

2022 年度  
大学院理工学研究科【生命/環境専攻】博士前期課程  
一般選抜試験(第 I 期)問題

## 専 門

開始時刻 午後 12 時 30 分

終了時刻 午後 14 時 30 分

### 【注意事項】

1. 答案用紙には受験番号、氏名を必ず記入してください。
2. 出願時に申請した 3 科目を選択し、解答してください。各科目のページは以下の通りです。4 問題以上を解答した場合は、全て無効になります。

分子生物学	: p1～p4	微生物学	: p5～p6
有機化学	: p7～p8	物理化学	: p9 (1 ページのみ)
分析化学※	: p10～p11	微積分学	: p12～p13
細胞生物学	: p14～p18	生化学	: p19～p20
生態学	: p21 (1 ページのみ)		

※分析化学は関数電卓が必要

3. 答案用紙は選択する科目ごとに異なるものを使用し、受験番号、氏名を記入してください。
4. 配布された答案用紙・計算用紙は試験が終了したら、必ずすべて提出してください。(問題用紙は提出しなくてよい)
5. 電卓・定規の必要な方は申し出てください。

### 問 1

真核細胞の染色体は、タンパク質と DNA から構成される。この DNA に書き込まれた遺伝情報が mRNA に転写され、生体を構成するタンパク質へと翻訳される。本過程について、以下の問いに答えなさい。

(1)

ヒストンのメチル化は何を引き起こすか。メチル化の位置を含めて説明しなさい。

(2)

DNA のメチル化は何を引き起こすか。メカニズムも含めて説明しなさい。

(3)

タンパク質をコードしている DNA から、それを鋳型として、組織や時期特異的に、mRNA 前駆体が転写される。どの RNA ポリメラーゼが DNA のどの部分に結合してどのようにして組織や時期特異的な転写を行うのか、転写開始に必要な因子も含めて説明しなさい。

(4)

mRNA 前駆体は、転写後、どのような過程を経て、どのようにして、核外に出ていくのか説明しなさい。

### 問 2

以下の項目について、その内容を説明しなさい。

(1) ChIP-Seq

(2) 次世代シーケンサー

(3) X 染色体の不活性化

(4) マイクロ RNA

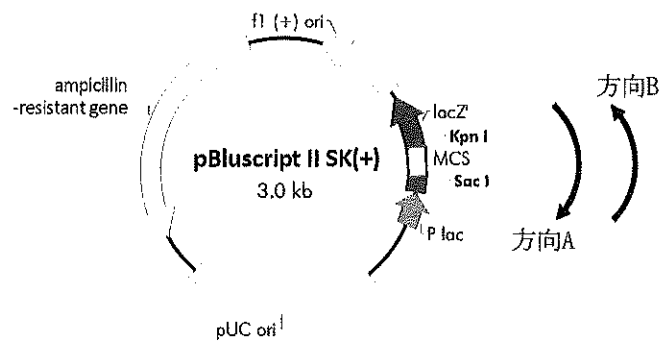
**問 3**

遺伝子クローニングの実験方法に関する次の文章を読んで、問(1)から(5)に答えなさい。

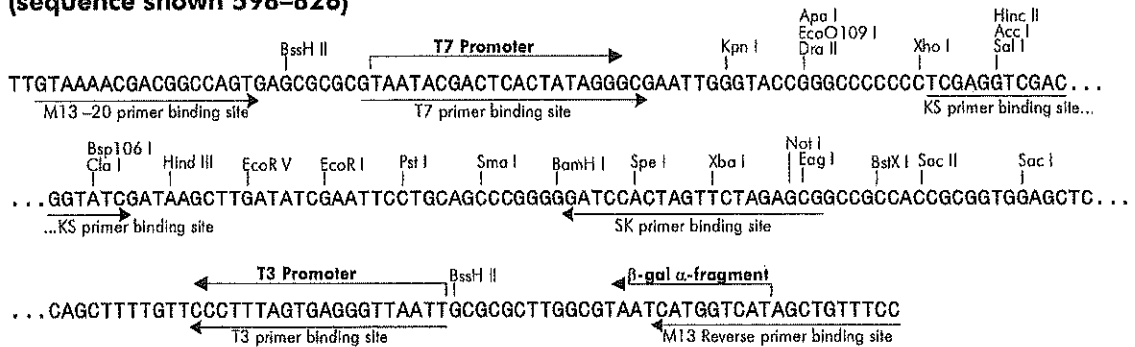
図 1 に示す遺伝子サブクローニング用のプラスミドベクター・ pBluescript II SK (+) (以下 pBS ベクター) に、ヒト glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (以下 *GAPDH*) 遺伝子の DNA 断片をクローニングする実験を計画している。

本実験は *GAPDH* のタンパク質を発現させる目的のために、サブクローニングを行うことを目的としている。

図 1 : pBluescript II SK(+) Plasmid Vectors (Agilent, INSTRUCTION MANUAL)



