

前

## 平成 19 年度 入 学 試 験 問 題

# 理 科

各科目 100 点満点

〈配点は、学生募集要項に記載のとおり。〉

|     |             |     |             |
|-----|-------------|-----|-------------|
| 物 理 | (1～10 ページ)  | 化 学 | (11～26 ページ) |
| 生 物 | (27～42 ページ) | 地 学 | (43～56 ページ) |

### (注 意)

1. 問題冊子および解答冊子は係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほかに 56 ページ，解答冊子は表紙のほかに，物理：12 ページ，化学：12 ページ，生物：12 ページ，地学：12 ページ，である。
3. 問題は物理 3 題，化学 4 題，生物 4 題，地学 4 題である。
4. 筆答開始後，選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に学部名・受験番号・氏名をはっきり記入すること。表紙には，これら以外のことを書いてはならない。
5. ◇工学部(地球工学科)志願者は，物理 1 科目と化学・生物・地学のうちから 1 科目の計 2 科目を解答すること。  
◇工学部(建築学科・物理工学科・電気電子工学科・工業化学科)志願者は，物理・化学の 2 科目を解答すること。  
◇工学部(情報学科)志願者は，物理 1 科目と化学・生物のうちから 1 科目の計 2 科目を解答すること。  
◇医学部(医学科)・医学部(保健学科「検査技術科学専攻」・「理学療法学専攻」)・薬学部志願者は，物理・化学・生物のうちから 2 科目を選択すること。  
◇医学部(保健学科「看護学専攻」・「作業療法学専攻」)志願者は，生物 1 科目と物理・化学のうちから 1 科目の計 2 科目を解答すること。  
◇総合人間学部(理系)・理・農学部志願者は，物理・化学・生物・地学のうちから 2 科目を選択すること。  
◇教育学部(理系)志願者は，物理・化学・生物・地学のうちから 1 科目を選択すること。
6. 解答は，すべて解答冊子の指定された箇所に記入すること。
7. 解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがある。
8. 解答冊子は，どのページも切り離してはならない。
9. 問題冊子は持ち帰ってもよいが，選択した科目の解答冊子は持ち帰ってはならない。

# 生 物

(4 問題 100 点)

## 生物問題 I

次の文(A), (B)を読み, 問1～問7に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

- (A) 生体には幹細胞と呼ばれる未分化な細胞集団がある。この幹細胞は増殖と分化を持続的に行うことにより組織の機能を維持している。例えばラットの正常な成体の精巣の場合, 精原幹細胞が分化決定した精原細胞になると, それらは一定回数の体細胞分裂を行ったのち, さらに精母細胞となり減数分裂を経た後, 精子へと分化する(表1)。

表 1

| 細胞の種類      | 受精が可能になるまでの日数 |
|------------|---------------|
| 精原幹細胞      | 65～           |
| 分化決定した精原細胞 | 57～64         |
| 精母細胞       | 36～56         |
| 精細胞        | 23～35         |
| 精 子        | 15            |

ここにA, Bという二つの薬剤がある。この薬剤をオスのラットに投与し, 持続的にメスと交配させ, 生まれてくる子供の数を測定した(図1)。縦軸が生まれた子供の平均数, 横軸が薬剤投与から交配までの日数を表す。両薬剤ともに生殖細胞のみに細胞毒性を示し, 速やかに体内に吸収され, 短時間で体外へ排泄されると仮定する。

問 1 A, Bの薬剤が表1のどの細胞の種類に影響を及ぼすものかを記し、そのように考えた理由を述べよ。

問 2 Bの薬剤投与により子供を作らなくなった個体の精巣へ、別個体の精原幹細胞を移植したところ、移植された精原幹細胞が精子を産生するようになり、子供が生まれるようになった(図2)。ここに至る過程を精原幹細胞の増殖と分化能力を考慮して説明せよ。

