



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Open and Closed Chemical Thermal Energy Storage Technology with Low-regeneration Temperature [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	劉, 洪芝
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11574号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57497
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Liu_Hongz-hi_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 劉 洪芝

審査担当者 主 査 教 授 長野 克則
 副 査 教 授 羽山 広文
 副 査 教 授 濱田 靖弘
 副 査 教 授 秋山 友宏

学位論文題名

Study on Open and Closed Chemical Thermal Energy Storage Technology with Low-regeneration
Temperature
(開放式と密閉系の低温化学蓄熱に関する研究)

わが国の民生部門におけるエネルギー需要の 50% 以上は暖冷房・給湯という低温の熱利用が占めている。一方では、80℃ 以下の低温産業排熱が大量に賦存している。また、太陽集熱器からの温熱も大きなポテンシャルがある。このとき、供給と需要の不整合をマッチングさせるための蓄熱システム、そして低温熱を利用した高効率な冷熱発生技術が両者を結ぶ鍵となる。蓄熱技術には、顕熱蓄熱、潜熱蓄熱に加えて吸着現象や反応熱を利用した化学蓄熱がある。蓄熱材には蓄熱密度大、熱損失小、安定性、安全性などが求められるが、吸着現象を利用した化学蓄熱は多くの必要条件を満たしている。特に密閉系化学蓄熱はケミカルヒートポンプとして駆動させることにより温熱と冷熱の同時供給が可能である。しかし、吸着材が多孔質であるため有効熱伝導率が低く、熱と物質移動速度を同時に大きくすることが困難であり、機器が大型となる。加えて人工合成吸着材が高価であり 80℃ 以下の再生温度では熱効率が低いことなどが実用化への阻害要因となっている。

本研究は 80℃ 以下の低温の排熱や再生可能エネルギー熱の有効利用を目的に、天然メソポーラス材料である稚内層珪質頁岩 (WSS) を吸着材の基材とした開放系、および密閉系化学蓄熱に関する研究である。まず、開放系は WSS を主成分とするハニカム形状セラミックスに吸湿性を高めるため塩化物を担持させて 80℃ 以下の温風で再生した後、常温の湿った空気を通すことにより長時間にわたり温風取り出しを可能とするものである。密閉系は真空容器内に蓄熱材としての吸着材と液水の入った 2 個の容器を用意して、真空下で水蒸気を吸脱着させて熱利用するものである。蒸発側からは冷熱利用も可能となる。ここでは十分な熱・物質移動速度を保ち効率的に再生と吸着を行える小型の蓄熱体を開発した。次に、より大出力を目指しアルミニウム製コルゲート型熱交換器のフィンの間隙に吸着材を充填した蓄熱ユニットを開発して蓄熱システムを構築し、熱特性を明らかにした。

第 1 章は序論であり、これまでの蓄熱技術の研究開発についてレビューを行い、吸着現象を利用した化学蓄熱の課題を整理した。その上で研究の方向性を示し、本論文の目的を記した。

第 2 章は、塩化カルシウムを担持させた WSS ハニカム形状セラミックスを用いた開放系化学蓄熱の開発である。熱分析から担持物が塩化カルシウム単体よりも低温再生可能であることを明らかにした。開放系蓄熱装置を構築して 80℃ の温風で再生可能、12 時間以上連続して 40℃ 温風取り出し可能、既往の研究成果と同等以上の蓄熱密度であること実証した。

第 3 章は、第 2 章で開発した開放系蓄熱装置の熱特性解析のための熱・物質同時移動数値計算ブ

プログラムの開発とパラメーター解析である。再生温度 80℃、熱回収時空気温湿度 25℃ から 30℃、95%RH のとき、出口空気温度が 40℃ 以上とした熱回収率が最大とするには滞留時間を 2 秒となる風量と長さの関係を選択すれば良いことを示した。

第 4 章は、開放系蓄熱装置の再生温度の低温度化と回収空気温度の高温化の試みである。ここでは、塩化カルシウムと同等の吸着量を与える塩化リチウムを担持した。その結果、再生空気温度は 60℃ まで低下でき、また 50℃ 以上の空気が 5 時間連続して得られた。これらは実測された低活性化エネルギーの差から説明できた。300 回以上の吸脱着繰り返し安定性を確認した。

第 5 章は、小型高効率な密閉系化学蓄熱システムの構築である。まず、塩化リチウムを含浸させた WSS 紛体の真空下での吸脱着特性を明らかにした。次いで、内部に伝熱用のフィンとそれに沿って水蒸気通過経路を確保した薄型の小型金属容器内に塩担持 WSS 紛体を充填した蓄熱体を開発した、再生温度 80℃ で 10℃ の冷風を熱効率 0.3 以上を得ることに成功した。

第 6 章は、大出力を目指した密閉系化学蓄熱システムの構築である。緻密で軽量のアルミニウム製のコルゲート型熱交換器のフィン間に塩化リチウム担持 WSS 紛体を充填した蓄熱ユニットを円筒真空容器内に数枚挿入して蓄熱体とした。冷熱取り出し量とその熱効率はそれぞれ 200 W/kg, 0.252 を得た。これらはラボスケールとしては既往の研究に比べて同等以上の値であることを確認した。

第 7 章は開放系、および密閉系化学蓄熱システムのいくつかの応用例を提案した。

第 8 章はまとめと将来展望である。

これを要するに、著者は 80℃ 以下の低温熱を再生熱源として利用できる天然メソポーラス材料である稚内層珪質頁岩を吸着材の基材とした開放系、および密閉系化学蓄熱システムの構築し、既往の研究と比べて同等以上の蓄熱密度、熱効率を得ることに成功した。これは、未利用排熱や再生可能エネルギー熱の有効利用に貢献し、地球温暖化の抑制とエネルギー環境工学の発展に寄与するところ大である。よって著者は北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。