熱 分 野
専門区分

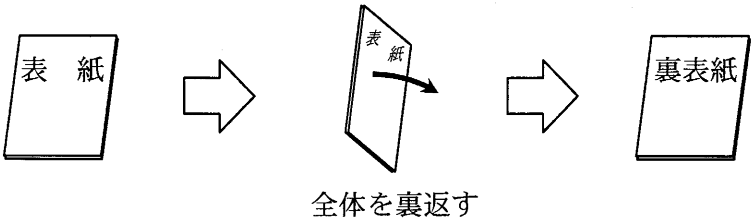
課目Ⅱ　熱と流体の流れの基礎

試験時間　１４：００～１５：５０（１１０分）　3時限

Ⅰ　全般的な注意

1．**試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。**
2．試験中に問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
3．問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
4．**答案用紙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」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
5．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。
6．試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。



全体を裏返す

指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

（熱力学の基礎）

問題4　次の各文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 7\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

また、$\boxed{\text{A}\,|\,\text{a.bc}}$ ～ $\boxed{\text{H}\,|\,\text{a.bc}}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。（配点計 50 点）

湿り空気は、乾き空気と水蒸気の混合気体である。ただし、水蒸気には、空気に混合できる限界濃度が存在し、それを超えると凝縮が生じる。その場合には飽和湿り空気となり、その水蒸気分圧は、そのときの温度における水の飽和蒸気圧に等しい。

ここでは、湿り空気を理想気体として扱うこととし、(1) では、湿り空気の各状態について考え、(2) では (1) で導かれた式や定義を用いて、湿り空気の状態変化を湿り空気線図上で具体的に考える。

(1)　いま、全圧が P [Pa]、体積が V [m^3]、絶対温度が T [K]、質量が M [kg] の湿り空気があり、そこに含まれる水蒸気の質量を m_v [kg]、分圧を p_v [Pa]、気体定数を R_v [J/(kg·K)] とし、乾き空気の気体定数を R_a [J/(kg·K)] とする。また、温度が T [K] のときの飽和湿り空気の水蒸気分圧（水の飽和蒸気圧）を p_{vs} [Pa] とする。

1)　このときの水蒸気の状態方程式は $\boxed{\ 1\ }$ である。

2)　同様に、このときの乾き空気の状態方程式は $\boxed{\ 2\ }$ である。

＜ $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 2\ }$ の解答群＞

ア　$p_v V = R_v T$　　イ　$PV = MR_v T$　　ウ　$p_v V = m_v R_v T$

エ　$(P - p_v)V = R_a T$　　オ　$(P - p_v)V = MR_a T$　　カ　$(P - p_v)V = (M - m_v)R_a T$

3)　このときの湿り空気の相対湿度を φ とすると、φ は p_v と p_{vs} を用いて $\boxed{\ 3\ }$ と表される。

4)　一方、湿り空気の絶対湿度とは、湿り空気に含まれる水蒸気の質量を、乾き空気 1 kg 当たりで表したものであり、この湿り空気の絶対湿度 x は、M と m_v を用いて表せば $\boxed{\ 4\ }$ [kg/kg(DA)]

となる。ここで、絶対湿度の単位は [kg/kg] であるが、乾き空気 1kg 当たりであることを明示する場合には、乾き空気の質量を [kg(DA)] で表し、[kg/kg(DA)] と表記する。

湿り空気の絶対湿度は、P、p_v、R_v 及び R_a を用いると $\boxed{\quad 5 \quad}$ [kg/kg(DA)]と表すことができる。

＜ $\boxed{\ 3\ }$ ～ $\boxed{\ 5\ }$ の解答群＞

ア $\dfrac{p_{vs}-p_v}{p_{vs}}$　イ $\dfrac{p_v}{p_{vs}}$　ウ $\dfrac{p_{vs}}{P}$　エ $\dfrac{m_v}{M}$

オ $\dfrac{m_v}{M-m_v}$　カ $\dfrac{M-m_v}{M}$　キ $\dfrac{p_v}{P-p_v}\times\dfrac{R_v}{R_a}$　ク $\dfrac{p_v}{P-p_v}\times\dfrac{R_a}{R_v}$

ケ $\dfrac{P-p_v}{p_v}\times\dfrac{R_v}{R_a}$　コ $\dfrac{P-p_v}{p_v}\times\dfrac{R_a}{R_v}$

5) 湿り空気の状態は湿り空気線図を用いて表すことができる。湿り空気線図における諸量は、絶対湿度と同様に乾き空気 1kg 当たりとして表示されており、湿り空気の比エンタルピー h [kJ/kg(DA)] は、乾き空気の比エンタルピー h_a [kJ/kg]、水蒸気の比エンタルピー h_v [kJ/kg]、及び湿り空気の絶対湿度 x を用いて $\boxed{\quad 6 \quad}$ [kJ/kg(DA)] と表される。

