

# 「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

# 発表内容

## 評価軸の中項目

## ポイント、内容

### 1. 事業の位置づけ・必要性

- (1) 事業目的の妥当性
- (2) NEDOの事業としての妥当性

- ・内外の技術動向
- ・国際競争力の状況
- ・エネルギー需給動向
- ・市場動向及び政策動向
- ・NEDOが関与する必要性
- ・実施の効果

### 2. 研究開発マネジメント

- (1) 研究開発目標の妥当性
- (2) 研究開発計画の妥当性
- (3) 研究開発の実施体制の妥当性
- (4) 研究開発の進捗管理の妥当性
- (5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・技術動向、市場動向を踏まえた目標設定
- ・スケジュール及び研究開発費
- ・実施者の技術力と事業化能力
- ・進捗把握と情勢変化への対応
- ・知的財産戦略

### 3. 研究開発成果

- (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2) 成果の普及
- (3) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・最終目標の達成度
- ・研究開発成果の意義
- ・論文等の対外発表
- ・成果の普及の取組
- ・知的財産権の出願実績

### 4. 実用化・事業化に向けた取組及び見通し

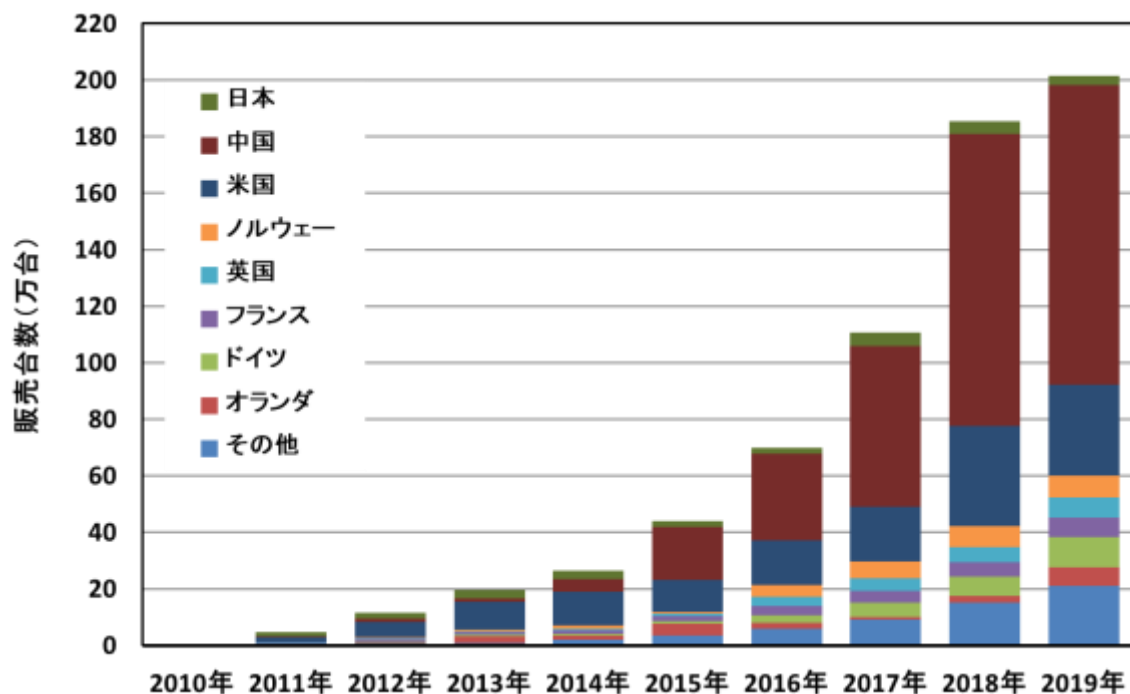
- (1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組
- (3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・実用化・事業化戦略
- ・実用化・事業化の計画及びマイルストーン
- ・実用化・事業化の見通し

# 1. 事業の位置づけ・必要性

# 主要国のEV・PHEV普及施策

- 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、1年間で約200万台増加した。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。



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。

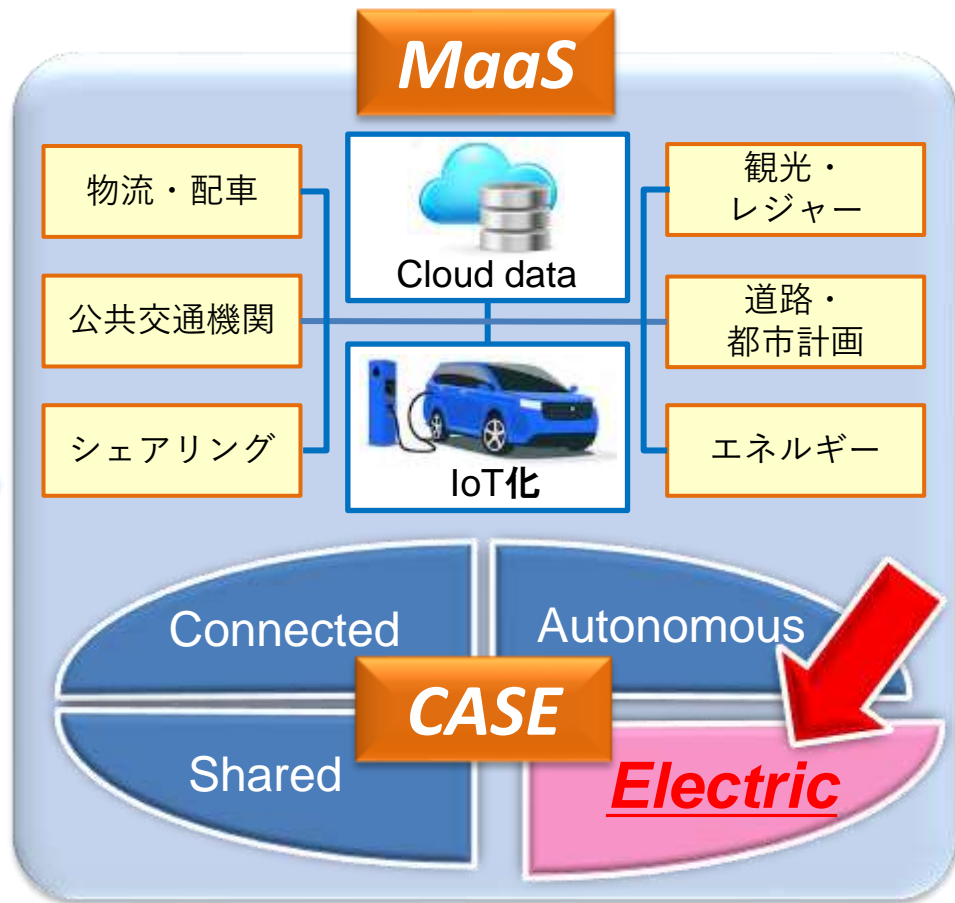
## ● 中国: NEV(New Energy Vehicle)規制

- ・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。

# 将来のモビリティとOEMの動向

グローバルOEM各社は、様々なユーザーの生活スタイルに対応しつつ、地球温暖化を抑制する“MaaS”や“CASE”といった新たなモビリティを開拓する中、長期の経営戦略を公表済み。その戦略の基軸となるのが“電動化”。

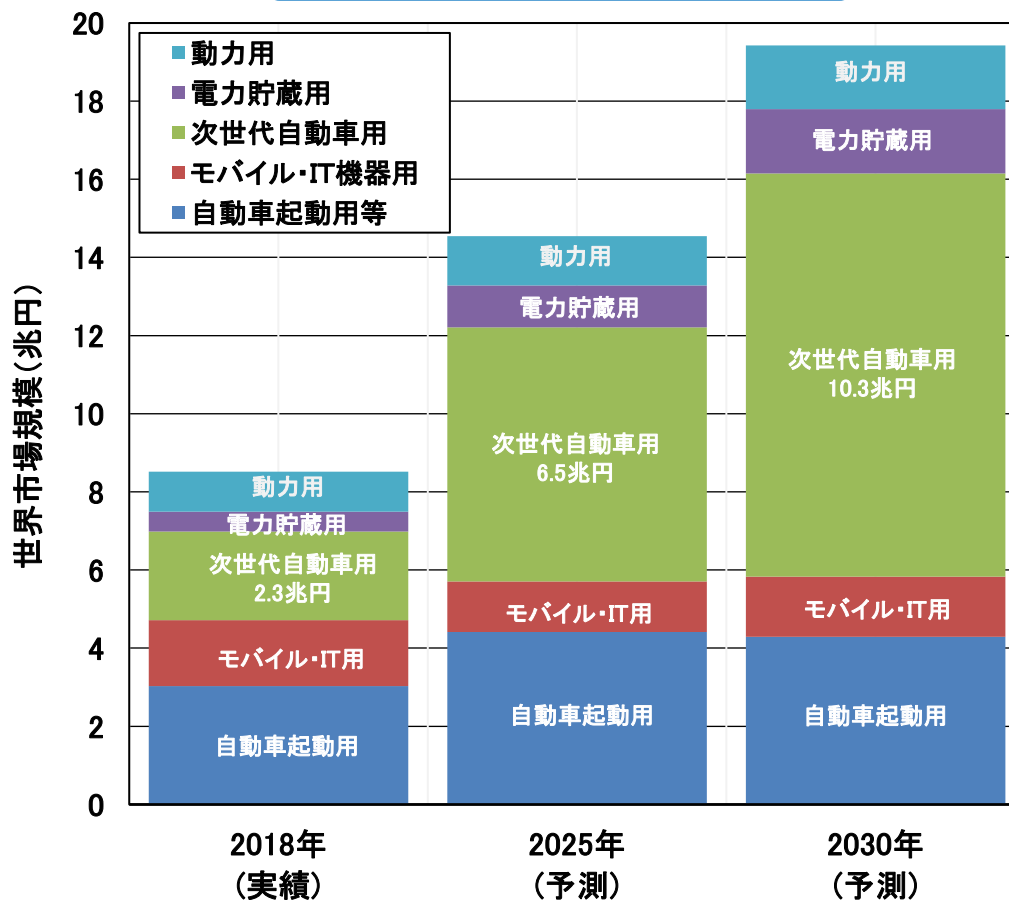
→電池に求められる性能は更に高まる方向



# 蓄電池の市場動向

- 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用が最大で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



# 上位施策・制度への寄与

## 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。



# NEDOの蓄電技術開発プロジェクト

1992-1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
H4-H11fy	H12fy	H13fy	H14fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	R1fy	R2fy	R3fy	R4fy

**定置用・車載用  
リチウムイオン電池**

➢ 1MW System  
50-200 Wh/kg  
40,000 JPY/kWh

## 定置用蓄電システム

**系統連系円滑化  
蓄電システム技術開発  
(H18-22fy)**

**安全・低コスト大規模  
蓄電システム技術開発  
(H23-27fy)**

➢ Time-sift System  
20 years  
20,000 JPY/kWh

➢ Frequency-cont. System  
20 years  
70,000 JPY/kWh



ニューサンシャイン計画  
**分散型電池  
電力貯蔵技術開発  
- LIBES -  
(H4-13fy)**

➢ 2-3kW Module  
120-150 Wh/kg  
240-300 Wh/L  
400 W/kg

## 車載用リチウムイオン電池

**燃料電池自動車等用  
リチウム電池技術開発  
(H14-18fy)**

**次世代自動車用高性能  
蓄電システム技術開発  
(H19-23fy)**

**リチウムイオン電池  
応用・実用化先端技術開発  
(H24-28fy)**

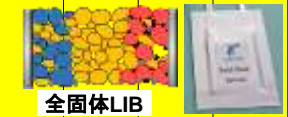
➢ EV-Pack  
250 Wh/kg  
1,500 W/kg  
20,000 JPY/kWh

➢ PHEV-Pack  
200 Wh/kg  
2,500 W/kg  
20,000 JPY/kWh



## 蓄電池材料評価技術

**次世代蓄電池材料  
評価技術開発 (H22-26fy)**



**先進・革新蓄電池  
材料評価技術開発  
第1期 (H25-29fy)**

**先進・革新蓄電池  
材料評価技術開発  
第2期 (H30-34fy)**

## 革新型蓄電池 (ポスト・リチウムイオン電池)

**革新型蓄電池  
先端科学基礎研究事業  
RISING (H21-27fy)**

**革新型蓄電池  
実用化促進基盤技術開発  
RISING2 (H28-R2fy)**

**RISING3  
(R3-)**

➢ Lab-Cell  
300 Wh/kg  
Anticipated  
500 Wh/kg@2030



放射光BL 中性子BL 亜鉛空気電池 硫化物電池

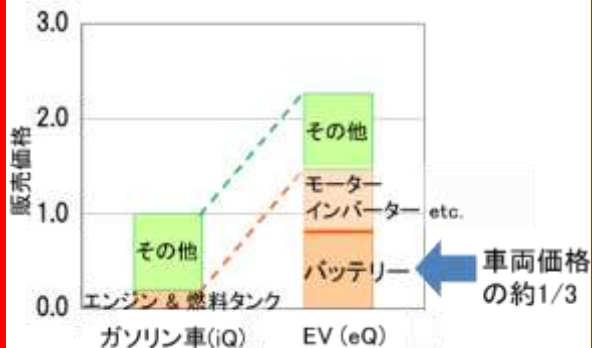
➢ Prototype-Cell  
500 Wh/kg  
Safety  
Cycleability etc.

**プロジェクト  
の開発目標**



# 現行リチウムイオン電池の課題

## 高価



【全国体】冷却レスでのコストダウン

【革新】安価な材料を使用しコストダウン

## エネルギー密度不足

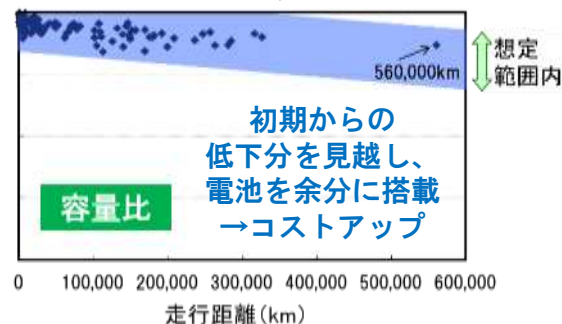


【全国体】冷却不要→電池パックのエネ密アップ

【革新】全国体よりもさらにエネ密アップ

## 経年劣化 (容量・出力低下)

HEV・PHEV131台の実証データ



【全国体】高温時でも高寿命

## 発煙・発火

液系LIBではあらゆる環境で発火・発煙レスは困難



EVの例



EVバスの例

【全国体】固体電解質は難燃性

【革新】全国体よりも燃えにくい材料を使用

## 充電時間長

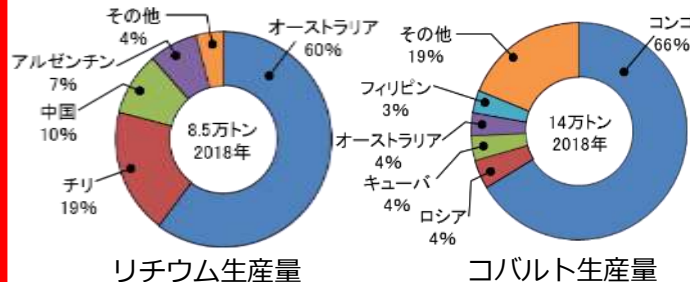
急速充電器でも80%充電まで30~60分程度かかる



【全国体】6C (10分) 充電可能

## 電池材料の資源制約

液系LIBで使用されるリチウム、コバルトは採掘可能な地域に偏りがあり、EV大量普及時には高騰の可能性。



【革新】資源制約を受けない材料を使用

EV・PHEV大量普及に  
貢献するバッテリー

販売価格を低減し、  
且つ利便性を向上。

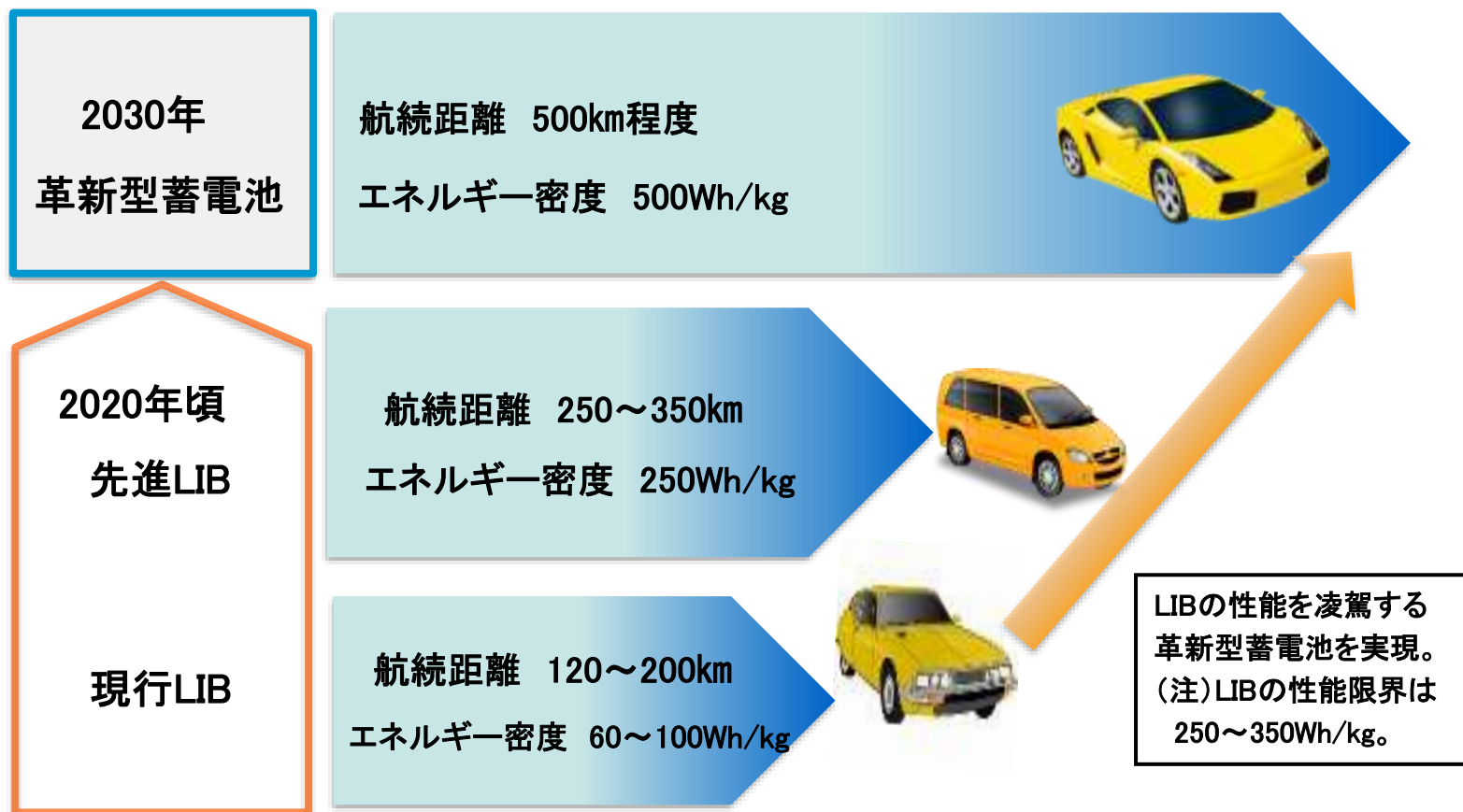
購入ハードルを下げ、  
“世界で売れて儲かる”  
EV・PHEVの実現。

## 要件

1. 高エネルギー密度  
(航続距離長、電池パック軽量化)
2. 高耐久・長寿命
3. 発火リスクが無いか極少
4. 構成材料が安価  
(加えて、原材料供給リスクが無い)
5. 製造プロセスがシンプル  
(加えて、タクトタイムが短い)

