

生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。4 と 5 は選択問題である。どちらか1つを選び解答せよ。選択した問題(4 または 5)を解答用紙内の問題選択欄に○で囲んで示せ。選択した問題のみを採点する。

1 次の I～V の文章を読み、以下の問に答えよ。

I どんな生物も、自己を取り巻く環境の中で生活を営んでおり、環境を正しく受容し、それに応答する機構をもっている。地球上の環境は安定したものではなく、変動するものであるため、環境が変化しても体内の状態や機能を一定に保つしくみが備わっている。この性質を (ア) という。

II 動物の体内の状態を一定に保つためには、体液が重要な役割を果たす。動物体内の特定の部位でつくられ、体液とともに体全体に行きわたることで、体内の組織や器官の働きを調節する物質を (イ) という。また、(イ) を分泌する器官を (ウ) という。(イ) は特定の器官の細胞(標的細胞)に作用するが、標的細胞にはその (イ) に結合する特異的な (エ) が存在している。(イ) は、その分泌量が多すぎたり少なすぎたりすると、分泌量(または体内濃度)を一定の範囲内に保つしくみが備わっている。^a

III 光や温度、音などの環境の情報は、(オ) によって受容され、おもに神経を通じて中枢へと伝えられる。神経は、(カ) という基本単位から成り立っている。(カ) は、核のある (キ) と、そこから伸びる多数の突起からなり、長く伸びた突起を (ク) 、枝分かれした短い突起を

(ケ) という。細胞膜の内外での電位の変化の波が、(ク) に沿って伝えられることによって情報(刺激)の伝達が起こる。脊椎動物の(ク) は、(コ) でおおわれており、電気刺激がより速く伝わる(サ) を可能にしている。

IV 環境刺激に対する応答は、上記のような体内の反応だけではない。特に動物は、刺激に**b**応答して行動するところが、植物とは大きく異なっている。行動においても、上記のような神経や体液による調節が重要な役割を果たす。たとえば、多くの動物に見られる性行動などは、(イ) の作用を大きく受ける。

V 個体が体外に分泌する物質が、同種他個体の行動に影響を与えることがある。たとえば、カイコガのメスの成虫の尾部から分泌されるある物質は、オスを強く引きつける。このような物質は、(シ) と呼ばれており、哺乳類ではマウスなどでよく知られている。また、社会性昆虫であるアリやシロアリでは、働きアリの間で餌場の位置を同じ巢の仲間**c**に知らせる手段としても用いられている。

問 1 文中の(ア) ~ (シ) に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a の(イ) の分泌量(または体内濃度)を一定の範囲内に保つくみとは、どのようなものだろうか。40 字程度で記せ。

問 3 下線部 b に関して、動物の行動は、生まれもって備わっている生得的(本能的)な行動だけではない。それ以外のものにはどのような行動があるか、30 字以内で記せ。

問 4 下線部 c にあるような社会性昆虫では、餌場を見つけると(シ) を利用して他の個体に餌場の位置を知らせる。このコミュニケーションの方法は具体的にはどのようなものか、40 字程度で記せ。

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

被子植物の花粉は、花粉母細胞が (ア) を行ってできた配偶体(n)である。花粉は、柱頭に運ばれて発芽するが、花粉管内の2個の (イ) のうち、1つは胚のう内の卵細胞核と合体して胚($2n$)を、もう1つは胚のう中央部にある2個の (ウ) と合体融合して胚乳($3n$)をつくる。この型の受精は (エ) と呼ばれる。種子の主要部分は、基本的には種皮、胚、および胚乳であるが、 (オ) により胚乳と胚は両親に由来する遺伝情報をもつことになる。

トウモロコシのモチ性とウルチ性に着目して、遺伝の実験を行った。トウモロコシのモチ性とウルチ性は、単一の遺伝子座に支配され、ウルチ性(遺伝子記号 A)がモチ性(遺伝子記号 a)に対して完全優性である。遺伝子 A はアミロースというデンプンの一種の合成に関わっている。アミロースは、ウルチ性トウモロコシの胚乳に通常 25 % 程度含まれるが、モチ性トウモロコシの胚乳には含まれていない。モチ性とウルチ性は、胚乳をヨード染色することで容易に判別できる。

〈実験1〉 自家受粉をくり返し、モチ性のみを生ずるようになったトウモロコシ W 系統(W)と、ウルチ性のみを生ずるようになったトウモロコシ X 系統(X)を用意した。W の1個体の雌花に X の花粉を受粉させ、得られた種子の胚乳を観察したところ、すべてウルチ性であった。

