

平成 25 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 61 ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1 ～ 15 ページ,	化	学	16 ～ 35 ページ
生	物	36 ～ 51 ページ,	地	学	52 ～ 61 ページ
- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
  - (1) 教育学部及び工学部の受験者は、90 分。
  - (2) 理学部の受験者は、次のとおりである。
    - ① 数学科及び化学科の受験者は、90 分。
    - ② 物理学科の受験者は、120 分。
    - ③ 生物学科及び自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
    - ④ 生物学科及び自然環境科学科で理科 2 科目の受験者並びに地質科学科の受験者は、180 分。
  - (3) 医学部及び歯学部の受験者は、180 分。
  - (4) 農学部の受験者は、次のとおりである。
    - ① 理科 1 科目の受験者は、90 分。
    - ② 理科 2 科目の受験者は、180 分。
- 6 物理及び化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理及び化学の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 化学及び生物には、選択問題があるので、化学及び生物の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 8 問題冊子及び下書き用紙は、持ち帰ること。

## 生 物

### 注意

問題 4 には、4—① と 4—② が出題されている。

4—① は、「生物の分類と進化」から、4—② は、「生物の集団」からの出題である。いずれか一つを選択し、解答すること。

4—① と 4—② の両方の問題を解答した場合は、両方とも採点の対象としないので、注意すること。

1 植物の遺伝に関する実験についての以下の文章 I, II を読み、各問いに答えよ。

I 植物 A には、花色が紫 (P) と赤 (p)、花粉の形が長いもの (L) と丸いもの (l) という対立形質が見られる。これらの形質はそれぞれ一对の対立遺伝子によって支配されている。いま、紫色花・長花粉 (遺伝子型 PPLL) と赤色花・丸花粉 (遺伝子型 pp ll) を交雑すると、 $F_1$  の個体はすべて紫色花・長花粉 (遺伝子型 PpLl) になった。また、 $F_1$  に赤色花・丸花粉の個体を検定交雑し、後代の表現型を観察したところ、紫色花・長花粉、紫色花・丸花粉、赤色花・長花粉および赤色花・丸花粉の個体数は、それぞれ 912、98、102 および 888 であった。この結果は、花色と花粉の形が独立遺伝した場合の期待数とは大きく異なった。その一方、検定交雑に用いた  $F_1$  から自家受粉により  $F_2$  を得た。

問 1 花色と花粉の形が独立に遺伝すると仮定した場合、 $F_1$  (遺伝子型 PpLl) に生じる配偶子の遺伝子型とその比率を求めよ。

問 2 この実験の場合、花色と花粉の形に関する遺伝子は連鎖していると考えられるが、2つの遺伝子座間でおこる組換え価を検定交雑結果から求めよ。また、得られた組換え価をもとに、 $F_1$  (遺伝子型 PpLl) に生じる配偶子の遺伝子型とその比率を求めよ。

問 3  $F_2$  ではどのような表現型が分離するか、その理論比を求めよ。

II 純系の植物 B の 2 つの異なる白花系統を収集し、交雑したところ、 $F_1$  の個体は、すべて赤花となり、自家受粉により得た  $F_2$  では赤花と白花が 9 : 7 の比で現れた。

問 4 このような遺伝様式を説明するため、適当な遺伝子記号を用いて両親および  $F_1$  の遺伝子型を表せ。また、なぜそのような遺伝子型を設定したか、その理由を述べよ。さらに、このような遺伝様式を示す遺伝子は何と呼ばれるか、答えよ。

問 5 白花系統の白花は、赤花の色素を合成する酵素遺伝子に突然変異が生じ、活性のある色素合成酵素ができなかったため生じたものである。赤花の色素合成酵素の正常遺伝子の DNA の塩基配列、伝令 RNA の塩基配列および対応するアミノ酸配列ならびに突然変異遺伝子の DNA の塩基配列を以下に示す。正常遺伝子と突然変異遺伝子から転写されるそれぞれの伝令 RNA の長さには差がなかった。表 1 を参考にして、どのような突然変異が色素合成酵素の不活性化を引き起こしたか述べよ。なお、塩基配列の・は、配列が続いていることを示し、伝令 RNA の転写は左から右に向かって行われることとする。

