

「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業」

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—

概要

プロジェクト用語集

第Ⅰ章 事業の位置付け・必要性について

1. NEDOの事業としての妥当性	1
1.1 関連する上位施策の目標達成への寄与	1
1.2 NEDOの関与の必要性	5
1.3 実施の効果	7
2. 事業目的の妥当性	12
2.1 EV・PHEV、車載電池に係る政策動向	12
2.2 車載電池に係る技術開発動向	20
2.3 EV・PHEVに係る市場・産業動向	27
2.4 車載電池に係る市場・産業動向	30
2.5 港湾荷役機械に係る市場・産業動向	33
2.6 特許・標準化動向	34

第Ⅱ章 研究開発マネジメントについて

1. 研究開発目標の妥当性	39
2. 研究開発計画の妥当性	41
2.1 研究開発内容	41
2.2 研究開発スケジュール	43
2.3 研究開発予算	44
3. 研究開発実施体制の妥当性	45
3.1 研究開発実施者	45
3.2 技術委員会の設置・運営	45
3.3 プロジェクト内の実施者間の連携について	46
4. 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性	47
4.1 実用化・事業化戦略	47
4.2 プロジェクトの運営マネジメント	47
4.3 知的財産・標準化に係るマネジメント	48
5. 情勢変化への対応等	49

第Ⅲ章 研究開発成果について

1. 目標の達成度、今後の課題と課題解決の見通し	50
1.1 研究開発項目①「高性能リチウム電池技術開発」の成果	50
1.2 研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」の成果	64
2. 知的財産等の取得、成果の普及	65

第Ⅳ章 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

1. 実用化・事業化に向けての見通しについて	67
2. 実用化・事業化に向けての具体的取組み	68

(添付資料)

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

概要

		最終更新日	2014年7月15日
プログラム（又は施策）名			
プロジェクト名	リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業	プロジェクト番号	P12003
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）、平松 星紀（2013年4月～現在） 木内 幸浩（2014年1月～現在）、高橋 悟（2014年4月～現在） 森山 英樹（2014年3月～現在）、安井 あい（2014年5月～現在） 近藤 あさ美（2014年4月～現在）、松村 光家（2011年7月～2013年3月） 田中 博英（2011年7月～2013年7月）、木村 英和（2011年7月～2013年12月） 釘野 智史（2011年7月～2014年3月）、佐藤 丈（2011年5月～2014年4月）		
0. 事業の概要	<p>運輸部門における石油依存度を低減し、CO2 排出量を削減するために電気自動車 (EV) やプラグイン・ハイブリッド自動車 (PHEV) 等の次世代自動車の普及拡大が期待されており、そのために電動走行距離を延伸する高性能な車載用蓄電池技術の開発・実用化の国際競争が加速している。</p> <p>本プロジェクトでは、EV や PHEV に搭載するリチウムイオン電池 (LIB) の高エネルギー密度化、安全性の向上、低コスト化のための技術開発に取り組むとともに、更に先を狙い、全固体電池についても世界に先駆けて実用化を図る。また、LIB の量産化によりコスト削減を図るため、自動車以外の用途拡大のための技術開発を行う。</p> <p>これらの取り組みにより、2020 年代における次世代自動車の大量導入と車載用蓄電池市場での国際競争力の強化を図る。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>1. NEDO の事業としての妥当性</p> <p>以下に示す「関連する上位施策の目標達成への寄与」、「NEDO 関与の必要性」、「実施の効果」より NEDO の事業として妥当である。</p> <p>1.1 関連する上位施策への寄与</p> <p>本プロジェクトは上位施策である下記 (1)～(3) の目標達成に寄与する。</p> <p>(1) エネルギー基本計画（第四次計画：2014年4月、閣議決定）</p> <p>エネルギー基本計画には施策・目標が以下に示すように記載されている。</p> <p>① 技術開発、国際標準化等により低コスト化・高性能化を図っていくことで、2020年までに世界の蓄電池市場規模（20兆円）の5割を国内関連企業が獲得することを目標に、蓄電池の導入を促進していく。</p> <p>② 次世代自動車の普及・拡大に当たっては、研究開発に加え、官民が協力してEV及びPHEVに必要な充電インフラの普及に努める。</p> <p>③ 次世代自動車については、2030年までに新車販売に占める割合を5割から7割とすることを目指す。</p> <p>(2) 次世代自動車戦略2010（2010年4月、経済産業省策定）</p> <p>次世代自動車戦略2010の「全体戦略」及び「電池戦略」には、以下に示す目標・施策が記載されている。</p> <p>① 全体戦略</p> <p>EV及びPHEVの普及目標として、新車販売に占める割合を2020年に15～20%、2030年に20～30%を設定。また、アクションプランの一つとして、蓄電池、電池マネジメント技術等について、重点的に研究開発を推進。</p> <p>② 電池戦略</p> <p>LIBの新材料についても引き続き幅広い基礎研究が必要。2006年の「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」でまとめられた「電池の性能とコストを2015年までに1.5倍と1/7倍にする」という目標達成に向け、先進的・革新的LIBの研究開発を進める。また、自動車以外の分野でのアプリケーションにおける蓄電池システムの活用を目指す。</p> <p>(3) 蓄電池戦略（2012年7月、経済産業省策定）</p> <p>戦略全体の目標として、2020年に世界全体の蓄電池市場規模（20兆円）の5割のシェアを我が国関連企業が獲得することが掲げられており、車載用蓄電池にはその40%が割り当てられている。また、その施策として、技術開発によりコスト低減を図るとともに、現在120km～200kmであるEVの航続距離を2020年までに2倍にし、次世代自動車の普及を図るとしている。</p>		

1.2 NEDO 関与の必要性

下記①～④の理由より、本プロジェクトへの NEDO の関与は適当である。

- ① NEDO は、経済産業省と緊密に連携しつつ、第一線級の実力を有した民間企業、大学・公的機関の技術開発能力を最適に組み合わせ、基礎・基盤研究から応用・実用化開発まで戦略的かつ包括的に、蓄電技術開発プロジェクトをマネジメントしている。また、過去においても、「分散型電池電力貯蔵技術開発」（1992～2001 年度）において当時黎明期にあった LIB の技術開発を世界に先駆けて実施するとともに、「燃料電池自動車等リチウム電池技術開発」（2002～2006 年度）、「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」（2007～2011 年度）において車載用 LIB の技術開発を実施し、これらプロジェクトの成果を我が国民間企業における車載 LIB の実用化・事業化や ISO/IEC の国際規格の制定等に繋げてきた。このようなナショナルプロジェクトの推進等を通じて蓄積された蓄電池の技術及び産業・市場に関する知見や研究開発マネジメントの経験・ノウハウ等を有効活用することができる。
- ② 本プロジェクトのように、ビジネス上、競合関係や買い手と売り手の関係にある複数の民間企業が参画したプロジェクトにおいて、各実施者に対し、公平な予算配分管理や進捗管理等を行い、日本全体としての競争力を向上させていく必要がある。
- ③ NEDO は、2013 年に経済産業省・産業技術環境局、文部科学省・研究開発局が中心となって設置された「文部科学省・経済産業省ガバナリングボード（蓄電池）」の構成メンバーとなっている。NEDO はこのガバナリングボードでの活動を通じ、文部科学省所管の「戦略的創造推進事業／先端的低炭素化技術開発（ALCA）／次世代蓄電池研究開発プロジェクト」や「元素戦略プロジェクト＜研究拠点形成型＞／触媒・電池材料」等において、我が国の大学・研究機関等が実施している蓄電池の研究内容とその研究進捗を把握しつつ、必要に応じて、これら大学等の先進的な有望技術について産業界とのマッチングを図ることも念頭に置きながら、プロジェクトを推進できる。
- ④ NEDO は、米国の蓄電池の研究開発で中心的な役割を果たしているアルゴンヌ国立研究所、ドイツにおいて様々な蓄電池の研究開発プロジェクトを所管する連邦教育・研究省（BMBF）と蓄電池分野での情報交換に関する覚書（MOU）を締結している。この覚書に基づき、NEDO は、アルゴンヌ国立研究所及び BMBF と共同ワークショップを開催する等して、蓄電池を重点分野と定めて研究開発投資を拡大し、LIB の技術でキャッチアップを図っている米国及びドイツの研究状況を把握しながらプロジェクトを推進することができる。

1.3 実施の効果

(1) 経済効果

欧米を中心として主要各国は、次世代自動車の普及拡大を図る国家計画を策定しており、今後、LIB を搭載した次世代自動車の市場投入が相次いでいくものと予想される。「蓄電池戦略」においては、2020 年の世界全体の蓄電池市場規模 20 兆円のうち、40%の 8 兆円を車載用電池の市場規模として想定している。また、調査会社においても、次世代自動車の車載電池の市場規模として、2020 年が約 4 兆円、2025 年が約 7 兆円との予測が為されている。本プロジェクトで開発の対象としている LIB は車載用電池の主流であり、本プロジェクトの経済効果への期待は大きい。

本プロジェクトの実施者が開発した製品の事業化後 5 年間の売上見通し（事業化後 5 年分）は、蓄電池のみで約 4 兆 7,000 億円、自動車等の製品システムを含めると約 8 兆 6,000 億円である。これに対して、本プロジェクトの 5 年間の予算総額（NEDO 負担分）は 83 億円であり、十分な費用対効果が有る。

(2) CO2 削減効果

本プロジェクトの実施によって車載用 LIB の高性能化や低コスト化等が進展し、その結果として、「次世代自動車戦略 2010」等に掲げられた EV・PHEV の普及目標が達成された場合の CO2 削減効果として、2020 年～2029 年の 10 年間で約 4,900 万トン-CO2/年が期待できる。

(3) 波及効果

① V2H・V2G の普及

本プロジェクトにおける高エネルギー密度化や低コスト化等の技術開発によって、蓄電容量が増大した EV・PHEV の普及拡大が図られることは、上記した V2H・V2G の普及課題の解決にも繋がる。さらに、電力システム改革による小売全面自由化の進展と相俟って、EV・PHEV の電気充電に最も適したサービスを行う事業者が輩出されることが期待される。

② 定置用蓄電池のビジネス展開

本プロジェクトの実施者の多くは、LIB を適用した大型蓄電池及び定置用蓄電池のビジネスを実際に展開している。車載用 LIB と定置用 LIB とはセルを含め、共通する部分も多い。本プロジェクトの成果は各実施者の定置用 LIB の高性能化・低コスト化技術としても活用され、そのビジネス展開にも寄与する。

③ 若手工学技術者の育成

蓄電池技術は化学、電気化学、材料（有機・無機材料）、電気、機械等、広範囲で高度な設計技術の裾野を必要とし、かつ高度な製造技術も必要となる。本プロジェクトの実施を通じ、技術立国日本の将来を担う若手工学技術者の育成を促進できる。

2. 事業目的の妥当性

本プロジェクトは、車載用 LIB の高性能化・低コスト化に資する技術開発を行い、2020 年代における次世代自動車（EV・PHEV）の本格普及と我が国自動車・蓄電池産業の競争力を強化することを目的としている。

本プロジェクトに関連する国内外の政策動向、技術開発動向、市場・産業動向、特許・標準化動向は以下に示す通りであり、これらの動向に照らし見て本プロジェクトの目的は妥当である。

2.1 EV・PHEV、車載電池に係る政策動向

主要各国の政府は、運輸部門における環境・気候変動・エネルギー政策の一環として、EV・PHEV 等を 2020 年までに 100 万台規模で普及させる目標を掲げ、その目標達成のため、EV・PHEV 及び充電インフラの導入支援とその実証プロジェクトの実施、自動車・蓄電池産業に対する開発・設備投資支援等、各種インセンティブ施策を積極的に実施している。

- 米国：One Million Electric Vehicle by 2015（2011年）
- ドイツ：National Electromobility Development Plan（2009年）
- フランス：Plan national pour le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables（2009年）
- 中国：省エネルギー・新エネルギー自動車産業発展計画（2012年）
- 韓国：電気自動車産業活性化案（2009年）
- 日本：次世代自動車戦略 2010（2010年、経済産業省）、環境対応車普及戦略（2010年、環境省）

2.2 車載用電池の技術開発の動向

主要各国の政府は、車載用電池の技術開発を積極的に支援している。

(1) 米 国

DOE 自動車技術局（VTO）が年間 2 億ドル規模の予算を拠出し、総合的な車載電池の開発プロジェクト「Vehicle Technologies Battery R&D」を推進中である。

- 電池コスト目標：300 ドル/kWh@2015年、125 ドル/kWh@2020年
- 性能目標@2020年：エネルギー密度 250Wh/kg（400Wh/L）、出力密度 2,000kW/kg

ビッグスリー（USABC）主導の下、Jonson Controls、3M、Maxwell 等の米国メーカーに加え、LG Chemical、SK Innovation、Kokam、Saft 等の海外メーカーもプロジェクトに参加し、次世代車載 LIB の開発を実施している。

また、エネルギー先端研究計画局（ARPA-E）でも車載電池の開発を実施している。

(2) 欧 州

EU、欧州投資銀行、産業界等から官民パートナーシップ「欧州グリーンカー・イニシアティブ」（EGCI）に対して拠出される資金を使い、数多くの車載電池の開発プロジェクトを推進している。1つのプロジェクトに対して、EU 加盟国から様々な企業、大学、研究機関が参加している。主要な参加企業はDaimler（独）、Ford（独）、Renault（仏）、PSA（仏）、Volvo（Sweden）、Fiat（伊）、Saft（仏）、Umicore（Belgium）等である。

LIB の高性能化・低コスト化技術を取り扱うプロジェクトが多いが、LIB の量産プロセス、リサイクル技術の開発やリチウム硫黄電池、リチウム空気電池の開発を行うプロジェクトもある。車載 LIB の開発目標は、コスト 150 ユーロ/kWh、エネルギー密度 200～300Wh/kg、サイクル寿命 3,000～5,000 回、カレンダー寿命 10 年となっている。

(3) ドイツ

ドイツ政府は、EGCI とは別に、車載電池の開発プロジェクトを実施している。BASF、BOSCH、EVONIK、LiTec、VW 等が参加するイノベーション連合「LIB2015」では、企業と BMBF が拠出する資金を使い、高性能な LIB の実現を目指す多数のプロジェクトを実施している。

また、ドイツの電池産業発展のため、企業と応用研究機関のネットワーク「KLIB」を結成している。BASF、Evonik、BOSCH、Li-Tec、SB-LiMotive、Umicore、ZSW、Karlsruhe 工科大等、

25の企業・研究機関が参加し、LIBのパイロット生産施設をUlmに建設した。

さらに、研究開発拠点として、MEET（ミュンスター電気化学エネルギー技術センター）とHIU（ヘルムホルツ電気化学エネルギー貯蔵ウルム研究所）が設立されている。

(4) 中国

車載電池の開発は、「国家ハイテク研究発展計画」（863計画）の第12次5ヶ年計画（2011年～2015年）の枠組みで実施している。2012年には、次世代自動車に特化した新プログラム「Industrialization Technology Innovation Project of New Energy Vehicles」を立上げている。開発予算総額は約2億元である。

車載電池の開発目標@2020年は、コスト1,500元/kWh（2.5万円/kWh）、エネルギー密度300Wh/kg、サイクル寿命3,000回となっている。正極ではリン酸金属塩リチウム、三元系、リチウム過剰マンガン系固溶体、負極材では黒鉛、シリコン系、チタン酸リチウム（LTO）等を用いたLIBの開発が行われている。

(5) 韓国

韓国政府は、2010年、二次電池を基幹産業へと育成することを目指した「二次電池の競争力強化に向けた統合ロードマップ」を発表した。この計画においては、韓国は小型民生用LIBの競争力では日本と同等であるが、2020年までにはEV用等の中大型LIBの市場が急拡大することが見込まれるが、中大型LIBの技術力は日本に相当に劣るとし、中大型市場を狙った研究開発に4～5兆ウォンを投資するとしている。

2.3 EV・PHEVに係る市場・産業動向

2011年～2013年の過去3年間における世界販売はEVが約21万台、PHEVが約14万台、合計で約35万台である。

2013年の世界販売は、EVが約14万台、PHEVが約6万台、合計で約20万台である。EV、PHEVともに米国販売が最多であり、EVが約7万台（世界全体の約50%）、PHEVが約2.6万台（世界全体の約40%）である。国内販売はEVが約1.7万台（世界全体の約12%）、PHEVが約1.3万台（世界全体の約21%）である。

EVの世界販売トップは日産LEAFの約4.7万台（世界シェア約33%）であり、GM VOLT、TESLA Motors Model Sが続く。また、PHEVの世界販売トップはトヨタPRIUS PHVの約2万台（世界シェア約31%）であり、三菱OUTLANDERが約1.8万台で続く。

2.4 車載電池に係る市場・産業動向

車載用LIBの世界市場の規模は、2012年が生産量3,100MWh、販売金額1,400億円、2013年が生産量4,400MWh、販売金額1,720億円である。

2013年の日系メーカー6社トータルのシェア（販売金額ベース）は約56%であるのに対して、韓国メーカー3社トータルのシェアは約30%であり、車載用LIBの市場において日系メーカーは競争力を十分に有している。

2.5 港湾荷役機械に係る市場・産業動向

現在、港湾コンテナターミナルで使用されているヤードクレーン及びトラクターヘッドはディーゼルエンジン方式であるが、省エネルギーや環境負荷低減への配慮から電動化が強く求められている。

ヤードクレーンの既設保有数は世界全体で約1万1,000基あり、約750基/年の更新需要が見込まれ、市場規模は750～2,250億円/年と見積もられる。一方、トラクターヘッドは既設保有数が約4万4,000台で、4,400台/年の更新需要が見込まれ、市場規模は880～1,100億円/年と見積もられる。

ヤードクレーンについてはLIBとディーゼルエンジンを組み合わせたハイブリッドシステムを国内外の荷役機器メーカーが実用化しているが、完全電動化したクレーンは無い。また、一方、電動トラクターヘッドについても米国メーカーが中国製LIBを用いて製品化しているが、充電レートが0.25C程度と遅いため、215Whと大量にLIBを搭載しており、電費とコストの課題がある。

2.6 特許・標準化動向

(1) LIBの特許動向

1998年～2007年（10年間）、2006年～2010年（5年間）におけるLIBの出願人国籍別の特許出願件数はそれぞれ約2万7,000件、約2万2,000万件である。特許出願件数は日本が圧倒的に多く、66%、53%を占める。ただし、特許は実質的に技術を公開することに繋がり、特許の登録件数がグローバル市場の競争力に直結しないケースもあることに留意が必要である。

2006～2010年で用途をEVとした特許は全体の2割を占める。正極が最多で8,143件、次いで負極が6,406件となる。

	<p>(2) 標準化動向</p> <p>車載 LIB のセル単体の標準化は IEC/TC21 (二次電池) が担当し、車載 LIB の電池パック・システムの標準化は ISO/TC22/SC21 (電気自動車) が担当している。</p> <p>発行済みの国際規格としては、LIB 単セルの試験法が IEC 62660-1 (性能試験)、IEC62660-2 (信頼性・誤用試験)、LIB パック・システムの試験法が ISO 12405-1 (高出力用 LIB の試験仕様)、ISO 12405-2 (エネルギー用 LIB の試験仕様) である。これら規格は日本が主導して策定されたものであり、NEDO プロジェクト「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発～Li-EAD～」(2007～2011 年度) の「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発」における試験法の開発成果が国際規格として反映されたものである。</p> <p>現在は、IEC 62660-3 (安全要件)、ISO 12405-3 (安全要件) が検討されている。内部短絡により車載 LIB が熱暴走に至った場合でも外部に被害を生じさせないように、熱連鎖の防止が主要な課題となっており、内部短絡や熱連鎖を評価する試験法の検討が進められている。なお、国連欧州経済委員会 (UN/ECE) の自動車基準調和世界フォーラム (WP29) の「Electrical Vehicle Safety - Global Technical Regulation」(EVS-GTR) においても、車載 LIB の内部短絡試験及び熱連鎖試験の検討が始まっており、上記規格の審議でも考慮が必要になってくる。</p>						
<p>II. 研究開発マネジメントについて</p>							
<p>事業の目標</p>	<p>研究開発項目①高性能リチウムイオン電池技術開発 (NEDO 負担率 2/3) [最終目標] (平成 28 年度末)</p> <p>高性能材料電池化技術開発では、2020 年から 2025 年頃に車載用電池パックとして EV 用途性能目標と PHEV 用途性能目標のいずれかともコスト目標の達成を見込める技術を確認し、その技術で小型実用電池を試作・評価する。</p> <p>製造プロセス技術開発については、EV 用途性能目標、PHEV 用途性能目標、コスト目標のいずれかの実現に資する電池製造技術確立の目処を得る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● EV 用途性能目標 質量エネルギー密度：250Wh/kg 質量出力密度：1,500W/kg ● PHEV 用途性能目標 質量エネルギー密度：200Wh/kg 質量出力密度：2,500W/kg ● コスト目標：2 万円/kWh <p>研究開発項目②リチウムイオン電池応用技術開発 (NEDO 負担率 1/2) [最終目標] (平成 28 年度末)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 開発した電池パックを実環境下で使用した場合の効果フィールドテスト等によって実証する。 ● 想定するアプリケーションにおける要求性能を満足する電池セルまたは電池パック実用化の目処を得る。 						
<p>事業の計画内容</p>	<p>主な実施事項</p>	<p>H24FY</p>	<p>H25FY</p>	<p>H26FY</p>	<p>H27FY</p>	<p>H28FY</p>	
	<p>研究開発項目①「高性能リチウム電池技術開発」</p>	←				→	
	<p>研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」</p>	←				→	
<p>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)</p> <p>契約種類： ○をつける 委託 () 助成 (○) 共同研究 ()</p>	<p>会計・勘定</p>	<p>H24FY</p>	<p>H25FY</p>	<p>H26FY</p>	<p>H27FY</p>	<p>H28FY</p>	<p>総額</p>
	<p>一般会計</p>						
	<p>特別会計 (電源)</p>						
	<p>特別会計 (需給)</p>	<p>2,000</p>	<p>2,200</p>	<p>2,500</p>			<p>6,656</p>
	<p>総予算額</p>	<p>2,000</p>	<p>2,200</p>	<p>2,500</p>			<p>6,656</p>
	<p>(助成) : 助成率 2/3</p>	<p>1,948</p>	<p>2,158</p>	<p>2,457</p>			
	<p>(助成) : 助成率 1/2</p>	<p>52</p>	<p>42</p>	<p>43</p>			
	<p>(共同研究) : 負担率</p>						

開発体制	経産省担当原課	製造産業局 自動車課、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、商務情報政策局情報通信機器課
	プロジェクトリーダー	—
	委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載）	(1) 研究開発項目①「高性能リチウム電池技術開発」 日産自動車、トヨタ自動車、豊田中央研究所、日本電気、積水化学工業、田中化学研究所、パナソニック、東芝、日立製作所、日立オートモティブシステムズ (2) 研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」 三井造船、エレクセル、三井造船システム技研
情勢変化への対応	2012年7月、経済産業省は、2020年に「蓄電池戦略」を策定・発表した。この戦略においては、今後、大きな市場拡大が想定される電力系統用、需要家用及び車載用の蓄電池に関して、コスト・技術面の課題、制度面の課題及びこれらの課題解決に向けた施策等が示された。この戦略策定を受けて、NEDOは、2013年4月～6月にかけて、産官学の外部有識者で構成される委員会を設置・運営し、同年8月、「NEDO二次電池技術開発ロードマップ2013」を策定・公開した。このロードマップの検討過程において、本プロジェクトに係る技術開発シナリオや開発目標値等について点検を行い、特に見直し等は必要ないことを確認した。	
中間評価結果への対応	—	
	中間評価	H26年度 中間評価実施
	事後評価	H28年度 事後評価実施（予定）
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>研究開発項目①「高性能リチウム電池技術開発」</p> <p>(1) 高容量 Si 合金負極の研究開発（日産自動車） 本テーマでは、平成24年度～平成28年度の5年計画でEV用LIBを開発している。 LIBの高容量化を行うために、負極に用いるSi合金材料を開発するとともに、Si合金負極を適用した電池特性評価や4Ah大型セルで安全性の検証を行った。加えて、電極の微細構造解析からSi合金の材料設計指針を得て、導電助材やバインダーの物性が電池の耐久性向上に効果的であることも確認した。</p> <p>(2) 電極ナノコンポジット化による高性能全固体電池の研究開発（トヨタ自動車、豊田中央研究所） 本テーマでは、平成24年度～平成28年度の5年計画でEV用全固体電池を開発している。 電極活物質を微粒子化する焼成条件の開発や固体電解質界面の構造解析に加えて電池化の開発を行った。また、低温焼成できる固体電解質材料や正極材料と固体電解質の共焼結などを検討した。これらに加えて電極活物質へのガラスコーティング方法の開発などにより中間目標であるエネルギー密度：600Wh/Lのセルを実証した。</p> <p>(3) 高容量・低コスト酸化物正極を用いた高エネルギー密度リチウムイオン電池の開発（日本電気、積水化学工業、田中化学研究所） 本テーマでは、平成24年度～平成28年度の5年計画でEV・PHEV用LIBを開発している。 MnもしくはFeを主な成分とする新規高容量・低コストの酸化物正極材料技術を活用し、さらに適した負極、電解液、セパレータを新規に開発することによって、エネルギー密度が320Wh/kg以上となる見通しを得た。</p> <p>(4) PHEV用高電圧充電用リチウムイオン電池の研究開発（パナソニック） 本テーマは、平成24年度～平成28年度の5年計画としてPHEV用LIBを開発している。 活物質の材料組成検討により中間目標である170Wh/kgの高エネルギー密度化を達成するとともに、高電圧化に対応できる耐酸化性電解質を開発して18650円筒型電池で開発電池の特性を検証した。加えて、高安全化の要素技術として高電圧充電時に発生する燃焼ガスの解析手法を確立し、発生ガスの低減方法も開発した。</p> <p>(5) 高エネルギー密度・低コストセル開発及び高入出力パック開発（東芝） 本テーマは平成24年度から平成27年度の4年計画で、EV・PHEV用及びISS用LIBを開発している。 EV・PHEV用途では、セルでの容積エネルギー密度275Wh/L、コスト30円/Whを最終目標とし、その達成のための中間目標として、平成25年度に容積エネルギー密度225Wh/L、セルコスト現行比40%減を設定し、高エネルギー密度化及び低コスト化を行った。さらに、PHEV用途では、</p>	

	<p>パックでの入出力特性向上を目指し、パック冷却要素技術の開発を行った。ISS 用途では、セルでの出力密度 3,200W/L、コスト 30 円/Wh を最終目標として開発を推進した。出力密度に関してはすでに達成していることから、平成 25 年度の中間目標としてセルコスト現行比 40%減を設定し、低コスト化を行った。</p> <p>(6) 高性能材料の電池化と実装技術による高エネルギー型リチウムイオン電池の開発（日立製作所、日立オートモティブシステムズ）</p> <p>本テーマは、平成 24 年度から平成 28 年度の 5 年計画で高性能 EV 用電池パックの実用化に向けた開発を行っている。</p> <p>本プロジェクトの最終目標であるの 250Wh/kg パックの見通しを得るため、パック内のセルの重量比を 0.8 として、セルの最終目標値を 320Wh/kg 以上に設定した。このため、中間目標として、平成 26 年度末に、高容量正極の開発、高容量負極の開発、厚膜電極電池化技術の選定、セルのエネルギー密度 270Wh/kg の見通しを得ること等を目指した。また、汎用性が高く、組み立て性にも優れる角形セルにて、エネルギー密度 200kW/kg と出力密度 1,500W/kg の両立を最終目標値とし、中間目標をセルのエネルギー密度の目標値を 175Wh/kg に設定して開発を進めた。</p> <p>研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」</p> <p>(1) 港湾設備を中心とした産業用機械の EV/HEV を実現する蓄電池の実用化開発（三井造船、エレクセル、三井造船システム技研）</p> <p>本テーマは、平成 24 年度から平成 26 年度までの 3 年計画で、EV とは異なる仕様を持つヤードクレーンやトラクターヘッド等への応用を目的に、リン酸鉄リチウムを正極材に用いて長寿命・急速充放電に特化した大型電池システムを開発している。</p> <p>アプリケーションの負荷計測と負荷に基づくシミュレーションによる最適電池システムの仕様を算定し、この結果をもとに、正極材の最適化、仕様(急速充放電性と寿命特性)に合致した電池セル及びモジュールの開発を行い、荷役機器用途の電池システムを構築した。</p> <table border="1" data-bbox="438 985 1509 1155"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>7 件（うち査読付き 3 件）</td> </tr> <tr> <td>特 許</td> <td>「出願済」184 件（うち国際出願 88 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」2 件 「展示会への出展」2 件</td> </tr> </table>	投稿論文	7 件（うち査読付き 3 件）	特 許	「出願済」184 件（うち国際出願 88 件）	その他の外部発表 (プレス発表等)	「プレス発表」2 件 「展示会への出展」2 件
投稿論文	7 件（うち査読付き 3 件）						
特 許	「出願済」184 件（うち国際出願 88 件）						
その他の外部発表 (プレス発表等)	「プレス発表」2 件 「展示会への出展」2 件						
<p>IV. 実用化・事業化の見通し及び取組みについて</p>	<p>1. 実用化・事業化の見通しについて</p> <p>研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」の各実施者は、EV・PHEV 又は車載 LIB の実用化・事業化の能力を十分に有した自動車メーカ、蓄電池メーカ等である。日産自動車、トヨタ自動車はそれぞれ LEAF、PRIUS PHV を製造・販売し、社会に普及させてきた実績がある。NEC、パナソニック、東芝、日立製作所は EV、PHEV、HEV 用 LIB を製造し、国内外の自動車メーカに供給している。また、各実施者が掲げている開発目標は 2020 年代の本格普及を目指した EV・PHEV の諸元に見合ったものであり、最終目標が達成された場合、製品化は確実に進むと言える。なお、各実施者は大半の中間目標をクリアするとともに、最終目標達成に向けた課題解決の方針を明確化している。加えて、一部の実施者は、本プロジェクトで現状、得られている成果に基づいて、製品設計やユーザー等へのコンタクト等を既に開始している。</p> <p>研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」の実施者である三井造船、三井造船システム技研、エレクセルについても、港湾荷役機械や特殊用途 LIB の製造・販売実績を有する。また、本プロジェクトで開発した 10kWh 級モジュール試作品を用いた実フィールドテストの計画を現在、進めている。</p> <p>以上のことから、本プロジェクトの成果については実用化・事業化の見通しがあると言える。</p> <p>2. 実用化・事業化に向けた具体的取組み</p> <p>研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」の各実施者は、自社の事業部門も検討に参加して、製品開発～量産設備導入～量産～販売の具体的な計画を立てている。大半の実施者が本プロジェクト終了後、5 年以内に販売開始の計画であるが、中には 1 年後に販売開始の計画を立てている企業もある。</p> <p>研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」については、ヤードクレーンをプロジェクト終了後、1 年目にフィールドテストを行いながら製品設計を進め、3 年後に販売開始するとの計画を立てている。電動トラクターヘッドは、プロジェクト終了後、2 年目からフィールドテストを開始し、製品設計と生産設備投資を経て、4 年後に販売開始するとの計画を立てている。</p>						

