

有機系吸着剤による蓄熱システムの水蒸気吸着時の発熱特性

Heat release characteristics during water vapor sorption in a heat storage system using organic sorbent

○学 佐藤 匠* (岡山大学), ◎正 堀部 明彦** (岡山大院),

正 山田 寛** (岡山大院), 富山 椋介** (岡山大院),

丸山 智弘*** (カルソニックカンセイ), 前多 信之介*** (カルソニックカンセイ)

Takumi Sato*, Akihiko Horibe**, Yutaka Yamada**, Ryosuke Tomiyama**

Tomohiro Maruyama***, Shinnosuke Maeda***

*Department of Mechanical Engineering, Okayama Univ., 3-1-1 Tsushima-naka, Okayama, 700-8530, Japan

**Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama Univ., 3-1-1 Tsushima-naka, Okayama, 700-8530, Japan

***Calsonic Kansei Corp., Testing Research Center, Tochigi, 327-0816, Japan

Key Words: Heat storage, Organic sorption material, Heat release characteristics

1. 緒言

熱エネルギーの有効利用技術の一つである蓄熱技術に注目が集まっている。蓄熱とは、熱エネルギーを直接または化学エネルギーに変換して貯蔵する技術であり、排熱や太陽光などの再生可能エネルギーの有効利用に用いられている。本研究では、低温排熱に着目し、100℃以下の排熱で駆動する有機系吸着剤を用いた吸着系蓄熱システムについて検討を行う。吸着系蓄熱システムとは、吸着剤の吸脱着作用を利用した蓄熱システムであり、従来の吸着剤に比べ吸湿量の多い有機系吸着剤を使用することにより性能向上が期待できる。

本研究は、蓄熱システムの性能評価を目的とし、温度条件を変化させ有機系吸着剤の水蒸気吸着時における発熱特性について報告する。

2. 実験概要

2.1 実験試料

有機系吸着剤は、吸着と吸収が同時におこる吸着現象により水蒸気を出し入れする。また、有機系吸着剤が水蒸気を吸着すると、構成する高分子鎖が膨らむ膨潤が起きる。これらにより、従来の吸着材に比べより多くの水蒸気を吸着することができる。本研究では、この吸着剤をバインダとともに熱交換器に塗布し使用する⁽¹⁾⁽²⁾。

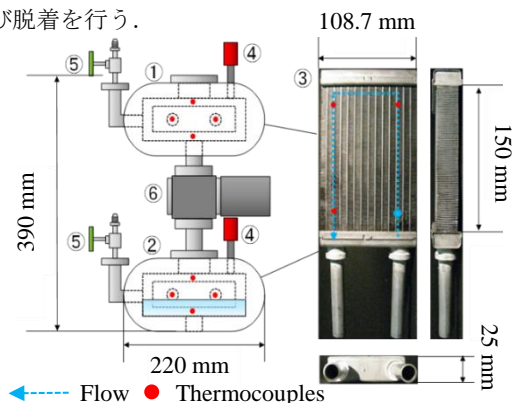
2.2 実験装置および実験方法

本実験で用いる実験装置は、吸着器、凝縮/蒸発器、恒温槽、真空ポンプ、流量計、圧力計により構成されている。吸着器・凝縮/蒸発器内部には熱交換器が内蔵されており、熱交換器に恒温槽から熱媒体を送ることで両容器内を任意の温度で一定に保つことができる。熱交換器内を流れる熱媒体の流量は流量計により測定した。

図1に試験部の概略図を示す。試験部容器は幅220mm、奥行210mm、高さ390mmである。凝縮/蒸発器内には精製水が入っている。吸着器、凝縮/蒸発器には真空引きポートが設置されており、真空ポンプにより真空引きを行うことができる。両容器は切替バルブによって繋がっており、バルブを開くことで吸着が開始される。両容器内の圧力は圧力計に

より測定することができる。温度は、両容器の入口、出口、上部、下部に1点ずつ、吸着内の吸着剤塗布部分に3点の合わせて11点に設置された熱電対により測定した。なお、吸着器側熱交換器には吸着剤(123g)が塗布されている。

