

令和 6 年度

第 2 種
機 械

(第 3 時限目)

答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。

色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには、カナ氏名、受験番号、試験地が印字されています。受験票と照合の上、氏名、生年月日を記入してください。

マークシートに印字してある

- ・カナ氏名
- ・受験番号
- ・試験地

を受験票と照合の上、記入してください。

氏 名	
生年月日	
カナ氏名 (字数制限の省略あり)	印字あり
試験地	印字あり

受	験	番	号
印	字	あ	り

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 解答は、マークシートの間番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば、問1の

(1)

 と表示のある問に対して(イ)と解答する場合は、下の例のように問1の(1)の

イ

 をマークします。

なお、マークは各小問につき一つだけです。二つ以上マークした場合には、採点されません。

(マークシートへの解答記入例)

問 1									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					
<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ
●									
イ									
イ									
イ									
イ									
<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ
ロ									
●									
ロ									
ロ									
ロ									
<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ
ハ									
ハ									
●									
ハ									
ハ									
<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ
ニ									
ニ									
ニ									
●									
ニ									
<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>●</td></tr></table>	●
ホ									
ホ									
ホ									
ホ									
●									
<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ
ヘ									
ヘ									
ヘ									
ヘ									
ヘ									
<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト
ト									
ト									
ト									
ト									
ト									
<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ
チ									
チ									
チ									
チ									
チ									

問					
(1)	(2)	(3)			
<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ	<table border="1"><tr><td>イ</td></tr></table>	イ
イ					
イ					
イ					
<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ	<table border="1"><tr><td>ロ</td></tr></table>	ロ
ロ					
ロ					
ロ					
<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ	<table border="1"><tr><td>ハ</td></tr></table>	ハ
ハ					
ハ					
ハ					
<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ	<table border="1"><tr><td>ニ</td></tr></table>	ニ
ニ					
ニ					
ニ					
<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ	<table border="1"><tr><td>ホ</td></tr></table>	ホ
ホ					
ホ					
ホ					
<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ	<table border="1"><tr><td>ヘ</td></tr></table>	ヘ
ヘ					
ヘ					
ヘ					
<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト	<table border="1"><tr><td>ト</td></tr></table>	ト
ト					
ト					
ト					
<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ	<table border="1"><tr><td>チ</td></tr></table>	チ
チ					
チ					
チ					

正解と思われるものの記号の枠内を、マークシートに印刷されているマーク記入例に従い、濃く塗りつぶす方法で示してください。

6. 問7と問8は選択問題です。どちらか1問を選択してください。選択問題は両方解答すると採点されません。

7. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例: 350 W $f=50$ Hz 670 kV・A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [m^2])

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

第 2 種

機 械

A問題(配点は1問題当たり小問各3点, 計15点)

問1 次の文章は, 同期機のエアギャップの磁束に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

同期電動機や同期発電機のエアギャップの磁束は, 界磁電流が作る磁束と, 電機子電流による磁束が合成された磁束となる。このように, 電機子電流によるギャップ磁束への影響・作用を (1) と呼ぶ。電機子電流による磁束のうち界磁磁束と同じ向きの成分による作用は (2) といい, 電機子電流による磁束のうち界磁磁束と直交する成分による作用は (3) という。

同期発電機の端子電圧に対して, 電機子電流の位相が遅れている場合には (4) となり, 内部誘導起電力の大きさは, 無負荷誘導起電力と比べて (5) 。

[問1の解答群]

- | | | |
|------------|------------|------------|
| (イ) 誘導作用 | (ロ) 増磁作用 | (ハ) 交差磁化作用 |
| (ニ) 同位相 | (ホ) 直交界磁作用 | (ヘ) 電機子作用 |
| (ト) 電機子反作用 | (チ) 強磁作用 | (リ) 直交磁化作用 |
| (ヌ) 減磁作用 | (ル) 弱磁作用 | (フ) 逆位相 |
| (ワ) 大きくなる | (カ) 変わらない | (ヱ) 小さくなる |