V. 基本計画に関する事項	作成時期	2012年4月 作成
	変更履歴	なし

プロジェクト用語集

用語	説明
BMU (Battery Management Unit)	組電池を制御する制御システムは、通常、電池セルを管理する複数のCMU (Cell Monitoring Unit) と、これらのCMUの動作を管理するBMUによって構成される。
C	定電流放電したときに、ある時間で放電終了となる電流値。) 1 C…1時間、0.2 C…5時間で放電終了となる電流値。
CO ₂ 排出係数	使用エネルギー量あたりに排出されるCO ₂ 量。電力、ガス、ガソリン等のエネルギー種別に定められた値であり、政令等で指定される。
EV (Electric Vehicle)	外部からの電力供給によって二次電池(蓄電池)に充電し、電池から電動機に供給する二次電池車。
FCV (Fuel Cell Vehicle)	燃料電池車
HEV (Hybrid Electric Vehicle)	内燃機関と電動機を動力源として備えた車両(ハイブリッドカー)。
IEC (International Electrotechnical Commission)	国際電気標準会議。電気、電子、通信、原子力などの分野で各国の規格・標準の調整を行う国際機関。1906年に設立され、1947年以降はISOの電気・電子部門を担当している。本部はスイスのジュネーヴ。
ISO (International Organization for Standardization)	国際標準化機構。電気分野を除く工業分野の国際的な標準である国際規格を策定を行う国際機関。1908年に創設され、本部はスイスのジュネーヴ。
JC08モード	1Lの燃料(又は1kWhの電力)で何km走行できるかを、いくつかの自動車の走行パターンから測定する燃費測定方法の一つ。日本の行政機関が規定し、日本国内にて型式認定を受ける車両に対して適用される。
JIS (Japanese Industrial Standards)	日本工業規格。工業標準化法に基づき、日本工業標準調査会の答申を受けて、主務大臣が制定する工業標準であり、日本の国家標準の一つ。
LCO	LiCoO ₂ コバルト酸リチウム。リチウムイオン電池用正極材として利用。
Li負極	金属Liを適用した負極のこと。
LMO	LiMn ₂ O ₄ マンガン酸リチウム。リチウムイオン電池用正極材として利用。
LNO	LiNiO ₂ ニッケル酸リチウム。リチウムイオン電池用正極材として利用。
NaS電池	負極にナトリウムを、正極に硫黄を、電解質にβ-アルミナを利用した高温作動型二次電池である。特に大規模の電力貯蔵用に作られ、昼夜の負荷平準などに用いられる。
NCA	Li[NiAlCo]O ₂ リチウムイオン電池用正極材として利用。
NCM	Li[NiMnCo]O ₂ リチウムイオン電池用正極材として利用。
PHV/PHEV (Plug-in Hybrid Vehicle/Plug-in Hybrid Electric Vehicle)	コンセントから差込プラグを用いて直接バッテリーに充電できるハイブリッドカー。
Si負極	→合金系負極

用語	説明
SOC (State of Charge)	充電状態。
TEM (Transmission Electron Microscope)	透過型電子顕微鏡。観察対象に電子線をあて、それを透過してきた電子が作り出す干渉像を拡大して観察するタイプの電子顕微鏡
V2G (Vehicle to Grid)	電気自動車等に搭載された電池から、配電網へ給電を行うこと。
V2H (Vehicle to Home)	電気自動車等に搭載された電池から、家庭用電源へ給電を行うこと。
ZEV (Zero Emission Vehicle)	有害な排出ガスを出さない無公害車のこと。
エネルギー密度	二次電池の単位質量又は単位容積当たりに取り出せるエネルギー。 Wh/kg、Wh/Lなどの単位で示される。
円筒形セル	正極、セパレータ、負極を重ねて巻き取った電極体を、筒形の外装ケースに収納した電池のこと。
角形セル	正極、セパレータ、負極を重ねて巻き取った、及び積層した電極体を、角形の外装ケースに収納した電池のこと。
過充電	蓄電池や蓄電器を充電しすぎること。異常な発熱や内圧の上昇が起こり危険なため、ふつう安全回路を取り付けてこれを防止する。
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。
急速充電	電気自動車の充電には数時間を要するが、30分で80%まで充電できる充電方法のこと。
グラファイト	炭素の同位体の一つであり、炭素原子六員環が同一面に連なったグラフェン面が積層した構造となっている。商品化されているリチウムイオン電池の負極材料として使用されている。
ケイ素系	→合金系負極
結着材	→バインダ
ゲル	コロイドのなかで、液体を分散媒とする分散系が流動性を失って固化したもの。身近なものではこんにやく、ゼラチン、シリカゲルなどがある。
合金系負極	SiやSnのように、充放電の際にLiと合金を形成する材料のこと。炭素系負極材料に比べて、充放電電位は高くなるが、数倍の理論容量を示す。
合剤電極層	正負極活物質、導電材、バインダからなる合剤を、集電体に塗布し乾燥したもの。
航続距離	燃料を最大積載量まで積んで航続できる最大距離のこと。電気自動車においては電池を満充電状態から完全放電までの間に航続できる距離のこと。
黒鉛	→グラファイト
固体電解質	有機物又は無機物の固体の中で、リチウムイオン伝導性を示し、電解質として使用できるもの。

用語	説明
コバルトフリー電極	正極活物質の中で、高価なコバルトを含まない、又は含む量を減少したものの。
サイクル特性	一定条件下での充放電サイクル数と容量維持率の関係をプロットした図で表され、エネルギー密度、レート特性と並ぶ重要な電池特性。通常、室温、1 Cで充放電を繰り返したときの容量値の推移を見る。二次電池のような充放電をしながら使用するデバイスでは、充放電サイクルを重ねても劣化が少ないことが要求される。
三元系	LiMO ₂ の一般式で示され、MにはNi、Mn、Co、Al等の3種を含むもの。
出力密度	二次電池の単位質量又は単位容積当たりに取り出せる電気出力。W/kg、W/Lなどの単位で示される。
集電体	電池反応により活物質で発生した電子を集め、または供給するための部品。一般に導電性の金属が使用され、形状は箔や孔あき板、格子等がある。
充放電レート	電池を充放電する際の速度。電池の全容量を1時間で充放電させるだけの電流量が1Cレートであり、その電流量の何倍かをCレートで表す。
スラリー	リチウムイオン二次電池やニッケル・カドミウム蓄電池に用いられる高分子ポリマーなどゲル状の電解液。
セパレータ	正極と負極の間に短絡防止、間隔保持、電解液保持等の目的で挿入する多孔または微孔性の膜や不織布状のもの。
セル	単電池。電池の内部構造で、正極・負極・電解液の1組。またはそれを1組だけ持つ電池。
セルコントローラ	電池の状態(電圧、温度など)をセル単位で監視し、バッテリーコントローラの指令により容量調整を行う制御装置。
全固体電池	可燃性電解液の代わりに固体電解質を利用し、電池全てが固体でできた電池。電池パックの損傷などによるショート、発火する危険性が低減する。
チタン酸リチウム	リチウムイオン電池用負極活物質のひとつ。本材料は不燃性のため、炭素系の負極材料を用いた電池と比べ安全性が高い。
通信スロット固定型時分割通信	多くのセル情報を効率的に計測する手法。複数のセルに取り付けたセンサーの信号を微少な時間をずらして測定するため、通信スロットを切り替えて測定するよりも高速に測定できる。
電解液	二次電池内の電気化学反応に際してイオン伝導させる溶液。リチウムイオン電池では、極性が大きく溶解力の高いカーボネート系有機溶剤が使用される。
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。
電池パック	セルを組み立てたモジュールを複数接続し、電気自動車等に搭載する形状としたもの。
トラクターヘッド	牽引自動車のうち運転席と荷台が分離できるもの。
鉛蓄電池	正極(陽極板)に二酸化鉛、負極(陰極板)には海綿状の鉛、電解液として希硫酸を用いた二次電池。自動車のバッテリーとして広く利用されている。

用語	説明
ニッケル水素電池(NiMH)	二次電池の一種で、正極に水酸化ニッケル、負極に水素吸蔵合金、電解液に濃水酸化カリウム水溶液(KOH(aq))を用いたもの。
ハイレート特性	電池容量に対して比較的大きな電流を流すことにより短時間で充放電を行った際に影響を受ける電池の劣化に関する特性。
バインダ	活物質同士あるいは活物質と集電体を結着させ、導電ネットワークを形成し構造を維持するために、電極合剤に添加される。塗料特性、柔軟性、電解液への不溶性、電気化学的な安定性など様々な性能が要求される。
バッテリーコントローラ	充放電を制御し、容量調整を判断してセルコントローラに指令を出す制御装置。
バッテリーマネジメントシステム	リチウムイオン電池が過充電等の異常状態とならないように、電圧等を監視・制御するシステムのこと。
表面修飾	活物質粒子や電極等の表面に他の特性を付与及び現在の特性をさらに向上させる目的で被覆を行うこと。
普通充電	充電スタンドから100V又は200Vで電気自動車に搭載した電池を充電すること。
ポストリチウムイオン電池	現行のリチウムイオン電池を超える特性を示す電池。候補として、金属空気電池等が含まれる。
ポリマー電解質	有機物からなるポリマーを電解質として適用したもの。
マグネシウムイオン電池	充放電に際し、マグネシウムが正負極間を移動する電池系のこと。イオン化した際、リチウムは1価であるのに対し、マグネシウムは2価となる。
ヤードクレーン	コンテナヤードにあるコンテナの積み降ろしを行うクレーン。
容量維持率	初期容量に対する再測定時の容量比。容量維持率が高いほど、優れたサイクル特性があると言える。
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。
ラミネート型セル	正極、セパレータ、負極を重ねて巻き取った、及び積層した電極体を、熱溶着で密封できるラミネートフィルム内に収納した電池のこと。
リチウム硫黄電池	正極に硫黄、負極に金属Li等を適用した電池系のこと。硫黄が多硫化物を形成し、電解液中に溶出することで特性が低下する問題があるが、現行のリチウムイオン電池に比べ大きな容量を示す。
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4V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。
リチウム過剰マンガン系固溶体	LiMO ₂ の一般式で示される化合物の中で、量論組成よりもLiを多く含むもの。

用語	説明
リチウム空気電池	正極に空気、負極に金属(この場合リチウム)を適用した電池系のこと。
リン酸金属塩リチウム	LiMPO ₄ の一般式で示され、MにはFe、Mn、Co等が適用される。
リン酸鉄リチウム	LiFePO ₄ リチウムイオン電池用正極材として利用。

第 I 章 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の事業としての妥当性

1. 1 関連する上位施策の目標達成への寄与

本項では、本プロジェクトが関連する上位施策である下記(1)～(3)の目標達成に寄与することについて述べる。

- (1) エネルギー基本計画(第四次計画:2014年4月、閣議決定)
- (2) 次世代自動車戦略 2010(2010年4月、経済産業省策定)
- (3) 蓄電池戦略(2012年7月、経済産業省策定)

(1) エネルギー基本計画(第四次計画)

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

この第四次計画の「第3章 エネルギーの需給に関する長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策／第8節 安定供給と地球温暖化対策に貢献する水素等の新たな二次エネルギー構造への変革」においては、本プロジェクトに直接関連する施策・目標が以下に示すように記載されている。

「エネルギー基本計画」(2014年4月)の第3章／第8節からの抜粋

1. 電気をさらに効率的に利用するためのコージェネレーションの推進や蓄電池の導入促進

(1) コージェネレーションの推進

～省略～

(2) 蓄電池の導入促進

また、利便性の高い電気を貯蔵することで、いつでもどこでも利用できるようにする蓄電池は、エネルギーの需給構造の安定化を強化すると共に、再生可能エネルギーの導入を円滑化することができる、大きな可能性を持つ技術開発である。日本再興戦略においても、その潜在的市場の大きさが取り上げられており、その国際市場は2020年に20兆円規模に拡大していくと予想されている。

最近の安全性の向上や充放電効率の増加による性能向上によって、従来の用途に加え、車載用、住宅・ビル・事業用等の定置用の用途へも広がりつつあるが、引き続き、技術開発、国際標準化等により低コスト化・高性能化を図っていくことで、2020年までに世界の蓄電池市場規模(20兆円)の5割を国内関連企業が獲得することを目標に、蓄電池の導入を促進していく。

(次頁に続く)

「エネルギー基本計画」(2014年4月)の第3章／第8節からの抜粋 ～続き～

2. 自動車等の様々な分野において需要家が多様なエネルギー源を選択できる環境整備の促進

自動車の分野においては、ガソリン、軽油等の石油製品の競争のみならず、バイオ燃料、電力、天然ガス、LPガス、さらに水素をエネルギー源として利用することが可能になり、需要家の選択を通じて多様なエネルギー源が競争する環境が整いつつある。

～途中、省略～

次世代自動車(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、燃料電池自動車、クリーンディーゼル自動車、CNG自動車等)の普及・拡大に当たっては、研究開発に加え、官民が協力して電気自動車及びプラグイン・ハイブリッド自動車に必要な充電インフラの普及に努める。また、電気自動車の場合、電力システム改革による小売全面自由化によって、電気自動車の電気充電に最も適したサービスを行う事業者が輩出されることが期待される。燃料電池自動車については、規制見直しや官民の適切な費用負担等によって水素ステーションの整備を促進することで対応を進める。こうした取組により、次世代自動車については、2030年までに新車販売に占める割合を5割から7割とすることを目指す。

～以下、省略～

本プロジェクトは、各種次世代自動車のうち、主に電気自動車(以下、「EV」と略す。)及びプラグイン・ハイブリッド自動車(以下、「PHEV」と略す。)の普及促進と我が国の自動車・蓄電池産業の競争力強化を図るため、車載用のリチウムイオン電池(以下、「LIB」と略す。)の高性能化、低コスト化等の技術開発に取り組むものであり、「エネルギー基本計画」の目標達成に直接的に寄与すると言える。

(2) 次世代自動車戦略 2010

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

この戦略は、図I.1-1に示すように、「全体戦略」、「電池戦略」、「資源戦略」、「インフラ整備戦略」、「システム戦略」、「国際標準化戦略」の6つの戦略で構成されている。

「全体戦略」においては、次世代自動車の普及加速のため、政府が目指すべき車種別普及目標(新車販売に占める割合)を表I.1-1のように設定している。また、アクションプランの一つとして、部品・部材産業の高付加価値化を図るとしており、軽量化・省エネ化技術に加え、蓄電池、電池マネジメント技術、モータ、パワー半導体、EV用エアコンディショニングシステム、車内ソフトウェア、ネットワーク技術等について重点的に研究開発を推進するとしている。

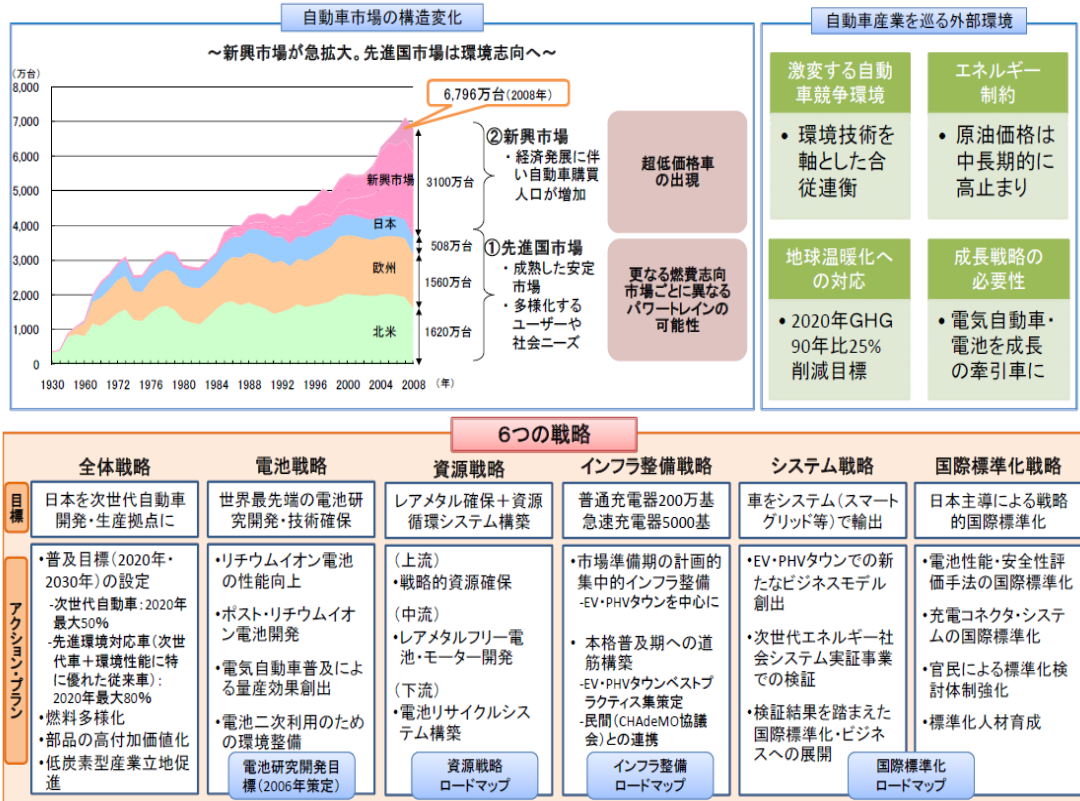


図 I.1-1 「次世代自動車戦略 2010」の概要

表 I.1-1 2020~2030年の乗用車種別普及目標(政府目標)

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

また、「電池戦略」においては、蓄電池材料及び蓄電池自体の技術は日本企業が現時点では世界をリードしている一方で、海外の蓄電池メーカーが続々と市場参入し、大規模な設備投資の計画や特許出願件数・論文発表件数も急増していることから、LIBの新材料についても引き続き幅広い基礎的な研究が必要であるとしている。具体的には、2006年の「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」でまとめられた「電池の性能とコストを2015年までに1.5倍と1/7倍にする」という目標達成に向け、先進的・革新的LIBの研究開発を進めるとしている。また、自動車以外の分野でのアプリケーションにおける蓄電池システムの活用を目指すとしている。

本プロジェクトは、2020年初頭に商品化されるEV・PHEVへの搭載を想定した先進的LIBについて、高性能化(高エネルギー密度化)や低コスト化等に取り組むものであり、その結果として、航続距離の延伸及び車両価格の低減というEV・PHEVの普及課題の解決に繋がることから、「次世代自動車戦略2010」の「全体戦略」及び「電池戦略」の目標達成に直接的に寄与すると言える。

加えて、本プロジェクトでは、先進LIBよりも更に先(2025年頃)の競争力強化を狙い、飛躍的な安全性向上や低コスト化等が期待できる全固体電池についても研究テーマに取り上げていることは、前記した「革新的 LIB の研究開発を進める。」という「電池戦略」の方向性に合致し、また、港湾荷役機械用LIBの応用開発にも取り組んでいることは、「自動車以外のアプリケーションにおける活用を目指す。」という方向性にも合致している。

(3) 蓄電池戦略

蓄電池は、電力系統用、自動車用、防災用、家庭用を初めとして、今後、大きな市場拡大が想定される成長産業分野である。このような潜在的な成長分野を戦略的な産業に育て、世界市場を獲得していくためには、エネルギー政策、情報政策、ものづくり産業政策が一体となって、新たなマーケットの創造や競争力強化の基盤整備を行っていく必要があるとの認識から、経済産業大臣及び国家戦略担当大臣のイニシアティブの下、経済産業省内に部局横断的な「蓄電池戦略プロジェクトチーム」が設置され、国土交通省との協力関係も結んだ上、2012年7月、「蓄電池戦略」が策定された。

「蓄電池戦略」の概要を図 I.1-2 に示す。

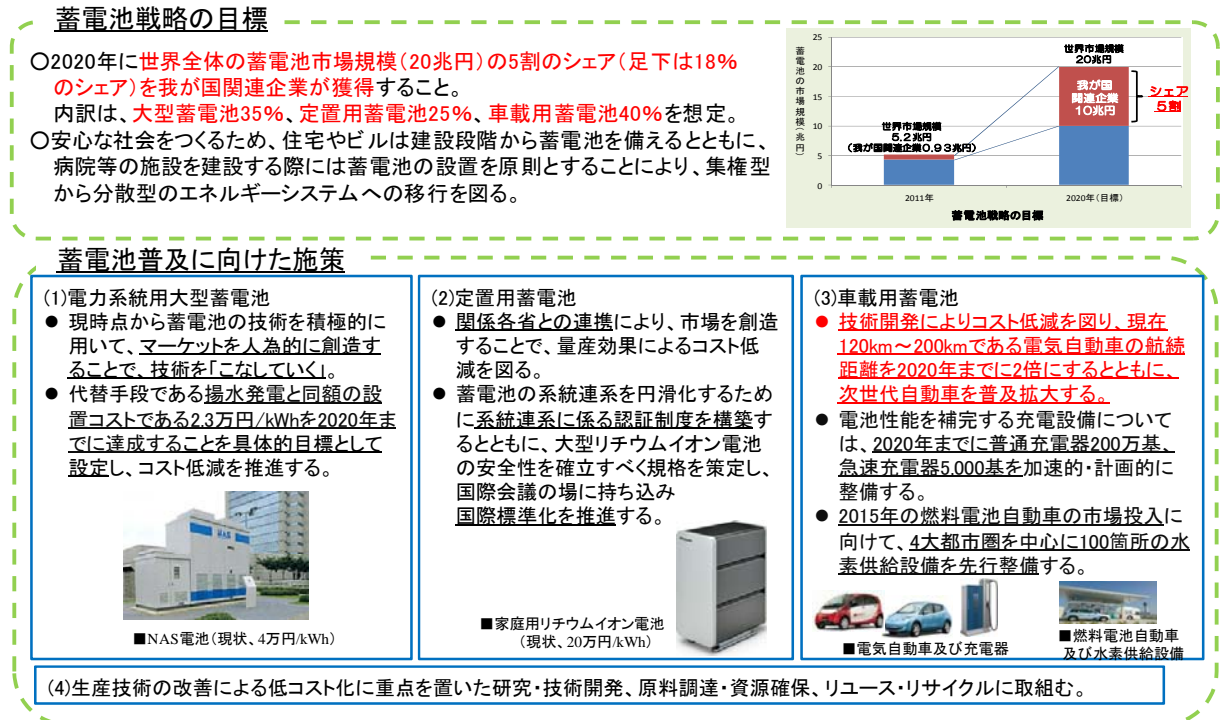


図 I.1-2 「蓄電池戦略」の概要

戦略全体の目標として、2020年に世界全体の蓄電池市場規模(20兆円)の5割のシェアを我が国関連企業が獲得することが掲げられている。その内訳については、大型蓄電池が35%、定置用蓄電池が25%、車載用蓄電池が40%となっている。また、本プロジェクトで対象としている車載用蓄電池については、航続距離の伸長が必要であり、現在120km~200kmであるEVの航続距離^{注1)}を2020年までに2倍に向上することを目標に設定している。また、電池の性能・品質の向上やコスト低減には、車載用蓄電池産業の設備投資や研究開発の促進が必要であり、研究開発においては性能向上に寄与

注1) EV航続距離はJC08モードで日産LEAFが228km、三菱i-MiEVが180kmであるが、使用環境(気象、渋滞等)や運転方法(急発進、エアコン使用等)によって異なり、実際の走行距離はこれを下回ることもある。

する材料の研究開発に加え、バッテリーマネジメントシステムや、車両軽量化等の車両全体の電池性能を補完する研究開発、ポストリチウムイオン電池の研究開発を推進していくことが必要としている。

一方、本プロジェクトにおける車載 LIB のエネルギー密度の開発目標値は EV 用で 250Wh/kg、PHEV 用で 200Wh/kg であり、現行の EV・PHEV 用 LIB の 2 倍以上の値を設定している^{注2)}。そのため、プロジェクトの目標値をクリアすることによって、現行 EV・PHEV と同じ LIB 搭載重量で航続距離の 2 倍化が実現できる。また、コストの目標値は EV 用と PHEV 用、共通で 2 万円/kWh と設定しているが、これは現行の車載用 LIB の 1/3～1/5 であり、我が国自動車・蓄電池産業が世界市場においてコスト競争力を獲得可能な目標と言える。加えて、本プロジェクトにおいては、性能向上に寄与する材料の研究開発に加え、電極スラリー作製・塗工等の製造プロセス技術開発や電池パック化、セル・バッテリーコントローラ等の周辺要素技術開発にも取り組むこととしている。従って、本プロジェクトは「蓄電池戦略」の目標達成に直接的に寄与し、また、戦略の方向性にも合致していると言える。

注2) 現行 EV 用 LIB のエネルギー密度は 60～100Wh/kg、現行の PHEV 用 LIB のエネルギー密度は 30～50Wh/kg である。

1.2 NEDO の関与の必要性

NEDO は、化石・非化石エネルギー技術及びエネルギー合理化技術に関し、民間の能力を活用して行う研究開発、民間において行われる研究開発の促進、これらの技術の利用促進等を国際的に協調しつつ総合的に行うことにより、産業技術の向上及びその企業化の促進を図り、もって内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的・効率的な供給確保、経済・産業の発展に資することを目的として、様々なナショナルプロジェクトを推進している。

2014 年度における NEDO のナショナルプロジェクトの総件数は 65 件、予算総額は 1,381 億円である。このうち、スマートコミュニティ部／蓄電技術開発室では、図 I.1-3 に示すように、本プロジェクトを含めて 5 つの蓄電技術開発プロジェクト(予算合計が約 83 億円)をマネジメントしている。

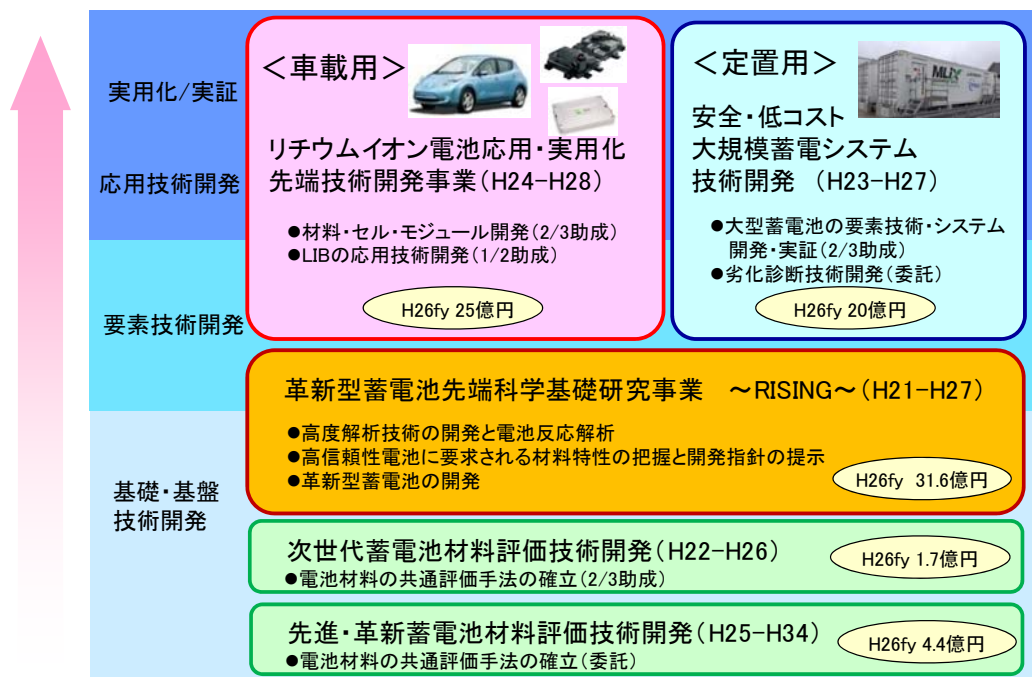


図 I.1-3 NEDO の蓄電技術開発プロジェクト

本プロジェクト以外の NEDO 蓄電技術開発プロジェクトの概要を以下に示す。なお、カッコ内にプロジェクトの予定期間と平成 26 年度予算規模を示す。

① 安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発(平成 23～27 年度、約 20 億円)

2020 年代における再生可能エネルギーの大量導入と我が国の蓄電池関連産業の競争力を強化するために、低コスト化、長寿命化で安全性の高い大型蓄電システムの開発・実証試験に取り組んでいる。また、大型蓄電システムの導入・普及を円滑に進めるため、蓄電池の安全性、信頼性及び寿命を担保する劣化診断技術の開発に取り組んでいる。本プロジェクトには 8 民間企業、2 大学、1 研究機関、1 地方自治体が参画している。

② 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業(平成 21～27 年度、約 31.6 億円)

2030 年代における我が国の蓄電池関連産業の競争力獲得を狙ったプロジェクトであり、サイエンスに基づいた研究開発によって蓄電池内部で起こる反応メカニズムを解明し、LIB の更なる性能向上とEVにおいてガソリン車並みの航続距離を実現する革新型蓄電池(ポストLIB)の基礎研究に取り組んでいる。本プロジェクトには 13 民間企業、12 大学、4 研究機関が参画している。

③ 次世代蓄電池材料評価技術開発(平成 22～26 年度、約 1.7 億円)

高性能で低コストな蓄電池の開発・実用化を加速することを目的として、産業界の共通の指標として機能する新規 LIB 材料の評価技術の開発に取り組んでいる。本プロジェクトの助成先は、リチウムイオン電池材料評価研究センター(以下、「LIBTEC」と略す。)と住化分析センターである。なお、LIBTEC は、化学メーカ 18 社と産業技術総合研究所によって構成される技術研究組合である。

④ 先進・革新蓄電池材料評価技術開発(平成 25～34 年度、約 4.4 億円)

本プロジェクトは、経済産業省の「未来開拓研究プロジェクト」の一つとして位置付けられている。上記③のプロジェクトが商業化段階にある LIB 材料の評価技術の開発に取り組むものに対して、このプロジェクトでは、2020 年以降の商品化が想定される先進・革新 LIB や革新型蓄電池に適用される材料を対象として、評価技術の開発に取り組むものである。本プロジェクトの委託先は上記③同様、LIBTEC であるが、開発及び成果の実用化を加速するため、セットメーカ 2 社(日立マクセル、トヨタ自動車)が連携研究機関として参画している。

このように、NEDO は、蓄電池に係る政策を所管する経済産業省の新エネルギー対策課、自動車課、化学課、情報通信機器課、研究開発課等と緊密に連携しつつ、第一線級の実力を有した民間企業、大学・公的機関の技術開発能力を最適に組み合わせ、基礎・基盤研究から応用・実用化開発まで戦略的かつ包括的に、蓄電技術開発プロジェクトをマネジメントしている。

過去においても、NEDO は、「分散型電池電力貯蔵技術開発」(1992～2001 年度)において当時黎明期にあった LIB の技術開発を世界に先駆けて実施するとともに、「燃料電池自動車等用リチウム電池技術開発」(2002～2006 年度)、「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発～Li-EAD～」(2007～2011 年度)において車載用 LIB の技術開発を実施し、これらプロジェクトの成果を我が国民間企業における車載 LIB の実用化・事業化や ISO/IEC の国際規格の制定等に繋げてきている。

このように、ナショナルプロジェクトの推進等を通じて蓄積された蓄電池の技術及び産業・市場に関する知見や研究開発マネジメントの経験・ノウハウ等を有効活用する観点において、本プロジェクトへの NEDO の関与は適当であると言える。

また、本プロジェクトのように、ビジネス上、競合関係や買い手と売り手の関係にある複数の民間企業が参画したプロジェクトにおいて、各実施者に対し、公平な予算配分管理や進捗管理等を行い、日本