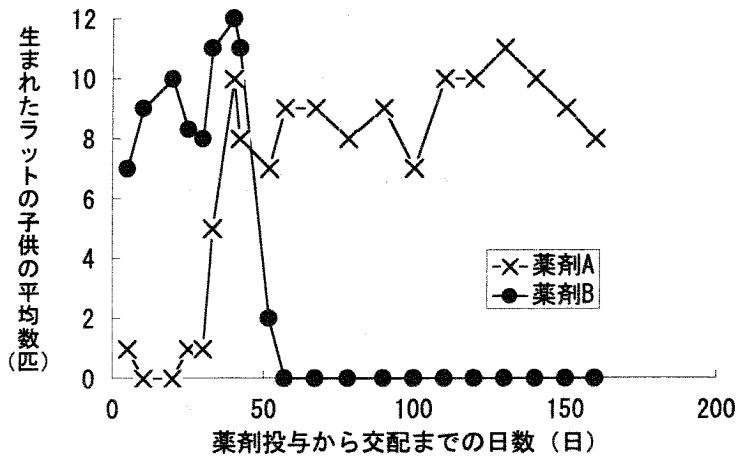


図 1

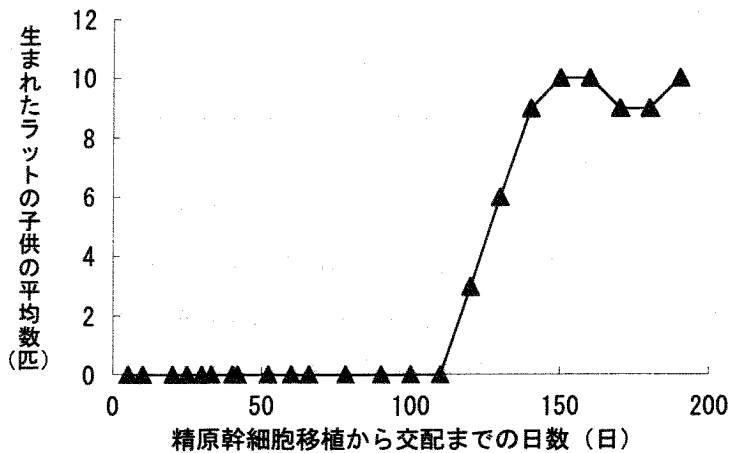


図 2

(B) アフリカツメガエルの未受精卵は、動物極側と植物極側とでは構成成分に明確な差があるが、動物極と植物極とを結ぶ軸を中心とする回転対称体であり、将来の背腹の方向性は決まっていない。精子が卵に進入することによりこの対称性が崩され、将来の背腹を決める極性が生じることになる。

正常発生を詳細に調べてみると(図3のA)、受精後10~15分頃に、卵細胞膜と受精膜の間に間隙が生じ、卵は受精膜の中で比重の大きな植物極側が下になるように回転する。同じ頃、卵の内部細胞質に流動性が生じる。そのため、これ以降は卵を傾けると内部細胞質は重力によって卵内で移動するようになる。

その後、第一卵割開始までの間に、卵細胞膜を含む表層細胞質と内部細胞質との間で中心角にして約30度のずれ(表層回転)が起こる。これにより植物半球では表層細胞質は精子進入側とは反対方向に移動する(図3のAの黒い太矢印)。初期原腸胚期になると、植物極付近の表層細胞質が移動した方向に原口が生じ、この側に、背側中軸構造が形成されるため、通常は精子進入点の反対側が胚の背側となる。<sup>①</sup>

