

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時限目

必須 問題11, 12 電動力応用

1～10 ページ

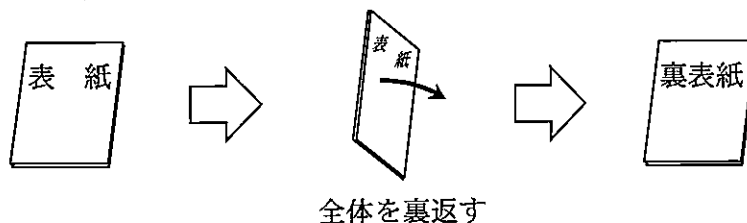
次の問題13から問題16までは、4問題中2問題を選択して解答すること。

選択	問題13	電気加熱	} 2問題を選択	13～15 ページ
選択	問題14	電気化学		17～18 ページ
選択	問題15	照明		19～22 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。

(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 50 点)

(1) 誘導電動機におけるベクトル制御とは、電動機に供給する一次電流が電動機内部で設定値どおりの 電流とトルク電流に分配されるように、一次電流の大きさ、周波数及び を制御することである。

誘導電動機のベクトル制御には、誘導電動機の磁束を検出する方式の磁界オリエンテーション方式と、検出した速度を基準として制御する方式の 方式がある。実用化されているシステムのほとんどが後者の方式である。

< ～ の解答群 >

ア 2 倍の高調波

イ 位相

ウ 零相

エ V/f 制御

オ 一次電圧制御

カ すべり周波数制御

キ 二次

ク 有効

ケ 励磁

(2) 図1に誘導電動機の一次換算等価回路を示す。ここで、 i_1 は一次電流、 i_2 は二次電流、 i_m は励磁電流、 r_1 は一次抵抗、 r_2 は二次抵抗、 l は漏れインダクタンス、 M は励磁インダクタンス、 s はすべりである。また、 i_1 の大きさを I_1 、 i_2 の大きさを I_2 、 i_m の大きさを I_m とする。

この一次換算等価回路において、 I_1 は式 $I_1 = \boxed{4}$ で表され、 I_m と I_2 の関係は、一次電流の周波数（電気角換算）を f_1 とすれば、式 $\boxed{5}$ で表される。したがって、すべり周波数 f_s は式 $f_s = \boxed{6}$ となり、電動機の回転周波数（電気角換算）を f_n とすれば、 f_1 は式 $f_1 = \boxed{7}$ となる。実際の制御では、 f_1 を決めるために $\boxed{8}$ を検出する。

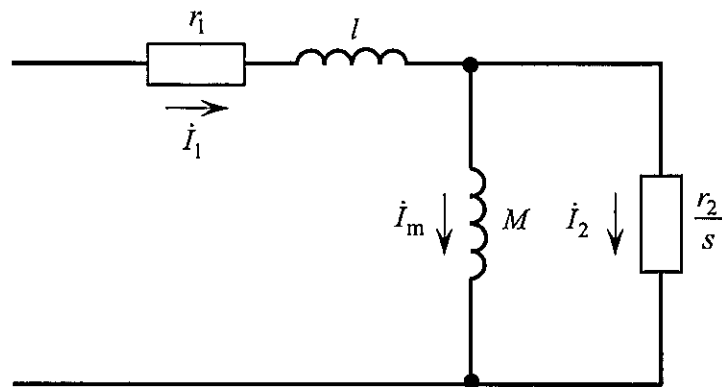


図1 誘導電動機の一次換算等価回路

< $\boxed{4}$ ~ $\boxed{8}$ の解答群 >

- | | | | |
|--|--|--|---|
| ア f_n | イ $2f_s$ | ウ $f_n + f_s$ | エ $f_n - f_s$ |
| オ $\sqrt{I_m^2 + I_2^2}$ | カ $\sqrt{I_2^2 - I_m^2}$ | キ $\frac{r_2}{2\pi M} \cdot \frac{I_2}{I_m}$ | ク $\frac{r_2}{2\pi(l+M)} \cdot \frac{I_2}{I_1}$ |
| ケ $2\pi f_1 M I_m = I_2 \frac{r_2}{s}$ | コ $2\pi f_1 (l+M) I_m = I_2 \frac{r_2}{s}$ | | |

問題11は次の頁に続く

(3) 図2に示す平衡ケージ巻上機の運転について考える。巻上機は、運搬車を搭載した2つのケージが1本のロープで綱車の左右に吊されている。吊されたロープは綱車の外縁で半径0.5mの円周に沿っており、綱車とロープの間に滑りは生じないものとする。綱車に接続された電動機を制御して綱車を回転させることでケージが上下動する。

