

平成28年10月入学

平成29年 4月入学

東京農工大学大学院

生物システム応用科学府

生物機能システム科学専攻博士前期課程（修士）

食料エネルギーシステム科学専攻一貫制博士課程

入学試験問題（基礎）

- | | | |
|------------|-----------|-----------------|
| 1. 解析学 | 2. 線形代数学 | 3. フーリエ及びラプラス変換 |
| 4. 確率及び統計学 | 5. 力学 | 6. 電磁気学 |
| 7. 光学及び波動 | 8. 情報基礎 | 9. 物理化学 |
| 10. 有機化学 | 11. 無機化学 | 12. 分析化学 |
| 13. 分子生物学 | 14. 細胞生物学 | 15. 生理・生化学 |
| 16. 生態学 | | |

（注意事項）

1. 以上16題の中から任意の4題を選択し、解答すること。
2. 解答は問題ごとに別々の解答用紙に記入すること。
3. 受験番号と問題番号を解答用紙の所定欄に必ず記入すること。

1. (解析学)

微分方程式について以下の問いに答えよ。ただし、解の導出過程も示すこと。

- (1) 以下の微分方程式の一般解を求めよ。

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -2\frac{dx}{dt} - 4x$$

- (2) 以下の連立微分方程式の一般解を求めよ。

$$\frac{d^2y}{dt^2} = 3 - 2\frac{dz}{dt}$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = 2\frac{dy}{dt}$$

2. (線形代数学)

行列に関する以下の問いに答えよ. ただし, 解の導出過程も示すこと.

(1) 3次対角行列 A の固有値を求めたところ, その値は 2, 3, 6 であった. 対角行列 A の一例を挙げ, その固有ベクトルを求めよ.

(2) 3次実対称行列 B の固有値と固有ベクトルを求めたところ,

固有値 2 に対する固有ベクトルが $c_1 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$,

固有値 3 に対する固有ベクトルが $c_2 \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}$,

固有値 6 に対する固有ベクトルが $c_3 \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix}$.

であった. 実対称行列 B の一例を挙げよ. ただし, c_1, c_2, c_3 は 0 でない任意の数とする.

3. (フーリエ変換及びラプラス変換)

g 関数が周期 T で並んでいる g 関数列を $g_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(t - nT)$ と定義する. このとき次の問に答えよ.

(1) 関数 $f(t)$ と δ 関数列 $\delta_T(t)$ とのたたみ込み積分 $f(t) * \delta_T(t)$ は, 関数 $f(t)$ が周期 T で並んでいる $f(t)$ 関数列になることを示せ.

(2) δ 関数列 $\delta_T(t)$ を複素フーリエ級数展開せよ.

(3) δ 関数列 $\delta_T(t)$ のフーリエ変換が δ 関数列 $\omega_0 \delta_{\omega_0}(\omega)$ になることを示せ. ここで,

$$\omega_0 = 2\pi/T \text{ である.}$$

(4) (1) の関数 $f(t)$ が周期 T で並んでいる $f(t)$ 関数列のフーリエ変換を関数 $f(t)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ を用いて表せ.

4. (確率及び統計学)

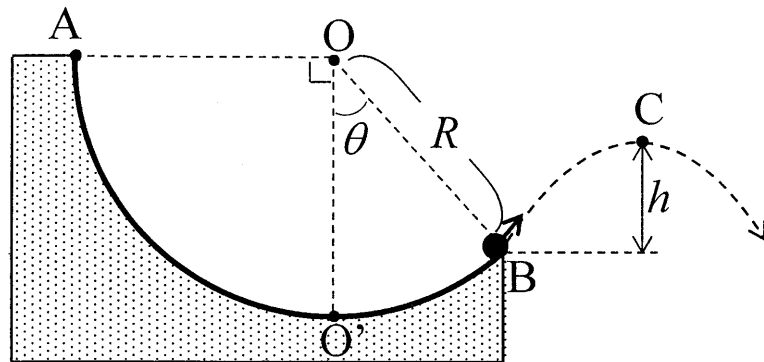
離散確率変数 X と Y の同時確率 $P(X = x, Y = y)$ の同時分布が, ある実数 k を用いて $f_{X,Y}(x, y) = k(x + y) + \frac{1}{16}$ と表されている場合を考える. ここで x および y はそれぞれ $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 3$ の整数値を取る. このとき, 以下の問いに答えよ.