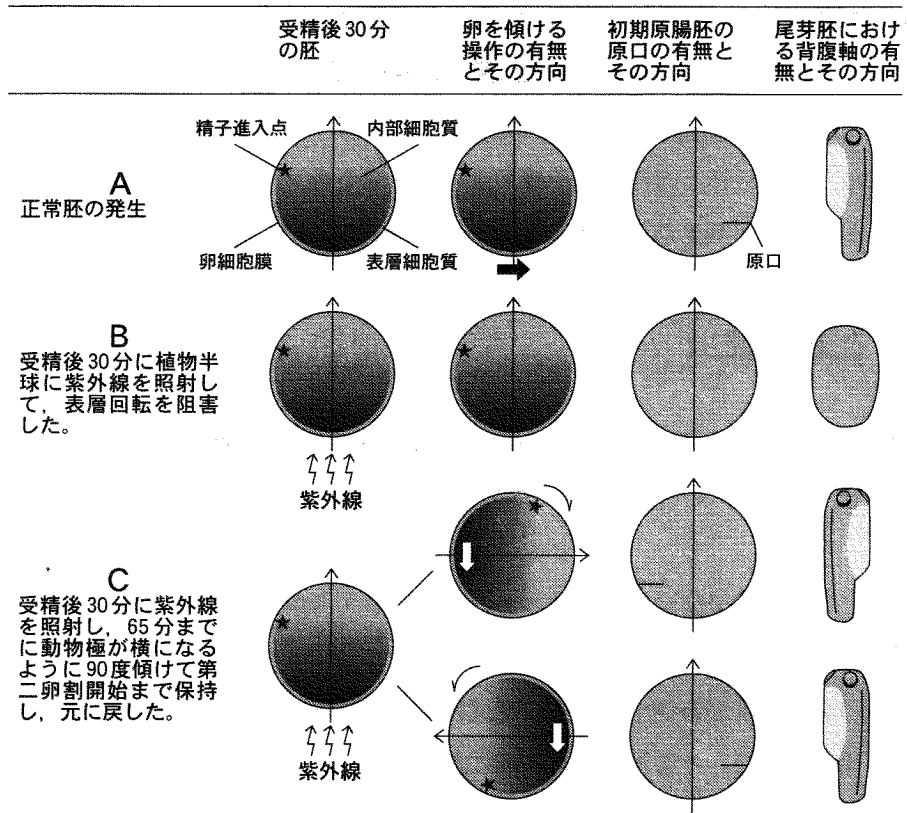
問3 下線部①の背側中軸構造について以下の問いに答えよ。

- a. 最も基本的な背側中軸構造の名称を2つ挙げよ。
- b. 尾芽胚胴部横断面の全体の概略図を描け。さらに、aで挙げた2つの組織の位置を図中に示せ。

アフリカツメガエル卵の発生速度は温度により異なるが、水温20℃では、受精から第一卵割開始までの時間は100分である。この温度条件下で以下の実験1と実験2を行った。

**実験1**：受精後30分に卵の植物半球へ紫外線を照射して表層回転を阻害すると、胚は背側中軸構造を作ることができなくなり、腹側の特徴をもった丸い細胞塊になった(図3のB)。ところが紫外線照射で表層回転を阻害した胚を受精後65分までに動物極が横になるように90度傾け、第二卵割開始時まで保持して元に戻すと、胚は背側中軸構造をもった正常な形態の胚に発生することができ

るようになった。この実験では、精子進入点の位置に関わらず、傾けた時に上  
 になっていた側が常に背側になった(図3のC)。



内部細胞質の黒い部分は比重の大きな植物極側細胞質の分布を示す。↑は動物極の方向、→は正常胚における表層細胞質のずれの方向、↓は重力により比重の大きな内部細胞質が移動する方向を示す。

