

2019 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(10 月入学)入学試験
及び

2020 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 (38 頁)

8 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。

「2. 生化学(生物物理化学を含む)」及び「3. 分子・細胞
生物学(動物発生学を含む)」は選択問題を含みます。ただし、
2 科目目として、同じ科目で異なる組み合わせの選択問題を
解答することは、認めません。

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。

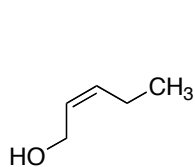
専門科目目次

科目番号	専門科目	ページ
1	有機化学	1- 3
2	生化学（生物物理化学を含む）	4-10
3	分子・細胞生物学（動物発生学を含む）	11-14
4	植物発生・生理学	15-22
5	脳・神経科学	23-27
6	進化生物学	28-31
7	生態学	32-35
8	微生物学	36-38

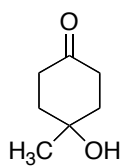
専門科目

1. 有機化学

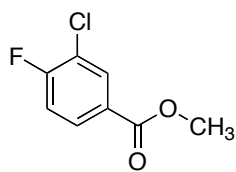
(1) 化合物 (ア) ~ (カ) について、以下の問いに答えよ。



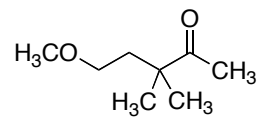
(ア)



(イ)



(ウ)



(エ)

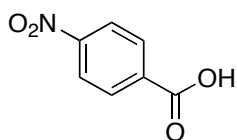
(オ) (*R*)-1,3-dimethylpyrrolidine

(カ) (2*S*,3*R*)-2,3-diamino-4-phenylbutanoic acid

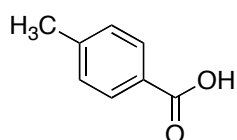
問1 (ア) ~ (エ) の化合物名を英語で答えよ。

問2 (オ), (カ) の構造式を示せ。ただし、不斉炭素原子の立体配置がわかるように示せ。

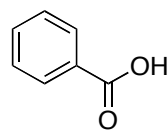
(2) 以下のカルボン酸 (キ) ~ (ケ) のうち、酸性度が最も高い化合物と、酸性度が最も低い化合物はどれか。それぞれ記号で答えよ。



(キ)



(ク)



(ケ)

【次ページへ続く】

(3) 図1に示した電子イオン化法による質量スペクトル及び図2に示した ^1H -NMR スペクトルを与える化合物 ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_3$) について、構造式を示し、根拠を説明せよ。ただし、それぞれのスペクトルから読み取れることを1つ以上答えること。

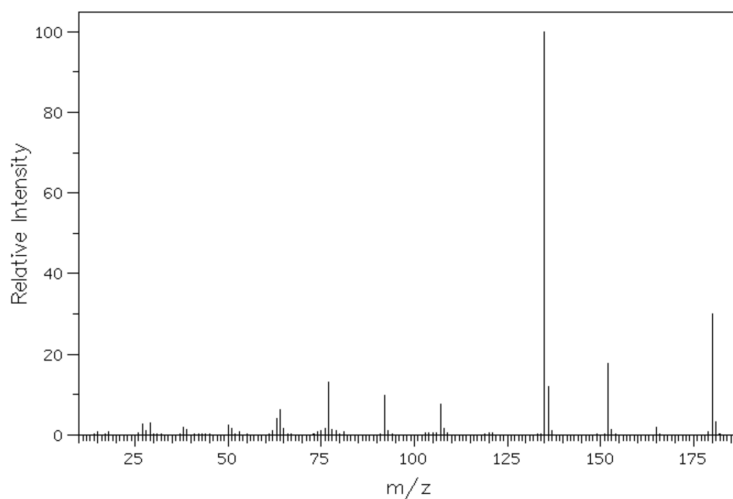


図1 質量スペクトル

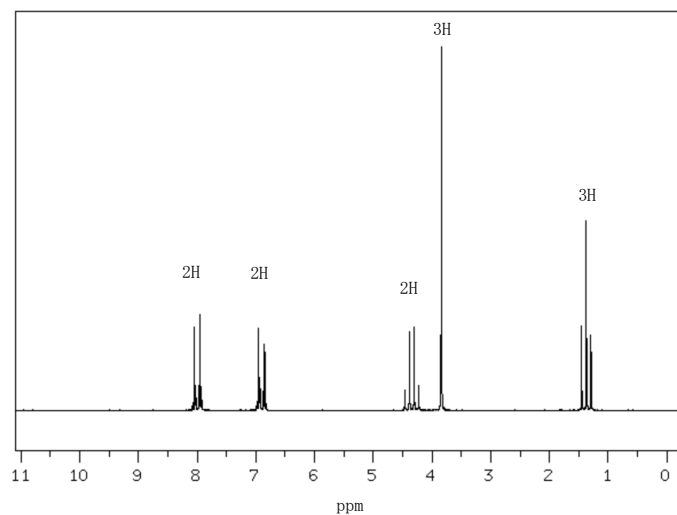
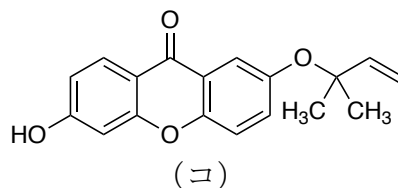


図2 ^1H -NMR スペクトル (90 MHz, CDCl_3)

【次ページへ続く】

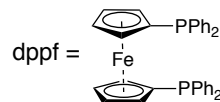
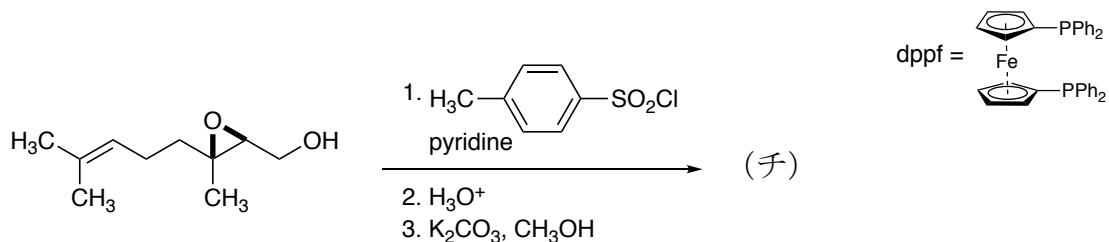
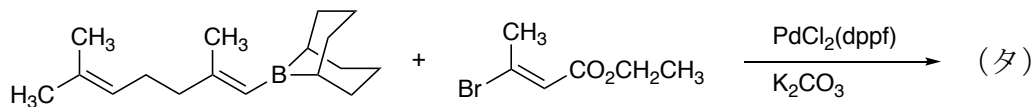
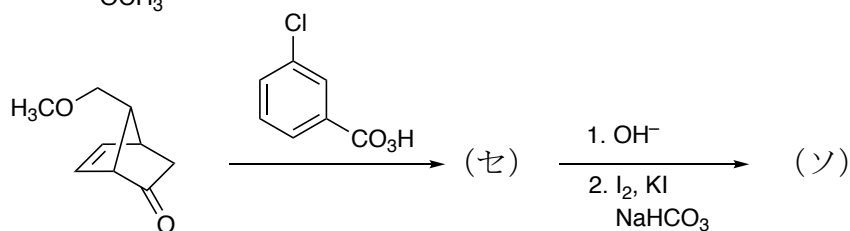
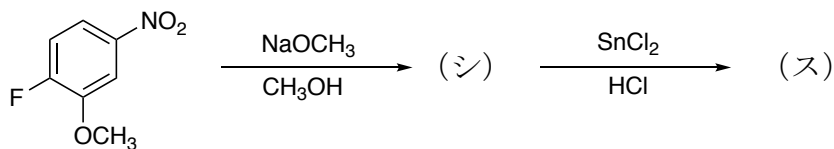
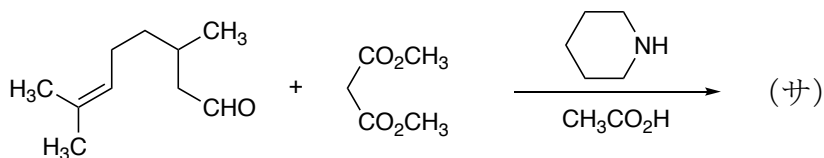
(4) 化合物 (コ) について、以下の問いに答えよ。



問1 化合物 (コ) をトルエン溶媒中で加熱還流すると、Claisen 転位反応が進行する。生成物として予想される2つの異性体の構造式を示せ。

問2 実際には、問1で推定した異性体の一方のみが生成した。その構造式を示すとともに、選択性が生じる理由を説明せよ。

(5) 次の反応の主生成物 (サ) ~ (チ) 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、相対配置がわかるように示せ。



【有機化学の問題はここまで】

専門科目

2. 生化学（生物物理化学を含む）

（１）～（３）のうち２つを選択して答えよ。選択した問題の番号を，答案用紙の記入欄に必ず記載すること。全ての問題を解答していても，記入欄に記載された番号の問題だけが採点されるので，注意すること。

