

学籍番号: \_\_\_\_\_

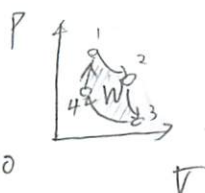
名前: \_\_\_\_\_

1

【問1】 カルノー・サイクルの  $p$ - $V$  線図と  $T$ - $S$  線図で囲まれる図形の面積（仕事に相当する）はたがいに等しいことを示せ。

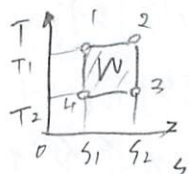
$$W = \int_1^2 p dV + \int_2^3 p dV + \int_3^4 p dV + \int_4^1 p dV$$

$$= \oint p dV$$



下記の式より

$$W = (S_2 - S_1)(T_1 - T_2)$$



$$W = \oint p dV = (S_2 - S_1)(T_1 - T_2)$$

【問2】 作業流体として理想気体を用いたカルノー・サイクルについて考える。

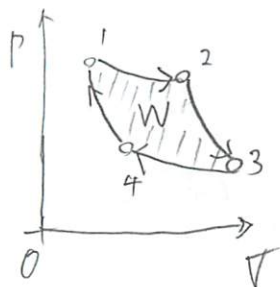
- (1)  $p$ - $V$  線図を描き、熱効率  $\eta = 1 - T_l/T_h$  (ただし,  $T_l < T_h$ ) を導出せよ。
- (2) また、 $T$ - $S$  線図を描き、エントロピーの最大値  $S_2$  と最小値  $S_1$  の差は、仕事  $W$  と温度  $T_l$ ,  $T_h$  を用いて表すとどうなるか。

$$(1) \eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$= \left(1 - \frac{T_l}{T_h}\right) \text{ を導出せよ。}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{m R T_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)}{m R T_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}$$

$$= 1 - \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{\ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)}{\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} \quad \text{--- ①}$$



1→2: 等温 (T=T<sub>1</sub>)  
3→4: 等温 (T=T<sub>2</sub>)  
2→3: 断熱 (T=T<sub>2</sub>)  
4→1: 断熱 (T=T<sub>1</sub>)

ボイルの式より、①から

$$T_1 V_2^{k-1} = T_2 V_3^{k-1}$$

$$T_1 V_1^{k-1} = T_2 V_4^{k-1} \quad \text{--- ②}$$

$$\frac{T_1 V_2^{k-1}}{T_1 V_1^{k-1}} = \frac{T_2 V_3^{k-1}}{T_2 V_4^{k-1}}$$

$$\left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1}$$

$$\therefore \frac{V_3}{V_4} = \frac{V_2}{V_1}$$

②より、①に代入

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{\ln\left(\frac{V_3}{V_1}\right)}{\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \cdot 1$$

$$= 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$(2) \quad dS = \frac{dQ}{T} \Rightarrow dQ = T dS$$

$$(1 \rightarrow 2): Q_1 = \int_1^2 dQ = \int_1^2 T dS$$

$$= T_1 \int_1^2 dS = T_1 (S_2 - S_1) \quad \text{--- (20)}$$

$$\int_1^2 dS = \int_1^2 T dS = [S]_1^2 = S_2 - S_1$$

$$(3 \rightarrow 4): Q_2 = \int_3^4 dQ = \int_3^4 T dS$$

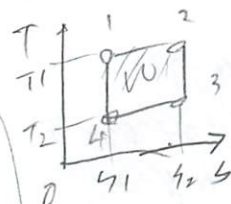
$$= T_2 \int_3^4 dS = T_2 (S_4 - S_3)$$

$$= -T_2 (S_2 - S_1) < 0 \quad \text{--- (22)}$$

つまり、式(20), (22)より

$$W = Q_1 - Q_2 = T_1 (S_2 - S_1) - T_2 (S_2 - S_1)$$

$$= (S_2 - S_1)(T_1 - T_2) \quad \text{--- (23)}$$



$$S_2 - S_1 = \frac{W}{T_1 - T_2}$$

学籍番号

名前

ガソリンエンジン (オットーサイクル) について各自で調べ、理解した点、分からなかった点を記述せよ。

火花点火エンジンでは、一般に

可燃性混合気を吸入・圧縮し、激しくおかし  
流れていて点火する。

おとし極め急速な火炎伝播による燃焼する。

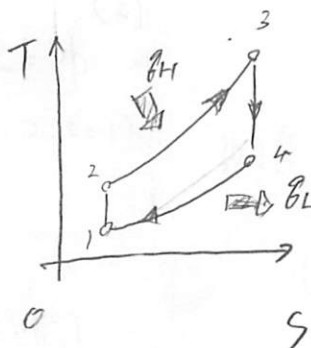
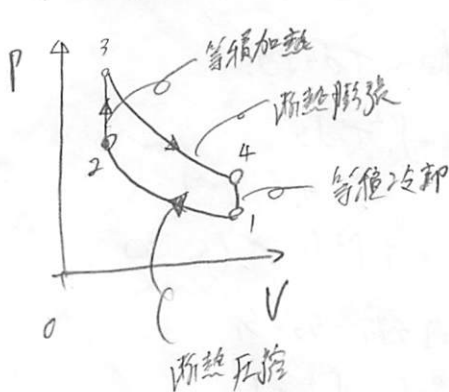
したがって、加熱は圧縮終わりの時刻において、

体積一定のもので瞬間的に伝わりと近似できるので、

等体積サイクルとも呼ばれている。

[理解したところ]

P-V図、T-S図の概形



[理解のつらかったところ]

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \rightarrow 2 : T_1/T_2 = (V_2/V_1)^{\gamma-1} \\ 2 \rightarrow 3 : q_H = C_V(T_3 - T_2) \\ 3 \rightarrow 4 : T_4/T_3 = (V_3/V_4)^{\gamma-1} = (V_2/V_1)^{\gamma-1} \\ 4 \rightarrow 1 : q_L = C_V(T_4 - T_1) \end{array} \right.$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_L}{q_H} = 1 - \frac{(T_3 - T_2)(V_2/V_1)^{\gamma-1}}{T_3 - T_2}$$

$$= 1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}$$

$$= 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}}$$

これらの式を用いて

公式、定理などを用いて

おし理解が深まる

(ポイント) とき

$r$  : 圧縮比