車。電気プラグを直接自動車に差し込んで充電することが可能なハイブリッドカー。
PVdF	→ポリフッ化ビニリデン
Py-GC/MS	→熱分解・ガスクロマトグラフ・質量分析法
RuO ₄	酸化ルテニウム、または四酸化ルテニウム。電子顕微鏡における試料観察の際、特定部位に沈着させてコントラストを増強させるために利用される。
SAICAS	(Surface And Interfacial Cutting Analysis System) 被着体の剥離強度とせん断強度を測定する装置。表面から鋭利な切刃を用いて超低速で切削および剥離を行う。
SBR	→スチレンブタジエンコポリマー
SEI	(Solid Electrolyte Interface) 電解液が分解されたり、支持塩などと反応したりして黒鉛表面に形成される被膜。Li イオン導電性を示す固体電解質で、充放電反応を進行させる。組成は電解液の種類によって異なり、また、数 nm と非常に薄いため、詳細は不明な点も多い。
SEM	→走査型電子顕微鏡
SPM	→走査プローブ顕微鏡
SPring-8	兵庫県の播磨科学公園都市にある世界最高性能の放射光を生み出せる大型放射光施設。国内外の産学官の研究者などに開かれた共同利用施設であり、幅広い研究が行われている。施設者は独立行政法人理化学研究所(理研)であり、運転・維持管理、並びに利用促進業務を公益財団法人高輝度光科学研究センター(JASRI)が行っている。
Surface and Interfacial Cutting Analysis System	電極合剤層の表面層と平行に切削して、その剪断降伏応力や剥離強度測定する装置
TEM	→透過型電子顕微鏡
VGCF	→気相成長炭素繊維
XAS	X 線吸収分光。X 線と物質の相互作用による吸収を利用する分析法の総称。(1)物質中を通過する X 線の強度の減少を利用する方法と、(2)吸収端法:核外電子を追い出すのに必要な入射 X 線エネルギーに対応する波長から分析を行う方法がある。
XPS	X 線光電子分光法。励起光として単色 X 線を用いた光電子分光法。励起 X 線の波長によって、価電子準位だけでなく、内殻電子準位からの光電子放出も起こる。試料に含まれる元素の同定、化学結合状態の判定に利用される。表面分析の有効な手段である。
X 線 CT	X 線コンピュータ断層法。X 線管から放射された細いビームは物質を透過して対向に配置した X 線検出器に検出される。X 線管と検出器は対になって横断面を横切るように走査し、その走査を回転しながら繰り返す。得られた透過 X 線の強度分布をコンピュータ処理することによって、物質断面の X 線画像を得る。また、それらの画像を再構築し、三次元画像を取得することもできる。
アセチレンブラック	カーボンブラックの一種。アセチレンを熱分解して得る。導電性が高く、電極導電助剤として使用されている。
イオン伝導	電場下でイオンをキャリアとして電流が流れる現象。
一次電池	電池反応が完全には可逆的ではないため、充電して反復使用することができない電池。マンガン電池、アルカリマンガン電池、銀-亜鉛電池、ニッケル電池など。
エネルギー密度	電池から取り出せるエネルギー量の単位体積または単位質量当りの値。前者は(Wh/L)、後者は(Wh/kg)で表す。
エネルギー容量	電池から取り出せるエネルギー量。電圧と電気容量の積であり、(Wh)で表す。
遠赤外線	波長 0.76~1000 μm の赤外線のうち、25 μm 以上の長波長のもの。
拡散	異種の粒子の混合系において、温度が均一に保たれていても濃度分布が存在すると、粒子が移動して濃度分布が均一になるような変化が起こる。この現象を拡散という。
画像解析	画像データをコンピュータによって処理し、特徴の抽出・計測・分類などを行うこと。
活物質	電極活物質ともいう。化学電池で、その電池の起電反応のもととなる主要物質のこと。リチウムイオン電池では、正極活物質として、コバルト酸リチウム、マンガン酸リチウム、リン酸鉄リチウムなど

	が、負極活物質として、黒鉛などが使用されている。
ガリウム	元素記号 Ga。原子量 69.723。青みを帯びた白色金属結晶で、融点が 29.78℃と異常に低いことが特筆される。
カルボキシメチルセルロース	セルロース誘導体で、増粘剤として利用されている。負極バインダーである SBR と併用される。
乾燥温度	スラリーを集電体に塗布した後に乾燥させるときの温度。
気相成長炭素繊維	気相法により合成された微細炭素繊維。導電性に優れ、電極添加剤などに利用されている。VGCF の添加により、電子伝導性やサイクル特性の向上が期待される。
吸収係数	電磁波が物質中を進行するとき、吸収により強度が減少する。このときの係数。
吸収端エネルギー	励起に必要とされる最小限のエネルギー。
極板特性	電極極板に関する特性。電子伝導率、イオン伝導率などの電気化学的特性、および、剥離強度、せん断強度などの機械的特性。
空間分解能	空間または物体内で識別可能な 2 点間の距離。
空隙	粒子間の隙間。電極空隙構造が Li イオンの拡散に影響を与えると考えられる。
グラファイト	→黒鉛
グローブボックス	外気と遮断された状況下で作業が可能となるよう、内部に手だけが入れられるよう設計された密閉容器。ボックスの横にゴム手袋(グローブ)が直結してあるため、外気を遮断した作業が可能。
結着材	→バインダー
検量線	物質、濃度もしくは活性などを求める定量的実験で用いる、予め量・活性などのわかっている標準物質と、それに対する測定データとの間の関係を示したグラフ。
合金系負極材料	Si 合金系、Sn 合金系などがあり、黒鉛と比較して理論容量が大きく、環境負荷も小さいことから、重要な負極材料候補である。合金系材料は、リチウムと反応したときの体積変化がかなり大きく、サイクル劣化が激しい。このため、実際の電池の負極として利用する場合には、形状、構造などの工夫が必要である。
合剤	→スラリー
黒鉛	炭素の同位体の一つであり、炭素原子六員環が同一面に連なったグラフェン面が積層した構造となっている。商品化されているリチウムイオン電池の負極材料として使用されている。
五酸化バナジウム	リチウムイオン電池の正極活物質の一種。四角錐の VO ₅ 多面体を基本構造として持つ。
コバルト酸リチウム	代表的なリチウムイオン電池の正極活物質。層状岩塩型構造で、[Co ^{III} O ₂] ⁻ 層と[Li] ⁺ 層が主として静電引力で積層しているものと考えられる。合成が容易であり、種々の電池特性のバランスがよいことから、広く民生用に使用されている。コスト、埋蔵量、環境規制などの問題から、コバルトを使用しない正極材料の開発が求められている。
コントラスト	ある物体とそれ以外の背景とが区別できるような視覚的な特徴の差。特に画像においては最も暗い部分と、最も明るい部分の輝度の差のことをいう。
混練	複数の粉体や粒子径が異なる粉体を乾燥状態、あるいはごく少量の液体を加えてかき混ぜて均質化する際、液体やペースト等を添加し、練りながら粉体の周りに添加物をコーティングして粉体に凝集力や可塑性を付与する操作。
サイクル特性	一定条件下での充放電サイクル数と容量維持率の関係をプロットした図で表され、エネルギー密度、レート特性と並ぶ重要な電池特性。通常、室温、1 C で充放電を繰り返したときの容量値の推移を見る。二次電池のような充放電をしながら使用するデバイスでは、充放電サイクルを重ねても劣化が少ないことが要求される。
細孔	多孔性物質が持つ微細な孔。孔の大きさによってマイクロポア、メソポア、マクロポアに区別される。
試作仕様書	標準構成電池モデルを試作(作製)する際の、材料の規定から始まって電池完成までの作製に関わる全てのプロセス詳細に記載した書類。この仕様書に従って電池作製を行えば常に一定

	の品質の当該電池が作製できる。
充電	蓄電池などの両極に外部電源をつなぎ、放電時よりもやや高めの電圧を印加して電流を通じ、電池に電気エネルギーを蓄えていくこと。
集電体	電気を取り出す端子。活物質の保持する役割も果たしている。電子伝導性に優れること、電池内部で安定に存在すること、薄膜化できることなどの特性が要求される。
寿命特性	電池の寿命に関する特性。以下の2つの劣化モードに大別される。(1)サイクル寿命:充放電時の電気化学的、物理的変化に起因する劣化モード。サイクル特性により評価される。(2)トリクル寿命:電池が継続的に一定の充電状態にさらされていることによる電気化学的変化に起因する劣化モード。温度に大きく影響される。電池容量の経時特性により評価される。
初期容量	電池が最初に持っている放電容量。
人造黒鉛	無定形炭素を3000℃前後で熱処理し、不規則な配列の微小黒鉛結晶の成長と配向を人工的に行わせたもの。予め成型しておけば、適当な形の黒鉛化材料を得ることができる。
浸透	膜や粉体層、多孔性物体を通しての気体分子や溶媒の流れ。
水銀圧入法	水銀の表面張力が大きいことを利用して、多孔性固体の細孔分布を評価する方法。真空状態にした試料を水銀に浸し、徐々に圧力をかけて細孔に水銀を侵入させる。このときの圧力と圧入された水銀量から細孔分布を求める。
水系バインダー	ポリマーを水中に粒子状に分散させたバインダー。主に負極バインダーとして使用される。代表的な水系バインダーに、SBRやポリアクリレートがある。充電極板の加熱分解発熱量が低い、高容量が得やすい、サイクル特性が良好などの特徴がある。
スチレンブタジエンコポリマー	スチレンと1,3-ブタジエンの共重合体で、一般ゴムとして多量に生産、消費されている合成ゴム。水系バインダーの一種で、増粘剤であるCMCと併用して負極に使用されている。使用量によって電池特性が大きく変化する。
スラリー	液体に粒子が混ざり込んだ懸濁体。
正極	電池で、両極を導線で連結した場合、導線に電流が流れ出す極。
性能評価手順書	各ロットの電池を評価する際には、複数の評価項目について試験を行うが、その際に評価順序、評価条件、評価電池個数、等を定めた評価方法を記載した書類。
赤外分光	赤外線を物質に照射すると、特定の波長で吸収が起こる。これを赤外吸収といい、赤外吸収に基づいて分子構造の解析や定性・定量を行うことを赤外分光法という。
絶縁体	電気を伝えない物質。自由電子や自由に動けるイオンを持たない物質。
セパレータ	正負極電極間の電子的接触を防止しつつイオンを通過させるスペーサー。電池反応を効率よく進めるためには、セパレータの孔径の均一性、空孔率、ガス透過率、電解液との濡れ性などの因子が重要となる。ポリエチレン、ポリプロピレン、あるいはそれらの組み合わせなど、ポリオレフィン系の材料が多く使用されている。
走査型電子顕微鏡	二次元的に走査する加速電子線プローブで固体表面を照射し、各点からの反射電子、二次電子などの種々の信号を情報として検出して試料表面の像を得る顕微鏡。伝導性の低い試料の場合は、電子放出のため試料面が帯電し顕微鏡像を観察できなくなるため、金属などを表面に蒸着して観察する。焦点深度が深く、凹凸の多い表面構造の観察に優れた効果がある。特性X線を利用した元素分析も可能。
走査型プローブ顕微鏡	先端を尖らせた探針(プローブ)と試料間に作用する物理量を検出し、微小領域の表面形状や物性を測定する顕微鏡。磁気特性や電気特性を観測することができるものも開発されている。高い分解能を持ち、高真空中のみならず大気中や溶液中でも観察が可能。
天然黒鉛	容量が理論容量に近く、低価格で高伝導性を有するなどの特徴から、負極活物質として実用化されている。ハイレートでの充放電が困難であったり、ハイレートでのサイクル特性が不十分であったりすることから、EVなどの用途には適さない。
電解液	電解質を含んだ溶液で、電極に直接接して用いる。リチウムイオン電池では、極性が大きく溶解力の高いカーボネート系有機溶剤が使用される。

電極	電解質溶液などの系に外部から電流を通すために、あるいはこれらの系から電流を外部に取り出すための導体。
電子スピン共鳴法	不対電子を検出する分光法の一つ。遷移金属イオンや有機化合物中のフリーラジカルを検出するのに用いられる。静磁場中ではスピン状態に応じてエネルギー準位が2つにゼーマン分裂する。このエネルギー差に等しいエネルギーを持つ電磁波(通常マイクロ波)を共鳴吸収して、2つの電子スピン準位間に磁気双極子遷移が起こることを電子スピン共鳴といい、共鳴条件を満足するマイクロ波の吸収を検出する分光法を電子スピン共鳴法という。
電子線染色	電子顕微鏡観察においてコントラストの低い試料に、重金属を含んだ染色液で化学的、あるいは物理的に重金属を付着させてコントラストを増強させる方法。
電子線マイクロアナライザー	電子ビームを試料表面に照射し、各種信号を観測することで、表面の微小部の元素分析を行う分析法。特性X線を測定することにより、BからUまで元素を分析することができる。また、二次電子、反射電子等の利用により、表面の形態観察も可能。1~200 μmの微小領域の分析を行うことができる。
電子伝導	電場下で電子をキャリアとして電流が流れる現象。
電池特性	電池性能に関する特性。レート特性、温度特性、寿命特性などが挙げられる。
透過型電子顕微鏡	薄片または微小な分散体試料にコンデンサーレンズで集光した電子線を照射し、試料からの散乱波および透過波を対物レンズに導いて像を形成させる。これを後続のレンズ系で拡大し、終段の投影レンズにより像を可視化、撮影する。
導電助剤	電子伝導性の確保と反応の均一性のために、電極合剤に添加される。サイクル特性の向上に寄与するとともに、電極中で電解液を保持する役割も果たしている。多くの場合、炭素系材料がよく使用される。
導電ネットワーク	活物質、または活物質・導電助剤と集電体によって形成される電子のパス。
内部ガス	充放電に伴い、電解液が分解して発生するガス。
内部抵抗	電池を放電させるとき、放電反応の進行を妨げる抵抗。
二次電池	充電することにより何度も繰り返して使用できる化学電池。蓄電池ともいう。
二値化	画像の各画素の輝度に対して閾値を設け、閾値以下を0、閾値より大きいものを1とする方法。
ニッケル酸リチウム	リチウムイオン電池の正極活物質の一種。コバルト酸リチウムと同じ層状岩塩型の結晶構造を持つ。コバルトと比較して2価に還元されやすいことから放電容量が不十分であったが、合成法の検討により改良がなされている。
熱分解・ガスクロマトグラフ・質量分析法	蒸気圧の低い高分子化合物を揮発性低分子量化合物に熱分解し、それらの分離・同定を行うことで、もとの物質の同定や分子構造の決定などを行う方法を熱分解ガスクロマトグラフィーという。この装置に質量分析計を接続し、得られた質量スペクトルから定性を、イオン量から定量を行うことができる。
バインダー	活物質同士あるいは活物質と集電体を結着させ、導電ネットワークを形成し構造を維持するために、電極合剤に添加される。塗料特性、柔軟性、電解液への不溶性、電気化学的な安定性など様々な性能が要求される。
パーコレーション	ランダム系における電気伝導や拡散などについて、対象とする物質の系内での繋がりや、その繋がり方が系の性質にどう反映しているかを考察する理論をパーコレーション理論という。
ハードカーボン	リチウムイオン電池の負極活物質の一種。層間に加え、結晶格子間に存在する多数の微細な孔にもリチウムイオンを格納できるため、高容量化が実現されている。
ハレーション	強度の大きい光が当たった部分の周囲がぼやける現象。
反射電子	入射電子が試料中において散乱する過程で、試料表面から再放出されたもの。入射電子エネルギーを最高値として幅広いエネルギー範囲を有する。反射電子の放出は、試料の構成元素に依存する。また、二次電子像では得られないわずかな凹凸を観察することができる。
評価基準書	標準構成電池モデルごとに、その使用する材料、電極と電池の作製方法、電極と電池の評価方法、評価結果のまとめ、信頼性評価、安全性評価、留意点と展開、などを一纏めとしたもので、当該モデルの技術の全てが記載されている書類。これにはしたがって上記の「性能評価手順書」、