電動機の効率は80%であり、綱車から見た綱車と電動機の合計等価慣性モーメント J_0 は $20 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ である。また、左右のケージの質量はそれぞれ 900 kg 、運搬車の質量はそれぞれ 100 kg であり、ロープの質量は考えないものとする。積荷 400 kg は片方の運搬車にのみ積載されている。

また、図3は積荷を載せた側のケージを上昇させるときの上昇速度のパターンを表している。このときの電動機の所要入力を求めたい。なお、重力の加速度は 9.8 m/s^2 とする。

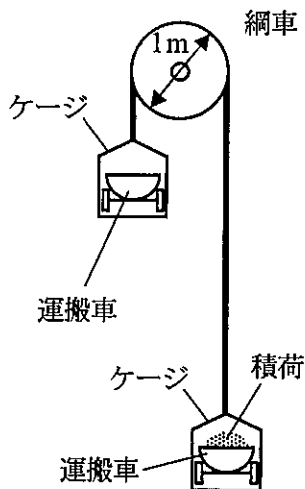


図2 平衡ケージ巻上機

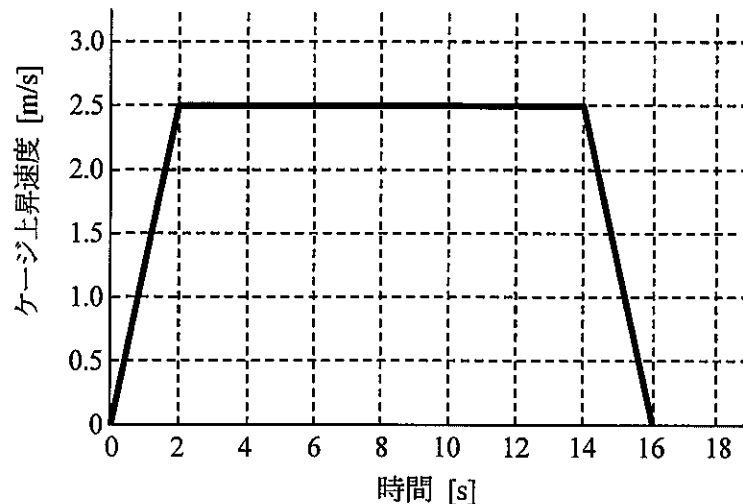


図3 平衡ケージ巻上機の運転速度パターン

1) 等速上昇期間（始動後2秒から14秒まで）での運転について考える。

① この期間に積荷が上昇する距離は [m] であり、この期間において積荷は [kJ] の位置エネルギーを獲得する。

② 綱車の左右両側ではケージと運搬車の質量が均衡しているため、等速上昇期間に綱車に作用するトルクを考える場合は、積荷に働く重力の影響のみを考慮すれば良い。綱車の半径が 0.5 m であるから、このとき綱車に作用するトルク T_1 は [kN·m] となる。

よって、等速上昇期間での電動機の所要入力、電動機の効率を考慮して [kW] と求められる。

〈 9 ～ 12 の解答群 〉

ア 0.2	イ 0.7	ウ 2.0	エ 6.9	オ 7.8	カ 12
キ 16	ク 24	ケ 30	コ 40	サ 60	シ 70
ス 118	セ 157	ソ 235	タ 274		

2) 等速上昇期間以外での運転について考える。

A. 加速上昇期間 (始動から 2 秒まで)

- ① 始動後 2 秒での綱車の角速度は [rad/s] である。
- ② 綱車を加速回転させる場合は、 J_0 に加えて、ケージ、運搬車及び積荷を合計した質量に基づく慣性モーメントを合わせて考える必要がある。ケージ 2 台、運搬車 2 台、及び積荷の合計質量が綱車から 0.5m の距離に位置するとみなしたときの慣性モーメント J_w [kg·m²] と J_0 を加えると、合計の慣性モーメント J_T は [kg·m²] となる。
- ③ 加速上昇期間に綱車に作用するトルクの値 T_2 [kN·m] は、合計の慣性モーメント J_T と角加速度の積から求められるトルク T_T [kN·m] と、積荷に働く重力によって生じるトルク T_1 の和として求められ、 [kN·m] となる。
- ④ 加速上昇期間の電動機の最大所要出力は、加速の終了直前の瞬間に生じる。

B. 減速上昇期間 (始動後 14 秒から 16 秒まで)

- ① この期間では、加速上昇期間よりも少ない出力で運転される。

3) この巻上機に用いる電動機の、図 3 の運転速度パターンの全期間における最大所要入力を求める。

1) 及び 2) より、電動機の所要入力が増大となるのは、加速上昇期間における始動後 2 秒の時点であり、その時点で加速中であるとみなすと、電動機の所要入力は、加速中のトルク T_2 と始動後 2 秒での角速度との積に電動機の効率を考慮して求めることができ、 [kW] となる。

