

電気分野
専門区分

課目Ⅳ 電力応用

試験時間 13:40～15:30 (110分)

3 時限

必須 問題11,12 電動力応用

1～4ページ

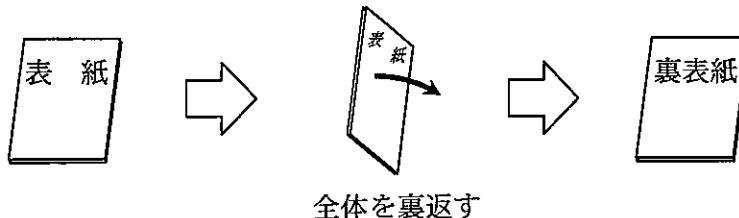
以下の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択	問題13	電気加熱	} 2問題を選択	7～9ページ
選択	問題14	電気化学		11～12ページ
選択	問題15	照明		13～15ページ
選択	問題16	空気調和		17～18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。



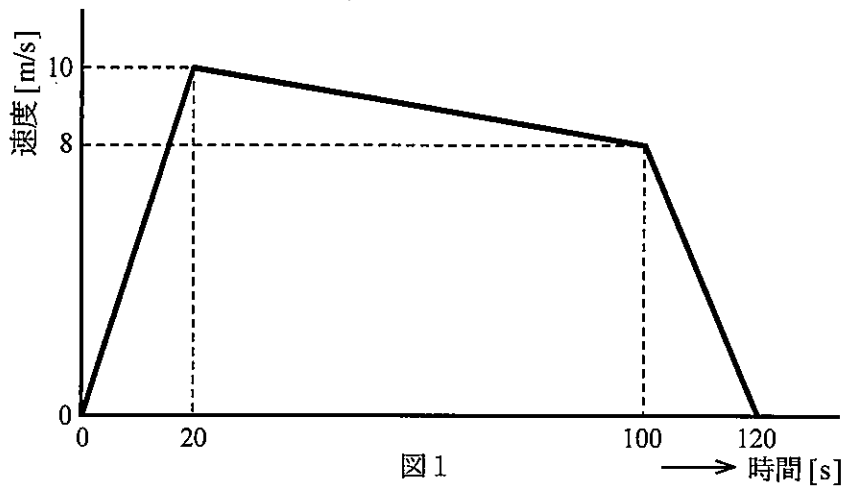
指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

(電動力応用)

問題 11 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の各文章の ~ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。

リニアモータで推進される質量 1 000 kg の台車が、平坦な線路上を、図 1 に示すように加減速することを考える。完全停止から速度 10 m/s まで一定の加速度で加速していき、出発して時間 20 s 後に惰行運転となった。さらに、出発して 100 s 後に回生制動を行って一定の減速度(負方向の加速度)で減速し、出発して 120 s 後に完全停止した。ここで、走行抵抗は速度にかかわらず一定とする。また、回生制動によるエネルギー回収率は 100 % とする。



- 1) 台車の走行距離は [m] である。
- 2) 出発後 20 s から 100 s までの惰行運転中に、走行抵抗により台車の速度が 10 m/s から 8 m/s まで減速している。この間の減速度は $\times 10^{-2}$ [m/s²] である。
- 3) 台車は出発後 20 s で 10 m/s まで加速される。この間リニアモータは、加速のための推力と走行抵抗負荷に打ち勝つ推力の合計を発生しなくてはならないため、その推力値は [N] になる。
- 4) 出発してから停止するまでの走行抵抗による損失エネルギーは [kJ] である。
- 5) 回生制動により回収したエネルギーは [kJ] である。

(2) 次の各文章の $\boxed{F \mid abc}$ ～ $\boxed{I \mid a.b}$ 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位の一つ下の位で四捨五入すること。

電機子抵抗が 0.3Ω である他励直流電動機が、直流 100V の電源に接続され、機械負荷を駆動している。この直流機は一定周期 20s で反復使用されており、その電機子電流を図2に示す。ここで、励磁電流は一定で、鉄損、整流子とブラシ間の抵抗、及び電機子のインダクタンスは無視できるものとする。また、電機子反作用も無視する。