	「試作仕様書」は含まれる。評価基準書は他の標準構成電池モデルとの比較や、新規な材料などを検討する上で参考とすることが可能となる。
負極	電池で、両極を導線で連結した場合、導線に電流が流れ込む極。
副資材	電極合剤に添加される活物質以外の材料。
雰囲気	特定の気体やそれを主とした混合気体の状態、またはその気体の条件下にある状態。
放射光	電子を光とほぼ等しい速度まで加速し、磁石によって進行方向を曲げた時に発生する、細く強力な電磁波。高い指向性を有し、光源からフォトン以外を放出しないという特徴を持つ。
放電	蓄積された電荷を失う現象。
放電容量	→容量
包埋	試料空孔部を樹脂などで埋めること。薄切化する際に変形しない強度を持たせ、取り扱いを容易にするために行われる。
ボトルネック	瓶の首の細くなったところ。流れが滞るところ。空隙中のボトルネックが、Li イオンの拡散を妨げる要因となる可能性が考えられる。
ポリフッ化ビニリデン	高耐性、高純度な熱可塑性フッ素重合体の一つ。有機溶剤系バインダー樹脂。正極、負極ともに利用される。
マンガン酸リチウム	リチウムイオン電池の正極活物質の一種。スピネル型の結晶構造を有する。MnO ₆ 八面体が連結した比較的強固な三次元的骨格中に、Li イオンのサイトが存在する。マンガン酸リチウムの実用容量はコバルト酸リチウムのそれにやや劣るが、資源的に豊富であることに加え、安全性にも優れている。サイクル特性が十分でなく、実用化の障害となっているが、これは放電状態で Mn ³⁺ リッチになると、電解液に多少の溶解性を示すためである。
マイクローム	顕微鏡での観察に用いる試料を薄片にするために用いられる器具。
メモリ効果	容量が十分残っている状態から充電するという操作を繰り返すと、見掛け上、容量が減少したように見える現象。
容量	使用開始から終了までに電池から取り出すことのできる電気量。(W)または(Ah)で表される。
容量維持率	標準容量を 100 とし、一定期間電池を保存後、規定した条件で最初に放電した容量比。
容量密度	電池から取り出せる容量の単位体積または単位質量当りの値。前者は(Ah/L)、後者は(Ah/kg)で表す。
ラマン分光	物質に一定振動数の単色光を照射し、散乱光を観測すると入射光とは異なる振動数をもつ光が観測される。これをラマン散乱といい、分子の定性や結晶性の評価に用いられる。
リチウム	元素記号 Li。原子量 6.941。銀白色の金属結晶。酸化還元電位が全元素中で最も低く、原子量が小さいことから、電極材料として使用すると、エネルギー密度の大きい電池が作製できる。反応性に富み、水、窒素、ハロゲン等と激しく反応する。
リチウムイオン電池	二次電池の一種。リチウムイオン電池の充放電における反応は、リチウム原子が正極・負極、両極の層状物質の層間を往復するだけのシンプルなものである。(1)起電力が約 4 V と高い、(2)エネルギー密度が高い、(3)レート特性が良い、(4)温度特性、自己放電特性が良い、(5)メモリ効果が見られない、という特徴を持っている。これらの特徴から、家電、通信機などの幅広い分野で応用されている。今後は、自動車など輸送機器用の電源としての用途が期待されている。
リン酸鉄リチウム	リチウムイオン電池の正極活物質の一種。オリビンと同じ結晶構造を酸素酸塩のひとつ。リチウムを引き抜いても、四面体と八面体の骨格を残したままリチウムが抜けた構造である FePO ₄ が生成するので、両者の対象性が変わらず充放電サイクルによる劣化が少ない。電子伝導性は低いのが安全性に優れ、EV 用途などへの利用が期待されている。
レオロジー特性	物質または物体の変形と流動に関する特性。レオロジーとは、変形と力と時間の関係を明確に記述したり、変形を構造論的に解釈したりする科学の一分野である。
レーザー顕微鏡	対物レンズの焦点位置と共役な位置ピンホールを置き、焦点のあった位置のみの光を検出する顕微鏡。点光源から出射した光は、対物レンズによりサンプルの 1 点に集光するように照射する。光源として特定波長を有し直進性に優れているレーザー光を使用することで、強い光を 1 点に集光させるので、コントラストが向上する。

レート特性	負荷特性、出力特性ともいう。放電容量と動的容量の関係。電池の作動電圧は放電電流の増加とともに低下する。EV用の電池では、EVの加速性能や登坂性能を左右するので、特に重視される。
-------	--

I. 事業の位置づけ・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

1. 1 NEDOが関与することの意義

(1) 政策上の位置付け

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事が不可欠である。このため、政府が長期を見据えた将来の技術発展の方向性を示し、官民がこの方向性を共有する事で、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組みの実施が可能となる事を目指し、「エネルギーイノベーションプログラム基本計画」が2008年4月に制定された。また、部材分野の技術戦略マップを活用し、将来の部材の基盤技術の方向性を見定め、材料関係者だけでなく多様な連携による基盤技術開発の支援で、部材分野の技術革新を目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」が同じく2008年4月に制定された。「次世代蓄電池材料評価技術開発」（以下、本事業という。）は、上記2つのイノベーションプログラムの一環として実施している。

国のエネルギー政策としては、「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・低コストな新しい蓄電池の開発により、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）」においても新世代自動車向け蓄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）を経て、「Cool Earth－エネルギー技術革新技術計画」（経済産業省、2008年3月）では、高性能電力貯蔵は、運輸部門（プラグイン・ハイブリッド自動車、電気自動車）及び発電・送電部門において効率向上と低炭素化を進める上で重要な役割を果たす部門横断技術と位置づけられた。図I. 1-1にクールアースエネルギー革新計画に掲げられた21の革新技術を示す。

以上のように、蓄電池技術は、継続してエネルギー政策上の重要な技術分野となっている。

(2) NEDOの関与の必要性

本事業は、高性能蓄電池に用いられる新材料の標準的手法の確立に取り組むものであり、我が国の蓄電池産業の海外競争力強化を図る知的基盤整備の研究開発に該当することから、NEDOの関与は適当である。

また、NEDOは、図I. 1-2に示すように、本事業と並行して「革新型蓄電池先端科学基礎研究」（平成21～27年度）、「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」（平成19～23年度）、「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発」（平成24～28年度）、「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発」等、高性能・次世代型蓄電池の技術開発事業を基礎研究から応用・実用化開発まで総合的に推進しており、事業間の連携によりシナジー効果の創出も可能であることから、NEDOの関与は適当である。

— 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術 —

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO₂大幅削減を可能とする「21」技術を選定。



※EMS : Energy Management System, HEMS : House Energy Management System, BEMS : Building Energy Management System 平成20年3月 経済産業省策定

図 I . 1 - 1 Cool Earth—エネルギー技術革新技術計画

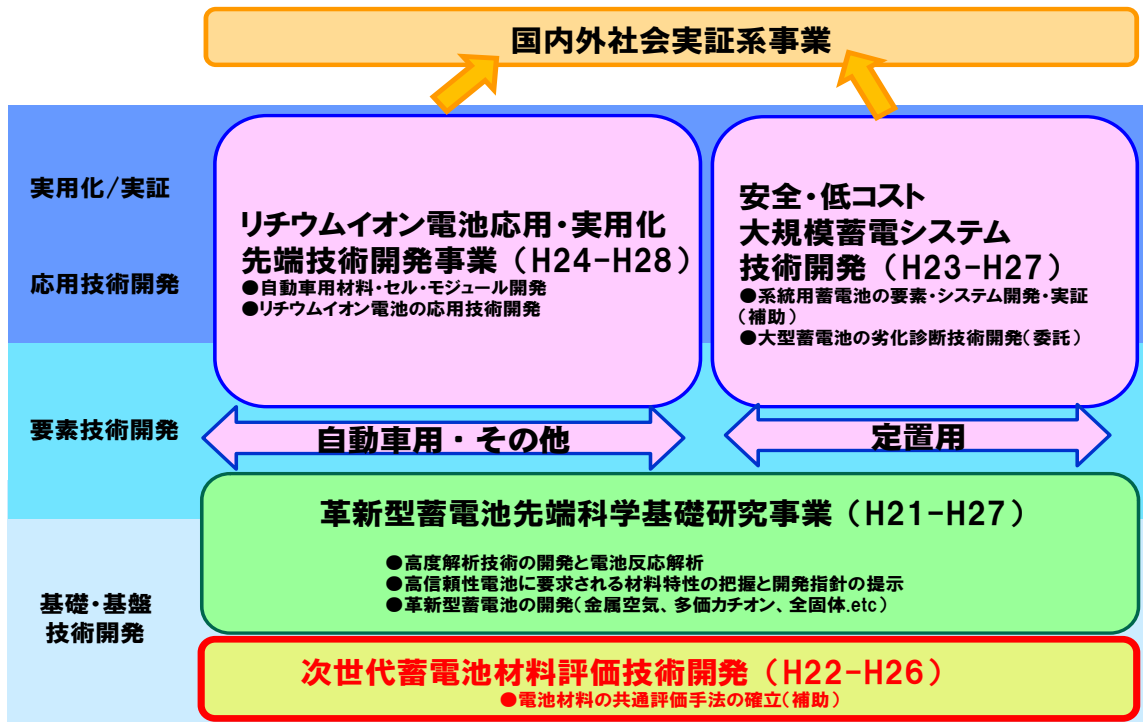


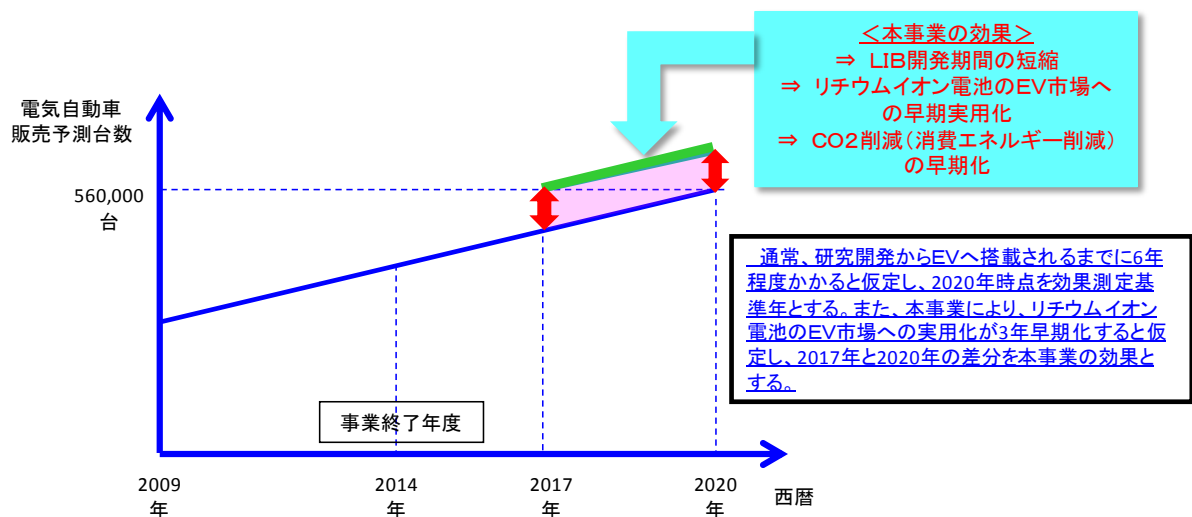
図 I . 1 - 2 平成24年度のNEDO蓄電池技術開発事業

1. 2 実施の効果

本事業の実施によって、各材料メーカーと電池メーカーとの擦り合わせ期間が短縮され、高性能蓄電池用材料開発の効率が抜本的に向上・加速化されることが期待できる。さらには電池設計の視点から、材料に求められる要件、組み合わせに関する知見が蓄積されることにより、高性能蓄電池の早期開発が期待できる。

その結果として、図 I. 1-3 に示すように、新材料を用いた次世代蓄電池の電気自動車（EV）及びプラグイン・ハイブリッド自動車（PHEV）市場への投入が3年早期化されると仮定し、2017年と2020年の差分を本事業の効果とすると、経済効果は蓄電池販売額の増加分として134億円、省エネルギー効果は9,600万リットル、CO₂削減効果は18万トンが期待される。

なお、本事業で対象としているリチウムイオン電池は、他の蓄電池と比較して高いエネルギー密度を持ち、且つエネルギー充放電効率も高い。そのため、自動車用途のみならず、電力系統（負荷平準化、再生可能エネルギー対応）、一般住宅、携帯情報端末、医療器具、電動工具、鉄道・建設機械、工場・ビル用バックアップ電源、無停電電源等、様々な用途に適用される。リチウムイオン電池の世界市場規模は2011年度で1兆円規模であるが、2020年には5~10兆円規模まで成長すると言われており、実際には上記した以上の経済効果、省エネルギー効果、CO₂削減効果が期待できる。



【EV等販売台数予測】

○2020年の日本自動車販売台数予測：約5,600,000台（世界自動車統計年刊(FOURIN)P.7）

○2020年の電気自動車、プラグイン・ハイブリッド自動車（以下、「EV等」という。）の普及割合（民間努力ベース）：5~10%（次世代自動車戦略2010 P.9）

⇒2020年の日本自動車販売台数のうち、EVが占める台数は280,000~560,000台と試算（560,000台を採用）。

【EV販売台数の伸び率】

○直近（2009年）のEV販売実績：約1,600台

（（一社）次世代自動車振興センター）

⇒2020年のEV販売対数が560,000台と仮定すると、11年の間に558,400台増加しているため、EVは年間約50,800台増加すると仮定。

【普及時期の早期化とEVの早期普及台数】

本事業では、「5年以上の開発期間を2~3年に短縮」を想定しており、試算では3年の早期化（=EV等が普及するタイミングの早期化）を実現すると仮定。

⇒年間約50,800台増加するため、3年で152,400台の早期普及が見込まれると仮定。

【EV等1台あたりのCO₂排出削減量】

○既存ガソリン車の年間CO₂排出量

=年間燃料消費量×CO₂係数

=年間走行距離÷実燃費（2005年保有燃費×使用形態等の影響による効率）×CO₂係数

≈約9000km÷（13.4km/l×0.7）×2.32kg/l-gas=2.2t-CO₂

○EVの年間CO₂排出量

=約9000km÷（13.4km/l×3（※1）×0.7）×2.32kg/l-gas×1.4（※2）=1.0t-CO₂

（※1）EVの走行時のエネルギー効率を3倍程度と仮定

（※2）EVは走行時CO₂を排出しないが、使用電力の発電時に排出するため、これをCO₂排出量とみなし、一定の電源構成、発電効率等を仮定して補正

⇒既存ガソリン車が電気自動車代替された場合のCO₂削減効果は、1.2t-CO₂/年・台と試算。

【EV等一台当たりの電池容量】

⇒4.4kWh（PriusPHV）

【電池価格】

⇒2万円/kWh

図 I. 1-3 本事業の経済効果、省エネルギー効果、CO₂削減効果について

2. 事業の背景・目的・位置付け

2. 1 蓄電池分野における国内外の情勢

蓄電池分野における日本、米国、欧州、中国、韓国の情勢を以下に示す。国際エネルギー機関（IEA）や「気候変動に関する政府間パネル」（IPCC）などで、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、エネルギー事情等に応じ、目標値の置き方や導入年度が異なっているが総じて、日本が先行している。

