

平成28年度高圧ガス製造保安責任者試験（記述式）の解答例
（第一種冷凍機械・学識）

【問1の解答例】

- (1) 中間冷却器用膨張弁直後の比エンタルピーを h_6 とすると、 $h_6 = h_5$ なので
中間冷却器へのバイパス冷媒循環量 q'_{mro} は以下の式で求められる。

$$\begin{aligned} q'_{\text{mro}} &= q_{\text{mro}} \frac{(h_5 - h_7) + \left(h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_c \eta_m} - h_3 \right)}{h_3 - h_6} \\ &= 0.125 \times \frac{(400 - 280) + \left(1490 + \frac{1600 - 1490}{0.70 \times 0.85} - 1560 \right)}{1560 - 400} \\ &= 0.025 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

したがって、凝縮器の冷媒循環量 q_{mrk} は

$$q_{\text{mrk}} = q_{\text{mro}} + q'_{\text{mro}} = 0.125 + 0.025 = 0.150 \text{ kg/s}$$

- (2) 低段圧縮機軸動力 P_L は次式より

$$P_L = q_{\text{mro}} \frac{h_2 - h_1}{\eta_c \eta_m} = 0.125 \times \frac{1600 - 1490}{0.70 \times 0.85} = 23.1 \text{ kW}$$

一方、高段圧縮機軸動力 P_H は次式より

$$P_H = q_{\text{mrk}} \frac{h_4 - h_3}{\eta_c \eta_m} = 0.150 \times \frac{1720 - 1560}{0.70 \times 0.85} = 40.3 \text{ kW}$$

したがって、実際の総軸動力 P は

$$P = P_L + P_H = 23.1 + 40.3 = 63.4 \text{ kW}$$

- (3) 冷凍能力 Φ_o は

$$\Phi_o = q_{\text{mro}} (h_1 - h_7) = 0.125 \times (1490 - 280) = 151 \text{ kW}$$

したがって、実際の成績係数 $(COP)_R$ は

$$(COP)_R = \frac{\Phi_o}{P} = \frac{151}{63.4} = 2.38$$

【問2の解答例】

- (1) 冷媒循環量を q_{mr} 、蒸発器入口（点5）の冷媒の比エンタルピーを h_5 、蒸発器出口（点6）の冷媒の比エンタルピーを h_6 、実際の圧縮機の吐出しガスの比エンタルピーを h'_2 とすると、冷凍能力 Φ_0 と凝縮器の凝縮負荷 Φ_k は次式で求められる。

$$\Phi_0 = q_{mr}(h_6 - h_5)$$

$$\Phi_k = q_{mr}(h'_2 - h_3)$$

ここで

$$h'_2 = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_c \eta_m} = 376 + \frac{420 - 376}{0.70 \times 0.85} = 450 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{mr} = \frac{\Phi_k}{h'_2 - h_3} = \frac{180}{450 - 240} = 0.857 \text{ kg/s}$$

膨張弁の条件から $h_5 = h_4$ であり、

また、液ガス熱交換器の熱収支から $h_3 - h_4 = h_1 - h_6$ であるので、

$h_6 - h_4 = h_1 - h_3$ となる。したがって、冷凍能力 Φ_0 は

$$\begin{aligned} \Phi_0 &= q_{mr}(h_6 - h_5) = q_{mr}(h_6 - h_4) = q_{mr}(h_1 - h_3) \\ &= 0.857 \times (376 - 240) = 117 \text{ kW} \end{aligned}$$

- (2) 液ガス熱交換器における熱交換量 Φ_h は、次式で求められる。

$$\begin{aligned} \Phi_h &= q_{mr}(h_3 - h_4) \\ &= 0.857 \times (240 - 217) = 19.7 \text{ kW} \end{aligned}$$

- (3) 実際の成績係数 $(COP)_R$ は、次式で求められる。

$$\begin{aligned} (COP)_R &= \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_1} \eta_c \eta_m = \frac{376 - 240}{420 - 376} \times 0.70 \times 0.85 \\ &= 1.84 \end{aligned}$$

- (4) 液ガス熱交換器の使用目的

- ① 蒸発器を出る冷媒蒸気を適度に過熱させることにより、圧縮機が湿り蒸気を吸い込み、湿り圧縮または液圧縮になるのを防止する。
- ② 高圧液の過冷却度を大きくすることにより液管中でのフラッシュガスの発生を防止する。

