

# 「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」

## 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） .....	9
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  
「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成21年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	わきはら まきたか 脇原 将孝	東京工業大学 名誉教授
分科会長 代理	きとう みねお 佐藤 峰夫	新潟大学 自然科学系 教授
委員	かりあつまり こうじ 狩集 浩志	日経BP社 日経エレクトロニクス 編集 記者
	とよだ まさひろ 豊田 昌宏	大分大学 工学部 応用化学科 教授
	にしな たつお 仁科 辰夫	山形大学 大学院理工学研究科 有機デバイス工学専攻 教授
	みき いちろう 三木 一郎	明治大学 理工学部 電気電子生命学科 教授・理工学部長
	もんま としゆき 門間 聰之*	早稲田大学 高等研究所 准教授

敬称略、五十音順

事務局：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価部

注\*：実施者の一部と同一大学の所属であるが、部署が異なるため（実施者：早稲田大学（環境総合研究センター、環境・エネルギー研究科）、「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成21年7月15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

2009年8月19日

プログラム(又は施策)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	次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発	プロジェクト番号	P07001
担当推進部/担当者	燃料電池・水素技術開発部 / 小林弘典 (2008年1月1日～2009年8月19日現在) 燃料電池・水素技術開発部 / 岡田達典 (2007年7月2日～2009年3月31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や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。そのため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燃料電池自動車、電気自動車、プラグインハイブリッド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>本事業は、それらの早期実用化に資するために、高性能かつ低コストな蓄電池およびその周辺機器の開発を行う。具体的には、高性能リチウムイオン電池とその構成材料並びに周辺機器(電池制御装置等)の開発、新規の概念に基づく革新的な電池の構成とそのため材料の開発、および電池反応制御技術の開発等を実施するとともに、劣化要因の解明や安全性基準および電池試験法基準の策定等に取り組むものである。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>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むことを目的に、経済産業省がまとめた「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として位置付けられる。</p> <p>現在、市場が立ち上がりようとしている自動車用蓄電池の開発は、電動車両(プラグインハイブリッド自動車、電気自動車等)の動力源として必要不可欠であり、蓄電池技術が今後の自動車産業の生命線となると考えられている。そのため、蓄電池技術開発について欧米で国家主導での激しい開発競争が繰り広げられている。また、電動車両の普及は、エネルギー多様化、CO<sub>2</sub>削減等の経済的、社会的な影響が大きい。そのため、NEDOが中・長期的観点から技術開発をサポートする必要がある。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>高性能な蓄電システムの要素技術開発、現状のリチウムイオン電池等の技術レベルをブレークスルーするための新材料等の次世代技術開発、耐久性評価・安全性試験方法の確立等の基盤技術開発を実施することにより、2015年において現状の蓄電池性能(注)の概ね1.5倍以上、コスト1/7を可能とする次世代クリーンエネルギー自動車の実用化を促進する。及び2030年を目処に、現状の蓄電池性能の概ね7倍を見通す革新的蓄電池技術への基礎確立を目標とする。</p> <p>研究開発項目毎の最終目標は以下の通りである。</p> <p><b>①要素技術開発目標</b></p> <p>a) 電池開発</p> <p>0. 3kWh級モジュールを作製し、以下の目標(性能目標は3kWh級パック電池の換算値)を満足すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重量エネルギー密度: 100 Wh/kg</li> <li>・重量出力密度: 2000 W/kg</li> <li>・体積エネルギー密度: 120 Wh/L</li> <li>・体積出力密度: 2400 W/L</li> <li>・寿命: 10年以上</li> <li>・充放電効率: 95%以上</li> <li>・コスト: 4万円/kWhの見通しを示すこと。(100万パック/年生産時)</li> <li>・安全性: 車載時の濫用に耐えること。</li> </ul> <p>b) 電池構成材料の開発</p> <p>小型単電池を作製し、以下の目標(性能目標は3kWh級パック電池の換算値)を満足すること。但し、エネルギー密度と出力密度は、少なくともどちらか一方を満足し、他方については見通しを示すこと。</p>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重量エネルギー密度：200 Wh/kg以上</li> <li>・重量出力密度：2500 W/kg以上</li> <li>・コスト：3 万円/kWh以下の見通しを示すこと。（100 万パック/年生産時）</li> <li>・安全性：車載時の濫用に耐えること</li> </ul> <p>c) 周辺機器開発</p> <p>格段の高性能化（高効率化・軽量化・コンパクト化）に資する電池制御やモータ等の周辺機器の技術開発を行う。特に、省・脱レアアースを実現する車両駆動用モータ技術に重点を置く事とし、下記の性能を見通すことができる車両駆動用モータを開発する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・総合効率：従来技術と同等程度</li> <li>・出力密度：従来技術と同等程度</li> <li>・レアアース使用量：零</li> </ul> <p>又は、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・総合効率：従来技術以上</li> <li>・出力密度：従来技術の150 %程度</li> <li>・レアアース使用量：従来技術より50 %程度以下</li> </ul> <p>②次世代技術開発目標</p> <p>2030年頃において、パック電池レベルで重量エネルギー密度700 Wh/kg以上という革新的な性能を実現することを目指し、本事業の終了時点で、重量エネルギー密度500 Wh/kgを見通せる電池構成材料及び電池反応制御技術の開発。</p> <p>③基盤技術開発目標</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・加速寿命診断法の確立。</li> <li>・高SOC保存時、高温保存時、高出力時、長期サイクル時等の劣化要因の解明とその抑制手法の提案。</li> <li>・車載用電池安全性試験法の策定。</li> <li>・電池性能を向上させる因子の解明。</li> </ul>																																										
事業の計画内容	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">主な実施事項</th> <th style="width: 10%;">H19fy</th> <th style="width: 10%;">H20fy</th> <th style="width: 10%;">H21fy</th> <th style="width: 10%;">H22fy</th> <th style="width: 10%;">H23fy</th> <th style="width: 10%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>要素技術開発 (電池開発)</td> <td style="text-align: center;">←</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> <tr> <td>要素技術開発 (電池構成材料開発)</td> <td style="text-align: center;">←</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> <tr> <td>要素技術開発 (周辺機器開発)</td> <td style="text-align: center;">←</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> <tr> <td>次世代技術開発</td> <td style="text-align: center;">←</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> <tr> <td>基盤技術開発</td> <td style="text-align: center;">←</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> </tbody> </table>	主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy		要素技術開発 (電池開発)	←					→	要素技術開発 (電池構成材料開発)	←					→	要素技術開発 (周辺機器開発)	←					→	次世代技術開発	←					→	基盤技術開発	←					→
主な実施事項	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy																																						
要素技術開発 (電池開発)	←					→																																					
要素技術開発 (電池構成材料開発)	←					→																																					
要素技術開発 (周辺機器開発)	←					→																																					
次世代技術開発	←					→																																					
基盤技術開発	←					→																																					
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円) (委託)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">会計・勘定</th> <th style="width: 10%;">H19fy</th> <th style="width: 10%;">H20fy</th> <th style="width: 10%;">H21fy</th> <th style="width: 10%;">H22fy</th> <th style="width: 10%;">H23fy</th> <th style="width: 10%;">総額</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>特別会計 (需給)</td> <td style="text-align: right;">1700.0</td> <td style="text-align: right;">2743.1</td> <td style="text-align: right;">2485.1</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: right;">6928.2</td> </tr> <tr> <td>加速予算 (成果普及費を含む)</td> <td style="text-align: right;">104.6</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: right;">104.6</td> </tr> <tr> <td>総予算額</td> <td style="text-align: right;">1804.6</td> <td style="text-align: right;">2743.1</td> <td style="text-align: right;">2485.1</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: right;">7032.8</td> </tr> </tbody> </table>	会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	総額	特別会計 (需給)	1700.0	2743.1	2485.1	-	-	6928.2	加速予算 (成果普及費を含む)	104.6	0	0	-	-	104.6	総予算額	1804.6	2743.1	2485.1	-	-	7032.8														
会計・勘定	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	総額																																					
特別会計 (需給)	1700.0	2743.1	2485.1	-	-	6928.2																																					
加速予算 (成果普及費を含む)	104.6	0	0	-	-	104.6																																					
総予算額	1804.6	2743.1	2485.1	-	-	7032.8																																					
開発体制	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">経産省担当原課</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>プロジェクトリーダー</td> <td>なし</td> </tr> </table>	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	なし																																						
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	なし																																										

