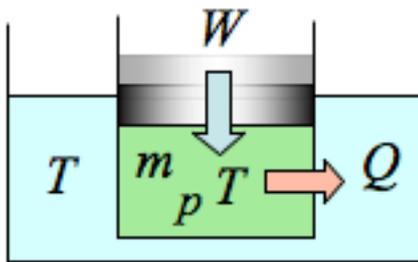


理想気体の等温可逆変化

いまシリンダとピストンで囲まれた空間にある理想気体を考え、気体はシリンダを介して温度 T の熱源と接している。この様子を下図に示す。この気体に準静的に仕事 W を加える。外部からピストンにかかる圧力は、無限小の圧力差を除き、気体の圧力 p に等しい。



ここでは、大きな熱源に接していることから、温度はいかなる場合にも熱源の温度から外れることのない、**等温変化過程**

Isothermal Process を想定する。別途述べたように、理想気体の内部エネルギーは温度のみの関数なので、内部エネルギーの変化はない。熱力学の第一基礎式 $dU = \delta Q - \delta W$ において $dU = 0$ であるから、 $\delta W = \delta Q$ である。

仕事 δW が容積仕事であれば、 $\delta W = pdV$ となり、

$$\delta W = \delta Q = pdV$$

これを状態 1 から状態 2 までの等温変化過程について積分し、

$$W = Q = \int_1^2 pdV = \int_1^2 mRT \frac{dV}{V} = mRT \int_1^2 \frac{dV}{V} = mRT \ln \frac{V_2}{V_1} = mRT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$w = q = \int_1^2 pdv = \int_1^2 RT \frac{dv}{v} = RT \int_1^2 \frac{dv}{v} = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

状態 1 から状態 2 へとピストンが押し込まれると、 $V_1 > V_2$ なので、仕事 W は負、すなわち熱の流入 Q も負であって、系に仕事を加えられてもそれが熱源へと熱として移動して、系としては相殺される。ここでなされた仕事は内部エネルギーとして熱源に貯蔵されたことになる。

この状態変化は準静的かつ可逆的なので、このあと拘束がなくなって、ピストンが元の位置まで引き返せば、熱源から熱 Q が取り出され、気体は膨張してそれが容積仕事 W となる。こうして、容積が V_1 に戻ったときには状態 1 に戻り、系も熱源も共に元の状態に戻る。等温可逆変化過程でなら、仕事から熱、熱から仕事への変換が効率 100% でなされるという意味である。