問2 次の文章は、電動機駆動に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

電気鉄道では、直流直巻電動機を用いた車両が多く造られていたが、近年では (1) 電動機をインバータで駆動する車両が主流になった。 (1) 電動機ではすべり s を (2) とすることで回生制動をかけることができ、車両の運動エネルギーを電気エネルギーとして電源に回生することができる。また、直流電動機では (3) が摩耗するため、定期的に新しい (3) へ交換する必要があるが、 (1) 電動機ではその必要性がなく、保守性を改善できる。また、インバータの半導体スイッチとしては、シリコン(Si)半導体を用いた IGBT((4))が主流であるが、炭化ケイ素(SiC)の MOSFET を採用した車両も導入が進みつつある。

鉄道ではインバータで (1) 電動機を駆動する際にはベクトル制御が使われることが多いが、一般産業では電動機の一次電圧 V_1 [V]と電氣的周波数 f_1 [Hz]の関係を (5) 一定として制御することで定トルク特性で用いることもある。

[問2の解答群]

- | | | |
|--|-----------------------|-----------------|
| (イ) スリップリング | (ロ) フィルタリアクトル | (ハ) 直流分巻 |
| (ニ) $s < 0$ | (ホ) $s = 0$ | (ヘ) $V_1 f_1$ |
| (ト) $V_1^3 f_1$ | (チ) $\frac{V_1}{f_1}$ | (リ) $0 < s < 1$ |
| (ヌ) 誘導 | (ル) 同期 | (ヲ) ブラシ |
| (リ) Integrated Gate Bipolar Transistor | | |
| (カ) Insulated Gate Bipolar Transistor | | |
| (コ) Injected Gate Bipolar Transistor | | |

問3 次の文章は、交流遮断器の種類に関する記述である。文中の [] に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

交流遮断器の歴史的な経過としては、電圧の上昇、大容量化に伴い油遮断器、空気遮断器、磁気遮断器などが開発され、近年 66 kV 以上では、ガス遮断器や真空遮断器が主流となっている。

油遮断器は最も古くから使用され、消弧媒体の絶縁油がアークに触れると分解してアークの持つエネルギーを奪うとともに、生成した水素ガスの高い (1) 率によりアークを冷却して遮断する。火災の危険が伴うことと保守点検における省力化の点で難がある。

空気遮断器は極間に発生したアークに対して圧縮空気を用いて高速の空気流を吹き付け、アークを冷却して消弧を行う。保守は容易で火災の危険が少ないなどの利点がある一方で、動作時の (2) が大きいことが欠点である。

ガス遮断器は (3) を消弧媒体として利用した遮断器である。(3) は、空気と比較すると (4) が空気の 100 分の 1 以下という特性を利用して、極めて優れた遮断性能を実現している。しかし、(3) は温室効果ガスに指定されている。

真空遮断器は、接点の開閉を真空のバルブの中で行う遮断器で、高真空中の急速なアークの (5) 作用と絶縁回復特性により高い消弧能力を有している。電極の局部加熱を防ぐため、電極構造を工夫してアークに横方向の磁界を加えることでアークに回転運動力を与え、電極表面の 1 点へのアークの集中を抑えて電極の溶融を防ぐ。また、アーク電圧が低いので電極消耗が少ない特長がある。

〔問3の解答群〕

- | | | |
|----------|------------------------|------------------------|
| (イ) 比重 | (ロ) 熱伝導 | (ハ) 分離 |
| (ニ) 拡散 | (ホ) 圧力 | (ヘ) フロンガス |
| (ト) 絶縁耐力 | (チ) 騒音 | (リ) 凝縮 |
| (ヌ) 火花 | (ル) CO ₂ ガス | (ヲ) 熱膨張 |
| (ワ) 熱変動 | (カ) アーク時定数 | (ヨ) SF ₆ ガス |

