

平成 31 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	生 物	14

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。
4. 問題〔4〕、〔5〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔4〕、〔5〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その4)の所定の枠内に記入すること。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、全ての解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

[1] 次の文章を読み、以下の問い(問1～9)に答えよ。

光合成の過程は、葉緑体の の膜で起こる反応と で起こる反応に大別することができる。

の膜で起こる反応では、光エネルギーが光合成色素に吸収されて反応中心へ集められ、光エネルギーを受け取った反応中心クロロフィルが活性化されて電子(e⁻)を放出する。次に、電子を放出した (色素タンパク質複合体が多数集まってできた反応系の一つ)の反応中心クロロフィルは を分解して電子を得て元の状態に戻る。また、放出された電子は最後には NADP⁺ に渡されて NADPH が生成される。さらに、 の膜をはさんで との間で生じる の濃度勾配を利用して、ATP 合成酵素により ATP が合成される。^①

で起こる反応では、CO₂ はリブローズビスリン酸(リブローズ二リン酸)と結合して、すぐさま二分されて炭素数 3 個の C₃ 化合物である が 2 分子できる。^② は ATP と NADPH によりグリセルアルデヒドリン酸となり、この一部から有機物が合成され、残りは再びリブローズビスリン酸(リブローズ二リン酸)にもどる。^③

このような光合成の仕組みだけをもつ植物は、CO₂ 固定で最初の産物が C₃ 化合物であるので、C₃ 植物と呼ばれる。一方、植物の中には CO₂ 固定能力を高めたものがある。例えば C₄ 植物は、大気中から取り込んだ CO₂ を 細胞でホスホエノールピルビン酸と結合させて C₄ 化合物である として固定し、リンゴ酸に変換する。その後、 に由来する物質が 細胞に輸送され、そこで分解して得られる CO₂ を材料にして有機物が合成される。また、サボテンなどの CAM 植物は、CO₂ をいったん C₄ 化合物に固定して、細胞内の液胞にリンゴ酸として蓄える。^⑤その後、リンゴ酸を分解して得られる CO₂ を材料にして有機物が合成される。

問 1 文章中の ～ に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部㉗と下線部㉘の反応の特徴を、光と CO_2 の影響の有無をもとにそれぞれ簡単に説明せよ。

問 3 下線部㉙について、呼吸におけるミトコンドリアでの ATP 合成と区別して、光合成における光エネルギーを利用した ATP 合成の反応を何と呼ぶか答えよ。

問 4 下線部㉚の反応を触媒する酵素は、地球上で最も多いタンパク質といわれている。この酵素を何と呼ぶか答えよ。

問 5 下線部㉛で生じた有機物は、スクロースなどになって植物体の各部に運ばれる。このように、物質が植物体内のある部位から他の部位に運ばれることを何と呼ぶか答えよ。

問 6 下線部㉜について、下の【語群】にあるそれぞれの植物から C_4 植物に分類されるものをすべて答えよ。

【語 群】

イネ, コムギ, サトウキビ, ダイズ,
トウモロコシ, パイナップル, ベンケイソウ

問 7 下線部㉝について、CAM 植物は非常に乾燥した条件に適した光合成を行うことができる。この仕組みについて 60 字以内で説明せよ。

問 8 光合成速度は光の強さに比例して大きくなるが、光の強さがある程度以上になると光合成速度は増加しなくなる。この状態になりはじめる光の強さを何と呼ぶか答えよ。

問 9 光合成で有機物としてグルコースが 75 g 合成されたと仮定した場合、この合成に CO_2 は何 mol 使われたか答えよ。ただし、原子量は、 $\text{H} = 1$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ とし、小数第 2 位を四捨五入して小数第 1 位まで記入せよ。

