

科目	生 物
----	-----

理学部・医学部・工学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、問題冊子の1ページから19ページにわたっています。
3. 解答用紙は5枚、下書き用紙は1枚で、問題冊子とは別になっています。
4. 問題冊子、解答用紙、下書き用紙が不備な場合は、直ちに監督者に申し出てください。
5. 志望学部と受験番号(2カ所)は、すべての解答用紙の所定の欄に記入してください。
6. 解答は、すべて横書きとし、解答用紙の所定の欄に記入してください。解答用紙の所定の欄以外に記入した場合は、採点の対象となりません。
7. 試験終了時に、解答用紙を5枚すべて提出してください。問題冊子と下書き用紙は、持ち帰ってください。

実施年月日
28.2.25
富山大学

平成28年度富山大学一般入試 個別学力試験

補 足 説 明

理学部・医学部・工学部 一般入試（前期日程）【生物】

〔補足説明〕

18 ページ 問3 問題文

記号 $f \sim k$ で各 1つずつ 答えなさい。

1 細胞の構造と動物の発生に関する次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えなさい。

われわれ多細胞動物の器官形成では、隣り合う細胞同士が接着し合い、機能的な組織を構築する過程が重要である。1907年にウィルソンは、海産のカイメンをバラバラにして得られた細胞を混ぜ合わせて培養すると、細胞が寄り集まって組織を再構築することを発見した。この発見以降、細胞凝集の実験系は、多細胞動物のからだの成り立ちを理解するためにさまざまな動物で利用されるようになった^①。その後、このような細胞同士の接着には、細胞表面に存在する細胞間接着タンパク質が重要な役割を果たすことが明らかになった^②。

問1. 下線部①について、両生類を用いた細胞凝集の実験1と実験2を以下に示す。下の問い(1)と(2)に答えなさい。

【実験1】 イモリの初期神経胚の予定表皮領域と、サンショウウオの初期神経胚の中胚葉をそれぞれ切り出して細胞をバラバラにし、混ぜ合わせて培養したところ、最初はすべての細胞が混ざった塊になっていたが、やがてイモリ由来の表皮細胞が外側に集まり、その内側にサンショウウオ由来の細胞からなる血管などが形成された(図1)。

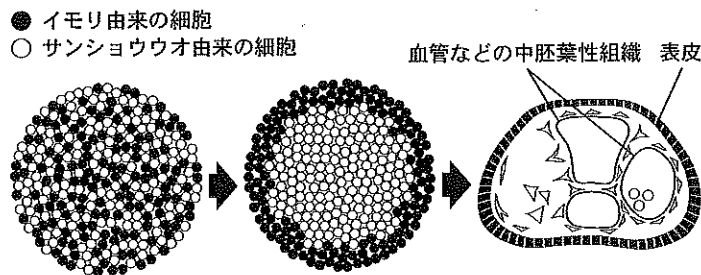


図1

【実験2】 イモリの初期神経胚の予定表皮領域と、サンショウウオの初期神経胚の外胚葉全体をそれぞれ切り出して細胞をバラバラにし、混ぜ合わせて培養したところ、すべての細胞が混ざった塊を経て、イモリとサンショウウオ両方の細胞に由来する表皮細胞が外側に集まり、その内側にサンショウウオ由来の細胞からなる神経組織が形成された(図2)。

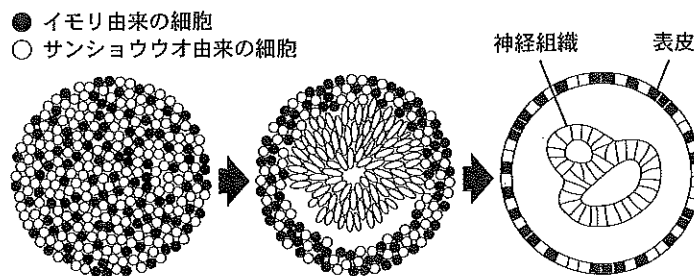


図2

- (1) 実験1と実験2から、両生類の初期神経胚の細胞にはどのような特性があると考えられるか、次の(ア)~(カ)から正しいものを3つ選び、記号で答えなさい。
- (ア) バラバラにされると、細胞は元の組織だった時の性質を失う。
 - (イ) バラバラにされても、細胞は元の組織だった時の性質を失わない。
 - (ウ) 組織を再構築する際には、同じ動物種の細胞同士の接着が優先される。
 - (エ) 組織を再構築する際には、種の違いを越えて同じ性質を持つ細胞同士で接着し合う。
 - (オ) 器官が再構築される際には、空間的に胚と同じ配置をとる。
 - (カ) 器官が再構築される際には、元の胚の空間的な位置とは無関係な配置をとる。
- (2) イモリの初期神経胚とサンショウウオの初期神経胚、それぞれから外胚葉を切り出して細胞をバラバラにし、混ぜ合わせて培養すると、最終的にどのような状態になると考えられるか。イモリの細胞を黒、サンショウウオの細胞を白として、解答欄の図を塗り分けなさい。

