

専門 I	(数理情報学専攻)
------	-----------

※ 問題 I には必ず解答し、さらに、問題 II, III, IV から 2 題を選択して解答しなさい。
 所定の解答用紙に問題番号と解答を書くこと。
 解答用紙は 1 題につき 1 枚を使用しなさい。

I 2 次曲線 $C : x^2 - xy + y^2 = 1$ を実対称行列 A を用いて、

$$(x \ y)A \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = 1,$$

と表す。

- (1) A を求めなさい。
- (2) A の固有値と固有ベクトルを求めなさい。
- (3) 2 次曲線 C の概形を xy 平面に図示しなさい。

II 次の問いに答えなさい。

- (1) 領域 $D_1 = \{(x, y) : 0 \leq x \leq 1, x \leq y \leq 1\}$ を xy 平面に図示し、 D_1 における重積分

$$\iint_{D_1} xy \, dx dy$$

の値を求めなさい。

- (2) 領域 $D_2 = \{(x, y) : 1 \leq x^2 + y^2 \leq 9\}$ を xy 平面に図示し、 D_2 における重積分

$$\iint_{D_2} \log(x^2 + y^2) \, dx dy$$

の値を求めなさい。

Ⅲ xy 平面上を運動する物体の時刻 t での位置 $\mathbf{r}(t)$ が微分方程式

$$\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}(t) = (0, -1), \quad \mathbf{r}(0) = (0, 0), \quad \frac{d\mathbf{r}}{dt}(0) = (2, 2)$$

を満たすとき、次の問いに答えなさい。

- (1) $\mathbf{r}(t)$ を求め、 $0 \leq t \leq 4$ での物体の軌跡を xy 平面に描きなさい。
- (2) $t = 0, 1, 2, 3, 4$ における物体の速度の向きを (1) の図に、各時刻での物体の位置を始点とする矢印で描き入れなさい。
- (3) $t = 0, 1, 2, 3, 4$ における物体の加速度の向きを (1) の図に、各時刻での物体の位置を始点とする矢印で描き入れなさい。

Ⅳ $n \times n$ 整数行列

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

の各成分 a_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) を、1次元整数配列 a の先頭から順に

a_{11}	a_{12}	\cdots	a_{1n}	a_{21}	a_{22}	\cdots	a_{2n}	\cdots	a_{n1}	a_{n2}	\cdots	a_{nn}
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

のように格納する。

正の整数 n と 1次元整数配列 a を引数として受け取り、 a が表している行列を転置するような関数またはクラスメソッド transpose の定義を C 言語または Java 言語を用いて書きなさい。

専門 I (電子情報学専攻)

次の問題すべてについて解答しなさい。別紙の解答用紙は1問につき1枚ずつ使用し、必ず問題番号を記入しなさい(解答が白紙であっても、すべての用紙に受験番号、氏名、問題番号を記入すること)。

I (数学)

2変数の関数 $f(x, y) = x^2 e^{xy}$ について、次の(1)~(3)の問いに答えなさい。

- (1) $f(x, y)$ の x についての偏微分、および y についての偏微分を書きなさい。
- (2) $f(x, -1)$ の増減を調べ、 x の関数としてグラフを描きなさい。
- (3) $\int_{x=0}^2 \int_{y=0}^1 f(x, y) dx dy$ を計算しなさい。

II (数学)

次の行列の固有値を求め、各固有値に対する固有ベクトルを求めなさい。

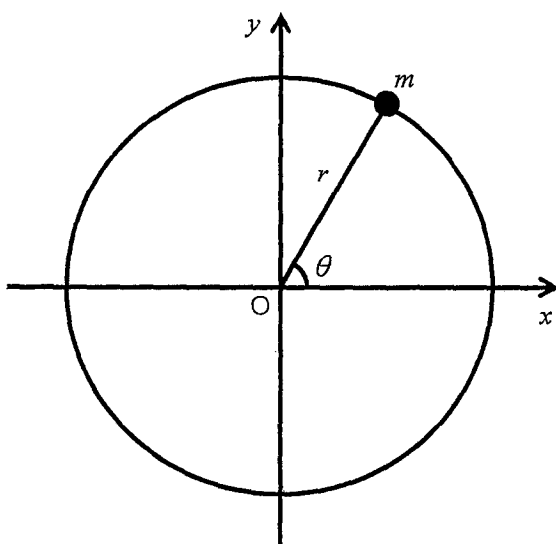
$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