	<p>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）</p>	<p>パナソニック(株)、(株)ジーエス・ユアサコーポレーション、日立ピークルエナジー(株)、(株)日立製作所、(学)東京理科大学、(国)北海道大学、(公)大阪府立大学、ダイキン工業(株)、(国)名古屋工業大学、(学)東海大学、(国)徳島大学、三菱電機(株)、FDK(株)、戸田工業(株)、(国)九州大学、三菱重工業(株)、九州電力(株)、日産自動車(株)、(学)神奈川大学、(独)産業技術総合研究所、(株)田中化学研究所、(国)長崎大学、三菱化学(株)、日本合成化学工業(株)、第一工業製薬(株)、(学)関西大学、(国)山口大学、(財)電力中央研究所、(財)日本自動車研究所、(学)早稲田大学 環境総合研究センター、(学)早稲田大学 環境・エネルギー研究科、(国)東北大学 多元物質科学研究所、(学)いわき明星大学、(国)東京大学大学院 工学系研究科 化学システム専攻、日本触媒(株)、古河電気工業(株)、古河電池(株)、(国)群馬大学、(国)神戸大学、(国)岩手大学、(財)ファインセラミックスセンター、(国)静岡大学、(国)京都大学、トヨタ自動車(株)、(学)慶応義塾大学、(国)横浜国立大学、(公)首都大学東京、(国)鳥取大学、(国)三重大学、(国)東京工業大学、埼玉県産業技術総合センター、(国)長岡技術科学大学、(独)宇宙航空研究開発機構、エレクセル(株)、(独)物質・材料研究機構、(国)名古屋大学、(国)北海道大学、(公)大阪府立大学、出光興産(株)</p>
<p>情勢変化への対応</p>	<p>国際標準化の際に、自動車メーカー及び電池メーカーの国際的な競争力の確保及び研究開発を効率化するために日本の実情に併せて国際規格を作成することは極めて重要である。例えば、電池の安全規格が必要以上に厳しくなる規格では、日本の電池メーカーの市場拡大の阻害要因になる可能性が高いと考えられるからである。本事業では、日本自動車研究所を中心に基盤技術開発で自動車用リチウムイオン二次電池の国際標準化・規格化に対応している。標準化のスケジュールとしては、基盤技術開発で各種実験データを蓄積後に、データに裏付けされた国際標準化案を国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）に日本案を提案することで主導権をとって標準化活動を進めることを当初目指していた。一方、ドイツからISOに電池の標準試験方法等の提案が先になされたことから、標準化のスケジュールを大幅に見直す必要が生じた。そこで、国際標準化活動を前倒して実施するために必要な予算を配分した。その結果、IECでは日本がコンビナーをとることで、自動車用リチウムイオン二次電池のモジュール並びに単電池の標準化活動について主導権を持ちながら実施しているところである。</p> <p>また、優れた成果およびその見通しが得られたものについては、委託費の増額などにより研究開発の加速を図っている。具体的な例として、三菱重工業／九州大学／九州電力のポスト鉄オリビン系高性能正極材料の探索において、合成装置・電極塗工装置の導入により研究開発が加速すると判断し、委託費の増額を行なった。</p>	
<p>中間評価結果への対応</p>	<p>（中間評価を実施した事業のみ）</p>	
<p>評価に関する事項</p>	<p>事前評価</p>	<p>19年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部</p>
	<p>中間評価</p>	<p>21年度 中間評価実施</p>
	<p>事後評価</p>	<p>（23年度 事後評価実施予定）</p>
<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>①要素技術開発</p> <p>a) 電池開発</p> <p>ポリアニオン系、NiMn系、NiCo系正極材料の開発と黒鉛系負極材料の改良を行うとともに、10Ah級単電池を試作・評価し、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとにNEDOと協議して設定した性能目標（中間目標）を達成した。さらに、劣化解析による要因の明確化と開発の方向性の検証を行い、入出力特性の改良など温度特性や安全性を含めた評価解析を実施した。</p> <p>b) 電池構成材料開発および電池反応技術の開発</p> <p>リチウムイオン二次電池の電極材料としては、新規の酸化物型正極材料、新規のポリアニオン系正極材料の開発と合成方法の検討、コンビナトリアル法による新規電極材料等の探索、カーボンナノ構造正極の開発等を、電解質については、ポレート系やFSA(FSI)アニオン系のイオン液体電解質、ヘテロ元素含有電解質、不燃性ポリマーゲル電解質の探索、合成と創製等を実施することで、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとにNEDOと協議して設定した中間目標を達成もしくは達成見通しを得た。また、新規材料開発の目標達成に資する反応制御技術開発の一環として、正極材料内でのリチウムイオンの出入りの様子をナノスケールで可視化する電子顕微鏡観察技術等の解析技術開発を実施した。</p>	

