

〔I〕 次の文章を読み、以下の問い（1）～（3）の答えを解答用紙の（一）の〔I〕の該当する欄に記入せよ。

動物は、音、光、匂いなどの感覚刺激をたよりにして、外界の様子を知る。感覚刺激を検知する感覚器は受容器ともよばれ、受容器の感覚細胞は特定の刺激にのみ反応する。それぞれの受容器が自然の状態で選択的に応答する刺激は（ア）刺激とよばれ、感覚細胞の表面や内部に存在するタンパク質でできた受容体をかいて（ア）刺激への反応がおきる。例えば、指先でものをなでると表面のザラつきや温度など色々なことが分かるが、これは各々の知覚に対応する受容器が皮膚には存在するからであり、皮膚表面の接触による圧力変化を（ア）刺激とする接点（圧点）や、皮膚表面の温かさを（ア）刺激とする（イ）、皮膚表面の冷たさを（ア）刺激とする（ウ）などが存在する。

感覚細胞の膜電位は一般に受容する刺激の物理的な強さに応じて変化する。この膜電位の変化を（エ）とよぶ。動物が知覚する刺激強度は（エ）の大きさに依存している。また、感覚器官の応答を引き起こす最小限の（ア）刺激の強さは（オ）刺激とよばれるが、多くの場合は同じ種類の感覚細胞でも（オ）刺激は異なる。いくつかの感覚では、（オ）刺激が（カ）感覚細胞は弱い刺激の処理を、（オ）刺激が（キ）感覚細胞は強い刺激の処理をになう。この役割分担はヒトの視覚器にもみられ、ヒトは視細胞などが層状にならんだ（ク）により光を知覚するが、明るさに敏感な感覚細胞である（ケ）と比較的鈍感な（コ）が存在する。

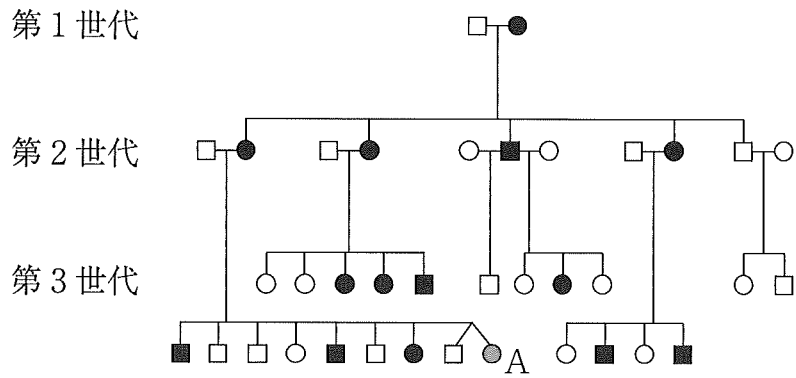
感覚器は個体間におけるコミュニケーションにも重要である。ヒトは主として音声をもちいた^(I)言語によりコミュニケーションをおこなう。ヒトの感覚器や、発声器官、脳機能には言語使用のための適応が多くみられる。また、ヒトの言語以外にいろいろな動物において^(II)様々なコミュニケーションの様式に合わせた、感覚系や行動の特殊化が観察される。

(1) 本文中の空欄 (ア) ~ (コ) にあてはまるもっとも適切な語句を答えよ。なお、空欄 (カ) と (キ) については解答欄中の適切と考えられる語句を丸で囲い答えよ。

(2) 下線部 (I) に関連する次の文章を読み問い①~③に答えよ。

1990年、英国において重い言語障害がある家系 (KE 家) が報告された。複数世代にわたって KE 家の総計 37 名について調べた結果、10 名以上に言語障害が認められた。障害の症状は発語における文法的な誤りや、複雑な構造をもつ文の理解が困難、などであった。一方、聴覚や発声器官の基本的な動作および言語に関わらない記憶力などの知的能力は全般に正常であり、障害は言語能力に限定されていた。

(a) 脳神経は言語能力をはじめ様々な機能を果たすが、この言語障害に関連する脳神経の仕組みや遺伝的な要因について (b) 様々な研究が進み、現在では多くの理解がえられている。



凡例	□ 男性 (言語障害無し)	■ 男性 (言語障害有り)	△ 双子
	○ 女性 (言語障害無し)	● 女性 (言語障害有り)	

図1 KE 家の家系図

① 図1はKE家の家系図(一部)を示す。図中のA氏が他のKE家の人に見られる言語障害と同様な障害をもつ確率としてもっとも適当なものは次のうちどれか。以下の選択肢(あ)～(お)より記号で答えよ。なお、英国では平均して0.1%以下のヒトがこの言語障害をもつとして答えよ。

- (あ) 0.1%以下
- (い) 25%
- (う) 50%
- (え) 75%
- (お) 100%

② 下線部(a)について、以下の選択肢(あ)～(き)のうち内容が適切なものを2つ選び、記号で答えよ。

- (あ) ヒトの末梢神経系は視床と視床下部からなる。
- (い) ヒトの脳は左右の半球に分かれており、右半球は主に体の前側の機能を制御する。
- (う) ヒトの中樞神経系は脳と脊髄からなる。
- (え) 脳には、生命維持に不可欠な呼吸や血圧の調整などをこなす中枢が存在する。
- (お) ヒトの小脳は脳幹の後ろ(背中側)にあり、体の平衡の制御や、随意運動に関与する。
- (か) 指先に熱いものが触れた際に、迅速に指を引っ込めるなどの反射運動には脳を介した反射弓の働きが関与する。
- (き) 脳や小脳の外層(皮質)は白質とよばれ、神経細胞が主に集まっている部分である。