III (物理)

図のように、半径 r の円周上を動く質量 m の質点がある。ここで、 θ は、定数 α と時間 t を用いて、 $\theta = \alpha t^2$ と表わせるものとする。

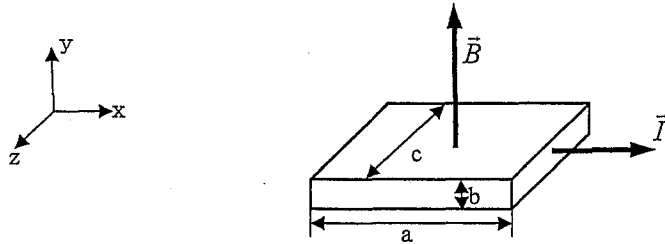
(1) 質点の座標 (x, y) 、速度 (v_x, v_y) 、加速度 (a_x, a_y) を求めなさい。

(2) 質点の角運動量の大きさ l と、その増加率 $\frac{dl}{dt}$ を求めなさい。



IV (物理)

下図のような直方体の半導体(大きさ $a \times b \times c$ 、キャリア密度 n 、キャリアの電荷 $q > 0$) を磁場(磁束密度 \vec{B} y 軸方向) 中に置き、ホール効果を用いて n を求めるとき次の問いに答えなさい。



- (1) x 軸方向に電流(電流 \vec{I}) を流すとき、磁場から受けるローレンツ力をキャリアの速度(ドリフト速度) \vec{v} を用いて表しなさい。
- (2) (1) のとき磁場から受けるローレンツ力を打ち消す方向にホール電場 \vec{E} が発生した。同様に発生する電圧 V (ホール電圧) を \vec{E} を用いて表しなさい。
- (3) (1) で流した電流 \vec{I} をドリフト速度 \vec{v} を用いて表しなさい。
- (4) 半導体のキャリア密度 n を求めなさい。

専門 I (機械システム工学専攻)

〔数 学〕

I. y が x の関数であるとき、微分方程式 $y''+3y'-4y=0$ について、

- (1) 特性方程式を λ の式で書いてその解を求めなさい。
- (2) $y''+3y'-4y=0$ の完全解を求めなさい。
- (3) 微分方程式 $y''+3y'-4y=0$ について、 $x=0$ のとき、 $y=4$ 、 $y'=-2$ であったときの解を求めなさい。

II. 行列 $A = \begin{bmatrix} 4 & 6 & 6 \\ 1 & 3 & 2 \\ -1 & -4 & -3 \end{bmatrix}$ について、

行列 A の対する固有値 λ と、固有値それぞれに対応する固有ベクトルを求めなさい。

III. 以下の各問に答えなさい。

- (1) 関数 $y = \cos x$ のマクローリン展開 (0近傍におけるテイラー展開) を求めなさい。
- (2) 極限值 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x^2}$ を求めなさい。

〔物 理〕

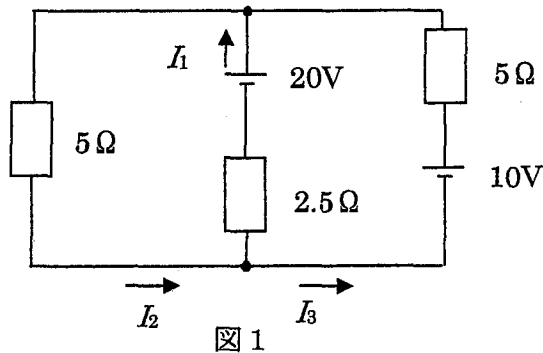
I. 以下の問いに答えなさい。

- (1) 「大きさがゼロでない二つのベクトルのベクトル積が0ならその2つのベクトルは垂直である。」という命題は正しいか間違いか、理由を付けて答えなさい。
- (2) 「力のモーメントと慣性モーメントはどちらもベクトル量である。」という命題は正しいか間違いか、理由を付けて答えなさい。
- (3) 一般的な意味での保存力やポテンシャルについて、式を用いて詳しく説明しなさい。さらに一様な重力は保存力であることを証明し、そのポテンシャルを求めなさい。
- (4) 質点の座標が、 $x = a \cos \omega t$, $y = a \sin \omega t$, $z = ct$ で表される運動はどういう運動か説明しなさい。この場合の速度ベクトル, 加速度ベクトルを求めなさい。
- (5) 慣性系とは何かを説明しなさい。地球上で生じる見かけの力の方向と大きさについて詳しく説明しなさい。