	<p>c) 周辺機器開発 モータ開発では磁場解析等による磁性材料および誘導コイルなどの形状および構造の最適化と新規同期モータ、誘導モータの設計により、軽量化と高性能化等の開発を実施することで、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとに NEDO と協議して設定した性能目標（中間目標）を達成もしくは達成見込みを得た。また、制御技術開発では必要となる低損失インダクタの開発、コンバータを用いた SOC 均等化回路の開発等を実施するとともに、高効率を実現するため、高周波化に取り組むことで中間目標を達成もしくは達成見込みを得た。</p> <p><b>②次世代技術開発</b> 金属-空気電池、リチウム硫黄電池、多価カチオン電池、新形態リチウムイオン二次電池などに代表される次世代の革新的な二次電池について、革新的蓄電池の可能性のある電極材料、電解質等の新材料探索、反応メカニズムの解析、 dendroid 等の発生及び抑制の検討、界面評価技術の開発等を実施し、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとに NEDO と協議して設定した開発目標（中間目標）を達成もしくは達成見込みを得た。</p> <p><b>③基盤技術開発</b> リチウムイオン電池の加速寿命試験方法に資する運転パターンの検討、電池開発を行っている 3 委託先から提供を受けた最新電池の劣化要因の解明と抑制方法の検討、電池評価試験方法、電池安全性試験方法の開発、車載用リチウムイオン電池の国際標準化のための ISO/IEC 等への提案、リチウムイオン電池の輸送に関する国際規制の緩和、電池充電標準化に関する検討を実施し、最終目標を見通すマイルストーンとして委託先ごとに NEDO と協議して設定した開発目標（中間目標）を達成もしくは達成見込みを得た。</p> <table border="1" data-bbox="371 996 1455 1144"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>「査読付き」46件、「その他」18件</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願済」75件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願8件）</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 （プレス発表等）</td> <td>プレス発表3件、講演発表383件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」46件、「その他」18件	特許	「出願済」75件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願8件）	その他の外部発表 （プレス発表等）	プレス発表3件、講演発表383件
投稿論文	「査読付き」46件、「その他」18件						
特許	「出願済」75件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願8件）						
その他の外部発表 （プレス発表等）	プレス発表3件、講演発表383件						
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<p><b>①要素技術開発</b></p> <p>a) 電池開発 【開発したモジュール電池を製品化して実車に搭載することが実用化、事業化イメージとなる】 (1) 成果の実用化可能性 本プロジェクトで得られた成果を元に委託先内での開発化・製品化の段階を経ることで、プラグインハイブリッド自動車用高性能リチウムイオン二次電池の実用化が見通せる。各委託先は、現在、ハイブリッド自動車または電気自動車用のリチウムイオン二次電池の技術開発を自動車メーカーと連携して実施していることから、事業化の見通しも期待できる。 (2) 事業化までのシナリオ 自動車メーカーと共に開発車種の設計仕様に適合した実用的な条件での評価試験を積み重ねることで、耐久性並びに安全性の確保を行いつつ、電池構成材料や製造プロセスの検討を通じてコストダウンを実現することが事業化への課題となる。</p> <p>b) 電池構成材料開発および電池反応制御技術の開発 【開発した電池材料をラミネートセルレベルの電池に適用することが実用化イメージとなる】 (1) 成果の実用化可能性 正極材料、負極材料に関しては、性能の目標値を達成するための基本的な検討項目に加えて、安全性の確保が重要となる。また、電池設計上の問題点を検証し、電池動作のために必要な課題抽出を行い、実用化に向けての電極素材の包括的な改善要素の検討をすることが必要である。 電解液に関しては、生成技術の確立、安全性因子の解析、セル大型化に伴い発生する課題の抽出、また開発した電解液に最適な電極やセパレータの選定などを着実に進めていくことが必要である。 委託先材料メーカーの一部に関しては、民生用リチウムイオン二次電池での販売実績があることから、事業化の見通しも期待できる。また、研究所並びに大学での成果については、企業との共同研究等を実施することで実用化への道筋がつくことが期待できる。</p> <p>c) 周辺機器 【開発した周辺機器を製品化して実車に搭載することが実用化イメージとなる】 (1) 成果の実用化可能性 モータに関しては、自動車メーカーや電機メーカーと共に実機スケールの試作試験を行い、製造技</p>						

術やコストも含めた更なる研究開発が必要であるが、本研究開発によって実用化、製品化に向けたシナリオが明確になると思われる。

委託先メーカーの一部に関しては、小型モータの販売実績があることから、ハイブリッド自動車または電気自動車用への事業化の見通しも期待できる。また、大学での成果については、企業との共同研究等を実施することで実用化への道筋がつくことが期待できる。

②次世代技術開発

【開発した電池材料をコインセルレベルの電池に適用することが実用化イメージとなる】

(1) 成果の実用化可能性

i) 金属-空気電池系

Li-空気系電池(有機電解液)においては、ある程度最適な空気極触媒の開発に成功しているため、今後、高表面積な触媒系の合成と応用、デンドライドの影響の除去、合金系負極の応用による安全性の確保により、コインセルレベルでの電池への展開が可能である。また、大容量の達成には失活しない空気極触媒の開発が必要である。Li-空気電池(水溶液)ではラミネート封入式の薄型セルを試作および試験を行っており、実用セルとしての一つの具体化がなされた。

