

「革新的 GX 技術創出事業(GteX)」  
研究開発計画書  
＜領域：蓄電池＞

令和5年5月



未来創造研究開発推進部

## 目次

### 1. 背景・目的

- ・GX 推進における各領域の重要性と現状の課題等
- ・既存事業や他プロジェクトとの関係

### 2. 目標

- ・各領域で達成したい目標
- ・目標設定の考え方、達成困難性

### 3. 期待する波及効果

- ・目標達成後に期待する効果
- ・CO<sub>2</sub>削減効果、経済波及効果等の社会・経済インパクト

### 4. 研究開発テーマ

- ・研究開発目標の達成に向けた各研究開発テーマ名および研究開発内容
- ・各テーマの達成目標およびマイルストーン、ステージゲート設定
- ・想定される研究開発体制
- ・予算

### 5. 研究開発マネジメント

- ・評価の進め方
- ・データ活用(DX)や大型放射光施設等との連携
- ・人材育成、国際連携
- ・知財の取り扱い
- ・社会実装に向けた取り組み・計画等

## 1. 背景・目的

本領域では、2050年カーボンニュートラルを実現するうえでの最重要技術の一つである革新的な次世代蓄電池技術開発のため、大学、国研、企業などが連携し、学理の構築から産業界における技術課題の解消までシームレスに取り組むチーム型の研究開発を推進する。研究開発を加速させるため、個々の部材の材料開発のみならずトータルシステムとしての電池の性能評価まで一貫して行い、さらには新電池系探索のためのデータベースを構築し、次世代蓄電池の基盤技術を確立する。また、広い視野を持ち展開力のある人材を育成・輩出していくことも目的とする。

本研究開発計画書は、文部科学省が策定した基本方針、研究開発方針<sup>1</sup>に基づき JST が策定する。

### ・GX 推進における各領域の重要性と現状の課題等

- 蓄電池は、電気自動車(EV)の普及や再生可能エネルギーの導入拡大に向けた動きに直結する重要技術であり、カーボンニュートラルやグリーントランスフォーメーションに向けた各種戦略(「GX 実現に向けた基本方針」「グリーン成長戦略」、「エネルギー基本計画」、「クリーンエネルギー戦略 中間整理」等)において、重点分野の一つとして位置づけられている。
- 日本国内において、政府は 2035 年までに乗用車新車販売での電動車(EV/HV/PHV/FCV)100%を目指す他、液系 LIB の製造基盤強化とともに、2030 年頃に全固体電池を本格実用化し、次世代電池市場を創出・獲得するなどとしている<sup>2</sup>が、EV が社会全体へ普及するためには、蓄電池のエネルギー密度をガソリンと同レベルに引き上げることや低価格化が必要となり、現行の性能を凌駕する蓄電池開発が不可欠である。
- その他、原料の原産国が一部の国に偏っていることによる資源不足、スクラップへの対応など、課題は山積みとなっており、生産技術の革新やリサイクル性の高い電池材料開発が喫緊の課題となっている。加えて、欧州のバッテリー規則等の動きもあり、サプライチェーン全体の CO<sub>2</sub> 排出量削減など LCA の観点も踏まえた技術の普及が求められている。
- また、カーボンニュートラルの実現に向けては電力部門の脱炭素化が大前提とな

---

<sup>1</sup> 文部科学省は、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会環境エネルギー科学技術委員会革新的 GX 技術開発小委員会における議論を踏まえ、本事業の基本方針及び各領域(蓄電池、水素、バイオものづくり)の研究開発方針を策定(令和 5 年 4 月 12 日付)

<sup>2</sup> 蓄電池産業戦略(2022 年 8 月)の関連目標

・2035 年までに乗用車新車販売での電動車 100%を目指す。

・2030 年頃までに全固体電池の本格実用化、2030 年中盤以降、革新型電池の実用化を目指す。

るが、2050 年に向けて再生可能エネルギーを最大限導入<sup>3</sup>していくにあたり、再生可能エネルギーの主力電源化に向けたエネルギー需給マネジメントには、電力の需給調整に活用する蓄電池の配置が不可欠である。

- 蓄電池は 5G 通信基地局やデータセンター等の重要施設のバックアップ電源や、各種 IT 機器にも用いられており<sup>4</sup>、蓄電池の性能向上は、スマートグリッド(次世代送電網)やスマートコミュニティの拡大など、環境負荷が少ないデジタル社会の基盤の構築にも繋がる。
- リチウムイオン電池およびそれを構成する4大部材(正極活物質・負極活物質・電解液・セパレータ)について、日本は性能・安全性において強みがあるが、政府支援等を背景とした海外メーカーの台頭もあり、世界市場の中で日本企業のシェアは次第に低下している。また、電力の安定供給やレジリエンス向上などの社会ニーズにあわせ、定置用など蓄電池の用途も多様化しており、日本の電池の強みである安全性のみならず、高出力だけではない用途に合わせた性能追求やリサイクル性が求められている。
- 最も広く使用されている蓄電池であるリチウムイオン電池や、既に一部実用化されている全固体電池についても、産業界における技術的な課題解決や更なる市場拡大のためには、サイエンスの深化や革新的な学理の追求が必要不可欠である。
- JST 戦略的創造研究推進事業(先端的低炭素化技術開発)における次世代蓄電池プロジェクト(ALCA-SPRING)(2013 年度～2022 年度)では、従来は個別課題で材料研究が主であったアカデミアの研究者をつなぎ、電池開発を意識した統合的な研究開発を推進してきた。また、産学共同の統合的な研究開発体制の中で、基礎的な専門的学力に加えて電池の課題を理解した多くの学生・若手研究者を育成し、産業界に輩出してきた<sup>5</sup>。
- しかし、蓄電池産業の国際競争が激化する中で、我が国の産業競争力、国際競争力の強化のためには、持続的な産業界への人材供給が必要不可欠な状況である。

