


令和5年度 次世代の科学技術を担う人材育成事業

 **福岡県**  
**高校生科学技術コンテスト**  
**ファーストステージ**  
**生物**

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、挙手をして監督者に知らせなさい。ただし、問題内容にかかわる質問は、受け付けません。
- 3 解答用紙には、解答欄以外に次の記入欄があるので、監督者の指示に従って正しく記入しなさい。
  - (1) 受験番号欄…受験票に記入されている受験番号を記入しなさい。
  - (2) 氏名欄…氏名を楷書で記入しなさい。
  - (3) 所属校名欄…受験票に記入されている所属校名を記入しなさい。
- 4 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。

受験番号	
氏名	
所属校名	

 福岡県教育委員会

## 第1問

次の各問いに答えよ。

問1 次の文を読み、下の(1)～(3)の問いに答えよ。

生物は、種によってさまざまな大きさや形、生態をもつが、どの生物も細胞からできているという共通点をもつ。細胞は、核の有無によって原核細胞と真核細胞に分けられ、真核細胞の中には、さらに植物細胞や動物細胞などの分類がある。(a)特定の細胞のみに存在する構造もある一方、すべての細胞に共通して存在する構造もある。

次の図1は、植物細胞と動物細胞の構造を示している。真核細胞が共通してもつ構造であるAやB、細胞膜などは、どちらの細胞でも見られる。一方、Cの構造は主に動物細胞で見られるものであり、Fの構造は植物細胞に特有のものである。

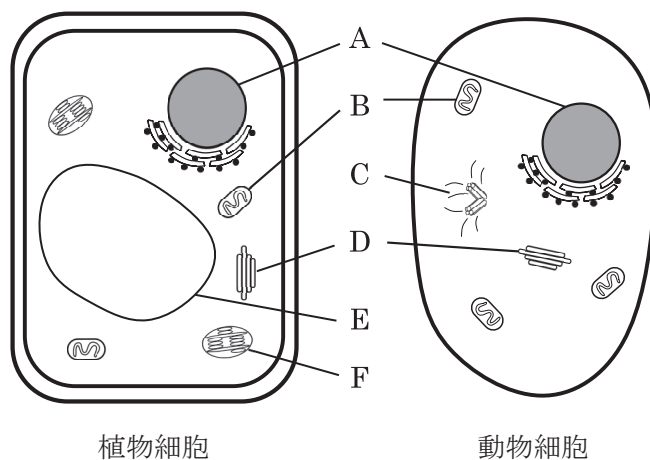


図1

(1) 下線部 (a) に関して、真核細胞と原核細胞の構造を比較した記述として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 真核細胞と原核細胞は、ともにゴルジ体をもつ。
- ② 真核細胞と原核細胞は、ともに細胞膜をもつ。
- ③ 真核細胞と原核細胞は、ともにミトコンドリアをもつ。
- ④ 真核細胞は細胞質基質をもつが、原核細胞は細胞質基質をもたない。
- ⑤ 真核細胞は細胞壁をもつが、原核細胞は細胞壁をもたない。
- ⑥ 真核細胞はDNAをもつが、原核細胞はDNAをもたない。

(2) 図1中の構造A, B, およびFは, いくつかの共通点をもっている。構造A, B, Fの共通点として誤っているものを, 次の①~⑤のうちから一つ選べ。

- ① 内部にタンパク質を含む。
- ② 内部にその構造独自のDNAをもつ。
- ③ 内部でATPが合成される。
- ④ 二重の膜構造をもつ。
- ⑤ 細胞膜と同じ構造の膜(生体膜)をもつ。

(3) 図1中の構造C, D, およびEを説明した記述として最も適切なものを, 次の①~⑥のうちから一つ選べ。

- ① 構造Cはゴルジ体であり, 細胞の形を保持する。
- ② 構造Cは中心体であり, 微小管の形成中心となる。
- ③ 構造Dは液胞であり, 小胞体から送られたタンパク質に糖を付与する。
- ④ 構造Dはゴルジ体であり, 水を貯めることで細胞内の浸透圧を調整する。
- ⑤ 構造Eは液胞であり, 内部でタンパク質などを分解する。
- ⑥ 構造Eは中心体であり, 細胞分裂の際, 染色体の移動にはたらく。

問2 次の文を読み、下の(1)～(3)の問いに答えよ。

ヒトの免疫は、自然免疫と獲得免疫（適応免疫）の2つに大別することができる。自然免疫は生まれながらにして備わっている防御機構であり、病原体の侵入を防ぐことや、侵入した病原体を食作用によって排除することなどが含まれる。自然免疫ではたらく細胞には、食細胞である好中球や **ア** などがある。獲得免疫は侵入した病原体を認識して、その病原体に特異的な応答を行う防御機構であり、自然免疫と比べて応答に時間がかかるが、強力にはたらくことができる。獲得免疫ではたらく細胞には、抗体を産生する **イ** や、他の免疫細胞の活性化に関わる<sup>(a)</sup>ヘルパー T 細胞などがある。

ヘルパー T 細胞と関わりの深い病気として、後天性免疫不全症（AIDS）がある。AIDS は、ヒト免疫不全ウイルス（HIV）が原因で免疫力が低下する疾患である。HIV はヒトに感染するとヘルパー T 細胞の内部に侵入し、増殖したのち侵入したヘルパー T 細胞を破壊する。これによって獲得免疫の機能が低下するため、AIDS を発症したヒトは、健康であれば感染しないような病気に感染する、**ウ** が引き起こされる。

(1) 文中の空欄 **ア** ～ **ウ** に当てはまる語句として最も適切なものを次の語群からそれぞれ一つずつ選べ。

【語群】

NK 細胞, マスト細胞, 形質細胞, 樹状細胞, 自己免疫疾患, 日和見感染, 免疫寛容

(2) 下線部 (a) について、ヘルパー T 細胞に関する記述として適切なものを、次の①～⑤のうちからすべて選べ。

- ① 活性化したヘルパー T 細胞は、他のヘルパー T 細胞を活性化する。
- ② ヘルパー T 細胞とキラー T 細胞は、どちらも記憶細胞として残ることがある。
- ③ ヘルパー T 細胞は胸腺で、キラー T 細胞は骨髄でそれぞれ成熟する。
- ④ ヘルパー T 細胞は細胞性免疫と体液性免疫の両方ではたらく。
- ⑤ ヘルパー T 細胞は樹状細胞の抗原抗体反応によって活性化する。

