

問(I) (55点)

断熱された密閉容器が断熱壁によりA室とB室に隔てられている。状態1において、A室とB室には比熱一定の理想気体がそれぞれ密閉されており、A室内の気体の圧力は p_1 、体積は V_1 、温度は T_A 、B室内の気体の圧力は p_1 、体積は V_1 、温度は T_B である。この断熱壁を取り払うと非平衡な変化が起きるが、十分な時間を経過すると密閉容器内は熱力学的平衡に達する。この熱力学的平衡に達した状態を状態2とする。以下の問いに与えられた物理量のみを用いて答えよ。断熱壁の容積、熱容量は無視できるとする。

- (1) 状態1におけるA室内の気体とB室内の気体の種類は同じである。状態2における密閉容器内の気体の圧力 p_2 、温度 T_2 を求めよ。
- (2) 状態1におけるA室内の気体とB室内の気体の種類は異なる。A室内の気体の比熱比は κ_A であり、B室内の気体の比熱比は κ_B である。状態2における密閉容器内の混合された気体の圧力 p_2 、温度 T_2 を求めよ。
- (3) (1)の設問において、密閉容器内を一つの系とした場合の状態1から状態2におけるエントロピー変化 $S_2 - S_1$ を求めよ。ただし、容器内の気体の比熱比は κ であり、(1)で求めた T_2 を用いてよい。
- (4) (2)の設問において、密閉容器内を一つの系とした場合の状態1から状態2におけるエントロピー変化 $S_2 - S_1$ を求めよ。(2)で求めた T_2 を用いてよい。

問(Ⅱ) (55点)

図2.1に示すように、二種類の平板A、Bがあり、平板A内部のみで一様に \dot{q}_v (W/m^3)で発熱し、その左側は完全に断熱され、平板Bの右側は熱伝達率 h ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$), 温度 T_∞ (K)の空気により冷却され、定常状態となっている。平板Aと平板Bは完全に接触しており、それらの熱伝導率は、 k_A, k_B ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) (ただし、 $k_A < k_B$) で一定、厚さは、それぞれ L_A, L_B (m)で、紙面に奥行きと上下方向の長さは無限である。平板Aの左端を $x=0$ とし、次の問いに答えなさい。

(1) $x=0, x=L_A$, および $x=L_A+L_B$ における熱流束 q_0, q_A, q_B (W/m^2)を、 $k_A, k_B, L_A, L_B, \dot{q}_v$, のうち必要な記号を用いて求めよ。

(2) $x=L_A$ における温度 T_1 と $x=L_A+L_B$ における温度 T_2 を、 $h, k_A, k_B, L_A, L_B, \dot{q}_v, T_\infty$, のうち必要な記号を用いて求めよ。

(3) $0 \leq x \leq L_A$ の一次元定常熱伝導方程式は $\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{\dot{q}_v}{k_A} = 0$ で与えられることを考慮し、 $x=0$ における温度 T_0 を、 $h, k_A, k_B, L_A, L_B, \dot{q}_v, T_\infty$, のうち必要な記号を用いて求めよ。

