

平成 30(2018) 年度 東北大学大学院  
生命科学研究科博士課程前期 2 年の課程第 I 期入学試験  
(一般選抜)

**専門科目入学試験問題 ( 40 頁)**

**10 科目の選択科目より 1 科目を選択して解答しなさい。**ただし、2 科目以上を解答しても構いません。その場合は解答した科目のうち、高得点の 1 科目の成績のみを評価の対象とします。

**試験時間 1 時間 30 分 (13:30 ~ 15:00)**

**解 答 上 の 注 意**

- 問題冊子 1 部、答案用紙 2 枚、草案紙 1 枚が配付されます。
- 答案用紙は科目ごとに 1 枚を使用してください。1 枚の答案用紙に 2 科目以上の解答を書くことのないように注意してください。
- それぞれの答案用紙の指定欄に受験番号を記入してください。
- それぞれの答案用紙上部の指定欄に、解答する専門科目の番号と科目名を記入してください。
- 解答が答案用紙の表面に収まらない場合は、答案用紙の右下に「裏面に続く」と明記し、裏面を使用してください。1 枚の裏表に収まらない場合には、2 枚目の答案用紙を用いてください。
- 答案用紙が不足した場合には、配付しますので、挙手により申し出てください。
- 追加の答案用紙を使用する場合には、1 枚目の答案用紙と同様に受験番号、専門科目の番号、科目名を明記した上で、「2 枚目」であることを科目名の右側に明記してください。
- 試験終了後、答案用紙を科目の番号順に机上に揃えてください。問題冊子及び草案紙は持ち帰っても結構です。
- 途中で体調が悪くなった場合等は挙手により知らせてください。
- 印刷不明瞭な箇所についての質問以外には原則として答えられません。

## 専門科目目次

科目番号	専門科目	ページ
1	生物物理学	1- 4
2	有機化学	5- 7
3	生化学	8-11
4	分子・細胞生物学	12-15
5	動物発生・生理学	16-19
6	植物発生・生理学	20-26
7	脳・神経科学	27-30
8	進化生物学	31-33
9	生態学	34-36
10	微生物学	37-40

(1) 次の文章の空欄①～⑯に適当な語句や式を記入せよ。

(i) 真空中において距離  $r$  離れた正電荷 ( $q^+$ ) と負電荷 ( $q^-$ ) の間には,

$$F = \frac{q^+ q^-}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

で表される ① ( $F$ ) が働く。ここで,  $\epsilon_0$  は真空における ② である。一方で, 溶媒中における ① は,  $\epsilon$  を媒質の ③ として,

$$F = \frac{q^+ q^-}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$$

と書ける。ベンゼンの ③ は 298K において 4.6 である。また, 水の ③ は 298K において 78.5 である。すなわち, 水中における ① は真空中と比べて約 1/80 に減少する。これは, 水中における ④ 電荷の周囲には, 水分子の負に荷電した部分が配向し, 一方で, ⑤ 電荷の周囲には, 水分子の正に荷電した部分が配向することで, 水中における有効電荷が減少するためと説明される。電荷の周囲に水が配向する現象を ⑥ と呼ぶ。

(ii) ほとんどのタンパク質は波長 280 nm 付近に特徴的な光吸収帯を有するが, これは主に 2 種のアミノ酸, ⑦ と ⑧, の強い吸収に由来する。物質の吸光度はその濃度に ⑨ するため, 紫外光の吸収測定はタンパク質定量の有力な手段の一つとなる。一方, ⑩ 領域の円偏光二色性 (CD) の測定からは, タンパク質の ⑪ に関する情報が得られる。

(iii) 生体膜を構成するリン脂質は, ⑫ 性分子である。このため, リン脂質を水中に分散させると, ⑬ 基同士, ⑭ 基同士が集合し, 分子集合体を形成する。リン脂質の集合体には, ⑮, ⑯, ⑰ など, 様々な種類の構造がある。温度やリン脂質組成などを変化させると, リン脂質の集合体は

□⑯から□⑰へ、□⑯から□⑰へといった□⑱を示す。このように  
リン脂質の分子集合体は、多形性を示す。

(2) 以下の (i) ~ (iv) の語句から 2 つを選び、それぞれについて簡潔に説明せよ。説明には、それぞれの括弧内の全ての語句を用いよ。

- (i) 化学反応の自発性 (自由エネルギー, エンタルピー, エントロピー, 平衡)
- (ii) アレニウスのプロット (温度, 速度定数, 活性化エネルギー, 頻度因子)
- (iii) プロトン駆動力 (電子伝達系, pH, 膜電位, ATP)
- (iv) クライオ電子線トモグラフィー (凍結, 二次元透過像, 回転, 三次元構造)

(3) 気体のエントロピー変化に関する以下の問いに答えよ。

問 1  $n$  モルの理想気体が一定温度  $T$  を保ったまま可逆的に膨張する過程を考える。気体の体積が微小体積  $dV$  変化した際に気体が行う仕事  $w$  は、気体の圧力を  $P$  として、

$$w = -PdV$$

と書ける。この過程で、理想気体の体積を  $V_1$  から  $V_2$  に変化させた場合の仕事を求めよ。

問 2 定温可逆過程におけるエントロピーの変化は、

$$\Delta S = q/T$$

と書ける。ここで、 $T$  は温度、 $q$  は系の熱量変化である。この式をもとに、上記の過程におけるエントロピーの変化を求めよ。

問 3 物質のある状態におけるエントロピーの統計学的な定義によると、 $k_B$  をボルツマン定数として、

$$S = k_B \ln W$$

と書ける。ここで、 $W$  は物質がある状態にある確率である。この式をもとに、 $n$  モルの理想気体が等温的に  $V_1$  から  $V_2$  に体積変化する時のエントロピー変化  $\Delta S$  を求めよ。(ヒント: 1 個の気体分子が体積  $V$  の中に存在する確率は  $V$  に比例するため、比例係数を  $C$  とすると  $W = CV$  と書ける。従って、 $N$  個の分子が存在する場合は  $W = (CV)^N$  と書ける。)

(4) 沈降法に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

遠心操作により水中を沈降する粒子には、遠心力、溶媒からの浮力および摩擦力が働く。粒子の質量を  $m_B$ 、遠心機の角速度を  $\omega$ 、回転軸から粒子までの距離を  $r$  とすると、遠心加速度  $a_{\text{rot}}$  と遠心力  $F_r$  は式 (1) および式 (2) で表される。

$$a_{\text{rot}} = \boxed{\quad (\text{ア}) \quad} \quad (1)$$

$$F_r = \boxed{\quad (\text{イ}) \quad} \quad (2)$$

浮力  $F_b$  は粒子と同じ体積の溶媒の重さに等しいため、溶媒の密度を  $\rho_A$ 、単位質量あたりの粒子の溶液中での体積を  $V_B$  とすると、式 (3) となる。

$$F_b = \boxed{\quad (\text{ウ}) \quad} \quad (3)$$

摩擦力  $F_f$  は沈降速度  $v$  と摩擦係数  $f$  を用いて式 (4) で表される。沈降速度が増大し、粒子にかかる 3 つの力が釣り合うと定速運動となり、その速度  $v_t$  は式

(5) で表される。

$$F_f = f v \quad (4)$$

$$v_t = \boxed{\hspace{1cm}} \text{ (工)} \quad (5)$$

よって、沈降係数  $s$  は式 (6) となり、通常、スペドベリ単位 ( $1S = 10^{-13}$  秒) を用いて表記される。

$$s = v_t / a_{\text{rot}} = \boxed{\hspace{1cm}} \text{ (才)} \quad (6)$$

問 1 文章中の空欄 (ア) ~ (オ) に当てはまる適切な数式を答えよ。なお、(ア) 以外では遠心加速度を  $a_{\text{rot}}$  で表すこと。

問 2 長さ 10 cm の遠沈管に塩化セシウムによる密度勾配を図 1 のように作成し、DNA ( $V_B = 0.56$ ) とタンパク質 ( $V_B = 0.70$ ) の混合サンプルを上端に添加した。平衡に達するまで遠心した際、DNA とタンパク質の予想される位置（遠沈管上端からの距離）を答えよ。

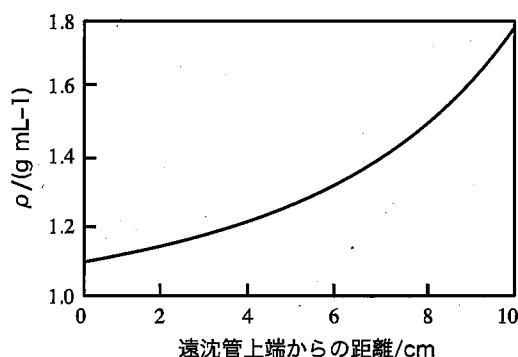


図 1

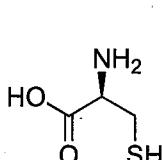
問 3 細菌のリボソームは 50S と 30S の 2 つのサブユニットからなるが、リボソーム全体での沈降係数は 70S であり、単なる足し合わせとはならない。同様の現象は複合体一般に見られるが、式 (6) 中のどの要素に起因すると考えられるか、簡潔な理由と共に答えよ。

(1) 化合物(ア)～(キ)について、以下の問い合わせに答えよ。

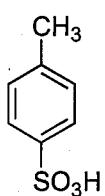
(ア) (E)-2-methyl-2-butenal

(イ) (2S,5R)-2-isopropyl-5-methylcyclohexanone

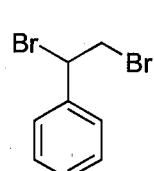
(ウ) 1,2-cyclopentanediol



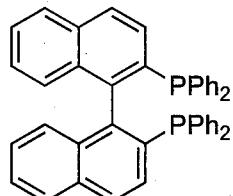
(エ)