本実験ではまず、実験準備の段階として吸着器、凝縮/蒸発器に脱気条件温度の熱媒体を流し、真空引きを行いながら吸着剤の脱着を行う。脱着終了後、熱媒体温度を吸着条件に設定し、条件が整い次第バルブを開き吸着実験を開始する。7200s経過後実験を終了し、熱媒体温度を脱着条件に設定し再び脱着を行う。



① Adsorber ② Evaporator ③ Fin tube type heat exchanger
④ Pressure gauge ⑤ Exhaust port ⑥ Switching valve

Fig.1 Schematic diagram of test section

2.3 実験条件

本実験では、熱媒体流量一定(1.0L/min)の条件で、吸着器・凝縮/蒸発器熱媒体温度を5~35℃に変化させ影響を検討した。また、脱着過程では吸着器熱媒体温度を80℃に固定し、脱着を行った。

3. 実験因子の定義

3.1 相対圧

吸着剤の平衡吸着量は相対圧に従うことが知られている。

吸着系蓄熱システムでは、吸着器と凝縮/蒸発器温度を変化させることにより相対圧を制御することが可能である。

本実験では、吸着時の相対圧 ϕ_{so} 、脱着時の相対圧 ϕ_{de} はそれぞれ次式によって定義される。

$$\phi_{so} = \frac{P_{ev}}{P_{ad}} \quad (1), \quad \phi_{de} = \frac{P_{co}}{P_{ad}} \quad (2)$$

ここで、 P_{ev} は蒸発器飽和圧力、 P_{co} は凝縮器飽和圧力、 P_{ad} は吸着器飽和圧力である。

3.2 回収熱量

研究では、吸着過程において発生した熱量を熱媒体により回収し検討を行った。放出熱量 Q は次式により算出した。

$$Q = mc\Delta T \quad (3)$$

ここで、 m [kg/s]は吸着器熱媒体の質量流量、 c [kJ/(kg・K)]は熱媒体の比熱、 ΔT [K]は吸着器熱媒体の出入口温度差である。

図3に吸着器入口熱媒体温度 T_{adin} と蒸発器入口熱媒体温度 T_{evin} がともに 25 °Cにおける放出熱量の経時変化を示す。本研究では、単位時間当たりの放出熱量が最大となる時の値をピーク放出熱量 Q_{max} 、実験終了までの放出熱量の積算値を積算放出熱量 Q_{all} とし、発熱特性の検討を行う。ピーク放出熱量は速度論的出力の評価指標であり、積算放出熱量は平衡論的出力の評価指標となる⁽³⁾。

4. 実験結果および考察

4.1 吸着器・凝縮/蒸発器熱媒体温度による影響

蓄熱システムを様々な環境温度条件でを使用することを想定し、相対圧一定 ($\phi_{so}=1$) の条件で吸着器と凝縮/蒸発器の熱媒体温度を同温度で変化させ、温度が発熱特性に与える影響の検討を行った。

図4にそれぞれピーク放出熱量 Q_{max} と積算放出熱量 Q_{all} の実験結果を示す。図4より、吸着器と蒸発器の温度が上昇するにつれて、ピーク放出熱量もまた増加していることが分かる。これは、蒸発器温度が高くなると冷媒である水の蒸気圧が大きくなり、吸着剤に供給される水蒸気量が増えたためであると考えられる。実験開始直後の吸着速度は、吸着剤表面における流体境界膜の物質移動速度が律速であると考えられる⁽⁴⁾。流体境界膜の物質移動は水蒸気濃度差が駆動力であり、蒸発量が多くなったため吸着速度が向上したと考えられる。

一方、積算放出熱量には温度傾向がほとんど見られない。これは、条件が相対圧 $\phi_{so}=1$ であることから、吸着器温度と蒸発器温度が等しくなり、蒸発器から供給される水蒸気分圧が吸着器側の飽和蒸気圧と等しくなったため、十分な時間が経過し吸着剤が平衡に達すると吸着量も等しくなり、積算放出熱量もまた等しくなったと考えられる。

4.2 相対圧による影響

吸着剤の吸着性能は相対圧に依存するため、蒸発器熱媒体温度一定 ($T_{evin}=5\text{ °C}$) の条件で吸着器熱媒体温度を変化させ相対圧を変えて、相対圧が発熱特性に与える影響の検討を行った。

