

平成 25 年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

1. 以下の文章の空欄に適切な語句や式を入れよ。ただし、必要に応じて、文中で定義した記号と、以下に定義する記号を適宜使用すること。エンタルピーを H 、エントロピーを S 、圧力を P 、内部エネルギーを U とする。また、必要に応じて、状態番号を添え字として付して使うこと。

【21点】

- (1) 熱機関を構成する系において、温度 T_H の高温熱浴と周囲温度 T_0 との間で熱のやりとりをすることで取り出すことができる最大仕事量 L_m を (ア) とよぶ。熱力学第2法則によれば、熱機関が熱源より受けとる熱量 Q と最大仕事量 L_m の間に (イ) の不等式が成り立つ。この最大仕事量 L_m は、熱機関が (ウ) 過程からなるサイクルである場合に取り出すことができる。そのとき、最大仕事量 L_m と Q 、 T_0 、 T_H の間には、式 (エ) が成り立つ。
- (2) 開いた系の熱機関の熱力学第1法則では、流動仕事を考慮した (オ) を用いる。この開いた系に状態1の (カ) を有する流体が流入、状態2の (キ) を有する流体が流出し、その間に系が得た熱量を Q とすると、系より取り出せる仕事 L は、式 (カ) で記述できる。また、状態1から状態2への変化が等温変化 (温度 T_1) であったとき、 Q は、系のエントロピー変化 $S_2 - S_1$ を用いて、式 (キ) と記述できる。

2. 単位質量の物質で構成される系について以下の設問に答えよ。ただし、圧力を p 、比体積を v 、温度を T 、比内部エネルギーを u 、系が得た熱量を δq 、定積比熱を c_v とする。

【39点】

(1) 比内部エネルギー u を温度 T と比体積 v の関数として、全微分形式で記述せよ。

(2) $\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v$ 、 $\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_u$ 、 $\left(\frac{\partial v}{\partial u}\right)_T$ の間に成立する関係式を示せ。

(3) 熱力学第1法則と T 、 u 、 v が熱力学的状態量であることを用いて、次式で記述できる一般気体でも成立する熱力学第1法則を導く過程を示せ。

$$\delta q = c_v dT + \left\{ p - c_v \left(\frac{\partial T}{\partial v} \right)_u \right\} dv$$

(4) 理想気体の比内部エネルギー u は、温度のみの関数である。このことにより成立する理想気体の熱力学第1法則を記述せよ。

3. 図1に示す理想的な蒸気圧縮式冷凍サイクルについて下記の設問に答えよ。ただし、図中の破線は飽和曲線を、数字は状態番号を示す。また、必要であれば、圧力を P 、温度を T 、比容積を v 、比エントロピーを s 、比エンタルピーを h 、比熱比を κ 、ガス定数を R とし、状態番号を添え字として付して使うこと。

【40点】

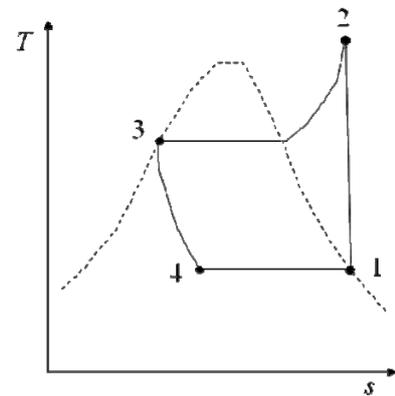


図1

- (1) このサイクルの Ph 線図と飽和曲線を描き、図1の状態番号1、2、3、4を Ph 線図中に示せ。
- (2) このサイクルは、作動流体に対する(a)圧縮、(b)凝縮、(c)等エンタルピー膨張、(d)蒸発、の各過程より構成されている。それぞれの過程に対応する状態変化を状態番号で示せ。
- (3) 作動流体を圧縮比 ε の圧縮機で断熱圧縮する過程において、圧縮機出口の作動流体の温度 T_{out} と、圧縮機が単位質量の作動流体にする仕事 L を、圧縮機入口の作動流体の温度 T_{in} 、 ε 、 κ 、 R を用いて記述せよ。
- (4) このサイクルを冷凍機として使用する場合の理論成績係数 COP を、比エンタルピーを用いて表せ。