平成 24 年度

第 2 種

理　　論

（第 1 時限目）

第 2 種

理　　　論

答案用紙記入上の注意事項

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（又はＢ）のしん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**氏名，生年月日，試験地及び受験番号を記入し，受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い，正しくマーク**してください。

（**受験番号記入例**：０１４１Ｍ０１２３Ｃの場合）

受験番号										
数字				記号	数字				記号	
0	1	4	1	M	0	1	2	3	C	
●					●	0	0	0	A	A
1	●	1	●		1	●	1	1	B	B
2		2	2		2	2	●	2	●	C
3		3	3		3	3	3	●	K	K
4		●	4		4	4	4	4	L	L
5			5	●	5	5	5	5	M	M
6			6		6	6	6	6	N	N
7					7	7	7	7		
8					8	8	8	8		
9					9	9	9	9		

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。

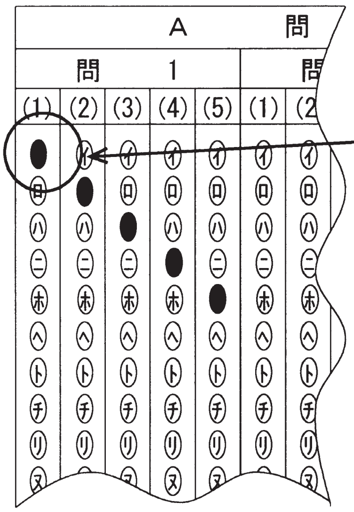
4．マークシートは，折り曲げたり汚したりしないでください。

５．解答は，マークシートの問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 $\boxed{(1)}$ 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）



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**どちらか１問を選択**してください。選択した問題は，マークシートの「**選択問題マーク欄**」に**マーク**してください。**２問とも選択した場合は採点されません。**

（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	理　　　論

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，磁気回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

図に示すように，断面が1辺20〔mm〕の正方形で，内半径が100〔mm〕，外半径が120〔mm〕の環状鉄心があり，中心に1〔kA〕の電流が流れているとする。真空の透磁率を $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$〔H/m〕，鉄の比透磁率を800とするとき，環状鉄心中の磁束を求める。

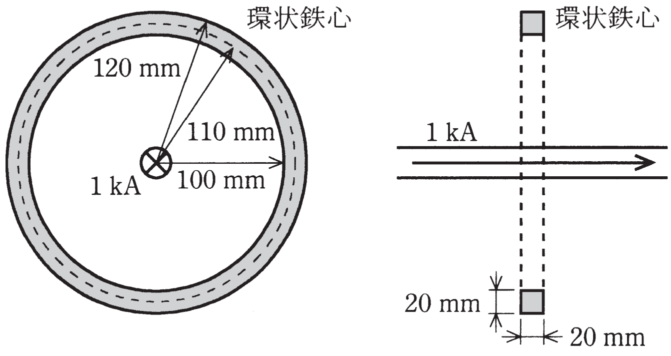
環状鉄心の磁路長として，半径 110〔mm〕の位置の円周の長さを考えると，環状鉄心の磁気抵抗 R_{m} は $\boxed{(1)}$〔A/Wb〕である。よって，環状鉄心中の磁束 Φ は $\boxed{(2)}$〔Wb〕と求まる。このとき，環状鉄心中の磁束密度 B は $\boxed{(3)}$〔T〕である。

