

平成 27 年度実施方針

スマートコミュニティ部

1. 件名：プログラム名：エネルギーイノベーションプログラム
(大項目)革新型蓄電池先端科学基礎研究事業

2. 根拠法
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 1 号二

3. 背景及び目的・目標

本事業は、資源に乏しい我が国が将来も持続的に発展するため、低環境負荷の革新的・効率的なエネルギー技術の開発、導入・普及により、他国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会を構築することを目的として経済産業省が取りまとめた「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施するものである。

エネルギー消費量の増加が著しい運輸部門の石油依存度はほぼ 100%であり、今後、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行により、これを低減する必要がある。そのため、多様なエネルギーリソースで高効率かつ低環境負荷で走行することが可能な電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車等の次世代クリーンエネルギー自動車の普及が期待されている。

政府の「第 3 期科学技術基本計画(2006 年 3 月閣議決定)」においては、「電源や利用形態の制約を克服する高性能電力貯蔵技術」が戦略重点科学技術として選定されている。また、「経済成長戦略大綱(2006 年 7 月財政・経済一体改革会議決定)」においても、次世代自動車向け電池や運輸エネルギーの次世代技術開発が重点分野として位置付けられている。さらには、「Cool Earth—エネルギー技術革新技術計画(2008 年 3 月経済産業省)」において、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車、燃料電池自動車が重点的に取り組むべきエネルギー革新技術として選定される等、政策的に重要視されている。また、「蓄電池戦略(2012 年 7 月経済産業省)」において、2020 年に世界全体の蓄電池市場規模の 5 割のシェアを我が国関連企業が獲得することが目標に掲げられている。さらに、米国、欧州、アジアにおいても次世代自動車用の高性能蓄電池の開発が国家レベルの支援を受け活発化してきている。電気自動車等の本格的な普及には、性能、耐久性及び信頼性の飛躍的な向上並びにコストの大幅低減という蓄電池に対する多様な要求を満たす革新的なブレークスルーが待望されており、そのためには、サイエンスに立ち戻った研究開発が必要である。

本研究開発は、電池の基礎的な反応メカニズムを解明することで、既存の蓄電池の更なる安全性等の信頼性向上、並びにガソリン車並の走行性能を有する本格的電気自動車用の蓄電池(革新型蓄電池)の実現に向けた基礎技術を確立することを目的とする。本研究開発により、リチウムイオン二次電池(以下、「LIB」と略す。)の飛躍的な性能向上、安全性等の信頼性向上、並びに革新型蓄電池の早期実用化が実現されることで、電気自動車、プラグインハイブリッド自動車等の航続距離が伸びる等、走行性能向上に貢献することが期待される。

[最終目標](平成 27 年度)

- ① 開発した分析手法を用いて LIB の不安定反応現象(寿命劣化、不安全)のメカニズムを解明し、現象の解決を図る。
- ② 5 倍以上のエネルギー密度が期待できる革新型蓄電池について、小型電池による動作検証

を行う等して、現行技術水準^(注)の3倍以上のエネルギー密度及び初期のサイクル安定性を示す蓄電池の基礎技術を確立し、5倍以上のエネルギー密度を見通す。

〔中間目標〕(平成25年度)

- ① 開発したその場測定法の精度を向上させるとともに、モデル電池等に順次適用する。
- ② 世界最高レベルの量子ビーム施設等の装置の更なる高度化・精度向上等を実施し、解析ノウハウを蓄積するとともに、モデル電池等に適用する。
- ③ 開発した高度解析技術を組み合わせることによって、LIBの劣化要因等を明らかにする。
- ④ 本質的な問題点の抽出及び解決を図ることで、現行技術水準^(注)の5倍以上のエネルギー密度が期待でき、かつ3倍程度のエネルギー密度達成が見通せる革新型蓄電池を抽出する。

〔中間目標〕(平成23年度)

- ① 電気化学反応下での反応解析が可能な、革新的なその場測定法を開発する。
- ② 世界最高レベルの量子ビーム施設等に高性能分析装置の設置を完了するとともに、測定を開始して測定条件を確立する。
- ③ 開発したその場測定法等を順次適用し、LIBの反応・現象を把握する。
- ④ 2030年以前の早期実用化を念頭に、ポストLIBとなる現行技術水準^(注)の5倍以上のエネルギー密度が期待できる革新型蓄電池の新概念を提出する。

