

#### 例題 4 (Clausius の原理)

---

次の Clausius の原理が Thomson の原理と同値であることを示せ。

「ある温度の熱源からより高温の熱源に熱を移すのみで、他に何の変化も残さないような過程は不可能である。」(熱が高温から低温に移る現象は不可逆である。)

---

(解答例)

はじめに Thomson の原理が偽であると仮定する。このとき、低温、高温 2 つの熱源を考えれば、低温側から熱量  $Q$  を取り出し、それを全て仕事  $W$  に変換することが可能である。この仕事  $W$  を摩擦によってすべて熱に変換して高温側に与えることができる。結果として、低温側から高温側に熱量  $Q$  が移動したのみで、他に何の変化も残さない過程が実現できる。したがって、Clausius の原理は偽である。

逆に、Clausius の原理が偽であると仮定する。このとき、低温、高温 2 つの熱源を考えれば、低温側から高温側に熱量  $Q$  を移動するのみで、他に何の変化も残さないことが可能である。次に、同じ 2 つの熱源の間で働く熱機関を用いて、高温側の熱量  $Q$  を吸収して、仕事  $W$  をおこない、熱量  $Q' = Q - W$  を低温側に放出する。結果として、一様な温度をもつ 1 つの熱源から熱を吸収し、それをすべて仕事に変換するだけで、他に何の変化も残さない過程が実現できる。したがって、Thomson の原理は偽である。

以上の議論から、Clausius の原理は Thomson の原理が成り立つための必要十分条件であることがわかる。

問題 4-1 (断熱線の交叉)

---

ある気体の二つの断熱曲線が交わるとすると、熱力学第二法則に矛盾することを示せ。

(久保, 2章 A[3] 参照)

問題 4-2 (Plank の原理)

---

次の Plank の原理を Thomson の原理から導出せよ .

「摩擦により熱が発生する現象は不可逆である . 」

問題 4-3 (Carathéodory の原理)

---

次の Carathéodory の原理を Thomson の原理から導出せよ .

(久保, 2章 B[30] 参照)

「熱的に一様な系の任意の熱平衡状態の任意の近傍に , その状態から断熱変化によって到達できない他の状態が必ず存在する . 」