

「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	8
評点結果	14

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成23年4月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	おんだ かずお 恩田 和夫	豊橋技術科学大学 名誉教授
分科会長 代理	わきはら まさたか 脇原 将孝*	東京工業大学 名誉教授
委員	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
	おおた あきら 太田 璋	技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター 専務理事
	さくらい ようじ 櫻井 庸司	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 教授
	てらだ のぶゆき 寺田 信之	財団法人 電力中央研究所 材料科学研究所 上席研究 員
	なおい かつひこ 直井 勝彦	東京農工大学 大学院工学研究院 応用化学部門 教授
	なかたに けんすけ 中谷 謙助	社団法人 電池工業会 専務理事
	よしだ ひろいち 吉田 博一	エリーパワー株式会社 代表取締役社長

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一組織であるが、所属部署が異なるため（実施者：東京工業大学大学院総合理工学研究科物質電子化学専攻）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成22年7月1日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

プロジェクト概要

		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	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認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、基礎技術の確認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> <ol style="list-style-type: none"> 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 解析技術を確認する。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。 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。 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。 		

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
	(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	<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。</p>								
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 92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、コスト低減等のより実用化に近い技術開発への繋がりひいて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	H21年 3月 作成
	変更履歴	年 月 改訂

技術分野全体での位置づけ
(分科会資料5—3より抜粋)

1.1.2 はじめに (政策上の位置づけ) 公開

「Cool Earth—エネルギー技術革新技術計画(2008年3月 経済産業省)」において、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車及び高性能電力貯蔵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。

「重点的に取り組むべきエネルギー革新技術」

○プラグインハイブリッド自動車・電気自動車
プラグインハイブリッド自動車・電気自動車に原子力発電や再生可能エネルギー等の割合の高い電力を使用すれば、二酸化炭素排出の大幅削減が可能となる。

○高性能電力貯蔵
太陽光・風力等の再生可能エネルギーの大規模な系統連系や電気自動車等の普及に必須となる蓄電池、高出力密度を有するキャパシタを活用した電力貯蔵技術等がある。～略～太陽光・風力などの再生可能エネルギーの導入拡大などにより二酸化炭素排出量を削減につながる。電力負荷平準化の効果も期待できる。

総合資源エネルギー調査会 新エネルギー部会 緊急提言(2008年9月25日 経済産業省)
新エネルギー政策の新たな方向性 —新エネルギーモデル国家の構築に向けて—

(3) 次世代自動車の抜本的導入拡大
i) 研究開発
まず、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車の性能向上・価格低減に不可欠なキーテクノロジーである蓄電池のさらなる研究開発が必要である。このため、総合的な研究開発拠点の整備等を含め、重点的な技術開発を強化・拡充する必要がある。蓄電池のみならず、モーターの技術開発を併せて行うことにより、蓄電池とモーターをあわせたシステムとしての高性能化や低価格化を実現するというアプローチも重要である。さらに、これまでの技術の改良を超えた、全く新しい発想や材料による革新的な蓄電技術を模索するための基礎科学的な研究も必要となる。また、近年、燃料電池自動車の技術進歩はめざましいが、引き続き研究開発が重要である。

事業原簿 p.1～4 1 - 4 / 10

1.1.3 はじめに (NEDOが担う蓄電池関連プロジェクトと本事業の位置づけ) 公開

実用化/実証

蓄電複合システム化技術開発
(平成23年度より経済産業省で実施)

応用技術開発

次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発
(Li-EAD)

系統連系円滑化蓄電システム技術開発
(平成22年度で終了)