〈 13 ～ 16 の解答群 〉

ア 2.5	イ 3.5	ウ 4.0	エ 5.0	オ 6.4	カ 10
キ 20	ク 22	ケ 24	コ 600	サ 620	シ 1200
ス 1220					

(空 白)

2) 下り坂の長さが短い場合

1) と同様に駆動力が零の状態を考える。下り坂で速度が零から上昇するが、転がり抵抗に比べ空気抵抗が十分小さい状態で下り坂が終わり、水平な道路となる場合を考える。

下り坂の距離が x [m] で、水平な道路の高さを基準とした起点の高さを h [m] とすると、距離 x を移動したときの転がり抵抗により消費するエネルギーは $C_r mgx$ であり、位置エネルギーの減少分がこのエネルギーと運動エネルギーに分配され、下り坂の終点での速度を v_{\max} [m/s] とすると、 $\frac{1}{2} \left(m + \frac{J_0}{r^2} \right) v_{\max}^2$ の運動エネルギーを持つ。

水平な道路に入ると、高さの変化はないため、転がり抵抗による消費エネルギーが運動エネルギーから供給され、水平な道路をさらに y [m] 移動して停止することになる。

以上のことから、位置エネルギー、運動エネルギー及び転がり抵抗により消費されたエネルギーの和を三つの位置について求め、これらが等しいとすると、次式が成り立つ。

$$mgh = \frac{1}{2} \left(m + \frac{J_0}{r^2} \right) v_{\max}^2 + C_r mgx = C_r mg(x+y) \quad \dots\dots\dots ③$$

式③より、システムのパラメータ、 h 及び x が与えられた場合の v_{\max} 、 y を求めると、次の結果が得られる。

$$v_{\max} = \sqrt{2 \frac{m}{m + \frac{J_0}{r^2}} g (h - C_r x)} \quad \dots\dots\dots ④$$

$$y = \boxed{2} \quad \dots\dots\dots ⑤$$

式④及び⑤から、 $h = 2$ [m]、 $x = 200$ [m]、 $\frac{m}{m + \frac{J_0}{r^2}} = 0.9$ 、 $g = 9.8$ [m/s²]、 $C_r = 0.006$ として、

v_{\max} 、 y を求めると、 $v_{\max} = \boxed{3}$ [m/s]、 $y = 133$ [m] となる。また、 v_{\max} の値での空気抵抗による抗力は、転がり抵抗による抗力の 5% 程度と小さく、空気抵抗を無視した計算の妥当性が確認できる。

< $\boxed{2}$ 及び $\boxed{3}$ の解答群 >

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| ア 3.56 | イ 3.76 | ウ 3.86 | エ 3.96 |
| オ $\frac{h}{C_r} + x$ | カ $\frac{h}{C_r} - x$ | キ $\frac{1}{h C_r} - x$ | ク $\frac{gh}{C_r} - x$ |

3) 走行における消費エネルギーについて

図1の速度パターンで走行する場合の消費エネルギーについて考える。ここで、走行するコースとして、図2に示すように、加減速区間に傾斜を持つ二つの直線コースを考える。なお、角度 θ は十分小さく、 $\cos\theta \cong 1$ と近似できるものとする。

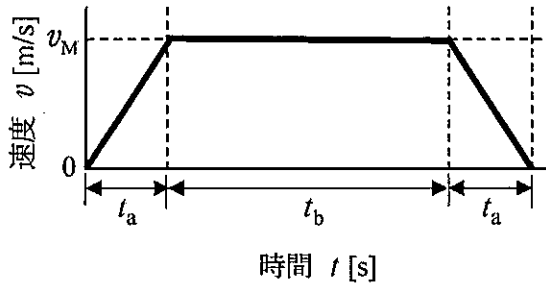


図1 速度パターン

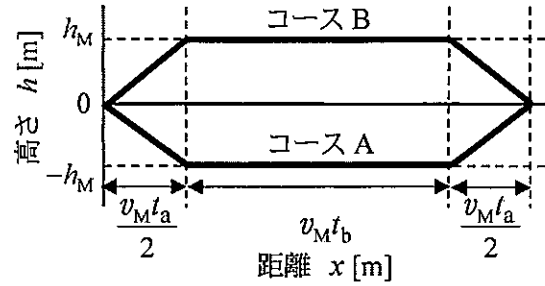


図2 走行コースの高さ

式①より、駆動系が供給する動力 P_d は、 $\cos\theta \cong 1$ 、 $\sin\theta = \frac{dh}{dx}$ とすると次式で与えられる。

$$P_d = \left[\left(m + \frac{J_0}{r^2} \right) \frac{dv}{dt} + mg \frac{dh}{dx} + C_r mg + \frac{1}{2} C_d \rho A v^2 \right] v \quad \dots\dots\dots ⑥$$

