

「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5月31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（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（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） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 <table border="1" data-bbox="367 1675 1444 2036"> <thead> <tr> <th>目標項目</th> <th>実用化目標 （革新型蓄電池）</th> <th>参考 （現行の液系 LIB）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>コスト</td> <td>1万円/kWh 以下</td> <td>2万円/kWh 程度</td> </tr> <tr> <td>重量エネルギー密度</td> <td>フッ化物電池：400Wh/kg 以上 亜鉛負極電池：200Wh/kg 以上</td> <td>130～160Wh/kg 程度</td> </tr> <tr> <td>体積エネルギー密度</td> <td>フッ化物電池：900Wh/L 以上 亜鉛負極電池：400Wh/L 以上</td> <td>150～240Wh/L 程度</td> </tr> <tr> <td>カレンダー寿命</td> <td>15年以上</td> <td>7～8年程度</td> </tr> <tr> <td>サイクル寿命</td> <td>2,000回以上</td> <td>1,000回程度</td> </tr> </tbody> </table> | | | 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 |
| 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | <table border="1"> <tr> <td>安全性</td> <td>内部短絡や過充電等、異常時の発火リスク無し</td> <td>リスク有り</td> </tr> <tr> <td>原材料調達リスク</td> <td>無し</td> <td>有り (Li, Co)</td> </tr> <tr> <td>急速充電時間</td> <td>20 分以下</td> <td>40 分程度</td> </tr> </table> <p>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。</p> | 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|------------------|---|------------------------|--|--------|-------------|-----------|--------------|--------------|-----------|-------------|---------------|----------|--|------------------|-------|--|-------|----|----------------|----------------|----------|-----------|--------------|-----------|-----------------------|
| 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 月末現在で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 | <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 | <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 | ○ 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 | | | |
| | 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 |

| | | 中間評価▽ | | | 事後評価▽ | | |
|---------------------|---|------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------------------|----------------|
| | | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 | 2025年度 | |
| 3.3 研究開発計画 | 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 |
| | | 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 | | | | |
| | | 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 | なし |

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 比率を下げています。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。 |
| パワートレイン | — | 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。

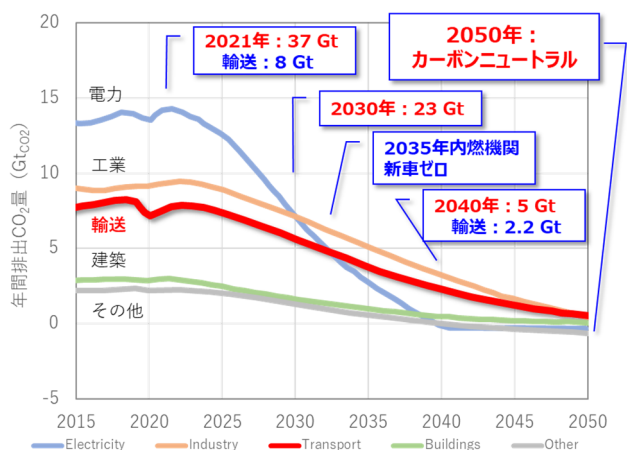


図 1.1-2-1 世界の部門別 CO₂ 排出量

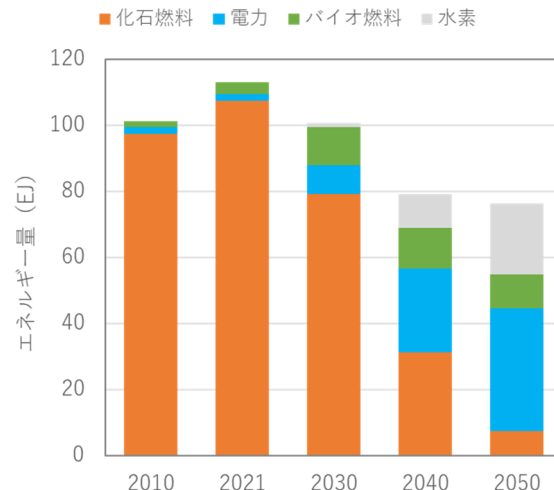


図 1.1-2-2 輸送部門のエネルギー種別の推移

(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。

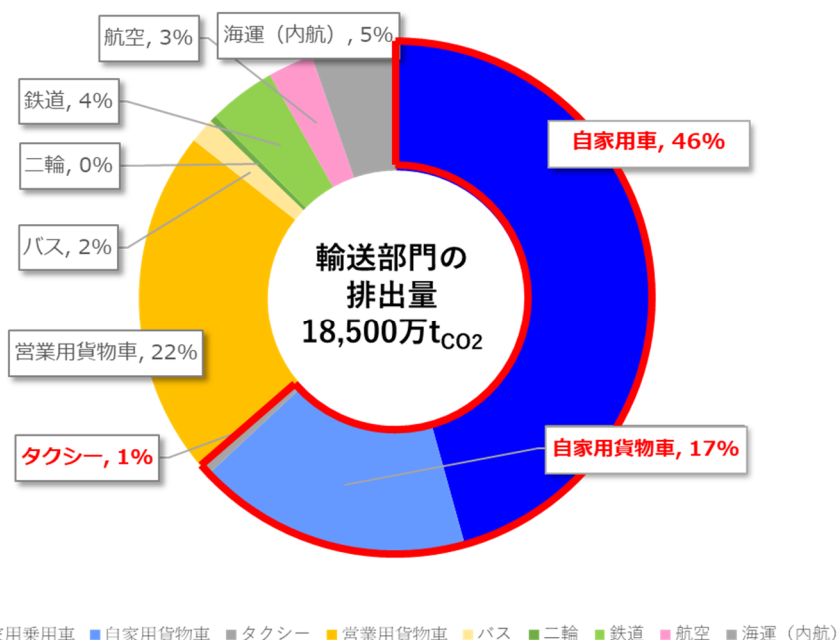


図 1.1-2-3 日本の輸送部門における CO₂ 排出量 (2020 年度)

