

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム  
戦略テーマ重点タイプ 完了報告書（公開版）概要

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

研究開発課題名：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

プロジェクトリーダー

機関名：CONNEXX SYSTEMS 株式会社

氏名：塚本 壽

## 1. 研究の目的

本研究開発を経て最終的に事業化を目指す製品は、安全、安価で高エネルギー密度な再エネ発電所向けの MWh 級 Shuttle Battery (SB) 蓄電池システムである。SHUTTLE Battery 蓄電池システムは、SOEC (Solid Oxide Electrochemical Cell、固体酸化物形電気化学セル) と鉄燃料粉末とこれらを備えた SUS 筐体からなっている。SOEC により放電、充電をおこない、水素/水蒸気の混合気と鉄/酸化鉄の平衡反応により SOEC に反応物質を連続的に供与する。SB は、そのエネルギー密度が Li-ion の 5 倍 (理論値比較) であり、耐火物で構成された全固体不燃電池である。本事業では、SOEC の高出力化技術の開発 (京都大学が超高出力畝型電極を開発した。特許申請中)、長寿命鉄燃料の開発 (CNXX が耐火物被覆付き鉄燃料を開発し超寿命化を達成した。特許化済み)、筐体からの水素透過 1/1000 以下の達成 (CNXX が金属酸化物被膜およびガラスコーティングにより SUS の水素透過率を 1/82000 に抑制した。特許化済み) をおこない、50x50mm の実用デバイス (SB 単セル) を試作し、その初期性能を明らかにした。

## 2. 研究成果の創出状況

マイルストーン	達成状況
【CP1】 含浸電極において、700°Cで0.6W/cm <sup>2</sup> の発電性能を達成できる電極性能（電極のみに着目した数値）を達成する。	含浸電極を用いて燃料極支持型セルを試作し出力密度0.72W/cm <sup>2</sup> を得た。
【CP2】 含浸電極とメゾ構造技術と組み合わせた電極支持型セルにおいて、発電性能として700°Cで1.2W/cm <sup>2</sup> を達成する	メゾ凹凸構造の付与やLSCF空気極へのGDC含浸を実施することで、700°Cで1.45W/cm <sup>2</sup> を達成した。
【CP3】 最適化計算技術を適用した電極数値解析プログラムを開発し、各種運転条件（温度、供給ガス組成）における最適なメゾ構造を予測する。	任意のメゾ構造を有するセルの発電シミュレーションプログラムを開発し、反応量を最大化する薄膜電解質形状をノウハウや試行錯誤なしに予測することが可能となった。
【CP4】 メゾ構造制御セルの各種作製手法の優劣と限界を見極め、CP2の性能を達成可能なメゾ構造を選定する。	20mm径のメゾ構造セルで700°C、1.45W/cm <sup>2</sup> の出力を達成した
【CP5】 含浸、メゾ構造制御 50×50mmセル作製法確立	独自のメゾ構造制御を電極支持型SOECセルに適用することにより電解質を薄型化し、電極-電解質界面を増大させ、0.7W/cm <sup>2</sup> という目標出力密度向上を達成した。
【CP6】 長寿命と高出力を両立する鉄ペレットを確立	鉄粉を耐火性無機物により多孔質被膜し比表面積低下を抑制し目標を達成した。
【CP7】 SOEC直列接続構造を確立	本課題はより基礎的な技術開発に注力するために削除された。
【CP8】 水素透過抑制手法の確立	【a】 酸化物皮膜およびガラスコーティングにより筐体の水素透過性を1/82000に抑制した。 【b】 結晶化ガラスシール構造を開発し、セラミクス-金属接合部からの水素透過を大幅に減少させ単セル試験を可能にした。
【CP9】 実デバイスでの要素技術の性能検証	50x50mmの実用電極を備えた実デバイス（単セル）を開発し、初期の充放電性能を明らかにした。

## 3. 今後の展開

SHUTTLE Battery (SB) は電気と熱の両エネルギーを蓄積、放出できる全く新しいエネルギーデバイスである。電気エネルギーだけでLi-ionの5倍、熱エネルギーも考慮するとLi-ion電池の9倍のエネルギー密度を有する超高エネルギー密度の蓄エネルギー装置である。

今後の展開としては、製品化の第一段階においては「熱源がある用途における実用化」を目指す。最初の製品は小型SOFC装置に組み込んで停電時や停ガス時の電力供給とピークカットに用いるものとする。SOFC+SB HYBRIDシステムは、SOFCからの排熱を利用することにより熱源の問題をクリアするとともに、SOFCのOFFガスによる水素供給もできるので水素気密についても課題克服がより容易である。

さらに第一段階では、SBの大型化を推進し、原発、製鉄工場、化学工場、セラミクス工場、電炉業界など大量に電気を生産、消費し、同時に大量の排熱（しかも高温、高品位な熱を排出している）を出している現場において電気のロードレベリング、ピークカット、BCPに用いてGHG削減に貢献する。

そして製品化第二段階ではスマートグリッドとサーマルグリッドを重畳したような「スーパーグリッド」におけるエネルギーHUBとしてSBの弩級化をすすめ併せてスーパーグリッドの利用技術、制御技術を開発する。

以上