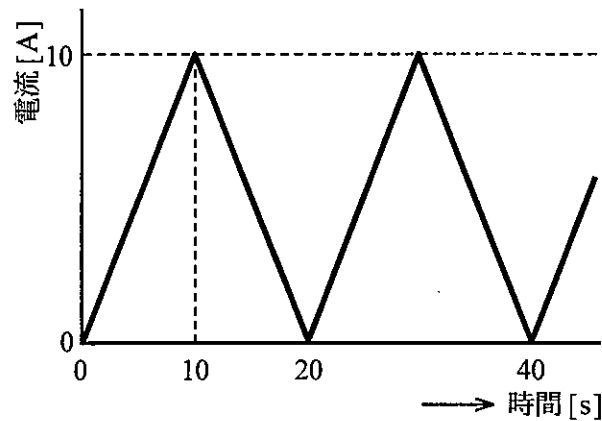


図2

- 1) この他励直流機の図2の使用法で、時間 t [s] ($0 \leq t \leq 10$) における電機子電流は t [A] となり、そのときの電機子の銅損は $0.3t^2$ [W] となるため、 20s の1周期間の電機子の銅損によるエネルギー損失は $\boxed{F \mid abc}$ [J] となる。また、電機子電流の実効値は $\boxed{G \mid a.bc}$ [A] である。
- 2) 図2の使用法で、 t [s] ($0 \leq t \leq 10$) において直流 100V の電源がこの他励直流機に供給している電力は $100t$ [W] となる。したがって、1周期間に電源が供給するエネルギーは $\boxed{H \mid ab}$ [kJ] である。
- 3) 図2の使用法で、1周期間にこの他励直流機が機械負荷になした仕事は $\boxed{I \mid a.b}$ [kJ] である。

(電動力応用)

問題 12 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(i) 次の文章及び表の [1] ~ [7] の中に入れるべき最も適切な字句又は記述を
〈 [1] ~ [7] の解答群〉から選び、その記号を答えよ。

ポンプを選択する際には、一般に次式で与えられる n_s が形式選定の基礎とされ、この n_s を
[1] という。羽根車が相似形であるとき、 n_s はポンプの大きさ及び回転速度に [2] 。

$$n_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

ただし、 n は毎分回転速度 [min^{-1}]、 Q は最高効率点における吐出し量 [m^3/min]、 H は最高
効率点における全揚程 [m] とする。

n_s が大きいと一般に [3] 揚程のポンプを意味する。

次の表に代表的なポンプの種類を示す。

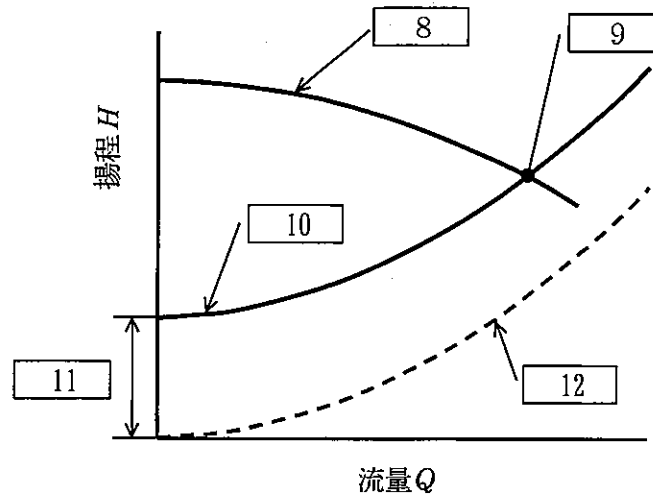
ポンプの種類	特 徴	n_s の概略範囲
[4] ポンプ	遠心ポンプの一種で案内羽根を有している	100 ~ 250
[5] ポンプ	遠心ポンプの一種で案内羽根を有さない	100 ~ 750
[6] ポンプ	羽根車の遠心力及び羽根の揚力によって流体に 速度エネルギー及び圧力エネルギーを与える	700 ~ 1 200
[7] ポンプ	羽根車はプロペラ形であり、羽根の揚力によって流 体に速度エネルギー及び圧力エネルギーを与える	1 200 ~ 2 000

〈 [1] ~ [7] の解答群〉

- | | | | |
|-------------|-------|--------|----------|
| ア 性能係数 | イ 比速度 | ウ 比例する | エ 反比例する |
| オ 関わらず一定となる | カ 低 | キ 高 | ク ディフューザ |
| ケ 渦巻 | コ 軸流 | サ 斜流 | |

