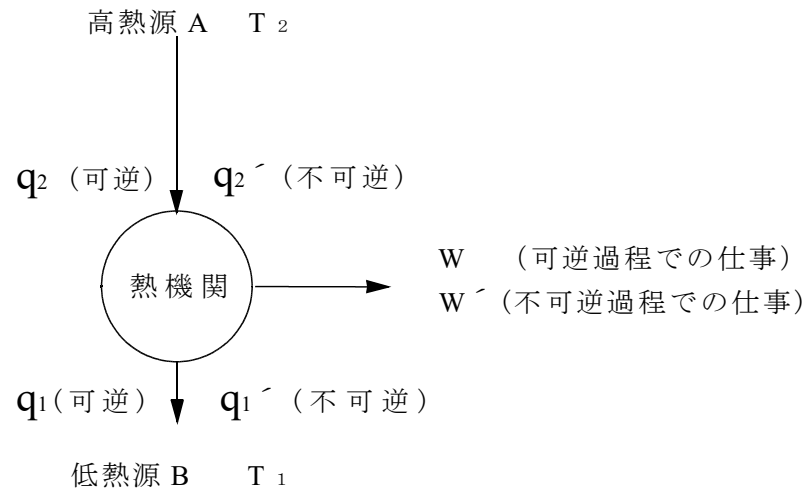


効率問題(熱効率)



【問題 A】

$T_2 = 500\text{K}$, $q_2 = 1000\text{J}$ とすると, $T_1 = 300\text{K}$ では, 可逆過程で $q_1 = 600\text{J}$ となる。

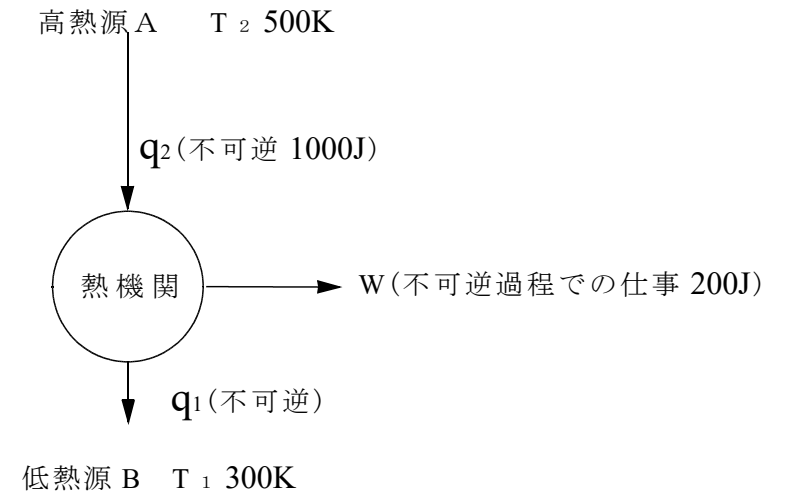
(1) このとき, この熱機関がした仕事は何 J か?

$$\begin{aligned} T_2 &= 500\text{K} & q_2 &= + 1000 \text{ J} \\ T_1 &= 300\text{K} & q_1 &= - 600 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\underbrace{1000}_{\text{内部に}} = \underbrace{W + 600}_{\text{外部に}} \quad W = 400 \text{ J} \text{ 外部に } 400 \text{ J} \text{ の仕事をした。}$$

別解 $+ 1000 - 600 + W = 0$
 $\therefore W = - 400 \text{ (J)}$ (+ …… 内部に, - …… 外部に)

(2) 同様に, 熱源 A ($T_2 = 500\text{K}$) から熱機関が $q_2 = 1000\text{J}$ をもらい不可逆過程で 200J の仕事をしたとすると, 熱源 B ($T_1 = 300\text{K}$) へ捨てられた熱 q_1 は何 J か?



$$\begin{aligned} T_2 &= 500\text{K} & q_2 &= 1000 \text{ J} \\ T_1 &= 300\text{K} & W &= 200 \text{ J} \end{aligned}$$

$$1000 = q_1 + 200$$

$$\therefore q_1 = 800 \text{ (J)}$$

(3) このとき, 全体のエントロピーはどれだけ増加したか?