全ての要件について現行LIBを  
凌駕する必要。

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

- 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

## 中長期的な技術シフトのイメージ

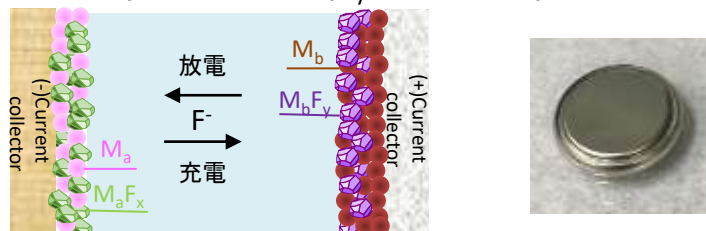
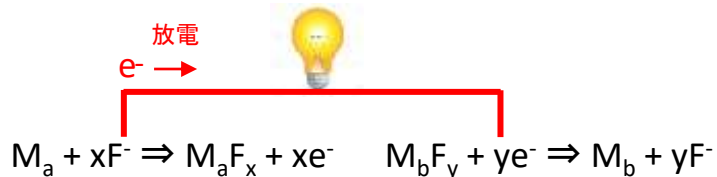


# プロジェクトで開発された革新型蓄電池

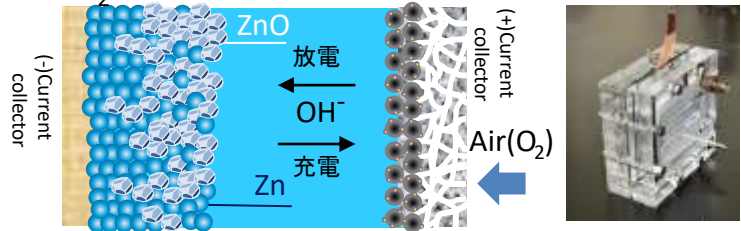
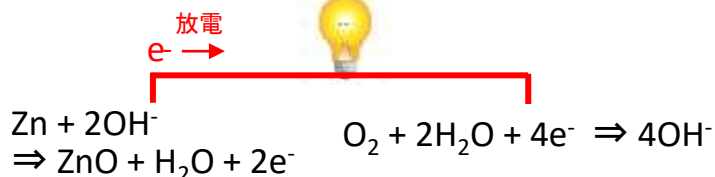
[研究開発項目② 革新型蓄電池開発]

## アニオン移動型 (京大拠点)

### フッ化物電池

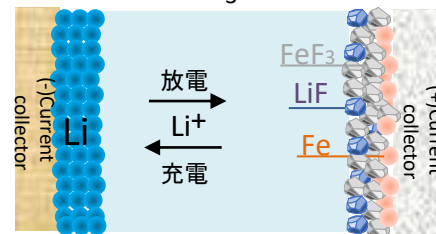
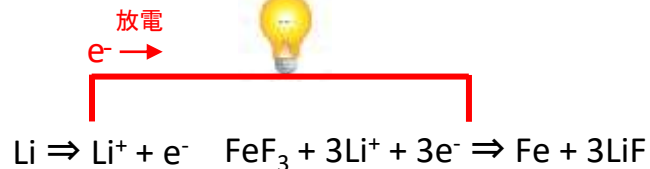


### 亜鉛空気電池

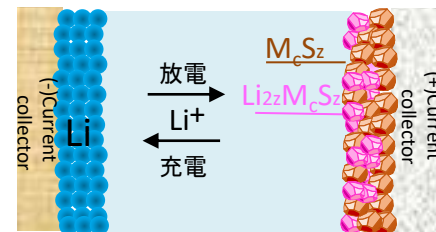
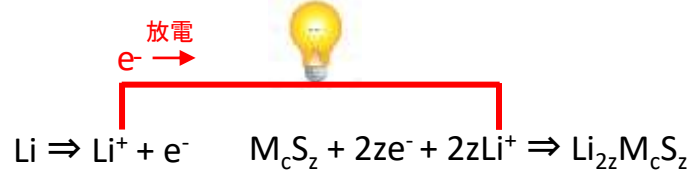


## カチオン移動型 (産総研拠点)

### コンバージョン電池



### 硫化物電池



# 革新型蓄電池の特長

## フッ化物電池

- 1価のF<sup>-</sup>イオンの移動で反応進行(多価イオンの移動不要)
- 密閉系電池として最高の理論体積エネルギー密度
- 異常時にも酸素を放出しないため高い安全性
- 新規概念のため海外も含めて研究成果の報告例や障害となる特許は無い。Open-Closeの知財戦略、標準化と特許権との組合せによりビジネス段階での優位性の構築に最適。

## コンバージョン電池

- FeF<sub>3</sub>, FeOF, FeS<sub>2</sub>等を正極活物質に用いると、1電子反応分のLiがインサージョン(放電)した組成から、更に2電子又は3電子反応分、Liとのコンバージョン反応による放電が可能であり、トータルで3電子又は4電子反応となり、高容量が期待できる
- 密閉系電池としてはLi-S電池に次いで高い重量理論エネルギー密度
- 異常時にも酸素を放出しないため高い安全性

## 亜鉛空気電池

- OH<sup>-</sup>イオンの移動を利用し、酸素を活物質として利用
- 水系電池としてエネルギー密度は最高レベル
- 水系ゆえに燃焼の危険性が無い
- 低コスト材料で構成可能
- 研究開発の歴史が古く、研究報告例が多いが、超高エネルギー密度電池としての取組みは少ない。特許総数は多いが、期限切れが多く、ビジネス段階で障害となる特許は無い。

## 硫化物電池

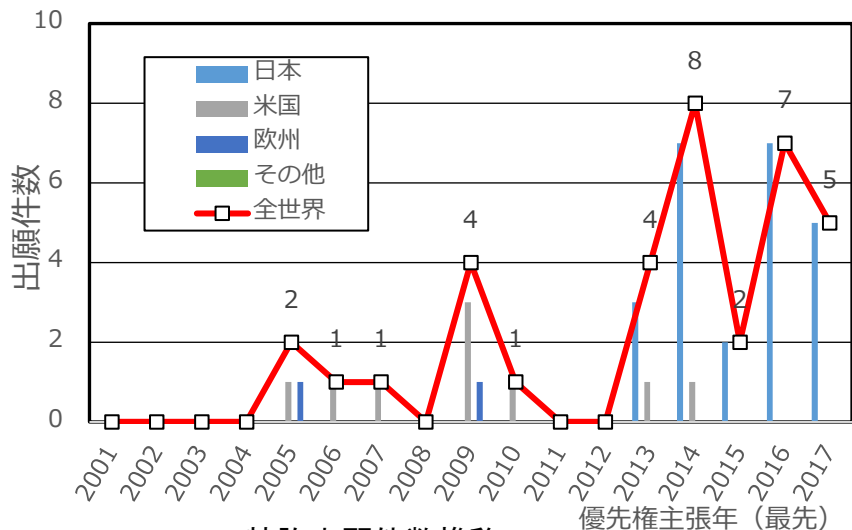
- 主にLi<sup>+</sup>イオンの移動で反応進行
- 資源量が豊富で高エネルギー密度の硫黄を正極に利用
- 研究開発の歴史は古いが、硫黄の溶出が課題となつて実用化に至っていない
- 硫黄の溶出を抑制し、同時にエネルギー密度・出力等のバランスを取れる金属多硫化物の正極材料を開発済みで、基本特許を出願済み



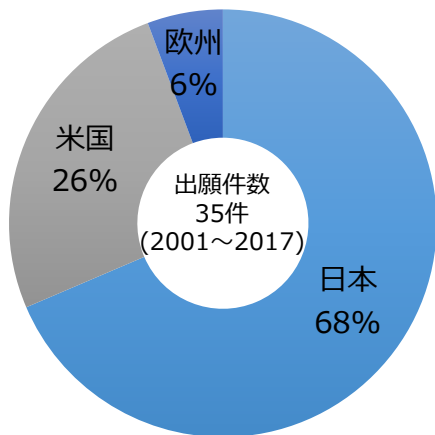
# 革新型蓄電池の特許動向 ～アニオン移動型電池～

## フッ化物電池関連の特許動向

- 2017年までの全出願件数が35件と少ない。出願人国籍別では日本が24件(内、RISING事業20件)と最も多く、米国9件、欧州2件の順。



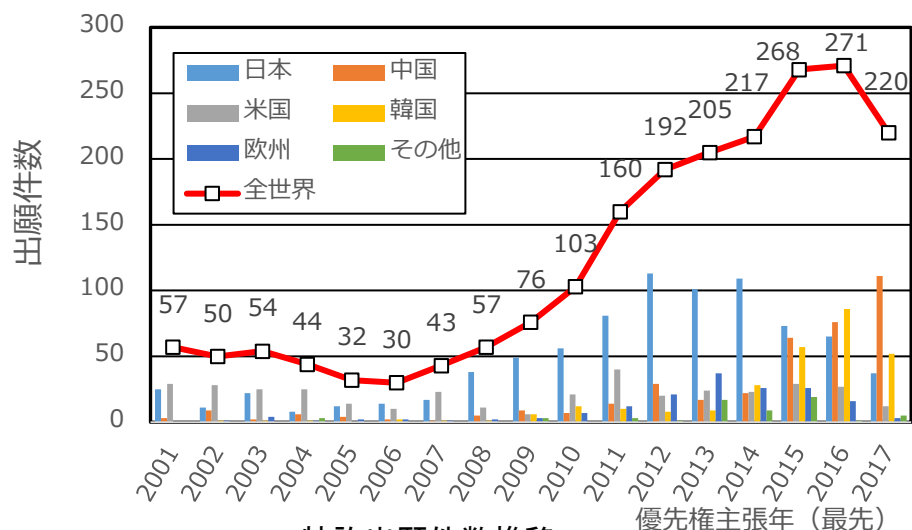
特許出願件数推移



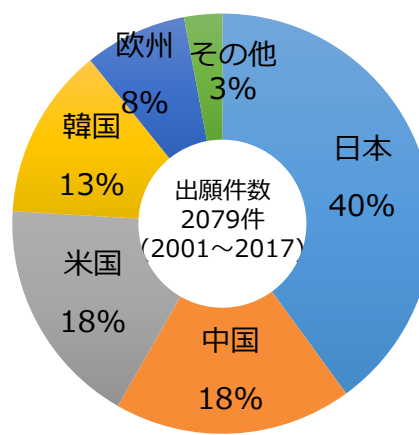
出願人国籍別出願件数の比率

## 亜鉛空気電池の特許動向

- 日本は830件強でトップ。次いで中国、米国、韓国 の順。2015年以降、日本は減少傾向であるが、逆に中国は急増し、2016年以降、日本を追い抜く。



特許出願件数推移



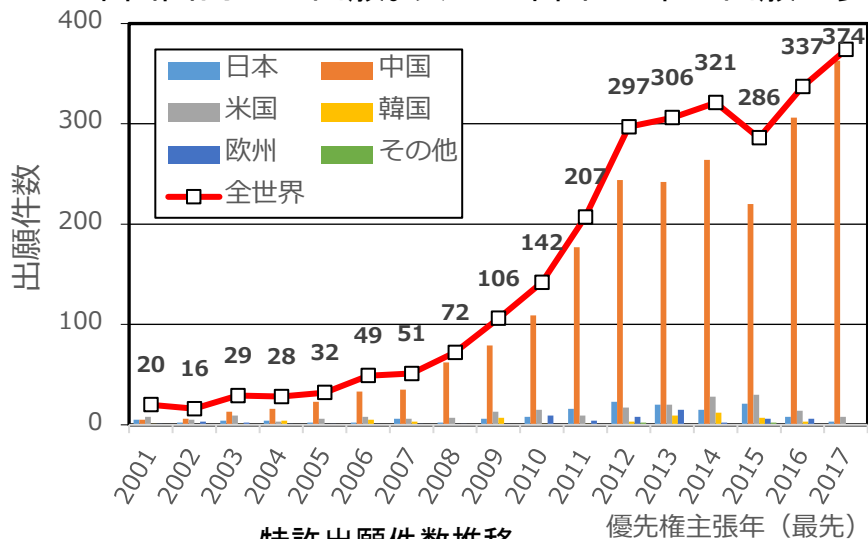
出願人国籍別出願件数の比率



# 革新型蓄電池の特許動向 ～カチオン移動型電池～

## コンバージョン電池関連の特許動向

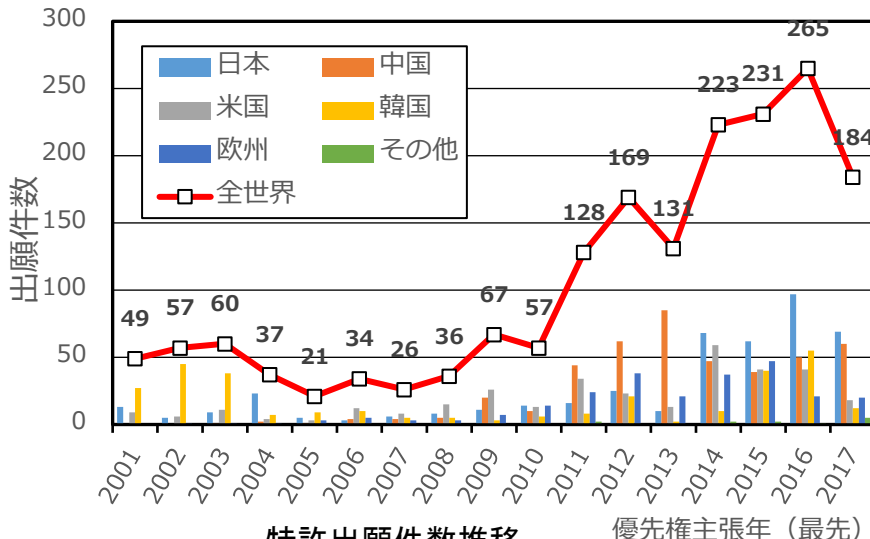
- コンバージョン電池の出願は2010年頃より全体数が増加。中国の出願数が非常に多いが、99%以上が中国国内のみ出願。次いで米国・日本の出願が多い



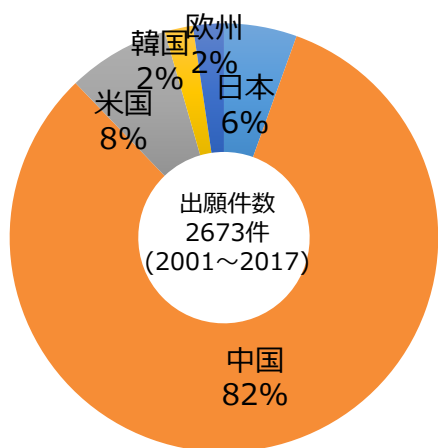
特許出願件数推移

## 硫化物電池関連の特許動向

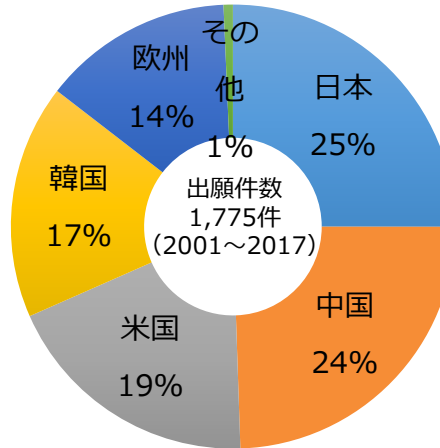
- 2010年頃より全体数が大きく伸長。中国の伸びが大きく、次いで日本・米国が多い。



特許出願件数推移



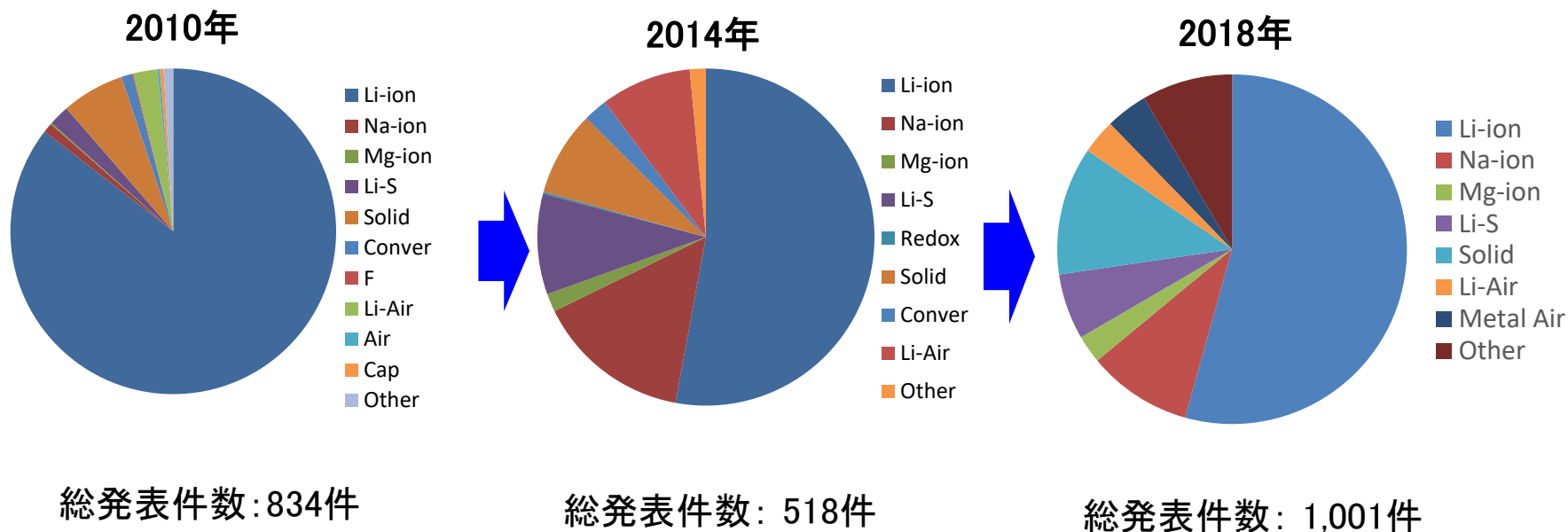
出願人国籍別出願件数の比率



出願人国籍別出願件数の比率

# 革新型蓄電池の学会発表動向

- リチウム電池国際会議(International Meeting on Lithium Batteries: IMLB)における電池タイプ別の発表件数は、2010年はLIBが8割程度を占めるが、2014年はLIB以外の固体電池や革新型蓄電池に関する発表が増加。
- IMLB2018ではLIB以外では全固体電池の発表が目立つが、革新型蓄電池ではNaイオン電池、硫化物電池が多い。



# 日本の国プロで開発されている次世代蓄電池

## NEDO/RISING2

蓄電池種別  
(研究フェーズ)

2020年度末までに実セルでエネルギー密度500Wh/kgを確認する計画。併せて、耐久性・安全性が車載用として課題が無いことも確認。2030年の実用化が目標。

## JST/ALCA-SPRING

蓄電池種別  
(研究フェーズ)

現在のリチウムイオン電池を凌駕する高性能な革新型蓄電池について、基礎研究を実施。全固体電池、リチウム-硫黄電池に加え、従来の考え方に囚われず新しいタイプの電池に取り組む。

## 文部科学省/元素戦略

蓄電池種別  
(研究フェーズ)

