

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 10:50～12:40 (110分)

2 時限

必須 問題11, 12	計測及び制御	1～8 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	9～14 ページ

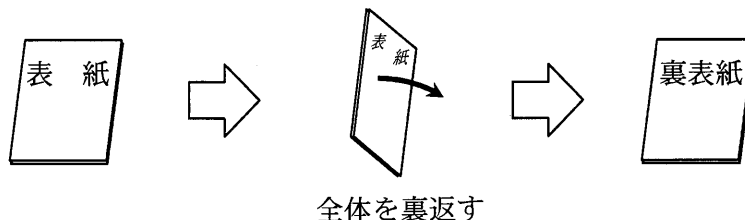
以下の問題15から問題18までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

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		21～22 ページ
選択 問題17	工業炉、熱設備材料		23～25 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		28～30 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 [1] ~ [17] 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。(配点計 50 点)

(1) 固体表面の温度を、その表面に取り付けた熱電対で測定する場合について考える。この場合、熱電対の素線を通しての [1] により熱移動が生じ、温度を正確に測定できないことが懸念される。この影響を小さくするためには、熱電対の素線のある程度の長さにあわせて、固体表面に沿って設置するのが良いが、その場合素線を沿わせる方向は、固体表面に大きな [2] が無い方向にしなければならない。なお、受信計器(測定器)まで距離があるときには、熱電対の素線に [3] を接続して延長する。

< [1] ~ [3] の解答群 >

- | | | | |
|--------|---------|--------|-------|
| ア アース線 | イ 光ファイバ | ウ 温度分布 | エ きず |
| オ 補償導線 | カ 熱対流 | キ 熱伝導 | ク 熱放射 |
| ケ 曲がり | | | |

(2) 化学プラントなどにおいて、配管系の異常を早期に検知する目的で温度を監視するような場合には、その測定出力の変動を検出することが求められる。素早い温度変化への追従が求められる場合には、応答性に優れ、かつ非接触測定が可能な [4] を用いる方法がある。非接触測定が困難な場合には、ゼーベック効果を利用した [5] や、電気抵抗の温度変化を利用する [6] の採用も考えられる。ただし、この場合、温度変化に追従するためには、それらのセンサ部や [7] 部の [8] を小さくする必要がある。

< [4] ~ [8] の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|----------|-------------|
| ア ガラス管 | イ 可変抵抗 | ウ 蛍光式温度計 | エ 半導体透過式温度計 |
| オ 放射温度計 | カ 測温抵抗体 | キ 電気抵抗値 | ク 保護管 |
| ケ 熱電対 | コ 熱容量 | サ 熱伝達率 | |

(3) 図に示す流速計は 式流速計と呼ばれ、先端に設けた穴を流れに正対させて設置することによって流れの速度 v [m/s] を測定する流速計である。ここで、二重管の内管を經由して測定される先端のよどみ点の圧力 p_2 [Pa] は と呼ばれ、二重管の外管側壁に設けた穴で測定される圧力 p_1 [Pa] は と呼ばれる。流体の密度を ρ [kg/m³] とすると、ベルヌーイの法則によれば、これらの関係は次式で表される。

したがって、流速 v は次式のとおり求められる。

$$v = \text{$$

圧力 p_1 、 p_2 は、差圧伝送器においてそれらの差(差圧)として計測され、それによって速度が求められる。なお、差圧は、一般に差圧伝送器で として検出され、電気信号に変換される。

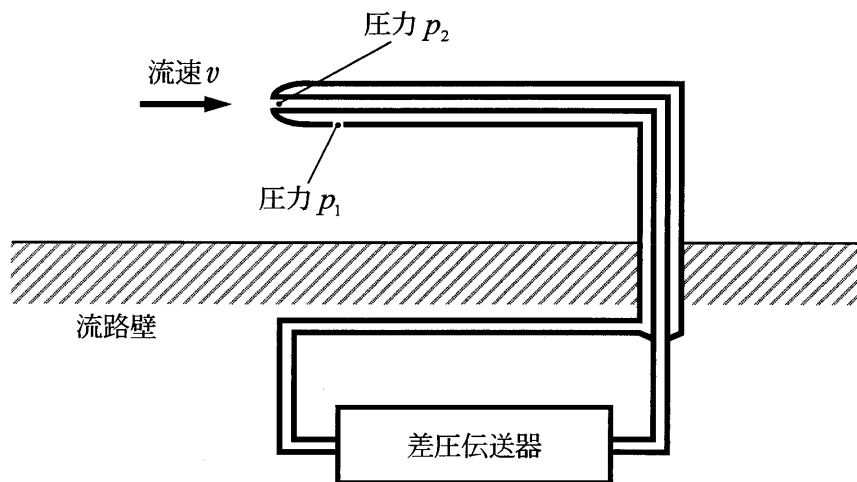


図 流速計の構成

< ~ の解答群 >

- | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|--|------|------|
| ア $\frac{p_2 - p_1}{\rho}$ | イ $\sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}$ | ウ $\sqrt{\frac{2(p_2 - p_1)}{\rho}}$ | | |
| エ $p_1 + \rho \frac{v^2}{2} = p_2$ | オ $p_2 + \rho \frac{v^2}{2} = p_1$ | カ $\sqrt{p_1 + \rho \frac{v^2}{2}} = \sqrt{p_2}$ | | |
| キ ドップラー | ク ピトー管 | ケ ベンチュリ管 | | |
| コ 気圧 | サ 静圧 | シ 全圧 | ス 動圧 | セ 分圧 |
| ソ ダイアフラムの歪み | タ 水柱の高さ | チ 翼車の回転数 | | |