(2) 次の図の ～ 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。

図は、ポンプ及び管路の特性を表したものである。ポンプの運転点は、ポンプの特性には無関係な、管路自身の圧力損失及び弁や管路中の絞りなどに影響を受ける。



＜ ～ の解答群 ＞

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| ア ポンプの運転点 | イ ポンプの締切点 | ウ サージング限界点 |
| エ ポンプ揚程曲線 | オ 管路損失曲線 | カ 管路抵抗曲線 |
| キ 実揚程 | ク 吸込み揚程 | |

(3) 次の文章の 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。

定格点での流量 $10 \text{ m}^3/\text{min}$ 、全揚程 25 m 、ポンプ効率 60% のポンプを駆動するための電動機の定格出力は [kW] である。ただし、流体は水とし、水の密度を 1000 kg/m^3 、重力の加速度を 9.8 m/s^2 とする。また、電動機の定格出力は、ポンプの所要の軸動力に対して裕度を 20% として計算する。

(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 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(1) 次の表は、各電気加熱方式の特徴及びその特徴を生かした応用例を表したものである。表の ～ 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、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

特 徴	電気加熱方式	応用例
波長、位相がそろった集光性の高い電磁波で加熱するので、微小部分にエネルギーを集中することができる。	レーザ加熱	文字マーキング
放電によって電離された高温ガスが、電磁作用と、吹き付けた冷風によって起きる熱ピンチ効果によって収縮し、5 000 ～ 30 000 K の高温となるので、高温加熱(溶解)に適している。	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="5"/>
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可能であり、炉内の雰囲気制御するのに最適な加熱方式である。	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="6"/>
導電性の被加熱材を非接触で内部加熱するので急速加熱が可能であり、電源の周波数を高くすることによって、容易に表面加熱をすることができる。	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="7"/>
導電性の被加熱材に電極から通電し、被加熱材内部にジュール熱を発生させて加熱するので、急速、高温加熱ができる。	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="8"/>

< ～ の解答群(電気加熱方式) >

- | | | |
|-----------|-------------|-----------|
| ア アーク加熱 | イ プラズマアーク加熱 | ウ マイクロ波加熱 |
| エ 赤外加熱 | オ 直接抵抗加熱 | カ 間接抵抗加熱 |
| キ 電子ビーム加熱 | ク 誘電加熱 | ケ 誘導加熱 |

< ～ の解答群(応用例) >

- | | | |
|-----------|------------|----------------|
| ア イオン注入 | イ セラミックの溶射 | ウ プラスチックシートの溶着 |
| エ ランプアニール | オ 高周波焼入れ | カ 製鋼炉 |
| キ 窒化炉 | ク 電子レンジ | ケ スポット溶接 |
| コ ティグ溶接 | | |

(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。

1) 質量1000 kgの鉄を、25℃から融点まで加熱、溶解するために必要な熱量は、 ×10³ [kJ]、すなわち、 [kW·h]である。ここで、鉄の融点は1535℃、比熱は435 J/(kg·K)、融解潜熱は272 kJ/kgとする。

2) 単位質量を1200 K昇温するために必要な正味熱量が0.2kW·h/kgの被加熱材がある。

この被加熱材900 kgを、熱損失が20kW、電気効率が98%の電気加熱設備を用いて、30分間で1200 K昇温するために必要な加熱設備入力 [kW]となる。このとき、この設備の入力端における電力原単位は [kW·h/kg]となる。

< ～ の解答群 >

ア 0.208	イ 0.215	ウ 0.235	エ 0.244	オ 0.259
カ 194	キ 213	ク 258	ケ 286	コ 322
サ 330	シ 344	ス 367	セ 388	ソ 408
タ 512	チ 575	ツ 657	テ 768	ト 929