**pBluescript II SK (+) Multiple Cloning Site Region (sequence shown 598–826)**



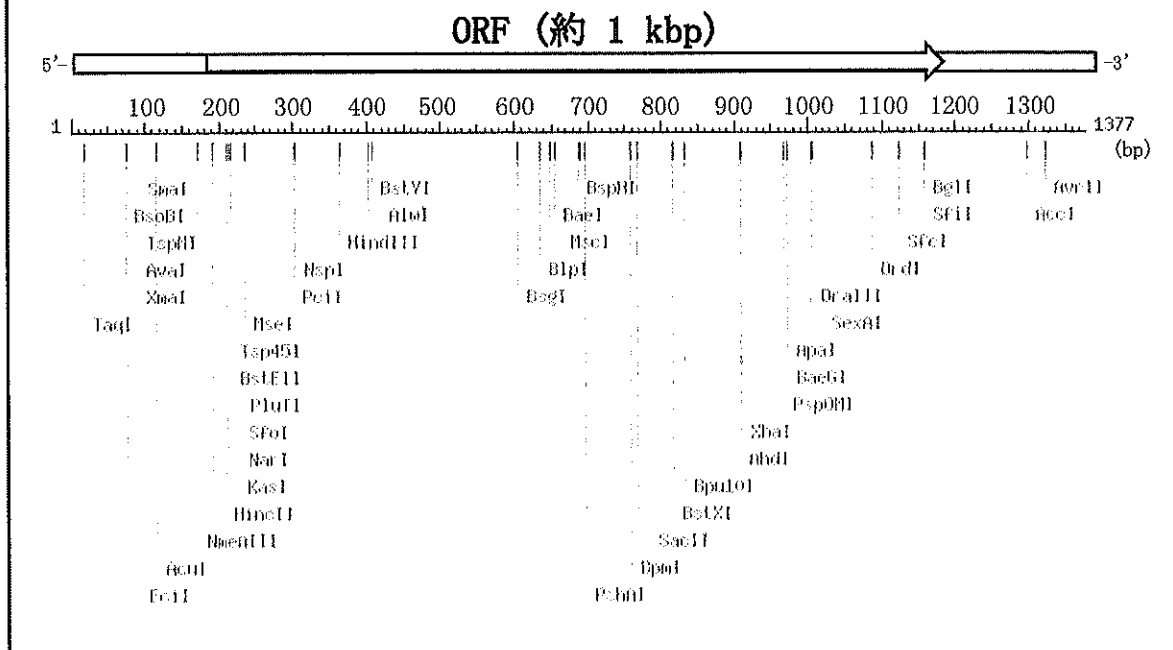
pBS ベクターのマップと、マルチクローニングサイト (MCS: multi-cloning site) の周辺配列ならびに制限酵素の認識配列の位置である。

遺伝子クローニングの方法は、以下の通りである。配列校正の活性がある High Fidelity DNA Taq ポリメラーゼを使用した PCR で増幅された *GAPDH* 遺伝子の DNA 断片(図 2)を、pBS ベクターの MCS 部位にある(1)制限酵素 *EcoRV* の認識部位(平滑末端)にライゲーションして挿入し、プラスミドベクターを構築した。これを用いて大腸菌 DH5  $\alpha$  株のコンピテント細胞に形質転換を行い、大腸菌の増殖に必要な栄養素と X-gal とイソプロピル  $\beta$ -D-1-チオガラクトピラノシド (IPTG) を含有する寒天培地で組換え体の大腸菌を増殖させた。この寒天培地上には青色と白色のコロニーが観察されたが、そこから(2)白色のコロニーをピックアップして目的のプラスミドを持つ組換え体大腸菌を得て、さらにそこから(3)組換えプラスミド DNA を取得することに成功した。

図 2 : クローニングするヒト *GAPDH* 遺伝子の cDNA 断片

図中の矢印は *GAPDH* 遺伝子の ORF (open reading frame)、つまり機能を有する形で転写される (タンパク質に翻訳される) 方向を示している。数字は 5'-末端からの塩基数を示しており、各制限酵素が認識する核酸配列の位置が示されている。

ヒト *GAPDH* isoform 1 (NM 001289745.3)



(1)

本実験で用いる pBS ベクターで形質転換する際には、大腸菌を抗生物質であるアンピシリンを含む培地で増殖させるが、それは何故か？

(2)

ヒト *GAPDH* 遺伝子のゲノム構造は 10 個のエキソン (exon) で構成されており、ORF 領域は複数のエキソンにコードされている。図 2 の DNA 断片を PCR で取得するために、この *GAPDH* 遺伝子の mRNA (isoform 1) が発現している細胞から調製された cDNA を鋳型として PCR 反応に用いることにした。

この cDNA とは何か、どのように合成するかを説明しなさい。

(3)

下線部(イ)について、目的の DNA 断片をベクターDNA に挿入するために (目的 DNA とベクターDNA を結合させるために) 必要な酵素は何か? 必要な酵素とその活性について説明しなさい。

(4)

ベクターのマルチクローニングサイト(MCS)領域は、大腸菌のラクトースオペロンの 1 つである *LacZ* と呼ばれる遺伝子の翻訳領域の内部にある。これによって、下線部(ロ)にあるような、効率良く組換え体を選択することが出来る仕組みになっている。この仕組みについて説明しなさい。

(5)

下線部(ハ)では、複数のコロニーから培養した大腸菌より、それぞれプラスミド DNA を抽出した。

この時、*GAPDH* 遺伝子が pBS ベクターに挿入されている向き (方向性) を確かめるために、制限酵素である Hind III で DNA を完全消化した。この酵素消化後の DNA をアガロースゲル電気泳動にて確かめたところ、

(i) 約 370 bp と約 4 kbp の 2 つのバンド、

および、

(ii) 約 1 kbp と約 3.3 kbp の 2 つのバンド、

の 2 パターンが見られた。

この結果から、ベクターに対して *GAPDH* 遺伝子の向き (図 2 で示す ORF の矢印の方向) が図 1 の右側に示すように「方向 A」あるいは「方向 B」になっているかを判断したい。どのように判断するかを説明しなさい。必要に応じて、図示して説明しても良い。

また、Hind III 以外に挿入配列の方向性を決定することのできる制限酵素があれば、それらの酵素名を挙げなさい。

他には制限酵素が無いと判断する場合は、「他は無し」と記述すること。

問1：次の文章を読んで以下の（1）～（3）に答えなさい。

酵母菌は、(a)真核生物ドメインに属する単細胞微生物であり、5界説に基づく生物の分類では（ア）界に属する。嫌気的条件下ではアルコール発酵により増殖するが、(b)好気的条件下ではアルコールを生成せずに細胞の増殖が促進される。この現象を（イ）効果という。

