

熱力学

1 閉じた系にある, 質量  $m$  [kg] の理想気体が, 温度  $T_1$  [K], 圧力  $p_1$  [kPa] の平衡状態(状態1)から圧力  $p_2 (\geq p_1)$  [kPa] の平衡状態(状態2)へと可逆的に変化した。この過程をポリトロープ変化で近似する。理想気体は比熱一定で, ポリトロープ指数を  $n$ , 理想気体の比熱比を  $\kappa$ , 気体定数を  $R$  [kJ/(kg·K)], 圧力の比を  $p_2/p_1 = r$  として, 次の各問に答えよ。

- (1) 状態1と状態2の温度の比  $T_2/T_1$  を,  $n$  と  $r$  で表わせ。
- (2) 状態1と状態2の体積の比  $V_2/V_1$  を,  $n$  と  $r$  で表わせ。
- (3) 系の内部エネルギーの変化量と  $mRT_1$  の比  $(U_2 - U_1)/mRT_1$  を,  $n$ ,  $\kappa$  および  $r$  で表わせ。
- (4) 系のエンタルピーの変化量と  $mRT_1$  の比  $(H_2 - H_1)/mRT_1$  を,  $n$ ,  $\kappa$  および  $r$  で表わせ。
- (5) この過程の間に, 系が外部にした体積変化による仕事量と  $mRT_1$  の比  $W_{12}/mRT_1$  を,  $n$  および  $r$  で表わせ。
- (6) この過程の間に, 外部から系に供給された熱量と  $mRT_1$  の比  $Q_{12}/mRT_1$  を,  $n$ ,  $\kappa$  および  $r$  で表わせ。
- (7) ポリトロープ指数が (a)  $n = 0$ , (b)  $n = 1$ , (c)  $n = \kappa$  および (d)  $n = \infty$  の4種類の場合について, それぞれを, 変化の経路を表わす語句で表わせ。また,  $p$ - $V$  線図に (a) ~ (d) の変化に対応する4本の線と, (e)  $1 < n < \kappa$  の場合を合わせた計5本の線を, 図中の・を起点に (a) ~ (e) の記号を付して描け。ただし, 理想気体の比熱比は  $\kappa = 1.4$  とする。

熱力学

- 2 コンプレッサーを用いて、温度 290 K の空気を定常的に圧縮している。この時、以下の問いに答えよ。空気は、ガス定数  $0.287 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、比熱比 1.4 の、比熱一定の理想気体であるとみなして計算すること。
- (1) 空気の流量が  $0.030 \text{ kg/s}$ 、コンプレッサーへ投入した動力が  $3.3 \text{ kW}$  の時、圧縮後の空気の温度は  $380 \text{ K}$  であった。コンプレッサーの前後での単位時間あたりのエンタルピーの変化  $\Delta H$  [kW] を求めよ。  
さらに、コンプレッサーから単位時間あたりに外部に放出される熱量  $Q$  [kW] を求めよ。なお、位置エネルギーの変化、運動エネルギーの変化は無視できる程小さいとする。
- (2) コンプレッサーの回転数を変化させて空気流量を  $0.020 \text{ [kg/s]}$  へ変更した。コンプレッサーの出入口における空気の状態、およびコンプレッサーから単位時間あたりに外部に放出される熱量  $Q$  は流量を変更しても変化していないとすると、コンプレッサーへ投入した動力  $L$  [kW] はいくらか。
- 3 次の4つの過程 a, b, c, d で構成される閉じた系の可逆サイクルについて、以下の問いに答えよ。
- ・ 過程 a: [状態 1 → 状態 2]: 等温膨張
  - ・ 過程 b: [状態 2 → 状態 3]: 断熱膨張
  - ・ 過程 c: [状態 3 → 状態 4]: 等温圧縮
  - ・ 過程 d: [状態 4 → 状態 1]: 断熱圧縮
- (1) このサイクルを  $p$ - $v$  線図(圧力-比体積線図)と、 $T$ - $s$  線図(絶対温度-比エントロピー線図)に描き、状態点 1, 2, 3, 4 と過程 a, b, c, d を明示せよ。
- (2) このサイクルにおける最高温度を  $T_H$  [K]、最低温度を  $T_L$  [K]、比体積の最大値を  $v_H$  [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]、比体積の最小値を  $v_L$  [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ] とする。このサイクルの理論熱効率  $\eta_{\max}$  (熱効率は、サイクルが外部へした正味の仕事を外部より受け取った熱量で除した値)を  $T_H, T_L, v_H, v_L$  のうち必要な記号を用いて表せ。