

「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

(中間評価)分科会

資料 5



「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

RISING2(中間評価)分科会

(2016年度～2018年度 3年間)

プロジェクトの概要(公開)

NEDO

次世代電池・水素部

蓄電技術開発室

2018年 8月 6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) 成果の最終目標の達成可能性
- (3) 成果の普及
- (4) 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

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	H31fy	H32fy	H33fy	H34fy

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



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)

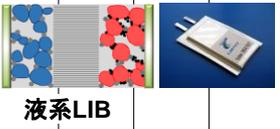
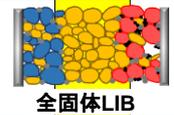
➢ EV-Pack
250 Wh/kg
1,500 W/kg
20,000 JPY/kWh

➢ 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 (H28-32fy)

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



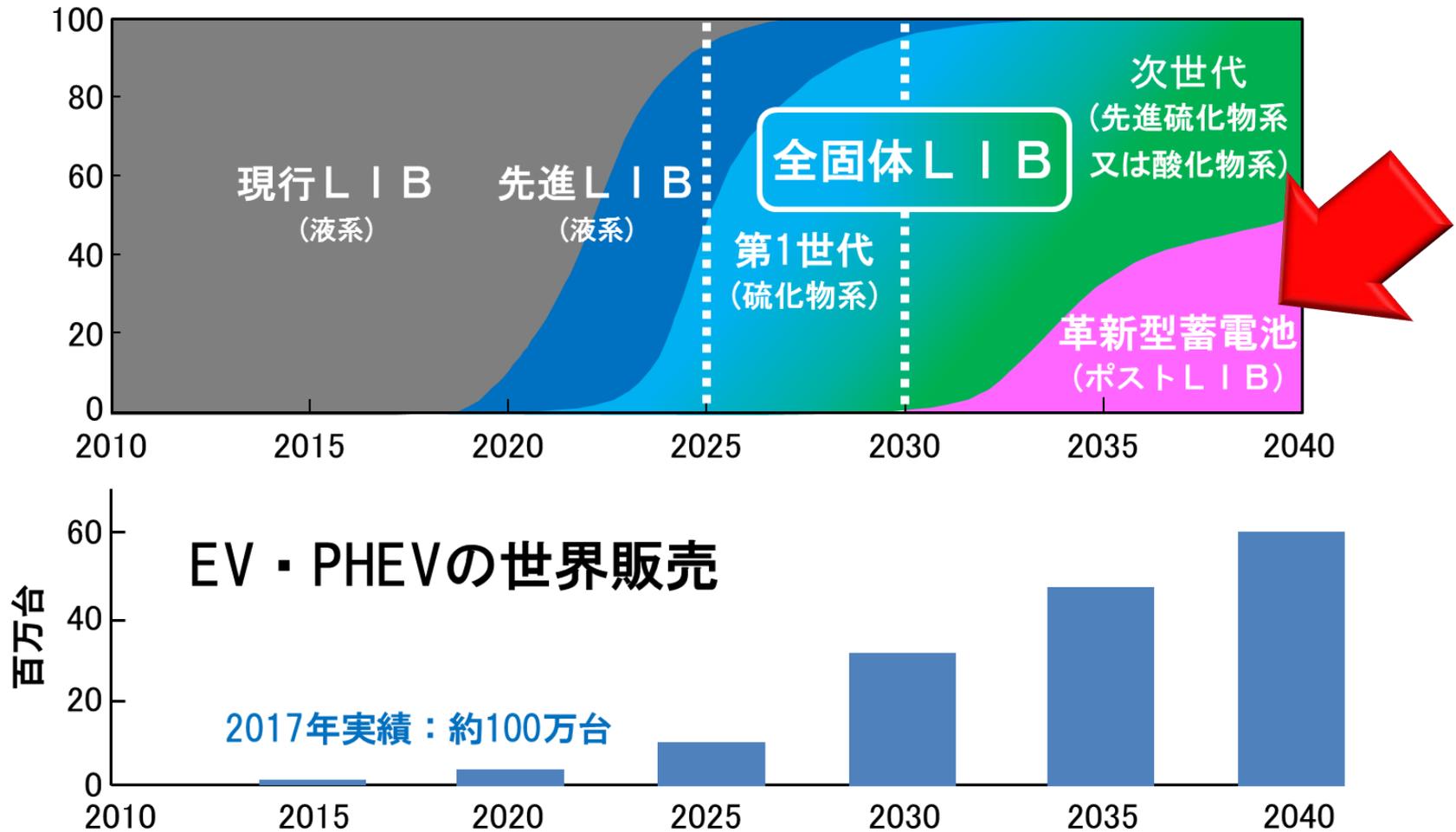
放射光BL 中性子BL 亜鉛空気電池 硫化物電池

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

プロジェクト
の開発目標

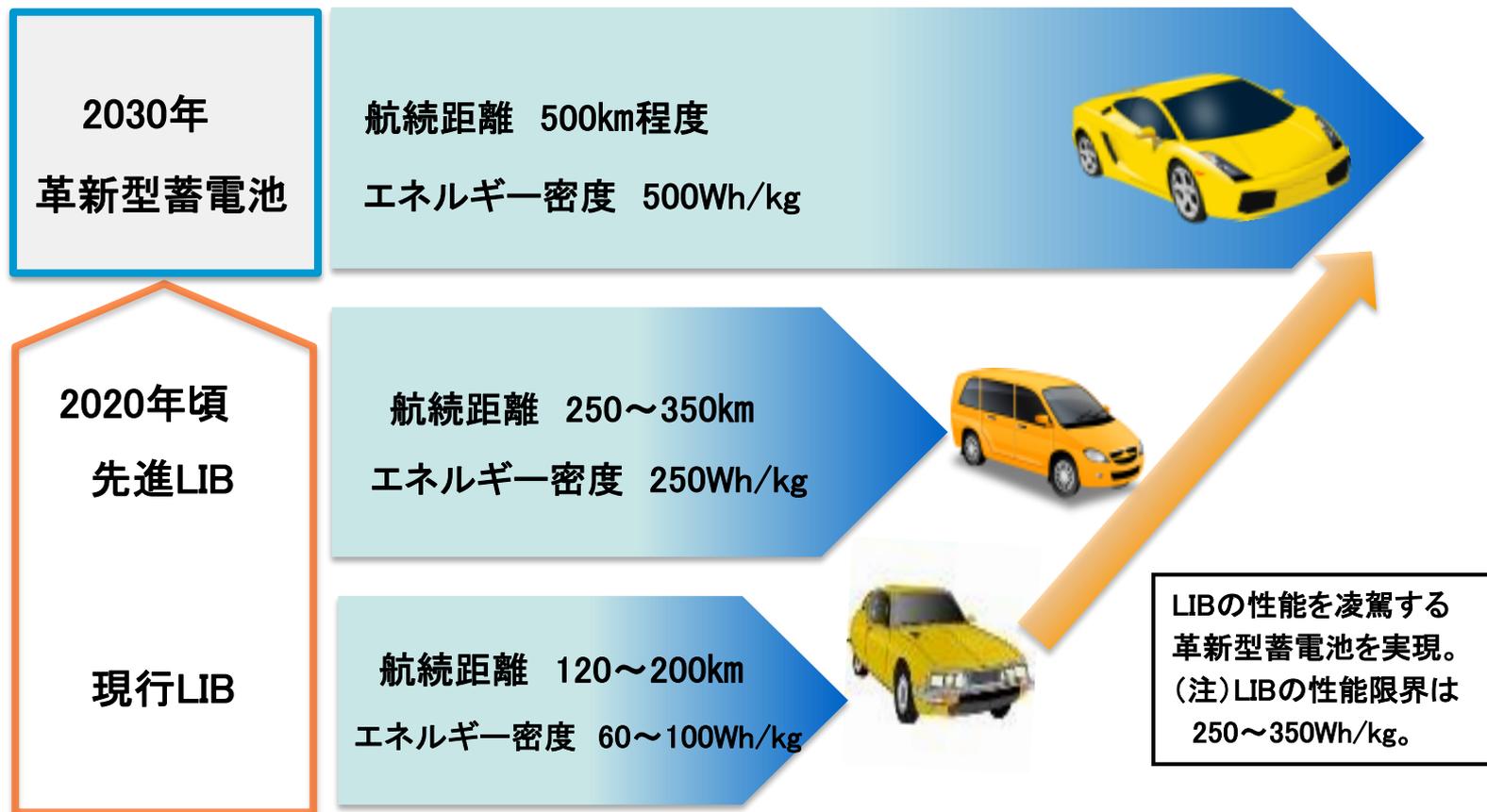
車載用蓄電池の技術シフトの想定

液系LIBが当面、EV用バッテリー市場の主流であるが、中韓勢との競争が激化中。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。



各種資料よりNEDO作成

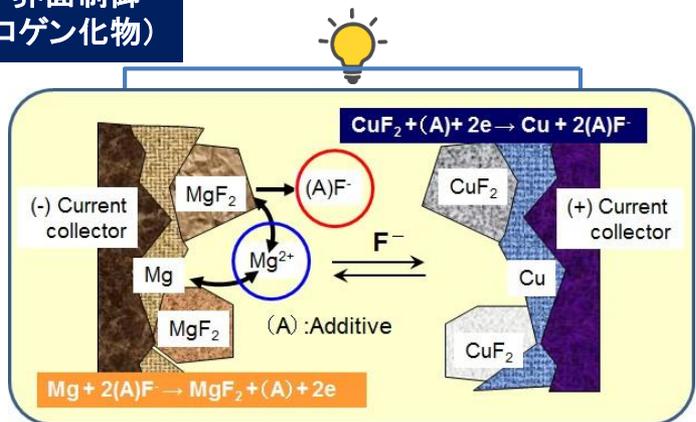
2030年にガソリン車並みの走行性能を有する普及価格帯の電気自動車(EV)等を実現するため、リチウムイオン電池の性能を凌駕する**革新型蓄電池の実用化を促進する共通基盤技術を産学官の連携・協調(集中研方式)で開発。**



リチウムイオン電池から革新型蓄電池への飛躍

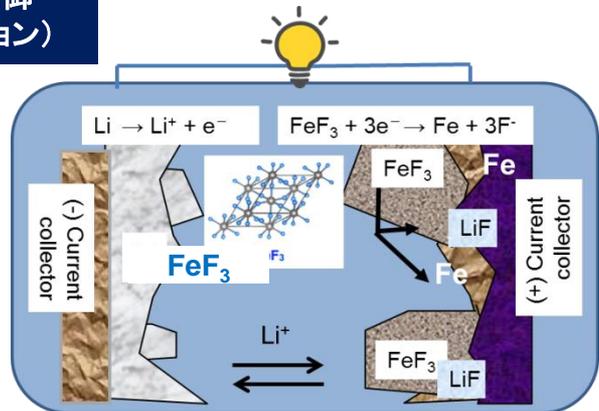
アニオン移動型
(京大拠点で開発)

ナノ界面制御
(ハロゲン化物)

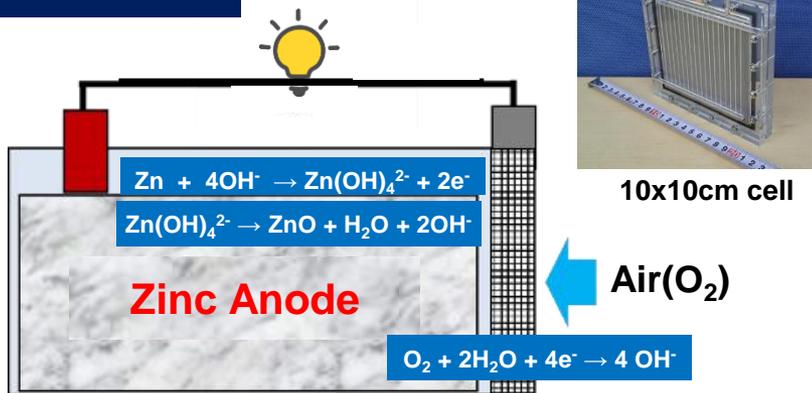


カチオン移動型
(産総研拠点で開発)

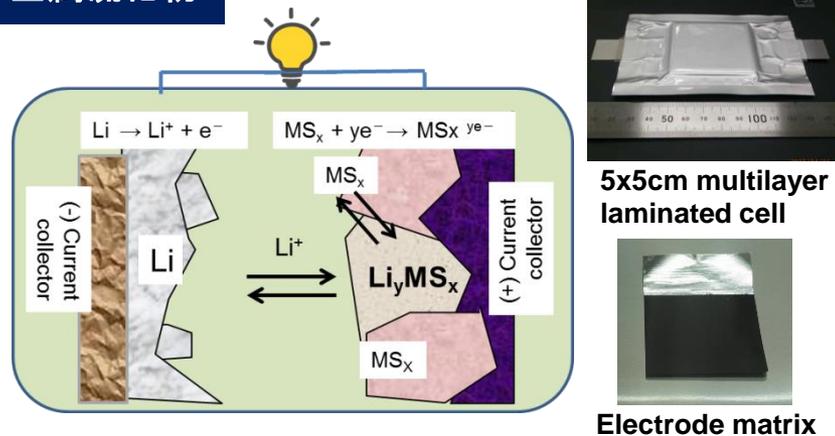
ナノ界面制御
(コンバージョン)



