

# 「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

## RISING2(事後評価)分科会

(2016年度～2020年度 5年間)

### プロジェクト概要

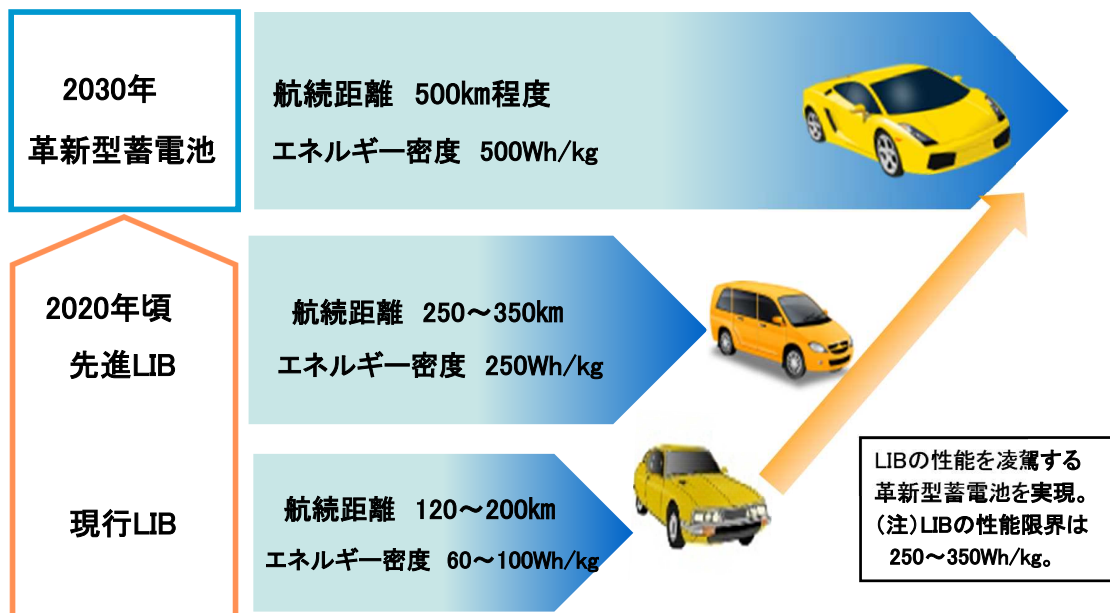
新エネルギー・産業技術総合開発機構  
スマートコミュニティー・エネルギーシステム部  
2021年 8月11日

#### 1. 背景・目的

#### プロジェクトの狙い

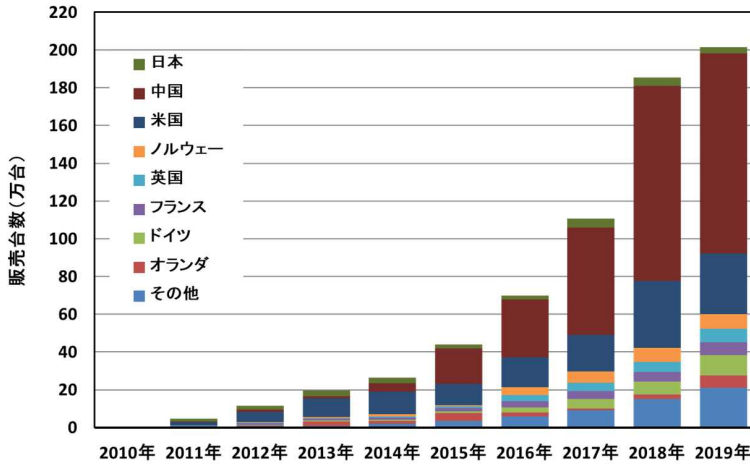
##### 「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発(RISING2)」

2030年にガソリン車並みの走行性能を有する普及価格帯の電気自動車(EV)等を実現するため、リチウムイオン電池の性能を凌駕する革新型蓄電池の実用化を促進する共通基盤技術を産学官の連携・協調(集中研方式)で開発。



リチウムイオン電池から革新型蓄電池への飛躍

- 主要国は環境・気候変動・エネルギー政策の一環として、EV・PHEVを2030年にかけて～数1,000万台規模で普及させる目標を掲げ、燃費規制、購入補助金・税控除、充電インフラの導入支援等、様々なインセンティブ施策を積極的に推進中。
- EV・PHEVの単年度販売台数は堅調に増加。普及政策により中国での販売が急増、世界販売の約半分を占める。2018年のEV・PHEVの累計販売台数は510万台(全車種)になり、2019年にEUは非常に厳しいCO2排出規制を発動したことにより、今後も世界的にEV・PHEVの展開が加速される見通し。
- 当面は液系LIBが車載バッテリーの主流であるが、中国・韓国勢との競争は激化。
- 今後、我が国の自動車・蓄電池関連産業がビジネスを優位に展開するためには、全固体LIBとそれに引き続く革新型蓄電池(ポストLIB)の市場投入で常に世界の先手を取り続ける必要がある。



EV+PHEV国別販売台数推移  
出典:「MARKLINES自動車産業ポータル/台数統計データ」よりNEDO作成

●米国カリフォルニア州:

ZEV(Zero Emission Vehicle)規制

- ・販売台数に一定比率でEV・PHEV等の導入必要。大規模メーカー(販売量2万台超)は、EVのみで達成する制限あり。

●EU: CO2排出規制(2019年4月)

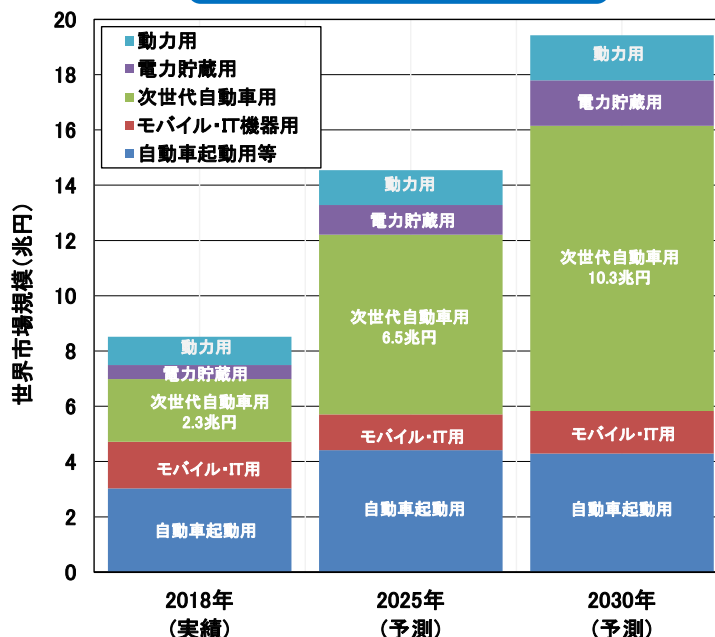
- ・2030年に販売される乗用車はCO2排出量を約60 g/km(@WLTPモード)まで削減する必要あり。

●中国: NEV(New Energy Vehicle)規制

- ・2019年より導入。生産及び輸入台数が3万台/年以上のメーカーが対象。
- ・販売台数に応じたNEVの導入、罰金は米国ZEV規制と同様。

- 蓄電池の世界市場規模は2018年は約8.5兆円。今後、多用途に及ぶ需要開拓が想定され、2025年には約15兆円、2030年には約19兆円への成長を予測している。
- 用途別での市場成長率は次世代自動車が最大で2018年は約2.3兆円。2025年に約6.5兆円、2030年に約10.3兆円へと成長を予測。

蓄電池市場の現況と将来予測



出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2018」,  
「2019 電池関連市場実態総調査」(株式会社富士経済)等に基づきNEDO作成

### アニオン移動型 (京大拠点)

#### フッ化物電池

放電  $M_a + xF^- \Rightarrow M_aF_x + xe^-$      $M_bF_y + ye^- \Rightarrow M_b + yF^-$

#### 亜鉛空気電池

放電  $Zn + 2OH^- \Rightarrow ZnO + H_2O + 2e^-$      $O_2 + 2H_2O + 4e^- \Rightarrow 4OH^-$

### カチオン移動型 (産総研拠点)

#### コンバージョン電池

放電  $Li \Rightarrow Li^+ + e^-$      $FeF_3 + 3Li^+ + 3e^- \Rightarrow Fe + 3LiF$

#### 硫化物電池

放電  $Li \Rightarrow Li^+ + e^-$      $M_cS_z + 2ze^- + 2zLi^+ \Rightarrow Li_{2z}M_cS_z$

蓄電池の特性を飛躍的に向上させるメカニズム解明のため、更なる解析技術の高度化や新技術の開発を行う。

#### 専用ビームラインの解析精度向上

- 空間分解能 3倍
- 深さ分解能 5倍
- 時間分解能 10倍

#### 新解析技術の開発

- 高分解電子顕微鏡operando解析  
充放電中の分子・原子状態の観察を液系電池において実現。
- 放射光/中性子ランダム系物質operando解析  
充放電時の電極近傍のアモルファス物質の構造解析を実現。

複数の解析技術を組み合わせた解析プラットフォーム化を行い、蓄電池の現象解明やセル設計に活用。

### 解析プラットフォーム

革新型蓄電池セル設計  
にフィードバック

電池のマクロ解析  
精密充放電解析

電気化学計測  
CV・インピーダンス

構造の直接観察  
電顕・X線顕微鏡

計算科学的手法

構造の間接観察  
放射光・中性子

メカニズム等の理解

電池のマクロ解析

分光的手法  
NMR・HAXPES

電池のマクロ解析

エネルギー基本計画・第5次計画 (2018年7月 閣議決定)

- ▶ 蓄電池の導入を促進するべく、低コスト化に向けた取組や技術開発等を進める。
- ▶ 蓄電池の国際市場規模は拡大すると予想されており、技術開発、国際標準化等により低コスト・高性能化を図る。
- ▶ 次世代自動車の新車販売に占める割合を2030年までに5-7割とすることを目指し、電動化等の環境変化を踏まえた、社会インフラ整備や次世代電池等の基盤技術開発の抜本的強化に向けた戦略を定め、官民一体で進める。

科学技術イノベーション総合戦略 (2017年6月 閣議決定)