#### ・既存事業や他プロジェクトとの関係

- NEDO 電気自動車用革新型蓄電池開発(RISING3)(2021 年度～2025 年度予定)において、フッ化物電池と亜鉛負極電池に関する研究開発を実施している<sup>6</sup>他、

---

<sup>3</sup> グリーン成長戦略(2021 年 6 月)

<sup>4</sup> 蓄電池産業戦略(2022 年 8 月)

<sup>5</sup> 文部科学省 革新的 GX 技術開発小委員会(第 3 回) 配布資料「先端的低炭素化技術開発(ALCA)特別重点領域「蓄電池」(ALCA-Spring)10年間の成果」より引用

<sup>6</sup> RISING3 電気自動車用革新型蓄電池開発 (<https://www.rising.saci.kyoto-u.ac.jp/>)

NEDO 先進・革新蓄電池材料評価技術開発第 2 期(SOLiD-EV プロジェクト)(2018 年度～2022 年度)では、全固体リチウムイオン電池の材料評価技術を中心とした共通基盤技術を開発してきた<sup>7</sup>。

- NEDO グリーンイノベーション基金事業「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」プロジェクト(2022 年度～2030 年度)では、①蓄電池やモーターシステムの性能向上・コスト低減、②材料レベルからの高性能化、省資源化、③高度なりサイクル技術の実用化に向け、技術的な課題の解決を図ることで、将来的な自動車の電動化を支える基盤技術や蓄電池・モーターの産業競争力の強化、サプライチェーン・バリューチェーンの強靱化を目指した取り組みがなされている<sup>8</sup>。
- また、NEDO 経済安全保障重要技術育成プログラム／ハイパワーを要するモビリティ等に搭載可能な次世代蓄電池技術の開発・実証(2023 年度～2027 年度予定)においては重機、建機、船舶等の大型モビリティへの適用に向けて、高入出力、長寿命、高安全等の特性を有する新たな蓄電池の技術開発に取り組んでいる<sup>9</sup>。
- このように、NEDO 事業では蓄電池技術の適用先としてモビリティ等を想定し、産業技術力強化に向けた技術開発を推進している。JST ALCA-SPRING で創出された硫化物型全固体リチウムイオン電池に関する研究成果は SOLiD-EV プロジェクトに移管されるなど、JST と NEDO で研究成果の社会実装に向けた連携が図られている<sup>10</sup>。
- JST ALCA-SPRING(2013 年度～2022 年度)では先進電池として全固体電池(硫化物型・酸化物型)の他、マグネシウム電池など次々世代の電池系開発にも取り組んでおり、本事業では ALCA-SPRING をはじめとするアカデミアで創出された技術シーズの活用と、さらなる発展を目指す。
- JST 共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)・政策重点分野／環境エネルギー分野(2020 年度～)では、拠点形成事業として、先端計測・計算科学・データプラットフォーム・スマートラボラトリーを融合させた産官学の連携拠点を構築し、蓄電池の性能・寿命・安全性を高精度に予測するための技術を開発している。
- 文部科学省「再生可能エネルギー最大導入に向けた電気化学材料研究拠点」(2022 年度～)では優れた研究方法論(材料創製・計測・理論・データの有機的連携とMDX・大型先端設備・スパコンの戦略的活用体制)を構築した拠点において

<sup>7</sup> 「先進・革新蓄電池材料評価技術開発(第 2 期)」基本計画より引用

<sup>8</sup> NEDO グリーンイノベーション基金事業「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」プロジェクト  
(<https://green-innovation.nedo.go.jp/project/development-next-generation-storage-batteries-next-generation-motors/>)

<sup>9</sup> 「経済安全保障重要技術育成プログラム／ハイパワーを要するモビリティ等に搭載可能な次世代蓄電池技術の開発・実証」に係わる公募について 事業内容より引用(2023 年 1 月 31 日)

<sup>10</sup> 日本経済新聞「次世代蓄電池、JST から NEDO に技術移転」より引用 (2018 年 7 月 6 日)  
(<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO32691110W8A700C1000000/>)

マテリアル研究・DX ユースケースを実践しており<sup>11</sup>、材料探索における DX の活用において本事業と連携することが期待される。

- なお、諸外国においても、蓄電池分野の研究開発において以下のような潮流が見られる。
  - ◇ アメリカでは高性能かつ低コストな EV 用の次世代電池に関する多数のプロジェクトが進行中<sup>12</sup>。また、米国エネルギー省(DOE)は 2021 年に「National Blueprint for Lithium Batteries, 2021-2030」を発表。パートナー国との連携含む国内サプライチェーンの確保やイノベーション力の結集が掲げられている<sup>13</sup>。
  - ◇ ドイツでは、連邦教育研究省(BMBF)が 2018 年に全固体電池の基盤技術確立に向けた研究クラスター「FestBatt<sup>14</sup>」を立ち上げた。また、2021 年からはリチウム金属負極を中核とした研究開発「Alternative Anode Concepts for Safe Solid State Batteries (ALANO)」<sup>15</sup>が開始された。
  - ◇ 英国では国から独立した機関として「The Faraday Institution」が 2017 年に設立され、現行のリチウムイオン電池の劣化やリサイクルの研究を行い、さらに、次世代電池として全固体電池、ナトリウムイオン電池、リチウム硫黄電池などの研究開発を実施している。また、ポスドク等若手研究者に対する教育活動も実施している<sup>16</sup>。
  - ◇ EU では、横断的な研究イニシアチブ「BATTERY 2030+」構想により、高性能なリチウムイオン電池や、高効率のリサイクル技術の研究開発に取り組んでいる<sup>17</sup>。また、2017 年には 500 社程度が参画する「European Battery Alliance (EBA)」を設立。欧州域内にバリューチェーン全体で競争力のある蓄電池産業の創出を目指している<sup>18</sup>。
  - ◇ 中国では、2020 年に中国自動車工学学会が発表した「省エネルギー・新エネルギー自動車技術ロードマップ 2.0」で、自動車販売台数に占める新エネルギー車の割合を 50%以上にするなど、自動車産業の電動化モデルチェンジを実現すると掲げている<sup>19</sup>。また、ナトリウムイオン電池については CATL<sup>20</sup>が中心とな

