令和２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

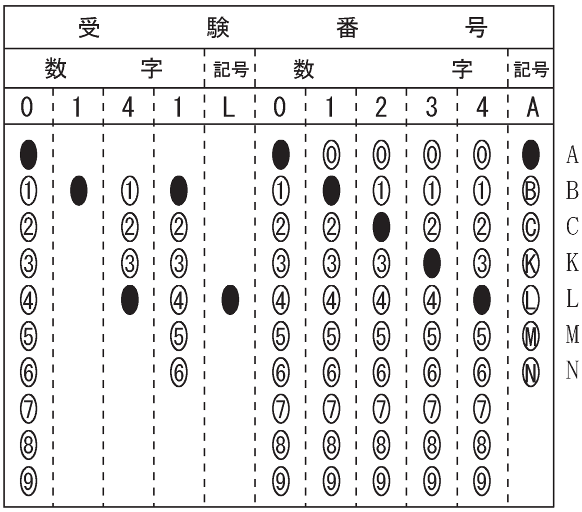
１．マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので，**濃度ＨＢの鉛筆又はＨＢの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶして**ください。

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**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**：０１４１Ｌ０１２３４Ａの場合）



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。

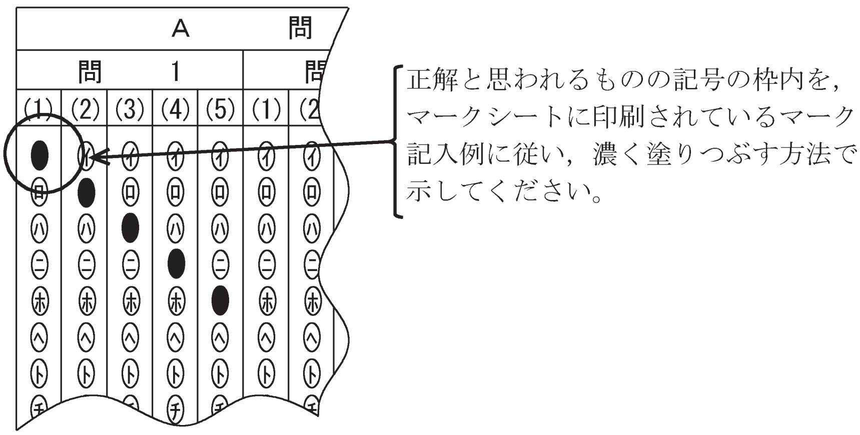
４．マークシートは，折り曲げたり汚したりしないでください。

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 $\boxed{\text{(1)}}$ 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）



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　　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，影像（鏡像）電荷を用いた静電界解析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べ。なお，電位は無限遠点を基準とする。

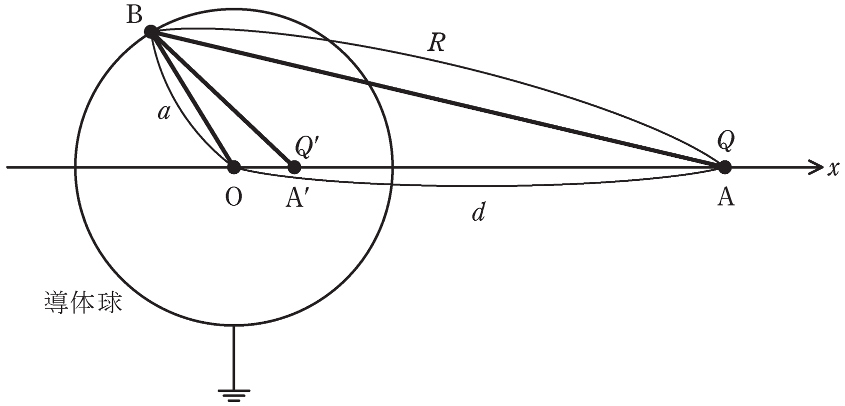
誘電率 ε_0 の真空中に半径 a の接地された導体球が存在する。図のように，導体球の中心が原点 O となるように x 軸を定め，x 軸上の $x = d$ の点 A に電荷 Q の点電荷を置く（ただし $d > a$ である）。このとき導体球が真空中に作り出す電界を影像電荷によって表現しよう。