（1）3ドメイン説に基づく生物の分類における、下線部(a)以外の2つのドメインの名称を答えなさい。

（2）文章中の空欄（ア）にあてはまる語句を答えなさい。

（3）下線部(b)に関し、なぜ好気的条件下では嫌気的条件下と比較して細胞の増殖が促進されるのか、両条件下におけるエネルギー獲得のための代謝経路を具体的に述べ、比較する事により説明しなさい。

（4）文章中の空欄（イ）にあてはまる語句を答えなさい。

問2：自然界からシアノバクテリアを単離したい。以下の（1）と（2）に答えなさい。

（1）シアノバクテリアとはどのような微生物か。生息場所、生育のための炭素源とエネルギー源、その他知っていることを述べなさい。

（2）分離培養から純粋培養に至る実験方法を、培地、培養器具、培養条件などについて具体的に説明しなさい。

問3：次のエンベロープウイルスに関する文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

エンベロープウイルスは、(a)カプシドの外側に宿主細胞に由来する脂質二重膜を持っている。このようなウイルスは、宿主細胞内で組み立てられ、出芽する時にエンベロープを被覆する。エンベロープからは、(b)スパイクと呼ばれる糖タンパク質が突出している。スパイクはウイルスの種類によって異なり、感染において重要な役割を担っている。また、(c)エンベロープは、様々な環境条件に対するウイルスの抵抗性に影響を与え、その知見はウイルス感染症対策にも生かされている。

- (1) 下線部(a)について、カプシドの形にはどのような種類があるかを述べなさい
- (2) 下線部(b)について、ウイルス感染におけるスパイクの機能を述べなさい。
- (3) エンベロープは、ウイルスのどの感染過程において、どのような働きをするか、具体的に説明しなさい。
- (4) 下線部(c)について、エンベロープは、ウイルスの抵抗性にどのような影響を与えるか、その理由も含め説明しなさい。

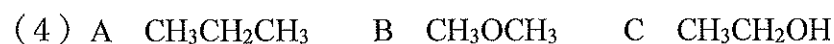
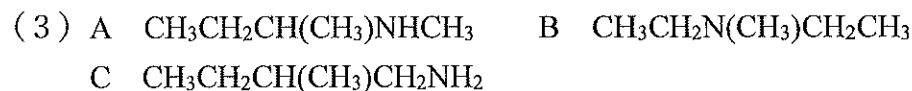
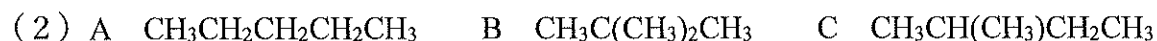
**問4**：ファージのプラークアッセイは、溶液中の感染性ファージの数を知るための方法であるが、ビルレントファージ(溶菌ファージ)である T4 ファージを例に、その実施方法と原理を説明しなさい。

問1：次の(1)、(2)の組み合わせの化合物A、Bのうち、より強い酸はそれぞれどちらか。記号で答えなさい。そしてその理由を、「電子求引効果」の語句を使用して説明しなさい。



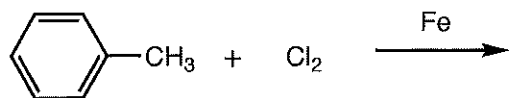
問2：次の(1)～(4)の化合物A～Cを、沸点の高いものから順に記号と不等号(>)を用いて答えなさい。そして、下の語句の中から適当なものを一つ以上用いて、それぞれ理由を説明しなさい。

van der Waals力・双極子-双極子相互作用・結合双極子モーメント・水素結合・分子運動

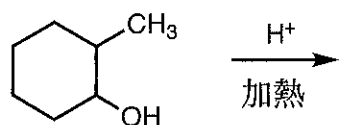


問3：次の(1)～(3)の各反応の主生成物の構造を答えなさい。

(1)



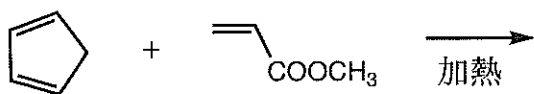
(2)



(次ページに続く)

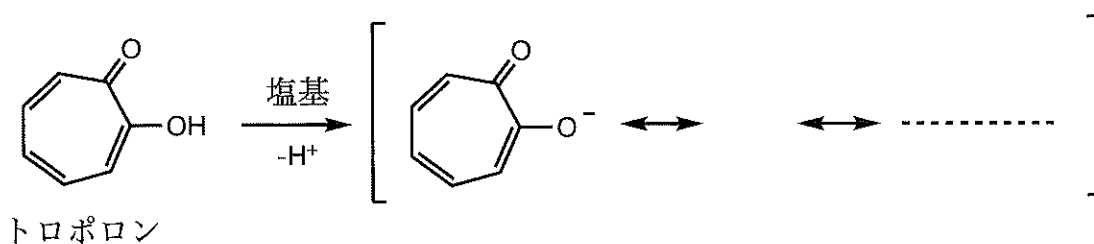


(3)

