

熱分野  
専門区分

試験時間 11:20~12:50 (90分)

課目Ⅳ 熱利用設備及びその管理

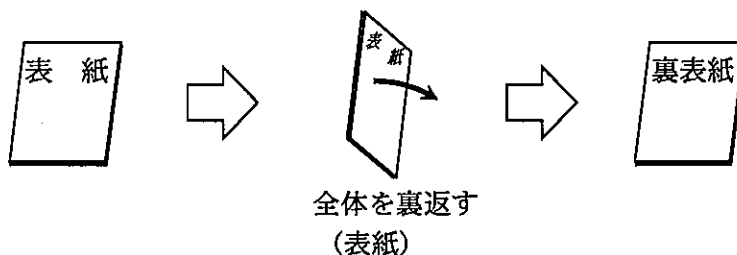
必須	問題 11, 12	計測及び制御	1~6 ページ
必須	問題 13, 14	ボイラ、蒸気輸送・貯蔵装置、 蒸気原動機・内燃機関・ガスタービン	7~12 ページ

次の問題 15 から問題 18 までは、4 問題中  
1 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	14~17 ページ
選択	問題 16	冷凍・空気調和設備	18~22 ページ
選択	問題 17	工業炉、熱設備材料	23~26 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	27~30 ページ

※試験開始の指示があるまで開いてはいけません。  
※問題の内容に関する質問にはお答えできません。

- 答案用紙には、**問題番号**、**生年月日**、**研修地**、**研修番号**を記入すること。
- 答案用紙は、1 問題につき 1 枚を使用すること。
- 答案用紙は、解答未記入の場合も提出すること。
- 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。
- 問題の解答上の注意は、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。



(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、解答例にならってその記号を答えよ。なお、、 及び  は複数個所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

( 解答例 16 - ス )

(1) 各種の温度計及び熱流計の特徴について示す。

1) 温度測定では温度検出部の測定対象への接触による影響を少なくし、温度検出部によって測定対象の温度や温度分布に影響を与えないように注意する。

熱電温度計を用いて、管内を流れる高温の気体の温度を、図に示すように (a) ~ (e) の方法で検出器を設置して測定する例について考える。このような測定では、管内の気体温度と外部との温度差が大きいため、温度検出部を通じて熱が逃げてしまい、マイナスの誤差を生じる。ここで、図中の (a) ~ (e) のうち温度測定の誤差が最も小さい方法は  であり、誤差が最も大きいのは  である。なお、保護管は  方が誤差は少ない。

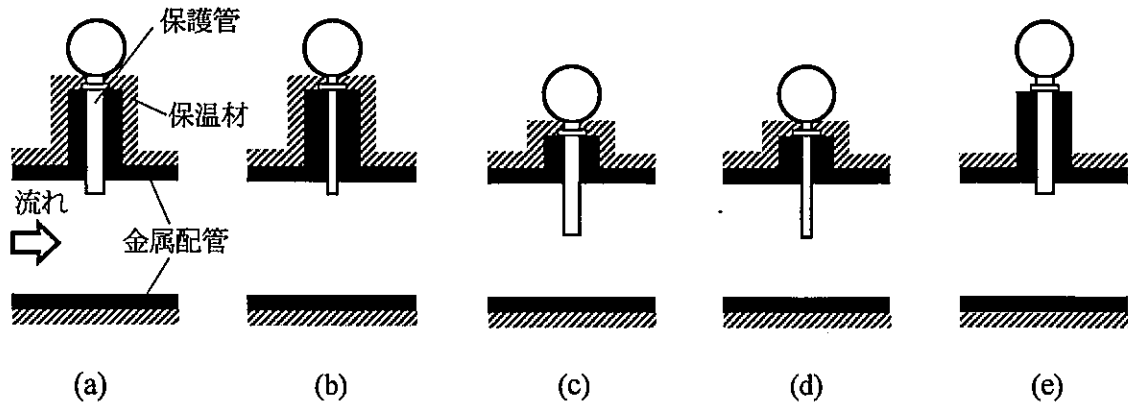


図 熱電温度計の取付け方法

<  ~  の解答群 >

- |       |        |       |       |       |
|-------|--------|-------|-------|-------|
| ア (a) | イ (b)  | ウ (c) | エ (d) | オ (e) |
| カ 硬い  | キ 柔らかい | ケ 太い  | コ 細い  |       |

2) 熱流計は工場内の諸設備、配管や建物の表面を通過する熱流を測定する機器であり、保温や保冷の検討に用いられる。

熱流計は、 及び  が既知の薄い板の両面に温度センサを付け、両面の温度差  $\Delta T$  を測定することで、熱流束を測定するものである。

熱流束  $q$  は、熱が通過する面積を  $A$ 、熱流（単位時間当たりの熱量）を  $Q$  とすると、

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{\text{4}}{\text{5}} \times \Delta T$$

で表される。

<  及び  の解答群 >

- |      |      |        |        |
|------|------|--------|--------|
| ア 厚さ | イ 体積 | ウ 熱伝達率 | エ 熱伝導率 |
| オ 比熱 | カ 密度 |        |        |

(2) 渦流量計では、流れの中に柱状の物体（渦発生体）を置くと、レイノルズ数がある範囲内の場合に、物体の下流側に  渦と呼ばれる2列の渦が生じ、渦の振動数は流速に  し、渦発生体の代表幅に  する。このときの比例定数であるストローハル数とレイノルズ数との関係は、液体・気体・蒸気に関わらず同一である。この流量計は、固形物や気泡を多く含む混相流体の流量測定に適して  。また、可動部がなく構造が簡単であり、圧損が大きくなる絞り機構を持つ  式流量計に比べて圧損がかなり小さい。

<  ~  の解答群 >

- |        |        |        |       |
|--------|--------|--------|-------|
| ア カルマン | イ コリオリ | ウ ベナール | エ 差圧  |
| オ 超音波  | カ 電磁   | キ 比例   | ク 反比例 |
| コ いる   | サ いない  |        |       |

問題 11 は次の頁に続く



(計測及び制御)