全体としての競争力を向上させていく観点からも、NEDO の関与は適当であると言える。

加えて、NEDO は、2013年に経済産業省・産業技術環境局、文部科学省・研究開発局が中心となって設置された「文部科学省・経済産業省ガバナングボード(蓄電池)」(戦略コーディネータ:東京大学大学院工学研究科教授 橋本和仁)の構成メンバーとなっている。NEDO はこのガバナングボードでの活動を通じ、文部科学省所管の「戦略的創造推進事業/先端的低炭素化技術開発(ALCA)/次世代蓄電池研究開発プロジェクト」や「元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>/触媒・電池材料」等において、我が国の大学・研究機関等が実施している蓄電池の研究内容とその研究進捗を把握しつつ、必要に応じて、これら大学等の先進的な有望技術について産業界とのマッチングを図ることも念頭に置きながら、NEDO プロジェクトを推進している。

また、NEDO は、米国における蓄電池の研究開発で中心的な役割を果たしているアルゴンヌ国立研究所、ドイツにおいて様々な蓄電池の研究開発プロジェクトを所管する連邦教育・研究省(BMBF)と蓄電池分野での情報交換に関する覚書(MOU:Memorandum Of Understanding)をそれぞれ2010年5月、2010年9月に締結している。この覚書に基づき、NEDO は、アルゴンヌ国立研究所及びBMBFと共同ワークショップを開催する等して、蓄電池を重点分野と定めて研究開発投資を拡大し、LIBの技術でキャッチアップを図っている諸外国の研究状況を把握しながらプロジェクトを推進している。

このように、国内外の研究開発状況を俯瞰し、技術情報の流出にも配慮しつつ、国際的な協調も行って、蓄電池の研究開発を総合的に推進するとの観点からも、NEDO の関与は適当であると言える。

1.3 実施の効果

本項では、本プロジェクトの実施の効果として、下記(1)~(3)の効果について述べる。

- (1) 経済効果
- (2) CO₂削減効果
- (3) 波及効果

(1) 経済効果

詳細については次節「2. 事業目的の妥当性」で後述するが、欧米を中心として主要各国は、次世代自動車の普及拡大を図る国家計画を策定しており、今後、LIBを搭載した次世代自動車の市場投入が相次いでいくものと予想される。

1.1項で述べたように、「蓄電池戦略」においては、2020年の世界全体の蓄電池市場規模20兆円のうち、40%の8兆円を車載用電池の市場規模として想定している。また、「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望2014 一次世代自動車分野編一」(株式会社富士経済、2014年1月)においても、図I.1-4に示すように、次世代自動車の車載電池の市場規模として、2020年が約4兆円、2025年が約7兆円との予測が示されている。

2020年代以降においても、ガソリン車用の鉛蓄電池、ハイブリッド車(以下、「HEV」と略す。)用のニッケル水素電池等は依然、実用に供され、一定規模の市場は存在する^{注3)}と予想されるが、本プロジェクトで開発の対象としているLIBが車載用電池の主流であり、本プロジェクトの経済効果への期待は大きい。

注3) 「2014 電池関連市場実態調査 上巻」(株式会社富士経済、2014年2月)によると、車載用の鉛蓄電池とニッケル水素電池の2013年世界市場規模(実績)はそれぞれ1兆7,600億円、1,360億円である。

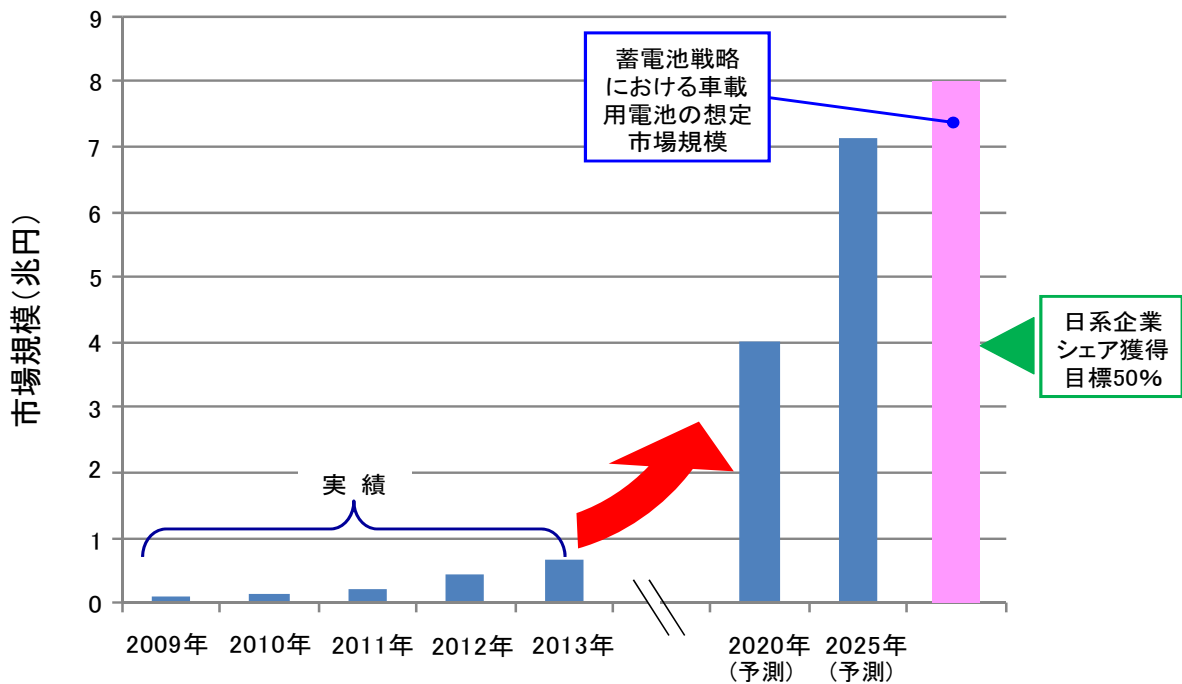


図 I.1-4 車載用電池の世界市場規模の実績推移と予測

出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2011-2014」(株式会社富士経済)

一方、本プロジェクトの実施者(助成先企業)は、本プロジェクトの成果に関する企業化計画書を添付した「課題設定型産業技術開発費助成金交付申請書」を NEDO に提出している。各実施者はこの企業化計画書に開発した製品の事業化後 5 年間の売上見通しを記載しているが、これを集計すると、全実施者の売上合計(事業化後 5 年分)は、蓄電池のみで約 4 兆 7,000 億円、自動車等の製品システムを含めると約 8 兆 6,000 億円である。また、事業化後 5 年目における全実施者の売上を集計すると、蓄電池のみで約 1 兆 5,000 億円、自動車等の製品システムを含めると約 2 兆 6,000 億円となっている。

この売上見通しに対して、本プロジェクトの 5 年間の予算総額(NEDO 負担分)は 83 億円であり、十分な費用対効果が有ると言える。

なお、ヤードクレーン及びトラクターヘッド用 LIB の応用開発についても、次節「2.5 港湾荷役機械に係る市場・産業動向」で後述するが、約 1,600~3,300 億円/年の市場規模が有り、十分な費用対効果が見込める。

(2) CO₂削減効果

ガソリン車、EV、PHEV1 台当たりの年間 CO₂排出量はそれぞれ以下のように試算される。

● ガソリン車の年間 CO₂排出量

$$\begin{aligned}
 &= \text{【年間走行距離】} \div \text{【燃費】} \times \text{【ガソリン CO}_2\text{排出係数】} \\
 &= 9,000\text{km} \div 11.76\text{km}/\ell^{*1} \times 2.322\text{kg-CO}_2/\ell^{*2} \\
 &= 1,777\text{kg-CO}_2
 \end{aligned}$$

● EV の年間 CO₂排出量

$$\begin{aligned}
 &= \text{【年間走行距離】} \times \text{【電費】} \times \text{【電力 CO}_2\text{排出係数】} \\
 &= 9,000\text{km} \times 0.163\text{kWh}/\text{km}^{*3} \times 0.487\text{kg-CO}_2/\text{kWh}^{*4} \\
 &= 714 \text{ kg-CO}_2
 \end{aligned}$$

(次頁に続く)

(前頁からの続き)

● PHEV の年間 CO₂排出量

$$\begin{aligned}
 &= \text{【年間 EV 走行距離】} \times \text{【電費】} \times \text{【電力 CO}_2\text{排出係数】} \\
 &\quad + \text{【年間 HEV 走行距離】} \div \text{【燃費】} \times \text{【ガソリン CO}_2\text{排出係数】} \\
 &= 4,500\text{km}^{\ast 5} \times 0.163\text{kWh/km} \times 0.487\text{kg-CO}_2/\text{kWh} \\
 &\quad + 4,500\text{km} \div 21.28\text{km}/\ell^{\ast 6} \times 2.322\text{kg-CO}_2/\ell \\
 &= 357 \text{ kg-CO}_2 + 491 \text{ kg-CO}_2 \\
 &= 848 \text{ kg-CO}_2
 \end{aligned}$$

[注 記]

※1: 国土交通省・2015 年度平均燃費目標値 16.8km/ℓ(JC08 モード)の 0.7 倍と仮定。

※2: 「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」(平成 18 年経済産業省・環境省令第三号)に記載の値。

※3: 日産リーフの電費カタログ値 0.114kWh/km(JC08 モード)の 1/0.7 倍と仮定。

※4: 「電気事業における環境行動計画」(2013 年 9 月、環境省)に記載の 2012 年度実績値。

※5: EV 走行距離と HEV 走行距離の割合を 50:50 と仮定。

※6: トヨタ自動車プリウスの燃費カタログ値 30.4km/ℓ(JC08 モード)の 0.7 倍と仮定。

従って、EV、PHEV 1 台当たりの年間 CO₂削減効果は、それぞれ以下のように算出され、1,063kg-CO₂、929kg-CO₂となる。

● EV の年間 CO₂削減効果

$$\begin{aligned}
 &= \text{【ガソリン車 CO}_2\text{排出量】} - \text{【EV 年間 CO}_2\text{排出量】} \\
 &= 1,777\text{kg-CO}_2 - 714\text{kg-CO}_2 \\
 &= 1,063 \text{ kg-CO}_2
 \end{aligned}$$

● PHEV の年間 CO₂削減効果

$$\begin{aligned}
 &= \text{【ガソリン車 CO}_2\text{排出量】} - \text{【PHEV 年間 CO}_2\text{排出量】} \\
 &= 1,777\text{kg-CO}_2 - 848\text{kg-CO}_2 \\
 &= 929 \text{ kg-CO}_2
 \end{aligned}$$

次に、本プロジェクトの実施によって車載用 LIB の高性能化や低コスト化等が進展し、その結果として、「次世代自動車戦略 2010」等に掲げられた EV・PHEV の普及目標が達成された場合の CO₂削減効果について述べる。

「日本の自動車工業 2014」(日本自動車工業会、2014 年 5 月)によると、我が国の四輪車保有台数は 2013 年 12 月末現在で 7,661 万台であり、うち乗用車(普通車、小型四輪車、軽四輪車)は 6,003 万台である。また、四輪車新車販売台数は 537 万台であり、うち乗用車の新車販売台数は 456 万台である。2004 年～2013 年の過去 10 年の傾向は、乗用車の保有台数は 5,600 万台～6,003 万台と年 1% 程度の伸びであり、乗用車の新車販売台数は 350 万台～470 万台の範囲で変動している。

我が国の人口は減少に向かっており、乗用車保有の傾向は現状から大きく変わることは無いものと推察されることから、本 CO₂削減効果の検討においては、2020 年代の乗用車保有台数は 6,000 万台、新車販売台数は 400 万台/年で一定とする。この 400 万台に対し、「次世代自動車戦略 2010」における「乗用車の新車販売台数に占める EV・PHEV の割合を 2020 年で 20%、2030 年で 30%とする」(最

大ケース)との目標値を当て嵌め、EV・PHEVの年間普及台数は2020年で80万台、毎年1%の伸びで2030年に120万台になると仮定する。また、EV・PHEVの普及割合は、「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望2014 一次世代自動車分野編」(株式会社富士経済)に示された予測販売台数を参考として、2025年の販売比率EV:PHEV=3:7と仮定する。

この仮定に対して、前記したEV、PHEV1台当たりの年間CO₂削減効果の試算値を当て嵌め、トータルの普及台数によるCO₂削減効果を試算した結果を表I.1-3及び図I.1-5に示す。

今後、EV・PHEV、ガソリン車共に電費・燃費は更に向上すること、また、再生可能エネルギーの普及拡大によって電力のCO₂排出源単位が改善すること等も想定され、本試算結果は変動要素を含んだものであるが、2020年～2029年の10年間で約4,900万トン-CO₂/年のCO₂削減効果が期待できる。加えて、我が国の自動車メーカは2013年実績で約400万台の乗用車を輸出するとともに、米国、欧州、東南アジア、中国等での現地生産にも積極的に取り組んでいる(2012年実績で約1,600万台規模)。輸出・海外生産の対象にはEV・PHEVも含まれることから、世界全体のCO₂削減にも大きく貢献することが期待できる。

表 I.1-3 EV・PHEV 普及による CO₂ 削減効果の試算

	単年度普及台数 (千台)			累積普及台数 (千台)			CO ₂ 削減量 (千トン-CO ₂ /年)		
	EV	PHEV	合計	EV	PHEV	合計	EV	PHEV	合計
2020年	240	560	800	240	560	800	255	520	775
2021年	252	588	840	492	1,148	1,640	523	1,066	1,589
2022年	264	616	880	756	1,764	2,520	804	1,639	2,442
2023年	276	644	920	1,032	2,408	3,440	1,097	2,237	3,334
2024年	288	672	960	1,320	3,080	4,400	1,403	2,861	4,264
2025年	300	700	1,000	1,620	3,780	5,400	1,722	3,512	5,234
2026年	312	728	1,040	1,932	4,508	6,440	2,054	4,188	6,242
2027年	324	756	1,080	2,256	5,264	7,520	2,398	4,890	7,288
2028年	336	784	1,120	2,592	6,048	8,640	2,755	5,619	8,374
2029年	348	812	1,160	2,940	6,860	9,800	3,125	6,373	9,498
2030年	360	840	1,200	3,300	7,700	11,000	3,508	7,153	10,661

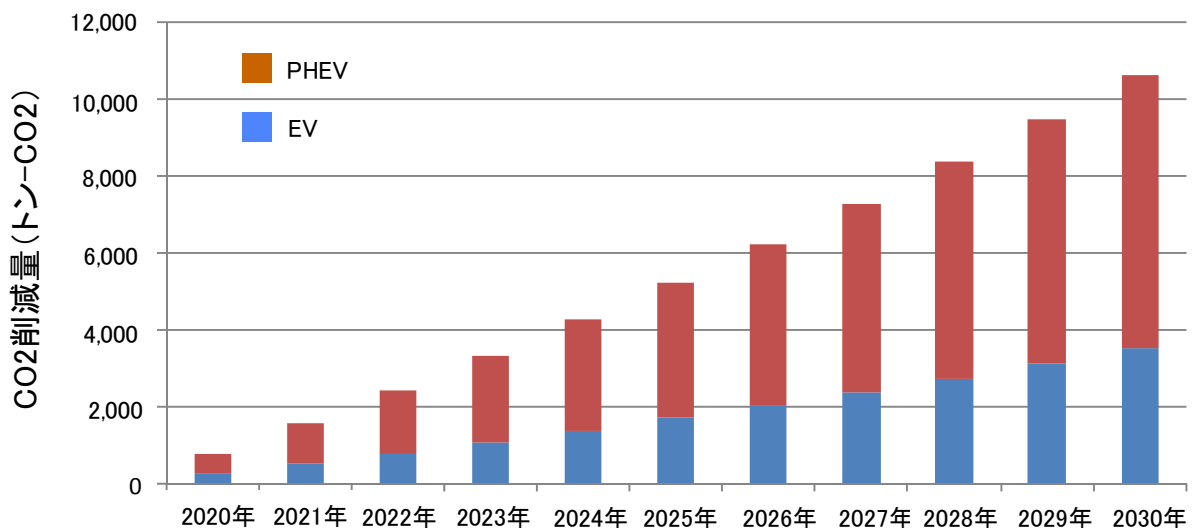


図 I.1-5 EV・PHEV 普及による CO₂ 削減効果の試算

(3) 波及効果

(i) V2H・V2G の普及等への貢献

スマートグリッドの一環として、大容量の LIB を搭載する EV・PHEV^{注4)}を電力供給の調整に用いる V2H(Vehicle to Home)、V2G(Vehicle to Grid)という新しい試みがある。V2H は EV・PHEV 等を住宅・オフィスビル等に接続することにより、電力ピークシフト、停電時のバックアップ対策、夜間電力活用等に利用可能とするものである。V2G は夜間や休日等で停車中の EV・PHEV を地域の電力系統に接続することで、車載電池をスマートグリッド全体の蓄電設備として利用するものである。V2H と同様に電力の無駄を省きながら、地域全体で電力の消費と供給の平準化を図るとともに、エネルギー事業者の発電や蓄電設備の設置負担軽減を目指すものである。

このように、V2H・V2G は EV・PHEV のユーザに対して新たな価値を提供するものであるが、その一方で、車載電池から他用途に電力供給を行う状況が不定期に発生するため、ユーザが走行したい時に十分な電力が車載電池に充電されていないと航続距離が不十分となり、本来の EV・PHEV の利便性が損なわれることが普及課題の一つとして挙げられる^{注5)}。

本プロジェクトにおける高エネルギー密度化や低コスト化等の技術開発によって、蓄電容量が増大した EV・PHEV の普及拡大が図られることは、上記した V2H・V2G の普及課題の解決にも繋がる。さらに、電力システム改革による小売全面自由化の進展と相俟って、EV・PHEV の電気充電に最も適したサービスを行う事業者が輩出されることが期待される。

注4) 車載 LIB の蓄電容量は日産 LEAF で 24kWh、三菱 i-MiEV で 16kWh(又は 10.5kWh)、トヨタ PRIUS PHV で 4.4kWh、三菱 OUTLANDER PHV で 12kWh。一方、一世帯当たりの一日の電力消費量は約 12~15kWh である。

注5) V2H・V2G の普及課題には、ユーザの利便性損失以外に、太陽光発電電力を車載電池に充電した場合、自家消費の扱いで、現状の固定価格買取制度では対象外となるため経済的損失に繋がること、その設備利用負担をどのように分担するか等がある。

(ii) 各実施者の定置用蓄電池ビジネスへの寄与

世界全体において再生可能エネルギーの導入促進、電力設備の効率的運用、需要家に対する電力サービスの向上等が求められている。現在、各国政府は電力系統・産業用の大型蓄電池や住宅・ビル等の需要家用途の定置用蓄電池の導入を促進する政策及び市場環境整備を積極的に進めている。

前記 1.1 節で述べたように、「蓄電池戦略」では 2020 年の世界市場規模として大型蓄電池(系統安定化用)が 7 兆円、定置用蓄電池(住宅・ビル用等)が 5 兆円と大きな市場規模が想定されているが、エネルギー密度が高く、車載用電池での量産によるコスト低減が期待できる LIB はこれら市場においても主流となる可能性が高い。

本プロジェクトの実施者(あるいはそのグループ会社)の多くは、LIB を適用した大型蓄電池及び定置用蓄電池のビジネスを実際に展開している。また、車載用 LIB と定置用 LIB とはセルを含め、共通する部分も多い。本プロジェクトの成果は各実施者の定置用 LIB の高性能化・低コスト化技術としても活用され、そのビジネス展開にも寄与するものと考えられる。

(iii) 若手工学技術者の育成

蓄電池技術は化学、電気化学、材料(有機・無機材料)、電気、機械等、広範囲で高度な設計技術の裾野を必要とし、かつ高度な製造技術も必要となる。本プロジェクトの実施を通じ、技術立国日本の将来を担う若手工学技術者の育成を促進できる。

2. 事業目的の妥当性

第1節で述べたように、本プロジェクトは、車載用 LIB の高性能化・低コスト化に資する技術開発を行い、2020年代における次世代自動車(EV・PHEV)の本格普及と我が国自動車・蓄電池産業の競争力を強化することを目的としている。

本プロジェクトに関連する国内外の政策動向、技術開発動向、市場・産業動向、特許・標準化動向は以下に示す通りであり、これらの動向に照らし見て本プロジェクトの目的は妥当であると言える。

2.1 EV・PHEV、車載電池に係る政策動向

主要各国の政府は、運輸部門における環境・気候変動・エネルギー政策の一環として、表 I.2-1 に示すように、EV・PHEV 等を 2020 年までに 100 万台規模で普及させる目標を掲げ、その目標達成のため、EV・PHEV 及び充電インフラの導入支援とその実証プロジェクトの実施、自動車・蓄電池産業に対する開発・設備投資支援等、各種インセンティブ施策を積極的に実施している。

その取組みの概要を以下に示す。

表 I.2-1 主要国における EV・PHEV の普及目標

国	普及政策と目標
米 国	<ul style="list-style-type: none"> ▶ One Million Electric Vehicle by 2015(2011 年) 2015 年 100 万台
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ▶ National Electromobility Development Plan(2009 年) 2020 年 100 万台、2030 年 500 万台
英 国	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Carbon Plan(2011 年) 2020 年 170 万台(公共政策研究所 IPPR の 2011 年提案)
フランス	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Plan national pour le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables(2009 年) 2015 年 10 万台、2020 年 200 万台、2025 年 450 万台
中 国	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 省エネルギー・新エネルギー自動車産業発展計画(2012 年) 2015 年 50 万台、2020 年 500 万台
韓 国	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 電気自動車産業活性化案(2009 年) 2015 年 生産 120 万台、輸出 90 万台
日 本	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 次世代自動車戦略 2010(2010 年、経済産業省) 2020 年 新車販売に占める割合 15~20% 2030 年 新車販売に占める割合 20~30% ▶ 環境対応車普及戦略(2010 年、環境省) 2020 年 EV 販売 51 万台、保有 207 万台 HEV・PHEV 販売 145 万台、保有 930 万台 2030 年 EV 販売 73 万台、保有 590 万台 HEV・PHEV 販売 183 万台、保有 1,680 万台

(1) 米国**(i) EV・PHEVの普及目標・戦略**

米国エネルギー省(以下、「DOE」と略す。)は、2011年、「One Million Electric Vehicle by 2015」と題した報告書を発表し、2015年までに100万台のEV・PHEVを普及させるとの目標を掲げた。この報告書の中では、GM VOLTで50万5,000台、日産LEAFで30万台、Tesla model-Sで5万5,000台等、合計で約122万台の普及見込みが示された。

上記の目標達成のため、DOEは、EV・PHEVの車体重量や車載電池の容量に応じた購入者に対する2,500～7,500ドルまでの税還付制度、商業施設への充電スタンド設置者に対する最大50,000ドルの税還付制度、家庭への充電設備設置者に対する2,000ドルの税還付制度を設けている。

一方、California州は独自にEV等の低公害車の不況目標を掲げている。California州大気資源局(California Air Resources Board:CARB)は、2012年、低公害車(Zero Emission Vehicle:ZEV)の新車販売に占める比率を2025年までに15.4%に引き上げることを自動車メーカーに求める規則「California Advanced Clean Car Rules」を定めた。内燃機関を搭載するHEVはZEVが普及するまでの過渡的な位置付けとし、長期的には21世紀半ばを目処にEVとFCVを中心とするZEVの割合を87%まで引き上げる計画となっている。このZEV規則によってCalifornia州ではEVの普及が見込まれるため、San Francisco周辺における集中的な充電インフラの整備や、バイエリアの群共同による老朽化した充電設備の更新等が計画されている。

(ii) EV・充電インフラの実証プロジェクト

DOEは、「EV PROJECT」(2009年～)において、充電設備メーカーECOtalityに対し約1億1,500万ドルの助成金を配賦し、California州、Oregon州、Washington州、Arizona州、Texas州、Tennessee州、Colombia特別区(Washington D.C.)、Georgia州、Illinois州、Pennsylvania州、New Jersey州の10州1特別区に充電インフラを配備しながら、EVを用いた社会実証を進めている。このプロジェクトでは約14,000基の充電設備を普及させる計画であり、これまでにGM VOLT又は日産LEAFの所有者に対し、約8,300基の家庭用充電設備が無償提供されている。

また、DOEは、米国再生・再投資法(The American Recovery and Reinvestment Act of 2009。以下、「ARRA」と略す。)の一環として、「Charge Point America Program」においてCoulomb Technologies社に対し約1,500万ドル(2010年～2013年の4年間合計)の助成金を配賦し、New York Metro、Washington、DC/Baltimore、Orlando/Tampa、S. Michigan、Boston、Central Texas、LA Metro、Sacramento、SF/SJ Bay Area、Bellevue/Redmond等、全米の各地域に充電設備約4,000基を設置している。このうち約2,000基は公共用である。

このプロジェクトにおいては、GM、Ford、日産自動車、BMW、Navistar eStar、smart fortwo ED等、プロジェクトに参加の自動車メーカーのEV全車種に使用可能な充電スタンドが整備されている。また、これらのEV購入者に対し、Coulomb Technologies社は家庭用の充電設備を無償提供している。さらに、Coulomb Technologies社は、公共用充電スタンドを通信ネットワーク化して利用データを収集し、EV利用者に最寄りの充電スタンドを案内し、予約可能とするオンラインサービスを提供している。

(iii) 自動車・蓄電池産業への設備投資支援

DOEは、2009年6月、Ford、米国日産及びTeslaの次世代自動車の製造に対して合計80億ドルの資金供与を決定した。さらに、同年8月、ARRAの一環として、蓄電池関連企業に対して合計24億ドルの資金供与を決定した。24億ドルのうち、15億ドルは車載電池や電池材料・部品の生産工場を米国内に新規建設するか、所有している工場の生産能力を拡大する電池メーカー及び材料メーカー

に対するものである。残り9億ドルは、5億ドルがEV用モータ、制御装置、部品等の生産メーカーに対する資金供与であり、4億ドルがEVの性能・充電評価や教育トレーニング用に導入する団体への資金供与である。

主な資金供与先企業とその内容は次の通りである。。

- ① A123 : 2億5,000万ドル(LIBの製造)
- ② Johnson Controls : 3億ドル(LIBの製造)
- ③ Compact Power(LG Chemical) : 1億5,000万ドル(LIBの製造。GMへの供給)
- ④ Dow Kokam : 1億6,100万ドル(LIB及び電池材料の製造)
- ⑤ EnerDel : 1億1,800万ドル(LIB及び電池材料の製造)
- ⑥ GM : 2億4,100万ドル(LIB、駆動システムの製造、EVの開発・実証)
- ⑦ Ford : 9,200万ドル(電動駆動システムの製造、EV・PHEVの開発・実証)
- ⑧ Chrysler : 7,000万ドル(PHEVの開発・実証)
- ⑨ Celgard : 4,900万ドル(LIB用セパレータの製造)
- ⑩ Saft America : 9,550万ドル(LIB、電池モジュール、電池パックの製造)
- ⑪ East Penn Manufacturing : 3,250万ドル(鉛電池/キャパシターハイブリッドの製造)
- ⑫ Smith Electric : 1,000万ドル(電気トラック等の製造)
- ⑬ Navistar International : 3,900万ドル(電気トラックの製造)

(2) EU

(i) EV・PHEVの普及戦略

欧州委員会(以下、「EC」と略す。)は、運輸部門における環境・気候変動・エネルギー政策の一環としてエコカー市場を活性化することを目的として、2009年に「クリーンでエネルギー効率のよい一般道路車両の推進に関する指令」(2009/33/EC)を施行した。同指令では、EU加盟国の政府関連機関、団体及びその他の特定事業者が車両を購入する際のグリーン公的調達に関する基準として、エネルギー消費量、CO₂排出量、NO_x排出量等の基準値を定めている。

また、ECは、2010年に「クリーンでエネルギー効率の高い自動車に関する欧州戦略を定めた欧州委員会コミュニケーション」を発表し、EVの普及戦略として①市販化(各自動車種別の承認に関する電気安全要件の提案等)、②標準化(標準化された充電インターフェースの開発等)、③インフラ整備(充電や燃料補給等)、④発電・配電(供給システムとグリッドに対する低炭素要件の高まりが及ぼす影響の評価等)、⑤電池のリサイクルと運搬(電池のリサイクルや使用済自動車に関する既存法令に必要な変更点等)を示した。

(ii) 自動車・蓄電池産業への開発資金支援

2008年、世界的な金融危機が実体経済に影響を与え始めたため、ECは2,000億ユーロ規模の景気対策として「欧州経済回復計画」(European Economic Recovery Plan)を発表した。ECは、その一環として、CO₂低排出車の普及促進と経営苦境に立たされた自動車産業の後押しを図るため、EUの資金提供による財政インセンティブ「欧州グリーンカー・イニシアティブ」(The European Green Car Initiative。以下、「EGCI」と略す。)を提案した。EGCIは官民パートナーシップ(Public-Private Partnership: PPP)であり、EU、欧州投資銀行及び産業界等から拠出された資金が、EGCIを介して、EV・PHEVに代表されるクリーンエネルギー自動車の普及に資する技術の研究開発を行う企業・大学等に配賦されており、車載電池の研究開発も資金配賦の対象となっている。

なお、EGCIには2013年までに合計50億ユーロ規模の資金が拠出されたが、40億ユーロは欧州投資銀行からの融資であり、残りの10億ユーロはEUの研究開発プログラム「第7次研究開発枠組計画」(以下、「FP7」と略す。)と産業界からの拠出である。また、FP7は2013年で終了し、2014年からは後継プログラム「Horizon2020」が開始しているが、EGCIの活動は継続されている。

(3) ドイツ

(i) EV・PHEVの普及目標・戦略

連邦政府は、2009年、「国家エレクトロモビリティ開発計画」(National Electromobility Development Plan:NEP)を発表し、2020年までに100万台、2030年までに500万台のEV普及目標を掲げた。同計画では、再生可能エネルギーの大量普及を前提とし、EVの市場導入を促進することによって、運輸部門の温室効果ガス排出量を削減すると同時に、経済成長及び雇用創出を図るとしている。また、この目標を達成するため、EV及び車載電池の研究開発や充電インフラの整備を進めるとしている。

(ii) EV・充電インフラの実証プロジェクト

上記(i)の計画に基づき、連邦交通・建設・都市開発省(BMVBS)は2009年より、①Berlin及びPotsdam、②Hamburg、③Bremen及びOldenburg、④Leipzig及びDresden、⑤Aachen及びMuenster、⑥Frankfurt、⑦Munich、⑧Stuttgartを「Electric Mobility in Pilot Regions」として指定し、約1億3,000万ユーロの助成金を拠出して、充電インフラを整備しながらEV(乗用車、バス等)を用いた実証試験プロジェクトを実施している。

連邦経済技術省(BMWi)も2009年より、連邦環境・自然保護・原子炉安全省(BMU)との共同プロジェクトとして、約5億5,000ユーロを拠出し、「エレクトロモビリティのための情報通信技術」(ICT for Electric Mobility)を実施している。このプロジェクトにおいては、7つのモデル地域に13の実証プロジェクト(「e-mobility」、「E-DeMa」、「Future Fleet」、「Smart Wheels」、「Smart Watts」等)が設けられ、トータルで50以上の企業・研究機関が参加し、EVをスマートグリッドと公共サービスインフラに組み込むことで、新たなエネルギー源の提供と、負荷変動が起きた場合のバランス調整を可能にするICTに基づいたソリューションの開発・実証を実施している。なお、2012年からのフェーズIIにおいては、5つのプロジェクトが新規に追加されている。