(オ)



(カ)



(キ)

問1 (ア)～(ウ)の構造式を示せ。なお(ウ)については、光学異性体を含む全ての立体異性体を示せ。

問2 (エ)～(カ)の化合物名を英語で答えよ。なお(エ)については、立体配置がわかるように表記せよ。

問3 (キ)の両鏡像体を図示せよ。

(2) 化合物(ク)～(コ)について、以下の問い合わせに答えよ。

問1 (ク)と(ケ)を比較し、より塩基性が強い化合物を記号で答えよ。理由も示せ。



(ク)



(ケ)



(コ)

問2 (コ)は単純な炭化水素としては非常に高い酸性度を示す。その理由を答えよ。

問3 少量の(ク)共存下、ベンゼンに臭素を加えるとプロモベンゼンが得られる。(ク)の役割を反応機構に基づいて説明せよ。

【次ページへ続く】

(3) 分子式  $C_5H_8O_2$  を有し、図 1, 2 に示すスペクトルを与える化合物の構造式を示し、その根拠を説明せよ。

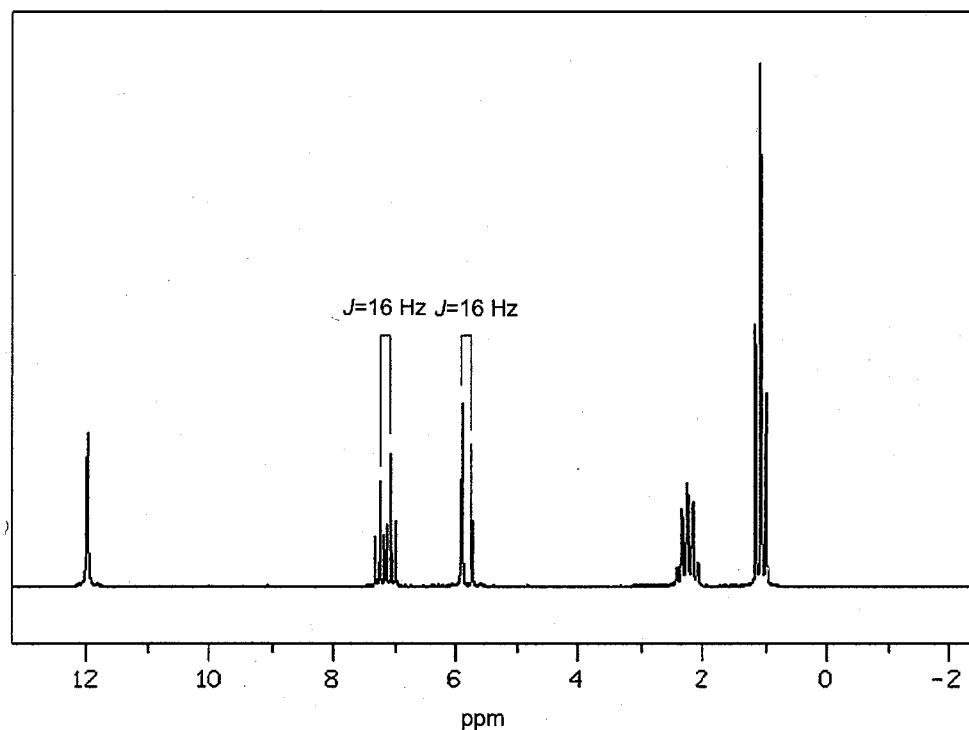


図 1  $^1H$ -NMR スペクトル (90 MHz,  $CDCl_3$ )

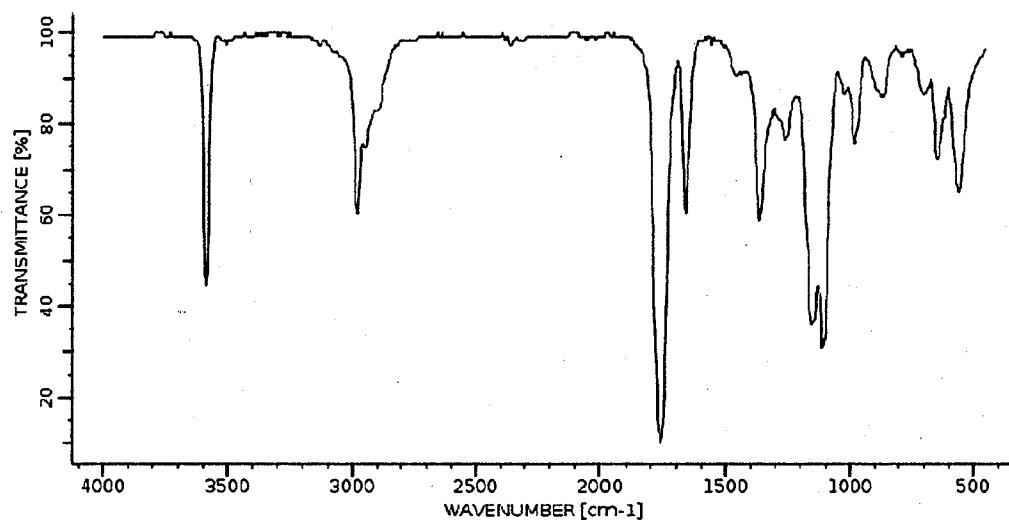
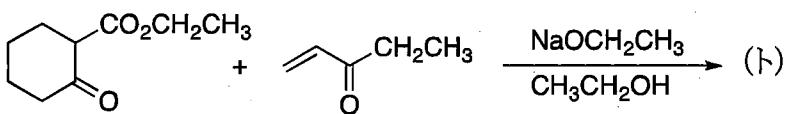
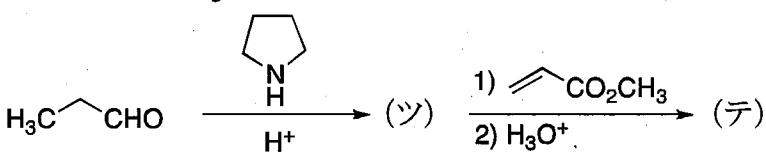
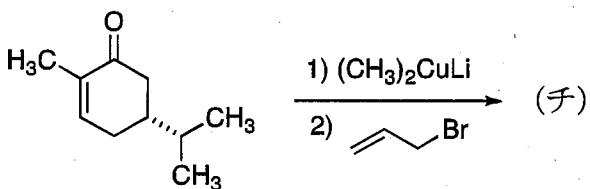
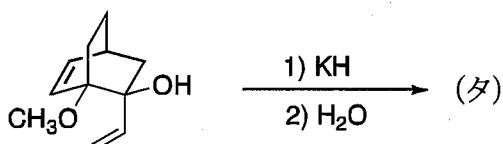
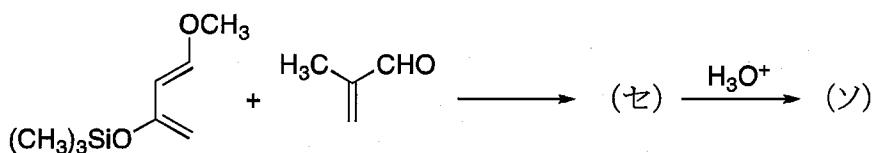
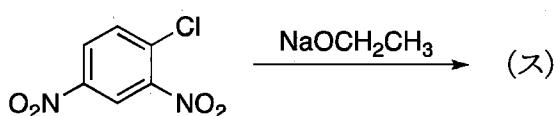
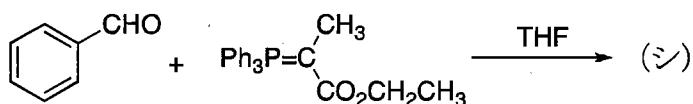
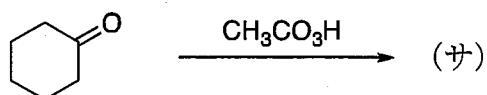


図 2 IR スペクトル

【次ページへ続く】

(4) 次の反応の主生成物(サ)～(ト)の構造式を示せ。なお、主生成物に複数の不斉炭素原子が含まれる場合には、相対立体配置がわかるように示せ。



## 専門科目

## 3. 生化学

(1) タンパク質およびアミノ酸の代謝に関する次の文章を読み、以下の問い合わせよ。

動物が食物として摂取したタンパク質は、(a)プロテアーゼやペプチダーゼによりアミノ酸まで分解され、腸管から吸収されたのち（ア）を介して全身の細胞に運ばれ、再びタンパク質の生合成に用いられる。タンパク質生合成に用いられる(b)20種のアミノ酸は、グリシンを除いて全て（イ）であり、生理的pH条件では両性電解質の状態である。20種のアミノ酸のうち、(c)アミノトランスフェラーゼによって肝臓で生合成できないアミノ酸は、食物から得なければならず、（ウ）と呼ばれている。また、アミノ酸は、多くの(d)重要なホルモンやシグナル伝達物質の前駆体にもなっている。さらに、アミノ酸が代謝分解されて生じる窒素は、水生動物が（エ）として排出するのに対して、毒性の高い（エ）から鳥類や陸生爬虫類は（オ），哺乳類を含むほとんどの陸生脊椎動物は(e)（カ）サイクルの酵素群により肝臓で（カ）に変換して排出する。この（カ）サイクルは、アミノ酸である（キ）の生合成にも関わっている。

