

# エネルギーイノベーションプログラム 「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」

(事後評価: 2007~2011年度 5年間)

## プロジェクトの概要 (公開)


スマートコミュニティ部 蓄電技術開発室

2012年10月4日

1/53

### 発表内容

公開

	I. 事業の位置付け・必要性	1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性 2. 事業の背景・目的・位置付け	説明者: NEDO細井
	II. 研究開発マネジメント	1. 事業の目標 2. 事業の計画内容 2.1 研究開発の内容 2.2 研究開発の実施体制 2.3 研究開発の運営管理 2.4 研究開発の実用化、事業化に向けたマネジメント	
	III. 研究開発成果	1. 事業全体の成果	
	IV. 実用化、事業化の見通し	1. 実用化、事業化の見通し	

2/53

## 研究開発政策上の位置づけ

本事業は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。

### 「エネルギーイノベーションプログラム」

○資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠。

○エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組みを行うことは必ずしも容易ではない。

○政府が長期を見据えた技術進展の方向性を示し、官民が共有することで長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能。

## エネルギー政策上の位置づけ(1)

「第3期科学技術基本計画」(2006年3月閣議決定)において、「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明記。

第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略 V. エネルギー分野 (3) 戦略重点科学技術

⑨電源や利用形態の制約を克服する高性能電力貯蔵技術

エネルギーの安定供給や地球環境問題に対応するためには、実用性のある再生可能エネルギーを大規模に導入することは極めて重要であるが、出力変動が激しい再生可能エネルギーを有効に利用するためには、出力変動を調整する蓄電システムが不可欠である。また、今後複雑になる電力ネットワークを安定化するためには、大規模な高性能蓄電システムが必要である。さらに、**石油燃料を必要としない電気自動車の実用化、あるいは、現在普及が進むハイブリッド車の本格普及のためには、低コストで高出力・高エネルギー密度、高耐久性の蓄電システムが不可欠である。**このため、従来の電力供給システムを刷新し電気の利用形態を抜本的に変えることが可能な、飛躍的に性能が向上した蓄電技術を、最新の超電導技術やナノテクノロジーなどを駆使して開発する。

「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、産学官連携による世界をリードする新産業群の創出として次世代自動車用電池の必要性、世界最先端のエネルギー需給構造の実現として次世代クリーンエネルギー自動車の技術開発の重要性が明記。

1. 我が国の国際競争力の強化

(2) 産学官連携による世界をリードする新産業群の創出

「新産業創造戦略」(平成16年5月)における燃料電池、～略～、**新世代自動車向け電池**、～略～などの潜在的な新産業群の実現を目指す。

3. 資源・エネルギー政策の戦略的展開

(1) 世界最先端のエネルギー需給構造の実現

② 運輸エネルギーの次世代化

燃費基準改定などを通じた自動車の燃費改善促進、～略～、**電気自動車**や燃料電池車など**次世代クリーンエネルギー自動車に関する技術開発**と普及促進などを通じ、現在ほぼ100%石油に依存している運輸エネルギーの石油依存度を、2030年までに80%程度とする環境を整備する。

## エネルギー政策上の位置づけ(2)

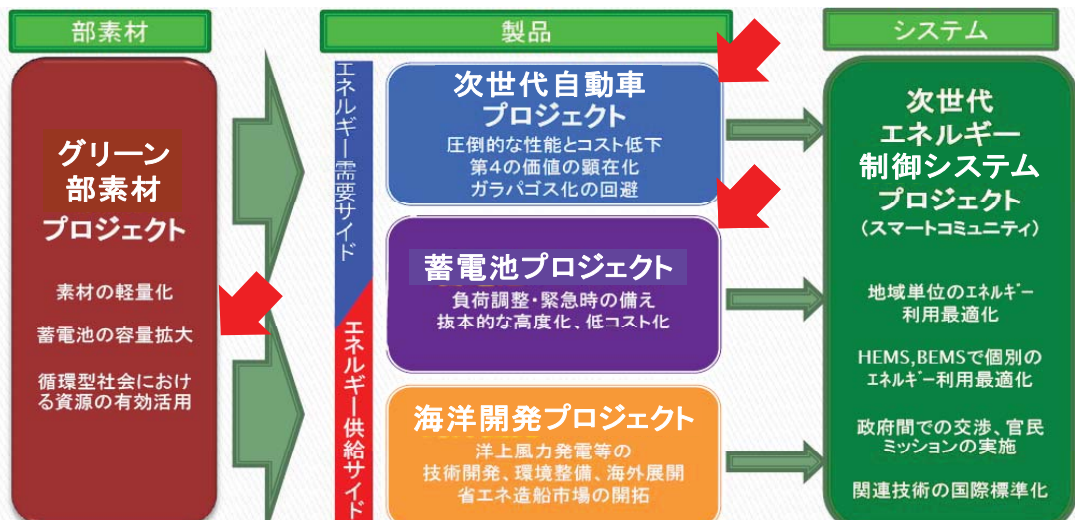
「Cool Earth—エネルギー技術革新技術計画」(2008年3月 経済産業省)において、**プラグインハイブリッド自動車・電気自動車及び高性能電力貯蔵**が重点的に取り組むべきエネルギー革新技術として選定されている。



## エネルギー政策上の位置づけ(3)

東日本大震災を経験し、原発依存度の低減とそれに代わる再生可能エネルギーの導入／省エネルギーの加速という新たな課題が発生。それに対応し政策の再設計として2012年7月にグリーン成長戦略を国家戦略室がとりまとめ(中間とりまとめ)。

グリーン成長を先導する中核プロジェクトとして、蓄電池、次世代自動車、グリーン部素材の各開発をピックアップ。

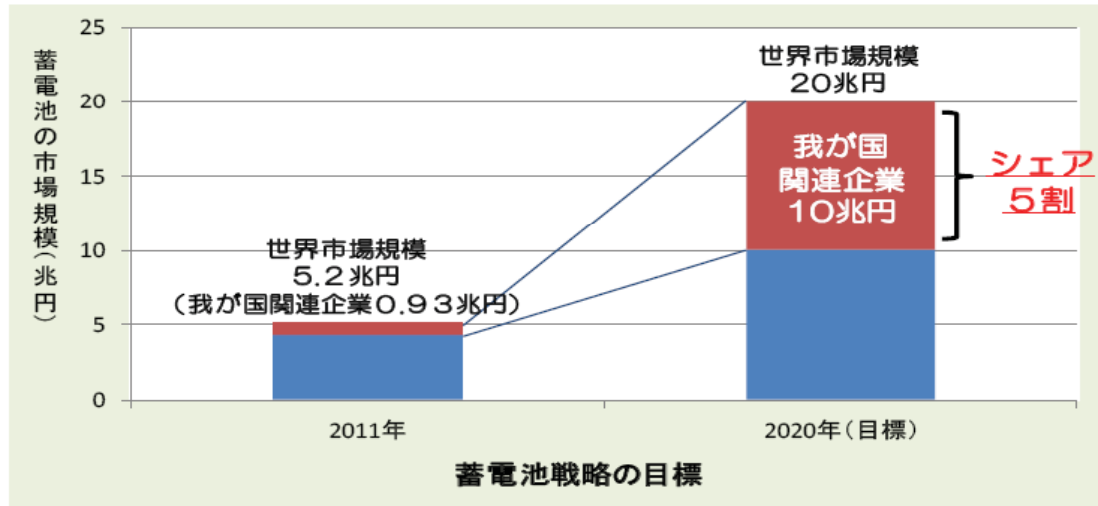


## エネルギー政策上の位置づけ(4)

グリーン成長戦略の一環としてとりまとめた蓄電池戦略では、我が国の蓄電池関連企業が目指すべき2020年の市場目標を世界シェアの5割に設定。

蓄電池※分野は、エネルギー政策上及び経済政策上で共に重要分野である

(※ 蓄電池とは、全ての用途、全ての種類の蓄電池を含む)