亜鉛空気



金属硫化物



我が国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。

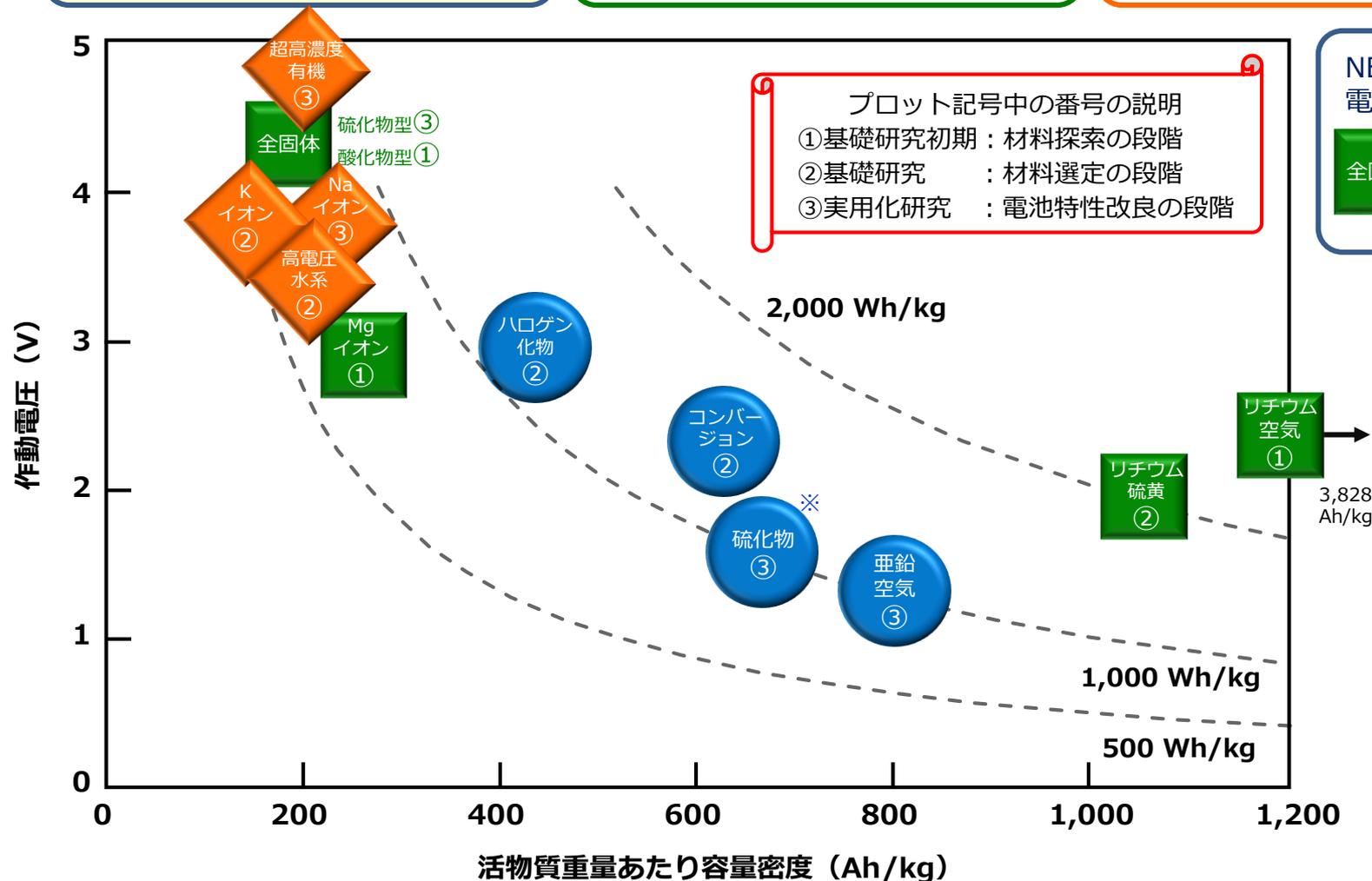
NEDO/先進・革新蓄電池材料評価技術開発

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。

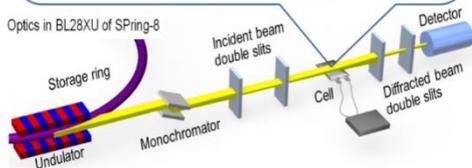
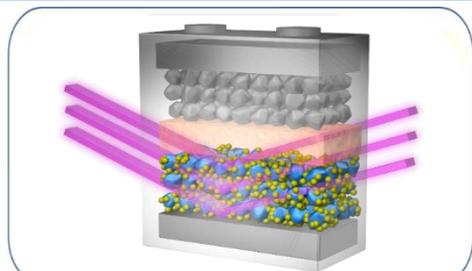
【注1】
「NEDO二次電池技術開発ロードマップ2013」（平成25年8月30日公表）に掲載の図に、NEDO・JSTのプロジェクトで研究開発中の蓄電池の性能（容量密度、作動電圧）をプロット。

【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。



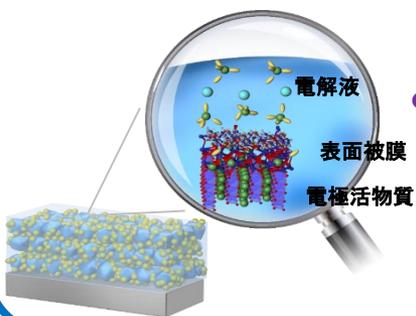
蓄電池の特性を飛躍的に向上させるメカニズム解明のため、更なる**解析技術の高度化**や**新技術の開発**を行う。

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



NMR

分光的手法
NMR・HAXPES

電池のマクロ解析

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。



➤ 米国 

DOEの自動車技術局(VTO)、エネルギー先端研究計画局(ARPA-E)、科学局(Office of Science)が様々な革新型蓄電池のプロジェクトを推進中。VTOは、Advanced Battery Materials Research(BMR)でリチウム硫黄電池、リチウム空気電池等を開発中であるが、2016年よりパシフィックノースウェスト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「Battery500」で革新型蓄電池の開発を推進中。Office of Scienceは、2012年より集中研究拠点「JCESR」をアルゴンヌ国立研究所に設立し、産学連携による革新型蓄電池の開発を推進。ARPA-EでもBEEST、RANGE等のプロジェクトで革新型蓄電池の開発を推進中。

➤ 欧州   

官民「欧州グリーンビークル・イニシアティブ」(EGVI)でEUの資金を使い、多くのプロジェクトを推進中。LIBのプロジェクトが多いが、革新型蓄電池(リチウム硫黄電池、リチウム空気電池)のプロジェクトもある。EGVI以外でもHorizon2020の枠で、多価カチオン電池、ナトリウムイオン電池、リチウム硫黄電池、亜鉛空気電池を開発中。

ドイツではEGVIとは別に、主に連邦教育研究省(BMBF)主導のBattery2020(2015年～)で、LIBと革新型蓄電池(多価カチオン電池、リチウム硫黄電池、金属空気電池等)を開発中。

➤ 韓国 

2014年7月に蓄電池を含む6大コア技術分野の気候変化対応コア技術開発戦略を策定。2020年までにエネルギー密度400Wh/kgの革新型蓄電池を実現するとし、リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、亜鉛空気電池の開発を進めている。

➤ 中国 

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。新エネルギー車試行特別プロジェクトの一環で中国科学院(CAS)がLIBと革新型蓄電池(リチウム硫黄電池、リチウム空気電池)を開発中。

主要国の蓄電池開発プロジェクトの年度展開

● 産学連携・集中拠点型

● 産学連携

Post-LIB

Post-LIB/LIB混在

LIB

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【NEDO】		Li-Air, Li-S, Mg-ion, All-solid, etc.														
	● RISING, RISING II【NEDO】		Zn-Air, Li-MSx, Nano-interface, etc.										Zn-Air, Li-MSx, Nano-interface				
	● LIB応用・実用化【NEDO】		All-solid														
	FIRST		O2-shuttle, Li-Air, All-Solid, etc.														
	元素戦略		Na-ion														
	ALCA/SPRING		All-Solid, Li-S, Li-Air, Mg-ion, Li-metal Anode, etc.														
米国	● Vehicle Technologies Program		Li-S, Li-Air, Na-ion														
	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		Li-S, Li-Air, Multi-ion, Redox-flow														
	● Battery500		Li-metal Anode, Li-S, Solid-electrolyte														
EU	● HELIOS																
	● AMELIE																
	● APPLES																
	● EUROLIION																
	● ELIBAMA																
	● SOMABAT																
	● BATTERIES2020																
	● MARS-EV																
	● MAT4BAT																
	● FiveVB																
	● eCAIMAN																
	● SPICY																
	● EUROLIS, HELIOS												Li-S	Li-S			
	● LABOHR												Li-Air				
	● LISSEN												Li-S				
● NECOBAUT												Fe-Air					
● STABLE												Li-Air					
ドイツ	● LIB2015																
	● STROM												Li-Air, Zn-Air, Li-S, Alkaline				
	● STELLA, GLANZ												Li-Air, All-solid, etc.				
	● MEET-HiEnD												Li-Air, Li-S, etc.				
Batterie2020												Li-Air, Li-S, Mg-S, All-solid, etc.					
フランス	● RS2E												Li-Air, Li-S, Na-ion, Redox-flow, etc.				
中国	863計画																
	973計画												Li-Air, Li-S, etc.				
	国家重点研究開発計画												Li-Air, Li-S, All-solid, etc.				
韓国	● WPM高性能二次電池素材開発																
	● 緑色産業先導型二次電池技術開発																
	● 気候変化対応コア技術開発												Li-Air, Li-S, All-solid etc.				
	● 中大型二次電池商用化技術開発																

米国における革新型蓄電池の開発状況

エネルギー省(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、多価カチオン電池等)を開発中。

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
BEEST	2010～2016	480km以上の走行を可能とする車載用蓄電池の開発	\$39M (約43億円)	先進LIB、全固体電池LIB、 リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、金属空気電池、多価カチオン電池
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 (約42億円)	先進LIB、全固体LIB、 リチウム硫黄電池、多価カチオン電池、亜鉛空気電池
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 (約41億円)	リチウムイオン伝導性材料、 リチウム金属負極 、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	\$23M (約25億円、2016年)	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
Battery 500	2016～2021	500Wh/kg、1000サイクル	\$50M (約55億円)	金属リチウム負極を適用した先進LIB及び リチウム硫黄電池

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	2012～2016	エネルギー密度5倍、コスト1/5	\$120M (約132億)	リチウム硫黄電池、リチウム空気電池、多価カチオン電池

➤ 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)」で先進LIBと革新型蓄電池(リチウム硫黄電池、金属空気電池)を開発中。材料開発は進展するもセルの長期信頼性評価には至らず。

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	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	Fraunhofer(独)、DARAMIC(仏)等、11企業、5大学・研究所
	HELIS (2015~2019) ※EUROLIS後継	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	PSA(仏)、SAFT(仏)等 4企業、9大学・研究所
金属空気電池	STABLE (2012-2015)	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	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	Saft Batterias(スペイン)等 5企業、3大学・研究所

出典: <https://egvi.eu/>

➤ ドイツ

ドイツはEGVIとは別に、BMBF主導のBattery2020(2015年~)プロジェクトで、LIBと革新型蓄電池(多価カチオン電池、リチウム硫黄電池、金属空気電池等)を開発中。リチウム硫黄電池の開発目標はプロタイプセルで400Wh/kg、500サイクル。

フラウンホーファー研究機構はリチウム硫黄電池、ナトリウム硫黄電池を開発中。

➤ 韓国

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)を開発中。

亜鉛空気電池の開発内容

実施機関	開発内容	目標値
群山大学	OER/ORR活性を持つ空気極用多元触媒の開発	3年以内に250mW/cm ² 、さらに3年以内に350mW/cm ²
韓国電気研究院	亜鉛空気電池の単セル開発	・要素技術の開発・試作(300Wh/kg) ・安定化・性能向上技術開発

➤ 中国

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革新型蓄電池(リチウム硫黄電池、リチウム空気電池)を開発中。

リチウム硫黄電池の開発内容

S/Cナノ材料、硫黄の高充填化技術セル、パック電池(1.1kWh)試作



出典: 中国科学院のホームページ

リチウム空気電池の開発内容

高活性空気極触媒、電極構造セル: ~300Wh/kg、<100サイクル

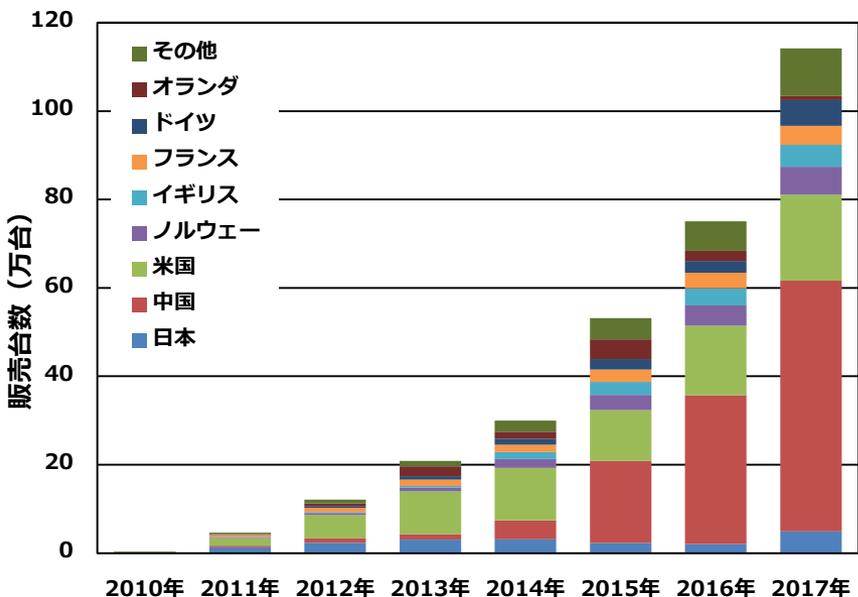


出典: 中国科学院のホームページ

EV・PHEVの市場動向と各国の普及目標

- EV・PHEVの単年度販売台数は2011年から急速に増加。2014年度までは米国がトップであったが、2015年以降、中国の伸びが著しく、世界一の販売国に。
- 米国のZEV規制、中国のNEV(New Energy Vehicle)規制等、一定比率以上の電気自動車の販売を義務付け。英国、フランスは2040年までにガソリン車とディーゼル車の販売禁止の政策をアナウンス。

EV・PHEV国別単年度販売推移



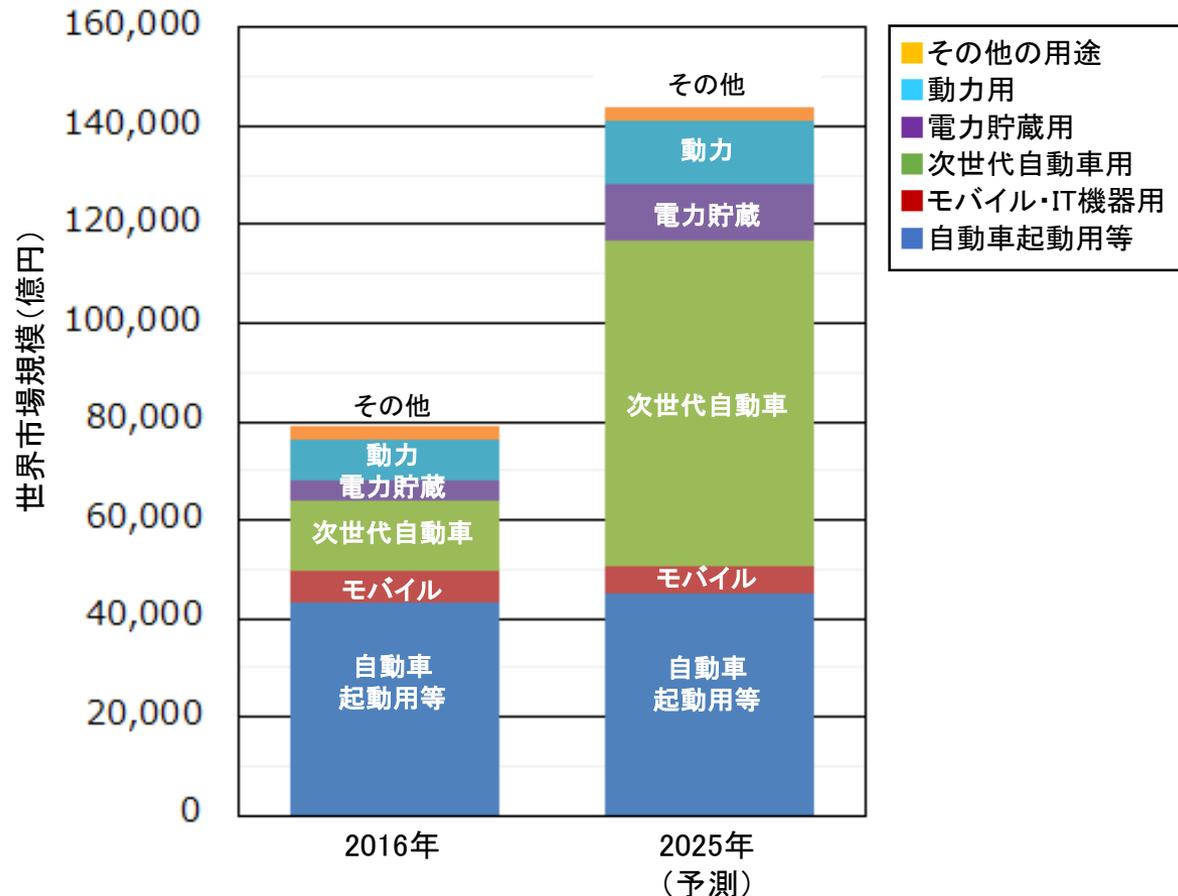
出典:「MARKLINES 自動車産業ポータル」等の台数統計データによりNEDO作成