なお、湿り空気線図では、湿り空気の比エンタルピーは、0 ℃ の乾き空気及び 0 ℃ の飽和水の比エンタルピーを 0 kJ/kg として表す。

＜ $\boxed{\ 6\ }$ の解答群＞

ア $h=h_a+xh_v$　イ $h=h_a+\dfrac{x}{1+x}h_v$　ウ $h=h_a+\dfrac{x}{1-x}h_v$

問題 4 の (2) は次の 3 頁及び 4 頁にある

(2) 図に示す湿り空気線図で、乾球温度 t =30 ℃、相対湿度 φ =40 % の湿り空気が、流量 9 430 m^3/h にて冷却器に流入し、乾球温度 20 ℃まで冷却される場合と、乾球温度 10 ℃まで冷却される場合について考える。ただし、冷却するときに湿り空気は均一に冷却されるものとし、全体が湿り空気の飽和蒸気温度になるまで凝縮は生じないものとする。

ここで、乾き空気の気体定数 R_a を 287.1 J/(kg・K)、水蒸気の気体定数 R_v を 461.7 J/(kg・K)とし、全圧 P は 101.3 kPa で一定とする。

1) 流入する湿り空気中の乾き空気の質量流量を求める。図より、この湿り空気の、乾き空気 1kg 当たりの体積 v は 0.873 m^3/kg(DA) であり、湿り空気の体積流量が 9 430 m^3/h であるから、湿り空気中の乾き空気の質量流量は | A | a.bc | [kg/s] となる。

2) 冷却器に流入する乾球温度 30 ℃、相対湿度 40 % の湿り空気の比エンタルピーは、湿り空気線図より 57.5kJ/kg(DA) であるが、絶対湿度 x_1 は、表の飽和湿り空気の水蒸気分圧を用いて計算すると | B | a.bc | $\times 10^{-2}$ [kg/kg(DA)] となる。

3) 乾球温度 20 ℃まで冷却される場合には、飽和湿り空気状態に達しないので、| 7 | 湿度は一定である。よって、湿り空気線図から、乾球温度 20 ℃における湿り空気の比エンタルピーは | C | a.bc | $\times 10$ [kJ/kg(DA)] であることが分かる。

以上により求められた、乾球温度 30 ℃と 20 ℃の湿り空気の比エンタルピー及び乾き空気の質量流量から、乾球温度 20 ℃まで下げるために必要な冷却熱量は、| D | a.bc | $\times 10$ [kW] となる。

4) 一方、乾球温度 10 ℃まで冷却される場合には、14.7 ℃で湿り飽和空気となり、この温度以下では凝縮が生じる。乾球温度 10 ℃まで冷却したときの状態は飽和線上にあるので、そのときの絶対湿度 x_2 は、表の飽和湿り空気の水蒸気分圧を用いて計算すると | E | a.b | $\times 10^{-3}$ [kg/kg(DA)] となり、この冷却により、絶対湿度は | F | a.b | $\times 10^{-3}$ [kg/kg(DA)] 減少し、凝縮水となる。また、そのときの湿り空気の比エンタルピーは、湿り空気線図から | G | a.bc | $\times 10$ [kJ/kg(DA)] である。

以上より、もとの乾球温度 30 ℃、相対湿度 40 %の湿り空気の状態から乾球温度 10 ℃まで下げるために必要な冷却熱量は、| H | a.bc | $\times 10$ [kW] となる。ただし、凝縮した水蒸気は凝縮水

となって放出されるが、その質量は保存されるため、凝縮水の保有する熱量を考慮する必要がある。ここで、凝縮水はすべて 10 ℃であると仮定し、そのときの比エンタルピーは 42.02 kJ/kg とする。