(1) 日本

経済産業省は、図 I. 2-1 に示すような6つの戦略から構成される「次世代自動車戦略2010」を策定している。この戦略において、日本を電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド車（PHEV）等の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等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」と共に、「電池戦略」は重要な戦略として位置づけられている。これら6つの戦略に基づいた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、総合的な取り組みが進められている。

この「電池戦略」におけるアクションプランの一つとして、「リチウムイオン電池研究評価センター（LIBTEC）において、材料メーカと蓄電池メーカの摺り合せ期間を短縮することで、リチウムイオン電池の開発効率を抜本的に向上させるべく、蓄電池材料の評価技術の開発を行う。」との本事業に関する記載がある。

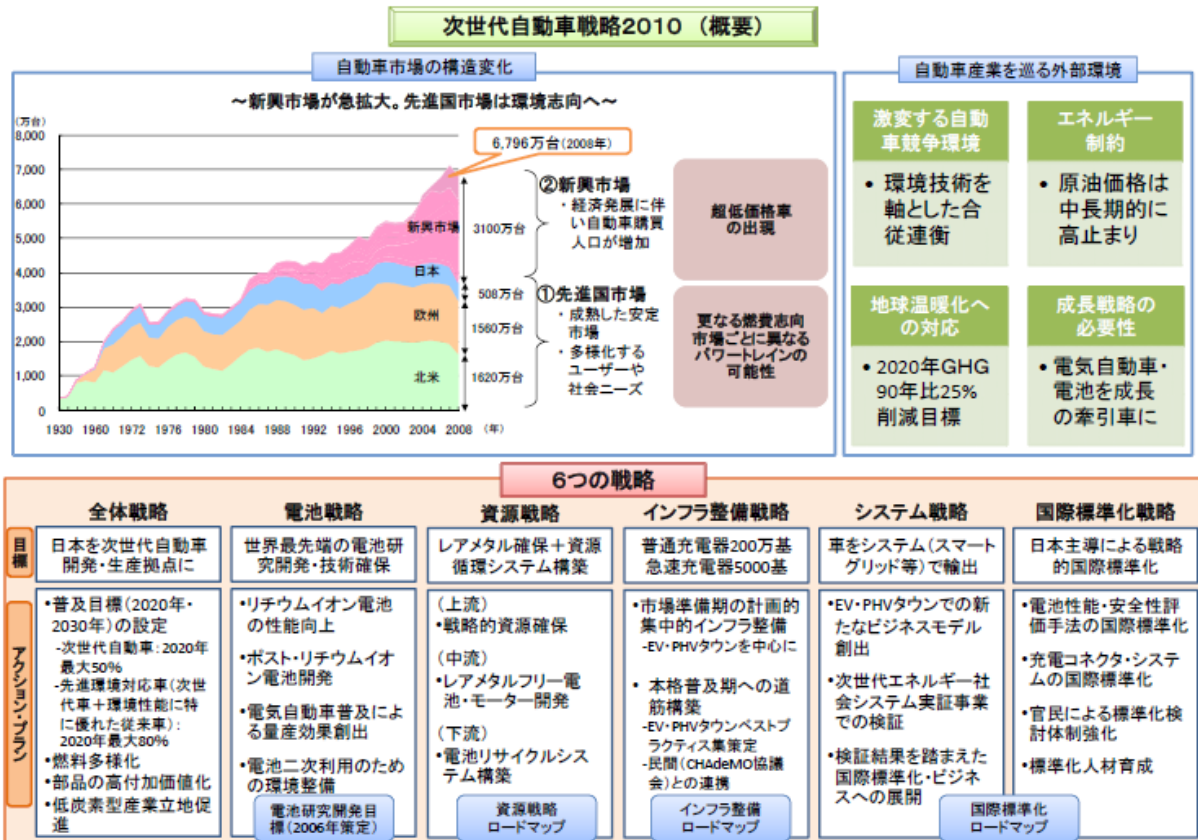


図 I. 2-1 「次世代自動車戦略2010」の概要（経済産業省、2010年4月）

(2) アメリカ

2009年8月、オバマ大統領は米国再生投資法（ARRA）に基づき、自動車用電池製造及び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、米国が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、先進蓄電池及び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プログラムで進められている。

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3億2,500万ドルのうち、蓄電池と電動機構に1億2,000万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、1,200ドル/kWh（2008年）から300ドル/kWh（2014年）と、短期取組では、日本の目標（表I. 2-1参照）と同レベルの目標になっている。蓄電池の研究開発は、ABR（Applied Battery Research）で、エネルギー省（DOE）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つの国立研究所が連携して進めている。

②ARPA-e

エネルギー関連の研究開発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5,000万ドル/3年間の予算で、LIB（リチウムイオン電池）革新、ポストLIB、キャパシタ等、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、ガソリタンクと同容量の蓄電池サイズ、充電時間は15分程度であり、現時点では将来技術なので大まかな目標設定になっている。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されている。

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あり、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、その下で「Batteries and Energy Storage Hub」が輸送用蓄電池を担当している。2011年予算は初年度分1,000万ドル込みで3,400万ドルとなっている。蓄電池目標は、ARPA-eと同様であるが、ARPA-eが3年以内で単独機関による研究であるのに対して、BESは研究期間が5年で複数機関による研究と制度が異なっている。

上記の先進的な研究に加え、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となっており、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4,000万ドル、蓄電池セル及びパッケージ製造に14億6,000万ドルが、20社に配分助成されている。

このように、米国はLIB及びポストLIBと、EV・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を要するものと予想される。

(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 2020 年代初めに 1.5 万ユーロ/台の EV 普及を目標に掲げている。予算総額 50 億ユーロのうち、研究開発に 10 億ユーロの予算が配分されており、2010 年 11 月時点では、約 1 億ユーロが 30 プロジェクトに配分されている。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及び実証試験等を推進している。

EU をリードしているドイツ及びフランスの取組み状況を以下に示す。

① ドイツ

2020 年までにドイツにおける EV の普及台数を 100 万台にすることを目標に掲げ、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、E-モビリティ国家開発計画を推進している。この計画の目的は、EV の研究、開発、市場準備、市場導入を進めることであり、EV 普及にむけ、種々プロジェクトが実施されている。蓄電池に関してはヘルムホルツ電気化学的エネルギー貯蔵技術研究所を中心にカールスルーエ技術研究所、ウルム大学などが共同で研究を実施しており、毎年 450 万ユーロが拠出されている。その他、「技術革新連合ーリチウムイオン電池 2015」、「STORM (E-モビリティのための重要技術)」などのプロジェクトにおいても蓄電池の研究が進められている。

② フランス

2020 年、EV と PHEV 合わせて 200 万台、充電ステーション 400 万ヶ所の目標を掲げ、2008 年～2012 年の 5 年間で予算 2 億ユーロで、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を目指し、2009 年に予算 15 億ユーロの予算が計上された。

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、実証試験等が主となっており、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を要すると予想される。

(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、自動車電動化の研究開発及びインフラ整備を進めている。2009 年から始めた米国とのクリーンエネルギーの協同プログラムは、1 億 5,000 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 1,600 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作りを積極的に進めている。さらに、日本企業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、米国企業と合弁で米国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であるが、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。

上記した各国の状況を整理したものを表I. 2-1及び表I. 2-2に示す。

LIB及びポスト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う必要がある。

表 I. 2-1 省エネルギー先進自動車と蓄電池に関する各国の政策

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 ▲		IEA のガイドに沿えば、EV、PHEV の世界販売は、2020 年 800 万台、2030 年 3,200 万台となる (EV 比率 30%)。
		◇新車の 30%		◇	
		新車の 50%		◇	
				全車の 50%	
日本		◇新車の 50%			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。
		◇新車の 70%			
		☆300Wh/kg、2 万円/kWh			
				☆700Wh/kg、5 千円/kWh	
米国	◇2015	EV100 万台			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。
	☆2014	200Wh/kg、\$300/kWh			
				☆長期	
				ガソリン車並	
欧州	◇2015	EV100 万台			日米の後を追ひ、EU 協同で電動化への取組が強化されつつある。
	☆2015	175Wh/kg、			
		☆245Wh/kg			
		◇ドイツ EV 100 万台			
		◇500 万台			
		◇フランス EV 200 万台			
中国	◇2011	EV 50 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 1,600 万台)を強みにしている。
		◇新車の 20%			
		(全需予想 2,000 万台)			
韓国		◇EV 新車 10%			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。
		☆性能 2 倍、価格 1/5			
		生産シェア 世界一			

表 I. 2-2 蓄電池の研究開発と事業化に関する各国の競争力

国、地域	研究開発	事業化	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。
米国	◎ 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、自動車ともに、グローバルに急成長してきた実績あり、手強い。

2. 2 本事業の背景

NEDOは、我が国の蓄電池技術開発事業を産学官の連携・協力の下で推進している。この技術開発を効率的且つ効果的に推進するには、常にステークホルダー間で技術開発シナリオを共有しておく必要がある。そのため、NEDOは我が国の蓄電池技術開発で取り組むべき技術課題を明確にして研究開発の方向性を示すと共に、産学的確かな研究開発への取組みを先導することを目的として、図I. 2-2に示す「NEDO二次電池技術開発ロードマップ2010」(Battery RM2010)を策定している。

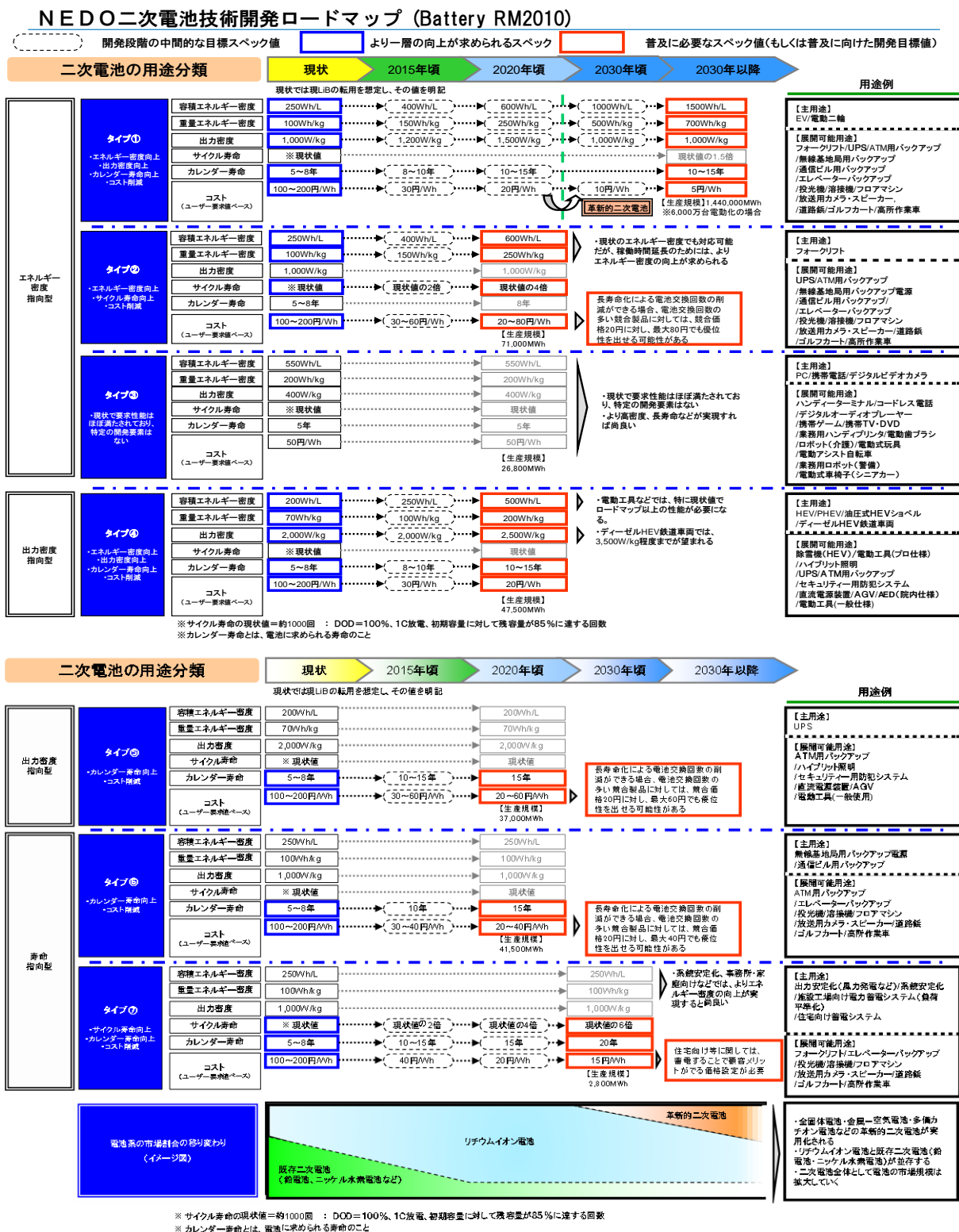


図 I. 2-2 「NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2010」(Battery RM2010)

図 I. 2-2 に示すように、ロードマップでは、用途に対応させて蓄電池を 7 タイプに分類し、性能（エネルギー密度、出力密度）、耐久性（寿命）、コストの目標を年代毎に設定している。このうち、今後の市場拡大が最も期待される車載蓄電池について、現状と 2020 年頃の目標は次のようになっており、性能・寿命が 2 倍で、コストが 1/5～1/10 となる高性能蓄電池の実用化が目指されている。

【EV用途：タイプ①】

重量エネルギー密度：現状 100Wh/kg ⇒ 2020年 250Wh/kg

出力密度：現状 1,000W/kg ⇒ 2020年 1,500W/kg

カレンダー寿命：現状 5～8年 ⇒ 2020年 10～15年

コスト：現状 100～200円/Wh ⇒ 2020年 20円/Wh

【HEV/PHEV用途：タイプ④】

重量エネルギー密度：現状 70Wh/kg ⇒ 2020年 200Wh/kg

出力密度：現状 2,000W/kg ⇒ 2020年 2,500W/kg

カレンダー寿命：現状 5～8年 ⇒ 2020年 10～15年

コスト：現状 100～200円/Wh ⇒ 2020年 20円/Wh

上記したような高性能化及び低コスト化を実現するための新技術の中で、材料開発に占める比重は極めて大きく、電極活物質、電解質をはじめとする電池構成材料の開発は電池全体の性能に決定的な影響を与える。特に、本事業で対象としているリチウムイオン電池は電極活物質、電解質の材料に多様性があり、電池の性能を飛躍的に向上させる新規材料の開発が期待できる。そのため、開発された新規材料の性能や特性について、的確かつ迅速に評価し、その結果を材料開発にフィードバックしていく体制と評価技術の確立が必要である。

材料メーカーが新規の材料を開発し、蓄電池メーカーへ提案した場合、その材料の性能を引き出すためにはその材料に適した電極構造や電池製造プロセスを検討する必要がある。しかしながら、蓄電池メーカーは当面の自社事業・開発に忙しく、なかなか材料メーカーが提案する新規材料の検討には時間が割けないのが実情である。そのため、結果として、蓄電池メーカーから材料メーカーへは「可」又は「不可」という単純な回答しか行われないう場合が多い。また、場合によってはある蓄電池メーカーでは「可」であったが、別の蓄電池メーカーでは「不可」との回答となり、材料メーカーはどのような方向で新材料の開発を進めれば良いのか分からない、といった状況も生じている（図 I. 2-3 参照）。