## NEDOの関与の必要性

NEDOは蓄電池技術開発事業を基礎～応用・実用化開発まで総合的に実施しており、事業間の連携によりシナジー効果の創出も可能。

なお本事業で開発した材料、革新電池技術については、平成24年度に新規事業の立上げ及び革新電池の既存事業の追加公募を行い、適切に対応。



## 実施の効果

本事業の実施により高性能で安価な自動車用リチウムイオン電池が上市され、次世代自動車の市場導入が世界的に進むとして効果を算出※。

- ◆世界市場： 次世代自動車総数 1,300万台／年（HEV、PHEV、EV）  
（2020年） 自動車用LIB市場 1～1.3兆円程度
- ◆国内： 次世代自動車数 84～168万台／年（HEV）  
（2020年） 56～112万台／年（PHEV、EV）  
CO<sub>2</sub>削減効果 67～134万トン／年  
（PHEV、EVの効果のみを単年度で試算）

補足

1. 導入した次世代自動車によるCO<sub>2</sub>削減効果は次年度以降も継続。
2. 2010年の運輸部門の全CO<sub>2</sub>排出量は2億3,200万トン/年
3. リチウムイオン電池は、電力系統用等他の分野にも適用され、効果を上積み

※ 富士経済、野村総研の調査資料及び「次世代自動車戦略2010」による

## 先進的自動車と蓄電池に関する日本の戦略

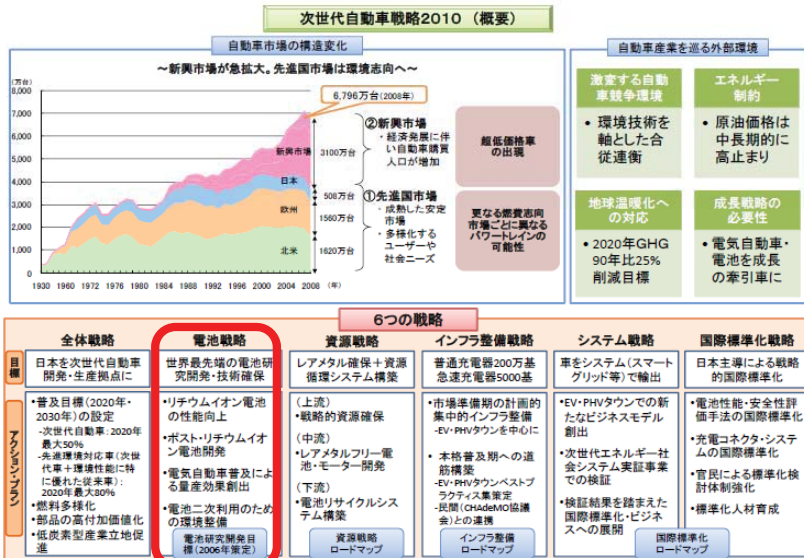
経済産業省において6つの戦略から構成される「次世代自動車戦略2010」が策定され、国内産業振興、国際的な競争力確保、国際協調の観点から、総合的な取り組みが進められている。

なお、「電池戦略」のアクションプランの一つとして、以下の記載がある：

「産官学連携による技術開発の推進（リチウムイオン蓄電池の性能向上）」

- ①先進的リチウムイオン電池 ②革新的電池 ③次世代自動車に必要なキーコンポーネント（モータ）

### 次世代自動車戦略2010(概要)



先進的自動車と蓄電池に関する各国の政策

国、地域	取組み状況、目標ガイドライン (CO <sub>2</sub> 削減▲、次世代自動車◇、蓄電池☆)				取組み、説明
	2010	'20	'30	'50	
グローバル			50%削減▲ ◇新車の30% 新車の50%◇		IEAのガイドに沿えば、EV、PHEVの世界販売は、2020年800万台、2030年3,200万台となる (EV比率30%)。
日本			◇新車の50% ◇新車の70% ☆300Wh/kg、2万円/kWh ☆700Wh/kg、 5千円/kWh		次世代自動車、革新型電池を、グリーン成長の中核技術として位置づけ、現時点で世界一の競争力の維持・強化を狙っている。他国に先行して世界トップの目標ガイドを掲げて取り組んでいる。
米国	◇2015	EV100万台			オバマ大統領就任後、アメリカ復興プランの目玉として、電動化重視が強まり、研究から産業化支援まで、広範に豊富な資源の投入を進めている。
欧州	◇2015	EV100万台			日米の後を追いつき、EU協同で電動化への取組が強化されつつある。
中国	◇2011	EV 50万台			急激な経済成長下、電動化についても、世界の工場を目指して取組み始めている。LIB産業育成、主要25都市でのEV社会試行を進めており、2011年～2015年の国家研究計画でも重点分野として強化される。急成長の自動車国内市場(2010年1,600万台)が強みである。
韓国			◇EV 新車10% ☆性能2倍、価格1/5 生産シェア 世界一		蓄電池の産業化政策が主体。素材から製品まで一貫した世界拠点を狙っている。

事業原簿 p. I-15

11/53

蓄電池の研究開発と事業化に関する各国の競争力

総じて日本がリードしているが、今後、各国の急速な追い上げが予想される。特に、韓国、中国の動向には注意を払う必要がある。

国、地域	研究開発	事業化	説明
グローバル	—	—	日本のLIB世界シェアは、2000年80%から2009年40%で、韓国、中国が急伸長している。
日本	◎ トップ 基礎から応用まで 広い	◎ トップ 世界をリード している	論文、特許、生産で、世界をリードしているが、円高、韓国・中国の追い上げもあり、世界市場の拡大機会に向け、目標を早期達成できるよう、一層の継続強化が必須。
米国	◎ 基礎が強い 応用は弱い	○ 産業化で後手	全米の国研、拠点大学、蓄電池と自動車関連企業に、広範に資金を投入しており、元来の優れた基礎研究実績も考えると、革新的な技術創出の可能性はあり、手強いライバル。
欧州	◎ 基礎が強い 応用は弱い	○ 産業化で後手	蓄電池メーカーが少ないので、EU内の産業振興には時間がかかる。革新技術創出の研究基盤は強い。
中国	○ 基礎から応用まで 広く強化中	○ 急速に追い上げ中	急増する自国市場向けを背景に、蓄電池、電動車ともに、基礎から製造、まで、最も手強いライバルになるポテンシャルがある。
韓国	○ 応用重視で強化中	◎ 急速に追い上げ中	蓄電池、自動車ともに、グローバルに急成長してきた実績あり、手強い。

事業原簿 p. I-16

12/53

## リチウムイオン電池の世界シェア

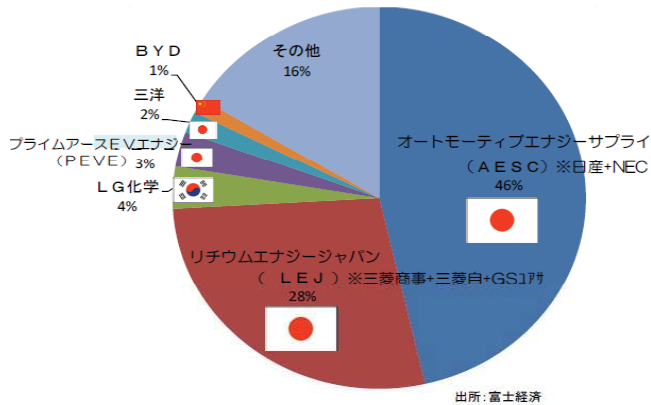
民生用電池では、価格競争により日本企業シェアは4割に落ち込んでいる。  
 車載用電池では、現時点では先行しているが、今後追い上げが想定される。

民生用小型リチウムイオン電池の世界シェア (METI蓄電池戦略より引用)

