

問題用紙は、試験監督員からの開始の指示があるまで一切開かないでください。

令和 3 年度

第一種冷凍機械

学 識 試 験 問 題

GZ

試験時間 13 : 30 ~ 15 : 30

注 意 事 項

- (1) 配布された試験問題の種類（左上に黒地白文字で示しています。）が受験する試験の種類に間違いがないか、また、問題用紙と受験番号札の色が合致しているかどうか、必ず確認してください。
万一、異なる場合は、速やかに試験監督員に申し出てください。
- (2) 解答は、問題ごとの「解答用紙」に記入してください。
別問題の「解答用紙」に解答した場合、その解答は無効となりますので、記入を間違えないように注意してください。
- (3) 「解答用紙」は、採点の際に問題ごとに切り離しますので、すべての解答用紙に「受験番号」、「氏名」を必ず記入してください。
- (4) 試験問題に関する質問にはお答えできません。
- (5) 「問題用紙」および「解答用紙」は、試験監督員の指示に従い必ず提出してください。

一冷(学)GZ

問1 R404Aを冷媒とするコンパウンド圧縮機を使用した二段圧縮一段膨張冷凍装置を、下記の冷凍サイクルの条件で運転するとき、次の(1)および(2)の間に、解答用紙の所定欄に計算式を示して答えよ。

ただし、圧縮機の機械的摩擦損失仕事は吐出しガスに熱として加わるものとする。また、配管での熱の出入りおよび圧力損失はないものとする。

(20点)

(冷凍サイクルの運転条件)

低段圧縮機吸込み蒸気の比エンタルピー	$h_1 = 348 \text{ kJ/kg}$
低段圧縮機吸込み蒸気の比体積	$v_1 = 0.17 \text{ m}^3/\text{kg}$
低段圧縮機の断熱圧縮後の吐出しガスの比エンタルピー	$h_2 = 375 \text{ kJ/kg}$
高段圧縮機吸込み蒸気の比エンタルピー	$h_3 = 366 \text{ kJ/kg}$
高段圧縮機吸込み蒸気の比体積	$v_3 = 0.041 \text{ m}^3/\text{kg}$
高段圧縮機の断熱圧縮後の吐出しガスの比エンタルピー	$h_4 = 395 \text{ kJ/kg}$
中間冷却器用膨張弁直前の液の比エンタルピー	$h_5 = 260 \text{ kJ/kg}$
蒸発器用膨張弁直前の液の比エンタルピー	$h_7 = 242 \text{ kJ/kg}$

(圧縮機の仕様)

低段側ピストン押しのけ量	$V_L = 60 \text{ m}^3/\text{h}$
体積効率 (低段側、高段側とも)	$\eta_v = 0.80$
断熱効率 (低段側、高段側とも)	$\eta_c = 0.75$
機械効率 (低段側、高段側とも)	$\eta_m = 0.90$

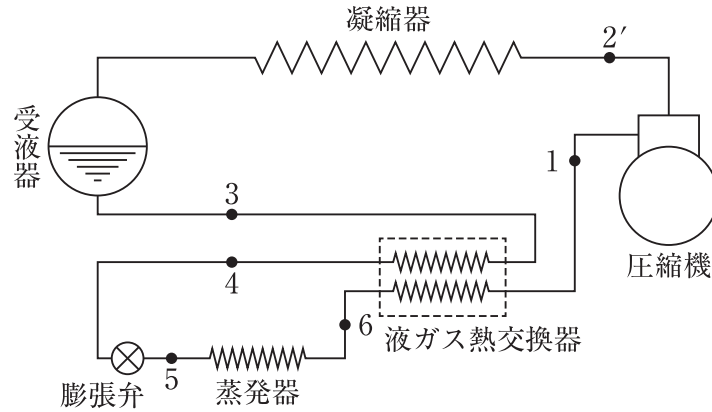
(1) コンパウンド圧縮機の低段側と高段側の最適な気筒数比 (低段側/高段側) を示し、実際の圧縮機駆動の総軸動力 P (kW) を求めよ。なお、低段と高段の1気筒あたりのピストン押しのけ量は同じとする。