一方，アンペールの周回積分の法則を用いると，半径 r の位置の磁界の大きさ H は電流を I として，次式で与えられる。

$H = \boxed{(4)}$

これを用いて環状鉄心中の磁束 Φ を，半径100〔mm〕から120〔mm〕の位置の磁束密度の積分値として求めると，次式となる。

$\Phi = \boxed{(5)} \times \ln 1.2$〔Wb〕



●S1－R004

〔問１の解答群〕

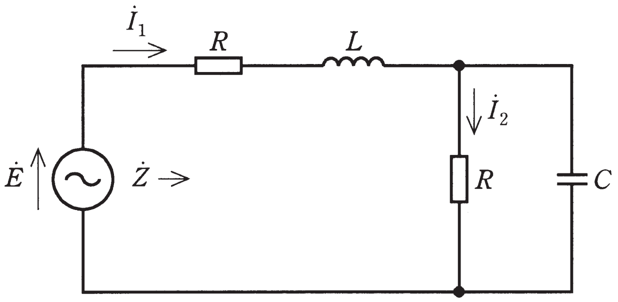
(イ) 4.63×10^{2}	(ロ) 2.33×10^{-7}	(ハ) $\dfrac{I}{2\pi r}$	(ニ) 1.72×10^{9}
(ホ) 3.18	(ヘ) 3.20×10^{-3}	(ト) 1.82×10^{-3}	(チ) 2.16
(リ) 5.82×10^{-4}	(ヌ) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$	(ル) 1.72×10^{6}	(ヲ) 1.60×10^{-1}
(ワ) 1.45	(カ) 1.10×10^{12}	(ヨ) $2\pi r\mu_0 I$	

問２　次の文章は，*RLC* 正弦波交流回路に関する記述である。文中の $\boxed{\quad\quad}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図に示す *RLC* 回路を考える。正弦波交流電圧 $\dot{E}$ の角周波数は $\omega(\omega>0)$ とする。いま，電源電圧 $\dot{E}$ と電流 $\dot{I}_1$ が同相であるとする。このとき，電圧源 $\dot{E}$ からみた回路のインピーダンスを $\dot{Z}$ とおくと，$\dot{Z}$ は純抵抗となり，$\dot{Z}=$ $\boxed{(1)}$ となる。また，インダクタンス L は $L=$ $\boxed{(2)}$ となる。

電流の分流比に着目すると，$\dot{I}_1$ と $\dot{I}_2$ について，$\left|\dfrac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1}\right|^2=$ $\boxed{(3)}$ となる。$\dot{I}_1$ が流れる抵抗 R の消費電力を P_1，$\dot{I}_2$ が流れる抵抗 R の消費電力を P_2 とする。電圧源が *RLC* 回路に供給する電力を P とおくと，$P=P_1+P_2$ となり，$\dfrac{P_2}{P}=$ $\boxed{(4)}$ となる。

この回路では，電源電圧 $\dot{E}$ と電流 $\dot{I}_1$ が同相であることから R と $\sqrt{\dfrac{L}{C}}$ の大小関係は常に $\boxed{(5)}$ となる。



〔問２の解答群〕

(イ) $R\dfrac{1}{1+\omega^2C^2R^2}$　(ロ) $\dfrac{CR^2}{2+\omega^2C^2R^2}$　(ハ) $\sqrt{\dfrac{L}{C}}>R$

(ニ) $\dfrac{1}{1+\omega^2C^2R^2}$　(ホ) $\sqrt{\dfrac{L}{C}}=R$　(ヘ) $R\dfrac{\omega^2C^2R^2}{1+\omega^2C^2R^2}$

(ト) $\dfrac{2+\omega^2C^2R^2}{1+\omega^2C^2R^2}$　(チ) $\dfrac{\omega^2C^2R^2}{1+\omega^2C^2R^2}$　(リ) $R\dfrac{2+\omega^2C^2R^2}{1+\omega^2C^2R^2}$

(ヌ) $\dfrac{CR}{1+\omega^2C^2R^2}$　(ル) $\dfrac{1}{2+\omega^2C^2R^2}$　(ヲ) $\sqrt{\dfrac{L}{C}}<R$

(ワ) $\dfrac{\omega CR}{1+\omega^2C^2R^2}$　(カ) $\dfrac{\omega^2C^2R^2}{2+\omega^2C^2R^2}$　(ヨ) $\dfrac{CR^2}{1+\omega^2C^2R^2}$

問３　次の文章は，RLC 回路の過渡現象とエネルギーに関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図に示す RLC 直列回路を考える。ただし，$t<0$ では $i(t)=0$，$v(t)=0$ とする。$t=0$ でスイッチを閉じた。$t\geqq 0$ での回路の電流 $i(t)$ と電圧 $v(t)$ の関係式は

$$Ri(t)=E-\left[\boxed{\quad(1)\quad}+v(t)\right] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad ①$$

$$i(t)=\boxed{\quad(2)\quad}\times\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v(t) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad ②$$

となる。時刻 $t\,(t>0)$ までに抵抗が消費するエネルギーを $J_\mathrm{R}(t)$ で表すと

$$J_\mathrm{R}(t)=\int_0^t i(\tau)Ri(\tau)\mathrm{d}\tau \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad ③$$

