

平成23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、燃料電池自動車为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など、政策的に重要視されている。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認することを目的とする。本研究開発により、リチウムイオン電池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。

〔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認する。
- ③ 開発したその場測定法等を順次適用し、リチウムイオン電池の反応・現象を把握する。
- ④ 2030年以前の早期実用化を念頭に、ポストリチウムイオン電池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。

〔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、リチウムイオン二次電池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。

〔最終目標〕(平成27年度)

- ① 開発した分析手法を用いてリチウムイオン電池の不安定反応現象(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などして、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。

(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

4.1 平成22年度(共同研究)事業内容

京都大学特任教授 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。

研究開発項目①「高度解析技術の開発」

高輝度 X 線及び中性子線による量子ビーム技術や核スピン等をプローブに用いた高分解能測定手法や解析技術の開発に向けて、本事業で測定対象とする蓄電池及び材料の計測・解析を可能とする機器の設計・製作・導入立ち上げを行うとともに、既存の装置、ビームライン等を用いて反応解析のための測定手法等の検討、その場測定ができる測定機器の基本設計・製作等を行った。活物質/電極界面解析に XAFS 測定を適用し、材料表面やバルクの構造の違いや、ハイレート時の充放電挙動を明らかにした。これらの結果は計算科学手法による解析ともよく一致した。また、既存の核スピン装置による測定からリチウムの局所構造解析によって有効な知見が得られることを明らかにした。

研究開発項目②「電池反応解析」

リチウムイオン電池の反応について、反応過程とその速度論的把握のための解析技術開発を行った。測定法に適しながら実セルを再現できる形態の Co 系並びに Mn 系電極を作成し、FT-IR やラマン分光解析等による正極界面のその場観察から劣化機構の解明を進めた。また、負極界面の劣化機構の解明を AFM や FT-IR 等を用いて進め、金属溶出の影響を解析した。さらに、電解液添加剤による負極界面の構造制御の手法の開発を目指し、諸条件を明らかにしつつある。加えて、電極界面の電気化学インピーダンス評価手法を確立するとともに劣化因子を抽出した。電子線解析からは、モデルセルの電極界面におけるリチウムイオンの分布を測定した。

研究開発項目③「材料革新」

リチウムイオン電池のエネルギー密度の向上のための高電位正極及び高容量負極の材料の革新に資する指針の提案に向けて、電極材料の合成や正極の表面被覆を行った。正極材料においては、リチウム過剰系岩塩構造の正極材料の合成を実現した。また、合成の容易な各種正極材料の合成を実現し、その評価を行った。正極の表面被覆については、湿式法並びに乾式法により表面被覆方法を確立しその有効性を見出し、劣化への影響解明を進めた。さらに、正極被覆の劣化抑制効果の根源を明らかにし、新しい被覆のガイドラインを得るために、研究開発項目①と連携して解析に着手した。高容量負極については、材料と構造の基礎概念を確立した。

研究開発項目④「革新電池」

リチウム-空気電池よりも体積あたりの理論エネルギー密度が高い亜鉛-空気電池や多価負極電池等の革新型蓄電池について、現行技術水準の5倍以上のエネルギー密度が期待でき、3倍以上のエネルギー密度及び初期サイクル安定性を示すポスト LIB の基礎技術確立のため、本事業で検討対象とする蓄電池及び材料等の検討を行い、実験系の確立と反応メカニズム等の解析の研究開発を行った。亜鉛-空気電池については、デンドライト抑制のための新概念の妥当性を確認した。一方、多電子移動ナノ界面電池では、これまでにない概念に基づき、反応しないとされていた化合物が多電子酸化還元をすることを確認した。

4. 2 実績推移

	平成21年度	平成22年度
	共同研究	共同研究
実績額推移		
需給勘定(百万円)	2,850	3,178
特許出願件数	0	4
論文発表数(報)	0	9 (投稿中 15)
学会発表件数(件)	0	81

5. 事業内容

5. 1 平成23年度(共同研究)事業内容

京都大学特任教授 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。

平成23年度には中間評価を実施する。

研究開発項目①「高度解析技術開発」

高輝度 X 線及び中性子線による量子ビーム施設等に高性能分析装置を設置し、核スピン等をプローブに用いた測定手法等と合わせて、電気化学反応下での革新的なその場測定手法を開発する。具体的には、空間分解能 $1\mu\text{m}$ 以下で合材電極のその場計測を行う技術、活物質の動的挙動を明らかにするための、 20ms の時間分解能での X 線吸収測定、深さ分解能 3nm 以下での電極・電解質界面測定、 100nm 以下での空間分解能でのイメージング手法、最高装置分解能($\Delta d/d$)が 0.15% 以下の中性子回折手法、 70kHz の超高速 MAS NMR 手法の開発等を行う。さらに、開発したその場測定法等を順次適用し、リチウムイオン電池の反応・現象を把握し、リチウムイオン電池の耐久性、安全性の革新的向上に資する知見を得る。また、研究開発項目②、③と連携して材料劣化や構造変化等の解析を行う。加えて、研究開発項目④と連携して、それぞれのポストリチウムイオン電池の反応の解明を行う。

研究開発項目②「電池反応解析」

電気化学測定装置、分光学測定装置等を用いて、Co系、Mn系正極材料並びに黒鉛負極の界面の解析から劣化の因子の相関を考察する。電極表面被膜を100 nm以下の深さ方向分解能でFT-IR測定する。また、電極の表面構造を1 μm程度の分解能でin situラマン測定する。さらに、30 μm程度の分解能で電解液分布や電解液濃度分布を測定するための技術を開発する。

研究開発項目③「材料革新」

正極被覆法の電極特性に対する被覆効果を解明するとともに、高電位正極材料の電極反応機構及び材料バルクの劣化機構を解明する。さらに、高容量負極についても材料・電極構造等の最適化を行いつつ、電極反応機構及び劣化機構を解明する。以上の知見をもとに、それぞれの材料系において劣化抑制に関する指針を提案し、劣化進行率を従来例との比較で1/2以下に低減させる。研究開発項目①及び②と協力して、開発電極材料の界面挙動を明らかにする。

研究開発項目④「革新電池」

亜鉛-空気電池や多価負極電池等の革新型蓄電池について、現行技術水準の5倍以上のエネルギー密度が期待でき、3倍以上のエネルギー密度及び初期サイクル安定性を示すポスト LIB の基礎技術確立のため、本事業で検討対象とする蓄電池及び材料等の検討を行い、実験系の確立と反応メカニズム等の解析の研究開発を行う。亜鉛-空気電池については、完備電池を形成し、亜鉛極の挙動を調べるとともに、充放電効率90%を達成し、500 Wh kg⁻¹の電池特性に見通しをつける。ナノ界面電池については、反応条件と反応性を幅広く調べる。また、研究開発項目①と共同して、反応の詳細の解明を目指す。

5.2 平成23年度事業規模

需給勘定 3,000 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) 評価について

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、「NEDO」という。)は、技術的及び政策的観点から、事業の位置づけ・必要性、研究開発マネジメント、研究開発成果並びに実用化の見通しについて、外部有識者による研究開発の中間評価を平成23年4月に実施する。

(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。

(3) 複数年度契約の実施

平成21～23年度の複数年度契約を行う。

7. 年間スケジュール

平成23年4月 中間評価分科会

8. 実施方針の改定履歴

平成23年3月 制定

平成23年7月 根拠法の改正

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