(2) 実際の冷凍装置の成績係数 $(COP)_R$ を求めよ。

問2 下図に示す液ガス熱交換器付きの R 410A 冷凍装置が次の条件で運転されている。次の(1)から(3)の間に、解答用紙の所定欄に計算式を示して答えよ。

ただし、圧縮機の機械的摩擦損失仕事は吐出しガスに熱として加わるものとする。また、配管での熱の出入りおよび圧力損失はないものとする。

(20点)



(運転条件)

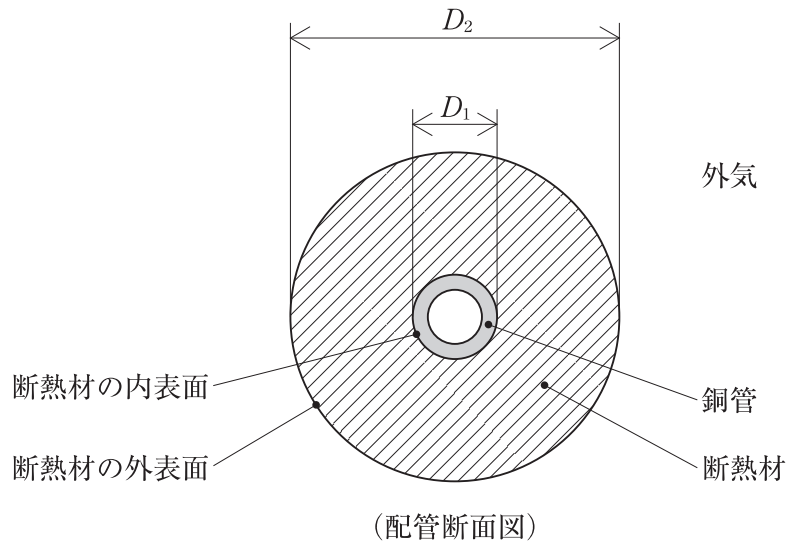
圧縮機吸込み蒸気の比エンタルピー	$h_1 = 426 \text{ kJ/kg}$
圧縮機の断熱圧縮後の吐出しガスの比エンタルピー	$h_2 = 470 \text{ kJ/kg}$
受液器出口の液の比エンタルピー	$h_3 = 266 \text{ kJ/kg}$
膨張弁直前の液の比エンタルピー	$h_4 = 240 \text{ kJ/kg}$
蒸発圧力における飽和液の比エンタルピー	$h_B = 200 \text{ kJ/kg}$
蒸発器出口の湿り蒸気の乾き度	$x_6 = 0.90$
圧縮機のピストン押し の け 量	$V = 70 \text{ m}^3/\text{h}$
圧縮機の断熱効率	$\eta_c = 0.85$
圧縮機の機械効率	$\eta_m = 0.90$
圧縮機の体積効率	$\eta_v = 0.85$
圧縮機吸込み蒸気の密度	$\rho_1 = 30 \text{ kg/m}^3$

- (1) 凝縮器の凝縮負荷 Φ_k (kW) を求めよ。
- (2) 蒸発圧力における飽和蒸気の比エンタルピー h_D (kJ/kg) を求めよ。
- (3) 実際の冷凍装置の成績係数 $(COP)_R$ を求めよ。

問3 下図のように硬質ポリウレタンフォーム製断熱材を用いて、銅管を断熱し、ブライン搬送用の配管を製作した。以下の仕様および使用条件でこの配管を使用したとき、断熱材内表面の温度 t_1 (°C) を解答用紙の所定欄に計算式を示して求めよ。ただし、配管の半径方向にのみ、一様に熱が流れるものとする。

必要であれば、 $\ln 2 = 0.69$ 、 $\ln 3 = 1.10$ 、 $\ln 5 = 1.61$ を用いよ。

(20点)



(仕様および使用条件)