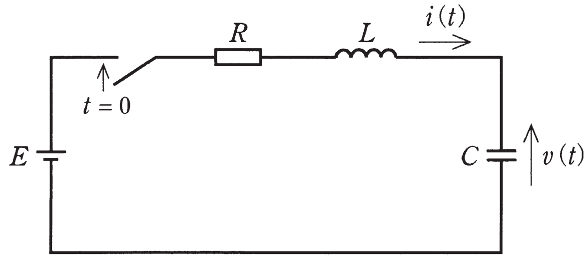
となる。$J_\mathrm{R}(t)$ は電流 $i(t)$ が零になるまで増加を続ける。①，②式を利用すると，

$$J_\mathrm{R}(t)=\int_0^t i(\tau)Ri(\tau)\mathrm{d}\tau=\boxed{\quad(3)\quad}\times v(t)-\frac{1}{2}Li(t)^2-\frac{1}{2}Cv(t)^2 \qquad \cdots\cdots \quad ④$$

となる。ただし，積分計算において微分の性質 $\frac{1}{2}\cdot\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left[x(t)^2\right]=x(t)\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(t)$ を利用している。④式の右辺でインダクタンスに蓄積されるエネルギーの引き算を省略した式を考えると，不等式

$$J_\mathrm{R}(t)\leqq\boxed{\quad(3)\quad}\times v(t)-\frac{1}{2}Cv(t)^2 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad ⑤$$

が成立する。⑤式の右辺は上に凸な $v(t)$ の二次関数である。$J_\mathrm{R}(t)>0$ であることと⑤式により，この回路の過渡現象について次のことがいえる。電圧 $v(t)$ は絶対に $\boxed{\quad(4)\quad}\times E$ 以上になることはない。また負になることもない。④式に定常状態 $(t=\infty)$ での回路の電流 $i(\infty)$ と電圧 $v(\infty)$ の値を代入すると，$J_\mathrm{R}(\infty)=\boxed{\quad(5)\quad}$ となる。$t=\infty$ では⑤式の両辺は等号で結ばれる。



●S1－R008

〔問３の解答群〕

(イ) 2	(ロ) CE^2	(ハ) R	(ニ) $L\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}i(t)$
(ホ) L	(ヘ) $\dfrac{1}{2}CE$	(ト) C	(チ) $\dfrac{1}{2}$
(リ) $2CE^2$	(ヌ) 1	(ル) $\dfrac{1}{2}CE^2$	(ヲ) $RC\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v(t)$
(ワ) CE	(カ) $\dfrac{1}{C}\displaystyle\int_0^t i(t)\mathrm{d}t$	(ヨ) $2CE$	

問４　次の文章は，pn 接合ダイオードの降伏に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

pn 接合ダイオードにおいて，空乏層内での電界の最大値が 10^5〔V/cm〕程度の電界 E_{crit} を超えると降伏が起こる。いま E_{crit} は不純物濃度によらず一定とし，p 形半導体は一様な不純物濃度 N_{A} でドーピングされ，n 形半導体は一様な不純物濃度 N_{D} でドーピングされているとする。単位電荷の絶対値を q とする。

p 形半導体の空乏層厚を l_{p}，n 形半導体の空乏層厚を l_{n} とすると，p 層の空乏層内の単位面積当たりの全電荷量は $\boxed{(1)}$ であり，n 層の空乏層内の単位面積当たりの全電荷量は $\boxed{(2)}$ である。p 層の空乏層と n 層の空乏層では，お互いに空乏化した不純物の作り出す電荷は打ち消しあっているので，これらの絶対値は等しい。したがって，l_{p} と l_{n} の比は $\dfrac{N_{\mathrm{A}}}{N_{\mathrm{D}}}$ から計算できる。

空乏層内での電界は空乏層内の電荷により作られ，電界が最も強いところでは p 側の空乏層での電荷すべてが寄与することから，$\boxed{(1)}$ を半導体の誘電率 ε で割れば最も強い電界が求まる。電界が最も強いところの大きさが E_{crit} になると降伏が起こるので，降伏時の空乏層厚 l_{p} は E_{crit} を用いて $\boxed{(3)}$ と表される。