	EV・PHEV普及目標		主な政策方針
	2020年	2030年	
日本	累計100万台	20~30% (新車販売に占める割合)	次世代蓄電池等による電動化・自動化・サービス化等の制度環境・社会インフラの構築。
英国	累計150万台		2040年までにガソリン・ディーゼル車販売終了。
フランス	累計200万台		2040年までにGHG排出車販売終了。
ドイツ	累計100万台	累計600万台	-
中国	累計500万台	累計8,000万台	2019年から生産量の一部をEV・FCV・PHV義務化。
米国(加州)	累計150万台 *2025年目標		販売量の一部をZEV規制(2018年からHEVが対象外)。

出典:経済産業省 エネルギー情勢懇談会(第3回)

蓄電池の市場動向

- 蓄電池の世界市場規模@2016年は8兆円弱。今後、多用途に及ぶ需要開拓が想定され、約14兆円@2025年へと成長。
- 用途別での市場成長率は次世代自動車用が最大。約1.4兆円@2016年から約6.6兆円@2025年へと成長を予測。



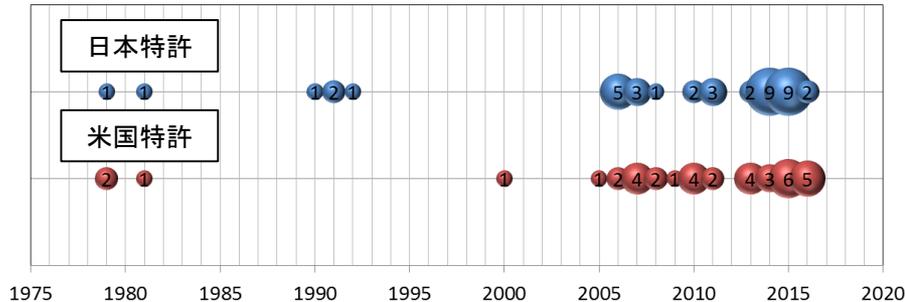
出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2017」(株式会社富士経済)に基づきNEDO作成

革新型蓄電池の特許動向 ～アニオン移動型電池～

ハロゲン化物電池関連の特許動向

- 2005年頃から増加傾向であるが、2014年以降は前プロ (RISING)の出願が多い。
- Fタームから「充放電特性」「容量特性」「サイクル寿命」の件数が多く、電池性能の検討段階であることを示す。

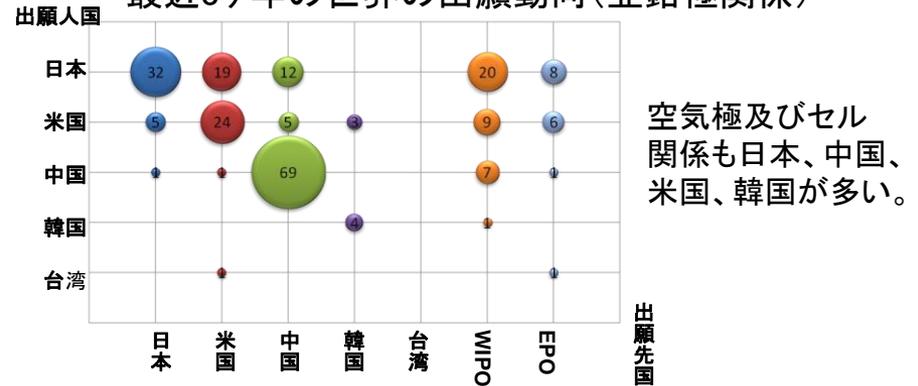
フッ化物電池の出願動向(日本、米国)



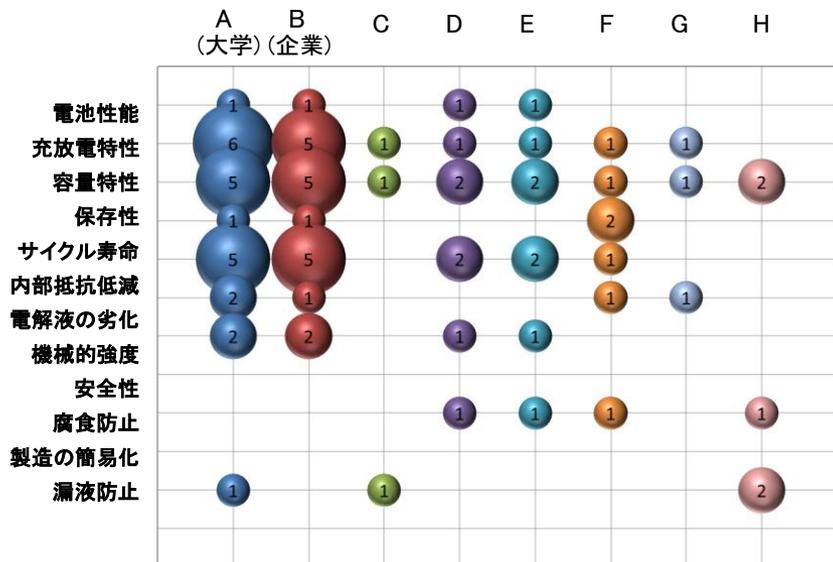
亜鉛空気電池(亜鉛極)関連の特許動向

- 最近の世界出願においては、日本、中国、米国、韓国で大半を占める。
- 課題としては高安全・長寿命の分類が多く、解決手段としては、電池全体、セパレータが多い。

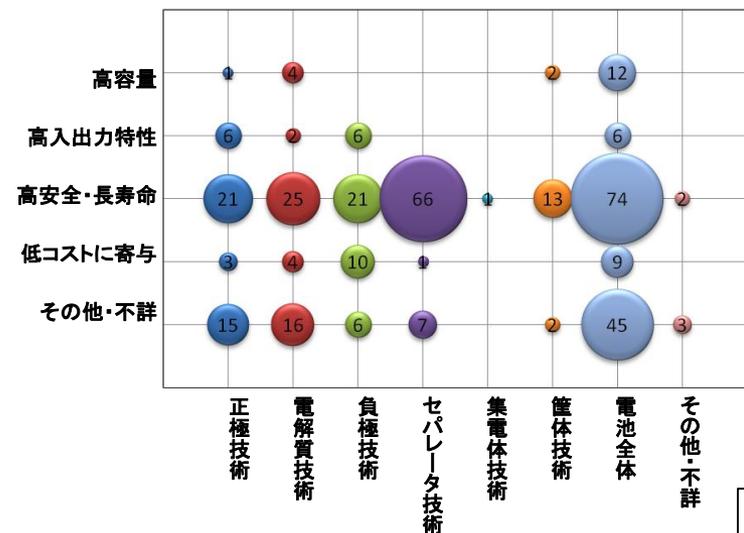
最近3ヶ年の世界の出願動向(亜鉛極関係)



Fタームを活用した出願人別の出願傾向(目的・効果)



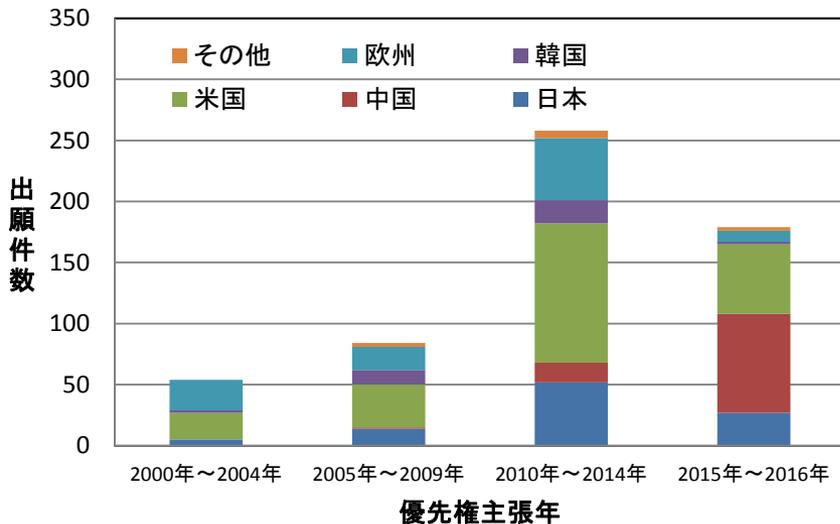
課題別の解決手段



革新型蓄電池の特許動向 ～カチオン移動型電池～

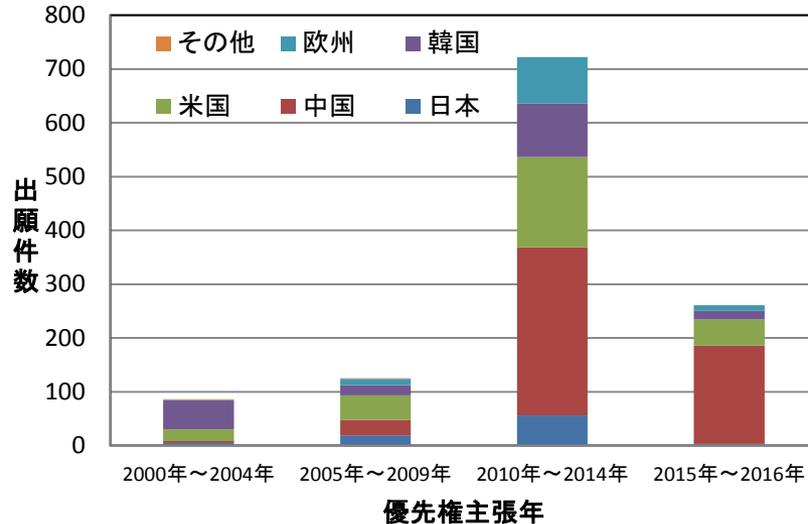
コンバージョン電池(正極)関連の特許動向

- 2010年頃より全体数が増加。米国、中国の出願が多い。
- 出願技術の変遷としては、金属フッ化物の物質特許から複合化ならびに表面改質といった内容に推移。



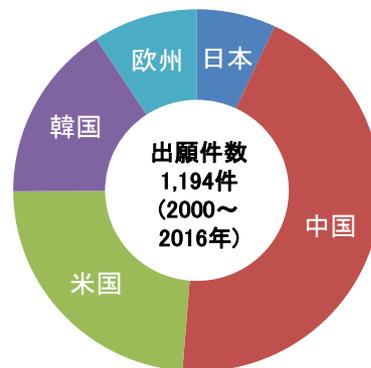
硫化物電池(正極)関連の特許動向

- 2010年頃より全体数が大きく伸長。中国の伸びが大きく、次いで米国が多い。
- 硫化物正極材料は日本、米国とも単体硫黄が多く、次いで金属硫化物、有機硫黄の順。

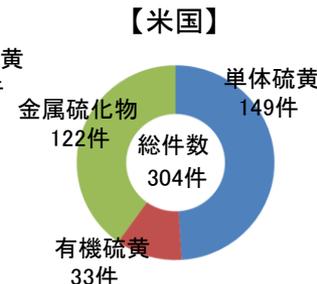
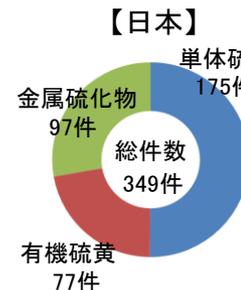


【主要出願者】
 米国Rutgers大学が29件と最も多い。次いでQuantumscape Corporation (20件)、東芝(20件)、パナソニック(10件)等。

【出願動向】
 金属フッ化物に関する出願は全ての地域でなされている。米国特許を中心として、サイクル特性向上を主眼とした金属フッ化物との複合化ならびに表面改質の特許が多い。

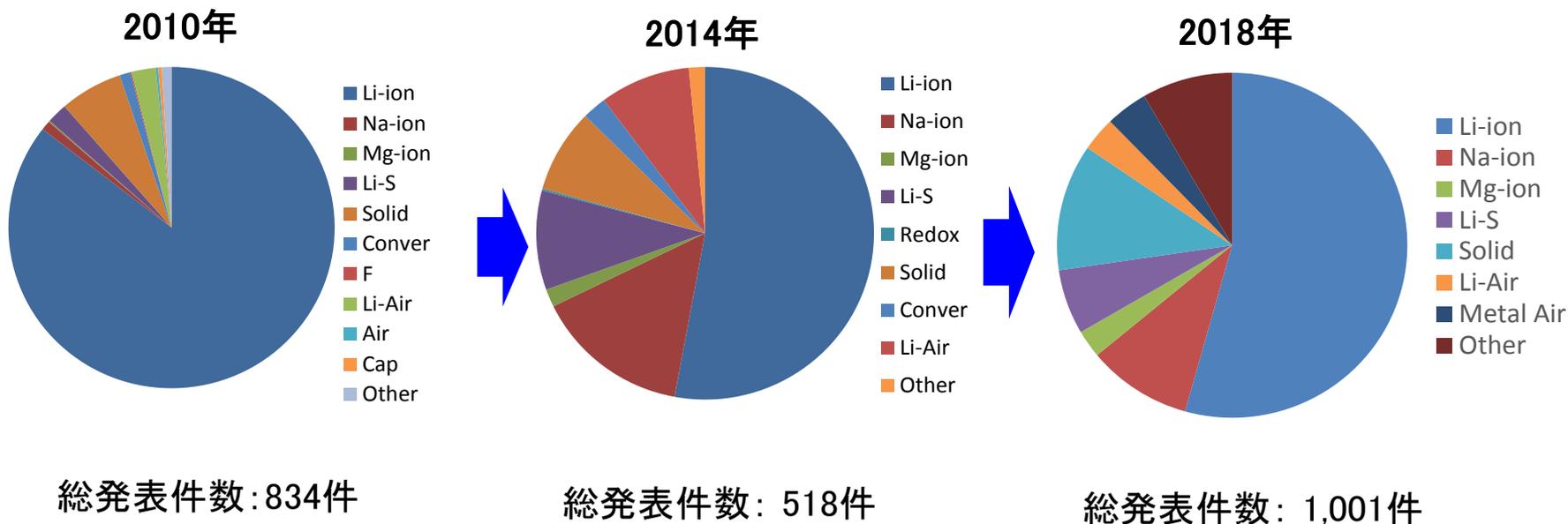


硫化物正極材料の種類別出願傾向



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。



エネルギー基本計画・第5次計画（2018年7月、閣議決定）

- 蓄電池は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。
- 蓄電池の国際市場の規模は、拡大していくと予想されている。今後、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。
- 次世代自動車の新車販売に占める割合を2030年までに5割から7割とすることを目指し、電動化・自動化・サービス化等の制度環境・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。
- 定置用蓄電池やEVなどの需要家側に設置される分散型エネルギーリソースを活用するバーチャルパワープラント(VPP)、EVからの逆潮流を制御するVehicle-to-Grid(V2G)、蓄電池等の調整力を活用し、調整力の脱炭素化を進めていく。

