

生 物

〔I〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

動物の行動の中には遺伝的にプログラムされ、生まれつき備わっているものがあり、これを (①) 的行動という。それに対し、環境中の特定の刺激に対し、その情報を取り込み、取り込んだ情報に応じて生じた行動の変化を学習といい、この変化した行動を (②) 的行動という。

アメフラシは図1のように、えらにつながった水管を持つ。この水管に機械的な刺激を与えると、水管の感覚ニューロンとえらの運動ニューロンとの直接のシナプス連絡によって図1のえらをひっこめる反射を起こす。

図2は時間経過による水管に与える刺激の大きさと、これに应答するえらをひっこめる反応の大きさを示した実験結果の模式図である。この実験の処置と結果は、それぞれ次のA～Dの記述と図2のとおりである。図2では最初、^(a)水管に同じ刺激を繰り返して与えると、Aの時点からその後しだいにえらをひっこめる反応の大きさは変化した。この個体に^(b)図2のBで、「尾をおさえる」別の刺激を与えると、水管に与える刺激に対して、えらをひっこめる反応の大きさは変化した。次に図2のCで水管に対する刺激の大きさを小さくした。^(c)その後、図2のDで「尾にきつくかむ」ような強い刺激を与えると、えらをひっこめる反応の大きさは変化した。この下線部 (b) と (c) のような反応が起こるのは、水管からの刺激を伝える感覚ニューロンと尾からの刺激を伝える感覚ニューロンは介在ニューロンでつながっており、この介在ニューロンにより、水管の感覚ニューロンの活動電位の持続時間が長くなり、神経終末への Ca^{2+} の流入量が増え、これに伴い (③) が増加して、伝達効率が高まるからである。

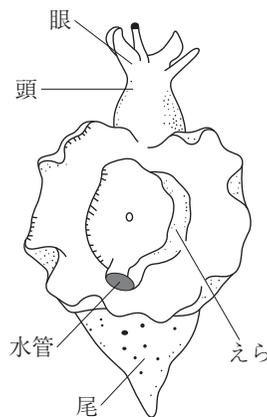


図1

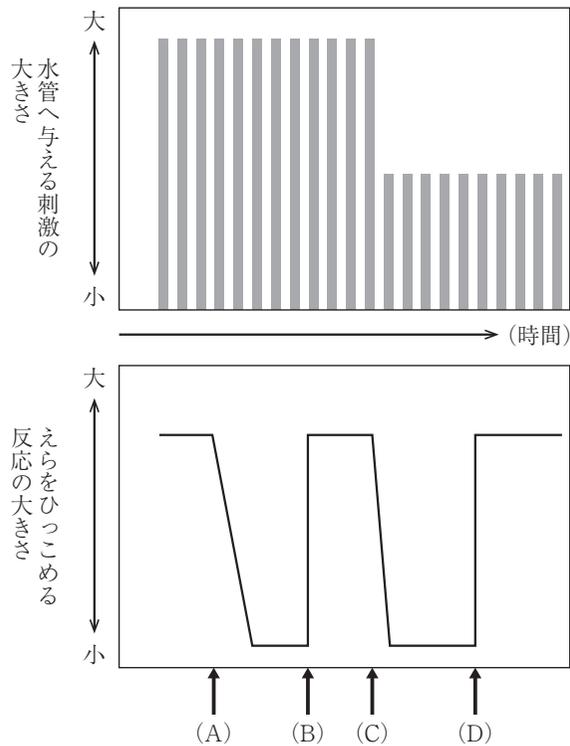


図 2

<<記述>>

- A…水管に与える刺激の大きさは前の回と同じ。
 B…水管に与える刺激の大きさは前の回と同じで、尾をおさえた。
 C…水管に与える刺激の大きさを次回から非常に小さくした。
 D…水管に与える刺激の大きさを非常に小さくしたままで、尾にきつくかむような強い刺激を与えた。