問題 12 次の各文章及び図の [ 1 ] ~ [ 14 ] 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、解答例にならってその記号を答えよ。なお、[ 1 ] ~ [ 3 ]、[ 5 ]、[ 6 ] 及び [ 11 ] は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

( 解答例 15 - ネ )

(1) 制御系の構成を図 1 に示す。制御系は、「制御のために [ 1 ] に制御装置を結合して構成された系」であり、制御装置は、「[ 2 ]、比較部、制御演算部、操作部からなり、操作量を生成する装置」である。調節計は、入力として [ 3 ] と測定値を受けて偏差をつくり、制御演算部において PID 演算処理等を行う。この結果は、電子式の場合は [ 4 ] の電流、空気式の場合は 20 ~ 100 kPa の圧力として出力し、操作部を駆動するのが一般的である。

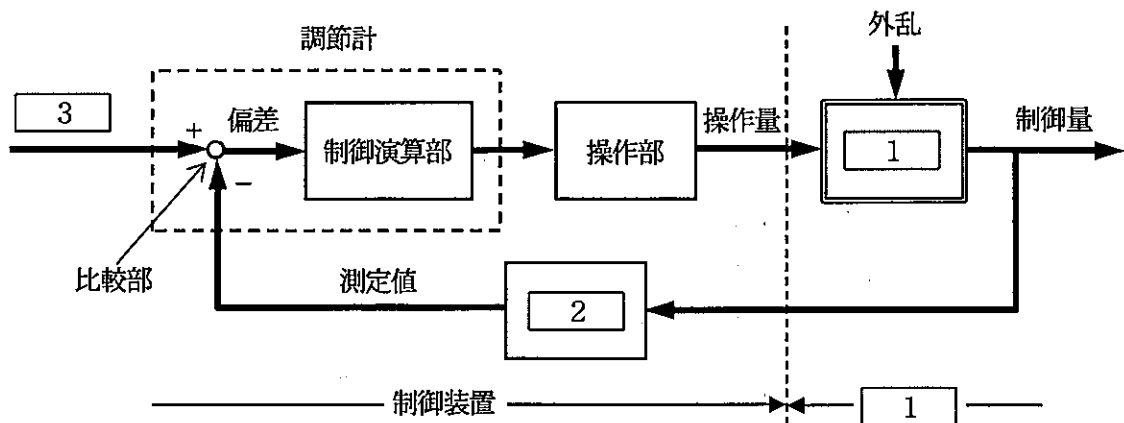


図 1

< [ 1 ] ~ [ 4 ] の解答群 >

- |            |            |            |        |
|------------|------------|------------|--------|
| ア 0~10mADC | イ 2~20mADC | ウ 4~20mADC | エ 検出部  |
| オ 制御部      | カ 動作部      | キ 初期値      | ケ 設定値  |
| コ 目標値      | ク 演算対象     | ク 制御対象     | セ 動作対象 |

問題 12 は次の頁に続く

(2) 比例動作の調節計において、偏差と出力の関係は例えば図2のようになる。調節計出力を  $mv$  [%]、偏差を  $e$  [%] という記号で示すと、比例動作の調節計出力は、一般に次式で表される。

$$mv = mv_0 + K_p \cdot e$$

上式の右辺第1項 ( $mv_0$ ) は、偏差が0のときの調節計出力、右辺の第2項は、偏差によって生じる調節計出力の変化量である。ここで、偏差への乗数 ( $K_p$ ) を  という。偏差は、一般には調節計の  (測定範囲の最大値と最小値の差) で除して100を乗じ、%表示とする。例えば調節計の  を200℃とすると、図2における  $K_p$  は  となる。ここで、偏差が  $\pm$   [%] 変わると出力は  $\pm 50\%$  変化する。なお、一般の調節計では、 の代わりに比例帯 ( $PB$ ) を使用している。これは、調節計出力が0~100%変化するのに必要な偏差の範囲を%で表示するもので、図2の例では  $PB =$   [%] であり、 $PB$  と  $K_p$  の間には、 $PB =$   の関係がある。

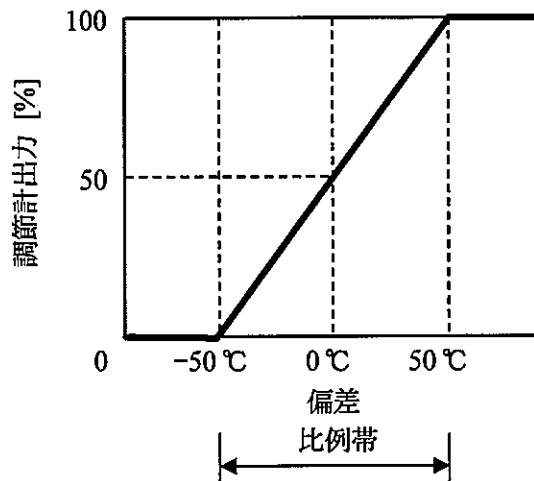


図2

<  ~  の解答群 >

- |         |         |         |            |                    |                     |
|---------|---------|---------|------------|--------------------|---------------------|
| ア 1     | イ 2     | ウ 4     | エ 10       | オ 12.5             | カ 25                |
| キ 50    | ケ 100   | コ 200   | サ $100K_p$ | ス $\frac{10}{K_p}$ | セ $\frac{100}{K_p}$ |
| ソ 制御ゲイン | タ 制御係数  | ツ 比例ゲイン |            |                    |                     |
| ト 制御スパン | チ 測定スパン | ニ 比例スパン |            |                    |                     |

(3) 調節計の出力としては、リレー出力や  出力もある。これらの出力機能は温度制御用に用いる場合が多く、ヒータに流す電流をリレーでオンオフさせることはよく行われている。温度制御では、この動作で PID 動作と同じ効果を持たせる方式を採用しており、図3において、 $T$  を 、 $T_{on}$  をリレーのオン時間とすると、 を調節計の PID 演算値に比例させる  比例出力を用いている。また、リレー出力と同じ動作であるが、 出力は、ソリッドステートリレーを駆動する出力機能である。

