

平成 23 年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

1. 以下の[あ]から[た]にあてはまる適切な式を記述しなさい。ただし、以下に定義された記号と微小値を表す記号 d を適宜用いて式を記述しなさい。記号は圧力 p 、温度 T 、比容積 v 、比内部エネルギー u 、比エンタルピー h 、比エントロピー s 、熱量 q 、比熱比 κ 、定圧比熱 c_p 、定積比熱 c_v 、気体定数 R とする。

【32点】

- (1) 理想気体の比エントロピーの変化量を導出する。熱力学の第一法則と、第二法則における可逆過程でのエントロピーの式をもとに、ギブスの式は

$$Tds = \text{[あ]} + \text{[い]} dv \quad (\text{式1})$$

と書ける。次に、理想気体の状態式は $\text{[う]} = RT$ 、比熱の定義式より $du = \text{[え]} dT$ 、 $dh = \text{[お]} dT$ である。これらを (式1) に代入して、整理すると、

$$ds = c_v dT/T + \text{[か]} dv \quad (\text{式2})$$

となる。(式2) を状態1から2まで積分すると比エントロピーの変化量 $(s_2 - s_1)$ は

$$(s_2 - s_1) = c_v \text{[き]} + R \text{[く]} \quad (\text{式3})$$

と導出できる。ここで、記号の添字1や2は状態1や2を示す。

- (2) 理想気体の可逆断熱過程(等エントロピー過程)での p と v の関係式を(式2)から導出する。(式2)を $ds = 0$ として整理すれば、

$$c_v dT + \text{[け]} dv = 0 \quad (\text{式4})$$

となる。一方、理想気体の状態式を全微分で表記すると

$$dT = \text{[こ]} dp + \text{[さ]} dv \quad (\text{式5})$$

と書ける。(式4)と(式5)から dT を消去し、比熱比 $\kappa = \text{[し]}$ と $c_p - c_v = \text{[す]}$ の関係を代入して整理すれば、

$$\text{[せ]} dp + \kappa \text{[そ]} dv = 0 \quad (\text{式6})$$

となる。(式6)を積分すれば、 p と v の関係式 $\text{[た]} = (\text{定数})$ が得られる。

2. 理想気体（気体定数 R 、比熱比 κ ）を作動流体とするオットーサイクルがある。図 1 に p - v 線図を示した。図中の数字は状態番号を示している。状態 1 の気体の圧力を p_1 、比容積を v_1 、温度を T_1 とし、サイクルの圧縮比を ε 、単位質量の気体に与える熱量を q_{23} とする。以下の設問について、問題文中で使用した記号 (R 、 κ 、 p_1 、 v_1 、 T_1 、 ε 、 q_{23}) のうち必要なものを用いて答えよ。

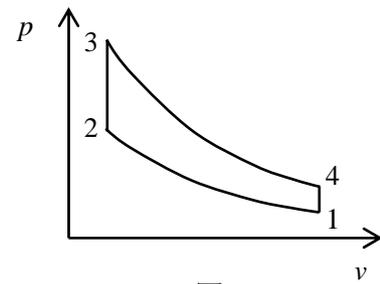


図 1

【38点】

- (1) 状態 2 での気体の比容積 v_2 と温度 T_2 を求めよ。
- (2) 状態 1 から 2 の変化で単位質量の気体に与えた仕事 l_{12} を求めよ。
- (3) 状態 3 での気体の温度 T_3 と圧力 p_3 を求めよ。
- (4) 状態 4 での気体の温度 T_4 が (式 7) で与えられるとき、状態 3 から 4 の変化で単位質量の気体が外部にした仕事 l_{34} を求めよ。

$$T_4 = \frac{q_{23}(\kappa - 1)}{R\varepsilon^{\kappa - 1}} + T_1 \quad (\text{式 7})$$

- (5) このサイクルで単位質量の気体が外部に正味行う仕事 l を求めよ。
- (6) このサイクルの熱効率 η を求めよ。

3. 図2に水および蒸気の T - s 線図を示す。ランキンサイクル（蒸気サイクルの一つ）に関する以下の設問に答えよ。

【30点】

(1) 図2中の（ア）から（キ）にあてはまる適切な語句を選択枝群から選択せよ。

（選択枝群）
 圧縮液（体）、湿り蒸気、過熱蒸気、乾き飽和蒸気、飽和液（体）、温、圧、積、乾き度、エンタルピー、エントロピー、臨界

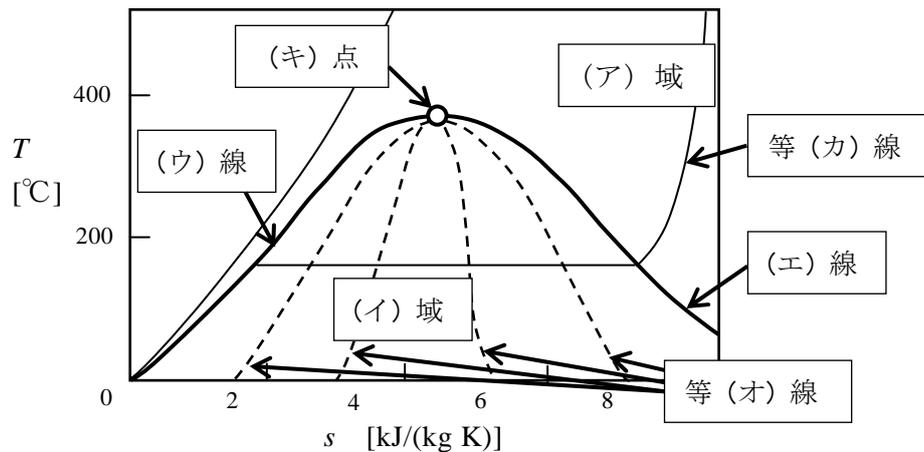


図2

- (2) 過熱蒸気がタービンで膨張し、単位質量あたりの仕事 l_{12} を外部に行うとする。タービン入口の状態を1、出口の状態を2として、蒸気の比エンタルピーをそれぞれ h_1 、 h_2 とする。また、状態2での乾き度を x 、飽和液の比エンタルピーを h' 、乾き飽和蒸気の比エンタルピーを h'' とする。ここで、タービン出口での蒸気の乾き度が $0 < x < 1$ である時、 h_2 と l_{12} を h_1 、 h' 、 h'' 、 x のうち必要なもので表せ。
- (3) タービン効率（=実機での比エンタルピー差／等エントロピー変化での比エンタルピー差）が低下すると、状態2のエンタルピー、エントロピー、乾き度は上がるか、下がるか、変化しないかをそれぞれすべて答えよ。
- (4) ランキンサイクルとブレイトンサイクルの相違について作動流体と圧縮仕事の二つの点から述べよ。