

熱分野
専門区分

課目Ⅳ 熱利用設備及びその管理
試験時間 14:00～15:50 (110分)

3時限目

必須 問題11, 12	計測及び制御	1～7 ページ
必須 問題13, 14	ボイラ、蒸気輸送・貯蔵装置、 蒸気原動機・内燃機関・ガスタービン	9～15 ページ

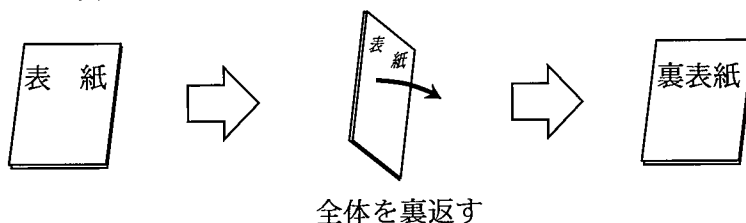
次の問題15から問題18までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題15	熱交換器・熱回収装置	} 2問題を選択	17～19 ページ
選択 問題16	冷凍・空気調和設備		20～22 ページ
選択 問題17	工業炉、熱設備材料		24～27 ページ
選択 問題18	蒸留・蒸発・濃縮装置、 乾燥装置、乾留・ガス化装置		29～32 ページ

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。



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。

(計測及び制御)

問題 11 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。なお、, 及び は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計50点)

(1) 温度計には種々の原理のものがある。次の記述は、ある温度計について説明したものである。

1) 材質の異なる2本の の両端を接続して回路を構成し、2つの接点を異なった温度に保つと、ゼーベック効果により回路に が生じる。この大きさは、2本の材質が決まれば によってのみ決まる。したがって、一方の接点の温度を一定に保ち、この回路に生じる を測定することにより、もう一方の接点の温度を知ることができる。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|-----------|---------|----------|
| ア 起電力 | イ 電荷 | ウ 電気抵抗 |
| エ 金属線 | オ 炭素繊維 | カ 半導体線 |
| キ 回路の最高温度 | ク 回路の抵抗 | ケ 両接点の温度 |

2) 1) で示した原理を利用して温度を計測しているのが である。

< の解答群 >

- | | | |
|------------|---------|-------|
| ア サーミスタ温度計 | イ 測温抵抗体 | ウ 熱電対 |
|------------|---------|-------|

(2) 流量計には種々の原理のものがある。次の記述は、2種類の流量計について説明したものである。

1) 内部に流体が流れているU字形の管を上下に振動させると、この流体の 流量に比例する力が流体に発生する。この力の方向は流れの方向により変わり、U字形の管がねじられる。この原理を利用したのが 流量計である。この流量計では、基本振動に対するねじれ角をコイルとマグネットによって検出し、 流量を測定している。管にはU字形の他にS形、B形、らせん形、 Ω 形、直管形など多くの種類が用いられている。

〈 5 及び 6 の解答群 〉

ア コリオリ式 イ 差圧式 ウ 熱式 エ 容積式
オ 質量 カ 積算 キ 体積

2) 加熱した物体に流体を接触させると、流体は物体から熱を奪って温度が上昇する。このとき、単位時間に移動する熱量は、(流体の 7) × (流体の温度上昇) × (流体の 8 流量) に比例する。この原理に基づいて 8 流量を測定するのが 9 流量計である。

この流量計は、流体の流れる細管の上流側と下流側の2箇所に、同一の電流が流れる、温度センサーを兼ねた抵抗体が巻かれた仕組みになっている。細管内に流体が流れると、上流側の抵抗体の温度は低下し、下流側の抵抗体の温度は上昇する。この温度差を検出することで 8 流量が測定できる。

なお、流量が大きい流量計においては、主流から分岐したバイパス流が計測用の細管を流れる構造となっており、主流内のフローエレメントにより両者の流量比は一定に保たれている。

〈 7 ～ 9 の解答群 〉

ア コリオリ式 イ 差圧式 ウ 熱式 エ 容積式
オ 質量 カ 積算 キ 体積 ク 定圧比熱
ケ 定容比熱 コ 比重 サ 比熱比

3) 1) 及び 2) の流量計のうち、一般の流体だけでなく固形物を含む液、高粘度液、高圧気体の測定にも適しているのは、 10 流量計である。

〈 10 の解答群 〉

ア コリオリ式 イ 差圧式 ウ 熱式 エ 容積式

問題 11 は次の頁に続く

(3) 圧力計には液柱式圧力計やブルドン管圧力計など種々の方式がある。

1) 両端が開放されたU字形の管に液体を入れ、一端に圧力を加えると、管内の液体は押されて移動し、二液面間の液位差と加えた圧力がバランスしたところで停止する。この原理を利用して液位差から圧力を求めるのが液柱式圧力計である。

液柱式圧力計を用いて管の端部1に測定圧力 p を加え、端部2を大気に開放したとき、液位差が示す圧力の測定値は と呼ばれる。例えば、標準気圧の大気中で、管の端部1の液面が端部2の液面よりも低くなり、液位差が示す圧力の値が 0.01 MPa と読み取れる場合、圧力 p は絶対圧で [MPa] である。

< 及び の解答群 >

ア 0.01 イ 0.09 ウ 0.11 エ 0.99 オ 1.01 カ ゲージ圧
キ 絶対圧 ク 全圧

2) 配管などの圧力測定に用いられているブルドン管は、 式圧力計の一種である。断面が楕円型などの扁平な断面を持つ管の一端を閉じ、C字形・渦巻き形・つる巻き形などの形に巻き、他端から圧力を加えると、巻かれた管はほどける方向に動く。ブルドン管圧力計はこのことを利用しており、閉じた先端の変位量はほぼ する。

ブルドン管圧力計は構造が簡単で比較的安価に製作でき、管の材料・寸法を選べば非常に広い範囲の測定が可能である。また、測定に当たって外部からのエネルギーは必要としない。

