

I 次の文章 (A) および (B) を読み、問いに答えよ。

(A) DNA 鎖の伸長反応に関する文章

ゲノム DNA 複製に関わる DNA ポリメラーゼは、ゼロから新生鎖を合成することはできない。複製の開始にはまず (1) が合成され、その (2) 末端に位置する糖の -OH と、DNA ポリメラーゼ内に取り込まれたヌクレオチドのリン酸が結合することで、DNA 鎖の伸長反応が起こる。新たに合成されるヌクレオチド鎖の一方では、2 本鎖 DNA の開裂が進む方向とは逆向きに不連続に合成される。この不連続に合成される短い鎖は (3) フラグメントと呼ばれる。これが (4) によって次々に連結されると、(5) 鎖となる。

大腸菌の DNA では、DNA の複製起点は (6) か所存在する。複製起点から DNA の 2 本鎖を部分的に 1 本鎖に解く酵素は (7) と呼ばれる。複製された DNA では鋳型となった一方の鎖がそのまま受け継がれている。このような複製方法を (8) という。

大腸菌のゲノムは (9) 状の DNA からできている。一方、ヒトなどの DNA の末端には (10) とよばれる特殊な塩基配列があるが、この配列は DNA 複製のたびに短くなる。

問 1 上の文章中の (1) ~ (10) に適切な語句を入れよ。

(B) 塩基配列の決定に関する文章

試験管 1 は、塩基配列を決定したい領域を含み、かつ DNA 鎖伸長の鋳型となる 22 塩基長の 2 本鎖 DNA を含む。この他に、この DNA のうち一方の 3' 末端から連続する 15 塩基について相補的な塩基配列を持つ 1 本鎖 DNA (以下、プライマー DNA と表記)、通常の DNA 合成に必要な 4 種類のデオキシヌクレオチド (以下、dATP、dGTP、dCTP、dTTP と表記)、少量の dATP の糖の -OH を -H に置換したヌクレオチド (以下、ddATP と表記) などを含む。

試験管 1 を 90°C で 5 分間保持した後、ゆっくりと 37°C まで温度を下げて、DNA ポリメラーゼを加えて 5 分間 37°C で保持した。試験管 1 の反応物を解析したところ、プライマー DNA から DNA 鎖の伸長反応が起こっており、22 塩基長の 1 本鎖 DNA の他に、19 塩基長と 20 塩基長の 1 本鎖 DNA 産物が確認された。

試験管 2 では、試験管 1 と同様の内容物のうち、ddATP が ddGTP (dGTP の糖の -OH を -H に置換したヌクレオチド) に置き換えられている。試験管 1 と同様の反応を行った結果、プライマー DNA から DNA 鎖の伸長反応が起こり、22 塩基長の 1 本鎖 DNA の他に、21 塩基長の 1 本鎖 DNA 産物が確認された。

試験管 3 では、試験管 1 と同様の内容物のうち、ddATP が ddCTP (dCTP の糖の -OH を -H に置換したヌクレオチド) に置き換えられている。試験管 1 と同様の反応を行った結果、プライマー DNA から DNA 鎖の伸長反応が起こり、22 塩基長の 1 本鎖 DNA の他に、16 塩基長の 1 本鎖 DNA 産物が確認された。

生 物 $\frac{2}{10}$

試験管 4 では、試験管 1 と同様の内容物のうち、ddATP が ddTTP (dTTP の糖の -OH を -H に置換したヌクレオチド) に置き換えられている。試験管 1 と同様の反応を行った結果、プライマー DNA から DNA 鎖の伸長反応が起こり、22 塩基長の 1 本鎖 DNA の他に、17 塩基長と 18 塩基長の 1 本鎖 DNA 産物が確認された。

問 2 上記の実験結果から決定される鋳型 DNA の塩基配列を A, G, C, T の記号を用いて、解答用紙の正方形内に記入せよ。ただし、図 1 および解答用紙の正方形は鋳型 DNA の塩基の位置を示す。なお鋳型 DNA の 5' 末端の塩基は G である事があらかじめ分かっている。