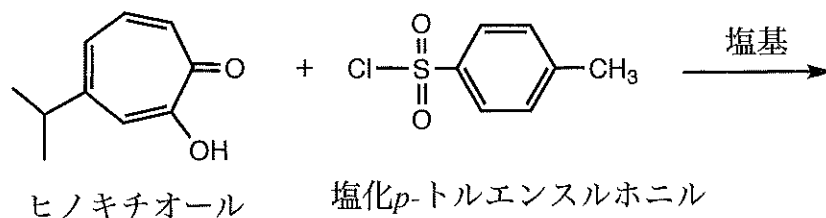


問4：次の各問い(1)～(3)に答えなさい。

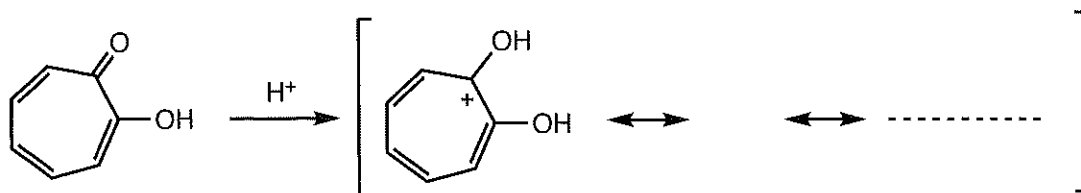
(1) トロポロンは塩基性下では解離して次のような陰イオンになる。この陰イオンの共役系での電子の非局在化の様子を、考えられる限界構造式をすべて用いて表しなさい。



(2) ヒノキチオールはヒノキの精油の一成分であり、自然界で見つかった最初の七員環をもつ化合物である。ヒノキチオールが塩基性下で塩化 *p*-トルエンスルホンと反応したときの生成物を答えなさい。複数考えられるときには全て答えること。



(3) トロポロンに酸を作用させると下のような陽イオンになる。この陽イオンの共役系での電子の非局在化の様子を、考えられる限界構造式をすべて用いて表しなさい。これに基づいて、トロポロンの塩基性の強さを、簡単な脂肪族アルコールやフェノールと比較して論じなさい。



問 1

(1) 90.0°Cの水 500 g を断熱容器内で一定の圧力のもと、10.0°Cの水 1.00kg に注入した。混合後の水は何°Cになるか、また、エントロピー変化を計算せよ。

ただし、水の定圧モル熱容量を  $75.5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。

(2) 気相反応  $A + 2B \rightleftharpoons 3C + 2D$  がある。最初、2.00 mol の A、1.00 mol の B、1.00 mol の D の 3 つの気体を 25°C で混合して平衡にした。混合後の全圧は 0.101 MPa で C を 0.600 mol 含んでいた。気体は理想気体としてあつかうものとする。

混合して平衡に達した後の各物質種のマール分率を求めよ。また、この反応の平衡定数および標準反応モルギブズエネルギーを求めよ。

問 2

ある分子 S は以下に示す反応式にしたがって分子 P に変化する。



$k$  は速度定数である。この反応は 1 次反応であった。

これについて以下の問に答えなさい。

(1) 300 K における速度定数は  $3.00 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  であった。このときの S の半減期を求めなさい。

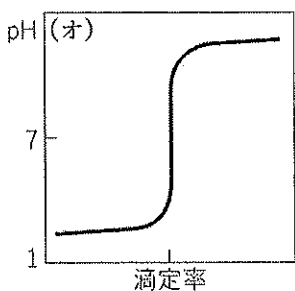
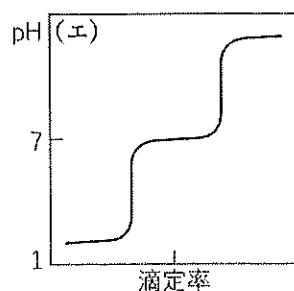
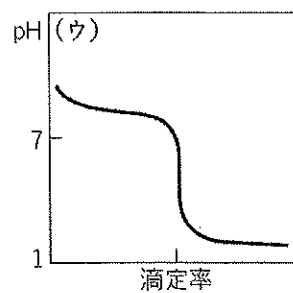
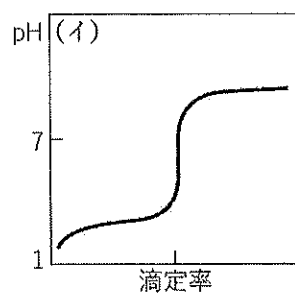
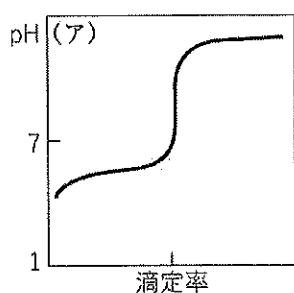
(2) 300 K における速度定数は  $3.00 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  であった。この反応の活性化エネルギーが  $7.50 \times 10^4 \text{ J}$  のとき、310 K における速度定数を求めなさい。ただし、反応速度の温度依存性はアレニウスの式にしたがうとする。また、活性化エネルギーは温度に関係なく一定とする。(途中の経過も記しなさい)

(3) 時刻  $t = 0$  における S の濃度は  $[S]_0$ 、P の濃度は 0 (ゼロ) であった。時刻  $t$  における P の濃度を  $[S]_0$ 、速度定数  $k$ 、 $t$  を用いて表しなさい。(途中の経過も記しなさい)

問1 中和滴定に関する以下の問(1)～(5)に解答しなさい。

なお mol/dm<sup>3</sup> を M と表記している。

- (1) 0.010 M の塩酸 (HCl) 20.0 mL を 0.010 M の水酸化ナトリウム (NaOH) 10.0 mL で滴定した時の pH を求めよ。計算式も書く。
- (2) 25.0 mL の酢酸水溶液 (CH<sub>3</sub>COOH) を 0.100 M の NaOH で滴定したところ中和点に達するまでに 10.0 mL 要した時、CH<sub>3</sub>COOH の濃度を求めよ。計算式も書く。
- (3) 0.500 M のアンモニア水 (NH<sub>3</sub>) 10.0 mL を 0.100 M の HCl を使って滴定する時に中和点に達するまでに必要な HCl の体積量を求めよ。計算式も書く。
- (4) 上記(1)～(3)の中和滴定を模擬的に一番よく表している滴定曲線をそれぞれ以下の(ア)～(オ)から1つ選べ。



