

- 注 1. 公式の導出, 定理の証明は省いてよい. 逆にいえば, 導出や証明を書いても, 得点には結びつかないが, 記憶に自身がないものは, 導いてから使うことをすすめる. 導出・証明なしで用いてよいかの線引きが不明な場合には, 挙手し質問せよ.
- 注 2. 時間があればできる者を対象に, 21:00 までの延長解答を認める. 考えてもできない者は退室せよ. 終わった者は, 静かに提出し, 退室のこと.
- 注 3. 合否は今月中に個別に連絡する予定である.

問 1. エントロピーの全微分がゼロである過程を, 等エントロピー過程とよぶこととする. このとき, つぎの命題の真偽をそれぞれ判定すると同時に, 真ならば証明を, 偽ならば反例を, それぞれ与えよ.

- (1) 「等エントロピー過程  $\implies$  断熱過程」
- (2) 「断熱過程  $\implies$  等エントロピー過程」

(注意) 真偽だけが正しくとも加点されない.

問 2. Boyle–Charles の法則から出発して, 理想気体の状態方程式を, 次式の形に書き換えよ (式変形の過程を略さないこと). ただし, 次式が成立するためには, 理想気体以外の仮定も必要である. それらを過不足なく正確に述べよ.

$$\frac{p}{p_0} \left( \frac{V}{V_0} \right)^\kappa = \exp \left[ \frac{(\kappa - 1)(s - s_0)}{R} \right]$$

ここに,  $p$  は圧力,  $V$  は容積,  $s$  は比エントロピー,  $\kappa$  は比熱比,  $R$  は質量ベース気体定数であり, 添え字 0 はある熱平衡状態を意味する.

問 3. 断熱圧縮過程 1 $\rightarrow$ 2, 定圧膨張過程 2 $\rightarrow$ 3, 断熱膨張過程 3 $\rightarrow$ 4, 定圧圧縮過程 4 $\rightarrow$ 1 の 4 つの準静的な可逆過程から構成されるサイクルを, 理想気体を用いて作動させる.

(注意) 解答順序は問わない.

(1)  $p$ - $V$  線図および  $T$ - $S$  線図をそれぞれ描け. ただし, 全ての過程を表す各線の根拠を「数式を用いて詳細に漏れなく」述べよ. 線が直線か曲線かであるかや, 各熱平衡状態における値の大小関係なども説明せよ.

(2) 熱効率  $\eta$  が次式で与えられることを示せ.

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

ここに,  $T_1$  と  $T_2$  は, それぞれ熱平衡状態 1 と 2 における絶対温度である.