- (1) k を求めよ.
- (2) 周辺分布 $P(X = x), P(Y = y)$ を示せ.
- (3) X と Y が独立かどうかを理由とともに示せ.
- (4) $P(X = 1|Y = 2)$ および $P(X = 0, Y \geq 2)$ を計算せよ.

5. (力学)

図のような半径 R [m] の円弧 AB からなるスロープがある。ここで、円弧の中心 O に対して、 A は O を通る水平線と円弧の交点、 O' は水平線 OA に垂直な直線と円弧の交点である。 OB と OO' がなす角度を θ [rad] とする。質量 m [kg] の物体が点 A から初めの速さ 0 m/s で滑り出した。ただし、物体の大きさ、スロープ内面と物体との摩擦、および空気抵抗は無視できるものとする。また、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

- (1) スロープ上を滑り降りた物体が点 B に到達した。点 B における物体の速さ v_B [m/s] を、 g 、 R 、 θ を用いて表わせ。
- (2) 物体が点 B に到達したとき、スロープ内面から受ける垂直抗力 N [N] を、 m 、 g 、 θ を用いて表わせ。
- (3) 物体が点 B に到達した後、空中に投げ上げられた。空中の最高到達点を C とする。点 C の点 B からの高さ h [m] を R 、 θ を用いて表わせ。
- (4) θ を様々な値に変えたとする。 h を最大にする角度を θ_{\max} [rad] としたときの $\sin\theta_{\max}$ の値、およびそのときの h の最大値 h_{\max} [m] を求めよ。



6. (電磁気学)

図1のように、磁束密度が B [T] の一様な磁界中に、それと直交する軸 OO' のまわりに回転するコイルが置かれている。ここで、コイルは長方形断面積 S [m²] をもつ1回巻の電線によって構成されている。外から加えた力により、コイルは角速度 ω [rad/s] で回転しており、その時間 t [s] における回転角は $\theta = \omega t$ [rad] である。ただし、図2のように、 θ はコイルを通る磁束が最大となる角度を0として、反時計方向の回転を正の向きにとる約束とする。

- (1) コイルに生じる起電力 $e(t)$ [V] を、 B , S , ω , t を用いて表わせ。
- (2) $0 < \omega t < 6\pi$ の間の起電力 $e(t)$ の時間波形を図示せよ。また、 $e(t)$ の最大値 V_m [V] および実効値 V_e [V] を、 B , S , ω を用いて表わせ。
- (3) コイルの両端に R [Ω] の電気抵抗を接続した。ただし、コイルの抵抗は0とする。1秒あたり抵抗で消費される平均電力 P [W] を、 B , S , ω , R を用いて表わせ。
- (4) 外から加えたコイルの回転トルクを T [N m] とする。トルク T による1秒あたりの仕事量は、上記で求めた平均電力 P に等しい。この関係を利用して、 T を B , S , ω , R を用いて表わせ。

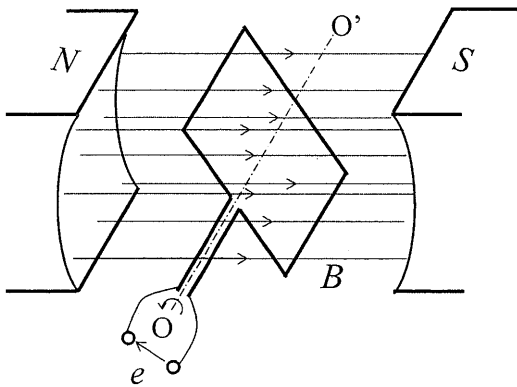


図1 立体図

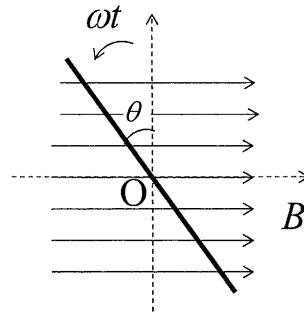
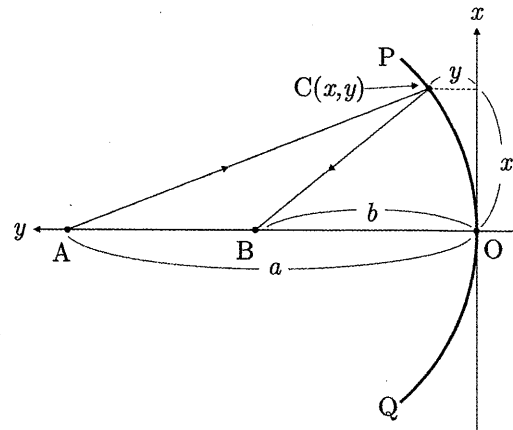


