

平成 27 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理 ・ Ⅱ 化 学  
Ⅲ 生 物 ・ Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (水) (情—自然) 13 : 45—15 : 00

(理・医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、63 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 16 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 4 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。  
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。  
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。  
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

# Ⅲ

# 生 物

---

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの4題ある。4題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり記せ。

## 生物 問題 I

問 1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

動物は、外部からの刺激に対して、生後の経験によらない定型的な行動を示すことがある。この行動は  と呼ばれ、繁殖期のイトヨの雄が、卵でふくられた雌の腹部の形を情報として受け取り、ジグザグダンスとよばれる泳ぎによって雌を誘うといった 、ミドリムシが光の当たる部分に集まるといった  などがある。

太郎君は、メダカの  を確かめるために、次のような実験を行った。まず、メダカを透明な円柱状の水槽に入れた。このとき、各個体はばらばらの方向に泳いでいた。ところが、水槽の中の水が一方向に流れるように水流をつくると、メダカは一齐に流れに逆らって泳ぎ始めた。また、このとき、メダカはその場<sup>①</sup>で止まっているように見えた(図1)。次に、水槽内に水流のない状態で、水槽の外側にしま模様を描いた円筒を置き、この円筒を回転させてメダカの見ている景色を動かすと、メダカは円筒の回転方向に泳ぎ始めた(図2)。<sup>②</sup>

設問(1)：空欄  ~  に入る適切な用語を以下の語群から選択し、a~lの記号で答えよ。

- |         |          |         |
|---------|----------|---------|
| a) 条件反射 | b) 刷込み   | c) 走性   |
| d) 伝達   | e) 生得的行動 | f) 学習   |
| g) 求愛行動 | h) 慣れ    | i) 攻撃行動 |
| j) 受容   | k) 反射    | l) 回避行動 |

設問(2)：下線部①の行動は、魚類や両生類が体表に持つ、側線という機械受容器からの感覚入力に関与している。この実験からメダカの側線がどのような刺激を感知していると考えられるか、10字以内で答えよ。

設問(3)：下線部②の結果から、メダカの ウ について、側線から得られる感覚以外に、どのような感覚が関与していると考えられるか、漢字2字で答えよ。

設問(4)：下線部①および②の結果から、メダカは、水流や周りの景色の変化から得られる感覚を用いて、どのような行動をとっていると考えられるか、20字以内で説明せよ。

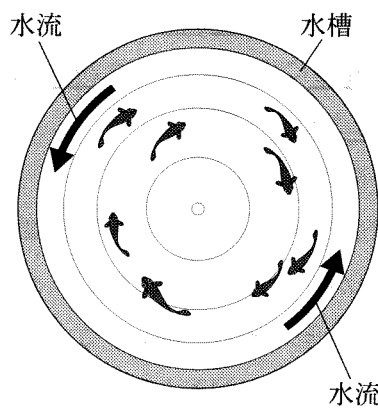


図1 メダカの水流に対する反応

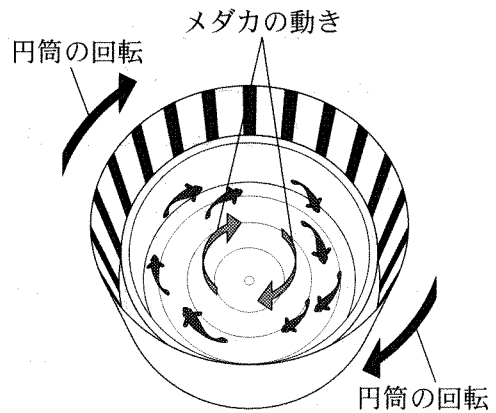


図2 メダカの景色の変化に対する反応

問 2 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

ヒトの聴覚器は外耳・中耳・内耳に分けられる。外耳道を通った音は鼓膜を振動させ、中耳にあるつち骨・きぬた骨・あぶみ骨の3つの  によって  されて、内耳にあるうずまき管に伝えられる。管の中は前庭階・うずまき細管・鼓室階の3つの領域に区切られており、うずまき細管には、 と聴細胞からなる  があり、音を電気信号に変換している。鼓室階の基底膜が振動すると、 に接した感覚毛が曲がって聴細胞が興奮する。基底膜の幅は基部(入り口)で狭く、高音で振動し、頂上(先端部)に近くなるほど広くなり、低音で振動する。この機能により、ヒトは20 Hz から 20,000 Hz までの周波数をもつ音を聞き分けることができる。