(注) 現行技術水準とは、経済産業省が取りまとめた「次世代自動車用電池の将来に向けた提言(2006年8月新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会)」において記載されている電気自動車用蓄電池の現状の重量エネルギー密度である100 Wh/kgを意味する。開発目標値は、本格電気自動車で40 kWhの電池パックが搭載されるものと仮定している。

4. 実施内容及び進捗(達成)状況

京都大学 産官学連携本部 特任教授 小久見善八氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施した。

4.1. 平成26年度(共同研究)までの事業内容

本事業においては、電池の基礎的な反応メカニズムを解明することによって、既存の蓄電池の更なる安全性等の信頼性向上、並びにガソリン車並の走行性能を有する本格的電気自動車用の蓄電池(革新型蓄電池)の実現に向けた基礎技術を確立することを目的として、解析技術の開発に取り組むとともに、革新型蓄電池開発においても金属空気電池、ナノ界面制御電池等の開発を実施してきた。平成25年7月に開催した第2回中間評価においても本事業は、国際的水準から見ても高度な解析技術を確立するとともに、革新型蓄電池開発においても高度なアプローチで高い成果を得つつあると評価されている。

平成26年度において、各研究開発項目で実施した内容は以下の通り。

研究開発項目①「高度解析技術の開発」

LIBの材料革新や革新型蓄電池開発をより一層加速させるため、高輝度放射光、高強度パルス中性子等の量子ビーム技術を用い、高い空間分解能と時間分解能、元素識別性を備えた世界最先端の蓄電池反応解析用その場測定技術の開発を高度化させるとともに、核磁気共鳴(NMR)計測技術及び高分解能透過型電子顕微鏡(TEM)技術、計算科学手法に基づいた電池現象解析技術を深化させた。

放射光解析においては、X線蛍光分光と組み合わせることで、高い空間分解能を持ちつつ、表面のみの電子状態等を解析する技術を開発した。中性子解析においては、従来は手動解析していた大量の中性子回折データを自動解析する手法を開発し、

電池の動作下における結晶構造変化の高速解析が可能となった。加えて、NMR 技術の高速化・高度化により、LIB の電解液の構成要素である複数のイオンの動きを測定する手法を開発した。さらに、電池サンプルの微細構造解析を可能にするため、TEM 観察用の大気非暴露サンプル作製手法の改良・開発を実施した。計算科学手法に基づく解析においては、活物質の界面・表面構造について熱力学的な安定性等の特性をシミュレーションする技術の高度化を進めた。

研究開発項目②「電池反応メカニズムの解析」

LIB の材料革新のため、in situ ラマン、in situ AFM（原子間力顕微鏡）、交流インピーダンス測定を行い、界面等の状態を把握し、劣化機構及び劣化抑制機構の解析を行った。

具体的には、高速で in situ ラマン測定を行うための測定系を構築し充放電に伴う電解液の状態を解析するとともに、in situ AFM 観察のための測定系を構築し負極の反応機構の解析を行った。加えて、交流インピーダンス測定による電池内部の状態解析を行い、インピーダンス解析パラメータと電池特性との相関性を把握した。さらに、これらの解析技術を革新電池グループの材料についても適用して材料設計指針に反映した。

研究開発項目③「材料革新」

300Wh/kg 級電池の実現に資する高容量正極材料及び高容量負極材料の開発、電池の劣化要因である副反応の抑制が期待できる正極/電解質界面の高度安定化技術の開発を行った。

高容量正極材料の開発においては、高容量化が期待できる最適組成を見出すとともに、薄膜化により良好なサイクル特性を実現した。高容量負極材料の開発においては、量産可能な方法で製造された合金系材料の合成方法の最適化を進め、高容量化の見通しを得た。また、高電圧下における正極/電解質界面の安定化に資する酸化物被膜の有効性を確認した。

研究開発項目④「革新型蓄電池開発」

300Wh/kg の目標達成に向けて、亜鉛空気電池とナノ界面制御電池に重点をおいて研究開発を進め、材料・構成の両面から特性向上を推進した。

亜鉛空気電池の研究では、亜鉛負極への無機材料の被覆と電解液添加剤の複合化により長期サイクル寿命を達成した。空気極については、高活性な酸化物触媒を黒鉛に担持し撥水性を付与することにより安定作動を確認した。加えて、10cm 角のフルセルを構築し初期特性を確認した。