問 1 文中の空欄 (①), (②) に当てはまる最適な語をそれぞれ漢字 2 字で入れよ。

問 2 下線部 a の学習のことを何というか、最適な語を答えよ。

問 3 下線部 b, c のことをそれぞれ何というか。下線部 b は最適な語を3 字で、下線部 c は最適な語を漢字 3 字で答えよ。

問 4 (③) に当てはまる最適な内容を 20 字以内で簡潔に述べよ。

問5 次のア～オの文のうち下線部が学習にあたるものをすべて選び、記号で答えよ。

ア) 幻の小麦、江別産ハルユタカ配合のラーメンを口に入れると唾液が出てきた。

イ) 白樺(しらかば)アレルギーで鼻水が出るたびに苦い薬を飲んでいたら、薬を飲む前に吐き気を感じるようになった。

ウ) 焼き立ても美味しい厚岸(あつけし)産の貝を取ろうとしたら、殻が熱くて思わず手から放した。

エ) 積丹(しゃこたん)半島の古平(ふるびら)町にあるお寿司屋さんの地もの一つであるボタンエビを頭に浮かべながら、お店の前に来たら、唾液が出てきた。

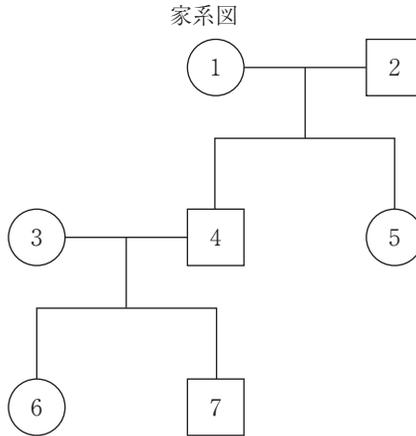
オ) 函館(はこだて)駅を降りてから、あの美味しい海鮮丼がある朝市のお店へ、最近、歩いて迷わずに短時間で行くことができる。

生	4
---	---

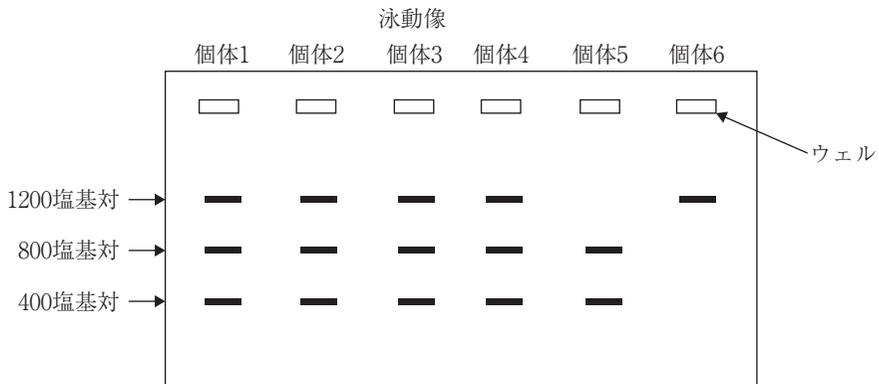
このページは空白

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問に答えよ

文章：ある系統のマウス7個体（個体1から個体7）について、それぞれの親子関係と性別を次の家系図に示した。この系統のマウスの被毛には褐色と白色のみが知られており、個体1、個体2、個体6の被毛は白色、その他の個体の被毛色は不明である。このマウスの毛色の制御に関わる遺伝子Pには、シトシンかアデニンのどちらかとなる^(a)一塩基多型(SNP)があり、このSNPがシトシンの場合は毛色を褐色にする対立遺伝子（褐色の対立遺伝子）、アデニンの場合は毛色を白色にする対立遺伝子（白色の対立遺伝子）が生じる。また毛色の制御にはこれら2つの対立遺伝子のみが関わる。ここで個体1から個体6の皮膚の細胞からとった^(b)DNAをそれぞれ鋳型とし、このSNPを含む1200塩基対のDNAを^(c)PCR法にて増幅させた。この増幅産物について、上述のSNPの塩基の違いを認識する、ある制限酵素を反応させた後、アガロースゲルを用いて電気泳動を行うと、次のような泳動像が得られた。



※ 図中の○は雌、□は雄を表す。○と□の中の1～7の数値はそれぞれ個体1～個体7を指す。



問1 次の小問に答えよ

小問1 文章中の褐色の対立遺伝子と白色の対立遺伝子について、それらの上にある制限酵素の切断部位の最適な数を次の解答群からそれぞれ選び、数字で答えよ。ただし本実験の制限酵素による反応では、増幅産物にある切断部位のすべてが切断され、1つの増幅産物が切断された場合、生じる DNA 断片の長さは互いに異なるものとする。

【解答群】 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

小問2 遺伝子 P が X 染色体, Y 染色体, 常染色体のいずれかに存在すると仮定したとき、それぞれの仮定が個体 1 と個体 2 の泳動像と矛盾するかを判断し、矛盾する個体を次の解答群①～③からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。ただし矛盾する個体がない場合は「④」のなしを選択すること。

【解答群】 ① 個体 1 ② 個体 2 ③ 個体 1 と個体 2 ④ なし

小問3 個体 5 の毛色を答えよ。また、個体 7 の毛色が白色である確率をパーセントとして計算せよ。必要があれば、最終的な解答は小数点以下を切り捨て、整数にすること。

