

令和 6 年度

前期日程

理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left. \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 19 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 20 \text{ ページから } 31 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 32 \text{ ページから } 50 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理3枚、化学5枚、生物4枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄(1枚につき2か所)に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科，化学科，生物科学科生物科学コースを志望する者は，物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は，物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

生 物 問 題

(解答は全て生物解答用紙に記入すること)

【注意】

字数制限のある解答においては、ひらがな、カタカナ、漢字、アルファベット、数字、句読点等の符号等、すべての文字を1つのマスに1つ記入すること。

〔1〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

真核生物において、アデニン(A)、グアニン(G)、チミン(T)、シトシン(C)で構成されるDNAの塩基配列情報は、mRNA前駆体に転写されたのち、 という加工過程を経る。その結果、エキソン領域の配列情報のみで構成されたmRNAが作られる。mRNAの配列はトリプレットとよばれる塩基3つの組で遺伝暗号の単位である を構成しており、 に対応するアミノ酸が順につながれて が合成される。従って、エキソン領域の塩基配列情報が異なると、 を構成するアミノ酸の組み合わせが変わり、その結果、 の構造や機能が変化することがある。一方、イントロン領域の塩基配列情報の変化は転写因子の結合などに影響することがあり、 の産生量などが変化することがある。生物集団において、ある特定部位の塩基が1塩基だけ個体ごとに異なる箇所があり、これらは とよばれる。 に代表される塩基配列の違いが、個体差をうむ大きな要因と考えられている。

サイトカインAの遺伝子の配列の一部を図1に示す。図1の中で $\frac{C}{T}$ として示した部位には があり、この部分の塩基はCまたはTのどちらかであることが知られている。個体はこの部分の塩基がCである遺伝子をふくむ染色体と、Tである遺伝子をふくむ染色体のいずれか2つの組み合わせであるため、CC、CT、TTの3種類の型(遺伝子型とよぶ)に分けることができる。そこで、特定の個体の遺伝子型がこのうちのどれかを調べ、サイトカインAの産生能との関連を調べた。

問 1 文中の空欄 ア ~ エ に適切な語句を入れよ。

```

CTTCTGGTAC CAGATCGCGC CCATCTAGGT TATTTCCGTG GGATACTGAG
ACACCCCCGG TCCAAGCCTC CCCTCCACCA CTGCGCCCTT CTCCCTGAGG
ACCTCAGCTT TCCCTCGAGG CCCTCCTACC TTTTGCCGGG AGACCCCCAG
CCCCTGCAGG GGCGGGGCCT CCCACCACA CCAGCCCTGT TCGCGCTCTC
GGCAGTGCCG GGGGGCGCCG CCTCCCCAT GCCGCCCTCC GGGCTGCGGC
TGCTGCTCGCT GCTGCTACCG CTGCTGTGGC TACTGGTGCT GACGCCTGGC
CGGCCGGCCG CGGGACTATC CACCTGCAAG ACTATCGACA
    
```

図 1 (みやすいように 10 塩基ごとに区切って記載している)

問 2 図 1 の で囲った 2 つの領域に特異的なプライマーを用いて、ゲノム DNA を鋳型に PCR を実施し、DNA を増幅した。増幅された 309 塩基対の PCR 産物を精製したのち、制限酵素 X で処理したとき、処理後に生じるすべての DNA 断片の理論上の長さを、3 種類の遺伝子型それぞれについて DNA 断片の塩基対数で答えよ。制限酵素 X の切断条件は図 2 のとおりであり、この条件を満たした場合には、PCR 産物はこの部位で完全に切断されるものとする。M は「A または C」、K は「G または T」を表すが、異なる位置の M は必ずしも同じ塩基でなくてもよく、異なる位置の K もまた、必ずしも同じ塩基でなくてもよい。

なお、図 1 の配列のうち、常にこの制限酵素で切断されるのは、図 1 に矢印(↓)で示した 1 箇所である。

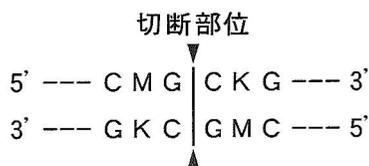


図 2

問 3 図 1 に示す **エ** によるアミノ酸の変化を調べた。表 1 に示す RNA 遺伝暗号表を用いて、この部分の塩基が C のときと T のときに最終的に翻訳されるアミノ酸をそれぞれ答えよ。答えるアミノ酸は変化するもののみでよい。なお、開始 **イ** に対応 (相当) する配列は図 1 中に下線で示している。

表 1 RNA 遺伝暗号表

イ	アミノ酸	イ	アミノ酸	イ	アミノ酸	イ	アミノ酸
UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止	UGA	終止
UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン
CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン
CUC		CCC		CAC		CGC	
CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA	
CUG		CCG		CAG		CGG	
AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン
AUC		ACC		AAC		AGC	
AUA		ACA		AAA	リジン	AGA	アルギニン
AUG	メチオニン・開始	ACG		AAG		AGG	
GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン
GUC		GCC		GAC		GGC	
GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA	
GUG		GCG		GAG		GGG	