〔2〕 次の文章(I・II)を読み、各文章の下にある問い(問1～5)に答えよ。

I 同種の複数の個体が互いに関わり合いながら生活している集団を群れと呼ぶ。群れ内の個体間には優劣関係、つまり順位が生じ、それが安定することで個体間での無用な争いが回避され、群れの秩序が保たれる。この優劣関係をもとにした群れの社会維持機構は と呼ばれている。では、どのような仕組みによって群れ内の順位が安定するのだろうか。以下の魚類での報告例を見てみよう。

パプアニューギニアのサンゴ礁には、クラウンフィッシュと呼ばれるクマノミ類の1種が、捕食者からの隠れ家としてイソギンチャクを利用しながら群れ生活を送っている。ある個体群における96の群れ(計237個体)を調査したところ、図1の様な観察結果を得た。各群れはメスとオス(繁殖ペア)と0～4個体の未成魚(非繁殖個体)で構成されていた。群れ内には体長に基づいた順位があり、1位は最大個体のメス、2位はその次に大きいオス、以下3～6位は未成魚であり、順位の低下に伴って体長は になった。各群れ内において順位が隣接する個体どうしの体長は明瞭に 。さらに、各順位の個体の体長は , 1位の体長が かつ個体数の 群れ程、大きかった。

クマノミ類では、群れ内のメスが消失するとオスは性転換によってメスになり、未成魚の中で最大個体がオスとして成熟し、新たな繁殖ペアが形成される。従って、劣位個体は、イソギンチャクに守られながら繁殖の順番を待つことで、将来的な利益を得る一方、優位個体にとって劣位個体は、自身の順位を脅かす潜在的な 者となる。そのため、一般的に優位個体は自身と同等な体長を持つ劣位個体を群れから追い出したり殺したりするが、この調査からはその様な行動は観察されず、群れは非常に安定していた。

問1 文章中の に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部①について、クマノミ類は捕食を免れるという利益をイソギンチャクから得ているが、イソギンチャクも、チョウチョウウオ類による捕食を免れる、成長が促進される等の利益をクマノミ類から得ている。このように、相互作用する生物種の双方が利益を得る関係を何と呼ぶか答えよ。

問 3 図1を参考にして、文章中の b ~ g に入る適切な語を、それぞれ以下の2つの選択肢から1つずつ選び答えよ。

b	c	d	e	f	g
小さく	一致した	一様であり	小さく	少ない	競争
大きく	異なった	一様ではなく	大きく	多い	協力

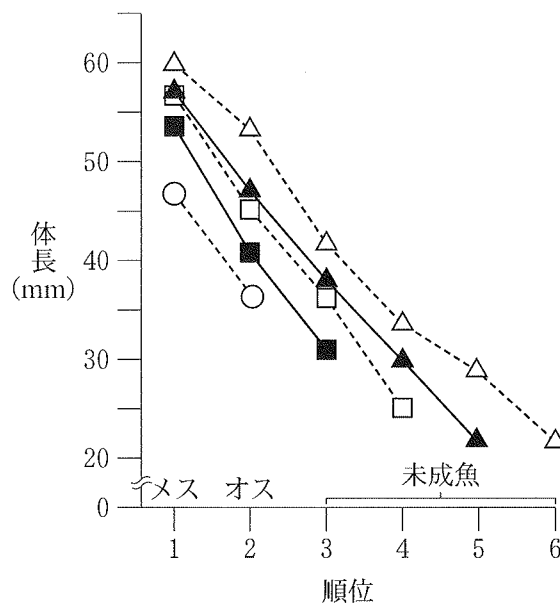


図1 群れ内順位と体長との関係

群れの大きさ(○：2個体，■：3個体，□：4個体，▲：5個体，△：6個体)ごとに各順位の個体の平均体長が示されている。Buston(2003). Size and growth modification in clownfish. Nature 424: 145-146 より作製