< 7 の解答群>

ア 絶対　　　　イ 相対　　　　ウ 比較

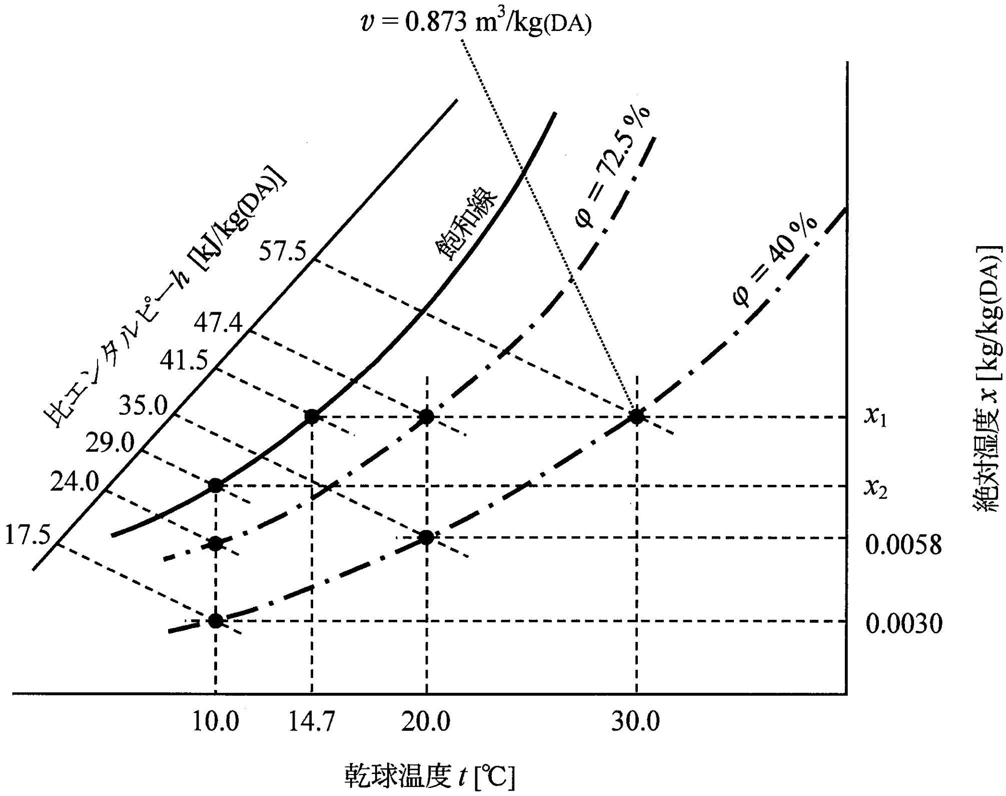


図　湿り空気線図

表　飽和湿り空気の水蒸気分圧

温度 [℃]	飽和湿り空気の水蒸気分圧 [kPa]
10.0	1.2282
14.7	1.6737
20.0	2.3392
30.0	4.2467

（熱力学の基礎）

問題5 次の各文章の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 14\ }$ の中に入れるべき最も適切な字句をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、$\boxed{\ 9\ }$ は3箇所、$\boxed{\ 2\ }$、$\boxed{\ 5\ }$ 及び $\boxed{\ 12\ }$ は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

また、$\boxed{A \mid a.bc}$ ～ $\boxed{F \mid ab.c}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入することとし、水蒸気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。（配点計50点）

次の T-s 線図に示すような蒸気原動所の理論サイクルについて考える。ここで、T は絶対温度、h は比エンタルピー、s は比エントロピー、符号 $'$ は飽和水、符号 $''$ は乾き飽和蒸気の状態を表し、T-s 線図上に示した1～6は作動流体である水の熱力学的状態を示す番号である。

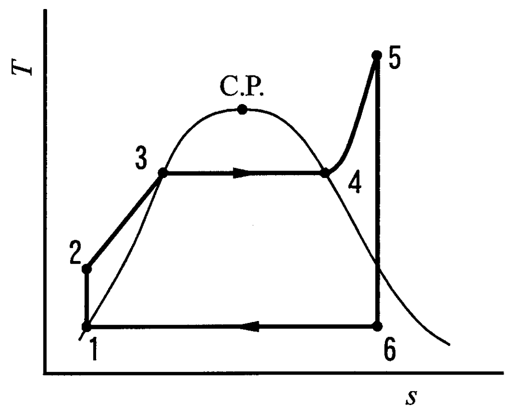


図　T-s 線図

1）T-s 線図に示した蒸気原動所の理論サイクルは、$\boxed{\ 1\ }$ サイクルと呼ばれている。

＜ $\boxed{\ 1\ }$ の解答群 ＞

ア　オットー　　イ　カルノー　　ウ　ディーゼル　　エ　ブレイトン

オ　ランキン

2) 理論サイクルでは、図中の2から5に至る過程及び6から1に至る過程は、共に $\boxed{\ 2\ }$ 変化となり、図中の1から2に至る過程及び5から6に至る過程は、共に $\boxed{\ 3\ }$ 変化となる。

復水器内において図中の6から1に至り、1で $\boxed{\ 4\ }$ となった水は、給水ポンプにより加圧された後、ボイラに送られ、図に示されるように2に至る。2は、T–s 線図上で $\boxed{\ 5\ }$ の左側の領域に入るが、この状態の水を $\boxed{\ 6\ }$ と呼び、水の温度がその圧力に対する飽和温度より $\boxed{\ 7\ }$ 状態を表す。