以下の II, III, IVのうち, 1問を選択して答えなさい。(選択した問題番号を必ず記入すること)

II. 次の問いに答えなさい。

- (1) キルヒホッフの第1および第2法則について詳しく説明しなさい。
- (2) 下の回路の電流 I_1 , I_2 , I_3 を求めなさい。



III. 次の問いに答えなさい。

- (1) 交流発電機の原理について詳しく説明しなさい。
- (2) 電圧, 電流の実効値について詳しく説明しなさい

IV. 太陽は半径が $R = 7.0 \times 10^8$ m の球で, 表面は $T = 5.8 \times 10^3$ K の黒体放射をしているとして, 太陽から 1 億 5000 万 km の位置にある地球で, 太陽の方向を向いた $S = 1$ m² の面が太陽から受ける放射のエネルギーを計算しなさい。ただし, シュテファン・ボルツマンの法則の定数を $\sigma = 5.7 \times 10^{-8}$ J/m²sK⁴ としなさい。

専門 I	(物質化学専攻)
------	----------

別紙解答用紙には必ず解答する問題名 {数学、物理、化学基礎・グリーンケミストリー (2枚)} を記入した上で解答しなさい。なお、化学基礎 {I~III} とグリーンケミストリー {IV} は別々の解答用紙に解答しなさい。

〔数 学〕

I レナード—ジョーンズ (6, 12) ポテンシャル

$$V(r) = 4\epsilon \left\{ \left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right\} \quad (\text{ただし、}\epsilon、\sigma\text{は0でない定数})$$

の極小値を与える距離 r_e を求めなさい。また、その周りでテイラー展開して2次の項を求めなさい。

なお、テイラー展開は、 $V(r) = V(r_e) + \frac{1}{1!} \frac{dV}{dr} \Big|_{r=r_e} (r-r_e) + \frac{1}{2!} \frac{d^2V}{dr^2} \Big|_{r=r_e} (r-r_e)^2 + \frac{1}{3!} \frac{d^3V}{dr^3} \Big|_{r=r_e} (r-r_e)^3 + \dots$

で、2次の項は右辺第3項目 $\frac{1}{2!} \frac{d^2V}{dr^2} \Big|_{r=r_e} (r-r_e)^2$ の係数である。

II 関数 $\{1, x, x^2, x^3\}$ は任意の区間において線形独立 (一次独立) であることを示しなさい。

〔物 理〕

次の I および II の問題に答えなさい。

必要なら次の(物理)定数を用いなさい。

プランク定数 $h = 6 \times 10^{-34}$ Js, ボルツマン定数 $k_B = 1 \times 10^{-23}$ J/K, 光の速度 $c = 3 \times 10^8$ m/s, 電子の質量 $m_e = 1 \times 10^{-30}$ kg, $1 \text{ eV} = 2 \times 10^{-19}$ J

- I ある化学反応によって 25°C 、 100kPa で 4.0mol の $\text{O}_2(\text{g})$ が発生した。このとき系が外界にした仕事を求めなさい。 $\text{O}_2(\text{g})$ は 25°C 、 100kPa で完全気体(理想気体)と考えられるので、その時の体積は 25L である。
- II ある原子の電子のエネルギーの基底状態と第一励起状態のエネルギーの間隔 $\Delta \varepsilon_{1,2}$ は 12 eV である。このエネルギーの間隔 $\Delta \varepsilon_{1,2}$ に相当するエネルギーを持つ電磁波の振動数と波長をそれぞれ求めなさい。また、この原子について、 $T = 300 \text{ K}$ における基底状態にある原子の数 n_1 と第一励起状態にある原子の数 n_2 との比を求めなさい。ただし、電子はボルツマン分布すると考えなさい。