	2000 年度	2005 年度	2010 年度
日本企業	94%	72%	42%
韓国企業	3%	15%	39%
(セル数)	6億セル	18億セル	36億セル

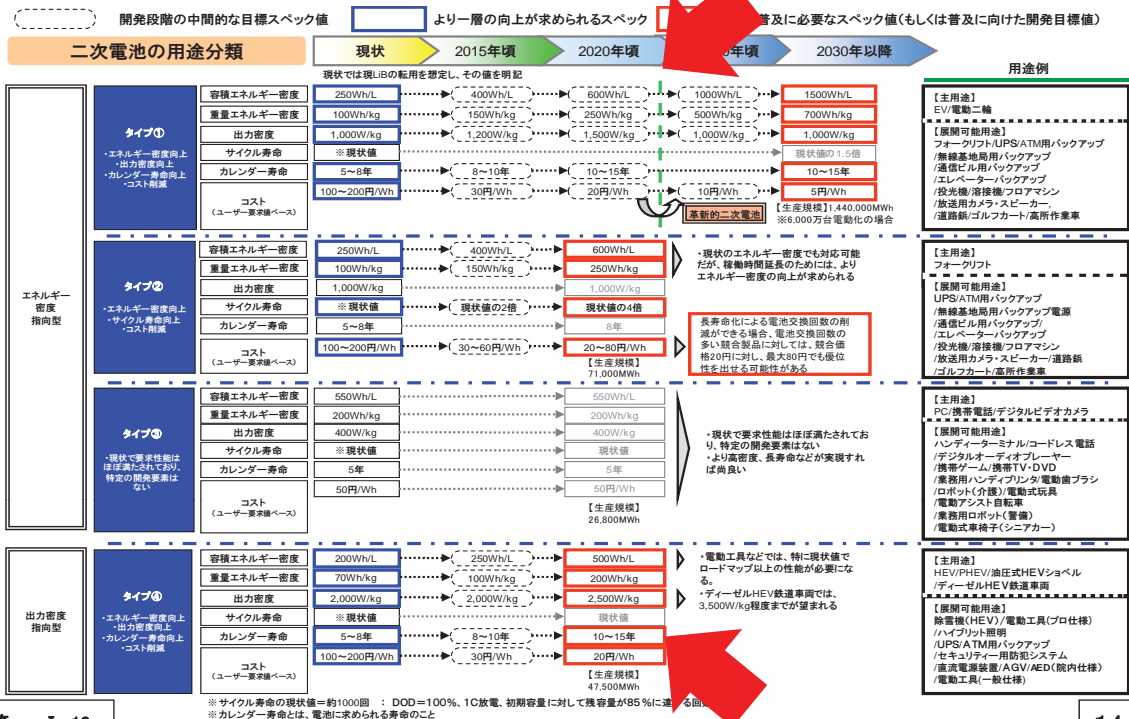
※2011年(暦年)は日本企業が39%、韓国企業が41% (矢野経済研究所推計)

## 車載用リチウムイオン電池の世界シェア (METI蓄電池戦略より引用)



## NEDO二次電池技術開発ロードマップ2010 (Battery RM2010)

今後の市場拡大が最も期待される車載蓄電池は、2020年頃までに性能・寿命を2倍、コストを1/5~1/10にすることが目標とされている。



## 本事業の背景

国民や産業にとって重要な自動車に関し、環境性と経済性に優れた次世代自動車の開発・導入を進めるには、技術的な難易度にも配慮した長期の計画と実行が必要

### 次世代自動車開発上の問題点

#### 【電気自動車:EV】

○環境性に優れたEVは、二次電池の容量の制約で航続距離が短い(~80km)。

○航続距離を伸ばすには電池容量の増大が必要。ガソリン車並みの航続距離(500km)を達成するには容量として500~700Wh/kgが必要。

○現行のリチウムイオン電池では250Wh/kgが限界。一般コネクタ用途には十分ではあるが、ガソリン車並みを目指すには不十分。

○必要容量を達成するには金属-空気電池等、原理や材料の異なる革新的な電池が必要。実用化は2030年頃以降。

#### 【ハイブリッド自動車:HEV】

○HEVの環境性能を一層向上するには、EV走行機能を付加したPHEV化が選択肢。調査事例によると、一般ユーザの1日当たりの走行距離の殆どが80km以内であり、且つEV走行可能な20km以下が約60%を占める。従ってPHEV化により一層のCO2排出量の削減と燃料費の低減が期待される。

○PHEV用電池には、HEV用に必要な高入出力特性とEV用に必要な幅広い充電状態(SOC)運用での耐久性が同時に求められ、難易度が高い。

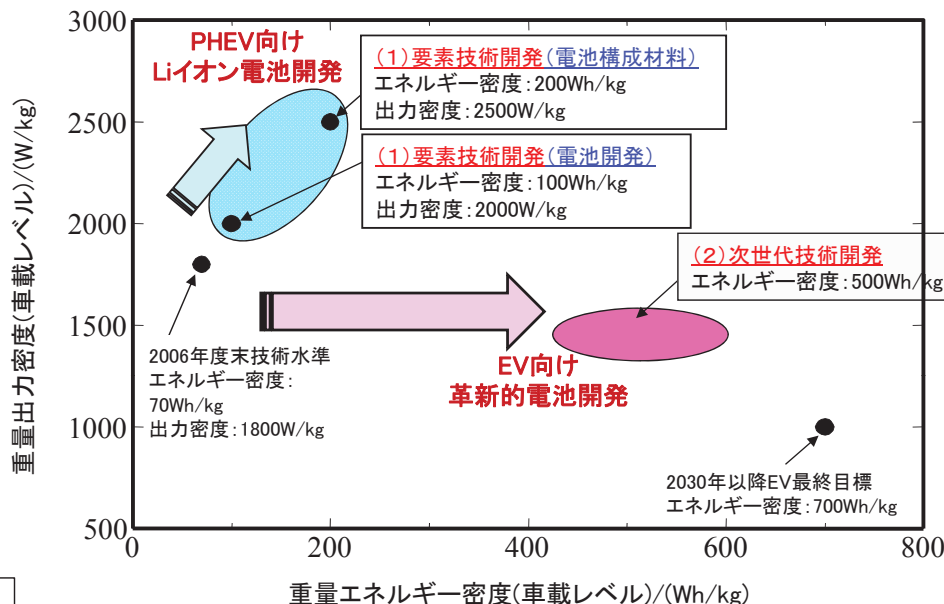
○現行リチウムイオン電池に電極、電解質、材料等の改良を加えた高性能電池は2015~2020年の実用化が目標。

足の長い開発とリスクに備えたシナリオの作成が課題

## 本事業の目的・位置付け

ハイブリッド車/プラグインハイブリッド車、電気自動車の早期実用化に資するため、以下の開発を行うことを目的とする。

- ①HEV/PHEV向けの高性能リチウムイオン電池、構成材料(2015、2020年目途実用化)
- ②EV向けの革新的電池の構成、材料、技術(2030年目途に基礎確立)
- ③次世代自動車の大量導入時に必要となる脱/省レアアースモータ





I. 事業の位置付け・必要性	1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性 2. 事業の背景・目的・位置付け	説明者： NEDO細井
II. 研究開発マネジメント	1. 事業の目標 2. 事業の計画内容 2.1 研究開発の内容 2.2 研究開発の実施体制 2.3 研究開発の運営管理 2.4 研究開発の実用化、事業化に向けたマネジメント	
III. 研究開発成果	1. 事業全体の成果	
IV. 実用化、事業化の見通し	1. 実用化、事業化の見通し	

II. 研究開発マネジメント 1. 研究開発目標の妥当性

事業の目標(全体)

(基本計画より)  
最終目標

本研究開発においては、高性能な蓄電システムの要素技術開発、現状のリチウムイオン電池等の技術レベルをブレイクスルーするための新材料等の次世代技術開発、耐久性評価・安全性試験方法の確立等の基盤技術開発を実施することにより、2015年において現状の蓄電池性能(注)の概ね1.5倍以上、コスト1/7を可能とする次世代クリーンエネルギー自動車の実用化を促進すること。及び2030年を目処に、現状の蓄電池性能(注)の概ね7倍を見通す革新的蓄電池技術への基礎確立を目標とする。