- (3) T細胞が自己と非自己を区別するためにはたらく、MHC分子というタンパク質がある。次の資料は、MHC分子について説明したものである。

資料

ヒトのゲノムには、6ヶ所のMHC分子の遺伝子座(A, C, B, DR, DQ, DP)が存在し、それぞれの遺伝子座には非常に多くの対立遺伝子が存在する。また、一般に、父親と母親はまったく異なるMHC分子の組合せをもっている。よって、ヒトは両親から合計12種類のMHC分子の遺伝子(以下、MHC遺伝子)を受け継いでいる。

MHC分子の遺伝子座は、いずれも染色体上の近い位置に存在するため、組換えが起こる可能性は低い。次の図2は、染色体上のMHC遺伝子の模式図である。

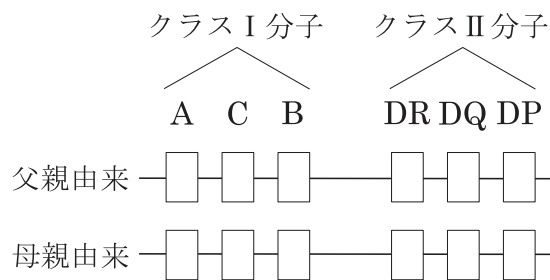


図2

○ MHC 遺伝子の対立遺伝子の種数

A : 約 3000 種      C : 約 3000 種      B : 約 4000 種  
 DR : 約 2000 種      DQ : 約 1000 種      DP : 約 1000 種

自身と異なるMHC分子をもつ細胞は免疫による排除の対象となる。そのため、MHC分子の不一致は臓器移植における拒絶反応の主要な原因となる。兄弟のいないあるヒトが、拒絶反応を起こさずに臓器移植が可能な別のヒトは世界で何人いると考えられるか。小数点未満を四捨五入して整数にした人数として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。なお、現在の世界の人口は80億人とし、各遺伝子座においてMHC遺伝子の対立遺伝子はいずれもヒト集団内に偏りなく存在するものとする。また、MHC遺伝子が一つでも異なる場合、拒絶反応が生じるものとする。

- ① 0人    ② 1人    ③ 2人    ④ 6人    ⑤ 10人    ⑥ 100人

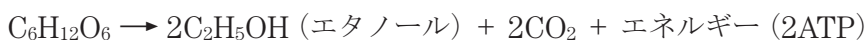
問3 次の文を読み、下の(1)~(3)の問いに答えよ。

生物の体内ではさまざまな反応が起こることで、生存に必要な物質やエネルギーがつけられている。パン生地を膨らませることや日本酒を醸造することに利用される微生物である酵母は、呼吸と発酵という2種類の反応によってエネルギーをつくる。酵母が呼吸を行うか発酵を行うかは、周囲の酸素量に大きく影響される。酸素が十分に存在する環境(以下、好気条件)では、主に酸素を利用して呼吸を行う。一方、酸素が供給されない環境(以下、嫌気条件)では、酸素を必要としないアルコール発酵を行う。呼吸やアルコール発酵で得られたエネルギーはATPの合成に利用される。グルコースをエネルギー源とした場合、呼吸およびアルコール発酵の反応式は以下のとおりとなる。

呼吸



アルコール発酵



(1) 呼吸や発酵で合成されたATPは、生体内で行われるさまざまな反応にエネルギーを供給するはたらきをもつ。ATPに関する記述として最も適切なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。

- ① ATPはcAMPとリン酸に分解されることでエネルギーを供給する。
- ② ATPは熱エネルギーの形でエネルギーを蓄えるはたらきをもつ。
- ③ ATPでは、リン酸どうしの結合が切れることでエネルギーが供給される。
- ④ 光合成はエネルギーを蓄える反応なので、光合成の過程でATPは合成されない。
- ⑤ 有機物を分解してATPを合成する反応は、同化に含まれる。

(2) 酵母にグルコースを与え、低酸素状態で培養したところ、45gのグルコースが消費され、39.6gの二酸化炭素が生成された。このとき、酵母は19.2gの酸素を消費し、呼吸とアルコール発酵をともに行っていた。アルコール発酵によって生じたエタノールは何gか、小数第一位までの値を答えよ。なお、原子量はH=1、C=12、O=16とする。

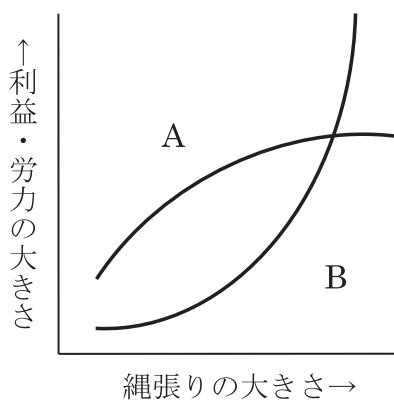
(3) 酵母は、好気条件でもアルコール発酵を行うことができる。しかし、好気条件に置かれた酵母は発酵をあまり行わず、呼吸によってエネルギーを得ることが多い。その理由を、呼吸とアルコール発酵の反応式をもとに考察せよ。なお、解答は解答欄の所定の欄に50字以内で記入すること。なお、エネルギー源としてグルコースを与えたものとする。

問4 次の文を読み、下の(1)~(3)の問いに答えよ。

ある地域に生息する同種の個体の集まりを個体群という。個体群を構成する個体の分布は生物種によって異なる。(a)縄張りをもつ動物の場合、互いに一定の距離を取ろうとするため、分布様式は一様分布となる。一方、群れをつくる動物の場合、同種の個体と同じ箇所に集まるため、分布様式は集中分布となる。風で種子を散布する植物などの場合、個体どうしの位置関係は偶然によって決まるため、分布様式はランダム分布となる。

