

この科目（電磁気学）は全問（その1，その2，その3）解答すること。

電磁気学（その1）

受験番号	
------	--

問1 図1に示すような同心円筒状の電極がある。内部電極の半径を a ，外部電極の半径を b ，中心からの距離を r とし，以下の問に答えよ。なお，電極は十分に長く，端部の効果は無視できるものとする。答は解答欄に記入し，導出過程も余白に書くこと。

内部電極と外部電極の間を誘電率 ϵ の物質 A で満たした場合の，両電極間の単位長さ当りの静電容量 C を求める。

- (a) 内部電極に単位長さ当り $+\lambda$ ，外部電極に単位長さ当り $-\lambda$ の電荷をそれぞれ与えた。この状況における，中心からの距離 r ($a < r < b$) の位置の電界の大きさ E を， $a, b, r, \epsilon, \lambda$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) (a) の状況における両電極の電位差 V を， $a, b, r, \epsilon, \lambda$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (c) 両電極間の単位長さ当りの静電容量 C を， $a, b, r, \epsilon, \lambda$ の中から必要なものを用いて表せ。

次に，内部電極と外部電極の間を導電率 σ の物質 B で満たした場合の，単位長さ当りの両電極間の電気抵抗 R について考える。

- (d) 図2のように，中心からの距離 r ($a < r < b$) における微小な厚さ dr を持つ，単位長さの円筒状の層を考えて，この層の内側から外側へ電流を流す際の電気抵抗 dR を求めたい。電流から見たこの層の面積 S ，および dR を， a, b, r, σ, dr の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。
- (e) dR を積分することで R を求め， a, b, r, σ の中から必要なものを用いて表せ。
- (f) R を C, ϵ, σ を用いて表せ。

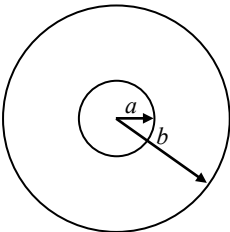


図1

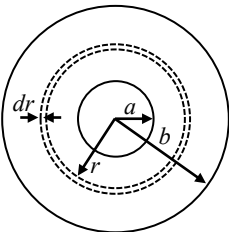


図2

解答欄

(a) $E = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon}$	(b) $V = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon} \ln \frac{b}{a}$	(c) $C = \frac{2\pi \epsilon}{\ln \frac{b}{a}}$	
(d) $S = 2\pi r$	$dR = \frac{dr}{\sigma \cdot 2\pi r}$	(e) $R = \frac{1}{2\pi \sigma} \ln \frac{b}{a}$	(f) $R = \frac{\epsilon}{\sigma \cdot C}$

この科目（電磁気学）は全問（その1，その2，その3）解答すること。

電磁気学（その2）

受験番号	
------	--

問2 図3に示すように xy 面上に2辺の長さが $2a$ の正方形コイルがあり，このコイルに電流 I が流れている。この時，原点 O での磁界の大きさを求める。コイルの辺 AB , CD は y 軸に，辺 BC , DA は x 軸にそれぞれ平行で，コイルの中心は原点と一致している。答は解答欄に記入し，導出過程も余白に書くこと。

まず，辺 CD を流れる電流によって原点 O に生じる磁界の大きさを求めるとして，以下の問に答えよ。ここで，点 P の座標を $P(a, s)$ ，点 P から原点 O までの距離を r ，微小素片 ds と PO のなす角を θ とする。