正常遺伝子

DNA    •GCCCCATGGAGGTAAGTGTAC••TAACTATAAGCGAAAAATGTCAT•  
          •CGGGGTACCTCCATTACATG••ATTGATATTCGCTTTTTTACAGTA•

伝令 RNA    •••-GCC-CCA-UGG-AGC-GAA-AAA-UGU-CAU-•••

アミノ酸配列    - アラニン - プロリン - トリプトファン - セリン - グルタミン酸 - リシン - システイン - ヒスチジン -

突然変異遺伝子

DNA    •GCCCCATGGAGGTAAGTGTAC••TAACTATAAGCTAAAAATGTCAT•  
          •CGGGGTACCTCCATTACATG••ATTGATATTCGATTTTTTACAGTA•

表 1 伝令 RNA の遺伝暗号表

		2 番目の塩基														
		U			C			A			G					
1 番目の塩基	U	フェニルアラニン	セ	リ	ン	チ	ロ	シ	ン	シ	ス	テ	イ	ン	3 番目の塩基	
		フェニルアラニン	セ	リ	ン	チ	ロ	シ	ン	シ	ス	テ	イ	ン		
		ロイシニン	セ	リ	ン	チ	終	止	止	終	終	終	止	止		
		ロイシニン	セ	リ	ン	チ	終	止	止	終	終	終	止	止		
	C	ロイシニン	プ	ロ	リ	ン	ヒ	ス	チ	ジ	ン	ア	ル	ギ		ニ
		ロイシニン	プ	ロ	リ	ン	ヒ	ス	チ	ジ	ン	ア	ル	ギ		ニ
		ロイシニン	プ	ロ	リ	ン	ヒ	ス	チ	ジ	ン	ア	ル	ギ		ニ
		ロイシニン	プ	ロ	リ	ン	ヒ	ス	チ	ジ	ン	ア	ル	ギ		ニ
	A	イソロイシニン	ト	レ	オ	ニ	ア	ス	パ	ラ	ギ	ン	セ	リ		ン
		イソロイシニン	ト	レ	オ	ニ	ア	ス	パ	ラ	ギ	ン	セ	リ		ン
		イソロイシニン	ト	レ	オ	ニ	ア	ス	パ	ラ	ギ	ン	セ	リ		ン
		イソロイシニン	ト	レ	オ	ニ	ア	ス	パ	ラ	ギ	ン	セ	リ		ン
	G	バリニン	ア	ラ	ニ	ン	ア	ス	パ	ラ	ギ	ン	グ	リ		シ
		バリニン	ア	ラ	ニ	ン	ア	ス	パ	ラ	ギ	ン	グ	リ		シ
		バリニン	ア	ラ	ニ	ン	ア	ス	パ	ラ	ギ	ン	グ	リ		シ
		バリニン	ア	ラ	ニ	ン	ア	ス	パ	ラ	ギ	ン	グ	リ		シ

2 以下の文章 I, II を読み, 各問いに答えよ。

I 骨格筋は, 長さが数 cm にも達する [ 1 ] とよばれる細胞からできている。[ 1 ] の内部には [ 2 ] が束になって存在している。[ 2 ] には, 明るく見える [ 3 ] と暗く見える [ 4 ] が交互に連なっており, [ 3 ] の中央は [ 5 ] で仕切られている。[ 2 ] は 2 種類のフィラメントが重なり合った構造をしている。このうちの太いフィラメントは [ 6 ] というタンパク質が多数集まってできており, 細いフィラメントは [ 7 ] というタンパク質が多数つながってできている。筋肉の収縮は 2 つ (ア) のフィラメントの間の滑り運動によっておこる。

問 1 文章中の [ 1 ] ~ [ 7 ] にもっとも適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)の結論は, 電子顕微鏡を用いたどのような観察の結果から導かれたか, 説明せよ。

