

## 2019 年度実施方針

次世代電池・水素部

## 1. 件名

革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発

## 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 1 号ニ及び第 9 号

## 3. 研究開発の目的・目標

## 3. 1 研究開発の目的

## ① 政策的な重要性

- 「自動車産業戦略 2014」(2014 年 11 月、経済産業省)
  - ・ 2030 年の新車販売に占める電気自動車 (EV)・プラグインハイブリッド自動車 (PHEV) の割合を政府目標として 20~30%とすることを旨す。
  - ・ この普及促進に向け、技術開発の効率化とより高度な摺り合わせを実現するために産産・産学で協調して研究開発を進める重点分野の一つとして蓄電池を選定する。
- 「科学技術イノベーション総合戦略 2017」(2017 年 6 月閣議決定)
  - ・ EV・PHEV の普及台数として 2020 年に最大 100 万台を旨す。
  - ・ 国内企業による先端蓄電池の市場獲得規模として年間 5,000 億円を旨す。
  - ・ 電気エネルギーを有効に貯蔵する次世代蓄電技術の開発実証等に取り組む。
- 「未来投資戦略 2018」(2018 年 6 月閣議決定)
  - ・ 運輸部門の省エネルギーを推進するため、EV 等の次世代自動車の普及、新たな燃費基準策定、より高効率な車載用蓄電池の開発・実用化を進める。
  - ・ 2030 年までに新車販売に占める次世代自動車の割合を 5 割から 7 割とすることを旨す。
  - ・ 電動車の車載用電池について、2025 年の全固体蓄電池、2030 年の革新型蓄電池等の実用化を見据えた研究開発、鉱物の安定供給を進める。
- 「エネルギー基本計画」(2018 年 7 月閣議決定)
  - ・ 更なる省エネルギーに向けて、2030 年までに新車販売に占める次世代自動車の割合を 5 割から 7 割とすることを旨す。自動車の電動化、自動化、サービス化等の大きな環境変化を踏まえた世界最先端の制度環境・社会インフラの整備や次世代電池をはじめとした基盤技術開発の抜本的強化等に向けた戦略を定め、官民一体でこれを進める。

- ・ 今後、蓄電池の利用用途が世界的にも大きく拡大していく状況に対し、引き続き、技術開発、国際標準化等により低コスト化・高性能化を図っていく。

## ② 車載用蓄電池の技術課題

2015年時点で民生用のリチウムイオン電池（LIB）セルのエネルギー密度は200～250Wh/kgであるが、自動車の主動力源としての使用環境及び求められる性能は一般的な民生用に比べて格段に厳しく、エネルギー密度とトレードオフの関係にある出力や耐久性等の性能に高いレベルが求められるため、現在のEV量産車に使用されているLIBセルのエネルギー密度は150Wh/kg程度にとどめられており、数百kgと重い電池パックを搭載しても走行距離は120～200kmと短い。

EVでガソリン車並みの走行距離を実現しようとした場合、エネルギー密度を現状の5倍程度まで高める必要があるが、理論エネルギー密度が450～600Wh/kgであるLIBではEV量産車に適応させる場合の限界が250～350Wh/kgとみられ、LIBでは対応が困難であり、電荷キャリア、材料及び構造等が全く異なった新原理の革新型蓄電池を開発する必要がある。

## ③ 産業・市場動向

蓄電池の世界市場規模は2016年が約7.9兆円、2017年が約8.4兆円、2018年が約9.1兆円（見込み）と堅調に成長している。今後、民生用、車載用、電力貯蔵用等の各用途でプラス成長が見込まれ、2025年には約1.5倍の14兆円、2030年には約2倍の19兆円の規模にまで成長すると予測されている。

車載用蓄電池については、蓄電池自体の性能、安全性、耐久性の確保に高い技術水準が求められることに加え、車両システム技術との摺り合わせにも高い技術水準が求められるため、国内蓄電池メーカーの技術力がビジネスの競争力に結び付く領域となっている。2017年におけるEV・PHEV用LIBの世界市場規模は約1兆円であるが、国内蓄電池メーカーは40%台のシェアを確保している。しかしながら、EV・PHEV用LIBの世界市場規模は2030年には約9兆円にまで成長するとの予測もあるように、この巨大市場の獲得をねらい、韓国蓄電池メーカーはアグレッシブな営業展開により欧米の自動車メーカーからの大口の受注獲得を進めている。また、現在、中国では中央・地方政府の手厚い補助金政策により、車載用LIBの市場が急劇な成長を見せ、EVバス・トラックの需要を含めれば世界市場の約50%を占めるまでになっている。中国国内で販売された電動車両のほぼ100%が国産LIBを採用しており、材料～蓄電池～電動車両のサプライチェーンが国内で完結する形で構築されている。このような内需で経験値を積み、技術力を向上させた中国蓄電池メーカーが世界展開をねらうことは容易に推測される。実際、欧州の大手自動車メーカーから大口の受注獲得に成功した中国蓄電池メーカーも現れており、今後は民生用と同様に日中韓蓄電池メーカーによる競争激化が予想される。