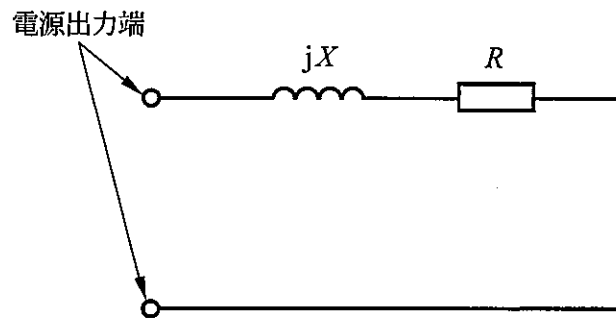
問題13の(3)は次の9頁にある

(3) 次の文章の ～ の中に入れるべき最も適切な式を ～ の解答群> から選び、その記号を答えよ。

図は、単相アーク炉設備の等価回路を表し、 R 、 X はそれぞれ、電路(配線)部分も含めた、負荷の抵抗 $R[\Omega]$ とリアクタンスの大きさ $X[\Omega]$ を示している。

電源出力端電圧の大きさを $V[V]$ としたとき、回路の電流の大きさ $I[A]$ は $[A]$ となるから、負荷で消費される有効電力 $P[W]$ は $[W]$ となる。

ここで、 V の値を一定とし、 X の値を固定して R の値を変化させたとき、 P の値は のとき最大となる。



< ～ の解答群 >

ア $R = \frac{X}{2}$

イ $R = X$

ウ $R = 2X$

エ $\frac{V}{R+X}$

オ $\frac{(R+X)V}{RX}$

カ $\frac{V^2}{X + \frac{R^2}{X}}$

キ $\frac{V^2}{R + \frac{X^2}{R}}$

ク $\frac{V^2}{R + 2X + \frac{X^2}{R}}$

ケ $\frac{V^2}{X + 2R + \frac{R^2}{X}}$

コ $\frac{V}{\sqrt{R^2 + X^2}}$

サ $\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X^2}} \times V$

(空 白)

(電気化学 — 選択問題)

問題 14 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

(I) 次の文章の ~ 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。

また、 に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ここで、亜鉛の原子量は 65.4 とし、ファラデー定数は 96500 C/mol とする。

亜鉛は電気化学的に活性な金属の一つであり、アルカリを用いた乾電池では の活物質として用いられている。

亜鉛は酸化亜鉛を硫酸水溶液に溶解させて、電気分解により作り出すことができる。硫酸水溶液は電気化学システムにおける の役目を担っており、ここで、電気が流れるときの担体は である。硫酸水溶液中では、亜鉛は 価の となっており、電気分解により金属となって析出する。この電気分解プロセスにおいて生成する亜鉛の物質量は の法則に従い、外部回路を流れる に比例する。いま、965 000 C の電荷が流れたとき、電流効率を 100 % とすると、生成する亜鉛は [g] である。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|---------|-----------|--------|---------|
| ア 1 | イ 2 | ウ 3 | エ ネルンスト |
| オ ファラデー | カ マックスウェル | キ イオン | ク 電子 |
| ケ カソード | コ 正極 | サ 負極 | シ 電解質 |
| ス 電気量 | セ 電子伝導体 | ソ 電源電圧 | タ 理論電圧 |

(2) 電池に関する、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。

充電と放電を繰り返すことができる電池を 、また、再度充電状態に戻せない電池を と呼ぶ。

充電と放電を繰り返すことができる電池に分類される実用電池の代表的なものについて、充電する際の電解液中の挙動に注目すると次のようになる。

- ① では電解液中の水が消費される。
- ② では電解液中に水が生成する。
- ③ では電解液中の変化が起こらない。

< ～ の解答群 >

- | | | |
|--------------|----------------|-------------|
| ア 一次電池 | イ 二次電池 | ウ 三次電池 |
| エ アルカリマンガン電池 | オ ニッケル・カドミウム電池 | カ リチウムイオン電池 |
| キ 亜鉛・空気電池 | ク 酸化銀電池 | ケ 鉛蓄電池 |

(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 ~ 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。

1) ある均等放射光源により、面積 4m^2 の均等拡散面と見なせる反射率 0.5 の乳白色ガラスを一様に照射したとき、裏側の輝度が $100\text{cd}/\text{m}^2$ となった。このとき、裏面での光束発散度は [lm/m^2]、表面の光束は [lm] である。ただし、乳白色ガラスの吸収率は 0.1 とし、円周率 π は 3.14 とする。

2) 間口 8m、奥行 14m、天井高さ 3m の事務所に、蛍光ランプ 40W2 灯用埋込形ルーバ付き照明器具を 28 台設置した。1 灯のランプ光束を 2500 lm としたとき、平均照度は [lx] となる。ただし、照明率は 0.8、保守率は 0.7 とする。

