

熱分野
専門区分

課目Ⅱ 熱と流体の流れの基礎

試験時間 10:50～12:40 (110分)

2 時限目

問題4, 5	熱力学の基礎	1～8ページ
問題6	流体力学の基礎	9～12ページ
問題7	伝熱工学の基礎	13～17ページ

I 不正行為への対処

不正行為には厳正に対処する。不正行為を行った場合は、試験会場から退出させ、全課目の試験結果を無効とする。

具体的な不正行為については裏表紙を参照（※1）のこと。

II 試験中における注意事項

1. 受験票は、机の上の見やすい位置に、常に置いておくこと。
2. 問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、監督員に知らせること。
ただし、問題内容についての質問は一切受け付けない。
3. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。
4. 以下の場合は、監督員に挙手合図をすること。
・体調不良 ・水分補給が必要 ・トイレに行きたい

III 問題解答上の注意事項

1. 問題の解答は答案用紙(マークシート)に記入すること。
2. 答案用紙への記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。
「記入上の注意」に従わない場合は採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
3. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
4. その他の問題解答上の注意事項については裏表紙を参照（※2）のこと。

注意事項は、裏表紙に続くので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。
その際、冊子の中は決して見ないこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

(熱力学の基礎)

問題 4 次の各文章の 1 ～ 12 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、指数及び対数の計算においては表 1 及び表 2 の数値を用いること。なお、一つの解答群から同じ記号を 2 回以上使用してもよい。(配点計 50 点)

理想気体を作動流体とするオットーサイクルの $P-v$ 線図を図 1 に、 $T-s$ 線図を図 2 に示す。

オットーサイクルは、二つの等容変化と二つの断熱変化で構成される。シリンダに吸入されたガスは、図 1 の 1 から 2 で断熱圧縮された後、上死点で点火されて燃焼し、瞬時に 2 から 3 のように等容加熱される。その際、作動流体の単位質量当たり q_H の熱が供給され、圧力が上昇する。その後、断熱膨張とともにピストンが下降し、外部に対して仕事をする。4 から 1 の等容変化で排気され、作動流体の単位質量当たり q_L の熱が放熱される。

このサイクルの理論熱効率及び単位質量当たりの仕事量を求める。ここで、作動流体の、 T は熱力学温度、 P は圧力、 v は比容積、 s は比エントロピー、 c_p は定圧比熱、 c_v は定容比熱、 R はガス定数、 κ は比熱比を表す。また、各図の 1 ～ 4 はいずれも作動流体であるガスの熱力学的状態点を示し、各状態点の状態量を示す記号にはその状態点の番号を添字として用いる。

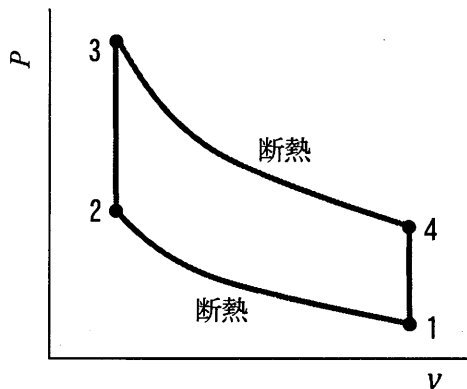


図 1 $P-v$ 線図

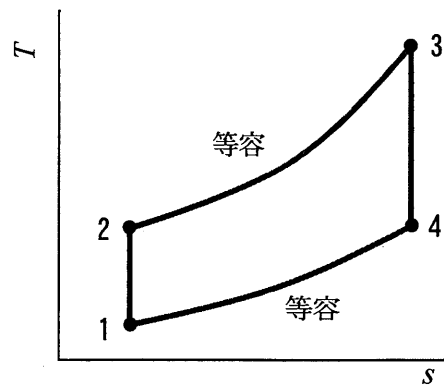


図 2 $T-s$ 線図

- 1) このサイクルの理論熱効率を表す式を導く。
 - i) 熱機関の熱効率は、等容変化中に供給される熱 q_H 及び放熱される q_L が分かれば求められる。
ここで、 q_H と q_L は作動流体の温度と比熱を用いてそれぞれ次式で表される。

$$q_H = \boxed{1} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$q_L = \boxed{2} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

ii) 式①及び式②から熱効率 η は、各状態点の温度を用いて次式で表される。

$$\eta = \boxed{3} \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

< $\boxed{1}$ の解答群 >

$$\text{ア } c_v(T_3 - T_2) \quad \text{イ } c_p(T_3 - T_2) \quad \text{ウ } c_v \frac{T_3}{T_2} \quad \text{エ } c_p \frac{T_3}{T_2}$$