こうした状況において、我が国の自動車・蓄電池産業が引き続き競争優位性を確保

していくためには、エネルギー密度を飛躍的に向上させた、安全性・信頼性が高い、低コストの革新型蓄電池をより早期に開発し、これを搭載したEV・PHEVを他国に先駆けて市場に投入していくことが重要である。

#### ④ 本事業のねらい

世界各国において革新型蓄電池の研究開発が展開されているが、実用化に向けて解決すべき課題は多く、またそのハードルも高いため、それらのいずれもが現時点では基礎研究の領域を出ていない。エネルギー密度でLIBと同等の実験データが示された報告例もあるが、耐久性はまだ実用レベルにはほど遠い状況にある。

一見すると実用化が期待される2030年にはまだ長い期間があるが、実際の製品化までのリードタイムを考慮すると、2020年代前半にはセルの基本仕様を固め、企業による開発フェーズに移行する必要がある。そのためには、今後、5年間程度の短期間において、エネルギー密度のみならず、耐久性や安全性等も実際の単電池(実セル)で技術確立する必要がある。しかしながら、自動車として想定すべき様々な運転状態で求められる性能・条件を満足させるレベルでの技術確立となると、その開発リスクとハードルは極めて高く、民間企業単独の取組で実現することは困難である。

そのため、本事業において、先端的な材料科学や高度な解析技術を得意とする大学・公的研究機関、車載用蓄電池の開発・製品化で豊富な実績を有する蓄電池メーカー、さらにはエンドユーザーとなる自動車メーカー等による緊密な産学官連携の体制を構築して、産業界による革新型蓄電池の実用化を促進するための基礎科学に立脚した共通基盤技術を開発する。

### 3. 2 研究開発の目標

以下に示す性能・諸元を有したEV及び電池パックを2030年に実用化するために革新型蓄電池の共通基盤技術の開発として、「研究開発項目① 高度解析技術開発」及び「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」を実施する。

2030年に実用化を目指すEV及び電池パックの性能・諸元を以下に示す。

- ・車両走行距離(1回充電あたり): 500km
- ・車両コスト: 190万円(10万台/年/社 生産ケース)
- ・電池パックコスト: 40万円(容量あたりコスト: 1万円/kWh)
- ・電池パック容量: 40kWh
- ・電池パック出力: 120kW(重量あたり出力密度: 1,500W/kg)
- ・電池パック重量: 80kg(重量あたりエネルギー密度: 500Wh/kg)
- ・電池パック体積: 70L(体積あたりエネルギー密度: 570Wh/L)
- ・車両環境温度:  $-30^{\circ}\text{C}$ ~ $60^{\circ}\text{C}$
- ・電池パック寿命: カレンダー10年以上、サイクル1,000~1,500回
- ・電池パック安全性: 現行の車載用LIBパックと同等以上のこと。

「研究開発項目① 高度解析技術開発」

【最終目標】(2020年度末)

革新型蓄電池の高性能化や高耐久化を実現する実セル及び電極の設計・製造に活用可能な新規の解析技術を開発する。

- ・実セル作動条件下における電極活物質-電解質界面の反応解析技術
- ・実セル作動条件下における電極活物質の反応解析技術
- ・実セル作動条件下における電極合剤内の反応分布及び劣化現象解析技術

なお、上記の解析技術には、空間分解能で10 $\mu$ m、時間分解能で10ミリ秒、深さ分解能で10ナノメートルを超える技術が含まれるものとする。

開発した解析技術を用いて、「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」で開発する革新型蓄電池の性能や耐久性等の支配因子とその影響度を提示する。

【中間目標】(2018年度末)

