

研究成果報告書

所属機関 九州大学 大学院 総合理工学研究院	職名 准教授	氏名 宮崎 隆彦
---------------------------	-----------	-------------

研究テーマ

二酸化炭素を冷媒に用いる太陽熱駆動冷凍機の開発

研究報告

1. 研究の背景と目的

化石燃料の燃焼に伴う二酸化炭素排出の抑制には、太陽エネルギーに代表される再生可能エネルギーや未利用排熱の利用が重要である。吸着式冷凍機は温水レベルの熱を利用して冷水を製造できる置であり、電気の消費量が極めて小さい省エネルギー機器として期待されている。既に、60℃～80℃の温水を利用して空調用や工場のプロセス冷水を製造する吸着式冷凍機が実用化されている。しかしながら、現在実用化されている吸着式冷凍機の冷媒は水であるため、氷点下の冷熱製造には利用できない。また、装置内を真空に維持する必要がある。これらの課題を克服する一つの方法として、本研究では二酸化炭素を冷媒として用いる吸着式冷凍機の開発を目指している。

二酸化炭素を利用した吸着式冷凍機に関しては、いくつかの先行研究があるが、本研究では、我々の研究グループが新たに開発した球状活性炭:SACを利用する。これまでの研究によって、SACは従来の活性炭と比較してエタノール吸着量が1.5倍～2.0倍大きいことがわかっている。同材料は二酸化炭素吸着量も優れていることを予備実験で確認済みであり、吸着式冷凍機の性能向上が期待できる。そこでSACによる二酸化炭素吸着特性を詳細に把握し、吸着に関する熱物性データを整備すること、及び、得られたデータに基づいて二酸化炭素冷媒吸着式冷凍機の理論性能を明らかにすることが本研究の目的である。

2. 研究成果および考察

磁気浮遊天秤式吸着量測定装置（マイクロトラックベル MSB-GS-100-10M, 図1）を用いて、SACによる二酸化炭素吸着量を測定した。測定は、吸着温度30℃, 50℃, および70℃について、二酸化炭素圧力7MPaまで実施した。各温度における計測値及び、式(1)から算出した絶対吸着量を図2に示す。



図1 磁気浮遊天秤式吸着量測定装置

$$W_{\text{absolute}} = W_{\text{measured}} + \rho_{\text{bulk}} V_{\text{totalpore}} \quad (1)$$

W_{absolute} : 絶対吸着量, W_{measured} : 表面過剰量

ρ_{bulk} : バルク密度, $V_{\text{totalpore}}$: 全細孔容積

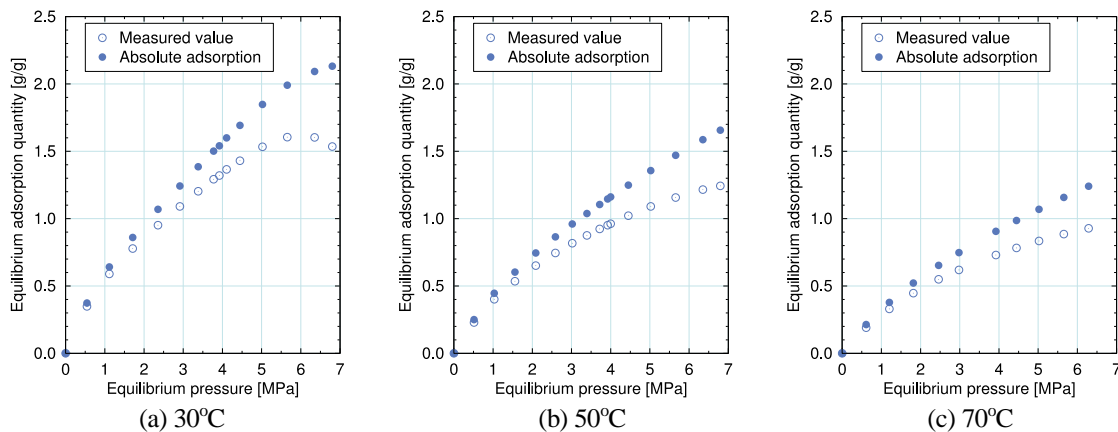


図2 SACによる二酸化炭素の吸着等温線

吸着温度30°Cの場合の絶対吸着量は7MPaで2g/g以上であり、期待通りに高い吸着能力を有していることが確認できた。測定した吸着等温線から吸着冷凍サイクルの理論サイクル性能を予測するために、吸着等温線をLangmuir型の吸着等温式で近似した。吸着等温式を式(2)、(3)に示す。