U：ウラシル，C：シトシン，A：アデニン，G：グアニン

同様の実験を行った結果

問 4 図 3 は、一定条件で刺激された培養細胞が産生したサイトカイン A を、培養上清中の濃度として刺激後の時系列で表したものである。●が遺伝子型 CC をもつ細胞、○が遺伝子型 TT をもつ細胞、および ■は無刺激下でも常にサイトカイン A を産生するつくり変えた細胞である。培養上清中のサイトカイン A の安定性には遺伝子型による違いはない。このとき、遺伝子型がもたらすサイトカイン A の産生能の違いを 70 字以内で説明せよ。

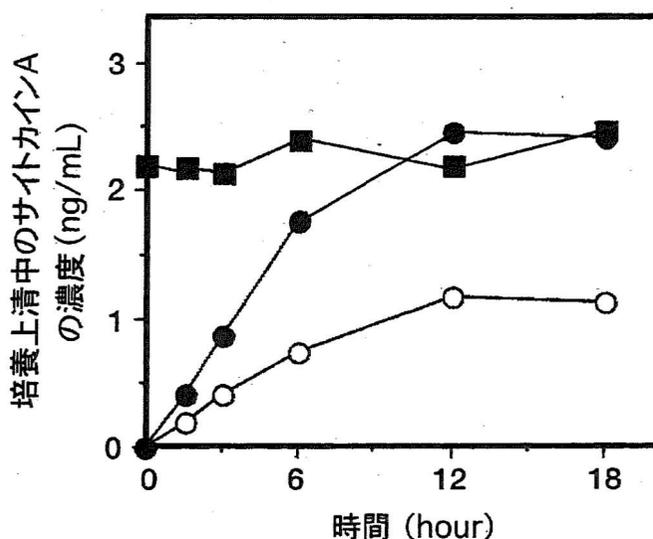


図3

問 5 今回実験対象となった エ が存在する配列はアミノ酸に翻訳されるため、エキソン領域と考えられる。このようなアミノ酸の変化はサイトカイン A の構造的な変化をもたらす一方で、mRNA 転写量やアミノ酸への翻訳量には基本的には影響しない。それにもかかわらず、サイトカイン A の産生量が増えた理由を 100 字以内で考察せよ。なお、図 4 に示すように、サイトカイン A はまず mRNA から前駆体に翻訳されたのち細胞質内を輸送され、細胞膜貫通部とともに細胞膜上に発現したのち細胞膜外部分が切断されて培養液中に溶出するものとし、問 4 の実験で細胞膜上に発現したサイトカイン A 前駆体の発現量の変化を図 5 に示す。図 5 では、●が遺伝子型 CC をもつ細胞、○が遺伝子型 TT をもつ細胞での発現量の変化を示している。