< $\boxed{2}$ の解答群 >

$$\text{ア } c_v(T_4 - T_1) \quad \text{イ } c_p(T_4 - T_1) \quad \text{ウ } c_v \frac{T_4}{T_1} \quad \text{エ } c_p \frac{T_4}{T_1}$$

< $\boxed{3}$ の解答群 >

$$\begin{array}{ll} \text{ア } \frac{(T_4 - T_1) - (T_3 - T_2)}{T_4 - T_1} & \text{イ } \frac{(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)}{T_3 - T_2} \\ \text{ウ } \frac{(T_3 - T_4) - (T_1 - T_2)}{T_3 - T_2} & \text{エ } \frac{(T_3 - T_4) - (T_4 - T_1)}{T_3 - T_4} \end{array}$$

iii) また、2 から 3 及び 4 から 1 は等容変化で、1 から 2 及び 3 から 4 は断熱変化で行われるので、
各状態点の温度と比容積の間には次の関係が成り立つ。

$$\frac{T_1}{T_2} = \boxed{4} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \boxed{5} \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

iv) ここで、圧縮比 $\frac{v_1}{v_2}$ を ε で表すと、式③～⑤より、熱効率 η は ε を用いて次式で表される。

$$\eta = \boxed{6} \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

< $\boxed{4}$ 及び $\boxed{5}$ の解答群 >

$$\text{ア } \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^\kappa \quad \text{イ } \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{\kappa-1} \quad \text{ウ } \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad \text{エ } \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

< $\boxed{6}$ の解答群 >

$$\text{ア } 1 - \frac{1}{\varepsilon^\kappa} \quad \text{イ } 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \quad \text{ウ } 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}} \quad \text{エ } 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}$$

問題 4 は次の頁に続く

2) このサイクルにおいて、圧縮開始時の圧力を 0.1MPa、温度を 300 K、サイクル中の最高温度を 2200 K とし、2 から 3 の等容加熱によって、比エントロピーが 0.8 kJ/(kg·K) 上昇した。このときの熱効率と仕事量を算出する。ここで、ガス定数 R を 287 J/(kg·K)、定容比熱 c_v を 0.72 kJ/(kg·K)、比熱比 κ を 1.4 とする。

i) 2 から 3 の等容変化における比エントロピー変化 Δs は、式 $\Delta s = \boxed{7}$ [kJ/(kg·K)] で表される。

< $\boxed{7}$ の解答群 >

ア $c_p \ln \frac{T_3}{T_2}$ イ $c_p \ln \frac{T_2}{T_3}$ ウ $c_v \ln \frac{T_3}{T_2}$ エ $c_v \ln \frac{T_2}{T_3}$

ii) 圧縮後の温度 T_2 は、 $T_2 = \boxed{8}$ [K] となる。また、圧縮比 ε は $\varepsilon = \boxed{9}$ となる。よって、熱効率 η は、 $\eta = \boxed{10}$ と求められる。

< $\boxed{8}$ の解答群 >

ア 590 イ 675 ウ 724 エ 820 オ 935

< $\boxed{9}$ の解答群 >

ア 7.80 イ 8.25 ウ 8.80 エ 9.06 オ 9.57

< $\boxed{10}$ の解答群 >

ア 0.48 イ 0.59 ウ 0.63 エ 0.70 オ 0.86

iii) 単位質量当たりの供給熱量 q_H は、 $q_H = \boxed{11} \times 10^3$ [kJ/kg] となる。したがって、単位質量当たりの仕事量 w は、 $w = \boxed{12}$ [kJ/kg] と求められる。

< $\boxed{11}$ の解答群 >

ア 1.06 イ 2.74 ウ 4.63 エ 5.79 オ 6.72

< $\boxed{12}$ の解答群 >

ア 478 イ 553 ウ 622 エ 698 オ 755

表 1

X	2.015	2.115	2.215	2.315	2.415
$X^{2.5}$	5.764	6.505	7.302	8.154	9.063

表 2

X	1.011	1.111	1.211	1.311	1.411
e^X	2.748	3.037	3.357	3.710	4.100

注記) 表 1 及び表 2 から該当する表を選択し、上段から適用する計算結果に最も近い X の値を選択し、下段の値をそのまま用いて以降の計算を行うこと。

(熱力学の基礎)