内耳には、聴覚に関わるうずまき管の他に平衡感覚に関わる器官がある。頭部の傾きを感知する  は、卵形のうと球形のうから成り、これに直線加速度が加わると、 がずれて感覚毛が曲がり、有毛細胞が興奮する。一方、前・後・外側の3つの  はからだの回転加速度を感知する。3つの  は、それぞれが互いに  になるように配置されており、からだの回転により  の膨大部にあるゼラチン質のクプラがリンパ液の流動によって動き、感覚毛が曲がり、有毛細胞が興奮する。

設問(5)：空欄  ~  に入る適切な用語を以下の語群から選択し、a～vの記号で答えよ。

- |          |         |         |        |
|----------|---------|---------|--------|
| a) 直 角   | b) 毛様体  | c) 小胞体  | d) 増 幅 |
| e) 半規管   | f) 平 行  | g) 前 庭  | h) 聴神経 |
| i) 耳 管   | j) 圧 縮  | k) おおい膜 | l) 鋤 骨 |
| m) コルチ器官 | n) 導 管  | o) 半透膜  | p) 平衡石 |
| q) 運動神経  | r) チン小帯 | s) 耳小骨  | t) 耳 殻 |
| u) 鼓 室   | v) 距 骨  |         |        |

設問(6)：下線部③について、ヒトが自然界で聞く音の多くは、異なる周波数と振幅をもつ複数の音が重なり合ったものである。いま、2,000 Hz, 7,000 Hz, 15,000 Hz の異なる周波数と振幅をもつ3つの音が重なり合った音が鼓膜からうずまき管に到達したとする(図3)。このとき、うずまき管の中で基底膜のどの部分がどのように反応すると考えられるか、解答欄の枠内で説明せよ。

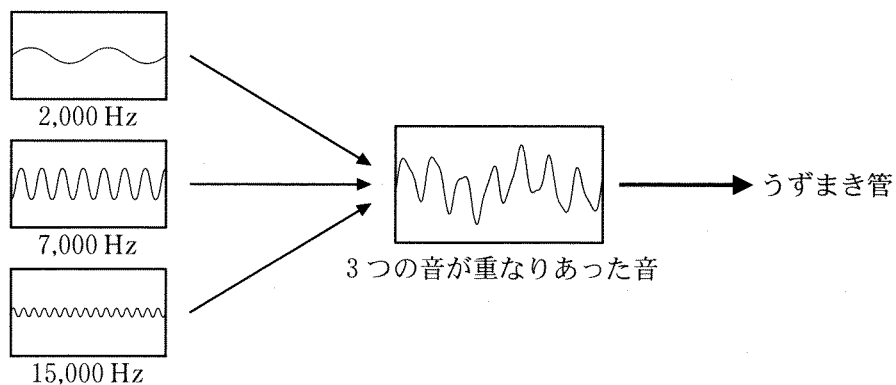


図3 周波数と振幅が異なる3つの音が重なりあった音刺激

問 3 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

ヒトの  の機能である、回転刺激の受容とそれに対する眼球運動との関係を調べるために、以下のような実験を行った。

被験者を回転椅子上に図4のような姿勢で座らせ、被験者の眼前に無線のカメラを設置し、被験者の眼球の動きをモニタで確認できるようにした。

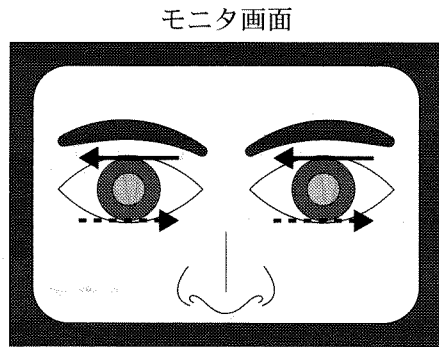
まず初めに、被験者に首を動かさずに目を開けているように命じ、回転椅子を被験者の右方向(上から見て時計回り)に1回転させて停止した。回転中に被験者の眼球は、被験者の右から左へゆっくりと移動し、左から右へ急速に移動する動きを数回繰り返したが(図5)、停止時には眼球の動きも止まっていた。この眼球の動きは、水平方向の回転加速度を感知する外側  が右方向に回転をはじめるとき、内部のリンパ液はその場にとどまろうとするため、膨大部の感覚毛が回転方向とは逆の方向に曲がったために生じたと考えられた(図6)。