リチウムイオン電池以上の性能を、計算科学との協業・汎用元素機能最大化により実現する。高濃度電解液技術の大規模上市、ナトリウムイオン電池の企業移管、水系高電圧電池の特許網構築を実施中。

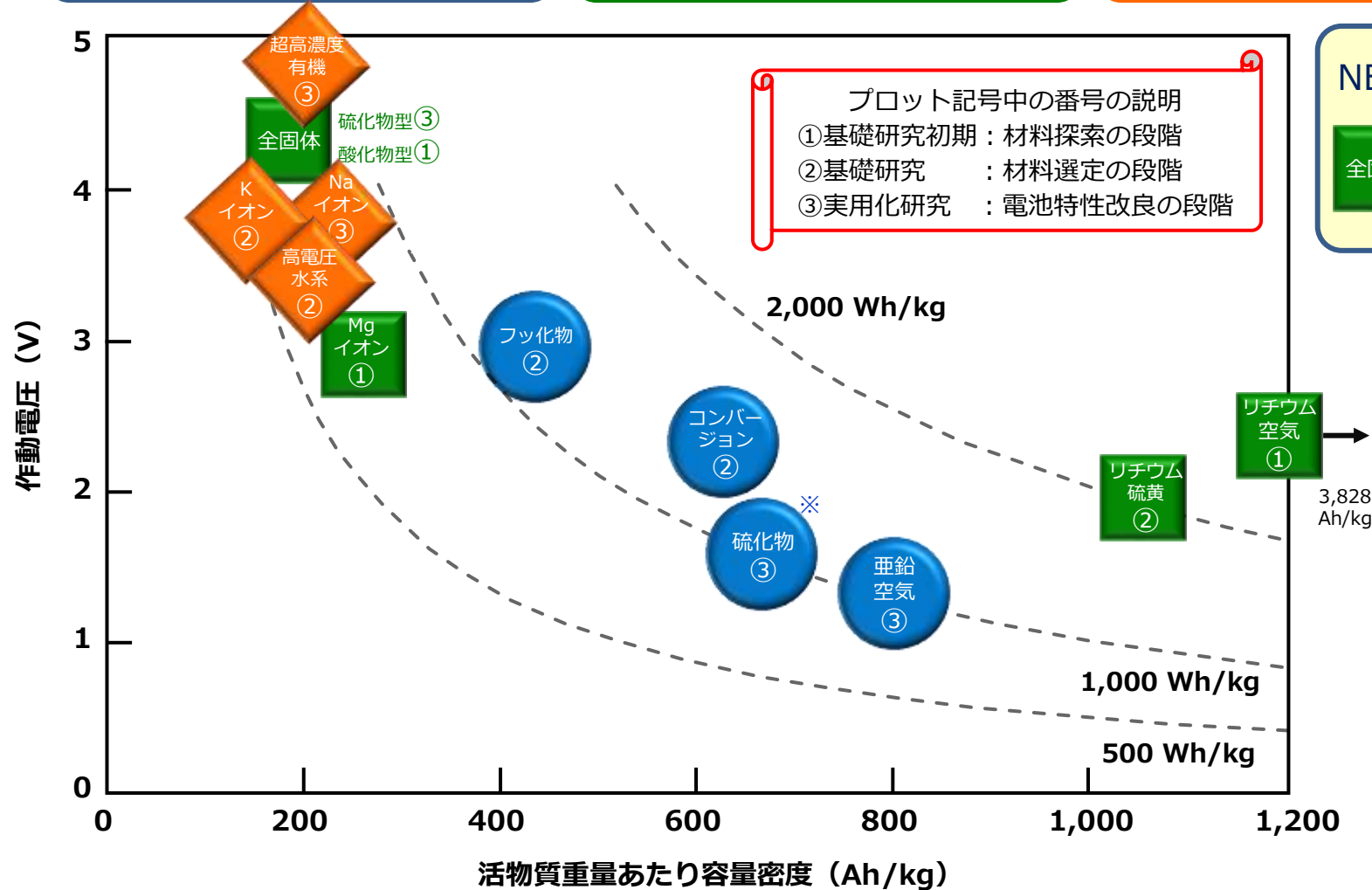
## NEDO/SOLID-EV

全固体

全固体LIBをEV搭載バッテリーとして2025年頃に量産化を目指した共通基盤技術を開発。

【注1】  
「NEDO二次電池技術開発ロードマップ2013」（平成25年8月30日公表）に掲載の図に、NEDO・JSTのプロジェクトで研究開発中の蓄電池の性能（容量密度、作動電圧）をプロット。

【注2】  
電極活物質の理論容量密度と標準電極電位に基づいて算出した理論的なものであり、実際の蓄電池で得られた性能ではない。ただし、※印の付記されたものは、実測ベースの容量密度・作動電圧をプロットしたことを示す。

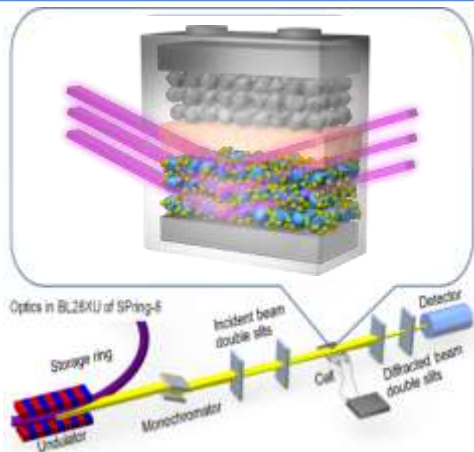


# 高度解析技術の開発と蓄電池開発への活用

[研究開発項目① 高度解析技術開発]

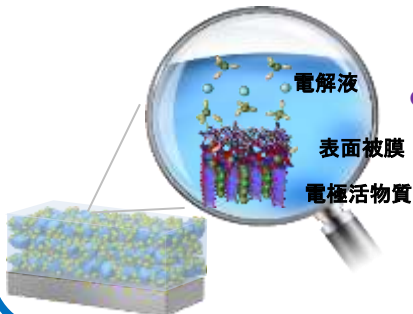
蓄電池の特性を飛躍的に向上させるメカニズム解明のため、更なる**解析技術の高度化**や**新技術の開発**を行う。

## 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。

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

精密充放電装置

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



TEM

構造の間接観察  
放射光・中性子



放射光BL



中性子BL

解析プラットフォーム

計算科学的手法

メカニズム等の理解

分光的手法  
NMR・HAXPES

電池のマクロ解析



NMR

# プロジェクトの推進








- 民間企業のエンジニアが集中研(京大、産総研)に結集し、科学者・研究者と協働。様々な壁(競合・売買関係等)を取り払い、業種を越えた連携・協調体制で推進。プロジェクト内で産のニーズと学のシーズを迅速に循環。
- NEDOマネジメントチームが集中研(京大)に常駐し、現場密着型の研究開発マネジメントを推進。



※数値は2016-2020年度の延べ参加大学・機関・企業数



# 主要国における車載用蓄電池開発の概要

<p>米国</p> 	<p>【エネルギー省(DOE)の自動車技術局(EERE-VTO)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆Advanced Battery Materials Research(BMR)：リチウム硫黄電池, リチウム空気電池等の開発</li> <li>◆Battery500：Pacific Northwest国立研究所が中心となったコンソーシアム型プロジェクトで、次世代LIBとリチウム硫黄電池を開発</li> <li>◆Advanced vehicle technologies research：固体電池の開発(2019年開始)</li> </ul> <p>【科学局(Office of Science)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆JCESR：アルゴンヌ国立研究所の集中研究拠点で、多価イオン電池, リチウム硫黄電池等を開発</li> </ul> <p>【エネルギー先端研究計画局(ARPA-E)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆RANGE：固体電解質, 亜鉛空気電池, リチウム硫黄電池等の開発</li> <li>◆IONCS：固体電解質等の開発</li> </ul>	<p>全固体電池 リチウム硫黄電池 リチウム空気電池 亜鉛空気電池 ナトリウム電池 マグネシウム電池 多価イオン電池</p>
<p>欧州</p>    	<p>【EU】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆欧州グリーンビークル・イニシアティブ(EGVI), Horizon2020等のEU資金で多くのプロジェクトを推進。LIBが多いが、リチウム硫黄電池, リチウム空気電池等の次世代電池のプロジェクトも多数存在。</li> </ul> <p>【ドイツ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆Battery2020：連邦教育研究省(BMBF)主導のプロジェクトで、LIBと次世代電池を開発</li> <li>◆ProZell：バッテリー生産技術の開発</li> <li>◆FestBatt：全固体電池の開発</li> </ul> <p>【フランス】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆「RS2E(Research Network on Electrochemical Energy Storage)」：LIB、次世代電池の研究開発</li> </ul> <p>【イギリス】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆Faraday Battery Challenge：ビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)が設立し、産学連携でLIB, 固体電池, ナトリウムイオン電池を開発</li> </ul>	<p>全固体電池 リチウム硫黄電池 リチウム空気電池 亜鉛空気電池 ナトリウム電池 マグネシウム電池</p>
<p>中国</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆国家重点基礎研究計画/新エネルギー車試行特別プロジェクト：第13次5ヶ年計画の枠組みにおいて、2016年に「国家重点基礎研究計画/新エネルギー車試行特別プロジェクト」を開始。従来の863計画と973計画を統合した形で、LIBと次世代電池の研究開発を推進中。</li> </ul>	<p>全固体電池 リチウム硫黄電池 ナトリウム電池</p>
<p>韓国</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆二次電池競争力強化ロードマップ(2010年)：産業通商資源部・教育科学技術部等が共同で策定し、EV・電力貯蔵用の大型LIBで日本をキャッチアップする研究開発に投資を表明。また、グローバル素材企業を育成し、世界シェア獲得を目指す方針。全固体LIBや次世代電池を取り扱うプログラムも存在。</li> </ul>	<p>全固体電池 リチウム硫黄電池 リチウム空気電池</p>

# 主要国の蓄電池開発プロジェクト — 年度展開 —

● 産学連携・集中拠点型    ● 産学連携

次世代電池

次世代電池/LIB混在

LIB主体

国・地域	プロジェクト	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
日本 	● Li-EAD <b>[NEDO]</b>		LIB, Li-Air, Li-S, Mg-ion, All-Solid															
	● RISING, RISING2 <b>[NEDO]</b>		Zn-Air, Li-MSx, Nano-interface, etc.								Zn-Air, Li-MSx, Nano-interface							
	● LIB応用・実用化 <b>[NEDO]</b>							LIB, All-Solid										
	● SOLiD-EV <b>[NEDO]</b>							LIB, All-Solid				All-Solid						
	● 元素戦略							Na-ion, K-ion										
	● ALCA/SPRING							All-Solid, Li-S, Li-Air, Mg-ion, Li-metal Anode, etc.										
米国 	● Vehicle Technologies Program		LIB				LIB, Li-S, Li-Air, Na-ion, All-Solid											
	● BEEST				Li-Air, Zn-Air, Li-S, Mg-ion, etc.													
	● RANGE						All-Solid, Zn-Air, Li-S, Alkaline, etc.											
	● IONICS										All-solid, Li-metal Anode							
	● JCESR, JCESR2							Li-S, Li-Air, Multi-ion, Redox-flow				Li-S, Li-Air, Multi-ion, Redox-flow						
	● Battery500											Li-metal Anode, Li-S						
EU 	● EUROLIS, HELIOS						Li-S		Li-S									
	● LABOHR					Li-Air												
	● LISSEN					Li-S												
	● NECOBAUT					Fe-Air												
	● STABLE					Li-Air												
	● ALISE, LISA										Li-S		Li-S					
	● ZAS										Zn-Air							
	● HS-GLASSion										All-Solid							
	● Image										All-Solid							
ドイツ 	● Excellent Battery Centers						LIB, Li-S, Li-Air, Mg-ion, etc.											
	● FestBatt										All-Solid							
	● Strom					Li-Air, Zn-Air, Li-S												
	● MEET-HiEnD						LIB, Li-Air, Li-S, Mg-ion											
	● BamoSa						Li-S											
	● Batterie2020										Li-Air, Li-S, Mg-S, All-solid, etc.							
フランス	● RS2E					LIB, Li-Air, Li-S, Na-ion, Redox-flow, etc.												
イギリス	● Faraday Battery Challenge										LIB, All-Solid, Li-S, Na-ion							
中国	● 973計画					Li-Air, Li-S, etc.												
	● 国家重点研究開発計画									LIB, Li-Air, Li-S, All-Solid, etc.								
韓国	● 気候変化対応コア技術開発									Li-Air, Li-S, All-solid etc.								



# 米国における革新型蓄電池の開発状況

- DOEの各部局が様々な革新型蓄電池(リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、亜鉛空気電池、多価イオン電池等)を開発中。2019年、VTOは新たに次世代車載技術開発に3年間で\$59Mの予算を投下し、産学で固体電池の材料開発、電極・電解質界面の解析・モデリングに着手。

## 先端研究計画局(ARPA-E)の革新型蓄電池関連プロジェクト

略称	期間	概要	予算	開発ターゲット
RANGE	2013～2017	車載用蓄電池および電池システムのロバスト性向上によるコンパクト化と低コスト化	\$38M (42億円)	先進LIB, 全固体LIB, <b>リチウム硫黄電池, 多価イオン電池, 亜鉛空気電池</b>
IONICS	2016～2020	車載用蓄電池、グリッド用蓄電池、及び燃料電池用イオン伝導性材料開発	\$37M (41億円)	リチウムイオン伝導性材料, <b>リチウム金属負極</b> , ポリマー複合正極, 固体電解質の瞬間焼結法等の製造プロセス

## 自動車技術局(VTO)の革新型蓄電池関連プロジェクト

略称	期間	概要	予算	開発ターゲット
BMR	2015～	LIB、革新型蓄電池の新材料開発、劣化解析、モデリング	\$24M (26億円、2019年)	<b>金属リチウム負極, リチウム硫黄電池, リチウム空気電池, ナトリウムイオン電池</b>
Battery 500	2016～2021	500Wh/kg、1000サイクル	\$50M (55億円)	金属リチウム負極を適用した先進LIB, <b>リチウム硫黄電池</b>
-	2019～2021	次世代車載技術(固体電池、モーター・エンジン、モビリティシステム等)	\$59M (65億円)	<b>固体電解質材料</b> (硫化物、ガラス状、ポリマー)、電極・電解質界面の解析

## 科学局(Office of Science)の革新型蓄電池関連プロジェクト

略称	期間	概要	予算	開発ターゲット
JCESR	2012～2023	エネルギー密度5倍、コスト1/5	\$245M (270億)	<b>リチウム硫黄電池, リチウム空気電池, 多価カチオン電池</b>

# 欧州における革新型蓄電池の開発状況

- 欧州官民パートナーシップ「グリーンビークル・イニシアティブ(EGVI)」やHorizon2020の枠組みで、リチウム硫黄電池、金属空気電池、多価イオン電池を開発中。

## 車載用革新型蓄電池の開発プロジェクト

プロジェクト	内容	目標値	予算	参加機関	
リチウム硫黄電池	ALISE (2015～2019)	電極、電解質材料の開発、セル・パックの信頼性評価, LCA評価	エネルギー密度:500Wh/kg	€6.9M (8.3億円)	Fraunhofer(独)、DARAMIC(仏)等, 11企業, 5大学・研究所
	HELIS (2015～2019)	リチウム硫黄電池のパイロット試作と電池特性評価	コスト:€150/kWh以下 エネルギー密度:500Wh/kg	€8M (9.6億円)	PSA(仏), SAFT(仏)等 4企業, 9大学・研究所
	LISA (2019～2022)	レート特性, 体積エネルギー密度, 寿命特性の改善	高エネルギー密度、高安全の20Ah級セル	€7.9M (9.5億円)	Renault(仏), Varta(独)等9企業, 3大学・研究所
金属空気電池	STABLE (2012-2015)	Li空気電池の空気極の改良と正極表面及び触媒の改良	容量:2,000mAh/g サイクル寿命:100～150回	€3.4M (4.1億円)	Politecnico di Torino(伊), SWEAR IVF(スウェーデン)等 1企業, 8大学・研究所
	NECOBAUT (2012～2015)	炭化鉄/ペロブスカイト構造体の開発による鉄空気セルを開発し、電極面積も拡大化	エネルギー密度:400Wh/kg サイクル寿命:3,000回 コスト:€100/kWh	€3.1M (3.7億円)	Saft Batterias(スペイン)等 5企業, 3大学・研究所
	ZAS (2015～2018)	定置用の亜鉛空気電池のセル・モジュール開発	エネルギー密度:160Wh/kg サイクル寿命:1,000回 コスト:300€/Wh	€6.6M (7.9億円)	Varta Microbattery(独)等7企業, 2大学・研究所
多価イオン電池	NAIADES (2015～2018)	ナトリウムイオン電池の実証試験	1kWモジュールシステム	€6.5M (7.8億円)	Saft(仏)等9企業
	ALION (2015～2019)	定置用のアルミニウムイオン電池, 48Vモジュールの開発	エネルギー密度:400Wh/kg サイクル寿命:3,000回	€7.2M (8.6億円)	Varta Microbattery(独)等11企業, 2大学・研究所

## ドイツ・フランス・イギリスにおける革新型蓄電池の開発状況

- ドイツ、フランス、イギリスはEGVIやHorizon2020とは別に各国で独自の技術開発プロジェクトを推進している。

国	概要
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2012年以降、ミッション志向のトップダウンアプローチで電池セル製造技術等を、ボトムアップアプローチで異なる概念の革新型蓄電池を取り上げている。</li> <li>✓ 2014年、BMBFはEV用、定置用の電池開発プロジェクト「Battery2020」を立ち上げ。LIB材料・プロセス技術の他、<b>リチウム硫黄電池、全固体リチウム硫黄電池、リチウム空気電池</b>など、24件のプロジェクトに65M EURを拠出。</li> <li>✓ 2018年、ドイツにおける全固体電池技術の開発を目的とし、全固体電池技術クラスタ「FestBatt」を立ち上げ、14の研究機関が参画、予算は16M EUR(2018-2021)。</li> </ul>
フランス	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2011年、高等研究教育省によって産官学の連携促進と新規事業の創出を目的に設置されたRS2E (Research Network on Electrochemical Energy Storage)は、国立科学研究所(CNRS)が中心となり、様々な蓄電池のプロジェクトを推進中。</li> <li>✓ プログラム期間は10年間(2011~2020年)、年間予算は約10M EUR。先進LIB、キャパシター、リサイクル技術や、<b>リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、ナトリウムイオン電池</b>、レドックスフロー電池等の開発を推進中。</li> </ul>
イギリス	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 英政府は産業戦略チャレンジファンド(ISCF)を通じて、蓄電池開発事業「Faraday Battery Challenge」に4年間で246M GBPを投じる計画を進めている。これと併せて2017年にFaraday Institutionを設立し、第一弾として、蓄電池の基礎研究に£42Mを供給する。</li> <li>✓ 電池の性能、コスト、信頼性、リユース・リサイクルに着眼し、固体電池を含む4つのプロジェクトを設定。2019年9月には新たに<b>ナトリウムイオン電池、リチウム硫黄電池</b>のプロジェクトを採択。</li> </ul>