③ 下線部 (b) に関連し、現在までにおこなわれた研究を説明した以下の (あ) ~ (え) を読み、図 1 の障害の遺伝の仕方や障害の症状に当てはまらないものを 2 つ 選び記号で答えよ。

(あ) KE 家の詳細な遺伝学的解析から、言語障害の原因となる遺伝子座が Y 染色体上にあることが同定された。

(い) KE 家の言語障害をもつ群の染色体を観察した結果、常染色体に欠損が発見された。

(う) 患者および健常者の神経系の各部位の大きさを計測し比較をおこなった。結果、患者は健常者と比較して中脳および延髄に萎縮が観察された。

(え) 患者および健常者を被験者として、ヘッドホンより再生する単語を復唱する課題をおこなっている時の脳活動を計測し比較をおこなった。結果、大脳に存在する言葉を処理する中枢の活動が患者では低下していた。

(3) 下線部(Ⅱ)に関連して、次の文章を読み問い①～④に答えよ。

音声によるコミュニケーションが発達した生物の1種としてコオロギがあげられる。オスのコオロギは、状況に応じて異なる鳴き方をする。私たちが多く耳にするのはオスの「誘引歌」である。メスのコオロギは「誘引歌」を聞くと、音源の方向に向かって歩き出す。このように動物が刺激源などの方向に体をむけることを(サ)とよび、刺激源に向かって移動していく行動を正の(シ)とよぶ。

図2は、「誘引歌」を模式的に示している。「誘引歌」は通常3～5個の音(パルス)のまとまりであるチャープが繰り返すことのできる。パルスの音の高さ(周波数)や、チャープ間の間隔は、同種内では共通している。

「誘引歌」に寄っていく行動を計測することで、メスのコオロギが何を手がかりに「誘引歌」を識別しているかを調べた。オスの自然な「誘引歌」にもとづいて様々な時間的なパターンをもつ人工歌を作成し、メスに対してスピーカーから再生した際に、それぞれの歌に対してメスがどれくらい誘引されたかの結果を図3に示す。

上記の行動実験のデータにもとづき、続く実験ではメスの脳がどのような仕組みで「誘引歌」を識別しているかを調べた。メスの脳内には「誘引歌」や人工歌を聞くと興奮し活動電位をおこす様々な種類の神経が存在することが分かった。そこで、パルス長とパルス間隔が同じになるように調整した人工歌を聞かせ神経活動を記録した(図4)。歌の速さ(パルス周期)を変化させた場合に、どのように活動が変わるかにもとづいて神経細胞を分類した結果、3種類の神経細胞が発見され、それぞれB1、B2、B3(図5)と命名された。なお問題文および図中のmsはミリ秒(1/1000秒)を示す。