II 筋肉の収縮では, [ 8 ] が直接のエネルギー源となる。これは, 低温にした [ 9 ] 溶液に骨格筋を浸して作製した [ 9 ] 筋は, 電気刺激では収縮しないが, [ 8 ] を含む溶液に入れると収縮することからも示される。筋収縮の場合と同様のタンパク質は, 植物細胞で観察される原形質流動にも関与している。淡水中に生育するシャジクモの細胞は, 長さが数 cm と大きく, 原形質流動の観察に適している。シャジクモの細胞の体積のほとんどは液胞で占められており, 細胞質基質などは液胞膜と細胞膜の間の薄い層として存在する(図 1 の①)。シャジクモの細胞を適切な条件で遠心分離機にかけると, 遠心力によって細胞質基質などが一方の端に集まり, そこで原形質流動が観察できる(図 1 の②)。このときの細胞質基質などが集まった端を A 端, もう一方の端を B 端とする。次にシャジクモの細胞を再び遠心分離機にかけ, 遠心力によって細胞質基質などを B 端に集めると, 今度は B 端で原形質流動が観察された(図 1 の③)。1 回目の遠心操作の後で, 細胞の B 端側を 50 °C で 1 分 (ウ)

間処理すると、2回目の遠心操作後もB端での原形質流動が観察された。一方で、1回目の遠心操作後に細胞のA端側を50℃で1分間処理すると、2回目の遠心操作後のB端での原形質流動は起こらなかった。

問3 文章中の 8 と 9 にもっとも適切な語句を入れよ。

問4 下線部(イ)に関して、8 が筋収縮の直接のエネルギー源であることを示すために、なぜ 9 筋を用いるのか。考えられる理由を二つあげよ。

問5 下線部(ウ)の結果から、シャジクモの細胞の原形質流動に必要な要素として何が考えられるか。その結論に至った理由を示しながら述べよ。

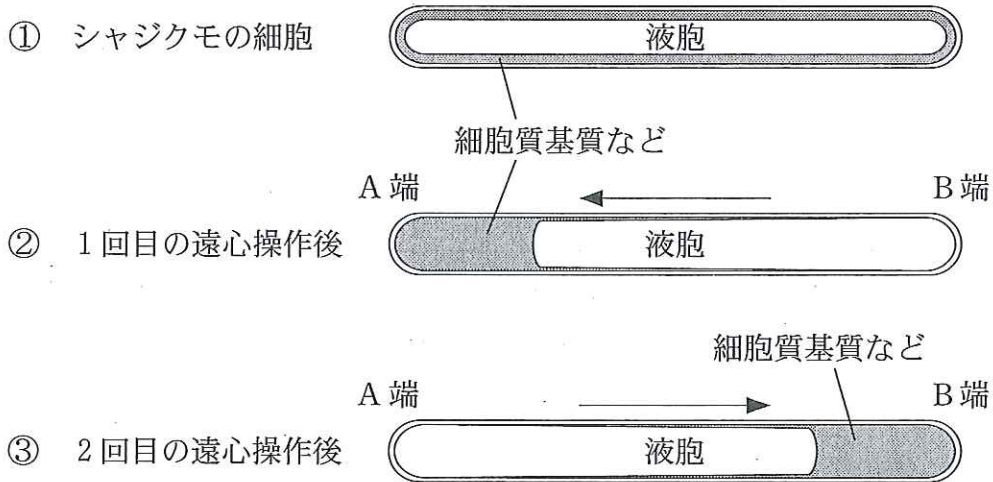


図1 シャジクモの細胞と各遠心操作

矢印は、各遠心操作の際の遠心力の向きを示す。

3 以下の文章 I, II を読み、各問いに答えよ。

I 生物の体内では、さまざまな化学反応が絶えず行われている。これらの反応のほとんどは、細胞内で行われる酵素の働きによって進められている。たとえば、ヒトが食物として摂取した脂肪は、すい液に含まれる [ 1 ] とよばれる酵素によって脂肪酸と [ 2 ] に分解されて体内に吸収される。肝臓に含まれている [ 3 ] とよばれる酵素は、代謝の過程で生じる有害な過酸化水素を分解する酵素である。過酸化水素水に [ 3 ] を加えると、過酸化水素の酸素と [ 4 ] への分解が促進され、酸素の気泡が発生する。