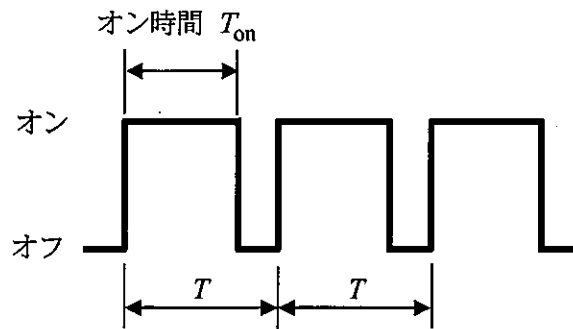


図3

<  ~  の解答群 >

- |                |                      |                      |
|----------------|----------------------|----------------------|
| ア $T - T_{on}$ | イ $\frac{T}{T_{on}}$ | ウ $\frac{T_{on}}{T}$ |
| エ サイクルタイム      | オ セットタイム             | カ プログラムタイム           |
| キ 時間           | ケ 周波数                | コ 動作                 |
| サ 電圧パルス        | ス 電流パルス              | セ 電動パルス              |

(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 次の各問に答えよ。

- (1) 次の各文章の下線部分 (a) ~ (i) について、正しい記述であれば○を、誤った記述であれば×を解答例にならって答えよ。さらに×を付した解答では、解答例にならって下線部を訂正せよ。なお、下線部分 (e) 及び (f) は複数箇所あるが、それぞれ同じ解答となる。

〔 解答例 (j) - ○  
(k) - × 飽和温度 〕

- 1) ボイラの補給水処理の目的は、補給水中のコロイド状物質、懸濁状物質、溶存塩類、溶存酸素などの不純物を、化学的あるいは物理的方法で取り除くことである。

不純物は大きく次の①～③の3つの領域に分けられる。

- ① 1 nm 以下の低分子領域：溶存状態の電解質、溶存気体及び非電解質が存在
- ② 1 ~ 200 nm のコロイド領域：フミン酸などの有機物、有機酸、コロイド状シリカなどが存在
- ③ 懸濁質領域：電解質及び非電解質の懸濁状物質（土壌成分、重金属酸化物、水酸化物、藻類など）といった不純物が存在

補給水中の不純物の除去に、主として凝集吸着、限外ろ過などの処理方法が用いられるのは

低分子領域に対してであり、主として凝集吸着、沈降分離などの処理方法が用いられるのは

(a) コロイド領域に対してである。また、イオン交換、逆浸透膜などの処理方法が用いられるのは

(b) 懸濁質領域に対してであり、この領域ではさらにろ過などの処理方法も用いられる。

(c) 原水の水質及び処理目的に応じて、これらの方法が単独又は組み合わせられて用いられる。

- 2) ドラムを有するボイラの燃焼制御は、蒸気圧力制御とも呼ばれるように、要求される蒸気流量に対して蒸気圧力を一定に保つように給水流量を調整し、その給水流量の変化に応じて適正に空気流量を調整する制御である。給水流量に対して空気流量が多すぎると、蒸気流量の増加によるボイラ効率の低下が生じ、少なすぎると燃焼不良によるボイラ効率の低下や失火を生じるので、両者の適正な比率を設定し管理する必要がある。



3) 蒸気は利用しやすいエネルギーであるが、蒸気使用設備で利用される熱は蒸気の持つ全熱量のうち凝縮潜熱だけの場合が多く、残りの熱はドレンとして排出されていることが多い。このドレンを、<sup>(h)</sup>ボイラの給水予熱あるいは低圧フラッシュ蒸気として回収すれば、燃料の節約による省エネルギーが可能となる。

蒸気が配管や蒸気使用設備内でドレンとなり、スチームトラップを通して排出されると、排出された瞬間に減圧され、その一部が蒸発して蒸気となる。これがフラッシュ蒸気である。

スチームトラップに限らず、一般に、ある圧力下の高温水が急に低圧に開放されて減圧されると、瞬間的にフラッシュ蒸気が生じる。飽和水 1 kg から生じるフラッシュ蒸気の量は、 $\frac{h_1' - h_2'}{h_2'' - h_1''}$  [kg] のように表すことができる。

ただし、

$h_1'$  : フラッシュ前の圧力に対応する飽和水の比エンタルピー

$h_2'$  : フラッシュ後の圧力に対応する飽和水の比エンタルピー

$h_1''$  : フラッシュ前の圧力に対応する乾き飽和蒸気の比エンタルピー

$h_2''$  : フラッシュ後の圧力に対応する乾き飽和蒸気の比エンタルピー

を表すものとする。

問題 13 は次の頁に続く

(2) 次の文章の A ~ C に当てはまる数値を計算し、必ず計算の過程を記述した上で、解答例にならってその結果を有効数字3桁で答えよ。

解答例 D - 123  
 E -  $4.56 \times 10^7$

ボイラの性能を表す指標の一つであるボイラ効率、投入した燃料の熱量がどれほど蒸気の発生に有効利用されたかを示すものである。

あるボイラの運転状態が表に示す条件のとき、このボイラの出口蒸気の比エンタルピーは A [kJ/kg] であり、燃料消費量は B [kg/h] である。このボイラの伝熱管のすす及びスケールを除去したところ、燃料消費量を17 kg/h低減することができた。これにより、ボイラ効率は88.0%から C [%] に回復した。

表 ボイラの運転条件

項 目	条 件
ボイラ入口給水	温度：105℃ 比エンタルピー：441.18 kJ/kg
ボイラ出口蒸気	圧力：1.4 MPa ( 乾き飽和蒸気の比エンタルピー：2 788.89 kJ/kg ) ( 飽和水の比エンタルピー：830.13 kJ/kg ) 蒸気乾き度：98.0%
蒸発量	12 000 kg/h
燃料の低位発熱量	40 500 kJ/kg
ボイラ効率	88.0%

(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、解答例にならってその記号を答えよ。なお、、 及び  は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

( 解答例 15 - ソ )