従って、走行全体での供給エネルギー E_{total} は、これを全区間で積分することにより次式となる。

$$E_{total} = \int_0^{2t_a+t_b} P_d dt = \left[\frac{1}{2} \left(m + \frac{J_0}{r^2} \right) v^2 + mgh + C_r mgx \right]_0^{2t_a+t_b} + \int_0^{2t_a+t_b} \frac{1}{2} C_d \rho A v^3 dt \quad \dots ⑦$$

A、Bいずれのコースも、起点と終点では速度、高さ共に零である。従って、全走行距離を $x_M = v_M(t_a + t_b)$ とし、図1の速度パターンを考慮すると次式を得る。

$$E_{total} = C_r mg x_M + \frac{1}{2} C_d \rho A v_M^3 \left\{ t_b + 2 \int_0^{t_a} \left(\frac{t}{t_a} \right)^3 dt \right\} = C_r mg x_M + \frac{1}{2} C_d \rho A v_M^3 \times \boxed{4} \quad \dots ⑧$$

このように、 E_{total} は二つのコースで差を生じない。なお、下り坂で加速、上り坂で減速するコースAが上り坂で加速、下り坂で減速するコースBに比べ、駆動系の損失は小さくなる。

式⑧より、 $C_r = 0.006$ 、 $C_d = 0.25$ 、 $m = 1500$ [kg]、 $A = 2.0$ [m²]、 $\rho = 1.3$ [kg/m³]、 $g = 9.8$ [m/s²]、 $v_M = 20$ [m/s]、 $t_a = 20$ [s]、 $t_b = 80$ [s]として、 E_{total} を計算すると、 $\boxed{5}$ [kJ]となる。

< $\boxed{4}$ 及び $\boxed{5}$ の解答群 >

- | | | | |
|-----------------|--|--|--|
| ア 390 | イ 410 | ウ 430 | エ 450 |
| オ $(t_b + t_a)$ | カ $\left(t_b + \frac{1}{2} t_a \right)$ | キ $\left(t_b + \frac{1}{3} t_a \right)$ | ク $\left(t_b + \frac{1}{4} t_a \right)$ |

問題 12 は次の頁に続く

(2) 定格点において、流量 Q_N が $10\text{ m}^3/\text{min}$ 、全揚程 H_N が 30 m 、ポンプ効率 η_N が 70% 、回転速度 n_N が 1500 min^{-1} の送水ポンプを考える。ポンプと管路抵抗の特性を定格点での諸量の値で正規化したところ、次式が得られた。

$$h = 1.25n^2 - 0.25q^2$$

$$\eta^* = 2\left(\frac{q}{n}\right) - \left(\frac{q}{n}\right)^2$$

$$r = 0.4 + 0.6q^2$$

ただし、流量 q [p.u.]、全揚程 h [p.u.]、ポンプ効率 η^* [p.u.]、回転速度 n [p.u.] 及び管路抵抗 r [p.u.] はポンプの定格点において正規化された変数である。これらの関係を図示すると次の図3のようになる。

ここで、運転パターンとして1日24時間のうち、16時間は流量 $10\text{ m}^3/\text{min}$ で運転し、それ以外の8時間は流量 $6\text{ m}^3/\text{min}$ で運転するとしたとき、弁の開度調整により流量を制御する方式を採用した場合と、インバータを用いて電動機の回転速度制御により流量を制御する方式を採用した場合のそれぞれの消費電力量を求める。ただし、水の密度を 1000 kg/m^3 、重力の加速度を 9.8 m/s^2 とする。

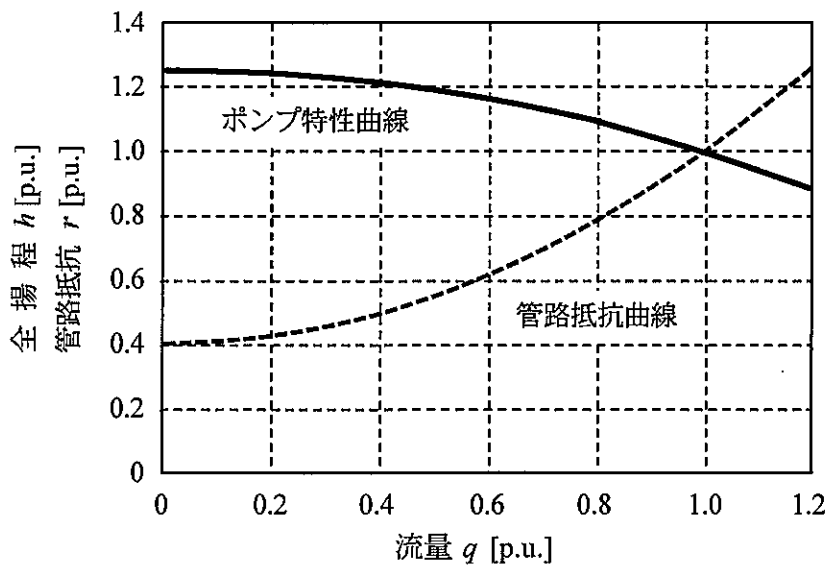


図3 ポンプ特性曲線と管路抵抗曲線

1) ポンプを流量 $10 \text{ m}^3/\text{min}$ で運転するときの軸動力は [kW] である。弁の開度調整により、ポンプを流量 $6 \text{ m}^3/\text{min}$ で運転するときの全揚程は [m]、軸動力は [kW] である。