< 及び の解答群 >

ア 液柱 イ 重錘 ウ 弾性 エ 圧力に比例 オ 圧力に反比例
カ 圧力の平方根に比例 キ 圧力の平方根に反比例

(空 白)

(計測及び制御)

問題 12 次の各文章の 1 ~ 13 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、1 及び 3 は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 図は水管ボイラの制御系を示したものである。水管ボイラは、燃焼熱を発生する火炉と水管群やドラムのボイラ本体から構成されている。ボイラは燃焼、伝熱、圧力及び温度などの変化が同時並行し、関連しながら蒸気を発生するため、多変数制御系とみることができる。

その主な制御としては、蒸気需要の変動により変化するドラム圧力を一定に保つ「圧力制御」やドラム液面を維持する「液面制御」などがある。

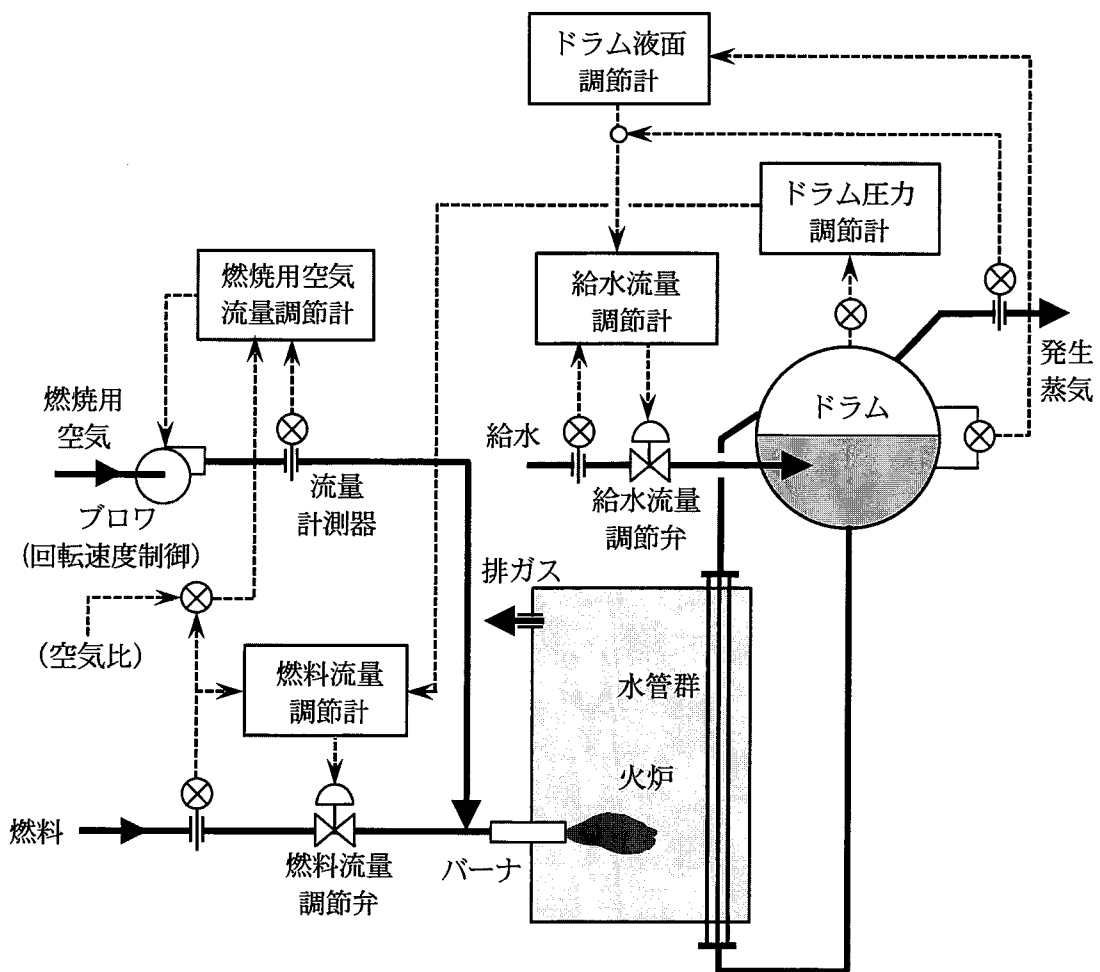


図 水管ボイラの制御系

1) ドラム圧力制御では、火炉の燃焼量を増減することによりドラム圧力を一定としている。具体的には、ドラム圧力調節計の出力により燃料流量調節計の設定値を与えている。このような調節計の階層構造を用いた制御を と呼ぶ。ここで、ドラム圧力調節計を 調節計、燃料流量調節計を 調節計と呼ぶ。

また、 を採用することにより、燃料系の供給圧の変動といった外乱を 調節計で吸収することにより、それがドラム圧力の変動に及ぶことを防止できる。

2) 燃焼においては、燃焼用空気の量が排ガスからの損失熱量を左右する。そこで、燃料流量と燃焼用空気流量の関係を適正に保つための を適用することにより燃焼用空気流量を調節し、目標とする空気比が維持できるように制御している。

< ~ の解答群 >

ア カスケード制御 イ シーケンス制御 ウ フィードバック制御
エ フィードフォワード制御 オ プログラム制御 カ 追値制御
キ 比率制御 ク 一次 ケ 二次 コ 主 サ 従 シ 副

3) 燃焼用空気は、ブロワにより送気される。その流量を制御するのに、一般にはブロワのベーンで調整することが多いが、この図の例では、ブロワ動力の低減を図るため、広範な流量で最も動力の低減効果が優れるとされる、ブロワの回転速度制御により流量調整されている。これには、一般的に 制御が使用される。

