「原動機推進理論第一」　平成１５年度試験問題

注意事項：質問は一切受け付けない．解答用紙１枚に答案をまとめること．
電卓は必要に応じて使用可．（ただし，プログラム電卓，携帯用ＰＣ等は不可）

教官：　河野通方教授，津江光洋助教授

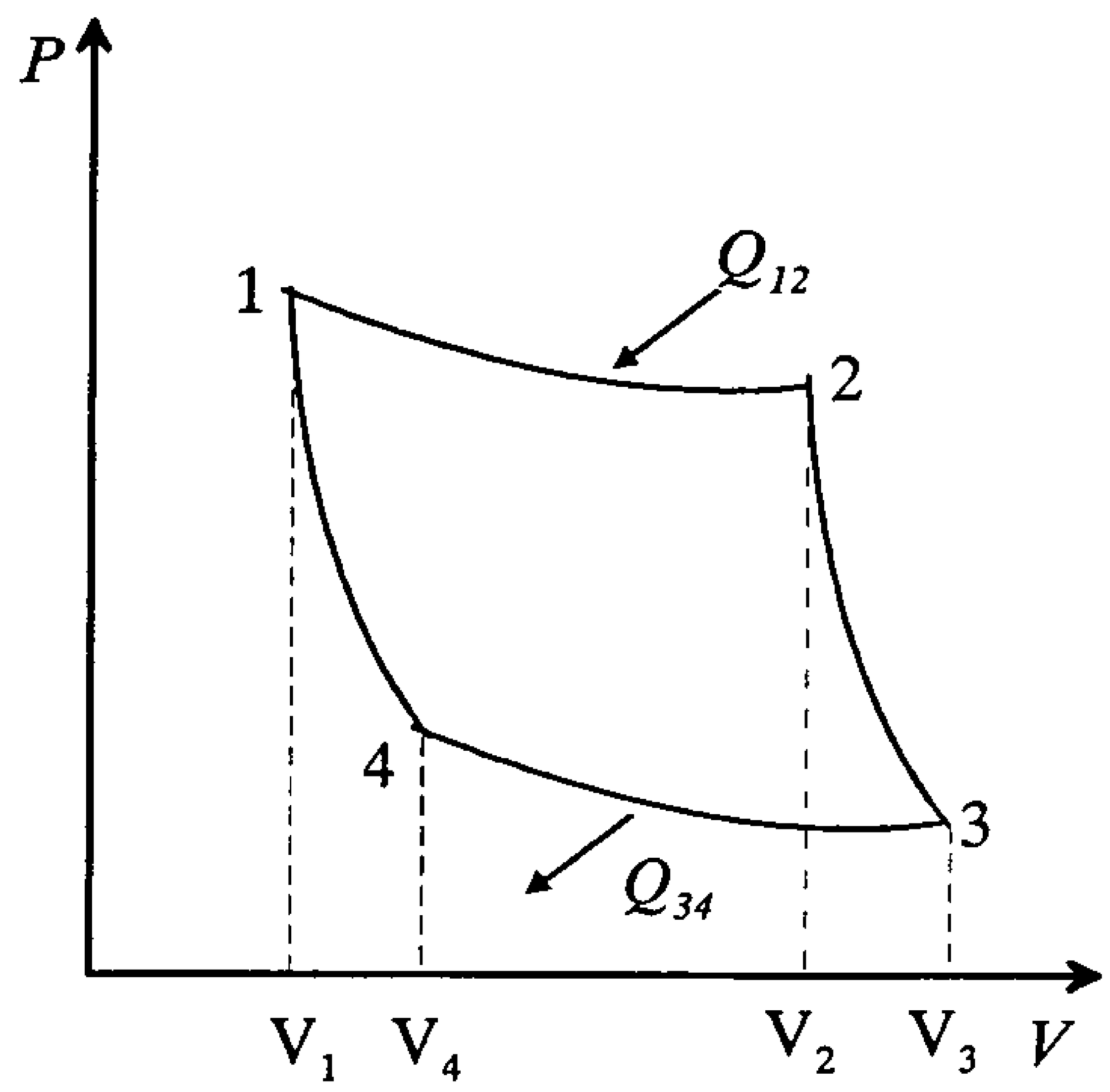
１．熱力学第２法則の代表的な表現として，