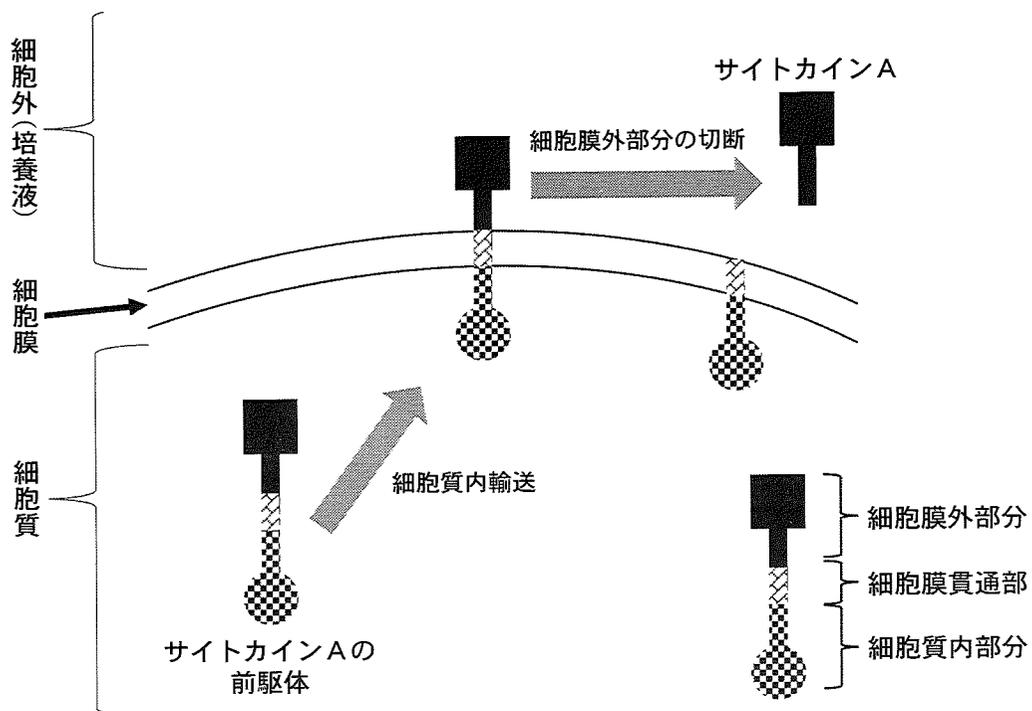


図 4

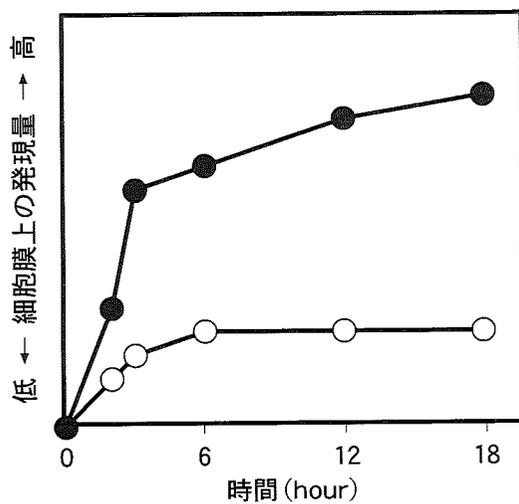


図 5

〔2〕 以下の文章【A】と【B】を読み、問1～問5に答えよ。

【A】

- ほ乳類の内耳に含まれるうずまき管(蝸牛)は、聴覚を司る末梢器官である。うずまき管の中にある基底膜の上には、聴細胞である が数多く分布している。この名は、聴細胞が を、多数、有していることに由来する。音が、外耳、中耳を経て、内耳のうずまき管に伝わると、その中を満たす細胞外液であるリンパ液が振動し、それに伴い基底膜も振動する。この際、 は、 と触れ合っているため、揺れることになる。その結果、 は機械的な刺激を感知する。音の信号は、さらに神経繊維を介して脳
- (a) へと伝えられる。脳には、音源の方向を判断するために、左右の耳から聞こえる音の強さの違いや を解析するしくみが備わっている。
- (b) 内耳には、2つの平衡感覚器も備わっている。そのうち、 は体の回転(回転加速度)を感知する。

問1 文章中の空欄 ～ に当てはまる適切な語句を答えよ。
ただし、 は、細胞の構造物の名称である。

問2 下線部(a)に関連して、聴細胞である は、機械的な刺激を感知すると、電氣的に興奮し、いわゆる受容器電位を発生する。

(1) 受容器電位の発生に関与している、最も重要な膜タンパク質の総称を答えよ。

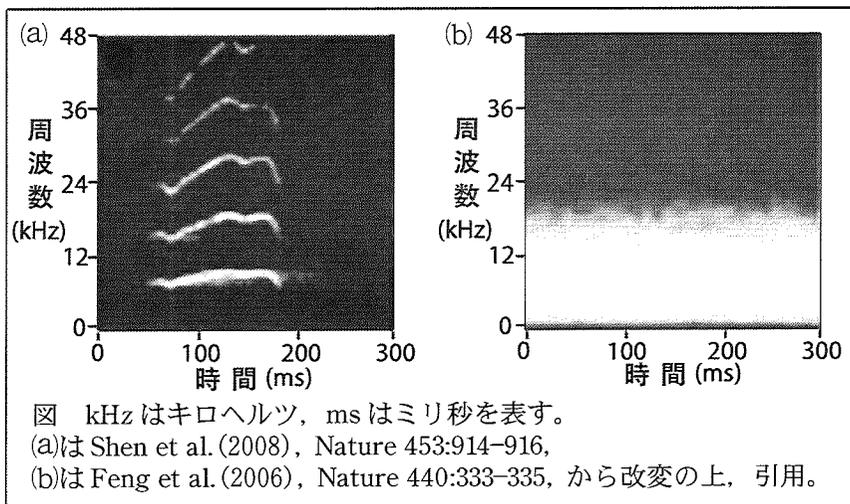
(2) 受容器電位が発生すると、 からは神経伝達物質が放出される。受容器電位の発生から神経伝達物質の放出までの過程を、100字以内で述べよ。解答では、 は聴細胞と記せ。

問 3 問題訂正に従い、この問は削除する。

問 4 2つの平衡感覚器にも、うずまき管の に類似した感覚細胞が分布している。体の傾き(直線加速度)は、 とは異なる平衡感覚器で感知される。この器官において、感覚細胞は、 を使って体の傾きを感じる。その仕組みと機序を、100字以内で簡潔に述べよ。解答では、 を構造物と記せ。