< ~ の解答群 >

ア 20.0 イ 34.1 ウ 34.8 エ 49.0 オ 58.0 カ 64.4
キ 70.0 ク 77.7 ケ 81.9

2) インバータを用いた電動機の回転速度制御により、ポンプを流量 $6 \text{ m}^3/\text{min}$ で運転するときの全揚程は [m]、回転速度は [min^{-1}]、軸動力は [kW] である。

3) 電動機の効率を 90 %、インバータ効率を 95 % とすると、弁の開度調整による流量制御及びインバータを用いた電動機の回転速度制御による流量制御の 1 日当たりの消費電力量は、それぞれ次のようになる。ただし、インバータ制御方式ではインバータは 24 時間使用するものとする。

・弁の開度調整による流量制御： [kW·h]

・インバータを用いた電動機の回転速度制御による流量制御： [kW·h]

< ~ の解答群 >

ア 10.8 イ 18.5 ウ 25.9 エ 27.0 オ 30.0 カ 31.5
キ 900 ク 1 127 ケ 1 336 コ 1 406 サ 1 500 シ 1 552
ス 1 562 セ 1 584 ソ 1 760

(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 [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、その記号を答えよ。なお、[1] 及び [8] 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) 抵抗加熱の原理、特徴及び応用分野について考える。

1) 抵抗加熱には、間接抵抗加熱方式と直接抵抗加熱方式があり、いずれの方式も抵抗に電流が流れることによって生じる [1] を加熱に利用するものである。間接抵抗加熱方式は、熱源となる抵抗を介して間接的に被加熱物を加熱する形態をとり、直接抵抗加熱方式は、被加熱物自体を抵抗として、そこに直接電流を流して内部から加熱する形態をとる。

2) 間接抵抗加熱は、[2] と呼ばれる熱源に電流を流すことによって生じる [1] を利用するもので、熱せられた熱源から主に放射や対流による伝熱によって被加熱物を加熱する方式である。この加熱方式による抵抗炉は、燃焼炉に比べて [3] が容易であるなどの利点があり、各方面で広く使用されている。

< [1] ~ [3] の解答群 >

- | | | |
|-------------|--------|---------|
| ア アプリケータ | イ 発熱体 | ウ 誘導コイル |
| エ ジュール熱 | オ 交番磁界 | カ 誘電損失 |
| キ 加熱雰囲気温度管理 | ク 溶射 | ケ 溶融 |

3) 直接抵抗加熱は、被加熱物内部を直接加熱できるため間接抵抗加熱に比べて [4] に適しており、加熱効率も高い方式である。この加熱方式は溶接の分野でも広く利用されており、[5] 溶接などの重ね抵抗溶接とアプセット溶接などの突合せ抵抗溶接がある。

< [4] 及び [5] の解答群 >

- | | | |
|--------|--------|---------|
| ア スポット | イ ティグ | ウ フラッシュ |
| エ 急速加熱 | オ 微細加工 | カ 表面改質 |

(2) 電気加熱の温度管理にとって必要不可欠な温度計について考える。

1) 省エネルギーのためには、加熱温度を正確に管理して をできる限り少なくする必要がある。そのためには、適切な温度計を用いると共に精度管理も重要である。物体の温度を計測する温度計は、接触式と非接触式に大別されるが、それぞれの方式における代表的な温度計の原理及び特徴については、次の 2) 及び 3) のとおりである。

〈 の解答群 〉

ア 過熱

イ 熱抵抗

ウ 熱容量

2) 接触式には、 効果を利用した熱電温度計がある。これは、2種類の異なる金属線を組み合わせた熱電対の 力により温度を計測するものである。熱電対には多くの種類があるが、使用温度範囲が広く、 力の特性が直線性に優れた K 熱電対が、工業分野では広く用いられる。

〈 及び の解答群 〉

ア ゼーベック

イ ピンチ

ウ ペルチェ

エ 起磁

オ 起電

カ 電磁

3) 非接触式である放射温度計は、被測温体から温度に応じて表面から放出されるエネルギーを利用する方式である。この温度計は高温物体を高い応答性で計測できるが、被測定物の特性及び測定環境の影響を受ける。そのため、測定対象に応じた の調整が必要になる。一般的な放射温度計は 域の波長を利用しており、低温域では $10\ \mu\text{m}$ 付近、高温域では $1\ \mu\text{m}$ 付近の波長が測定に用いられる。