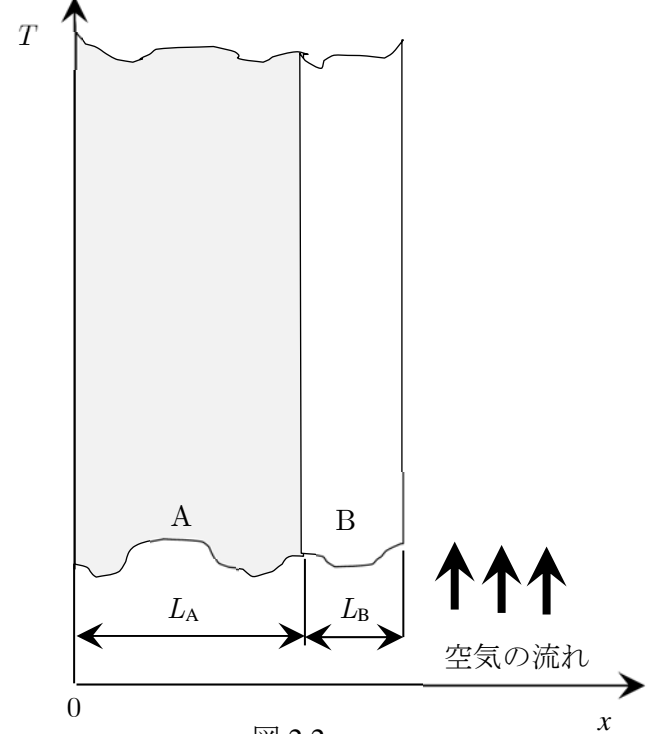
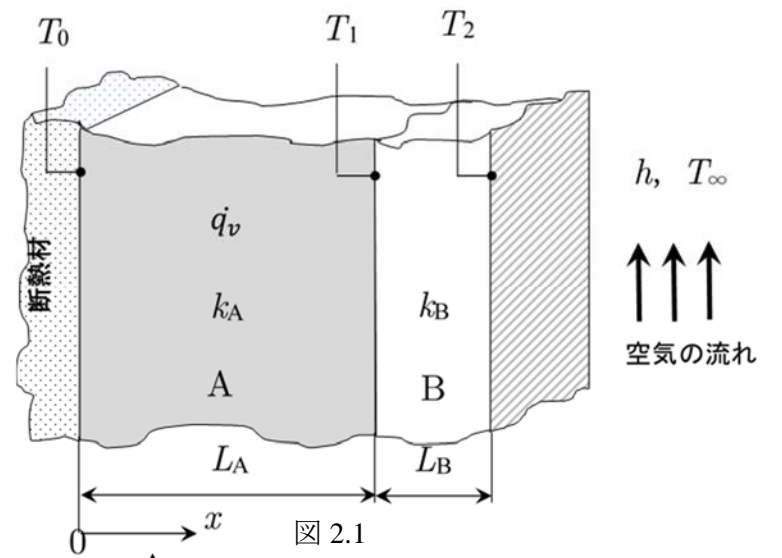
(4) 温度分布の概形を図2.2に破線で描け。またどういう点に注意して描いたか説明せよ。

(5) 平板A、B間の接触が不完全な場合、すなわち接触熱抵抗が存在する場合の温度分布の概形を図2.2に実線で追加して描け。

次に発熱量を \dot{q}_v から \dot{q}'_v に増加させたところ、ある時刻における平板A内部の温度分布は $T(x) = a - bx^2$ であった。ただし、この時刻においては、まだ定常状態に達していない。

(6) $x=L_A$ における熱流束 q_A' を、 a, b, k_A, k_B, L_A, L_B , のうち必要な記号を用いて求めよ。

(7) このとき、平板A全体の温度上昇に費やされる単位時間、単位体積当たりの熱量 \dot{q}'_{st} (W/m^3)を、 $a, b, k_A, k_B, L_A, L_B, \dot{q}'_v$ のうち必要な記号を用いて求めよ。



問(III) (40点)

(A) 閉じた系において、温度 T_1 、圧力 p_1 、乾き度 x_1 の湿り蒸気 (状態 1) を等温加熱して、湿り蒸気は準静的に膨張し、温度 T_2 、圧力 p_2 、乾き度 x_2 の状態 2 に変化した。この状態 2 から可逆断熱膨張させ、温度 T_3 、圧力 p_3 、乾き度 x_3 の湿り蒸気 (状態 3) に変化させるとき、以下の問いに答えよ。 T, p, v, s, h はそれぞれ温度、圧力、比体積、比エントロピー、比エンタルピーを表す。下付きの番号は各状態を示すものとする。また、上付き「l」は飽和液、「v」は飽和蒸気を意味する。

- (1) 状態 1 → 状態 2 → 状態 3 の変化を各状態の番号とともに下記図 3.1 の $T-s$ 線図上に描け。なお状態 1 および状態 1, 3 の温度 T_1, T_3 ならびに乾き度 x_1, x_2 の乾き度線を予め与えている。
- (2) 状態 1 から状態 2 の変化の際の単位質量あたりの加熱量 $q_{12} (> 0)$ 、および単位質量あたりの外部への絶対仕事 $l_{12} (> 0)$ を $r_l, x_1, x_2, p_1, v_l', v_l''$ のうち、必要な記号を用いて求めよ。なお r_l は温度 T_1 での単位質量あたりの蒸発潜熱とする。

