

電気分野  
専門区分

課目Ⅳ 電力応用

試験時間 14:00～15:50 (110分)

3 時限

必須 問題11, 12 電動力応用

2～12 ページ

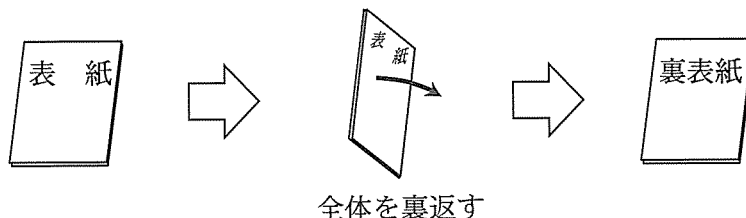
次の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択 問題13	電気加熱	} 2問題を選択	15～17 ページ
選択 問題14	電気化学		19～20 ページ
選択 問題15	照明		21～22 ページ
選択 問題16	空気調和		23～26 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。

(空 白)

(電動力応用)

問題 11 次の各文章の  ～  の中に入れるべき最も適切な字句、数値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、 ～  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) 誘導電動機を駆動源としたポンプや送風機では、可変速運転を行うと大幅な省エネルギーを実現することができ、これらの用途で汎用インバータによる  $V/f$  制御が広く用いられている。ここで、 $V/f$  制御で重要となる電圧の大きさと周波数の関係について検討する。

図 1 は、三相誘導機の等価回路(定常状態、一相分、一次換算)で、漏れインダクタンスが一次側に集中するよう換算係数を調整し、すべりの代わりに回転子の回転角速度  $\omega_m$  [rad/s] (電気角換算) を用いたものである。図で、 $r_1$  [ $\Omega$ ] は一次抵抗、 $r_2'$  [ $\Omega$ ] は二次抵抗(一次換算)、 $l$  [H] は漏れインダクタンス、 $L_m$  [H] は励磁インダクタンスであり、簡略化のため鉄損を表す励磁コンダクタンスは無視した。また、電源の角周波数を  $\omega$  [rad/s] とし、励磁電流  $I_m$  [A] を位相の基準として、一次電源電圧  $\dot{V}_1$  [V]、誘起電圧  $\dot{V}_0$  [V]、一次電流  $\dot{I}_1$  [A] などのフェーザを表している。

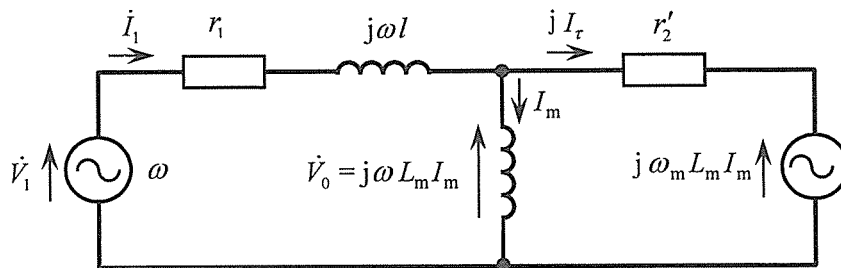


図 1 誘導機の等価回路(定常状態、一相分、一次換算)

1)  $V/f$  制御では、誘導電動機に供給する電圧の大きさと周波数の関係を予め設定しておき、周波数を上げ下げして可変速運転を実現するものである。速度の調整をオープンループで行うため、 が不要であり、また、1 台のインバータで複数台の電動機を駆動できるなど、経済性に優れる特徴がある。

<  の解答群 >

ア 速度検出器

イ 電圧検出器

ウ 電流検出器

問題 11 の (1) 2) ～ 6) 及び (2) は次の 3 頁～ 6 頁にある

2) 電流  $\dot{I}_m$  を位相の基準としているので、 $\dot{I}_m = I_m$  となり、二次回路の逆起電力は  $j\omega_m L_m I_m$ 、二次電流は  $jI_\tau$  と表すことができ、図1より、式①～式④の基本式が成り立つ。

$$\dot{V}_1 = (r_1 + j\omega l) \dot{I}_1 + \dot{V}_0 \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

$$\dot{I}_1 = I_m + jI_\tau \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

$$\dot{V}_0 = j\omega L_m I_m \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

$$\dot{V}_0 = r'_2(jI_\tau) + j\omega_m L_m I_m \quad \dots\dots\dots \text{④}$$

式③と式④を組み合わせ、 $\dot{V}_0$  を消去すると、次の式⑤の関係が得られる。

$$I_\tau = \boxed{2} \text{ [A]} \quad \dots\dots\dots \text{⑤}$$

<  $\boxed{2}$  の解答群 >

- ア  $\frac{L_m}{r'_2} (\omega - \omega_m) I_m$       イ  $\frac{r'_2}{L_m} (\omega - \omega_m) I_m$       ウ  $\frac{r'_2}{L_m} (\omega_m - \omega) I_m$

3) 抵抗による損失（三相全体） $W_c$  は次の式⑥で与えられる。

$$W_c = 3r_1 I_m^2 + 3(r_1 + r'_2) I_\tau^2 \quad \dots\dots\dots \text{⑥}$$

トルク電流  $I_\tau$  は回生運転の場合は負となることを考慮し、この式を変形すると次式となる。

$$W_c = 3 \left( \sqrt{r_1} I_m - \sqrt{r_1 + r'_2} |I_\tau| \right)^2 + \boxed{3} \quad \dots\dots\dots \text{⑦}$$