〔化学基礎・グリーンケミストリー〕

- I 次の語句について簡潔にそれぞれ 100 字程度で説明しなさい。図を用いて説明してもよい。
- (1) ジアステレオマー
 - (2) 酸性度
 - (3) Newman 投影式
- II 酢酸とメタンスルホン酸ではメタンスルホン酸の方が強い酸である。共鳴構造式を用いて、理由を説明しなさい。
- III シクロヘキサノールとシクロペンチルメチルエーテルの組成式はともに $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ と同じだが、沸点が大きく異なる。シクロヘキサノールは約 161°C 、シクロペンチルメチルエーテルは約 106°C の沸点をそれぞれ持つ。この沸点の差の理由を説明しなさい。図を用いて説明してもよい。

IV 次の(1)～(4)の問いに答えなさい。

(1) COD (Chemical Oxygen Demand) とは何か。70字程度で説明しなさい。

(2) CODの値を測定する方法について、一つ例をあげて100字程度で説明しなさい。

(3) CODあるいは窒素やリン濃度の値が高い湖沼においては、どのような環境問題が発生すると考えられるか。100字程度で説明しなさい。

(4) 家庭排水の処理においては、処理場において好気性微生物による有機物の分解などが行われている。一方、産業排水では有害な有機物や金属イオンが含まれることが多いため、活性炭による有機物の吸着や、イオン交換樹脂を用いた金属イオンの除去などが行われている。イオン交換樹脂とは何か、また、イオン交換樹脂により金属イオンが除去できる仕組みについて、あわせて150字程度で説明しなさい。

専門 I	(情報メディア学専攻)
------	-------------

I

1. 次のカッコに当てはまる語句および数値を記入しなさい。

文字コードは、文字をコンピュータで表現するために各文字と数値の対応を表したものである。文字と数値の対応は一意ではなく、英数字を表すための(1)コード、日本語を表すための漢字コード、あらゆる言語を一つの文字コードで表そうとする(2)コードなどがある。また、漢字コードは、JISコード、(3)、(4)の3種類のコード体系がある。(1)は文字を(5)ビットで表現しているが、(3)は漢字を表現するために(6)ビット用いている。

2. 漢字 3000 文字の生起確率が、すべて等しいと仮定したときの平均情報量を小数第 2 位まで求めなさい。ただし、 $\log_2 3 = 1.585$ 、 $\log_2 5 = 2.322$ 、 $\log_2 7 = 2.807$ とする。

3. 情報源 S が

$$S = \begin{pmatrix} s_1, & s_2, & s_3, & s_4, & s_5 \\ 0.14, & 0.25, & 0.04, & 0.52, & 0.05 \end{pmatrix}$$

で与えられる時、以下の問いに答えなさい。

- (a) 情報源 S のハフマン符号を構成せよ。確率の大きい方を"0"とし、また同率の時は上を"0"とするものとする。
- (b) ハフマン符号の平均符号長を求めなさい。
- (c) 情報源 S のエントロピー H は 1.785 である。この符号の効率を求めなさい。

II

(1)

2 次正方行列 $A = \begin{pmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$ の固有値および対応する固有ベクトルを求めなさい。

ただし、固有ベクトルは長さ 1 にすること。

(2)

$f(x) = \sqrt{x}$ 、 $g(x) = \ln x (= \log_e x)$ として、これらの導関数を求めなさい。

また、合成関数 $f(g(x))$ および $g(f(x))$ を求めなさい。

さらに、これらの合成関数の導関数を求めなさい。

III

素数とは、1と自分以外のどの正整数でも割りきれない、1より大きな整数のことです。以下の問題を読み、(1)~(4)の各問を解答しなさい。

- (1) 正の整数 m が正の整数 n で割りきれられるのなら 0、割りきれないのなら 1 を返す関数 `dividable` (図 1) をプログラミング言語 C で作成しなさい。ただし、この関数に入力される m と n はつねに $m \geq n > 0$ であるとする。
- (2) プロトタイプ宣言について説明し、2つの関数 `main` と `dividable` から構成されるこのプログラムにおけるプロトタイプ宣言を示しなさい。
- (3) (1) の関数 `dividable` を利用して、10000 までの素数を求めるプログラム(図 1)を完成しなさい。
- (4) 素数を求めるプログラムを高速化する工夫を1つ述べなさい。その工夫は(3)のプログラムにすでに組み込んだものでもよいし、まだ組み込んでいないものでもよい。

```

/*-- 10000 までの素数を求めるプログラム --*/
#include<stdio.h>

(2) プロトタイプ宣言

int main(void) {

(3) 関数 dividable を用いて
    10000 までの素数を求める

}

(1) 関数 dividable
    
```

