

## 平成 28 年度実施方針

スマートコミュニティ部

## 1. 件名：リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業

## 2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 3 号

## 3. 背景及び目的・目標

運輸部門における石油依存を脱却し、CO<sub>2</sub> 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)等、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、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。

「日本再興戦略 改訂 2014」(2014 年 6 月閣議決定)及び「エネルギー基本計画」(2014 年 4 月閣議決定)では、技術開発、国際標準化等により低コスト化・高性能化を図ることにより、蓄電池の導入を促進していくことが目標として掲げられているとともに、次世代自動車の普及についても新車販売に占める割合を 2030 年までに 5 割から 7 割とすることを目指すとしている。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。加えて、「蓄電池戦略」(2012 年経済産業省策定)においては、車載用蓄電池について、EV や PHEV 等の航続距離向上とコスト低減を進めるため、性能向上に寄与する材料の研究開発が必要であるとしている。

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、世界各国で民間のみならず国を挙げた開発支援が行われており、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国際競争は激化している。

本事業では、このように競争が激化する自動車用蓄電池について、当面の主戦場となるリチウムイオン電池において、我が国の優位性を確保するため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、EV や PHEV 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ともに、さらに先(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低減効果を狙うため、自動車以外の用途拡大のための技術開発を行う。さらに、国際規格・基準に反映されることを狙い、車載用リチウムイオン電池の技術の進展に合わせた安全性・寿命に係る試験評価法の研究開発を行う。これらの取組を通じて、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。

[助成事業(NEDO 負担率:2/3)]

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」

最終目標(平成 28 年度)

- 1) 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。
- 2) 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

[助成事業(NEDO 負担率:1/2)]

研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」

最終目標(平成 26 年度)

- 1) 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。
- 2) 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。

[委託事業(NEDO 負担率:1/1)]

研究開発項目③ 車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発

最終目標(平成 28 年度)

- 1) 安全性試験法の開発  
国際規格・基準に反映される内部短絡試験法及び熱連鎖試験法を開発する。
- 2) 寿命試験法の開発  
国際規格に反映される寿命試験法を開発する。また、開発した寿命試験法の妥当性を検証するための劣化解析・評価手法を開発する。

#### 4. 実施内容及び進捗(達成)内容

プロジェクトマネージャーに NEDO スマートコミュニティ部 細井 敬 統括研究員を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させた。

##### 4.1 平成 27 年度までの事業内容(助成)

本事業(助成)では、平成 27 年度までに次世代の EV・PHEV に搭載するリチウムイオン電池の高容量化、耐久性向上、低コスト化に向けた電極材料やセル構造等の要素技術開発及びそれらを用いたセル・パックの

開発を進めてきた。また、EV 用高エネルギー密度電池として期待される全固体電池の開発を進めてきた。さらに、平成 26 年度まで、リチウムイオン電池の用途拡大を図るため、港湾用荷役機械の電動化に適用する急速充放電が可能なセル及びモジュール等の開発を実施した。

平成 26 年 7 月には、外部有識者による中間評価実施し、最終目標の達成及び実用化・事業化も高い期待がもたれる等、高い評価を得た。

平成 27 年度において実施した内容は以下のとおりである。

#### 研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」

##### (1) 高容量 Si 合金負極の研究開発

＜日産自動車(株)＞

負極活物質について、Si-Sn-Ti の 3 元合金の質量比を 60:10:30 とした場合に、容量と耐久性のバランスが最良となることを見出した。この活物質と、平成 26 年度までに開発した導電助剤及びバインダーを組み合わせた複合材を負極とする 50mAh 級セルを用いて、エネルギー密度 300Wh/kg 及び 300 サイクルでの容量維持率 90%を確認し、4Ah 級セルでの目標達成に目処をつけた。また、急冷ロール法とメカニカルアロイング法を組み合わせることにより、活物質の量産性の目標値 1kg/月を達成した。

##### (2) 電極の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(株)、(株)豊田中央研究所＞

高イオン伝導固体電解質、5V 級正極活物質とナノ粒子化技術、電極界面形成用固体電解質と正極活物質へのナノコーティング技術、高容量合金負極、電池化技術等の開発を進めた。5V 級正極活物質と固体電解質の理想的な界面の形成とその抵抗測定を行い、それらから得られた知見を実際の電池に適用し、過去に報告例の無い全固体電池における 5V 級正極活物質の充放電に成功した。