II 文章 I の下線部②について、この様な現象をもたらす仕組みを確かめるために、いくつかの群れで 2 位を除去し、その後 1 年間の 3 位の成長量を測定したところ、図 2 の様な実験結果を得た。2 位を除去した群れでは、全ての 3 位は順位を 1 つ上げ、予測値よりも大きく成長したが、2 位を除去しなかった群れでは、3 位の順位はそのまま、ほとんどの個体の成長量は予測値よりも小さかった。また、3 位の体長(2 位除去以前)が予測値よりも小さい程、及び 1 位の成長量が大きい程、3 位はより大きく成長した。

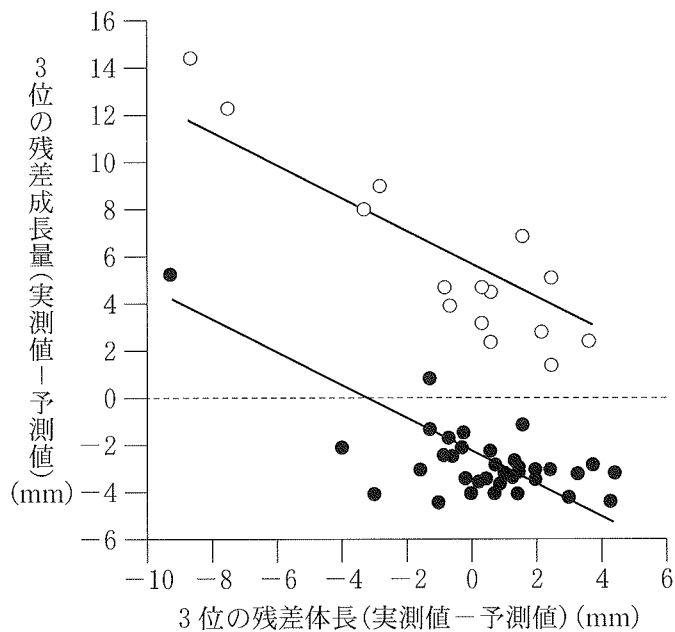


図 2 3 位の残差体長と残差成長量との関係

白丸は 2 位が除去された各群れの 3 位を、黒丸は 2 位が除去されなかった各群れの 3 位を示す。残差とは実測値と予測値の差であり、マイナスは予測値よりも小さな値を、プラスは予測値よりも大きな値を示す。予測値とは、除去実験前に図 1 の全 237 個体を用いて理論的に推定した値であり、各順位の体長と成長量の平均値を示す。Buston (2003). Size and growth modification in clownfish. Nature 424: 145-146 より作製

問 4 この実験結果から分かることを次のア～キから全て選び答えよ。

- ア) 3位の成長は2位の存在下では抑制される。
- イ) 3位の成長は2位の存在下では促進される。
- ウ) 3位の成長は2位の存在とは無関係に起こる。
- エ) 3位の成長量は自身の体長に依存している。
- オ) 3位の成長量は自身の体長とは無関係である。
- カ) 3位の成長量は1位の成長量に依存している。
- キ) 3位の成長量は1位の成長量とは無関係である。

問 5 文章Ⅰ・Ⅱの観察・実験結果にもとづいて、クラウンフィッシュでは、どのような仕組みによって群れ内の順位が安定するのか60字以内で答えよ。ただし、「優位個体」，「劣位個体」，「体長差」及び「成長」と言う語を必ず用いること。

[3] 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えよ。

1個の細胞が分裂を繰り返して個体が形成される。個体の形態は種間で極めて多様だが、「前と後ろ」「背中と腹」は多くの動物において容易に視認され、これら^①を結ぶ体軸はそれぞれ前後軸(頭尾軸)・背腹軸と呼ばれる。こうした体軸形成をはじめとする発生機構を解析するためのモデル生物の1つとしてショウジョウバエが用いられている。ショウジョウバエの初期発生ではカエルやイモリとは異なる発生の進み方^②で胎胚となり、区画化されて体節構造が形成され、それぞれの体節^③の性質が決定されて特定の体節から特定の器官が形成されていく。この過程は遺伝子により規定されており、遺伝子の突然変異によっては、ある器官が本来形成されるものとは別の器官に置き換わってしまうことがある^④。こうした変異は動物だけではなく植物にも認められている^⑤。