【問3の解答例】

(1) 外表面温度 t_{w1} は

$$t_{w1} = t_a - \frac{\Phi}{\alpha_a A} = 25 - \frac{100}{10 \times 10} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

(2) 熱通過率 K は

$$K = \frac{\Phi}{A(t_a - t_r)} = \frac{100}{10 \times \{25 - (-25)\}} = 0.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

したがって、パネル芯材の厚み δ_2 は

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \lambda_2 \left(\frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha_a} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{1}{\alpha_r} \right) \\ &= 0.030 \times \left(\frac{1}{0.2} - \frac{1}{10} - \frac{0.0005}{50} - \frac{0.0005}{50} - \frac{1}{5} \right) \\ &= 0.141 \text{ m} = 141 \text{ mm} \end{aligned}$$

(3) 外気の熱伝達率が $20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、パネル芯材の厚さが 180 mm にそれぞれなった場合の熱通過率 K は

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_r}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{0.0005}{50} + \frac{0.180}{0.030} + \frac{0.0005}{50} + \frac{1}{5}} \\ &= 0.16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

したがって、外気温度が $30 \text{ }^\circ\text{C}$ になった場合の 10 m^2 当たりの侵入熱量 Φ は

$$\Phi = K A (t_a - t_r) = 0.16 \times 10 \times \{30 - (-25)\} = 88 \text{ W}$$

【問4の解答例】

イ.

① 飽和液 (*1)
② 飽和蒸気 (*1)
③ 小さく
④ 臨界温度
⑤ 潜熱
⑥ 顕熱

ロ.

(*1) ①と②は入れ替えても正解である。

⑦ 等圧
⑧ 沸点
⑨ 露点
⑩ 温度勾配
⑪ ローレンツ
⑫ 低下

ハ.

⑬ 溶解度
⑭ 冷媒
⑮ 凝固点
⑯ 閉塞

ニ.

⑰ R 32 (*2)
⑱ R 507A (*2)
⑲ 鉍物
⑳ 小さく

(*2) ⑰と⑱は入れ替えても正解である。

【問 5 の解答例】

- (1) SM 400 B の最小引張強さは 400 N/mm^2 であり、SM 400 B の許容引張応力は、最小引張強さの $1/4$ としているので、SM 400 B の許容引張応力は、 100 N/mm^2 となる。
- (2) 設計可能な最大の円筒胴の内径 D_i は次式で表わせる。

$$D_i = (t_a - \alpha) \frac{2\sigma_a \eta - 1.2P}{P} \quad \text{①}$$

上式において、屋外設置の圧力容器であるから腐れしろは $\alpha = 1 \text{ mm}$ 、SM 400 B の許容引張応力 σ_a は 100 N/mm^2 であるから、①式に数値を代入すると

$$D_i = (t_a - \alpha) \frac{2\sigma_a \eta - 1.2P}{P} = (9 - 1) \times \frac{2 \times 100 \times 0.70 - 1.2 \times 2.96}{2.96} = 368.8$$

小数点以下を切り捨てて $D_i = 368 \text{ mm}$

- (3) 鏡板の必要厚さ t は次式で表される。

$$t = \frac{PRW}{2\sigma_a \eta - 0.2P} + \alpha \quad \text{②}$$

上式において、さら形鏡板の中央部の内面の半径は

$$R = D_i = 368 \text{ mm}$$

であり、鏡板に溶接継手がない場合は $\eta = 1$ 、腐れしろは $\alpha = 1 \text{ mm}$ であるから、②式に数値を代入すると

$$t = \frac{PRW}{2\sigma_a \eta - 0.2P} + \alpha = \frac{2.96 \times 368 \times 1.54}{2 \times 100 \times 1 - 0.2 \times 2.96} + 1 = 9.4$$

小数点以下を切り上げて $t = 10 \text{ mm}$

- 注：1. 電話、FAX、Eメール等での解答例に関する問合せにはお答えできません。
個人の解答の可否など採点に関する問合せにもお答えできません。
2. 合格基準は、法令、保安全管理技術および学識の各科目とも正解率が60%です。
合格には受験科目のすべてにおいて、合格基準以上の正解率が必要です。
3. 合否の発表等
- ① 合否通知書の発送日：平成29年1月27日（金）
合否の結果に関わりなく発送します。
- ② 合格者の受験番号のホームページ掲載日：
平成29年1月27日（金）午後3時（予定）