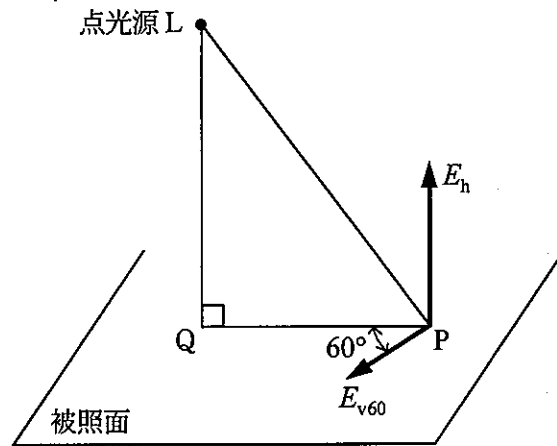
3) 距離 3m 隔てて光源 A 及び B がある。透過率 τ の灰色ガラスを光源 A 側に挿入したとき、A-B 間の中央において光源 A 及び B からの光による照度が一致した。次に、この灰色ガラスを光源 B 側に挿入したとき、A-B 間の中央から B 側に 50 cm 寄りの位置で同様に照度が一致した。この灰色ガラスの透過率 τ は [%] である。

< ~ の解答群 >

ア 25	イ 31.8	ウ 33	エ 50	オ 196
カ 233	キ 314	ク 629	ケ 700	コ 1400
サ 3140				

(2) 次の文章の 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。

図のように、被照面上から高さ4mの位置に点光源Lがある。被照面上で、光源直下の点Qから3m離れた位置Pにおいて、PQから60°の方向の鉛直面照度 E_{v60} は240 lxであった。このとき、点Pの水平面照度 E_h は [lx] である。ただし、 $\sin 60^\circ = 0.866$ 、 $\cos 60^\circ = 0.5$ とする。



< の解答群 >

ア 160

イ 370

ウ 640

問題 15 の (3) は次の 15 頁にある

(3) 次の文章の ～ 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 3 箇所あるが、同じ記号が入る。

一般的な照明器具の配光特性は、その照明器具に装着された光源の全光束 1 000 lm 当たりの相対光度（単位： $\frac{\text{cd}}{1000 \text{ lm}}$ ）で表す場合が多い。LED 照明器具では、光源を取り外して光源単独の全光束を測定することが困難な場合が多い。このような、光源を取り外せない照明器具の配光特性を表す場合、基準とする光束は を用いる。

電気エネルギーが放射エネルギーに変換される割合を放射効率という。また、光束（単位：lm）を、対応する放射束で除したものを （単位：lm/W）という。なお、光束は放射束（単位：W）を人間の目の感度特性で評価した量である。光源の発光効率（単位：lm/W）は、放射効率と との積で表すことができる。発光効率が高い代表的な光源である低圧ナトリウムランプの場合、放射の波長は約 590 nm の単波長であり、 は 517 lm/W 程度である。このランプの発光効率が 180 lm/W であるとき、放射効率は、パーセントで表すと約 [%] である。

黒体からの熱放射において、分光放射発散度が最大となる波長は、黒体の絶対温度に反比例するという関係があるが、この法則を という。色温度が 2 900 K の白熱電球の場合、分光放射発散度が最大となる波長は、およそ [nm] である。

< ～ の解答群 >

- | | |
|---------------------|--------------|
| ア 25 | イ 35 |
| ウ 50 | エ 200 |
| オ 500 | カ 1 000 |
| キ ウィーンの変位則 | ク コシュミーダの法則 |
| ケ ステファン・ボルツマンの法則 | コ エネルギー変換効率 |
| サ 放射の視感効果度 | シ 量子効率 |
| ス LED 素子の定格光束と素子数の積 | セ 仮想した光源の全光束 |
| ソ 照明器具の全光束 | |

(空 白)

(空気調和 — 選択問題)

問題 16 次の各問に答えよ。(配点計 50 点)

- (1) 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。

建築の省エネルギーにおいて、近年、ヒートポンプによる自然エネルギーの利用や排熱の有効活用が重要性を増している。自然エネルギーのうち、大気や太陽熱利用のエネルギーは、両者共 変動が大きいこと、広く希薄に分布することなどが挙げられるが、地下水はこれらが比較的少なく安定した熱源として利用されている。ただし、地盤沈下の防止や地下水の保全のために、利用後の排水を放流する方式ではなく 方式が望ましい。