Zn-空気電池に関しては、燃料電池スタックセルの技術が参考になると考えられる。

ii) リチウム硫黄電池系

硫黄系固体電池は、メソ孔内で硫黄と固体電解質を複合化することで、溶液系リチウム電池の高出力特性を凌駕する高速全固体リチウム電池となり得る。この構造内に負極を合わせて集積させることにより、空間を最大限に利用した全固体電池への展開が可能である。一方、レーザーアブレーションによる硫黄系材料と電子導電材を均一に分散させる方法が提案されているが、薄膜電池では活物質担持量を実電池レベルとするためには数十ミクロンの膜厚とする必要があるため、厚膜化の可能性・限界を探る必要がある。

iii) 多価カチオン電池系

多価カチオン電池系におけるMgイオン電池は、短絡してもMgO被膜ができやすいために安全性が高く、戦略物質を使用しないことから実用性に向いている。しかしながら、電解液、セパレータ、サイクル性能が高い負極等の開発など解決すべき課題が山積している。

iv) 新形態リチウムイオン二次電池系

酸化物系負極、カーボンナノチューブ系負極、リチウム金属負極、C/Si負極、ガスデポジション負極、カーボンナノ正極、ホウ素化合物系電解液、イオン液体に関しては、いずれも開発した電極材料に対して他の構成材料を選択することにより、コインセルレベルまたはラミネートセルレベルの電池を作製可能である。また、第一原理計算を用いたイオン伝導体中のイオン移動シミュレーション技術に関しては、イオン移動現象に関するモデル構築を完了させることで、固体電解質の性能最適化を進めることが可能となり、実用化に寄与する。

v) 解析技術

XAFS測定による全固体電池の電極/電解質界面の深さ分解測定の有用性が明らかとなったことから、さらなる分解能の向上を図ることで、革新的二次電池の界面評価へ適用できると考えられる。また、熱特性解析においては、電池の高エネルギー密度化や使用環境による性能の変化と安全性との関係を電気化学反応に立ち戻って相関づける技術であることから、今後の電池の高エネルギー密度化に際して、評価項目としての着眼点を提示することが可能であり、早期の実用化が可能である。

③基盤技術開発

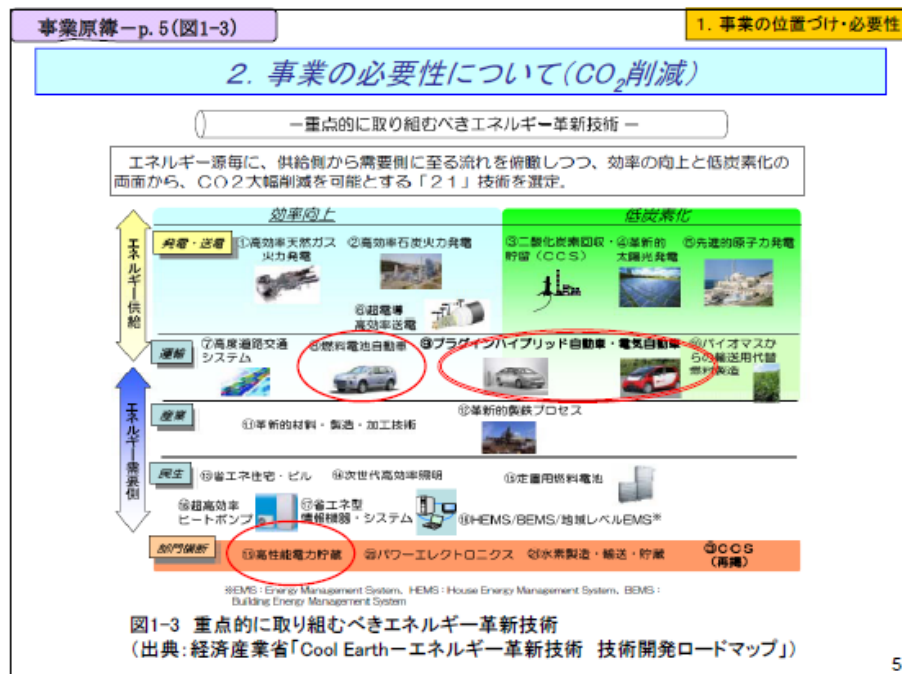
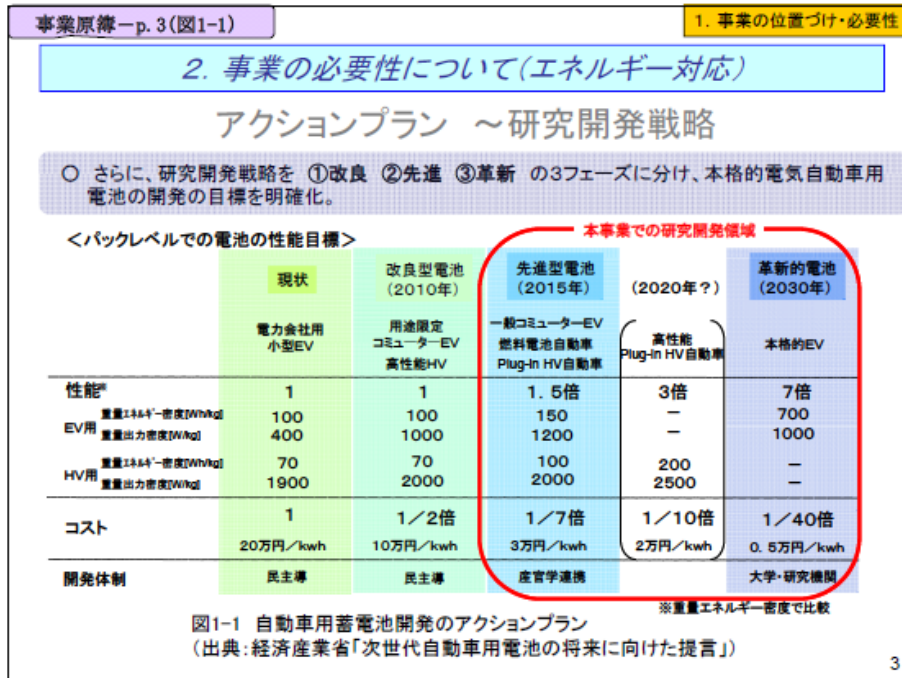
【電池材料または電池セル、モジュールに対して、標準的に適用可能な各種評価・解析方法を確立すること、さらには、確立された評価法を国際標準・規格に反映することが実用化イメージとなる】