図3

問4 実験1の結果から明らかになった背側中軸構造の形成に必要な条件を記せ。

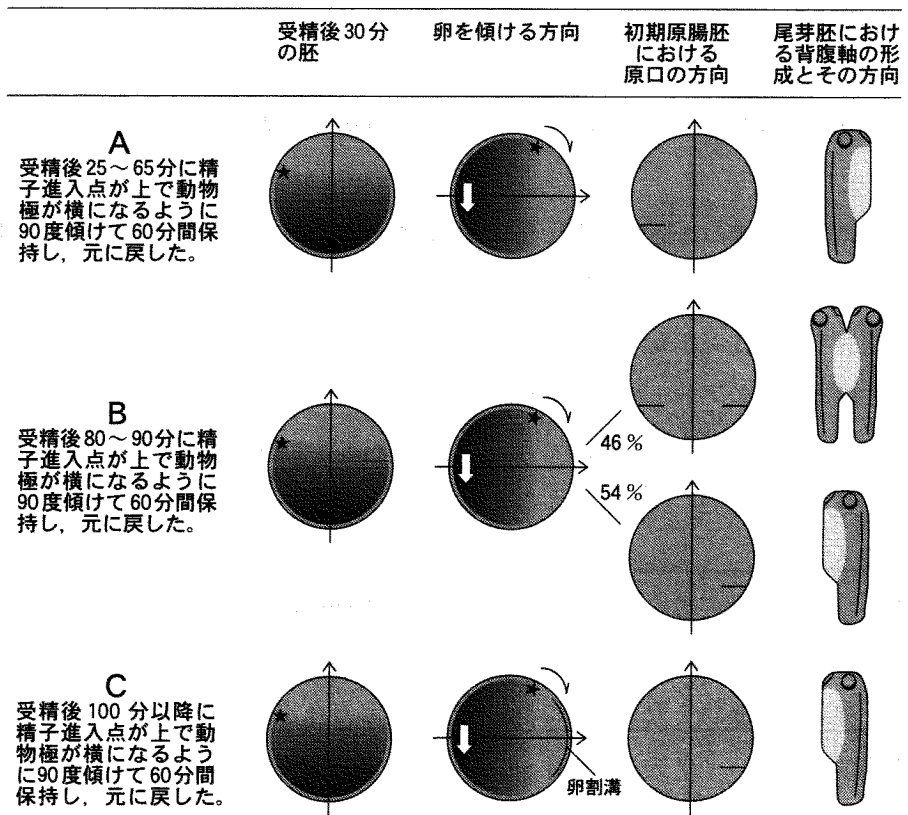
**実験 2**：正常な受精卵を、受精後さまざまな時間に動物極が横で精子進入点が上になるように 90 度傾けて 60 分間保持した後に元に戻した。受精後 25～65 分に傾ける操作を開始した場合には、背側中軸構造が精子進入側にでき、背腹軸の逆転が起こった(図 4 の A)。しかし受精後 65 分以降に傾ける操作を開始すると、背腹軸逆転の効果は時間の経過と共に減少した。第一卵割が開始し卵割溝が形成された受精後 100 分以降には、卵を傾けても背腹の極性への影響がなくなり、正常胚と同様に精子進入点の反対側が背側になった(図 4 の C)。ところが、第一卵割直前の受精後 80～90 分に傾ける操作を開始したものは、約半数の胚で精子進入点の反対側が背側となり、残りの約半数の胚は双軸胚となった(図 4 の B)。

**問 5** 背腹軸の方向の決定に関して、実験 2 の結果から明らかになったことを記せ。

**問 6** 下線部②で胚軸が 2 本生じた理由について考察せよ。

**問 7** 原口および背側中軸構造の形成に関する以下の a～d の記述から適切なものを全て選び、その記号を解答欄に記せ。

- a. 精子進入点は将来の背腹軸性を予測するための目安にはなるが、確実な背腹軸性のマーカーにはならない。
- b. 卵を傾ける実験を行うと、必ず内部細胞質が移動した側とは反対の側に背側中軸構造ができる。
- c. 図 4 の B の実験をより低い水温である 17℃で行うと、精子進入点の反対側が背側になる胚の割合が増える。
- d. 正常発生において将来原口ができる方向は、第一卵割が終了した段階ですでに決まっている。



内部細胞質の黒い部分は比重の大きな植物極側細胞質の分布を示す。↑は動物極の方向、↓は重力により比重の大きな内部細胞質が移動する方向を示す。

図 4

## 生物問題 II

次の文を読み、問1～問5に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

ヒトの体は、細かく機能分化した多種の細胞から成り立っていて、アメーバやゾウリムシのような単細胞生物と構造が大きく異なっているが、以下に述べるように様々な共通点や類似性がある。

例えばある種のアメーバ状の単細胞生物は、えさから出てくる化学物質が細胞表面の受容体に結合すると、受容体が細胞内のGタンパク質などに作用することによってその刺激が細胞内に伝わり、えさの存在を知る。ヒトが化学物質を感知するときの最初のステップにもこれと共通のしくみがある。<sup>①</sup>この単細胞生物では、受容体からの刺激が細胞の運動機構に作用する結果、えさの方向に移動し、えさに接触するとそれを細胞内部に取り込んで消化する。ヒトの体にも、アメーバのように移動することができ、異物や不要物を取り込んで消化する細胞が存在する。<sup>②</sup>このようなアメーバ状の細胞の運動には、アクチン、ミオシンなどのタンパク質が重要な働きをする。ヒトの体では、アクチンとミオシンの相互作用によって大きな力を出すことができる特殊化した細胞が存在する。<sup>③</sup>