問1 文章中の（ア）～（キ）の空欄に入る語句を記せ。

問2 下線部(a)に関して、生体内から抽出したプロテアーゼX ( $1 \mu\text{M}$ ) の基質Sに対する反応初速度を測定したところ、表1のようなデータを得た。ラインウィーバー・バーカー プロット (Lineweaver-Burk plot) を作成せよ (定規などは使わず、フリーハンドでよい)。また、このプロテアーゼXの $V_{\max}$ ,  $K_m$ ,  $k_{\text{cat}}$ を求めよ。

[S] ( $\mu\text{M}$ )	$V_0$ ( $\mu\text{M}/\text{min}$ )
2	2.9
4	4.4
5	5
8	6.2
10	6.7

$V_0$ : 反応初速度

問3 下線部(b)の生体内のアミノ酸の構造について、セリンを例に両性電解質の状態における構造式を不斉炭素原子の立体配置も分かるように記せ。

問4 下線部(c)のアミノトランスフェラーゼによって生成されるアミノ酸のうち, L-アラニンとL-アスパラギン酸の原料となる $\alpha$ -ケト酸の名称と構造式をそれぞれ記せ。

問5 下線部(d)に関して, アミノ酸が前駆体となっているホルモンやシグナル伝達物質について具体例を1つ示し, その構造と機能を記せ。

問6 下線部(e)の一連の反応でミトコンドリア基質にて行われる図1の反応について, 次の(ク)～(サ)の空欄に入る構造式と, (シ)の空欄に入る物質名を記せ。

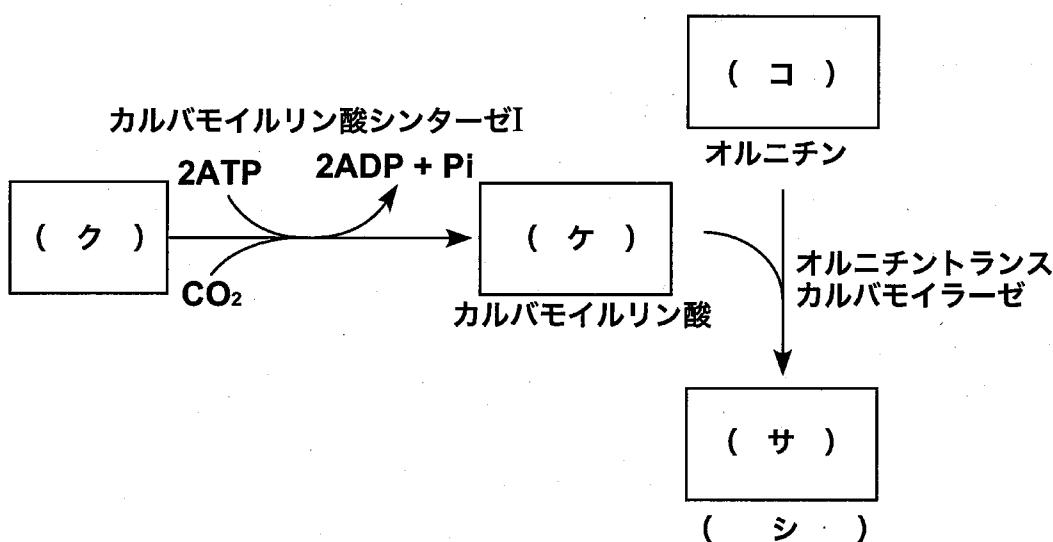


図1

【次ページへ続く】

(2) 生体膜に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

脂肪酸は末端に（ス）基を持った炭化水素鎖である。（ス）基は極性基なので、炭化水素鎖が短いギ酸・酢酸は水溶性となるが、炭化水素鎖が長くなると脂溶性を増す。炭化水素鎖に二重結合を持たないものを（セ）脂肪酸、二重結合を持つものを（ソ）脂肪酸という。（タ）はグリセロールのC1とC2の位置に2つの脂肪酸が（チ）結合し、アシル基および残りのヒドロキシル基に（ツ）を介して様々な化合物が結合した脂質である。生体内において、グリセロールのC2のヒドロキシル基に結合する脂肪酸は（ソ）脂肪酸が多いことが知られている。（タ）において、（ツ）の周囲は極性が高く、それに対して、2本の脂肪酸の鎖は非極性であるため、（テ）性の性質を持つことから、生体内において極性基を外側に非極性基を内側にして脂質二重層を形成する性質がある。（タ）は、細菌界、植物界、動物界を通じて細胞膜構造の主成分になっている。一方、植物や細菌には（ト）が広く存在し、葉緑体膜では全脂質の約半分を占める。

生体膜の基本構造である脂質二重層の内部は（ナ）性が高く、極性分子、（ニ）性分子や巨大な生体高分子などは通過できない。しかしながら、細胞は生きるために外界から養分・イオン等を取り込んだり、細胞内の物質を排出する必要がある。ある生体膜の区画から別の区画へ物質を輸送するためには、生体膜に組み込まれた膜貫通タンパク質が物質の濃度勾配に従った受動輸送や物質の濃度勾配に逆らった能動輸送を行う。タンパク質は、多くの場合<sub>(f)</sub>αヘリックスとβシートという2種類の規則的な繰り返し構造からなり、<sub>(g)</sub>グルコーストランスポーターGLUT1の膜貫通領域は12本の $\alpha$ ヘリックス構造から形成される。

問1 文章中の（ス）～（ニ）の空欄に入る語句を記せ。

問2 ラードは常温で固体であるのに対して、オリーブ油は液体であるのはなぜか。それぞれの脂肪酸の性質・構造に基づいて説明せよ。

問3 脳や神経において多く存在し、長鎖アミノアルコールに脂肪酸がアミド結合した化合物を骨格とする脂質を1つあげよ。

【次ページへ続く】

問4 生体膜を介した物質移動を制御する膜タンパク質としてチャネルとトランスポーターが知られているが、立体構造、基質、能動輸送、受動輸送、ATPという言葉を用いて両者の違いを説明せよ。

問5 下線(f)の $\alpha$ ヘリックスと $\beta$ シートについて、構造の相違点を説明せよ。

問6 下線(g)について、 $\alpha$ ヘリックス構造が膜貫通領域において安定である理由を説明せよ。

(1) 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

真核生物では、核のDNAは染色体に分納されている。ヒトでは(ア)種類の染色体に分配されている。染色体は、(a)DNAをそれに結合したタンパク質が折りたたんで圧縮した構造を作つており、このDNAとタンパク質の複合体をクロマチンと呼ぶ。S期で倍加した染色体の2つのコピーは、(イ)として、固く結合している。(b)(ウ)というタンパク質複合体がDNAの複製に伴い(イ)の全長にわたつて集合し、(イ)を結合している。細胞がM期に近づくと、染色体は凝集し、ひも状の構造体として観察できる。(エ)というタンパク質複合体が、この染色体凝縮を司る。各(イ)は(オ)という特定のDNA塩基配列を持つ領域でくびれている。(c)微小管は、間期には核の近傍にある(カ)を微小管形成中心として細胞全体に広がつているが、分裂期には(カ)が紡錘体極となり、紡錘体微小管を形成する。紡錘体微小管は前期の終わりごろに(オ)領域に形成される(キ)というタンパク質複合体を介して染色体に結合する。

問1 (ア)～(キ)に当てはまる語句を記せ。

問2 下線部(a)について、クロマチンを小さくたたむ最も基本的な単位であるヌクレオソームの構造を図解して説明せよ。

問3 下線部(a)について、クロマチンは凝集度により2種類に分けられる。それぞれの名称、特徴、転写への影響を記せ。

問4 下線部(b)について、分裂後期に(イ)が分離するメカニズムを、(ウ)と関連づけて説明せよ。

問5 下線部(c)について微小管の構造を、図示して説明せよ。

(2) 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

ある特定の遺伝子の機能を解明するために、その遺伝子の発現を抑制、または機能を欠損させる手法は、生命科学の研究で欠くことのできないツールとして、幅広く利用されている。遺伝子発現を抑制する方法の一つとして、(d)RNAi (RNA interference) 法があげられる。また遺伝子機能を欠損させる方法の一つとして、近年 CRISPR-Cas9 (clustered regularly interspaced short palindromic repeats / CRISPR associated proteins) 法が開発され、さまざまな生物において利用されつつある。CRISPR-Cas9 法は、細菌性 Cas9 ヌクレアーゼタンパク質を、(e)ゲノム DNA の任意の位置に結合する短鎖ガイド RNA と共に発現させることで、ゲノム DNA の任意の位置に DNA 二本鎖切断を導入する方法である。ゲノム DNA に二本鎖切断が導入されると、細胞は、通常の二本鎖切断修復機構である（ク）あるいは（ケ）によって、DNA 二本鎖切断を修復する。さらに（ク）の修復機構は（ケ）と比較して修復において誤りを生じやすいことが知られている。CRISPR-Cas9 を過剰発現させると、繰り返し二本鎖切断が導入されることとなり、結果的に修復エラーが誘導されやすくなる。この修復エラーにより、遺伝子機能が破壊されると考えられる。

問1 (ク), (ケ) に当てはまる語句を記せ。

問2 下線部 (d) の RNAi 法によって、目的遺伝子（遺伝子 A とする）の発現が抑制されるしくみを、以下の用語を用いて説明せよ。

【二本鎖 RNA, 一本鎖 RNA, Dicer, RNA-induced silencing complex (RISC), Argonaute, 遺伝子 A】

問3 下線部 (e) のゲノム DNA の任意の位置に結合する短鎖ガイド RNA について、ゲノム DNA の任意の位置を以下の下線部とした場合の短鎖ガイド RNA の配列を、5', 3'の記述と共に記せ。

5'-ATACGACTCCGCAGAATTCAATGACTATGACCAGT-3'