---

<sup>11</sup> 第 7 回 マテリアル戦略有識者会議「重要技術領域における研究開発」より引用(令和 4 年 2 月)

<sup>12</sup> Department of Energy 「Innovation Center for Battery500 Consortium」等

<sup>13</sup> Department of Energy 「NATIONAL BLUEPRINT FOR LITHIUM BATTERIES 2021-2030」(2021 年 6 月)

<sup>14</sup> FestBatt ( <https://festbatt.net/> )

<sup>15</sup> KIT プレスリリース ( [https://www.kit.edu/kit/english/pi\\_2021\\_085\\_research-for-safe-solid-state-batteries.php](https://www.kit.edu/kit/english/pi_2021_085_research-for-safe-solid-state-batteries.php) ) (2021 年 9 月 27 日)

<sup>16</sup> The Faraday Institution HP ( <https://www.faraday.ac.uk/#> )

<sup>17</sup> BATTERY 2030+ HP ( <https://battery2030.eu/> )

<sup>18</sup> European Battery Alliance (EBA) ( <https://www.eba250.com/> )

<sup>19</sup> JETRO 「2035 年までの自動車技術ロードマップを発表、販売台数に占める新エネルギー車の割合を 50%以上に(中国)」(2020 年 11 月 05 日)

<sup>20</sup> CATL (Contemporary Amperex Technology Co., Limited)

って研究開発を実施している。

◇ 韓国では、K バッテリー発展戦略の下、全固体電池等の商用化に向けて次世代バッテリーパークを設置し、電極材料、固体電解質など必要な要素技術の開発を行っている<sup>21</sup>。

## 2. 目標

### ・本領域で達成したい目標

- 高安全性、資源制約フリー、軽量化など、社会から求められる性能を備えた新しい概念に基づく次世代蓄電池技術を開発するとともに、車載用に適した性能を持つ蓄電池に対し、新規材料探索や劣化メカニズム解明を通してエネルギー密度（航続距離の増加、小型化等）、安全性、リサイクル性の向上や長寿命化などの飛躍的な性能向上を実現する。
- トータルシステムとしての電池を意識したチーム型研究開発体制の中で、基礎的な学理に裏打ちされた専門力によって研究を推進することに加えて、電池の課題を理解した学生・若手研究者を育成し、電池関連業界に高度人材を輩出する。

### ・目標設定の考え方、達成困難性

- 本領域では、2050年の社会像からバックキャストして、我が国のGHG削減・経済波及効果に対して量的貢献が見込める蓄電池技術の創出を目指す。
- EVの早期普及拡大を目指す政府目標<sup>22</sup>に対し、車載用蓄電池市場の創出・獲得に向けては、車載用に適した性能を持つ革新的な蓄電池の早期実現が求められている。
- また、カーボンニュートラルの実現に向けては再生可能エネルギーの導入が必須となるが、再生可能エネルギーの最大限の導入に向けた課題である需給調整については、蓄電システムによる充放電が最も適した手段である。このように蓄電池技術は再生可能エネルギーの急速な普及・拡大に対して、新たなエネルギー基盤として期待され、市場競争力の強化が求められている。
- 加えて、高出力だけではなく低コストかつ資源制約のない電池や、ドローンやIoT機器向けの軽量電池、電池の長寿命化など、社会や産業ニーズにあわせて蓄電池に対する要求も多様化しており、用途に合わせた性能追求やリサイクル性向上のため、新規材料の開拓や新原理の応用、劣化のメカニズム解明等、複合的な要因に対する学理の追求が必要とされている。
- 上述の通りALCA-SPRINGでは産学共同体制の統合的な研究開発体制の中で多くの若手研究者を育成し産業界に輩出したが、電池業界には継続して人材を

<sup>21</sup> JETRO「政府が二次電池産業発展戦略を発表(韓国)」(2021年07月14日)

<sup>22</sup> 蓄電池産業戦略(2022年8月) 2035年までに新車販売を100%電動自動車化等

輩出する必要があり、アカデミアにおける自由な発想に基づく基礎研究の中で、将来の産業構造や社会的要請も意識しながら研究開発を推進することができる人材を育成することが必要である。

### 3. 期待する波及効果

#### ・目標達成後に期待する効果

- 革新的な次世代蓄電池技術の創出による、あらゆるモビリティの電動化や、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた電力需給の調整への貢献。
- 蓄電池研究の基盤に係る世界トップレベルの研究開発体制・環境の構築および、将来の電池産業を支える広い視野を持ち展開力のある高度人材を輩出することによる、本分野における我が国の技術リーダーの地位の確保・維持。