(注)現状の蓄電池性能(下記の数値は、容量3kWh程度の電池パックを想定した値)

- ・電池システム重量エネルギー密度: 70Wh/kg
- ・電池システムコスト: 20万円/kWh

## 事業の目標(開発項目)

### (1) 要素技術開発

- ①電池開発: 2015年を目途に、目標値の特性を有するリチウムイオン電池の実用化を目指す。
- ②電池構成材料開発: 2015年以降での実用化を目途に、高性能なリチウムイオン電池の構成材料の開発、基本原理の解明などを行う。
- ③周辺機器開発: 格段の高性能化(高効率化・軽量化・コンパクト化)に資する電池制御や急速充電等の材料・システム技術開発を行う。

### (2) 次世代技術開発

2030年以降を念頭に、革新的な二次電池を開発する。電池の反応制御技術、新規の概念に基づく電池の構成材料等の研究開発を実施する。

### (3) 基盤技術開発

現状のリチウムイオン電池における寿命診断、電池性能評価・安全性試験方法などの基準策定や規格化に資する提案とデータ取得を行う。

さらに、技術開発の効率化につながる反応メカニズムの解析手法の確立等、基盤的な技術開発を行う。

## 研究開発の内容(1)

### 研究開発項目と個別の目標、設定根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
要素技術開発 a) 電池開発	0. 3kWh級モジュール(3kWh級パック電池の換算値) ・重量エネルギー密度: 100Wh/kg ・重量出力密度: 2,000W/kg ・体積エネルギー密度: 120Wh/L ・体積出力密度: 2,400W/L ・寿命: 10年以上 ・充放電効率: 95%以上 ・コスト: 4万円/kWh(100万パック/年生産時) ・安全性: 車載時の濫用に耐える	2015年を目途にコンピューター型電気自動車(航続距離150km程度、4人乗り)、燃料電池自動車、プラグインハイブリッド自動車の量産が可能な電池性能として目標を設定 ・エネルギー密度が現状の約1.5倍 ・コストが現状の約1/7  (参考) 現状の蓄電池性能 ・電池システム重量エネルギー密度: 70Wh/kg ・電池システムコスト: 20万円/kWh
要素技術開発 b) 電池構成材料	小型単電池 (少なくともどちらか一方を満たし、他方は見通しを示すこと) ・重量エネルギー密度: 200Wh/kg以上 ・重量出力密度: 2,500W/kg以上 ・コスト: 3万円/kWh以下(100万パック/年生産時) ・安全性: 車載時の濫用に耐えること	2020年頃、高性能プラグインハイブリッド自動車 ・エネルギー密度が現状の約3倍 ・コストが現状の約1/10

研究開発の内容(2)

研究開発項目	研究開発目標	根拠
要素技術開発 c)周辺機器開発	車両駆動用モータ ・総合効率:従来技術と同程度 ・出力密度:従来技術と同程度 ・レアアース使用量:零 又は、 ・総合効率:従来技術以上 ・出力密度:従来技術の150%程度 ・レアアース使用量:従来技術より50%程以下	・磁石材料のレアアースが資源的に貴重で高価であると共に、世界の供給量の100%近くを中国に依存し中国の戦略物資になっていて将来的な供給が危ぶまれるため
次世代技術開発	・重量エネルギー密度500Wh/kg	2030年以降、本格的EV ・エネルギー密度が現状の約7倍
基盤技術開発	・加速寿命診断法の確立 ・高SOC保持時、高温保存時、高出力時、長期サイクル時等の劣化要因の解明とその抑制手法の提案 ・車載用電池安全性試験法の策定 ・電池性能を向上させる因子の解明	・走行実態、使用環境などに適し、公正に蓄電池性能を評価出来る試験方法が必要である。 ・短期間で寿命を判定できる加速寿命試験開発に劣化要因の解明が必要であり、同時に抑制方法の提案が開発促進に必要である。 ・実用化・普及促進にあたっては走行時ならびに長期保管時の安全性の確保、研究開発の効率化を図りながら、標準化・規格化を進めて市場を形成することが重要である。

研究開発の内容(3)  
スケジュール

	平成19年度	平成20年度	平成21年度 (中間評価)	平成22年度	平成23年度
①要素技術開発	公募 (12件)	(12件)	延長審査 (12件)	(9件*)	(9件)
		公募 (6件)	延長審査 (6件)	(6件)	(6件)
②次世代技術開発	公募 (11件)	(11件)	延長審査 (9件)	(10件*)	(10件)
		公募 (11件)	延長審査 (11件)	(7件)	(7件)
			公募 (10件)	延長審査 (10件)	(7件)
③基盤技術開発	公募 (1件)	(1件)	延長審査 (1件)	(1件)	(1件)
<b>テーマ数</b>	<b>24</b>	<b>41</b>	<b>49</b>	<b>43</b>	<b>40</b>

\*要素技術開発から次世代技術開発への移行テーマ:1件

### 研究開発の内容(4)

「Li-EADプロジェクト」: (Li-ion and Exoellent Advanced Batteries Development)

**全40テーマ** (内、平成19年度新規採択(黒字)  
(内、平成20年度新規採択(青字)  
(内、平成21年度新規採択(赤字))

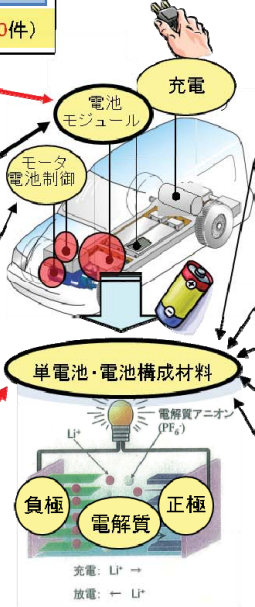
(a) 要素技術(モータ含む): 全15件(9件、6件、0件)  
(b) 次世代技術: 全24件(10件、7件、7件)  
(c) 基盤技術開発: 全1件(1件、0件、0件)

**要素技術①(モジュール電池) 3件**  
 ・パナソニック エナジー [正極: Ni系、負極: 合金系含む]  
 ・GSユアサ [正極: ポリアニオン系]  
 ・日立VE/日立製作所 [正極: Ni-Mn系]

**基盤技術 1件**  
 ・産総研/電中研/JARI/東北大  
 [安全性、劣化、寿命予測、基準・標準化]

**要素技術②(車載駆動用モータ) 5件**  
 ・東理大/北大 [SRM、三次元PM]  
 ・大阪府大/ダイキン [SynRM]  
 ・名工大/東海大 [界磁モータ、IM]  
 ・徳島大 [センサレス制御]  
 ・三菱電機 [界磁モータ、キャパシタ]

**要素②(電池材料) 7件**  
 ・戸田工業 [多層構造正極]  
 ・九大/三菱重工/九電 [ポストオリビン正極]  
 ・日産自動車 [正極・負極・電解質の開発]  
 ・産総研/田中化学 [酸化物正極]  
 ・三菱化学/日本合成化学 [電解質: イオン液体等]  
 ・産総研 [イオン液体電解質]  
 ・第一工業製薬/関西大/エレクセル [イオン液体]



**次世代技術(リチウム電池系) 16件**  
 ・東理大/産総研 [Li-Mn系酸化物正極]  
 ・名工大 [ポリ酸型(錯体)正極]  
 ・東大 [4d遷移金属コンパレーション系正極]  
 ・ダイキン/関西大 [高耐電圧フッ素系電解液]  
 ・古河電工/古河電池 [シリサイド複合Si系負極]  
 ・産総研 [酸化物系負極]  
 ・神戸大/若手大 [酸化物系負極]  
 ・静岡大 [ホウ素化合物系電解質]  
 ・京大/トヨタ/JFOC [固体電解質]  
 ・慶大/東理大 [イオン液体]  
 ・横国大 [イオン液体、金属電極]  
 ・首都大東京 [金属負極]  
 ・産総研 [カーボンナノ正極]  
 ・東北大 [C/Si負極]  
 ・鳥取大 [金属負極]  
 ・長崎大/東北大 [カーボンナノ正極&負極]