【B】

Odorrana tormota という学名のカエルは、鳴き声と聴覚を使って求愛とその受容を行うことが知られている。具体的には、繁殖期のメスが鳴くと、そのメスの方へとオスが近づいていく。産卵直前のメスのカエルの鳴き声を録音し、解析した結果を図(a)に示す。なお、このカエルは、雌雄ともに急流の小川とその周辺で繁殖し、生息する。図(b)は、生息地の環境音の記録である。図(a)と(b)は、鳴き声と環境音に含まれている周波数成分を分離した結果を表しており、信号の白色の濃さはそれぞれの周波数成分の強さに相当する。これらの計測結果に関連した以下の問いに答えよ。



- 問 5 (1) メスのカエルの鳴き声は、図(a)からわかるように、20 kHz を超える超音波を含んだ広い周波数成分から構成されている。図(b)に示した分析結果を踏まえ、メスが広い周波数帯域の鳴き声を使う理由を 40 字以内で述べよ。
- (2) この雌雄のカエルが、視覚や嗅覚を使わずとも、鳴き声と聴覚により求愛とその受容ができることを 1 種類の実験で証明するためには、どのような実験が適切か。予想される結果と共に、100 字以内で簡潔に述べよ。なお、実験では、録音したメスの鳴き声を忠実に再生する機器(アンプやスピーカー)と捕獲したオスのカエルを使用するが、オスへの特別な処置は行わないものとする。

〔3〕 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

生物の多様性を考えるとき、・生態系・種の3つの視点が重要とされている。世紀に、によって執筆された書籍『種の起源(起原と記載されることもある)』は、という進化の考え方を広く一般にまで浸透させることとなった。現在では、進化は、による適応進化と、多くの突然変異は中立的であり、偶然による遺伝子頻度の変化によって進化するというによって説明されている。

ある地域で生活する同種の生物の集団は個体群とよばれ、個体群中の個体数の増加を個体群の成長とよぶ。食物や生活空間など、生存と繁殖に必要な資源に制限が無ければ、個体群は際限なく成長することになる。ある生物が、どのような資源をどの程度、どのように利用するかなど、生態系の中で占める位置のことをとよび、似た姿、似た生活様式を示す生物は、生息地域が異なっても似た位置を占めることが多い。ある種が単独で分布する場合の位置をとよび、他種とした場合に種間競争などによって変化した位置はとよばれる。

問1 文中の空欄～に適切な語句を入れよ。

問 2 下線①に関連した図 1 は、閉鎖的なある地域に生息する哺乳類 A の個体群調査に基づいて作成されたグラフで、1976 年から 1995 年(横軸)にかけて定期的に計測された年間平均個体数(縦軸)を示している。この地域における哺乳類 A は、餌 I と餌 II のみを摂食できるものとし、餌 I は哺乳類 A の嗜好(好まれる)植物であって生命活動の維持にも適当であるが、1990 年までにこの地域から消失している。餌 II は哺乳類 A にとって有毒物質をわずかに含む不嗜好(好まれない)植物であり、1990 年以降も十分に残存している。図中の矢印は餌 I と餌 II の存在が確認できた期間を示している。1988 年以降、ある効果によってこの個体群の死亡率は一時的に増加したが、哺乳類 A は餌 I が尽きた後でも死滅しなかった。その理由として何が推測されるか、効果の名称もふくめて 40 字以内で説明せよ。

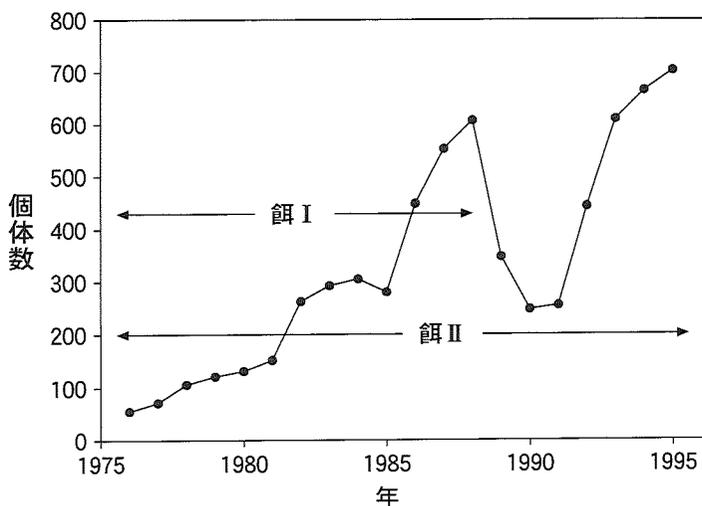


図 1

問 3 下線②に関連した図 2-1, 図 2-2 は, 2 種の個体群間における典型的な 2 つの種間相互作用を説明する模式図である。実線と破線は異なる個体群を表し, 図 2-1 の A と B は 2 種の個体群の餌のサイズに対する利用頻度についての 2 つのパターンを示している。いずれのサイズの餌も, 2 種の個体群を同時には維持できない量であるものとする。