問2 下線部 a について、1つの SNP にて生じ得る事象として誤った記述を次の①～⑤からすべて選び、記号で答えよ。ただしこの SNP はアミノ酸を直接指定する塩基配列中にあるものとする。

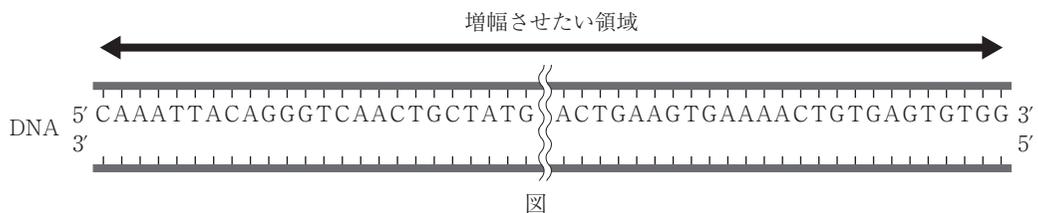
- ① 翻訳の際、アミノ酸が1つ変化する。
- ② 翻訳の際、読み枠変更（フレームシフト）が起こる。
- ③ 塩基は変化するが、翻訳の際、アミノ酸は変化しない。
- ④ 終止コドンが生じ、翻訳の際、通常より短いポリペプチドができる。
- ⑤ 遺伝子重複が起きる。

問3 下線部bのDNAに関し、正しい記述を次の①～⑥からすべて選び、記号で答えよ。

- ① ヒトにおける骨格筋の1細胞当たりの核に由来するDNA量は、皮膚や神経細胞の1細胞当たりの核に由来するDNA量と同じである。
- ② 逆転写酵素はDNAを鋳型としたRNAの合成に使われる。
- ③ 精細胞が変形して精子となる際、1細胞あたりの核に由来するDNAの量は変化する。
- ④ 細胞の核に含まれる全てのDNAについて、グアニンとチミンの数の和に対するアデニンとシトシンの数の和の割合はどの生物種でも同じである。
- ⑤ 哺乳類の精子において、核のDNAは先体に含まれ、ミトコンドリアと中心体は中片(中片部)に含まれる。
- ⑥ 2本鎖のDNAのうち、転写の際に鋳型となる鎖をアンチセンス鎖、他方をセンス鎖という。1本のDNA鎖全体には、アンチセンス鎖とセンス鎖がモザイク状に含まれる。

問4 下線部cのPCR法に関し、次の小問に答えよ。

小問1 次の図に示すように、ある2本鎖のDNAの一部をPCR法にて増幅させたい。最適なプライマーを次の①～⑧から2つ選び、記号で答えよ。ただし、図に示した片側のDNA鎖の塩基配列を参考にする。また解答群と図中の5'と3'はDNA鎖の5'末端と3'末端を示し、A、G、C、TはDNA中の塩基の略号である。



- ① 5'-CAAATTA-3'
- ② 5'-ATTAAAC-3'
- ③ 5'-TAATTTG-3'
- ④ 5'-GTTTAAT-3'
- ⑤ 5'-AGTGTGG-3'
- ⑥ 5'-GGTGTGA-3'
- ⑦ 5'-CCACACT-3'
- ⑧ 5'-TCACACC-3'

小問2 ここで用いたPCR法では、鋳型となるDNAとプライマーを入れたDNA溶液を95℃、60℃、72℃の温度に順次変化させる温度サイクルを30回ほど繰り返した。それぞれの温度にてDNA溶液内のDNAに起こる変化を、次のア～ウの記述から1つ選び、その組み合わせを①～⑥から1つ選んで記号で答えよ。ただしDNA溶液にはDNAポリメラーゼなど、PCR法に必要な物質が適切な量ずつ含まれる。

- ア. プライマーが起点となり、新しいDNA鎖が伸長する。
イ. 1本鎖DNAに相補的なプライマーが結合する。
ウ. 2本鎖DNAの相補となる塩基どうしの水素結合が切れ、2本の1本鎖DNAが生じる。

- ① 95℃：ア 60℃：イ 72℃：ウ
② 95℃：ア 60℃：ウ 72℃：イ
③ 95℃：イ 60℃：ア 72℃：ウ
④ 95℃：イ 60℃：ウ 72℃：ア
⑤ 95℃：ウ 60℃：ア 72℃：イ
⑥ 95℃：ウ 60℃：イ 72℃：ア