（１）動物細胞の脂肪酸代謝に関する以下の問いに答えよ。

問１ 以下にあげる分子の化学構造を記せ。

- (i) グリセロール
- (ii) パルミチン酸
- (iii) トリアシルグリセロール（アルキル基は R と略してよい）

問２ 脂肪酸の β 酸化はミトコンドリア内部（マトリックス）で起きる反応だが， β 酸化の基質となる長鎖アシル CoA はミトコンドリア内膜を通過できないという問題がある。細胞はどのような機構でこの問題を解決しているか説明せよ。

問３ 脂肪酸の β 酸化は４段階の反応の繰り返しからなる。一巡するごとに基質であるアシル CoA は２炭素ずつ短くなり，アセチル CoA, NADH, FADH_2 が１分子ずつ産生される。この４段階の反応を正しく記述しているものを選べ。

- a. 酸化→水和→還元→チオ開裂
- b. 酸化→水和→酸化→チオ開裂
- c. 酸化→酸化→水和→チオ開裂
- d. 水和→酸化→還元→チオ開裂
- e. 酸化→還元→水和→チオ開裂

問４ １分子のステアリン酸（炭素数 18 の飽和脂肪酸）が β 酸化により完全に分解されると，アセチル CoA, NADH, FADH_2 がそれぞれ何分子ずつ産生されるか答えよ。

【次ページへ続く】

問 5 脂肪酸の β 酸化により産生されたアセチル CoA, NADH, FADH_2 はクエン酸回路および電子伝達系に導入されて ATP を産生する。1 分子のステアリン酸が完全に分解されると何分子の ATP が産生することになるか、理由とともに答えよ。

問 6 炭素数が奇数個で、かつ、5 以上の直鎖飽和脂肪酸が β 酸化をうけると、最終産物としてアセチル CoA 以外にもアシル CoA が生じる。その分子の名称と化学構造を記せ。CoA については全化学構造を記述する必要はなく、CoA のメルカプト基を明示した省略形 CoA-SH を用いてよい。

問 7 以下の記述の正誤をそれぞれ述べよ。

- (i) シス型の二重結合が増えると脂肪酸の融点は低下する。
- (ii) リノール酸は必須脂肪酸である。
- (iii) アラキドン酸は飽和脂肪酸である。
- (iv) 脂肪酸の合成はミトコンドリアで起こる。
- (v) ホスファチジルエタノールアミンはスフィンゴ脂質である。

【次ページへ続く】

(2) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ヒトの代謝で利用される 20 種のアミノ酸のうち、生合成できない (ア) は食物から摂る必要があり、ヒトでは 9 種類のアミノ酸が該当する。そのほかのアミノ酸は、肝臓などで合成され、その多くは (イ) が触媒する。この酵素は、ビタミン B6 代謝産物である補因子の (ウ) を必要とし、 α -ケト酸とアミノ酸を相互変換する。この酵素は、タンパク質分解で生じたアミノ酸も α -ケト酸へと変換するが、特に L-アラニンから変換された (エ) は、糖新生の重要な基質であるとともに、嫌気的な分解により動物では (オ) となったり、植物や微生物では (カ) の生成など様々な代謝反応の基質となっている。また、^(a)L-チロシンは、テトラヒドロビオプテリンを補酵素としてフェニルアラニン水酸化酵素 (PAH) により L-フェニルアラニンと酸素分子から生成される。この PAH の変異は古典的な遺伝病であるフェニルケトン尿症の原因となり、フェニルアラニン誘導体の蓄積により精神遅滞、成長遅延、湿疹などが引き起こされる。今回、この PAH の酵素機能を調べるために、ヒト PAH を精製して解析した。^(b)光反応性の官能基を有するテトラヒドロビオプテリン誘導体を用いて光アフィニティーラベリングを行ったところ、PAH の 325 番目のチロシン残基と反応していることが判明した。また、あるフェニルケトン尿症患者の PAH 遺伝子をクローニングし、組換えタンパク質を発現させて酵素活性を野生型と比較した結果、この患者の PAH 遺伝子由来の変異体の反応速度 (v) は、表 1 のようになった。なお、 $V_{\max}$ に変化はないことがわかっている。

表 1 フェニルアラニン水酸化酵素 (PAH) 野生型と変異型の各基質濃度における酵素 1 mg 当たりの反応速度 (v)

基質 (L-フェニルアラニン) 濃度 (mM)	v ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg protein}$)	
	野生型	変異体
0.10	0.400	0.0952
0.20	0.667	0.182
0.40	1.00	0.333
1.00	1.43	0.667
5.00	1.85	1.43

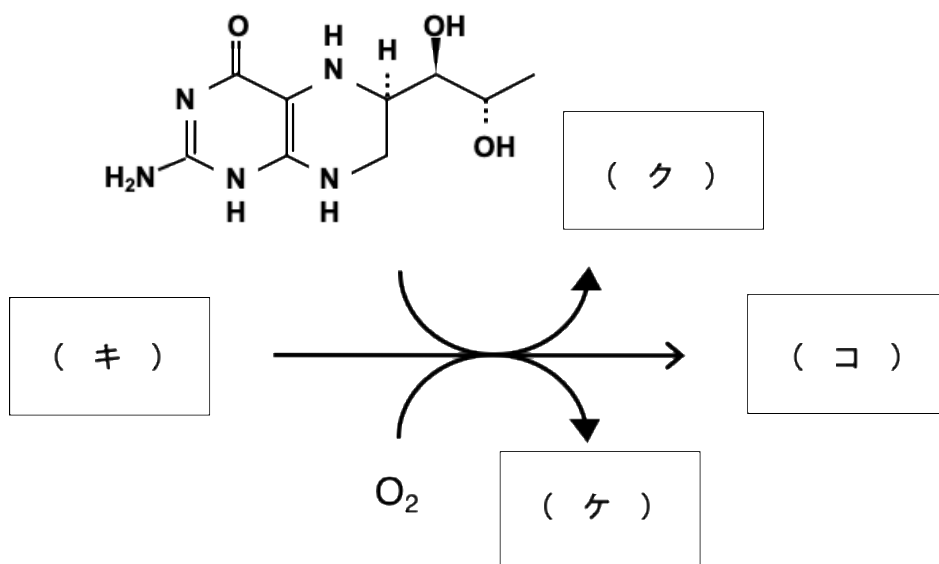
【次ページへ続く】

問1 (ア) ～ (カ) に当てはまる語句を次の【語句群】より選んで記せ。

【語句群】

非必須アミノ酸, 必須アミノ酸, 芳香族アミノ酸, 脂肪族アミノ酸, アデノシンデアミナーゼ, アミノトランスフェラーゼ, チロシナーゼ, α -ケト酸デヒドロゲナーゼ, ピロキシジン, ピリドキサルリン酸, アセト酢酸, ピルビン酸, オキサロ酢酸, プロピオン酸, α -ケトグルタル酸, 乳酸, クエン酸, エタノール

問2 下線部(a)について, PAH によって L-フェニルアラニンから L-チロシンを生成する下記の反応式中の (キ) ～ (コ) に当てはまる構造式を記せ。
なお, アミノ酸については, その立体配置がわかるように示すこと。



問3 下線部(b)について, タンパク質の光アフィニティーラベリング法とはどのような方法かを記せ。また, アフィニティーラベリング後に, 反応したアミノ酸残基を同定する方法について述べよ。

【次ページへ続く】

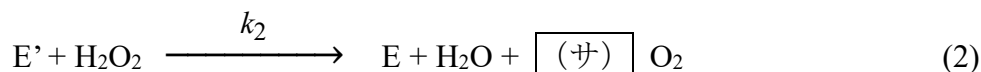
問 4 表 1 の野生型 PAH と変異体について，次の(i)～(iii)に答えよ。

- (i) 野生型 PAH と変異体のデータを用いて，それぞれの Lineweaver-Burk プロットを作成せよ（フリーハンドでよい）。
- (ii) (i)のプロットから両者の $V_{\max}$ 値と K_m 値を求めよ。
- (iii) この変異体の酵素の特性を，野生型と比較して説明せよ。

【次ページへ続く】

(3) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

カタラーゼは過酸化水素 (H_2O_2) を水 (H_2O) と酸素分子 (O_2) に不均化する酵素である。この反応は発熱反応であることが知られており、2 段階の反応で進行する。まず、第 1 段階では休止型酵素 E が 1 分子の H_2O_2 と反応して活性化型酵素 E' を与える (式(1))。次に、E' がもう 1 分子の H_2O_2 と反応することで O_2 を発生させ、E が再生する (式(2))。式(2)において、 H_2O_2 1 分子に対して発生する O_2 は (サ) 分子であるため、酵素サイクル全体での反応式は (シ) となる。なお、いずれの反応についても、逆反応は無視できる。