## 中国・韓国における革新型蓄電池の開発状況

- 中国、韓国は政府主導のもと、蓄電池産業基盤の拡大を目指し、LIBや次世代蓄電池の研究開発プロジェクトを積極的に実施している。

国	概要
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 国家重点研究開発計画プログラム/新エネ車試行特別プロジェクトの一環として、中国科学院(CAS)がEV用大容量リチウム電池とリチウム硫黄電池、リチウム空気電池を開発中。</li> <li>✓ 2016年4月、中国・国家発展改革委員会、国家能源局の連名にて、「エネルギー技術革命に向けたイノベーション行動計画(2016-2030年)」が通達された。高度なエネルギー貯蔵技術のイノベーションのカテゴリーで、二次電池については、低コスト、長寿命、安全性の高い全固体リチウムイオン電池の開発、次世代電池(ナトリウムイオン電池、フッ化物イオン電池、塩化物イオン電池、マグネシウムイオン電池等)の開発によって、蓄電技術のブレークスルーを目指すとされている。</li> </ul>
韓国	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2014年7月に策定された気候変化対応コア技術開発戦略に基づき、2020年までにエネルギー密度400Wh/kgを目標とするリチウム硫黄電池、リチウム空気電池、亜鉛空気電池を開発中。この戦略を受けて、群山大学が亜鉛空気電池に適用する多元空気極触媒を、韓国電気研究院が亜鉛空気電池のセル化技術を開発している。</li> <li>✓ 2018年、韓国電気技術研究院(KERI)を中心に韓国生産技術研究院(KEITECH)、韓国科学技(KAIST)、韓国電子部品研究院(KETI)が参画し、電気自動車用次世代リチウム金属二次電池の開発プロジェクトが発足した。2023年までに243億ウォンを投資し、430Wh/kgの高エネルギー密度を持つリチウム金属二次電池を開発する</li> </ul>

- 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 関係者間の利害調整
- ⑤ 蓄電池開発の技術蓄積、マネジメント経験の活用
- ⑥ 国内の蓄電池開発プロジェクト事業間の連携促進、省庁間連携

本プロジェクトはNEDO事業として実施すべきもの。

# NEDOの関与の必要性 ~プロジェクト間の連携~

本プロジェクトにNEDOが関与することで、他のNEDOプロジェクト、文科省/JSTプロジェクトと円滑な連携が図られ、相乗効果を創出することが可能。

## ガバニングボード: 全体戦略の策定

●文科省・経産省で実施している蓄電池事業等に関連する有識者 ●文科省、経産省、関係研究機関

フィードバック

連携会議

文部科学省

次世代蓄電池研究加速プロジェクト (JST)

実用化加速推進チーム

・分析・解析評価  
・リチウム金属負極開発 (特別ユニット)

現在のリチウムイオン電池を凌駕する高性能な次世代蓄電池について基礎研究を実施。

全固体電池

リチウム硫黄電池 次々世代電池

蓄電池基盤プラットフォーム (NIMS、産総研、早大)

元素戦略プロジェクト(文科省)

経済産業省

先進・革新蓄電池材料評価技術開発 (第2期) (NEDO)

電池特性評価技術開発

全固体電池の標準電池モデル仕様書策定と特性評価技術の開発。

試作・評価

文科省プロジェクトからの依頼を受け、全固体電池の試作・評価等を実施。

革新型蓄電池実用化促進基盤技術 (NEDO)

運営会議:

運営・開発・知財方針の承認

(●企業代表者 ●経済産業省、NEDO ●PL)

プロジェクト間連携

リチウム金属負極の反応現象について本事業で培った高度解析技術を活用し解析。

LIBTECの標準電池モデルを解析し、開発技術を検証。同時に高性能化・高耐久化等の課題を浮き彫りにし、対策を提案。

LIBTECからの依頼を受けて、文科省プロジェクトの試作電池や開発材料サンプル等の解析を行う。

革新型蓄電池開発

ガソリン車並みの走行性能を有したEVに搭載する革新型蓄電池(エネルギー密度500Wh/kg)の2030年実用化を目指した共通基盤技術を開発。

両プロジェクトが保有する分析・解析評価技術を活用し、共通的な技術課題の解決に向けた基盤的知見を得る。

連携会議

成果の提供・橋渡し

評価結果フィードバック

連携会議

標準電池モデルの提供

解析結果フィードバック

試作電池の提供

解析結果フィードバック

研究開発に係る情報交換、合同ワークショップの開催、国際連携戦略の共同検討等

本事業の開発成果の産業界への定着により、大きなCO2ガス削減効果と経済活性化効果が期待できる。

## CO2削減効果

- 年間CO2削減量はEVが1.49トン/台、PHEVが1.43トン/台  
(Well to WheelのNEDO試算値)
- 2030年代の乗用車保有台数を6,200万台、そのうち30%をEV・PHEVとして、2,715万吨/年のCO2が削減可能。  
(EVとPHEVの比率を1:1とする。)

## 経済活性化効果

- 2030年代の国内生産EV・PHEVの売上：年間4.9兆円  
「国内乗用車生産台数」×「販売比率」×「乗用車平均価格」  
= 798万台 × 30% × 200万円/台 = 4.8兆円/年
- 電池パックの売上：年間7,300億円  
「国内乗用車生産台数」×「販売比率」×「パック容量」×「パックコスト」  
= 798万台 × 30% × 30kWh × 1.0万円/kWh = 0.72兆円/年  
(パック容量をEV 40kWh、PHEV 20kWh、EVとPHEVの販売比率を1:1とする。)
- 2030年代の海外生産EV/PHEVの売上：年間12兆円  
電池パックの売上：年間1.8兆円  
(海外現地生産台数1,997万台を用い、上述の国内の試算方法で算出。)

## 日本の自動車産業の状況@CY2018

- ・国内乗用車保有台数：6,202万台
- ・国内乗用車生産台数：798万台
- ・国内販売：439万台
- ・海外輸出：436万台
- ・海外現地生産台数：1,997万台

## 「自動車産業戦略2014」の目標

次世代自動車の新車販売に占める割合

		2020年	2030年
次世代自動車	従来車	50～80%	30～50%
	HEV	20～30%	30～40%
	PHEV	15～20%	20～30%
	EV		
	FCV	1%	3%
	CDV	5%	5～10%
		20～50%	50～70%



## 2. 研究開発マネジメント

## 本事業の目標

<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。</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。</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: <math>-30\sim 60^{\circ}\text{C}</math>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

## 本事業目標の位置付け

- 電池パックエネルギー密度の目標は主要各国も同様なレベルであるため、早期開発・市場投入が重要
- 中国では電池パックエネルギー密度を低く、サイクル寿命を高く設定する等、電池パックエネルギー密度以外の特性にも注力

国/地域		日本		米国	欧州	韓国	中国
目標の策定機関		NEDO ※1		DOE/VTO ※2	EC ※3	産業通商資源 ※4	科学技術部 ※5
車両タイプ		PHEV	EV	EV	EV	EV	EV・PHEV
電池パックエネルギー密度 (Wh/kg)	2030年	—	500	—	—	400	250
	2030年以降	—	700	500	500	—	300
電池パック出力密度 (W/kg)		2,500	1,500	2,000	—	—	—
コスト (円/kWh)	2030年	—	10,000	—	10,000	—	5,100
カレンダー寿命 (年)		10～15	10～15	15	15	—	12
サイクル寿命 (回)		4,000～6,000	1,000～1,500	1,000	1,500	1,000～2,000	<u>3,000</u>

※1: NEDO (二次電池技術開発ロードマップ2013、先進・革新蓄電池材料評価技術開発(第II期)、革新型蓄電池実用化基盤技術開発)

※2: DOE (Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting (2016)), Battery 500 project)

※3: 欧州委員会(「Set-Plan/Action7/Declaration on Batteries and E-mobility」,「Horizon2020(ALISE)」)

※4: 緑色産業先導型二次電池技術開発、エネルギー技術(R&Dウェアハウス、エネルギー技術ロードマップ2013)等

※5: 节能与新能源汽车技术路线图2.0、中国自動車工程学会(2020.9)

## 本事業の全体スケジュール

- 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

2016年                      2017年                      2018年                      2019年                      2020年                      2025年                      2030年～

### 革新型蓄電池開発

- 車載用蓄電池としての可能性を見通すための、**電池セルの試作・評価と、課題の洗い出し、現象の理解と課題要因の究明**
- 500Wh/kgを検証するための**要素技術**(活物質・電解質・電極等)の確立

- **500Wh/kgの検証**
- **サイクル寿命100回以上検証**
- 安全性、耐久性の見届け
- 電池材料の最適化
- 垂直連携の検討

### 高度解析技術開発

- 車載用蓄電池特性を飛躍的に向上させる電池反応機構解明のための**新たな高度解析技術**の開発
- 革新型蓄電池の課題の効率的かつ加速的解決のための高度解析プラットフォームの整備と活用の仕組みの構築
- リチウムイオン蓄電池への適用による**高度解析技術の検証**

- 革新型蓄電池測定のための**解析技術の高度化**
- 産業ニーズと解析技術のマッチングによる**自立化の仕組みの構築**
- 国際連携の構築

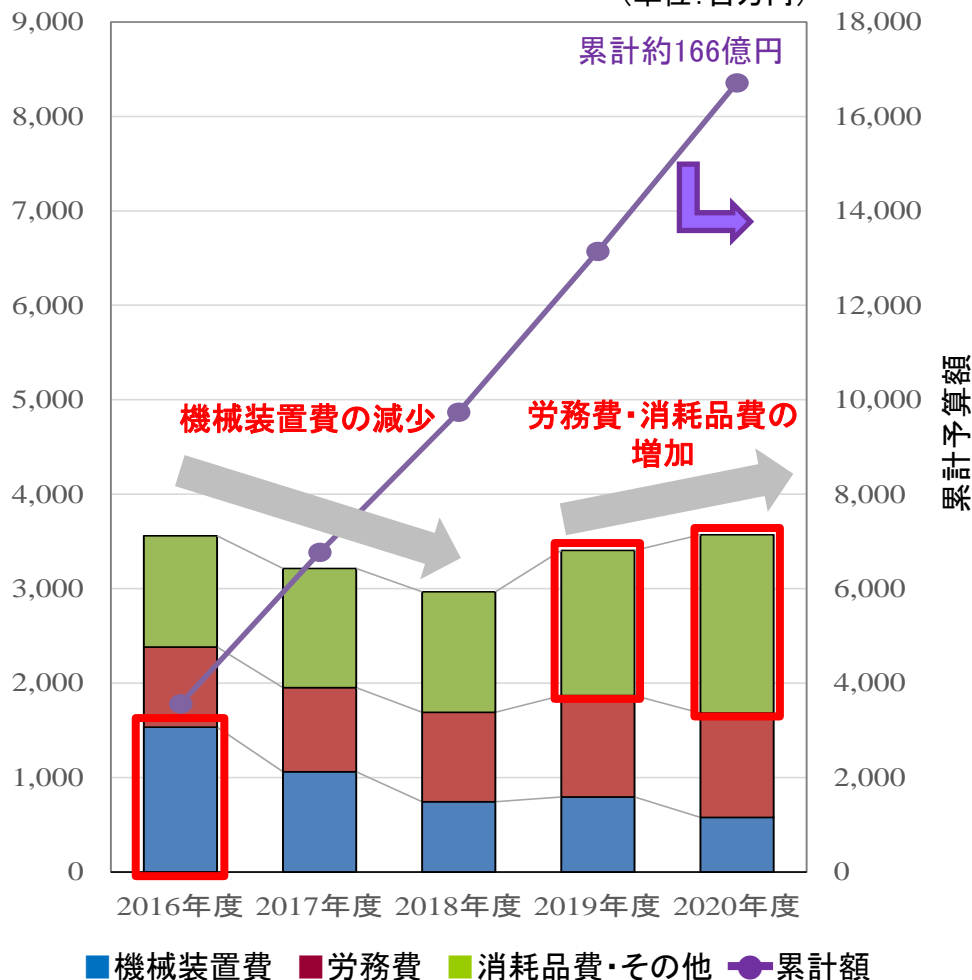
革新型蓄電池の製品化

# 研究開発予算の内訳(経費別)

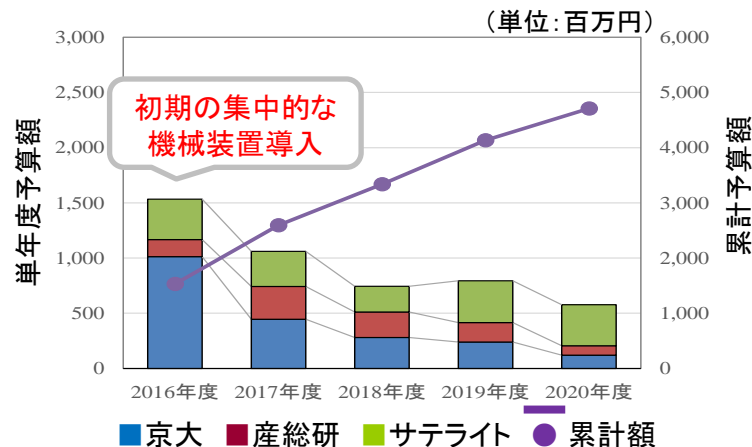
- 2016～2018年度の予算減少はプロジェクト初期に集中的な機械装置導入をしたため
- 2019～2020年度の予算増加はフッ化物電池の研究加速にともなう労務費、消耗品費等増加のため

全体予算

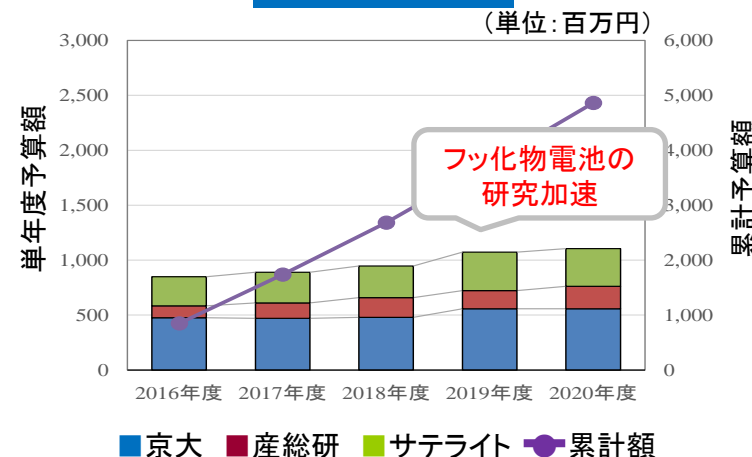
(単位:百万円)



機械装置費



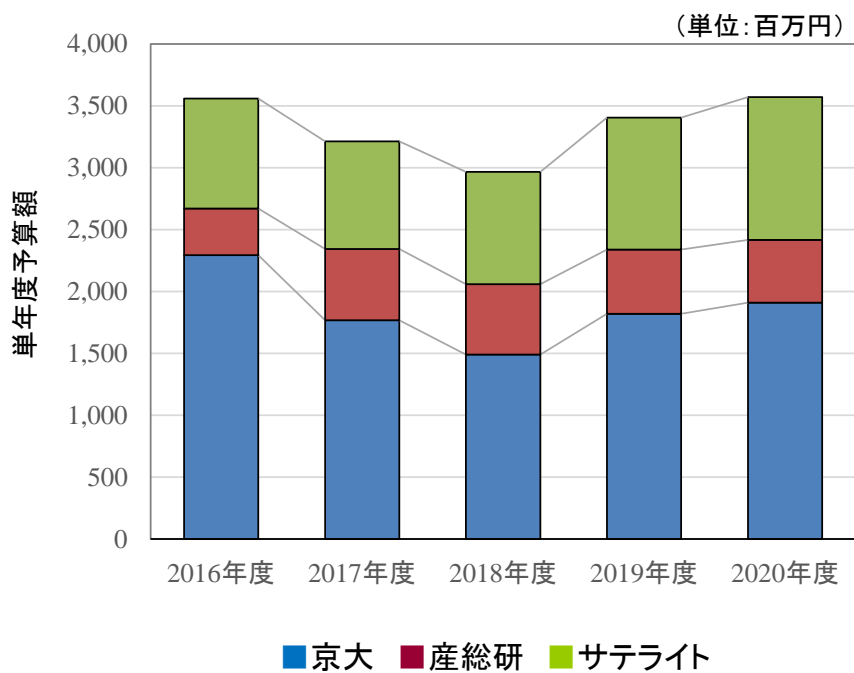
労務費



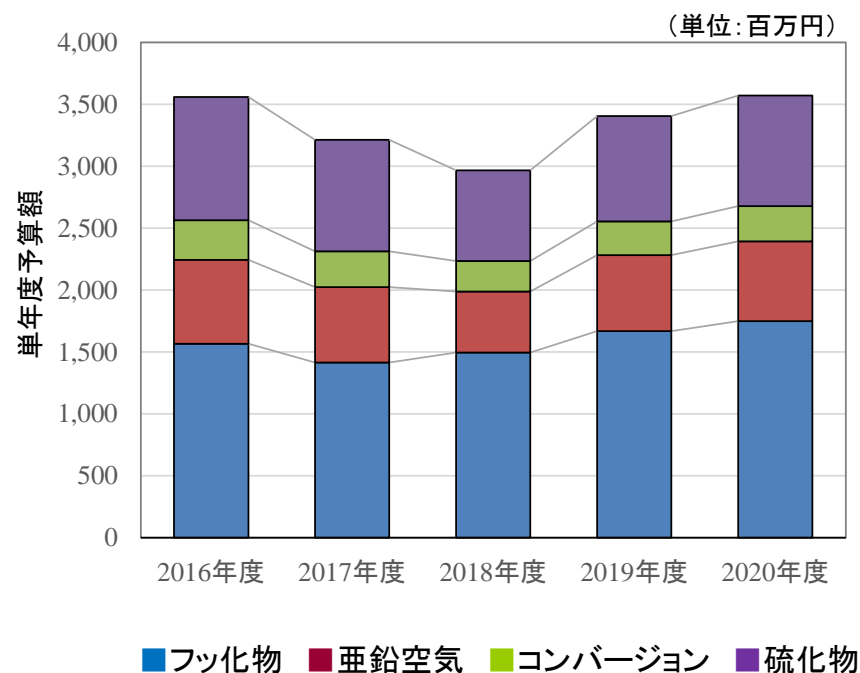
## 研究開発予算の内訳(拠点別・グループ別)

- ▶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年度の間評価後、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