一方、ゾウリムシは、体の表面に多数存在する繊毛を規則正しく動かすことによって水流をおこして移動する。二枚貝などの水棲の多細胞動物にも、ゾウリムシの繊毛と同様の構造をした繊毛を持つ細胞があり、摂食や呼吸のために水流を起こすのに役立っている。ヒトの体にも繊毛を動かすことによって機能する細胞が存在する。<sup>④</sup>また、ゾウリムシは様々な外界の刺激を受けると泳ぐ方向を変える。これは刺激によって細胞膜両側の電位差が一時的に大きく変化する結果、繊毛を打つ方向が逆になるためである。ヒトの神経細胞も、信号の伝導に、刺激による一時的な膜電位の大きな変化を利用して<sup>⑤</sup>

問 1 下線部①について、外界の化学物質を受容する特殊化した細胞の例を2つあげよ。

問 2 下線部②について、その細胞の名称を記せ。

問 3 下線部③について、その細胞の名称を解答欄 a に記し、その細胞において大きな力を出すのに役立っている構造上の特徴を解答欄 b の枠の範囲内で述べよ。

問 4 下線部④について、そのような繊毛を持つ細胞が存在する生体内の部位の例を1つ解答欄 a に記し、その部位における繊毛の役割を解答欄 b の枠の範囲内で述べよ。

問 5 下線部⑤について、刺激により膜電位が一時的に大きく変化してもとの状態に戻る過程を、下記の語句をすべて用いて、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

静止電位    <sup>いきち</sup> 閾値    ナトリウムイオン    カリウムイオン

## 生物問題 III

次の文を読み、問1～問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

ある疾患Xはメンデルの法則に従う常染色体劣性遺伝疾患であり、酵素Aのタンパク質を作り出す遺伝子Gに生じた1塩基置換により引き起こされる。今、正常な酵素活性を持つタンパク質を作り出す遺伝子を野生型遺伝子、酵素活性のないタンパク質を作り出す遺伝子を変異型遺伝子と呼ぶこととする。図1はこの疾患Xを発症している家系(家系1)を表した家系図である。丸は女性、四角は男性を示し、黒は発症者、白は非発症者を表している。遺伝子型には、野生型ホモ接合体、変異型ホモ接合体、野生型と変異型のヘテロ接合体の3種類があり、各個人の発症・非発症は、個人が持つこの遺伝子型によって決まる。

この家系1の個人の遺伝子型を実験によって確認することとなった。その実験では、まず、DNA配列増幅という手法で、疾患Xの原因1塩基置換の箇所を含む602塩基対の塩基配列を持つDNAを増幅した。次に、このDNAを制限酵素Rで処理すると、このDNAに含まれる制限酵素Rの認識部位の数や位置に応じて異なる長さのDNA断片が生じた。最後に、ゲル電気泳動によりこれらのDNA断片をその長さにより分離すると、生成したDNA断片の数や長さを知ることができた。

その実験結果の一例を図2に示す。世代II個人6では、4つのバンドが見られたが、これは、増幅したDNAを制限酵素によって切断した結果、4つの異なる長さのDNA断片が生じたことを表している。4つのバンドは上から、それぞれ382塩基対、252塩基対、220塩基対、130塩基対の長さに相当する。

この家系1の発症者の酵素Aのタンパク質の構造について様々な方法で調べたところ、非発症者の酵素Aのタンパク質は、158個のアミノ酸からなるのに対し、変異タンパク質は110個のアミノ酸からなっていた。また、そのアミノ末端の36個のアミノ酸配列とカルボキシル末端の74個のアミノ酸配列については、非発症者と発症者の間で違いはなかった。

一方、家系1とは独立したある家系(家系2)においても疾患Xの発症が見られた。家系2では、遺伝子Gに生じた家系1とは異なる位置の1塩基置換がこの疾患

の原因となっている。家系 2 の発症者では、酵素 A のタンパク質の発現量が非発症者の約 10 分の 1 に低下していたが、この酵素 1 分子当たりの活性は非発症者の酵素 A と同程度であった。酵素 A の伝令 RNA について調べたところ、家系 2 の発症者では非発症者と同じ長さの酵素 A の伝令 RNA が検出されたが、その発現量は非発症者の約 10 分の 1 であった。