#### ・CO<sub>2</sub>削減効果、経済波及効果等の社会・経済インパクト

##### ➤ CO<sub>2</sub>削減効果

国内では、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が800万台となれば、約1,000万トン/年のCO<sub>2</sub>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年の累積普及台数が1,300万台となれば、約1,500万トン/年のCO<sub>2</sub>排出量削減効果が得られる<sup>23</sup>。世界全体で見るとEVの普及によって、4.6億トン/年から5.8億トン/年のCO<sub>2</sub>削減が見込まれる<sup>24</sup>。

##### ➤ 経済波及効果(世界市場規模推計)

◇ 革新型蓄電池の売上は2030年には約33兆円、2050年には約53兆円(容量ベースで7,546GWh)に成長すると試算されている。

◇ 定置用蓄電池の需要は、足元では車載用の1/10程度の規模であるものの、2050年に向けて100倍近くまで成長する見込みであり、約47兆円規模(容量ベースで3,400GWh)になると試算<sup>25</sup>されている。

- モビリティの電動化の拡大と環境性能の大幅向上が実現した場合、「動く蓄電池」としてモビリティに新たな付加価値が備わり、カーボンニュートラル社会における分散型自立エネルギーシステムの実現に繋がる。

- 蓄電池技術の発展により再生可能エネルギーの電力需給の調整が実現可能となれば、日本のエネルギー自給率の向上に繋がり、クリーンエネルギーを中心と

---

<sup>23</sup> NEDO「電気自動車用革新型蓄電池開発」基本計画より

<sup>24</sup> IEA Global EV Outlook 2022。EVによるCO<sub>2</sub>排出が年間2.8億トンから3.4億トンに対し、エンジン車減少によるCO<sub>2</sub>削減が年間7.4億トンから9.2億トンとし、試算。

<sup>25</sup> IRENA Global Renewable Outlook 2020 (Planned Energy Scenario)。2019年比。経済規模は車載用パック(グローバル)単価を、2019年2万円/kWh→2030年1万円/kWh→2050年0.7万円/kWhとして試算。定置用は車載用の2倍の単価として試算。



した社会システムへと大きな構造転換が期待される。

- 電池開発のみならず、「静脈産業」に関わる蓄電池資源のリサイクルや、製造プロセスの革新に繋がる部材・材料開発等が加速することで、サーキュラーエコノミーへの移行の促進と産業力強化が期待される。

#### 4. 研究開発テーマ

- ・研究開発目標の達成に向けた各研究開発テーマ名および研究開発内容

本領域では以下に示す研究開発テーマのもと、革新的な蓄電池技術開発に取り組む。各研究開発テーマには例示として具体的な電池系が示されているが、これらの電池系に限らず、提案者の斬新なアイデアに基づいたあらゆる電池系を募集の対象とする。提案者は各研究開発テーマの目的を十分に踏まえた上で、自らの提案に最も適した研究開発テーマ 1 つに限り提案することが可能である。また、各研究開発課題においては、当該技術が社会に実装された際のサーキュラーエコノミーへの影響や製造プロセスも含めたライフサイクル全体としての GHG 排出量等も考慮しながら取り組むこととする。

各研究開発項目の技術的課題については、企業が社会実装をする際に解決が必要なサイエンスの課題を短期課題(3 年程度)、早期の実用化が期待できる革新技術であり大学での基盤研究が必要な課題を中期課題(5 年程度)、従来原理・システム等を革新し飛躍的な性能実現等が期待できる課題を長期課題(5~10 年程度)と設定し、以下に例示する。

- 【研究開発テーマ 1】実用電池(先進リチウムイオン電池)の革新

産業界において当面の間は蓄電池の主役であると予想される液系のリチウムイオン電池について、我が国の産業競争力、国際競争力の強化に向けて、高エネルギー密度化、安全性の向上、資源制約の低減、電池材料のリサイクル、環境負荷の低い製造プロセスに繋がる革新的な要素技術を創出し、製造基盤の強化と実用化の加速、また市場の創出・獲得に繋げる。NEDO では航続距離などに影響するエネルギー密度の向上や低コスト化、省資源化などに主軸を置き研究開発に取り組んでいる<sup>26</sup>が、本事業ではリチウムイオン電池の飛躍的な性能向上を目指し、サイエンスの理解に基づいた独創的なアプローチで基礎課題の解明・解決に取り組む。例えば金属リチウムなどの高容量・低電位の負極材料開発、高容量・高電位の正極材料開発、これらの動作を実現する電解液やセパレータ、バインダー等の電池材料の開発が主な研究対象となる。また LCA の観点から、電池材料のリサイクルに寄与する技術、環境負荷低減の製造プロセスや簡素な量

---

<sup>26</sup> グリーンイノベーション基金「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装

産プロセスに繋がる部材・材料開発など、社会実装上のボトルネックとなっている課題に対しても取り組む。研究成果を迅速に産業界に橋渡しすることが求められる電池系であるため、実用電池の評価技術を有する機関や研究成果の展開が期待できる企業と連携し、アカデミアによる研究開発、電池特性の確認、企業における課題の抽出というサイクルを回し、課題の早期解決に取り組む。

＜想定される取り組むべき短期課題＞

- ・電池内の現象解析、劣化のメカニズム解明  
(その他、産業界への早期フィードバックが必要なもの)

＜想定される取り組むべき中期課題＞

- ・金属リチウム負極(アノードレスを含む)や高性能正極など  
新規材料を用いた電池の基本設計の確立

＜想定される取り組むべき長期課題＞

- ・蓄電池ライフサイクルを通しての環境負荷低減に資する技術の開発
  - 電池からの希少金属のリサイクルや新規メカニズムに基づく脱希少金属の電池開発
  - 低 CO<sub>2</sub> 排出となる電池製造プロセスに繋がる新規材料開発