次に、同じく回転椅子を右方向へ10回転させた後に停止したところ、以下のような眼球の動きが観察された。

回転中、眼球は終始被験者の右から左へゆっくりと移動し、左から右へ急速に移動する動きを繰り返していた。回転停止後には、被験者の眼球は、被験者の  
 から  へゆっくりと移動し、<sup>④</sup> から  へ急速に移動することを繰り返した。その後、徐々に移動の速度と振幅が小さくなり、眼球は静止した。



図4 回転刺激と眼球運動との関係を調べる実験



眼球の動き [ ← 急な動き  
 -----> ゆっくりした動き ]

図5 右回転時の眼球運動

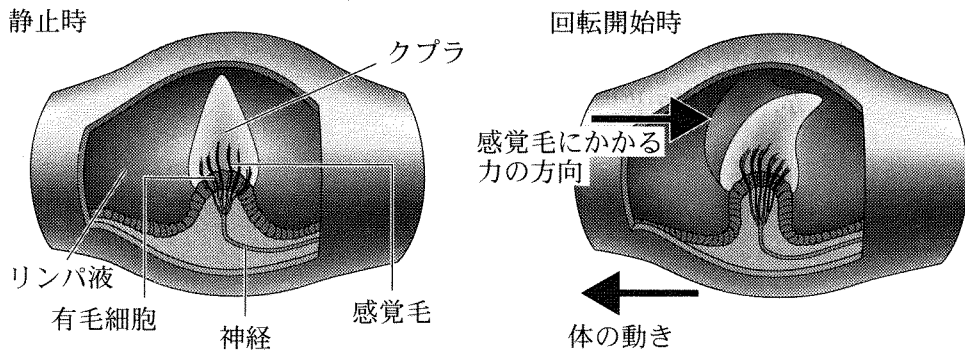
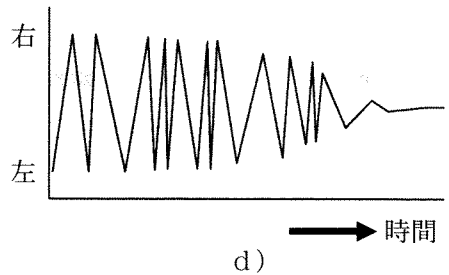
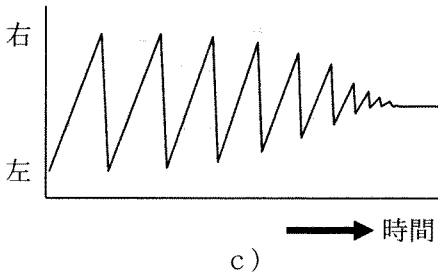
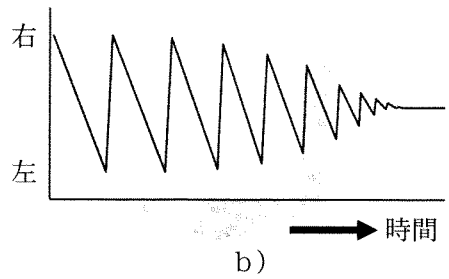
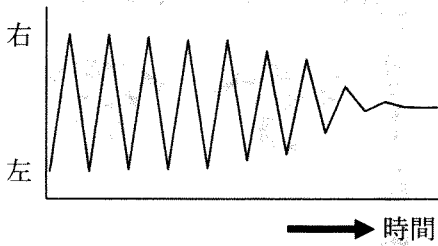


図6 回転開始時の (コ) の膨大部における感覚毛の動き



設問(7)：下線部④の空欄  ～  には「右」または「左」の語が入り、眼球の動きの方向を示している。このときの眼球の動きを表すグラフとして最も適したものを1つ選び、a～dの記号で答えよ。