4) 一方、逆起電力  $j\omega_m L_m I_m$  に二次電流  $jI_\tau$  が流れることから、トルク  $\tau$ （三相全体、電気角換算）は次の式⑧で与えられる。

$$\tau = \boxed{4} \text{ [N}\cdot\text{m]} \quad \dots\dots\dots \text{⑧}$$

<  $\boxed{3}$  及び  $\boxed{4}$  の解答群 >

- ア  $\frac{\sqrt{3}}{2} L_m I_m I_\tau$       イ  $\frac{3}{2} L_m I_m I_\tau$       ウ  $3 L_m I_m I_\tau$   
 エ  $2 \sqrt{r_1} \sqrt{r_1 + r'_2} I_m |I_\tau|$       オ  $4 \sqrt{r_1} \sqrt{r_1 + r'_2} I_m |I_\tau|$       カ  $6 \sqrt{r_1} \sqrt{r_1 + r'_2} I_m |I_\tau|$

5) 同じトルクを発生する条件で式⑦の損失 $W_c$ が最小となるのは、次の⑨式が成り立つときである。

$$\sqrt{r_1} I_m = \sqrt{r_1 + r_2'} |I_r| \quad \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

式⑧と式⑨を組み合わせて $I_r$ を消去し、最適な励磁電流とトルクの大きさの関係を求めると、

次の式⑩となる。

$$I_m = A \sqrt{|\tau|} \quad \dots\dots\dots \textcircled{10}$$

ここで、 $A$ は次の式⑪で表される。

$$A = \boxed{5} \quad \dots\dots\dots \textcircled{11}$$

<  $\boxed{5}$  の解答群 >

- ア  $\left( \frac{\sqrt{r_1 + r_2'} \cdot 1}{3\sqrt{r_1} L_m} \right)$       イ  $\left( \frac{\sqrt{r_1 + r_2'} \cdot 1}{3\sqrt{r_1} L_m} \right)^{\frac{1}{2}}$       ウ  $\left( \frac{\sqrt{r_1 + r_2'} \cdot 1}{3\sqrt{r_1} L_m} \right)^{\frac{3}{2}}$

6) このとき、誘起電圧の大きさは次の式⑫で与えられる。

$$|\dot{V}_0| = |j\omega L_m I_m| = \omega L_m I_m = \omega L_m A \sqrt{|\tau|} \quad \dots\dots\dots \textcircled{12}$$

この結果より、負荷トルク $\tau$ が $\omega$ に関係なく一定の場合には、 $|\dot{V}_0|$ は周波数 $f$  [Hz]に比例する。

また、 $\tau$ が $\omega$ に比例する場合には、 $|\dot{V}_0|$ は  $\boxed{6}$  に比例することが分かる。

実際の $V/f$ 制御では、一次側のインピーダンス $r_1 + j\omega l$ の電圧降下や鉄損も考慮し、一次電圧 $\dot{V}_1$ と周波数 $f$ の関係を設定する必要がある。また、 $V/f$ 制御ではオープンループで周波数を増減するが、その変化が速すぎると電動機の回転が追従できない。これを防止するため、一次電流が予定以上に増加した場合には周波数の増加を停止し、回転が追従するのを待つ  $\boxed{7}$  機能が採用される。

<  $\boxed{6}$  及び  $\boxed{7}$  の解答群 >

- ア  $f$       イ  $\sqrt{f}$       ウ  $f^{\frac{3}{2}}$   
 エ サーボ      オ ストール防止      カ トルクブースト

問題 11 の (2) は次の 5 頁及び 6 頁にある

(2) 図2は、つるべ式平衡ケーシング巻上機を表しており、巻胴には電動機が直結されている。ケーシングの質量は左右それぞれ800kg、運搬車の質量は左右それぞれ400kgであり、右側の運搬車のみ600kgの積荷を搭載している。巻胴の半径は0.5mであり、ケーシングを吊すロープと巻胴は滑ることなく接触している。

この巻上機が、図3で示すケーシングの速度パターンで運転されているときについて考える。ただし、記載のない質量、慣性モーメント及び損失は無視するものとし、重力の加速度を  $9.8 \text{ m/s}^2$  とする。

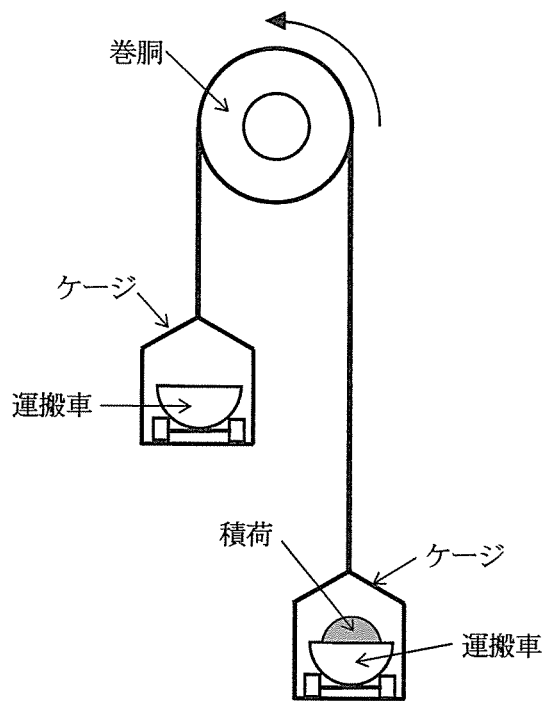


図2 つるべ式平衡ケーシング巻上機

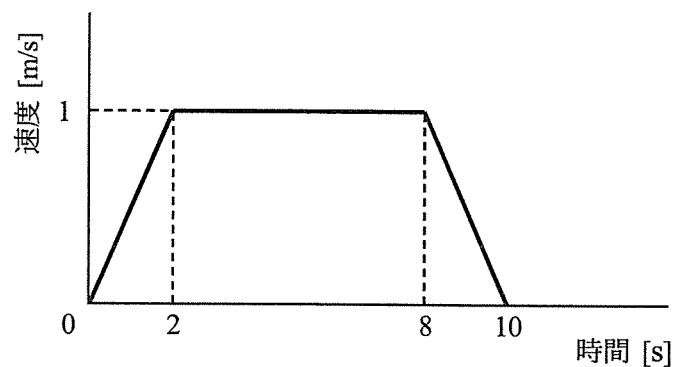


図3 ケーシングの速度パターン

1) 左右両方のケージを宙吊りにした状態で、巻胴が発生させるトルクを調節してケージを静止させているとき、巻胴の所要トルクは   [N·m] である。

2) 巻胴を回転させて、積荷を搭載したケージを図3の速度パターンで引き上げるとき、上昇開始から停止するまでの10秒間におけるケージの上昇距離は  [m] である。この10秒間で巻上機が為す仕事は、位置エネルギーの増加分と見合うので   [kJ] となる。