一方、図 I. 2-4 に示すように、新材料の開発には 5～7 年以上の長期間必要とされている。新材料に最適な電極・電池製造処方の開発、安全性、信頼性など諸性能の確認等がその主な内容である。この期間には、材料メーカーと蓄電池メーカーの評価方法等に違いがあるために材料メーカー側の評価では可と判断していた性能が、蓄電池メーカー側の評価では不可となり、新材料の改良が必要となるようなケースが様々な場面で現れることによる大きな開発非効率が存在している。

本事業は、このような開発非効率を『次世代蓄電池材料の共通的な評価技術』を確立することで取り除き、新材料を用いた電池開発期間の短縮と、材料メーカーの開発力強化を図る必要があることを背景として立案され、実施されることとなっている。

【電池メーカーの事情】

- 当面の開発・量産に忙しく、次世代の材料開発も、さらには、材料メーカーから持ち込まれる新材料の評価も行う余裕がない。
- 新材料評価のための最適な電極・電池製造工程の開発に時間がかかる上、評価プロセスで課題が生じると分析・解決に時間を要する。
- ほとんどの電池メーカーは材料開発・製造を自ら行っておらず、次世代蓄電池用として、材料メーカーに具体的にどのような材料の開発を指示すべきか明確にわからない。
- 蓄電池評価方法は各社で異なる競争領域、日進月歩の技術であり、評価の共通化が難しい。

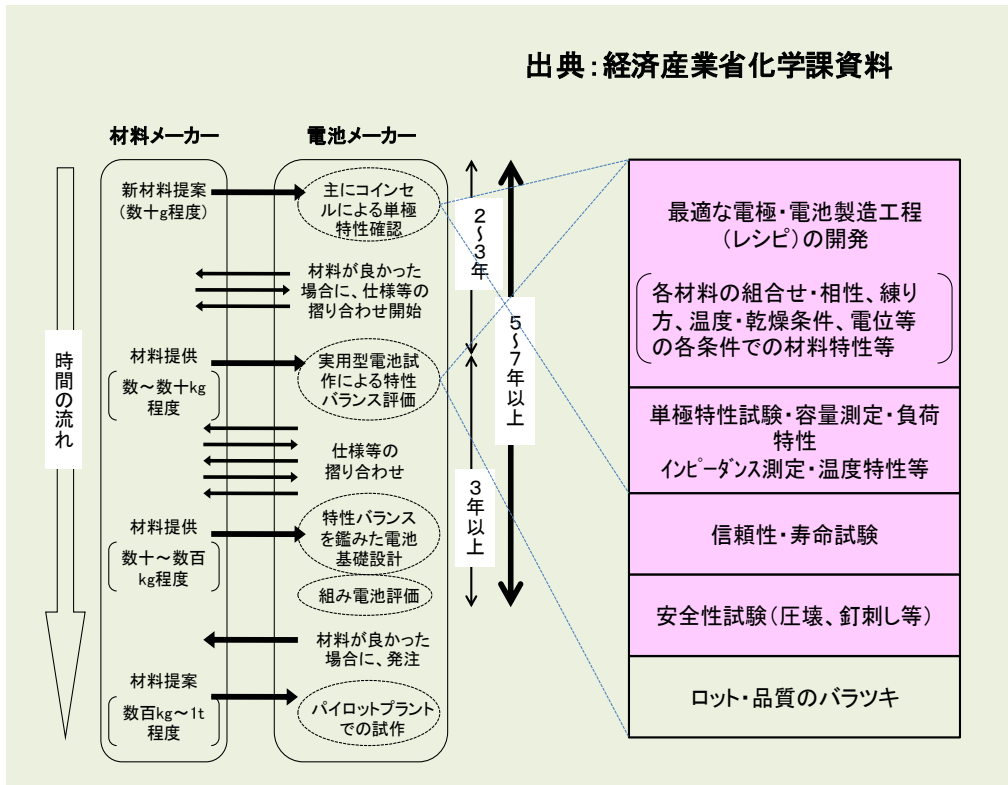
【材料メーカーの苦勞】

- 材料メーカーが電池メーカーと共同開発を進めて行く過程、あるいは初期段階での提案交渉において、電池メーカーが当該材料に対して可・不可のみを回答するケースが多い。材料メーカーにはその具体的な意味・言語・背景が伝わらず、理解されないケースが見られる。
- ある材料を電池メーカーAに提案すると可とされるが、別の電池メーカーBに提案すると不可とされ、当該材料のどこが良くてどこが悪かったのか、相対分析ができない。

(※経済産業省化学課による材料メーカー、電池メーカー、自動車メーカー等のべ40名程度からのヒアリング結果より)

電池メーカー — 材料メーカー間へのすり合わせに課題

図 I . 2 - 3 新規蓄電池材料の開発における問題点



電池メーカーの自動車用蓄電池の開発は、新材料からスタートすると概ね5~7年以上。新材料に最適な電極・電池製造処方(レシピ)の開発、諸性能の確認等に長期間必要。

図 I . 2 - 4 新規蓄電池材料の開発内容と必要期間

2. 3 事業の目的・位置付け

前記2. 1で述べたように、我が国の蓄電池の材料及び蓄電池自体の技術は、現時点において世界をリードしているものの、海外の蓄電池メーカーが革新的な技術開発による市場獲得を狙って続々と参入している。また、現時点では日系蓄電池メーカーの生産量が圧倒的であるものの、アジアや欧米のメーカーが大規模な設備投資を計画していると見られている。さらに、LIB材料に関する特許出願件数は、日本が優位性を維持しているものの、近年、海外勢、特に中国が特許出願数及び論文発表数で急増している。そのため、我が国はリチウムイオン電池の更なる高性能化に向けた取組みを強力に推進していく必要がある。

その一方で、前記2. 2で述べたように、高性能蓄電池の実用化のためには新規材料の開発が必須であるにも拘わらず、我が国の材料メーカー及び蓄電池メーカーで蓄電池用材料の評価方法や評価基準が共通化されていないことに起因する開発非効率が存在している。

本事業は、この開発非効率を『次世代蓄電池材料の共通的な評価技術』を確立することで取り除き、新材料を用いた電池開発期間の短縮と、材料メーカーの開発力強化を目指し、その結果として蓄電池産業の国際競争力強化を図ることを目的としている。

本事業の具体的な取組みとしては、主要な蓄電池材料メーカー20社が組合員として参加する技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター（LIBTEC）が、主要な蓄電池メーカー9社が参加するアドバイザー委員会を運営して情報交換を行いながら、蓄電池材料の共通的な特性評価方法の確立を目指すものである（図I. 2-5参照）。このような材料メーカーと蓄電池メーカーが連携・協調して進める本事業の取組みは効果的であり、かつ日本独自の取組みであり、諸外国では見当たらない新規性、先進性を有しているものと考えられる。

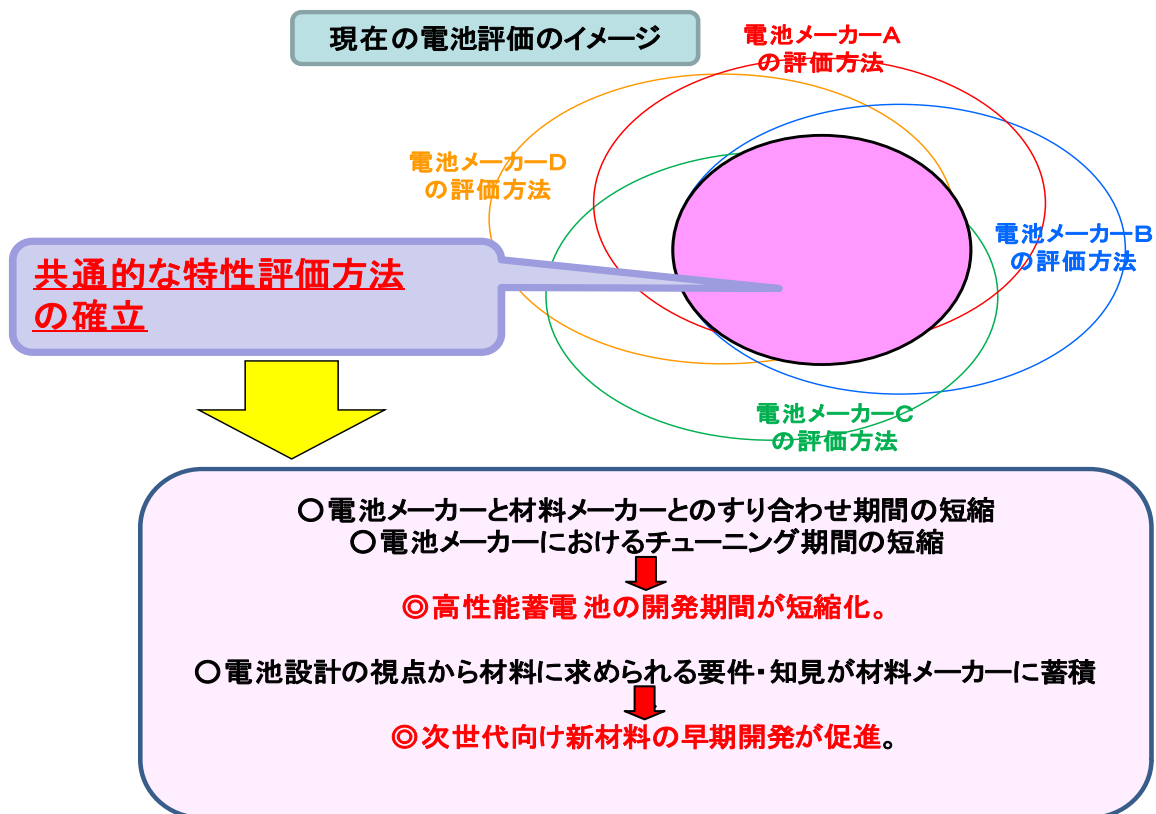


図 I. 2-5 本事業の取組み

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

高性能蓄電池を実現する上で重要なポイントは材料であり、その物理特性は、蓄電池製造工程や蓄電池の電気化学特性及び信頼性に大きな影響を及ぼす。しかし、材料の蓄電池への適合性を最適化するための検討項目は蓄電池の用途・性能によって多様であるとともに、蓄電池としての性能評価に最適な試験用蓄電池の開発には時間がかかり、新材料の早期開発における障壁となっている。このため、性能や特性的確かつ迅速な評価方法を早急に確立する必要がある。また得られる評価法が産業界で認められ、広く利用され得るものであることが望まれる。このような背景から以下に示す目標を設定した。

[中間目標] (平成 24 年度)

高性能蓄電池に用いられる新材料評価に関する課題とアプローチ手法を明確化するとともに評価手法案を作成する。

[最終目標] (平成 26 年度)

高性能蓄電池に用いられる新材料評価に関する技術を確立し、標準的手法として産業界、学術関係者等からプロジェクト目的に資するものであることの評価を得る。

本プロジェクトの成果が直接寄与する高性能蓄電池分野は、今後、5～10 兆円規模まで成長が予想される産業である。この市場において、迅速かつ適切な評価方法が開発されることにより我が国が強みを有する新材料開発が加速されれば、大きな経済効果が見込まれる。

また、高性能蓄電池の早期実現により、CO₂排出量が既存ガソリン自動車の 1/4 程度の高性能自動車の普及が期待される。運輸部門は日本の CO₂総排出量約 2 割を占めることから、その貢献は非常に大きいと考えられる。

2. 事業の計画内容

2. 1 研究開発の内容

(1) 研究開発内容と目標

本事業では第一に、次世代蓄電池の新材料を対象とする共通的な性能評価方法（材料物性評価法、最適な製造工程、充放電様式等）を開発し、確立する。上記性能評価方法は、電池構成材料同士の適合性や製造工程による影響等の評価に伴うノイズの解析を踏まえたもので、的確かつ迅速な材料評価が共通的に行える評価基盤である。これにより、材料メーカーと電池メーカーの間で電池材料の評価結果が共有され、高性能蓄電池の材料開発の効率が抜本的に向上・加速される。

第二に、材料間や製造工程間の相互影響、蓄電池の電気化学特性や信頼性への影響が一体的に評価可能な評価シミュレーション技術を開発し、次世代蓄電池及び次世代蓄電池材料の早期開発に貢献する。

研究開発項目とそれに含まれる個別の開発目標及びそれらの設定根拠を表 II. 2 - 1 に示す。

表Ⅱ． 2－1 研究開発項目と個別の目標、設定根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
①新材料の構成間の適合性及び材料-製造工程間の相互影響の解析を踏まえた共通的な性能特性評価方法の確立 (評価基準書の作成)	<ul style="list-style-type: none"> 標準基準書の提出 標準構成電池モデル5種の策定 (LIBTEC) 電池の標準製造方法策定 (評価方法も含む) (LIBTEC) 電極構造の解析 データベース化 (LIBTEC) 構造の数値化 (住化分析センター) 単一粒子活物質の電気化学特性の把握 (LIBTEC) 	<p>構成材料や用途の異なる複数の標準電池モデルを用意する事で、評価対象である新材料に適した材料系や動作条件の電池モデルで評価が可能になる。</p> <p>電池性能は電極の製造方法/条件に大きく依存するため、共通の製造プロセスや各材料系に適した製造条件を明らかにする。</p> <p>電池性能を把握する上で活物質を含む電極構造の把握が重要である。データベース化により製造工程等と電池性能、信頼性との相関を明らかにする。</p> <p>電極は複雑な3次元構造を有しており、局所的な数値化では把握が不十分である。nm領域から数cmの大きさまで連続測定/数値化することで、電極の詳細構造を把握する。相関解析により理想的な電極モデルの提案を目指す。</p> <p>電極を形成し評価する従来手法では、材料本来の特性評価が得られない。本法により活物質本来の特性を把握が可能になる。</p>
②評価シミュレーション技術の開発	開発したシミュレーション技術を用いて新たな材料評価を実施し、材料評価の標準として使えるようにすること	新たに開発された材料を実際に電池に組みこなしに電池特性を推定することは開発の効率化および早期の実用化にとって極めて有効な手段となる。
③次世代蓄電池用の部材提案と実用化研究	次世代蓄電池用部材の提案および次世代蓄電池材料開発のサポート	上記の研究による知見に基づき、すでに開発された材料や新たに開発されあるいは見出された材料の中から次世代蓄電池材料として特性的に優れ信頼性のある部材が提案できる可能性が大きい。

研究開発項目①「新材料の構成間の適合性及び材料-製造工程間の相互影響の解析を踏まえた共通的な性能特性評価方法の確立」では、まず、一般的に多く採用されなかつ他の構成材料に悪影響を及ぼさないと判断される電池材料を選定し、これらよりなる標準構成電池モデルを5種類策定する。標準電池モデルは想定用途においても、小型民生用、HEV用、BEV用の各用途をカバーする標準的なものである。新材料の評価においては、これら複数の標準モデルの中から、新材料に適したものを選択して利用する。

次に、上記電池構成モデルの各々に適した製造仕様書、電池性能評価手順書を策定する。電池性能は電極の製造方法/条件等に大きく依存するため、材料に適した製造プロセス/条件を各々の電池モデルの標準製造方法として規定する。その際、LIBTEC、住化分析センターで実施する電極構造の解析結果に基づき、再現性を含め評価上のノイズが極力排除可能な製造方法/条件を選定する。