【次ページへ続く】

問4 問3のゲノムDNA配列の中に6塩基認識の制限酵素サイトが一方所存在する。その配列を抜き出し、5'，3'の記述と共に記せ。

(3) 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

我々のからだは、無数に存在する病原体等の異物に対して、(f)それぞれ特異的に反応する免疫グロブリンタンパク質（抗体）を産生することができる。免疫グロブリンタンパク質は、2分子の軽鎖タンパク質と2分子の重鎖タンパク質が（コ）結合により会合したヘテロ4量体タンパク質から構成されている。免疫グロブリンタンパク質の中で抗原認識に関与する部分を含む領域は可変領域、(g)抗原認識には関与しない部分は定常領域と呼ばれる。可変領域は、免疫グロブリン遺伝子の再編成により作られる。例えばヒト免疫グロブリン重鎖タンパク質の可変領域をコードする遺伝子領域は40個のVセグメント、25個のDセグメント、6個のJセグメントからなっており、(h)その部分で遺伝子の再編成が起こり、多様な可変領域を持つタンパク質が作られる。この遺伝子再編成にはRAGと呼ばれる(i)エンドヌクレアーゼ活性を持つタンパク質複合体が働いている。また(j)この遺伝子の再編成の際には、再編成される遺伝子部分でヌクレオチドの欠失や挿入が起こることが知られている。

問1 (コ)に当てはまる結合様式を記せ。

問2 下線部(f)の機能を担う細胞の名称を答えよ。

問3 下線部(g)に関連して、免疫グロブリンタンパク質の重鎖タンパク質では、この領域のアミノ酸配列の異なる5種類のタンパク質が存在する。この領域の違いにより、免疫グロブリンタンパク質に性質の違いが生じる。5種類のなかから2種類を選び、その名称と主な性質を簡潔に説明せよ。

問4 下線部(h)に関して、ヒト免疫グロブリン重鎖タンパク質の場合、可変領域遺伝子セグメントの組み合わせから考えると、全部で何種類の異なる可変領域が作られることになるか答えよ。

【次ページへ続く】

問5 下線部 (i) のエンドヌクレアーゼとは、一般的にどのような活性を持つ酵素か答えよ。

問6 下線部 (j) に示したことによる翻訳への影響を、一般的に何と呼ぶか、答えよ。また、それによって最終的に作られる免疫グロブリンタンパク質には、どのような影響が及ぼされるか、簡潔に説明せよ。

(1) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

多細胞生物の初期発生過程では、1つの受精卵が細胞分裂を繰り返すと共に、初期胚の中で形づくりの基盤となる軸が決定される。多くの動物のからだには、前後軸、背腹軸、（ア）という、大きく分けて3つの体軸が見られる。初期発生での前後パターン形成過程について、ショウジョウバエを例にあげて見てみよう。ショウジョウバエにおいて、前後のおもな極性は、受精以前に決定されている。卵の極性を決める遺伝子は<sub>(a)</sub>卵極性遺伝子と名付けられた。卵形成時に、卵巣のろ胞細胞や哺育細胞で合成された卵極性遺伝子のmRNAは、卵母細胞へ輸送され、空間的に偏って蓄積される。このように卵巣内で産生され、卵母細胞に取り込まれて胚の初期発生に関与する遺伝子は、母性効果遺伝子と呼ばれている。

ショウジョウバエの初期発生に重要な遺伝子を発見するためには、変異誘発物質を用いてショウジョウバエの遺伝子に人为的に変異を誘導し、初期発生過程に異常がみられる変異体をコレクションする。以下は、変異体のコレクションまでの実験方法である。

#### 実験方法

- ① 変異誘発物質をえさに混ぜて、野生型雄に食べさせる。
- ② 未交配の野生型雌と交配させる。
- ③ ②の交配により生まれた雄をそれぞれ別の飼育ケースに入れ、未交配の野生型雌と交配させる。
- ④ ③の交配により生まれたそれぞれの子同士を交配させる。
- ⑤ ④の交配により生まれた卵の初期発生を観察し、初期発生に異常が見られる変異体を見つける。

問1 文章中の空欄（ア）に当てはまる語句を記せ。

問2 下線(a)について、ショウジョウバエの卵極性遺伝子の例を1つあげ、その

遺伝子名と機能を記せ。

問3 変異誘発物質によりDNAに変異が生じた場合において、その変異が必ずしも次世代に継承されるとは限らない。この理由を簡潔に述べよ。ただし、DNAに生じた変異は、個体の生存に影響しないものとする。

問4 実験方法の③のステップにおいて、「②の交配により生まれた雄をそれぞれ別の飼育ケースに入れ」、その後の実験を行うのはなぜか、その理由を記せ。

問5 実験方法において、異常表現型の観察を⑤のステップで行うのはなぜか、その理由を記せ。

問6 ゼブラフィッシュ初期胚では、ある母性効果遺伝子産物が9回の卵割のあいだ接合子からの遺伝子発現を抑制している。実験的に単相のゼブラフィッシュ受精卵を作製したところ、卵割を10回繰り返した後に接合子の遺伝子発現が開始された。この母性効果遺伝子産物をXとした場合、卵に蓄えられたXの量は単相でも複相でも同様であるとして、接合子の遺伝子発現が開始するまでの卵割回数は、どのようにして制御されていると考えられるか、その理由と合わせて答えよ。

【次ページへ続く】

(2) ニワトリなどの脊椎動物の胚発生過程において、体節1つ1つの境界の位置を決める仕組みを明らかにするために以下の実験を行った。実験の内容と得られた結果について書かれた文章を読み、以下の問いに答えよ。

ウズラとニワトリは近縁で、胚のサイズや発生の時間的配列がほとんど変わらないため、鳥類の胚発生の仕組みを明らかにするために、両者は頻繁に用いられる。そこで、ウズラ胚において予定体節境界（現時点では境界はつくられていないが発生が進んだ近い将来境界をつくる場所）のすぐ後方に位置する細胞群（図1左、黒塗り部分）を、ニワトリ胚の将来境界にはならない領域に移植し

（図1中央）育てると、移植した場所に余分な体節境界ができた（図1右）。しかしながら、ニワトリ胚の同様の領域に、ウズラ胚において将来体節境界はつくらない場所にある細胞群（図2左、黒塗り部分）を移植する（図2中央）と、余分な体節境界はできなかつた（図2右）。

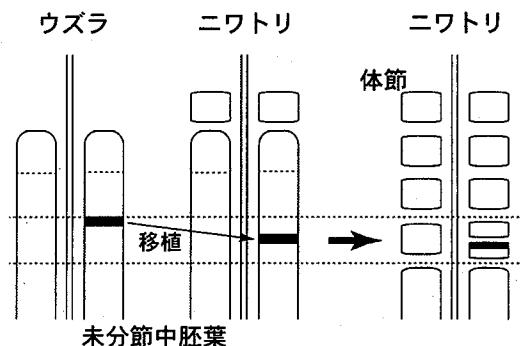


図 1

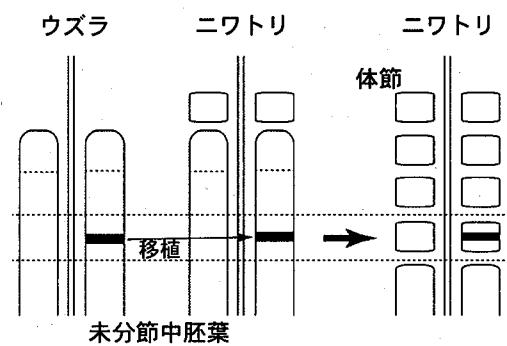


図 2

問 1 体節は、周辺環境からのシグナル誘導によりさらに3つの領域に分化することが知られる。将来、1) 真皮、2) 骨格筋、3) 椎骨・肋骨などの中軸骨格、に分化するそれぞれ3つの領域の名称を答えよ。

問 2 今回の実験において、ウズラ胚とニワトリ胚のキメラを用いる最大の理由は何であるか答えよ。

問 3 以上の実験結果から、体節の境界の位置を決める仕組みについて、どのようなことが明らかになったか述べよ。

【次ページへ続く】

問4 以上の2つの実験を基にして、体節境界をつくるのに働く因子を同定する方法を考えて説明せよ。

問5 体節の境界をつくる因子の1つとして、Notchという因子を同定した。この因子は、さまざまな動物種で、発生のいろいろな現象に関わっていることが明らかになっている。その現象例とどのように関わっているのかを記載せよ。ニワトリ胚に限らなくてよい。

問6 Notchは1回膜貫通型の受容体で、隣の細胞で発現する同じく膜貫通型のDeltaがリガンドとして結合することで、シグナルをNotch発現細胞内へと伝えられる。細胞内へ伝えられたNotchシグナルは、Notch発現細胞でのDeltaの発現を抑制することが知られている。すなわち、Deltaの発現量に応じて隣の細胞でのDelta発現レベルを制御している。ここで、等価な性質を持つ隣り合う細胞AとBのそれぞれでNotchとDeltaの両者が発現しており、それぞれの細胞でのDelta発現量が等しかったとする(図3)。このとき、あるきっかけで細胞AのDeltaの発現量が僅かに増加した場合、最終的にどのようなことが起こると考えられるか、上記のNotchとDeltaの機能を考慮しつつ述べよ。ただし、Notchの発現量は十分あるものとする。