<  の解答群 >

ア 6

イ 8

ウ 10

エ 12

3) 図3の速度パターンにおいて、上昇開始から2秒間の加速時に必要な巻胴の所要トルクとしては、

1) で求めた巻上機が静止しているときに必要な所要トルクに加えて、  [N·m] のトルクが必要となる。

4) 図3の速度パターンにおいて、ケージを定速で引き上げている区間では、巻胴の回転角速度は

[rad/s] である。この区間において、電動機の所要出力は   [kW] である。したがって、定速で引き上げている区間において巻上機が為す仕事は   [kJ] となる。

<  の解答群 >

ア 0.5

イ 1

ウ 2

エ 3.14

1) ~4) の結果から、ケージや運搬車の質量はエネルギー消費に影響が無いこと、また、速度や加速度の大きさは所要出力に影響することが分かる。

(空 白)



(電動力応用)

問題 12 次の各文章の  ~  の中に入れるべき最も適切な字句、数値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、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)

(1) 渦巻きポンプの流量制御について考える。ここで、渦巻きポンプの流量を  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]、全揚程を  $H$  [ $\text{m}$ ]、羽根車の回転速度を  $n$  [ $\text{s}^{-1}$ ]、軸トルクを  $T$  [ $\text{N}\cdot\text{m}$ ]、流体の密度を  $\rho$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] とし、重力の加速度を  $g$  [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]、円周率を  $\pi$  とする。

1) このポンプから 1 秒間あたりに吐出される流体の質量は  [ $\text{kg}/\text{s}$ ] と表される。

2) このポンプの全揚程  $H$  [ $\text{m}$ ] を圧力  $P$  [ $\text{Pa}$ ] に換算すると、次式で表される。

$$P = \text{} \text{ [Pa]}$$

3) したがって、1) で求めた質量の流体を  $H$  [ $\text{m}$ ] 持ち上げるのに必要な仕事、すなわち、1 秒間あたりポンプが行う仕事は、 [ $\text{W}$ ] で表される。

<  ~  の解答群 >

ア $Q$	イ $\rho Q$	ウ $\frac{Q}{\rho}$	エ $\rho g H$
オ $\rho g Q$	カ $\rho H Q$	キ $g H Q$	ク $\rho g H Q$

4) 一方、ポンプを駆動する電動機の軸動力は、 [ $\text{W}$ ] で表される。これより、ポンプの効率は、  $\times 100$  [%] として求められる。

<  及び  の解答群 >

ア $nT$	イ $2\pi nT$	ウ $\frac{nT}{2\pi}$	エ $\frac{\rho g H}{nT}$
オ $\frac{\rho H Q}{nT}$	カ $\frac{\rho H Q}{2\pi nT}$	キ $\frac{\rho g H Q}{2\pi nT}$	ク $\frac{2\pi \rho H Q}{nT}$

問題 12 の (1) 5) 及び (2) は次の 9 頁 ~ 12 頁にある

5) 次に、ポンプの流量制御において、回転速度を制御して流量を制御する方法と、吐出し弁を制御して流量を制御する方法の省エネルギー性について比較する。

いま、ある系において図1のように、ポンプ特性が曲線2で表される一定の回転速度  $n_0$  でポンプが運転されており、管路抵抗が曲線Yで表されている。このとき、ポンプの運転点はbである。この状況から流量を制御することを考える。

