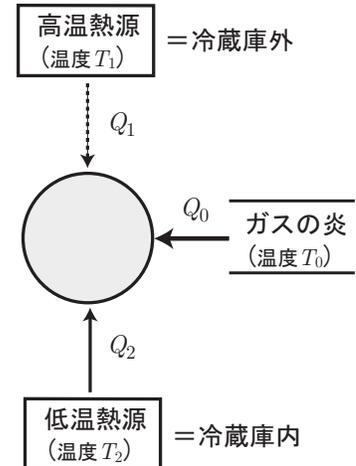


ガスを燃やして物を冷やすガス冷蔵庫の原理をクラウジウスの式を利用して考える。一口で言えばガス冷蔵庫は「カルノー冷凍機」であり、仕事 W の代わりに熱量を利用する装置で作業物質としてアンモニアの水溶液などを使う。この作業物質がパイプ、蒸発器など庫内を1回循環したときを考える。

1. 作業物質は3つの熱源(高熱限(温度 T_1)としての庫外、低熱限(温度 T_2)としての庫内、ガスの炎(温度 T_0))からそれぞれ Q_1 、 Q_2 、 Q_0 の熱を吸収してもとの状態に戻った。このサイクルを可逆的とみなしてクラウジウスの式を書け。
2. 熱力学の第一法則より Q_0 、 Q_1 、 Q_2 の間にはどういう関係があるか示せ。
3. 前問より Q_2 を求め、 $T_0 > T_1 > T_2$ が満たされていると $Q_2 > 0$ 、すなわち低熱源(庫内)から熱がうばわれることを示せ。



[解答例]

1. クラウジウスの式

$$\frac{Q_0}{T_0} + \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0. \quad (1)$$

2. 外からの力学的仕事 W は0、1サイクル後だから内部エネルギーの変化 ΔU も0であるので、第一法則は次のようになる。

$$\begin{aligned} (Q_0 + Q_1 + Q_2) + 0 &= 0 \\ \rightarrow Q_0 + Q_1 + Q_2 &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

3. 前問の結果より

$$Q_1 = -(Q_0 + Q_2). \quad (3)$$

これを前の結果に代入すると

$$\begin{aligned} \frac{Q_0}{T_0} + \frac{-(Q_0 + Q_2)}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} &= 0 \\ \rightarrow \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)Q_2 + \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}\right)Q_0 &= 0 \\ \rightarrow Q_2 &= -\frac{\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}\right)}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} \cdot Q_0 \\ &= \frac{T_2}{T_0} \cdot \frac{(T_0 - T_1)}{(T_1 - T_2)} \cdot Q_0 > 0. \end{aligned} \quad (4)$$