サバクトビバッタは、群れをつくる場合とつukらない場合のある昆虫である。個体群密度が低い場合、サバクトビバッタは群れをつくらず、主に定住生活を営む。このときのサバクトビバッタは孤独相と呼ばれる。一方、個体群密度が高くなると、群れを形成し、周囲の植物を食べつくしては餌場を求めて長距離を移動するようになる。このときのサバクトビバッタは群生相と呼ばれる。(b)孤独相と群生相のサバクトビバッタは行動だけでなく、見た目も大きく変化する。このように、個体群密度によって生じる形態や行動の変化を相変異という。

(1) 下線部 (a) に関して、次の図3は、縄張りの大きさと、縄張りから得られる利益または縄張りを維持するための労力の関係を示したものである。図中の曲線 A と B が示すものの具体例として最も適切なものを、下の①~④のうちからそれぞれ一つずつ選べ。



- ① 個体が縄張り内で確保した餌の量
- ② 天敵を警戒するための時間の長さ
- ③ 同種のお他個体を追い払う時間の長さ
- ④ 縄張り内に存在する餌の量

(2) (1)の図3について、この図の中で、縄張りの大きさが最適となる値はどこか。最も適切なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① Aの値が最大となる点
- ② Bの値が最大となる点
- ③  $A + B$ の値が最大となる点
- ④  $A - B$ の値が最大となる点
- ⑤  $B - A$ の値が最大となる点
- ⑥ AとBの値が等しくなる点

(3) 下線部(b)に関して、孤独相と群生相のサバクトビバッタの個体の特徴を説明した記述として適切なものを、次の①～④のうちから**すべて**選べ。ただし、サバクトビバッタは短距離移動では飛び跳ねることが多く、長距離移動では飛翔することが多い。

- ① 孤独相では産卵数が少なく、群生相では産卵数が多い。
- ② 孤独相の後脚は筋肉量が多く、群生相の後脚は筋肉量が少ない。
- ③ 孤独相の体色は目立つ黒と黄色であり、群生相の体色は植物に似た緑である。
- ④ 孤独相のはねは体長に対して短く、群生相のはねは体長に対して長い。

## 第2問

動物の発生と遺伝に関する次の文章(A・B)を読み、下の各問いに答えよ。

A 動物の発生の初期、受精卵では卵割と呼ばれる体細胞分裂が起こる。卵割で生じた細胞を割球といい、卵割が進んでいる間、割球は成長せずに細胞分裂を続けるため、次第に小さくなる。また、核の大きさは細胞の大きさに比例するものとする。卵割によって生じた割球は、それぞれが受精卵と同じすべての遺伝子を含んでいる。シュペーマンは、イモリを用いた実験でこのことを示した。イモリは、カエルと同様の発生過程をたどる両生類である。

以下は、シュペーマンが行った実験の概要である。まず、受精直後のイモリの受精卵を用意し(図1)、(a)1回目の卵割が起こる方向と同方向に髪の毛で縛る(図2)。このとき、髪の毛で縛った部分を、16細胞期の核より大きい核が図2のB側からA側へと通り抜けない程度に強く縛る必要がある。この状態では、核を含まないA側は卵割が進まず、核を含むB側のみで卵割が進む。16細胞期まで卵割が進むと、B側からA側へ、髪の毛で縛った部分を通り抜ける核が現れる(図3)。核が移動してきたところで、髪の毛をさらに強く縛り、胚を2つに完全に切り分ける。このようにしてできた2つの胚を140日ほど培養すると、胚はそれぞれ正常に発生し、遺伝的に同一なイモリが2個体生じる。図3のA側の、1個の細胞からなる胚から生じた個体と、図3のB側の、15個の細胞からなる胚から生じた個体がどちらも正常に発生が進むことから、(b)割球の一つ一つには、1匹の個体が発生するために必要な全遺伝子が存在することが示された。

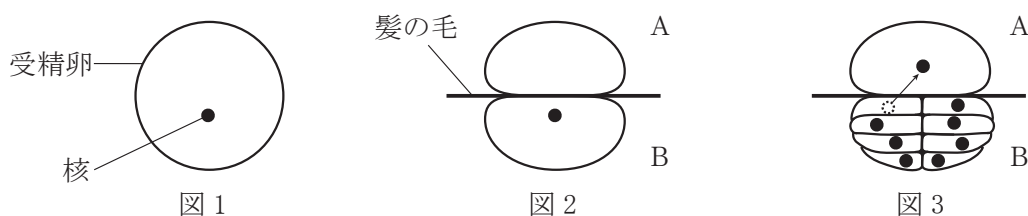


図1～3は実験の概略を概念的に示したものである。

また、シュペーマンは、受精卵を縛る方向を変えた場合、片方の胚は正常に発生するが、もう一方の胚は正常に発生しないことがあることも発見した。その原因を調べると、受精卵を縛った際に、(c)周囲と色の濃さが異なる部位を含んでいる場合のみ、胚は正常に発生することがわかった。この実験から、胚が正常に発生するためには、核に含まれる遺伝子だけでなく、細胞質に存在する物質も必要であることが示された。

問1 下線部 (a) について、イモリの1回目および2回目の卵割はそれぞれ緯割と経割のどちらか。それぞれの組合せとして最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。なお、イモリの卵割はカエルと同様に起こるものとする。

- |   | 1回目 | 2回目 |
|---|-----|-----|
| ① | 緯割  | 緯割  |
| ② | 緯割  | 経割  |
| ③ | 経割  | 緯割  |
| ④ | 経割  | 経割  |

問2 下線部 (b) について、イモリの割球と同様に、ヒトの細胞も個体が発生するために必要な全遺伝子をもっているが、特定の機能をもつ細胞に分化したあとは、別の機能をもつ細胞には変化しない。いったん分化した細胞に、人工的に遺伝子導入を行うことで、再びさまざまな種類の細胞に分化できるようにしたものを何というか。最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① iPS 細胞
- ② ES 細胞
- ③ 幹細胞
- ④ クローン
- ⑤ 形成体

