

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。

## 令和元年度

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。

問1 R 404A を冷媒とする二段圧縮二段膨張の冷凍装置を、下記の冷凍サイクルの条件で運転する。  
この装置の冷凍能力が 100 kW であるとき、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)

(理論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	$h_1 = 360 \text{ kJ/kg}$
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	$h_2 = 385 \text{ kJ/kg}$
高段圧縮機吸込み蒸気の比エンタルピー	$h_3 = 365 \text{ kJ/kg}$
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	$h_4 = 390 \text{ kJ/kg}$
第一膨張弁直前の液の比エンタルピー	$h_5 = 240 \text{ kJ/kg}$
第二膨張弁直前の液の比エンタルピー	$h_7 = 200 \text{ kJ/kg}$

(実際の冷凍装置の運転条件)

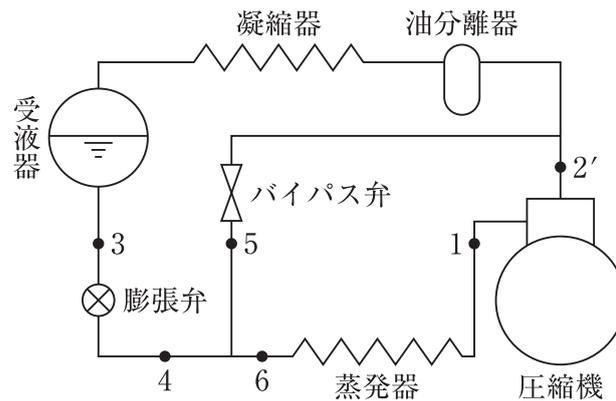
圧縮機の断熱効率 (低段側、高段側とも)	$\eta_c = 0.70$
圧縮機の機械効率 (低段側、高段側とも)	$\eta_m = 0.90$

- (1) 蒸発器の冷媒循環量  $q_{mro}$  (kg/s) を求めよ。
- (2) 凝縮器の冷媒循環量  $q_{mrk}$  (kg/s) を求めよ。
- (3) 実際の冷凍装置の成績係数  $(COP)_R$  を求めよ。

問2 R410Aを冷媒として、負荷減少時に、圧縮機出口直後の吐出しガスの一部を蒸発器入口にバイパス弁を通して絞り膨張させ、容量制御を行う冷凍装置は、下図のとおりである。この装置において、圧縮機の吐出しガス量の15 mass%をバイパスして容量制御を行っているとき、次の間に答えよ。なお、(1)は解答用紙の*p-h*線図上に、(2)と(3)は解答用紙の所定欄に計算式を示してそれぞれ答えよ。

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し、配管での熱の出入りおよび圧力損失はないものとする。また、全負荷時の点1、点2'、点3の冷媒状態と圧縮機の冷媒循環量は、容量制御時と変わらないものとする。

(20点)



(冷凍機の運転条件)

圧縮機の冷媒循環量	$q_{mr} = 0.60 \text{ kg/s}$
圧縮機の吸込み蒸気の比エンタルピー	$h_1 = 421 \text{ kJ/kg}$
圧縮機の断熱圧縮後の吐出しガスの比エンタルピー	$h_2 = 475 \text{ kJ/kg}$
膨張弁直前の液の比エンタルピー	$h_3 = 241 \text{ kJ/kg}$

(圧縮機の効率)

圧縮機の断熱効率	$\eta_c = 0.75$
圧縮機の機械効率	$\eta_m = 0.85$

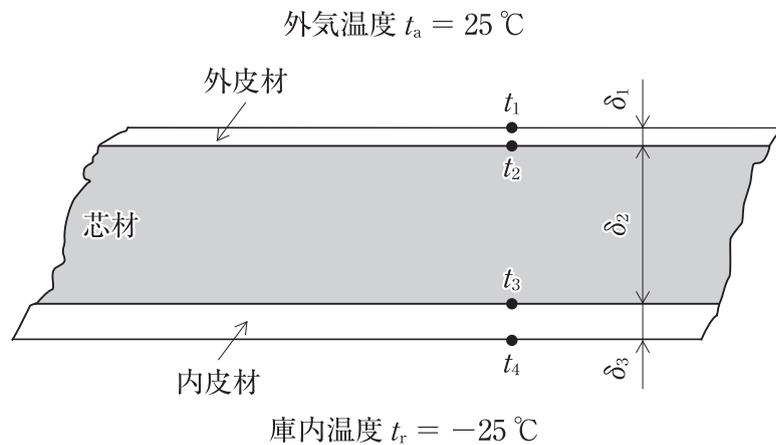
- (1) この冷凍装置の冷凍サイクルを解答用紙の*p-h*線図上に描き、点3から点6の各状態点を図中に記入せよ。ただし、点1と点2'は、解答用紙のそれぞれの点を通るものとする。
- (2) バイパスされる冷媒蒸気の比エンタルピー  $h_5$  (kJ/kg) および容量制御時の冷凍能力  $\Phi$  (kW) をそれぞれ求めよ。
- (3) 容量制御時の成績係数  $(COP)_{RP}$  は、全負荷時の成績係数  $(COP)_R$  の何%になるかを求めよ。