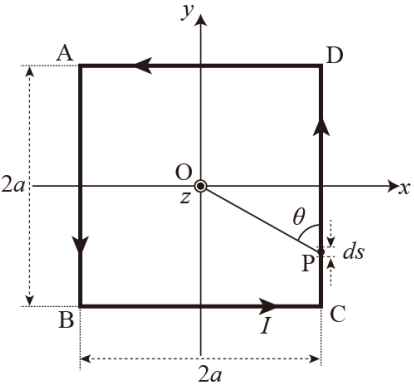


図3

- (a) r を a, θ を用いて表せ。
- (b) 点 P の y 座標 s を a, θ を用いて表せ。
- (c) 辺 CD 上の微小電流素片 Ids により原点 O に生じる磁界の大きさ dH_{CD} を I, a, r, s, ds, θ の中から必要なものを用いて表せ。
- (d) 辺 CD を流れる電流により原点 O に生じる磁界の大きさ H_{CD} を I, a, r, s の中から必要なものを用いて表せ。
- (e) (d)で求めた磁界の方向とその向きを答えよ。解答は解答欄に○を付けること。
次に，コイルの対称性を考慮して，以下の問に答えよ。
- (f) コイル全体を流れる電流により原点 O に生じる磁界の大きさ H を I, a, r, s の中から必要なものを用いて表せ。

解答欄

(a) $r = \frac{a}{\sin \theta}$	(b) $s = -a \cot \theta$	(c) $dH_{CD} = \frac{I}{4\pi} \frac{ads}{r^3}$
(d) $H_{CD} = \frac{\sqrt{2}I}{4\pi a}$	(e) 方向は x 軸, y 軸, <u>z 軸</u> その向きは <u>正</u> , 負	(f) $H = \frac{\sqrt{2}I}{\pi a}$

この科目（電磁気学）は全問（その1，その2，その3）解答すること。

電磁気学（その3）

受験番号	
------	--

問3 図4のような半径 a の円形断面を持ち、長さ ℓ ，透磁率 μ の円柱状導体 A がある。この導体 A に電流 I が導体断面を一樣な密度で流れている。以下の問に答えよ。答は解答欄に記入し，導出過程も余白に書くこと。

- (a) 導体 A における電流密度 J を求めよ。
- (b) 導体 A の中心軸から半径 r ($r \leq a$) の円柱内部に流れる電流 I_r を求めよ。
- (c) 導体 A の中心軸から半径 r ($r \leq a$) の位置における磁界の大きさ H_A を求めよ。
ただし，導体端部での磁界の乱れはないものとする。
- (d) 導体 A に蓄えられる電磁エネルギー U_A を求めよ。
- (e) 半径 r ($r \leq a$) の位置において，微小厚さ dr ，長さ ℓ の微小矩形断面を通る磁束 $d\phi_m$ を求めよ。
- (f) 導体 A 内部における軸方向に流れる電流と鎖交する全鎖交磁束数 ϕ_m を求めよ。
- (g) 導体 A 内部における単位長さ当りの自己インダクタンス L_i を求めよ。

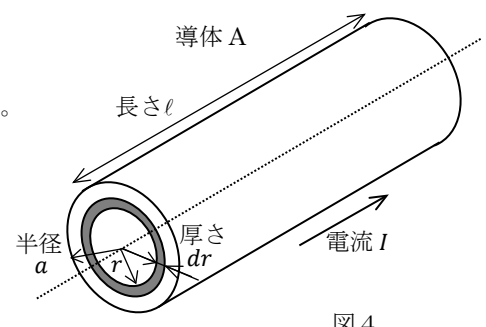


図4

解答欄

(a) $J = \frac{1}{\pi a^2} I$	(b) $I_r = \frac{r^2}{a^2} I$	(c) $H_A = \frac{r}{2\pi a^2} I$	(d) $U_A = \frac{\mu l}{16\pi} I^2$
(e) $d\phi_m = \frac{\mu r}{2\pi a^2} I dr$	(f) $\phi_m = \frac{\mu l}{8\pi} I$	(g) $L_i = \frac{\mu}{8\pi}$	