次に、式(1)と式(2)の反応速度定数を k_1 および k_2 として反応速度について考える。なお、各成分の濃度は角括弧を用いて表すものとする。反応中の $[\text{E}']$ は式(3)の速度式に従って変化するが、定常状態に達すると式(3)の値は (ス) となる。よって、E と E' の初濃度を $[\text{E}]_0$ および 0 とすると、定常状態での $[\text{E}']$ は (セ) と表される。一方、 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ の低下を表す速度式は式(4)であり、定常状態では $[\text{E}]_0$ を用いる式(5)に変形できる。 H_2O_2 の初濃度を $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ として微分方程式を解くと、時間 t における $[\text{H}_2\text{O}_2]$ は式(6)で表される。

$$\frac{d[\text{E}']}{dt} = \boxed{\text{(ソ)}} [\text{E}][\text{H}_2\text{O}_2] + \boxed{\text{(タ)}} [\text{E}'][\text{H}_2\text{O}_2] \quad (3)$$

$$-\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt} = \boxed{\text{(チ)}} [\text{E}][\text{H}_2\text{O}_2] + \boxed{\text{(ツ)}} [\text{E}'][\text{H}_2\text{O}_2] \quad (4)$$

$$= \boxed{\text{(テ)}} \quad (5)$$

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \boxed{\text{(ト)}} \quad (6)$$

【次ページへ続く】

問1 (サ)～(ト)に当てはまる適切な数字や式を答えよ。

問2 競合阻害剤IはEのみに可逆的に結合して H_2O_2 との反応を阻害する。反応の定常状態におけるEとE'の比率($[\text{E}]/[\text{E}']$)について、Iの添加時に予想される変化を下から選んで答えよ。

- a. 増大
- b. 変化無し
- c. 減少

問3 反応温度を上げた際、あるカタラーゼでは反応速度が増大するだけでなく、定常状態での $[\text{E}]/[\text{E}']$ の値も変化した。これら2つの変化の要因を以下の語句を全て用いて説明せよ。

【語句】

マクスウェル-ボルツマン分布、アレニウスプロット、活性化エネルギー、衝突

問4 下線部(c)について、定圧条件での化学反応における発熱量(吸熱量)と直接的に関連する状態量を下から選べ。

- a. ギブス自由エネルギー
- b. エントロピー
- c. エンタルピー
- d. 化学ポテンシャル

問5 下の文章について、自由エネルギーおよびエントロピーの2つの観点からそれぞれ誤りを指摘し、その内容を簡潔に説明せよ。

“カタラーゼを利用した永久機関を考案した。密閉したシリンダー内の H_2O_2 水溶液にカタラーゼを加えると、 O_2 ガスの発生により容量が増加し、ピストンが押し上げられる。次に、カタラーゼを回収すれば O_2 から H_2O_2 が再生されるため、ピストンは元の位置に戻る。この過程を繰り返せば、エネルギーの供給なしに無限に仕事を行える。”

【生化学(生物物理化学を含む)の問題はここまで】

(1)～(3)のうち2つを選択して答えよ。選択した問題の番号を、答案用紙の記入欄に必ず記載すること。全ての問題を解答していても、記入欄に記載された番号の問題だけが採点されるので、注意すること。

(1) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

宇宙放射線や地表・空気・食物に含まれる放射性物質からの放射線により、DNAには様々な損傷が生じる。また、生体内では酸素呼吸をはじめとする様々な代謝反応により(ア)が常発生しており、放射線による損傷と同様の損傷がDNAに生じている。これらのDNA損傷には、塩基の化学修飾、塩基の遊離、DNA一本鎖切断、DNA二本鎖切断などがある。

ヒトでは、放射線により生じた損傷のうち、塩基損傷、塩基脱落、DNA一本鎖切断は(イ)と呼ばれる経路で修復される。生体内で生じたこれらの損傷は、ほとんどの場合は正しく修復されるが、時として突然変異を引き起こす。例えば、グアニンが酸化して生じる8-オキシグアニンは、本来グアニンが対合するシトシン以外に、(ウ)とも対合するので、修復が行われずにDNAが複製されると、突然変異が生じる。一方、DNA二本鎖切断は、前記の(イ)とは全く異なる2種類の経路により修復される。1つは、(エ)と呼ばれる経路で、末端の損傷部位を取り除いて再結合させる方法である。この経路では、修復の過程でDNAの切断末端の塩基が数個から数十個欠ける突然変異を伴いやすい。もう1つの経路は、(オ)と呼ばれる経路である。この経路は、DNAの複製後にできる同じ遺伝子情報を持つ(カ)を鋳型にして修復する方法であり、^(a)細胞周期の特定の時期にのみ働く。この修復経路は、比較的正確に修復可能で、突然変異の誘発頻度は低い。このようなDNA修復機構は、ヒトのみならず、大腸菌から高等生物に至る全ての生物に広く保存されている。

問1 (ア)～(カ)に当てはまる語句を記せ。

【次ページへ続く】

問2 真核細胞には、DNA 損傷の修復機構に加えて、核内の DNA に異常がないか監視し、DNA 損傷などがある場合には細胞周期の進行を停止（または減速）させる制御機構が存在する。この機構を何というか記せ。また、この機構に関連して、下線部 (a)の細胞周期の特定の時期とは、どのような時期か記せ。

問3 ヒトなどの高等真核細胞では、DNA 二本鎖切断を修復する際、突然変異を伴いやすい（エ）の経路により修復されるケースが多い。しかし突然変異が生じて細胞の生存には大きく影響を与えない場合が多いことが知られている。この理由に関して、考えられることを記せ。

問4 タンパク質 X と GFP の融合タンパク質を細胞内で高発現させるベクターの構造を図1に示す。

Aさんは、このベクターを改変し、突然変異の誘発頻度を簡便に検出できる実験系を考案した。タンパク質 X をコードする DNA 上に $1+3n$ 塩基（ n は 0 以上の整数）の欠失によるフレームシフト突然変異が生じた時のみ、GFP の蛍光が観察されるベクターを作製するためには、図1のベクターをどのように改変すればよいかを記せ。



図1 タンパク質 X と GFP の融合タンパク質を発現するベクター

【次ページへ続く】

(2) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

細胞分裂の後期において、分離した姉妹染色分体は、微小管を介して結合した紡錘体極に向かって移動する。この移動は紡錘体の別々の部分が関与する 2 つの過程の結果であり、これらの過程は^(b)後期 A、後期 Bと呼ばれている。

細胞分裂は、細胞質が 2 つに分配される過程である細胞質分裂によって完了する。動物細胞と多くの単細胞真核生物では、細胞分裂の後期に細胞表面に現れる (キ) が急速に深くなり、2 つの分離した染色体群を 2 つの娘細胞に分割する。この変化を担う構造は (ク) と呼ばれ、(ケ) フィラメントと (コ) フィラメントを主な構造タンパク質として構成されている。細胞分裂の最終段階では (キ) の細胞膜がくびれて (サ) を形成する。^(c)2 つの娘細胞が異なる場合を (シ) 分裂という。^(d)核分裂が起きても細胞質分裂が起こらず、1 つの細胞に複数の核が存在する細胞を (ス) という。

高等植物の細胞質分裂のしくみは、動物細胞とは異なり、くびれができるのではなく、2 つの娘核の間に (セ) という新しい細胞壁ができる。この細胞壁の形成は、紡錘体の赤道面の位置にできた極間微小管の残存物である (ソ) という構造によって誘導される。

問 1 (キ) ～ (ソ) に当てはまる語句を記せ。

問 2 下線部 (b) について、それぞれを図示して説明せよ。

問 3 下線部 (c) について、その例を 1 つ挙げて説明せよ。

問 4 下線部 (d) について、その例を 3 つ挙げよ。

【次ページへ続く】

(3) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

多細胞生物を構成する細胞間相互作用において基本となるものは、多数の細胞をつなぎ合わせる作用である。動物細胞の結合には、直接の相互作用での連結である細胞間接着と、細胞が分泌するタンパク質や多糖類からなる複雑なネットワークである（タ）を介した結合がある。細胞の膜上には、細胞が結合するために特殊化されたいくつかの領域がある。例えば哺乳類の上皮細胞の場合には、最も頂端側に細胞間物質の流出を防ぐ（チ）結合が発達している。その基底側には、組織の物理的強度を高めるための^(e)接着結合とデスモソームがある。さらに基底側には、細胞間でイオンや小分子の流通を可能にする連絡通路としての（ツ）結合などがある。これらの細胞間構造をつくる分子として、特に接着結合では膜貫通型タンパク質のカドヘリン類が知られている。これらの^(h)細胞間接着分子は、発生過程における細胞の構築や形態形成において重要な役割を担う。

多細胞生物の成長、発生と維持は細胞の増殖だけでなく、細胞を壊す機構にも依存している。組織の大きさを維持するには、増殖する細胞とほぼ同じ数の細胞が死ぬ場合がある。^(g)発生の過程で能動的におこる細胞死は（テ）と名付けられており、^(h)細胞死シグナル分子の作用によって実行され、細胞は組織から脱落した後、除去されて痕跡を残さない。ほとんどの場合、この（テ）はアポトーシスという過程によって起こる。