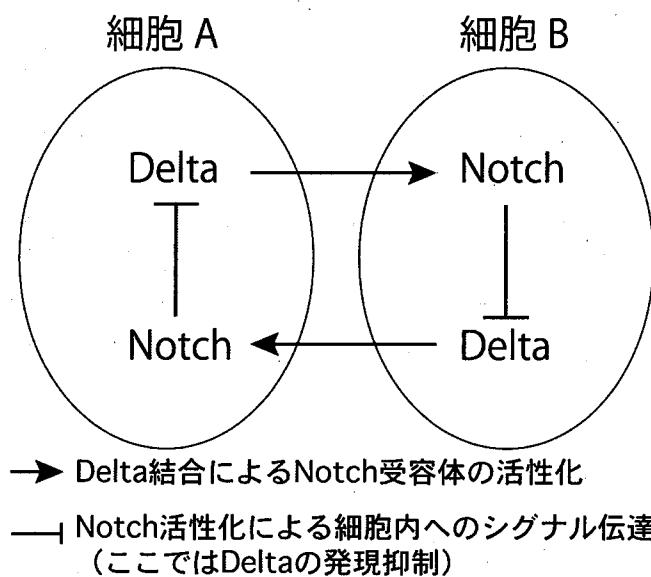


図3: NotchとDeltaの機能の関係の模式図

**専門科目**

**6. 植物発生・生理学**

(1) 次の A～C の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

A. バラを栽培していると、根や地面の近くの茎に表面がごつごつした大小さまざまなこぶを生じることがある。これは根頭がんしゅ病と呼ばれ、土壤感染・接触感染によって周囲の株に広がっていく。この病気をもった株は周囲の株に比べて生育が劣るため、やがて枯死する。

問1 この病気の原因は土壤細菌であるが、その細菌の名前を答えよ。

問2 こぶが生じる際には2種類の植物ホルモンが関係している。それらの名称を答えよ。

問3 こぶが生じる機構について、下記の用語を用いて簡潔に答えよ。

(T-DNA)

B. 農作物の栽培には植物成長調整剤が利用されている。植物成長調整剤は植物の成長をコントロールして、農作物などの品質を高めたり、生産上の労力を省いたりするために用いる薬剤で、イネ、野菜、果樹、花きなどさまざまな分野で利用されている。

問4 ブドウの栽培にはジベレリンが利用されており、コップ等に注いだジベレリン溶液にブドウの花を一房一房浸す作業を行う。ブドウの花にジベレリン処理を行う理由を2つあげよ。

C. 中国から伝來したアサガオは、江戸時代に庶民に栽培が広がり、さまざまな色や形を有する変化アサガオと呼ばれる品種群が作り出された。変化アサガオの中には、花弁が裂けて細くなっている「獅子咲」、花弁が根元まで裂けている「采咲」(さいざき)や、八重咲きの「牡丹」などが知られている。

問5 「牡丹」は雄しべと雌しべが花弁状に変り八重咲きとなっており、花の中

にまた薔がある。「牡丹」は花の ABC モデルに関わる遺伝子の 1 つに変異が生じたことがわかっている。「牡丹」が八重咲きになる分子機構について簡潔に説明せよ。

問 6 花の ABC モデルに関わるクラス ABC 遺伝子の発現を抑制すると花器官は葉状に変わるが、クラス ABC 遺伝子を葉で過剰発現させても、葉は花器官に変化しない。この理由を簡潔に述べよ。

問 7 花の ABC モデルに関わる遺伝子の多くは MADS-box 遺伝子と呼ばれる転写因子である。植物には多くの MADS-box 遺伝子があるが、花器官形成以外に機能する MADS-box 遺伝子の例を 1 つあげ、その機能について簡潔に説明せよ。

【次ページへ続く】

(2) 植物の根に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

双子葉植物であるシロイスナズナの根は、外側から表皮、皮層、(a)内皮、内鞘、そして中心柱という組織で構成される。外側の4つの組織は、軸方向に一層の細胞列を作り、各細胞列の末端には、それぞれの組織の始原細胞が存在する。始原細胞は、(b)細胞分裂を繰り返して、細胞列に新たな細胞を加える幹細胞の役割を果たす。また、これらの始原細胞に囲まれるように、細胞分裂をしない(c)静止中心と呼ばれる細胞が存在する。さらに、根の先端部では、層状の(d)コルメラ細胞を含む根冠が形成されている。

問1 下線部(a)について、内皮の放射方向と横断方向の細胞壁中に形成される脂質からなる帯状の構造の名称を記せ。また、その構造の機能を簡潔に説明せよ。

問2 下線部(b)について、始原細胞が細胞分裂し、内皮と皮層細胞へ分化する過程を図1に模式化した。図1の下段に示すように、皮層始原細胞を破壊すると、内鞘の始原細胞の並層分裂によって作られた細胞が、皮層始原細胞のあった空隙を埋め、内皮と皮層の始原細胞として働き始めた。この実験結果から考察できる皮層始原細胞の細胞分裂・分化パターンの決定要因について簡潔に説明せよ。

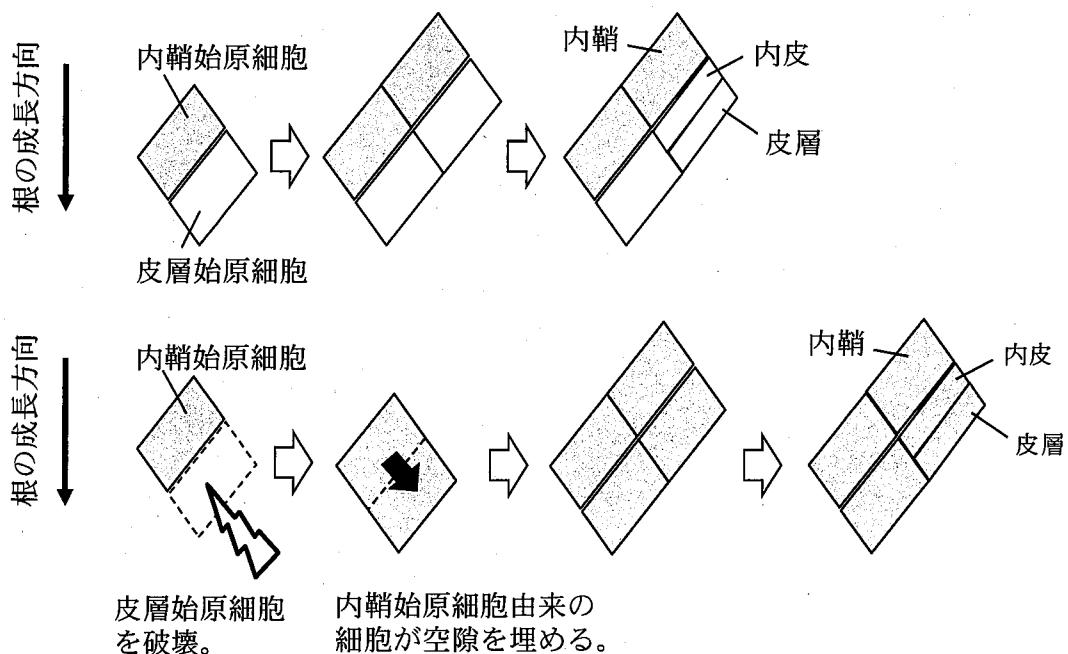


図1 根の先端部における始原細胞からの皮層と内皮の分化過程

問3 下線部(c)について、静止中心で発現する *WOX5* 遺伝子の欠損突然変異体では、根の成長が発芽後すぐに停止することが報告されている。このような突然変異体の研究結果から、現在推定されている静止中心の役割について簡潔に説明せよ。

問4 下線部(d)について、コルメラ細胞内に存在し、デンプン粒を含む特殊な細胞小器官の名称を記せ。また、その細胞小器官の根冠における機能を簡潔に説明せよ。

【次ページへ続く】

(3) 植物の成長に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

植物ホルモンの一種であるエチレンを、暗所で発芽させたシロイヌナズナの芽生えに処理すると、胚軸が太く、短くなり、フックが過剰に湾曲する形態形成が引き起こされる。本形態形成は三重反応と呼ばれている。エチレンの作用機作はこの三重反応が異常になる突然変異体を用いた解析により明らかにされてきた。エチレンを処理しない芽生えでも三重反応が起こる A, B 突然変異体、エチレンを処理した芽生えでも三重反応が誘導されない C, D, E 突然変異体について i)~v) の解析結果を得た。

i) エチレン生合成阻害剤が三重反応に与える影響

A 突然変異体にエチレン生合成阻害剤を処理しても、三重反応が誘導された。一方、B 突然変異体にエチレン生合成阻害剤を処理すると、三重反応が誘導されなかった。

ii) 遺伝解析

B, D 突然変異体の突然変異形質は優性遺伝したが、A, C, E 突然変異体の突然変異形質は劣性遺伝した。

iii) 二重突然変異体を用いた解析

A 突然変異体を組み合わせた二重突然変異体のうち AD 二重突然変異体では、エチレンを処理しなくても三重反応が誘導されたが、AC 二重突然変異体、AE 二重突然変異体では、エチレンを処理しても三重反応が誘導されなかった。一方、B 突然変異体を組み合わせた二重突然変異である BC 二重突然変異体、BD 二重突然変異体、BE 二重突然変異体では、いずれもエチレンを処理しても三重反応が誘導されなかった。

iv) D タンパク質と D 遺伝子に注目した解析

D タンパク質とエチレンの結合を解析した結果、野生型の D タンパク質はエチレンと結合したが、優性突然変異体型の D タンパク質はエチレンと結合しなかった。そして、D タンパク質は A タンパク質と相互作用した。また、D 遺伝子への T-DNA の挿入系統では、三重反応に変化はなかったが、D 遺伝子と D 遺

伝子に類似した 2 遺伝子に T-DNA が挿入された三重突然変異体では、エチレン処理をしなくても三重反応が誘導された。

v) E タンパク質のカルボキシル末端側の強制発現体を用いた解析

E タンパク質のアミノ末端側の領域は疎水性に富む膜貫通領域であると予想された。E タンパク質のカルボキシル末端側の領域を野生型のシロイヌナズナ、あるいは D 突然変異体で強制発現させると、エチレン処理をしなくても三重反応が誘導された。一方、C 突然変異体で E タンパク質のカルボキシル末端側の領域を強制発現させると、エチレンを処理しても三重反応が誘導されなかった。