設問(8)：下線部④について、このような眼球の動きがどのようにして生じるのか、解答欄の枠内で説明せよ。

草 稿 用 紙  
(切りはなしてはならない)

## 生物 問題Ⅱ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

トレニアなど多くの被子植物では、花がつぼみのとき、おしべの葯の中の花粉母細胞が、減数分裂により  となる。その後、 から、不等分裂により花粉管細胞と  を生じ、成熟花粉となる。めしべの子房の中の胚珠では、胚のう母細胞から、減数分裂により胚のう細胞を生じる。胚のう細胞は、3回の核分裂を行って、8個の核を持つ胚のうになる。その後、この8個のうちの6個の核のまわりが細胞膜で仕切られて、珠孔側で1個の卵細胞、2個の 、珠孔の反対側で3個の反足細胞に分化する。また、残りの2個の核は、胚のうの中央に集まり、極核と呼ばれる中央細胞の核となる。

成熟花粉がめしべの柱頭に付着して、受粉が成立すると、花粉管内で  が分裂し、2個の精細胞を生じる。花粉管は胚珠に向かって伸び、その先端が胚のうに達すると、精細胞の1個が卵細胞と合体し、受精卵ができる。このとき、もう1個の精細胞は、2個の極核を持つ中央細胞と合体して、胚乳細胞を生じる。このような現象は  と呼ばれる。このように、多くの被子植物の花の中では受精が起こり、受精卵から胚がつくられ、種子ができる。

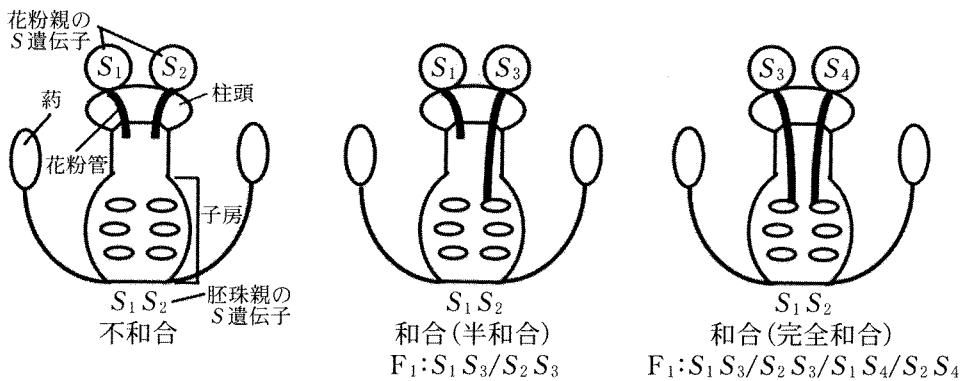
設問(1)：空欄  ~  にあてはまる適切な用語を記入せよ。

設問(2)：上記のような条件で、400個の種子をつくるのに最低限必要な花粉母細胞と胚のう母細胞は、それぞれ、理論上何個か答えよ。

設問(3)：Aa(胚珠親)×aa(花粉親)、ならびにaa(胚珠親)×Aa(花粉親)の交雑で生じた種子の胚と胚乳の遺伝子型の組み合わせをすべてあげ、それら遺伝子型をもつ種子の、期待される比率(%)を示せ。ただし、A、aは対立遺伝子であるとする。