〈実験2〉 W や X とは由来の異なる系統の中から、胚乳に 70 % 近いアミロースが含まれる突然変異個体が見つかった。この個体の自家受粉をくり返して、常に胚乳のアミロース含量が 70 % 近くになる(以下、この形質を高アミロースという)トウモロコシ Y 系統(Y)を得た。

続いて、高アミロースと、遺伝子 A または a が関わるアミロース合成との関係を調べることにした。X の雌花に Y の花粉を受粉させたところ、実った種子はすべてウルチ性と同程度のアミロースを含んでいた。この F_1 を育て、自家受粉させて実った種子の胚乳を調べたとこ

ろ、高アミロース種子と、ウルチ性と同程度のアミロースを含む種子がおよそ1 : 3の割合で出現した。

これと並行して、Wの雌花にYの花粉を受粉させたところ、実った種子はすべてウルチ性と同程度のアミロースを含んでいた。このF₁を育て、自家受粉させて実った種子の胚乳を調べたところ、高アミロース種子、ウルチ性と同程度のアミロースを含む種子、およびアミロースを含まない種子がおよそ3 : 9 : 4の割合で出現した。

問 1 文中の ~ に適切な語句を入れよ。

問 2 〈実験1〉で得られた結果について、その理由を、遺伝子記号Aおよびaを用いて胚乳や胚乳形成に関わる細胞核の遺伝子型を示しながら、70字以内で記せ。アルファベットは1文字とかぞえる。

問 3 あらたに得た由来のわからないトウモロコシ個体Zについて、以下の問に答えよ。

- (1) Zのウルチ性とモチ性の遺伝子型を調べることにしたが、誤って開花前にZの雄花を切除してしまった。雌花は残っている。どのような交雑を行って、何をどのように調べればZのモチ性とウルチ性の遺伝子型が推定できるか、具体的に60字以内で記せ。アルファベットは1文字とかぞえる。
- (2) (1)で解答した交雑実験を行った場合、得られる結果と、それに基づくZの遺伝子型をすべて記せ。

問 4 〈実験 2〉に関する以下の問に答えよ。

- (1) 遺伝子 A や a 以外に、独立な単一遺伝子座に存在する遺伝子 B や b を仮定する (B が b に対して完全優性) と、得られた結果が説明できそうである。このように仮定した場合、高アミロースが発現する胚乳の遺伝子型を遺伝子記号 A , a , B , あるいは b を用いてすべて記せ。
- (2) 得られた実験結果から考えられる記述として、次の①～⑤のなかから適切なものをすべて選び、それらの番号を記せ。適切な記述がない場合は、「なし」と記せ。
 - ① 高アミロース発現には、遺伝子 A と遺伝子 B の両方が必要である。
 - ② 遺伝子 a のみが胚乳にある場合、アミロース含量は遺伝子 B や b に関わらず一定である。
 - ③ 遺伝子 b は条件遺伝子といえる。
 - ④ 遺伝子 A と遺伝子 B は補足遺伝子といえる。
 - ⑤ 遺伝子 A や B がコードするタンパク質の働きを手がかりとして、デンプンの合成の機構について調べることができる。

3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

RNA のおもなものとして、伝令 RNA (mRNA)、運搬 RNA (tRNA)、リボソーム RNA (rRNA) などが知られている。

mRNA は、タンパク質のアミノ酸配列を指定する情報を DNA から写しとって核外に伝える RNA 分子である。原核生物においては、転写によって合成された mRNA はそのまま翻訳を受けるが、真核生物では、その前駆体はさまざまな修飾を受ける。そのなかで (ア) という過程において、タンパク質のアミノ酸配列を指定しない領域である (イ) が取り除かれ、アミノ酸を指定する領域を含む (ウ) どうしが連結される。この (イ) の取り除かれ方には多様性があり、しばしば (イ) とともに (ウ) のいくつかも取り除かれることがあり、その結果、組み合わせの異なる (ウ) を連結した複数種の mRNA が同一の遺伝子からつくられることがある。これを選択的 (ア) と呼ぶ。こうした加工を経た後の成熟した mRNA は、核膜の孔を通して細胞質に運ばれ、粗面小胞体上のリボソームなどに結合して翻訳される。