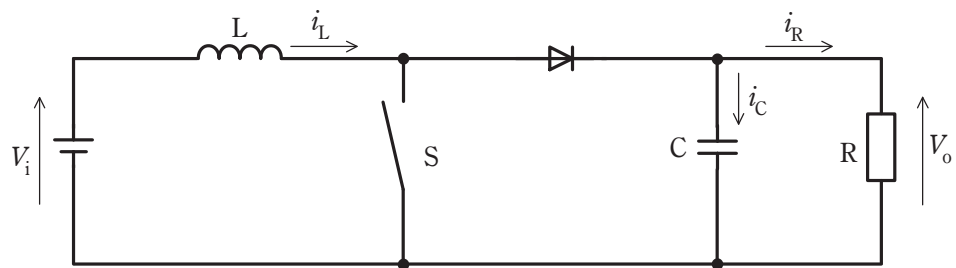
問4 次の文章は、昇圧チョッパに関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

昇圧チョッパは、(1) に示す図のようにスイッチ S 、ダイオード、インダクタ L 、キャパシタ C からなる回路が、直流電圧 V_i [V] の電圧源と負荷抵抗 R の間に接続されることで構成されている。ここで、スイッチ S を T [s] の周期でオン・オフを繰り返し、そのうちオンしている期間を T_{on} [s] とすると、スイッチ S のデューティ比 D は、(2) として表すことができる。スイッチ及びダイオードを含む全ての回路素子が理想的なものであり、キャパシタ C の静電容量が十分大きくキャパシタ電圧のリプルは無視できるものとする。インダクタ L に電流が連続的に流れている場合、デューティ比 D を用いると直流電圧 V_i [V] と、定常状態で負荷抵抗に印加される電圧 V_o [V] の関係を表す式は (3) となる。ここで、インダクタ、キャパシタ、抵抗に流れる電流をそれぞれ i_L [A]、 i_C [A]、 i_R [A] とし、それらの平均値をそれぞれ I_L [A]、 I_C [A]、 I_R [A] とすると、 $I_R =$ (4)、 $I_C =$ (5) となる。

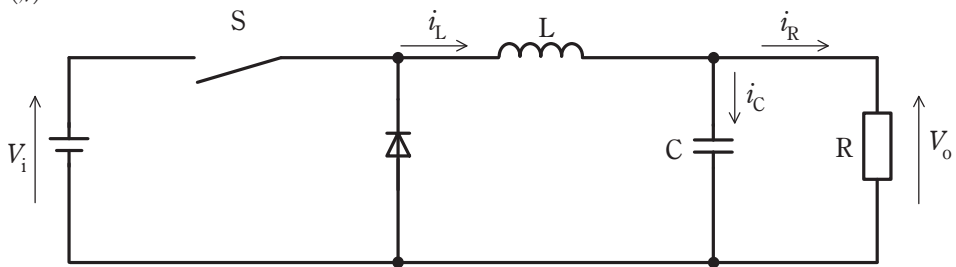
[問4の解答群]

- | | | |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| (イ) $V_o = \frac{1}{1-D} V_i$ | (ロ) 0 | (ハ) $\frac{D}{1-D} I_L$ |
| (ニ) $\frac{T_{on}}{T}$ | (ホ) $(1-D) I_L$ | (ヘ) $V_o = D V_i$ |
| (ト) $\frac{1}{1-D} I_L$ | (チ) $D I_L$ | (リ) $\frac{T-T_{on}}{T}$ |
| (ヌ) $V_o = \frac{D}{1-D} V_i$ | (ル) $\frac{T}{T_{on}}$ | (ヲ) $\frac{T}{T-T_{on}}$ |

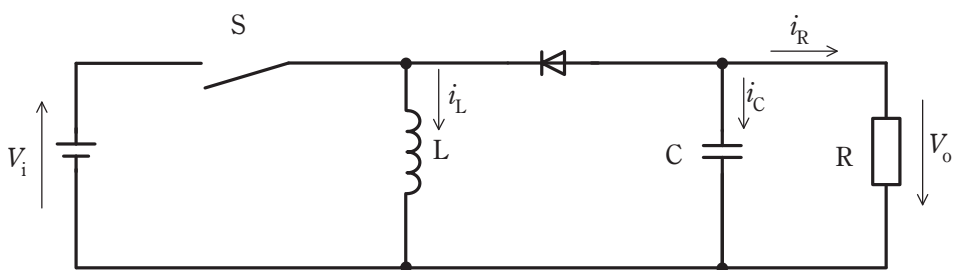
(7)



