

「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

中間評価報告書

平成30年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

平成30年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 石塚 博昭 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 小林 直人

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

中間評価報告書

平成30年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

## 目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
評価概要	4
研究評価委員会委員名簿	6
研究評価委員会コメント	7
第1章 評価	
1. 総合評価	1-1
2. 各論	
2. 1 事業の位置付け・必要性について	
2. 2 研究開発マネジメントについて	
2. 3 研究開発成果について	
2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	
3. 評点結果	1-18
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

## はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」の中間評価報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」（中間評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第57回研究評価委員会（平成30年12月10日）に諮り、確定されたものである。

平成30年12月  
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

## 審議経過

### ● 分科会（平成30年8月6日）

#### 公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

#### 非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

#### 公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

### ● 現地調査会（平成30年7月6日）

京都大学宇治キャンパス

### ● 第57回研究評価委員会（平成30年12月10日）

「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

事後評価分科会委員名簿

(平成30年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
分科 会長 代理	たけい かつひと 竹井 勝仁	電力中央研究所 材料科学研究所 副研究参事
委員	いでもと やすし 井手本 康	東京理科大学 理工学部 先端化学科 学部長／教授
	さくらい ようじ 櫻井 庸司	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 教授
	とびしま しんいち 鳶島 真一	群馬大学 理工学部 環境創生理工学科 教授
	にしな たつお 仁科 辰夫	山形大学 大学院 理工学研究科 物質化学工学専攻 教授

敬称略、五十音順

## 評価概要

### 1. 総合評価

大学、公的研究機関、自動車メーカー、蓄電池メーカーからなるオールジャパン体制でリチウムイオン電池とは全く異なる原理のオリジナリティーの高い革新型蓄電池開発を目指しており、日本が電気自動車および車載用蓄電池で世界をリードしていくためには不可欠のプロジェクトである。革新型蓄電池先端科学基礎研究プロジェクトの成果を元に、本事業において解析技術・蓄電池技術がともに世界最高水準まで高度化されており、中間目標も概ね達成されている。

今後は、最も大変な電池実用化に予算と人員を集中させるべきである。挑戦的であるが故にプロジェクト期間内では最終目標を十分達成できない可能性もあるが、理論的・原理的に到達不能なのか技術的に克服可能なのかの見極めに高度解析技術を駆使して欲しい。そのためにはプロジェクト後半で高度解析グループと蓄電池開発グループとのより密接な連携が重要であり、抜本的な体制の再構築も検討する必要がある。

実用化には電池の総合特性と信頼性が必要とされる。エネルギー密度だけでなく、充放電寿命、出力特性、安全性等、すべてを満足しなければならない。そのためにも、プロジェクト終了後の設備など資産の効果的な運用、活用法の検討が重要である。現状のEV用蓄電池は激しい負荷変動を前提として設計されているが、革新型蓄電池は最適な運転条件の許容範囲が狭いものになると予測される。将来のEVの姿をどのように想定するかによって社会システムの在り方にも影響が及ぶため、革新型蓄電池の基本特性を早く明らかにして欲しい。

### 2. 各論

#### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

世界的なCO<sub>2</sub>削減目標達成のために、車両電動化は必要不可欠であり、欧米、中国でも政策をその方向に舵を切っている。本プロジェクトは、大学、公的研究機関、自動車メーカー、蓄電池メーカーからなるオールジャパン体制でリチウムイオン電池とは全く異なる原理のこれまでにない斬新な発想に基づく新規電池系・電池材料の開発と高度解析技術の援用による反応機構明確化・改良を目指す挑戦的なものである。また日本の電池産業の競争力の向上を図るものでありNEDOの関与は妥当である。我が国の未来への戦略をNEDOとして遂行しようというテストケースとして、高く評価したい。

#### 2. 2 研究開発マネジメントについて

革新型蓄電池開発の最終目標 500Wh/kg はリチウムイオン電池の延長線上では実現不可能な挑戦的な性能であり、実用化時期も含め、戦略的にも妥当と判断する。京都大学、産総研関西センターでの電池開発集中拠点、企業からの参画、大学、研究機関のサテライトを有機的に運営し、適宜会議により情報共有化を進めている点は評価できる。リソースの追加投

入が必要と判断されたハロゲン化物電池チームについては、今年度の追加公募で新たに5テーマを採択して体制強化がなされている。高度解析グループでノウハウ登録、テクニカルノートの共有を進めている点は良い試みである。

一方、プロジェクト後半では、主目標の革新型蓄電池開発に重点を絞り込むべきである。革新型蓄電池開発は、最終目標達成に対して大きなブレークスルーが必要なものも多いため新たな追加公募など体制の見直しも必要であり、また、革新型蓄電池開発と高度解析技術開発が連携を深めていけるような抜本的な体制の再構築も進める必要がある。さらに、プロジェクト終了後の設備など資産の効果的な運用、活用法も終了までに検討する必要がある。

### 2. 3 研究開発成果について

高度解析技術開発グループ・革新型蓄電池開発グループともに各々の中間目標が達成されている。特にオペランド計測技術は目を見張るものがあり、世界に類を見ないものに成長している。カチオン移動型電池グループの2種類の電池系では、正極特性は大きく改善されたものの今後の伸び代はそれ程期待できないことから、最終目標達成に向けては、負極特性の改良と電極・電池設計の適正化に更に注力する必要がある。

エネルギー密度の目標値達成に固執した開発とならないように、いずれの電池系もサイクル特性、レート特性、ヒステリシスなど実用化に向けた様々な課題にもより一層の重点を置き、性能・耐久性の支配因子を明確化して欲しい。参画企業からの要望にも見られるように、今後は電池特性評価に際してパラメトリックスタディー強化が必要である。

### 2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

参画企業との情報共有や解析技術の企業研究者を開発技術にアクセスする仕組みはできている。また事業終了後のシナリオも設定しており、今後に向けた解析プラットフォームの検討に入っている。本事業の成果が企業に円滑に受け渡しできるか否かは、高度解析技術については解析プラットフォームの維持・運用スキーム明確化が重要である。また革新型蓄電池についてはエネルギー密度の他に入出力特性、電流・温度依存性、安全性・信頼性など実運用を想定した諸元が重要になる。電池開発の市場導入については、高性能化に向けて材料メーカーの果たす役割は大きく、早期に材料メーカーとの協働により加速が期待できる電池系もあるのではないかと。

## 研究評価委員会委員名簿

(平成30年12月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	こばやし なおと 小林 直人	早稲田大学 研究戦略センター 副所長・教授、 研究院 副研究院長
委員	あきの ひろし 浅野 浩志	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション 創発センター 研究参事
	あたか たつあき 安宅 龍明	先端素材高速開発技術研究組合 (ADMAT) 専務理事
	いなば ようじ 稲葉 陽二	日本大学 法学部／大学院 法学研究科 教授
	かめやま ひでお 亀山 秀雄	東京農工大学 名誉教授／シニア教授
	ごないかわひろし 五内川 拓史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	さくまい ちろう 佐久間 一郎	東京大学大学院 工学系研究科 附属医療福祉工学開発評 価研究センター センター長／教授
	たからだ たかゆき 宝田 恭之	群馬大学 特任教授
	ひらお まさひこ 平尾 雅彦	東京大学大学院 工学系研究科 化学システム工学専攻 教授
	まつい としひろ 松井 俊浩	情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科 教授
	まるやま まさあき 丸山 正明	技術ジャーナリスト／横浜市立大学大学院非常勤講師
よしかわ のりひこ 吉川 典彦	名古屋大学 名誉教授	

敬称略、五十音順

## 研究評価委員会コメント

第57回研究評価委員会（平成30年12月10日開催）に諮り、以下のコメントを評価報告書へ附記することで確定した。

- 後半に向けて、他のプロジェクトとの棲み分けやシナジー効果の発揮、プロジェクト実施体制の最適化などマネジメントの充実に注力いただきたい。またコストを大きなターゲットとして開発者が明確に掲げ、実用化に拍車をかけていただきたい。

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

## 1. 総合評価

大学、公的研究機関、自動車メーカー、蓄電池メーカーからなるオールジャパン体制でリチウムイオン電池とは全く異なる原理のオリジナリティーの高い革新型蓄電池開発を目指しており、日本が電気自動車および車載用蓄電池で世界をリードしていくためには不可欠のプロジェクトである。革新型蓄電池先端科学基礎研究プロジェクトの成果を元に、本事業において解析技術・蓄電池技術がともに世界最高水準まで高度化されており、中間目標も概ね達成されている。

今後は、最も大変な電池実用化に予算と人員を集中させるべきである。挑戦的であるが故にプロジェクト期間内では最終目標を十分達成できない可能性もあるが、理論的・原理的に到達不能なのか技術的に克服可能なのかの見極めに高度解析技術を駆使して欲しい。そのためにはプロジェクト後半で高度解析グループと蓄電池開発グループとのより密接な連携が重要であり、抜本的な体制の再構築も検討する必要がある。

実用化には電池の総合特性と信頼性が必要とされる。エネルギー密度だけでなく、充放電寿命、出力特性、安全性等、すべてを満足しなければならない。そのためにも、プロジェクト終了後の設備など資産の効果的な運用、活用法の検討が重要である。現状のEV用蓄電池は激しい負荷変動を前提として設計されているが、革新型蓄電池は最適な運転条件の許容範囲が狭いものになると予測される。将来のEVの姿をどのように想定するかによって社会システムの在り方にも影響が及ぶため、革新型蓄電池の基本特性を早く明らかにして欲しい。

### <肯定的意見>

- ・ **RISING** プロジェクトの成果（解析設備・技術、蓋然性が検証された革新型蓄電池の基盤技術）を元に、後継プロジェクトとしての本事業において解析技術・蓄電池技術がともに世界最高水準まで高度化されており、中間目標も概ね達成されている。
- ・ 大学、公的研究機関、自動車メーカー、蓄電池メーカーからなるオールジャパン体制でLIBとは全く異なる原理のオリジナリティーの高い革新型蓄電池開発（最終目標：エネルギー密度 500 Wh/kg）を目指しており、日本が電気自動車および車載用蓄電池で世界をリードしていくためには不可欠のプロジェクトである。革新型蓄電池開発では他国で研究がされていないオリジナリティーの高い電池開発を進めており、4つの蓄電池のうち3つで中間目標である 300 Wh/kg の実証ができたことは特に高く評価できる。今後2年間で引き続き開発を進め、最終目標の 500 Wh/kg を是非達成してほしい。
- ・ 高度解析技術はほぼ目標を達成している。革新型電池は、4種の系に対して3種の系は中間目標のエネルギー密度は達成している。また、今後のプロジェクトの設備、ノウハウを如何に活かしていくかの検討は始めている。
- ・ **NEDO** プロジェクトとしては、2030年実用化を目指した長期視点の挑戦的研究

開発であり、これまでの開発・実証型プロジェクトに比べ、学理に基づいた基礎的知見の創出、原理実証に重点を置くものである。

- その中で、高度解析技術、革新型電池開発ともに高いレベルで成果を創出し、日本の技術力を内外に発信している点において、十分評価に値する。それぞれ異なる挑戦的な課題に対応しており、進捗が認められる。
- このため、大学が主導的立場となり、企業・研究所など全国の多くの機関が参画しており、会議体運営により有機的に機能するよう試みている点を評価する。
- また、このため生じる可能性のある利害関係間の知財帰属についても、ノウハウ登録、テクニカルノートなどの工夫がみられる。
- 外部状況の解析結果から現時点で本事業の重要度は計画時以上に高くなっていると判断される。計画自体は先見の明があったと言える。産学官の力を結集し学術的基礎に基づく効率的な新電池の実用化という従来なかった電池の実用化手法により世界的レベルの革新型蓄電池の開発がほぼ目標通りに進んでいることは評価すべき成果である。
- かなりのところがうまくできてきておりますので、革新型電池に関しても、こんな面白いもの、これが本当に実用化になったら、とんでもないものになるなどというのは素直に思います。それを実現するのは、やはり高度解析技術だろうと思います。
- ただ、高度解析技術だと、そこの部分だけに、1つの技術だったら、1つの技術だけにこだわってしまうのが、そういうところに携わっている人間の特性でもあるので、それを広く共有できるようなシステムをぜひうまく作っていただいて、それを続けていってもらえれば、今回のプロジェクトはかなりうまくいく形になるだろうと思います。

#### <改善すべき点>

- 高度解析技術が革新型電池の開発にいかに関与しているかの成果を多く示すステージに早く移行することが望まれる。革新型電池は、他の国のプロジェクトと比べると難しい4種の電池系であるが、リチウムイオン電池を凌駕する2次電池およびその実用化に対しては中間の目標からの乖離があり大きなブレークスルーが必要とされるのでかなり力をかけて開発のピッチをあげる必要がある。
- 高度解析と4種類の電池開発において、それぞれが高いレベルの成果を創出できているが、特に解析/電池開発間での連携・成果の相互利用について、不十分との印象である。
- 電池開発では、世界初となる動作実証、これまで克服できなかった課題に挑戦している対象のため、プロジェクト期間内では最終目標を十分達成できない可能性もある。この場合、成功/失敗の単純な評価ではなく、理論・原理から到達不能であるか、技術的に克服可能かを判断する必要があり、開発された高度解析技術を駆使して見極める必要がある。

- ・ このためにはプロジェクト後半で、両研究がより密接に関連する必要性を感じた。
- ・ うまくいかないところをもっと素直に出して議論したほうが良い。そちらのほうが効率的な研究開発になると思います。
- ・ 高度解析技術開発では世界的にみてもレベルの高い技術が開発できているが、革新型蓄電池開発に十分にその成果が生かされているとは言いがたい。今後残された2年間で相互連携をより強化して、革新型蓄電池開発のための解析技術開発を行ってほしい。
- ・ 革新型蓄電池開発に関しては目標であるエネルギー密度ありきの開発とならないように、各電池系ともに実用化に向けた様々な課題（サイクル特性、レート特性、ヒステリシス）にもよりいっそうの重点を置き、性能・耐久性の支配因子を明確化し、課題解決の方向性を早急に打ち出してほしい。また、今後2年間は革新型電池開発により予算をかけ、最終目標の達成を加速すべきである。
- ・ 実用化には電池の総合特性と信頼性が必要とされる。エネルギー密度、充放電寿命、出力特性、安全性等、すべてを満足することが必要である。実用化最優先により電池系を選択する等の柔軟な考え方（いずれかの特性を犠牲（目標性能を落とす）にし、総合性能を確保する等の現実的妥協）も必要に応じて導入すべきであろう。

#### <今後に対する提言>

- ・ 高額の予算を投入している高度解析技術の設備、ノウハウを今後、いかに電池研究で有効利用するかが重要であり、プロジェクトメンバー以外にも広く活用、公開していく仕組み、運用、管理を早急に立案していくことが必要不可欠である。革新型電池はリチウムイオンを凌駕し実用化に値するものかの見極めがプロジェクト終了時に必要ある。
- ・ 解析技術の基礎開発はほぼ予定通り完了したと言える。今後、最も大変な電池実用化に予算と人員を集中させるべきだと考える。現在得られている成果を鑑みると、今後、研究者、マネジメント担当、本プロジェクトに関係するすべての方が情報交換と議論を今まで以上に密に進めていけば電池実用化の見通しが得られるものと期待される。
- ・ 革新型電池開発と高度解析技術開発が連携を深めていけるような抜本的な体制の再構築も一案として考えてみてはどうか。
- ・ 高度解析技術開発で開発した技術を事業終了後どのように民間移転していくか、今後の2年間でさらに議論していくことが必要である。
- ・ 電池特性は種々のパラメーターが相互に影響を及ぼし合うことが多く、限られた測定条件下での特性評価のみでは実用化フェーズ移行判断に支障が出ることも多い。参画企業からのコメントにも見られるように、今後は電池特性評価に際してパラメトリックスタディーにも留意が必要と思われる。
- ・ 革新的電池は、ある面では電池開発の歴史に逆行して先祖帰りを行おうとするよ

うなものです。溶解析出を伴うようなものは、電極形状の劇的な変化を伴うので、デンドライトの生成によるロスや内部短絡などを引き起こしやすく、最適な運転条件の許容範囲が狭いものになるでしょう。EV は負荷変動が激しいものであり、定置型のような定常運転は望めない。だとすると、これらの電池をうまく活用するには、LIB とのハイブリッド化した EV が現実的な解となるように思う。そうした場合に必要とされる特性、例えば急速充電には対応できないが、長時間充電でも長距離走行が可能なものに特化するのか、それとも急速充電性を重視するのかによって、社会システムの在り方も変わるものになる。現在の革新型電池は、長時間充電でも長距離走行が可能なものに特化する方向にあるのかなと思う。この点を明確化するためにも、革新型電池の基本的な性格を早く明らかにする必要がある。

- 開発された高度解析技術を十分に活用するための実施体制の見直しや連携の在り方を再構築すべきではないか？

## 2. 各論

### 2. 1. 事業の位置付け・必要性について

世界的な CO<sub>2</sub>削減目標達成のために、車両電動化は必要不可欠であり、欧米、中国でも政策をその方向に舵を切っている。本プロジェクトは、大学、公的研究機関、自動車メーカー、蓄電池メーカーからなるオールジャパン体制でリチウムイオン電池とは全く異なる原理のこれまでにない斬新な発想に基づく新規電池系・電池材料の開発と高度解析技術の援用による反応機構明確化・改良を目指す挑戦的なものである。また日本の電池産業の競争力の向上を図るものであり NEDO の関与は妥当である。我が国の未来への戦略を NEDO として遂行しようというテストケースとして、高く評価したい。

#### <肯定的意見>

- ・ 地球温暖化ガス排出削減のために電気自動車の世界的な普及は不可欠であり、その実現のための高エネルギー密度車載用蓄電池開発が世界中で戦略的に研究開発が進められている。本 **RISING2** プロジェクトでは、大学、公的研究機関、自動車メーカー、蓄電池メーカーからなるオールジャパン体制で **LIB** とは全く異なる原理のオリジナリティーの高い革新型蓄電池開発を目指しており、日本が電気自動車および車載用蓄電池で世界をリードしていくため戦略として不可欠のプロジェクトであり、事業の目的は妥当であり、また **NEDO** の関与が必要とされる事業として適切と考えられる。
- ・ 我が国がパリ協定で公約している温室効果ガス削減目標達成には、自動車の電動化推進が必須となっている。一方で、その根幹をなす車載用蓄電池の革新ならびに関連ビジネスの国際競争力確保には、これまでにない斬新な発想に基づく新規電池系・電池材料の開発とともに、高度解析技術の援用による反応機構明確化・改良が必要である。しかしながら、その実現には人的・費用的な観点で民間活動の自助努力レベルをはるかに超えるリソース投入が必要であることから、本事業の目的ならびに **NEDO** の関与は妥当である。
- ・ 内外の技術動向、国際競争力の状況、市場動向などを的確にとらえて、2030年を目標に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官学連携、協調（集中研方式）で開発していく目的は妥当である。また、研究を推進するために大学を中心にサテライトの追加を含めての導入、技術内容の振り分けなどは **NEDO** が関与すべきことであり実行されている。
- ・ 革新的電池技術は **EV** の普及や自然エネルギーの有効利用に向けて重要な技術であることは間違いない。これを我が国がリードしていくことは必須の課題である。本プロジェクトは、日本の技術開発の在り方に危機感を持ち、計画の段階から **NEDO** が積極的に関与している点に、**NEDO** が本気で新たな技術開発の在り方を作り上げようという意思が明確に見て取れる。我が国の未来への戦略を **NEDO** として遂行しようというテストケースとして、高く評価したい。

- ・ 本事業は産官学連携により世界最高レベルの性能を有する革新型蓄電池の実用化を図る挑戦的な国家プロジェクトである。今後世界的に拡大する自動車用蓄電池市場に対して日本の電池産業の競争力の向上を図るものであり開発目標の技術的レベルは高い。個別企業では対応が極めて難しく国が主導、支援することが必要である。この事業を実行していることは妥当であり国益のために意義がある。
- ・ 本プロジェクトは NEDO 主導でなければできない事業であり国と電池が関わる産業界にとって今後の発展に繋がる非常に有意義な情報を提供できるものと判断される。
- ・ 世界的な CO2 削減目標達成のために、車両電動化は必要不可欠であり、欧米、中国でも政策をその方向に舵を切っている。蓄電池の高性能化はこのための心臓部に相当し、現リチウムイオン電池の延長線上ではない革新型蓄電池開発は、社会実装により世界観を一変させる挑戦的技術の位置付けである。
- ・ 2030 年頃の市場投入を目指した挑戦的な技術開発であることから、一企業での取り組みはリスクが大きく、NEDO が関与することは妥当である。多額の予算投入は、挑戦的な技術開発に対し、無暗に取り組むのではなく基礎的知見を構築しつつ、ロジカルにステップ開発する上で必要と判断する。

#### <改善すべき点>

- ・ NEDO の関与している蓄電池開発としては、他のプロジェクトで行われている全固体型蓄電池開発を含めて現状 2030 年以降の実用化を目指した革新型蓄電池開発に限られている。現状の電気自動車に用いられている LIB や今後実用化が期待されている先進 LIB にも耐久性等多くの課題が多く残されており、日本が電気自動車および車載用蓄電池で世界を引き続きリードしていくためには LIB、先進 LIB に関しても共通基盤的な部分に関しては引き続き開発を援助していく必要があるのではないかとと思われる。
- ・ NEDO の崇高な戦略は確かなのだが、それを実現すべき個々の現場が、その役目を十分に果たしているのかは少々心もとない印象を受けている。世界の動向調査や特許戦略などは流石 NEDO だが、NEDO の思惑をプロジェクトに参加している現場の技術者や大学側が十分に理解しているかは若干疑問を感じた。目の前の目標達成を優先するあまり、その背後にある本質を見落としがちなのが現場の担当者たちではないだろうか？技術は人についてくるものである。目標を達成するという事よりも、失敗から学ぶことは多く、そのほうが人を大きく成長させる。その視点をもう少し前面に出した報告をお願いできないだろうか？
- ・ 抽象的な表現で申し訳ないのだが、今の日本を駄目にしてているのは、基礎力が落ちているにも関わらず、目先の成果のみに一喜一憂する人間としてありがちな傾向が蔓延している点にあると考えている。それを本プロジェクトが打破するきっかけとするには、少々目標数値をクリアしていなくとも、基礎の底上げを重視したものにしたい。資源のない日本において、唯一の資源となりうるのは人材

である。人口減少が顕在化してくる中で、いかに人材の底上げを図るかが、一番重要なテーマである。これは **NEDO** も重々承知の上でのことなのはわかるが、これをもっと前面に出した形で成果を報告してほしい。

## 2. 2. 研究開発マネジメントについて

革新型蓄電池開発の最終目標 **500Wh/kg** はリチウムイオン電池の延長線上では実現不可能な挑戦的な性能であり、実用化時期も含め、戦略的にも妥当と判断する。京都大学、産総研関西センターでの電池開発集中拠点、企業からの参画、大学、研究機関のサテライトを有機的に運営し、適宜会議により情報共有化を進めている点は評価できる。リソースの追加投入が必要と判断されたハロゲン化物電池チームについては、今年度の追加公募で新たに5テーマを採択して体制強化がなされている。高度解析グループでノウハウ登録、テクニカルノートの共有を進めている点は良い試みである。

一方、プロジェクト後半では、主目標の革新型蓄電池開発に重点を絞り込むべきである。革新型蓄電池開発は、最終目標達成に対して大きなブレークスルーが必要なものも多いため新たな追加公募など体制の見直しも必要であり、また、革新型蓄電池開発と高度解析技術開発が連携を深めていけるような抜本的な体制の再構築も進める必要がある。さらに、プロジェクト終了後の設備など資産の効果的な運用、活用法も終了までに検討する必要がある。

### <肯定的意見>

- ・ 革新型電池開発の中間目標、実セルで **300Wh/kg**、最終目標 **500Wh/kg** はリチウムイオン電池の延長線上では実現不可能な挑戦的な性能であり、実用化時期も含め、戦略的にも妥当と判断する。
- ・ 高度解析技術は解析技術を革新型電池開発に活かす、革新型電池開発は実セルでのエネルギー密度、サイクル寿命はじめリチウムイオン電池を凌駕し実用化に向かう方向での目標設定はされている。
- ・ **500 Wh/kg** というエネルギー密度目標は、一充電あたりの走行距離を **500 km** 以上を可能とするために前 **RISING** プロジェクトで打ち出された目標であるが、**2030** 年以降の実用化を目指した開発として妥当である。この目標の妥当性は、その後世界中で同等のエネルギー密度目標のプロジェクトが数多く現れたことにも裏付けされている。
- ・ 本事業においては、車載用を中心として **2030** 年以降に必要とされる蓄電池性能を市場動向も睨みながら整理し、挑戦的な目標値が設定されている。他国の蓄電池開発国家プロジェクトが実質的に本事業の目標値を踏襲していることから見ても、その目標設定は戦略的かつ適切であると考えられる。
- ・ 研究計画、予算を革新型蓄電池へのシフト、追加公募含めた人員配置、進捗管理、ノウハウとしての活用など知的財産に関しても適切に行われている。
- ・ 高度解析技術開発に関しても、前 **RISING** プロジェクトで開発された技術をさらに高度化し、革新型蓄電池開発に役立てるものであり、妥当な計画である。
- ・ 京都大学、産総研関西センターでの電池開発集中拠点、企業からの出張・出向参画、大学、研究機関のサテライトを有機的に運営し、適宜会議により情報共有化を

進めている点は評価できる。

- ・ 研究計画、予算を革新型蓄電池へのシフト、追加公募含めた人員配置、進捗管理、ノウハウとしての活用など知的財産に関しても適切に行われている。
- ・ 各個別研究開発テーマの進捗状況は適宜把握されており、リソースの追加投入が必要と判断されたハロゲン化物電池チームについては、今年度の追加公募で新たに5テーマを採択して体制強化がなされており、今後の研究進展が期待される。
- ・ 研究計画、予算を革新型蓄電池へのシフト、追加公募含めた人員配置、進捗管理、ノウハウとしての活用など知的財産に関しても適切に行われている。
- ・ 各個別研究開発テーマの進捗状況は適宜把握されており、リソースの追加投入が必要と判断されたハロゲン化物電池チームについては、今年度の追加公募で新たに5テーマを採択して体制強化がなされており、今後の研究進展が期待される。
- ・ このプロジェクトを実行、管理し、目標に対して着実に成果を挙げていることは多いに評価できる。
- ・ 研究計画、予算を革新型蓄電池へのシフト、追加公募含めた人員配置、進捗管理、ノウハウとしての活用など知的財産に関しても適切に行われている。
- ・ 高度解析 G でノウハウ登録、テクニカルノートの共有を進めている点は、知財トラブル解決に貢献しうる良い試みと考える。

#### <改善すべき点>

- ・ 最終目標の 500Wh/kg 等は実に戦略的な目標数値である。むしろ、実現することに無理があるように思う。
- ・ 高度解析技術開発を革新型蓄電池開発にどのように生かすかは、4つの革新型蓄電池各々に具体的に挙げて有効利用をより推進する必要がある。革新型蓄電池開発は、最終目標に対して乖離があり大きなブレークスルーが必要とされるので計画の見直しも必要と思われる。
- ・ 中間目標とはいえ「革新型蓄電池の解析評価に着手していること」との目標では、最終的に成果を十分に電池開発に反映できないのではないかと危惧する。
- ・ 高度解析技術開発、特にビームラインに開発予算の多くを使いすぎて来たのではないか？X線関連技術以外にも蓄電池開発に必要な高度解析は多く有り、多種多様の解析技術開発にも目を向けてほしい。また、今後2年間は革新型電池開発により予算をかけ、最終目標の達成を加速すべきである。
- ・ 高度解析 G は主に京都大学を拠点として活動しているが、産総研、サテライト(大学)での開発研究にも貢献すべき立場にあると考える。その意味では十分なコミュニケーションが図れるか疑問を感じる。
- ・ 革新型電池開発と高度解析技術開発が別グループで進められており、実務を担当する研究員レベルでは情報があまり共有されていないように見受けられる。今後残された2年間で相互連携をより強化して、真に革新型蓄電池開発に有用な高度解析技術に仕上げたい。

- ・ NEDO のマネジメント体制は現場技術者の底上げに向けてよくやっていると思う。むしろ、アカデミックサイドが NEDO の要求に答え切れていないように思える。
- ・ 国内外の動向を考えると、プロジェクトの狙いは妥当であるが、革新型電池の研究の状況を考えると実用化と大きな乖離があり、目標含めた修正およびプロジェクト後の投じた設備の共用化などを新たに設定する必要がある。
- ・ 高度解析 G は主に京都大学を拠点として活動しているが、産総研、サテライト（大学）での開発研究にも貢献すべき立場にあると考える。その意味では十分なコミュニケーションが図れるか疑問を感じる。
- ・ 資源の多くが高度解析技術に投入されており、その成果が本事業の最大の目標である電池開発にこれまで十分反映されているか疑問を感じる。高度解析技術の確立に時間を要するため、平行に進めることが困難であることは理解できるが、RISING での成果活用なども含め、電池開発に一層反映されることを期待する。
- ・ このような国プロと呼ばれるものは、とにかく「うまく進行している」といった美辞麗句が並ぶものだが、うまくいかないところをもっと素直に出してしまって、議論したほうがいいのではないかと考える。これはプロジェクト内の技術委員会といった場所でやっていることであろうが、革新型電池にしる、非常に高度な技術開発を要求するものであり、基本的には「うまくいくはずがない」というのが一般的には正しい見解だろうと思う。これを克服するためには、基礎力を如何に高めるかにある。

#### <今後に対する提言>

- ・ 海外技術動向調査もできるだけリアルタイムで継続していくことが必要である。
- ・ 4 種類の革新電池系の絞り込みを最適なタイミングで論理的に効率よく行えるかどうか重要である。
- ・ 高度解析技術開発の革新型蓄電池開発への活用は、解析手法の得手、不得手も含めて具体的に設定した方が良い。
- ・ 本事業で開発されている電池系の中には、プロトタイプセルで第 1 指標のエネルギー密度目標が達成されても、その他の難度の高い特性要件が足かせとなって今後の最終目標達成に向けた開発にブレーキがかかりそうなテーマも見られた。課題解決・研究進展のため、新たな追加公募など体制の見直しも必要と思われる。
- ・ 革新型電池開発と高度解析技術開発が連携を深めていけるような抜本的な体制の再構築も一案として考えてみてはどうかと思われる。
- ・ 技術は人についてくる。人間は得手不得手があり、不得意分野は見ないようにして、得意分野のみに固執する傾向が強い。しかし、今回のような高度な技術開発を進めるためには、広く深い基礎力をプロジェクト参加者が持ち、共有することが必要である。自分の得意分野に凝り固まった方々が複数集まったとしてもシナジー効果は生まれない。このための仕組みとして、昔から大学で行われていたような輪講とか研究報告会のようなものを行っているようだが、プロジェクト内部で

オープンな形で突然に議論が始まるような「場」が必要ではないかと思う。

- プロジェクト後半では、主目標の革新型電池開発に重点を絞り込むべきであり、高度解析技術で得られた成果を、いかに電池開発の効率化・加速に結び付けるかが鍵となる。このための実施体制の見直しや連携の在り方を再構築すべきではないか？
- 革新型蓄電池開発は、実用化に向けて大きなブレークスルーが必要であるので実用化へ向かえるかの見極めもこの期間に行う必要がある。また、新規公募が短期間で成果を出せるかの進捗管理も必要である。さらに、プロジェクト後の設備など資産の効果的な運用、活用法も終了までに検討する必要がある。
- 革新電池は基礎を固めることを肝とすべきである。駄目なものはダメと潔く評価することも必要と考える。その際に、原理的にどうなのかという理由をきちんと理解し、まとめることが必要である。現場での開発では、うまくできたことは、それが当たり前だからうまくいくというのがほとんどである。そこから学べることは少ない。これをやると失敗するという「べからず集」のほうが役に立つことが多い。当然のことだが、「なぜうまくいかないのか」という理由、原理をはっきりさせておくことは言うまでもない。そのほうが、その先の計画・資源投入で過ちを犯すリスクを減らすことができるし、個々人の基礎力アップにつながることが多い。この場面で有効なのが、高度計測技術ではないだろうか。
- 海外技術動向調査もできるだけリアルタイムで継続していくことが必要である。
- ノウハウ登録、テクニカルノートについては、プロジェクト終了後どのように利益配分するか、また社会還元するか現段階から検討を始めてほしい。

## 2. 3. 研究開発成果について

高度解析技術開発グループ・革新型蓄電池開発グループともに各々の中間目標が達成されている。特にオペランド計測技術は目を見張るものがあり、世界に類を見ないものに成長している。カチオン移動型電池グループの2種類の電池系では、正極特性は大きく改善されたものの今後の伸び代はそれ程期待できないことから、最終目標達成に向けては、負極特性の改良と電極・電池設計の適正化に更に注力する必要がある。

エネルギー密度の目標値達成に固執した開発とならないように、いずれの電池系もサイクル特性、レート特性、ヒステリシスなど実用化に向けた様々な課題にもより一層の重点を置き、性能・耐久性の支配因子を明確化して欲しい。参画企業からの要望にも見られるように、今後は電池特性評価に際してパラメトリックスタディー強化が必要である。

### <肯定的意見>

- ・ 高度解析技術開発グループ・革新型蓄電池開発グループともに、個別テーマ（チーム）にまでブレークダウンすると各テーマの解析技術ないし電池系の目標達成度にレベル差が見られるものの、グループとして見れば各々の中間目標が達成されている。
- ・ 高度解析技術はおおよそ達成している。革新型蓄電池は亜鉛、コンバージョン電池、硫化物電池は制約があるが中間目標は達成している。ハロゲン化物電池は世界トップレベルの性能は出している。
- ・ このプロジェクトを実行、管理し、目標に対して着実に成果を挙げていることは多いに評価できる。
- ・ 高度解析技術（装置、設備の設置完了と革新型蓄電池の解析評価着手）および革新型蓄電池（ハロゲン化物電池、亜鉛空気電池、コンバージョン電池および硫化物電池の研究結果）の中間目標をほぼ達成し今後の課題と解決手法の見通しを得ている。ほぼ計画通り、研究開発は進んでいる。
- ・ 革新型蓄電池開発、高度解析技術開発ともにほぼすべての目標を達成している。革新型蓄電池開発では他国で研究がされていないオリジナリティーの高い電池開発を進めており、4つの蓄電池のうち3つで中間目標である 300 Wh/kg の実証ができたことは特に高く評価できる。
- ・ オペランド計測技術は目を見張るものがある。これを如何に特別なものではなく、日常的に有効活用できるようにするか、その仕組みづくりが重要である。これをテーマとしてマネジメントできている。
- ・ 中間目標は尽くが達成、あるいはほぼ達成という状況にある。特にオペランド計測技術は目を見張るものがあり、世界に類を見ないものに成長している。これを如何に特別なものではなく、日常的に有効活用できるようにするか、その仕組みづくりが重要であるが、それを意識してプロジェクトを進行している。
- ・ いずれにしても、目標数値は非常に挑戦的で高いものだが、中間目標はほとんど

がクリアになっている点に、逆に疑問を感じるほどである。

- ・ 高度解析技術、革新電池開発共に、学術的知見において世界最先端、最高水準の高い成果を得ていると判断できる。開発対象の4電池系はそれぞれに技術的難易度が異なるため、クリアすべき目標値を同一とすることが難しい。その意味でアニオンアクセプター型において、技術課題を明らかにして進捗していることは異なる指標で評価すべきである（されている場合、評価できる）。
- ・ 革新的電池は、最終年度での実用化は無理だろうと思うが、これを実用に供するための基礎を如何に固めるかに高度計測技術は有効であることは間違いあるまい。
- ・ 特に革新的電池の開発は、この高度計測技術を駆使しての開発が必須であり、そのための基礎を如何に固めるかに邁進してほしい。
- ・ 知財関係も戦略的に進めている。

#### <改善すべき点>

- ・ 高度解析技術開発では世界的にみてもレベルの高い技術が開発できているが、革新型蓄電池開発に成果が十分に生かされているとは言いがたい。よりいっそう連携を深めて、革新型蓄電池開発のための解析技術開発を強力に推し進めてほしい。
- ・ 高度解析技術を革新型電池開発に活かすことに関しては一部に着手しただけであり、他の電池系にも適用する必要がある。
- ・ 革新電池開発において、3電池系については中間目標値をクリアしているが、補機の必要性、課題の根本的な解決などを評価指標として考慮すべきである。これら（革新電池開発）は最終目標達成に向けて、解決の道筋を明確にするため必要であるが、十分ではないと感じた。
- ・ 革新型蓄電池実用化に集中し最終目標を達成できるよう進めて頂きたい。
- ・ 革新型蓄電池においてハロゲン化物電池は目標を達成しておらず、他の電池系も制約の中かろうじて中間目標を達成している段階で、2次電池としての最終目標とは大きな乖離がある、ブレークスルーも大きい。
- ・ 高度解析技術開発では世界的にみてもレベルの高い技術が開発できているが、革新型蓄電池開発に成果が十分に生かされているとは言いがたい。よりいっそう連携を深めて、革新型蓄電池開発のための解析技術開発を強力に推し進めてほしい。
- ・ 革新型蓄電池開発に関しては目標であるエネルギー密度ありきの開発とならないように、いずれの電池系も実用化に向けた様々な課題（サイクル特性、レート特性、ヒステリシス）にもよりいっそうの重点を置き、性能・耐久性の支配因子を明確化し、課題解決の方向性を早急に打ち出してほしい。
- ・ カチオン移動型電池グループの2種類の電池系では、正極特性は大きく改善されたものの今後の伸び代はそれ程期待できないことから、最終目標達成に向けては、負極特性の改良と電極・電池設計の適正化に更に注力する必要があると思われる。

### <今後に対する提言>

- 高度解析技術開発の革新型蓄電池開発への活用は、解析手法の得手、不得手も含めて具体的に的を絞って、タイムスケジュールもにらんで実験計画をたてる必要がある。革新型電池は、リチウムイオン電池を凌駕し実用化に向かう方向の最終目標と大きな乖離があり、最終目標達成を目指すほかに、これらの電池系で今後リチウムイオン電池を凌駕し実用化に向かう方向がかなえられかの見極めも残りの期間に行う必要がある。
- 今後残された時間は少ない。高度解析技術は基礎開発を完了したと考えられる。今後、高度解析技術は従来以上に密接に革新型蓄電池の開発に貢献することとし、本事業全体で予算と人員を革新型蓄電池の開発に集中することが望ましい。さらに4種類の革新電池系の絞り込みを最適なタイミングで論理的に効率よく行えるかどうか重要である。海外技術動向調査もできるだけリアルタイムで継続していくことが必要である。
- 各研究者が検討している正極、負極、電解質新材料は個別に良い成果が得られている。これらの組み合わせに関する議論、情報交換を従来以上に密に行って欲しい。
- 最終評価においては、プロジェクト終了即実用化ではないため、課題の抽出とその解決策、ポテンシャルとしての可能性を、高度解析技術を駆使して明らかにし、総合評価すべきである。
- 今後2年間で引き続き開発を進め、最終目標の 500 Wh/kg を是非達成してほしい。
- カチオン移動型電池に関してはリチウム金属負極の使用が前提となっているが、大きなブレークスルーが見えていない。安全性の観点からリチウム金属負極の実用化を疑問視する意見も産業界にはあるが、それを払拭するような成果を上げて、目標を達成するとともに、安全性も実証してほしい。
- 電池特性は種々のパラメーターが相互に影響を及ぼし合うことが多く、限られた測定条件下での特性評価のみでは実用化フェーズ移行判断に支障が出ることも多い。参画企業からのコメントにも見られるように、今後は電池特性評価に際してパラメトリックスタディー強化に留意が必要と思われる。

## 2. 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

参画企業との情報共有や解析技術の企業研究者を開発技術にアクセスする仕組みはできている。また事業終了後のシナリオも設定しており、今後に向けた解析プラットフォームの検討に入っている。本事業の成果が企業に円滑に受け渡しできるか否かは、高度解析技術については解析プラットフォームの維持・運用スキーム明確化が重要である。また革新型蓄電池についてはエネルギー密度の他に入出力特性、電流・温度依存性、安全性・信頼性など実運用を想定した諸元が重要になる。電池開発の市場導入については、高性能化に向けて材料メーカーの果たす役割は大きく、早期に材料メーカーとの協働により加速が期待できる電池系もあるのではないかと。

### <肯定的意見>

- ・ 高度解析技術および革新型蓄電池の研究開発ともに実用化の見通しを持てる基本的成果が得られている。高度解析技術の基礎は確立された。
- ・ ガソリン車並みの走行距離を有する EV の実現は、燃料費の削減優位性があるため、現状の内燃機関車の市場を席卷できる規模であり、成長性、経済効果ともに十分な事業と期待できる。
- ・ 2030年以降の市場投入を想定されているため、事業化の見通しを現時点で議論することは困難であるが、対象となる企業へのヒアリングなどを通じ、その将来性を検討開始していることは評価できる。
- ・ 本事業で得られた成果の実用化・事業化に取り組む可能性のある企業のヒアリングが開始されており、企業側のスタンスも明確になりつつある。
- ・ 高度解析技術は、一部を除けば直ちに日常的に活用すべきレベルまで成長していると思う。
- ・ 革新型電池はまだまだ実用化の域には遠いが、これこそ高度解析技術を駆使して基本的な性格を明らかにできる分野でもある。
- ・ メーカーを含めた産官学連携体制がすでにできあがっており、開発できた革新型蓄電池の技術移転が行いやすい体制となっている。
- ・ 開発した革新型蓄電池が実用化できたならば、日本の蓄電池、電気自動車産業にとって世界をリード可能な大きな強みとなることが期待できる。
- ・ 参画企業との情報共有や解析技術の企業研究者を開発技術にアクセスする仕組みはできている。また事業終了後のシナリオも設定している。また、今後に向けた解析プラットフォームの検討に入っている。

### <改善すべき点>

- ・ 革新型電池は、いずれも難しい電池系であり、シナリオ2になる公算が大きいですが、目標を達成するためだけでなく、実用化も視野にいたった研究計画が必要である。また、特色ある点、問題点、課題を抽出することも念頭におくことが必要である。
- ・ 高度解析技術については、設備・手法についてほぼ技術開発が完成段階にあり、プ

プロジェクト終了後の展開、社会的効果、人材育成について、より具体化すべきである。

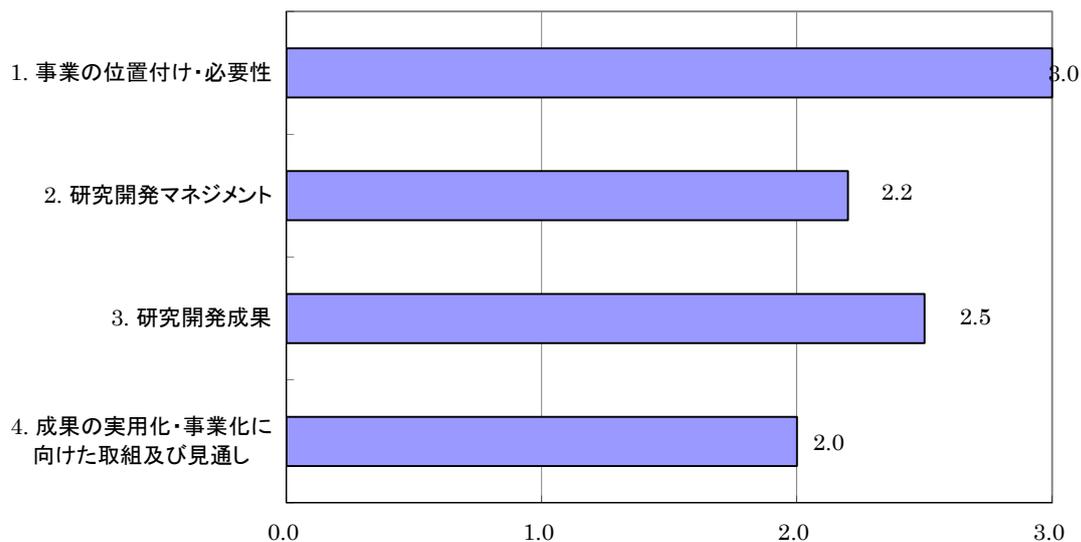
- ・ 革新型電池の実用化に予算と人員を増やすような展開をして計画を進めて欲しい。
- ・ やはり、人の問題（人材育成）の点を明確にして進めてほしい。日本は人口減少が進むことは明らかであり、中国のように母数が10倍以上も多いところとは比べようもない。だとしたら、高度な技術開発力を維持するにはどのようなシステムにするか、少数精鋭がリードするとしたら、**Noblesse Oblige**を含めてどのようなスキルが必要なのか、何人が必要なのか、といった視点をもって試験的にプロジェクトを進めているように感じたが、それを是非とも進めてほしい。失われた30年で海外から見た日本の魅力は失われつつある。海外からの移民によって才能を輸入するという手もあるだろうが、優秀な人材は経済的に優れた魅力的な国に流れていくのみであり、日本には来ないと思ったほうが良い。逆に本プロジェクトで日本の技術力を高めることができれば、自動的に才能の輸入が進むことになる。
- ・ 事業期間終了後に開発した高度解析技術をどのように維持、民間移転していくのかに関しては道筋が見えていない。
- ・ 革新型蓄電池開発では現状では実用化に向けた課題も多く、実用化はまだかなり遠い印象がある。実用化に向けた課題を明確化し、その因子を早急に解明する必要がある。
- ・ 革新型蓄電池に関しては、事業終了後に現在開発に加わっていない企業にも門戸を開くような仕組みも必要。