(4) 英国

(i) EV・PHEVの普及目標・戦略

英国政府は、2009年、「低炭素化移行計画」(Low Carbon Transition Plan)を発表し、温室効果ガス排出量を対1990年比で2020年までに34%削減し、2050年までに80%削減するとの目標を掲げた。この計画と同時発表された「Low Carbon Transport : A Greener Future」においては、低炭素社会の構築するメカニズムとしてEVの普及が挙げられており、2011年からのエコカー購入補助金制度の実施、急速充電インフラの整備支援(予算上限:3億ポンド)を行うとしている。引き続き、2011年に発表した「炭素計画」(Carbon Plan)においては、EVを含む超低炭素車の普及促進のため4億ポンドの予算を確保するとともに、3,000万ポンドの補助金を拠出して2013年までに8,500基の充電スタンドを整備するとしている。

前記した政策にEV・PHEV等の普及台数に関する具体的な目標値の記載は見当たらないが、英国公共政策研究所(IPPR)は、2011年、政府の温室効果ガス削減目標を達成するためには、2020

年までに170万台のEV・PHEVの導入、厳しい自動車排出基準(95g/km)の設定、低炭素自動車製造のための政府支援による高レベルな研究開発の実施を提案している。

(ii) EV・PHEV 普及のためのインセンティブ施策

前記した政策等に基づき、交通省、ビジネス・イノベーション・技能省、エネルギー気候変動省が連携し、低公害車部(The Office for Low Emission Vehicles:OLEV)が設置され、EV等の低公害車の普及に向けての積極的なインセンティブ施策を推進している。例えば、OLEVは「Plug-In Car Grant」という補助金制度を設け、政府指定の低公害車の購入者に対して5,000ポンドを上限に購入費用の25%を支給している。また、CO₂排出量100g/km未満の車両に対する年間走行税の免除、社用EVの新規登録から5年間の課税免除等も行っている。この他、ロンドン市は独自のインセンティブ施策として、EVに対する渋滞税の免除(年間1,700ポンド)、行政区内の公共駐車場料金の免除等を行っている。

(iii) EV・充電インフラの実証プロジェクト

英国における充電インフラ整備の中心的な施策は2010年開始の「Plugged-in Places」プログラムであり、ロンドン、ミルトンキーンズ、北東イングランド、当部イングランド、ミッドランズ、グレーター・マンチェスター、北アイルランド、スコットランドの8地域において、企業と公共部門のパートナーから構成されたコンソーシアムに対して助成金を配賦し、充電インフラを整備しつつ、EV及び充電設備の利用状況のデータを収集する実証試験を進めている。

(iv) 自動車産業への設備投資支援

英国政府は、長期的な経済成長と雇用創出を目的として、2011年～2016年で資金総額26億ポンドを運用する「地域成長ファンド」(Regional Growth Fund)を設け、民間企業の設備投資を支援している。日産自動車は、このファンドよりSunderland工場の建設に関して820万ポンドの支援を受けた。この支援の対象にはLEAF搭載LIBの生産工場やLEAF組立工場が含まれており、これら新工場は2012年～2013年にかけて稼働を開始している。

(5) フランス

(i) EV・PHEVの普及目標・戦略

フランス政府は、EV・PHEVの普及目標を2010年までに10万台、2020年までに200万台、2025年までに450万台として、各種施策を推進している。

2009年発表の「国家電動車両開発計画」(Plan national pour le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables)においては、自動車産業の発展による経済効果と雇用創出を視野に入れ、EV・PHEVを活用した新たなモビリティ構想プロジェクトの募集、車載蓄電池生産工場の建設に対する助成、自治体等による充電インフラ整備に対する助成等、14項目の戦略を示した。

(ii) EV・PHEV 普及のためのインセンティブ施策

2008年より導入された低公害車の購入補助金制度「Bonus Malus」では、CO₂排出量60g/km以下のEV等の超公害車の購入者には5,000ユーロのボーナスが支給されている。また、製造から15年以上経過した車両を廃車にし、「Bonus Malus」の基準を満たす低公害車を購入した場合に300ユーロを支給する制度等も設けている。また、社用EVに対する課税免除も行っている。

一方、充電インフラの整備目標は、2015年までに民間90万基、公共スペース7万5,000基、2020年までに民間400万基、公共スペース40万基となっている。2010年の「環境グルネル法Ⅱ」(Grenelle Environnement-Ⅱ)においては、2012年1月1日以降に建設許可を受ける集合住宅やオ

フィスビルにEV・PHV用の充電設備を設置することの義務付け、既存のオフィスビルには2015年までに充電設備を設置することの義務付け、既存集合住宅の管理組合は借家人の負担で充電設備を設置することに反対できないこと等が法制化されている。

(iii) EV・充電インフラの実証プロジェクト

EV及び充電インフラ整備の実証試験については、2010年、国と12の地方公共団体が憲章に署名し、国の助言を受けて地方公共団体が実証試験プロジェクトを行っている。この憲章には、RenaultとPeugeot Citroënが2011年及び2012年に12の地方公共団体に対して合計6万台を納入することが盛り込まれている。例えば、Renault、日産自動車、EDF、Seine 河下流域公共整備公社、環境エネルギー管理庁(ADEME)、Yvelines 議会等が参画している「Seine Aval Véhicule Electrique」(SAVE)プロジェクトでは、約2,300万ユーロの資金により、Paris周辺の51市町村において100台以上のEVと300基以上の充電設備を用いた実証試験を行っている。

また、Parisを中心とした首都圏の46の地方自治体は、2011年よりEVのシェアリングサービス事業「Autolib」を実施している。「Autolib」におけるEVの導入目標は2013年までに3,000台、充電設備の導入目標は2013年までに6,000基となっている。EVとしてはBolloréが開発した「BlueCar」を採用しており、2012年9月には累積のシェアリング件数が50万件を超えている。EVシェアリングの料金体系は、基本料金が1年契約で144ユーロ、1週間契約で15ユーロ、1日契約で10ユーロであり、これらの契約期間に応じて、30分単位で4～8ユーロの使用料金が設定されている。

(6) 中国

(i) EV・PHEVの普及目標・戦略

中国政府は、2012年発表の「省エネルギー・新エネルギー自動車産業発展計画」において、1,000億元を投資し、EV・PHEVの累積生産・販売台数を2015年までに50万台、2020年までに500万台とするとの目標を掲げた。また、年間生産能力の目標として、2020年までに200万台にするとの目標を掲げた。同計画では、EV・PHEVの開発目標として2015年までに最高速度を100km/h、航続距離をEVで150km、PHEVで50kmにするとの目標を掲げた。

(ii) EV・PHEV普及のためのインセンティブ施策

中国におけるEV・PHEVの購入補助金制度は、従来、車載電池の容量に応じて支給金額が設定されていたが、2013年9月に公表された新制度では、航続距離に応じての支給金額が設定された。その支給金額は、PHEVが走行距離50km以上で3万5,000元、EVが80～150kmで3万5,000元、150～250kmで5万元、250km以上で6万元となっている。

(iii) EV・充電インフラの実証プロジェクト

EV及び充電インフラ整備の実証試験については、2009年～2012年の4年計画で「十城千両プロジェクト」が実施された。同プロジェクトは、5万台以上の普及目標を掲げ、モデル都市として定めた25の中大型都市に充電インフラを整備するとともに、EV・HEVを市内の路線バス、スクールバス、タクシー等の公共交通機関や公用車に導入して走行データを収集した。同プロジェクトで導入したエコカーに対しては、中央政府と地方自治体の折半により、HEVで5万元、EVで6万元、HEVバスで42万元、EVバスで50万元の補助金が支給された。

前記した「十城千両プロジェクト」の終了に伴い、その後継プロジェクトとして、2013年、財政省、科学技術省、工業情報化省及び国家発展改革委員会は28の都市・地域をエコカーの普及モデル都市として定め、各都市が2015年までに5,000～1万台のエコカーを導入する計画を発表している。

(7) 韓国

(i) EV・PHEVの普及目標・戦略

韓国政府は、2009年発表の「電気自動車産業活性化案」において、2015年までにEVを120万台生産し、90万台輸出するとの目標を掲げた。この目標達成のため、中核部品の技術開発に対して2014年までに約4,000億ウォン(約400億円)を投資するとともに、法・制度の整備、実証試験の支援、普及の支援等を行うとした。

(ii) EV・PHEV普及のためのインセンティブ施策

上記の案に基づいたEVの普及支援策としては、官公庁、地方自治体及び公共機関等におけるEV購入に対し最大で420万ウォンの税制優遇を行ってきた。これに続く普及支援策として、環境省は自動車の温室効果ガス排出規制制度「大気環境保全法」に基づき、2013年よりエコカー購入者に対する補助金支給を行っている。起亜自動車の「レイEV」、ルノーサムソンの「SM3 ZE」、GMコリアの「スパークSMS」の購入者に対して、1,500万ウォンの補助金が支給される。また、別途、地方自治体も補助金支給を行っており、ソウル市及び済州島のEV購入者には、それぞれ1,500万ウォン、870万ウォンの補助金が追加で支給される。

(iii) EV・充電インフラの実証プロジェクト

充電インフラの整備については、2010年の「スマートグリッド国家ロードマップ」において、政府と民間から約27兆5,000億ウォンの投資を募り、2030年までに充電スタンド2万7,000基を整備する計画を発表した。また、済州島で実施されている「Jeju Smart Grid Field Trial」プロジェクトにおいては、2030年までに島内の全車両をEVにすることを目指し、充電インフラを整備しながら、EVを用いたスマートグリッドの実証実験が行われている。

(iv) 蓄電池産業の強化施策

韓国政府は、2010年4月、地球温暖化対策の推進と環境科学技術産業(グリーン産業)の育成を関連付けて規定し、これを経済成長の新たな牽引力にすることを目指した「低炭素グリーン成長基本法」を施行した。

同法に基づき、知識経済部、企画財政部、教育科学技術部等は、2010年7月、二次電池を韓国の次世代の基幹産業へと育成することを旨とした2020年までの長期計画である「二次電池の競争力強化に向けた統合ロードマップ」を発表した。この計画においては、2020年までにはEV用や大規模エネルギー貯蔵用の中大型LIBの市場が急拡大することが見込まれるが、韓国は小型民生用LIBの競争力では日本と同等であるものの、中大型LIBの技術力は日本に相当に劣るとし、中大型市場を狙った研究開発に4~5兆ウォンを投資するとしている。

また、二次電池の素材メーカーは零細企業が多く、そのR&D環境は劣悪であるため、LIB素材全体の国産化率は20%以下、特に負極材の自給率は1%に過ぎず、大部分を日本からの輸入に頼っていると、以下に示す対応を取っているとされている。

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

(8) 日本

(i) EV・PHEVの普及目標・戦略

「1.1 関連する上位施策の目標達成の寄与」で述べたように、経済産業省の「次世代自動車戦略2010」においては、新車販売に占めるEV・PHEV割合を2020年までに15～20%、2030年までに20～30%するとの目標が掲げられている。また、環境省が2010年に発表した「環境対応車普及戦略」においては、2020年までにEVで販売51万台(保有207万台)、HEV・PHEVで販売145万台(保有930万台)とし、2030年までにEVで販売73万台(保有590万台)、HEV・PHEVで販売183万台(保有1,680万台)とするとの目標が掲げられている。

(ii) EV・PHEV普及のためのインセンティブ施策

EV・PHEVの普及支援策としては、経済産業省の「クリーンエネルギー自動車等導入事業」においてEV・PHEV等を購入する地方公共団体、個人事業者、個人等に対して補助金が支給されている。2013年度の補助金支給額は、日産LEAFが78万円、三菱i-MiEVが62～85万円、トヨタPRIUS-PHVが33万円となっている。

一方、充電インフラの普及支援策として、経済産業省の「次世代自動車充電インフラ整備促進事業」において、充電設備を購入する地方公共団体、リース会社等の法人、個人に対して、設備費及び工事費の1/2又は2/3(公共性が高い場合)の補助金が支給されている。なお、経済産業省は2014年度に急速充電設備で3万6,000基、普通充電設備で10万基を配備するため、約1,005億円の予算(2012年度補正予算)を確保している。

(iii) EV・充電インフラの実証プロジェクト

経済産業省は、2009年より、EV・PHEVの本格普及に向けた実証実験のためのモデル事業として「EV・PHEVタウン構想」を実施している。この事業においては、EV・PHEVの初期需要を創出するため、18のモデル地域を選定し、自治体、地域企業等とも連携して充電インフラ整備や普及啓発などを集中的に行い、普及モデルの確立を図っている。

(iv) 自動車・蓄電池産業への設備投資支援

経済産業省は、リーマンショック以降の国際的な立地競争に対応するため、「低炭素型雇用創出産業立地推進事業」を実施し、低炭素産業関連の工場新設・増設を支援した。この事業の予算総額は1,400億円(2009年度補正297億円、2010年度予備費1,100億円)であり、エコカー市場の拡大に備えた自動車メーカー、電池メーカー、LIB材料・部品メーカー等の大規模な設備投資に対して補助金が交付された。

2.2 車載電池に係る技術開発動向

本項では、米国、EU、ドイツ、中国政府が主導している車載用電池の技術開発の動向について述べる。なお、民間企業におけるEV・PHEV及び車載電池の技術開発動向については、それぞれ2.3項、2.4項で述べる。

(1) 米 国

(i) DOE 自動車技術局の技術開発プロジェクト

エネルギー省(以下、「DOE」と略す。)の自動車技術局(Vehicle Technologies Office:VTO)は、年間2億ドル規模の予算を拠出して、総合的な車載用電池の技術開発プロジェクト「Vehicle Technologies Battery R&D」を推進している。このプロジェクトは、下記①～⑤のテーマで構成されており、①及び②が民間企業主体、③～⑤が国立研究所・大学主体で取り組まれている。

- ① The EV Everywhere Challenge
- ② Advanced Battery Development
- ③ Battery Testing, Analysis, and Design
- ④ Applied Battery Research for Transportation(ABR)
- ⑤ Focused Fundamental Materials Research, or Batteries for Advanced Transportation Technologies (BATT)

①のテーマは、2012年のオバマ大統領の声明「The EV Everywhere Grand Challenge」(2022年までにEVをガソリン車並みに手頃なものにする。)に基づき実施されている。本テーマにおける車載電池の開発目標を表I.2-2に示す。Johnson Controls、3M、BASF、TIAX、Leyden Energy、Argonne国立研究所等が、LIB及び構成材料の高性能化、低コスト化、量産化の技術開発に取り組んでいる。

表 I.2-2 EV Everywhere Challenge の 2022 年電池開発目標

バッテリーコスト	125ドル/kWh
電池パック重量当たりエネルギー密度	250Wh/kg
電池パック体積当たり出力密度	400Wh/L
電池パック重量当たり出力密度	2,000W/kg

出典:「Fiscal Year 2013 Annual Progress Report for Energy Storage R&D」(2014年2月、DOE)

2014年2月開催のDOE年次成果報告会においては、2013年の成果に基づき、電池パックコストと体積当たりのエネルギー密度を試算すると、図I.2-1に示すように、それぞれ325ドル/kWh、150Wh/Lになると発表されている。なお、コストは年間10万パックを生産した際のものである。

また、正極材料-負極材料の組合せ毎のコスト試算も行われており、図I.2-2に示すように、NMC正極-黒鉛負極で150~200ドル/kWh、MnリッチのNMC正極-シリコン合金負極で125ドル/kWh、MnリッチのNMC正極-金属リチウム負極で100ドル/kWhとなっている。

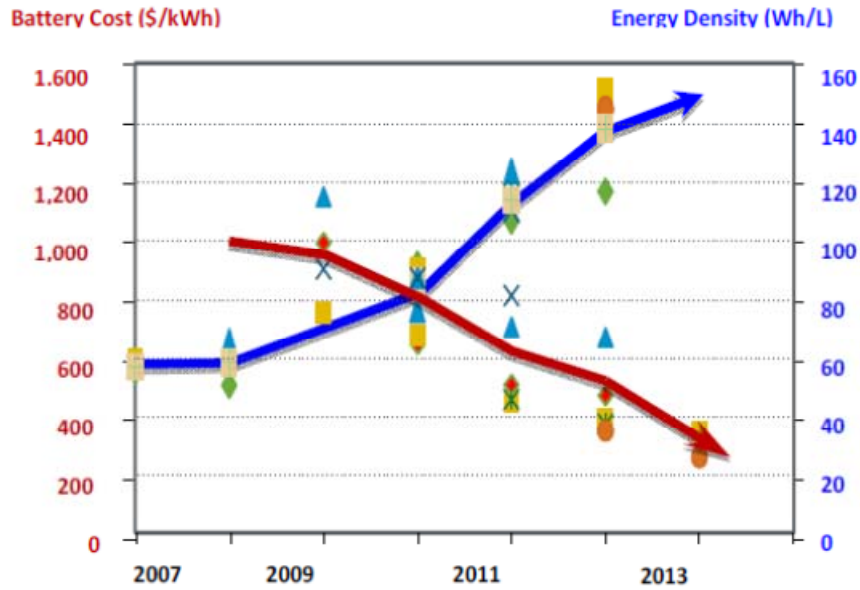


図 I.2-1 EV Everywhere Challenge における車載電池の開発進展
 出典: 「EV Everywhere Grand Challenge Road to Success」(2014年1月)

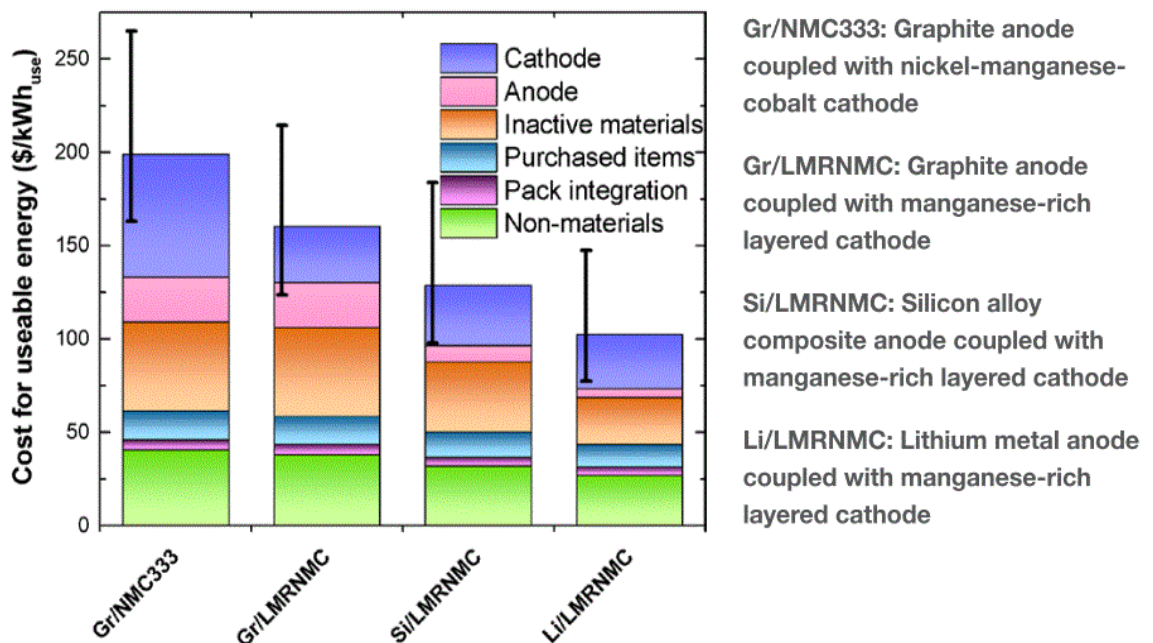


図 I.2-2 EV Everywhere Challenge における車載電池のコスト試算

出典: 「Fiscal Year 2013 Annual Progress Report for Energy Storage R&D」(2014年2月、DOE)

②のテーマにおいては、ビッグスリー (Crysler、Ford、GM) を幹事会社とするコンソーシアム「The United States Advanced Battery Consortium」(USABC)が主導して、複数タイプの車載電池がフルスケールサイズで開発されている。Johnson Controls、3M、Maxwell 等の米国電池・化学メーカーに加え、LG Chemical、SK Innovation、Dow Kokam、Saft 等の海外電池メーカーが参加している。また、このテーマにおいては、国立エネルギー技術研究所 (NETL) の管理の下、様々な先進的な電池セル、材料、部品等の開発や、中小企業技術革新研究プログラム (Small Business Innovation Research: SBIR) の資金提供を受けた中小企業・ベンチャーによる初期的な R&D が行われている。

③のテーマにおいては、上記の国立研究所及び国立再生エネルギー技術研究所によって EV・PHEV、車載 LIB、充電インフラ等の経済性・ライフサイクル評価や電池の 2 次利用・リサイクルに関する検討が行われている。また、Argonne 国立研究所、Idaho 国立研究所及び Sandia 国立研究所によって車載 LIB の性能・耐久性試験法の開発、国立再生エネルギー技術研究所、Oak Ridge 国立研究所、GM によって車載 LIB の計算機シミュレーション技術の開発等が行われている。

さらに、④及び⑤のテーマでは、上記した国立研究所、California 大、California 大 Berkley・San Diego 校、Texas 大等が先進的な LIB 電極・電解質材料の開発、LIB 特性解析・モデリング及びポスト LIB の基礎的研究に取り組んでいる。

(ii) DOE エネルギー先端研究計画局の技術開発プロジェクト

DOE のエネルギー先端研究計画局 (Advanced Research Projects Agency-Energy : ARPA-E) が所管している車載用電池の技術開発プロジェクトについて、その概要を以下に示す。

① Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation (BEEST)

2010 年～2013 年の 3 年間、予算総額約 3,500 万ドルで実施された。一充電で 480km 以上の走行を可能とする車載電池の開発を目的として、開発目標として重量エネルギー密度 200Wh/kg、体積エネルギー密度 300Wh/L、コスト 250 ドル/kWh が設定された。

図 I .2-3 に示すように、リチウム空気電池、リチウム硫黄電池、マグネシウムイオン電池、亜鉛空気電池等、様々な電池タイプの研究開発が行われた。先進的 LIB としては、Planar Energy が全固体電池に取り組み、Envia Systems が表面修飾した Mn 系固溶体正極と耐高電圧電解液を組み合わせた LIB に取り組んだ。

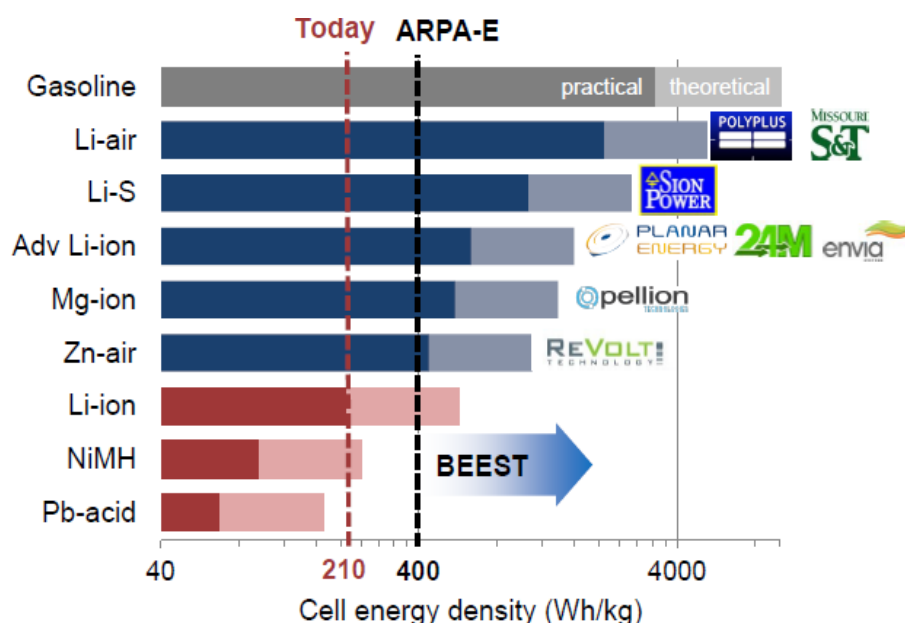


図 I .2-3 ARPA-E/BEEST の開発機関と電池タイプ

出典:「EV Everywhere Energy Work Shop」(2012年7月)

② Robust Affordable Next Generation EV-Storage (RANGE)

2013 年に開始されたプロジェクトである。開発予算の総額は約 2,000 万ドルである。車載電池及び電池システムのロバスト性を向上させることによって、電池システム全体のオーバーヘッドを軽減し、電池コンパクト化 (230Wh/L) や低コスト化 (100～125 ドル/kWh) 等、表 I .2-3 に示

す目標を達成することを目指している。本プロジェクトには 12 の企業、国立研究所、大学等が参画しているが、企業2社(Solid Power、Bettery)、Oak Ridge国立研究所、Maryland大学が全固体電池の開発に取り組んでいる。また、水系 LIB、亜鉛空気電池、リチウム硫黄電池等の研究開発も行われている。

③ Advanced Management and Protection of Energy Storage Devices (AMPED)

車載電池や系統用電池の安全性・性能・寿命を大幅に改善し得る高度なセンシング技術や制御技術の開発を目的としたプロジェクトである。2012年～2015年の3年間で約3,000万ドルの予算が計画されている。

表 I .2-3 ARPA-E/RANGE の開発目標

(1 次目標)	ID	Parameter	Primary targets
	1.1	Cost to manufacture	< 100 - 125 \$/kWh
	1.2	Effective specific energy	> 150 Wh/kg
	1.3	Effective energy Density	> 230 Wh/L
	1.4	Robustness	Meet primary targets detailed below

(2 次目標)	ID	Parameter	Secondary targets
	2.1	Cycle life at 80% depth of discharge (DOD)	> 1000
	2.2	Calendar life	> 10 years
	2.3	Effective specific Power – Discharge, 80% DOD/30 s	> 300 W/kg
	2.4	Operating temperature	-30°C -
	2.5	Secondary robustness requirements	Meet requirements below

出典:「ARPA-E Funding Opportunity Announcement」

(2) E U

EU においては、「2.1 政策動向」で述べた官民パートナーシップ EGCI の下、FP7(現在は、後継プログラム Horizon2020)の枠組みを利用して、車載電池に係る技術開発プロジェクトが実施されている。LIB の高性能化・低コスト化等の技術開発、LIB の量産プロセス開発、リサイクル技術の開発、リチウム硫黄電池やリチウム空気電池の開発等、様々なプロジェクトが推進されており、1つのプロジェクトに多数の EU 加盟国の企業、大学・研究機関が参加している。

各プロジェクトが取り扱っている材料系で多少異なるが、各プロジェクトの開発目標を整理してまとめたものを表 I .2-4 に示す。

表 I .2-4 EU/EGCI の車載電池開発目標

バッテリーコスト	150 ユーロ/kWh
電池パック重量当たりエネルギー密度	200～300Wh/kg
サイクル寿命	3,000～5,000 サイクル
カレンダー寿命	10～15 年

出典:「Project Portfolio European Green Cars Initiative PPP Call 2010-2013」

次に、主要な車載用 LIB の技術開発プロジェクトの概要と参加機関を以下に示す。

① AMEILE

フッ素系の電解質、セパレータ、バインダーを適用したLIBの開発であり、開発目標は6Ah級セルでエネルギー密度200Wh/kg、サイクル寿命1,000回、カレンダー寿命10年である。

参加機関はSolvay (Italy)、Recupyl (France)、Temic Automotive Electric Motors (Germany)、Kiev National University (Ukraine)、ERAS Labo (France)、CAE (France)、Prayon (France)、Volvo Technology (Sweden)、Renault (France)、Institut Polytechnique de Grenoble (France)、Universität Münster(Germany)、Universita di Bologna (Italy)である。

② APPLES

ニッケル・マンガン系正極(LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄)とリチウム金属(スズ)-カーボン、Sn-C、合金負極、ゲル電解質等で構成されるLIBの研究開発であり、開発目標はエネルギー密度300Wh/kgである。

参加機関はConsorzio Sapienza Innovazione (Italy)、Chalmers Tekniska Högskola (Sweden)、Chemetall (Germany)、ENI (Italy)、ETC Battery and FuelCells Sweden (Sweden)、Hydro-Eco、Sapienza Università di Roma (Italy)、SAES Getters (Italy)、Stena Metall (Sweden)、ZSW (Germany)である。

③ BATTERIES2020

ニッケル・マンガン・コバルト系正極を用いたLIBの研究開発であり、開発目標はサイクル寿命4,000回(80%DOD)、エネルギー密度250Wh/kgである。

参加機関はIKERLAN (Spain)、Centro Ricerche Fiat SPCA (Italy)、Aalborg Universitet (Denmark)、Vrije Universiteit Brussel (Belgium)、Umicore(Belgium)、LeClanche(Switzerland)、Abengoa Research (Spain)、Kellen Europe (Belgium)等である。

④ ELIBAMA

EV用LIBについて、低コスト量産プロセス(電極・電解質製造、セル組立、品質管理等)の開発を行っている。また、使用済LIBのリサイクル技術の検討も行っている。

参加機関はRenault (France)、CEA - LITEN (France)、Daimler (Germany)、Entegris (France)、EDI-VEOLIA (France)、Fraunhofer (Germany)、IN-CORE (France)、Ingecal (France)、Krönert (Germany)、PE-International (Germany)、Prayon (Belgium)、Rhodia (France)、Saft (France)、Snam (France)、Solvay - Solexis (Italy)、Umicore (Belgium)等である。

④ EUROLIION

鉄又はマンガン・ニッケル系正極とシリコン系負極で構成されるLIBの研究開発であり、開発目標はエネルギー密度200Wh/kg、コスト150Wh/ユーロである。

参加機関はTechnische Universiteit Delft (The Netherlands)、Centre National de la Recherche Scientifique(France)、Uppsala Universitet (Sweden)、Kemijski Institut (Slovenia)、University of Cambridge (United Kingdom)、Politechnika Warszawaska (Poland)、Volvo Technology (Sweden)、Renault (France)、Spijksaal Elektro B.V. (The Netherlands)、GAIA Akkumulatorenwerke (Germany)、ZSW(Germany)等である。

⑥ HELIOS

代表的な4種類の正極材料(NCA、LMO、LFP、NMC)と黒鉛負極で構成される40Ah級セルの特性評価試験を行って、安全性・耐久性に優れるLIBを見出すための評価試験法の開発を

実施している。また、試験前後においてセルの解体分析を実施し、劣化や不安定化のメカニズムに取り組んでいる。

参加機関はRenault (France)、OPEL (Germany)、PSA (France)、Volvo (Sweden)、Ford (Germany)、CRF - Centro Ricerche Fiat (Italy)、CNRS (France)、RWTH Aachen (Germany)、Umicore (Belgium)、INERIS (France)、ZSW (Germany)、edf (France)、JCHAR (Germany)、CEA (France)、ENEA (Italy)、SAFT (France)等である。

⑦ MARS-EV

複数の高電圧正極とシリコン合金負極の組合せで構成される高エネルギー密度のLIBの開発を行っており、開発目標はサイクル寿命3,000回(100%DOD)、エネルギー密度250Wh/kgとなっている。電極・電解液組成を最適化した上、B5サイズのラミネートセルで性能検証に取り組むとしている。