ボイラにおいて、水を加熱すると、2から3に至り、その後は、$\boxed{\ 2\ }$ かつ $\boxed{\ 8\ }$ のもとで、3から4に至るまでの間は $\boxed{\ 9\ }$ の状態となる。

4で $\boxed{\ 10\ }$ となった後、さらに加熱され5の $\boxed{\ 11\ }$ になる。これが蒸気タービンに送られ $\boxed{\ 12\ }$ することにより仕事を発生する。

蒸気タービンで $\boxed{\ 12\ }$ した後の6は、$\boxed{\ 5\ }$ と $\boxed{\ 13\ }$ の内側にあるため、$\boxed{\ 9\ }$ である。

蒸気タービンを出た $\boxed{\ 9\ }$ は、復水器において $\boxed{\ 14\ }$ されて1の状態となる。

〈 $\boxed{\ 2\ }$ ～ $\boxed{\ 14\ }$ の解答群 〉

ア 圧縮	イ 膨張	ウ 加熱	エ 冷却
オ 圧縮水	カ 過熱蒸気	キ 乾き飽和蒸気	ク 湿り蒸気
ケ 超臨界水	コ 飽和液線	サ 飽和蒸気線	シ 飽和水
ス 等圧	セ 等エントロピー	ソ 等温	タ 等容
チ 低い	ツ 高い		

問題5の3)は次の7頁にある

3) この理論サイクルで、次に示す条件で蒸気原動所を運転したときの蒸気タービンの出力を求める。

まず、ボイラに加えられる熱量を求める。2 の温度を 50 ℃、圧力を 5 MPa とし、5 の温度を 500 ℃とすると、水 1 kg 当たりに加えられる熱量は、表の値を使うと $\boxed{\text{A} \mid \text{a.bc}}$ $\times 10^3$ [kJ/kg] となる。

次に、蒸気タービンで仕事を取り出し、復水器内に入った状態 6 の温度が 40 ℃ であったとする。6 の比エントロピーは 5 から求まるので、状態 6 の乾き度 x は $\boxed{\text{B} \mid \text{a.bc}}$ $\times 10^{-1}$ となる。この乾き度を使うと 6 の比エンタルピーが計算でき、$\boxed{\text{C} \mid \text{a.bc}}$ $\times 10^3$ [kJ/kg] となる。すなわち、5 から 6 の過程で水 1 kg 当たりに蒸気タービンで得られる仕事は、$\boxed{\text{D} \mid \text{a.bc}}$ $\times 10^3$ [kJ/kg] となり、2 から 5 の過程で加えられた熱量を考慮すると、熱効率は $\boxed{\text{E} \mid \text{ab.c}}$ [%] となる。

ボイラでの蒸気発生量が 100 t/h であるとすると、この蒸気原動所の蒸気タービン出力は、$\boxed{\text{F} \mid \text{ab.c}}$ [MW] となる。

表 1　飽和表 (温度基準) (抜粋)

温度 [℃]	比エンタルピー [kJ/kg]		比エントロピー [kJ/(kg·K)]	
	h'	h''	s'	s''
40	167.54	2 573.54	0.572 4	8.255 7

表 2　圧縮水及び過熱蒸気表 (抜粋)

温度 [℃]	圧力 [MPa]	比エンタルピー [kJ/kg]	比エントロピー [kJ/(kg·K)]
		h	s
50	5	213.63	0.701 5
500	5	3 434.48	6.977 8

（空　白）

（流体工学の基礎）

問題6　次の各問に答えよ。（配点計 50 点）

(1) 次の文章の $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ の中に入れるべき最も適切な字句を＜ $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ の解答群＞から選び、その記号を答えよ。

粘性流体が、静止した壁面に沿って流れると壁面上では流体速度は 0 となるため、壁面近傍には流体速度が急変する領域が生じる。この領域を $\boxed{1}$ と呼ぶ。この領域では、粘性係数と $\boxed{2}$ に比例した式で与えられるせん断応力が流体に作用し、壁面に作用する粘性抵抗をもたらす。なお、このせん断応力は $\boxed{3}$ と同じ単位を有している。

前述の流体速度が急変する領域では、一般に、下流に進むと流れが層流から乱流に遷移し、不規則な速度変動を示すようになる。乱流への遷移は $\boxed{4}$ と呼ばれる無次元数で判断できる。