問1 （タ）～（テ）に当てはまる語句を記せ。

問2 下線部 (e) について、①接着結合および、②デスモソームそれぞれにおける、組織の物理的強度を高める仕組みを説明せよ。

問3 下線部 (f) について、①形態形成の例を挙げ、②そのメカニズムを（特に細胞間接着分子の役割を中心に）記せ。

問4 下線部 (g) について、その例を3つ挙げよ。

問5 下線部 (h) について、線虫をモデル生物として用いた研究が、ある細胞死シグナル分子の発見につながった。その研究は、2002年にノーベル賞を受賞した。①その研究について説明し、②その細胞死シグナル分子の名称を記せ。

【分子・細胞生物学（動物発生学を含む）の問題はここまで】

専門科目

4. 植物発生・生理学

(1) 植物ホルモンに関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

植物ホルモンは植物個体内で生合成された後、維管束などを通じて生体内を輸送され、その機能部位において受容され、転写制御を介し、生理機能を果たす。植物ホルモンのうち、^(a)オーキシシン、ジャスモン酸、ストリゴラクトン、ジベレリンは、F-box タンパク質により、ホルモン応答抑圧因子のユビキチン化および(ア)による分解を促進することで、ホルモン応答を制御する特徴を共通している。

例えば、オーキシシン応答においては、オーキシシン非存在下で、転写抑制因子と考えられる(イ)ファミリーは、転写制御因子(ウ)とヘテロダイマーを形成し、オーキシシン応答遺伝子の転写を抑制する。一方、オーキシシン濃度が高い条件では、オーキシシンは、(イ)タンパク質のドメインIIとSCF E3 ユビキチンリガーゼ(エ)の結合を促し、(イ)のユビキチン化、および、その後の(ア)による分解を誘導することで、(ウ)により、オーキシシン応答性遺伝子群が発現する。

また(オ)応答では、(オ)存在下で、受容体である(カ)とF-box タンパク質であるD3の相互作用が誘導され、転写抑制因子と考えられているD53/SMXL6/7/8の分解が起こる。

問1 (ア)～(カ)に適切な語句を下から選び記せ。

ACS	AHK	ARF	AUX/IAA	COI1
CCD8	DELLA	D7	D14	D61
GID1	GID2	IPT	JAZ	KO
LOG	MAX1	MYC	NINJA	TIR1/AFB
YUCCA	ジベレリン	ジャスモン酸	ストリゴラクトン	プロテアソーム

問2 オーキシシンは、農業に利用されているが、その例を2つ答えよ。

【次ページへ続く】

問3 ストリゴラクトンは、枝分かれの抑制以外にも機能することが知られている。枝分かれ以外に知られているストリゴラクトンの機能を2つ答えよ。

問4 下線部 (a)の植物ホルモンは類似した機構でホルモン応答を制御する一方で、明確な違いを有する。受容体と F-box タンパク質の観点から上記4つのホルモンを2グループに分けよ。また、2グループに分けた根拠について、 α/β -ヒドrolラーゼ (hydrolase) を用いて記述せよ。

問5 ストリゴラクトンは、植物の枝分かれを抑制するホルモンとして知られている。シロイヌナズナ *max1*, *max2* 変異体は、ストリゴラクトンの生合成またはシグナル伝達に関わる遺伝子に変異をもつ。シロイヌナズナを地上部、地下部で接ぎ木した場合に、枝分かれの数は表1のようになった。

(i) MAX1, MAX2 はそれぞれストリゴラクトンの生合成、シグナル伝達のいずれに関わるか答えよ。なお、この場合ストリゴラクトンの合成中間体は植物個体中を移動しないと仮定する。

(ii) 表1の①, ②の枝分かれ数はどうか答え、その理由をそれぞれについて述べよ。

表1

枝分かれ数	少ない	多い	多い	少ない	多い	①	②
$\frac{\text{接ぎ穂}}{\text{台木}}$	$\frac{\text{WT}}{\text{WT}}$	$\frac{\text{max1}}{\text{max1}}$	$\frac{\text{max2}}{\text{max2}}$	$\frac{\text{max1}}{\text{WT}}$	$\frac{\text{max2}}{\text{WT}}$	$\frac{\text{max2}}{\text{max1}}$	$\frac{\text{max1}}{\text{max2}}$

【次ページへ続く】

(2) 植物ホルモンの一種のアブシシン酸 (ABA)の作用機作は、1980 年代に単離された ABA に対する応答性が変化したシロイヌナズナの変異体などを用いて分子遺伝学的に解析されていたが、ABA の感受機構の解明には至らなかった。2000 年代に、ABA 構造類縁体ではないが、ABA に類似した生理活性を示すピラバクチン(pyrabactin)に対する応答性が変化したシロイヌナズナの変異体が単離・解析され、ABA 感受機構が解明された。それらの知見を導いた実験結果に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

0.25 μ M ピラバクチンを処理すると、野生型のシロイヌナズナの種子は発芽しなかったが、*a* 変異体の種子は発芽した。*a* 変異は A タンパク質の 88 番目のプロリン(P)がセリン(S)に置換したミスセンス変異(P88S)であり、潜性（劣性）遺伝した。

0.9 μ M ABA を処理すると、シロイヌナズナの野生型と *a* 変異体の種子は発芽しなかった。また、A タンパク質と構造が類似した A', A'', A''' タンパク質をコードする遺伝子を欠損した各単独変異体、および、*a a'''* 二重変異体の種子も、0.9 μ M ABA を処理すると発芽しなかった。ところが、*a a' a'''* 三重変異体、および、*a a' a'' a'''* 四重変異体の種子は、0.9 μ M ABA を処理しても発芽した。

b-1 変異体の種子は、0.9 μ M ABA を処理しても発芽した。*b-1* 変異は B タンパク質の 180 番目のグリシン(G)がアスパラギン酸(D)に置換したミスセンス変異(G180D)であり、顕性（優性）遺伝した。また、野生型のシロイヌナズナの種子に低濃度（0.5 μ M または 0.3 μ M）の ABA を処理しても発芽し、*B* 遺伝子の欠損変異体（*b-2* 変異体）では、0.3 μ M ABA を処理しても種子は発芽したが、0.5 μ M ABA を処理すると種子は発芽しなかった。

【次ページへ続く】

A, A', A'', A'''タンパク質は ABA 依存的に B タンパク質と結合した。一方, A, A'タンパク質はピラバクチン存在下で B タンパク質と結合したが, A'', A'''タンパク質は, ピラバクチン存在下で B タンパク質と結合しなかった。また, 変異型 A(P88S)タンパク質は, ABA あるいはピラバクチン进行处理しても, B タンパク質と結合しなかった。一方, ABA の有無にかかわらず, A タンパク質は変異型 B(G180D)タンパク質と結合しなかった。

A タンパク質と変異型 A(P88S)タンパク質はともに ABA に結合した。また, A タンパク質は, B タンパク質のホスファターゼ活性を ABA 依存的に阻害した。一方, 変異型 A(P88S) タンパク質は, ABA 存在下でも B タンパク質のホスファターゼ活性を阻害しなかった。

問1 ピラバクチンを用いた解析が ABA 感受機構の解明に有効だった適切な理由を以下から 1 つ選べ。

(ア) ピラバクチンは全ての ABA 受容体に作用しないため, ABA には耐性を示すが, ピラバクチンには耐性を示さない変異体を単離できた。

(イ) ピラバクチンは全ての ABA 受容体に作用しないため, ABA には耐性を示さないが, ピラバクチンには耐性を示す変異体を単離できた。

(ウ) ピラバクチンは一部の ABA 受容体にしか作用できないため, ABA には耐性を示すが, ピラバクチンには耐性を示さない変異体を単離できた。

(エ) ピラバクチンは一部の ABA 受容体にしか作用できないため, ABA には耐性を示さないが, ピラバクチンには耐性を示す変異体を単離できた。

【次ページへ続く】

問2 A, A', A'', A'''タンパク質に関する適切な記載を以下から1つ選べ。

(ア) A と A'タンパク質の機能は重複しており、ともに ABA 応答を誘導する正の制御因子である。一方、A'', A'''タンパク質は ABA 応答には関与しない。

(イ) A と A'タンパク質の機能は重複しており、ともに ABA 応答を抑制する負の制御因子である。一方、A'', A'''タンパク質は ABA 応答には関与しない。