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。

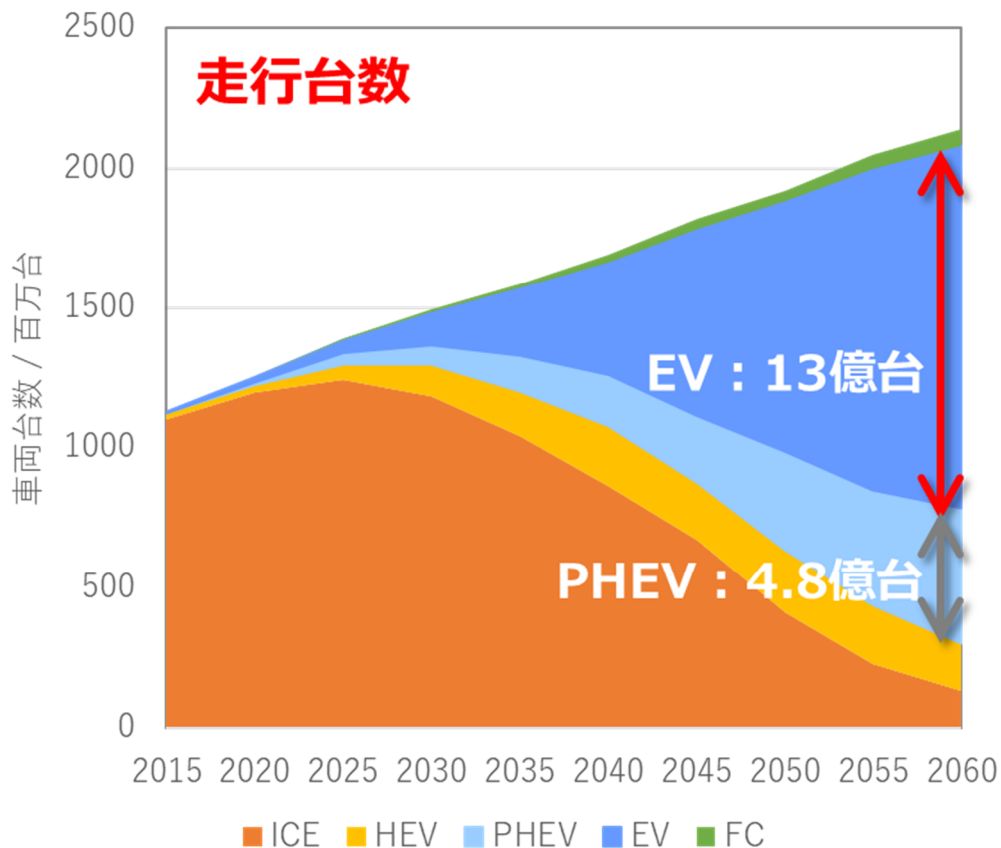


図 1.1-2-4 小型車のパワートレーン別走行台数の推計

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 として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)」