**次世代技術(金属-空気系) 3件**  
 ・九州大学 [Li-空気電池]  
 ・三重大 [Li-空気系負極]  
 ・京大/産総研 [金属-空気電池]

**次世代技術(硫黄系) 2件**  
 ・物材研 [Li-S系全固体電池]  
 ・東工大 [硫黄系固体電解質]

**次世代技術(多価カチオン電池系) 1件**  
 ・埼玉県産業技術総合センター [マグネシウム電池]

**次世代技術(解析技術) 2件**  
 ・東北大 [分光法による電極材料その場観察]  
 ・東北大 [各種評価結果シミュレーション]

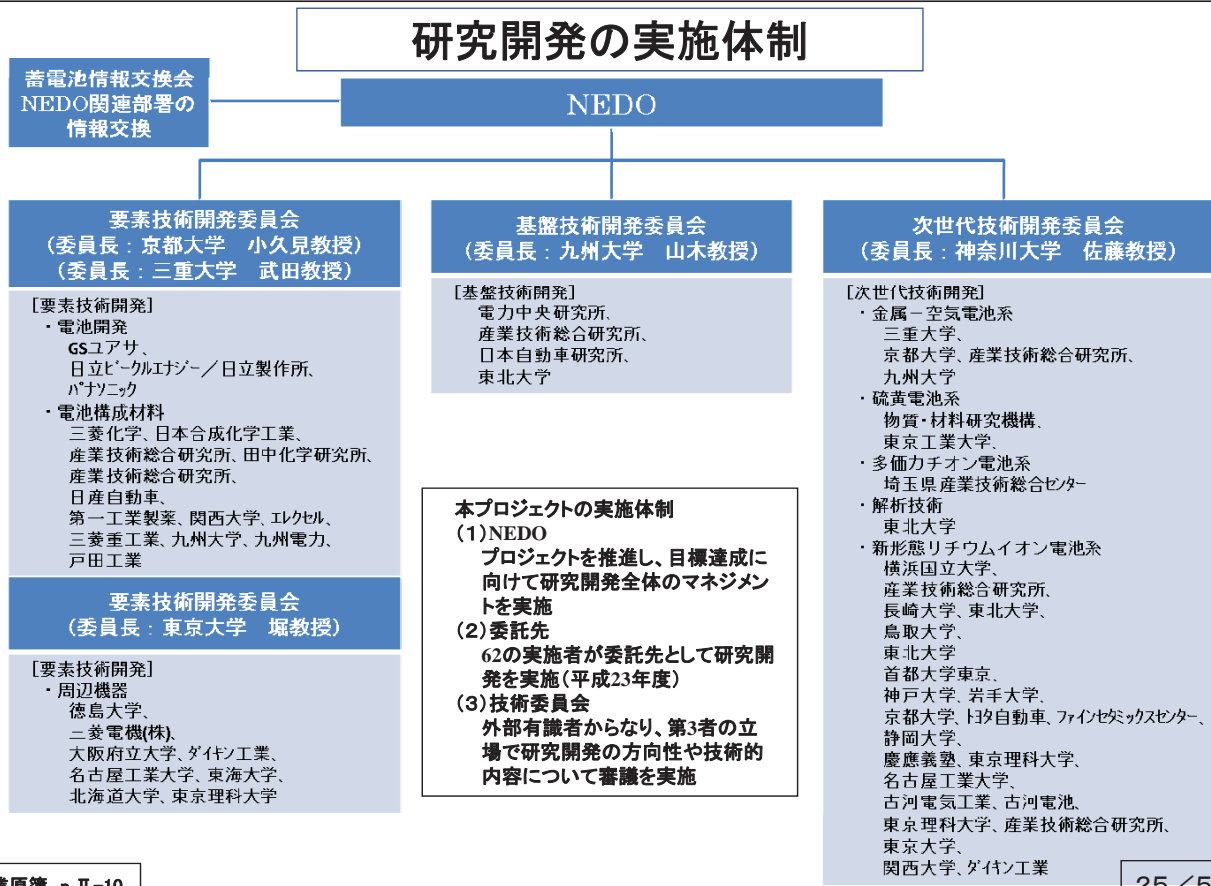
### 研究開発の内容(5)

#### 予算

(単位: 百万円)

		H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	総額
要素技術開発	①電池開発	520.1	524.2	523.5	516.1	349.6	2433.5
	②電池構成材料開発	638.2	718.9	507.5	496.5	368.1	2729.2
	③周辺機器開発	39.8	366.9	347.8	276.1	221.7	1252.3
次世代技術開発		219.9	439.2	568.4	511.2	468.6	2209.1
基盤技術開発		386.6	693.9	537.9	521.0	363.0	2502.4
計		1804.5	2742.3	2481.5	2336.8	1795.0	11160.1

管理費等を含むためテーマごと総計とは一致しない



### 研究開発の運営管理

**(1)技術委員会の開催**

外部有識者に技術委員を委嘱して、研究開発の進捗確認や課題解決策について議論する技術委員会を年1~2回開催した。委託先間の競争/連携強化の役割も果たした。

**(2)延長審査の実施**

平成21年1月、次世代技術開発のステージゲートとして外部有識者による各テーマの延長審査を行った。この結果、11件あるテーマのうち9件が延長を認められ、2件が終了となった。平成20年度以降の採択テーマについても2年間実施後に延長の可否を審査した。

**(3)成果の普及**

プレス発表、特許出願、論文発表、講演発表等、プロジェクトで得られた成果を積極的に発表するよう指導した。特に知財性の高い成果については権利化を指導した。

**(4)情報の共有化(蓄電池の技術開発を実施している委託先間での情報共有機会を提供)**

- ・基盤技術委員会を本事業参画全委託先に公開。
- ・「系統連系円滑化蓄電システム技術開発」と連携して報告会を開催。
- ・研究成果報告会・研究計画発表会の開催。
- ・電池討論会でのNEDOシンポジウムの開催。

**(5)国内外の情勢変化への対応**

- ・国際標準化活動の積極的に推進。
- ・加速財源投入による成果の加速。

## 成果の普及

項目	要素技術開発			次世代技術開発	基盤技術開発	総計
	電池開発	電池構成材料	周辺機器			
特許出願	94	129	53	41	2	319
うち、外国出願	10	31	7	13	0	61
国内登録	9	2	2	6	0	19
海外登録	1	0	1	3	0	5
論文	11	94	29	172	42	348
うち、査読付き	4	49	8	154	19	234
研究発表・講演	46	360	128	848	176	1558
受賞実績	0	16	9	25	2	52
新聞・雑誌	1	41	22	78	4	146
展示会	12	9	8	13	0	42
国際標準	0	0	0	0	21	21

## 研究開発の実用化、事業化に向けたマネジメント

### (1) ユーザ視点の助言を得る機会を提供

外部有識者に技術委員を委嘱して研究開発項目毎に技術委員会を年1~2回開催した。各技術委員会に、開発成果のユーザとなる自動車メーカー及び電池メーカーの専門家に委員として参加してもらい実用化に向けたユーザ視点での助言を得た。

### (2) 論文・学会等での広報活動

特許出願、論文発表、講演発表、広報等で、成果の普及を図るよう委託先を指導した結果、多数の外部発表実績につながった。電池討論会でNEDOシンポジウムを開催するなど、学会発表による広報活動を通じ、開発技術に興味を持つ企業等の探索機会を提供した。

### (3) 性能等の試験方法及び標準化動向に関する情報共有

基盤技術委員会を全委託先に公開した。性能評価、安全評価及び寿命推定に関する試験方法等の検討進捗やIEC/ISOにおける国際標準化活動の状況について情報共有することにより、事業化環境把握の機会を提供した。