(ウ) A, A', A'', A'''タンパク質の機能は重複しており、いずれも ABA 応答を誘導する正の制御因子である。

(エ) A, A', A'', A'''タンパク質の機能は重複しており、いずれも ABA 応答を抑制する負の制御因子である。

問3 ABA が結合した A タンパク質の機能に関する適切な記載を以下から1つ選べ。

(ア) ABA が結合した A タンパク質は、B タンパク質のホスファターゼ活性を活性化し、ABA 応答を抑制する。

(イ) ABA が結合した A タンパク質は、B タンパク質のホスファターゼ活性を活性化し、ABA 応答を誘導する。

(ウ) ABA が結合した A タンパク質は、B タンパク質のホスファターゼ活性を不活性化し、ABA 応答を抑制する。

(エ) ABA が結合した A タンパク質は、B タンパク質のホスファターゼ活性を不活性化し、ABA 応答を誘導する。

【次ページへ続く】

問 4 変異型 A(P88S)タンパク質の作用に関する適切な記載を以下から 1 つ選べ。

(ア) 変異型 A(P88S)タンパク質は, ABA の有無に関わらず, B タンパク質に結合しないため, 恒常的に B タンパク質のホスファターゼ活性が抑制されず, 変異形質が引き起こされる。

(イ) 変異型 A(P88S)タンパク質は, ABA の有無に関わらず, B タンパク質に結合しないため, 恒常的に B タンパク質のホスファターゼ活性が抑制され, 変異形質が引き起こされる。

(ウ) 変異型 A(P88S)タンパク質は, ABA の有無に関わらず, B タンパク質に結合し, 恒常的に B タンパク質のホスファターゼ活性を抑制するため, 変異形質を引き起こす。

(エ) 変異型 A(P88S)タンパク質は, ABA の有無に関わらず, B タンパク質に結合するが, 恒常的に B タンパク質のホスファターゼ活性を抑制できないため, 変異形質が引き起こされる。

問 5 変異型 B(G180D)タンパク質の作用に関する適切な記載を以下から 1 つ選べ。

(ア) ABA の有無に関わらず, A タンパク質が変異型 B(G180D)タンパク質に結合せず, 恒常的に変異型 B(G180D)タンパク質が不活性化し, ABA 応答が抑制される。

(イ) ABA の有無に関わらず, A タンパク質が変異型 B(G180D)タンパク質に結合せず, 恒常的に変異型 B(G180D)タンパク質が活性化し, ABA 応答が抑制される。

(ウ) ABA の有無に関わらず, A タンパク質が変異型 B(G180D)タンパク質に結合し, 恒常的に変異型 B(G180D)タンパク質が不活性化されるために, ABA 応答が抑制される。

(エ) ABA の有無に関わらず, A タンパク質が変異型 B(G180D)タンパク質に結合し, 恒常的に変異型 B(G180D)タンパク質が活性化されるために, ABA 応答が抑制される。

【次ページへ続く】

(3) 花の形態形成に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

多くの双子葉植物の花は同心円状のウォール(whorl)とよばれる領域に花器官を形成する。花器官は外側からがく片、花弁、雄ずい、心皮の順に形成される。この4つの花器官が形成される仕組みは花のABCモデルで説明される。ABCモデルに關与する遺伝子には、クラスA、クラスB、クラスCとして機能する遺伝子群がある。キンギョソウではクラスB遺伝子として *DEFICIENS (DEF)* 遺伝子と *GLOBOSA* 遺伝子が単離されており、これらの遺伝子産物がヘテロダイマーを形成して機能する。

問1 シロイヌナズナのクラスC遺伝子 (*AGAMOUS* 遺伝子) について以下の問いに答えよ。

(i) クラスC変異体の花の表現型はどのようなになるか、答えよ。また、クラスC変異体の花の表現型から考えられる *AGAMOUS* 遺伝子の働きを2つ述べよ

(ii) シロイヌナズナのクラスC遺伝子産物と緑色蛍光タンパク質(GFP)の融合タンパク質を過剰発現するように発現ベクターを構築した。この発現ベクターをタマネギ表皮細胞にパーティクルガンを用いて導入し、蛍光顕微鏡で観察した。蛍光は細胞のどこで観察されたか、答えよ。

(iii) 上記の発現ベクターをシロイヌナズナのクラスC変異体に遺伝子導入した。表現型はどのようなになると考えられるか、答えよ。ただし、GFPはクラスC遺伝子産物の機能に影響を与えないとする。

【次ページへ続く】

問 2 双子葉植物のクルメツツジには様々な園芸品種が知られており，花被ががく片と花弁から構成される正常花の品種‘新常夏’や，生殖器官と花弁は正常に形成されるが，がく片が花弁化した変異花の品種‘宮城野’がある。

(i) クルメツツジ正常花の構造は ABC モデルに従うとすると，変異花‘宮城野’の構造はどのように説明できるか，答えよ。

(ii) (i)の説明を証明するにはどのような実験を組めば良いか，記述せよ。ただし、クルメツツジではシロイヌナズナで用いられている技術が利用できるものと仮定する。

問 3 ペチュニアには *green petals (gp)* という変異体が知られている。この変異体は花弁ががく片に置き換わるホメオティック変異体だが，雄ずいは正常に形成され，シロイヌナズナやキンギョソウのクラス B 変異体とは異なる表現型を示す。以下の情報をもとに，この変異体の形態について ABC モデルを用いて説明せよ。

- ・ *gp* 変異体の原因遺伝子 (*GP* 遺伝子) は *DEF* 様遺伝子である。
- ・ *GP* 遺伝子は雄ずいと花弁で発現する。
- ・ ペチュニアには *GP* 遺伝子とは別の *DEF* 様遺伝子 (*PhTM6* 遺伝子) がある。

【植物発生・生理学の問題はここまで】

(1) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

内側側頭葉に位置する海馬は、哺乳類の中樞神経系で最も研究が進んでいる脳領域の 1 つである。海馬の機能を明らかにするきっかけとなったのが、H.M. のイニシャルで呼ばれる患者の症例である。H.M. は、てんかん治療のために、海馬を含む両側の内側側頭葉を切除する手術を受けた。その結果、H.M. のてんかんの症状は改善したものの、^(a)重篤な記憶障害が生じた。このことから、海馬は記憶に関わる脳領域として注目を集めるようになった。

その後、脳の局所的な神経回路の機能を詳細に調べるための方法として、脳の組織を、そこに含まれる神経回路をなるべく壊さないようにしながら、薄く切り取って標本にする、脳スライス標本作製技術が開発された。この技術を海馬に適用した ^(b)海馬スライス標本を用いた研究により、海馬やその周辺皮質の神経回路機能の解析が進み、記憶の神経基盤の理解が大きく前進することとなった。

さらに、遺伝子改変動物を使った研究も盛んに行われるようになり、記憶の分子基盤にまで理解を掘り下げることが可能になった。例えば、^(c)海馬 CA1 領域の NMDA 受容体を欠損したマウスが作出され、そのマウスの記憶障害の行動学的な解析や、海馬スライス標本を用いた電気生理学的な計測により、記憶の形成における NMDA 受容体の機能的な重要性が明らかになった。

【次ページへ続く】

問1 下線部 (a)「重篤な記憶障害」について、海馬除去により H.M.の記憶にどのような影響が生じたのか、以下のキーワードを全て用いて説明せよ。

キーワード：意味記憶，エピソード記憶，手続き記憶，長期記憶，作業記憶

問2 下線部 (b)「海馬スライス標本」を用いて、シャーフアー側枝に単発の電気刺激を与えながら、それによって CA1 錐体細胞において誘発される神経活動を細胞内に刺入した電極で計測する実験を行った（図1A）。電気刺激の強度が弱いと、図1Bのような波形が観察され、刺激強度を徐々に強くしていくと、図1Cのような波形が観察されるようになった。シャーフアー側枝への電気刺激の強度によって、CA1 錐体細胞に刺入した電極から記録される波形が変化するのはなぜか、その理由を説明せよ。

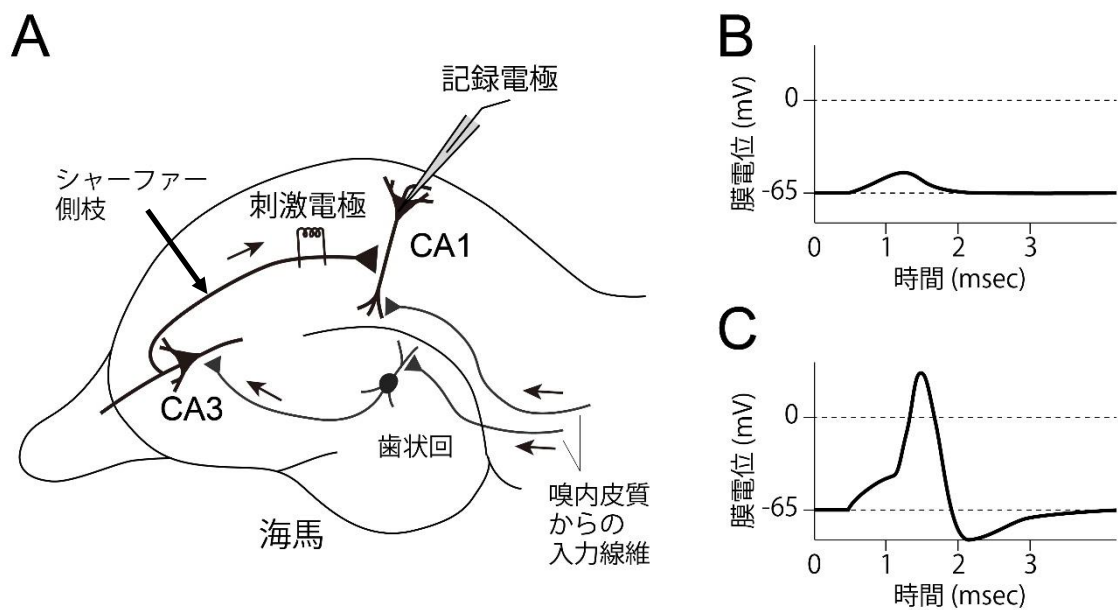


図1 海馬スライス標本 (A)，および、シャーフアー側枝の束を電気刺激しながら、CA1 錐体細胞に刺入した電極から計測した波形 (B, C)