- ▶ エネルギー変換・貯蔵・輸送技術の高度化に向けた次世代蓄電池の実装化のため、研究開発を推進する。

自動車産業戦略2014 (2014年11月 経済産業省策定)

- ▶ 技術開発の効率化と高度なす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、蓄電池が選定されている。

未来投資戦略2018 (2018年6月 閣議決定)

- ▶ 電動車用電池について、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。
- ▶ 運輸部門の省エネ推進のため、電気自動車等の次世代自動車の普及や車載用蓄電池の開発・実用化を進める。

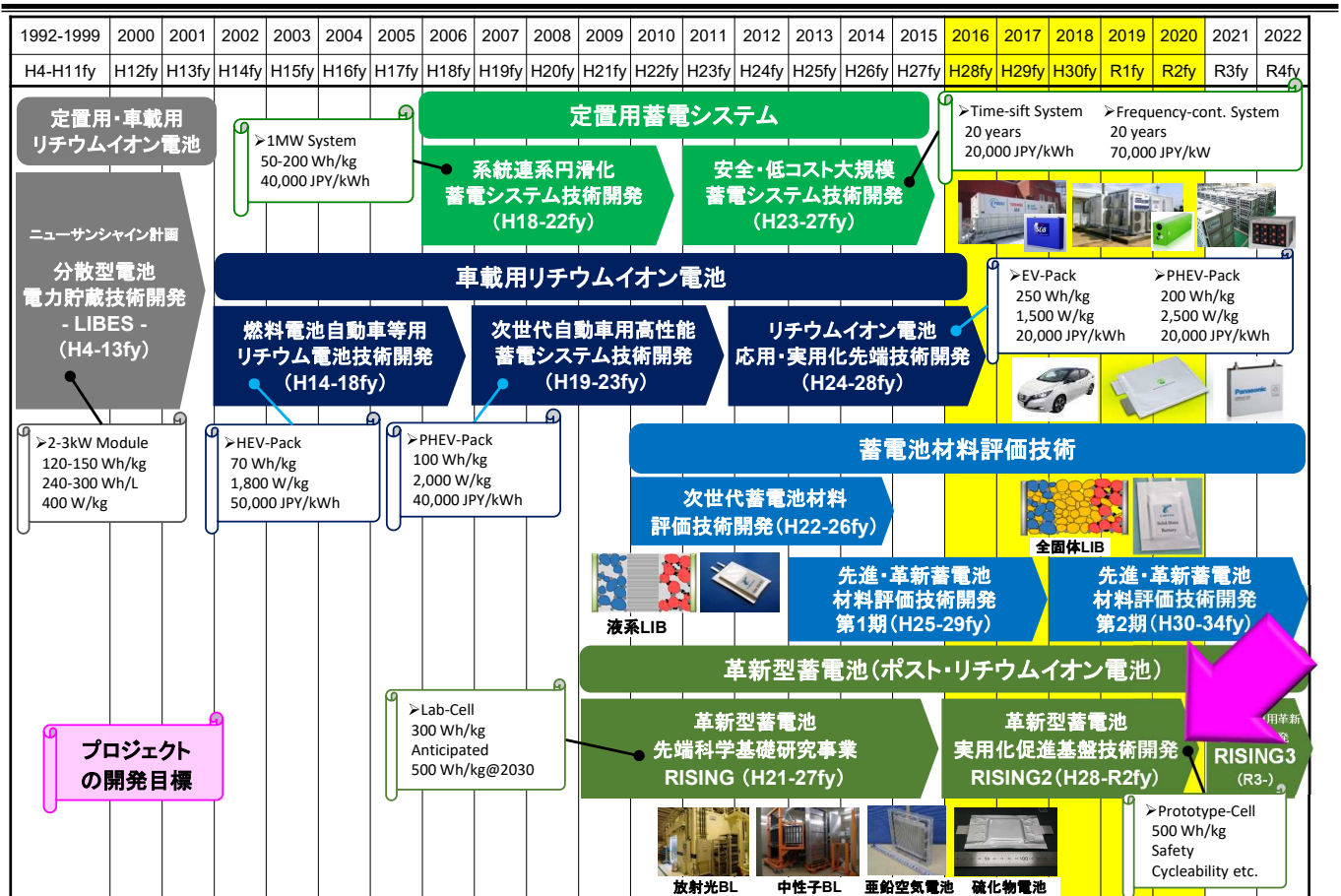
革新的環境イノベーション戦略 (2020年1月 統合イノベーション戦略推進会議決定)

- ▶ 自動車、航空機等の電動化の拡大(高性能蓄電池等)と環境性能の大幅向上を図る。

これら政策・戦略に対し、本事業の成果は直接的に寄与。

2. 関連する上位施策

NEDOの蓄電技術開発プロジェクト

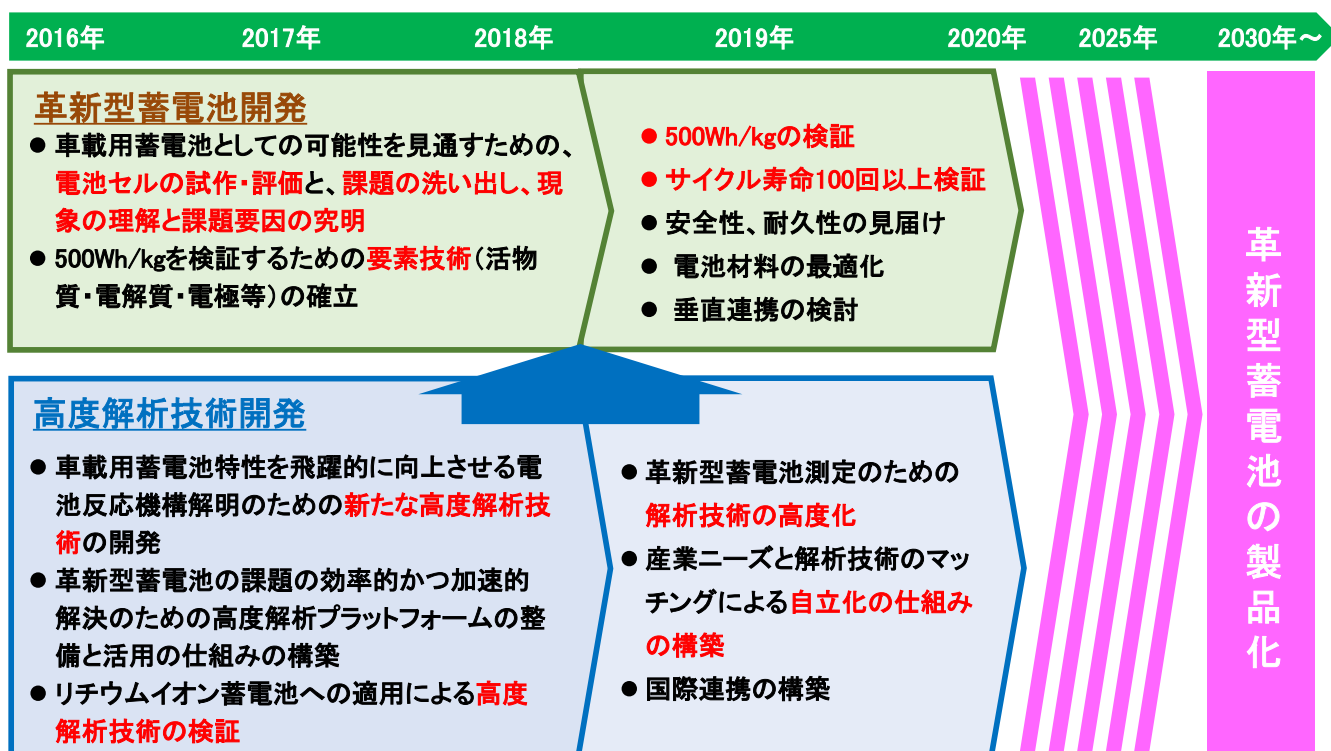




<p>研究開発項目① 高度解析技術開発</p>	<p>革新型蓄電池の高性能化・高耐久化を実現する実セルおよび電極の設計・製造に活用可能な新規の解析技術を開発。 開発した解析技術を用いて、「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」で開発する革新型蓄電池の性能や耐久性等の支配因子とその影響度を提示。</p>
<p>研究開発項目② 革新型蓄電池開発</p>	<p>実セル(容量5Ah級)で下記を満足することを確認。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重量エネルギー密度: 500Wh/kg以上</li> <li>・体積エネルギー密度: 1,000Wh/L以上</li> <li>・重量出力密度: 100W/kg以上</li> <li>・サイクル寿命: 100回以上</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・経済性: 貴金属等、高コスト元素を大量に使用しないこと。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>

