

平成15年度

大学院博士前期課程(修士)入学試験問題

工業熱力学

岡山大学大学院自然科学研究科(工学系)

機械システム工学専攻(機械系)

工業熱力学試験問題

【1】ある理想気体を，状態 1 から可逆断熱圧縮して状態 2 にし，さらに温度 T_H 一定で熱量 Q_2 を放出させながら圧縮して状態 3 にする。その後，可逆断熱膨張させて状態 4 にし，熱量 Q_1 を吸収しながら温度 T_L 一定で状態 1 に戻して，一つのサイクルを構成するような冷凍機がある。次の問に答えよ。

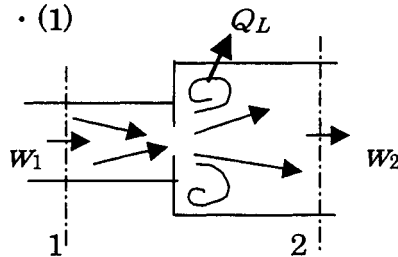
- (1) $P-V$ （圧力－容積）線図および $T-S$ （温度－エントロピー）線図を描け。ただし，状態 1～4 および熱の流れ（ Q_1 , Q_2 の方向）も明示すること。
- (2) このサイクルの動作係数を求めよ。
また，断熱変化の過程が不可逆であるとき，次の問いに答えよ。
- (3) $P-V$ 線図および $T-S$ 線図上でどのようなになるか示せ。
- (4) Q_1 , Q_2 は $T-S$ 線図上ではどの部分に相当するか示せ。

【2】図のように，絞りがあり，質量流量 m で流体が流れている。流速を w ，圧力を P ，温度を T ，比容積を v ，エンタルピーを h ，エントロピーを s ，定圧比熱を c_P ，ガス定数を R とする。断面 1 および 2 における値は，それぞれ添字 1 および 2 を付けて表す。以下の(a), (b)に式を，(ア), (イ)に言葉を入れて，下の問い(1)～(4)に答えよ。

この系から外部に熱損失 Q_L がある場合，エネルギー式は (a) となり，熱損失がなく，この流体の流速が無視できる場合，エネルギー式は (b) となる。

一般に， $dh = c_P dT + [v - T(\partial v / \partial T)_P] dP \cdots (1)$

が成り立つ。絞りを通過後の流体は (ア) 効果により，温度が変化する。圧力降下に対してどの程度温度が変化するかを表す指標として (ア) 係数が使用される。この正負によって温度が上昇したり低下したりする。(ア) 係数がゼロになるときの温度を (イ) という。



- (1) (ア) 係数を求めよ。
- (2) この流体に蒸気の状態式であるカレンダーの式 $v = R T / P + a - b / T^{10/3}$ を適用するとき，(イ) を求めよ。ただし， a, b は定数とする。
- (3) 理想気体では，(ア) 係数はどのように表されるか。
- (4) また，流体が理想気体で，エネルギー式(b)が成り立つ場合，状態 1 から状態 2 に変化したときのエントロピー変化を求めよ。

【3】 以下の文章を読んで、問いに答えよ。

蒸気原動所の基本サイクルをランキンサイクルというが、さらに、1段の再熱と1段の再生を加えた再熱再生サイクルのTS線図および装置図を図1および図2に示す。このサイクル(d-e-f-a₁-x-a₂-b-c)の概略を以下に説明する。

状態dから状態a₁において加熱蒸発が行われる。次に状態a₁の蒸気をタービン内で圧力P_xまで膨張させ、これをタービンより取り出し、圧力P_xのもとで状態a₂まで再熱し、それを再びタービンに導いて膨張させる。このとき、膨張途中の状態bの蒸気を抽出して給水を加熱する。すなわち、状態dから状態eまでの給水加熱のために状態bの蒸気が質量m_bだけ抽出される。最後にタービンから放出される蒸気(状態c)は復水器において放熱し、飽和水(状態d)となる。

なお、蒸気的全質量をmとし、抽出点bにおける蒸気エンタルピーをh_b、状態eにおける給水のエンタルピーをh_e、各状態a₁、x、a₂、c、d、fのエンタルピーをh_{a1}、h_x、h_{a2}、h_c、h_d、h_fとする。

- (1) このサイクルにおいて、単位質量あたりの蒸気に外部から供給される熱量q(ボイラおよび再熱器において供給される熱量)を各状態のエンタルピーを用いて示せ。
- (2) このサイクルにおいて、蒸気をタービンから抽出するために、抽出しない場合に比べてタービンの外部仕事が増加する。このタービン仕事の単位質量あたりの増加量Δwを各状態のエンタルピーおよび蒸気の質量を用いて示せ。
- (3) このサイクルにおいて、単位質量あたりのタービン仕事wを各状態のエンタルピーおよび蒸気の質量を用いて示せ。
- (4) このサイクルの理論熱効率ηを各状態のエンタルピーおよび蒸気の質量を用いて示せ。

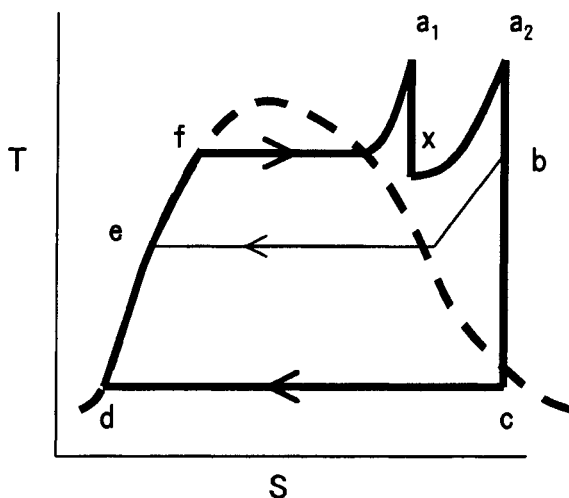


図1

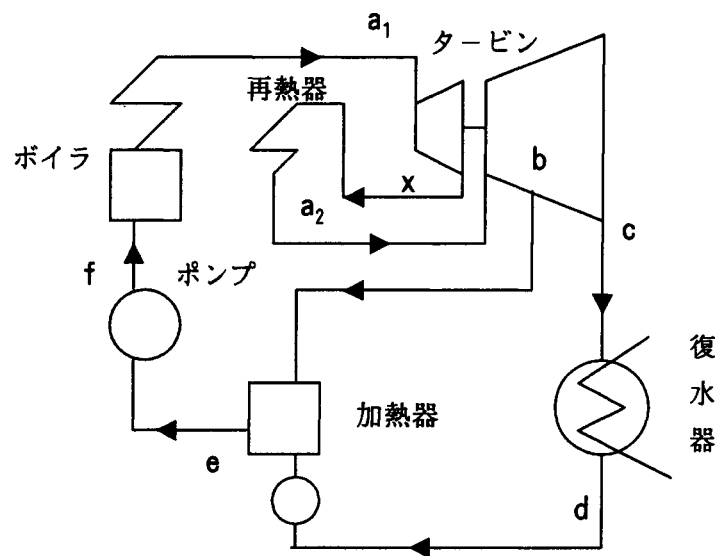


図2