開発中の解析技術を組み込んだ計測分析装置・設備の設置を完了する。

また、開発中の解析技術を用いて、「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」で開発する革新型蓄電池の解析評価に着手していること。

「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」

【最終目標】(2020年度末)

開発した共通基盤技術を基に試作した実セル(容量5Ah級)<sup>注1)</sup>について、下記を満足することを確認する<sup>注2)</sup>。

- ・重量エネルギー密度：500Wh/kg以上
- ・体積エネルギー密度：1,000Wh/L以上
- ・重量出力密度：100W/kg以上<sup>注3)</sup>
- ・サイクル寿命：100回以上<sup>注3)</sup>
- ・環境性：カドミウム、水銀、六価クロム等の環境負荷物質をセル構成材料として大量に使用していないこと。
- ・車両環境への対応：-30~60°Cの動作環境温度において変質しないこと。
- ・経済性：貴金属等、高コスト元素を大量に使用しないこと。
- ・安全性：内部短絡、圧潰・過充電時の異常発熱、発火、熱暴走等に対する安全策を講じることが技術的に可能なこと。
- ・充電性：普通充電(6時間)が可能なこと。急速充電が可能なこと<sup>注3)</sup>。

【中間目標】(2018年度末)

開発した共通基盤技術を基に試作した実セルで重量エネルギー密度300Wh/kg以上が得られていることを確認する<sup>注2)</sup>。

また、当該蓄電池の性能・耐久性等の支配因子とその影響度を把握し、最終目標を満足させるための技術開発の方向性を提示すること。

注1) 一対の正極、負極、セパレータ及び電解質（電解液）で構成され、充放電が可能な単電池の状態。ただし、端子や電子制御装置等は含まれない。

注2) 試作する実セルの容量と最終・中間目標は、開発する革新型蓄電池タイプの特性、実用化課題、試作・評価に使用する研究開発設備及び研究開発時の安全性等を勘案した上で、提案者が公募時に提案し、採択決定後にNEDOと協議の上、実施計画書において定めるものとする。

注3) 事業終了後における更なるプロセスエンジニアリング開発等によって、前記した2030年実用化を想定する電池パックの出力、サイクル耐久性、充電性まで向上する見通しがあること。

#### 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 (PM) に NEDO 次世代電池・水素部 細井 敬 統括研究員兼蓄電技術開発室長を任命して、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。

京都大学大学院工学研究科教授 松原 英一郎 氏をプロジェクトリーダー(PL)とし、また、産業技術総合研究所 総括研究主幹 小林 弘典 氏をサブ PL とし、以下の研究開発を実施した。

##### 4. 1 2018 年度 (委託) 事業内容

###### 「研究開発項目① 高度解析技術開発」

高輝度・高強度の量子ビーム技術を用いることにより、高い空間分解能、時間分解能及び深さ分解能を具備させた蓄電池の反応・劣化メカニズムの解析技術の開発を進めた。また、核磁気共鳴 (NMR)、透過型電子顕微鏡 (TEM)、精密充放電、計算科学等を用いた解析技術の開発も並行して進めた。さらに、これら解析技術を「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」で開発している蓄電池に適用し、性能向上や寿命特性の改善等に資する知見を得た。具体的な成果の例を以下に示す。

SPring-8 の高輝度放射光を用いた解析技術に関しては、イメージング硬 X 線光電子分光装置 (HAXPES) で空間分解能  $10 \mu\text{m}$  を達成した。また、Spring-8 の高輝度放射光においては、ナノ界面制御電池 (コンバージョン) 及び硫化物電池に適用可能な金属リチウム量の面内分布可視化手法を確立し、金属リチウム析出と SOC に相関性があることを見出した。

透過電子顕微鏡を用いた解析技術に関しては、新規収差補正機能を組み込んだ走査型 TEM を開発し、世界最高の原子分解能  $40.5 \text{pm}$  を達成した。また、In-situ TEM を用いて亜鉛空気電池における亜鉛析出状態を観察し、微結晶の核となって dendrite が成長

する過程の可視化に成功した。

NMR を用いた解析技術に関しては、ナノ界面制御電池（ハロゲン化物）の活物質（ $\text{LaF}_3$ ）の結晶構造及びフッ素の拡散機構を解明した。

#### 「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」

上記した高度解析技術を活用しつつ、ナノ界面制御電池（ハロゲン化物）、亜鉛空気電池、ナノ界面制御電池（コンバージョン）及び硫化物電池の開発を進めた。具体的な成果の例を以下に示す。

