

「電気自動車用革新型蓄電池開発」
中間評価報告書

2023年8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

2023年8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 斎藤 保 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 木野 邦器

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。

「電気自動車用革新型蓄電池開発」
中間評価報告書

2023年8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
研究評価委員会委員名簿	4
第1章 評価	
1. 評価コメント	1-1
1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	
1. 2 目標及び達成状況	
1. 3 マネジメント	
（参考）分科会委員の評価コメント	1-3
2. 評点結果	1-11
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 分科会議事録及び書面による質疑応答	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、「電気自動車用革新型蓄電池開発」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「電気自動車用革新型蓄電池開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 74 回研究評価委員会（2023 年 8 月 8 日）に諮り、確定されたものである。

2023 年 8 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（2023年6月29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
10. 閉会

● 第74回研究評価委員会（2023年8月8日）

「電気自動車用革新型蓄電池開発」(中間評価)

分科会委員名簿

(2023年6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 教授
分科会長 代理	たけい かつひと 竹井 勝仁	一般財団法人電力中央研究所 企画グループ 研究アドバイザー
委員	いまむら だいち 今村 大地	一般財団法人日本自動車研究所 環境研究部 主管
	いわさき ひろのり 岩崎 裕典	PwC アドバイザリー合同会社 エネルギーセクター ディレクター
	かたやま やすし 片山 靖	慶應義塾大学 理工学部応用化学科 教授
	きくち やすのり 菊池 康紀	東京大学 未来ビジョン研究センター 准教授
	てしま かつや 手嶋 勝弥	信州大学 先鋭材料研究所 所長・教授

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

(2023年8月現在)

	氏 名	所属、役職
委員長	きのの くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	岐阜大学 特任教授 一般財団法人電力中央研究所 研究アドバイザー
	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 教授
	ごないかわ ひろし 五内川 拡史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	すずき じゅん 鈴木 潤	政策研究大学院大学 政策研究科 教授
	はらだ ふみよ 原田 文代	株式会社日本政策投資銀行 常務執行役員
	まつい としひろ 松井 俊浩	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 学部長・教授
	まつもと まゆみ 松本 真由美	東京大学 教育学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門 客員准教授
	よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員

敬称略、五十音順

第 1 章 評価

1. 評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

2050年のカーボンニュートラル実現に必要な自動車電動化に向けて、また日本の基幹産業である自動車産業の優位性を守るためにも革新型蓄電池の開発は重要である。Co、Ni、Li等のレアメタルの資源リスクは特に日本にとって大きな問題であり、資源制約が少なく且つ経済的に優位な材料であるフッ化物電池と亜鉛負極電池の開発を実施する本事業の位置づけは明確である。さらに、日本国内の大学と企業が参画し、挑戦的な目標が設定されており電池における日本の競争力を高める上で大いに意義のある事業といえる。

アウトカム達成に向けて、達成までの道筋が細かく立案され、企業の意見も反映したスケジュールとなっており、大学、自動車メーカー並びに蓄電池メーカーにより事業化のためのスムーズな成果の受け渡しが可能な体制で行われているといえる。また、LCAによる環境負荷分析を行うなど、外部環境の変化や研究開発により見込まれる社会的影響を考慮している点も評価できる。

知財管理は既に前々身、前身事業のフェーズから適切に設定されており、大学知財管理では不十分となりがちな外国出願や周辺特許なども企業の支援体制が取り入れられていることは重要である。

今後においては、実用化に向けたサプライチェーンの構築のために、適切な段階での活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画することが望ましい。それにより、材料メーカーの知見・経験が、材料種の確定においても寄与すると考える。

1. 2 目標及び達成状況

アウトカム目標は、カーボンニュートラルに向けた世界的動向、車載用蓄電池及び電動車両に関する国内の各種施策、国内の自動車産業及び蓄電池産業の状況を踏まえ、適切に設定されている。

アウトプット目標は、アウトカム目標達成に必要な技術的優位性、経済的優位性も考慮された上で適切に設定され、順調に中間目標を達成しているといえる。具体的には、フッ化物電池に関しては、エネルギー密度目標が十分に高く、日本独自の研究視点に立っており、高い国際競争力を十分に意識した目標値が設定され、現時点で有力な負極、正極候補が見いだされている。亜鉛負極電池に関しては、エネルギー密度は従来のリチウムイオンバッテリーと同等の値であるが、低コスト、安全性に優れるため十分な競争力が期待できる目標値に設定され、現時点で負極に対しては良好なサイクル特性が得られており、正極に対しても有力な候補が見いだされ、課題も明確になっている。

また、オープン・クローズ戦略を踏まえて十分な論文発表や特許出願が行われている点やセル及びバッテリーパックのLCAを行っている点も評価できる。

一方で、フッ化物電池に関しては、残り2年間の研究期間で企業が実用化研究に移行できるところまで仕上げられるか不安が残るため、一層の材料の絞り込みが必要になると考える。

亜鉛負極電池に関しては、200Wh/kg の目標が良いが、150Wh/kg であっても低コスト、高安全性であれば、自動車以外の用途にも十分展開が可能であることから、別視点での用途も検討することが望ましい。

今後においては、LCA における指標としてライフサイクル温室効果ガス排出量だけでなく、資源消費インパクトや酸性化、有害化学物質の使用など、蓄電池の技術評価で課題として認識されている項目については、算定しておくことを期待する。

注) 酸性化：酸性雨化並びに、陸上・海上等に沈降する陸生酸性化・水生酸性化を指す。

1. 3 マネジメント

産学官の連携が重要な事業であり、日本の産業の育成を担う NEDO が本事業を執行することは適切といえる。実施体制には、民間企業が多数参画しており、実用化を目指した連携体制のもと研究開発が進められている。得意領域を適切に分担できているため、効率的な研究開発が推進できているといえる。また、拠点化による効率的な運営、拠点化間の密なコミュニケーションによる連携についても適切に機能していると考えられる。

本事業は、民間企業単独で事業化を進めるには、リスクが大きく困難であるため、委託事業として継続することが適切であると考えられる。

研究開発計画においては、事業の進捗管理の枠組みとして、技術系会議並びにマネジメント系会議を開催しており、全体の連携が適切に行われている。また、外部有識者を入れたステアリング会議も開催され、研究開発の優先順位や課題について、成果の受取者からの目線で議論されており、カーボンニュートラル達成に向けた世界的潮流の加速に応じて、アウトカム目標、そこに到達するためにベストな取り組みとすべく適宜スケジュールや開発戦略の見直しが行われていると評価できる。

今後は、蓄電池のリサイクル/リユースの検討が広がるなど、従来技術も進化していることから、他の技術や社会的仕組みも変化するというシナリオを考慮しながら、技術評価を実施していくことを望む。また、本事業で獲得している基礎的・学術的研究アプローチや知見は、他の事業などに大いに貢献できるものであることから、連携すべき他の事業と成果の共有を期待したい。

(参考) 分科会委員の評価コメント

1. 1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

<肯定的意見>

- ・ 電気自動車の普及は 2050 年カーボンニュートラルの実現に取って不可欠であり、また日本の基幹産業である自動車産業の優位性を守るためにも革新型蓄電池の開発は重要であり、国家プロジェクトで革新型蓄電池の開発を行う意義は高い。電気自動車の普及に取って Co, Ni, Li のレアメタルの資源量が限られることは特に日本に取って大きな問題であり、これらの金属資源を用いない革新型蓄電池の開発は意義の高い研究である。
- ・ 京都大学をはじめとするアカデミアと自動車メーカー、蓄電池メーカー、材料メーカーの産学研究であり、単に基礎的な研究だけでなく実用的な観点からの開発が可能であり、スムーズな成果の受け渡しが可能な体制で行われている。5 年の研究期間終了後、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）を構築、量産プロトタイプセル開発を通して 2030 年代に国内販売開始という道筋が立てられている。
- ・ オープン・クローズ戦略、知財管理は既に RISING, RISING2 のフェーズから適切に設定されており、問題ない。
- ・ 本事業は世界的に喫緊の課題である輸送部門の非炭素化（電動化）に対し、資源制約が少なく・経済的に優位な材料により、課題解決を目指したものであり、明確で外部環境の変化を捉えている。
- ・ 本事業は非常に挑戦的な課題であり、長期的視点に立つ必要があるため、国が関与してその成立性を見極め段階までサポートする必要がある。一方で事業化のための企業参加は重要な枠組みである。
- ・ 組織全体としてはオープン・クローズを意識して運営されている。
- ・ カーボンニュートラル実現に必要な自動車の電動化に向けて、資源リスクのない材料を用いた高性能蓄電池開発を目指しており、事業の位置づけ、意義は明確である。国内の自動車産業、蓄電池産業に対する経済的価値が高いものであり、国において実施する意義がある。
- ・ アウトカム達成に向けて、カーボンニュートラル実現に向けた世界的潮流の加速を踏まえてシナリオを見直すとともに、LCA による環境負荷分析を行うなど、外部環境の変化や研究開発により見込まれる社会的影響を考慮している。
- ・ オープン・クローズ戦略に基づいて、研究開発による知的財産が適切にプロジェクト内で管理され、国内外への特許申請、論文などが適切に行われている。
- ・ 現行 LIB の資源リスク・調達リスクを低減しつつ必要な性能を持つ革新的な電池の開発であり、社会的意義・経済的意義が高く、国が実施する意義が高い。
- ・ アウトカム達成までの道筋が細かく立案されている。民間事業者の意見も反映したスケジュールとなっており、技術開発が順調に進めば実用化まで達することが見える道筋となっている。

- ・ 知的財産・標準化戦略の考え方や体制、取り組みなど妥当である。
- ・ 世界的にカーボンニュートラルの実現が叫ばれる中、本事業では高性能、低コスト、資源制約の少ない電動車用革新電池の開発によって CO₂ の大幅な削減を目指している。日本国内の大学と企業が参画しており電池における日本の競争力を高める上で大いに意義のある事業といえる。
- ・ 国内外の現況を捉え、的確に道筋が立てられている。大学を中心とした研究組織であるが、関連する企業の研究者を加えることで本事業のアウトカムを企業に移転しやすくしている。また、事業に参画した企業の研究者のスキルアップにも貢献している。
- ・ 知財管理に関して適切なスキームが策定されている。研究に参画している大学院生やポスドクなどのキャリア形成についても配慮されている。
- ・ (両課題共通)バックキャストिंगに基づき、高い・挑戦的な目標が設定されている。現在・今後の社会情勢や市場動向・環境に鑑みても重要な社会課題であり、国プロとして対応するにふさわしい。
- ・ (フッ素系)材料探索等の基礎的検証が中心であり、アウトカム達成までの道筋に目途をつけている。現プロジェクトにおいては役割分担も適切である。(亜鉛系)基礎的課題中心であるものの、メカニズムや材料探索など、目標達成までに難しい課題に挑戦している。現状の研究開発を積極的に推し進めた課題解決に臨んでほしい。
- ・ (両課題共通)知財やノウハウの取り扱いについては、大学と企業の間できちんと考え方が統一されていると感じる。大学知財管理では不十分となる外国出願や周辺特許なども企業の支援体制が取り入れられていることは重要である。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画がないのが残念である。実用化に向けたサプライチェーンの構築が必須であり、早い段階での活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画があっても良いように思われる。
- ・ 研究期間終了後で良いと思うが、早期に標準化を進める体制を作っていただきたい。
- ・ 本事業終了後の直近の事業化・商用化は困難なため、企業が参加しやすい長期的な計画・視点を具体化する必要があると考える。
- ・ 一方で、大学主導で進められているプロジェクトである限界として、個人の成果の公開、海外留学生などを含む情報管理について十分でない懸念がある。
- ・ アウトカム達成に向けて、研究開発の進展に合わせた実施体制の柔軟な見直し（参画企業の追加など）や、本事業終了後の実用化開発の進め方についても検討を進めていただきたい。
- ・ 民間事業者の視点として自動車メーカーのみならず、電池メーカーの国際競争力強化の視点も加味すると、我が国産業界にとってより有益な目標となると考える。
- ・ 極めて高い目標を設定しており、解決すべき問題も多く、難易度の高い研究であるので、設定した数値目標の達成のみならず、研究の中で見出された学術的・技術的

成果も評価するべき。

- ・ 有望な電池系・材料が見出されしだい、電池メーカーのみならず、材料メーカーや製造装置メーカーとの連携を進めるべき。
- ・ 事業全体で得られたノウハウを複数の参画企業間でどのように共有・利用するかについての仕組みを明確化の方がよい。
- ・ 変化の激しい環境にある蓄電池技術のエコシステムにおいて、2050年という点の時間軸に合わせるのではなく2050年以降も含めて本技術が適用できるものであることを見出してもらいたい。
- ・ LCA 結果についてはオープン化し優位性を示していくことを早期に検討いただきたい。
- ・ (両課題共通)数値目標だけにとらわれず、国プロの使命である学術的貢献も目標設定してほしい。
- ・ (両課題共通)事業終了後に継続するためにも材料系メーカーの早期参入を期待したい。材料種が確定するまでにも材料系メーカーの知見・経験も重要であろう。今後課題になるであろうリサイクルに関する方向性の議論を開始しても良いと考える。
- ・ (両課題共通)企業間の連携の具体的方針がより強固になるとアンダーワンループを適切に確立できるだろう。外国出願について、この分野ではきわめて重要であるため、国内出願時からのより積極的な対応に期待したい。

1. 2 目標及び達成状況

<肯定的意見>

- ・ フッ化物電池に関してはエネルギー密度目標は十分に高く、目標を達成したときにはLIB等の従来電池に対して高い国際競争力をもつことが期待できる。亜鉛負極電池のエネルギー密度は従来のLIBと同等の値であるが、低コスト、安全性に優れるため十分な競争力が期待できる目標である。
- ・ フッ化物電池に関しては有力な負極、正極候補が見いだされている。亜鉛負極電池に関しては、亜鉛負極に関しては良好なサイクル特性が得られており、正極に関しても有力な候補が見いだされ、課題も明確になっている。特許出願、論文、研究発表が多くなされており、成果の普及や事業のアピールができています。
- ・ 世界的にも例のない新しい電池系の創出に本プロジェクトの価値があり、一方でこれまで相当額の国費が投入されている。単に電池性能の向上だけに留まらず、原理解明、基礎的知見の蓄積により、国内の対外競争力の向上に期待したい。
- ・ 電池系に合わせた適切な目標値が設定されている。十分な論文発表が行われている。
- ・ アウトカム目標は、カーボンニュートラルに向けた世界的動向や、車載用蓄電池および電動車両に関する国内の各種施策、国内の自動車産業、蓄電池産業の状況を踏まえ、適切に設定されている。成果受け取り手となる企業が実施体制に組み込まれており、アウトプット目標が達成されることで、適切に成果が企業に引き継がれ、アウトカム目標が達成される見込みがある。

- ・ アウトカム目標達成に必要なアウトプット目標が、技術的優位性、経済的優位性も考慮されたうえで適切に設定されており、目標値およびその達成時期も明確である。またオープン・クローズ戦略を踏まえて必要な論文発表や特許出願が行われている。セル及びバッテリーパックの LCA を行っている点も評価できる。
- ・ 目指すべき目標として妥当である。また、技術開発やその後の実用化が順調に進めば、達成の可能性はあると考えられる。
- ・ 中間段階の達成度としては妥当と考える。特にフッ化物電池については、いずれの項目も達成または達成見込みであり、十分な成果が出ている。
- ・ 世界的な情勢・市況に基づいてアウトカム目標が設定されている。また、人材育成も視野に入れており、日本における電池技術の向上と発展に寄与することが期待される。
- ・ 全体として優れた研究業績を挙げており、精力的に研究が進められている。フッ化物電池については概ね目標が達成されている。亜鉛負極電池については電極および電池作製プロセスの確立が確認されている。
- ・ 性能の数値的な目標への到達だけでなく、得られたメカニズムの理解などについてもアウトプットとして主張できるものとなっている。
- ・ (フッ素系)国際的開発背景を踏まえ、バックキャスト的に指標・目標値を設定しており、ほぼ達成を見込める状況になっている。日本独自の研究視点に立っており、国際競争力を十分に意識した値となっている。(亜鉛系)挑戦的課題が設定されており、指標・目標値は十分に国際競争力を備えると判断する。(両課題共通)材料研究開発が目標達成などにきわめて重要であり、日本の材料研究の強みを十分に生かせる領域であると判断する。
- ・ (両課題共通)国際的背景のもと、挑戦的かつ適切に設定された指標・目標値であり、達成に向けて着実に進行していると理解する。(フッ素系)そのうえで、ほぼ目標値を達成できるところまで研究開発を推進できており、引き続き、研究開発に注力してほしい。(亜鉛系)そのうえで、目標達成を可能にする基礎的知見の獲得にも積極的であるため、挑戦的課題を解決できる可能性を秘めると期待する。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 亜鉛負極電池に関しては、正極側の開発に課題が残る。本命の正極材料は MnO_2 と考えられるが、まずは 150 Wh/kg 程度を狙って 1 電子反応で良好な特性を実現し、そのうち 200 Wh/kg にチャレンジするというシナリオでいいのでは無いかと思われる。 150 Wh/kg であっても低コスト、高安全性であれば、自動車以外の用途にも十分展開が可能である。 MnO_2 以外の材料に関してはあまり大きなエネルギー密度の見込みがなく、見直す時期に来ているのではないかと思われる。
- ・ 亜鉛負極電池の弱酸性電解液に関してはメリット、デメリットを明確にして今後進めるべきかを判断すべき。フッ化物電池に関しては有力な負極、正極候補が見いだされているが、あと 2 年間の研究期間で企業に実用化研究に移行できるところまで

仕上げられるかに関しては不安が残る。最後の2年間では材料の絞り込みも必要ではないかと思われる。また、電池の生産性や出力密度を考えたときには電解液系のフッ化物電池も魅力的であり、電解液の開発もいっそう加速して欲しい。

- 一方で、蓄電池はEV用途のみでなく、系統での電力貯蔵用途も大きな市場として期待されている。資源制約が少ないこと、経済的である共通点以外に、エネルギー密度の制約は低くなるが長寿命を要求される。アウトプットをより広い視点で、電池系に合わせて見直す必要もあると考える。
- 中間目標はおおむね達成、または達成見込であるが、一部未達成の項目がある。中間目標および最終目標の達成に向けて、本事業で取り組む高度解析技術による反応メカニズム解析や、セル特性予測シミュレーション技術開発などを有効に活用し、開発を進めていただきたい。
- 亜鉛負極電池は一部未達の項目があるものの、改善に向けた戦略は明確になっているため、時間との競争という面はあるものの、ポイントを絞りつつ、また適宜成果を踏まえた軌道修正を加えながら、最終年度までに初期の目標を達成できるよう、進めて頂きたい。
- 2030年代の国内販売開始（実用化）という目標はやや楽観的に感じられる。事業終了後、10年程度の間に電池性能や安全性、材料・製造プロセスなどを確立できるか？
- フッ化物電池では作動温度および入出力特性の改善、亜鉛負極電池では正極材料の探索が課題といえる。
- 2050年に目標とするシェアを得るには、研究開発からプロセス開発、サプライヤーにおける生産計画、実用化から規模拡大、など、多くの段階があり、現時点既に時間が不足しているように思える。他方、2050年以降も蓄電池材料は低資源リスクで循環利用されていかねばならないため、あまり2050年という一つの時点にこだわりすぎない形でアウトカムを検討されるべきではないか。LCAにおける指標としてライフサイクル温室効果ガス排出量だけではなく、他の指標についても検討すべき。特に資源消費インパクトや酸性化、有害化学物質の使用など、蓄電池の技術評価で課題として認識されている項目については、算定しておくべきと感じる。
- (両課題共通)数値目標だけでなく、学術的視点からの目標、例えば指導原理の確立や反応メカニズム解明、実験結果の見える化など、学術的視点の目標を新規設定することを期待したい。(亜鉛系)各研究開発ステージにて、さまざまな課題が表出する際には適切に指標・目標値を見直すことを考えてほしい。
- (フッ素系)数値目標は達成できる水準に達しているものの、その指導原理に関し、未だ未解明のところが見られる。この学術的アプローチを指標・目標に設定することで、研究開発の広がりや創出してほしい。(亜鉛系)未達あるいは達成困難と感じられる目標設定が見られる。目標値を下げるのではなく、新たに得ている知見をもとに、別視点での目標値設定に取り組んでも良いと感じる。(両課題共通)特許出

願や論文掲載など、社会的影響を考えると、本プロジェクトはこの分野を先導すべきであり、質的および量的推進を期待したい。

1. 3 マネジメント

<肯定的意見>

- ・ 自動車産業、蓄電池産業の競争力強化のための研究開発であり、NEDO の事業として行うことは妥当である。PL、SPL の強力なリーダーシップのもと研究開発が進められている。民間企業がプロジェクトに多数参画しており、実用化を目指した産学連携体制のもと研究開発が進められている。
- ・ 革新型電池の開発は一企業では為し得ることが難しいきわめてチャレンジングなテーマであり、委託事業で継続することが望ましい。
- ・ アウトプット目標達成に必要な進捗管理はマネジメント系会議と技術系会議で適切に行われている。カーボンニュートラル達成に向けた世界的潮流の加速に応じて、アウトカム目標の見直しが行われている。
- ・ 拠点化による効率的な運営、拠点化間の密なコミュニケーションによる連携について適切であると考ええる。
- ・ 事業化のためには更なる研究開発が必要であり、民間企業で事業化を進めるには、リスクが大きく困難である。委託事業として進めるのが適切である。
- ・ NEDO の関与も含め、適切に管理されていると考える。
- ・ 産学官の連携が重要な事業であり、執行機関としては NEDO が適切である。基盤的技術に関する技術的難易度の高い事業であり、アカデミアを中心に産業界と連携して実施する体制は適切である。実施者間で進捗管理の会議を開催して連携しながら開発が進められる体制となっている。
- ・ 本事業は基盤的技術の研究開発事業であり、委託事業として継続することが適切である。
- ・ 事業の進捗管理の枠組みとして、技術系会議およびマネジメント系会議を開催しており、要素技術間の連携が適切に行われている。また外部有識者を入れたステアリング会議も開催され、成果開発項目の優先順位や課題について、成果の受取者からの目線で議論されており、研究開発の進捗管理は適切である。
- ・ 産官学の実施者それぞれが、各自の役割を果たし責任感を持って取組を進めており、体制として高く評価できる。
- ・ 主な開発主体が大学・公的機関などで有り、民間への委託費も必要な最低限に留められており、妥当と考える。
- ・ 最終的なゴールを見据えつつ、そこに到達するためにベストな取り組みとすべく適宜スケジュールや開発戦略を見直しており、妥当と考える。
- ・ 日本の科学技術の高度化と産業の育成を担う METI および NEDO が本事業を執行するのは適切といえる。また、実施者は多くの実績を有しており、それぞれの研究開発を推進できるといえる。

- ・ 極めて難易度の高い研究であり、委託事業として継続することが必要である。
- ・ ステアリング会議を中心としたマネジメント系会議と技術系会議が設置されており、進捗管理と研究者間の情報交換がなされている。
- ・ (両課題共通)適切な研究開発執行体制を構築できていると判断する。産学官の協働体制も適切であり、得意領域を適切に分担できているため、効率的な研究開発を推進できると判断する。
- ・ (両課題共通)本プロジェクトで設定されている課題は、一企業や一大学レベルでは解決が困難な重要課題である。国プロとして対応すべき重要テーマであり、継続的な支援が必要である。
- ・ (両課題共通)研究開発により課題がより明確化し、各研究グループにて適切に対応できる体制が構築されている。進捗管理は適切であるため、見直しが必要な指標・目標も把握できていると理解する。

<問題点・改善点・今後への提言>

- ・ 開発する電池系が完全に絞りこまれていない段階で致し方ない面もあるが、活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画がないのが課題である。実用化に向けたサプライチェーンの構築が必須であり、早い段階での活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画が望まれる。
- ・ 2024年以降はプロセス・セル設計を強化する予定になっているが、研究期間終了後に実用化研究に移行することを考えると、いずれの電池系も早急に材料の絞り込みを行い、前倒しで本年度中からプロセス・セル設計をスタートできると良い。
- ・ 亜鉛負極電池の開発については、一部が実用例もあるため、先行機関（特に電池製造企業）をプロジェクトに取り入れて、より効率的に開発が進められないかと思慮する。
- ・ NEDO 事業の成果評価について、目標値の達成度などに重点が置かれがちであるが、本プロジェクトでは原理解明、基礎的知見の蓄積の占める割合が大きいと考える。終了時評価ではできるだけこれらを明示して、次への展開を明確にされることを期待する。
- ・ 材料メーカーの参画や、セル化・プロセス研究への産業界からの参画、セル特性予測シミュレーション技術開発の体制強化など、研究開発の進展に応じて実施体制を柔軟に見直してアウトプット目標達成に向けて開発を進めていただきたい。
- ・ 当初の研究計画にとらわれずに状況に応じて柔軟に研究計画を修正することが望ましい。
- ・ 従来の蓄電池のリサイクル/リユースの検討が広がるなど、比較対象技術も進化している。開発対象の技術だけでなく、他の技術や社会的仕組みも変化するというシナリオを考慮しながら、技術評価を実施いただきたい。
- ・ (両課題共通)研究データの共通化・利活用において、本プロジェクト関係者だけでなく、連携すべき他の国プロとのより密接な連携も期待したい。特に、本プロジェ

クトで獲得している基礎的・学術的研究アプローチや知見は、両テーマ間の相補的活動のみならず、他のプロジェクトなどに大いに貢献できると期待する。

- (両課題共通)本プロジェクト期間終了後の次ステップについても、検討が必要な時期に達しているであろう。本事業成果の適切な展開に期待する。
- (フッ素系)要素技術の橋渡しはこれからであるものの、次ステップに関する早めの対応を期待したい。(亜鉛系)スケジュール的にやや遅れ気味のテーマが見受けられる。これは当初の高い課題設定に起因するため、研究開発の状況に応じた指標・目標値の再設定を実施しても良いと判断する。目標値の切り下げではなく、学術的・基礎研究的に重要な要素を取り込んでほしい。

2. 評点結果

評価項目・評価結果	各委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1)本事業の位置付け・意義	A	A	A	A	A	A	A	3.0
(2)アウトカム達成までの道筋	A	B	B	B	A	B	B	2.3
(3)知的財産・標準化戦略	A	B	A	A	A	B	A	2.7
2. 目標及び達成状況								
(1)アウトカム目標及び達成見込み	A	A	A	A	A	B	B	2.7
(2)アウトプット目標及び達成状況	B	B	B	B	B	A	B	2.1
3. マネジメント								
(1)実施体制	A	B	B	A	A	A	B	2.6
(2)受益者負担の考え方	A	A	A	A	A	A	A	3.0
(3)研究開発計画	B	B	A	A	A	B	B	2.4

《判定基準》

A：評価基準に適合し、非常に優れている。

B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。

C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。

D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

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。

「電気自動車用革新型蓄電池開発事業」

事業原簿

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 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部
-----	--

—目次—

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋	1-1
1.1 事業の位置づけ・意義	1-1
1.2 アウトカム達成までの道筋	1-17
1.3 知的財産・標準化戦略	1-19
2. 目標及び達成状況	2-1
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	2-1
2.2 アウトプット目標及び達成状況	2-11
3. マネジメント	3-1
3.1 実施体制	3-1
3.2 受益者負担の考え方	3-3
3.3 研究開発計画	3-5

概要

		最終更新日	2023年8月8日
プロジェクト名	NEDO プロジェクト名：電気自動車用革新型蓄電池開発 METI 予算要求名称：電気自動車用革新型蓄電池開発	プロジェクト番号	P21006
担当推進部/ PMまたは担当者 及び METI 担当課	スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 古川 善規 (2021年4月1日～2022年3月31日) 今田 俊也 (2022年4月1日～7月31日) 臼田 浩幸 (PM) (2022年8月1日～現在) 錦織 英孝 (2021年4月1日～10月31日) 齋藤 俊哉 (SPM) (2021年11月1日～現在) 小井戸 哲也 (2021年4月1日～現在) 西山 喜明 (2021年4月1日～現在) 丹羽 勇介 (2021年4月1日～現在) 丸内 亮 (2023年4月15日～現在) 中島 港人 (2021年4月1日～2023年3月31日) 経済産業省 製造産業局 自動車課 商務情報政策局 情報産業課 電池産業室		
0. 事業の概要	2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、自動車の電動化が急速に進むことが予測されている。現状の電動車（EV・PHEV）につかわれる車載蓄電池は液系 LIB がほとんどで、Co を含む正極材料を使った LIB の比率が高い。自動車の電動化が進むと膨大な容量の蓄電池が必要となり、Co や Li の資源量がひっ迫してくる。そこで本事業では、資源量が豊富で、安価かつ供給リスクの少ない材料を使用し、高エネルギー密度化と安全性の両立を実現可能な蓄電池を開発する。具体的にはハロゲン化合物電池と亜鉛負極電池を対象として、産学連携・企業間連携の研究開発体制を構築し開発に臨む。		
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1 本事業の位置付け・意義	近年、2050年までのカーボンニュートラル実現が世界的な目標として掲げられ、日本でも、自動車における2050年までのカーボンニュートラル達成を記した、第6次エネルギー基本計画が閣議決定されている。輸送部門で大きなエネルギー消費割合を占める自動車においては、現状では化石燃料が用いられているが、カーボンニュートラル実現は、自動車を電動化（EV・PHEV化）し、電力のカーボンニュートラル化とセットで達成するシナリオが提唱されている。一方、自動車の電動化には膨大な量の車載用蓄電池が必要となり、現在電動車の車載電池に多く用いられている三元系正極材料を使った液系 LIB では、正極に含まれている Co の資源量が限られており、2050年に想定される容量の車載用蓄電池には対応できない。そのほか、Li や正極材料の Ni の資源量も十分とはいいがたく、現行の液系 LIB、および全固体を含む次世代の先進 LIB だけでは車両電動化を支える事はできない。そのため 2050年の自動車のカーボンニュートラル実現のためには、Co・Li・Ni を用いない高性能な革新型蓄電池が必要とされる。 本事業は、カーボンニュートラル実現に必須とされる自動車の電動化に資する革新型電池を研究開発するものである。		
1.2 アウトカム達成までの道筋	2050年に設定したアウトカム目標（後述）達成のためには、革新型蓄電池を搭載した電動車が相当数の割合で製造・販売されている必要がある。そのため、本事業成果の実用化の時期は2030年代半ばごろを想定し、革新電池の車載用パック（60kWh）の実用化目標として下記の通り定めた。 革新型蓄電池を用いた車載電池パック（60kWh）の実用化目標		
	目標項目	実用化目標 （革新型蓄電池）	参考 （現行の液系 LIB）
	コスト	1万円/kWh 以下	2万円/kWh 程度
	重量エネルギー密度	フッ化物電池：400Wh/kg 以上 亜鉛負極電池：200Wh/kg 以上	130～160Wh/kg 程度
	体積エネルギー密度	フッ化物電池：900Wh/L 以上 亜鉛負極電池：400Wh/L 以上	150～240Wh/L 程度

	カレンダー寿命	15年以上	7~8年程度																										
	サイクル寿命	2,000回以上	1,000回程度																										
	安全性	内部短絡や過充電等、 異常時の発火リスク無し	リスク有り																										
	原材料調達リスク	無し	有り (Li, Co)																										
	急速充電時間	20分以下	40分程度																										
上記の実用化目標は、研究開発対象の現状の電池性能との乖離が大きく、本事業の終了時（2025年）より、成果受け取り側の企業で、実用化開発を実施する必要がある。そのため、事業の最終目標は、事業終了後に産業界で実用化開発を開始するに値して、かつ上記実用化目標につながる電池セルの特性値として規定した。詳細は次項のアウトプット目標を参照。																													
1.3 知的財産・標準化戦略	<p>将来の産業競争力の維持・向上を念頭に、研究開発成果の内容に応じてオープン（公表、論文発表、標準化）とクローズ（特許化、秘匿ノウハウ）を判断。活物質・電解質などの材料発明は積極的に特許出願し、将来の競争力優位性を担保。主要なEV市場形成が見込まれる国や、電池の海外競合企業が存在する国を中心に外国出願を積極的に推進。</p> <p>本事業で開発する電極活物質・電解質材料、合剤電極及びセルについては、企業の「コア・イノベーション領域」であり、これらの情報を標準化（＝オープン化）することは、現時点で想定していない。</p>																												
2. 目標及び達成状況																													
2.1 アウトカム目標及び達成見込み	<p>本事業のアウトカム目標は前述したとおり、2050年のカーボンニュートラル実現への貢献である。詳細は省略するが、アウトカム目標として、日本メーカーの世界シェアが30%であり、そのうち1/3が革新型電池搭載の電動車（全世界の電動車生産の内1/10が革新型電池搭載）と置いた。</p> <p>その時の、経済効果およびCO₂排出削減効果は以下の通り。</p> <table border="1"> <tr> <td>経済効果</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%） ● 革新型電池搭載車両売上：24兆円/年 ● 同バッテリーパック売上：5.9兆円/年 </td> </tr> <tr> <td>CO₂排出削減効果</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ● 国内削減量：1600万t-CO₂/年 ● 世界削減量：1.03億t-CO₂/年 </td> </tr> </table>			経済効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%） ● 革新型電池搭載車両売上：24兆円/年 ● 同バッテリーパック売上：5.9兆円/年 	CO ₂ 排出削減効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 国内削減量：1600万t-CO₂/年 ● 世界削減量：1.03億t-CO₂/年 																						
経済効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%） ● 革新型電池搭載車両売上：24兆円/年 ● 同バッテリーパック売上：5.9兆円/年 																												
CO ₂ 排出削減効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 国内削減量：1600万t-CO₂/年 ● 世界削減量：1.03億t-CO₂/年 																												
2.2 アウトプット目標及び達成状況	<p>「研究開発項目① フッ化物電池の研究開発」</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>中間目標（2023年度末）</th> <th>最終目標（2025年度末）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>セル容量</td> <td>0.1 Ah</td> <td>2 Ah</td> </tr> <tr> <td>重量エネルギー密度</td> <td>400 Wh/kg 以上</td> <td>500 Wh/kg 以上</td> </tr> <tr> <td>体積エネルギー密度</td> <td>800 Wh/L 以上</td> <td>1,000 Wh/L 以上</td> </tr> <tr> <td>サイクル容量劣化</td> <td></td> <td>10%以下（100サイクル後）</td> </tr> <tr> <td>充電受入性</td> <td></td> <td>1C 以上</td> </tr> </tbody> </table> <p>その他中間目標：セルの性能特性の支配因子とその影響度を把握し、最終目標を達成するために注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示</p> <p>その他の最終目標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し ・実用化：今後の実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認 <p>上記の中間目標に対する、2023年3月末現在の達成状況を下記に示す。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>目標（2024年3月）</th> <th>成果（2023年3月）</th> <th>達成度（見込み）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>重量エネルギー密度</td> <td>400 Wh/kg 以上</td> <td>371 Wh/kg</td> <td>○ 2024年3月に達成見込み</td> </tr> </tbody> </table>			項目	中間目標（2023年度末）	最終目標（2025年度末）	セル容量	0.1 Ah	2 Ah	重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	500 Wh/kg 以上	体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1,000 Wh/L 以上	サイクル容量劣化		10%以下（100サイクル後）	充電受入性		1C 以上	項目	目標（2024年3月）	成果（2023年3月）	達成度（見込み）	重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	371 Wh/kg	○ 2024年3月に達成見込み
項目	中間目標（2023年度末）	最終目標（2025年度末）																											
セル容量	0.1 Ah	2 Ah																											
重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	500 Wh/kg 以上																											
体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1,000 Wh/L 以上																											
サイクル容量劣化		10%以下（100サイクル後）																											
充電受入性		1C 以上																											
項目	目標（2024年3月）	成果（2023年3月）	達成度（見込み）																										
重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	371 Wh/kg	○ 2024年3月に達成見込み																										

体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1400 Wh/L	◎ 2023年3月に達成
セル容量	0.1 Ah 級	0.1 Ah	(○) エネ密実証とは別のプロセス検討セルにて確認
その他	・セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 ・注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示	電極の利用率向上の指針について、その設計指針を出すことができた。一方、レート特性・低温動作などの速度論的な観点ではまだ検討中。	○ 2024年3月に達成見込み

エネルギー密度の検証は、2023年3月段階では正極・負極それぞれの単極評価結果からの推定値。2023年度中にフルセルでの検証とさらなるエネルギー密度の上積みを見込んでいる。

「研究開発項目② 亜鉛負極電池の研究開発」

項目	中間目標 (2023年度末)	最終目標 (2025年度末)
セル容量	0.2 Ah	5 Ah
重量エネルギー密度	150 Wh/kg 以上	200 Wh/kg 以上
体積エネルギー密度	400 Wh/L 以上	500 Wh/L 以上
サイクル容量劣化		10%以下 (100サイクル後)
充電受入性		3C 以上

その他中間目標：セルの性能特性の支配因子とその影響度を把握し、最終目標を達成するために注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示

その他の最終目標

- ・安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し
- ・実用化：今後の実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認

上記の中間目標に対する、2023年3月末現在の達成状況を下記に示す。

項目	目標 (2024年3月)	成果 (2023年3月)	達成度 (見込み)
重量エネルギー密度	150 Wh/kg 以上	82 Wh/kg (141 Wh/kg*)	△
体積エネルギー密度	400 Wh/L 以上	160 Wh/L (401 Wh/L*)	△
セル容量	0.2 Ah 級	1.44 Ah (3.80 Ah*)	◎ 2023年1月に達成
その他	・セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 ・注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示	・負極：合剤電極の組成と構造の最適化による利用効率とサイクル寿命の向上 ・正極：新規正極活物質での新コンセプト確認	○ 当初想定課題は2023年3月でほぼ達成済み

			・電解質：イオン構造の解析と正負極間のイオン移動制御技術構築		
	<p>* プロセス確立のために試作した Ni-Zn 電池での値</p> <p>上記表の括弧内の数字はプロセス確立のために作成した Ni-Zn 電池での実績を示し、開発した Mn 正極材料を用いた Mn-Zn 電池の値と併記している。Ni-Zn 電池を題材としたプロセス確立では市販品の Ni-Zn 電池を超えるエネルギー密度を確認した。その後、開発中の Mn 材料を電極化・セル化したが、現状のセルでは目標を下回るエネルギー密度であった。</p>				
3. マネジメント					
3.1 実施体制	経産省担当原課	製造産業局 自動車課 商務情報政策局 情報産業課 電池産業室			
	プロジェクトリーダー	PL：京都大学大学院工学研究科 教授 安部 武志 SPL：京都大学産官学連携本部 特任教授 森田 昌行			
	プロジェクトマネージャー	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 部長 古川 善規（2021年4月1日～2022年3月31日） NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 部長 今田 俊也（2022年4月1日～2022年7月31日） NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 室長 臼田 浩幸（2022年8月1日～現在）			
	委託先	京都大学、東京工業大学、早稲田大学、大阪大学、大阪公立大学、九州大学、東京大学、東北大学、名古屋大学、名古屋工業大学、兵庫県立大学、三重大学、山口大学、立命館大学、大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構、（独）産業技術総合研究所、（財）ファンセラミクスセンター、旭化成（株）、エナジーウィズ（株）、ダイキン工業（株）、トヨタ自動車（株）、日産自動車（株）、日本電気（株）、パナソニック エナジー（株）、（株）本田技術研究所（14 大学、2 研究機関、1 財団、8 企業）			
3.2 受益者負担の考え方 事業費推移 (単位:百万円)	主な実施事項	2021fy	2022fy	2023fy	
	フッ化物電池の研究開発				➤
	亜鉛負極電池の研究開発				➤
	会計・勘定	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	一般会計	2,375	2,680	2,286	7,341
	開発成果促進財源	458			458
	総 NEDO 負担額	2,822	2,680	2,286	7,686
	(委託)	2,822	2,680	2,286	7,686

3.3 研究開発計画	中間評価▽					事後評価▽		
	2021年度		2022年度		2023年度	2024年度	2025年度	
	研究開発項目① フッ化物電池開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発				材料種の絞り込みと改良	量産合成プロセスの開発
電極開発			合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)				電極構造の最適化	電極形成プロセスの開発
		セル開発・ 特性評価	セル基本設計	0.1Ah級セルの試作・特性評価			2Ah級セルの試作・特性評価	セル劣化状態把握技術の開発
劣化メカニズム・支配因子の明確化								
数値解析		セル特性予測シミュレーション技術の開発				シミュレーターの改良		
総合評価						実用セル・バッテリーパックの性能・コストの推定、LCA評価		
研究開発項目② 亜鉛負極電池開発		材料開発	電極活物質・電解質材料の開発				材料種の絞り込みと改良	量産合成プロセスの開発
			電極開発	合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)				電極構造の最適化
		セル開発・ 特性評価		セル基本設計	0.2Ah級セルの試作・特性評価			5Ah級セルの試作・特性評価
			セル劣化メカニズム・支配因子の明確化					
		数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発				シミュレーターの改良	
		総合評価					実用セル・バッテリーパックの性能・コストの推定、LCA評価	
情勢変化への対応	2021年度の本事業開始以降に、2050年のカーボンニュートラルに向けて、国際的な枠組みや日本の施策が具体化してきた。そこでアウトカム目標を、2050年のカーボンニュートラル達成時点での値に設定し直し、達成までのシナリオを再検討した。							
中間評価結果への対応								
評価に関する事項	事前評価	2020年度実施 担当部 スマートコミュニティ・エネルギーシステム部						
	中間評価	2023年度 中間評価実施予定						
	終了時評価	2025年度 終了時評価実施見込み						
別添								
投稿論文	「査読付き論文」：34件（21年度8件、22年度26件） 「研究発表」：144件（21年度44件、22年度100件） 「受賞」：4件（21年度1件、22年度3件）							
特許	「出願済」24件（21年度2件出願、22年度22件出願、出願数のうち5件はPCT・外国出願） （2023年5月時点で公開前のため、添付はなし）							
その他外部発表 (プレス発表等)	8件（21年度4件、22年度4件）							

基本計画に 関する事項	作成時期	2023年5月 作成
	変更履歴	2023年8月 誤記修正

プロジェクト用語集

用語・略称	正式名称	定義・解説
B2DS	Beyond 2°C Scenario	IEA による、エネルギー部門の CN を 2060 年までに達成し、2100 年に大気温度上昇を 1.75°C 未満に抑えるためのシナリオ。
BEV	Battery Electric Vehicle	外部からの電力供給によって搭載する蓄電池に充電し、蓄電池から電動機に電力を供給することで走行する、内燃機関を搭載していない自動車。長距離移動にも可能なように大量の蓄電を搭載しており、搭載蓄電池容量は 60 kWh 前後である事が多い。
CN	Carbon Neutral	大気への二酸化炭素排出量が 0 の状態。
C6	C ₆	LIB の負極に用いられる炭素系材料。炭素原子 6 個あたりリチウム原子を最大一個受け入れられる。代表的には黒鉛が用いられる。
C レート、C	—	電池の電流値の表記法。対象の電池の全容量 (Ah など) を n 時間かけて、定電流で充電あるいは放電する場合の電流値を 1/n C とする。例えば 0.1 C で放電すると 10 時間で全容量を放電し、6 C で充電すれば、10 分で全容量を充電することになる。
EV	Electric Vehicle	本原簿では BEV と同じ意味で用いる。
HEV	Hybrid Electric Vehicle	蓄電池を搭載し、内燃機関と電動機で走行可能な自動車。通常蓄電池の充電は内燃機関で行う。主たる動力源は内燃機関で、加速時の動力アシストと減速時の回生に蓄電池が利用される。搭載されている蓄電池容量は比較的小さく、数 kWh であることが多い。
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関。日本を含む 29 の加盟国が、その国民に信頼できる、安価でクリーンなエネルギーを提供するための諮問機関。
LCA	Life Cycle Assessment	製品・サービスのライフサイクル全体 (資源採取—原料生産—製品生産—流通・消費—廃棄・リサイクル) おける環境負荷を定量的に評価する手法である。
LCO	コバルト酸リチウム (LiCoO ₂)	LIB の正極材として用いられる。高性能であるが、Co が高価であるため生産量は減少傾向。
LFP	リン酸鉄リチウム (LiFePO ₄)	LIB の正極材として用いられる。理論電位が低いため NMC を正極にした場合よりも蓄電量は少ないが、原材料が安価で資源リスクが少なく、安全で、製造時も扱いやすいとされる。近年中国の電池メーカーを中心に生産が拡大している。
LIB	Lithium Ion Battery	二次電池の一種で、充放電における反応は、リチウムイオンが正負両極の層状化合物の層間に挿入、脱離し、往復することによる。起電力が約 4 V と高い、エネルギー密度が高い、レート特性が良い、温度特性、自己放電特性が良い、メモリ効果が見られない、という特徴を持っている。家電、通信機、自動車等輸送機器用の電源などの幅広い分野で応用されている。