参加機関はFundacion Cidetec (Spain)、Oxford Brookes University (UK)、Imperial College (UK)、Politecnico di Torino (Italy)、SGL Carbon(Germany)、Lithops S.r.l (Italy)、Solvionic (France)、Celaya, Empananza y Galdos Internacional(Spain)、Rockwood Italia(Italy)、Recupyl (France)、Johnson Matthey (UK)、Axeon Technologies (UK)等である。

(3) ドイツ

EGVI の技術開発プロジェクトとは別に、ドイツ連邦政府は、EV 及び車載電池の分野においてドイツ企業を世界トップ水準に引き上げることを目指しており、独自の技術開発政策を展開している。

その主要な取組みの概要を以下に示す。

① LIB2015

2007年、連邦教育・研究省(以下、「BMBF」と略す。)主導で結成されたイノベーション連合である。BASF、BOSCH、EVONIK、LiTec、VW等の参加企業はLIBの技術開発・移転に対して、2009年～2013年の4年間で総額3億6,000万ユーロを拠出し、それに追加してBMBFが6,000万ユーロの支援を行っている。これらの資金を用いて、高性能なLIBの実現を目指すプロジェクトが多数立ち上げられ、セル・材料・部品の開発、セル製造プロセスの開発、電池パック化技術の開発等が実施されている。

② KLIB

2011年、BMBFの主導により結成されたKLIB(Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen Batterien)は、ドイツの電池産業発展のために形成された企業と応用研究機関のネットワークである。BASF、Evonik、BOSCH、Li-Tec、SB-LiMotive、ZSW等、25の企業・研究機関等が参加している。LIBのパイロット生産施設(試験生産施設)をUlmに建設している。

③ MEET(ミュンスター電気化学エネルギー技術センター)

2009年に活動を開始したMuenster大の蓄電技術研究センターである。資金はMuenster大とNordrhein-Westfalen州が主に負担し、BMBF、BMW、BMU等の政府も支援している。電気化学や素材などの基礎研究から応用技術までを対象とする。産学連携を強化し、競争力を高めることを目的している。BMW、BOSCH等、30社以上の企業がMEETに参加しており、大手企業だけでなく、中小企業との連携も重視している。LIB素材・部材、セルデザイン改良、劣化プロセス解明等に取り組んでいる。また、企業向けにLIBセルの寿命・安全性試験や素材分析等のコンサルティングも行っている。

④ HIU（ヘルムホルツ電気化学エネルギー貯蔵ウルム研究所）

ヘルムホルツ協会所属のKarlsruhe工科大学とUlm大学が共同で2011年に設立した研究所である。費用の90%をBMBFが、10%をBaden-Württemberg州が負担し、年間予算として500万ユーロが割り当てられている。重点研究分野は電気化学の基礎研究、材料研究、電気化学プロセス理論・モデリング等であり、基礎研究と応用研究を結びつけ、LIBの開発で産学連携を強化する役割を担う。

(4) 中国

中国における車載電池の技術開発は、「国家ハイテク研究発展計画」(863 計画)の第 12 次 5 ヶ年計画(2011年～2015 年)の枠組みで実施されている。2012 年には、次世代自動車に特化した新プログラム「Industrialization Technology Innovation Project of New Energy Vehicles」で立上げられ、開発予算総額約 3 億元のうち 60%が車載電池の開発に割り当てられている。

このプログラムにおける 2015 年の開発目標は表 I .2-5 に示す通りであり、目標達成に向けて、正極材ではリン酸金属塩リチウム、三元系(ニッケル、マンガン、コバルト)、リチウム過剰マンガン系固溶体、負極材では黒鉛、シリコン系、チタン酸リチウム(LTO)等を用いた LIB の開発が行われている。2013 年における開発状況は、重量当たりエネルギー密度が 100～120Wh/kg、サイクル寿命が 1,200 回、コストが 3,000 元～4,000 元/kWh(5～6.5 万円/kWh)のレベルと報告されている。

なお、中国の車載電池の技術開発ロードマップにおける 2020 年の開発目標は、重量当たりエネルギー密度が 300Wh/kg、サイクル寿命が 3,000 回、バッテリーコストが 1,500 元/kWh(2.5 万円/kWh)と報告されている。

表 I.2-5 863 計画の 2015 年電池開発目標

バッテリーコスト	2,000 元/kWh
電池パック重量当たりエネルギー密度	200Wh/kg
電池パック重量当たり出力密度	2,000W/kg
作動温度	-30～60℃
サイクル寿命	2,000 サイクル
カレンダー寿命	10～15 年
航続距離	EV 150km PHEV 50km

出典:「ABBA6 ABSTRACT」

2.3 EV・PHEVに係る市場・産業動向

(1) EV・PHEVの販売実績

2011年～2013年の過去3年間における世界販売はEVが約21万台、PHEVが約14万台、合計で約35万台となっている。

2013年の世界販売を表I.2-6に示す。

EVが約14万台、PHEVが約6万台、合計で約20万台となっている。EV、PHEVともに米国販売が最多であり、EVが約7万台(世界全体の約50%)、PHEVが2万6,000台(世界全体の約40%)となっている。国内販売はEVが約17,000台(世界全体の約12%)、PHEVが13,000台(世界全体の約21%)となっている。

表 I.2-6 EV・PHEVの2013年世界販売台数

車種	メーカー・モデル	各地域における販売実績(台)					
		日本	米国	欧州	中国	その他	合計
EV	日産・LEAF	13,021	22,610	10,435	0	658	46,724
	GM・VOLT	0	23,094	942	0	1,032	25,068
	Tesla・Model S	0	17,650	3,759	0	618	22,027
	Renault・Zoe	0	0	8,605	0	0	8,605
	Renault・Kangoo	0	0	4,986	0	0	4,986
	Smart・electric drive	0	923	3,051	0	190	4,164
	三菱・i MiEV	1,486	1,029	839	0	205	3,559
	Renault・Twizy	0	0	2,911	0	0	2,911
	JAC・J3 EV	0	0	0	2,500	0	2,500
	三菱・Minicab MiEV	2,063	0	0	0	0	2,063
	Ford・Focus Electric	0	1,738	137	0	106	1,981
	BYD・e6	0	0	50	1,544	0	1,594
	Volkswagen・e-Up!	0	0	1,435	0	0	1,435
	BMW・i3	0	0	1,307	0	0	1,307
その他	0	2,851	2,699	6,487	8	7,045	
EV 小計		16,570	69,895	41,156	10,531	2,817	140,969
PHEV	トヨタ・PRIUS PHV	3,541	12,088	3,911	0	212	19,752
	三菱・OUTLANDER PHEV	9,608	0	8,440	0	0	18,048
	Volvo・V60 PHEV	0	0	7,601	0	0	7,601
	Ford・C-Max Energi	0	7,154	0	0	199	7,353
	Ford・Fusion Energi	0	6,090	0	0	116	6,206
	その他	0	747	3,423	1,005	23	5,198
PHEV 小計		13,149	26,079	23,375	1,005	550	64,158
EV・PHEV 合計		29,719	95,974	64,531	11,536	3,367	205,127

出典:EVobsession (<http://evobsession.com>)、マークラインズ自動車産業ポータル(<http://marklines.com>)等

EVの世界販売トップは、図I.2-4に示すように、日産LEAFの46,724台(世界シェア約33%)であり、GM VOLTの25,068台、TESLA Motors Model Sの22,027台が続く。

また、PHEVの世界販売トップは、図I.2-5に示すように、トヨタPRIUS PHVの19,752台(世界シェア約31%)であり、三菱OUTLANDERが18,048台で続く。

なお、国内販売トップは、EVが日産LEAFの13,021台(国内シェア約79%)、PHEVが三菱OUTLANDERの9,608台(国内シェア約73%)である。

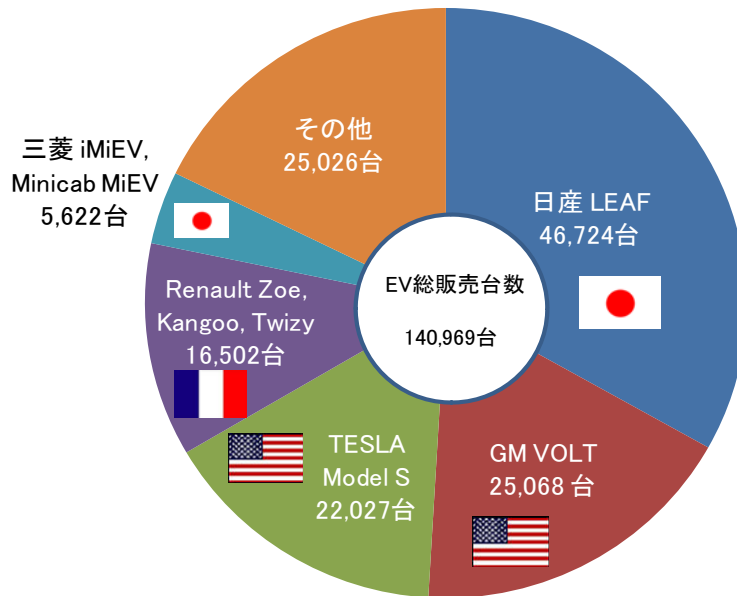


図 I.2-4 EVの2013年販売実績

出典:EVobsession、マークラインズ自動車産業ポータル等

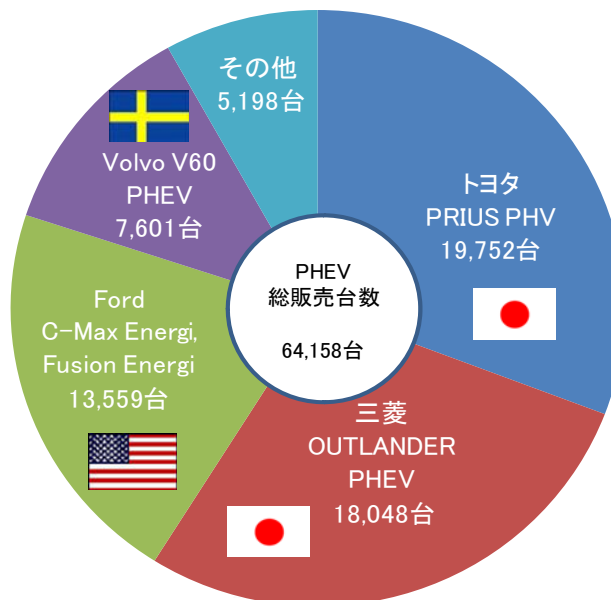


図 I.2-5 PHEVの2013年販売実績

出典:EVobsession、マークラインズ自動車産業ポータル等

(2) 主要自動車メーカーの開発動向

国内外の主要な自動車メーカーが市場投入しているEV・PHEVの一覧を表I.2-7に示す。

EVでは容量16～24kWh級のLIBが搭載され、型式認定ベースの航続距離が170～230km程度となっている。PHEVでは容量4～11kWh級のLIBが搭載され、EVモードの航続距離が20～60kmとなっている。また、車両価格は概ね300万円～400万円の範囲にあるが、LIB搭載量の多いTESLA MOTORS ModelSは高価である。

表I.2-7 主要自動車メーカーのEV・PHEV

車種	メーカー	モデル	LIB容量 (kWh)	EV航続距離 (km)	電池供給メーカー	電池セル形状	価格
EV	日産自動車	LEAF	24	228	オートモーティブエナジーサプライ	ラミネート	298万円～
	GM	VOLT	16	61	LG Chemical	ラミネート	390万円～
	TESLAMOTORS	Model S	60/85	375/500	パナソニック	18650	600万円～
	Renault	Zoe	22	210	LG Chemical	-	218万円～
	Chery	QQ3 EV	12	-	(鉛蓄電池)	-	66万円
	Renault	Kangoo Z.E.	22	170	オートモーティブエナジーサプライ	ラミネート	295万円～
	Daimler	Smart fortwo electric drive	17.6	180	Li-TEC	-	299万円
	三菱自動車	i-MiEV	16	180	リチウムエナジー ジャパン	角形	290万円～
			10.5	120	東芝	角形	246万円～
Renault	Twizy	8	100	LG Chemical	-	107万円～	
PHEV	トヨタ自動車	PRIUS PHV	4.4	26.4	パナソニック	角形	305万円～
	三菱自動車	OUTLANDER PHEV	12	60.2	リチウムエナジー ジャパン	角形	340万円～
	Volvo	V60 PHEV	11.2	50	LG Chemical	-	約590万円
	Ford	C-MAX Energi	7.6	33.8	パナソニック	角形	329万円～

次に、主要な海外自動車メーカーにおけるEV・PHEVの開発方針、市場投入の状況、蓄電池メーカーからの車載LIBの調達状況等を以下に示す。

(i) TESLA MOTORS(米国)

2008年にスポーツカー仕様のRoadsterの販売を開始し、2009年からはセダン仕様のModel Sの販売を開始した。Roadster及びModel Sともにパナソニック製円筒LIB(18650)を採用している。2009年に、4年間で8万台分の供給契約をパナソニックと締結したが、2013年にはLIBの供給を拡大する契約を締結し、2014年以降、4年間で約20億セルの供給を受けることを発表した。

また、両社は、2014年2月、2020年に年間50万台規模でのEV販売を想定し、米国内に大規模なLIBの生産工場を共同で建設し、2017年に稼働させる計画を発表した。TESLA MOTORSはこの新工場建設に最大50億ドル(約5,100億円)を投資する計画であり、素材メーカーに対しても新工場建設への参加を呼び掛けていると見られる。

(ii) GM(米国)

2017年までにEV、PHV、HEVで年間50万台の生産体制を構築する方針である。2010年よりVOLTを北米中心に販売しているが、2013年よりCadillacブランドからELRの販売を開始した。VOLTとELRにはLG ChemicalのラミネートLIBを採用している。また、2013年より韓国でSpark EVの生産を開始しており、北米販売に加えて、欧州・韓国で販売展開していく方針である。Spark EVにはSamsung SDIの角形LIBを採用している。なお、HEVのMalibu、LaCrosse、Regal Hybrid、Imparaには日立ビークルエナジーが円筒LIBを供給している。

(iii) Ford Motor(米国)

次世代自動車はHEVを主体としたラインアップであるが、2012年後半からHEVの技術をベースに開発したPHEVの販売を開始した。C-MAX Energi、Fusion-Energiの両PHEVにはパナソニックが角形LIBを供給している。また、2011年末に販売を開始したEVのFOCUS Electricも徐々に販売を拡大しているが(2013年に約1,700台販売)、LG ChemicalのラミネートLIBを採用している。

(iv) DAIMLER(欧州)

次世代自動車は、小型車はSmartブランド等でEVの開発を進め、中大型車ではHEV、PHEVの開発に注力する方針と見られる。

2009年～2012年にSmartで約1,500台、A-Classで約500台のEV実証データを収集し、2012年にはSmart fortwoの量産をフランスで開始した。2014年にB Classの市場投入を予定している。Smart fortwoには、ドイツの大手化学メーカーであるEvonic Industriesとの合弁会社で設立したLi-TecのラミネートLIBを採用している。なお、2014年4月、DAIMLERはEvonic Industries等が所有するLi-Tecの株式を所得し、同社を完全子会社化している。また、EVのDENZAをBYDとの合弁会社Shenzhen BYD Daimler New Technologyで現地生産し、2014年9月より中国で販売すると発表しており、リン酸鉄リチウム(LFP)正極を用いたBYDのLIBを採用する可能もある。一方、PHEVについては、S400 Hybridをベースとして開発中のS500を2014年に市場投入する計画である。

(V) BMW(欧州)

2014年に初めてのEV量産車i3を市場投入している。i3は、通常のEVモデルに加えて、発電用の24kWエンジンを搭載したモデル「i3レンジエクステンダー」もラインアップしている。両モデルともに搭載LIBの容量は同じ21.8kWhであり、Samsung SDIの角形LIBを採用している。PHEVについては、2014年に数量限定少量生産のi8を市場投入する計画である。搭載LIBの容量は7.1kWh、EV走行距離は37kmと発表されている。

2.4 車載電池に係る市場・産業動向**(1) 車載用LIBの市場動向**

車載用LIBの市場は三菱i-MiEVの量産が開始した2009年に立ち上がり、日産LEAFの販売が開始した2010年以降は毎年、伸長している。

「2014 電池関連市場実態総調査 上巻」(株式会社富士経済)によると、世界市場の規模は、2012年が生産量3,100MWh、販売金額1,400億円、2013年が生産量4,400MWh、販売金額1,720億円である。従って、平均販売単価は2012年が約4万5,000円/kWh、2013年が4万円/kWhとなる。なお、これらの実績にTESLA MOTORSが採用している円筒LIBの販売分は含まれていない。

2013年における販売金額ベースの国別メーカーシェアを図I.2-6に示す。

日本メーカー6社合計の販売実績は約960億円、シェアは約56%である。一方、韓国メーカー3社合計

の販売実績は約 520 億円、シェアは約 30%である。車載用 LIB の市場において日系メーカは競争力を十分に有していると言える。その一方で、前項で述べたように、韓国メーカが車載 LIB を供給する欧米自動車メーカも積極的な販売計画を立てており、追い上げに注意する必要がある。

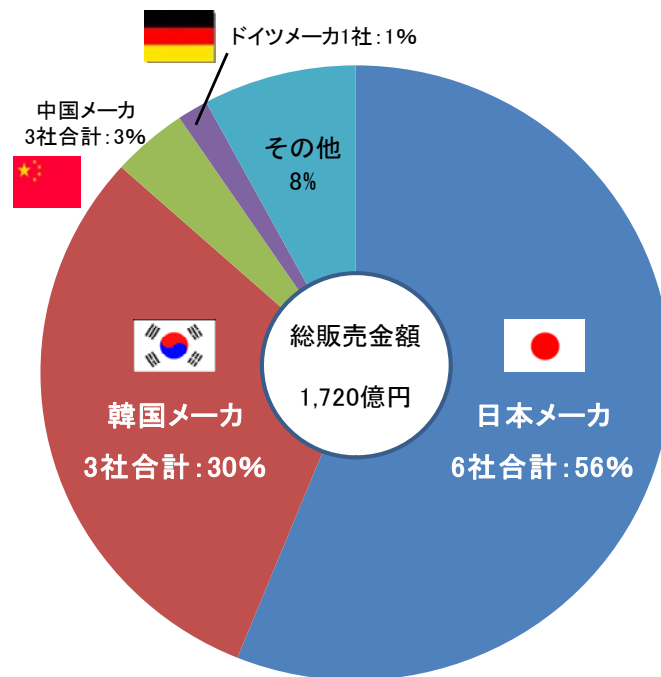


図 I.2-6 車載用 LIB の世界シェア(2013 年金額ベース)

(2) 海外蓄電池メーカの事業展開・技術開発動向

海外の蓄電池メーカは、車載 LIB のビジネスを積極的に展開する方針を持っており、また、高性能化・低コスト化を図る技術開発を進めている。

主要なメーカの事業展開、技術開発等の状況を以下に示す。

(i) LG Chemical(韓国)

前項で述べたように、EV・PHEV 用 LIB を GM と Ford に供給している。また、Renault の EV の 3 モデル(Twizy、Zoe、SM3 Z.E.)用、現代自動車の HEV 用の LIB も供給している。

車載 LIB の中心的な生産拠点は忠清北道の梧倉工場であり、年間 EV10 万台分の生産能力を有すると言われている。DOE より 1 億 5,000 万ドルの支援を受け、GM の VOLT 用 LIB の生産拠点として Michigan 州 Holland に工場を建設した。しかし、同工場は EV の普及停滞を受け、稼働停止と再稼働を繰り返しており、梧倉工場で生産した LIB を輸出するスタンスを取っている。また、2014 年 5 月、Renault は LG Chemical と EV 用 LIB を共同開発する契約に調印したこと、LG Chemical が LIB の生産工場をフランスに建設し、2015 年末から EV 用 LIB の量産を開始することを発表している。

車載 LIB のセルはマンガン系正極、ハードカーボン負極、ポリマー電解質で構成されるラミネートセルである。HEV 用が容量 5.3Ah、EV・PHEV 用が容量 15Ah の電圧 3.8V が標準仕様である。セパレータ基材(マイクロポーラスポリオレフィンフィルム)をナノサイズのセラミック粒子で被覆した Safety-Reinforced Separator と呼ばれる技術に特徴があり、セパレータの耐温度性能や機械強度を強化し、内部短絡発生リスクを大きく低減することができると言われている。

GM の VOLT 向けの電池モジュールは 96 セル直列で、電池パックは 3 モジュール並列、容量

16.5kWh(実効容量約50%)、重量190kg、水冷方式となっている。

また、「2.2 車載 LIB の技術開発動向」で述べたように、DOE の技術開発プロジェクト「Vehicle Technologies Battery R&D」に参加し、テーマ「Advanced Battery Development」においてEV走行40マイル対応のPHEV用電池パックを開発中である。DOE のPHEV用電池パックの目標コスト3,400ドル(10万パック生産時)をクリアするため、Mnリッチ層状岩塩構造の正極材と上記Safety-Reinforced Separatorを組み合わせた次世代セルを開発している。

(ii) Samsung SDI(韓国)

LIB事業の総売上げは2012年で3.3兆ウォン、2013年で3.2兆ウォンである。その80%以上を民生用LIBの売上げが占めるが、2020年までに10倍の規模まで拡大することを目指し、自動車、住宅、電力貯蔵の分野を成長分野として位置付け、競争力を向上させる計画である。

自動車分野では、前項で述べたように、BMWにEV・PHEV用LIBを供給している。また、Volkswagenグループ、FiatグループにもEV・PHEV用LIBを供給している。なお、これらのLIB供給は、BOSCHとの合弁で設立したSB LiMotiveが行ってきたが、2012年、合弁を解消している。SB LiMotiveの株式は全てSamsung SDIに引き継がれたが、バッテリーシステム関連の事業はBOSCHに移管され、また、ドイツのシュツットガルトにある子会社SB LiMotive Germanyと米国の子会社CobasysがBOSCHの傘下に収められた。

LIBの生産工場は天安、蔚山、中国・天津及びマレーシアの4ヶ所が稼働中であるが、車載LIBの生産は2010年に竣工した蔚山に特化する計画である。蔚山工場の生産能力は2013年で年間EV5万台分とされており、2015年には18万台分(4GW)まで増強する計画である。また、中国のEV需要を見込んで、中国にEV用LIBの生産工場を建設する計画がある。

車載LIBは、三元系(NMC)正極材を用いた角形セルで事業展開している。角形LIBはHEV用が5.2Ah、EV・PHEV用が20~60Ahまで複数のセルをラインアップしている。EV用LIBの開発目標として、2015年までに電池コスト350ユーロ/kWh、サイクル寿命3,000回、航続距離100~150km、生涯走行距離30万kmを掲げている。

なお、TESLA MOTORSが開発中の低価格車Model Xに同社の円筒LIBが採用されるよう働きかけているとの可能性も指摘されている。

(iii) SK Innovation(韓国)

現代自動車、起亜自動車の実証用EVであるi10 EV、Ray EVに対して車載LIBを供給しており、2014年から量産が開始される起亜自動車のSoul EVにも供給を開始する予定である。また、DaimlerのSLS AMG、Daimler傘下の三菱ふそうのキャンターエコハイブリッドにも採用の実績がある。加えて、2012年には、忠清南道・瑞山に年間EV2万台分の生産能力を有する工場を竣工させている。さらに、2012年にドイツの大手自動車部品メーカーContinentalとの車載LIBの組立合弁会社(SK Continental E-motion)の設立、中国の北京汽車グループと合弁会社の設立等、積極的に事業を展開している。

2010年に現代自動車が法人向けに販売したBlue On用には三元系(NMC)正極材を用いた角形セルを供給したが、2012年にモデルチェンジした三菱ふそうのキャンターエコハイブリッド用には7.5Ah級のラミネートセルを供給している。

LG Chemicalと同様、DOEの技術開発プロジェクト「Vehicle Technologies Battery R&D」に参加しており、EV用電池パックを開発中である。DOEのEV用電池パックの目標コスト125ドル/kWh(10万パック生産時)をクリアするため、コアシェル形態の安定化材料で表面を被覆した三元系正極材を用いた次世代セルを開発している。これまでの成果としては40Ah級セルで体積エネルギー密度が

230Wh/L、重量エネルギー密度が150Wh/kg、サイクル寿命2,000回と報告されている。

なお、リン酸鉄リチウム(LiFePO₄)正極材技術を持っている台湾の Formosa Group と協力関係にあり、愛敬油化とEV用LIBの負極材となるハードカーボンの開発も行っている。また、同社は電池メーカーであると同時に、世界有数のセパレータメーカーでもあり、2013年には東レ、Polyporeの生産量を超過している。前記したLG ChemicalのSafety-Reinforced Separatorと同様の技術を使っており、LG Chemicalとの間で特許侵害訴訟が起きている。

(iv) Johnson Controls(米国)

世界最大の自動車用鉛蓄電池メーカーであり、世界シェア(生産数)で約20%、毎年1億3,000万個～1億5,000万個の鉛蓄電池を生産している。2008年にSaftと車載LIBの製造を行う合弁会社を米国に立上げ、2009年にはLIB事業の拡大のため、DOEより約3億ドルの支援を受け、Michigan州にLIBの生産工場を建設している。ただし、Saftとは2011年に合弁事業を解消している。

車載LIBでは円筒形セルと角形セルをラインアップしている。HEV用は5～7Ah級、EV・PHEV用が30～40Ahまで複数のセルをラインアップしている。円筒形セルにはNAC正極、角形セルには三元系正極が使用されている。自動車メーカーへの採用実績としては、DaimlerのEVバンVito E-Cell(角形セル)、DaimlerのS400 Hybrid用(円筒形セル。ただし、モデルチェンジでLi-Tecのラミネートセルに切り替えられた模様。)、FordのパネルバンTransit ConnectのEV仕様車等がある。

DOEの「Vehicle Technologies Battery R&D」においては、EV走行20マイル対応のPHEV用電池パックを開発中である。開発目標はパックコスト250ドル/kWh、体積エネルギー密度を275～375Wh/Lとしており、Niリッチ三元系とLi過剰層状岩塩構造の2種類の正極材を開発している。

2.5 港湾荷役機械に係る市場・産業動向

現在、港湾コンテナターミナルで使用されているヤードクレーン及びトラクターヘッドはディーゼルエンジン方式であり、省エネルギーや環境負荷低減への配慮から、電動化が強く求められている。

まず、市場規模についてであるが、既設のヤードクレーンは世界全体で約1万1,000基(国内約1,000基)あり、耐用年数を15年とすると、約750基/年の更新需要が見込まれる。ヤードクレーンの単価は1～3億円にあるので、市場規模は750～2,250億円/年と見積もられる。一方、トラクターヘッドは、通常、ヤードクレーン1基に対して4台が配置されることから、世界全体での保有台数は約4万4,000台(国内約4,000台)となる。よって、耐用年数を10年とすると、4,400台/年の更新需要が見込まれる。トラクターヘッドの単価は2,000～2,500万円であるので、市場規模は880～1,100億円/年の市場規模と見積もられる。

次に、技術開発動向についてであるが、ヤードクレーンについてはLIBとディーゼルエンジンを組み合わせたハイブリッドシステムを住友重機搬送システム、安川シーメンスオートメーション・ドライブ、三菱重工マシナリーテクノロジー、米国MJ EcoPower systemsが実用化しているが、本プロジェクトで開発している完全電動化したクレーンは無い。一方、電動トラクターヘッドについては、米国Balqonが中国製LIBを用いて製品化しているが、充電レートが0.25C程度と遅いため、215Whと大量にLIBを搭載しており、電費とコストの課題があるとされている。

2.6 特許・標準化動向

(1) LIBの特許動向

(i) 出願人国籍別の特許出願件数

1998年～2007年(10年間)、2006年～2010年(5年間)におけるLIBの出願人国籍別の特許出願件数を表I.2-8に示す。調査期間に重複があるが、世界全体の年間特許出願件数は1998年～2007年で約2,700件/年に対し、2006～2010年では4,400件/年と1.5倍以上に増えている。

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

表 I.2-8 LIBの出願人国籍別特許出願件数

	1998年～2007年 (10年間)		2006年～2010年 (5年間)	
	件数	割合	件数	割合
日本	17,781	66.1%	11,625	52.7%
米国	2,149	8.0%	1,585	7.2%
欧州	1,587	5.9%	1,668	7.6%
中国	1,289	4.8%	2,921	13.2%
韓国	3,704	13.8%	3,906	17.7%
その他	378	1.4%	362	1.6%
合計	26,888	100%	22,068	100%

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

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

(ii) 出願先国別の特許出願件数・出願収支

次に、2006～2010年の出願先国別出願件数と出願収支を図I.2-7に示す。

日本が7,037件(31.9%)と最多である。次いで中国が5,360件(24.3%)、米国が4,009件(18.2%)、韓国が3,300件(15.0%)、欧州が2,362件(10.7%)となる。日本は出願件数が多いことから、他の全ての国との間で収支はプラスとなっているが、韓国も日本以外の国ではプラス収支であり、中でも米国に対する出願はプラス収支幅も出願件数の絶対値も大きい。

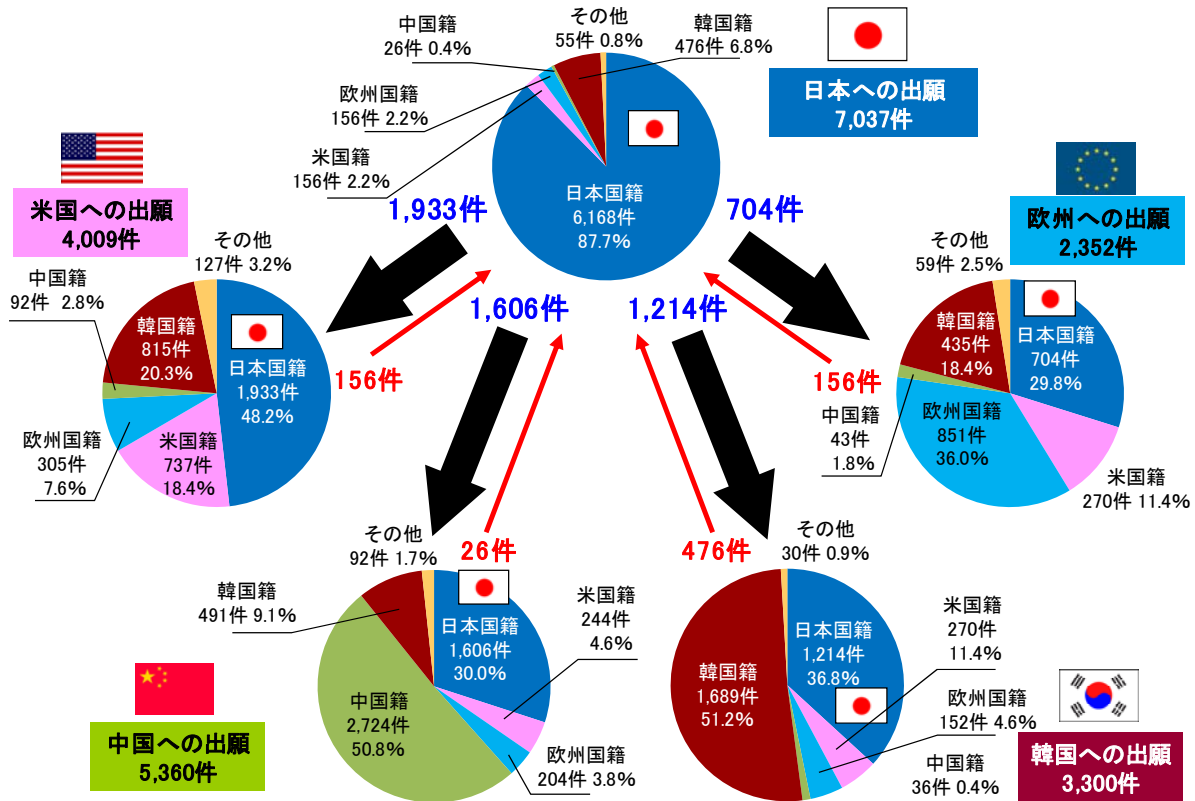


図 I.2-7 日米欧中韓における特許出願収支(2006～2010年の出願)