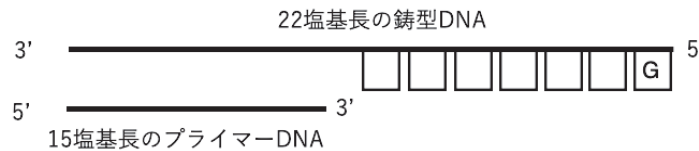


図 1

問 3 上記の実験において、プライマー DNA から DNA 鎖伸長反応で生じた 1 本鎖 DNA の長さの違いは、電気泳動によって確認された。この時、電気泳動装置にさまざまな長さの DNA を含む液を注入した位置から遠い側に設置する電極として正しいのは、+ 極か - 極かを答えよ。また、その理由を述べよ。

問 4 上記の文章中の下線部に示された実験操作は、何を目的としているかを説明せよ。

問 5 上記の方法を用いて決定できる塩基配列の最長の長さとして適切なものを、以下の記号から選べ。

- a. およそ 30 塩基 b. およそ 100 塩基 c. およそ 800 塩基
- d. およそ 3,000 塩基 e. およそ 10,000 塩基

問 6 上記の方法で塩基配列を決定するには、4 本の試験管を用いる独立した反応が必要である。ddATP, ddGTP, ddCTP, ddTTP を用いる上記のような塩基配列の決定反応を、1 本の試験管内で行うにはどのようにすればよいかを答えよ。

生 物 $\frac{3}{10}$

Ⅱ 次の文章を読み、問いに答えよ。

地球上には多様な生物が存在するが、これらは共通の祖先から派生して (ア) 進化してきたものと考えられている。したがって、(イ) 生物学的な共通点が多いものほど、共通の祖先から分かれてから経過した時間が短いと考えられる。

生物を分類するうえでの基本単位は (1) である。(1) とは、形態的・生理的に共通した特徴を持つ個体の集まりのうち、自然状態で (2) が行われ、生殖能力のある子をつくらることができるものをいう。生物は、よく似た (1) をまとめて (3)、近縁の (3) をまとめて (4)、さらに目、(5)、門、界と階層的に分類される。

これまでに、二界説、三界説、五界説などの分類体系が提唱されてきた。(6) らは (7) 遺伝子の塩基配列の比較などから、(ウ) 生物を3つのドメインに分ける、3ドメイン説を提唱した。

問1 上の文章中の (1) ～ (7) に適切な語句を入れよ。

問2 下線部 (ア) に関連する以下の語句について、それぞれ簡潔に説明せよ。

- (a) 自然選択
- (b) 遺伝的浮動
- (c) 分子進化

問3 下線部 (イ) に関し、現存する生物間で、発生的な起源が異なるにもかかわらず、似た形や働きを持つ器官が見られることがある。そのような器官を何というか。また、このような進化を何というか。それらの名称をそれぞれ答えよ。

問4 下線部 (ウ) に関し、3つのドメイン名を答えよ。

Ⅲ 次の文章を読み、問いに答えよ。

有性生殖を行う動物では、生殖細胞が形成される際に、減数分裂という特殊な細胞分裂が起こる。この過程では、基本的に (ア) 1 個の母細胞から 4 個の娘細胞が生じる。生じた娘細胞は、最終的に卵や精子などの配偶子になる。脊椎動物の場合、オスの精巣では精原細胞の一部が (1) となり、それが減数分裂を経て (2) が形成される。(2) は、変形して精子となる。一方、(イ) メスの卵巣では、卵原細胞が成長して (3) となる。この細胞が減数分裂を行うが、2 回とも著しい不等分裂であり、卵にならないほうの娘細胞は細胞質が極めて少ない細胞となる。この小さな細胞は (4) と呼ばれる。

精子と卵が結合し、両者の核が融合するまでの過程である (5) が起こると、胚の発生が開始される。カエルの発生では、(ウ) (5) に伴って、卵の表層回転が起こり精子の進入点の反対側の卵表面に色調が変わった部分が現れる。この領域は (6) と呼ばれる。卵割を繰り返すと桑実胚になり、その内部に (7) という空所ができる。(エ) 原腸胚の時期になると、胚の背側から陥入が始まり原口が形成される。原口から細胞が内側に移動する形態形成運動が起こるが、この大規模な細胞の再配置によって、三つの大まかな細胞群である、外胚葉、中胚葉、内胚葉ができる。その後、発生の進行に伴い、胚の表面の背側の外胚葉が厚くなり、(8) と呼ばれる、将来中枢神経系になる板状の構造が見られるようになる。(オ) 後期の神経胚になると、(8) は、しだいに内側に入り込み、最終的には神経管と呼ばれる筒状の構造となる。さらに (カ) 発生が進むと、神経管は前方では広がって脳になり、後方では細長い脊髄になって、中枢神経系の基本構造が形成される。