用語・略称	正式名称	定義・解説
LMO	マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4)	LIB の正極材として用いられる。安全性が高いとされる。LCO に比してエネルギー密度は低い。
LTO	チタン酸リチウム ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)	LIB の負極材料として用いられる。酸化還元電位が比較的高いため、エネルギー密度は低いが、劣化しづらいとされる。
NCA	$\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ ($x+y+z=1, x, y, z > 0$)	LIB の正極活物質。ニッケル酸リチウム (LiNiO_2) は高性能だが安全性に課題があったため、構造安定化のために Co を、耐熱性の改善のために Al を添加している。EV にも用いられている。
Ni-Zn 電池	ニッケル亜鉛電池	正極に水酸化ニッケル (NiOOH)、負極に亜鉛 (Zn) 電解液は水酸化カリウム (KOH) を用いる二次電池。高出力でコストが安い、寿命が短いため EV 用は実現していない。
NMC	$\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$ ($x+y+z=1, x, y, z > 0$)	LIB の正極活物質。LCO をベースに Co 比率を下げている。三元系正極活物質とも呼ばれる。Ni、Mn、Co のモル比率 x, y, z に応じて Ni : Mn : Co = 5:3:2 であれば NMC(532)などと表記される。電動車用電池の主流となっている。
NZE シナリオ	Net-Zero Emissions by 2050 Scenario	IEA による、2030 年までに年間排出量を 23Gt に削減し、2050 年までに二酸化炭素排出量をゼロにして、2100 年には大気温度上昇 1.5℃未満を達成するためのシナリオ。
PHEV	Plug-in Hybrid Vehicle	内燃機関だけでなく、外部からも充電可能な HEV。短距離であれば内燃機関を使用することなく、蓄電池と電動機のみで走行が可能である。そのため短距離走行時には、内燃機関を用いずに EV と同等に機能する。搭載する電池容量は HEV と EV の間で、本原簿では 15 kWh の蓄電池の搭載を仮定している。
アニオン	—	電子を受け取って負の電荷を帯びた原子または分子。
イオン伝導度	—	単位立方体の両側面に電圧をかけたときに流れる電流を表し、立方体の一辺が 1 cm、電圧が 1 V の時に単位は S/cm となる。電解質のイオンの通しやすさを表す比例係数であり、通常固体電解質では液体電解質よりも小さいため、電池の作動上大きな過電圧を発生させる。
エネルギー効率	—	二次電池においては、所定の条件で充電し、次いで放電した場合の、充電時に投入されたエネルギー量 (Wh など) に対する放電時に利用可能なエネルギー量の比率。
液 LIB	—	有機電解液を使用した通常の LIB。全固体電池と比較するときに使われる。
カチオン	—	電子を放出して正の電荷を帯びた原子または分子。
過電圧	—	二次電池において、放電時には放電電圧が酸化還元電位より低下し、また充電時には充電電圧が酸化還元電位より増加する。この電圧の差分のこと。大きいほどエネルギー効率が低下する。
革新型電池	—	本原簿では、現在の LIB の将来進化の限界を超える性能やコスト競争力のポテンシャルを持つ二次電池で、Li イオンを電荷担体としないものを指す。本事業で対象とするフッ化物電池、亜鉛負極電池の他に Na イオン電池、Mg イオン電池などがある。
活物質	—	電極活物質ともいう。化学電池の起電反応のもととなる主要物質のこと。LIB では、正極活物質として、コバルト酸リチウム

用語・略称	正式名称	定義・解説
		(LCO)、マンガン酸リチウム(LMO)、リン酸鉄リチウム(LFP)等が、負極活物質として、黒鉛等が使用されている。
可採埋蔵量	—	地下に存在する資源の埋蔵量のうち、現在の市場価格で技術的・経済的に掘り出すことができる埋蔵総量から、既生産分を引いた量のこと。
キャリア	電荷キャリア (charge carrier)	電荷を運ぶ粒子。電池においては両電極間で電荷を運ぶイオン種のことを指す。
固体電解質	—	固体状態の電解質。電池作動においては、両電極間をイオンが移動するが、電解質はそのイオン(例 リチウムイオン)の通り道として機能する媒体のこと。
材料インフォマティクス	—	材料特性の実験結果や材料計算科学の結果を蓄積したデータベースを用いて、機械学習などの AI 技術を用いて、特性の優れた新奇材料探索などを行うこと。
酸化還元電位	—	酸化還元反応系における電子のやり取りの際に発生する電位のこと。ある反応系の標準状態での酸化還元電位は、対照とする系を基準として決まる。二つの反応系を正負極として組み合わせて電池としたときの、起電力を見積もることができる。実際の電池の場合、活物質や電解質の状態に大きく依存する。
三元系正極活物質	—	NMC 参照。
失活	—	電極活物質などの反応物質の表面が、不純物や生成した被膜に覆われるなどして、意図した反応を起こさなくなった状態。
充放電効率	—	二次電池において、所定の条件で充電し、次いで放電した場合の、充電時に充電された充電電気量(Ah など)に対する放電電気量の比率。クーロン効率とも言う。LIBでは100%に近い。
全固体電池	—	電池において、通常は正負極間のイオン移動のために電解質を溶解した電解液を使用するが、この部分に固体電解質を利用し、電池の構成成分全てが固体からなる電池を言う。液体をゲル化などの手法で固形化した電池を固体電池、固体化電池と称する例もあり、液体成分を含まない構成を特に「全」を付して識別するが、使用者によって定義が異なることもある。
単極評価	—	ある電極の抵抗や容量を評価するために、もう一方の電極として標準化された対極を用いて評価すること。
電極合剤	—	電極活物質に、電解質、導電助剤、バインダーなどを混合したもの。電解質と導電助剤は、活物質の反応部位にそれぞれイオンと電子を導くことを補助する。バインダーは材料として結着するために用いる。
電動車	—	本原簿では BEV と PHEV を意味する。HEV は含まない。
薄膜電池	—	正極、固体電解質、負極をそれぞれ薄膜化して積層し、薄膜型の全固体電池を作製したもの。界面抵抗や界面反応を理想化して評価するためのモデル電池としても利用される。
パワートレーン	—	自動車の動力源のこと。

用語・略称	正式名称	定義・解説
比容量	—	電極活物質、合剤電極、電池セルなどにおいて質量当たりの電気容量。単位は mAh/g など。
水系電解質	—	水溶液に電解質を溶解して電気化学反応に用いるもの。液体電解質の一種。LIB の場合は通常水系ではなく有機系電解質が用いられる。
密閉型	—	大気を遮断し密閉された電池セルの構造のこと。これに対し空気電池は開放型となり、外気中の水分や CO ₂ などによる失活への対策などが必要となる。
利用率	—	活物質の理論容量 (mAh など) に対して、実際に充放電される容量の比。

第1章 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

1.1 事業の位置づけ・意義

1.1-1 政策的な重要性

(1) カーボンニュートラルに向けた世界的動向

近年、地球温暖化防止や持続可能社会の実現を目指して、これまでの化石燃料に依存したエネルギー・社会構造を改め、カーボンニュートラル（以下 CN）を実現するための種々の国際的枠組みや、具体的な目標設定に関して合意形成が進みつつある。

例えば 2015 年に実施された第 21 回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）では、参加各国の具体的な温室ガス排出量削減目標を定めたパリ協定が採択され、2021 年の COP26 においては世界平均気温の上昇を産業革命前に比べて 1.5°C 以内に抑えるとするグラスゴー気候合意が採択された。

これらの動向を受け、2021 年 4 月時点では世界の 125 の国・地域が 2050 年までに CN を実現すると表明している。なお世界最大の CO₂ 排出国である中国も 2060 年までに CN を実現する事を習主席が表明している。

- 2015年12月 **COP21**において、2020年以降の温室効果ガス排出削減の国際枠組み、**パリ協定**が採択
- 2021年 4月時点で125カ国・1地域が、2050年までにカーボンニュートラル（CN）を実現することを表明
- 2021年11月 **COP26**において世界平均気温の上昇を産業革命前に比べて**1.5°C以内に抑える努力**を追求することした**グラスゴー気候合意**を採択



図 1.1-1-1 カーボンニュートラル達成に向けた主な枠組み合意と世界の動向¹

(2) 日本の施策

① 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」（2019 年 6 月閣議決定）

我が国は今世紀後半のできるだけ早期に脱炭素社会を実現することを目指す。蓄電池は脱炭素のキーテクノロジーの1つであり、コスト、効率等の具体的な目標を掲げ、大胆に政策・経営資源を投入するとともに、官民一体で取り組むとしている。また、運輸分野における気候変動問題への積極貢献対策として、2050年までに世界で供給する日本車について世界最高水準の環境性能（具体的には日本車1台あたりの温室効果ガス排出量を2010年比で8割程度削減）を実現するとしている。この場合、自動車の電動化が重要となるが、そのキーテクノロジーである蓄電池については、技術革新が進み、価格低

¹ 経済産業省作成「COP25におけるClimate Ambition Alliance及び国連への長期戦略提出状況等（2021年4月末時点）」<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2021/html/1-2-2.html>

下が進展しているものの、電動車が内燃機関自動車と同等の価格・スペックを実現するまでには更なる技術革新が必要としている。

②「革新的環境イノベーション戦略」（2020年1月統合イノベーション戦略推進会議決定）

運輸分野においては、2050年までに日本車1台あたりの温室効果ガス排出量を2010年比で8割程度削減を長期のゴールと定めた上で、電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド車（PHEV）、ハイブリッド車（HEV）等、電動車の普及拡大に向け、高性能蓄電池の技術開発に取り組むとしている。また、この技術開発に際しては、基礎基盤研究を進めつつ、大学・ベンチャー等の知識を取り込みながら、国内外の研究機関との連携体制を構築するとしている。さらに、電池特性に係る基礎的課題の解明のための拠点を設置し、次世代モビリティ用途も含め、電池設計から電極や電解質等の材料開発、電池作製・評価解析までを一気通貫で行う体制を整備するとしている。

③「第6次エネルギー基本計画」（2021年10月閣議決定）

運輸部門のCO₂排出量の86%を占める自動車のCN化を推し進め、2050年には自動車の生産・使用・廃棄に係るCO₂排出量をゼロにするとしている。また乗用車に関しては2035年までに新車販売でHEVを含む電動車を100%とすることが掲げられている。さらには国内の自動車製造の安定基盤の確保のため、2030年までの出来るだけ早期に、国内での車載用電池の製造能力を100GWh/年まで高めつつ、蓄電池のサプライチェーンの強化を図るとしている。

④「蓄電池産業戦略」（2022年8月蓄電池産業戦略検討官民協議会取りまとめ）

現行の液系LIBを含む、蓄電池産業全体の戦略を議論・取りまとめた蓄電池産業戦略において、次世代電池市場の獲得が3rd Targetとして掲げられており、全固体電池など次世代電池を世界に先駆けて実用化し製造技術の優位性・不可欠性を確保するため、産学官の研究開発力を結集し、2030年頃に全固体電池の本格実用化、2030年以降も我が国が技術リーダーの地位を維持・確保することを目標としている。

1.1-2 カーボンニュートラル達成に向けたシナリオと資源リスク

(1) 輸送部門の2050年カーボンニュートラル実現のシナリオ

2050年のCN達成に向けたシナリオが幾つか提唱されている。例えばInternational Energy Agency（以下IEA）が取りまとめた「World Energy Outlook 2020（以下WEO2022）」では2050年にCNを実現するシナリオ（NZEシナリオ）を策定しており、図1.1-2-1に示すように産業の全部門にわたってのCO₂排出量削減のロードマップを示している。2021年の世界の産業全体でのCO₂排出量は37Gtと見積もられており、そのうちの輸送部門は8Gtと全体の20%を超える。これを2040年には2.2Gtに、2050年にはカーボンオフセットも含めてCN達成としている。

輸送部門のCN達成の具体的な手段は図1.1-2-2に示すように、エネルギー種別の転換を想定している。すなわち現状では、輸送部門のエネルギーのほとんどを化石燃料が占めるが、このエネルギーの多くの部分を電力に置換えていき、電力のCN化に伴って輸送部門全体がCN化するというシナリオである。

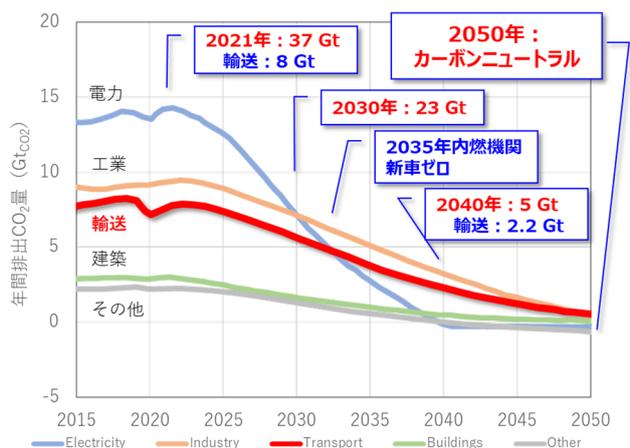


図 1.1-2-1 世界の部門別 CO₂ 排出量

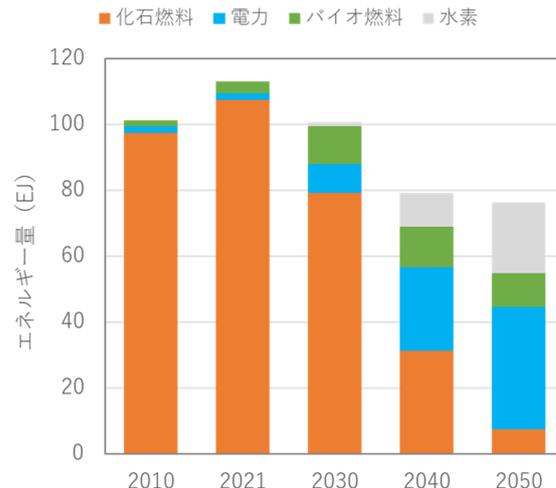


図 1.1-2-2 輸送部門のエネルギー種別の推移

(2) 自動車の電動化と電動車の推移予測と日本の現状

輸送部門における CO₂ 排出量の内、もっとも大きな割合を占めるのが自動車、特に小型自動車である。例えば日本の輸送部門における CO₂ 年間排出量 185 Mt のうち、二輪車・自動車は図 1.1-2-3 および表 1.1-2-1 に示すように、全体の 88%である 161 Mt を占め、小型自動車（乗用車・小型貨物車・タクシー）のみでも 118 Mt と輸送部門の 64%（二輪車・自動車全体の 73%）と大きな割合を占めている。² 世界の輸送部門の CO₂ 排出量に占める自動車・小型車の割合もほぼ同様の比率であり、自動車の CO₂ 排出量削減・CN 化が輸送部門全体の CN 達成に大きな比重を占めることが分かる。

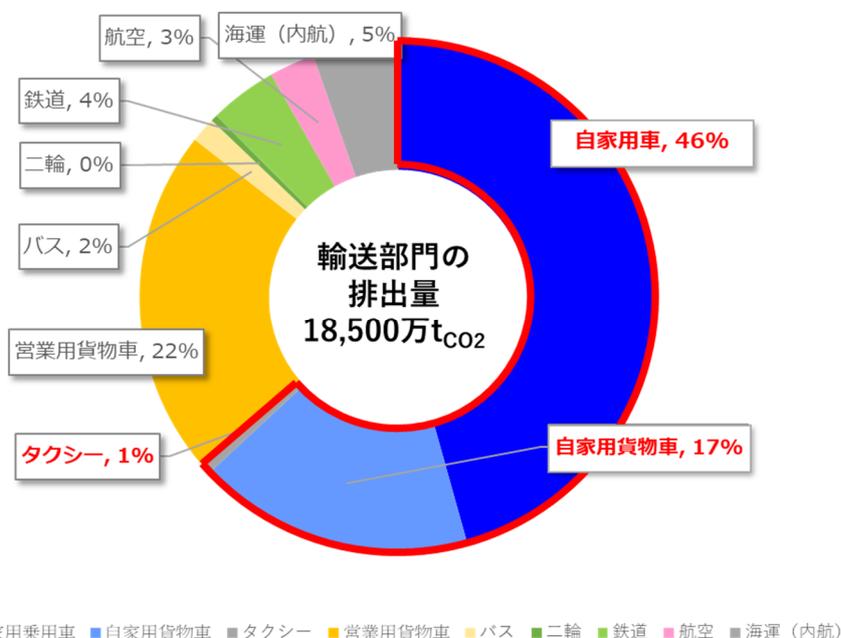


図 1.1-2-3 日本の輸送部門における CO₂ 排出量 (2020 年度)

² 国土交通省 環境運輸部門における二酸化炭素排出量 より (2022 年 7 月 5 日)
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

表 1.1-2-1 日本における自動車の CO₂ 排出量の車両分類別内訳

小型車			大型車		合計
自家用乗用車	自家用貨物車	タクシー	営業貨物車	バス	
84.4 (46%)	32.1 (17%)	1.26 (1%)	40.4 (22%)	2.94 (2%)	161 Mt
117.8 (73%)			43.2 (27%)		161 Mt

自動車からの CO₂ 排出を削減し、CN を達成する為には、電力の CN 化とセットで自動車の電動化 (EV 化・PHEV 化) を進める必要がある。現時点では、前掲の 2050 年カーボンニュートラル達成を目指した WEO2020 の NZE シナリオに基づいた、自動車台数予測・パワートレーンの推移予測は公表されていない。一方で、IEA が 2017 年に取りまとめた「Energy Technology Perspective 2017 (以下 ETP2017)」には世界の平均気温の上昇を 2℃以下に抑える、Beyond 2 Degree Scenario (B2DS) で、2060 年に CN 達成が設定されており、その時の自動車走行台数とそのパワートレーン内訳が図 1.1-2-4 に示すように推定されている。そのため、以下の考察やアウトカムの設定では、ETP2017 中での 2060 年時点の自動車走行台数とパワートレーンの内訳を 2050 年の台数・比率と解釈して、CN 達成時の台数・比率と各種推定・アウトカム設定の根拠とした。

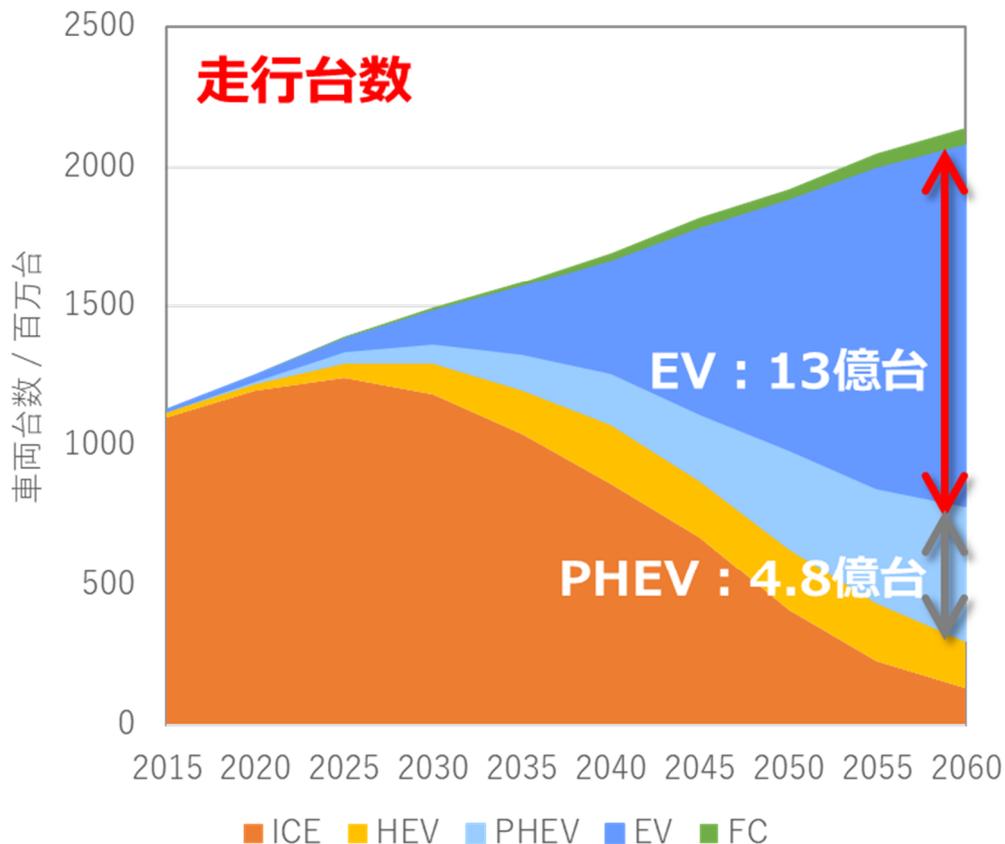


図 1.1-2-4 小型車のパワートレーン別走行台数の推計

図 1.1-2-4 に示されるように、CN 達成時点（図中では 2060 年）では EV が 13 億台、PHEV が 4.8 億台で、合計で 17.8 億台に達する電動車³が走行しているとされている。本事業原簿では、この EV 13 億台、PHEV 4.8 億台を 2050 年時点での走行台数と仮定し、EV・PHEV を合計した電動車が 17.8 億台、その内訳は ETP2017 の台数予測を参考に、簡略化のため EV : PHEV = 3 : 1 とし、以降の推定に用いている。2050 年での電動車の普及台数をもとに、必要な車載電池の総容量と電動車及び車載電池の生産量の推定を表 1.1-2-2 に示す。

電動車生産台数は、2050 年時点での自動車の平均耐用年数を 15 年と仮定し、年間 1.2 億台と推定した。また電池容量は EV 車 1 台当たり 60 kWh、PHEV 車では 15 kWh の電池を搭載していると仮定して、EV・PHEV の台数より算出した。

表 1.1-2-2 CN 達成時の電動車の走行台数と生産台数、必要電池容量の推定

種別	走行台数および総容量		年間生産台数・量	
	台数 (億台)	容量 (TWh)	台数 (百万台)	容量 (GWh)
EV	13.35	80.1	90	5,400
PHEV	4.45	6.7	30	450
合計	17.8	86.8	120	5,850

上述の通り、電動車（EV・PHEV）および電動車用の車載電池の需要は今後飛躍的に伸びていくことが予想される。図 1.1-2-5 にここ数年の電動車の販売台数と日本メーカーのシェア⁴、図 1.1-2-6 に車載用電池の生産量と日本メーカーのシェア⁵を示す。電動車の販売台数は年を追うごとに急速に伸びており、2013 年には年間 20 万台程度だったものが、2021 年には年間 650 万台と 30 倍以上に急伸している。一方で電動車の販売における日本のシェアは世界の販売台数が右上がりな事とは対照的に年々低下しており、2021 年にはわずか 5%にまで下がっている。内燃機関を含む全自動車の世界生産における日本メーカーのシェアが 30%前後なのとは異なって、電動車における日本メーカーの存在感は極めて低い。2021 年の見込みでは電動車用の車載蓄電池の生産量がほぼ 360 GWh であり、2050 年にはその値が 6,000 GWh 弱と 16 倍以上に増加する予測となっている。一方で電池生産に占める日本メーカーのシェアは、年ごとの低下傾向から踏みとどまって 2021 年以降は 20%を切る水準である。

³ 以後、本事業原簿では電動車は EV または PHEV を指す。HEV や FC 車は電動車に含めない。

⁴ 出典) 富士経済「HEV、EV 関連市場徹底分析調査 (2015~2022 年版)」

「各国メーカー」は各国の主要メーカーのみ。小規模メーカーは「その他」に分類

⁵ 出典) 富士経済「電池関連市場実態総調査 (2014~2022 年版)」

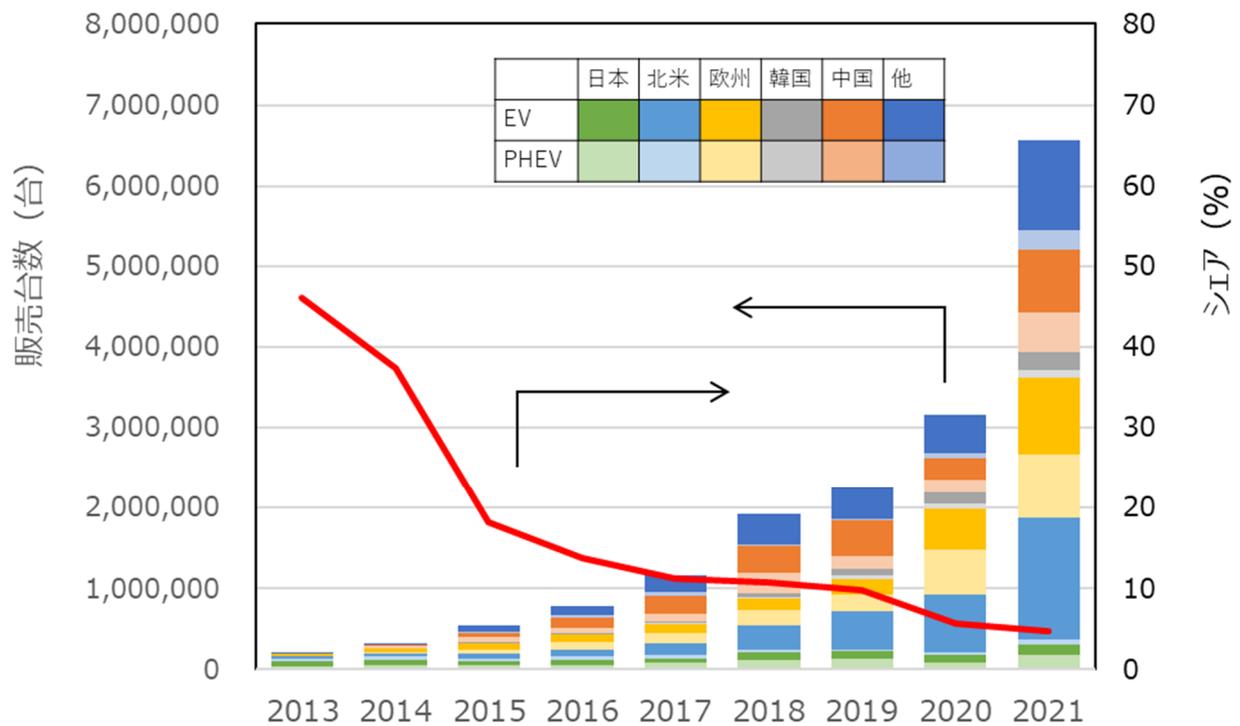


図 1.1-2-5 各国主要メーカーの電動車（EV・PHEV）販売台数と日本車シェア

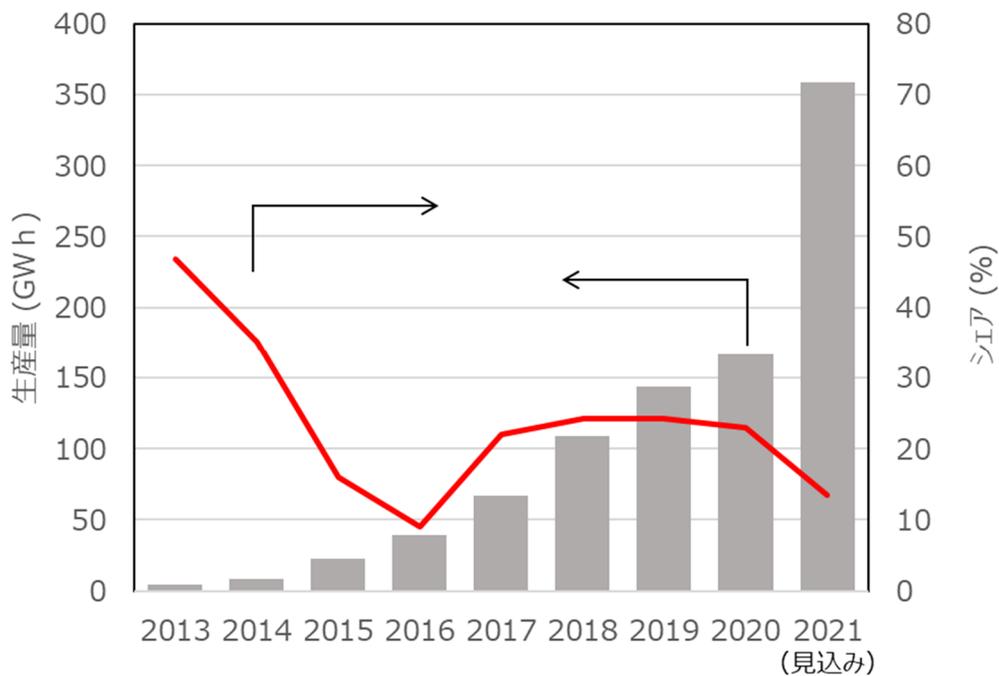


図 1.1-2-6 車載用 LIB 生産量と日本メーカーシェアの推移

(3) 自動車の電動化に必要な資源量

現在、自動車の車載用電池に広く用いられている液系 LIB の技術で、2050 年の CN 達成が可能な資源量の側面から検証した。EV は一台当たり 60 kWh、PHEV は 15 kWh の容量を仮定して、必要量を見積もった。想定している電池は三元系正極材料（NMC）と炭素負極を組み合わせた液系 LIB で、正極の利用率为 65%とし、正極の組成は現在広く用いられている組成に近い NMC(532)と、将来の Co 量低減

正極材を念頭に NMC(811)の 2 種類を試算した。電池電圧はいずれの正極においても平均 3.7 V としている。EV 1 台 (60 kWh) 当たりに必要な Li 量は電解液などに含まれる分を考慮し 7.1 kg/台 EV、Co 量は (532) で 11 kg/台 EV、(811) で 5.5 kg/台 EV と推定した。

表 1.1-2-3 に 2050 年 CN 達成時 (車載電池総容量 86.8 TWh) に必要な資源量と可採埋蔵量を、さらにその時の車載用電池の年間生産量 (5,850 GWh/年) に必要な資源量と 2018 年時点での年間生産量を示す。それぞれ資源の可採埋蔵量は JOGMEC「マテリアルフロー2020」より引用した。年間生産量は同じ資料の 2018 年度の生産量を引用した。

表 1.1-2-3 2050 年 CN 達成時の車載電池に必要な資源総量と年間生産量

元素	正極材組成	必要資源量 (千 t)	可採埋蔵量 (千 t)	年間必要量 (千 t)	年間生産量 (千 t)
Li	—	10,274	17,000	705	77
Ni	NMC(532)	38,784	89,000	2,663	2,593
	NMC(811)	62,055		4,261	
Mn	NMC(532)	21,782	810,000	1,496	79,396
	NMC(811)	7,261		499	
Co	NMC(532)	15,577	7,000	1,070	140
	NMC(811)	7,789		535	

この表を図にしたのが図 1.1-2-7 および図 1.1-2-8 である。

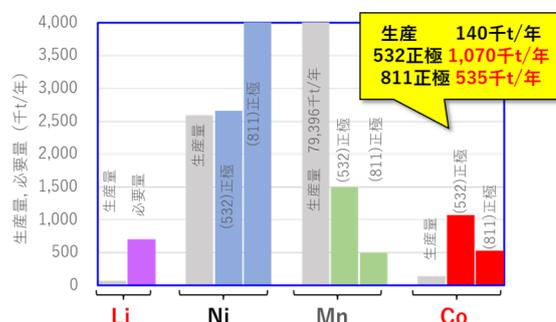
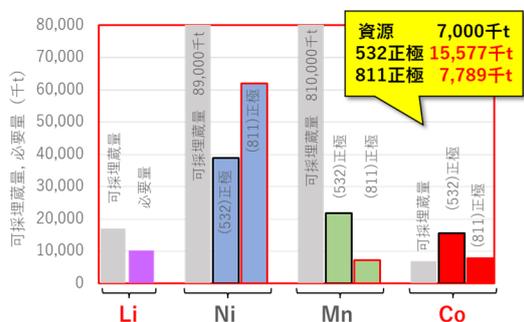


図 1.1-2-7 CN 達成時の車載電池に必要な総資源量

図 1.1-2-8 年間 1.2 億台の電動車 (EV・PHEV) の生産に必要な資源量

表 1.1-2-3 および図 1.1-2-7 にて示されているように、NMC(532)正極では Co 必要量は可採埋蔵量を大きく上回り、Co 使用量の少ない NMC(811)正極でも可採埋蔵量と同等以上の量が必要となる。また Li や Ni も必要量は可採埋蔵量の 60~70%に達して、車載以外の蓄電池、および蓄電池以外の用途がある事を考慮すると、決して潤沢とは言えない、むしろ不足する状況であることが分かる。また生産量の観点からも、表 1.1-2-3 および図 1.1-2-8 で明らかのように、Li・Co は現状と比較して数倍から 10 倍以上の増産が必要で、Ni も Li・Co ほどでは無いものの、増産が必要な状況で各種鉱物資源の鉱山開発が必要となる事が分かる。

この様に Co を用いた三元系正極材料を使う LIB に頼っているのは、自動車の電動化と CN 化は不可能であることが分かる。また、大幅な増産が必要である事と、Li・Co の資源が偏在している事を考慮すると潜在的な調達リスクも高まる事が予想される。

資源量的な側面に加え、コスト面での影響も検証した。図 1.1-2-9 には電動車の車載用電池セル・パックの過去の推移と、本事業成果実用化の時点で想定している電池パックのコスト目標を示す。車載用電池のセル・パックのコストは年々低減傾向にあるものの、実用化目標である 1 万円/kWh 以下のパックコストとはまだ乖離がある状態である。一方、図 1.1-2-10 に示すように、三元系正極を用いた LIB の場合 1 kWh の電池に必要な鉱物資源の価格は組成の違いで変動はあるものの、2,500~3,000 円に及ぶ。すなわち必要資源の鉱石価格のみで電池パックコストの 3 割近くを占める計算となる。将来、車載用をはじめとして蓄電池の需要が飛躍的に増大すると鉱石の値段も上昇する事は容易に想像され、電池セル・パックコストの引き上げにつながる事が予想される。

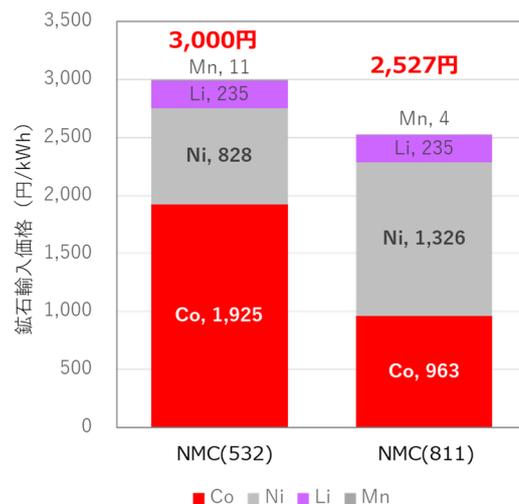


図 1.1-2-9 EV・PHEV のセル・パックコスト推移と実用化目標

図 1.1-2-10 1kWh の三元系正極 LIB に必要な原料鉱石の輸入価格

前節および本節の議論の結果をまとめると以下の通りである。

- CN 達成のために自動車の電動化を進めると、車載電池の市場は 2021 年の 360 GWh から 2050 年には 6,000 GWh 弱へと 16 倍以上に増大する。
- 必要な車載電池の総容量を、三元系正極材料を用いる LIB でまかなおうとすると Co 含有量の少ない NMC (811) を用いても Co の可採埋蔵量を上回る量が必要。Li・Ni も十分とは言い難い。
- 三元系正極材料を用いた LIB では、上述の資源量不足の観点から将来の原料鉱石の価格上昇が想定され、電動車普及にむけて設定した車載電池パックコスト 1 万円/kWh 以下の実用化目標の実現は難しい可能性がある。

これらの事から、Co を含む三元系正極材料を用いた LIB では 2050 年の自動車の CN 達成は不可能であることがわかる。また、仮に Co を使用しない正極材 (LFP など) を使った LIB を用いたとしても、Li の必要量が可採埋蔵量の約 60%に達することから、自動車の CN 達成には Li が不足する、もしくは Li 価格が高騰してコスト高になる可能性が高いことを示唆している。

すなわち液系・全固体問わず LIB または先進 LIB のみで自動車の電動化、ひいては自動車の CN 達成は困難であることが分かる。

1.1-3 技術戦略上の位置づけ

19世紀に実用的な二次電池である鉛蓄電池が発明されてから、利便性の向上を目的として、主にエネルギー密度の向上をめざして、ニッカド・ニッケル水素電池などの新規二次電池の発明とそれらの改良がなされてきた。1991年にリチウムイオン電池（LIB）が商品化されると、そのエネルギー密度や出力の高さなどの優れた特性によって、それまで用いられてきた種々の用途の二次電池がLIBによって置き換えられていった。さらにノートPCやスマートフォン、種々の携帯IT機器に採用されて、現在に至っては大容量の二次電池を必要とする、EV等の電動車の蓄電池として急速に市場が拡大している。

これらの急速な需要の拡大と更なる利便性の向上に対応する為に、LIBの研究・開発は現在でも活発に続けられており、これらの技術開発の結果、現在でもそのエネルギー密度は向上し続けている。

一方で2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、自動車の電動化が進むことを想定すると、先述した通りLIBだけで自動車の電動化需要に対応しきれない事が分かった。

すなわち、従来は図1.1-3-1に示すように電池の性能、特にエネルギー密度を中心に性能向上を図り、使用者の利便性向上、ひいては市場規模の拡大をけん引していたが、今後CN達成のために莫大な量の二次電池が必要とされることを踏まえると、これから必要とされる二次電池は、単なるエネルギー密度の高さだけでなく、地球上に豊富な元素・資源で構成される事が重要な要件として挙がってくる。

そのため、革新型蓄電池開発においては、将来の大量普及を念頭に、資源リスク・調達リスクのない元素・材料で高性能電池を実現する事の優先順位がもっとも高い。

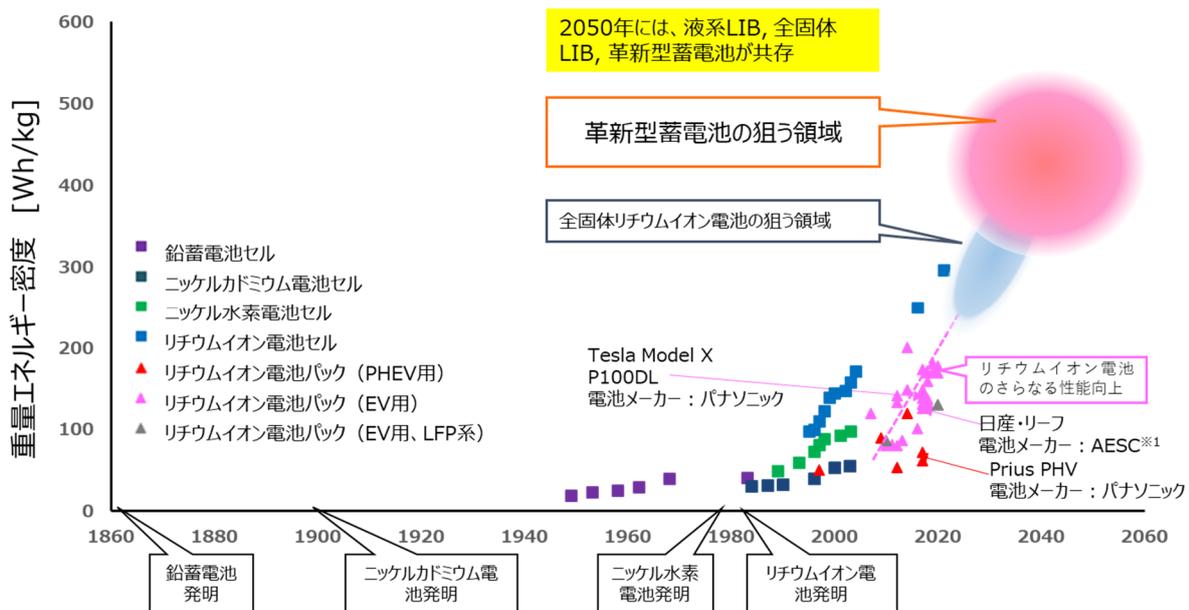


図 1.1-3-1 電池技術の進歩と革新型蓄電池の位置づけ

1.1-4 本事業での開発対象

(1) 開発コンセプト

将来のCN実現を見据えると、資源リスク・調達リスクのない元素・材料で構成される高性能蓄電池が必要となってくる。過去の事業（革新型蓄電池先端科学基礎研究事業：RISING および革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発：RISING2）での研究開発成果を踏まえた上で、本事業では開発対象として図1.1-4-1に示すフッ化物電池と亜鉛負極電池を選定した。フッ化物電池は図1.1-4-1(a)に示すように、正

負極の活物質は金属または金属フッ化物であり、正負極の間をフッ素イオンが移動して充放電する。この電池の特徴は、正負極両方の活物質が金属・金属フッ化物で構成される事、そして移動するのが負電荷のフッ素アニオンであるため、ホスト構造が不要であることである。ホスト構造について補足する。例えば LIB の場合、移動イオンは正電荷を有する Li^+ イオンである。一方、LIB の正極は LiCoO_2 などの酸化物が多く、充放電によって正極材料中の遷移金属(この例では Co) の価数に変化する ($\text{Co}^{3+} \rightleftharpoons \text{Co}^{4+}$)。Li も Co も正電荷を有するカチオンであるため、活物質中にはアニオン(この例では O^{2-}) も含む。すなわち LIB の正極活物質は可動イオンであるリチウムと価数変化の中心である遷移金属のほかにフレームワークであるアニオンを含む。一方フッ化物電池では、移動イオンであるフッ素イオンがアニオンであるため、活物質はフッ素イオンと価数変化の中心である金属のみで構成でき、フレームワークとなるアニオンを含まないため高いエネルギー密度が期待できる。構成材料も活物質に Al や Mg、Cu や Fe といった資源量が豊富で安価な金属やそれらの合金が検討されており、LIB に比べて資源リスク・調達リスクは低い。

図 1.1-4-1 (b) に示す亜鉛負極電池は、酸化還元電位が -1.25 V vs SHE と卑な電位で、比容量も 820 Ah/kg と大きい亜鉛を負極に用いる事で、水溶液系の電解液を用いた電池のなかでは高いエネルギー密度が期待できる。RISING2 までは正極に空気中の酸素を用いる亜鉛-空気電池を開発していたが、空気極の可逆性の低さや過電圧の高さによるエネルギーロス、および空気中の CO_2 や不純物による失活の防止対策が必要となることから、電動車の車載電池の開発を目的とした RISING3 では密閉型の亜鉛極電池を開発対象とした。図 1.1-4-1 (b) には正極にカーボン材料を用いて、 OH^- イオンが挿入・脱離することで充放電される電池のコンセプトが示されているが、正極活物質は Mn 酸化物などいくつか候補があり、本事業の中で電池としての成立性や電池性能の検証を経て、正極及び電解質を絞り込んで開発していく。

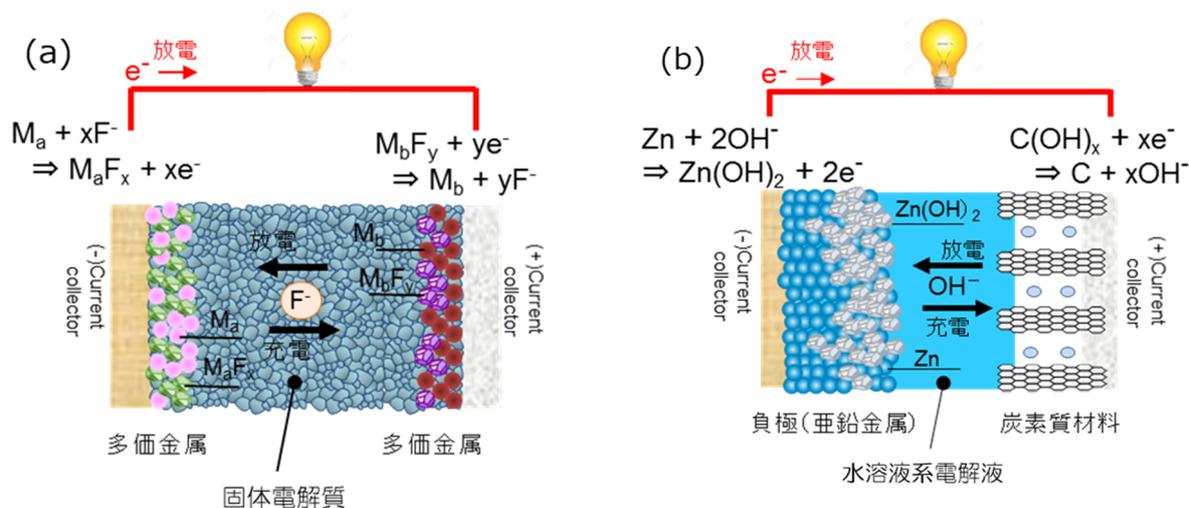


図 1.1-4-1 革新型電池のコンセプト図 (a)フッ化物電池、(b)亜鉛負極電池

(2) 革新型電池のポテンシャル

本事業の開発対象である革新型電池の、資源およびコストの側面で LIB を凌駕するポテンシャルがあるか検討した。まず図 1.1-4-2 に示すように、2050 年の CN 達成時に必要となる電池容量 (86.8 TWh) を、全て革新型電池でまかなう時に必要となる資源量と可採埋蔵量を比較した。図 1.1-4-2 の右端は LIB の場合で正極材料として NMC (811) を想定したもので、図 1.1-2-10 と同じデータを比較のために掲載している。