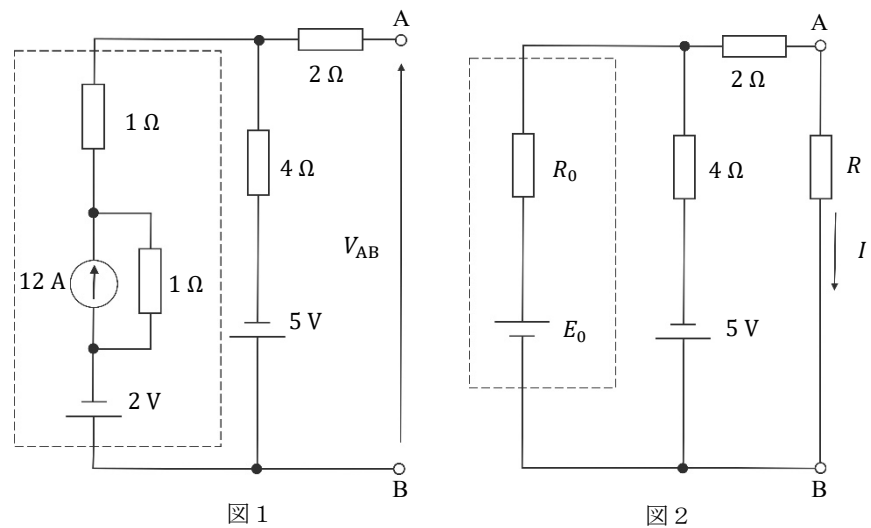
この科目（電気電子回路）は全問（その1，その2，その3）解答すること。

電気電子回路（その1）

受験番号	
------	--

問1 以下の直流回路に関する問に答えよ。答は解答欄に記入すること。

- (a) 図1の破線で囲まれた抵抗，電流源および電圧源からなる回路を図2の破線で囲まれた抵抗 R_0 と電圧源 E_0 からなる回路に変換する。 R_0 と E_0 をそれぞれ求めよ。
- (b) 図1の回路において，端子 A-B 間の電位差 V_{AB} を求めよ。
- (c) 図2の回路のように，端子 A-B 間に抵抗 R を接続したとき，端子 A-B 間に流れる電流 I を R を用いて表せ。
- (d) 端子 A-B 間に接続した抵抗 R の値を変化させ，抵抗 R で消費される電力 $P = R I^2$ を最大にした。そのときの抵抗 R と消費電力 P_{max} を求めよ。



解答欄

(a) $R_0 = 2 \Omega$ $E_0 = 10 \text{ V}$	(b) $V_{AB} = 5 \text{ V}$	(c) $I = \frac{15}{3R+10}$	(d) $R = \frac{10}{3} \Omega$ $P_{max} = \frac{15}{8} \text{ W}$
---	-------------------------------	-------------------------------	--

この科目（電気電子回路）は全問（その 1，その 2，その 3）解答すること。

電気電子回路（その 2）

受験番号	
------	--

問 2 図 3 は，電圧 $\dot{E}$ [V]，角周波数 ω [rad/s] の正弦波交流電源に，抵抗 ($R[\Omega]$) と抵抗 ($5\text{k}\Omega$) の直列回路，キャパシタ ($C[\text{F}]$) と抵抗 ($3\text{k}\Omega$) の直列回路が並列に接続された定常状態での回路を示している。図中の A，B はノードを示している。電源の電圧実効値 E を 15 V ， ω を 1000 rad/s として，抵抗値表示のある各抵抗の電圧実効値を測定したところ，図中に示す値が得られた。以下の問に答えよ。答は（単位がつく場合は単位も合わせて），解答欄に記入すること。なお， $\dot{E}$ ， $\dot{I}_1$ ， $\dot{I}_2$ ， $\dot{V}_1$ ， $\dot{V}_2$ ， $\dot{Y}$ の点「 $\cdot$ 」は複素数表示を意味する。

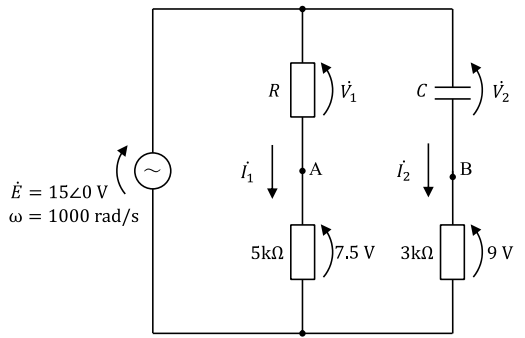


図 3

次に， ω を可変とした場合を考える。キャパシタ ($C[\text{F}]$) と抵抗 ($3\text{k}\Omega$) の直列回路のアドミタンスを $\dot{Y}$ ，コンダクタンスを G ，サセプタンスを B とすると，オームの法則より，