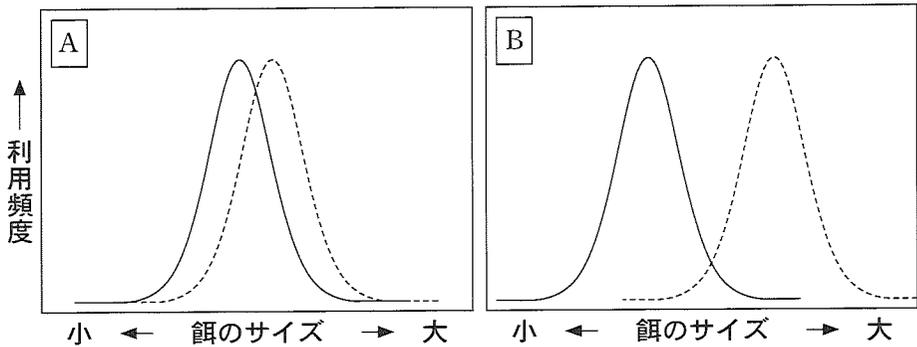


図 2-1

(1) 図 2-2 の C と D は, 図 2-1 の A, B いずれかのパターンでの種間相互作用の結果における個体群密度の時間経過を示している。A と B それぞれのパターンについて, 適切な個体群密度の時間経過を示すと考えられるグラフは, C, D のいずれと推察できるか, 記号を答えよ。

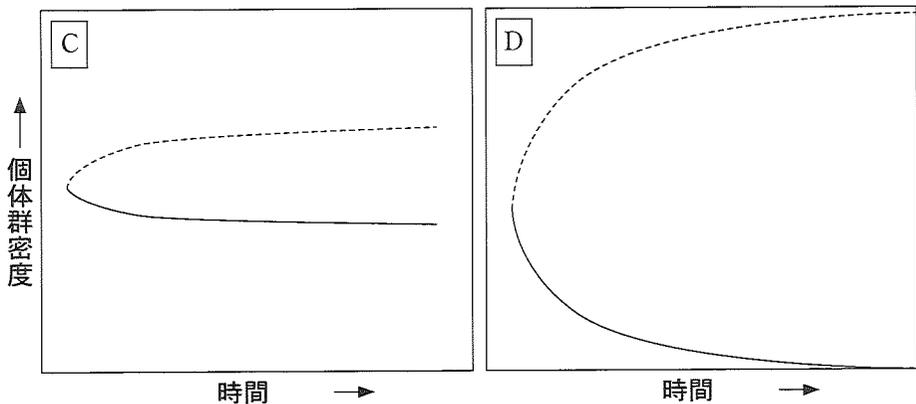


図 2-2

(2) (1)で推察したそれぞれのパターンで個体群密度の時間経過が異なる理由を, 餌のサイズ, 種間相互作用およびその結果に着目して 3 行以内で説明せよ。

問 4 図 3 は、下線②に関連して、珊瑚の生態系に代表されるようなかく乱規模の違いによる個体数への影響を示す概念図である。横軸には時間、縦軸には生態系内における自然増加能力や競争能力の異なる種 6 種の個体数を示している。かく乱規模は、生態系に及ぼす影響の程度や発生周期によって大まかに大、中、小に分類される。図 3 の(a)および(b)のかく乱は、1 回の発生で各個体群の個体数をおよそ半減させる程度で繰り返されており、(a)のかく乱の発生周期は(b)よりも短い。(c)のかく乱は、その発生頻度も少なく、生態系の自然推移に影響を及ぼさないものとする。また、個体群が潜在的にもっている自然増加率のことを内的自然増加率とよぶが、種間競争などによって影響を受けた個体群は、内的自然増加率のとおりには増加しないことも多い。

*「珊瑚」は「さんご」と読む

- (1) 6 種の個体群間で最もよく が成立しているのは、(a)、(b)、(c) のどれか。解答欄に記号を答えよ。
- (2) (1)で選択しなかった 2 つのかく乱規模で が成立しにくいそれぞれの理由について、かく乱規模の大きさと自然増加率などに着目し、あわせて 3 行以内で説明せよ。