フッ化物電池の必要資源量は、RISNG2 での開発成果を参考に、正負極の活物質は Cu および Al を仮定し、電池電圧を 2.4V、活物質および移動イオン F⁻の利用率を 50%と仮定して計算した。それぞれの必要資源量に対して 2018 年時点での可採埋蔵量の比を示している。⁶ 亜鉛負極の場合は負極の亜鉛金属しか確定していないが、水系電解質であることを考慮してセル電圧を 1.2 V、活物質の利用率をフッ化物電池と同じ 50%として計算した。図 1.1-4-10 左にあるように、フッ化物電池の Cu・Al・F、亜鉛負極電池の Zn のいずれにおいても、可採埋蔵量が必要量を大きく上回っており、LIB に比較して資源リスクが低いことが分かる。

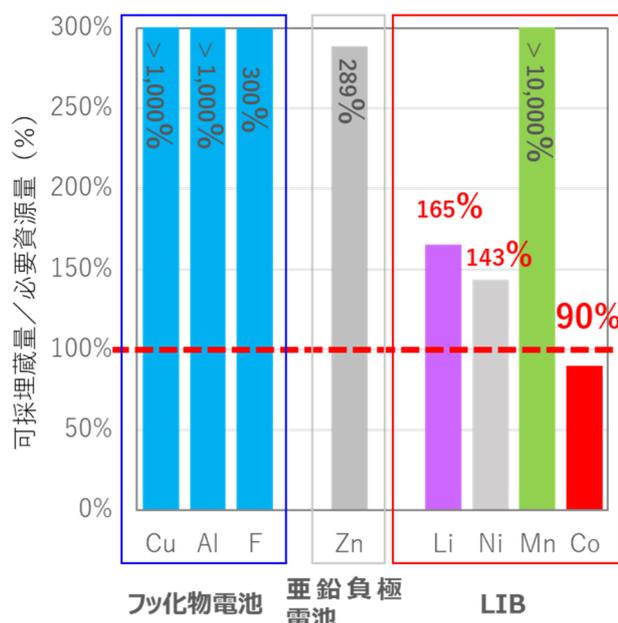


図 1.1-4-2 CN 達成に必要な車載電池 (86.8TWh) に必要な資源量に対する可採埋蔵量

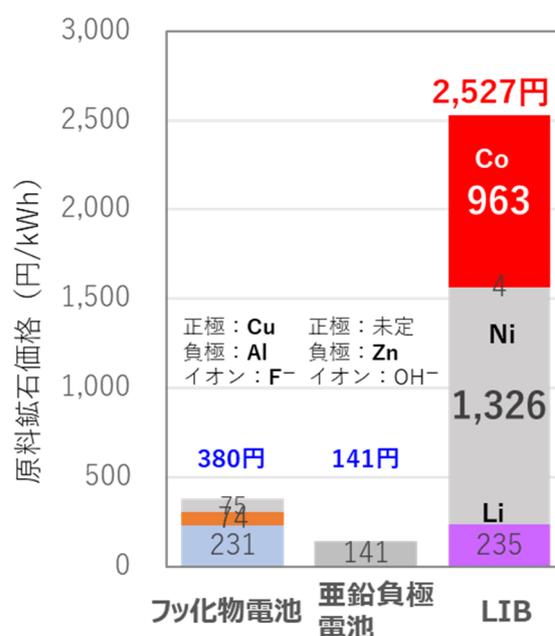


図 1.1-4-3 電池 1kWh 当たりの原料鉱石価格

コストポテンシャルの推定のため、革新型電池および LIB の原料の鉱石輸入価格を比較したのが図 1.1-4-3 である。フッ化物電池については、Cu、Al、F の、亜鉛負極電池については Zn の、電池 1kWh 当りに必要となる鉱石価格を積み上げた。図に示すように、フッ化物で 400 円/kWh 程度、亜鉛負極電池の Zn は 100 円台/kWh である。比較のため再掲した LIB の鉱石価格 (正極材が NMC(811)の場合) が 2500 円/kWh 以上であることを考慮すると、革新型電池のコストは三元系正極材を使用した LIB の 1/5 ~ 1/10 程度の原料鉱石価格で、将来的に生産量が増えて普及した時には LIB に比較して安価になる可能性がある。

⁶ 可採埋蔵量および次図で用いた各種資源の鉱石価格は JOGMEC 「マテリアルフロー2020」の 2018 年の値を引用

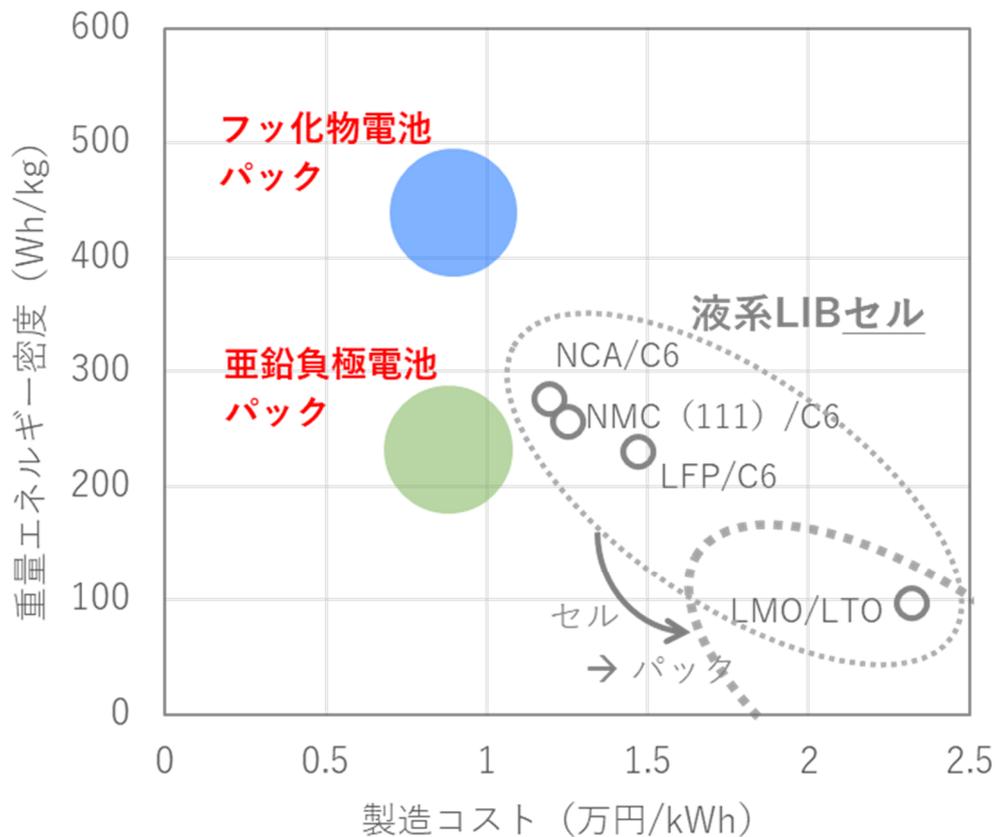


図 1.1-4-4 液系 LIB 製造コストと本事業のターゲット

図 1.1-4-4 に液 LIB セルの推定製造コストとエネルギー密度、それから革新型電池の電池パックでの実用化目標を示す。⁷ 液 LIB の電池セルは現状で 1~1.5 万円/kWh 程度の製造コストと推定されており、エネルギー密度は 200~300 Wh/kg である。液 LIB のコスト、特に Co および Ni を含有する正極材 (NMC もしくは NCA) を用いた液 LIB の製造コストは、現状で 1.2 万円/kWh 程度と推定されている。これらの LIB のコストは、図 1.1-4-3 の原料鉱石価格から推定するに、Co および Ni のコストが相当な比率を占めると考えられる。また注目すべきは正極材に Co を含まない LIB (LFP/C6 および LMO/LTO) で、これらの LIB の kWh 当たりのコストは、NMC(111)/C6 や NCA/C6 より高い事である。液 LIB 全体のコストは概ねエネルギー密度に反比例する序列で並んでおり、これは原材料のコストが多少高くとも、エネルギー密度が高い方が結果的にエネルギー容量当たりのコストが低く抑えられる可能性を示唆していると考えられる。

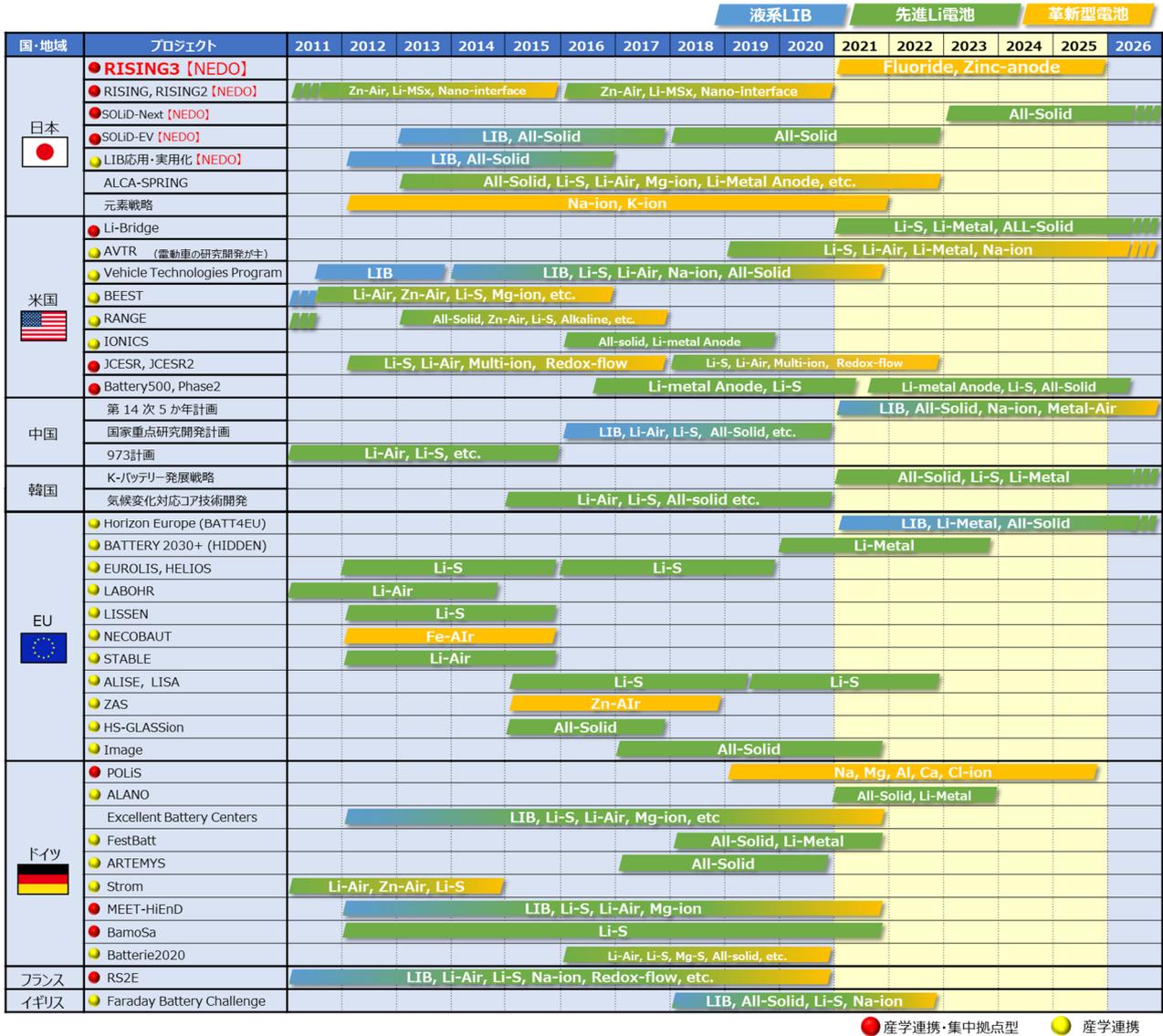
一方で革新型電池の実用化目標は、電池パックでのエネルギー密度が 200 または 500 Wh/kg 以上、コストが 1 万円/kWh 以下と設定している。将来車載蓄電池の需要が爆発的に増大する事、資源量・生産量の観点から LIB の原材料 (Co、Li、Ni) の供給がひっ迫する事を考慮すると、液 LIB の車載電池パックで 1 万円/kWh 以下のコストの実現と将来にわたっての維持が困難であることが予想される。そのため、革新型電池の電池パックの実用化目標は十分に競争力のある設定であると考えられる。

⁷ JST 低炭素社会戦略センター「蓄電池システム (Vol.9) 一次世代電極活物質を用いたリチウムイオン電池の製造コスト試算」(2020/03)

1.1-5 国内外の動向と比較

(1) 各国の次世代蓄電池技術開発に係る施策

液系 LIB を含む各種蓄電池の研究開発は以下の図 1.1-5-1 に示すように世界全体で活発化しており、主要国においては基礎研究の強化から、蓄電池の開発、蓄電池サプライチェーン強化のための助成など種々の国プロジェクトを実施している。



● 産学連携・集中拠点型 ● 産学連携

図 1.1-5-1 世界各国における蓄電池の研究開発プログラム

日本では、NEDO の「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業 (RISING)」(2009~2015 年度) 及び「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発 (RISING2)」(2016~2020 年度) において産学官連携によるフッ化物電池、亜鉛空気電池、金属硫化物フッ化物電池、亜鉛空気電池、金属硫化物電池及びコンバージョン電池の研究開発が行われてきた。

また、文部科学省の「国家課題対応型研究開発推進事業/元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>」(2012 年度~2021 年度) においてナトリウムイオン電池の研究開発が、科学技術振興機構の「戦略的創造推進事業/先端的低炭素化技術開発/次世代蓄電池研究加速プロジェクト」(2013 年度~2022 年度)

においてリチウム硫黄電池、リチウム空気電池、マグネシウムイオン電池等の研究開発が大学・研究機関によって行われていたが、2023年度からは後継の新規事業が開始される予定である。

米国では、エネルギー省（DOE）のエネルギー効率・再生可能エネルギー局（EERE）が所管する「Advanced Battery Materials Research」（2015年～）及び「Battery500」（2018年～）において企業、大学・研究機関等によるリチウム硫黄電池、リチウム空気電池、ナトリウムイオン電池等の研究開発が行われている。また、DOEの科学局（Office of Science）が所管する「Basic Energy Science」（2012年～）において次世代において次世代蓄電池の研究開発拠点「Joint Center for Energy Storage Research」（JCESR）がArgonne国立研究所に設立され、リチウム硫黄電池やリチウム空気電池等の研究開発が行われている。

欧州では、欧州連合（EU）の研究開発支援制度「Horizon2020」（2014年～）や欧州グリーンカー・イニシアティブ（EGCI）の資金提供プログラムにおいてリチウム硫黄電池やリチウム空気電池等の研究開発が行われている。また、EUの取組みとは別に、英国はビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）が所管する「Faraday Battery Challenge」（2017年～）、フランスは高等教育・研究省（MESRI）が所管する「Research Network on Electrochemical Energy Storage」（2011年～）、ドイツは教育研究省（BMBF）が所管する「Excellent Battery Centers」（2012年～）及び「Batterie2020」（2016年～2020年）といった研究開発プログラムを推進しており、その中でリチウム硫黄電池、リチウム空気電池、マグネシウムイオン電池、ナトリウムイオン電池等の研究開発が行われていた。また、現在ではカールスルーエ工科大とヘルムホルツ研究所を中心とする電池の研究プロジェクト POLiS（2019年～）にて非リチウム系電池の研究開発が実施されている。

中国では、科学技術部が所管する「新エネルギー試行特別プロジェクト」（2016年～2020年）においてリチウム硫黄電池やリチウム空気電池等の研究開発が行われていたが、現在は「第14次5か年計画」（2021年～）にて、リチウム硫黄電池や金属リチウム電池の他、リチウムを用いないナトリウムイオン電池の研究・開発が推進されている。

韓国では、未来創造科学部やエネルギー技術評価院（KETEP）が所管する研究開発プログラムにおいて、リチウム硫黄電池や亜鉛空気電池等の研究開発が行われている。

このように世界各国・各地域で次世代蓄電池の研究開発を加速する施策が実施されているが、研究開発対象の蓄電池の多くはリチウムイオンをキャリアとする、いわば次世代のリチウム電池と言うべきもので、リチウムに依存しない電池系に限るとその数は限られており、研究・開発対象に明示されているのはドイツの POLiS や中国の「第14次5か年計画」が目立つ程度である。

(2) 他事業との関係

NEDO および JST の主だった蓄電池関係の事業を図 1.1-5-2 に示す。NEDO で推進する蓄電池関係の事業は本事業（電気自動車用革新型蓄電池開発）の他に、経済安全保障重要技術育成プログラム、グリーンイノベーション基金、それから次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発がある。

経済安全保障重要技術育成プログラムでは、重機・建機・船舶等の大型モビリティの電動化を目的として、主にハイパワーLIBの研究開発と実証を目的としている。グリーンイノベーション基金（GI基金）は企業への助成による蓄電池産業の競争力強化のプログラムであり、液系LIBと全固体LIBに関する各種取組に対する助成である。次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発においては全固体LIBの基

盤・評価技術開発を実施する。このように NEDO 事業においてはリチウムを用いない電池の開発は RISING3 のみで、液系および全固体 LIB の更に先の蓄電池技術開発と位置付けられている。

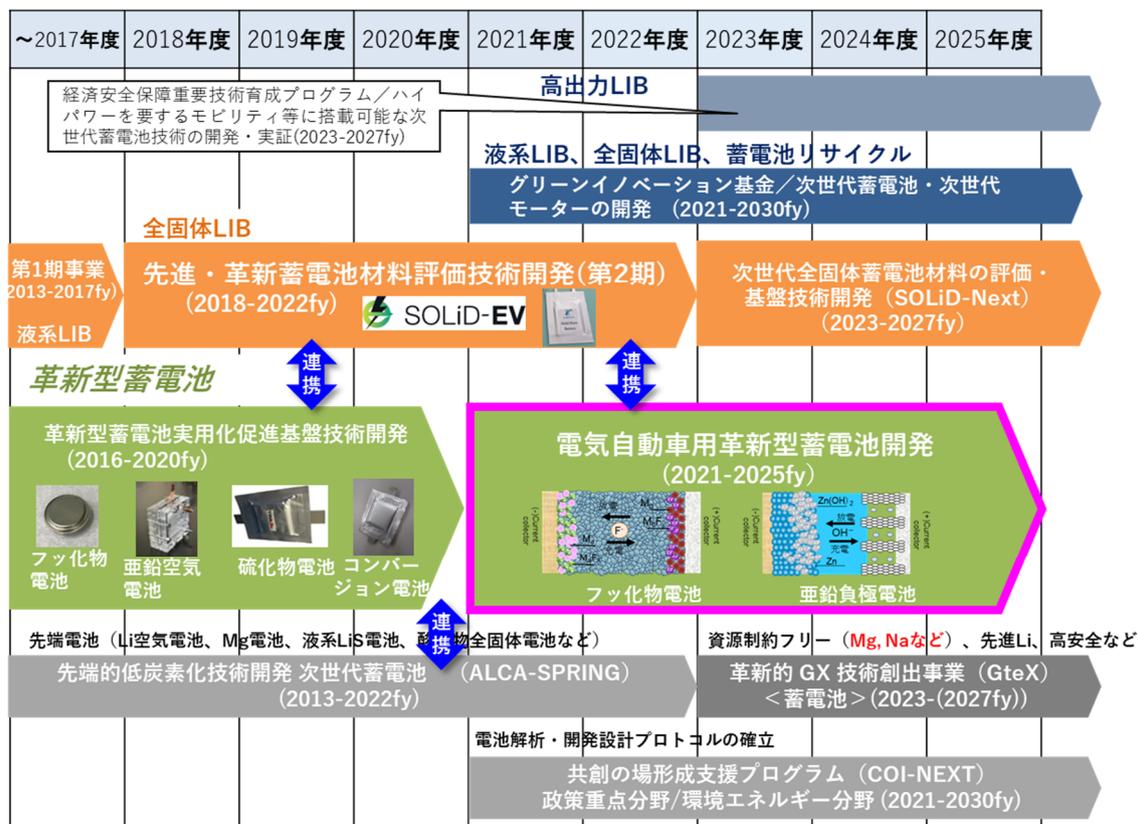


図 1.1-5-2 他事業との関係

JST の主だった蓄電池関係の事業として、先端的低炭素化開発技術 次世代蓄電池 (ALCA-SPRING) の後継事業である革新的 GX 技術創出事業 (GteX) <蓄電池>分野、および共創の場形成支援プログラム (COI-NEXT) の中の政策重点分野/環境エネルギー分野がある。COI-NEXT においては電池の設計・開発・解析の共通プロトコルの確立を目指すものである。ALCA-SPRING 後継事業 GteX においては、いくつかある研究対象の電池の一つに、資源制約フリーの電池が挙げられており、具体的には Na 電池や Mg 電池が研究対象の候補となっている。非 Li 蓄電池の観点では RISING3 と GteX の資源制約フリー電池は相補的な関係となっている。

上述の様に、文部科学省および国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) でも蓄電池関係の事業を幾つか実施しており、技術的に近い領域で複数の省庁が事業を推進している状態にある。そのため、JST 事業、文科省事業及び NEDO 事業と省庁の枠を越えた連携を効果的・効率的に行うため、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: JST 理事長 橋本和仁) が設置されている。NEDO 蓄電技術開発室長 (本事業の PM) もこのガバニングボードの構成員であり、他事業との連携関係の構築、シナジー効果の獲得に取り組んでいる。

具体的には本事業 (RISING3) と前身の事業 (RISING2) は同じ NEDO 事業の SOLiD-EV および、JST 事業の ALCA-SPRING と解析やセル化で連携してきた。現在はそれぞれの後継事業 (SOLiD-Next および GteX) の立ち上げ段階であるため、具体的な連携はなされていないが、両事業が開始後には、相互の情報交換と具体的な連携について議論を開始する見込みである。

この様に、文部科学省・経済産業省ガバナリングボード（蓄電池）を通じて、蓄電池に関わる各種プロジェクトの情報交換、プロジェクト間・省庁間連携、また各種事業のテーマ調整などの議論がなされており、国として取り組むべき蓄電池関係の事業を網羅的に推進する体制となっている。

1.2 アウトカム達成までの道筋

1.2-1 事業化に向けた道筋

本事業の成果が社会実装に繋がるように、アウトカムからバックキャストしたマイルストーンを設定の上、産業界への成果引き渡しを促進する事業体制を構築する様に留意した（図 1.2-1）。まず、事業の目標設定にあたって、2030 年代以降の将来の実用化に必要なと思われる電池パックの性能を「実用化目標」として規定した。これは将来車両の電動化が進み、自動車の多くが EV または PHEV の電動車となった時に、車載の電池パックに要求される最低限の仕様を想定したもので、民間企業が製品開発を実施する為に必要となると想定される車載電池パックの要件を定めたものである。次に事業の最終目標（アウトプット目標）および中間目標を、実用化目標からのバックキャストで定めた。すなわち事業終了後に成果の受け取り先企業が、企業内で実用化研究を開始・継続する為に必要な、最低限の電池性能の項目と数値を事業の最終目標として定めた。中間目標はさらにエネルギー密度などの本質的な性能と原理原則の解明を目標値として定めた。



図 1.2-1 アウトカム達成までの道筋

- ①：社会実装を念頭に実用化目標を設定、事業の最終・中間目標にバックキャスト
- ②：成果受取り手の企業が当初から参画、出向研究員が拠点大学に常駐・研究
- ③：成果受け渡しのための、事業計画・開発項目の見直し
- ④：環境変化を受けたアウトカムなどの見直し

本事業は、従来にない新しい動作原理の電池を構築し、電池としての動作と一部の性能を実証するという、技術的に見ても難易度の高い極めて挑戦的な事業である。そのため、開発の主体は京都大学をはじめとするアカデミアの研究機関が担う。一方、アカデミア主体の研究開発の場合には、学術的な研究成果と、企業側の期待する成果の間にギャップを生じることが多く、企業への成果の受け渡しが失敗する事がある。そのような事態を避けるため、本事業においては成果受け取り側の企業が最初から事業に参画している。すなわち EV や PHEV を商品化する自動車メーカー、車載用電池を製造する電池メーカー、および材料メーカーが本事業に参画している。さらに、研究開発で得られた技術と成果を速やかに企業内に持ち帰ることが出来るように、多くの参画企業が自社のエンジニアを、出向研究員として拠点の大学に派遣している。このため、京都大学や東京工業大学では、企業からの出向研究員と、大学の研究者が、ワンルーフの下で革新型蓄電池の開発に従事している。これらの体制により事業成果のスムーズな企業への移行が期待される他、企業側のエンジニアとアカデミアの研究者の相互理解の促進という人材育成の面での効果も期待される。

事業のアウトプット（最終目標）の詳細や、社会実装の結果のアウトカム目標は、研究開発の進捗や外部環境の変化を反映して適宜議論する場を設け、見直しをかけていく。具体的な見直し内容や運営上の仕組みについては、第2章及び第3章に記載する。

事業の開発成果の実際の製品化など企業での実用化・事業化につなげるには、知財のライセンス戦略やサプライチェーンの構築、さらには規格化・標準化までを視野に入れる必要があるが、本事業で開発する電極活物質・電解質材料、合剤電極及びセルについては、企業の「コア・イノベーション領域」であり、これらの情報を標準化（＝オープン化）することは、現時点で想定していない。これらについては企業主体の実用化研究に移行後に、電池や電池パックの特性に応じて、本事業参画企業がコア・イノベーション領域の差別化を図れる形で標準化を主導する事が期待される。

1.2-2 非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

・非連続な価値の創造

本事業の成果は、電気自動車のみならず、定置用蓄電システム、ロボット・ドローン、モバイル機器等の利便性・安全性の向上や低コスト化に寄与し、関係する国内産業（自動車・電機・蓄電池・材料メーカー等）の競争力強化に貢献すると考えられるが、基本的に現状の技術・産業の延長線上にあり、生活・環境・社会・働き方を変えるまでには至らないと考えている。

従って、非連続な価値の創造ではないと判断する。

・技術の不確実性

EVバッテリーの高信頼化・高耐久化と高エネルギー密度化・低コスト化の同時成立は難易度が高く、本事業ではそれを世界最高レベルで実現することを狙ったハイリスクな研究開発に取り組むが、その一方で、目標とする性能・スペックや必要とされる技術は現行のEV及びEVバッテリーの延長線上にあり、現実性を有していると考えている。

そのため、技術の不確実性に関しては非該当と考える。

従って本事業は非連続ナショナルプロジェクトには該当しないと判断する。

1.3 知的財産・標準化戦略

1.3-1 知的財産および標準化戦略

(1) 知的財産戦略

本事業においては下記の方針に基づいて、戦略的に知財権を確保するよう運営している。

1. オープン/クローズ戦略

将来の産業競争力の維持・向上を念頭に、研究開発成果の内容に応じてオープン（公表、論文発表、標準化）とクローズ（特許化、秘匿ノウハウ）を判断。また、事業成果の特許は、参画機関が外部企業等よりも有利に実施できるよう規定・合意済み。

2. 戦略的特許出願

活物質・電解質などの材料発明は積極的に特許出願し、将来の競争力優位性を担保。主要な EV 市場形成が見込まれる国や電池の海外競合企業が存在する国を中心に外国出願を積極的に推進。

3. 競合情報の動向把握

特許・論文から潜在的な競合情報を把握し、実施者(プロジェクト参画機関)間で共有の上、研究内容に反映。

4. 知財マネジメント体制

知財合意書を整備し、成果の扱い・守秘・データの保全等に関して規程。個別のオープン/クローズに関して全案件を PL・SPL が横ぐしを通して判断。

(2) 標準化戦略

本事業で開発する電極活物質・電解質材料、合剤電極及びセルについては、企業の「コア・イノベーション領域」であり、これらの情報を標準化（＝オープン化）することは、現時点で想定していない。

本事業終了後、企業主体の実用化開発のフェーズに移行した場合、EV 及びバッテリーパックとしての「非コア・イノベーション領域」（仕様・インターフェース・プロトコル・性能基準・評価方法）の国際標準化は必ず必要となる。また、これらの標準化に際しては、「コア・イノベーション領域」の差別化を図れるよう、日本が主導権を握る必要がある。

主導権を握るには、標準化機関（IEC/TC21/JWG69、ISO/TC22/SC37）への提案活動を早く始めることが重要である。そのため、本事業において標準化に直接的に関係した研究開発は実施しないが、プロジェクトに参加する自動車・蓄電池メーカーの標準化関係者及び IEC・ISO 規格の国内審議団体（JARI、電池工業会）と研究開発の進捗状況について情報共有すること将来課題として検討する。

1.3-2 知財管理

前述の知財戦略を具体化する為に、本事業の技術成果は図 1.3-2-1 に示すように管理・登録をしている。

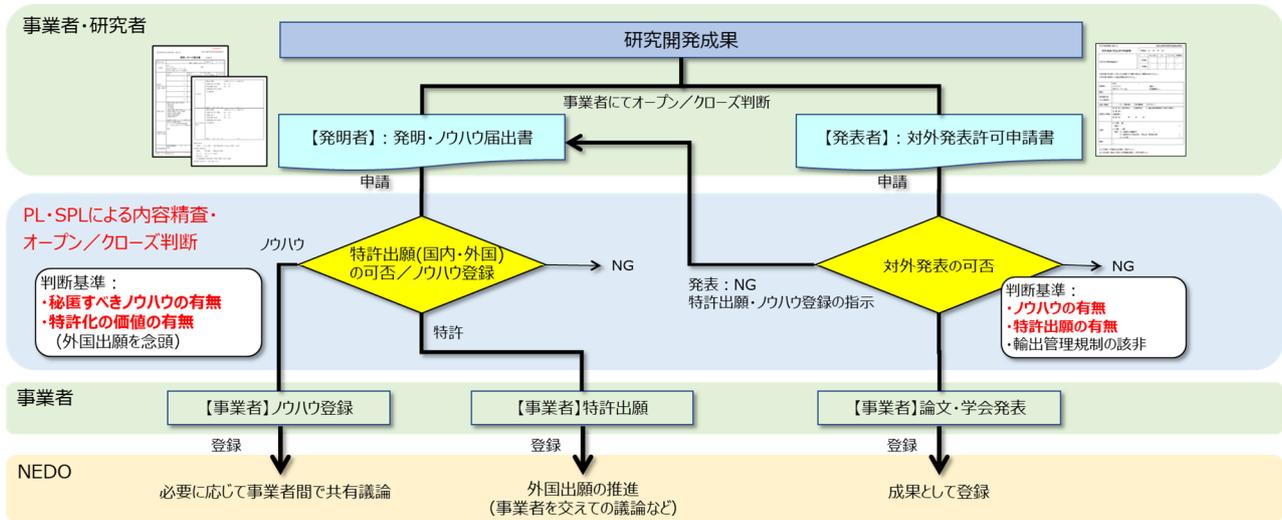


図 1.3-2-1 本事業の技術成果の管理フロー

まず、技術的な研究開発成果が得られたら、最初に事業者・研究者側でオープン/クローズを判断し、オープン（学会・論文発表など）の場合は対外発表申請を PL・SPL に対して提出する。PL・SPL は申請内容と知財戦略を照らし合わせて、特許化すべき内容は特許出願済みか、秘匿すべきノウハウが含まれてないか、内容を精査の上、対外発表の可否を判断する。対外発表よりも特許取得を優先すべき場合は、対外発表不可と判断する事もある。

一方、事業者側で特許化もしくはノウハウ登録すべき内容と判断した案件は、発明・ノウハウ届出書を作成の上、申請する。申請を受けた PL・SPL は、特許化、特に外国出願に値する内容かどうか、秘匿すべきノウハウに該当するか否かの観点で内容を精査する。

これら対外発表および特許・ノウハウ届出に対する判断結果に従って、事業者側で、対外発表・特許出願・ノウハウ登録を実施する。

これらの登録情報は NEDO に集約され、登録されたノウハウの必要に応じた事業者間での共有や、外国出願推進のための、特許内容の事業者間での共有など、事業推進や成果の最大化のためのマネジメントを実施している。

2. 目標及び達成状況

2.1 アウトカム目標と達成見込み

2.1-1 アウトカム目標の設定及び根拠

第1章第1節で述べた車載用蓄電池をめぐる状況、政策面での期待を踏まえ、本事業は、革新型蓄電池の実用化を通じて、2050年の全世界のカーボンニュートラルの達成に貢献しながら、本邦の自動車産業、電池産業の維持・発展にも貢献することを目的とする。本項ではこの目的の達成のための、アウトカム目標を具体的に設定する。

(1) 電動車の普及の障害となる資源リスクへの対応

第1章第1節で示したように、カーボンニュートラル実現の時点で、全世界の小型車の中で約17.8億台の電動車が普及して走行していることが必要とされており、これをもとに本事業のアウトカム目標を設定した。2050年において必要とされる電動車17.8億台に必要な車載用蓄電池の総容量は86.8TWhに達すると推定される。この大量の蓄電池供給にあたっては、サプライチェーンにおける資源リスクについて考慮する必要がある。そこで、第1章第1節で述べたように最も供給リスクの高いCoを例に電動車用蓄電池製造に必要な量について検討する。電動車に必要とされる蓄電量の大きさから、2021年の時点で普及している電動車の駆動用蓄電池として主流となっているのはLIBである。LIBでは正極に使用する材料によって、概ねニッケルマンガンコバルト酸リチウム(NMC)、ニッケルコバルトアルミニウム酸リチウム(NCA)、そしてリン酸鉄リチウム(LFP)の3種に分けられるが、前二者はNiとCoの使用により高いエネルギー密度が実現できるため市場の8割以上を占めている。しかしながら材料コストが高く、また複雑な製造技術が必要となる。Coを使わないLFPは資源リスクが低いが、原理的にも電池電圧が低いことからエネルギー密度が低く、性能向上の試みが継続しているものの、現時点ではNMCの7割程度のエネルギー密度にとどまっている。その一方で、LFPは比較的安全性が高く、材料コストが低いため中国を主体にシェアを伸ばしている。現時点で生産される電動車用電池において、上述のCoを使用するタイプ(NMC、NCA)とLFPなどCoを使用しない電池種のシェアを図2.1-1-1の左側の円グラフに示す。(IEA, Global EV outlook 2022)

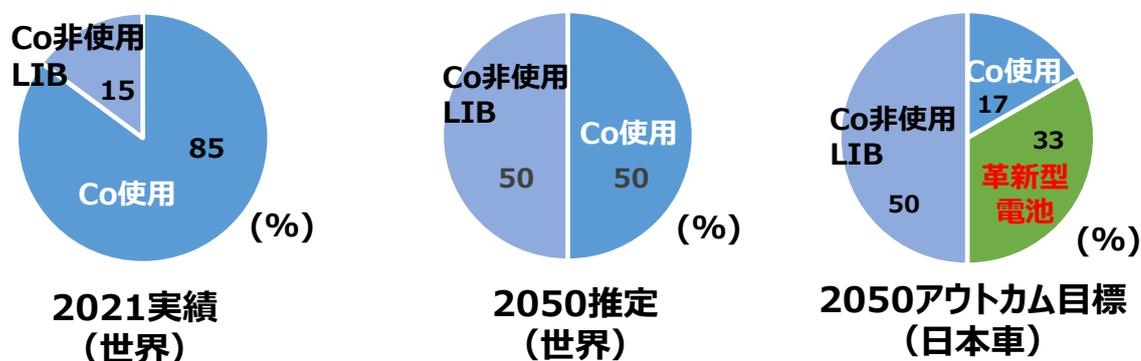


図 2.1-1-1 電動車における正極材料による電池種のシェア

左：2021年実績（IEA, Global EV outlook 2022 をもとに作成）、中：2050年の推定値（現在の動向から同報告書をもとに NEDO 推定）、右：2050年における日本車の目標（中図の Co 使用電池の 2/3 を革新型に置き換える戦略

電動車の車載用蓄電池の2050年における普及比率は、現時点では明確に予測できないものの、上述のような現在の動向を踏まえると、図2.1-1-1の中央の円グラフに示すように、概ね半数はCoを正極に使用するタイプのLIB、残り半数はCoを使用しない、LFPを正極に使用するLIB等が占めるものと推定して大きな矛盾はないと考える。(IEA, Global EV outlook 2022 より NEDO 推定)

第1章第1節で示したNEDO試算によると、2050年にカーボンニュートラルを達成するためのCoの必要量は、可採埋蔵量を上回っており、今後のLIBの技術進展により使用量の低減があるにしても、明らかに供給の不安定が懸念される。他にも前章で述べたように、LIBにおいてはCoだけでなくNiやLiなどの供給不安も考えられ、この懸念を回避するために戦略的な対応が必要となる。

本事業は、資源リスクのない革新型電池を普及させることにより、この問題を根本的に回避するため実施されるものである。すなわち現在の技術の延長では、2050年において全世界の電動車用蓄電池生産の概ね半数は資源リスクの高いタイプのLIBと推定できるが、この一部を、資源リスクが少ない革新型電池に置き換えることで安定した生産と供給が可能となり、電動車の普及をスムーズに進めようとするものである。より具体的には、日本車の電動車において、図2.1-1-1の右側の円グラフに示すように、Co使用LIBの「大半」(ここでは2/3)を、本事業の基盤技術の実用化による革新型電池搭載車に置き換え、安定した生産を確保することにより全世界に電動車を普及させる。このとき日本車の1/3は革新型蓄電池搭載車両となる。

(2) 日本の自動車メーカーの地位の向上

現在全世界の年間自動車生産台数は、図2.1-1-2左側の積み上げ棒に示すように、約8000万台/年(JAMA, 日本の自動車工業 2022)で、このなかで、全世界の電動車の生産台数は、650万台/年程度(第1章第1節)と、比率的には少ないものの急増している。既に述べたように2050年において全世界でカーボンニュートラルを実現するために、17.8億台の小型車の電動車が走行している必要があるが、このためには、少なくとも、走行台数を電動車の平均使用年数で除した台数を毎年生産する必要がある。平均使用年数を15年¹とすると、1.2億台/年(=17.8億台/15年)もの電動車生産となり、図2.1-1-2右側の棒に示すように、現在の内燃機関車主体の自動車生産を大きく上回ることになる。

2021年の日本の自動車メーカーの世界での生産台数は約2400万台/年であり、そのシェアは約30%である。一方で日本の自動車メーカーの電動車の世界でのシェアは5%(第1章第1節)にすぎない。これを図2.1-1-3の左側の円グラフに示す。搭載されるLIBの製造量においても、すでに中韓をはじめとする海外メーカーに大きく水をあけられており、自動車の電動化の時代において、今後も日本がその存在感を維持するには甚だ心もとないと言わざるを得ない。

しかしながら(1)で述べたように、中韓の得意とするLIBの進化のみではCN実現は覚束ない状態であり、今後必要とされる、資源リスクのない革新型蓄電池においては、決定的な電池系ははまだ確立されていない。このことから、本邦において世界に先駆けて、資源リスクの少ない革新型蓄電池の技術確立を行い、普及の加速と製造能力の拡充を図ることにより、世界の電動車生産におけるシェアの急速な拡大と、自動車生産量における今日のシェア維持も可能となると考えられる。この目指す状況を図2.1-1-3の右側の円グラフに示す。

¹ 現在の乗用車の平均使用年数は国によってばらつきがあるが、概ね13年以上で増加傾向にある。

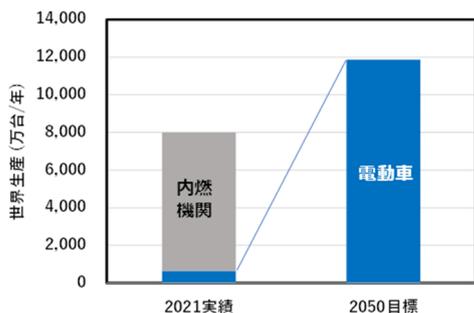


図 2.1-1-2 自動車の世界生産と電動車生産の伸張²

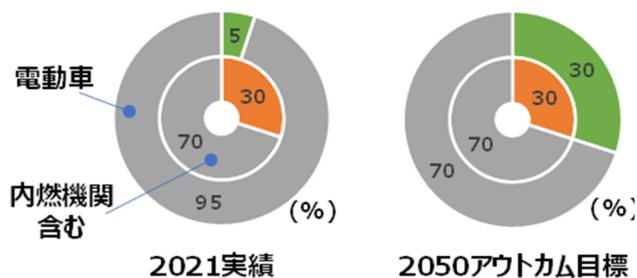


図 2.1-1-3 日本車のシェア (内円：内燃機関を含む自動車生産に占めるシェア。外円：電動車生産に占めるシェア。³

この時点で日本の自動車メーカーが今日の世界生産シェア 3 割を維持することを考えると、電動車の生産を 3600 万台/年(= 1.2 億台/年×0.3)にまで引き上げることが必要となる。

(3) アウトカム目標の設定

(2)で述べたように、全世界で毎年 1.2 億台の電動車生産が必要となり、そのうち 3 割となる 3600 万台/年を日本メーカーが生産することになる。(1)で述べたように現在の LIB 技術の延長では、このうちの半数である 1800 万台/年は、Co 不足をはじめとする大きな資源リスクにさら不安定な生産となる懸念がある。そこでこのうち「大半」(2/3 とする)を資源リスクの少ない革新型蓄電池に置き換えるためには、革新型蓄電池の生産台数は、1200 万台/年(= 1800 万台/年 × 2/3) となる。これは図 2.1-1-4 に示すように世界の電動車生産のうち、1 割を革新型電池が占めることになり、世界的にも資源リスクの緩和にも大きく貢献するものと考えられる。

またこれは逆に言えば、日本メーカーによる革新型蓄電池の普及により、現在の電動車の日本車シェアを 5%から 30%に引き上げるものでもあり、日本の自動車産業の維持発展のためにも大きく貢献する事が期待される。

² 左：世界の自動車生産実績 (JAMA, 日本の自動車工業 2022) とそのうちの電動車の台数実績 (第 1 章第 1 節)、右：カーボンニュートラル達成時の電動車の生産台数 (IEA、Energy Technology Perspectives 2017 をもとに NEDO 想定)

³ 左：2021 自動車生産実績 (JAMA, 日本の自動車工業 2022)。右：電動車実績 (第 1 章第 1 節)

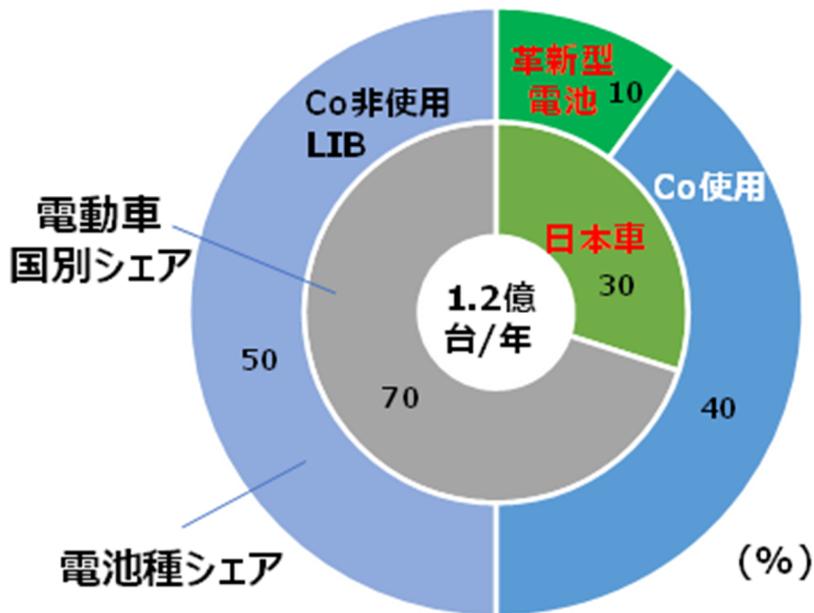


図 2.1.1-4 アウトカム目標達成時（2050年）の電動車生産における革新型電池と日本車の位置づけ
 内側：世界の電動車生産に占める日本メーカーのシェア
 外側：世界の電動車用電池の電池種の割合