基盤技術開発として、「実用化」の最終目的のひとつは、国際標準・規格化への成果の反映である。そのため、試験方法・手順を公開し、実データに基づくパラメータ設定の影響を明らかにしていく必要がある。最近、電動車両用のリチウムイオン二次電池に係わる国際標準・規格化の動きが活発化しているが、当基盤技術開発における活動によりIECでは日本主導での国際標準化を実現できる見通しである。このことは、現在世界的に先行している日本の蓄電池技術の優位性を世界市場に展開する上で非常に有効な手段となることが期待できる。

V. 基本計画に関する事項	作成時期	19年3月 制定
	変更履歴	なし

技術分野全体での位置づけ

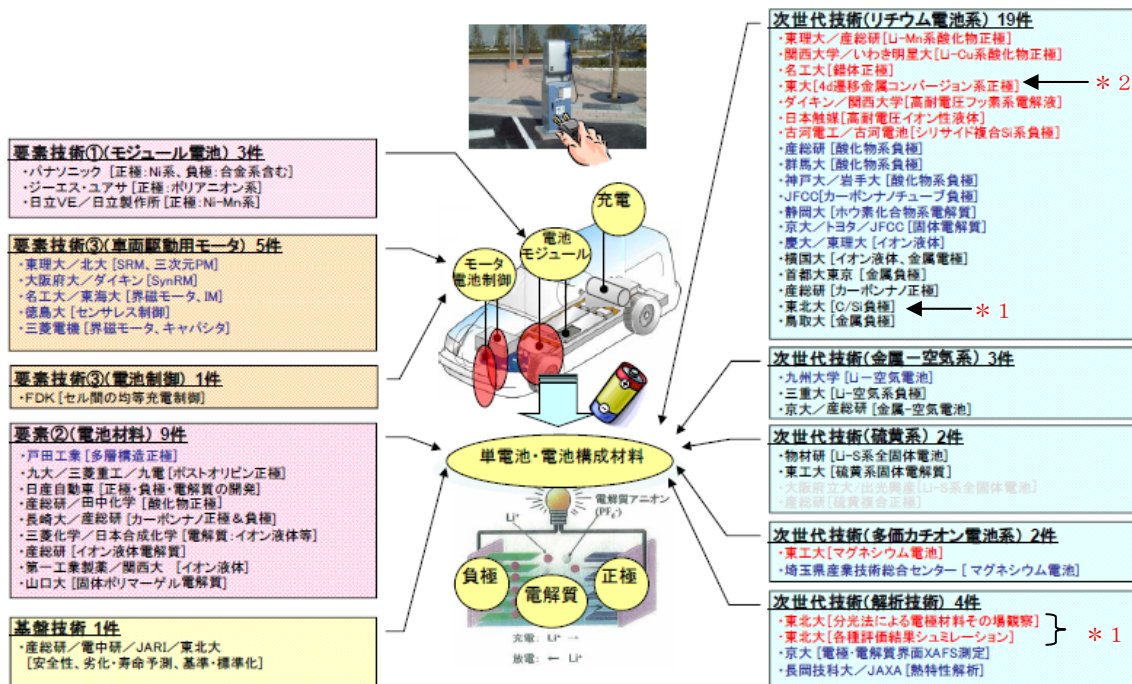
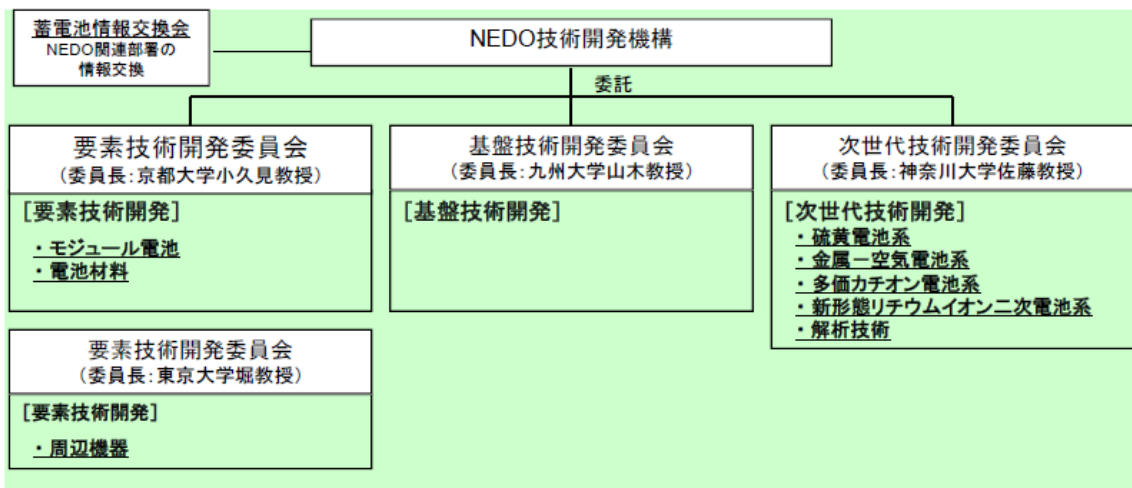
(分科会資料5-2より抜粋)





# 「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」

## 全体の研究開発実施体制



(委託先)

- \* 1 東北大学 多元物質科学研究所
- \* 2 東京大学 大学院工学系研究科 化学システム専攻

(再委託先)

早稲田大学 (環境総合研究センター、環境・エネルギー研究科)

# 「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」（中間評価）

## 評価概要（案）

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

電池の国家的な研究開発が欧米や中国などで加速し始めており、この分野での競争力を確保するための本プロジェクトは非常に重要と考える。また、本プロジェクトは、自動車用の先進型電池から革新的電池へと明確に分類されて、段階的に研究開発が進められており、その多くの成果が中間目標をクリアしている。特に、電池モジュールの要素技術開発において単セルレベルの中間目標値として設定されたエネルギー密度及び出力密度がクリアされており、個々の材料開発の成果が単セル開発に貢献したと考える。電池の標準化・規格化に関する努力も評価できる。