材料開発において、開発材料を実際に電池に組みこなしに電池特性を推定すること、すなわちシミュレーション技術を適用できることは、開発の効率化及び早期の実用化にとって有効な手段である。研究開発項目②「評価シミュレーション技術の開発」は、平成24年度後半に開発着手する計画である。製造仕様書策定、電極構造解析等において蓄積した標準電池モデルの特性データベースを活用すると共に、次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発/次世代技術開発において「電池技術開発支援シミュレータの開発」を担当した東北大学と連携することで、データや知識の有効活用を図る。

研究開発項目③「次世代蓄電池用の部材提案と実用化研究」では、本事業の集大成とし

て、すでに開発された材料や新たに見出された材料の中から、蓄電池材料として特性的に優れる部材を研究開発項目①の知見に基づき抽出したいと考えている。それにより、組合員や関係機関・企業等と連携し、実用化研究を評価面からサポートできると考えている。これらは平成25年度の後半から開始する計画であったが、平成22年度より一部試行的に実施している。

(2) 開発スケジュール、予算

本事業の研究開発スケジュール及び開発予算の推移を表Ⅱ. 2-2に示す。なお、後半2年間の予算はあくまで想定の金額を記載しており、今後、変更も有り得る。

本事業の実施期間は平成22年度から平成26年度までの5年間としている。フェーズを大きく二つに分け、前半3年間では主として蓄電池の基本特性に関する評価基盤を、後半2年間では主として電池性能の安全性及び信頼性に係る評価基盤を構築する。また3年目の平成24年度から、材料間・製造工程間の相互影響及び蓄電池の電気化学特性や信頼性への影響まで一体的に評価できる評価シミュレーション技術の開発を進める。この評価シミュレーション技術を有効活用することにより、次世代蓄電池用材料の早期開発が期待される。

表Ⅱ. 2-2 開発スケジュール、予算

	2010	2011	2012	2013	2014
新材料の構成間の適合性及び材料-製造工程間の相互影響の解析を踏まえた共通的な性能特性評価方法の確立	← 評価基準書一次版 →		中間評価	← 評価基準書二次版 →	
※評価基準書一次版; ・標準構成モデルセルの製造方法/標準評価方法の確立 ・電池製造工程における、活物質等の材料の相互影響及び対策の明確化 ・電池構造の電池特性への影響解明				※評価基準書二次版; 一次版に信頼性および安全性についての知見を加えたもの	
評価シミュレーション技術の開発				← 評価シミュレーションシステムの開発設計案 →	
次世代蓄電池用の部材提案と実用化研究				← (虚線) →	
予算(2/3助成)	133,333千円 (200,000千円)	250,100千円 (375,150千円)	282,959千円 (424,439千円)	250,100千円 (375,150千円)	248,274千円 (372,411千円)

(注記)

2013年、2014年の予算は想定金額であり、今後、変更も有り得る。

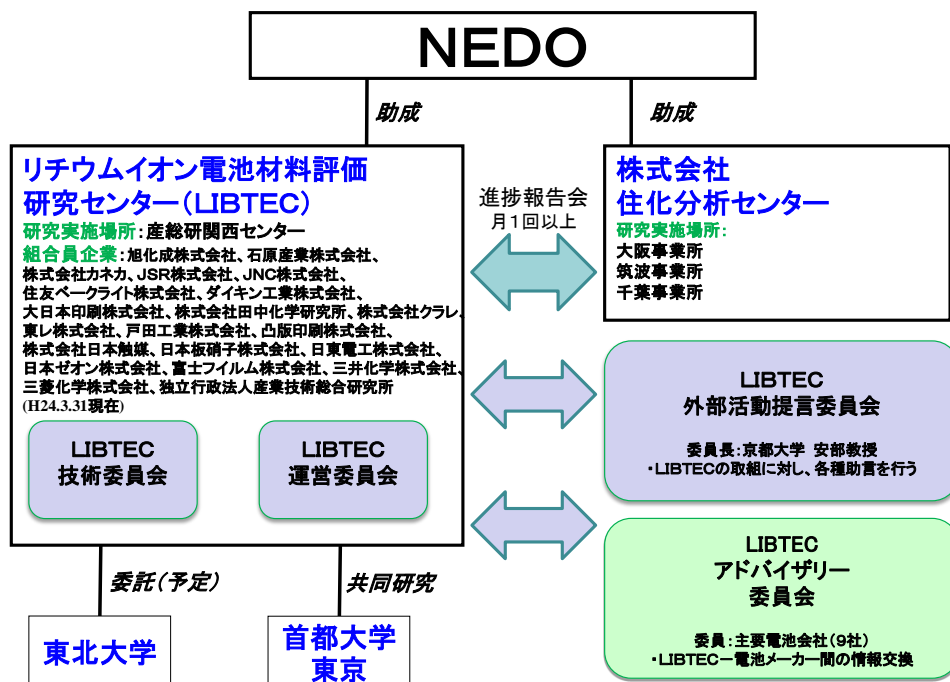
2. 2 研究開発の実施体制

本事業が開発目的とする次世代蓄電池用新材料の共通的な評価方法は、新材料を電池に適用する際の性能面への影響を的確に評価するものである。評価が的確であるためには、電池を構成する他材料と新材料の相互の関係や、電池製造工程が新材料に及ぼす影響を明らかにすると共に、最適な条件で評価を行う必要がある。従って、本事業ではベースとなる電池製造技術、電気化学測定技術に加え、上記影響の有無や内容を明らかにする高度解析（分析）技術が必要である。

LIBTECは本事業を推進するために設立された材料メーカーを中心とする技術研究組合である。技術的な強みは電池製造技術と電気化学測定にある。残る電極等の構造／物性の解析を担う機関として、㈱住化分析センターが体制に加わる。㈱住化分析センターは本分野で先進的な実績を有しており、必要に応じて新規な解析技術の開発も可能である。電気化学的解析と電極構造解析の相関解析は、両者が共同で行う。両者にNEDOを加えた開発の実施体制を図Ⅱ. 2－1に示す。

実施者間では、同図に示すように、進捗状況確認と方針打合せの目的で、月1回以上の頻度で進捗報告会を実施した。

LIBTECと外部との連携については、外部活動提言委員会、アドバイザー委員会との二つの委員会を設けている。外部活動提言委員会はLIBTECの研究や開発を含む活動全般に対して各種の助言を行う組織である。委員長は京都大学工学部の安部武志教授であり、他に電池の研究開発や製造、安全性、用途等に造詣の深い5名の有識者で委員会を構成している。開催頻度は年に1回程度である。



図Ⅱ. 2－1 研究開発の実施体制

アドバイザー委員会は、我国の主要な電池メーカー9社におけるそれぞれリーダー的な技術者で構成している。この委員会の主目的は、LIBTECと電池メーカーとの情報交換である。同時にLIBTECの出口戦略として、組合員企業が開発し、LIBTECが評価した材料の中で注目すべきものが得られた場合、この委員会にて紹介することも行う。開催頻度は半期に1回程度である。独立性を重んじる趣旨で、LIBTECからは交通費、謝礼等を出していない。

2. 3 研究の運営管理

(1) 情報共有

本事業は助成事業であるため運営主体は事業者側にあるが、交付申請書及び本事業の目的、目標に照らして本事業が適切に運営されるよう、事業主体であるLIBTEC側の技術委員会、運営委員会等（ほぼ月一回の頻度で開催）にNEDOも出席し、事業者側との情報共有、意見交換を定期的に行っている。また、上記委員会には節目節目に経済産業省も同席し、事業の進捗状況を把握している。各委員会等の開催実績は表Ⅱ. 2-3の通りである。

なお、住化分析センターについては、LIBTECの組合員報告会に参加し、成果報告を行うことで、NEDOも含めた情報共有を行った。またNEDOから直接訪問し、進捗フォローを実施した。

表Ⅱ. 2-3 LIBTEC運営の各種委員会等

	内 容	開催頻度
技術委員会	開発技術の報告及び議論	1回/月程度
運営委員会	事業予算、体制等に関する協議	1回/月程度
組合員報告会	技術開発成果、評価仕様書等の成果物についての詳細報告	2~3回/年程度
主催講演会	有識者による蓄電池関連テーマの講演	6回/年程度
アドバイザー委員会	電池メーカーとの情報交換と新材料の紹介	1~2回/年

(2) 課題の共有

上記の定期的な情報交換以外に、事業を実行する上での課題についても必要に応じて共有し、共同での検討により解決策を見出した。例として、評価シミュレーション技術の開発の進め方がある。

評価シミュレーション技術の効用については、開発材料を電池に組むことなく電池特性を推定できることから、開発の効率化や早期実用化の点で極めて有効と考えられる。しかしながら、これまでそのようなシミュレーション技術はほとんど開発されておらず、新しく開発された材料に関しては、蓄積された経験と簡単な計算から電池特性を推定し、そして実際に電池を試作してその特性を調べることが通例である。

電池に関するシミュレーション技術は、いわゆる電気化学理論を出発点として理論的に構築したものと、多くのプロセスと条件を組み入れた電池の実際の充放電特性に関するデータとを比較考量し、適切なモデルに仕上げるものがあると推定されるが、LIBTECではこれまでに技術の蓄積はなく一から技術開発をしていく必要があった。

一方、「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」(Li-EAD) 事業において、東

北大学は「次世代電池技術開発支援シミュレータの開発と応用」をテーマに、新規な電池系の性能予測を可能とするマクロ性能評価シミュレータを開発した。これ以外にも東北大は蓄電池性能評価シミュレーションに有用な様々な技術を開発していたことから、LIBTEC が取り組むシミュレーション技術開発を進めていく上で東北大と協働していくことは有意義であると考え、LIBTEC-東北大の協働へ向けてのアレンジを行った。

2. 4 成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

(1) 実用化に向けたマネジメント

本事業の助成先であるLIBTECには、国内主要材料メーカー20社が組合員として参画しており、本事業で開発された性能評価手法はこれら企業によって積極的に利用され、実用化される体制で推進している。なお、既にLIBTEC組合員企業が開発した新材料の評価を実施している。H24年度5月時点での材料評価依頼件数は168件、評価報告書の提出件数は126件と多くの実績を挙げている。

また、LIBTECでの評価において注目すべき特性を示した新材料については、蓄電池メーカーで構成される「アドバイザリー委員会」において紹介することで、材料メーカーの販売機会を与える取組みも進めている。

(2) 知財マネジメント

新規材料の性能評価手法に係る知的財産については、本事業が助成事業であるため、実施主体であるLIBTEC及び組合員企業の一致した認識の下で公表するもの、秘匿するものに分類して対処する方針としている。

電極構造解析に係る知的財産については、住化分析センターによる分析サービス事業の根幹となることから、重点的に確保する方針としている。

3. 情勢変化への対応

特になし。

III. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

本事業では、次世代蓄電池の新材料について、蓄電池の構成材料間での適合性及び材料と製造工程間の相互影響の解析を踏まえた、共通的な性能評価方法（材料物性評価法、最適な製造工程、充放電様式等）を確立することを目的として進めてきている。

事業全体の主な開発成果を下記（１）～（６）に示す。

（１）標準構成電池モデルとして、コイン形式電池５種類、ラミネート形電池４種類の合計９種類を策定した。なお、ラミネート形電池については、用途を意識した２つのサブモデル、すなわちエネルギー密度を志向した「容量型」と高出力を志向した「出力型」を策定しており、サブモデルベースでは合計８種類のモデルを策定した。

（２）標準構成電池モデルの標準作製法を検討し、「試作仕様書」として策定し、組合員企業に展開した。なお、「試作仕様書」に記載の電池作製法は、電池メーカーが実際に適用している作製法に極めて近いものとなっており、材料メーカーが作製する電池であっても実用電池とほぼ同様なものが作製できるため、材料メーカーにとって新材料の開発の短縮に大きく寄与するものである。

（３）標準構成電池モデルの電気特性評価法を検討し、用途に則した特性評価が可能となるよう「汎用用途」、「定置用用途」「BEV用途」、「HEV用途」の４つの「性能評価手順書」を策定し、LIBTEC 組合員企業に展開した。

（４）上記（１）～（３）の成果に基づき、LIBTEC 組合員企業が開発した新材料の評価を実施した。平成 22 年度は 8 社から評価依頼を受け、47 の電池試作を行い、28 の評価報告書を作成した。また、平成 23 年度は 10 社から評価依頼を受け、91 の電池試作を行い、88 の評価報告書を作成した。さらに、平成 24 年度は 5 月時点で 9 社から評価依頼を受け、30 の電池試作を行い、10 の評価報告書を作成した。

（５）上記（４）の評価において注目すべき特性を示した正極活物質について、アドバイザリー委員会で紹介したところ、アドバイザリー委員の所属する蓄電池メーカー 6 社が興味を示した。

（６）電極構造の空隙構造、導電ネットワーク、バインダー分布に着目し、これらと電極特性との相関性の把握を進めた。その結果、バインダー分布が電極乾燥条件（乾燥方法と乾燥速度）によって変化し、乾燥速度が大きくなると負荷特性が低下し、電池内部抵抗が増大することを見出した。また、負極に導電助剤として気相成長炭素繊維（VGCF）を添加すると、負極の多孔度が増加し、またそのポアの孔径分布が小さくなり、寿命やレート特性が改善されることを見出した。さらに、空隙構造、導電ネットワーク、バインダー分布についての顕微鏡観察画像を客観的に評価するための数値化方法の開発を進めた。なお、これら知見は電池メーカーのノウハウであり、通常は材料メーカーに開示されないものであり、材料メーカーの開発には有益なものである。

2. 助成先個別成果

2. 1 LIBTEC の成果

2. 1. 1 事業計画

LIBTECの研究開発テーマ、実施期間及び目標等を以下に示す。

- (1) 材料の構成間の適合性及び材料－製造工程間の相互影響の解析を踏まえた共通的な性能評価方法の確立

実施期間は平成22～26年度としている。

目標は、平成24年度に「評価基準書一次版」の提出、平成26年度に「評価基準書二次版」の提出としている。

ここで、「評価基準書」とは、標準構成電池モデル毎に、その使用する材料、電極と電池の作製方法、電極と電池の評価方法、評価結果のまとめ、信頼性評価、安全性評価、留意点と展開、などを一纏めとしたもので、当該モデルの技術の全てが記載されている書類とする。評価基準書二次版が完成版となる。一次版は、二次版から信頼性評価、安全性評価の部分を除いたものとする。

平成24年度の「評価基準書一次版」の提出に向けては、下記4つの目標を設定している。

(1) - a) 標準構成電池モデル5種の策定

(1) - b) 標準構成電池モデル5種のラミネート形電池の標準製造方法の策定

(1) - c) 電極構造の解析(空隙構造や導電性ネットワーク等とその製造方法依存性等)

(1) - d) 単一粒子活物質の電気化学特性の把握

なお、(1) - c) 電極構造の解析は、住化分析センターと協働とし、特に電極構造の数値化は住化分析センターが担当する。解析結果をLIBTECと住化分析センターで議論し、「電極製造方法－電極構造－電気化学特性の関連性」をデータマップ化することを目標としている。またこれらを通して電極あるいは電池特性の適切な評価が行えるような「評価方法の検討」も併せて検討を進める。