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

(iii) 出願特許の内容

2006～2010年の全出願件数 22,068 件のうち、用途が明記された出願が 11,533 件ある。その内訳は携帯電子機器が 5,360 件(46.5%)、電動自動車が 2,743 件(23.8%)、複数用途が 3,104 件(26.9%)、電動機器・定置用その他が 326 件(2.8%)である。

課題については、耐久性・保存性が 10,000 件のオーダーで最多であり、エネルギー密度、入出力特性及び安全性が 5,000 件のオーダーで同程度である。

解決手段については、正極が最多の 8,143 件で最多、これに負極が 6,406 件のオーダーで続く。電解質、セパレータ、集電体、外装・モジュール構造等は 1,000～2,000 件のオーダーである。正極材料の特許は、図 I.2-8 に示すように、Ni 系、Co 系、リン酸塩(オリビン)に関する材料が他より多く出願されている。また、負極材料の特許は、図 I.2-9 に示すように、黒鉛質炭素、Si 系の出願が突出し、Ti 酸化物が続いている。

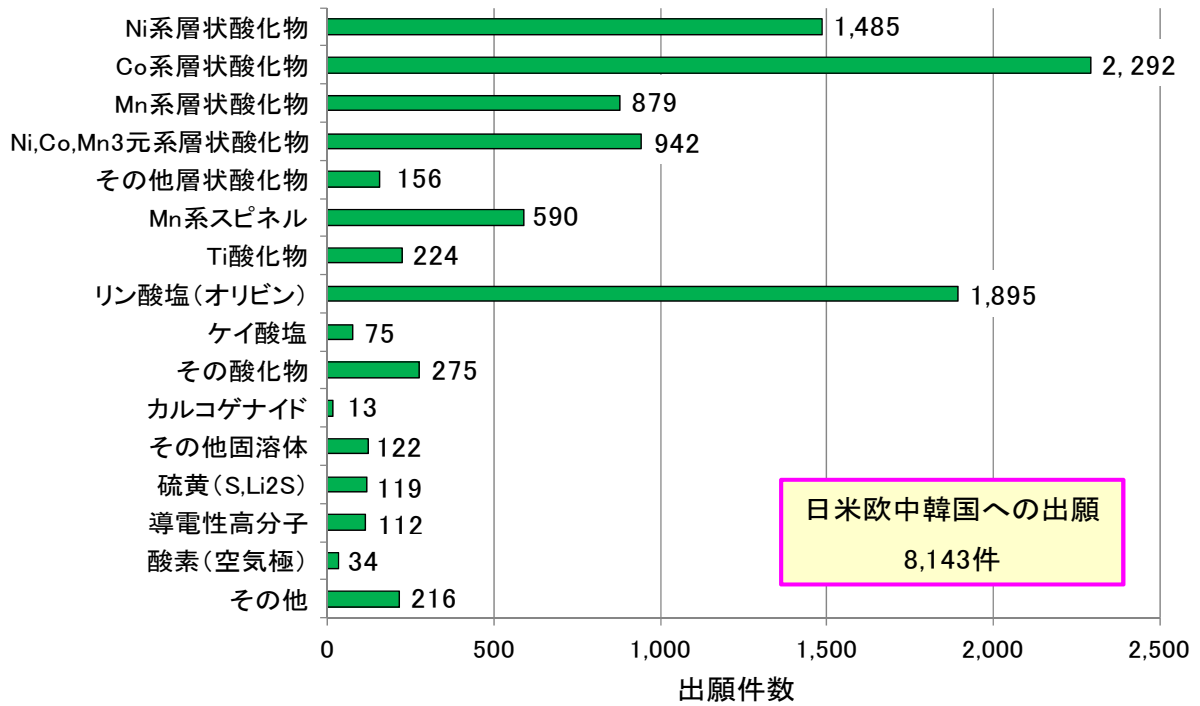


図 I .2-8 正極材の特許出願(2006~2010年の出願)

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

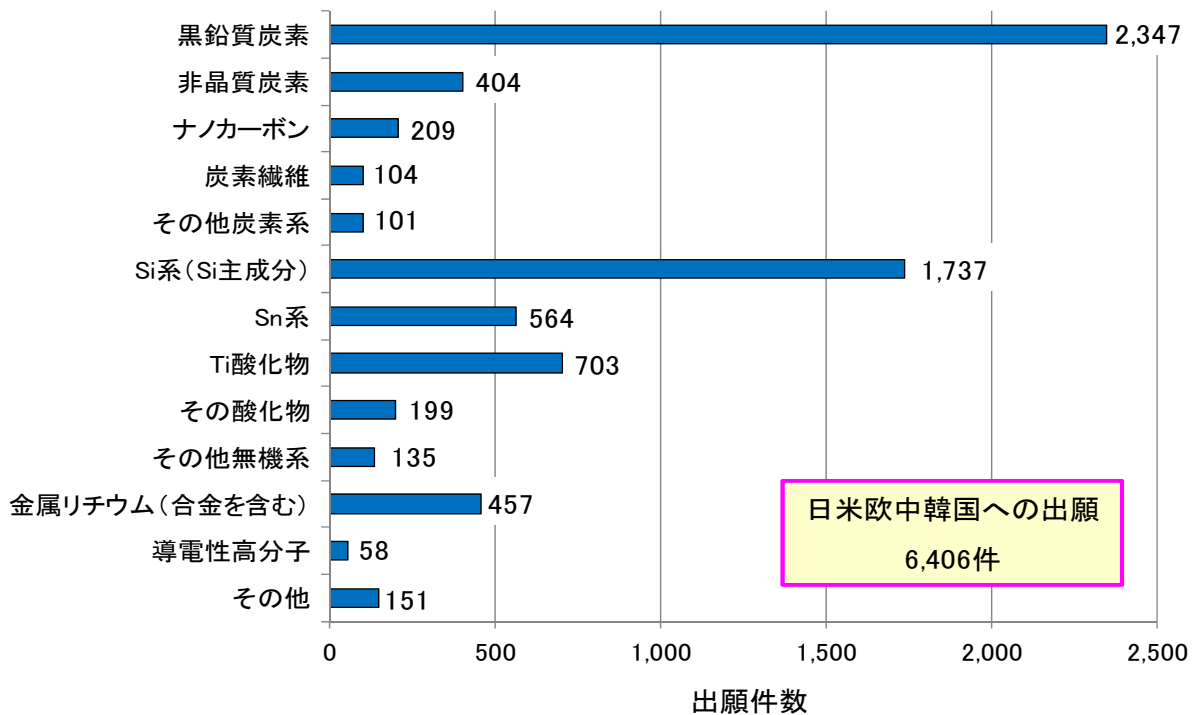


図 I .2-9 負極材の特許出願(2006~2010年の出願)

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

(2) 車載電池に係る標準化動向

新しい技術であるEV・PHEV等の電動車両の普及促進と市場形成のためには、車両・車載電池・充電システム等に関し、性能、品質、安全性、形状、互換性等の統一的なルールとなる国際規格の整備が必要である。また、国際規格は法的拘束力を持たないが、近年、各国の規制において国際標準を引用するケースが増加している。さらに、昨今は、様々な産業分野において技術革新のスピードが増す中、海外の有力プレイヤーは「ブラックボックス」と「オープン」を合わせた標準戦略の仕掛けで競争優位を構築しており、このEV・PHEV及び車載電池分野においても、我が国企業が強みを発揮できるよう、ビジネスと一体となった国際標準化の取組みを進める必要がある。

車両・車載電池・充電システム等の国際標準化は、国際標準化機構(International Organization of Standardization:ISO)と国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission:IEC)を中心として進められており、日本は積極的な取組みを進めている。

発行済み又は審議中の主な国際規格を図 I.2-10 に示す。

【注 記】 *は発行済み。斜体は改訂審議中。その他は第1版審議中。下線は初版を日本が提案。

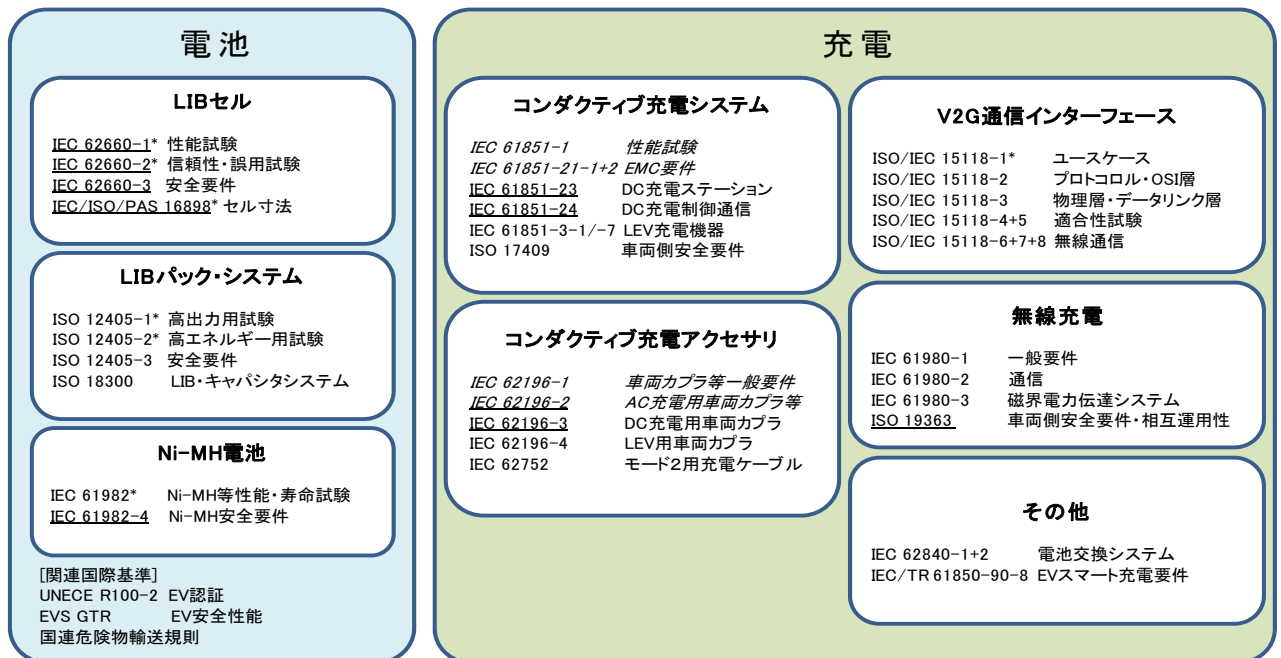


図 I.2-10 車載電池・充電関連の主な国際規格・規格案

(i) 車載 LIB

車載 LIB のセル単体の標準化は IEC/TC21(二次電池)が担当しており、国内審議団体は電池工業会である。一方、車載 LIB の電池パック・システムの標準化は ISO/TC22/SC21(電気自動車)が担当しており、国内審議団体は日本自動車工業会である。

発行済みの国際規格としては、LIB 単セルの試験法が IEC 62660-1(性能試験)、IEC62660-2(信頼性・誤用試験)、LIB パック・システムの試験法が ISO 12405-1(高出力用 LIB の試験仕様)、ISO 12405-2(エネルギー用 LIB の試験仕様)である。これら規格は日本が主導して策定されたものであり、NEDO プロジェクト「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発～Li-EAD～」(2007～2011 年度)の「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発」における試験法の開発成果が国際規格として反映されたものである。

また、IEC/ISO 16898(EV用リチウムイオン電池の寸法)が2012年に公開仕様書(PAS)として発行されている。この規格は、日本とドイツの新規提案に基づき、IEC/ISOの合同プロジェクトとして審議・策定されたものである。この規格の寸法リストには、量産を前提とした既存又は販売予定のセルについて、円筒形で8タイプ、角形で26種、ラミネート形で28種の寸法が記載されており、日系メーカーのセルは全て含まれている。なお、ドイツの提案は車種別、セル形状別に単一の寸法と電池容量を設定しようとするものであったが、これに対して、日本は現時点でセルの寸法を標準化することは技術開発を阻害する虞があり、コスト低減効果も期待できないとの立場を取り、各国の同意を得ている。

現在は、IEC 62660-3(安全要件)、ISO 12405-3(安全要件)が検討されている。一部の航空機やEVに搭載されたLIBで発生したトラブル等を踏まえ、内部短絡により車載LIBが熱暴走に至った場合でも外部に被害を生じさせないよう、熱連鎖の防止が主要な課題となっており、内部短絡や熱連鎖を評価するための試験法の検討が進められている。

すなわち、車載LIBの安全性は、最終的にパック・システムで確保される必要があるが、これらの安全設計に当たっては、基本的なセルの安全性が確保されていることが前提となる。そのため、パック・システムレベルでの安全要件に対応させて、セル単体の安全要件を明確化する必要がある。その一方で、電池システムは車両毎に異なるため、セルの仕様も電池システムの設計に応じて異なってくること、また、LIBは現在も技術開発が進行しているため、試験方法を規定する場合には新型電池の特性も考慮する必要があること等、安全要件や安全性試験の合否判定基準を一律に規定するには慎重な議論が必要な状況にある。

なお、国連欧州経済委員会(UN/ECE)の自動車基準調和世界フォーラム(WP29)の「Electrical Vehicle Safety - Global Technical Regulation」(EVS-GTR)においても、車載LIBの内部短絡試験及び熱連鎖試験の検討が始まっており、上記規格の審議においても考慮が必要になってくるものと予想される。

(ii) 充電方式

電動車両への急速充電方式については、IEC/TC69(電気自動車及び電動産業車両)が担当しており、国内審議団体は日本自動車研究所(JARI)である。日本は、2010年、IEC61851-23(電気自動車用コンダクティブ充電システム:DC充電ステーション)及びIEC61851-24(同:DC充電制御プロトコル)、IEC62196-3(電気自動車コンダクティブ充電用プラグ等)等においてCHAdeMO方式を提案した。しかし、その後、国際的に議論が活発化し、対応するEVがまだ販売されていないにも拘わらず、ドイツ・米国が提案したCOMBO方式(单相コネクタと直流コネクタの端子を一つのコネクタにまとめたシステム)や中国で規格化された方式が追加・併記された形で規格の審議が進められている。

第Ⅱ章 研究開発マネジメントについて

1. 研究開発目標の妥当性

これまで述べてきたように、本プロジェクトは、EV・PHEVの普及促進と我が国の自動車・蓄電池産業の競争力強化を図ることを目的として、車載用LIBの高性能化、低コスト化等の技術開発を行う(研究開発項目①)とともに、量産化によるコスト削減効果等を狙い、自動車以外の用途拡大のための技術開発を行う(研究開発項目②)ものである。

この目的に適う研究開発目標を以下の通り、本プロジェクトの基本計画に記載している。

研究開発項目① 高性能リチウムイオン電池技術開発(NEDO負担率 2/3)

次世代リチウムイオン電池として2020年～2025年頃のEV用及びHEV/PHEV用の主動力を想定し、下記目標を基本とするが、個別の目標(中間目標及び最終目標)は提案者が公募時に技術開発テーマ及び事業化計画とともに提案し、採択決定後にNEDOと協議の上個別に実施計画に定める。

[最終目標](平成28年度末)

高性能材料電池化技術開発では、2020年から2025年頃に車載用電池パックとしてEV用途性能目標とPHEV用途性能目標のいずれかとコスト目標の達成を見込める技術を確立し、その技術で小型実用電池を試作・評価する。

製造プロセス技術開発については、EV用途性能目標、PHEV用途性能目標、コスト目標のいずれかの実現に資する電池製造技術確立の目処を得る。

- EV用途性能目標
 - 質量エネルギー密度:250Wh/kg
 - 質量出力密度:1,500W/kg
- PHEV用途性能目標
 - 質量エネルギー密度:200Wh/kg
 - 質量出力密度:2,500W/kg
- コスト目標:2万円/kWh

研究開発項目② リチウムイオン電池応用技術開発(NEDO負担率 1/2)

下記目標を基本とするが、各開発の年度目標は提案者が公募時に技術開発テーマ及び事業化計画とともに提案し、採択決定後にNEDOと協議の上個別に実施計画に定める。なお、目標値に対する評価は、個別に想定するリチウムイオン電池の設計仕様に基づいて評価する。

[最終目標](平成28年度末)

- 開発した電池パックを実環境下で使用した場合の効果をフィールドテスト等によって実証する。
- 想定するアプリケーションにおける要求性能を満足する電池セルまたは電池パック実用化の目処を得る。

前記した研究開発目標については、以下に示す理由より妥当であると言える。

まず、NEDO は、2013年8月、我が国における二次電池技術開発の方向性を示すため、産官学の有識者で構成される委員会を設置し、「NEDO 二次電池技術開発ロードマップ2013」(Battery RM2013)を策定・公開している。このロードマップでは、2020年頃のEV用電池とPHEV用電池のそれぞれについて、図II.1-1に示すように、質量エネルギー密度、質量出力密度、カレンダー寿命、コストの目標値を設定しているが、本プロジェクトの目標値と基本的に整合している。ロードマップの目標値は、自動車メーカ、電池メーカ、材料メーカ等の専門家及び大学・研究機関の学識者から提供された最新の知見・情報に基づき設定したものである。

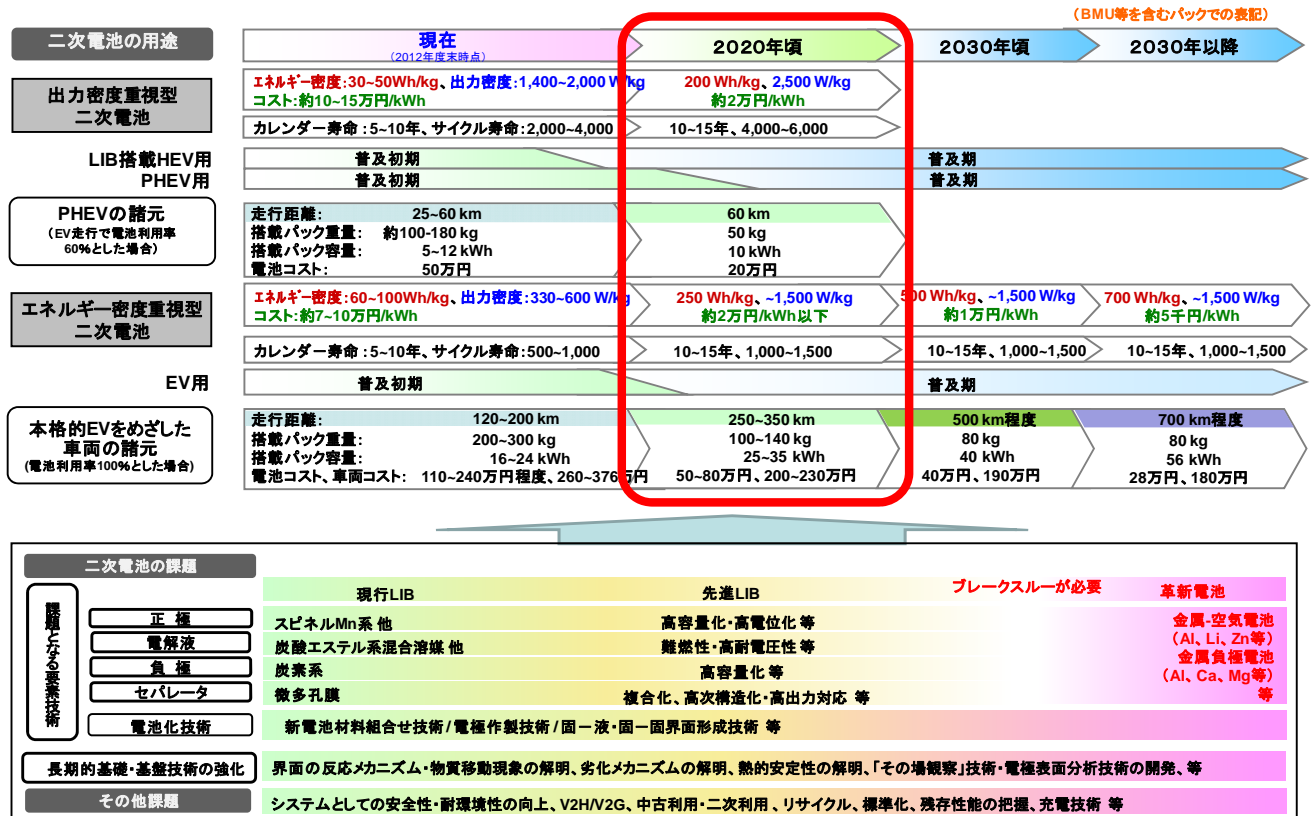


図 II.1-1 NEDO Battery RM2013 / 自動車用二次電池ロードマップ

また、第I章の「2.2 車載電池に係る技術開発動向」において、各国の車載 LIB の開発目標を示したが、エネルギー密度の目標値は米国が 250Wh/kg、欧州が 250~300Wh/kg、中国が 200Wh/kg となっている。コストの目標値は米国が 1万2,500円、欧州が 2万700円、中国が 3万2,800円となっている(何れも7月8日現在の為替レートで計算)。一方、本プロジェクトの目標値であるエネルギー密度 250Wh/kg、コスト 2万円/kWh であり、各国の目標に対して遜色ない。なお、LIB の工業的な質量エネルギー密度の上限は 250Wh/kg 程度とされており、これを上回る値を設定しても現実的ではない。また、米国が高いダウン目標を掲げているが、実用化には遠い技術である金属リチウム負極の LIB、あるいはリチウム硫黄電池、リチウム空気電池等の革新電池による目標達成を想定していると見受けられる。

加えて、前記したように、研究開発項目①については「性能目標及びコスト目標の達成を見込める技術で小型実用電池を試作・評価する。」ことを基本計画に明記しており、目標達成度の測定・判断が可能である。また、研究開発項目②については用途拡大のテーマであるため、具体的な数値目標は設定していないが、「個別に想定するリチウムイオン電池の設計仕様に基づいて評価する」としている。

2. 研究開発計画の妥当性

2.1 研究開発内容

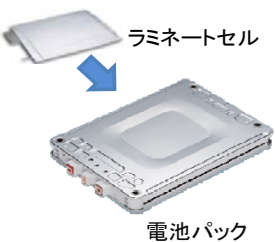
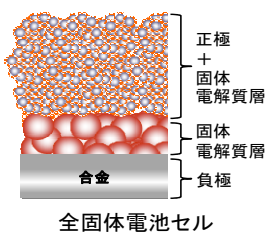




(1) 研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」

6つの企業グループが実施している車載用 LIB の開発概要を表 II.2-1 に示す。

各企業グループは、自らの事業化計画に基づいて適用車種を選択しており、3グループが EV 用、1グループが PHEV 用、2グループが EV 用及び PHEV 用の LIB の開発に取り組んでいる。

6グループの何れもが、本プロジェクトの目標達成の可能性を有した電極・電解質材料、セル・パック化技術等、車載 LIB のキー技術を取り上げている。また、2020年代には実用化が狙えない基礎研究フェーズの技術や産業としての実現性に乏しい技術は取り上げていない。加えて、「第Ⅲ章 研究開発成果」に示すように、各要素技術間の関係、順序も適切である。

表 II.2-1 「高性能リチウムイオン電池技術開発」の開発概要




項目	日産自動車(株)	トヨタ自動車(株) (株)豊田中央研究所	日本電気(株) 積水化学工業(株) (株)田中化学研究所
対象	EV用リチウムイオン電池	EV用全固体電池	EV用リチウムイオン電池
概要	量産工法に基づく高容量Si合金負極材料及びそのセル化技術の開発	安全性ポテンシャルの高い全固体電池をEV用の高エネルギー密度型電池として開発	高容量・低コスト酸化物系正極を用いた高エネルギー密度電池を開発
開発項目	①高性能Si合金負極活物質の合成方法開発 ②高性能Si合金負極の開発 ③3Ah級ラミネートセルの開発及び放射光を用いた高度解析	①固体電解質と正極・負極材料の開発 ②電極/電解質間の固体界面作製方法及び評価技術の開発 ③量産合成方法の検討と電池試作評価	①正極材料(Li過剰系等)・負極材料(Si合金等)の開発 ②電解液及び高耐圧セパレータの開発 ③開発材料を適用した8Ah級ラミネートセルの開発
開発対象イメージ	 ラミネートセル 電池パック	 正極 + 固体電解質層 - 固体電解質層 - 合金 - 負極 全固体電池セル	 ラミネートセル 電池パック
助成先	パナソニック(株)	(株)東芝	(株)日立製作所 日立オートモティブシステムズ(株)
対象	PHV用リチウムイオン電池	EV、PHV用リチウムイオン電池	EV用リチウムイオン電池
概要	PHV用高電圧充電電池の開発	チタン酸化物を負極に用いた高エネルギー密度セル及び高入出力電池パック(EV、PHV用)を開発	高容量正負極材料を用いた電池化要素技術及び電池パックの高密度化実装技術開発
開発項目	①高容量正極活物質(Li過剰系等)及び電極の開発 ②耐高電圧及び高電導電解液の開発 ③開発材料を適用した18650円筒形電池と角形電池の開発	①高容量正極(三元系等)・負極(チタン酸リチウム等)の開発 ②低コストプロセス開発 ③冷却パックの開発	①高容量正極(Ni含有系等)・負極材料(黒鉛系等)の開発 ②開発材料を適用した30Ah級実規模電池の開発 ③高密度化実装技術の開発
開発対象イメージ	 18650円筒形電池 角形電池	 SGB 30Ah級 現状のセルを高容量化 電池パック	 角形電池 電池パック

(2) 研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」

三井造船、三井造船システム技研、エレクセルの1グループが、港湾荷役機械用LIBの開発を行っている。その開発概要を表Ⅱ.2-2に示す。

第Ⅰ章で述べたように、省エネルギーや環境負荷低減への配慮からコンテナヤードの電動化が強く求められる状況にあり、また数千億円規模の市場が存在することから、LIBの用途拡大を図るテーマとして適切なものを取り上げている。加えて、「第三章 研究開発成果」に示すように、港湾荷役機械として求められる頻繁かつ急速な充放電に対応するための技術を取り上げている。

表Ⅱ.2-2 「リチウムイオン電池応用技術開発」の開発概要








項目	三井造船(株), エレクセル(株), 三井造船システム技研(株)		
対象	港湾荷役機械		
概要	ヤードクレーン、トラクターヘッド等の港湾荷役機械の電動化に適用するための急速充放電が可能な電池モジュールの開発		
開発項目	① 実機電池システムの仕様検討 ② リン酸鉄リチウム正極材料の高性能化 ③ ハイレート電池モジュールの開発 ④ 電池セルの劣化特性の評価		
開発対象イメージ	 ハイレート電池モジュール	 ヤードクレーン	 トラクターヘッド

2.2 研究開発スケジュール

プロジェクト全体の研究開発スケジュールを表Ⅱ.2-3に示す。

各実施者は、自らの事業化計画に基づいて研究開発期間を設定している。5年間のテーマが5件、4年間のテーマが1件、3年間のテーマが1件となっている。なお、研究機関が4年間以上のテーマについては、平成26年度の中間評価の結果を踏まえて、NEDOとして助成継続の可否を判断し、その後、最長2年間の研究開発を行う予定である。

表Ⅱ.2-3 研究開発の全体スケジュール

研究開発項目及び実施者	H24FY	H25FY	H26FY	H27FY	H28FY
研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」(NEDO 負担率 2/3) ・日産自動車 ・トヨタ自動車、豊田中央研究所 ・日本電気、積水化学工業、田中化学研究所 ・パナソニック ・東芝 ・日立製作所、日立オートモティブシステムズ	公募      		中間評価		
研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」(NEDO 負担率 1/2) ・三井造船、エレクセル、三井造船システム技研					

2.3 研究開発予算

本プロジェクトの研究開発予算(NEDO 負担額)を表Ⅱ.2-4に示す。

前半3年間の予算総額は約58.5億円である。後半2年間の予算総額は24.5億円を計画しており、5年間合計の予算総額は約83億円となる見込みである。

表Ⅱ.2-4 研究開発予算(NEDO 負担額)

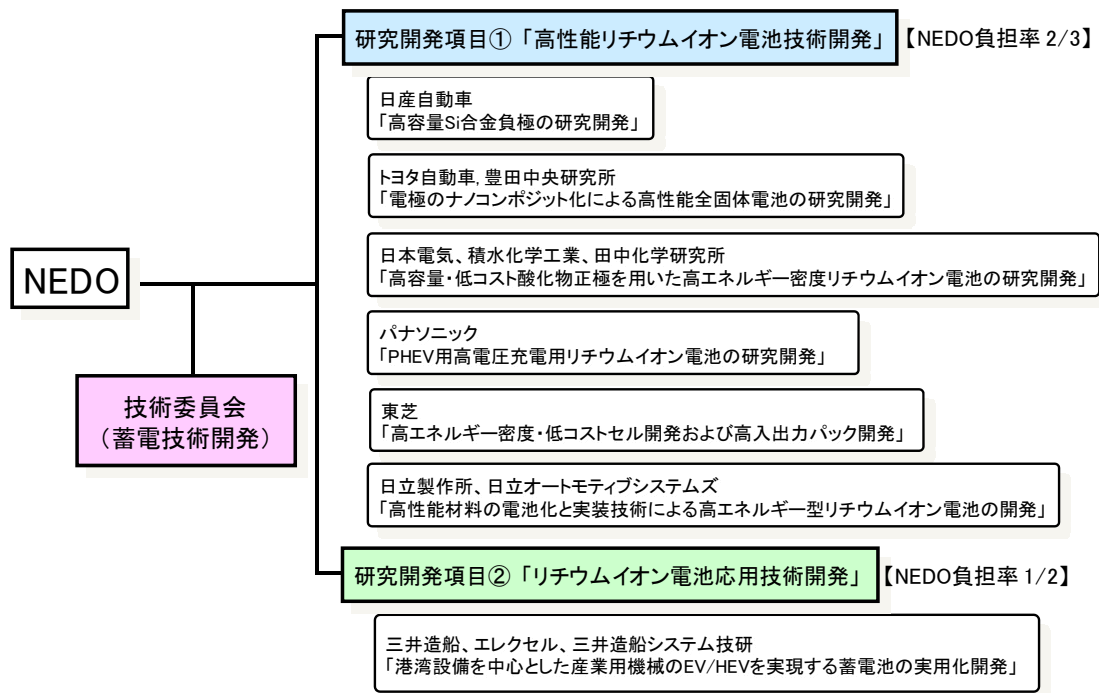
(単位:百万円)

