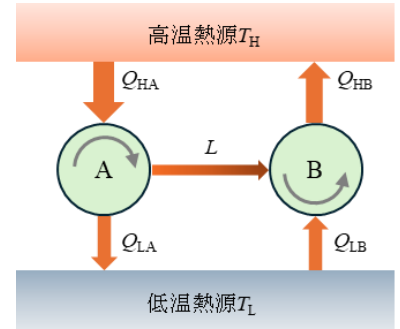


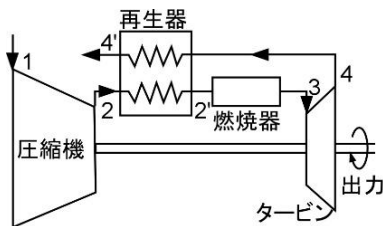
【1】図に示すように高温熱源 ( $T_H=100^\circ\text{C}$ ) と低温熱源 ( $T_L=0^\circ\text{C}$ ) の間で作動する熱機関 A と B を組み合わせたシステムを考える。熱機関 A は高温熱源から熱  $Q_{HA}=300$  [kW] を受けて、低温熱源に  $Q_{LA}$  [kW] を放出する。熱機関 A で得られた仕事  $L=35$  [kW] を使って熱機関 B を駆動している。以下の問いに答えよ。



- (1) 高温熱源と低温熱源から得られる最大仕事  $L_{max}$  [kW] および最大熱効率  $\eta_{max}$  を求めよ。
- (2) 熱機関 A の第一法則的効率  $\eta_1$ , 第二法則的効率 (エクセルギー効率)  $\eta_2$ , および失われたエクセルギー  $E_{loss}$  [kW] を求めよ。
- (3) 熱機関 B を逆カルノーサイクルでヒートポンプとして動作させた場合の, 成績係数  $\epsilon_H$ , 高温熱源に供給する熱  $Q_{HB}$  [kW] および低温熱源から吸収する熱  $Q_{LB}$  [kW] を求めよ。
- (4) 熱機関 B を冷凍機として動作させる場合に, 低温熱源から  $Q_{LB}=100$  [kW] の熱を吸収することが可能かを判断せよ。
- (5) 熱機関 A と B を組み合わせたシステム全体の第一法則的効率  $\eta_{1AB}$  を求めよ。

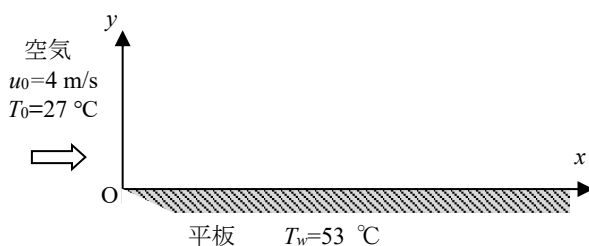
【2】空気を動作流体とするブレイトン再生サイクルについて考える。空気は理想気体とみなし, その気体定数は  $R$  [J/(kg·K)], 比熱比は  $\kappa$  で, 圧縮機前後の圧力の比である圧力比を  $\gamma$  とする。図に示した状態点 1, 2, 2', 3, 4, 4' における温度をそれぞれ  $T_1, T_2, T_2', T_3, T_4, T_4'$  とする。再生器では理想的な熱交換が行われ,  $T_2'=T_4, T_4'=T_2$  である。以下の問いに答えよ。ただし, 動作流体の運動エネルギーや位置エネルギーの変化は無視し, 解答に  $T_2', T_4'$  を用いないこと。

- (1) このブレイトン再生サイクルの  $p$ - $v$  線図を描き, 動作流体 1kg あたりのタービンが発生する仕事, 圧縮機が消費する仕事, サイクルの正味の仕事の三つがどの領域の面積に対応するか示せ。
- (2) 圧縮機が消費する仕事  $l_c$  [J/kg], タービンが発生する仕事  $l_t$  [J/kg] を求めよ。
- (3) このブレイトン再生サイクルの  $T$ - $s$  線図を描き, 動作流体 1kg あたりの加熱量, 放熱量, 再生熱量の三つがどの領域の面積に対応するか示せ。
- (4) 加熱量  $q_H$  [J/kg], 放熱量  $q_L$  [J/kg], 再生熱量  $q_r$  [J/kg] を求めよ。
- (5) サイクルの理論熱効率  $\eta_{th}$  を, 圧力比  $\gamma$  と比熱比  $\kappa$  を用いて示せ。さらに, ブレイトン再生サイクルの理論熱効率は, 同じ最高温度および最低温度で動作するカルノーサイクルの理論熱効率よりも小さいことを示せ。



【3】図に示すように,  $27^\circ\text{C}$ , 1 気圧の空気が一様な速度  $u_0=4$  [m/s] で平板に沿って流れる。平板表面温度は一定で  $T_w=53$  [°C] である。空気を理想気体とみなし, その物性値として,  $27^\circ\text{C}$  における粘性係数と気体定数は  $\mu=1.85 \times 10^{-5}$  [kg/(m·s)],  $R=287$  [J/(kg·K)],  $40^\circ\text{C}$  における熱伝導率とプラントル数は  $\lambda=0.0272$  [W/(m·K)],  $Pr=0.71$  である。平板の幅 (奥行き方向の長さ) は 1 [m] とする。表に示す情報を用いて, 以下の問いに答えよ。

- (1)  $27^\circ\text{C}$  における空気の密度  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] を求めよ。
- (2) 平板における境界層内の流れは, 初めは層流であるが, 平板の前縁から距離  $x_c$  だけ進んだところで乱流になる。乱流遷移が生じる臨界レイノルズ数  $Re_c=5 \times 10^5$  として, 距離  $x_c$  [m] を求めよ。
- (3) 平板の前縁から  $x=1$  [m] および  $x=3$  [m] における局所レイノルズ数  $Re_x$  および速度境界層厚さ  $\delta_x$  [m] を求めよ。
- (4) 任意の位置  $x$  において, 境界層内の質量流量は  $m_x = \int_0^{\delta_x} \rho u dy$  より求められる。これより,  $x=1$  [m] から  $x=3$  [m] までの区間に, 主流から速度境界層に流入する空気の質量流量  $\Delta m$  [kg/s] を求めよ。
- (5)  $x=1$  [m] と  $x=3$  [m] における局所ヌッセルト数  $Nu_x$  および局所熱伝達率  $\alpha_x$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] を求めよ。
- (6) 平板の前縁と  $x=1$  m の間の領域における平均熱伝達率  $\alpha$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] と平板から空気への伝熱量  $Q$  [W] を求めよ。



	$\delta_x$	速度分布 $u(y)$	$Nu_x$
層流	$4.64x Re_x^{-1/2}$	$u_0 \left[ \frac{3y}{2\delta_x} - \frac{1}{2} \left( \frac{y}{\delta_x} \right)^3 \right]$	$0.332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$
乱流	$0.37x Re_x^{-1/5}$	$u_0 \left( \frac{y}{\delta_x} \right)^{1/7}$	$0.0296 Re_x^{0.8} Pr^{1/3}$