(カ)



(ク)



B問題(配点は1問題当たり小問各2点，計10点)

問5 次の文章は，燃料電池に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

水素，アルコール，メタン，一酸化炭素などの燃料を (1) で電気化学的に酸化して，その際に取り出された電子を，外部回路を通してもう一方の電極に送り込み，酸素(空気)の還元を行う。全体としては燃料を (2) して二酸化炭素や水が出る化学反応の過程で，その化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換して取り出す装置を燃料電池という。

商用化されている家庭用燃料電池コジェネレーションシステムには低温型の (3) や高温型の固体酸化物形燃料電池(SOFC)が用いられており，発電電力と熱(温水)が出力である。

燃料としてメタンが主成分の都市ガスなどが用いられ，燃料処理装置やSOFC内部で水素を含むガスに改質してから電極反応に使われる。改質の主な反応は次の反応である。



単位時間当たりのエネルギー消費量が1.7kW，総合効率が98.0%，熱出力のための熱回収効率が57%とすると，このときの燃料電池の発電電力は (5) Wである。

[問5の解答群]

(イ) 2

(ロ) 3

(ハ) 4

(ニ) 697

(ホ) 731

(ヘ) 969

(ト) アノード

(チ) カソード

(リ) 水素化

(ヌ) 燃焼

(ル) 正極

(ヲ) カップリング反応

(リ) 直接形メタノール燃料電池(DMFC)

(カ) 固体高分子形燃料電池(PEFC)

(ヨ) リン酸形燃料電池(PAFC)

問6 次の文章は、光の諸量に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

放射は電磁波として伝搬するエネルギーであり、ある面を単位時間に通過する放射エネルギーは放射束と呼ばれ、単位は W である。一方、光は目を通して得られる感覚の強さであり、光に関する諸量は、一般的な物理量とは異なり、心理物理量と呼ばれる。

放射を、目の感度に基づくフィルタ(標準比視感度)を通して計測されたものは光束と呼ばれ、単位は lm が用いられる。波長を λ [nm] とすると、光束 ϕ [lm] は次式で表される。

$$\phi = K_m \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} V(\lambda) P(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで、 λ_1 [nm]、 λ_2 [nm] はそれぞれ可視波長領域の短波長端と長波長端、 $P(\lambda)$ [W/nm] は分光放射束(放射束の単位波長当たりのパワー)、 $V(\lambda)$ は標準比視感度、 K_m は $V(\lambda)$ が最大となる波長における放射束と光束の換算係数(683 lm/W) である。また、 $V(\lambda)$ のグラフは (1) のようになる。

光を出す物体(光源)からは様々な方向に光束が放射される。点とみなすことのできる光源(点光源)から、ある方向の単位立体角内に放射される光束は (2) と呼ばれ、単位は cd が用いられる。一つの光源からあらゆる方向に放射される光束の合計は全光束と呼ばれ、全光束を Φ [lm] とすると、この光源の (2) の平均値 I_o [cd] は次式のようにになる。

$$I_o = \text{(3)} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

また、ある面に入射する光束の密度は照度と呼ばれ、単位は lx である。点光源((2) I [cd]) から l [m] 離れた位置で、入射する光束に正対する面の照度 E_n [lx] は次式のようにになる。

$$E_n = \text{(4)} \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

次に、この面が光束に対して角度 θ だけ傾くと、面の照度 E_θ [lx] は次式のようにになる。

$$E_\theta = \text{(5)} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

[問6の解答群]