問 1 A 突然変異体で、エチレンを処理しなくても三重反応が誘導されることを説明する適切な考察を以下から 1 つ選べ。

- (ア) A 突然変異により、A タンパク質の活性が欠損したため、エチレン応答を引き起こせなくなった。
- (イ) A 突然変異により、A タンパク質の活性が欠損したため、エチレン応答を抑制できなくなった。
- (ウ) A 突然変異により、A タンパク質が安定化したため、恒常的にエチレンが合成された。
- (エ) A 突然変異により、A タンパク質が安定化したため、恒常的にエチレン応答が引き起こされた。

問 2 BE 二重突然変異体について、予想される三重反応の特性を以下から 1 つ選べ。

- (ア) エチレンを処理しなくても三重反応が誘導されるが、エチレン合成阻害剤を処理すると、三重反応が誘導されなくなる。
- (イ) エチレンを処理しなくとも、エチレン合成阻害剤を処理しても三重反応が誘導される。
- (ウ) エチレンを処理しなくとも、エチレンを処理しても三重反応が誘導されない。
- (エ) エチレンを処理しないと三重反応が誘導されないが、エチレンを処理する

と三重反応が誘導される。

問3 Dタンパク質のエチレンによる活性調節について、適切な考察を以下から1つ選べ。

- (ア) エチレンの結合により活性化されたDタンパク質は、標的タンパク質を活性化し、エチレン応答を引き起こす。
- (イ) エチレンの結合により活性化されたDタンパク質は、標的タンパク質の活性を不活性化し、エチレン応答を引き起こす。
- (ウ) エチレンの結合によりDタンパク質は不活性化され、標的タンパク質は脱抑制により活性化され、エチレン応答が生じる。
- (エ) エチレンの結合によりDタンパク質は不活性化され、標的タンパク質も不活性化され、エチレン応答が生じる。

問4 Eタンパク質のエチレンシグナル伝達の作用について、適切な考察を以下から1つ選べ。

- (ア) Aタンパク質が活性化されると、Cタンパク質が活性化され、Eタンパク質を活性化し、エチレン応答を引き起こす。
- (イ) Aタンパク質が不活性化されると、Cタンパク質が活性化され、Eタンパク質を活性化し、エチレン応答を引き起こす。
- (ウ) Aタンパク質が活性化されると、Eタンパク質が活性化され、Cタンパク質を活性化し、エチレン応答を引き起こす。
- (エ) Aタンパク質が不活性化されると、Eタンパク質が活性化され、Cタンパク質を活性化し、エチレン応答を引き起こす。

(1) ヒトの視覚系に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

網膜の<sub>(a)</sub>視細胞において受容された光の情報は、まずは網膜内の神経回路において処理される。網膜からの出力細胞である網膜神經節細胞の軸索の大部分は、視神經、視神經交叉、視索を経て（ア）に投射する。（ア）からの出力線維は視放線を形成し、大脳皮質一次視覚野に投射する。

一次視覚野は、大脳皮質内側面の（イ）溝の周囲に、<sub>(b)</sub>網膜部位局在を保ちながら展開していて、一次視覚野に隣接する皮質領域には、二次視覚野が展開している。これら初期視覚野よりも高次な視覚野においては、色覚に関係する（ウ）視覚野などを経て（エ）連合野に至る<sub>(c)</sub>腹側視覚経路と、立体視に関係する三次視覚野、運動視に関係する（オ）視覚野などを経て（カ）連合野に至る<sub>(d)</sub>背側視覚経路の、2つの系統に分かれて視覚情報の処理が行われている。

問1 文章中の（ア）～（カ）の空欄に当てはまる語句を記せ。

問2 下線部(a)「視細胞」には、桿体と錐体があるが、それらの細胞の網膜内の分布の違い、および、それぞれの機能的な特性について、簡潔に説明せよ。

問3 片側の視神經あるいは視索を損傷した場合、それぞれどのような視覚障害が生じるか、以下のキーワードを必ず用いて、簡潔に説明せよ。（キーワード：視野、視神經交叉）

問4 下線部(b)「網膜部位局在」とはどういうことか、以下のキーワードを必ず用いて、簡潔に説明せよ。（キーワード：受容野、線維投射）

問5 下線部(c)「腹側視覚経路」および、下線部(d)「背側視覚経路」のそれにおける視覚情報処理の特徴について、以下のキーワードを必ず用いて、簡潔に説明せよ。（キーワード：物体失認、相貌失認、構成失行）

(2) 神経突起の形成に関する次の A～C の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

A. 神経細胞は複雑な形の樹状突起や軸索などの神経突起をもつが、神経突起の形は全てが先天的に決まっているわけではない。例えば、環形動物ヒルの知覚神経は、図1のように、その神経突起を表皮の下部に複雑な分岐パターンで伸長させ、突起同士の重なり合いはみられない。そのようなパターンの形成過程で、1つの突起Pの伸長のみを阻害すると、同じ細胞の他の突起Qがより多くの分岐を出し、本来突起Pが広がるはずであった領域を占めるようになる。また、突起Qの伸長を阻害すると逆に突起Pがより多くの領域を占めるようになる。このような現象は、生体内から単離して培養した神経細胞でも観察される。

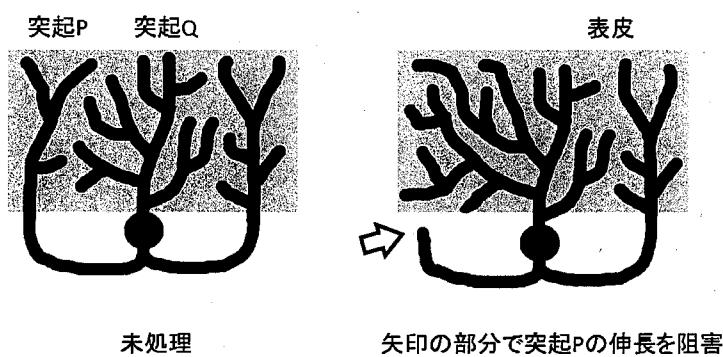


図1 ヒル知覚神経の神経突起伸長阻害実験

問1 上記のように、神経突起が状況に応じてパターンを変化させる現象は、神経突起のどのような性質に基づくものであるか、簡潔に説明せよ。

B. 神経突起の伸長過程において、同じ細胞の突起は互いに反発するが、一方で、隣り合う別種の細胞の突起は反発しない。これは、神経突起は同じ細胞由来の神経突起（自己突起）と他の細胞の神経突起（非自己突起）を識別しているためと考えられる。では、どのようにして自己と非自己を認識するのであろうか。ひとつの考えは、特定の分子の組み合わせにより自己突起を認識するというものである。例えば、哺乳類網膜のアマクリン細胞は膜分子 Sema6A と PlexinA2 を用い、接触した際に同じ細胞の突起同士を反発させることで、樹状突起のパターン形成を可能にしている。しかしながら、この方法だと、他の細胞由来の樹状突起も反発してしまうので、正常な神経回路の形成のためには、細胞ごとに異

なる反発性分子の組み合わせが必要である。ゲノム情報から算出される遺伝子数がマウスやハエで 2 万以下と見積もられていることを考えると、マウスで数千万、ハエで数十万あると推測される神経細胞全てに異なる反発分子の組み合わせを発現させることは困難である。

一方、そのような制約を回避する分子が知られている。その一つ、ハエの Dscam 分子は図 2 のようなゲノム構造をもつ。Dscam 分子は 1 回膜貫通型の膜タンパク分子であり、その細胞外ドメインの一部をコードする exon 4 として 12 種類、exon 6 として 48 種類、exon 9 として 33 種類、膜貫通ドメインである exon 17 として 2 種類のエクソンが存在し、それぞれ 1 つずつ選択され、全長分子が生成される。

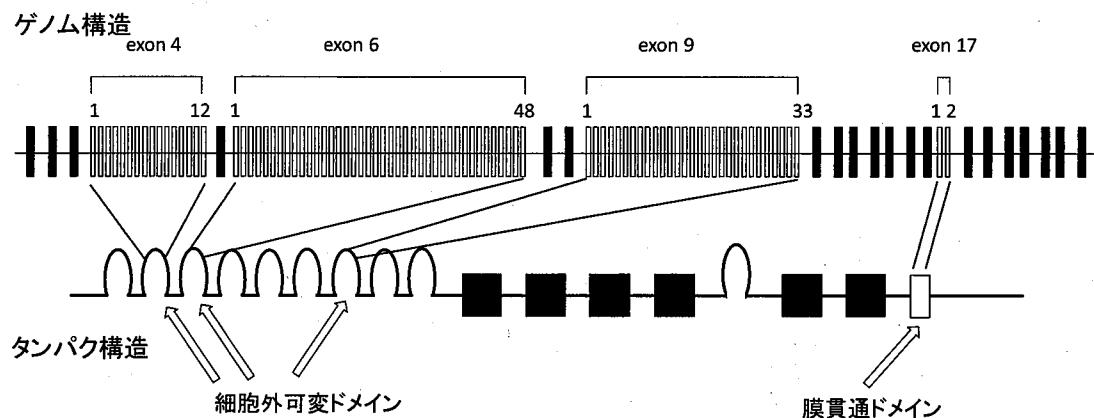


図 2 Dscam 遺伝子のゲノム構造と Dscam タンパク構造の模式図

## 問 2

- このように複数のエクソンのうちから特定のものだけ選択され、mRNA を生成する現象を何というか。
- Dscam ゲノム領域から理論上、何通りの完全長タンパク質分子が生成するか。

