

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(探索研究期間)

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]

[国立大学法人 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4年4月1日～令和5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)「古宮山」グループ(日本ガイシ株式会社、NGK アドレック株式会社)

① 主たる共同研究者:古宮山 常夫 (NGK アドレック株式会社、部長)

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の SiC 材料の供給協力

(3)「南里」グループ(株式会社 白石中央研究所)

③ 主たる共同研究者:南里 泰徳 (株式会社 白石中央研究所、代表取締役所長)

④ 研究項目

- ・酸化カルシウム(CaO)/水系ケミカルヒートポンプの CaO 材料の供給協力

(4)「岩崎」グループ(東芝エネルギーシステムズ株式会社)

⑤ 主たる共同研究者:岩崎 敦 (東芝エネルギーシステムズ株式会社、部長)

⑥ 研究項目

- ・酸化カルシウム(CaO)/水系ケミカルヒートポンプの P2H2P 応用性の評価

(5)「Thess」グループ(ドイツ航空宇宙センター 熱力学工学研究所)

① 主たる共同研究者:Andre Thess (ドイツ航空宇宙センター 熱力学工学研究所、所長)

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の P2H2P の欧州での応用性の評価

§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/水(CaO/H₂O)系化学蓄熱向け複合蓄熱ブロックの作製と実用的な間接熱交換式固定層反応器の蓄熱・熱出力実証実験を行った。CaO の凝集を抑え繰り返し反応性を向上するためにナノメートルスケールのシリカ表面処理を CaO 粒子に対し行った。脱水-水和 120 サイクル試験を実

施し、未表面処理試料と比較し高い反応性を維持することが明らかとなった。さらに伝熱促進のために CaO をケイ素含浸炭化ケイ素(SiSiC)フォームに担持させた複合蓄熱ブロックを真空含浸法により作製した。本蓄熱ブロック向け SiSiC フォームの最適フォーム気孔率に関する検討を行い、新たな知見を得た。検討を行った試料の中で最適な材料は単体 CaO 粉末と比べ 1.5 倍の熱出力速度を持つことが示された。熱媒に硝酸塩系の熔融塩を用いた実用的な間接熱交換反応器に複合蓄熱ブロック(蓄熱容量: 1.2 MJ)を充填し、蓄熱・熱出力特性をパイロットスケールで調べた。複合蓄熱ブロックの単位体積当たりの最大熱出力速度は $0.50 \text{ kW L}_{\text{material}}^{-1}$ に到達し、熱出力速度の目標値実証を達成した。反応器内の材料温度は最高で $608 \text{ }^{\circ}\text{C}$ に達した。これらの成果は CaO/H₂O 系化学蓄熱ではこれまで報告がほとんどなく、学術的な独自性・新規性を有すると考えられた。ケミカルヒートポンプのエクセルギー解析を実施し、競合技術である電池・水素蓄エネとの比較を行った。エクセルギー効率、国産性、材料コスト、大規模安全性の検討結果から大規模蓄エネ方式として蓄熱の優位性が定量的に明らかにされた。

【代表的な原著論文情報】

- S. Funayama, M. Schmidt, K. Mochizuki, M. Linder, H. Takasu, Y. Kato, Calcium hydroxide and porous silicon-impregnated silicon carbide-based composites for thermochemical energy storage, *Appl. Therm. Eng.*, 220 (2023) 119675. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119675>.