< の解答群 >

ア インバータ イ コンバータ ウ リアクトル

(2) ドラム圧力制御やドラム液面制御等の調節計には、一般にPID動作を採用している。

1) PID動作のP動作とは比例動作のことで、偏差(目標値-測定値)に比例した制御出力を出す。P動作の調整パラメータPBは比例帯と呼ばれる。P動作だけを使用した場合に、比例帯の広さを過剰に すると、計測値は波を打つように変動する。比例帯の広さを すると、偏差に対する調節計出力の変化は小さくなるため、測定値が波を打つことはなくなるが、測定値の動きはゆっくりしたものになり、かつ最終値に偏差が残ることがある。これを という。この偏差の大きさは、一般に比例帯が広いほど 。

< ~ の解答群 >

ア オフセット イ サイクリング ウ 外乱 エ 大きい
オ 小さい カ 狭く キ 広く

2) この偏差を解消するには、積分動作(I動作ともいう)を加える必要がある。その調整パラメータ T_I は積分時間と呼ばれる。

i) 積分時間が長いと、積分動作分の出力は 変化する。

ii) 積分時間が過剰に と、測定値は波を打つようになる。これを積分性のハンチングという。

< 及び の解答群 >

ア ゆっくりと イ 急激に ウ 長い エ 短い

3) 測定値の変化速度に比例した出力を出すのが微分動作(D動作ともいう)であり、その調整パラメータ T_D は微分時間と呼ばれる。

i) 微分時間が長いと、微分動作分の出力は なる。

ii) 微分時間が過剰に と、測定値は波を打つようになる。

< 及び の解答群 >

ア 大きく イ 小さく ウ 長い エ 短い

(空 白)

(ボイラ、蒸気輸送・貯蔵装置、蒸気原動機・内燃機関・ガスタービン)

問題 13 次の文章の ～ 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。

また、 ～ 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)

(1) 蒸気を発生するボイラの熱効率を管理することや熱効率向上対策を検討するとき、ボイラに投入された熱量のうち、有効利用されなかった熱量(損失熱量)を把握することが重要であり、損失の項目ごとに整理し、その実態を知ることから進められる。

1) 損失熱量の主なものを、「陸用ボイラの熱勘定方式」(JIS B 8222)から挙げると、次のようになる。

i) 排ガス熱損失：排ガス熱損失は、燃焼排ガスがボイラから持ち出す損失熱である。この排ガス熱損失が増加する場合、ボイラには次の①～③のような状況が生じている可能性が高い。

- ① 炉内の にすすや煤塵ほいじんが付着し伝熱が阻害されている。
- ② ボイラの伝熱管内面に が厚く付着している。
- ③ 燃焼用空気が必要以上にボイラに投入されている。

これらのうちの①及び②によって排ガス温度の上昇、③によって の増加といった現象がボイラに生じており、これらにより熱損失が増加していることになる。

〈 ～ の解答群 〉

ア スケール イ 溶接金属 ウ バーナ開口部 エ 境界層 オ 伝熱管外面
カ 覗き窓 キ 蒸発量 ク 排ガス量 ケ 未燃分

ii) 不完全燃焼による熱損失：不完全燃焼による熱損失は、燃焼不良が生じて排ガス中に未燃炭素が排出される損失で、排ガス中に が検出される。

〈 の解答群 〉

ア CO イ NOx ウ SOx

iii) 燃えがら中の未燃分による熱損失：燃えがら中の未燃分による熱損失は、重油などの液体燃料や石炭などの固体燃料を燃焼した際に排出される燃えがら中に残る可燃分の熱で、燃えがらをピットやホッパから採取して、 を分析測定して把握される。

iv) 放散熱による熱損失：放散熱による熱損失は、ボイラ本体、配管、煙道の外表面などから、外気との温度差で放散される熱損失である。 の脱落や劣化などにより増加する。

〈 及び の解答群 〉

ア ハンガー イ 灰分 ウ 炭素分 エ 保温材 オ 防震器

2) 前述した i)～iv) の熱損失の中で、一般に最も損失熱量の大きなものは、 熱損失である。

〈 の解答群 〉

ア 排ガス イ 不完全燃焼による ウ 放散熱による エ 未燃分による

3) その他の熱損失として、ボイラの種類によっては、ボイラ水のブローやドレンの排出、蒸気の漏えいなどによって失われる熱損失が挙げられる。熱損失の低減策としては、例えば中・大型循環ボイラの からの連続ブロー水をフラッシュタンクで蒸発させ、その蒸気を の熱源として熱回収する例もある。

〈 及び の解答群 〉

ア ガスエアヒータ イ ドラム ウ 再熱器 エ 節炭器
オ 脱気器 カ 復水器

(2) ボイラの発生蒸気の成分には、蒸気使用先の機器の性能に影響を及ぼすものもあるので、それらの管理には十分気を配る必要がある。

1) たとえば、ドラムの気水分離機能によって が抑制されていても、ボイラ水中のシリカの一部が蒸気に して搬出されてしまう。

< 及び の解答群 >

ア キャリーオーバー イ 圧力変動 ウ 化学反応 エ 析出
オ 薬液濃縮 カ 溶解

2) この蒸気に対する搬出量は、蒸気圧力が ほど大きくなるので、ボイラ水中のシリカ濃度の管理値は圧力に応じて設定される。例えば、蒸気圧力が10～15 MPaの場合には、一般に 以下の濃度で管理されている。

< 及び の解答群 >

ア 3 ppb イ 0.3 ppm ウ 30 ppm エ 上がる オ 下がる

(3) 100 t/h の過熱蒸気を発生するボイラがある。このボイラの運転状態は表1のとおりである。また、発生した過熱蒸気の比エンタルピーを表2に示す。

1) 有効出熱は蒸気発生のみで、入熱は燃料からのみ供給されるものとして、このボイラのボイラ効率（低発熱量基準）を計算すると [%] となる。

2) このボイラから蒸気タービンへ過熱蒸気を供給するため、蒸気タービンまで蒸気配管を布設した。蒸気タービン入口において、蒸気圧力の低下は無視できる程だったが、蒸気温度は3℃低下した。このとき、この蒸気配管からの放熱量は、表2の過熱蒸気表を用いて計算すると、 [kJ/h] となる。

