

平成27年10月入学

平成28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. 解答は問題ごとに別々の解答用紙に記入すること。
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)

(1) 次の微分方程式の一般解を求め、以下の (A) に入る式を答えよ。なお、解の導出過程も記述すること。

$$\frac{dy(x)}{dx} = \frac{1}{6e^{y(x)} - 4x}$$

$$x(y) = \boxed{\hspace{10em} \text{(A)} \hspace{10em}}$$

(2) 次の関数 $x(t)$ と $y(t)$ に関する連立微分方程式の一般解を求め、以下の (B), (C) に入る式を答えよ。なお、 ω_a と ω_b は定数である。また、解の導出過程も記述すること。

$$\begin{cases} \frac{d^2x(t)}{dt^2} = -\omega_a^2x(t) + \omega_b^2(y(t) - x(t)) \\ \frac{d^2y(t)}{dt^2} = -\omega_a^2y(t) - \omega_b^2(y(t) - x(t)) \end{cases}$$

$$x(t) = \boxed{\hspace{10em} \text{(B)} \hspace{10em}}$$

$$y(t) = \boxed{\hspace{10em} \text{(C)} \hspace{10em}}$$

2. (線形代数学)

3 次の正方行列

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

に対し, その固有値 λ が満たすべき固有方程式を

$$\lambda^3 + C_1 \lambda^2 + C_2 \lambda + C_3 = 0$$

と表す. このとき以下の値を, 行列 A の成分 a_{ij} ($1 \leq i \leq 3, 1 \leq j \leq 3$) のうち必要なものを用いて表せ.

- (1) 固有方程式の係数 C_1
- (2) 固有方程式の係数 C_2
- (3) 固有方程式の係数 C_3
- (4) 固有方程式の解を $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ とするとき, その積 $P = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3$
- (5) 固有方程式の解の和 $S = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$

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、答えを導く過程も記すこと。

(1) 次の周期4の周期関数 $f(x)$ をフーリエ級数に展開せよ。

$$f(x) = \begin{cases} 2 & (-2 \leq x < 0) \\ x & (0 \leq x < 2) \end{cases} \quad \text{ただし, } f(x) = f(x+4)$$

(2) ラプラス変換を利用して、次の連立微分方程式の解を求めよ。

$$\begin{cases} \frac{dy(t)}{dt} + y(t) + 2z(t) = e^{2t} \\ 2\frac{dy(t)}{dt} + \frac{dz(t)}{dt} - y(t) = 0 \end{cases} \quad (\text{ただし, } y(0) = 0, z(0) = 1)$$

4. (確率・統計学)

次の文章において、(ア) ~ (オ) の空欄に入る数値あるいは式を示せ。ただし、太枠の (イ), (オ) については、答えだけでなく答えに至る過程も示すこと。

- (1) タマネギ, ニンジン, ジャガイモが大量にある。それぞれの野菜について、1個あたりの重量は正規分布に従うものとし、その平均と標準偏差は、表1に示すとおりである。

いま、タマネギ1個, ニンジン1個, ジャガイモ2個をそれぞれ無作為に選び、1袋に詰め合わせて販売する。このとき、1袋あたりの野菜の総重量は、平均 g, 標準偏差 g の正規分布に従う。

表1. 野菜の重量

種類	平均 [g]	標準偏差 [g]
タマネギ	235	32
ニンジン	147	18
ジャガイモ	112	24

- (2) 原点を中心とし半径1の円の内部領域Cに、点をランダムに発生させる方法を考えてみよう。

まず、 $\{u_i\} = u_1, u_2, \dots$, $\{v_i\} = v_1, v_2, \dots$ ($0 \leq u_i < 1$, $0 \leq v_i < 1$) を、互いに独立な一様乱数列とする。