問題5 次の各文章の 1 ～ 17 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。ここで、冷媒の状態量を用いる計算には表1及び表2の値を用いることとし、符号'は飽和液状態、符号''は乾き飽和蒸気状態を表す。(配点計50点)

冷凍サイクルは、低温熱源から熱を奪い高温熱源へ熱を放出するサイクルであり、蒸気圧縮冷凍サイクルはその一つである。

ある蒸気圧縮冷凍サイクルの理論サイクルの $T-s$ 線図を図1に、 $P-h$ 線図を図2に示す。図1及び図2において、作動流体である冷媒については、 T は熱力学温度、 P は圧力、 h は比エンタルピー、 s は比エントロピーを表し、C.P.は臨界点を示す。また、1～5は冷媒の熱力学的状態点を示し、各状態点の状態量を示す記号にはその状態点の番号を添字として用いる。

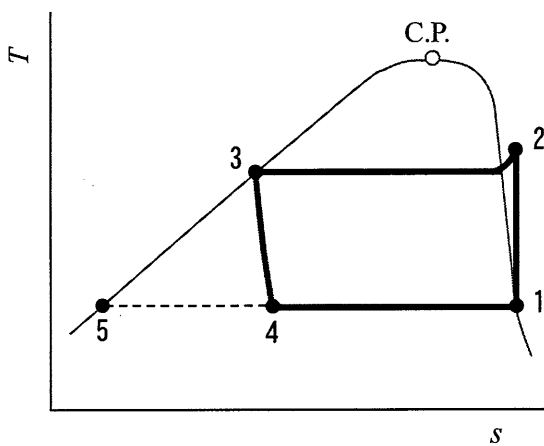


図1 $T-s$ 線図

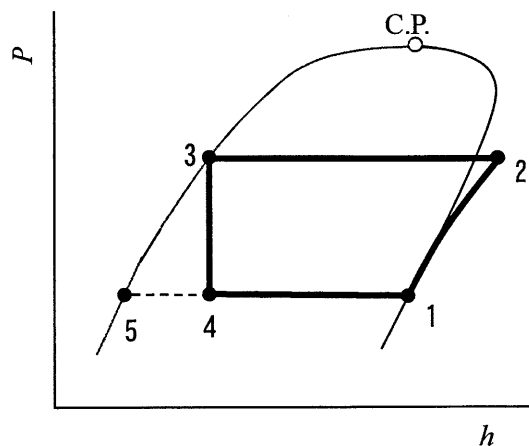


図2 $P-h$ 線図

1) 蒸気圧縮冷凍サイクルは次のように作動する。

i) 蒸気圧縮冷凍サイクルは、作動流体である冷媒の圧力による 1 の違いを利用した逆ランキン冷凍サイクルである。図1及び図2で冷媒は $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ の順に状態変化しながら循環している。

〈 1 の解答群 〉

ア 凝固点

イ 濃度

ウ 沸点

エ 融点

ii) 4を起点とすると、4→1の過程は により行われ、外部から熱量 Q_L を吸収する。

次の1→2の過程は により仕事 W が加えられる。さらに2→3の過程は

により行われ、外部へ熱量 Q_H を放出する。最後の3→4の過程は で行われる。

〈 ～ の解答群 〉

ア タービン

イ 圧縮機

ウ 吸収器

エ 凝縮器

オ 蒸発器

カ 燃焼器

キ 膨張弁

iii) ここで、理論サイクルにおける1→2の過程は 変化であり、3→4の過程は

変化である。

〈 及び の解答群 〉

ア 等エンタルピー

イ 等エントロピー

ウ 等圧

エ 等温

オ 等容

2) 図1及び図2に示すサイクルにおいて、冷媒 1kg 当たりで考える。

i) 4→1の過程での吸収熱量 q_L は式 で表され、1→2の過程での仕事 w は式

で表され、さらに、2→3の過程での放出熱量 q_H は式 で表される。

〈 の解答群 〉

ア $h_1 - h_4$

イ $h_4 - h_1$

ウ $(s_1 - s_4)(T_1 - T_4)$

エ $(s_4 - s_1)(T_4 - T_1)$

〈 の解答群 〉

ア $h_1 - h_2$

イ $h_2 - h_1$

ウ $(s_1 - s_2)(T_1 - T_2)$

エ $(s_2 - s_1)(T_2 - T_1)$

〈 の解答群 〉

ア $h_2 - h_3$

イ $h_3 - h_2$

ウ $(s_2 - s_3)(T_2 - T_3)$

エ $(s_3 - s_2)(T_3 - T_2)$

問題5は次の頁に続く

- ii) この冷凍サイクルにおける冷熱利用時の成績係数は式 11 で表される。また、このサイクルはヒートポンプとしての理論サイクルと捉えることもでき、温熱利用時の成績係数は式 12 で表される。

