

令和元年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

1 単位質量の理想気体のポリトロープ変化について、以下の文中の（ ア ）から（ カ ）に当てはまる適切な語句や式を選択肢群から選べ。ただし、圧力、比体積、温度、比内部エネルギー、定圧比熱、定積比熱をそれぞれ p 、 v 、 T 、 u 、 c_p 、 c_v とし、気体定数を R とする。また、添え字の 1 と 2 は、それぞれ変化の最初と最後の状態を意味する。

【36点】

理想的な（ ア ）変化では、 κ を（ イ ）として、

$$p_1 v_1^\kappa = p_2 v_2^\kappa = \text{一定} \quad (\text{式1})$$

の関係が成立するが、実際の熱機関における変化では（式1）の関係は必ずしも成立しない。そこで（式1）を一般化して、

$$p v^n = \text{一定} \quad (\text{式2})$$

の形で表現する。このとき、 n をポリトロープ指数とよぶ。

$n \neq 1$ のとき、状態 1 から状態 2 に至る間に、理想気体が外部に対して行った仕事 W は、以下のようになる。

$$W = \int_1^2 p dv = (\text{ウ}) \quad (\text{式3})$$

一方、 $n=1$ のときは（エ）変化となるため、以下のようになる。

$$W = \int_1^2 p dv = (\text{オ}) \quad (\text{式4})$$

また、 $n \neq 1$ のとき、ポリトロープ変化する間に外部から与えられる熱量 q は、

$$q = (u_2 - u_1) + \int_1^2 p dv = (\text{カ}) \times (T_2 - T_1) \quad (\text{式5})$$

このため（カ）はポリトロープ変化における比熱を表している。

（選択肢群）

等圧、
圧力比、

等積、
体積比、

等温、
温度比、

等エントロピー、
比熱比、

$$RT_1 \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right),$$

$$RT_1 \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right),$$

$$\frac{p_1 v_1 - p_2 v_2}{n-1},$$

$$\frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{n-1},$$

$$c_p \left(\frac{n-\kappa}{n-1} \right),$$

$$c_v \left(\frac{n-\kappa}{n-1} \right),$$

$$c_p \left(\frac{\kappa-n}{n-1} \right),$$

$$c_v \left(\frac{\kappa-n}{n-1} \right)$$

2 異なる動力源を使って、成績係数が 5 の冷凍機を運転することを考える。このとき、以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 熱効率が 30% のガスエンジンを冷凍機の動力源として、45 kW の熱を低温源から取り去りたい。このとき、ガスエンジンの駆動に毎秒必要となる熱量を求めよ。
- (2) ガスエンジンの燃料としてメタンガスを用いる。メタンガスの燃焼により、880 kJ/mol の燃焼熱が得られる場合、(1) の状態において 1 分間に消費するメタンガスの標準状態における体積を求めよ。ただし、燃焼熱は全てガスエンジンの駆動に使われるとする。
- (3) 電動モーターを動力源として、上記の冷凍機をヒートポンプとして使うことを考える。電動モーターに 10 kW の電力を供給した場合、このヒートポンプが 1 秒間あたりに高温源に与える熱量を求めよ。ただし、モーターに供給される電力のうち 90% がヒートポンプを運転する仕事に使われるとする。

3 水を作動流体としたランキンサイクルについて、以下の問いに答えよ。ただし、図 1 は当該サイクルの概略図であり、図中の数字は各行程の始点あるいは終点を意味する。また、図中の点線は飽和線を意味する。

【34点】

- (1) 図 1 は、 p - v (圧力・比体積) 線図、 T - s (温度・比エントロピー) 線図、 i - s (比エンタルピー・比エントロピー) 線図のいずれであることを答えよ。また、線図中の点 A の名称を答えよ。

- (2) 当該サイクルの各行程 (1→2、2→3、3→4、4→5、5→1) に最も関係が深いと考えられる用語を選択肢群から選べ。

(選択肢群)

タービン、	燃焼器、
ポンプ、	膨張弁、
熱交換器 (蒸発部)、	熱交換器 (凝縮部)、
熱交換器 (過熱部)、	気液分離器

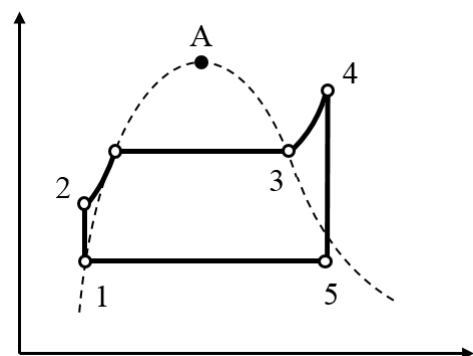


図 1

- (3) 当該サイクルの理論熱効率 η を、各行程の始点あるいは終点における比エンタルピー、 i_1 、 i_2 、 i_3 、 i_4 、 i_5 の中から必要なものを用いて表せ。