➤ 【研究開発テーマ 2】高安全性を実現する電池開発

電池の用途拡大に対し欠かせない、安全性が確立された電池開発に取り組む。例えば、固体電解質を用いた全固体電池は、可燃性の液体を含まず、電池からの漏液もないため、より安全性の高い電池である。全固体電池は、2030 年代前半より車載用蓄電池の市場において主流となると想定されており、前述の SOLiD-EV プロジェクトでは現行のリチウムイオン電池の電極材料はそのまま、硫化物系固体電解質を用いた硫化物型全固体リチウムイオン電池が開発されている。全固体電池においては電池パックの冷却システムが簡素化できれば、パックとしての体積エネルギー密度の向上が期待されるほか、リチウムイオン輸率が高いという固体電解質の特徴から、電池の急速充放電が可能になることが期待されており、リチウムイオン電池に代わる蓄電池として研究開発基盤の強化が求められている。全固体電池を対象とした場合、本事業では高容量の電極材料である金属リチウム負極、硫黄系の正極開発、固固界面設計、耐酸化性・耐還元性等を兼ね備えた電解質開発など、全固体電池特有の基礎的課題解決・機構解明を中心に取り組むことが想定される。電解質の種類(硫化物系・酸化物系・高分子系)の区別なく本事業の対象とするが、硫化物系については、リチウム金属負極や硫黄正極など電池特性の大幅な向上が見込める電極材料を用いた電池や、電荷担体がリチウム以外のイオンである電池など、より挑戦的な電池に限定

する。NEDO・企業等との連携により、電池の試作や評価によってフィードバックされた課題に取り組むサイクルを回して電池開発の加速を図る。

<想定される取り組むべき短期課題>

・化学的・電気化学的安定性に優れた硫化物系固体電解質の実現

<想定される取り組むべき中期課題>

・硫黄正極を用いた電池特性の大幅な向上

・リチウム金属負極を用いた硫化物型全固体電池の実現

・高イオン導電率の酸化物系固体電解質の実現

<想定される取り組むべき長期課題>

・シート型全固体電池を実現する電極-電解質間の固固界面形成技術の確立

➤ **【研究開発テーマ 3】資源制約フリーを実現する電池開発**

原材料としてのリチウムは、産出国が限られる地政学リスクがある他、需給の逼迫があると急激な価格上昇が起こる問題を抱えている。そこでリチウムに替わって資源制約のないナトリウムやマグネシウム等を用いた電池開発が期待されており、これらの実現により、エネルギー安全保障やカーボンニュートラル推進の手段の選択肢を増やす。レアメタルなどの希少金属を使用しない電池は安価で大規模化が容易であるという特徴があり、コスト低減が急務の大型の定置型蓄電池に最も適している。しかし、電極活物質に関する検討や重量エネルギー密度の不足など、まだ取り組むべき基礎的課題が多く、実現にあたっては新しい概念での研究開発による大きなブレイクスルーが必要である。研究開発にあたっては電池材料レベルの開発に留まらず、フルセル作動による電池特性評価を通じて電池系として組み上げた際の課題の抽出と解決に取り組む。NEDO・企業等との連携により、電池の試作や評価によってフィードバックされた課題に取り組むサイクルを回して電池開発の加速を図る。

<想定される取り組むべき中期課題>

・リチウムの資源制約を克服可能とするナトリウム電池の実現

<想定される取り組むべき長期課題>

・リチウムの資源制約を克服可能とするマグネシウム電池の実現

➤ **【研究開発テーマ 4】軽量・小型・大容量を実現する電池開発**

家庭用蓄電システムなどの電源として軽量の蓄電池の需要が高まっている。既存の蓄電池には重金属を含む化合物が用いられており、小型・軽量化のためには重金属以外の元素からなる電池系の開発が必要となる。例えば、負極活物質

に金属リチウムを用い、正極活物質に硫黄や酸素分子などを用いることにより、軽量の蓄電池系を構築できる可能性がある。これらの電池では、電池使用条件から想定される電流密度において、また余分な電解液を含まない条件において、十分なサイクル特性が得られないという課題があるため、サイクル劣化のメカニズムを究明し、これを解決する新たな開発アプローチが期待される。NEDO・企業などとの連携により、電池の製造や評価によってフィードバックされた課題に取り組むサイクルを回して軽量・小型・大容量を実現する革新的な電池開発の加速を図る。

<想定される取り組むべき長期課題>

- ・空気極の充放電やサイクル劣化メカニズムの学理解明に基づく、金属-空気電池のプロトタイプの完成
- ・空気利用技術の実現

➤ 【研究開発テーマ 5】共通基盤研究(計測や DX 等共通基盤の構築)

大型・高度な計測機器の活用や統合型データベースの構築などは、領域全体から特定の機能を集約した共通基盤的なチームを設けることによって効率的な運営を行うことが望ましい。電池材料の探索や電池の機能・劣化メカニズムの解析には、材料の表面構造や電子状態、電池動作に伴う構造変化を詳細に把握することが必要であり、高い時間的・空間的分解能を有する大型放射光や中性子実験施設等を用いた先端計測・解析が有効である。また、研究開発を高速化、自動化するための自動・自律実験の開拓や、自動実験設備の活用によって広い探索空間から大量の実験データを取得し、それらを蓄積したデータベースから成功確率の高い探索候補を予測することなど、新たな研究手法や DX の活用も期待される。加えて、次世代蓄電池の開発においては実際に電池を試作し、その評価を行う中で電池・電極の構成や材料レベルの課題を見出すプロセスが必要となる。各研究開発テーマに共通して必要となるこれらの基盤技術の構築は、既存設備を活用しつつ領域全体で取り組むこととする。また、種々の大型機器を用いた分析・解析など総合的な評価手法や、データの自動収集・共用化など DX の基盤等は、本領域に限らず他領域(特に水素領域)でも活用が期待できることから、他領域の関連材料についても担うこととする。データの活用については、文部科学省の「マテリアル DX プラットフォーム」との連携も検討する。