##### (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研究開発

＜日本電気(株)、積水化学工業(株)、(株)田中化学研究所＞

Fe 含有 Mn 系 Li 過剰正極と黒鉛混合 Si 酸化物系負極を用い、エネルギー密度 313Wh/kg の 8Ah セルを作製し、満充電時の加熱及び過充電安全性を確認した。また、小型セルで出力密度 2,700W/kg を確認し、最終目標のパック出力密度 1,500W/kg 達成の目処を得た。充放電サイクル時のガス発生に対しては、正極材のコーティングに加えて電解液の組成と添加剤を見直し、ガス発生量を 1/10 以下に低減した。

##### (4) PHEV 用高電圧充電リチウムイオン電池の研究開発

＜パナソニック(株)＞

正極活物質について、ニッケル・コバルト・マンガン(NCM)組成及び添加元素の適正化を進め、出力特性、耐久性及び熱安定性に優れた高電圧正極材料の開発を完了した。また、大型角形セルの高容量化と高出力化に寄与する電極構造及び集電構造について検証した。開発した電極構造及び集電構造を用いた 20Ah 級の大型角形セルを作製し、エネルギー密度 212Wh/kg、出力密度 2,246W/kg、100 サイクルでの容量維持率 98%を達成するとともに、釘刺し試験で破裂・発火等の異常が起らない

ことを確認した。

#### (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

＜(株)東芝＞

EV/PHEV 用セルの開発では、現行のチタン酸リチウム(LTO)負極をより高容量化した新規負極材料を適用した 30Ah 級セルを開発し、体積エネルギー密度 275Wh/L を達成した。さらに、電極構造の改良により、容量及びコストの目標を満足するセル製品化への目処を得た。PHEV への適用に主眼を置いた冷却パック開発では、空冷方式による電池パック冷却技術を開発し、電池パック試作品の評価において 3C 連続運転時に温度上昇 15℃以内を達成する目処を得た。ISS 用セルの開発では、高入出力特性に必須となる低抵抗を低コストで実現する製造技術を確立し、目標セルコストを達成する目処を得た。

#### (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

＜(株)日立製作所、日立オートモティブシステムズ(株)＞

高容量 Ni 系正極及び高容量 Si 系・黒鉛混合負極を適用したエネルギー密度 200Wh/kg 以上の 40Ah 級角形セルについて、劣化挙動を解析して材料表面改質等の改良を進め、容量寿命 10 年の達成見通しを得た。また、電池パック構造部品の軽量化により、最終目標である電池パック中のセル重量比 0.8 に目処をつけた。さらに、セル-セルコントローラの一体化技術を開発し、信頼性の評価を実施した。その結果、本技術の導入により電池パック内のセル電圧の検出精度が向上し、充放電の利用範囲が拡大することを確認した。

### 4.2 平成 27 年度の事業内容(委託)

本事業(委託)では、車載用リチウムイオン電池の技術の進展、及び我が国蓄電池関連産業の競争力の維持・強化に資する試験評価法の開発を平成 27 年度から実施している。

平成 27 年度の実施内容は以下のとおりである。

#### 研究開発項目③「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」

＜(一財)日本自動車研究所、(国研)産業技術総合研究所＞

##### (1) 安全性試験法の開発

発行済 IEC 規格の単セル内部短絡試験法(Ni 片をセルに挿入した強制内部短絡試験)の代替試験法を検討した。具体的には、形状寸法等が異なる5種類のセル(円筒形1種類、角形1種類、ラミネート形3種類)を試験対象として、種々の試験条件でセラミック釘刺し試験及びブラントロッド試験を実施し、強制内部短絡試験のデータと比較検討を行った。