問題 11 の (4) は次の 3 頁にある

(4) 気体の流量を微小流量まで測定するには 流量計が適している。主要な方式として用いられているのは、流路を大流量の主流路と小流量の細いバイパス流路とに分岐させ、両流路間の流量比をあらかじめ把握した上で、バイパス流路内の管路の一部を し、その際の を計測することにより流量を求めるものである。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|-----------|---------|------|------|
| ア コリオリ式 | イ 渦周波数 | ウ 加振 | エ 加熱 |
| オ 気体の温度上昇 | カ 絞り機構式 | キ 熱式 | ク 縮小 |
| ケ 振動数変化 | | | |

(空 白)

(計測及び制御)

問題 12 次の各文章の [1] ~ [16] 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。なお、[8]、[9] 及び [11] は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

また、[A] a.b 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)

図 1 は、工場に設置されている蒸気熱源の温水加熱装置であり、需要に応じて一定温度で温水を供給するために温度制御が適用されている。

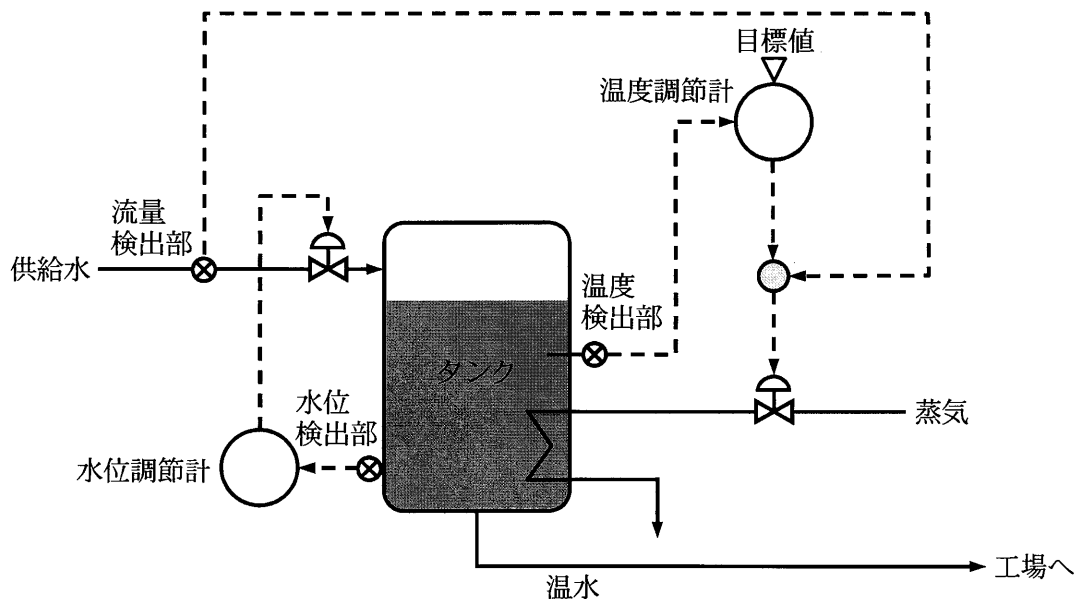


図 1 温水加熱装置の温度制御

1) この温度制御において、[1] であるタンク内の温水温度を測定し、目標値と比較して偏差を求め、それが 0 になるように [2] である蒸気流量を調整するような制御を一般に [3] 制御と呼ぶ。一方、水の流入量の変化を測定して、タンクの温水温度に影響が出る前に、その変化に応じて蒸気流量を調整する制御を [4] 制御と呼ぶ。図 1 は、これらの制御を併用したものである。

このような制御系を、信号の流れに重点を置いて表現したものをブロック線図という。線図の各ブロックには、そのブロックの入力信号と出力信号の比で定義された [5] を

示すこととし、それは、一般にラプラス変換形式で表される。

〈 1 ～ 5 の解答群 〉

- ア カスケード イ フィードバック ウ フィードフォワード エ 追値
オ 制御量 カ 操作量 キ 伝達関数 ク 補正值

2) 図1の温度調節計に使用する制御動作には、PID制御アルゴリズムが適用されることが多い。PID制御のP動作とは比例動作のことで、偏差に比例した出力を出す。P動作の調整パラメータ K は、比例ゲインと呼ばれる。また、調節計では、比例ゲインの代わりに%表示の 6 がよく使用され、PBで表される。両者には式 7 の関係がある。

制御アルゴリズムとしてP動作だけを使用した場合に、目標値と制御量が一致しない 8 が生じることがある。このとき、それを解消するには、9 動作を加える必要がある。その調整パラメータ T_1 は 9 時間と呼ばれ、それを 10 小くしていくと、8 は速く解消できる。一方、制御量が増化したときに、その変化速度に比例した出力を出すのが 11 動作であり、その調整パラメータ T_2 は 11 時間と呼ばれる。

PID制御の伝達関数は、 K 、 T_1 及び T_2 を用いると、ラプラス変換表示として式 12 で表せる。

〈 6 ～ 12 の解答群 〉

- ア $K \times \frac{1+T_1s}{1+T_2s}$ イ $K \times \frac{1+T_2s}{1+T_1s}$ ウ $K \times \left(1+T_1s + \frac{1}{T_2s} \right)$
エ $K \times \left(1 + \frac{1}{T_1s} + T_2s \right)$ オ $PB=100 \times K$ カ $PB = \frac{100}{K}$
キ オフセット ク サイクル時間 ケ プロセスゲイン
コ 外乱 サ 積分 シ 微分
ス 比例帯 セ 不感帯 ソ 大き
タ 小

問題12の3)及び4)は次の7頁及び8頁にある

3) 図1の温度調節計がP動作のみの調節計で、設定値が70℃、比例ゲインが4、偏差0のときのバイアスが50%、測定値・目標値のスペンが100℃であるとする。

ある運転条件のとき、図2に示すように、温度調節計の出力が70%でバランスしたとする。ここで、「出力 = 比例ゲイン × 偏差 + バイアス」の関係があるので、そのときの定常偏差は [°C] 生じることになる。