<想定される取り組むべき短期課題>

- ・自動自律実験手法の導入による材料開発加速プロセスの確立・基盤の構築
- ・高度な計測や電池試作・評価機能の確立

<想定される取り組むべき中期課題>

・実験データの構造化およびデータ蓄積システムの確立

<想定される取り組むべき長期課題>

・データを活用した研究の DX や産学の協調を可能とするデータプラットフォームの確立

・各テーマの達成目標およびマイルストーン、ステージゲート設定

以下に、各研究開発テーマにおいて想定される電池系に対し達成目標やマイルストーンを記載するが、あくまで例示であり、各提案においては提案者が自ら研究開発テーマの目的に適した野心的な目標を設定することとする。加えて、研究開発成果の産業界への展開に向けて、必要十分な研究開発体制や適切なスケジュールが設定されていることを要する。

各研究開発テーマにおいては、設定された達成目標・マイルストーンをもとに、研究開発開始後 3 年度目・5 年度目を実施するステージゲート評価において達成状況を確認し、研究開発の継続可否、また研究開発体制の見直し等を行う。

➤ 【研究開発テーマ 1】実用電池(先進リチウムイオン電池)の革新

まず産業界における技術発展・社会実装上のボトルネック課題を抽出し、アカデミアが取り組むべき研究課題を明確化し、その解決に取り組む(例:充放電に伴って電池内部で生じている構造変化・化学変化・物性変化の解明による電池に対する本質的な理解の深化や、電池劣化メカニズムの解明とそれに基づく課題解決指針の策定、実効性のある課題解決手法の提供等)。リチウムイオン電池は現状世界中で熾烈な競争下にあるため、3 年程度でこれらの解決に結びつく成果創出を目指す。その成果を受け、更なる性能の発展を目指し、金属リチウム負極(アノードレスを含む)や高性能な新規材料を用いた革新的なリチウムイオン電池の基本設計の確立に 5 年程度で取り組み、資源循環や製造時の消費エネルギー問題の抜本的な改善に向けて、蓄電池ライフサイクルを通しての環境負荷低減に資する技術の開発(電池からの希少金属のリサイクルや低 CO<sub>2</sub> 排出となる電池材料、電池製造プロセス)を、最大 10 年の研究開発期間をかけて目指す。

➤ 【研究開発テーマ 2】高安全性を実現する電池開発

酸化物型全固体電池を例とする場合、バルク型電池を動作させるには、よりイオン伝導率の高い固体電解質が求められている。また、緻密な電極-電解質界面を形成しようとする高温での焼結が必要となるが、電極材料と電解質との間で反応が生じて界面抵抗が増大し、良好な電池特性が得られないなど技術的課題

が多い。すなわち固体電解質を単独で探索するだけでは十分でなく、電極材料との組み合わせや固固界面形成プロセスまでを考慮した全固体電池の研究が求められている。本研究では研究開始後 5 年程度を目処にバルク型電池用の候補材となる高イオン伝導性の固体電解質の開発や、全固体電池の安全性評価に取り組む。並行して固体電解質にマッチした正極・負極材料の開発・選定、基本的な電池製造プロセスを確立した後、技術的障壁の高い大容量の電極活物質や高電位正極の導入による高性能化、固体ならではの電池構造(積層化等)の実現にも最大 10 年間の研究開発期間で取り組む。

➤ **【研究開発テーマ 3】資源制約フリーを実現する電池開発**

マグネシウム電池を例とする場合、マグネシウム電池はいまだシート型フルセルでの動作が確認された開発レベルであり、高性能なマグネシウム電池の実現には活物質や電解質の大きなブレイクスルーが必要とされる。そのためには二価のマグネシウムイオンの固体内移動現象を明らかにして、基礎原理に基づく材料設計を行うことが求められる。研究開始後 5 年程度をかけて電池材料(正・負極、電解質、セパレータ等)の探索や選定を行い、プロトタイプとなるフルセルを完成させる。その電池評価によってマグネシウム電池が持つポテンシャルを明らかにする。ポテンシャルが確認出来た場合、その後は各電池材料の探索や組み合わせの最適化を進め、高電圧化、高容量化、サイクル特性や温度特性などのマグネシウム電池の性能向上に、最大 10 年間の研究開発期間で取り組む。

➤ **【研究開発テーマ 4】軽量・小型・大容量を実現する電池開発**

金属-空気電池を例とする場合、金属-空気電池は他の電池系を遥かに凌駕する理論エネルギー密度を有しており実用化に大きな期待がかかるが、フルセル評価において、サイクル特性が大きな課題であることが確認されている。充放電サイクルに伴う劣化現象の解明も十分とは言えず、サイエンスに基づいた電池開発指針の獲得にまだ至っていない。また、純酸素雰囲気下での電池評価が専ら行われており、空気利用の可能性についても研究の進展が望まれる。まずは 5 年程度をかけて正極を中心とした電池劣化メカニズムの解明とサイクル特性の向上に取り組む他、正極性能の改善によって顕在化するであろう Li 金属負極のサイクル特性の改善(デンドライト成長の抑止等)にも取り組む。その後、各種電池材料の特性向上やサイクル特性まで含めた性能を最適化したセルの構築、また空気利用まで想定した金属-空気電池システムのプロトタイプの完成を最大 10 年間の研究開発期間で取り組むこととする。