- (5) 上記(1)～(3)の中和滴定を行う上で一番適している指示薬をそれぞれ以下の(ア)～(オ)から1つ選べ。

- (ア) クレゾールレッド (変色域 : 0.2～1.8)  
(イ) メチルオレンジ (変色域 : 3.1～4.4)  
(ウ) フェノールフタレイン (変色域 : 8.3～10.0)  
(エ) チモールフタレイン (変色域 : 9.3～10.5)  
(オ) アリザリンイエローGG (変色域 : 10.0～12.0)

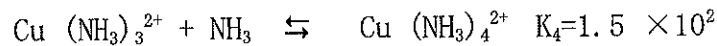
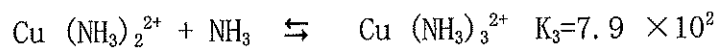
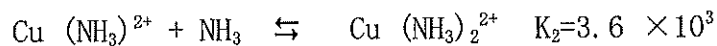
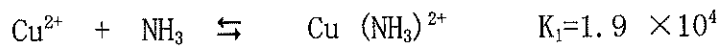
問2 次の文章を読み、(1) ~ (5) に解答しなさい。

配位子 L と金属イオン M が錯体 ML を形成するとき、錯体の生成定数 K は次式で表される。



$$K = \frac{[ML]}{[M][L]}$$

$\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  の生成は次の4段階で進行する。

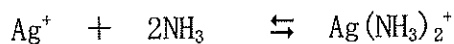


(1) 錯体生成とは配位子が金属イオンと配位することによって生成する。 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  の中のどの元素の、どの部分が配位するのか説明しなさい。

(2)  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$  の生成の全反応の反応式を示しなさい。

(3) (2) で答えた反応式をもとに、全反応の錯体の生成定数 K を表す式を書き、K の値を求めなさい。

(4)  $\text{Ag}^+$  と  $\text{NH}_3$  の錯体生成反応は



であり、生成定数  $K = 1.7 \times 10^7$  である。

0.100 M のアンモニアと 0.010 M の  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  を含む水溶液 5 mL と、 $4.0 \times 10^{-6}$  M の KI 溶液 5 mL を混合した。このとき AgI の沈殿は生成するか？

AgI の溶解度積  $K_{\text{sp}}(\text{AgI}) = 8.5 \times 10^{-17}$  として、沈殿が生成するかどうかを、理由とともに答えなさい。

(5) Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) はキレート効果によって錯体を生成することが知られている。EDTA が錯体を生成する際のこの分子の状態およびその状態を形成するための溶液の条件について説明しなさい。

注：問題文及び答案において $\log x$ は $x$ の自然対数を表すものとする。

問1 次の関数のテイラー展開を、与えられた点  $a$  において、与えられた次数  $n$  まで求めよ。余剰項は  $R_{n+1}$  と書く。

$$f(x) = \log(x+1)^2, \quad a = 0, \quad n = 3$$

問2 次の関数のグラフの概形を描け。増減表を示して、極値・変曲点についての情報を与えよ。

$$y = x^2 + \frac{2}{x}$$

問3 次の関数  $f(x, y)$  の極値を求めよ。

$$f(x, y) = x^3 - y^3 - 12x + y$$

問4 次の2重積分の値を求めよ。尚、積分する前に積分領域を図示すること。

(1)  $\iint_D x e^y dx dy, D = \{(x, y) \mid x + y \leq 1, 0 \leq x, 0 \leq y\}$

(2)  $\iint_D 3xy^2 dx dy, D = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 \leq 4, x \geq 0, y \geq 0\}$

(次頁に続きます)

問5 感染症拡大の最も単純な数理モデルである SIR モデルでは、感染は、

S (susceptible : 未感染者)  $\rightarrow$  I (infected : 感染中)  $\rightarrow$  R (recovered : 回復者)

のように推移し、回復者は免疫保持者となるので以降は感染しなくなると考える。ここで、 $S(t)$ ,  $I(t)$ ,  $R(t)$  はある時刻におけるそれぞれの人数を表し、これらの合計は対象となる (閉じた) コミュニティの全人数  $N > 0$  で、定数とする。

$$S(t) + I(t) + R(t) = N$$

感染者数  $I(t)$  の変化は、以下のように考える。

- (1) 未感染者と感染者数が「接触」することによって未感染者が感染するので、 $S \rightarrow I$  の移行による感染者数の増加率は、 $S(t)$  と  $I(t)$  の積に比例する。
- (2) 感染者が一定の割合で回復する (回復率は  $I(t)$  に比例する)。

以上をあわせると、感染者数  $I(t)$  の変化率は以下で表される。

$$\frac{dI(t)}{dt} = +\beta S(t)I(t) - \gamma I(t)$$

ここで、 $\beta > 0$  は感染率、 $\gamma > 0$  は回復率と呼ばれる。

感染拡大のごく初期には、 $S(t) \approx N$  であるからこれを定数として近似して計算して構わないことにすると、このとき、感染者数の変化を表す微分方程式は、

$$\frac{dI(t)}{dt} = +\beta NI(t) - \gamma I(t)$$

で与えられる。これは  $I(t)$  に関する常微分方程式である。今、 $t = 0$  で  $I(0) = A > 0$  とするとき、 $t > 0$  における  $I(t)$  の変化がどのようなになるか議論しなさい。

(以上です)

次の問1～4に答えなさい。解答はすべて解答用紙に、問の番号などとともに記入しなさい。

問1. 細胞の構造と機能に関する次の文章を読んで、(1)～(5)に答えなさい。

(a)細胞内膜系の細胞小器官(オルガネラ)の一つである小胞体は、細胞質内に網状に構成し、膜の内部に[ア]と呼ばれる袋状の構造を持つ。膜表面に(b)リボソームを持つ[イ]とそれを持たない[ウ]がある。前者ではタンパク質がつくられ、後者ではおもに[エ]がつくられる。