C. Dscam は多様な種類の分子を生成するが、3 つの細胞外可変ドメインが全て同じ分子のみ物理的に相互作用し、1 つでも可変ドメインが異なるとその相互作用が大きく減弱することが知られる。また、1 つの細胞は 10~50 種類の異なる Dscam アイソフォームを発現することが分かっている。ハエ生体内において

Dscam の全てのアイソフォームをノックアウトした細胞の樹状突起は、図 3 のように自己突起が互いに接触、交差するようになる。次に、単一のアイソフォームの Dscam を、全アイソフォームの Dscam をノックアウトした細胞でのみ発現させた場合、樹状突起の形態は正常に回復する。しかしながら、单一アイソフォームの Dscam を細胞集団全体で発現させると、本来なら突起領域の交差が可能なはずの異なる細胞同士においても、それらの突起が相互に反発し、樹状突起領域の棲み分け（タイリング）をおこすようになる。

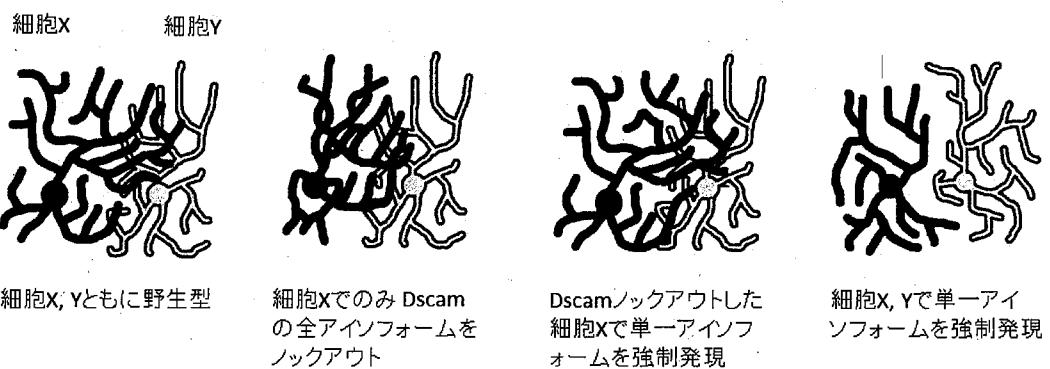


図 3 ハエ生体内の仮想の細胞 X, Y における Dscam の発現操作実験

問 3 以上の解析から推測される、樹状突起形成における Dscam の機能を、簡潔に説明せよ。

問 4 神経突起が互いに反発し平面を覆うことや、複雑な突起分岐パターンを形成することにどのような意味や利点があるか。感覚刺激情報を受ける感覚神経細胞を例にとり、簡潔に説明せよ。

問 5 このように神経細胞は複雑な突起を持つことが特徴的である。このため、ヒトの体を構成する大部分の細胞の大きさは概ね 5~100 μm 程度であるが、神経細胞の中には非常に長い神経突起を持つ細胞も存在する。ヒトの体のなかで最も長い神経突起を持つ細胞は何か述べ、どこからどこへ投射するか、また、そのおよその投射距離を述べよ。

(1) 植物の繁殖に関する以下の問いに答えよ。

問 1 生育環境は、空間的にも時間的にも変動しうる。以下の条件下で、空間的に変動する環境および時間的に変動する環境それぞれにおける適応度（個体の増殖率）を記せ。

環境 1 の頻度:  $p$

環境 2 の頻度:  $q$

$$p+q=1$$

環境 1 での生産種子数:  $w_1$

環境 2 での生産種子数:  $w_2$

空間的に変動する場合は、環境 1 の場所と環境 2 の場所が上記の頻度で存在する。

時間的に変動する場合は、環境 1 の年と環境 2 の年が上記の頻度で生じる。

問 2 砂漠に生育する一年草は埋土種子を作る。以下の条件の下で、最適な発芽率を求めよ。

毎年の発芽率:  $r$

発芽しなかった種子の生存率:  $s$

環境 1 の頻度:  $p$

環境 2 の頻度:  $q$

環境 1 の年に発芽した種子が繁殖して生産する種子の数:  $Y$

環境 2 の年に発芽した種子は全滅する。

問 3 植物の中には、発芽率などの性質が異なる 2 種類の種子を生産するものがある。こうした二型性が進化した要因を説明せよ。

【次ページへ続く】

(2) 重金属耐性に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

鉱山の跡地（廃坑という）は、しばしば土壌が重金属に汚染されている。そのような場所でも生育できる植物種があり、そのような種は廃坑に見られる集団（廃坑集団）と通常土壌に見られる集団（通常集団）でいくつかの形質が異なっていることが多い。たとえば、廃坑集団の個体は<sup>(a)</sup>植物体のサイズが小さく、通常集団由来の個体と高密度で混植すると競争で負けてしまう。また、<sup>(b)</sup>廃坑集団の方が通常集団よりも開花期が早く、自殖性が高いことが多い。<sup>(c)</sup>重金属耐性のある個体は、上で述べたように競争に弱いにも関わらず、通常土壌にもわずかながら生育している場合があり、それらの個体が汚染土壌で選択されて、廃坑集団を急速に成立させていると考えられる。

問 1 下線部(a)のような形質が廃坑集団で進化するのは、どのような場合だと考えられるか述べよ。

問 2 下線部(b)のような形質が廃坑集団で進化するのは、どのような理由が考えられるか述べよ。

問 3 下線部(c)にあるように、重金属耐性のある個体が通常土壌に見られるのはどうしてか述べよ。

(3) 実験集団に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

ショウジョウバエのある遺伝子座には、2つの対立遺伝子 A と a があり、遺伝子型 AA, Aa, aa の間には適応度の差がなく、A と a は中立変異である。個体数が 100（有効集団サイズが 100），対立遺伝子 A の頻度が 0.5 の実験集団を設定した。この実験集団をランダム交配させ、100 世代まで経代した。この実験集団の 100 世代までの対立遺伝子 A の頻度変化を図 1 に示した。

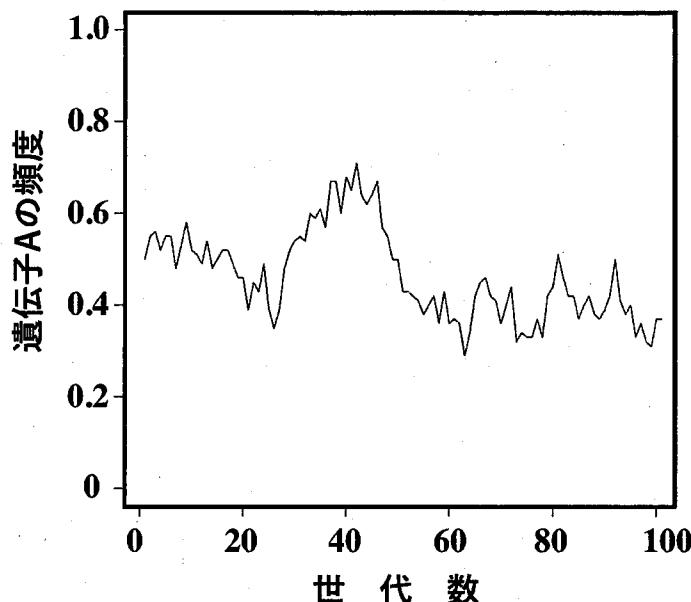


図1 遺伝子Aの頻度の変化

問1 この実験集団を1000世代まで経代したとき、1000世代後の対立遺伝子Aの頻度はどのような値と予測できるかを記せ。

問2 同様の実験を100回実施したとき、1000世代後の対立遺伝子Aの遺伝子頻度とヘテロ接合頻度の100回の平均値はおおよそいくらかを記せ。

問3 個体数（有効集団サイズ）が10の実験集団を設定し、同様の実験を100回実施した。1000世代後の対立遺伝子Aの遺伝子頻度とヘテロ接合頻度の100回の平均値はおおよそいくらかを記せ。

問4 100個体すべてaaの遺伝子型である集団に、1個体Aaが突然変異で生じたと仮定する。このとき、対立遺伝子Aが集団中で増加し、固定する確率を記せ。

問5 ショウジョウバエの自然集団において、ゲノム中に多数の中立な変異がみられる原因について述べよ。

(1) 動物の摂食活動に関する次の問い合わせよ。

問 1 Type I の機能的反応を示す動物の例を 3 つあげよ。動物名は学名ではなく、和名または総称名でよい。

問 2 Type I の機能的反応は Type II の機能的反応の特殊な場合であるという。Type II に比べてどこが異なるのか述べよ。

問 3 Type I の機能的反応を示す動物でも、餌密度が高いと摂食速度は頭打ちになる。なぜ、それら動物で摂食速度が頭打ちになるのか、理由を述べよ。

問 4 ある捕食者 A について、餌生物 1 と 2 を別々に与えて観察を行った。その結果、餌生物 1 と 2 を食べたときのエネルギー獲得量はそれぞれ  $W_1$  と  $W_2$ 、その処理時間はそれぞれ  $H_1$  と  $H_2$ 、探索時間はそれぞれ  $S_1$  と  $S_2$  であったとする。ただし、 $W_1 < W_2$  であった。

(i) 餌生物 1 と 2 がともに十分に存在している条件下で捕食者 A の摂餌選択性を調べたところ、餌生物 1 のほうが、餌生物 2 よりもはるかに選択性が高かったという。それはなぜか、考えられる理由を述べよ。