### (4) 実用化、事業化を目的とした事業の推進

「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業」(H24年度~)及び「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」(H21年度~; H24年度追加公募)に本事業での研究開発成果を更に発展させたテーマが複数含まれており、成果の実用化・事業化に向けてマネジメントを推進する。

### (5) 成果報告会の開催

最終的な研究開発成果の発表及び企業とのマッチングの機会提供を目的として、今年度内に成果報告会を開催し、成果の普及促進を図る予定である。

## 中間評価への対応

・平成21年度に実施

「概ね、現行どおり実施」との評価。

・提言されたコメントとその後の対応

【総合評価】(問題点・改善すべき指摘点)

【1】「最終目標の達成に向けては、課題と解決の道筋を記述して欲しい。」

【2】「コスト低減については、どこまで進み、最終目標値を見通すことができるレベルに到達しているのかが明確になっていない。安全性を含めて産業として十分成立していくことが確信できるようにして欲しい。」

・対処方針と計画への反映

【1】委託先毎にこれまでの課題と解決の道筋を明確化する。

→ 平成22年度実施計画書へ反映。

【2】コスト・安全性の検証については各委託先とも主にH22-23年度で取り組む計画となっている。また、安全性については「基盤技術開発」の技術委員会ですでに検討がなされている。今後とも、コスト・安全性について技術委員会等で引き続き検討を重ねつつ、産業として成立するための技術開発を進めていく。

→ 平成21年度実施計画書に反映。

## 発表内容

I. 事業の位置付け・必要性	1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性 2. 事業の背景・目的・位置付け	説明者： NEDO細井
II. 研究開発マネジメント	1. 事業の目標 2. 事業の計画内容 2.1 研究開発の内容 2.2 研究開発の実施体制 2.3 研究開発の運営管理 2.4 研究開発の実用化、事業化に向けたマネジメント	
III. 研究開発成果	1. 事業全体の成果	
IV. 実用化、事業化の見通し	1. 実用化、事業化の見通し	

## 事業全体成果のまとめ(要素技術開発-電池開発)(1)

それぞれ特徴ある正極活物質を用いて高容量で高出力な電池を開発

委託先	GSユアサ	日立・日立 VE	パナソニック
正極活物質	Li(NiMnCo)O <sub>2</sub> +LiFePO <sub>4</sub> (複合正極:LiFePO <sub>4</sub> により低SOC域の出力を改善)	Li(NiMnCo)O <sub>2</sub> (Ni-Mn系酸化物の高エネルギー密度化)	Li(NiCoAl)O <sub>2</sub> (高容量なNCA酸化物を更に高容量・高出力化)
負極活物質	グラファイト	黒鉛	黒鉛
容量(Ah)	13	16	11
電圧(V)	3.62	3.66	3.6
寸法(mm)	112×21×81	97×120×25	80×154×12
質量(g)	365.0	454	288
エネルギー(Wh)	47.1	58.6	39.6
出力(W)	1010	1317	1123
外観写真			

## 事業全体成果のまとめ(要素技術開発-電池開発)(2)







- 全委託先が目標値を達成 (基盤技術開発により共通化した評価法を採用)。
- 初期性能について、基盤技術開発の中で第三者による検証を実施。

評価項目		目標	GSユアサ	日立・日立パワーエレクトロニクス	パナソニック
初期性能	質量エネルギー密度	100Wh/kg	○ (110)	○ (111)	○ (106)
	質量出力密度	2000W/kg	○ (2691)	○ (2400)	○ (2770)
	体積エネルギー密度	120Wh/L	○ (158)	○ (141)	○ (129)
	体積出力密度	2400W/L	○ (3845)	○ (3040)	○ (3380)
	充放電効率	95%以上	○ (95.3)	○ (96)	○ (96)
寿命	10年以上	○	○	○	
安全性	車載濫用に耐える	○	○	○	
コスト	4万円/kWh以下の見通し	○	○	○	



## 事業全体成果のまとめ(要素技術-電池開発)(3)

- 電池パックの構成要素であるモジュールを開発、性能を確認。
- 電池パックの基本設計を実施しモックアップを作製。

委託先	GSユアサ	日立・日立ビークルエナジー	パナソニック
0.3kWh 級 モジュール (実電池)			
3kWh 級 電池パック (モックアップ)			

## 事業全体成果のまとめ(要素技術開発-電池開発)(4)

- 特許出願、研究発表共に堅実に実施されている。

項目	GSユアサ	日立／ 日立ビークルエナジー	パナソニック	計
特許出願	26	49	19	94
うち、外国出願	1	8	1	10
国内登録	8	1	0	9
海外登録	0	0	1	1
論文	8	2	1	11
うち、査読付き	1	2	1	4
研究発表・講演	14	16	16	46
受賞実績	0	0	0	0
新聞・雑誌等への掲載	1	0	0	1
展示会への出展	5	4	3	12

**事業全体成果のまとめ(要素技術開発-電池構成材料)(1)**

- 一段と高い電池性能を目指す新たな構成材料、セル化技術を開発。
- 正極活物質開発 4テーマ、負極活物質開発 1テーマ、電解液開発 3テーマ

	委託先	テーマ名称	開発した電池構成材料等
正極	産総研 田中化学	高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発	・層状岩塩型正極材料(Li2MO3; M=Mn、Fe、Ni、Ti) ・トンネル構造マンガン酸化物正極材料(Li0.44+XMO2; M=Mn、Ti)
	九大、三菱重工 九電	ポスト鉄オリビン系高性能リチウム二次電池の研究開発	・FeF3正極材料 (微粉化及びカーボンコートによる利用率・導電性の向上) ・FeF3正極材料のセル化技術
	戸田工業	多層構造粒子設計による高出力リチウムイオン電池用正極活物質の研究開発	・多層構造を有する正極活物質粒子 (Li2MnO3・LiMnNiCo複合系)
正極 負極	日産	高容量電池の研究開発	・固溶体系正極材料(Li2MO3系) ・シリコン合金系負極材料
電解液	三菱化学 日本合成化学工業	大型リチウム二次電池用高安全性電解質の研究開発	・ヘテロ元素含有溶媒(スルホラン)電解液 ・新規イオン液体の創成(シアノスフェイト系、スルホナート系)
	産総研	リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発	・高安全・高出力なイオン液体(FTAアニオン系) ・新規酸素含有ボレート系アニオンからなるイオン液体
	第一工業製薬 関大 エレクセル	高出力・高安全性リチウムイオン電池の開発	・FSIアニオン系イオン液体 ・FSIアニオン系イオン液体のセル化技術

**事業全体成果のまとめ(要素技術開発-電池構成材料)(2)**

- 小型セルを試作し達成度を評価 (ボタン/ラミネート電池、18650電池)。
- エネルギー密度目標はほぼ達成。サイクル特性や製法等は今後の課題。

委託先	テーマ名称	目標達成状況		今後の課題
		エネルギー密度	出力密度	
産総研 田中化学	高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発	△	△	材料組成、作製条件の最適化
九大、三菱重工 九電	ポスト鉄オリビン系高性能リチウム二次電池の研究開発	○	×	出力密度とサイクル性能向上
戸田工業	多層構造粒子設計による高出力リチウムイオン電池用正極活物質の研究開発	○	×	評価用セル作製条件の検討
日産	高容量電池の研究開発	○	○	サイクル特性の確認
三菱化学 日本合成化学	大型リチウム二次電池用高安全性電解質の研究開発	○	○	試験セル評価、イオン液体の物性評価を実施
産総研	リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発	-	△	出力密度の向上と安全性評価方法の確立
第一工業製薬 関大 エレクセル	高出力・高安全性リチウムイオン電池の開発	○	○	コスト検討



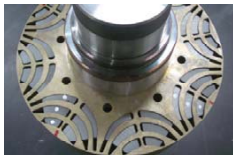
事業全体成果のまとめ(要素技術開発-電池構成材料)(3)