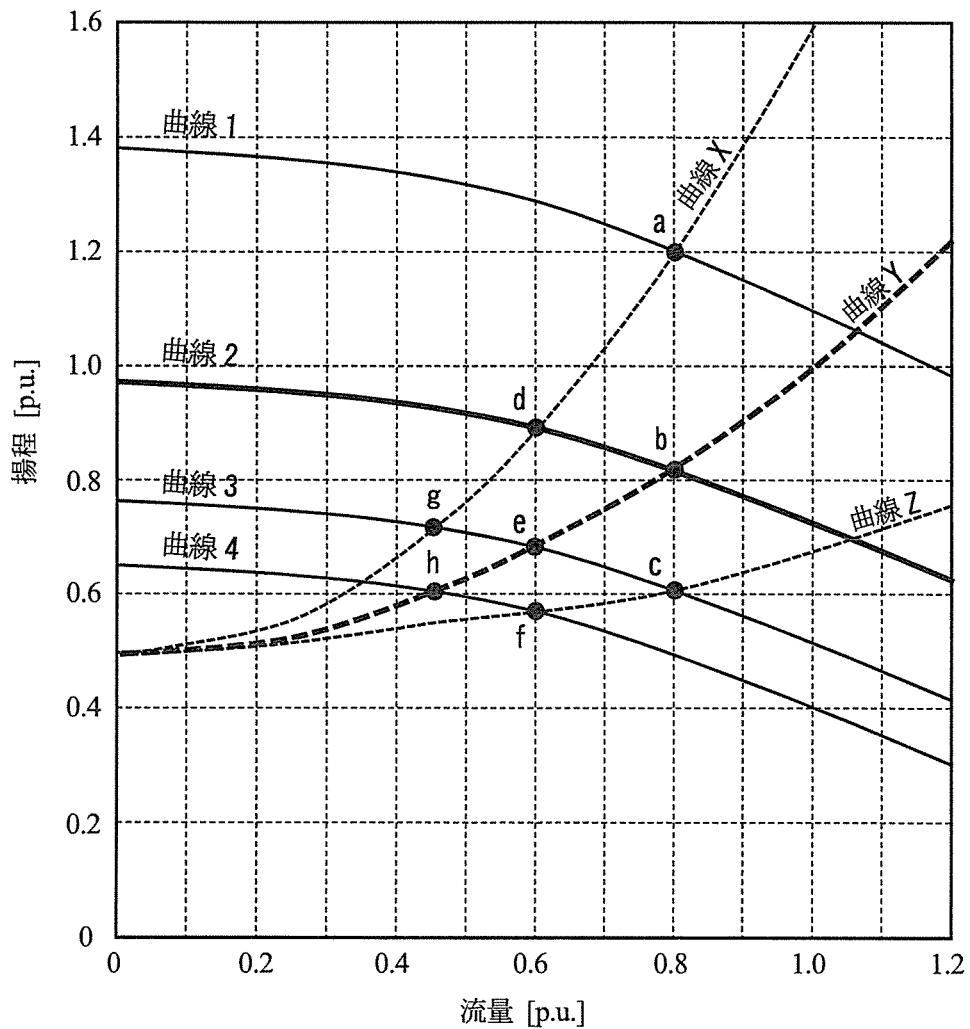


図1 ポンプの特性曲線

i) 吐出し弁を制御して流量を制御する場合

吐出し弁の開度を運転点  $b$  のときよりも絞って運転したときの管路抵抗は、図の  で表される。また、回転速度は  $n_0$  のままなので、このときのポンプの運転点は図の  点となり、流量は図から読み取ると約  [p.u.] に低減される。

ii) ポンプの回転速度を制御して流量を制御する場合

一方、回転速度を  $n_0$  から変更し、流量を i) の吐出し弁で制御したときと同じになるまで低減して運転したとき、吐出し弁は制御しないので、ポンプの運転点は図の  点となる。したがって、ポンプの特性曲線はその運転点を通る、図の  で表されることになる。

<  ~  の解答群 >

ア 0.45	イ 0.6	ウ 0.8	エ 曲線 1
オ 曲線 2	カ 曲線 3	キ 曲線 4	ク 曲線 X
ケ 曲線 Y	コ 曲線 Z	サ a	シ b
ス c	セ d	ソ e	タ f
チ g	ツ h		

i)、ii)より、両者の差はポンプ揚程の差である。ポンプの電動機の軸動力は揚程と流量の積に比例するので、流量が等しい場合、回転速度制御の方の軸動力が小さくなることが分かる。

問題 12 の (2) は次の 11 頁及び 12 頁にある

(2) 蓄電池を電源として、平坦な直線上の2点間を移動する車輪駆動式搬送機がある。搬送機の質量は積載荷重を含めて5000kgである。この搬送機が、図2に示すような運転パターンで、始点での静止状態から10sの間、駆動力5000Nで加速した。その後10sの間、一定速度で走行し、更にその後、-7500Nの駆動力で減速走行して停止した。減速走行時は回生制動によって減速するものとし、制動エネルギーはすべて回生されるものとする。

このとき、搬送機の運動について考える。ただし、電源を含めたすべての損失及びこの搬送機の走行に伴う抵抗力は無視するものとする。また、加速度及び駆動力の値は進行方向を正、進行と逆方向を負で表す。

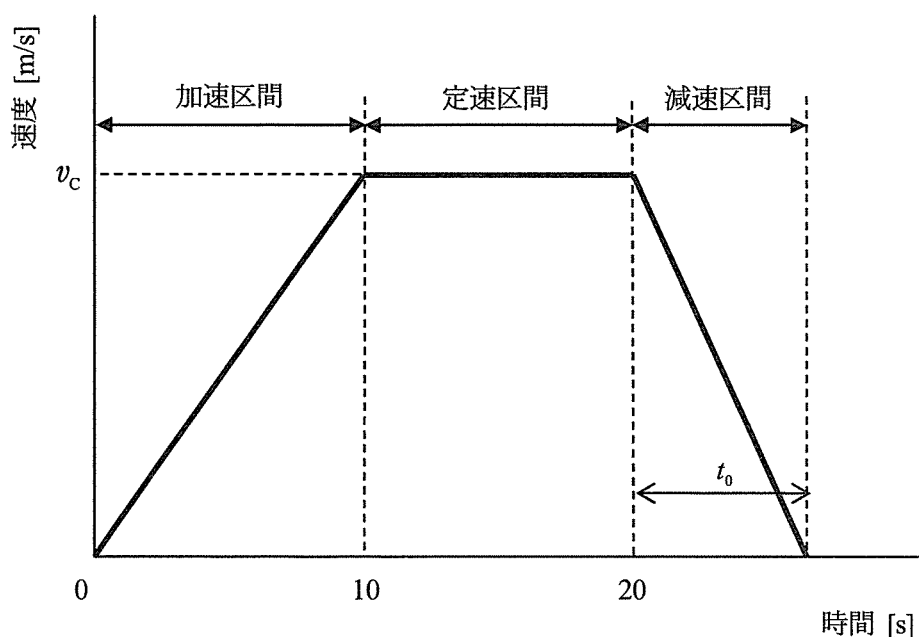


図2 搬送機の時間-速度特性

1) 搬送機の運転について考える。

加速区間における搬送機の加速度は  [m/s<sup>2</sup>] であり、定速走行しているときの速度  $v_c$  は  [m/s] である。

減速区間における搬送機の加速度は  [m/s<sup>2</sup>] であり、減速区間での停止までに要する時間  $t_0$  は  [s] である。

〈  ~  の解答群 〉

ア -10.0	イ -7.5	ウ -5.0	エ -1.5	オ -1.0
カ -0.5	キ 0.1	ク 0.5	ケ 1.0	コ 3.3
サ 5.0	シ 6.7	ス 9.8	セ 10	ソ 50