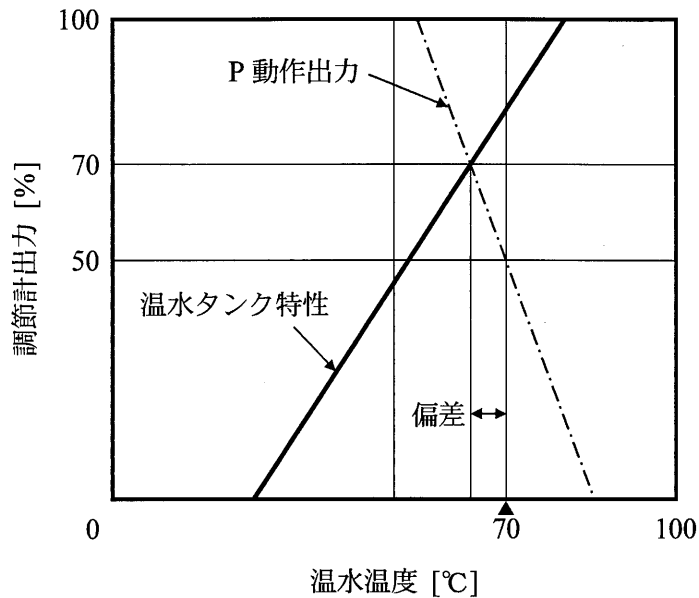


図2 偏差の説明図

4) PID動作の調節計におけるP動作の比例ゲインの調整で、その値を 小していくと、制御の動きは外乱や目標値変更への修正動作が なるが、応答は振動的になる。

PID調整パラメータのチューニング制御評価指標としては、図3に示してあるように、目標値をステップ状に変化させ、測定値の追従性を見たときの $\frac{a_2}{a_1}$ に相当する や、 $\frac{a_1}{a_0}$ に相当する が一般に使用される。

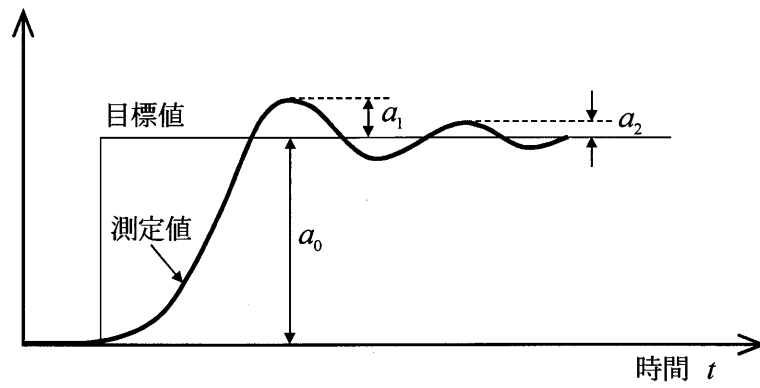


図3 ステップ応答

< 13 ~ 16 の解答群 >

- | | | | |
|---------|-------|-------|-------|
| ア 行き過ぎ量 | イ 減衰比 | ウ 整定量 | エ 増幅比 |
| オ 大き | カ 小さ | キ 遅く | ク 速く |

(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 次の各文章の [1] ~ [16] の中に入れるべき最も適切な字句又は数値をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、[1]、[3]、[5] 及び [12] は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。(配点計 50 点)

(1) ボイラでは、スケール生成、腐食など、水に起因する障害を防ぐため、水処理が行われる。ボイラ水系統の水処理として、比較的低下のボイラでは、主として水酸化ナトリウムなどを用いる [1] が広く適用されている。これは、水の [2] を調節して障害を防止するものである。一方、高圧ボイラにおいては、ボイラ蒸発管の [3] 腐食を防止するため、ボイラ水中に過剰の [3] 成分を溶存させることは避けなければならない。この場合には、[1] に代わり [4] や [5] が広く適用されている。[5] は、ボイラ水中の全蒸発残留物の濃度を低く抑えられるので、蒸気純度が向上するが、スケール付着防止の効果が少ないので、鉄などの給水中の不純物の濃度を厳しく管理する必要がある。

さらに、給水に電気伝導率の [6] 高純度の水が使用できる条件下では、微量の [7] を添加して、管内面に形成される酸化被膜の鉄成分を、溶解度の低い3価の状態に維持して、腐食やスケール成長を抑制する方式もある。

< [1] ~ [7] の解答群 >

- | | | | |
|----------|-----------|----------|-----------|
| ア pH | イ アルカリ | ウ アンモニア | エ イオン鉄 |
| オ 塩酸 | カ 酸素 | キ 水素 | ク 溶存酸素 |
| ケ アルカリ処理 | コ アンモニア処理 | サ リン酸塩処理 | シ 揮発性物質処理 |
| ス 物理的処理 | セ 分散剤処理 | ソ シリカ濃度 | タ 高い |
| チ 低い | ツ 強い | テ 弱い | |

(2) ボイラ排ガス中の硫黄酸化物を除去する排煙脱硫装置には、乾式法と湿式法がある。乾式法の中には、二酸化硫黄を活性炭に吸着させた後、再生及び回収工程を経て、硫酸や単体の として回収する、活性炭法と呼ばれる方法がある。一方、湿式法には、石灰石膏法、水酸化マグネシウム法、ソーダ吸収法などがある。これらのうち、大容量処理に適し、脱硫性能が高く、実績も豊富な方法は、 である。

ボイラ排ガス中の窒素酸化物を除去する脱硝装置には、脱硫装置と同じく乾式法と湿式法があり、一般的には、乾式法の中の選択式接触還元法が用いられる。その還元剤には が用いられ、これを排ガス中に注入し、その下流に設置される触媒の作用により、窒素酸化物を窒素ガスに還元する。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|--------------|---------|------------|
| ア アンモニア | イ 硫黄 | ウ 塩化マグネシウム |
| エ 過酸化水素 | オ 硫化水素 | カ ソーダ吸収法 |
| キ 水酸化マグネシウム法 | ク 石灰石膏法 | |