(1) 蒸気タービンの機能と種類について考える。

- 1) 蒸気タービンは、蒸気を持つ熱エネルギーを  エネルギーに変換するものであり、主な用途は発電用である。
- 2) 蒸気タービンには基本的な熱サイクルに対して、熱効率を上げるために様々な工夫がなされている。蒸気の利用方式によりタービンを大別すると、一般に次の3種類に分けられる。
  - i) 通常では冷却媒体に大きな凝縮潜熱を捨てることになるため、熱効率が低くなるのが  タービンである。このため、タービンで膨張した蒸気のすべてを凝縮させるのではなく、膨張途中で蒸気の一部を取り出し、給水加熱器でボイラ給水の予熱に利用する  の採用が一般的である。
  - ii) タービン出口からの蒸気がプロセス用として全量有効に利用できる場合には、熱効率が極めて高くなるのが  タービンであるが、タービン内で得られる熱落差が小さいため、単位蒸気量当たりの軸出力は小さくなる。プロセス蒸気を多量に使用する産業分野で多用されている。
  - iii) タービンの途中段から所要のプロセス蒸気を取り出して利用できるのが  タービンであり、 タービンと  タービンを一軸に連結したものと見なせる。

<  ～  の解答群 >

ア ヒートポンプサイクル      イ 再生サイクル      ウ 再熱サイクル  
エ 圧力      オ 位置      カ 速度      キ 抽気      ケ 背圧      コ 復水

問題 14 は次の頁に続く

(2) 内燃機関に関する環境問題としては、騒音、振動、大気汚染などがある。

1) 主な騒音源は、機関本体、過給機及び排気音の3つである。過給機の騒音防止には、吸気室を設け、 と吸気室内面の吸音材による対策を施す。また、排気音は、音圧の大きな  周波数成分を含むことがあるので、騒音防止には非可聴範囲の音圧障害を含めた対策が必要となる。

<  及び  の解答群 >

ア 吸気消音器      イ 排気消音器      ウ 高煙突      エ 高      オ 低

2) 排ガス中の大気汚染物質としては、窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)、硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>)、一酸化炭素 (CO)、未燃炭化水素 (HC)、ばいじんなどがある。大気汚染物質の低減技術の一つに三元触媒法がある。三元触媒法は、これらの大気汚染物質のうち NO<sub>x</sub>、CO、 の3つの成分を同時に高い効率で除去できるが、そのためには機関を空気過剰率  付近で運転する必要がある。

また、三元触媒法では、燃料や  に含まれる添加剤成分による触媒被毒にも注意が必要である。例えば、 に含まれる  には、燃焼によりガラス状の物質を生成し、触媒の細孔を閉塞する被毒作用があることが知られている。

<  ~  の解答群 >

ア 1.0      イ 1.8      ウ 2.3      エ HC  
オ SO<sub>x</sub>      カ ナトリウム (Na)      キ バナジウム (V)      ケ ばいじん  
コ りん (P)      サ 吸気      ス 潤滑油      セ 冷却水

(3) ガスタービンの排気ガスは、温度が高く有効利用できる熱エネルギー量が多いので、蒸気を発生させて熱回収を行い、その発生蒸気で蒸気タービンを駆動させるコンバインドサイクルとして、大幅に総合効率を向上させることができる。

1) コンバインドサイクル発電における、蒸気タービンへの蒸気供給には、従来は各種の方式が用いられていたが、近年はガスタービン入口温度の上昇に伴って、排気ガスの温度が上昇し酸素濃度が低下してきたため、方式が主流となっている。

2) コンバインドサイクルを低い負荷率で運転すると熱効率が大きく低下する。このため、複数のガスタービンでプラントを構成し、により高い部分負荷効率を維持する例がある。

3) プラントの構成には、ガスタービンと蒸気タービンを同軸上に直結した一軸式を複数並べる方式と、複数台のガスタービンと1台の蒸気タービンで構成した多軸式の2つの方式がある。この2つの方式を、コンバインドサイクル発電におけるベース運用あるいはミドル運用への適性で分けると、一般に一軸式は運用向きである。

<  ~  の解答群 >

ア インバータ制御	イ 台数制御	ウ 変圧制御	エ ベース
オ ミドル	カ 排気再燃	ケ 排気助燃	コ 排熱回収

### 選択問題

次の問題 15 から問題 18 までは、4 問題中  
1 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、解答例にならってその記号を答えよ。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。

また、 ～  に当てはまる数値を計算し、必ず計算の過程を記述した上で、解答例にならってその結果を有効数字 2 桁で答えよ。

( 解答例 12 - ケ )  
                  D - 12 )

(1) 燃焼ガスを熱源として用いる炉の加熱方式には、被加熱媒体に燃焼ガスを接触させる  方式がある。また、燃焼ガスを管内に送り、管を高温にして被加熱媒体に燃焼ガスを接触させないで加熱する  などの加熱装置がある。

<  及び  の解答群 >

ア ヒートパイプ                      イ フィンチューブ                      ウ ラジアントチューブ  
エ 高効率加熱                      オ 直火加熱                      カ 全熱交換

(2) 管式熱交換器において、管内を流れる高温側流体に溶解した塩類が含まれていると、管内面に溶解成分が析出、付着して伝熱性能が変化する。これは、付着成分の熱伝導率が管の熱伝導率と比べて小さいために  が大きくなるためである。また、流体中に粒子などの固形物が含まれていると、固形物が甚だしく堆積して、管路内径を狭めて  が増大する。このため、流量を一定に制御する場合にはポンプ動力が増大し、消費電力量が増加することになる。これらによる交換熱量の減少等への対策として、伝熱管の定期的な保守及び点検が重要である。

<  及び  の解答群 >

ア 温度効率                      イ 熱通過率                      ウ 熱抵抗  
エ 放散熱損失                      オ 流動抵抗

問題 15 は次の頁に続く

(3) 熱交換器の性能を表す効率には温度効率やエネルギー効率などがある。

二重管式の熱交換器において、高温側流体と低温側流体が図に示すような温度分布で熱交換しているときの温度効率及びエネルギー効率について考える。ここで、高温側流体の入口温度を  $T_{h1}$ 、出口温度を  $T_{h2}$ 、低温側流体の入口温度を  $T_{c1}$ 、出口温度を  $T_{c2}$  とし、高温側流体の熱容量流量（質量流量×比熱）を  $\dot{C}_h$ 、低温側流体の熱容量流量を  $\dot{C}_c$  とする。ただし、熱容量流量の大きさについては  $\dot{C}_c > \dot{C}_h$  であるものとする。