問 2. 下線部②について、細胞表面に存在するタンパク質 A とタンパク質 B について行った実験 3 と実験 4 を以下に示す。下の問い(1)~(3)に答えなさい。

【実験 3】 タンパク質 A とタンパク質 B について、それぞれの遺伝子を持つプラスミドを別々の培養細胞に導入した。これらの培養細胞を混ぜ合わせて培養したところ、タンパク質 A を発現させた細胞だけの集まりとタンパク質 B を発現させた細胞だけの集まりが形成された。一方、タンパク質 A とタンパク質 B のいずれも発現していない培養細胞は、集まりを形成しなかった。

【実験4】 あるタンパク質を特異的に認識する抗体を作製し、色素を結合させた抗体を組織に作用させることで、組織のどこにそのタンパク質が局在しているのかを可視化できる。タンパク質Aとタンパク質Bについて、それぞれを特異的に認識する抗体を作製し、以下の実験に用いた。

原腸形成が終わるころ、胚の背側の外胚葉が正中線に沿って平らになり、神経板を形成する。やがて神経板の左右両側の周縁が、正中に向かってジッパーを閉じるように寄っていく。その結果、神経板だった部分は胚の内側に向かって溝のように落ち込み、正中が完全に閉じて神経管になる。やがて神経管は表皮のシートから分離する。タンパク質Aを認識する抗体とタンパク質Bを認識する抗体それぞれに異なる色素を結合させ、神経板を経て神経管を形成する時期のカエルの胚の断面に両方の抗体を作用させたところ、図3のように抗体の結合に伴う色分けがみられた。

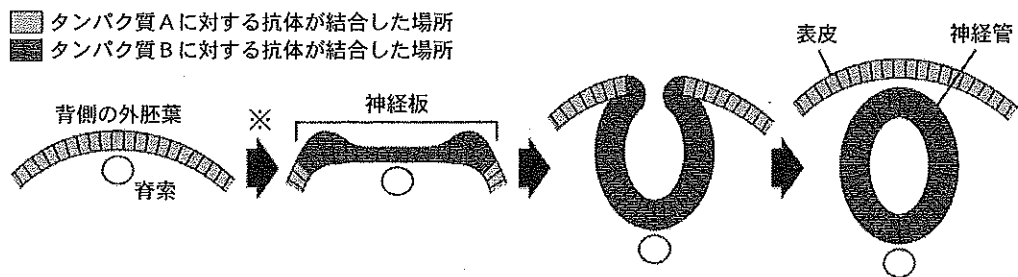


図3

- (1) 実験3から、タンパク質Aとタンパク質Bにはどのような性質があると考えられるか、40字以内で説明しなさい。
- (2) 図3の※の過程で、神経板になる細胞の中では、タンパク質Aとタンパク質Bの遺伝子に対してそれぞれどのような発現制御が起こったと考えられるか、解答欄に適切な語を記入しなさい。また、このような遺伝子発現の制御に関わるタンパク質の名称を答えなさい。
- (3) 実験4において、神経板が表皮のシートから分離して神経管を形成する過程で何が起こったのか、以下の語をすべて用いて120字以内で説明しなさい。

語：タンパク質A, タンパク質B, 発現, 接着

問 3. 下線部②について、細胞間接着タンパク質は分泌タンパク質と同じ経路を辿って細胞表面に発現することが知られている。この過程について、次の(ア)~(ク)から4つ選び、起こる順序に従って記号を並べなさい。

- (ア) 分泌物の入った小胞が細胞表面の細胞膜に融合し、細胞間接着タンパク質がエンドサイトーシスする。
- (イ) 分泌物の入った小胞が細胞表面の細胞膜に融合し、細胞間接着タンパク質がエキソサイトーシスする。
- (ウ) 細胞質で mRNA にリボソームが結合し、2塩基で一組のコドンに合わせて運ばれてくるアミノ酸が順次つながれていく。
- (エ) 細胞質で mRNA にリボソームが結合し、3塩基で一組のコドンに合わせて運ばれてくるアミノ酸が順次つながれていく。
- (オ) 核内で DNA から細胞間接着タンパク質の mRNA が転写されて核外に出てくる。
- (カ) 核内で DNA から細胞間接着タンパク質の mRNA が翻訳されて核外に出てくる。
- (キ) リボソームが小胞体に結合し、合成された細胞間接着タンパク質が小胞体に取り込まれる。
- (ク) リボソームがゴルジ体に結合し、合成された細胞間接着タンパク質がゴルジ体に取り込まれる。