3) この放熱量の値から、ボイラ入熱に対するこの蒸気配管からの放熱損失の比率を求めると、 ×10⁻¹ [%] となることがわかる。

表1 ボイラ運転状態

項目	単位	数値
ボイラ蒸発量	t/h	100
燃料消費量	kg/h	6 850
燃料の低発熱量	MJ/kg	41.0
ボイラ給水の比エンタルピー	kJ/kg	857.2
ボイラ出口蒸気の圧力	MPa	12
ボイラ出口蒸気の温度	℃	543
ボイラ出口蒸気の比エンタルピー	kJ/kg	3 463.6

表2 過熱蒸気表

圧力 [MPa]	温度 [℃]	比エンタルピー [kJ/kg]
12	540	3 455.8
	543	3 463.6

(ボイラ、蒸気輸送・貯蔵装置、蒸気原動機・内燃機関、ガスタービン)

問題 14 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。なお、、 及び は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) 内燃機関は熱エネルギーを機械の仕事に変換する原動機である。

1) 内燃機関のうちで、シリンダ内の燃焼ガスが膨張することによるピストンの往復運動を、クランク軸で回転仕事に変える形式のものを 形という。それらにはガソリン機関、ガス機関やディーゼル機関がある。

< の解答群 >

ア 回転 イ 速度 ウ 容積

2) そのうち、通常のガソリン機関では、燃料は された後、空気と混合され、 行程でシリンダ内に導かれ、続く 行程の終了付近の混合気に電気火花で点火する。

< ～ の解答群 >

ア 圧縮 イ 気化 ウ 吸気 エ 脱気 オ 燃焼 カ 膨張

3) これらの内燃機関の低燃費化を狙ったアプローチでは、サイクルの改善として、有効ストロークの増大や、 比の増大などが考えられる。

< の解答群 >

ア 圧縮 イ 混合 ウ 顕熱

(2) 蒸気タービンの構造について考える。

1) 蒸気タービンの動力伝達部は、ロータ、軸継手などからなり、ロータには が植え込まれる。

2) 発電用の大型タービンの場合には、基本的に発電用火力設備に関する技術基準を定める省令に従い、 の作動範囲内に 速度があってはならないとされており、一般にロータの一次 速度と二次 速度の間に 速度がくるように設計される。

〈 ~ の解答群 〉

ア 安全 イ 危険 ウ 警戒 エ 最大回転 オ 定格回転
カ 軸受保護装置 キ 調速装置 ク 静翼 ケ 動翼

3) 蒸気タービンのケーシングは、ロータのまわりに適切に蒸気が流れる通路を形成し、極力軸対称で急激な肉厚変化がなく、過大な が働かないよう設計される。

〈 の解答群 〉

ア 高温腐食 イ せん断応力 ウ 熱応力

(3) ガスタービンの性能について考える。

1) 理想的なガスタービンサイクルは、 サイクルであり、その熱効率は のみの関数で表すことができる。一方、実際のガスタービンでは、熱効率は圧縮機内部損失、タービン内部損失、機械損失等の影響を受けることになる。

〈 及び の解答群 〉

ア オットー イ カルノー ウ ブレイトン エ サイクルの最高最低圧力差
オ サイクルの最高最低温度比 カ 圧縮機出口と入口の圧力比

2) また、ガスタービンの性能は、大気条件にも影響を受け、大気の圧力及び温度に関しては 状態ほど、作動流体の出力は大きくなる。

〈 の解答群 〉

ア 圧力が高く温度が低い イ 圧力が低く温度が高い ウ 圧力、温度共に低い

3) 1)、2) のとおり、ガスタービンの性能は種々の影響を受けるが、ガスタービンの性能向上策の一例として次の事項が挙げられる。

i) タービン の上昇：直接的に熱効率を向上させる効果がある。

(タービン に対し最適な圧力比が存在する。)

〈 の解答群 〉

ア 入口ガス温度 イ 出口ガス温度 ウ 出口ガス湿度

ii) 圧縮機 の低下：エバポレータや散水等により を低下させることにより性能の向上を図る。

〈 の解答群 〉

ア 入口空気温度 イ 入口空気湿度 ウ 出口空気湿度

選択問題

次の問題 15 から問題 18 までは、4 問題中
2 問題を選択して解答すること。

問題 15 熱交換器・熱回収装置

問題 16 冷凍・空気調和設備

問題 17 工業炉、熱設備材料

問題 18 蒸留・蒸発・濃縮装置、乾燥装置、乾留・ガス化装置

(熱交換器・熱回収装置 - 選択問題)

問題 15 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。

また、 abc ~ ab 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 40 点)

(1) 熱交換器は、高温側の流体から低温側の流体に熱を伝え加熱や冷却を行うための装置であり、熱交換する両流体が壁で仕切られている形式のものを隔壁式熱交換器という。

1) 隔壁式熱交換器の加熱源となる高温側流体には、燃焼ガス、熱水あるいは水蒸気など様々な媒体が用いられる。

i) 加熱源として、燃焼ガスや熱水の を利用する場合、熱交換器を通過する間に加熱側の伝熱面の温度は、入口から出口に向かって低下することになり、被加熱流体の出口温度に影響を及ぼす。

< の解答群 >

ア 顕熱 イ 潜熱 ウ 比熱

ii) 加熱の目的によっては、伝熱面の温度を均一にして被加熱流体の出口温度を安定させたい場合があり、その場合には飽和水蒸気が加熱源として用いられることが多い。加熱源としての飽和水蒸気には次のような特徴が挙げられる。

- ・加熱温度は、飽和水蒸気の 温度であり、その温度は水蒸気の で決まる。
- ・相変化を伴う熱移動となるため、伝熱面における 率は、相変化しない場合と比べて大きくなる。
- ・水蒸気中に ガスが混在すると熱交換性能が低下するため、熱交換器にはこれらのガスを抜くための装置が必要となる。