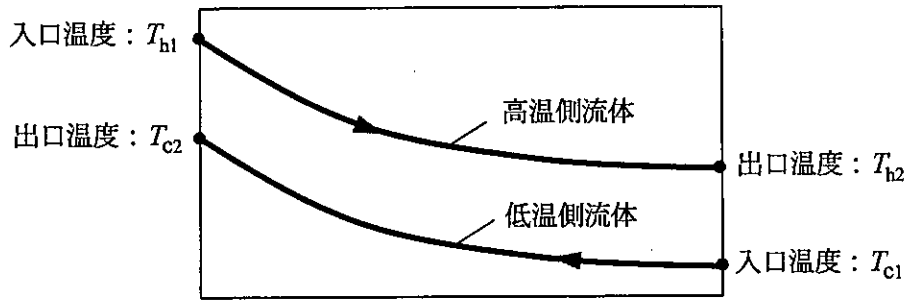


図 温度分布概念図

1) 図のような温度分布の特徴を持つ熱交換器は  形熱交換器と呼ばれる。

<  の解答群 >

ア 向流                      イ 並流                      ウ 垂直管                      エ 水平管

2) 温度効率は、熱交換器の汚れなどによる伝熱性能の日常管理の項目として用いられる。

i) 温度効率  $\eta$  は、管理対象とする流体が高温側であるか低温側であるかによってその値は異なる。例えば、低温側流体を管理対象とするときの温度効率  $\eta_c$  は次式で与えられる。

$$\eta_c = \frac{\text{6}}{\text{7}}$$

<  及び  の解答群 >

ア  $T_{c1} + T_{c2}$                       イ  $T_{c2} - T_{c1}$                       ウ  $T_{h1} - T_{h2}$                       エ  $T_{h1} - T_{c1}$   
 オ  $T_{h1} - T_{c2}$                       カ  $T_{h2} - T_{c1}$                       キ  $T_{h2} - T_{c2}$





(4) 二重管式の熱交換器を用いた熱交換において、比熱  $2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  の流体が質量流量  $24 \text{ kg}/\text{min}$ 、入口温度  $80^\circ\text{C}$  でこの熱交換器に流入している。一方、比熱  $3 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  の流体が質量流量  $20 \text{ kg}/\text{min}$ 、入口温度  $20^\circ\text{C}$  でこの熱交換器に流入し、出口温度  $44^\circ\text{C}$  で流出している。ここで、熱交換器外部への熱損失はないものとし、両流体は熱交換している温度域で相変化しないものとする。

1) この熱交換器の交換熱量は  [kW] である。

2) 高温側流体の出口温度は  [ $^\circ\text{C}$ ] である。

3) 低温側流体の温度効率  $\epsilon$  は  [%] である。

(冷凍・空気調和設備 — 選択問題)

問題 16 次の各文章の [ 1 ] ~ [ 16 ] 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、解答例にならってその記号を答えよ。なお、[ 3 ] は複数箇所あるが、同じ記号が入る。

( 解答例 17 - コ )

(1) 空調システムの省エネルギー計画における基本的な考え方は、第一に空調負荷の低減、第二に自然エネルギーや排出エネルギーの有効活用、そして第三に性能の高い空調システムを構築し適切に運用管理することである。

1) 空調負荷の低減としては、まず建物の外壁や屋根の断熱を強化して [ 1 ] 負荷を減らし、熱線反射ガラス仕様の窓の採用やブラインド・<sup>ひさし</sup>庇の設置等により [ 2 ] 負荷を低減させる。

また、室内の温湿度条件を適切に設定して、[ 3 ] 量の適正化や立上がり運転時の外気カットなどにより [ 3 ] 負荷の低減を図る。

< [ 1 ] ~ [ 3 ] の解答群 >

ア 貫流熱                      イ 侵入外気                      ウ 潜熱                      エ 取入外気  
オ 内部発熱                      カ 日射熱

2) 自然エネルギーの活用としては、外気温度が室内温度より低い場合に、空調時に外気を積極的に導入して冷凍機の負担を減らす [ 4 ] 方式や、夜間に冷たい外気を導入して翌日の冷房負荷を低減する [ 5 ] などがあげられる。

< [ 4 ] 及び [ 5 ] の解答群 >

ア ナイトパージ                      イ ヒートポンプ                      ウ フリークーリング                      エ 外気冷房  
オ 日射遮蔽                      カ 熱回収