科学技術イノベーション総合戦略（2014年6月、閣議決定）

- 革新的エネルギー変換・貯蔵・輸送技術の高度化に向けて、次世代蓄電池の実装化を重点取組として取り上げられ、研究開発を推進するとしている。

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）

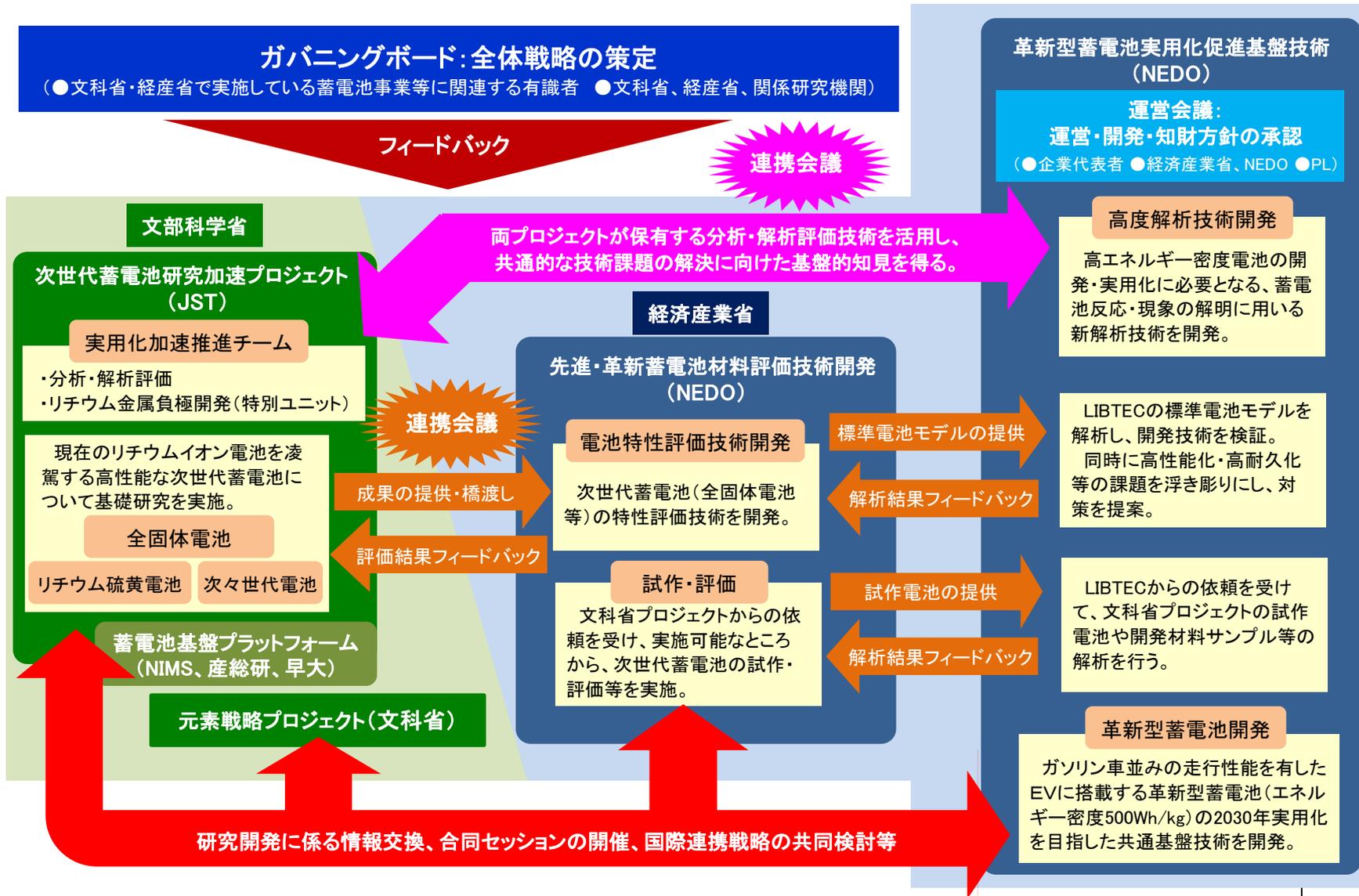
- 電動車の車載用電池について平成42年の革新型蓄電池等の実用化を見据えた研究開発、鉱物の安定供給を進める。
- 運輸部門の省エネを推進するため、電気自動車等の次世代自動車の普及やより高効率な車載用蓄電池の開発・実用化を進める。

これら政策・戦略に対し、本事業の成果は直接的に寄与。

- 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
- ⑥ 蓄電池開発プロジェクトの一体的マネジメント
- ⑦ 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。

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。



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、2,715万トン/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」
= 813万台 × 30% × 200万円/台 = 4.9兆円/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」
= 813万台 × 30% × 30kWh × 1.0万円/kWh = 0.73兆円/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11.8兆円
電池パックの売上：年間1.78兆円
(海外現地生産台数1,974万台を用い、上述の国内の試算方法で算出。)

日本の自動車産業の状況@CY2017

- ・国内乗用車保有台数：6,200万台
- ・国内乗用車生産台数：813万台
- ・国内販売：439万台
- ・海外輸出：422万台
- ・海外現地生産台数：1,974万台

「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

	中間目標(2018年度末)	最終目標(2020年度末)
<p>研究開発項目①</p> <p>高度解析技術開発</p>	<p>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。</p> <p>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。</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"> ・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および劣化現象解析技術 <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>研究開発項目②</p> <p>革新型蓄電池開発</p>	<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>	<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"> ・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 ・サイクル寿命: 100回以上 ・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℃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。

本事業目標の位置付け

- 本事業で掲げた性能目標は主要各国が策定しているものと大差ない。(量産時の製造品質と市場品質の両方を確保可能な蓄電池を如何に早く開発し、市場投入するのかが勝敗の分かれ目。)

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) ※6	2020年	200	250	280	235	240	240
	2030年	—	400	—	250	400	400
	2030年以降	—	500	500	500	—	—
電池パック出力密度 (W/kg)		2,500	1,500	2,000	—	—	—
コスト(円/kWh)	2020年	20,000	20,000	135,000	12,000	—	13,000
	2030年	—	10,000	—	10,000	—	—
カレンダー寿命(年)		10～15	10～15	15	15	—	—
サイクル寿命(回)		4,000～6,000	1,000～1,500	1,000	1,500	1,000～2,000	1,200

※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: 第13次5ヶ年計画/国家重点研究開発計画/新エネ車試行特別プロジェクト(2016)、

中国汽車工程学会(省エネルギー車と新エネルギー車の技術ロードマップ)

※6: 米韓中の電池パックのエネルギー密度の目標値については、セルの目標値の0.8倍とした。

本事業の全体スケジュール

- 革新型蓄電池の反応メカニズムを本質的に解明可能な高度解析技術を開発し、それを順次活用しながら、革新型蓄電池の電極・電解質およびセル化技術を開発。

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

- 300Wh/kgの実証
- 安全性、耐久性の見届け
- 500Wh/kgの検証
- 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

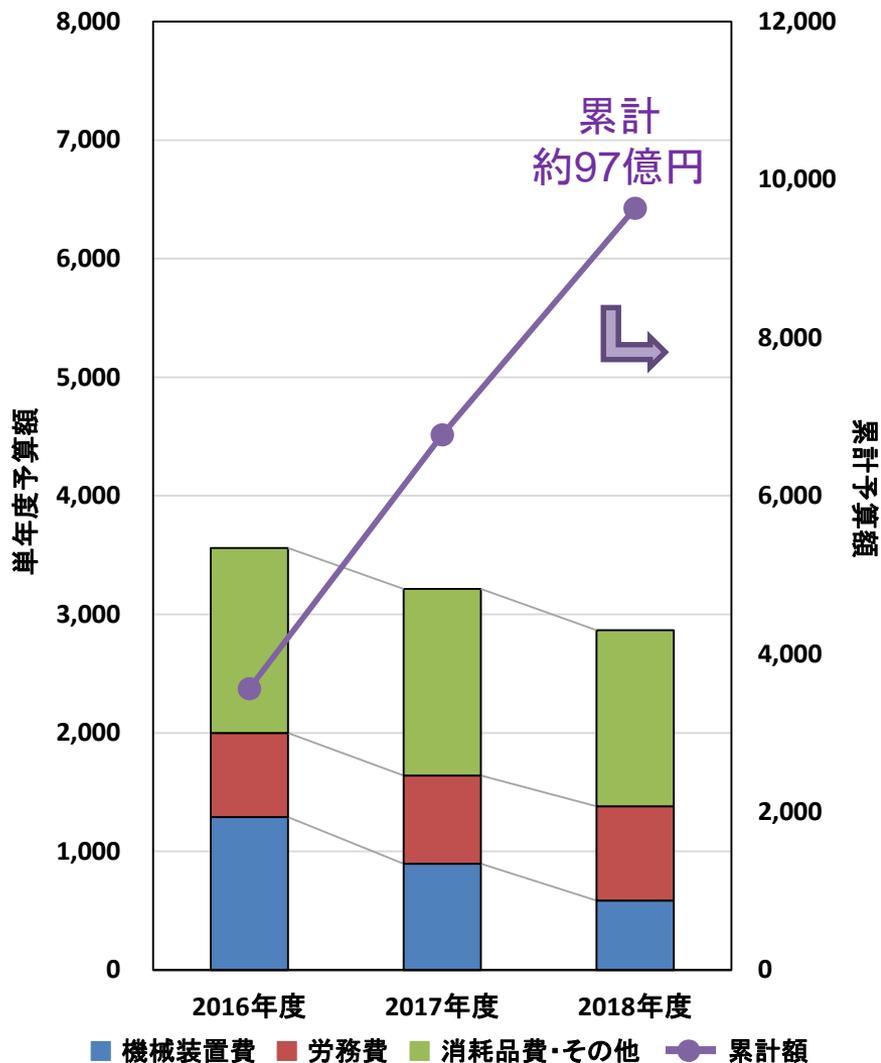
- 革新型蓄電池測定のための解析技術の高度化
- 産業ニーズと解析技術のマッチングによる自立化の仕組みの構築
- 国際連携の構築

革新型蓄電池の製品化

研究開発予算の内訳(経費別)

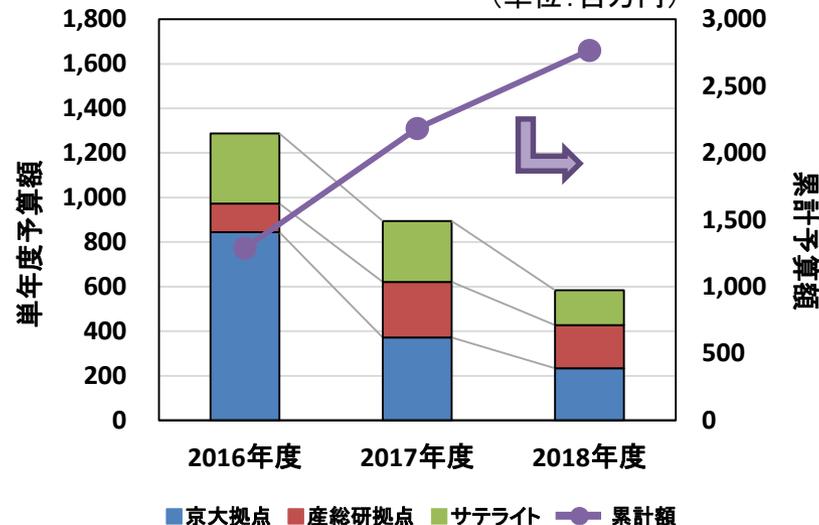
全体予算

(単位:百万円)



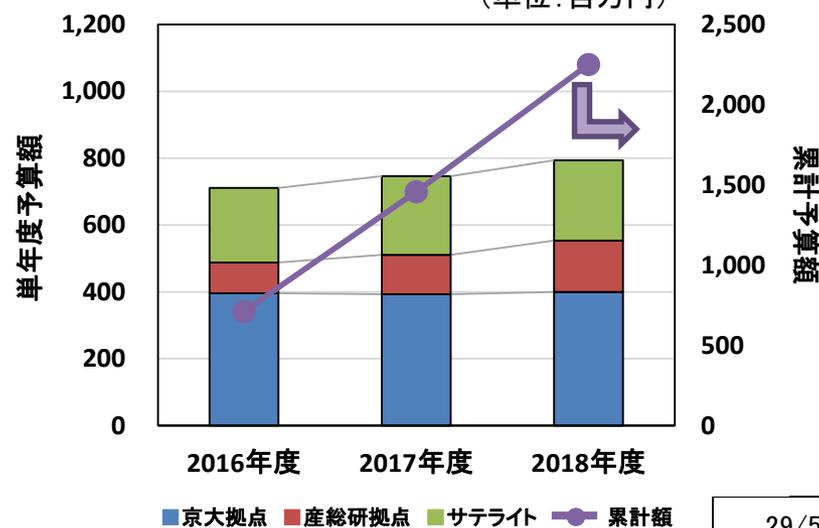
機械装置費

(単位:百万円)



労務費

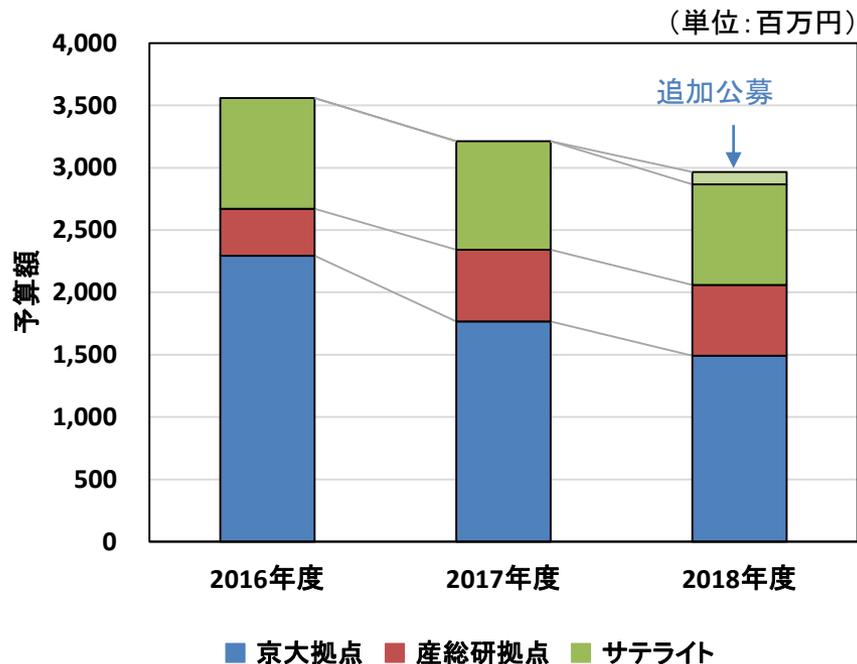
(単位:百万円)