文2

1つの花の中に、おしべもめしべもある両性花のナス科やバラ科植物には、自個体花粉をめしべに受粉させても受精に至らないという自家不和合性を示すものがある。この現象は、S遺伝子座に属するS複対立遺伝子群( $S_1, S_2, S_3, S_4 \dots$ )によって制御されており、花粉がめしべと共通の対立遺伝子を持つとき不和合性が観察される。例えば、 $S_1S_2$ の遺伝子型を持つ2倍体の植物は、自家不和合性ならびに同じS遺伝子型を持つ植物と交雑不和合性を示すが、 $S_1S_3$ や $S_3S_4$ の遺伝子型を持つ植物由来の花粉を受粉した場合は受精して種子をつける。すなわち、 $S_1S_2$ (胚珠親) ×  $S_1S_2$ (花粉親)では、花粉親の $S_1, S_2$ ともに受精に寄与しないため不和合性を示すが(自家・交雑不和合性、下図左)、 $S_1S_2$ (胚珠親) ×  $S_1S_3$ (花粉親)では、花粉親の $S_3$ のみが受精に寄与するため和合(半和合)性を示し、 $F_1$ のS遺伝子型は、 $S_1S_3$ もしくは $S_2S_3$ となる(下図中央)。また、 $S_1S_2$ (胚珠親) ×  $S_3S_4$ (花粉親)では、花粉親の $S_3, S_4$ ともに受精に寄与するため、和合(完全和合)性を示し、 $F_1$ のS遺伝子型は、 $S_1S_3, S_2S_3, S_1S_4, S_2S_4$ のいずれかとなる(下図右)。ただし、めしべが未熟なつぼみの段階で受粉すると、不和合性は観察されず、例えば、 $S_1S_2$ のつぼみ(自家)受粉により、 $S_1S_1, S_1S_2, S_2S_2$ の $F_1$ 個体が生じる。一方、4倍体の植物(相同染色体を2本もつ生物を2倍体というのに対し、4本もつものを4倍体という)には、花粉とめしべのS遺伝子に共通するものがあるにもかかわらず自家和合性を示すものがある。



## 実験 1

S 遺伝子型が  $S_1S_2$  の植物個体 A を、つぼみの段階で自家受粉した。得られた  $F_1$  個体群の S 遺伝子型を解析したところ、予想分離比と大きくずれており、その原因は、 $S_2$  花粉管伸長がほとんど見られなかつたことによることが判明した。また、S 遺伝子型が  $S_1S_2$  の植物個体 B は、S 遺伝子上に変異が生じ、自家和合となっていた。

植物個体 B を胚珠親に用い、植物個体 A と交配したところ、 $F_1$  個体に  $S_1S_1$  と  $S_1S_2$  の個体が出現した ( $S_1$  や  $S_2$  に変異が生じた場合でも、 $F_1$  で S 遺伝子型を確認できたものとする)。

設問(4)：下線部①について、 $F_1$  個体の S 遺伝子型のメンデル遺伝から見た予想分離比を示せ。

設問(5)：下線部②について、 $F_1$  個体に  $S_1S_1$  と  $S_1S_2$  の個体が出現した理由について、以下の a ~ e のうち正しいと思われるものを 1 つ選び、記号で答えよ。

- a) 植物個体 B の  $S_1$  が変異しており、 $S_2$  は変異していない。
- b) 植物個体 B の  $S_1$  が変異しており、 $S_2$  は変異しているかどうかわからない。
- c) 植物個体 B の  $S_2$  が変異しており、 $S_1$  は変異していない。
- d) 植物個体 B の  $S_2$  が変異しており、 $S_1$  は変異しているかどうかわからない。
- e) 植物個体 B の  $S_1$ ,  $S_2$  ともに変異している。

## 実験 2

S 遺伝子型が  $S_1S_1S_2S_2$  の 4 倍体植物個体 C は自家和合性を示した。植物個体 C の自家受粉により得られた  $F_1$  個体 120 個体の S 遺伝子型を解析したところ、 $S_1S_1S_1S_2 : S_1S_1S_2S_2 : S_1S_2S_2S_2 = 20 : 80 : 20$  となった。

設問(6)：自家和合性を示した 4 倍体植物個体 C の花粉配偶子 ( $2n$ ) の S 遺伝子型のうち、受精に寄与したおしべの S 遺伝子型を、理由とともに解答欄の枠内で述べよ。ただし、めしべ側ではすべての S 遺伝子型が受精に寄与したものとする。

## 生物 問題Ⅲ

問 1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

西暦 2240 年、探査隊はある惑星上の大気中で、可視光を発光しつつゆっくりと大きくなる物体を発見した。この物体は、人類が初めて発見した地球外生命体であった。この物体は 0.1 mm 程度の小さな単位の集まりで、1 つ 1 つが発光していた。また小さな単位は分裂により増殖していた。この小さな単位を地球の生物にしろ細胞と呼んだ。この発光する細胞を A とする。探査隊はさらに、別の種類の生命体も発見した。この生命体は、A と同様に小さな単位(細胞)から構成され、分裂により増殖していたが、発光はしなかった。この発光しない細胞を B とする。探査隊は乏しい装備を用いて、地球での過去の研究をなぞるように、この 2 種の生命体の研究を始めた。まず、以下の実験を行った。

