

フッ化物シャトル電池の現状と展望

(京大院工) ○安部 武志

Fluoride Shuttle Batteries: Current Status and Prospects

(Graduate School of Engineering, Kyoto University) ○Takeshi Abe

フッ化物シャトル電池は密閉系電池の中で理論的には最も高いエネルギー密度を示す電池系であるため、2009 年から始まった革新型蓄電池先端科学基礎研究事業 (RISING プロジェクト) では、この電池系の検証を薄膜電池を用いることにより行った。RISING2 プロジェクトでは、バルク型のフッ化物シャトル電池を構築するための要素技術の開発を行い、様々な正負極活物質、電解質材料について検討した。また、高度解析技術を活用し、活物質の反応解析および電解質のイオン伝導機構などを詳細に調べた。その結果、銅系正極、マグネシウム系負極を用いることにより、100 Wh/kg 以上のエネルギー密度を実証し、電解質層の厚みを低減することにより 300 Wh/kg 以上のエネルギー密度になることを報告した。RISING3 では、これらの成果をもとに、さらなる材料開発を進めている。本稿では、これまでの成果の概要および今後の展望について紹介する。

2. 要素技術

1) 正極：正極材料の候補としては、Ag、Cu、Bi、Fe などがあり、この中で Cu と Fe は理論容量がそれぞれ 843 mAh/g、1440 mAh/g と高い。そこで、Cu 正極について研究開発を進めた結果、固体系で電極重量当たり 400 mAh/g 以上の放電容量を取り出せることを見出した。また、Cu と金属フッ化物とを複合化することにより、Cu の利用率を向上させることが可能となった。Fe 系正極についても研究開発を進めており、高い容量を取り出すことが可能であることを見出している。

2) 負極：負極材料には多くの金属および金属フッ化物について検討を進めた。負極の候補となる金属として、電位領域を考えると Ti、Zr、Al、Mg、Ca、Ce、La など挙げられる。これらの金属もしくは金属フッ化物について、研究開発を進めた結果、特に Al が高容量を示すことがわかった。また、La 系負極では利用率およびサイクル特性を向上させる指針も見出すことができています。

3) 電解質：フッ化物イオン伝導性固体電解質およびアニオンアクセプター含有電解液の開発を進めた結果、固体電解質では Ba 系固体電解質で 10^{-3} S/cm 以上の伝導性を示すものを開発できた。また、ホウ素系アニオンアクセプターにより液系フッ化物シャトル電池用電極の体積膨張を緩和し、さらに活物質の電解液への溶解度を抑制できた。

3. フルセル技術の構築

上記技術をもとに、フルセルを構築した。正極には Cu 系材料、負極には Mg 系材料、電解質には Ca-Ba 系固体電解質を用いた。フルセルの作動を検証するために反応温度は 200°C とした。良好な充放電曲線を示すことがわかった。固体電解質層の厚みにエネルギー密度は依存するが、この電池系で 300 Wh/kg を達成できることを検証した。

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合研究開発機構 (NEDO) の委託事業 (JPNP16001, JPNP21006) において得られたものであり、関係各位に謝意を表する。