問1 下線部①について

- (1) 動物の体軸形成においては、母性効果遺伝子から発現される母性因子が重要な働きをしていることが多い。母性効果遺伝子とはどのような遺伝子のことか、説明せよ。
- (2) ショウジョウバエ胚の前後軸はどのように形成されるのか、説明せよ。
なお、説明には、前後軸の形成に重要な役割を果たしている母性因子の名称を少なくとも1つは含めること。
- (3) 上記の母性因子は他の遺伝子の発現を調節し、発現されたタンパク質はさらに別の遺伝子の発現を調節するタンパク質として働く。真核生物の遺伝子発現について述べた以下の文章の空欄を適切な語句で埋めて解答欄に記入せよ。

真核生物の DNA は a というタンパク質に巻き付いてビーズ状の b と呼ばれる基本構造を形成しており、さらに折りたたまれて c と呼ばれる構造を形成する。転写がおこなわれるためには c がゆるんで転写に必要なタンパク質が DNA に結合できるようになっている必要がある。真核生物の転写には RNA ポリメラーゼに加えて d と呼ばれる転写の開始を助けるタンパク質が必要である。転写された RNA はタンパク質に翻訳される領域がつなぎ合わされる e と呼ばれる過程を経て、核から f を通って細胞質へ出てきて g と結合し、コドンの情報に従ってタンパク質が合成される。タンパク質は一般的に h 種類のアミノ酸より構成されている。e の際には異なる i が組み合わされる選択的 e と呼ばれる現象が見られることがあり、1つの遺伝子から複数種のタンパク質を生み出す機構として重要な役割を果たしている。

問 2 下線部②について

(1) 胚発生も、受精卵という巨大な細胞の分裂とみなすことができる。細胞分裂に先立って DNA が複製されるが、この時に働くタンパク質を 3 種、以下のように並べた。2 本鎖 DNA の複製は複製起点から開始されるが、この時に必要とされる順に並んでいる選択枝のアルファベットを解答欄に記入せよ。

- | | | |
|----------------|------------|------------|
| (a) DNA ヘリカーゼ | DNA ポリメラーゼ | DNA リガーゼ |
| (b) DNA ヘリカーゼ | DNA リガーゼ | DNA ポリメラーゼ |
| (c) DNA ポリメラーゼ | DNA ヘリカーゼ | DNA リガーゼ |
| (d) DNA ポリメラーゼ | DNA リガーゼ | DNA ヘリカーゼ |
| (e) DNA リガーゼ | DNA ヘリカーゼ | DNA ポリメラーゼ |
| (f) DNA リガーゼ | DNA ポリメラーゼ | DNA ヘリカーゼ |

(2) ショウジョウバエにおいては、胞胚までの発生の進行中、カエルやイモリの受精卵の分裂では認められない現象が観察されるが、どのような現象か、10 字以内で答えよ。なお、この現象のために、この時期のショウジョウバエ胚においては、ある mRNA 分子から翻訳された発現調節タンパク質がそれぞれ異なる核内で働くことが可能となっている。

問 3 下線部③について

- (1) このように形成された体節の性質を決定する遺伝子群を何と呼ぶか、答えよ。
- (2) (1)の遺伝子群は同一の染色体上に並んでいるが、その並び方には顕著な特徴がある。どのような特徴か、説明せよ。