核内部の核質にあるクロマチンには[オ]とヘテロクロマチンがある。転写がおきないヘテロクロマチンには、(c)構造的ヘテロクロマチンと条件的ヘテロクロマチンと呼ばれるものがある。

- (1) 下線部(a)に含まれる小胞体以外のオルガネラを4つ書きなさい。
- (2) 空欄 [ア]～[オ]に入る用語を書きなさい。
- (3) 下線部(b)の物質は大小2つのサブユニットが存在するが、真核生物において、それぞれのサブユニットに結合する異なるRNAの種類(rRNA以外)を答えなさい。
- (4) 空欄 [エ] の物質には、胆汁酸、リボタンパク質、甲状腺ホルモンがある。これらの3つの物質の細胞機能を簡潔に説明しなさい。
- (5) 下線部(c)のそれぞれのヘテロクロマチンの特徴を説明しなさい。

問2. 細胞増殖に関する次の文章を読んで、(1)～(5)に答えなさい。

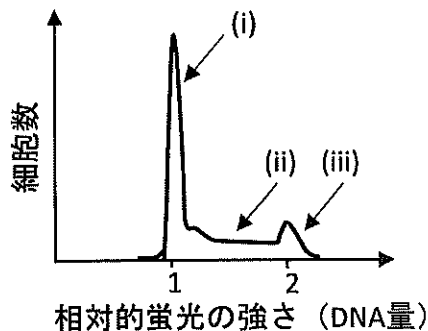
体細胞分裂の細胞周期にはG<sub>1</sub>、S、G<sub>2</sub>、M期がある。一般的な細胞で、24時間の細胞周期を持つ場合、最も長い周期は[ア]期で、最も短い周期は[イ]期である。一般的に細胞周期は、[ウ]期以外はほぼ一定であるため、細胞周期の一周に要する時間(増殖速度)は、おもに[ウ]期の長さに依存する。G<sub>1</sub>期はS期に進むための準備を必要とし、それを担うのは増殖因子である。増殖因子には、細胞が正しく増殖するための協調的制御を開始できる(a)制限点(R点)という状態にする作用がある。G<sub>1</sub>期に増殖因子の濃度が低下し十分でなくなると、休止状態の[エ]期に入る。

G<sub>1</sub>期の細胞が新たに細胞周期を開始しS期に入るには、サイクリンとCDK依存的な転写活性化が必要となる。[オ]型サイクリンが発現し、[カ]と結合し活性化された状態でG<sub>1</sub>/Sチェックポイントを超える。このサイクリン・CDK活性化に加え、動物細胞での転写活性には[キ]という因子が関与する。低リン酸化型の[キ]は転写制御因子E2Fと結合して転写を抑制するが、[オ]型サイクリンと[カ]の結

合により、がさらに酸化されると、が解離して E2F が活性化し S 期に向けて転写が始まる。転写される遺伝子にはサイクリン E がある。

G<sub>1</sub> 期には、サイクリン E と との複合体に、p27<sup>Kip1</sup> が結合して、活性を抑制している。E2F によりサイクリン E が増加する一方で、p27<sup>Kip1</sup> が低下し、が活性化するため p27<sup>Kip1</sup> は され、ののち分解され急激に濃度が低下する。その結果、サイクリン E・の活性化が亢進し、<sup>(b)</sup>MCM ヘリカーゼが働き S 期の複製が始まる。

- (1) 細胞が G<sub>0</sub>, G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub>, M 期のどの周期の状態に分布しているかはフローサイトメトリーを用いて分類できる。蛍光物質ヨウ化プロピジウムを増殖細胞と混ぜて DNA に結合させ、蛍光標示式細胞分取器 (FACS) で DNA 量の相対値を測定したところ、下図の FACS 解析結果が得られた。図中 (i) ~ (iii) が示す結果がどの細胞周期に相当するか答えなさい。



- (2) 空欄  ~  に入る細胞周期を書きなさい。
- (3) 下線部(a)の制限点を通過する必須条件を 2 つあげなさい。
- (4) 空欄  ~  に入る用語を書きなさい。
- (5) 下線部(b)の働きを簡潔に書きなさい。

問 3. 細胞膜と物質輸送に関する次の文章を読んで、(1) ~ (5) に答えなさい。

細胞は、細胞膜によって外界と隔てられており、物質は自由に細胞膜を通過できない。空気、<sup>(a)</sup>脂溶性ホルモン、<sup>(b)</sup>脂溶性ビタミンなどは細胞膜に溶け込み透過する。<sup>(c)</sup>グルコース、アミノ酸や ATP などは、それぞれ特異的な輸送タンパク質によって透過する。また、<sup>(d)</sup>細胞内外における各種イオン濃度の調節も重要であり、これらは受動的に調節されるだけでなく、能動的にも調節されている。細胞内には、<sup>(e)</sup>さまざまな小器官が存在し特有の働きをするが、これらの膜にも、輸送タンパク質が配置されている。



- (1) 下線部(a)には、どのようなホルモンがあるか、名称を答えなさい。
- (2) 下線部(b)には、どのようなビタミンがあるか、名称を答えなさい。
- (3) 下線部(c)のグルコースを細胞内へ取り込む時に働く分子は何か、名称を答えなさい。
- (4) 下線部(d)を示す図を見て、以下の i)～iii)に答えなさい。

イオン種	細胞内濃度 (mM)	細胞外濃度 (mM)
Na <sup>+</sup>	5-15	145
K <sup>+</sup>	ア	5
Ca <sup>2+</sup>	10 <sup>-7</sup>	1-2
Cl <sup>-</sup>	5-15	イ