また、発行済 ISO 規格の熱連鎖試験に適用する内部短絡起点の作成方法を検討した。具体的には、形状寸法等が異なる3種類のセル(角形1種類、ラミネート形2種類)を対象として、過充電、釘刺し及びヒーター加熱で熱暴走させ、その際に発生する事象の差異を把握した。この試験データに基づいた熱暴走試験の手順を策定し、車載蓄電池の安全性試験基準を議論する国連・自動車基準調和世界フォーラム(WP29)の EVS-gtr 会合の専門分科会において日本案として提示した。

## (2) 寿命試験法の開発

発行済 ISO 規格の電池パック寿命試験の単セル寿命試験による代用性について検討した。

まず、3 タイプの市販電動車両を認証試験モードで台上走行させながら、電池パック内の温度分布及びセル電圧分布(ばらつき)等を計測した。その後、試験方法・条件とセル劣化の関係を把握するために、市販電動車両から電池パックを取り外してモジュール及びセルに分解し、これらモジュール及びセルについて様々な方法・条件で寿命試験を開始した。また、寿命試験によるセルの劣化進行を把握するため、寿命試験前のセルについて、交流インピーダンス測定、OCV 曲線測定による微分曲線解析、電極構造の電子顕微鏡観察、電極活物質の X 線光電子分光分析、電極-電解液界面生成物の核磁気共鳴分析等を実施した。

また、発行済規格の寿命試験法を、将来の実用化が想定される先進的なリチウムイオン電池に適用した際の課題抽出を目的とした検討を進めた。具体的には、合金系負極等を用いたリチウムイオン電池について、温度及び充電状態(SOC)等をパラメータとした単セル寿命試験を実施し、劣化の傾向を把握した。並行して、各種電極活物質材料の結晶構造、理論容量、電気化学特性、熱特性等の基礎物性を調べた。

## 4.3 実績推移

	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	
	助成	助成	助成	助成	委託
実績額推移 需給勘定(百万円)	1,544	2,135	2,302	1,839	483
特許出願件数	28	93	63	61	0
論文発表数(報)	1	3	3	8	0
フォーラム・新聞発表等件数(件)	3	15	9	37	0

## 5. 事業内容

プロジェクトマネージャーに NEDO スマートコミュニティ部 細井 敬 統括研究員を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

平成 28 年度においては、以下の研究開発を実施する。なお、実施体制については別紙を参照のこと。

### 5.1 平成 28 年度(助成)事業内容

研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」

#### (1) 高容量 Si 合金負極の研究開発

<日産自動車(株)>

急冷ロール法とメカニカルアロイング法の更なる改良により、量産化に向けた電池性能の安定性向上及び一層のコスト低減を図る。また、4Ah 級セルでエネルギー密度、出力密度、サイクル耐久性等に関

する最終目標値を達成するとともに、釘刺し試験等により安全性を検証する。

(2) 電極の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(株)、(株)豊田中央研究所＞

5V 級活物質と高容量負極の組合せにより高容量と高出力が両立した全固体電池を実証する。特に高出力を実現するために、活物質-固体電解質界面の微細構造の解析と制御、活物質と固体電解質の複合体の設計及び電池化プロセスを重点的に検討する。

(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研究開発

＜日本電気(株)、積水化学工業(株)、(株)田中化学研究所＞

セル仕様と活性化手法を改善し、最終目標のパックエネルギー密度 250Wh/kg、出力密度 1,500Wh/kg を達成する。特に正極材コーティング、電解液組成及びセパレータ仕様の改善を進め、長期サイクル特性(容量維持率改善、ガス発生量低減)及び安全性を向上させる。

(4) PHEV 用高電圧充電リチウムイオン電池の研究開発

＜パナソニック(株)＞

集電構造の改良により内部抵抗の低減を進め、20Ah 級の大型角形セルで最終目標のエネルギー密度 200Wh/kg、出力密度 2,500W/kg を達成する。また、電池構成部材の削減、高密度セル構成、部材のコストダウン等により、セルコスト目標2万円/kWh の見通しを得る。また、新耐酸化性溶媒を用いた電解液組成の適正化を進め、1,500 サイクルで容量維持率 70%を達成する。