$$W/W_0 = bP/(1+bP) \quad (2)$$

$$b = b_0 \exp[Q/(RT)] \quad (3)$$

ここに、 W は吸着量、 P は圧力、 T は温度であり、 R は気体定数である。実験結果とのフィッティングから、 $W_0 = 4.1 \text{ g/g}$ 、 $b_0 = 1.66 \times 10^{-4} \text{ MPa}^{-1}$ 、 $Q = 17.2 \text{ J/mol}$ と求まった。以上の吸着等温式を利用して、図3の吸着等温線図を作成した。同図を用いて吸着冷凍サイクルの性能を考察することができる。

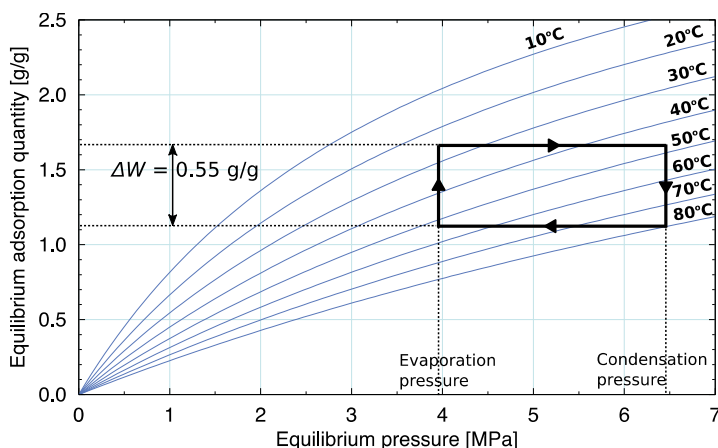


図3 吸着等温線図

吸着冷凍サイクルの理論サイクルCOPは、

$$COP = a/(1+g/b)$$

と表現される。 a は蒸発熱と吸着熱の比であり、5°CのCO₂の蒸発熱および吸着等温式から求めた吸着熱で計算すると0.55となる。 b は ΔW [g/g]吸着した際の吸着熱 Q_{DW} と DT [K]昇温するため顕熱 $c_{AC}DT$ との比であり、 $b = Q_{DW}/(c_{AC}DT)$ と定義される。ここに、 Q は吸着熱、 c_{AC} は吸着剤の比熱であり、 b の計算値は4であった。 g は、吸着器の全熱容量と吸着剤の熱容量の比である。□本計算では、 $g = 3$ と見積もった。これらの設定値を用いて計算したCOP値は0.3である。この値は、水やエタノールを冷媒に用いる吸着冷凍サイクルのCOPよりも低い。CO₂やフロン系冷媒等の高圧冷媒を用いた場合の従来のCOPと比較して優れている。本計算より、吸着剤の性能向上により、CO₂吸着冷凍機の性能改善の可能性が示された。

3. 将来展望

理論サイクル計算により、新規開発活性炭SACは、CO₂吸着量が従来の活性炭よりも優れており、CO₂吸着冷凍機に利用する価値があることが示された。今後は、動的な性能評価によって実用的な性能を予測すること、ならびに、実験による性能実証を目指す。

4. 研究発表

[1] Takahiko Miyazaki, Skander Jribi, Bidyut Baran Saha, Shigeru Koyama, Hyun-Sig Kil, Jin Miyawaki, Seong-Ho Yoon, Feasibility of adsorption refrigeration systems with carbon dioxide as refrigerant, Proceedings of the First Asian Conference on Thermal Sciences, ACTS 2017, ACTS-P00366, March, 2017.