問1 上の文章中の (1) ～ (8) に適切な語句を入れよ。

問2 下線部 (ア) に関して、以下の問いに答えよ。

- (a) 2 倍体の動物個体の 3 組の対立遺伝子 A と a, B と b, C と c に関して、遺伝子型が AaBbCc であったとする。図 2 に示すように、遺伝子 A と a および遺伝子 B と b は同一染色体上にあり、遺伝子 C と c はそれらとは別の染色体上にあるとする。配偶子が生じる際に、遺伝子 A と a および遺伝子 B と b の間で組換えが起こらないとき、生じる可能性がある配偶子の遺伝子型をすべて答えよ。
- (b) (a) で、遺伝子 A と a および遺伝子 B と b の間で組換えが起こるとき、生じる可能性がある配偶子の遺伝子型をすべて答えよ。
- (c) 遺伝子 A と a および遺伝子 B と b の間で組換えが起こる頻度と、同一染色体上の二つの遺伝子間の距離の関係について 40 字以内で述べよ。

生 物 $\frac{5}{10}$

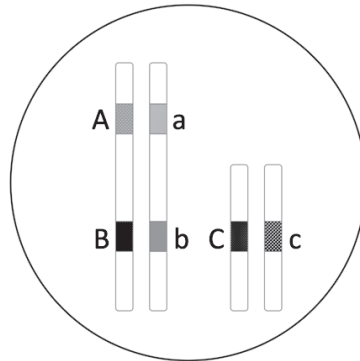


図 2

問 3 下線部（イ）に関して、ヒトを含めて哺乳類の卵の卵黄は少なく、ニワトリなどの鳥類の卵黄は多量である。その理由を 100 字以内で述べよ。

問 4 下線部（ウ）に関して、この現象は、以下の①～④の胚軸が決まる過程のうち、どれと最も関連があるか。①～④から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① 動物植物軸 ② 前後軸 ③ 左右軸 ④ 背腹軸

問 5 下線部（エ）に関して、以下の問いに答えよ。

(a) 初期原腸胚の原口の動物極側に位置する原口背唇部は、シュペーマンにより形成体と名付けられた領域である。その後の研究で、この部位でノギンやコーディンなどのタンパク質が発現されることが、形成体の働きに重要であることがわかった。ノギンやコーディンの働きに関して適切な記述を、①～④から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① ノギンやコーディンは、細胞外に分泌され BMP タンパク質の働きを阻害する。
 ② ノギンやコーディンは、細胞外に分泌され BMP タンパク質の働きを促進する。
 ③ ノギンやコーディンは、核内で BMP タンパク質の働きを阻害する。
 ④ ノギンやコーディンは、核内で BMP タンパク質の働きを促進する。

(b) ノギンやコーディンと同様の機能を持つタンパク質の働きをすべて失わせる操作を行った場合、その胚はどのように発生するかを、以下の用語をすべて用いて、40 字以内で述べよ。

用語：外胚葉、表皮、神経

問 6 下線部（オ）に関して、次の図 3 はカエルの後期神経胚の横断面を模式的に示したものである。以下の問いに答えよ。

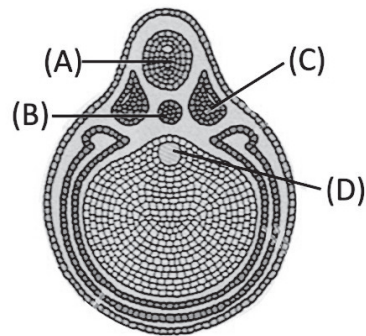


図 3

(a) 図 3 中の(A)～(D)の名称として適切なものを以下の①～⑦から 1 つずつ選び、番号で答えよ。

- | | | | |
|------|-------|------|------|
| ① 脊索 | ② 腎節 | ③ 体節 | ④ 側板 |
| ⑤ 腸管 | ⑥ 神経管 | ⑦ 表皮 | |

(b) 図 3 中の(A)～(D)は、外胚葉、中胚葉、内胚葉のうち、どの胚葉から分化する組織・器官かを記号で答えよ。

問 7 下線部(カ)に関して、ヒトの成体の脳に関する以下の問いに答えよ。

(a) ヒトの成体の間脳、中脳、小脳、延髄の働きに関しての適切な記述を、以下の①～④から 1 つずつ選び、番号で答えよ。

- ① 筋肉運動を調節し、からだの平衡を保つ中枢。
- ② 眼球運動、瞳孔の調節などの中枢。姿勢保持の中枢。
- ③ 呼吸運動、血液循環の調節の中枢。せきや飲み込み、唾液分泌などの反射中枢。
- ④ 嗅覚以外の各種感覚情報の中継。自律神経系の中枢。

