

2022年10月入学

2023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)

次の問いに答えよ。答えの導出過程も記述すること。

(1) $y = e^t$ とおくことにより、次の微分方程式の一般解を求めよ。

$$\frac{dy}{dx} = 2xy + y \log y \quad (y > 0)$$

(2) 次の連立微分方程式の一般解を求めよ。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2x - 5y + t^2 \\ \frac{dy}{dt} = x - 4y \end{cases}$$

2. (線形代数学)

3次の正方行列

$$A = \begin{bmatrix} 5 & 6 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix}$$

について、以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も記すこと。

- (1) 行列 A の固有値を求めよ。
- (2) (1) で求めた固有値に対する固有ベクトルを求めよ。
- (3) 行列 $P^{-1}AP$ が対角行列 D となるような変換行列 P を一つ求めよ。
- (4) (3) で求めた変換行列 P を用いて、対角行列 D を求めよ。

3. (フーリエ及びラプラス変換)

以下の問いに答えよ. ただし, 答えを導く過程も示すこと.

(1) 次の関数をフーリエ級数に展開せよ.

$$f(t) = \begin{cases} 0 & (0 \leq t < 1) \\ t-1 & (1 \leq t < 2) \end{cases}$$

(2) ラプラス変換を利用して、次の微分方程式の解を求めよ.

$$\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} + 5y = 10e^{2t}\sin t$$

(ただし, $y(0) = 1$, $\frac{dy}{dx}|_{x=0} = -2$)

4. 確率と統計

ふたつのサイコロを投げるとき、以下の問いに答えよ。答えを導く過程も示すこと。なお、サイコロは1から6までの目のある一般的なものとする。また、分数は既約分数で表し、対数に関してはもっとも簡単な形（例： $\log_2 15 = \log_2 3 + \log_2 5$ とする）に変形せよ。

- (1) 同じ目が出る事象を A とする。確率 $P(A)$ を求めよ。
- (2) どちらか少なくとも一方の目が1である事象を B とする。確率 $P(B)$ を求めよ。
- (3) 異なる目が出る事象を C としたとき、 $P(B \cap C)$ を求めよ。
- (4) $P(A|B)$ と $P(B|A)$ を求めよ。なお、ここで $P(X|Y)$ は Y という事象が起きたときに X という事象が起きた確率（条件付確率）である。
- (5) $P(C|B)$ と $P(B|C)$ を求めよ。
- (6) 何の情報もない時点でのふたつのサイコロの目に関する情報量（エントロピー）に対し、「同じ目が出た」という事実を知った状態が与える情報量を求めよ。

5. (力学)

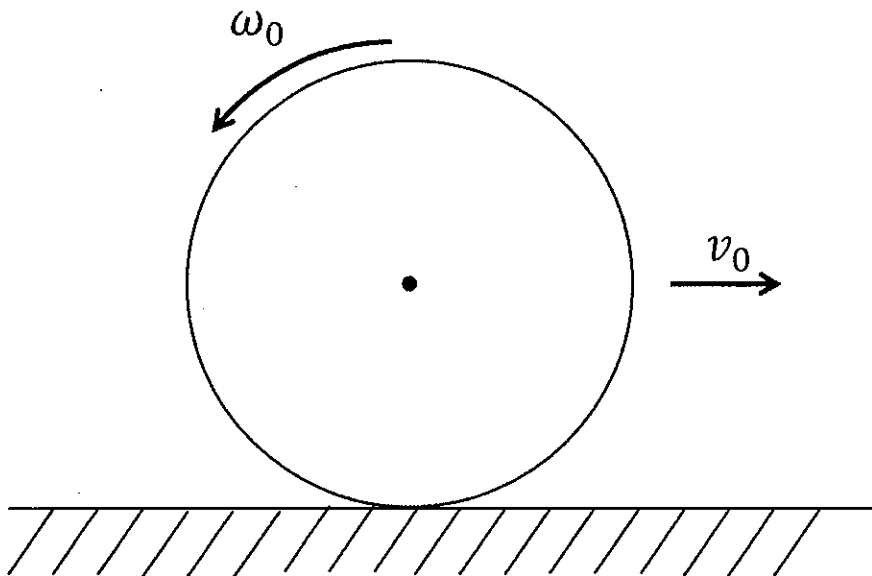
下図のように半径 R [m]、質量 M [kg]の一様な円板を粗い水平台上で運動させた。初期条件は円板中心の水平面に平行な速度は右方向に v_0 [m/s]、円板の角速度は反時計回りに ω_0 [rad/s]であり、円板は滑りながら動き出し、一直線上で運動したとする。重力加速度を g [m/s²]、動摩擦係数を μ [-]、 $R\omega_0 > 2v_0$ とし、以下の問いに答えよ。なお、すべての問いにおいて、答えの導出過程を明記すること。