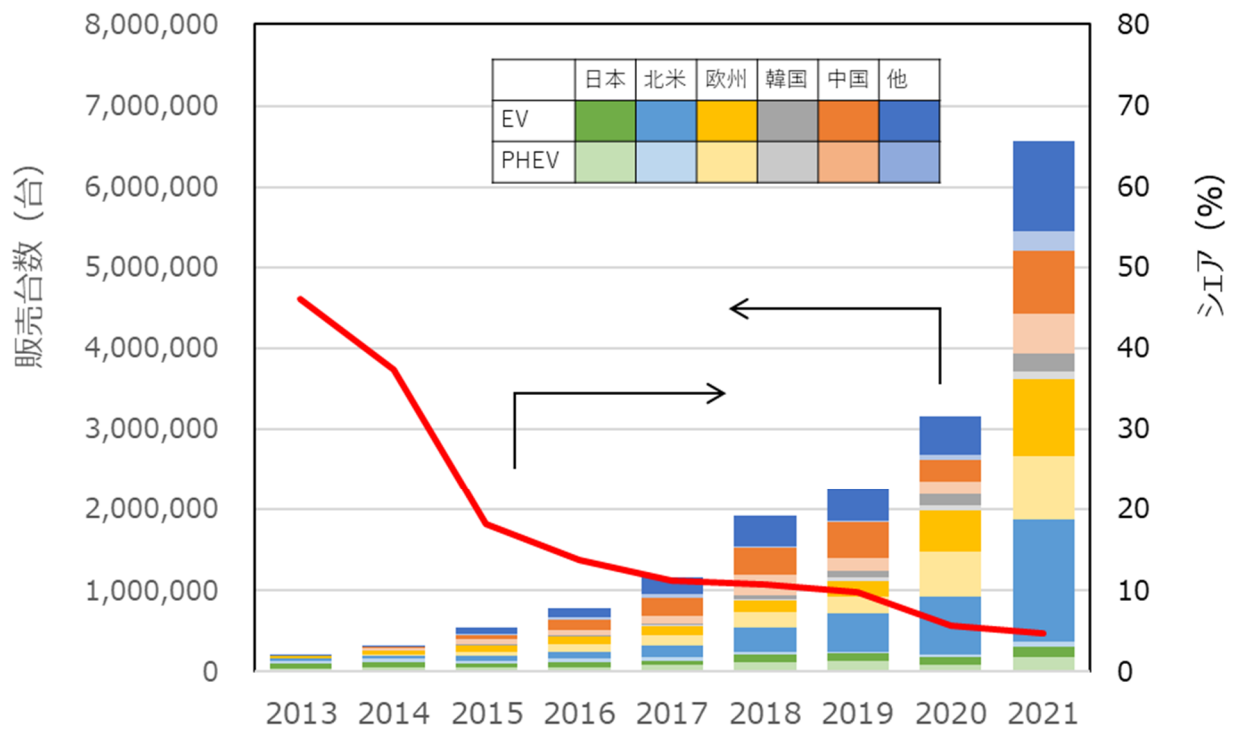


図 1.1-2-5 各国主要メーカーの電動車（EV・PHEV）販売台数と日本車シェア

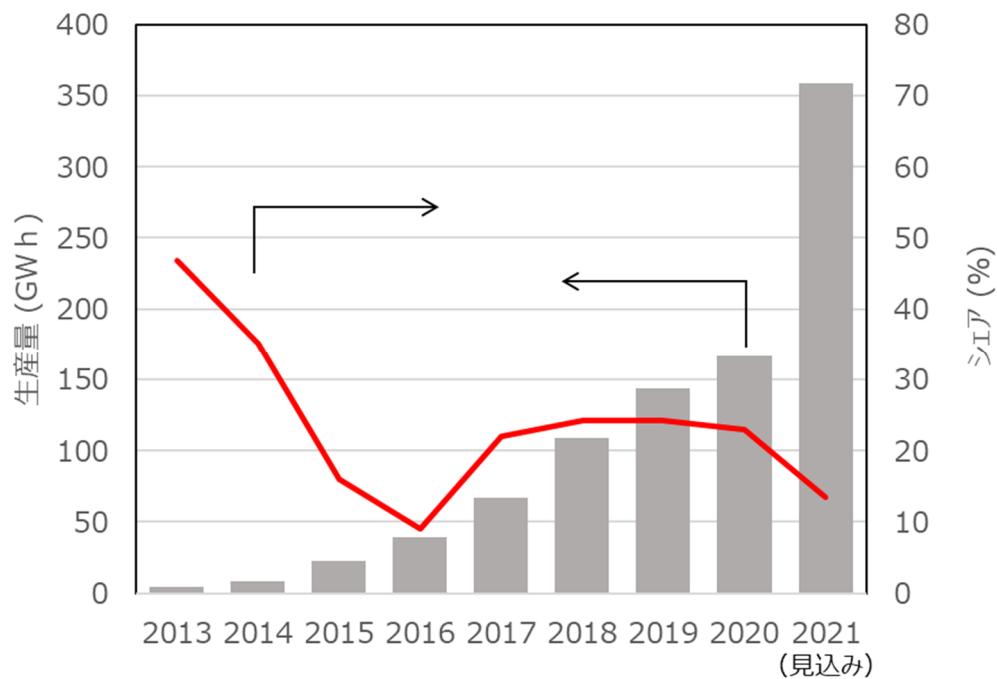


図 1.1-2-6 車載用 LIB 生産量と日本メーカーシェアの推移

(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。

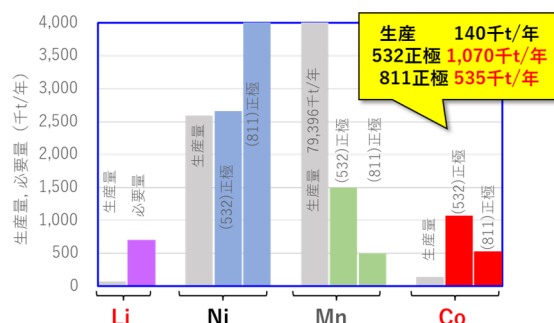
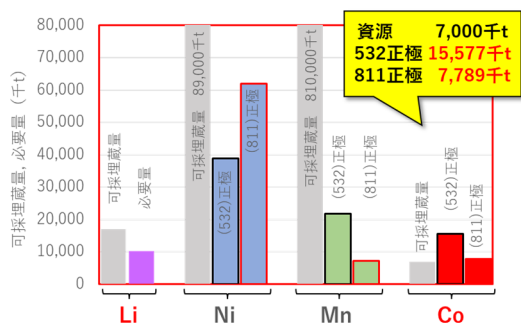


