

令和4年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

- 1 円筒シリンダーと可動ピストンで囲まれる閉じた空間（以下、系）に温度 300 K、圧力 100 kPa、体積 2 m³ の理想気体（比熱比 1.4、定積比熱 0.7 kJ/(kg·K)）が密閉されている。この状態を初期状態とする。ピストンは円筒シリンダーの軸方向に無摩擦で移動できる。各設問の解答に際しては単位も記すこと。必要に応じて、 $\ln 4 = 1.4$ 、 $4^{0.4} = 1.7$ 、 $4^{1.4} = 7.0$ 、 $0.25^{0.4} = 0.57$ 、 $0.25^{1.4} = 0.14$ の近似を用いよ。

【30点】

- (1) 初期状態からピストンを動かし、系を準静的に等温膨張して、終状態の体積を 8 m³ とした。この過程で系が成した仕事 L 及び系に入った熱量 Q を求めよ。
- (2) 初期状態からピストンを動かし、系を準静的に断熱膨張して、終状態の体積を 8 m³ とした。この過程で系が成した仕事 L 及び終状態における温度 T を求めよ。
- (3) 系内にある気体の気体定数 R 及び質量 m を求めよ。

- 2 以下の問いに答えよ。解答に際しては単位も記すこと。0 °C を 273 K として計算すること。

【30点】

- (1) 500 °C の高温熱源と 100 °C の低温熱源との間で運転される熱機関の理論最大効率 η を求めよ。
- (2) 外気温が 3 °C のとき、ヒートポンプ式暖房で室内に 20 kW の熱を定常的に供給することにより室内を 23 °C に保っている。この暖房を成績係数 4 のシステムで行った場合の消費電力 L_1 、及び、可逆ヒートポンプで行った場合の消費電力 L_2 を求めよ。なお、可逆ヒートポンプとは理論上の最大成績係数をもつヒートポンプのことである。
- (3) 十分大きな熱容量をもつ物体 A（温度 27 °C）と物体 B（温度 47 °C）が接触しており、両者の間を毎秒 1200 J の熱が流れている。この熱移動により物体 A と物体 B の温度は変化せず一定であるとし、周囲への熱の逃げは無いとする。この熱移動に伴う毎秒のエントロピーの増加量 ΔS を求めよ。

3 以下の文中の（ア）から（ト）に当てはまる最も適切な語句を各問いの下の選択肢群から選んで解答せよ。ただし、各問いでは同じ語句を2回以上用いてもよい。

【40点】

(1) ランキンサイクル、オットーサイクル、ブレイトンサイクルは、それぞれ、（ア）、（イ）、（ウ）を理想化した熱力学サイクルである。

（選択肢群）：

カルノーエンジン、ガスタービン、スターリングエンジン、火花点火エンジン、蒸気タービン、ロケットエンジン

(2) ディーゼルサイクルは、系の温度が最も低い状態から（エ）、（オ）、（カ）、（キ）と進行し、元の状態に戻るサイクルである。ブレイトンサイクルは、系の温度が最も低い状態から（ク）、（ケ）、（コ）、（サ）と進行し、元の状態に戻るサイクルである。

（選択肢群）：

等積冷却、等温冷却、等圧冷却、等積加熱、等温加熱、等圧加熱、断熱膨張、等温膨張、等エンタルピー膨張、断熱圧縮、等温圧縮、等エンタルピー圧縮

(3) 熱力学では様々な変数が用いられるが、それらは状態量と状態量でないものとは大別できる。状態量は例えば（シ）、（ス）、（セ）があり、状態量でないものに（ソ）、（タ）がある。状態量の値は系の状態がたどった経路に（チ）という特徴がある。（ツ）の微小分を（テ）で除した値を可逆な経路に沿って積分した値は、その経路の始状態と終状態との間の（ト）の変化量となる。

（注：シ・ス・セの答えの順番、ソ・タの答えの順番は問わない。）

（選択肢群）：熱、内部エネルギー、温度、仕事、エントロピー、依存する、依存しない