(1) 円板中心の水平方向速度がゼロになる時間 t_1 [s]を M, v_0, g, μ のうち適切な記号を用いて示せ。

(2) 円板の慣性モーメントを $M, \omega_0, R, v_0, g, \mu$ のうち適切な記号を用いて表せ。

(3) 水平台と円柱の接触点と水平台の相対的な速度がゼロになる時間 t_2 [s]を $M, \omega_0, R, v_0, g, \mu$ のうち適切な記号を用いて示し、さらに $t_2 > t_1$ となることを示せ。

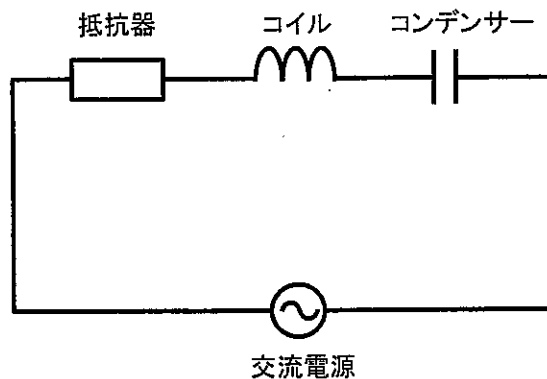
(4) $0 < t < t_1$ と $t_1 < t < t_2$ のそれぞれの時間帯における円板中心の進行方向及び円板の回転方向を答えよ。



6. (電磁気学)

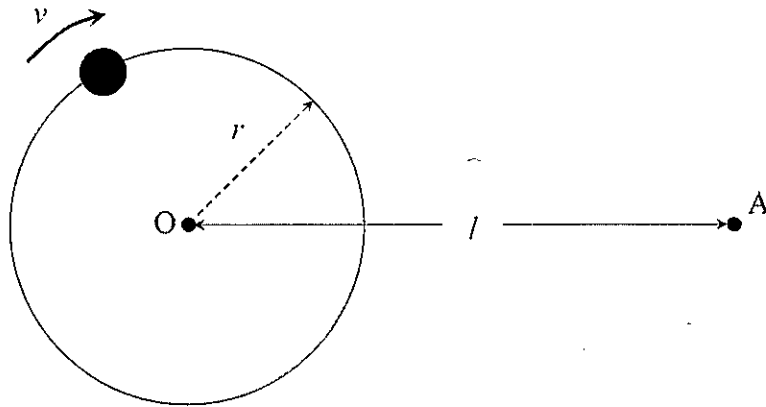
図のように、抵抗器、コイル、コンデンサー、交流電源を直列につないだ回路について考える。コイルのインダクタンスを L [H]、コンデンサーのキャパシタンスを C [F]、抵抗器の電気抵抗を R [Ω]、時刻を t [s] とする。また、交流電源の角周波数を ω [rad/s] とし、複素電圧を $\hat{V} = V e^{j\omega t}$ [V]、複素電流を $\hat{I} = I e^{j(\omega t + \phi)}$ [V] とする。 j は虚数単位を表し、 ϕ [rad] は電圧と電流の位相角を表す。以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も記すこと。

- (1) この回路の複素インピーダンス \hat{Z} を L , C , R , ω の中から適切な記号を用いて表せ。
- (2) この回路に流れる複素電流 \hat{I} を \hat{V} , L , C , R , ω の中から適切な記号を用いて表せ。
- (3) コイルのリアクタンスとコンデンサーのリアクタンスが等しいときの ω を ω_0 とし、このときの \hat{Z} を \hat{Z}_0 とするとき、 ω_0 および \hat{Z}_0 を L , C , R の中から適切な記号を用いて表せ。
- (4) $\omega = \omega_0$ のときに、抵抗器両端の複素電圧 \hat{V}_R 、コイル両端の複素電圧 \hat{V}_L 、およびコンデンサー両端の複素電圧 \hat{V}_C を \hat{V} , L , C , R , ω_0 の中から適切な記号を用いて表せ。
- (5) $\omega > \omega_0$ のときに、この回路を流れる電流の位相は電圧の位相に対して進むか、遅れるか、変わらないか、理由とともに答えよ。