図 1.1-2-7 CN 達成時の車載電池に必要な総資源量

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。

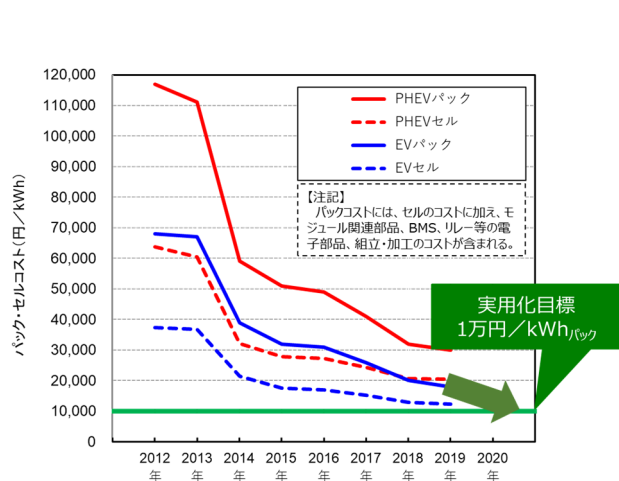


図 1.1-2-9 EV・PHEV のセル・パックコスト推移と実用化目標

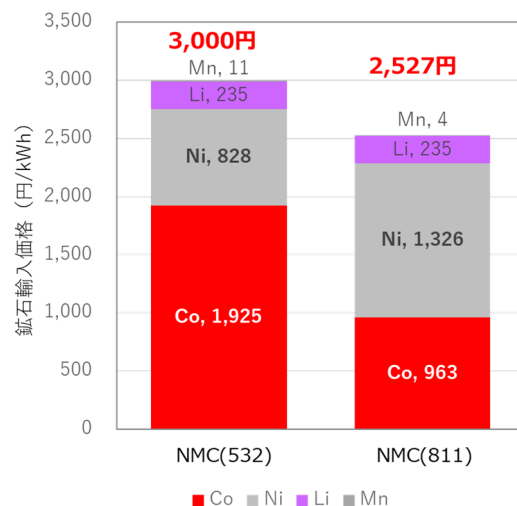


図 1.1-2-10 1kWh の三元系正極 LIB に必要な原料鉱石の輸入価格

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。

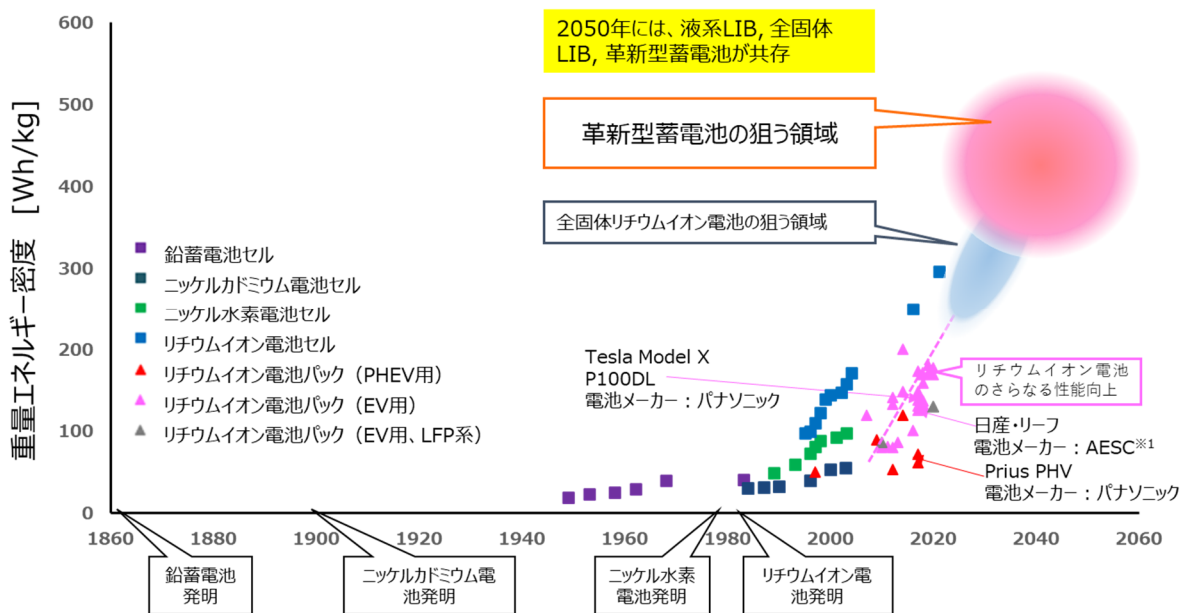


図 1.1-3-1 電池技術の進歩と革新型蓄電池の位置づけ

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。

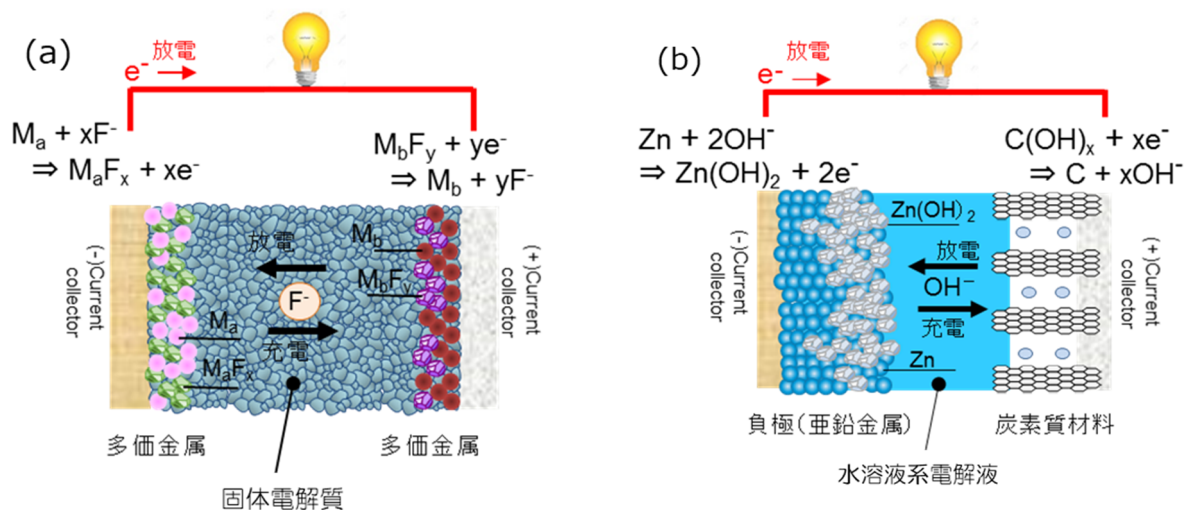


図 1.1-4-1 革新型電池のコンセプト図 (a)フッ化物電池、(b)亜鉛負極電池