〈 及び の解答群 〉

ア 可視光

イ 紫外

ウ 赤外

エ 熱伝達率

オ 表面改質

カ 放射率

(3) 質量 450 kg の金属を 25℃ から 1100℃ まで 45 分で均一な温度に加熱する加熱設備がある。

この加熱設備は熱的に安定した状態であり、設備の電源入力端における電力を測定したところ 165 kW で一定であった。

1) この加熱におけるエネルギー原単位は [kWh/kg] である。

2) この加熱装置の熱損失及び電気効率は既知であり、それぞれ 15.4 kW と 79.8 % とすれば、加熱正味熱量は [kWh] である。このとき、被加熱物である金属の比熱は温度によらず一定であるとすれば、 [kJ/(kg·K)] と求めることができる。

3) 省エネルギー対策として加熱設備の断熱強化を図って改造を実施した。その結果、従来と同様の加熱時間及び昇温条件で加熱した場合のエネルギー原単位を 3.4% 削減することができた。これは、熱損失が改造前に対して [kW] 分が低減されたことを意味する。なお、断熱強化の改造に伴う電気効率の変化はないものとする。

< ~ の解答群 >

ア	0.275	イ	0.367	ウ	0.489	エ	0.524	オ	0.649	カ	0.735
キ	4.48	ク	7.69	ケ	11.9	コ	87.2	サ	98.8	シ	116.3

(空 白)

(電気化学 - 選択問題)

問題 14 次の各文章の [1] ~ [10] 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、[5] は複数箇所あるが、同じ記号が入る。

また、[A] a.b ~ [C] 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)

(1) 工業電解プロセスとは、電気化学システムを用いてより質の高い物質の製造や材料の表面処理などを行うプロセスである。金属の電解採取や電解精製も工業電解プロセスの例である。電解精製では、乾式精錬で得た不純物を含む目的金属(粗金属)を成型して [1] とし、目的金属と同一の金属塩を含む浴を電解液として用いて電解し、対の電極上に純度の高い目的金属を析出させる。粗金属に含まれる不純物が溶出する平衡電位が、目的金属よりも [2] ものはそのまま残るか沈殿物となる。銅の電解精製の沈殿物には [3] などが含まれる。電解精製で製造される目的金属の生成速度は電解槽に供給する [4] に比例する。

< [1] ~ [4] の解答群 >

ア アノード	イ カソード	ウ 電解液	エ マンガン
オ 金	カ 鉛	キ 電圧	ク 電流
ケ 電気量	コ 高い	サ 低い	

(2) 化学電池は化学反応で生じるエネルギーを電気エネルギーに直接変換する装置である。

1) ある電池の端子電圧 U_t が、次式で表せるものとする。

$$U_t = \alpha - \beta I$$

ここで、 α は見かけの開路電圧、 β は見かけの内部抵抗、 I は電流である。

i) この電池の出力は、電流 I を用いて式 [5] で表すことができる。

ii) この電池が最大出力となるのは、式 [5] の電流 [6] が零となるときである。このときの電流は式 [7] で表すことができ、最大出力は式 [8] で表すことができる。

< 5 ~ 8 の解答群 >

- ア $\frac{\alpha}{\beta}$ イ $\frac{\alpha}{2\beta}$ ウ $\frac{2\alpha}{3\beta}$ エ $\frac{\alpha^2}{2\beta}$ オ $\frac{\alpha^2}{4\beta}$ カ $\frac{2\alpha^2}{9\beta}$
キ $I^2\beta$ ク $I(\alpha - \beta I)$ ケ $I^2(\alpha - \beta I)$
コ 積分値 サ 微分値 シ 定数

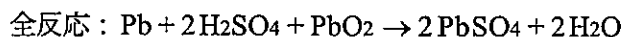
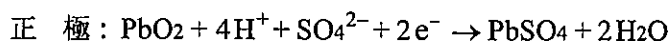
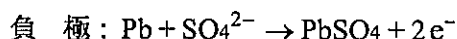
2) 電池のエネルギー変換効率は、反応に関与する物質の量に関する項と、反応速度により決まる 9 の項に分けて考えることができる。両者共に式 10 で表すことができ、両者の積がエネルギー変換効率となる。

< 9 及び 10 の解答群 >

- ア 出力 イ 電圧 ウ 電流
エ $\frac{\text{実際の値}}{\text{理論値}}$ オ $\frac{\text{理論値}}{\text{実際の値}}$ カ $\sqrt{\text{実際の値} \times \text{理論値}}$