図5にピーク放出熱量 Q_{max} と積算放出熱量 Q_{all} の実験結果を示す。図5より、相対圧を変化させることで、ピーク放出熱量と積算放出熱量が同様に変化することを確認した。これは、相対圧が1以下の条件すなわち吸着器と蒸発器に温度差がある条件では、蒸発器から供給される水蒸気分圧が吸着器側の飽和蒸気圧よりも小さくなったためであると考えられる。そのため、吸着速度と平衡吸着量が減少し放出熱量の低下につながったと考察する。

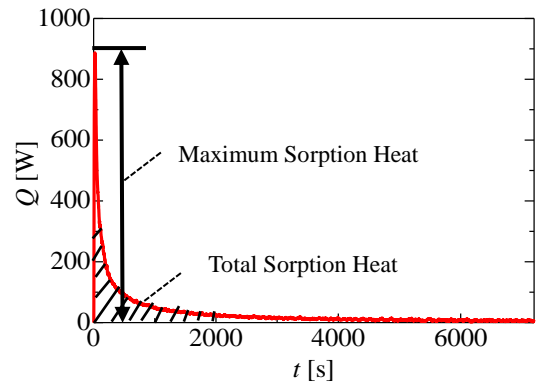


Fig.3 Temporal change of quantity of sorption heat ($T_{adin} = 25\text{ °C}$)

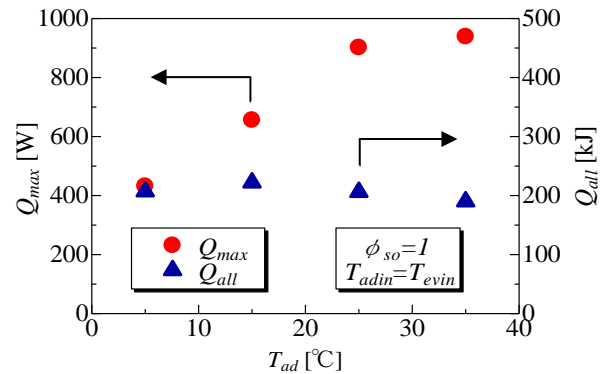


Fig.4 Effect of T_{adin}

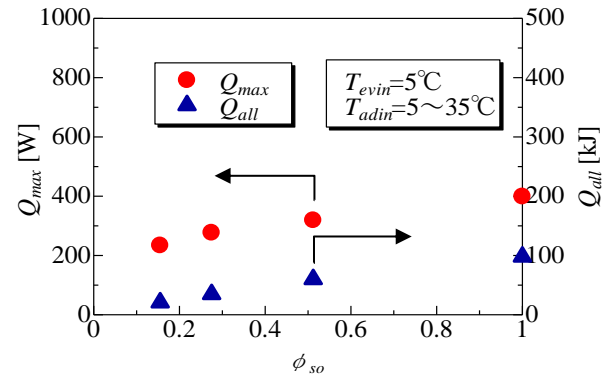


Fig.5 Effect of ϕ_{so}

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務の結果得られたものであり、関係各位に謝辞を表す。

参考文献

- (1) 稲葉英男, 小松富士夫, 堀部明彦, 春木直人, 町田明登, “熱交換器伝熱面に塗布した有機系吸着剤の吸着特性”, *Thermal Science & Engineering*, Vol. 15, No. 3 (2007), pp. 141-150.
- (2) 稲葉英男, 木田貴久, 堀部明彦, 亀田澄広, 岡本民雄, 徐貞均, “湿り空気による粉末状有機系吸着剤流動層の水蒸気特性”, *日本機械学会論文集 B 編*, Vol. 67, No. 660 (2001), pp. 237-244.
- (3) 渡辺藤雄, 窪田光宏, “吸着ヒートポンプの吸着器内熱・物質移動”, *Journal of the Heat Transfer Society of Japan*, Vol. 45, No. 190 (2006), pp. 27-32.
- (4) 柳井弘, 吸着工学要論 (1977), pp. 57-60, 共立出版.