ナノ界面制御電池の研究においては、これまで研究してきた材料系の中で 300Wh/kg の達成を見込める電池系を設定した。また、電極/電解液（電解質）界面を改善するとともに、導電性を示す電解液の開発等により目標を達成する革新型電池実現の見通しを得た。

4.2. 実績推移

| | 平成 21 年度 | 平成 22 年度 | 平成 23 年度 | 平成 24 年度 | 平成 25 年度 | 平成 26 年度 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 共同研究 | 共同研究 | 共同研究 | 共同研究 | 共同研究 | 共同研究 |
| 実績推移 需給勘定(百万円) | 2,850 | 3,178 | 2,836 | 3,856 | 3,090 | 3,709 |
| 特許出願 件数(件) | 0 | 4 | 5 | 26 | 15 | 18 |
| 論文発表 数(報) | 0 | 21 | 16 | 28 | 35 | 18 |
| 学会発表 件数(件) | 11 | 83 | 97 | 135 | 188 | 100 |

論文発表数は査読ありをカウント

5. 事業内容

京都大学 産官学連携本部 特任教授 小久見善八氏をプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5.1. 平成 27 年度(共同研究)事業内容

研究開発項目①「高度解析技術の開発」

高輝度放射光、高強度パルス中性子等の量子ビーム技術を用い、高い空間分解能と時間分解能、元素識別性を備えた世界最先端の蓄電池反応解析用その場測定技術の開発を更に高度化させるとともに、NMR 及び TEM 技術、計算科学手法に基づいた電池現象解析技術を発展させる。また、これらの複数の解析技術を相補的に利用することによって、蓄電池反応の幅広い時間・空間分布に対応する真に役立つ計測システムを構築する。これにより、蓄電池の劣化・不安定現象の理解を進めそれを克服する技術の設計指針を提案するとともに、革新型蓄電池の特性・実用性の向上に向けた技術を提案する。

研究開発項目②「電池反応メカニズムの解析」

LIB の材料革新のため、in situ ラマン、交流インピーダンス測定を行い、界面や電解液（電解質）の状態を把握し、劣化機構及び劣化抑制機構の解析を引き続き行う。また、これまでに開発した測定手法を本事業で開発している電極及び電解液材料に適用し、その劣化機構を明確にした設計指針を示す。

研究開発項目③「材料革新」

これまでに提案した革新材料設計指針を踏まえて正極/電解質界面の安定化により見出した正極材料と今回開発した高容量負極材料を組み合わせ実電池を作成し、300Wh/kg 級電池として成立し得ることを検証する。

また、高容量正極材料において高容量かつ高安定な構造を実現する合成プロセスを検討して見出した正極材料を用い、500Wh/kg 級電池の実現見通しを有する革新電池を作製し、300Wh/kg のエネルギー密度を達成可能であることを検証する。

研究開発項目④「革新型蓄電池開発」

平成 26 年度までに得られた電池系の電極—電解質界面の制御等に関する指針を適用し研究開発を進め、300 Wh/kg のエネルギー密度を有する電池を構成し得ることの見通しをつける。また、500 Wh/kg 級電池の実現可能性を見通しうる高容量電極材・電解質及び構成の設計指針の導出を行う。同時にそれらの実用性向上に関する研究開発を行う。

5.2. 平成 27 年度事業規模

需給勘定 3,100 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、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 27 年度に実施する。

(2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有する NEDO は、直轄型共同研究として研究拠点にマネジメントグループを配置し、経済産業省、プロジェクトリーダー、サブプロジェクトリーダー及び研究拠点に参集する研究員等と密接な関係を維持しつつ、事業の目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、本研究開発に参画する全団体から構成する幹事会や、外部有識者から構成する推進会議を開催し、意見を運営管理に反映させる。さらに、平成 27 年度に本研究開発の成果を成果報告会で公開する。

(3) 複数年度契約の実施

平成 21～27 年度の複数年度契約を行う。

7. 実施方針の改定履歴

平成 27 年 2 月 制定

実施体制図

「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」実施体制



[研究項目]

- 革新型蓄電池開発、材料革新、高度解析技術開発、電池反応メカニズムの解析