拠点別

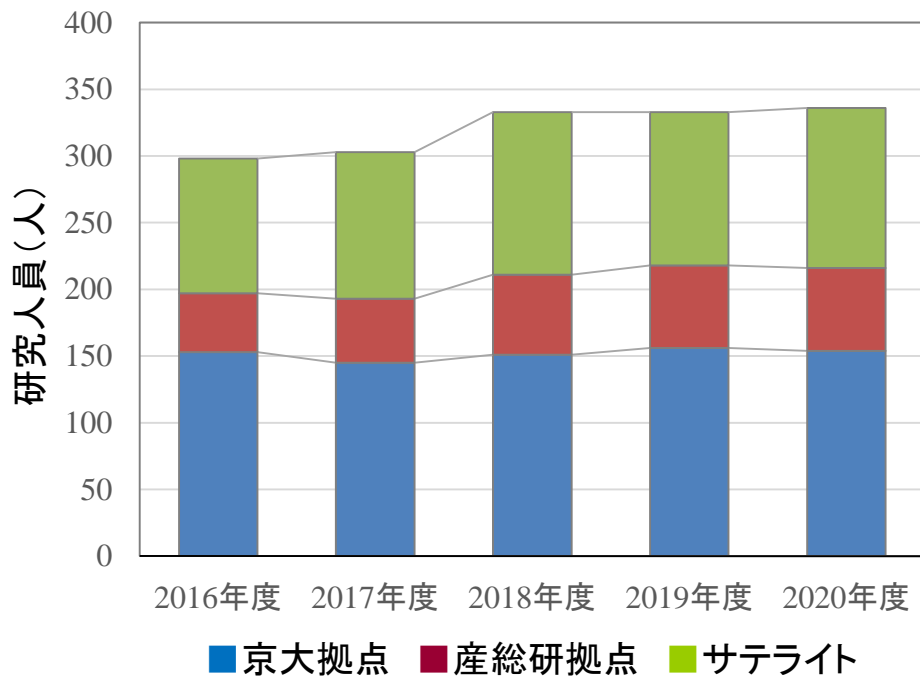


グループ別

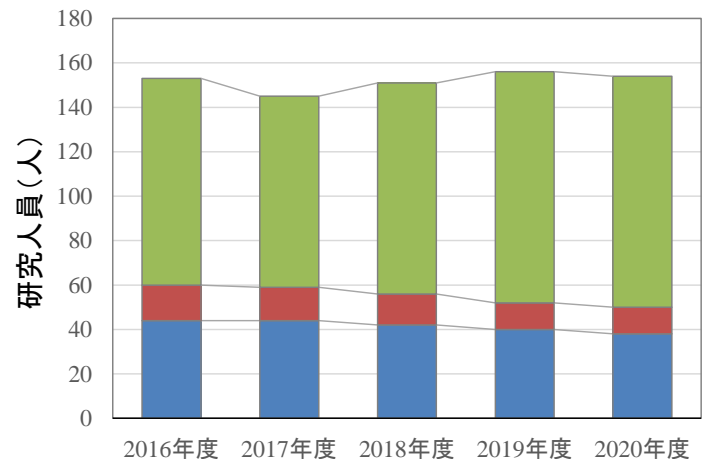


## プロジェクト全体

- 約300名の研究員がプロジェクトに従事、約半数は京大拠点
- 研究開発体制を強化のため2018年度の追加公募を実施、フッ化物電池の研究者20名、産総研拠点の登録研究員10名増員

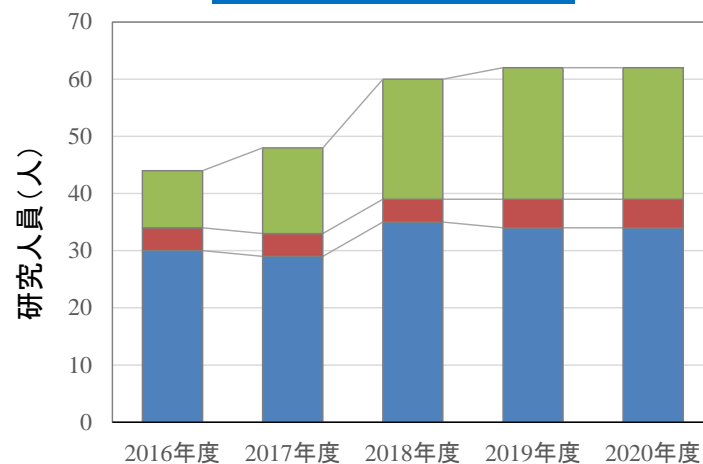


## 京大拠点



■ 専任教員・特定教員・特任教員 ■ 企業出向研究員 ■ 企業拠点登録研究員

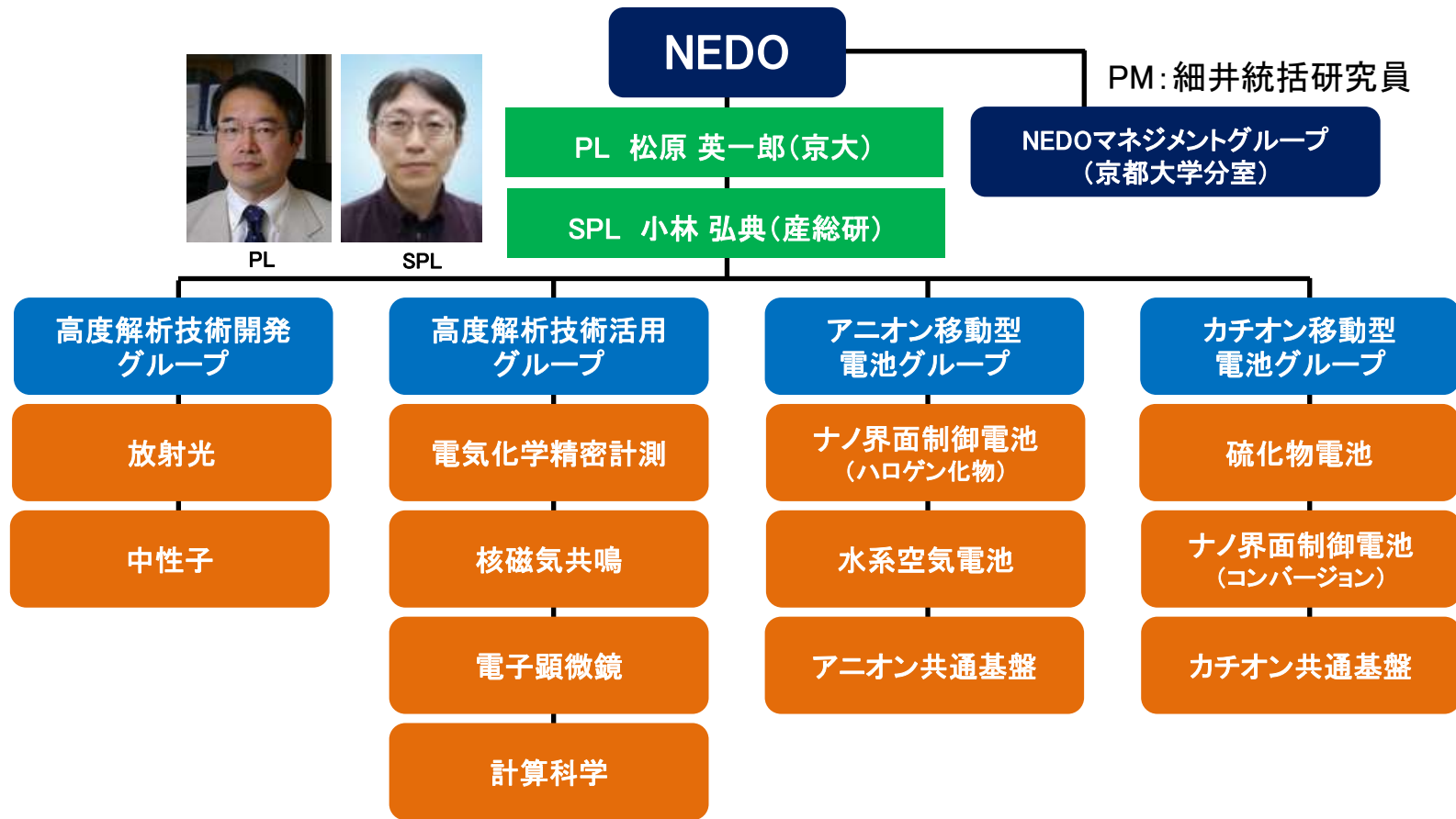
## 産総研拠点





■ 専任職員 ■ 企業出向研究員 ■ 企業拠点登録研究員



# プロジェクト前期(2016-2018年度)の実施体制



## 集中拠点

京都大学	10企業	産業技術総合研究所
	<div style="background-color: #e6f2ff; padding: 5px; border: 1px solid #0056b3;">           村田製作所、トヨタ自動車、豊田中央研究所、日産自動車、パナソニック、            昭和電工マテリアルズ、日立製作所、マクセル、本田技術研究所、三菱自動車工業         </div>	

## サテライト

18大学 3研究機関	茨城大、神奈川大学、関西大学、九州大学、神戸大学、東京大学、東京工業大学、東京農工大学、 東北大学、名古屋工業大学、兵庫県立大学、北海道大学、三重大学、立命館大学、早稲田大学、 工学院大学、名古屋大学、大阪大学 ファインセラミックスセンター、高エネルギー加速器研究機構、理化学研究所
---------------	--

# プロジェクト後期(2019-2020年度)の実施体制

- 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



プロジェクトマネージャー(PM)  
細井敬 NEDO統括研究員  
(兼)蓄電技術開発室長

プロジェクトリーダー(PL)  
安部武志 京都大学教授



NEDO マネジメントチーム  
(京都大学拠点駐在)

サブプロジェクトリーダー(SPL)  
森田昌行 京都大学特任教授



- 10 企業
- 3 研究機関
- 18 大学



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY

アニオン移動型



産総研

カチオン移動型

フッ化物電池グループ

亜鉛空気電池グループ

コンバージョン電池グループ

硫化物電池グループ

革新型蓄電池開発

高度解析技術

革新型蓄電池開発

高度解析技術

革新型蓄電池開発

高度解析技術

革新型蓄電池開発

高度解析技術

HONDA

NISSAN  
MOTOR CORPORATION  
SHOWA DENKO

TOYOTA  
maxell  
Within, the Future

TOYOTA CENTRAL R&D LABS  
muRata  
INNOVATOR IN ELECTRONICS

Panasonic

MITSUBISHI MOTORS  
Drive your Ambition

HITACHI  
Inspire the Next  
Hitachi Automotive Systems, Ltd.

# プロジェクトのマネージメントスケジュール

		2019年度												2020年度											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
全体		 2020年度予算調整 → 1/24 変更承認												 次期事業の基本計画策定 → 実施者公募 → 採択											
会議	PJ マネジ	定例会議 5/22 企画会議 9/18 企画会議 10/1 有識者会議 12/18 企画会議 1/24 運営会議 2019年度総括及び2020年度取組方針提示 5/20 企画会議 10/29 企画会議 2/26 企画会議																							
	テクニカル・マネジ	GL会議 4/16, 5/17, 6/19, 7/22, 8/21, 9/18, 10/21, 11/19, 1/8, 2/17, 3/24, 4/22, 5/20, 6/25, 7/30, 8/27, 9/24, 10/22, 11/25, 12/21, 1/19, 2/17, 3/31																							
	全体技術	全体技術会議 4/16 (フッ化物), 4/17 (亜鉛空気), 5/23 (コンバ&硫化物), 6/11 (フッ化物), 6/12 (亜鉛空気), 8/2 (亜鉛空気), 8/27 (コンバ&硫化物), 9/3 (フッ化物), 11/21 (コンバ&硫化物), 12/17 (フッ化物), 2/13 (亜鉛空気), 2/24 (コンバ&硫化物), 4/15 (フッ化物), 4/16 (亜鉛空気), 5/22 (コンバ&硫化物), 8/19 (コンバ&硫化物), 9/1 (フッ化物), 9/10 (亜鉛空気), 11/24 (コンバ&硫化物), 12/1 (フッ化物), 12/17 (亜鉛空気), 3/19 (フッ化物)																							
	マネージメント	マネージメント会議 6/12 (フッ化物), 6/12 (亜鉛空気), 7/19 (コンバ&硫化物), 8/1 (亜鉛空気), 8/27 (コンバ&硫化物), 9/3 (フッ化物), 9/25 (コンバ&硫化物), 11/5 (亜鉛空気), 11/21 (コンバ&硫化物), 12/18 (フッ化物), 1/27 (コンバ&硫化物), 2/14 (亜鉛空気), 3/16 (コンバ&硫化物), 4/16 (フッ化物), 4/XX (亜鉛空気), 5/21 (コンバ&硫化物), 9/2 (フッ化物), 9/11 (亜鉛空気), 8/20 (コンバ&硫化物), 11/25 (コンバ&硫化物), 12/2 (フッ化物), 12/22 (亜鉛空気), 2/19 (コンバ&硫化物)																							
成果報告書等		中間年報◇ 実績報告書◇												成果報告◇ 実績報告書◇											
広報活動		5/26-31 (ECS Dallas), 7/18 (NEDO成果報告会), 8/4-9 (ISE Duban), 10/13-17 (ECS Atlanta), 11/1 (産総研内部シンポジウム), 11/13-15 (電池討論会)												5/40-15 (ECS Montreal - Cancelled), 3/17-19 (電気化学会 Web), 7/18-20 (電池討論会 Web), 10/4-9 (PRIME Web), 1/28 (Web内部シンポジウム), 3/22-24 (電気化学会 Web)											
他事業との連携活動		5/23 (SOLiD-EV連携K/O), 6/17 (SOLiD-EV連携会議), 9/9 (ALCA 連携会議), 11/14 (電池討論会)												6/25 (SOLiD-EV連携会議), 12/14 (SOLiD-EV連携会議)											
規定・運用など		1/24 外部発表規程改訂																							

## プロジェクトの会議体と運営

- 中間評価後の革新型蓄電池開発の加速・重点化に伴い、グループごとで情報共有する会議体を廃止し「全体技術会議」に統合、その結果を実証試験に反映する「マネジメント会議」を新設

		2016	2017	2018	2019	2020
会議名称				▼ 中間評価		
プロジェクト マネジメント	有識者会議 (1回/年)	有識者の意見・助言をプロジェクトマネジメントに反映				
	運営会議 (1回/年)	参画企業の経営層の意見を集中研究拠点のプロジェクトマネジメントに反映				
	企画会議 (4回/年)	参画企業のマネージャークラスの意見をプロジェクトマネジメントに反映				
テクニカル マネジメント	GL会議 (12回/年)	PL、SPL、GL、参画企業のマネージャークラスの意見を日々のテクニカルマネジメントに反映				
	拡大会議 (3回/年)	PL、SPL、GL、各電池開発者、参画企業で進捗の共有・議論				
	高度解析拡大会議 (3回/年)	PL、SPL、GL、解析技術者、参画企業で進捗の共有・議論				
	推進会議 (4回/年)	PL、SPL、GL、参画企業で電池開発、解析技術の進め方を議論				
	全体技術会議 (3回/年)	PL、SPL、GL、開発者、参画企業で進捗の共有、進め方を議論				
	マネジメント会議 (3回/年)	「マネジメント会議」の新設により、実証試験を加速、目標値に目処				
	内部シンポジウム (1回/年)	事業関係者全員で全体の研究進捗を共有				

「全体技術会議」への統合により、PL、SPL、GL、開発者でタイムリーに情報を共有し、電池開発に反映した

情報共有

実証試験に反映

## 有識者会議

- 学識者・専門家で構成する「有識者会議」を2019年10月に開催
- 中間評価で強化した革新型蓄電池開発に対する技術的助言や、本事業の活動方針に関する助言・指摘を受けながらプロジェクトを推進

有識者会議  
メンバー構成

	氏名	所属
議長	山地 憲治	地球環境産業技術研究機構 理事・研究所長
副議長	横山 明彦	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授
委員	武田 保雄	三重大学 参与
	竹田 美和	あいちシンクロトン光センター 所長
	太田 健一郎	横浜国立大学大学院 名誉教授
	桑野 幸徳	太陽光発電技術研究組合 名誉顧問
	佐藤 祐一	神奈川大学 名誉教授
	太田 璋	前 技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター 専務理事
	秋田 調	電力中央研究所 常務理事
	松本 孝直	電池工業会 部長

	開催日	指摘事項	対応
第3回	2019年 10月1日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活動方針について賛同を頂き、電池の実用化に向けて取り組むよう意見を頂いた。</li> <li>・残る期間はメリハリを意識して研究開発に取り組むよう助言を頂いた。</li> <li>・蓄電池関連の他のプロジェクトとの連携推進の強化について意見を頂いた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実用化を意識して、運営会議等で頂いた参画企業との意見も参考に今後の研究計画に反映した。</li> <li>・今後の研究開発マネジメントに反映し、プロジェクト運営を進めた。</li> <li>・他の蓄電池関連プロジェクトとの更なる連携強化を進めた。</li> </ul>



## 中間評価結果への対応

- マネジメントでは、革新型蓄電池開発を加速・重点化するため実施体制変更とリソースを集中強化
- 研究成果では、実用化に向けたパラメトリックスタディーの強化、企業へ技術移管するため革新型蓄電池開発と高度解析技術開発の成果をパッケージ化

指摘事項	対応	評価
<p><b>◆ 研究開発マネジメント</b>  <b>研究開発の加速・重点化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主目標の革新型蓄電池開発を重点化</li> <li>・革新型蓄電池開発と高度解析技術開発の連携強化、連携しやすいグループ編成</li> <li>・プロジェクト終了後の効果的な資産運用</li> </ul>	<p><b>革新型蓄電池開発の取り組み強化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高度解析技術を取り込んだ革新型蓄電池開発の実施体制変更</li> <li>・リソースの集中強化</li> <li>・資産運用を議論する会議体を設置</li> </ul>	◎
<p><b>◆ 研究開発成果</b>  <b>研究開発項目における取り組みの強化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギー密度ほか、実運用に係る性能、耐久性の支配因子を明確化</li> </ul>	<p><b>実運用を想定した電池特性諸元のデータ取得を強化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・パラメトリックスタディーの強化</li> </ul> <p><b>戦略的な特許出願</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特許ベンチマーク</li> </ul> <p><b>社会への発信の充実</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国プロ合同セッションでの発表</li> </ul>	◎
<p><b>◆ 成果の実用化・事業化</b>  <b>研究開発項目における取り組みの強化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・解析プラットフォームの維持・運用スキーム明確化</li> <li>・安全性・信頼性など実運用を想定した諸元把握</li> <li>・材料メーカーとの早期協働による研究開発加速</li> </ul>	<p><b>プロジェクト後の取扱い、方向性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高度解析技術と革新蓄電池開発の成果をパッケージ化して企業へ移管</li> <li>・企業の意見も取り入れ、実運用を想定した評価を実施</li> </ul>	○

### <NEDOの基本方針>

- オープン/クローズ の考えに基づく情報管理と運営
  - 柔軟な出願形態
  - 戦略的な特許出願
- 
- 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た。
  - 実施者個別のオープン/クローズ戦略を尊重しつつ、各実施者が想定している実用化・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に指導した。
  - 研究開発拠点、サテライト、参画企業と、適宜出願形態を選択することが可能とした。
  - 逐次、NEDOに報告を義務付け、各実施者の特許出願・権利化動向を把握した。
  - 今後、主要な市場形成が見込まれる海外へも出願を積極的に促進した。

### 実施者による知財管理

- 知財運営委員会の設置
- RISING2運用規定の整備
- 特許に適さない知財情報 → 「ノウハウ」として管理・運用
- 特許技術動向調査(国内外)の実施

# 3. 研究開発成果



## 高度解析技術開発 中間評価までの成果概要

➤ 下表に示すように、全ての解析技術について中間目標を達成。

中間目標	成果	達成度
<b>目標1</b> 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。	放射光) イメージングHAXPES装置の導入、共焦点XRD装置の導入。 軟X線) 超軟X線XAFS測定系。 中性子) 透過ビームモニタ、7軸ゴニオメータなど。 核磁気共鳴) 7T磁場用の新たな固体NMR測定システム。 電子顕微鏡) 世界最高の分解能を有する新規収差補正装置。 電気化学測定) 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。 ラマン分光) 可動式電場素子実装セル。 計算科学) 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。	○
<b>目標2</b> 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。	放射光) 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。 軟X線) 硫化物電池・ハロゲン化物電池の新規負極材料等について軟X線XAFS測定による評価技術を確立。 中性子) 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。 核磁気共鳴) $^{19}\text{F}$ 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。 電子顕微鏡) 水系空気電池の亜鉛極での反応モデルの観察法を検討。 電気化学測定) コンバージョン電池の $\text{FeF}_3$ 正極で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) 亜鉛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) コンバージョン電池の正極である $\text{FeF}_3$ について、リチウム挿入・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。	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

➤ 一部の研究テーマについては最終目標を前倒しで達成。

最終目標(抜粋)	成果	達成度
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。 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。	HAXPESと軟X線を組み合わせた測定装置において10nmの深さ分解能を達成。	◎