〈 11 及び 12 の解答群 〉

ア $\frac{q_H}{w}$

イ $\frac{q_L}{w}$

ウ $\frac{w}{q_H}$

エ $\frac{w}{q_L}$

- 3) この冷凍サイクルが、4→1の過程で圧力 0.315 MPa、2→3の過程で圧力 1.400 MPa で作動しており、2の状態は温度 60.04℃ の過熱蒸気とする。

- i) 4→1の過程での q_L は 13 [kJ/kg] となる。

- ii) 2→3の過程での q_H は 14 [kJ/kg] となる。

〈 13 の解答群 〉

ア 86

イ 126

ウ 166

エ 206

オ 246

〈 14 の解答群 〉

ア 116

イ 156

ウ 196

エ 236

オ 276

- iii) 1→2の過程での仕事 w は 15 [kJ/kg] であるので、冷熱利用時の成績係数は 16 となり、温熱利用時の成績係数は 17 となる。

〈 15 の解答群 〉

ア 22.8

イ 26.8

ウ 30.8

エ 34.8

オ 38.8

〈 16 の解答群 〉

ア 4.1

イ 4.5

ウ 4.9

エ 5.3

オ 5.7

〈 17 の解答群 〉

ア 4.3

イ 4.7

ウ 5.1

エ 5.5

オ 5.9

表 1 冷媒の飽和蒸気表

飽和温度 [°C]	飽和圧力 [MPa]	比エンタルピー [kJ/kg]		比エントロピー [kJ/(kg·K)]	
		h'	h''	s'	s''
2.000	0.315	205.4	400.9	1.010	1.726
52.42	1.400	275.4	424.3	1.249	1.706

表 2 冷媒の過熱蒸気表

温度 [°C]	圧力 [MPa]	比エンタルピー [kJ/kg]	比エントロピー [kJ/(kg·K)]
60.04	1.400	431.7	1.726

(流体力学の基礎)

問題6 次の各文章の 1 ～ 15 の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計50点)

(1) 流体を搬送する場合のエネルギーについて考える。ここで、重力加速度を g とする。

1) ポンプを用いて水を搬送する場合のエネルギーについて考える。

i) 管路内を通して水を搬送するとき、水の密度を ρ_w とし、管の長さを L 、管内直径を D 、水の管断面平均流速を w 、管摩擦係数を f とすると、水の粘性の影響による管路内の摩擦損失ヘッド h_f は、式 $h_f = f \frac{L}{D} \times$ 1 で表される。

< 1 の解答群 >

ア $\frac{w^2}{2}$

イ $\frac{w^2}{2g}$

ウ $\frac{\rho_w w^2}{2}$

エ $\frac{\rho_w w^2}{2g}$

ii) 層流における管摩擦係数 f は、管壁内表面の粗さに関係なく、流速の 2 乗に比例する。

このため、断面積一定の管路での層流における圧力損失は、流速の 3 乗に比例することになる。

iii) 一方、乱流における管摩擦係数 f は、ムーディー線図に示されるように、管壁内表面の粗さが大きく、レイノルズ数の値が大きくなると、レイノルズ数によらずほぼ一定となる。このため、そのような領域の乱流では、断面積一定の管路での圧力損失は、ほぼ流速の 4 乗に比例することになる。

iv) 圧力損失と水の体積流量から搬送に必要な動力が求められる。体積流量は流速に比例するため、動力は、前述の乱流域ではほぼ流速の 5 乗に比例することになる。

< 2 ～ 5 の解答群 >

ア -2

イ -1

ウ -0.5

エ 0

オ 0.5

カ 1

キ 2

ク 3

2) 送風機の形式と、送風機を用いて空気を搬送する場合のエネルギーについて考える。

- i) 送風機は羽根車が回転することによって気体を送り出すターボ形送風機と、吸い込んだ気体をピストンやローラで圧縮して送り出す 6 送風機に分類される。ターボ形送風機の型式の分類には 7 が用いられ、その値は幾何学的に相似な羽根車に対して、大きさに係わらず一定の値となる。

