

熱力学Ⅱ及び演習 No.10

—ヒートポンプと冷凍機その2—

[A]

1. カルノー冷凍サイクルにおいて -23°C の低温物体から 25 kJ/s の熱を吸収するとき、温度 27°C の大気中へ放出する熱量はいくらか。(H9 国家公務員II種)

カルノー冷凍サイクルの成績係数は $\text{COP}_R = \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_C} = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_C}$ であるので

$$\dot{Q}_H = \dot{Q}_C \frac{T_H}{T_C} = 25 \times \frac{273 + 27}{273 + (-23)} = 29.997 \approx 30 \text{ kJ/s}$$

2. 逆カルノー冷凍サイクルにおいて凝縮器温度が 30°C 、蒸発器温度が -15°C であるとき、冷凍機の成績係数を求めよ。また、ヒートポンプとして使用した場合の成績係数を求めよ。

$$\text{COP}_R = \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{273 + (-15)}{(273 + 30) - (273 + (-15))} = 5.73$$

$$\text{COP}_{HP} = \frac{T_H}{T_H - T_C} = \frac{273 + 30}{(273 + 30) - (273 + (-15))} = 6.73$$

3. 圧縮式冷凍機の蒸発器入口の冷媒の比エンタルピー h_4 が 325.5 kJ/kg 、圧縮機入口においては比エンタルピー h_1 が 1455 kJ/kg であった。また、冷媒循環量 \dot{m} が 166 kg/h とすると、蒸発器において吸収した熱量はいかほどか。

$$\begin{aligned} \dot{Q}_L &= \dot{m}(h_2 - h_1) = 166 \times (1455 - 325.5) = 187497 \text{ kJ/h} \quad (\text{毎時 } 187 \text{ MJ 吸収する}) \\ &= 52.1 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

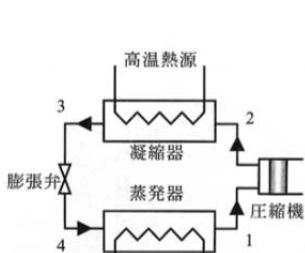


図 10.8 蒸気圧縮式冷凍サイクル

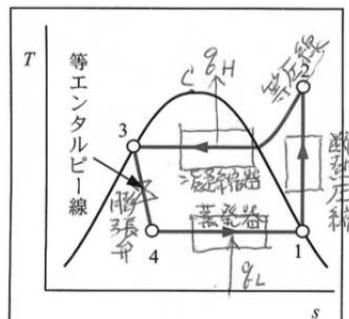


図 10.10 冷凍サイクルの T-s 線図

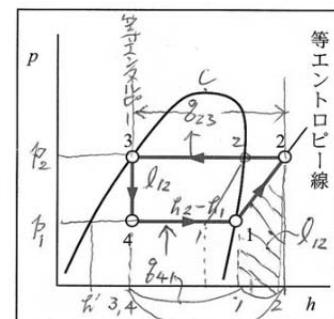


図 10.11 冷凍サイクルの p-h 線図

4. 作動流体として冷媒 134a を用い、 0.14 MPa と 0.8 MPa の間で働く蒸気圧縮式冷凍サイクルの冷凍機がある。冷媒の質量流量を 0.05 kg/s とするとき、この冷凍機の a) 成績係数、b) 蒸発器での受熱量、c) 凝縮器での放熱量ならびに d) 圧縮機仕事をそれぞれ求めよ。ただし、比エンタルピーはそれぞれ圧縮機入口 $h_1 = 236.04 \text{ kJ/kg}$ 、出口で $h_2 = 272.05 \text{ kJ/kg}$ ならびに凝縮器出口で $h_3 = 93.42 \text{ kJ/kg}$ である。

膨張弁において絞りであるので等エンタルピー変化となり、 $h_3 = h_4$ である。

$$\text{COP}_R = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{(236.04 - 93.42)}{(272.05 - 236.04)} = \frac{7.13}{1.801} = 3.96$$

成績係数 :

b) 受熱量 : $\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4) = 0.05 \times (236.04 - 93.42) = 7.13 \text{ kJ/s} = 7.13 \text{ kW}$

c) 放熱量 : $\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3) = 0.05 \times (272.05 - 93.42) = 8.93 \text{ kJ/s} = 8.93 \text{ kW}$

圧縮機の仕事 : $\dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 0.05 \times (272.05 - 236.04) = 1.80 \text{ kJ/s} = 1.80 \text{ kW}$