## イメージングHAXPES

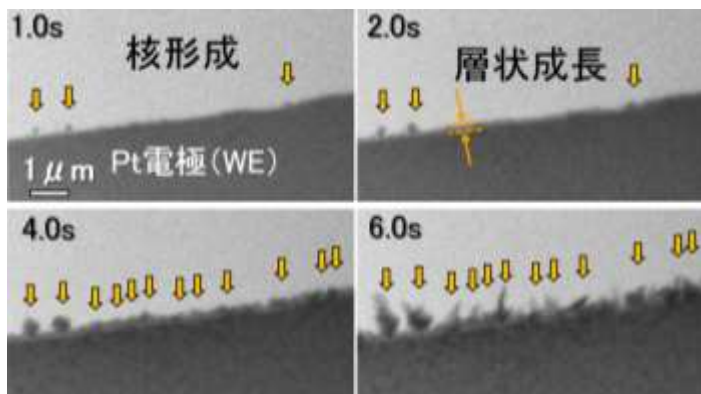
- 空間分解能 $10\mu\text{m}$ で電極内の反応分布をマッピング可能なイメージング硬X線光電子分光装置(HAXPES)を開発。深さ分解能は従来の $1\text{nm}$ から $10\text{nm}$ に向上。
- LIBの作動状態において電極表面・界面の化学状態マッピングの技術検証を完了。今後は革新型蓄電への適用へ移行。



イメージングHAXPES@BL28XU/SPring-8

## 電子顕微鏡技術

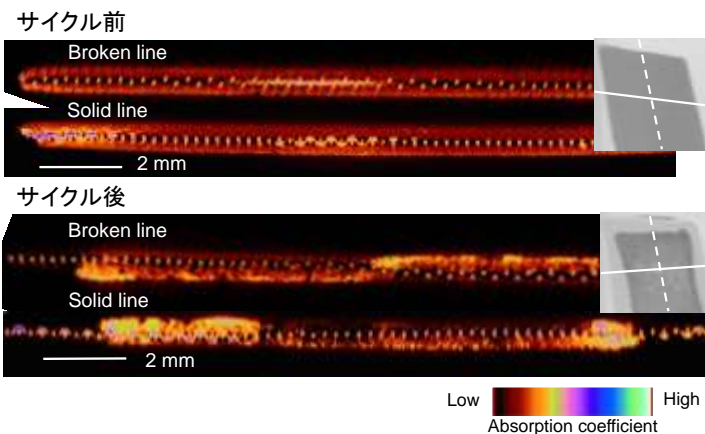
- その場TEMにより、亜鉛空気電池における亜鉛析出状態を観察。微結晶の核となって dendrite が成長する過程の可視化に成功。



Pt電極上での亜鉛析出状態観察

## X線CT

- X線CTによる亜鉛電極断面観察の手法を確立。サイクル後は亜鉛が偏析していることを確認。この手法を活用して亜鉛電極の耐久性向上を目指す。



亜鉛電極断面のX線CT像

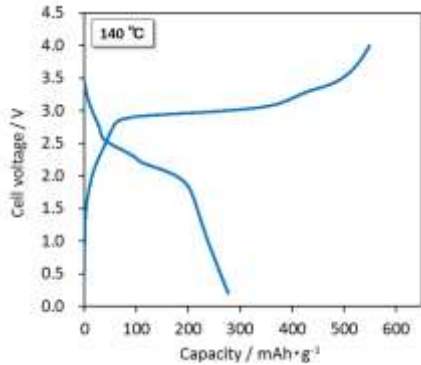
## 革新型蓄電池開発 中間評価までの成果概要

中間目標	成果と達成度	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
<p>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。</p> <p>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。</p>	成果	<p>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100Wh/kgとエネルギー密度目標は未達。</p> <p>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実証。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。</p>	<p>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、8Ahセルにおいて311Wh/kgを達成。</p> <p>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。</p>	<p>FeF<sub>3</sub>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、6Ah級セルにおいて319Wh/kgを達成。</p> <p>FeF<sub>3</sub>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。また、充放電サイクルを重ねるごとに、FeF<sub>3</sub>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。</p>	<p>VS<sub>4</sub>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、8Ah級セルにおいて314Wh/kgを達成。</p> <p>VS<sub>4</sub>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TiO<sub>x</sub>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ている。</p>
	達成度	○	◎	◎	◎

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

## ハロゲン化物電池

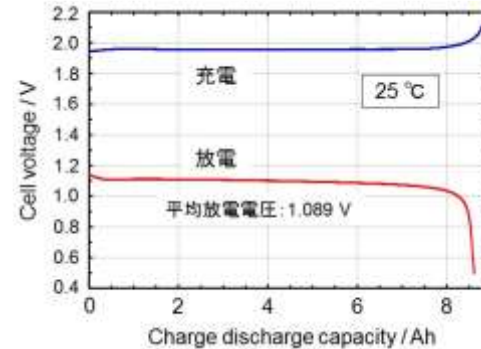
- 銅正極等を用いた圧粉型電極のフルセルで世界トップレベルのエネルギー密度100Wh/kgを実証。



試作コイン形セル

## 亜鉛空気電池

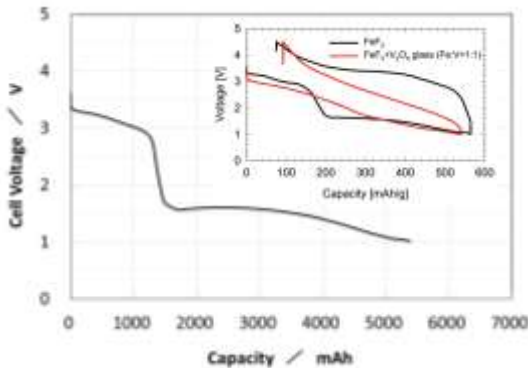
- 厚膜亜鉛極と新規空気極触媒(炭素系)の組合せにより、室温における高エネルギー密度の充放電を実証。8Ahセルでエネルギー密度311Wh/kgを達成。



8Ah試作セル

## コンバージョン電池

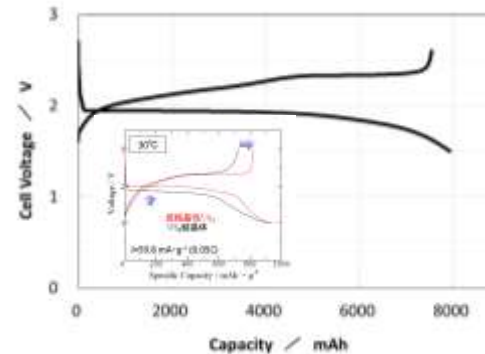
- バナジン酸ガラスを添加した正極活物質 $FeF_3$ で過電圧を大幅に低減。その結果、6Ah級セルでエネルギー密度319Wh/kgを達成。



6Ah級試作セル

## 硫化物電池

- 正極活物質 $VS_4$ の低結晶化に成功し、電極特性を大幅に改善。容量密度の向上及び過電圧の低減により、8Ah級セルでエネルギー密度314Wh/kgを達成。



8Ah級試作セル

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認した。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認した。</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認した。また、空間分解能10<math>\mu</math>mを達成。</li> <li>・X線-CT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認した。</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認した。また、深さ分解能10ナノメートルを達成した。</li> </ul> <p>※上記灰色字：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>



## 革新型蓄電池開発 事後評価における成果概要

評価 ○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

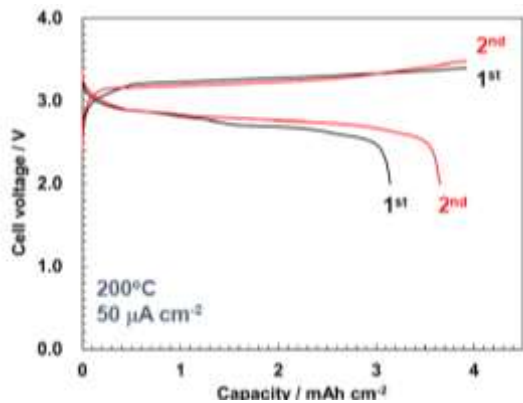
最終目標*	ハロゲン化物電池	亜鉛空気電池	コンバージョン電池	硫化物電池
重量エネルギー密度: 500Wh/kg以上	360Wh/kg、コインセル 高容量マグネシウム負極のフルセル適用	476Wh/kg、20.4Ahパウチセル 亜鉛負極構造改良等	477Wh/kg、単層ラミネートセル 正極へのバナジン酸添加、負極利用率向上	511Wh/kg、20Ah級積層ラミネートセル 正極へのリン添加、負極利用率向上
体積エネルギー密度: 1,000Wh/L以上	1400Wh/L、同上	662Wh/L(空気流路含)、同上	750Wh/L、同上	700Wh/L、同上
重量出力密度: 100W/kg以上	目標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。

# 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。



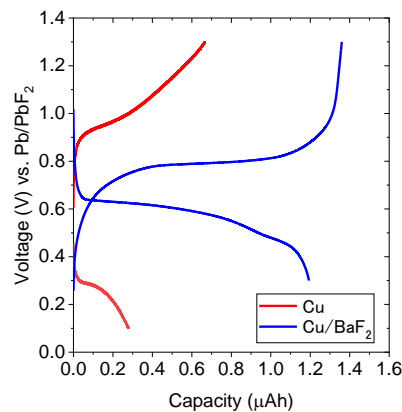
実セルの充放電特性



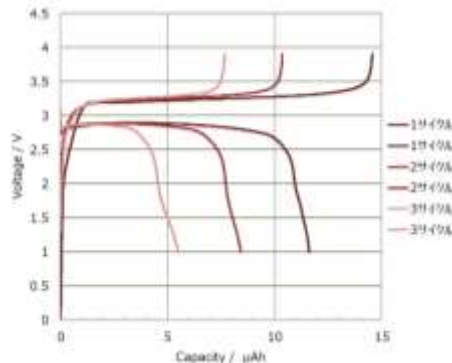
実セル外観

## 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、室温作動を確認。



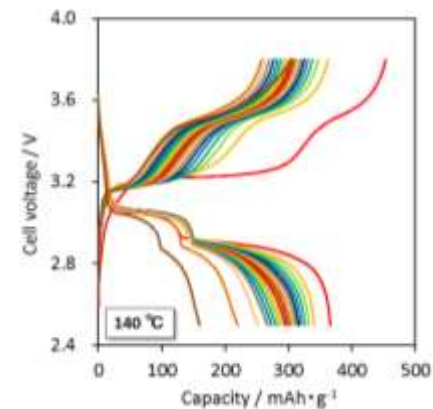
正極単極によるフッ化バリウム添加効果検証



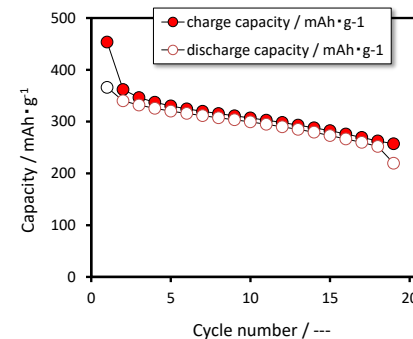
フルセルによるフッ化バリウム添加効果検証

## 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。



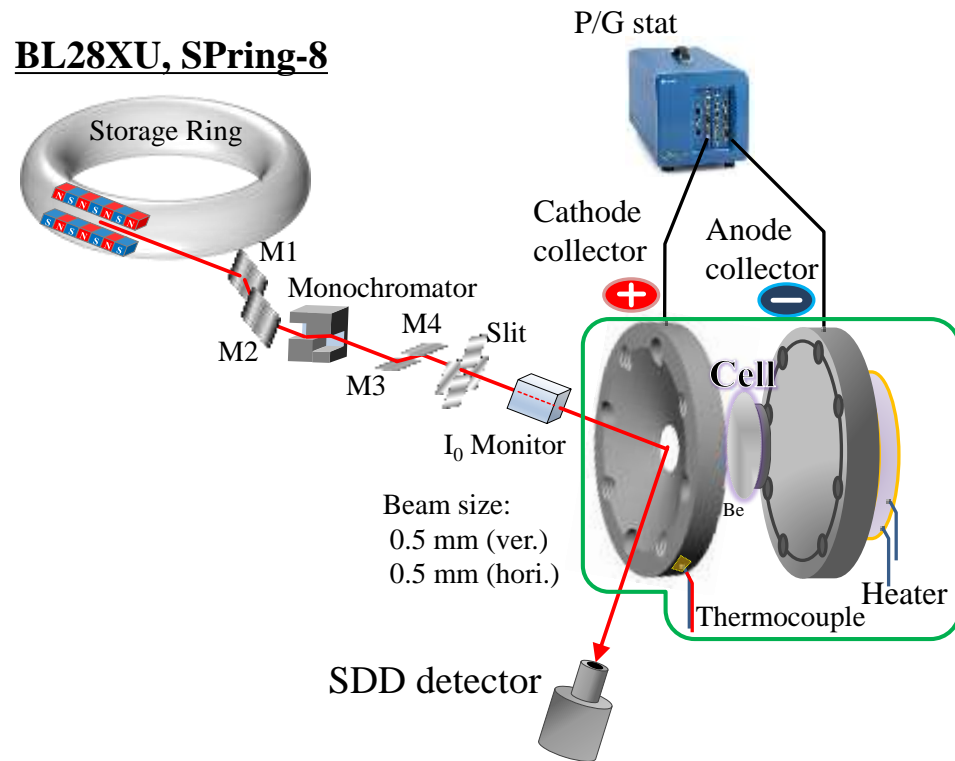
銅正極のサイクル特性



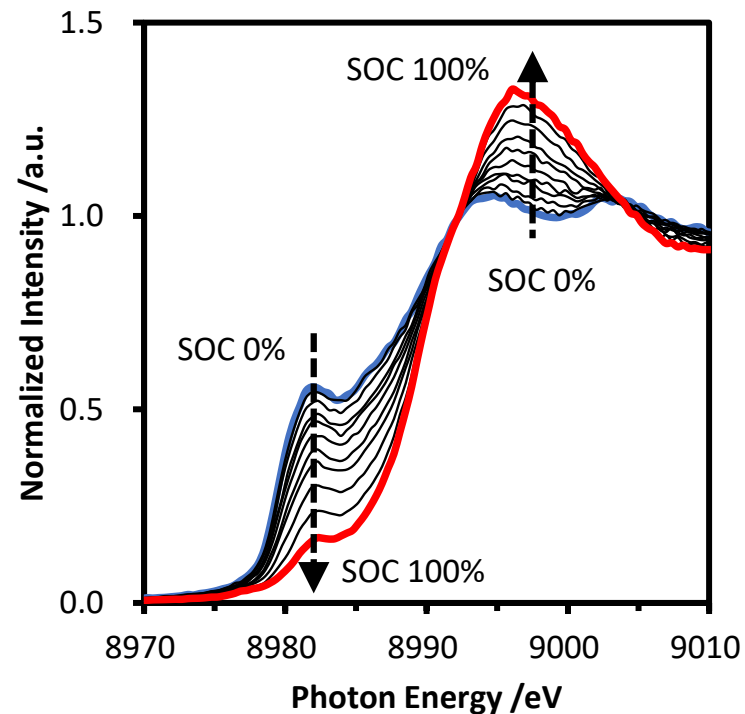
銅正極の容量維持率



- 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。



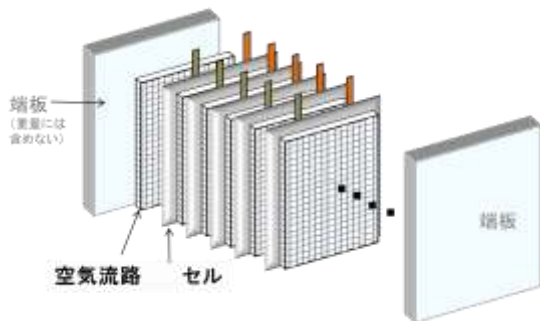
フッ化物電池のOperand解析装置概念図 (SPRING8/BL28)



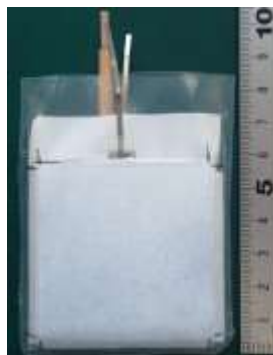
銅活物質の酸化還元挙動の解析結果

## エネルギー密度

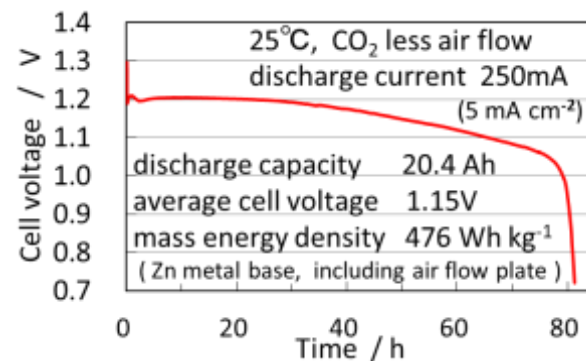
- 積層構造を視野に入れたパウチ型の20.4Ah実セルを構築。負極の厚膜化および低過電圧触媒等により476Wh/kgを実証。



積層セルの概念図



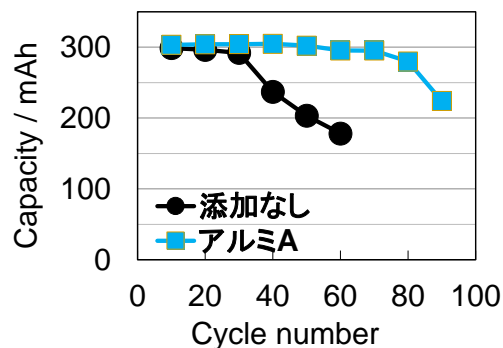
実セル外観



実セルの放電特性

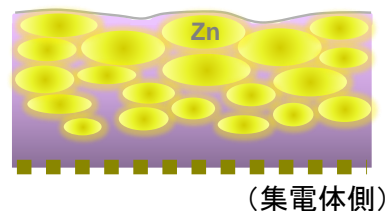
## サイクル寿命

- 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。

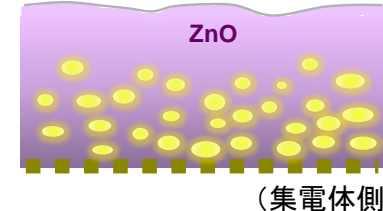


容量維持率に対する添加剤効果

a) 添加剤なし (電解液側)

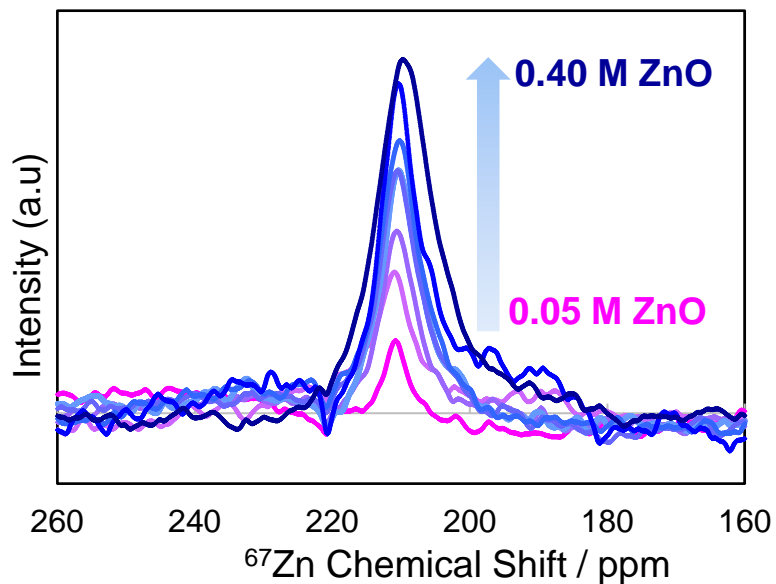


b) 添加剤あり (電解液側)