〈 6 の解答群 〉

ア 遠心形 イ 軸流形 ウ 断熱形 エ 容積形

〈 7 の解答群 〉

ア 圧縮比 イ 断熱ヘッド ウ 比速度 エ 風量

- ii) 断熱ヘッドが H で、体積流量が Q の空気を送風している送風機がある。ここで、空気の密度を ρ_A 、送風機の全圧効率を η とする。

この送風機から空気が単位体積あたりに有効に受け取るエネルギーは 8 であり、送風機から空気が毎秒有効に受け取るエネルギーは、9 である。よって、搬送に必要な軸動力は 10 と表される。

〈 8 及び 9 の解答群 〉

ア gH イ $\rho_A gH$ ウ $\rho_A gHQ$ エ $\frac{\rho_A gH}{Q}$
オ $\rho_A gQ^2$ カ $\frac{1}{2}\rho_A Q^2$ キ $\frac{\rho_A Q^2}{H^4}$ ク $\frac{\rho_A Q^3}{H^4}$

〈 10 の解答群 〉

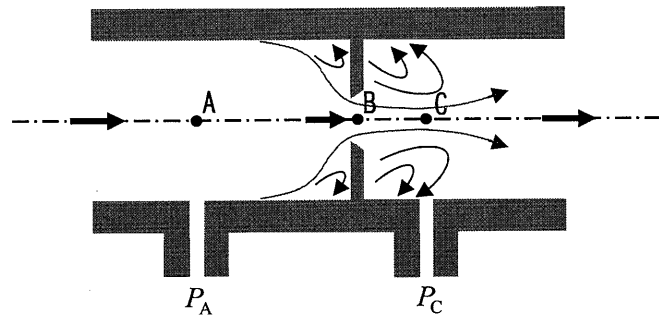
ア $\rho_A gH\eta$ イ $\frac{\rho_A gHQ}{\eta}$ ウ $\frac{1}{2}\rho_A Q^2\eta$ エ $\frac{\rho_A Q^3}{H^4\eta}$

問題6は次の頁に続く

(2) オリフィスによる流量測定について考える。

図のように、密度が ρ の非圧縮性流体が流れる水平な管路にオリフィスが設置されている。

点 A はオリフィス板上流、点 B はオリフィス開口部、点 C はオリフィス板下流の縮流部に位置する。ここで、点 A における管路断面積を A_A 、静圧を P_A 、流体の速度を w_A とし、点 C における縮流部の流れの断面積を A_C 、静圧を P_C 、流体の速度を w_C とする。



図

- 1) オリフィスにおいてエネルギー損失がないとすると、エネルギー保存を表す 11 の式を点 A と点 C の流れに適用すると、次の式が成立する。

$$P_A + \frac{1}{2} \rho w_A^2 = P_C + \frac{1}{2} \rho w_C^2 \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

〈 11 の解答群 〉

ア パスカル イ プランク ウ フーリエ エ ベルヌーイ

- 2) 質量保存の式を点 A と点 C の流れに適用すると、次の式が成立する。

$$\frac{w_A}{w_C} = \text{ 12 } \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

〈 12 の解答群 〉

ア $\frac{A_C}{A_A}$ イ $\frac{A_A}{A_C}$ ウ $\sqrt{\frac{A_C}{A_A}}$ エ $\sqrt{\frac{A_A}{A_C}}$ オ $\left(\frac{A_A}{A_C}\right)^2$

- 3) 縮流部の面積 A_c は流れの様子に依存し、事前にはわからないため、オリフィスの開口部の面積 A_B を用いて次式で表す。

$$A_c = C_c A_B \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

ここで、 C_c は収縮係数と呼ばれ、流れのレイノルズ数や開口比 $m = \frac{A_B}{A_A}$ によって決まるもの

である。 A_c と w_c を用いると、実際の流量 Q は次式で表される。

$$Q = C A_c w_c \quad \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

ここで、係数 C は、オリフィスを通過する流れの 13 を考慮したものである。

- 4) 式①～式④をまとめると、流量 Q を与える次式が得られる。

$$Q = C_m A_B \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_A - P_C)} \quad \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