#### <今後に対する提言>

- ・ 本事業の成果が企業に円滑に受け渡しできるか否かは、高度解析技術については解析プラットフォームの維持・運用スキーム明確化、革新型蓄電池についてはエネルギー密度と実運用を想定した諸元（入出力特性、電流・温度依存性、安全性・信頼性、など）との関係明示、が重要になると考えられる。
- ・ 電池開発の市場導入については、高性能化に向けて材料メーカーの果たす役割は大きい。プロジェクトは挑戦的な目標に向けた原理実証の段階であるが、早期に材料メーカーとの協働により加速が期待できる電池系もあると考える。
- ・ 高度解析技術開発で開発した技術を事業終了後どのように民間移転していくか、今後の2年間でさらに議論が必要である。
- ・ 残された時間は少ない。革新型電池の実用化に予算と人員を増やすような展開をして欲しい、また、大別して4種類ある電池の実用化に向けた絞り込みを最適な時期に行って頂きたい。
- ・ リチウムイオン電池を凌駕する革新型電池を目標においており、残りの期間で実用化に値するものかアカデミック的興味に留まるかも含めた精査が必要である。高度解析技術は本プロジェクトに限らず、広く電池研究に使われていくようなプラットフォームをプロジェクト後、すぐに行えるような運用、体制作りの立案も

行うべきである。

### 3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)					
		A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.2	B	B	B	B	A	B
3. 研究開発成果について	2.5	A	A	B	B	A	B
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	2.0	C	B	B	B	A	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

#### 〈判定基準〉

- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について                |
| ・非常に重要 →A          | ・非常によい →A                    |
| ・重要 →B             | ・よい →B                       |
| ・概ね妥当 →C           | ・概ね妥当 →C                     |
| ・妥当性がない、又は失われた →D  | ・妥当とはいえない →D                 |
| 2. 研究開発マネジメントについて  | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A          | ・明確 →A                       |
| ・よい →B             | ・妥当 →B                       |
| ・概ね適切 →C           | ・概ね妥当 →C                     |
| ・適切とはいえない →D       | ・見通しが不明 →D                   |

## 第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「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7-1

# 「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

## 事業原簿【公開】

担当部	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 次世代電池・水素部
-----	--

—目 次—

第1章 事業の位置づけ・必要性について	
1.1 事業目的の妥当性	1
1.1-1 本事業のねらい	1
1.1-2 本事業の取組の概要	3
1.1-3 海外における革新型蓄電池の開発状況	6
1.1-4 市場動向	10
1.1-5 特許動向	12
1.1-6 革新型蓄電池の学会発表動向	15
1.1-7 上位施策・制度への関与	16
1.2 事業としての妥当性	18
1.2-1 NEDOの関与の必要性	18
1.2-2 実施の効果	20
第2章 研究開発マネジメントについて	
2.1 研究開発目標の妥当性	23
2.2 研究開発計画の妥当性	26
2.2-1 研究開発内容	26
2.2-2 研究開発スケジュール	27
2.2-3 研究開発予算	28
2.2-4 研究開発人員	30
2.3 研究開発の実施体制の妥当性	31
2.3-1 研究実施体制	31
2.3-2 研究実施体制の詳細 高度解析技術開発	32
2.3-3 研究実施体制の詳細 革新型蓄電池開発	33
2.3-4 実施体制の強化（追加公募）	34
2.4 研究開発の進捗管理の妥当性	35
2.4-1 NEDO・研究実施者による進捗管理	35
2.4-2 有識者会議の設置・運営	37
2.4-3 拡大月例会議の新設	38
2.5 知的財産に関する戦略の妥当性	38
第3章 研究開発成果について	
3.1 高度解析技術開発	39
3.1-1 研究開発成果のまとめ	39
3.1-2 研究開発成果	40
3.2 革新型蓄電池開発	47
3.2-1 研究開発成果のまとめ	47
3.2-2 研究開発成果の一例	48
3.3 成果の普及	54
3.3-1 特許出願および対外発表	54
3.3-2 対外情報発信	54

第4章 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	
4.1 実用化に向けた戦略	57
4.2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組	59
4.2-1 革新型蓄電池の成果の実用化・事業化に取り組む者の検討	59
4.2-2 高度解析技術の普及・定着に向けた検討の状況	59
4.3 成果の実用化の見通し	61
4.3-1 成果の実用化に向けた参画企業各社の見解	61
4.3-2 波及効果	62

概要

		最終更新日	2018年7月26日
プロジェクト名	革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発	プロジェクト番号	P16001
担当推進部/担当者	<p>スマートコミュニティ部</p> <p>桜井 孝史 (2016年4月1日～2018年3月30日)</p> <p>細井 敬 (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>川本 浩二 (2016年4月1日～2016年10月31日)</p> <p>大園 一也 (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>巖 桂二郎 (2016年4月1日～2017年3月31日)</p> <p>木内 幸浩 (2016年4月1日～2016年10月31日)</p> <p>前信 潔 (2016年4月1日～2016年12月31日)</p> <p>古田土 克倫 (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>錦織 英孝 (2016年11月1日～2018年3月31日)</p> <p>竹川 寿弘 (2017年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>近野 義人 (2017年1月1日～2018年3月31日)</p> <p>安井 あい (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>佐藤 恵太 (2016年4月1日～2018年3月31日)</p> <p>次世代電池・水素部</p> <p>細井 敬 (2018年4月1日～現在)</p> <p>錦織 英孝 (2018年4月1日～現在)</p> <p>竹川 寿弘 (2018年4月1日～現在)</p> <p>近野 義人 (2018年4月1日～現在)</p> <p>井ノ上 雅次郎 (2018年4月1日～現在)</p> <p>安井 あい (2018年4月1日～現在)</p> <p>佐藤 恵太 (2018年4月1日～現在)</p>		
0. 事業の概要	<p>本事業(RISING2)では、オリジナリティが高く、優位性のある電池を開発するために、RISINGの時と同様、世界ナンバーワン・オンリーワンの解析技術を開発する。特に、SPring8の放射光の分解能の向上に加えて、新しいOperando解析技術を開発し、それらとJ-PARCの中性子、NMR、計算科学等の技術を融合し、作動状態での電池の反応現象をより精密に把握し、セル設計に反映するなど、革新型蓄電池の課題解決のための世界最先端の解析プラットフォームを構築する。さらには開発する革新型蓄電池の実用化・製品化の道筋をつけるために、RISINGで目標としてきたエネルギー密度だけでなく、電極・電解質及びセル化技術の開発により、安全性・信頼性、コスト等の車載用蓄電池として必要とされる諸性能についても両立できる蓄電池を目指す。</p>		
1. 事業の位置付け・必要性について	<p>蓄電池は市場拡大が見込まれる成長産業であり、国内企業が国際競争力を有した製品を他国に先駆けて開発、事業拡大することで、雇用確保をはじめ国益に資する期待が大きい。</p> <p>現在、国内自動車メーカーや蓄電池メーカー等は、国家プロジェクトあるいは自社開発において先進リチウムイオン電池や革新型蓄電池の技術開発を鋭意進めているが、実用化に向けて解決すべき課題は多い。我が国のこれまでの「蓄電池の技術開発、市場開発」での競争優位を活かして次世代の革新的な蓄電池技術を創出し、グローバルで持続的な地球環境の維持、エネルギーセキュリティ・多様化への対応、および我が国の産業活性化に資することが期待される。車載用の革新型蓄電池の実用化が期待される2030年に向けて、エネルギー密度のみならず、耐久性や安全性等も実セルで技術確立する必要がある。しかしながら、自動車として想定すべき様々な運転状態で求められる性能・条件を満足させるレベルでの技術確立となると、開発リスクとハードルは極めて高く、民間企業単独の取組で実現することは困難である。</p> <p>そのため、本事業「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」プロジェクト(RISING2)においては、先端的な材料科学や高度な解析技術を得意とする大学・公的研究機関、車載用蓄電池の開発・製品化で豊富な実績を有する蓄電池メーカー、さらにはエンドユーザーとなる自動車メーカー等による緊密な産学官連携・協調(集中研方式)の体制を構築して、基礎科学に立脚した共通基盤技術を開発し、リチウムイオン電池(LIB)の性能を凌駕する高エネルギー密度500Wh/kgの革新型蓄電池を目指す。</p>		

2. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	<p><b>研究開発項目① 高度解析技術開発</b></p> <p>【最終目標】(2020年度末)  革新型蓄電池の高性能化や高耐久化を実現する実セルおよび電極の設計・製造に活用可能な新規の解析技術を開発する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実セル作動条件下における電極活物質-電解質界面の反応解析技術</li> <li>・実セル作動条件下における電極活物質の反応解析技術</li> <li>・実セル作動条件下における電極合剤内の反応分布および劣化現象解析技術</li> </ul> <p>なお、上記の解析技術には、空間分解能で10μm、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>【中間目標】(2018年度末)  開発中の解析技術を組み込んだ計測分析装置・設備の設置を完了する。</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><b>研究開発項目② 革新型蓄電池開発</b></p> <p>【最終目標】(2020年度末)  開発した共通基盤技術を基に試作した実セル(容量5Ah級)について、下記を満足することを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・重量エネルギー密度：500Wh/kg以上</li> <li>・体積エネルギー密度：1,000Wh/L以上</li> <li>・重量出力密度：100W/kg以上</li> <li>・サイクル寿命：100回以上</li> <li>・環境性：カドミウム、水銀、六価クロム等の環境負荷物質をセル構成材料として大量に使用していないこと。</li> <li>・車両環境への対応：-30~60℃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> <p>【中間目標】(2018年度末)  開発した共通基盤技術を基に試作した実セルで重量エネルギー密度300Wh/kg以上が得られていることを確認する。</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>						
	事業の計画内容	主な実施事項	H28	H29	H30	H31	H32
	高度解析技術開発					→	
	革新型蓄電池開発					→	
事業費推移 (単位：百万円) 契約種類： 委託(○) 助成( ) 共同研究( )	会計・勘定	H28	H29	H30	H31	H32	総額
	一般会計						
	特別会計(電源)						
	特別会計(需給)	2,880	2,900	3,100			(8,880)
	加速予算 (成果普及費を含む)	700	376				
	総予算額	3,580	3,276	3,100			(9,956)

実施体制	経産省担当原課	経済産業省 製造産業局 自動車課 電池・次世代技術室
	プロジェクトリーダー (PL)、 サブプロジェクトリーダー (SPL)、	PL 松原英一郎 (国) 京都大学 産官学連携本部 副本部長 SPL 小林弘典 国立研究開発法人産業技術総合研究所 総括研究主幹
	委託先 (* 委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	(国) 京都大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、(国) 茨城大学 (国) 神奈川大学、(学) 関西大学、(国) 九州大学、(国) 神戸大学、(国) 東京工業大学、(国) 東京大学、(国) 東京農工大学、(国) 東北大学、(国) 名古屋工業大学、(公) 兵庫県立大学、(国) 北海道大学、(国) 三重大学、(学) 立命館、(学) 早稲田大学、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、(財) ファインセラミックスセンター、国立研究開発法人理化学研究所、トヨタ自動車(株)、(株) 豊田中央研究所、日産自動車(株)、パナソニック(株)、日立化成(株)、(株) 日立製作所、(株) 本田技術研究所、マクセル(株)、三菱自動車工業(株)、(株) 村田製作所

<p>研究開発の 進捗管理</p>	<p><u>NEDOによる進捗管理</u></p> <p>各実施者の目標達成度、成果の技術的意義、実用化の可能性、産業への波及効果、産業界への技術移転なども考慮しながらプロジェクト進捗を管理。主な特徴は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 京大拠点に常駐者を派遣。研究現場との密接なコミュニケーションを強化。</li> <li>➤ マネジメント層による進捗会議を毎月開催し、マネジメント案件を迅速にプロジェクト運営に反映。</li> <li>➤ 技術グループ毎に担当者を配置し、月度で開催される研究進捗報告会へ参加。最新の技術情報をプロジェクト運営に反映。</li> <li>➤ 個別実施者から毎月予算執行状況についてヒアリングを実施。研究遅延の発生を事前に察知し、プロジェクト運営にただちに反映を行う。</li> </ul> <p>また、加速予算の投入により、設備の前倒し導入を図るとともに研究加速を実施した。加えて、技術動向の調査を行い、最新の動向をプロジェクト運営に反映した。</p> <p><u>実施者による進捗管理</u></p> <p>年1回のペースで開催する会議として「運営会議」を設置している。ここでは各企業の役員レベルの方々に御参加頂き、大所高所からの御意見を頂戴している。それを、本事業の進め方の中において、特に大方針へ反映させている。</p> <p>ほぼ四半期毎に開催する会議として「企画会議」「推進会議」を設置している。前者においては、参画企業の方々に御参加頂き、プロジェクトマネジメントについて議論を進めている。ここで頂戴した意見は、特に本事業における中方針へと反映される。後者においては、参画企業のみならずサテライトの研究者にも御参加頂き、技術情報の共有ならびに技術議論をおこなっている。</p> <p>次に、毎月開催する会議として「GL会議」「月例会議」を設置している。前者では、PL、SPL、GL、NEDO 京都分室メンバーによりプロジェクトマネジメントについて議論を進めている。ここでは特に、日々の事業運営に係る詳細な課題の解決を図っている。後者は、高度解析、各革新電池、共通基盤技術のチーム単位にて、情報共有および技術議論を目的に進めている。</p> <p>最後に不定期開催ではあるが、「金曜会」を設置している。ここでは、本事業内で共有すべき情報（例えば学会聴講結果など）について伝達が図られている。</p> <p>本プロジェクトでは、電池技術に関する有識者10名で構成される「有識者会議」を設置・運営し、技術的な助言およびプロジェクト全体の運営管理等に関する助言を頂き、プロジェクト運営・推進に関する留意点や対応すべき点について検証を行ってきた。これまで2回有識者会議を開催し、様々な評価コメントを頂いた。各コメントに対して対処方針を検討し、計画や運営などに反映を実施した。</p>						
<p>知的財産等に関する戦略</p>	<p>基本方針を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ オープン／クローズ の考えに基づく情報管理と運営</li> <li>➤ 柔軟な出願形態</li> <li>➤ 戦略的な特許出願</li> </ul> <p>第1の方針について説明する。まず留意している点は、オープン（論文・学会等による発表）にする領域と、クローズ（秘匿すべき情報、特許権等による独占）にする領域を適切に使い分けることである。そして、実施者個別のオープン／クローズ戦略を尊重しつつ、実用化・事業化に際して根幹となるものは積極的に知財を確保するよう指導している。</p> <p>第2の方針については、研究拠点、サテライト、参画企業について個別出願または共同出願を適宜、柔軟に選択することが可能となるようにしている。</p> <p>第3の方針については、各実施者の特許出願・権利化動向を把握しつつ、今後主要な市場形成が見込まれる海外への出願を積極的に推進している。</p> <p>実施者による知財管理については、下記に示す通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 知財運営委員会の設置</li> <li>➤ RISING2 知財運用規定の整備</li> <li>➤ 特許に適さない情報を「ノウハウ」として運用・管理する制度の設置</li> <li>➤ 特許技術動向調査</li> </ul>						
<p>評価に関する事項</p>	<table border="1"> <tr> <td>事前評価</td> <td>平成27年度実施 担当部 スマートコミュニティ部</td> </tr> <tr> <td>中間評価</td> <td>平成30年度 中間評価実施予定</td> </tr> <tr> <td>事後評価</td> <td>平成33年度 事後評価実施予定</td> </tr> </table>	事前評価	平成27年度実施 担当部 スマートコミュニティ部	中間評価	平成30年度 中間評価実施予定	事後評価	平成33年度 事後評価実施予定
事前評価	平成27年度実施 担当部 スマートコミュニティ部						
中間評価	平成30年度 中間評価実施予定						
事後評価	平成33年度 事後評価実施予定						

3. 研究開発成果 について	3. 1 高度解析技術開発	
	<u>放射光高度解析技術開発</u>	
	イメージング HAXPES 装置の導入、共焦点 XRD 装置の導入。X 線 CT による水系空気電池の亜鉛負極断面観察手法を確立。	
	<u>軟 X 線高度解析技術開発</u>	
	超軟 X 線 XAFS 測定系の導入。硫化物電池およびハロゲン化物電池について新規負極材料などの軟 X 線 XAFS 測定を実施し、軟 X 線 XAFS 革新型蓄電池材料評価技術を確立。	
	<u>中性子高度解析技術開発</u>	
	透過ビームモニタ、7 軸ゴニオメータなどの導入。中性子結晶構造解析から直接 MEM 解析する手法を開発。このデータからハロゲン化物電池の固体電解質中のフッ素イオン伝導経路を予測する解析法を確立。	
	<u>核磁気共鳴高度解析技術開発</u>	
	7T 磁場用の新たな固体 NMR 測定システムの導入。 <sup>19</sup> F NMR 測定によるハロゲン化物電池の電極材料/固体電解質の構造解析を実施。	
	<u>電子顕微鏡測定技術</u>	
世界最高の分解能を有する新規収差補正装置の導入。水系空気電池の亜鉛極での反応モデルの観察法を検討。		
<u>電気化学測定技術開発</u>		
放射光 operando 測定時に並行して測定可能である矩形波インピーダンス測定システムの導入。コンバージョン電池の FeF <sub>3</sub> 正極でインピーダンス測定を行い、低周波数領域に拡散に起因する特徴的なインピーダンス挙動を確認。		
<u>ラマン分光高度解析技術開発</u>		
可動式電場素子実装セルの導入。水系空気電池の亜鉛負極表面における水酸化物イオンのその場ラマン分光測定技術を確立。		
<u>計算科学解析技術開発</u>		
第一原理計算(電極+反応部分)と古典溶液論(反応周辺の溶質部分)とのハイブリッド計算法の確立。コンバージョン電池の正極である FeF <sub>3</sub> について、Li 挿入・脱離状態での X 線吸収端近傍微細構造(XANES)を、第一原理計算を用いて解明。		
3. 2 革新型蓄電池		
<u>ハロゲン化物電池</u>		
銅正極を初めとする材料を用いて、圧粉型電極を作製。世界トップレベルとなる性能を実証。ただし、コイン電池において 100 Wh/kg とエネルギー密度目標は未達。金属と金属フッ化物を複合化する、金属フッ化物から欠陥を作るなどにより、フッ化物イオン伝導性がほとんどない活物質でも使用可能であることを示してきた。この成果は、今後の新しい電池開発につながる大きな発見である。		
<u>亜鉛空気電池</u>		
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。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。		
<u>コンバージョン電池</u>		
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、6 Ah 級セルにおいて 319 Wh/kg を達成。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した。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。		
<u>硫化物電池</u>		
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、8 Ah 級セルにおいて 314 Wh/kg を達成。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。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>2</sub> 皮膜で保護することにより硫酸溶出を抑え耐久性が向上することも分かっている。		
投稿論文	35 件	
特許	「出願」35 件(うち国際出願 7 件)	
その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会発表」269 件 「プレス発表」5 件	

<p>4. 実用化・事業化の見通し及び取組について</p>	<p>基本方針は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 革新型蓄電池に関しては、<u>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。</u></li> <li>➤ 解析技術に関しては、<u>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。</u></li> </ul> <p>4. 1 実用化に向けた戦略</p> <p>実用的なEVが市販されると考えられる2030年頃に、本事業で開発された基盤技術が利活用されるためには、本事業終了後も本事業で得られた成果を活用した研究開発を継続することが重要となる。まず、第1のシナリオにおいては、実用化に向け積み残された課題が無い、あるいは少ない蓄電池タイプについては、企業中心の開発体制（自動車-蓄電池-材料メーカーによる垂直連携体制）を構築し、量産プロトタイプセル（大型セル）の開発ステージに移行していく。第2のシナリオ（シナリオ2）においては、期待どおりの性能ポテンシャルが引き出せていない蓄電池タイプについては、引き続き、産学連携の開発体制で、材料改良と実証セルの開発ステージを継続する。</p> <p>4. 2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組</p> <p>事業終了後の事業については、2020年度初頭には予算要求を実施することが必要となる。つまり、この点から逆算してマイルストーンを設定しなければならない。まずは2019年度において、NEDO技術戦略策定および検討委員会をおこなう。ここでは、前項で示すシナリオについて改めて議論・策定するとともに、それまでに得られた技術成果を踏まえ、各テーマをどのシナリオへ落とし込んでいくのかも議論・決定する予定である。上記に対応して、2018年度後半には各参画企業との密な意見交換を開始する。</p> <p>本事業終了後においても、本事業で培った高度解析技術の活用が継続していくためには、本事業期間において高度解析技術自体のレベルを上げるとともに、普及・定着を図る必要がある。前者に対しては、本事業で開発中の解析プラットフォーム（技術・装置）は世界最高・最先端のレベルにあり、革新型蓄電池の実用化を手戻り無く進めるための強力なツールとして、企業及びその企業と連携するアカデミアによる活用が期待できる。後者に対しては、今後の進め方となるが、事業終了後における解析プラットフォームの運用体制、運営（コスト負担を含む）・情報管理のルールについて本事業の関係者で議論を深め、コンセンサスを得ることを目指す。</p> <p>4. 3 成果の実用化の見通し</p> <p>4. 3-1 成果の実用化に向けた参画企業各社の見解</p> <p>NEDOは2017年度の前半にプロジェクト参画企業10社を個別に訪問し、革新型蓄電池の実用化開発への移行、または、その際の本プロジェクトの成果の移管方法等について意見交換を行った。その結果を以下に示す。</p> <p><b>総論</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 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である。</li> <li>➤ 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。</li> </ul>
-------------------------------	---

	<p><b>各社個別の御意見</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 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。</li> <li>➤ 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。</li> <li>➤ セル全体の成果を取り込んだ実用化ではなくて、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。</li> <li>➤ 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。</li> <li>➤ 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イヤーを増やすことも必要なのではないか。</li> <li>➤ 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。</li> </ul> <p>4. 3-2 波及効果</p> <p>まずは、オープンイノベーションについて記載する。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。</p> <p>次に人材育成について記載する。本事業では、「科学者（アカデミア）とエンジニア（産業界）の交流」および「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、以下の効果が生まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 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。</li> <li>➤ 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。</li> </ul> <p>最後に低炭素化について記載する。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。つまり、蓄電池はモビリティの電動化と再生可能エネルギーの主力電源化に向けたキーテクノロジーであり、本プロジェクトで創出される革新型蓄電池は、低炭素なエネルギーネットワークの構築に貢献する。本プロジェクト参画企業は車載用蓄電池以外の分野でもビジネスを展開しており、本プロジェクトの成果は様々な分野の世界市場に展開することができる。</p>				
5. 基本計画に関する事項	<table border="1"> <tr> <td>作成時期</td> <td>平成 28 年 1 月 作成</td> </tr> <tr> <td>変更履歴</td> <td>平成 30 年 5 月 改訂 プロジェクトマネージャーの変更に伴う改訂</td> </tr> </table>	作成時期	平成 28 年 1 月 作成	変更履歴	平成 30 年 5 月 改訂 プロジェクトマネージャーの変更に伴う改訂
作成時期	平成 28 年 1 月 作成				
変更履歴	平成 30 年 5 月 改訂 プロジェクトマネージャーの変更に伴う改訂				

プロジェクト用語集

用語	説明
HAXPES	hard X-ray photoemission spectroscopy の略。物質に光を当てたときに表面から放出される光電子の状態によって表面の化学状態を解析する手法の一つ。照射する光のエネルギーが高いため、元素の奥（内核）に存在する電子の状態解析が可能となる。
MEM	maximum entropy method の略。最大エントロピー法。
NMR	nuclear magnetic resonance の略。磁場中の原子核に発生する核スピンの特定のラジオ波を与えると共鳴現象が発生する。その現象を利用して物質の化学構造を解析する手法。
Operando 測定	電池作動上において測定すること。
RMC	reverse monte. carlo の略。従来のモンテカルロ法（MC）より少ない実験データをもとに計算が可能であり、乱れた構造の推定に適した手法。
XAFS	X線を物質に照射すると、特定の波長でX線が物質に吸収される。急激な吸収挙動を示す吸収端の微細構造における波長と吸収されたエネルギーから物質の構造を解析する手法。
XANES	上記 XAFS は吸収エネルギー領域により分類されるが、低い領域では XANES、高い領域では EXAFS となる。
XRD	X-ray diffraction の略。X線が結晶格子で回折する特徴を生かし、回折パターンから結晶構造を特定する解析方法。
<sup>19</sup> F	NMR では通常観測対象となる原子を特定するため質量数を左肩に添えた表記を慣用的に用いている。フッ素 NMR においては、 <sup>19</sup> F NMR という表現を用いる。ただし、天然に存在するフッ素の 100%は <sup>19</sup> F であり、特殊なフッ素を表す表現ではない。
7T	T はテスラであり、磁場強度の単位。
暗視野	物質に電子線を照射し、回折波から結像したものを暗視野像、透過波から結像したものを明視野像という。
インピーダンス測定	電池に交流電流（または電圧）を印加すると交流の周波数によって異なる電圧を示す。この挙動は観測条件や環境に応じても変化することから、この現象を利用して電池内部の挙動を解析する手法。
加速電圧	物質に電子線を照射する際の、照射強度の指標。
活物質	電池において、電池動作に不可欠なイオンを貯蔵するための材料。
過電圧	放電反応が進むにつれて、基本的な反応機構が変化しないにも関わらず放電電圧が低下する場合がある。または充電反応が進むにつれて、上記機構変化をとまわずに充電電圧が増加する場合がある。この増減した電圧のこと。
固体電解質	固体状態の電解質。なお、電池作動においては、電池内をイオンが移動することが必要だが、電解質とはそのイオン（例 リチウムイオン）の通り道として機能する媒体のこと。

ゴニオメータ	結晶の面角を測定するための測定器。
実セル	ケース、集電箔、電解質、正極、セパレータ、負極により構成される構造。それ単体で電池として機能する。なお、セパレータとは正極と負極を短絡させないための膜状の材料である。
全固体電池	電池に用いられる電解質が固体状態である電池。
第1原理計算	量子力学により物質を構成する原子量等のパラメータから物性・特性値を、経験則に拠らずに直接計算する手法。
矩形波	従来の波とは異なり、例えば、0と1のような2種類の強度が規則的に繰り返す波。
軟X線	エネルギーの弱いX線。
プラトー	例えば放電反応が進んでも、放電電圧が殆ど変化しない領域が存在する場合がある。充電反応においても同領域が存在する場合がある。これがプラトー（領域）となる。
放射光	高エネルギーの電子が磁場中でフレミングの法則により円弧を描く際に円弧の接線方向に発生する光。この光は幅広い波長領域を含むため、材料化学、物理学を初め様々な分野で利用されている。
メカノケミカル処理	物質を粉砕する際に摩擦、圧縮の力が発生する。それを利用した化学合成法のこと。
ラジオ波	電磁波のひとつで、周波数が数10Hz～1GHzである電磁波を総称して「ラジオ波」と呼称する。
ラマン分光	光が物質と衝突すると、その一部は散乱される。その散乱光の一部は物質（分子）構造により決定される固有振動数を有する場合がある。この現象を利用した物質（分子）構造を解析する手法。
リートベルト解析	XRD、中性子回折にて得たデータに対して、結晶構造やピークプロファイルなどのパラメータ群から再現されるパターンで最小二乗法によりフィッティングすることで物質構造データを精密化する手法。

## 第1章 事業の位置づけ・必要性について

### 1. 1 事業目的の妥当性

#### 1. 1-1 本事業のねらい

今後、主要各国で自動車のCO<sub>2</sub>排出・燃費規制が強化される見込みであり、モビリティの電動化が世界中で急進展することが予想される。米国と中国では一定比率以上の電気自動車(EV)・プラグインハイブリッド自動車(PHEV)の販売を自動車メーカーに義務付ける政策の強化が、また英国、フランス、インドなどでは将来的なガソリン車の販売禁止の政策が検討されている。そのため、多くの自動車メーカーが今後、数百万台/年規模でのEV・PHEV販売を目標に掲げ、それを社会にアピールしている。また、中国は「自動車強国化」を狙い、EV・PHEVの普及を図る補助金政策を進めており、今や世界の約半分のEV・PHEVが中国で生産・販売されている。我が国も経済産業省の「自動車産業戦略2014」において「EV・PHEVの新車販売に占める割合を2030年までに2割から3割とする。」という目標掲げ、EV・PHEVの車両価格及び利便性(航続距離)の支配要因となっている車載用蓄電池のコスト低減と性能向上を図るため、産学が連携・協調して研究開発を進める重点分野の一つとして車載用蓄電池を選定している。

現在のEV・PHEVに搭載されている蓄電池はリチウムイオン電池(LIB)である。電極活物質の理論容量密度と標準電極電位に基づき算出されるLIBの理論エネルギー密度は450~600Wh/kgであるが、自動車の主動力源として求められる安全性や耐久性等をクリアしようとすると、セルで350Wh/kg程度、電池パッケージで250Wh/kg程度がエネルギー密度の限界と見られている。

EVでガソリン車並みの車両価格や利便性を実現しようとすると、電池パッケージのエネルギー密度は500Wh/kg以上が必要である。しかしながら、LIBのようにインサージョン反応(トポケミカル反応)を利用する蓄電池では、イオンが出入りする遷移金属酸化物や炭素等のホスト材料が正極・負極に必要となるため、エネルギー密度500Wh/kgの実現は困難である。そのため、LIBとは電荷キャリア、材料及び構造等が全く異なった新原理の革新型蓄電池(ポストLIB)を開発する必要がある。

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

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

そのため、本事業「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」(RISING2)において、先端的な材料科学や高度な解析技術を得意とする大学・公的研究機関、車載用蓄電池の開発・製品化で豊富な実績を有する蓄電池メーカー、さらにはエンドユーザーとなる自動車メーカー等による緊密な産学官連携の体制を構築して、産業界による革新型蓄電池の実用化を促進するための科学技術の知見に立脚した共通基盤技術の開発に取り組んでいる。



### リチウムイオン電池から革新型蓄電池への飛躍

図 1.1-1-1 本プロジェクトの狙い

1. 1-2 本事業の取組の概要

(1) 革新型蓄電池開発

本事業においては、図 1.1-2-1 に示すように、ナノ界面制御電池(ハロゲン化物)、亜鉛空気電池、ナノ界面制御電池(コンバージョン)、金属硫化物電池の4つの蓄電池タイプを対象として共通基盤技術の研究開発を実施している。なお、これら4つの電池系は、2009~2015年度に実施したNEDO事業「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」(RISING)において基礎・基盤的な知見が得られているものである。

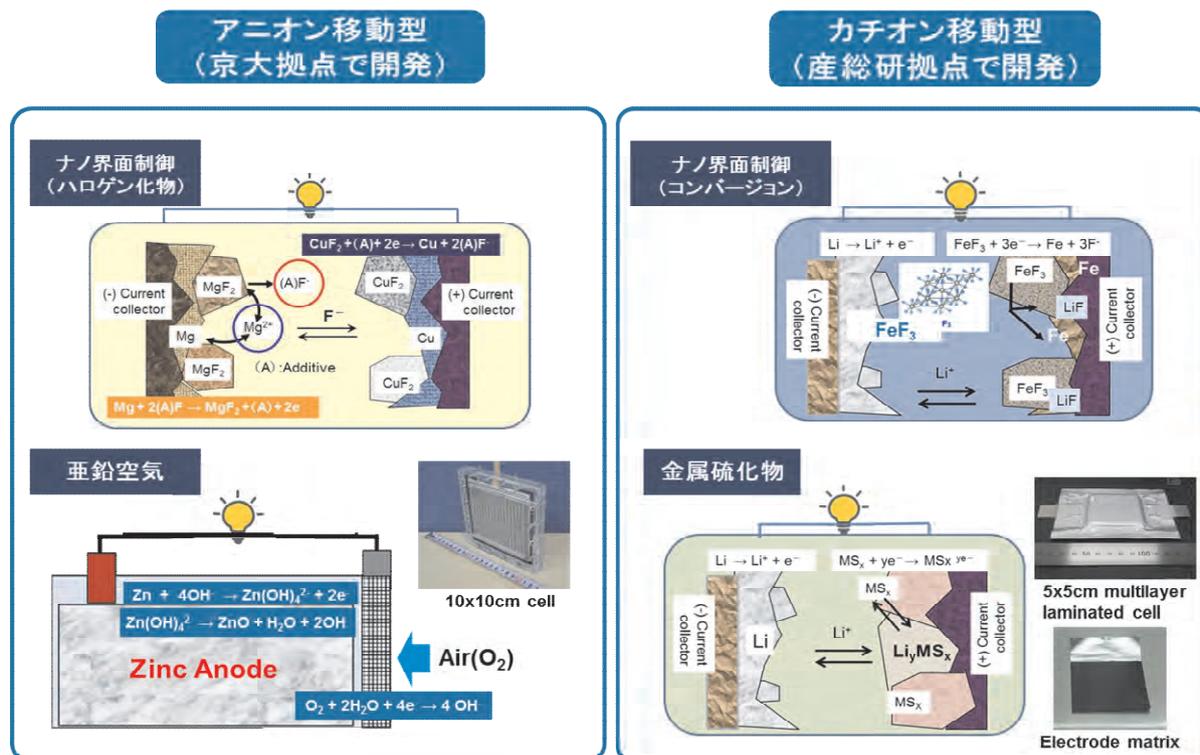


図 1.1-2-1 研究開発対象の蓄電池タイプ

ナノ界面制御電池(ハロゲン化物)は金属ハロゲン化物を活性物質とし、1 価のアニオンの移動で反応が進行する蓄電池であり、多価イオンの移動が不要である。密閉系電池として最高の理論体積エネルギー密度を有し、異常時にも酸素を放出しないため、高い安全性が得られる。新規の概念であり、海外も含めて研究成果の報告例や障害となる特許が無いため、オープン・クローズの知財戦略や標準化と特許の組合せにより、ビジネス段階での優位性を構築するには最適と考えられる。

亜鉛空気電池は水酸化イオン (OH<sup>-</sup>) の移動で反応が進行する蓄電池であり、酸素を正極活性物質として利用するため、重量を小さく抑えることができ、高いエネルギー密度が得られる。水系の電解液を使用するため、燃焼の危険性が無い。亜鉛は安価な金属であり、資源制約も無い。研究の歴史が古く、研究成果の報告例が多いものの、高エネルギー密度電池としての取組みは少ない。特許件数も多いが、期限切れが多く、ビジネス段階で障害となる特許は無い。

ナノ界面制御電池(コンバージョン)は FeF<sub>3</sub>、FeOF、FeS<sub>2</sub> 等を正極活性物質に用い、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なものである。トータルで 3 電子又は 4 電子反応となるため、高容

量が期待でき、密閉系電池としてはリチウム硫黄電池に次いで高い理論エネルギー密度が得られる。また、異常時にも酸素を放出しないため、高い安全性が得られる。

金属硫化物電池はLi イオンの移動で反応が進行する蓄電池であり、資源量が豊富で高い理論容量を有する硫黄を正極とするため高いエネルギー密度が得られる。資源量の豊富な硫黄を利用することで低コスト化も期待できる。リチウム硫黄電池の研究開発の歴史は古いが、硫黄の溶出が課題となって実用化に至っていない。前記した RISING プロジェクトにおいて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あり、基本特許を出願済みである。

これら4つの蓄電池タイプについて電極活物質の理論容量密度と標準電極電位をプロットしたものを図 1.1-2-2 に示すが（金属硫化物電池は、実測ベースの容量密度・作動電圧をプロット）、各プロット点は点線で示した理論エネルギー密度 1,000Wh/kg のラインを超えており、本事業で開発対象としている蓄電池タイプは、EV 用電池パックとして 500Wh/kg の実現が期待できるポテンシャルを有していると言える。

なお、同図には参考として、科学技術振興機構（JST）事業「戦略的創造研究推進事業／先端的低炭素化技術開発」（ALCA）の「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」（SPRING）及び文部科学省事業「元素戦略プロジェクト<研究拠点型>」で研究開発されている蓄電池タイプについても併記した。

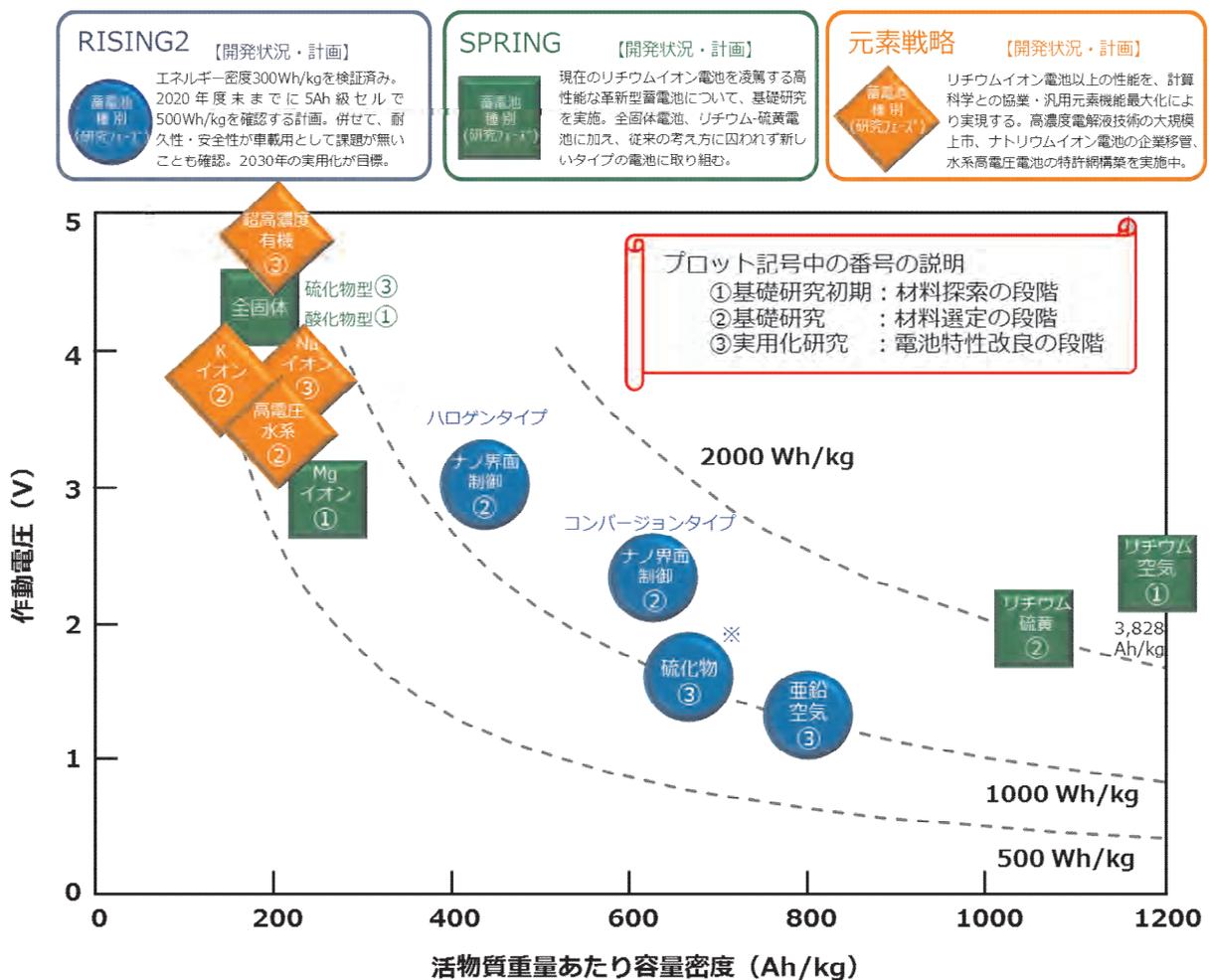


図 1.1-2-2 我が国の蓄電池開発プロジェクト

## (2) 高度解析技術開発

蓄電池の反応には、ナノオーダーの局所構造からミリオーダーの反応分布まで様々な空間・時間分布を持つ階層構造が存在する。これら反応の階層構造において、電池の性能（容量・出力）、耐久性、安全性等に及ぼす影響因子とその動的な挙動を最新の基礎科学を駆使して定量的に解明することが、技術的な課題が多く、且つそのハードルも高い革新型蓄電池を過酷な条件で使用される車載用蓄電池として開発する上で必須と考えられる。

RISINGプロジェクトにおいては、理化学研究所の大型放射光施設「SPring-8」に「RISING放射光ビームライン」を、高エネルギー加速器研究機構の大強度陽子加速器施設「J-PARC」に「RISING中性子ビームライン」をそれぞれ建設した。これら2つの異なる特長を持つ世界で唯一の電池専用ビームラインをフル活用し、実作動条件下における電池内部の動的挙動をリアルタイムで観察することが可能となった。その結果、亜鉛空気電池のデンドライト成長を抑制する技術、多電子移動型金属化合物電極の酸化還元反応を円滑化する電解液等、新規のアイデアを導き出すなどの実績を挙げた。また、核磁気共鳴、ラマン分光法、原子間力顕微鏡、電子線ホログラフィー、交流インピーダンス、計算科学等を用いた先端的な解析技術を開発した。

本事業においては、図1.1-2-3に示すように、2030年の革新型蓄電池の実用化には手戻りのない開発によって技術革新のスピードを加速する必要があるとの認識の下、上記したRISINGプロジェクトの解析技術を更に発展させるとともに、各種解析技術を統合した世界最高・最先端の解析プラットフォームの構築に取り組むこととしている。

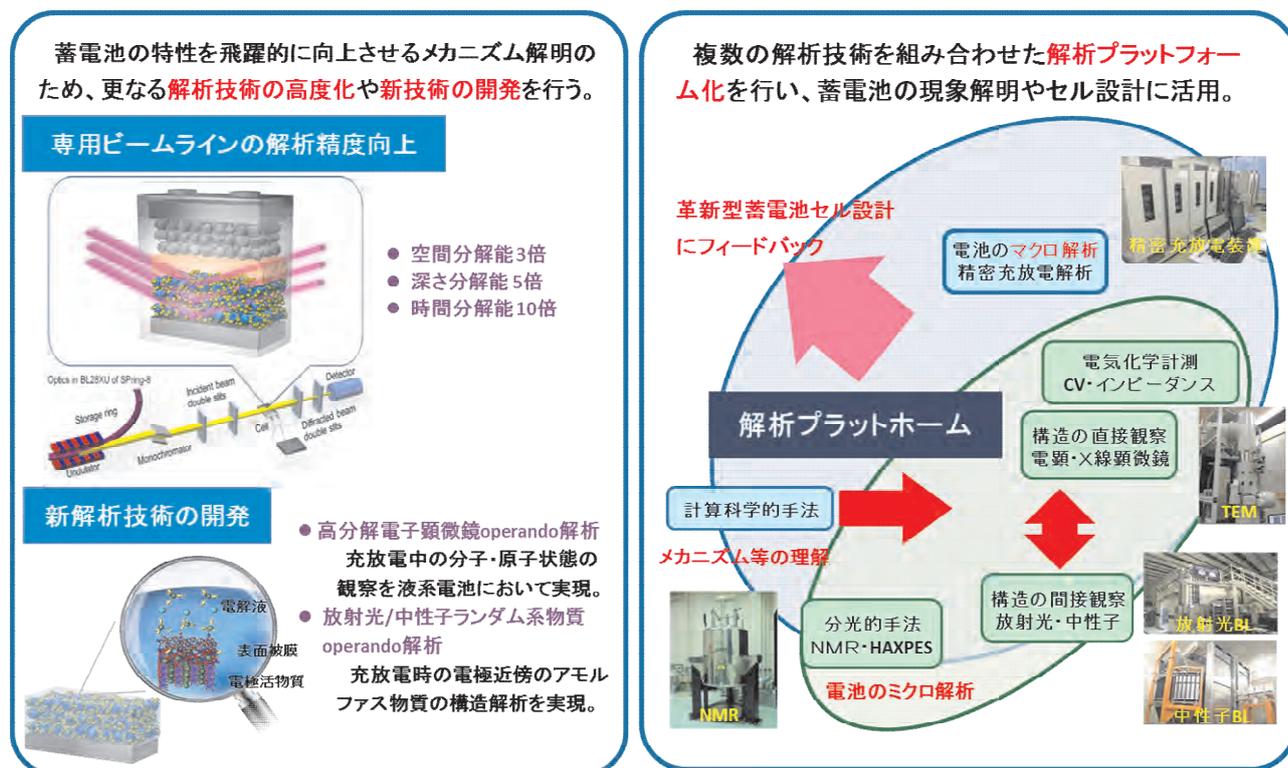


図 1.1-2-3 高度解析技術開発の概要

## 1. 1-3 海外における革新型蓄電池の開発状況

### (1) 米 国

米国においては、エネルギー省(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)が蓄電池の研究開発プロジェクトを推進している。