2 免疫およびホルモンに関する次の文章〔A〕、〔B〕を読み、下の問い(問1～8)に答えなさい。

〔A〕 生物体には、リンパ球などによってウイルスなどの異物を自己の成分と区別して排除し、体内環境を維持するしくみがある。このしくみを免疫という。免疫には、体内に侵入した細菌などの異物を認識して、顆粒白血球やマクロファージなどの食作用によってただちに排除する免疫と、侵入した異物の情報をリンパ球が認識し、その情報にもとづいて、侵入した特定の異物を排除する免疫がある。免疫を担当する細胞のうち、リンパ球には、B細胞とT細胞があり、B細胞は抗体を産生する。免疫系を応用したものに、ワクチンがある。最近のワクチンは、ウイルスなどの病原体そのものではなく、病原体の一部であるタンパク質をヒトに接種して、ワクチンとして使われているものがある。

問 1. 下線部①と②に關与する免疫の種類を、それぞれ次の(ア)～(エ)からすべて選び、記号で答えなさい。

(ア) 獲得免疫 (イ) 細胞性免疫 (ウ) 体液性免疫 (エ) 自然免疫

問 2. はしかなどに対するワクチンは、免疫系のどのような性質を利用しているか。以下の語の中から2つ選び、それらを用いて60字以内で説明しなさい。

語：獲得免疫、自然免疫、記憶、マクロファージ

問 3. 抗体は何でできているか。次の(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えなさい。

(ア) 脂質 (イ) 糖質 (ウ) 核酸
(エ) タンパク質 (オ) 無機物

〔B〕 ホルモンは内分泌系の細胞により産生・分泌され、血液によって運ばれ、ごく微量で大きな作用を示す調節物質である。ホルモンが作用する器官の細胞は 細胞とよばれ、ホルモンを認識する をもつ。ホルモンと とが結合すると、これが引き金となって細胞の活性に変化がもたらされる。

ホルモンはごく微量で大きな作用を示すため、その分泌は精妙に調節されている。図1には、ヒトにおける甲状腺ホルモンの分泌調節メカニズムを模式的に示してある。間脳の部位Dにある細胞から、ホルモンPの分泌を促進するホルモンが分泌され、その下にある部位Eに作用すると、そこからのホルモンPの分泌が促進される。このような部位Dの細胞は、ニューロンであり、かつホルモンを分泌するので 細胞とよばれる。ホルモンPは血液によって甲状腺に運ばれ、ホルモンQの分泌を促進する。血液中のホルモンQの濃度は部位Dや部位Eで感知され、その濃度が低いとホルモンQの分泌量が増加する(図1の実線矢印)。逆に、ホルモンQの濃度が高いと部位Dや部位Eの働きがホルモンQ自体

によって抑制され(図1の点線矢印), ホルモンQの分泌量が減少する。このように, 最終的に作られた物質や得られた効果が, その結果をもたらした原因に作用して調節するしくみを 調節といい, ホルモン濃度が適正な範囲に保たれる上でたいせつな役割を果たしている。

健康な人では, 自分のからだの中の細胞に対する抗体は産生されないが, ある種の疾病では自分のからだの成分に対する抗体が産生されてしまう。それを自己抗体という。ある患者では, ホルモンPの に対する自己抗体が産生される。産生された自己抗体はこの に結合し, 様々な作用を及ぼす。ある自己抗体Xは に結合し, ホルモンPが に結合するのを阻害する。一方, 別の自己抗体Yは に結合し, ホルモンPと同様にホルモンQの分泌をうながす。

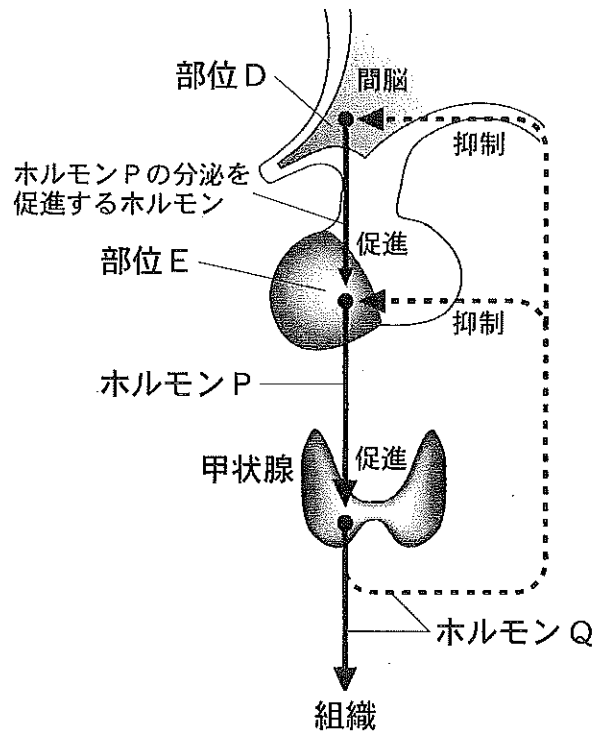


図1

問4. 文中の ~ に最も適切な語を記入しなさい。

問5. 部位Dと部位Eの名称を答えなさい。

問6. ホルモンPの名称を答えなさい。

問 7. ホルモン Q について、次の問い(1)と(2)に答えなさい。

(1) 適切な名称を、次の(ア)～(エ)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(ア) チロキシン (イ) インスリン (ウ) パラトルモン (エ) バソプレシン