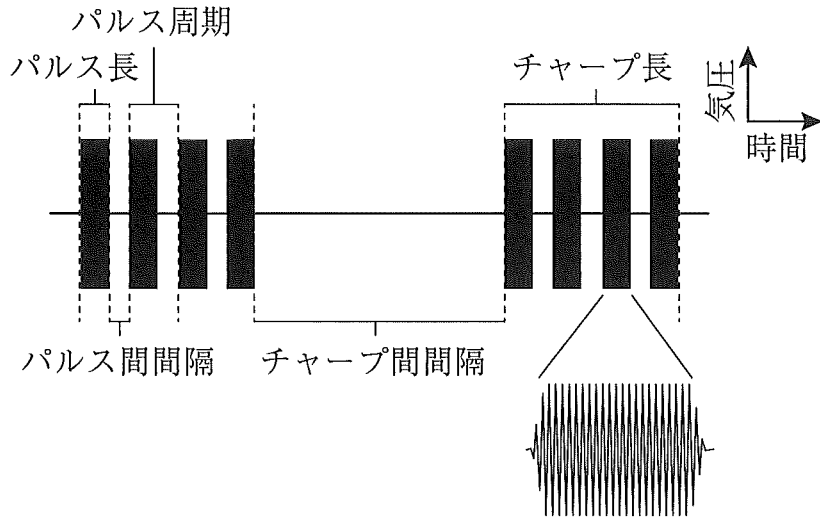


図2 オスのコオロギの「誘引歌」の模式図

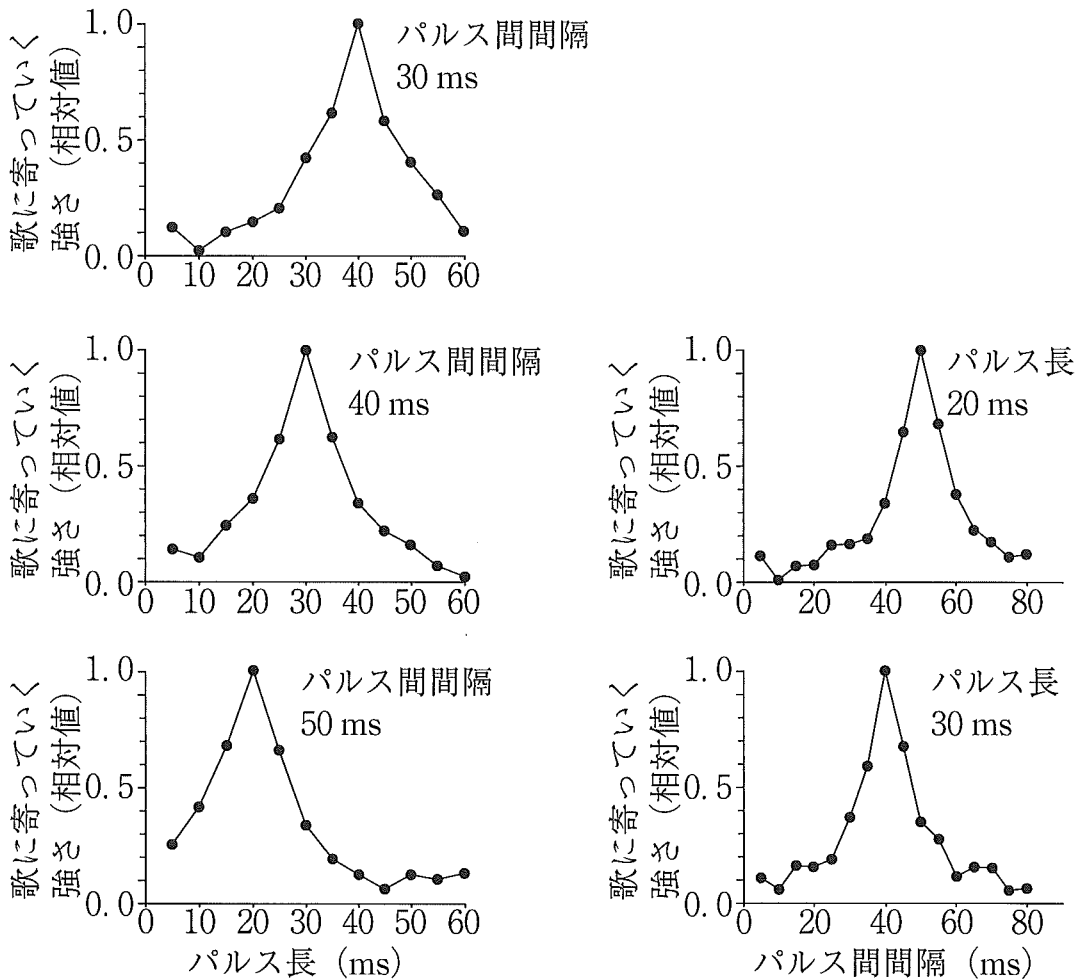


図3 さまざまな人工歌に対してメスが寄っていく程度を計測した結果
それぞれの図の右上には刺激として使用した歌の「パルス間隔」または「パルス長」を示す。

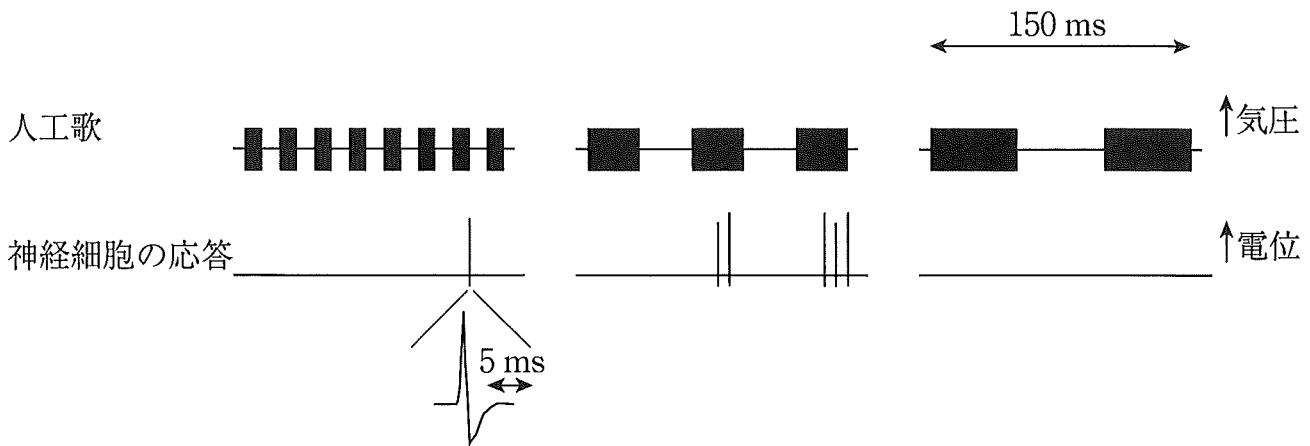


図4 実験結果の例

上段は人工歌のパルスを表し，下段は神経細胞の電位変化を示す。

- ① 本文中の空欄（サ）および（シ）にあてはまるもっとも適切な語句を答えよ。
- ② 図3の実験結果より，メスが「誘引歌」を認識するために手がかりにしていると考えられるものとして，以下の選択肢（あ）～（う）よりもっとも適切なものを1つ選び記号で答えよ。
 - （あ） パルス開始からパルス終了までの時間間隔
 - （い） パルスの終了から次のパルスの開始までの時間間隔
 - （う） パルス開始から次のパルスの開始までの時間間隔
- ③ 図4で示された神経細胞の応答は，図5にまとめられたB1～B3のどの細胞であるかを答えよ。

