

平成 21 年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

1. 外部と物質のやり取りのない閉じた系内にある 1 mol の理想気体が外部に対して仕事を行う、あるいは外部と熱のやり取りをする場合について、以下の問いに答えよ。ただし、圧力、体積、温度、一般気体定数をそれぞれ p 、 V 、 T 、 R とし、始めと終わりの状態を添え字 1、2 により表現する。また、定圧モル比熱、定積モル比熱をそれぞれ C_p 、 C_v とする。

【35点】

- (1) 等温変化（温度 T_c ）における外部への仕事 W_T を求めよ。また、この変化におけるエンタルピーの増減を求めよ。
- (2) 定圧変化（圧力 p_c ）における外部への仕事 W_p を求めよ。また、この変化において系が外部とやり取りした熱量を求めよ。
- (3) 定積変化（体積 V_c ）における外部への仕事 W_v を求めよ。また、この変化における内部エネルギーの増減を求めよ。
- (4) 等エントロピー変化における外部への仕事 W_s を求めよ。ただし、比熱比 C_p/C_v を γ とする。

2. 以下の設問に答えよ。ただし、解答に際しては単位も記すこと。

【30点】

- (1) シリンダ内にある質量 5.0 kg の気体に対し、ピストンを使って 4,000 J の圧縮仕事を行った。この時、気体の内部エネルギーが単位質量当たり 450 J 増加したとすると、シリンダから外部へ放出された熱量を求めよ。
- (2) 一定体積の下で、質量 3.0 kg の気体が 300 K から 500 K まで加熱された際のエンタルピー増加を求めよ。ただし、この気体の定積比熱は $0.7 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ で一定、 $\ln 3$ は 1.10、 $\ln 5$ は 1.61 として計算せよ。
- (3) 100 kPa の定圧環境下において、ある物質が液体（比体積 $0.001044 \text{ m}^3/\text{kg}$ ）から気体（比体積 $1.673 \text{ m}^3/\text{kg}$ ）に相変化した場合、単位質量当たりの内部エネルギー変化を求めよ。ただし、当該物質の単位質量当たりの気化潜熱を $2.255 \text{ MJ}/\text{kg}$ とする。

3. 図1にスターリングサイクルの p - V 線図及び T - S 線図を示す。当該サイクルに関する以下の問いに答えよ。ただし、圧力、体積、温度、エントロピ、一般気体定数をそれぞれ p 、 V 、 T 、 S 、 R とし、図1中の各状態を添え字 1、2、3、4 により表現する。また、定圧モル比熱、定積モル比熱をそれぞれ C_p 、 C_v とする。

【35点】

- (1) 作動ガスを 1 mol とし、状態 3 と状態 4 の間にサイクルが吸収する熱量 $Q_{in,3-4}$ と、状態 1 と状態 2 の間にサイクルが放出する熱量 $Q_{out,1-2}$ をそれぞれ求めよ。ただし、図中に示されるスターリングサイクルの特徴に注意せよ。
- (2) 設問(1)と同様に、状態 2 と状態 3 の間にサイクルが吸収する熱量 $Q_{in,2-3}$ と、状態 4 と状態 1 の間にサイクルが放出する熱量 $Q_{out,4-1}$ をそれぞれ求めよ。
- (3) 実際のスターリングエンジンでは再生器（蓄熱式熱交換器）を用いる。このとき理想的には、設問(2)で求めた $Q_{in,2-3}$ と $Q_{out,4-1}$ が再生器を介して、サイクル内で相殺されるため、1 サイクルの間に吸収、放出される熱量はそれぞれ $Q_{in,3-4}$ 、 $Q_{out,1-2}$ と等しくなる。このとき得られる理想的なサイクル効率を求めよ。
- (4) 設問(3)で考えた理想的なスターリングエンジンが、高温熱源（温度 327 °C）と低温熱源（温度 111 °C）の間で運転されている。低温側への排熱が 500 W の場合、エンジンの熱効率と出力を求めよ。ただし、各熱源の熱容量は十分に大きいものとし、絶対零度は -273 °C とする。

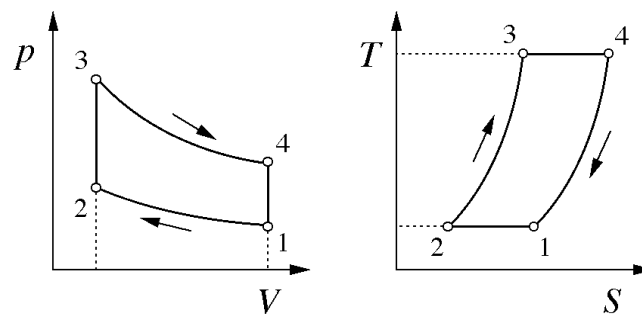


図 1