

平成28年度 熱力学

(解答例)

$$[1] \quad (1) P, v, \quad (2) W_t = m \{ h_1 - h_2 + (W_1^2 - W_2^2)/2 \} - Q$$

$$(3) h_1 = h_2$$

$$(4) dg = du + Pdv \quad h = u + Pv \quad \text{より} \quad dh = dg + vdp$$

$$\text{また} \quad dg = Tds \quad \text{より} \quad dh = Tds + vdp$$

$$(5) ds = (\partial s / \partial P)_T dP + (\partial s / \partial T)_P dT$$

$$\text{マックスウェルの式より} \quad (\partial v / \partial T)_P = -(\partial s / \partial P)_T$$

$$dh = Tds + vdp$$

$$= T(\partial s / \partial P)_T dP + T(\partial s / \partial T)_P dT + vdp$$

$$= \{ -T(\partial v / \partial T)_P + v \} dP + T(\partial s / \partial T)_P dT$$

$$\text{また, } dh = Tds + vdp \quad \text{より} \quad (\partial h / \partial s)_P = T \quad \text{であるので}$$

$$\begin{aligned} \text{第2項は} \quad T(\partial s / \partial T)_P &= (\partial h / \partial s)_P (\partial s / \partial T)_P \\ &= (\partial h / \partial T)_P = (\partial g / \partial T)_P = C_p \end{aligned}$$

$$\text{よって} \quad dh = C_p dT + [v - T(\partial v / \partial T)_P] dP$$

$$(6) dh = 0 \quad \text{より, ジュールトムソン係数} \mu \text{は}$$

$$\mu = (\partial T / \partial P)_h = [T(\partial v / \partial T)_P - v] / C_p$$

$$(7) P \{ v - a + b / (RT) \} = RT$$

$$\mu = (\partial T / \partial P)_h = [T(\partial v / \partial T)_P - v] / C_p = 0 \quad \text{より} \quad T = 3b / (aR)$$

$$(8) P_v = RT \quad \text{のとき} \quad \mu = 0 \quad \text{となり, 温度変化はない.}$$

[2] (1) 1400℃の炉から供給される熱量 2800 kJ/kg のエネルギーが初めの温度で可逆的に利用されるものとすれば, このエネルギーの初めのエントロピー - および無効エネルギーは以下のようになる.

$$\text{初めのエントロピー} = \frac{Q_0}{T_0} = \frac{2800}{1400 + 273} = 1.7 \text{ kJ/kgK}$$

$$\text{初めの無効エネルギー} = 1.7 \times 273 = 464.1 \text{ kJ/kg} \quad \text{となる.}$$

(2) このエネルギーが不可逆的な伝熱により伝えられた後のエントロピー - および無効エネルギーの増加量は,

$$\text{後のエントロピーの増加量} = 6.6 - 1.7 = 4.9 \text{ kJ/kgK}$$

$$\text{後の無効エネルギーの増加量} = 4.9 \times 273 = 1337.7 \text{ kJ/kg} \quad \text{となる}$$

平成28年度 熱力学

【3】 (1) 状態 4 の乾き度を求める。

$$S_3 = S_1 + x_9(S_4'' - S_1) \text{ より 乾き度 } 0.73$$

(2) 状態 4 の比エンタルピー $h_4 = h_1 + x_9(h_4'' - h_1)$ は 1852 kJ/kg
乾き飽和蒸気サイクルの熱効率

$$\eta_c = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_1} \text{ は } 0.35$$

(3) カルノーサイクルの熱効率

$$\eta_c = 1 - \frac{T_L}{T_H} \text{ は } 0.36$$

(4) 蒸気の流動による損失(摩擦損失, 渦損失, 絞り損失等)
や周囲への熱損失, 蒸気の周囲への漏れ出し,
復水器などへの周囲空気の漏れ込みなどがある。