$$\dot{I}_2 = \dot{Y}\dot{E} = (G + jB)\dot{E}$$

となる。

- (d) G と B をそれぞれ ω の関数として表せ。ただし，単位は，共に [S] (ジーメンズ) とすること。
- (e) ω を 0 から ∞ に向けて増加させたとき， $\dot{I}_2$ のベクトル軌跡を示せ（縦軸を虚部，横軸を実部とせよ）。ただし， ω が 0， $\frac{1}{CR}$ ， ∞ となる点における電流の実部と虚部の値をグラフ中に明示すること。
- (f) ω を 0 から ∞ に向けて増加させたとき，A-B 間の電圧実効値 V_{AB} はどのようにになるか説明せよ。

解答欄

(a)	$I_1 = 1.5\text{mA}$	$I_2 = 3\text{mA}$
(b)	$V_1 = 7.5\text{V}$	$V_2 = 12\text{V}$
(c)	$R = 5\text{k}\Omega$	$C = 0.25\mu\text{F}$
(d)	$G = \frac{3 \times 10^3}{(3 \times 10^3)^2 + \left(\frac{1}{0.25 \times 10^{-6} \times \omega}\right)^2}$ [S]	$B = \frac{\frac{1}{0.25 \times 10^{-6} \times \omega}}{(3 \times 10^3)^2 + \left(\frac{1}{0.25 \times 10^{-6} \times \omega}\right)^2}$ [S]
(e)		
(f)	V_{AB} は， ω の変化に対して A 点の電位を中心にした半径 7.5V の半円上を移動するため，その大きさは一定である。	

この科目（電気電子回路）は全問（その1，その2，その3）解答すること。

電気電子回路（その3）

受験番号	
------	--

問3 図4はバイポーラトランジスタによるエミッタ接地交流増幅回路である。トランジスタの寄生抵抗を無視し、キャパシタ (C_i , C_o , C_E) のインピーダンスが十分に小さいものとする。図5のような小信号等価回路で表せる。以下の間に答えよ。ただし、答では $R_1, R_2, R_C, R_E, R_L, v_i, h_{ie}, h_{fe}$ の中から必要なものを用いよ。なお、 h_{ie} と h_{fe} は、それぞれトランジスタの入力インピーダンスと電流増幅率である。

- (a) 図5における R_x と i を求めよ。
- (b) 図5から回路の電圧増幅率 v_A/v_i を求めよ。
- (c) 図6(a)のように端子 A と GND 間に負荷抵抗 R_L を接続したときの電圧増幅率 v_B/v_i を求めよ。
- (d) 図6(b)のように端子 A と GND 間に理想オペアンプと負荷抵抗 R_L を接続したときの電圧増幅率 v_C/v_i を求めよ。

