

研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)
ステージ : 戦略テーマ重点タイプ
研究開発テーマ
「エネルギーの有効利用を支える次世代定置用蓄電技術の創出」
事後評価報告書

総合評価 A

総合所見

本研究開発テーマは、エネルギー安定供給と環境配慮を両立しつつ二酸化炭素の排出削減に資する技術、中でも電気化学的エネルギー変換デバイスに関する技術の創出を目標とし、それによる産業の活性化を図るものである。対象を次世代定置用の蓄電デバイスとそのシステムとし、その材料・電池技術の確立、事業化展開に向けた技術開発、および基盤学術の進展を目指している。

本テーマに対して応募された研究課題の中から、3課題、すなわち「カリウムイオン電池およびカリウムイオンキャパシタの基本技術開発」(以下、カリウムイオン電池)、「太陽光発電の高効率化を可能とする新型キャパシタの開発」(以下、新型キャパシタ)、「超高エネルギー密度、本質安全および長寿命な鉄-空気二次電池 Shuttle Battery の開発」(以下、鉄-空気電池)を採択した。これらは、実用化に向けて必要な項目である高いエネルギー変換効率、長寿命、低コストを兼備できる可能性とともに、それぞれ特徴的な構成要素や特性を持つ新規なデバイスであり、目標に適した課題である。

実施に当たり PO は、サイトビジット、テーマ推進会議等で適切な研究方向を議論・検討する方針で進めてきた。特に、材料研究の段階に留まらず、プロトタイプの電池の作製とそれによる特性検証を行う方向性を示すことにより、実用化に繋がる取り組みになるよう指導した。研究期間途中で明らかとなった各課題の問題点に対して的確な対処法を示し、実際に研究方向の修正も行っている。これらから、研究進捗と問題点を十分に把握して研究開発方向を明確に示すことにより研究開発テーマを推進した点は高く評価できる。

実施した3課題それぞれにおいて、動作原理の確認、適切な材料系とセル構造の確定、基本特性の確認など、基盤的研究として世界に先駆けた成果を上げている。学术论文も多く出され、知財についても適切に出願されている。カリウムイオン電池、新型キャパシタでは実用に近いプロトタイプの積層型電池、鉄-空気電池では単セル電池を作製することができ、それによる評価により目標特性の達成に成功している。これらの成果は、定置用エネルギー変換デバイスについて、基盤技術を確立するとともに、事業化に向けた問題点や今後取り組むべき方向性を明確にしたものである。これより、産業創出の核となる技術を創出したものといえる。

3種のデバイスにはそれぞれ特徴的な競合優位性がある。カリウムイオン電池は地球に豊富な元素を使用するものであり、元素戦略としての優位性が高い。新型キャパシタは高速充

放電特性に優れており、エネルギー回収における優位性がある。鉄-空気電池は新しい動作機構により高いエネルギー密度が期待できる。基盤技術の開発は達成しているものの、それぞれの開発進捗状況に違いがあり、現時点で直ちに事業化するには課題が残されている。今後の事業化には、実用に適合する電池モジュールの作製とそれを含むシステムでの多様な評価が重要であろう。それにより、それぞれの特徴の有効な発現を確認し、競合に対する優位性を実証することができれば、市場展開、産業創出に繋がる可能性が高い。さらに、それぞれの特徴を活かしつつ、大型～小型デバイスとしての適合性検証、総合的な特性・コスト予測、製造プロセス開発がなされれば、本研究開発テーマで想定している用途よりも広い分野への展開も可能と考えられる。

1．研究開発テーマのねらい（目標）について

本研究開発テーマは、二酸化炭素の排出削減に有効な自然エネルギー導入拡大に資する電気化学的エネルギー変換デバイスの開発を目標とし、それによる産業の活性化を図るものである。対象を次世代定置用の蓄電デバイスとそのシステムとし、その材料・電池技術の確立、事業化展開に向けた技術開発、および基盤学術の進展を目指している。二酸化炭素の排出削減に向けた多様な取り組みの中で、エネルギー変換および蓄電池開発は非常に重要な位置を占める。社会での要求度が高い、現在と将来の我が国における重要なテーマである。

本テーマでは3課題を採択し、実施した。すなわち、資源的な問題のない元素を用いたカリウムイオン電池、低エネルギーの回収に有効な新型キャパシタ、および高エネルギー密度が期待される燃料電池タイプの鉄-空気電池に関する課題であり、いずれも風力発電や太陽光発電などの自然エネルギーの高効率利用に有効な定置用蓄電デバイスになり得るもので、社会実証できればインパクトが大きい。

蓄電デバイスの研究開発では、これまで非常に様々なタイプのものが進められているが、基礎研究にとどまり実用化に至らないものが多い。本テーマの実施に当たり、POは実用化に繋がる取り組みになるように、デバイスの基礎特性に加えて安全性と長寿命を考慮するとともに、実用に近いデバイスの作製とそれによる特性検証を重視して研究開発を進めてきた。社会に貢献できるデバイスの開発をねらう上で適切な方針である。

アドバイザーは、産業界、大学、公的研究機関からバランスよく選定されており、基礎・応用技術、実用化技術の広い範囲をカバーできる構成となっている。技術面だけでなく事業性等も含めて議論とアドバイスができる体制となっており、適切な構成である。

2．研究開発テーマのマネジメントについて

POの運営方針は、高いエネルギー変換効率、十分なエネルギー密度、長寿命、低コストを満たす蓄電デバイスを開発するため、サイトビジット、テーマ推進会議等で適切な研究方向を議論・検討する方針で進めてきた。実用化に繋がる取り組みとなるように、材料研究の段階に留まらず、プロトタイプの電池の作製とそれによる特性検証を行う方針とした。また、企業の役割を明確にして、大学・企業の連携を効率的に行うように促している。最終的に1次試作の電池の性能でチーム評価を行うこととして、方針を徹底させている。

