

未来社会創造事業（探索加速型）
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
年次報告書（探索研究）

令和 3 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:加藤 之貴]

[所属:東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所・教授]

[研究開発課題名:P2H2P 向けケミカルヒートポンプ]

実施期間:令和 5 年 4 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究開発実施体制

(1)「加藤」グループ(国立大学法人東京工業大学)

① 研究開発代表者:加藤 之貴 (東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所、教授)

② 研究項目

- ・酸化カルシウム(CaO)/水系ケミカルヒートポンプ(CHP)向け SiC/CaO 複合蓄熱ブロックの開発
- ・開発材料ブロックの化学蓄熱充填層反応器を用いたケミカルヒートポンプ性能実証(反応性能、熱出力、ヒートポンプ昇温温度を測定)
- ・ブロック、充填層について数値計算モデルを構築と開発 CHP の P2H2P に応用した際の低炭素化価値の定量化

§2. 研究開発成果の概要

再生可能エネルギーの大規模貯蔵を目的としたケミカルヒートポンプを開発するために、酸化カルシウムと SiC フォームを用いた複合蓄熱ブロックを開発し、熔融塩を高温熱媒とした間接熱交換式充填層反応器の熱出力実証を行った。単体 CaO は繰り返し反応中に凝集塊を形成することが知られており、本研究では凝集性を抑制するためにナノメートルオーダーの SiO₂ 表面処理を行った CaO 材料を開発し、脱水・水和 500 サイクル試験により 90%以上の高い反応率が維持されることを実証した。SiC フォームを用いた複合材料の最適化検討では、異なる気孔径を持つ SiC フォームを用いた複合材料ピースを新たに作製し、充填層型化学蓄熱実験装置を用いてフォーム気孔径が複合材料の熱出力パワー密度に与える影響を明らかにした。SiC/CaO 蓄熱ブロックを 10 個充填し、熱媒に熔融塩を用いた間接熱交換式固定層反応器を用いてケミカルヒートポンプ運転を行い、500℃で蓄熱し約 600℃に昇温し熱出力するケミカルヒートポンプ性能を実証した。この昇温性能は他に例が無く世界初の成果と判断された。間接熱交換式化学蓄熱反応器の数値モデルを有限要素法を用いて開発し、熱出力実験において観察された水和反応中の充填層内の温度・反応転化率を再現できた。これらの研究成果は申請者の知る限りにおいてこれまで報告がなく、学術的な独自性・新規性を有するものと考えられる。さらに開発したケミカルヒートポンプを用いた P2H2P システムのエクセルギー解析を行い、競合技術である水素蓄エネ・電池とエクセルギー効率を比較した。エクセルギー効率、コスト、安全性、国産性に関する検討結果からケミカルヒートポンプを用いた P2H2P の大規模蓄エネ技術としての優位性を定量的に明らかにした。

【代表的な原著論文情報】

- S. Funayama, T. Kato, S. Tamano, K. Mochizuki, M. Zamengo, T. Harada, H. Takasu, Y. Kato, Thermal energy storage with flexible discharge performance based on molten-salt thermocline and thermochemical energy storage, Appl. Therm. Eng. 238 (2024) 121947. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121947>.