

# 熱力学・第1回レポート

担当教員：桂 法称

2023年度夏学期

以下の大問1~3に解答せよ。ただし、レポートには答えだけでなく、解答に至るまでの過程も記述せよ。

## 問題1

図1の $p$ - $V$ 図上のサイクルで表される熱機関(ディーゼルサイクル)を考える。

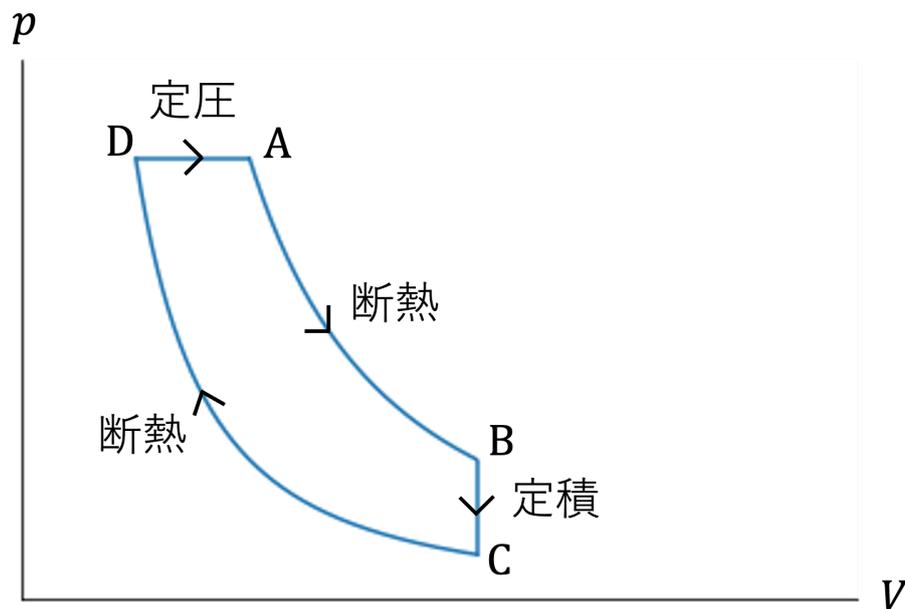


図1

このサイクルにおいて、 $A \rightarrow B$ は断熱膨張、 $B \rightarrow C$ は定積変化、 $C \rightarrow D$ は断熱圧縮、 $D \rightarrow A$ は定圧変化を表しており、各過程は準静的に行うとする。以下の小問(a)~(f)に

答えよ。ただし以下では、作業物質として1モルの理想気体を考えることにし、その定積熱容量を  $C_V$ 、定圧熱容量を  $C_p$  とする。また、各状態  $i (= A, B, C, D)$  での体積、温度をそれぞれ  $V_i, T_i$  とする。

- (a)  $A \rightarrow B$  で気体が受け取る熱量  $Q_1$  と気体がされる仕事  $W_1$  を、それぞれ  $C_V, T_A, T_B$  を用いて表せ。
- (b)  $B \rightarrow C$  で気体が受け取る熱量  $Q_2$  と気体がされる仕事  $W_2$  を、それぞれ  $C_V, T_B, T_C$  を用いて表せ。
- (c)  $C \rightarrow D$  で気体が受け取る熱量  $Q_3$  と気体がされる仕事  $W_3$  を、それぞれ  $C_V, T_C, T_D$  を用いて表せ。
- (d)  $D \rightarrow A$  で気体が受け取る熱量  $Q_4$  と気体がされる仕事  $W_4$  を、それぞれ  $C_V, C_p, T_A, T_D$  を用いて表せ。
- (e) 熱効率  $\eta$  を、 $T_A, T_B, T_C, T_D$  と  $\gamma = C_p/C_V$  を用いて表せ。
- (f) 熱効率  $\eta$  を、 $V_A, V_B (= V_C), V_D$  と  $\gamma = C_p/C_V$  を用いて表せ。

## 問題 2

図2のような、透熱壁で仕切られた断熱容器を考える。この容器の左側に温度  $T_1$ 、体積  $V_1$ 、物質質量  $n_1$  モルの理想気体を、右側には温度  $T_2$ 、体積  $V_2$ 、物質質量  $n_2$  モルの理想気体を封入し、十分長い時間放置すると、系の温度は一様な値  $T_f$  になった。以下の小問(a)~(d)に答えよ。ただし、 $T_1 > T_2$  とする。また、これらの気体の1モルあたりの定積熱容量を  $C_V$  とする。

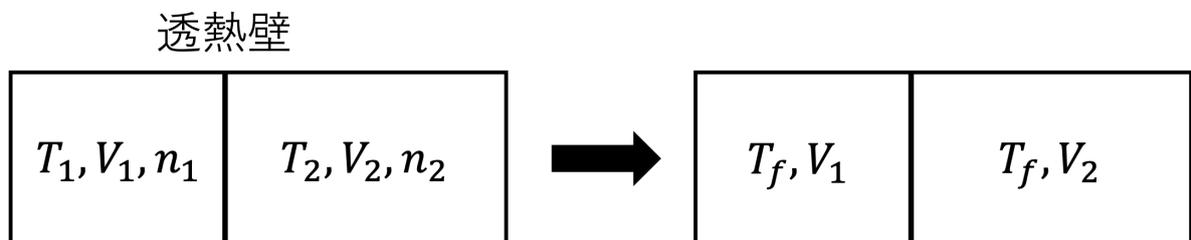


図 2

- (a)  $T_f$  を  $T_1, T_2, n_1, n_2$  を用いて表せ。
- (b) 断熱過程と等温過程を組み合わせて図 2 の始状態と終状態をつなぐ準静的過程を構成せよ。
- (c) 図 2 の始状態から終状態でのエントロピー変化  $\Delta S$  を  $T_1, T_2, T_f, n_1, n_2, C_V$  を用いて表せ。
- (d)  $\Delta S$  が正であることを、(c) で求めた表式を用いて示せ。

### 問題 3

圧力  $p$ 、体積  $V$ 、温度  $T$ 、物質質量 1 モルの van der Waals 気体を考える。このとき、この van der Waals 気体の状態方程式は以下で与えられる。

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

ここで、 $R$  は気体定数、 $a, b$  は定数である。また、以下では van der Waals 気体の 1 モルあたりの定積熱容量  $C_V$  は定数であるとする。以下の小問 (a)~(c) に答えよ。

- (a) この気体の内部エネルギー  $U$  を、 $T, V$  の関数として表せ。
- (b) この気体のエントロピー  $S$  を、 $T, V$  の関数として表せ。
- (c) 準静的な断熱過程では、van der Waals 気体においても理想気体と同様の関係式

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b)^{\boxed{\text{あ}}} = (\text{const})$$

が成り立つ。 $\boxed{\text{あ}}$  を  $R, C_V$  を用いて表せ。