要素技術開発

自動車用

定置用

基礎・基盤技術開発

次世代蓄電池材料評価技術開発

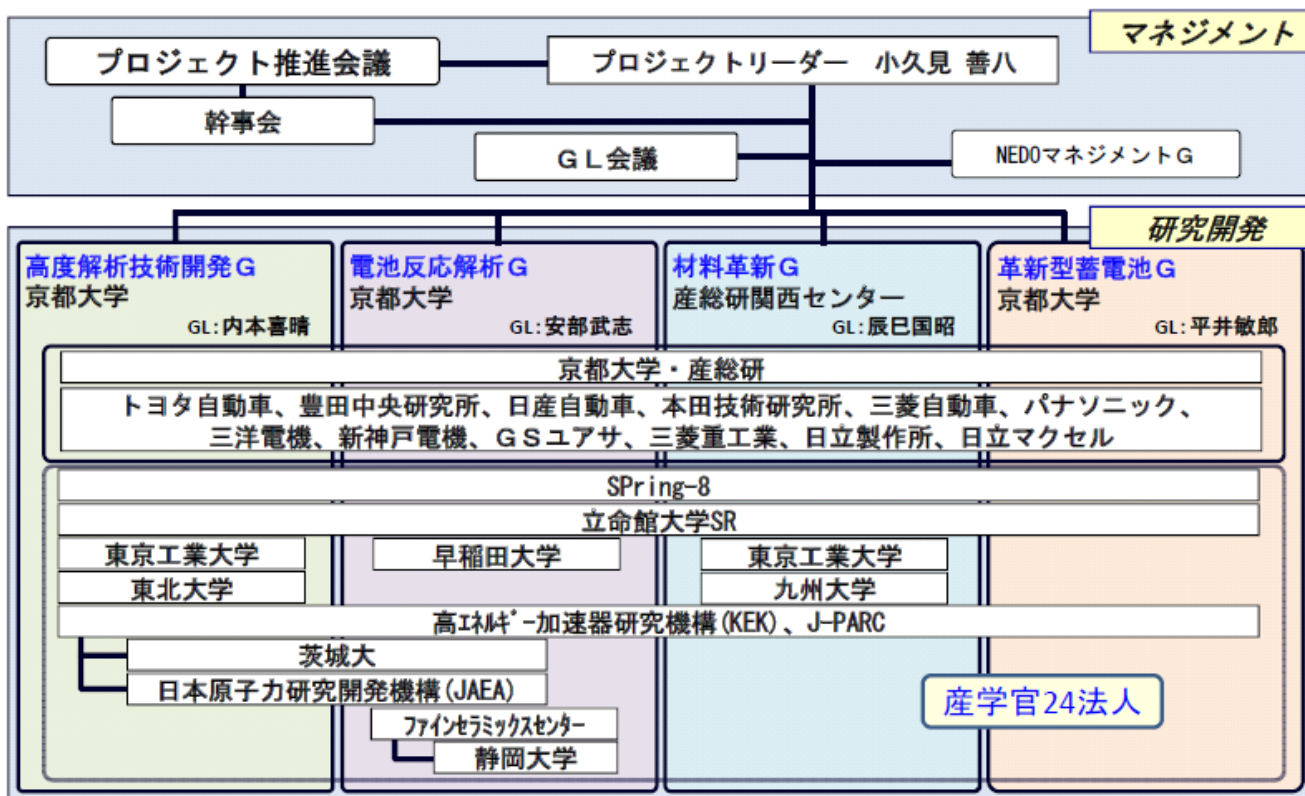
革新蓄電池先端科学基礎研究事業
(RISING)

Li-EAD: Li-ion and Excellent Advanced Batteries Development
RISING: R&D Initiative for Scientific Innovation of New Generation Batteries

事業原簿 p.1～3 1 - 5 / 10

「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」

全体の研究開発実施体制



「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」（中間評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

