

工 業 熱 力 学

【1】図1のように配置されたパイプの途中に羽車とバルブが取り付けられており、矢印の向きに気体が質量流量 \dot{m} で流れている。ただし、気体の圧力を P 、温度を T 、比容積を v 、比エンタルピーを h 、流速を w とする。また、高さを z 、重力加速度を g とする。ただし、断面ⅠおよびⅡにおける状態量は添字ⅠおよびⅡを付ける。以下の問いに答えよ。

- (1) 断面Ⅰを単位時間あたりに通過するエネルギーはいくらか。
- (2) 断面ⅠおよびⅡにおける状態量を用いて、羽車の工業仕事を求めよ。ただし、羽車内部から単位時間あたり Q_L の熱が外部へ逃げる。パイプでは外部との熱交換がないとする。
- (3) 定圧比熱を c_p とすると、一般的に、

$$dh = c_p dT + [v - T(\partial v / \partial T)_p] dP$$

が成り立つ。この気体が、断面ⅡからⅢの間の絞りを通過するとき、逆転温度を求めよ。ただし、状態式は、 R をガス定数、 a 、 b 、 c を定数として次式で与えられる。

$$Pv = aRPT^2 - bT + cP$$

- (4) (3)の場合に、この気体が理想気体であるとき、温度変化について説明せよ。

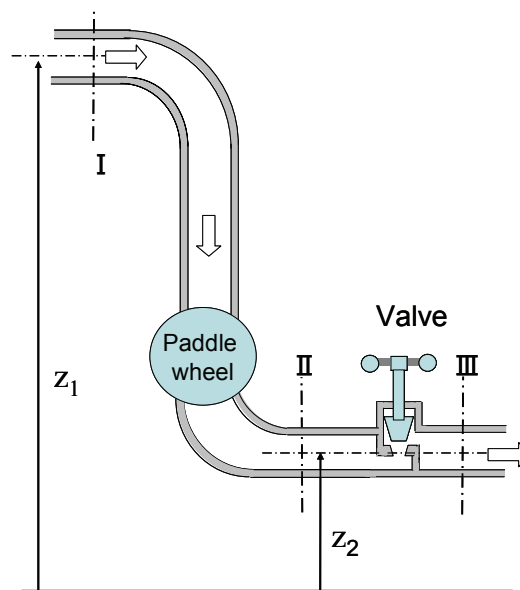


図 1

【2】ある半理想気体が、状態 1 から可逆断熱圧縮されて状態 2 になり、状態 2 から熱を与えられて定圧で膨張し、状態 3 となる。状態 3 から可逆断熱膨張して状態 4 になり、その後、定容変化をして状態 1 に戻る。以上のような熱機関サイクルについて、以下の問いに答えよ。ただし、圧力、温度、容積、エントロピーをそれぞれ、 P , T , V , S とし、状態 i における状態量はそれぞれ添字 i を付ける。ガスの質量は m , 定容比熱 $c_v = \alpha T$, 定圧比熱 $c_p = \beta T$ (α および β は定数) とする。

- (1) P – V 線図を描き、状態 1 ~ 4 を示せ。
- (2) それぞれの状態変化において、系に出入りする熱量を求めよ。
- (3) T – S 線図上の定圧線および定容線はどのような関数で表されるか示せ。ただし、 $S=0$ では、 $T=T_0$ とする。
- (4) T – S 線図を描き、状態 1 ~ 4 を示せ。
- (5) T – S 線図を利用して理論熱効率を温度のみの関数で表せ。

【3】 $P-v$ 線図が図 2 となるような再熱ランキンサイクルにおいて，各過程の状態変化は以下のようにになっている．

状態 1 \rightarrow a 断熱膨張
 状態 a \rightarrow b 等圧加熱
 状態 b \rightarrow 2 断熱膨張
 状態 2 \rightarrow 3 等圧冷却
 状態 3 \rightarrow 4 断熱加圧
 状態 4 \rightarrow 1 等圧加熱

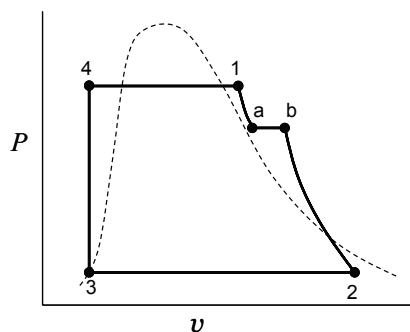


図 2

図中の破線は飽和限界線を示している．なお，状態変化はすべて可逆変化とする．状態 1 の圧力は P_1 ，温度は T_1 ，状態 2 の圧力は P_2 ，状態 a の圧力は P_a ，状態 b の温度は T_1 に等しいとする．各状態 1～4 におけるエンタルピーは， $h_1, h_a, h_b, h_2, h_3, h_4$ と表すことにする．このとき，以下の問いに答えよ．

- (1) この蒸気サイクルの温度-エントロピー変化 ($T-S$ 線図) を描け．なお，図中には飽和限界線を破線で示せ．
- (2) この蒸気サイクルにおいて外部から供給される熱量 q_1 および外部へ捨てられる熱量 q_2 を，それぞれ各状態のエンタルピーを用いて示せ．
- (3) この蒸気サイクルの理論熱効率 η_a を各状態のエンタルピーを用いて示せ．
- (4) 上述のサイクルにおいて，状態 1 から圧力 P_2 まで断熱膨張させ，状態 c とし，サイクル $1 \rightarrow c \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ となるランキンサイクルを行わせた．このときの理論熱効率 η_b が再熱ランキンサイクルの理論熱効率 η_a よりも小さくなるとき，状態 c における湿り蒸気の乾き度 x_c と状態 2 における湿り蒸気の乾き度 x_2 との比 ($= \frac{x_c}{x_2}$) の取り得る範囲を示せ．