円内の点を極座標 (r, θ) ($0 \leq r < 1, 0 \leq \theta < 2\pi$) で表現し、 i 個目の点の座標を (r_i, θ_i) とする。このとき、 $\{u_i\}$, $\{v_i\}$ から乱数を1個ずつ取り出し、

$$r_i = u_i, \quad \theta_i = 2\pi v_i$$

として点を発生させると、分布が不均一となってしまう。なぜなら、原点を中心とし半径 a ($0 \leq a < 1$) の円の内部領域を C_a とすると、C に対する C_a の面積比が $f(a) = \text{$ であるのに対し、上記の方法で発生させた1点が領域 C_a に入る確率は $g(a) = \text{$ となる。そのため、中心付近の点の発生確率が円周付近よりも高くなってしまう。

単位面積あたり等確率で点を発生させるためには、領域 C_a に入る確率が面積比 $f(a)$ と一致するように、 (r_i, θ_i) を定める必要がある。

それには、

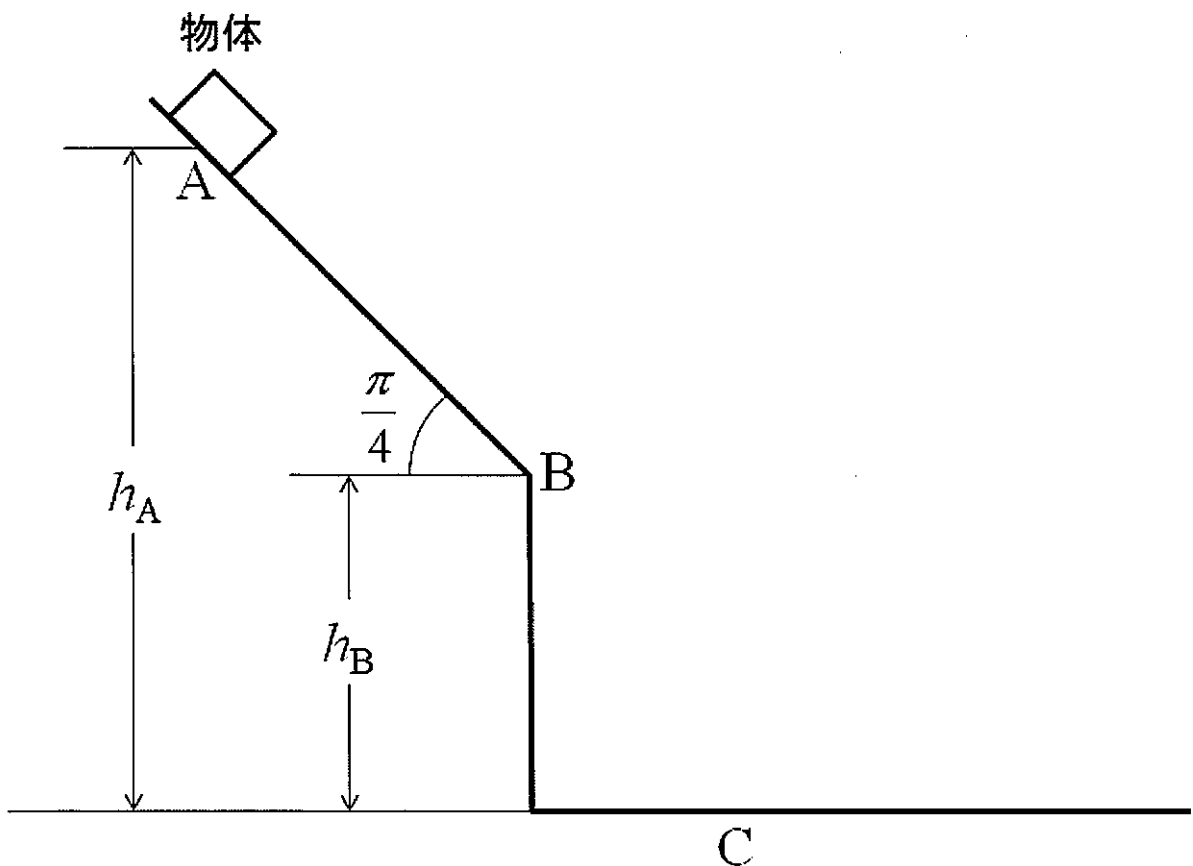
$$r_i = \text{, \quad \theta_i = 2\pi v_i$$

とすればよい。

5. (力学)