一方、粘性のない流体は $\boxed{5}$ と呼ばれている。

＜ $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ の解答群＞

ア　グラスホフ数	イ　ヌセルト数	ウ　プラントル数	エ　レイノルズ数
オ　エンタルピー	カ　ヘッド	キ　圧力	ク　速度勾配
ケ　平均速度	コ　ニュートン流体	サ　完全流体	シ　希薄気体
ス　非圧縮性流体	セ　混合層	ソ　速度境界層	タ　はく離層
チ　衝撃波			

(2) 次の各文章の $\boxed{\text{A}\ \big|\ \text{a.b}\times10^{\text{c}}}$ ～ $\boxed{\text{C}\ \big|\ \text{a.b}\times10^{\text{c}}}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

1) 流れの中に鈍頭物体を置くと物体の先端で流れはせき止められ、その点の圧力が上昇する。ここで、流速を 15 m/s、流体の密度を 1.2 kg/m^3 とすると、圧力の上昇は $\boxed{\text{A}\ \big|\ \text{a.b}\times10^{\text{c}}}$ [Pa] となる。

2) 高速気流中に置かれた温度計を考える。温度計の感温部である先端では流れがせき止められ、断熱圧縮により、気体温度は周囲温度より高い状態になる。ここで、気体を理想気体とし、気流速度を200 m/s、気体の定圧比熱を1 kJ/(kg·K)とすると、せき止めによる昇温は $\boxed{\text{B}\ \big|\ \text{a.b}\times10^{\text{c}}}$ [K] となる。

3) ポンプが流体に行う仕事を考える。その仕事によって流体の力学的エネルギーが増加し、全揚程が定まる。ここで、ポンプの軸動力を 5 kW、ポンプ効率を 68.6 %、流体の体積流量を 0.6 m^3/min、流体の密度を 1 000 kg/m^3、重力の加速度を 9.8 m/s^2 とすると、全揚程は $\boxed{\text{C}\ \big|\ \text{a.b}\times10^{\text{c}}}$ [m] となる。

問題 6 の (3) は次の 11 頁にある

(3) 次の各文章の $\boxed{6}$ ～ $\boxed{10}$ の中に入れるべき最も適切な字句、式又は記述を＜ $\boxed{6}$ ～ $\boxed{10}$ の解答群 ＞から選び、その記号を答えよ。

1) ボイラの蒸発管では、液相で流入した流体は蒸発管を上昇しながら加熱され、蒸気へと相変化する。その際、蒸気の体積割合である $\boxed{6}$ が下流に向かって徐々に増大する。その増大に伴って蒸発管内部での流動様式が変化し、大きな合体気泡が生じて $\boxed{7}$ になると、流れの脈動が激しくなる。

2) 大きな容器に蓄えられた気体を、先細ノズルを用いて周囲の低圧雰囲気に放出する場合、周囲の気体の圧力を徐々に下げていくと、先細ノズル先端での流速は徐々に増大し、やがて音速に達する。このときの、ノズル先端での気体の温度を T_e とし、気体を、比熱比 κ 、気体定数 R の理想気体とすると、音速は式 $\boxed{8}$ で与えられる。周囲の気体の圧力をさらに下げた場合、ノズル先端での流速は $\boxed{9}$ 。

3) 送風機やポンプの形式を選定する上での重要な指標として比速度がある。

このうち、送風機の比速度は次式で表される。

$$比速度=回転数\times\frac{\sqrt{風量}}{\left(\boxed{10}\right)^{\frac{3}{4}}}$$

＜ $\boxed{6}$ ～ $\boxed{10}$ の解答群 ＞

ア $\sqrt{\kappa R T_e}$	イ $\sqrt{\kappa\times\frac{1}{RT_e}}$	ウ $\sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1}\times RT_e}$	エ $\sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1}\times\frac{1}{RT_e}}$
オ スラグ流	カ 環状噴霧流	キ 希薄流	ク 噴霧流
ケ スリップ比	コ ボイド率	サ 乾き度	シ 効率
ス 軸動力	セ 湿り度	ソ 全揚程	タ 断熱圧縮ヘッド
チ 変わらない	ツ 減少する	テ 増大する	

（空　白）

（空　白）

（伝熱工学の基礎）

問題７　次の各問に答えよ。（配点計 50 点）

(1) 次の各表の $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ の中に入れるべき最も適切な字句を＜ $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ の解答群 ＞から選び、その記号を答えよ。

1) 表１は、熱伝導と熱伝達、強制対流、及び自然対流の各現象を特徴づける無次元数と無次元数の示す意味の組み合わせである。

表１

現象	現象を特徴づける無次元数	無次元数の意味
熱伝導と熱伝達	ビオ数	$\boxed{3}$
強制対流	$\boxed{1}$	慣性力と粘性力の比
自然対流	$\boxed{2}$	浮力と粘性力の比