(イ) $\frac{4\pi I}{l^2}$

(ロ) $E_n \cos \theta$

(ハ) $\frac{\Phi}{2\pi}$

(ニ) $E_n \sin \theta$

(ホ) $\frac{\Phi}{\pi}$

(ヘ) 光束発散度

(ト) E_n

(チ) 輝度

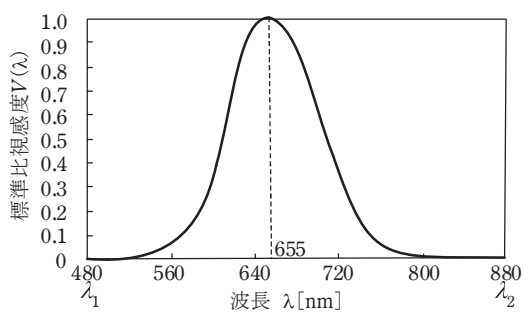
(リ) $\frac{I}{l^2}$

(ヌ) 光度

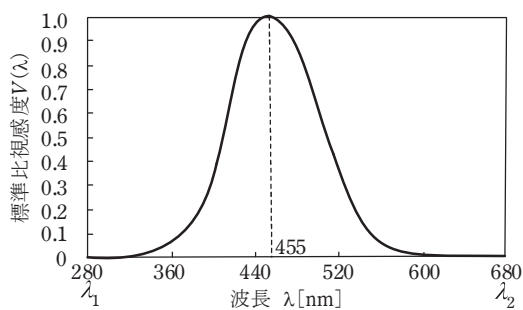
(ル) $\frac{\Phi}{4\pi}$

(ヲ) $\frac{2\pi I}{l^2}$

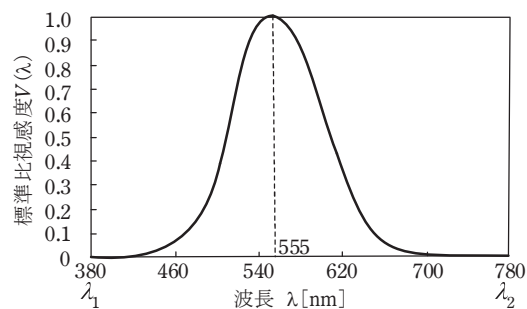
(ワ)



(カ)



(コ)



問7及び問8は選択問題であり、問7又は問8のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問7 次の文章は、誘導加熱に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

誘導加熱は、金属の溶解、鍛造、圧延などのほか、焼き入れなどの金属表面処理にも用いられている。

図は誘導加熱の原理を示すためのものである。交流電源に接続したソレノイドコイルの中には、被加熱物である円柱状の金属棒が挿入されている。コイルによって発生する交番磁界は金属棒を貫通し、電磁誘導によって金属棒に渦電流が流れる。この渦電流によるジュール熱によって金属棒が加熱される。金属棒が鉄系金属などの強磁性体の場合には、(1) による発熱も加熱に寄与する。

渦電流は金属棒の表面側に集まる性質がある。この性質は (2) と呼ばれ、これを表す指標として (3) δ [m] が用いられている。 δ は次式で与えられる。

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu_r \mu_0}} \quad [\text{m}] \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ただし、 f : 交流電源の周波数 [Hz]

ρ : 金属棒の抵抗率 [$\Omega \cdot \text{m}$]

μ_r : 金属棒の比透磁率 [-]

μ_0 : 真空の透磁率 (1.257×10^{-6} [H/m])

ここで、誘導加熱の様相の概要を理解するために、 δ は金属棒の半径 a [m] よりも十分小さいものとし、また、加熱が進んで金属棒内の温度分布が一様でなくなっても、 ρ 、 μ_r の値の分布に変化はなく、一定、一様のままでであると仮定すると、金属棒の側面表面から深さ x [m] における電流密度 $i(x)$ [A/m²] は次式で与えられる。

$$i(x) = i_0 e^{-\frac{x}{\delta}} \quad [\text{A/m}^2] \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

ただし、 i_0 : 金属棒の側面表面 ($x=0$) における電流密度 [A/m²]

②式から、金属棒に流れる単位長さあたりの電流のうち、金属棒の側面表面から深さ δ までの区間を流れる電流 $I_{0-\delta}$ [A/m] は以下ようになる。

