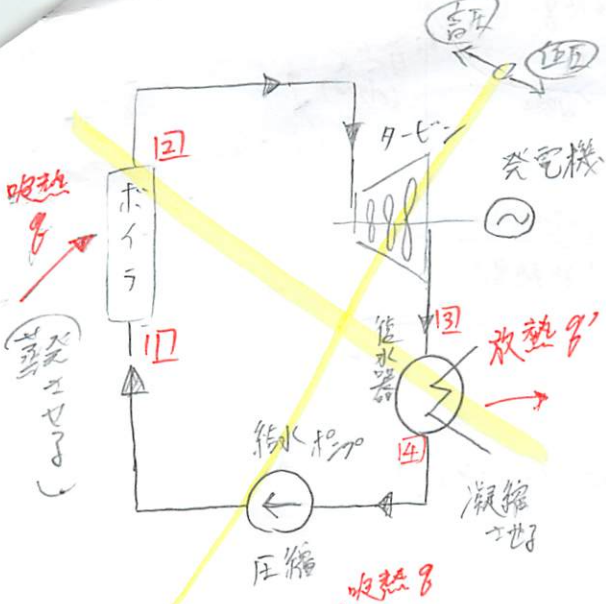
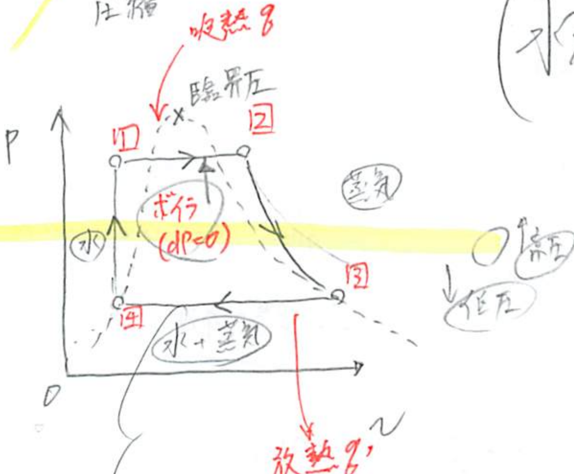
NOV/12/2019 エネルギー変換工学 ① 第7回

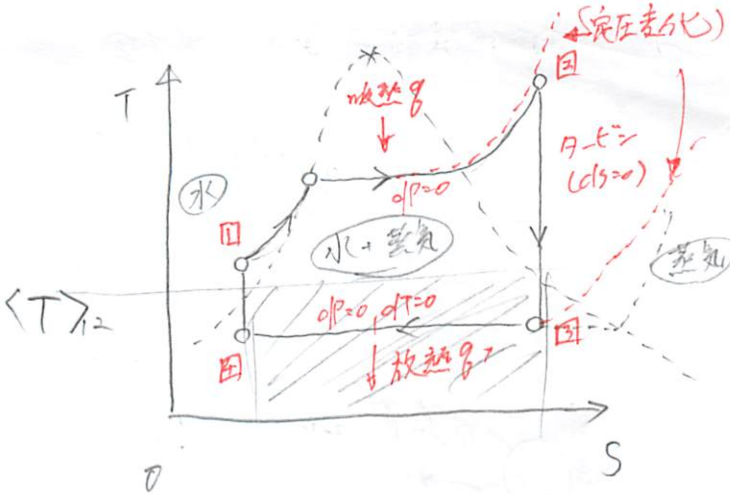
Rankine Cycle



(“水から蒸気” ⇒ 定圧!!)



③→④：復水器 (dP=0, dT=0)



[過程 1→2：吸熱量 q を求めたい。]

エンタルピーの定義は、

$$h = u + \underbrace{pv}_{=w}$$

$\Rightarrow dh = du + dw$

熱力学第一法則

$dq = du + dw$

$\rightarrow dh = (dq - dw) + dw$

$\therefore dq = dh$ //

従って、吸熱量 $q = h_2 - h_1$ //

過程 2→3：

仕事 w は、

$$w = \int v\,dP$$

工業仕事

ここで、エンタルピーの定義より、

$h = u + Pv \xrightarrow[\text{微分}]{} dh = du + v\,dP + P\,dv$

/12/2019 エネルギー変換工学 ⑫

$$dh = \boxed{du} + vdp + \boxed{pdv}$$

dq (熱力学第一法則)