2.1-2 本事業における「実用化・事業化」の考え方

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。

『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。』

本事業により開発された革新型電池の実用化に向けた基本的な戦略は次のとおりである。

第一に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たのかを説明する、現象やその背後にあるメカニズムの解明、その裏付けデータを取得する。

第二に裏付けデータの取得にあたって、高度解析技術を駆使し、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。

2.1-3 アウトカム目標の達成見込み

(1) 事業終了後の開発シナリオの想定

第1章第2節においてアウトカム目標達成までの道筋を大まかに示したが、なかでも本事業がアウトプット目標を達成して終了したあと、その成果を利用して事業化に結び付けるまでの開発段階には、多大な困難が伴うと考えられることから、本節にて対応した取り組みについて説明する。

アウトプット目標を達成して本事業が終了した後、その後企業中心の開発体制を構築するが、概略の開発シナリオの例を図2.1-3-1に示す。

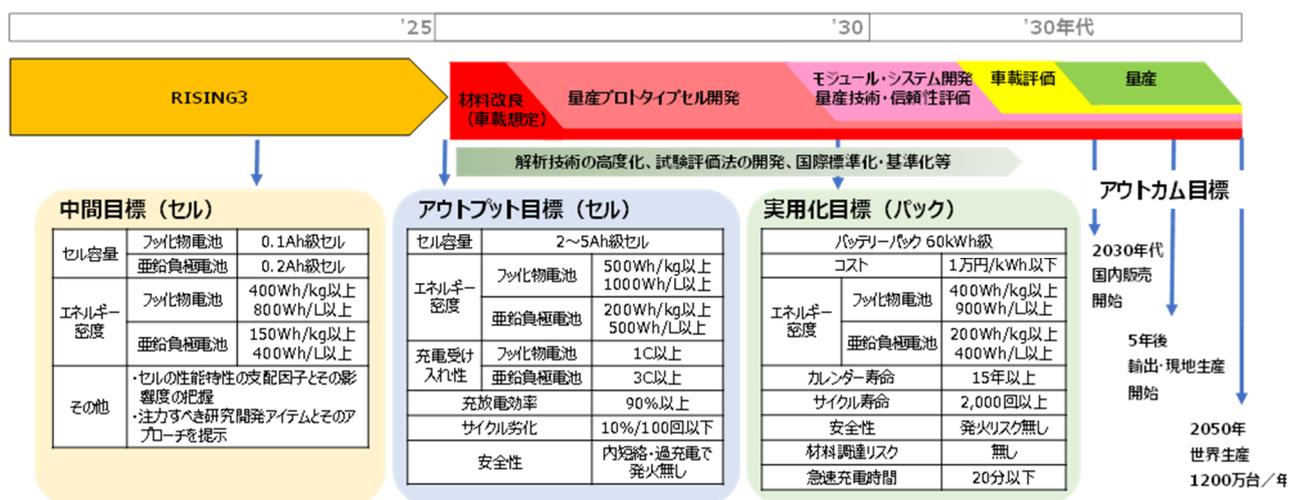


図 2.1-3-1 革新型蓄電池 本事業終了後のシナリオ

車載を想定した実用化に向け、材料レベルで積み残された課題が無いことを確認したのち、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。このステージでは、電気自動車用蓄電池としての実用化目標（表2.1-3-1）に示す性能・諸元を有した60kWh級のバッテリーパックの実現を目標とする実用化開発を行う。

表 2.1-3-1 革新型蓄電池を用いたバッテリーパック（60kWh級）の実用化目標

目標項目	実用化目標 (革新型蓄電池)	参考 (現行の液系 LIB)
コスト	1万円/kWh以下	2万円/kWh程度
重量エネルギー密度	フッ化物電池：400Wh/kg以上 亜鉛負極電池：200Wh/kg以上	130~160Wh/kg程度
体積エネルギー密度	フッ化物電池：900Wh/L以上 亜鉛負極電池：400Wh/L以上	150~240Wh/L程度
カレンダー寿命	15年以上	7~8年程度
サイクル寿命	2,000回以上	1,000回程度
安全性	内部短絡や過充電等、 異常時の発火リスク無し	リスク有り
原材料調達リスク	無し	有り (Li, Co)
急速充電時間	20分以下	40分程度

並行してモジュール・システムの開発を含めた量産技術や信頼性評価を開始し、セル及びバッテリーパックの量産工場を建設し、車載評価を経て2030年代より革新型蓄電池搭載の電動車の国内販売を開始することを目標とする。

さらに、国内販売5年後には100万台/年規模での国内販売を継続しつつ、革新型蓄電池搭載のEV・PHEVの輸出と海外生産を開始し、2050年までに輸出規模を130万台/年、海外生産規模を980万台/年に伸ばさせることで、全世界での年間の生産台数規模を1200万台/年（≒100万台/年+130万台/年+980万台/年）とすることでアウトカム目標を達成する。

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。本事業の成果となる革新型蓄電池及びそれを搭載した電動車のグローバルな普及に向けて、関連する国際規格の国内審議団体や企業の標準化関係者との情報・意見交換等にも取り組む。

(2) アウトカム目標の達成にむけ想定される課題への取組

上記のシナリオの中で、本事業で開発された基盤技術を、参画した主要な自動車メーカー、電池メーカーが活用し、電動車に搭載するための研究開発に移行するにあたって、産業界への円滑な技術の受け渡しが重要な課題となる。本事業では、第3章で示すように各種の会議体を設置・運営している。なかでも企業を含む外部有識者を委員とするステアリング会議では、産業界への受け渡し要件について議論を進めている。また本事業の参画企業が参加する企画会議・マネジメント会議では、セル化技術に関する議論、知財戦略に関する議論を定期的実施している。

これらの会議において、これまでの議論の中で、産業界からの本事業への期待、受け取りたい内容、重視する目標項目、受け取るための要件などの情報が具体的に得られている。これらの重要な情報をもとに、本事業の成果を産業界で求められる形に仕上げることができ、また企業としては、本事業の実施期間中から実用化開発に向けた準備を進めることができる。

また開発段階に移行した後、企業内での量産化に向けたマイルストーンをクリアすることも大きな課題である。これについては、上記の会議体を駆使して、事業化へのロードマップの把握に努めており、産業界が開発段階を手戻りなく速やかに通過できるよう、先回りして必要な策を講じることができる。

さらに開発された電池が市場で普及するためには事業化の時点で競争力を持つことが重要であり、上述の実用化目標は電動車駆動用蓄電池として事業化する際に、各種の性能面、コスト面で十分に競争力を持つよう設定したものである。

上記の取り組みは、今後も成果の受け渡しに向けて継続して実施され、本技術の実用化、事業化、ひいてはアウトカム目標達成が着実に推進されることに資するものと考えられる。

2.1-4 波及効果

(1) オープンイノベーションの推進

本事業の性質上、産学官の緊密な連携が必要とされることから、産学連携の在り方も、情報交換と議論に留めずに人的交流まで踏み込んでいる。具体的には、参画企業からの出向研究員が集中拠点の大学に常駐し、産学連携を促進することと、拠点がハブとなることにより、高効率かつ、より統合されたコミュニケーションを可能としている。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（図2.1-4-1）。

上記する取組により、「科学者（アカデミア）とエンジニア（産業界）の交流」及び「蓄電池研究者と解析研究者の交流」を実現した。ニーズ・シーズの好循環や幅広い知・人材の交流が図られており、これまで垂直連携を基本として展開されてきた我が国の蓄電池の研究開発において、オープンイノベーションを推進している。

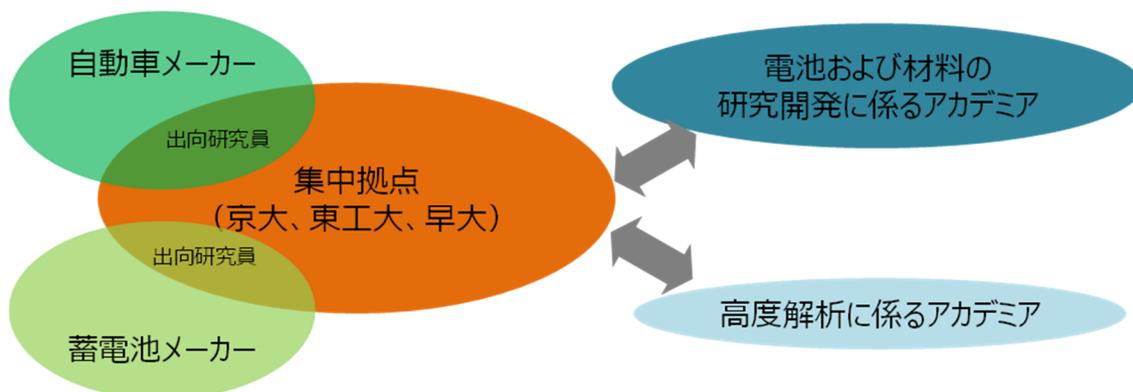


図 2.1-4-1 本事業における参画者の連携

(2) 人材育成

本事業では、前述のように「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。これは、本事業を経験した人材は多面的な能力を得られたことに繋がる。例えば、「蓄電池エンジニア」は、本事業を経験することにより、「サイエンスを理解する蓄電池エンジニア」へレベルアップする事が期待される（図 2.1-4-2）。

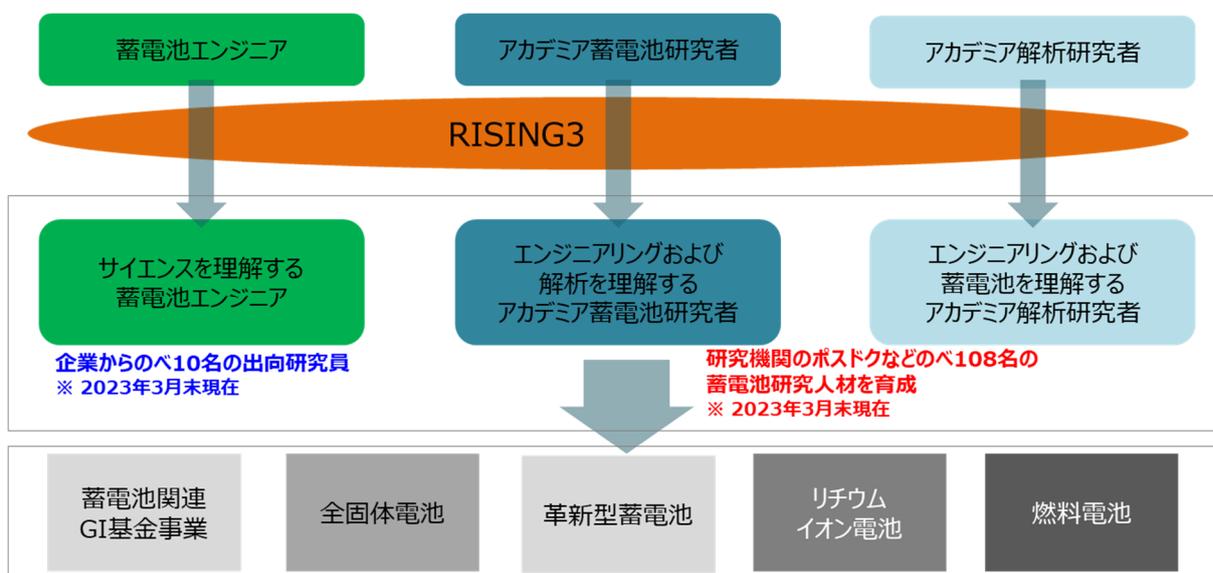


図 2.1-4-2 本事業における人材育成

実際、本事業開始から 2022 年度末までの間でも、参画企業からのべ 11 人のエンジニアが拠点の大学に出向研究員として派遣され、拠点に常駐して研究に従事する事で「サイエンスを理解する蓄電池エンジニア」の育成に貢献した。また、蓄電池研究人材の育成の観点では、大学などの参画研究機関でのポストク雇用など、のべ 108 人の蓄電池関係の研究者育成に寄与している。

このようにアカデミア中心で研究されるサイエンスから、産業界で必要とされるエンジニアリングまでの幅広い領域に対して多面的な能力を得た人材は、本事業で開発している 2 つの電池系のみならず、液 LIB も含めた蓄電池の研究や、産業界における蓄電池開発などにおいて、幅広く活躍し蓄電池の発展に貢献する事が期待される。

2.1-5 費用対効果

本項では本事業のアウトカム創出で得られる CO₂ 削減効果と経済効果を述べ、最後に費用対効果をまとめる。

(1) 効果

以下に記載した効果は、本事業の基本計画策定後の新たな政策発表を受け、カーボンニュートラルに向けた貢献をよりインパクトのあるものにするために、普及目標台数を上方修正し、また 2050 年断面での効果を明確にするために、基本計画におけるアウトカム目標の「CO₂ 削減効果」と「経済効果」に関する記述を改めたものである。

① CO₂ 削減効果

電動車の平均使用年数を 15 年、年間走行距離を 1.5 万 km、電力の排出係数を現状並みのままとして推算すると、電動車の一台当たり年間の CO₂ 排出量はガソリン車に対して、それぞれ約 1.16 トン、0.97 トンの減となる。⁴ また前節のとおり電動車における EV と PHEV の普及台数の比率を 3:1 とする。

革新型蓄電池搭載の電動車の 2050 年の国内累積普及台数は 1,600 万台となり、耐久年数を超えたものは CO₂ 削減効果から除外しても、約 1,600 万トン/年の CO₂ 排出量削減効果が得られる。

輸出及び海外生産開始を経て 2050 年には、革新型蓄電池搭載の電動車の世界で毎年 1200 万台/年を超える規模で普及し、累積普及台数は 9300 万台となり、世界全体の CO₂ 排出量の削減効果は、耐久年数を超えたものは CO₂ 削減効果から除外しても、1.03 億トン/年となり、世界全体の CO₂ 排出量の削減に大きく貢献する。

② 経済効果

革新型蓄電池搭載の電動車の販売価格を 200 万円とすれば、その売上は 2050 年以降 24 兆円/年（国内販売 100 万台、輸出 130 万台、海外生産 980 万台）となる。

⁴ IEA の「Global EV Outlook 2020」における EV・PHEV のライフサイクル CO₂ 排出量の試算を基に NEDO で推算した結果である。IEA では電力の CO₂ 排出係数を 518g/kWh（2018 年世界平均値）、耐用年数 10 年、年間走行距離を 1.5 万 km とした場合、中型 EV のライフサイクル CO₂ 排出量はガソリン車に対してそれぞれ、約 11.6 トンの減と試算している。ここから簡易的に、1 台あたり、1 年あたりの CO₂ 排出量削減効果は、約 1.16 トン/（台・年）（=11.6 トン/台 ÷ 10 年）として推算した。同様に IEA では中型 PHEV のライフサイクル CO₂ 排出量はガソリン車に対してそれぞれ、約 9.7 トンの減と試算しているため、CO₂ 排出量削減効果は、約 0.97 トン/（台・年）として推算した。IEA 試算は、製造時における CO₂ 排出と製造後の使用年数の CO₂ 排出を合算したものだが、今回の簡易化した推算方法では製造時の排出削減量は 0 で、使用年数に比例して削減量が増えることになる。また電力の CO₂ 排出係数は今後低下していき、2050 年には 0 近くにまで低減することが想定されるため、電動化による排出量削減効果はさらに増加する。

また、革新型蓄電池のバッテリーパックの販売価格を EV 用で 60 万円 (=60kWh×1 万円/kWh) とすれば、その売上は 2050 年以降約 5.9 兆円となる。

(3) 費用対効果

本事業の実施期間（2021～2025 年度）において、約 125 億円の研究開発費が見込まれている。これに対し、2050 年における経済効果として、日本の自動車メーカーの電動車の 1/3 に革新型電池が搭載され、電動車における世界シェアが拡大（5→30%）し、革新型電池搭載電動車の世界生産は 1200 万台/年となる。このとき、車両売上は 24 兆円/年、バッテリーパックとしての売上は 5.9 兆円/年となる。同じく 2050 年における CO₂ 削減効果としては、世界の電動車生産における搭載電池の 10%が資源リスクの少ない革新型電池となる結果、累積走行車による排出量削減効果は、国内削減量 1600 万 t-CO₂/年、全世界での削減量は、1.03 億 t-CO₂/年となる。まとめると表 2.1-5-1 に示す通りである。

表 2.1-5-1 本事業により期待される費用対効果（2050 年）

研究開発費（5 年間）		約 125 億円
期待される効果 （2050 時点）	経済効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 電動車における日本メーカーの世界シェア拡大（5→30%） ● 革新型電池搭載車両売上：24 兆円/年 ● 同バッテリーパック売上：5.9 兆円/年
	CO ₂ 排出削減効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 国内削減量：1600 万 t-CO₂/年 ● 世界削減量：1.03 億 t-CO₂/年

2.1-6 費用対効果（基本計画策定時）

以下に本事業の基本計画策定時点での費用対効果の記載内容を記す。

CO₂ 削減効果：

今後、国内で再生可能エネルギーの普及が拡大し、電力 CO₂ 排出係数が 250g/kWh レベル（現状の約 50%）まで低減した場合、EV・PHEV のライフサイクル CO₂ 排出量はガソリン車に対して約 12 トンの減となる^{注)}。よって、EV・PHEV の稼働年数を 10 年とすると、年間の CO₂ 排出量削減効果は約 1.2 トン/年となる。

革新型蓄電池搭載の EV・PHEV の販売開始 10 年後となる 2042 年までの国内累積普及台数は 800 万台となり、約 1,000 万トン/年の CO₂ 排出量削減効果が得られる。また、販売開始 15 年後となる 2047 年の累積普及台数は 1,300 万台となり、約 1,500 万トン/年の CO₂ 排出量削減効果が得られる。

2047 年以降は、輸出及び海外生産により、毎年 500 万台/年の規模で革新型蓄電池搭載の EV・PHEV が世界各地で普及するため、世界全体の CO₂ 排出量の削減にも大きく貢献する。

注) IEA の「Global EV Outlook 2020」における EV・PHEV のライフサイクル CO₂ 排出量の試算を基に NEDO で推計した結果である。この場合、生涯走行距離は 10 万 km とした。なお、IEA では電力の CO₂ 排出係数を 518g/kWh（2018 年世界平均値）、生涯走行距離を 15 万 km とした場合、中型 EV・PHEV のライフサイクル CO₂ 排出量はガソリン車に対して約 10 トンの減と試算している。

経済効果：

革新型蓄電池搭載のEV・PHEVの販売価格を200万円とすれば、その売上は2037年以降が2兆円/年（国内販売100万台/年）、2047年以降が12兆円/年（国内販売100万台、輸出100万台、海外生産400万台）となる。

また、革新型蓄電池のバッテリーパックの販売価格をEV用で60万円（ $=60\text{kWh} \times 1\text{万円/kWh}$ ）、PHEV用で15万円（ $=15\text{kWh} \times 1\text{万円/kWh}$ ）とし、またEVとPHEVの販売台数比率を1:1とすれば、その売上は2037年以降が約0.4兆円/年、2047年以降が約2.3兆円となる。

2.2 アウトプット目標と達成状況

2.2-1 アウトプット目標の設定および根拠

第1節で述べたアウトカムを見据えて、革新型電池を電動車の車載蓄電池として実用化するために必要な要件を、表 2.1-3-1 に示す『実用化目標』に定めた。この目標は 2030 年代の実用化時期に必要なとされる電池パックの目標値で、本事業での開発対象（革新型蓄電池）および事業終了時期（2025 年度）とは乖離がある。そこで、実用化目標の実現のために必要な電池セルの性能・要件にバックキャストの上、事業終了時の 2025 年度末でのアウトプット目標（本事業の最終目標）、および事業中間年度の 2023 年度末での中間目標として定めた。

表 2.2-1-1 に示す事業終了時（2025 年度末）のアウトプット目標の設定にあたっては、2 つ電池の原理的な違い、および使われ方の違いを念頭に設定した。フッ化物電池は原理的に高いエネルギー密度を期待できるが、亜鉛負極電池は水系電池でセル電圧が原理的に 2V 未満と低いため、エネルギー密度の目標はフッ化物電池よりは低く設定してある。一方、コスト・資源の観点からは亜鉛負極電池の方がフッ化物電池に比べて有利となる可能性があり、比較的安価で走行距離の短い EV の車載蓄電池が向いていると考えられる。そのため、小容量の車載電池を搭載した EV を念頭に、レート特性は高めに設定した。

また、両電池の共通事項として、電池パックでの実用化目標まで見通せる事を念頭に安全性やその他の項目で目標を設定した。セル容量の目標値も、セル作製プロセスの検証に必要となる大きさを念頭に設定している。

表 2.2-1-1 アウトプット目標（本事業の最終目標）

項目	電池種類	
	フッ化物電池	亜鉛負極電池
重量エネルギー密度	500 Wh/kg	200 Wh/kg
体積エネルギー密度	1000 Wh/L	500 Wh/L
セル容量	2 Ah 級	5 Ah 級
充電受け入れ性	1C レート以上	3C レート以上
充放電効率	90%以上	
サイクル容量劣化	10%以下（100 サイクル後）	
安全性	内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し	
その他	実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認	

2.2-2 アウトプット(研究開発成果)のイメージ

本事業は、研究開発の事業であり、事業成果を企業に受け渡して将来の実用化・商品化につながる事が期待されている。そのため、本事業では革新型蓄電池の実証はするが、事業成果は電池での実証に使われた技術そのもの、およびその技術に関わる知的財産権である。図 2.2-2-1 にそのイメージを示す。図に示すように、本事業では左上に掲げたアウトプット目標を電池の形で実証する（右下）。その際、事業成果として産業界に受け渡しする技術として、図中青字の、新規材料、電極化・セル化技術、セル設計技術および各種電池に特有のセル評価技術が挙げられる。新規材料は材料そのものと関連す

る知財（特許など）が、電極化・セル化技術に関しては主にノウハウが付帯する事が期待される。また、本事業では実施しないものの、各種電池系に特有のセル評価技術は将来の標準化の基礎となると考えられる。

図中赤字で示した材料探索・特性予測技術、材料解析・評価技術および材料合成技術は基礎基盤技術として、本事業に関連した研究以外にも広くアカデミア、あるいは産学連携の中で活用されていくことが期待される技術である。

アウトプット目標

2~5Ah級セル		
エネルギー密度	フッ化物電池	500Wh/kg以上 1000Wh/L以上
	亜鉛負極電池	200Wh/kg以上 500Wh/L以上
充電受け入れ性	フッ化物電池	1C以上
	亜鉛負極電池	3C以上
充放電効率		90%以上
サイクル劣化		10%以下/100回
安全性		内短絡・過充電で発火無し

セル設計技術

充放電メカニズムや劣化メカニズムに基づくセル設計

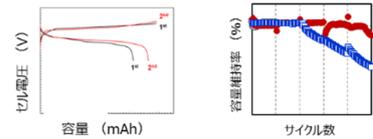
電極化・セル化技術

新規材料の電極化・セル化に必要なプロセス技術・ノウハウ



セル評価技術

充放電特性や耐久性などの評価技術



新規材料

活物質や電解質などの各種材料とその特許



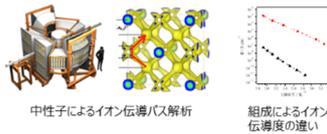
材料探索・特性予測技術

材料インフォマティクスによる特性予測や新規材料探索技術



材料解析・評価技術

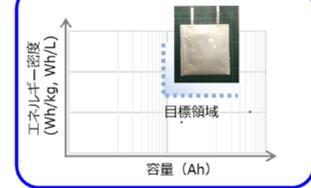
高度解析による材料・界面現象のメカニズム解明



材料合成技術

各種材料の合成技術

セルでの実証（終了時）



赤：基盤技術

電池などの研究開発での広い利用が見込まれる

青：実用化技術

企業への技術移転・実用化への応用が期待される

図 2.2-2-1 本事業のアウトプットイメージ

2.2-3 中間目標の設定および根拠

事業の中間年度である 2023 年度末の中間目標は表 2.2-3-1 に示すとおりである。両電池におけるエネルギー密度目標の設定の違いは先の最終目標の設定の違いと同じである。中間目標はエネルギー密度などに定量的な値を置いてあるが、その意図するところはその他の項目に記載の通り、両電池の動作原理を確認した上で、影響因子の把握と将来のポテンシャル提示、および更なる研究開発のアプローチを示すところにある。

表 2.2-3-1 中間目標

項目	電池種類	
	フッ化物電池	亜鉛負極電池
重量エネルギー密度	400 Wh/kg	150 Wh/kg
体積エネルギー密度	800 Wh/L	400 Wh/L
セル容量	0.1 Ah 級	0.2 Ah 級
その他	<ul style="list-style-type: none"> セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示 	

2.2-4 アウトプット目標の達成状況

中間目標に対するフッ化物電池および亜鉛負極電池の達成状況を以下に記す。

まず、フッ化物電池の目標に対する達成度の概要を、表 2.2-4-1 に示す。

表 2.2-4-1 フッ化物電池の中間目標達成状況

項目	目標 (2024 年 3 月)	成果 (2023 年 3 月)	達成度 (見込み)
重量エネルギー密度	400 Wh/kg 以上	371 Wh/kg	○ 2024 年 3 月に達成見込み
体積エネルギー密度	800 Wh/L 以上	1400 Wh/L	◎ 2023 年 3 月に達成
セル容量	0.1 Ah 級	0.1 Ah	(○) エネ密実証とは別のプロセス検討セルにて確認
その他	<ul style="list-style-type: none"> セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示 	電極の利用率向上の指針について、その設計指針を出すことができた。一方、レート特性・低温動作などの速度論的な観点ではまだ検討中。	○ 2024 年 3 月に達成見込み

エネルギー密度に関しては、現状では正極電極・負極電極それぞれの単極評価からの推定値である。重量と体積で達成度は異なるものの、電極内のイオン伝導度向上によって活物質利用率が向上し、体積エネルギー密度は目標を大幅に上回る値となる見込みである。重量エネルギー密度は目標に達してはいないが、まだ正極より利用率の低い負極の改良によって達成が見込まれている。さらに 2023 年度内にはフルセルでのエネルギー密度の実証も予定している。

セル容量に関しては、エネルギー密度の検証とは別に、実用化に耐えるプロセス検討の一環で試行した。現在、エネルギー密度の実証に用いている活物質などは合成量が限られているため、プロセス検討およびセル容量実証では、本事業開始時に用いていた、プロセス検討に必要な分量の合成が可能な材料を用いて実施している。そのため、現時点ではエネルギー密度とセル容量は現在両立していないものの、将来正負極の材料が決まり、プロセス検討に必要な分量が合成できるようになればエネルギー密度とセル容量の両立が期待される。

セル性能の支配因子に関しては、電極内のイオン伝導度など、活物質の利用効率向上につながる指針を幾つか得ている。これらの指針をより定量的に把握する為に、活物質粒子の粒形制御や、電極合剤形成時の活物質・固体電解質の混合方法の検討などの他、薄膜のモデル電極を用いたより定量的なアプローチも実施している。また、レート特性の向上や低温特性の向上に関してはより速度論的な観点での理解とアプローチが必要であるため、今後これらの課題に取り組んでいく予定である。

次に亜鉛負極電池の中間目標に対する現状を表 2.2-4-2 に示す。

表 2.2-4-2 亜鉛負極電池の中間目標達成状況

項目	目標 (2024 年 3 月)	成果 (2023 年 3 月)	達成度 (見込み)
重量エネルギー密度	150 Wh/kg 以上	82 Wh/kg (141 Wh/kg*)	△
体積エネルギー密度	400 Wh/L 以上	160 Wh/L (401 Wh/L*)	△
セル容量	0.2 Ah 級	1.44 Ah (3.80 Ah*)	◎ 2023 年 1 月に達成
その他	<ul style="list-style-type: none"> セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示 	<ul style="list-style-type: none"> 負極: 合剤電極の組成と構造の最適化による利用効率とサイクル寿命の向上 正極: 新規正極活物質での新コンセプト確認 電解質: イオン構造の解析と正負極間のイオン移動制御技術構築 	○ 当初想定課題は 2023 年 3 月でほぼ達成済み

* プロセス確立のために試作した Ni-Zn 電池での値

亜鉛負極電池においては、事業開始時に未確定であった正極材料の開発、および工業的プロセスでフルセルを作成するプロセス確立の二点に並行で取り組んだ。表 2.2-4-2 は両方の検討結果を記載しており、表中の成果部分で括弧内の記載はプロセス確立のセルの結果である。

まず、プロセス確立では、正極に Ni を用いた Ni-Zn 電池を対象とした。これは負極に亜鉛金属を用いており、市販もされている電池で、プロセス確立の検討に適していると判断したためである。数度の試作を経て、中間目標のセル容量 (0.2 Ah 級) を大きく上回る 3.8 Ah のセルを作製する事が出来た。このセルの評価を実施し実際に充放電できた容量に基づくエネルギー密度を表中の括弧内に記している。プロセス検討用の Ni-Zn 電池においては、試作を重ねるなかで、正極活物質の利用率・正極電極の体積密度が市販の Ni-Zn 電池を上回る値が達成でき、結果として体積エネルギー密度および重量エネルギー密度共に中間目標をわずかに上回るか、近い値を示した。そのため Ni-Zn 電池を用いたプロセス技術は確立したと判断して、一旦ここまでで終了した。

次に、プロセス検討と並行して開発していた Mn 系正極材料のセル化・セル評価を実施した。Ni-Zn 電池のプロセスを参考に、開発中の Mn 系正極材料の電極化を試行したが、Mn 酸化物の電子伝導性が低く、大量の導電助剤を添加する必要性が生じた。数度の試作を実施したものの活物質の利用率は低いままで、Mn-Zn 電池のエネルギー密度は目標を大きく下回っているのが現状である。亜鉛負極電池の正極材料は、Mn 系材料だけでも数種類の材料を開発中であり、高いエネルギー密度を実現できる材料があるか、今年度中に検証する予定である。

2.2-5 特許出願及び論文発表

本事業での特許及び論文。学会発表などの状況を表 2.2-5-1 に示す。特許は事業開始初年度には 2 件の出願にとどまったが、2 年目の 2022 年度には 22 件を出願した。また、2 年目からは外国出願も始ま

り全 24 件の特許出願のうち、5 件が外国出願（含む PCT 出願）である。いずれの特許もまだ公開前の段階である。

研究開発成果の内、協調領域と判断されたものは積極的な論文投稿・学会発表を実施しており、日本金属学会の第 73 回金属写真賞の受賞の他、日本物理学会 2021 年秋季大会の学生優秀賞、第 36 回日本放射光学会の学生発表賞や第 38 回希土類検討会の学生講演賞を受賞するなど、本事業成果のアピールにもつながっている。

表 2.2-5-1 特許及び論文発表

種別	2021 年度	2022 年度	計
特許出願（うち外国出願）	2 (0)	22 (5)	24 (5)
論文	8	26	34
研究発表・講演	44	100	144
受賞実績	1	3	4
新聞・雑誌等への掲載	4	4	8
展示会への出展	0	0	0

3. マネジメント

3.1 実施体制

3.1-1 NEDO が実施する意義

(1) 社会的要請および政策上の重要性

2015 年の COP21 において採択されたパリ協定において、2050 年までにカーボンニュートラルを達成する目標が掲げられた。その後、2021 年の COP26 では、世界平均気温の上昇を、産業革命前に較べ 1.5°C 以内に抑えるグラスゴー気候合意が採択された。それ以降の COP や各種国際会議においても、カーボンニュートラル実現に向けた具体的な目標設定や施策、およびそれらの実施・達成状況のフォローアップなどが実施され、一層の取組の強化が求められる状況にある。

日本でも 2021 年に閣議決定された「第 6 次エネルギー基本計画」において 2035 年で乗用車の新車販売において電動車 100%、2050 年に自動車の生産・利用・廃棄を通じた CO₂ ゼロが明記されており、自動車の電動化・カーボンニュートラル化は避けられない状況となっている。

(2) 産業競争力の強化

現在、世界自動車生産に占める日本メーカーのシェアは 30% 前後で推移しているが、EV・PHEV の電動車に限ると 5% 程度のシェアしかない。また電動車用の車載蓄電池のシェアは 20% を切る水準で漸減傾向にある。今後カーボンニュートラル達成を目指して、電動車比率が急速に上昇する事が予測されるため、電動車およびにおける日本メーカーの競争力強化が必須である。また、2022 年 8 月に蓄電池産業戦略検討官民協議会が取りまとめ蓄電池産業戦略で、(蓄電池産業において) 2030 年以降も我が国が技術リーダーの地位を維持・確保する事が掲げられるなど、自動車及び蓄電池産業の競争力強化は国を挙げての課題である。

資源リスクのない元素で構成される高性能な革新型電池が実用化されれば、資源量および製造コストの両面で日本の蓄電池産業・自動車産業の競争力が高まる事が期待される。

(3) 科学技術的革新性および先導性

現在のところ、液系 LIB に匹敵あるいは凌駕する高性能電池を、資源リスクのない元素のみの構成で実現する事は出来ていない。本事業で開発している革新型電池の実現は学術的に見ても非常に難易度の高い挑戦である。

未だ基礎研究のフェーズではあるものの、世界的にみても同様の研究はほとんど実施されておらず、実用化されれば世界をリードする革新的技術になりうる。

(4) 産学官連携の必要性

社会的要請を満たすために、革新型電池の実用化が望まれているが、技術的難易度の極めて高いチャレンジであるため、産学官の連携が必須である。以前から NEDO が産学官で取り組んできた革新型電池の研究開発の事業が最も効果的かつ効率的と考える。

3.1-2 実施体制

図 3.1-2-1 に本事業の実施体制を示す。PL の京都大学 安部武志教授および SPL の京都大学 森田昌行特任教授の下、フッ化物電池の研究開発および亜鉛負極電池の研究開発の 2 つのテーマに取り組んでいる。体制上の工夫として以下の 3 点が挙げられる。

まず、それぞれの研究開発テーマにおいて、役割分担した研究拠点を設けている。フッ化物電池においては、電池研究拠点の京都大学の他、新材料の探索などを担う材料研究拠点の東京工業大学、さらにセル化・プロセス研究を実施する早稲田大学拠点を置いている。亜鉛負極電池では電池研究の京大拠点とプロセス研究の早稲田大学拠点の 2 つである。これらの拠点設置により、材料探索からプロセス検討までを並行して検討が進められる体制としており、研究開発の加速が期待できる。個別の研究開発テーマを実施する各大学や研究機関は、それぞれの実施内容に応じて各拠点の下のサテライト研究機関として位置づけられている。

次に産業界の参画である。本事業には民間企業も多数参画しており、両電池系併せて 8 社が、それぞれ希望するテーマに応じて各拠点での研究活動に参画している。一部の企業においては出向研究員の拠点大学への派遣することで、より緊密な産学連携の研究体制を構築している。また、本事業終了時には、参画企業が事業成果を受け取って、企業内での研究開発を開始する事が期待されるが、そのための要件を議論する場として、外部有識者を招いたステアリング会議を実施している。

また、第 1 章で述べたように、文部科学省・JST および NEDO の複数の事業において蓄電池の研究・開発が実施されている。これらの事業間の情報交換・連携を議論するための、文部科学省・経済産業省ガバナングボード（蓄電池）に本事業も参加しており、省庁をまたいだ情報交換や連携の議論・実施がなされている。

NEDO と事業者の緊密な関係のために、NEDO の RISING3 マネジメントグループが京都大学内に常駐することで、PL・SPL・京大拠点と密接なコミュニケーションをとりながらプロジェクトマネジメントを実施している。

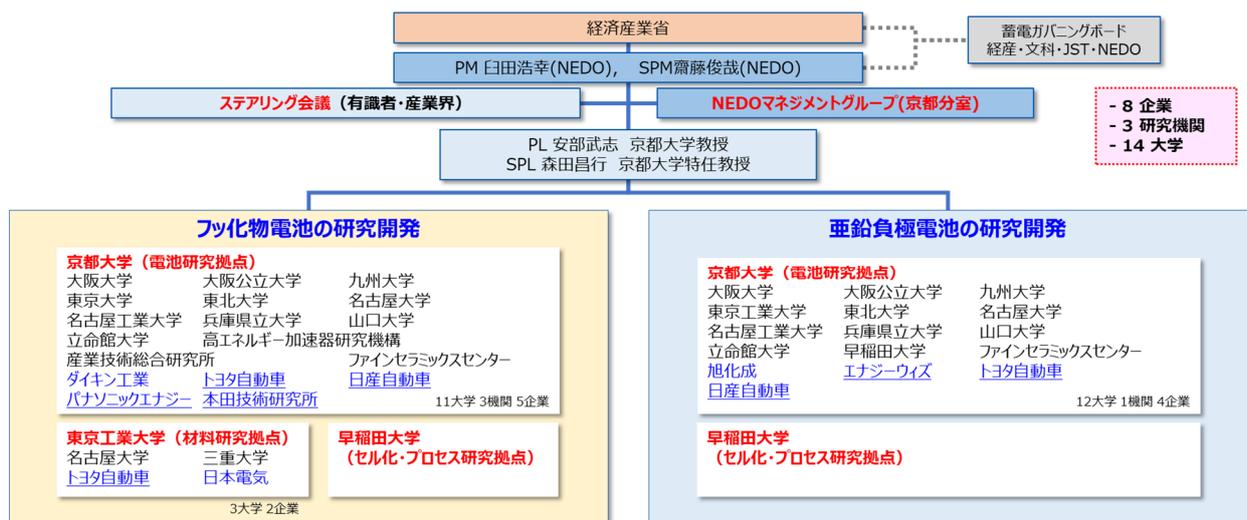


図 3.1-2-1 実施体制の概要

3.1-3 個別事業の採択プロセス

まず本事業の公募を、2021年1月22日から3月4日まで実施した。公募はフッ化物電池の研究開発及び亜鉛負極電池の研究開発の2つのテーマで実施し、公募期間中に3件の応募があった。採択審査においてはNEDOの通常の採択審査項目(1.基本計画の目的、目標に合致、2.新規性・技術優位性、3.実現性、4.経済性、5.研究遂行能力、6.実用化の見込み)に加え、本事業に期待される成果を踏まえ、下記の視点も考慮した。

- 2030年代半ばを想定した革新型蓄電池に組み込まれることを企図しているか。
- エネルギー密度の向上に加え、車載用蓄電池に求められる性能・特性(信頼性、耐久性、安全性等)を考慮しているか。
- 成果の実用化・事業化の担い手(自動車メーカー、蓄電池メーカー等)からの要望・意見等をすくい上げながら進める計画か。

以上を加味した審査の結果、京都大学を代表機関とする提案を採択し、本事業の実施体制は2021年6月3日に決定した。

3.2 予算および受益者負担の考え方

表 3.2-1 に 2021 年度から 2023 年度までの 3 年間の予算推移を示す。3 年間で 77 億円弱の予算規模となっており、全て委託である。2 つの研究開発項目間の予算配分は概ね、フッ化物電池が 75%、亜鉛負極電池が 25%である。

表 3.2-1 本事業の予算推移実績（単位：百万円）

研究開発項目	2021 年度	2022 年度	2023 年度	合計
フッ化物電池の研究開発（委託 100%）	1,970	2,018	1,655	5,643
亜鉛負極電池の研究開発（委託 100%）	750	662	631	2,043
合 計	2,720	2,680	2,286	7,686

本事業が委託となっているのは、研究開発の主体が大学や公的な研究機関であり、本事業の研究成果の実用化・商品化が実現された場合にも事業収入を直接得る事がないためである。本事業には民間企業も 8 社参画しているが、民間企業への委託費は大学への出向研究員派遣に必要な諸費用など、必要最低限にとどめている。

3.3 研究開発計画

3.3-1 目標達成に必要な要素技術

本事業で取り組む研究開発テーマはどちらも現在のところ実用化していない電池系であるため、活物質や電解質など、電池構成に必須の材料開発の重要性が高い。特にフッ化物電池の研究開発においては、実用化までには新規材料の発見による技術ブレークスルーが必須であり、材料探索技術自体も必須の要素技術である。また、両方の電池系に共通する項目ではあるが、充放電反応の理解のための解析技術、電極開発のための構造解析技術や最適構造をもつ電極の形成プロセス技術、セル化のプロセス技術などが必要になる。事業の後半には材料技術に加えてセル作製・セル評価に関する技術が必要となってくる。さらに、本事業成果が企業内の開発に引き継がれる事を念頭に、セルの評価・解析のための劣化メカニズムの解析技術や、セル特性予測のシミュレーション技術、LCA 技術などにも必要な要素技術として挙げている。

これら要素技術の概要を表 3.3-1-1 にまとめる。

表 3.3-1-1 目標達成に必要な要素技術

研究開発 テーマ	材料開発	電極開発	セル開発 特性評価	総合評価 ／数値解析
フッ化物 電池	<ul style="list-style-type: none"> 電極活物質および電解質材料の開発 (新規材料探索と改良) 充放電メカニズム解明の解析技術 (特に固体中のイオン分布・移動の解析技術) 量産合成プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 合剤電極構造の解析技術 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む) 最適構造をもつ電極の形成プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 2Ah 級セルの試作技術 劣化メカニズム、支配因子の評価・解析技術 セル劣化解析技術 	<ul style="list-style-type: none"> セル特性予測シミュレーション技術 コスト推定・LCA 技術
亜鉛負極 電池	<ul style="list-style-type: none"> 電極活物質および電解質材料の開発 (新規材料探索と改良) 充放電メカニズム解明の解析技術 (特に亜鉛負極の溶解析出過程の解析技術) 量産合成プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 合剤電極構造の解析技術 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む) 最適構造をもつ電極の形成プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 5Ah 級セルの試作技術 劣化メカニズム、支配因子の評価・解析技術 セル劣化解析技術 	<ul style="list-style-type: none"> セル特性予測シミュレーション技術 コスト推定・LCA 技術

3.3-2 研究開発のスケジュール

図 3.3-2-1 に本事業の研究開発スケジュールを図示する。前項の必要な要素技術のところでも述べたように、事業の前半はどちらの電池系でも材料技術の比重が大きい。すなわち新規電池材料の探索・開発や合剤電極の開発、およびそれらに必要な各種解析技術である。

一方で事業後半では、セル化技術・プロセス技術の比重を高め、より実用化に近い方法でのセル作製技術や、セル評価技術の開発を予定している。

		中間評価▽			事後評価▽	
		2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
研究開発項目① フッ化物電池開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発			材料種の絞り込みと改良	量産合成プロセスの開発
		合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)			電極構造の最適化	電極形成プロセスの開発
	セル開発・ 特性評価	セル基本設計	0.1Ah級セルの試作・特性評価		2Ah級セルの試作・特性評価	
		劣化メカニズム・支配因子の明確化			セル劣化状態把握技術の開発	
	数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発			シミュレーターの改良	
	総合評価				実用セル・バッテリーパック の性能・コストの推定、LCA評価	
研究開発項目② 亜鉛負極電池開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発			材料種の絞り込みと改良	量産合成プロセスの開発
		合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)			電極構造の最適化	電極形成プロセスの開発
	セル開発・ 特性評価	セル基本設計	0.2Ah級セルの試作・特性評価		5Ah級セルの試作・特性評価	
		セル劣化メカニズム・支配因子の明確化			セル劣化状態把握技術の開発	
	数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発			シミュレーターの改良	
	総合評価				実用セル・バッテリーパック の性能・コストの推定、LCA評価	

図 3.3-2-1 研究開発のスケジュール

3.3-3 進捗管理

(1) 各種会議体

本事業の進捗管理の枠組みとして、各種会議体の設定の上、運用している。会議体は大きく分けて技術系会議とマネジメント系会議に分けて実施している。これらの会議体の目的と議題、構成および開催実績を表 3.3-3-1 から表 3.3-3-3 に示す。

技術系会議は、技術的な進捗の確認と議論を目的として PL・SPL、および各拠点为主体となって実施している。全事業者が一堂に会して議論する場である内部シンポジウムは、年 1 回開催されており、電池系をまたいで研究内容に関して議論する事で、研究開発活動の活性化を図っている。また、内部シンポジウムの参加は本事業の参画研究者に限られるため、非公開情報に基づいた技術ディスカッションの場としても機能している。

全体技術会議は電池系毎に年 3~4 回開催している。主たる目的は、各研究テーマの進捗報告とそれに基づいた技術議論である。電池系別に開催し、また各回での主たるテーマ(例:電解質など)を設定