銅管の外径および断熱材の内径	$D_1 = 6 \text{ mm}$
断熱材の外径	$D_2 = 30 \text{ mm}$
外気温度	$t_a = 30.2 \text{ }^\circ\text{C}$
断熱材の外表面温度	$t_2 = 25.2 \text{ }^\circ\text{C}$
断熱材の外表面側 (外気側) の熱伝達率	$\alpha_a = 10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
断熱材の熱伝導率	$\lambda_p = 0.030 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

問4 次のイ、ロ、ハ、ニは、冷媒とブラインについて述べたものである。文中の①から⑳に最も適切な語句を解答用紙の所定欄に記入せよ。ただし、同じ語句を何回使用してもよい。

(20点)

イ. 冷媒の蒸発温度が臨界温度に近づくと ① と ② の比エンタルピーの差が小さくなるので、冷凍効果が小さくなる傾向がある。また、沸点の ③ い冷媒は、一般に所定の冷凍能力を得るための圧縮機押し の け量が小さくてすむ。すなわち、同じ圧縮機押し の け量に対する冷凍能力である ④ が大きい。しかし、蒸発温度が低い場合には、圧縮機吐出しガス温度が ⑤ くなる。なお、比熱比が大きいと、圧縮機吐出しガス温度が ⑥ くなる。

ロ. アンモニアは強い毒性と微燃性を有するが、その独特の ⑦ によって容易に漏えいを知ることができる。また、水に対する ⑧ が大きく、吸収冷凍装置の ⑨ としても使用される。さらに、アンモニアと水とが互いに溶け合っ てアンモニア水を作り、水よりも ⑩ が低下するので、フルオロカーボン冷凍装置に比べて膨張弁における氷結による ⑪ は起こりにくい。

ハ. ローレンツサイクルは、非共沸混合冷媒の相変化にともなっ て生じる温度勾配を利用して、成績係数の向上を 図ったサイクルである。非共沸混合冷媒は、 ⑫ 過程下の相変化中に温度が変化するので、冷媒液を ⑬ 過程で加熱して いく(吸熱させる) と、液相状態から蒸発し始める温度である ⑭ と、蒸発終了時の温度である ⑮ との間に差が生じる。この相変化にともなっ て生じる温度変化幅を温度勾配という。また、一般にこの相変化時の冷媒側熱伝達率は単成分冷媒よりも ⑯ する。

ニ. ブラインには、塩化カルシウムや塩化ナトリウムなどの水溶液の ⑰ ブラインと、エチレングリコールやプロピレングリコールなどの水溶液の ⑱ ブラインがある。塩化カルシウムブラインや塩化ナトリウムブラインが、空気中の ⑲ を溶かし込むと、金属の腐食を促進させ、空気中の ⑳ を取り込むと、ブラインの濃度が低下するので、空気とできるだけ接触させないようにする。

問5 下記仕様の鋼板がある。この鋼板を用いて、屋外に設置して凝縮温度 50°C で運転される R 407C 用高圧受液器を設計したい。この高圧受液器について、設計可能な最大の円筒胴の外径 D 。(mm) を解答用紙の所定欄に計算式を示して、整数値で求めよ。ただし、溶接継手の効率は 0.70、R 407C を冷媒とする冷凍装置の凝縮温度 50°C における高圧部設計圧力は 2.11 MPa とする。

また、この円筒胴に、溶接継手のない半球形鏡板を取り付け、この鏡板の内面に設計圧力 2.11 MPa が作用した場合、半球面の接線方向に誘起される引張応力 σ_t (N/mm^2) を、解答用紙の所定欄に計算式を示して、小数点以下 1 桁まで求めよ。円筒胴と鏡板は外径寸法 D 。(mm) を同一とする。

(20点)

(鋼板の仕様)

使用鋼板	SM 400 B
円筒胴に使用する鋼板の厚さ	$t_{a1} = 7 \text{ mm}$
鏡板に使用する鋼板の厚さ	$t_{a2} = 7 \text{ mm}$