酵素が働きかける相手の物質を基質と呼び、反応の結果生ずる物質を生成物という。酵素は基質を認識して [ 5 ] を形成する。その後、酵素自身は変化せず、基質を別の物質である生成物に変化させる。このような酵素の作用を [ 6 ] 作用とよぶ。酵素活性は pH や温度によって影響を受けるという特徴を持つ。酵素反応が最も活発に行われる温度を酵素の [ 7 ] といい、30~40℃である場合が多い。そして、酵素の最適 pH は中性付近にある場合が多い。<sup>(ア)</sup>

酵素はタンパク質を主体としてできている。タンパク質は、多数のアミノ酸が重合してできた長い鎖状のポリペプチドである。<sup>(イ)</sup>ポリペプチド鎖は部分的にらせん構造やジグザグ構造をとる。これらの部分的な立体構造をタンパク質の [ 8 ] 構造とよぶ。ポリペプチド鎖はさらに複雑に折りたたまれながら、それぞれのタンパク質に特有な立体構造をとる。このような立体構造をタンパク質の [ 9 ] 構造とよぶ。また、タンパク質によっては、複数のポリペプチド鎖が集まっている場合がある。このように、いろいろな [ 9 ] 構造をもつポリペプチド鎖が複数集まってできた立体構造をタンパク質の [ 10 ] 構造とよぶ。

問 1 文章中の [ 1 ] ~ [ 10 ] に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)に関連して、胃で働くタンパク質分解酵素の最適 pH は 2 付近である。このことにはどのような合理性があるか、50 字以内で答えよ。

問 3 下線部(イ)に関連して、3個のアミノ酸からなるペプチドをトリペプチドという。あるトリペプチドを分析したところ、グリシンと呼ばれるアミノ酸とアラニンと呼ばれるアミノ酸が2 : 1の割合で含まれるものであることがわかった。考えられるトリペプチドの構造をすべて記せ。なお、グリシンとアラニンの構造は図1の通りである。

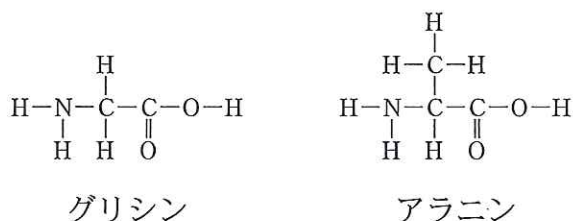


図 1

II スクロースをグルコースとフルクトースに分解する酵素(スクラーゼ)に関する実験を行った。ことなる濃度のスクロース溶液が入った試験管を5本準備し、すべての試験管にスクラーゼを同一濃度になるように加え、pHと温度がある一定条件に保たれるようにして酵素反応を開始した。一定時間ごとに生成したグルコース量を測定したところ、スクロースが入っていない試験管以外はどの試験管においても、時間とともにグルコースの生成量が増加していくことが観測された。だが、120分後にはどの試験管においてもグルコースの生成量が増加することはなかつた<sup>(ウ)</sup>。しかし、それらの試験管に新たにスクロースを加えたところ、どの試験管においてもグルコースが再び生成することが観測された。

問 4 下線部(ウ)のように、酵素反応を開始してから120分後にグルコースの生成量が増加しなくなった理由を30字以内で記述せよ。

問 5 表1は、酵素反応を開始してから5分後の、各試験管におけるグルコースの生成量である。スクロース濃度が35 g/lの場合、酵素反応開始後5分間におけるグルコースの生成速度はいくつになると予測されるか、単位をmg/分として答えよ。なお、反応を開始してから5分間は、どの試験管においてもグルコースの生成量は時間とともに直線的に増加したものとする。