問 4 下線部④および⑤について

- (1) 下線部④のような突然変異のことを何と呼ぶか、答えよ。
- (2) 植物においても動物と同様の体軸は容易に視認される。植物の若い芽生えを大まかに見ると、上部と下部にそれぞれ盛んに分裂する組織があり、これらを結ぶ上下軸を植物体形成の基本の1つと見ることができる。上部で盛んに分裂する組織と下部で盛んに分裂する組織の名称をそれぞれ答えよ。
- (3) 被子植物の花を中心から外へと見ると、めしべ・おしべ・花弁・がくの順に構成されている。その形成にはAクラス・Bクラス・Cクラスの3種類の遺伝子から発現される調節タンパク質が関与し、Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子は、お互いの働きを抑制し合っている。それぞれの遺伝子が働かないような突然変異がおこると、花に下線部④のような置き換えが生じるが、シロイヌナズナのCクラス遺伝子が働かなくなると、突然変異体の花はどのような構成をとることになるか、例にならって答えよ。
(例) 中心から めしべ→おしべ→花弁→がく

〔選択問題〕

〔4〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～8)に答えよ。

生物個体のDNAを分析することで(以下、DNA分析と略す)、同種の個体間の違いをDNA型として識別することができる。DNA分析は、今では刑事捜査や血縁鑑定、作物の品種特定などに利用されている。DNA分析では、PCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)と電気泳動法を順に用いることで、DNA型を明らかにすることができる。

図は、同じ種の3個体から採取した各々のDNAを用いて、全く同じPCR法とEcoRIの制限酵素処理を行い、得られた試料で電気泳動を実施した結果である。なお、この実験では、制限酵素処理の効果を明らかにする目的で、制限酵素処理前の試料(各レーンA)と制限酵素処理後の試料(各レーンB)の両方を用いて電気泳動を行った。

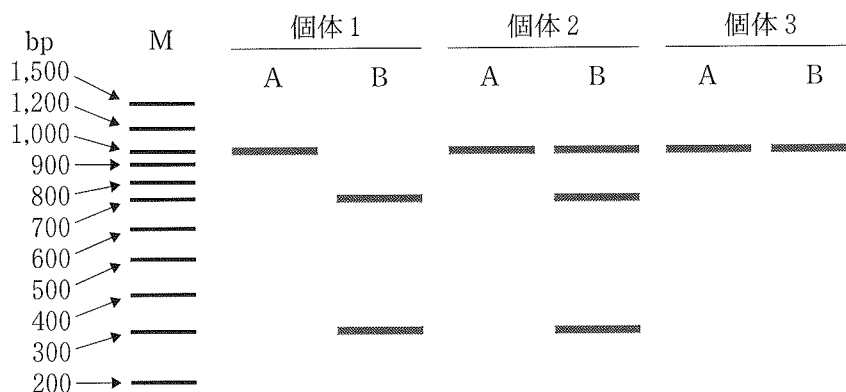


図 同種の3個体から得たDNAを用いて、PCRのみを行った試料(各レーンA)とPCR後に制限酵素処理を行った試料(各レーンB)の各々を用いて電気泳動を実施した結果

M: マーカー

問1 DNA型を決定する際に行うPCR法とは何のための技術なのか、30字以内で答えよ。なお、アルファベット1個は1文字とする。

問 2 以下は、PCR 法の反応液に必要なものについての文章である。a～g に適する語句を答えよ。なお、b～e はアルファベット 1 文字で答えよ。ただし、b～e の順番は問わない。

【文章】 PCR 法の反応液には、もとななる DNA、DNA ポリメラーゼ、

(2 種類を使う場合が多い) と , ,
 , の を各々持つ が必要である。

問 3 図の実験では、PCR 法において 95℃(反応 1)、55℃(反応 2)、72℃(反応 3)の順となる温度変化を 20 サイクル行った。反応 1～3 の各々でどんなことが起こるのかを答えよ。

問 4 DNA 型を決定する際に行う電気泳動法とは何のための技術なのか、25 字以内で答えよ。なお、アルファベット 1 個は 1 文字とする。

問 5 図の中にある bp は電気泳動の結果を図にする時によく用いる。この bp は何を表しているのか 15 字以内で答えよ。なお、アルファベット 1 個は 1 文字とする。