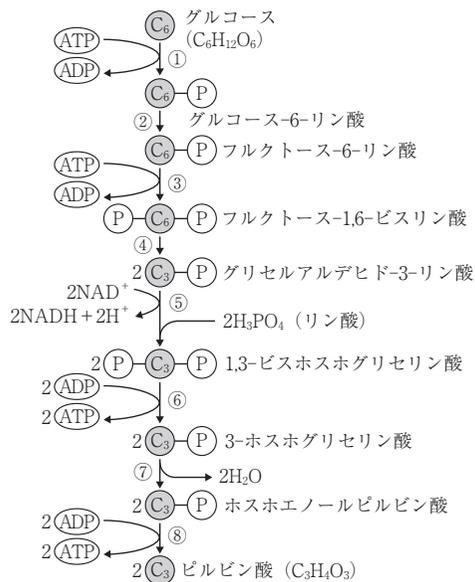
小問3 マウスの皮膚細胞の核からとった1本の染色体のDNA（2本鎖DNA）の中央には、小問1の図に示した増幅させたい領域（大きさは300塩基対）がある。この2本鎖DNAを鋳型鎖とし、小問1で作成したプライマーを使ってPCR法を行った。4回目の温度サイクルで新たに生じた2本鎖DNA断片の数を答えよ。また、これらの4回目に新たに合成された2本鎖DNA断片のうち、2本鎖の両鎖とも増幅させたい領域からなるDNA断片の数の割合もパーセントとして求めよ。ただしこの実験では、新しいDNA鎖の伸長は、十分な長さの鋳型鎖があれば、温度サイクルの各回とも、プライマーが結合した位置から図の増幅させたい領域を超えて行われるものとする。必要があれば、最終的な解答は小数点以下を切り捨て、整数にすること。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

解糖系は、多くの生物がエネルギーを獲得するために用いる中心的な代謝経路である。この一連の反応(図)は細胞の(ア)で行われ、酸素を必要とせず、^(a)1分子のグルコースが、複数の酵素の働きによって段階的に分解され、最終的に2分子のピルビン酸を生成する過程である。

解糖系の反応は、エネルギーを投資する「準備段階」と、エネルギーを回収する「収穫段階」の大きく2つのフェーズに大別される。準備段階では、グルコースを反応性の高い状態にするため細胞はエネルギーを投資し、この段階で2分子のATPが消費され、グルコース及びその代謝産物がリン酸化される。特に重要な酵素として(イ)があり、これがフルクトース-6-リン酸をリン酸化する反応を触媒する。続く収穫段階では、投資したエネルギーを上回るリターンとして合計で4分子のATPが合成される。

細胞はエネルギー需要に応じて代謝経路の速度を巧みに調節しており、解糖系では主に酵素反応の調節によってその制御が行われる。この調節の主役となるのが、解糖系の重要な律速酵素である(イ)である。(イ)は、^(b)基質であるフルクトース-6-リン酸が結合する部位とは別に、酵素活性の調節に関わる(ウ)部位を持ち、この部位に特定の物質が結合することで酵素の立体構造が変化する。細胞内のエネルギーが満たされている時には、細胞内の(X)や、後に続く代謝経路で生成される(Y)の濃度が高まると、^(c)これらの分子が(イ)の(ウ)部位に結合する。



図

図のCは炭素、Pはリン酸基を示す。

問1 文中の(ア)に当てはまる細胞の部位(場所)として最適な語を漢字5字で答えよ。

問2 文中の(イ)と(ウ)に当てはまる最適な語をそれぞれ答えよ。

問3 文中の下線部aについて、図に示した①～⑧の反応のうち、酸化還元反応であるものを1つ選び、番号で答えよ。

問4 文中の下線部bについて、次の各小問に答えよ。

小問1 細胞内において複数の化学反応によってつくられた生成物が、それにいたる酵素の活性を調節し、生成物の濃度を制御する仕組みを何と呼ぶか。

小問2 酵素反応が影響を受ける場合には、酵素反応が基質と似た構造を持つ物質によって阻害される競争的阻害も知られている。このような阻害物質と酵素を一定の濃度で混ぜて基質と反応させた際の説明として正しいものを次の①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 阻害物質は酵素の活性部位に結合する。
- ② 阻害物質は基質に結合しその構造を変化させる。
- ③ 阻害物質があっても、基質濃度が十分であれば阻害物質が無い時と同程度の酵素反応速度を得ることができる。
- ④ 阻害物質があると、基質濃度が十分に高くても阻害物質が無い時よりも酵素反応速度が遅くなる。
- ⑤ 阻害物質の添加は常に酵素反応速度に影響しない。