研究開発テーマの進捗状況の把握は、テーマ推進会議、サイトビジット、PO 面談の実施を通して行った。テーマ推進会議では各課題が成果発表し、関係者全員で議論を行っている。また、リーダーのみでなく、実験担当の研究者からの意見聴取やポスター発表も行っている。これらは、研究進捗と問題点を把握し研究開発方向を明確にすることに有効であるとともに、人材育成へも貢献するものと考えられる。最後の2年間はオンライン会議となったものの、十分な時間をとって議論を行っており、状況把握として十分なものといえる。状況把握を適切に行った結果として、3課題に対して計画見直しを指示し、実際に計画変更が行われている。

中間評価により研究継続と判断された以降の研究期間後半では、中間評価結果を踏まえた助言・指導により、各課題において重要な項目について推進された。カリウムイオン電池の開発では、シアン系正極材料と電解液適合性に集中した研究の実施、および大学と企業の連携強化を進めた。新型キャパシタの開発では、材料系の絞り込みとプロトタイプ電池での特性実証、および材料の大量合成手法の開発を進めた。鉄-空気二次電池の開発では、実用化への障壁となる水素リークや鉄焼結など要素課題の解決に集中して取り組むとともに、大学からの技術移転を促進した。

以上のように、出口として何を目指し、それに適する研究開発になっているかを常に確認しながら研究開発を進めるように促した。また、研究進捗と問題点を十分に把握し、当初計画の実施が困難な場合は見直しを行うなど、研究開発方向を明確に示す指導を行った。このように適切なマネジメントにより研究開発テーマを推進した点は高く評価できる。

3 . 研究開発テーマとしての産業創出の核となる技術の確立状況

実施した3課題それぞれにおいて、動作原理の確認、適切な材料系とセル構造の確定、基本特性の確認など、基盤的研究として世界に先駆けた成果を上げている。学術論文も多く出され、知財についても適切に出願されている。実用化に向けた電池開発の成果として、カリウムイオン電池、新型キャパシタでは実用に近いプロトタイプの積層型電池、鉄-空気電池では単セル電池を作製することができ、それによる性能評価により目標特性の達成に成功している。研究課題ごとの事後評価結果(S:1件、A:2件)も妥当なものといえる。これらの成果は、定置用エネルギー変換デバイスについて、基盤技術を確認するとともに、事業化に向けた問題点や今後取り組むべき方向性を明確にしたものである。これより、産業創出の核となる技術を創出したものといえる。

3課題の蓄電デバイスはそれぞれ異なる特徴があり展開を狙う事業化の分野も異なるため、競合優位性と市場性については以下に記す。いずれも将来の事業化に進展することが可能と考えられるが、今後の事業化には、実用に適合する電池モジュール作製とそれを含むシステムでの多様な評価、および大量製造プロセスとコストの検討が必要であろう。

カリウムイオン電池の最大の特徴は、電池構成材料にカリウムを始めとする地球上に豊富に存在する元素を使用する点にある。これにより、元素戦略面およびコスト面でリチウムイオン電池に対して優位性があり、企業戦略として優れた適合性がある。自然エネルギー利用の進展により定置用蓄電池の大幅な使用量増加が予想されることから、リチウムイオン電池に代わる電池として市場での重要性が高い。十分な基盤技術があることから、リチウム

イオン電池と同等の実用性能と適切な寿命・コストが検証されれば市場を得る可能性が高い。電池産業の活性化・多様化に繋がることが期待される。

新型キャパシタは、電極のナノ構造制御により、高速な充放電特性と大きな容量を兼ね備えている点に特徴があり、電気二重層キャパシタとリチウムイオン電池の中間的特性を持つデバイスである。太陽電池の微弱電流など従来は困難であったエネルギー回収が可能になり、総合エネルギー効率を向上させることができる。実際に太陽光発電の効率向上を実証している。このような特性を備えたキャパシタは他になく、高い競合優位性を有している。より大型化・大容量化や多様なシステム設計への対応ができれば、高効率太陽光発電の市場を確保できると考えられる。また将来的には、太陽光発電に限らず、移動体用電池などへの展開も期待される。

鉄-空気二次電池は燃料電池と電解システムを組み合わせた電池であり、高いエネルギー密度、長寿命と安全性が期待できる点が特徴である。研究期間途中で水素ガスリークや鉄材料の焼結などの問題点が明らかとなったが、検討の結果、それらをほぼ解決する成果が得られている。期間中に実用的な積層型電池の作製と検証には至らなかったものの、その実現の見通しは得られている。リチウムイオン電池を超える性能が実用電池レベルで実証でき、また長寿命と低コストが確認されれば、実用定置用デバイスとして有用性が高い。競合するレドックスフロー電池、ナトリウム硫黄電池などに対しても優位性を持ち、新たな市場開拓が期待される。

さらに3課題ともに、それぞれの特徴を活かしつつ、大型～小型デバイスとしての適合性検証、総合的な特性・コスト予測、製造プロセス開発がなされれば、本研究開発テーマで想定している用途よりも広い分野への展開も可能と考えられる。

4. その他

本研究開発テーマは、二酸化炭素排出削減とエネルギー問題を解決するために世界的に重要なテーマであると同時に、日本では進展が必須のテーマである。実施された3課題は、さらに実用的改善・評価を行い、産業化に繋げるべきものと考えられる。しかし、それには多様な項目での検証が必要なため、1企業・1大学だけでは達成は容易ではない。デバイス、システム、運用に関わる企業などもっとすそ野を広げた連携が必要であろう。このような連携研究開発による事業化を可能とする、適切な支援プロジェクトが設定されることが望まれる。

以上