#### (i) VTO

2016～2021年の5ヶ年計画のコンソーシアム型プロジェクト「Battery500」を立ち上げている。開発予算総額は5,000万ドル(5年間)とされている。コンソーシアムのメンバー構成は、Pacific Northwest 国立研究所(リーダー)、Brookhaven 国立研究所、Idaho 国立研究所、SLAC 国立加速器研究所、Stanford 大、Binghamton 大、California San Diego 大、Texas 大(Austin)、Washington 大の9機関であり、IBM、Tesla、USABCがアドバイザーとして参加している。開発目標はエネルギー密度が500Wh/kg、サイクル寿命が1,000サイクルとなっており、 dendroid フリーのリチウム金属負極を適用したリチウム硫黄電池と先進LIB(高ニッケルNMC正極)を開発している。

また、VTOのプログラム「Advanced Battery Materials Research」(BMR)においては、先進LIB及び革新型蓄電池に関する新規で有望な材料の探索や作動・劣化メカニズムの解明等の基礎研究に取り組んでいる。金属リチウム負極と固体電解質との組合せ、高電位・高容量正極材料、硫黄系材料、金属空気電池用の電解液等の10分野に対して、49のプロジェクトが実施されている。例えば、Michigan 大学、Maryland 大学及び Oak Ridge 国立研究所が固体電解質(Li-La-Zr-O系)を、Pittsburgh 大学、Texas 大学及び Berkley 国立研究所がリチウム硫黄電池の硫黄系材料を、Stanford 大学がリチウム金属負極を研究している。

#### (ii) ARPA-E

2010～2016年に実施されたプロジェクト「BEEST」においては、480km以上の走行を可能とする車載用蓄電池の開発を目的として革新型蓄電池の研究開発が行われた。2010～2014年の4年間の予算総額は約3,500万ドルである(2015～2016年の予算は不明)。開発目標としては、重量エネルギー密度200Wh/kg、体積エネルギー密度300Wh/L、コスト250ドル/kWhが設定された。Missouri 大学と PolyPlus Battery がリチウム空気電池、Sion Power がリチウム硫黄電池、Pellion Technologies がマグネシウムイオン電池、Revolt Technology が亜鉛空気電池、Stanford 大学が全量子型電池に取り組んだ。

2013～2017年に実施されたプロジェクト「RANGE」においては、車載用蓄電池及び電池システムのロバスト性を向上させることによって、電池システム全体のオーバーヘッドを軽減し、電池コンパクト化(230Wh/L)や低コスト化(100～125ドル/kWh)等の達成を目指した。開発予算総額は3,800万ドル(5年間)とされている。本プロジェクトには12の企業、国立研究所、大学等が参画したが、そのうち、企業2社(Solid Power、Bettergy)、Oak Ridge 国立研究所、Maryland 大学が全固体電池の開発に取り組んだ。また、水系LIB、亜鉛空気電池、リチウム硫黄電池等の研究開発が行われた。

2016年開始のプロジェクト「IONICS」では、車載用蓄電池、定置用蓄電池及び燃料電池への適用を想定し、イオン伝導性材料を用いた新規な電気化学デバイスの研究開発が行われている。予算総額は3,700万ドル(5年間)で計画されている。2016年は大学・国立研究所・企業等による16テーマが採択されているが、内訳は蓄電池関係が12テーマ、燃料電池関連が4テーマとなっている。車載用蓄電池に関しては、コスト目標として、セルで100ドル/kWh以下、

電池パックで 175 ドル/kWh 以下が掲げられており、以下に示すような研究開発が行われている。

- ・ Pennsylvania 州立大学：独自の低温焼結技術を用いた複合構造の酸化物系固体電解質
- ・ Colorado 大 Boulder 校：全固体 LIB のセルの製造時間を短縮する瞬間焼結法
- ・ Iowa 州立大：ガラス系電解質の低コスト製造プロセス
- ・ Oak Ridge 国立研究所：ガラス系電解質及び低コストセル化技術
- ・ 24M：ロール・ツー・ロール法で製造可能な有機・無機固体電解質の保護層を設けたリチウム金属負極電池
- ・ Sila Nanotechnologies：固体電解質を軟化させて正極とセパレーターに接合する製造プロセス
- ・ Ionic Materials：リチウム金属負極電池用のポリマー電解質及びポリマー複合体正極
- ・ PolyPlus Battery：リチウム金属薄膜とガラス系電解質薄膜で構成される電極・セパレーター複合体

### (iii) Office of Science

プログラム「Basic Energy Science」(BES) において、2012 年 11 月、次世代蓄電池（車載用／定置用）の研究拠点として「Joint Center for Energy Storage Research」(JCESR) を Argonne 国立研究所に設立した。開発予算総額は 1 億 2,500 万ドル（5 年間）とされている。開発目標は 5 年以内にエネルギー密度 5 倍、コスト 1/5 のポスト LIB を開発することであり、Argonne 国立研究所をリーダーとして 5 国立研究所、5 大学、5 企業（Dow Chemical、Applied Materials、Johnson Controls、Clean Energy Trust、United Technologies Research Center）が参加した。革新型蓄電池の開発コンセプトは、多価イオンのインサージョン反応やリチウム-酸素、リチウム-硫黄、ナトリウム-硫黄等の化学反応、非水系レドックスフローをベースにしたものであった。

JCESR は 2016 年 1 月に、目標達成のための蓄電池コンセプトとして、定置用ではフロー電池を、車載用ではリチウム金属負極と硫黄正極を組み合わせたリチウム硫黄電池を選定した。2017 年のプログラム終了までは他の電池系の研究も推進し、\$100/kWh（パックレベル）目標の達成を目指すとしていた（最終的な結果は不明）。

## (2) 欧 州

欧州においては、EU、欧州投資銀行、産業界等から官民パートナーシップ「欧州グリーンビークル・イニシアティブ」(EGVI) に対して拠出される資金を使い、数多くの車載用蓄電池の技術開発プロジェクトを推進している。1つのプロジェクトに多数の EU 加盟国の企業、大学・研究機関が参加するコンソーシアム方式で実施されている。

EGVI における革新型蓄電池関連のプロジェクトの概要を表 1.1-3-1 に示す。7 件のプロジェクトの蓄電池タイプの内訳はリチウム硫黄電池が 4 件、リチウム空気電池が 2 件、鉄空気電池が 1 件である。エネルギー密度の目標は 400~500 Wh/kg となっている。

表 1.1-3-1 に記載したプロジェクトのうち、「LISSEN」はリチウム金属負極を使用しないリチウム硫黄電池を開発するものであり、イオン液体をベースとした電解液に、ハードカーボン担持体に硫黄を分散させた正極、シリコン（又は錫）と黒鉛の混合負極の組み合わせで、1Ah 級のセルを試作し、特性評価を行っている。一方、「EUROLIS」はリチウム金属負極を使用しており、リチ

ウム金属の dendroライト成長対策として、ガラス繊維セラミック製セパレータの仕様を検討している。

表 1.1-3-1 EGVI の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	LISSEN (2012～2015)	ポリサルファイド溶出を抑制するイオン液体電解質とカーボンコート・カーボン中空体技術を開発	定量目標無し	Volkswagen(独)等 3企業、6大学・研究所、 1コンソーシアム
	EUROLIS (2012～2016)	材料改良と電極を開発し、18650プロトタイプセルを試作し、EV用評価試験を実施	エネルギー密度:500Wh/kg、 出力密度 1,000W/kg	Renault(仏)、Saft(仏)、 Fraunhofer(独)、 MaxPlanck(独)、 Volvo(スウェーデン)等 4企業、7大学・研究所
	ALISE (2015～2019)	各電極材料を改良して、電池セルとパック評価が目標	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	EUROLISの後続プログラムで、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	LABOHR (2011～2014)	循環式ドライ酸素収集デバイスを備えたリチウム空気電池技術の開発のための新概念の確認	定量目標無し	Volkswagen(独)等 3企業、7大学・研究所
	STABLE (2012～2015)	空気極の改良と正極表面、触媒改良で、1,200mAh/g、サイクル寿命151回達成	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り、鉄空気セルを開発し、電極面積も拡大化(～400 cm <sup>2</sup> )	エネルギー密度:400Wh/kg サイクル寿命:3,000回 コスト:€100/kWh	Saft Baterias(スペイン)等5企業、3大学・研究所

なお、欧州連合では、「Horizon2020」プログラムにおいても定置用や宇宙用等のアルミニウムイオン電池、マグネシウムイオン電池、ナトリウムイオン電池、亜鉛空気電池等の研究開発が大学・研究機関中心で行われている。

ドイツ連邦政府は、EGVIのプロジェクトとは別に、EV及び車載用蓄電池の分野でドイツ企業を世界トップ水準に引き上げることを目指し、独自の技術開発政策を展開している。2016年に連邦教育研究省(BMBF)主導で開始されたプログラム「Batterie 2020」プログラムにおいては、車載用蓄電池及び定置用蓄電システムに適用する全固体電池、多価カチオン電池、リチウム硫黄電池、金属空気電池等の研究開発が産学連携で行われている。

ドイツの電池研究開発拠点として2009年に活動を開始したMünster大の蓄電技術研究センター(MEET)にはBMW、BOSCH等、30社以上の企業が参加し、基礎研究～製造技術～リサイクルまで広い範囲で研究開発を行っており、リチウム硫黄電池と金属空気電池の研究を行っている。

### (3) 中国

中国においては、第12次5ヶ年計画(2011～2015年)の「国家ハイテク研究発展計画」(863計画)でLIBの研究開発が行われ、「中国国家重点基礎研究発展計画」(973計画)で革新型蓄電池の研究開発が行われたが、第13次5ヶ年計画(2016～2020年)においては、上記2つを統合した「国家重点研究開発計画」においてLIBと革新型蓄電池の研究開発が行われている。この計画の中にある「新エネ車試行特別プロジェクト」において、中国科学院(CAS)がリチウム硫黄電池、リチウム空気電池の研究開発を行っており、サイクル寿命に課題はあるものの実セルで300Wh/kgのエネルギー密度を達成するとともに、1kWh級の電池パックを試作しているとの報告がある。

### (4) 韓国

2012年に韓国エネルギー技術評価院(KETEP)は、「二次電池の競争力強化に向けた統合ロードマップ」を補完する位置づけで「EV用エネルギー貯蔵システムロードマップ」を発表しているが、その中でコア技術として改良型LIBと全固体電池を挙げ、特に全固体電池に関しては短期目標として300Wh/kg、中長期目標として500Wh/kgを掲げている。

また、2014年に未来創造科学部が策定した「気候変化対応コア技術開発戦略」では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を開発するとしている。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。また、国家プロジェクトではないが、LG化学がリチウム硫黄電池及び金属空気電池を、SKイノベーションがナトリウム二次電池及びリチウム空気電池の研究開発を推進しているとの報告がある。

## 1. 1-4 市場動向

### (1) EV・PHEVの市場動向

過去8年間におけるEV・PHEVの単年度販売台数の推移を図1.1-4-1に示す。世界全体でEV・PHEVの販売は堅調に増加しており、2017年度の販売台数は約110万台である。特に中国での販売が急増し、2017の販売台数は60万台強で世界販売の55%を占める。次いで米国の販売台数が多く、2017年度は20万台で全体の18%となっている。日本はここ数年、2～3万台の範囲で横這い基調であったが、2017年度は4万9千台と大きく増大した。

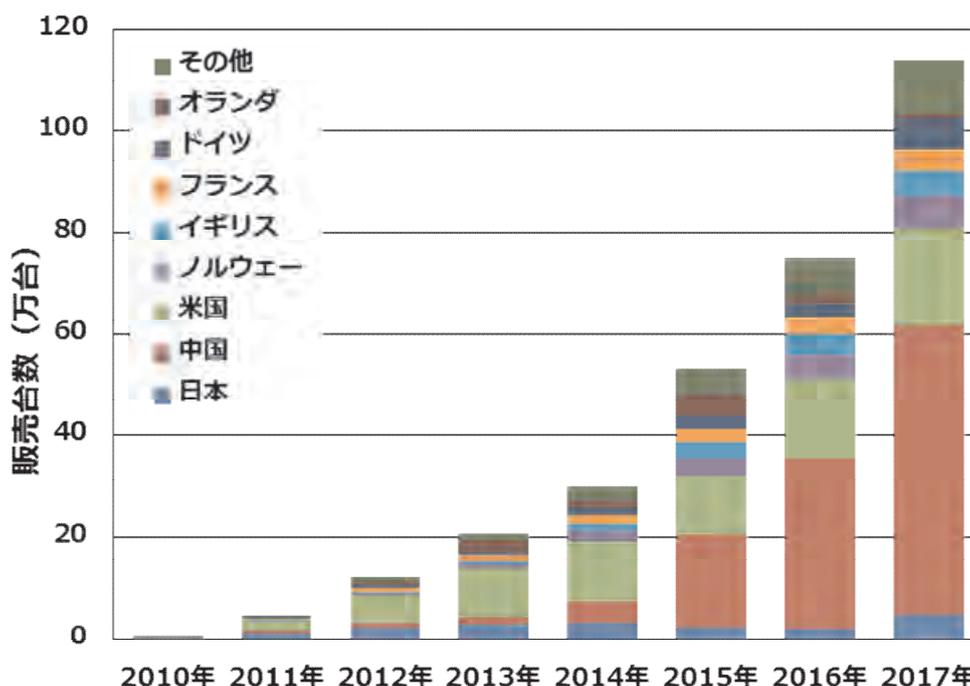


図 1.1-4-1 EV・PHEV 国別単年度販売推移

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

主要各国は、運輸部門における環境・気候変動・エネルギー政策の一環として乗用車の燃費規制を強化している。この燃費規制はCAFE(Corporate Average Fuel Economy：企業平均燃費)で計算されるもので、年毎に規制値が決められている。各国で試験条件等が異なるため数値の比較はできないが、2015年から2020年にかけては20～30%程度改善するような厳しい規制となっている。メーカーが規制を達成できない場合の罰則制度があり、例えば欧州では平均CO2排出量が基準を1g/km超える毎に、販売台数×95ユーロの罰金を支払う必要がある(2018年までは軽減措置あり)。

その中で、比較的CO2排出量の少ないEV・PHEVは導入台数に一定の係数を掛けて計算して良い等、優遇制度が取られている。例えば2020年において、米国ではEVは1.75台に、PHEVは1.45台にカウントして良く、欧州ではCO2が大幅に少ない車両(50g-CO2/km未満 = EV・PHEV等)は2台にカウントして良いことになっており、中国でも今後同様な優遇制度になることが予定されている。

また、米国ではカリフォルニア州を中心としたZEV(Zero Emission Vehicle)規制があり、新車販売台数に応じて決められたZEV(EV、FCVが該当)、TZEV(=Transient ZEV、PHEVが該当)を導入する必要がある。例えば、2018年MY(モデルイヤー)は新車販売台数のうち4.5%分のZEV+TZEVを導入する必要がある、大規模メーカーではそのうち2.0%をZEVだけで達成しなければならない。台

数はEVモードの走行距離に応じて、導入台数に一定の係数を掛けて計算可能である。ZEV規制の特徴として、ZEVの販売台数が一定比率を上回った場合「クレジット (CO2削減量/実績係数)」が得られ、反対に下回った場合は罰金 (5,000ドル/クレジット)を支払うか、クレジットを多く保有する他メーカーからクレジットを購入する必要があるという制度がある。中国では2019年より米国ZEV規制と同様なNEV (New Energy Vehicle) 規制が導入される予定である。生産及び輸入台数が3万台/年以上のメーカーが対象であり、販売台数に応じたNEV (=EV・PHEV・FCV) の販売を2019年は10%、2020年は12%以上にしなければならない。条件を満たさない場合は罰金、あるいは他社からNEVクレジット購入が必要な部分もZEV規制と同様である。

上記したような主要各国の政策を背景として、今後、世界全体でEV・PHEVの大幅な普及拡大が見込まれており、例えば、2018年6月にブルームバーグ・ニュー・ファイナンス (BNEF) がまとめた報告書では2040年までに世界の新車販売の55% (6,000万台) がEV・PHEVになると予測されている。

## (2) 蓄電池の市場動向

蓄電池市場の現況と将来予測を図1.1-4-2に示す。2016年における蓄電池の世界市場規模は8兆円弱で、今後、各用途でプラス成長が予想され、2025年には約14兆円に成長するとの予測がある。次世代自動車用蓄電池の市場規模は2016年では約1.4兆円であるが、今後飛躍的に成長し、2025年には6.6兆円になると予測されており、市場成長分の大半を占めることになる。

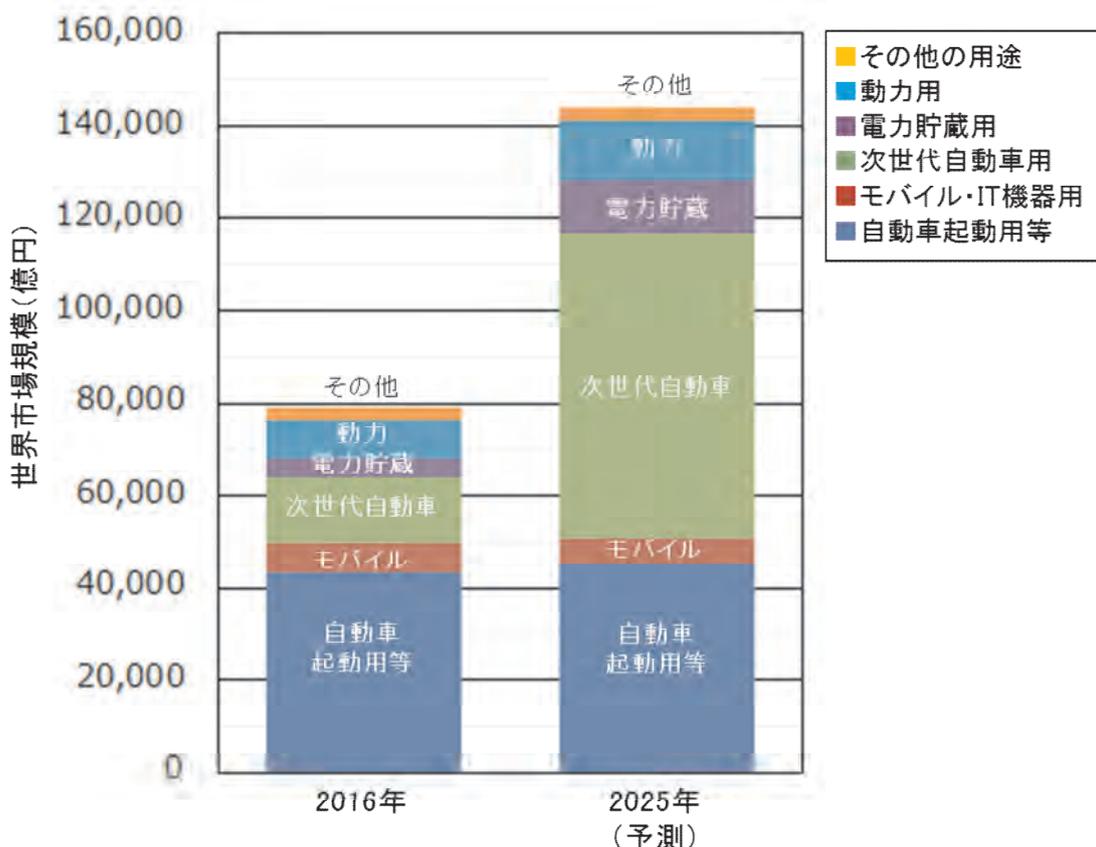


図1.1-4-2 蓄電池市場の現況と将来予測

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

## 1. 1-5 特許動向

本事業において研究開発を進めている革新型蓄電池の特許動向を以下に述べる。

### (1) ハロゲン化物電池の特許動向

アニオン移動型ハロゲン化物電池の日本及び米国への出願件数の推移を図1.1-5-1に示す。2005年以降増加傾向であるが、出願件数累計は日本で42件、米国で38件と多くはない。なお、2014年以降はRISINGプロジェクトの成果に基づくものが大半を占めている。

出願特許に付与されているFターム\*1の5H029(二次電池)のうち、「観点AJ\*2」に着目して各出願人の特許の「目的、効果」の傾向を分析すると、図1.1-5-2に示すように、「充放電特性」「容量特性」「サイクル寿命」が多く、「保存性」、「安全性」、「製造の簡易化」の件数が少ない。これは本分野の電池開発の段階が電池性能の検討段階であり、使用や製造の段階では無いことを示唆している。

\*1：Fタームは、日本特許に記載された発明の技術的特徴による分類体系で、5H029は二次電池（その他電池）に付与される。

\*2：観点AJとは発明の目的、効果、構造、材料、製法、用途等の指標である。

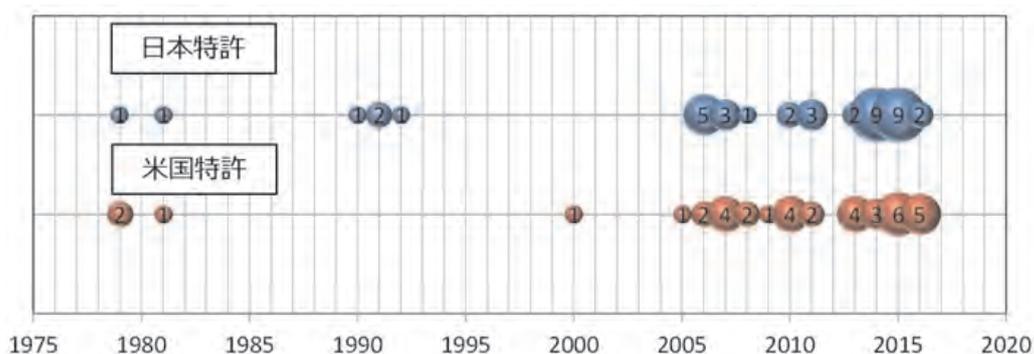


図1.1-5-1 ハロゲン化物電池の出願件数の推移(日本及び米国への出願)

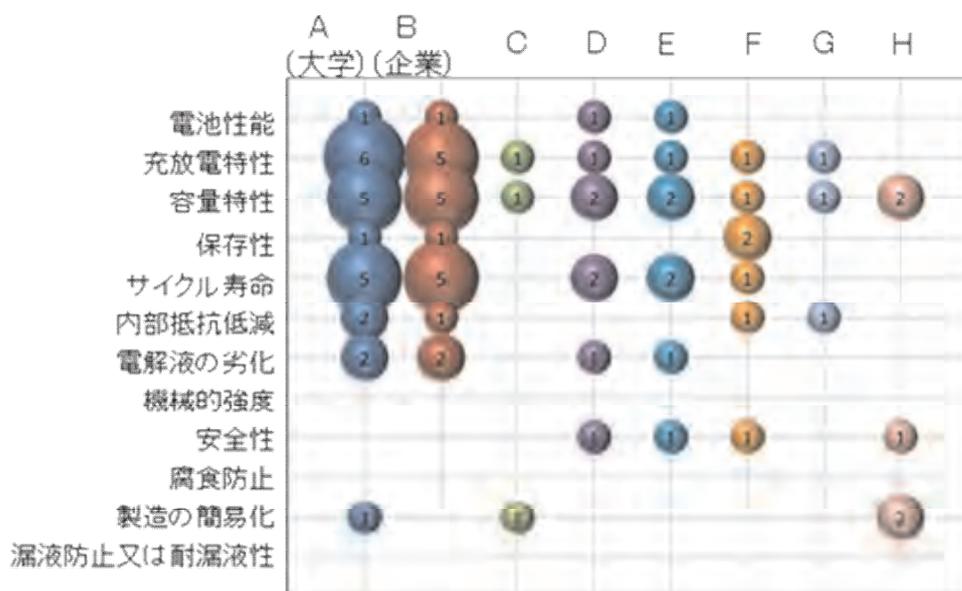


図1.1-5-2 Fタームを活用した出願人別の出願傾向(目的・効果)

### (2) 亜鉛空気電池の特許動向

直近3年間における亜鉛空気電池(亜鉛極関連)の出願件数を図1.1-5-3に、課題別の解決手段を図1.1-5-4に示す。

出願人国籍は日本、中国、米国、韓国が大半を占める。また、課題としては、デンドライド防止やサイクル性能といった高安全・高寿命に関係するものが多く、本技術が電池性能よりも動作自体が課題となっている段階の技術であることを示唆している。解決手段としては個々の部材よりも電池全体に関するものが多くなっている。

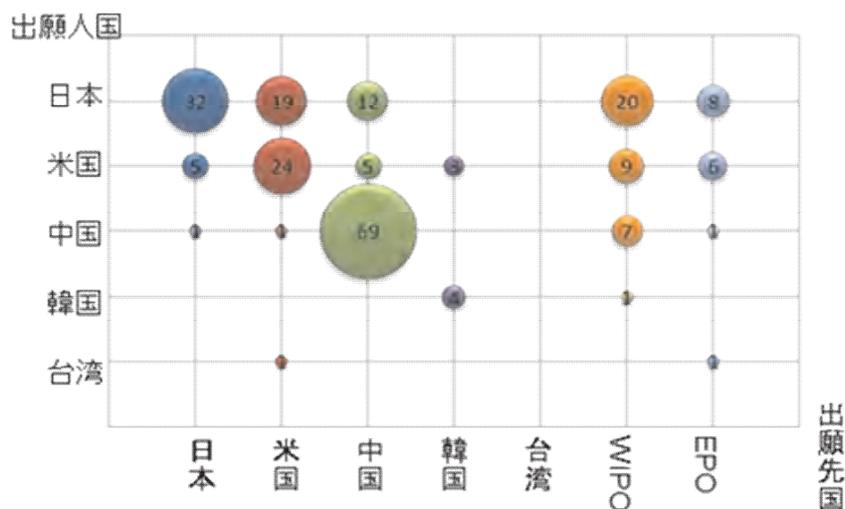


図1.1-5-3 亜鉛空気電池（亜鉛極関連）の出願件数（2015～2017年）

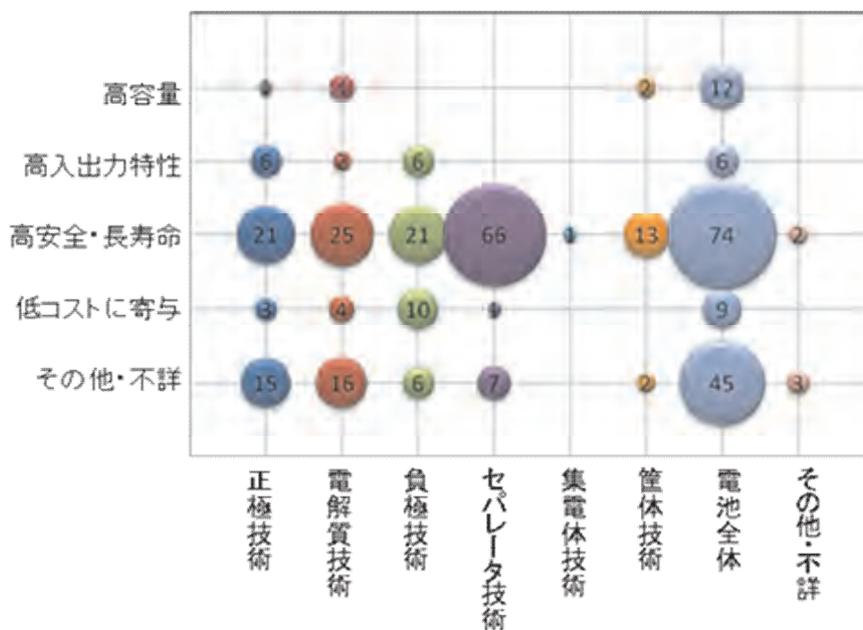


図1.1-5-4 亜鉛空気電池の課題別の解決手段

### (3) コンバージョン電池の特許動向

コンバージョン電池（正極関連）の出願件数を図1.1-5-5に示す。

2010年頃より出願件数が大幅に増加しており、近年は中国での出願件数が急増しており、次いで米国での出願件数が増えている。

出願人では、 $\text{FeF}_3$ の研究を精力的に進めてきた米国Rutgers大学が29件と最多であり、次いで英国Quantumscape が20件、米国Silicon Valley Bank が15件となっている。日本では東芝が20件、パナソニックが10件、ホンダが9件となっている。一方、欧州では独カールスルーエ工科大が9件、独Siemensが7件、フランス国立科学研究センター（CNRS）が5件である。韓国籍の出願人ではSamsung SDIの7件が最多である。

米国籍の出願人の特許では、金属フッ化物との複合化及び表面改質の出願が多く、金属フッ化物のサイクル特性向上を主眼としたものが中心となっている。一方、欧州国籍の出願人は、金属フッ化物とバインダーや導電助剤など電極作製法を出願する傾向にある。近年の全体的な傾向として、複合化や表面改質といった作製プロセスが多くなっている。

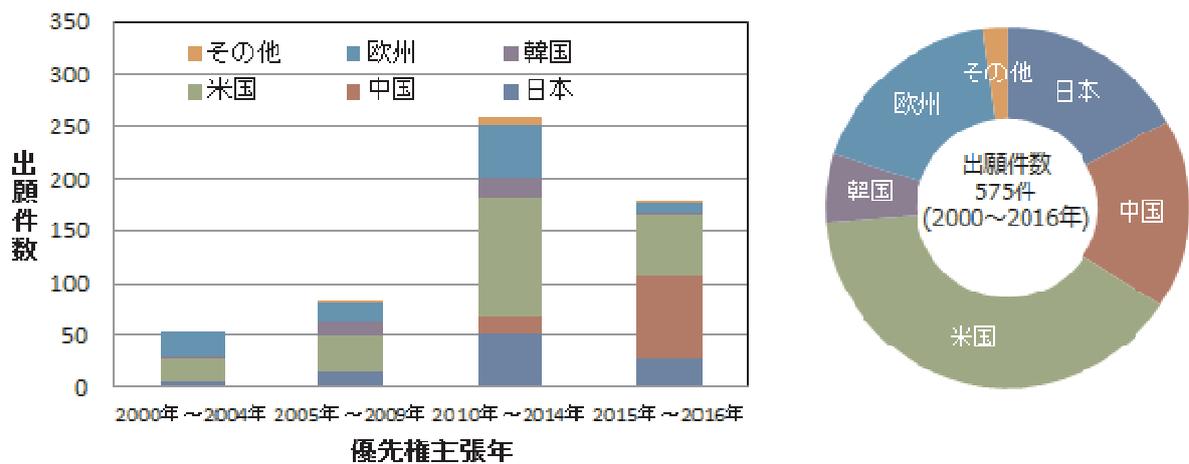


図1.1-5-5 コンバージョン電池（正極関連）の出願件数の推移

#### (4) 硫化物電池の特許動向

硫化物電池（正極関連）の出願件数の推移を図1.1-5-6に示す。2010年ごろより出願件数が急増しており、中国での出願の伸びが著しい。硫黄正極材料の種類別では、単体硫黄に関係した出願が全体の6割以上を占めている。また、炭素-硫黄複合体の多硫化リチウムシャトル抑制に関する出願が5割程度を占めている。

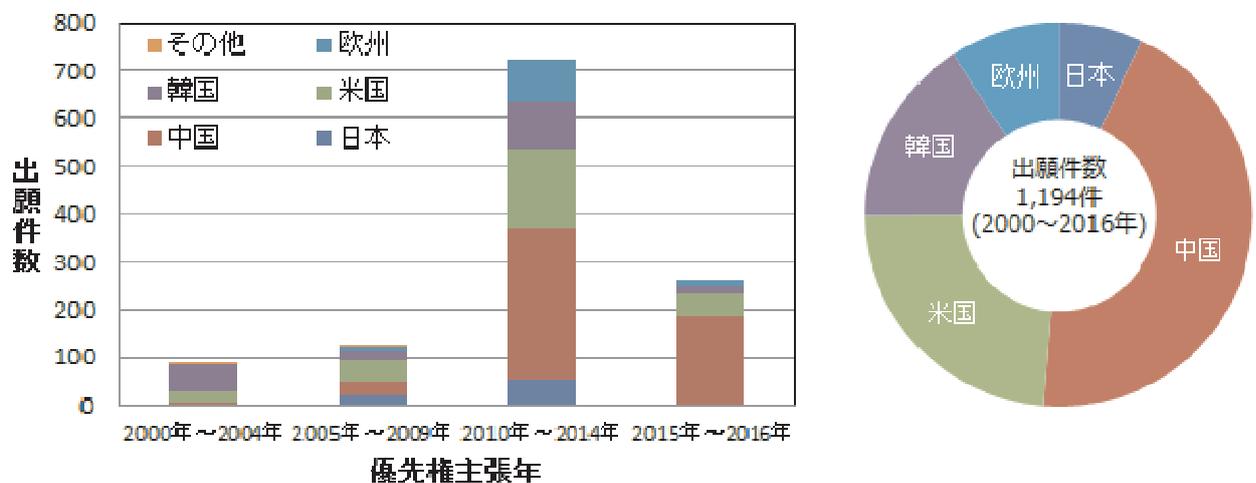


図1.1-5-6 硫化物電池（正極関連）の出願件数の推移

1. 1-6 革新型蓄電池の学会発表動向

2010年、2014年及び2018年のリチウム電池国際会議(International Meeting on Lithium Batteries: IMLB)における蓄電池タイプ別の発表件数を図1.1-6-1に示す。2010年はLIBが8割程度を占めるが、2014年ではLIB以外の固体電池や革新型蓄電池に関する発表が増加した。

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。

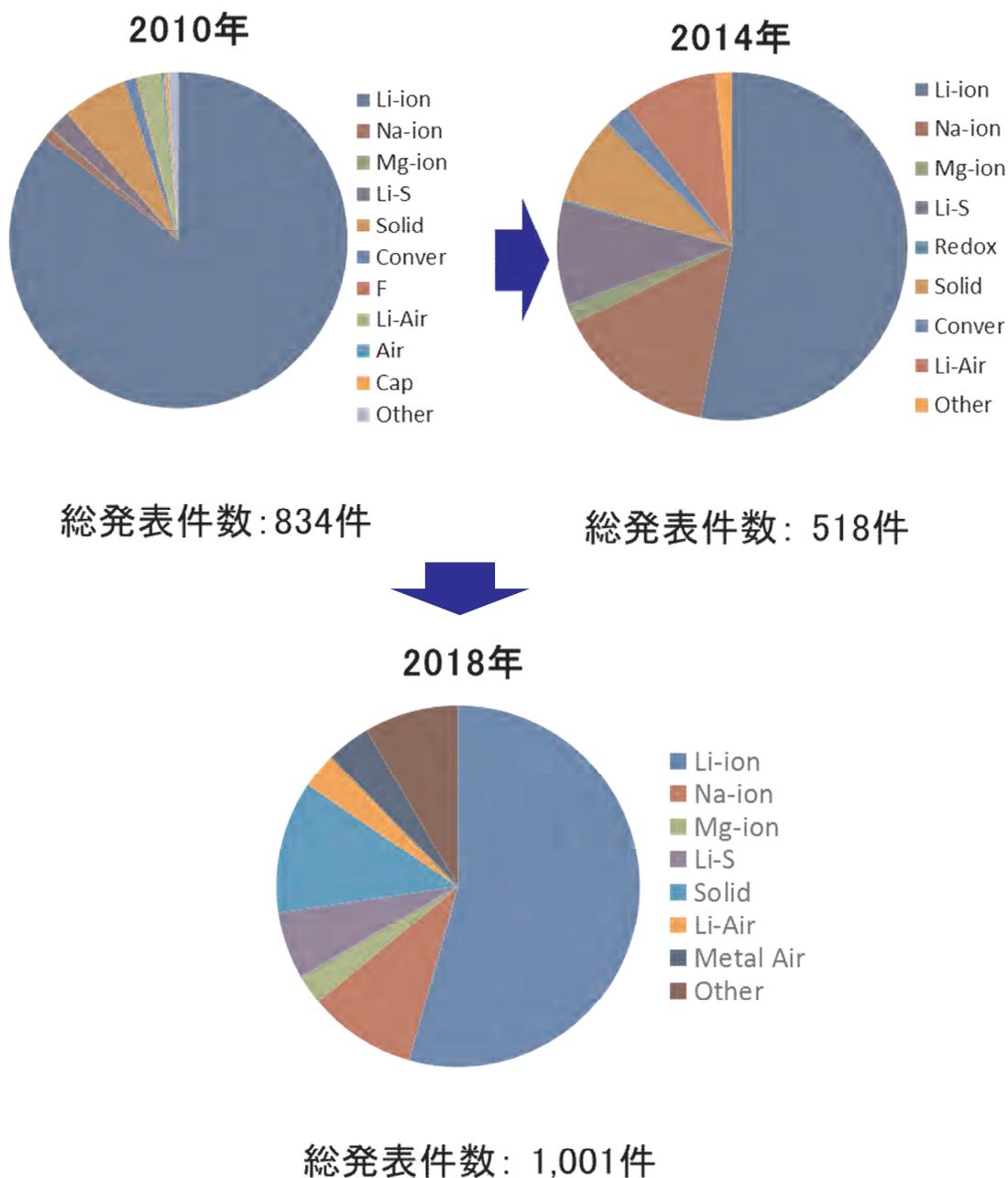


図1.1-6-1 IMLBにおける蓄電池タイプ別発表件数

## 1. 1-7 上位施策・制度への関与

本プロジェクトが関連する下記(1)～(4)の上位政策・戦略について述べる。

- (1) エネルギー基本計画（第五次計画：2018年7月、閣議決定）
- (2) 科学技術イノベーション総合戦略2014（2014年6月、閣議決定）
- (3) 自動車産業戦略2014（2014年11月、経済産業省策定）
- (4) 未来投資戦略2017(2017年6月、閣議決定)及び未来投資戦略2018（2018年6月、閣議決定）

### (1) エネルギー基本計画（第五次計画：2018年7月、閣議決定）

我が国は化石燃料に乏しく、その大半を輸入に頼るといった脆弱性を抱え、エネルギーを巡る国内外の状況変化に大きな影響を受けやすい構造を有している。エネルギーの安定確保は国の安全保障には不可欠であり、我が国にとって常に大きな課題である。さらに、国際的な地政学的構造の大きな変化に直面する中で、我が国のエネルギー安全保障を巡る環境は厳しさを増してきている。このような状況への対応には、長期的、総合的かつ計画的な視点に立ってエネルギー政策を遂行していく必要があり、その着実な遂行の確保を目的として、2002年に「エネルギー政策基本法」が制定された。この基本法では、政府が総合資源エネルギー調査会の意見を聴き、エネルギー需給施策の長期的、総合的かつ計画的な推進を図るために「エネルギー基本計画」を策定することを定め、少なくとも3年には1度の頻度で内容を検討し、必要に応じて変更を行うとしている。この法に基づき、2003年に最初の計画が策定されている。その後、第二次計画が2007年に、第三次計画が2010年に策定され、東日本大震災以降では最初の計画となる第四次計画が2014年に策定された。そして第五次計画が本年7月に策定された。

この第五次計画における蓄電池に関係する主な記載は以下のとおりである。

- ① 蓄電池の国際市場の規模が大きく拡大していくことが予想され、引き続き、技術開発、国際標準化等により低コスト化・高性能化を図っていく。
- ② 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。
- ③ 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。

### (2) 科学技術イノベーション総合戦略2014（2014年6月、閣議決定）

我が国政府は、「第4期科学技術基本計画」（2011年8月閣議決定）を指針とする科学イノベーション政策の大きな方向性の下、短期の工程表を具備する「科学技術イノベーション総合戦略」を毎年策定する枠組みを構築している。この枠組みに基づき、「科学技術イノベーション総合戦略2014」が2014年6月に閣議決定されているが、この戦略の「第2章 科学技術イノベーションが取り組むべき課題」の「(8) 革新的エネルギー変換・貯蔵・輸送技術の高度化」において、次世代蓄電池技術の実装化が重点的取組として取り上げられている。

(3) 自動車産業戦略 2014 (2014 年 11 月、経済産業省策定)

自動車産業全般を幅広く取扱い、自動車産業が「国民産業」として今後も永続的に発展することを目指す戦略として、経済産業省は 2014 年 11 月、「自動車産業戦略 2014」を策定した。この戦略において、次世代自動車の政府の普及目標を 2030 年に 50~70% (うち EV・PHEV は 20~30%) と定め、「この普及目標は、我が国の環境・エネルギー制約の克服と同時に、我が国の自動車産業が永続的に発展していくためにも達成されなければならない、意欲ある多様な主体がさらに幅広く大同団結し、取組をさらに強化する必要がある。」とした上で、蓄電池は産産・産学で協調し、研究開発の効率化とより高度なすり合わせを実現すべき重点分野の一つとして選定している。

(4) 未来投資戦略 2017 (2017 年 6 月、閣議決定) 及び未来投資戦略 2018 (2018 年 6 月、閣議決定)

我が国経済を再興すべく、第二次安倍内閣の経済政策(アベノミクス)第一ステージの大胆な金融政策、機動的な財政政策に続く「第三の矢」として、「日本再興戦略」(2013 年 6 月閣議決定)が策定された。その後、成長戦略のギアを一段階シフトアップするための「日本再興戦略 2014」(2014 年 6 月閣議決定)、「未来投資による生産性革命の実現」と「ローカルアベノミクスの推進」を両輪とした「日本再興戦略 2015」(2015 年 6 月閣議決定)、アベノミクス第二ステージとして「新・3本の矢」に掲げた GDP600 兆円の達成を目指した「日本再興戦略 2016」(2016 年 6 月閣議決定)が策定された。そして、2017 年には世界に先駆けた「超スマート社会」(Society 5.0)の実現を目指した成長戦略として「未来投資戦略 2017」(2017 年 6 月閣議決定)が策定された。

これら成長戦略には、達成すべき「成果目標(KPI: Key Performance Indicator)」が設定されており、この KPI を実現するために必要な個別施策の方向性、手段、実施時期等が明記されている。「未来投資戦略 2017」の「エネルギー・環境制約の克服と投資の拡大」において記載されている蓄電池に関する戦略と KPI は次のとおりである。

- ① 車載用蓄電池については、現在の液系リチウムイオン電池よりも安全面等で性能が高い全固体リチウムイオン電池等の開発・実用化を加速する。
- ② 2030 年までに乗用車の新車販売に占める次世代自動車の割合を 5~7 割とすることを目指す。
- ③ EV・PHEV の普及台数を 2020 年までに最大 100 万台とすることを目指す。
- ④ 2020 年に国内企業による車載用・電力貯蔵用の先端蓄電池の市場で、年間 5,000 億円(世界市場の 5 割程度)を獲得することを目指す。
- ⑤ 2020 年までに系統用蓄電池のコストを半分以下(2.3 万円/kWh 以下)まで低減することを目指す。

また、2018年6月に閣議決定された「未来投資戦略2018」では、Society 5.0を本格的に実現するための新たに講ずべき具体的施策として、蓄電池関連では次のような施策が追加されている。

- ① 電動車の車載用電池について、平成37年の全固体蓄電池、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。
- ② 運輸部門の省エネを推進するため、電気自動車、燃料電池自動車等次世代自動車の普及、新たな燃費基準などの自動車単体対策や、より高効率な車載用蓄電池の開発・実用化を進める。

## 1. 2 事業としての妥当性

### 1. 2-1 NEDOの関与の必要性

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

#### ① 業界全体の競争力強化(公共性・汎用性)

低炭素化社会の構築に向けては、技術革新による蓄電池の高性能化・低コスト化が必須であり、その実現に向けては革新型蓄電池の中・長期的な研究開発が必要である。加えて、蓄電池及び蓄電池材料分野は日本メーカーが技術力で世界をリードしているものの、ビジネス面での国際競争は激化している。さらに、主要各国も研究開発を精力的に推進し、キャッチアップを目指している。そのため、日本メーカーによる競争力を有した革新型蓄電池の早期市場投入を実現する研究開発を加速化あるいは効率化するためには、共通基盤技術の開発が必須要素である。蓄電池及び蓄電池自体の実用化開発は個別の事業者の負担で行うべきであるが、本事業で開発している技術は関連産業界全体の競争力強化を図るものであり、公共性・汎用性を有する共通基盤技術である。