- ④ メスのコオロギは、これらの3種類の細胞の反応にもとづいて「誘引歌」を識別し、音源に寄っていくと仮定した場合、3種類の細胞は図6のような神経回路を構成すると考えられる。図中の(ス)細胞および(セ)細胞がB2, B3のどれにあたるかを答えよ。また、(ス)細胞を、神経活動を抑制する薬品により不活性化した場合に、パルス周期が、40 ms, 70 ms, 100 msの人工歌それぞれに対して寄っていく度合は、不活性化前と比較してどのように変化すると考えられるか。その理由とともに50字以内で答えよ。句読点も1字としてかぞえる。

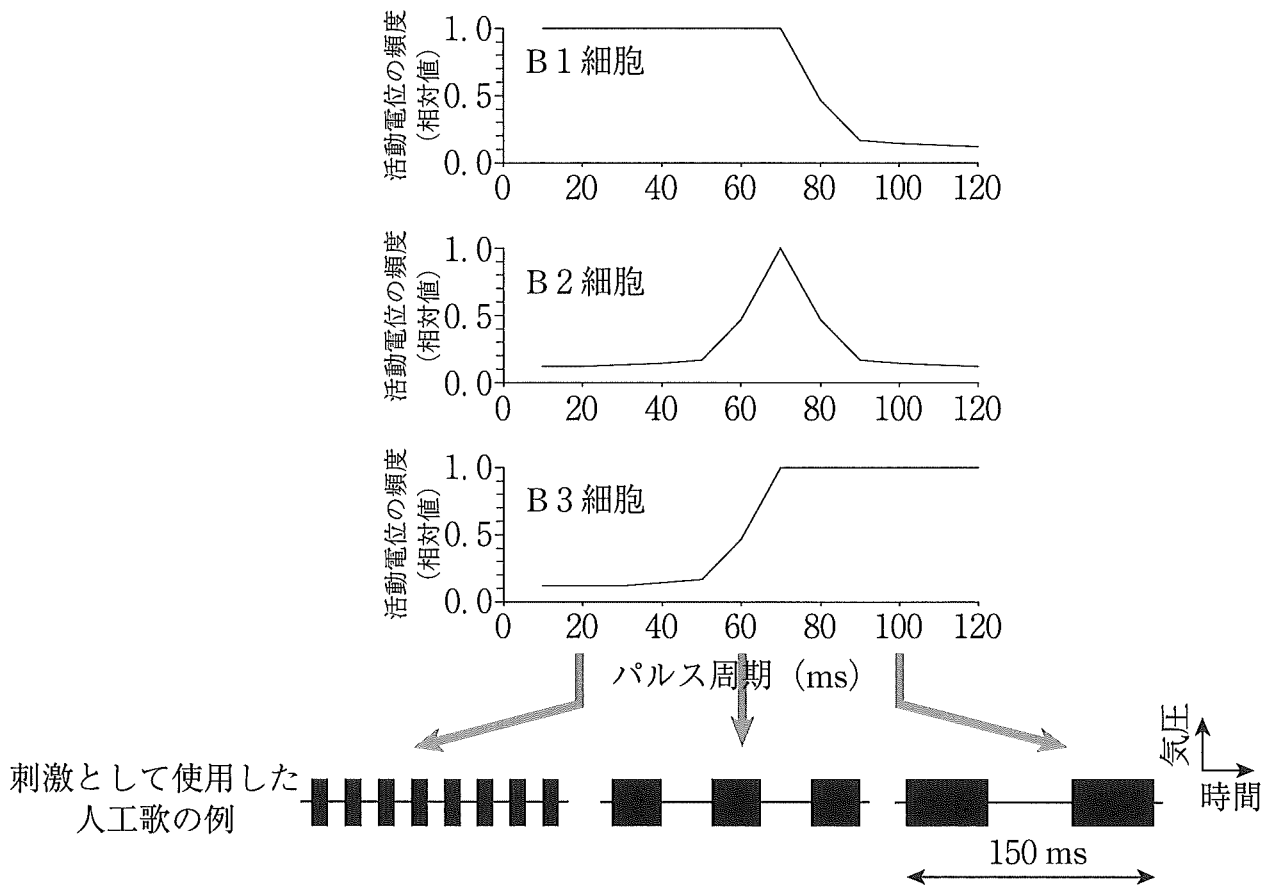


図5 様々な人工歌に対するB1, B2, B3細胞の応答

人工歌のパルス周期を変化させた場合に、B1, B2, B3細胞がどのような頻度で活動電位を発したのかを平均値で示す。刺激として使用した人工歌の例をx軸の下に模式的に示している。