(2) 主要な作用を、次の(ア)～(エ)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(ア) 血糖を減少させる。

(イ) からだの熱の産生量を増加させる。

(ウ) 血液中のカルシウム量を減少させる。

(エ) 腎臓の集合管における水の再吸収量を増加させる。

問 8. 自己抗体 Y が産生される患者では、ホルモン Q が過剰に分泌される。分泌が過剰になる理由を 60 字以内で説明しなさい。

3 は次のページから始まります。

3 動物の反応と行動に関する次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えなさい。

動物の体内には、ニューロンによって構成された神経系がはり巡ら^{めぐ}されている。神経系は、眼や耳、鼻などの [a] から、筋肉などの [b] の間を連絡している。眼や耳、鼻などからの情報は、末しょう神経系の1つである [c] を通り中枢神経系に送られる。中枢神経系では、受けた刺激に応じて情報の統合や整理といった処理が行われる。その後、中枢神経系から筋肉などを動かす命令が、末しょう神経系の1つである [d] より送られる。 [c] と [d] をあわせて [e] という。

中枢神経系は、ヒトをはじめとした脊椎動物では脳と脊髄から構成される。脳は大脳、間脳、中脳、小脳、橋および延髄の6部位に分けられ、そのうちの4部位^①をあわせて脳幹という。ヒトの脳の大部分を占めているのは大脳であり、その外側部分は大脳皮質、内側部分は大脳髄質^②という。大脳皮質には、視覚や聴覚など、感覚の中枢である感覚野、運動の中枢である運動野などがある。

多くの動物は、環境から受ける特定の刺激に対して、生まれつき備わっている行動をとることがある。このような行動を [f] 行動という。動物がある刺激を受けて常に一定の行動を示す場合、この刺激のことを [g] 刺激という。一方、過去の経験を積むことによつて的確な行動をとるようになる場合もあり、このような行動を [h] 行動という。

問 1. 文中の [a] ～ [h] に最も適切な語を記入しなさい。

問 2. 下線部①について、4部位の適切な組み合わせを、次の(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 大脳・間脳・中脳・橋
- (イ) 大脳・間脳・小脳・橋
- (ウ) 間脳・中脳・小脳・橋
- (エ) 間脳・中脳・橋・延髄
- (オ) 間脳・中脳・小脳・延髄

問 3. 下線部②について、大脳の左半球を図1に示す。視覚に関する領域と随意運動に関する領域が存在する大脳皮質の場所を、図1のア～オからそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

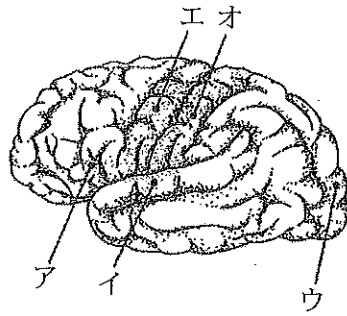


図 1

問 4. 無意識にすばやく起こる反応を反射とよび、中でも膝蓋腱^{しつがい}反射は特に反応時間が短い。膝蓋腱反射の反応時間が特に短い理由について、反射中枢と信号伝達の経路の点から 100 字以内で説明しなさい。

問 5. 多くの魚類は視覚、嗅覚、地磁気などの情報によって自分の位置を把握し、遊泳場所や空間を記憶する。新たな空間を見つけると、そこに侵入して探索する遊泳行動を示す。モデル魚類として実験に多用されているゼブラフィッシュの記憶と行動の特徴を調べるため、次の実験 1 と実験 2 を行った。下の問い(1)と(2)に答えなさい。

【実験 1】 下の図 2 のように、3つの水槽を Y 字型につなげた水槽(Y 字型水槽という)の中心部にゼブラフィッシュを 1 匹入れ、10 分間の遊泳行動を観察した。図 2 のように各水槽の両側と端には、それぞれ×, △, □の印を配置した。十分な回数の実験を行って、各水槽部分に滞在した時間を計測したところ、下の図 3 のグラフのような結果になった。

