

「孤立・極限環境に適用可能な次世代蓄電池技術」に関する研究開発構想（個別研究型）

令和5年10月

内閣府

文部科学省

目次

1 構想の背景、目的、内容.....	2
1.1 構想の目的.....	2
1.1.1 政策的な重要性.....	2
1.1.2 我が国の状況.....	3
1.1.3 世界の取組状況.....	4
1.1.4 構想のねらい.....	4
1.2 構想の目標.....	5
1.2.1 アウトプット目標.....	5
1.2.2 アウトカム目標.....	6
1.3 研究開発の内容.....	6
1.3.1 研究開発の必要性.....	6
1.3.2 研究開発の具体的内容例.....	6
1.3.3 研究開発の達成目標.....	7
2 研究開発の実施方法、実施期間、評価.....	7
2.1 研究開発の実施・体制.....	7
2.2 研究開発の実施期間.....	8
2.3 評価に関する事項.....	8
2.4 社会実装に向けた取組.....	9

1 構想の背景、目的、内容

1.1 構想の目的

1.1.1 政策的な重要性

2050年カーボンニュートラル実現に向けては、暮らしや経済活動に必要なエネルギー源を化石燃料から電力に置き換える電化の促進が鍵となっている。モビリティ分野をはじめとした様々な分野の電化に不可欠な蓄電池の開発・生産は、我が国にとって戦略的に重要であり、蓄電池は経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律（経済安全保障推進法）に基づく特定重要物資としても指定されている。また、あらゆる産業において、業務効率化や生産性向上のために無人化・省人化を進める上で、蓄電池は重要な要素の一つとなっている。我が国が世界で初めて実用化したリチウムイオン電池は、このような社会背景の変化や用途の拡大とともに電池市場全体に占める割合を広げ、現在最も広く使われる蓄電池となっている。

さらに、近年、人工衛星からの情報の日常的な活用や災害時における重要性の高まり、月面・惑星・小惑星等の探査活動の活発化など、人類の活動領域が本格的に宇宙空間に拡大しつつあること、レアメタルやレアアース等の海洋資源開発や洋上風力発電の利用など、我が国の領海等における国益の確保の重要性が増していることなどを背景に、宇宙空間・海洋・島嶼といった孤立・極限環境における蓄電池の利用需要が高まっている。しかし、リチウムイオン電池で使用される有機系電解液は、過充電や外部衝撃等により異常発熱した場合に発煙、発火、爆発を起こすリスクがあるため、例えば航空機利用時には手荷物での預け入れが禁止されているなど、破損時の火災や事故が懸念される環境での使用が制限されている。そのため、孤立・極限環境において適用可能な、高耐久・高安全・広温度域で動作可能かつ現行のリチウムイオン電池と同程度の高いエネルギー密度を保持する次世代蓄電池の開発が求められている。

このような要請に応え得る次世代蓄電池として、全固体電池が挙げられる。全固体電池は、現行のリチウムイオン電池と比較して、発火リスクが少なく広い温度域での動作が可能といった特徴がある。このうち酸化物型全固体電池は、硫化物型のように硫化水素ガスを発生する懸念がなく、不燃型の極めて安定な固体電解質を活用するため特に優れた耐久性・安全性

を有しており、孤立・極限環境での利用において必要とされる特性を備えている。基盤に表面実装するようなごく小型の酸化物型全固体電池は既に上市されているが、大型化や大容量化に向けた技術は発展途上である。

本構想は、個別研究型として、こうした背景の下、研究開発ビジョン（第二次）において定められた「孤立・極限環境に適用可能な次世代蓄電池技術」において、我が国技術の自律性の確保も念頭に優位性の獲得を目指すものである。

1.1.2 我が国の状況

1985年に吉野彰氏がリチウムイオン電池の原型を確立し、1991年には我が国の企業が世界で初めてリチウムイオン電池を商品化するなど、リチウムイオン電池の実用化を牽引してきた歴史があり、我が国には蓄電池及び関連部素材の産業が多く集積している。

