

平成 27 年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

1. 実在気体を考える。気体の温度を T 、比容積を v 、圧力を p 、定圧比熱を c_p 、定積比熱を c_v 、比熱比を κ 、気体定数を R 、等温圧縮率を α 、膨張率を β とするとき、以下の あ から か にあてはまる適切な式を書きなさい。

【30点】

状態量 p 、 v 、 T を考える。三つの状態量の循環の関係式は以下のように書ける。

$$\text{あ} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_v = -1 \quad (\text{式 1})$$

また、実在気体の比熱の関係式は (式 2) で表される。

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_v = \frac{1}{c_p - c_v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \quad (\text{式 2})$$

(式 1) を (式 2) に代入して変形すると比熱の関係式は以下のように書ける。

$$c_p - c_v = \text{い} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p^2 \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T \quad (\text{式 3})$$

ここで、 $\alpha = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T$ 、 $\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$ を (式 3) に代入すれば、実在気体の比熱の関係

式は v 、 T 、 α 、 β を用いて以下のように書ける。

$$c_p - c_v = \text{う} \quad (\text{式 4})$$

実在気体の状態方程式が理想気体の状態方程式で近似できるとき、次の式は p 、 v 、 T 、 R を適宜用いて、

$$\left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p = \text{え} \quad (\text{式 5})$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T = \text{お} \quad (\text{式 6})$$

$$c_p - c_v = \text{か} \quad (\text{式 7})$$

と書ける。

2. 図1の pV 線図で示すオットーサイクルを考える。作動流体は理想気体と考え、その質量を m 、温度を T 、容積を V 、圧力を p 、定圧比熱を c_p 、定積比熱を c_v 、比熱比を κ 、気体定数を R 、絶対仕事を L 、熱量を Q とする。作動流体の状態は図中の番号で表し、記号の添え字の数字は状態番号を表す。また、このサイクルでの状態変化はすべて可逆過程とみなす。以下の ア から ク にあてはまる適切な式を書きなさい。

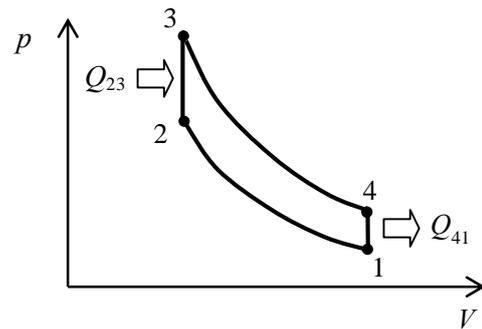


図1

【40点】

状態1から2の可逆断熱圧縮過程では V と p の関係式は以下のように書ける。

$$\text{ア} = (\text{一定}) \quad (\text{式1})$$

また、 c_v と c_p は κ 、 R を適宜用いて以下のように書ける。

$$c_v = \text{イ} \quad (\text{式2})$$

$$c_p = \text{ウ} \quad (\text{式3})$$

質量 m の作動流体が状態1から2の断熱圧縮過程でなす仕事 L_{12} は T 、 V 、 p と m 、 κ 、 R 、 c_v 、 c_p 及び添え字を適宜用いて以下のように書ける。

$$L_{12} = \int_1^2 \text{エ} dV \quad (\text{式4})$$

$$= \text{オ} \left(1 - \frac{V_1^{\kappa-1}}{V_2^{\kappa-1}} \right) \quad (\text{式5})$$

$$= \text{カ} (T_1 - T_2) \quad (\text{式6})$$

質量 m の作動流体に状態2から3の等積加熱過程で与えられる熱量 Q_{23} は m 、 κ 、 R 、 c_v 、 c_p を適宜用いて以下のように書ける。

$$Q_{23} = \text{キ} (T_3 - T_2) \quad (\text{式7})$$

このサイクルの理論熱効率 η は温度 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 を用いて以下のように書ける。

$$\eta = \text{ク} \quad (\text{式8})$$

3. 文中の **あ** から **う** にあてはまる適切な語句を選択肢群から選択せよ。また、文中の **ア** から **ウ** にあてはまるサイクル線図を①～③から選択せよ。ただし、圧力を p 、比容積を v とし、系に入る熱量を Q_H 、系から出る熱量を Q_L とする。

【30点】

あ サイクルは等圧で加熱・放熱がなされるガスタービンの理論サイクルであり、サイクル線図は **ア** である。

い サイクルは圧縮着火エンジンの理論サイクルである。一般にこのサイクルでは、火花点火エンジンに比べて圧縮比を大きくできるため熱効率が低い。このサイクル線図は **イ** である。

う サイクルは理論最大熱効率を考察するための理論サイクルであり、等温膨張・等温圧縮過程、断熱膨張・断熱圧縮過程から構成される。このサイクル線図は **ウ** である。

(選択肢群) オットー、ディーゼル、ブレイトン、サバテ、カルノー、ランキン