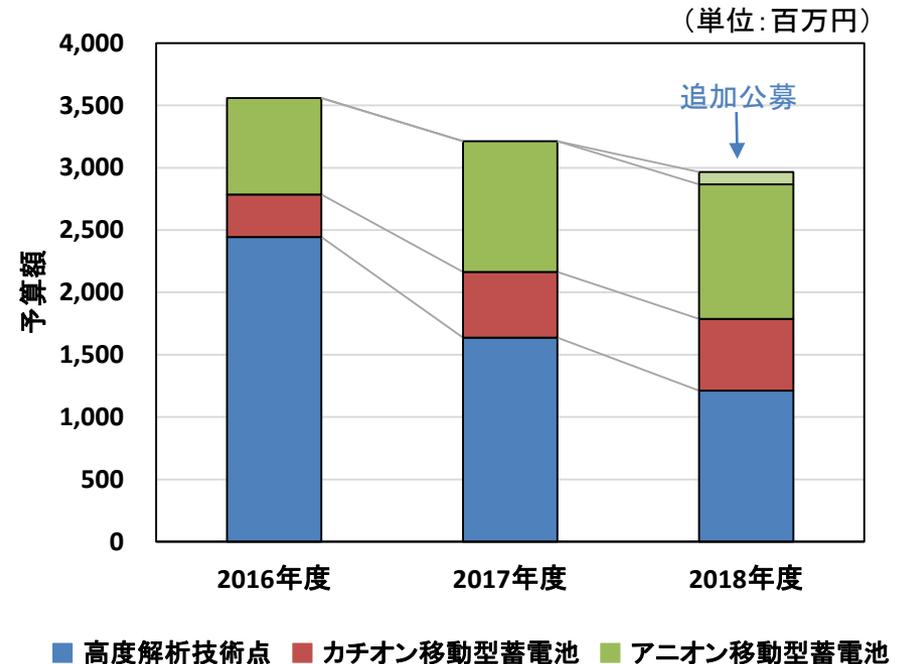
研究開発予算の内訳(拠点別・グループ別)

- 企業からの出向研究員も含め、最多の研究人員を配置している京大拠点に多くの予算を配分。京大拠点は高度解析技術および革新型蓄電池開発の中心的役割を担っている。
- 初年度は高度解析技術に集中的に配分し、設備の早期導入を進めた。今後は、革新型蓄電池技術開発の予算を増額していく予定である。

拠点別

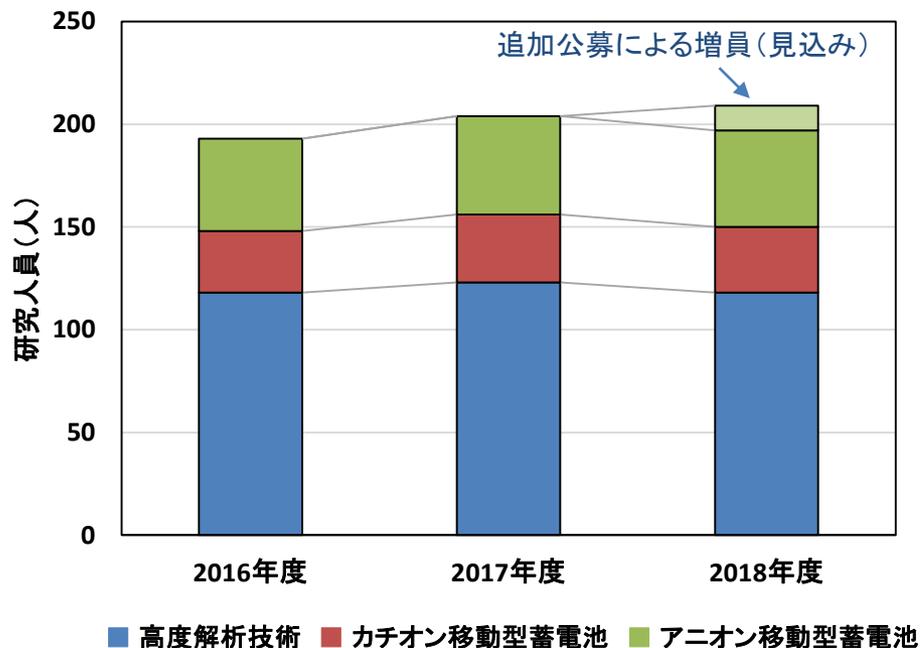


グループ別



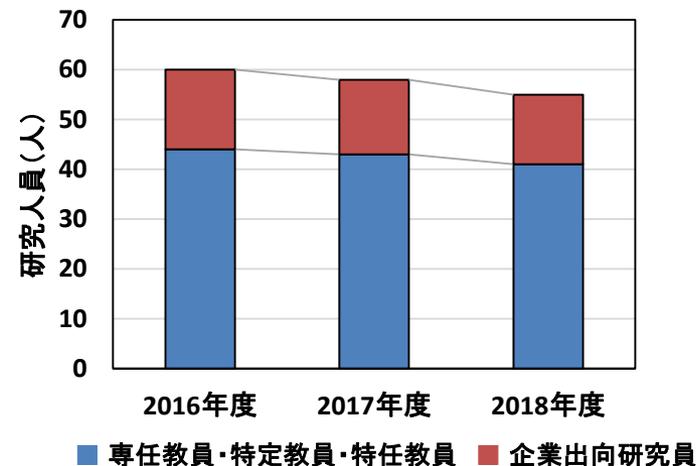
プロジェクト全体

- 約200名の研究員がプロジェクトに従事。高度解析技術開発の関係が約6割を占める。
- 2018年には追加公募を実施し、ハロゲン化物電池の開発体制を強化。約10名の研究者が増員される見込み。



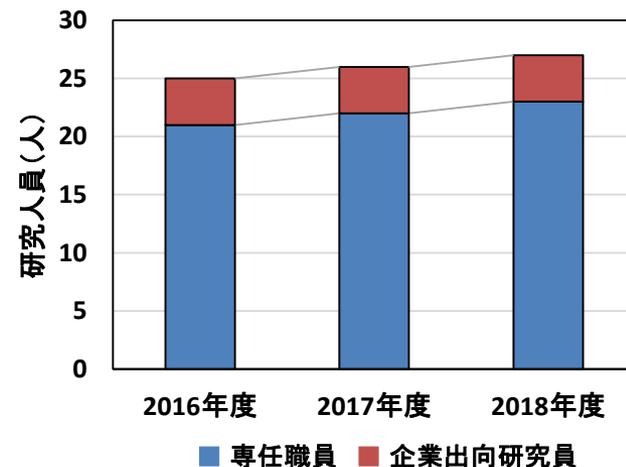
京大拠点

- 約60名が従事。3/4を京大教員が占める。



産総研拠点

- 約25名が従事。産総研職員が8割を占める。



プロジェクト全体の実施体制



実施体制の詳細 ~高度解析技術開発グループ~

高度解析技術開発

京都大学:松原GL

解析技術開発グループ

解析技術活用グループ

放射光

中性子

NMR

精密測定

電顕

計算科学

京都大学
:松原TD

名古屋工業大学
林 好一 教授
SPring-8回折分
光技術

立命館大学
太田 俊明 教授
軟X線放射光

理化学研究所
SPring-8イメージ
ング・軟X線

日立製作所

本田技術研究所

京都大学
:福永TD

茨城大学
佐藤 成男 教授
中性子回折
iMATERIA

高エネルギー加速
器研究機構
J-PARC SPICA

京都大学
:村上TD

東北大学
河村 純一 教授
NMR解析

村田製作所

京都大学
:松原TD

日立製作所

東京大学
:幾原TD

東京大学
幾原 雄一 教授
超高分解能
3次元STEM

ファインセラミックスセ
ンター
電池反応その場
TEM観察

産 総 研
:大谷TD

産総研・機能材
料コンピューテーショ
ナルデザイン研究
センター(筑波)
第一原理計算・
分子動力学計算

京都大学
:松原TD

早稲田大学
逢坂 哲彌 教授
測定電池作製・
交流インピーダ
ンス
3次元STEM

東京工業大学
管野 了次 教授
全固体電池の構
造解析

トヨタ自動車

日産自動車

パナソニック

マクセル

本田技術研究所

実施体制の詳細 ~革新型蓄電池開発グループ~

革新型蓄電池開発

京都大学:西尾GL

産総研:栄部GL

アニオン移動型電池グループ

カチオン移動型電池グループ

ナノ界面制御電池
(ハロゲン化物)

水系空気電池

共通基盤

ナノ界面制御電池
(コンバージョン)

硫化物電池

共通基盤

京都大学
:安部TL

工学院大学
関 志朗 准教授
固体高分子電解質の
開発

名古屋大学
本山 宗主 講師
電極活物質の開発

三重大学
森 大輔 准教授
固体電解質の開発

大阪大学
今中 信人 教授
固体電解質の開発

九州大学
猪石 篤 助教
電極活物質の開発

トヨタ自動車

豊田中央研究所

日産自動車

パナソニック

本田技術研究所

京都大学
:西尾TL

北海道大学
幅崎 浩樹 教授
空気電池用触媒および
電極の開発

東北大学
伊藤 隆 准教授
空気電池の界面反応
解析

神奈川大学
本橋 輝樹 教授
正極触媒の合成および
触媒活性評価

産総研・関西センター
非炭素系金属極の開
発とセル化技術

九州大学
石原 達己 教授
空気触媒の合成等

日産自動車

日立化成

マクセル

京都大学
:野平TL

兵庫県立大学
松尾 吉晃 教授
電極材料の開発

兵庫県立大学
嶺重 温 准教授
固体電解質保護層の
開発

産総研
:妹尾TL

関西大学
石川 正司 教授
バインダーの探索、
正極作製技術開発

九州大学
岡田 重人 教授
コンバージョン用
正極材料の開発

村田製作所

産総研
:竹内TL

産総研・
中部センター(名古屋)
金属多硫化物の
大量合成技術

三重大学
今西 誠之 教授
電極材料のポリマー
材料表面修飾

日立製作所

本田技術研究所

三菱自動車工業

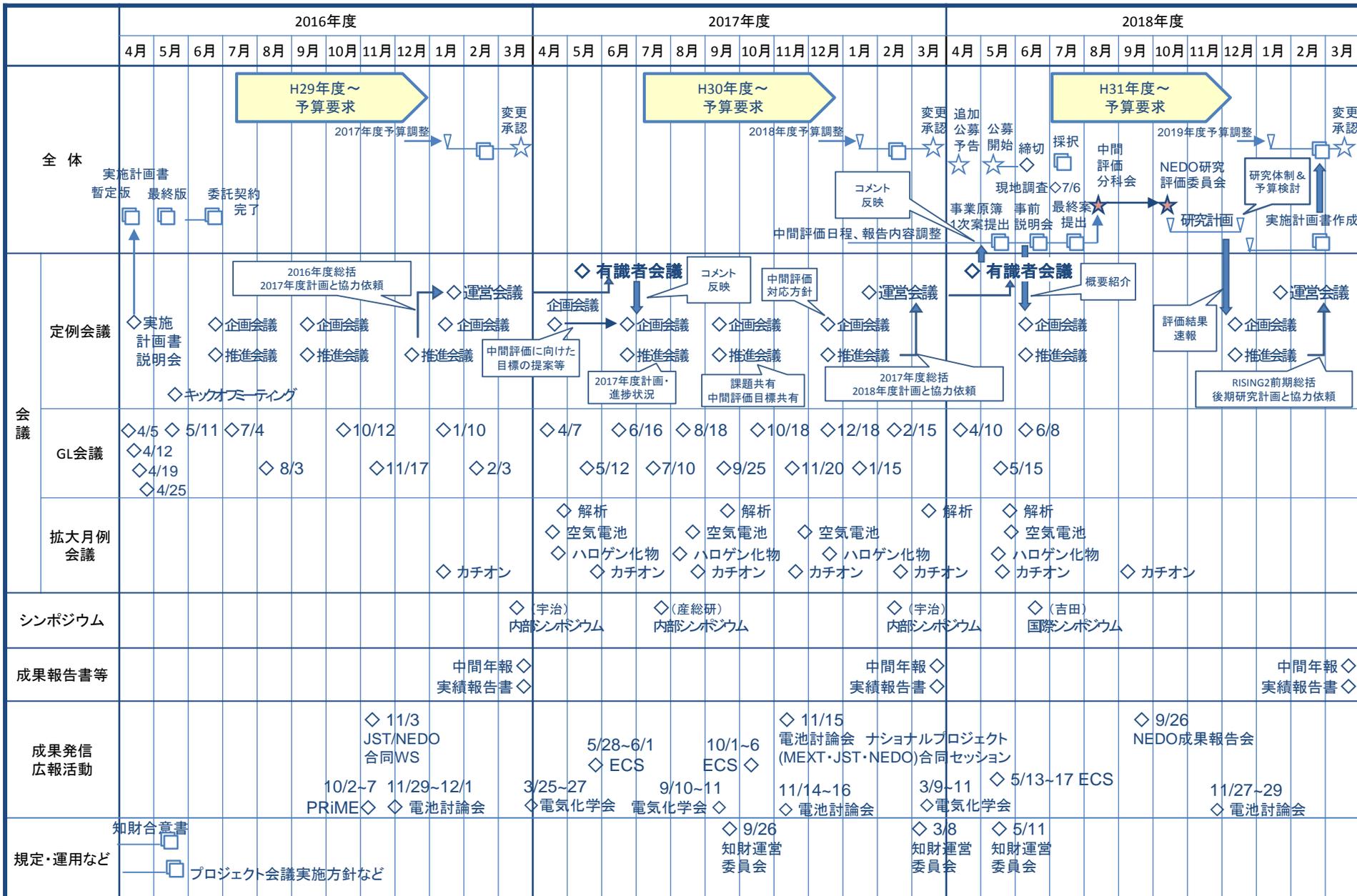
産総研
:栄部TL

東京農工大学
齋藤 守弘 准教授
Si負極へのLiイオン
ドープ技術等開発

神戸大学
菰田 悦之 准教授
スラリーの塗布・
乾燥による電極開発

今年度、追
加公募で体
制強化

プロジェクトのマネジメントスケジュール



プロジェクトの会議体

名称	目的	回数	参加者							
			PL・SPL	集中拠点担当役員	企業技術担当役員	企業技術開発責任者	PM・SPM	GL	TL・TD	サテライト研究担当者
運営会議	本プロジェクトの成果および蓄電池産業の状況を踏まえ、運営上の課題解決に向けた基本的事項、重要事項を決定する。	年1回	○	○	○	△*1	○	△*2	—	—
企画会議	運営会議での決定事項を本プロジェクトにおいて円滑に実施するための方策を決定する。	年3回	○	—	—	○	○	○	—	—
推進会議	本プロジェクトの研究進捗について、サテライトを含むプロジェクト参加者全体での情報を共有する。	年3回	○	—	—	○	○	○	○	○
GL会議	マネジメント層による、プロジェクトの進捗管理・運営を論議・決定し、遂行する。	月1回	○	—	—	—	—	○	—	○
月例会議	各研究グループ毎で開催。研究進捗についての成果の共有と進捗管理を行う。	月1回	○	—	—	—	—	○*3	○*3	○*3
金曜会	プロジェクトに係る最新の研究成果について、プロジェクト従事者間で情報を共有すると同時に、情報の可用性拡大を図る。	不定期開催	○	○	○	○	○	○	○	○