また、(1) - d) 単一粒子活物質の電気化学特性の把握については首都大学東京教授の金村聖志氏との共同研究として進める。

- (2) 材料間の相互作用影響及び蓄電池の電気化学特性や信頼性への影響まで一体的に評価できる評価シミュレーション技術の開発

実施期間は平成24年度下期～平成26年度としている。

目標は平成26年度に「評価シミュレーションシステム」の完成としている。

- (3) 次世代蓄電池用部材の提案と実用化研究

実施期間は平成25年度下期～平成26年度としている。

目標は、平成26年度に「材料提案」の開始としている。

2. 1. 2 成果の概要と活動状況

前記した研究テーマ（1）～（3）に関する成果の概要と目標達成状況を表Ⅲ. 2 - 1に示す。また、事業全体の活動状況を表Ⅲ. 2 - 2に示す。

表Ⅲ. 2 - 1 LIBTEC 成果の概要と目標達成度

研究開発テーマ	研究開発目標	成果	達成度	今後の課題・予定	
①新材料の構成間の適合性及び材料-製造工程間の相互影響の解析を踏まえた共通的な性能特性評価方法の確立	標準の材料・製造方法・電極・電池の策定	<ul style="list-style-type: none"> a) 標準構成モデル5種の策定 b) ラミ形電池の標準製造方法策定 	<ul style="list-style-type: none"> 完了 用途別性能評価条件確立 	達成	<ul style="list-style-type: none"> 将来モデルの策定(高電圧型、高容量型)
	「評価基準書一次版の提出」		<ul style="list-style-type: none"> 4品種の製造仕様書完成、(組員企業に配布済み) 用途別電池性能評価手順書完成(組員企業に配布済み) 組員報告会開催 	達成(80%) (24年9月に完了)	<ul style="list-style-type: none"> 残り1品種の仕様書完成(9月完成見込) 製造面、性能面の改善検討(仕様書の一部修正)
	c) 電極構造の解析 ・構造の数値化(住化分析センター担当) ・データベース化	<ul style="list-style-type: none"> 空隙構造、導電材ネットワーク、バインダ分布を同定 電極の電子導電性、イオン導電性、コンダクタンス測定を規定 乾燥条件によるバインダ分布の影響明確化 	達成	<ul style="list-style-type: none"> データベースの完成 	
	d) 単一粒子活物質の電気化学的特性の把握	<ul style="list-style-type: none"> 装置立上げと測定の妥当性を確認 1モデルの測定を終了、品種による材料特性差異を明確化 	達成	<ul style="list-style-type: none"> コンポジット電極(クラスター電極)における材料相互作用の解明 他の4モデル測定は24年度実施予定 	
②評価シミュレーション技術開発	<ul style="list-style-type: none"> a) 評価シミュレーションシステムの開発設計案の提案 b) 開発したシミュレーション技術を用いた新たな材料評価と材料評価標準として使用可とする 			<ul style="list-style-type: none"> H24年度取組み開始 	
③次世代蓄電池用の部材提案と実用化検討	a) 組員提出材料評価及びコンサルティング	<ul style="list-style-type: none"> H22年度: 8社から評価依頼、径47試作実施、評価報告書28報提出 H23年度: 10社から評価依頼、計91試作実施、評価報告書88報提出 H24年度: 9社からの評価依頼、計30試作実施、評価報告書10報提出 		<ul style="list-style-type: none"> 継続実施 組員企業の電池材料開発加速化支援 	
	b) 注目材料の紹介(アドバイザー委員会)	<ul style="list-style-type: none"> 正極活物質1種紹介: (アドバイザー委員会9社中6社が評価検討中) 		<ul style="list-style-type: none"> 継続実施 組員企業の電池材料開発加速化支援 将来電池材料の実用化提案 	

表Ⅲ. 2 - 2 LIBTEC 活動状況

【外部】

	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	合計	備考
特許出願（うち外国特許）	0	0	0	0	
論文、研究発表、 学会発表	0	0	0	0	
講演	3	6	0	9	
新聞・雑誌等への掲載	0	2	3	5	
展示会への出展	0	1	0	1	
員外見学者	1 6	9 6	4 2	1 5 4	RISING, 電気化学会等

※企業主体の組合のため、秘密保持義務もあり、対外活動は限定せざるを得ない。

【組合内部】

	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年 5 月 時点	合計	備考
評価基準書等発行数	2	4	0	6	暫定版、仮版含む
材料評価依頼件数	4 7	9 1	3 0	1 6 8	
同上報告書数	2 8	8 8	1 0	1 2 6	
組合員報告会	3	2	2	7	
技術委員会開催	1 8	9	2	2 9	技術小委員会含む
運営委員会開催	8	6	1	1 5	
主催講演会	8	6	0	1 4	
アドバイザー委員会	2	1	0	3	
外部提言委員会	1	1	0	2	
員内見学者	5 5	1 3 1	1 5	2 0 1	

2. 1. 3 研究開発項目毎の成果

(1) 材料の構成間の適合性及び材料－製造工程間の相互影響の解析を踏まえた共通的な性能評価方法の確立

(1) - a) 標準構成モデル5種の策定

組合員企業から提供されるリチウムイオン二次電池（LIB）用材料が早期の実用化に供するよう的確に評価するために、標準構成電池モデルには①ばらつきが少なく再現性が良いこと、②初期性能はもとより寿命特性等を含めて評価できる構成・構造であること、③既に上市されているLIBに近い材料を使用し、かつ同等レベルの特性を持つことが要求される。

標準構成電池モデルの策定に当たっては、平成22年度に実施したベンチマーキング解体分析・特性評価の結果、蓄電池メーカー出身のLIBTECスタッフ、有識者等の知見を参考にした。

標準構成電池モデルにラミネート形電池を選択した理由は、円筒形LIB、角形LIBと比較して部品点数が少なく、また封止工程での溶接が不要であるため、組立工程の設備及び作業の簡略化が可能のためである。

ラミネート形標準構成電池モデルは、平成22年度に1種、平成23年度には4種を策定した。これら5種のモデルを電池外観写真とともに表Ⅲ. 2-3に示す。

平成23年度の4種モデルには、用途を意識した2つのタイプ、すなわちエネルギー密度を志向した「容量型」と高出力を志向した「出力型」があり、小分類としては合計9種のモデルを策定した（平成22年度モデルは容量型のみである）。

表Ⅲ. 2-3 策定したラミネート形の標準構成電池モデル



ラミネート形電池(ラミ形電池)

- ・外形サイズ: 厚6mm×幅47mm×縦67.5mm
- ・極板群構成: 捲回方式

	モデル-1	モデル-2	モデル-3	モデル-4	モデル-5
正極	コバルト酸リチウム	リン酸鉄リチウム	マンガン酸リチウム混合系	ニッケル酸リチウム混合系	
負極	人造球状黒鉛	天然球状黒鉛	天然球状黒鉛	ハードカーボン	人造球状黒鉛
想定主用途	小型民生用	BEV用 HEV用 定置用	小型民生用 BEV用 定置用	HEV用	BEV用 定置用
電圧特徴 (単セル)	3.7V 高容量、高価 PC・Mobile 電源の主流	3.2V 安価、安全 米国と中国で主流	3.8V 安価、安全 三元系追加で容量向上を企図	3.8～3.2V 電圧から充電量が分かる、HEV向き、 低温・大電流放電に強い	3.6V 低温・大電流放電に強い
タイプ	容量型	容量型 出力型	容量型 出力型	容量型 出力型	容量型 出力型

(1) ー b) 標準構成モデル5種のラミネート形電池の標準製造方法策定

i) ラミネート形電池の形状

まず標準構成モデルに適用するラミネート形電池の設計・作製を行った。そして最終的には表Ⅲ. 2-3に示す形状に決定した。容器としてアルミニウム包材(厚さ0.15mm)を使用し、電池の外形サイズはタブ部分を除き、厚6mm×幅47mm×縦67.5mmである。容器中に収納される発電部分の形状は厚5.5mm×幅35mm×縦60.5mmとし、構成は正極板・セパレータ・負極板を重ねて捲回し一体化する方式とした。この形状は全ての標準構成電池モデルに適用している。

ii) ラミネート形電池の試作仕様書の策定

ラミネート形電池の標準製造方法は、「試作仕様書」という形で4モデル(合計7タイプ)について完成した。残りの1モデル(2タイプ)の完成は9月の予定である。

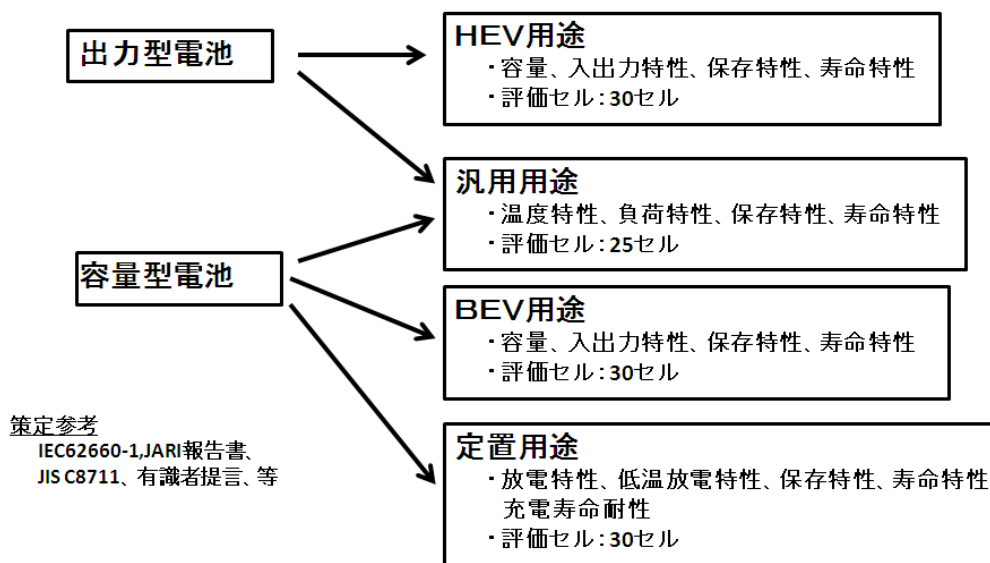
試作仕様書とは、標準構成電池モデルの試作に必要な正負電極製造、電池組立に関連する材料・部品、及び試作プロセスを詳細に記述したものであり、これによってLIBTECにおいても、組合員企業においても同一の電池の試作が可能になる。完成した試作仕様書は組合員に開示した。

iii) 性能評価手順書の策定

作製した電池の特性評価項目についてはLIBTEC内に「評価ワーキンググループ」を立ち上げ、電池用途に合わせた適切な評価項目・条件を策定した。対象とする用途は、「汎用用途」、「定置用途」、「BEV用途」、「HEV用途」の4種類であり、各用途別の「性能評価手順書」を策定した。完成した性能評価手順書は組合員に開示した。

策定に当たっては、IEC規格「電気自動車用リチウムイオン二次電池(セル)の性能試験」(IEC62660-1)、JIS規格「ポータブル機器用リチウム二次電池」(JISC8711)、日本自動車研究所報告書「電動車両用リチウムイオン電池のサイクル寿命」(第1報:2009年10月、第2報:2010年10月、自動車技術会秋季学術講演会)等を参考として、測定があまり煩雑にならないように、あるいは長時間に及ばないように工夫しながら電池特性が明確になるような試験条件をLIBTEC独自に設定した。

その概要を図Ⅲ. 2-1示す。作製したラミネート形電池は全てこのうちのどれかに準拠して評価することになる。

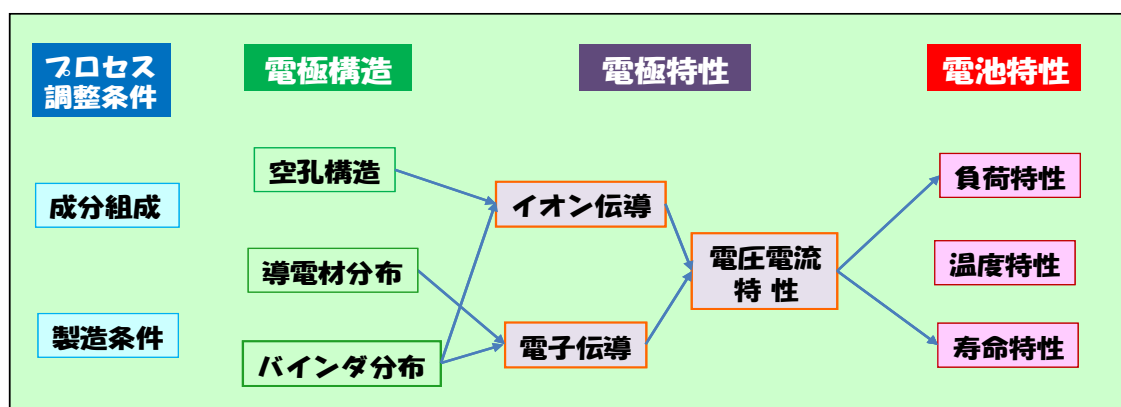


図Ⅲ. 2-1 電気特性評価項目

(1) - c) 電極構造の解析

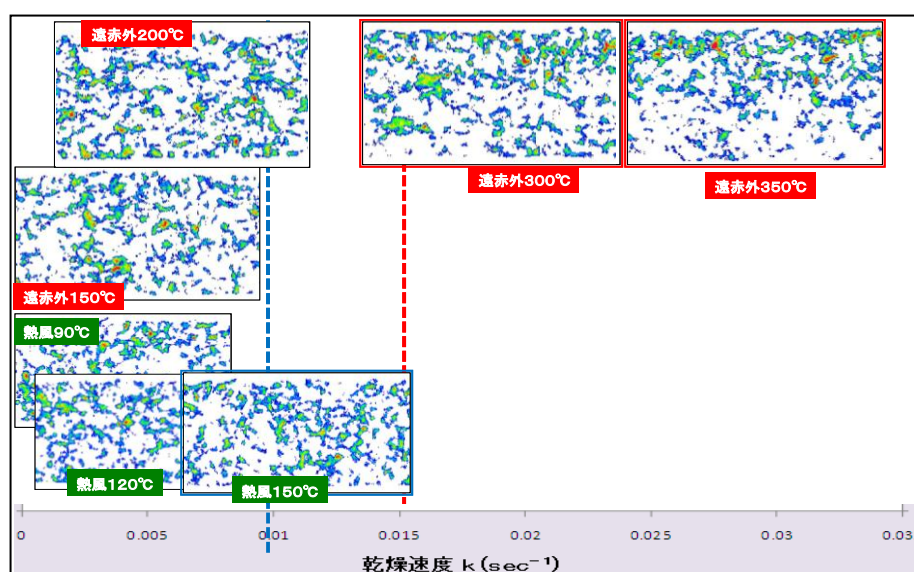
電極構造解析に関しては、その「数値化」を目指しており、その実施は住化分析センターが行っている。その数値化の結果と LIBTEC が測定した電極特性などの相関性の検討を共同で進めている。電極構造としては「空隙構造」、「導電ネットワーク」、「バインダ分布」に着目し、これら電極特性との相関性を求めた。