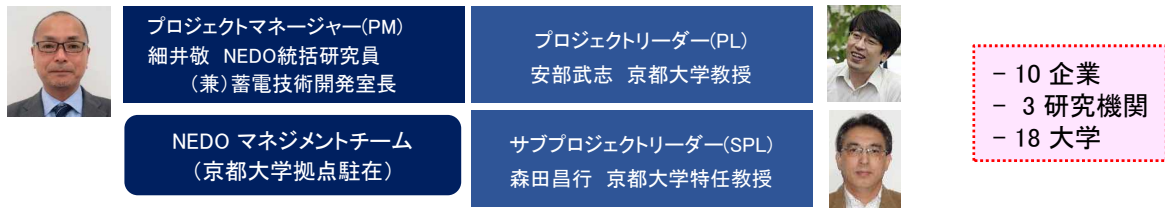
プロジェクト基本計画より抜粋

➤ 高度解析技術開発により革新型蓄電池の反応メカニズムを解明し、結果を電極・電解質およびセル化技術の開発に反映

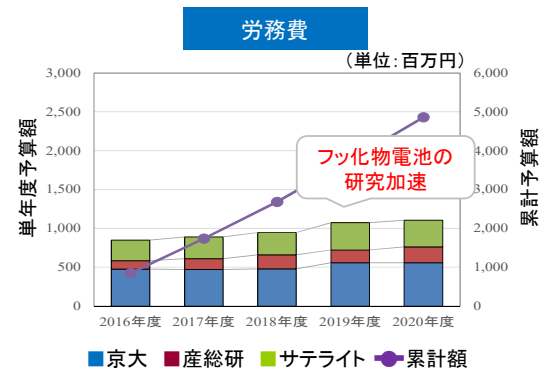
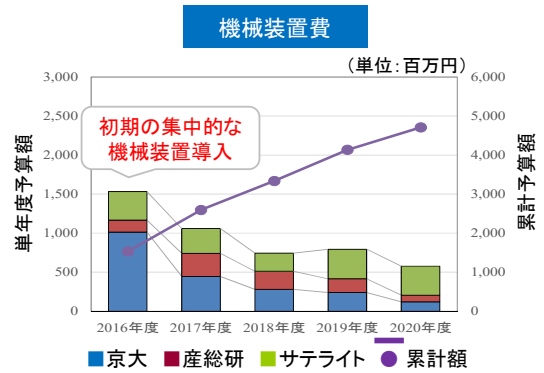
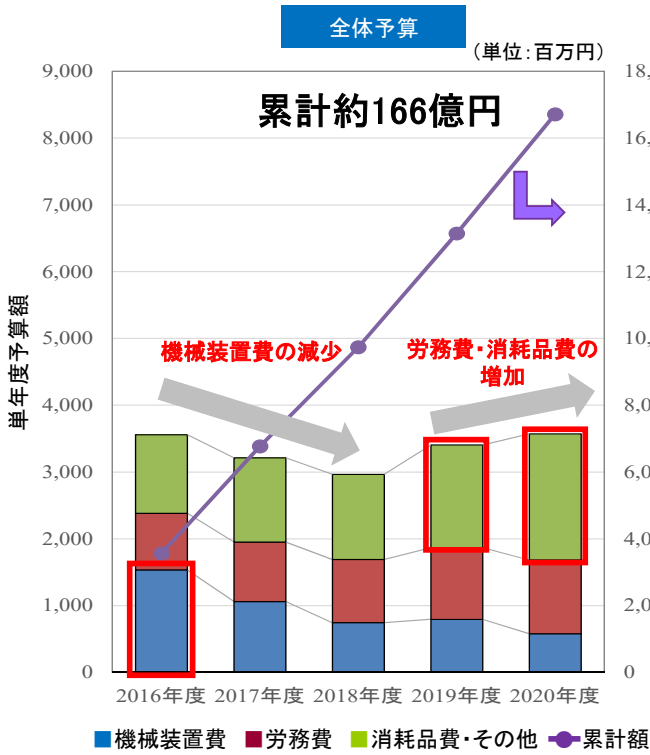




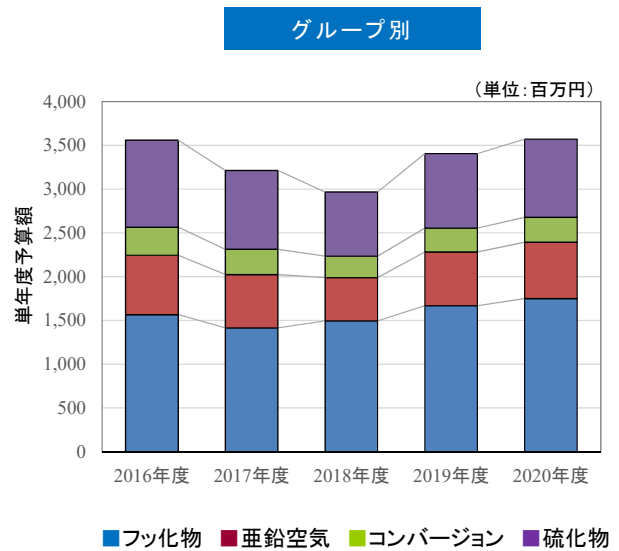
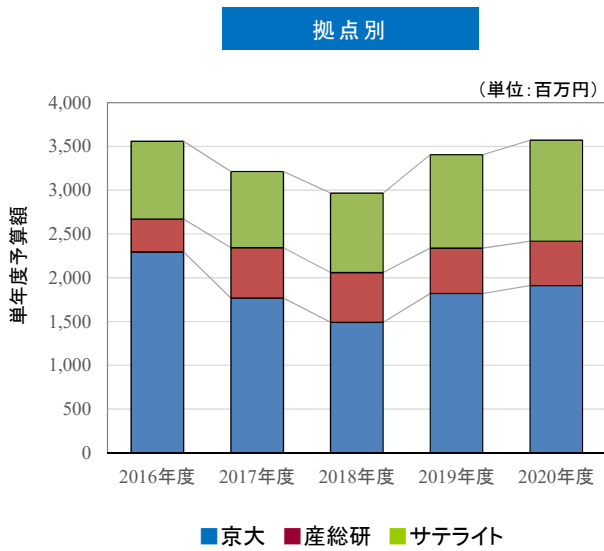
- 革新型蓄電池開発を加速・重点化するため、PL、SPLをはじめ実施体制を大幅に変更
- アニオン移動型、カチオン移動型の開発にフォーカスし、高度解析技術は直下に位置づける



- プロジェクト初期に集中的な機械装置導入
- 2019年度の間評後、革新型蓄電池開発の加速・重点化に伴い、フッ化物電池へ重点的に配分



- 京大拠点は、高度解析技術開発および革新型蓄電池開発の中心的役割を担い、最多の研究人員を配置したため重点的に配分
- 2019年度の間評後、革新型蓄電池開発の加速・重点化に伴い、フッ化物電池へ重点的に配分

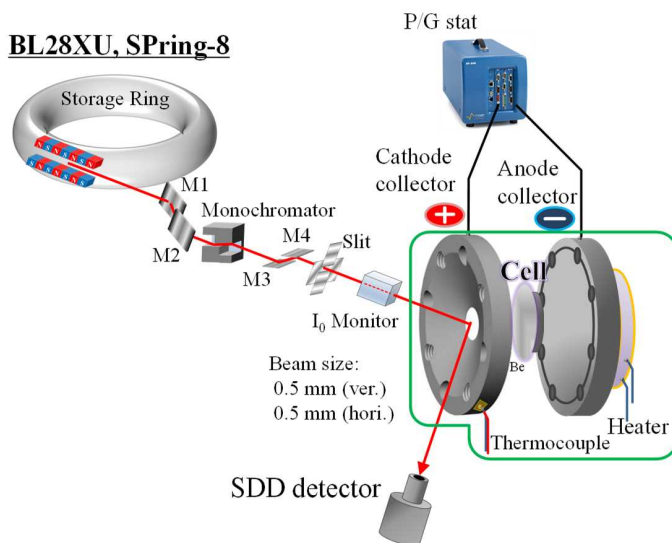


評価 ○

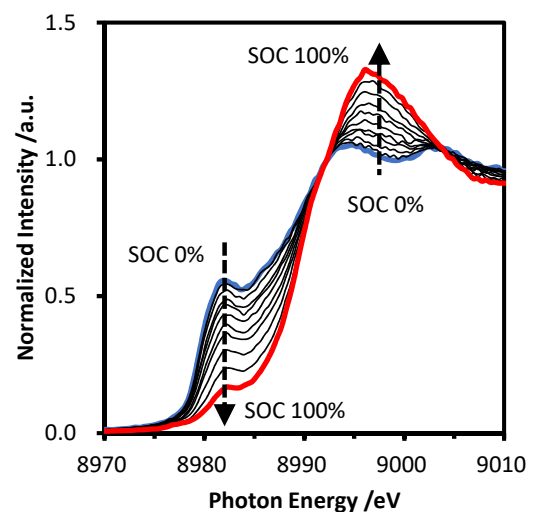
◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

最終目標	成果
<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・実セル作動条件下における電極活物質の反応解析技術</li> <li>・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</li> </ul> <p>なお、上記の解析技術には、空間分解能で10<math>\mu</math>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。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SPring-8放射光において、実セル作動環境において活物質と固体電解質の界面反応を解析する技術を確立した。また、時間分解能10ミリ秒を達成。</li> <li>・SPring-8放射光において、実セル作動環境において活物質の酸化還元反応を解析する技術を確立した。</li> <li>・透過電子顕微鏡において、活物質表面におけるイオン再析出反応を可視化する技術を確立した。また、空間分解能10<math>\mu</math>mを達成。</li> <li>・X線-CTIにおいて、実セル作動環境において電極内の活物質再析出分布状態を可視化する技術を確立した。</li> <li>・HAXPESにより活物質表面における元素分布状態を解析する技術を確立した。また、深さ分解能10ナノメートルを達成した。</li> </ul> <p>※上記青色字：中間評価時点において達成済</p>
<p>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。</p>	<p><b>フッ化物電池</b> SPring-8においてフッ化物電池のオペランド放射光解析技術を確認した。結果、エネルギー密度と活物質利用率の関係を明確にした。</p> <p><b>亜鉛空気電池</b> 電池性能と深く関連する、電解液中の亜鉛水和構造をNMRで解析した。結果、電解液の水酸化カリウム濃度は水和構造に影響を及ぼさないことを明確にした。</p> <p><b>コンバージョン電池</b> サイクル劣化と正極内の鉄分散状態の関係を、X線解析と精密充放電を組み合わせて明らかにした。結果、サイクル劣化と鉄の不均一分散の相関を明確にした。</p> <p><b>硫化物電池</b> サイクル劣化抑制に有効であるバナジウム硫化物へのリン添加について、X線散乱により解析した。結果、狙い通りに2硫化リチウム析出が抑制されたことを明確にした。</p>

- フッ化物電池の反応機構についてOperand解析装置をSPRING8に構築。
- 正極活物質の酸化還元挙動を解析できることを確認。



フッ化物電池のOperand解析装置概念図  
(SPRING8/BL28)