2) 電動機の出力について考える。

加速区間終端での電動機出力は  [kW] であり、減速開始時の回生による電動機への入力  [kW] である。

〈  及び  の解答群 〉

ア 0.5	イ 5.0	ウ 10	エ 50	オ 75
-------	-------	------	------	------

3) 搬送機の走行時のエネルギーについて考える。

加速区間で蓄電池が搬送機に与えたエネルギーは  [J] である。また、定速区間では蓄電池と搬送機との間のエネルギーの授受はない。さらには、減速区間で搬送機が停止するまでの間に蓄電池に回生される運動エネルギーは  [J] である。

〈  及び  の解答群 〉

ア $5.0 \times 10^2$	イ $2.5 \times 10^5$	ウ $5.0 \times 10^5$
---------------------	---------------------	---------------------

(空 白)

## 選択問題

次の問題 13 から問題 16 までは、4 問題中  
2 問題を選択して解答すること。

問題 13 電気加熱

問題 14 電気化学

問題 15 照 明

問題 16 空気調和

(電気加熱 - 選択問題)

問題 13 次の各文章の  ~  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、 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

(配点計 50 点)

(1) 次の表は、各種電気加熱の特徴及び応用例を示したものである。

表 各種電気加熱の特徴と応用例

電気加熱方式	応用例	特 徴
レーザ加熱	文字マーキング	波長、位相がそろった集光性の高い <input type="text" value="4"/> を用いるもので、極めて高いエネルギー密度が得られる。
アークプラズマ加熱	<input type="text" value="1"/>	放電によって電離された高温ガスが、電磁作用と <input type="text" value="5"/> により収縮され、エネルギー密度が増大し、5 000~30 000 K の高温のガス流となる。
間接抵抗加熱	<input type="text" value="2"/>	発熱体に発生するジュール熱を利用し、被加熱材の材質、形状を問わずに加熱が可能であり、炉内雰囲気を制御する炉に適している。
誘導加熱	鍛造用 ビレットヒータ	導電性の被加熱材を非接触で直接加熱するので、急速加熱が可能である。被加熱材の表面加熱をする場合には、高い <input type="text" value="6"/> を選定する。
直接抵抗加熱	<input type="text" value="3"/>	導電性の被加熱材に電極を介して通電し、被加熱物内部に <input type="text" value="7"/> を発生させるもので、急速、高温加熱ができる。



〈 1 ～ 3 の解答群 〉

- |                |         |         |
|----------------|---------|---------|
| ア セラミックの溶射     | イ ティグ溶接 | ウ 電縫管溶接 |
| エ プラスチックシートの溶着 | オ 黒鉛化炉  | カ 浸炭炉   |
| キ 製鋼炉          | ク みぞ形炉  | ケ 電子レンジ |

〈 4 ～ 7 の解答群 〉

- |         |        |          |         |
|---------|--------|----------|---------|
| ア マイクロ波 | イ 電磁波  | ウ 電子ビーム  | エ ジュール熱 |
| オ 交番磁界  | カ 周波数  | キ 真空度    | ク 波長    |
| ケ 均一加熱  | コ 表面加熱 | サ 熱ピンチ効果 | シ 誘電損失  |

(2) アーク溶接において健全な溶接部を得るためには、電源電圧変動など外部条件の影響を受けることなく電源の出力が安定していることが必要である。

溶接電源の特性（電圧・電流特性）には三つのタイプがある。そのうち、アーク長が多少変化しても安定したアークが得られることから、8 は最も一般的な電源特性と言える。

9 は、溶接ワイヤ送給が一定速度であればアークの安定を維持することができるので、消耗電極式の自動溶接に利用される。

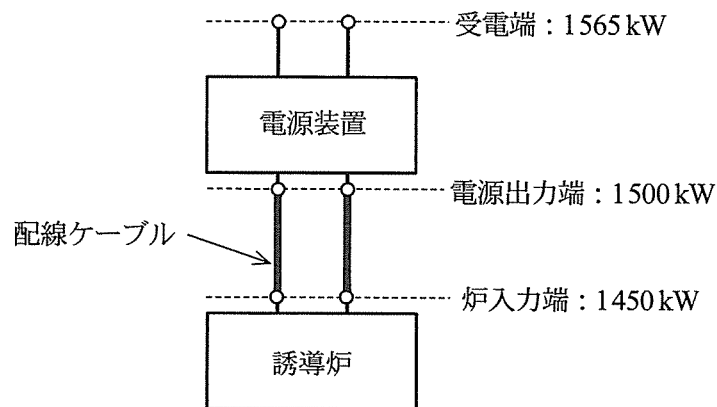
また、無負荷電圧を低減させるために 8 を改良した 10 は被覆アーク溶接機に利用される。

〈 8 ～ 10 の解答群 〉

- |               |          |          |
|---------------|----------|----------|
| ア フリッカ補償特性形   | イ 垂下特性形  | ウ 積分特性形  |
| エ 定インピーダンス特性形 | オ 定電圧特性形 | カ 定電流特性形 |
| キ 定電力特性形      | ク 微分特性形  | ケ 比例特性形  |

問題 13 の (3) は次の 17 頁にある

(3) 鋳鉄を溶解するための誘導炉設備がある。この設備で、20℃の鋳鉄2000kgを1500℃の溶湯に溶解することを考える。ここで、図に示すように電源出力端電力が1500kWで誘導炉を運転しているときの受電端電力は1565kWであり、炉入力端電力は1450kWである。このとき、炉の誘導コイルの電力損失は313kWであり、この損失は加熱に寄与しないものとする。また、鋳鉄の溶解潜熱は210kJ/kg、比熱は0.79kJ/(kg·K)で温度に関わらず一定とし、溶解過程における炉からの熱損失も76kWで一定とする。ただし、炉は熱的に定常状態にあるものとし、誘導炉内部での誘導コイルの電力損失以外は無視するものとする。



図

1) 鋳鉄の溶解のために必要な正味熱量は、単位質量当たり  [kW·h/kg] であるから、電源出力端電力が1500kWで一定の場合2000kgの鋳鉄を溶解するのに要する時間は約  [分] であり、このときの受電端における電力原単位は  [kW·h/kg] となる。