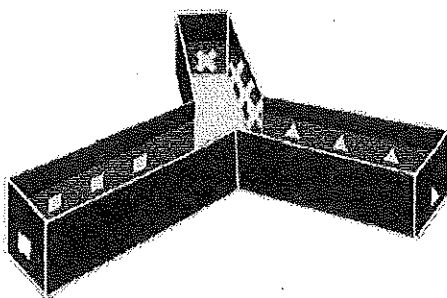


図 2

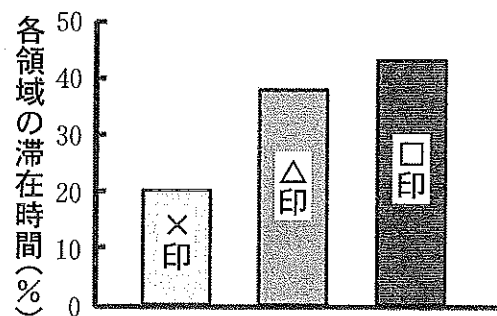


図 3

【実験2】ゼブラフィッシュの記憶に基づいた行動を調べる実験を行った。下の図4のように、Y字型水槽(各水槽の両側と端には□, △, ○の印を配置)の○印の領域を板で覆って塞いだ状態で□印の部分にゼブラフィッシュを1匹入れて5分間置いた。次に板を取り去り、10分間の遊泳行動を観察した。十分な回数の実験を行って、各水槽部分に滞在した時間を計測したところ、下の図5のグラフのような結果になった。次にゼブラフィッシュを別の水槽に移して1時間または6時間経った後に、どの領域も塞いでいないY字型水槽の中央部に入れ、10分間の行動を観察した。十分な回数の実験を行って、各水槽部分に滞在した時間を計測したところ、次の図6のグラフのような結果になった。

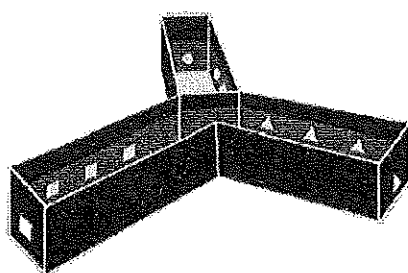


図4

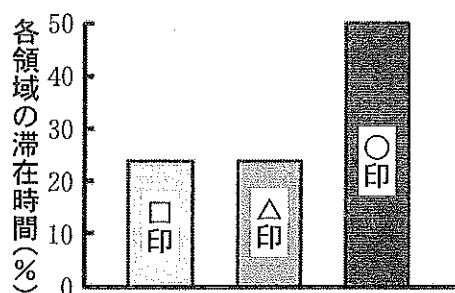


図5

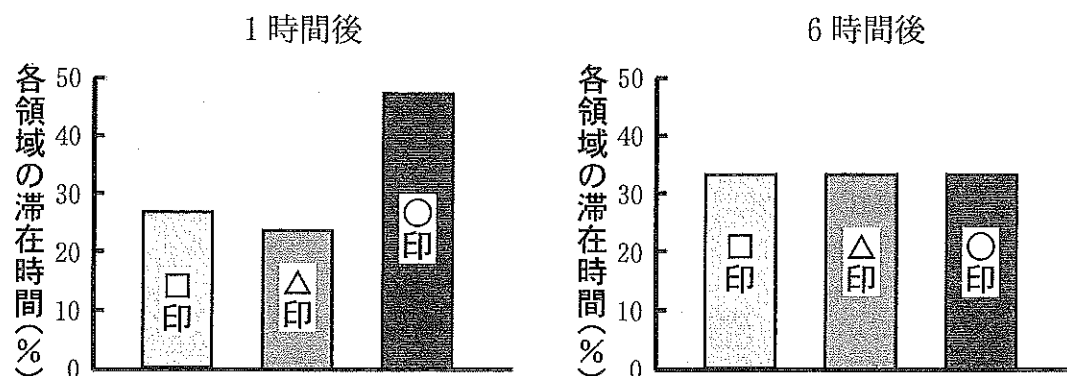


図6

(1) 実験1の結果より、次の仮説を考えた。

仮説：ゼブラフィッシュは視覚によって図形を捉えることができ、×印を嫌う性質(あるいは△印と□印を好む性質)を示す。

しかし、実験1の結果だけでは、この仮説以外の可能性も否定できない。ではこの仮説を検証するためには、さらにどのような実験が必要か、60字以内で述べなさい。

(2) ゼブラフィッシュの空間などに対する記憶に基づいた行動の特徴に関して、実験2の結果より導かれる記述として最も適切なものを、次の(ア)~(オ)から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 記憶に基づいた行動は、ほとんどできない。
- (イ) 記憶に基づいた行動は、1時間経つとできなくなる。
- (ウ) 記憶に基づいた行動は、6時間経つとできなくなる。
- (エ) 記憶に基づいた行動は、何時間経過してもずっとできる。
- (オ) 記憶に基づいた行動は、徐々にできるようになる。