*1 オブザーバーとしての参加。*2 PLの判断で必要な場合に参加。*3 各担当Grに参加。

有識者会議

学識者・専門家で構成される「有識者会議」を設置。これまでに2回開催し、技術的な助言や本事業全体の運営に関する助言・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1回	2017年 5月9日	<ul style="list-style-type: none"> 企業への技術移転を視野に入れ、エネルギー密度以外の技術構築についても議論し助言を頂いた。 国際シンポジウム開催について助言を頂いた。 テーマの絞り込みについてご意見を頂いた。 	<ul style="list-style-type: none"> NEDOによる企業個別訪問を実施し、企業のニーズを抽出し、今後のマネジメントに反映。 国際シンポジウムの開催(2018年6月23日) BMBFワークショップの継続。 中間評価において、必要に応じて判断を行う。
第2回	2018年 4月27日	<ul style="list-style-type: none"> 個々の電池技術の進捗状況を理解いただき、今後の進め方も含め幅広く助言・意見を頂いた。 高度解析技術について、開発した評価法の革新型蓄電池への適用の強化と、相互の技術補完に関して意見を頂いた。 	<ul style="list-style-type: none"> 今後の研究推進に反映。 高度解析技術グループ内で課題を共有し、グループ内の活動方針へ反映した。

拡大月例会議の設置

- PL、SPLをはじめTL以下テーマ所属研究員・サテライト研究員に加えてテーマに参画する企業技術開発責任者・NEDOを加えたメンバー構成によって技術論議を行う「拡大月例会議」を設置。
- 研究テーマ毎に開催される月例会議の場を活用し、年3～4回開催。
- 最新の研究成果を参画企業と情報共有し、技術的な助言や取り組み方針に関する助言・指摘を受けながら、各個テーマの研究開発を推進。

企業からの評価

以下に示すように、参画企業から好評を得ている。

- これまでに比べて情報交換の機会が増え、さらに技術情報の共有できるスピードが高まった。
- 参画企業の声を通り易くなった。
- 拡大月例会議にエース級の研究者が関与しており、研究成果の創出が加速されるようになった。
- 解析技術者と電池開発者の技術交流の場として有効活用されている。

<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る。
 - 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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。

実施者による知財管理

- 知財運営委員会の設置 → 運用:定期的に委員会を開催(2回/年)
- 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

高度解析技術開発の成果のまとめ

➤ 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
目標1 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。	○
目標2 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}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 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 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。	○

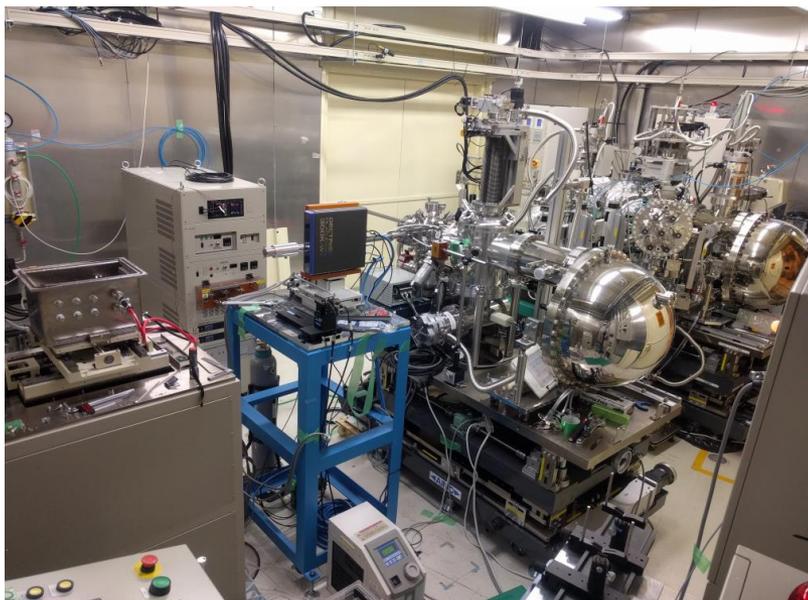
◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

➤ 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

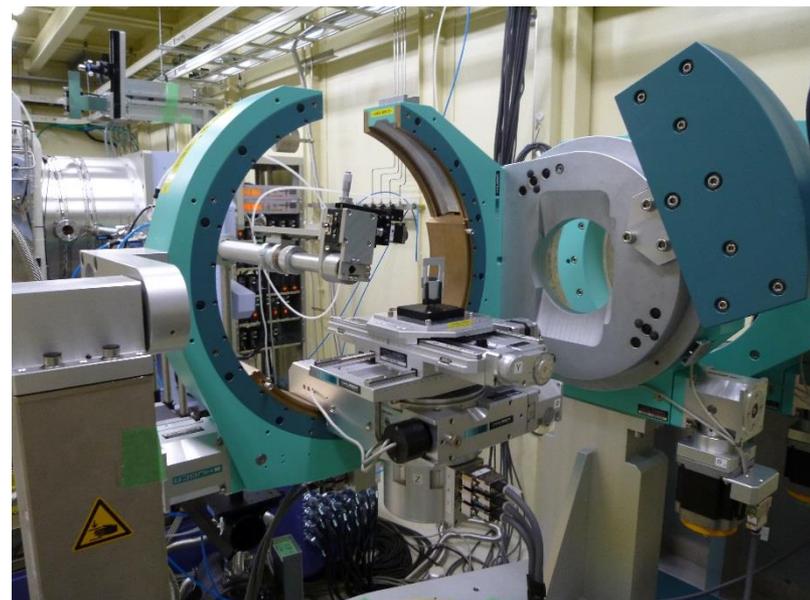
- 空間分解能 $10\mu\text{m}$ で電極内の反応分布をマッピング可能なイメージング硬X線光電子分光装置(HAXPES)を開発。深さ分解能は従来の 1nm から 10nm に向上。
- LIBの作動状態において電極表面・界面の化学状態マッピングの技術検証を完了。今後は革新型蓄電への適用へ移行。



イメージングHAXPES@BL28XU/SPring-8

共焦点XRD

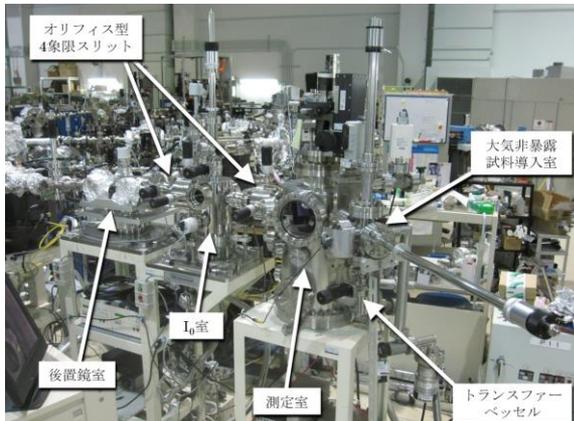
- 測定可能な合剤電極膜厚を $150\mu\text{m}$ (従来比で1.5倍)に向上させたエネルギー分散型共焦点X線回折装置(XRD)を開発。
- 亜鉛空気電池における亜鉛析出形態の制御因子の把握、硫化物電池における電極活物質の典型元素添加による構造安定化効果の確認等に活用中。



共焦点XRD@BL28XU/SPring-8

軟X線解析技術

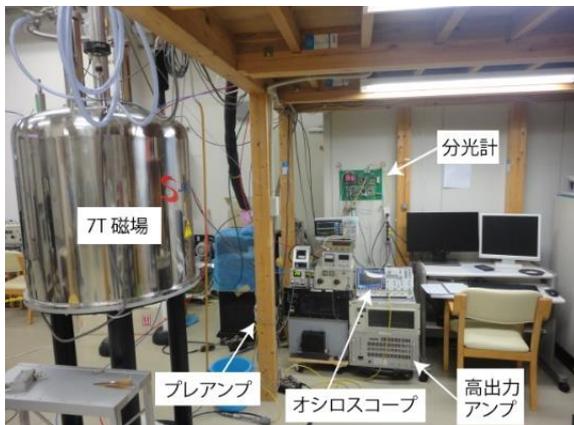
- フッ化物固体電池のoperando超軟X線XAFS測定を可能とする測定システムを構築。



超軟X線XAFS測定装置@立命館大学

核磁気共鳴解析技術

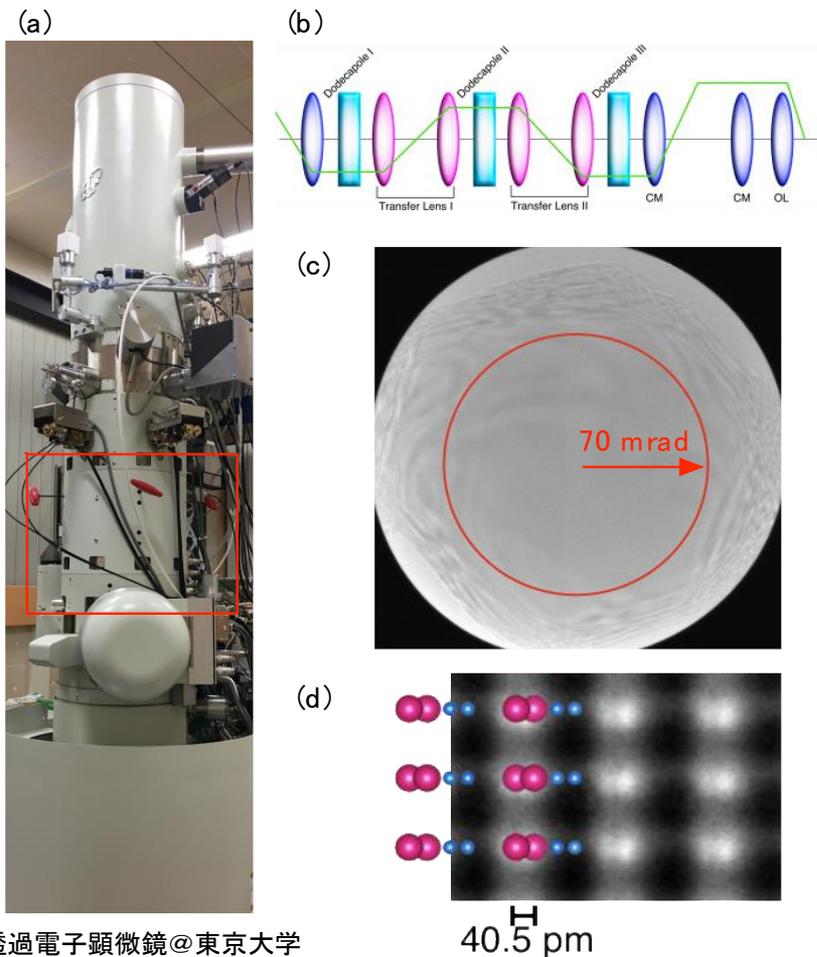
- 7Tの大口徑磁場でのNMR測定システムを構築。¹⁹F信号が観測できること、ラジオ波パルス強度として5.5mTを確認(当初の開発目標は1mT)。



核磁気共鳴解析装置@京大宇治キャンパス

電子顕微鏡技術

- 12極子3段のDELTA型収差補正装置を組み込み、加速電圧40～300kVで観察が可能なSTEM技術を開発。収束角70mrad(300keV)を確認するとともに、世界最高の原子分解能40.5pmを達成。

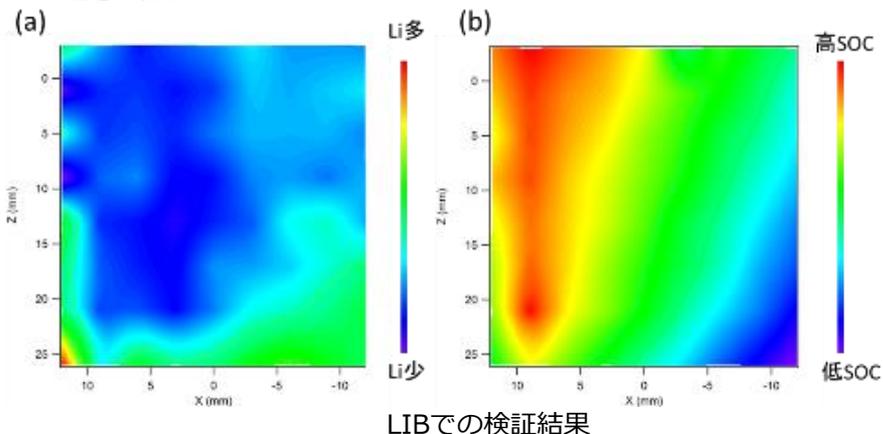


透過電子顕微鏡@東京大学

GaN(窒化ガリウム)結晶を[212]方位から観察することで、Ga-Ga原子間を実際の像として分解することに成功。

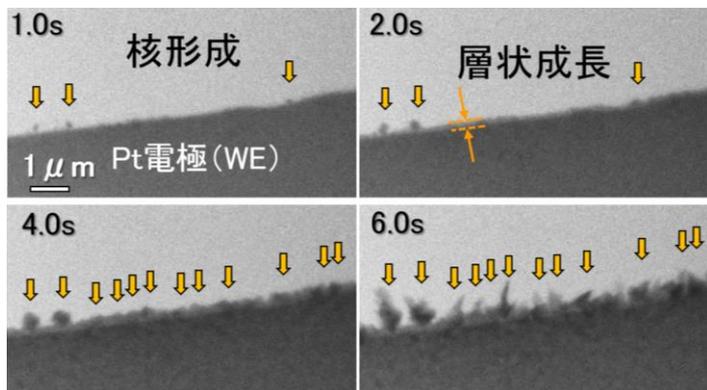
放射光解析技術

- コンバージョン電池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。リチウム電析とSOCに相関があることを確認。