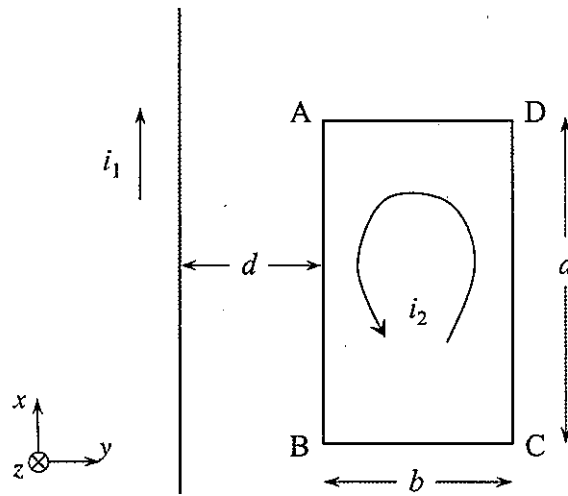
図に示すように、水平面と $\pi/4$ [rad]の角度をなす粗い斜面上の点 A に質量 m [kg] の小さな物体を置き、静かに手を離したところ、物体は斜面に沿って滑り出した。その後、物体は点 B で斜面を離れ、水平面上の点 C の位置に衝突した。衝突する瞬間の物体の速さは v_C [m/s] であり、物体の進行方向と水平面のなす角度は $\pi/3$ [rad] であった。物体と斜面の間の動摩擦係数を μ' 、物体が点 B から離れる瞬間の物体の速さを v_B [m/s]、重力加速度の大きさを g [m/s²]、点 A と点 B の水平面からの高さをそれぞれ h_A [m] および h_B [m] として、以下の問いに答えよ。答えを導く過程も示せ。ただし、 $h_A > 2h_B$ とする。

- (1) 斜面を滑る物体の加速度の大きさ a [m/s²] を、 g と μ' を用いて表せ。
- (2) 速さ v_C を、 g 、 v_B 、 h_B を用いて表せ。
- (3) 速さ v_B を、 g と h_B を用いて表せ。
- (4) 動摩擦係数 μ' を、 h_A と h_B を用いて表せ。



6. (電磁気学)

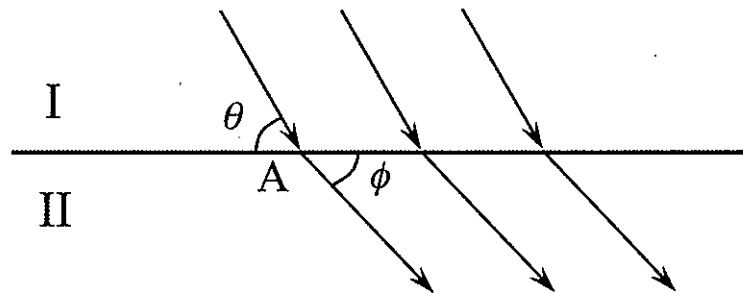
無限に長い導線と長方形コイル (ABCD) が図のように同一平面内に置かれており、導線には i_1 [A], コイルには i_2 [A] の直流電流が ABCDA の方向に流れている。ここでコイルの辺 AB は導線と平行であり、導線と辺 AB の距離を d [m] とする。コイル各辺の長さを $AB = CD = a$ [m], $BC = DA = b$ [m] とし、この空間の透磁率を μ [H/m] として、以下の問いに答えよ。ただし、答えには単位を明記すること。また方向については図中の xyz 座標系を用いて、例えば「 y 軸正方向」「 z 軸負方向」のように記載せよ。



- (1) 辺 AB 上の任意の点において、電流 i_1 [A] によって形成される磁界の磁束密度の大きさを求め、またその方向を示せ。
- (2) 辺 AB が電流 i_1 [A] から受ける力の大きさを求め、またその方向を示せ。
- (3) 残りの 3 辺が電流 i_1 [A] から受ける力を考慮し、長方形コイル全体が受ける力の大きさを求め、またその方向を示せ。答えを導出する過程も示すこと。

7. (光学及び波動)