電界は空乏層が始まるところでは零であり，そこから線形的に増えていくことから，電界は空乏層が始まった場所からの距離に比例した関数となり，p 側の空乏層での電圧降下の大きさはその積分から l_{p} を用いて表すと $\boxed{(4)}$ となる。ここで $\dfrac{N_{\mathrm{A}}}{N_{\mathrm{D}}}$ は，1 より十分小さいとすると $\boxed{(4)}$ のみで pn 接合ダイオードの電圧降下をほぼ説明できる。

以上のことから，E_{crit} を用いて電圧降下を表すと $\boxed{(5)}$ となる。通常この電圧が降伏電圧となることから，不純物濃度が低いほうが降伏電圧を高くできることがわかる。

〔問４の解答群〕

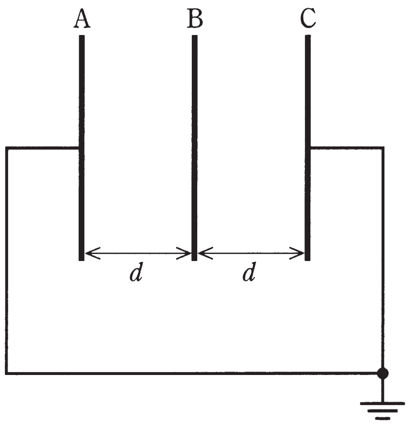
(イ) $\dfrac{ql_{\mathrm{p}}{N_{\mathrm{A}}}^2}{2\varepsilon}$	(ロ) $q\varepsilon N_{\mathrm{A}}E_{\mathrm{crit}}$	(ハ) $-ql_{\mathrm{p}}N_{\mathrm{A}}$
(ニ) $q\varepsilon N_{\mathrm{A}}{E_{\mathrm{crit}}}^2$	(ホ) $ql_{\mathrm{n}}N_{\mathrm{D}}$	(ヘ) $\dfrac{q{l_{\mathrm{p}}}^2N_{\mathrm{A}}}{2\varepsilon}$
(ト) $\dfrac{\varepsilon {E_{\mathrm{crit}}}^2}{2qN_{\mathrm{A}}}$	(チ) $ql_{\mathrm{n}}N_{\mathrm{A}}$	(リ) $\dfrac{q{l_{\mathrm{p}}}^2N_{\mathrm{A}}}{\varepsilon}$
(ヌ) $ql_{\mathrm{p}}N_{\mathrm{A}}$	(ル) $-ql_{\mathrm{n}}N_{\mathrm{D}}$	(ヲ) $\dfrac{\varepsilon E_{\mathrm{crit}}}{qN_{\mathrm{A}}}$
(ワ) $\dfrac{2\varepsilon {E_{\mathrm{crit}}}^2}{qN_{\mathrm{A}}}$	(カ) $\dfrac{qE_{\mathrm{crit}}}{\varepsilon N_{\mathrm{A}}}$	(ヨ) $ql_{\mathrm{p}}N_{\mathrm{D}}$

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，平行平板コンデンサに関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図のように，誘電率 ε_0 の空間に3枚の極板A，B，Cが，互いに平行に置かれており，極板AとCは導線で接続され，接地されている。極板の面積はすべて S であり，A-B間，B-C間の距離は d である。極板端部の影響は無視するものとする。

極板Bに電荷 $2Q$ を与える。このとき，極板A-B間とB-C間の電界は等しく $\boxed{(1)}$ であり，それぞれの静電容量も等しく $\boxed{(2)}$ である。次に，極板BをC側に $x(x<d)$ だけ平行移動させた状態を考える。このとき，極板BのA側の電荷を Q_1，C側の電荷を Q_2 とすると，電荷保存則より $\boxed{(3)}$ が成り立つから，極板Bの電位は $\boxed{(4)}$ となる。極板Bを移動する前の極板間のエネルギーの和を W，移動後のエネルギーの和を W' とすると，両者の関係は $\boxed{(5)}$ である。