これらの全体の関係を図Ⅲ.2-2に示す。

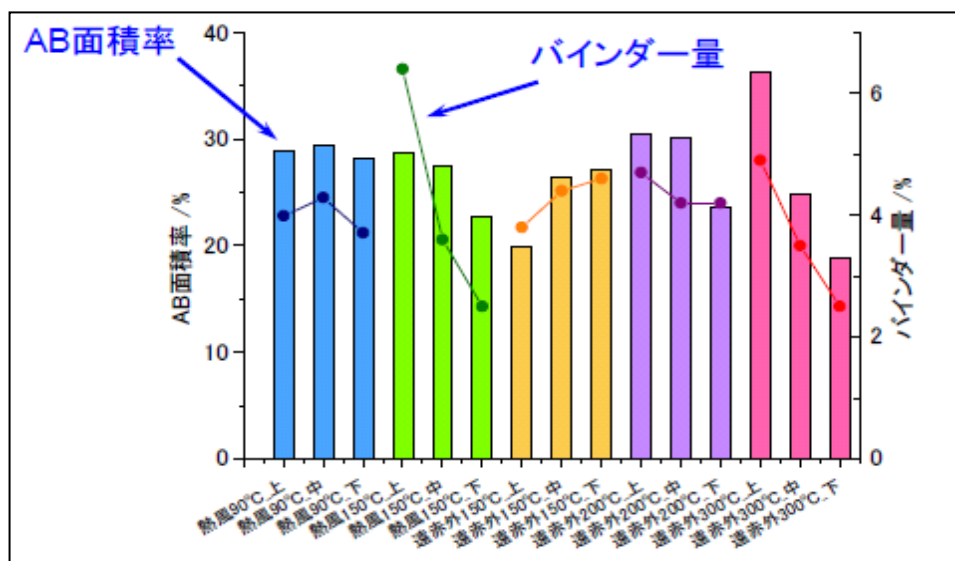


図Ⅲ.2-2 電極構造と電池特性の関係

この中でバインダ分布について電極の深さ方向の分布を調べた。バインダ分布が電極乾燥条件（乾燥方法と乾燥速度）によって大きく変わること、またそれが電極特性に大きく影響することを見出した。図Ⅲ.2-3は LCO 電極の乾燥条件として熱風及び遠赤外光で乾燥した場合の電極断面のフッ素分布（バインダ PVDF 中のフッ素）を EPMA で観察したものである。高温になるほど乾燥速度が速くなり、電極表面近傍にバインダが多く偏在していることが分かる。図Ⅲ.2-4は電極厚さ方向に3分割してそれぞれのバインダ量を定量し、また導電材アセチレンブラック（AB）の面積率（観察視野内での存在の均一性を示す）を求めた結果であり、バインダの偏在に加えて導電材の偏在も生じていることが認められる。



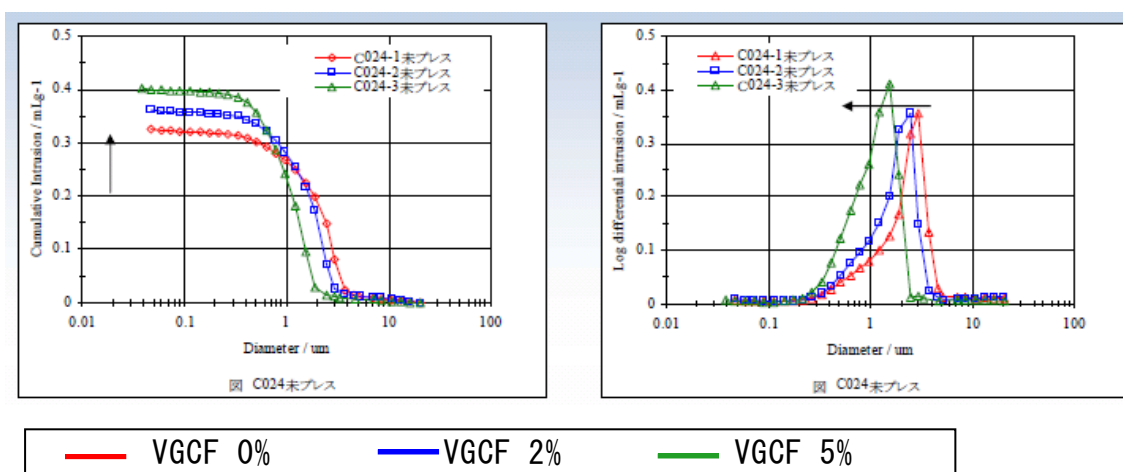
図Ⅲ.2-3 LCO 電極の乾燥条件による電極厚さ方向バインダ分布の状況



図Ⅲ. 2 - 4 LCO 電極の乾燥条件による電極厚さ方向のバインダ量と AB 面積率

負極においては平成 22 年度の標準構成電池モデルでは、MCMB 炭素に気相成長炭素 VGCF (繊維状炭素) を添加したことで寿命もレート特性も良好になった。図Ⅲ. 2 - 5 は活物質である MCMB からなる負極に VGCF 添加した効果を示すもので、VGCF 添加により、負極の多孔度は増加し、またそのポアの孔径分布も小さくなっていることが分かる。

「導電助材の効果」や「バインダ分布」等は概念としては知られている事柄であるが、実際的には電池会社と一部のメーカのノウハウとなっており、通常は開示されない。そのような内容の一端を明らかにしたことは電極・電池特性を理解するのに役立つものと考えられる。これらの内容は材料会社である組合員企業の材料開発にとっても参考になるものと期待している。



図Ⅲ. 2 - 5 球状人造黒鉛負極の空隙構造

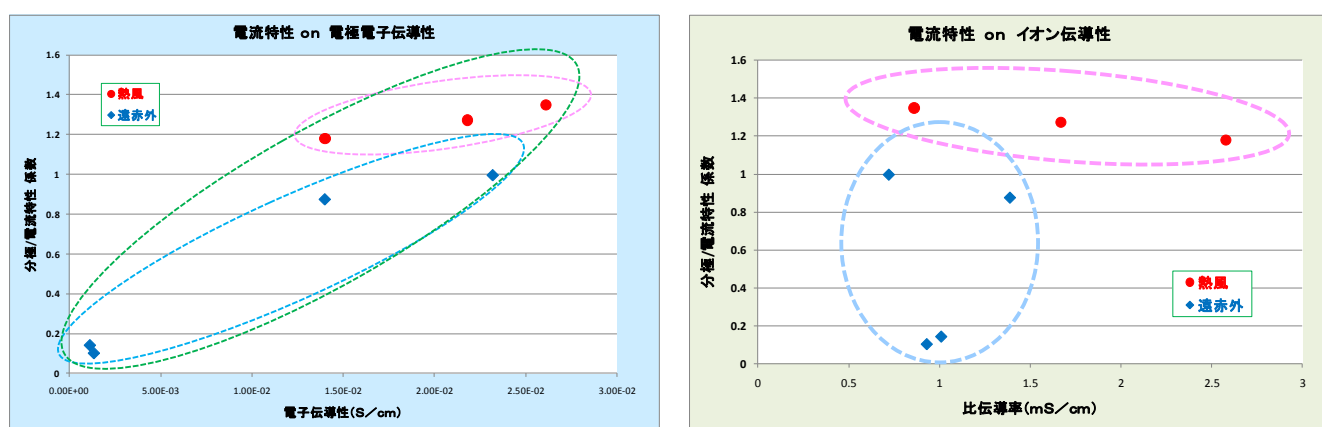
電極の構造解析の一環として、4 端子法による電子伝導性、イオン伝導性の測定、電極コンダクタンス (分極電流特性) の測定を開始し、妥当な値が得られるようになった。

例として、図Ⅲ. 2-6は正極 LCO 電極の分極電流特性と電子導電性及びイオン伝導性の関係を示す。この電極では分極電流特性は電子導電性とは正の相関があるが、イオン導電性とは明確な相関性はなく、正極特性は電子導電性によって支配されているものと推定される。

電極特性は基本的にその電子導電性とイオン導電性の二つによって支配されているので、それぞれの値を分離して求めたことには意味があると考えている。

また、今回新たに開始した電極コンダクタンスの測定はコイン形電池のハーフセルを使って行なうもので（簡便さのため）、その測定値は上記二つの因子を併せて電極が示す「電流の流れ易さ」を示す指標である。

上記のような関連性の解析を通して、「材料-製造方法-電極特性」の相関性を示すデータベース化（データマップ作成）を図って行く。データベース化の完了は平成 24 年度末を計画している。



図Ⅲ. 2-6 正極 LCO 電極の電子伝導性（左）及びイオン伝導性（右）と分極電流特性の関係

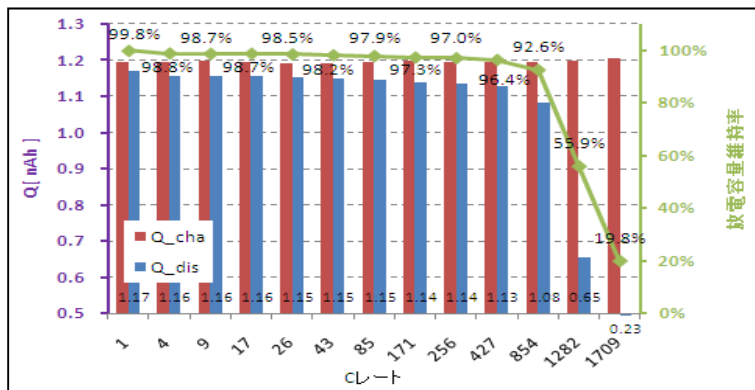
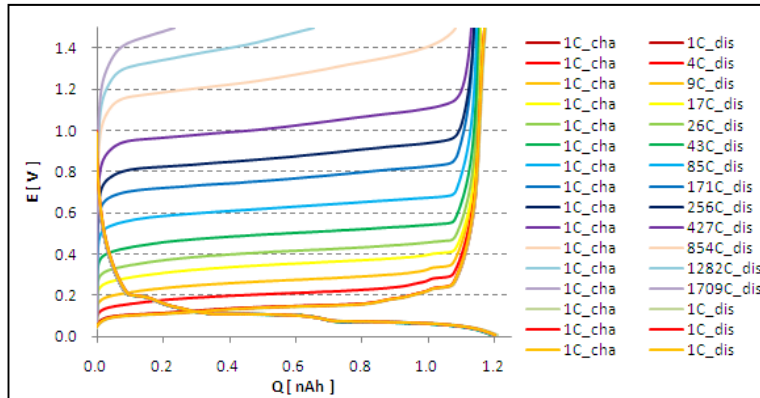
(1) - d) 単一粒子活物質の電気化学特性の把握

実用電極（コンポジット電極）の活物質は他の構成物の影響をどのように受けるかを明らかにするために、活物質一個の粒子の電気化学特性を測定した。図Ⅲ. 2-7は人造球状黒鉛 MCMB 粒子（粒径 $14.4\mu\text{m}$ ）の充放電曲線（充電 1 C、放電は 1 C から 1709 C まで実施）とその充放電効率を示す。放電が 427 C まで放電容量はほとんど低下しない。一方、図Ⅲ. 2-8は LCO 正極活物質粒子（粒径 $18.2\mu\text{m}$ ）の同様な充放電曲線を示すが、こちらは放電電流の増加によって充放電効率の低下は速い。このように本測定法では電極の特性を的確に測定できることが分かった。

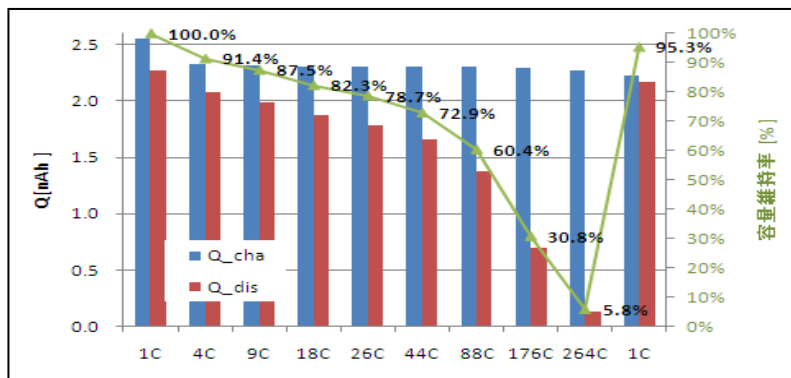
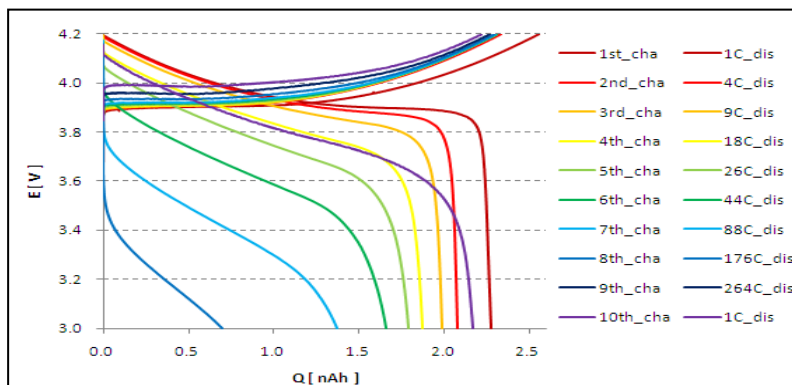
このような測定から、同種活物質でも特性の違いなどを明確にすることの目途がついた。またコンポジット電極の一部を切り出し 10 粒子程度から成る試料（クラスター電極と呼ぶ）の測定も試み、測定可能であることも確認した。

これによって活物質を単一粒子法で測定する基礎が築かれたと考える。これは実用電極の中で「活物質等の材料同士がどのような影響を与えあっているか」という本事業の最終目標を明らかにするための手法の一つになるものと期待できる。

また、電池寿命及び電池信頼性の原因を調べる上で、それが活物質にあるのかどうかを明確にすることが可能になる。さらに組合員企業が開発した材料（活物質の場合）がもつ本来の特性を明らかにすることが出来るので、組合員企業の材料開発の質の向上や開発期間の短縮に寄与する。



図Ⅲ. 2 - 7 人造球状黒鉛 MCMB 単一粒子の充放電曲線及び充放電効率



図Ⅲ. 2 - 8 正極 LCO 単一粒子の充放電曲線及び充放電効率

(2) 評価シミュレーション技術の開発

材料間・製造工程間の相互作用影響及び蓄電池の電気化学特性や信頼性への影響まで一体的に評価できる評価シミュレーション技術の開発を平成 24 年度下期から開始する計画である。現在は、連携する東北大学とシミュレーション内容、開発設計案等について打合せを進めている。材料としては5種のモデルの中から一つの方法系を選択して実施し、当初は一つの製造方法で電極を作製した際に想定される「電極構造」のシミュレーションを行い、現実の電極と比較することを想定している。

(3) 次世代蓄電池用部材の提案と実用化研究

標準構成電池モデル5種を策定し、実際に試作を開始している。組合員企業が開発した材料を標準構成電池モデルに適用した材料評価、及び評価結果のフィードバックを行っている。

平成 22 年度は 8 社から評価依頼を受け、47 試作を実施し、28 の報告書を提出した。また、平成 23 年度は 10 社から評価依頼を受け、91 試作を実施、88 の報告書を提出した。さらに、平成 24 年度は 5 月時点で 9 社から評価依頼を受け、30 試作を実施、10 の報告書を提出した。

また、組合員企業が開発した材料の評価において、注目すべき特性を示した材料はアドバイザー委員会に提示することとしている。平成 23 年度には正極活物質 1 種を提示した。その結果、アドバイザー委員が所属する電池企業 9 社のうち、6 社がこれに興味を示し検討を開始した。

2. 1. 4 今後の展開

研究開発テーマ(1)については、平成 24 年度末の「評価基準書一次版」の提出に向けた取組みを推進することに加えて、平成 24 年度以降、「電池の信頼性の検討」及び「電池の安全性の検討」を開始する。これらが完成した暁にはこれらを「評価基準書一次版」に付加して、「評価基準書二次版」に反映させる。また、平成 24 年度以降、将来電池構成電池モデル(高電圧、高容量材料)の検討を開始する。