研究開発項目	実施者	H24FY	H25FY	H26FY	H27FY	H28FY	合計
研究開発項目① 「高性能リチウムイオン電池技術開発」 (2/3 助成)	(1) 日産自動車	74	110	95	(123)	(47)	(449)
	(2) トヨタ自動車	354	627	803	(267)	(249)	(2,300)
	豊田中央研究所	14	52	31	(18)	(18)	(133)
	(3) 日本電気	120	100	80	(80)	(80)	(460)
	積水化学工業	140	130	100	(66)	(46)	(482)
	田中化学研究所	60	53	35	(27)	(25)	(200)
	(4) パナソニック	189	189	189	(189)	(188)	(944)
	(5) 東芝	246	492	521	(381)	-	(1,640)
	(6) 日立製作所	168	166	110	(123)	(107)	(674)
日立オートモティブシステムズ	293	199	136	(285)	(133)	(1,046)	
研究開発項目② 「リチウムイオン電池応用技術開発」 (1/2 助成)	(7) 三井造船	10	15	15	-	-	(40)
	エレクセル	36	17	15	-	-	(68)
	三井造船システム技研	6	10	13	-	-	(29)
合計	1,710	2,160	2,143	(1,559)	(893)	(8,465)	

注記:カッコ内の金額は計画額を示す。

3. 研究開発実施体制の妥当性

本プロジェクトの実施体制を図Ⅱ.3-1に示す。



図Ⅱ.3-1 「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業」実施体制

3. 1 研究開発実施者

平成24年度にNEDOは公募を行い、研究開発の実施者を選定した。

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」の実施者には、車載LIB及びLIB構成材料の研究開発に豊富な経験と実績を有し、かつ事業化能力を十分に有した自動車メーカー、蓄電池メーカー等を選定している。

一方、研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」の実施者である三井造船は、港湾荷役機械の国内トップメーカーであり、海外でもビジネスを展開しており、市場獲得に向けた適切な開発目標仕様が設定でき、かつ開発成果の実用化・事業化の能力を有する。加えて、LIBの正極材料(リン酸鉄リチウム)のメーカーでもあり、急速充放電の対応を可能とする正極材料の開発ができる。また、エレクセルはLIB及びLIB用材料・部品について豊富な研究開発実績を有するとともに、LIBの生産及び特性評価技術を保有する。三井造船システム技研は船舶・機械装置の各種制御・監視技術を有している。

また、各実施者は、本プロジェクトの成果を実用化・事業化に繋げる戦略・シナリオを、NEDOに提出する「課題設定型産業技術開発費助成金交付申請書」(非公開資料)において明確化している。また、その戦略・シナリオに基づいて、研究開発部門と事業化部門が協働して本プロジェクトを推進する体制を構築しており、指令命令系統及び責任体制も明確になっている。

3. 2 技術委員会の設置・運営

NEDOは、2013年度より、表Ⅱ.3-2に示す外部有識者7名で構成される「NEDO技術委員会(蓄電技術開発)」を設置・運営し、プロジェクトの個別テーマに関する技術的な助言やプロジェクト全体の運営管理に関する助言をもらい、事業推進部として留意すべきことや追加的に対応すべきこと等の有無を点検している。技術委員会の助言・指摘は、NEDO内の「開発成果創出促進制度」に向けた検討に使用すると

もに、必要に応じて、実施方針や各実施者の研究計画に反映することになっている。また、技術委員会には、議題に関係する専門家・学識者、他の蓄電技術開発プロジェクトのプロジェクトリーダー、経済産業省の担当者にもオブザーバーで出席してもらっている。

表Ⅱ.3-3 に示すように、技術委員会はこれまで4回開催した。第4回技術委員会は、本プロジェクトを対象として開催し、各実施者がこれまでの開発進捗状況を報告した。技術委員及びオブザーバーからは各実施者に対して中間目標達成に向けた技術的な助言を提示してもらった。また、プロジェクト全体の進捗について特に大きな障害等は見当たらないとの評価を得た。

表Ⅱ.3-2 NEDO 技術委員会(蓄電技術開発) 委員一覧

	氏名	所属、役職
委員長	佐藤 祐一	神奈川大学 工学研究所 客員教授
委員	山木 準一	京都大学 産官学連携本部 特任教授
	鳶島 真一	群馬大学大学院 工学系研究科 教授
	辰巳 国昭	産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門 副部門長
	松本 孝直	電池工業会 部長
	三田 裕一	電力中央研究所 材料科学研究所 上席研究員
	森田 賢治	日本自動車研究所 FC・EV 研究部 主任研究員

表Ⅱ.3-3 NEDO 技術委員会(蓄電技術開発)の開催実績

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

3.3 プロジェクト内の実施者間の連携について

本プロジェクトは、各実施者がこれまで独自に取り組んできた技術に対して助成を行い、早期の実用化・事業化を後押しするものであり、個々の研究テーマには企業固有のビジネス戦略、技術開発戦略、知的財産戦略等が存在する。そのため、NEDO のマネジメント方針として、研究テーマ間での連携は行わず、競争的に取り組むこととしている。

なお、複数企業が連名で実施する研究テーマでは、取り纏め幹事会社を取り決め、進捗確認の連絡会を定期的に開催する等して、目標達成と効率的な実施のために必要な連携が十分に行われる体制を構築させている。加えて、情報管理、秘密保持、知的財産の取扱いに関するルール・取決めや、成果の実用化・事業化に向けた戦略、その責任体制及び役割分担を整備させている。

4. 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

4.1 実用化・事業化戦略

前節「3.1 研究開発実施者」で述べたように、本プロジェクトの各実施者については、成果の実用化・事業化戦略及びシナリオが明確であり、これらをNEDOに提出する「課題設定型産業技術開発費助成金交付申請書」に記載している。

当該申請書には、以下に示す目次構成の「企業化計画書」が添付されている。この「企業化計画書」には、本プロジェクト終了以降の製品設計～量産設備投資～販売までのスケジュール、製品市場における競合・価格競争力、売上見通し等が明記されており、NEDOは当該申請書を厳格に審査して助成金の交付を決定している。

【課題設定型産業技術開発費助成金交付申請書／企業化計画書の目次】

1. 研究開発を行う製品・サービス等の概要
 - (1) 内容
 - (2) 用途(販売予定先)
2. 研究開発への取組み
 - (1) 研究開発を考えるに至った経緯(動機)
 - (2) 事業として成功すると考えた理由
 - (3) 事業化のスケジュール
3. 市場の動向・競争力
 - (1) 市場規模(現状と将来見通し)／産業創出効果
 - (2) 競合が想定される他社の開発動向とそれに対する優位性の根拠
 - (3) 価格競争力
4. 売上見通し
 - (1) 売上見通し
 - (2) 売上見通し設定の考え方

4.2 プロジェクトの運営マネジメント

NEDOは、各実施者(7企業グループ、13社)の開発進捗を常に把握するとともに、実施者の研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義、実用化・事業化の可能性、産業への波及効果等について随時、確認を行いながら、プロジェクトを運営管理している。

そのため、定期的に(四半期に最低一回)、ミーティングを開催し、実施者より直接、報告を受けて開発に遅れが出ていないかを確認するとともに、実施者のビジネス戦略・シナリオに変更等が無いかを確認している。また、最低年一回は、NEDO 担当者が実施者の研究開発現場を訪問し、試作品・試作システムや研究開発設備を確認している。さらに、予算執行は開発進捗と密接に関連していることから、原則として毎月、実施者の予算執行状況を確認している。

上記したマネジメントを進める中、研究開発・事業化の加速や開発品の付加価値向上等を図るため、NEDOは次のような対応を取ってきた。

① 実施者の研究計画の変更(追加予算配賦)

実施者が機械装置類の追加(又は前倒し導入)や開発サンプルの前倒し評価等、予算増額を伴う研究計画の変更を希望した際には、NEDOは、開発進展の明確な成果を確認した上、「開発

成果創出促進制度」等を利用して予算を確保し、その計画変更に対応してきた。これまでに6社(8件)の研究計画変更に対応した。

② 他プロジェクトの実施者との連携等

本プロジェクト開始の1年後の2013年度に、NEDOは「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」プロジェクトを立ち上げている。一方、本プロジェクトでトヨタ自動車が開発している全固体電池について実用化の可能性が見えてきた。そのため、材料メーカー側の全固体電池用材料の開発力を強化して実用化・製品化を加速することを目的として、材料評価プロジェクトの研究テーマの1つに全固体電池の材料評価技術を取り上げた。また、材料評価プロジェクトの実施者であるLIBTECが、トヨタ自動車の全固体電池の開発グループと連携して開発を行う体制を構築している。

加えて、「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発」では、早稲田大学が稼働中の電力貯蔵システムにおいてLIBの劣化と相関性を有する内部インピーダンスを計測し、LIBの劣化状態を診断する技術の開発を実施している。三井造船グループが開発している港湾荷役機械用LIBではハイレートの充放電を行うことから、実用化に向けては劣化診断技術の取り込みが必要になる。そのため、NEDOは、三井造船グループが早稲田大学と情報交換や技術交流等を進めることができるように仲介している。

4. 3 知的財産・標準化に係るマネジメント

(1) 知的財産

知的財産は、各実施者の実用化・事業化に際して根幹となるものであり、市場シェアアップに結び付く特許を戦略的に出願するように指導している。ただし、例えば、製造方法の特許出願はノウハウ流出を招くとの意見もある一方で、技術流出は避けられないとの指摘もあり、オープン・クローズの知財戦略については実施者個別の戦略を尊重することとしている。また、第I章で述べた国内外の政策動向、技術開発動向、市場・産業動向からも明らかなように、EV・PHEV及び車載電池の分野においては海外勢との厳しい国際競争が展開されることが予想されるため、積極的な海外出願を強く推奨している。なお、詳細は第III章に示しているが、2014年6月末時点での本プロジェクト全体の特許出願件数は109件(うち外国出願36件)である。

加えて、NEDOは、特許庁の技術動向調査班ともコンタクトを取りながら蓄電池に関する特許出願動向の把握に努めている。

(2) 標準化

新規技術の市場で競争力を獲得するためには、知的財産と標準化を戦略的に組み合わせる必要がある。標準化で主導権を確保するには、ISO/IEC等の標準化機関への提案活動を早く始めることが重要であり、そのためには、研究開発成果を速やかに標準化提案できるよう、研究開発プロジェクト関係者と標準化関係者との緊密な連携が必要である。

そのため、NEDOは、車載用LIBの国際標準化に係る研究開発を行っている経済産業省の「新エネルギー等共通基盤整備促進事業」及び「蓄電複合システム等共通基盤技術国際標準化研究開発事業」の委員会・ワーキンググループにオブザーバー参加し、車載LIBの標準化動向を把握するとともに、JARI及び自動車業界の標準化関係者と交流している。同時に、前記した「NEDO技術委員会(蓄電技術開発)」のメンバーとして、車載LIB国際規格の国内審議団体である電池工業会とJARI職員を加え、NEDOにおける車載LIBの開発情報を共有している。

第 I 章の「2.5 特許・標準化動向」で述べたように、IEC/ISO や EVS-GTR において車載 LIB の安全性試験・評価法の検討が進められている。本プロジェクトにおいて現行 LIB に比べて高エネルギー密度・高容量となる LIB を開発していることを考慮の上、標準化や規制の検討状況を的確かつタイムリーに把握して、現行 LIB や海外製 LIB と比較してのポジションや課題を明確化しながら、グローバル市場に広く流通できる製品の開発に向けて取り組んでいく。

5. 情勢変化への対応等

NEDO は、社会・経済の情勢変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応した事業のマネジメントに努めている。こうした情勢変化への対応事例を以下に示す。

第 I 章の「1. 1 関連する上位施策の目標達成への寄与」で述べたように、2012 年 7 月、経済産業省は、2020 年に「蓄電池戦略」を策定・発表した。この戦略においては、今後、大きな市場拡大が想定される電力系統用、需要家用及び車載用の蓄電池に関して、コスト・技術面の課題、制度面の課題及びこれらの課題解決に向けた施策が示された。この戦略策定を受けて、NEDO は、2013 年 4 月～6 月にかけて、産官学の外部有識者で構成される委員会を設置・運営し、同年 8 月、「NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2013」を策定・公開した。このロードマップの検討過程において、本プロジェクトに係る技術開発シナリオや開発目標値等について点検を行い、特に見直し等は必要ないことを確認した。

第三章 研究開発成果について

1. 目標の達成度、今後の課題と課題解決の見通し

1.1 研究開発項目①「高性能リチウム電池技術開発」の成果

2014年6月末時点における6つの企業グループの車載用LIBの開発成果を以下に示す。

各グループは、大半の開発項目について中間目標を達成しているとともに、課題解決の見通しを立てている。

(1) 高容量 Si 合金負極の研究開発(日産自動車)

本テーマでは、平成24年度～平成28年度の5年計画でEV用LIBを開発している。

LIBの高容量化を行うために、負極用のSi合金材料を開発するとともに、Si合金負極を適用した電池特性評価や4Ah大型セルで安全性の検証を行った。加えて、電極の微細構造解析からSi合金の材料設計指針を得て、導電助材やバインダーの物性が電池の耐久性向上に効果的であることも確認した。

表Ⅲ.1-1 に開発成果と達成度、表Ⅲ.1-2 に今後の課題と課題解決の見通しを示す。

表Ⅲ.1-1 開発成果と達成度：
高容量 Si 合金負極の開発(日産自動車株式会社)

開発項目	目標値(中間)	成果	達成度
高性能 Si 合金負極活物質の量産化	Si 合金活物質の合成方法を開発し、ハーフセルで電極性能を実証。	・遊星ボールミル及び急冷ロール合成法を開発。 ・合成した Si 合金活物質で負極を作製し、ハーフセルで 900mAh/g を達成。	○ ◎
高性能 Si 負極複合材	負極設計指針の獲得。	導電助材及びバインダーポリマーの物性と電池耐久性の間に相関を得た。	○
高度解析	Si 合金活物質の材料設計指針の獲得と材料合成へのフィードバック。	Si 合金の微細構造解析の結果、電池の耐久性と Si 配位数の間に相関性を得た。この結果を基に耐久性に優れた Si 合金活物質の材料組成を見出した。	◎
電池セル試作、評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 50mAh 小型ラミネートセルにてエネルギー密度 300Wh/kg 以上。 ● 3Ah 大型セルにてエネルギー密度 270Wh/kg 以上。 ● 釘刺試験で発火しないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 50mA 小型ラミネートセルにてエネルギー密度 300Wh/kg を達成。 ● 4Ah 大型セルにてエネルギー密度 270Wh/kg を達成。 ● 釘刺試験にて発火しないことを検証。 	○ ○ ○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表Ⅲ.1-2 今後の課題と解決課題の見通し：
高容量 Si 合金負極の開発(日産自動車)

開発項目	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
高性能 Si 合金負極活物質の量産化	Si 合金活物質の合成方法絞り込みとプロセス適正化。	Si 合金活物質合成方法の量産対応と品質安定性。	少量の合成方法は開発済み。バッチサイズ、冷却速度等の最適化により量産性と品質安定性に対応する見込み。
高性能 Si 負極複合材	負極の材料仕様決定と複合化粒子の合成方法開発。	複合化粒子の量産対応と品質安定性。	少量の合成方法は開発済み。開発した合成方法のスケールアップにより量産対応する。
高度解析	耐久性を満足する Si 合金の微細構造/化学状態の特定。	活物質・電極・セルの品質仮目標値設定による負極の実用化。	透過型電子顕微鏡観察及び放射光解析により Si 周辺の微細構造解析を行い、Si 合金の品質を確保する。
電池セル試作、評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 3Ah 級ラミネートセルを用いて、エネルギー密度 300Wh/kg 以上を実証。 ● 釘刺試験で発火しないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高エネルギー密度化に対応した電解液の選定。 ● 大型ラミネートセルの電池諸特性評価。 	平成 25 年度までに開発した複合化粒子、バインダー、導電助材と電解液の特性最適化により、300 Wh/kg 級セルを実証する見込み。

(2) 電極ナノコンポジット化による高性能全固体電池の研究開発(トヨタ自動車、豊田中央研究所)

本テーマでは、平成24年度～平成28年度の5年計画で、EV用の全固体電池を開発している。

電極活物質を微粒子化する焼成条件の開発や固体電解質界面の構造解析に加えて電池化の開発を行った。また、低温焼成できる固体電解質材料や正極材料と固体電解質の共焼結等を検討した。これらに加えて電極活物質へのガラスコーティング方法の開発等により中間目標として設定したエネルギー密度600Wh/Lのセルを実証した。

表Ⅲ.1-3に開発成果と達成度、表Ⅲ.1-4に今後の課題と課題解決の見通しを示す。

表Ⅲ.1-3 開発成果と達成度:

電極ナノコンポジット化による高性能全固体電池の開発(トヨタ自動車、豊田中央研究所)

開発項目	目標値(中間)	成果	達成度
電極及び固体電解質層の作製プロセスの確立	エネルギー密度 600 Wh/L セルの実証。	正極活物質と固体電解質の粒径最適化、コーティング技術・界面抵抗低減技術の適応により体積エネルギー密度600Wh/Lを達成した。	○
電極抵抗の低減と固体電解質の低温焼結化	正極活物質と固体電解質の界面抵抗 200 $\Omega \text{ cm}^2$ 以下。	正極活物質と一体焼成できる低温焼結型の高イオン電動固体電解質を開発し、界面抵抗 200 $\Omega \text{ cm}^2$ を達成した。	○
正極活物質の微粒子化技術の開発	正極活物質を 100nm 以下にする微粒子化技術の確立。	焼成条件を適正化し、粒子径 100nm 以下の正極活物質を得た。	○
電極界面形成用ガラス固体電解質の開発	活物質上に薄膜形成できるガラスコーティング溶液の開発	転動流動法でコーティングできるガラスコーティング溶液を開発した。	○
正極活物質への単粒子コーティング	超微粒子に対応できる流動装置の開発	超微粒子へのコーティングを実現するための装置を開発し、超微粒子へのコーティングを実証した。	○
全固体電池における固体界面の作製と評価	正極活物質の利用率が 90%以上の電極作製技術の開発。	充填度が 90%以上の電極を用いた全固体電池において、正極活物質の初期利用率 93%を達成した。	○
サイクル特性に優れた高容量な合金負極の開発	初期容量で 1,500mAh/g 以上の負極を開発。	複数の材料系で 2,000 mAh/g を超える初期容量を確認した。	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表Ⅲ.1-4 今後の課題と解決課題の見通し:

電極ナノコンポジット化による高性能全固体電池の開発(トヨタ自動車、豊田中央研究所)

開発項目	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
電極及び固体電解質層の作製プロセスの確立	エネルギー密度 600 Wh/L セルの実証。	出力特性の改善と、高電圧正極材料と新規負極材料の適応。	正負極材料組成の適正化により、最終目標を達成する見込み。
電極抵抗の低減と固体電解質の低温焼結化	正極活物質と固体電解質の界面抵抗 200 Ωcm^2 以下。	低融点固体電解質の導電率向上と、正極活物質との界面形成。	固体電解質組成の改良により、導電率の向上と焼結温度の低温下とのバランスをはかり、目標を達成する見込み。
正極活物質の微粒子化技術の開発	正極活物質を 100nm 以下にする微粒子化技術の確立。	量産にも対応出来る噴霧熱分解製造方法の開発。	焼成条件及び噴霧ノズル等の検討により、目標を達成する見込み。
電極界面形成用ガラス固体電解質の開発	活物質上に薄膜形成できるガラスコーティング溶液の開発。	ガラスコーティング膜と活物質との反応性確認。	TEM 等の状態分析により反応性を確認する。
正極活物質への単粒子コーティング	超微粒子に対応できる流動装置の開発。	超微粒子へのコーティング膜形成安定化。	粒子分散機構の開発により目標を達成する見込み。
全固体電池における固体界面の作製と評価	正極活物質の利用率が 90%以上の電極作製技術の開発。	初期不可逆容量の低減とサイクル特性の向上。	活物質の微粒子化と密着性に優れるコーティング膜の形成技術により目標を達成する見込み。
サイクル特性に優れた高容量な合金負極の開発	初期容量 1,500mAh/g 以上の負極を開発。	粉体 Si をベースとした合成法の開発。	材料組成の最適化で高容量とサイクル性能を両立する見込み。

(3) 高容量・低コスト酸化物正極を用いた高エネルギー密度リチウムイオン電池の開発
(日本電気、積水化学工業、田中化学研究所)

本テーマでは、平成24年度～平成28年度の5年計画でEV、PHV用のLIBを開発している。

MnもしくはFeを主な成分とする新規高容量・低コストの酸化物正極材料技術を活用し、さらに適した負極、電解液、セパレータを新規に開発することによって、エネルギー密度が320Wh/kg以上となる見通しを得た。

表Ⅲ.1-5に開発成果と達成度、表Ⅲ.1-6に今後の課題と課題解決の見通しを示す。

表Ⅲ.1-5 開発成果と達成度:

高容量・低コスト酸化物正極を用いた高エネルギー密度リチウムイオン電池の開発
(日本電気、積水化学工業、田中化学研究所)

開発項目	最終目標	成果	達成度
電池パックのエネルギー密度向上	エネルギー密度 250Wh/kg	低コストリチウム過剰層状岩塩構造酸化物正極及び高容量シリコン化合物負極を用いて高エネルギー密度化を確認。	○
高容量密度正極材料	容量密度 240mAh/g vs. Li/Li ⁺	<ul style="list-style-type: none"> ● 前 NEDO プロジェクトの成果を発展させ最終目標に近い容量密度を実現。 ● 安価なリチウム源の適用により低コスト化の目処を得た。 	○
高容量密度負極材料	容量密度 1,300mAh/g	<ul style="list-style-type: none"> ● シリコン化合物を最適化することで最終目標に近い容量密度を実現。 	○
電池パックの低コスト化	コスト 20,000 円/kWh	<ul style="list-style-type: none"> ● 8Ah 級セルを用いた電池パックを試作、コスト試算を実施。 ● エネルギー密度の向上、セル設計、パック構造の最適化により目標達成の目処を得た。 	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表Ⅲ.1-6 今後の課題と課題解決の見通し：
 高容量・低コスト酸化物正極を用いた高エネルギー密度リチウムイオン電池の開発
 （日本電気、積水化学工業、田中化学研究所）

開発項目	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
電解液の分解抑制	5.3V vs. Li/Li ⁺ 分解ガス発生無し	電解液の開発と 並行して電極での 分解反応を抑制す る。	正極、負極をコートす ることによって分解反応を抑制及 びイオン液体など新たな電 解質の開発により課題達 成の見込み。
電池パック最適化	各 2 チームの正極 及び負極開発体制か ら各1チームに絞り込 みを実施。電池パック としての最適化。	正極、負極を選 定した後に電解 液、セパレータとの マッチングを検証、 最適化を図る。	平成 26 年度末に正極、 負極を選定する。並行して 電解液、セパレータの開 発、セル化、統合技術開発 を行う。

(4)PHEV 用高電圧充電用リチウムイオン電池の研究開発(パナソニック)

本テーマは、平成 24 年度～平成 28 年度の 5 年計画で PHV 用の LIB を開発している。

活物質の材料組成検討により中間目標の 170Wh/kg の高エネルギー密度化を達成するとともに、高電圧化に対応できる耐酸化性電解質を開発して 18650 円筒型電池で開発電池の特性を検証した。加えて、高安全化の要素技術として高電圧充電時に発生する燃焼ガスの解析手法を確立し、発生ガスの低減方法も開発した。

表Ⅲ.1-7 に開発成果と達成度、表Ⅲ.1-8 に今後の課題と課題解決の見通しを示す。

表Ⅲ.1-7 開発成果と達成度：
PHEV 用高電圧充電用リチウムイオン電池の研究開発(パナソニック)

開発項目	目標値(中間)	成果	達成度
高エネルギー密度化要素技術	エネルギー密度 170Wh/kg	遷移金属酸化物を中心に正極活物質の材料組成の適正化と粉体圧縮流動性改善による電極の高密度化により、185Wh/kg を達成。	◎
高安全化要素技術	燃焼ガス解析手法の確立	安全性を評価する手法として燃焼ガスの解析手法を開発。また、耐熱性極板の開発により、燃焼ガスの発生抑制を確認。	○
長寿命化要素技術	500 サイクル後の容量維持： 70%以上(充電電圧 4.6V)	<ul style="list-style-type: none"> ● サイクル劣化のメカニズム解析を行い、電解液の酸化劣化と容量維持率に相関性を得た。 ● 新たに開発した耐酸化性溶媒を電解液に適用し、4.6V 充電電圧で 700 サイクル後に 70%の容量維持率を実証。 	○
高出力化要素技術	出力密度 2,100W/kg	電解液組成の適正化により、18650 円筒型電池で 2,100W/kg を達成。	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表Ⅲ.1-8 今後の課題と解決課題の見通し：
PHEV用高電圧充電用リチウムイオン電池の研究開発(パナソニック)

開発項目	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
高エネルギー密度化要素技術	エネルギー密度 200Wh/kg 以上	<ul style="list-style-type: none"> ● 電極の高密度化プロセス ● セパレータ、集電体等の軽量化 	活物質の形状、粒径の適正化及び電極高圧縮プロセスの開発による電極の高密度化と、セパレータ及び集電体の薄体化等による電池の軽量化で目標を達成する見込み。
高安全化要素技術	内部短絡時に破裂発火しないこと。	安全性確保のため、活物質の適正化、新規溶媒、耐熱層の開発	結晶性制御や表面修飾等の適正化により活物質の熱安定性向上をはかる。また、耐熱層の厚みや材料の適正化により内部短絡試験時の発熱を抑制し、安全性を確保する見込み。
長寿命化要素技術	製品仕様の容量維持率 70%以上	<ul style="list-style-type: none"> ● 活物質の高強度化。 ● 高充電電圧時の電解液/電極反応抑制。 	充電電圧の適正化するとともに、結晶性制御や元素置換等により活物質の高強度化を行う。また、電解液組成の適正化により、目標値を達成する見込み。
高出力化要素技術	出力密度 2,500W/kg 以上	電解液添加剤の選定と新電極構造の開発	電解液添加剤の適正化と結着剤の適正配置した新電極構造を開発して、目標を達成する見込み。

(5) 高エネルギー密度・低コストセル開発及び高入出力パック開発(東芝)

本テーマは平成24年度から平成27年度の4年計画で、EV、PHEV及びISS(アイドリングストップ)用途のLIBの開発を行っている。

EV/PHEV用途では、セルでの容積エネルギー密度275Wh/L、コスト30円/Whを最終目標とし、その達成のための中間目標として、平成25年度に容積エネルギー密度225Wh/L、セルコスト現行比40%減を設定し、高エネルギー密度化及び低コスト化を行った。さらにPHEV用途では、パックでの入出力特性向上を目指し、パック冷却要素技術の開発を行った。ISS用途では、セルでの出力密度3,200W/L、コスト30円/Whを最終目標として開発を推進した。出力密度に関しては既に達成していることから、平成25年度の中間目標としてセルコスト現行比40%減を設定し、低コスト化を行った。

表Ⅲ.1-9に開発成果と達成度、表Ⅲ.1-10に今後の課題と解決方針を示す。

表Ⅲ.1-9 開発成果と達成度:

高エネルギー密度・低コストセル開発及び高入出力パック開発(東芝)

開発項目	中間目標	成果	達成度
EV用途: 高エネルギー密度化 低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> ● 負極 LTO セルでの225Wh/Lの達成。 ● セルコスト現行比40%減の達成。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 活物質組成の最適化等により現行セルサイズで容量20%増の24Ahセル(225Wh/L)を達成。 ● 電極構造低コスト化開発等により、セルコスト目標値を達成する要素技術を確立。 	○
PHV用途: 冷却パックの開発	冷却パック開発の要素技術開発終了。	冷却方式毎の冷却効果を定量的に検証、パック冷却要素技術を確立。	○
ISS用途: 低コスト化	負極LTOセルにおいて、現行出力性能を維持してセルコスト現行比40%減の達成。	電極構造低コスト化開発に加え、薄塗り塗エプロセスの生産性向上技術開発によりセルコスト目標値を達成する要素技術を確立。	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表Ⅲ.1-10 今後の課題と解決方針：
高エネルギー密度・低コストセル開発及び高入出力パック開発（東芝）

開発項目	最終目標	開発内容	今後の課題と解決方針
EV 用途 高エネルギー 密度化 低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> ● 275Wh/L の達成。 ● セルコスト 30 円/Wh の達成。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新規活物質の 開発、材料組成 最適化等による 高容量化。 ● 電極構造開発 等の量産化技術 開発及びその検 証。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 材料マイクロ解析による性 能ポテンシャルを評価す る、並行して現行材料系 での高容量化を検討。 ● 量産を想定し、製造装置 から一貫したプロセス開 発を実施。
PHV 用途 冷却パックの開発	冷却パックの開発 完了。	冷却パックの開発	冷却パックの試作を行 い、実器での冷却効果を検 証。
ISS 用途 低コスト化	出力性能を維持し てセルコストとして 30 円/Wh の達成。	電極構造開発等 の量産化技術開発 及びその検証。	量産を想定し、製造装置 から一貫したプロセスを開 発。

(6) 高性能材料の電池化と実装技術による高エネルギー型リチウムイオン電池の開発
(日立製作所、日立オートモティブシステムズ)

本テーマは、平成24年度から平成28年度の5年計画で、高性能EV用電池パックの実用化開発を実施している。

本プロジェクトの最終目標の250Wh/kgパックの見通しを得るため、パック内のセルの重量比を0.8として、セルの最終目標値を320Wh/kg以上に設定した。このため、中間目標として、平成26年度末に、高容量正極の開発、高容量負極の開発、厚膜電極電池化技術の選定、セルのエネルギー密度270Wh/kgの見通しを得ること等を目標とし、開発を進めた。

また、汎用性が高く、組み立て性にも優れる角形セルにて、エネルギー密度200Wh/kgと出力密度1,500W/kgの両立を最終目標値とし、中間目標として、セルのエネルギー密度の目標値を175Wh/kgに設定して開発を進めた。

表Ⅲ.1-11に開発成果と達成度、表Ⅲ.1-12に今後の課題と課題解決の見通しを示す。

表Ⅲ.1-11 開発成果と達成度(1/2):

高性能材料の電池化と実装技術による高エネルギー型リチウムイオン電池の開発
(日立製作所)

開発項目	中間目標	成果	達成度
高容量正極	高容量正極材料の1次選定。	高Ni含有正極材料と、Li過剰層状正極材料を有望な候補材として選定。正極材料の1次選定を完了。	○
高容量負極	高容量負極材料の1次選定。	非炭素系負極材料として1種類のSi合金を選定。負極材料の1次選定を完了。	○
厚膜電極・電池化	<ul style="list-style-type: none"> ● 厚膜電極仕様の1次選定。 ● エネルギー密度270Wh/kg以上の見通しを得る。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 厚膜電極仕様の1次選定完了 ● エネルギー密度320Wh/kgに目処を得た。 	○ ◎
セルコン一体化	セルコントローラ、バッテリーコントローラ無線、制御回路の設計。	セルコントローラ、バッテリーコントローラ間の無線方式、仕様を策定。	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表Ⅲ.1-11 開発成果と達成度(2/2):
高性能材料の電池化と実装技術による高エネルギー型リチウムイオン電池の開発

(日立オートモティブシステムズ)