2) 省エネルギー対策として、電源装置を誘導炉近傍に配置することで配線ケーブル長を $\frac{1}{3}$ とした。このとき、炉入力端電力が1450kWのまま変化がないものとするれば、受電端における電力原単位は  [kW·h/kg] に低減される。なお、電源装置の変換効率には変化がないものとし、また電源出力端から炉入力端までの電力損失はすべて配線ケーブルの損失であり、配線損失はケーブル長に比例するものとする。

〈  ~  の解答群 〉

ア 0.325    イ 0.383    ウ 0.433    エ 0.479    オ 0.523    カ 0.547  
 キ 0.553    ク 0.559    ケ 0.565    コ 36.7    サ 40.4    シ 43.3

(空 白)

(電気化学 - 選択問題)

問題 14 次の各文章の [ 1 ] ~ [ 12 ] 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。

また、[ A ]  $a.bc \times 10^d$  及び [ B ]  $a.bc \times 10^d$  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) 電池や電気分解に用いられる電気化学システムでは [ 1 ] 反応が起こるアノードと [ 2 ] 反応が起こるカソードの二種類の電極と、この二種類の電極間で [ 3 ] 伝導を担う電解質が基本構成となる。また、必要に応じてアノードとカソードを分離する隔膜が用いられる。電気化学システムでは [ 4 ] 部で生成された電子が外部回路を通り、対となる電極に達する。このとき、電解質中では外部回路を通る電流と等しい大きさの逆向きの電流が流れる。このように、電子とイオンが異なった場所を移動するのが電気化学システムの一つの特徴である。

< [ 1 ] ~ [ 4 ] の解答群 >

ア アノード   電解質	イ カソード   電解質	ウ イオン	エ 電子
オ 電解質	カ イオン化	キ 還元	ク 混合
ケ 酸化	コ 重合	サ 中性	シ 中和

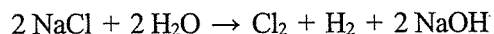
(2) 電気化学システムの電解質には多くの種類がある。室温付近で使われる電解質として、酸又はアルカリ水溶液がある。自動車のエンジンの始動用に使われる鉛蓄電池では [ 5 ] 水溶液、アルカリ蓄電池では [ 6 ] 水溶液が使われている。

パソコンやスマートフォンなどに使われているリチウムイオン電池では、セル電圧が 3.6 ~ 4V 程度で水の [ 7 ] 電圧より大きいので、水溶液は使えない。したがって、[ 8 ] が使われている。

< [ 5 ] ~ [ 8 ] の解答群 >

ア イオン化	イ 生成	ウ 分解	エ イオン交換水
オ 塩酸	カ 過塩素酸	キ 固体電解質	ク 水酸化カリウム
ケ 水酸化リチウム	コ 有機電解質	サ 熔融塩	シ 硫酸

(3) 化学工業の基礎材料である塩素、水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）は、次の反応式で表される食塩水の電気分解を利用して生成される。



この反応で、1 mol の水酸化ナトリウムが生成されるのに必要な電子は  [mol] である。  
また、この反応では同時に水素も生成される。水素は電解槽の中の  で  が還元されて生成されるが、1 mol の水素が生成されるのに必要な電子は  [mol] である。

ここで、Na の原子量が 23.0、O の原子量が 16.0、H の原子量が 1.01 であり、ファラデー定数が 96500 C/mol であるとする、水素 1 kg は、  [mol] であるので、水素 1 kg を製造するのに必要な理論電気量は、  [C] となる。

<  ~  の解答群 >

ア 1	イ 2	ウ 3	エ 4	オ 5	カ 6
キ アノード		ク カソード		ケ 塩化ナトリウム	
コ 水酸化ナトリウム		サ 電解質		シ 水	

(照明 - 選択問題)

問題 15 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の各文章の  $\boxed{A \mid a.b}$  ~  $\boxed{E \mid a.b}$  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値の一つ下の位で四捨五入すること。

1) 間口 15 m、奥行 10 m、高さ 2.5 m の部屋の照明に全般照明方式が採用されている。使用されている照明器具の種類は「直管形蛍光灯×2 灯用」器具で、器具台数は 40 台である。蛍光灯の仕様は、1 灯当たりの全光束が 3 450 lm、定格電力が 36 W、点灯回路も含めた総合効率が 87 lm/W であり、蛍光灯と点灯回路を合計した電力が器具の消費電力となるものとする。また、器具の照明率は 0.60、保守率は 0.70 である。

i) 光束法を用いると、保守率を考慮したこの部屋の平均照度は  $\boxed{A \mid a.b} \times 10^2$  [lx] と試算される。

ii) この照明器具の年間の点灯時間を 4000 時間とすると、この部屋の年間の消費電力量は  $\boxed{B \mid a.b} \times 10^4$  [kW・h/年] となる。

iii) この部屋の照度を変えずに、蛍光灯と同サイズの直管形 LED ランプを用いた同タイプの照明器具に取り換えることを考える。ここで、LED ランプの総合効率を 136 lm/W とすると、LED 照明器具を必要台数設置したとき、取り換えにより削減される消費電力の割合は、現在の消費電力に対して  $\boxed{C \mid ab}$  [%] と試算される。ただし、LED ランプの照明率及び保守率の考え方は蛍光灯と同様とし、その値も照明率は 0.60、保守率は 0.70 と同様とする。また、設置された蛍光灯器具と LED 器具の消費電力の比率は総合効率の比率と同じとする。

2) 一様な輝度を有する光源（均等拡散面）がある。この光源を受光面からの高さ 4 m の位置に設置したとき、光源直下の受光面の水平面照度が 375 lx となった。この光源の直下方向の光度は  $\boxed{D \mid a.b} \times 10^3$  [cd] となる。また、光源直下から水平距離 3 m の受光面での水平面照度を求めると  $\boxed{E \mid a.b} \times 10^2$  [lx] となる。