(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。

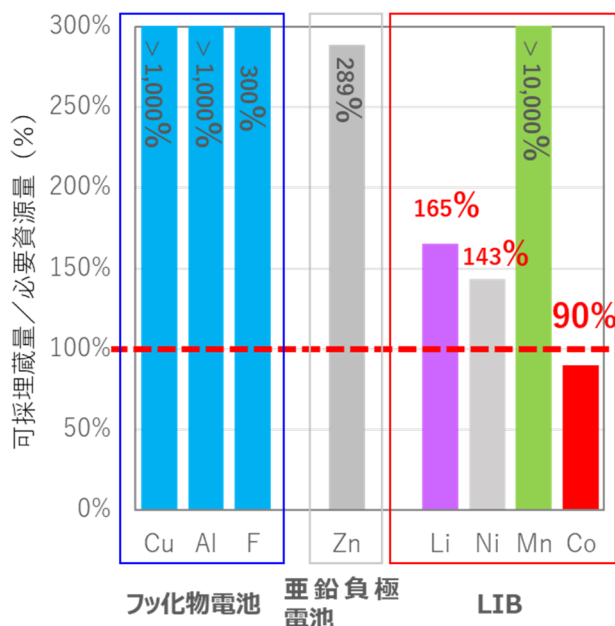


図 1.1-4-2 CN 達成に必要な車載電池 (86.8TWh) に必要な資源量に対する可採埋蔵量

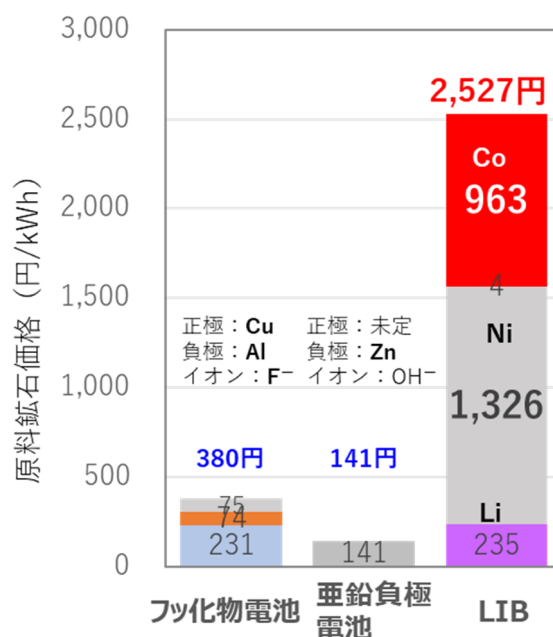


図 1.1-4-3 電池 1kWh 当たりの原料鉱石価格

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

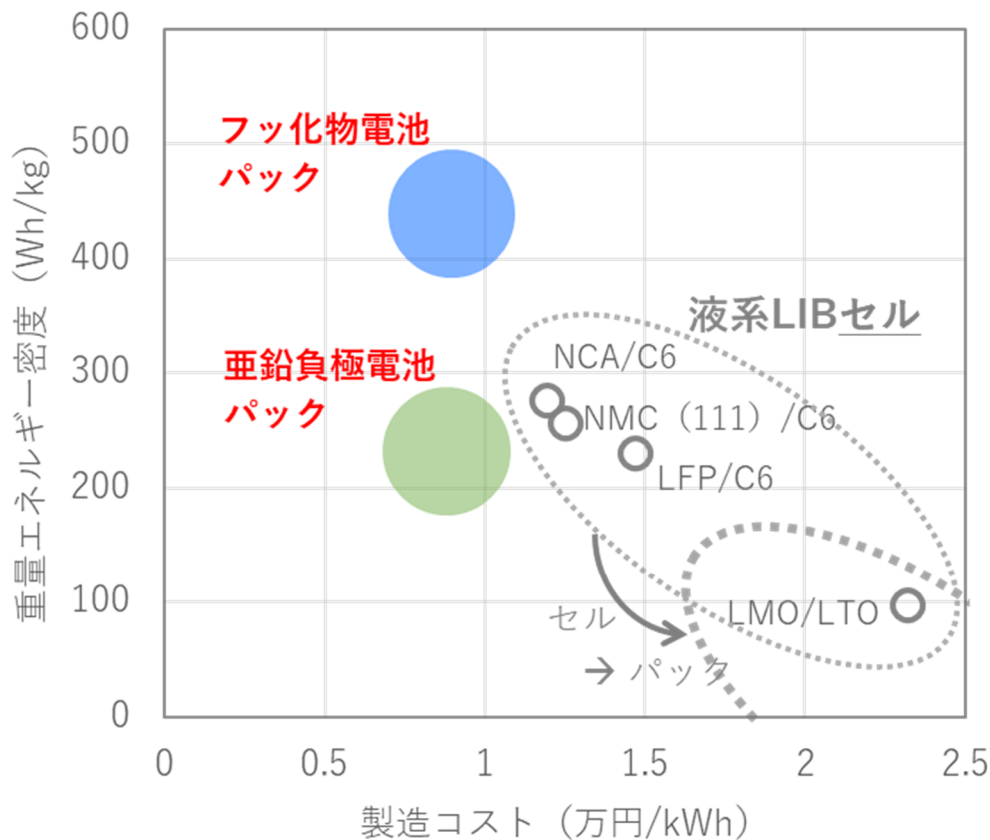


図 1.1-4-4 液系 LIB 製造コストと本事業のターゲット

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。

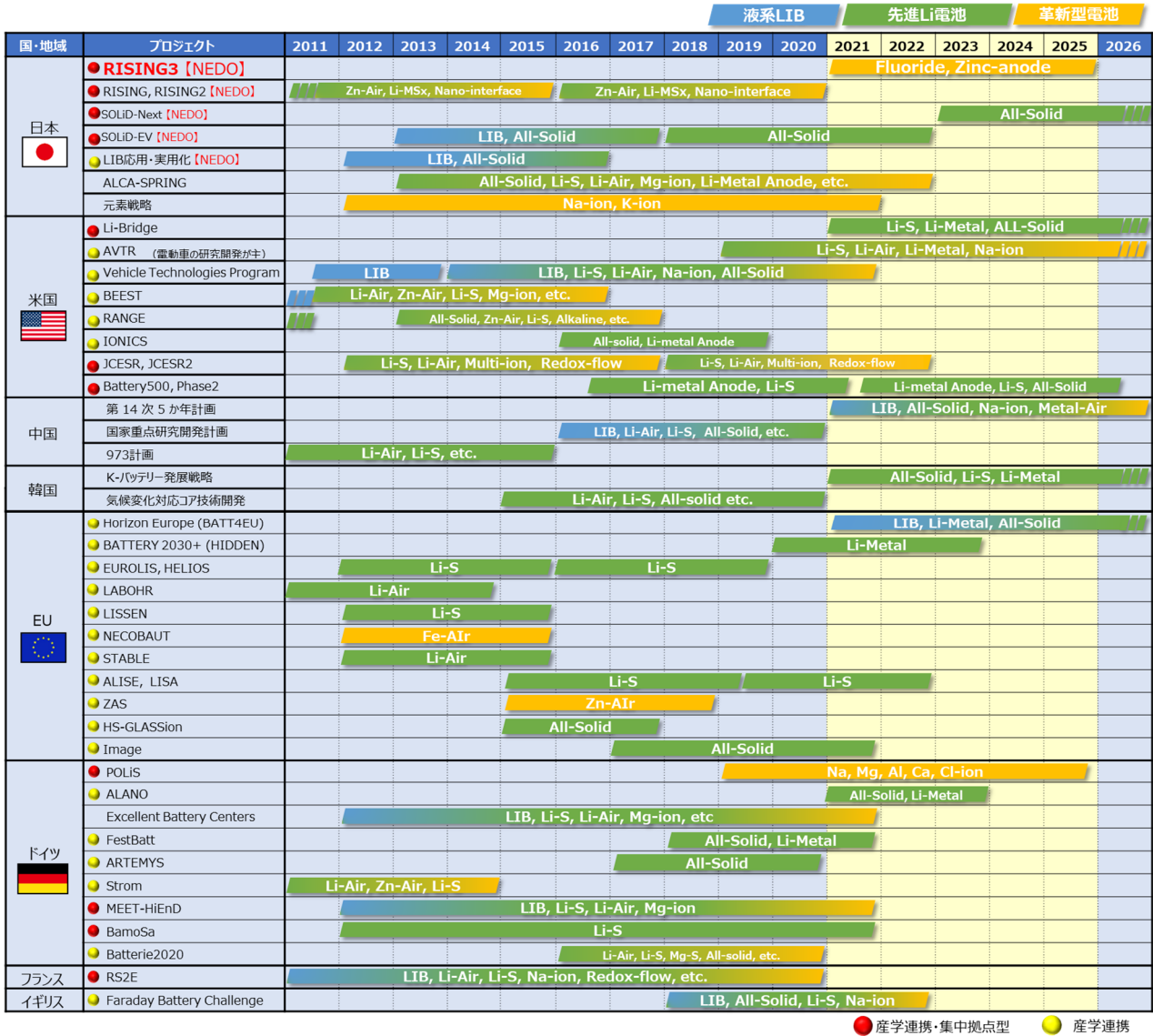


図 1.1-5-1 世界各国における蓄電池の研究開発プログラム