銅活物質の酸化還元挙動の解析結果



評価 ○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

最終目標*	ハロゲン化物電池	亜鉛空気電池	コンバージョン電池	硫化物電池
重量エネルギー密度: 500Wh/kg以上	360Wh/kg、 コインセル 高容量マグネシウム 負極のフルセル適用	476Wh/kg、 20.4Ahパウチセル 亜鉛負極構造 改良等	477Wh/kg、 単層ラミネートセル 正極へのバナジン酸添加、 負極利用率向上	511Wh/kg、 20Ah級積層ラミネートセル 正極へのリン添加、 負極利用率向上
体積エネルギー密度: 1,000Wh/L以上	1400Wh/L、同上	662Wh/L(空気流路含)、 同上	750Wh/L、同上	700Wh/L、同上
重量出力密度: 100W/kg以上	目標出力における電池動作 を確認。銅とフッ化バリウム を複合した正極による室温動 作を実証。	目標出力における電池動作 を確認。メリライト型触媒によ り過電圧低減。	目標出力における電池動作 を確認。正極へのバナジン 酸添加により過電圧低減。	目標出力における電池動作 を確認。正極へのリン添加に より抵抗低減。
サイクル寿命: 100回以上	20サイクルまで急激な容 量劣化がないことを確認。	60サイクルまで急激な劣 化がないことを確認。 添加材による亜鉛負極の サイクル特性向上を確認。	30サイクルまで急激な劣 化がないことを確認。 添加剤による正極劣化抑 制を確認。	100サイクルまで急激な劣 化がないことを確認。 電解液濃度改良、添加剤 による劣化抑制を確認。
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。	環境負荷物質の使用無。	環境負荷物質の使用無。	環境負荷物質の使用無。	環境負荷物質の使用無。
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。	動作環境温度における材料 変質は確認されず。	動作環境温度における材料 変質は確認されず。	動作環境温度における材料 変質は確認されず。	動作環境温度における材料 変質は確認されず。
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	本質的に安全な金属フッ化 物を使用。	本質的に安全な水系電解液 を使用。	正極に酸素を含まない材料 を使用。	正極に酸素を含まない材料 を使用。
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。		6時間で50%程度の充電を確 認。	6時間で50%程度の充電を 確認。	6時間以下での充電を確認。

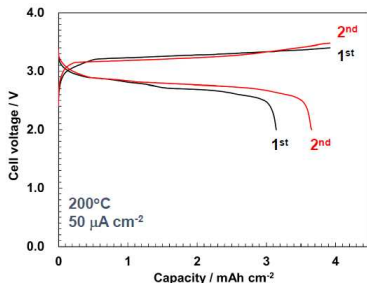
\*開発した共通基盤技術を基に試作した実セル(容量5Ah級)について、上記を満足することを確認する。

6. 研究開発成果

ハロゲン化物電池の成果例 ~電池開発~

エネルギー密度

- 正極:銅、負極:マグネシウム  
の実セルにより360Wh/kg、  
1400Wh/Lを実証。



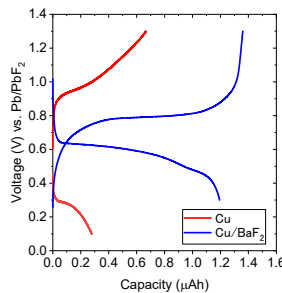
実セルの充放電特性



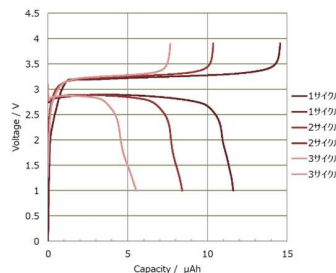
実セル外観

出力

- 銅正極へのフッ化バリウム添  
加により利用率が大きく向上。  
フッ化セリウムを負極としたフ  
ルセルにおいて、室温動作を  
確認。



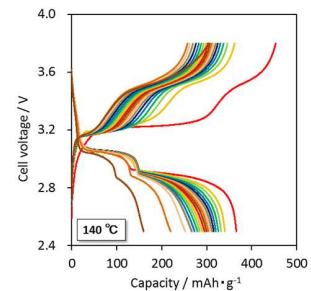
正極単極によるフッ化バリウム添加効果検証



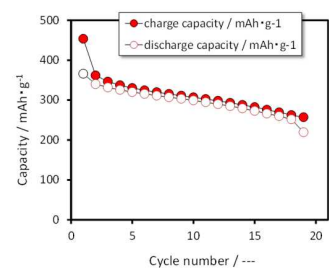
フルセルによるフッ化バリウム添加効果検証

サイクル寿命

- 銅正極について、20サイクルま  
で急激な容量劣化が生じないこ  
とを確認。



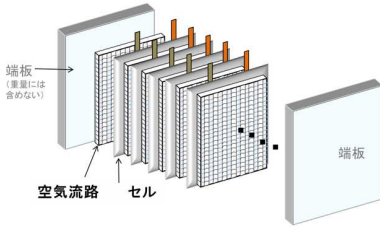
銅正極のサイクル特性



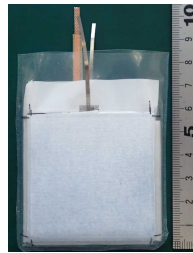
銅正極の容量維持率

エネルギー密度

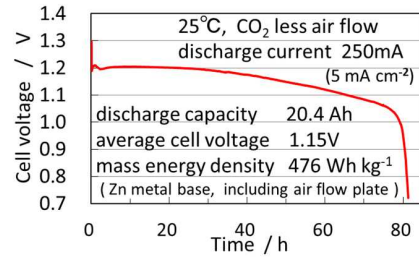
➢ 積層構造を視野に入れたパウチ型の20.4Ah実セルを構築。負極の厚膜化および低過電圧触媒等により476Wh/kgを実証。



積層セルの概念図



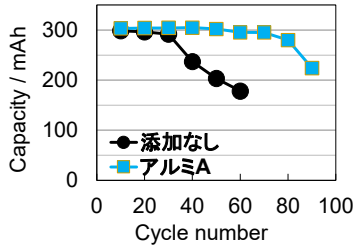
実セル外観



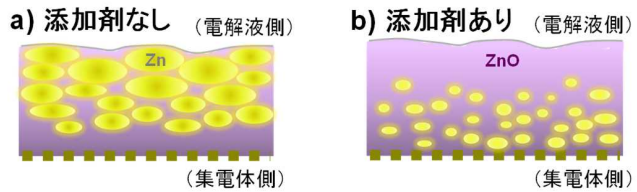
実セルの放電特性

サイクル寿命

➢ 合剤電極へのアルミ化合物添加によりサイクル特性が大きく向上。負極における亜鉛高分散析出によるものと推察。



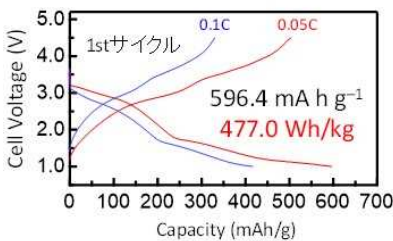
容量維持率に対する添加剤効果



添加剤効果の推定メカニズム

エネルギー密度

➢ バナジン酸(VP)添加および負極利用率向上等により477Wh/kgを実証。



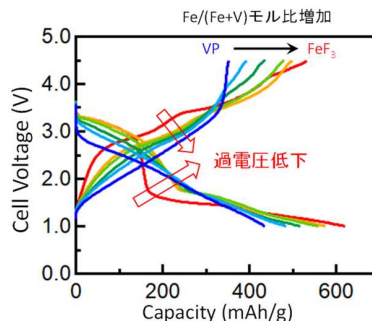
実セルの充放電特性



実セル外観

出力

➢ バナジン酸(VP)添加により過電圧低下。容量は低下するものの高電圧(=高出力)となり、高出力と高エネルギー密度化に大きく寄与。



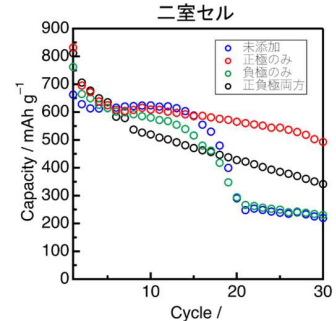
充放電特性へのVP添加効果

	容量	平均電位
FeF <sub>3</sub>	約600 mA h g <sup>-1</sup>	約1.79 V
FVP(2:1)	約550 mA h g <sup>-1</sup>	約1.98 V

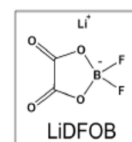
電池電圧へのVP添加効果

サイクル寿命

➢ 電解液へLiDFOBを添加。結果、正極由来のサイクル劣化を抑制できると判明。ただし、背反(負極への悪影響)も確認された。この課題克服は今後の課題である。



各電極へのLiDFOB添加効果



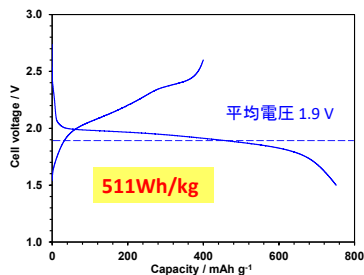
LiDFOBの化学構造

エネルギー密度

- 正極へのリン添加、負極利用率向上、電解液改良等により511Wh/kgを実証。



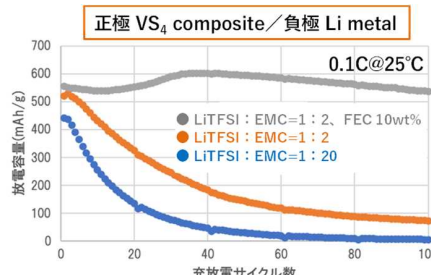
実セル外観



実セルの充放電特性

サイクル寿命

- 電解液高濃度化とFEC添加によりサイクル特性向上。

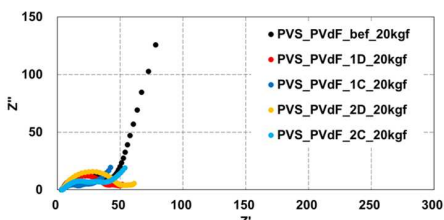


電解液種類とサイクル特性

出力

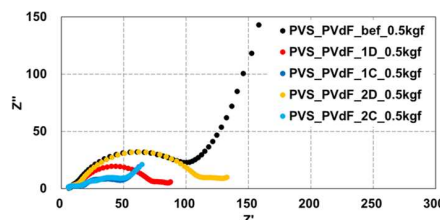
- 正極活物質へのリン添加により低拘束における抵抗増加を抑制。

20kgf  
1.11MPa



高拘束圧におけるインピーダンス特性

0.5kgf  
0.028MPa



低拘束圧におけるインピーダンス特性

- 中間評価以降、革新型蓄電池開発における取組を加速(特にハロゲン化物電池)。
- 外国出願数については、今後更に増加する見込み(国内出願後に時間をかけて手続きとなるため)。

