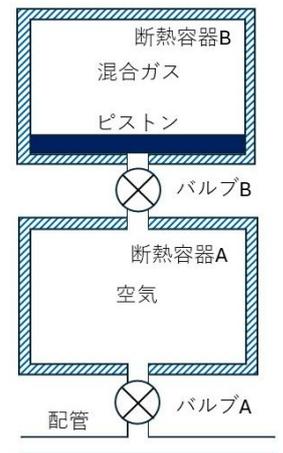
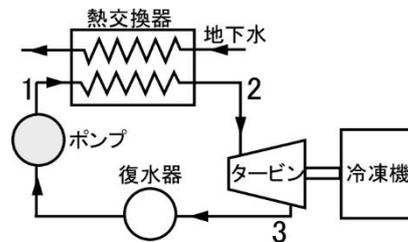


【1】断熱容器 A に初期状態で、容積  $1 \text{ m}^3$ 、圧力  $0.2 \text{ MPa}$ 、質量  $2 \text{ kg}$  の空気が入っている。空気は気体定数  $287 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  の理想気体である。一方で断熱容器 B には、初期状態で容積  $1 \text{ m}^3$ 、圧力  $0.8 \text{ MPa}$ 、質量  $10 \text{ kg}$  の混合ガスが入っている。混合ガスは、酸素、窒素、二酸化炭素、アルゴンが 25:20:42:13 の体積比で混合された理想気体である。各成分気体の分子量はそれぞれ 32, 28, 44, 40, 気体定数はそれぞれ  $260 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $297 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $189 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $208 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  である。バルブの付いた配管の体積や気体の運動エネルギー、ピストンの質量は無視できる。また、断熱容器 A, B 内の気体の比熱比は  $1.4$  とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 初期状態における断熱容器 A 内の空気の温度を求めよ。
- (2) バルブ A を開いて  $293 \text{ K}$  の空気を配管から断熱容器 A に導入し、断熱容器 A 内の圧力が  $1 \text{ MPa}$  に達した段階でバルブ A を閉じた。断熱容器 A へ流入した空気の質量とバルブを閉じたあとの断熱容器 A 内の空気の温度を求めよ。
- (3) 断熱容器 B に封入された混合ガスの気体定数  $R_B \text{ (J}/\text{kg} \cdot \text{K})$  を求めよ。
- (4) その後、バルブ B を開けてピストンを準静的に動かして平衡状態に達するまで放置した。初期状態とバルブ B 解放後の平衡状態における断熱容器 B 内の混合ガスの温度をそれぞれ求めよ。



【2】地熱で温められた地下水の熱でランキンサイクルを動作させる。質量流量  $\dot{m}_1$  の作動流体と質量流量  $\dot{m}_2$  の圧縮液状態で流れている地下水が熱交換した結果、作動流体は、加熱されて圧縮液から過熱蒸気になり、比エンタルピーは  $h_1$  から  $h_2$  に増加した。過熱蒸気を断熱膨張させる過程でタービン仕事を取り出す。断熱膨張後の蒸気の比エンタルピーは  $h_3$  で、タービン出口圧力の飽和液と飽和蒸気の比エンタルピーはそれぞれ  $h'$ 、 $h''$  である。熱交換器での熱損失、タービン仕事の損失はないものとして、以下の問いに答えよ。



- (1) 地下水の熱交換器入口と出口の温度差は  $\Delta T$  であった。地下水の質量流量を求めよ。ただし、地下水の比熱を  $c$  とする。
- (2) ランキンサイクルの  $T$ - $s$  線図を示せ。図中には等圧線、飽和液線、乾き飽和蒸気線も示すこと。
- (3) 蒸発潜熱とは何か説明せよ。さらに、タービン出口圧力での蒸発潜熱  $r$  を求めよ。
- (4) 断熱膨張の過程で生じる飽和液の量  $\dot{m}_i$  を求めよ。
- (5) ポンプでの作動流体の圧力上昇  $\Delta p$  を求めよ。ただし、作動流体を密度  $\rho$  の非圧縮性流体と考えること。
- (6) 圧縮機仕事を考慮したランキンサイクルの理論熱効率  $\eta$  を求めよ。
- (7) タービン仕事で逆カルノーサイクルを運転して冷房を行う。逆カルノーサイクルの高温熱源の温度を  $T_H$ 、低温熱源の温度を  $T_C$  としたときの冷房熱量  $\dot{Q}_c$  を求めよ。

【3】熱電対を用いて流路を流れる燃焼ガスの温度を測定する。この熱電対の接合部は直径  $D = 0.7 \text{ mm}$  の球と近似でき、初期温度  $T_i = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、熱伝導率  $k = 20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 、比熱  $c = 400 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ 、密度  $\rho = 8500 \text{ kg/m}^3$ 、放射率  $\varepsilon = 0.9$  とする。接合部表面とガスとの間の熱伝達率  $h = 400 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ 、ガスの温度  $T_\infty = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ 、流路壁面温度  $T_w = 400 \text{ }^\circ\text{C}$  は一定とする。熱電対の素線による熱損失は無視し、流路壁面は熱電対に比べて十分大きいとする。以下の問いに答えよ。

(1) 球の表面積と体積から、接合部の代表長さを求めよ。

(2) 熱放射を無視して以下の問いに答えよ。

① 接合部の Bi 数(物体内の熱伝導に対する物体表面の熱伝達の相対的な大きさを表す無次元数)を求め、接合部の内部温度を一樣と仮定できる、すなわち、集中熱容量法を適用可能かどうかを判断せよ。

② 接合部の温度が、時間とともに変化し、初期温度から  $199^\circ\text{C}$  に達するのに要する時間を求めよ。 $199^\circ\text{C}$  に達した時の接合部温度の時間変化率  $dT/dt$  も求めよ。

③ 接合部が定常状態になった時の温度を示せ。

(3) 熱放射を考慮して以下の問いに答えよ。

① 接合部が定常状態になった時の温度を求め、計測誤差を示せ。

② 接合部が初期温度から  $199^\circ\text{C}$  に達した時の温度の時間変化率  $dT/dt$  を求めよ。ただし、集中熱容量法を用いてよい。