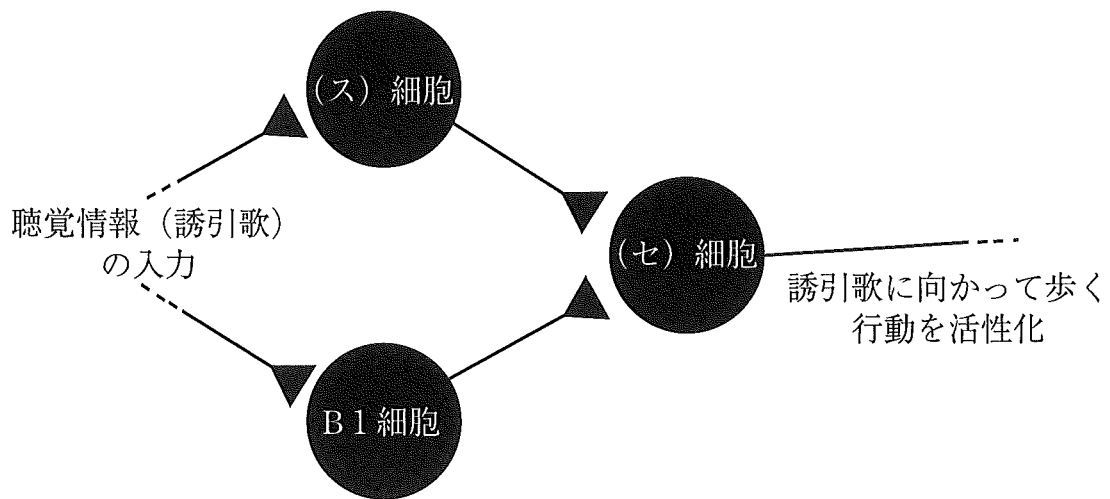


図6 誘引歌へ寄っていく行動を支配する神経回路

図中の三角形はシナプスを表し、全てのシナプスは隣接する神経細胞を興奮させるシナプス（興奮性シナプス）である。

(50点)

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問い（１）～（７）の答えを解答用紙の（一）の〔Ⅱ〕の該当する欄に記入せよ。

みなさんはペットを飼ったことがありますか？ あるとしたらどんな生き物でしょう？ ある調査によると、イヌやネコに次いでペットとして人気なのはメダカだそうです。メダカがここまで人気になった背景には、飼育の容易さに加えて、次々と新しい観賞用の品種が販売されていることもあるそうです。一方で、これらの観賞用メダカが、(A) 生態系の脅威となりつつあることはあまり知られていません。そもそも観賞用メダカとは、(B) 遺伝子が突然変異したメダカを掛け合わせた人為的な品種です。観賞用メダカの元祖とも言われるヒメダカはオレンジ色の体が特徴で、江戸時代以前から飼育されていたとも伝えられていますが、自然界ではこのような体色のメダカは非常にまれです。しかし、近年になりヒメダカの分布を全国的に調べたところ、本来メダカが生息しない北海道を含めた４割を超える調査地点で、(C) ヒメダカ由来の DNA 断片が見つかったそうです。日本魚類学会は、この事例を、(D) ブラックバスなどの海外産の生物や国内の本来の分布域から別の場所に持ち込まれた生物とほぼ同等に位置付けて警戒しています。さらに最近では、(E) 赤色蛍光タンパク質の遺伝子導入によってつくられたメダカまでもが市場に出回り、その一部が自然界に放流されていたことも判明しています。

日本には、(F) 元来「ミナミメダカ」などの固有種のメダカが生息しますが、これらは絶滅危惧種に認定されています。大正時代に、蚊（ボウフラ）駆除を目的に、(G) 北米産の別種の小魚「カダヤシ」が日本に持ち込まれたことで生息数が減少したと考えられています。今は、「カダヤシ」に加えて人為的なメダカによって、(H) 日本の固有種メダカの存在が危ぶまれているのです。

(1) 下線部 (A) に関する次の文章を読み、以下の問い①と②に答えよ。

生物のなかには、集団で生活するものや、単独で生活するものがある。単独で生活する生物においても、その生息域には同種の個体が複数みられ、交配や競争などで互いに交流がある。このようにある生息域で生活する同種の個体の集まりを (あ) と呼ぶ。多くの場合、特定の生息域には異なる種からなる (あ) も存在し、互いに関係し合いながら生活している。これを 種間の相互作用 と呼ぶ。また、相互作用しながら特定の場所に生活している異なる種の (あ) の集まりを (い) という。土壌や水、空気などの (う) と (い) を合わせたものが生態系である。(い) の (う) に対する作用を (え) 作用という。

① 空欄 (あ) ~ (え) にあてはまるもっとも適切な語句を答えよ。

② 下線部 (I) の例として適切な文章を次の選択肢 (イ) ~ (ホ) の中からすべて選び記号で答えよ。

(イ) 社会性昆虫のアリやシロアリには、生殖に専念する個体と生殖に参加せず世話などに専念する個体がいる。これはカースト制として知られる。

(ロ) 根粒菌はマメ科の植物の根に根粒を形成し、養分を植物に提供する。これは寄生として知られる。

(ハ) コウノシロハダニとカブリダニは時間経過に伴って周期的な個体数の増減を繰り返す。これは捕食者と被食者の間で普遍的に見られる。

(ニ) サルやオオカミの群れでは、強い個体と弱い個体の優劣関係ができることがある。これは順位制として知られる。

(ホ) ある種のハチドリのくちばしの長さは、特定の花の長さに適合して蜜を吸い花粉も媒介する。これは共進化として知られる。

- (2) 下線部 (B) に関する次の文章を読み、空欄 (お) ~ (き) にあてはまるもっとも適切な語句を、空欄 (く) と (け) には小数第3位を四捨五入して答えよ。空欄 (こ) には適切な語句を選び解答用紙に丸をつけよ。