中間評価以降

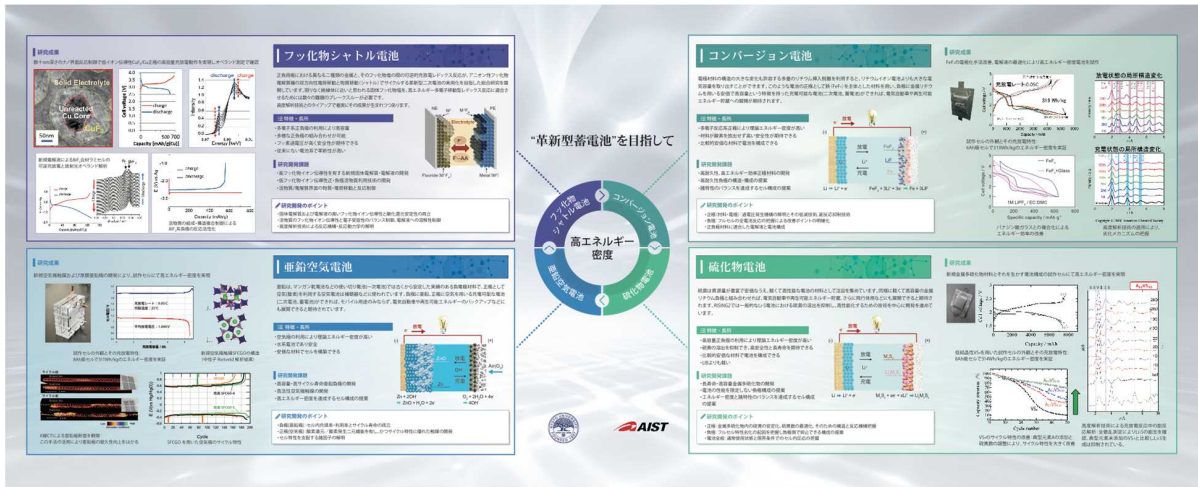
		特許出願 (うち外国出願)	論文 (査読つき)	研究発表 ・講演(国際発表)	新聞・雑誌等 への掲載
高度解析技術開発		1 (0)	29 (28)	101 (23)	0
革新型蓄電池 開発	ハロゲン化物電池	24 (24)	51 (46)	168 (36)	5
	亜鉛空気電池	15 (8)	14 (11)	57 (29)	1
	コンバージョン電池	1 (3)	8 (8)	38 (13)	1
	硫化物電池	13 (5)	13 (11)	58 (21)	2

中間評価まで

		特許出願 (同上)	論文 (同上)	研究発表 ・講演(同上)	新聞・雑誌等 への掲載
高度解析技術開発		3 (2)	26 (22)	181 (67)	4
革新型蓄電池 開発	ハロゲン化物電池	8 (6)	6 (6)	17 (5)	0
	亜鉛空気電池	11 (0)	2 (2)	20 (3)	0
	コンバージョン電池	2 (3)	1 (1)	24 (9)	1
	硫化物電池	7 (1)	4 (4)	32 (12)	1

一般に向けた情報発信(1/2)

- 2019年4月以降の新体制における革新型蓄電池を軸とした取組を明確に示すべくパンフレットを刷新。次頁に記載する「合同セッション」会場における配布等、積極的な発信をおこなった。



RISING2パンフレット

一般に向けた情報発信(2/2)

- 「第60回電池討論会」において、「ナショナルプロジェクト(MEXT・JST・NEDO) 合同セッション」を開催。多数の方々にご聴講頂いた。今回は、電池技術領域毎にカテゴライズをおこない、RISING2の技術力を強力に発信した。



合同セッションの会場風景(2019年11月、於: 京都国際会議館)

	ご講演内容	プロジェクト
JST大矢様 NEDO細井	全体概要	
京大田中様	フッ化物電池	RISING2
東理大駒場様	カリウム電池	元素戦略
京大新倉様	亜鉛空気電池	RISING2
NIMS久保様	リチウム空気電池	ALCA-SPRING
首都大金村様	リチウムおよびマグネシウム金属負極	ALCA-SPRING
産総研宮崎様	コンバージョン電池	RISING2
東大山田様	層状正極・濃厚電解液の新機能	元素戦略
産総研倉谷様	硫化物電池	RISING2
横国大渡邊様	リチウム硫黄電池	ALCA-SPRING
LIBTEC大谷様	全固体電池	SOLiD-EV
阪府大塚崎様	全固体電池	SOLiD-EV
阪府大辰已砂様	全固体電池	ALCA-SPRING

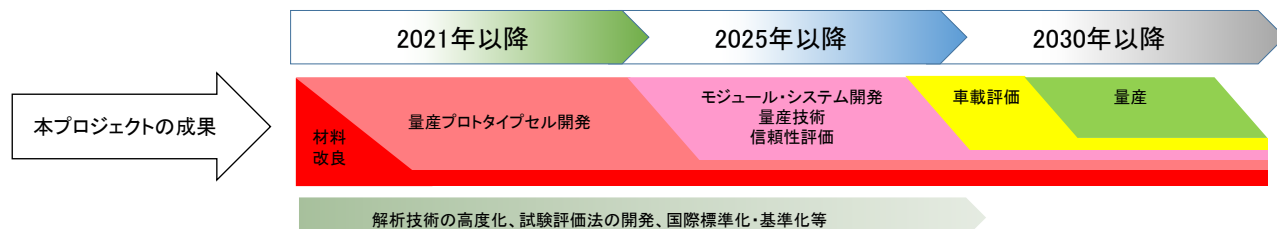
合同セッションの演目



2021年度以降は、カチオン移動型電池:シナリオ1、アニオン移動型電池:シナリオ2として進める

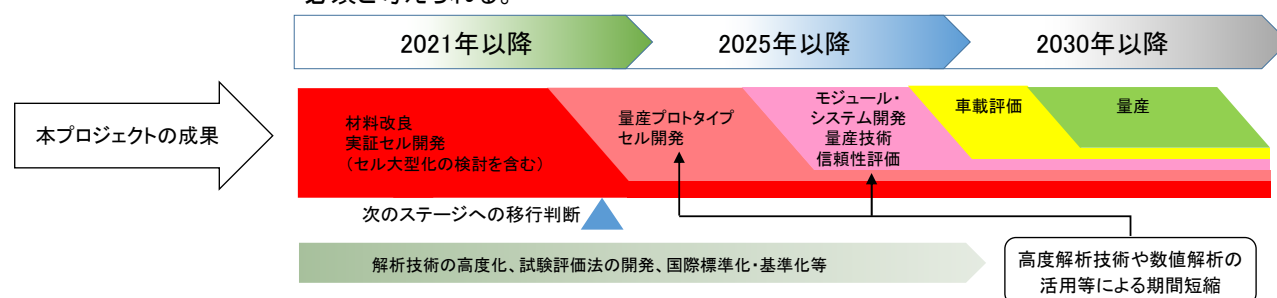
**シナリオ1**

実用化に向け積み残された課題が無い、あるいは少ない蓄電池タイプについては、企業中心の開発体制(自動車-蓄電池-材料メーカーによる垂直連携体制)を構築し、量産プロトタイプセル(大型セル)の開発ステージに移行。



**シナリオ2**

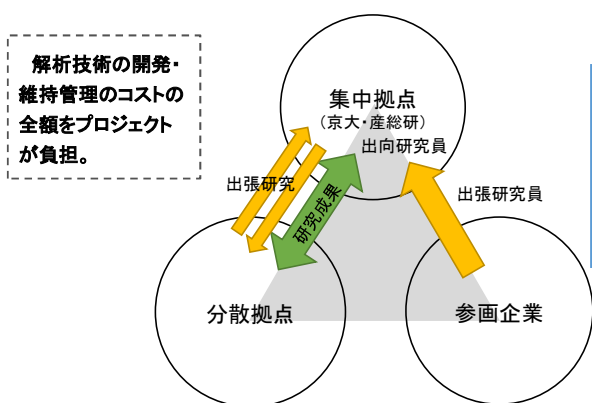
期待どおりの性能ポテンシャルが引き出せていない蓄電池タイプについては、引き続き、産学連携の開発体制で、材料改良と実証セルの開発ステージを継続。ただし、この場合もセル大型化に向けた検討を含める。そのため、開発体制への材料メーカーの参画が必須と考えられる。



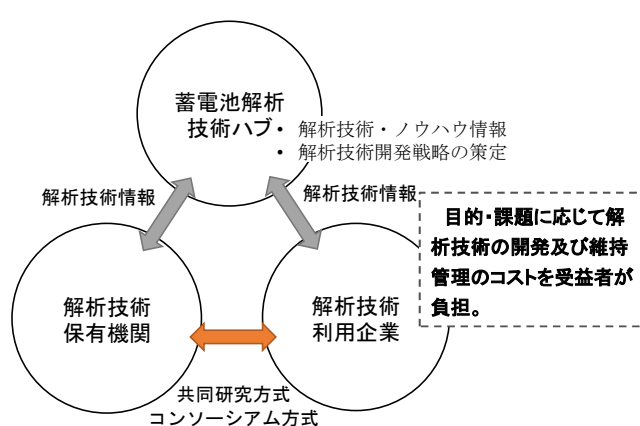
8. 成果の実用化に向けた取り組み **高度解析技術の普及・定着に向けた検討の状況**

- 本プロジェクトで開発中の解析プラットフォーム(技術・装置)は世界最高・最先端のレベルにあり、革新型蓄電池の実用化を手戻り無く進めるための強力なツールとして、企業及びその企業と連携するアカデミアによる活用が期待できる。
- プロジェクト終了後における解析プラットフォームの運用体制、運営(コスト負担を含む)・情報管理のルールについてプロジェクト関係者で議論を深め、コンセンサスを得た。
- 概略としては下記に示す コンソーシアム方式 を検討している。

