

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Development of Composite Materials for Calcium Oxide/Water Thermochemical Energy Storage
著者(和文)	苅谷潤
Author(English)	Jun Kariya
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10168号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:加藤 之貴,矢野 豊彦,竹下 健二,木倉 宏成,塚原 剛彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10168号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		荻谷 潤	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	加藤之貴	教授	審査員	塚原 剛彦	准教授
	審査員	矢野豊彦	教授			
		竹下健二	教授			
		木倉 宏成	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「**Development of Composite Materials for Calcium Oxide/Water Thermochemical Energy Storage**」(酸化カルシウム/水系化学蓄熱向け複合材料の開発)と題し、6章より構成されている。

第1章「**General Introduction**」では、一次エネルギー源の枯渇およびエネルギー需給の不一致の課題を研究背景として説明し、蓄熱技術の研究・開発する意義について述べている。次いで再生可能エネルギーの導入ならびにエネルギー需要変動による電力供給の不安定化の解決策の一つとして、化学蓄熱装置を導入した原子力システムを提案している。そして本論文の目的が提案実現に向けて酸化カルシウム/水($\text{CaO}/\text{H}_2\text{O}$)反応系に担体として化学的に安定で経済的な膨張化グラファイト(EG)、パーミキュライト、多孔性炭化ケイ素を用いた複合化学蓄熱材料の開発と材料の速度論的検討、および開発材料の次世代型原子炉システムへの適応性検討であることを述べている。

第2章「**Reaction Performance of Calcium Hydroxide and Expanded Graphite Composites**」では、水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$)をEGと混合した複合化学蓄熱材料(EC)について、蓄熱操作である脱水反応、熱出力操作である水和反応について実験的に検討している。まず研究で用いた水蒸気供給ユニットを独自に取り付けた熱重量分析装置の概要と原理を示している。次いで水和反応と脱水反応に対して反応温度 400~460°C、水蒸気分圧 57.8~85 kPaにおいてEG含有率がECに与える影響について検討している。また反応速度論的検討を行い水和および脱水反応速度式を提出している。これより水和反応には試料内の水蒸気の拡散性の向上が、また脱水反応には熱伝導性の向上が寄与していることが示されている。EGの含有率がECの繰り返し反応性に与える影響について試験を行い、EGを多く含む試料ほど繰り返し反応において反応速度が高く維持されることを明らかにしている。

第3章「**Reaction Performance of Calcium Hydroxide and Vermiculite Composites**」では、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を安価な多孔材料であるパーミキュライトと複合した蓄熱材料(VC)を調製し、その水和及び脱水反応性について検討している。パーミキュライトの細孔の深部に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を生成させるために、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の前駆体として酢酸カルシウム 1水和物を用い含浸法により試料を調整している。15回の繰り返し反応(水和及び脱水反応温度 450°C、水和反応の水蒸気分圧 57.8 kPa、脱水反応の水蒸気分圧 0 kPa)を行い、繰り返し反応でVCの水和反応速度が徐々に増大することが観察されている。反応速度解析の結果、VCの試料内における水蒸気拡散性が繰り返し反応によって改善したことが寄与していると結論づけている。

第4章「**Reaction Performance of Calcium Hydroxide and Porous Silicon Carbide Composites**」では、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と多孔性炭化ケイ素を複合した蓄熱材料(SCa)を調製し、その水和及び脱水反応性について検討している。水和反応と脱水反応を温度 400~460°C、水蒸気分圧 57.8~85 kPaにおいて検討し、反応速度論的検討から水和反応には試料内の水蒸気の拡散性の向上が、脱水反応には熱伝導性の向上が寄与していることを見出している。検討より水和および脱水反応速度式を提出している。

第5章「**Reaction Performance of Developed TCES Materials in a Nuclear Energy System**」では、第2章から第4章で作製した化学蓄熱材料の熱出力及び熱貯蔵性能の比較検討を行っている。比較実験条件は水和温度 450°C、水和水蒸気分圧 57.8 kPaで脱水温度 450°C、脱水水蒸気分圧 0 kPaで行われている。SCaが単位体積当りの熱出力及び熱貯蔵で最も優れた値を示している。次いで次世代型原子炉(ナトリウム高速炉, 714 MWt)エネルギーシステムについて再生可能エネルギー導入または熱需要変動の発生により1時間で30 MWtの負荷変動が発生すると仮定し、この負荷変動を蓄熱で吸収するのに必要な蓄熱材料のバルク体積を計算した結果、SCaが94 m³と最小の値を示している。よって本研究では次世代型原子力に導入する蓄熱材料として今回の開発材料の中ではSCaが最も優れていると結論付けている。

第6章「**Conclusions**」では、各章において得られた結果を総括し、本研究の結論としている。

これを要するに、本論文では化学蓄熱材料について多孔性担体との複合化による反応性の促進を検討し、脱水・水和反応速度および熱出力密度、反応機構、耐久性に関する重要な知見を得ている。さらに、化学蓄熱と次世代型原子炉の連携可能性を示している。この成果は原子核工学およびエネルギー工学、特に450°C以上の排熱・余剰熱の回収・蓄熱・変換技術の新しい展開に寄与するものであり、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。