(3) ボイラ効率には、次の二つがある。

① 法によるボイラ効率

$$\text{ボイラ効率} = \frac{\text{有効出熱}}{\text{入熱合計}} \times 100 \text{ [\%]}$$

② 法によるボイラ効率

$$\text{ボイラ効率} = \left(1 - \frac{\text{12の合計}}{\text{入熱合計}} \right) \times 100 \text{ [\%]}$$

①式及び②式中の入熱合計は、燃料及び燃焼用空気の側において発生又は加えられる熱量の合計で、燃料の発熱量、燃料や空気の による入熱、炉内吹込み蒸気、押込み通風機の に相当する入熱などがあるが、その中で燃料の発熱量が大部分を占める。

ここで、有効出熱がボイラから発生する 50 t/h の蒸気の熱量である場合について考える。ボイラ給水は、圧力が 12 MPa、比エンタルピーが 901.4 kJ/kg であり、発生蒸気の比エンタルピーは 3 097.4 kJ/kg であるとする。また、低発熱量基準のボイラ効率が 90 % のとき、入熱が、低発熱量 40.66 MJ/kg の燃料からのみ供給されるものとする、このボイラの燃料消費量は 3 000 kg/h となる。

次に、タービン抽気の加熱器でボイラ入口給水温度を 30 °C 上げる目処がついた。これにより給水の比エンタルピーは [kJ/kg] となり、燃料消費量の節約効果は、 [kg/h] と計算できる。

なお、ボイラ給水の比エンタルピーは次の表のとおりとし、蒸発量、ボイラ効率、燃料発熱量、出口蒸気の比エンタルピーは給水温度が変化しても変わらないものとする。

表 ボイラ給水の比エンタルピー

圧力 [MPa]	温度 [°C]	比エンタルピー [kJ/kg]
12	200	856.8
	210	901.4
	220	946.5
	230	992.2
	240	1 038.6
	250	1 085.8
	260	1 134.0

< 11 ~ 16 の解答群 >

ア 187	イ 252	ウ 317	エ 1038.6
オ 1085.8	カ 1134.0	キ ダンパ損失	ク 機械損失
ケ 熱損失	コ 顕熱	サ 潜熱	シ 放散熱
ス 入出熱	セ 有効出熱	ソ 軸動力	タ 熱回収
チ 熱勘定			

(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 [1] ~ [16] 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、[7] は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

(配点計 50 点)

- (1) 商用ガスタービンの進歩を支えてきた基礎技術は、材料の観点では、ニッケル合金や [1] 合金などによる高温強度の改良を中心とする耐熱材料の開発や、耐食・耐酸化及び遮熱 [2] 技術であり、冷却の観点では、タービン翼と [3] の冷却技術である。実用化されている冷却媒体の多くは [4] であるが、1500℃級ガスタービンコンバインドサイクルでは、冷却媒体に [5] を使用する方式も商用化されている。ガスタービンの入口温度は、これら材料の耐熱性と冷却方式によって制限される。

< [1] ~ [5] の解答群 >

- | | | | |
|---------|----------|--------|-------|
| ア クーリング | イ コーティング | ウ コバルト | エ チタン |
| オ マンガン | カ フィルム | キ ロータ | ク 軸受 |
| ケ 燃焼器 | コ 油 | サ 空気 | シ 蒸気 |
| ス 代替フロン | セ 二酸化炭素 | ソ 保温 | |

- (2) ガスタービンの排気ガスに含まれる大気汚染の原因物質の一つに NO_x がある。NO_x には、高温の燃焼部で [6] 中の窒素が酸素と反応して発生する [7] と、[8] 中の窒素が酸素と反応して発生する [9] がある。このうち主なものは [7] であり、これを低減するためには [10] を下げることが有効である。

< [6] ~ [10] の解答群 >

- | | | | |
|------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| ア サーマル NO _x | イ フューエル NO _x | ウ 高温 NO _x | エ 低温 NO _x |
| オ 金属 | カ 空気 | キ 蒸気 | ク 燃料 |
| ケ 火炎温度 | コ 蒸気温度 | サ 燃料温度 | シ 湿度 |
| ス 混合速度 | セ 燃焼速度 | | |

(3) 蒸気タービンの損失を低減させるための手段のうち、シール装置の役割は重要である。ロータの [11] 貫通部から [12] が外部へ漏洩^{ろうえい}することや、逆に外部から [13] が低圧部へ侵入することを防止しなければならない。また、タービン内部の段落間で、蒸気が仕事をしないで動翼及び静翼をバイパスして次の段へ漏れ込むと、損失になる。これらを防止するため、蒸気タービンの多くには [14] 式のシール装置が設けられる。

シール装置の回転部と静止部の接触による損傷や摩耗で生じる [15] の増大は、漏洩損失を増加させるので、適切な管理、保守が重要である。

< [11] ~ [15] の解答群 >

ア ケーシング	イ バランス	ウ ラビリンス	エ 軸受
オ 油	カ 海水	キ 空気	ク 蒸気
ケ 冷却水	コ 差圧	サ 振動	シ 隙間
ス 中心孔	セ 偏心	ソ 密閉	

(4) 次に示す①～⑤は、いずれも蒸気タービンの損失を記述したものである。これらの五つの損失のうち、内部損失は [16] で、残りが外部損失である。

- ① 最終段羽根出口の蒸気が運動エネルギーを保有したまま流出する速度損失
- ② ノズル及び回転羽根自体の形状によって生じる翼プロファイル損失
- ③ 回転羽根などが周辺蒸気をかき回す回転損失
- ④ 軸受摩擦損失
- ⑤ ノズル及び回転羽根周辺での漏れ損失