（１）　ある一定の温度にある熱源から取り出した熱を全部仕事に変え，それ以外になんの変化も残さないことは不可能である．（Kelvin の原理）

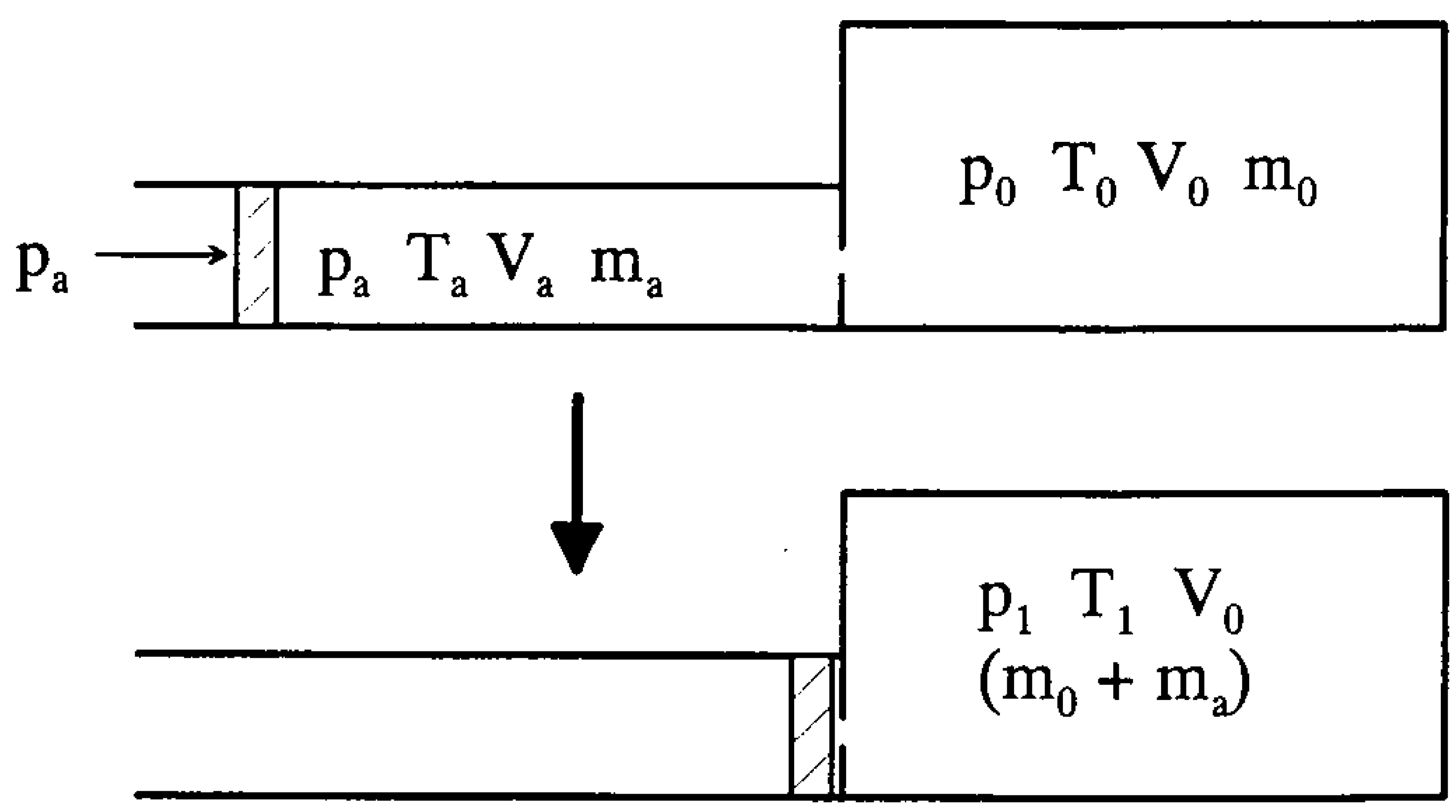
（２）　熱が低温物体（熱源）から高温物体（熱源）に自然に（何の変化も残さずに）移動することはない．（Clausius の原理）