#### ② 学術成果の産業技術への引き上げ

蓄電池及び蓄電池材料については、国内の大学・公的研究機関において学術的な基礎研究が連綿として取り組まれており、また、その研究レベルも世界トップレベルにある。そのため、これら学術成果を産業技術として仕上げていく観点からも本事業における産学連携の取組みが必要である。

#### ③ 開発リスク・ハードルの高さ

本事業では、革新型蓄電池を車載用蓄電池として実用化するためには、トレードオフ関係にある高エネルギー密度と耐久性・安全性等を高いレベルで両立させる必要があるが、その開発リスクとハードルは極めて高いと言える。

#### ④ 関係者の利害調整

共通基盤技術の開発に際しては、企業を競争させるのではなく、競合関係あるいは売り手と買い手の関係にある複数の企業を連携・協調させる必要がある。特に、技術情報の開示／非開示の範囲に関して、説得性・納得性のあるルールをプロジェクト内で作る必要がある。この場合、関係者の利害得失を調整し、関係者のメリットを最大化させるのは、民間活動だけでは困難であり、中立的な立場でマネジメントを行う機関の関与が必要である。

また、本事業には多くの大学・公的研究機関が参加している。アカデミアにおける教育研究は知識の普及と伝承・共有化を行う活動であり、秘密保持を行わない公開性が基本であるのに対して、本事業のような産学連携は知識の財産化と企業活用が目的であり、守秘性が基本となる。この相反を理解した上で、アカデミア、産業界双方のモチベーションを維持する妥協点を探索できるマネジメント機関の関与が必要である。

#### ⑤ 蓄電池開発の技術蓄積、マネジメント経験

NEDO では共通基盤技術開発から応用・実用化開発までを戦略的かつ包括的にマネジメントしている。「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発」(2011～2015年)では、電力システム用大型蓄電システムの開発とその実証試験を行った。「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発」(2012～2016年)では、EV・PHEV用LIBの高性能化・低コスト化の技術開発を推進した。また、「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」(2013～2022年)では、

蓄電池産業における共通的な基礎・基盤技術として、LIB 及び全固体 LIB 用材料の開発効率を飛躍的に向上させるための材料評価技術の開発を推進中である。さらに、本事業推進上の基礎・基盤的な知見を獲得した「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」（2009～2015 年）を実施し、世界最先端の解析プラットフォームの構築と、エネルギー密度 500 Wh/kg を実現可能な革新型蓄電池のコンセプトを創出した。このように国プロの推進等を通じて培われた蓄電池の技術及び産業・市場に関する知見や研究開発マネジメントの経験・ノウハウ等を有効活用する観点において、本プロジェクトへの NEDO の関与は適切と言える。

⑥ 蓄電池開発プロジェクト間の連携

経済産業省と文部科学省では、蓄電池の研究開発において省庁の枠を越えた連携に取り組み、両省が実施している蓄電池開発プロジェクトを一体的に運営するため、各事業に関係している有識者から構成される「文部科学省・経済産業省ガバニングボード（蓄電池）」（戦略コーディネーター：東京大学大学院工学研究科教授 橋本和仁）を設置している。

NEDO蓄電技術開発室長は同ガバニングボードの構成員であり、図1.2-1-1に示すように、本事業、NEDO「先進・革新蓄電池材料評価技術開発」、JST「戦略的創造研究推進事業／先端的低炭素化技術開発」の「次世代蓄電池研究加速プロジェクト」及び文部科学省事業「元素戦略プロジェクト」との連携関係を構築し、シナジー効果の獲得に取り組んでおり、この点においてもNEDOの関与は適切である。

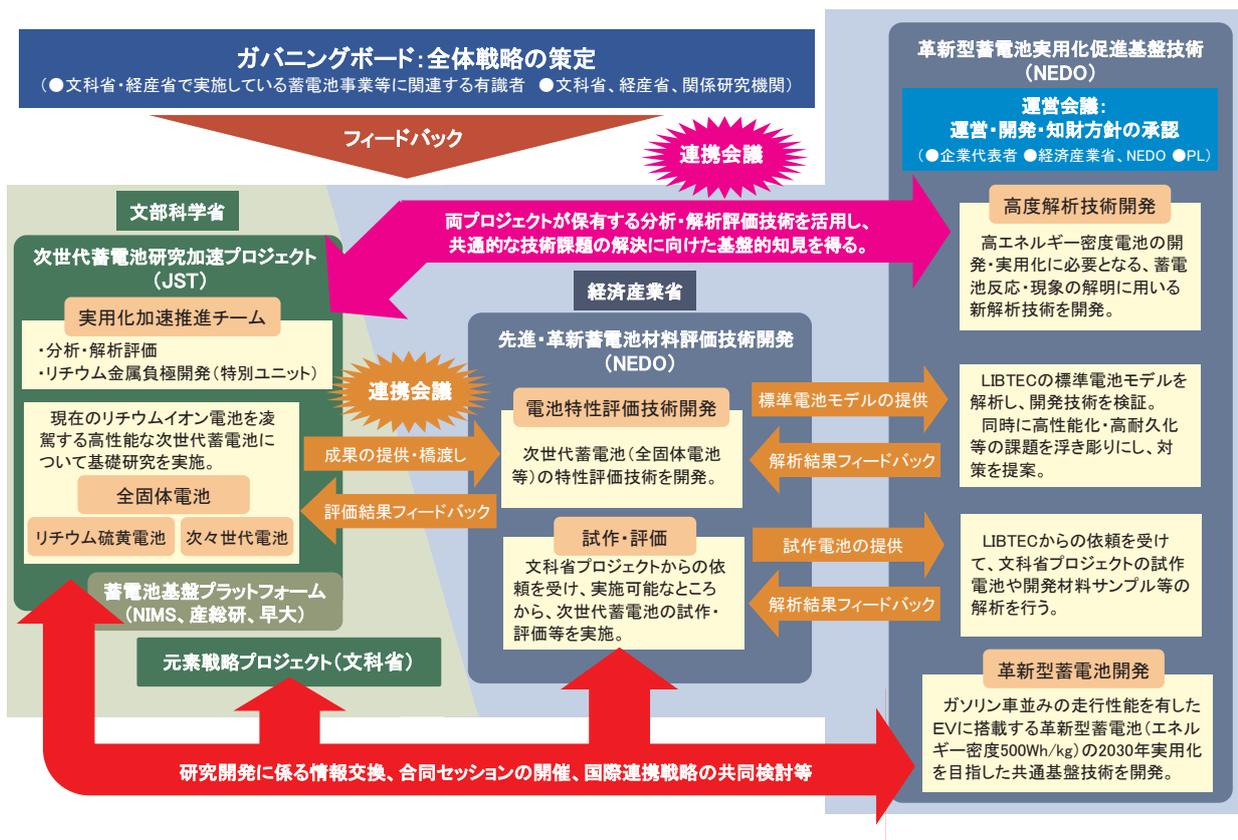


図1.2-1-1 我が国の蓄電池開発プロジェクトの連携関係

## 1. 2-2 実施の効果

### (1) CO<sub>2</sub>削減効果

ガソリン車、EV、PHEV1台当たりの年間CO<sub>2</sub>排出量はそれぞれ以下のように試算される。

$$\begin{aligned} & \bullet \text{ ガソリン車の年間 CO}_2 \text{ 排出量} \\ & = \text{【年間走行距離】} \div \text{【燃費】} \times \text{【ガソリン CO}_2 \text{ 排出係数】} \\ & = 10,000\text{km}^{\ast 1} \div 10.92\text{km/L}^{\ast 2} \times 2.322\text{kg-CO}_2/\text{L}^{\ast 3} \\ & = 2,126\text{kg-CO}_2 \\ & \bullet \text{ EV の年間 CO}_2 \text{ 排出量} \\ & = \text{【年間走行距離】} \times \text{【電費】} \times \text{【電力 CO}_2 \text{ 排出係数】} \\ & = 10,000\text{km} \times 0.171\text{kWh/km}^{\ast 4} \times 0.37\text{kg-CO}_2/\text{kWh}^{\ast 5} \\ & = 633\text{kg-CO}_2 \\ & \bullet \text{ PHEV の年間 CO}_2 \text{ 排出量} \\ & = \text{【年間 EV 走行距離】} \times \text{【電費】} \times \text{【電力 CO}_2 \text{ 排出係数】} \\ & \quad + \text{【年間 HEV 走行距離】} \div \text{【燃費】} \times \text{【ガソリン CO}_2 \text{ 排出係数】} \\ & = 5,000\text{km}^{\ast 6} \div 7.378\text{km/kWh}^{\ast 7} \times 0.370\text{kg-CO}_2/\text{kWh} \\ & \quad + 5,000\text{km} \div 26.04\text{km/L}^{\ast 8} \times 2.322\text{kg-CO}_2/\text{L} \\ & = 251\text{kg-CO}_2 + 446\text{kg-CO}_2 \\ & = 697\text{kg-CO}_2 \end{aligned}$$

[注記]

※1：国土交通省「継続検査の際の整備前自動車不具合状況調査」 自家用車 10,575km/年を参考。

※2：2,000cc クラスガソリン車(トヨタ：プレミオ)の燃費 15.6km/L(JC08 モード)の 0.7 倍と仮定。

※3：「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」(平成 18 年経済産業省・環境省令第三号)に記載の値。

※4：日産リーフ(2017 年発売)の電費カタログ値 0.120kWh/km (JC08 モード) の 1/0.7 倍と仮定。

※5：2015 年電気事業連合会「電気事業における低炭素社会実行計画」において、2030 年度の長期エネルギー需給見通しに基づき、定めた電力 CO<sub>2</sub> 排出係数(使用端)の目標値。

※6：EV 走行距離と HEV 走行距離の割合を 50 : 50 と仮定。

※7：トヨタプリウス PHV(2017 年発売)の EV 走行時電力消費率 10.54km/kWh (JC08 モード) の 0.7 倍と仮定。

※8：トヨタプリウス PHV(2017 年発売)の HEV 走行時燃費 37.2km/L (JC08 モード) の 0.7 倍と仮定。

従って、EV・PHEV 1 台当たりの年間 CO<sub>2</sub> 削減効果は、以下のように算出され、それぞれ 1,493kg-CO<sub>2</sub>、1,429kg-CO<sub>2</sub>となる。よって EV・PHEV の年間の平均 CO<sub>2</sub>削減効果は、約 1.46t/年となる。

次に、本プロジェクトの実施によって車載用 LIB の高性能化や低コスト化等が進展し、その結果として、「未来投資戦略 2017」等に掲げられた 2030 年における EV・PHEV の普及目標が達成された場合の CO<sub>2</sub>削減効果について述べる。

「日本の自動車工業 2018」(日本自動車工業会、2018 年 5 月)によると、我が国の四輪車保有台数は 2017 年 12 月末現在で約 8,347 万台であり、うち乗用車(普通車、小型四輪車、軽四輪車)は約 6,200 万台である。本 CO<sub>2</sub>削減効果の検討においては、2030 年代の乗用車保有台数は 6,200 万台で一定とすると、国内 CO<sub>2</sub>削減量は約 2,715 万 t/年となる。

<ul style="list-style-type: none"> <li>● EV の年間 CO<sub>2</sub> 削減効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>= 【ガソリン車 CO<sub>2</sub> 排出量】 - 【EV 年間 CO<sub>2</sub> 排出量】</li> <li>= 2,126kg-CO<sub>2</sub> - 633kg-CO<sub>2</sub></li> <li>= 1,493kg-CO<sub>2</sub></li> </ul> </li> <li>● PHEV の年間 CO<sub>2</sub> 削減効果 <ul style="list-style-type: none"> <li>= 【ガソリン車 CO<sub>2</sub> 排出量】 - 【PHEV 年間 CO<sub>2</sub> 排出量】</li> <li>= 2,126kg-CO<sub>2</sub> - 796kg-CO<sub>2</sub></li> <li>= 1,429kg-CO<sub>2</sub></li> </ul> </li> <li>● 国内 CO<sub>2</sub> 削減量 <ul style="list-style-type: none"> <li>= 6,200 万台×30%×1.46t/年</li> <li>= 2,715 万 t/年</li> </ul> </li> </ul>
--

今後、EV・PHEV、ガソリン車共に電費・燃費は更に向上すること等も想定され、本試算結果は変動要素を含んだものであるが、2030年には約2,715万t/年のCO<sub>2</sub>削減効果が期待できる。加えて、我が国の自動車メーカーは2017年実績で約420万台の乗用車を輸出するとともに、米国、欧州、東南アジア、中国等での現地生産にも積極的に取り組んでいる。輸出・海外生産の対象にはEV・PHEVも含まれることから、世界全体のCO<sub>2</sub>削減にも大きく貢献することが期待できる。

## (2) 経済効果

「未来投資戦略2017」等に掲げられた2030年におけるEV・PHEVの普及目標が達成された場合の経済効果について述べる。

「日本の自動車工業2018」（日本自動車工業会、2018年5月）における直近10年間（2008年～2017年）の国内乗用車生産平均台数は813万台、2017年実績で国内自動車メーカーの海外生産台数は1,974万台とすると、国内生産及び海外生産のEV・PHEVの売上と電池パックの売上は以下のように計算される。

- 国内生産EV・PHEVの売上
  - = 【国内乗用車生産台数】 × 30% × 【乗用車平均価格】
  - = 813万台 × 30% × 200万円/台
  - = 4.9兆円/年
- 国内生産EV・PHEV用の電池パックの売上
  - = 【国内乗用車生産台数】 × 30% × 【電池パック容量】 × 【電池パックコスト】
  - = 813万台 × 30% × 30kWh × 1.0万円/kWh
  - = 0.73兆円/年
- 国内生産EV・PHEV用の電池パックの容量
  - = 【国内乗用車生産台数】 × 30% × 【電池パック容量】
  - = 813万台 × 30% × 30kWh
  - = 73GWh/年

● 海外生産 EV・PHEV の売上

$$\begin{aligned} &= \text{【国内自動車メーカーの海外生産台数】} \times 30\% \times \text{【乗用車平均価格】} \\ &= 1,974 \text{ 万台} \times 30\% \times 200 \text{ 万円/台} \\ &= 11.8 \text{ 兆円/年} \end{aligned}$$

● 海外生産 EV・PHEV 用の電池パックの売上

$$\begin{aligned} &= \text{【国内自動車メーカーの海外生産台数】} \times 30\% \times \text{【電池パック容量】} \\ &\quad \times \text{【電池パックコスト】} \\ &= 1,974 \text{ 万台} \times 30\% \times 30\text{kWh} \times 1.0 \text{ 万円/kWh} \\ &= 1.78 \text{ 兆円/年} \end{aligned}$$

● 海外生産 EV・PHEV 用の電池パックの容量

$$\begin{aligned} &= \text{【国内自動車メーカーの海外生産台数】} \times 30\% \times \text{【電池パック容量】} \\ &= 1,974 \text{ 万台} \times 30\% \times 30\text{kWh} \\ &= 178\text{GWh/年} \end{aligned}$$

上記の売上見通し等に対して、本プロジェクトの3年間の予算総額（NEDO負担分）は約100億円であり、十分な費用対効果があると言える。

## 第2章 研究開発マネジメントについて

### 2.1 研究開発目標の妥当性

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

#### 2030年に実用化を目指すEVおよび電池パックの性能・諸元

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

本プロジェクトの基本計画における研究開発目標は以下のとおりである。

#### 研究開発項目① 高度解析技術開発

##### 【最終目標】（2020年度末）

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

- ・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

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

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

##### 【中間目標】（2018年度末）

開発中の解析技術を組み込んだ計測分析装置・設備の設置を完了する。

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

## 研究開発項目② 革新型蓄電池開発

### 【最終目標】(2020 年度末)

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

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

### 【中間目標】(2018 年度末)

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

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

注1) 一對の正極、負極、セパレータおよび電解質(電解液)で構成され、充放電が可能な単電池の状態。ただし、端子や電子制御装置等は含まれない。

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

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

第 1 章で述べたように、本プロジェクトは、先端的な材料科学や高度な解析技術を得意とする大学・公的研究機関、車載用蓄電池の開発・製品化で豊富な実績を有する蓄電池メーカー、さらにはエンドユーザーとなる自動車メーカー等による緊密な産学官連携の体制を構築して、産業界による革新型蓄電池の実用化を促進するための基礎科学に立脚した共通基盤技術を開発することを目的としている。

次に主要各国の車載用蓄電池の開発目標を表 2.1-1 に示す。表からわかる通り、RISING2 において設定した目標は、世界トップレベルであることが分かる。一方、主要各国における 2030 年の開発目標はほぼ 500Wh/kg のエネルギー密度と大差がなく、如何に早く目標を達成し、市場投入するのが重要である。本プロジェクトが設定する目標値は各国と競争力を有するものとなってお

り、この目標達成に向けて産官学連携の下で予算を投入して研究開発を推進することは非常に意義がある。

表 2. 1-1 主要各国の車載用蓄電池の開発目標

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)、

中国汽车工程学会(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。

## 2. 2 研究開発計画の妥当性

### 2. 2-1 研究開発内容

本事業における研究開発内容を以下に示す。

#### 研究開発項目①「高度解析技術開発」

高輝度・高強度の量子ビーム技術を用いることにより、高い空間分解能、時間分解能および深さ分解能を具備させた蓄電池の反応・劣化メカニズムの解析技術の開発を進める。また、核磁気共鳴 (NMR)、透過型電子顕微鏡 (TEM)、精密充放電、計算科学等を用いた解析技術も並行して開発に当たる。さらに、これら解析技術を「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」で開発している蓄電池に適用し、性能向上や寿命特性の改善等に資する知見を得ることを目指した。

#### 研究開発項目②「革新型蓄電池開発」

上記した高度解析技術を活用しつつ、亜鉛空気電池、ナノ界面制御電池 (ハロゲン化物)、ナノ界面制御電池 (コンバージョン) および硫化物電池の開発を進めた。

亜鉛空気電池では、高容量亜鉛負極を適用して 8Ah 級 (□50×50mm サイズ) の実セルを試作し、重量エネルギー密度 300 Wh/kg 以上の実証検証を進めた。また、空気極触媒として酸素還元活性の高いブラウンミラーライト結晶構造の Ca-Fe-Co 系酸化物を適用することにより、空気極電極の改善を図った。

ナノ界面制御電池 (ハロゲン化物) では、Cu-F 系正極を適用して 500mAh 級の実セル (全固体ペレット型セル) を試作し、実セルによる充放電挙動の実証に取り組んだ。また、新規に La-F 系固体電解質およびゲルポリマー系電解質を開発し、室温で  $10^{-6}$  S/cm 以上のフッ素イオン伝導度達成を目指した。

ナノ界面制御電池 (コンバージョン) では、ハーフセル (□50×50mm サイズ) の試作・評価を通じて合剤正極の厚膜化や電解液の最適化等を進め、5Ah 級の実セルで 300Wh/kg 以上の重量エネルギー密度が得られることの見通しを得ることを目標とした。

硫化物電池では、ハーフセル (□50×50mm サイズ) の試作・評価を通じて V-S 系正極が高いサイクル耐久性を示すことを見出し、5Ah 級の実セルで 300Wh/kg 以上の重量エネルギー密度が得られることの見通しを得ることとした。

## 2. 2-2 研究開発スケジュール

高度解析技術では、車載用蓄電池としての革新型蓄電池における特性を飛躍的に向上させる電池反応機構解明のために必要となる新たな高度解析技術の開発を手掛ける。革新型蓄電池技術開発を支えるための革新的な解析技術、既存解析技術の高度化、革新型蓄電池内でみられる独自の反応機構観測に必要な周辺技術開発を推進し、LIB 活用も並行しながら高度解析技術の検証を行い、技術的先進性を確かめていく。生み出された技術を連携して、革新型蓄電池解析を多元的に行う取り組みを推進していく。これらの活動を通じて高度解析技術を統合して運用でき革新型蓄電池の反応機構解明に有効となる高度解析技術プラットフォーム構築の完成を目指す。

また、革新型蓄電池開発においては、フルセルでの電池評価を軸とし、そこで明らかとなる要素技術の組み合わせ効果を検証することで、電池本来の課題を明確にするとともに、その課題解決に向けた研究開発に取り組む。最終目標である 500Wh/kg を検証するための要素技術の確立を進めながら 2018 年度末までに 5Ah 級以上のフルセルにおいて 300Wh/kg の実証を目指していく。

このように革新型蓄電池および高度解析技術の年度毎の開発の進捗状況に応じ、技術の相互連携について重点化を行いながら、最終目標である 500Wh/kg の検証を目指すとともに、プロジェクト終了後の成果と目される事業化に向けた実用化研究へのスムーズな移行を目指す。

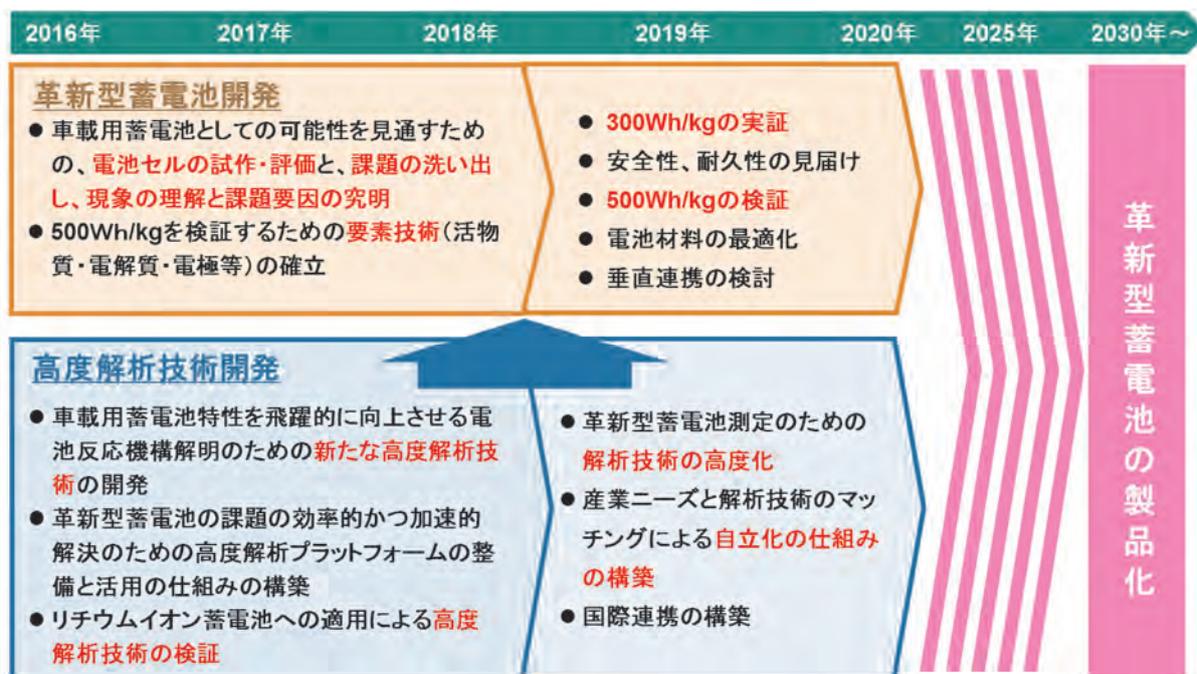


図 2.2-2-1 本事業の全体スケジュール

## 2. 2-3 研究開発予算

本プロジェクトの研究開発予算を図 2.2-3-1(1)に示す。

予算総額は3年間で9,740百万円を計画している。総予算の配分は、機械装置費に2,768百万円、労務費に2,251百万円、消耗品費・その他に4,621百万円と研究計画に沿って適切に配分してきた。

その中でも機械装置費の年度推移を図 2.2-3-1(2)に示す。計画初期には1,288百万円に上る予算投入を行った。これは技術開発が設備などに依存する高度解析技術の早期技術確立を果たすべく、初期投資を厚くすることにより設備の早期導入を図った結果である。設備導入が進むにつれて機械装置費の負担が年々軽減していく様子が明確となっている。一方、革新型蓄電池技術開発での研究が進捗し評価実験のボリュームが徐々に大きくなってきており、それに対応するべく図 2.2-3-1(3)に示すように労務費への配分を増強していることを示しており、徐々に革新型蓄電池開発への重点化が進んでいる。

続いて、拠点別、研究グループ別、研究内容別の視点で整理した研究開発予算の内訳を図 2.2-3-2にまとめた。拠点別で見ると(図 2.2-3-2(1))、京大拠点、サテライト、産総研拠点の順に配分されている。特に京大拠点はプロジェクトに従事する研究員ならびに参画企業が多く参加していることから費用負担が大きいことが要因となっているためである。研究グループ別で見ると(図 2.2-3-2(2))、高度解析技術への配分が大きくなっている。これは上述した通り、技術開発が設備などに依存することで説明される。装置導入が進むにつれて、高度解析技術から革新型蓄電池開発(カチオン移動型蓄電池開発およびアニオン移動型蓄電池開発)へ費用配分がシフトしており、徐々に革新型電池開発が進展している様子が確認できる。このことから予算配分が適切になされてきたことがわかる。

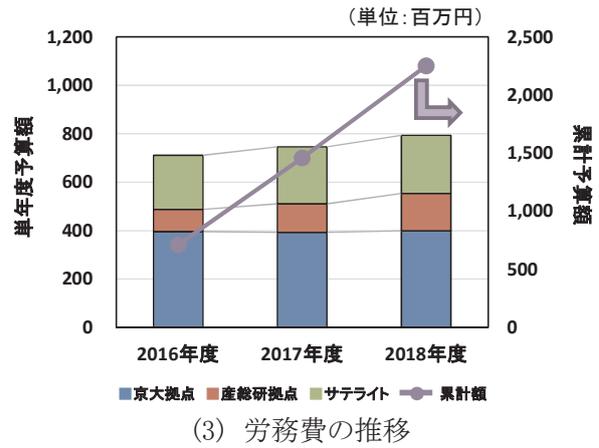
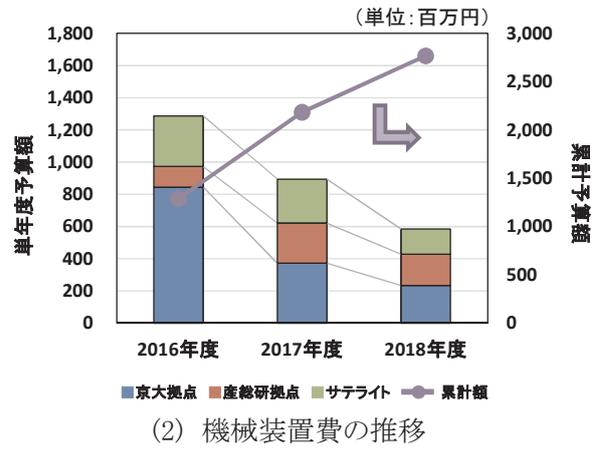
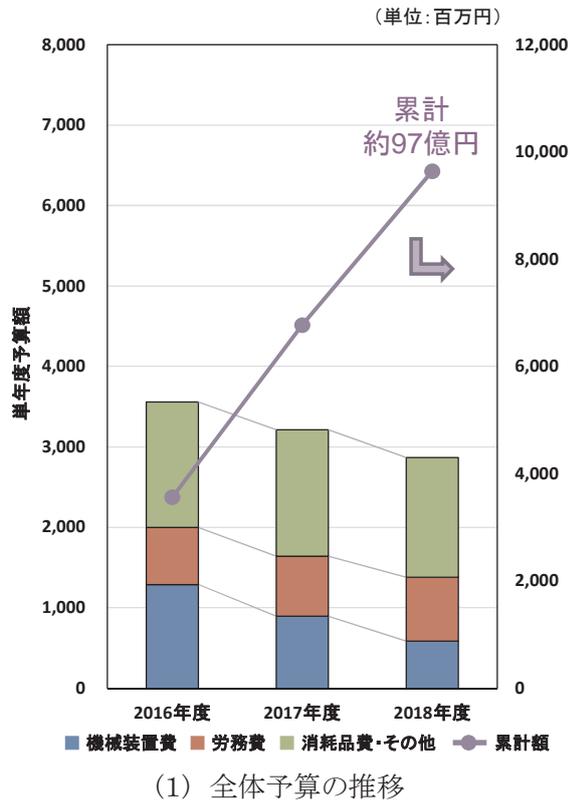


図 2.2-3-1 研究開発予算の内訳 (経費別)

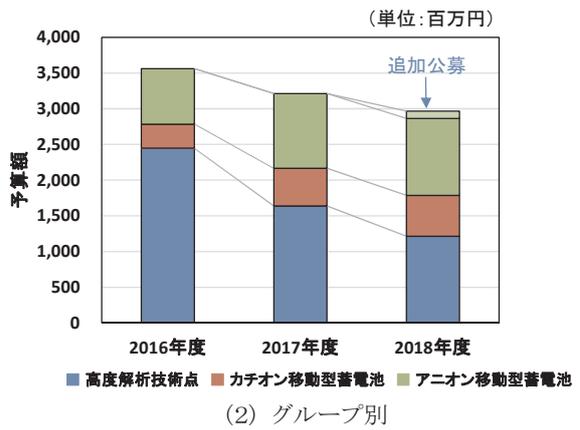
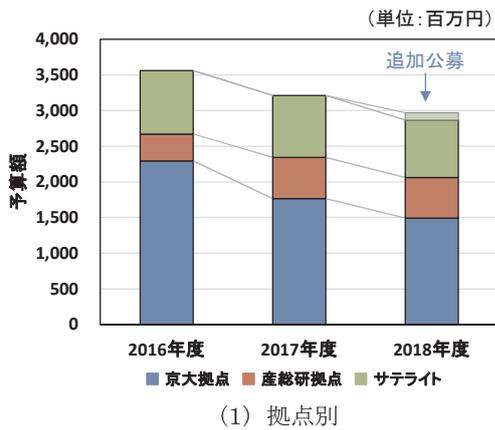


図 2.2-3-2 研究開発予算の内訳 (拠点・グループ別)

## 2. 2-4 研究開発人員

本プロジェクトに従事する人員推移を図 2.2-4-1 に示す。

ほぼ 200 名にわたる研究員がプロジェクトに従事している。特に基礎科学分野に密接する高度解析技術開発の従事者が 6 割を占めており、基礎技術をベースに電池開発を支援する様相が人員構成からも明確となっている。

本プロジェクトにおける研究開発拠点は京都大学拠点と産総研拠点の二つに大別される。そこで、各拠点での人員推移を図 2.2-4-2、図 2.2-4-3 に示した。上述の通り、各研究開発拠点の人員構成からも基礎技術指導の様子は明らかであり、京大拠点では構成メンバーの内、3/4 を教職員が占めている。産総研拠点も同様で、その人員構成の 8 割を研究所職員が占めており、いずれの場合も大学・公的研究機関が得意とする先端的な材料科学や基礎的な反応挙動に関する理解、高度な解析技術とともに企業が得意とする電池開発・製品化に関する技術の融合による革新型蓄電池開発が進められている。当初の狙い通り、産業界での革新型蓄電池の実用化を促進するための基礎技術に立脚した、産官学による密接な電池技術開発の連携が順調に進んでいることが分る。

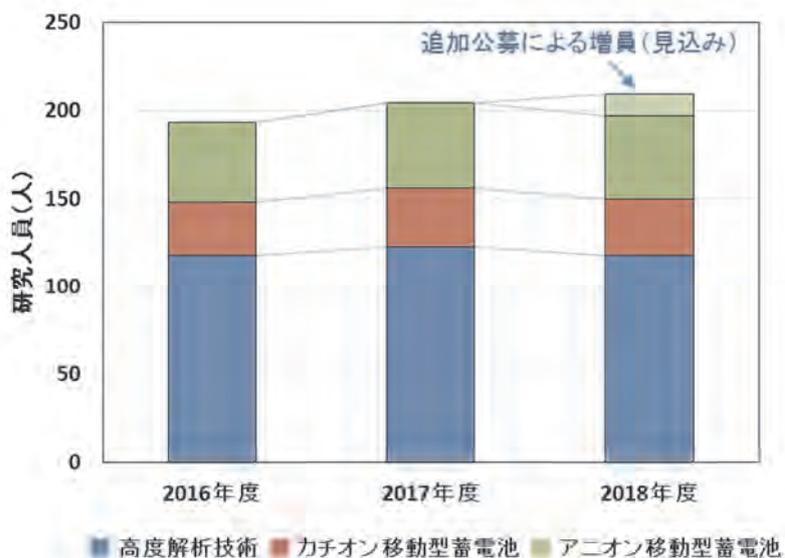


図 2.2-4-1 研究開発人員推移

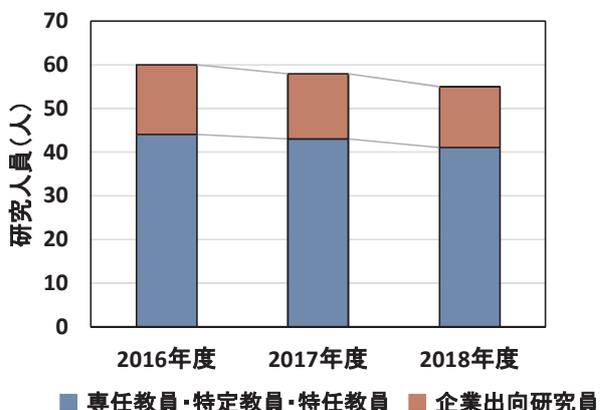


図 2.2-4-2 京大拠点における人員推移

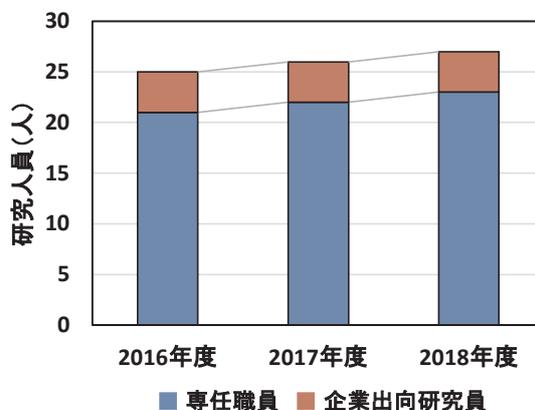


図 2.2-4-3 産総研拠点における人員推移

2. 3 研究開発の実施体制の妥当性

2. 3-1 研究実施体制

本プロジェクト全体の実施体制を図 2. 3-1-1 に示す。本プロジェクトは、NEDO がプロジェクトリーダー (PL) として委託した国立大学法人京都大学 大学院工学研究科 松原 英一郎 教授、およびサブプロジェクトリーダー (SPL) として委託した国立研究開発法人産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 電池技術研究部門 小林 弘典 総括研究主幹の下で実施している。

集中拠点である京都大学、および産総研で各々テーマを分担しており、それぞれの集中研究拠点が手がける研究開発活動に貢献できる企業が積極的に研究者・エンジニアを派遣し、相互にノウハウ・電池技術を持ち寄ることで研究開発を進める連携体制を構築している。最終製品である蓄電池としてのニーズ・課題を十分に把握している蓄電池メーカーおよび自動車メーカーも連携研究機関として参加し、最新の研究成果に係る情報が広く共有・伝達される体制となっている。

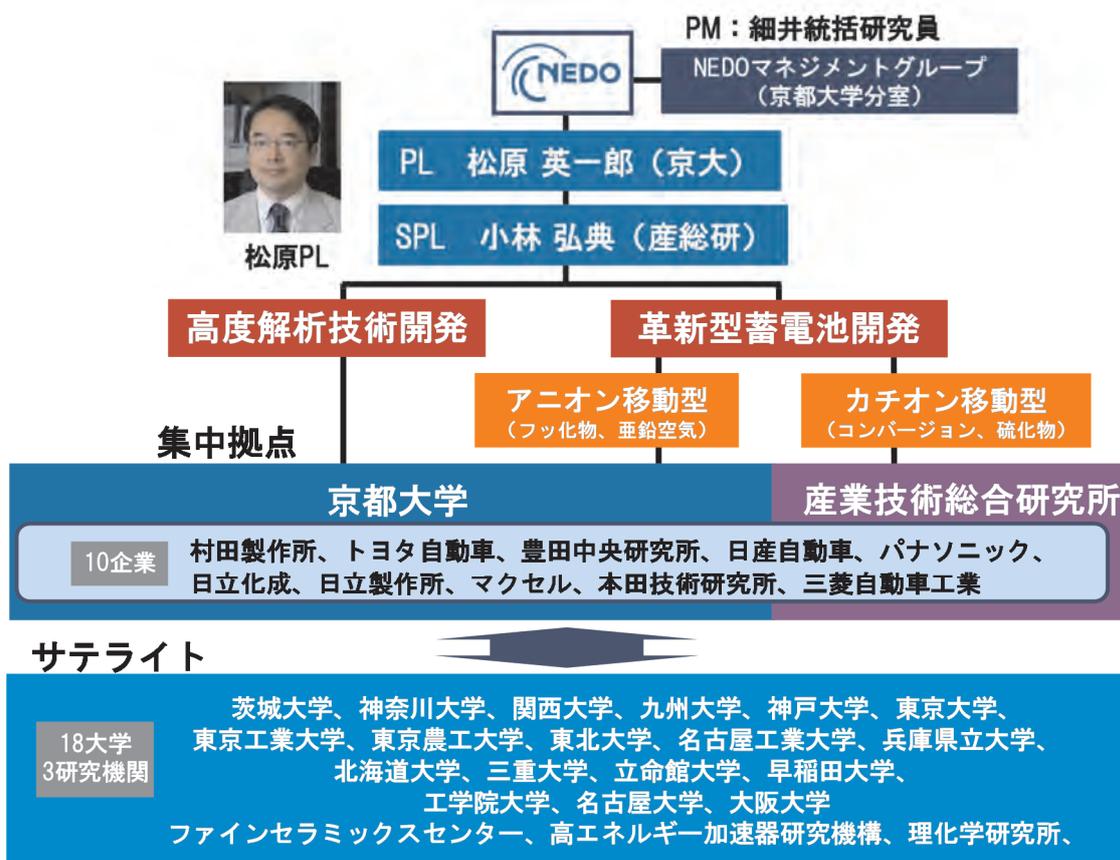


図 2. 3-1-1 研究実施体制概要

2. 3-2 研究実施体制の詳細 高度解析技術開発

図 2.3-2-1 に体制図を示す。高度解析技術開発については、放射光、中性子、核磁気共鳴 (NMR)、精密充放電計測、透過型電池顕微鏡 (TEM)、計算科学からなる「解析技術開発グループ」と、解析技術を電池挙動解析に適用する「解析技術活用グループ」で構成される。それぞれの研究開発テーマごとにテーマダイレクター (TD) を任命し、研究テーマへ貢献できるサテライト機関 (大学、研究機関) 並びに企業が研究者・エンジニアを派遣し、研究開発を進める連携体制を構築している。



図 2.3-2-1 高度解析技術開発における実施体制

## 2. 3-3 研究実施体制の詳細 革新型蓄電池開発

体制図を図 2.3-3-1 に示す。

革新型蓄電池開発については、電池内のキャリアとなるイオン種によって、アニオン移動型蓄電池とカチオン移動型蓄電池に大別される。アニオン移動型蓄電池は京大集中拠点をベースに、またカチオン移動型蓄電池については産総研集中拠点をベースとし、各々グループリーダー (GL) を任命してその GL の指導の下、それぞれの研究開発テーマごとにテーマリーダー (TL) を任命し研究開発が進められた。革新型蓄電池開発においても、高度解析技術開発と同様に、研究テーマへ貢献できるサテライト機関 (大学、研究機関) 並びに企業が研究者・エンジニアを派遣し、研究開発を進める連携体制を構築している。



図 2.3-3-1 革新型蓄電池開発における実施体制

## 2. 3-4 実施体制の強化（追加公募）

ナノ界面制御電池（ハロゲン化物）は、Li イオンに変わりハロゲンアニオンをキャリアとするユニークな電気反応機構を有しており、高容量な電池の実現が期待される。

反面技術ハードルは他の電池系と比べても非常に大きく、特に要素材料の研究の進展が大きな課題となっている。特にハロゲンアニオンが高速に移動できる有望な電解質材料候補が乏しいことが懸念材料であった。そこで、要素材料の研究者を広げサテライト拠点の機能を強化するとともに、要素材料技術の底上げを図るため、今回『ハロゲン化物電池』において追加公募を実施した。公募内容は以下の通りである。

### 公募内容

フッ化物イオン伝導型全固体電池に適用する電極活物質・電解質材料、電極活物質-電解質界面における電気抵抗の低減技術、合剤電極およびセル構造等について検討し、小型セルを用いた技術検証に貢献できる要素材料技術。

#### 【公募内容の例】

- (1) 合剤電極内の電極活物質比率を 50%以上に向上させる技術。
- (2) 電極活物質の利用度を 60%以上に向上させる技術。
- (3) 電極活物質-電解質界面における電気抵抗に優れた界面抵抗を  $100 \text{ } \Omega \text{ cm}^2$  以下に低減する技術。
- (4) フッ化物イオン伝導度  $10^{-6} \text{ S/cm}$  以上を有する固体電解質の技術。
- (5) 電位窓として 3.5V 以上を有する固体電解質の技術。
- (6) 酸化・還元耐性に優れるフッ化物イオン伝導型である固体電解質の技術。

### 公募結果

前頁の図 2.3-1-1 に示すように、有望な技術を有する 5 大学を委託先として選定した。これにより、ハロゲン化物電池の研究加速を図る。

2. 4 研究開発の進捗管理の妥当性

2. 4-1 NEDO・研究実施者による進捗管理

NEDOのプロジェクト管理概要を図2.4-1-1に示す。各実施者の目標達成度、成果の技術的意義、実用化の可能性、産業への波及効果、産業界への技術移転なども考慮しながらプロジェクト進捗を管理。主な特徴は以下のとおりである。

- 京大拠点に常駐者を派遣。研究現場との密接なコミュニケーションを強化。
- マネジメント層による進捗会議を毎月開催し、マネジメント案件を迅速にプロジェクト運営に反映。
- 技術グループ毎に担当者を配置し、月度で開催される研究進捗報告会へ参加。最新の技術情報をプロジェクト運営に反映。
- 個別実施者から毎月予算執行状況についてヒアリングを実施。研究遅延の発生を事前に察知し、プロジェクト運営にただちに反映を行う。

また、加速予算の投入により、設備の前倒し導入を図るとともに研究加速を実施した。加えて、技術動向の調査を行い、最新の動向をプロジェクト運営に反映した。

	2016年度			2017年度			2018年度					
	4月	5月	6月	4月	5月	6月	4月	5月	6月			
全体	H29年度～予算要求 2017年度予算調整			H30年度～予算要求 2018年度予算調整			H31年度～予算要求 2019年度予算調整					
実施計画書	暫定版	最終版	委託契約完了									
変更承認												
追加公募												
公募開始												
採択												
中間評価												
分科会												
NEDO研究評価委員会												
研究体制&予算検討												
実施計画書作成												
中間評価日程、報告内容調整												
事業原簿												
次案提出												
事前説明会												
最終案提出												
研究計画												
実施計画書												
変更承認												
2016年度起括 2017年度計画と協力依頼												
2017年度起括 2018年度計画と協力依頼												
2018年度起括 後期研究計画と協力依頼												
有識者会議												
コメント反映												
中間評価 対応方針												
運営会議												
概要紹介												
2016年度起括 2017年度計画と協力依頼												
2017年度起括 2018年度計画と協力依頼												
2018年度起括 後期研究計画と協力依頼												
評価結果 速報												
企画会議												
推進会議												
2016年度起括 2017年度計画と協力依頼												
2017年度起括 2018年度計画と協力依頼												
2018年度起括 後期研究計画と協力依頼												
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	12/18	2/15	4/10	6/8
4/12	4/19	4/25	8/3	11/17	2/3	5/12	7/10	9/25	11/20	1/15	5/15	
4/5	5/11	7/4	10/12	1/10	4/7	6/16	8/18	10/18	1			

実施者における進捗管理を表 2.4-1-1 に示す。

年 1 回のペースで開催する会議として「運営会議」を設置している。ここでは各企業の役員レベルの方々に御参加頂き、大所高所からの御意見を頂戴している。それを、本事業の進め方の中において、特に大方針へ反映させている。

ほぼ四半期毎に開催する会議として「企画会議」「推進会議」を設置している。前者においては、参画企業の方々に御参加頂き、プロジェクトマネジメントについて議論を進めている。ここで頂戴した意見は、特に本事業における中方針へと反映される。後者においては、参画企業のみならずサテライトの研究者にも御参加頂き、技術情報の共有ならびに技術議論をおこなっている。

次に、毎月開催する会議として「GL 会議」「月例会議」を設置している。前者では、PL、SPL、GL、NEDO 京都分室メンバーによりプロジェクトマネジメントについて議論を進めている。ここでは特に、日々の事業運営に係る詳細な課題の解決を図っている。後者は、高度解析、各革新電池、共通基盤技術のチーム単位にて、情報共有および技術議論を目的に進めている。