導体球は接地されているので，導体球の表面のあらゆる点で電位が零になるという境界条件を満たす必要がある。そこで，図に示す導体球表面の点 B で境界条件を満たすように，導体球の代わりにその内部の x 軸上の点 A′ に影像電荷 Q' を置く。

まず，点 A′ の x 座標を $x =$ $\boxed{(1)}$ とすると，△AOB と△BOA′ が相似となる。辺 AB の長さを R とすると，点 A の点電荷が点 B に作り出す電位は $\boxed{(2)}$ となるので，$Q' =$ $\boxed{(3)}$ とすることによって，点 B で境界条件が満たされる。相似条件は導体球表面の任意の点について成立するので，点電荷と影像電荷によって導体球表面のあらゆる点で境界条件を満たすことができ，影像電荷が真空領域に作り出す電界は，導体球が作る電界と一致する。ガウスの法則から，点電荷によって導体球に誘起された電荷の総量は，影像電荷と同じ Q' となる。

さらに $x = -d$ の点に電荷 $-Q$ の点電荷を置く場合には，$x =$ $\boxed{(4)}$ の地点に影像電荷を追加することによって，真空中の電界を表現することができる。このとき，二つの点電荷によって導体球に誘起される総電荷は $\boxed{(5)}$ となる。

●S1－R 004



〔問１の解答群〕

(イ) $\dfrac{a^2}{d-a}$　(ロ) $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{1}{R}$　(ハ) $\dfrac{a^2}{d}$　(ニ) $-\dfrac{d^2}{a}$

(ホ) $-\dfrac{a^2}{d-a}$　(ヘ) $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{a}{R^2}$　(ト) $\dfrac{d^2}{a}$　(チ) $\dfrac{a}{d}Q$

(リ) $-\dfrac{a}{d-a}Q$　(ヌ) $\dfrac{2a}{d}Q$　(ル) $-\dfrac{a}{d}Q$　(ヲ) $-\dfrac{2a}{d}Q$

(ワ) $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{1}{R^2}$　(カ) 0　(ヨ) $-\dfrac{a^2}{d}$

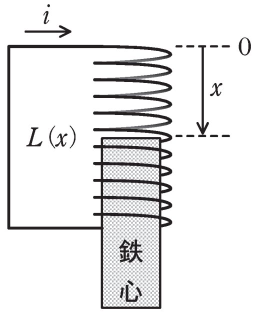
●S1－R 005

問２　次の文章は，コイルに蓄えられるエネルギー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べ。

図のようなコイルがあり，鉄心が完全に挿入された状態から x だけ引き出された時の自己インダクタンスを $L(x)$ とする。ただし，鉄心の渦電流，磁気飽和やヒステリシスは無視できるものとする。また，コイルの電気抵抗は無視でき，コイルに流れる電流は電気抵抗によって減衰しないものとする。

鉄心の最初の位置は $x=0$ であり，コイルは短絡されて電流 $i=I$ が流れ続けているものとする。このとき，コイルに鎖交する磁束数は $\boxed{(1)}$ で，コイルが蓄えているエネルギーは $\boxed{(2)}$ である。

次に，コイルを短絡したまま，外力を加えて鉄心を x まで引き出した。このとき，コイルに鎖交する磁束数は $\boxed{(1)}$ のまま変わらないため，電流 i は $\boxed{(3)}$ となり，コイルが蓄えているエネルギーは $\boxed{(4)}$ に変化する。また，外力がした仕事は $\boxed{(5)}$ 。



〔問２の解答群〕

(イ) $L(0)I$	(ロ) $\dfrac{1}{2}\dfrac{L(0)^2}{L(x)}I^2$	(ハ) 全て鉄心で熱になった
(ニ) $\dfrac{1}{2}L(x)I^2$	(ホ) $\dfrac{1}{2}L(0)I$	(ヘ) $L(0)I^2$
(ト) $L(x)I^2$	(チ) 0	(リ) 全て巻線で熱になった
(ヌ) 全てコイルに蓄えられた	(ル) $\dfrac{L(x)}{L(0)}I$	(ヲ) $\dfrac{1}{4}L(0)I^2$
(ワ) $\dfrac{L(0)}{L(x)}I$	(カ) I	(ヨ) $\dfrac{1}{2}L(0)I^2$

