

平成30年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

- 1 1 kg の理想気体の自由膨張について、以下の文中の（ア）から（キ）に当てはまる適切な式や数字、又は語句を選択肢群から選べ。ただし、圧力、比体積、温度、定圧比熱、定積比熱をそれぞれ p 、 v 、 T 、 c_p 、 c_v とし、気体定数を R とする。また、膨張の前後において、理想気体の温度 T は変化しない。なお、必要であれば同じ選択肢を複数回選んでもよい。

【35点】

図1のように、初期状態において理想気体は左側の容器に入っており、同じ内容積を持つ右側の容器は真空となっている。バルブを開くと、理想気体は内容積が無視できる配管を通して、発熱を生じることなく右側の容器に入っていく。このとき、理想気体のエントロピー変化は、 $dS =$ （ア）で与えられる。

十分に時間が経過し、理想気体が左右の容器に等しく分配された平衡状態において、その体積は初期状態の（イ）倍となるため、圧力は（ウ）倍となる。また、膨張前後のエントロピー変化は、

$$\Delta S = \int dS = \text{（エ）} \times \ln \text{（オ）}$$

で表される。このように理想気体が自由膨張すると、そのエントロピーは（カ）、平衡状態において（キ）。



図1

(選択肢群)

$$c_p \frac{dp}{p}, \quad c_v \frac{dp}{p}, \quad R \frac{dp}{p}, \quad c_p \frac{dv}{v}, \quad c_v \frac{dv}{v}, \quad R \frac{dv}{v},$$

$$1/4, \quad 1/2, \quad 1/\sqrt{2}, \quad 1, \quad \sqrt{2}, \quad 2, \quad 4,$$

$$c_p, \quad c_v, \quad R, \quad -c_p, \quad -c_v, \quad -R,$$

増加し、 減少し、 最大になる、 最小になる

2 ピストンが上死点にあるとき、シリンダーとの間に隙間がない往復式圧縮機を使って、単位質量の気体を圧縮することを考える。ただし、この圧縮サイクルを、各行程の始点あるいは終点を 1、2、3、4 として、断熱で圧縮（1→2）、等圧で吐出（2→3）、等積で降圧（3→4）、等圧で吸入（4→1）により模式化する。また、気体の圧力を p 、体積を V 、比熱比を κ 、気体定数を R とする。圧縮機が吸入する気体の圧力を p_1 、体積を V_1 、吐出する気体の圧力を p_2 、体積を V_2 として以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 模式化されたサイクルを p - V 線図上に示せ。ただし、線図の軸に p 及び V を示すとともに、各行程がわかるように、適切に 1、2、3、4 を記入すること。
- (2) 断熱で圧縮（1→2）した際の、圧力 p_1 、 p_2 と体積 V_1 、 V_2 の関係を示せ。
- (3) この圧縮機が 1 サイクルする間にピストンが実質的に行う仕事 L を p_1 、 p_2 、 V_1 、 κ を用いて示せ。ただし、ピストンの背圧は 0 とする。

3 圧力 100 kPa、温度 27 °C、相対湿度 86 %の湿り空気を連続的に吸入し、圧力一定で 18 °Cまで冷却して吐出する装置について、以下の問いに答えよ。ただし、湿り空気は理想気体の混合気体と仮定することができ、27 °C及び 18 °Cにおける飽和水蒸気圧をそれぞれ 3.5 kPa、2.0 kPa とする。また、各設問の解答に際しては、有効数字を二桁とすること。

【35点】

- (1) 吸入前の湿り空気の水蒸気分圧を求めよ。また、吸入された湿り空気が装置内で露点に達するかどうかを判定せよ。
- (2) 水蒸気の気体定数を 460 J/(kg K)、乾き空気の気体定数を 290 J/(kg K)として、吸入前の湿り空気における水蒸気及び乾き空気の密度を求めよ。
- (3) 吸入前の湿り空気の絶対湿度を求めよ。ただし、絶対湿度は水蒸気の密度を乾き空気の密度で除することで得られる。
- (4) この装置から吐出される湿り空気の絶対湿度を求めよ。
- (5) この装置を一時間運転することで排出される水の質量を求めよ。ただし、装置が吸入する湿り空気のうち、乾き空気の質量流量を 1.0 kg/s とする。