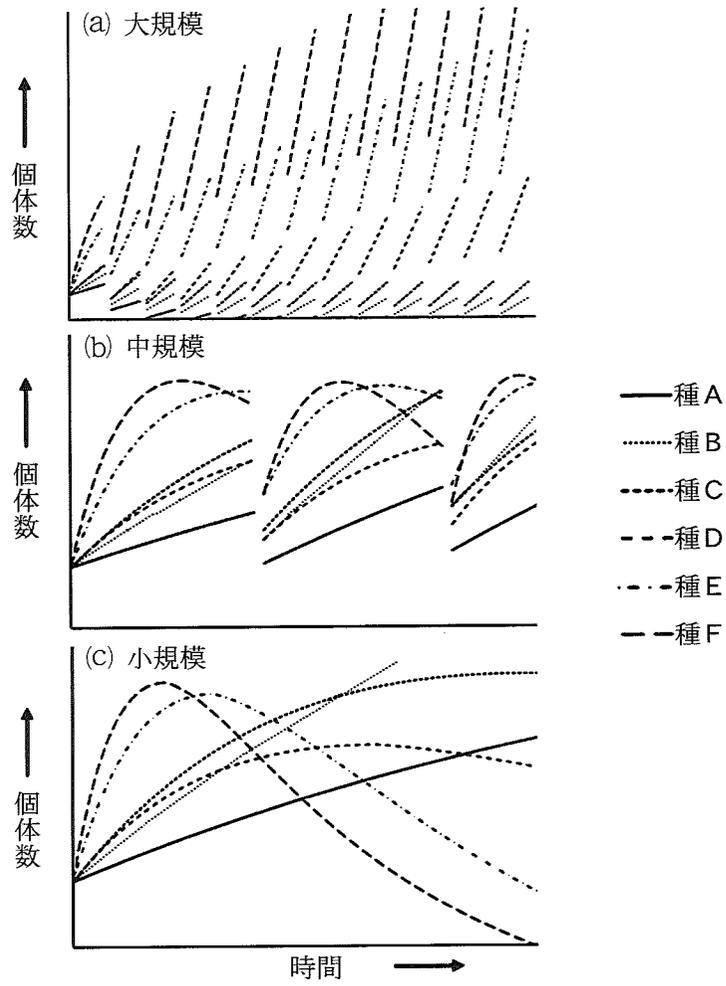


図 3

〔4〕 以下の文章を読み、問1～問4に答えよ。

個体間の行動の1つであるオスとメスの関わり方にはさまざまな形態がある。A君は其中でも、特定の相手との間に強固に起こる「雌雄間のきずな形成」のしぐみに興味をもち、2つの種のハタネズミを用いて以下の実験を行った。いずれの実験にも成熟した雌雄の個体を用いた。

【実験1】

ハタネズミ属の異なる種であるハタネズミP種とハタネズミM種のオスとメスを準備した。同種のハタネズミの雌雄1匹ずつを1つの飼育箱内で24時間同居させた。同居終了直後に、オスのメスに対する選好性を以下の方法で測定した(選好性試験)。3つの小部屋に区切られた飼育箱を準備し(図1)、その左右の小部屋それぞれに、同居させていたメス(同居メス)または同種だが同居させていないメス(非同居メス)を入れ、オスは中央の小部屋に入れた。メスは入れられた小部屋から出られない。オスは3つの小部屋を自由に移動でき、3時間の観察時間をいずれかの小部屋で過ごす。選好性試験では3時間の中で、左右いずれかの小部屋に入り、その中のメスに寄り添って過ごした時間(接触時間)をきずな形成の強さの指標として計測した。図2はそれぞれの種の5組の個体を用いて行った実験の平均値を示す。

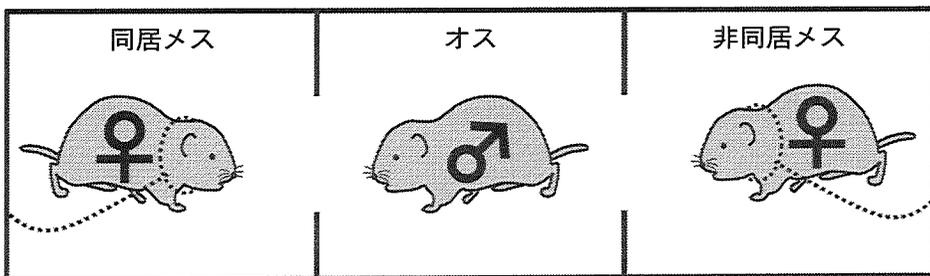


図1

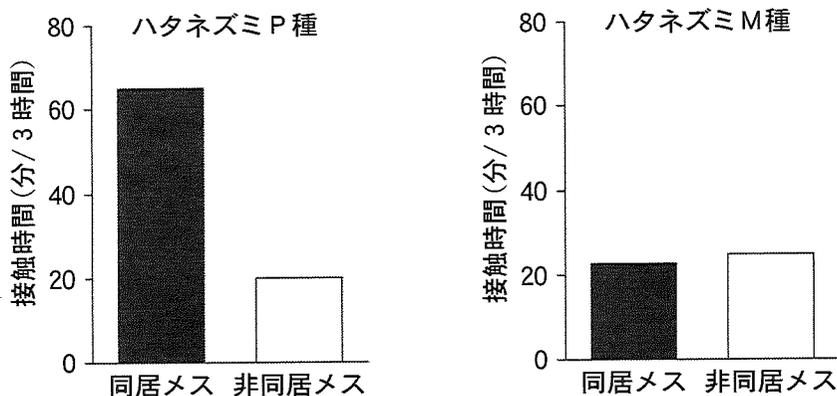


図 2

【実験 2】

ハタネズミ P 種のオスとメスを準備し、実験 1 と同様に雌雄を 1 匹ずつ 1 つの飼育箱内で同居させた。ただし、実験 2 では同居時間を 6 時間とした。脳内神経系で神経伝達物質として機能することが知られている物質 B に着目し、同居中に、オス 5 匹には物質 B をふくむ溶液を、別のオス 5 匹には対照群としてその溶媒(生理食塩水)のみを、皮下に埋め込んだポンプを利用して連続的に脳内へ投与した。投与した物質は脳全体に作用したものとする。同居期間の終了直後に、実験 1 と同様にオスのメスに対する選好性試験を行った。図 3 は各条件につき 5 組を用いて行った実験の平均値を示す。