**プロジェクト期間中(現状)**



**プロジェクト終了後(イメージの一例)**



概要

		最終更新日	2021年7月5日
プロジェクト名	革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発	プロジェクト番号	P16001
担当推進部/担当者	<p>スマートコミュニティ部</p> <p>桜井 孝史 (2016年4月1日～2018年3月30日)</p> <p>細井 敬 (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>川本 浩二 (2016年4月1日～2016年10月31日)</p> <p>大園 一也 (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>巖 桂二郎 (2016年4月1日～2017年3月31日)</p> <p>木内 幸浩 (2016年4月1日～2016年10月31日)</p> <p>前信 潔 (2016年4月1日～2016年12月31日)</p> <p>古田土 克倫 (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>錦織 英孝 (2016年11月1日～2018年3月31日)</p> <p>竹川 寿弘 (2017年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>近野 義人 (2017年1月1日～2018年3月31日)</p> <p>安井 あい (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>佐藤 恵太 (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>次世代電池・水素部</p> <p>細井 敬 (2018年4月1日～2021年3月31日)</p> <p>錦織 英孝 (2018年4月1日～2021年3月31日)</p> <p>竹川 寿弘 (2018年4月1日～2021年3月31日)</p> <p>近野 義人 (2018年4月1日～2020年3月31日)</p> <p>井ノ上 雅次郎 (2018年4月1日～2020年3月31日)</p> <p>小井戸 哲也 (2020年4月1日～2021年3月31日)</p> <p>西山 喜明 (2020年4月1日～2021年3月31日)</p> <p>安井 あい (2018年4月1日～2020年3月31日)</p> <p>佐藤 恵太 (2018年4月1日～2018年10月31日)</p> <p>中島 港人 (2018年11月1日～2021年3月31日)</p> <p>スマートコミュニティ・エネルギーシステム部</p> <p>古川 善規 (2021年4月1日～現在)</p> <p>錦織 英孝 (2021年4月1日～現在)</p> <p>小井戸 哲也 (2021年4月1日～現在)</p> <p>西山 喜明 (2021年4月1日～現在)</p> <p>丹羽 勇介 (2021年4月1日～現在)</p> <p>中島 港人 (2021年4月1日～現在)</p>		
0. 事業の概要	<p>本事業(RISING2)では、オリジナリティが高く、優位性のある電池を開発するために、RISINGの時と同様、世界ナンバーワン・オンリーワンの解析技術を開発する。特に、SPring8の放射光の分解能の向上に加えて、新しいOperando解析技術を開発し、それらとJ-PARCの中性子、NMR、計算科学等の技術を融合し、作動状態での電池の反応現象をより精密に把握し、セル設計に反映するなど、革新型蓄電池の課題解決のための世界最先端の解析プラットフォームを構築する。さらには開発する革新型蓄電池の実用化・製品化の道筋をつけるために、RISINGで目標としてきたエネルギー密度だけでなく、電極・電解質及びセル化技術の開発により、安全性・信頼性、コスト等の車載用蓄電池として必要とされる諸性能についても両立できる蓄電池を目指す。</p>		
1. 事業の位置付け・必要性について	<p>1. 1 事業目的の妥当性</p> <p>蓄電池は市場拡大が見込まれる成長産業であり、国内企業が国際競争力を有した製品を他国に先駆けて開発、事業拡大することで、雇用確保をはじめ国益に資する期待が大きい。</p> <p>現在、国内自動車メーカーや蓄電池メーカー等は、国家プロジェクトあるいは自社開発において先進リチウムイオン電池や革新型蓄電池の技術開発を鋭意進めているが、実用化に向けて解決すべき課題は多い。我が国のこれまでの「蓄電池の技術開発、市場開発」での競争優位を活かして次世代の革新的な蓄電池技術を創出し、グローバルで持続的な地球環境の維持、エネルギーセキュリティ・多様化への対応、および我が国の産業活性化に資することが期待される。車載用の革新型蓄電池の実用化が期待される2030年に向けて、エネルギー密度のみならず、耐久性や安全性等も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、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。</p>		

そのため、本事業「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」プロジェクト(RISING2)においては、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・協調(集中研方式)の体制を構築して、基礎科学に立脚した共通基盤技術を開発し、リチウムイオン電池(LIB)の性能を凌駕する高エネルギー密度 500 Wh/kg の革新型蓄電池を目指す。

上記を踏まえ、本事業においては、①高度解析技術の研究開発、②革新型蓄電池としてアニオン移動型のフッ化物電池、亜鉛空気電池、カチオン移動型のコンバージョン電池、硫化物電池の4つの蓄電池タイプを対象とした共通基盤技術開発を実施した。なお、これら4つの電池系は、NEDO 事業「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」(RISING)において基礎・基盤的な知見が得られているものである。

#### 1. 2 事業としての妥当性

本プロジェクトは、下記①～⑥に示す理由から NEDO 事業として取り組むこと、あるいは NEDO の関与が必要である。

- ① 業界全体の競争力強化(公共性・汎用性)
- ② 学術成果の産業技術への引き上げ
- ③ 開発リスク・ハードルの高さ
- ④ 関係者の利害調整
- ⑤ 蓄電池開発の技術蓄積、マネジメント経験の活用
- ⑥ 蓄電池開発プロジェクト間の連携促進、省庁間の連携

本事業の実施の効果として、試算の結果、2030年には約2,715万t/年のCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。加えて、我が国の自動車メーカーは輸出や現地生産にも積極的に取り組んでいる。輸出・海外生産の対象にはEV・PHEVも含まれることから、世界全体のCO<sub>2</sub>削減にも大きく貢献することが期待できる。

次に「未来投資戦略2017」等に掲げられた2030年におけるEV・PHEVの普及目標が達成された場合の経済効果について述べる。国内生産のEV・PHEVの売上と電池パックの売上はそれぞれ、0.7兆円/年、4.8兆円/年、海外生産のEV・PHEVの売上と電池パックの売り上げがそれぞれ、12兆円/年、1.8兆円/年と試算される。これに対して、本プロジェクトの5年間の予算総額(NEDO負担分)は約166億円であり、十分な費用対効果があると言える。

2. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	<p><b>研究開発項目① 高度解析技術開発</b></p> <p>【最終目標】(2020年度末)</p> <p>革新型蓄電池の高性能化や高耐久化を実現する実セルおよび電極の設計・製造に活用可能な新規の解析技術を開発する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・実セル作動条件下における電極活物質の反応解析技術</li> <li>・実セル作動条件下における電極合剤内の反応分布および劣化現象解析技術</li> </ul> <p>なお、上記の解析技術には、空間分解能で10マイクロメートル、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。</p> <p>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。</p> <p><b>研究開発項目② 革新型蓄電池開発</b></p> <p>【最終目標】(2020年度末)</p> <p>開発した共通基盤技術を基に試作した実セル(容量5Ah級)について、下記を満足することを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重量エネルギー密度: 500 Wh/kg 以上</li> <li>・体積エネルギー密度: 1,000 Wh/L 以上</li> <li>・重量出力密度: 100 W/kg 以上</li> <li>・サイクル寿命: 100回以上</li> <li>・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。</li> <li>・車両環境への対応: -30~60℃の動作環境温度において変質しないこと。</li> <li>・経済性: 貴金属等、高コスト元素を大量に使用しないこと。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>							
	事業の計画内容	主な実施事項	2016	2017	2018	2019	2020	総額
	高度解析技術開発					→		
	革新型蓄電池開発					→		
事業費推移 (単位: 百万円) 契約種類: 委託(○) 助成( ) 共同研究( )	会計・勘定	2016	2017	2018	2019	2020	総額	
	一般会計							
	特別会計(電源)							
	特別会計(需給)	2,880	2,900	3,100	3,400	3,400	(15,680)	
	加速予算 (成果普及費を含む)	700	376	0	161	341	(1,578)	
	総予算額	3,580	3,276	3,100	3,561	3,741	(17,258)	
	経産省担当原課	経済産業省 製造産業局 自動車課 電池・次世代技術室						
	プロジェクトリーダー (PL)、 サブプロジェクトリーダー (SPL)、	PL 安部 武志 (国) 京都大学 大学院工学研究科 教授 SPL 森田 昌行 (国) 京都大学産官学連携本部 特任教授 ※上記は中間評価による見直し後の体制である。						



<p>実施体制</p>	<p>委託先（*委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載）</p>	<p>(国) 京都大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、(国) 大阪大学、(国) 神奈川大学、(学) 関西大学、(国) 九州大学、(国) 神戸大学、(国) 東京工業大学、(国) 東京大学、(国) 東京農工大学、(国) 東北大学、(国) 名古屋大学、(国) 名古屋工業大学、(公) 兵庫県立大学、(国) 北海道大学、(国) 三重大学、(学) 立命館、(学) 早稲田大学、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、(財) ファインセラミックスセンター、昭和電工マテリアルズ(株)、トヨタ自動車(株)、(株) 豊田中央研究所、日産自動車(株)、パナソニック(株)、(株) 日立製作所、(株) 本田技術研究所、マクセル(株)、三菱自動車工業(株)、(株) 村田製作所</p> <p>※中間評価での指摘事項を受けて、最終目標の達成に向け、本事業全体でより効率的かつ効果的な革新型蓄電池研究を進めるため、研究実施体制を見直した。上記は見直し後の体制である。</p>
-------------	--	---