【次ページへ続く】

問3 シャーファー側枝に高頻度刺激（持続時間1秒，100 Hz）を与える操作を行った後，再び，単発刺激の強度を徐々に強くしていきながら CA1 錐体細胞において誘発される神経活動を計測した。このとき，CA1 錐体細胞において記録される波形が，図 1B のようなものから図 1C のようなものに変化する刺激閾値は，高頻度刺激を行う前に比べて，どう変化すると考えられるか。また，その現象の一般的な名称を，漢字 4 文字で答えよ。

問4 脳スライス標本を用いた実験では，一般に，スライスした脳組織の活性を保つため，細胞外液として酸素を十分に溶解させた人工脳脊髄液を用いる。人工脳脊髄液を調製するにあたっては， Na^+ 濃度を高く (125 mM)， K^+ 濃度を低く (5 mM) するのが一般的であるが， Na^+ 濃度を低く (15 mM)， K^+ 濃度を高く (140 mM) した場合，標本中のニューロンの神経活動はどうなるか。その静止膜電位に着目して，説明せよ。

問5 げっ歯類の長期記憶を分析するための行動課題として，不透明な液を満たした水槽の中にある足場を，周囲の空間的手がかりをもとに見つける「モリス水迷路課題」がある。下線部 (c)「海馬 CA1 領域の NMDA 受容体を欠損したマウス」と，遺伝子改変を行っていない野生型マウスに，この課題を繰り返して行わせると，その結果，それぞれのマウスはこの課題の試行においてどのように行動するようになるか，説明せよ。

問6 海馬 CA1 領域の NMDA 受容体を欠損したマウスの海馬スライス標本作製し，問3 と同じ実験を行った場合，どのような結果が得られるか。また，その結果から，NMDA 受容体の役割について，どのようなことが言えるか。NMDA 受容体について，チャネルの性質として知られていることもふまえながら，以下のキーワードを全て用いて説明せよ。

キーワード：AMPA，カルシウム，グルタミン酸，マグネシウム

【次ページへ続く】

(2) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ショウジョウバエは、発達した遺伝子工学技術が適用できるため、学習・記憶の脳メカニズムを調べるための動物モデルの1つとして用いられてきた。例えばショウジョウバエは、匂いと電気ショックの連合学習が可能である。この連合学習が、長期記憶として定着するには、タンパク質の合成が重要であることが知られている。このメカニズムは、(d)タンパク質合成を阻害する薬剤を用いることで研究されてきた。すなわち、タンパク質合成阻害薬を投与された個体では、学習は正常に起こるものの、数日後に学習内容をテストしてみると記憶されていない。このようなタンパク質合成阻害薬による記憶の阻害効果は、(e)阻害薬が訓練後すぐに投与された場合は強いが、訓練と阻害薬投与の時間間隔が長くなるほどその効果が弱くなることが知られている。

長期記憶の形成に伴うタンパク質合成において、(f)転写制御因子 CREB の活性化が重要である。CREB には2つの型があり、ショウジョウバエでは dCREBa と dCREBb (g)2つのアイソフォームが知られている。米 Cold Spring Harbor 研究所の Tully らは、(h)遺伝学的手法を用いて dCREBa を過剰発現させたショウジョウバエは、より効率的に長期記憶を獲得することを見出した。一方、(i)dCREBb を過剰発現させたショウジョウバエでは、長期記憶形成が阻害された。つまり、これら2つの型の CREB 機能が長期記憶を拮抗的に制御することが明らかとなったのである。以上の成果をもとに Tully らは、図2のようなモデルを提唱し、ショウジョウバエの長期記憶獲得メカニズムを説明している。

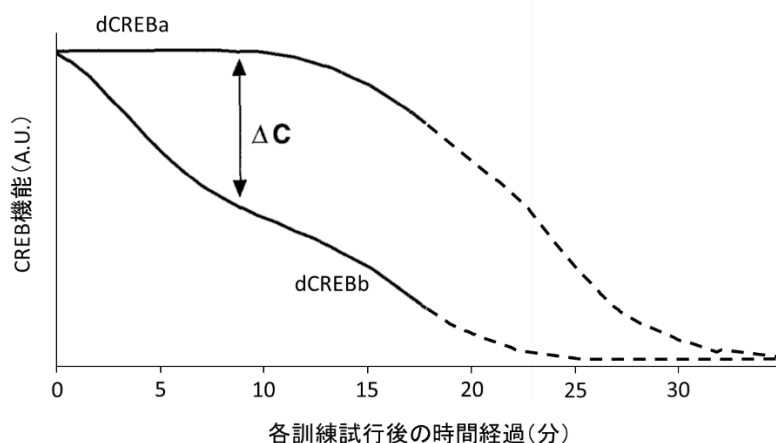


図2 1回訓練試行後の各 CREB アイソフォーム機能のタイムコースを示したモデル図 (Cell 81: 107-115 (1995)より抜粋・改変)

【次ページへ続く】

問 1 下線部(d)について、ショウジョウバエモデルにおける薬理的なタンパク質合成阻害には、シクロヘキシミドがよく用いられる。その作用機序を簡潔に説明せよ。

問 2 長期記憶形成に伴うタンパク質合成はいつ生じるのか、下線部(e)に記載されている結果に基づいて簡潔に説明せよ。

問 3 下線部(f)について、遺伝子の転写制御における CREB の一般的な作用機序を、以下のキーワードを全て用いて簡潔に説明せよ。

キーワード：CRE, PKA, リン酸化

問 4 下線部(g)について、このように一つの遺伝子から構造の異なる複数のタンパク質が合成される翻訳前メカニズムを答えよ。

問 5 下線部(h)について、過剰発現した dCREBa が長期記憶形成を促進するメカニズムを遺伝子転写制御の点から簡潔に説明せよ。

問 6 下線部(i)について、dCREBb の過剰発現によって長期記憶の形成が阻害されるメカニズムを推察せよ。なお、dCREBb は転写活性に必要なリン酸化部位をもたない。

問 7 ショウジョウバエにおいて、タンパク質合成を伴う長期記憶の誘導には、反復学習を複数回つづける必要がある。この学習において、一定の訓練時間間隔（15 分程度）をあけることが重要である理由を、図 2 を使って簡潔に説明せよ。

【脳・神経科学の問題はここまで】

(1) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

リン・マーギュリスは、真核生物の細胞小器官であるミトコンドリアや葉緑体が、細胞内に共生した他の生物に由来するとする説を 1967 年に提唱した。(a)この説は細胞内共生説と呼ばれ、現在では広く受け入れられている。アーケゾアは、ミトコンドリアをもたない真核生物の分類群である。このため、(b)アーケゾアは祖先的な真核生物だと考えられていたが、今ではその説は否定されている。(c)宿主に共生した生物のゲノムには、自由生活性の生物のゲノムでは観察されない劇的な変化が生じる。葉緑体をもつ真核生物が、別の真核生物に取り込まれて共生が成立する現象を二次共生という。二次共生で獲得した藻類の葉緑体には、複雑な形態をもつものがあり、(d)明確な核の構造をもつ葉緑体も存在する。

問 1 下線部(a)について、細胞内共生説が正しいと考えられる根拠を 3 つ記せ。

問 2 下線部(b)について、アーケゾアが祖先的な真核生物ではないとすると、アーケゾアはどのような進化過程を経た真核生物だと考えられるか記せ。

問 3 下線部(c)について、進化の過程で共生生物のゲノムに共通して生じる劇的な変化を 1 つ記せ。また、そのように進化する理由も記せ。

問 4 二次共生生物を次の①～⑦から全て選び、番号を記せ。

- | | | | |
|------|-----------|----------|------|
| ①コンブ | ②シアノバクテリア | ③シロイヌナズナ | |
| ④珪藻 | ⑤イネ | ⑥コケ | ⑦ワカメ |