ここで、 C_m は 14 と呼ばれ、実験によって求められる。

< 13 の解答群 >

ア エネルギー損失 イ サージング ウ 可逆断熱変化 エ 非圧縮性

< 14 の解答群 >

ア 圧力係数 イ 回復係数 ウ 動作係数 エ 流量係数

- 5) 開口部の直径が 50 mm のオリフィスを用いて空気の流量を測定した。オリフィス板上流とオリフィス板下流の差圧は、マノメータの読みで 150 mm H₂O であった。このオリフィスは、この測定条件では $C_m = 0.85$ と評価されたので、空気の流量は 15 [m³/s] と計算される。

ここで、空気は非圧縮性流体であるものとし、その密度は 1.293 kg/m³、マノメータの水の密度は 1000 kg/m³、重力加速度は 9.81 m/s²、円周率は 3.14 とする。

< 15 の解答群 >

ア 0.002 5 イ 0.002 9 ウ 0.025 エ 0.080 オ 0.32

(伝熱工学の基礎)

問題 7 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 50 点)

(1) 加熱された円管の内部に流体を流した場合の熱移動について考える。

- 1) 円管を全長にわたって熱流束一定の条件で加熱した場合、流体温度は入口から出口に向かって上昇する。このとき、流体の物性値の変化を無視できれば、流体の混合平均温度の上昇は入口からの距離の 乗に比例する。

〈 の解答群 〉

ア 0.5 イ 1 ウ 2 エ 3

- 2) 流れが層流であるか乱流であるかはレイノルズ数を用いて判断できる。例えば、内径が 2.5 cm の円管内を流体が断面平均速度 15 cm/s で流れているとき、流体の動粘性係数を $15 \text{ mm}^2/\text{s}$ とすると、管内径と断面平均速度とを基準とするレイノルズ数は、 である。レイノルズ数がこの値のとき、流れは である。

〈 の解答群 〉

ア 2.5 イ 25 ウ 250 エ 2500 オ 25000

〈 の解答群 〉

ア 層流 イ 乱流 ウ 高乱流 エ 遷移流

3) 一般に、円管内で流れ場も温度場も十分発達した場合に、熱伝達率を評価する無次元数である 数の相関式のレイノルズ数及びプラントル数への依存性は、層流では 式となり、乱流では 式となる。なお、層流の範囲内においては、円管の直径が小さいほど熱伝達率は 。

＜ の解答群 ＞

ア グラスホフ イ シュミット ウ ヌセルト エ ペクレ

＜ 及び の解答群 ＞

ア プラントル数のみに依存する イ レイノルズ数のみに依存する
ウ 両方に依存する エ どちらにも依存しない

＜ の解答群 ＞

ア 大きくなる イ 小さくなる ウ 一定値に近づく

問題7は次の頁に続く

(2) 建物の省エネルギー性や防音性を高めるために、二重ガラスの窓が用いられることがある。

図1に示すような二重ガラスの窓があり、それぞれのガラスの表面積を A [m²]、厚さを l_G [m]、熱伝導率を k_G [W/(m·K)] とし、空気温度が T_1 [°C] の高温側の対流熱伝達率を h_1 [W/(m²·K)]、空気温度が T_2 [°C] の低温側の対流熱伝達率を h_2 [W/(m²·K)] とする。また、ガラス間の隙間の幅を l_A [m]、密閉された隙間部分の空気の熱伝導率を k_A [W/(m·K)] とする。

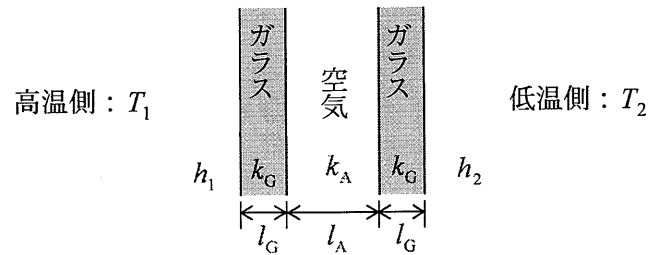


図1 二重ガラス窓

1) ふく射による伝熱及び隙間部分の対流伝熱を無視した場合、ガラス窓を通しての熱の伝わりやすさを示す熱通過率 K は、式 $K = \boxed{8}$ [W/(m²·K)] で与えられる。