最後に不定期開催とはあるが、「金曜会」を設置している。ここでは、本事業内で共有すべき情報（例えば学会聴講結果など）について伝達が図られている。

表 2.4-1-1 実施者（京都大学）における進捗管理

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。

## 2. 4-2 有識者会議の設置・運営

本プロジェクトでは、表 2.4-2-1 に示す電池技術に関する有識者 10 名で構成される「有識者会議」を設置・運営し、技術的な助言およびプロジェクト全体の運営管理等に関する助言を頂き、プロジェクト運営・推進に関する留意点や対応すべき点について検証を行ってきた。

これまで 2 回有識者会議を開催し、様々な評価コメントを頂いた。その内容と、各コメントに沿って対応した対処方針などを表 2.4-2-2 にまとめた。各コメントに対して対処方針を検討し、計画や運営などに反映を実施した。

表 2.4-2-1 有識者会議のメンバー構成

	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	あいちシンクロトロン光センター 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

表 2.4-2-2 有識者会議での指摘事項とその対応

	開催日	指 摘 事 項	対 応
第 1 回	2017 年 5 月 9 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>国際シンポジウム開催について助言を頂いた。</li> <li>テーマの絞り込みについてご意見を頂いた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>国際シンポジウムの開催 (2018/6/23)</li> <li>BMBF ワークショップの継続。</li> <li>中間評価において、必要に応じて判断を行う。</li> </ul>
第 2 回	2018 年 4 月 27 日	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今後の研究推進に反映。</li> <li>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。</li> </ul>

## 2. 4-3 拡大月例会議の新設

特に、実施者による本プロジェクトの進捗管理では、前プロジェクトでの研究開発の進捗確認や議論の場であった「幹事会」を参考に「拡大月例会議」を新設して、参画企業との密接なコミュニケーション場を設定し、産業界との連携強化を図った。拡大月例会議とは、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ものである。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回開催される。ここでは、最新の研究成果を参画企業と情報を共有し、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できる。

この新たな試みは参画企業に好評で、以下のとおり好意的な反響を頂いている。

- これまでに比べて情報交換の機会が増え、さらに技術情報を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。

## 2. 5 知的財産等に関する戦略の妥当性

基本方針を以下に示す。

- ① オープン／クローズの考えに基づく情報管理と運営
- ② 柔軟な出願形態
- ③ 戦略的な特許出願

①の方針として、まず留意している点は、オープン（論文・学会等による発表）にする領域と、クローズ（秘匿すべき情報、特許権等による独占）にする領域を適切に使い分けることである。そして、実施者個別のオープン／クローズ戦略を尊重しつつ、実用化・事業化に際して根幹となるものは積極的に知財を確保するよう指導している。

②の方針については、研究拠点、サテライト、参画企業について個別出願または共同出願を適宜、柔軟に選択することが可能となるようにしている。

③の方針については、各実施者の特許出願・権利化動向を把握しつつ、今後主要な市場形成が見込まれる海外への出願を積極的に推進しているものである。

実施者（PL）では、下記を実施することになっている。

- 知財運営委員会の設置
- RISING2 知財運用規定の整備
- 特許に適さない情報を「ノウハウ」として運用・管理する制度の設置
- 特許技術動向調査

### 第3章 研究開発成果について

#### 3.1 高度解析技術開発

##### 3.1-1 研究開発成果のまとめ

成果まとめ及び中間目標に対する達成状況について下表に示す。表に記載するように、中間目標を達成した。

表 3.1-1-1 高度解析技術の成果まとめ

中間目標	成 果	達成度
<p><u>目標 1</u></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>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。</p>	○
<p><u>目標 2</u></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>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) 硫化物電池およびハロゲン化物電池について新規負極材料などの軟 X 線 XAFS 測定を実施し、軟 X 線 XAFS 革新型蓄電池材料評価技術を確立。            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) <math>^{19}\text{F}</math> 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 <math>\text{FeF}_3</math> 正極でインピーダンス測定を行い、低周波数領域に拡散に起因する特徴的なインピーダンス挙動を確認。            ラマン分光) 水系空気電池の亜鉛負極表面における水酸化物イオンのその場ラマン分光測定技術を確立。            計算科学) コンバージョン電池の正極である <math>\text{FeF}_3</math> について、Li 挿入・脱離状態での X 線吸収端近傍微細構造 (XANES) を、第一原理計算を用いて解明。</p>	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

また、下表に示すように一部の最終目標については既に前倒しで達成した。

表 3.1-1-1 高度解析技術の成果まとめ

最終目標（抜粋）	成 果	達成度
<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> <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、<u>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。</u></p>	<p>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。</p>	<p>◎</p>

### 3. 1 - 2 研究開発成果

#### (1) 目標1（表 3.1-1-1 参照）に関する成果

SPring-8 BL28XU に既設の HAXPES 装置に、軟 X 線源を備えることで、入射エネルギーを変えて深さ方向の分析ができるようにした（図 3.1-2-1）。また、蓄電池分析のためにグローブボックスから大気非暴露で真空チャンバー内の測定槽まで試料を搬送できるように、トランスファーベッセルを追加した。このトランスファーベッセル部分を従来の SUS 製から高強度ガラスに変更して、ユーザーが試料の移動を見ながらできるように改良した。

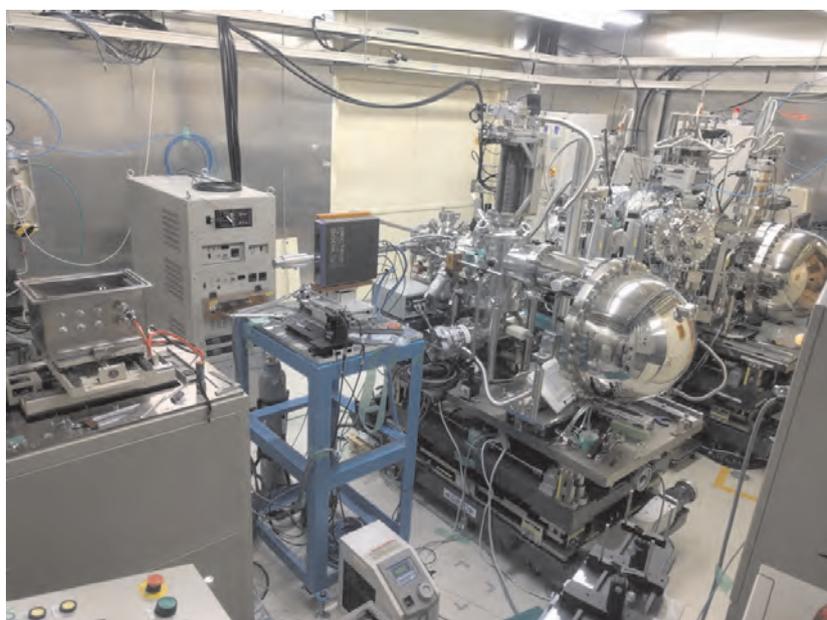


図 3.1-2-1 導入した HAXPES 装置

外部温度に応じた電池内部の反応メカニズムの変化や各反応ステップにおける活性化エネルギーを明らかにするためには、電極反応が再現性良く進行するために電池を拘束しつつ、外部温度を変えて、operando 計測を行う必要がある。そこで、 $-10^{\circ}\text{C}$ の低温から  $300^{\circ}\text{C}$ の高温までの範囲で operando XRD 計測が可能なラミネートセル用の新規治具の開発を行った。低温対応治具は、 $-10^{\circ}\text{C}$ から室温まで温度を変えることができ、特に  $0^{\circ}\text{C}$ 以下の時にラミネートセル表面での結露を防ぐために冷却部分が大気に触れないようにし、シリカゲルを用いて湿度を低減させた。高温対応治具は、室温から  $300^{\circ}\text{C}$ まで温度を変えることができ、高温時に回折計に熱が伝わらないようにするために、断熱と排熱機構の工夫を行った。さらに、新規治具は従来の治具よりも均一に電極反応を進行させるために、ネジとトルクレンチを用いたセル拘束ではなく、バネを用いることで、再現性良くセル拘束ができるようになり、従来よりも高レートで充放電試験を行うことが可能になった。以上の開発により、 $-10^{\circ}\text{C}$ から  $300^{\circ}\text{C}$ までの operando 共焦点 XRD 測定や operando XRD & XAFS 同時測定が利用できるようになった (図 3.1-2-2)。

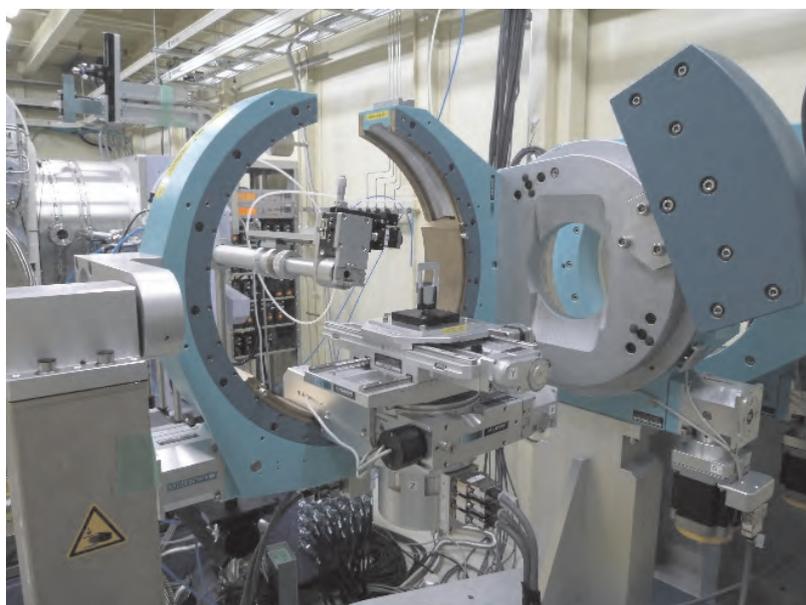


図 3.1-2-2 導入した共焦点 XRD 装置

宇治拠点で開発されているフッ化物全固体電池の超軟 X 線 XAFS に特化した超軟 X 線 XAFS 測定系を開発した (図 3.1-2-3)。通常、超軟 X 線 XAFS 用測定チャンバーはビームライン、光学素子の汚染を避けるため、ビームライン上流から末端の測定室まで超高真空環境の真空チャンバーで構成されている。しかし、フッ化物全固体電池はその動作に  $140^{\circ}\text{C}$ 程度の加熱が必要で、大量の脱ガスは避けられない。また、超軟 X 線の低い透過能のために電池系を密封した状態では高精度な超軟 X 線 XAFS スペクトルを得ることは困難である。そこで、この問題を克服し、フッ化物全固体電池の operando 超軟 X 線 XAFS 測定を可能な測定系を開発した。

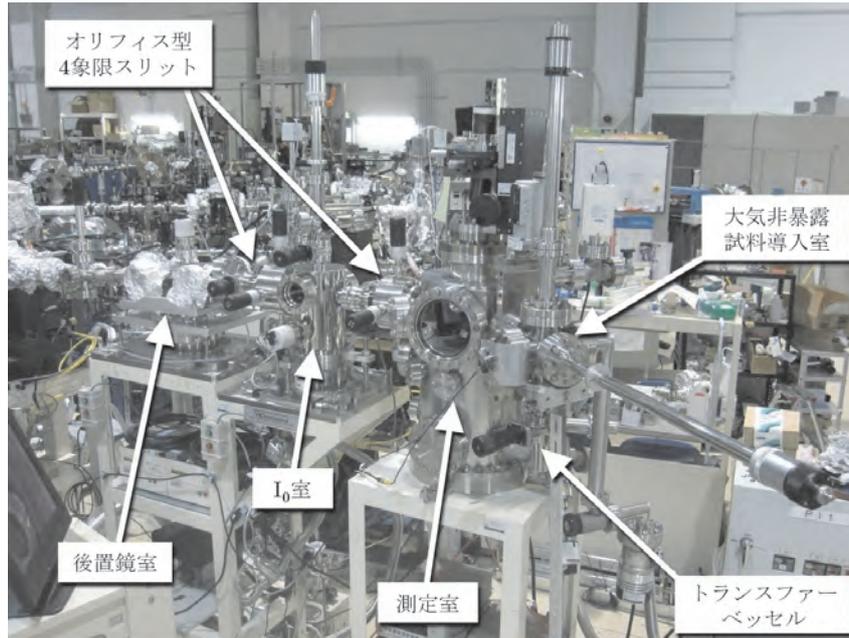


図 3.1-2-3 導入した超軟 X 線 XAFS 測定系

NMR によるダイナミクス研究の推進と測定の効率化を目的として、7 T の NMR 装置を構築した(図 3.1-2-4)。14 T の NMR プローブをそのまま使える 7 T の大口徑磁場と 7 T での  $^{19}\text{F}$  観測に必要な NMR 用高出力アンプを導入するとともに、NMR 分光計を作製し、その他の材料 (信号用アンプ、周波数フィルターなど) と併せて 7 T NMR 装置を構築した。作製した 7 T NMR 装置で  $^{19}\text{F}$  信号が観測できること、ラジオ波パルス強度として目標であった 1mT を超えた 5.5 mT を確認した。

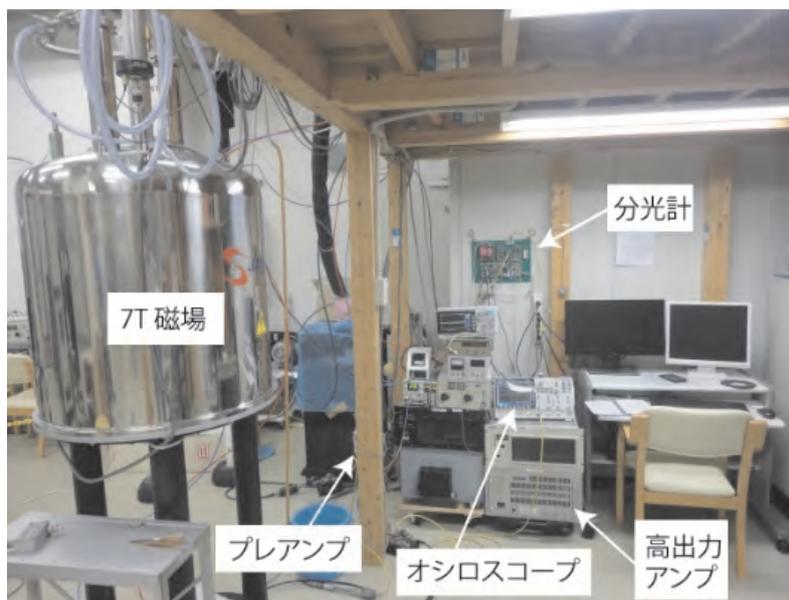


図 3.1-2-4 導入した 7T 磁場 NMR 装置

12極子-3段のDELTA型収差補正装置を加速電圧300keVのSTEM（JEM-ARM300CF）へインストールした（図3.1-2-5（a）、（b））。大収束角を実現するためには、（b）に示すような多段レンズを高精度に調整する必要があり、光学系の最適化を主に行った。革新型蓄電池では電子線照射ダメージに弱い材料も多く、低加速電圧での原子分解能観察が重要である。そこで光学系の調整に際しては、40、60、80、120 keVでも原子分解能観察が実施出来るようにレンズ調整を行い、ダメージの少ない顕微鏡法の技術開発も合わせて行った。収差補正度を判定する方法の1つにRonchigramによる計測がある。入射電子線の位相が揃った領域が広いほど優れた性能を示すが、図3.1-2-5（c）に示すように新規に導入した装置により収束角（ $\alpha$ ）が従来の2倍以上である70 mrad（300 keV）の領域まで広がっていることが確認でき、当初の技術開発目標を達成した。大収束角を利用することにより、本技術開発目標である深さ分解能の向上に加え、面内の分解能も向上することが期待される。そこで窒化ガリウムの[212]入射方向から環状暗視野法を用いた観察を行い、図3.1-2-5（d）に示すように40.5pmの空間分解能を達成した。これは従来報告されていた44pmから大幅に改善され2018年度で世界最高の分解能であり、日本経済新聞にも報道された。

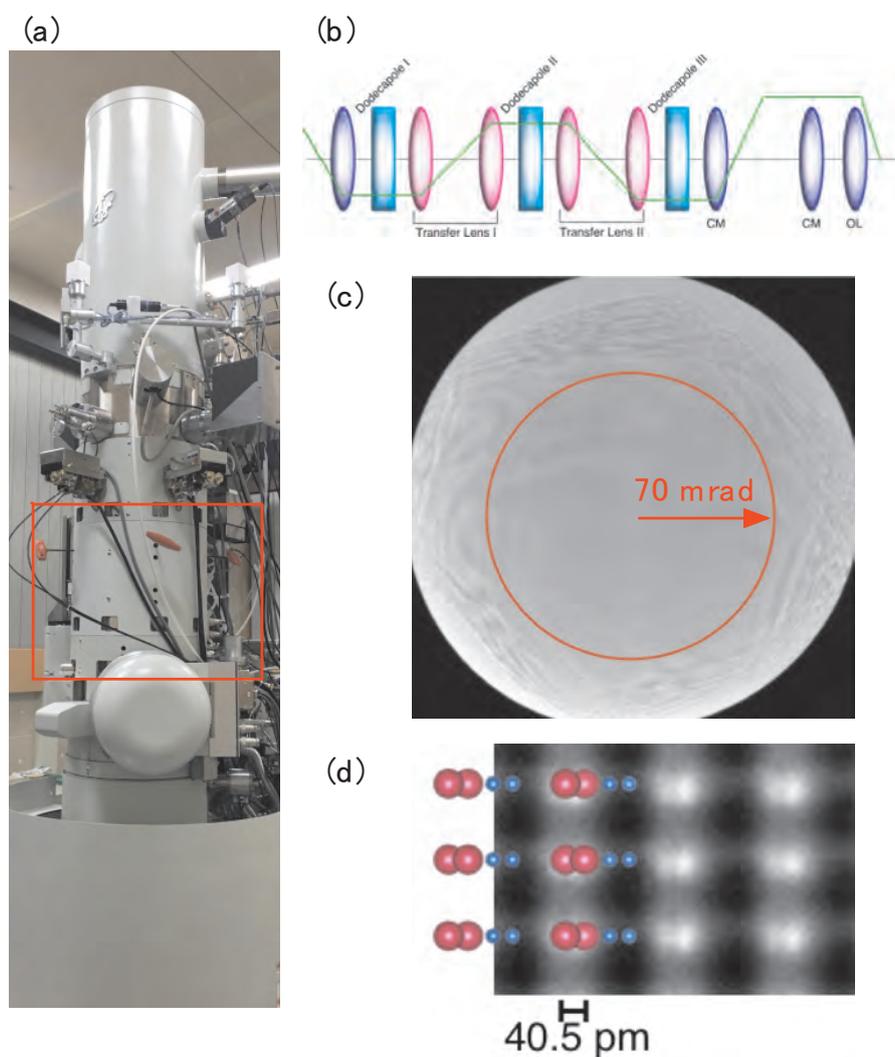


図 3.1-2-5 導入した透過電子顕微鏡

## (2) 目標2 (表 3.1-1-1 参照) に関する成果

放射光解析技術において、車載用電池にて使用される環境と使用条件によって金属リチウムが負極上に析出する「リチウム電析」(以下電析と呼ぶ) 事象が発生する。この事象は電池性能を損ない信頼性を低下させる可能性があるため、電析をさせない電池マネジメントや電池仕様開発が求められる。これまでの解体解析により電析が発生しやすい電池内の部位があることが分かっており電池内の活物質の反応分布が電析の原因になっていると推定されるが、詳細なメカニズムは解明されていない。そこで、電析メカニズムの解明のためには動作中の電池を非破壊で解析できる operando 測定手法が有効な手段となる。まずは、これらの解決に向け、高エネルギービームライン (BL04B2) での実電池 operando XRD 測定手法を確立するため、ダブルスリットによる共焦点光学系を通して0次元 CdTe 検出器で手法の確立を目指した。実電池面内の幅 24 mm 高さ 29 mm の領域に 72 点の測定点を設定し、各点を巡回しながら operando XRD 測定を行った。Li (110) ピークの強度から求めた金属リチウム量の面内分布を図 3.1-2-6(a) に示す。観測領域の下辺付近(捲回体の湾曲部に相当) に金属リチウムが偏在しており特に左下隅に集中していることが分かった。また、活物質の 101 と 006 の回折角から求めた同じセルの正極 SOC の面内分布 (図 3.1-2-6(b)) から、観測領域において SOC は上下限で 30%以上偏っていることが分かり、リチウム電析と正極 SOC との間に相関があることが分かった。本技術は、リチウムを利用するコンバージョン電池、硫化物電池の負極解析への適用が可能である。

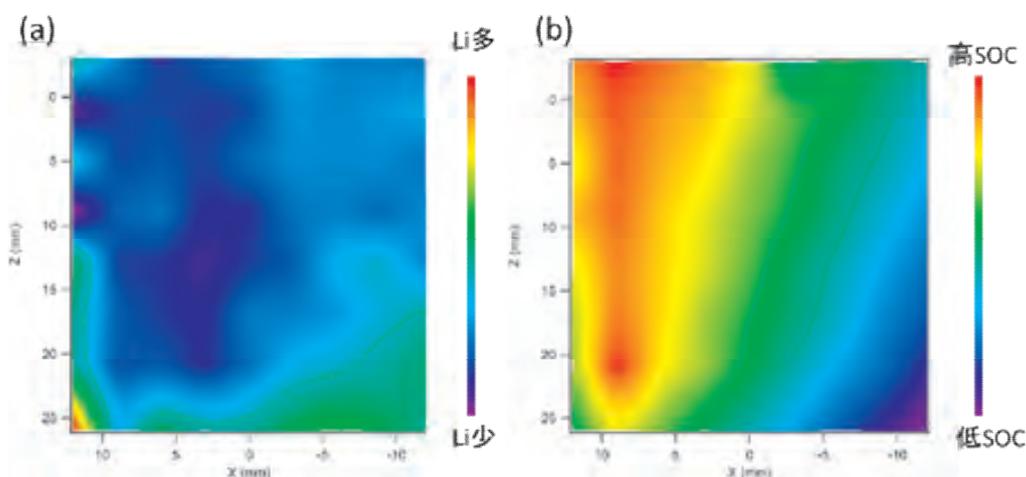


図 3.1-2-6 LIB における X 線回折によるリチウム電析定量化結果

中性子高度解析技術においては、ハロゲン化物電池の活物質である  $\gamma$ -PbSnF<sub>4</sub> の回折データから、 $S(Q)$  および  $g(r)$  データを求め、RMC モデリングにより、F イオン、Pb、Sn および空孔分布について可視化した (図 3.1-2-7)。前述した結晶構造解析 (リートベルト解析) では、原子位置を平均的な描像 (平均構造) として取り扱っているため、局所的な乱れ (ランダム構造) を可視化することは難しい。しかしながら、今回開発したランダム系構造解析技術を用いることで、実際には F イオンの分布が乱れていることを示すことができた。

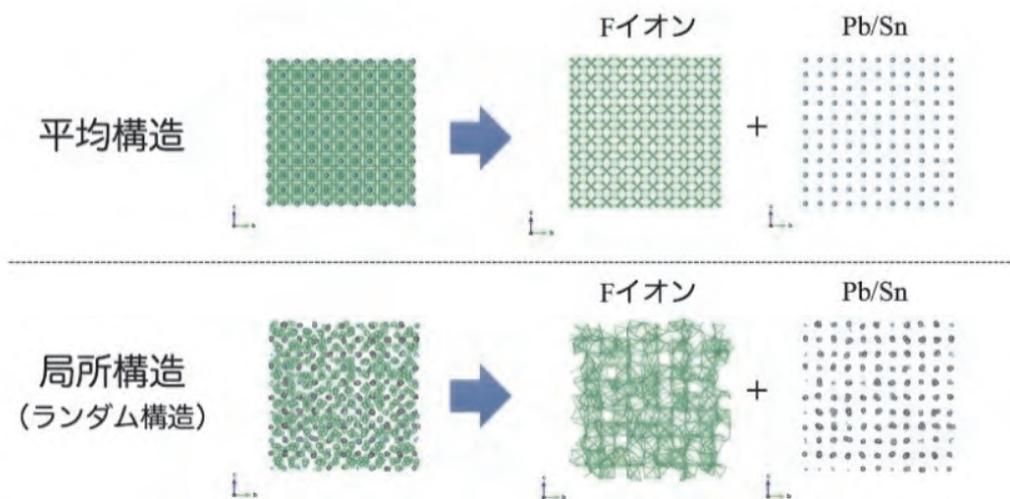


図 3.1-2-7 中性子回折と RMC モデリングによる  $\gamma$ -PbSnF<sub>4</sub> の構造解析結果

核磁気共鳴高度解析技術においては、ハロゲン化物電池の活物質であるタイソナイト型構造の LaF<sub>3</sub> の NMR スペクトルを図 3.1-2-8 に示す。常磁性種を含まないことから、サイドバンドパターンを示さず、3つのフッ素サイトが明確に分離観測される。これらの信号 F1~F3 は量子化学計算から帰属することができている。このように3サイトで分離した NMR ピークが観測されることから、LaF<sub>3</sub> の F1~F3 は交換運動を行っていないと考えられ、交換しているとしても交換速度は 5 kHz (化学シフト差) より充分遅いことが分かる。従ってフッ素の拡散は同じサイト間で行われていることが明確に示された。

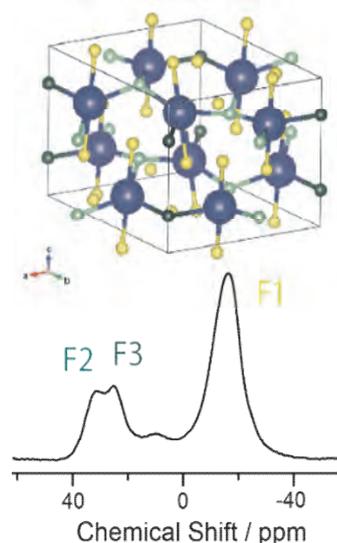


図 3.1-2-8 NMR による LaF<sub>3</sub> の結晶構造の解析結果

電子顕微鏡測定技術開発において、図 3.1-2-9 に示すように、水系空気電池の負極である亜鉛の析出過程のその場 TEM 観察を実施した。それぞれ電圧印加から 1、2、4、6 秒後の同一視野像である。像中下部の暗い領域が Pt 電極に相当し、視野全体が電解液中に浸漬された状態にある。図中矢印で示す部分がデンドライト核に相当する微結晶で、時間が経つにつれ徐々に数が増え、かつ各核が成長して樹状に伸びる様子が捉えられている。また核形成と同時に電極表面での層状の析出も観察された(図 3.1-2-9 の 1、2 秒後)。この後、印加電圧の極性を反転すると、電極上に析出した亜鉛の溶出過程も観察された。さらに析出/溶解のサイクルを繰り返したところ、デンドライト核が発生する場所は毎回ほぼ同一であることが判明した。

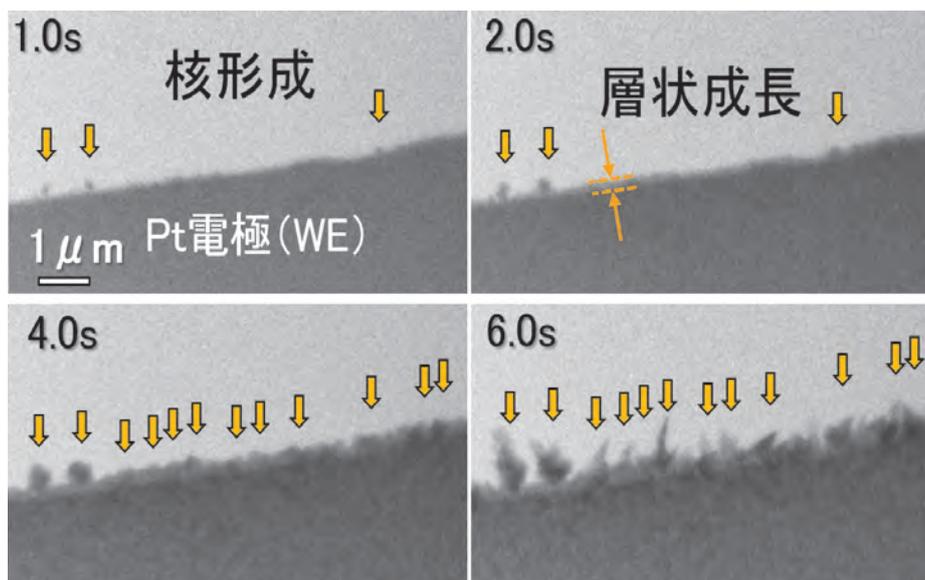


図 3.1-2-9 電解液中での亜鉛 dendrait 成長のその場 TEM 観察像

### 3. 2 革新型蓄電池開発

#### 3. 2-1 研究開発成果のまとめ

成果まとめ及び中間目標に対する達成状況について下表に示す。目標を大幅達成している項目もあるが、それは300Wh/kgという数値を、最終目標に示される5Ahを超える容量のセルで達成したためである。

表 3.2-1-1 革新型蓄電池の成果まとめ

中間目標	成果と達成度	ハロゲン化物電池	水系空気電池	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 100 Wh/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示してきた。この成果は、今後の新しい電池開発につながる大きな発見である。</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、6 Ah級セルにおいて 319 Wh/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した。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、8 Ah級セルにおいて 314 Wh/kg を達成。</p> <p>VS<sub>4</sub> 活物質の非晶質化が耐久性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

### 3. 2-2 研究開発成果の一例

#### (1) ハロゲン化物電池について

ハロゲン化物電池は金属ハロゲン化物(金属フッ化物、金属塩化物他)を活物質として利用し、塩化物イオン、フッ化物イオンをキャリアーとする電池である。層状活物質を利用する従来のリチウムイオン電池と比較して、理論容量は遥かに高く高エネルギー密度型電池として期待されている。一方で、金属ハロゲン化物はイオン導電性が乏しい等の技術課題が存在する。

本事業(RISING2)の前身であるRISING事業においては、薄膜型電極および電池による評価を進めた。結果として、銅正極において充放電挙動を確認するという成果を得た。しかしながら、実セルの構築、その大型化等、実用化を視野にいたした場合、薄膜型電極での取組には困難がともなう。それを踏まえ本事業においては、活物質及び導電助剤等を圧粉することにより電極を作製することを試みた(圧粉型電極)。研究開発の結果、フッ化銅にイオン導電性を付与することに成功した(詳細は後述)。その銅正極を初めとする材料を用いて、圧粉型電極を作製することに成功し、その電極を利用したコイン電池を構築した。図3.2-2-1に実セルの外観写真を示す。結果として、世界トップレベルとなる性能を実証することができた(図3.2-2-2)。ただし、コイン電池において100 Wh/kgとエネルギー密度の目標は未達である。追加公募により増強した研究体制をもって、更なる研究開発の加速を図っていく。



図 3.2-2-1 ハロゲン化物電池

実セルの外観

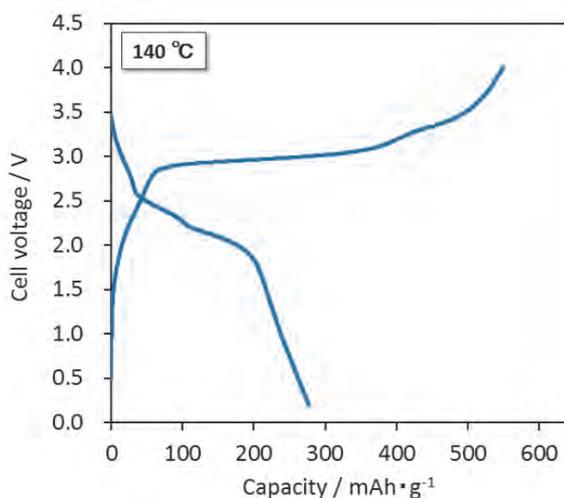


図 3.2-2-2 ハロゲン化物電池 実セルの充放電特性

今後について記載する。銅正極はフッ化されフッ化銅になると絶縁体となり、フッ化物イオン導電性を殆ど示さなかった。粒子状の活物質を利用する圧粉型電極作製を進める上で、上記課題の克服は必須であった。本事業では、フッ化銅に異種金属(フッ化物)を添加することにより、フッ化銅にイオン導電性を付与することを試みた。従来の銅正極では、充放電ともに動作開始直後から急激に過電圧が上昇し、殆ど電池容量を示さない。それに対して、異種金属を添加した場合は、過電圧が大幅に低下し電池容量を示すようになることが分かる(図3.2-2-3)。つまり、異種金属添加により銅活物質の活性を大幅に向上させることに成功した。結果として、圧粉型電極による動作実証が可能となった。ハロゲン化物電池の研究開発を進める上で、理論容量が大きい

活物質を活用することは重要となる。今回の成果は、活物質の選択範囲を広げるという意味で、大いに有意義なものである。

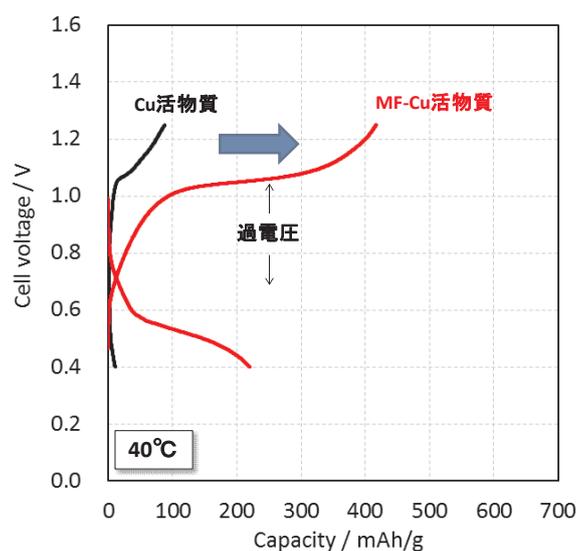


図 3.2-2-3 フッ化銅への異種金属添加効果

## (2) 水系空気電池

空気電池は、大気中の酸素を活物質として利用するため、つまり電池内の正極体積を削減できるため、高エネルギー密度型の電池として期待されている。特に水系空気電池は、非水系の空気電池とは異なり、大気中に含まれる水分の影響を受け難いため、より実用化に適した電池となる。一方、電極構造等が未だ十分に最適化されておらず、期待されるほど実セルのエネルギー密度が高まっていない等、の技術課題がある。

本事業の中間目標であるエネルギー密度 300 Wh/kg 実現が可能となる亜鉛-空気電池のセル設計を行った。また基本計画において最終目標（2020 年度）の実セル容量が 5 Ah 級とされているため、中間評価段階でも 5 Ah 以上の容量を持つセルを開発することを目標とした。

実セル構造は扁平角形とし、亜鉛極を中心に、空気極を両面に配置する構造とした。セルサイズとしては、5~10 Ah の容量を持たせるために正負極対向部分を 5 cm×5 cm (25 cm<sup>2</sup>) とした。このセルサイズの場合、亜鉛極の単位面積当たりの容量として、200~400 mAh/cm<sup>2</sup>が必要となる。亜鉛極は酸化亜鉛を活物質とし、短絡防止のため袋状のセパレータで包み込む構造とした。空気極はガス拡散層と触媒層を一体化した 2 層構造の空気極とした。ガス拡散層側に集電体のニッケル網を圧着した。試験セルは各空気極の外気側を端板（アクリル製、厚み 20 mm）で両側から押さえる構造のセルを組み立てた。図 3.2-2-4 に亜鉛-空気電池実セルの外観写真を示す。

上記の実セルについて、組み立て、性能評価を繰り返して構成の最適化を行った。図 3.2-2-5 に亜鉛-空気電池実セルの充放電曲線の一例を示す。放電容量 8.53 Ah、平均放電電圧 1.09 V、重量エネルギー密度 311 Wh/kg が得られ、エネルギー密度に関しては中間評価の目標値を達成した。また、セルサイズについては最終目標に示される 5Ah を、現時点において超えることができている。

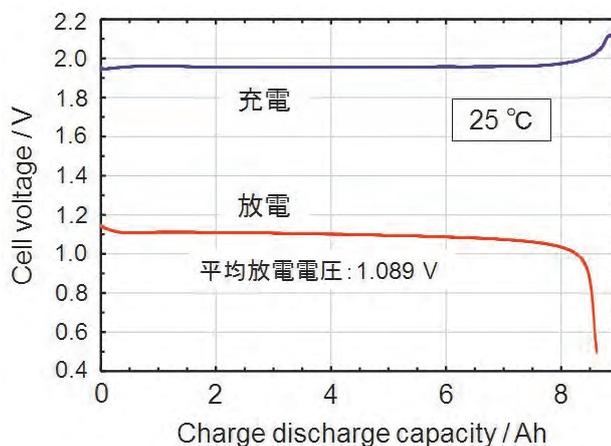


図 3.2-2-4 亜鉛-空気電池  
実セルの充放電曲線

図 3.2-2-5 亜鉛-空気電池 実セルの充放電曲線

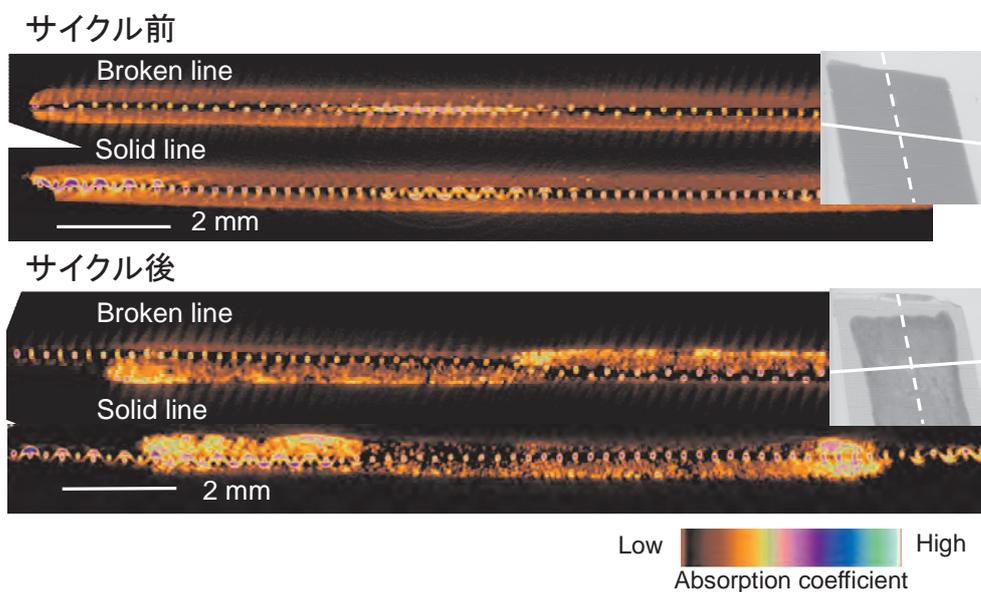


図 3.2-2-6 亜鉛負極断面の X 線 CT による観察結果

今後について記載する。電池の耐久性向上に対して、亜鉛負極のサイクル特性向上が重要となる。具体的には、電池または電極内における亜鉛金属、または亜鉛酸化物の分布状態を詳細に解明することが必要である。そこで、高度解析技術グループと連携し、亜鉛負極断面の X 線 CT 観察技術を確立した。タンダステン管球 X 線源を用いた X 線 CT 断面像により、電極端周辺および電極

表面において X 線吸収係数が比較的高い物質の偏析が観察された (図 3.2-2-6)。これは亜鉛金属の偏析によるものと考えられる。従って劣化後において亜鉛金属が酸化亜鉛電極表面に緻密化し、放電反応においても酸化亜鉛パッシベーションにより完全放電出来ないことが示された。

### (3) コンバージョン電池

コンバージョン電池では、正極活物質の構造自体が変化するコンバージョン領域まで充放電をおこなう。結果、層状活物質の層間にリチウムイオンを挿入・脱離させる従来のリチウムイオン電池より高い理論容量を得ることが可能となる。一方、正極活物質である  $\text{FeF}_3$  の過電圧が大きい、コンバージョン領域まで反応した活物質が元に戻らない、つまり反応可逆性が悪い 等の課題があった。

エネルギー密度向上に向けて、本事業では、活物質の非晶質化による過電圧低減に取り組んだ。具体的には、 $\text{FeF}_3$  へバナジン酸ガラスを添加することにより非晶質化に成功し、活物質レベルでの大幅な過電圧低減を確認した (図 3.2-2-8 中 小図)。それらの活物質を利用して負極とも適合する電解液や部材の選択によりラミネート型実セルを構築した。図 3.2-2-7 に実セルの外観写真を示す。結果として、6 Ah 級セルにおいて 319 Wh/kg のエネルギー密度が得られ、中間目標を達成することができた (図 3.2-2-8)。また、セルサイズについては最終目標に示される 5Ah を、現時点において超えることができている。



図 3.2-2-7 コンバージョン電池 実セルの外観

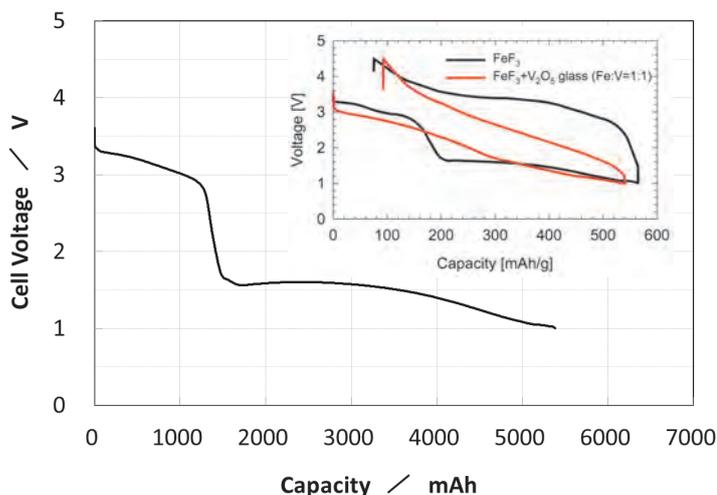


図 3.2-2-8  $\text{FeF}_3$  へのガラス添加効果、およびコンバージョン電池の実セル放電結果

従来の結晶体である  $\text{FeF}_3$  正極活物質では、耐久性が低いことが大きな課題となっていた。コンバージョン反応を経ると、結晶構造が元に戻らなくなる、つまり不可逆反応の発生が課題と考えられた。そこで上記  $\text{FeF}_3$  へのバナジン酸ガラス添加による非晶質化で同時に改善を試みた。結果、従来の  $\text{FeF}_3$  では結晶粒界が明確に観察されるのに対して、バナジン酸ガラスを添加することより

完全な非晶質体が得られたことを、透過電子顕微鏡にて確認した（図 3.2-2-9）。電池へ適用することにより、この活物質がエネルギー密度のみならず耐久性の向上にも寄与することを確認している。

今後について記載する。車載用電池として各種性能のバランスのとれた高エネルギー密度電池の構築のため、上記のガラスとの複合化に加え、電極構造の改善と全電池反応の把握による特性改善を進める。

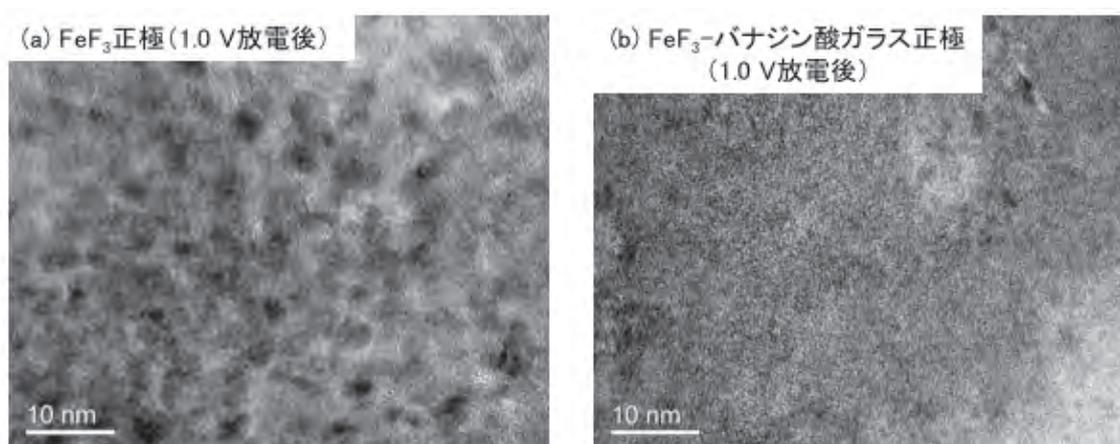


図 3.2-2-9 FeF<sub>3</sub>活物質の TEM 観察結果

#### (4) 硫化物電池

硫黄原子に多数のリチウムを結合させる硫化物電池は、高エネルギー密度電池として期待されている。一方、電極から硫黄が離脱するという大きな課題があり、本事業では金属多硫化物というアプローチで克服するべく研究開発を進めている。

