

平成18年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[熱力学]

1. 冷凍サイクルに関する以下の問に答えよ。

【30点】

(1) 以下の文章中の空欄について、適切な式や語句を解答せよ。

一般に、熱力学サイクルを行う過程で全体として取得した熱を仕事に変換するものを (ア) という。一方、逆方向にサイクルを作動させると、外部から仕事 L を加えることにより絶対温度 T_L の低温熱源から絶対温度 T_H の高温熱源へと熱を移動させることが可能である。このうち、低温熱源から熱を奪うことを主目的とするものを冷凍機と呼び、高温熱源に熱を与えることを主目的とするものを (イ) と呼ぶ。いま、低温熱源から汲み上げる熱量を Q_L 、高温熱源に入る熱量を Q_H とすると、冷凍サイクルの成績係数 ϕ は、 L と Q_L を用いて

$$\phi = (\text{ウ}) \quad (\text{式1})$$

のように定義される。また、 ϕ は Q_L と Q_H を用いて

$$\phi = (\text{エ}) \quad (\text{式2})$$

とも書ける。いま、逆カルノーサイクルを考えると、(式2)は T_L と T_H を ($T_L < T_H$) 用いて

$$\phi = \frac{T_L}{T_H - T_L} \quad (\text{式3})$$

と変形される。なお、カルノーサイクルの効率を η_c とすると、(式3)は η_c を用いて

$$\phi = (\text{オ}) \quad (\text{式4})$$

と書くことができる。

成績係数 ϕ は様々な損失要因により低下する。例えば、熱源と冷媒(作動物質)との間の伝熱が生じるためには、熱源の温度と冷媒の温度に温度差が必要である。低温側、高温側での熱源と冷媒との温度差の絶対値をそれぞれ ΔT_L 、 ΔT_H とすると、低温側での冷媒の温度は $T_L - \Delta T_L \equiv T_L'$ 、高温側での冷媒の温度は (カ) $\equiv T_H'$ となる。従って、理想的な成績係数 ϕ と、伝熱に必要な温度差の影響を考慮して T_L' と T_H' とを用いて計算される成績係数 ϕ' との差 ($\phi - \phi'$) は、 T_L 、 T_H 、 ΔT_L 、 ΔT_H を用いて

$$\phi - \phi' = \frac{T_L \Delta T_H + T_H \Delta T_L}{(\text{キ})} \quad (\text{式5})$$

と変形される。(式5)より、($\phi - \phi'$) は明らかに正の値を取ることから $\phi > \phi'$ 、すなわち熱源と冷媒との温度差による成績係数の低下が確認できる。

通常の圧縮式冷凍機の基本構成は図1に示すとおりで、冷媒蒸気を圧縮機で圧縮し、(ク)で液化させることで高温熱源に熱を与え、膨張弁で等エンタルピ膨張させ、

(ケ)で気化させることで低温熱源から熱を奪い、再び圧縮機に戻す。圧力を p 、比エンタルピを h とすると、このときの p - h 線図は図2のようになる。

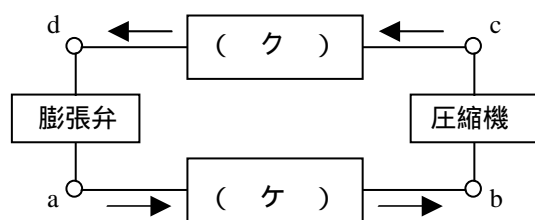


図1

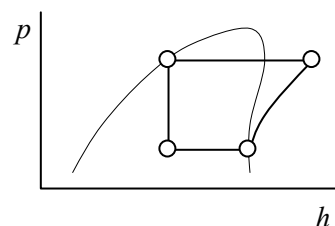


図2

(2) 図2の p - h 線図を答案用紙に概略描き、図1に示される a~d の状態の位置を線図上に示し、サイクルの方向を表す矢印を記入せよ。

2. 理想気体 1 モルの熱力学的な状態変化に関する以下の問に答えよ。ただし、気体への入熱量を Q 、温度を T 、圧力を p 、体積を V 、定積比熱を C_V 、定圧比熱を C_P 、一般気体定数を R_0 とする。

【20点】

(1) 状態方程式を示せ。

(2) 断熱過程 ($dQ=0$) における熱力学の第一法則を表す式を、 T 、 p 、 V 、 C_V とそれらの微分を適宜用いて表せ。

(3) 上記(1)と(2)で求めた式と、(1)で求めた式を全微分して得られる式とを用いると、

$$\frac{dT}{T} = X \frac{dp}{p}$$

なる断熱変化における関係式が得られる。 X を比熱比 κ を用いて表せ。

(4) 理想気体の密度を ρ とし、重力加速度を g とする。基準面から高さ $h \sim (h+dh)$ の位置を占める厚さ dh の理想気体の層を考える。高さ h 、 $(h+dh)$ における圧力をそれぞれ p 、

$$(p+dp)$$
 とすると、 $dp = -\rho \cdot g \cdot dh = -Y \frac{p}{T} dh$ の関係がある。 R_0 、 g と分子量 M を用いて Y

を表せ。

(5) 比熱比 1.4、分子量 28 の理想気体を考え、簡単のため重力加速度を 10 m/s^2 、一般気体定数を $8 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ とする。このとき、この理想気体は断熱的に 100 m 上昇するごとに何 $^\circ\text{C}$ ずつ温度低下するか、上記(3)と(4)の結果を用いて求めよ。

論点 [熱力学]

- 1 . 冷凍サイクルに関する知識と応用力を問う。
 - (1) 冷凍サイクルに関する理解度を問う。
 - (2) 冷凍サイクルの p - h 線図に関する理解度を問う。

- 2 . 理想気体の状態変化に関する知識と応用力を問う。
 - (1) 状態方程式に関する理解度を問う。
 - (2) 熱力学の第一法則に関する理解度を問う。
 - (3) 比熱に関する理解度と応用力を問う。
 - (4) 状態方程式に関する理解度と応用力を問う。
 - (5) 状態変化に関する理解度と応用力を問う。