2) 空気（気体）とガラス（固体）の熱伝導率の違いを考慮すると、この場合の温度分布図は、定性的に $\boxed{9}$ のようになる。

< $\boxed{8}$ の解答群 >

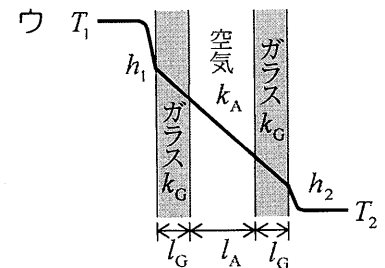
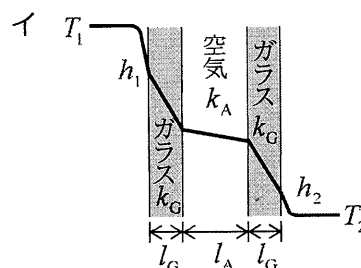
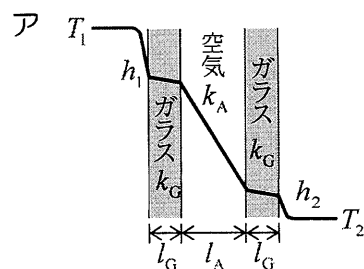
ア
$$\frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{l_G}{k_G} + \frac{l_A}{k_A} + \frac{1}{h_2}}$$

イ
$$\frac{1}{\frac{1}{h_1} + 2 \times \frac{l_G}{k_G} + \frac{l_A}{k_A} + \frac{1}{h_2}}$$

ウ
$$\frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{1}{2} \times \frac{l_G}{k_G} + \frac{l_A}{k_A} + \frac{1}{h_2}}$$

エ
$$\frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{l_G}{k_G} + \frac{1}{2} \times \frac{l_A}{k_A} + \frac{1}{h_2}}$$

< $\boxed{9}$ の解答群 >



(3) 熱交換器は、高温流体と低温流体との間で熱エネルギーを授受する装置の総称であり、高温流体と低温流体の流れる方向によって並流型、向流型などの形式がある。いずれの形式も、交換熱量は熱通過率×伝熱面積×対数平均温度差で与えられる。

熱交換器の性能を評価する指標の一つにエネルギー効率（熱通過有効度）がある。エネルギー効率を ε とすると次式で定義される。

$$\text{エネルギー効率}(\varepsilon) = \frac{\text{実際の交換熱量}}{\text{理論的に可能な最大限の交換熱量}}$$

エネルギー効率は、熱交換器の形式や伝熱面積、流体の流入条件などに依存して変化するが、その変化に対して支配的なパラメータとして伝熱単位数（ NTU ）という無次元数があり、熱通過率 K と伝熱面積 A との積を熱容量流量 C で除したものとして定義される。

一般に熱交換器においては、伝熱単位数に対してエネルギー効率は、おおよそ図2のように変化する。熱交換器の性能改善によって熱通過率が向上し、熱交換器の性能値が図2のXの領域にあるとき、エネルギー効率をほとんど低下させずに 10 を図ることができる。また、Xの領域に限らず、一般に流体の流量が減少すると、エネルギー効率は 11 する傾向を示す。

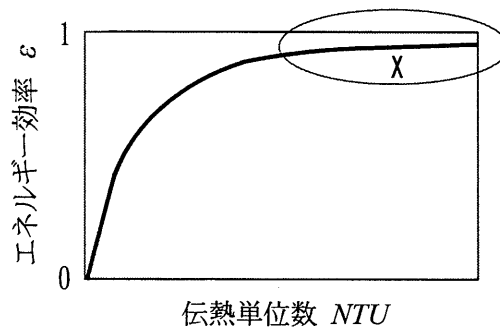


図2 二重管式熱交換器の ε - NTU 線図

< 10 の解答群 >

ア 熱交換器の大型化

イ 熱交換器の小型化

ウ 熱交換量の増大

< 11 の解答群 >

ア 増加

イ 減少

ウ 一定値に漸近

問題7は次の頁に続く

- (4) 図3に示すように、冷却面に水蒸気が接するとき、冷却面で水蒸気の凝縮が発生する。この場合、図3 (a) のように液が冷却面全体を濡らす膜状凝縮と、図3 (b) のように表面に多数の液滴が付着する滴状凝縮の二つの形態がある。この二つの形態を比較すると、冷却面における熱伝達率の値は 12 なる。