する事で、個別テーマのより深い議論を可能にしている。そのほか、各拠点の裁量にて、毎月、あるいは不定期の議論の場を設けている。

表 3.3-3-1 技術系会議の開催実績

会議名	電池 Gr	開催	主な議題	参加者	2021 年 度	2022 年 度
内部シンポジウム	フッ化物電池 亜鉛負極電池	京大	・電池系をまたいだ技術議論・研究者間交流	・全事業者（拠点・サテライト・企業）	1 回	1 回
全体技術会議	フッ化物電池	京大	・出向研究員、各テーマの研究進捗報告 ・技術議論	・フッ化物電池に関わる研究機関（拠点及びサテライト） ・各拠点の有識者／フッ化物電池参画企業／NEDO	3 回	2 回
	亜鉛負極電池	京大		・亜鉛負極電池に関わる研究機関（拠点及びサテライト） ・各拠点の有識者／亜鉛負極電池参画企業／NEDO	3 回	2 回
月例会議	フッ化物電池	京大	・最新の研究成果の拠点内共有と技術論議	・京大及／京大サテライト／有識者／NEDO	4 回	6 回
		東工大		・東工大／東工サテライト／トヨタ・NEC／（NEDO）	15 回 (2 回)	18 回 (1 回)
		早大		・早大／有識者／NEDO	9 回	12 回
	亜鉛負極電池	京大		・京大／京大サテライト／早大／有識者／NEDO	7 回	7 回
		早大		・早大／有識者／NEDO	9 回	12 回

マネジメント系会議においては、事業全体および電池系別のマネジメント課題を議論できるように、3つの会議体を設けている。事業全体のマネジメント会議においては、両方の電池系に関わる課題や運営に関する内容として、知財や成果取り扱いの確認・展開や、本事業の技術シナリオ、事業化へのロードマップなどに関して議論している。それぞれの電池系のマネジメント会議においては、研究開発の進展を踏まえて、例えば中間評価までの進め方などの、研究計画や今後の事業の進め方の議論を行った。

表 3.3-3-2 マネジメント系会議の開催実績（除くステアリング会議）

会議名	電池 Gr	開催	主な議題	参加者	2021 年 度	2022 年 度
企画会議	フッ化物電池	NEDO	・両電池共通課題の議論 ・知財強化、成果取り扱い展開	・集中拠点（京大、東工大、早大） ・全参画企業／NEDO	3 回	3 回

	亜鉛負極電池		・事業化へのロードマップ議論			
マネジメント会議	フッ化物電池	NEDO	・集中拠点の進捗報告 ・セル化、要素技術議論 ・参画企業からの意見集約	・フッ化物電池担当の集中拠点（京大、東工大、早大） ・フッ化物電池参画企業/NEDO	3回	3回
	亜鉛負極電池	NEDO	・大学と参画企業の共願支援	・亜鉛負極電池担当の集中拠点（京大、早大） ・亜鉛負極電池参画企業/NEDO	3回	3回

ステアリング会議も事業の方向性を議論する会議であるが、企画会議・マネジメント会議と異なり、外部有識者を交えて実施した。本事業終了時には、産業界による事業成果の受取りが想定されているため、現時点での研究開発の進展を踏まえた上で、成果受取の目線で今後検討すべき課題や、開発項目の優先順位などを議論いただいた。すなわち、企画会議・マネジメント会議は、事業者が本事業をどう進めるべきか、現状から見た今後の進め方の視点で議論したのに対し、ステアリング会議では、事業終了時に望まれる事業成果と要件を念頭に、現状取り組むべき課題などについて議論いただいた。

表 3.3-3-3 ステアリング会議の開催実績

会議名	開催	目的	参加者	開催実績
ステアリング会議	京大	・プロジェクト全体の進め方議論 ・産業界への受け渡し要件の議論	・ステアリング委委員（企業を含む外部有識者） ・京大・NEDO（オブザーバー：METI、東工大、早大）	2023年 4月

(2) 動向・情勢変化への対応

本事業における社会動向・情勢変化への対応は図3.3-3-1に示す。事業開始時から最も大きな変化は、2050年のカーボンニュートラル実現に向けた、世界的潮流の加速への対応である。具体的にはIEA取りまとめのカーボンニュートラル達成までのシナリオと、それらの世界動向を受けた日本政府の施策（第6次エネルギー基本計画など）を参考に、アウトカム目標の設定値と、アウトカム達成までのシナリオを見直した。基本計画作成時には、アウトカム目標は2047年時点を設定していたが、今回カーボンニュートラル達成目標の2050年に時期を改め、IEA作成のシナリオなどを参考に、CO₂削減効果および経済効果のアウトカム目標を設定しなおした。

主要な変化点

2050年カーボンニュートラル達成に向けた世界的潮流の加速

- ・ 2021年11月 COP26におけるグラスゴー気候合意（気温上昇1.5℃以内）
- ・ 2021年10月 第6次エネルギー基本計画（2050年に自動車のカーボンニュートラル）

- ・ 電動車および電動車用蓄電池の生産量・使用量の推計の修正
- ・ 革新型電池およびLIB原料の資源量など確認

上記を踏まえアウトカム目標を見直し・変更

	変更後	基本計画作成時
CO ₂ 削減効果	・2050年 世界排出量削減：1.03億t-CO ₂ /年 国内排出量削減：1600万t-CO ₂ /年 (世界生産1200万台/年、国内販売100万台/年)	・2042年 国内排出量削減：1,000万t-CO ₂ /年 (国内100万台/年)
		・2047年 世界排出量削減：4,500万t-CO ₂ /年 (世界生産750万台/年)
経済効果	・2050年 バッテリーパック売上：約5.9兆円/年 車両売上：約24兆円/年	・2047年 車両売上：約2.3兆円/年

図 3.3-3-1 情勢変化への対応

2. 分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

「電気自動車用革新型蓄電池開発」(中間評価)

2021年度～2025年度 5年間

プロジェクトの概要 (公開版)

2023年6月29日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

スマートコミュニティ・エネルギーシステム部

- 事業概要
- 1. 意義・アウトカム達成までの道筋
 - 1.1 事業の位置づけ・意義
 - 1.2 アウトカム達成までの道筋
 - 1.3 知的財産・標準化戦略
- 2. 目標及び達成状況
 - 2.1 アウトカム目標及び達成見込み
 - 2.2 アウトプット目標及び達成状況
- 3. マネジメント
 - 3.1 実施体制
 - 3.2 受益者負担の考え方
 - 3.3 研究開発計画

事業の概要

事業名 : 電気自動車用革新型蓄電池開発 (RISING3)

期間 : 2021年度～2025年度 (5年間)

契約形態 : 委託契約 (NEDO 100%負担)

予算 : 76.9億円 (21～23実績)

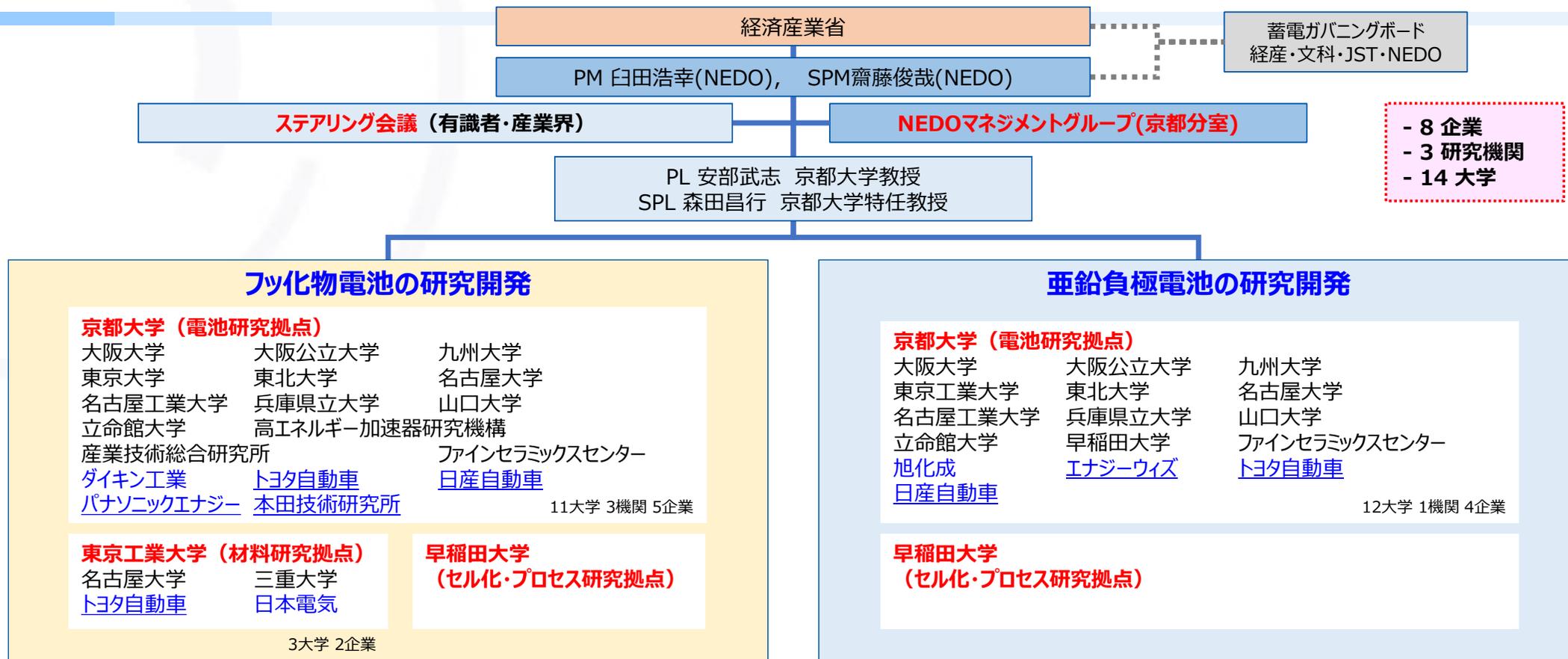
経済産業省担当部署 : 自動車課、電池産業室

Research and Development Initiative for Scientific Innovation of New Generation Batteries 3





事業の概要 実施体制

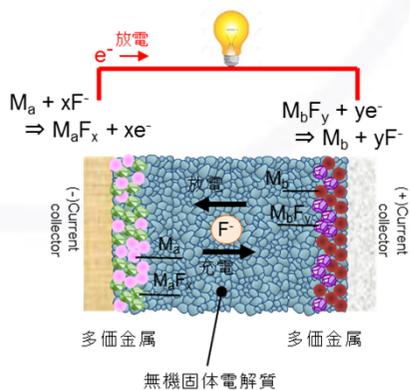


NEDOマネジメントGrが京都に常駐
電池研究の機能ごとに拠点設置
産業界の成果受取を念頭にステアリング会議で議論

事業の目的・将来像 開発対象と開発目標

開発対象の革新型蓄電池

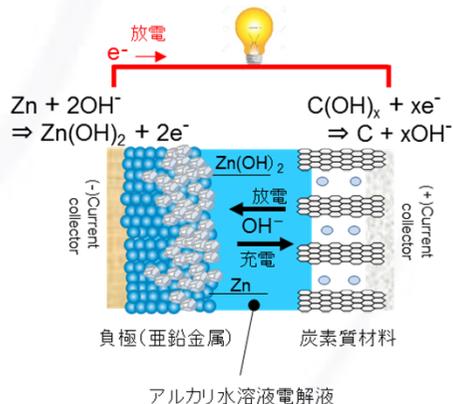
過去の事業（RISING/RISING2）での開発結果を踏まえ、目指すべき電池の要件より選択



フッ化物電池

- 【特徴】
- ・構成元素が、Cu, Al, Fなど資源量が豊富
 - ・原理的に高エネルギー密度化が可能

Li・Coを使わない電池



亜鉛負極電池

- 【特徴】
- ・構成元素が、Zn, C, Mnなど安価かつ豊富
 - ・水系電池で高安全の期待

開発目標

中間目標（'23年度）

セル容量	フッ化物電池	0.1Ah級セル
	亜鉛負極電池	0.2Ah級セル
エネルギー密度	フッ化物電池	400Wh/kg以上 800Wh/L以上
	亜鉛負極電池	150Wh/kg以上 400Wh/L以上
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・セルの性能特性の支配因子とその影響度の把握 ・注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示 	

- ・動作原理の確認
- ・高エネ密などポテンシャルの確認
- ・開発の方向性の策定

アウトプット目標（'25年度）

セル容量	フッ化物電池	2Ah級セル
	亜鉛負極電池	5Ah級セル
エネルギー密度	フッ化物電池	500Wh/kg以上 1000Wh/L以上
	亜鉛負極電池	200Wh/kg以上 500Wh/L以上
充電受け入れ性	フッ化物電池	1C以上
	亜鉛負極電池	3C以上
充放電効率		90%以上
サイクル劣化		10%以下@100回
安全性		内短絡・過充電で発火無し

- ・実用化開発（企業内）への移行要件の検証を追加
- ・劣化モード／安全性／充電

企業での製品開発を念頭に置いた目標設定

<評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略

事業の背景 カーボンニュートラルへの潮流

- 2015年12月 **COP21**において、2020年以降の温室効果ガス排出削減の国際枠組み、**パリ協定**が採択
- 2021年 4月時点で125カ国・1地域が、2050年までにカーボンニュートラル（CN）を実現することを表明
- 2021年11月 **COP26**において世界平均気温の上昇を産業革命前に比べて**1.5℃以内**に抑える努力を追求することとした**グラスゴー気候合意**を採択



2050年までのカーボンニュートラル実現を表明した国

2020年9月 世界最大のCO₂排出国（28.2%）・中国は、2060年までにCNを実現する事を習主席が表明

政策・施策における位置づけ

パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（2019年6月閣議決定）

- 蓄電池は脱炭素のキーテクノロジーであり、コスト、効率等の具体的な目標を掲げ、大胆に政策・経営資源を投入するとともに、官民一体で取り組む。
- 運輸分野における気候変動問題への積極貢献対策として、2050年までに世界で供給する日本車について世界最高水準の環境性能（日本車1台あたりの温室効果ガス排出量を2010年比で8割程度削減）を実現。
- この場合、自動車の電動化が重要となるが、そのキー技術である蓄電池は、技術革新が進み、価格低下が進展しているが、電動車が内燃機関自動車と同等の価格・スペックの実現には更なる技術革新が必要。

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

- 自動車の普及拡大に向け、高性能蓄電池（具体的にはフッ化物電池、リチウム硫黄電池、金属-空気電池、ナトリウムイオン電池等の革新型蓄電池及び全固体電池等）の技術開発に取り組む。
- 高性能蓄電池の技術開発に際しては、基礎基盤研究を進めつつ、大学・ベンチャー等の知識を取り込みながら、国内外の研究機関との連携体制を構築。
- 電池特性に係る基礎的課題の解明のための拠点を設置し、次世代モビリティ用途も含め、電池設計から電極や電解質等の材料開発、電池作製・評価解析までを一気通貫で行う体制を整備。

第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）

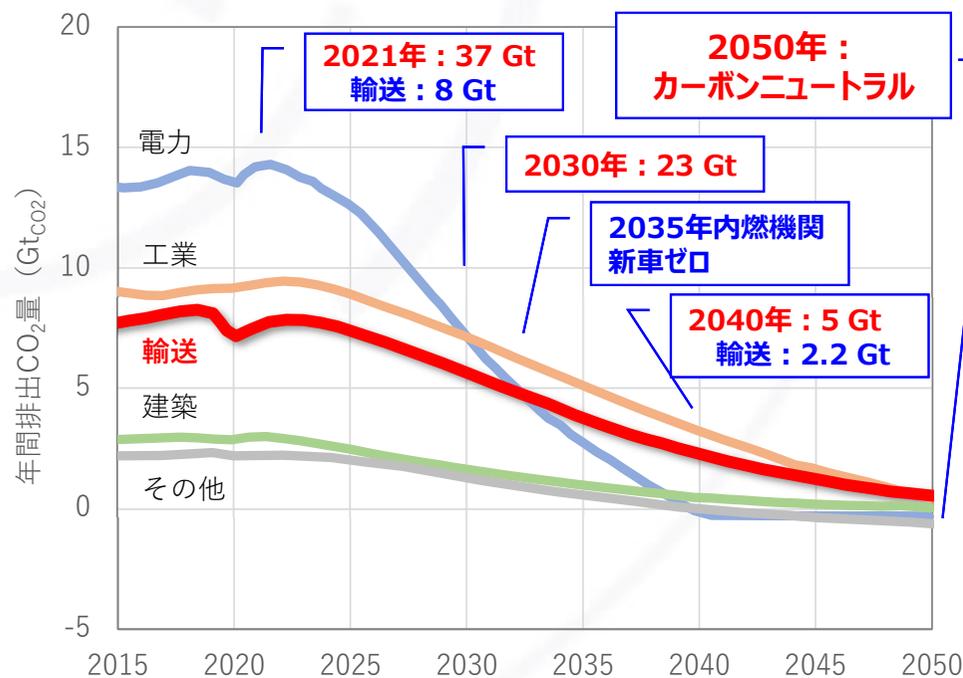
- 運輸部門のCO₂排出量の86%を占める自動車のカーボンニュートラル化に向け（中略）、2050年に自動車の生産、利用、廃棄を通じたCO₂ゼロを目指す。
- 乗用車については、2035年までに、新車販売で電動車100%を実現できるよう、電動車・インフラの導入拡大、電池等の電動車関連技術・サプライチェーン・バリューチェーンの強化等の包括的な措置を講じる。
- 国内の自動車製造の安定的な基盤を確保するため、2030年までのできるだけ早期に、国内の車載用蓄電池の製造能力を100GWhまで高めるとともに、蓄電池サプライチェーンの強化に向け、蓄電池材料を含めた大規模投資を促すとしている。

蓄電池産業戦略（2022年8月 蓄電池産業戦略検討官民協議会取りまとめ）

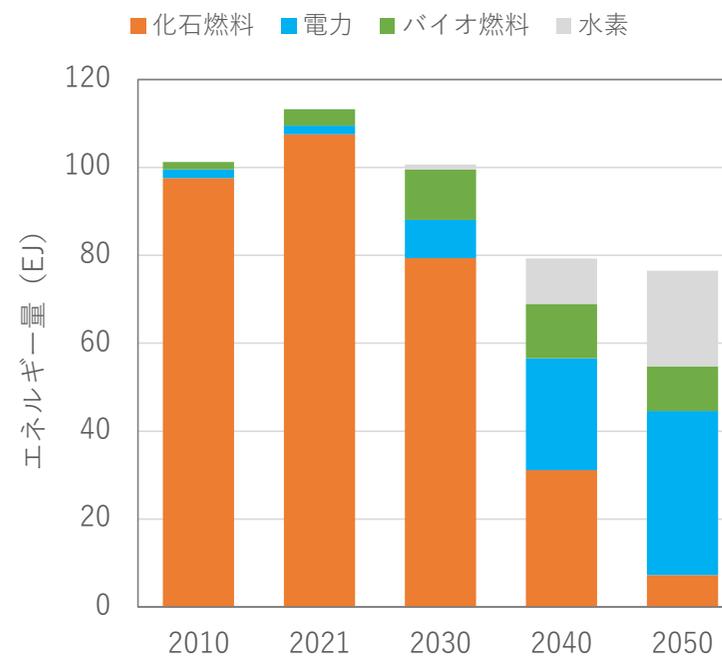
- 3rd Target 次世代電池市場の獲得：全固体電池など次世代電池を世界に先駆けて実用化し製造技術の優位性・不可欠性を確保するため、産学官の研究開発力を結集し、2030年頃に全固体電池の本格実用化、2030年以降も我が国が技術リーダーの地位を維持・確保することを目標とする。

事業の背景 輸送部門のエネルギーシフト

- 2050にカーボンニュートラル（CN）達成を目標にIEAが策定したNZEシナリオでは、輸送部門での化石燃料から電力へのシフトが必須
- 輸送部門はエネルギーの電化と電力のCN化とセットでCN達成



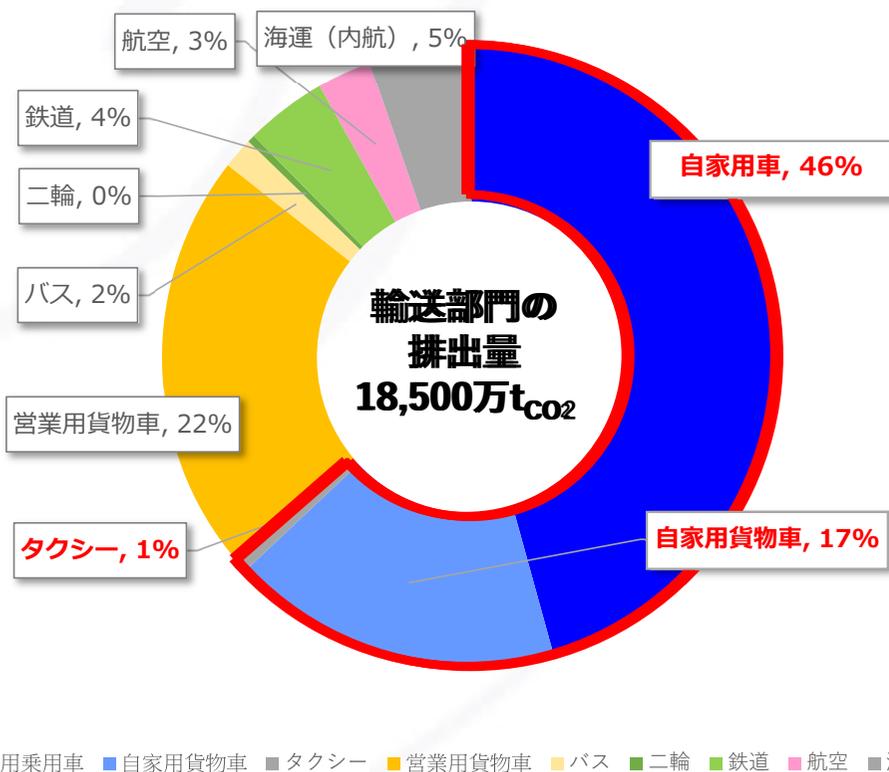
世界の部門別CO₂排出量 (NZEシナリオに基づく)



輸送部門のエネルギー種別の推移 (NZEシナリオに基づく)

事業の背景 CO₂排出における自動車の割合

日本の輸送部門におけるCO₂排出量（2020年度）

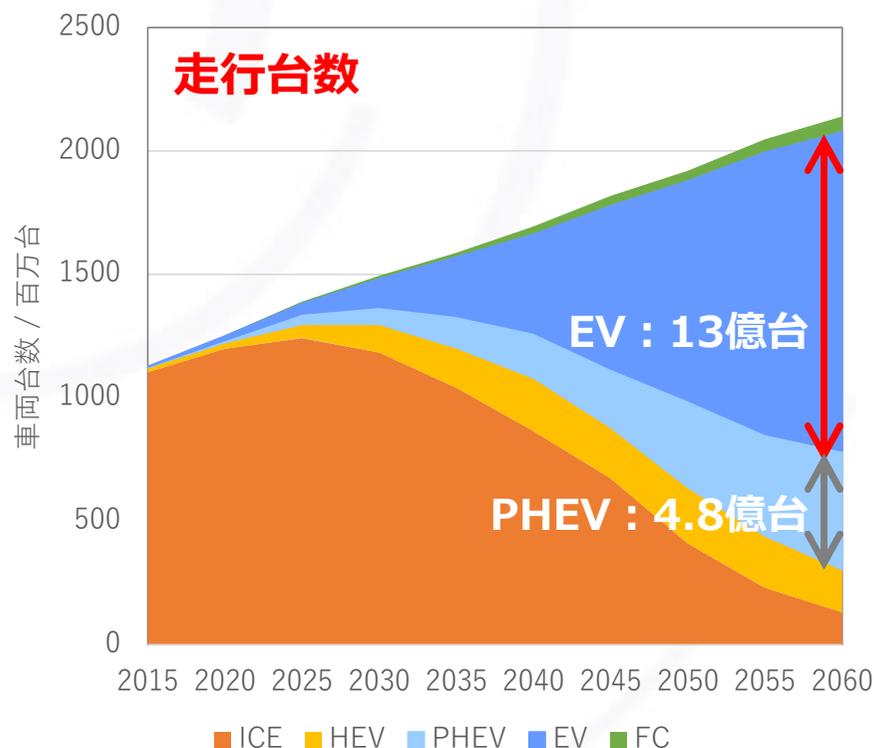


- 日本においては、輸送部門全体のCO₂排出量の内、自動車は88%（全185Mtのうち161Mt）
- 自家用乗用・貨物・タクシーの小型車両だけでも輸送部門のCO₂排出量の64%（118Mt）

自動車のCO₂排出量の車両分類別内訳

小型車		大型車			合計
自家用乗用車	自家用貨物車	タクシー	営業貨物車	バス	
84.4 (46%)	32.1 (17%)	1.26 (1%)	40.4 (22%)	2.94 (2%)	161 Mt
117.8 (73%)			43.2 (27%)		161 Mt

事業の背景 自動車における電動車の推移（バックキャスト）



小型車のパワートレーン別走行台数の推計*

* IEA「ETP2017」のB2DSに基づく

2050のCN達成時：

- ・電動車の走行台数は 18億台弱
- ・必要な車載電池の総容量は 86.8 TWh
- ・年間生産 電動車：1.2億台、電池：5.85 TWh

2050 CN達成時の電動車（EV・PHEV）※1 の走行台数と生産台数、必要電池容量の推定

種別	走行台数および総容量		年間生産台数・量	
	台数 (億台)	容量 (TWh)	台数 (百万台)	容量 (GWh)
EV	13.35	80.1	90	5,400
PHEV	4.45	6.7	30	450
合計	17.8	86.8	120	5,850

仮定)

- ・走行台数：B2DSでの電動車17.8億台を2050年の値とみなした。※2
- ・EV・PHEVの内訳はB2DSを参考に EV : PHEV = 3 : 1 と設定。
- ・必要電池容量は、EV が 60 kWh/台、PHEV は 15 kWh/台 と設定。
- ・年間生産台数は電動車の平均使用年数15年を仮定して推定

※1 以降、EV・PHEVを併せて「電動車」と称する

※2 IEA「ETP2017」のB2DSでは'60でCN達成のため、NZEの2050CN達成相当とみなした

※ B2DS：ETP2017で想定している世界の気温上昇を2℃以下に抑えるシナリオ（Beyond 2 Degree Scenario）

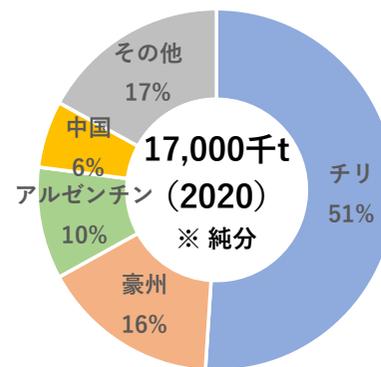
事業の背景 LIB材料の資源リスク

- Li・Coは経済的に採掘可能な地域に偏り
- 供給構造も寡占的

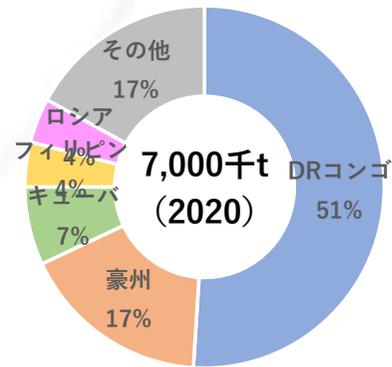
→ EV大量普及時に投機的取引による高騰の可能性大

元素 資源量

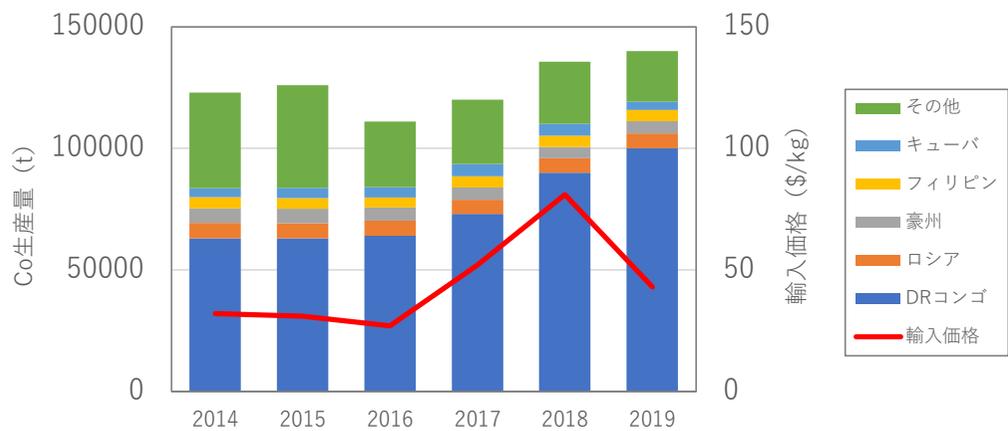
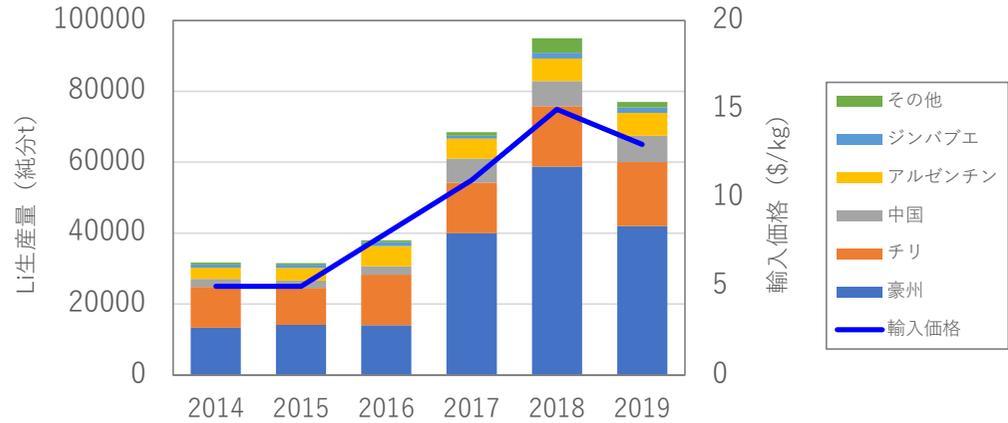
Li



Co

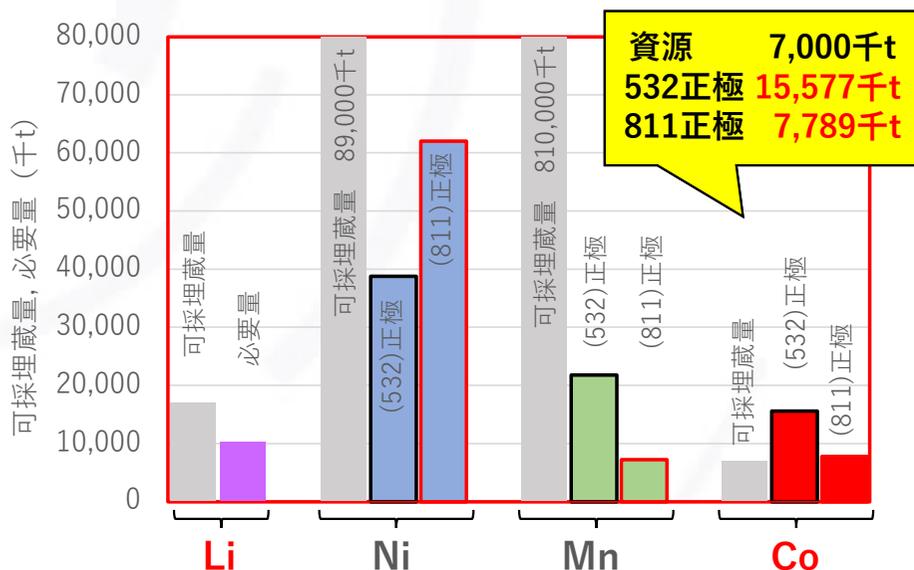


主な生産国と輸入価格



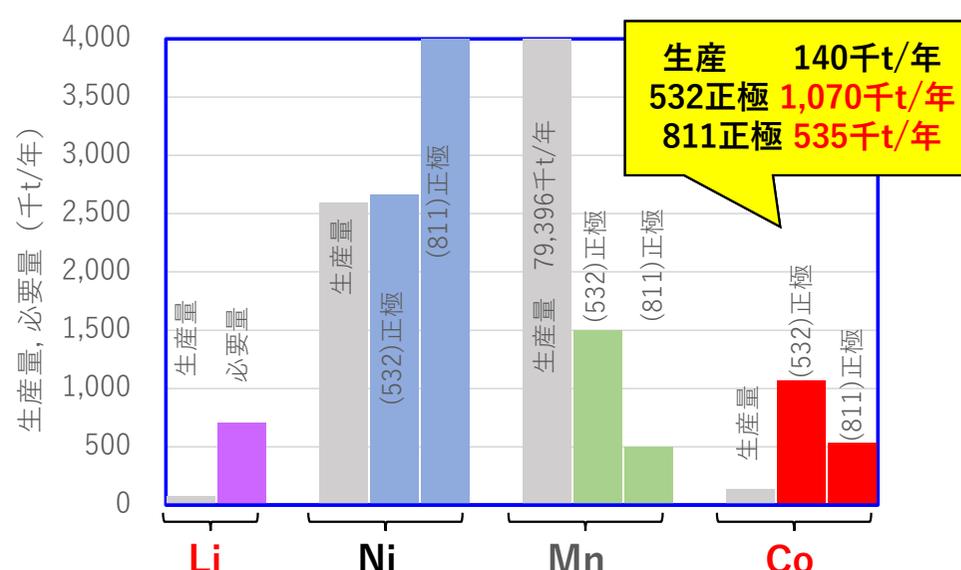
事業の背景 電動車用蓄電池の必要資源量

総資源量（86.8TWh分）



2050 (CN達成) でのEV・PHEV用電池に必要な**総資源量**

年間必要量（5,850GWh分）



年間**1.2億台**の電動車 (EV・PHEV) の生産に必要な**資源量**

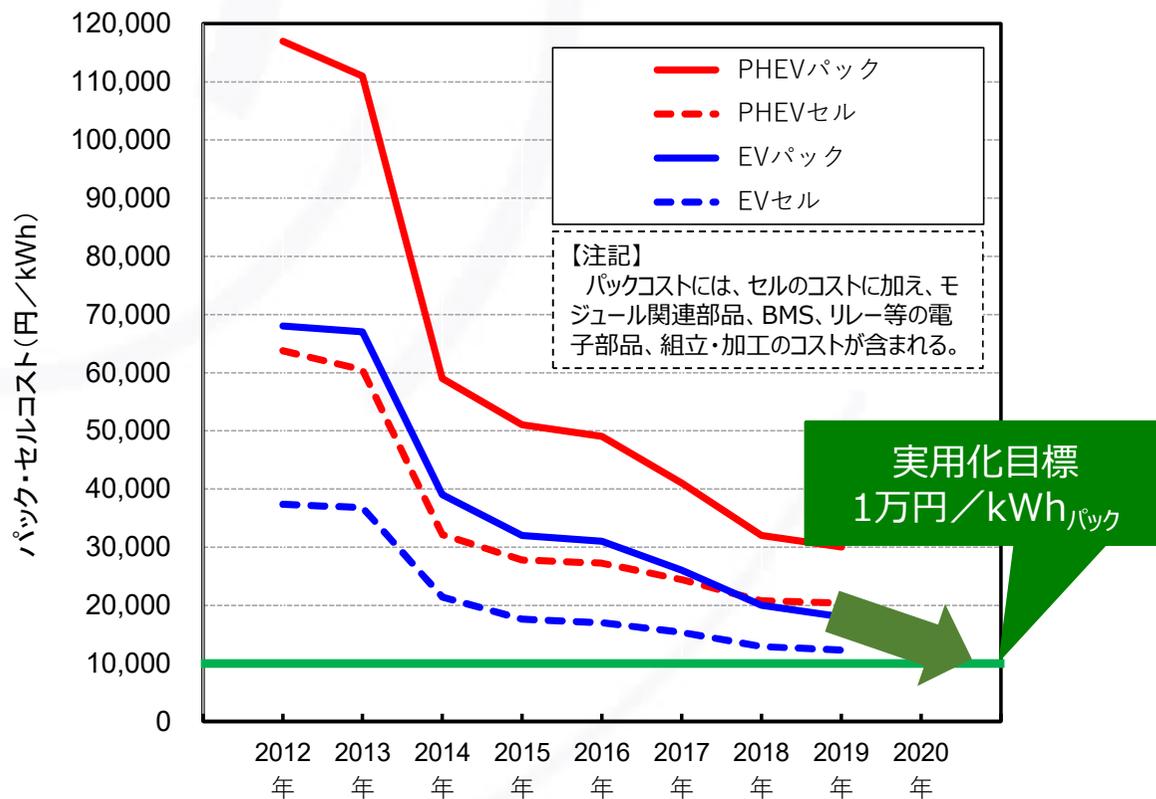
資源の年間生産量は2018年の値

三元系正極 (LiNi_xMn_yCo_z) を使用したLIBではCo比率を下げても絶対量が不足、Li・Niも不十分

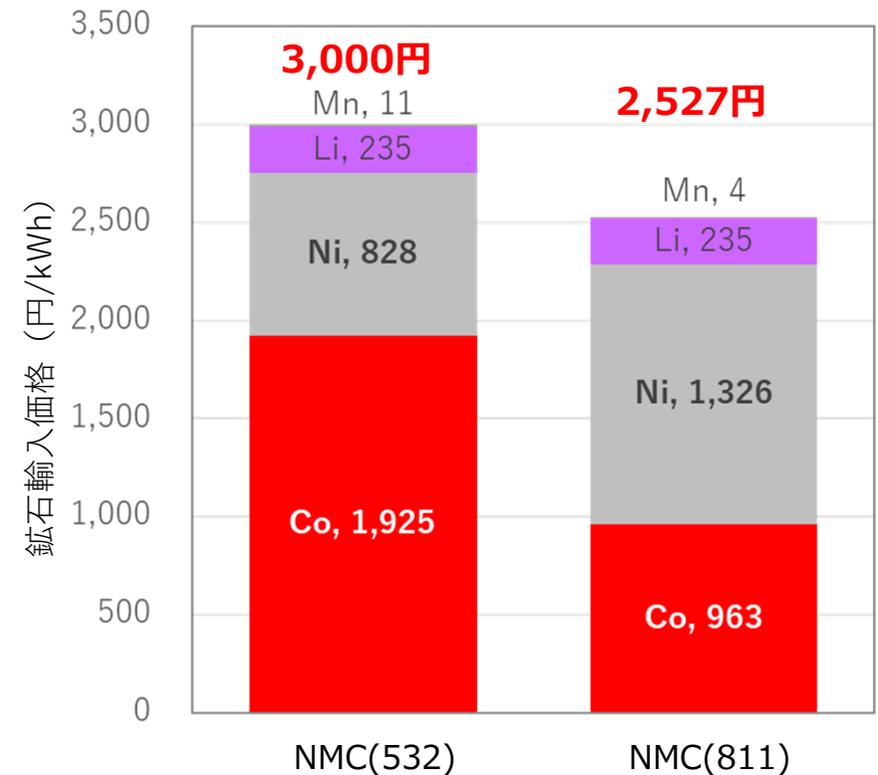
電池の仮定) 容量: 60kWh/台 (EV), 15 kWh/台 (PHEV), 正極: NMC(532)または(811), 電池電圧: 3.7 V, 利用率: 65%
 EVでの必要量: Co量: 11kg/台 (532)・5.5kg/台 (811), Li量: 7.2kg/台 (電解液込み)

事業の背景 電池（セル・パック）コスト

EV・PHEVの電池（セル・パック）コストと目標



1kWhのLIBに必要な原料鉱石の輸入価格

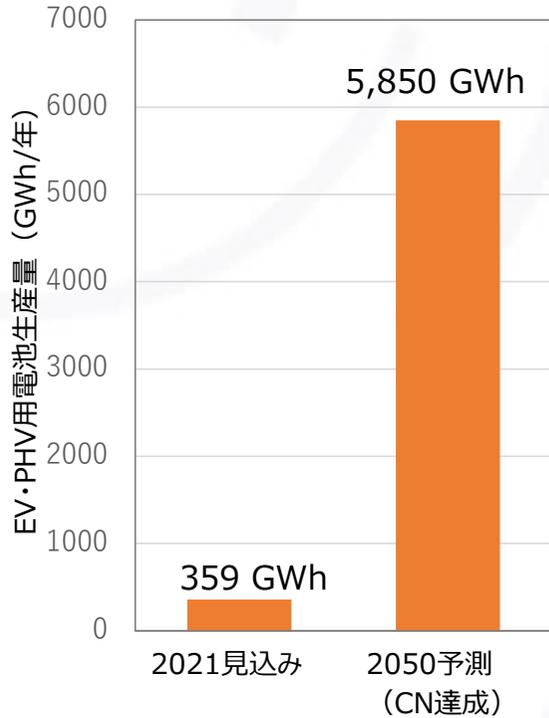


正極材およびLiの原料鉱石の価格だけで
2,500~3,000円/kWh

事業の背景 まとめ

市場動向の推移（予測）

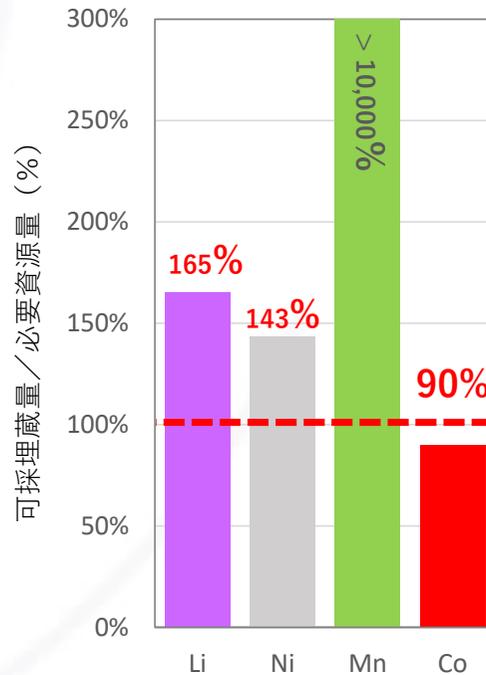
車載電池の需要が16倍



電動車 約1.2億台
(EV 90百万台、PHEV30百万台)

資源量の限界 (86.8TWhへの対応)