問3 下線部 (c) に関する次の文章を読み、空欄 **ア** ～ **ウ** にあてはまる適切な語句を答えよ。ただし、空欄 **イ** には「同じ」または「反対」のいずれかを、空欄 **ウ** には「腹」または「背」のいずれかをそれぞれ記入すること。

カエルやイモリの卵では、受精が起こると卵の表層全体が回転し、周囲と色の濃さが異なる **ア** という領域が生じる。**ア** が生じるのは、精子が進入した側と **イ** 側である。また、**ア** の付近ではディシェベルドというタンパク質がはたらくことで、**ウ** 側に特徴的な遺伝子の発現が起こる。

**問4** 胚の細胞が分化する過程では、発現しているタンパク質の組合せによって、細胞がどのような組織に分化するかが決定される場合がある。イモリの外胚葉の細胞は、特定のタンパク質と結合することで特定の組織に分化することが知られている。イモリの外胚葉が分化するしくみを確かめるため、以下の実験を行った。なお、BMP、ノギン、コーディンは、外胚葉の分化に関与することが知られているタンパク質である。また、通常の胞胚では、BMPは胚の全域に存在し、ノギンとコーディンは将来背側になる領域のみに存在する。

実験1 イモリの胞胚に対して何の操作も加えないと、将来腹側になる領域の外胚葉は表皮に、将来背側になる領域の外胚葉は神経にそれぞれ分化した。

実験2 BMPを胚の全域から除去すると、外胚葉はすべて神経に分化した。

実験3 ノギンとコーディンを胚の全域に分布させると、外胚葉はすべて神経に分化した。

実験4 BMP、ノギンとコーディン、および外胚葉の細胞について、それぞれの組合せごとに結合するか否かを確かめたところ、表1の結果が得られた。

表1

	ノギンとコーディン	外胚葉の細胞
BMP	○	○
外胚葉の細胞	×	

○はその組合せで結合すること、×は結合しないことを示す。

実験1～4の結果から、正常なイモリの胞胚において、外胚葉の細胞がどのようなしくみで神経に分化するのかを説明せよ。なお、解答は解答欄の所定の欄に、以下の語群の用語をすべて用いて80字以内で記入すること。

**【語群】**

BMP、ノギン、コーディン、外胚葉の細胞

B イエネコ (以下, ネコ) にはさまざまな毛の色の種類があるが, あるネコがどのような毛の色の組合せをもつかは, その個体をもつ遺伝子の組合せによって決定されている。また, 毛の色を決定する遺伝子の一部は性別を決定する染色体上に存在するため, 性別によって発現しやすい毛の色の組合せは異なる。なお, あるネコがもつ毛の色の組合せを, ここではネコの「柄」と呼ぶことにする。

ネコの毛の色を決定する遺伝子のうち, *Orange*, *Dominant white*, および *White spotting* の3種類のはたらきに注目して, ネコの柄の多様性について考える。*Orange* はX染色体上に存在する遺伝子であり, 優性 (顕性) 遺伝子は  $O$ , 劣性 (潜性) 遺伝子は  $o$  と表す。 $O$  が発現すると毛の色は茶色になり,  $o$  が発現すると毛の色は黒色になる。*White spotting* と *Dominant white* はどちらも<sup>(d)</sup>性決定に関与しない染色体上に存在し, 毛の色を白色にする遺伝子であるが, 別々の染色体上に位置しており, それぞれはたらき方が異なる。*White spotting* の優性遺伝子は  $S$ , 劣性遺伝子は  $s$  と表し,  $S$  がはたらく場合, 主にからの腹側に白斑が生じる。*Dominant white* の優性遺伝子は  $W$ , 劣性遺伝子は  $w$  と表し,  $W$  がはたらく場合, *Orange* および *White spotting* の遺伝子型に関わらず, そのネコの柄は白のみになる。

<sup>(e)</sup>これらの遺伝子のはたらきからは, 茶のみ, 黒のみ, 白のみ, 茶と白, 黒と白の5種類の柄が生じると考えられる。しかし実際には, 優性の形質である茶色と劣性の形質である黒色をあわせもつ柄のネコもいる。これは, X染色体の不活性化という現象によるものである。これにより, 哺乳類の雌では, 発生の初期段階に, 細胞ごとにX染色体のうち一方が不活性化されてはたらかなくなる。そのため, <sup>(f)</sup>遺伝子型が  $Oo$  である雌では, 優性の形質である茶色だけでなく, 劣性の形質である黒色が発現することもある。

**問5** ネコの体細胞には, 38本の染色体が含まれる。1匹のネコがつくる配偶子には, 何通りの染色体の組合せが生じうるか。染色体の乗換えは起こらないものとして, 「 $a^b$  通り」という形式で答えよ。なお,  $a, b$  にはともに自然数があてはまるものとする。

**問6** 下線部 (d) について, 次の(1)・(2)の各問いに答えよ。

(1) このような染色体を何というか。その名称を記せ。

(2) ヒトの体細胞には、46本の染色体が含まれる。ヒトの体細胞1個に含まれる下線部(d)のような染色体の本数として適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 1本
- ② 2本
- ③ 22本
- ④ 23本
- ⑤ 44本
- ⑥ 46本

**問7** 下線部(e)について、X染色体の不活性化が起こらない場合のネコの柄について考える。次の(1)・(2)の各問いに答えよ。ただし、遺伝子の組換えは起こらず、雌雄で出生率に差はないものとする。また、「O-」の「-」は *Orange* 遺伝子が存在しないこと(X染色体が1つであること)を示す。

(1) 遺伝子型  $OoSsWw$  の雌と遺伝子型  $O-SsWw$  の雄の間に生まれる子の柄が「白のみ」である確率を求めよ。なお、解答は最も簡単な分数の形で結果のみ答えること。

(2) 遺伝子型  $OoSsww$  の雌と遺伝子型  $O-Ssww$  の雄の間に生まれる子のうち、雌である子に生じうる柄として適切なものを、次の①～⑤のうちから**すべて**選べ。