問5 文中の(X)および(Y)に当てはまる語句として最適なものを次の解答群からそれぞれ1つ選び、答えよ。

【解答群】

- (X) グルコース, グルコース-6-リン酸, ADP, ATP, NAD⁺
- (Y) 乳酸, 脂肪酸, グリセロール, クエン酸, エタノール

問6 文中の下線部cの結果として細胞内で起こることを簡潔に35字以内で述べよ。

〔Ⅳ〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

動物のなかには、ある個体（ある家族）が空間を占有し、ほかの個体はその空間に侵入してくると追い払う行動がみられる。このような防衛された空間を縄張り（テリトリー）という。それに対し、動物が行動する範囲ではあるが防衛されない空間のことを（①）という。縄張りが大きいほど得られる食物の量は多くなるが、採れる食物の量には限度があるのですだいに頭打ちになる。一方、縄張りを守る労力は縄張りが大きいほど多くなる。

動物の個体が集まって、一緒に移動したり採食したりする集団を（②）という。（②）をつくることで、食物が多い場所を見つけたり、天敵の来襲をいち早く察知できるという利点がある。また（②）のなかでは、強い個体と弱い個体の優劣関係ができることが多い。こうした関係で秩序が保たれる場合、これを（③）という。

また（②）では、親以外の成体が協力して子の世話をする場合がある。このように親以外の個体が子育てに関与する繁殖様式を（④）という。

問1 文中の（①）～（④）に最適な語を入れよ。ただし、同じ番号には同じ語が当てはまる。

問2 下線部に関して、図は縄張りの大きさと食物の量または労力の大きさについての概念図を示している。縄張りをもつ利益が最大になるものを図のa～cから選び、記号で答えよ。また、最適な縄張りの大きさは図のア～エのうちどれか、記号で答えよ。

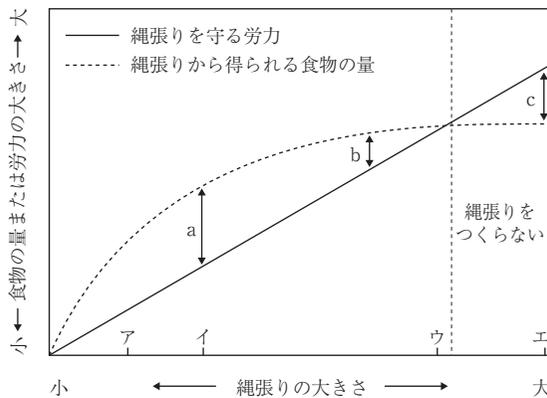


図 縄張りの大きさについての概念図

〔V〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

個体の生存や繁殖に及ぼす影響が対立遺伝子で異なる場合、相対的に不利な対立遺伝子が集団から消えていったり、相対的に有利な対立遺伝子が集団中に広まったりすることを自然選択という。この自然選択による進化論を初めて提唱したのは英国の生物学者ダーウィンである。彼は同じような自然選択説の考えに到達していたウォレス（ウォーレス）とともに「種の起源」を提唱した。ダーウィンが進化論の着想を得るきっかけとなったのは、ビーグル号による世界一周の航海であった。この航海中に立ち寄ったガラパゴス諸島では、近縁な動物間で鳥ごとに形質の変異があることを観察し、それが同一の祖先から各島の環境に（①）した結果ではないかと考えるようになった。現在では^(a)「遺伝的浮動による中立進化」も進化の主要過程として認められている。

生物の種とは、形態、生理、生態などにおいて共通の特徴を持つ個体の集団であると同時に、同種内では交配によって（②）能力をもつ子孫を残せる集団でもある。同種の集団が山脈や海などの障壁で自由な交配が妨げられ集団間の遺伝子交流が起こらなくなるような現象を（③）的隔離という。交配していた集団が障壁のために2つの集団に分かれて十分時間がたつと、それらは形態的や生理的に異なる性質をもつようになり、障壁がなくなり両者が交配しても子孫ができなくなる。すなわち（②）的隔離が成立し、^(b)新しい種が分化する。種分化は集団の（③）的隔離がなくても（②）的隔離が生じることがある。このような種分化を（④）的種分化という。

問1 文中の空欄（①）～（④）に最適な語を入れよ。ただし、同じ番号には同じ語が当てはまる。

問2 下線部 a について、遺伝的浮動とはどのような現象か 30～40 字で答えよ。また分子進化の中立説を唱えた日本の遺伝学者は誰か答えよ。

問3 下線部 b について、進化には、種の形成に至らないものと、新しい種が形成されるレベル以上のものがあり、後者のようなものを何というか、答えよ。