〈 2 ～ 5 の解答群 〉

ア 圧力 イ 過熱 ウ 凝固 エ 凝縮 オ 質量
カ 熱伝達 キ 熱伝導 ク 不凝縮 ケ 融解

2) 隔壁式熱交換器には、形状や用途その他種々の視点から様々な分類方法がある。例えば形状からは、6 式熱交換器などが属する板式熱交換器、トロンボーン式冷却器などが属する7 式熱交換器、及びその他の特殊熱交換器という呼称で大きく分類されている。一方、これら形状による分類では同じ呼称でも、用途からは蒸発器、予熱器などの異なる呼称で分類される。

〈 6 及び 7 の解答群 〉

ア スパイラル イ フィン ウ 円筒 エ 回転再生 オ 管

問題 15 は次の頁に続く

(2) 熱交換器の日常管理は伝熱性能の維持だけでなく、プロセス制御上、品質上、安全上、環境上からも重要である。ここでは、時間経過による熱交換器の性能低下を防止するための日常管理の指標について考える。

1) 隔壁式熱交換器のような伝熱面を持つ熱交換器の場合、流体に溶解する硬度成分などが伝熱面へ付着することなどにより熱抵抗が増大し、伝熱性能が低下する。伝熱面の熱抵抗の度合いを表すには が用いられ、この単位は である。

伝熱性能の変化を把握し、洗浄時期などを設定するための指標としては、簡便さから温度効率がよく用いられる。また、交換熱量に着目したエネルギー効率（熱通過有効度）などが用いられる場合もある。

< 及び の解答群 >

ア $(\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$ イ $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ウ $(\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$ エ $\text{W} / (\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K})$
オ 熱伝達率 カ 熱容量流量比 キ 汚れ係数

2) 低温の流体を加熱する熱交換器がある。加熱用の高温側流体は、質量流量が 10 kg/s で比熱が $2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ であり、温度 95°C で流入して 80°C で流出している。一方、低温側流体は、質量流量が 2 kg/s で比熱が $4 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ であり、温度 10°C で流入している。この熱交換器の伝熱性能を維持するための日常管理の指標について考える。ただし、熱交換器の外部への熱損失はないものとする。

i) この熱交換器における交換熱量を求めると $[\text{kW}]$ である。

ii) 低温側流体の出口温度は $[\text{C}]$ となり、低温側の温度効率は $[\%]$ となる。

iii) また、この熱交換器のエネルギー効率は $[\%]$ となる。

iv) 伝熱性能を一定以上に保つための日常管理の指標として温度効率を用い、管理値を「熱交換器の低温側の温度効率 35% 以上」とした場合、低温側流体の出口温度を $[\text{C}]$ より下がらないように日常管理を行い、状況に応じて洗浄などの対策を行えばよい。

(冷凍・空調設備 — 選択問題)

問題 16 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40点)

(1) 空調負荷には空調対象の空間に出入りする日射負荷、侵入する隙間風による負荷、空間内で発生する人体発熱負荷など室熱負荷と、新鮮外気の取り入れによる外気負荷などがある。これらのうち顕熱負荷のみを持つものは である。

また、外気負荷を削減する手段の一つとして全熱交換器の設置が考えられる。このとき、室内及び外気の温湿度条件から、熱交換することが省エネルギーとなるかを自動的に判断して、全熱交換器を運転、停止又はバイパスする制御を行うことがより効果的である。これを 制御と呼んでいる。

< 及び の解答群 >

ア CO₂ イ エンタルピー ウ ゼロエネルギー エ 外気負荷
オ 人体発熱負荷 カ 隙間風による負荷 キ 日射負荷

(2) 吸収冷凍機は、冷媒とその蒸気を吸収する吸収剤を作動流体とするもので、一般の空機調和用には、冷媒としては が、吸収剤としては臭化リチウムが用いられることが多い。吸収冷凍機の構成要素としては、発生器(再生器)、蒸発器、凝縮器及び吸収器から成り、高濃度の臭化リチウム溶液が冷媒蒸気で希釈される吸収器から、 → → の順に冷媒が移動しながら冷凍サイクルを構成するものである。

< ～ の解答群 >

ア アンモニア イ フロン系冷媒 ウ 水 エ 凝縮器
オ 蒸発器 カ 発生器(再生器)

(3) 図1及び図2は、暖房時の空気調和のプロセスを湿り空気線図 ($h-x$ 線図) 上に表したものである。ここで、図中のRは室内空気、Sは空調機の吹出し空気、Oは外気、Mは室内空気と外気の混合空気、Hは空調機の加熱コイル通過後の空気の各々の状態点を示している。なお、単位の kg(DA) は乾き空気の質量を示す。

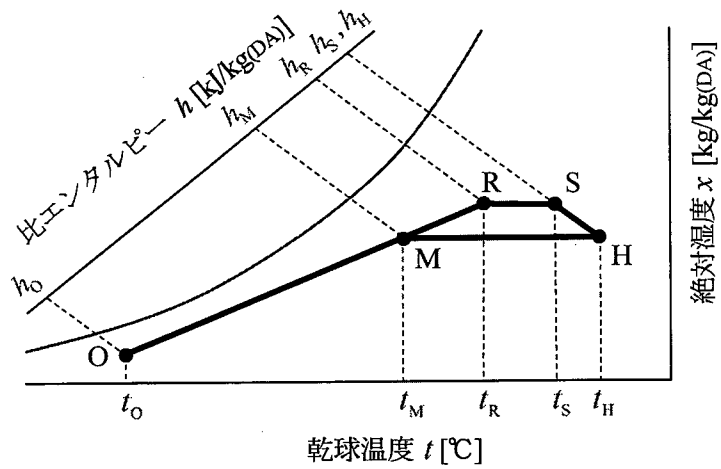


図1 暖房時の空調プロセス (その1)