4 植物の生活環や遺伝に関する次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えなさい。

陸上で生活する 植物のうち、胞子で繁殖するものがシダ植物、種子で繁殖するものが種子植物である。シダ植物では、胞子体(世代)と (単相世代)は独立して生活している。野外でふつうに見かけるシダ植物は胞子体で、胞子体には根・茎・葉が存在する。 は、幅5mmほどの扁平な植物体で、前葉体ともよばれる。胞子体は、葉の裏などに胞子のうをつけてその中で 分裂を行い、胞子を^①生じる。前葉体は、この胞子が^②発芽、成長してできた植物体である。成熟した前葉体には、 と造卵器^③が生じる。 でつくられた精子は、造卵器の中の卵と受精し、受精卵から胞子体が生じる。

シダ植物のリチャードミズワラビは、前葉体も胞子体も通常は緑色をしている。体色の発現には、2つの遺伝子座に存在する2組の遺伝子($P1, p1$)と($P2, p2$)が関わっている。これらの2つの遺伝子座は異なる染色体に存在する。 $P1$ と $P2$ はそれぞれ $p1$ と $p2$ に対して優性である。これらの遺伝子について、胞子体では、2つの劣性遺伝子の少なくとも片方をホモ接合体でもつ個体の体色はうす緑色となり、それ以外の遺伝子型の個体は体色が緑色となる。一方で、前葉体では優性遺伝子を2つとももつ個体の体色は緑色となり、1つでも劣性遺伝子をもつ個体の体色はうす緑色となる。

問1. 文中の ~ に最も適切な語を記入しなさい。

問2. 下線部①の胞子を顕微鏡で観察した。接眼レンズに接眼マイクロメーターを入れ、ある倍率の対物レンズを用いて顕微鏡下で対物マイクロメーターを見たところ、図1のようになった。次に対物マイクロメーターを取り外し、あるシダ植物の胞子の長径を同じ倍率の対物レンズを用いて観察したところ、図2のようになった。顕微鏡の下で胞子の大きさを測る方法について、次の問い(1)~(3)に答えなさい。

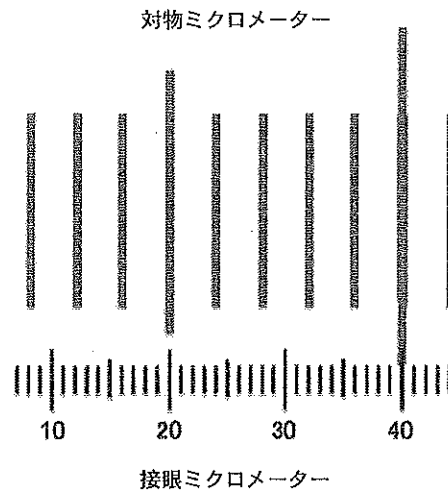


図 1

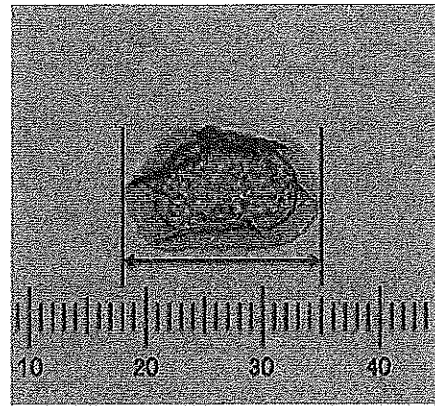


図 2

- (1) 対物マイクロメーターの1目盛りの示す長さは何 μm か、答えなさい。
- (2) 図1において、接眼マイクロメーターの1目盛りの示す長さは何 μm か、計算式とともに小数点第一位まで答えなさい。
- (3) 図2のシダ植物の孢子の長径(矢印で示した部分)は何 μm か、計算式とともに小数点第一位まで答えなさい。

問 3. 下線部②に関して、シダ植物の孢子発芽では、シロイヌナズナなどの光発芽種子のように、多くの場合フィトクロムとよばれる光受容体が関わっている。フィトクロムに関する説明として適切なものを、次の(ア)~(カ)から2つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 温度を適度に上げれば、暗所でもフィトクロムが反応して、発芽が促進される。
- (イ) フィトクロムが遠赤色光を吸収することにより、発芽が促進される。
- (ウ) 光発芽種子に、植物ホルモンであるアブシシン酸を与えると暗所でもフィトクロムが反応して、発芽が促進される。
- (エ) フィトクロムは、発芽に有効な波長の光を吸収すると発芽を抑制する波長の光を吸収する型に変換される。
- (オ) フィトクロムは、光周性にも関与する。
- (カ) フィトクロムは、補酵素の一種である。

問 4. 下線部③に関して、種子植物では、受精卵から胚が発生し、種子が形成される。次の問い(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 種子は、花のどの部分が発達してできたものか、答えなさい。
- (2) 被子植物では、果実の中に種子ができる。果実は、花のどの部分が発達してできたものか、答えなさい。