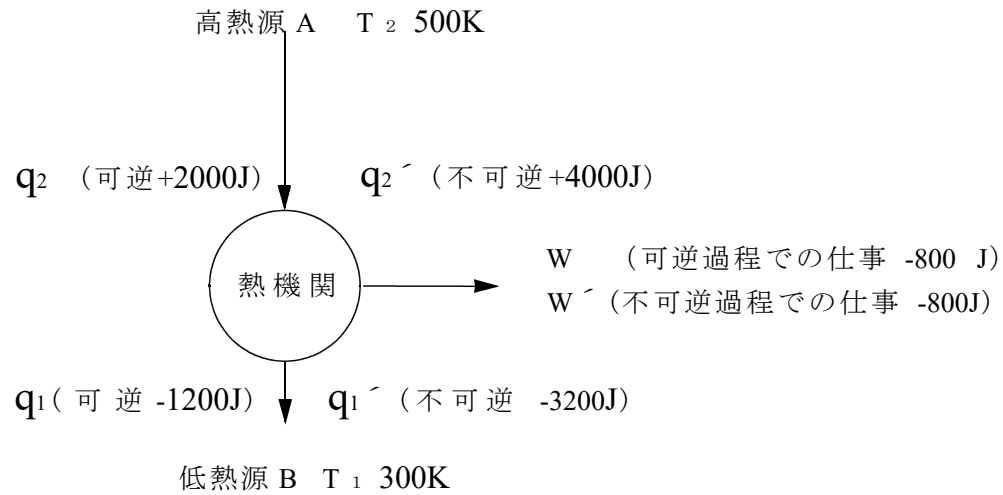
$$S_{T_H} = \frac{|q_2|}{T_2} = \frac{1000 \text{ J}}{500 \text{ K}} = 2 \text{ J/K} \quad \text{…… 始めのエントロピー}$$

$$S_{T_L} = \frac{|q_1|}{T_1} = \frac{800 \text{ J}}{300 \text{ K}} \doteq 2.7 \text{ J/K} \quad \text{…… 後のエントロピー}$$

よって, $\Delta S = 2.7 - 2 = 0.7 \text{ (J/K)}$ …… 0.7 (J/K) の増加

【問題 B】

熱機関は、可逆過程では、熱源 A ($T_2 = 500\text{K}$) から熱 $q_2 = 2000\text{J}$ をもらい、熱源 B ($T_1 = 300\text{K}$) へ $q_1 = 1200\text{J}$ の熱を捨て、 800J の仕事をする。これと同じだけの仕事を、不可逆過程の熱機関にさせるのには $q_2 = 4000\text{J}$ の熱が必要であった。



(b) また、可逆の場合と不可逆の場合の熱機関の熱効率はいくらですか？

可逆過程での熱効率

$$\begin{aligned} T_2 &= 500\text{K} & q_2 &= +2000\text{J} \\ T_1 &= 300\text{K} & q_1 &= -1200\text{J} & W &= -800\text{J} \quad (\text{可逆}) \end{aligned}$$

$$\text{熱効率} = \frac{|W|}{q_2} = \frac{|-800|}{+2000} = 0.4$$

別解 $1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{500} = 0.4$

※熱効率は 40% で、エントロピーの増加はない。

$$\Delta S = \frac{1200}{300} - \frac{2000}{500} = 0$$

(a) 不可逆過程において、全体のエントロピーはどれだけ増加したか？

$$\begin{aligned} T_2 &= 500\text{K} & q_2 &= 4000\text{J} \\ T_1 &= 300\text{K} & W' &= 800\text{J} \quad (\text{不可逆}) \end{aligned}$$

$$4000 = q_1' + 800 \quad \therefore q_1' = 3200\text{ (J)}$$

$$S_{T_H} = \frac{|q_2|}{T_2} = \frac{4000\text{ J}}{500\text{ K}} = 8\text{ J/K} \quad \dots\dots \text{始めのエントロピー}$$

$$S_{T_L} = \frac{|q_1|}{T_1} = \frac{3200\text{ J}}{300\text{ K}} \doteq 10.7\text{ J/K} \quad \dots\dots \text{後のエントロピー}$$

$$\therefore \Delta S = 10.7 - 8 = 2.7\text{ (J/K)} \quad \dots\dots 2.7\text{ (J/K)} \text{ の増加}$$

不可逆過程での熱効率

$$\begin{aligned} T_2 &= 500\text{K} & q_2 &= +4000\text{J} \\ T_1 &= 300\text{K} & q_1' &= -3200\text{J} & W' &= -800\text{J} \quad (\text{不可逆}) \end{aligned}$$

$$\text{熱効率} = \frac{|W'|}{q_2} = \frac{|-800|}{+4000} = 0.2 \quad \text{熱効率は 20\%}$$