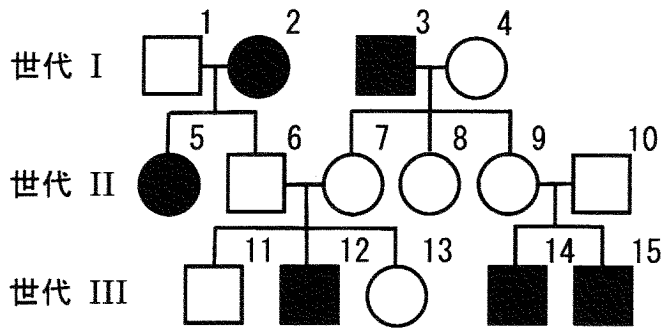


図 1

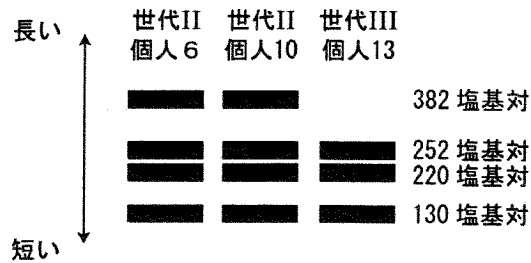


図 2

問 1 図 1 の世代Ⅲの個人 11 の遺伝子型を以下の(あ)～(え)から選び、その記号を解答欄 a に、その理由を解答欄 b に記せ。

- (あ) 野生型のホモ接合体である。
- (い) 変異型のホモ接合体である。
- (う) 野生型・変異型のヘテロ接合体である。
- (え) 遺伝子型を特定できない。

問 2 非発症者である世代Ⅱの個人 6 と世代Ⅱの個人 10 と世代Ⅲの個人 13 について、図 2 のようなゲル電気泳動像が得られた。この制限酵素は、野生型の DNA 配列と変異型の DNA 配列に何箇所の切断箇所を持つか。野生型の場合の数を解答欄 a に、変異型の場合の数を解答欄 b に記せ。

問 3 世代Ⅲの個人 12 について問 2 と同じ実験をしたときに得られる泳動像が、図 3 の A～J のうちのいずれかであったという。これまでに与えられた情報に基づき、可能性のある泳動像を選びその記号を解答欄に記せ。なお、実験は成功したものとする。

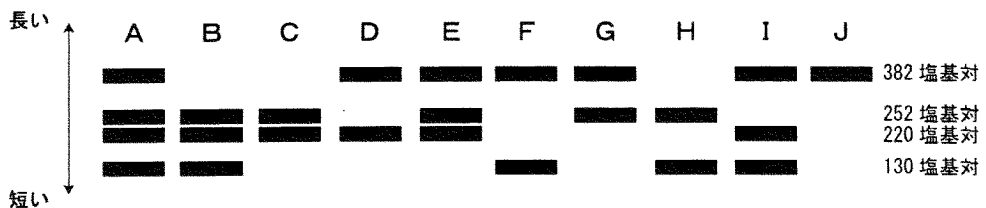


図 3

問 4 家系 1 の変異型遺伝子から作られる伝令 RNA のうち、タンパク質のアミノ酸配列を指定する領域の長さは、家系 1 の変異型遺伝子から作られる場合と、野生型遺伝子から作られる場合とでは、何塩基異なるか。解答欄に記せ。

問 5 家系 1 で見つかった遺伝子 G の変異は、1 塩基置換であるが、アミノ酸数の少ない酵素 A のタンパク質が作られている。その原因として考えられる理由を解答欄に記せ。

問 6 家系 2 で見つかった遺伝子 G の 1 塩基置換について、以下の(あ)~(う)の中から適切なものを 1 つ選び、その記号を解答欄に記入せよ。

(あ) 変異は転写調節領域内にあり、この 1 塩基置換によって遺伝子 G の発現に重要な転写調節因子が結合できなくなった。

(い) 変異は酵素 A のアミノ酸配列を指定する領域にあり、この 1 塩基置換によって酵素 A の構造が大きく変化して酵素活性が低下した。

(う) 変異は酵素 A のアミノ酸を指定する領域にあるが、この 1 塩基置換は酵素 A のアミノ酸配列には変化を与えなかった。

## 生物問題 IV

次の文(A)、(B)を読み、問1～問5に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) K大学の研究者達は、常緑広葉樹林に鉄塔を建て、この森林内の生物相と環境の垂直構造を調査している。初夏のある日、学生がこの鉄塔を利用して、林冠から地上に向かって降りながら、一定の高さごとに光の強さと生物の分布を記録した。林冠部分では高木の1種の開花が見られ、そこに蜜や花粉を求めてミツバチや甲虫の仲間が集まっていた。下に降りて行くと、低木層を経て草本層に達した。地表には落葉や枯れ枝がたまった落葉分解層が形成されており、落葉分解層を掘ったところ、白い菌糸が見られた。落葉分解層の下の腐植土層には、ミミズや植物の細かい根が観察された。