電気自動車の 500km/充電の航続距離を可能とする高エネルギー密度の革新型蓄電池を目指し、これまでの多くの蓄電池の研究開発成果を基に更に実用化への決定打を打つため、基礎に立ち返り、最新の計測技術を含めて電池反応を捕捉し、最新の計算科学で反応を定量化し、電池の律速因子を抽出し、リチウムイオン蓄電池の限界を探ると共に、これを超える蓄電池を探索することは野心的なプロジェクトとして評価したい。放射光や中性子線の専用ビームラインは既設ラインなどでの計測を基に予定通り準備が進められているので、稼働後の本格的な高度解析が待たれる。過去の電池開発は、試行錯誤を中心とした経験的な手法が中心であり、先端の解析ツールを活用して反応原理解明から取り組む研究手法は、加速的な開発手法として高く評価できる。

しかし、実用化の見通しについては、4つのグループ（高度解析、電池反応、材料革新、革新電池）の成果をどう集約して、2030年に500Wh/kgの蓄電池開発を見通すことができる300Wh/kg蓄電池の検証に結びつけていくのか、その筋道があまり見えない。また、500Wh/kg蓄電池に対しての各グループの役割分担が明確になっていない。さらに、各グループで得られる基礎データのノウハウ・特許に関する管理体制がまだ明確でない。知財管理体制作りをできるだけ速やかに設立されることが望まれる。

実用化には安全性も大きなファクターである。安全性に関する因子の抽出、解析、向上も併行実施する必要がある。

2) 今後に対する提言

短期的には、現状の市場状況は放置できず、成果の前倒しを含め、成果を企業に早期に移行する仕組み等を検討することが必要であろう。また、革新型電池の諸特性は正負極活物質・電解質で決まる。新材料の探索・研究などサテライトを増加するなど、この分野の増強が必要と考える。長期的には、革新型電池へのグローバルな英知を集約する核がこのプロジェクトを通じて創成されることを望む。

電池メーカー、自動車メーカーではリチウムイオン電池の安全性に大きな注意を払っており、その現象把握に対する基礎的な知見は不足しているので、in

situ（その場）で解析できる方法論の開発も視野に入れて欲しい。またリチウムイオン電池の安全性に直接関連する新たな電解質グループを追加することもお勧めしたい。

放射光や中性子線などの最先端計測解析装置は蓄電池の研究開発に有益な基盤を提供するので、日本の電池産業や自動車産業の基盤的研究を支えるべく、本プロジェクトが終わってから広く一般に利用できるようにして欲しい。プロジェクト期間中であってもマシンタイムに余裕があれば、関連する他事業でも設備を有効利用できるように検討して欲しい。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

これまでの多くの蓄電池の研究開発成果を基に更に実用化への決定打を打つため、基礎に立ち返り、最新の計測技術を利用して電池反応を捕捉し、最新の計算科学で反応を定量化し、電池の律速因子を抽出し、リチウムイオン蓄電池の限界を探ると共に、これを超える革新的電池を探索することは野心的なプロジェクトとして評価したい。本プロジェクトでは国力を象徴するような SPring-8（大型放射光施設）や J-PARC（大強度陽子加速器施設）などのビームを利用し専門家の英知を発揮した in-situ 反応解析、構造解析などが組み込まれており、決して一つの企業で実施できる内容ではなく、そこから得られる情報は国内外を通じて広く世の中に貢献すると期待される。また、本プロジェクトから得られる成果が電池分野の研究レベルアップにもつながることから、NEDO の事業として妥当である。本プロジェクトは電気自動車の普及の障害となっている航続距離の短さを解決し、500km/充電の航続距離を可能にする高エネルギー密度の蓄電池を目指しており、まさに NEDO で行うべき研究開発プロジェクトである。

リチウムイオン蓄電池に関する NEDO プロジェクトは直並列的に複数進められてきたが、国民の目からすると相互の関係がやや分かり難く、何時見ても分かり易い関連プロジェクトの位置づけが大切である。

2) 研究開発マネジメントについて

本プロジェクトの目的は、電池反応メカニズムの解明に基づくリチウムイオン電池の格段の性能向上と、現行リチウムイオン電池からは見通すことのできない極めて高いエネルギー密度のポストリチウムイオン電池の創製にあり、極めて挑戦的な性能目標が設定されている。また、従来 of 電池開発は試行錯誤の繰り返しであったが、先端の解析技術を主体とした基礎研究の進め方は、試行錯誤の無駄を省く手法として高く評価できる。