- i) 図中の「ア」と「イ」に、予想される濃度 (mM) を入れなさい。
- ii) 細胞膜に存在し、ATP を使用することによって、細胞内外の Na<sup>+</sup> と K<sup>+</sup> 濃度を調節するポンプ名を答えなさい。
- iii) 細胞内で、通常 Ca<sup>2+</sup> はどこに貯蔵されているか、その場所の名称を答えなさい。
- (5) 下線部(e)の一つであるリソソームには、内部を酸性に維持するために働くポンプが存在する。その名称を答えなさい。

問4. 自律神経・ホルモンによる血糖値の調節に関する次の文章を読んで、(1)～(5)に答えなさい。

体内の血糖値が低下すると、視床下部の血糖調節中枢がそれを感知し、血糖値を上昇させる反応を引き起こす。これには、(a)交感神経を使って、副腎髄質を刺激し、アを放出させる反応と、すい臓を刺激しグルカゴンを放出させる反応がある。また、視床下部から放出される副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンをきっかけとして、副腎皮質からグルココルチコイドを放出させる反応も引き起こされる。例えば、(b)グルカゴンが肝細胞に到達し、特異的な受容体に結合すると、細胞内では、(c)グリコーゲンが分解されグルコースが増加する反応が進行する。一方、血糖値が高くなりすぎると、(d)副交感神経がすい臓を刺激し、イを分泌させる。その結果、肝細胞では、グリコーゲン合成が促進し、血糖値の上昇が抑制される。

- (1) 文章中の ア と イ に、適切なホルモン名を入れなさい。
- (2) 下線部 (a) の交感神経が器官に投射する時、その神経・器官接合部（シナプス）では、どのような神経伝達物質が放出されるか。
- (3) 下線部 (b) で、グルカゴンを受け取る受容体は、どのような受容体に分類されるか、以下の中から一つ選択しなさい。

チロシンキナーゼ内蔵型受容体（受容体型チロシンキナーゼ）  
 チロシンキナーゼ非内蔵型受容体（非受容体型チロシンキナーゼ）  
 7回膜貫通型受容体  
 核内受容体  
 セリン/トレオニンキナーゼ型受容体

- (4) 下線部 (c) では、下図に示すような反応が起きる。次の i) ~ iii) に答えなさい。

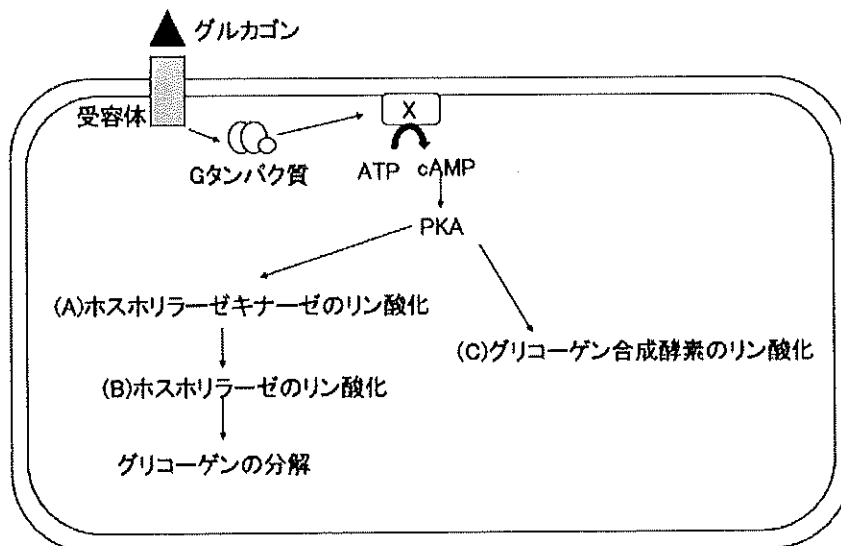


図 グルカゴンの肝細胞への作用

- i) 酵素 X の名称を答えなさい。
- ii) 図中 (A) ホスホリラーゼキナーゼがリン酸化を受けると、酵素活性はどうか。
- iii) 図中 (C) のグリコーゲン合成酵素がリン酸化されると、酵素活性はどうか。
- (5) 下線部 (d) の神経は、脳・脊髄のどこの場所から出ているか。以下から一つ選択しなさい。

脊髄の胸部

脊髄の腰部

脊髄の下部

大脳

中脳

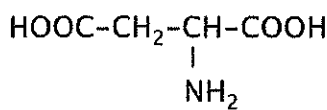
小脳

延髄

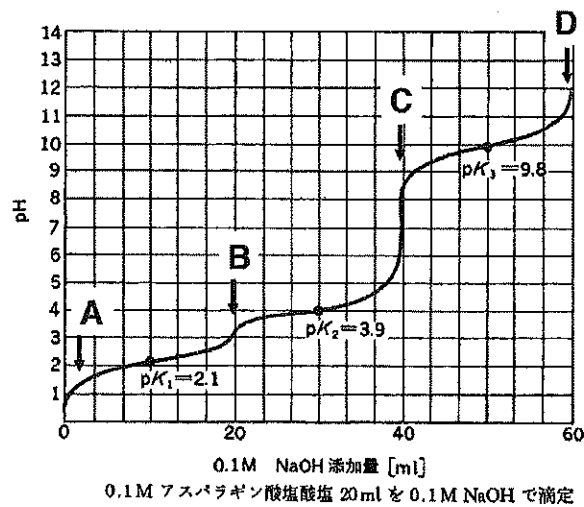
問1 次のアミノ酸・タンパク質に関する問題に答えなさい。

(1) 生理活性物質に変化するアミノ酸の例を一つ説明しなさい。

(2) 下の図は酸性アミノ酸アスパラギン酸の滴定曲線である。滴定曲線上のA, B, C, Dで示した位置のpHにおけるアスパラギン酸のイオン化状態をそれぞれ書きなさい。また、アスパラギン酸の等電点はA~Dのどこになるか答えなさい。



アスパラギン酸の構造式  
(非イオン化状態)