問３　次の文章は，直流回路に関する記述である。文中の $\boxed{\quad\quad}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図１のように電流源，電圧源及び抵抗を接続した回路がある。図１の破線で囲まれた部分を図２の破線部分に示す抵抗 R と電圧源 E に等価変換すると，
$R=\boxed{(1)}$ Ω，$E=\boxed{(2)}$ V となる。

図２から，抵抗 R_1 に流れる電流 I_1 を求めると $I_1=\boxed{(3)}$ [A]となる。また，R_1 で消費される電力 P は $P=I_1{}^2R_1$ で求められる。

したがって，$R_1=\boxed{(4)}$ Ωのときに電力 P は最大となり，$P=\boxed{(5)}$ W となる。

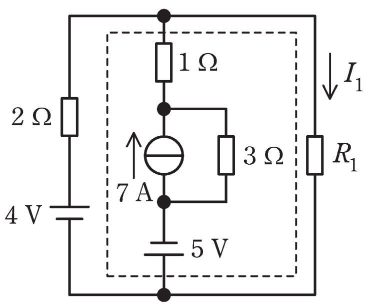


図１

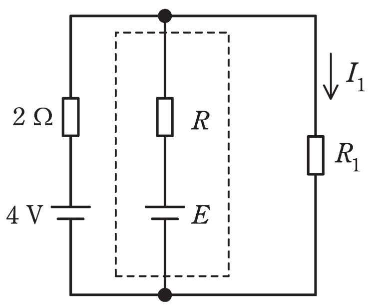


図２

〔問３の解答群〕

(イ) 9　(ロ) 5　(ハ) 8.3　(ニ) $\dfrac{4}{3}$

(ホ) 6　(ヘ) $\dfrac{24}{3R_1+4}$　(ト) $\dfrac{3}{4}$　(チ) $\dfrac{5}{3R_1+4}$

(リ) 44.2　(ヌ) 2　(ル) 16　(ヲ) 12.0

(ワ) $\dfrac{-5}{3R_1+4}$　(カ) $\dfrac{1}{3}$　(ヨ) 4

問４　次の文章は，回路の過渡現象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べ。

図のように，容量 C のコンデンサがスイッチを介して内部抵抗 r，電圧 E の直流電源に接続されている。時刻 $t=0$ でスイッチを閉じた。

以下ではコンデンサの電圧 $v(t)$ の初期値が $v(0)=0$ のとき，定常状態（$t=\infty$）の電圧 $v(\infty)$ は，E，C 及び r の値が不明であっても，定常状態を待たずに時刻 $t=T$，$t=2T$（$T>0$）での電圧 $v(T)$，$v(2T)$ から求められることを示す。

$t \geqq 0$ におけるコンデンサの電圧 $v(t)$ の微分方程式は $\boxed{(1)}$ で与えられる。回路の時定数 τ は，$\tau=\boxed{(2)}$ である。一般に，$v(t)$ の初期値を $v(0)$，定常状態の値を $v(\infty)$ とすると $\boxed{(1)}$ の解は，

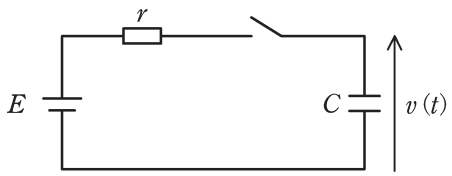
$$v(t)=\boxed{(3)}+v(0)\mathrm{e}^{-t/\tau} \quad \cdots\cdots ①$$

で与えられる。

コンデンサの電圧 $v(t)$ の初期値が $v(0)=0$ のとき，$v(T)$ と $v(2T)$ の比は①式より

$$\frac{v(2T)}{v(T)}=\boxed{(4)} \quad \cdots\cdots ②$$

となる。②式より $\mathrm{e}^{-T/\tau}$ を求め，これを $t=T$ とおいた①式に代入すると，$v(0)=0$ より，$v(T)=v(\infty)\times(\boxed{(5)})$となる。この式より，$v(\infty)$ が $v(T)$ と $v(2T)$ の式で表すことが可能となる。