図2 側面図

7. (光学および波動)

以下の文章は、凹面鏡による結像について述べている．空欄(ア)～(カ)に入る適当な語句または式を書け．

右図に示すように，凹面鏡が曲率半径 R の球面で近似できるとき， xy 座標系の原点 O がその球面上の点であり， AO 上に曲率中心があると仮定する．このとき，凹面鏡は xy 面において，



$$\boxed{\text{(ア)}} \quad (1)$$

なる円の式で表される． AO 上の点 $A(0, a)$ から発した光が凹面鏡に反射されたのち AO 上の点 $B(0, b)$ に結像するとする．このとき，点 A から凹面鏡で反射され点 B に至る経路は無数に存在するが，これらの経路を伝搬する光の $\boxed{\text{(イ)}}$ が等しいとき結像する．従って，凹面鏡上の任意の点 $C(x, y)$ と点 O で反射された光を考えると以下の式が成り立つ．

$$\boxed{\text{(ウ)}} \quad (2)$$

ここで， $x, y \ll a, b, R$ が成り立つと仮定すると， $\xi \ll 1$ のとき $\sqrt{1+\xi} \approx 1 + \xi/2$ なる近似を用いて(2)式は円の式に変形できる．

$$\boxed{\text{(エ)}} \quad (3)$$

(1)式と(3)式を比較して，曲率半径 R を a, b で表すと次式を得る．

$$\boxed{\text{(オ)}} \quad (4)$$

$f = R/2$ と定義して(4)式を変形すると，レンズの公式と同じ形式の凹面鏡の結像条件式を得る．

$$\boxed{\text{(カ)}} \quad (5)$$

8. (情報基礎)

デジタル画像の 4×4 画素ブロック X を,

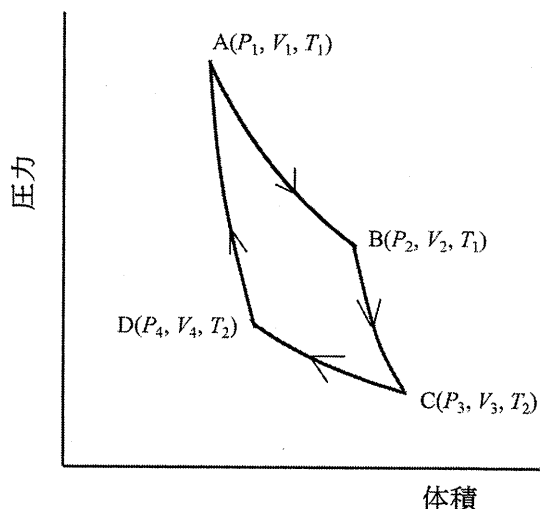
$$X = \begin{bmatrix} 24 & 33 & 22 & 15 \\ 22 & 31 & 22 & 24 \\ 13 & 24 & 22 & 22 \\ 22 & 13 & 15 & 24 \end{bmatrix}$$

とする。このとき、 X の各画素を量子化することを考える。ただし、 $X(i, j)$ を X の i 行 j 列 ($1 \leq i, j \leq 4$) に位置する画素値とする。また、 $\log_2 3 = \frac{8}{5}$ および $\log_2 5 = \frac{23}{10}$ としてよい。

- (1) 量子化操作を以下の式で行う。 $Y(i, j) = 9 \left\lfloor \frac{X(i, j)}{9} \right\rfloor$ (ただし $\lfloor x \rfloor$ は x を超えない最大の整数を返す関数)。このとき、 Y を求めよ。
- (2) X および Y のエントロピーを求めよ。
- (3) X および Y をハフマン符号化し、平均符号長を求めよ。

9. (物理化学)

(1) 右の図は1 mol の理想気体を作業物質として可逆的な膨張, 圧縮の過程を組み合わせ再び元の状態に戻す場合の経路を模式的に示している. 以下の問いに答えよ.