問 5 下線部(d)について、藻類の葉緑体の中に、明確な核の構造がみられるのはなぜか。共生が成立した時期に着目して、その理由を記せ。

【次ページへ続く】

(2) 植物における自殖及び他殖の進化に関して、以下の問いに答えよ。

問1 多くの植物は自家不和合性である。しかし、自家不和合性が崩壊して和合性を獲得するという進化が頻繁に起きている。その適応的な理由を述べよ。

問2 以下の仮定のもとで、理論的に最適な自殖率を考える。

s : 自殖率 ($0 \leq s \leq 1$)

d : 近交弱勢 ($0 \leq d \leq 1$) ; 値が大きいほど自殖種子の生存率が低下

N : 個体あたりの生産種子数

対象植物は二倍体であり、花粉制約はなく、花粉獲得のコストもかからない。

(i) 胚珠を通した適応度は、どのような式で表されるか記せ。

(ii) 近交弱勢に依存して、最適な自殖率がどのように変化するのかを示せ。

問3 実際には、中間的な自殖率をとる植物が非常に多い。その理由を考察して1つ記せ。

【次ページへ続く】

(3) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

形態的な特徴で分類されている3種の魚類 a, b, c がいる。湖 X と湖 Y には、いずれも種 a と種 b が共存している。湖 Z には種 c だけが住んでいる。湖 X から採集された種 a (集団 aX) と種 b (集団 bX), 湖 Y から採集された種 a (集団 aY) と種 b (集団 bY), 及び湖 Z から採集された種 c (集団 cZ) の計5つの集団の系統関係を、ある遺伝子領域の塩基配列から推定したところ、図1のような無根系統樹が得られた。

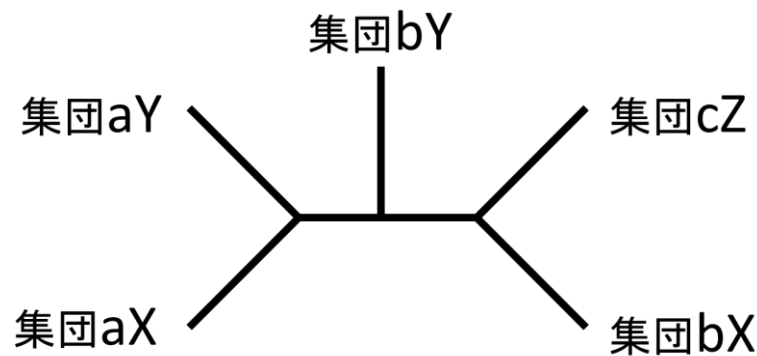


図1

問1 種の定義にはさまざまなものがある。形態の違いに基づく定義のほかに、どのような種の定義があるか。2つ記せ。

問2 一般的に種間の系統推定を行う場合、複数の異なる遺伝子の塩基配列を解析して、その結果を比較することが多いが、1つの遺伝子の塩基配列のみの解析では誤った結果になる場合がある。その理由を述べよ。

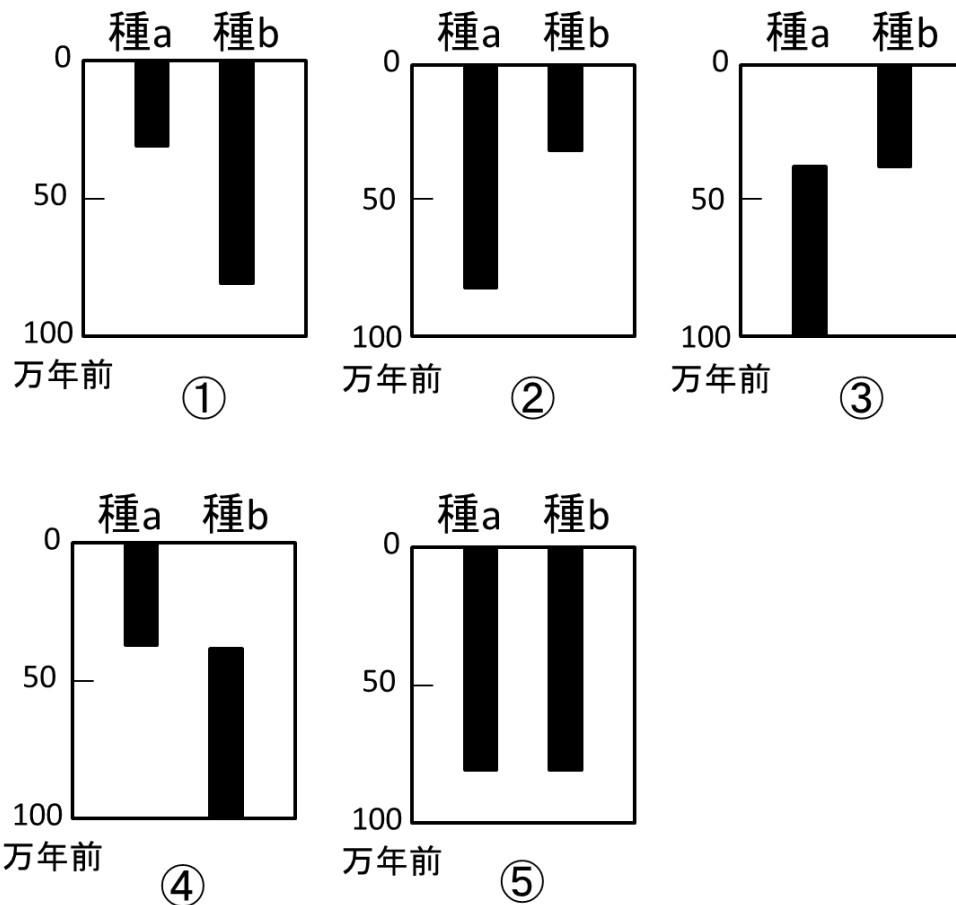
問3 調べた5つの集団の中で、種c(集団cZ)が最も祖先的な系統であるとき、図1から種aと種bはそれぞれどのような群と呼べるか。次の①～⑤から1つずつ選べ。

- ①多系統群 ②複系統群 ③側系統群 ④祖系統群 ⑤単系統群

問4 種c(集団cZ)を外群として図1の無根系統樹を有根系統樹に書き換えよ。

【次ページへ続く】

問5 湖Xからは魚類の化石が産出する。湖Xにおける種aと種bの化石の産出記録として、問4で求めた有根系統樹と最も整合的なものはどれか。次の①～⑤から1つ選べ。ただし、縦棒はそれぞれの種の化石が産出された年代の幅を示す。



【進化生物学の問題はここまで】

(1) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

光と栄養塩をめぐる植物個体間の資源獲得競争に着目し、つる植物を用いて図1のような競争実験を行った。処理aでは、1つのポットに1個体を育成し、1本の支柱に1個体の茎を巻きつけて育てた。処理bでは、1つのポットに1個体を育成し、1本の支柱に複数個体の茎を巻きつけて育てた。処理cでは、1つのポットに複数の個体を育成し、個体の数だけ支柱を用意し、1本の支柱に1個体の茎を巻きつけて育てた。処理dでは、1つのポットに複数の個体を育成し、全ての個体の茎を1本の支柱に巻きつけて育てた。1つのポットに含まれる窒素などの栄養塩量はいずれの処理でも等しい。各処理では多数の個体を一定期間育成したのち、植物を回収し、各個体全体の乾燥重量を測定した。各処理の個体重の平均値と変動係数 (coefficient of variation ; 標準偏差を平均値で割ったもの) を図1に示す。

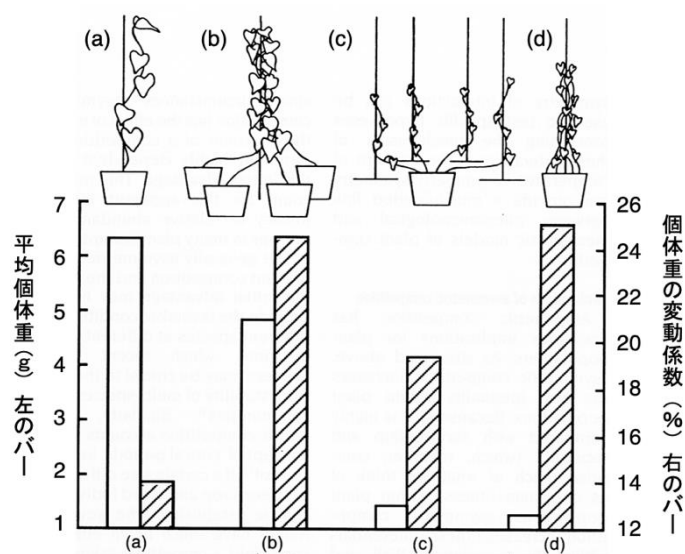


図 1

Trends in Ecology and Evolution 5: 360-364 (1990) を改変

【次ページへ続く】

問1 処理 a の個体に比べ、処理 b, c, d の個体は平均個体重が小さかった。また、処理 b の個体に比べ、処理 c, d の個体の平均個体重は小さかった。これらの違いが生じた理由は何と考えられるか、それぞれ説明せよ。

問2 処理 a の個体の重量に比べ、処理 b, c, d の個体の重量は変動係数が大きかった。また、処理 c の個体の重量に比べ、処理 b, d の個体の重量は変動係数が大きかった。これらの違いが生じた理由は何と考えられるか。それぞれ説明せよ。