2) 表２は、熱移動と物質移動のアナロジー（相似性）に基づく無次元数の組み合わせである。

表２

現象	現象を特徴づける無次元数	速度境界層の発達の速さと、温度境界層あるいは濃度境界層の発達の速さとの関係を表す無次元数	境界層
熱移動	$\boxed{4}$	プラントル数	温度境界層
物質移動	シャーウッド数	$\boxed{5}$	濃度境界層

＜ $\boxed{1}$ ～ $\boxed{5}$ の解答群 ＞

ア　グラスホフ数　　イ　グレツ数　　ウ　シュミット数

エ　ヌセルト数　　オ　フーリエ数　　カ　レイノルズ数

キ　固体内の熱伝導と表面での熱伝達の比

ク　流体内の熱伝導と表面での熱伝達の比

ケ　動粘性率と熱拡散率の比

問題７の(2)及び(3)は次の 15 頁～18 頁にある

(2) 次の各文章の $\boxed{\ 6\ }$ ～ $\boxed{\ 10\ }$ の中に入れるべき最も適切な数値、式又は図を＜ $\boxed{\ 6\ }$ ～ $\boxed{\ 10\ }$ の解答群＞から選び、その記号を答えよ。

建物の省エネルギー性や防音性を高めるために２重ガラスの窓が用いられることがある。ここで、ガラス窓を通しての対流と熱伝導による熱の通過を、１枚ガラスの場合と２重ガラスの場合で考える。なお、ガラスの仕様は次のとおりとする。

大きさ：高さ 1200mm×幅 1700mm

厚さ：3mm

熱伝導率：1 W/(m・K)

1) 図１に示すようにガラスが１枚の場合において、ガラスの面積を A [m^2]、厚さを l_G [m]、熱伝導率を k_G [W/(m・K)] とし、高温側の空気温度を T_1 [℃]、対流熱伝達率を h_1 [W/(m^2・K)]、低温側の空気温度を T_2 [℃]、対流熱伝達率を h_2 [W/(m^2・K)] とする。

ふく射による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 [W/(m^2・K)] は、一般に次式で与えられる。

$$K = \frac{1}{\dfrac{1}{h_1} + \dfrac{l_G}{k_G} + \dfrac{1}{h_2}} \qquad \cdots\cdots\cdots ①$$

また、そのときの通過熱量 Q [W] は次式で与えられる。

$$Q = \boxed{\ 6\ } \qquad \cdots\cdots\cdots ②$$

例えば、冬の夜に室温が 20 ℃で外気温が 5 ℃ のとき、１枚ガラスの場合は、このガラス窓を通して対流と熱伝導により室内から室外に放出される熱量 Q は、②式より約 $\boxed{\ 7\ }$ [W] となる。ただし、ガラス表面での対流熱伝達率は、室内側が 10 W/(m^2・K)、室外側が 20 W/(m^2・K) であるとする。

2) 次に、図２に示すように、２重ガラスにした場合において、1) に加えガラス間の隙間の大きさを l_A [m]、空気の熱伝導率を k_A [W/(m・K)] とする。

ガラス間での対流を無視し、１枚ガラスと同様にふく射による伝熱を無視すると、ガラス窓を通しての熱通過率 K' [W/(m^2・K)] は、次式で与えられる。

$$K' = \boxed{\ 8\ } \qquad \cdots\cdots\cdots ③$$

ガラス間の隙間 l_A を 6 mm、空気の熱伝導率 k_A を 0.025 W/(m·K) として、それ以外の条件は 1 枚ガラスの場合と同じとした場合、ガラス窓を通して対流と熱伝導により室内から室外に放出される熱量は、ガラス 1 枚の場合の約 $\boxed{\ 9\ }$ [%] となる。また、この場合の温度分布を図で示すと、定性的に $\boxed{\ 10\ }$ のようになる。