(i) 状態A(P_1, V_1, T_1)から状態B(P_2, V_2, T_1)への変化は, 等温で可逆的な膨張を示している. 外界になす仕事を求めよ. 気体定数は R とする.

(ii) 状態B(P_2, V_2, T_1)から状態C(P_3, V_3, T_2)への変化は, 断熱可逆的な膨張を示している. この過程における外界になす仕事を, 断熱可逆過程で成立する下記の関係を用いて求めよ.

$$PV^\gamma = \text{一定} \quad TV^{\gamma-1} = \text{一定}$$

ここで $\gamma = C_p/C_v$ であり, C_p と C_v はそれぞれ, 定圧及び定容モル熱容量である.

(iii) 状態C(P_3, V_3, T_2)から状態D(P_4, V_4, T_2)への変化は等温で可逆的な圧縮を示し, 状態D(P_4, V_4, T_2)から状態A(P_1, V_1, T_1)への変化は断熱可逆的な圧縮を示している. 作業物質が1サイクルの間に外界になす仕事を R, T_1, T_2, V_1, V_2 で表せ.

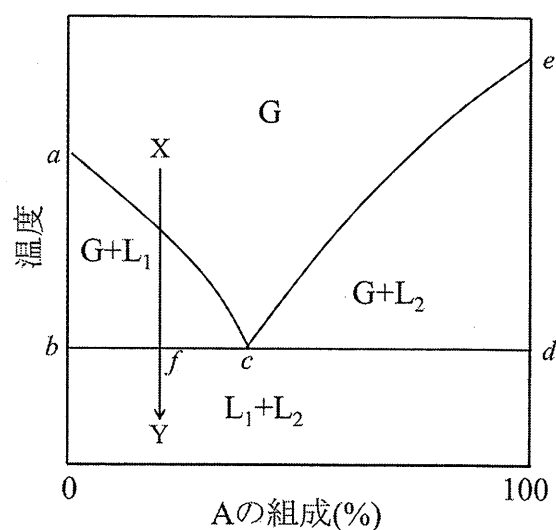
(2) 右の図はA, Bの二成分系のある圧力における温度-組成図を示している (G, Lはそれぞれ気相, 液相を表す).

以下の問いに答えよ.

(i) 純粋なAとBの沸点はどちらが高いか.

(ii) L_1 で示される液相の組成を求めよ.

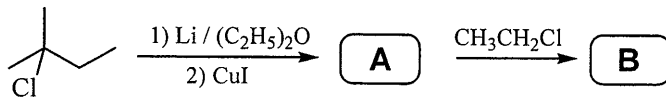
(iii) Xの状態からYの状態まで, 全体の組成が一定のまま, 平衡が保たれるようにゆっくりと混合物を冷却していくときの変化について, 順に説明せよ.



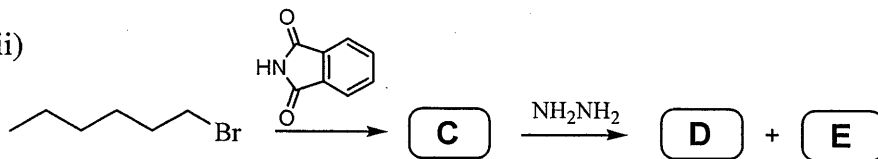
10. (有機化学)

(1) 次に示す有機反応(i)~(iii)の主たる生成物である有機化合物A~Hの構造を書け。立体構造を区別する必要がある場合には、その違いがわかるような形式で解答すること。

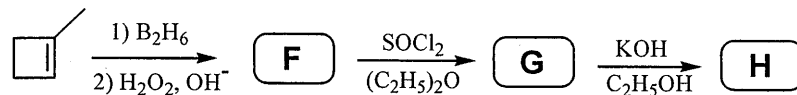
(i)



(ii)



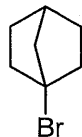
(iii)



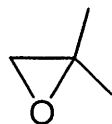
(2) 次の(i)~(iv)の実験事実が得られる理由を簡潔に説明せよ。

(i) 1-ブロモ-4-(1-メチルエチル)シクロヘキサンのE2脱離反応を行うと、シス体のほうが、トランス体より反応が速かった。

(ii) 1-ブロモビシクロ[2.2.1]ヘプタン (下図) は、通常の S_N1 反応条件下で臭素の脱離がほとんど起きない。



(iii) 2,2-ジメチルオキシラン (下図) とメタノールの反応において、酸性条件下と塩基性条件下では主生成物が異なる。



(iv) 1-ブロモ-4-メトキシベンゼンを液体アンモニア中、ナトリウムアミド (NaNH_2) と作用させると、アミノメトキシベンゼンのパラ体とメタ体の混合物が得られる。