全固体電池に関しては、高性能材料開発や界面制御といった基幹的技術において我が国が優位性を持っており、産学ともに材料、電池、電動機器の各レベルに強みを有している。硫化物型全固体電池については、我が国のアカデミア及び企業における研究開発・技術開発がともに積極的に進められており、これを搭載した電気自動車も2020年代後半にも実用化される見込みである。酸化物型全固体電池については、低温焼結が可能な材料や界面抵抗を低減する材料等の研究開発や、固体電解質の電気伝導性の向上など大型化に向けた基礎的な研究開発等が行われている。さらに、セラミックスをはじめとした酸化物系材料を取り扱う国際的な素材メーカーを多数擁していることに加え、ワイヤレスイヤホンといったウェアラブルデバイスやIoTなど電力使用量が比較的少ない小型機器向けのチップ型小型電池は既に上市されているなど、我が国が産学ともに高い競争力を有している。

このように、我が国は、高性能材料や合成・加工技術など蓄電池に係る研究開発の実績が蓄積されており、技術的優位性を有していることに加え、大学・研究機関や企業における専門性の高い人材の層にも厚みがある。このため、酸化物型全固体電池の大型化・大容量化・量産化を見通す開発を推進するための高いポテンシャルを有していると言える。

1.1.3 世界の取組状況

欧州、米国、中国、韓国等の各国において次世代蓄電池の研究開発プロジェクトが精力的に進められている。

EUでは、全固体電池の開発を推進するASTRABATプロジェクトを2020年に開始し、酸化物－高分子複合電解質を用いた全固体電池の開発に取り組んでいるほか、Horizon 2020や各国の国家プロジェクト等においても全固体電池の開発を支援している。米国は、エネルギー省やその傘下のエネルギー高等研究計画局・自動車技術局が複数の国家プロジェクトを立ち上げ、固体電解質、界面解析、製造プロセス等の全固体電池に係る開発を進めている。中国は、2016年に科学技術部が特別プロジェクトを開始し、全固体電池については酸化物系と硫化物系を中心に研究開発を実施しており、近年では全固体電池に係る特許出願件数が急増している。韓国は、2021年7月にK-バッテリー発展戦略を発表し、官民による大規模研究開発等を推進するとしており、全固体電池については2027年の商用化を目標として掲げている。

しかしながら、酸化物型全固体電池については、小型電子機器向けまでは上市に至っているものの、大型化・大容量化するための技術はまだ確立されていない。

1.1.4 構想のねらい

本構想では、超高温（太陽、火山観測）、超低温（宇宙、極地）、超安全（人工衛星、ドローン、AUV、海上浮標）、超耐久（宇宙、無人島、僻地）といった用途志向の動作を実現する次世代蓄電池のスケールアップ・量産化を見通すシステム化研究を行うことで、宇宙空間・海洋・島嶼等の孤立・極限環境において適用可能な次世代蓄電池技術を確立し、我が国技術の自律性の確保も念頭に優位性の獲得を目指す。

海上・航空輸送時や事故・衝撃時における耐久性・安全性に優れ、長期間メンテナンスフリーで運用可能で、幅広い温度域でも動作する次世代蓄電池の社会実装により、人工衛星、船舶、無人航空機（ドローン等）、航路標識（灯台等）、災害救助用ロボット、災害時の非常用電源といった公的利用に加え、自動車、家庭用等における定置型電源・非常用電源等の民生利用にも貢献することが期待される。

1.2 構想の目標

1.2.1 アウトプット目標

本構想では、孤立・極限環境における用途志向の動作を実現する酸化物型全固体電池について、大型化を実現するプロセス技術、高出力・高エネルギー密度を実現する積層化技術といった要素技術を確立するとともに、最新の材料研究成果やデータベース等も活用しつつ、これらを組み合わせることで、研究開発開始から5年後を目途に、様々な実用途を意識した実践的な構造であるバルク型のモデル電池（数 cm 角程度）を試作・評価し、ニーズに基づく概念実証を行う。これにより、その後の社会実装につなげていく。

<大型化を実現するプロセス技術>

- 電極層の電子・イオン伝導度、固体電解質のイオン伝導度を向上する焼結技術の開発
- 界面抵抗を低減し高イオン伝導性界面の形成を実現する、固体電解質と電極の接合技術の開発