しかし、近い将来の高性能・低コスト HEV（ハイブリッド電気自動車）並びに PHEV（プラグイン HEV）の実現のためには、コスト低減や安全性確保を進めつつ、電池モジュールレベルの高い目標値を達成できるよう更に努力して欲しい。また、最終目標の達成に向けては、課題と解決の道筋を記述して欲しい。さらに、コスト低減については、どこまで進み、最終目標値を見通すことができるレベルに到達しているのかが明確になっていない。安全性を含めて産業として十分成立していくことが確信できるようにして欲しい。

本プロジェクトの成果は、波及効果が大きく世界に大きな影響を及ぼすと考えられ、是非とも我が国独自の技術として早急に確立して欲しい。

#### 2) 今後に対する提言

今後も、研究開発能力の向上、実用化、国際的立場の向上を目指して欲しい。安全性や寿命評価などに関しては、開発テーマ「基盤技術開発」の成果をフィードバックする計画となっており、その成果が待たれるところである。電池の標準化・規格化に関しては、国際的にリードする努力が続けられており、技術力で勝る日本の地位を今後とも確保して欲しい。

エネルギー密度などの数値は反応速度が違えば大きく変わるものであり、例えば、放電を1時間率としているものの各種の検証条件を明快に示して欲しい。また、安全性についても電解質の改善など目標を定めて、問題の解決へ向けて努力して欲しい。

最終目標のコスト4万円/kWh（2015年）を見通すためには、材料の選択や

生産ラインの簡素化が重要であり、優れた材料特性の情報収集、電池制御技術の確立、安価な生産ラインの十分な検討も必要である。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

最近のハイブリッド電気自動車（HEV）への社会の関心の高まりを見ても明らかのように、高性能な大型移動体用電源のニーズが高まっている。その背景には CO<sub>2</sub>削減、省エネへの関心の高さにあり、本プロジェクトの目的は社会的にも十分受け入れられるものである。また、我が国は電池技術において世界をリードする立場にあり、本プロジェクトが NEDO の事業として妥当なことは疑う余地がない。

しかし、日本の大学における特許戦略は、米国に比べて経験が浅く、NEDO が大学の実施者に特許戦略を積極的に展開するサポート体制を整備することも検討して欲しい。

リチウムイオン電池は HEV 用電源として実用化レベルに達しており、その性能はニッケル水素電池を凌駕するものである。今後は、残されているコストと安全性向上を目指しての技術開発についても検討する必要がある。

### 2) 研究開発マネジメントについて

研究開発の初期目標設定は、経済産業省「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」報告に則って、我が国の蓄電池研究開発能力を飛躍的に高めるものとなっており、妥当である。また、将来を見据えて、目標とするエネルギー密度やコストを設定している点が評価できる。さらに、情勢変化への対応等に関しては、国際標準化への動向の調査・対応が精力的に実施されている。

しかし、目標達成度を測定・判断するための指標として、充放電実験条件の記述や評価基準が統一されているのか、事業原簿に明確な記載がない。図表のデータを具体的に評価するための付記が必要であろう。また、最終目標の 3 kWh 電池パックのエネルギー密度が 100 Wh/kg となっており、これは単セルの性能に限っての中間目標値でほぼ達成されたものであるが、更に安全、コスト、信頼性をも含めた高い最終目標を設定することが求められる。

大型リチウムイオン電池の安全性は、この電池が産業として発展していくかどうかのカギを握っており、多面的な安全性試験を実施して、確かな製品となる技術を確立して欲しい。

### 3) 研究開発成果について

設定された中間目標値はほぼ全て達成されており、電池モジュールの要素技術開発を担当する企業3チームはいずれもエネルギー密度、出力密度の両面で単セルレベルの中間目標値をクリアしている。特に、単セルの性能向上を着実に進めることにより、電池パックとして、最終目標値も達成できる可能性が非常に高い。また、車載用として市販を目指すリチウムイオン電池としては世界最高水準にあり、HEV用電池として既に市販レベルに近いと考える。さらに、新しい電極活物質が見出され、新たな展開が大いに期待できる。

しかし、近い将来の高性能・低コストHEV並びにPHEVの実現のためには、コスト低減や安全性確保を含めた高い目標を電池モジュールレベルで達成できるよう更に努力して欲しい。また、最終目標の達成に向けては、課題と解決の道筋を記述して欲しい。

今後、最終目標のコスト4万円/kWh（2015年）を見通すためには、材料の選択や生産ラインの簡素化が重要であり、優れた材料特性の情報収集、電池制御技術の確立、安価な生産ラインの十分な検討も必要である。

#### 4) 実用化、事業化の見通しについて

HEV用リチウムイオン電池として自動車会社の受け皿が整いつつあり、十分に実用化を見通すことができる。大量生産へ向けた生産技術開発への新たな公的資金援助も必要となるだろう。また、本プロジェクトの研究開発成果は、定置型電源への応用にも展開することができる。