突然変異は、DNAの塩基配列に変化が生じるものと、染色体の数や構造に変化が生じるものがある。ある遺伝子に突然変異が起こると、新たな対立遺伝子が生じて集団の遺伝子構成が変化する。同じ種の集団がもつ遺伝子全体を (お) と呼び、(お) において、1つの遺伝子座の対立遺伝子の割合を遺伝子頻度という。ある集団のある遺伝子座に1組の対立遺伝子Aとaがあり、対立遺伝子Aの遺伝子頻度をp、対立遺伝子aの遺伝子頻度をqとし ($p + q = 1$)、ハーディ・ワインベルグの法則が成立していると仮定する。この集団内で任意に交配が起こると、遺伝子型の割合は、 $AA : Aa : aa =$ (か) : (き) : q^2 となる。この集団で、形質X (AAおよびAa) が75%、形質Y (aa) が25%を占めているとし、人為的に形質Yのすべての個体を取り除くとする。残った形質Xの集団内だけで交配した場合、次の世代の集団でAの遺伝子頻度は (く) で、aの遺伝子頻度は (け) となる。このように、人為的介入等で個体数に変動が起きると、次の世代の遺伝子頻度は個体数変動前の遺伝子頻度と比べて (こ)。

(3) 下線部 (C) に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

個々の生物個体からではなく、川や海、土壌などの環境中に存在する生物由来の DNA は環境 DNA と呼ばれる。これらの環境には、生物の体液や糞や死骸などから DNA が溶け出ていると考えられている。環境 DNA を解析することで、その領域に生息する生物の種類や生息する規模を把握することができる。環境 DNA の解析では、対象となる生物を捕獲する必要がなく、採水や土壌採取のみで済むので、捕獲が困難な生物の生息確認において、短時間に広い範囲の調査が可能だ。しかし、環境 DNA は、存在するとはいえ、非常に微量である。

ある小川から環境 DNA を調べることで、ヒメダカの生息を確認するには、どのような実験操作が考えられるか。下の語句をすべて使い句読点を含めて 60 字以内で説明せよ。

【語句】 電気泳動 プライマー 相補的

(4) 下線部 (C) が起こる原因の説明としてもっともふさわしい文章を以下の選択肢①～⑤の中から一つを選び、記号で答えよ。

- ① 各地のメダカに、ヒメダカとなる突然変異が生じた。
- ② 古来、ヒメダカは日本各地に生息している。
- ③ ペットショップからヒメダカの卵が鳥によって運ばれた。
- ④ 飼育しているヒメダカが人為的に放流された。
- ⑤ ヒメダカと類似の DNA をもつ新種の魚類が生息している。

(5) 下線部 (D) と (G), 下線部 (F) のような生物はそれぞれ何と呼ばれるか, もっとも適切な語句を答えよ。また, 生物の絶滅を加速させる要因として適切ではないものを以下の選択肢①～⑧の中から二つ選び, 記号で答えよ。

- ① 乱獲 ② 遺伝的多様性の向上 ③ 地球温暖化
④ 生息地の分断 ⑤ ニッチの増加 ⑥ アリー効果の低下
⑦ 近交弱勢 ⑧ 森林伐採

(6) 下線部 (E) に関する次の文章を読み, 以下の問いに答えよ。

赤色蛍光タンパク質遺伝子を導入したメダカは, 普段でも鮮やかな赤色を帯びている。この赤いメダカは固有種のメダカとも交配可能で, 交配すると確実に次の世代に同じ赤い形質が表れるとする。このような交配が自然界で起き続けると, メダカにどのような影響が生じると考えられるか。次の文章 (へ) ～ (ル) の中からもっとも適切なものを一つ選び, 記号で答えよ。

- (へ) 赤色蛍光タンパク質遺伝子を得ることは, 固有種メダカの遺伝的多様性を高めることになるので, 赤い形質が種内に急速に拡散する。
- (ト) 赤色蛍光タンパク質遺伝子を得ることは, メダカの種多様性を高めることになるので, 様々な種類のメダカが生じる。
- (チ) 繁殖期になると, 赤い体色がかぎ刺激となり, 他の個体から攻撃を受けやすく繁殖の機会を失う。
- (リ) 繁殖期になると, 赤い体色が異性の個体のかぎ刺激となり, 繁殖の機会が増大する。
- (ヌ) 赤い体色は, 捕食者から見つかりやすく, 個体の生存率を低くする。
- (ル) 赤い体色は, 捕食者に対する警戒色となり, 個体の生存率を高める。

(7) 下線部 (H) は生物多様性の減少をもたらす可能性がある。私たち人類には、なぜ生物多様性と生態系の保全が必要なのか。下の語句を使用して、句読点を含め 50 字以内で答えよ。

【語句】 生態系サービス

(50点)

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、問い（１）～（７）の答えを解答用紙の（二）の〔Ⅲ〕の該当する欄に記入せよ。

