



Title	Study on Adsorption Heat Pump Using Composite Natural Mesoporous Material as Low-Carbon Air Conditioning [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	薛, 成熟
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第14242号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/79435
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Sung-Hoon_Seol_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

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 薛 成勲

審査担当者 主査教授 長野 克則
副査特任教授 羽山 広文
副査教授 濱田 靖弘
副査教授 田部 豊
副査准教授 葛 隆生

学位論文題名

Study on Adsorption Heat Pump Using Composite Natural Mesoporous Material as Low-Carbon Air Conditioning

(天然メソポーラス材料を用いた吸着式ヒートポンプによる低炭素空調)

世界各国において民生部門のエネルギー需要の過半は暖冷房・給湯などの低温熱利用であり、冷房需要の増加がこの部門の消費量を押し上げる主な要因となっている。都市部の商業施設や事務所ビルなどでは年間を通して冷房を行うことや食品産業などでは常時、冷熱供給を必要とする事例も多い。一方、コジェネレーションシステムなどにおいては 80°C 以下の低温排熱が大量に環境中に放熱されている。冷熱需要を賄うためには冷凍サイクルの導入が必要であるが、それには蒸気圧縮式と熱駆動型に大別される。熱駆動型には臭化リチウムなどの吸収液を用いる吸収式冷凍機とシリカゲルなどの固体吸着材を用いる吸着式がある。80 以下の低温熱源を効率よく利用できるのは後者の吸着式であり、一般には吸着式ヒートポンプ (Adsorption Heat Pump; 以降、AHP と呼ぶ) と総称されている。AHP の技術は古くからあるが、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の移動速度を大きくすることが困難なため機器が大型となる。加えて、人造の吸着材が高価であり、装置価格も競争力を持つには至っておらず、そのため国内外をみても実製品は数機種のみとなっており、AHP を適用できる機会は限られている。

本研究は、80 以下の低温排熱や再生可能エネルギー熱を利用した低炭素空調を目的に、北海道で産出される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て用いた低コスト・高効率な AHP とその適用に関する研究である。

第 1 章は序論であり、AHP の研究・開発のレビューを行い AHP の課題を整理した。同時に、現在の AHP の性能とコスト情報を整理し、研究の方向性を示すと共に、本論文の目的を記した。

第 2 章は、基材として WSS に塩化リチウム (LiCl) を担持させた吸着材の低圧下における水蒸気吸脱着性能評価である。AHP 駆動の圧力と温度条件下で水蒸気吸着等温線を測定した。同時に、基材から潮解液が脱離しない限界 LiCl 担持量が約 20 wt.% であることを見出した。

第 3 章は、複合吸着材の物質 (水蒸気) 移動速度の実測である。熱交換器表面に塗布や充填可能なサブミクロンオーダーの WSS 微粉末に LiCl と水蒸気吸着を阻害しない樹脂バインダーからなる WSS-LiCl 複合吸着材を作成し、低圧下における塗膜表面の水蒸気吸着と塗膜内部の拡散による物質移動を分離するために金属板表面に厚さの異なる塗膜層を形成し、水蒸気吸着実験を行った。Liner Driving Force (LDF) モデルを用いて解析し、塗膜層の厚さを極限まで薄くした場合に得られ

た結果から世界で初めて実験的に表面からの総括物質移動係数の算出に成功した。

第4章では、WSS-LiCl 複合吸着材をコルゲート型熱交換器の水管群の間に充填した吸着器試験体を作成して総括熱・物質移動係数を実測した。比較のためにシリカゲル A 型吸着材を充填した試験体についても測定した。LDF モデルを適用してこれらの吸着体の総括熱・物質移動係数を算出し、この値を用いて吸着器のゼロ・ディメンションモデルによる計算から AHP の COP を推定した。その結果、本吸着器を用いた AHP は一般的なシリカゲル A 型吸着材のものに比べて COP が 6 ~ 17% 高い結果が得られた。これより、WSS-LiCl 複合吸着材の有利性が明らかになった。

第5章では、太陽熱を利用とした WSS-LiCl 複合吸着材充填吸着器をもつ AHP 冷房システムの CO₂ 排出量削減効果と地域の電力単価に基づく経済性評価を数値計算にて行った。気象条件の異なる東京、ドバイ、ハワイ、フロリダの世界4地域を計算対象とした。その結果、単純償却年数が最も短かったのは、ハワイの 6.6 年であった。ドバイは CO₂ 排出量削減効果が最も高かったが、電力単価が低いいため単純償却年数は 15.6 年であった。

第6章では、エネルギーとエクセルギーに関する熱力学的特性分析を 1kW スケール AHP 試験機の実験データを基に分析した。再生温度が 70 の場合の冷却能力は 80 を用いた場合に比べて 36% 減少したが、冷水取り出し温度が 10 の場合にはエクセルギー効率約 20% 上昇した。

第7章は、今後の展開と本論文のまとめである。

これを要するに、著者は 80 以下の低温熱源を利用できる WSS に LiCl を担持させた複合吸着材について AHP の設計に欠かせない総括物質移動係数を世界で始めて実験的に求めると共に、これらの値を用いて吸着器のゼロ・ディメンションモデルにより AHP の性能予測を行い、さらに世界4地域において年間の消費電力コストや CO₂ 排出量から経済性や環境性を考慮して導入可能性を検討した。これは、低炭素社会の実現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。