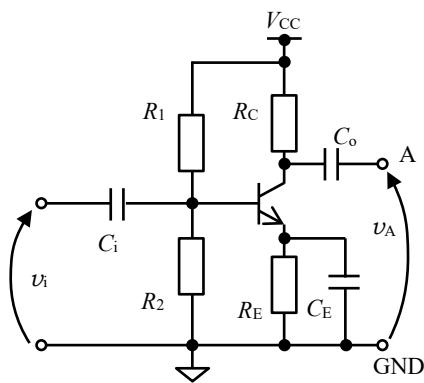


図4

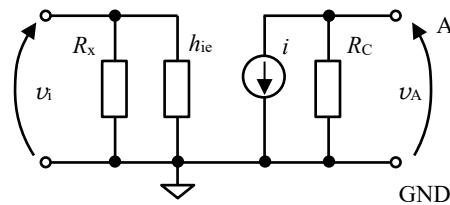


図5

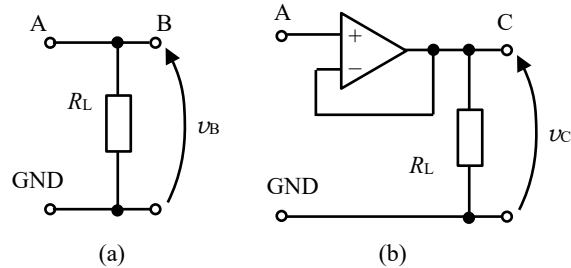


図6

問4 理想オペアンプを用いて、入力電圧 $v_i(t)$ に対して出力電圧 $v_o(t)$ が以下になる回路を設計して解答欄に示せ。ただし、抵抗が必要な場合には、その抵抗値は $100\text{ k}\Omega$ とする。

$$v_o(t) = -\frac{dv_i(t)}{dt}$$

解答欄

問3	(a) $R_x = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ $i = v_i h_{fe} / h_{ie}$ (b) $v_A / v_i = -R_C h_{fe} / h_{ie}$ (c) $v_B / v_i = -R_C R_L h_{fe} / (R_C + R_L) h_{ie}$ (d) $v_C / v_i = -R_C h_{fe} / h_{ie}$	問4	
----	---	----	--

この科目（数学）は全問（その1，その2，その3）解答すること。

数学（その1）

受験番号	
------	--

問1 行列 $A = \begin{bmatrix} a & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & a \end{bmatrix}$ ，行列 $B = \begin{bmatrix} 3 & 4 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 1 & 5 & 3 \end{bmatrix}$ ，行列 $C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 5 & 4 & 3 \\ -3 & -1 & 1 \end{bmatrix}$ として，以下の問に答えよ。ただし， a は実数である。答は解答欄に記入し，導出過程も余白に書くこと。

- (a) 行列 A が正則行列であるための行列式 $|A|$ の条件を示せ。
- (b) 行列 A の行列式 $|A|$ の値が1となる全ての a の値を求めよ。
- (c) 行列 B の全ての固有値を求めよ。
- (d) 行列 C の階数（ランク）を求めよ。

解答欄

(a) $ A \neq 0$	(b) $a = 2, 3$	(c) $2, 3$ (重解)	(d) 2
-------------------------	-----------------------	------------------------	----------------

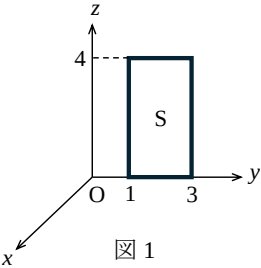
この科目（数学）は全問（その1，その2，その3）解答すること。

数学（その2）

受験番号	
------	--

問2 直交直線座標系における以下の問に答えよ。ただし、 $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$, $\mathbf{k}$ を、それぞれ、 x 軸、 y 軸、 z 軸方向の単位ベクトルとし、ベクトル場 $\mathbf{A}$ は $\mathbf{A} = 2\frac{z^2}{y}\mathbf{i} - xy^2z\mathbf{j} + x^3z\mathbf{k}$ とする。答は解答欄に記入すること。

- (a) 二階偏微分が連続となるスカラー場 $\varphi(x,y,z)$ に対して、 $\nabla \times (\nabla \varphi) = \mathbf{0}$ (φ の勾配の回転が $\mathbf{0}$) であることを証明せよ。
- (b) $\nabla \cdot \mathbf{A}$ ($\mathbf{A}$ の発散) を求めよ。
- (c) $\nabla \times \mathbf{A}$ ($\mathbf{A}$ の回転) を求めよ。
- (d) 図1のように、 yz 面内にある長方形 S 上でのベクトル場 $\mathbf{A}$ の面積分 $\iint_S \mathbf{A} \cdot d\mathbf{S}$ を求めよ。ただし、 $d\mathbf{S}$ は、面 S 上で $x > 0$ の側を向く法線方向の面素ベクトルである。