バイオームとは、植生を構成する植物とそこに生息する動物や微生物を含むすべての生物の集まりのことである。世界には、森林、（あ）、荒原といった相観を示すバイオームが存在する。（い）が多く、年平均気温が極端に低くない地域では樹木が生育できるため、森林のバイオームが発達する。樹木が生育できないほど（い）が少ない地域では（あ）のバイオームになる。さらに、年平均気温が極端に低い地域では、（い）も少なく、低温や、乾燥に適応した植物がまばらに生育する荒原のバイオームになる。

日本は（い）が十分にあるので、高山、海岸、湿地などを除いて、極相のバイオームは森林になる。日本では、気温が北方に行くほど低下するため、南北方向にはっきりとしたバイオームの水平分布が見られる。その森林の分布は大まかに、（a）針葉樹林、（b）夏緑樹林、（c）照葉樹林、（d）亜熱帯多雨林に分かれている。一般的に植物の生育には、月平均気温で5℃以上が必要とされる。⁽ⁱ⁾ 月平均気温が5℃以上の各月について月平均気温から5℃を引いた値の一年間の合計値を「暖かさの指数」という。表1で示されるように一定の「暖かさの指数」の範囲内には、特定のバイオームが成立することが知られている。

森林では、生産者である植物が光合成を通じて有機物を生産し、その有機物が消費者に利用される。植物が落とした落葉や消費者の遺体・排泄物は土壌表面で分解される。落葉はその分解と吸収過程において、⁽ⁱⁱ⁾ 土壌動物に被食されたり、菌類や細菌のような微生物によって分解されたりする。土壌動物はまた菌類や細菌も餌としている。落葉内のタンパク質などに含まれていた窒素はこうした分解過程の結果、最終的に（う）になって無機的な状態に変化する。（う）は、土壌中の（え）菌の働きで（お）になる。（う）や（お）は、再度生産者である植物に根から吸収されて利用される。一方、（お）の一部は、ある細菌の働きで窒素ガスになり、この働きを（か）と呼ぶ。また⁽ⁱⁱⁱ⁾ 別のある細菌

(4) 都市Kの周辺の森林に分布する2種の樹木について、光強度と二酸化炭素吸収速度の関係を調べたところ、図1のようになった。種Aと種Bに該当するもっとも適切な植物種を、以下の(カ)～(コ)からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

- | | |
|-----------|----------|
| (カ) ヤシャブシ | (キ) タブノキ |
| (ク) ダケカンバ | (ケ) トドマツ |
| (コ) コメツガ | |

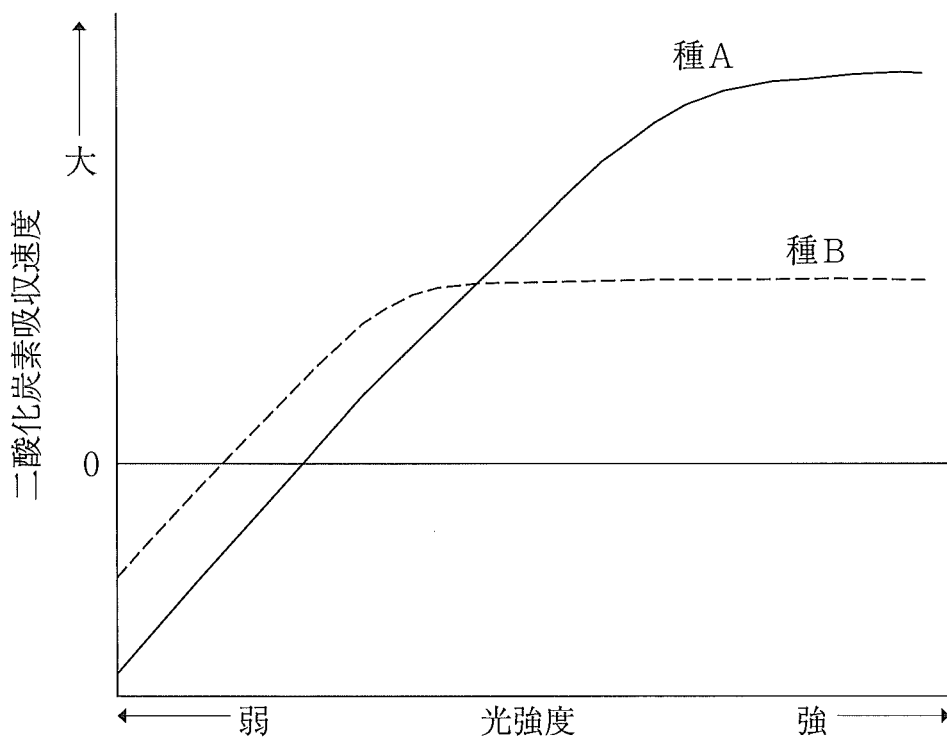


図1 2種の樹木(種Aと種B)の光強度と二酸化炭素吸収速度の関係

(5) 現在、都市Kの周辺の森林では、種Aと種Bが同程度存在している。この森林において大きな攪乱がないまま、極相が成立する程度の年数が経過すると、種Aと種Bのいずれが優占すると考えられるか、記号で答えよ。また、その仕組みを以下の語群をすべて用いて、句読点を含め75字以内で説明せよ。