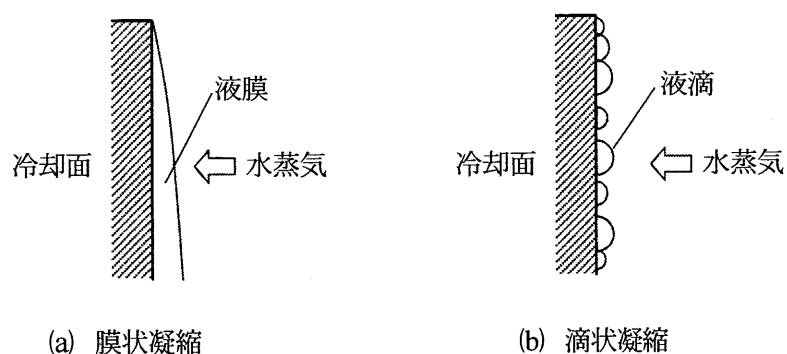


図3 冷却面における凝縮の形態

〈 12 の解答群 〉

- ア 滴状凝縮の方が大きく イ 膜状凝縮の方が大きく ウ 二つの形態ともほぼ同等と

(空 白)

(表紙からの続き)

(※1) 不正行為とみなされる行為

1. 使用禁止電卓、電子機器、通信機器等使用不可のものを使用する。(注1、注2参照)
2. 使用不可のものを定められた場所以外に置く。(注3参照)
3. 本、ノート、メモ等を見る。
4. 他の受験者と接触する。(他の受験者の答案を見る、会話をする、物品の貸し借りをを行う)
5. 試験開始の合図の前に試験問題を見る。
6. 試験終了の合図にもかかわらず解答を続ける。

注1) 試験中に使用可のもの

試験中に使用してもよいものは以下のものとし、それらのみ机の上に置いておくことができる。

- ・受験票(必ず置いておくこと)
- ・筆記用具(鉛筆、鉛筆削り、シャープペンシル、替え芯、プラスチック製消しゴム)
- ・時計機能のみの時計
- ・電卓1台(使用禁止ではないもの)
- ・眼鏡、拡大鏡

注2) 試験中に使用不可のもの

- ・携帯電話、スマートフォン、PC、タブレット端末、スマートウォッチ、電子ルーペ等の電子機器
- ・その他、通信機能を有するすべての機器(スマートグラス、補聴器、小型通信機等)
- ・使用禁止電卓(関数電卓、携帯電話などの電卓機能、数式等が記憶できる電卓、プログラム機能を有する電卓等)
- ・使用禁止のものが使用できないことによる事態には一切配慮しない。

注3) 定められた場所について

- ・使用不可の物は、試験中は鞆等にしまい、その口を閉め、簡単に取り出せないようにしておくこと。
- ・机の上だけでなく、机の棚板に置くこと、身につけておくこと(ポケットに入れる、手に持つ等)、その他利用可能な状態になっている場合は不正行為とみなす。

(※2) その他の問題解答上の注意事項

1. 問題は全て、、 … で示す設問番号付きの空欄の中に当てはまる字句等(字句、数値、式、記述、図、グラフ等を含む)を、該当する解答群から選択する形式であり、一つの設問に対する正答は唯一(順不同の問題を除く)である。概略数値を当てはめる設問で、「約」が付されている場合も正しい値に最も近い値のみを正答とする。
2. 、 … で示す設問のうち、同じ設問番号付きの空欄が複数箇所ある場合は、同じ設問番号の正答は同じ字句等である。
3. 一つの解答群から同じ字句等を2回以上用いてよい場合は、当該の設問においてその旨が明記されている。
4. 解答は、該当する解答群の字句等から正答を選択し、選択した字句等に付された「ア」、「イ」、「ウ」…の記号を答えるものとし、答案用紙(マークシート)の該当欄のその記号を、記入上の注意に従い正しく塗りつぶすこと。
5. 数値計算の結果をもとに解答群から正答を選択する問題においては次の点に留意すること。
 - ① 問題文中で与条件として示されている数値については、記載してある位より下の位は「0」であるものとし、十分に有効桁数が確保されている値として扱う。例えば、2.1kgの2.1は、2.100…と考える。特に、「 $\sqrt{3}=1.73$ とする。」などと特記がある問題については、真の値は1.7320…であるが、本試験においては、特記されている数値は与条件として扱い1.7300…として扱う。(重力の加速度、円周率なども同様)
 - ② ①を踏まえ、数値計算においては、全ての設問において計算過程を含めて十分に大きい有効桁数を確保して正しく計算した値を「計算結果の値」とする。
 - ③ 解答群の選択肢の数値のうち「計算結果の値」に最も近い値を数値計算における唯一の正答とする。