➤ 【研究開発テーマ 5】共通基盤研究(計測や DX 等共通基盤の構築)

蓄電池の現象解析や材料開発、電池の構造設計を行う上で必要となる高度な計測・評価技術の基盤を、3 年程度を目処に整備する。また、開発途上である次世代蓄電池の課題を理解するためには、プロトタイプとなる電池を試作して評価・解析することが欠かせないため、各研究開発チームで取り組む電池試作について、例えば活性な化合物の取り扱いや電極塗工などの専門的な知見が必要となる技術について支援を行う。既存の設備を有効活用しつつ、最新の技術動向にも留意して課題解決に直接貢献できる機能を整備する。本研究開発テーマでは研究開発テーマ 1~4 のチームおよび他領域とも密接に連携し、支援を要する研究課題を明確にしながらか研究開発を推進する。また、実験の高効率化や、データサイエンス的手法を活用する新たな研究手法および研究開発ツールを開発し、それらを実践することにより新機能・新材料の創出の鍵となる設計指針やプロセス因子を各研究開発テーマに提供する。5 年程度を目処に各種データの構造化および、各研究開発テーマにおいて実験データを再利用できる形で自動的に蓄積できるシステムを開発する。また、JST は研究の DX 化を進める上での方策を検討し、プロジェクト参画者はデータ提供者の利益の担保などが含まれたデータ共用の方針を踏まえた上で、実験の自動化等 DX 基盤構築と共にデータの共用化について推進し、データの効率的な取得と再利用率向上を目指す。データに関するオープン・クローズ戦略についても JST を中心に本プロジェクト参画者との間で十分な検討を行った上で、効率的な研究開発の推進を支える基盤を構築すると共に、開発した研究手法と研究開発ツールについて産学の協調を可能とするデータプラットフォームを確立し、本事業外にも積極的に技術の普及を行う。

・想定される研究開発体制

➤ チーム型研究

- ◇ 要素技術開発を集積させた大規模な研究開発チームで、異分野の知見を取り入れながら研究開発を実施する。
- ◇ 研究開発チームは、トータルとしての電池システムを俯瞰・検討するなど、電池総合技術を担当できる研究者(チームリーダー)が中心となり、「活物質」、「電解質」、「その他部材開発と電池総合技術・システム最適化」を担当する研究者が必ず含まれた構成とする。チームリーダーは複数の要素技術グループをまとめ、一体となった研究開発を推進するチームを編成する。
- ◇ 各部材の材料開発(要素技術の開発やメカニズム解明)を中心にしながらも、材料の選択や蓄電池システムとしての最適化、製造プロセスなどを含めて一体的に推進できる体制とする。一部の要素技術の研究開発時期については異なることも想定されるため、その場合は対象の技術開発をチームに組み入れる時

期を明確にする。

◇ 計測・解析技術、材料探索、計算科学など、研究開発に必要と思われる要素技術をチーム体制に含めることが望ましい。理論、計算、物性物理、有機化学など異分野の研究者の積極的な関与を期待する。

◇ 共通して取り組むべき現象解決(デンドライト形成など)、材料開発、また簡素な製造プロセスの開発、共通基盤技術開発など、多様な電池系で必要となる取り組みについては、横断的に推進する体制を領域全体で構築する。

◇ 主にアカデミアを中心としたチーム構成が想定されるが、本事業が早期の社会実装を目指すものであることを鑑み、将来的に研究成果の展開が期待できる企業等が、採択当初、もしくは研究開発期間中に参画することが望ましい。

➤ チーム型研究(共通基盤研究)

◇ DX 等新規手法の開拓、評価、解析、統合システム試作やデータの自動収集等、チーム型研究に共通する基盤的な研究を推進する。また、これらに関連する大型の研究設備を整備・運用し、チーム型研究で共用する。

➤ 革新的要素技術研究

◇ 原則として、公募は「チーム型研究」が対象となるが、採択後にチームに編入しチームの一員として研究開発を実施することを前提に、電解質、活物質、計測・解析技術、材料探索、計算科学など、蓄電池の実用化に必要な1つの要素技術に特化した研究開発や、新原理・新材料に基づく革新電池に関するグループ単位での提案も可能とする。これらは、採択された場合、PO 等によってチームへの編入が調整される。

・予算

総額 170 億円程度

5. 研究開発マネジメント

本事業では、材料研究に留まらない製造プロセスや化学工学等の知見を有する研究者も体制に含めた、チーム型の研究開発を目指す。研究者側の電池の理解は必須とし、革新的な電池開発に向けた新概念を持ち込める体制とする。また、単なるマテリアル研究に留まらぬよう、評価のための電池試作も実施し、真に社会実装に繋がる電池開発を目指す。