図のように媒質 I から媒質 II へ入射する平面波があるとする。平面波の媒質 I での進行方向と境界面のなす角度が θ [rad] の時、媒質 II での進行方向と境界面のなす角度は ϕ [rad] ($\theta > \phi$) であった。媒質 I の屈折率を n_1 、平面波の媒質 I 中での波長を λ_1 [m]、振動数を f_1 [Hz] とするとき、以下の問いに答えよ。ただし答は、 θ 、 ϕ 、 n_1 、 λ_1 、 f_1 のうち必要なものを用いること。



- (1) 媒質 II の屈折率 n_2 を求めよ。
- (2) 媒質 II 中での平面波の波長 λ_2 [m] を求めよ。
- (3) 媒質 II 中での平面波の振動数 f_2 [Hz] を求めよ。
- (4) 媒質 II 中での平面波の速さ v_2 [m/s] を求めよ。
- (5) 平面波の媒質 I での進行方向と境界面のなす角度が θ_c [rad] の時に、境界面で全反射が起きたとする。この時の角度 θ_c を求めよ。

8. (情報基礎)

二つの集合 A, B は、それぞれ m 個, n 個 ($m \geq n$) の正の整数からなる。

ただし、同じ集合に同じ整数が複数個含まれている可能性もある。

集合 A の要素が配列 $a[0], a[1], \dots, a[m-1]$ に、集合 B の要素が配列 $b[0], b[1], \dots, b[n-1]$ に、それぞれ順不同で格納されているとき、B が A の部分集合であるか否かを判定するための手順 (アルゴリズムまたはプログラム) の一例を示せ。ただし、配列 a, b の内容は書き換えてはならない。

一例として、 $A = \{1, 3, 6, 6, 4, 3\}$ であるとき、

$B = \{6, 3, 6\}$ ならば、部分集合である；

$B = \{1, 1, 6\}$ ならば、部分集合ではない。

解答の書き方は、

手続き型プログラミング言語 (C, BASIC など)

手順を箇条書きやプログラム風に記述したもの

フローチャート

などの中から自由に選んでよい。

必要に応じてコメントや考え方の説明を付加することを勧める。

なお、本問では手順が正しいかどうかを採点するため、手順を説明する上で支障がない限り、プログラム中の変数宣言などは省略してもよい。また、些細な文法ミスなどは減点しない。

9. (物理化学)

以下の(1), (2)の問いに答えよ。ただし、全ての気体は理想気体として振る舞うものとする。

(1) 容器を仕切り板で分けた二室に、気体 A と気体 B が同じ温度 T と圧力 p で入っている。A と B の物質量は、それぞれ n_A と n_B である。温度一定のまま、仕切り板を静かに取り除いた。A と B はお互いに反応せず、分解もしない。仕切り板を取り除いたあとの A と B の分圧はそれぞれ p_A と p_B である。以下の問いに答えよ。

- (i) A と B は、どのような組成でも自発的に混合する。混合のギブズエネルギー $\Delta_{\text{mix}}G$ が負 ($\Delta_{\text{mix}}G < 0$) になることを証明せよ。
- (ii) 混合のエントルピー $\Delta_{\text{mix}}H$ がゼロになることを証明せよ。
- (iii) $n_A=3.0 \text{ mol}$, $n_B=1.0 \text{ mol}$ のとき、298 K における $\Delta_{\text{mix}}G$ を有効数字 2 桁で求めよ。 $\ln 2=0.7$, $\ln 3=1.1$, $\ln 5=1.6$, 気体定数 R は $8.3 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$ とする。

(2) 四塩化炭素にクロロホルムを混ぜた理想溶液について、以下の問いに答えよ。ただし、298 K における純粋な四塩化炭素およびクロロホルムの蒸気圧は、それぞれ $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ および $2.7 \times 10^4 \text{ Pa}$ である。なお、それぞれの物質はラウールの法則に従うものとする。

- (i) クロロホルムのモル分率が 0.30 の理想溶液を 298 K に保ち、蒸気と平衡状態にした。このときのクロロホルムの分圧、四塩化炭素の分圧、全蒸気圧を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。
- (ii) (i) の理想溶液と平衡にある蒸気中のクロロホルムのモル分率を、小数点以下 3 位を四捨五入し、小数点以下 2 位まで求めよ。

