

科目名：熱力学 [1 / 2]

(問題[1]と問題[2]は別々の答案用紙に解答すること.)

[1] 準静的過程に従う閉じた系の内部エネルギーを U , 絶対温度を T , 圧力を P , 体積を V , エンタルピーを H , エントロピーを S , ヘルムホルツの自由エネルギーを F , ギブスの自由エネルギーを G とする. 以下の設問に答えなさい.

- (1) H の定義式を書きなさい.
- (2) F の定義式を書きなさい.
- (3) G の定義式を書きなさい.
- (4) 熱力学第1法則を利用して, dU を S, T, P, V を用いて表しなさい.
- (5) 等温過程における系の F の減少は何に使われているか答えなさい.
- (6) 以下の関係式(a), (b), (c)が成り立つことを証明しなさい.

$$(a) \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V \quad (b) \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_G = \frac{S}{V} \quad (c) \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = \left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P$$

- (7) P と T の関数である物理量 $K(P, T)$ が状態量であるための必要十分条件を示しなさい.

科目名：熱力学 [2 / 2]

(問題[1]と問題[2]は別々の答案用紙に解答すること.)

- [2] 図 1 に示すように、圧縮機 (状態 1→状態 2, 断熱過程), 加熱器 (状態 2→状態 3, 等圧過程), タービン (状態 3→状態 4, 断熱過程) で構成されるサイクルを考える. 圧縮機入口から理想気体 (気体定数 R [J/(kg·K)], 比熱比 κ) が流入する. 圧力を P , 温度を T とし, 添え字は 1~4 における状態を表す. ただし, $P_1 = P_4$ とする. 圧縮機動力を W_c , タービンで得られる仕事を W_t , このサイクルで得られる正味の仕事を $W (= W_t - W_c)$ とするとき, 以下の問いに答えなさい. ただし, 運動エネルギー, 位置エネルギーは無視する.

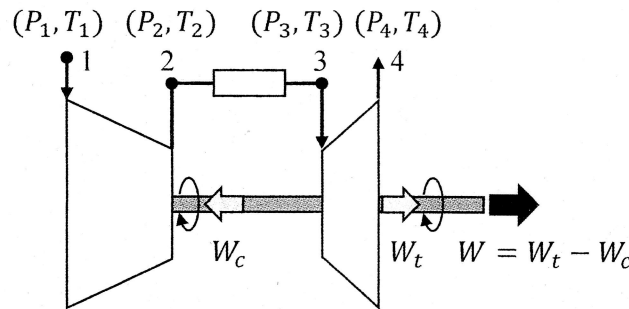


図 1

このサイクルの各過程が可逆過程である場合を考える.

- (1) W_t を κ , R , T_3 , 圧力比 $\gamma (= P_2/P_1)$ を用いて表しなさい.
- (2) $\lambda = W_t/W_c$ とするとき, λ を温度を用いて表しなさい.
- (3) このサイクルの理論熱効率 η_{th} を κ , γ を用いて表しなさい.

次に, 圧縮機およびタービンの内部にて, 不可逆過程が存在する場合を考える. ただし, 圧力条件は可逆過程と同じとする.

- (4) 可逆過程における $T-s$ 線図を描きなさい. 線図上に状態 1~4 を明示すること. さらに, 不可逆過程における $T-s$ 線図を, その上に重ねて描きなさい. ここで, s は比エントロピーである.
- (5) 圧縮機における比エントロピー変化 (Δs) を n , κ , R , γ を用いて表しなさい. ただし, この過程では, $Pv^n = \text{一定}$ (n は定数, v は比体積) が成り立つものとする.
- (6) 設問(5)の条件において, n と κ の大小関係を, 理由と共に示しなさい.