

熱力学演習Ⅱ 第1回レポート課題

氏名 YANG GUANGZE 学籍番号 20T1126N

1-1:問題文により, オットーサイクルにおいて, 最高圧力 $P_3 = 5 \text{ [MPa]}$, 最高温度 $T_3 = 2000 \text{ [K]}$, 膨張直後の圧力 $P_4 = 0.2 \text{ [MPa]}$, 圧縮直前の温度 $T_1 = 330 \text{ [K]}$, 比熱比 $K = 1.4$.

(1)圧縮比:

オットーサイクルの圧縮比, $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_4}{v_3}$

3→4 の断熱膨張において, $pv^K = \text{const.}$ であるので,

$$p_3 = p_4 \left(\frac{v_4}{v_3} \right)^K = p_4 \varepsilon^K$$

がある. よって,

$$\varepsilon = \left(\frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{1}{K}} = \left(\frac{5}{0.2} \right)^{\frac{1}{1.4}} = 9.96$$

が求められる.

(2)膨張直後の温度 T_4 :

3→4 の断熱膨張において, $Tv^{K-1} = \text{const.}$ であるので,

$$T_3 = T_4 \left(\frac{v_4}{v_3} \right)^{K-1} = T_4 \varepsilon^{K-1}$$

がある. よって,

$$T_4 = \frac{T_3}{\varepsilon^{K-1}} = \frac{2000}{(9.96)^{1.4-1}} = 797.49 \rightarrow 797 \text{ [K]}$$

が求められる.

(3)最低圧力 P_1 :

4→1 の等積冷却において, $\frac{T}{p} = \text{const.}$ があるので,

$$p_1 = p_4 \frac{T_1}{T_4}$$

がある. よって,

$$p_1 = 0.2 \times \frac{330}{797} = 0.0828 \rightarrow 0.08 \text{ [MPa]}$$

が求められる.

(4)点火直前の圧力 P_2 :

1→2 の断熱圧縮において, $pv^K = \text{const.}$ があるので,

$$p_2 = p_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^K = p_1 \varepsilon^K$$

がある. よって,

$$P_2 = 0.08 \times (10.0)^{1.4} = 2.009 \rightarrow 2.0 \text{ [MPa]}$$

が求められる.

(5) 熱効率 η :

オットーサイクルの理論熱効率は,

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{K-1}}$$

であるので,

$$\eta = 1 - \frac{1}{(10.0)^{1.4-1}} = 0.6018 \rightarrow 60.2\%$$

1-2:問題文により, ディーゼルサイクルにおいて, 圧縮直前の圧力 $P_1 = 0.1 \text{ [MPa]}$, そのときのシリンダーの容積 $v_1 = 500 \text{ [cc]}$, 圧縮後の圧力 $P_2 = 6 \text{ [MPa]}$, 等圧膨張比 $\sigma = 2.2$, 比熱比 $K = 1.4$.

(1) 圧縮直後のシリンダーの体積 v_2 :

1→2 の断熱圧縮において, $pv^K = \text{const.}$ があるので,

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{K}}$$

がある. よって,

$$v_2 = v_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{K}} = 500 \times \left(\frac{0.1}{6} \right)^{\frac{1}{1.4}} = 26.84 \rightarrow 26.8 \text{ [cc]}$$

が求められる.

(2) 圧縮比 ε :

$$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} = \frac{500}{26.8} = 18.66 \rightarrow 18.7$$

(3) 膨張直後の圧力 P_4 :

2→3 の等圧加熱により, $P_3 = P_2$ がわかる.