エネルギー密度向上に向けて、正極活物質である VS<sub>4</sub> の過電圧が大きいことが課題となっていた。そこで、メカノケミカル処理により正極活物質である VS<sub>4</sub> の低結晶化を試みた。結果として、低結晶性とすることにより、初期充放電特性の向上が認められた。すなわち、初期放電時において、いずれの活物質を用いたセルもおよそ 950 mAh g<sup>-1</sup> の放電容量を示すものの、低結晶性 VS<sub>4</sub> を正極として用いた場合、放電曲線のプラトーの電位がおよそ 0.1 V 向上した。容量増加および過電圧低下を確認した（図 3.2-2-11 中 小図）。この活物質を利用して、負極とも適合する電解液や部材の選択によりラミネート型実セルを構築した。外観を図 3.2-2-10 に示す。結果として、8 Ah セルにおいて 314 Wh/kg のエネルギー密度が得られ、中間目標を達成することができた（図 3.2-2-11）。また、セルサイズについては最終目標に示される 5 Ah を、現時点において超えることができている。



図 3.2-2-10 硫化物電池  
実セルの外観

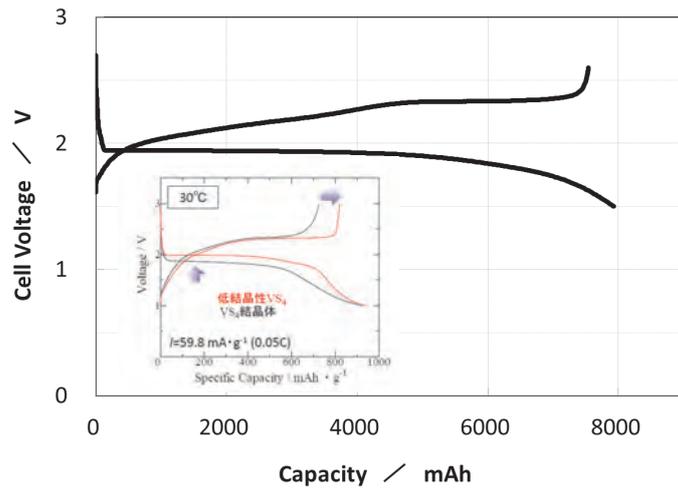


図 3.2-2-11 VS<sub>4</sub>低結晶化の効果、および硫化物電池の  
実セル充放電結果

金属多硫化物正極をもってしても、電解液への硫黄抑制は不十分であった。そこで本事業では皮膜による表面保護を試みた。TiO<sub>x</sub>を選定し、皮膜形成に取り組んだ。得られた Li<sub>8</sub>FeS<sub>5</sub>-TiO<sub>x</sub>については TEM 観察により被覆の状態を調べた。図 3.3-2-12 に示す通り、TEM 観察からは数百 nm ~ 数 μm の粒子が観察され、粒子はコントラストが異なるコア部分とシェル部分から構成されることが分かった。EDX 分析からは、Fe と S は粒子内に比較的均一に分布し、Ti は主に粒子表面に存在することが分かった。また O も検出され、Ti と類似の分布を示したことから、活物質 Li<sub>8</sub>FeS<sub>5</sub> のコア部分を覆うように Ti を含有する酸化物のシェルが存在することが明らかとなった。電池へ適用することにより、この活物質が耐久性向上に寄与することを確認している。

今後について記載する。500 Wh/kg のエネルギー密度を有し、車載用電池としてバランスのとれた性能を示す電池の構築のため、電極材料の高度化、電極構造の改善と全電池反応の把握による特性改善を進める。

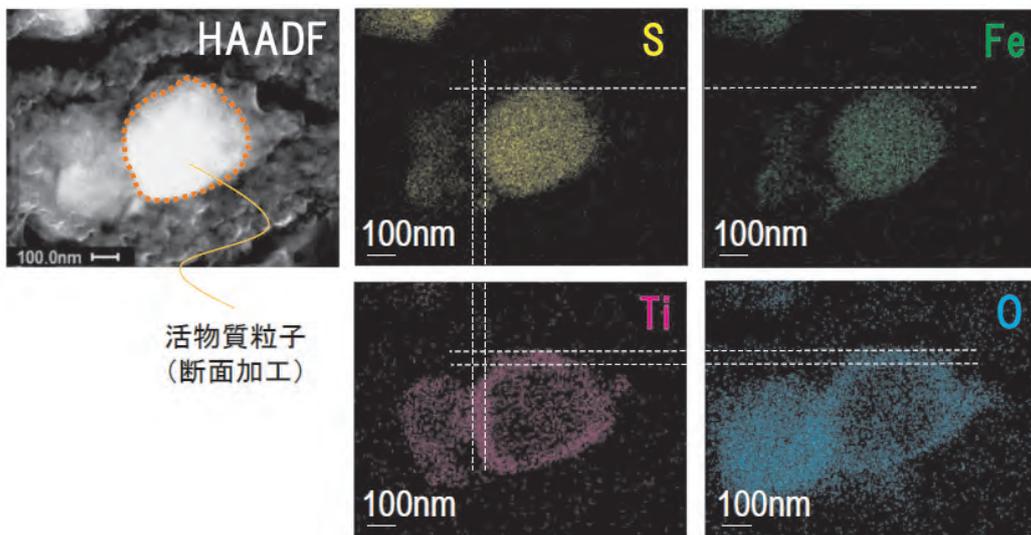


図 3.2-2-12 TiO<sub>x</sub>皮膜を有する金属多硫化物の TEM 観察結果

### 3. 3 成果の普及

#### 3. 3-1 特許出願および対外発表

表 3.3-1-1 に成果まとめを示す。特許出願及び論文発表については、今後更なる加速が求められる。なお、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、今後外国出願予定である。

表 3.3-1-1 特許出願および対外発表の成果まとめ

		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

#### 3. 3-2 対外情報発信

本事業の情報発信の取組みとして、図 3.3-2-1、図 3.3-2-2 に示すようにパンフレット作成およびホームページ開設を行った。特にパンフレットについては、後述する「ナショナルプロジェクト合同セッション」においても配布し、国内の電池関係者に本事業の活動を理解頂くようにした。



図 3.3-2-1 本事業のパンフレット



図 3.3-2-2 本事業のホームページ

また、文部科学省、JST と連携して、第 58 回電池討論会との共催にて「ナショナルプロジェクト合同セッション」を開催した。

電池討論会は国内における最大規模の電池関連学会である。セッション当日は 800 名もの電池研究者・技術者に聴講頂き、大変盛況であった。これにより、多くの方々に RISING2 事業の成果を紹介し、国内における本事業の存在感を高めることに成功した。また、各ナショナルプロジェクト間の連携についても紹介することもできた。当日の会場の様子を図 3.3-2-3 に示す。



図 3.3-2-3 合同セッションにおける会場の様子

さらに、「International RISING2 Symposium 2018 “Key Prospects in the Next Generation Batteries”」と題した国際シンポジウムを 2018 年 6 月 23 日に京都大学・吉田キャンパスにおいて開催した。RISING2 の成果をアピールするとともに、海外より招聘した著名な研究者よりトップエンドの研究をご紹介頂いた（表 3.3-2-1）。結果として、国内外のトップレベルの研究情報を共有できたのみならず、世界のトップレベルの研究者に対して、本事業の存在感をアピールすることができた。当日の会場の様子を図 3.3-2-4 に示す。

表 3.3-2-1 国際シンポジウム 招待講演者（アルファベット順）

御名前	御所属	
Prof. Dominique Guyomard	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



図 3.3-2-4 国際シンポジウムにおける会場の様子

## 第4章 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

本事業における成果の実用化定義は以下のように定めた。

### 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。

### 4. 1 実用化に向けた戦略

基本的な戦略は次のとおりとしている。

#### 革新型蓄電池

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。

#### 高度解析技術

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。

次に、実用的なEVが市販されると考えられる2030年頃に、本事業で開発された基盤技術を企業が利活用し、2030年頃にEVに搭載するための研究開発に移行する場合の開発シナリオとロードマップを図4.1-1に示す。

まず、第1のシナリオ（シナリオ1）であるが、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することが考えられる。本シナリオでは、本事業の成果を活用して、2021年より量産プロトタイプセルの開発を中心に進め、2025年頃にはモジュール・システム開発へ移行し、2030年以降には車載評価、量産へと移行することになる。また、これらと並行して、解析技術の高度化、試験評価法の開発、国際標準化・基準化等も進めていくことになる。

次に、第2のシナリオ（シナリオ2）であるが、期待どおりの性能ポテンシャルが引き出せていない蓄電池タイプについては、引き続き、産学連携の開発体制で、材料改良と実証セルの開発ステージを継続することが考えられる。ただし、この場合もセル大型化に向けた検討を含める必要があり、開発体制への材料メーカーの取込みが必須と考えられる。このシナリオでは、2025年頃までは材料改良および実証セル開発を進め、2025年頃を目途に次のステージへの移行判断をすることになる。移行可の判断がなされた後には、シナリオ1と同様に量産プロトタイプセル開発から量産までのプロセスを進めることになる。ただし、車載評価および量産の時期をシナリオ1から遅らせないために、量産プロトタイプセル開発およびモジュール・システム開発に対して、

高度解析技術または計算シミュレーションを有効に活用し、開発期間の短縮を図る必要がある。また、上記プロセスと並行して、解析技術の高度化等を進めていく必要があることは、シナリオ1と同様である。

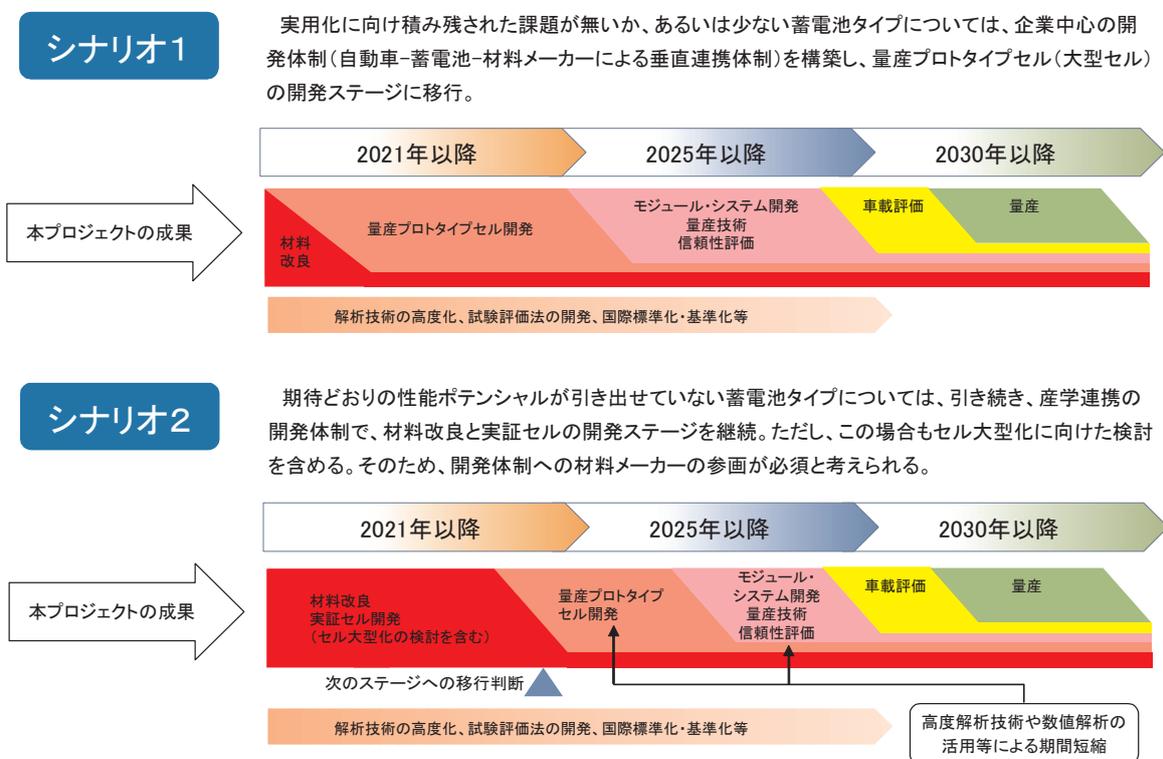


図 4.1-1 革新型蓄電池 本事業終了後の戦略

#### 4. 2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

##### 4. 2-1 革新型蓄電池の成果の実用化・事業化に取り組む者の検討

本事業における革新型蓄電池に係る成果の実用化の担い手は、本事業に参画している自動車メーカー及び蓄電池メーカーである。そのため、NEDOは図4.2-1-1に示すスケジュールに則り、本事業の成果をどのような形で移管していくのかを検討している。

具体的には、プロジェクト開始当初より、各企業のキーパーソンが出席する「拡大会議」、「企画会議」等において意見交換を行っている。また、2017年度の前半には、参画企業10社を個別に訪問して意見交換を行っている。

もし仮に、企業による実用化開発を後押しするNEDOプロジェクトが必要となる場合には、予算要求を行う1年前にはその技術戦略を策定しておく必要があることから、NEDOとしては、本中間評価の結果を踏まえた上で、今年度の後半より、参画企業10社を個別訪問して本プロジェクト終了後の展開を確認する予定である。

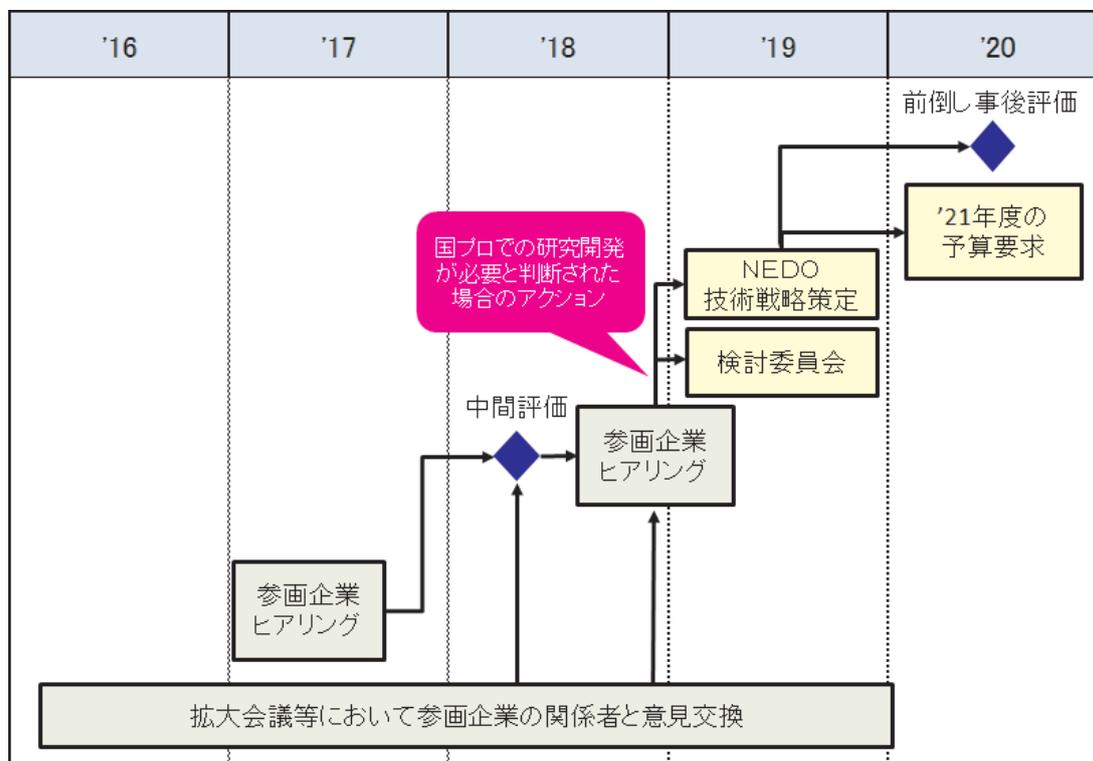


図 4.2-1-1 本事業の成果に向けたマイルストーン

##### 4. 2-2 高度解析技術の普及・定着に向けた検討の状況

本事業で開発中の解析プラットフォーム（技術・装置）は世界最高・最先端のレベルにあり、革新型蓄電池の実用化を手戻り無く進めるための強力なツールとして、企業及びその企業と連携するアカデミアによる活用が期待できる。

今後は、事業終了後における解析プラットフォームの運用体制、運営（コスト負担を含む）・情報管理のルールについて本事業の関係者で議論を深め、コンセンサスを得ることを目指す。

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入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

あくまで一例ではあるが、図 4.2-2-1 に本事業終了後におけるイメージの一例を示す。現状は解析技術の維持・管理・開発を全て公的資金で賄う方式にて進めている。それに対して、本事業終了後は、蓄電池に関わる解析技術の維持・管理・開発を、蓄電池の課題毎に受益者が負担する方式が考えられる。

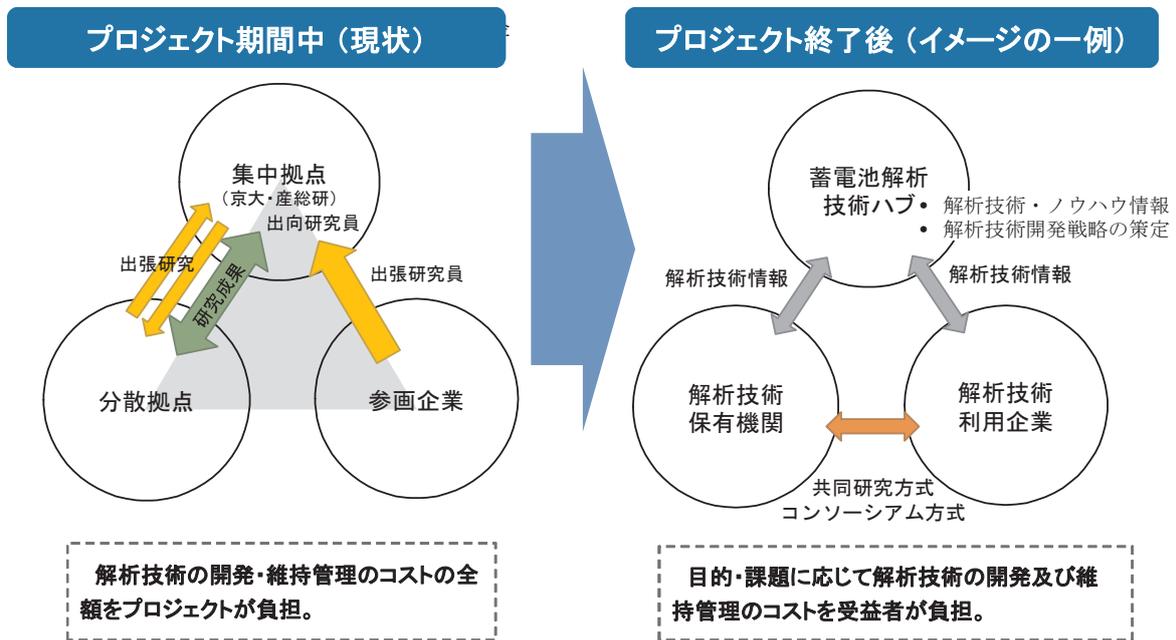


図 4.2-2-1 本事業終了後における解析プラットフォームの活用形態イメージの一例

#### 4. 3 成果の実用化の見通し

##### 4. 3-1 成果の実用化に向けた参画企業各社の見解

前述したように、NEDOは2017年度の前半にプロジェクト参画企業10社を個別に訪問し、革新型蓄電池の実用化開発への移行、または、その際の本プロジェクトの成果の移管方法等について意見交換を行った。その結果を以下に示す。

#### 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である。
- 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。

#### 各社個別の御意見

- 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。

#### 4. 3-2 波及効果

##### (1) オープンイノベーションの推進

集中拠点においては、自動車・蓄電池メーカーの出向・出張研究員が競合・売買関係等の垣根を取り払い、協働で研究開発に取り組んでいる。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。

また、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。

さらに、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。

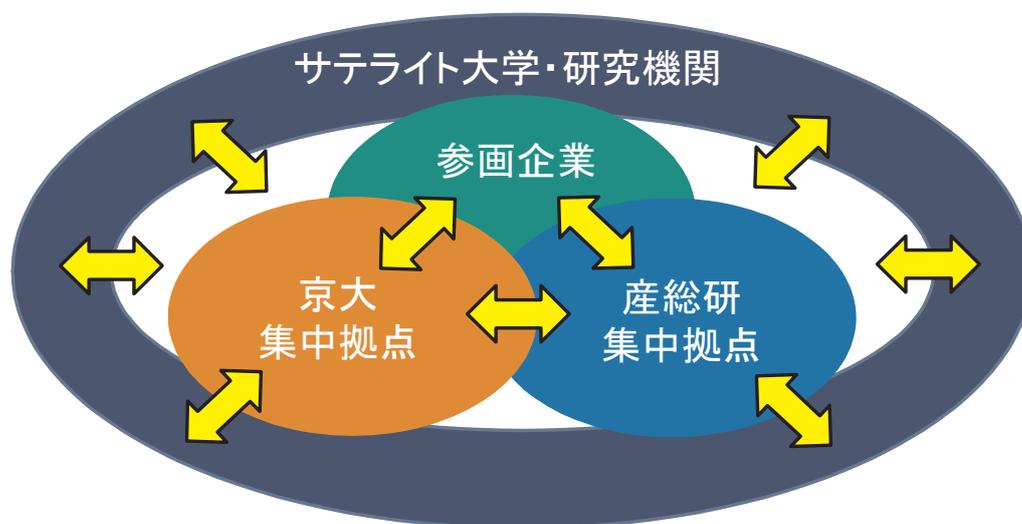


図 4.3-2-1 本事業におけるオープンイノベーションの取組み

##### (2) 人材育成

本事業では、図 4.3-2-2 に示すように、「科学者（アカデミア）とエンジニア（産業界）の交流」および「蓄電池研究者と解析技術者の交流」を実現している。この図において、大学所属研究員が上記「科学者（アカデミア）」を指し、企業からの出向研究員が「エンジニア（産業界）」を指す。

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している。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している。

また、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である。

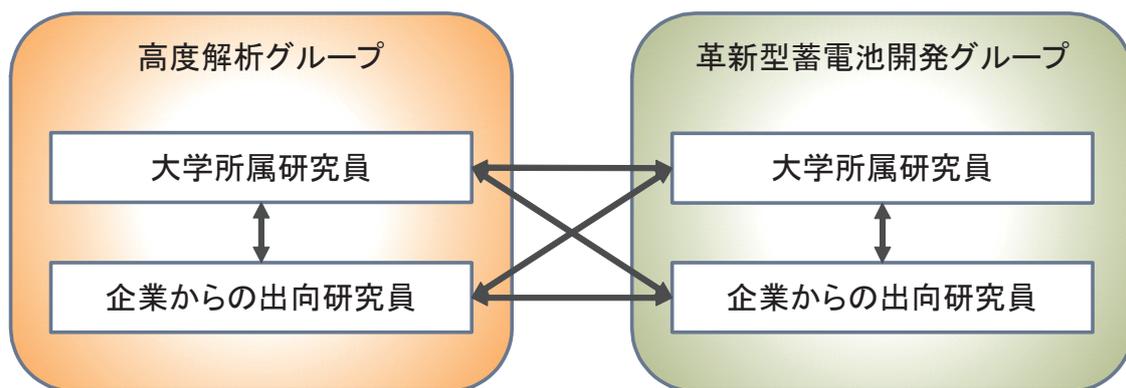


図 4.3-2-2 本事業における人材交流

### (3) 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。

図 4.3-2-3 に輸送部門と電源、それに対する蓄電池関わりを示す。具体的には、発電、再エネ（再生エネルギー）、送配電、水素、需要家の関係を示している。再エネ→送配電→需要家（ビル・工場、商店・事務所）へ至る過程では、様々な個所において蓄電池へ一旦エネルギー貯蔵を行うことが重要である（図 4.3-2-3 中 赤矢印）。これにより、効率的なエネルギー運用ひいては低炭素化の実現に貢献することができる。また、EV・PHEV および FCV の車載蓄電池は、車両運用時における低炭素化に大きく貢献する。のみならず、車載蓄電池から系統へ電力供給することにより、効率的なエネルギー運用へ貢献することもできる。

つまり、蓄電池はモビリティの電動化と再生可能エネルギーの主力電源化に向けたキーテクノロジーであり、本プロジェクトで創出される革新型蓄電池は、低炭素なエネルギーネットワークの構築に貢献する。

本プロジェクト参画企業は車載用蓄電池以外の分野でもビジネスを展開しており、本プロジェクトの成果は様々な分野の世界市場に展開することができる。

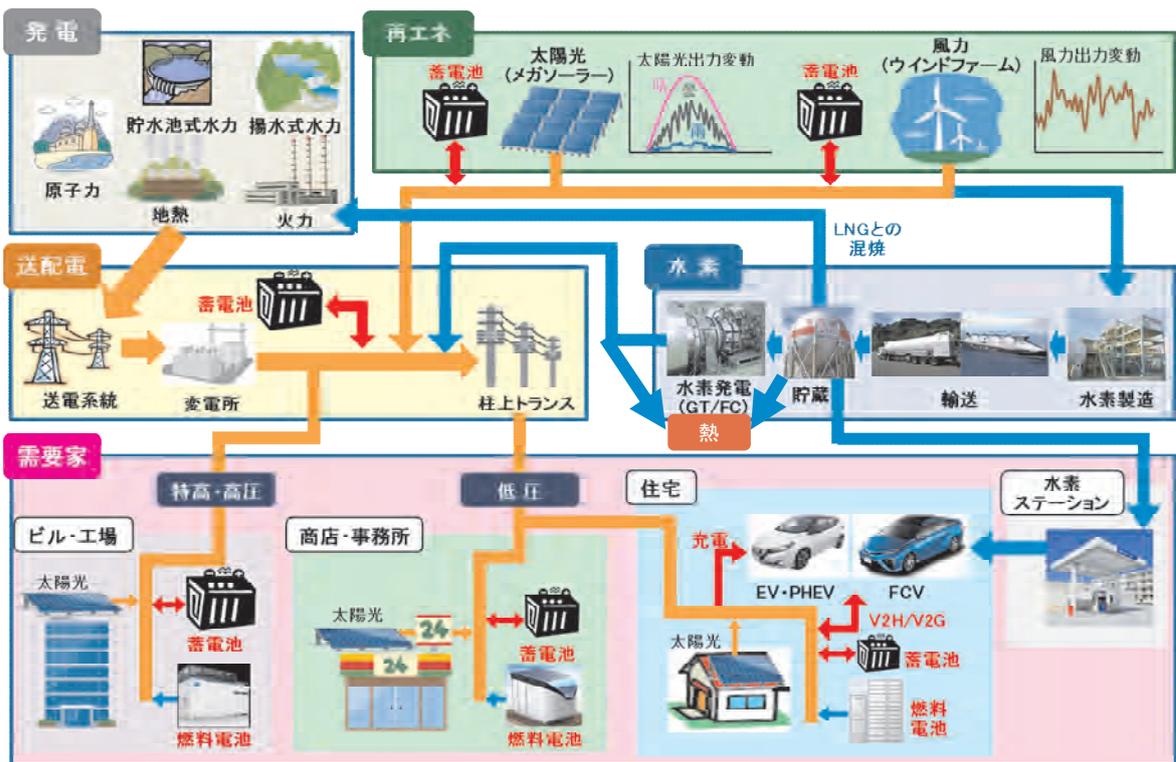


図 4.3-2-3 電源および郵送部門と蓄電池の関係図

## 2. 分科会公開資料

次ページより、プロジェクト推進部署・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

# 「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

1/57

### 発表内容

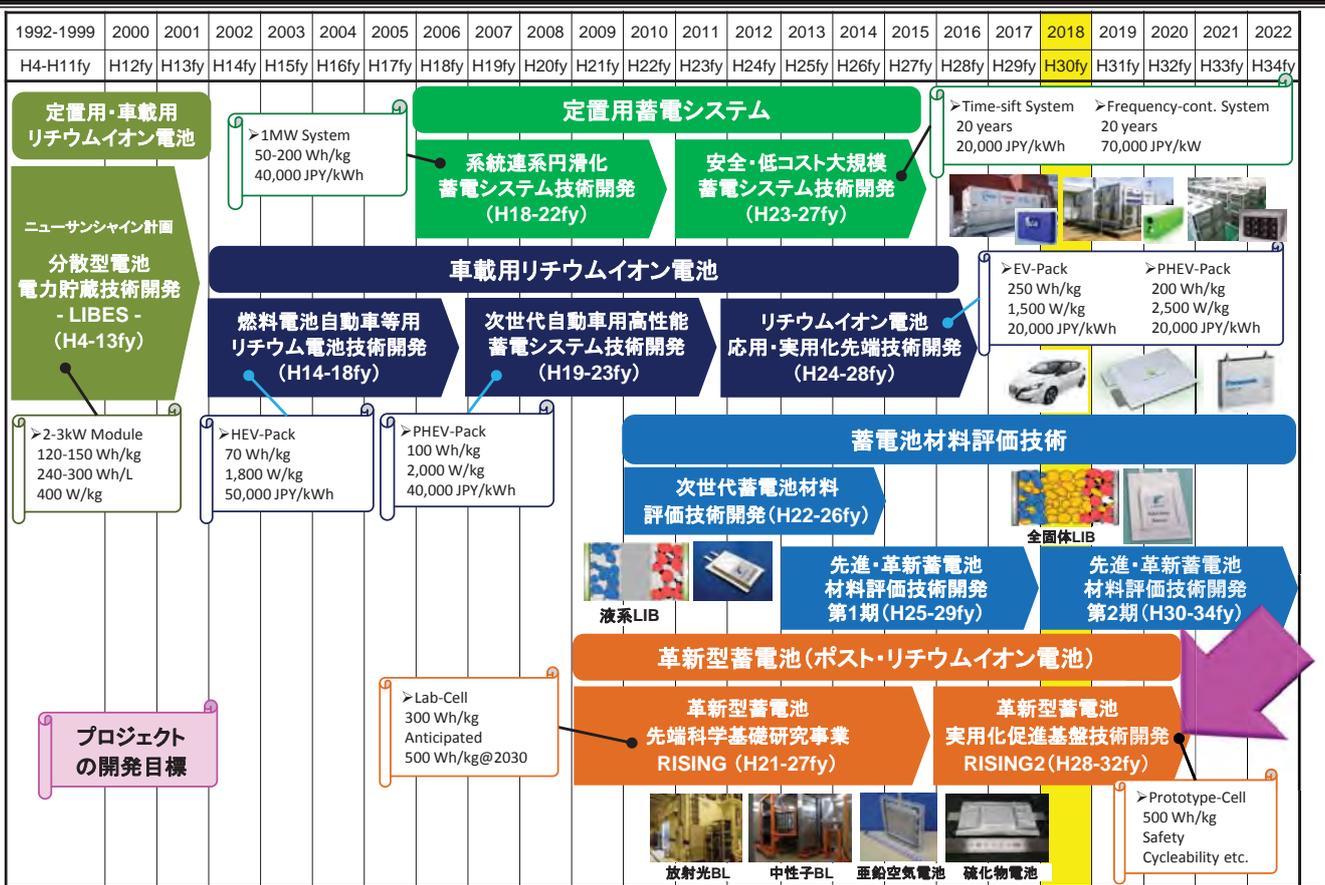
	評価軸の中項目	ポイント、内容
1. 事業の位置づけ・必要性	(1) 事業目的の妥当性 (2) NEDOの事業としての妥当性	・内外の技術動向 ・国際競争力の状況 ・エネルギー需給動向 ・市場動向及び政策動向 ・NEDOが関与する必要性 ・実施の効果
2. 研究開発マネジメント	(1) 研究開発目標の妥当性 (2) 研究開発計画の妥当性 (3) 研究開発の実施体制の妥当性 (4) 研究開発の進捗管理の妥当性 (5) 知的財産等に関する戦略の妥当性	・技術動向、市場動向を踏まえた目標設定 ・スケジュール及び研究開発費 ・実施者の技術力と事業化能力 ・進捗把握と情勢変化への対応 ・知的財産戦略
3. 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

2/57

# 1. 事業の位置づけ・必要性

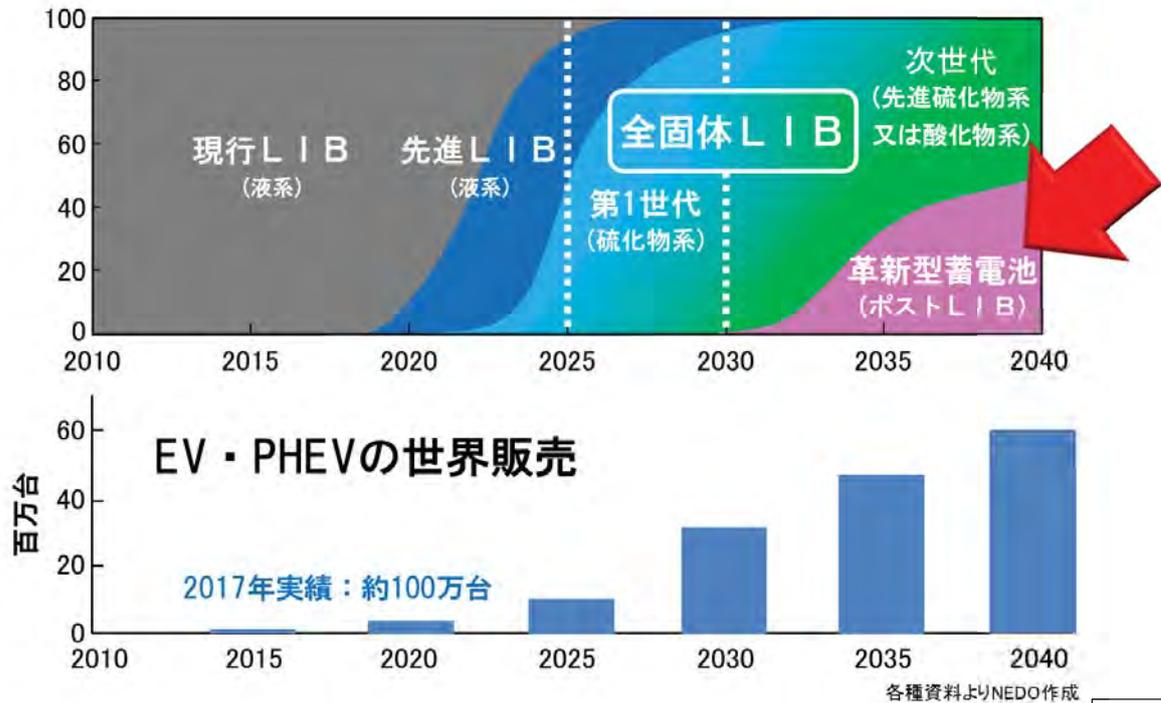
1.1 事業目的の妥当性

## NEDOの蓄電技術開発プロジェクト



## 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。



## プロジェクトの狙い

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

プロジェクトで開発している革新型蓄電池

アニオン移動型  
(京大拠点で開発)

カチオン移動型  
(産総研拠点で開発)

**ナノ界面制御 (ハロゲン化物)**

**亜鉛空気**

10x10cm cell

Air(O<sub>2</sub>)

Zinc Anode

**ナノ界面制御 (コンバージョン)**

**金属硫化物**

5x5cm multilayer laminated cell

Electrode matrix

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

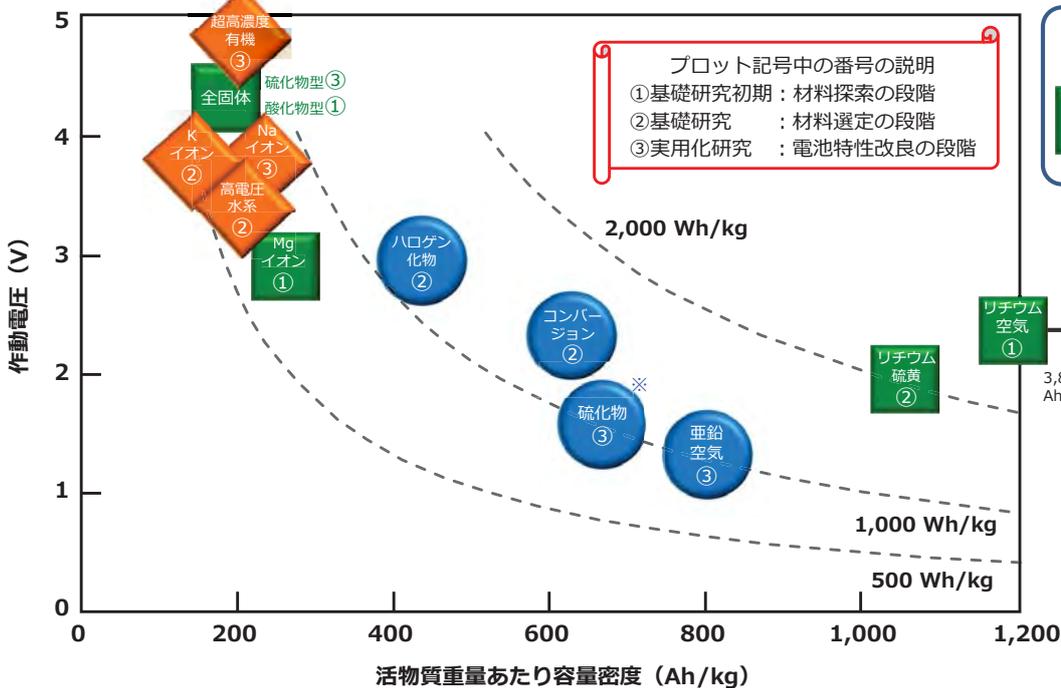
蓄電池種別 (研究フェーズ)

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

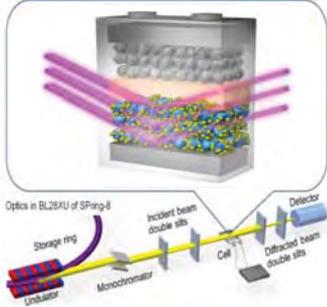
全固体LiBをEV搭載バッテリーとして2025年頃に量産化を目指した共通基盤技術を開発。

【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。

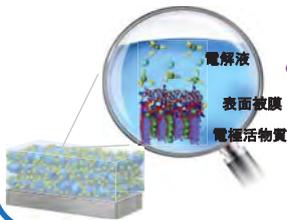
蓄電池の特性を飛躍的に向上させるメカニズム解明のため、更なる**解析技術の高度化**や**新技術の開発**を行う。

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



- 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。



## 主要国の蓄電池開発プロジェクトの状況

### ▶ 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。

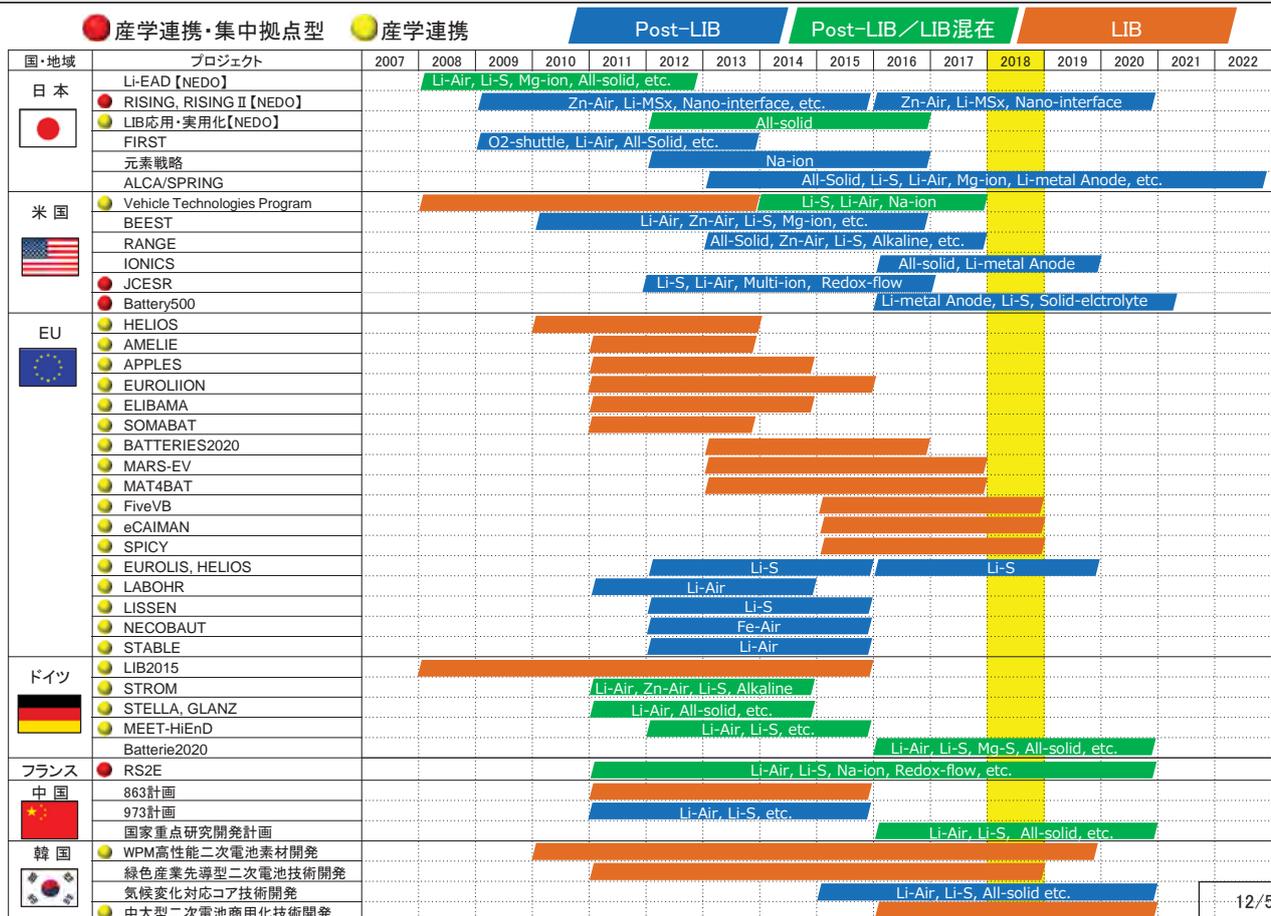
### ▶ 韓国

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



## 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

13/57

## 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)」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
リチウム硫黄電池 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
金属空気電池 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	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。

14/57

## 韓国、中国における革新型蓄電池の開発状況

### 韓国

2014年7月に策定された気候変動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 <sup>2</sup> 、さらに3年以内に350mW/cm <sup>2</sup>
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

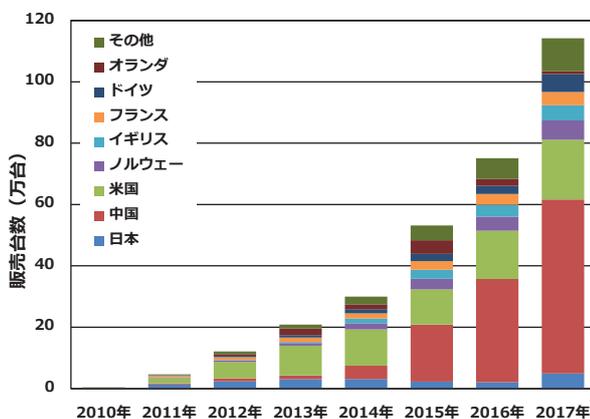


出典：中国科学院のホームページ

## 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



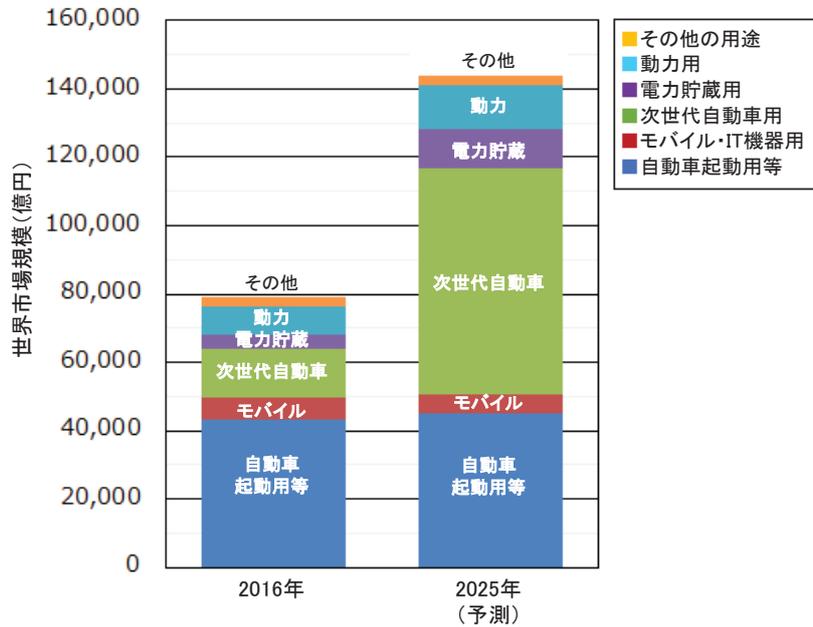
出典：「MARKLINES 自動車産業ポータル」等の台数統計データによりNEDO作成