問 6 酵素濃度を 2 倍にし、それ以外の条件は変えずに上記と同じ実験を行ったとする。スクロース濃度が 10 g/l のとき、酵素反応開始後 5 分間におけるグルコースの生成速度はいくつになると予測されるか、単位を mg/分として答えよ。なお、反応を開始してから 5 分間は、どの試験管においてもグルコースの生成量は時間とともに直線的に増加したものとする。

表 1

スクロース濃度(g/l)	酵素反応開始 5 分後の グルコースの生成量(mg)
0	0
10	0.30
20	0.45
30	0.60
40	0.60

4—①は次ページ

注意 問題④には、④―①と④―②が出題されている。④―①は、「生物の分類と進化」から、④―②は、「生物の集団」からの出題である。いずれか一つを選択し、解答すること。④―①と④―②の両方の問題を解答した場合は、両方とも採点の対象としないので、注意すること。

4―① 生物の分類と進化に関する以下の文章を読み、各問いに答えよ。

地球が誕生したのは46億年前といわれる。生物は初め水中だけで生活していたが、やがて生物が陸上にも進出できる地球環境になってきた。植物体の姿を残す最古の陸上植物の化石は、シルル紀の地層から見つかった<sup>(ア)</sup> 1 である。やがて、石炭紀には湿地に高さが10 mにも達する森林<sup>(イ)</sup>ができた。中生代の地球では、イチョウ類・ソテツ類などの裸子植物の森林が発達し、温暖な気候が続いていた。中生代の後半には被子植物が現れた。被子植物の多くは、昆虫を媒介<sup>(ウ)</sup>にして受粉する花を発達させたが、このことは同時に、花蜜を食物とする昆虫を多様化させた。

6500万年前に新生代が始まり、哺乳類は全世界に広がっていった。新生代は、哺乳類が世界的に広がっていったことから、「哺乳類の時代」とも呼ばれている。現生の哺乳類は、イヌ・ネコ・サル・ヒトなど、雌が乳汁を分泌して子を育てる動物である。哺乳類の中で原始的なものには、卵を生む単孔類<sup>(エ)</sup>と、子が母親の育児嚢<sup>(オ)</sup>の中で乳を飲んで発育・成長する有袋類がある。これら以外の哺乳類を真獣類といい、子は 2 を通して母親から栄養分などを供給され、母親の体内でかなり発達してから生まれる。真獣類は、現在、世界中で繁栄しており、多様な環境のもとで生活している。新生代の約5000万年前に、哺乳類の食虫類の中から進化し、森林の樹上生活を行うようになった動物群の一つに霊長類<sup>(カ)</sup>があった。

霊長類のなかでもっとも原始的なものはキツネザルなどの 3 であり、おもに熱帯の森林に分布している。3 の祖先からオマキザルのような広鼻猿類とニホンザルやヒヒのような狭鼻猿類が出現した。さらに、狭鼻猿類の祖先から進化したのが類人猿である。現生の類人猿としては、ヒト以外にオラン

ウータン・ゴリラ・チンパンジーなどがある。

初期の人類(猿人)は、およそ 500~600 万年前に現れたと考えられている。

人類と他の類人猿との大きな違いは、人類が直立二足歩行を行うことである。  
<sup>(\*)</sup>化石としてはいくつかの種類が知られているが、その中の [ 4 ] の化石は、すべてアフリカの南部や東部で見つっている。この化石の脳の容積は 500 ml 程度でゴリラとほぼ同じ大きさであり、直立二足歩行をしていたと考えられている。

約 150 万年前に絶滅した猿人にかわって進化したのは、 [ 5 ] である。

[ 5 ] では、脳の容積はおよそ 1000 ml と飛躍的にふえた。この化石は、アフリカ以外にも東南アジア・中国・ヨーロッパなどから見つかっており、石器や火を利用していた証拠も残されている。

問 1 文章中の [ 1 ] ~ [ 5 ] にもっとも適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)の生物の陸上への進出を妨げていた要因は何であったのか、説明せよ。また、生物が陸上へ進出できる環境はどのようにしてつくられたか、説明せよ。