開発項目	中間目標	成果	達成度
正極・負極 電極構造の 高エネルギー化	<ul style="list-style-type: none"> ● エネルギー密度 ≥175kWh/kg ● 出力密度≥1,500W/kg ● 寿命 10年の見通し。 ● 安全性、信頼性:車載時の 濫用に耐えること。 ● Si 含有黒鉛負極電極の 1次設計完了。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 平成25年度1次仕様にて 188Wh/kgを達成。 ● 平成25年度1次仕様にて 2,200W/kgを達成。 ● 容量寿命は目標達成。 出力寿命は5年と未達。 ● 実規模セルにて加熱、 外部短絡はOK。釘刺し、 過充電の対策方針を立案。 ● 小型セルにてSi系材料 の課題抽出。 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ ◎ △ △ △
スラリー作製、塗工工程 の高速化	<ul style="list-style-type: none"> ● 現有設備での正極、負 極のスラリー及び塗工仕 様の確立。 ● 試作分散機、高精度塗 工機の効果検証。 	<ul style="list-style-type: none"> ● スラリー混練・塗工仕様 を確立。 ● 高精度塗工機の機能 試作・導入を完了。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ △
高密度化実装技術の開 発	<ul style="list-style-type: none"> ● パック中セル重量比≥ 0.75 ● パック一体化セルコン セルコントローラの1次評 価完了と通信無線化、ハイ ブリッドICの原理試作完 了。 	<ul style="list-style-type: none"> ● パック中セル重量比0.7 を達成。 ● パック一体化セルコン トラの1次評価完了。 通信無線化、ハイブリッ ドICの原理試作を完了。 	<ul style="list-style-type: none"> △ ○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

表Ⅲ.1-12 今後の課題と解決課題の見通し(1/2):
高性能材料の電池化と実装技術による高エネルギー型リチウムイオン電池の開発
(日立製作所)

開発項目	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
高容量正極	セルのエネルギー密度 320Wh/kgの見通しを得ること。	低抵抗化と長寿命化	活物質への被覆や添加剤の検討で解決する見込み。
高容量負極		低抵抗化と長寿命化	活物質への被覆や添加剤の検討で解決する見込み。
厚膜電極・電池化		低抵抗化と長寿命化	<ul style="list-style-type: none"> ● 分析技術適用による電極仕様の2次選定で解決する見込み ● 電極仕様の最適化で解決する見込み。
セルコン一体化		無線通信の高速化	高速輻輳制御方式(通信スロット固定型時分割通信)の適用で解決する見込み。

表Ⅲ.1-12 今後の課題と解決課題の見通し(2/2):
高性能材料の電池化と実装技術による高エネルギー型リチウムイオン電池の開発
(日立オートモティブシステムズ)

開発項目	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
正極・負極電極構造の高エネルギー化	EV用セルとしてエネルギー密 200Wh/kg、 (自主目標の出力密度 1,500Wh/kg)	エネルギー密度 200Wh/kg の達成。	以下の諸策により課題可決する見込み。 <ul style="list-style-type: none"> ● 高容量活物質での電極仕様を確立。 ● 高 Ni 含有正極に起因する劣化要因を対策する。 ● 釘刺し対策として機能膜、過充電対策として電流遮断機構を検討。 ● Si系材料の改善と電極仕様の最適化。
スラリー作製、塗工工程の高速化		<ul style="list-style-type: none"> ● 改良スラリーのサイクル特性向上の発現メカニズムの解明、詳細評価分析。 ● 塗工高速化技術の確立。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 量産検証を進め生産性を向上する。 ● 高精度塗工により塗工を高速化。
高密度化実装技術の開発		<ul style="list-style-type: none"> ● 試作の基本パックを用いた安全性と信頼性試験の確認。 ● 重量減とコスト低減効果の最大化。 	<ul style="list-style-type: none"> ● セル重量比0.75に向けて構造及び材料を改良。 ● パック一体化セルコントローラについての日立製作所での検討結果を受けて無線化、ハイブリッドIC化。

1.2 研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」の成果

(1) 港湾設備を中心とした産業用機械の EV/HEV を実現する蓄電池の実用化開発(三井造船、エレクセル、三井造船システム技研)

本テーマは、平成24年度から平成26年度までの3年計画で、EVとは異なる仕様を持つヤードクレーン及びトラクターヘッドへのLIBの応用を目的として、リン酸鉄リチウムを正極材に用いて長寿命・急速充放電に特化した大型電池システムを開発している。

アプリケーションの負荷計測と負荷に基づくシミュレーションによる最適電池システムの仕様を設定し、この結果をもとに、正極材の最適化、仕様(急速充放電性と寿命特性)に合致した電池セル及びモジュールの開発を行い、その電池システムを構築した。

表Ⅲ.1-13 に開発成果と達成度を示す。

表Ⅲ.-13 開発成果と達成度：
港湾設備を中心とした産業用機械の EV/HEV を実現する蓄電池の実用化開発
(三井造船、エレクセル、三井造船システム技研)

開発項目	最終目標	成果	達成度
実機電池システムの仕様検討	実機電池システム仕様決定	電池及び実機の負荷データを取得し、電池実特性を含む電池アプリケーションモデルを構築。シミュレーションにより電池システム仕様検討に寄与した。	○
リン酸鉄リチウム正極材料の高性能化	<ul style="list-style-type: none"> ● 粉体圧縮導電率 10^{-2}S/cm 以上 ● 極板伝導率 10^{-1}S/cm 以上 	合成条件の調整及び小粒径化により、高出力化を実現。	○
ハイレート電池セルの開発	<ul style="list-style-type: none"> ● 容量維持率 80%以上(6C、SOC10-90%、5,000回後) ● 容量維持率 80%以上(20C、SOC40-60%、250,000回後) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ハイレート特性に優れた 5Ah セルを開発し、2kWh モジュール構成用に 150 セル以上を量産。 ● 大型(20Ah)セルを開発し、10kWh モジュール用の量産に着手。 	○
電池セルの劣化特性の評価	劣化予測式の構築	既存セルの劣化試験結果をもとに劣化予測式を構築。劣化予測スキームを獲得。	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

2. 知的財産等の取得、成果の普及

各実施者の特許出願件数、論文等の対外発表等の実績を表Ⅲ.3-1に示す。

特許については、逐次、報告書をNEDOに提出することを実施者に義務付け、本プロジェクトの出願・登録の動向を把握している。2014年6月末時点での本プロジェクト全体の特許出願件数は184件(うち外国出願88件)となっている。

成果の普及については、NEDOは、各実施者に対して、本プロジェクトの成果をユーザ・関連企業等に向けて情報発信することで実用化・事業化を促進するため、技術情報の流出に配慮しつつ、適切に成果を発表・公開するように指導している。プロジェクト全体の情報発信件数は、論文が7件(うち査読付き3件)、研究発表・講演が25件、新聞雑誌等への掲載が2件、展示会への出展が2件となっている。

表Ⅲ.2-1 特許出願件数、成果普及の実績(2014年6月末現在)

実施者	年度	特許出願 (うち外国 出願)	論文 (うち査読 つき)	研究発 表・講演	受賞 実績	新聞・雑 誌等への 掲載	展示会へ の出展
日産自動車	24年度	19(3)	0	0	0	0	0
	25年度	34(16)	0	0	0	0	0
	26年度	15(13)	0	0	0	0	0
トヨタ自動車 豊田中央研究所	24年度	0	0	1	0	0	0
	25年度	3(0)	2(2)	8	0	0	0
	26年度	4(0)	0	1	0	0	0
日本電気 積水化学工業 田中化学研究所	24年度	0	0	0	0	0	0
	25年度	9(3)	0	3	0	1	0
	26年度	2(1)	0	1	0	0	0
パナソニック	24年度	6(5)	0	0	0	0	0
	25年度	10(8)	0	0	0	0	0
	26年度	7(0)	0	0	0	0	0
東 芝	24年度	3(2)	0	0	0	0	0
	25年度	19(7)	0	0	0	0	0
	26年度	15(5)	0	2	0	0	0
日立製作所 日立オートモティ ブシステムズ	24年度	0	0	1	0	0	0
	25年度	15(11)	0	2	0	0	0
	26年度	17(8)	1(1)	4	0	1	0
三井造船 三井造船システ ム技研 エレクセル	24年度	0	1	1	0	0	0
	25年度	3(3)	1	1	0	0	1
	26年度	3(3)	2	0	0	0	1
合計		184(88)	7(3)	25	0	2	2

また、NEDO 自身も、技術情報の流出に配慮しつつ、情報発信に努めており、成果の実用化・普及の観点で有効な国内外の学会・セミナー・シンポジウム等における講演、専門誌への寄稿等、合計で 14 件に対応している。

本プロジェクトに関する NEDO の情報発信実績 (2014 年 6 月末)

- 1) EV technology innovation forum 2012(2012 年 7 月 12 日)
講演「R&D of High-performance Batteries for Next-generation Vehicles in NEDO」
- 2) 日本高分子学会／ポリマーフロンティア 21(2012 年 9 月 7 日)
講演「NEDO における蓄電池技術開発の最新動向」
- 3) 5th International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications
(平成 24 年 9 月 18 日)
講演「R&D of High-performance Batteries Relating to Vehicles in NEDO」
- 4) 防衛技術シンポジウム 2012(2012 年 11 月 13 日)
講演「蓄電技術のナショナル事業と今後の展望」
- 5) 群馬県次世代産業振興戦略会議／蓄電池セミナー(2012 年 12 月 13 日)
講演「次世代蓄電池開発の現状、課題とその先へ」
- 6) 日本電気化学会／電気化学セミナー(2013 年 1 月 23 日)
講演「NEDO における蓄電技術開発」
- 7) 日本化学会／第 93 春季年会(2013 年 3 月 24 日)
講演「NEDO における大型蓄電技術の開発」
- 8) 化学工業日報社／月刊「化学経済」(2013 年 7 月号)
寄稿「NEDO における次世代蓄電池の技術開発」
- 9) 青森県三八地域「かしこいすまいを考える 5 日間」技術講習会
講演「次世代蓄電池開発の現状、課題とその先へ」
- 10) 6th International Conference on Advanced Lithium Batteries for Automobile Applications
(平成 25 年 9 月 9 日)
講演「R&D of High-performance Batteries Relating to Vehicles in NEDO」
- 11) CEATEC JAPAN2013／第 10 回 JEITA 電子材料セミナー(2014 年 10 月 3 日)
講演「NEDO における蓄電技術開発」
- 12) 近化電池セミナー(2014 年 10 月 3 日)
講演「次世代蓄電技術開発の現状、課題とその先へ」
- 13) 「おかやま電池関連技術研究会」第 3 回技術セミナー(2014 年 11 月 29 日)
講演「NEDO における次世代蓄電技術開発」
- 14) 日本電気化学会／電気化学セミナー(2014 年 1 月 24 日)
講演「NEDO における蓄電技術開発」

第IV章 実用化・事業化に向けての見通し及び取組みについて

本プロジェクトにおける実用化・事業化の定義は、本プロジェクトで開発された車載 LIB、車載 LIB を搭載した EV・PHEV 等の試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、また、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

1. 実用化・事業化の見通しについて

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」の各実施者は、EV・PHEV 又は車載 LIB の実用化・事業化の能力を十分に有した自動車メーカ、蓄電池メーカ等である。具体的には、表IV.1-1 に示すように、日産自動車、トヨタ自動車はそれぞれ LEAF、PRIUS PHV を製造・販売し、社会に普及させてきた実績がある。同様に、NEC、パナソニック、東芝、日立製作所は EV、PHEV、HEV 用 LIB を製造し、国内外の自動車メーカに供給している。また、各実施者が掲げている開発目標は2020年代の本格普及を目指した EV・PHEV の諸元に見合ったものであり、最終目標が達成された場合、製品化は確実に行われると言える。なお、「第三章 開発成果について」に示したように、各実施者は大半の中間目標をクリアするとともに、最終目標達成に向けた課題解決の方針を明確化している。

加えて、一部の実施者は、本プロジェクトで現状、得られている成果に基づいて、製品設計やユーザー等へのコンタクト等を既に開始している。

同様に、研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」の実施者である三井造船、三井造船システム技研、エレクセルについても、港湾荷役機械や特殊用途 LIB の製造・販売実績を有する。また、本プロジェクトで開発する 10kWh 級モジュール試作品を用いた実フィールドテストの計画を現在、進めている。

以上のことから、本プロジェクトの成果については実用化・事業化の見通しがあると言える。

表IV.1-1 「高性能リチウムイオン電池技術開発」各実施者の事業化実績

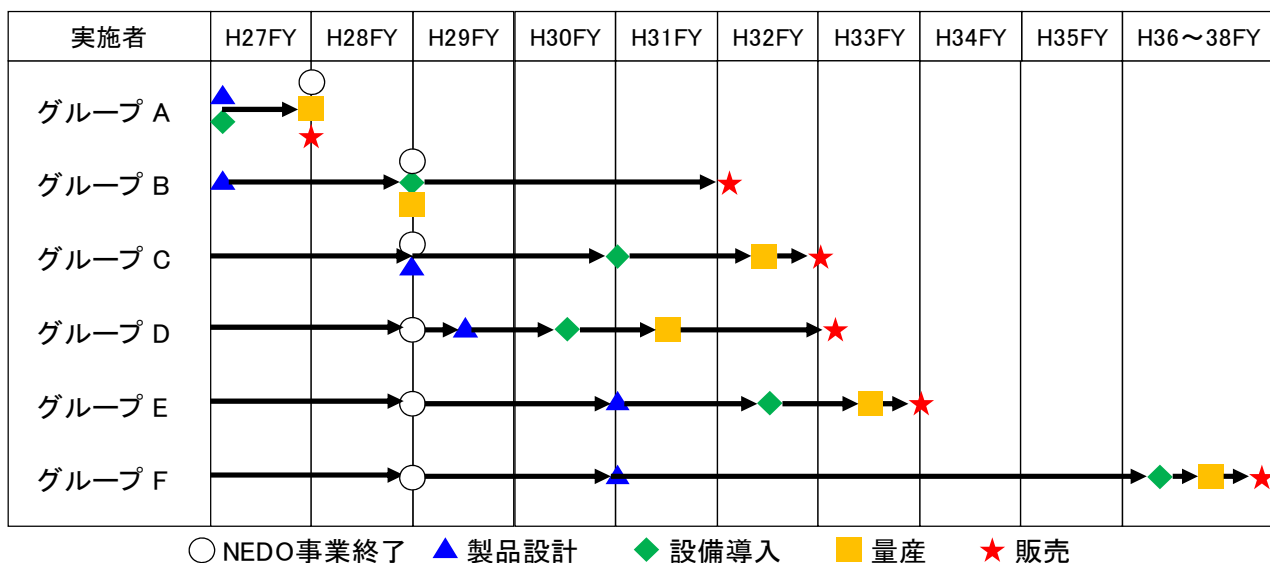
実施者	日産自動車(株)	トヨタ自動車(株) (株)豊田中央研究所	日本電気(株) 積水化学工業(株) (株)田中化学研究所
実施例	 LEAFを開発	 Prius PHVを開発	 LEAFに電池を供給
実施者	パナソニック(株)	(株)東芝	(株)日立製作所 日立オートモティブ システムズ(株)
実施例	 Prius PHVに電池を供給	 i-MiEVに電池を供給	 GMのHEVに電池を供給

2. 実用化・事業化に向けた具体的取組み

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」の各実施者について、プロジェクト終了後の事業化スケジュールをまとめたものを表IV.2-1に示す。

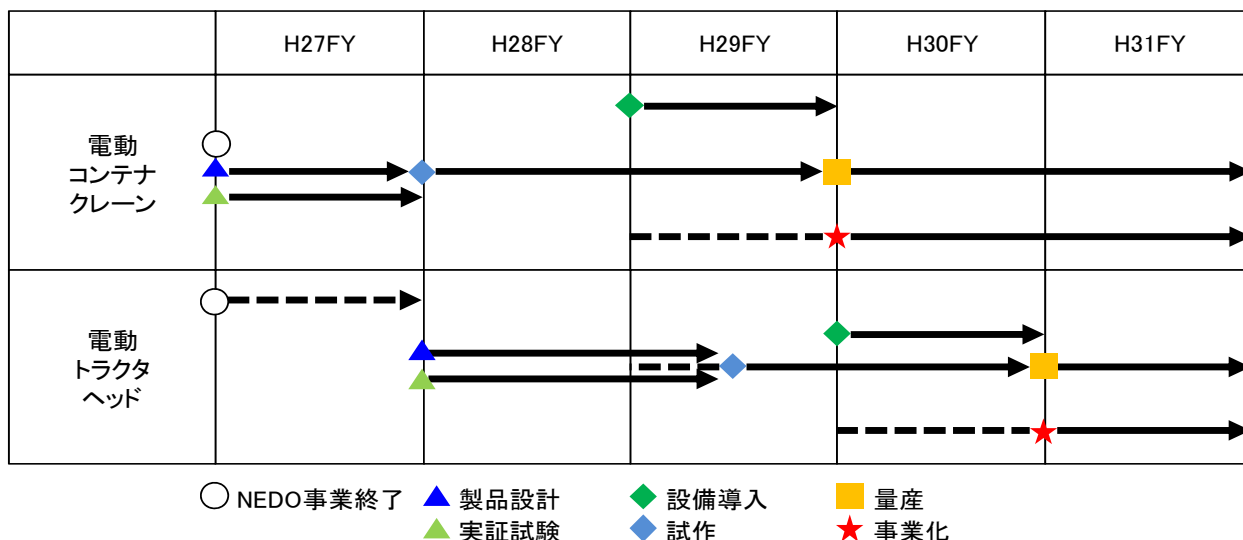
各実施者は、自社の事業部門も検討に参加して、製品開発～量産設備導入～量産～販売の具体的な計画を立てている。大半の実施者が本プロジェクト終了後、5年以内に販売開始の計画であるが、中には1年後に販売開始の計画を立てている企業もある。

表IV.2-1 「高性能リチウムイオン電池技術開発」 実施者の事業化スケジュール



研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」の三井造船グループの事業化スケジュールを表IV.2-2に示す。電動コンテナクレーンについては、プロジェクト終了後、1年目にフィールドテストを実施しながら製品設計を進め、3年後に販売開始の計画を立てている。電動トラクターヘッドについては、プロジェクト終了後、2年目からフィールドテストを開始し、製品設計と生産設備投資を経て、4年後に販売開始の計画を立てている。

表IV.2-2 「リチウムイオン電池応用技術開発」 実施者の事業化スケジュール



「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業」基本計画

スマートコミュニティ部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

① 政策的な重要性

運輸部門における石油依存を脱却し、CO2排出量を低減させるためには、電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド自動車(PHEV)など、動力を電動化した次世代自動車の早期普及が重要であり、そのための課題としてこれら次世代自動車の電動走行距離を延伸させるための蓄電技術の開発が求められている。

現行の政府計画においても、「エネルギー基本計画」(2010年閣議決定)では、蓄電池等のエネルギー貯蔵技術の開発に重点的に取り組むとしている他、「Cool Earth—エネルギー革新技术計画」(2008年経済産業省策定)では、重点的に取り組むべき21の技術の内、運輸部門ではプラグインハイブリッド自動車・電気自動車、部門横断的な技術として高性能電力貯蔵が挙げられている。また、「次世代自動車戦略2010」(2010年経済産業省策定)で定められている電池戦略では、「世界最先端の技術レベルを維持し続けるために高い研究開発レベルと生産技術レベルの確保を目指す」、「自動車以外の分野でのアプリケーションにおける蓄電池システムの活用を目指す」としており、2011年の東日本大震災後に発表された「日本経済の新たな成長の実現を考える自動車戦略研究会 中間取りまとめ」(2011年経済産業省策定)においても、次世代自動車戦略2010に掲げられた方向性と具体的な対応に関し、引き続き着実に取り組んでいくことが必要としている。

② 我が国の状況

我が国は、蓄電技術分野においてトップランナーの地位を築いてきたが、今日、民生用リチウムイオン電池の市場シェアは韓国や中国の電池メーカーに奪われ、国際競争が激化している。

③ 世界の取り組み状況

世界各国で国を挙げた開発支援が行われている。特に、東アジア諸国の技術力向上と電池の低価格化は著しく、蓄電技術分野における我が国のトップランナーとしての地位を脅かしている。

韓国においては、2020年までに、企業及び政府で15兆ウォンの集中投資を通じて、中大型電池での世界市場シェア50%、電池用素材の国産化率75%の達成を掲げた政策を打ち出している。特に素材については、本格輸出国家として浮上するため、グローバル素材企業10社以上育成する等、電池メーカーのみならず、横断的な国際競争力を高める方向としている。現在、韓国、米国においては蓄電技術に関するロードマップを作成・公表し、研究開発を促しているとともに、特に韓国では、米国やEUとの共同研究に積極的に取り組む方針と打ち出している。

一方、中国においては、電気自動車の保有量を100万台以上とする目標を打ち出し、各企業において、より付加価値の高い、自動車用蓄電池の開発が進められている。

④ 本事業のねらい

本事業では、このように国際的な競争環境が激化する自動車用蓄電池について、我が国の優位性を確保するため、当面の主戦場となるリチウムイオン電池の技術開発を促進することを狙いとする。

このため、特に 2020 年頃の主力次世代自動車と目される、プラグインハイブリッド自動車 (PHEV) や電気自動車 (EV) に搭載されるリチウムイオン電池について、求められる性能のうち重要視されるエネルギー密度の向上に主眼を置きつつ、各種性能バランスの取れた電池の実用化技術開発に取り組むと共に、更に先 (2025 年頃の車載) を狙い、現行リチウムイオン電池と比較して安全性の面で優位にある全固体リチウムイオン電池について、車載用途として世界に先駆けて実用化を図る。

また、現行のリチウムイオン電池について、量産化によるコスト削減効果を狙うため、自動車以外の用途拡大のための技術開発を行う。

これら取り組みを通じて、将来において切れ間無く、我が国の蓄電分野の競争力を強化することを目的とする。

(2) 研究開発の目標

① 過去の取り組みとその評価

2007 年度 (平成 19 年度) から 2011 年度 (平成 23 年度) までの計画で実施した「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」(以下、Li-EAD 事業) においては、2015 年頃に要求される性能を有するモジュール電池及び 2020 年頃に要求される性能を実現しうる電池構成材料の開発に取り組む、技術的目処を得た。また、基盤技術として、車載用蓄電池の性能評価試験、安全性試験、劣化診断法の開発に取り組む、性能評価試験と安全性試験については、国際標準への提案が行われている。

② 本事業の目標

本プロジェクトでは、これまで委託で進められてきたこれらの開発を実用化開発フェーズに進め、2020 年以降に自動車用蓄電池に求められる電池性能を実現し、2020 年以降の EV/PHEV 分野における日本電池メーカーの優位性を確保すると共に、今まで蓄電池が使われていなかった分野における蓄電池の市場開拓を目的に、(i)電池としての性能バランスを高いレベルで実現する材料を用いた次世代リチウムイオン電池の実用化のための技術開発及び(ii)車載用電池等の転用を念頭に置いたリチウムイオン電池の応用技術開発を行い、車載蓄電池としての要求を満足する電池及び各種アプリケーションの実用化を目的とする。研究開発項目ごとの具体的な目標は、別紙の研究開発計画に示す。

③ 全体としてのアウトカム目標

本プロジェクトで開発した電池及び各種アプリケーションにより「次世代自動車戦略 2010」の全体戦略で謳われている 2020 年における次世代自動車の新車販売台数に占める割合最大 50% という目標に貢献すると共に、建機、鉄道等幅広い分野での電池市場開拓を行う。これによって、運輸部門、産業部門、民生部門等様々な分野でエネルギー利用効率向上が図られ、2020 年の CO2 排出量 25% 削減に資する。また、本プロジェクトの対象分野は、電池分野を中心に材料分野、

システム分野、各アプリケーション分野等多岐にわたり、これらの分野における若手工学技術者の育成が促進できる。

(3) 研究開発の内容

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

【助成事業】

- ① 高性能リチウムイオン電池技術開発 (NEDO 負担率 2/3、開発期間平成24年度から5年以内)
 1. 高性能材料電池化技術開発
 2. 製造プロセス技術開発
- ② リチウムイオン電池応用技術開発 (NEDO 負担率 1/2、開発期間平成24年度から5年以内)

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが、単独ないし複数の企業、大学等の研究機関(原則として、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。)から公募によって研究開発実施者を選定し助成(①高性能リチウムイオン電池技術開発は助成率2/3、②リチウムイオン電池応用技術開発は助成率1/2)により実施する。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成24年度から平成28年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成26年度、事後評価を平成29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、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況に応じて、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) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(2) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 項第 3 号に基づき実施する。

6. 基本計画の改定履歴

(1) 平成 24 年 4 月制定

(別紙)研究開発計画

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」

1. 研究開発の必要性

リチウムイオン電池等の蓄電池技術は、小型電子機器はもとより、自動車等の動力の電化や、電力使用の平準化にも貢献する重要技術である。しかしながら、これらの新たな用途に用いる蓄電技術は従来技術を代替するに足る十分な性能が得られていないこと、高価であること等のために必ずしも普及が進んでいない。また、現在のリチウムイオン電池は、有機溶媒系電解液が用いられており、漏液あるいは高温環境下使用における安全性懸念等の課題を有している。本研究開発では、電気自動車等の主要動力となり得る次世代の高性能リチウムイオン電池の性能実現の見通しを得るために、エネルギー密度、出力密度、安全性、コスト等の諸性能を向上・追求したリチウムイオン電池の開発を実施する。

2. 研究開発の具体的内容

高性能リチウムイオン電池技術開発では、以下の2つの領域で開発を行う。

(1) 高性能材料電池化技術開発

次世代のリチウムイオン電池として、2020年～2025年頃を目途に実用・車載化することを目指す。高性能を実現する材料(高容量電極活物質、耐高電圧電解液、その他部材)の開発及びそのセル化技術開発を行い、開発成果を用いて小型実用電池を試作し、実電池としての特性実証及び実用性検討を行う。また、有機溶媒系電解液を用いたリチウムイオン電池より高い安全性を実現する全固体リチウムイオン電池について、固体電解質のイオン伝導度向上、電極／電解質間の界面安定形成等の技術開発を行う。

(2) 製造プロセス技術開発

高性能材料電池の実現とコスト低減を目的とし、高性能材料の製造技術、セル製造の高度化技術等の製造プロセス開発を行う。また、注液工程が無く、電池構造上セパレータが無い全固体リチウムイオン電池に対応した製造プロセス技術開発を行う。

具体的には、以下のような開発項目例等のテーマを公募し、NEDOの助成事業として最長5年間で実施する。4年以上の実施期間を希望するテーマについては、平成26年度に実施する中間評価の結果を踏まえNEDOが助成を継続すると判断したテーマのみ、その後最長2年間の開発を行う。

<開発項目例>

(1) 高性能材料電池化技術開発

- (a) 高容量電極活物質の開発: 高電圧対応正極、合金系負極等
- (b) 高性能電解質の開発: 耐高電圧電解液、添加剤等
- (c) その他部材の開発: セパレータ、バインダ等

- (d) 電極形成技術の開発: 電極活物質／電解質界面最適化、活物質充填密度の向上等
- (e) 全固体リチウムイオン電池の開発: 高イオン伝導率の固体電解質、電極／電解質界面形成技術等

(2) 製造プロセス技術開発

- (a) 高性能材料の製造技術開発: 高品質化、量産化等
- (b) 高性能電池実現プロセス技術開発: 電極活物質被覆、活物質粒子の小粒径化
- (c) セル製造の高度化技術開発: 高速塗工、高速乾燥等
- (d) 全固体リチウムイオン電池に対応したプロセス技術開発: 注液／セパレータ不要な性質に対応し、良好な界面形成を実現するプロセス

<その他>

初年度に公募により実施者を選定するが、2 年目以降も必要に応じて公募を行う。

本プロジェクトの実施者は研究開発の加速化や成果の円滑な普及のため相互に連携するものとする。

3. 達成目標

次世代リチウムイオン電池として、2020 年～2025 年頃の EV 用及び HEV／PHEV 用の主要動力を想定し、下記目標値を基本とするが、個別の目標(中間目標及び最終目標)は提案者が公募時に研究開発テーマとともに提案し、採択決定後に NEDO と協議のうえ実施計画に定める。

【最終目標】(平成 28 年度)

- 高性能材料電池化技術開発では、2020 年～2025 年頃に車載用電池パックとして EV 用途性能目標と PHEV 用途性能目標のいずれかとコスト目標の達成を見込める技術を確立し、その技術で小型実用電池を試作・評価する。
- 製造プロセス技術開発については、EV 用途性能目標、PHEV 用途性能目標、コスト目標のいずれかの実現に資する電池製造技術確立の目処を得る。
 - EV 用途性能目標
質量エネルギー密度: 250Wh/kg
質量出力密度: 1500W/kg
 - PHEV 用途性能目標
質量エネルギー密度: 200Wh/kg
質量出力密度: 2500W/kg
 - コスト目標: 2 万円/kWh

研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」

1. 研究開発の必要性

リチウムイオン電池は、従来の二次電池と比較して、高エネルギー密度及び高出力密度を有することから小型携帯機器をはじめとするモバイル用途で普及し、系統連系に使用される大規模定置型や電気自動車等への展開が進みつつある。一方で、リチウムイオン電池の課題であるコスト低減を早期に実現するためには、新規の用途・市場を開拓し、需要を拡大するために必要な技術的課題を解決することが重要である。特に市場拡大が期待できる産業用動力（建設機械、運搬機械等）や大量に電池を使用する大型移動体（鉄道、船舶）を中心として、現在商用化されているリチウムイオン電池の活用を念頭に、それぞれのアプリケーションに求められる課題（耐振動、使用温度範囲拡大等）を解決する技術開発を推進する。

2. 研究開発の具体的内容

産業用動力及び大型移動体用リチウムイオン電池として、実際の使用環境で使用する実電池パックの試作・評価を行う。具体的には、以下のような開発項目例等のテーマを公募し、NEDO の助成事業として最長 5 年間で実施する。4 年以上の実施期間を希望するテーマについては、平成 26 年に実施する中間評価の結果を踏まえ NEDO が助成を継続すると判断したテーマのみ、その後最長 2 年間の開発を行う。

<開発項目例>

- (1) 商用リチウムイオン電池の耐環境性能向上パック化技術の開発
 - (a) 耐振動性向上技術
 - (b) セル・モジュール間温度均一化技術
 - (c) 耐塩害性向上技術
- (2) 現在商用化されているリチウムイオン電池では対応できない用途の要求性能(大出力密度化等)を満足するリチウムイオン電池セル開発

<その他>

初年度に公募により実施者を選定するが、2 年目以降も必要に応じて公募を行う。

本プロジェクトの実施者は研究開発の加速化や成果の円滑な普及のため必要に応じて相互に連携するものとする。

3. 達成目標

下記目標を基本とするが、各開発の年度目標は提案者が公募時に技術開発テーマ及び事業化計画とともに提案し、採択決定後に NEDO と協議のうえ個別に実施計画に定める。なお、目標値に対する評価は、個別に想定するリチウムイオン電池の設計仕様に基づいて評価する。

【最終目標】(平成28年度)

- ・ 開発した電池パックを実環境化で使用した場合の効果をフィールドテスト等によって実証する。
- ・ 想定するアプリケーションにおける要求性能を満足する電池セルまたは電池パック実用化の目処

を得る。