- ① 茶のみ
- ② 黒のみ
- ③ 白のみ
- ④ 茶と白
- ⑤ 黒と白

**問8** 下線部(f)について、X染色体の不活性化の影響により、雌雄で比較すると、雌の方が発現する確率の低い柄が存在する。そのような柄として適切なものを、次の①～⑦のうちから**すべて**選べ。

- ① 茶のみ
- ② 黒のみ
- ③ 白のみ
- ④ 茶と黒
- ⑤ 茶と白
- ⑥ 黒と白
- ⑦ 茶と黒と白

問9 *Orange* 遺伝子が X 染色体上にあることから、雄の三毛ネコ（毛の色が茶と黒と白の組合せ）は理論上生まれえないはずである。しかし、実際には配偶子が生じる際に変異が起こり、雄の三毛ネコが生まれることもある。雄の三毛ネコが生まれるのは、どのような変異が起きた場合か考察せよ。なお、解答は解答欄の所定の欄に 50 字以内で記入すること。また、正常な Y 染色体をもつ個体はすべて雄になり、新たな遺伝子が生じる変異は起こらないものとする。

### 第3問

植物の環境応答に関する次の文章（A・B）を読み、下の各問いに答えよ。

A 植物は、植物ホルモンによって形態形成や生理的狀態を調節することで、環境の変化に対応している。水陸両生の植物であるアブラナ科の *Rorippa aquatica*（以下、ロリッパ）は、植物ホルモンのはたらきによって姿かたちを大きく変えることで、環境に対応している。

ロリッパは、河川や湖沼などの水辺に生育する。そのため、河川の氾濫や干ばつなどで急激な水位の変動があると、陸上生活と水中生活の間を行き来する必要がある。その際、陸上と水中では環境が大きく異なるため、陸上で生育するロリッパと水中で生育するロリッパは大きく異なる形態をとる。

陸上で生育するロリッパは、平べったく面積の大きい丸型の葉をつける。また、葉には (a) 気孔 を多くもち、気孔から酸素や二酸化炭素、水蒸気などの出し入れ（ガス交換）を行う。これらの特徴は、光合成を効率よく行えるという利点がある。一方、水中で生育するロリッパは細長い針型の葉をつける。また、葉には気孔がほとんどなく、葉の表面の細胞全体でガス交換を行う。これらの特徴は、気孔によるガス交換ができず、水流によって葉が傷つきやすい水中の環境に適したものである。あるロリッパが陸上生活に向けた葉（気中葉）をもつか、水中生活に向けた葉（水中葉）をもつかは、周囲の環境によって決定されており、葉の形態形成には (b) エチレンとジベレリン がはたらいている。

**問1** 植物の花芽形成では、日長という環境条件に応じて形態形成が制御されている。花芽形成に関する以下の(1)・(2)の各問いに答えよ。

(1) 花芽形成を促進する植物ホルモンであるフロリゲンは、葉でつくられたのち、茎の先端にある茎頂分裂組織に送られる。フロリゲンを輸送する通り道として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。なお、フロリゲンは光合成産物と同じ通り道を通して輸送される。

- ① 師管
- ② 師管と道管
- ③ 道管
- ④ 気孔

- (2) 図1は、一日の日長の長さと、花芽形成にかかる日数の関係を示したグラフである。図1中のA～Cのうち、夏から秋にかけて花芽を形成する植物を示すものとして最も適切なものを、下の①～③のうちから一つ選べ。

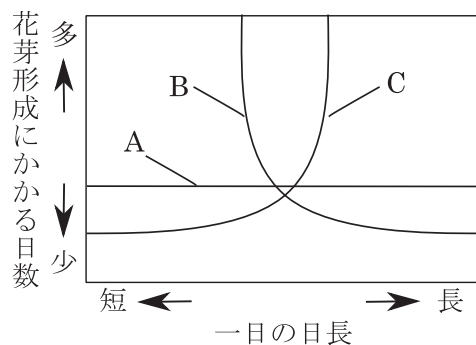


図1

- ① A
- ② B
- ③ C

**問2** 下線部 (a) に関して、気孔の開閉についての記述として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① サリチル酸は気孔を閉じるはたらきをもつ植物ホルモンである。
- ② ジヤスモン酸は気孔を閉じるはたらきをもつ植物ホルモンである。
- ③ 植物は主に青色光を感知して気孔を閉じる。
- ④ 植物は主に赤色光を感知して気孔を開く。
- ⑤ 水が流入して孔辺細胞が膨らむことで気孔は開く。
- ⑥ 水が流出して孔辺細胞がしぼむことで気孔は開く。

**問3** 下線部 (b) に関して、エチレンおよびジベレリンの作用についての記述として適切なものを、次の①～⑤のうちから**すべて**選べ。

- ① エチレンは果実の成熟を抑制する。
- ② エチレンは葉の老化を促進する。
- ③ ジベレリンは種子の発芽を促進する。
- ④ ジベレリンは子房の成長を抑制する。
- ⑤ エチレンとジベレリンは、どちらも細胞が成長する方向を制御する。

問4 ロリッパが気中葉と水中葉をどのように切り替えているかを調べるため、気中葉のみをもつロリッパをさまざまな環境で生育させ、新たに形成される葉の形態を観察した。表1は、ロリッパの生育環境とその生育環境で形成された葉の形態をまとめたものである。また、図2は、生育環境のうち、空気環境について図示したものである。以下の(1)・(2)の問いに答えよ。なお、ロリッパは赤色光を受けるとエチレンを合成し、気孔から放出する性質をもつ。また、エチレンは水に溶けにくい物質である。

表1

生育環境			葉の形態	
空気環境	温度環境	光環境	葉の形	気孔の数
空気なし(水中)	20℃	赤色光	針型	少ない
空気なし(水中)	25℃	赤色光	針型	少ない
空気なし(水中)	30℃	赤色光	丸型	少ない
空気なし(水中)	20℃	青色光	針型	多い
空気なし(水中)	20℃	赤色+青色光	針型	少ない
空気あり(大気)	20℃	赤色光	針型	多い
空気あり(大気)	25℃	赤色光	中間型	多い
空気あり(大気)	30℃	赤色光	丸型	多い
空気あり(エチレン添加)	30℃	赤色光	丸型	少ない
空気あり(エチレン添加)	30℃	青色光	丸型	少ない