1 1. (無機化学)

- (1) 一般に、同一周期において原子番号の増加に伴い、第一イオン化エネルギーは周期的に増加するが、アルミニウム ($_{13}\text{Al}$) の第一イオン化エネルギーは、マグネシウム ($_{12}\text{Mg}$) より小さい。次の問いに答えよ。
- (i) それぞれの元素の電子配置を書け。
- (ii) アルミニウムの第一イオン化エネルギーのほうが低い理由を、電子配置を考慮し、「電子の存在確率」や「遮蔽効果」等の用語を用いて説明せよ。
- (2) 次の (i)および(ii)のグループの化合物について、(i)酸の強さ、(ii)塩基の強さが増加する順にそれぞれを並べよ。また、その理由をそれぞれ簡単に (150 字以内) 説明せよ。
- (i) HClO_4 , HClO_3 , HClO_2
- (ii) NH_3 , $\text{N}(\text{CH}_3)_3$, NF_3
- (3) 硝酸イオン NO_3^- の可能な共鳴構造のルイス構造をすべて書き、それぞれの構造の各原子の形式電荷を示せ。

1 2. (分析化学)

ある電解質が水に溶ける場合には、その電解質は部分的にまたは完全に解離する。部分的に解離した物質は弱電解質といい、ほぼ完全解離したものは強電解質という。一般的に、水溶液中の共存塩の濃度は、弱電解質の解離に影響を与える。次の問いに答えよ。

(1) 強電解質である NaCl の 0.20 mol L^{-1} 水溶液のイオン強度 μ を求めよ。

(2) 弱電解質である AB は水溶液中で A^+ と B^- に解離し、共存イオン効果を考慮した熱力学的平衡定数は $K_a^\circ = 1.8 \times 10^{-9}$ とする。イオン強度 $\mu = 0.10$ の共存塩溶液において、 A^+ と B^- の活量係数がそれぞれ 0.70 と 0.80 であるとして、次の問いに答えよ。

(i) この溶液中 AB のモル濃度平衡定数 K_C を求めよ。

(ii) $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ の AB の (a) 純水の溶液及び (b) イオン強度 $\mu = 0.10$ の共存塩溶液がある。それぞれの溶液中の AB の解離度 (%) を求めよ。

また、必要があれば、次の数値を使用しなさい。

$$\begin{aligned} \sqrt{1.7} &= 1.30, & \sqrt{1.8} &= 1.34, & \sqrt{1.9} &= 1.38, & \sqrt{2.0} &= 1.41, & \sqrt{2.1} &= 1.45, & \sqrt{2.2} &= 1.48 \\ \sqrt{2.3} &= 1.51, & \sqrt{2.4} &= 1.55, & \sqrt{2.5} &= 1.58, & \sqrt{2.6} &= 1.61, & \sqrt{2.7} &= 1.64, & \sqrt{2.8} &= 1.67 \\ \sqrt{2.9} &= 1.70, & \sqrt{3.0} &= 1.73, & \sqrt{3.1} &= 1.76, & \sqrt{3.2} &= 1.79, & \sqrt{3.3} &= 1.82, & \sqrt{3.4} &= 1.84 \end{aligned}$$

13. (分子生物学)

(1) 次の文章を読んで, (i) ~ (iii) の問いに答えよ.

タンパク質合成における mRNA からポリペプチド鎖の翻訳過程は, 大小の (a)サブユニットから成る (A) 上で行われる. この過程は, 開始, (B), 終結の 3 つの段階に分けることができ, まずトランスファーRNA (tRNA) が mRNA の塩基配列に対応したアミノ酸を運搬する. この状態の tRNA を, アミノアシル tRNA と呼ぶ. アミノアシル tRNA は, (A) の A サイトに取り込まれ, 相補的な mRNA のコドンと対合する. 次に (C) サイトでペプチド結合が形成され, ポリペプチド鎖が (B) する. アミノ酸を遊離した tRNA が E サイトから解離し, 次の合成に移行する.