< [16] の解答群 >

ア ②及び④	イ ②及び⑤	ウ ①、③及び④
エ ②、③及び④	オ ①、②、③及び⑤	カ ②、③、④及び⑤

(空 白)

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 次の各問に答えよ。(配点計 40 点)

(1) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句又は図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 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

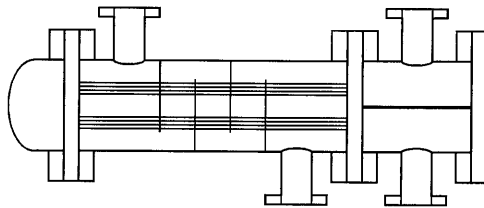
1) 多管式熱交換器は、各種プラントにおいて一般的に用いられる熱交換器である。このうち、胴の両側に を固定した固定 式熱交換器の概略の構造図は である。この形式は、 の部分が密閉されているために、その内部の検査や清掃ができない。一方、構造図 の形式の熱交換器の場合、 を引き抜くことができるので、胴内や伝熱管の表面の検査や清掃は容易であるが、伝熱管内の検査や清掃は難しい。

一般に、汚れが少ない方の流体を、清掃が難しい側に通すようにすると良い。

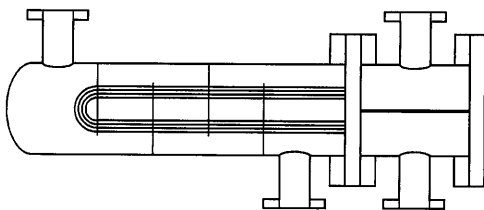
< ~ の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|-------|---|------|---|-----|---|-----|
| ア | バッフル板 | イ | フランジ | ウ | 管束 | エ | 管板 |
| オ | 仕切り室 | カ | 胴 | キ | 二重管 | ク | 分岐室 |

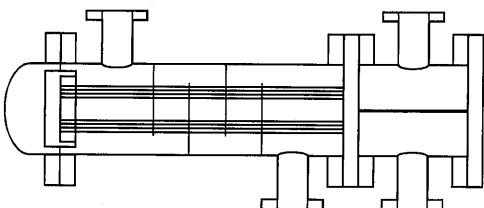
ケ



コ



サ



2) 排熱ボイラは、炉などから排出される燃焼排ガスなどの気体の から熱回収し、主として蒸気を得る装置である。このボイラは、燃焼式のボイラより一般に加熱側の温度が低いので、伝熱面積は くなる。また、伝熱管の水側の熱抵抗と比べて燃焼排ガス側の熱抵抗が大きいので、一般にガス側を として熱抵抗の低減を図っている。

< ~ の解答群 >

ア フィン付き イ プレート ウ 被膜 エ 顕熱
オ 潜熱 カ 未燃成分熱 キ 大き ク 小さ

3) 大気開放型の冷却塔などの熱交換器では、循環する冷却水が大気と直接触れて大気中の粒子や酸性物質などの有害物質を吸収することで、徐々に水質を悪化させ、これらが熱交換部分の汚れを増大させる。さらに溶解している塩分などの物質が水分の蒸発によって されることにより様々な弊害を生じる。特に、被冷却側の熱交換器では、伝熱面において腐食や、 された物質の を招き、これらによる伝熱抵抗の増大によって、熱交換性能が大きく低下する。通常は、適正なブローや薬液注入処理の実施などによって、冷却水を正常な水質範囲に保つとともに、定期的に伝熱管の洗浄などを行うことで、熱交換器の性能低下を防止する。

< 及び の解答群 >

ア 凝縮 イ 接触 ウ 中和 エ 濃縮 オ 付着
カ 分解 キ 融解

(2) 次の各文章の 11 及び 12 の中に入れるべき最も適切な式を 11 及び 12 の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

また、A a.b 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。

単純な向流型の二重式熱交換器における熱交換について考える。

1) 熱交換器の交換熱量を Q とすると、 Q は、熱通過率、伝熱面積、及び高温側と低温側の熱媒体の平均温度差を用いて次式で求められる。

$$Q = \text{ 11 }$$

2) 熱交換器の高温側媒体の出口における高温側媒体と低温側媒体との温度差を ΔT_a で表し、高温側媒体の入口における高温側媒体と低温側媒体の温度差を ΔT_b で表すと、交換熱量を求めるための熱媒体の平均温度差として、次式で示す熱媒体の対数平均温度差 ΔT_m が用いられる。

$$\Delta T_m = \text{ 12 }$$

3) いま、高温側媒体の入口温度が 90°C 、出口温度が 65°C 、低温側媒体の入口温度が 20°C 、出口温度が 70°C であった。ここで、熱通過率 K を $500\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ とし、熱交換器の外部への熱損失がないとすれば、交換熱量 10 kW 以上を得るための伝熱面積は、A a.b $\times 10^{-1} [\text{m}^2]$ 以上が必要である。なお、 $\ln 2.25 = 0.8109$ 、 $\ln 3.25 = 1.179$ 、 $\ln 4.5 = 1.504$ を用いること。

< 11 及び 12 の解答群 >

$$\begin{array}{llll} \text{ア} & \frac{\Delta T_a + \Delta T_b}{\ln\left(\frac{\Delta T_b}{\Delta T_a}\right)} & \text{イ} & \frac{\Delta T_b + \Delta T_a}{\ln\left(\frac{\Delta T_a}{\Delta T_b}\right)} \\ \text{ウ} & \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln\left(\frac{\Delta T_b}{\Delta T_a}\right)} & \text{エ} & \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln\left(\frac{\Delta T_a}{\Delta T_b}\right)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{オ} & \text{熱通過率} \times \text{伝熱面積} \times \text{平均温度差} \\ \text{カ} & \frac{\text{平均温度差}}{\text{伝熱面積} \times \text{熱通過率}} \end{array}$$

$$\text{キ} \quad \frac{\text{伝熱面積} \times \text{平均温度差}}{\text{熱通過率}}$$

(空 白)