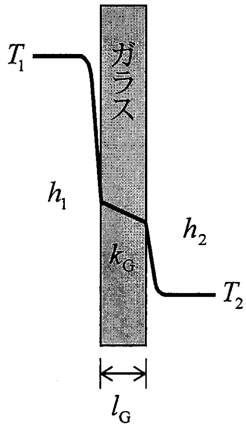


図 1　1 枚ガラスの場合

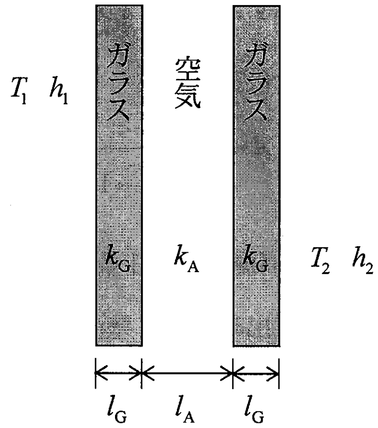


図 2　2 重ガラスの場合

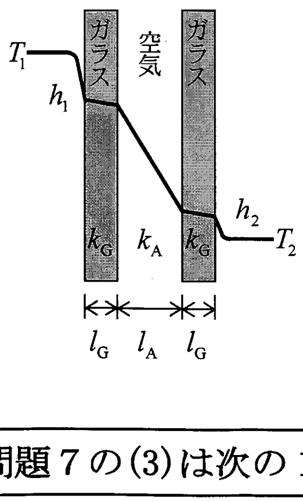
< $\boxed{\ 6\ }$ ～ $\boxed{\ 10\ }$ の解答群 >

ア 30　　イ 40　　ウ 50　　エ 160　　オ 180　　カ 200

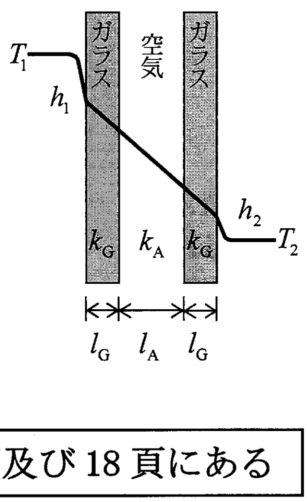
キ $AK(T_1 - T_2)$　　ク $A\dfrac{1}{K}(T_1 - T_2)$　　ケ $AK\dfrac{T_1 + T_2}{2}$

コ $\dfrac{1}{\dfrac{1}{h_1} + \dfrac{l_G}{k_G} + \dfrac{l_A}{k_A} + \dfrac{1}{h_2}}$　　サ $\dfrac{1}{\dfrac{1}{h_1} + 2 \times \dfrac{l_G}{k_G} + \dfrac{l_A}{k_A} + \dfrac{1}{h_2}}$　　シ $\dfrac{1}{\dfrac{1}{h_1} + \dfrac{1}{2} \times \dfrac{l_G}{k_G} + \dfrac{l_A}{k_A} + \dfrac{1}{h_2}}$

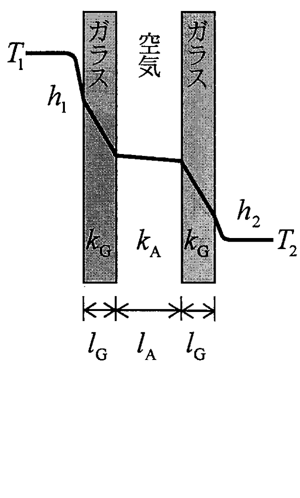
ス



セ



ソ



問題 7 の (3) は次の 17 頁及び 18 頁にある

(3) 次の各文章の $\boxed{11}$ ～ $\boxed{13}$ の中に入れるべき最も適切な数値又は式を＜ $\boxed{11}$ ～ $\boxed{13}$ の解答群＞から選び、その記号を答えよ。なお、 $\boxed{11}$ は2箇所あるが、同じ記号が入る。

また、 $\boxed{\text{A} \mid \text{a.b}\times 10^{\text{c}}}$ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

1) 図3に示すような、十分に大きな二つの平行な壁面間での放射伝熱量 Q [W] は次式で与えられる。

$$Q = A\times\frac{\sigma}{\dfrac{1}{\varepsilon_1}+\dfrac{1}{\varepsilon_2}-1}\times\boxed{11} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots④$$

ここで、高温側壁面1及び低温側壁面2の面積を A [m^2]、壁面1の射出率を ε_1、壁温を T_1 [K]、壁面2の射出率を ε_2、壁温を T_2 [K]とする。また、σ はステファン・ボルツマン定数と呼ばれ、$\sigma = 5.67\times 10^{-8}$ W/(m^2·K^4) である。

例えば、壁面1の壁温が1000℃、射出率0.8、壁面2の壁温が300℃、射出率0.8の場合、単位面積当たりの放射伝熱量は $\boxed{\text{A} \mid \text{a.b}\times 10^{\text{c}}}$ [W/m^2]となる。

2) 一方、図4に示すように、壁面1と壁面2の間に射出率 ε_s の十分に薄い遮へい板を置いたときの放射伝熱量 Q' [W] は、次式で与えられる。

$$Q' = A\times\boxed{12}\times\boxed{11} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots⑤$$

遮へい板の両面の射出率 ε_s が0.1であるとし、それ以外の条件は遮へい板がない場合と同じとしたとき、④及び⑤式より、放射伝熱量 Q' は、遮へい板がない場合の約 $\boxed{13}$ [%]となる。