本プロジェクトの成果として特許出願が出始めているが、特許権・利用・ライセンス等に関わる取り決めの整備が遅れているようである。本プロジェクトでは、大学等研究機関に加えて電池メーカー・自動車メーカー等多くの企業が参画しており、プロジェクト終了後も見通して問題が生じないように、知財の取扱い方法を早期に固める必要がある。

高エネルギー密度の蓄電池開発が最終目的であるが、米中では低コスト化技術開発が優先されているように見受けられる。米中の開発状況もウォッチし、比較することにより目標を再確認していくことも必要と考える。

3) 研究開発成果について

グループ間では進捗の程度に差が見られるものの、7年計画の初期2年の計画はほぼ計画通り進展していると判断される。特に高度解析技術開発グループにおいては、平成23年度中間目標も半ば達成済みなど大きな進展が見られ、開発した世界最先端の解析手法の他グループ展開により、全体としての研究開発の質が高まると期待される。

しかし、材料革新と革新電池の両グループの **500Wh/kg** という目標に関しては、現状での課題とその解決の道筋が描かれているとは言い難い。また、材料革新や革新電池に繋げるためには、電池特性との関係が判断できる多くの解析データを揃えることが必要となり、その観点ではデータ数がまだまだ少ないと考えられる。さらに、特許取得が少ないので、開発した技術の積極的な権利化を進めてほしい。材料革新と革新電池の2グループだけでなく、高度解析と電池反応の2グループでも解析手法の権利化も可能であろう。査読付き論文の発表数や特許申請件数などは費用対効果で見ると十分とはいえない。

先進国以外では保有が難しい高度解析の機器、機材とそれを活用できる基礎科学力を持つ我が国の特性を生かすことが肝要である。

4) 実用化の見通しについて

実用化実績豊富な電池メーカー・自動車メーカーがメンバーとして参画しており、本プロジェクトの成果を受取り将来的に実用化に結びつけることが可能と考えられる。

しかし、4つのグループの成果をどう集約し、**500Wh/kg** に結びつけていくのか、その筋道があまり見えない。実用化イメージ・出口イメージが4つのグループと参画企業の間でどこまで共有されているのか明確にしてほしい。また、実用化には安全性も大きなファクターである。安全性に関する因子の抽出、解析、向上も併行実施する必要がある。

高い技術レベルが求められる研究開発であり、得られた成果は全てが新しい

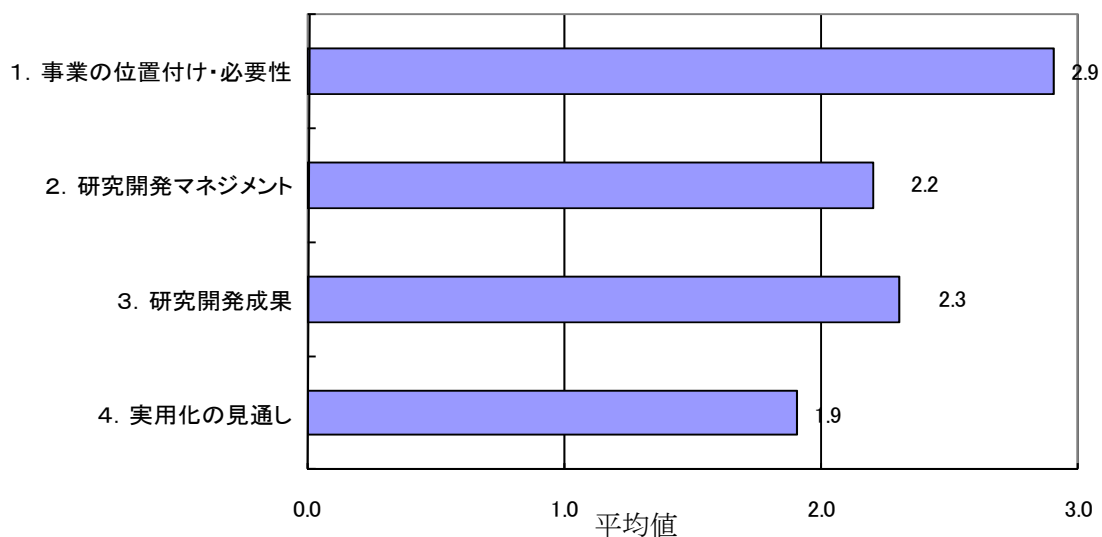
知見に富む。蓄電池分野での人材育成、技術成果を含め、その技術的波及効果は大きいであろう。