(B) 上記設問(A)と同様に、閉じた系において、温度 T_1 、圧力 p_1 、乾き度 x_1 の湿り蒸気 (状態 1) を等温加熱して、湿り蒸気は準静的に膨張し、今度は湿り蒸気域を出て、温度 T_4 、圧力 p_4 の過熱蒸気 (状態 4) に変化した。この状態 4 から可逆断熱膨張させ、温度 T_5 、圧力 p_5 、乾き度 x_5 の湿り蒸気 (状態 5) に変化させるとき、以下の問いに答えよ。なお T, p, v, s, h の記号および下付きの番号の意味は設問(A)と同様である。

- (3) 状態 1 → 状態 4 → 状態 5 の変化を各状態の番号とともに下記図 3.2 の $p-v$ 線図上に描け。なお状態 1 および各状態の圧力 p_1, p_4, p_5 は予め与えている。
- (4) 状態 1 → 状態 4 → 状態 5 の一連の変化における合計の単位質量あたりの外部への絶対仕事 $l_{15} (> 0)$ を $T_1, s_1, s_5, h_1, h_5, p_1, p_5, v_1, v_5$ を用いて求めよ。

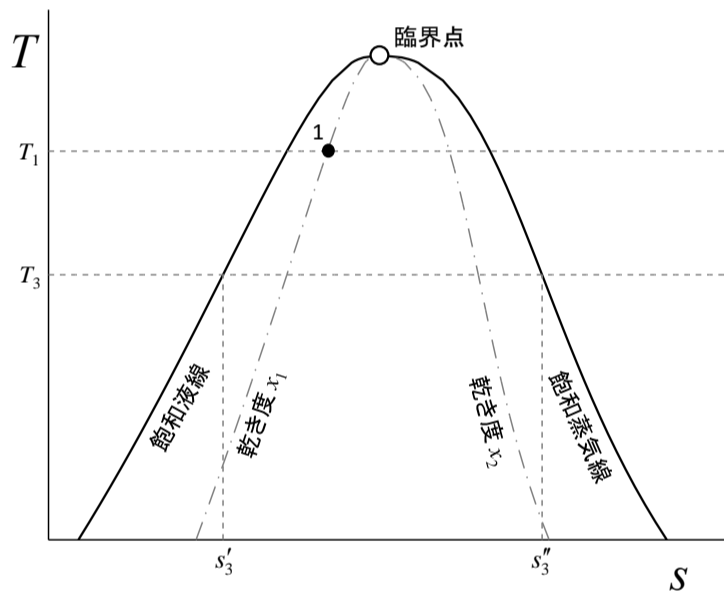


図3.1 $T-s$ 線図

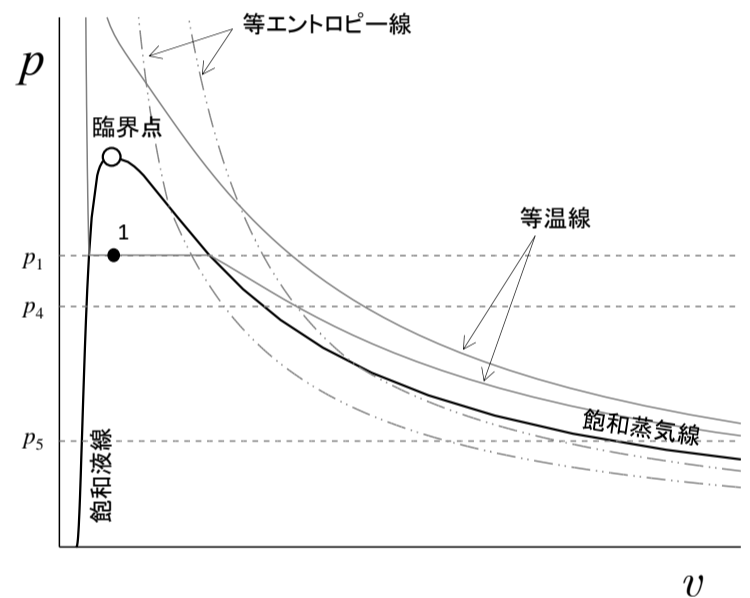


図3.2 $p-v$ 線図