rRNA は、核内の (エ) で合成されて蓄積される。これにリボソームタンパク質群が結合してリボソームとなり、細胞質に運ばれる。リボソームに結合した mRNA の情報に基づいてアミノ酸どうしが (オ) 結合によって連結し、ポリ (オ) が合成される。この反応の触媒として主たる役割を果たしているのも rRNA 自身であることが知られている。

mRNA のヌクレオチド配列がタンパク質のアミノ酸配列に翻訳される過程において、重要な役割をもつのが tRNA である。この役割を果たすために、tRNA には少なくとも 2 つの重要な部分がある。1 つはアミノ酸と結合する部分であり、もう 1 つは mRNA のコドンと相補的に結合するアンチコドンと呼ばれる部分である。

問 1 文中の (ア) ~ (オ) にあてはまる適切な語を、(ア) ~ (ウ) および (オ) はカタカナで、(エ) は漢字で記せ。

問 2 下線部 a に記された機構が生物に存在することが、遺伝情報を収納するうえで有利であるとすれば、どのような理由が考えられるか。その理由を 60 字以内で記せ。

問 3 下線部 b に記された触媒は RNA であるが、これはむしろ特殊な例である。通常、生体触媒として主たる役割を果たしている分子は何か。また、生体触媒の一般的な働きを 60 字以内で記せ。

問 4 図のなかに、リボソームに対する mRNA の相対的な移動方向を太い矢印で示してある。下線部 c に記されたりボソーム上での翻訳の分子機構を図で表し、以下の()内に示す語句に対応する部分を、指定された語句とともに矢印を用いて明確に示せ。(tRNA, アミノ酸, ポリ (オ), コドンの位置, アンチコドンの位置)

以下の **4** と **5** は選択問題である。どちらか1つを選び解答せよ。

【選択問題】

4 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

I ダーウィンはビーグル号に乗って世界各地を旅し、その途中に立ち寄ったガラパゴス諸島で、フィンチ類のくちばしの形態が島ごとに異なることに気づいた。これが、のちに自然選択説を思いつくきっかけの1つであったといわれる。^a南アメリカ大陸からわたってきた祖先が、^b環境の異なる島々にすみつき、自然選択によってそれぞれの島の食物に適したくちばしの形態をもったフィンチ類に分化したと考えられている。その後、^c別々の島のフィンチ類が会っても交雑することがなければ、それぞれは別の種として存続する。これが、多様な環境に適した形態や生態をもった多数の種に分化する過程の1つである。この過程を **(ア)** という。

ガラパゴス諸島のフィンチ類の寿命は3年から4年で、おもに年1回繁殖し、2羽から3羽の子を残す。くちばしの大きさは遺伝し、くちばしが大きいと大きい種子を、小さいと小さい種子を効率よく食べることができる。

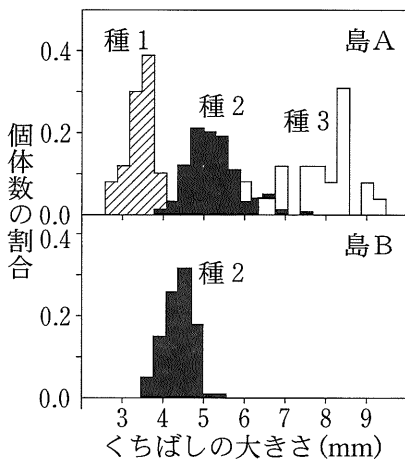


図 1

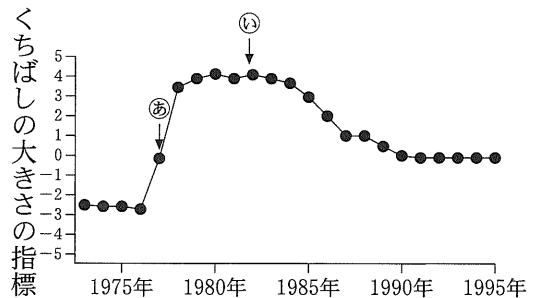


図 2

図1は、くちばしの大きさの異なる種1～3の3種類が繁殖している島Aと、種子の大きさや密度の条件は似ているが、これら3種のうちでは種2しか繁殖していなかった島Bとの間で、それぞれの種のくちばしの大きさを1973年以前に採取された博物館の標本などを用いて比べた結果を示している。その後の、島Bにおける種2のくちばしの大きさの指標(その値はくちばしの長さや太さに比例する)の平均値の年変化が、図2に示されている。島Bでは1977年(矢印㉔)に干ばつが起きて種子の量が極度に減少したが、翌年には回復した。また、1982年(矢印㉕)には、種3が島Bでも繁殖し始めた。

II DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の変化は、表現型の変化に反映しないことが多い。そのため、これらの変化は多くの場合、自然選択の上で有利でも不利でもないとする 説が、木村資生によって提唱された。このように、表現型の変化にあらわれないDNAの塩基配列の違いや、自然選択を強く受けない遺伝子がある。これらの頻度は偶然によって集団中で変動することがある。これが と呼ばれるもう1つの進化メカニズムである。このメカニズムは集団の大きさが 場合に強く働く。

問1 文中の ～ に適当な語句を入れよ。なお、, , は漢字で記せ。

問2 下線部aの自然選択説は複数の要素から成り立っている。その1つは、「生物はたくさんの子を産むが、子の形質にはばらつきがある」ことで、もう1つは、「形質は次の世代に伝えられる」ことである。その他の要素を35字以内で記せ。

問3 下線部bと下線部cにあてはまる、種分化を起こす隔離機構をそれぞれ漢字で記せ。

問 4 図 2 をみると、1977 年(矢印㉔)の前後でくちばしの大きさに変化が起きている。1976 年から 1981 年の出来事に関する以下の①～⑤の記述のなかで不適切なものを、すべて選び番号で答えよ。

- ① 1977 年には、種子の量が減ったため、大きな種子しか利用できず、かなりの個体が死亡したので、個体数が減少した。
- ② 1977 年には、大きな種子を食べざるをえなかったので、おのおのの個体のくちばしが発達して大きくなった。
- ③ 1977 年の前後で、くちばしの大きさを決める遺伝子の頻度に変化があり、この間に小進化が起こった。
- ④ 1978 年から 1981 年までくちばしが大きいままであった。これはくちばしの大きな親がより多くの子を残したためである。
- ⑤ 1981 年にはくちばしは平均的に大きかったが、その個体間のばらつきは、環境変異のために、1976 年のくちばしの大きさのばらつきと同程度であった。

問 5 図 2 に示した、1977 年(矢印㉔)の前後、および 1982 年(矢印㉕)以降の種 2 のくちばしの大きさの変化から類推し、図 1 のように、島 A において種 2 のくちばしの大きさが島 B より大きかった理由として最も適切なものを、次の①～④から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① 種 3 との食物をめぐる競争に勝つため。
- ② 種 1 との食物をめぐる競争をさけるため。
- ③ 種 3 との交雑が頻繁であったから。
- ④ 島 A では大きな種子がたくさんあったから。

【選択問題】

5 I およびIIの間に答えよ。

I 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

被食者と捕食者の個体群の相互作用を調べる目的で、2種の繊毛虫(ヒメゾウリムシとシオカメウズムシ)を用いて以下の実験を行った。

〈実験1〉 培養液の入った水槽に被食者(ヒメゾウリムシ)だけを10個体入れ、その後の個体数を調べると、図1に示すような変化が観察された。

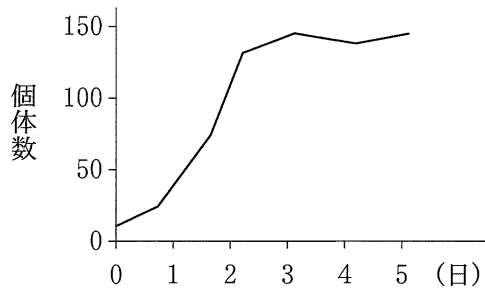


図1

〈実験2〉 水槽と培養液を〈実験1〉と同じ条件にして、被食者(ヒメゾウリムシ)を10個体入れてから1日後に捕食者(シオカメウズムシ)を5個体入れ、その後の捕食者と被食者の個体数の変化を調べた。その結果、図2に示すように、5日後に被食者は絶滅した。