個別テーマに関する評価

	成果に関する評価、実用化の見通しに関する評価、今後に対する提言
高度解析技術の開発(高度解析技術開発 G)	<p>放射光や中性子線や核スピンによる計測解析手法を駆使し、固体/電解質界面や活物質粒子内や合剤電極中と言った微視領域から巨視領域までの空間的挙動を充放電中の時間変化も含めて見える化する高度解析技術開発は、既設ビームラインなども含め各種解析手法の性能を確認し、専用ビームラインの準備に反映させつつ、これまでできなかった現象を捉えつつあり、一部は計算科学によって定量化することもできており、全体計画中の始め2年の着実な成果として評価できる。</p> <p>今後、反応解析グループ、材料革新グループ、革新電池グループとの更なる相互交流によるスパイラル状の進展を期待したい。また、3nm を上回る深さ方向の XAFS (X 線吸収微細構造) 測定が可能になることは、従来不明であった充放電に伴う電極・電解質界面の反応機構が明らかになることも期待される。本グループに属さない大学の注目される研究者を積極的に本グループに加えて更に内容の濃い成果を生み出すことも検討して欲しい。さらに、その場観察用電池は、実電池と大きく乖離する場合が多いので、できる限り実電池の劣化等と相関が取れるモデルセルを検討して欲しい。</p>
電池反応メカニズムの解明(電池反応解析 G)	<p>正極への酸化物表面修飾による耐久性の向上と界面反応のメカニズムの解析等が進められており、これらの成果は電池の長寿命化への指針を与えることが期待される。交流インピーダンス測定による抵抗成分の分離から劣化要因の究明が行われ、in-situ ラマン解析による添加剤の反応速度に及ぼす効果や in-situ 電子線ホログラフィーから電極内でのリチウムイオン分布の可視化など新たな試みもあり今後の成果の発展が期待される。これらの成果は実用化のための基礎的成果として十分期待できる。</p> <p>今後、電極劣化機構などを更に明らかにし、材料革新グループや革新電池グループとの連携を強化し、本質的な解決法を提示して貰えることを期待したい。非破壊で劣化評価できる技術は、特に EV (電気自動車) 用途等で切望されており、交流インピーダンス測定法から新しい知見が得られることを期待している。</p>