問3 野外において、直立植物（茎が垂直方向に伸長する植物）種を高密度で植えて競争させる場合、土壌の栄養条件によって結果が異なると期待される。富栄養条件での実験結果と貧栄養条件での実験結果を比べた場合、個体の平均重量とその変動係数はどのように異なるか。上の実験結果をもとに、理由を添えて説明せよ。

【次ページへ続く】

(2) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

多数の生息地パッチにおけるメタ個体群の動態を表現する数理モデルについて考える。個々の生息地パッチには生物 A が実際に生息するもの(占有パッチ)と生息していないもの(空きパッチ)とがある。占有パッチから空きパッチへの生物の分散があれば、空きパッチは一定の率(パッチ間分散率)で占有パッチに変わる。また、占有パッチは局所絶滅によって一定の率(局所絶滅率)で空きパッチに変化する。このとき、全ての生息地パッチに占める占有パッチの割合 p (ただし、 $0 \leq p \leq 1$) の時間変化は以下の微分方程式(Levins モデル)で表される：

$$\frac{dp}{dt} = cp(1-p) - mp \quad (1)$$

ただし t は時間、 c はパッチ間分散率、 m は局所絶滅率を表している。

問 1 平衡状態における占有パッチの割合 (p^*) を求めよ。また、占有パッチが存在 ($p^* > 0$) するための条件を c と m を使って表せ。

問 2 局所生息地のうち割合 D ($0 \leq D \leq 1$) の生息地が破壊されるとき、この動態は以下の微分方程式で表される：

$$\frac{dp}{dt} = cp(1-p-D) - mp \quad (2)$$

この生物を絶滅させる ($p^* = 0$) には最低どれだけの割合 (D_{crit}) の生息地を破壊すればよいか答えよ。

問 3 メタ個体群について考慮すると、生物個体群保護の方策はどのように変化する可能性があるか。生態学的な推論に基づいて考察し記せ。

【次ページへ続く】

(3) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

青葉沼には、植物プランクトン（第1栄養段階）、動物プランクトン（第2栄養段階）、動物プランクトン食魚類（第3栄養段階）が生息しており、植物プランクトンは多く、透明度は低かったという。ところがある年に魚食魚類（第4栄養段階）を放流したところ、数年後に植物プランクトンや動物プランクトンの生物量や種組成が大きく変化した。なお、青葉沼では植物プランクトンの育成に必要な栄養塩や光は十分に供給されていた。この魚食魚類のように、生物群集の構造や種組成に大きな影響を及ぼす生物種は（ア）と呼ばれている。

問1 （ア）に当てはまる適切な語句を答えよ。

問2 魚食魚類を放流した結果、動物プランクトン（第2栄養段階）の種多様性はどのように変化したと考えられるか。理由を添えて説明せよ。

問3 魚食魚類を放流した結果、植物プランクトン（第1栄養段階）全体の生物量や沼の透明度はどのように変化したと考えられるか。理由を添えて説明せよ。

問4 魚食魚類を放流した結果、優占する植物プランクトン（第1栄養段階）はどのような特徴をもつ種からどのような特徴をもつ種へと変化したと考えられるか。理由を添えて説明せよ。

問5 湖沼以外の生態系、例えば沿岸や森林など実際の生物群集を1つ挙げ、その生物群集で（ア）に相当する種（または生物群）を記せ。また、なぜそれが（ア）に相当すると判断されるのか、その理由を説明せよ。

【生態学の問題はここまで】

専門科目

8. 微生物学

(1) 微生物の分類と性質に関する以下の問いに答えよ。

問1 次に挙げる微生物のうち、真正細菌に分類されるものを全て選べ。

- | | | |
|-----------------|-----------|------------|
| a) コウジ（麹）菌 | b) 炭疽菌 | c) 大腸菌 |
| d) 清酒酵母 | e) 納豆菌 | f) マイコプラズマ |
| g) ミドリムシ（ユーグレナ） | h) メタン生成菌 | |

問2 次の記載について、正しい場合に○，誤りを含む場合に×を記せ。

- a) 好気性生物よりも嫌気性生物の方が先に誕生した。
- b) 細菌の中には核膜をもつものがある。
- c) 細菌の中には光合成をするものがある。
- d) 細菌の DNA や RNA の一部の塩基はメチル化修飾を受けている。
- e) 細菌の mRNA の 5'末端には CAP 構造がない。

問3 自然界に存在する微生物には抗生物質を生産するものがある。このことは、その微生物にとってどんな利点があると考えられるか説明せよ。

問4 次に挙げる抗生物質（または抗菌薬）の中から1つ選び、その作用機構を簡潔に説明せよ。

- | | |
|---------------|------------|
| a) クロラムフェニコール | b) アンピシリン |
| c) カナマイシン | d) リファンピシン |
| e) ストレプトマイシン | |

問5 抗生物質に対する細菌の耐性の主な機構を2つ挙げて説明せよ。

【次ページへ続く】

(2) 1 種類の細菌を液体培地でバッチ培養（回分培養）すると，一般に生細胞数が図 1 のように変化する。これに関する以下の問いに答えよ。

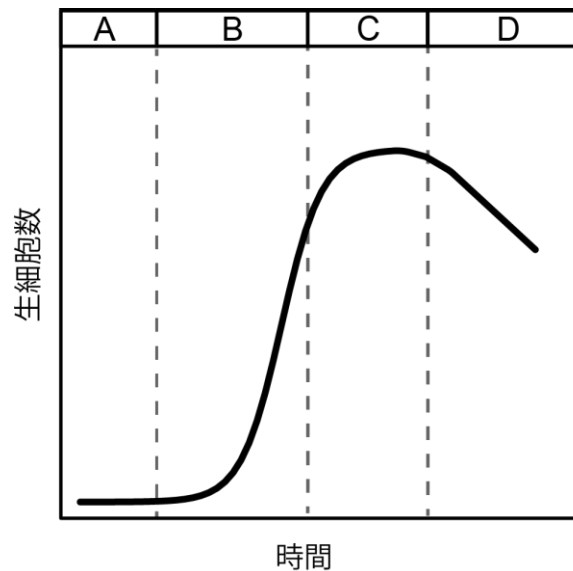


図 1 時間経過に伴う生細胞数の変化

問 1 細菌の培養では，平板培地（固体培地）や液体培地などが使い分けられている。どのような場合に平板培養が液体培養より適しているか，1つ挙げて説明せよ。

問 2 培養液中の生細胞を計数する実験方法を 1つ挙げて説明せよ。

問 3 図中に A, B, C, D で示す時期の名称をそれぞれ記せ。

問 4 B の状態から C の状態に移行する原因として考えられることを 1つ挙げて説明せよ。

問 5 一般に，B と比べて C の時期に特徴的な細胞の性質を 1つ挙げよ。

問 6 B の状態を長時間維持するために，バッチ培養と異なる培養方法が用いられている。そのような培養の仕組みの例を 1つ挙げて簡潔に説明せよ。

【次ページへ続く】

(3) 次の文章を読み、の問いに答えよ。

ある化学物質 X の分解資化能を有する細菌 A 株の全ゲノム塩基配列を決定した。その結果、A 株のゲノムが^(a)約 5 Mb と約 20 kb の 2 つの環状レプリコンから構成されることが明らかになった。

問 1 タンパク質をコードしている領域は、塩基配列中でどのような特徴を有しているか。細菌の典型的な遺伝子構造に基づいて簡潔に説明せよ。

問 2 転写プロモーターは塩基配列中でどのような特徴を有しているか。大腸菌の典型的なプロモーターを例に説明せよ。

問 3 下線部(a)の約 20 kb のレプリコンは一般に何と呼ばれるか記せ。また、このようなレプリコンは、約 5 Mb のレプリコンと異なるどのような特徴を有するか説明せよ。

問 4 A 株とは別の細菌 B 株において、化学物質 X の変換活性を担う酵素の遺伝子 b が知られており、遺伝子 b と相同性を示す遺伝子 a が A 株ゲノム塩基配列中に見出された。A 株において X の代謝に遺伝子 a が関与していることを証明するにはどのような実験が必要か、簡潔に説明せよ。

問 5 物質の代謝には、変換を直接触媒する一連の酵素の遺伝子に加えて、発現制御因子や物質輸送タンパク質をコードする遺伝子など、様々な遺伝子が関与する。A 株の全ゲノム塩基配列情報を利用して X の代謝に特異的に関与している遺伝子を網羅的に推定するにはどのような方法が有効であるか、簡潔に説明せよ。

問 6 100~300 bp 程度の正確な配列情報（リード）を大量に取得できるシーケンサーを用いて細菌株の全 DNA を解析する。そのゲノムを冗長的にカバーするのに十分なリード数を得た場合でも、そのみで完全ゲノム配列（ひとつながりのゲノム塩基配列）を構築するのは一般に不可能である。その主な理由を述べよ。ただし、塩基配列の解読自身が困難な領域は存在しなかったものとする。

【微生物学の問題はここまで】