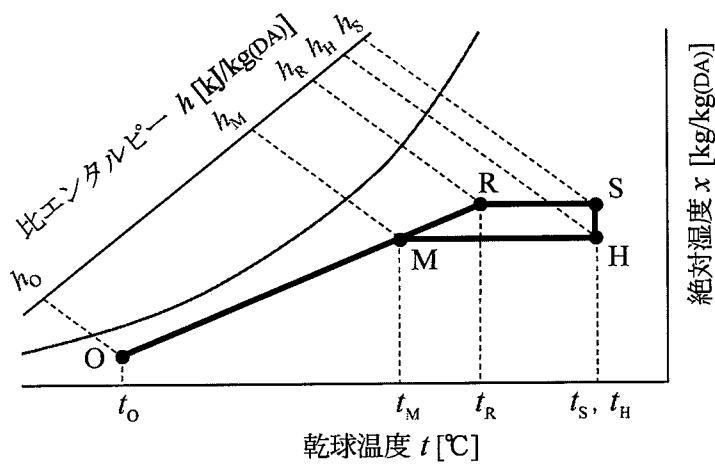


図2 暖房時の空調プロセス (その2)

1) 空調機での加熱プロセスはM-Hとして表されるが、これは 一定の直線上となる。
また、加熱コイルの負荷は となる。

< 及び の解答群 >

ア $h_H - h_M$ イ $h_S - h_R$ ウ $t_H - t_M$ エ $t_S - t_R$
オ 顕熱比 カ 絶対湿度 キ 相対湿度

2) 暖房負荷(加熱コイルの負荷)は、室内負荷と外気負荷に分けられる。このうちの室内負荷は、
状態点 から導くことができる。

< の解答群 >

ア RとH イ RとM ウ RとS

3) 図1と図2の違いは、加湿方式の違いによるものである。この場合、 を行う場合の
空気線図を表わしている。

< の解答群 >

ア 図1は蒸気加湿、図2は水噴霧加湿
イ 図1は水噴霧加湿、図2は蒸気加湿
ウ 図1は蒸気加湿、図2は加湿なし
エ 図1は加湿なし、図2は水噴霧加湿

(空 白)

(工業炉、熱設備材料 - 選択問題)

問題 17 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。なお、 は複数箇所あるが、同じ記号が入る。(配点計40点)

(1) カバー形（ベル形）炉の省エネルギーについて考える。

1) カバー形炉は熱処理を行う炉の一つであり、その加熱装置はアウターカバーに取り付けられ、被加熱物はインナーカバーという一種の の中で処理される構造となっている。この炉の主な用途は、圧延加工して硬化した金属ストリップや線材コイルの加工性を向上させるために という熱処理を行うことなどである。

< 及び の解答群 >

ア スtrand イ マッフル ウ ラジアント エ 浸炭
オ 焼入れ カ 焼きなまし

2) 雰囲気ガスには、酸化を防ぐため従来は窒素を用い、循環ファンで攪拌し、放射と伝導で加熱されていた。ここで、雰囲気ガスとして を用いると、窒素と比べて比熱や の値が大きくなり、処理材との間の伝熱特性が向上することで、単位時間当たりの伝熱量が増加する。その結果、加熱時間の短縮が可能となり省エネルギーが図られる。

< 及び の解答群 >

ア アルゴン イ 水素 ウ 二酸化炭素 エ 熱伝導率
オ 粘性係数 カ 密度

3) 雰囲気ガス循環ファンの運転では、燃焼用ブロワや排ガス誘引ファンの省電力化対策である 運転化が行われる。

< の解答群 >

ア VVVF イ PID ウ ON-OFF

(2) 近年、排熱回収率を徹底的に高めた高性能な工業炉が普及しており、CO₂ 排出削減につながっている。工業炉の排熱回収率の向上のためには、バーナ部も重要な役割を担っている。

1) 排熱回収率向上のために欠かせないのが、小型化された蓄熱式熱交換器が個々に一体化され装備されている バーナである。蓄熱式熱交換器の排熱回収率及び回収温度の高さは、以前から注目されており、古くは製鋼用平炉などに使われ、現在でも製鉄用高炉の熱風炉、ガラス溶解用タンク炉の熱交換器として利用されている。ここに注目して開発されたのがこのバーナである。

< の解答群 >

ア リジェネレイティブ イ ノズルミックス ウ ラジアントカップ

2) このバーナにおける排熱回収は、図に示すように一対のバーナを用いて行う。まず初めに、片方のバーナで発生した高温の燃焼ガスの排気を、もう一方の燃焼していないバーナの燃焼用空気吹き込み口の蓄熱媒体を通すことで、排ガスから熱回収し、低温度にして炉外へ放出する。次に、この熱回収した蓄熱媒体に常温の燃焼用空気を通し、高温に加熱させて燃焼に供する。このような手順により、バーナを適切な時間間隔で に燃焼させれば、常に、排ガスは一定以下の温度に、燃焼用空気は一定以上の温度に保たれ、高い熱回収率と 燃焼が実現する。また、炉内ガス攪拌効果で火炎温度分布の平均化が図られ、燃焼に起因する の発生を抑制することができる。

< ~ の解答群 >

ア NO_x イ SO_x ウ 希薄燃料 エ 高温空気
オ 酸素富化 カ 交互 キ 単独 ク 同時

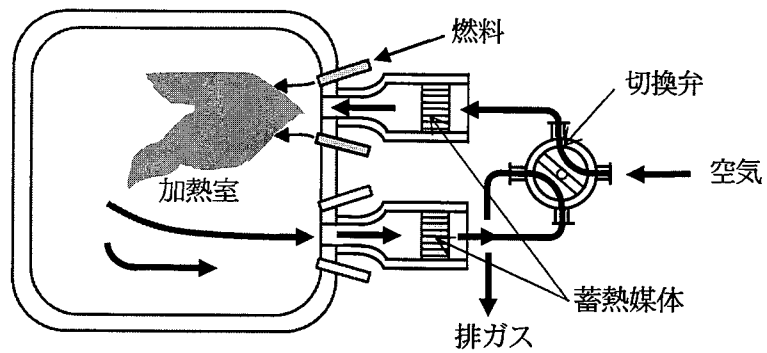
3) 図に示すこのバーナにおける熱交換の蓄熱媒体には、主に熱容量が大きく、1000℃以上でも使用される耐熱性に優れた が使用され、小型化するために比表面積の大きいハニカム構造としたものや、小形のボールなどが用いられている。