	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。



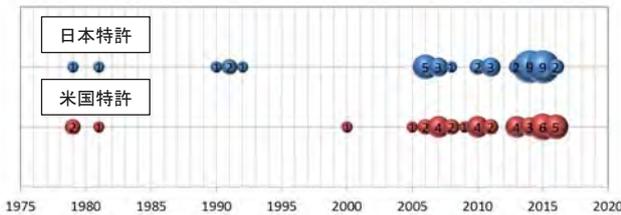
出典:「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2017」(株式会社富士経済)に基づきNEDO作成

## 革新型蓄電池の特許動向 ~アニオン移動型電池~

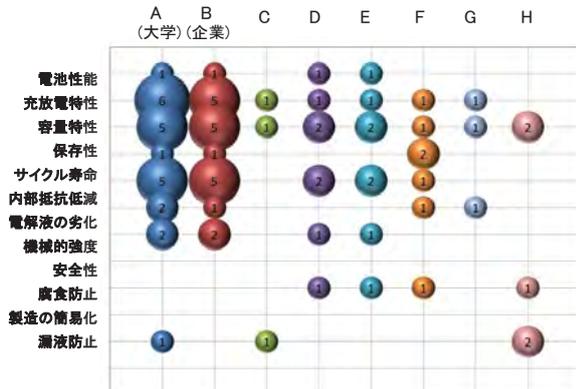
### ハロゲン化物電池関連の特許動向

- 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)



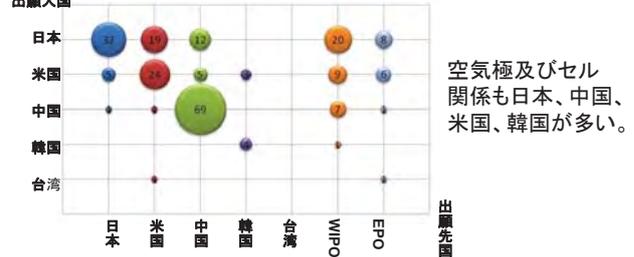
#### Fタームを活用した出願人別の出願傾向(目的・効果)



### 亜鉛空気電池(亜鉛極)関連の特許動向

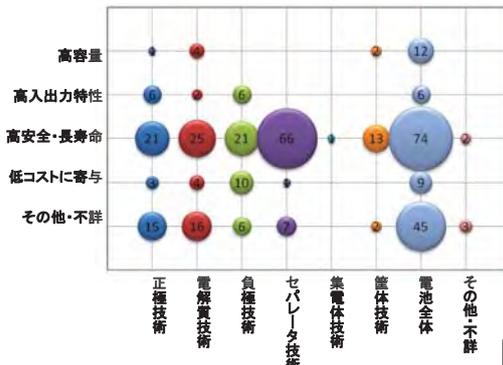
- 最近の世界出願においては、日本、中国、米国、韓国で大半を占める。
- 課題としては高安全・長寿命の分類が多く、解決手段としては、電池全体、セパレータが多い。

#### 最近3ヶ年の世界の出願動向(亜鉛極関係)



空気極及びセル関係も日本、中国、米国、韓国が多い。

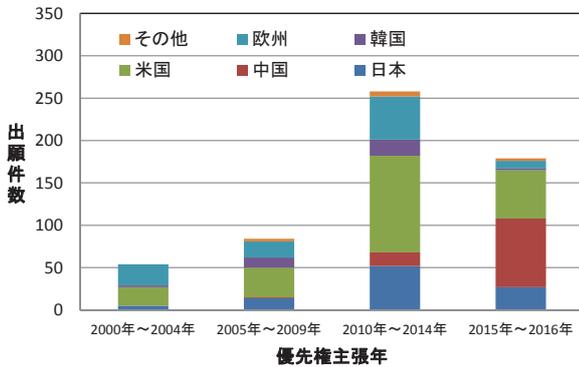
#### 課題別の解決手段



## 革新型蓄電池の特許動向 ～カチオン移動型電池～

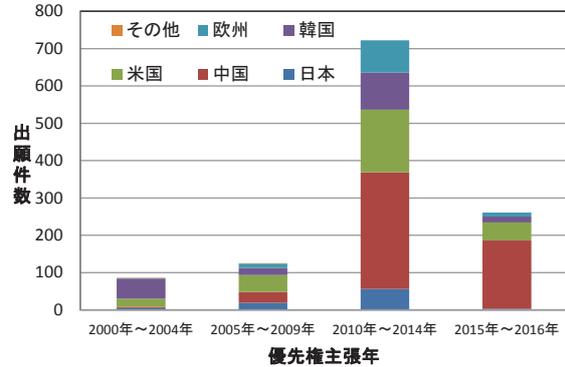
### コンバージョン電池(正極)関連の特許動向

- 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。

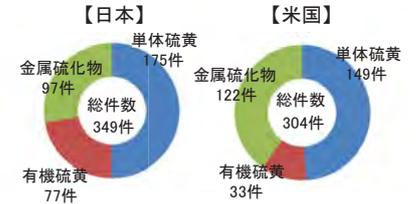


【主要出願者】  
米国Rutgers大学が29件と最も多い。次いでQuantumscape Corporation (20件)、東芝(20件)、パナソニック(10件)等。

【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。

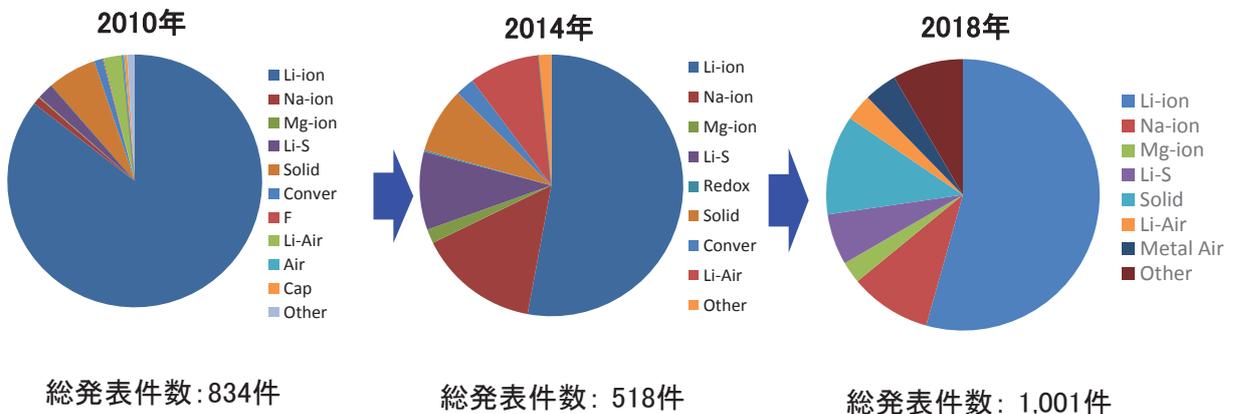


### 硫化物正極材料の種類別出願傾向



## 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割とすることを旨とし、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組み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。

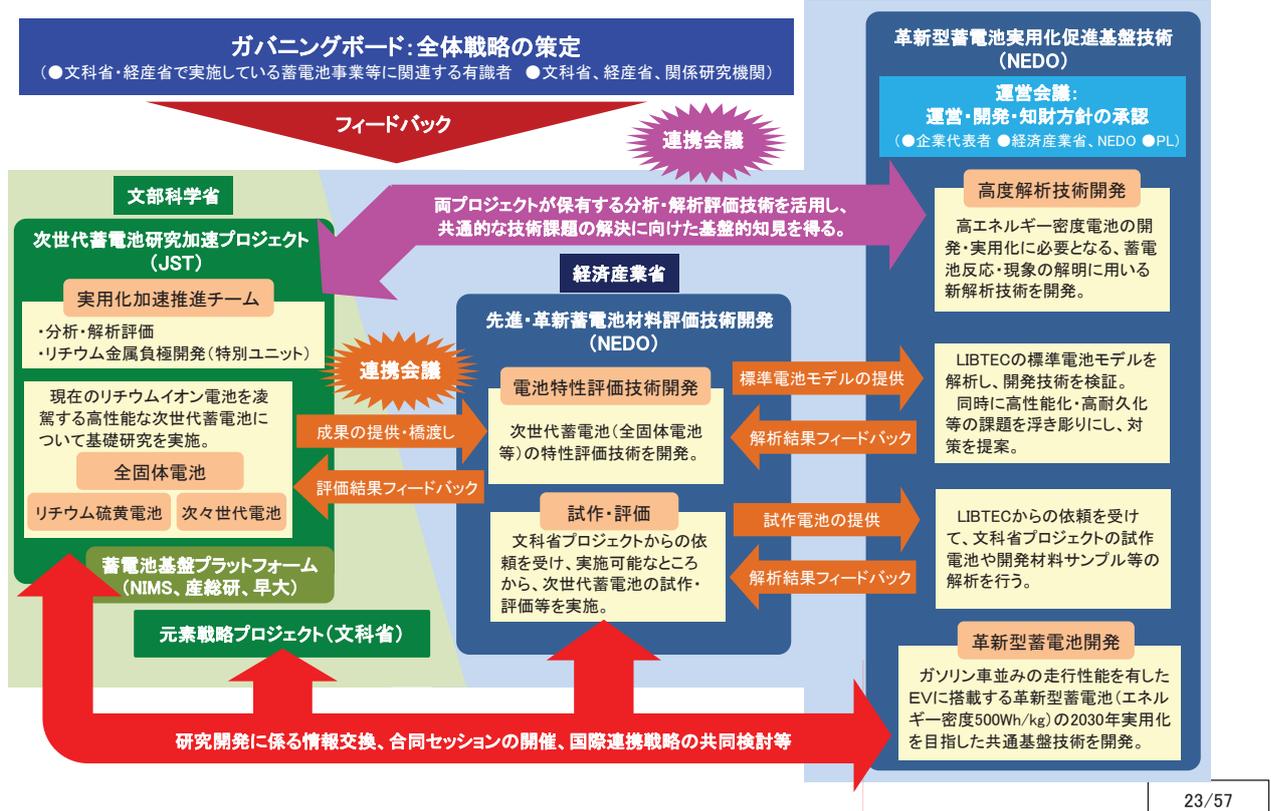
21/57

- 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。

22/57

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。



### 実施の効果

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	1%	3%
	FCV	5%	5~10%
自動車	CDV	20~50%	50~70%

## 2. 研究開発マネジメント

25/57

### 2.1 研究開発目標の妥当性

### 本事業の目標

	中間目標(2018年度末)	最終目標(2020年度末)
<b>研究開発項目①</b> 高度解析技術開発	開発中の解析技術を組み込んだ計測分析装置・設備の設置を完了する。 また、開発中の解析技術を用いて、「研究開発項目② 革新型蓄電池開発」で開発する革新型蓄電池の解析評価に着手していること。	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。 ・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 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。  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。
<b>研究開発項目②</b> 革新型蓄電池開発	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。 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。	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。 ・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°Cの動作環境温度において変質しないこと。 ・経済性: 貴金属等、高コスト元素を大量に使用しないこと。 ・安全性: 内部短絡、圧潰・過充電時の異常発熱、発火、熱暴走等に対する安全策を講じることが技術的に可能なこと。 ・充電性: 普通充電(6時間)が可能なこと。急速充電が可能なこと。

26/57

## 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
	2030年	—	400	—	250	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	—
	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)、

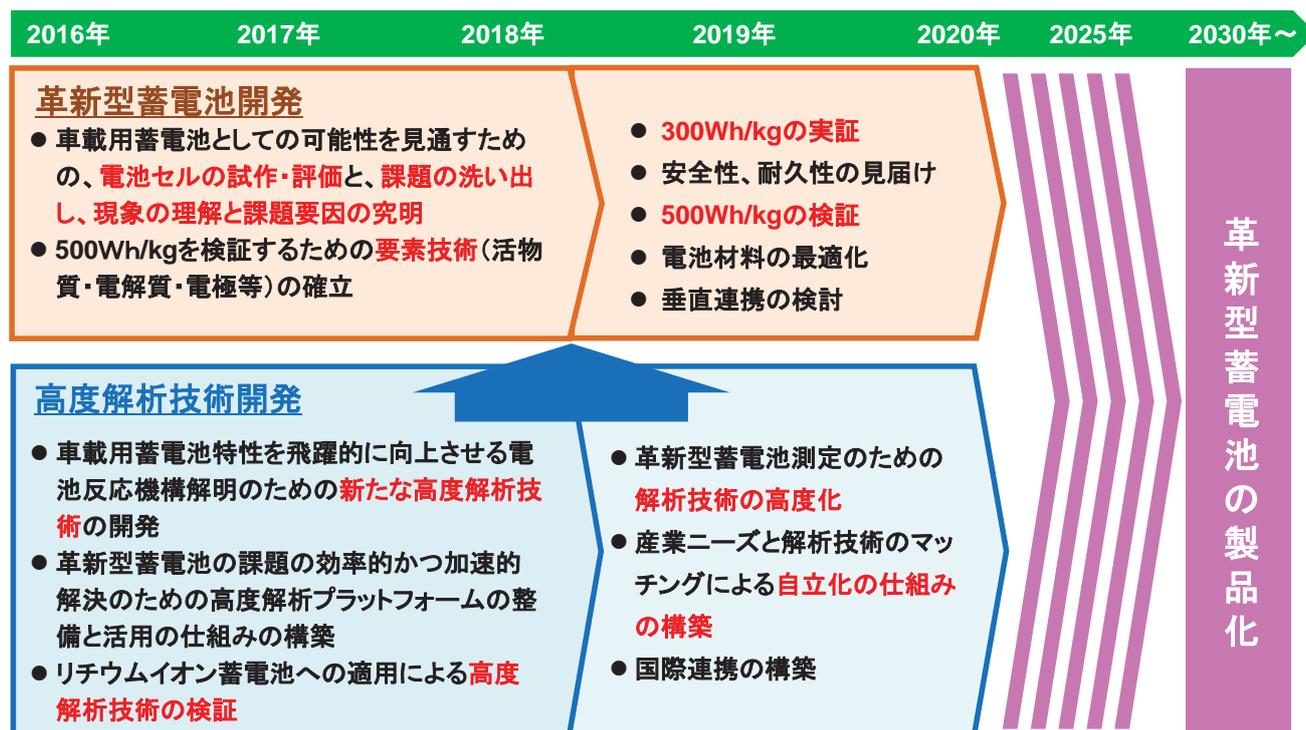
中国汽車工程学会(省エネルギー車と新エネルギー車の技術ロードマップ)

※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。

27/57

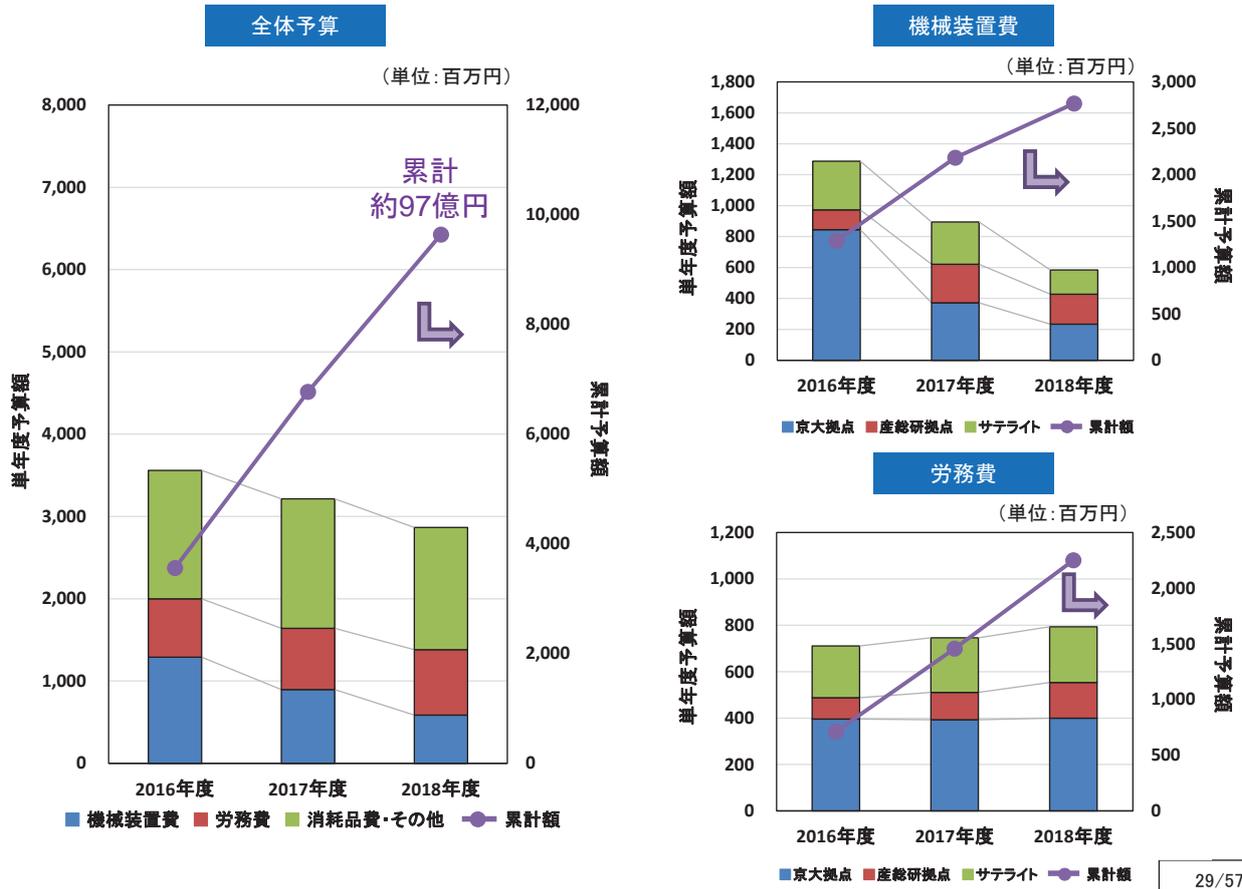
## 本事業の全体スケジュール

- 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。



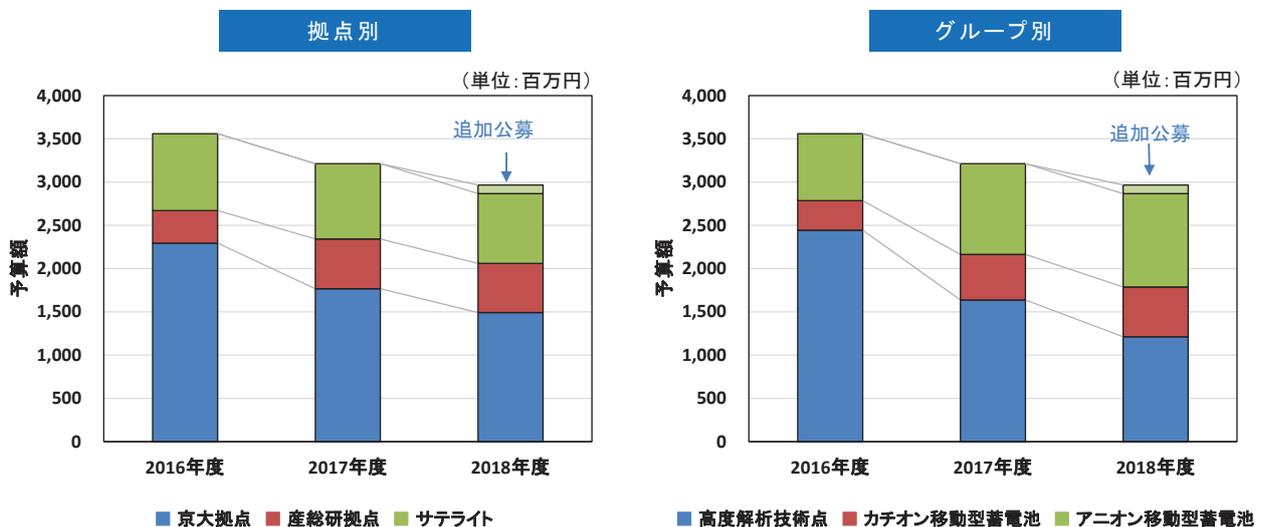
28/57

### 研究開発予算の内訳(経費別)



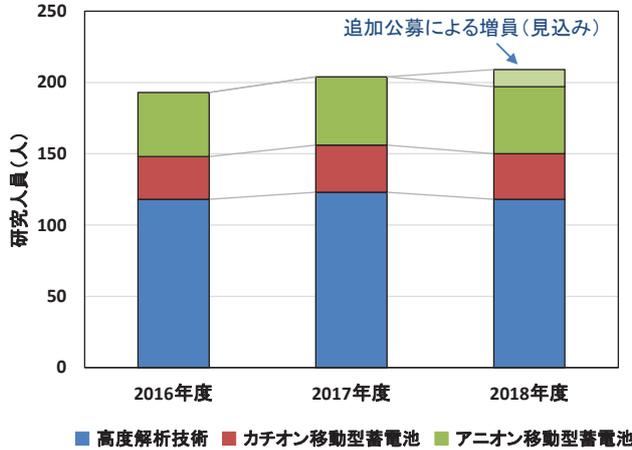
### 研究開発予算の内訳(拠点別・グループ別)

- 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。



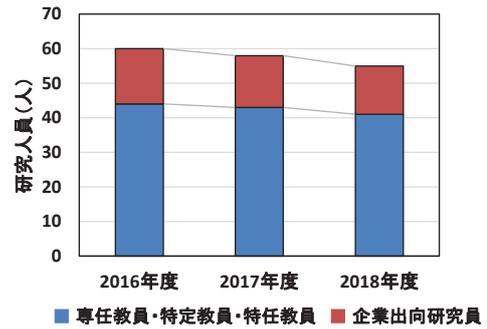
プロジェクト全体

- 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。



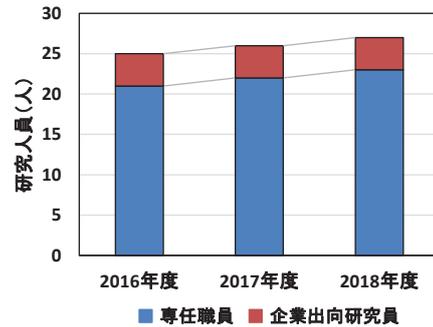
京大拠点

- 約60名が従事。3/4を京大教員が占める。



産総研拠点

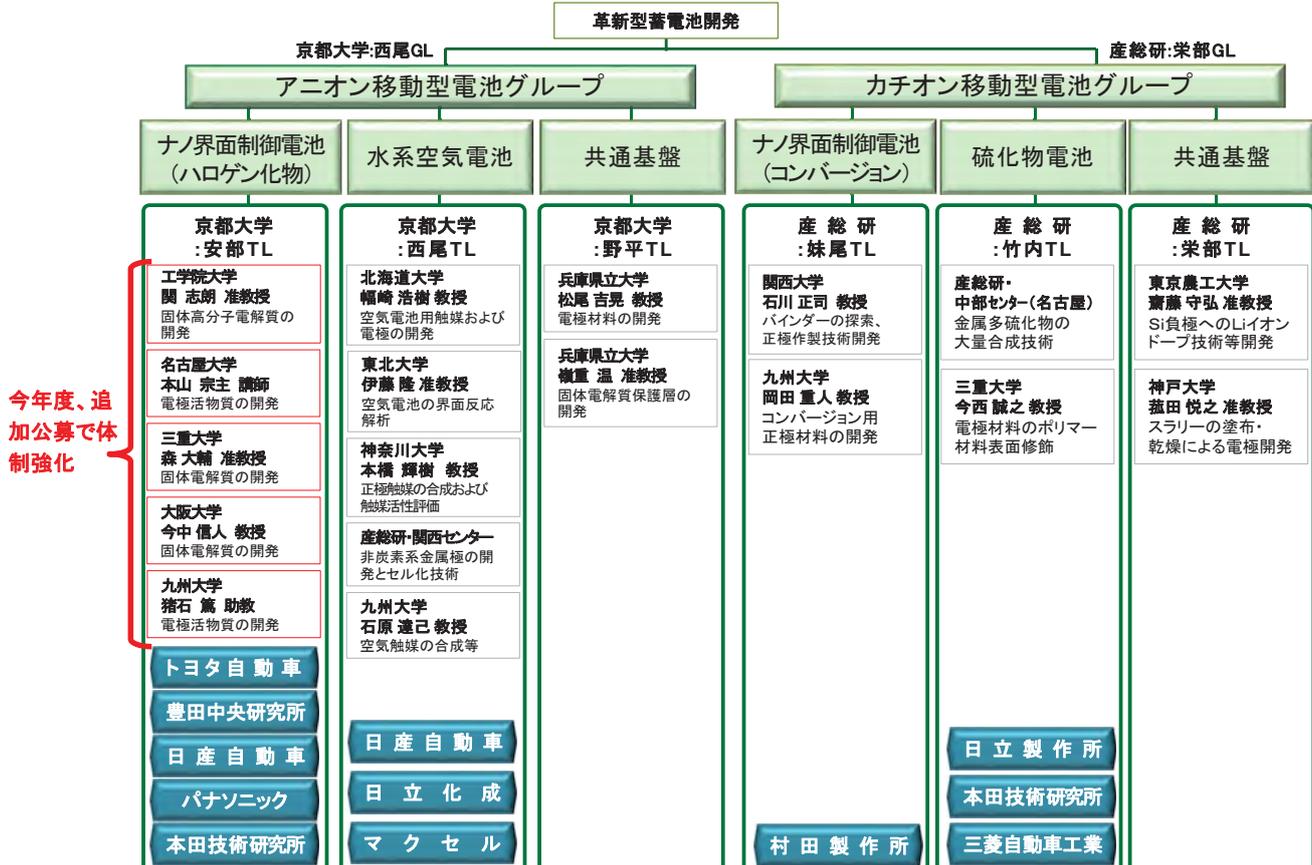
- 約25名が従事。産総研職員が8割を占める。



### 実施体制の詳細 ~高度解析技術開発グループ~



### 実施体制の詳細 ~革新型蓄電池開発グループ~



### プロジェクトのマネジメントスケジュール

	2016年度												2017年度												2018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	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	H29年度～予算要求												H30年度～予算要求												H31年度～予算要求											
定例会議	2016年度総括 2017年度計画と協力依頼												2017年度総括 2018年度計画と協力依頼												2018年度総括 2019年度計画と協力依頼											
GL会議	◇4/5	◇4/12	◇4/19	◇4/25	◇5/11	◇7/4	◇10/12	◇11/17	◇1/10	◇2/3	◇4/7	◇5/12	◇6/16	◇7/10	◇8/18	◇9/25	◇10/18	◇11/20	◇12/18	◇1/15	◇2/15	◇4/10	◇5/15	◇4/10	◇5/15	◇6/8	◇6/8	◇4/10	◇5/15	◇6/8	◇6/8					
拡大月例会議	◇キャブミーティング												◇2017年度計画・進捗状況												◇2018年度計画と協力依頼											
シンポジウム													◇宇治 内部シンポジウム												◇(吉田) 国際シンポジウム											
成果報告書等													中間年報◇ 実績報告書◇												中間年報◇ 実績報告書◇											
成果発信 広報活動	◇11/3 JST/NEDO 合同WS												5/28-6/1 ECS												◇9/26 NEDO成果報告会											
規定・運用など	知財合意書												◇9/26 知財運営委員会												◇5/11 知財運営委員会											

### 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tron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"> <li>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。</li> <li>国際シンポジウム開催について助言を頂いた。</li> <li>テーマの絞り込みについてご意見を頂いた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>国際シンポジウムの開催(2018年6月23日)</li> <li>BMBFワークショップの継続。</li> <li>中間評価において、必要に応じて判断を行う。</li> </ul>
第2回	2018年 4月27日	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今後の研究推進に反映。</li> <li>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。</li> </ul>

37/57

## 拡大月例会議

## 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。

38/57

**<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

➤ 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) <sup>19</sup> F NMR測定によるハロゲン化物電池の電極材料/固体電解質の構造解析を実施。 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 <sub>3</sub> 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 <sub>3</sub> 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

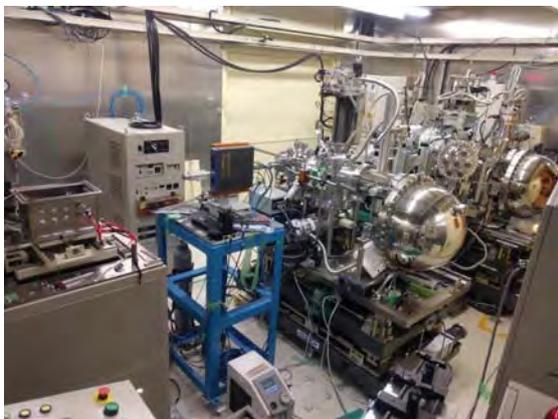
➤ 一部の研究テーマについては最終目標を前倒しで達成。

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。	◎

41/57

イメージングHAXPES

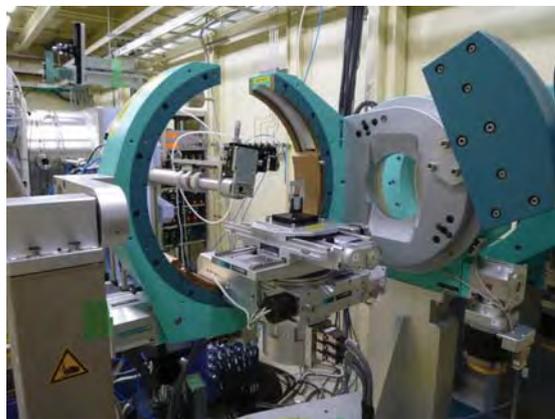
- 空間分解能10μmで電極内の反応分布をマッピング可能なイメージング硬X線光電子分光装置(HAXPES)を開発。深さ分解能は従来の1nmから10nmに向上。
- LIBの作動状態において電極表面・界面の化学状態マッピングの技術検証を完了。今後は革新型蓄電への適用へ移行。



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150μm(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。

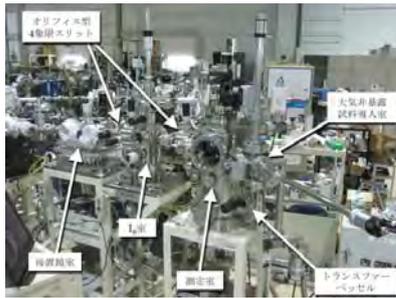


共焦点XRD@BL28XU/SPRING-8

## 高度解析技術開発の成果例 ～測定系の構築(2)～

### 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

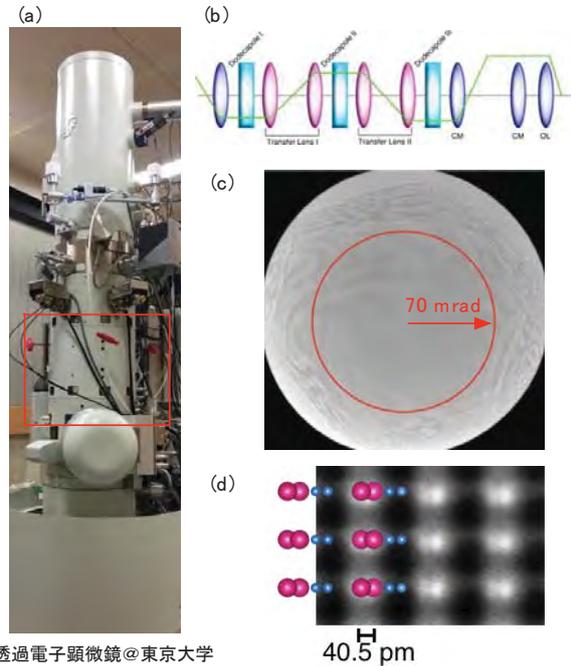
- 7Tの大口徑磁場でのNMR測定システムを構築。<sup>19</sup>F信号が観測できること、ラジオ波パルス強度として5.5mTを確認(当初の開発目標は1mT)。



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。



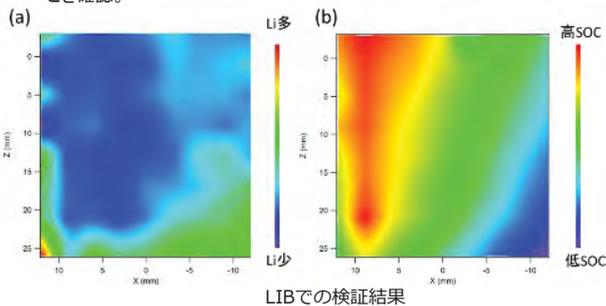
透過電子顕微鏡@東京大学

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。

## 高度解析技術開発の成果例 ～革新型蓄電池開発への適用～

### 放射光解析技術

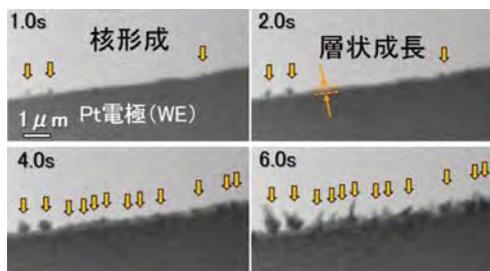
- コンバージョン電池及び硫化物電池に適用可能な金属リチウム量の面内分布可視化手法を確立。リチウム電析とSOCに相関があることを確認。



LIBでの検証結果

### 電子顕微鏡技術

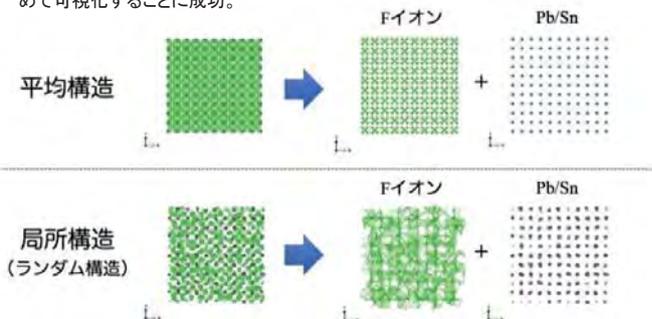
- その場TEMにより、亜鉛空気電池における亜鉛析出状態を観察。微結晶の核となって dendrite が成長する過程の可視化に成功。



Pt電極上での亜鉛析出状態観察

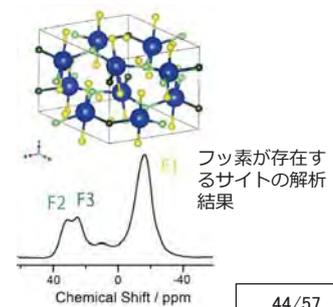
### 中性子解析技術

- 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ズ・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<sub>4</sub>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<sub>3</sub>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。



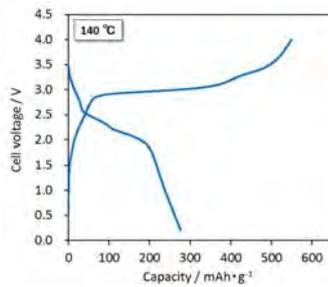
フッ素が存在するサイトの解析結果

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説明。</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説明。</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性に寄与することを確認した。また、活物質表面をTiO<sub>2</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	○	◎	◎	◎

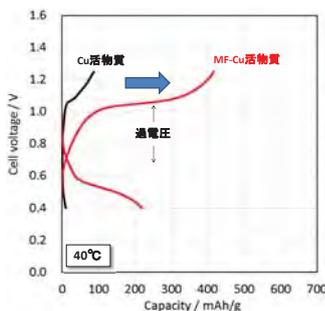
◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

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

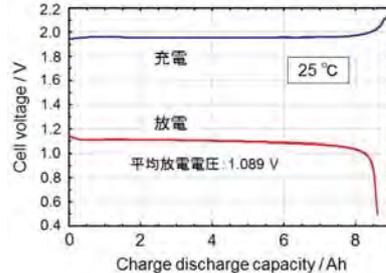


銅正極への異種金属添加効果

- 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。

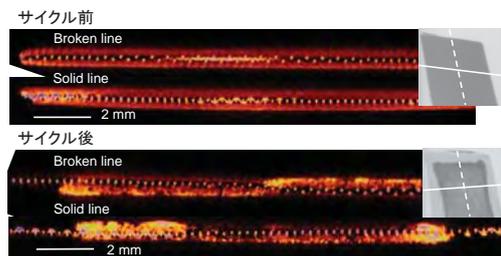
亜鉛空気電池

- 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。

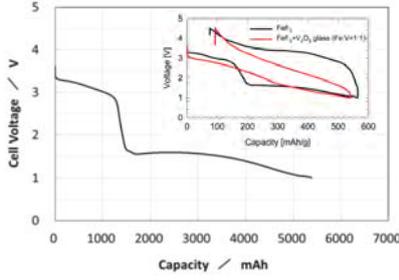


亜鉛電極断面のX線CT像

Low High Absorption coefficient

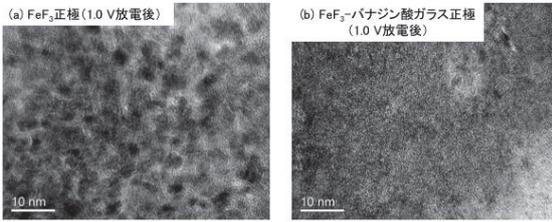
コンバージョン電池

- ▶ バナジン酸ガラスを添加した正極活性物質 $FeF_3$ 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

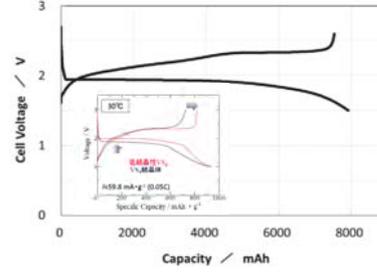
- ▶ バナジン酸ガラスの添加により、 $FeF_3$ 正極で完全な非晶質体が得られたことをTEM観察で確認。バナジン酸ガラスの添加は、エネルギー密度のみならず耐久性も向上するとの知見を見出した。



正極活性物質のTEM像

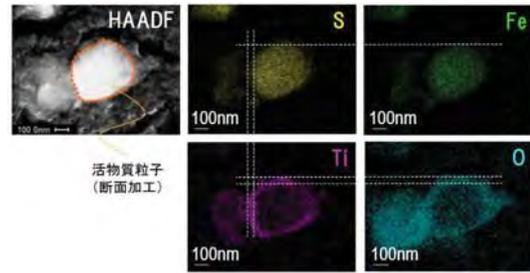
硫化物電池

- ▶ 正極活性物質 $VS_4$ 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、 $TiO_x$ 皮膜による正極活性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。



$TiO_x$ 皮覆正極活性物質のTEM像

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

49/57

4.1 成果の実用化・事業化に向けた戦略

### 実用化の定義

#### 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。

50/57

## 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

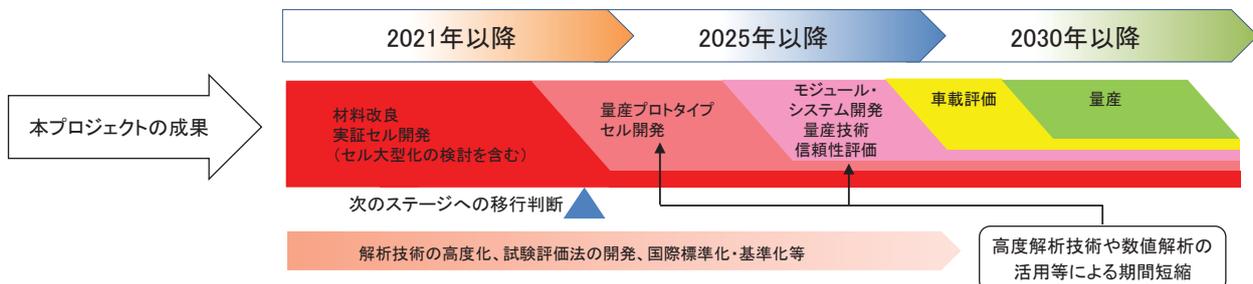
### シナリオ1

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。



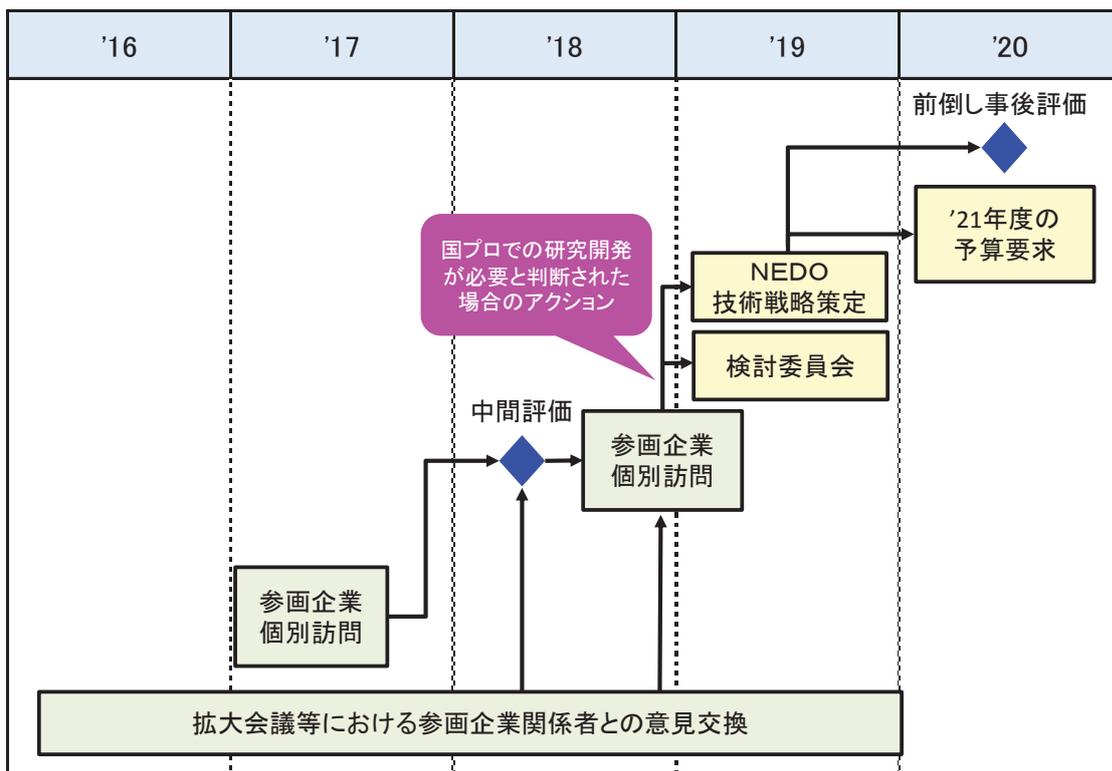
### シナリオ2

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。

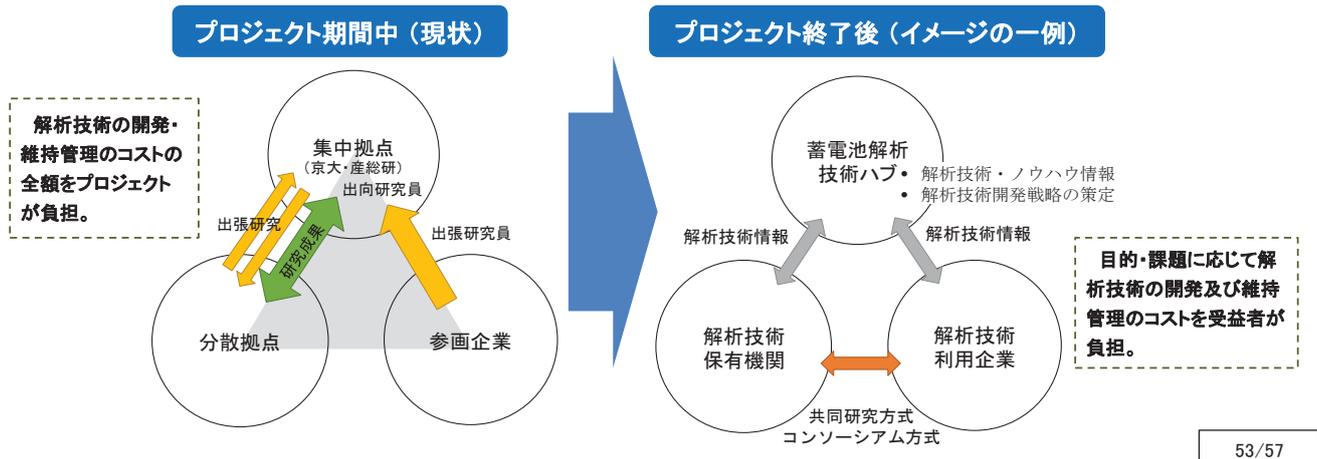


## 成果の実用化・事業化に取り組む者の検討状況

- 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入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