問1 この調査により、各階層において表1の植物が記録された。(あ～お)の特徴を持つ植物を、この表の下線を引いた植物からすべて選び出し、下線部の記号A～Gで記せ。ただし、該当する植物がない場合は×を記せ。

- (あ) 維管束を持たない。
- (い) 風媒花である。
- (う) 気孔から窒素をとりこみ、それを使って葉の細胞中でアミノ酸を合成することができる。
- (え) 生活環の大半で、孢子体と配偶体が独立に生育している。
- (お) 根に根粒を持ち、その中に共生する根粒菌が窒素固定を行っている。

問2 表1を見て、この森で高木層の下にはアカマツが出現していない理由を、解答欄の枠の範囲内で述べよ。

表1 植物群落の調査結果

|      |   |
|------|---|
| 高木層  | シイ(4), アラカシ(1), <u>アカマツ</u> (1)   |
| 亜高木層 | シイ(1), アラカシ(1), モチノキ(1), ヤブニッケイ(+), <u>ヤブツバキ</u> (+)                                |
| 低木層  | ヒサカキ(1), アラカシ(1), シイ(+), モチノキ(+), <u>ネザサ</u> (+), アオキ(+)                            |
| 草本層  | <u>ベニシダ</u> (1), <u>ヤブマメ</u> (1), ヤブミヨウガ(+), <u>ヒカゲノカズラ</u> (+),<br><u>ジャゴケ</u> (+) |

( )内は被度階級

<被度階級> + : 少数, 1 : 10% 以下, 2 : 10~25%, 3 : 25~50%,  
 4 : 50~75%, 5 : 75~100%

問3 林内のそれぞれの高さにおける光の強さを、上空に障害物のない場所で測定した光に対する相対値とし、それら相対値と高さとの関係を図にしたところ、図1のようになった。ある高木の高さaと高さbそれぞれから枝葉を採集し、道管に気泡が入り込まないように枝をバケツの水の中で水切りした上で、実験室にすぐに持ち帰った。それぞれの試料について、一定のCO<sub>2</sub>濃度と一定温度の条件で光合成と光の強さとの関係を調べたところ、aおよびbの高さの枝葉について、それぞれ1および2の曲線となった(図2)。そうなる理由を解答欄の枠の範囲内で述べよ。

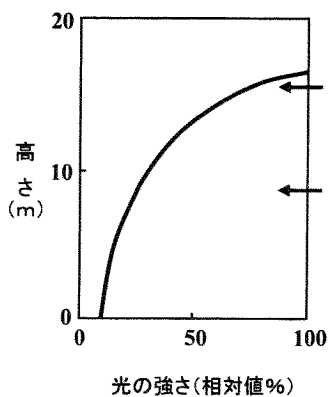


図1

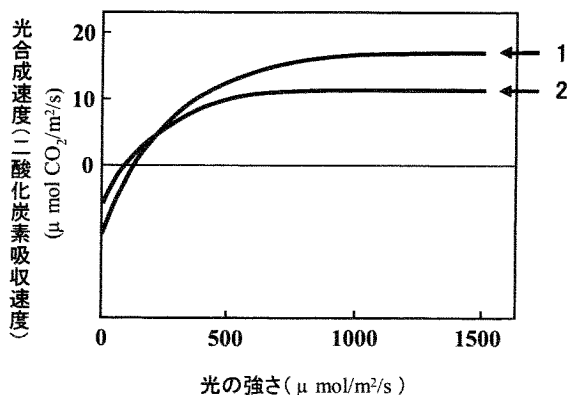


図2

(B) 自然界には様々な生物が互いに関係を持って存在している。ある地域内に生息する同一生物種の個体の集合を **ア** と呼び、ある地域内の様々な生物種の **ア** の集合を **イ** と呼ぶ。 **イ** とそれらを取りまく非生物的環境とを一つのまとまりとしてみたものが **ウ** である。