〈 の解答群 〉

ア アルミニウム

イ グラスウール

ウ セラミック



図

問題 17 は次の頁に続く

(3) 耐火物について考える。

1) 代表的な不定形耐火物として [11] が挙げられるが、通常のセメントを含むものは、水と混練後、[12] することにより機械的強度が増加する。高密度、高強度の [11] にするためには、混練水量を減らす必要があるが、超微粉の粘土や [13] を添加して、さらに混練水量を減らしたものが実現してきている。

< [11] ~ [13] の解答群 >

- | | | |
|----------|------------|---------|
| ア ウレタン | イ シリカ | ウ 活性炭 |
| エ キャスタブル | オ ファイバーボード | カ 耐火れんが |
| キ 凝集結合 | ク 水和結合 | ケ 粘着結合 |

2) セラミックファイバは、他の耐火物に比べ断熱性が高く軽量で蓄熱量が少ない。また、高温用セラミックファイバの普及により耐火性能も向上した。省エネルギーという観点から非常に優れた炉材である。したがって、近年、炉内全面セラミックファイバライニングタイプの炉が主流になりつつあるが、気孔率、比表面積が大きいいため、浸食を受けやすいので注意を要する。特に [14]、Na などのアルカリ金属の酸化物、及び [15] などのアルカリ土類金属の酸化物とは、低融点の化合物を作り容易に浸食を受ける。

< [14] 及び [15] の解答群 >

- | | | | | | |
|------|------|------|-----|------|------|
| ア Ca | イ Cr | ウ Cu | エ K | オ Mo | カ Zn |
|------|------|------|-----|------|------|

(空 白)

(蒸留・蒸発・濃縮、乾燥、乾留・ガス化 - 選択問題)

問題 18 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等群から選び、その記号を答えよ。なお は複数箇所あるが、同じ記号が入る。(配点計 40 点)

(1) 2 成分系の気液平衡について考える。

図 1 の (a) ~ (d) は、定圧下における 2 成分系の気液平衡の代表的なパターンを表したものである。上段が横軸を低沸点成分のモル分率、縦軸を温度とした沸点・露点曲線で、下段が x - y 曲線 (x = 液相内における低沸点成分のモル分率、 y = 気相に対する低沸点成分のモル分率) である。

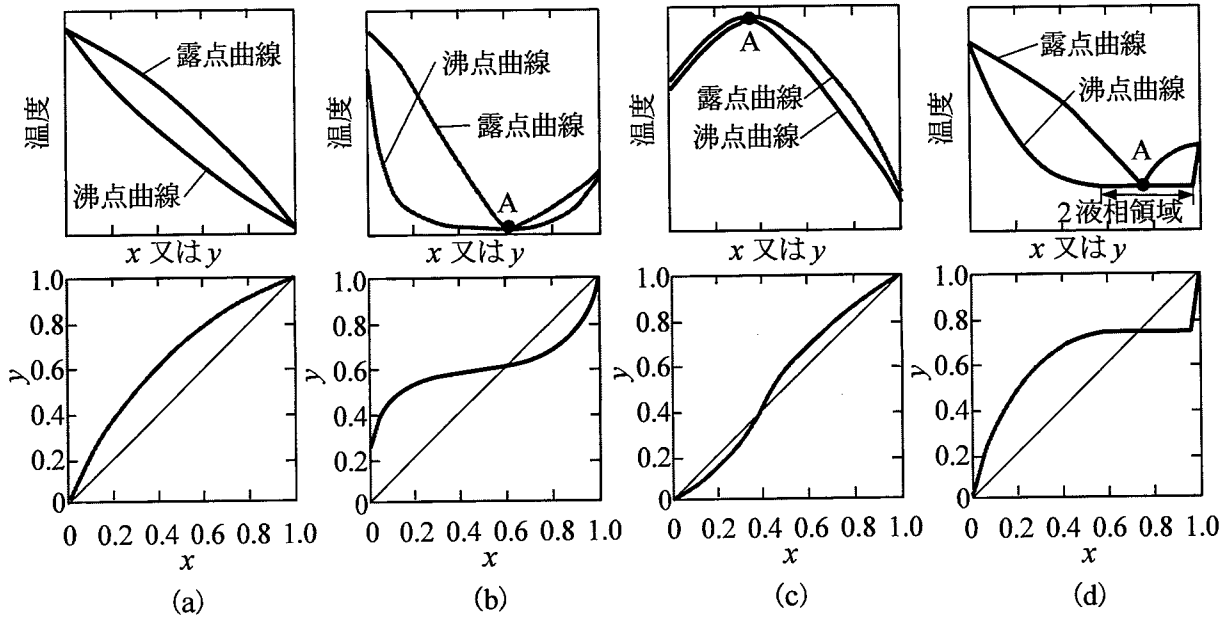


図 1

1) タイプ (a) は、混合溶液が理想溶液とみなせる場合である。ここで、理想溶液とは、「ある成分の蒸気の圧力は、純粋成分蒸気圧と液モル分率の積に等しい」という の法則が成立する溶液のことであり、タイプ (a) は、気相中の低沸点成分のモル分率が液相中の低沸点成分のモル分率より常に大きく、一つの多段連続蒸留塔によって、2 成分とも高純度で分離することができる。このようなタイプの例としては、 と水の混合溶液がある。