(3) 鉛蓄電池について考える。

鉛蓄電池の正極及び負極における放電反応等は次に示すとおりである。



なお、反応に関与する原子の原子量については、H : 1.008、O : 16.00、S : 32.07、Pb : 207.2 とし、ファラデー定数は 96 485 C/mol とする。

1) 全反応のモル質量は $\boxed{\text{A}} \boxed{\text{a.b}} \times 10^2$ [g/mol] である。

2) 全反応 1 mol 当たりの容量は $\boxed{\text{B}} \boxed{\text{ab}}$ [A·h/mol] であり、1) の結果と合わせれば単位質量当たりの容量を求めることができる。

3) 開路電圧が 2.07 V であるとする、全反応のギブズエネルギー変化 ΔG は次の値となる。

$$\Delta G = \boxed{\text{C}} \boxed{\text{a.b}} \times 10^2 \text{ [kJ/mol]}$$

(照明 - 選択問題)

問題 15 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、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。

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 50 点)

(1) 表 1 に示す 3 種類の光源は、いずれも商用電源に直結した白熱電球用のソケットに装着できるランプである。最も発光効率の低い白熱電球から、最も発光効率の高い ランプに置き換えることで、ランプ 1 個当たり [W] の消費電力を削減することができる。

白熱電球の特長として演色性の高いことが挙げられる。表中の平均演色評価数は演色性を示すものであり、 が等しい基準光源との比較において、被照射物体の色の を評価する指標のことである。

表 1 光源の種類と性能

光源の種類	ランプ効率	全光束	平均演色評価数	光束立ち上がり特性
白熱電球	15 lm/W	810 lm	100	非常に速い
<input type="text" value="1"/> ランプ	115 lm/W	810 lm	80	非常に速い
<input type="text" value="5"/> ランプ	68 lm/W	810 lm	80	比較的遅い

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|------------|----------|-----------|------------|
| ア 20 | イ 47 | ウ 100 | エ 片口金形ハロゲン |
| オ 蛍光水銀 | カ 直管 LED | キ 電球形 LED | ク 電球形蛍光 |
| ケ 両口金形ハロゲン | コ 光束発散度 | サ 彩度 | シ 相関色温度 |
| ス 忠実性 | セ 直下光度 | ソ 明度 | |

(2) 直径 20 cm の円形の均等拡散面を持ち、その片側のみに発光する光源を考える。この光源の全光束が 1200 lm であるとする、この光源の輝度は約 [cd/m²] となる。ただし、円周率を 3.14 とする。

この光源から任意の距離の直下照度を求める場合には、光源の光度値と照度の距離の逆二乗法則を利用して算出することが可能である。ただし、厳密には円光源を点光源とみなすことによる誤差が生じるが、光源から照度算出位置までの距離が円光源の直径の最低でも 倍以上あれば、誤差は 1 % 以内に収まる。

< 及び の解答群 >

ア 1.5 イ 2 ウ 5 エ 380 オ 12 000 カ 38 000

(3) 次の照明計算を行う。

- 1) あらゆる方向への光度が等しい光源が、机上面からの高さ 1 m に設置されている。このとき、この光源の直下の机上面上の点 P の照度が 200 lx であった。この光源の光度は

A	abc
---	-----

 [cd] である。この机上面で水平面より 60° 傾けて読書をするとき、紙面の中心の照度は

B	abc
---	-----

 [lx] となる。ただし、紙面の中心は点 P の直上 10 cm の高さにあるものとする。

- 2) 直管蛍光ランプのランプ効率が 84 lm/W、全光束が 3 100 lm、総合効率が 70 lm/W であるときの、安定器の損失電力は

C	a.b
---	-----

 [W] となる。

- 3) 間口 10 m、奥行き 15 m、高さ 3.8 m の作業部屋の天井面に、埋込形ルーバ蛍光ランプ 40 W 2 灯用（1 灯のランプ光束 4 000 lm）の器具を設置して、床面からの高さ 0.8 m の作業面での平均照度を 500 lx にしたい。光束法による照度計算を用いると、このときの室指数は

D	a.b
---	-----

 であり、照明器具の必要台数は

E	ab
---	----

 [台] となる。ただし、この部屋の反射率は天井 70 %、壁 50 %、床 30 % として、照明率は表 2 の照明率表より求めること。また、照明器具の保守率は 0.64 とする。

表2 照明率表

反射率	天井	70%		
	壁	70%	50%	30%
	床	30%		
室指数		照明率		
0.6		0.32	0.28	0.24
0.8		0.40	0.36	0.32
1.0		0.45	0.41	0.37
1.25		0.49	0.45	0.41
1.5		0.53	0.49	0.45
2.0		0.56	0.53	0.50
2.5		0.59	0.56	0.53
3.0		0.60	0.57	0.54
4.0		0.63	0.60	0.57
5.0		0.64	0.62	0.60