問題 16 は次の頁に続く

(2) 図1は、吸収冷凍機の冷凍サイクルの概要図を示している。

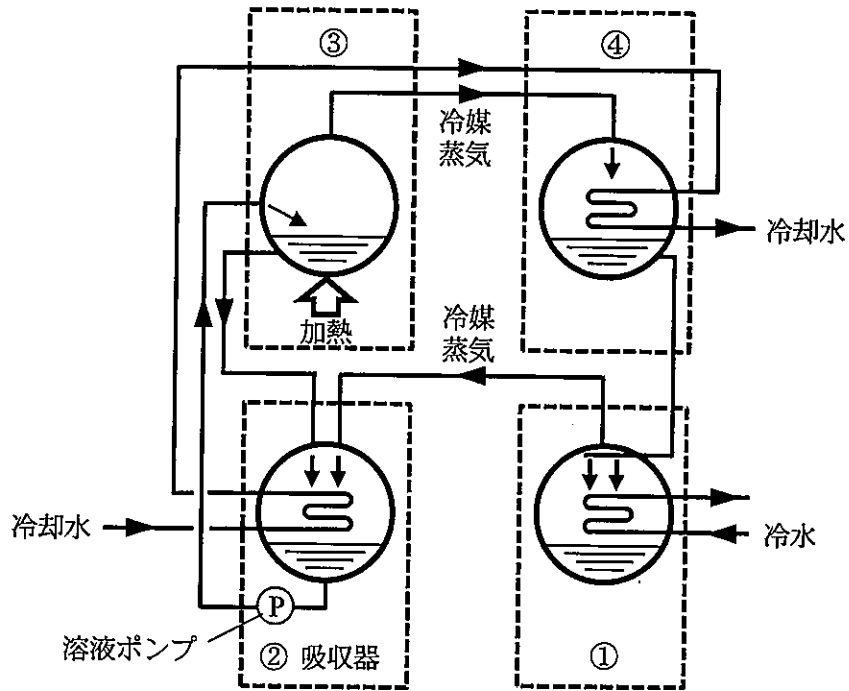


図1 吸収冷凍機の概要図

1) 吸収冷凍機は、冷媒とその蒸気を吸収する吸収剤を作動媒体としており、一般空調用には冷媒として  が、吸収剤としては  が多く用いられている。

<  及び  の解答群 >

- |         |          |      |         |
|---------|----------|------|---------|
| ア アンモニア | イ 臭化リチウム | ウ 窒素 | エ 二酸化炭素 |
| オ 不凍液   | カ 水      |      |         |

2) 吸収冷凍機は、図1に示すように、①から④の4つの主要部分から構成されている。

まず、①の  において、真空中に近い状態で冷媒が気化して、その気化熱で冷水が冷やされる。

次に、②の吸収器において、①からの冷媒蒸気が吸収剤の濃溶液に吸収されることにより、濃溶液は希溶液となる。このとき吸収熱が発生するので冷却水によって除去される。

さらに、③の  において、②から送られてくる吸収剤の希溶液を加熱源で加熱することにより、希溶液の中の冷媒は蒸気となって④の  に押し出され、一方、吸収液は濃溶液となって、再び②に送られる。

最後に、④にて、冷媒蒸気が冷却水で冷却され液化し、①に送られる。

<  ~  の解答群 >

ア 過熱器                      イ 吸収器                      ウ 凝縮器                      エ 再生器  
オ 蒸発器

**問題 16 は次の頁に続く**



3) 空調機から室内への送風量を7000 [m<sup>3</sup>/h]、空気の密度を1.2 [kg/m<sup>3</sup>]とし、点A～点Eの各点の比エンタルピーを図2の通りとすると、コイル加熱負荷熱量は  [kJ/h]、加湿負荷熱量は  [kJ/h] となる。

<  及び  の解答群 >

ア 42000	イ 50400	ウ 77000	エ 84000
オ 92400	カ 100800	キ 119000	ク 142800

(工業炉、熱設備材料 - 選択問題)

問題 17 次の各文章及び表の  ～  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、解答例にならってその記号を答えよ。なお、 及び  は複数箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

( 解答例 17 - コ )

(1) 工業炉は、一般に次のような部分から構成されている。

炉の総重量を支えるために通常コンクリート製の基礎の上に、鋼板・鋼材を溶接等によって補強材で補強し組み立てた  を設けて、その内側に炉床、炉壁、天井などを構成する耐火断熱材を内張りした構造となるものが多い。耐火断熱材は炉の温度や雰囲気など使用条件に十分耐えると共に、熱損失を最小限に抑えるように材質や構成を選定する。

<  の解答群 >

ア 支柱

イ 鉄骨

ウ 炉殻

(2) 被加熱物である材料の、炉への搬送方法とその特徴は次の通りである。

連続式は、被加熱材料を一方の口から連続的に入れ、炉内を通して搬送する間に加熱ないし加熱・冷却し、その後他方の出口から出す方法であり、少品種多量生産に向いている。

一方、 式は、装入してから抽出するまで概して炉内に置いたまま加熱ないし加熱・冷却する方法で、多品種少量生産に向いている。

連続式の場合、加熱サイクルを通じて温度や雰囲気条件を変更する必要があるプロセスでは、炉の長手方向に処理サイクルに合わせた帯（ゾーン）を設けて、帯ごとに温度や雰囲気条件を制御し、その帯を所定の速度で搬送させることによって所望の加熱サイクルを与える。例えば、冷延鋼板の熱処理では、加工性を向上させるために焼きなまし処理を行うが、通常、光輝焼きなましを行うために、炉内は  雰囲気である。

<  及び  の解答群 >

ア バッチ

イ 還元

ウ 酸化

エ 大気

オ 独立

カ 立体



(3) 工業炉は、加熱する目的や被加熱物の特性によって様々な形態がある。

1) 硫化金属鉱を製錬するために高温の空气中で酸化して亜硫酸ガスと酸化金属にする  では、生成するガスによって煙道の鋼材が腐食することを避けるために、温度を  より高く保つ必要がある。

<  及び  の解答群 >

- |       |       |          |
|-------|-------|----------|
| ア 三重点 | イ 酸露点 | ウ 飽和蒸気温度 |
| エ キルン | オ 熱風炉 | カ 焙焼炉    |

2) アルミニウムの焼きなまし、溶体化処理や焼き戻しを行う炉では、アルミニウムの  率が小さく、 による加熱が期待できないために、熱風を循環させた強制対流により加熱することが多い。

3) 耐火物、陶磁器やタイルを焼成する炉は、台車による移送方式のトンネル炉が多く採用されている。この炉では、炉の上下方向の温度を均一化するために、炉底付近から吸引した低温ガスを増熱して天井から再度吹き込む工夫がされることがある。また、熱交換の効率を高めるために燃焼ガスの流れと被加熱物の移動は、 方向となっている。

<  及び  の解答群 >

- |        |       |      |
|--------|-------|------|
| ア 温度伝導 | イ 熱伝導 | ウ 放射 |
| エ 順    | オ 逆   | カ 直交 |

問題 17 は次の頁に続く

(4) 鋼片加熱炉における省エネルギーについて考える。

鋼片加熱炉において最も大きな損失熱は排ガスの顕熱であり、省エネルギーのためには、この損失を最終的に最小限に抑えることが最も効果的である。まず、排ガス量を低減して損失熱の放出をできる限り低減する必要がある、その基本的対策は [ 8 ] である。この対策のための具体的手法として、燃料と空気流量調節弁のクロスリミット化や [ 9 ] の自動制御などが考えられる。さらに、不可避免的に炉から持ち去られる排ガスの熱が熱損失となるので、レキュペレータやリジェネレイティブバーナによってこの熱を燃焼用空気の予熱に利用するなどの排熱回収が省エネルギー対策となる。