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。

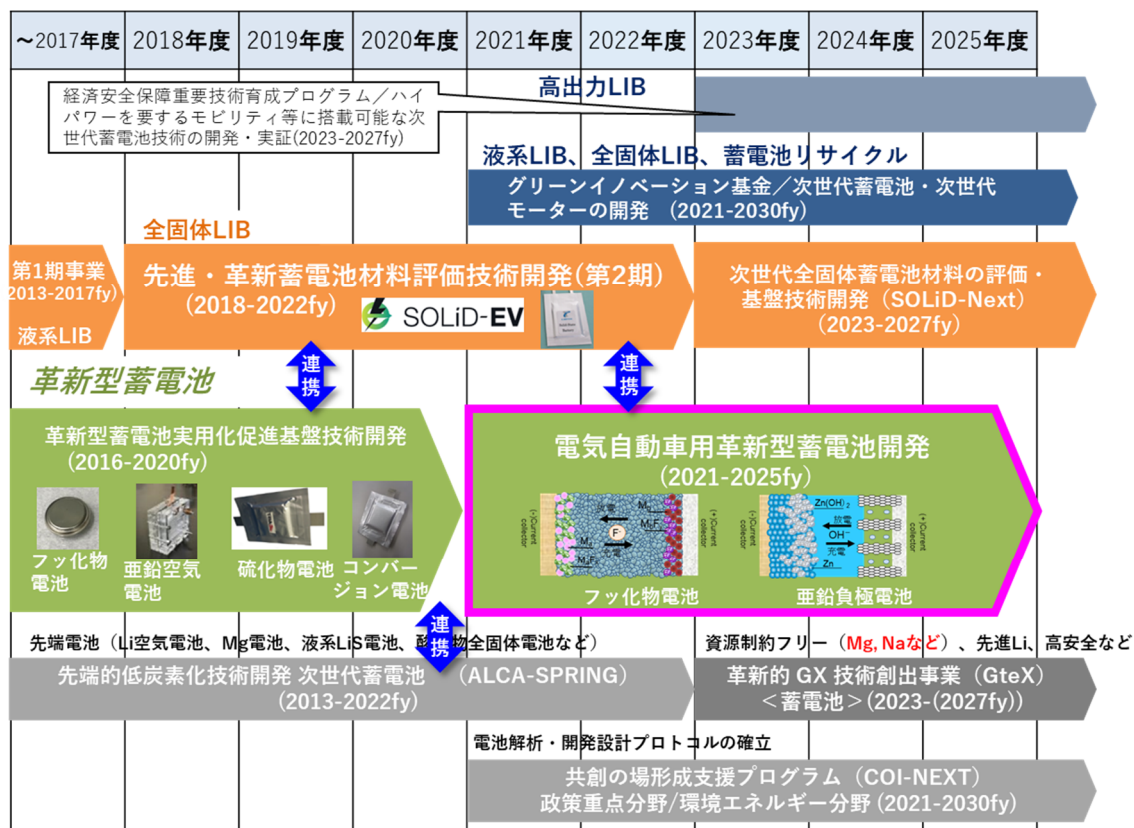


図 1.1-5-2 他事業との関係

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) 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・経済産業省ガバニングボード（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。

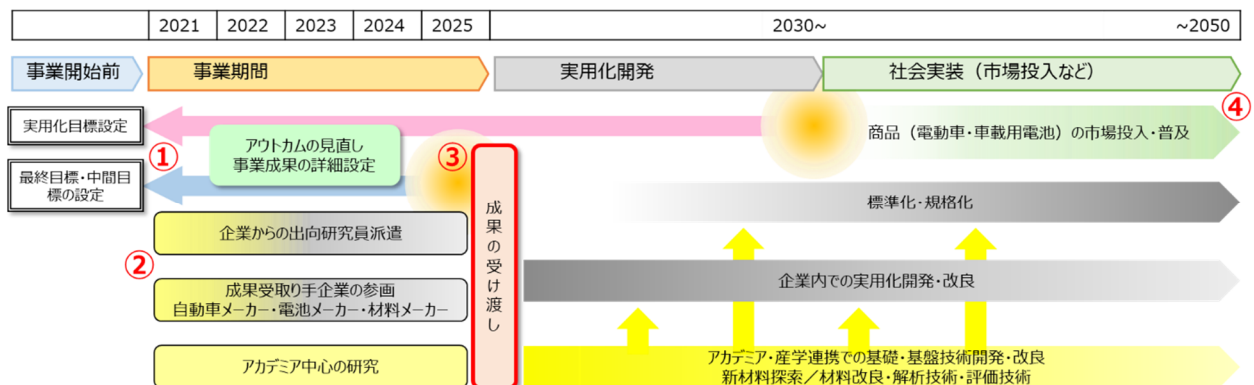


図 1.2-1 アウトカム達成までの道筋

- 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。

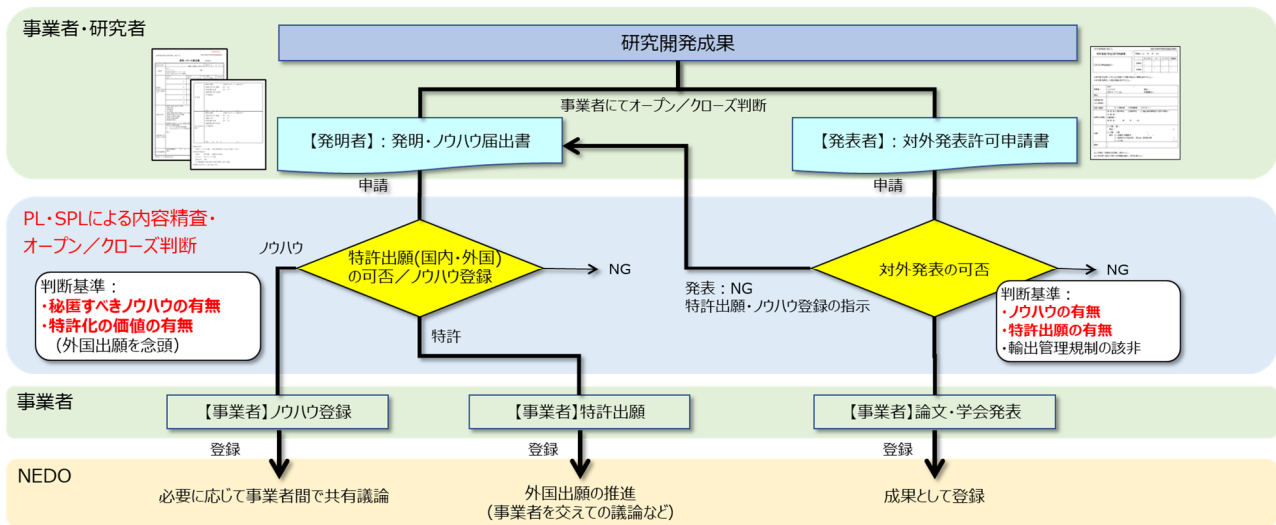


図 1.3-2-1 本事業の技術成果の管理フロー

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)