●S1－R012

〔問５の解答群〕

(イ) $W > W'$	(ロ) $Q_1 + Q_2 = 2Q$	(ハ) $\dfrac{Qd}{\varepsilon_0 S}(d - x)$
(ニ) $Q_1 + Q_2 = Q$	(ホ) $\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}$	(ヘ) $\dfrac{\varepsilon_0 d}{S}$
(ト) $\dfrac{\varepsilon_0 Q}{S}$	(チ) $\dfrac{S}{\varepsilon_0 d}$	(リ) $\dfrac{\varepsilon_0 Qd}{S}\left(1 - \dfrac{x^2}{d^2}\right)$
(ヌ) $\dfrac{Qd}{\varepsilon_0 S}\left(1 - \dfrac{x^2}{d^2}\right)$	(ル) $W = W'$	(ヲ) $\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$
(ワ) $\dfrac{S}{\varepsilon_0 Q}$	(カ) $W < W'$	(ヨ) $Q_1 = Q_2$

問６　次の文章は，直流回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図のように抵抗 R，$2R$，電圧源 E を接続した回路がある。図の電流 I_1，I_2 と電圧 V_1，V_2，V_3 を求めたい。

図１の回路において電流 I_1 は $\boxed{(1)}$ であり，電圧 V_1 は $\boxed{(2)}$ である。各抵抗に流れる電流の関係を考えると，図 2 のように抵抗の数が増えても電流や電圧は容易に求めることができる。図２の電流 I_2 は $\boxed{(3)}$ であり，電圧 V_2 は $\boxed{(4)}$ ，電圧 V_3 は $\boxed{(5)}$ である。

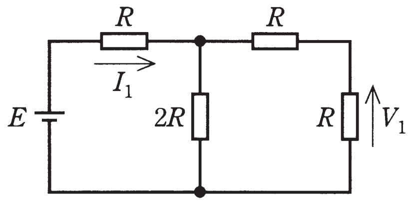


図 1

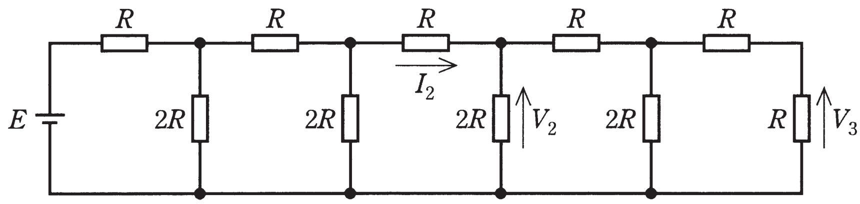


図 2

●S1－R014

〔問６の解答群〕

(イ) $\frac{E}{6}$	(ロ) $\frac{2E}{5}$	(ハ) $\frac{E}{4}$	(ニ) $\frac{E}{32}$
(ホ) $\frac{E}{16}$	(ヘ) $\frac{E}{R}$	(ト) $\frac{E}{8R}$	(チ) $\frac{E}{2}$
(リ) $\frac{E}{3R}$	(ヌ) $\frac{E}{4R}$	(ル) $\frac{E}{2R}$	(ヲ) $\frac{E}{3}$
(ワ) $\frac{E}{8}$	(カ) $\frac{E}{64}$	(ヨ) $\frac{E}{5R}$	

問７及び問８は選択問題です。問７又は問８のどちらかを選んで解答してください。（両方解答すると採点されませんので注意してください。）

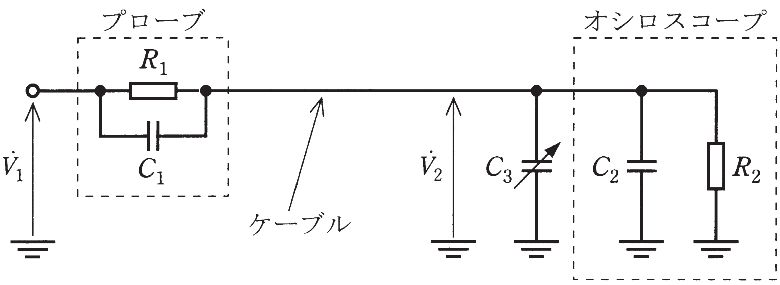
（選択問題）

問７　次の文章は，オシロスコープのプローブの等価回路に関する記述である。文中の $\boxed{\qquad}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図において，$\dot{V}_1$ はプローブ先端の被測定電圧，$\dot{V}_2$ はオシロスコープの入力電圧，C_1 及び R_1 はプローブの静電容量及び抵抗，C_2 及び R_2 はオシロスコープの入力静電容量及び抵抗，C_3 はプローブ補正用の可変静電容量であるとする。ただし，被測定電圧の角周波数は ω（$= 2\pi f$，f は周波数）であり，ケーブルの静電容量は無視できるものとする。