Co不足、Li・Niも不十分

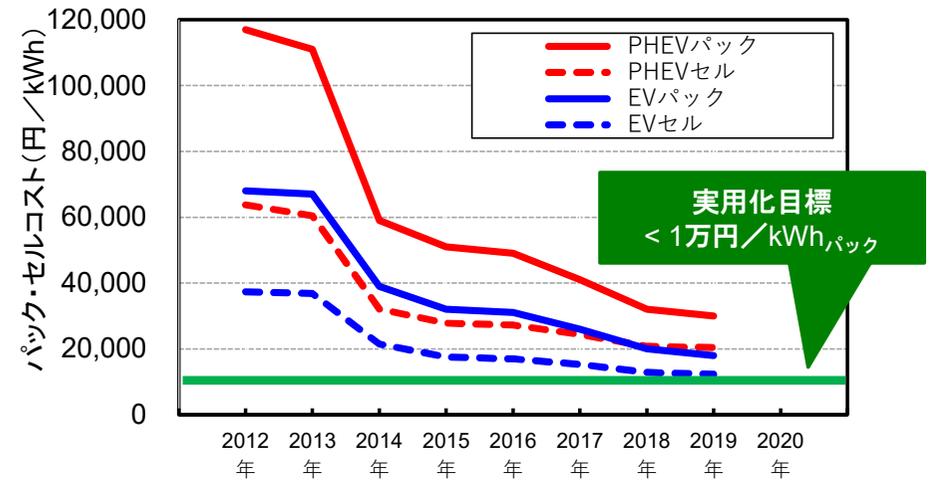


三元系正極*を用いたLIBでは 86.8 TWh の需要には対応できない。

* 三元系正極のNMC (811)を仮定
LiNi_{1-x-y}Mn_xCo_y の正極材料で x = y = 0.1 の組成の材料

低コスト化

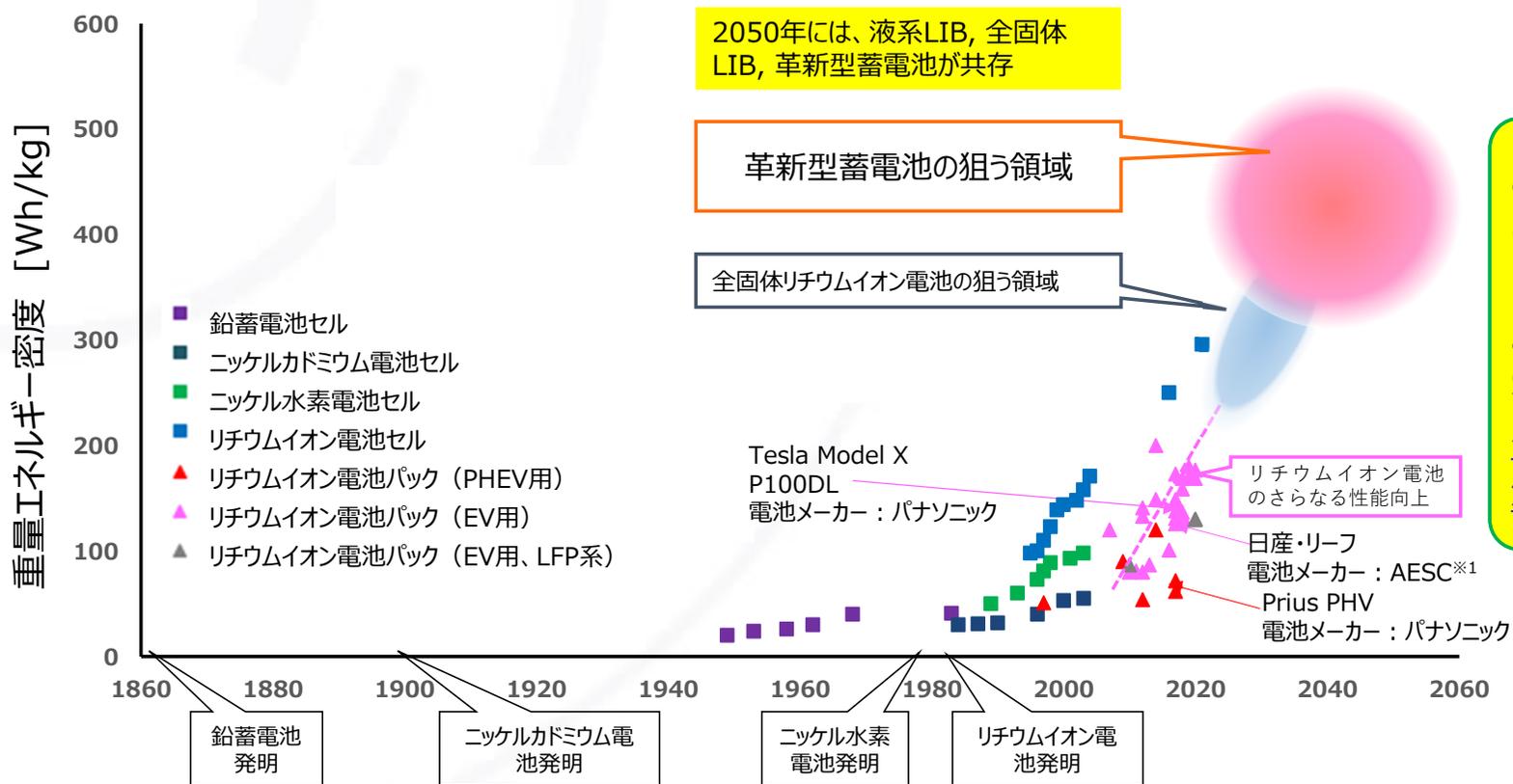
資源・調達リスクでLIBは高騰の可能性



用途の多様化

従来の中～長距離利用の乗用車以外に加え、カーシェアや短距離用途のシティコミューターへの対応が必要。

技術戦略上の位置づけ



これまでエネルギー密度の向上を主眼に蓄電池の研究開発がなされてきたが、2050年のカーボンニュートラルを達成しようとする、電池の高性能化（高エネルギー密度化）のほかに、**資源リスク・調達リスクのない元素・材料を使った高性能電池の実現が必要。**

事業の目的・将来像 開発対象の電池

本事業で目指すべき電池

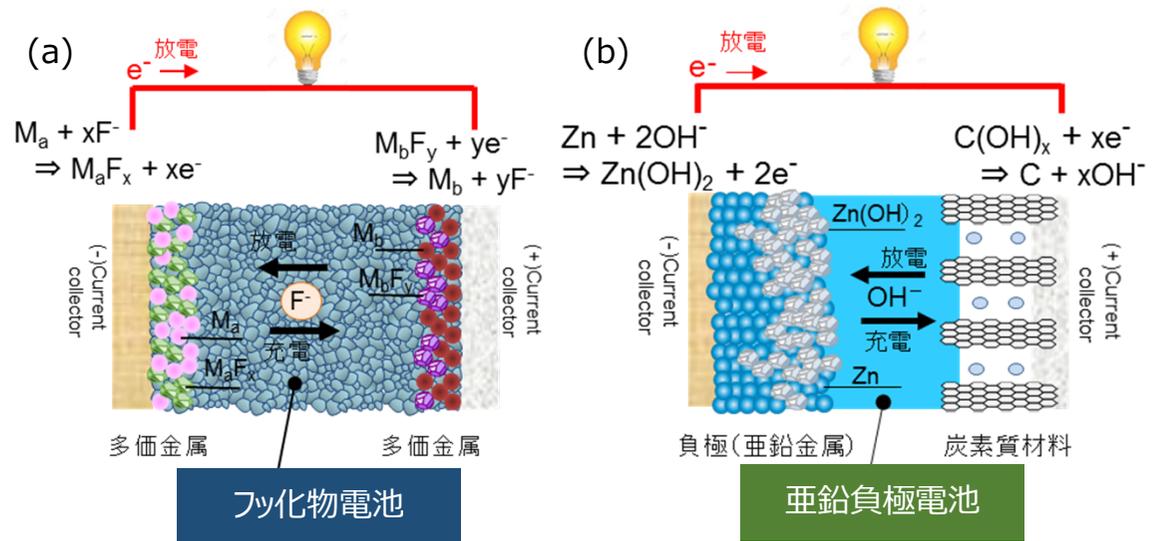
- ・2050でのCN達成の実現に寄与
(約18億台の自動車のEV化・PHEV化)
- ・現状の自動車と同等以上のユーザビリティ
(性能・コスト)

下記の項目で現状LIBを凌駕する電池が必要

- ・安価かつ資源リスクのない原料・元素
- ・高エネルギー密度
- ・高安全（発火リスク極小など）
- ・高耐久・長寿命
- ・シンプルな製造プロセス

開発対象の革新型蓄電池

RISING/RISING2での開発結果と目指すべき電池の要件より選択



【特徴】

- ・構成元素が、Cu, Al, Fなど資源量が豊富
- ・原理的に高エネルギー密度化が可能

【特徴】

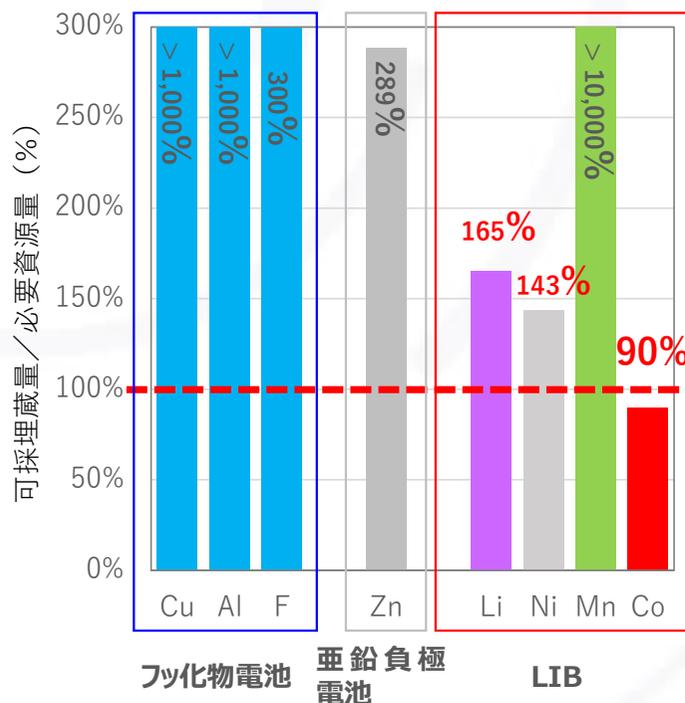
- ・構成元素が、Zn, C, Mnなど安価かつ豊富
- ・水系電池で高安全の期待

Li・Coを使わない電池



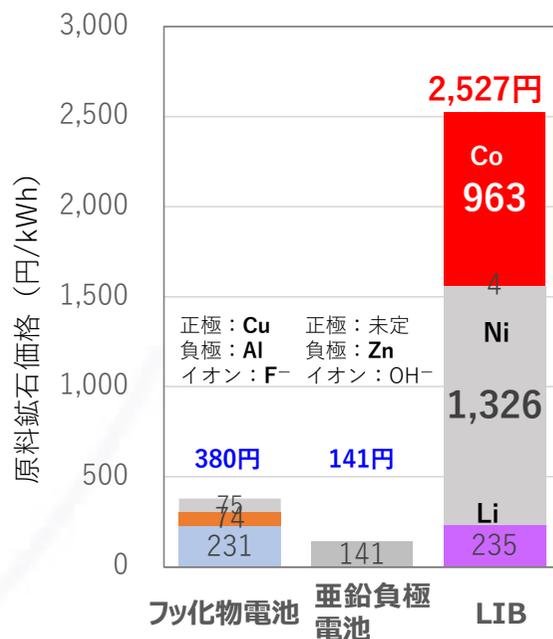
事業の目的・将来像 革新型蓄電池の資源・コストポテンシャル

2050CNでのEV・PHV用電池（86.8TWh）
に必要な資源量に対する可採埋蔵量



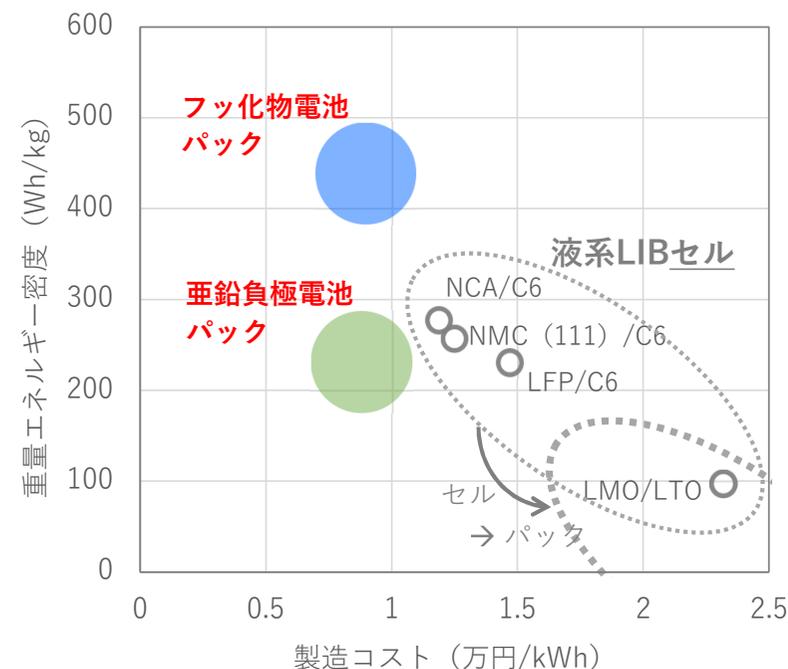
仮定) 総容量：86.8TWh
 内訳：EV 13.35億台（60kWh/台）、PHEV 4.45億台（15 kWh/台）
 フッ化物電池：正極：Cu, 負極：Al, セル電圧 2.4V, 利用率 50%
 亜鉛負極電池：負極：Zn, セル電圧 1.2V, 利用率 50%

1kWhの電池に占める原料
鉱石の価格



2018年の次の平均輸入価格より算定
 F：CaF₂（アシッドグレード）、Cu・Zn・Mn：鉱石、
 Al：地金、Ni：塊、Co：マット、Li：炭酸リチウム

液系LIB製造コストと本事業のターゲット



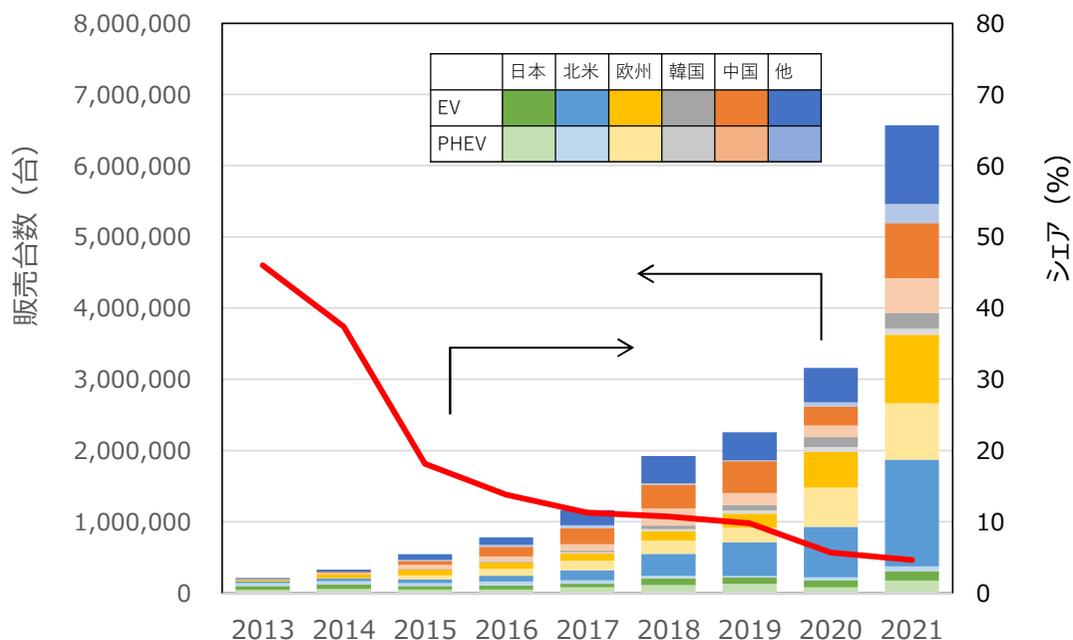
LIB製造コスト：JST低炭素社会戦略センター「蓄電池システム (Vol.9) 一次世代電極活物質を用いたリチウムイオン電池の製造コスト試算」(2020/03)

LIBの仮定) LIB：正極：NMC(811)、利用率：65%、Co量：5.5kg/台、Li量：7.2kg/台（電解液込み）

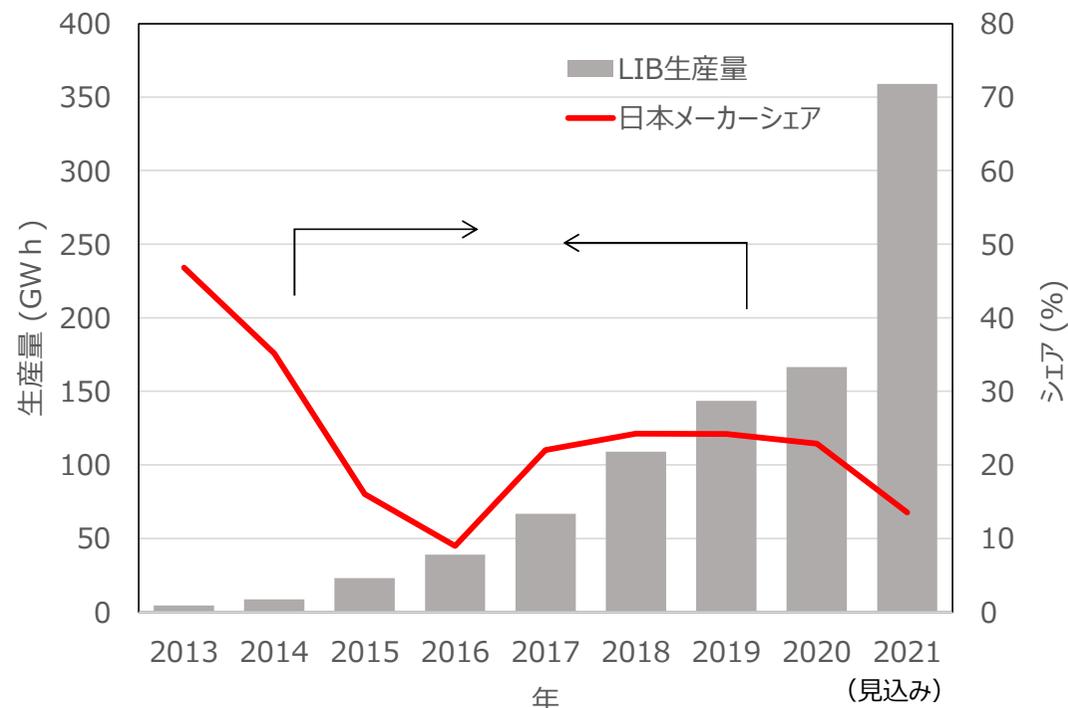
国内外の動向と比較 電動車と車載電池のシェア推移

グローバルでの販売台数、生産量は増加する一方、日本メーカーのシェアは電動車・車載蓄電池ともに減少

各国メーカーのEV・PHEV販売台数と日本メーカーシェア



車載用LIB生産量と日本メーカーシェアの推移



出典) 富士経済「HEV、EV関連市場徹底分析調査（2015～2022年版）」
 ※ 「各国メーカー」は各国の主要メーカーのみ。小規模メーカーは「その他」に分類

出典) 富士経済「電池関連市場実態総調査（2014～2022年版）」



国内外の動向と比較 主要国の蓄電池開発プロジェクト(1/2)

国・地域	プロジェクト	液系LIB										先進Li電池			革新型電池	
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
日本	● RISING3 [NEDO]											Fluoride, Zinc-anode				
	● RISING, RISING2 [NEDO]	Zn-Air, Li-MSx, Nano-interface					Zn-Air, Li-MSx, Nano-interface									
	● SOLiD-Next [NEDO]													All-Solid		
	● SOLiD-EV [NEDO]			LIB, All-Solid				All-Solid								
	● LIB応用・実用化 [NEDO]		LIB, All-Solid													
	ALCA-SPRING		All-Solid, Li-S, Li-Air, Mg-ion, Li-Metal Anode, etc.													
	元素戦略		Na-ion, K-ion													
米国	● Li-Bridge											Li-S, Li-Metal, ALL-Solid				
	● AVTR (電動車の研究開発が主)										Li-S, Li-Air, Li-Metal, Na-ion					
	● Vehicle Technologies Program	LIB		LIB, Li-S, Li-Air, Na-ion, All-Solid												
	● BEEST	Li-Air, Zn-Air, Li-S, Mg-ion, etc.														
	● RANGE	All-Solid, Zn-Air, Li-S, Alkaline, etc.														
	● IONICS						All-solid, Li-metal Anode									
	● JCESR, JCESR2		Li-S, Li-Air, Multi-ion, Redox-flow					Li-S, Li-Air, Multi-ion, Redox-flow								
	● Battery500, Phase2						Li-metal Anode, Li-S				Li-metal Anode, Li-S, All-Solid					
中国	第14次5か年計画										LIB, All-Solid, Na-ion, Metal-Air					
	国家重点研究開発計画						LIB, Li-Air, Li-S, All-Solid, etc.									
	973計画	Li-Air, Li-S, etc.														
韓国	K-バッテリー発展戦略										All-Solid, Li-S, Li-Metal					
	気候変動対応コア技術開発					Li-Air, Li-S, All-solid etc.										

● 産学連携・集中拠点型 ● 産学連携



国内外の動向と比較 主要国の蓄電池開発プロジェクト(2/2)

液系LIB 先進Li電池 革新型電池

国・地域	プロジェクト	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
EU 	● Horizon Europe (BATT4EU)											LIB, Li-Metal, All-Solid						
	● BATTERY 2030+ (HIDDEN)											Li-Metal						
	● EUROLIS, HELIOS		Li-S					Li-S										
	● LABOHR	Li-Air																
	● LISSEN		Li-S															
	● NECOBAUT		Fe-Air															
	● STABLE		Li-Air															
	● ALISE, LISA						Li-S				Li-S							
	● ZAS						Zn-Air											
	● HS-GLASSion						All-Solid											
	● Image								All-Solid									
ドイツ 	● POLiS									Na, Mg, Al, Ca, Cl-ion								
	● ALANO									All-Solid, Li-Metal								
	Excellent Battery Centers		LIB, Li-S, Li-Air, Mg-ion, etc															
	● FestBatt								All-Solid, Li-Metal									
	● ARTEMYS							All-Solid										
	● Strom	Li-Air, Zn-Air, Li-S																
	● MEET-HiEnD		LIB, Li-S, Li-Air, Mg-ion															
	● BamoSa		Li-S															
● Batterie2020						Li-Air, Li-S, Mg-S, All-solid, etc.												
フランス	● RS2E	LIB, Li-Air, Li-S, Na-ion, Redox-flow, etc.																
イギリス	● Faraday Battery Challenge							LIB, All-Solid, Li-S, Na-ion										

国内外の動向と比較 主なプロジェクトの比較

	RISING3 (日本)	Li-Bridge (米国) *1	Horizon Europe (EU) -BATT4EU- *2	POLiS (ドイツ) *3
目的	資源制約が少ない安価な材料で、高いエネルギー密度と安全性を両立可能な「フッ化物電池」と「亜鉛負極電池」を研究開発。	米国内のリチウム電池のサプライチェーンのギャップを埋める。	バッテリーの性能と安全性を向上し、コストを削減する。リサイクル技術を実装する。サプライチェーンを持続し、CO ₂ 排出量も削減。	電気エネルギーの効率的かつ持続可能な貯蔵に必要な新しいバッテリー材料と技術コンセプトを開発。(BMBF所管)
期間	2021-2025	2021-2030	2021-2030	2019-2025
予算	125億円	273億円 (2億900万 \$)	240億円 (1.85B€)	61億円 (47M€)
電池	フッ化物、亜鉛負極	Li-S, Li-Metal, All-Solid	LIB, Li-Metal, All-Solid	Na, Mg, Al, Ca, Cl イオン
コスト	< 10,000円/kWh	10,400円(80 \$) /kWh	16,250円(125€) セルとして	
重量エネルギー密度	> 400Wh/kg (フッ化物電池) > 200Wh/kg (亜鉛負極電池)	500Wh/kg	400Wh/kg	
体積エネルギー密度	> 900Wh/L (フッ化物電池) > 400Wh/L (亜鉛負極電池)		800Wh/kg	
カレンダー寿命	15年以上		記載なし	
サイクル寿命	> 2,000回	記載なし	1,000回 (放電深度80%)	記載なし
安全性	発火リスク無し		安全性確保	
原材料調達リスク	無し			
急速充電時間	< 20分以下		記載なし	

為替レート：1 \$ = ¥130、1 € = ¥140

*1 https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-06/FCAB%20National%20Blueprint%20Lithium%20Batteries%200621_0.pdf、
<https://www.energy.gov/sites/default/files/2020/12/f81/Energy%20Storage%20Grand%20Challenge%20Roadmap.pdf>

*2 https://ec.europa.eu/research-and-innovation/sites/default/files/bmr-2022/ec_rtd_bmr-2022-batteries-batt4eu-fiche.pdf

*3 <https://www.postlithiumstorage.org/en/polis>

他事業との関係

各事業の位置づけ

【経済安全保障重要技術育成プログラム】

重機・建機・船舶等の大型モビリティの電動化を目的として、主にLIBの高入出力・長寿命・高安全に係る研究開発と実証

【GI基金】

企業への助成による蓄電池産業の競争力強化（液系LIB・全固体LIB）

【次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発】

全固体電池（全固体LIB）の基盤・評価技術開発

【RISING3】

将来のEV車載電池を目的とした、LiやCoを使わない、資源リスクのない高性能電池の創出と実証

【JSTの各事業】

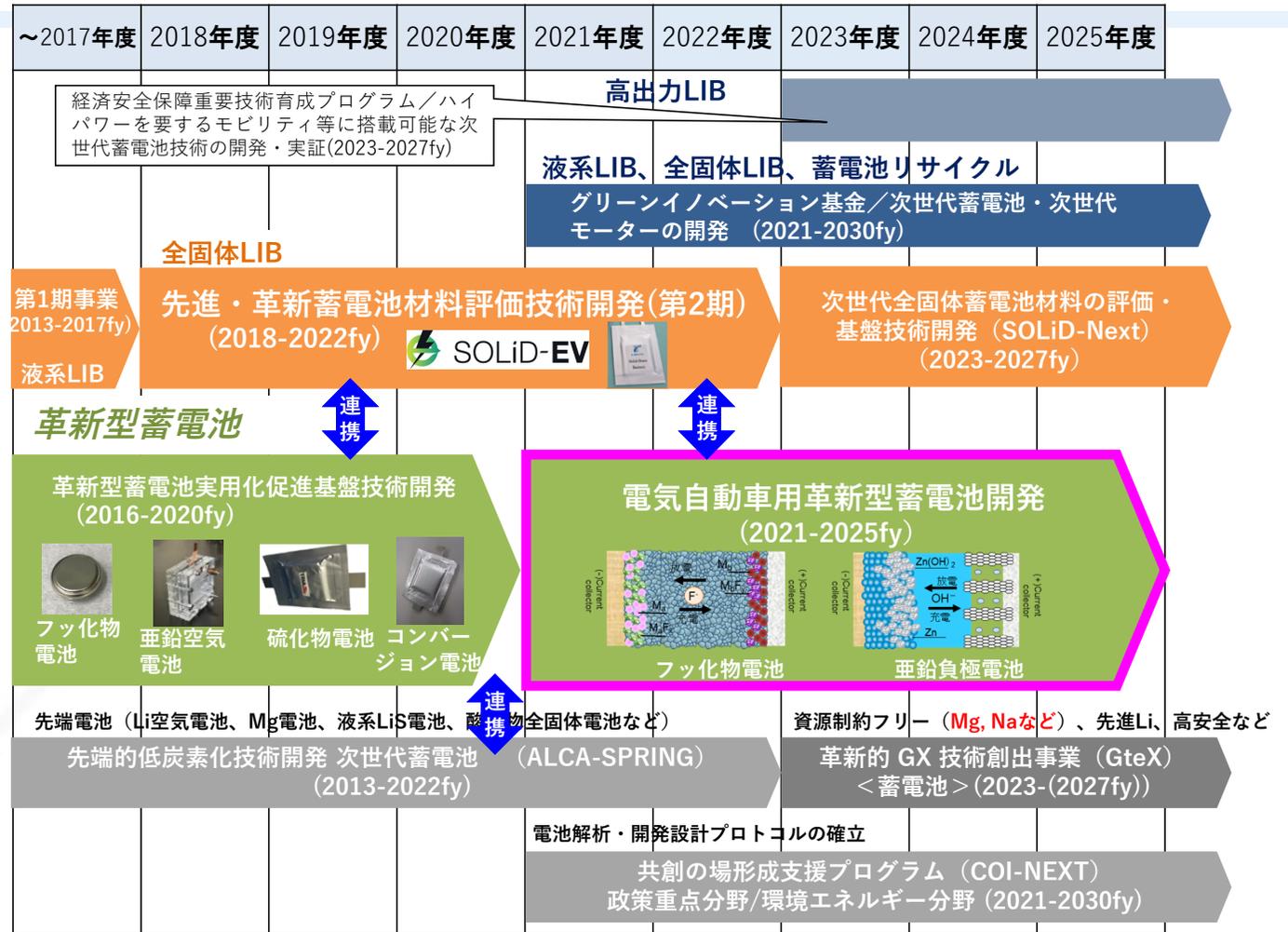
アカデミア中心の各種電池の研究や、電池解析・設計プロトコルの構築など

「文部科学省・経済産業省ガバナングボード（蓄電池）」

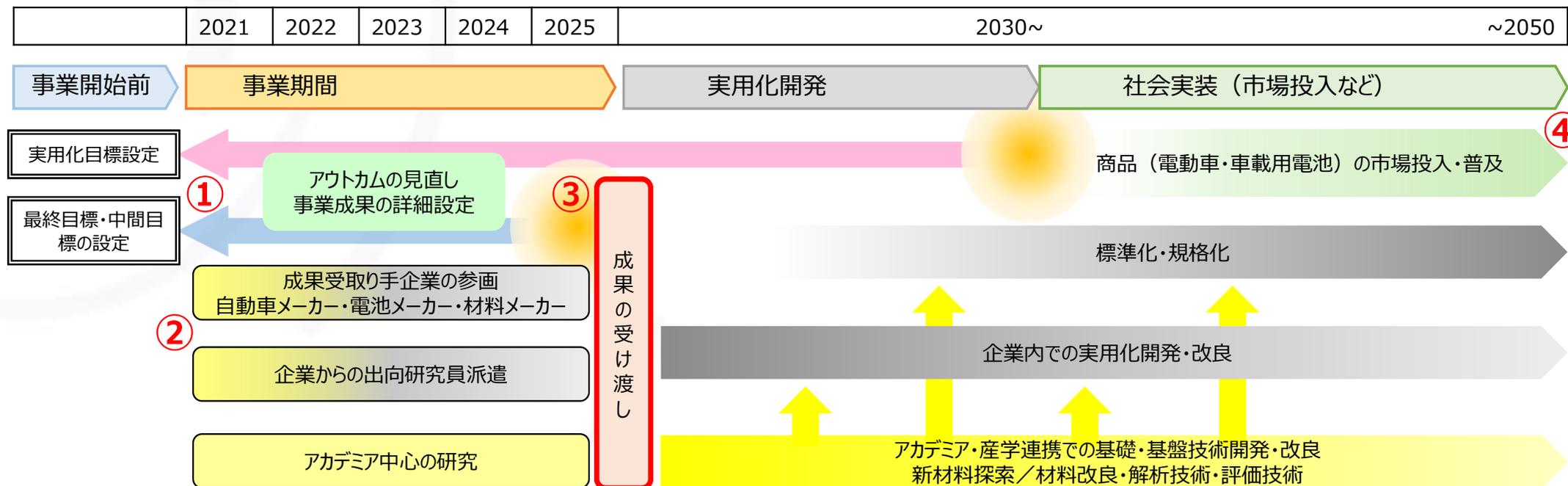
（戦略コーディネーター：JST理事長 橋本和仁）

JST事業、文科省事業及びNEDO事業と省庁の枠を越えた連携を効果的・効率的に行うため、各事業に関係している有識者から構成される「ガバナングボード」が設置。NEDO蓄電技術開発室長（本事業のPM）もこのガバナングボードの構成員であり、他事業との連携関係の構築、シナジー効果の獲得に取り組んでいる。

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



アウトカム（社会実装）達成までの道筋



- ①：社会実装を念頭に実用化目標を設定、事業の最終・中間目標にバックキャスト
- ②：成果受取手の企業が当初から参画、出向研究員が拠点大学に常駐・研究
- ③：成果受け渡しのための、事業計画・開発項目の見直し
- ④：環境変化を受けたアウトカムなどの見直し

知的財産・標準化戦略

知財戦略

1. オープン/クローズ戦略

将来の産業競争力の維持・向上を念頭に、研究開発成果の内容に応じて、協調領域（オープン、公表、論文発表、標準化）と競争領域（クローズ、特許化、秘匿ノウハウ）を判断。また、事業成果の特許は、参画機関が外部よりも有利に実施できるよう規定・合意済み。

2. 戦略的特許出願

活物質・電解質などの材料発明は積極的に特許出願し、将来の競争力優位性を担保。主要なEV市場形成が見込まれる国や電池の海外競合企業が存在する国を中心に外国出願を積極的に推進。

3. 競合情報の動向把握

特許・論文から潜在的な競合情報を把握し、実施者(プロジェクト参画機関)間で共有の上、研究内容に反映。

4. 知財マネジメント体制

知財合意書を整備し、成果の扱い・守秘・データの保全等に関して規程。個別のオープン/クローズに関して全案件をPL・SPLが横ぐしを通して判断。

標準化戦略

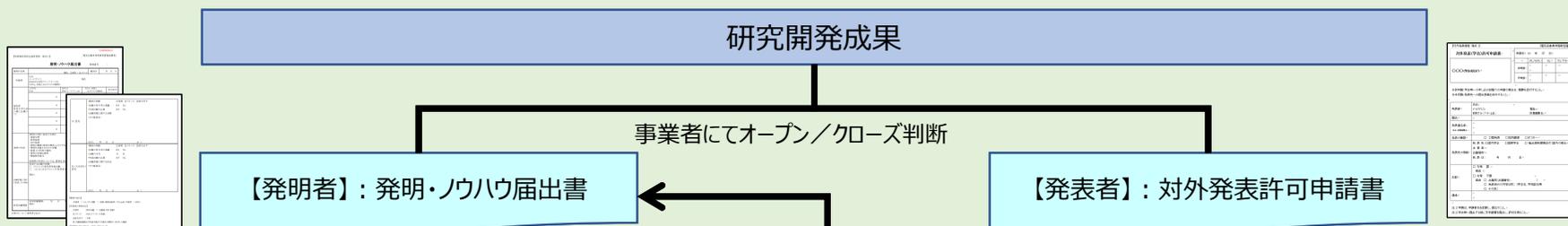
本事業で開発する電極活物質・電解質材料、合剤電極及びセルについては、企業の「コア・イノベーション領域」であり、これらの情報を標準化（＝オープン化）することは、現時点で想定していない。

本事業終了後、企業主体の実用化開発のフェーズに移行した場合、EV及びバッテリーパックとしての「非コア・イノベーション領域」（仕様・インターフェース・プロトコル・性能基準・評価方法）の国際標準化は必ず必要となる。また、これらの標準化に際しては、「コア・イノベーション領域」の差別化を図れるよう、日本が主導権を握る必要がある。

主導権を握るには、標準化機関（IEC/TC21/JWG69、ISO/TC22/SC37）への提案活動を早く始めることが重要である。そのため、本事業において標準化に直接的に関係した研究開発は実施しないが、プロジェクトに参加する自動車・蓄電池メーカーの標準化関係者及びIEC・ISO規格の国内審議団体（JARI、電池工業会）と研究開発の進捗状況について情報共有すること将来課題として検討する。

知的財産管理

事業者・研究者



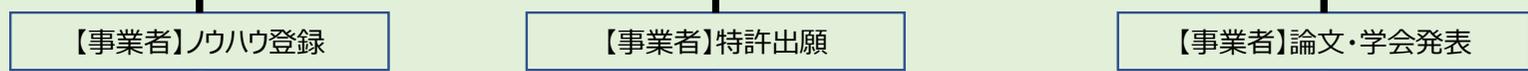
PL・SPLによる内容精査・オープン/クローズ判断

判断基準：
 ・秘匿すべきノウハウの有無
 ・特許化の価値の有無
 (外国出願を念頭)



判断基準：
 ・ノウハウの有無
 ・特許出願の有無
 ・輸出管理規制の該非

事業者



登録

登録

登録

NEDO

必要に応じて事業者間で共有議論

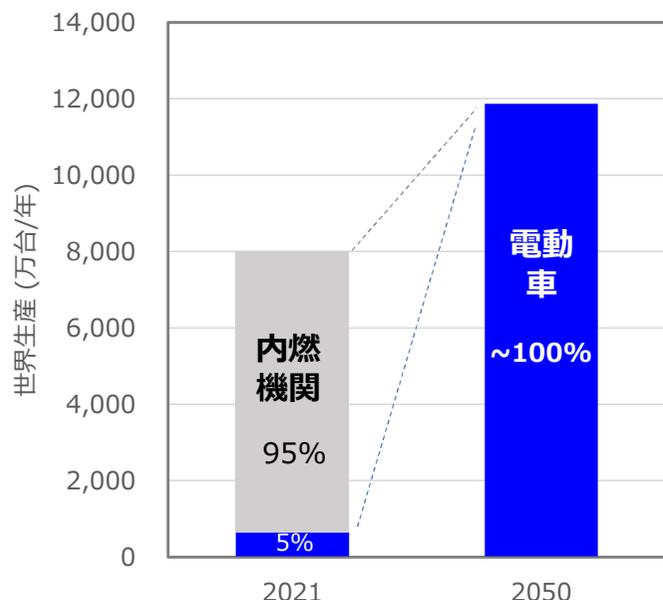
外国出願の推進
(事業者を交えての議論など)

成果として登録

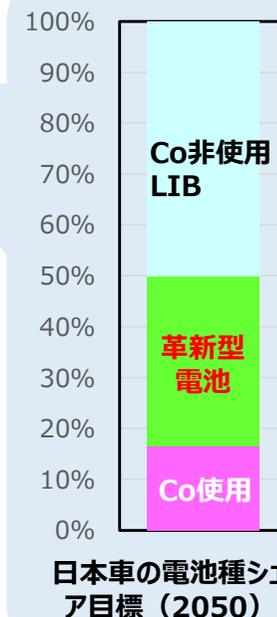
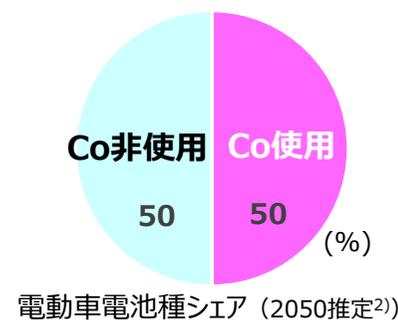
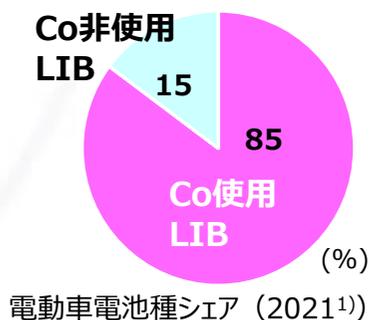
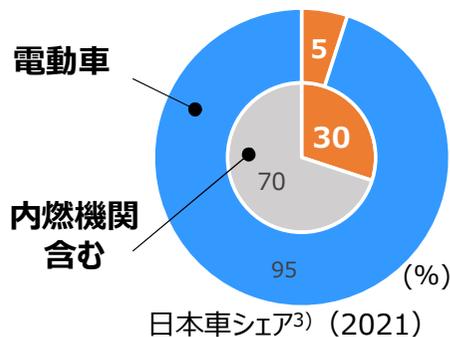
<評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

アウトカム目標の設定及び根拠 目標設定



2021年と2050年の自動車の生産台数とパートレートの推移 ^{3, 4)}



アウトカム目標

2050年に、本事業成果を活用した革新型蓄電池を搭載する電動車 (EV・PHEV) を、年間生産1200万台の規模で普及。

※ Co等の資源リスク低減 & 日本の自動車および蓄電池産業の競争力維持 (世界シェア30%)

※ カーボンニュートラルおよび持続可能な社会の実現に貢献 (世界の自動車の10%が革新型電池搭載)

アウトカム目標の設定及び根拠 費用と効果

【インプット】プロジェクト費用の総額 約125億円（5年）

	中間評価（改定）	参考）基本計画	
	アウトカム目標	アウトカム目標	根拠
CO ₂ 削減効果※	<p>2050年時点で世界の電動車生産の搭載電池の10%が革新型電池 Coをはじめとする材料資源リスクを大きく低減</p> <p>2050年排出量削減 国内1600万t-CO₂/年（国内販売100万台/年） 世界1.03億t-CO₂/年（世界生産1200万台/年）</p>	2047年、世界排出量削減 4,500万t-CO ₂ /年 （世界生産750万台/年）	内燃機関からEVへの代替 よる、1台当たり生涯削減 量の試算値を、電力排出 係数半減として算出
経済効果	<p>2050年までに電動車での日本の自動車メーカーの世界シェア拡大（5→30%） 日本メーカー電動車の1/3に搭載</p> <p>2050年経済効果 車両売上：24兆円/年 バッテリーパック売上：約5.9兆円/年</p>	2047年 車両売上：12兆円/年 （世界生産600万台） バッテリーパック売上：約2.3 兆円/年	2030年代に国内販売開 始、輸出、海外生産と段階 を踏んで世界生産を拡大

※ 年間排出削減量 = (市場走行台数) × (1台当たり年間削減量¹⁾)

※ 本試算では、走行、製造の排出の分離、電力排出係数の将来的低下は考慮していない

本事業における「実用化」の考え方

本事業における成果の実用化の考え方(定義)

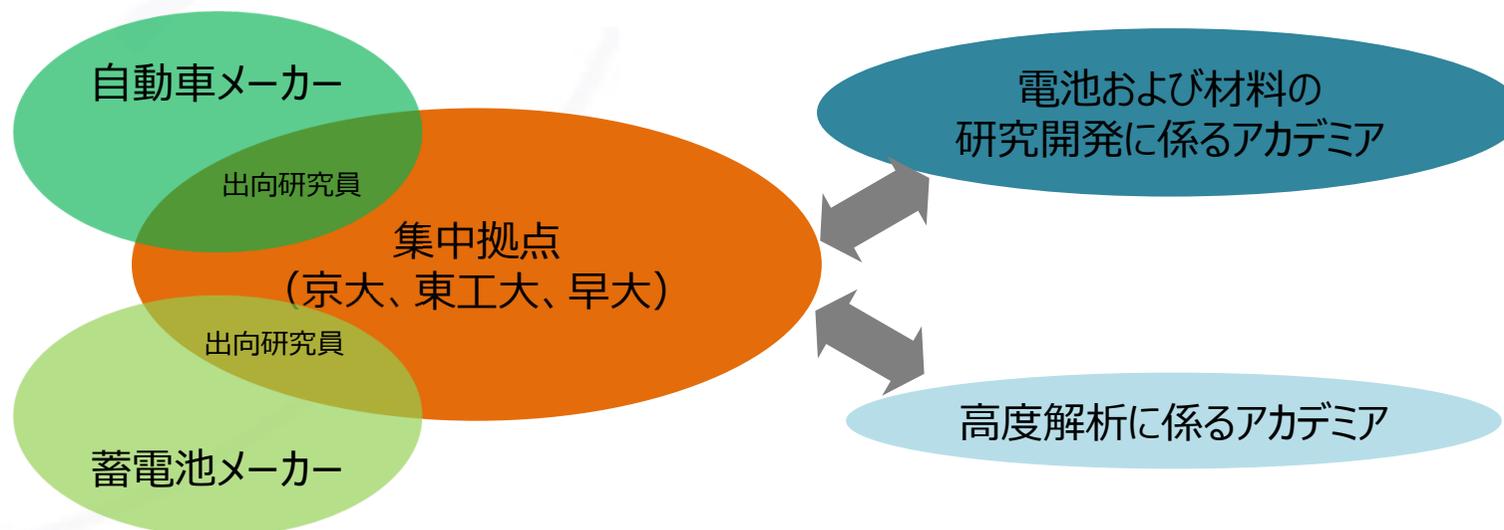
本事業で構築する、共通基盤技術、及び獲得した技術的ブレークスルーが利活用されることで、EV・PHEV駆動用の革
新型蓄電池が開発され、世界に先駆けた市場投入の実現に資すること

成果の実用化に向けた戦略

- 先端的な材料科学や高度な解析技術を得意とする大学・公的研究機関、車載バッテリー及びその構成材料の開発・製品化で豊富な実績を有する蓄電池メーカー及び材料メーカー、さらにはエンドユーザーとなる自動車メーカーで構成される産学連携・企業間連携のコンソーシアム体制を構築する
- NEDOがこれらプレイヤーの英知を事業内で好循環させるマネジメントを行い、電極・電解質等の材料開発～電池設計～電池試作～評価解析までの共通基盤技術を一気通貫で構築することにより、革新的車載バッテリーの実用化を実現する技術的ブレークスルーを獲得する