(i) 空欄 (A) ~ (C) に適した語句をそれぞれ答えよ.

(ii) ポリペプチド鎖の合成について以下の語句を用いて説明せよ.

[メチオニン, 終止コドン]

(iii) 下線部 (a) 「サブユニット」はタンパク質の構成単位である. これについて, 以下の語句を用いて説明せよ.

[多量体, ホロ酵素, 四次構造]

(2) 次の (D) ~ (F) の語句について, それぞれ 50 字程度で説明せよ.

(D) ホスホジエステル結合

(E) トランスポゾン

(F) プロテアソーム

14. (細胞生物学)

(1) 次の文章を読んで、(i) ~ (iii) の問いに答えよ。

細胞にはある特定の外部からのシグナルを認識し、その情報を細胞内に伝える仕組みが存在する。この仕組みを細胞内シグナル伝達と呼び、受容、変換、(A)の三段階に分けられる。受容を担うのは(B)と呼ばれるタンパク質で、細胞内に存在するタイプと膜に存在するタイプがある。次に、変換の過程では、シグナルが(B)から^(a)細胞内のタンパク質に伝達可能な形に変化する。その後、シグナルは複数のタンパク質から成るカスケードによって伝達され、最終的には遺伝子発現の調節や酵素などのタンパク質の機能調節を経て(A)を誘導する。このような細胞内シグナル伝達の特徴として、制御の範囲が厳密に決まっていること、しばしばシグナルが(C)されて大きな応答を引き起こすこと、時間空間的に制御されること、活性化および不活性化状態が可逆的に変化すること、等がある。

(i) 空欄(A) ~ (C)に適した語句をそれぞれ答えよ。

(ii) 下線部(a)「細胞内のタンパク質に伝達可能な形」について、以下の語句を用いて説明せよ。

[翻訳後修飾, リン酸化, タンパク質分解]

(iii) 細胞内シグナル伝達の特異性を決めるメカニズムについて、以下の語句を用いて説明せよ。

[相互作用, 足場タンパク質]

(2) 次の(D) ~ (F)の語句について、それぞれ50字程度で説明せよ。

(D) クエン酸回路

(E) 核小体

(F) 維管束

15. (生理・生化学)

次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

酵素にはアロステリック酵素⁽¹⁾と非アロステリック酵素の2種類が知られ、それぞれ特有の基質濃度と反応速度との関係⁽²⁾を示す。酵素反応における重要なパラメーターとして K_m ⁽³⁾と V_{max} ⁽⁴⁾があり、両者の値から酵素反応の特徴を知ることができる。酵素反応は、活性化物質や阻害剤⁽⁵⁾によって影響を受ける。

- (1) 下線部(1)について説明せよ。
- (2) 下線部(2)について、それぞれの関係を示す反応曲線の特徴を述べよ。
- (3) 下線部(3)について、その意味を述べよ。また、その求め方を説明せよ。
- (4) 下線部(4)について、その意味を述べよ。また、その求め方を説明せよ。
- (5) 下線部(5)について、活性化物質や阻害剤の存在により K_m と V_{max} がどのように変化するかを説明せよ。

16. (生態学)

次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

生物地球化学的循環とは、化学的要素が生物圏の中で環境から生物へ、そして環境へと独特の経路を経て循環することであり、一部の元素についての移動を特に栄養塩循環⁽¹⁾と呼ぶ。炭素循環では、(A)と(B)という2つの相反する過程が重要な役割を果たす。炭素循環において、大気圏、水圏、生物間の流れの主要な輸送手段として用いられる物質は(C)である。(A)は(C)を基質とする過程であり、(B)により(C)が生成される。窒素循環では、(D)と(E)がもっとも重要な過程である。(D)によって生成した(F)に加えて、雷雨時の放電によって生み出された(G)も窒素の循環プールに入る。リン循環は、陸地の無機リンが海洋に運ばれて堆積物の中にとりこまれる傾向があるため、堆積性循環⁽²⁾と呼ばれることがある。

- (1) 空欄(A)から(G)に適切な語句を入れよ。
- (2) 下線部(1)、栄養塩とは何か説明せよ。
- (3) (D)を担う生物の種類例として、該当する属の名前を6つ答えよ。
- (4) 下線部(2)、堆積したリンを再循環させる過程について説明せよ。