いま，簡単のために静電容量 C_1，C_2 及び C_3 を無視し，R_2 を 1〔MΩ〕，プローブの減衰率 $\dfrac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1}$ を $\dfrac{1}{10}$ とすれば，R_1 は $\boxed{(1)}$〔MΩ〕となる。

次に，C_1，C_2 及び C_3 を考慮すれば，オシロスコープの入力電圧 $\dot{V}_2$ は $\boxed{(2)}\times\dot{V}_1$ で表される。したがって，$(C_2+C_3)R_2=$ $\boxed{(3)}$ となるように C_3 を調整すれば，$\boxed{(2)}$ の ω の項は消滅し，$\dot{V}_2$ は $\boxed{(4)}\times\dot{V}_1$ となる。この場合において，R_2 を 1〔MΩ〕，C_1 を 10〔pF〕，C_2 を 20〔pF〕，プローブの減衰率 $\dfrac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1}$ を $\dfrac{1}{10}$ とすれば，C_3 は $\boxed{(5)}$〔pF〕となる。



●S1－R016

〔問 7 の解答群〕

(イ) $\dfrac{R_2}{R_1+R_2}$　(ロ) $10C_1R_1$　(ハ) $\dfrac{R_2}{R_2+R_1\left[\dfrac{1+j\omega C_1R_1}{1+j\omega(C_2+C_3)R_2}\right]}$

(ニ) 9　(ホ) $\dfrac{R_2}{R_1}$　(ヘ) $\dfrac{R_1}{R_2+R_1\left[\dfrac{1+j\omega C_1R_1}{1+j\omega(C_2+C_3)R_2}\right]}$

(ト) 19　(チ) 170　(リ) 80

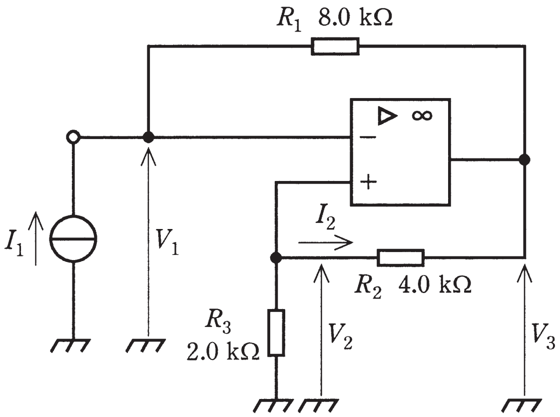
(ヌ) C_1R_1　(ル) 10　(ヲ) 70

(ワ) $\dfrac{R_1}{R_1+R_2}$　(カ) $2C_1R_1$　(ヨ) $\dfrac{R_2}{R_2+R_1\left[\dfrac{1+j\omega(C_2+C_3)R_2}{1+j\omega C_1R_1}\right]}$

（選択問題）

問８　次の文章は，演算増幅器を用いた負性抵抗回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図の回路において，演算増幅器の入力端子には電流が流れ込まないので，抵抗 R_2 と抵抗 R_3 に流れる電流は等しい。このため，V_3 は V_2 の $\boxed{(1)}$ 倍となる。また，演算増幅器の入力端子の電位 V_1 と V_2 は等しいので，抵抗 R_1 と抵抗 R_2 の両端の電位差も等しい。したがって，電流 I_1 を 0.10〔mA〕とすると，抵抗 R_2 に流れる電流 I_2 は $\boxed{(2)}$〔mA〕であることがわかる。このとき，V_2 は $\boxed{(3)}$〔V〕であり，V_3 は $\boxed{(4)}$〔V〕である。さらに，演算増幅器の入力端子の電位 V_1 が V_2 に等しいことから，$\dfrac{V_1}{I_1}$ が $\boxed{(5)}$〔kΩ〕であることがわかる。



〔解答群〕

(ｲ) −4.0	(ﾛ) −3.0	(ﾊ) −1.2	(ﾆ) −0.50
(ﾎ) −0.40	(ﾍ) −0.30	(ﾄ) −0.20	(ﾁ) 0.20
(ﾘ) 0.30	(ﾇ) 0.40	(ﾙ) 0.50	(ｦ) 1.2
(ﾜ) 2.0	(ｶ) 3.0	(ﾖ) 4.0	