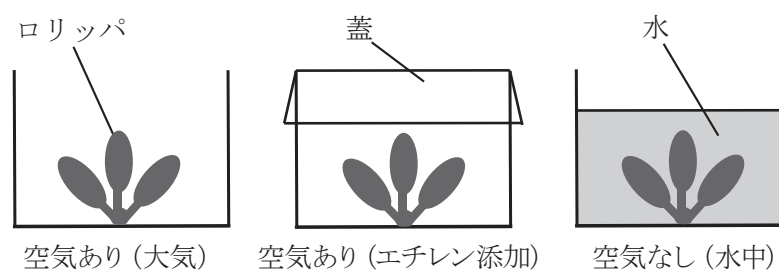


図2

陸上(エチレン中)条件は、容器にエチレンを充満させたのち隙間なく蓋をしている。

- (1) ロリッパの葉の形は、主にどの生育環境により決定されているか。「空気環境」、「温度環境」、「光環境」のいずれかで答えよ。
- (2) 自然界では、気孔の多い葉をもつロリッパが水中に沈むと、新しく生えてくる葉は気孔の少ない葉になる。このとき、気孔の少ない葉はどのようなしくみで誘導されていると考えられるか答えよ。なお、解答は解答欄の所定の欄に、「エチレン」および「ガス交換」という言葉を用いて80字以内で記入すること。

B 植物ホルモンは、一種類の物質が異なる複数の作用を発揮することがある。ストリゴラクトンはそのような植物ホルモンの一種である。ストリゴラクトンが側芽にはたらきかける場合、(c)側芽の成長は抑制され、その植物は枝分かれを起こしにくくなる。一方、ストリゴラクトンが葉にはたらきかける場合、葉の老化が促進される。

ストリゴラクトンは、植物ホルモンとしてはたらき以外に、他種の生物に情報を伝達するはたらきももつ。アーバスキュラー菌根菌（以下、AM菌）という菌類は、植物の根に進入し、植物に土壤中の栄養分を効率よく供給することで植物と共生関係を築く。この関係を築く際、AM菌は植物の根から放出されたストリゴラクトンを感知することで、共生相手となる植物の存在を認識している。また、土壤中のストリゴラクトンは、共生相手だけでなく寄生者も呼び寄せる。ハマウツボという、他の植物の根に寄生する植物は、ストリゴラクトンを感知することで宿主の方向へ根を伸ばす。

このように、側芽の成長抑制や葉の老化促進、共生相手へのシグナルなど、ストリゴラクトンにはさまざまな作用がある。しかし、個々の作用には関連がないようにみえる。そこで、ストリゴラクトンがどのような環境で合成されるかを調べると、貧リン酸土壌や暗黒条件において合成が促進されることがわかる。このことから、(d)ストリゴラクトンの作用はいずれも、共通の問題に対応するためのはたらきがあると推測できる。

問5 下線部(c)に関して、頂芽優勢という現象がある。次の資料1は頂芽優勢について説明したものである。資料1を読み、頂芽優勢に関する記述として最も適切なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

資料1

頂芽が存在すると側芽の成長は抑制されるが、頂芽を切除すると側芽の成長が促進される現象を頂芽優勢という。頂芽優勢について、以下のようなことが知られている。

- ・頂芽はオーキシンを合成し、合成されたオーキシンは茎を下方へ移動するが、側芽へは移動しない。
- ・頂芽を切除した状態で茎にオーキシンを与えると、側芽の成長は抑制される。
- ・頂芽を切断した状態で側芽にオーキシンを与えると、側芽の成長は抑制されない。
- ・頂芽が存在しても、側芽にサイトカイニンを与えると、側芽の成長は促進される。

- ① 頂芽を切除した状態で茎にオーキシンを与え、側芽にサイトカイニンを与えると、側芽は成長しない。
- ② 頂芽を切除した状態で側芽にオーキシンとサイトカイニンを与えると、側芽は成長しない。
- ③ 頂芽を切除せず茎にオーキシンを与え、側芽にサイトカイニンを与えると、側芽は成長しない。
- ④ 頂芽を切除せず側芽にオーキシンとサイトカイニンを与えると、側芽は成長しない。
- ⑤ 頂芽でオーキシンの合成を阻害し、側芽でサイトカイニンの分解を促進すると、側芽は成長しない。

問6 ハマウツボの根は、ストリゴラクトンに対する正の屈性を示す。正の屈性について述べた記述として適切なものを、次の①～⑤のうちから**すべて**選べ。

- ① アサガオのつるは、棒などに触れると触れたものの方向へと伸びる。
- ② エンドウの芽生えを照明のない部屋の窓際に置くと、明るい窓の方向へと成長する。
- ③ オジギソウの葉は、触れられた方向に関係なく常に一方向に閉じる。
- ④ シロイヌナズナの茎は、重力と反対方向に成長する。
- ⑤ チューリップの花は、気温が上がると開く。

**問7** 野生型のイネ (以下, WT) はストリゴラクトンを合成でき, ハマウツボの宿主となりえる。一方, *d10* 株という種類のイネは, ストリゴラクトンを合成するための遺伝子に欠損があり, ストリゴラクトンをほとんど生成できない。WT と *d10* 株を見分けるために実験を行った。資料2はその実験の方法と結果である。

資料2を読み, ハマウツボの根 A~C の成長の様子を解答用紙の解答欄にプロットし, イネ a と b のどちらが *d10* 株かを答えよ。なお, プロットする際は解答欄中の根 R の例を参考にせよ。また, 各根の成長を示す点をプロットする際, 根 A は○, 根 B は×, 根 C は△でそれぞれ示すこと。