図 1: 10000 までの素数を求めるプログラム

専門 I	(環境ソリューション工学専攻)
------	-----------------

以下の4つの分野（Ⅰ数学、Ⅱ物理、Ⅲ化学、Ⅳ生物）の中から3分野を選択して、解答しなさい。なお、それぞれの分野は別々の解答用紙に解答し、解答用紙には解答した分野番号を明記すること。

Ⅰ 環境科学（数学）

以下の問い（問1～3）に答えなさい。ただし解答用紙には途中の計算過程も残すこと。

問1 次の計算をしなさい。

$$(1) \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2^x}{3^x + 1}$$

$$(2) \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x + 5}{1 - 3x}$$

$$(3) \sum_{x=1}^{\infty} \frac{1}{x(x+1)}$$

問2 次の行列の計算をしなさい。

$$(1) \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 3 & -4 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & -1 \\ 4 & -3 \end{pmatrix}$$

$$(2) \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -2 & 3 \end{pmatrix} \text{の固有値と固有ベクトル}$$

問3 次の式で表される関係をグラフに描きなさい。ただし、横軸に x を縦軸に y をとり、 $-5 \leq x \leq 5$ の範囲を必ず含むこと。

$$(1) y = \frac{x+2}{x-3}$$

$$(2) y = x^2 + x - 2$$

$$(3) y = 2^x - 8$$

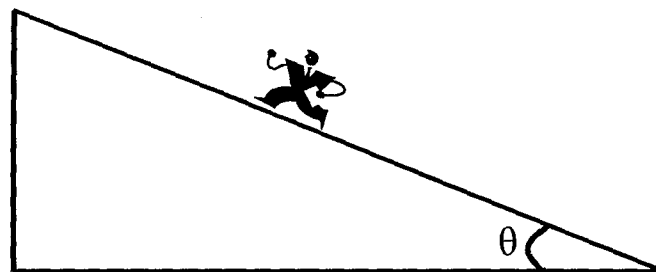
II 環境科学 (物理)

下記の問いに答えなさい。

- (1) 物体の質量を m 、加速度を a 、物体に作用する外力（複数の外力がある場合は、それらの和）を f としたとき、 $f=ma$ で表される法則を何と言うか。
- (2) 速度の変化を Δv 、速度の変化する時間を Δt としたとき、加速度 a はどのように表現できるか。
- (3) (1)の法則により、 $1[\text{kg}]$ の物体に $1[\text{m/s}^2]$ の加速度を与える力は $1[\text{N}]$ （ニュートン）になる。 $[\text{N}]$ を国際単位系の基本単位（ kg , m , s など）を用いて示せ。
- (4) 仕事は力と移動距離の積である。質量 m の物体には mg の重力が働く。ここで g は重力加速度である。この物体が高さ h だけ自由落下するとき、重力が物体にする仕事 W はどのように表すことができるか。
- (5) 図(a)のように平地を歩く人がいる。この人の質量を M 、仕事率を P 、推進力を F とする。仕事率とは単位時間あたりにする仕事のことであるので、微小時間 Δt の間に人がする仕事はどのように表現できるか。また、人が Δt の間に Δx 進んだとすると、推進力 F のする仕事はどのように表現できるか。
- (6) (5)で求めた両者の仕事等しいことから、 $F=P/v$ であることを示せ。 v は人が歩く速度である。
- (7) 図(a)の人には推進力の他に運動摩擦力が働く。運動摩擦係数を μ' としたとき、運動摩擦力はどのように表現できるか。
- (8) (1), (2)をもとに、図(a)の人に対する運動方程式を導け。また、人が同じ速度 v で歩くと、推進力 P を導け。
- (9) 図(b)のように人が坂道を歩く場合、斜面方向に働く力は、人の推進力、運動摩擦力、重力の斜面方向の成分である。これらを図で説明せよ。
- (10) 図(a)の場合と同様に、図(b)の場合に人が同じ速度 v で歩くときの推進力を導け。



図(a)



図(b)

Ⅲ 環境科学 (化学)