研究開発テーマ(2)については、平成 24 年度下期には評価シミュレーション技術開発の具体的な内容を固め、平成 25 年度から実際の開発に入る。この際に対象とする電池系は、今後最も多く使用されると考えられる材料、すなわち、標準構成電池モデル-5 に該当する「正極：ニッケル酸リチウム混合系ー負極：人造球状黒鉛」とする。

研究開発テーマ(3)については、組合員企業が開発した材料の評価を継続する。また、評価シミュレーション技術開発の成果、将来電池構成モデルの検討結果等に基づき、有用な電池部材の提案を行う。

2. 2 住化分析センターの成果

2. 2. 1 事業計画

本事業における共通的な性能特性評価方法の確立にあたり、電極構造の解析を研究開発目標として掲げている（前記した LIBTEC 事業計画（1）－c）に該当）。電極構造を解析し電池性能と対応させるためには電極構造を数値化することが重要となる。

住化分析センターでは、「電極構造を観察スケールに応じた評価手法で数値化し、電池特性との相関を解析する」という中間目標を掲げ、以下に示す研究開発を LIBTEC と連携して進めることとしている。

（1）電極観察画像の数値化

（1）－a）電極内の空隙構造の数値化

（1）－b）導電助剤分散・導電性ネットワークの数値化

（1）－c）バインダの偏在の数値化・活物質への被覆率の数値化

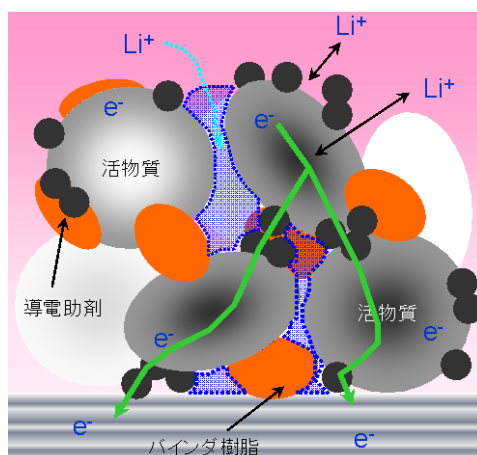
（2）電極画像数値化データと電池特性との相関

2. 2. 2 研究開発項目毎の成果

（1）電極観察画像の数値化

研究者の主観によることなく観察画像を客観的に評価するためには観察画像の数値化が必要である。

リチウムイオン電池電極は、図Ⅲ. 2－9 に示すように数種の方法と空隙から構成されている。各材料は電池として電子伝導性や電極合剤の強度に影響し、空隙構造は Li イオンの伝導性に影響を及ぼす。そこで、リチウムイオン電池電極の mm～nm レベルまでのシームレスな観察を行い、構造的特徴の数値化を試みた。



図Ⅲ. 2－9 電極構造と電子・Li イオン伝導イメージ

（1）－a）電極内の空隙構造の数値化

LIB 電極における空隙構造は、一般に Li イオンの拡散性に影響を及ぼすとされており、大電流で LIB を駆動させるためには電極空隙内でのスムーズな Li イオンの移動が要求される。空隙構造解析に関して様々な手法を検討した結果、精度及び実用性から水銀圧入法及び断面 SEM 法で空隙率や空隙の形状を数値化するのが適切であることが判明した。

(1) - b) 導電助剤分散・導電性ネットワークの数値化

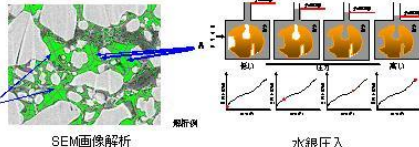
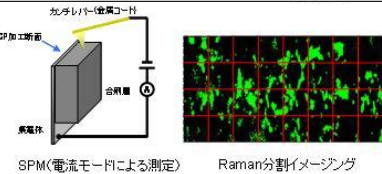
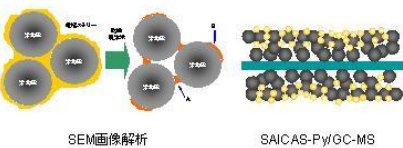
電極中における導電助剤は、偏在や凝集があると容量密度の低下や導電性低下を招く恐れがあるためその分散性の評価は重要である。導電助剤の分散性評価として、ラマン分析によるマッピング像を数値化する手法を確立した。さらに、導電助剤の分散性に影響される有効な活物質割合を求める手法として、SPM（走査型プローブ顕微鏡）法によるマッピング手法も確立した。

(1) - c) バインダの偏在の数値化・活物質への被覆率の数値化

電極中のバインダは乾燥工程の違いで分布状態が異なってくる。合剤層（厚さ約100 μm）中にバインダの偏りがあると電解液浸透性の低下や活物質間の密着強度低下等の懸念が生じる。これまでの検討で合剤層中のバインダ偏在状態解析は熱分解GC-MS法により、また活物質のバインダ被覆率は断面SEMの画像解析より数値化する方法を確立した。

電極構造数値化の成果一覧を表Ⅲ. 2 - 4に示す。

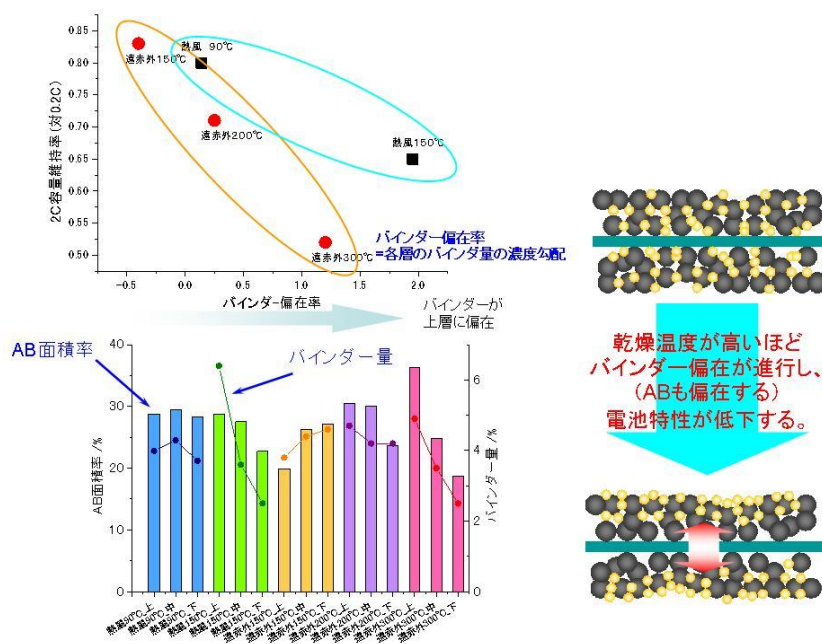
表Ⅲ. 2 - 4 電極構造数値化の成果一覧

評価項目	電極構造への影響	検討手法	開発例(SCAS)	電池特性との相関(LIBTEC)
空隙 (長さ、径、 ボトルネック)	Liイオン拡散 移動	SEM X線CT 水銀圧入		初期容量 負荷特性
導電助剤 (ネットワーク)	容量、電子抵抗 、 接触抵抗	SPM Raman		初期容量 内部抵抗
バインダ樹脂 (偏在、被覆率)	剥離強度 反応抵抗	Py/GC-MS SEM		乾燥速度 剥離強度 負荷特性

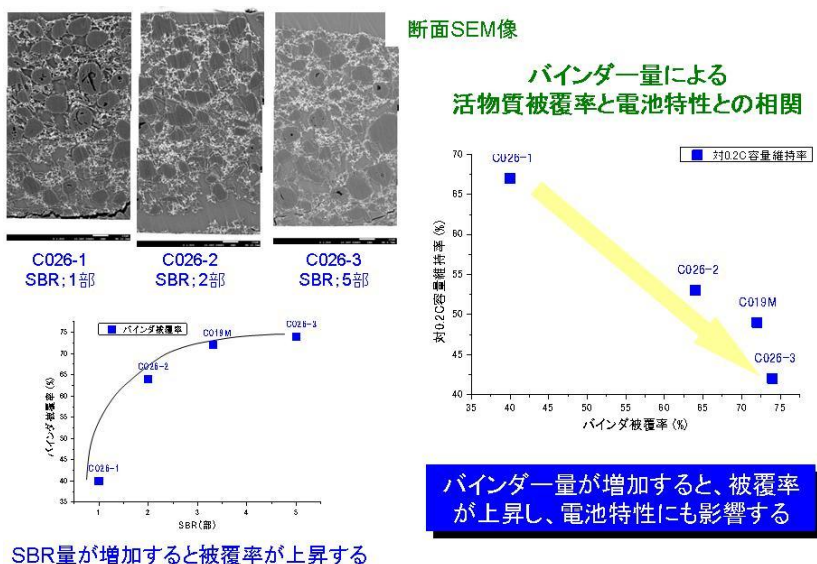
(2) 電極画像数値化データと電池特性との相関

数値化した電極構造と電池特性との相関関係について解析した事例を図Ⅲ. 2-10及び図Ⅲ. 2-11に示す。なお、電池特性はLIBTEC測定データである。

乾燥条件によってバインダ偏在率と電池特性に相関が見られること、バインダ添加量によってバインダ被覆率と電池特性に相関が見られることが明らかとなった。



図Ⅲ. 2-10 正極乾燥条件と電池特性の相関



図Ⅲ. 2-11 負極バインダー量による活物質被覆率と電池特性との相関

2. 2. 3 今後の展開等

今後も LIBTEC からの電極提供を受けることで、様々な組成の電極に対して開発した数値化手法の適用を図り、電池特性との相関解析に対する汎用性を拡大する。

なお、電極組成によっては数値化したにも関わらず相関性が見出されない場合も予想され、その場合、以下が原因として考えられる。

- ① 観察評価のスケールが合っていない
- ② 別のパラメータを考える（活物質の構造変化等）
- ③ 他の電池特性との相関がある

上記の対策として、①に関しては、例えば Li イオン伝導性を評価する場合、活物質表面への接近・サイズを考慮すると、ナノメートルレベルのマイクロ孔に関する解析の必要性が考えられる。そのため、画像の数値化以外にワイドレンジ対応のガス吸着装置の導入と電極測定検討を行う。②に関しては、電極断面作製時の変質・劣化による影響を考慮する必要がある。また、LIB の高性能化を実現するためには、充放電によりどの部分が劣化するかを把握する必要もある。そのため、電極を雰囲気・温度制御された状態で断面作製を可能とする装置を導入し、前処理から一貫した検討を行う。③に関しては、今後も LIBTEC と連携し、相関解析の項目を充実させることで対応を図る。これらの検討継続により、実用化・事業化への見通しを確固たるものにする。

なお、ガリウム圧入による空隙観察に関連し、特許を 1 件出願した。

SEM、EPMA等による断面観察では研磨操作における試料の崩れを防止するために予め空隙を樹脂で包埋するが、黒鉛やバインダの炭素系材料は樹脂とコントラストが付かない。これは特に黒鉛を活物質とする負極の構造観察において克服すべき課題である。この課題を解決するため、炭素とコントラストが付き易いガリウムを電極に圧入し、研磨して観察することにより、空隙と炭素系材料を識別する。本件に付き、名称「観察試料の作製方法、及び観察試料の観察方法」として1件の特許を出願した。

I V. 実用化の見通し

1. 事業全体の実用化の見通しと波及効果について

(1) 成果の実用化可能性

本事業では、次世代蓄電池用の新材料について、蓄電池の構成材料間での適合性及び材料と製造工程間の相互影響の解析を踏まえた、共通的な性能評価方法を確立する。

LIBTEC には、国内主要材料メーカ 20 社（産業技術総合研究所を除く）が組合員として参画しており、確立された性能評価方法は組合員企業により利用され実用化されていることとなっている。

また、前記したように、LIBTEC にて評価された材料を蓄電池メーカに紹介しており、既に一部実用化は始まっていると言える。

しかしながら、事業としての最終目標は、「高性能蓄電池に用いられる新材料評価に関する技術を確立し、標準的手法として産業界、学術関係者等からプロジェクト目的に資するものであることの評価を得る」ことであり、材料開発側のみでの共通評価であってはいけない。したがって、今後は、蓄電池メーカを含む産業界、学術関係者等に標準的手法としての評価を得ていくものとする。

(2) 波及効果

LIBTEC 組合員企業 20 社の蓄電池材料におけるシェアは 70%～80% のポテンシャルを持つと考えられ、組合員企業だけの利用に限られたとしても大きな波及効果が期待できる。本事業の成果を活用することで、各材料メーカと蓄電池メーカとのすり合わせ期間の短縮が図られ、リチウムイオン電池用材料の開発が効率化される。

また、LIBTEC には各組合員企業からの出向研究員が多数在籍しているが、LIBTEC 研究マネージャーは蓄電池メーカ出身の電池を熟知する研究者から構成されている。出向研究員は LIBTEC 研究マネージャーの下で電池評価技術を構築していくことで、蓄電池メーカの視点も吸収しつつ、電池作製から電池評価全般について技術を習得することが可能であり、本事業を通じて蓄電池技術立国日本の将来を担う工学技術者の育成を促進できる。電池評価の経験に乏しい材料メーカにとっては、LIBTEC 出向経験者は非常に貴重な人材になると考えられ、大きな波及効果である。

2. 助成先個別の実用化の見通し

2. 1 LIBTEC の実用化の見通し

LIBTEC の事業は基本的に営利目的ではなく、得られた成果は、LIBTEC に参加した企業に提供する技術プロバイダー事業である。

従来、リチウムイオン電池等の材料評価から、電池特性を推定することは困難であった。

本事業において、LIBTEC はコイン形電池及びラミネート形電池を作製し、電池の標準的試作方法と標準的評価方法の確立、及び電池材料と電池特性について、シミュレーション技術の開発を進める。

これらの成果は、広義の商品といっても過言ではない。この商品は、LIBTEC に参加した企業に提供され、必要に応じてコンサルタント事業も行う。また、新材料の評価結果は、蓄電池メーカで構成される「アドバイザー委員会」を開催し、材料メーカの販売機会を与える予定である。

さらに、上記すべての事業により、各材料メーカと電池メーカとのすり合わせ期間の短縮が図られ、リチウムイオン電池用材料の開発が、より一層効率化されると期待される。

具体的な成果の展開先は以下の通りである。

①LIBTEC 組合員企業

旭化成株式会社、石原産業株式会社、株式会社カネカ、株式会社クラレ、J S R株式会社、J N C株式会社、住友ベークライト株式会社、ダイキン工業株式会社、大日本印刷株式会社、株式会社田中化学研究所、東レ株式会社、戸田工業株式会社、凸版印刷株式会社、日本板硝子株式会社、株式会社日本触媒、日本ゼオン株式会社、富士フイルム株式会社、三井化学株式会社、三菱化学株式会社、日東電工株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所

② 電池メーカー

N E C エナジーデバイス株式会社、新神戸電機株式会社、株式会社 GS ユアサ、ソニー エナジーデバイス株式会社、株式会社東芝研究開発センター、パナソニック株式会社エナジー社、日立マクセル株式会社、日立マクセルエナジー株式会社、古河電池株式会社等

③ 今後は車載用電池メーカーや電池製造を行う自動車メーカーにも何らかの枠組みでアドバイザー委員会への参加依頼を検討している。

2. 2 住化分析センターの実用化の見通し

住化分析センターは、次世代蓄電池材料に関する新規簡易構造解析法を用いた分析サービスを 2015 年以降に商品化する。本サービスの特徴は、電極材料、電極構造及び電池性能の関係を明確に示すことにより従来困難であった電極材料開発から電池製造プロセスに至るまでの総合解析サービスを提供する点にある。