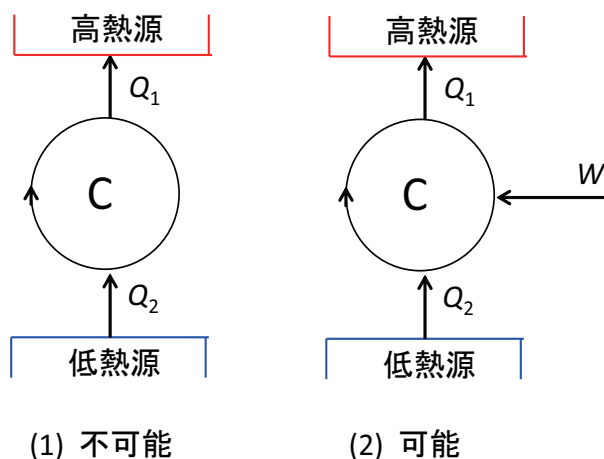


気体に高圧をかけて圧縮すると高温を発生し液体に変化する。この液化した気体が常圧で気体に戻るとき、周りから熱を奪っていく。(潜熱)。エアコンに限らず、ほとんどの冷却(冷凍)装置はこの潜熱を応用している。電気冷蔵庫(エアコン)の原理と熱的な意味について次の問いに答えよ。

1. 外界を高熱源、庫内(室内)を低熱源と見なして、電気冷蔵庫(エアコン)の原理が熱力学の法則に矛盾するか、しないか理由をつけて説明せよ。ここで、循環過程(サイクル、C)を行う熱機関とは気体を作業物質とするモーターおよびパイプ内である。
2. 外界(高熱源)へ移動する熱量を Q_1 、冷蔵庫内(低熱源)から移動する熱量を Q_2 とし、両者が等しいかどちらが多いか、理由をつけて述べよ。
3. 前問の結果を用いて、大都市において、その周辺地域よりも平均して気温が高くなりやすい傾向(ヒートアイランド現象)の原因についてのべよ。

[解答例]

1. 熱力学第二法則(のクラウジウス表現)によれば、熱は自然には冷たいところから熱いところへ移動しない、すなわち、循環過程(サイクル)において、低温の熱源から高温の熱源へ正味の熱を移す際に、他に何の変化もおこさないようにすることはできない。しかし、系の外部からモーターなどにより仕事を加えて、低温の熱源から高温の熱源へ正味の熱を移すことは熱力学第二法則には矛盾しない。



2. サイクルを通じて外界(高熱源)へ移動する熱量を Q_1 、サイクルを通じて冷蔵庫内(低熱源)から移動する熱量を Q_2 、外部からの仕事の大きさを W と

する。1 サイクルに熱力学第一法則を適用すれば次式が成り立つ。

$$0 = (-Q_1 + Q_2) + W \quad (1)$$

$$\rightarrow Q_2 = Q_1 - W \quad (W > 0 \text{ 正味の仕事}). \quad (2)$$

したがって、外界へ移動する熱量 (= 外界の加熱) Q_1 は

$$Q_1 = Q_2 + W \quad (3)$$

$$\therefore Q_1 > Q_2 \quad (4)$$

となり、サイクルを通じて冷蔵庫内 (低熱源) から移動する熱量 Q_2 よりも外界 (高熱源) へ移動する熱量 Q_1 がモーターがする仕事の分だけ大きい。

3. 前問までの結果より、庫内 (室内) を冷却するより多く庫外を加熱することがわかった。このため、エアコンなどを大量に使用する大都市では、その周辺地域よりも気温がより高くなりやすいというヒート・アイランド現象が起こる。このために、さらにエアコン使用が増加する事態 (悪循環) を招いている。

4. 参考：クラウジウスの定理より

$$\begin{aligned} \frac{Q_2}{T_2} + \frac{-Q_1}{T_1} &\leq 0 \quad (\text{不等号：非可逆サイクル、等号：可逆サイクル}) \\ \rightarrow \frac{Q_2}{T_2} &\leq \frac{Q_1}{T_1} \end{aligned} \quad (6)$$

(低いエントロピー (= Q_2/T_2) をもらい、電力の助けを借りて高いエントロピー (Q_1/T_1) を外界に放出している。