大気は無尽蔵にある熱源であり、 としては大半の冷房に利用されているが、暖房の熱源としての利用は、冬季の低温期に を生ずるので、補助熱源が必要となる場合もあり、総合的な が低下する点に注意が必要である。太陽熱を 15～25℃の低温で集熱し、これをヒートポンプで適切な温度に すれば太陽熱の利用効率が高くなる。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|----------|---------|
| ア ATF | イ CEC | ウ COP | エ 時間による |
| オ 建物ごとの | カ 方位による | キ くみ上げ井戸 | ク 還元井戸 |
| ケ 帯水層 | コ 加熱源 | サ 放熱源 | シ 昇温 |
| ス 降温 | セ 混合損失 | ソ 能力低下 | |

(2) 次の文章の [7] ~ [14] の中に入れるべき最も適切な字句を < [7] ~ [14] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[9] は2箇所あるが、同じ記号が入る。

既存の全空気式セントラル方式の空調システムを、省エネルギーを目的に改修することを考える。1台の空調機で、類似した負荷を持つ複数の室の空調を行う場合には、代表室の温度又は [7] の温度を用いて温度制御を行うのが一般的である。しかし、室の負荷が異なる場合、この方式では、室による [8] のばらつき、すなわち過冷や過熱が生じやすい。これは環境衛生的にも不都合であり、エネルギーの無駄である。

これを改善するためには、次のような方法でゾーニングを行うのが良い。

- ① 室あるいは小ゾーンごとに [9] 方式とする。室の二酸化炭素濃度が上昇するなどの換気上の制約がある場合は そのゾーンの [10] を設定する。
- ② 著しく [11] の異なる室にはファンコイルユニットを設けて [12] を行い、ほかは、セントラル方式で、あるいは、適当なゾーンに分けて①の方式を適用する。
- ③ ダクト系統がほぼ負荷ゾーンごとに分けられている場合、ゾーンごとに [9] 方式とするか、又は [13] を用いてゾーン制御を行い、空調機主コイルは [14] 温度で制御し、さらにこれを外気温度に連動させて簡易に最適化設定を行うのが良い。

< [7] ~ [14] の解答群 >

- | | | |
|-----------|---------|---------|
| ア 還気 | イ 給気 | ウ 温度 |
| エ 気流 | オ 定風量 | カ 変風量 |
| キ 下限風量 | ク 上限風量 | ケ 空調対象室 |
| コ 面積 | サ 容積 | シ 負荷変動 |
| ス 外気量制御 | セ 個室制御 | ソ 湿度制御 |
| タ ブースタコイル | チ 逆止ダンパ | |

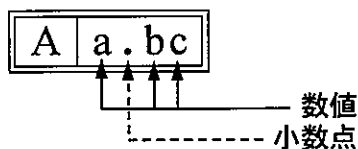
(表紙からの続き)

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) 、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。
- (2) 、などは、計算結果などの数値を解答する設問である。それぞれ a,b,c 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」を塗りつぶすこと。
 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。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.827……
 ↓ 四捨五入
 6.83

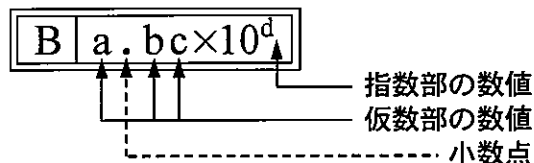
(解答)

「6.83」に
 マークする ⇒

		A		
		a	.	b c
①		0	0	
②		1	1	
③		2	2	
④		3	●	
⑤		4	4	
⑥		5	5	
⑦		6	6	
⑧		7	7	
⑨		8	●	
⑩		9	9	

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183 × 10²
 ↓ 四捨五入
 9.18 × 10²

(解答)

「9.18 × 10²」に
 マークする ⇒

		B				
		a	.	b c	×10	d
①		0	0			0
②		1	1			1
③		2	2			2
④		3	3			3
⑤		4	4			4
⑥		5	5			5
⑦		6	6			6
⑧		7	7			7
⑨		8	●			8
⑩		9	9			9

- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降はすべて「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。