<高出力・高エネルギー密度を実現する積層化技術>

- パック全体での軽量化により高エネルギー密度を実現する積層化技術の開発
- 体積あたりの容量向上及び内部抵抗の低減により高出力を実現するバイポーラ構造技術の開発

<モデル電池の性能目標>

- 事故・大気暴露時におけるガス発生の抑制等による安全性の実証
- 現行の液系リチウムイオン電池を上回る耐久性（10,000 サイクル程度を見通せる性能）
- 現行の液系リチウムイオン電池に比肩するエネルギー密度（250Wh/kg、500Wh/L 程度）
- 孤立・極限環境での保存・動作時における実用途を見据えた温度域での動作実証（-40°C~200°C程度での作動性能の確保）
- 現行の液系リチウムイオン電池に比肩する急速充電が可能な充放電レート（1C 程度（電流密度 1~10mA/cm²程度））

- 実用化を見通すための概念検証を行うに足る容量（0.1Ah 程度）及び大容量化に向けた積層化構造の実証

1.2.2 アウトカム目標

本構想で開発された技術を基に、高耐久・高安全かつ用途志向の動作温度域を実現する酸化物型全固体電池の実用化が可能となる。これにより、人工衛星、船舶、無人航空機（ドローン等）、航路標識（灯台等）、災害救助用ロボット、災害時の非常用電源といった孤立・極限環境における利用を実現する。また、自動車、家庭用等における定置型電源・非常用電源等の多様な用途への展開を図る。その際、我が国における技術の自律性を確保し、国内の関連産業の発展に資する。

1.3 研究開発の内容

1.3.1 研究開発の必要性

宇宙空間・海洋・島嶼といった孤立・極限環境において次世代蓄電池を適用可能にするためには、超高温、超低温、超安全、超耐久といった用途志向の動作を実現することが求められる。次世代蓄電池の中で特に酸化物型全固体電池がこうした要請に応えられる特性を備えているが、大型化・大容量化に向けた技術の成熟度が低いため、大型化を実現するプロセス技術、高出力・高エネルギー密度を実現する積層化技術といった要素技術を確立し、さらにシステムとしてこれらを統合させたバルク型のモデル電池により概念実証を進める必要がある。

1.3.2 研究開発の具体的内容例

電気伝導度の高い固体電解質材料についての最新の研究成果や、材料やプロセス等に係るデータベース等も柔軟に活用しつつ、その時点で最適な組合せの材料を用いてバルク型のモデル電池を試作し、概念実証を行う。それに向けた研究開発の具体的内容として考えられる項目を以下に例示する。

<大型化を実現するプロセス技術>

- 適切な種類・量の助剤の添加等により、電極層における内部抵抗の低減や固体電解質の緻密化を実現し、電子伝導度・イオン伝導度を高め

る焼結技術の開発

- 固体電解質と電極の焼結時に適切な材料の組合せや温度等の条件コントロール等を行うことにより、界面における分解反応・異相形成の抑制による界面抵抗低減や高イオン伝導性界面の形成を実現する接合技術の開発

<高出力・高エネルギー密度を実現する積層化技術>

- 液系電解質と比較して比重の大きい固体電解質の使用量を極限まで低減するとともに、安全性や高温耐性の向上に伴い冷却機構を削減するなど、包装材等を含めたパック全体での軽量化により高エネルギー密度を実現する積層化技術の開発
- コンパクト化し体積あたりの容量を向上するとともに、複数のセルが直列に積み重なるため内部抵抗を低減できる、バイポーラ構造技術の開発

1.3.3 研究開発の達成目標

酸化物型全固体電池について、大型化を実現するプロセス技術、高出力・高エネルギー密度を実現する積層化技術を確立する。これら技術をシステムとして統合させたバルク型のモデル電池を試作・評価し、ニーズに基づく概念実証を行う。概念実証に際しては、「1.2.1 アウトプット目標」に示す性能目標に即したモデル電池を使用し、孤立・極限環境における用途志向の動作を実現する酸化物型全固体電池の実用化に向けた見通しを示すものとする。