【実験 3】

ハタネズミ P 種のオスとメスを準備し、実験 1 と同様に雌雄を 1 匹ずつ 1 つの飼育箱内で 24 時間同居させた。この実験では、同居中に、オス 5 匹には物質 B の受容体阻害剤をふくむ溶液を、別のオス 5 匹には対照群としてその溶媒(生理食塩水)のみを、皮下に埋め込んだポンプを利用して連続的に脳内へ投与した。投与した物質は脳全体に作用するが、受容体阻害以外の作用はないものとする。同居期間の終了直後に、実験 1 と同様にオスのメスに対する選好性試験を行った。図 4 は各条件につき 5 組を用いて行った実験の平均値を示す。

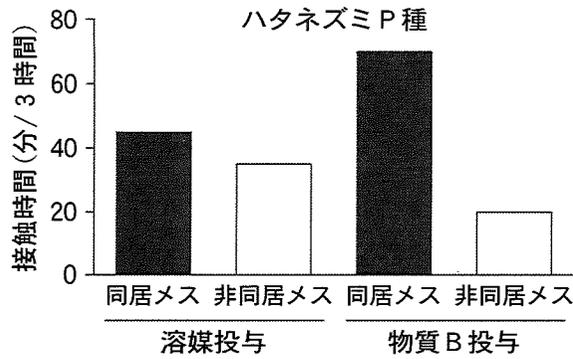


図3

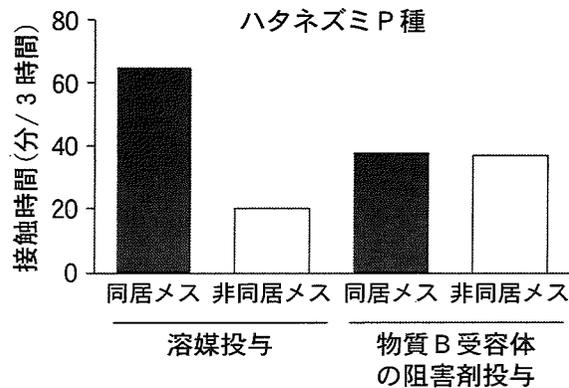


図4

【実験4】

ハタネズミ M 種のオスとメスを準備した。実験1と同様に、雌雄を1匹ずつ1つの飼育箱内で24時間同居させた。同居中に、実験2と同様に、オス5匹には物質Bをふくむ溶液を、別のオス5匹には対照群としてその溶媒(生理食塩水)のみを、皮下に埋め込んだポンプを利用して連続的に脳内へ投与した。投与した物質は脳全体に作用したものとする。同居期間の終了直後に、実験1と同様にオスのメスに対する選好性試験を行った。図5は各条件につき5組を用いて行った実験の平均値を示す。

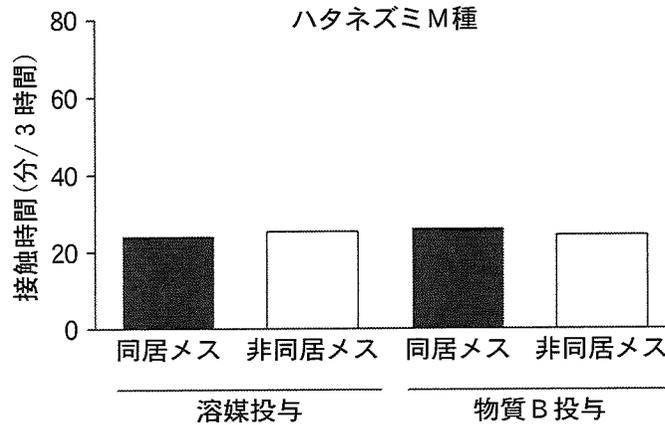


図 5

【実験 5】

ハタネズミ P種とハタネズミ M種のオスを用いて、きずな形成にかかわる脳領域 Vにおける物質 Bの含有量とその受容体遺伝子の発現量を調べた。ただし、物質 Bの含有量は刺激に応じた分泌量と正の相関を示すものとする。その結果、物質 Bの含有量には2種のハタネズミ間で違いはなかった。

A君は実験 1から実験 5までの結果をふまえて、雌雄間のきずな形成に対する物質 Bの作用を決定づける実験として、実験 6を考えた。

【実験 6】

神経細胞でのみ活性化されるプロモーターの下流に、物質 Bの受容体遺伝子をつないだ外来遺伝子を作製する。いずれかの種のオスのハタネズミについて、その脳領域 Vに、作製した外来遺伝子を導入するものとししないものを準備する。外来遺伝子を十分量発現させるために数日間おいた後、実験 1と同様に雌雄を1匹ずつ1つの飼育箱内で24時間同居させ、その直後にオスのメスに対する選好性試験を行う。