〔問４の解答群〕

(イ) $E=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v(t)+\frac{C}{r}v(t)$

(ロ) $v(\infty)\left(1-\mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$

(ハ) $v(\infty)\left(1+\mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$

(ニ) $E=rC\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v(t)+v(t)$

(ホ) $1-\frac{v(2T)}{v(T)}$

(ヘ) $E=C\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v(t)+\frac{1}{r}v(t)$

(ト) $1+\mathrm{e}^{-T/\tau}$

(チ) $1-2\frac{v(2T)}{v(T)}$

(リ) $\frac{C}{r}$

(ヌ) rC

(ル) $\mathrm{e}^{-T/\tau}-1$

(ヲ) $1-\mathrm{e}^{-T/\tau}$

(ワ) $\frac{1}{rC}$

(カ) $2-\frac{v(2T)}{v(T)}$

(ヨ) $v(\infty)\left(\mathrm{e}^{-t/\tau}-1\right)$

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，交流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べ。

図1の回路において，負荷の抵抗は $R=3\,\Omega$，有効電力は600 W，力率は0.6である。また，電源の角周波数は ω である。

この負荷の無効電力は $\boxed{(1)}$ var であり，負荷のリアクタンスは $\omega L=$ $\boxed{(2)}$ Ωである。

図2のように，図1の回路の端子 a−b にキャパシタ C を接続すると，電源からみた回路の合成負荷のアドミタンスは $\dot{Y}=\dfrac{R}{R^2+(\omega L)^2}+\mathrm{j}\left(\omega C-\dfrac{\omega L}{R^2+(\omega L)^2}\right)$ となる。図2において電源からみた回路の合成負荷の力率を1とした。このとき，キャパシタ C のサセプタンスは $\omega C=$ $\boxed{(3)}$ S である。

キャパシタ C を接続して合成負荷の力率を1にした後に，電源の角周波数 ω を $\dfrac{1}{2}$ 倍にすると，電源からみた回路の合成負荷は，力率 $\boxed{(4)}$ の $\boxed{(5)}$ 負荷となる。

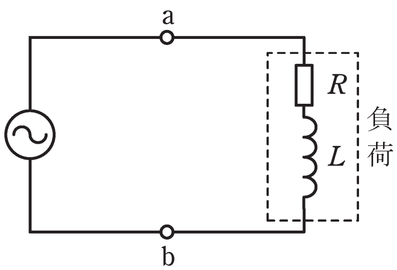


図1

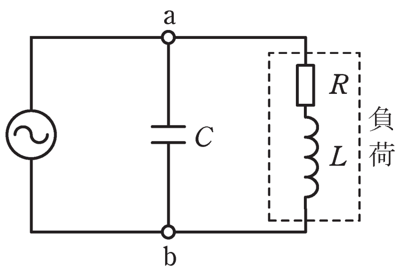


図2

〔問５の解答群〕

(イ) 0.16	(ロ) 0.12	(ハ) 1	(ニ) 5
(ホ) 600	(ヘ) 容量性	(ト) 6.25	(チ) 誘導性
(リ) 3	(ヌ) 4	(ル) 800	(ヲ) 400
(ワ) 0.952	(カ) 抵抗	(ヨ) 0.192	

問６　次の文章は，直流ブリッジを用いた抵抗測定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べ。

図は，ひずみにより微小な抵抗変化を生じるひずみゲージを用いた測定回路である。このような抵抗の測定には，図のような $\boxed{(1)}$ ブリッジの原理が使用される。

図において，直流電圧源を E，回路の電流を I_1，I_2 とする。ひずみがなく，ひずみゲージの固定抵抗 R_1 の変化 ΔR_1 が $\Delta R_1 = 0$ の場合，ブリッジの出力電圧 V_o を R_1，R，E を用いて表すと，

