

例題 5A (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.