革新型蓄電池の 基礎研究(材料革新 G)	<p>本グループではまさにプロジェクト終了時のエネルギー密度目標 300 Wh/kg へ向けて、高容量・高電位正極、高容量負極等の開発が積極的に進められている。またメカノケミカル手法による電極被覆による劣化機構の解明も進められている。これらの中で特に注目されるのは高圧下で合成されるリチウム過剰層状岩塩型酸化物正極である。平均放電電圧が 3.7V 程度、エネルギー容量が 200 mAh/g の値が得られており、今後の構造解析を含めての展開に期待したい。</p> <p>本グループの研究開発目標の一つとして安全性向上が掲げられているが、具体的研究項目として、電池安全性を大きく左右する電解質自体の研究が欠けている。次世代電解質に関するテーマも加えることが望ましい。電極/電解質界面でのメカノケミカルアプローチはややもすれば条件次第で結果が大きく異なることになるケースが多い。本グループにはできるだけ普遍性のある研究手法の確立や研究成果が期待されていると考える。</p> <p>現時点では企業の参画が少なく、将来の実用化を促進する意味でも、材料メーカーも含めた参画企業の追加を検討して欲しい。</p>
革新型蓄電池の 基礎研究(革新電池 G)	<p>将来への電池の高エネルギー密度化をターゲットにして、このグループが立ち上げられたと推察する。2030 年に 500 Wh/kg を目指すためには当面のリチウムイオン電池では達することはできない。その手始めとして従来から亜鉛空気電池に含まれる問題点が再考されたことは一つのアプローチとして評価できる。</p> <p>しかし、今後の研究へ向けてターゲットが絞り切れていない。ポストリチウム電池があと 5 年で明確に提案できるとは考えにくく、あれもこれも手がけているうちに終了時期に来てしまうことが危惧される。空気電池の実現には、溶媒等の選択だけでは負極効率の多少の向上は見られても、抜本的解決にならないであろう。溶媒の炭酸化の問題も重要なポイントである。負極、電解液、正極すべての反応を考慮したトータルシステムとして従来にない新しい概念を提案して欲しい。企業が参加し、実効的、具体的なプランを立て直すべきである。</p>

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)									
		A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.2	A	B	A	B	B	B	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.3	B	A	A	B	B	A	B	B	B	B
4. 実用化の見通しについて	1.9	B	B	C	B	C	B	B	A	B	B

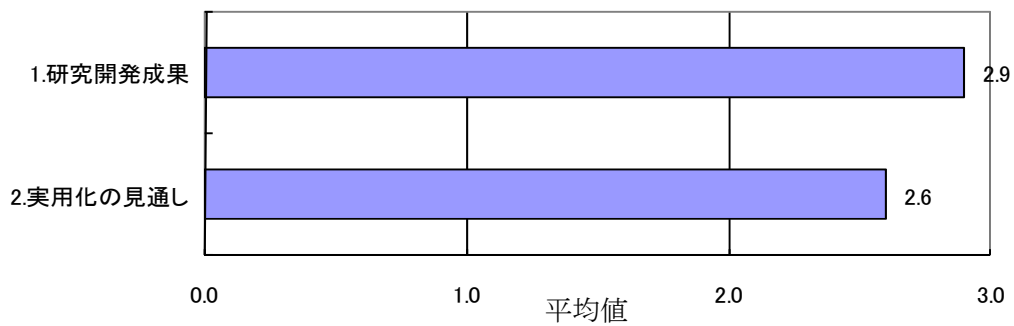
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

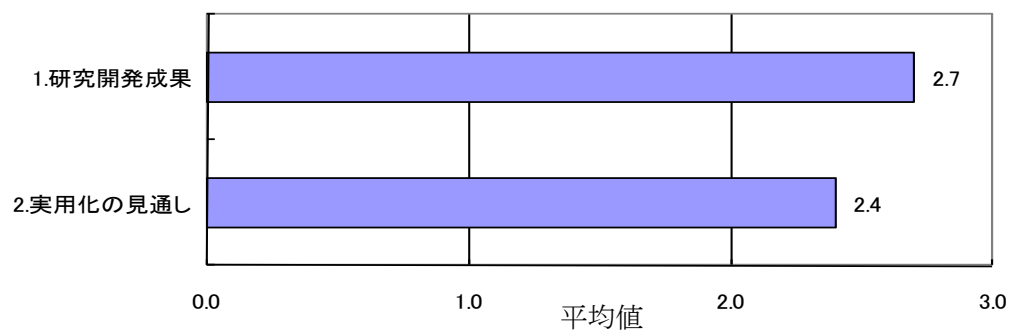
- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 実用化の見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当であるが、課題あり →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