○ 特許出願、研究発表共に全般的に実施されている。

項目	三菱化学 日本合成	産総研 田中化学	産総研	日産	第一工業製薬 関大 エルクセル	九大 三菱重工 九電	戸田工業	計
特許出願	14	15	10	64	2	9	15	129
うち、外国出願	0	0	2	20	0	0	9	31
国内登録	0	2	0	0	0	0	0	2
外国登録	0	0	0	0	0	0	0	0
論文	3	29	28	6	6	22	0	94
うち、査読付き	2	13	13	6	4	11	0	49
研究発表・講演	36	91	69	46	52	61	5	360
受賞実績	0	2	3	1	2	8	0	16
新聞・雑誌等への 掲載	0	26	6	1	4	4	0	41
展示会への出展	0	2	1	0	4	0	0	9


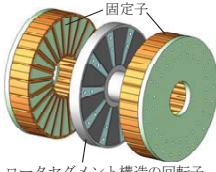
事業全体成果のまとめ(要素技術開発-周辺機器)(1)

○ 脱/省レアアースモータの開発テーマ、試作モーター一覧(1/2)

テーマ名称	委託先	開発したモータ等
レアースレス電動機に適用可能なセンサ制御に関する研究開発	徳島大学	レアースレス電動機をセンサレス制御システムで駆動 (目標) ・誘導・同期リラクタン্সモータ ・レアース：ゼロ ・回転速度/位置センサ：不要  15kWモータ
次世代自動車用高性能モータ蓄電パワエレシステムの研究開発	三菱電機	20kW級要素試験試作機 (目標) ・クローポールモータ ・レアース：ゼロ ・出力密度：従来機同等 ・効率：従来機同等  20kWモータロータ部
等価狭ギャップ構造による脱レアース高性能リラクタンストルク応用モータの研究開発	大阪府立大 ダイキン工業	実用出力20kW級試作機 (目標) ・同期リラクタン্সモータ ・レアース：ゼロ ・出力密度：従来機同等 ・効率：従来機同等  20kWモータロータ部

## 事業全体成果のまとめ(要素技術開発-周辺機器)(2)

### ○ 脱/省レアアースモータの開発テーマ、試作モーター一覧(2/2)

テーマ名称	委託先	開発したモータ等	
脱レアアースを目指す自動車用モータの研究開発	名古屋工大	ハイブリッド界磁モータ (SMCコアを利用) (目標) ・レアアース：従来比50% ・トルク密度：従来機同等 ・出力密度：従来比150%	 1/2. 2ダウンスケール検証機
	東海大学	つば付きSMCコア誘導モータ ・レアアース：ゼロ ・出力密度、効率：従来機同等	
脱レアアース次世代モータの研究開発	北海道大	フェライト磁石を用いた 50kW級3次元モータ (目標) ・レアアースゼロ ・効率、出力：従来機同等	 3次元モータ 概念図 固定子 ロータマグネット構造の回転子
	東京理科大	50kWスイッチドリラランスモータ (駆動回路開発も含む) (目標) ・レアアースゼロ ・出力、効率、トルク：従来機同等	

## 事業全体成果のまとめ(要素技術開発-周辺機器)(3)

- 目標は全体的に達成もしくはほぼ達成レベル。
- 製造方法、信頼性、騒音等が実用化に向けた今後の課題。

テーマ名称	委託先	目標達成状況			今後の課題
		レアアース	効率/トルク	出力密度	
レアアースレス電動機に適用可能なセンサレス制御に関する研究開発	徳島大	-	○	○	・振動、騒音の低減 ・回生を含めた制御法、駆動回路等
次世代自動車用高性能モータ蓄電パワエレシステムの研究開発	三菱電機	-	○	○	・積層磁極(回転子)の安価量産化
等価狭ギャップ構造による脱レアアース高性能リラクタンストルク応用モータの研究開発	大阪府立大 ダイキン工業	-	○	△	・高効率な運転範囲の拡大 ・量産設備、工法等の確立
脱レアアースを目指す自動車用モータの研究開発	名古屋工大	○	△	△	・トルク密度、出力密度の向上
	東海大	-	△	×	・圧粉磁心の特性向上(透磁率向上、成型時の劣化防止)
脱レアアース次世代モータの研究開発	北海道大	-	○	○	・安定性・信頼性の確立 ・製造方法開発
	東京理科大	-	○	○	・騒音低減 ・回生の検討

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

事業全体成果のまとめ(要素技術開発-周辺機器)(3)

- 研究発表・講演は平均的になされている。
- 特許出願はメーカーを中心に、大学においても積極的に出願されている。

	徳島大	三菱電機	大阪府大 ダイケン	名古屋工大 東海大	北海道大 東京理科大	計
特許出願	1	23	19	1	9	53
うち、外国出願	1	4	2	0	7	14
国内登録	1	1	0	0	0	2
海外登録	1	0	0	0	0	1
論文	1	13	3	0	12	29
うち、査読付き	1	4	3	0	12	20
研究発表・講演	20	13	26	30	39	128
受賞実績	0	1	0	1	7	9
新聞・雑誌等への掲載	2	3	3	7	7	22
展示会への出展	2	2	1	1	2	8

事業全体成果のまとめ(次世代技術開発)(1)

- 個別目標は達成もしくはほぼ達成。実セルへの展開が課題。

開発項目	個別目標	最終目標 (コインセル相当)	達成度	課題
金属-空気電池 (3テーマ) 三重大 京大/産総研 九州大	・デンドライト析出制御 ・重量エネルギー密度 etc.	重量エネルギー密度: 500Wh/kgの見通しを示すこと	△	セル抵抗の低減、電解質の改善等検討が必要
リチウム硫黄電池 (2テーマ) 物材研 東工大	・サイクル寿命(活物質) ・出力特性(固体電解質) etc.		○	固体電解質の導電率向上と可逆性向上が必要
多価カチオン電池 (1テーマ) 埼玉県産技センター	・初期放電容量 ・サイクル寿命 etc.		△	正負極に対して安定な電解液探索が必要
解析技術 (2テーマ) 東北大 東北大	・ラマン分光測定技術 ・性能評価ソフトウェア etc.		○	実電池の性能向上への寄与と新規電池への適用

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

事業全体成果のまとめ(次世代技術開発)(2)

○ 個別目標は達成もしくはほぼ達成。実セルへの展開が課題。

開発項目	個別目標	最終目標 (コインセル相当)	達成度	課題
<b>新形態リチウムイオン電池</b> (16テーマ) 横国大 産総研 長崎大/東北大 鳥取大 東北大 首都大 神戸大/岩手大 京大/トヨタ/JFCC 静岡大 慶應義塾/東理大 産総研 名工大 古河電工/古河電池 東理大/産総研 東大 関西大/ダイキン	・初期放電容量(活物質) ・サイクル寿命(活物質) ・イオン伝導率(イオン液体、有機電解液) etc.	重量エネルギー密度:500Wh/kgの見通しを示すこと	○	新規材料の組み合わせによる実セルでの性能評価

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

事業全体成果のまとめ(次世代技術開発)(3)

○ 積極的に論文発表、研究発表・講演がなされている。

開発項目 (テーマ数)	金属-空気電池 (3)	リチウム硫黄電池 (2)	多価カチオン電池 (1)	解析技術 (2)	新形態リチウムイオン電池 (16)	計
特許出願	7	3	4	0	31	41
うち、外国出願	0	1	0	0	7	13
国内登録	0	1	0	0	3	6
外国登録	0	0	0	0	0	3
論文	24	22	2	33	88	172
うち、査読付き	22	13	2	33	69	154
研究発表/講演	80	120	4	66	578	848
受賞実績	2	0	0	9	14	25
新聞・雑誌	13	1	9	6	49	78
展示会	0	1	2	5	5	13