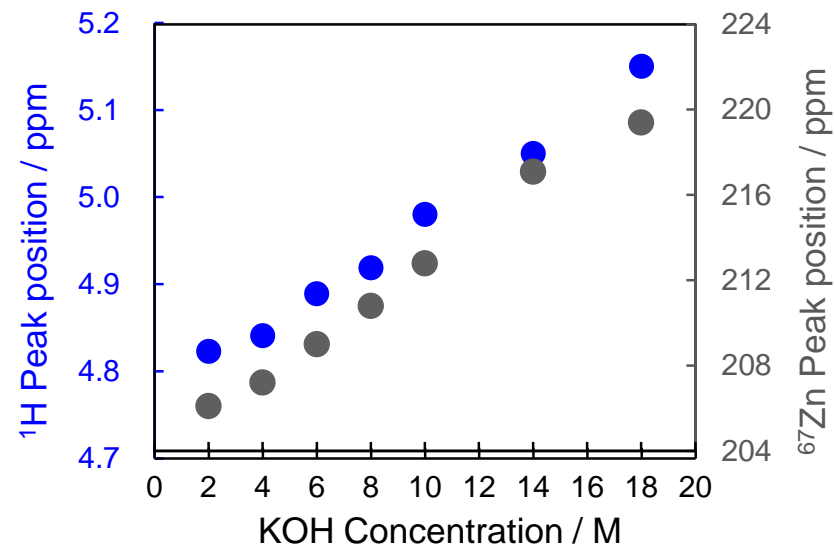


添加剤効果の推定メカニズム

- 電解液中の亜鉛水和構造をNMRにより解析。
- 液中の亜鉛および水酸化カリウムの濃度によらず水和構造は一定であることを確認した。



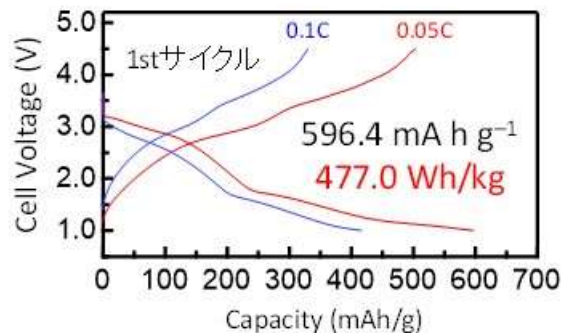
液中亜鉛濃度とNMRスペクトル(8M KOH)



液中KOH濃度とNMRピークシフト

## 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。



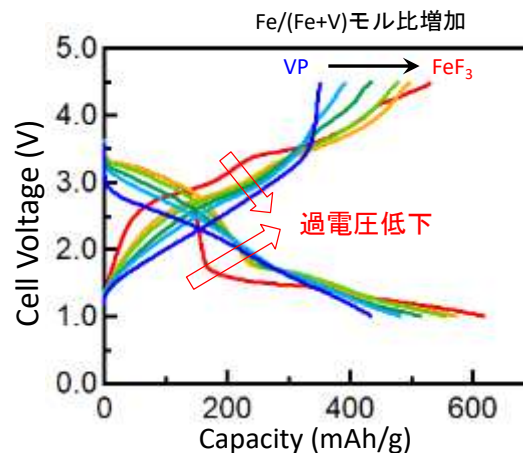
実セルの充放電特性



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。



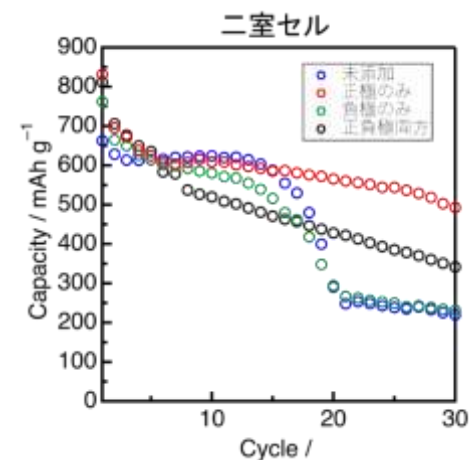
充放電特性へのVP添加効果

	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

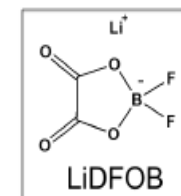
電池電圧へのVP添加効果

## 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。



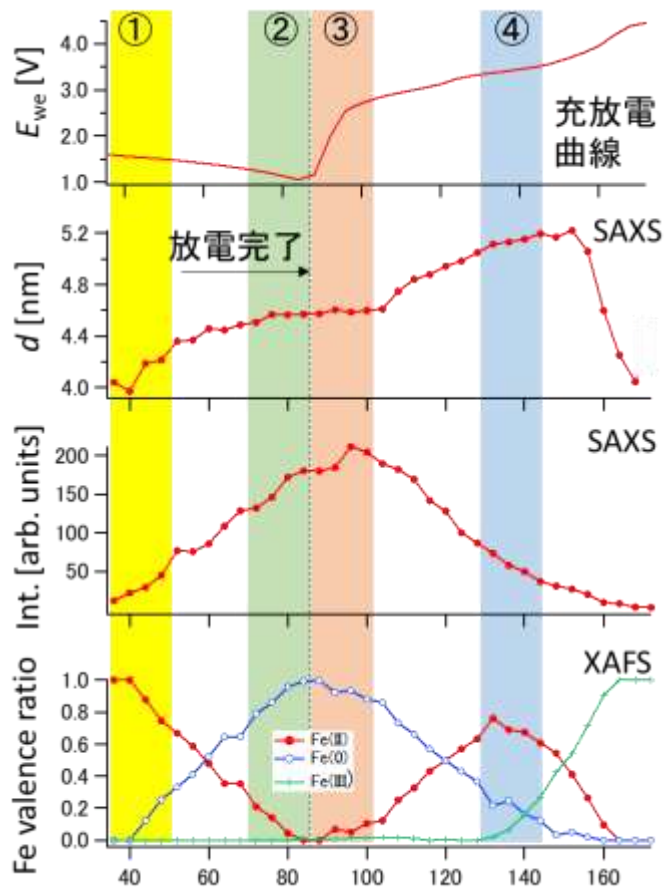
各電極へのLiDFOB添加効果



LiDFOBの化学構造

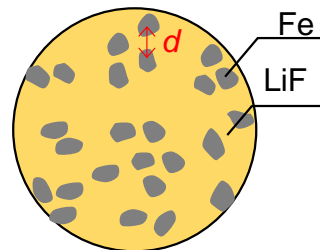
- X線解析と精密充放電を組み合わせた解析法を構築。
- 正極活物質の結晶構造と過電圧の関係を解析。過電圧の発生要因は、結晶構造の分断によるものと示唆された。

### コンバージョン反応のモデル統合



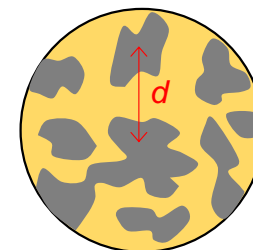
上図X軸は充放電深度の積算値(%)

#### ① コンバージョン初期(海島構造の生成)



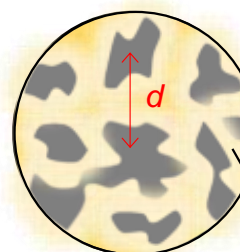
Fe  
LiF  
 $d \sim 4 \text{ nm}$   
LiFの中にある  
Fe粒子間の相関距離

#### ② 放電末期



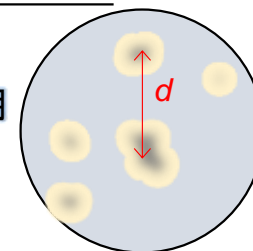
Fe粒子同士が合体  
 $d$ 増大 $\sim 4.5 \text{ nm}$

#### ③ 充電初期



逆コンバージョン反応で  
Fe近傍のLiが一部欠乏する  
 $2\text{LiF} + \text{Fe} \rightarrow 2\text{Li}^+ + \text{FeF}_2 + 2\text{e}^-$

#### ④ 逆コンバージョン末期



比較的大きな島が残る  
 $d$ さらに増大 $\sim 5 \text{ nm}$

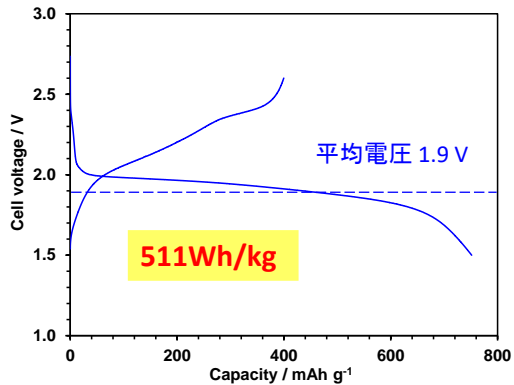
# 硫化物電池の成果例 ～電池開発～

## 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。



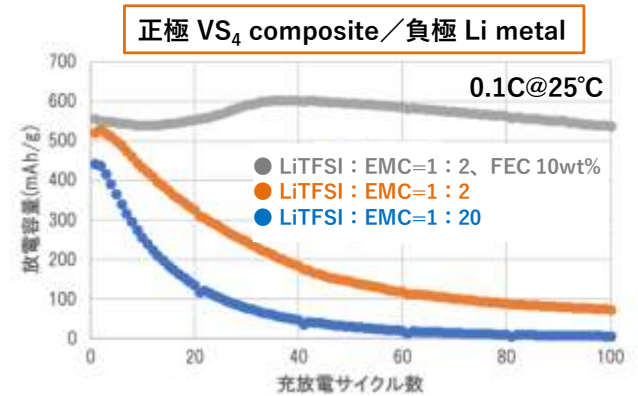
実セル外観



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。

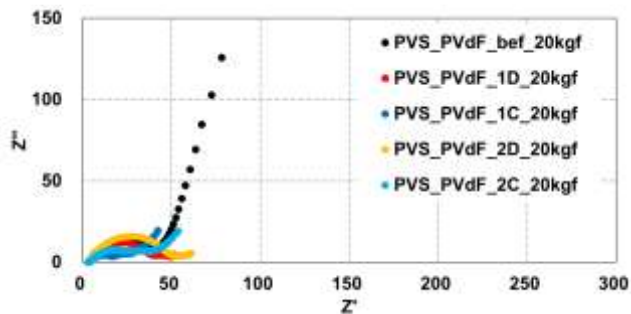


電解液種類とサイクル特性

## 出力

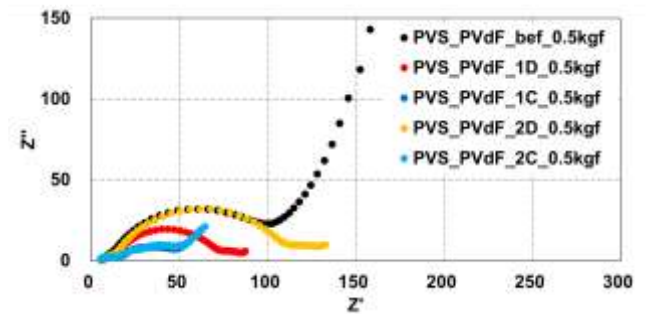
- 正極活物質へのリン添加により低拘束における抵抗増加を抑制。

20kgf  
1.11MPa



高拘束圧におけるインピーダンス特性

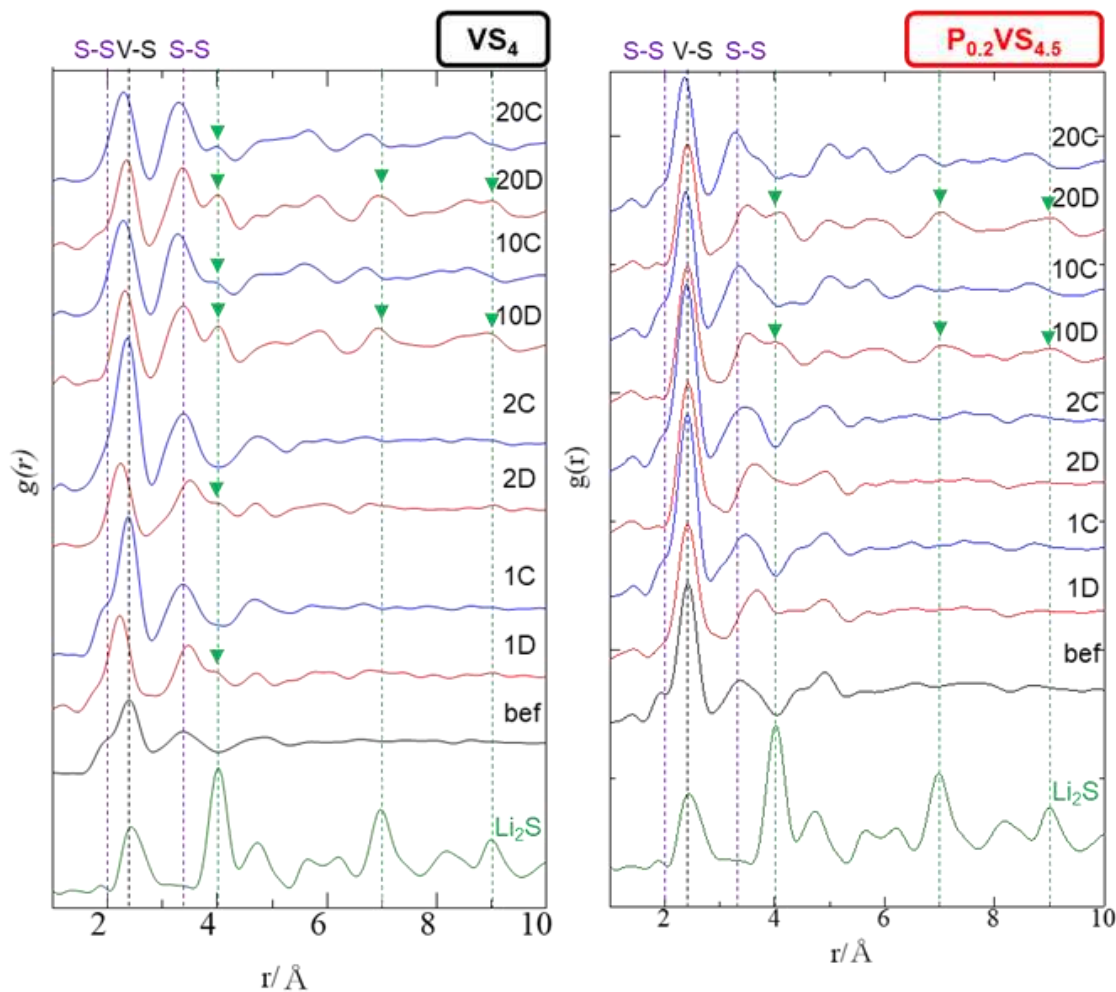
0.5kgf  
0.028MPa



低拘束圧におけるインピーダンス特性

# 硫化物電池の成果例 ～高度解析の活用～

- X線全散乱手法により、サイクル特性向上に寄与する硫化バナジウム正極活物質へのリン添加効果を検証。
- 添加により硫化リチウム生成が抑制されることを確認。



X線全散乱手法による正極活物質の解析スペクトル



## 知的財産の確保、発表件数

- 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おい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
阪府大辰巳砂様	全固体電池	ALCA-SPRING

合同セッションの演目

## 4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し

## 本プロジェクトにおける成果の実用化の考え方(定義)

本事業で開発された共通基盤技術が革新型蓄電池の実用化開発に利活用され、ガソリン車並みの走行距離を有するEVの実現に資すること。

## 成果の実用化に向けた戦略

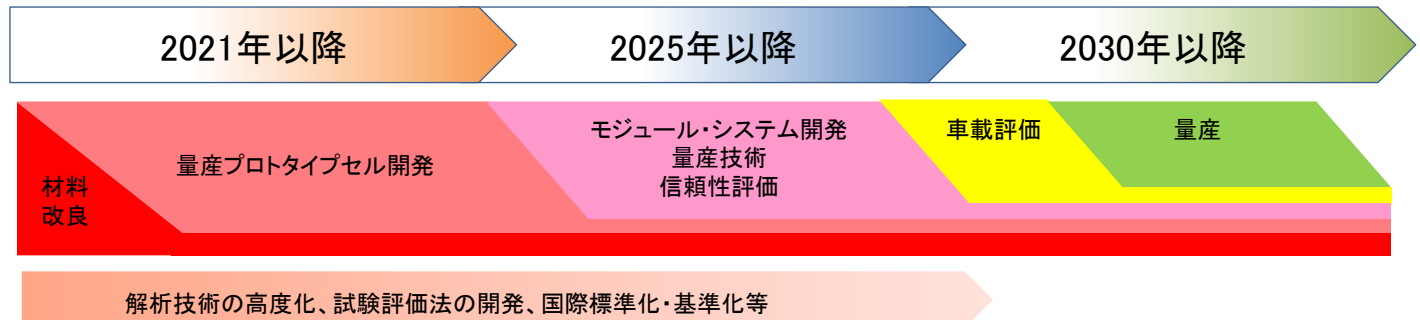
- 革新型蓄電池に関しては、プロジェクト期間中より、参画企業と開発内容・状況等の情報をタイムリーに共有し、性能ポテンシャル、実用化課題、改良の方向性等について議論し、開発内容にフィードバックする。また、性能評価結果の取得だけでなく、何故、そのような結果が得られるのかの現象・メカニズムの裏付けデータを取得する。
- 解析技術に関しては、プロジェクト期間中より、なるべく多くの企業の研究者・エンジニア(出向研究員以外)を開発技術にアクセスさせるとともに、専門家(アカデミア)が解析データの解釈方法を丁寧に指導し、「この技術で取得されたデータであれば信頼でき、革新型蓄電池の実用化開発に活用できる。」という認識を浸透させる。また、技術面以外にも、装置の操作性、マニュアル類の分かり易さ、秘密漏洩・技術流出防止等に対しても配慮する。