<p>研究開発の 進捗管理</p>	<p><u>NEDOによる進捗管理</u></p> <p>各実施者の目標達成度、成果の技術的意義、実用化の可能性、産業への波及効果、産業界への技術移転なども考慮しながらプロジェクト進捗を管理。主な特徴は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 京大拠点に常駐者を派遣。研究現場との密接なコミュニケーションを強化。</li> <li>➤ 毎月、全事業者に登録研究員の従事月報の提出を求め、登録研究員ベースでの研究開発に遅滞が生じていないことを確認するとともに、プロジェクト運営に反映。</li> <li>➤ 毎月、全事業者に予算執行状況の報告を求め、研究設備の導入状況や消耗品の購入状況から委託先単位での研究開発の遅延が発生していないことを確認。</li> <li>➤ 革新型蓄電池研究の研究グループ毎に NEDO 担当者を配置し、適宜開催される報告会へ参加。研究進捗及び最新の技術情報を取り込み、プロジェクト運営に反映。</li> <li>➤ 新型コロナウイルス感染拡大防止のため、緊急事態宣言発出下での研究開発活動を促進できるように、テレワーク及び on line 会議を積極的な導入を指導。</li> <li>➤ 第 60 回電池討論会（2019 年 11 月）の「ナショナルプロジェクト合同セッション」にて、本事業の成果発表を支援し、広報活動を促進。</li> </ul> <p>加えて、技術動向の調査を行い、最新の動向を実施者と情報を共有し、プロジェクト運営に反映した。</p> <p><u>有識者会議の設置・実施者による進捗管理</u></p> <p>研究開発実施者サイドでは、PL を頂点とする指揮命令系統の下、次のような進捗管理を行った。</p> <p>①年に 1 回、「有識者会議」を開催し、研究の進捗状況について有識者の視点から意見・助言を受け、プロジェクト運営に反映した。</p> <p>②年に 1 回、「運営会議」を開催し、参画企業の経営層（役員レベル）と集中研究拠点の運営について議論を行い、大所高所から受けた意見をプロジェクト運営に反映した。</p> <p>③3 か月に 1 回程度、「企画会議」「推進会議」を開催。前者では、参画企業のマネージャークラスの意見を吸い上げ、プロジェクトマネジメントに反映した。後者では、研究進捗や技術トピックスを事業関係者で共有し、意見を交換した。なお事業後期において⑦「全体技術会議」の新設に伴い、後期では「推進会議」は廃止した。</p> <p>④月に 1 回「GL 会議」を開催し、PL、SPL、GL、NEDO によりプロジェクトマネジメントについて議論を行い、マネジメント課題を事業運営に反映した。</p> <p>⑤年に 3 回程度「拡大会議」を電池研究グループ毎に開催し、各電池研究の関係者で研究進捗について情報を共有するとともに議論を実施。本事業後期では、⑦「全体技術会議」の新設により廃止。</p> <p>⑥年に 3 回程度「高度解析技術拡大会議」を高度解析の関係者を集めて開催し、高度解析技術の研究進捗について情報を共有するとともに議論を実施。本事業後期では、⑦「全体技術会議」の新設により廃止した。</p> <p>⑦ ⑤と⑥の機能を集約した「全体技術会議」を事業後期で新設。年に 3 回程度開催し、関係者で研究進捗について情報を共有するとともに議論を実施した。</p> <p>⑧各企業の意見を電池研究開発へダイレクトに反映させる「マネジメント会議」を事業後期で新設。事業目標達成に向けた実セルを用いた実証検証を促進した。</p> <p>⑨年に 1 回（もしくは若しくは 2 回）、「内部シンポジウム」を開催し、本事業の関係者全員で事業全体の研究進捗を共有。また、ポスターセッションを設けて、技術的交流を深めた。</p>
-----------------------	---

知的財産等に関する戦略	<p>基本的な戦略を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ オープン／クローズ の考えに基づく情報管理と運営</li> <li>➤ 柔軟な出願形態</li> <li>➤ 戦略的な特許出願</li> </ul> <p>第1の方針について説明する。まず留意している点は、オープン（論文・学会等による発表）にする領域と、クローズ（秘匿すべき情報、特許権等による独占）にする領域を適切に使い分けることである。そして、実施者個別のオープン／クローズ戦略を尊重しつつ、実用化・事業化に際して根幹となるものは積極的に知財を確保するよう指導している。</p> <p>第2の方針については、研究拠点、サテライト、参画企業について個別出願または共同出願を適宜、柔軟に選択することが可能となるようにしている。</p> <p>第3の方針については、各実施者の特許出願・権利化動向を把握しつつ、今後主要な市場形成が見込まれる海外への出願を積極的に推進している。</p> <p>実施者による知財管理については、下記に示す通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 知財運営委員会の設置</li> <li>➤ RISING2 知財運用規定の整備</li> <li>➤ 特許に適さない情報を「ノウハウ」として運用・管理する制度の設置</li> <li>➤ 特許技術動向調査</li> </ul>
	事前評価   平成 27 年度実施 担当部 スマートコミュニティ部

<p>評価に関する事項</p>	<p>中間評価</p>	<p>平成 30 年度 中間評価実施 担当部 次世代電池・水素部</p> <p>①研究開発マネジメント、②研究開発成果、③成果の実用化・事業化、の3項目についてA~Dの4段階で評価され、①はA：非常によい、②はB：良い、③はB：妥当、の結果となった。以下に中間評価での指摘事項および実施した対応についてまとめた。</p> <p>① 研究開発マネジメント  研究開発の加速・重点化に関して3つの指摘があった。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主目標である革新型蓄電池開発に重点を絞り込み</li> <li>2. 革新型蓄電池開発と高度解析技術開発の連携強化を可能とする連携しやすいグループ編成の見直し</li> <li>3. プロジェクト終了後における効果的な資産運用</li> </ol> <p>1. については、革新型蓄電池開発にリソースを集中させることで参画企業10社と合意し実施した。取り組みを強化するために追加公募を行い、大阪大学、九州大学、工学院大学、名古屋大学、三重大学の5大学を新たに採択した。</p> <p>2. については、高度解析技術開発グループを革新型蓄電池開発グループに併合した新体制に再構築し、PLは解析技術の専門家から蓄電池の開発を主導している京都大学の安部武志教授に交代した。</p> <p>3. については、プロジェクト終了後の資産運用・活用方法を議論する会議体を設置した。</p> <p>②研究開発成果  研究開発項目における取り組みの強化に関して、エネルギー密度の目標値達成に固執した開発とならないように、サイクル特性、レート特性、ヒステリシスなど実用化に向けた様々な課題にもより一層の重点を置き、性能・耐久性の支配因子を明確化し、電池特性評価に際してパラメトリックスタディー強化が必要、との指摘があり、実セルの試作及びパラメトリックな特性評価を通じて、エネルギー密度以外の諸特性を確認する取組みを強化した。</p> <p>さらに、戦略的な特許出願を行うための特許ベンチマークの実施、社会への発信を充実するために第60回電池討論会で成果を発表した。</p> <p>③成果の実用化・事業化  高度解析技術では、解析プラットフォームの維持・運用スキーム明確化が重要である、との指摘に対して、①で記載した体制の再構築により、高度解析技術の成果を革新型蓄電池の成果をパッケージ化して企業に移転できるようにした。一方、革新型蓄電池では、エネルギー密度の他に入出力特性、電流・温度依存性、安全性・信頼性など実運用を想定した諸元の把握が重要になること、電池開発の市場導入については、材料メーカーとの早期協働による研究開発の加速するよう指摘があった。これらに対しては、②で記載した諸特性のリストアップ作業に参画した企業も関与し、実運用を想定した諸元が導出できる評価内容を実施した。</p>
	<p>事後評価</p>	<p>令和3年度 事後評価実施予定 担当部 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部</p>
<p>3. 研究開発成果について</p>		<p>3. 1 中間評価目まで</p> <p>3. 1-1 高度解析技術開発</p> <p><u>放射光高度解析技術開発</u>  イメージング HAXPES 装置の導入、共焦点 XRD 装置の導入。X 線 CT による水系空気電池の亜鉛負極断面観察手法を確立。</p> <p><u>軟 X 線高度解析技術開発</u>  超軟 X 線 XAFS 測定系の導入。硫化物電池およびハロゲン化物電池について新規負極材料などの軟 X 線 XAFS 測定を実施し、軟 X 線 XAFS 革新型蓄電池材料評価技術を確立。</p> <p><u>中性子高度解析技術開発</u>  透過ビームモニタ、7 軸ゴニオメータなどの導入。中性子結晶構造解析から直接 MEM 解析する手法を開発。このデータからハロゲン化物電池の固体電解質中のフッ素イオン伝導経路を予測する解析法を確立。</p> <p><u>核磁気共鳴高度解析技術開発</u>  7 T 磁場用の新たな固体 NMR 測定システムの導入。<sup>19</sup>F NMR 測定によるハロゲン化物電池の電極材料/固体電解質の構造解析を実施。</p> <p><u>電子顕微鏡測定技術</u>  世界最高の分解能を有する新規収差補正装置の導入。水系空気電池の亜鉛極での反応モデ</p>



ルの観察法を検討。

#### 電気化学測定技術開発

放射光 operando 測定時に並行して測定可能である矩形波インピーダンス測定システムの導入。コンバージョン電池の  $\text{FeF}_3$  正極でインピーダンス測定を行い、低周波数領域に拡散に起因する特徴的なインピーダンス挙動を確認。

#### ラマン分光高度解析技術開発

可動式電場素子実装セルの導入。水系空気電池の亜鉛負極表面における水酸化物イオンのその場ラマン分光測定技術を確立。

#### 計算科学解析技術開発

第一原理計算(電極+反応部分)と古典溶液論(反応周辺の溶質部分)とのハイブリッド計算法の確立。コンバージョン電池の正極である  $\text{FeF}_3$  について、Li 挿入・脱離状態での X 線吸収端近傍微細構造(XANES)を、第一原理計算を用いて解明。

### 3. 1-2 革新型蓄電池開発

#### ハロゲン化物電池

銅正極を初めとする材料を用いて、圧粉型電極を作製。世界トップレベルとなる性能を実証。ただし、コイン電池において 100 Wh/kg とエネルギー密度目標は未達。金属と金属フッ化物を複合化する、金属フッ化物から欠陥を作るなどにより、フッ化物イオン伝導性がほとんどない活物質でも使用可能であることを示してきた。この成果は、今後の新しい電池開発につながる大きな発見である。

#### 亜鉛空気電池

単位面積当たり容量の高い厚膜亜鉛極及び新規な触媒を用いた長寿命炭素系空気極を開発。結果として、8 Ah セルにおいて 311 Wh/kg を達成。亜鉛極、空気極及びセルに関して、電極構成材料(触媒種、炭素、結着剤)、電極組成、電極構造が性能、耐久性に与える影響を詳細に検討。特に亜鉛極については、高度解析を活用して断面 X 線 CT 観察法を確立。亜鉛偏析が劣化要因であることを解明。

#### コンバージョン電池

$\text{FeF}_3$  活物質へのガラス混合により正極特性が大きく向上。結果として、6 Ah 級セルにおいて 319 Wh/kg を達成。 $\text{FeF}_3$  へのガラス混合による非晶質化が耐久性向上に寄与することを確認した。また、充放電サイクルを重ねるごとに、 $\text{FeF}_3$  表面が Fe を含まない皮膜に覆われることが劣化要因であることを解明。