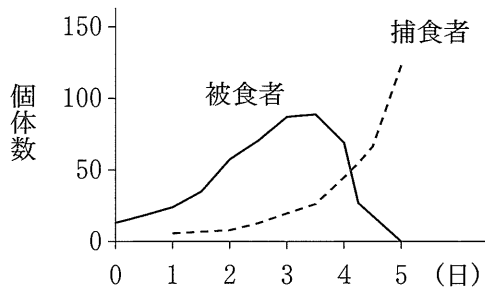


図2

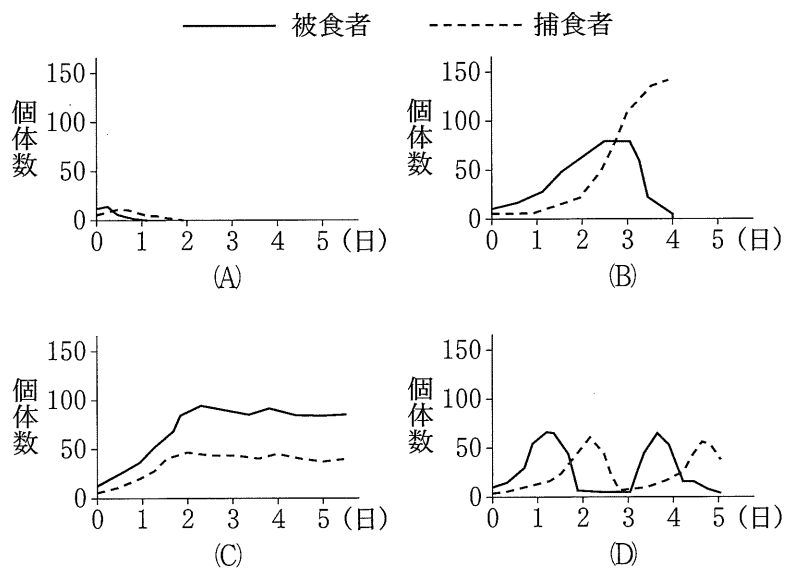
〈実験3〉 水槽と培養液，最初に入れる捕食者と被食者の個体数を〈実験2〉と同じ条件にして，今度は捕食者を被食者と同時に入れ，捕食者と被食者の個体数の変化を調べた。

問1 〈実験2〉において，さらに長期間にわたって観察を続けると，捕食者の個体数はどうなるか。以下の①～③から正しいと思われるものを選び。

- ① 増加し続ける。
- ② 一定の個体数まで増加した後，ほぼ変化しなくなる。
- ③ 減少に転じ，やがて絶滅する。

問2 〈実験3〉に関する以下の問に答えよ。

(1) 捕食者と被食者の個体数の変化はどうなるか。以下のグラフ(A)～(D)から正しいと思われるものを選び。



(2) (1)で解答したグラフと図2に示した〈実験2〉の結果を比較すると，どのような違いがあるか。重要な違いとそのような違いが生じる理由をそれぞれ60字以内で記せ。

問 3 実験室内では、捕食者と被食者をいっしょに飼育した場合、図 2 に示した実験の結果のように、捕食者が被食者を食べつくしてしまうことがある。一方、自然界では、捕食者による被食者の食べつくしはあまり生じない。その理由として、適切なものを、以下の①～④からすべて選べ。

- ① 自然界には、複雑な構造物が多く存在し、それらが被食者にとっての隠れ場所になるから。
- ② 自然界では、被食者にとっての餌が豊富だから。
- ③ 自然界では、捕食者は複数種を餌としている場合が多いので、ある被食者が少なくなると、かわりにほかの種を食べようになるから。
- ④ 自然界では、捕食者は被食者を絶滅させないように、被食者が減ると食べる量を調節したり、みずからの個体数を増加させないようにするから。

II 種間競争の説明として、正しいものを、以下の①～⑧からすべて選べ。

- ① 2種の組み合わせでは、片方が利益を得て、他方は不利益をこうむる。
- ② 同じ生態的地位をもつ2種類の動物をいっしょに飼育すると、一方の種は負けて絶滅し、他方の種だけが生き残ることが多い。
- ③ 種間競争は、食物、すみ場所、光、水などを競いあうことで生じる。
- ④ 植物の間では、光をめぐる奪い合いが重要であるため、一般に背たけの高くなるほうの種が優位に立つ。
- ⑤ 動物の間では、すみ場所をめぐる奪い合いが重要であるため、一般に体が大きいほうの種が優位に立つ。
- ⑥ 同じ種の組み合わせでは、温度や湿度などの環境によって、どちらの種が優位に立つかが変わることはない。
- ⑦ 種間競争は、移入生物が在来種の存続を脅かす原因となりうる。
- ⑧ 野外において競争関係にある2種では、互いの個体数が周期的な増減をくり返すことが多い。