(冷凍・空調設備 — 選択問題)

問題 16 次の各問に答えよ。(配点計 40 点)

- (1) 次の文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句又は式を ~ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

冷凍機やヒートポンプの性能は成績係数で示される。冷凍機の成績係数は、 を で除して求められ、ヒートポンプの成績係数は、 を で除して求められる。したがって、成績係数が ほど効率が良いことを示し、冷凍機の場合には、 温度が低く、 温度は高いほど成績係数が大きくなる。

また、ある熱源機を冷凍機として用いたときの成績係数を $(COP)_c$ 、ヒートポンプとして用いたときの成績係数を $(COP)_h$ とすると、その関係は、式 で表すことができる。ただし、これは同一条件のサイクルにおいて成立する関係であり、それぞれの定格条件における関係を示すものではない。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------|---------|
| ア $(COP)_h = (COP)_c + 0.5$ | イ $(COP)_h = (COP)_c + 1$ | | |
| ウ $(COP)_h = (COP)_c - 0.5$ | エ $(COP)_h = (COP)_c - 1$ | | |
| オ 圧縮機出力 | カ 圧縮機入力 | キ 圧縮容積 | ク 凝縮器熱量 |
| ケ 蒸発器熱量 | コ 蒸発量 | サ 膨張効果 | シ 飽和容積 |
| ス 外気 | セ 冷水の入口 | ソ 冷水の出口 | タ 大きい |
| チ 小さい | ツ 同じ | | |

- (2) 次の文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句を ~ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、 は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

蒸気圧縮冷凍機に利用されてきた冷媒は、以前は R11 や のような CFC 系、及び R22 や などの HCFC 系のものが大部分であったが、これらは地球環境破壊の一つの指標である の値が大きい冷媒から順次規制対象となって使用されなくなり、最近では

R134a や [12] などの HFC 系冷媒が利用されている。

しかしながら、HFC 系の冷媒についても、一方の地球温暖化の指標である [13] の値が大きいことが問題として残されており、[13] の値が小さいアンモニアや [14] などの自然冷媒への期待が高まっている。それらの採用に当たっては、それぞれの冷媒が持つ、可燃性や毒性などに対する安全性、COP 及び価格面などの特徴を把握した上で使い分ける必要がある。

< [9] ~ [14] の解答群 >

ア BOD イ COP ウ GWP エ ODP オ VOC
カ R115 キ R123 ク R410A ケ ブライン コ 一酸化炭素
サ 臭化リチウム シ 窒素 ス 二酸化炭素

(3) 次の文章の [15] ~ [20] の中に入れるべき最も適切な字句又は数値を [15] ~ [20] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[16] は 2 箇所あるが、同じ記号が入る。

事務所ビルの空調における期間平均負荷率は通常 [15] [%] 程度といわれ、空調時間の大部分が [16] 運転となる。

一般に、空調設備機器の効率は [16] 運転時には低下する傾向にあるため、適切な対策を行うことにより年間を通じてできるだけ高効率で機器を運転し、省エネルギー化を図ることが求められる。具体的には、セントラル空調の熱源設備における熱源機の [17] 運転などが一般的対策であり、さらに二次側の冷水、温水の搬送系においては [18]、空調機^{まわ}廻りではコイルの [19] や給気の [20] などの制御方式が対策として用いられる。

< [15] ~ [20] の解答群 >

ア 20 イ 50 ウ 80 エ 90
オ CAV 制御 カ CWV 制御 キ VAV 制御 ク VWV 制御
ケ エンタルピー制御 コ 二方弁制御 サ 三方弁制御 シ 台数制御
ス 大容量機器発停制御 セ 過負荷 ソ 最小負荷 タ 最大負荷
チ 部分負荷

(工業炉、熱設備材料 - 選択問題)

問題 17 次の各問に答えよ。(配点計 40 点)

(1) 次の各文章の ~ 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、、 及び は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

1) 工業炉を加熱方式で大別すると、 炉と 炉に分けられる。 炉は更に、材料と が直接接触する直接加熱方式と、直接接触しない間接加熱方式に分けられる。

2) また、工業炉の操業方式を大別すると、 式と 式に分けられる。一般に、 式は少品種で多量に生産される材料の加熱に用いられ、 式はロットの小さい材料を加熱するのに用いられる。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|-------|---------|--------|--------|
| ア カバー | イ バッチ | ウ ピット | エ ポット |
| オ 焼成 | カ 大気雰囲気 | キ 台車 | ク 抵抗 |
| ケ 電気 | コ 燃焼 | サ 燃焼ガス | シ 燃料ガス |
| ス 雰囲気 | セ 誘導 | ソ 連続 | |

3) 種々の用途の工業炉のうち、鉄スクラップの溶解には が多く用いられ、 は鑄鉄鑄物の溶解炉として用いられ、 は焼きなまし、調質、浸炭などに用いられる。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|------|--------|
| ア アーク炉 | イ キュボラ | ウ 高炉 | エ 焼却炉 |
| オ 焼結炉 | カ 焼成炉 | キ 転炉 | ク 熱処理炉 |
| ケ 熱風炉 | | | |

(2) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な数値を ～ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

加熱炉における加熱方法に関する省エネルギー推進では、加熱温度と加熱曲線の適切な設定及び制御が重要である。

いま、連続式加熱炉において、加熱温度の制御精度向上により、被加熱材料の装入温度(装入時の含熱量)を変えずに抽出温度を 1200℃ から 1150℃ まで低減できた場合の省エネルギー効果を考察する。