10. (有機化学)

(1) 図1の化学反応に関する以下の(i)～(iv)の問いに答えよ。

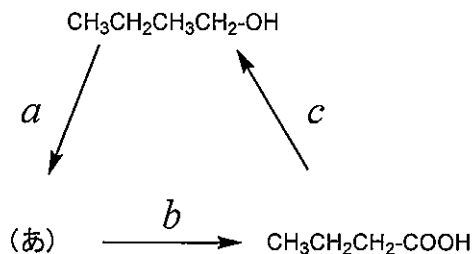



図1

(i) 第一級アルコールの酸化によって得られる化合物(あ)を構造が分かるように書け。

(ii) a, b, c の各反応を達成することができる試薬を、それぞれ下の選択肢の中から選んで答えよ。答えは一つとは限らない。

[選択肢] ① $\text{NaBH}_4, \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

⑤ $\text{HCl}, \text{H}_2\text{O}$

②  $\text{N}^+\text{HCrO}_3\text{Cl}, \text{CH}_2\text{Cl}_2$

⑥ $\text{CrO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O}$

③ BH_3, THF

⑦ $\text{CH}_3\text{MgBr}, \text{THF}$

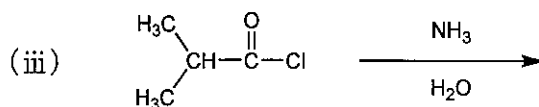
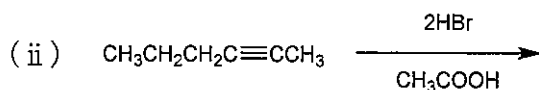
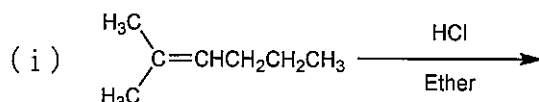
④ $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O}$

⑧ $\text{LiAlH}_4, \text{THF}$

(iii) 図1の第一級アルコールを、炭素数が同じ鎖状の第二級アルコールに置換したとき、 a と同じ反応によって生成する化合物を構造が分かるように書け。また、その生成物のIUPAC名を答えよ。

(iv) *tert*-ブチルアルコールのような第三級アルコールは、メタノールやエタノールのような第一級アルコールよりもわずかに酸性が弱い。その主な理由を60字以内で答えよ。

(2) 次に示す各反応の主な生成物を構造が分かるように書け。また、生成物のIUPAC名を答えよ。



1 1. (無機化学)

次の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) 次の金属錯体には幾何異性体がある。区別できるようにそれぞれの異性体の立体構造を書き、また異性体の名前(慣用名でよい)を書け。中心金属の電荷も答えよ(例えば, +1 価)。



(2) 次の表は二原子分子(水素化物)の平衡核間距離(単位は 10^{-10} m)である。以下の問いに答えよ。

LiH 1.5949	BeH 1.3426	BH 1.2324	CH 1.1181	NH 1.0376	OH 0.9696	HF 0.9169
NaH 1.8865	MgH 1.7297	AlH 1.6478	SiH 1.5201	PH 1.4214	SH 1.3404	HCl 1.2746
KH 2.242	CaH 2.002					HBr 1.4145
RbH 2.367	SrH 2.1456					HI 1.6090

(i) 同じ周期では右にいくほど短い。その理由を電子の存在確率に基づいて、50文字程度で説明せよ。

(ii) 同じ族では下にいくほど長い。その理由を電子の存在確率に基づいて、50文字程度で説明せよ。

(3) 水はフッ化水素よりも融点が高い。その理由を分子論的に50文字程度で説明せよ。

12. (分析化学)

次の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) CH_3COOH の pK_a を 4.76 (25°C) とする。 $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ の CH_3COOH と $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ の CH_3COONa を含む水溶液の pH を求めよ。また、計算の過程も書け。