(2) 次の各文章の [ 1 ] ~ [ 5 ] に入れるべき最も適切な字句又は記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

1) 照明用の白色 LED (発光ダイオード) の発光効率は、最近著しく向上している。白色 LED は、一般に青色の LED からの直接光と青色 LED 光に励起された [ 1 ] からの黄色の発光を混合することで白色を得ている。

照明用の光源のエネルギー性能を示す指標として、一般にランプ効率が用いられる。ランプ効率とは、光源の全光束を消費電力で除した値のことであり、lm/W の単位で表される。光源をランプ効率の低いものから高いものへ置き換えることによって省エネルギー効果が得られる。

光に変換されなかった電力は熱として捨てられることになる。ランプ効率が 20 lm/W 程度にすぎない [ 2 ] などでは、消費電力の大部分が熱となって捨てられていることになるが、最近の白色 LED ではランプ効率が 170 lm/W 程度のものが実現されており、このレベルのランプ効率の白色 LED の発熱量は [ 3 ] である。

< [ 1 ] ~ [ 3 ] の解答群 >

- |                    |                      |                 |
|--------------------|----------------------|-----------------|
| ア InGaN 結晶         | イ YAG 蛍光体            | ウ ハロリン酸カルシウム蛍光体 |
| エ コンパクト形蛍光ランプ      | オ ハロゲン電球             | カ 蛍光水銀ランプ       |
| キ 事実上 0            | ク 消費電力の 1 割程度に相当する熱量 |                 |
| ケ 消費電力の半分程度に相当する熱量 |                      |                 |

2) 照明用の光源には寿命があり、点灯を維持できなくなる絶対寿命と、光束値が初期の値から一定値 (蛍光ランプ及び LED ランプは初期値の 70% の値) まで低下した時点を指す有効寿命の 2 つの考え方がある。一般照明用蛍光ランプの絶対寿命は多くの場合、 [ 4 ] で決まるが、白色 LED ランプの有効寿命は [ 5 ] 。

< [ 4 ] 及び [ 5 ] の解答群 >

- |                |                  |
|----------------|------------------|
| ア 紫外放射強度の劣化    | イ 水銀の蒸発          |
| ウ 電極の寿命        | エ バンドギャップの広さで決まる |
| オ 使用材料の劣化に依存する | カ 無限である          |

(空気調和 - 選択問題)

問題 16 次の各文章の 1 ~ 19 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、18 は2箇所あるが、同じ記号が入る。

(配点計 50 点)

- (1) 図は典型的な中央方式の空調設備の構成例を表したものである。空調設備は、大きく熱源設備、空気調和機設備、熱搬送設備及び自動制御設備で構成されている。空調設備の省エネルギーでは、これら個々の設備ごとの効率向上だけでなく、総合的なエネルギー効率の向上が求められる。