(b) 眼から入力される刺激が伝えられて、視覚を生じる脳の部位として最も適切なものを、以下の①～④から 1 つ選び、番号で答えよ。

- ① 視床
- ② 視床下部
- ③ 大脳新皮質
- ④ 大脳辺縁皮質

(c) 脳へ興奮を伝える受容器の細胞のうち、空気中の化学物質を受容する細胞の名称を答えよ。また、その細胞がさまざまな化学物質を識別できる仕組みを 40 字以内で述べよ。

生 物 7/10

IV 次の文章を読み、問いに答えよ。

植物は、光合成によって合成された有機物をもとに窒素化合物を合成する。生体を構成する有機窒素化合物を合成する作用は(1)と呼ばれる。植物が合成した有機窒素化合物は(2)を通じて草食動物に、さらには肉食動物に取り込まれる。動物の排出物や動植物の遺体が土壌中の微生物によって分解されると、窒素を含む陽イオンである(3)が生じる。(3)はさらに、無機窒素化合物を利用する微生物によって、植物が取り込みやすい(4)という陰イオンに変換され、再び植物に取り込まれる。

窒素は気体分子の N_2 の形で大気中に大量に含まれているが、このままではほとんどの生物が利用できない。しかし、一部の微生物は、気体分子 N_2 を窒素化合物の形に変換する窒素固定というしくみを持つ。このとき働く酵素を(5)という。窒素固定を行う微生物の中にはマメ科の植物の根に入り込み、(6)という組織を作って植物に窒素化合物を供給している細菌が知られている。また、(7) 土壌細菌のうちで、窒素固定を行うものが窒素循環に貢献している。一方で、土壌中の無機窒素化合物は、土壌中に生活する、(7)を行う細菌によって気体分子 N_2 となり、大気中に放出される。

問1 上の文章中の(1)～(7)に適切な語句を入れよ。

問2 図4には、植物体内への窒素化合物の取り込みに関する流れが示されている。a～cに入る物質名およびd, eの酵素名を①～⑧より選び、番号で答えよ。但し図中の(3)および(4)は、上の文章のものに相当する。