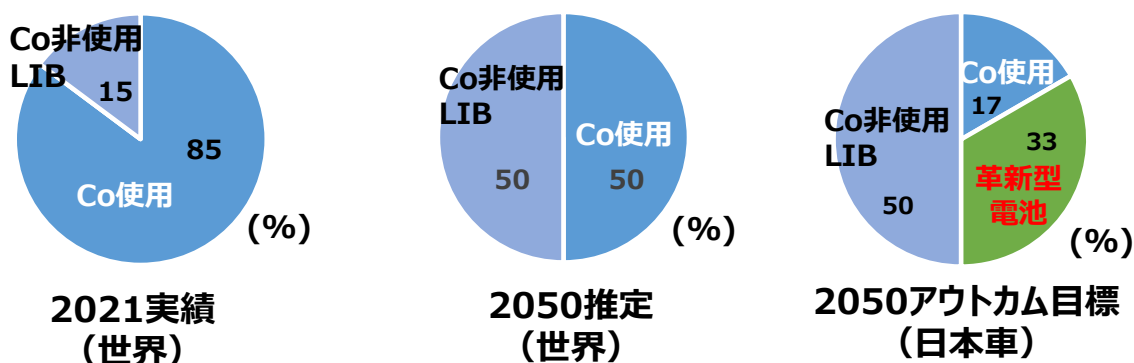


図 2.1-1-1 電動車における正極材料による電池種のシェア

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。

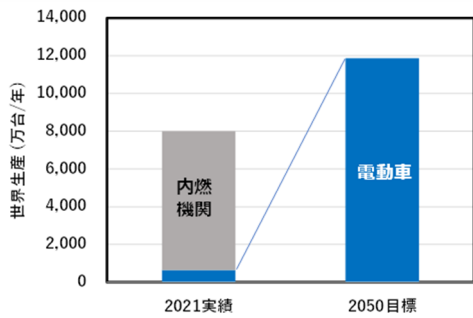


図 2.1-1-2 自動車の世界生産と電動車生産の伸張²

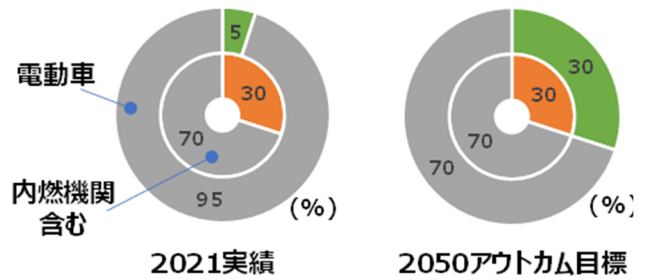


図 2.1-1-3 日本車のシェア（内円：内燃機関を含む自動車生産に占めるシェア。外円：電動車生産に占めるシェア。³

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)

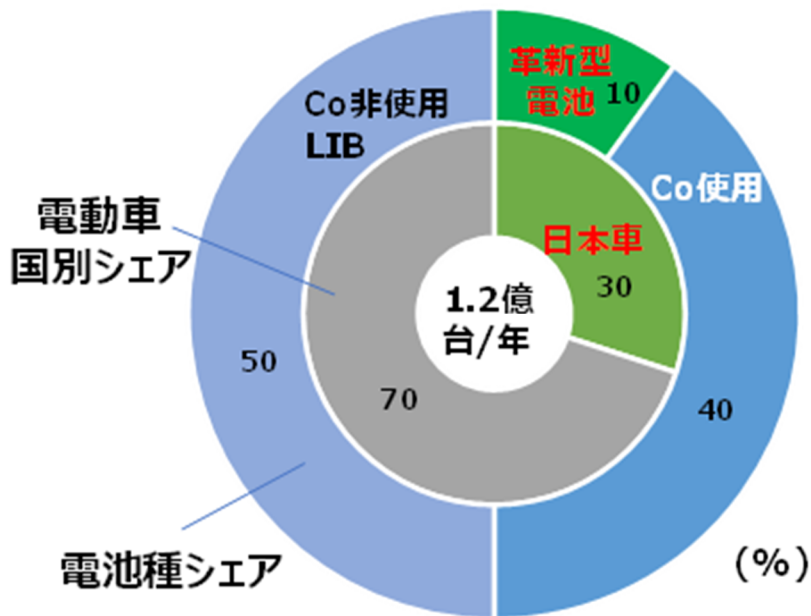


図 2.1.1-4 アウトカム目標達成時 (2050 年) の電動車生産における革新型電池と日本車の位置づけ
 内側：世界の電動車生産に占める日本メーカーのシェア
 外側：世界の電動車用電池の電池種の割合