より具体的には、提案者の設定した個別の達成目標を基本としつつ、文部科学省及び JST のサポートの下、採択後、研究開発を開始するにあたって行う研究計画の調整にて定める。また、研究開発開始後においては、協議会における意見交換の結果も踏まえ、必要に応じて研究計画の見直しを行う。

2 研究開発の実施方法、実施期間、評価

2.1 研究開発の実施・体制

プログラム・オフィサー（PO）の指揮・監督の下、研究代表機関又は研究代表者が研究開発構想の実現に向け責任を持って研究開発を推進する。

JST 等の助言に基づき、研究に参加する機関・研究者のそれぞれが、適切な技術流出対策を行うよう体制を整備するとともに、研究インテグリティの確保に努め、適切な安全保障貿易管理を行うよう、これらを推進するとともに、研究開発に必要な事項を行う。

研究開発成果を公的利用のみならず民生利用にもつなげていくことを指向し、社会実装や市場の誘導につなげていく視点を重視するという本プログラムの趣旨に則り、研究代表機関又は研究代表者は PO 及び研究分担者との協議の上、知的財産権の利活用方針を定めることとする。その際には、研究開発途中及び終了後を含め、知的財産権の利活用を円滑に進めることができるように努めることとする。

なお、研究開発成果の利活用にあたりその成果にバックグラウンド知的財産権が含まれる場合には、その利活用についても同様に努めることとする。

2.2 研究開発の実施期間

研究開発開始から「1.3.3 研究開発の達成目標」まで 5 年程度とし、この期間の予算として最大 50 億円程度を措置する。

また、「1.2 構想の目標」の達成に向け、様々な用途やニーズを踏まえ企業等と共同でアセスメントを行いつつ、社会実装の早期化等に繋がる具体のニーズを満たす性能のモデル電池を実現するために、5 年程度を超えて研究開発を継続することが適切であると PO が認めた場合には、関係府省との調整の上、研究開発開始から 10 年以内を限度に継続することを可能とする。5 年程度を超えて継続する場合には、内閣府、文部科学省が、外部評価の結果等を踏まえ、関係府省と調整の上、当該継続期間に措置する予算及びより具体化されたアウトプット目標を示す。

なお、5 年以内で孤立・極限環境において適用可能な次世代蓄電池技術を確立することが可能である場合はこの限りではなく、実現性があり可能な限り早い時期で完成できることが望ましい。

2.3 評価に関する事項

自己評価は毎年実施する。外部評価については、原則、研究開発開始から 3 年目に中間評価、5 年程度を目途にステージゲート評価を実施する。5

年程度を超えて継続する場合には、研究開発終了年までの間にさらに 1 回以上中間評価を設けるものとする。具体的な時期やステージゲート評価の目標等の設定については、担当する PO が採択時点でマイルストーンを含む研究計画とともに調整した上で、JST が決定するものとする。

2.4 社会実装に向けた取組

本構想は、大型化を実現するプロセス技術や、高出力・高エネルギー密度を実現する積層化技術を確立し、これらをシステムとして統合させたバルク型のモデル電池による概念実証を行うことにより、耐久性・安全性に優れ、長期間メンテナンスフリーで運用可能で、幅広い温度域でも動作する次世代蓄電池に関する我が国技術の優位性獲得等を目指すものである。このためには、研究代表機関又は研究代表者と潜在的な社会実装の担い手として想定される関係行政機関や民間企業等との間で、宇宙や極地といった用途ごとに、次世代蓄電池の適用が想定される具体的な利用環境や利用時に求められる動作温度域等の情報共有や、社会実装イメージ及び研究開発の進め方を議論・共有する取組等の伴走支援が有効である。

したがって、今後設置される協議会を活用し、参加者間で機微な情報も含め、社会実装に向けて研究開発を進める上で有用な情報の交換や協議を安心して円滑に行うことのできるパートナーシップを確立することが重要であり、関係者において十分にこの仕組みの運用を検討する必要がある。なお、協議会の詳細は別に示す。また、PO は研究マネジメントを実施する際には、協議会における意見交換の結果も踏まえるものとする。