## 事業終了後の革新型蓄電池の開発シナリオ・ロードマップ

➤ 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

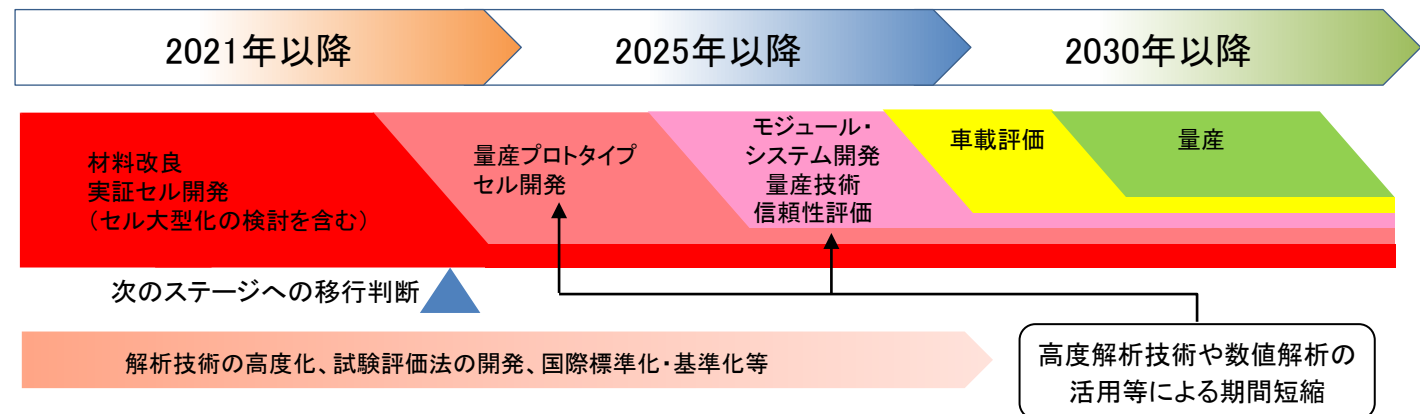
## シナリオ1

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。



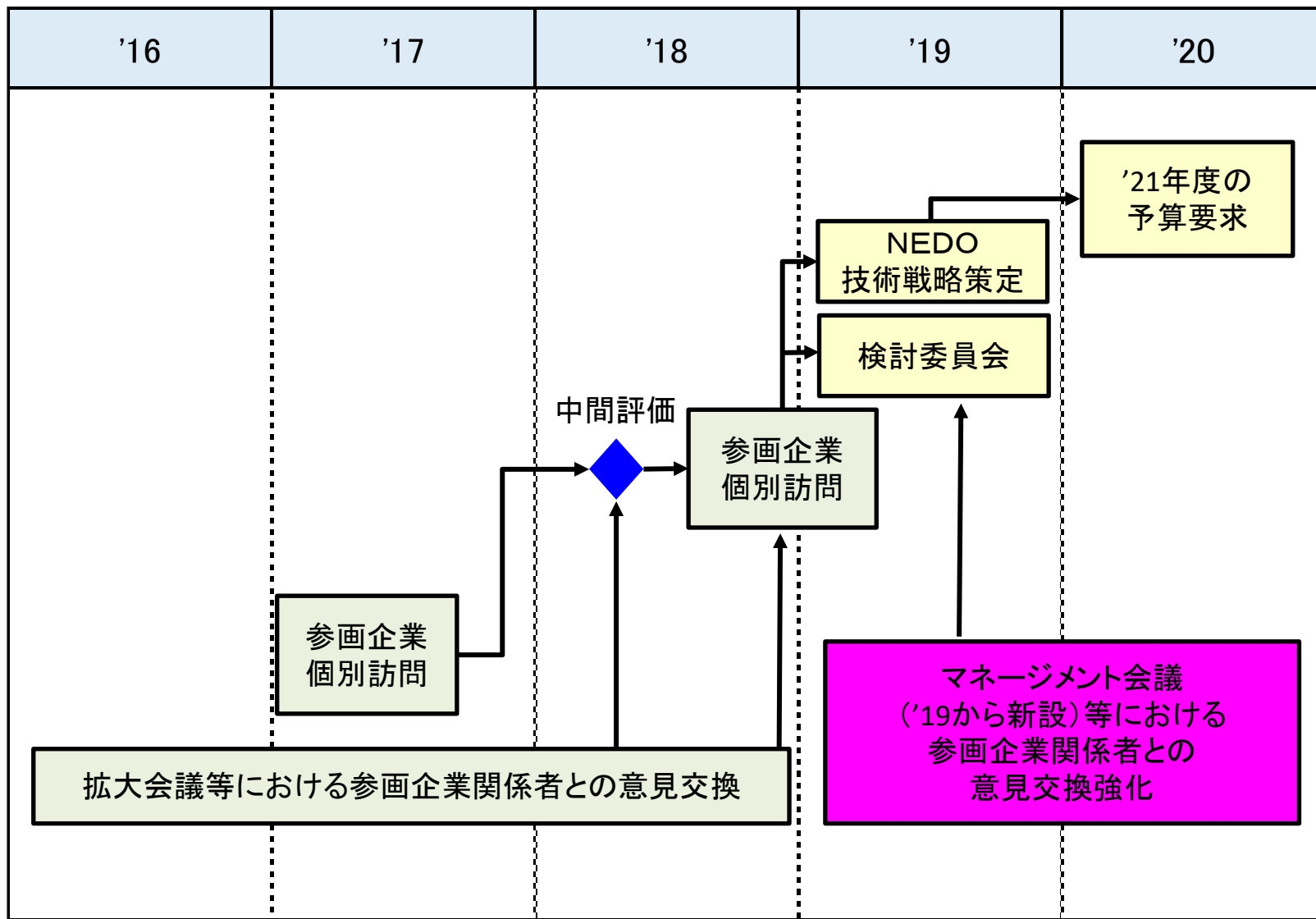
## シナリオ2

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。



## 成果の実用化・事業化に取り組む者の検討状況

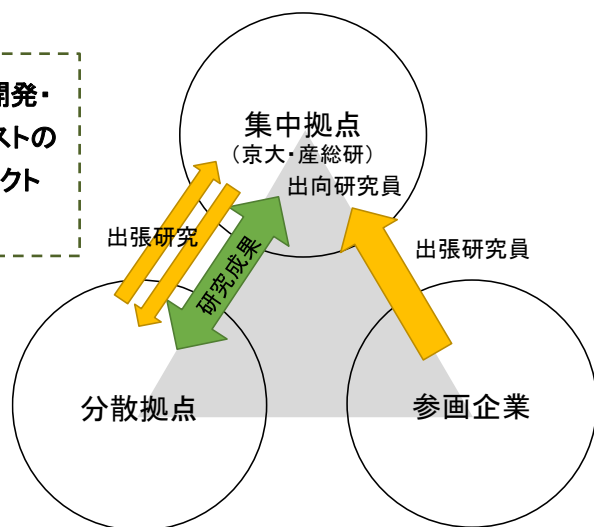
- NEDOは、以下に示す流れで成果の実用化・事業化に取り組む者の明確化に取り組んでいる。
- 2019年度よりマネジメント会議を新設し、企業との意見交換を更に強化。それを戦略策定にも反映。



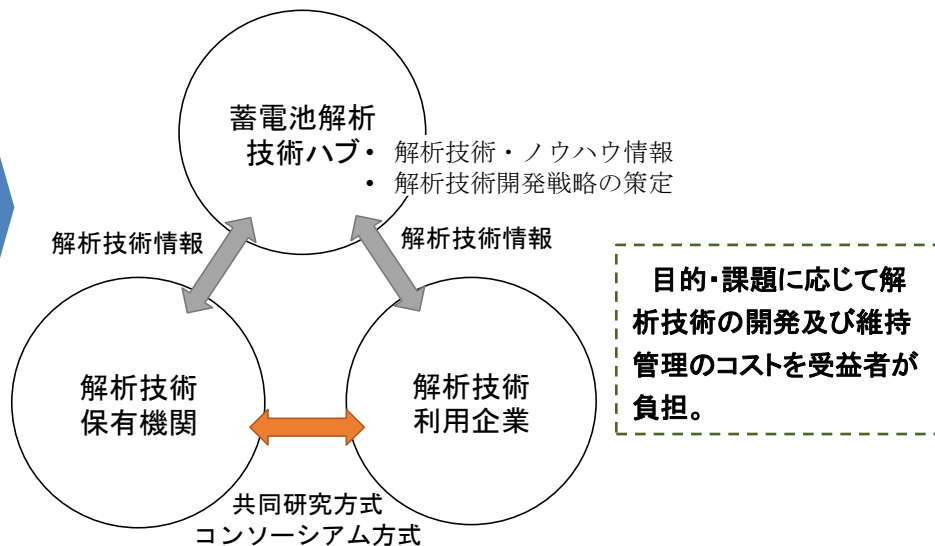


- 本プロジェクトで開発中の解析プラットフォーム(技術・装置)は世界最高・最先端のレベルにあり、革新型蓄電池の実用化を手戻り無く進めるための強力なツールとして、企業及びその企業と連携するアカデミアによる活用が期待できる。
- プロジェクト終了後における解析プラットフォームの運用体制、運営(コスト負担を含む)・情報管理のルールについてプロジェクト関係者で議論を深め、コンセンサスを得た。
- 概略としては下記に示すコンソーシアム方式を検討している。

## 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)



## 事業名：電気自動車用革新型蓄電池開発

## 研究開発の目的

- ・ 運輸部門におけるCO2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、現行の電気自動車に搭載されているリチウムイオン電池を性能・コストの両面で凌駕する革新型蓄電池の研究開発を実施する。
- ・ 資源制約・調達リスクが無く安価な材料（銅、鉄、亜鉛、炭素等）を使用し、高エネルギー密度化と安全性の両立が可能な「フッ化物電池」と「亜鉛負極電池」（密閉型）を研究開発の対象とする。
- ・ 早期実用化に資する材料開発～電池設計・試作～特性評価・解析に係る共通基盤技術の研究開発を産学官連携で取り組む。

## 研究開発の内容

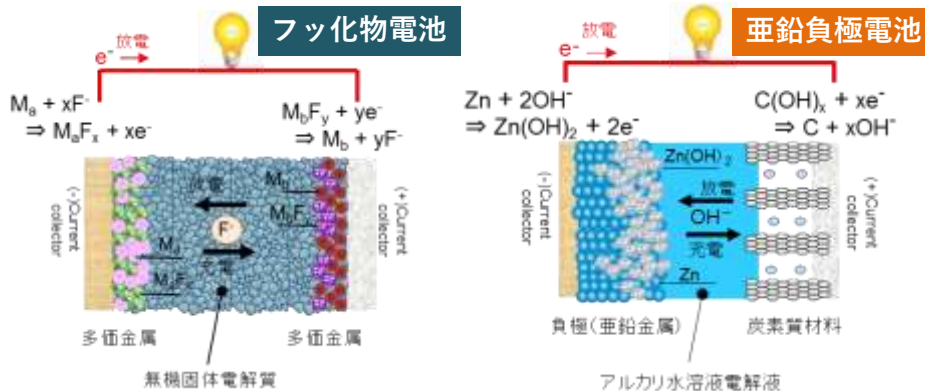
「フッ化物電池」及び「亜鉛負極電池」について、下記（１）～（５）に示す研究開発を行う。

- （１）高性能・低コストな電極活物質・電解質の開発  
資源制約や調達リスクの無い元素を用いて、高容量の電極活物質、高イオン伝導性の電解質を開発する。
- （２）合剤電極構造の開発  
開発した電極活物質及び電解質が高分散し、良好なイオン・電子伝導ネットワークが形成された合剤電極構造を開発する。
- （３）セルの設計・試作及び特性評価  
開発した電極活物質、電解質及び合剤電極構造を適用したセルを設計・試作し、充放電性能や耐久性、安全性等の諸特性を評価する。
- （４）シミュレーション技術の開発  
セルの充放電性能や劣化・不安定化及び熱的挙動を計算機シミュレーションによって予測・把握する技術を開発する。
- （５）総合評価  
セル及びバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認する。また、セル及びバッテリーパックのLCA評価を行う。

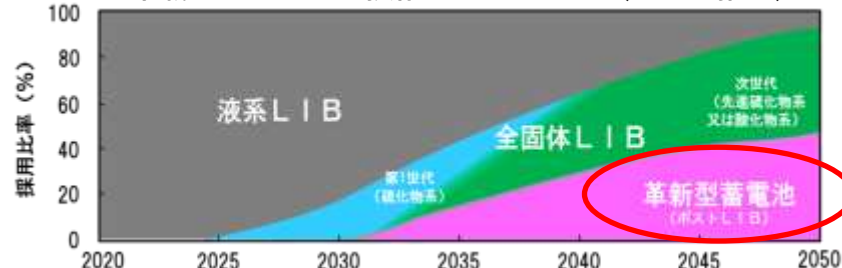
## 実施期間・予算

- ・ 実施期間：2021～2025年度（5年間）
- ・ 2021年度事業費：約27億円

## 開発対象とする蓄電池タイプ



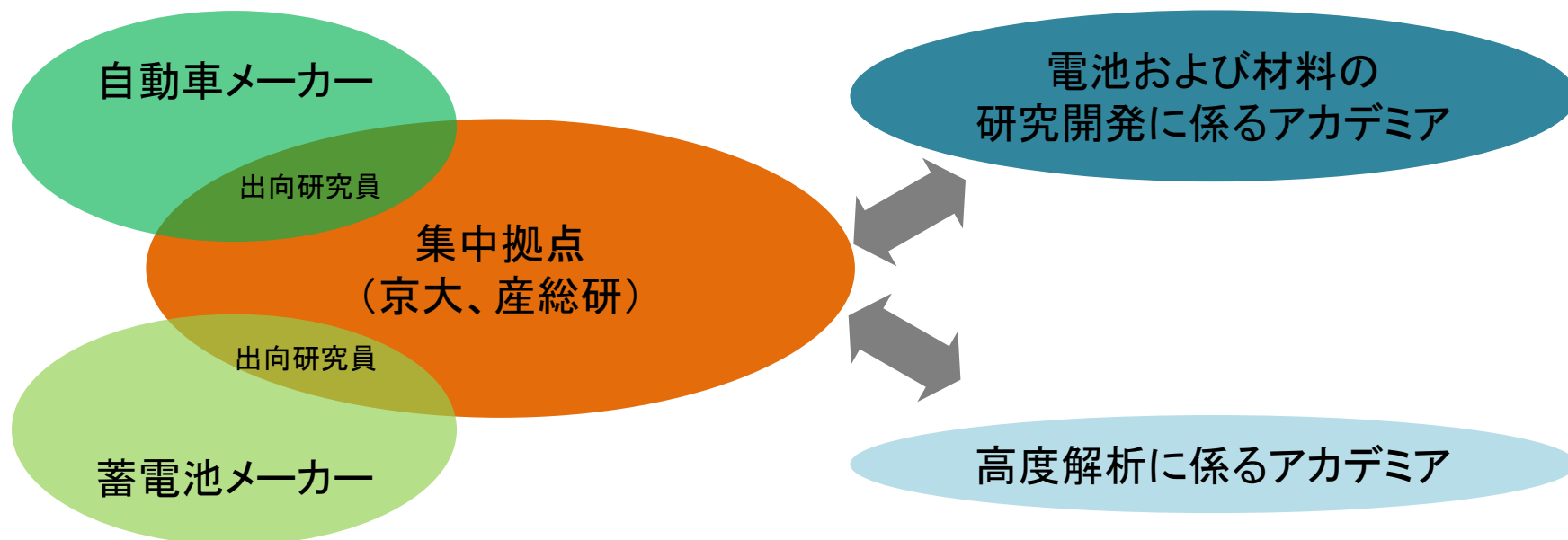
## 車載バッテリーの技術シフトの想定（NEDO推定）



- ・ 民間企業主導での実用化・製品開発、量産技術開発
- ・ 革新型蓄電池搭載のEV・PHEV国内販売を開始

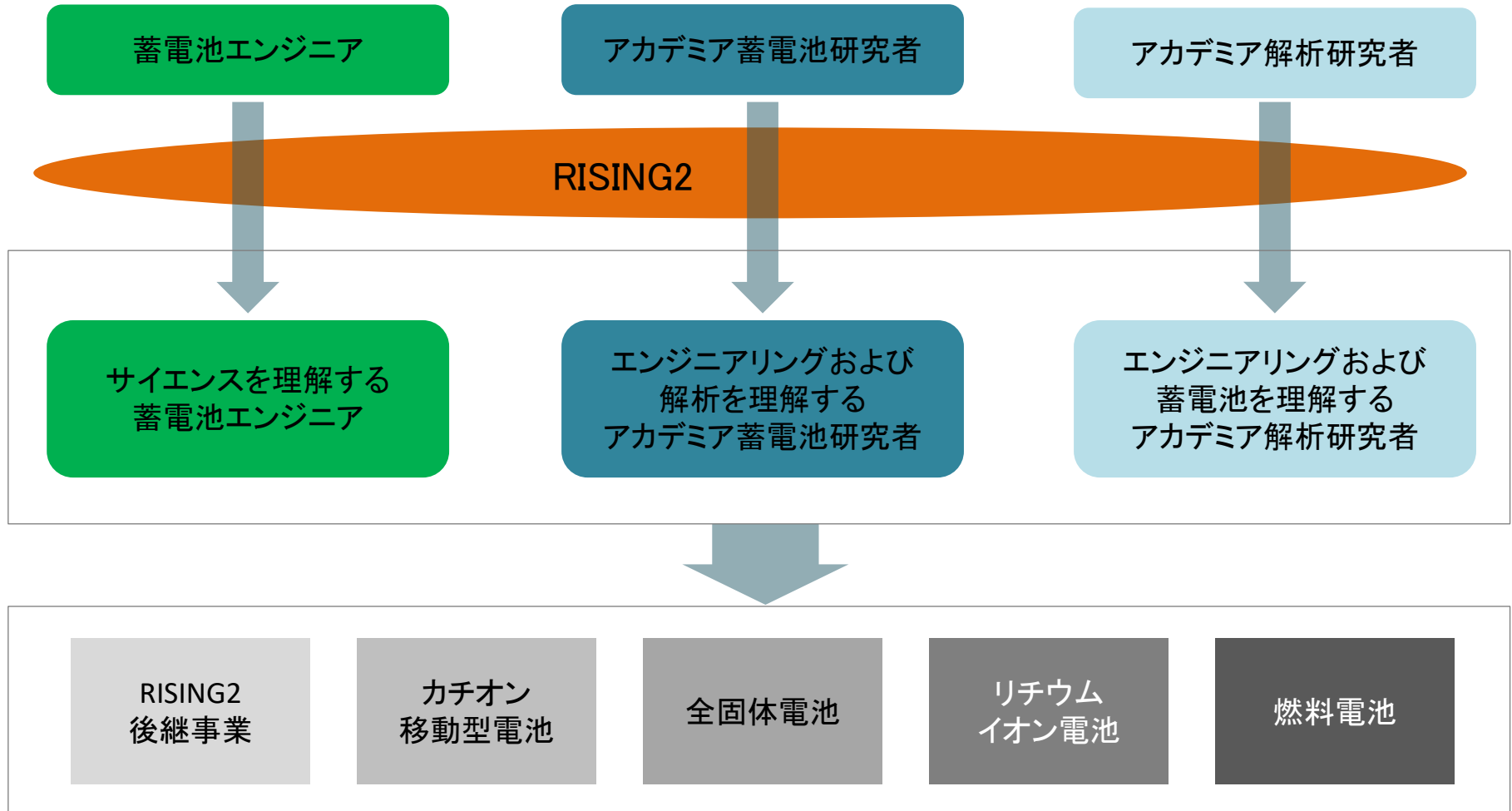
## 波及効果 ～オープンイノベーションの推進～

- 自動車メーカー、蓄電池メーカー、電池および材料に係るアカデミア、高度解析に係るアカデミア、という参画者が競合・異業種等の垣根を取り払い、協働で研究開発に取り組んだ。
- メーカー研究者が集中拠点に常駐し(出向研究員)、産学連携を更に推進した。
- 集中拠点がコミュニケーションのハブとなることにより、高効率かつ、より統合された協働を可能とした。
- 特に、2019年度以降の組織変更により、蓄電池研究者と解析研究者の協働が促進された。
- これらにより、「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。



## 波及効果 ～人材育成～

- 本事業により、多面的な能力を有するエンジニア、研究者を育成した。
- 今後、育成されたエンジニアおよび研究者によるRISING2後継事業への多大な貢献が期待される。加えて、他電池の発展にも大いに寄与すると期待される。



## 波及効果 ～低炭素化社会の構築～

- 地球温暖化防止には、輸送部門の低炭素化と電源の低炭素化をセットで対策する必要がある。
- 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。