#### 硫化物電池

$\text{VS}_4$  活物質の非晶質化により正極特性が大きく向上。結果として、8 Ah 級セルにおいて 314 Wh/kg を達成。 $\text{VS}_4$  活物質の非晶質化が耐久に寄与することを確認した。また、活物質表面を  $\text{TiO}_x$  皮膜で保護することにより硫黄溶出を抑え耐久性が向上することも分かった。

### 3. 2 事後評価 研究開発成果

#### 3. 2-1 高度解析技術開発

革新型蓄電池への適用に係る研究開発が大きく進捗し、最終目標を達成した。

以下に開発した主な新規解析技術を示す。

・SPring-8 放射光において、実セル作動環境において活物質と固体電解質の界面反応を解析する技術を確立した。また、時間分解能 10 ミリ秒を達成。

・SPring-8 放射光において、実セル作動環境において活物質の酸化還元反応を解析する技術を確立した。

次に、革新型電池開発において開発した解析技術の適用した成果を示す。

#### フッ化物電池への適用

SPring-8 においてフッ化物電池のオペランド放射光解析技術を確認した。結果、エネルギー密度と活物質利用率の関係を明確にした。

#### 亜鉛空気電池への適用

電池性能と深く関連する、電解液中の亜鉛水和構造を NMR で解析した。結果、電解液の水酸化カリウム濃度は水和構造に影響を及ぼさないことを明確にした。

#### コンバージョン電池への適用

サイクル劣化と正極内の鉄分散状態の関係を、X 線解析と精密充放電を組み合わせで明らかにした。結果、サイクル劣化と鉄の不均一分散の相関を明確にした。

#### 硫化物電池

	<p>サイクル劣化抑制に有効であるバナジウム硫化物へのリン添加について、X線散乱により解析した。結果、狙い通りに二硫化リチウム析出が抑制されたことを明確にした。</p> <p>3. 2-2 革新電池技術開発</p> <p><u>フッ化物電池</u></p> <p>重量エネルギー密度は、コインセル（高容量マグネシウム負極のフルセル適用）で 360 Wh/kg であった。体積エネルギー密度は同セルで 1400 Wh/L であった。重量出力密度は、目標出力における電池動作を確認した。また銅とフッ化バリウムを複合した正極による室温動作を実証した。サイクル寿命は、20 サイクルまで急激な容量劣化がないことを確認した。環境性、車両環境への適応、安全性、充電性については、問題は認められなかった。</p> <p><u>亜鉛空気電池</u></p> <p>重量エネルギー密度は、亜鉛負極構造改良等により、20.4 Ah のパウチセルで 476 Wh/kg であった。体積エネルギー密度は同セルで 662 Wh/L であった。重量出力密度は、メリライト型触媒により過電圧低減により、目標出力における電池動作を確認した。またメリライト型触媒により過電圧低減できることがわかった。30 サイクルまで急激な劣化がないことを確認。添加剤による正極劣化抑制を確認。また環境性、車両環境への適応、安全性、問題は認められなかった。充電性については、6 時間で 50% 程度の充電を確認した。</p> <p><u>コンバージョン電池</u></p> <p>重量エネルギー密度は、正極へのバナジン酸添加、負極利用率向上により単層ラミネートセルで 477 Wh/kg であった。体積エネルギー密度は同セルで 750 Wh/L であった。重量出力密度は、正極へのバナジン酸添加により過電圧低減し、目標出力における電池動作を確認した。サイクル寿命は、60 サイクルまで急激な劣化がないことを確認し、添加材による亜鉛負極のサイクル特性向上を確認した。また環境性、車両環境への適応、安全性、問題は認められなかった。充電性については、6 時間で 50% 程度の充電を確認した。</p> <p><u>硫化物電池</u></p> <p>重量エネルギー密度は、正極へのリン添加、負極利用率向上により、20 Ah 級積層ラミネートセルで 511 Wh/kg であった。体積エネルギー密度は同セルで 700 Wh/L であった。重量出力密度は、正極へのリン添加により抵抗低減し、目標出力における電池動作を確認した。サイクル寿命は、100 サイクルまで急激な劣化がないことを確認し、電解液濃度改良、添加剤による劣化抑制を確認した。また環境性、車両環境への適応、安全性、問題は認められなかった。充電性については、6 時間以下での充電を確認した。</p> <table border="1" data-bbox="416 1301 1447 1451"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>154 件</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願」137 件（うち国際出願 52 件）</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 （プレス発表等）</td> <td>「学会発表」691 件 「プレス発表」15 件</td> </tr> </table>	投稿論文	154 件	特許	「出願」137 件（うち国際出願 52 件）	その他の外部発表 （プレス発表等）	「学会発表」691 件 「プレス発表」15 件
投稿論文	154 件						
特許	「出願」137 件（うち国際出願 52 件）						
その他の外部発表 （プレス発表等）	「学会発表」691 件 「プレス発表」15 件						
<p>4. 実用化・事業化の見通し及び取組について</p>	<p>4. 1 実用化に向けた戦略</p> <p>実用的な EV が市販されると考えられる 2030 年頃に、本事業で開発された基盤技術が利活用されるためには、本事業終了後も本事業で得られた成果を活用した研究開発を継続することが重要となる。まず、第 1 のシナリオ（シナリオ 1）においては、実用化に向け積み残された課題が無い、あるいは少ない蓄電池タイプについては、企業中心の開発体制（自動車-蓄電池-材料メーカーによる垂直連携体制）を構築し、量産プロトタイプセル（大型セル）の開発ステージに移行していく。第 2 のシナリオ（シナリオ 2）においては、期待どおりの性能ポテンシャルが引き出せていない蓄電池タイプについては、引き続き、産学連携の開発体制で、材料改良と実証セルの開発ステージを継続する。</p> <p>カチオン移動型電池については、本事業終了後はシナリオ 1 に沿って進め、アニオン移動型電池については、シナリオ 2 に沿って進めることとした。</p> <p>4. 2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組</p> <p>本事業における革新型蓄電池に係る成果の実用化の担い手は、本事業に参画している自動車メーカー及び蓄電池メーカーであるため、本事業の成果をどのような形で移管していくのかを検討した。特に 2019 年度以降は、各企業のキーパーソンが出席する「マネジメント会議」を</p>						

新設し、要素技術のフルセル適用を中心に、四半期毎の頻度にて議論した。その結果として、各革新型蓄電池の可能性をより正確に把握することができた。それらを踏まえ、「技術戦略」を策定。後継事業において、継続して研究開発する革新型蓄電池を選定した。

また本事業で開発中の解析プラットフォーム（技術・装置）は世界最高・最先端のレベルにあり、革新型蓄電池の実用化を手戻り無く進めるための強力なツールとして、企業及びその企業と連携するアカデミアによる活用が期待できる。事業終了後における解析プラットフォームの運用体制、運営（コスト負担を含む）・情報管理のルールについて本事業の関係者で議論を深め、コンセンサスを得た。本事業終了後は、蓄電池に関わる解析技術の維持・管理・開発を、蓄電池の課題毎に受益者が負担するコンソーシアム方式を検討している。

#### 4. 3 成果の実用化の見通し

アニオン移動型電池の実用化検討にあたっては、後継事業として「電気自動車用革新型蓄電池開発」（2021年度から2025年度までの5年間）を立案した。後継事業においては、以下に示す5つの車載バッテリーの基本要件全てについて、現行の液系LIBを凌駕する革新型蓄電池を搭載したEV・PHEVを我が国自動車メーカーが世界に先駆け、グローバルに市場投入することにより、運輸部門におけるCO<sub>2</sub>排出量削減に貢献するとともに、我が国の自動車・蓄電池関連産業の競争力を維持・向上することをねらいとした研究開発を実施する。

- ・ 高エネルギー密度
- ・ 高耐久・長寿命
- ・ 発火リスク無し又は極少
- ・ 構成材料が安価（加えて、原材料調達リスクが無い）
- ・ 製造プロセスがシンプル（加えて、タクトタイムが短い）

後継事業の推進にあたっては、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、車載バッテリー及びその構成材料の開発・製品化で豊富な実績を有する蓄電池メーカー及び材料メーカー、さらにはエンドユーザーとなる自動車メーカーで構成される産学連携・企業間連携のコンソーシアム体制を構築する。そして、NEDOがこれらプレーヤーの英知を事業内で好循環させるマネジメントを行い、電極・電解質等の材料開発～電池設計～電池試作～評価解析までの共通基盤技術を一貫通貫で構築することにより、革新的車載バッテリーの実用化を実現する技術的ブレークスルーを獲得する。

本事業の波及効果としては、以下があげられる。

##### (1) オープンイノベーションの推進

集中拠点においては、自動車・蓄電池メーカーの出向・出張研究員が競合・売買関係等の垣根を取り払い、協働で研究開発に取り組んだ。これにより、「科学者（アカデミア）とエンジニア（産業界）の交流」及び「蓄電池研究者と解析研究者の交流」を実現した。ニーズ・シーズの好循環や幅広い知・人材の交流が図られており、これまで垂直連携を基本として展開されてきた我が国の蓄電池の研究開発において、オープンイノベーションを推進した。

##### (2) 人材育成

本事業を経験した「蓄電池エンジニア」は、本事業を経験することにより、「サイエンスを理解する蓄電池エンジニア」へレベルアップした。このように多面的な能力を得た人材は、本事業の後継事業において引き続き活躍すると期待される。加えて、後継事業には含まれない様々な電池の発展にも貢献することが期待される。

##### (3) 低炭素化社会の構築

EV・PHEVおよびFCVの車載蓄電池は、車両運用時における低炭素化に大きく貢献する。のみならず、車載蓄電池から系統へ電力供給することにより、効率的なエネルギー運用へ貢献することもできる。つまり、蓄電池はモビリティの電動化と再生可能エネルギーの主力電源化に向けたキーテクノロジーであり、本プロジェクトで創出される革新型蓄電池は、低炭素なエネルギーネットワークの構築に貢献する。本プロジェクト参画企業は車載用蓄電池以外の分野でもビジネスを展開しており、本プロジェクトの成果は様々な分野の世界市場に展開することができる。

5. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 28 年 1 月 作成
	変更履歴	平成 30 年 5 月 改訂 プロジェクトマネージャーの変更に伴う改訂