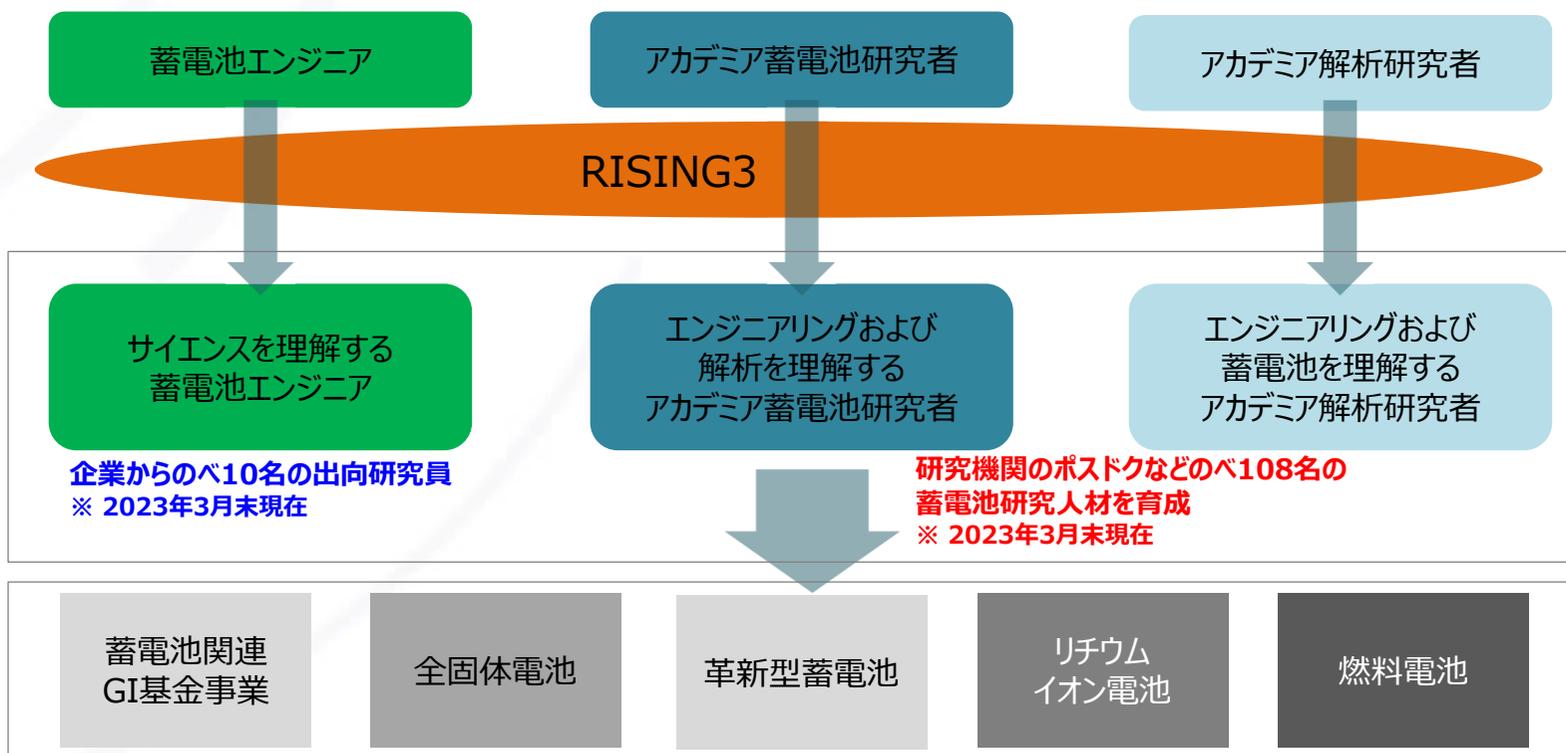
波及効果 (1/2) オープンイノベーションの推進

- 自動車メーカー、蓄電池メーカー、電池および材料に係るアカデミア、高度解析に係るアカデミア、という参画者が競合・異業種等の垣根を取り払い、協働で研究開発に取り組んでいる
- メーカー研究者が集中拠点に常駐し（出向研究員）、産学連携を更に推進
- 集中拠点がコミュニケーションのハブとなることにより、高効率かつ、統合された協働
- これらにより、「科学者（アカデミア）とエンジニア（産業界）の交流」及び「蓄電池研究者と解析研究者の交流」を実現
- 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、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



波及効果 (2/2) 人材育成

- ▶ 本事業により、多面的な能力を有するエンジニア、研究者の育成につながる
- ▶ 今後、育成されたエンジニアおよび研究者による革新型電池の研究開発への多大な貢献が期待される
- ▶ 加えて、他電池の発展にも大いに寄与すると期待される



アウトプット（研究開発成果）のイメージ

アウトプット目標

2~5Ah級セル		
エネルギー密度	フッ化物電池	500Wh/kg以上 1000Wh/L以上
	亜鉛負極電池	200Wh/kg以上 500Wh/L以上
充電受け入れ性	フッ化物電池	1C以上
	亜鉛負極電池	3C以上
充放電効率		90%以上
サイクル劣化		10%以下/100回
安全性		内短絡・過充電で 発火無し

セル設計技術

充放電メカニズムや劣化メカニズムに基づくセル設計

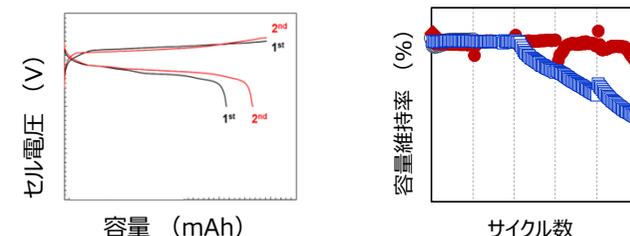
電極化・セル化技術

新規材料の電極化・セル化に必要なプロセス技術・ノウハウ



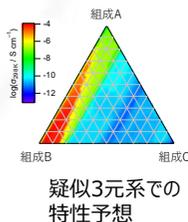
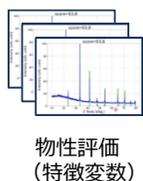
セル評価技術

充放電特性や耐久性などの評価技術



材料探索・特性予測技術

材料インフォマティクスによる特性予測や新規材料探索技術



新規材料

活物質や電解質などの各種材料とその特許

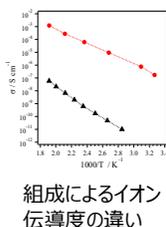
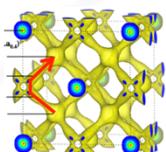


材料解析・評価技術

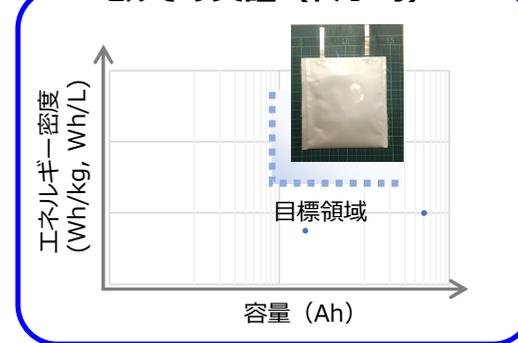
高度解析による材料・界面現象のメカニズム解明



中性子によるイオン伝導パス解析



セルでの実証 (終了時)



赤：基盤技術

電池などの研究開発での広い利用が見込まれる

青：実用化技術

企業への技術移転・実用化への応用が期待される



フッ化物電池の研究開発の目標達成状況 (中間)

項目	目標 (2024年3月)	成果 (2023年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠 / 解決方針	最終目標
重量エネルギー密度	400 Wh/kg以上	371 Wh/kg	○ 2024年3月に達成見込み	電極内のイオン伝導度向上による利用率の向上、特に負極の利用率向上によって、エネルギー密度の向上を図る。現在、電極での効果検証中であり、年度末までに目標の達成が見込まれる。また現状の値はハーフセルからの推定値のため、年度内にフルセルでの実証を予定。	500 Wh/kg以上
体積エネルギー密度	800 Wh/L以上	1400 Wh/L	◎ 2023年3月に達成		1,000 Wh/L以上
セル容量	0.1 Ah級	0.1 Ah	(○) エネ密実証とは別のプロセス検討セルにて確認	今後は高エネルギー密度実証セルの材料・電極組成をもとに大容量化を検討し両立を目指す。	2 Ah級
その他	<ul style="list-style-type: none"> セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示 	電極の利用率向上の指針について、その設計指針を出すことができた。一方、レート特性・低温動作などの速度論的な観点ではまだ検討中。	○ 2024年3月に達成見込み	速度論的な観点の解析結果を踏まえ、レート特性・安全性に係る基礎検討を開始する。	<ul style="list-style-type: none"> 安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し 実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認
充放電効率					90%以上
サイクル容量劣化					10%以下 (100サイクル後)
充電受け入れ性					1Cレート以上

亜鉛負極電池の研究開発の目標達成状況 (中間)

項目	目標 (2024年3月)	成果 (2023年3月)	達成度 (見込み)	達成の根拠 /解決方針	最終目標
重量エネルギー密度	150 Wh/kg以上	82 Wh/kg (141 Wh/kg*)	△	電極化・電池化プロセス確立のために実施したNi-Zn電池の試作にて、エネ密は目標値相当の値を確認。Mn系の開発材料では電極設計指針が異なり、現状では目標未達。解決方針は「その他」参照。	200 Wh/kg以上
体積エネルギー密度	400 Wh/L以上	160 Wh/L (401 Wh/L*)	△		500 Wh/L以上
セル容量	0.2 Ah級	1.44 Ah (3.80 Ah*)	◎ 2023年1月に達成	試作Ni-Zn電池、Mn系開発材料を用いた電池両方で大幅過達を確認した。	5 Ah級
その他	<ul style="list-style-type: none"> セルの性能特性支配因子とその影響度を把握 注力すべき研究開発アイテムとそのアプローチを提示 	<ul style="list-style-type: none"> 負極：合剤電極の組成と構造の最適化による利用効率とサイクル寿命の向上 正極：新規正極活物質での新概念確認 電解質：イオン構造の解析と正負極間のイオン移動制御技術構築 	○ 当初想定課題は2023年3月でほぼ達成済み	<p>事業前半で得られた正極活物質（反応）の知見に基づき、セル化検討の対象正極材を選択する。</p> <p>正極材料の追加に伴い、正極の反応に合わせた電解質・負極の材料・電極設計を最適化を今後検討する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 安全性：内部短絡・過充電等の異常時に発火・発煙無し 実用化開発を経て実現されるバッテリーパックの性能・コストを推定し、実用化目標を達成可能なことを確認
充放電効率					90%以上
サイクル容量劣化					10%以下 (100サイクル後)
充電受け入れ性					3Cレート以上

* プロセス確立のために試作したNi-Zn電池での値

特許出願及び論文発表

	2021年度	2022年度	計
特許出願（うち外国出願）	2 (0)	22 (5)	24 (5)
論文	8	26	34
研究発表・講演	44	100	144
受賞実績	1	3	4
新聞・雑誌等への掲載	4	4	8
展示会への出展	0	0	0

<評価項目 3> マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

前事業（RISING2）での指摘事項と対応

指摘事項・コメント	対応
<p>○成果 重量エネルギー密度達成に追われて、その他の指標に関しては未達成な部分が有ったことから、重量エネルギー密度以外の<u>各電池の特徴を明確にし、課題の改良だけでなく、長所を利用した用途開発を期待したい。</u></p> <p>フッ化物電池、亜鉛負極電池を継続して開発していく次期プロジェクト（RISING3）に、今回得られた知見・技術等の成果が効率的に継承されることを期待するとともに、<u>目標達成に不可欠な要素技術を広く公募して、外部の力も迅速に取り入れていく等の検討をお願いしたい。</u></p>	<p>→ 将来の車載蓄電池に必要とされる「電池性能」を見直し、資源リスク・調達リスクの無い電池を最優先項目に引き上げた。</p> <p>→ 新材料探索を加速する為に、マテリアルズインフォマティクス手法を導入。東工大を材料研究拠点として、手法開発も含めて新材料探索を系統的に実施中。インフォマティクスを事業化している民間企業にも参画いただいている。</p>
<p>○実用化・事業化 最近では低価格の LIB (lithium ion battery) を大量に搭載することで 1 充電あたり 500km の走行が可能な EV(Electric Vehicle)も市販され始めている状況にある。安価な他国製の LIB に市場を席卷されないためにも、<u>スピード感をもって開発、実用化を進めて欲しい。</u></p> <p>なお、本事業の波及効果は、オープンイノベーションの推進のみならず低炭素化社会の構築に貢献する<u>人材の育成にもあるとみている。成果が一部の関係者の寡占に留まることのないようしていただきたい。</u></p>	<p>→ 早稲田大学をセル化・プロセス研究拠点として、電池研究・材料探索と並行して電極化・電池化プロセスを推進する体制とした。また、事業成果の、企業側の受取りと企業内開発が速やかに進められるよう、事業の目標値を設定した上で、受け取り側目線の意見をフィードバックする場としてのステアリング会議を実施している。</p> <p>→ 協調領域（高度解析など）では、積極的な論文投稿・学会発表を促し、プレゼンスを高めると共に研究者の育成につながるよう留意する。</p>

NEDOが実施する意義

社会的要請および政策上の重要性

2015年のCOP21において、2050年までにカーボンニュートラルを達成するパリ協定が採択。その後、2021年のCOP26では世界平均気温の上昇を産業革命前に較べ1.5℃以内に抑えるグラスゴー気候合意が採択。その後も、カーボンニュートラル実現に向けた具体的な施策などで一層取組の強化が求められる状況。

日本でも2021年に閣議決定された「第6次エネルギー基本計画」において2035年で乗用車の新車販売において電動車100%や、2050年に自動車の生産・利用・廃棄を通じたCO₂ゼロが明記。

科学技術的革新性および先導性

現在のところ、液系LIBに匹敵あるいは凌駕する高性能電池を、資源リスクのない元素のみの構成で実現する事は出来ていない。本事業で開発している革新型電池の実現は学術的に見ても非常に難易度の高い挑戦である。

未だ基礎研究のフェーズではあるものの、世界的にみても同様の研究はほとんど実施されておらず、実用化されれば世界をリードする革新的技術になりうる。

産業競争力の強化

現在、世界自動車生産に占める日本メーカーのシェアは30%前後で推移しているが、EV・PHEVに限ると5%程度のシェアしかない。今後カーボンニュートラル達成を目指してEV・PHEVの電動車比率が急速に上昇する事が予測されるため、EV・PHEVにおける日本メーカーの競争力強化が必須。

資源リスクのない元素で構成される高性能な革新型電池が実用化されれば、資源量および製造コストの両面で日本の蓄電池産業・自動車産業の競争力が高まる事が期待される。

産学官連携の必要性

社会的要請を満たすために技術的難易度の極めて高い革新型電池を実用化するためには産学官の連携が必須。

以前からNEDOが産学官で取り組んできた革新型電池の研究開発の事業が最も効果的かつ効率的。



事業の概要 実施体制



NEDOマネジメントGrが京都に常駐
電池研究の機能ごとに拠点設置
産業界の成果受取を念頭にステアリング会議で議論

個別事業の採択プロセス・予算及び受益者負担

◆公募および採択審査

[公募期間] 2021年1月22日 – 3月4日

[審査項目] NEDOの標準的採択審査項目に、下記の視点を加えて
審査

- [2030年代半ばを想定した革新型蓄電池に組み込まれること](#)を企図しているか。
- [エネルギー密度の向上](#)に加え、[車載用蓄電池に求められる性能・特性\(信頼性、耐久性、安全性等\)](#)を考慮しているか。
- [成果の実用化・事業化の担い手\(自動車メーカー、蓄電池メーカー等\)](#)からの[要望・意見等](#)をすくい上げながら進める計画か。

[審査結果]

応募3件の内1件を採択(代表機関 京都大学)

[実施体制の決定] 2021年6月3日

◆予算(全て委託)

研究開発項目	2021年度	2022年度	2023年度	合計
フッ化物電池の研究開発 (委託 100%)	1,970	2,018	1,655	5,643
亜鉛負極電池の研究開発 (委託 100%)	750	662	631	2,043
合計	2,720	2,680	2,286	7,686

(単位: 百万円)

◆委託の理由

研究開発の実施主体が大学・公的機関などであり、研究成果の事業化・商品化によって事業収入を得る事はないため。民間企業の事業者への委託費は、大学への出向研究員派遣に必要な費用など最低限にとどめている。

アウトプット（研究開発成果）のイメージ

アウトプット目標

2~5Ah級セル		
エネルギー密度	フッ化物電池	500Wh/kg以上 1000Wh/L以上
	亜鉛負極電池	200Wh/kg以上 500Wh/L以上
充電受け入れ性	フッ化物電池	1C以上
	亜鉛負極電池	3C以上
充放電効率	90%以上	
サイクル劣化	10%以下/100回	
安全性	内短絡・過充電で発火無し	

セル設計技術

充放電メカニズムや劣化メカニズムに基づくセル設計

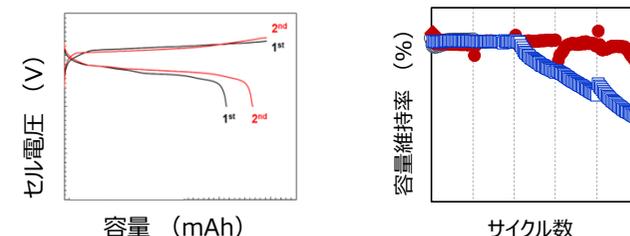
電極化・セル化技術

新規材料の電極化・セル化に必要なプロセス技術・ノウハウ



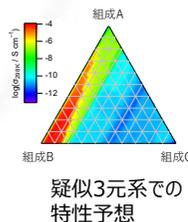
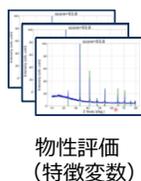
セル評価技術

充放電特性や耐久性などの評価技術



材料探索・特性予測技術

材料インフォマティクスによる特性予測や新規材料探索技術



新規材料

活物質や電解質などの各種材料とその特許

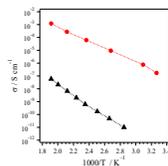
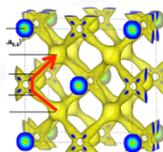


材料解析・評価技術

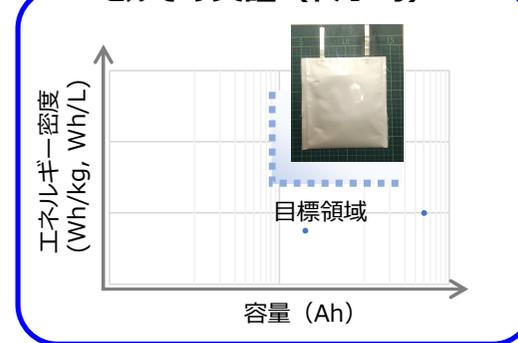
高度解析による材料・界面現象のメカニズム解明



中性子によるイオン伝導パス解析



セルでの実証 (終了時)



材料合成技術

各種材料の合成技術

赤：基盤技術

電池などの研究開発での広い利用が見込まれる

青：実用化技術

企業への技術移転・実用化への応用が期待される

目標達成に必要な要素技術

	材料開発	電極開発	セル開発 特性評価	総合評価 ／数値解析
<p>フッ化物電池</p> <p>多価金属 無機固体電解質 多価金属</p>	<ul style="list-style-type: none"> 電極活物質および電解質材料の開発 (新規材料探索と改良) 充放電メカニズム解明の解析技術 (特に固体中のイオン分布・移動の解析技術) 量産合成プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 合剤電極構造の解析技術 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む) 最適構造をもつ電極の形成プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 2Ah級セルの試作技術 劣化メカニズム、支配因子の評価・解析技術 セル劣化解析技術 	<ul style="list-style-type: none"> セル特性予測シミュレーション技術 コスト推定・LCA評価技術
<p>亜鉛負極電池</p> <p>負極(亜鉛金属) 炭素質材料 アルカリ水溶液電解液</p>	<ul style="list-style-type: none"> 電極活物質および電解質材料の開発 (新規材料探索と改良) 充放電メカニズム解明の解析技術 (特に亜鉛負極の溶解析出過程の解析技術) 量産合成プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 合剤電極構造の解析技術 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む) 最適構造をもつ電極の形成プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 5Ah級セルの試作技術 劣化メカニズム、支配因子の評価・解析技術 セル劣化解析技術 	<ul style="list-style-type: none"> セル特性予測シミュレーション技術 コスト推定・LCA評価技術



進捗管理

- ・ マネジメント系会議と技術系会議を設定し、技術・マネジメント両方の観点で進捗の把握と進め方を議論
- ・ フッ化物電池・亜鉛負極電池および両方の電池系にまたがる場を設定

**産業界での事業成果引き取り、実用化を
念頭に事業の進め方議論**

マネジメント系会議

会議名	開催	目的	参加者	開催実績
ステアリング会議	京大	・プロジェクト全体の進め方議論 ・産業界への受け渡し要件の議論	・ステアリング委員（企業を含む外部有識者） ・京大・NEDO（オブザーバー：METI、東工大、早大）	2023年4月

会議名	電池Gr	開催	主な議題	参加者	2021年度	2022年度
企画会議	フッ化物電池 亜鉛負極電池	NEDO	・両電池共通課題の議論 ・知財強化、成果取り扱い展開 ・事業化へのロードマップ議論	・集中拠点（京大、東工大、早大） ・全参画企業/NEDO	3回	3回
マネジメント会議	フッ化物電池	NEDO	・集中拠点の進捗報告 ・セル化、要素技術議論 ・参画企業からの意見集約	・フッ化物電池担当の集中拠点（京大、東工大、早大） ・フッ化物電池参画企業/NEDO	3回	3回
	亜鉛負極電池	NEDO	・参画企業からの意見集約 ・大学と参画企業の共願支援	・亜鉛負極電池担当の集中拠点（京大、早大） ・亜鉛負極電池参画企業/NEDO	3回	3回

技術系会議

会議名	電池Gr	開催	主な議題	参加者	2021年度	2022年度
内部シンポジウム	フッ化物電池 亜鉛負極電池	京大	・電池系をまたいだ技術議論・研究者間交流	・全事業者（拠点・サテライト・企業）	1回	1回
全体技術会議	フッ化物電池	京大	・出向研究員、各テーマの研究進捗報告 ・技術議論	・フッ化物電池に関わる研究機関（拠点及びサテライト） ・各拠点の有識者/フッ化物電池参画企業/NEDO	3回	2回
	亜鉛負極電池	京大		・亜鉛負極電池に関わる研究機関（拠点及びサテライト） ・各拠点の有識者/亜鉛負極電池参画企業/NEDO	3回	2回
月例会議	フッ化物電池	京大	・最新の研究成果の拠点内共有と技術論議	・京大及/京大サテライト/有識者/NEDO	4回	6回
		東工大		・東工大/東工大サテライト/トヨタ・NEC/（NEDO）	15回（2回）	18回（1回）
		早大		・早大/有識者/NEDO	9回	12回
	京大	・京大/京大サテライト/早大/有識者/NEDO		7回	7回	
亜鉛負極電池	早大	・早大/有識者/NEDO	9回	12回		

進捗管理：動向・情勢変化への対応

主要な変化点

2050年カーボンニュートラル達成に向けた世界的潮流の加速

- ・ 2021年11月 COP26におけるグラスゴー気候合意（気温上昇1.5℃以内）
- ・ 2021年10月 第6次エネルギー基本計画（2050年に自動車のカーボンニュートラル）

- ・ 電動車および電動車用蓄電池の生産量・使用量の推計の修正
- ・ 革新型電池およびLIB原料の資源量など確認

上記を踏まえアウトカム目標を見直し・変更

	変更後	基本計画作成時
CO ₂ 削減効果	<ul style="list-style-type: none"> ・2050年 世界排出量削減：1.03億t-CO₂/年 国内排出量削減：1600万t-CO₂/年 (世界生産1200万台/年、国内販売100万台/年) 	<ul style="list-style-type: none"> ・2042年 国内排出量削減：1,000万t-CO₂/年 (国内100万台/年) ・2047年 世界排出量削減：4,500万t-CO₂/年 (世界生産750万台/年)
経済効果	<ul style="list-style-type: none"> ・2050年 バッテリーパック売上：約5.9兆円/年 車両売上：約24兆円/年 	<ul style="list-style-type: none"> ・2047年 車両売上：約2.3兆円/年

研究開発のスケジュール

事業前半は材料・要素技術主体
後半はプロセス・セル設計を強化

		2021	2022	2023	2024	2025	
研究開発項目 1 フッ化物電池の 研究開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発			材料種の絞り込みと改良 量産合成プロセスの開発		
	電極開発	合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)			電極構造の最適化 電極成形プロセスの開発		
	セル開発・特性評価	セル基本設計	0.1Ah級セルの試作・特性評価			2Ah級セルの試作・特性評価 セル劣化状態把握技術の開発	
		劣化メカニズム・支配因子の明確化			最終目標：エネルギー密度、充放電効率、 サイクル劣化、充電受入性、発火無し		
	数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発			シミュレーターの改良		
	総合評価	中間目標：エネルギー密度 400Wh/kg, 800Wh/L			実用セル・バッテリーパックの性能 コストの推定、LCA評価		
研究開発項目 2 亜鉛負極電池の 研究開発	材料開発	電極活物質・電解質材料の開発			材料種の絞り込みと改良 量産合成プロセスの開発		
	電極開発	合剤電極構造の開発 (イオン・電子伝導挙動、反応分布の解析を含む)			電極構造の最適化 電極成形プロセスの開発		
	セル開発・特性評価	セル基本設計	0.2Ah級セルの試作・特性評価			5Ah級セルの試作・特性評価 セル劣化状態把握技術の開発	
		劣化メカニズム・支配因子の明確化			最終目標：エネルギー密度、充放電効率、 サイクル劣化、充電受入性、発火無し		
	数値解析	セル特性予測シミュレーション技術の開発			シミュレーターの改良		
	総合評価	中間目標：エネルギー密度 150Wh/kg, 400Wh/L			実用セル・バッテリーパックの性能 コストの推定、LCA評価		
評価時期		-	-	中間評価	-	事後評価	
予算 (億円)	フッ化物電池の研究開発	19.7	20.2	16.6			
	亜鉛負極電池の研究開発	7.5	6.6	5.5			

参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会
「電気自動車用革新型蓄電池開発事業」(中間評価)分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時 : 2023年6月29日(木) 10:00~16:15

場 所 : NEDO 川崎 2301,2302,2303 会議室 (オンラインあり)

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 教授
分科会長代理	竹井 勝仁	一般財団法人電力中央研究所 企画グループ 研究アドバイザー
委員	今村 大地	一般財団法人日本自動車研究所 環境研究部 主管
委員	岩崎 裕典	PwC アドバイザリー合同会社 エネルギーセクター ディレクター
委員	片山 靖	慶應義塾大学 理工学部応用化学科 教授
委員	菊池 康紀	東京大学 未来ビジョン研究センター 准教授
委員	手嶋 勝弥	信州大学 先鋭材料研究所 所長・教授

<推進部署>

今田 俊	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 部長
臼田 浩幸(PM)	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 室長
齋藤 俊哉(SPM)	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 主任研究員
小井戸 哲也	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 主査
西山 喜明	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 主査
丹羽 勇介	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 主査
丸内 亮	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 主査
亀尾 祐介	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 蓄電技術開発室 職員
藤田 睦美	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 総括 G 主幹
村上 真一	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 総括 G 主任
深澤 栞	NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部 総括 G 職員

<実施者>

安部 武志(PL)	京都大学 大学院工学研究科 教授
森田 昌行(SPL)	京都大学 産官学連携本部 特任教授
射場 英紀	トヨタ自動車(株) 先端材料技術部 チーフプロフェッショナルエンジニア
遠藤 英司	日産自動車(株) 総合研究所 先端材料・プロセス研究所 主管研究員
浅利 琢磨	パナソニック エナジー(株) 競争力革新統括室 技術・モノづくり戦略室 室長
齊藤 信広	(株)本田技術研究所 材料・プロセスドメイン フェロー

<オブザーバー>

緑川 美桜	経済産業省	製造産業局	自動車課	課長補佐
田村 優征	経済産業省	製造産業局	自動車課	係長
吉成 崇宏	経済産業省	商務情報政策局	情報産業課	電池産業室 室長補佐
村中 祥子	経済産業省	産業技術環境局	研究開発課	課長補佐
亀山 孝広	経済産業省	産業技術環境局	研究開発課	課長補佐
浅野 常一	経済産業省	産業技術環境局	研究開発課	技術評価係長
小林 義昭	経済産業省	産業技術環境局	研究開発課	評価企画係長
渡辺 智	経済産業省	産業技術環境局	研究開発課	技術評価専門職員
宝関 義隆	経済産業省	産業技術環境局	研究開発課	技術評価専門職員

<評価事務局>

森嶋 誠治	NEDO 評価部	部長
佐倉 浩平	NEDO 評価部	専門調査員
宮代 貴章	NEDO 評価部	専門調査員

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
 - 5.1 意義・社会実装までの道筋
 - 5.2 目標及び達成度
 - 5.3 マネジメント
 - 5.4 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.0 プロジェクト概要の補足
 - 6.1 フッ化物電池開発
 - 6.2 亜鉛負極電池開発
 - 6.3 革新電池のLCA
 - 6.4 参画企業からの説明
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
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、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 (評価委員、評価事務局、推進部署)

【稲葉分科会長】 同志社大学の稲葉です。私の専門は、蓄電池関係としては負極であるとか、それから電解液に関するところの研究領域になります。よろしくお願ひいたします。

【竹井分科会長代理】 電力中央研究所の竹井です。私は、リチウム電池の材料研究もやっておりましたが、主には大型化する際のエネルギー用に貯蔵するといったところで、電気自動車であるとか系統に入れていく電池についての性能評価、寿命評価などを進めておりました。本日はよろしくお願ひいたします。

【今村委員】 日本自動車研究所の今村です。私は、自動車用のバッテリーの性能、安全性、耐久性評価技術の開発などをやっております。本日はよろしくお願ひします。

【岩崎委員】 PwC アドバイザリーの岩崎です。私は、長らくシンクタンクにおりまして、NEDO や経産省の調査研究プロジェクト、実証プロジェクトなどに従事しておりました。現在はPwC アドバイザリーという会社で、民間企業向けに蓄電池のコンサルティング、事業化に向けたアドバイザリー業務などを行っております。どうぞよろしくお願ひいたします

【片山委員】 慶應義塾大学の片山です。私は、電気化学、イオン液体を専門にしており、電池関係としては金属リチウム等々の研究を進めております。どうぞよろしくお願ひいたします。

【菊池委員】 東京大学未来ビジョン研究センターの菊池です。私は、化学工学系が専門ではありますが、ライフサイクルアセスメント (LCA) という環境影響評価手法に関して 20 年ほど研究に携わってきております。また、蓄電池関連では蓄電池の製造のところにもかかねてより関わっており、最近では蓄電池のリサイクルに係る LCA 業務が多くありまして、様々なプロジェクトにも出ているような状況です。よろしくお願ひ申し上げます。

【手嶋委員】 信州大学の手嶋です。私の専門は結晶工学であり、バッテリーのところでは、様々な材料をつくったり、システムを考えたりといった領域になります。本日は一日よろしくお願ひいたします。

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」及び議題 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 から 4-5 に基づき説明した。

5. プロジェクトの概要説明

- 5.1 意義・社会実装までの道筋
- 5.2 目標及び達成度
- 5.3 マネジメント

推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.4 質疑応答

【稲葉分科会長】 ご説明ありがとうございました。これから質疑応答に入りますが、技術の詳細については次の議題6での取扱いとなるため、ここでは主に事業の位置づけ、アウトカム達成への道筋、マネジメントについての議論を行います。

それでは、事前質問の内容も踏まえまして、委員の皆様、何かご意見、ご質問等はございますか。今村委員、お願いします。

【今村委員】 日本自動車研究所の今村です。ご説明どうもありがとうございました。資料45ページ、進捗管理のところに関して伺います。いろいろなマネジメント系の会議であるとか技術系の会議を設定しながら議論が行われているところで、例えばこのプロジェクトですと、いろいろな企業の方も参加されているのではないかと思います。そういった中では、企業独自でやられている研究もあるでしょうし、情報の管理、知財の管理といった点では難しいところもあるような気がいたします。そうしたところで、闊達な議論をするために何か工夫をされている点、マネジメントとして行われているところがありましたら、教えていただきたく思います。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤SPM】 ご質問ありがとうございます。ご指摘のとおり、やはり各企業独自の事業戦略というところがございます。ですので、その部分は真正面からの議論を行うことはできないのですが、実はNEDOのほうで個別として企業にヒアリングを行う、あるいは打合せをするなどをしながら、その結果を基に、マネジメント会議やステアリング会議の議題を設定するといった体制を取っております。

【今村委員】 ありがとうございます。

【稲葉分科会長】 それでは、ほかにごございますか。竹井分科会長代理、お願いします。

【竹井分科会長代理】 電中研の竹井です。ご説明ありがとうございました。技術論の話ではなく、もう少し大所高所といったところから伺います。まず2050年を一つのターニングポイントとして、このときにこういう状況になっているだろうという試算の下に研究開発を進められ、それでこの電池系がうまくはまり込んでいったことから、その解決の一助になればといったところで実質計算をされたのではないかと捉えております。そうしたところで、率直な思いとして、少し飛躍しているような印象を持ってしまったのですが、2050年のターゲットを目指すには、この電池というのは一体いつ本当に市場に出ていくのだろうか。多分、実績を積み重ねていき、これだけの市場を確保するというような流れになっていくと思うのですが、その間として、2030年ぐらいに受け渡しをしていった後の流れがあまりイメージとして湧かなかったものですから、もう少しご説明をいただけないかと思っております。いかがでしょうか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤SPM】 ありがとうございます。今ご指摘をいただいた部分というのは、実は各社の事業戦略と絡むところがありまして、申し訳ございませんが、公開資料から省いているという状況にあります。そちらに関しては、午後の非公開セッションの冒頭に各社からヒアリングした結果をまとめたものを一度共有させていただくと、それから最後のほうで、代表的な各社のほうからご説明いただく時間を設けておりますので、そちらでご返答をさしあげる形でもよろしいでしょうか。

【竹井分科会長代理】 了解しました。少し先走ってしまったということですね。ありがとうございました。

【稲葉分科会長】 それでは、ほかにごございますか。岩崎委員、お願いします。

【岩崎委員】 PwCの岩崎です。ご説明ありがとうございました。二、三点ございますが、まず1つ目としては資料18ページあたりのところです。資源のところのフッ化物電池、フッ素ですが、資源的には可採埋蔵量の300%ということで十分あるという評価だと思うものの、これは生産国を考えると、確か大

半を今中国が占めているのではないかと感じておまして、経済安全保障といいますが、サプライチェーンの関係では留意が必要と思われます。また、このプロジェクトの中でどうするという話ではないとは思いますが、今し方、竹井先生からもあったように、今後の展開や実用化に向けての生産であるとか資源の確保といった観点も、前段の大きな目標、目的、タイムラインの中に一言記載しておかれるとよいのではないかと思います。これはコメントとなりますが、以上が1つ目となります。

それから、あと2つは質問になりますが、2つ目としては、資料33ページ目のところの、企業から延べ10名であるとか、ポストクも延べ108名と記載がございますが、この延べというのはどのようにカウントをされているのでしょうか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 これは、入れ替わり等々がございしますので、それに関するところで「延べ」といった記載をいたしております。

【岩崎委員】 では、例えば同じ人が2年働いている場合に、それを2人とカウントしているわけではないという理解で合っているのでしょうか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 そのご認識で合っております。入れ替わりがあったことによるものとなります。

【岩崎委員】 理解いたしました。ありがとうございます。それから3つ目として、資料37ページ目の特許・論文発表のところになりますが、これはもしかすると非公開部分の内容に当たるのかもしれませんが、具体的にこの数字をどのように評価されているのかといったところで、少し感想を伺えないかと。例えば、多いとか少ないとか、他国に比べてどうかとか、競争力的な観点から見てどうであるというようなところで、もしコメントをいただけるのであればお願いしたいです。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 ありがとうございます。前事業の数字等を含んだ分析に関しては非公開の部分で改めてお願いいたしたく存じますが、例えばフッ化物電池の競合特許ということで見た場合、いわゆる Caltech がたくさん出しているといった状況になります。しかし、それでも十数件といったところですので、それと比較すると、前事業までに蓄積した特許も踏まえ、フッ化物電池に関してはかなり優位に立っているものと判断しています。また、亜鉛負極電池のほうは少し苦戦しているという状況で、こちらは京大の調査結果になりますが、中国でマンガンを使った電池の特許が非常に多く出願されています。国別の数でいうと現状全く歯が立たない、足りていないというのが正直なところですが、ただ、ここに書いてありますとおり、事業者別、あるいは大学別という観点で見ると、各大学、年間、5件、10件といったレベルですので、そのレベルで見ると、まだまだ RISING3 プロジェクトのチャンスはあるものと思っております。

それから、最初にコメントのありましたフッ素に関しては、確かに、こちらは現状中国が主な輸入先となっておりますので、資源リスク、調達リスクがあるのではないかとといったところは大変もったもなご意見であります。ただ、資源量の分布で見ると、かなり世界中に広く分布しているということと、それから現状、中国が主な調達先になっているのは、実はアシッドグレード、要は半導体に使われるフッ素の量が多く、そのために中国が主な調達先になっているという状況です。これがアシッドグレードではなく、もう少しグレードの低いフッ素でも電池に使えると言った状況になると、また調達先がぐんと広がりますので、今後の研究の進展にもよるところになりますが、可能性はあるのではないかと考えています。頂戴したコメントのとおり、その部分をどこかに記載しておいたほうがよいとは思いますが、参考にしたいと思っております。ありがとうございます。

【稲葉分科会長】 それでは、ほかにごありますか。手嶋委員、お願いします。

【手嶋委員】 信州大学の手嶋です。ご説明ありがとうございます。フッ素と亜鉛の重要性というところで、これはきちんと研究開発で取り組まなければならないものというところは十分理解しております。その上で、これは少し違った視点からの質問となるのですが、フッ素系の電池といったところでこれ

が実現した場合、例えばフッ素というのは、電池以外で考えると環境問題といったところと非常に絡んでまいります。実は、私はアフリカの地下水のフッ素を取り除くというのを一生懸命やっているのですが、電池というところを見ると、鉛蓄電池というのがものすごく有用な電池だと理解しているものの、鉛蓄電池は後発開発等を含めたところでは健康被害が多く、子どもたちを含めて非常に問題にさらされていると。鉛蓄電池を造るところはリサイクルが確立されているのですが、そういう問題があるというのがユニセフのほうでも広くうたわれております。そうしたところで、フッ素も、やはりこれもすばらしい電池だと私は理解しているのですが、これが成立したときには、今度は製造からリサイクルまで含めたときの環境問題、フッ素の健康被害という視点が出てくるのではないだろうかというのが少し心配される場所だと思っています。そういう意味で、それら管理を含めて、フッ素に対するアプローチというのはどのように取り組まれているのでしょうか。何か環境リスクを考えられているものがあれば、教えていただきたく思います。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 ありがとうございます。正直なところ、環境リスクといったところまではまだ考えられていないというのが現状です。ただ、事業の開始当初から、当然、いくら資源量にゆとりがあってもリサイクルは必要だということと、CO₂ その他の観点から LCA を実施しなければ駄目だということで、主に事業の後半になるのですが、LCA の実施を予定しております。「リサイクル」も記載されているので、検討することになっております。それ以外に、どうしてもリサイクルのプロセスに乗らなかった電池が、どういった環境影響を及ぼすかといったところの観点はまだ盛り込まれておりませんので、今後の参考にさせていただきたいと思います。

【手嶋委員】 ありがとうございます。そのほか、あと 2 点ほど伺いたく思います。まず 2 点目としては、先ほど特許の話がありましたが、やはりこの特許に関しては、国内よりも海外に対してというのが重要なポイントではないかと考えます。しかしながら、今回の資料を見る限りは、外国出願のほうが圧倒的に少ないと。国内特許というのはどちらかということ、一貫通貫でやられている場合には、あまり今回も重要視をしなくてもよいのではないかとも思うところですが、海外に対するとところでの出願として、どのようにすみ分けを行われているのか教えていただけないでしょうか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 基本的に、特許を出す判断というのは、海外出願に値するかどうかということと PL、SPL にご判断いただいております。外国出願が少ないのは、実は日本国内の大学や企業ですと、最初に国内の出願を優先して、その後 1 年後ぐらいに PCT、もしくは外国出願の手続を取るということが多く、タイムラグがあるのが通例となります。ですので、最初の 2 年間でいうと、外国出願の数が圧倒的に少ないというのは確におっしゃるとおりですが、前事業等で言いますと、国内出願と外国出願は同じぐらいの数となっている状況です。また、外国出願に関して、大学単願の特許ですと外国出願までになかなか結びつかないことも、資金的な問題で多いといったところがありますので、プロジェクト内で大学発の特許を共有した上で、どこか一緒に外国出願をしたいという企業をつのる場を設けながら、外国出願を促すことも実施しているところと。

【手嶋委員】 ありがとうございます。外国出願の難しさは私も大学に身を置いているのですごく実感しております。ですので、やはり企業を含めたサポートというのが大変必要になるものと理解するところです。また、最後にもう一点伺いますが、MI のところでハイスループットの言及が少しございましたが、プロジェクトの基礎研究のところと、そして材料開発のところも重要であると。そういう意味では、MI 含めてハイスループットというのがものすごくポイントになると考えますが、MI はかなり進んできていて、いろいろなことができるようになってきているところであり、特にこの分野の材料系のハイスループットというのはすごく難しいのではないかと想定しています。理想系でのハイスループットというのは様々なアプローチがあると思いますが、実際の現実系に近いようなハイスループット、

あるいは基礎開発として理想系でのハイスループットを行えるような環境というのはしっかりと整えていってやるのでしょうか。もしかしたら非公開の部分になるかもしれませんが、ご見解を伺えれば幸いです。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 基本的に、ハイスループット及びインフォマティクスの部分に関しては非公開のところで報告をさせていただきますが、今のご指摘としては、薄膜などのモデル系ではなく実際の電池の電極で特性を予想するのは難しいのではないかと考えた意図として理解いたしました。それは、大変ごもっともなご指摘で、その壁を越えられるかどうかというのは正直言って分かりません。ただ、電極材料としてハイスループット及びインフォマティクスというところに挑戦している側面もございますので、それがうまくいけば、ある程度はできるようになるのではないかと期待しております。

【手嶋委員】 ありがとうございます。先ほどの質問の観点として、すごく先行されている先生がいらっしゃるって、きちんと技術を持っているというところで我々がまねをできていないだけであり、実際にそれを現実系に近づけられたらというところで私も理解しております。理想系でももちろん最初に材料探索をしていただければよいとは思っておりますので、また非公開のところで少しお話を聞かせてください。よろしくお願いいたします。

【稲葉分科会長】 それでは、ほかにもございますか。菊池委員、お願いします。

【菊池委員】 菊池です。ご説明ありがとうございます。本当にバッテリーの選択肢を増やしていくという観点の中で、フッ素の話と亜鉛の話ということで非常に重要な研究開発をされていらっしゃることを理解いたしました。また、先ほどから議論をされているところと思いますが、2050年といった時点を見ると、既にもう2023年ですので、結構近いと感じているところがございます。一方で、別に2050年に何か全ての問題が解決し、それで終了するというわけでもなく、その後もずっとバッテリーの材料の循環は続いていかなければいけない話ですので、当然2050年以降の話、状態なんかも見ながら、この技術が優位性を持てればとも感じた次第です。要は、2050年ないしはそれ以降を見た際に、リチウムだとかコバルト系も当然リサイクルであるとか、使用量を減らすといった様々な対策を取るために他のNEDO事業の中で行われているものと考えますが、そういうリサイクル由来のリチウム・コバルト、また、その他のリチウムフリー、コバルトフリーの技術と比べたときに、今回開発されている技術の優位性として、ここが重要である、この部分でシェア率を高めていくというところで、もし強く言えるものがあれば教えていただきたいです。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 ありがとうございます。なかなか難しい質問なのですが、リチウムも当然リサイクルを進めており、単純に量的な比較だけでは予想できないぐらいきちんと普及して、この先もずっと使われていくだろうという予測をしております。それに比べますと、リチウムもコバルトも使わない革新電池のほうがやはり資源リスクが低いということではございますので、量が必要な用途に関しては、ある程度優位性があるのではないかと考えております。ただ、先ほど手嶋委員からの質問にもございましたように、リサイクルが確立して初めてリチウムと横並びできる話であると理解している次第です。その部分は、事業の後半、もしくはこの事業終了後に、電池のシステムあるいは電動車の社会システムとして、どういった要件が必要かというのは継続的に議論していく必要があるかと思いますが、申し訳ございません、現状ではまだ答えを持ち合わせていないのが正直なところとなります。

【菊池委員】 ありがとうございます。正直、これは世界中で誰も答えを持っていないといえますか、どういうミックスで電池が最終的に社会の中で使われていくのか、セカンダリユースなど様々なことがあったときに、どういう選択肢を用意しておくのかということは今分らない状態であり、こういうリスクヘッジができるような技術開発として重要と思います。恐らく午後はLCAなんかの議論も行

えるでしょうから、そういった中で選択を考えていくことができればよいと感じております。私からの質問は以上です。

【稲葉分科会長】 それでは、ほかにございますか。片山委員、お願いします。

【片山委員】 片山です。ご説明ありがとうございます。また少し数値目標のところでも伺いたく思います。それぞれフッ化物電池、亜鉛負極電池に関して、最終目標の例えばエネルギー密度というのが示されているのですが、そもそも、例えば亜鉛負極電池の場合の重量エネルギー密度、もしくは質量エネルギー密度というのは 200Wh/kg というのは、理論容量などから考えて実現可能な値なのか、あるいは想定されている理論容量がある値であって、その何パーセントぐらいというところで目標にされているのか、そのあたりの具体的な数値をお話しいただくことは可能でしょうか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 ありがとうございます。亜鉛負極電池の目標値設定に関しては、特にエネルギー密度は水系の電池ですので、電圧が 1.2V ぐらい、広くても 1.5V ぐらいがせいぜいといったところなんです。そこから正極材が決まっていないので理論的に予想というのはまだできない状況なんですけれども、そこから考えますと大体この 200 ぐらいの値というのが上限に近いのではないかと考えております。

【片山委員】 ちょうど今回の達成状況のところでも、ニッケル亜鉛電池のエネルギー密度というのが示されているのですが、例えばニッケル亜鉛電池の場合の理論エネルギー密度というのはどれぐらいなのでしょう。例えばニッケル亜鉛電池を使って実用化目標の 200Wh/kg、パックということだとは思いますが、そういった目標を達成することは可能なのでしょうか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 森田先生、これは活物質を使い切ったら今ここに示している括弧の値の倍近くまでいくのでしたか。活物質を利用率 100%までいったらいくというところでしょうか。

