

**研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）戦略テーマ重点タイプ**  
**令和3年度事後評価結果**

1. 研究課題名：

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

2. プロジェクトリーダー：塚本 壽（CONNEX SYSTEMS 株式会社 代表取締役）

3. 研究概要

Shuttle Battery は鉄と空気で電気エネルギーを発蓄電する高エネルギー、安価な蓄電池であり、主要材料は全て耐火物で本質的に安全である。ラボ試験において 200 サイクル（DOD100%）経過後容量低下無しという優れた寿命性能を示した。本申請では Shuttle Battery 事業化のための重要課題として、長寿命化、高出力化技術の開発に取り組み、50kWh 実証モジュールを試作する。

4. 事後評価結果

4-1 研究開発の目標達成度と成果

負極に水素、正極に酸素を使用する燃料電池と電解システムの組み合わせによる蓄電システムに関する研究開発を実施した。負極には鉄と水の反応により水素を生成するシステムを利用しており、特徴的なセルになっている。酸素側は SOFC と同じである。本研究課題の当初の目標は蓄電システムを社会に供給することであったが、研究開発においていくつかの問題が発生し、目標設定を単セルでの発電と充電の確立に途中で変更している。変更後の研究開発内容として、酸素極側の三次元構造導入による低分極化、水素極側の鉄の焼結の問題解決、水素リークの問題解決、セル設計の問題が主な課題となった。これらの点については十分な成果が得られた。セル設計の部分が課題として残った。

酸素極の低分極化に貢献する三次元構造を実際に作製し、その優位性を示した。ただし、実セルへの導入において機械的な強度などの問題が課題として残った。700℃で十分な性能が得られたことは意義が大きい。負極のセル容器から水素がリークする問題があったが、セル部材の表面コーティングを検討した結果、長期に渡ってリークを抑制することに成功した。これにより、水素リークの問題は解決したが、今後セルとしてのリークについて詳細に検討することが必要である。鉄の焼結に関しても、セラミックスとの混合により抑制できることを明らかにしており解決できたと判断される。

本システムの優位性について、エネルギー変換効率の観点からの検討が必要であったが、セル設計が終了しておらず、そこまでの評価には至らなかった。特に、高温で作動する蓄電池システムであるため、熱収支が重要な課題であったが、実測できておらず、今後の大きな課題として残った。熱の収支を考慮したエネルギー効率に関する議論を深めるこ

とが求められる。

単セルの安定作動までには及ばなかったが、セル作製に必要となる重要な要素課題の解決において十分な成果がある。今回得られた要素技術を基盤として本システムの構築を目指すべきである。本研究課題の蓄電池システムは、全く新しい概念に基づくものであり、開発に時間を要することは理解される。1000 Wh/L のエネルギー密度は魅力的であり、実現に向けて開発を加速することを期待する。

#### 4-2 新産業及び新事業創出の可能性

セル設計を終了し、実際に大型の電池の実証ができれば、新産業と新事業の創出に資する研究開発になる。これまでの研究により要素技術の開発に目途がたっており、次のステップで実デバイスとしての意義を明確にできれば、電力貯蔵用の蓄電池として社会実装可能なシステムになると思われる。セラミックスの技術や SOFC に関する経験などを有する企業との連携が不可欠である。既に CONNEX SYSTEM 社では開発パートナーを見出しており、今後の研究開発に期待する。

#### 4-3 総合評価

##### 総合評価 A

酸化物型燃料電池とそのセルを用いた電解セルの組み合わせによる蓄電池システムの開発を実施した。酸素と水素を使用する蓄電池である。特に水素を直接使用するのではなく、鉄・酸化鉄を介した水蒸気と水素のサイクルを組み合わせた蓄電池システムであり、ユニークで新規性の高いシステムである。初期の段階では、複数のセルからなる蓄電システムを目指したが、要素技術の点で問題があり、まずは要素技術の開発に注力することになった。3つの大きな要素技術に関して研究開発を大学と企業の連携のもと実施した結果、解決することができた。この点は成果として十分に評価される。大学側の技術を企業側に移転する際にもスムーズな連携ができていたと判断される。

一方で、単セルの作動を目標に研究開発を実施してきたところ、単セルの発電・充電が可能であることは明確にできたが、その性能を評価するまでには至らなかった。新しい蓄電システムであり、難しい要素技術が含まれており、今回の研究開発期間内では達成できていない。しかし、要素技術が進展したことで本蓄電システムの可能性をかなり高くすることができたことは重要な成果と考えている。

社会実装を含め今後の展開においてはセラミックス技術を有する企業などとの協業が必要不可欠であり、今後の展開に期待したい。

以上