研究開発の推進にあたっては、PO が研究開発の進捗等を的確に把握した上で、研究開発開始時の形に囚われることなく、チーム体制や方向性を機動的に見直すこととする。

・評価の進め方



- PO は、研究開発の進捗状況や研究開発成果を把握し、領域アドバイザーや外部専門家の協力を得て、研究開発課題のステージゲート評価や事後評価を実施する。
- ステージゲート評価は、研究開始後3年度目および5年度目を原則として実施する。また、事後評価は研究開発終了後できるだけ早い時期または研究開発終了前の適切な時期に実施する。その他、POが必要と判断した時期にステージゲート評価を行う場合がある。
- ステージゲート評価および事後評価は、研究開発の開始当初に計画された研究開発期間の途中段階あるいは終了時点において、POが各評価の評価基準に基づき評価する。ステージゲート評価は、採択時点での研究シーズの多様性を確保しつつ、領域全体でより効果的な研究開発成果を得るために実施する。
- ステージゲート評価にあたっては、アカデミアの関係者による技術的な進展の評価に加えて、NEDOや企業等の関係者の協力を得て、社会実装の可能性の観点等からも評価を行う。その際、過去の研究進捗のみならず、以後の研究進捗の余地や、当該技術が持つ将来的な市場波及性等から総合的に評価することにも留意する。
- 評価結果によっては、研究開発課題の早期終了(中止)や研究開発課題間の調整、体制見直し等の措置を行う場合がある。
  
- 目標達成の評価方法
  - ◇ 各研究開発テーマとの合目的性を踏まえた上で、①GHG削減効果・経済波及効果に対して量的な貢献に繋がるか、②産業界の抱える技術課題解決とそれによる研究開発等への投資拡大への貢献に繋がるか、③科学的にも優れたものであり革新性があるか、という観点で、提案者自らが設定した目標に対し、総合的に達成度を評価するものとする。電池としての一体的な評価に加え、各材料開発などの要素技術の発展についても、評価に加味することとする。
  - ◇ 企業等の参画など、研究成果の展開に資する研究開発体制が構築出来ているか、蓄電池分野における高度人材輩出に向けて、積極的な学生・若手研究者の巻き込みを行っているかなどについても評価の観点とする。
  
- ・データ活用(DX)や大型放射光施設等との連携
  - 有用な特性を持つ材料を高効率に開発し、トータルシステムとして電池を組み立てることを目指し、戦略的にDXを活用する。既存の設備である「物質・材料研究機構(NIMS)データプラットフォーム」などを活用しつつ、データ蓄積・連携・活用による効率的な研究開発を目指しデータの再利用率を高め研究開発を加速する。
  - セルの試作や評価・解析に係る大型設備など、領域全体として利用ニーズの高

い設備等については、参画機関において有する既存設備を最大限活用した上で、ある程度のまとまりをもって導入・運用を行うなど、効率的・効果的な運用を行う。設備を導入・設置する機関は、技術支援スタッフなど十分な体制を整備し、円滑な共用体制を整え、共通基盤・プラットフォームとしての役割を果たす必要がある。

- また、大型放射光施設等<sup>27</sup>や、スーパーコンピュータ「富岳」についても領域全体として積極的に活用し、オールジャパン体制で効率良く研究開発を実施する。
- 水素領域と共通する解析技術や課題(触媒、固体高分子、劣化機構解明等)への取り組みについては、積極的に連携体制を構築する。

#### ・人材育成・国際連携

- チーム型の研究開発の利点を活かし、例えば材料開発の研究者が、シミュレーションや最先端な高度解析技術などを通してトータルとしての電池システムを俯瞰・検討できるようにするなど、異分野の研究者が連携や密接な情報交換を実施できる体制を整える。
- 研究実施にあたって中心的なポジションや研究開発の方向性を検討する場等への若手研究者の参画や、本事業への修士・博士課程学生等の参画を奨励する。学生同士が交流し切磋琢磨できる環境を整えることで、博士課程進学率の向上、ひいては人材育成に繋げる。海外の大学や研究機関にも相互に行き来し、海外研究者と情報交換が行える仕組みを積極的に取り入れる。
- 本分野のグローバルなネットワークの核になっていくことを目指して、海外のトップレベルの研究機関との戦略的な連携を積極的に促進する。高い技術を持ちながら、実証や標準化、市場導入で後れを取ることにならないよう、国際的な視野に立った研究開発を推進する。

#### ・知財の取り扱い

- 国際的な産業競争力の強化や事業化の推進に資する知的財産の取得、活用を目指す。一元的な知財管理を行うため、PO 等を中心として JST 内に知的財産を運営する委員会を設置し、事業の研究開発成果の展開シナリオ等を検討した上で、本領域に係る知的財産の取扱方針を定め、適切に運用する。
- 当該委員会は、研究成果について、オープン・クローズに留意しつつ、必要に応じて権利化の要否やその後の取扱いについて判断し、その結果に基づいた取扱いを委託先の研究機関に要請する。例えば、排他力の強い特許を取得するため、必要となる追加実験の実施や、一定期間は外部発表や特許出願を遅らせる等の依頼を行う。

---

<sup>27</sup> SPring-8、J-PARC、NanoTerasu、大学共同利用機関等

・社会実装に向けた取り組み・計画等

- 社会実装を促すため、事業実施中に、研究開発成果を利用しうる企業等や LIBTEC、NEDO との意見交換を実施し、研究開発実施内容にも適宜意見の反映等を行う。文部科学省・経済産業省の蓄電池ガバナリングボードを通じた連携や意見交換も実施する。
- 研究開発における協調/競争領域のマネジメントのもと、実用化を見据えた戦略的な特許取得を推進する。また、オープンイノベーションや事業化等に関する十分なノウハウ・経験を有する専門家等から成る体制を整備し、経済安全保障の観点に留意しつつ、オープン・クローズ戦略について方針を検討・策定する。研究開発開始後は、PO は研究成果やデータ等の扱いにおいて適切なマネジメントを実施し、研究者と共に企業等とのコミュニケーションを図りながら研究成果を社会実装につなげていく仕組みの具体化を進める。
- 将来的に研究成果の展開が期待できる既存の企業等の参画を促すのみでなく、スタートアップ創出による成果展開も視野に入れる。

以上