< [ 8 ] 及び [ 9 ] の解答群 >

- |           |             |            |
|-----------|-------------|------------|
| ア 空気比の適正化 | イ 炉床負荷の低減   | ウ 炉内温度の均一化 |
| エ 抽出鋼材の温度 | オ 排ガス中の酸素濃度 | カ 炉内の温度差   |

(5) 工業炉においては、耐熱性と断熱性の両方に優れた特性を持つ耐火断熱れんがが、高温において省エネルギー効果が高いことから、多くの場面で採用されている。

1) 一般に、耐火断熱れんがの特性は、①残存線変化率が $\pm 2\%$ を超えない温度、② [ 10 ]、③熱伝導率、の3つで表示される。

< [ 10 ] の解答群 >

- |        |         |      |
|--------|---------|------|
| ア かさ比重 | イ 荷重軟化点 | ウ 比熱 |
|--------|---------|------|

2) 耐火断熱れんがは、実質的には、約 $900^{\circ}\text{C}$ 以下で使用可能な [ 11 ] れんが、 $1200\sim 1500^{\circ}\text{C}$ で使用される [ 12 ] れんが、 $1500^{\circ}\text{C}$ 以上で使用される高温耐火断熱れんがと高温断熱ボードに大別される。 $1500^{\circ}\text{C}$ 以上の炉に使う耐火断熱れんがは、高 [ 13 ] 質のものが多く、 $1700^{\circ}\text{C}$ の電気炉などに使用される高温断熱ボードでは、純度 $99\%$ の [ 13 ] ボードがある。

< [ 11 ] ~ [ 13 ] の解答群 >

- |           |              |           |
|-----------|--------------|-----------|
| ア アルミナ    | イ シリカ        | ウ ジルコニア   |
| エ けい藻土質断熱 | オ 電融ムライト耐火断熱 | カ 粘土質耐火断熱 |

(6) 施工性の容易さから、近年、多くの炉で不定形耐火物が採用されるようになってきた。次の表は、いくつかの不定形耐火物の種類と特徴について示したものである。

表 不定形耐火物の種類と特徴

種 類	使用方法	施工と特徴など
14	水などの液と混練して使用	流し込みや振動流し込みで使用する。 不定形耐火物の約 40% を占める。
15		材料と水をあらかじめ混合して輸送して吹き付ける 湿式と、ノズルで水と混合する乾式がある。
コーティング材		ブラシ又はこてなどで耐火物表面に塗りつける。
16	そのまま使用	エアハンマで打ち込みつつ壁面を構築する。大型壁が 一体に成形できる。
圧入材		高炉など炉体と鉄皮との間にできた隙間にポンプ等 を用いて圧入する。

< 14 ~ 16 の解答群 >

ア ガンニング材

イ キャスタブル

ウ ジルコニア

エ スタックライニング

オ スポーリング

カ バックアップ

キ プラスチック

ケ フルーダイズベッド

(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。

(解答例 16 - セ)

(1) 図 1 は、飽和水蒸気加熱方式の蒸発缶のフローと記号の説明である。このような蒸発缶における物質収支と熱収支について考える。

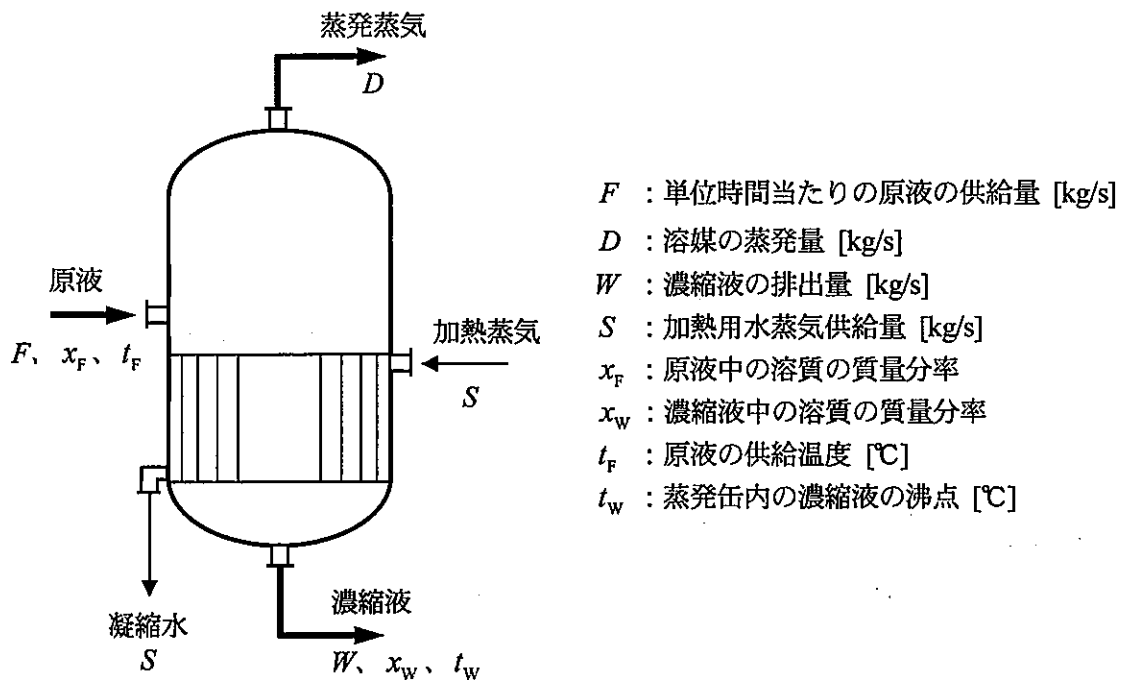


図 1

1) この蒸発缶における原液（全物質）の物質収支及び溶質の物質収支は、記号を用いてそれぞれ次の式で表される。ただし、蒸発蒸気側への溶質の同伴はないものとする。

原液（全物質）の物質収支 :  $F =$

溶質の物質収支 :  $F \cdot x_F =$

<  及び  の解答群 >

ア  $D+S$     イ  $D+W$     ウ  $S+W$     エ  $D \cdot x_W$     オ  $W \cdot x_F$     カ  $W \cdot x_W$