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。

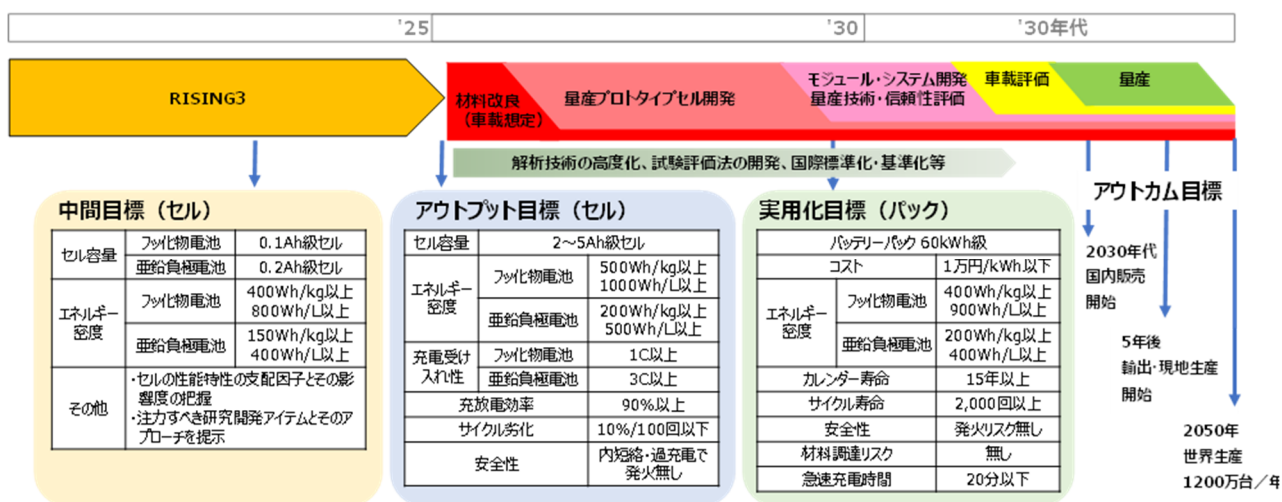


図 2.1-3-1 革新型蓄電池 本事業終了後のシナリオ

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。

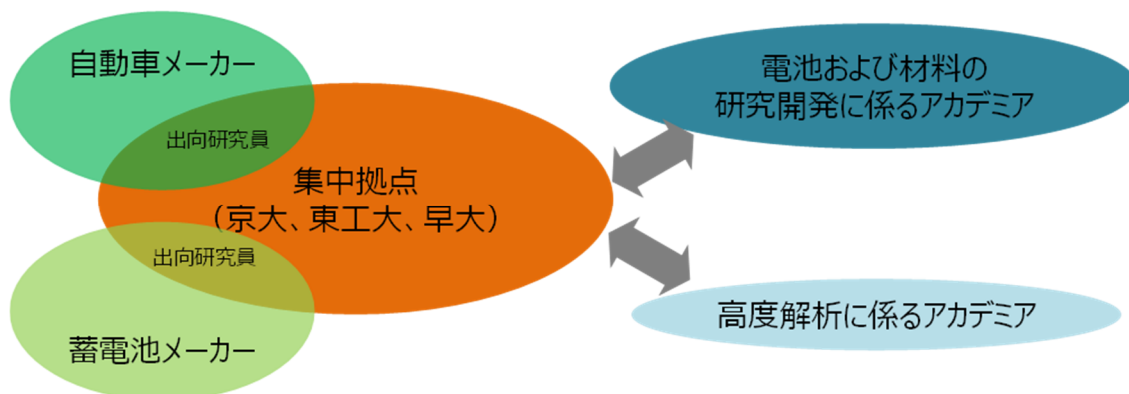


図 2.1-4-1 本事業における参画者の連携

(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）。

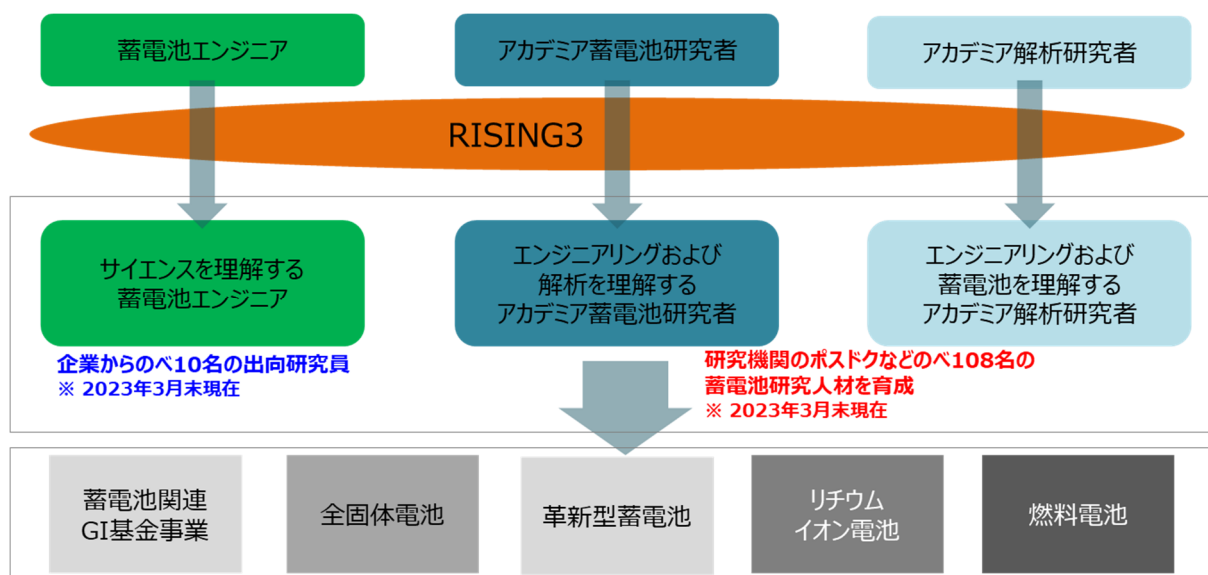


図 2.1-4-2 本事業における人材育成

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、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

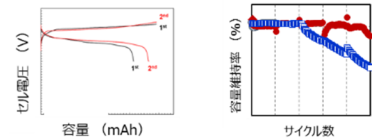


電極化・セル化技術

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



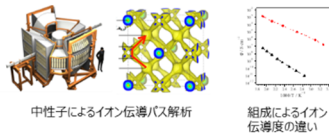
材料探索・特性予測技術

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



新規材料

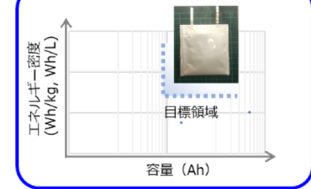
活物質や電解質などの各種材料とその特許



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・経済産業省ガバナリングボード（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。

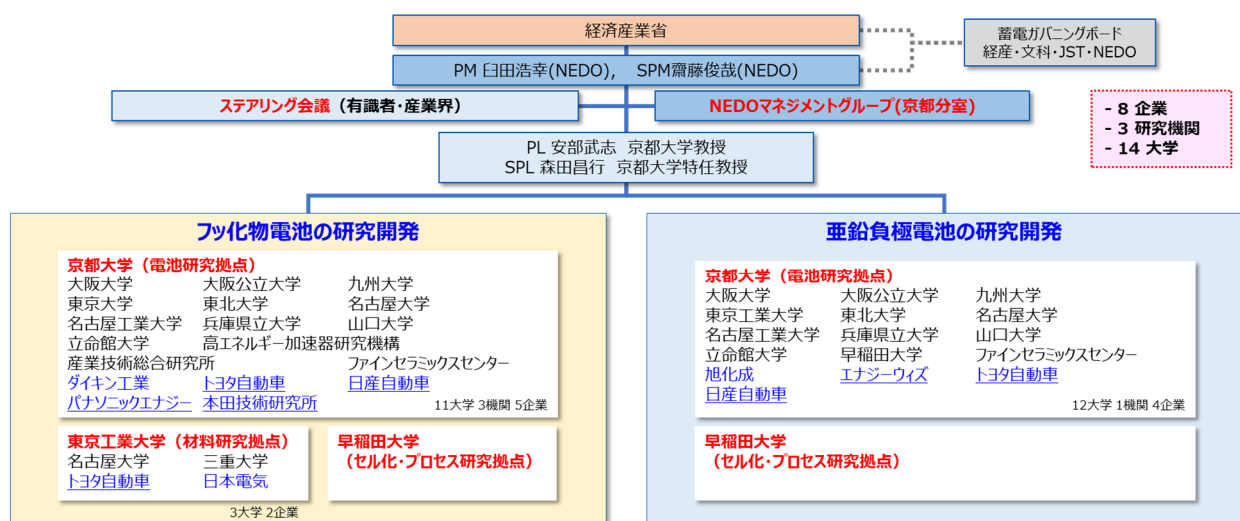


図 3.1-2-1 実施体制の概要

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