生物の個体数は、繁殖率と死亡率とによって決定されている。個体数が増加すると制限要因が働いて、繁殖率が低下したり死亡率が増加したりすることによって個体数調節が起こる。

ある落葉広葉樹の二次林に、1947年11月にシジュウカラのための巣箱200個を設置したところ、**図3**のような繁殖つがい数の変動が観察された。それまでは、繁殖つがい数が10を超えることは観察されなかった。調査期間中、林に大きな環境変化は見られず、巣箱を利用する生物はシジュウカラ以外にはなかった。**図4**はこの林におけるシジュウカラの繁殖状況を表したグラフである。図中の破線は、繁殖つがい数と繁殖つがい当たりの巣立ちひな数との関係を直線で近似したものである。

問4 文中の **ア** ~ **ウ** に適切な語を記入せよ。

問5 **図3**と**図4**の結果から、巣箱を設置した前後では、この森全体で巣立つひなの数を制限する要因は異なっていると考えられる。本文の説明も参照して、最も可能性が高いと考えられる制限要因を、巣箱設置前と設置後についてそれぞれ挙げ、そう考えた理由について解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

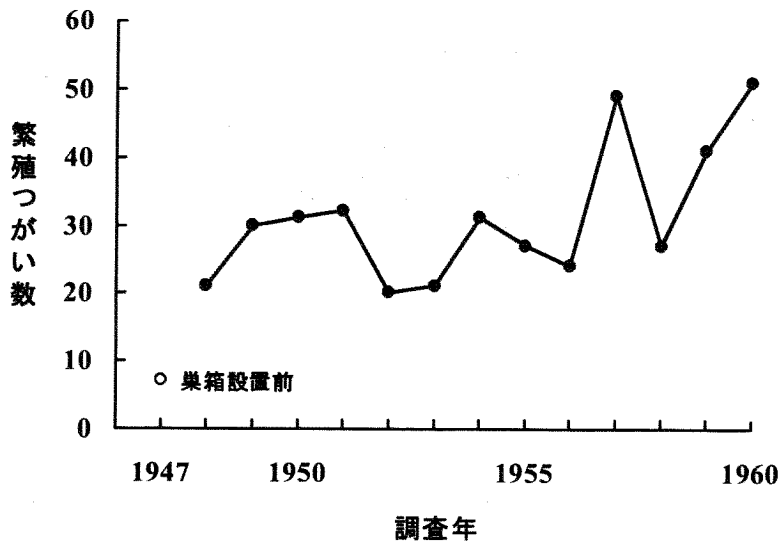


図 3

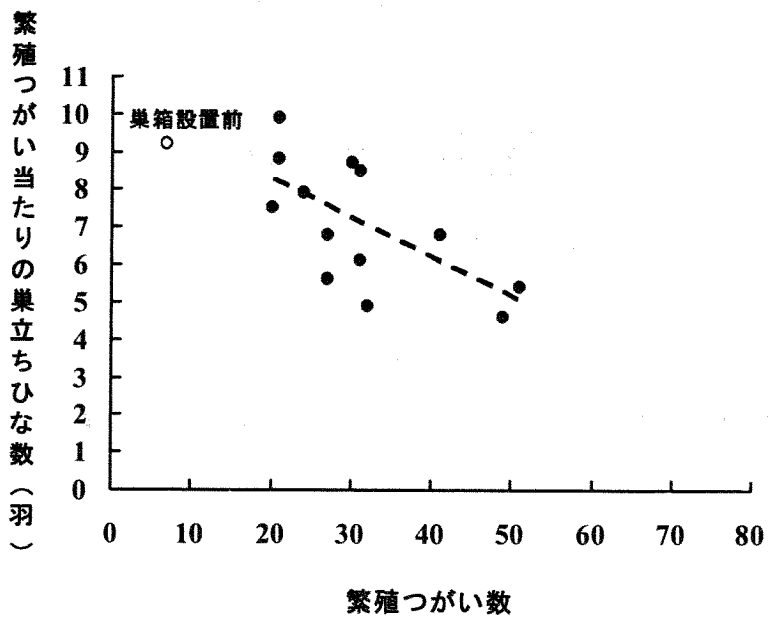


図 4

生物問題は、このページで終わりである。