$V_o = \boxed{(2)}$ ……………………………………………… ①

となる。ただし，周囲温度の変化による各抵抗の変化は無視できるものとする。

次に，ひずみが生じ，R_1 が $(R_1 + \Delta R_1)$ になった場合を考える。
$R_1 = R$ となるようなひずみゲージを選べば，①式より V_o は

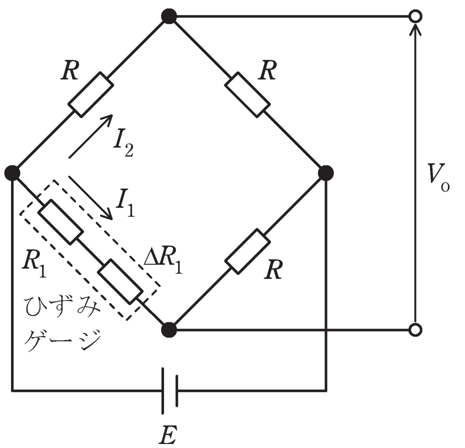
$V_o = \boxed{(3)}$ ……………………………………………… ②

となる。ここで，通常，$R_1 \gg \Delta R_1$ であることから，②式より V_o は

$V_o \fallingdotseq \boxed{(4)}$

となり，ΔR_1 に比例した電圧が得られる。

したがって，$R_1 = R = 100\,\Omega$，$E = 2\,\mathrm{V}$ であるとき，ある大きさのひずみにより，0.2 %の抵抗増加が R_1 に生じたとすれば，$\boxed{(5)}$ mV の出力電圧 V_o が得られる。



●S1－R 014

〔問６の解答群〕

(イ) ウィーン	(ロ) ホイートストン	(ハ) $\dfrac{R_1-R}{2(R_1+R)}E$
(ニ) $\dfrac{\Delta R_1}{(2R+\Delta R_1)}E$	(ホ) $\dfrac{R_1}{2(R_1+R)}E$	(ヘ) $\dfrac{\Delta R_1}{4R}E$
(ト) $\dfrac{\Delta R_1}{(4R+2\Delta R_1)}E$	(チ) $\dfrac{R_1-R}{(R_1+R)}E$	(リ) 2.0
(ヌ) $\dfrac{\Delta R_1}{(R+\Delta R_1)}E$	(ル) 1.0	(ヲ) シェーリング
(ワ) 20.0	(カ) $\dfrac{\Delta R_1}{R}E$	(ヨ) $\dfrac{\Delta R_1}{2R}E$

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，半導体内の電気伝導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べ。なお，電子の電荷量の大きさを e とする。

断面積が S，長さが L の円柱の n 形半導体の両端に，大きさが V の直流電圧を加えた。電圧によって半導体中に一様な電界が形成されるとすると，その電界 E の大きさは $E=$ $\boxed{(1)}$ であり，電子は，力の大きさ $F=$ $\boxed{(2)}$ で加速される。電子の有効質量を m_{e} とすると，加速度の大きさは $\boxed{(3)}$ となる。半導体中で加速された電子は散乱を受けて加速が弱まり，最終的に一定の速度 v で運動する定常状態となる。散乱により減速する向きに働く力の大きさは v に比例し，その比例定数を $\dfrac{m_{\mathrm{e}}}{\tau}$ と仮定すると，力の釣り合いの関係式から，v と電圧 V の関係が，e，m_{e}，τ 及び L を用いて，$v=$ $\boxed{(4)}$ V と表される。なお，τ は電子が散乱を受けるまでの時間の目安となる。

半導体中の電子濃度を n とすると，この半導体を流れる電流 I は，電圧 V と，e，m_{e}，τ，S，L 等を用いて，$I=$ $\boxed{(5)}$ と表すことができる。

〔問７の解答群〕

(イ) $\dfrac{e}{m_{\mathrm{e}}\tau L}$　(ロ) $\dfrac{V}{L}$　(ハ) $\dfrac{nm_{\mathrm{e}}S}{\tau L}V$　(ニ) $\dfrac{eV}{2m_{\mathrm{e}}L}$