実験 1 : A を 80 °C で 10 分間熱処理すると、発光も増殖もしなくなった。それを粗くすりつぶした液を  $X_A$  とする。 $X_A$  を無処理の B と混ぜた。そこに電気刺激を加え、培養すると、少数ながら発光する細胞が生じていた。新たに生じた発光する細胞は、A、B と同様に分裂、増殖し、増殖後の細胞も発光していた。 $X_A$  を無処理の B と混ぜ、電気刺激なしで培養すると、発光する細胞は生じなかった。

この実験結果の解釈をするために、以下の 2 つの追加実験を行った。

実験 2 :  $X_A$  に電気刺激を加えた。その後、発光する細胞が生じるか、生じた場合は、発光した細胞が発光を保ったまま増殖するか観察した。

実験 3 :  $X_A$  を混ぜず、無処理の B だけに電気刺激を加えた。その後、発光する細胞が生じるか、生じた場合は、発光した細胞が発光を保ったまま増殖するか観察した。

設問(1)：実験 2，3 の結果の組み合わせから，実験 1 で何が起こっていたかを解釈することができる。結果が以下の組み合わせだった場合，なぜ実験 1 で発光する細胞が生じたと考えられるか。以下のキーワード群 C からキーワードを 1 つ以上用いて，解答欄の枠内で説明せよ。

実験 2 の結果：発光する細胞が生じ，発光を保ったまま増殖した。

生じた発光する細胞の数は実験 1 と差がなかった。

実験 3 の結果：発光する細胞が生じなかった。

キーワード群 C：何らかの物質，電気刺激，死滅，生存，休眠

設問(2)：実験 2，3 の結果が以下の組み合わせだった場合，なぜ実験 1 で発光する細胞が生じたと考えられるか。設問(1)のキーワード群 C から，キーワードを 1 つ以上用いて解答欄の枠内で説明せよ。

実験 2 の結果：発光する細胞が生じなかった。

実験 3 の結果：発光する細胞が生じ，発光を保ったまま増殖した。生じた発光する細胞の数は実験 1 と差がなかった。

設問(3)：実験 2，3 の結果が以下の組み合わせだった場合，なぜ実験 1 で発光する細胞が生じたと考えられるか。設問(1)のキーワード群 C から，キーワードを 1 つ以上用いて解答欄の枠内で説明せよ。

実験 2 の結果：発光する細胞が生じなかった。

実験 3 の結果：発光する細胞が生じなかった。



問 2 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

問 1 の実験 1, 2, 3 が突破口となり、地球外生命体の遺伝物質の特定に成功した。この遺伝物質は 3 種類の分子  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  が直鎖状に重合したポリマーであった。ポリマー中の、 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  の各分子に対応する部分を遺伝基と命名した。この遺伝物質の情報を基に、a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y の 25 種類の分子が直鎖状につながったポリマーが作られ、このポリマーが地球上のタンパク質のように様々な役割を果たしていた。ポリマー中における a~y の各分子に対応する部分を残基と呼ぶことにした。また、前者のポリマーを遺伝ポリマー、後者のポリマーをタンパク質様ポリマーと呼ぶことにした。この両者がどのように対応しているのかを知るために、人工的に合成した遺伝ポリマーからどのようなタンパク質様ポリマーがつくられるかを、細胞から精製した一群の分子を用いて実験した。まず、 $\alpha$  と  $\beta$  の組み合わせだけで実験を行った。実験の結果が表 1 である。表の左が遺伝ポリマー、右がつくられたタンパク質様ポリマーである。この実験系においては、遺伝ポリマーからタンパク質様ポリマーの合成が始まる遺伝ポリマー上の位置は、ランダムに決まることが実験の結果からわかった。