過程 2→3では, $dq=0$ なので:

$$dh = vdp$$

↳工業仕事 dw

$$\therefore w = h_2 - h_1 \quad ②$$

過程 3→4

放熱量 q' は

$$q' = h_3 - h_4 \quad ③$$

過程 4→1

$$w' = h_1 - h_4 \quad ④$$

ランキンサイクルの熱効率 η は

$$\eta = \frac{w - w'}{q} = 1 - \frac{q'}{q}$$

$$= 1 - \frac{h_3 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (16)$$

ここで, エンタルピーの定義より,

$$h = u + pv$$

$$\Rightarrow dh = du + pdv + vdp \quad (= dq)$$

$$dh = dq + vdp$$

$$↳ ds = \frac{dq}{T} \Rightarrow dq = ds \times T$$

$$dh = T \cdot ds + vdp \quad (17)$$

過程1→2，3→4は定圧変化なので、
式(17)は、

$$dh = Tds + \underset{=0}{v\,dp}$$

$$= Tds \quad —(18)$$

したがって。

$$\begin{cases} h_2 - h_1 = \int_1^2 Tds = \langle T \rangle_{12} (s_2 - s_1) & —(19) \\ h_3 - h_4 = \int_4^3 Tds = \langle T \rangle_{34} (s_3 - s_4) & —(20) \end{cases}$$

(平均値)

$$s_3 = s_2, \quad s_4 = s_1$$

(19)と(20)を代入して、

$$\eta = 1 - \frac{\langle T \rangle_{34}}{\langle T \rangle_{12}} \cdot \frac{(s_3 - s_4)}{(s_1 - s_2)}$$

$$= 1 - \frac{\langle T \rangle_{34}}{\langle T \rangle_{12}} \quad —(22)$$

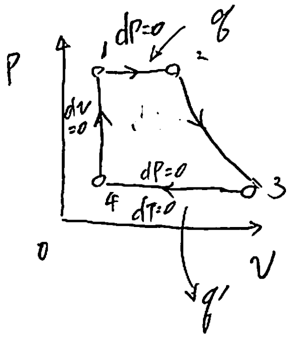
↑ cf：カルノーサイクル

$$\eta = 1 - \frac{T_l}{T_h}$$

効率が良いので、
原発や火力発電に
用いられている。

Nov/12/2019 エネルギー変換工学

ランキンサイクル
(Rankine cycle)



効率 $\eta = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}}$

1→2: $Q_{12} = \int_1^2 dq$ ← エンタルピーΔhで考える.
(吸熱)

エンタルピーの定義
$h = u + P\underbrace{v}_{(w)}$ (エントロピーΔSは、$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$

$dh = du + dw$ (熱力学第一法則)
$dq = du + dw$

$dh - dq = 0$
$\Rightarrow \therefore\ dq = dh$

1→2: 従って、$Q_{12} = \int_1^2 dq = \int_1^2 dh = h_2 - h_1$

3→4: $Q_{34} = \int_3^4 dq = \int_3^4 dh = h_4 - h_3$
(同様に)

2→3: エンタルピーの式 より,
$dh = du + Pdv + vdP$
$du + Pdv = dw$
$dq = du + Pdv$ ← 熱力学第一法則
$dh - dq = vdP$ $(dq = 0)$
$dh = vdP$
↳ 工業仕事 dw
$dw = dh$
$\Rightarrow W_{23} = \int_2^3 dw = \int_2^3 dh = h_3 - h_2$

4→1: $W_{41} = h_4 - h_1$
同様

ランキンサイクルの熱効率ηは,
$\eta = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}} = 1 - \frac{W_{in} - W_{out}}{q_{in}}$
$= 1 - \frac{(-h_{34})}{h_{12}} = 1 - \frac{h_3 - h_4}{h_2 - h_1}$

エンタルピーの定義式
$dh = du + dw$
$= du + \underbrace{Pdv}_{(dq)} + vdP$
$dh = \underbrace{dq}_{(TdS)} + vdP$
⇓
$dh = TdS + vdP$

熱の出入りがある 1→2, 3→4 より
↓ $\Delta P = 0$
$dh = TdS$ $\because (vdP = 0)$

$dh = TdS$
$\eta = 1 - \frac{h_3 - h_4}{h_2 - h_1}$

$\therefore\ h_{34} = \int_3^4 dh = \int_3^4 TdS = T_{34}(S_3 - S_4)$
$h_{12} = \int_1^2 dh = \int_1^2 TdS = T_{12}(S_2 - S_1)$

$\eta = 1 - \frac{T_{34}(S_3 - S_4)}{T_{12}(S_2 - S_1)}$
↳ Sとなんとかしたい.
T−S線図から.
$S_3 = S_2$, $S_4 = S_1$なので、

$\eta = 1 - \frac{T_{34}}{T_{12}} \frac{\cancel{(S_2 - S_1)}}{\cancel{(S_2 - S_1)}}$

$= 1 - \frac{\langle T_{34} \rangle}{\langle T_{12} \rangle}$
↳ カルノーサイクルみたい.
↳ 完了!