(3) タンパク質の立体構造の形成に参与する4つのアミノ酸側鎖相互作用を書きなさい。

問2 次の酵素に関する問題に答えなさい。

(1) 酵素活性に最適温度が存在するのは何故か簡潔に説明しなさい。

(2) セリンプロテアーゼの活性部位にある触媒残基トリオの3つのアミノ酸側鎖を答えなさい。

(3) 酸性プロテアーゼの活性部位にある触媒機構に関するアミノ酸側鎖は何か。また、なぜ強酸性域に最適pHがあるのか簡潔に説明しなさい。

(4) 病気の診断に利用される代表的な逸脱酵素である GOT と GPT の正式酵素名と特異的に存在している臓器名を答えなさい。

問 3 次の脂質に関する問題に答えなさい。

(1) プロスタグランジン、シクロオキシゲナーゼ、インドメタシン、アスピリンはどのような関係にあるか簡潔に説明しなさい。

(2) 下に示した天然脂質の脂肪酸の表で A~D に当てはまる脂肪酸を答えなさい。

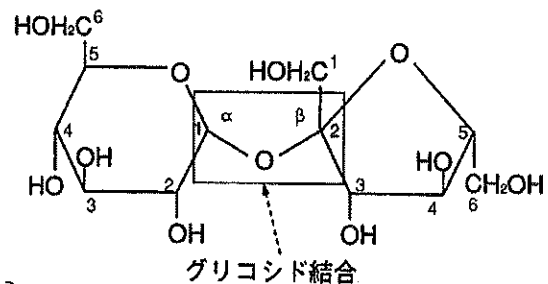
天然脂質中の脂肪酸

名称	炭素数	化学式	融点
パルミチン酸	16	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_{14} \cdot \text{COOH}$	
ステアリン酸	18	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_{16} \cdot \text{COOH}$	70°C
A	18	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_7 \cdot \text{CH}=\text{CH} \cdot (\text{CH}_2)_7 \cdot \text{COOH}$	16°C
B	18	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_4 \cdot \text{CH}=\text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}=\text{CH} \cdot (\text{CH}_2)_7 \cdot \text{COOH}$	5°C
C	18	$\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}=\text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}=\text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}=\text{CH} \cdot (\text{CH}_2)_7 \cdot \text{COOH}$	-11°C
アラキジン酸	20	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_{18} \cdot \text{COOH}$	
D	20	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_4 \cdot (\text{CH}=\text{CH} \cdot \text{CH}_2)_4 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$	

問 4 次の糖に関する問題に答えなさい。

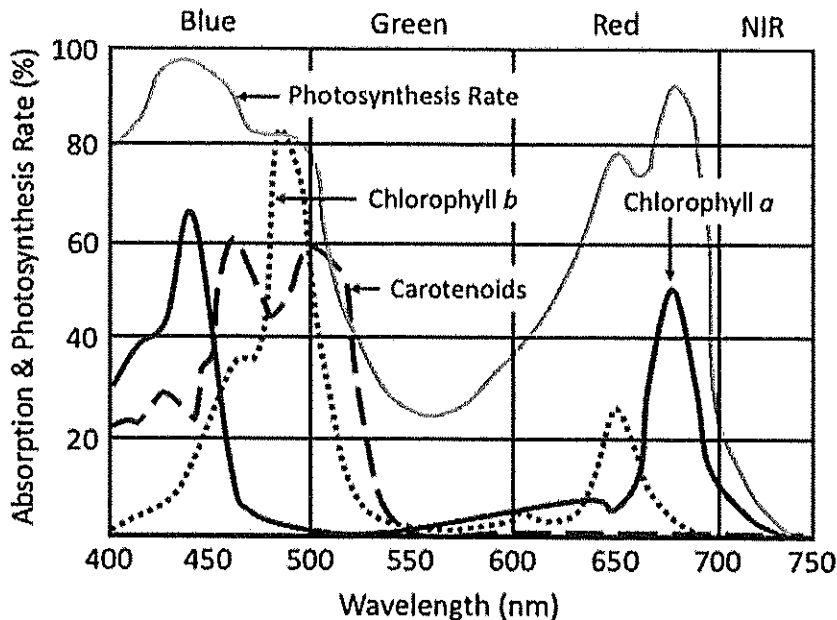
(1) 果物に含まれる果糖で、冷やすと増加するアノマー構造を書きなさい。

(2) 右の図に示した構造の二糖の名称と結合様式を書きなさい。また、この糖は還元性を示さないが、その理由を簡潔に説明しなさい。



(3) グリコーゲンとデンプンの構造の特徴を説明しなさい

ほとんど全ての生態系の一次生産者は光合成植物であり、上位の栄養段階の生物生産を支えている。下の図はある植物の光合成器官における、色素の吸収スペクトル(%)と光合成速度 Photosynthetic Rate (%) を表現したものである。図は短波長側から、青、緑、赤、近赤外域 (NIR=Near Infra-Red) までの4つ波長帯を示している。



問1 上の図を使って、クロロフィル *a*、クロロフィル *b*、カロチノイドについて、それぞれの吸収特性を説明してください。

問2 光合成速度が青と赤の波長帯で高くなっている理由を説明してください。

問3 1) ヒトの目には、クロロフィル *a*、クロロフィル *b*、カロチノイドは、それぞれどのような色に見えますか。その理由も記してください。

2) 地球上の植物バイオマスを人工衛星によって宇宙から観測する方法を、クロロフィル *a* 色素の吸収特性にもとづいて考えてください。

問4 1) クロロフィル *a* は光合成過程における最も基本的な色素ですが、クロロフィル *b* やカロチノイドなどの補助色素の役割について述べてください。

2) 藍藻類と珪藻類に代表的な補助色素をそれぞれ1つあげてください。

問5 植物色素の利用方法について知るところを書いて下さい。