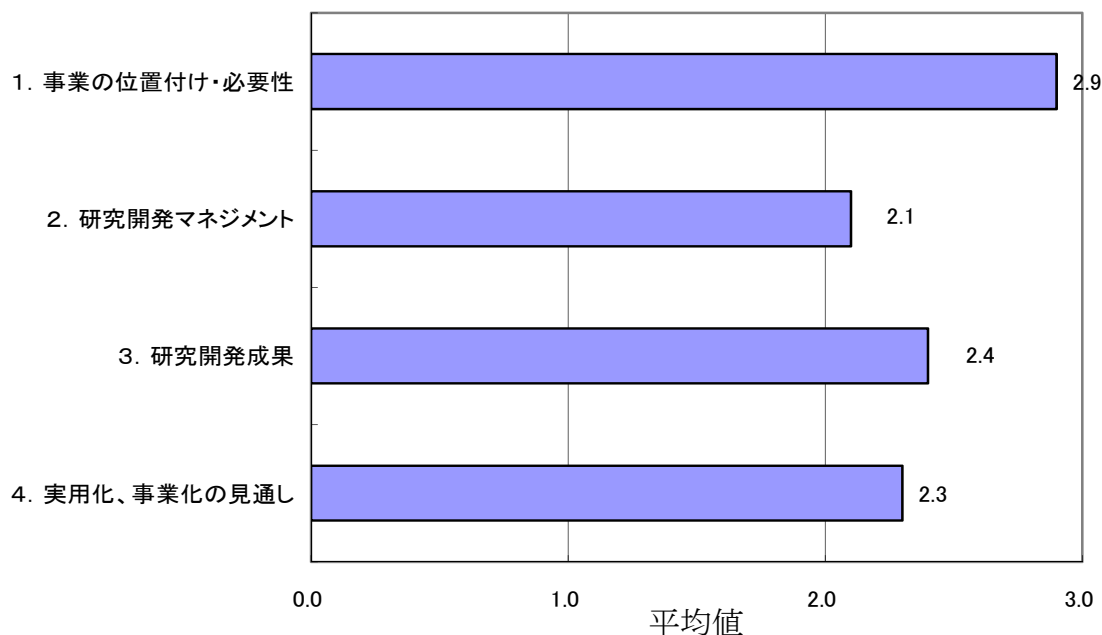
今後、実用化に至るには、多くの研究開発テーマの中から最終的に真の成果を有するテーマを見極める必要があり、そのためには更に詳細な検証項目も必要と考える。また、安全性や寿命評価などに関しては、開発テーマ「基盤技術開発」の成果をフィードバックする計画となっており、その成果が待たれるところである。さらに、「次世代技術開発」では、特許の取得を確実にして事業化に結びつけて欲しい。

## 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
要素技術開発(電池モジュール)	<p>HEV 用リチウムイオン電池のエネルギー密度及び出力密度は、3 チームとも単セルにおいて中間目標値をクリアしている。また、数多くの特許が出願されていることは高く評価できる。既に独自の寿命試験法を提案している実施者がいる点も高く評価したい。</p> <p>コストの最終目標値 4 万円/kWh を見通すということは、電極・電解質材料並びにセパレータ等の選択、電池制御技術・生産ラインの簡素化など多岐にわたり、今後、これらのデータの全体へのフィードバックが最終目標達成のカギを握るであろう。また、充電スタンドのようなインフラ整備に関する社会工学的な見地からのサポート研究も必要であろう。</p>
要素技術開発(電池材料)	<p>ほとんど全ての項目で中間目標をクリアしており、エネルギー密度に関してはフッ化鉄ペロブスカイト系をはじめとして高容量で低コストな材料が見出され、出力密度も 10C を見通すなど、高く評価したい。また、電子顕微鏡による構造解析では、電気化学的に不活性と考えられてきた <math>\text{LiFeO}_2</math> ドメインより <math>\text{Li}</math> 脱離・挿入が起こることを明らかにするなど、新しい知見を得ており、学術的にも非常に興味深い。</p> <p>しかし、イオン液体に基づく電解質については、実用化が可能となるレベルまでのコスト低減が期待できるか見直して欲しい。また、活物質系については、最低限の共通検証項目／検証条件を定めて欲しい。さらに、現状の各研究開発項目における解決すべき課題が提示されていない。NEDO はこれらができるだけ把握し、更に解決すべき重要課題については積極的に NEDO プロジェクトとして確立して欲しい。</p> <p>本開発の成果を実際の電池にまで適用し、実用化するには未だ多くの障壁があるだろうが、実用化レベルに近いところまで来ているという印象を強くした。</p>

要素技術開発(周辺機器)	<p>周辺機器であるモータについて、強力な希土類磁石を減らすにも拘わらず効率をアップさせ、あるいはその磁石を使用せずとも現状効率を維持するという非常に難しい研究開発が、新しい考えや先端の設計・解析技術などを駆使して進められており、その成果は最終目標近くに到達できる可能性があるとは評価する。また、産業用モータ及びモータシステムとしても大きな影響があり、波及効果が大きいと言える。</p> <p>しかし、EV用モータの実用化のためには制約が非常に多く、最終的に検証する場合、自動車メーカーの協力を得るなどして多くの追加検証項目を設定し、どの程度クリア可能かを示す必要があると考える。</p>
次世代技術開発	<p>新しい概念や構造に基づく種々のタイプの電池が提案されおり、基礎研究として大変興味深い。また、革新的な試みが成されており、評価できる。特に、未来材料の開拓という難しい研究開発内容であるため、課題の解決に向けた方策が成果として出ており、波及効果も大きい内容である。</p> <p>しかし、実用化の可能性はあるかどうかについては、2年くらいで早期に見極め、ポテンシャルの高いものに多く予算を配分していくことが重要と考える。また、実施者には大学が多く、特許による知財権確保に問題の生じる場合があるが、本技術開発の分野が新規材料系であって有用特許の宝庫になるから、もっとNEDOが知財戦略として関与することも検討して欲しい。</p> <p>今後も、全く新しい電池系を見出すための基礎研究を推進すると言う意味において、是非にも本技術開発を鋭意推進して欲しい。</p>
基盤技術開発	<p>電池の加速寿命試験、劣化要因、国際標準化など、それぞれ困難な課題に取り組んでおり、それらの努力を評価したい。また、電池内部の可視化技術など、新しい計測手法も実現されつつあり、中間目標のほぼ全てが達成されていると見受けられる。</p> <p>しかし、研究開発のスピードについては、本成果が「要素技術開発」での寿命や安全性評価にフィードバックされ、最終目標を評価する基準になるので、できるだけ早く仕様を決定し、「要素技術開発」実施者とのすり合わせを行って欲しい。</p> <p>今後も、本基盤技術開発こそ、技術委員会での実施者間の意見調整を活発に実施するべきものであろう。また、加速劣化試験を行うに際し、日米欧走行モードを総合したモード作成を目指すことは大変有意義であり、是非完成して欲しい。</p>

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)						
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	A	B
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	A	B	B	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.4	B	A	B	A	A	B	B
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	B	B	B	A	B	B