資料2

寒天培地上に発芽したばかりのハマウツボを置き, そこから等間隔になるよう, 発芽後4日目のイネの種子を2つ植えた(図3)。イネ a と b のうち, どちらか一方は WT, もう一方は *d10* 株である。ハマウツボの根を根 A~C, および R とし, 一日ごとに先端の位置を記録してハマウツボの根がどのように成長したかを確認した。その結果を表2に示す。

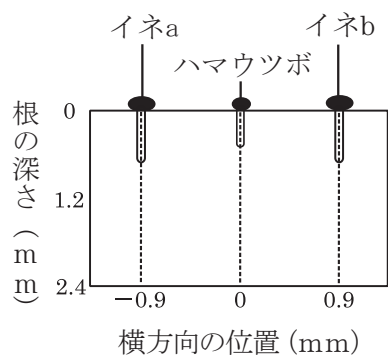


図3

表2

	0日目		1日目		2日目	
	横方向の位置	根の深さ	横方向の位置	根の深さ	横方向の位置	根の深さ
根 A	-0.20	0.00	-0.65	1.65	-0.50	2.00
根 B	-0.05	0.00	-0.30	1.40	-0.45	1.65
根 C	0.20	0.00	0.30	1.75	-0.10	1.75
根 R	-0.30	0.00	-0.25	1.40	-0.25	1.50

表中の値の単位は, いずれもミリメートル (mm) である。

**問8** 下線部 (d) について, ストリゴラクトンが側芽の成長抑制や葉の老化促進を起こすことは, 植物にとってどのような問題に対応できる利点をもつか。植物の栄養状態に着目して説明せよ。なお, 解答は解答欄の所定の欄に45字以内で記入すること。

## 第4問

生命の起源と進化に関する次の文章(A・B)を読み、下の各問いに答えよ。

A 地球は約46億年前に誕生した。地球の誕生後、最古の岩石が形成されてから現在までの期間を地質時代という。地質時代は、約5億4千年前よりも前の先カンブリア時代、それ以降の古生代、中生代、新生代に分けられる。また、各代は、さらにいくつかの紀(カンブリア紀、ジュラ紀など)に細かく分けられる。地質時代は、主に **ア** に基づいて区分されている。

これまでに知られている最古の生物の化石は、約35億年前の地層から発見されたものであるが、現在では約38~40億年前には最初の生物が誕生したと考えられている。初期の原始的な生物の代謝については、はっきりしたことはわかっておらず、いくつかの説がある。その一つに、初期の生物は化学合成細菌のような **イ** 栄養生物と、発酵によってエネルギーを得る **ウ** 栄養生物であったというものがある。また、 **イ** 栄養生物としてはまず化学合成細菌が出現し、次いで光合成細菌が出現したと考えられている。

光合成には水を分解して酸素を発生する酸素発生型と、硫化水素などを分解して酸素を発生しない非酸素発生型があり、酸素発生型光合成を最初に行ったのはシアノバクテリアであると考えられている。シアノバクテリアが存在し、繁栄したことを示す証拠として、約27億年前の地層から現生のシアノバクテリアがつくるのと同じ **エ** という層状構造をもった岩石がみついている。シアノバクテリアの繁栄により、光合成によって海水中に大量の酸素が放出された。シアノバクテリアなどによってつくられた酸素は、約20億~22億年前から水中や大気中に蓄積しはじめた。酸素には強い酸化作用があることから原始的な生物にとって有害であり、多くの嫌気性(酸素を用いた呼吸を行わない)細菌は絶滅するか、酸素がほとんどあるいはまったくない環境でのみ生存するようになった。その一方、環境中に酸素が増えたことで好気性(酸素を用いた呼吸を行う)細菌が出現したと考えられており、<sup>(a)</sup>好気性の細菌は大いに繁栄した。シアノバクテリアなどの光合成生物の出現は、<sup>(b)</sup>地球の環境に変化をもたらすとともに、生物の生存に重大な影響を与えた。また、好気性細菌の繁栄は、新たな生物の出現のきっかけとなった。

問1 文章中の空欄 **ア** にあてはまる語句として最も適切なものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。

- |            |          |                |
|------------|----------|----------------|
| ① バイオーム    | ② 気候     | ③ 気温           |
| ④ 大気中の酸素濃度 | ⑤ 生物界の変遷 | ⑥ 地球が誕生してからの時間 |

問2 文章中の空欄 **イ** ・ **ウ** には、それぞれ「従属」または「独立」のいずれかの語があてはまる。空欄にあてはまる適切な語をそれぞれ記せ。

問3 文章中の空欄 **エ** にあてはまる最も適切な語を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 安山岩                      ② 花こう岩                      ③ 玄武岩  
④ 砂岩                        ⑤ ストロマトライト              ⑥ 縞状鉄鉱層

問4 下線部 (a) について、好気性細菌が繁栄した理由にはいくつかの要因が考えられる。その要因として適切であると考えられるものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 酸素濃度の上昇によって地球が温暖化し、酵素反応を行いやすくなったため。  
② 酸素濃度の上昇によってオゾン層が形成され、地表に届く紫外線の量が減少したことで、嫌気性細菌が地表で生活するようになったため。  
③ 呼吸は発酵と比較して反応が一巡するまでにかかる時間が短いことから、原始的な好気性細菌は嫌気性細菌より効率的に ATP を得ることができたと考えられるため。  
④ 嫌気性細菌の個体数が減少したこと、あるいは生息場所を変えたことにより、好気性細菌が多く資源を利用できるようになったため。

問5 下線部 (b) に関して、生物が生活することによって非生物的環境に影響を及ぼすことを何と呼ぶか。適切な用語を記せ。

問6 真核生物は原核生物から進化したと考えられている。また、真核生物の細胞にみられるミトコンドリアと葉緑体は、宿主となる細胞にミトコンドリアの起源となる細胞と葉緑体の起源となる細胞が別々に取り込まれて共生するうちに、細胞小器官となったと考えられている。この仮説を細胞内共生説と呼ぶ。細胞内共生説について、次の(1)・(2)の問いに答えなさい。