電子顕微鏡技術

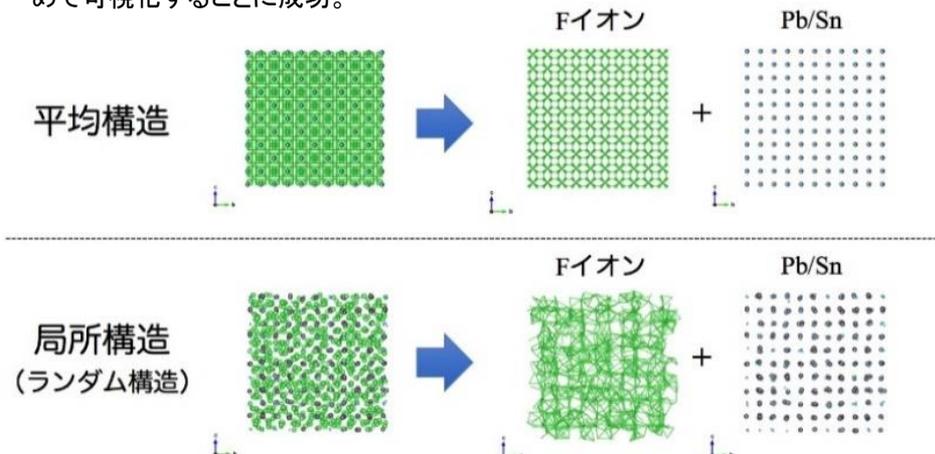
- その場TEMにより、亜鉛空気電池における亜鉛析出状態を観察。微結晶の核となって dendrite が成長する過程の可視化に成功。



Pt電極上での亜鉛析出状態観察

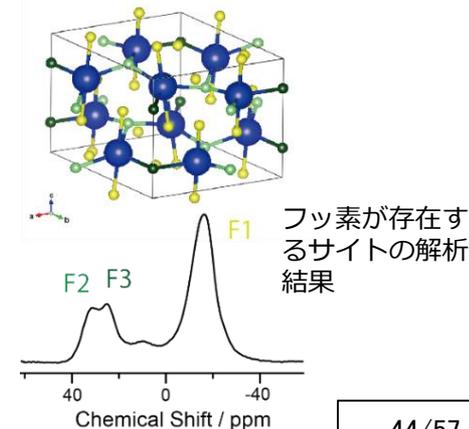
中性子解析技術

- 中性子回折(J-PARC/MLF)とX線回折(SPring-8)で得られた結果を原子対相関関数解析(PDF)、リートベルト解析及びリバース・モンテカルロモデリングを組み合わせてデータ処理することにより、ランダム系物質の構造を精密に把握する技術を開発。
- ハロゲン化物電池の PbSnF_4 電解質中のFイオン及び欠陥が乱れた構造を初めて可視化することに成功。



核磁気共鳴解析技術

- ハロゲン化物電池の活物質である LaF_3 について、量子化学計算も組み合わせることにより、結晶構造およびフッ素の拡散機構を解明することに成功。



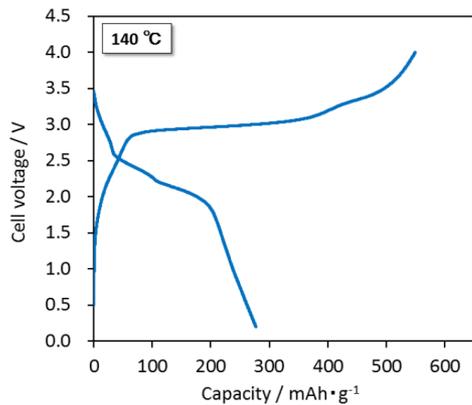
革新型蓄電池開発の成果のまとめ

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>FeF₃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>FeF₃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、FeF₃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>VS₄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>VS₄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_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	○	◎	◎	◎

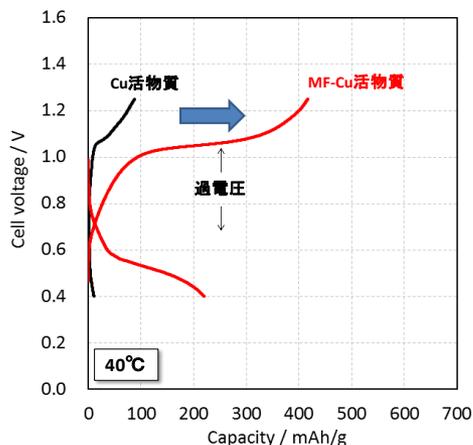
◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

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

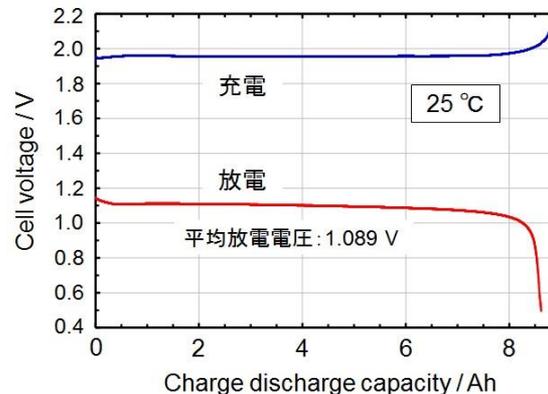


銅正極への異種金属添加効果

- 本来、フッ化物導電性を有しない(と考えられていた)銅正極に、異種金属(フッ化物)を添加することにより、活物質の活性が大幅向上するとの知見を見出した。

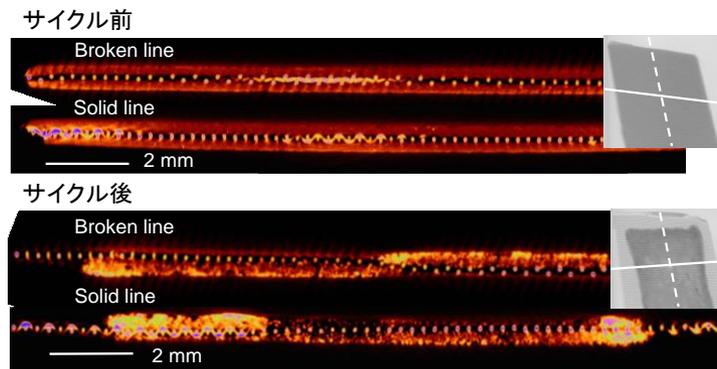
亜鉛空気電池

- 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

- 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。

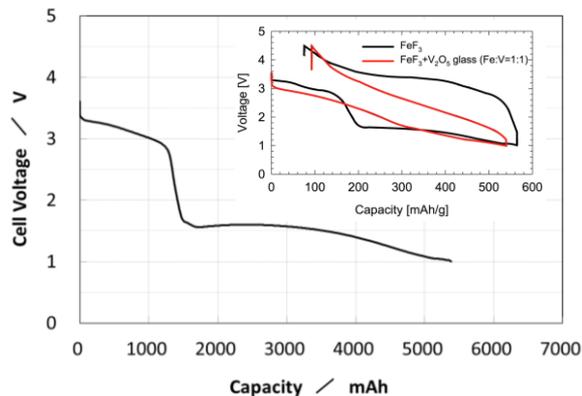


亜鉛電極断面のX線CT像

Low High
Absorption coefficient

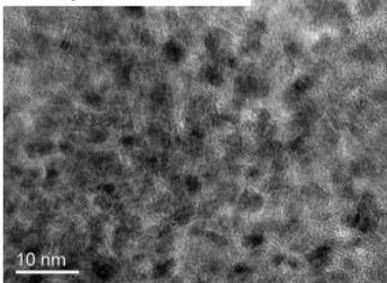
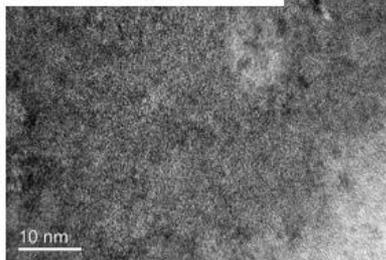
コンバージョン電池

- バナジウム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

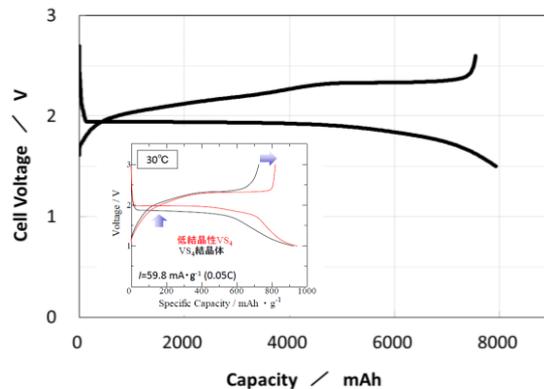
- バナジウム酸ガラスの添加により、 FeF_3 正極で完全な非晶質体を得られたことをTEM観察で確認。バナジウム酸ガラスの添加は、エネルギー密度のみならず耐久性も向上するとの知見を見出した。

(a) FeF_3 正極 (1.0 V放電後)(b) FeF_3 -バナジウム酸ガラス正極 (1.0 V放電後)

正極活物質のTEM像

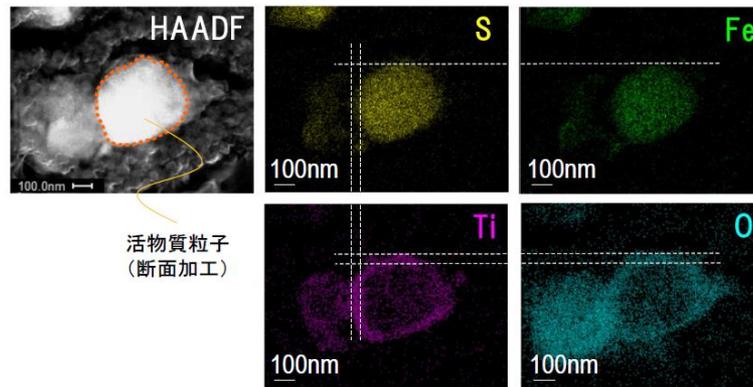
硫化物電池

- 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

- 電解液への硫黄溶出を抑制するべく、 TiO_x 皮膜による正極活物質表面保護に取り組んだ。狙い通りの構造であることをTEMにより確認。サイクル特性の向上も確認している。

活物質粒子
(断面加工) TiO_x 皮覆正極活物質のTEM像

知的財産の確保、一般に向けた情報発信

特許・論文等の実績

		特許出願 (うち外国出願)	論文 (査読つき)	研究発表 ・講演	新聞・雑誌等 への掲載
高度解析技術開発		1	5 (5)	156	3
革新型 蓄電池	アニオン移動型	17 (5)	5 (5)	31	0
	カチオン移動型	9 (2)	6 (6)	57	1

(補足) 現時点で外国未出願特許のうち大半は出願後1年未満であり、今後外国出願を予定。

情報発信

- ▶ 本プロジェクトを紹介するパンフレットを発行し、一般に配布中。
- ▶ 本プロジェクトのホームページを公開し、取組みの概要や成果をWeb発信している。



パンフレット



Webホームページ

- ▶ 「第58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」(於:福岡国際会議場)を開催し、プロジェクト取組みを紹介。約800名が聴講。

- ▶ 本年6月、「International RISING2 Symposium 2018 “Key Prospects in the Next Generation Batteries”」(於:京大)を開催。海外の著名な蓄電池研究者を講演者として招き、次世代蓄電池の研究開発に関して情報・意見を交換。

御名前	御所属	
Prof. Dominique Guymard	CNRS-IMN	France
Prof. Hong Li	Institute of Physics, CAS	China
Prof. Juergen Janek	Univ. Giessen	Germany
Prof. Maximilian Fichtner	Helmholtz Institute Ulm	Germany
Prof. Patrik Johansson	Chalmers University of Technology	Sweden
Prof. Petr Novak	Paul Scherrer Institut	Switzerland