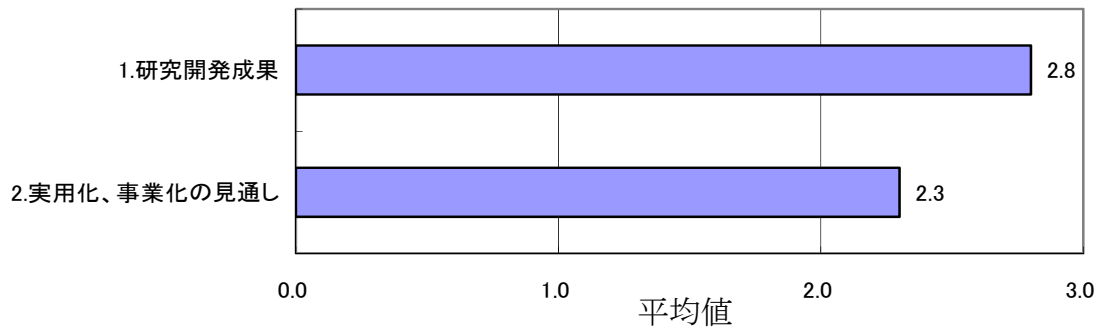
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

### 〈判定基準〉

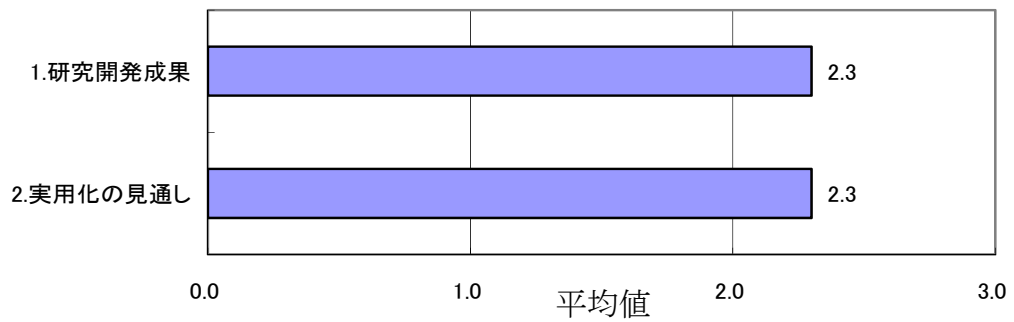
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

## 評点結果〔個別テーマ〕

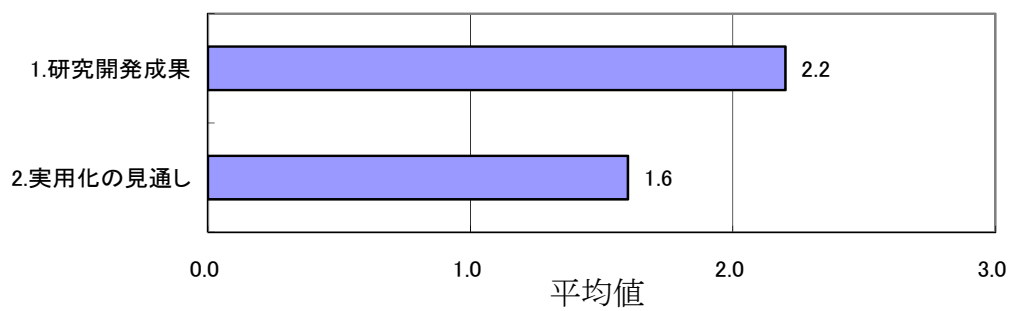
### 要素技術開発（電池モジュール）



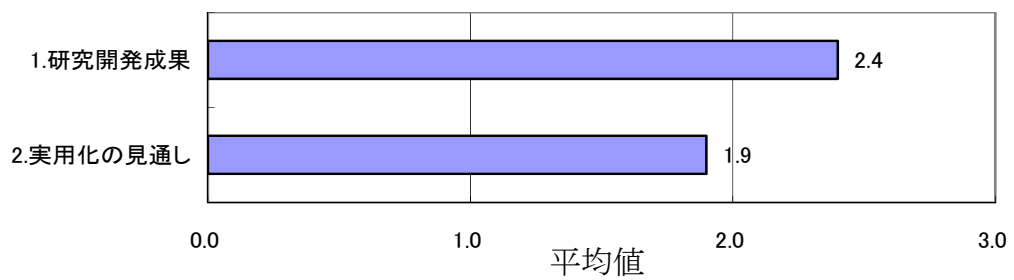
### 要素技術開発（電池材料）



### 要素技術開発（周辺機器）

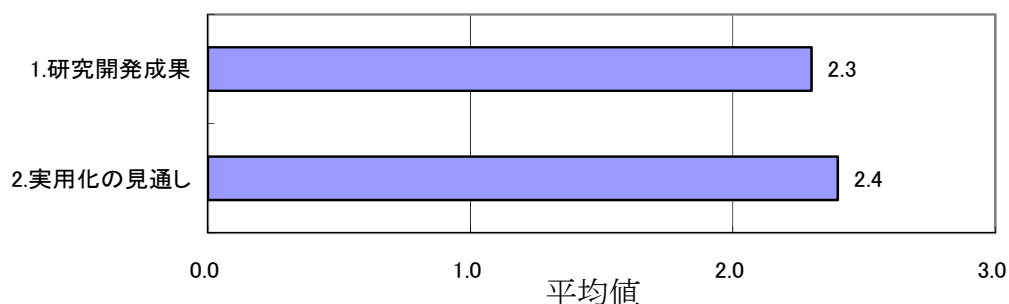


### 次世代技術開発





## 基盤技術開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
要素技術開発 (電池モジュール)									
1. 研究開発成果について	2.8	A	A	A	A	—	B	A	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	A	B	B	A	—	B	B	
要素技術開発 (電池材料)									
1. 研究開発成果について	2.3	B	A	—	A	B	B	B	
2. 実用化の見通しについて	2.3	B	B	—	A	A	B	B	
要素技術開発 (周辺機器)									
1. 研究開発成果について	2.2	B	—	B	A	B	B	—	
2. 実用化の見通しについて	1.6	B	—	B	B	C	C	—	
次世代技術開発									
1. 研究開発成果について	2.4	B	C	A	A	A	A	B	
2. 実用化の見通しについて	1.9	B	C	B	B	B	B	B	
基盤技術開発									
1. 研究開発成果について	2.3	B	B	B	A	A	B	B	
2. 実用化の見通しについて	2.4	B	B	B	A	A	B	A	

(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		2. 実用化、事業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