## 事業全体成果のまとめ(基盤技術開発)(1)

- 全ての研究項目において目標を達成した。
- 基本性能試験方法、安全性評価試験方法はその標準化活動において、担当委員会の議長国を務めつつIEC規格化され、高い成果を得た。

項目	目標 (最終)	開発内容	達成度
①基本性能試験法の選定	・試験方法選定 ・開発電池への提案、適用	・PHEV自動車の要求性能、自動車走行パターン等に基づき試験項目、方法を策定。 ・IECにも採用された共通的な試験方法 ・要素技術開発の電池の共通評価条件に採用	◎
②加速劣化試験による寿命評価手法	加速寿命診断法の確立 (5倍加速)	・サイクル試験と保存試験からの外挿による寿命推定手法を提案 ・要素技術開発の電池の共通評価条件に採用	○
③劣化要因の解明とその抑制手法	劣化要因の解明とその抑制手法の提案	・各種条件における劣化要因を推定(劣化モデル提案) ・電池劣化の解析手法として放射光分光法やin situ分析手法(AE法等)を開発 ・電池性劣化の抑制手法を提案(粒子正面修飾)	○
④安全性評価試験方法	車載用電池安全性試験法の策定	・安全性評価項目、手法を提案 ・IECにも採用された共通的な試験方法 ・要素技術開発の電池の共通評価条件に採用	◎
⑤次世代自動車用蓄電池評価試験方法の標準化・規格化	IEC/ISO制定、国連輸送規程の適正化	・IEC62660-1,2など日本新規提案で制定。 ・その他IECやISO制定の国際活動に対応。(計21件の国際規格審議に参加)	◎

◎大幅達成、 ○達成、 △達成見込み、 ×未達

## 事業全体成果のまとめ(基盤技術開発)(2)

- 基盤技術の普及として、多数の論文、研究発表を実施した。
- 国際標準化活動において、開発内容(性能評価方法等)の規格化を進め規格として発行した。同時に他国の規格化提案においても適切に対処した。

知的財産権	計
特許出願	2
うち、外国出願	0
国内登録	0
海外登録	0
論文	42
うち、査読付き論文	19
研究発表・講演	176
受賞実績*1	2
新聞・雑誌等への掲載	4
展示会への出展	0

国際標準化	計
規格・標準 (提案、他国提案への対処)	6 <sup>*2</sup>
うち、日本提案	3 <sup>*3</sup>

\*1 受賞内容  
第15回 リチウム電池国際会議ポスター賞  
第15回超イオン導電体物性研究会若手優秀発表賞

\*2 上記に加え、2012年度発行 2件、継続審議中 13件  
\*3 上記に加え、継続審議中 4件

I. 事業の位置付け・必要性	1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性 2. 事業の背景・目的・位置付け	説明者： NEDO細井
II. 研究開発マネージメント	1. 事業の目標 2. 事業の計画内容 2.1 研究開発の内容 2.2 研究開発の実施体制 2.3 研究開発の運営管理 2.4 研究開発の実用化、事業化に向けたマネジメント	
III. 研究開発成果	1. 事業全体の成果	
IV. 実用化、事業化の見通し	1. 実用化、事業化の見通し	

IV. 実用化、事業化の見通し 1. 成果の実用化可能性 2. 事業化までのシナリオ

事業全体の実用化の見通しと波及効果(1)

実用化・事業化の定義:

本事業では、各開発項目で開発ステージ、開発対象が異なるため、実用化・事業化は「プロジェクトで得られた成果をプロジェクト終了後の研究及び企業活動に適用すること」と捉え、各開発項目について以下の通り定義した。

開発項目	定義
要素技術開発 (電池開発)	実用化・事業化の定義は、「開発した電池モジュールを製品化して自動車に搭載すること」とする
要素技術開発 (電池構成材料)	実用化・事業化の定義は、「開発した電池材料をラミネートセルレベルの電池に適用し電池として製品化すること」とする
要素技術開発 (周辺機器)	実用化の定義は、「開発したモータを製品化して自動車に搭載すること」とする
次世代技術開発	実用化の定義は、「開発した電池材料をコインセルレベルの電池に適用すること」とする
基盤技術開発	実用化の定義は、「電池材料または電池セル、モジュールに対して、標準的に適用可能な各種評価・解析方法を確立し広く関係者に提供すること。さらには、確立された評価法を国際標準・規格に反映すること」とする



## 事業全体の実用化の見通しと波及効果(2)

### 実施機関の取り組み姿勢（要素技術開発－電池開発）

- ・全委託先とも自動車用電源への適用の可能性を確認しており、今後は実用化に向けた開発を計画。
- ・実用化の課題は、量産化に向けた改良、車載時の課題の抽出と対策、信頼性向上等。また、自動車メーカーとの連携が必須。
- ・実用化へのマイルストーンを定め、プロジェクト終了時点から4～6年後の導入を計画。
- ・波及効果として、電力貯蔵用途(再生可能エネルギー導入対策)、定置型電源(バックアップ用途)、高出力移動型電源(ロボット、バイク、工具等)等が想定される。

## 事業全体の実用化の見通しと波及効果(3)

### 実施機関の取り組み姿勢（要素技術開発－電池構成材料）

- ・全7テーマにおいて開発材料による電池高性能化の効果を確認。  
5テーマで今後製品化を目指す開発を計画(2020年頃製品化予定)。
- ・上記5テーマで実用化に向けた課題と対策を明確化。  
例えば、新材料の量産技術／低コスト化、電池化技術、顧客開拓等。
- ・電池／自動車メーカーに対しサンプル提供等の活動を実施(3社)。
- ・高性能材料による次世代電池の開発を目指す「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業(NEDO; H24～H28)」に2テーマが参加。
- ・明確な製品化開発に至らなかった2テーマは開発を自主継続する意向。

## 事業全体の実用化の見通しと波及効果(4)

### 実施機関の取り組み姿勢（要素技術開発－周辺機器）

- ・4テーマにおいて目標値を達成し、脱／省レアアースモータの技術的な実現性を実証。
- ・メーカ参加の2テーマは、課題を明確にした上で開発を継続し、2020年頃の実用化を目指す。
- ・大学実施の2テーマはメーカとの共同開発を開始、残る1テーマは自主継続。
- ・METIはモータ開発を素材面から底上げするため、2012年より「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」を立上げ。  
複数の本事業参画メーカ、大学が参加予定。
- ・波及効果として、産業用、空調用モータへの適用開発を計画。  
METI及びNEDOの助成事業を活用し実用化を目指す(3テーマ)。

51 / 53

## 事業全体の実用化の見通しと波及効果(5)

### 実施機関の取り組み姿勢（次世代技術開発）

- ・研究成果の論文・学会等での広報活動等を通じ、本開発技術に興味を持つ企業を探索し、パートナーとして技術の実用化を目指すとともに、事業化に向けた課題抽出等実セルでの可能性検討を行う。
- ・金属－空気電池等の一部成果は「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業(H21年度～H27年度)」で、引き続き実用化に向けた研究開発を実施。
- ・2030年以降の本格EVへの車載を目指した材料開発であり、革新的電池については定置用等自動車用以外への展開も想定される。また、新形態リチウムイオン電池用の一部部材については電池メーカーとの連携による早期の製品化段階への移行(平成30年頃)も見込まれる。

52 / 53

## 事業全体の実用化の見通しと波及効果(6)

### 実施機関の取り組み姿勢（基盤技術開発）

- ・本技術開発が実用化イメージとする電池／モジュールの標準的評価・解析方法の確立、国際標準化については、開発した評価方法が既にIEC規格化され、当初の目標を達成した。
- ・今後については、電池評価技術では寿命評価法や加速試験法に課題が残ると考えており、実際に車両搭載された電池の劣化を調べるなどで予測(加速)精度の検証、高度化の開発を継続する計画である。
- ・国際標準化においては、今後は車両搭載電池システムの標準化、既に標準化された部分の改訂等の作業が必要である。関係省庁、自動車メーカー等とも連携し今後も貢献する意向である。