問 1 実験 1 の結果より、ハタネズミ P 種とハタネズミ M 種それぞれの、雌雄間きずな形成の特徴について、最も適したものを次の選択肢 A～Dの中から1つ選べ。

[選択肢]

- A. 24 時間の同居により、ハタネズミ P 種、M 種ともに雌雄間のきずなは形成されない。
- B. 24 時間の同居により、ハタネズミ P 種、M 種ともに同程度の雌雄間のきずなが形成される。
- C. 24 時間の同居により、ハタネズミ M 種では雌雄間のきずなが形成されるが、ハタネズミ P 種では形成されない。
- D. 24 時間の同居により、ハタネズミ P 種では雌雄間のきずなが形成されるが、ハタネズミ M 種では形成されない。

問 2 実験1から実験4までの結果をふまえ、実験5を行った。その結果について、最も適していると考えられるものを次の選択肢 A～Cの中から1つ選べ。解答は解答欄の1マス目に記入せよ。

[選択肢]

- A. 物質 B に対する受容体遺伝子の発現がハタネズミ M 種では見られなかったが、ハタネズミ P 種では多く見られた。
- B. 物質 B に対する受容体遺伝子の発現がハタネズミ P 種では見られなかったが、ハタネズミ M 種では多く見られた。
- C. 物質 B に対する受容体遺伝子の発現がハタネズミ P 種と M 種のいずれにも見られなかった。

問 3 実験 1 から実験 5 までの結果から、ハタネズミ P 種とハタネズミ M 種の雌雄間きずな形成の違いとそのメカニズムについて結論づけられることを 150 字以内で述べよ。

問 4 実験 6 では、いずれの種のハタネズミに外来遺伝子を導入すると、この実験の目的に合うかを答えよ。また、実験 6 の結果はどのようになると予想されるか。外来遺伝子を導入したオス(遺伝子導入)と外来遺伝子を導入しないオス(遺伝子非導入)の、メスへの選好性試験の予想される結果を図 6 のグラフ A~F より 1 つ選べ。

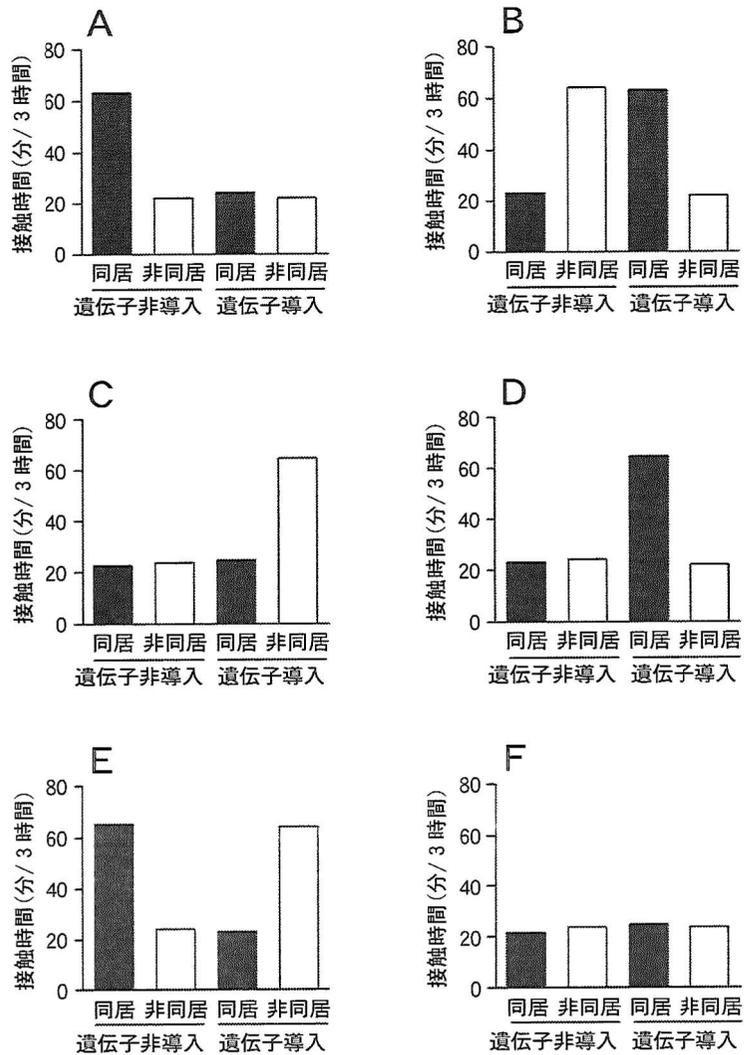


図 6