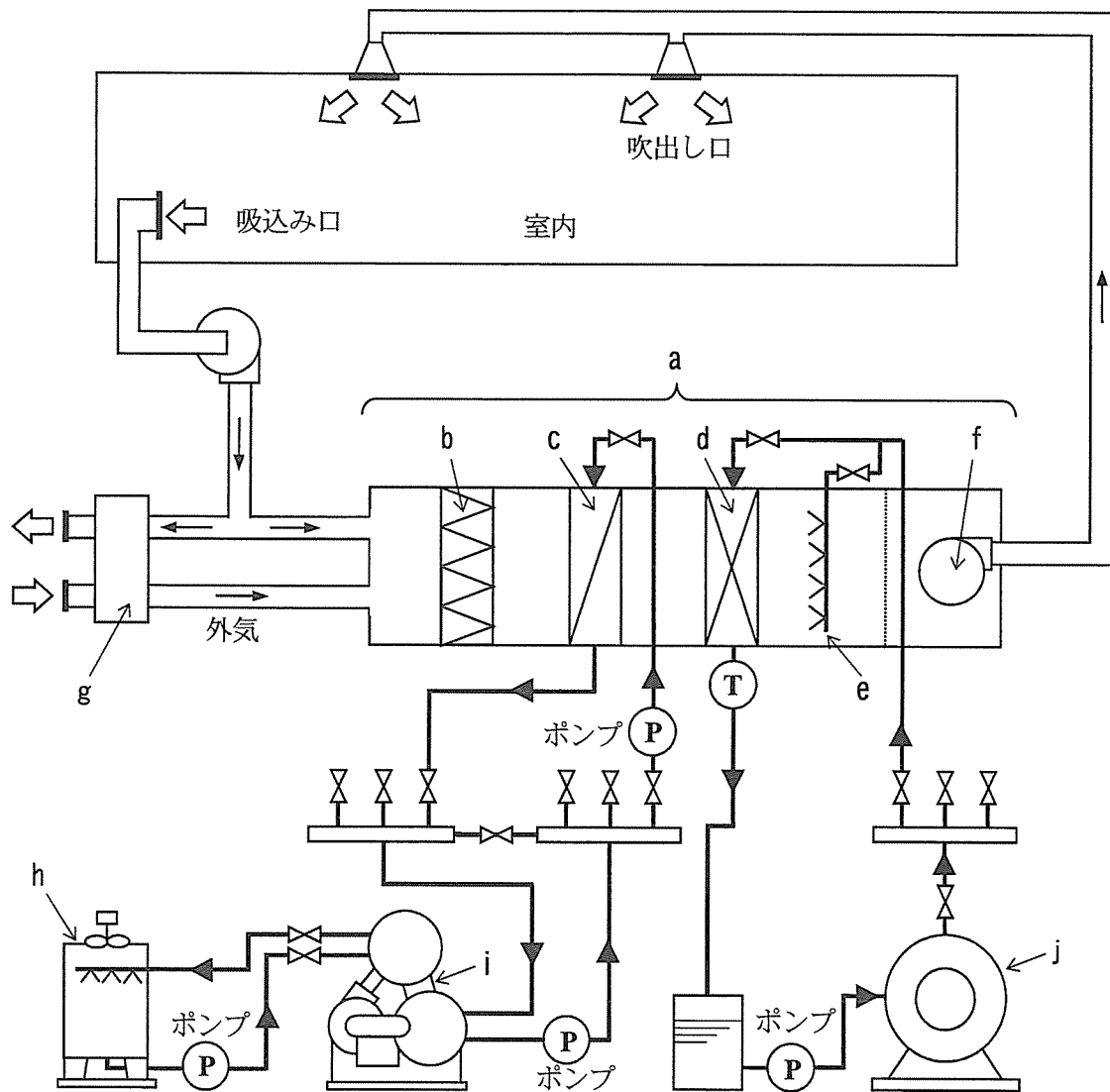


図 空調設備の構成例



1) 図の熱源設備は、冷熱源が冷凍機、温熱源がボイラという典型的な熱源設備の組み合わせである。ここで、冷凍機は図中の記号  で示される。

冷凍機の「供給熱量」の「圧縮機動力などの入力熱量換算値」に対する比を  と呼び、その値が大きいほど効率が高い。運転条件によってその値は変動し、一般に冷凍機からの冷水出口温度が  ときや、冷凍機への冷却水入口温度が  ときに大きくなる。

<  ~  の解答群 >

ア a            イ g            ウ h            エ i            オ j            カ BOD  
キ COP        ク HFC        ケ PAL        コ 高い        サ 低い        シ 一定の

2) 空気調和機設備は室内に送る空気の温湿度や清浄度を調整する機能を持ち、冷却コイル、加熱コイル、フィルタ、加湿装置及び送風機等で構成される。このうち、冷却及び減湿を行うための冷却コイルは、図中の記号  で示される。

また、空気調和機の送風機の送風制御を  方式にすると、一般に送風機の搬送動力の削減につながり、特に軽負荷運転が多い場合には大きな省エネルギー効果が期待できる。

<  及び  の解答群 >

ア b            イ c            ウ d            エ e            オ f            カ g  
キ CAV (定風量)        ク VAV (変風量)        ケ 全外気

3) 排気から熱回収を行っている機器は、図中の記号  で示される  である。この機器を用いると、排気から  を回収することができる。ただし、 を行うときなどは逆効果となるので、機器の停止やバイパスさせるなどの措置を行うのが望ましい。

<  ~  の解答群 >

ア a            イ g            ウ h            エ i            オ j  
カ CO<sub>2</sub>制御                    キ 外気冷房制御                    ク 蓄熱運転  
ケ 混合ユニット                    コ 全熱交換器                    サ 熱回収型ヒートポンプ  
シ 顕熱のみ                    ス 潜熱のみ                    セ 顕熱と潜熱

(2) 空調設備の搬送システムにおいて、搬送される流体は主として水や空気などであるが、次に示す式①は、それら配管系やダクト系を流れる非圧縮性の流体のエネルギーの保存則を示すもので、ベルヌーイの方程式と呼ばれる。

$$P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g z = \text{一定} \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

-----
-----
-----

第一項
第二項
第三項

1) 式①において、 $v$ は系のある場所の 11、 $z$ は 12 であり、 $\rho$ は流体の密度、 $g$ は重力の加速度である。

< 11 及び 12 の解答群 >

- |               |                |
|---------------|----------------|
| ア 管の長さ        | イ 管路の断面積       |
| ウ 基準面からの高さ    | エ 流体の管路断面平均加速度 |
| オ 流体の管路断面平均流速 | カ 流体の体積流量      |

2) 式①における第一項は 13、第二項は 14、第三項は 15 を意味し、第一項と第二項の合計を 16 という。

< 13 ~ 16 の解答群 >

- |       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| ア 位置圧 | イ 静圧 | ウ 全圧 | エ 動圧 |
|-------|------|------|------|

3) 流体を扱う場合は配管系及びダクト系ともにこの式①を用いるが、そのうちダクト系については、第 17 項の影響が非常に小さいため、通常はその分は考慮しなくてもよい。

< 17 の解答群 >

- |     |     |     |
|-----|-----|-----|
| ア 一 | イ 二 | ウ 三 |
|-----|-----|-----|

4) 実際の系における流体では、式①に対して  による圧力損失を考慮する必要がある。

例えば、円形ダクトによる空気搬送の場合では、直管部の圧力損失 $\Delta P$ は次の式②で与えられる。

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d} \times \left( \frac{\rho}{2} \times \text{} \right) \dots\dots\dots \text{②}$$

式②において、 $\lambda$ は  係数、 $l$ はダクトの長さ、 $d$ はダクトの直径である。

<  及び  の解答群 >

- |       |              |         |                 |
|-------|--------------|---------|-----------------|
| ア $v$ | イ $\sqrt{v}$ | ウ $v^2$ | エ $\frac{1}{v}$ |
| オ 渦   | カ 局部抵抗       | キ 粗度    | ク 摩擦抵抗          |

(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. 、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.  、 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「0,0,2,3,4,5,6,7,8,9」(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。

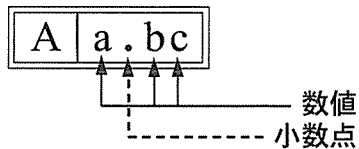
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

- (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、「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 $\pi = 3.1415\dots$ 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

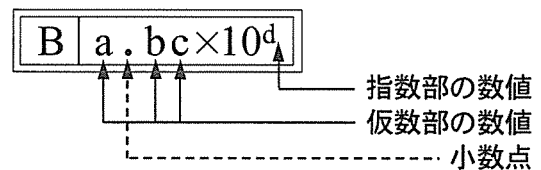
(解答)

「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)

$9.183 \times 10^2$   
↓ 四捨五入  
 $9.18 \times 10^2$

(解答)

「 $9.18 \times 10^2$ 」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

(裏表紙)