問 6 電気泳動に関する以下の文の h に適する語句を答えよ。

電気泳動を行うと、DNA はゲルの中を 極に向かって移動し始める。

問 7 電気泳動を行うと、なぜ DNA は 極に向かって移動し始めるのか。その理由を答えよ。

問 8 図に示した電気泳動の結果から、個体 1, 2, 3 は各々違う DNA 型を持つことが明らかになった。このような違いが生じた原因について答えよ。ただし、解答欄の範囲内におさまるように答えよ。

なお、各個体は、体細胞染色体が同数で $2n$ である。また、PCR 法で得られた試料は、各個体とも同じ 1 対の相同染色体にある同じ DNA 領域に由来する。ここでは、これを“DNA 領域 X”と呼ぶことにする。解答には、“DNA 領域 X”、“ホモ接合”、“ヘテロ接合”、“制限酵素”の語句を用いて答えよ。

〔選択問題〕

〔5〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えよ。

あるガの個体群には翅の色が白っぽい明色型と黒っぽい暗色型の2つの表現型が存在する。遺伝子型は明色型が cc 、暗色型が CC である(いずれもホモ接合体の場合)。明色型と暗色型を人工的に交配して得た卵200個を孵化させ成虫まで育てたところ F_1 世代は全個体が暗色型であった。 F_1 個体群を任意に交配させて得られた F_2 世代の卵200個の遺伝子型頻度は個体群がハーディ・ワインベルク平衡にあると仮定した場合、 $CC : Cc : cc =$ $:$ $:$ (合計は1)であり、そのときの個体数は暗色型 : 明色型 = 個体 : 個体(合計は200)であると期待される。また遺伝子頻度は $C : c =$ $:$ (合計は1)である。

19世紀のイギリスでは産業革命に伴う大気汚染の結果、工業地帯では樹木の表皮をおおっていた白っぽい地衣類が死滅し、暗い色の樹皮がむき出しになった。通常、このガは昼間樹皮の上に静止し背景に紛れて鳥などの天敵から身を守っている^①。

研究者が工業地帯の森で明色型80匹と暗色型154匹に識別マークをつけて放し数日後に回収したところ、明色型16匹と暗色型77匹であった^②。このように遺伝子型間で生存率に差がある場合、ハーディ・ワインベルクの法則は成り立たず、遺伝子頻度が世代間で変化する。

^③そこでこの野外実験で測定された相対的な生存率(明色型 %、暗色型 %)を用いて の効果を試算してみる。上記 F_2 世代200匹の遺伝子型頻度は羽化時点では $CC : Cc : cc =$ $:$ $:$ であり、その後天敵による捕食(他の要因は無視できるものとする)が働くと $CC : Cc : cc =$ $:$ $:$ (合計は1)となる。そしてそのときの個体数は暗色型 : 明色型 = 個体 : 個体であると期待される。遺伝子頻度は一世代の間に $C : c =$ $:$ から $:$ (合計は1)へと変化した。このような の働きが累積すると翅を くなる遺伝子の頻度が世代とともに増加していく^④。

問 1 文章の から に当てはまる数字または語句を答えよ。
なお遺伝子頻度・遺伝子型頻度は小数第 2 位まで(小数第 3 位を四捨五入),
個体数期待値は整数(小数が出る場合は小数第 1 位を四捨五入)で答えること
とする。

問 2 文章の に最も適切な語句は以下のうちのどれか答えよ。

ア) 自然選択 イ) 遺伝的浮動 ウ) 生殖的隔離 エ) 適応放散

問 3 下線部①の捕食者に対する適応を何と呼ぶか答えよ。

問 4 下線部②のような調査方法を何と呼ぶか答えよ。

問 5 下線部③の結果として生じる現象を一般に何と呼ぶか答えよ。

問 6 19 世紀のイギリスで見られた下線部④の現象を何と呼ぶか答えよ。