- (1) ミトコンドリアと葉緑体のうち、先に宿主細胞に取り込まれたと考えられる細胞小器官はどちらか。先に取り込まれた細胞小器官の名称と、そのように考える理由を説明せよ。なお、解答は解答欄の所定の欄に 40 字以内で記入すること。
- (2) ミトコンドリアと葉緑体がもつ特徴のうち、細胞内共生説を支持する根拠と考えられるものを二つ記せ。なお、解答は解答欄の所定の欄に端的に記入すること。

B 生物は種ごとにさまざまな形態や性質をもっているが、かつては、時間が経過してもこれらの特徴は変化しないと考えられていた。しかし、1859年にダーウィンが『種の起源』を出版したのち、次第に、生物は進化するという考えが一般にも広がっていった。

ダーウィンは進化のしくみとして、(c) 自然選択 という仮説を提唱した。同じ生物であっても個体によって体毛の色の違いや、からだの大きさの違いなど、集団の中にはさまざまな変異がみられる。そのような形質の違いの中には、遺伝するものも少なくない。自然選択とは、特定の遺伝する形質をもつ個体が、その形質のため他の個体よりも高い確率で生き残ることで、次の世代にはその形質をもつ子が多く生じるといふ仮説である。

現在では、進化とは、生物集団の遺伝子構成が変化することとされている。自然選択がはたらくと、次世代はその環境において生存や繁殖に有利な形質をもつ個体が多くなり、十分な世代を経ると、理論上その集団のすべての個体がその有利な遺伝子をもつことになる。自然選択によって、より環境に適した形質をもつ集団になることを **オ** と呼ぶ。

ある生物集団がもつ遺伝子全体を遺伝子プールと呼ぶ。遺伝子プールは、その集団内の個体もつすべての遺伝子座の対立遺伝子の集合である。遺伝子プールにおける対立遺伝子の割合を遺伝子頻度と呼ぶ。遺伝子頻度の変化は自然選択によって変化する以外にも、自然選択とは関係なく偶然によって変化する場合がある。偶然による変化を遺伝的浮動と呼ぶ。生物集団の遺伝子構成は、自然選択や突然変異、遺伝的浮動などが影響しあうことで変化する。

問7 下線部 (c) に関する記述として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 1世代あたりの寿命が長いほど自然選択が有効にはたらくため、集団の進化速度は速くなる。
- ② 生物集団の進化速度は、生物種や生物集団の大きさ、生息する環境によらず一定である。
- ③ 生物は環境の変化にあわせて、変化後の環境に有利な形質を新たに獲得する。
- ④ ある時のある場所において有利な形質が、別の時の別の場所でも有利であるとは限らない。
- ⑤ 環境が変化しない場合、有利な形質をもつ個体のすべての遺伝子は次世代へと受け継がれる。

問8 文章中の空欄 **オ** にあてはまる語句として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 収束進化      ② 適応進化      ③ 分子進化
- ④ 中立進化      ⑤ 適応放散      ⑥ 用不用説

複数の種が互いに影響を及ぼしあいながら進化することを共進化と呼ぶ。共進化は捕食者と被食者、送粉昆虫と被子植物など、相互作用する種間において広くみられる。次の資料は2種の生物の形質について調べたものである。

資料

日本のヤブツバキは分厚い果皮に包まれた大きな果実をつける被子植物である。ツバキゾウムシという昆虫は、雌の成虫が長い口吻<sup>こうぶん</sup>（前方へ長く突出した口先）を用いてヤブツバキの果皮に穴をあけて種子に産卵する。幼虫はヤブツバキの種子の中でふ化し、内側から種子を食べて成長する。ヤブツバキの果皮の厚さとツバキゾウムシの口吻の長さが共進化の関係にあるかどうかを調べるため、日本各地に生息するヤブツバキとツバキゾウムシの集団で、果皮の厚さと口吻の長さを測定した。図1はその結果である。なお、ツバキゾウムシの口吻の長さ<sup>こうぶん</sup>とヤブツバキの果皮の厚さは、どちらも遺伝する形質である。

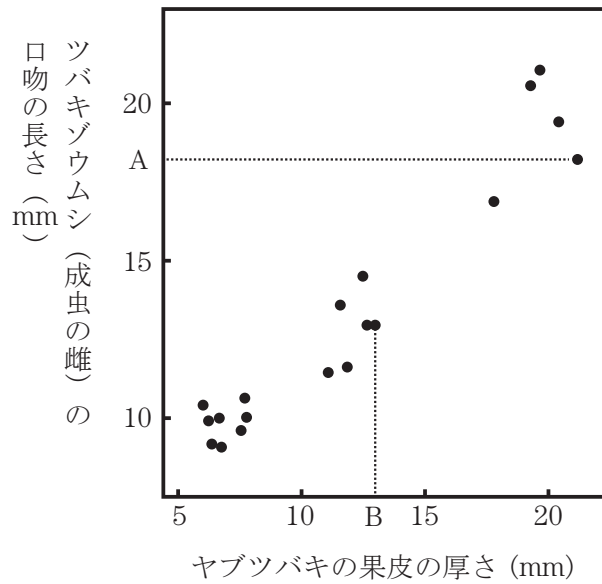


図1

問9 資料で示したヤブツバキの果皮の厚さとツバキゾウムシの雌の口吻の長さについて、図1から判断できることとして正しいものを、次の①～⑤のうちから**すべて**選べ。

- ① 果皮の厚さと口吻の長さについては、果皮の厚さが約 15 mm 未満の範囲よりも約 15 mm 以上の範囲の方が相関が高い。
- ② 果皮の厚さと口吻の長さについては、果皮の厚さが約 15 mm 未満の範囲よりも約 15 mm 以上の範囲の方が相関が低い。
- ③ 果皮の厚さは口吻の長さの進化を促すが、口吻の長さは果皮の厚さの進化を促さないと考えられる。
- ④ 果皮の厚さと口吻の長さに相関があり、2つの形質は共進化している可能性がある。
- ⑤ 果皮の厚さと口吻の長さに相関はなく、2つの形質は互いに独立して進化していると考えられる。