ナノ界面制御電池（ハロゲン化物）では、銅系の正極活物質を用いた圧粉成形セルで世界トップレベルのエネルギー密度  $100\text{Wh/kg}$  を実証した。

亜鉛空気電池では、厚膜亜鉛極と新規空気極触媒（炭素系）を組み合わせた  $8\text{Ah}$  級セルでエネルギー密度  $311\text{Wh/kg}$  を実証した。

ナノ界面制御電池（コンバージョン）では、バナジン酸ガラスを添加した正極活物質  $\text{FeF}_3$  を用いた  $6\text{Ah}$  級セルでエネルギー密度  $319\text{Wh/kg}$  を実証した。

硫化物電池では、低結晶化した正極活物質  $\text{VS}_4$  を用いた  $8\text{Ah}$  級セルでエネルギー密度  $314\text{Wh/kg}$  を実証した。

### 4. 2 実績推移

	2016 年度	2017 年度	2018 年度
	委託	委託	委託
実績額推移 需給勘定（百万円）	3,580	3,211	2,967
特許出願件数	4	10	20
論文発表数（報）	17	10	10
フォーラム・新聞発表等件数(件)	87	79	147

### 5. 事業内容

PM に NEDO 次世代電池・水素部 細井 敬 統括研究員 兼蓄電技術開発室長を任命して、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。

京都大学大学院工学研究科 教授 安部 武志 氏を PL とし、また、京都大学産官学連携本部 特任教授 森田 昌行 氏をサブ PL とし、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 2019 年度（委託）事業内容

##### 「研究開発項目① 高度解析技術開発」

高度解析技術の開発グループと革新型蓄電池の開発グループを一体化させた新体制

を構築した上で、これまでに開発した量子ビーム、NMR、TEM、精密充放電及び計算科学等の解析技術・手法を用いて、「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」で開発している4タイプの蓄電池の性能・耐久性の支配因子とその影響度を把握する取組みを進める。

#### 「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」

亜鉛空気電池、ナノ界面制御電池（ハロゲン化物）、ナノ界面制御電池（コンバージョン）及び硫化物電池について、プロジェクトの最終目標として掲げている重量エネルギー密度 500Wh/kg を達成するための要素技術の開発を進める。これに加えて、エネルギー密度以外の諸特性（サイクル特性、レート特性、ヒステリシス等）もパラメトリックに確認する実セル評価の取組みを進める。

### 5. 2 2019年度事業規模

需給勘定 3,400 百万円(継続)

ただし、事業規模については変動があり得る。

## 6. その他重要事項

### 6. 1 研究開発の運営管理

PMは研究開発責任者（PL）、サブPL及び研究開発実施者との密接な連携を維持しつつ本事業全体を運営管理する。

#### ① 進捗管理

PMは、本事業の実施期間中、国内外の関連技術動向を把握するとともに、事業全体の進捗を把握・管理する。

#### ② 資金配分、研究開発内容の見直し等

PMは、本事業の進捗状況を踏まえて、資金配分や研究開発内容の見直し、実施体制の変更を検討・実施する。

#### ③ 知的財産マネジメント

PM、PL及びサブPLは、オープン&クローズ戦略としての成果の秘匿化と海外も含めた権利化・国際標準化等を適切に組み合わせて、産業競争力の維持・向上に繋げる知的財産マネジメントを実施する。

また、PMは、本事業の成果の円滑な権利化及びその実用化・事業化を図るため、研究開発実施者間の知的財産権の調整を実施する。

#### ④ 研究開発資産等の利活用のルール作り

PM、PL及びサブPLは、事業の実施期間中及び事業終了後において、本事業で開発した解析技術及びそれが組み込まれた機械装置等を有効に利活用するための運用体制、運用形態・方法等に関する枠組み・ルール作りを実施する。

⑤ 他のNEDO蓄電池関連事業との連携

PMは、本事業における成果の加速的な創出のため、NEDO蓄電池関連事業との連携を図るものとする。

6. 2 評価

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、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、技術評価実施規定に基づき、外部有識者による研究開発の事後評価を2021年度に実施する。

6. 3 複数年度契約の実施

委託事業

2016～2020年度の複数年度契約を行う。

6. 4 知財マネジメントにかかる運用

「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発における知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

7. 実施方針の改訂履歴

2019年2月 制定

2019年4月 改訂

(別紙) 事業実施体制の全体図

