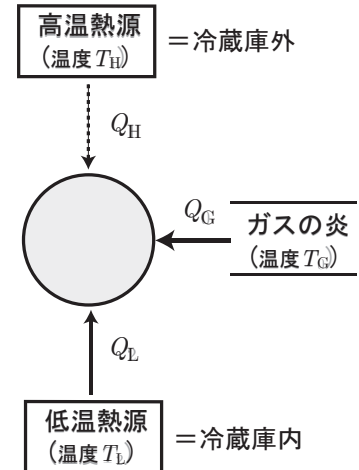


ガスを燃やして物を冷やすガス冷蔵庫の原理をクラウジウスの式を利用して考える。一口で言えばガス冷蔵庫は「カルノー冷凍機」であり、仕事 W の代わりに熱量を利用する装置で作業物質としてアンモニアの水溶液などを使う。この作業物質がパイプ、蒸発器など庫内を1回循環したときを考える。

1. 作業物質は3つの熱源(高熱限(温度 T_H)としての庫外、低熱限(温度 T_L)としての庫内、ガスの炎(温度 T_G))からそれぞれ Q_H 、 Q_L 、 Q_G 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。〔注意:この段階では、 $Q_G > 0$ であるが、 Q_H 、 Q_L の符号は未定とする。〕
2. 熱力学の第一法則より Q_G 、 Q_H 、 Q_L の間にはどういう関係があるか示せ。
3. 以上の問より、まず、 Q_H を消去し、 Q_L を求め、 $T_G > T_H > T_L$ 、 $Q_G > 0$ が満たされている場合、 Q_L の符号はどうなるか、またそのことは何を意味するか述べよ。
4. 前問と同じ条件として、 Q_H の符号はどうなるか、またそのことは何を意味するか述べよ。



[解答例]

1. クラウジウスの式

$$\frac{Q_G}{T_G} + \frac{Q_H}{T_H} + \frac{Q_L}{T_L} = 0. \quad (1)$$

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。

$$\begin{aligned} (Q_G + Q_H + Q_L) + 0 &= 0 \\ \rightarrow Q_G + Q_H + Q_L &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

3. 前問の結果より

$$Q_H = -(Q_G + Q_L). \quad (3)$$

これを前の結果に代入すると

$$\begin{aligned} \frac{Q_G}{T_G} + \frac{-(Q_G + Q_L)}{T_H} + \frac{Q_L}{T_L} &= 0 \rightarrow \left(\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T_H}\right)Q_L + \left(\frac{1}{T_G} - \frac{1}{T_H}\right)Q_G = 0 \\ \rightarrow Q_L &= -\frac{\left(\frac{1}{T_G} - \frac{1}{T_H}\right)}{\left(\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T_H}\right)} \cdot Q_G \\ &= \frac{T_L}{T_G} \cdot \frac{(T_G - T_H)}{(T_H - T_L)} \cdot Q_G > 0. \end{aligned} \quad (4)$$

この結果は低熱源(庫内)から正味の熱が奪われる、すなわち冷蔵構内が冷却されることを意味する。

4. 題意より $Q_G > 0$ 、前問の結果より、 $Q_L > 0$ であるから、 $Q_H = -Q_G - Q_L < 0$ となる。これは、高熱源(冷蔵庫外)から熱が吸収されるのではなく、正味の熱が高熱源(冷蔵庫外)に放出されることを意味する。(廃熱) ^