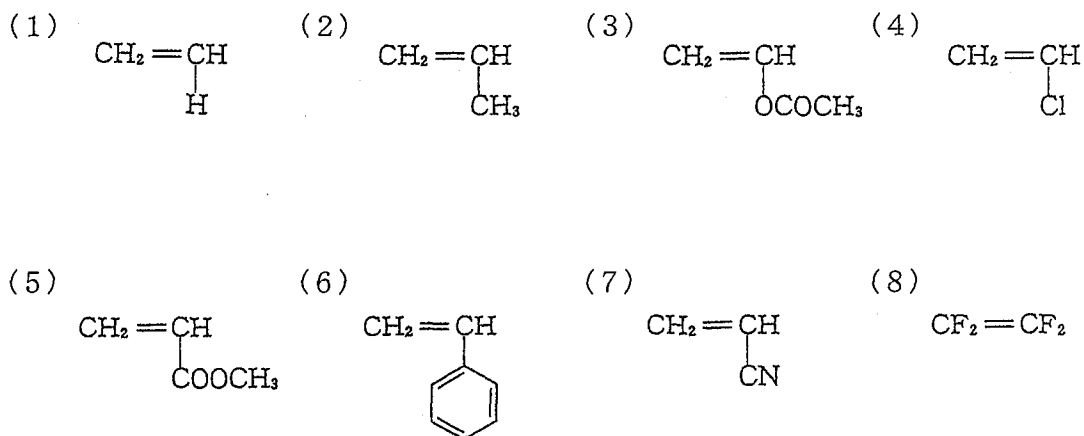
以下の問い (問1～3) に答えなさい。ただし解答用紙には途中の計算過程も残すこと。

問1 次の問に答えなさい。

- (1) 水酸化ナトリウムを溶かして、0.1 mol/L の溶液を 1 L 作った。この時、使用した水酸化ナトリウムの量は何 g か。ただし、原子量を、Na : 23、O : 16、H : 1 とする。
- (2) 市販の濃硫酸 (濃度 98%、密度 1.8 g/ml) のモル濃度を求めなさい。
- (3) 上の (2) の濃硫酸を 100 倍に希釈した希硫酸 100 ml を、(1) で作った水酸化ナトリウム溶液で中和滴定する時、水酸化ナトリウム溶液は何 ml 必要であるか答えなさい。

問2 水分子における酸素原子の電子軌道の状態を、「混成軌道」という語句を使用して説明しなさい。また、水の H-O-H の結合角度は 104.45° であり、メタンの H-C-H の結合角度 109.47° より狭いが、その理由について説明しなさい。

問3 次に示す物質の名称を書きなさい。



IV 環境科学 (生物)

次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

生態系とは、イギリスの植物生態学者 A.G.Tansley が 1935 年に提唱した語で、ある地域に生息(生育)する生物群集と周囲の無機的環境(気候、土壌、水質など)の総体をいう。生物が存在する地球表面全体を一つの生態系として考える場合、 (Biosphere) とよぶことがある。

無機物から有機物を合成しエネルギーを固定する生物を とよぶ。光合成を行う緑色植物や光合成細菌は である。硫黄細菌、硝酸菌、亜硝酸菌などの 細菌も広義には である。

炭素源を有機物に依存する生物を従属栄養生物あるいは という。動物や菌類などは である。緑色植物のなかで、①二次的にクロロフィルを失って他の生物に寄生している植物も に入る。

従属栄養生物のうち、死んだ生物体、排出物などを化学的に分解して、その際に生じるエネルギーによって生活している生物を とよぶ。ふつう細菌類と菌類のことをさす。有機化合物を② が利用できる無機化合物に分解する役割をもつ。

問1 空欄 a～e に入る適切な語を答えなさい。b、d は経済学の用語でもある。

問2 下線部①に相当する植物を植物群の中から二つ選びなさい。

植物群：イチョウ、コナラ、ギンリョウソウ、サクラソウ、マツタケ、ヒノキ、
ナンバンギセル、カラスザンショウ、ラフレシア、ソテツ

問3 下線部②の無機化合物の具体的な名前を3つ答えなさい。

問4 光合成のメカニズムの特徴により、C3 植物、C4 植物、CAM 植物などが知られている。CAM 植物の光合成の特徴を、気孔の開閉と二酸化炭素の取り込みの観点から 100 字程度の分量で記述しなさい。また、C3 植物、C4 植物、CAM 植物の種名を1種ずつ記しなさい(和名でよい)。