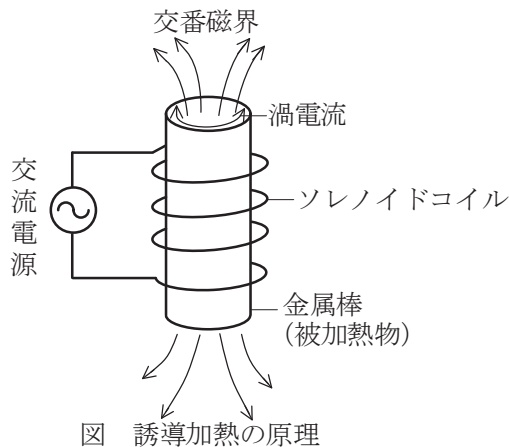
$$I_{0 \sim \delta} = \int_0^{\delta} i(x) dx = \int_0^{\delta} i_0 e^{-\frac{x}{\delta}} dx = \left[-i_0 \delta e^{-\frac{x}{\delta}} \right]_0^{\delta} = i_0 \delta \left(1 - \frac{1}{e} \right) \approx 0.632 i_0 \delta \cdots \cdots \quad (3)$$

ただし、 $e = 2.718\,28$

さらに、③式において $\delta \ll a$ であることを考慮すると、金属棒に流れる単位長さあたりの全電流 I [A/m] は以下ようになる。

$$I \approx \boxed{(4)} \cdots \cdots \cdots \quad (4)$$

①式において、 δ は f だけでなく、 ρ 、 μ_r にも依存する。実際の誘導加熱においては、 ρ 、 μ_r は温度によって変化する。さらに、金属棒が鉄系金属などの強磁性体の場合、ある温度($\boxed{(5)}$)まで上昇すると、性質が強磁性から常磁性に変化し、 μ_r が急激に低下する。



[問 7 の解答群]

- | | | |
|------------------|--------------|-----------------------|
| (イ) 磁気ひずみ | (ロ) 磁気ヒステリシス | (ハ) 磁気制動 |
| (ニ) 浸透深さ | (ホ) キュリー点 | (ヘ) 浸潤深度 |
| (ト) 近接効果 | (チ) ゼーベック効果 | (リ) 表皮効果 |
| (ヌ) 深達度 | (ル) 回帰不能点 | (ヲ) 特異点 |
| (ワ) $i_0 \delta$ | (カ) $i_0 a$ | (エ) $\frac{i_0 a}{2}$ |

問 7 及び問 8 は選択問題であり、問 7 又は問 8 のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

(選択問題)

問 8 次の文章は、メカトロニクスで用いる光センサに関する記述である。文中の
□ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

メカトロニクスの分野では、各種センサにより物理量を電気信号に変換し、さらに A/D 変換して、コンピュータでの制御を行っている。特に、光を応用したセンサは、物体の非接触検出などに多用されている。

光を検出するセンサとして CdS セルがある。しかし、有害物質である □ (1) を用いることより、使用が規制されている地域がある。

□ (2) やフォトトランジスタは、PN 接合や PIN 接合面などに光を当てたときに生じる □ (3) を利用したものである。一般に、フォトトランジスタは、光の強さでコレクタ電流を制御できるため、増幅作用によって □ (2) よりも大きな電流を扱うことができる。

赤外線 LED などの発光素子とフォトトランジスタなどの受光素子を組み合わせた □ (4) スイッチは、物体の有無を検出するセンサとして、搬送装置や各種加工装置などで多用されている。

ロータリーエンコーダは、回転軸の回転速度や回転方向、回転角などの変位を検出するセンサである。A 相とそれに対して $\frac{1}{4}$ 周期ずれた B 相の信号を刻み込んだスリット板を内蔵し、透過型の光センサで読み出すしくみのものがある。このように A 相及び B 相の信号を用いるロータリーエンコーダを □ (5) 形という。

〔問 8 の解答群〕

- | | | |
|----------------|-------------|--------------|
| (イ) フォトルミネッセンス | (ロ) フォトレジスタ | (ハ) フォトダイオード |
| (ニ) ツェナーダイオード | (ホ) 臭素 | (ヘ) クロム |
| (ト) カドミウム | (チ) 焦電 | (リ) 光電 |
| (ヌ) 外部光電効果 | (ル) 光起電力効果 | (ヲ) インクリメンタル |
| (リ) アブソリュート | (カ) リード | (ヨ) リレーショナル |