7. (光学及び波動)

図のように点 O を中心とする半径 r [m] ($r > 0$) の円軌道上を、周波数 (振動数) f [Hz] の音を発生する音源が速さ v [m/s] で時計回りに等速円運動しており、点 O から距離 l [m] ($l > r$) の位置にある点 A において音源からの音を観測する。点 A は、円運動の軌道平面と同一平面内にある。ここで音速を c [m/s] ($c > v$) とし、風や温度変化による音速の変化や、音の減衰は無いものとする。また音源に指向性は無く、かつ音源の大きさは無視できるとする。



- (1) 点 A において音源から発生する音を観測したところ、音の周波数は、周期 T [s] で連続的に変化して聞こえた。周期 T を、 r , v , l , c のうち適切な記号を用いて表せ。
- (2) 点 A にて観測できる周波数のうち、最も高い周波数を f_H [Hz]、最も低い周波数を f_L [Hz] とする。 f_H と f_L を、 r , f , v , l , c のうち適切な記号を用いて表せ。
- (3) 点 A において、周期 T の時間の中に、音源と同じ周波数 f の音が 2 回聞こえた。周波数 f の音が聞こえる時間間隔を、 r , f , v , l , c のうち適切な記号を用いて表せ。ただし答えは 2 つあり、長い方の時間間隔を t_1 [s]、短い方の時間間隔を t_2 [s] とせよ。

8. 情報基礎

二分探索 (binary search) とは, ソート済み配列に対する探索アルゴリズムの一つである. 図1は二分探索のプログラムリストである. 構造体 table の key は昇順にソートされているものとし, 引数 key が構造体 table の key と一致する際の data の値を探索しているとする. key と data の例を図2に示す.

```
#include<stdio.h>
struct{
  int key;
  int data;
}table[100];
int n; /*table に登録されているデータの個数*/
int binary_search(int key){
  int low, high, middle;
  low=0;
  high=n-1;
  while(low<=high){
    (a)

    if(key == table[middle].key) return(table[middle].data);
    else if(key <table[middle].key) high=middle-1;
    else low=middle+1;
  }
  return (-1);
}
```

図1 二分探索のプログラム

位置	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
key	1	3	5	6	9	12	20	23	24	27
data	3	7	9	4	1	2	1	5	4	12

図2 key と data の例

- (1) 図1の(a)に当てはまるプログラム文を答えよ.
- (2) $n=8$ だった場合, (a)の処理は一番多くて何度行われるか答えよ.
- (3) 二分探索のプログラムの計算量 (オーダー) を理由とともに答えよ.
- (4) 安定なソートとは何か, 説明せよ.

9. (物理化学)

(1) 図1は、ある完全気体 1 mol の可逆的な熱サイクルである。点 A(T_1, V_A) から点 B(T_1, V_B) の変化は温度 T_1 の熱源から熱 $q_1 (>0)$ を吸収する等温膨張、点 B から点 C(T_2, V_C) の変化は断熱膨張、点 C から点 D(T_2, V_D) の変化は温度 T_2 の熱源へ熱 $q_2 (<0)$ を放出する等温圧縮、点 D から点 A の変化は断熱圧縮である。 $T_1 > T_2$ で、気体定数は R である。以下の問い(i)~(iii)に答えよ。

(i) このサイクルによって系が外界にする仕事を $R, T_1, T_2, V_A, V_B, V_C, V_D$ を用いて表せ。

(ii) 断熱可逆変化によって到達する温度 T_f が式: $T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\frac{R}{C_V}}$ (T_i : 変化する前の温度, $V_i \cdot V_f$: $T_i \cdot T_f$ のときの体積, C_V : 定容熱容量) から得られることを利用し、このサイクルでのエントロピーの変化がゼロになることを導け。