解答欄

(a) $\begin{aligned}\nabla \times (\nabla \varphi) &= \mathbf{i} \left\{ \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) \right\} + \mathbf{j} \left\{ \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) \right\} + \mathbf{k} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \right\} \\ &= \mathbf{i} \left\{ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial z} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z \partial y} \right\} + \mathbf{j} \left\{ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z \partial x} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial z} \right\} + \mathbf{k} \left\{ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial x} \right\} \\ &= \mathbf{i} \left\{ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial z} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial z} \right\} + \mathbf{j} \left\{ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z \partial x} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z \partial x} \right\} + \mathbf{k} \left\{ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} \right\} = \mathbf{0}\end{aligned}$	
(b) $-2xyz + x^3$	(c) $xy^2\mathbf{i} + \left(4\frac{z}{y} - 3x^2z\right)\mathbf{j} + \left(2\frac{z^2}{y^2} + y^2z\right)\mathbf{k}$
(d) $\frac{128}{3} \log_e 3$	

この科目（数学）は全問（その1，その2，その3）解答すること。

数学（その3）

受験番号	
------	--

問3 答は解答欄に記入すること。ただし、 j は虚数単位である。

次に示す関数 $f(x)$ について以下の問(a), (b)に答えよ。

$$f(x)=\left\{\begin{array}{ll}3x+2 & (-1\leq x\leq +1) \\ 0 & (x<-1, x>+1)\end{array}\right.$$

- (a) $A(k)=\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\cos(kx)\,dx$, $B(k)=\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\sin(kx)\,dx$ を求めよ。
(b) (a)の結果を用いて、フーリエ変換 $F(k)=\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-jkx}\,dx$ を、三角関数を用いて表せ。

次に示す関数 $G(k)$ について以下の問(c), (d)に答えよ。

$$G(k)=\left\{\begin{array}{ll}1 & (k_0-\Delta k\leq k\leq k_0+\Delta k) \\ 0 & (k<k_0-\Delta k, k_0+\Delta k<k)\end{array}\right.$$

ただし、 $k_0, \Delta k$ はいずれも正の実数、かつ $k_0>\Delta k$ である。

- (c) フーリエ逆変換 $\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} G(k)e^{jkx}\,dk$ の実数部 $g(x)$ を求めよ。
(d) Δk が k_0 に比べて十分に小さいとき、(c)で求めた関数 $g(x)$ のあらわすグラフの概形（特徴）を簡潔に説明せよ。

解答欄

(a)	$A(k)=\frac{4}{k}\sin k$	$B(k)=6\left(\frac{1}{k^2}\sin k-\frac{1}{k}\cos k\right)$
(b)	$F(k)=\frac{4}{k}\sin k-j\left\{6\left(\frac{1}{k^2}\sin k-\frac{1}{k}\cos k\right)\right\}$	
(c)	$g(x)=\frac{\sin(\Delta kx)}{\pi x}\cos(k_0x)$ or $\frac{1}{2\pi x}\{\sin(k_0+\Delta k)x-\sin(k_0-\Delta k)x\}$	
(d)	空間的なうなりの構造に近いものであるが、このうなりが $x=0$ 付近に局在している波束である。	

小論文

受験番号	
------	--

二酸化炭素等の温室効果ガスによる地球温暖化が問題視されている。地球規模で気温が上昇すると、気候変動による異常気象が頻発する等の影響が懸念されている。実際に、日本各地で寒い日は減り、暑い日は増える傾向が見られる。そのため、温室効果ガスの削減に向けた様々な取り組みが実施されており、日本政府は、2050年のカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させ、その排出量を実質ゼロに抑えること）を目指している。

電気・電子・情報工学分野における、カーボンニュートラル実現に向けた研究・技術開発について具体例を挙げなさい。その可能性と課題について 600 字程度で論じなさい。尚、自らの研究内容の紹介は不要とし、大局的な視点で述べなさい。

[illegible]

200 字

400 字

600 字

800 字

小論文「出題の意図」

以下の3点を、論理的に説明できるか、正しい日本語で記述できるかをみた。

1. 温室効果ガス排出の影響
2. 電気・電子・情報工学分野における、カーボンニュートラル実現に向けた取り組み
3. その取り組みの可能性と課題