## 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。

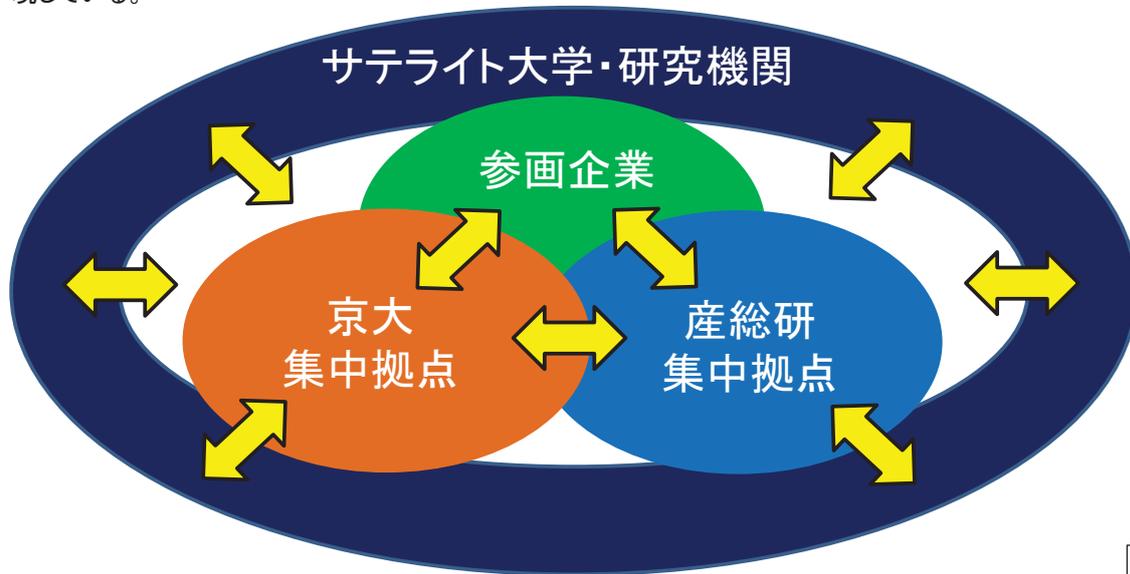
▶ セル全体の成果を取り込んでの実用化ではなくて、例えば電極の成果に特化して実用化に取り組むケースも考えられる。

▶ 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。

- 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。



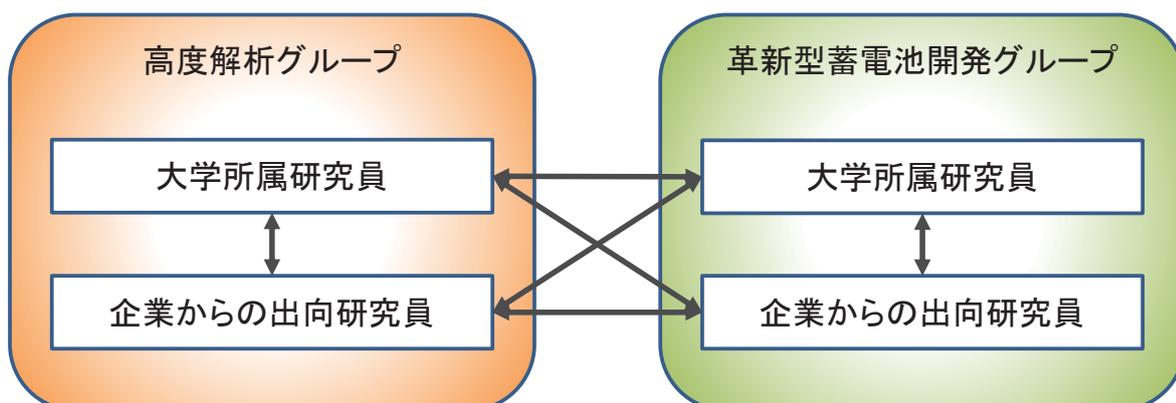
55/57

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。

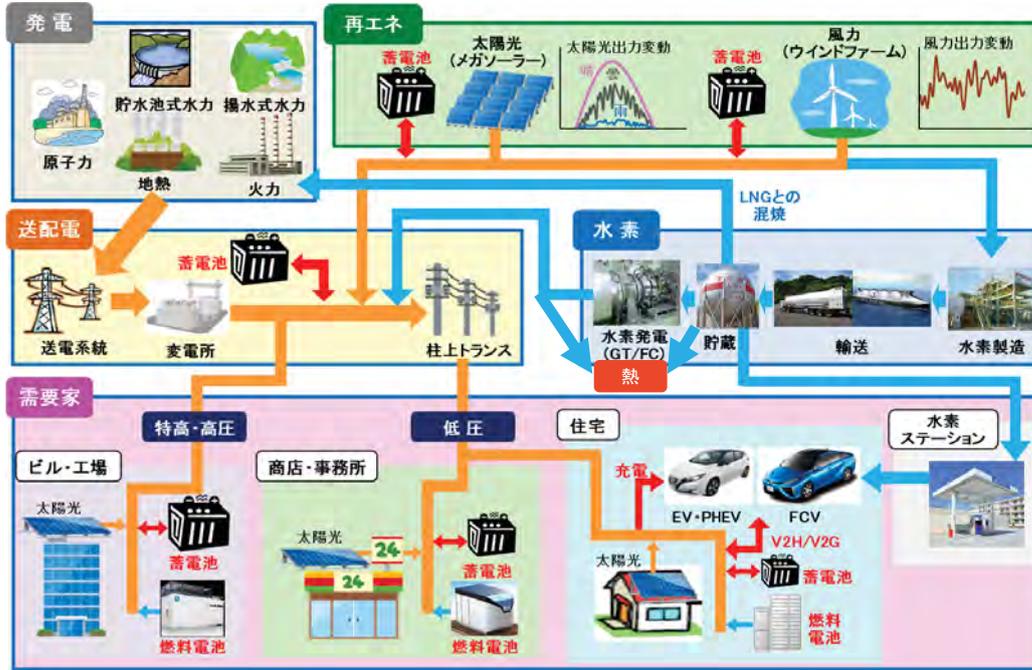
特に、企業からの出向研究員(前プロジェクトでは累計50名、本プロジェクトでは累計25名)は電池研究者として大きく成長し、出向元復帰後は第一人者として企業の蓄電池研究を牽引中。



56/57

## 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。



## 参考資料 1 分科会議事録

研究評価委員会  
「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」(中間評価)分科会  
議事録

日 時：平成30年8月6日(月) 9:50~17:05

場 所：WTC カンファレンスセンター Room A

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
分科会長代理	竹井 勝仁	電力中央研究所 材料科学研究所 研究参事
委員	井出本 康	東京理科大学 理工学部 先端科学科 教授
委員	櫻井 庸司	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 教授
委員	鳶島 真一	群馬大学 理工学部 環境創生理工学科 教授
委員	仁科 辰夫	山形大学 大学院理工学研究科 物質化学工学専攻 教授

<推進部署>

細井 敬(PM)	NEDO	次世代電池・水素部	統括研究員/蓄電技術開発室長
錦織 英孝	NEDO	次世代電池・水素部	主任研究員
近野 義人	NEDO	次世代電池・水素部	主査
竹川 寿弘	NEDO	次世代電池・水素部	主査
安井 あい	NEDO	次世代電池・水素部	主査
井ノ上 雅次郎	NEDO	次世代電池・水素部	主査

<実施者※メインテーブル着席者のみ>

松原 英一郎	京都大学	大学院工学研究科	教授 (PL)
小林 弘典	産業技術総合研究所	関西センター エネルギー・環境領域	電池技術研究部門 総括研究主幹 (SPL)
西尾 晃治	京都大学	産官学連携本部	特任教授 (GL)
柴部 比夏里	産業技術総合研究所	エネルギー・環境領域	電池技術研究部門 上級主任研究員
安部 武志	京都大学	工学研究科 物質エネルギー化学専攻	教授 (TL)
野平 俊之	京都大学	エネルギー理工学研究所	エネルギー利用過程研究部門 教授 (TL)
妹尾 博	産業技術総合研究所	エネルギー・環境領域	電池技術研究部門 主任研究員
竹内 友成	産業技術総合研究所	エネルギー・環境領域	電池技術研究部門 主任研究員
小久見 善八	京都大学	産官学連携本部	名誉教授/特任教授

<評価事務局>

保坂 尚子	NEDO	評価部	部長
前沢 幸繁	NEDO	評価部	主査
塩入 さやか	NEDO	評価部	主査

<オブザーバー>

堀川 泰宏 METI 製造産業局自動車課 課長補佐

## 議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
  - (1) 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
  - (2) 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し
  - (3) 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
  - 6.1 研究開発マネジメント
  - 6.2 高度解析技術開発
  - 6.3 革新型蓄電池開発 第1部
  - 6.4 革新型蓄電池開発 第2部
  - 6.5 実用化に向けての取組及び見通し
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

## 議事内容

(公開セッション)

1. 開会、分資料の確認
  - ・開会宣言 (評価事務局)
  - ・配布資料確認 (評価事務局)
2. 分科会の設置について
  - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
  - ・出席者の紹介 (評価事務局、分科会委員、推進部署、実施者)
3. 分科会の公開について
  - 評価事務局より資料2及び3に基づき説明し、議題6.「プロジェクトの詳細説明」および、議題7.「全体を通しての質疑」を非公開とした。
4. 評価の実施方法について
  - 評価の手順を評価事務局より資料4-1～4-5に基づき説明した。
5. プロジェクトの概要説明

- (1) 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント  
推進部署より資料5-1に基づき説明が行われた。
- (2) 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見直し  
実施者より資料5-2に基づき説明が行われた。
- (3) 質疑応答  
上記の内容に対し質疑応答が行われた。

【稲葉分科会長】 ありがとうございます。

技術の詳細につきましては議題6で扱いますので、ここでは主に事業の位置づけ・必要性、マネジメントについて議論したいと思います。ただいまの説明に対しまして、委員の先生方よりご意見、ご質問等をお願いいたします。

【竹井分科会長代理】 大変丁寧なご説明ありがとうございました。非常に全体系をよく理解できたと思います。

特に印象に残った点といたしまして、これまで高度解析技術と革新電池開発が並行して走っていたけれども、今後、特に解析技術の研究のほうが革新のほうに入り込んでいって進めていくのだというようにお話をされたかと思うのですが、もう少し具体的に、どのようにして革新電池の開発のほうに高度解析技術が入っていくのかというところを具体的に教えていただければと思います。

【細井PM】 ありがとうございます。

これはまだいろいろ皆さんと議論して取り組まなくてはいけないのですが企業が実用化に進むときは、電池の技術と解析がセット・パッケージになって成果を産業界に渡すというイメージを私は持っています。解析技術開発と、電池開発は連携しているのですが、今後は電池開発の人たちと解析技術の人たちが一体となって電池開発を進めるようなことに取り組まないと、残り2年ですので、それぞれが切り離された状態で企業に渡しても、それをどう組み合わせれば良いのかという、そのスタートが遅れるのではないのかというのが私の理解です。

ですから、今はまず解析技術をつくらないことには革新電池の開発に応用できませんので、それをスピーディにやるための体制で進めてきているのですが、今度は、革新電池の技術課題を解決するには、もっと近い距離で取り組まないといけないのではないかと考えています。まだ具体的なイメージはいろいろ考えているところですが、そういう意識を私は持っています。

【竹井分科会長代理】 了解しました。

【稲葉分科会長】 どうぞ、井手本先生。

【井手本委員】 ご丁寧な説明ありがとうございました。

今の発言に関係するのですが、予算の投資の仕方も含めて、現状としては、解析技術のレパトリリーは、これまでの成果で目標は大体到達していて、実際、今後はもう一個の革新型電池の方に体制もシフトするというようなお考えだと思うのですが、それでよろしいのかというのが1つ目の質問です。

次に、そうしたときに、現在4種類の電池系を考えている状況で、もともとは解析技術が、リチウムイオン電池で、RISINGで始まったものなのですが、違った種類の電池系において、具体的に今の時点でもこのように使えるというようなところのイメージが湧いているのか、解析技術はもう揃ったから、今後どのように使えるかというのを考えていかなければいけないのか、その辺りのリンクのさせ方について、現状どこら辺までイメージができていくのかというのが2つ目の質問です。

【細井PM】 非公開のセッションで詳しく説明しますが、先ほど革新電池の適用例として簡単に説明しましたが、既に今の段階でも革新電池のニーズをいろいろとすくい上げて、それに対応した解析技術も作って、なおかつ、実際にもうそれを使っている部分もありますので、そういう意味では、もう解析技術

というのは、ほぼ揃いつつあると考えています。

ただし、これから先は、プロジェクトの基本計画の目標に掲げているように、革新電池の劣化や性能の支配因子を明確化する必要があります。そのためには、解析技術開発と電池開発はとても近い関係で研究開発に取り組む必要があるのではないのか、そのためには、どういうフォーメーションを考えれば良いのか、電池と解析をセットにしないと企業はなかなか実用化に踏み出せないのではないのか、というのが私の考えです。

従って解析技術はより良いものに仕上げる必要性はあるものの、革新電池の特性に応じてカスタマイズした取組みが必要なのではないかというのが私の理解です。

【井手本委員】 わかりました。

それで、革新型電池というのは、現状の中間の状態から最終のゴールに向けて、ハードルがわりと高いと思います。そのときに、現在でも解析をもう使っているということですが、そのハードルを越えるためには、今の説明からですと、要は、劣化特性の支配要因とか、その周辺を押さえていけばブレークスルーにつながっていくというようなイメージを持っている。そういうことですか。

【細井PM】 そういうことです。

【井手本委員】 わかりました。

【稲葉分科会長】 鳶島先生、何か。

【鳶島委員】 今お話を聞いて、いろいろ事前資料ではわからなかったことがたくさんわかって、非常にわかりやすく、そのような計画なのかということがわかりました。

その中で、今、竹井委員とか井手本先生がおっしゃった、今後の方針として、今一番力を入れて今後やるRISING2のプロジェクトのマネジメントの違いというのは、高度解析技術が一段落して、もう使えるプラットフォームができて、今度はJSTとか文科省のプロジェクトではなくて、とにかくNEDOのプロジェクトで電池の実用化に向かって、そこに高度解析技術がとにかく貢献してもらおう。具体的な電池のデータをどんどん開発に生かせるものに予算も人も体制もソフトするというので、今、これから考えることだと言ったのですけれども、人とか予算とか体制シャッフルみたいなものもかける可能性もある。その大義名分の大きなものは、とにかく高度解析技術を電池の実用化にできるだけ効率的に早く生かすという、組み込むという話でよろしいのでしょうか。

【細井PM】 プロジェクトの最終目標は、5Ah級セルでエネルギー密度500Wh/kgの達成だけではなく、安全性や信頼性など様々なことを確立することになっています。先ほど企業との意見交換の結果を説明しましたように、解析技術を活用して、電池の性能や耐久性の支配因子とその影響度を示さないことには、企業はなかなか実用化に舵を切ってくれないということですので、NEDOとしては、それを2年間で達成するためにはよく考えて取り組まないといけないと思います。本日は、是非、そういったところのご提案、ご提言をいただきたいと思います。

【鳶島委員】 わかりました。私も今、細井PMのご意見を聞いて、それは尤もだなと思ったので、わかりました。どうもありがとうございます。

【櫻井委員】 知財戦略の関係で伺いたいのですが、39ページ目をお願いします。これで、オープン/クローズの考えというのは、前プロのRISINGでもかなり力を入れてやられていたものですが、たしかそのときに、拠点で一括にするとか、プール型にする選択肢もあるとか、そのようなことを聞いた覚えがあるのですが、今回、特に上のほうの3つ目、出願形態については、拠点、サテライト、参画企業と、これを選択できるオプションを付けられています、その背景を教えてくださいませんか。

【細井PM】 参加企業の意見を取り入れて、こういうオプションを設けたということです。一本化してしまうと、企業の知財戦略にも制約が出るので、柔軟な形態を取れるようにした方が、プロジェクトとしては成果が最大化できると理解しています。もちろん、もっと絞り込んだ体制であれば、もっと強固で勝負

をかけるような戦略は出せると思いますが、多くの企業が参加していることに加え、アカデミアも23機関が参加していますので、幾つかの選択肢を持っておいたほうが良いという議論がプロジェクトの中でなされたのご理解ください。

【櫻井委員】 ということは、前のRISINGのプロジェクトで、先進電池系、将来型の電池で、亜鉛空気とか、そういったところで既に基本となるような特許とか出しているかと思うのですが、あのときには、拠点で出されたものになるのですか。

【細井PM】 そうです。あのときは、拠点でしか電池の研究に取り組んでいなかったのですが、今回のプロジェクトでは、サテライトのアカデミアも参加することになったので、柔軟な対応をとれるようにすべきと理解しております。

【櫻井委員】 では、今後の実用化も踏まえると、そういった基本となるような特許が拠点から出されていたとしても、それをうまく普及できるようにNEDOがマネジメントをされていかれると、そういうことになりますか。

【細井PM】 日本版バイドール規定を適用していることから、知的財産権は実施者に帰属しており、取得した知的財産を管理をしていくのは実施者の役割であると考えています。

【櫻井委員】 といっても、適切に関与はされていくということですね。

【細井PM】 はい。例えば、プロジェクト参加以外の企業に対して知的財産を譲渡したり、専用実施権を設定したりといったところは、NEDOの承認が必要となっており、国プロの成果である以上、何がしかのチェックといえますか、確認をさせていただくことになっています。

【櫻井委員】 わかりました。

【稲葉分科会長】 仁科先生、何か。

【仁科委員】 いいです。細かいほうのところ。

【稲葉分科会長】 私も、最初の竹井先生と井手本先生からの、今後2年間どういう形で進めるかという話に関して、細井PMのご意見を聞いて、むしろ評価委員よりもNEDO側のほうがよく考えていらっしゃるなというのはよくわかりました。

体制を変えるというやり方もあるのですけれども、性能とか耐久性の支配因子を明らかにするというのは非常に大事だと思うので、データが出そうこの中間評価が非常にいい機会ですね。どのぐらいRISINGのプロジェクトで横の連携ができていけるかはよくわからないのですけれども、こういう機会に、今、各革新型蓄電池開発で課題となっていることをきちっと整理したり抽出したりして、それを解析側で、私はこれができる、これであつたらこれができるというのをアサインしていくような形で、課題を振り分けていくというようなやり方もあるのかな、などというふうに、今のお話を聞いていますね。

【細井PM】 やはり革新電池がターゲットであるので、それに対して解析技術の貢献が出るように、リソースの配分も行うというのが普通の考え方だと思いますので、その方向で考えています。

ただし、1つ申し上げたいのは、解析技術に問題があるというわけではなくて、解析技術をより電池開発にインボルブしていくべきではないかと思っています。先ほどから申し上げていますように、いろいろなパラメトリックなデータを取らないと、企業に成果を引き取ってもらえない可能性もあると考えています。そのような現象がなぜ起きているのかということもセットで渡さないと、企業は実用化開発に踏み切れないというのが私の理解です。

それともう一つ、今ようやくセルを試作し、エネルギー密度を評価しましたが、今後は、様々な条件で耐久試験を行い、パラメトリックなデータを取る必要があります。そのためのコストが今後、かなり発生してくるわけで、革新電池開発に対する予算投入が大きくなるのは必然だと思います。それでは、解析にはどこまで予算を配分するのかという点については、稲葉先生が仰っているように、解析で何

を見なくてはいけないのかということプロジェクトの中でもっと議論して、纏めていきたいと思っています。

【稲葉分科会長】 是非お願いしたい。ちょうどいい機会だと思いますので。

【細井PM】 稲葉先生も燃料電池の分野でいろいろと取り組まれていると思いますが、解析のプロジェクトと材料のプロジェクトがあって、そのコラボレーションをどうするのかといったときに、解析技術の開発もゆっくりやるわけにはいかないの、合理的なフォーメーションで進めてくるのだけれども、あるところまで来たならば、やはり実際の材料やセルの開発に対して何らかのコントリビューションが出るような仕組みを考えなくてはいけないはず。例えば、白金触媒の開発の場合です。それと同様のことを電池でも取り組まなくてはいけないのではないかと考えています。

【稲葉分科会長】 そうですね。燃料電池のほうは、今、自動車メーカーさんから課題を挙げてもらって、それをプロジェクトでどうやって分担して研究していくかという調整を、ちょうど話し合っているところです。少し話は違うのですけれども、同じように、各電池系で課題を明確にして、それを、力わぎでできるところもあるのでしょうけど、解析で明らかにして、さらに進んでいくというというやうなやり方もやはり必要なと思います。是非お願いしたいと思います。

そのほか、委員の先生方、どうぞ。

【井手本委員】 では、少し違った観点の質問で。最後のほうでご説明にありましたけど、現地の見学会でも拝見させていただいて、SPring-8はもちろん、京大とか産総研含めて、非常に立派な設備がそろえられていると。どこを見ても引けを取らないような設備があるかと。今回の研究の目標、特に最終に向けて達成しなくてはいけないというのも1つですけど、それだけの資産というか、特に解析技術というところはもともとこれは始まっていますので、世界でも有数のいろいろな設備とか技術を持っているかと。これからの2年間を行った後に、今後、このプロジェクトが終わったときに、それらをどう活用するかというの、メインストリームの他に、この2年間で考えていくことが非常に重要なと思いますけど、そこら辺についてのコメントはいかがでしょう。最後に出されたのがそこら辺のことだと思いますけど。

【細井PM】 仰るとおりです。これについても検討しておりまして、非公開セッションでも実施者から説明すると思いますが、先程説明したスライドは、実施者が纏めた1つのイメージです。現在はNEDOプロジェクトで100%コストを負担して解析技術を作ってきましたが、プロジェクト終了後は、この解析技術を製品開発で使いたいという人がいたり、JSTのALCAプロジェクトでも使いたいと思う人たちがいたりして、いろいろな利用のニーズがあるわけで、それに対応できるような柔軟な体制を構築した方が、国全体として良いと考えています。100%革新電池の開発で利用するという考え方もあるかもしれませんが、いろいろな形態でシェアすることも考慮して、関係者で議論して纏めたいと考えております。

【竹井分科会長代理】 今、プロジェクト終了後というお話もあつたのですけれども、スライドの51枚目、シナリオ1、シナリオ2というのを想定されていて、特にシナリオ2のほう、100%電池開発が十分でなかった場合に、さらに加速させるためにということで、材料メーカーの参画も必須であると考えられると書いてあるのですけれども、先ほど来、議論になっています革新型電池の開発と高度解析技術というのは、それぞれ、まだ未達の部分の性能をどこが一例えば、ある材料がまだなかなか十分でないとか、そういったイメージも出てくると思うのですけれども、これを開発側がどんどん改良していく、もしくは、高度解析側が詳細なメカニズムを明らかにして、解決策をそこにフィードバックさせていくという、両面からやっていかれるというやうな話になってくると思うのですけれども、材料技術者の関与というのは非常に大きなウエートを占めるやうな気がするのですけれども、この次の2年の中で、このシナリオですと、終わった後、企業に移管する最中に加速させるというやうなイメージだったかと思うのですけれども、この次の2年のところで、材料技術がこの中に関与していく可能性はいかがなの

でしょうか。

【細井PM】 後半2年間から材料メーカーに入ってもらおうというのも、1つの選択肢ではないかと思いますが、これはやはり実施者の方がどう考えるのかというところがあって、そこも含めて議論する必要があると考えます。

ただし、今は、私が思うに、やはりサイエンスとかアカデミックな知見で進むべきであって、材料が確定しているわけでもないのに、材料メーカーが今の段階で入ることについて、受け入れてもらえるかどうかというところもあると思います。

それとは逆に、大学の先生等が材料合成にあまりエネルギーをかけるのもどうかと思っています。例えば、産総研拠点では、材料の大量合成の技術を持った産総研・中部センターを体制に組み込んでいきますので、このように、材料の合成が得意な大学等を上手く使うという考え方もあると思っています。

【稲葉分科会長】 そのほか、先生方から。よろしいでしょうか。

それでは、どうもありがとうございました。そろそろ時間ですので、質疑を終了させていただきたいと思います。

(非公開セッション)

#### 6. プロジェクトの詳細説明

省略

#### 7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

#### 8. まとめ・講評

【稲葉分科会長】 それでは、ここから公開ですけれども、議題8、まとめ・講評でございます。

委員の先生方から、お一人ずつ2分程度ご講評をいただきたいと思います。仁科先生から始めて、私が最後という順番で進めたいと思いますので、まず仁科先生からお願いいたします。

【仁科委員】 いろいろ議論はありましたけど、私が今日の話聞いていて思ったことは、うまくいかないところ、それをもっと素直に出してしまっ、議論したほうがいいのではないかなと。そちらのほうがうれしいなと思って聞いていました。

ただ、かなりのところがうまくできてきておりますので、革新型電池に関しても、こんな面白いもの、これが本当に実用化になったら、とんでもないものになるなというのは素直に思っています。それを実現するのは、やはり高度解析技術だろうと思います。

ただ、高度解析技術だと、その部分だけに、1つの技術だったら、1つの技術だけにこだわってしまうのが、そういうところに携わっている人間の特性でもあるので、それを広く共有できるようなシステムをぜひうまくつくっていただいて、それを続けていってもらえれば、今回のプロジェクトはかなりうまくいく形になるのだろうと思っています。

【稲葉分科会長】 鳶島先生。

【鳶島委員】 今回、いろいろ詳細に聞かせていただいて、各研究をされている担当の方、革新電池も分析も、各一人ずつの研究者はものすごい質の高い研究をやられていて、研究成果も、仁科先生おっしゃったように、一杯素晴らしいものが出ているというのが正直な感想です。

ただ、やはりNEDOのプロジェクトなので、何度も言っていますけれども、JSTとか文科省のプロジェクトではないので、今後は、あと2年しかない中で、革新電池にしても、もともと無理かもしれないよなとんでもない新しい電池をやろうということをやったので、革新電池だから実用化はやはり難し

いねというのは、もう言いわけはできないプロジェクトなので、それは革新電池だから本当に難しいのですけれども、今後あと2年は、ぜひ実用化に向けて、あと2年間、体制とか予算、リソースを組み直して、革新電池の実用化に向けてのRISING2の再編成をやって、ぜひ実用化を本当にさせていただきたいと思います。

【稲葉分科会長】 では、櫻井先生、どうぞ。

【櫻井委員】 今回、随分詳しい話を伺わせていただいて、勉強になりました。特に、個別の高度解析とか革新型蓄電池、それぞれのテーマについては、中間評価目標に達する成果を得たグループがかなりあって、うまくいっているものと思います。

一方で、最近追加公募をかけて、一部のテーマについては、リソースを注入していますけれども、今日の話をもつて、もう少し人の追加が必要だなと思われるところもありましたので、そこはNEDOさんにもう一度お考えいただいた上で、この開発体制、あと2年ですけれども、その辺をもう少し見直しさせていただくと、いい成果につながるのではないかなという気がいたしました。

【稲葉分科会長】 井手本先生。

【井手本委員】 朝からありがとうございました。

高度解析技術のほうは、すばらしい成果を上げられていて。ただ、RISINGから含めると、10年を超えるようなプロジェクトになってきていると思うので、1つ目の課題は、今日も途中で出てきた、実際の革新電池とリンクをさせるということ、2つ目は、革新電池のほうは、新しい電池系、難しい電池系であるということはもう重々承知で、研究のご苦労もわかっていますけど、やはりブレークスルーがわりと大きいと思います。ただ、一方で、実用化をうたっているところがあるので、そこは残りの2年間、人的な補充とか、そういうことも含めて、あとはお金の配分の方法も含めて、2つ目に少し注入させていただいて、プロジェクトが終わるときには、今後に向けて、1つの見極めをちゃんとしなくてはいけないのかなと思います。

よって、そのために、頑張ってもらっていただければということと、あとは、途中で申していますけど、特に高度解析ということで、設備が他のプロジェクトに比べると、非常にお金もいっぱいかけているし、いろいろな設備を持たれているということがあります。確かに、施設のほうは、施設という母体があるので、そこは、ある意味今後は安心はできると思いますが、拠点のほうとか含めてですね。また、その使い方が、もちろん特殊な用途というのも結構あるので、そこら辺のリソースの生かし方とか、人とかメンテナンスを含めて、このプロジェクトが終わったときに、どうそこら辺のものをつなげていくかというのを考えていくのは、2年間、実質は1年少しぐらいで、その見極めをしないとイケないと思うのですけど。そこら辺の将来像というか、ここのプロジェクトで得られた成果をいかに今後国内で生かしていくかというようなところも、鋭意考えて進めていただければなと思いました。

以上でございます。

【稲葉分科会長】 竹井先生、どうぞ。

【竹井分科会長代理】 一日ありがとうございました。順番にお話しされると、大体皆さん、もう言い尽くしたことで、全くお話しされた4人の先生方と同意見なのですけれども。

やはり今日一日お話を聞かせていただいて、高度解析技術のほうは、技術の開発というのがかなりもう進展したと。あとは、本命である革新電池開発に対して、いかにコントリビュートするというか、どの部分をそちらの技術で見極めていけるか。特に革新電池のほうは、もともと無理難題だった電池系をひっぱり出してきて、皆さん、高いポテンシャルの中で成果を出されてきているというのは、今日の成果発表を聞かせていただいても重々よく理解できたのですけれども。やはり限界はここですよとか、エネルギー密度は高くできるのだけれども、サイクルにとっては、こういう原理的な困難さがあるて厳しいですよとか、そういう見極めをこの2年間で、ぜひ密に連携していただいて、やっていただ

れば、その先、どういうふうはこのプロジェクトを実用化に向かって進められるかという道しるべになると思いますので、ぜひその辺をやっていただけのようにというのが感想でした。

以上です。

**【稲葉分科会長】** 最後、私から。本日は、一日どうもありがとうございました。今日聞かせていただきました、取り扱っている革新型蓄電池の4つのテーマに関しては、世界中でいろいろな蓄電池の研究がやっていますけれども、やはり世界にない、ものまねでない日本独自の非常にいいテーマが4つ選ばれているなというのを、改めて実感しました。

ただ、少し気になったのは、中間目標がエネルギー密度300Wh/kgを達成するということがあるので、そこをクリアするというところに注力されている部分が多くて、それ以外の性能が少しおさげりになっているのでしょうか。特に感じたのは、ヒステリシスが大きい電池と、サイクル特性はまだまだですぬという感じで、このまま単にエネルギー密度を上げて、500Wh/kgが達成できたとしても、結局は実用化できない電池になってしまう可能性もあります。500Wh/kgというのは、それ自身非常に難しいことなのですけれども、最初に細井PMが言われました、各電池のエネルギー密度だけでなく、それ以外の項目も、特に性能・耐久性の支配因子を明らかにするということは、非常に大事だと思っています。そこのところも、よく考えていただいて、竹井さんたちがおっしゃっているように、本質的にいけるのかいけないのかということの見極めもきちっとしてほしいなと思っています。

性能・耐久性の支配因子を明らかにするには、高度解析のチームのこれまでの築き上げた技術は非常に大事なので、これからはより連携を深めていただければと思っています。

仁科先生がおっしゃいましたけど、解析の専門の方というのは、解析手法の開発に非常に興味があるというのはよくわかります。どんどん解析手法の開発に目がいって、新しいもの、新しいものになってしまうのですけれども、その目を、もっと興味を蓄電反応に向けてもらう、蓄電反応の解析っておもしろいなと思ってもらうことが大事ではないかなと思っています。

そのためには、今、2つに分かれているところを一緒に混ぜてしまうとかというやり方なんか、少し極論なのですけれども、あるのかなと思います。つまり、開発の横で解析をしているような体制にするというようなやり方も—それは現実的でないかもしれないですけれども、そういうようなやり方もあるのかな、などと思っています。ぜひ力を合わせて、最終目標の達成をしていただけるようお願いしたいと思います。

本日は、どうもありがとうございました。

**【前澤主査】** どうもありがとうございました。

それでは、細井統括研究員及びプロジェクトリーダーから一言ずつお願いします。

**【細井PM】** 委員の皆様、実施者の皆様も、今日は一日ありがとうございました。お礼申し上げます。

今日は非常に有意義な議論をさせていただいたと思っています。今回、プロジェクト中間目標の一つとしては、エネルギー密度300Wh/kgを掲げて、それを目指した研究開発に取り組んで来ました。それで、先生方からもお褒めいただいたように、新しい電池系で、実セルで300Wh/kgが達成できたというのは、実施者が非常に頑張っていた結果であると思っています。

その一方で、我々NEDOは、リチウムイオン電池の開発もずっとやってきており、実は、リチウムイオン電池であれば、シリコン負極とハイニッケル正極の組合せで320Wh/kgぐらいまで出している企業も存在するわけです。そういう意味では、この程度のエネルギー密度であればリチウムイオン電池でも出せるし自分たちで独自に進めた方がもっとスピーディに商品化できると考えている企業もいると思います。そういう意味で、500Wh/kgといえますか、もっと高みを目指した取組を進めないといけないのではないのかと思っています。

ただし、500Wh/kg、本当にこれを超えないと駄目なのか。500Wh/kgという数値目標は掲げていますけ

れども、それが300Wh/kgでは駄目であるが、400Wh/kgも駄目なのかとか、450Wh/kgであればいけるのかとかを議論する必要があると思っています。この場合、電池の資源制約とか、安全性も判断材料となり、最終的な判断、それは絞り込んだり、選択したりとか、そういうことが出来るように、これから2年、非常に重要なデータをこれから取っていくということで、体制等も考えなくてはいけないと思っています。電池の開発者が最終的にこのプロジェクトを成功に導く者であると思っており、解析技術者にその負担を負わせるというのは、ある意味それは間違った考え方で、電池の開発者が、解析技術者の貢献を引き出すようにしないと、このプロジェクトが終わる段階での、いろいろな意味での判断材料が不足してしまうのではないのかというのが、今日の各委員のご意見であったと理解しました。

本日はどうもありがとうございました。

**【松原PL】** 今日には本当にどうもありがとうございました。朝から大変貴重な意見をたくさんいただきまして、何か言わなければいけないけど、頭がいっぱいになっていまして、少し整理をつけながら、このプロジェクトをあと2年間やらせていただければ、きちっとやりたいと思います。

これだけの国家の予算を使っておるわけですから、本当にこの業界にとりまして、何かを残す、また、その次に繋がるというものをつくり上げられればと思っております。

今日は、皆様のご意見をもう一度自分の中にかみしめて、身を引き締めて頑張っていきたいと思っておりますので、よろしく願いいたします。

ありがとうございました。

**【稲葉分科会長】** それでは、以上で議題8を終了いたします。

9. 今後の予定

10. 閉会

## 配布資料

- 資料1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料4-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料4-2 評価項目・評価基準
- 資料4-3 評点法の実施について
- 資料4-4 評価コメント及び評点票
- 資料4-5 評価報告書の構成について
- 資料5 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料6 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料7-1 事業原簿（公開）
- 資料7-2 事業原簿（非公開）
- 資料8 今後の予定

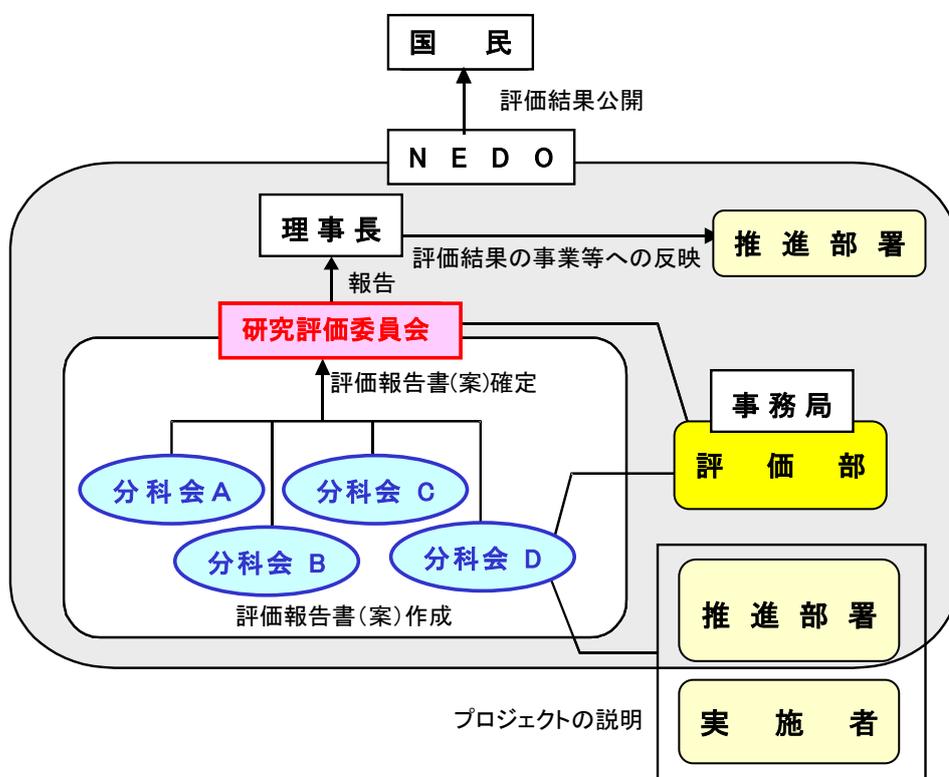
以上

## 参考資料 2 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて実施する。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)における研究評価では、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



## 1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
  - 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
  - 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する
- としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

## 2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員は、以下のような観点から選定する。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、委員を分科会委員名簿の通り選任した。

なお、本分科会の事務局については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

## 3. 評価対象

「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」を評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

#### 4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリング及び実施者側等との議論を行った。それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

#### 5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

評価対象プロジェクトについて、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての取組や見通し等を評価した。

「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」に係る  
評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業目的の妥当性

- ・ 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、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・ 上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

(2) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・ 達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・ 計画における要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・ 技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。
- ・
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献しているか。

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必

要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産に関する取扱（実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む）を整備し、かつ適切に運用しているか。

### 3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・ 成果は、中間目標を達成しているか。
- ・ 中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・ 最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外で適切に行っているか。

### 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

「実用化・事業化」の考え方

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をいう。

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

- ・ 実用化・事業化に取り組む者について検討は進んでいるか。
- ・ 実用化・事業化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・ 想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しがあるか。
- ・ 競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

## 「プロジェクト」の中間評価に係る標準的評価項目・基準

※「プロジェクト」の特徴に応じて、評価基準を見直すことができる。

「実用化・事業化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

### 「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

なお、「プロジェクト」が基礎的・基盤的研究開発に該当する場合は、以下のとおりとする。

- ・「実用化・事業化」を「実用化」に変更する。
- ・「4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて」は該当するものを選択する。
- ・「実用化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

### 「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

## 1. 事業の位置付け・必要性について

### (1) 事業の目的の妥当性

- ・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、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

### (2) NEDO の事業としての妥当性

- ・民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDO の関与が必要とされる事業か。
- ・当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費(研究開発項目の配分を含む)となっているか。
- ・目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・計画における要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っている

か。【該当しない場合、この条項を削除】

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・知的財産に関する取扱(実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む)を整備し、かつ適切に運用しているか。
- ・国際標準化に関する事項を計画している場合、その戦略及び計画は妥当か。【該当しない場合、この条項を削除】

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・成果は、中間目標を達成しているか。
- ・中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。

・一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行っているか。
- ・国際標準化に関する事項を計画している場合、その計画は順調に進捗しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合を除く】

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

- ・実用化・事業化に取り組む者について検討は進んでいるか。
- ・実用化・事業化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しがあるか。
- ・競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。
- ・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

【基礎的・基盤的研究開発の場合のうち、知的基盤・標準整備等を目標としている場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・知的基盤・標準の整備及び活用の計画は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・知的基盤・標準を供給・維持するための体制の検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・整備する知的基盤・標準について、利用の見通しはあるか。
- ・顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

### 参考資料 3 評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【1】 <u>プロジェクト後半では、主目標の革新型蓄電池開発に重点を絞らねばならない。</u></p> <p>【2】 革新型蓄電池開発は、最終目標達成に対して大きなブレークスルーが必要なものも多いため、<u>新たな追加公募など体制の見直しも必要であり、</u></p> <p>【3】 また、<u>革新型蓄電池開発と高度解析技術開発が連携を深めていけるような抜本的な体制の再構築も進める必要がある。</u></p> <p>【4】 さらに、<u>プロジェクト終了後の設備など資産の効果的な運用、活用法も終了までに検討する必要がある。</u></p>	<p>【1】 プロジェクト前半では、革新蓄電池開発と高度解析技術開発を並行して進めてきたが、<u>プロジェクト後半では、革新型蓄電池開発にリソースを集中させる</u>（9月開催のプロジェクト企画会議において参画企業10社と合意済み）。</p> <p>【2】 本年度上半期に追加公募を行い（5大学を採択）、フッ化物電池の開発を体制強化しているが、<u>来年度の追加公募の必要性も検討する</u>（現在、蓄電池タイプ毎に参画企業のキーパーソンで構成するワーキンググループを発足させて、プロジェクト後半の開発に不足している研究シーズや人材を洗い出し中）。</p> <p>【3】 現体制においては革新型蓄電池開発と高度解析技術開発のそれぞれに開発グループが編成されており、指揮命令系統が分断しているため、両開発グループが革新型蓄電池の課題解決に協働で取り組む施策を打ち出し難いとの課題がある。そのため、<u>高度解析技術開発グループを解体し、革新型蓄電池開発グループに併合した新体制を構築する。また、PLを解析技術の専門家から蓄電池の開発を主導している研究者に交代する</u>（現PL及び中核的な参画企業5社と合意済み）。</p> <p>【4】 新体制の中に<u>プロジェクト終了後の資産運用・活用方法を議論する会議体を設置し、コンセンサスを形成する。</u></p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【5】 エネルギー密度の目標値達成に固執した開発とならないように、<u>いずれの電池系もサイクル特性、レート特性、ヒステリシスなど実用化に向けた様々な課題にもより一層の重点を置き、性能・耐久性の支配因子を明確化して欲しい。</u></p> <p>参画企業からの要望にも見られるように、今後は電池特性評価に際してパラメトリックスタディー強化が必要である。</p> <p>【6】 本事業の成果が企業に円滑に受け渡しできるか否かは、<u>高度解析技術については解析プラットフォームの維持・運用スキーム明確化が重要である。</u></p>	<p>【5】 プロジェクト後半では、<u>実セルの試作及びパラメトリックな特性評価を通じて、エネルギー密度以外の諸特性を確認する取組みを強化</u>（現在、蓄電池タイプ毎の開発チームにおいて、プロジェクト後半での具体的な特性評価の内容をリストアップする作業が進行中）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・入出力特性（レート特性、充電受入性）</li> <li>・サイクル寿命</li> <li>・環境性（高温、低温）</li> <li>・安全性（内部短絡、圧潰・過充電時の発熱・熱暴走）</li> <li>・経済性等</li> </ul> <p>また、<u>前記【3】で述べた体制変更により、蓄電池研究者と解析技術の専門家が直接的に連携・協力して、性能・耐久性の支配因子を明確化する取組みが可能になる。</u></p> <p>【6】 <u>前記【3】で述べた体制変更により、革新型蓄電池の成果と解析技術の成果をパッケージ化して企業に移転できるようになる。</u>また、<u>解析プラットフォームの維持・運用スキームについては、前記【4】で述べた会議体での議論で明確化する。</u></p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【7】 また革新型蓄電池についてはエネルギー密度の他に入出力特性、電流・温度依存性、安全性・信頼性など実運用を想定した諸元が<u>重要になる</u>。</p> <p>【8】 電池開発の市場導入については、<u>高性能化に向けて材料メーカーの果たす役割は大きく、早期に材料メーカーとの協働により加速が期待できる電池系もあるのではないか</u>。</p>	<p>【7】 前記【5】で述べた特性評価のリストアップ作業には参画企業が深く関与しており、<u>実運用を想定した諸元が導出できる評価内容とする予定</u>。</p> <p>【8】 前記【2】で述べた不足している研究シーズや人材の洗い出し作業の結果、<u>材料メーカーとの協働が必要と判断された場合には、追加公募により材料メーカーのプロジェクトへ取込みを行う</u>。</p> <p>なお、一部の蓄電池メーカーは、材料メーカーを取り込むタイミングは、プロトタイプが完成し、信頼性評価のフェーズに移行してからでも遅くない、実力のある材料メーカーであれば対応してくれるという見解を持っている。</p>

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部

部長 保坂 尚子

担当 前澤 幸繁

\*研究評価委員会に関する情報はNEDOのホームページに掲載しています。

([https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu\\_index.html](https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html))

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5160 FAX 044-520-5162