ここで、抽出被加熱材料の含熱量、気体燃料の低発熱量、及び加熱炉の熱効率の定義を次に示す。

・抽出被加熱材料の含熱量 (0℃基準)

抽出温度 [℃]	抽出被加熱材料の含熱量 [kJ/kg]
1150	738.83
1200	771.48

・気体燃料の低発熱量 = 41.7 MJ/m³_N

・熱効率 = $\frac{\text{抽出被加熱材料の含熱量} - \text{装入被加熱材の含熱量}}{\text{供給熱量}} \times 100\%$

ただし、炉の熱効率は 72% で不変であるとし、供給熱量は気体燃料の燃焼熱量のみとする。

1) 抽出被加熱材料の 1t 当たりの含熱量は約 [MJ/t] 減少する。

2) 抽出温度低下による材料 1t 当たりの燃料の節約量は、1) で求めた減少熱量の約 倍の熱量に相当し、約 [m³_N/t] となる。

< ～ の解答群 >

ア 0.33 イ 0.7 ウ 1.1 エ 1.4 オ 1.9
カ 2.6 キ 3.3 ク 4.2 ケ 33

(3) 次の各文章及び表の ～ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値を
 < ～ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、 は2箇所あるが、
 同じ記号が入る。

1) セラミックファイバ断熱材の内部の伝熱機構は、空隙部での 伝熱、空隙部の空気
 の 伝熱、ファイバの伝導伝熱の3要素から成っている。

3要素を合わせた等価 は、かさ密度と使用温度により異なる値を示す。かさ密度
 が 150 kg/m^3 程度の場合、温度による変化の例では、 400°C でおよそ $0.1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、 800°C で
 およそ $0.2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ であり、耐火断熱れんがのおよそ 程度の値である。

2) 次の表は、炉温 1250°C での炉壁からの定常熱損失がほぼ等しくなるように構成した3種類
 の炉壁について比較した例である。

表によると、セラミックファイバ壁の単位面積当たりの は耐火れんが壁の約 $\frac{1}{30}$
 であることが分かる。このことは、セラミックファイバを使用すれば、特に 操業に
 おいて、炉の熱損失が大きく減少し、省エネルギーに貢献することを意味する。

炉壁構成	炉壁厚さ [mm]	単位表面積当たりの 炉壁質量 [kg/m ²]	単位表面積当たりの <input type="text" value="16"/> [MJ/m ²]
① 耐火れんが壁	500	652	795.2
② 耐火断熱れんが壁	310	212	233.5
③ セラミックファイバ壁	250	29.4	24.9

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|--------|
| ア $\frac{1}{10}$ | イ $\frac{1}{5}$ | ウ $\frac{1}{2}$ | エ バッチ |
| オ 巡航 | カ 連続 | キ 温度効率 | ク 熱伝達率 |
| ケ 熱伝導率 | コ 対流 | サ 伝導 | シ 放射 |
| ス 炉壁蓄熱量 | セ 炉壁入熱量 | ソ 炉壁放熱量 | |

(空 白)

(空 白)

(蒸留・蒸発・濃縮装置、乾燥装置、乾留・ガス化装置 — 選択問題)

問題 18 次の各問に答えよ。(配点計 40 点)

(1) 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句を ~ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、 及び は 2 箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

1) 「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」の「II エネルギーの使用の合理化の目標及び計画的に取り組むべき措置」において、蒸留塔に関しては、運転圧力の適正化、段数の多段化などによる の低減、蒸気の再圧縮、多重効用化などについて検討すること、が求められている。

2) 蒸留塔における運転圧力の適正化については、一般に運転圧力を れば、比揮発度は大きくなり、より少ないエネルギーで分離が可能になる。ただし、塔頂での が低下するため、運転圧力には適正值がある。

3) 蒸留塔の段数を増やすと を下げることができる。この結果、塔底での 器の加熱熱量及び塔頂での 器での冷却熱量を減少させることができる。

4) 蒸留塔における多重効用化の一例として、1 塔で分離できる場合でも 2 塔に分け、各々の塔圧を変えて、 塔側の塔頂蒸気を 塔側の原料予熱や 器の熱源に利用し、熱源の有効利用を図る方法がある。

< ~ の解答群 >

ア	トレイ	イ	還流比	ウ	比揮発度	エ	塔効率
オ	凝縮	カ	再沸	キ	凝縮温度	ク	蒸発温度
ケ	沸点	コ	高圧	サ	低圧	シ	中間
ス	上げ	セ	下げ	ソ	変えなけ		

問題 18 の (2) は次の 29 頁及び 30 頁にある

- (2) 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な数値を ～ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

乾燥装置は、被乾燥材料の水分を蒸発させ、乾燥させることが目的であるため、蒸発潜熱として多量の熱を使用する。さらに、蒸発のための熱量の他に、熱風と共に乾燥装置外に排出されたり、乾燥装置の壁から外部に放出されたりする熱量がある。

ここで、湿潤な被乾燥材料を、熱風による連続通気乾燥法で処理する場合において、排風循環があるときとないときの省エネルギー性について考える。その操作条件は図1及び図2に示すとおりとする。ただし、大気温度は20℃とし、空気平均比熱を1 kJ/(kg·K) とする。