- ①グルタミン ②コハク酸 ③ α -ケトグルタル酸 ④ATP
⑤アミノ基転移酵素 ⑥カタラーゼ ⑦亜硝酸還元酵素 ⑧脱炭酸酵素

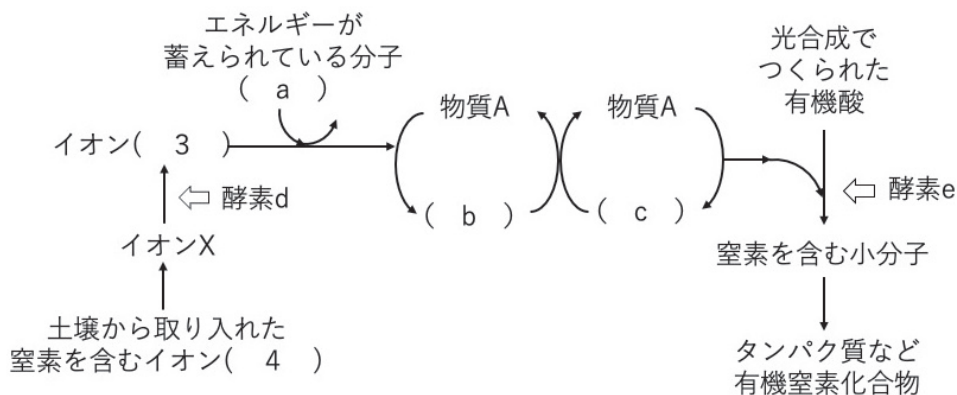


図4

生 物 $\frac{8}{10}$

- 問3 下線部（ア）に関し，土壌中などで生活している単独で窒素固定を行う細菌の例として，細菌の名称を2つ答えよ。
- 問4 地球上の窒素循環においては生物の作用によらない窒素固定も行われている。その例を1つ挙げて，簡単に説明せよ。
- 問5 窒素に関連の深い環境問題を1つ挙げて説明せよ。
- 問6 被子植物の発生過程において，はじめに胚柄と球状胚（胚球）が形成される。球状胚から作られるものを，以下の①～③から選び，番号で答えよ。
① 子葉 ② 胚軸 ③ 幼根
- 問7 オオムギやイネの種子では，環境条件が発芽に適するようになると種子中に貯蔵された栄養を分解して発芽する。以下の用語を全て用いて，その過程を説明せよ。
用語：ジベレリン，アミラーゼ，糊粉層，種子の吸水
- 問8 植物種子の休眠打破には，植物ホルモンが関与している。発芽を抑制している植物ホルモンの名称を答えよ。
- 問9 レタスやタバコなど，光によって発芽が促進される種子において，光受容体として働くタンパク質の名称を答えよ。

V スمامラサキツユクサを使って、[実験手順]に従い、減数分裂の観察実験を行った。図5はそのときに観察された顕微鏡像の模式図である。[実験手順]を読み、以下の問いに答えよ。

[実験手順]

1. スمامラサキツユクサの 2～3 mm 程度の大きさのつぼみを取り、スライドガラスの上に置き、柄つき針でつぼみを開き、(ア) ある部分を取り出す。
2. 1で取り出したものを別のスライドガラスに置き、柄つき針でつぶし、(イ) 染色液を2～3滴たらし、カバーガラスをかけて軽く押しつぶし、顕微鏡で観察する。

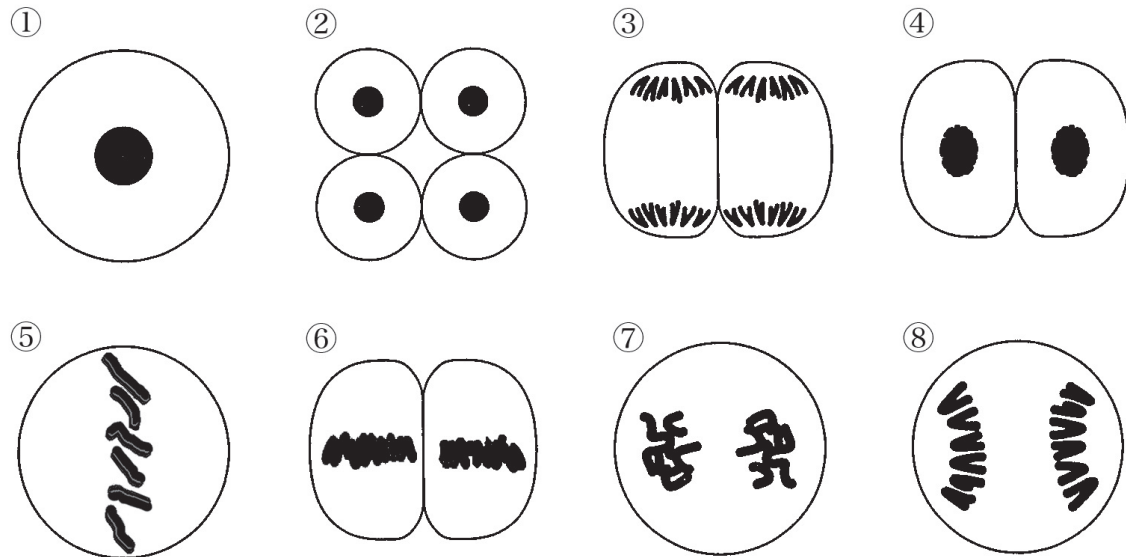


図5

問1 下線部（ア）に関して、つぼみのどの部分を取り出し、観察するのが良いか、答えよ。

問2 下線部（イ）の染色液として適切なものを、以下の①～④より1つ選び、番号で答えよ。

- ① リトマス液 ② ヨウ素液 ③ ヤヌスグリーン
④ 酢酸オルセイン液

問3 図5の①～⑧を、減数分裂の過程の順に並べよ。ただし、最初が①で、最後は②とする。

① → → → → → → → ②

問4 図5の⑤に見られる染色体の名称を答えよ。また、この染色体はどのような状態かを、染色体の状態に着目して簡潔に説明せよ。

生 物 $\frac{10}{10}$

- 問5 スمامラサキツユクサの体細胞の染色体の構成は $2n = \square$ である。 $\square$ に当てはまる数字を，図5から判断して答えよ。
- 問6 真核生物の中で DNA は，あるタンパク質に巻きついた状態で染色体を構成している。そのタンパク質の名称を答えよ。