(2) 次の原理を用いる機器分析を答えよ。(i)～(iii)については、通常用いられるアルファベットの省略形も答えよ。

(i) 電子を加速して、試料に衝突させて、透過した電子によって原子レベルの像を観測する。

(ii) スピン磁気量子数の違いによるエネルギー分裂を利用して、マイクロ波の吸収を調べる。とくに、ラジカルに関する情報を得る。

(iii) X線を照射して、試料から放出される電子の運動エネルギーから元素の種類を調べる。

(iv) 可視光線や紫外線を照射して分子による散乱を調べ、分子振動の情報を得る。

(3) $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (分子量: 146.11) のサンプルの熱分析を行った時、下記のデータが得られた。サンプルの初期の質量は 24.60 mg であった。そのサンプルに対して $5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ の昇温速度で室温から $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ まで加熱を行った。

ステップ(1) 温度が $100\text{--}250 \text{ }^\circ\text{C}$ において質量の減少が 3.03 mg

ステップ(2) 温度が $400\text{--}500 \text{ }^\circ\text{C}$ において質量の減少が 4.72 mg

ステップ(3) 温度が $700\text{--}850 \text{ }^\circ\text{C}$ において質量の減少が 7.41 mg

各ステップにおける蒸発した生成物と残った固体粉末について述べよ。答だけではなく導出過程も記すこと。

1 3. (分子生物学)

(1) 次の文章を読み、下記の各設問に答えよ。

真核生物の染色体に含まれる DNA が遺伝子として機能するためには、DNA 自体の複製に加えて、転写と翻訳を経たタンパク質の生産が必要である。転写により DNA を鋳型にして合成された直後の RNA (pre-mRNA) は、そのままでは機能せず、種々のプロセッシング反応を経た後にタンパク質の翻訳に使われる。1 本の pre-RNA 鎖上で起こるプロセッシング反応には、種々の様式があることが知られている。

- (i) pre-mRNA の合成が終了した後、5' 末端ではキャップ構造が形成される。このキャップ構造とは具体的にどのようなものか、またそれにはどのような役割があると考えられているか説明せよ。
- (ii) 5' 末端でのキャップ構造形成に加え、多くの pre-mRNA では 3' 末端でも特徴的な構造変化が起こる。3' 末端ではどのような変化が起こるのか、またそれにはどのような役割があると考えられているか説明せよ。
- (iii) タンパク質をコードする pre-mRNA には、多くの場合イントロンとエキソンが含まれる。翻訳に用いるための成熟した mRNA を作るためには、イントロンを取り除く工程が必要である。この工程は何と呼ばれているか答えよ。
- (iv) pre-mRNA からイントロンを取り除く工程が行われる細胞内の場所 (細胞小器官) の名称を答えよ。
- (v) 多くの遺伝子では、イントロンとエキソンの境界部分に特定の塩基配列が見られる。この塩基配列には、どのような特徴が見られるか答えよ。
- (vi) ある種の遺伝子から作られる pre-mRNA では、特定のプロセッシングによって 1 種類の pre-mRNA から多種類の成熟した mRNA が生産される。このような多様な mRNA を生み出すプロセッシングにはどのようなものがあるか、一例を挙げて、その分子機構を簡素に説明せよ。

(2) 次の (i) ~ (iii) の用語について、それぞれ 80 字程度で説明せよ。

- (i) テロメア
- (ii) シャイン・ダルガノー (SD) 配列
- (iii) 制限酵素

1 4. (細胞生物学)

(1) 次の文章を読み、各設問に答えよ。

真核細胞には繊維状構造を持つ細胞骨格が存在し、細胞形態の維持や細胞の運動、細胞内の物質輸送などに重要な働きを担っている。真核生物の主な細胞骨格を構成するタンパク質として、(a) アクチンや(b) 微小管、(c) ミオシンなどが挙げられる。これらの細胞骨格の分子内および分子間での結合と解離には、ヌクレオチドが重要な働きを担っている。