問3 以下に示す設計条件で、冷蔵庫パネルを試作した。このパネルについて、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。

(20点)

(試作条件)

外気温度	$t_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$
庫内温度	$t_r = -25\text{ }^\circ\text{C}$
パネル外表面（外気側）の熱伝達率	$\alpha_a = 10.0\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
パネル内表面（庫内側）の熱伝達率	$\alpha_r = 5.0\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
パネル外皮材の厚さおよび熱伝導率	$\delta_1 = 0.5\text{ mm}$ 、 $\lambda_1 = 50\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
パネル芯材の厚さおよび熱伝導率	$\delta_2 = 150.0\text{ mm}$ 、 $\lambda_2 = 0.030\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
パネル内皮材の厚さおよび熱伝導率	$\delta_3 = 5.0\text{ mm}$ 、 $\lambda_3 = 2.0\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$



- (1) 外気から庫内までの熱通過率  $K[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$  および  $1\text{ m}^2$  当たりの外気からの伝熱量  $\Phi\text{ (W)}$  をそれぞれ求めよ。
- (2) 芯材とパネル内皮材の間の温度  $t_3\text{ (}^\circ\text{C)}$  を求めよ。
- (3) パネル芯材に水分が浸入すると、 $1\text{ m}^2$  当たりの外気からの伝熱量が  $18\text{ W}$  となることがわかった。この際のパネル芯材の見かけの熱伝導率  $\lambda_2'[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$  を求めよ。

問4 冷媒に関する次の(1)、(2)の問に答えよ。

(20点)

- (1) 下表に示した、冷凍装置に用いるふっ素系冷媒について、混合成分と成分比 (mass%) を解答用紙の所定欄に例示のように記入せよ。

混合冷媒	混合成分	成分比 (mass%)
(例) R 401A		
R 410A		
R 407C		
R 404A		
R 507A		

- (2) 下表に示した、冷凍装置に用いる非ふっ素系冷媒の特性に関する各項目について、それぞれの冷媒の特性を比較し、値の大中小または高中低の傾向を解答用紙の所定欄に例示のように冷媒記号を用いて記入せよ。ただし、冷媒の理論サイクル特性は、蒸発温度 10℃、凝縮温度 45℃、過冷却度 0 K、過熱度 0 K として計算する。

	項目	冷媒の種類
(例)	体積能力	R 290、R 600a、R 717
1	標準沸点	R 290、R 600a、R 717
2	臨界温度	R 290、R 600a、R 744
3	地球温暖化係数	R 290、R 717、R 744
4	モル質量	R 600a、R 729、R 744
5	圧力比 (サイクルにおける 高圧/低圧)	R 290、R 600a、R 717
6	比熱比 (圧縮機吸込み状態)	R 290、R 600a、R 717

問5 下記の仕様で製作された円筒胴圧力容器を、R 404A 用の高圧受液器として使用したい。これについて、次の(1)の問に、解答用紙の所定欄に計算式と理由を示して答えよ。また、(2)の問に、解答用紙の所定欄に計算式を示して答えよ。

(20点)

(円筒胴圧力容器の仕様)

使用鋼板	SM 400 B
円筒胴の外形	$D_o = 620 \text{ mm}$
円筒胴板の厚さ	$t_a = 13 \text{ mm}$
円筒胴板の腐れしろ	$\alpha = 1 \text{ mm}$
円筒胴板の溶接継手の効率	$\eta = 0.7$

ただし、R 404A の各基準凝縮温度における設計圧力は、次表の圧力を使用するものとする。

基準凝縮温度 (°C)	43	50	55	60	65
設計圧力 (MPa)	1.86	2.21	2.48	2.78	3.11

- (1) この受液器が使用できる最高の基準凝縮温度 (°C) を求めよ。また、その基準凝縮温度を選択した理由を記せ。
- (2) この受液器に、基準凝縮温度 50 °C の設計圧力が作用したとき、円筒胴板に誘起される接線方向の引張応力  $\sigma_t$  (N/mm<sup>2</sup>) と長手方向の引張応力  $\sigma_l$  (N/mm<sup>2</sup>) をそれぞれ求めよ。