がある．上記２つの表現が等価であることを証明せよ．

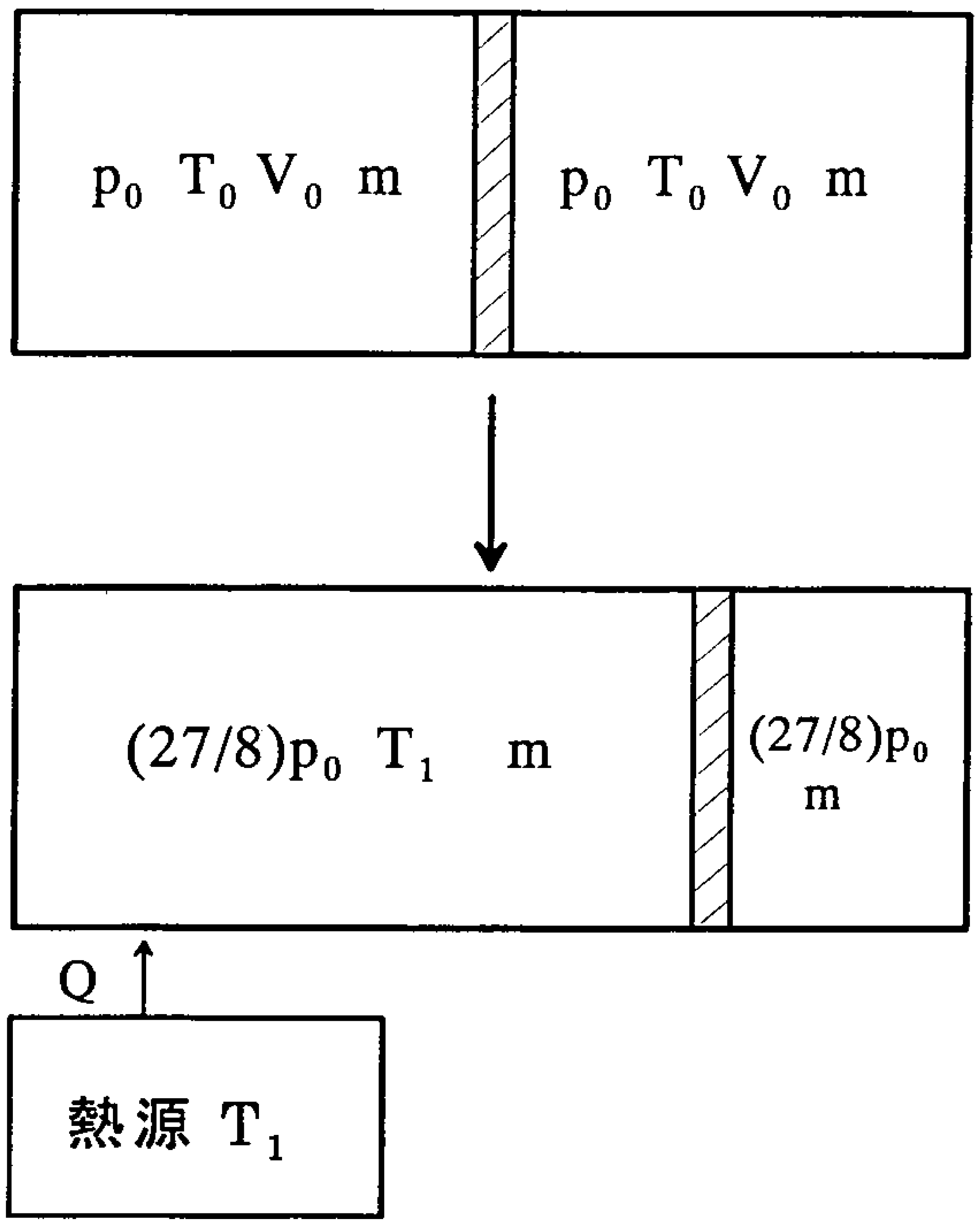
２．右図に示す可逆サイクルの熱効率を，高温熱源温度 $T_H(=T_1=T_2)$ と低温熱源温度 $T_L(=T_3=T_4)$を用いて表せ．なお，このサイクルは，1-2 等温膨張，2-3 断熱膨張，3-4 等温圧縮，4-1 断熱圧縮，から構成されており，作動流体は理想気体とする．



３．気体の不可逆変化の一例として，ポンプで気体を圧縮して，容器に充填する場合を考える．右図のように，はじめ体積 V_0(m³)の容器内には圧力 p_0 (Pa)，温度 T_0(K)の気体が m_0 (kg)あり，その中へ p_a(Pa), V_a (m³), T_a(K)の気体 m_a (kg)が充填され，最終的に容器内の状態が p_1(Pa), T_1(K)となった．このとき，外部との熱交換はないものとする．$p_0, T_0, V_0, m_0, p_a, T_a$ および p_1 を既知として，m_a および T_1 を求めよ．ただし，気体は理想気体とし，比熱比はκとする．



4．断熱壁を持つ閉シリンダが図のように可動断熱ピストンで二分されて，圧力 p_0(Pa)，体積 V_0 (m³)，温度 T_0(K)，m (kg)の等しい理想気体がそれぞれ入っている．比熱は温度によらず一定とし，比熱比 κ は 1.5 とする．シリンダ左側の気体を熱源温度 T_1 (K)で熱源温度と等しい温度まで加熱し，圧力を $27/8p_0$(Pa)とした．このとき以下の事項を，気体定数 R (J/kg K)，p_0(Pa)，V_0 (m³)，T_0(K)，T_1 (K)の記号を用いて答えよ．なお，自然対数はそのまま残しても良い．（a）右側気体の最終体積，（b）右側気体の最終温度，（c）左側気体に加えられた熱量 Q，（d）右側気体のエントロピー変化，（e）左側気体のエントロピー変化，（f）外部熱源も含めた全体のエントロピー変化



5．理想気体の三つの性質は，

1．状態方程式 $pv = RT$ が成り立つ．

2．内部エネルギ u は体積によらない．$\left(\dfrac{\partial u}{\partial v}\right)_T = 0$

3．ジュールトムソン効果はゼロである．$\left(\dfrac{\partial T}{\partial p}\right)_h = 0$

と表される．以下の問いに答えよ．

（a）$\left(\dfrac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T\left(\dfrac{\partial p}{\partial T}\right)_v - p$ を導け．

（b）$\left(\dfrac{\partial T}{\partial p}\right)_h = \dfrac{1}{c_p}\left[T\left(\dfrac{\partial v}{\partial T}\right)_p - v\right]$ を導け．

（c）2と3の性質を組みあわせれば，1が導かれることを示せ．

なお，必要に応じて以下の Maxwell の関係式を用いよ．

$$\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_s = -\left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)_v \quad \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_s = \left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)_p \quad \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T \quad \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T$$

以上