問 3 下線部(イ)の石炭紀の森林に生育していた代表的な植物名を一つ記せ。

問 4 下線部(ウ)に関連して、被子植物の花粉を媒介する昆虫とその植物には、特異的な関係がみられることがある。たとえば、ある種のランは花筒が長く伸び、その奥に花の蜜がたまる。このランに適応した、口器の非常に長いスズメガの 1 種だけが、この花の蜜を吸うことができる。このように種間の相互的な作用によって適応がおこることを何と呼んでいるか、記せ。

問 5 下線部(エ)と下線部(オ)の単孔類と有袋類のそれぞれの具体的な動物名を一つずつ記せ。

問 6 下線部(カ)の森林の樹上生活に適応するようになった霊長類と、食虫類などの他の哺乳類のからだの基本的な違いを二つあげて、樹上生活における利点を記せ。

問 7 下線部(キ)に関連した下記の(A)～(F)は、人類の直立二足歩行に関する記述である。これらの中から、正しいものを三つ選び、記号で答えよ。

(A) 人類は、直立二足歩行によって、行動範囲が限定的となり、穀物などを栽培する農業をいとなむことで、一定の地域に定住するようになった。

(B) 直立姿勢に伴って声の通る部分である咽頭<sup>いんとう</sup>が発達し、情報伝達のための複雑な言語が発達した。

(C) 直立二足歩行によって、頭部<sup>せきちゆう</sup>が脊柱の真上に位置することになり、より容積の大きい脳を支えることが可能となった。

(D) 直立二足歩行によって、暗闇での活動が可能となり、大きな動物を捕獲することができるようになった。

(E) 直立二足歩行によって、骨盤が幅広くなり、直立した姿勢で内臓を支えられるようになり、外骨格が発達した。

(F) 直立二足歩行によって、上肢が自由になり、ものを持ち運んだり、石器などのいろいろな道具をつくることができるようになった。

4—②は次ページ

4—② 生物の集団に関する以下の文章を読み、各問いに答えよ。

トキ(学名：*Nipponia nippon*)は、19世紀まで東アジアに広く生息し、普遍的に見られる大型野鳥のひとつであったが、日本では明治時代に乱獲され大正期にはすでに絶滅に近い状態となっていた。<sup>(ア)</sup>

トキは肉食性の鳥で、カエル・ドジョウ・サワガニ・ゲンゴロウなど様々な小動物を捕食する。これら餌生物の本来の生息地であった河川周辺の自然湿地や草地は開発のためにその多くが消失した。このため、トキも次第に水田・河川・草地などを主な餌場とし、周辺の森をねぐらにする「里山の鳥」になっていったと推測される。トキの餌生物のなかにも里山の環境を利用して生活する生物が多い。<sup>(イ)</sup>人の生活のために開拓され、人為的な作業で維持されてきた里山の環境は、トキの餌生物たちにもトキ自身にも結果的に良好な生息条件を提供してきたのである。

しかし、1970年代初頭に、高度経済成長に伴った大きな社会変化の波がトキの国内最後の生息地である佐渡島の里山の環境をも一変させた。電気・ガスなどの整備、農業の機械化と効率化などにより薪炭林<sup>しんたんりん</sup>や生産性の悪い山間部の棚田は利用放棄された。放棄された棚田の植生遷移は急速に進行し、餌生物のすむ水辺<sup>(ウ)</sup>も減少して、棚田は二次林に変わっていった。一方、平野部の水田では、大規模な圃場整備<sup>ほじょう</sup>と乾田化、主要河川の護岸工事、農薬・化学肥料の利用などが進行し、こちらでもトキは餌場を失ってしまった。また、現在トキの天敵の一つと考えられているテンは、1950年代に植林地に被害を与えるサドノウサギの駆除のために生物天敵として佐渡島に持ち込まれたものであるが、その成果ははっきりしないまま大増殖して害獣化してしまった。こうした様々な要因の帰結として、トキは1981年に日本の空から姿を消した。