(iii) このサイクルが成り立つ熱機関の効率 η を T_1, T_2 を用いて表せ。

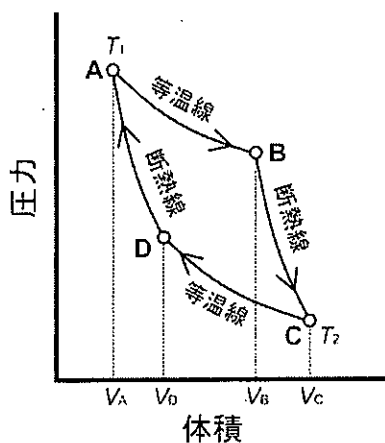


図1

(2) 温度 T における電池 $\text{Pt(s)} \mid \text{H}_2(\text{g}) \mid \text{KOH}(\text{aq}) \parallel \text{HCl}(\text{aq}) \mid \text{H}_2(\text{g}) \mid \text{Pt(s)}$ に関する以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。この電池の標準電池電位は E^\ominus 、気体定数は R 、ファラデー定数は F 、活量は a_x (x は各成分種) である。

(i) 負極(左側の極)および正極(右側の極)で起こる反応をそれぞれ答えよ。また、この電池全体の反応を答えよ。

(ii) この電池の起電力 E を表す式を E^\ominus, R, F, a_x を用いて示せ。

(iii) この電池反応における標準反応エンタルピー $\Delta_r H^\ominus$ および標準反応エントロピー $\Delta_r S^\ominus$ を、それぞれ E^\ominus, R, F, T を用いて示せ。

10. (有機化学)

(1) 図1の芳香族化合物に関する以下の問い(i)~(iv)に答えよ。

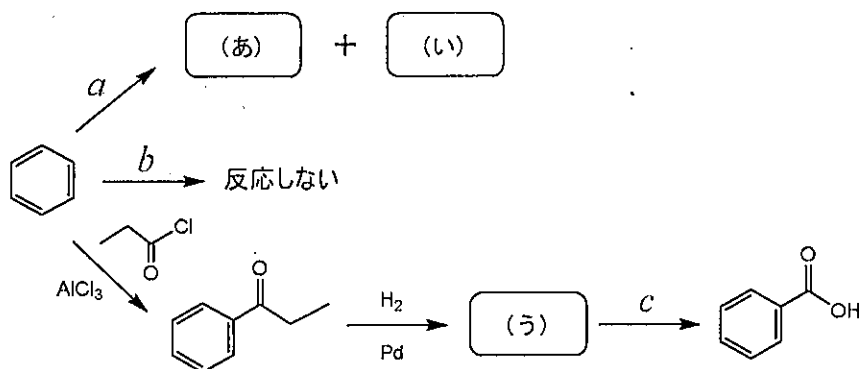
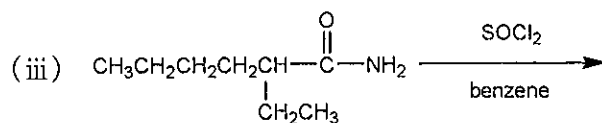
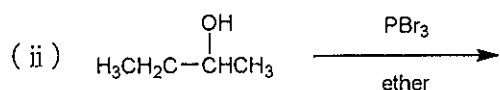
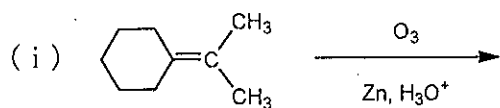


図1

- (i) 反応 *a* では、 AlCl_3 の存在下で 1-クロロブタンを加えて反応させた。反応後に、生成物のおおよそ 65 % の化合物(あ)と 35 % の化合物(い)が得られた。化合物(あ)・(い)の構造と名称(日本語でも可)をそれぞれ答えよ。
- (ii) 反応 *b* では、 AlCl_3 の存在下で塩化ビニルを加えた。しかし反応は進行しなかった。この理由を 80 字程度で説明せよ。
- (iii) 化合物(う)の構造と名称(日本語でも可)を答えよ。
- (iv) 反応 *c* を達成できる試薬を、以下の①~⑧から一つ選んで答えよ。

- ① NaOH , H_2O ② LiAlH_4 , THF ③ HCl , H_2O ④ KMnO_4 , H_2O
 ⑤ NaBH_4 , ethanol ⑥ BH_3 , THF ⑦ HCOOH ⑧ H_2 , Pt

(2) 次に示す(i)~(iii)の反応により得られる有機化合物の構造と名称(日本語でも可)をそれぞれ答えよ。生成物は一種類とは限らない。



11. (無機化学)

(1) 下記の用語の意味をそれぞれ 50~100 字で記述せよ.

