

## 平成 26 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<sup>(注)</sup>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<sup>(注)</sup>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<sup>(注)</sup>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25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。なお、平成25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の材料革新と革新型蓄電池開発に活用するため、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研究開発を進めるとともに、核磁気共鳴(NMR)計測技術及び計算科学手法に基づいた電池現象解析技術を発展させた。特に、電極内における反応の推移を作動条件下で高精度に捉える解析法の開発、軟X線や中性子・NMRを用いた軽元素解析技術の高度化を行い、ナノオーダーの局所構造からミリオーダーの反応分布までの蓄電池現象の解明を進めた。

研究開発項目② 「電池反応メカニズムの解析」

LIB の材料革新と革新型蓄電池開発に活用するため、高電位正極と黒鉛負極、難燃性溶媒等について反応解析を進めた。特に、*in situ* ラマンや交流インピーダンス測定、*in situ* 電子線ホログラフィー等の解析により電位に対する状態変化、Li イオンとの相互作用、電位分布等の解明を進めた。これに加えて、革新型蓄電池のコンバージョン型電極材料について、モデル電極を作製することにより、*in situ* AFM(原子間力顕微鏡)の観察方法の確立を行い、材料の形態変化についての解明を進めた。

研究開発項目③ 「材料革新」

電解液等との副反応が課題である高電位正極についてサイクル劣化機構を解明し、特性が最大となる組成と合成法を見出した。また、硫黄系正極の結晶性を制御し、硫黄と金属硫化物との複合化により電極中の硫黄含有比率を向上させることで高容量化と導電性の向上を図った。さらには、材料系の改良により金属硫化物の可逆性を高めサイクル特性を向上した。

合金法等を含む高容量負極について可逆容量とサイクル容量保持率が飛躍的に向上する組成及び電極形成手法を見出すとともに、組成・電極形成手法に関する指針を提示した。

正極／電解質界面での劣化を抑制する被覆法を開発し、その効果を検証するとともに、劣化との相関性を示す被覆パラメータ(被覆化学種、被覆形態、被覆厚等)や電解質との組合せ等に関する指針を提示した。

研究開発項目④ 「革新型蓄電池開発」

革新型蓄電池として、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た。

亜鉛空気電池の研究では、亜鉛負極の微細構造の観察、空気極の作製と評価を行い、300Wh/kg の亜鉛空気電池特性を満たすための課題抽出及び可能性検証を進めた。無機塩との複合添加物系にて1000サイクルを超える充放電が可能であることを確認した。亜鉛極について、電解液に添加剤を加えることで、デンドライト成長抑制にも効果があることを見出した。

ナノ界面制御電池の研究では、これまで研究してきた材料系について正極、負極に適合する電解液候補について研究を行った。負極候補として多電子移動の金属化合物を対象に探索し、酸化還元反応を円滑に進める電解液(電解質)を見出した。

各電池系の問題点を抽出し、3倍程度のエネルギー密度を達成する見通しが得られた。

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
	共同研究	共同研究	共同研究	共同研究	共同研究
実績額推移 需給勘定 (百万円)	2,850	3,178	2,836	3,856	3,090
特許出願件数 (件)	0	4	5	26	15
論文発表数 (報)	0	21	16	28	35
学会発表件数 (件)	11	83	97	135	188

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 26 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た世界最先端の蓄電池 *in situ* 計測技術を引き続き深化させるとともに、核磁気共鳴(NMR)計測技術、透過電子顕微鏡による高度解析技術及び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、これら高度解析技術を有機的に結合して蓄電池開発に真に役立つ計測システムを構築する。それにより、国内蓄電池産業界の現象理解能力を向上するとともに、革新型蓄電池の実現に貢献する。

#### 研究開発項目② 「電池反応メカニズムの解析」

高電位正極に関して、*in situ* ラマン、*in situ* AFM、交流インピーダンス測定を用い、特に、4V 超で作動する正極活物質及びその界面状態を把握し、劣化機構及び劣化抑制機構を解明する。また、革新型蓄電池開発で取り組む高エネルギー材料についても、これらの解析技術を用い、材料設計指針に反映させる。負極については、電解液の最適化を行い、耐還元性の向上をはかり、負極の高耐久化に反映させる。