問 5. リチャードミズワラビの体色に関わる遺伝子について、次の問い(1)と(2)に答えなさい。

(1) ($P1, p1$)と($P2, p2$)の互いに独立な2つの遺伝子座の遺伝子を、いずれもヘテロ接合体でもつ胞子体(遺伝子型 $P1p1P2p2$)から生じた前葉体の体色の分離比はどのようになるか答えなさい。また、これらの前葉体から生じた精子と卵を無作為に受精させた場合、次世代の胞子体の体色の分離比はどのようになるか答えなさい。なお、実験には分離比を算出するのに十分な数の個体を用いたものとする。

(2) ($P1, p1$)と($P2, p2$)の2つの遺伝子座が連鎖しており、2つの遺伝子座の間で染色体の乗換えが全く生じないと仮定した場合、(1)の胞子体(遺伝子型 $P1p1P2p2$)から生じた前葉体の体色の分離比と、これらの前葉体から生じた精子と卵を無作為に受精させた次世代の胞子体の体色の分離比はどのようになるか答えなさい。なお、解答は(i) $P1$ と $P2$ が連鎖している場合と(ii) $P1$ と $p2$ が連鎖している場合について、それぞれ答えなさい。

5 は次のページから始まります。

5 生物の生態と進化に関する次の文章〔A〕、〔B〕を読み、下の問い(問1～8)に答えなさい。

〔A〕 下の図1は、生態系における生物の個体数を 段階の順に下から積み上げて示したものである。こうした図を生態系 (個体数) とよぶ。この図は生態系のしくみを非常に単純化したもので、 や は図示されているが、生物の遺体を利用する は示されていない。雑食動物が植物も動物も食べたりするように、 から高次の に至る食物連鎖の流れも図1のように単純なものばかりではない。また、 のはたらきにもいくつか段階があり、しばしば食物連鎖の流れと入り混じっている。これらのことを考慮して、図2のような図が提案されたことがあるが、この図においても生態系の中のすべての種間関係を表現できてはいない。

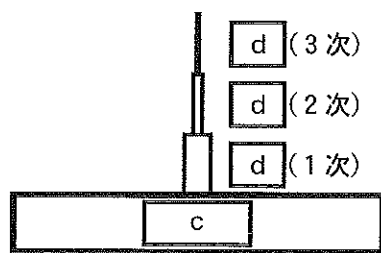


図1

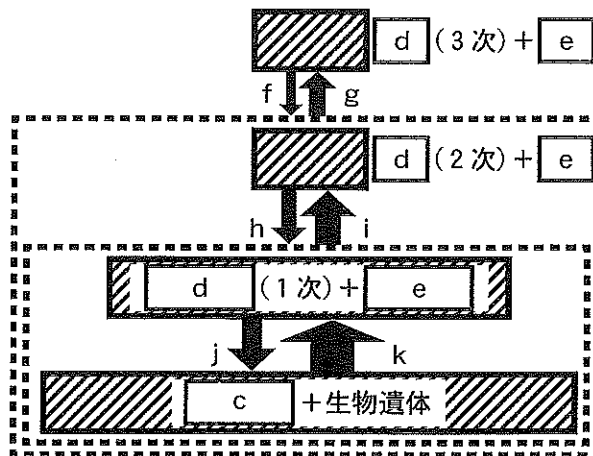


図2 (矢印は消費と分解における物質の流れ)

問1. 文および図中の ~ に最も適切な語を次の(ア)~(コ)から選び、記号で答えなさい。

- | | | | |
|-----------|---------|------------|---------|
| (ア) 成長 | (イ) 被食者 | (ウ) ダイアグラム | (エ) 生産者 |
| (オ) 栄養 | (カ) 進化 | (キ) 捕食 | (ク) 消費者 |
| (ケ) ピラミッド | (コ) 分解者 | | |

問2. 海洋における図1のような関係の一例として、コンブとウニ、ラッコ、シャチのつながりがよく知られている。直接的な関係として、シャチはラッコ、ラッコはウニ、ウニはコンブを食べる。ラッコがコンブに与える間接的な関係(間接効果)について、60字以内で説明しなさい。

問 3. 下線部①と②に関連して、次の現象(1)~(4)がそれぞれ図2のどの矢印に対応するか、記号 f~k で答えなさい。

- (1) ミミズが枯れ葉を食べる。
- (2) 枯れ葉を食べたミミズをモグラが食べる。
- (3) イノシシが植物も、植物を食べたミミズも、ミミズを食べたモグラも食べる。
- (4) ミミズを食べたモグラが死んで遺体になる。