- (i) ルイス酸とルイス塩基
- (ii) 錯体と配位子
- (iii) 格子エンタルピー

(2) ホウ素原子の基底状態の電子配置は $1s^2 2s^2 2p^1$ である. ホウ素原子からなる最も簡単な化合物は BX_3 である. その際, ホウ素原子価殻の 3 つの電子が同じ混成軌道に配置され, 3 つの X 原子とそれぞれ結合し, BX_3 を形成する.

(i) ホウ素の 3 つの混成軌道の形成過程を説明し, これらの混成軌道の概形を描け. また, BX_3 分子の形状を記述せよ.

(ii) 同じ周期にある Be と B の第一イオン化エネルギーはどちらが大きいかわ答えよ. また, その理由を下記のキーワードを用いて, 100~150 字で説明せよ.

s 軌道, p 軌道, 電子の存在確率, 遮蔽

12. (分析化学)

(1) 下記の用語の定義あるいは法則をそれぞれ 50~100 字で記述せよ.

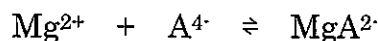
(i) 絶対誤差と相対誤差

(ii) 水溶液に存在するイオン種の活量と活量係数

(iii) 吸光分析法における Lambert - Beer 法則

(2) キレート剤エチレンジアミン四酢酸 (EDTA) を H_4A で表す. EDTA 中の 4 個のプロトンは段階的に解離する. したがって, EDTA の水溶液には A^{4-} , HA^{3-} , H_2A^{2-} , H_3A^{-} , H_4A の化学種が存在する. EDTA の解離平衡は溶液の pH の影響を受けて変化し, 各々の化学種の濃度も変化する. pH = 10 のとき A^{4-} として存在する EDTA の分率 α_4 ($= [A^{4-}] / C_{EDTA}$, C_{EDTA} : 錯形成をしていない EDTA のすべての化学種の全モル濃度, $[A^{4-}]$: A^{4-} のモル濃度) は 0.400 とする.

ここで, Mg^{2+} の EDTA キレート生成を考える. この反応は次式のようになる.



25°C における MgA^{2-} の生成定数は 4.00×10^{10} とする.

0.200 mol L⁻¹ EDTA 標準液を用いて, 0.200 mol L⁻¹ Mg^{2+} 溶液 100 mL を滴定する. 滴下量が (i) 0 mL, (ii) 50 mL, (iii) 100 mL になったとき, 溶液 (いずれも pH=10) 中の Mg^{2+} の濃度 [mol L⁻¹] をそれぞれ求めよ.

ただし, 混合後の溶液の温度は 25°C で一定であり, 溶液の全体積はそれぞれの溶液の体積の和となると仮定する.

13. (分子生物学)

次の文章を読んで、(1)～(3)の問いに答えよ。

ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) は、DNA のある特定の領域を増幅する技術である。PCR では、まず (a)二本鎖 DNA に熱を加えて (A) させ、一本鎖 DNA とする。次に、一本鎖 DNA に (B) が会合し、それを起点として (C) の DNA ポリメラーゼが (B) の (D) 末端のヒドロキシ基と、(E) の (F) 末端のリン酸基を結合する。この反応サイクルを繰り返すことで、最終的に特定の DNA 領域を増幅することができる。

現在、PCR 技術は様々な場面で応用され、広く普及している。たとえば、近年の新型コロナウイルスのパンデミックにおいて、(b)ウイルスの感染を調べる PCR 検査は身近な技術となった。コロナウイルスは (G) ゲノムを持つため、そのままでは PCR で増幅できない。そのため、PCR の前にあらかじめ (H) 反応を行う必要がある。その後、PCR によってウイルスゲノムの特定領域を増幅し、増幅の有無によってウイルスの存在を検出する。

(1) 空欄 (A)～(H)に入る最も適切な語句をそれぞれ答えよ。

(2) 下線部 (a) に関連して、二本鎖 DNA の構造について以下の語句をすべて用いて説明せよ。

[二重らせん, 3.4 nm, 水素結合]

(3) 下線部 (b) に関連して、以下のウイルスについて、それぞれの宿主および増殖の仕組みを説明せよ。

[T4 ファージ, 溶原ファージ, ヒト免疫不全ウイルス (HIV)]

