

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	原子核工学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	荏谷 潤		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	加藤 之貴
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	小原 徹

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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。再生可能エネルギーの導入ならびにエネルギー需要変化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の提案を行い、その実現に向けて化学蓄熱材料と担体の複合化を提案している。次世代型原子炉を対象として酸化カルシウム/水($\text{CaO}/\text{H}_2\text{O}$)反応系を選定し、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候補として選定し、本研究の目的及び意義を示している。

第 2 章では、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。先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と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を複合した蓄熱材料(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。検討より水とおよび脱水反応速度式を提出している。

第 5 章では、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。比較実験件は水和温度 450°C、水和水蒸気分圧 57.8kPa で脱水温度 450°C、脱水水蒸気分圧 0kPa 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 30MWt 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。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 原子核工学 専攻
Department of
学生氏名： 荻谷 潤
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 加藤 之貴
Academic Advisor(main)
指導教員(副)： 小原 徹
Academic Advisor(sub)

要旨(英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

In the future, there is a possibility that electrical grids will become unstable due to the increasing share of renewable energies in the power supply. In order to solve such problem, installing TCES system into nuclear power plants was suggested. TCES systems will give nuclear power plants flexible thermal output and input for load leveling. The CaO/H₂O reaction was selected for the TCES system because the reaction temperature is over 450 °C, which is suitable for the next generation nuclear reactors. This reaction has been examined for utilization in the load leveling of solar power generation and in the decrease of emission gases from automobiles.

However, TCES using CaO/H₂O poses some concern with respect to its practical application because of the material's low thermal conductivity, low reaction performance and lack of moldability for heat exchangers. Thus, some porous supports namely EG, vermiculite and porous silicon carbide were each mixed with Ca(OH)₂ to overcome the said problems. The reaction rates of the newly developed TCES materials were evaluated by thermogravimetric analysis.

The experimental conditions were decided assuming that the TCES system is integrated with the sodium-cooled fast reactor system, Monju. The hydration process of the TCES system was carried out at 400-460 °C under a partial vapor pressure ranging from 57.8 to 85 kPa. On the other hand, dehydration was done at 400-460 °C under a partial vapor pressure equal to 0 kPa. Actually, there is no research yet in which the effects of mixing porous supports on the CaO/H₂O reaction were examined, so this present study is of utmost importance.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).