

平成26年度

大学院博士前期課程（修士）一般入学試験問題

工業熱力学

注意事項：解答用紙に指示してある問題番号，解答の仕方にしたがって記入すること。

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

- 【1】 図1のように、シリンダ内に漏れなく、摩擦なく動くピストンが入っており、ストッパにより図の位置で停止している。そのとき、質量 m 、大気圧 P_0 、温度 T_0 のガスが閉じ込められており、その容積は V_0 であった（状態0）。まず、シリンダ内のヒータにより、ガスに熱量 Q が与えられた（状態1）。ここで、ガスは理想気体とし、定容比熱を c_v 、比熱比を κ とする。また、この閉じた系は周囲とは断熱されており、ヒータの容積は無視する。以下の問いに答えよ。

- (1) 状態1における温度および圧力を求めよ。
- (2) 状態0から状態1までのエントロピーの変化を求めよ。

次に、ストッパを外すと、シリンダ内の圧力が大気圧 P_0 となるまでピストンが移動した（状態2）。

- (3) 状態2におけるシリンダ内の温度および容積を求めよ。
- (4) 状態1から状態2までのエントロピーの変化を求めよ。
- (5) ピストンが外部になした仕事を求めよ。
- (6) 状態0から状態2までの経過を示す 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。

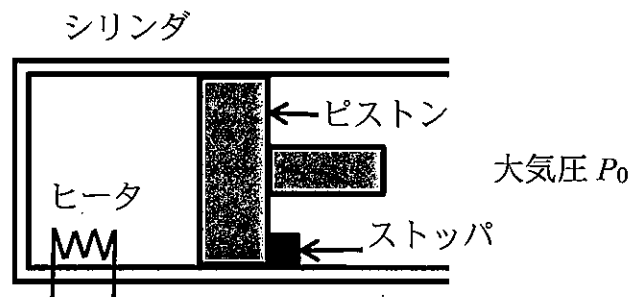


図1

工業熱力学

- 【2】 P - V (圧力-容積) 線図が図2で表されるサイクルを考える。状態1から、質量 m の作動ガスを圧縮して発生した熱がこの系から取り去られ、等温のまま状態2となる。その後、ガスは容積一定で冷却され、状態3となる。次に、ガスを等温で膨張させることにより、この系の外部から熱を奪い、状態4となる。最後に、容積一定でガス温度を上昇させ、状態1に戻る。状態2から状態3へ変化するとき、この系から外部に出る熱は、熱交換器を通して完全に再利用されて、状態4から状態1へ変化する際にこの系に入る熱に等しい。ここで、ガスは理想気体とし、ガス定数を R 、定容比熱を c_v とする。また、状態 i における状態量はそれぞれ添字 i を付ける。圧縮比 $\varepsilon = V_1/V_2$ とする。以下の問いに答えよ。

- (1) T - S (温度-エントロピー) 線図を描き、熱の流れも示せ。
- (2) 状態2から状態3に変化するとき、熱量の変化および外部になす仕事を求めよ。
- (3) 状態3から状態4に変化するとき、熱量の変化および外部になす仕事を求めよ。
- (4) このサイクルの成績(動作)係数を求めよ。

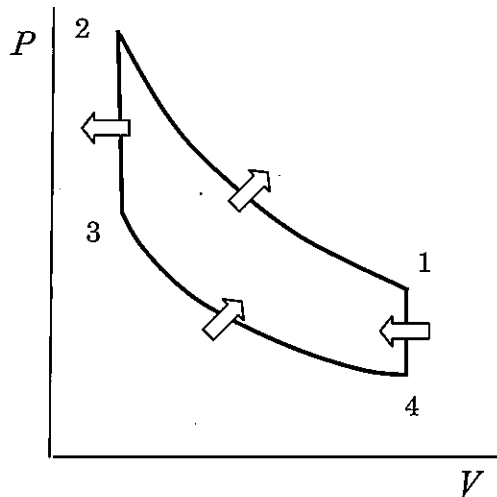


図2

工業熱力学

【3】 気体の流れに関する以下の問いに答えよ。ただし、ノズル内流れに摩擦は作用しない。

- (1) 先細ノズルの入口で圧力 P_1 、比容積 v_1 とし、出口では、圧力 P_2 、比容積 v_2 とする。ノズル内を流れる気体は理想気体で断熱変化をし、比熱比 κ である。ノズル出口の圧力 P_2 を求めよ。
- (2) ノズルの臨界圧力 P_c を入口の圧力 P_1 と比熱比 κ を用いて示せ。
- (3) ノズル内流れが臨界流れの場合、出口での速度 w_2 をノズル入口の圧力 P_1 、比容積 v_1 および比熱比 κ を用いて示せ。ただし、入口速度 w_1 は $w_1=0$ としてよい。
- (4) 問 (1), (2), (3) で得られた関係より、臨界流れのノズル出口速度は音速と一致することを示せ。
- (5) 圧力 P_1 の空気または蒸気を、ノズルにより断熱的に圧力 P_2 まで膨張させる。以下の各場合では、先細ノズルと末広ノズルのどちらを使用すればよいか。理由とともに示せ。なお、比熱比 κ における臨界圧力比は、表 1 を使用してよい。
 - (a) 空気 ($\kappa=1.40$) を $P_1=0.18$ MPa から $P_2=0.10$ MPa に膨張させる場合
 - (b) 過熱蒸気 ($\kappa=1.30$) を $P_1=4.00$ MPa から $P_2=2.08$ MPa に膨張させる場合

表 1 比熱比に対する臨界圧力比

| 比熱比 | 臨界圧力比 |
|------|--------|
| 1.40 | 0.5283 |
| 1.30 | 0.5457 |