

例題 6A (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。