問 4. 図2で表現できていない種間関係の1つとして、種間競争が挙げられる。図3は、ヒメゾウリムシとゾウリムシを、それぞれ単独飼育した場合(図3—A)と混合飼育した場合(図3—B)の個体群の成長を示している。なお、それぞれの飼育においては、同じ大きさの容器を用い、温度、光、栄養分の条件も同じにしている。次の問い(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 単独飼育した場合、どちらの種においても、12日目以降は、個体数がほとんど増えない。その理由を40字以内で説明しなさい。
- (2) 混合飼育した場合、ゾウリムシの密度は、8日目を過ぎるところから減少し続けた。これは、種間競争によって一方の種(ヒメゾウリムシ)がもう一方の種(ゾウリムシ)を駆逐して^{くたく}いるためである。このような現象を何とよぶか、答えなさい。

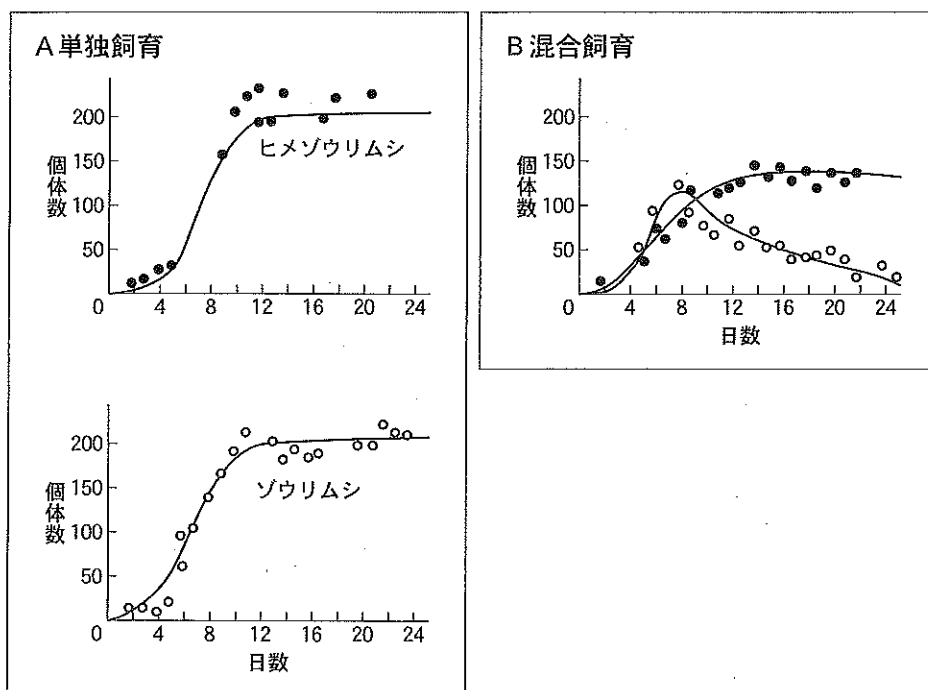


図 3

[B] 多細胞生物の進化は、植物や動物で起こった。カナダや中国の約5億年前の地層からは、^③さまざまな動物の化石が発見されており、この時期に多細胞動物が急速に多様化したことがわかる。多細胞動物のうち、^④飛行能力を獲得した生物には、翼竜、鳥、コウモリ、昆虫が挙げられる。翼竜とコウモリの飛行器官は、長く伸長した指骨に翼膜が付着した構造になっている。鳥の飛行器官は、前肢全体に羽毛が発達した構造になっている。昆虫の飛行器官は、背側に張り出した膜状の構造になっている。これらの飛行器官は機能は同一であるが、^⑤構造や発生の仕方は異なっている。したがって、これらはそれぞれの生物が進化の過程で独立に獲得した形質である。現在では、生物の類縁関係の推定に分子レベルの情報が積極的に用い^⑥られており、現生の生物の分子系統樹をもとにしてさまざまな形質の進化を議論できるようになっている。

問 5. 下線部③に関連して、次の(ア)~(カ)の出来事を年代の古い順に並べなさい。

- (ア) ドイツなどで採掘される石炭のもとになる大規模な森林が発達した。
- (イ) 被子植物が地球上に現れた。
- (ウ) 植物が陸上に進出した。
- (エ) エディアカラ生物群が海洋で繁栄した。
- (オ) 人類とチンパンジーの系統が分かれた。
- (カ) 恐竜や翼竜、アンモナイトが絶滅した。

問 6. 下線部④の現象は何とよぶか、答えなさい。

問 7. 下線部⑤について、次の問い(1)と(2)に答えなさい。

- (1) このような器官を何とよぶか、答えなさい。
- (2) コウモリとクジラの前肢のように、機能が異なっても発生的な起源が同一である器官を何とよぶか、答えなさい。

問 8. 下線部⑥に関連して、分子進化の速度はタンパク質によって異なることが知られている。進化速度が遅いタンパク質はどのような特徴を持つか、60字以内で説明しなさい。