

2026年4月入学

大学院博士前期課程（修士）一般入試 問題

熱力学

注意事項

1. 解答始めの合図があるまで、中の頁を見てはいけません。
2. 問題用紙が2枚、解答用紙が2枚、草案用紙が1枚あります。
3. 解答始めの合図があったら、全ての用紙を見て枚数を確認して下さい。
また、全ての解答用紙及び草案用紙に、受験番号を記入して下さい。
4. 解答は、それぞれの問題の解答用紙に記入して下さい。他の問題の解答を記入しても採点の対象となりません。
5. 解答スペースが足りないときは、同じ問題の解答用紙の裏に記入して下さい。裏に解答を記入するときは、表の頁に裏に解答を記入していることを明記して下さい。

岡山大学大学院環境生命自然科学研究科
機械システム都市創成学位プログラム
先端機械学コース

熱力学

【1】 質量 m の理想気体が、状態 1 から状態 2 に断熱圧縮され、等容変化で高温熱源 T_H から熱量 Q_1 を受け取り、状態 3 になる。状態 3 から断熱膨張して状態 4 になり、等容変化で熱量 Q_2 を低温熱源 T_L に放出して状態 1 に戻るとき、以下の問いに答えよ。ただし、状態 i における状態量にはそれぞれ添字 i を付ける。また、気体の圧力を p 、容積を V 、温度を T 、比熱比を κ 、定容比熱を c_v 、圧縮比を $\varepsilon (=V_1/V_2)$ とする。

- (1) このサイクルの 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。また、図中に状態 1, 2, 3, 4 を明記するとともに熱の出入りを示せ。
- (2) 受け取る熱量 Q_1 、放出する熱量 Q_2 を求めよ。
- (3) 状態 1 から状態 2, 状態 2 から状態 3, 状態 3 から状態 4, 状態 4 から状態 1 へのエントロピーの変化量を求めよ。
- (4) つぎにエクセルギーの観点からこのサイクルを考える。高温熱源 T_H から熱量 Q_1 を受け取る場合の伝熱によるエントロピー変化量 ΔS_{in} を示せ。ただし、 ΔS_{in} は状態 2 から状態 3 へのエントロピー変化量に高温熱源でのエントロピー変化量を加えたものと考えてよい。
- (5) 低温熱源 T_L へ熱量 Q_2 を放出する際の伝熱によるエントロピー変化量 ΔS_{out} を示せ。ただし、 ΔS_{out} は状態 4 から状態 1 へのエントロピー変化量に低温熱源でのエントロピー変化量を加えたものと考えてよい。
- (6) (4), (5) より、これらの不可逆変化による全エントロピー変化量 ΔS_t が以下の式となることを示せ。

$$\Delta S_t = \frac{-Q_1}{T_H} + \frac{Q_2}{T_L}$$

- (7) このサイクルの熱効率を κ , ε を用いて示せ。

熱力学

- 【2】ある流路内を理想気体が流れている。流路の断面積は、圧力が入口から出口まで一定の割合で低下するように設計されている。流路内の流れは質量流量が m の等エントロピー流れであり、位置エネルギーは無視できるとする。流路の入口では、圧力が p_1 、温度が T_1 であり、流速は無視できるとする。また、流路の出口の圧力は p_2 とする。理想気体の比熱比を κ 、ガス定数を R として、以下の問いに答えよ。

- (1) 理想気体の入口の比エンタルピーを h_1 、出口の比エンタルピーを h_2 、出口の流速を w_2 とするとき、入口と出口の間に成り立つエネルギー保存の式を示せ。

- (2) (1)の式を用いて、以下の出口の流速を導け。

$$\sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1}RT_1\left(1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(\kappa-1)/\kappa}\right)}$$

- (3) 出口の断面積を求めよ。

- (4) 出口より手前で流速が音速に達するとき、(i)その位置の温度を、 T_1 および κ を用いて示せ。また、(ii)その位置の断面積を求めよ。