表 1 において、 $(A)_n$  とは、A の繰り返し構造を表すものとする。たとえば、 $(\alpha\beta)_n$  は、 $\cdots\alpha\beta\alpha\beta\alpha\beta\alpha\beta\cdots$  のように、ポリマーが  $\alpha\beta$  の繰り返し構造であることを示している。

表1 遺伝ポリマーとタンパク質様ポリマーの対応

遺伝ポリマー	タンパク質様ポリマー
$(\alpha)_n$	$(a)_n$
$(\beta)_n$	$(b)_n$
$(\alpha\beta)_n$	$(g)_n$ $(l)_n$
$(\alpha\alpha\beta)_n$	$(dfk)_n$
$(\alpha\alpha\alpha\beta)_n$	$(c)_n$ $(d)_n$ $(f)_n$ $(j)_n$
$(\alpha\alpha\beta\beta)_n$	$(e)_n$ $(h)_n$ $(n)_n$ $(k)_n$
$(\alpha\alpha\alpha\alpha\beta)_n$	$(ajfdc)_n$
$(\alpha\alpha\alpha\beta\beta)_n$	$(cjnhe)_n$

設問(4)：文中の地球外生命体においては、遺伝基いくつで1つのタンパク質様ポリマー残基を指定しているか。ただし、遺伝ポリマーと合成されたタンパク質様ポリマーの長さの解析から、1残基を指定する遺伝基の数は最大でも7であることがわかっている。

設問(5)：遺伝ポリマー $(\alpha\alpha\alpha\alpha\alpha\beta)_n$ から合成されるタンパク質様ポリマーを全て示せ。ただし、表記は表1に準ずるものとする。

## 生物 問題Ⅳ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

二酸化炭素やメタンなどの  ガスの濃度上昇が原因となっている地球温暖化が、高山帯に生育する植物に与える影響を調べるため、2つの野外調査を行った。高山帯までの登山道では標高の違いによって群系(バイオーム)の変化を観察することができ、低地帯の人工林から、<sup>①</sup>ブナやミズナラが優占する  林になり、次第に亜高山帯の  林へ移行した。まず、温暖化によってハイマツの分布範囲に変化があるかどうかを調べるため、標高ごとにハイマツの樹齢を調べた(図1)。また、温暖化によって、昆虫との関係を通して植物の果実生産に変化があるかどうかを調べるため、草本4種(A~D)の果実形成率(花の数に対する成熟果実の数の割合)と開花期間、および昆虫の活動期間を2年間調べた(図2と図3)。