(ホ) $\dfrac{eV}{L}$　(ヘ) $\dfrac{e\tau}{m_{\mathrm{e}}L}$　(ト) $\dfrac{V}{2L}$　(チ) $\dfrac{e^2n\tau S}{m_{\mathrm{e}}L}V$

(リ) $\dfrac{eL}{m_{\mathrm{e}}V}$　(ヌ) $\dfrac{L}{V}$　(ル) $\dfrac{en\tau S}{m_{\mathrm{e}}L}V$　(ヲ) $\dfrac{eV}{L^2}$

(ワ) $\dfrac{eV}{m_{\mathrm{e}}L}$　(カ) $\dfrac{L}{eV}$　(ヨ) $\dfrac{m_{\mathrm{e}}}{e\tau L}$

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，演算増幅器を用いた電圧安定化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べ。

図の回路の入力電圧と出力電圧をそれぞれ V_{in} と V_{out} とする。R_{L} は負荷であり，R_{L} を流れる電流を出力電流 I_{out} とする。演算増幅器は理想的な特性を有し，演算増幅器の入力端子には電流が流れないとする。このとき V_{A} は V_{out}，R_1 及び R_2 を用いて，

$$V_{\mathrm{A}} = \boxed{(1)}\ V_{\mathrm{out}} \quad \cdots\cdots\cdots ①$$

と書ける。また，負帰還のかかった演算増幅器の入力端子間の電位差は零となるため，

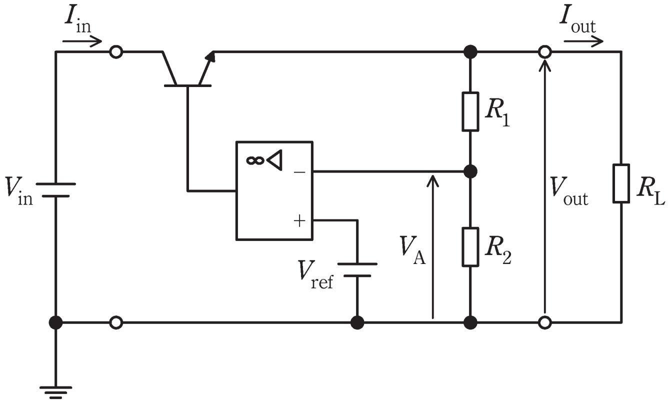
$$V_{\mathrm{A}} = \boxed{(2)} \quad \cdots\cdots\cdots ②$$

と表される。①及び②式から V_{A} を消去すると出力電圧は，

$$V_{\mathrm{out}} = \boxed{(3)} \quad \cdots\cdots\cdots ③$$

と求められる。③式よりこの回路の出力電圧は基準電圧 V_{ref} と抵抗 R_1 と R_2 のみで定まり，出力電流 I_{out} や入力電圧 V_{in} の大きさによらず一定となることがわかる。

通常 R_1 と R_2 は R_{L} に比べ十分に大きい値なので，入力電流 I_{in} は I_{out} と等しいと近似できる。このとき回路の入力電力と出力電力の差は $\boxed{(4)}$ となり，主に $\boxed{(5)}$ で消費される。



●S1－R 018

〔問８の解答群〕

(イ)	R_1 と R_2	(ロ)	$\frac{R_1}{R_2}V_{\mathrm{ref}}$	(ハ)	トランジスタ	(ニ)	$\frac{R_1+R_2}{R_2}V_{\mathrm{ref}}$
(ホ)	V_{ref}	(ヘ)	$(V_{\mathrm{in}}-V_{\mathrm{out}})I_{\mathrm{out}}$	(ト)	$\frac{R_1}{R_1+R_2}$	(チ)	演算増幅器
(リ)	$\frac{R_2}{R_1}$	(ヌ)	$\frac{R_1+R_2}{R_1}V_{\mathrm{ref}}$	(ル)	$V_{\mathrm{out}}I_{\mathrm{out}}$	(ヲ)	V_{in}
(ワ)	$V_{\mathrm{in}}I_{\mathrm{out}}$	(カ)	$\frac{1}{2}V_{\mathrm{ref}}$	(ヨ)	$\frac{R_2}{R_1+R_2}$		