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

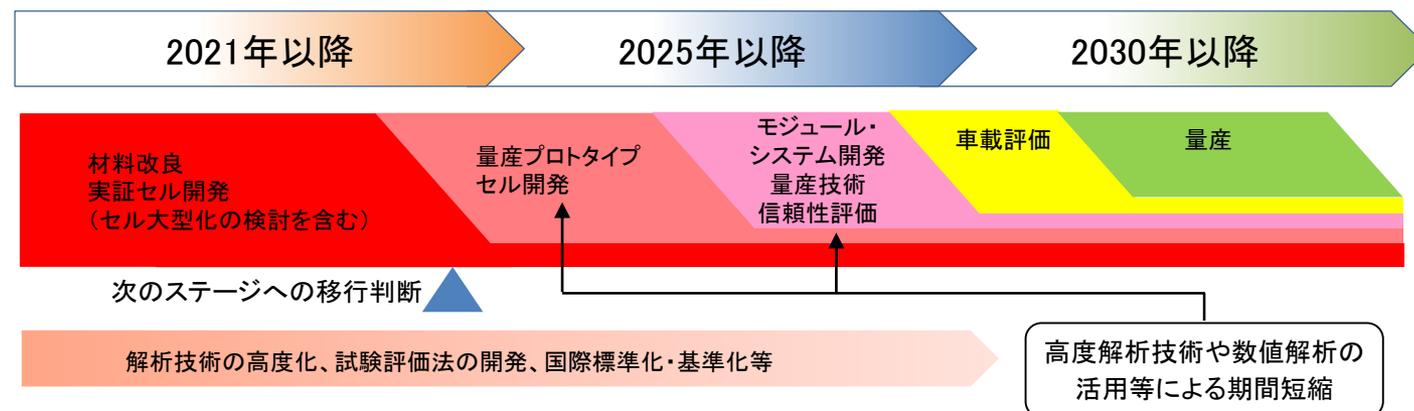
シナリオ1

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。



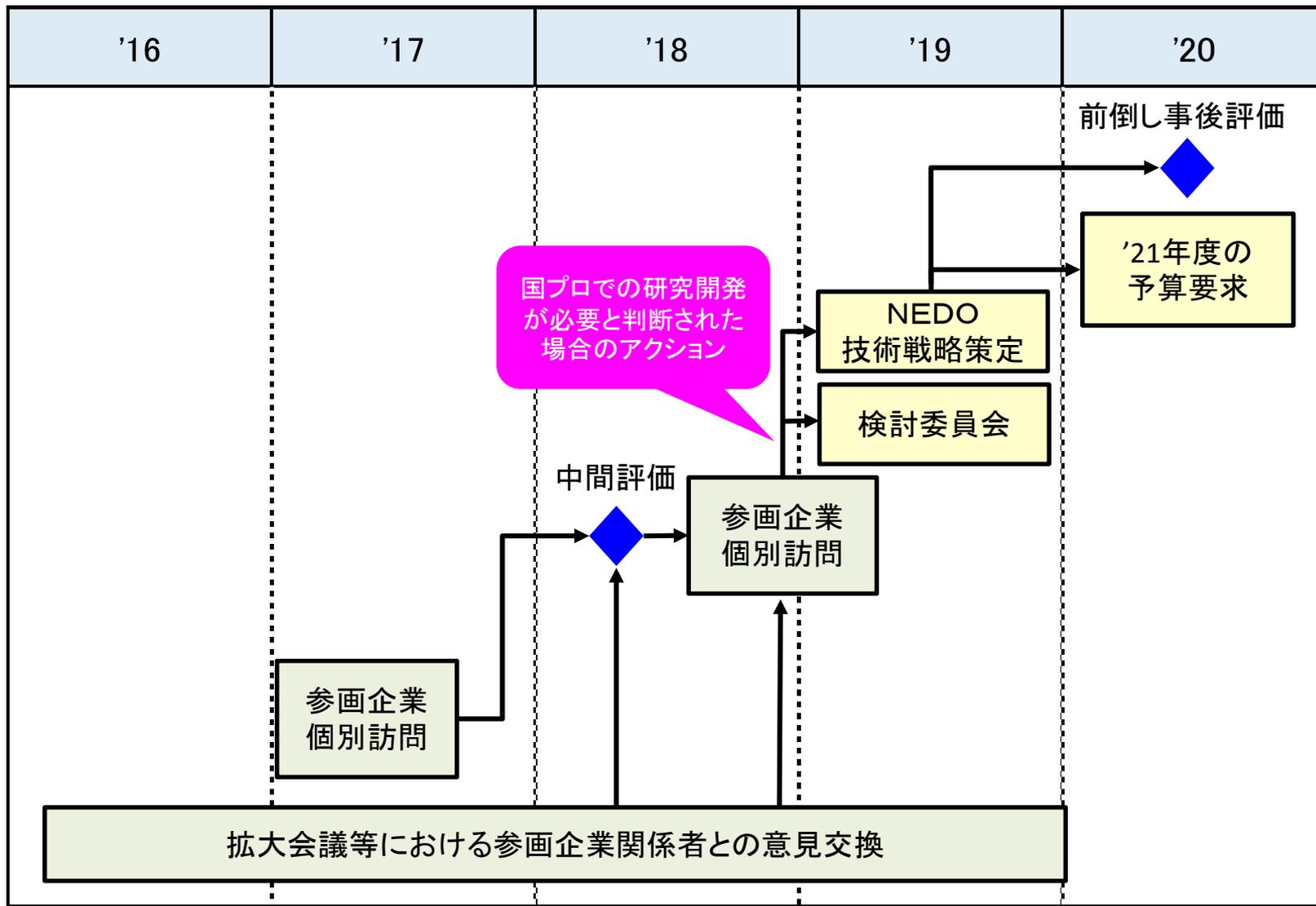
シナリオ2

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。



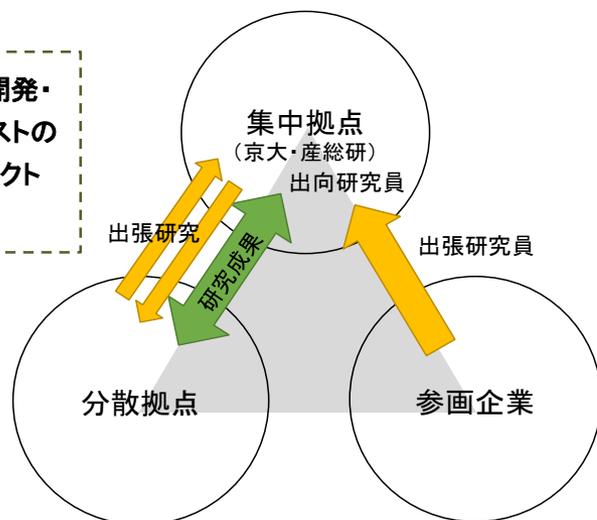
成果の実用化・事業化に取り組む者の検討状況

- 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。
- 2017年度前半、参画企業10社を個別訪問し、企業に対する成果移管の在り方について意見交換。
- 中間評価の結果も踏まえ、今年度後半より、企業とプロジェクトの終了後について議論を開始する予定。

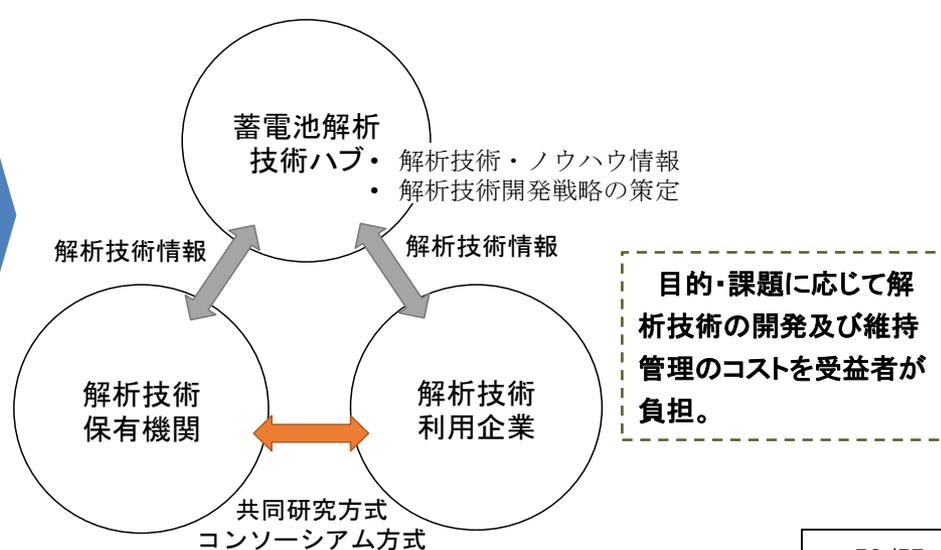


- 本プロジェクトで開発中の解析プラットフォーム(技術・装置)は世界最高・最先端のレベルにあり、革新型蓄電池の実用化を手戻り無く進めるための強力なツールとして、企業及びその企業と連携するアカデミアによる活用が期待できる。
- 今後は、プロジェクト終了後における解析プラットフォームの運用体制、運営(コスト負担を含む)・情報管理のルールについてプロジェクト関係者で議論を深め、コンセンサスを得ることを目指す。
- この議論は、以下に示す事項も考慮しながら進める予定である。
 - ・継続的な解析技術のレベルアップ、新解析技術・ノウハウの開発等への対応
 - ・今後、革新型蓄電池の開発に参加してくる企業のユーザーとしての取込み
 - ・文科省・JSTの蓄電池プロジェクト等における基礎研究領域での活用
 - ・実用電池(例えば、現行のリチウムイオン電池)や個社製品開発における活用

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)



2017年度の企業個別訪問時の企業コメント

総論

プロジェクト終了時点でセル化技術が完全に確立していなくても、競争に勝てるポテンシャルを持った蓄電池であれば、実用化開発をスタートさせることは可能。

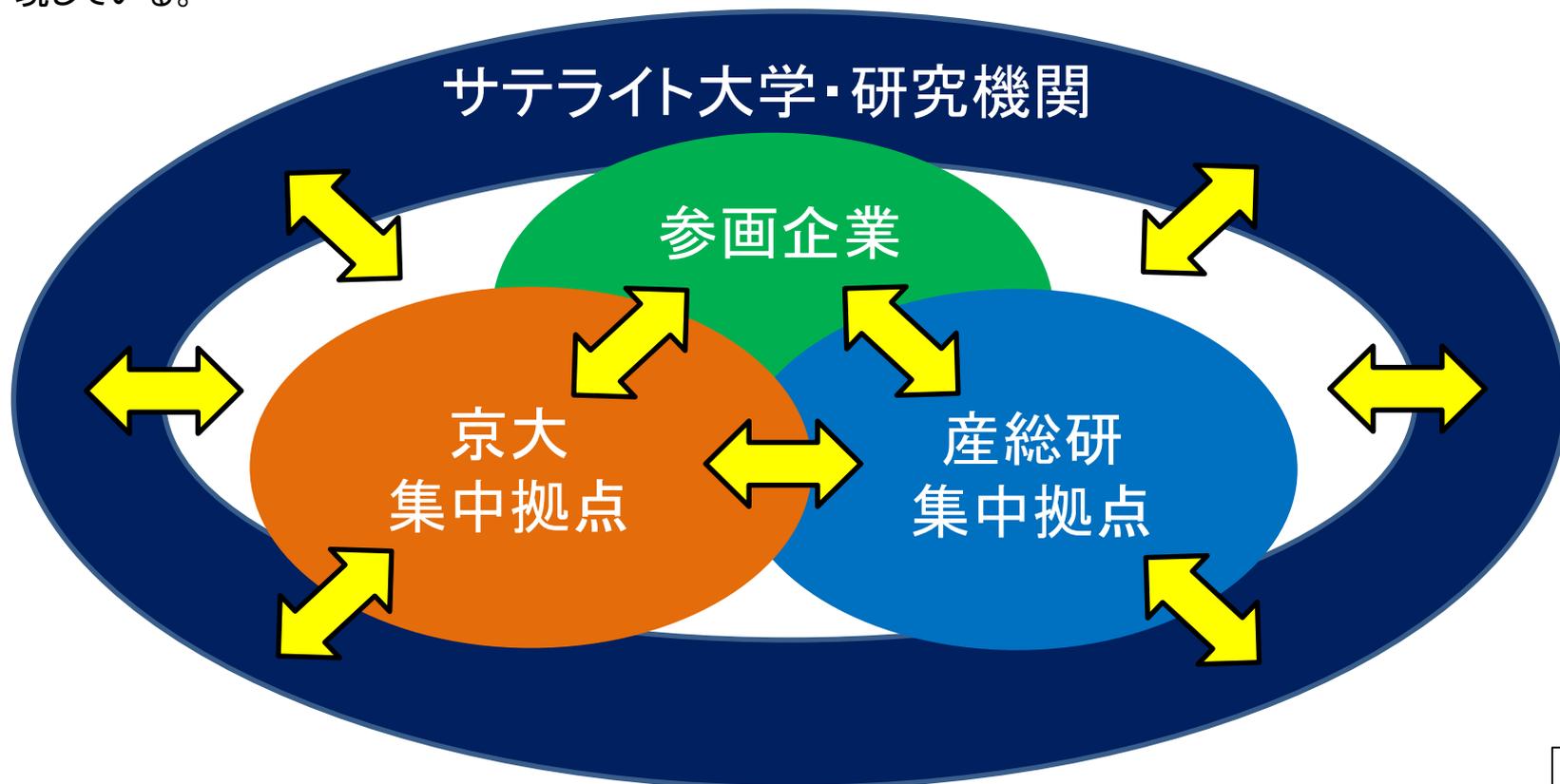
ただし、性能・耐久性の支配因子や課題解決の方向性・アプローチが明らかとなっている必要がある。

各論

- 実用化開発のステージでは、性能発現・劣化等の現象・メカニズムについて確度が高い情報が必要となる。その意味で革新型蓄電池開発と高度解析技術開発の更なる連携が重要である。
- 電池特性評価ではパラメトリックスタディーを心掛けて欲しい。
- セル全体の成果を取り込んでの実用化ではなくて、例えば電極の成果に特化して実用化に取り組むケースも考えられる。
- 実用化に向けては製造プロセス技術の検討が必要になるが、それに係る成果は本プロジェクトに求めるつもりはない。
- 革新型蓄電池の実用化に向けては、材料メーカーなど国内にプレーヤーを増やすことも必要なのではないか。
- 実用化開発のステージに進む際の判断基準は、①その蓄電池によってどの程度競争力が向上するのか？、②現行の製造ラインに乗るのか？、③乗らない場合に必要な投資は何か？の3点である。

波及効果 ～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でいる。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ている。
- 集中拠点がハブとなって国内の大学・研究機関を研究ネットワークに取り込み、産業界のニーズを共有しながら課題解決型の研究開発を進めている。
- 各研究チーム・グループの内外で、大学・研究機関相互及び異なる専門分野の研究者相互の連携・協力を実現している。

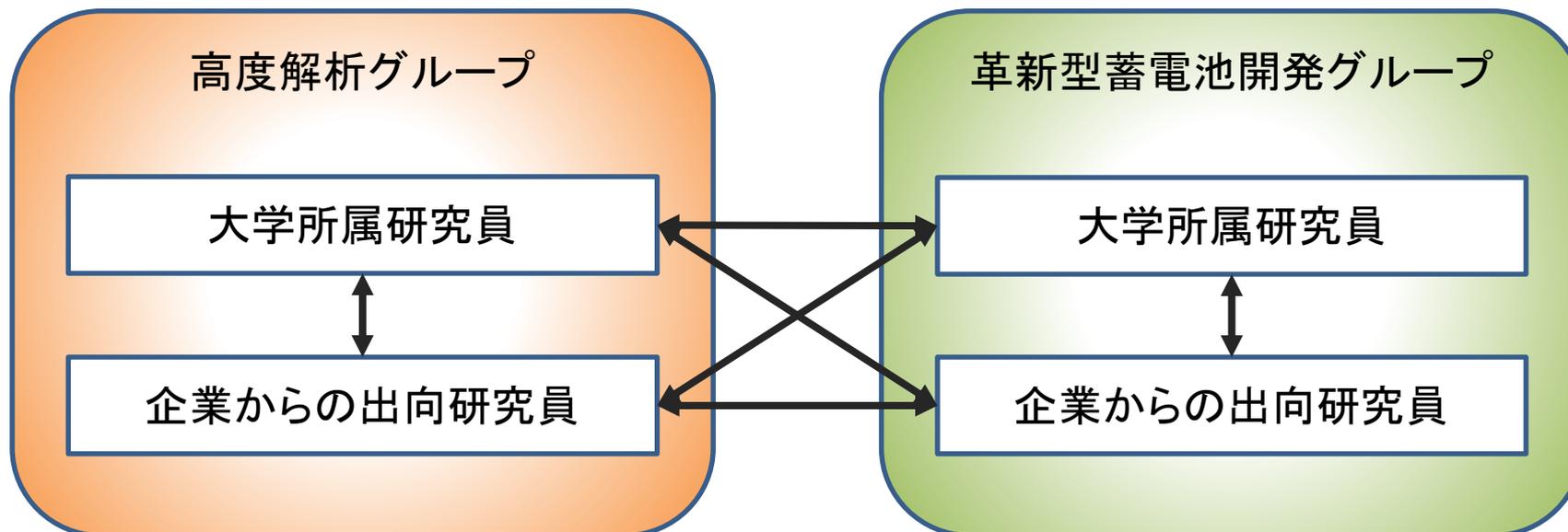


本プロジェクトでは、「科学者(アカデミア)とエンジニア(産業界)の交流」及び「蓄電池研究者と解析技術者の交流」を実現している。

その結果として、

- 科学者は研究と社会(産業)との繋がり・結び付き、企業のコスト意識や時間感覚等を体感。一方、エンジニアは大学・研究機関が保有するサイエンスに立脚した研究を体感。
- 産学両方のフィールドで、「蓄電池を理解した解析技術者」及び「解析技術を理解した蓄電池研究者」が育成されている。

特に、企業からの出向研究員(前プロジェクトでは累計50名、本プロジェクトでは累計25名)は電池研究者として大きく成長し、出向元復帰後は第一人者として企業の蓄電池研究を牽引中。



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。