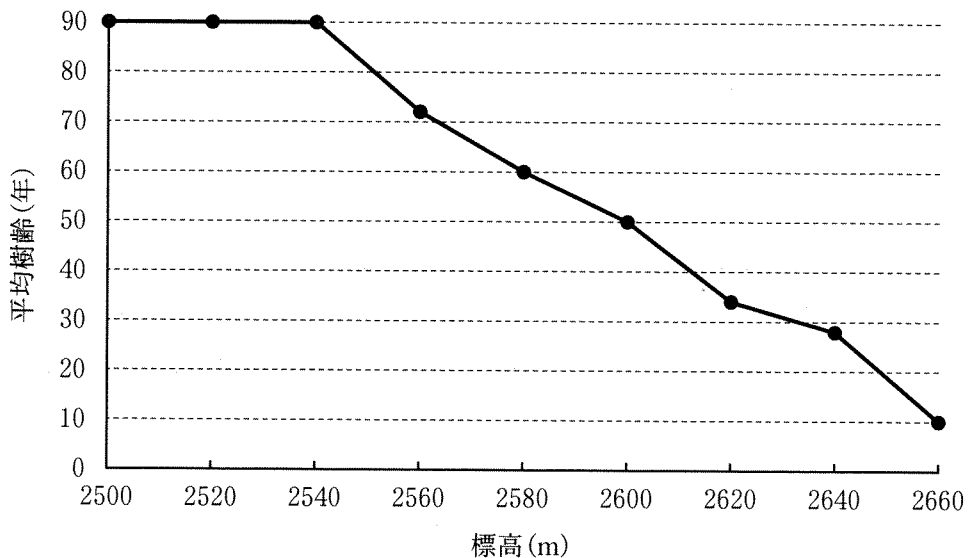


図1 標高とハイマツの平均樹齢の関係

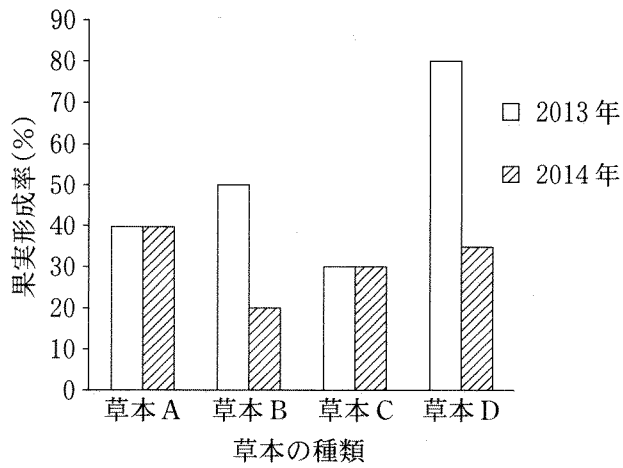


図2 2年間の草本4種(A~D)の果実形成率

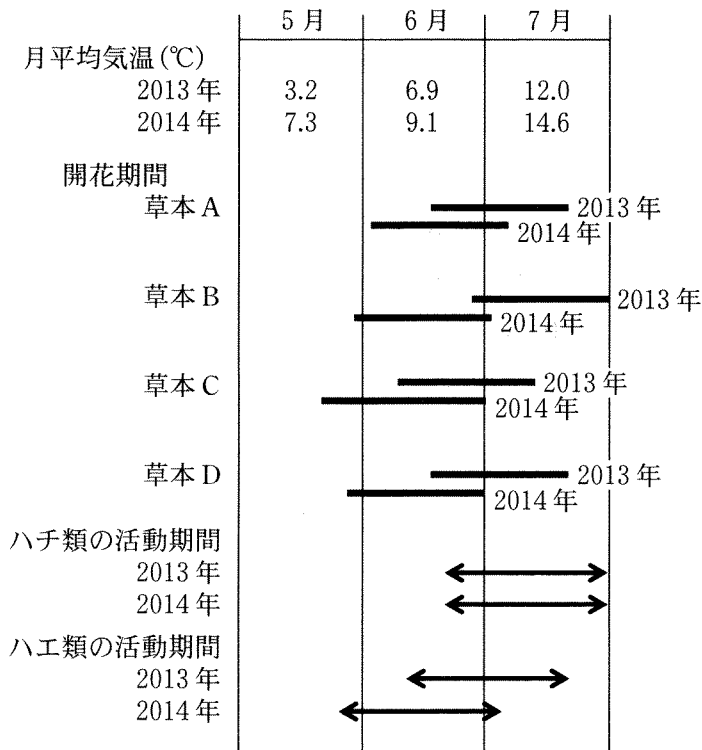


図3 野外調査を行った高山帯における2年間の5月～7月の月平均気温，草本4種(A~D)の開花期間，および昆虫の活動期間

設問(1)：空欄  から  にあてはまる適切な用語を記入せよ。

設問(2)：下線部①のような変化を何と呼ぶか答えよ。

設問(3)：図1の結果から、ハイマツの分布範囲は平均するとどれくらいの速度で上昇していると考えられるか、式とともに示せ。

設問(4)：現在ハイマツが生育していない2680 mより高い標高の部分には、草本Eが分布していた。草本Eはハイマツの下では生育できないことが分かっている。この山の標高を2752 mとすると、ハイマツの分布範囲の上昇が草本Eに与える影響を、その理由とともに解答欄の枠内に記せ。なお、ハイマツの分布範囲の上昇速度は現在と同じとし、ハイマツは地形の局所的な違いによらず山全体を覆うように生育できるものとする。

設問(5)：図2と図3の結果から推察される、草本BとDの果実形成率が変化し、草本AとCの果実形成率が変化しなかった理由を解答欄の枠内で説明せよ。ただし、草本A～Dの4種では、自個体の花粉でも他個体の花粉でも果実形成率は同じである。

草 稿 用 紙  
(切りはなしてはならない)

# 草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)