語群：陽樹 更新 耐陰性 寿命

(6) 下線部 (ii) の土壌動物に関する以下の文章を読み、以下の問い①～③に答えよ。

ある森林に生息する土壌動物を採集し、DNAの塩基配列に基づいた系統解析を行い、分子系統樹を作成すると図2のようになった。また、その土壌動物の形態的特徴の類似性に基づいて樹状図を作成すると図3のようになった。図3の分岐点A～Eにあてはまる生物の特徴は表3のとおりである。

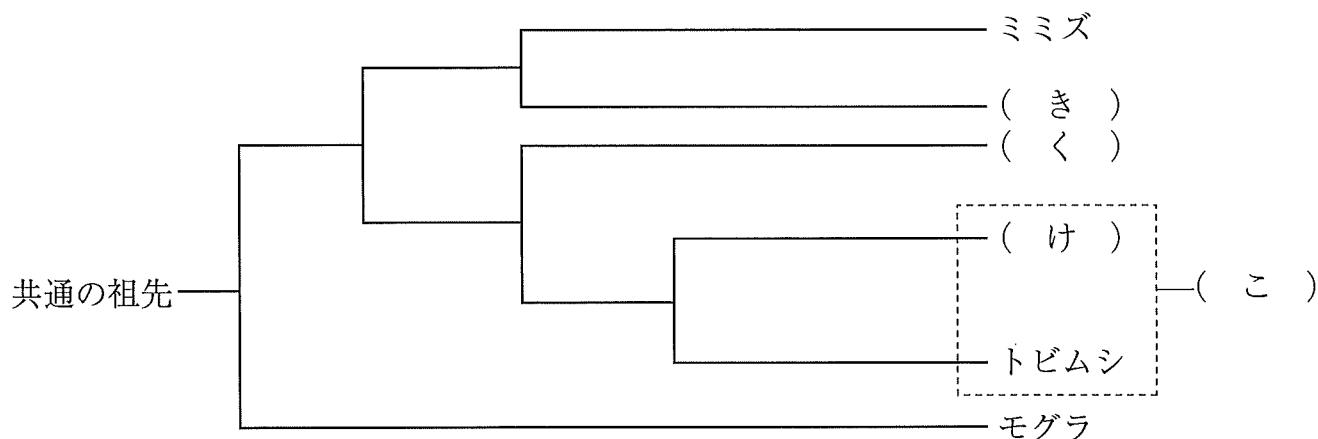


図2 ある森林の土壌動物の分子系統樹

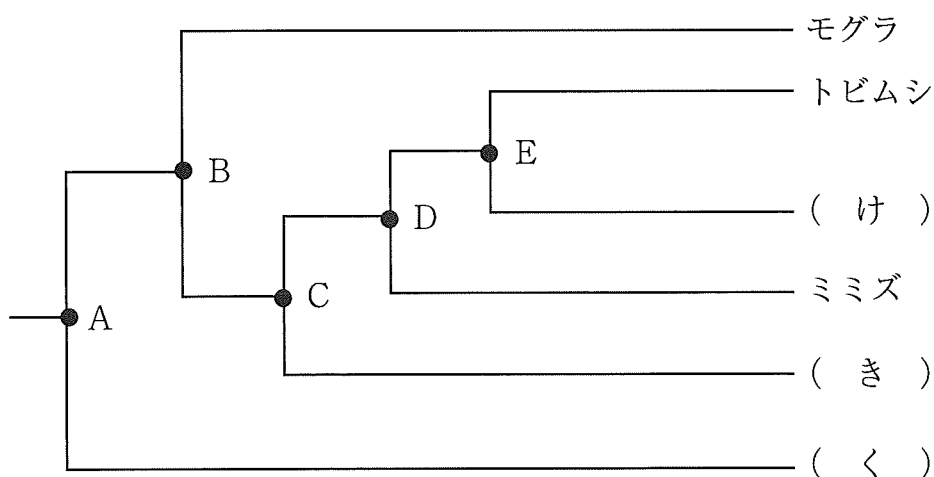


図3 ある森林の土壌動物の形態的特徴に基づく樹状図

表3 図3の分岐点A～Eの生物の特徴

分岐点	生物の特徴
A	真体腔の有無
B	脊椎の有無
C	(さ)
D	脱皮の有無
E	脚が3対か4対以上か

① 図2, 図3の空欄(き)～(け)にあてはまる生物を以下の(サ)～(ソ)からそれぞれ一つ選び, 記号で答えよ。

- | | |
|-------------|-----------|
| (サ) ヤスデ | (シ) センチュウ |
| (ス) トガリネズミ | (セ) ナメクジ |
| (ソ) サンショウウオ | |

② 図2の破線で囲まれた(こ)の二つの生物が含まれる分類学上の門の名称を答えよ。

③ 表3の空欄(さ)にあてはまる特徴を以下の(タ)～(ト)から一つ選び, 記号で答えよ。

- | | |
|-----------|-------------|
| (タ) 脊索の有無 | (チ) 体腔の有無 |
| (ツ) 鱗の有無 | (テ) 体節構造の有無 |
| (ト) 胚葉の有無 | |

(7) 下線部(iii)に示す細菌と共生して窒素固定を行う植物種を(2)および(4)に示した(ア)～(コ)から一つ選び, 記号で答えよ。

(50点)