【京都大学_森田 SPL】 森田でございます。現状のニッケル亜鉛電池として、また午後に少し報告いたしますが、実際に電池を造り上げる際にはニッケル亜鉛では 200 は無理だという認識を持っております。それと申しますのは、ニッケル亜鉛電池ですと正極の放電反応が 1 電子移動に限られておりますので、そこから期待される質量当りの容量はおのずと限界がございます。そこから算出して電池を造り上げるということになると、現状、市販のものが大体 100Wh/kg のものがほぼほぼですから、これを 2 倍にするというのは多分電池メーカーでは考えていないのではないかと思います。

【片山委員】 そうすると、ニッケル亜鉛電池ですと、非常に利用率が上がったとしても 200 を下回るぐらいのところですか。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 200 は非常に難しいといったところと考えております。

【片山委員】 ありがとうございます。非常に高い目標を立てられておられて大変チャレンジングでありますし、それこそ革新電池の目標として適切なのではないかと感じております。例えば、ある程度理論的にここまでが見込めるというのに対して目標が立っているのだらうかと思ったところがありまして、伺った次第です。

それからもう一点、人材育成というところで、企業の方も含めて様々な方が参画をされていて、大学を拠点としている関係上、例えば大学院生であるとか、ポスドクが研究に関わるというのは、これは当然のことだと思います。ただ、NEDO のプロジェクトの場合ですと、最終的に企業に移して実用化につなげるという観点になりますから、かなり特許の取得や研究の秘匿性というのは高いものと考えるところです。その場合に、例えばポスドクとして雇用された方々が、このプロジェクトの中で成果を上げた場合に、これを自らの成果として外部にどれくらい発表が可能なのかと。これは、参画された方々のその先のキャリアに多分関係するところで、そうすると、大学院生を含め、このプロジェクトに関与

された方々が、プロジェクトの後、あるいは途中で外に出ていくときに、どのようにそういった成果をアピールできるのか、あるいはキャリアにつなげていけるのかと。このあたりについて、何かお考えがあれば教えていただきたく思います。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 オープン・クローズ戦略ということで、オープンにできないところは、ノウハウもしくは特許として押さえるという形を取っておりますが、後ろのほうで示しているように、当然、大学の研究者としましては、得られた成果というのを広く学会発表や論文文化をされたいというところは理解しております。ですので、一旦これは秘匿しておいて特許を取得した後は発表していただけますというように、少しタイムラグが生じてはしまうのですが、なるべく研究者の方々のキャリア形成の邪魔をしないようにといった配慮も行っております。その結果として、ある程度の数の学会発表であるとか、各学会で学会賞の受賞の実績が上がってきているというところが一つの証左になるのではないかと考えております。以上です。

【片山委員】 ありがとうございます。

【稲葉分科会長】 それでは時間が近づいてまいりましたので、最後に私、稲葉からコメントと質問をいたします。まずは、非常に高いエネルギー密度を持つことに加えて、資源リスクが回避できるというのは非常に大事なところであるとともに、これからの電池開発のところをよく考えなければいけないものとして常々思っているところですので、非常によい特徴だと思った次第です。それに加えて、先ほどからいくつか出ている点として、やはり自動車用を使う場合には、リサイクルのことまでを考えて電池設計をしないといけないと思っております、高いものというのは、もともと製造コストが高いのですが、あまり安過ぎて利用価値がないものを使ってしまうと、今度はリサイクルできなくなるという問題が出るのではないかなと考えます。そういう点で、説明資料に出てきた、銅、アルミ、フッ素、亜鉛、マンガンというのはそれぞれ利用価値があるという材料で、リサイクルという点でも割と有利な電池系ではないかなと感じているのですけれども、リサイクルに関して、しやすい電池なのか、しにくい電池なのか、そのあたりでお考えのところがあればお聞かせ願いたく思います。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_齋藤 SPM】 ありがとうございます。まだ電池の材料系ははっきり固まっていないので、リサイクルの道筋を描けていないというのが正直なところですが、電池として何らかのリサイクルの仕組みが必要で、この **RISING3** の事業の範疇を超えてしまうかもしれませんけれども、鉛蓄電池の回収のようなモデルを参考にして、何か技術開発というよりは、体制の構築と、社会システムの構築といった観点で打ち手が必要になるのではないかと考えております。それから、先ほど言いましたステアリング会議のところで、外部有識者の方から少しコメントがあったのは、「銅というのは、今度はいろいろところで電動化が進むと、銅線で非常に使われるようになるため、そういった観点であまりたくさん使わないでください」ということで、需要が伸びていくということが予想されるといったところを参考として捉えておりました。まだ少し考える余地があるものとは思っているところです。

【稲葉分科会長】 ありがとうございます。それでは、予定の時間となりましたので、以上で議題 5 を終了いたします。

(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】 議題8に移ります。

これから講評を行います。その発言順序につきましては、名簿の逆からということで、最初に手嶋委員にお願いしまして、最後に私、稲葉ということで進めてまいります。

それでは、手嶋委員、よろしくお願いいたします。

【手嶋委員】 信州大学の手嶋です。本日は一日ありがとうございました。革新電池ということで、私も研究者の端くれですから、非常にわくわくしながら聞いておりました。また、こういう革新的なものは、国プロのような産学官がきちんと連携しているような体制でやるべきだと、その難しさというのは大変よく把握した上でも、やはりやるべき内容であることを理解した次第です。そして、目標値に向けて、これから皆様でチャレンジされることを考えれば、きっとこの目標をクリアされることは間違いないとは思っておりますが、一つお願いしたいことがございます。それというのは、この目標値をクリアすることもすごく大切だとは思いますが、実はフッ素系も亜鉛系もやはり分からないことが非常にたくさんあるわけです。メカニズムも分からないといったところが多々あることを実感いたしました。この分からないメカニズムが解明されるということが、ものすごくこのプロジェクトでは重要だと考えております。それが今回の革新電池の成果にもつながると思うのですが、この電池だけでなく、様々な分野への波及もしてくるのではないかと考えるところです。そういう意味で、目標値もすごく大切ではありながらも、このメカニズム解明に私は心をときめかしたいなと思っております。ぜひ最終のところでは、こういう新しい原理解明ができましたというところをご報告いただけることを楽しみにしております。

【稲葉分科会長】 ありがとうございました。続きまして、菊池委員、よろしくお願いいたします。

【菊池委員】 菊池です。本日は、様々な難しいところも含めてご紹介いただきまして、どうもありがとうございました。バッテリーに関しましては、もうご存じのとおり、世界的に見ても、今後の技術開発が急がれているというような状況の中で、「カーボンニュートラル」という言葉がキーワードとして上げられております。よく「2050年」というような数字がありますけれども、今ここで開発されていっちゃうようなフッ化物、亜鉛のバッテリーなんかは、やはり2050年以降を見たときに必要になってくるような電池ではないかと感じている次第です。特に、ライフサイクルアセスメントという方法論、こちらは、もう既に出来上がっているものに適用されることがどうしても多い方法論ではあるのですが、ただ、実際に研究開発の最中にもこのLCAを使うことにより、不確実性の除去であるとか、ホットスポットの特定であるとか、技術開発目標の特定といったものに使うことのできる非常に有用な方法論ではないかと思っております。この事業の中でも、LCAも取り組まれながら、今後もリサイクルやリユースなんかも視野に入れながら検討されるということで、こういった社会の中での課題を解決していく、さらには持続可能な社会をつくっていくために必要となっていく技術の開発の中で、こういったかなり総合論的な議論も含めて研究開発に取り組まれていることに敬意を表したいと思います。一方で、例えば、MIであるとかシミュレーションといった、どうしても様々な予測、推測をしながら進んでいかないと、なかなか効率的な研究開発等ができないところもあるのではないかと考える次第です。もちろんそういったところに対しても取り組んで進めていこうとされていると思いますが、非常に時間がないと言われているカーボンニュートラルという流れの中、それでもじっくりと現象論の解明であるとか、メカニズムの真理の探究といったところで研究もしなければいけないという非常に難しい難問の前に立たされていると感ずるところですが、ぜひそこを突破して進んでいきたいと思っております。そういったシミュレーションやLCAといった総合論的な予測、推測も含めた議論

を展開しながら、今後も様々我々も勉強できたら幸いです。

【稲葉分科会長】 ありがとうございます。続きまして、片山委員、よろしくお願いします。

【片山委員】 慶應の片山です。本日は一日ご説明をどうもありがとうございました。全体として非常に高い目標を立てられて、それに向けて非常に難しい課題に取り組んでいらっしゃることをよく理解いたしました。フッ化物の電池に関しては、現状の作動温度がやや高いということで、低温化が課題というお話でしたが、電解質の部分を例えば液体にするということになると、かなり現状の結果とまた異なるような問題が出てくるのではないかとということになって、少し危惧をすることもあります。ただ、私も液系の電池の研究をやっておりますので、そういったフッ化物系のイオンが動く電池というのが実現できるかどうかに対し、非常に興味を持って見ている次第です。また、亜鉛系の電池は、負極の亜鉛のサイクル特性といえますか、性能というのが非常に重要になるかと思えます。今回は正極側の話が中心になりましたけれども、ぜひよい正極を見つけていただいて、それに合わせた電解液中での、特に金属亜鉛の溶解析出反応のベーシックなところというのを押さえていただければと思います。それは、やはり先ほどの話にもありましたように、ほかの基礎的な研究にも役に立つと考えておりますので、ぜひ明らかにしていただけたらと思います。いずれにしても、両方の電池が今後うまく目標値を達成できるように努力していただければ幸いです。

【稲葉分科会長】 ありがとうございます。続きまして、岩崎委員、お願いいたします。

【岩崎委員】 岩崎です。本日は一日、本当に長い時間ご説明いただきましてありがとうございました。プロジェクトとしては非常にチャレンジングなことに挑戦されているということで、エネ密も十分あって、資源制約も低くて、かつコストも抑えられるであろうという、まさに理想的な電池を開発していくところにご尽力いただいているものと理解をしております。今日ご発表いただいた中で、中間評価ではありますが、これまでの成果として一定程度の十分な成果を出されていることを把握いたしましたし、逆に言うと、まだ解決しなくてはいけないところもたくさんあるとは思いますが、そのあたりもとてもクリアに整理をされていますので、残り 2 年半において、やるべきことを明確に今後進めていただけるのではないかと感じております。一旦のゴール、このプロジェクトのゴールとしては 2025 年度末となりますが、やはり世の中に出て、実用化されて何ぼということが究極的なゴールであるといったところに対しても、そのあたりのアウトカムとしての道筋を NEDO 様のほうで非常にクリアに立てられております。プロジェクトを進めていくにあたって、また新たな課題に対峙することにあたり、では 2025 年以降をどうするのかといったところにもらみながら、国、NEDO 様、事業者様といった全員で最終的なゴールに向けて頑張っていただけたらと思います。

【稲葉分科会長】 ありがとうございます。続きまして、今村委員、よろしくお願いします。

【今村委員】 今村です。本日は一日ご説明をどうもありがとうございました。資源リスクのない材料を使って、かつ低コストでリチウムイオン電池を超えるような性能、安全性の革新電池の開発というところで、非常に難易度の高い目標に対して産学連携をして進められていることを理解しました。非常に今後の日本の電池産業や自動車産業にとって重要なプロジェクトであると思っております。今回の説明で、最終目標に向けて計画どおり進んでいることと、その一方で、課題となる点ということも明確化されてきたものと理解しております。今回取り組んでいるものが、全く新しい電池系の材料系で、ほかでやられていないということで、参考となるデータもないとか、知見も少ないということでは非常に難しいところもあるかとは思いますが、ぜひメカニズムの解析や、シミュレーションの活用、そしてハイスループット測定などの話もありましたが、いろいろなツールを活用しながら、最終目標であるとか、アウトカム目標の達成に向けてぜひチャレンジを進めていただきたいと思います。

【稲葉分科会長】 ありがとうございます。続きまして、竹井分科会長代理、よろしくお願いします。

【竹井分科会長代理】 竹井です。本日はどうもありがとうございました。私はRISINGの頃から何らかの形で携わってきておまして、そのときのことを、「ああ、そうだった。そうだった」と思い返しながら一日勉強しつつ拝聴しておりました。こうして2つの電池系に絞られて、今、実用化に向けていろいろな課題を明らかにされながら開発されているということに対し感動を覚えるとともに、非常に進捗もしっかりとされていることが理解できたと思っております。また、このRISING3としてあと2年半というところで目標値が決まっていますから、それに向かっていくのは当然のことではあります。実はこのプロジェクトというのは、私の中ではNEDOプロジェクトの中で少し異質ではないかと考えているところがあります。ほかのNEDOで動いているようなプロジェクトとは少し違うという印象を以前からずっと持っており、それゆえに、目標値をある程度頑張るに到達に持っていくというのは必要でありながら、特にアカデミアの先生方がたくさん携わられているこのプロジェクトは、いろいろなアイデアが出てきて、いろいろな可能性を試されてきているというこの芽を潰すべきではないと。これもNEDOのプロジェクトの一つですから、ほかと同じではあるのしょうけれども、何か無理やり集約させていって、これが着地点ですと行って終わらせてしまうような寂しい結末ではなく、こんな可能性もある、こういう課題があったからそれを乗り越えるためにこんなアイデアがあるというところはしっかりつくっていただけたらと思うのです。この電池系が本当にあと何年後に世の中に出ていくのかと考えると、恐らく3年後とか5年後にこの2つの電池系が世の中にぼんぼん出ていっているというのは想像しにくく、そのために、その次を狙うためには、次に本当に世の中に出ていくためにこそ可能性をちゃんと残しながら進めていただくとというのが、私の頭の中ではすごく重要なところではないかと考えております。ぜひ、いろいろなアイデアであるとか、応用先なんかも考えながら、今後も進めていただければ幸いです。

【稲葉分科会長】 ありがとうございます。それでは最後に、本日の分科会長を仰せつかりました稲葉より講評を行います。本日は一日ありがとうございました。実は、最初にこの資料をいただいたときに、非常に膨大なデータ資料でありまして、正直言いますと、あまり理解できていなかったところもあったのですが、本日の説明を伺い、進捗している状況や、材料も非常に徐々に徐々に絞り込まれているといったことも併せて把握に至りました。また、進め方に関して、あと2年ほどというところでは、私も竹井分科会長代理と同じように考えるところで、あまり目標値にこだわってしまうと、目標を超えることだけが開発になってしまい、造ってみたら使えない電池になってしまったというような、問題も多くて使えない電池になってしまったというよりは、目標よりも実際使える電池というのはどんなものだろうかというところを考えて開発していくのも一つの手ではないかなと感じた次第です。あと2年ですから、やはり次は、できれば実用化研究に移るといふところにあるとは思いますが、より一層頑張ってください、材料の絞り込みや特性の改善を行いながら、ぜひ実用化研究につなげていただけたらと思います。

【宮代専門調査員】 委員の皆様、ご講評を賜りまして誠にありがとうございました。続きまして、経済産業省の緑川様課長補佐、そして推進部署の今田部長より一言ずつお願いいたしたく存じます。

それでは、緑川様、どうぞよろしくお願いたします。

【経済産業省_緑川】 経済産業省 製造産業局 自動車課の緑川です。本日は、委員の皆様におかれましては、中間評価において闊達な議論を行っていただきまして、誠にありがとうございました。フッ化物電池と亜鉛負極電池につきましては、どちらも一定の成果が得られたものと今現在考えており、プロジェクトを率いてくださった安部先生、森田先生をはじめ、関係の皆様にもこの場を借りて御礼を申し上げます。また、フッ化物電池というのは、今後、稼働温度が課題であり、さらに亜鉛負極電池というのはサイクルの連続による機能低下が課題であることを受け止めておりますが、現在、電池については様々な種類が開発されており、資源制約や欧州の電池規則などによる様々な課題というのも同時に存

在していることを認識しております。その中で、フッ化物電池や亜鉛負極電池というのは、現在、主流である液体リチウムイオン電池に代わり得る候補だと考えておりますので、RISING3に参加されている皆様につきましては、ぜひイノベーションによる豊かな生活をつくることに結びつく課題達成のための研究を引き続きよろしくお願ひいたします。また、今回会議にご参加いただいている事業者の皆様につきましては、一つお願ひもごさいます。イノベーションを実際に世の中に出すためには様々な課題が存在しており、一般的に事業化に結びつく確率というのは極めて低いものと認識している上で、RISING3の技術については、ぜひ最終的に、将来的には世の中に出せるようなものとしたく思っておりますので、事業化に結びつくためにはどのようにすればよいのか、どのような課題があるのか、それを各事業者様のほうでも引き続きご検討をいただければと考えております。ぜひ皆様のご助力につきましても何とぞよろしくお願ひ申し上げます。経済産業省からは以上です。

【宮代専門調査員】 ありがとうございます。それでは、今田部長、よろしくお願ひいたします。

【NEDO スマートコミュニティ・エネルギーシステム部_今田部長】 推進部、部長の今田からも一言御礼とご挨拶をいたしたく存じます。まず、本日終日にわたる分科会をはじめ、事前に多くの資料にもお目通しいただきましたことに御礼を申し上げます。このプロジェクト自身、極めてチャレンジングなプロジェクトであり、今回この中間評価で専門家の皆様方から頂戴するコメント、ご質問も含めてですが、こういったものというのは、プロジェクト推進にとって非常に貴重なインプットと私どもは考えております。ぜひとも、後半に向けて、研究開発計画に活かしてまいる所存です。そして、本日、私ども実施部隊としては、これまでの進捗を踏まえ、技術的な課題への対応方針、その中でもアプローチであるとか、時間軸のご説明、あるいは逆に、先ほど冒頭にもお話をしましたように、事業化に向けたバックキャスト的な取組、企業との連携、開発体制の工夫など、これらを我々としてどう考え、どう取り組んでいくかということをご説明したところです。それらを踏まえまして、例えば、国としてのエネルギー問題への貢献、あるいは資源環境制約の克服、また、それと同時にビジネス上の国際競争を勝ち抜いて、日本企業が持続可能性を担保すること、これら一つ一つを達成することですら大変なのですけれども、これを同時達成しなければいけないということで、このプロジェクトにかかっている期待も大きいと私どもも認識しております。これからどう取り組むべきなのか、あるいは何に注意して進めるべきなのか、既にコメント、ご講評をいただいているところですが、ぜひ具体的なアドバイスという形で、この中間評価をおまとめいただけると、私どももプロジェクト後半にかけてフィードバックをかけやすいと思っておりますので、ぜひともよろしくお願ひいたします。以上です。

【稲葉分科会長】 ありがとうございます。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 における技術評価について
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	評価スケジュール
番号なし	質問票（公開 及び 非公開）

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

「電気自動車用革新型蓄電池開発」（中間評価）分科会

ご質問への回答（公開分）

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
資料 7-1、 1-18	技術の不確実性について、“目標とする性能・スペック・・・EV バッテリーの延長線上にあり、現実性を有している”は現状リチウムイオン電池と全く異なる電池系に挑戦している以上、当てはまらないのではないかと？特にフッ化物電池系は、商用化に向けた実績もなく、大型EV 用途を想定するには技術の不連続性が懸念される。	竹井 分科会長 代理	フッ化物電池および亜鉛負極電池のどちらにおいても技術的難易度が高く、挑戦的な研究である事をご指摘の通りです。一方で前事業（革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発）の成果を踏まえてアウトプット目標を設定した事、および他事業の事例を参考に「技術の不確実性」に非該当と判断しました。
資料 7-1、 2-13	”プロセス検討に必要な分量の合成が可能な材料”の意味が不明。プロセス検討には一定量以上の分量が必要と考えるか、それとセル容量とどのように関係するか？	竹井 分科会長 代理	エネルギー密度実証に使用している材料は研究者自身が合成しているため、一度の合成量は数十～数百 mg のオーダーです。活物質の比容量（数百 mAh/g）を考えると、0.1Ah の電池を作成するためには g オーダーの材料が必要となります。一方、プロセス検討には、合成法が確立している材料を使用しており、10g 以上の材料使えるため、プロセス検証とセル容量の検証を兼ねる事としました。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
資料 5 P28～29	アウトカム目標は、他の関連する国プロ間で整合は取れていましたでしょうか？	岩崎 委員	他の NEDO 事業（次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発など）とは、実用化時期の違いなどがありますが、アウトカム目標は整合しています。科学技術振興機構が現在公募中の「革新的 GX 技術創出事業<蓄電池>」で想定している CO ₂ 削減および経済効果とも矛盾しておりません。
資料 5 P29	革新電池が実用化されれば、日本の自動車メーカーに限らず海外の自動車メーカーからも採用されるものと思われま。それを前提としてアウトカム目標を設定することにより、電池メーカーの国際競争力強化の視点もアウトカム達成までの道筋の中で明確に描くこととなり、我が国産業界にとって有益ではないかと思慮致します。	岩崎 委員	今回、事業目的に照らし合わせて、日本の自動車メーカーのアウトカム目標を設定しましたが、ご指摘事項はもっともなので、今後のアウトカム目標見直しの時に参考にさせていただきます。
資料 5 P33	人材育成の取り組みを進めておられますが、関西蓄電池人材育成等コンソーシアムの活動との連携のような、高校・高専・大学生などの比較的若い人材を対象としたオープンラボのような取り組みはされておられますでしょうか？	岩崎 委員	開発対象の電池は、いまだ研究フェーズであるため、開発に携わる研究者および人材育成の対象は、大学院生以上を対象としています。若手の育成を念頭に、学生研究員の登録も実施しており、非公開の学術交流の場として内部シンポジウムも実施していますが、オープンラボなどを実施する予定はございません。
資料 7-1、 概要-1, 2-5	現行の液 LIB の重量（質量）エネルギー密度が 130～160Wh/kg とありますが、1-12 では 200～300Wh/kg と書かれています。どちらが適切でしょうか？	片山 委員	概要-1 および 2-5 に示した値は EV 用の電池パックでの値であり、1-12 はセルでの値です。セルを組み合わせる際に、セル固定の構造体や外装体、冷却システム、電池制御システムなどが付加されるため、エネルギー密度は低下します。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
資料 7-1、 概要-1、 2-5, 2-11	亜鉛負極電池の実用化目標の重量（質量）エネルギー密度 200Wh/kg は革新電池として適切といえるでしょうか？	片山 委員	亜鉛負極電池は、資源量の制約がなく、かつ製造も容易な水系電解液を用いた電池を念頭に置いています。そのため水系電池の上限と推定されるエネルギー密度に設定しました。本電池の革新性はエネルギー密度ではなく、資源問題と期待されるコストに重点があります。
資料 7-1、 2-14	亜鉛電池の成果についてプロセス確立のために検討した Ni-Zn 電池のエネルギー密度を示すのはどのような意義があるのでしょうか？	片山 委員	Ni-Zn 電池は亜鉛負極と水系電解質を用いる二次電池として、国内外通じて唯一実用化が進められている系であり、本研究開発ではベンチマークとしています。Ni-Zn 系で電池試作のプロセスを確認することで、亜鉛負極電池のセル化技術の妥当性を検証できると考えました。実際、市販電池と同等以上のエネルギー密度をもつ電池が試作できたことをもってプロセスの妥当性を確認し、研究開発の成果の一つとしてあげました。
資料 5-1 P22	コストについて：他よりも低く設定できており、高い意識がうかがえる。現在提案する電池の場合、この値を実現する一番大きな障壁はなんでしょうか。	手嶋 委員	現状で最も不明な点は材料合成および電池製造（電極塗工など）に関わるコストです。そのため、事業の後半では、合成・製造プロセスのコスト要因（原料費の他に、熱処理温度や湿度の環境制御範囲など）に留意しながら開発する予定です。
資料 5-1 P22	急速充電時間について：とても有効的な値ですが、材料開発などが順調に進めば十分にクリアできる見通しとなっているのでしょうか。	手嶋 委員	現状、急速充電に対して技術的な見通しは立っていません。充放電時の抵抗解析や、活物質の利用率向上の検討を元に、目標達成を目指していきます。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
資料 5-1 P23	他事業との関係について：ALCA-SPRING や SOLiDEV(あるいは COI-NEXT など)をはじめとするさまざまな大きなプロジェクトと連携してきた(している)と思います。また、GteX とは今後の連携が期待できると考えます。これらの技術トランスファーや技術共通基盤化について、データ管理含めて実活用に向けてどのように進めているのでしょうか(もちろん共有できない情報もきわめて多いと拝察いたします)。	手嶋 委員	ALCA-SPRING や SOLiD-EV とは本事業の高度解析技術を通じて連携してきました。GteX や SOLiD-Next は本年度開始の事業なので、ご指摘の点も含めた連携のあり方はこれからの議論となります。今後の参考にさせていただきます。
資料 5-1 P24	アウトカム達成までの道筋について：アカデミアと企業のそれぞれの研究者・技術者が深く協働する体制であり、アウトカムにはきわめて重要であると考えます。アカデミアと企業の融合は比較的好事例も多いと思いますが、アカデミア間あるいは企業間でどのように成果を共有・基盤化しているのでしょうか。一般的な技術組合とは異なる好適事例があればご教示ください。	手嶋 委員	2つの電池系の全体技術会議や、事業に関わる全研究者が対象の内部シンポジウムなどで、アカデミア間および参画企業と成果の共有・基盤化を図っています。その他、特定の事業者のもつ非公開情報やノウハウの共有は知財合意書に基づいて、必要な範囲で共有できるように運営しています。
資料 5-1 P25-26	知財戦略について：知財・ノウハウについては戦略的にまとめられていると思います。一方、このノウハウについて、材料や技術を共有化するときにとても重要な情報になると感じており、事業者間で	手嶋 委員	ノウハウは一旦おおよけになると、特許と違い保護されないため、本事業内でも必要以上の共有は避けています。共有範囲の設定は難しい判断となります。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
	共有議論する際の課題などがあればご教示ください。		
資料 5-2 P31	中間目標からアウトプット目標に引き上げるためには、中間目標時点でどのような状態・環境を実現できていればアウトプット目標を達成できると考えるのでしょうか。詳細な技術情報ではなく、マネジメントの視点からもしコメントのであればご教示ください。	手嶋 委員	事業終了時のアウトプット目標には、充電速度と耐久性、それと安全性に関する項目が追加されています。電池反応の観点では、反応の速度論および副反応が関わってくる項目であるため、今年度中に反応解析をどこまで深くやり切れるかがポイントになると考えています。
資料 5-2 P33	このプロジェクトでは多くの若手人材が輩出されると期待できます。この若手人材が将来的にも活躍できるような場をどのように構築するのでしょうか。アカデミアのみならず、企業への展開、あるいは企業内部での人材登用など、ここで育成された人材が継続的に活躍できる場・流れが重要になると拝察いたします。	手嶋 委員	本事業に関わった若手研究者の活躍の場、あるいは企業などへの人材登用に関してはこれからの課題となります。ご意見は今後の参考にさせていただきます。
資料 5-2 P34	電池開発の場合、川上から川下までの一貫通貫的な思考がきわめて重要であると理解しております。技術の垣根を超えた研究者・技術者の高度融合(深化)を手助けする仕組みがあればご教示ください(表面的な技術理解というよりも、根幹からの理解が重要であると理解しています)。さまざまな場面で活用できると期待しております。	手嶋 委員	企業の技術者が拠点の大学に派遣され、常駐する事で、アカデミアの研究者と目的意識・技術を共有している面はあります。またアカデミア同士でも材料研究者と高度解析の研究者などの間で、共同研究を通して交流が図られています。

資料番号・ ご質問箇所	ご質問の内容	委員名	回答
			説明
資料 5-3 P39	対応のうち、マテリアルズ・インフォマティクス (MI) について：きわめて重要な取り組みと理解しております。一方、新規材料創出の手段としての難しさも感じています。とはいえ、MI を有効活用することは、今後の材料研究・開発のキーワードであると考えます。本事業ならではの MI ポイントがあればご教示ください。技術や材料の詳細の説明は不要で、MI 活用の考え方をご教示いただければ結構です。	手嶋 委員	なるべく多くの組成の材料を合成し、それぞれの材料の説明変数（組成や構造など）を、基盤となる材料データベースに登録し、充実させることが重要と考えます。また複数の企業・研究者が種々の MI 手法を試行する事で材料探索スキームの確立を目指しています。

参考資料 2 評価の実施方法

NEDOにおける技術評価について

1. NEDOにおける技術評価の位置付けについて

NEDOの研究開発の評価は、事業の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおけるPDCAサイクル（図1）の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODAループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価事業等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

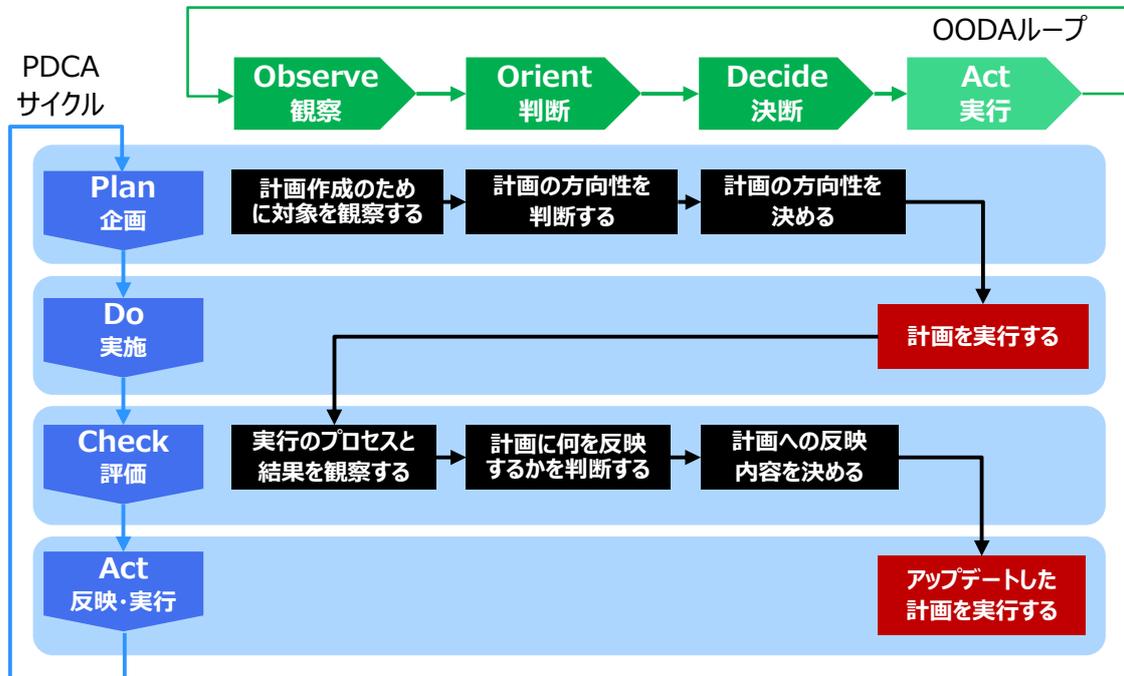


図1 研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

2. 技術評価の目的

NEDOでは、次の3つの目的のために技術評価を実施しています。

- (1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
- (2) 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。
- (3) 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。

3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の5つの共通原則に従って行います。

- (1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
- (2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
- (3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
- (4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
- (5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

4. プロジェクト評価の実施体制

プロジェクト評価については、図2に示す実施体制で評価を実施しています。

- (1) 研究開発プロジェクトの技術評価を統括する研究評価委員会をNEDO内に設置。
- (2) 評価対象プロジェクト毎に当該技術の外部の専門家、有識者等を委員とした分科会を研究評価委員会の下に設置。
- (3) 同分科会にて評価対象プロジェクトの技術評価を行い、評価報告書（案）を取りまとめた上、研究評価委員会に諮る。
- (4) 研究評価委員会の審議を経て評価報告書が確定され、理事長に報告。

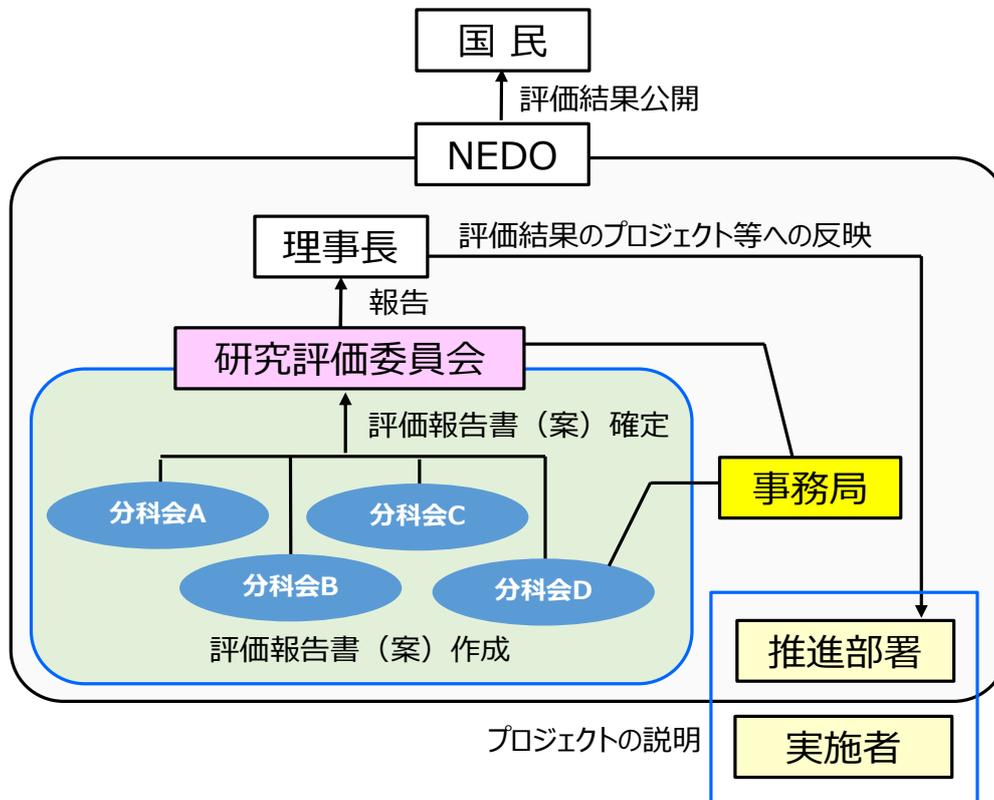


図2 評価の実施体制

5. 分科会委員

分科会は、研究開発成果の技術的、経済的、社会的意義について評価できる NEDO 外部の専門家、有識者で構成する。

6. 評価手順

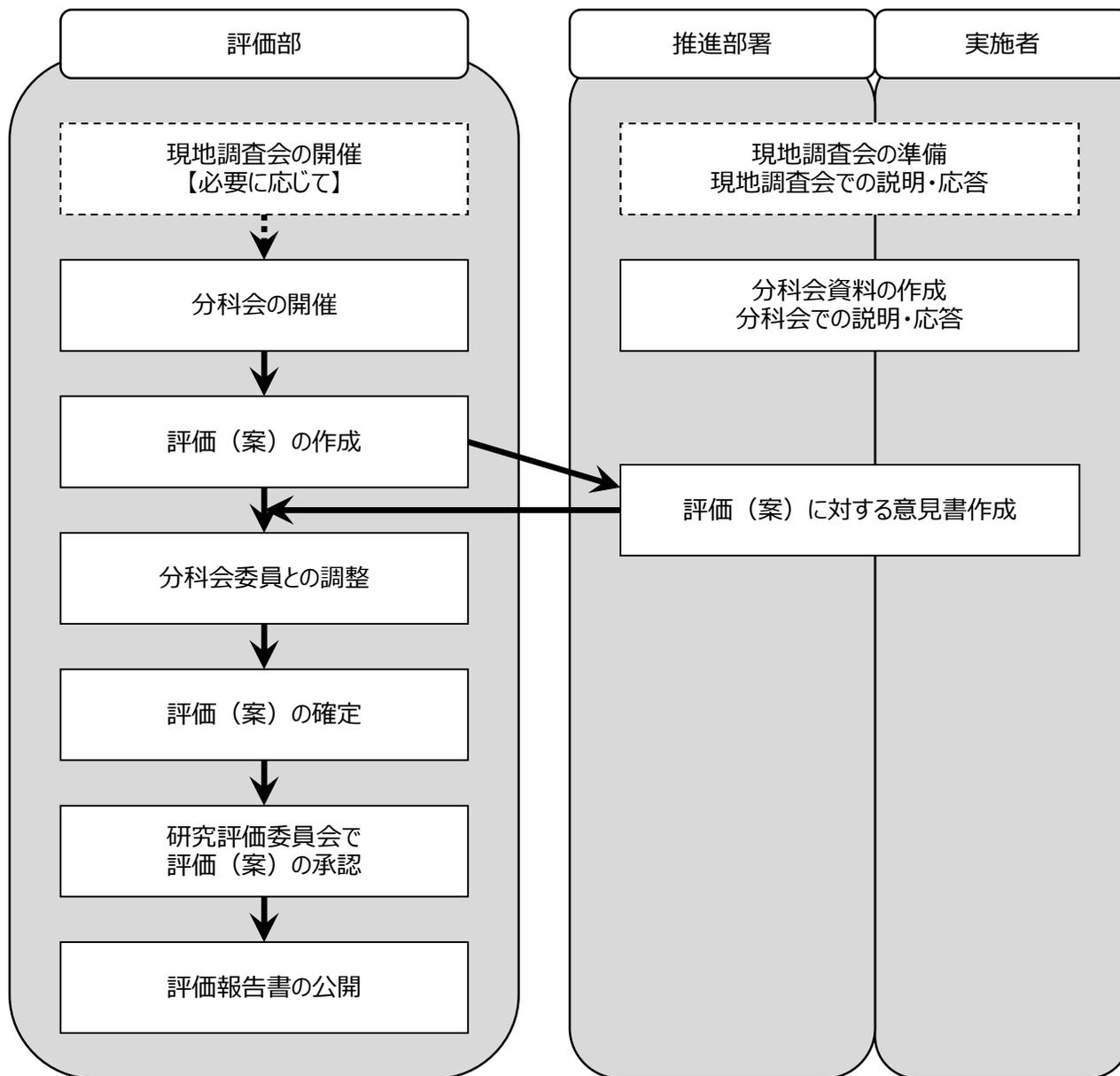


図 3 評価作業フロー

「電気自動車用革新型蓄電池開発」（中間評価）分科会に係る
評価項目・評価基準

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1) 本事業の位置づけ・意義

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）や上位のプログラム及び関連する政策・施策における位置づけが明確に示された上で、それらの目的達成にどのように寄与するかが明確に示されているか。
- ・外部環境（内外の技術・市場動向、制度環境、政策動向等）の変化を踏まえてもなお、本事業は真に社会課題の解決に貢献し、経済的価値が高いものであり、国において実施する意義があるか。

(2) アウトカム達成までの道筋

- ・「アウトカム達成までの道筋」※の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮しているか。

※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項

- ・将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
- ・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
- ・本事業終了後の自立化を見据えていること。
- ・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

(3) 知的財産・標準化戦略

- ・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データを含め、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当か。
- ・本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであるか。
- ・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいるか。

2. 目標及び達成状況

(1) アウトカム目標及び達成見込み

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に*見直しているか。
- ・アウトカム目標の達成の見込みはあるか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当か）。
- ・費用対効果の試算（国費投入総額に対するアウトカム）は妥当か。

※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO₂削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。
- ・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。
- ・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

(2) アウトプット目標及び達成状況

- ・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に*見直しているか。
- ・中間目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切か。
- ・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあるか。
- ・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われているか。

※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

- ・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。
- ・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。
- ・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。
- ・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックとTRL*の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

3. マネジメント

(1) 実施体制

- ・ 執行機関（METI/NEDO/AMED 等）は適切か。効果的・効率的な事業執行の観点から、他に適切な機関は存在しないか
- ・ 実施者は技術力及び実用化・事業化能力を發揮しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は有効に機能しているか。
- ・ 実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化を目指した体制となっているか。
- ・ 個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切か。
- ・ 本事業として、研究データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公平性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしているか。

(2) 受益者負担の考え方

- ・ 委託事業の場合、委託事業として継続することが適切[※]か。補助事業の場合、現状の補助率の設定を続けていくことが適切[※]か。

※ 適切な受益者負担の考え方

- ・ 委託事業は、「事業化のために長期間の研究開発が必要かつ事業性が予測できない[※]、又は、海外の政策動向の影響を大きく受けるために民間企業では事業化の成否の判断が困難な場合において、民間企業が自主的に実施しない研究開発・実証研究」、「法令の執行又は国の政策の実施のために必要なデータ等を取得、分析及び提供することを目的とした研究開発・実証研究」に限られていること。
- ・ ※「長期間」とは、技術特性等によって異なるものの「研究開発事業の開始から事業化まで10年以上かかるもの」を目安とする。「事業性が予測できない」とは、開発成果の収益性が予測不可能であり、民間企業の経営戦略に明確に記載されていないものとする。
- ・ 補助事業は、事業化リスク（事業化までの期間等）に応じて、段階的に補助率を低減させていくなど、補助率が適切に設計されているものであること。

(3) 研究開発計画

- ・ 外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえ、アウトプット目標達成に必要な要素技術、要素技術間での連携、スケジュールを適切に見直しているか。
- ・ 研究開発の進捗を管理する手法は適切か（WBS[※]等）。進捗状況を常に関係者が把握しており、遅れが生じた場合、適切に対応しているか。

※WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

参考資料 3 評価結果の反映について

「電気自動車用革新型蓄電池開発事業」(中間評価)の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】 今後においては、実用化に向けたサプライチェーンの構築のために、適切な段階での活物質、電解質を担当する材料メーカーの参画することが望ましい。それにより、材料メーカーの知見・経験が、材料種の確定においても寄与すると考える。</p> <p>【2】 フッ化物電池に関しては、残り2年間の研究期間で企業が実用化研究に移行できるところまで仕上げられるか不安が残るため、一層の材料の絞り込みが必要になると考える。</p> <p>【3】 亜鉛負極電池に関しては、200Wh/kgの目標で良いが、150Wh/kgであっても低コスト、高安全性であれば、自動車以外の用途にも十分展開が可能であることから、別視点での用途も検討することが望ましい。</p>	<p>【1】 将来のサプライチェーン構築を念頭に、潜在的サプライヤからの情報収集を進めつつ、材料の選定に向けては、ヒアリングや協議などへの企業参画を通じ、材料メーカーの知見・経験も活用しつつ、プロジェクトを推進する。</p> <p>【2】 企業での実用化研究移行要件は、プロジェクト内のステアリング会議およびマネジメント会議で既に議論を実施している。本取組を引き続き継続するとともに、最も要望の高い低温作動に関する開発の優先度を上げて推進する。 また、材料の絞り込みは2023年度の実施計画で既に計画されており、今年度末の開発進捗を確認の上、対策を決定する。</p> <p>【3】 車載用としては、200Wh/kgのエネルギー密度を見通せることが望ましい。そのため、引き続き、正極材料の選定と実証を進める。具体的には、候補となる正極材料の充放電反応とエネルギー密度を検証し、200Wh/kgの見通しを立てる。その後、劣化メカニズムの解析を実施し、サイクル特性の向上を図る。一方、定置用など、車載用以外の用途展開の可能性についても検討する。</p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>【4】 今後においては、LCAにおける指標としてライフサイクル温室効果ガス排出量だけではなく、資源消費インパクトや酸性化※、有害化学物質の使用など、蓄電池の技術評価で課題として認識されている項目については、算定しておくことを期待する。</p> <p>※”酸性化”とは、酸性雨化並びに、陸上・海上等に沈降する陸生酸性化・水生酸性化を指す</p> <p>【5】 蓄電池のリサイクル/リユースの検討が広がるなど、従来技術も進化していることから、他の技術や社会的仕組みも変化するというシナリオを考慮しながら、技術評価を実施していくことを望む。</p> <p>【6】 本事業で獲得している基礎的・学術的研究アプローチや知見は、他の事業などに大いに貢献できるものであることから、連携すべき他の事業と成果の共有を期待したい。</p>	<p>【4】 環境影響へのより適切な評価を行うため、温室効果ガス排出量以外のLCA指標についても追加を検討する。</p> <p>【5】 他の蓄電池技術や社会動向の変化に関しては、これまで同様に外部機関による情報収集・定点観測を継続する。一方で、リサイクル・リユースの視点での蓄電池技術や社会動向の変化に関して、必要に応じて対応を検討する。</p> <p>【6】 本事業で確立している基礎基盤技術を広く活用、他事業への貢献を図るため、引き続き、JST等の他事業との連携を図る。</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 三代川 洋一郎

担当 宮代 貴章

* 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)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミューザ川崎セントラルタワー20F

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