(ii) 餌生物 1 と 2 がともに密度が低い状況のもとで捕食者 A が餌生物 2 に出会った場合、それを食べたほうがよいのは  $S_1$  がどういう値以上のときと考えられるか、 $S_1$  についての不等式で記せ。

(2) ある地域に生息するヒナバッタ個体群の生命表を作成したところ、表1の結果を得た。以下の問い合わせに答えよ。

表1 ヒナバッタの個体群の生命表 (Anti-Locust Bulletin17: 1-182 を一部改変)

発育段階 (x)	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$\log_{10} l_x$	$k_x$	$F_x$
卵(0)	44000	1.000	0.920	0.92	0.00	1.09	—
1齢幼虫(1)	3513	0.080	0.022	0.28	-1.09	0.15	—
2齢幼虫(2)	2529	0.058	0.014	0.24	-1.24	0.12	—
3齢幼虫(3)	1922	0.044	0.011	0.25	-1.36	0.12	—
4齢幼虫(4)	1461	0.033	0.003	0.11	-1.48	0.05	—
成虫(5)	1300	0.030	—	—	-1.53	—	22617

なお、各項目は以下の通りである。

$n_x$ : 各発育段階 x の始めに存在した個体数

$$l_x = n_x / n_0$$

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

$$q_x = d_x / l_x$$

$$k_x = \log_{10} l_x - \log_{10} l_{x+1}$$

$F_x$ : 各発育段階の産卵数

問1 表1の生命表から、ヒナバッタ個体群の生存曲線の概要を描け。なお、縦軸は生存率を対数スケールで、横軸は各発育段階で表すこと。

問2 問1で描いた生存曲線からこの生物の特徴を述べよ。また、同様の生存曲線をもつ生物の例を1つあげよ。

問3 表1の  $k_x$  は死亡係数と呼ばれる。幼虫期全体の死亡係数を求め、卵期のそれと比較して、どのようなことがわかるかを記せ。

問4 表1から、このヒナバッタ個体群の純増殖率  $R_0$  を求め、次世代にこの個体群の大きさがどのようになるか、理由とともに述べよ。

【次ページへ続く】

(3) J. Philip Grime は、植物と地衣類の成長を制限する要因が、大きく分けて攪乱とストレスであると考え、植物と地衣類の戦略を分類するというアイデアを示した。図1は、攪乱の頻度・強度の大きさとストレスの厳しさに着目してハビタット(生息地)の違いを三角形の図として模式的に表したものである。さらに、異なる生活型に属する種が、三角形内のどの環境をハビタットとするかを大まかに示している。以下の問い合わせに答えよ。

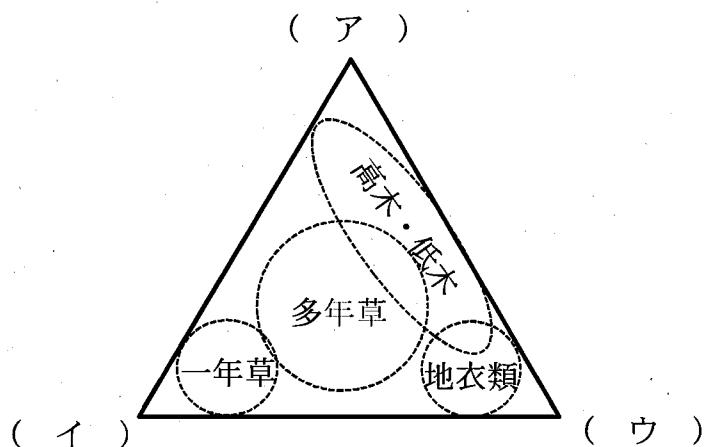


図1 Grime の三角形 (American Naturalist 111: 1169-1194 を改変)

問1 (ア), (イ), (ウ) の頂点は、それぞれ攪乱の頻度・強度の大きさやストレスの厳しさがどのようなハビタットを表すと考えられるか、述べよ。

問2 (ア) の頂点に近いハビタットで一年草が成功しにくい理由を簡潔に述べよ。

問3 (イ) の頂点に近いハビタットで成功するために好ましい生理学的性質は何か、理由とともに述べよ。

(1) 生命の起源に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

生物は無生物から発生するという(a)自然発生説は19世紀にパスツールらにより否定されたが、現在では(b)地球上に現存する多種多様な生物は单一の共通祖先から由来したとされている。生物化石が発見された岩石の年代測定から、最初に出現した生物は原核生物であり、その後に真核生物が出現したとされる。DNAの塩基配列決定・解析の技術が飛躍的に発展した今日では、塩基配列の違いに基づいて生物の系統進化解析を行えるようになってきた。原核生物間では、(c)特定遺伝子の塩基配列の違いに基づき、系統進化関係を推定するのが一般的である。

問1 下線部(a)に関し、パスツールの実験の概略について図を用いて説明せよ。

問2 下線部(b)に関し、この進化現象を支持する遺伝学的根拠を説明せよ。

問3 下線部(c)の特定遺伝子とは何かを記せ。また、本遺伝子に着目した理由を説明せよ。

問4 原核生物と真核生物の間では一般的に、ゲノム構造と遺伝子構造が異なる。各々に関して、どのように異なるかを説明せよ。

【次ページへ続く】

(2) 微生物の分離・培養について、以下の問い合わせよ。

問 1 実験室で特定の微生物株の実験を行うには、目的外の微生物の繁殖を防ぐために、使用する器具類や培地を滅菌する必要がある。様々な滅菌法があるが、「オートクレーブ滅菌法」とはどのような方法か説明せよ。また、なぜこのような方法が必要なのか説明せよ。

問 2 「集積培養法 (enrichment culture)」とはどのような方法で、どのような目的に用いられるか説明せよ。

問 3 「合成（最小）培地 (synthetic medium)」と「天然（完全）培地 (complex medium)」の違いを述べよ。また、合成培地は一般にどのような目的で使われるか説明せよ。

問 4 一般に、自然界に存在する微生物の多くは純粋培養が困難である。これら微生物が実験室環境下で人為的に純粋培養が困難な理由を説明せよ。

問 5 ある集積培養において、アンモニアから硝酸までの酸化を行う新規な硝化細菌（コマモックス“Comammox” (complete ammonia oxidizer)）が近年発見された。コマモックスがなぜ新規の硝化細菌であるか、従来の硝化細菌の種類・機能と比較しながら説明せよ。

【次ページへ続く】

(3) 細菌の遺伝子発現に関する次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

細菌ゲノム中のタンパク質をコードする遺伝子が、タンパク質として合成される際には、DNA 上にあるプロモーターから（ア）により転写が開始して mRNA が合成され、次いで mRNA がリボソームにより翻訳される。大腸菌の主要なタイプの(d)プロモーターは、(イ) box および(ウ) box よりなる。前者のコンセンサス配列は TATAAT、後者のコンセンサス配列は TTGACA である。mRNA 上にはこれら開始コドンとなりうる配列が複数存在する場合もあるが、翻訳は特定の開始コドンより始まる。これには(e)開始コドンの上流に存在する（エ）配列と呼ばれる配列が関連している。この配列に、リボソームの構成成分である（オ）の 3'末端が塩基対合することで、直後の開始コドンからの翻訳が促進される。細菌では複数のタンパク質のコード部分が 1 つの mRNA 上に存在することが通常であり、（カ）はひと続きに転写される単位を指す用語である。

問1 文章中の（ア）～（カ）の空欄に当てはまる適当な語句を記せ。

問2 下線部(d)について、これら 2 つのボックスの認識に直接関わるサブユニットは何と呼ばれるか。ギリシャ文字あるいはそのカタカナ表記で記せ。

問3 下線部(e)について、この配列の例としてふさわしいのは次のどれか選べ。

- (a) AGGAGGA
- (b) CCGCGCGAUGC CGCGGUUUUUU
- (c) GGATCC
- (d) CGCGCGC

【次ページへ続く】

(4) 次の細菌細胞表層に関する文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。

大腸菌の細胞表層には（キ）を成分とする細胞壁、それをはさむ（ク）と（ケ）の3層の構造が存在する。（ク）と（ケ）の間の区画を（コ）と呼ぶ。他方、枯草菌の細胞には（ク）が存在せず、また、大腸菌と比べて厚い（キ）の層を有する。両細菌の（ケ）はリン脂質とタンパク質から構成されているのに対して、（ク）の主要構成成分には、さらに（サ）があげられる。（キ）は、2種類の糖（シ）、（ス）が交互に $\beta$ -1,4結合でつながってできた糖鎖が、ペプチドで架橋された網目状の構造をもつ。このペプチドは、細胞内タンパク質には含まれないD-アラニンや2つのアミノ基をもつ（セ）などを含んでいる。卵白などに含まれる酵素（ソ）は（キ）の糖鎖を切断する働きがあり、低浸透圧環境では、その作用によって細菌細胞が（ナ）する。1929年にフレミングによって発見された最初の抗生物質である（ニ）は、D-アラニンと（セ）との間の結合反応を触媒する酵素に結合することによって、（キ）合成の最終段階を阻害し、細菌を（ナ）に導く。ただし、(f)生育を停止している細胞では（ナ）が起こらない。また、(g)天然の（ニ）は大腸菌に対する効力が弱いが、その構造の改変によって大腸菌に対しても有効な抗生物質が開発されている。

問1 文章中の（キ）～（ニ）の空欄に当てはまる適当な語句を記せ。

問2 大腸菌と枯草菌の細胞表層構造の違いを簡便に示すことができる実験の名称を1つ記せ。

問3 下線部(f)の現象を利用すると、突然変異誘発処理後の細胞集団から栄養要求性変異株を濃縮することができる。その理由を説明せよ。

問4 下線部(g)の理由を簡潔に説明せよ。