(5) 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

＜(株)日立製作所、日立オートモティブシステムズ(株)＞

平成 27 年度までに開発した高容量正極、高容量負極及び厚膜電極等の新技術を統合した 1Ah 級セルでエネルギー密度 320Wh/kg の見通しを得る。また、エネルギー密度 200Wh/kg 以上の 40Ah 級角形セルを組み込んだ電池パックについて耐久性、信頼性、安全性及び生産性を検証する。これらの検証結果により、最終目標であるパックエネルギー密度 250Wh/kg、コスト 2 万円/kWh の見通しを得る。

## 5.2 平成 28 年度(委託)事業内容

### 研究開発項目③「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」

＜(一財)日本自動車研究所、(国研)産業技術総合研究所＞

#### (1) 安全性試験法の開発

平成 27 年度に取得したデータに基づいて、セラミック釘刺し試験及びブラントロッド試験等の試験条件を決定し、n数を増した(n=10 程度)内部短絡試験を行い、再現性を確認する。再現性が良好で、短絡層数等の状態が強制内部短絡試験と同等であった場合には、これらの試験データを IEC 規格の国内対応ワーキンググループに提供し、国際規格の審議を日本が主導することに活用する。並行して、構造が異なるセルの内部短絡部における電氣的・化学的な反応熱量とその伝播メカニズムについても検討する。

また、n数を増した(n=10程度)単セルの熱暴走試験を行い、再現性を確認し、電池パックの熱連鎖試験に適用する内部短絡起点の作成方法・条件を決定する。この方法・条件に基づいて電池パックの熱連鎖試験を行い、再現性も含めて試験法としての妥当性を検証する。妥当性が検証された場合には、これらの試験データを ISO 規格及び EVS-gtr の国内対応ワーキンググループに提供し、国際規格及び国際基準の審議を日本が主導することに活用する。

## (2) 寿命試験法の開発

平成 27 年度に実施した市販電動車両搭載のモジュール及びセルの寿命試験データを追加取得する。また、新規に 2 タイプの市販電動車両について、平成 27 年度と同様に、認証試験モードの台上走行を行い、電池パック内の温度分布及びセル電圧分布等のデータを取得する。さらに、これら市販車両搭載のモジュール及びセルについて様々な方法・条件で寿命試験を実施する。初期状態及び寿命試験後のセルについては、様々な測定・分析を実施し、セルの劣化進行の状態を把握する

上記で取得された試験データを総合的に分析することにより、発行済み ISO 規格の電池パック寿命試験を単セル寿命試験で代替可能かについて検討する。そして、これらの試験データ等を ISO 規格の国内対応ワーキンググループ等に提供し、国際規格の審議を日本が主導するように働き掛ける。

平成 27 年度に実施した先進的リチウムイオン電池の単セル寿命試験データを追加取得し、試験条件と性能低下の相関を把握する。また、寿命試験後のセルについて解体分析を行って劣化要因を明らかにする。加えて、平成 27 年度に引き続き、先進的なリチウムイオン電池に適用される材料の結晶構造、理論容量、電気化学特性、熱特性等の基礎物性を取得する。そして、これらの取得データに基づいて、発行済規格の寿命試験法を先進的リチウムイオン電池した場合の課題を整理する。

## 5.3 平成 28 年度事業規模

需給勘定 1,450 百万円 (継続)

事業規模については、変動があり得る。

## 6. その他重要事項

### (1) 評価の方法

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、成果の技術的意義及び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事後評価を平成 29 年度に実施する。

### (2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、技術委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、事業の進捗について報告を受けること等を行う。

### (3) 複数年度交付決定及び複数年度契約の実施

#### 助成事業

平成 24 年度～28 年度までの複数年度交付決定を行う。

#### 委託事業

平成 27 年度～28 年度までの複数年度契約を行う。

#### (4) 継続事業に係る取り扱いについて

助成事業の研究開発項目①「高性能リチウムイオン電池技術開発」のうち、(株)東芝のテーマについては平成 27 年度末で終了した。

また、研究開発項目②「リチウムイオン電池応用技術開発」のうち、三井造船(株)、エレクセル(株)、三井造船システム技研(株)のテーマにとりくみについては、平成 26 年度末で終了した。

#### 7. 実施方針の改訂履歴

平成 28 年 3 月 制定

(別紙)事業実施体制の全体図

「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

