多段吸着式冷凍機における吸着剤量分配比の影響*

井上 哲^{*1}, 井上 誠司^{*1}, 小林 敬幸^{*2}

The Effect of a System Changing the Weight Ratio of an Adsorbent of Multistage Adsorption Refrigerator

Satoshi INOUE^{*3}, Seiji INOUE and Noriyuki KOBAYASHI^{*3} DENSO CORPORATION R & D Dept. 1,
500-1 Minamiyama Komenogi-cho, Nisshin-shi, Aichi, 446-0111 Japan

The adsorption refrigerator makes waste heat a useful energy source. Therefore, it is effective for improvement in energy efficiency. We proposed a multistage adsorption system, which makes it possible to bring out useful performance even under the high ambient temperature. In the previous report, the authors decided the optimal number of stages by the simulation and the experiment. In this paper, the effect of a performance of a system changing the weight ratio of the silica-gel was studied by the simulation. It was clarified that the performance was improved by 4% with increasing the ratio of adsorption weight on the low temperature stage.

Key Words: Waste Heat Recovery, Adsorption Refrigerator, Adsorbent, Multistage

吸着式冷凍機はエネルギー効率の向上に有効な手段の一つである。

吸着式冷凍機の汎用性を高めるためには低温排熱や、高温の冷却水で作動することが必要と考えられる。

低温排熱の利用は Alam K. C. A.・浜本⁽¹⁾⁽²⁾らによって、多段で脱着を促進した検討がなされている。著者らは吸着時の高温の冷却水での作動に主眼を置き、外気温度が 40℃ を超える条件下でも性能を発揮できるシリカゲル水系の多段吸着システムを提案し、既報⁽³⁾⁽⁴⁾で理論計算と実験から吸着器の段数を 8 段と決定した。

本報では吸着剤の分配比を変更することによる性能向上の可能性をシミュレーションにて検討した。

1. 解析モデル

図 1 に解析モデルを示す。吸着器は内部の仕切りで 8 分割されており、各部屋が独立して気密を保持している。室内熱交換器に近いほうから 1 段, 2 段, … 8 段とする。

吸着剤は 8 段の総量で 1kg 充填されている。

解析方法は既報⁽⁴⁾を参照されたい。

Fig. 1 Simulation model

表 1 は吸着剤の重量分配比である。分配比に応じて熱交換器の重量、面積も同比率で変化させている。

Table 1 Adsorbent weight ratio

Stage No.	Low temp. stage				High temp. stage			
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1	1	1	1	1	1	1
B	0.7	0.8	0.9	1	1	1.1	1.2	1.3
C	1.3	1.2	1.1	1	1	0.9	0.8	0.7
D	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6

2. 計算結果とまとめ

まず吸着剤を均等分配した条件 A について、外気温度 45℃ における吸着の挙動を示す。

図 2 の P-T 線図には多段吸着の 1 段階目と 8 段階目をそれぞれ 1234, 5678, 従来の単段吸着を 1'2'3'4' で示している。それぞれの脱着作動は 2→3, 6→7, 2'→3' であり、いずれも相対湿度が約 $\psi=0.15$ で完了する。吸

* 原稿受付 2007 年 12 月 10 日。

^{*1} 正員, (株)デンソー (〒470-0111 日進市米野木町南山 500-1)。^{*2} 正員, 名古屋大学エコトピア科学研究所 (〒464-8603 名古屋市中千種区不老町)。

E-mail: satoshi_inoue@denso.co.jp

着作動は4→1, 8→5, 4'→1'であり, 多段吸着では従来に比べ相対湿度 ψ が高く有利である. また冷水の出口側である1段目の蒸気圧が低く, より低温を作ることが可能である.

Fig. 2 The cycle in a (p-T) diagram

図3と4は吸着コアと蒸発コア(凝縮コア)内の熱交換流体の温度変化である. 100secの切替直前では1~8段まで均一な温度となり, 脱着が完了している. 吸着時には各段で温度差を維持して作動する.

Fig. 3 Temperature profiles of fluid in adsorption core.

Fig. 4 Temperature profiles of fluid in condensation and evaporation core.

Fig. 5 Amount adsorbed profiles

図5は吸着剤の水分吸着率 C の時間変化である. 低温側(1段目に近い)ほど初期の吸着率の増加が急峻であり, 吸着速度が速い. これは吸着開始直後の相対湿度 ψ の差(図2の4と8の差)によるものである. 一方高温側で初期を除いてはほぼ一定の増加量を示すのは, 相対湿度 ψ が吸着の間ほぼ一定の値(図2の8→5)を維持するからである.

このような挙動の違いから吸着剤量分配比が冷房性能に影響を与えと考えられる.

条件Aに対するB, C, Dの性能比を図6に示す. 低温側の吸着剤量を傾斜的に減らした条件Bでは性能が低下し, 外気温度が高くなるほど低下割合も大きくなった. 一方, 逆に高温側の吸着剤量を傾斜的に減らした条件Cと条件Dでは性能が向上し, 外気温度が高くなるほど向上割合も大きくなった. ただしCからDとした効果は目減りしている.

Fig. 6 Effect of adsorbent weight ratio. The cold heat output of pattern A at each temperature is assumed to be unity.

以上の結果は先に述べた吸着挙動の違いによるものと思われ, 吸着の初期から中期にかけて能力の大半を費やす低温側のほうが性能に対する寄与率が高いと言える. よって多段吸着ではその分割を不均等にして低温側の吸着剤量分配比を大きくしたほうが性能上有利

である。ただし、不均等とすることで製造上の造りにくさが増すため、均等とするか不均等とするかは性能とコストから選択されるべきである。

また、本研究は高外気温時の吸着性能を確保することを目的としているが、今後もシステムと材料の両面で小型・高性能化を検討していく予定である。

文献

- (1) Alam K. C. A., A. Akahira, Y. Hamamoto, A. Akisawa, T. Kasiwagi; "A four-bed mass recovery adsorption refrigeration cycle driven by low temperature waste/renewable heat source," *Renew Energy*, **29**:9, 1461-1475(2004)
- (2) Hamamoto Y., Alam K. C. A., A. Akisawa, T. Kasiwagi; "Performance evaluation of a two-stage adsorption refrigeration cycle with different mass ratio," *International Journal of refrigeration*, **28**:3, 344-352(2005)
- (3) Inoue Sa, H. Mieda, Se. Inoue, H. Sato; "Research on Improvement in a Performance of an Adsorption Refrigerator," *Kaikichouwa Reitourango Kouenkai*, **37**, 21-24(2003)
- (4) Inoue Sa, Se. Inoue, N. Kobayashi; "Research on Improvement in a Performance of an Adsorption Refrigerator, The Effect of Multistage Adsorption in Highly Ambient Temperature," *Kikai Gakkai Ronbunshu*, **72**-714B, 483-490(2006)