2) ここで、原液として蒸発缶に溶質（水酸化ナトリウム）の質量分率  $x_f$  が 0.05（5 wt%）の水酸化ナトリウム水溶液を、供給量  $F$  を 4.0 kg/s として連続的に供給し、溶質の質量分率  $x_w$  が 0.2（20 wt%）の水酸化ナトリウム水溶液の濃縮液として排出することを考える。ここで、蒸発缶の液面は大気に開放されており、原液の温度  $t_f$  は 20℃で供給されている。また、原液（ $x_f = 0.05$ ）の比熱  $c_f$  を 3.47 kJ/(kg·K)、排出される濃縮液（ $x_w = 0.2$ ）の大気圧における沸点  $t_w$  を 107℃、その温度における溶媒（水）の蒸発潜熱  $r_w$  を 2235 kJ/kg とする。

i) まず、原液中の水酸化ナトリウムの供給量は  [kg/s] である。従って、水蒸気側への水酸化ナトリウムの同伴がないものとする、濃縮液の排出量は  [kg/s] であり、溶媒の蒸発量は  [kg/s] である。

<  ~  の解答群 >

ア 0.05      イ 0.2      ウ 1.0      エ 2.0      オ 3.0      カ 3.5

ii) 次に、熱収支について考える。

4.0 kg/s の原液を、供給温度 ( $t_f$ ) の 20℃ から沸点 ( $t_w$ ) の 107℃ にするための顕熱量は、 [kJ/s] である。さらに、溶媒の蒸発に要する潜熱は、i) で求めた蒸発量と  $r_w$  から  [kJ/s] である。従って、単位時間に必要な加熱量は、 [kJ/s] である。

<  ~  の解答群 >

ア 604      イ 1208      ウ 2235      エ 2416      オ 4470  
カ 5678      キ 6705      ケ 6886      コ 7313      サ 7913

**問題 18 は次の頁に続く**

(2) 図2は、表面まで十分に湿った被乾燥材料を一定条件の熱風中に吊るし、その平均含水率と乾燥速度の関係を求めたものである。

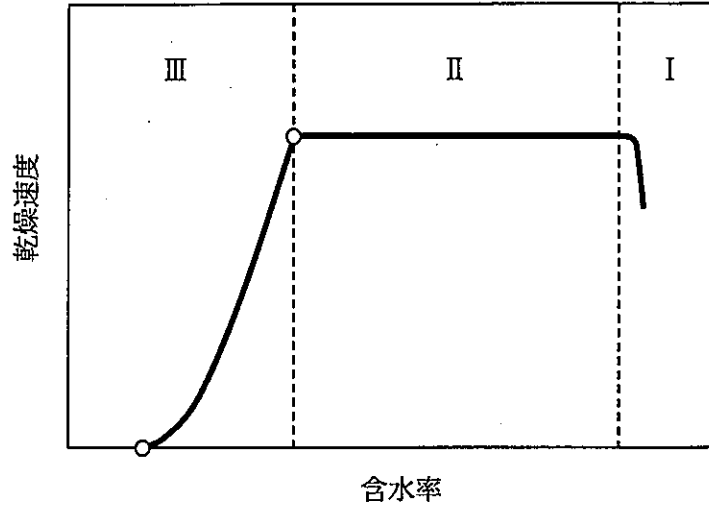


図2

1) 図2は、 と呼ばれ、乾燥装置設計上の最も重要な基礎データである。

<  の解答群 >

ア マッケーブ・シーレ図

イ 乾燥特性曲線

ウ 気液平衡曲線

2) 乾燥機構は、それぞれ特徴のある3つの期間に分けられる。

まず、材料の温度が初期温度から次第に上昇し、乾燥条件によって定まるある平衡温度に達するまでの期間があり、この期間を  期間という。図2で示すI、II、IIIの期間のうち、 の期間である。

<  及び  の解答群 >

ア I

イ II

ウ III

エ 限界乾燥

オ 減率乾燥

カ 材料予熱

キ 定率乾燥

ク 平衡乾燥

3) 次に、流入した熱量が全て水分の蒸発に費やされ、 及び乾燥速度が一定となる期間があり、これを  期間という。

4) 最後に、乾燥が進んで材料内部の水分量が減少すると、材料内部からの  水の補給が表面での蒸発速度に追いつかなくなり、 期間が始まる。

<  ~  の解答群 >

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ア 含水率  | イ 乾燥速度 | ウ 材料温度 | エ 結合   |
| オ 索状   | カ 自由   | キ 限界乾燥 | ク 減率乾燥 |
| コ 材料予熱 | サ 定率乾燥 | ス 平衡乾燥 |        |

(表紙からの続き)

● 解答群からの選択式問題の解答上の注意

□ 1 □、□ 2 □ などの解答は、解答群の字句等 (字句、数値、式、記述、図、グラフ等を含む) から当てはまるものを選択し、対応する記号「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」…などを記入すること。

● 計算問題の解答上の注意

1. 問題文中の □ A □、□ B □ などについては、解答の数値を記入すること。その際、以下の条件に従うこと。

(1) 計算の過程の記述を求める問題は、問題ごとにその旨が明記されており、計算結果だけでなく計算の経過も採点対象となるので、必ず答案用紙に計算過程を記述すること。

(2) 有効数字の桁数が指定されている問題については、数値をその桁数で解答すること。また、数値計算を逐次に行う場合、途中の計算過程においては、最終的に求める有効数字桁数より多い桁数で計算し、最後に四捨五入して解答した値が指定された桁数まで有効となるようにすること。

(3) 問題文中で与えられる数値については、記載してある位より下の位は「0」として扱うものとする。

例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100… と考える。

2. □ 1 □、□ 2 □ などの解答のうちで計算を伴うものは、計算結果を基に、解答群の数値から当てはまるものを選択し、対応する記号「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」…などを記入すること。なお、問題文中で与えられる数値については、上記1の(3)と同様に扱うものとする。