14. (細胞生物学)

次の文章を読んで、(1)～(3)の問いに答えよ。

生物の^(a)細胞には、低分子から高分子に至るまで様々な化合物が存在している。その中には、不要になって細胞内で処理されたり、細胞外へ運搬されるものがある。たとえば、不要になったタンパク質は、(A)化を受けて(B)によって分解されたり、リソソームの分解酵素を利用した(C)によって分解される。

一方、大きな分子や粒子は細胞外に運搬されることがある。この仕組みとして、エキソサイトーシスが知られている。エキソサイトーシスでは、(D)と(E)の融合によって大きな分子や粒子が運搬される。エキソサイトーシスの例として、膵臓細胞における(F)や、ニューロンにおける(G)物質の輸送などが挙げられる。また、植物ではエキソサイトーシスによってタンパク質や特定の糖が原形質膜の外側に分泌されて、(H)が作られる。一方、^(b)エンドサイトーシスでは、(D)から(E)が形成されることで、大きな分子や粒子を取り込む。

(1) 空欄(A)～(H)に入る最も適切な語句をそれぞれ答えよ。

(2) 下線部(a)「細胞」の構造の一つに細胞骨格がある。これについて、以下の語句をすべて用いて説明せよ。

[チューブリン、微小管、モータータンパク質]

(3) 下線部(b)に関連して、以下の作用やメカニズムについて、それぞれ説明せよ。

[食作用、飲作用、受容体仲介エンドサイトーシス]

15. (生理・生化学)

次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

ヒトの体内におけるコレステロールの合成は、(A)から出発し、ヒドロキシメチルグルタリル CoA, (a)メバロン酸を経て、炭素数5の(B)単位をつくる。つづいて6個の(B)単位が縮合し、炭素数30の(C)が合成され、これが閉環することによって、ラノステロールが合成される。ラノステロールは、酸化や結合している(D)基の離脱など、多くの反応を経てコレステロールとなる。コレステロールの主な代謝産物は、肝臓でつくられる(E)であり、胆のうで濃縮される。コレステロールは生命に必須の成分であるが、(b)血液中のコレステロールの濃度が高い場合には、薬剤を服用することによって、高コレステロール血症の治療が行われる。

(1) 空欄(A)～(E)に入る最も適切な語句をそれぞれ答えよ。

(2) 下線部(a)の特徴を、炭素数と官能基の観点から答えよ。

(3) ヒドロキシメチルグルタリル CoA からメバロン酸を合成する酵素の名称を答えよ。

(4) 下線部(b)について、コレステロール濃度を低下させるスタチンと総称される薬剤の作用機序を答えよ。

16. (生態学)

次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

地球温暖化による気候変動は、海洋生態系に様々な影響を与える。例えば、海水温の上昇は、海洋生物種の生存や分布に影響を及ぼし、サンゴの白化現象を引き起こすことが知られている。サンゴの多くの種は、細胞内に(a)褐虫藻類が共生しており、その色素によってサンゴの多様な色彩を生み出している。しかし、海水温が上昇すると、(b)サンゴと褐虫藻類の共生関係が崩れて、サンゴが白色化し、それが続くとサンゴは死滅してしまう。また、温暖化の原因となっている大気中の二酸化炭素の増加は、(c)海水中に溶存する二酸化炭素濃度の増加を引き起こし、海水のpHを低下させることが知られている。これによって海洋の酸性化が進行し、(d)現在の表面海水の平均pHは、今世紀末までに0.4程度低下すると予想されている。海洋酸性化が進行すると、生物種のなかでも(e)サンゴや貝類などの生存や成長に悪影響が生じることが予想されている。

- (1) 下線部 (a) はどのような藻類か説明せよ。
- (2) 下線部 (b) について、どのような共生関係があるか答えよ。
- (3) 下線部 (c) について、どのような化学反応が関与しているか答えよ。
- (4) 下線部 (d) について、最も近い値を次から1つ選んで答えよ。
(pH 4, pH 6, pH 8, pH 10)
- (5) 下線部 (e) について、海洋酸性化によってサンゴや貝類が負の影響を比較的強く受けるのに対して、クラゲなどは相対的に影響が少ないとされる。サンゴや貝類の生態が、海洋酸性化の影響を受けやすい理由を記述せよ。