- 1) 図1において、被乾燥材料の乾量基準の平均含水率が $0.45 \text{ kg-水/kg-無水材料}$ であったとき、湿量基準の平均含水率は [kg-水/kg-湿り材料] である。
- 2) 図1において、被乾燥材料の無水材料供給量が 10 kg/h 、乾燥装置の出口における乾燥製品の乾量基準の平均含水率が $0.05 \text{ kg-水/kg-無水材料}$ であったとき、この乾燥器で蒸発する水分の量は [kg-水/h] である。
- 3) 図1において、乾燥装置の熱風量を 100 kg/h とし、加熱器出口の熱風の温度が $270 \text{ }^\circ\text{C}$ であるとき、加熱器が熱風に与えた熱量は、 [kJ/h] である。
- 4) 図1において、被乾燥材料に含まれる水分の蒸発に要した熱量と、被乾燥材料が乾燥温度になるために与えられた熱量の合計を 10000 kJ/h とし、乾燥装置周囲からの放散損失や乾燥材料中の水分の昇温に要した熱量を無視したとき、乾燥器出口の排気空気の温度は [°C] である。
- 5) 図1において、乾燥に有効な熱量(水分の蒸発に要する熱量と乾燥材料が乾燥温度になるために与えられた熱量の合計)を、乾燥に要した熱量(加熱器で熱風に与えられた熱量)で除した値の百分率を、乾燥装置の熱効率と定義するとき、熱効率は [%] になる。

6) 次に、図2のとおり排気風量の50%、つまり50kg/hを循環させ、大気からの取入れ風量を50kg/hにしたとき、加熱器入口の乾燥用空気の温度は100℃となり、出口温度280℃で図1と同じ含水率の乾燥製品が得られた。このとき、加熱器が熱風に与えた熱量は、 [kJ/h]である。また、乾燥に有効な熱量を、図1と同様に10000kJ/hとしたとき、熱風の循環により熱効率は [%]に上昇する。

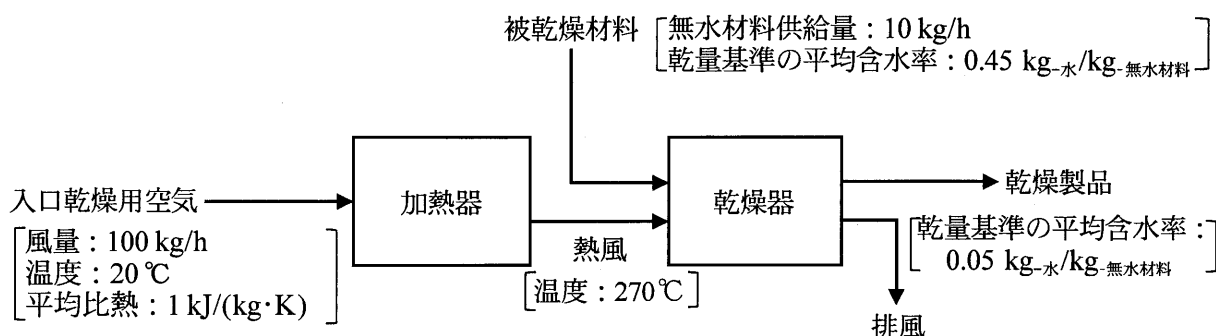


図1 熱風の循環がないとき

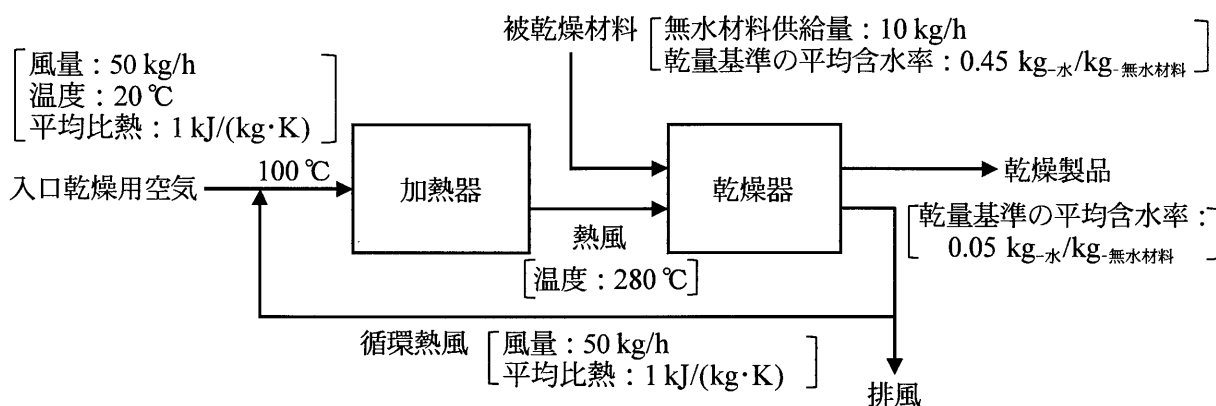


図2 熱風の循環があるとき

< ~ の解答群 >

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| ア 0.22 | イ 0.31 | ウ 0.4 | エ 0.88 | オ 4.0 |
| カ 4.5 | キ 40.0 | ク 42.5 | ケ 52.5 | コ 55.6 |
| サ 58.8 | シ 160 | ス 170 | セ 180 | ソ 9000 |
| タ 18000 | チ 20000 | ツ 23000 | テ 25000 | ト 26000 |
| ナ 27000 | | | | |

(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、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。

また、計算をとまなう解答の場合は以下によること。

- (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。

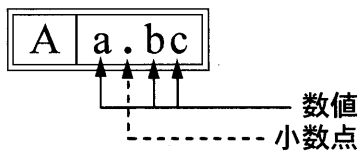
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

- (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、「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 $\pi = 3.1415...$ 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)

6.827.....
↓ 四捨五入
6.83

(解答)

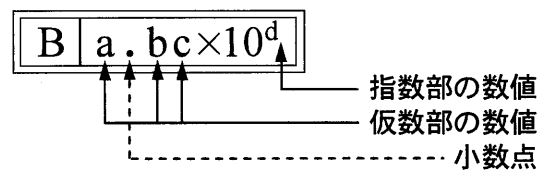
「6.83」に
マークする



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

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183×10^2
↓ 四捨五入
 9.18×10^2

(解答)

「 9.18×10^2 」に
マークする



B				
a	.	b	c	×10 ^d
		0	0	0
①		●	1	1
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
⑨		9	9	9