(空調調和 - 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。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) 空調熱源に用いる蒸気圧縮式のヒートポンプの構成及び性能について考える。

1) ヒートポンプは、圧縮機、蒸発器、凝縮器などで構成される。冷房運転時には、 で冷却した熱を利用し、暖房運転時には、 で加熱した熱を利用する。主に動力を必要とするのは であり、 などに投入した消費電力の熱量換算値に対する冷房、暖房での利用熱量の比を成績係数 (COP) という。

< ~ の解答群 >

ア 圧縮機 イ 凝縮器 ウ 蒸発器

2) 成績係数の値は運転条件により変化し、冷媒の 温度が高いほど大きくなり、一方、 温度が低いほど大きくなる。したがって、暖房時のヒートポンプの温水出口温度が になれば省エネルギーになる。

< ~ の解答群 >

ア 圧縮 イ 凝縮 ウ 蒸発 エ 高く オ 低く

3) JIS で定める運転条件によるヒートポンプの定格時の成績係数は、機種などにより異なる。
身近な設備を例にとると、暖房時における家庭用エアコンで概ね 3～6 となる。身近な暖房器具
として、電気ストーブもあるが、これの成績係数が概ね なので、ヒートポンプの成績
係数が高いことがわかる。

4) 成績係数の値は運転条件や外気条件などにより変動するため、実際のエネルギー消費量を把握
するためには年間を通じた性能評価が必要となり、その評価指標として が用いられる。
これは、ヒートポンプを1年間運転した場合の「冷房期間総合負荷及び暖房期間総合負荷の和」を
「冷房期間消費電力量と暖房期間消費電力量との和」で除した値である。

〈 及び の解答群 〉

ア 0.5	イ 1	ウ 1.5	エ 2
オ APF	カ CEC	キ IPLV	

(2) 空気調和において、新鮮な外気の取り入れによる換気は、室内の良好な空気質の維持のためには必要不可欠であるが、一方で、外気の導入は大きな空調負荷となることから、空気質の維持と省エネルギーの両立を図るためには、適正な換気量を維持することが極めて重要である。

ここで、室内における適正な換気量について考える。

1) 室内に汚染質の発生があり、換気のために導入している外気中にも一定の汚染質が含まれているとき、定常状態における室内の汚染質の濃度 C は、拡散の形態が と仮定すると、次の式で表される。ただし、単位は汚染質が気体の場合の例とする。

$$C = C_0 + \frac{M}{Q} [\text{m}^3/\text{m}^3] \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで、 C_0 [m^3/m^3] は 、 M [m^3/h] は 、 Q [m^3/h] は を示す。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|----------|--------|-----------|
| ア 汚染質発生量 | イ 換気量 | ウ 外気汚染質濃度 |
| エ 室内初期濃度 | オ 完全拡散 | カ 不完全拡散 |

2) 一般に、事務所ビルなどの居室の必要換気量は、居住者から呼吸により排出される CO₂ を汚染質の対象として、その濃度が法で定める基準値以下となるように決められる。CO₂ 濃度に関する居室の室内環境基準値は、「建築基準法」や「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」によって、1 000 ppm 以下と定められている。

必要換気量は、1) の式①において、環境基準値を満たす室内 CO₂ 濃度の許容値、室内の CO₂ 発生量、及び外気の CO₂ 濃度を設定することにより算出できる。ここで、外気の CO₂ 濃度について、従来は、一般に 300 ppm 程度として算出していた。しかしながら、近年、大気中の CO₂ 濃度は世界平均で約 [ppm] にまで上昇しているのが実態である。

3) 外気の CO₂ 濃度が 2) で示した現状の値 [ppm] まで上昇した場合、居室の CO₂ 濃度を法で定める 1000 ppm 以下とするための必要換気量は、外気の CO₂ 濃度が 300 ppm のときと比べて、約 倍になる。ただし、算出は外気の濃度変化だけの単純計算による。

< 及び の解答群 >

ア 1.1 イ 1.2 ウ 1.5 エ 2 オ 400 カ 500
キ 600 ク 700

(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。

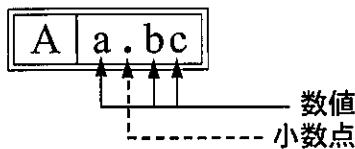
このとき、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

(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 $\pi = 3.1415...$ 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)

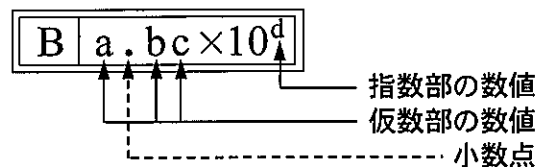
「680」を塗りつぶす



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