- (i) 下線部 (a) に関して、アクチンは球状のタンパク質であり、重合してアクチン繊維を形成する。この球状のアクチンを特に何と呼ぶか答えよ。
- (ii) 下線部 (a) に関して、アクチンの重合には、特定のヌクレオチドが関与している。このヌクレオチドの名称を1つ答えよ。
- (iii) 下線部 (b) に関して、微小管は細胞分裂の際にも重要な働きをする。細胞内に存在し、細胞分裂時に染色体の分配に重要な働きをする微小管から構成される構造体の名称を1つ答えよ。
- (iv) 下線部 (b) に関して、微小管は2つの異なるタンパク質が作る2量体を最小単位とし、これらが連結した筒状の重合体である。微小管を構成する2種類のタンパク質の連結に働くヌクレオチドの名称を1つ答えよ。
- (v) 下線部 (c) に関して、ミオシンはアクチン繊維と相互作用をして運動するモータータンパク質である。ヒトの筋肉細胞では、アクチン繊維とミオシン(タイプII型)が連続的に結合と解離を行っており、これが筋収縮の原動力になっている。アクチン繊維とミオシンが結合と解離を繰り返す分子機構について200字程度で説明せよ。

(2) 次の (i) ~ (iii) の用語について、それぞれ80字程度で説明せよ。

- (i) 対向輸送 (アンチポート)
- (ii) 酸化的リン酸化
- (iii) リソソーム

15. (生理・生化学)

(1) 次の文章を読んで、(i) ~ (iii) の問いに答えよ。

解糖^(a)はグルコース1分子から、正味 (A) 分子のピルビン酸と (B) 分子の (C) を産生する一連の反応経路である。ピルビン酸は、さまざまな微生物の細胞内で嫌氣的発酵によって (D) や (E) に代謝される。酵母や微生物における (D) の生成は、ピルビン酸が脱炭酸し、一旦生成した (F) が NADH で還元されることによって起こる。(E) は、微生物だけでなく高等生物の細胞でも、例えば激しい運動中の筋肉のように、酸素の量が制限されている場合にも生成される。(D) ならびに (E) の生成反応には、酵素^(b)のはたらきが必要である。

- (i) (A), (B) に当てはまる数字を、(C) ~ (F) に当てはまる最もふさわしい用語を答えよ。
- (ii) 下線部 (a) について、グルコース以外にはガラクトースが重要な糖として挙げられる。ガラクトースが、最終的に何に変換されて解糖系に流入するのか答えよ。
- (iii) 下線部 (b) について、ピルビン酸から (E) を生成する反応に関与する酵素の名称を答えよ。

(2) 次の (i) ~ (iii) の生化学・酵素学に関する用語について、それぞれ100字程度で説明せよ。

- (i) キナーゼ (kinase)
- (ii) 糖新生
- (iii) コリ回路

16. (生態学)

次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

湖沼などの閉鎖性水域，ならびに東京湾などに代表される人口密集地域の沿岸では，水質の富栄養化がみられる．富栄養化の原因は，主として人間活動に伴って発生する排水に含まれる栄養塩類①にある．栄養塩類の増加した海水表層では，成長の速い渦鞭毛藻類②のような（ A ）の大量増殖を引き起こすことがある．これによって，海の表面が赤色に濁って見える状態を（ B ）とよぶ．また，内湾などの閉鎖性水域で（ B ）が発生し，大量の（ A ）が死ぬと，底層に沈降する．やがて底層で形成された貧酸素水塊③は，気象条件によって海表面まで上昇することもある．この貧酸素水塊には（ C ）が含まれているため，大気中の酸素と反応して青緑色を帯びることから（ D ）とよばれる．

- (1) (A), (B), (C), (D) それぞれに適切な語句を入れて文章を完成せよ．
- (2) 下線部①について，富栄養化の発生において重要な元素として窒素が挙げられる．畑地土壌の窒素は，主に硝酸態で地下へ浸透して溶脱するのに対し，アンモニア態窒素の溶脱はほとんど起こらない理由を答えよ．
- (3) 下線部①について，栄養塩類である窒素の負荷量を低減する目的で，農地と河川の間には河川林（河川緩衝帯）を設けて，硝酸態窒素を除去する方法が採用されている．河川林の設置によって，地下水中の硝酸態窒素が除去される仕組みを2つ答えよ．
- (4) 下線部②が関係してできる珪藻土とは何か，その成り立ちと主成分について答えよ．
- (5) 下線部③について，どのようにして貧酸素水塊が形成されるのか答えよ．