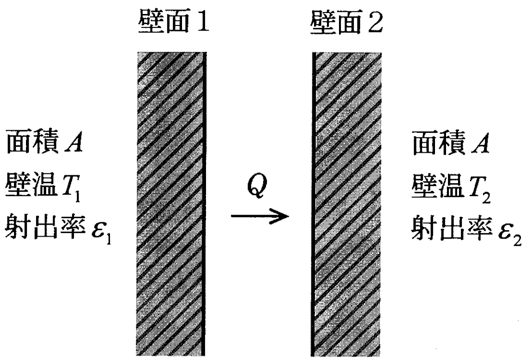


図3

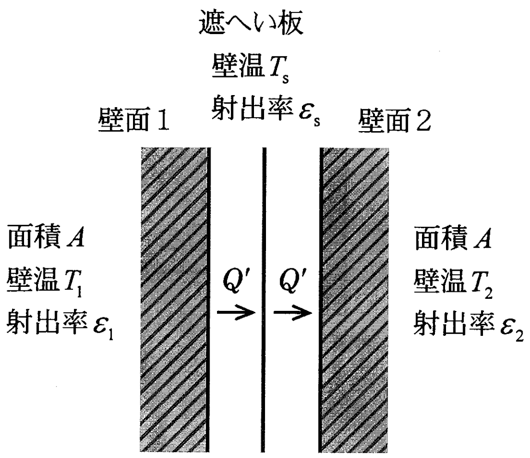


図4

＜ $\boxed{11}$ ～ $\boxed{13}$ の解答群＞

ア　7

イ　14

ウ　21

エ　$\left(T_1^4 - T_2^4\right)$

オ　$\left(T_1 - T_2\right)^4$

カ　$\dfrac{T_1^4 + T_2^4}{2}$

キ　$\left(\dfrac{T_1 + T_2}{2}\right)^4$

ク　$\dfrac{\sigma}{\dfrac{1}{\varepsilon_1} + \dfrac{1}{\varepsilon_2} + \dfrac{1}{\varepsilon_s} - 1}$

ケ　$\dfrac{\sigma}{\dfrac{1}{\varepsilon_1} + \dfrac{1}{\varepsilon_2} + \dfrac{1}{\varepsilon_s} - 2}$

コ　$\dfrac{\sigma}{\dfrac{1}{\varepsilon_1} + \dfrac{1}{\varepsilon_2} + \dfrac{2}{\varepsilon_s} - 2}$

サ　$\dfrac{2\varepsilon_s \sigma}{\dfrac{1}{\varepsilon_1} + \dfrac{1}{\varepsilon_2} + 1}$

（表紙からの続き）

Ⅱ　解答上の注意

1．問題の解答は、該当欄にマークすること。

2．$\boxed{\ \ 1\ \ }$、$\boxed{\ \ 2\ \ }$ などは、解答群の字句、数値、式、図などから当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。

3．$\boxed{\text{A}\ |\ \text{a.bc}}$、$\boxed{\text{B}\ |\ \text{a.bc}\times10^{\text{d}}}$ などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「⓪,①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨」（ただし、a は⓪以外とする）を塗りつぶすこと。

また、計算をともなう解答の場合は以下によること。

⑴ **解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。**

このとき、解答すべき数値の計算過程においても、すべて最小位よりも一つ下の位まで計算し、最後に四捨五入すること。

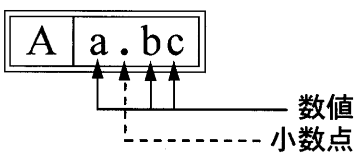
⑵ 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

⑶ 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、「**解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。**」を満足しているものとする。

例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100 …と考える。特に円周率などの場合、実際は π＝ 3.1415… であるが、π＝3.14 で与えられた場合は、3.1400…として計算すること。

「解答例１」

（設問）



（計算結果）

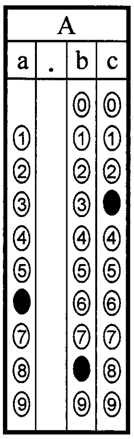
6.827……

↓　四捨五入

6.83

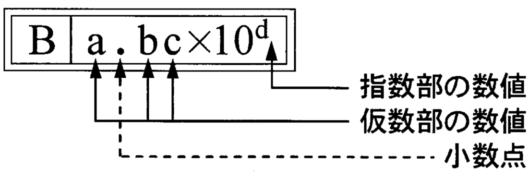
（解答）

「6.83」に
マークする　⇨



「解答例２」

（設問）



（計算結果）

9.183×10^2

↓　四捨五入

$9.18\ \times10^2$

（解答）

「9.18×10^2」に
マークする　⇨