3→4 断熱圧縮において, $pv^K = \text{const.}$ があるので,

$$p_4 = p_3 \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^K = \frac{p_3}{\varepsilon^K}$$

がある。よって、

$$P_4 = \frac{6}{(18.7)^{1.4}} = 0.099 [\text{MPa}]$$

が求められる。

(4)膨張過程で外にする仕事 W_{34} ：

2→3 の等圧加熱において、 $v_4 = v_1$, $v_3 = \sigma v_2$ により、

$$\begin{aligned} W_{34} &= \frac{p_3 v_3}{K-1} \left[1 - \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{K-1} \right] \\ &= \frac{p_3 \cdot \sigma v_2}{K-1} \left[1 - \left(\frac{\sigma v_2}{v_1} \right)^{K-1} \right] \\ &= \frac{p_3 \cdot \sigma v_2}{K-1} \left[1 - \left(\frac{\sigma}{\varepsilon} \right)^{K-1} \right] \end{aligned}$$

よって、

$$W_{34} = \frac{6 \times 2.2 \times 26.8}{1.4-1} \left[1 - \left(\frac{2.2}{18.3} \right)^{1.4-1} \right] = 505 [\text{J}]$$

(5)熱効率 η ：

ディーゼルサイクルの熱効率は

$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_L}{q_H} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{K-1}} \cdot \frac{\sigma^K - 1}{K(\sigma - 1)}$$

である。よって、

$$\eta = 1 - \frac{1}{18.7^{1.4-1}} \times \frac{2.2^{1.4} - 1}{1.4 \times (2.2 - 1)} = 0.628$$

が求められる。

1-3:問題文により、ディーゼルサイクルにおいて、圧縮比 $\varepsilon = 15$, 等圧縮比 $\sigma = 2$, 圧縮直前の圧力 $P_1 = 0.12 [\text{MPa}]$, 温度 $T_1 = 60 + 272 = 332 [\text{K}]$, 容積 $v_1 = 750 [\text{cc}]$, 比熱比 $K = 1.3$, 定圧比熱 $C_p = 1000 [\text{J/KgK}]$, ガス定数 $R = 287 [\text{J/KgK}]$.

ディーゼルサイクルにおける熱効率：

$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_L}{q_H} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{K-1}} \cdot \frac{\sigma^K - 1}{K(\sigma - 1)}$$

により、

$$\eta = 1 - \frac{1}{15^{1.3-1}} \times \frac{2^{1.3} - 1}{1.3 \times (2 - 1)} = 0.5008 \rightarrow 0.501$$

が求められる.

1 サイクルに供給された熱量 $q_H = c_p(T_3 - T_2)$ である.

1→2 の断熱圧縮において, $Tv^{K-1} = \text{const.}$ と $pv^K = \text{const.}$ があるので,

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{K-1} = T_1 \varepsilon^{K-1}$$

がある. よって,

$$T_2 = 332 \times 15^{1.3-1} = 748 \text{ [K]}$$

が求められる. そして, 2→3 の等圧加熱において, $\frac{T}{v} = \text{const.}$ があるので,

$$T_3 = T_2 \frac{v_3}{v_2} = T_2 \sigma$$

がある. よって,

$$T_3 = 748 \times 2 = 1496 \text{ [K]}$$

$c_p = 1000 \text{ [J/kgK]}$ により,

$$\therefore q_H = c_p(T_3 - T_2) = 1000 \times (1496 - 748) = 748 \text{ [kJ/kg]}$$

そして, 3→4 の断熱圧縮において, $Tv^{K-1} = \text{const.}$ があるので,

$$T_4 = T_3 \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{K-1} = T_3 \left(\frac{v_3}{v_2} \times \frac{v_2}{v_4} \right)^{K-1} = T_3 \left(\frac{\sigma}{\varepsilon} \right)^{K-1}$$

がある. よって,

$$T_4 = 1496 \times \left(\frac{2}{15} \right)^{1.3-1} = 817 \text{ [K]}$$

が求められる. さらに, $K = \frac{c_p}{c_v} = 1.3$ により, $c_v = 769 \text{ [J/KgK]}$ が得られる.

$$\therefore q_L = c_v(T_4 - T_1) = 769 \times (817 - 332) = 373 \text{ [kJ/kg]}$$

質量,

$$m = \frac{p_1 v_1}{T_1} \times \frac{1}{R} = \frac{0.12 \times 10^6 \times 750 \times 10^{-6}}{332} \times \frac{1}{287} = 9.45 \times 10^{-4} \text{ [kg]}$$

よって,

$$Q_H = mq_H = 707 \text{ [J]}$$

$$W = m(q_H - q_L) = 354 \text{ [J]}$$