さらに、ファイバープローブラマンを革新型蓄電池の電解液に適用できるように改良し、革新型蓄電池の電解液の設計指針に反映させる。

#### 研究開発項目③ 「材料革新」

これまでに提案した材料設計指針を適用しつつ、500 Wh/kg 級電池の実現見通しを有する革新型蓄電池の開発に貢献する。

高容量正極として、硫化物系正極の性能向上を進め、高容量負極を組み合わせた小型フルセル評価で 300 Wh/kg 以上のエネルギー密度が得られることを検証する。

また、これまでに見出された有力な正極活物質被覆法及び電解質について、高度解析技術や電池反応解析技術を用いて副反応抑制要因を解明し、高電位正極材料への適用を図る。

#### 研究開発項目④ 「革新型蓄電池開発」

平成 25 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 26 年度事業規模

需給勘定 3,160 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) 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。

(2) 複数年度契約の実施

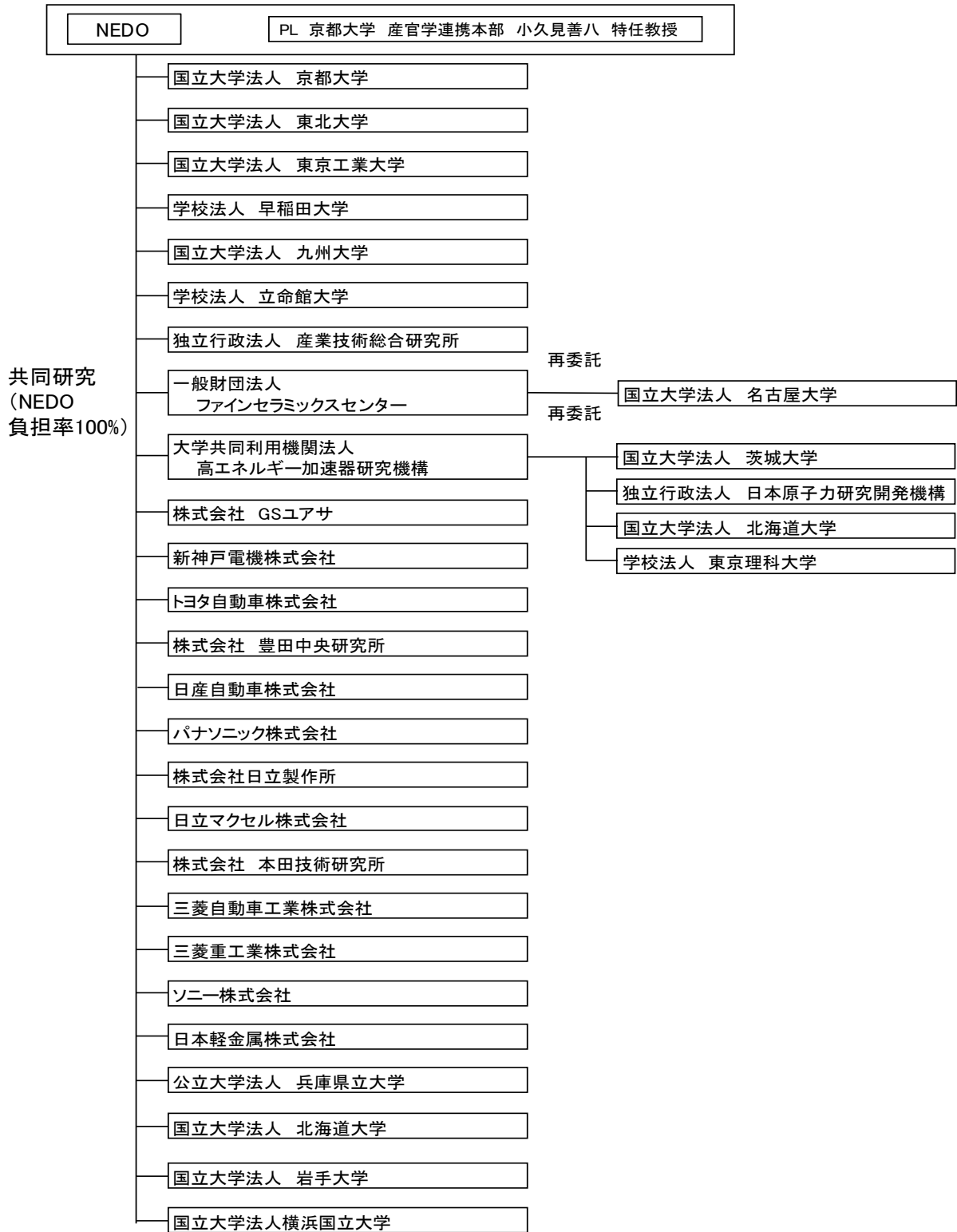
平成 21～27 年度の複数年度契約を行う。

7. 実施方針の改定履歴

平成 26 年 1 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