< 及び の解答群 >

ア 1-ブタノール イ エタノール ウ メタノール エ 塩酸
オ ダルトン カ ラウール キ ル・シャトリエ

2) タイプ (b)、(c) 及び (d) は、1) で述べた法則が成立しない系、すなわち非理想溶液の場合に見られるパターンで、いずれも平衡で気相と液相の組成が同じになる 点 (図中の A 点) が存在し、一つの蒸留塔では高純度で分離することができない。このような混合物を 混合物という。

タイプ (b) は、A 点の温度が、低沸点成分の沸点よりも低くなる。

タイプ (c) は、A 点の温度が、高沸点成分の沸点よりも高くなる。

タイプ (d) は、2 液相を形成する系で、 x - y 曲線が水平となる領域で気相と二つの液相が共存している。

なお、非理想溶液の平衡状態における蒸気組成と液組成の関係は、純粋成分蒸気圧と液モル分率の積に を乗じて補正することで表すことができる。

< 及び の解答群 >

ア フラッシュ イ 共沸 ウ 分留
エ 活量係数 オ 還流比 カ 揮発度

- (2) 向流接触式の通気回転乾燥機を用いて、湿潤粉体を連続的に乾燥させる場合について考える。
その操作条件は次の通りであり、図2のように表される。

[操作条件]

G	: 熱風量 (乾き空気)	1 000 kg-乾き空気/h
M	: 被無水乾燥材料の供給量	100 kg-無水材料/h
W_{in}	: 供給する被乾燥材料の乾量基準含水率	0.6 kg-水/kg-無水材料
W_{out}	: 乾燥製品の乾量基準含水率	0.1 kg-水/kg-無水材料
T_{in}	: 乾燥機への熱風入口温度	220 °C
H_{in}	: 乾燥機への熱風入口湿度	0.02 kg-水蒸気/kg-乾き空気

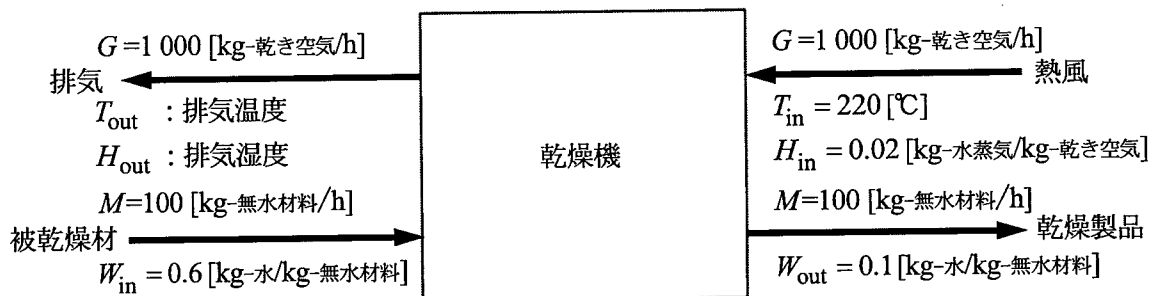


図2

- 乾燥製品の湿量基準の含水率は [kg-水/kg-湿り材料] となる。
- この乾燥機で単位時間当たりに蒸発する水分の量は [kg/h] となる。
- 材料の加熱に要する熱量を 4000 kJ/h、水の蒸発潜熱を 2400 kJ/kg とすると、材料中の水分の蒸発に要する熱量と合わせて、熱風が乾燥材料に与えた熱量は単位時間当たり [kJ/h] となる。
- 乾燥機の放散損失及び排気中の水分の顕熱の合計を 16000 kJ/h、熱風の平均比熱を 1.0 kJ/(kg·K) とすると、乾燥機の排気温度 T_{out} は [°C] となる。

〈 5 ～ 8 の解答群 〉

ア 0.091	イ 0.1	ウ 0.11	エ 10
オ 50	カ 60	キ 80	ク 120×10^3
ケ 124×10^3	コ 150×10^3	サ 1160×10^3	

5) 同じ熱風の条件では、向流接触式は並流式に比べて製品の含水率は 9 。

〈 9 の解答群 〉

ア 低くすることができる	イ 低くすることができない
ウ 同じくらいになる	

(3) バイオマスのガス化について考える。

バイオマスを加熱し温度を上げていくと、まず 10 反応が起こり、CO、CO₂、CH₄などの軽質ガスとタールの揮発分と固体チャーが生成する。さらに水蒸気をガス化剤として供給すると、800℃位からチャーの 11 反応が起こり、チャーがガス化される。この反応は熱的には 12 反応であり、13 反応の反応熱とバランスさせる。

〈 10 ～ 13 の解答群 〉

ア シフト	イ 吸熱	ウ 発熱	エ 水性ガス
オ 水素化分解	カ 熱分解	キ 完全燃焼	ク 部分酸化

(空 白)

(空 白)

(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.

1

、

2

 などは、解答群の字句等（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.

A	a.bc
---	------

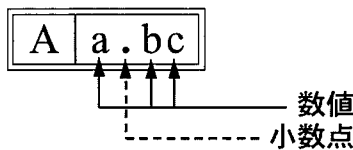
、

B	a.bc×10 ^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。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも0を塗りつぶすこと。
また、計算を伴う解答の場合は次の(1)～(3)によること。
 - (1) 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、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。
 - (2) 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、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。
 - (3) 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、(1)の「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。」の計算条件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 $\pi = 3.1415\cdots$ であるが、 $\pi = 3.14$ 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)

6.795...
↓ 四捨五入
6.80

(解答)

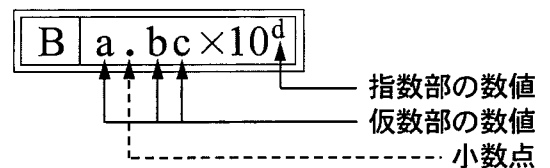
「680」を
塗りつぶす



A		
a	b	c
0	0	0
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9

「解答例2」

(設問)



(計算結果)

9.183... × 10²
↓ 四捨五入
9.18 × 10²

(解答)

「9182」を
塗りつぶす



B			
a	b	c	d
0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9