評点結果〔個別テーマ〕

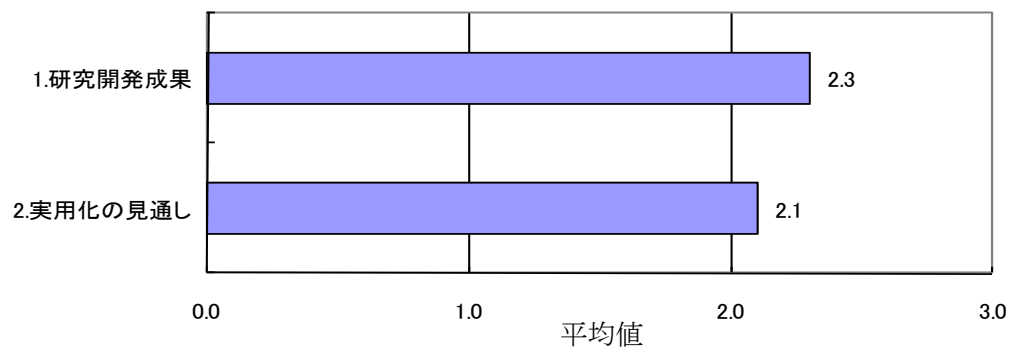
高度解析技術の開発（高度解析技術開発 G）



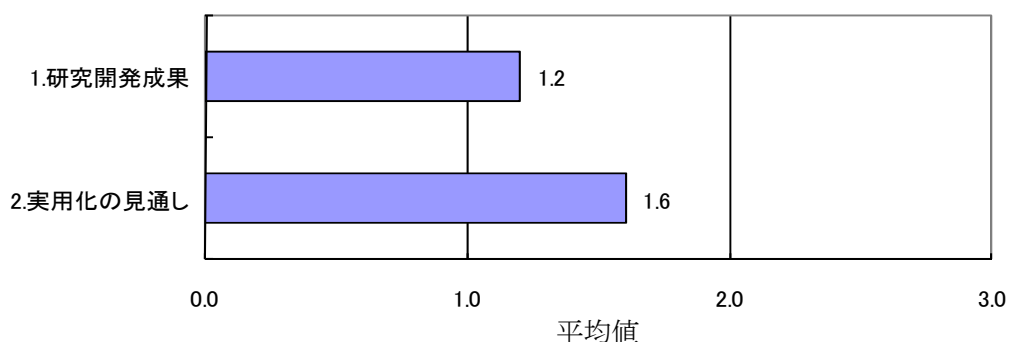
電池反応メカニズムの解明（電池反応解析 G）



革新型蓄電池の基礎研究（材料革新 G）



革新型蓄電池の基礎研究（革新電池 G）



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点（注）									
高度解析技術の開発（高度解析技術開発 G）											
1. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
2. 実用化の見通しについて	2.6	A	A	A	B	B	B	B	A	A	
電池反応メカニズムの解明（電池反応解析 G）											
1. 研究開発成果について	2.7	A	A	A	A	B	A	B	B	A	
2. 実用化の見通しについて	2.4	B	A	A	B	B	B	B	A	A	
革新型蓄電池の基礎研究（材料革新 G）											
1. 研究開発成果について	2.3	B	A	A	B	B	A	B	B	B	
2. 実用化の見通しについて	2.1	B	B	B	A	B	B	B	B	B	
革新型蓄電池の基礎研究（革新電池 G）											
1. 研究開発成果について	1.2	C	B	C	C	C	B	C	C	C	
2. 実用化の見通しについて	1.6	B	B	C	B	C	B	C	B	C	

（注） A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・ 非常によい →A
- ・ よい →B
- ・ 概ね適切 →C
- ・ 適切とはいえない →D

2. 実用化の見通しについて

- ・ 明確 →A
- ・ 妥当 →B
- ・ 概ね妥当であるが、課題あり →C
- ・ 見通しが不明 →D