野生のトキがいなくなるまでの過程は、このように日本の生物多様性問題の縮図のようなものであり、現在、佐渡島で行われているトキの野生復帰事業では、こうした里地や里山の環境変遷と生態系のバランスの変化にどのように対処するのがもっとも重要なテーマとなっている。

問 1 下線部(ア)に関して、日本において過去に絶滅または野生絶滅(人工飼育状態でのみ生存するもの)した鳥獣のなかで、乱獲や駆除が主な原因のひとつとなって滅びたと考えられる典型的なものをトキ以外に1種類あげよ。

問 2 一般に、あるサイズ以下に縮小した個体群は急速に絶滅する可能性(絶滅リスク)が高くなると言われているが、その主要な原因は何か、述べよ。

問 3 下線部(イ)に関して、人による利用が長年続けられてきた里山で高い生物多様性が保たれてきた理由として適切なものを以下の(A)~(D)の中から二つ選べ。

- (A) 里山の人為的利用に適応するように多数の生物が進化したため。
- (B) アメリカザリガニやブラックバスなどの移入生物の影響を近年まで受けにくかったため。
- (C) 里山の人為的利用が均質性の高い環境を広範に作り出したため。
- (D) 里山のモザイク的な土地利用が複雑な環境の組み合わせを作り出したため。



問 4 下線部(ウ)に関して、1970年代に里山利用を行わなくなってから40年程度経過した二次林の植生調査を行ったところ、この森林全体の直径階分布(幹の太さのヒストグラム)と森林の中核になるコナラ個体群の直径階分布は図1のようなグラフに整理された。このような森林の内部環境はどのようになっていると推測されるか、また、コナラの個体群は、今後どのように推移すると考えられるか、(A)~(D)の文章の中から適切なものを二つ選び、グラフにもとづいてその根拠を説明せよ。

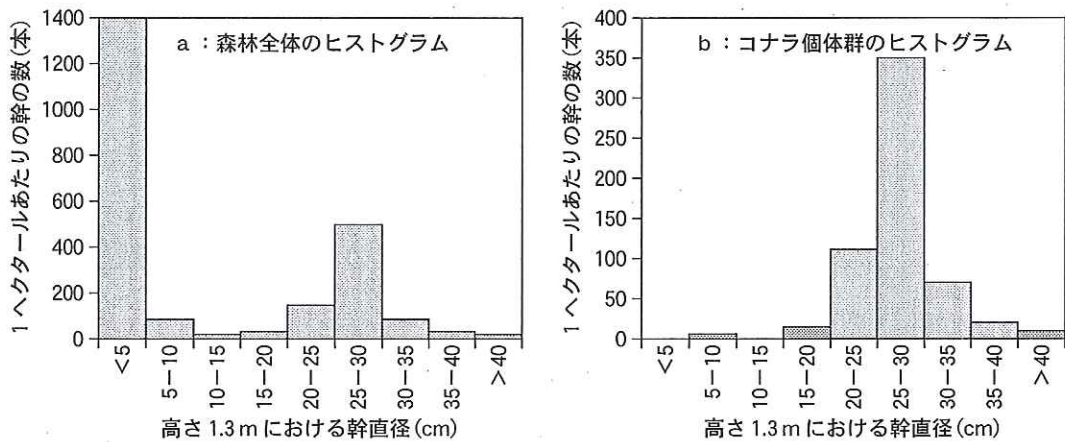


図 1

**森林内の環境**

- (A) 森林内は比較的明るく、光環境は不均質で林床の植物種数は豊富である。
- (B) 森林内は比較的暗く、光環境は均質で林床の植物種数は限られている。

**コナラ個体群**

- (C) コナラ個体群は継続的に次世代が更新する。
- (D) コナラ個体群の次世代の更新は難しい。

問 5 下線部(エ)に関して、生物天敵が当初の意図通り機能せずに際限なく増殖してしまう失敗事例は奄美大島のマングースとハブの関係などでも見られている。2種を同一の飼育ケージ内におけば被食-捕食関係になり得ることが確認されているにもかかわらず、自然環境下ではその通りに機能しない理由を述べよ。