

ALCA-Next

「エネルギー変換・蓄エネルギー」領域

2024 年度 年次報告書

2023 年度採択

[研究開発代表者名:岡本 範彦]

[東北大学金属材料研究所 准教授]

[研究開発課題名:環境水分を利用する高サイクル高エネルギー密度酸化物蓄熱材料]

主たる共同研究者:

[田中 万也 (日本原子力研究開発機構 研究主幹)]

実施期間 : 2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

§1. 研究開発成果の概要

近年我々は、過マンガン酸カリウム(KMnO_4)の熱分解により作製したカリウム内包層状二酸化マンガン($\text{K}_{0.33}\text{MnO}_2$)が、層状構造を維持したまま二酸化マンガン 1 モルあたり約 0.5 モルの水分子を可逆的に挿入・脱離(インターカレーション)し、比較的高い体積エネルギー密度を有する有望な蓄熱材料であることを見出している。収納できる水の量をさらに引き上げることで、さらなる高エネルギー密度化の余地が十分にあると考えている。具体的には、 1400 MJ/m^3 以上へのエネルギー密度向上および蓄熱温度範囲拡張($50\text{--}250^\circ\text{C}$)を目指す。

第 2 年度(2024 年度)は、熱分解法・水熱合成法・酸化還元法により作製した結晶子サイズの異なる層状二酸化マンガンについて水分子吸放出および吸放熱特性を調査した結果、結晶子サイズがナノメートルオーダーまで低下すると、バルクインターカレーションに加えて、結晶子表面への水分子吸着が顕著となり、二酸化マンガンあたりの水分子収容量が増加すること、ひいては蓄熱エネルギー密度が 1.2 倍程度に増加することを明らかにした。バルク吸収および表面吸着の単純な幾何学モデルを構築することにより、 MnO_2 スラブの積層数の関数として水分子吸収・吸着量を表すことに成功した。本モデルに拠れば究極的には単層 MnO_2 は、バルクインターカレーションが支配的な粗大結晶子の場合より水分子収容量が 4 倍大きくなることが予測される。

層状二酸化マンガンと同じく吸湿材料であるゼオライト物質との蓄熱エネルギー密度に関する比較調査を行った結果、体積エネルギー密度・重量エネルギー密度ともに層状二酸化マンガンはゼオライト物質に全く及ばないものの、バルクインターカレーション機構の反応迅速性に起因して熱出力が優れていることや、低相対水蒸気圧雰囲気下において水放出特性が環境湿度に鋭敏でないが故に、温度昇降に伴う水分子放出・吸収を利用した蓄熱材料としては有利であることを明らかにした。

【代表的な原著論文情報】

1. Layered manganese dioxide as a versatile heat-storage material utilizing environmental water vapor
Norihiko L. Okamoto, Hiroki Yoshisako, **Kazuya Tanaka**, Tetsu Ichitsubo
ENERSTOCK 2024, the 16th IEA ES TCP International Conference on Energy Storage, pp. 315–318 (2024).