

(令 5 前)

# 理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～25
地 学	26～31

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

**注意** 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

# 生 物

I 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

生物の進化と地球環境の変化は、相互に影響していることが知られている。大気成分の変化にも生物活動は大きく関わっており、特に地球誕生以来の大気中酸素濃度の変化に対する生物の寄与は大きい。図1のグラフは、地球誕生以来の酸素濃度の変化を示している。酸素分子は地球誕生当時ほとんど存在しなかったが、約27億年前、ある生物 A の誕生がきっかけとなって大量に生成されるようになった。<sup>(A)</sup><sup>(B)</sup>その後しばらく、酸素分子は海水に溶存した鉄イオンとの反応に消費されたが、それが収束すると酸素分子が大気中に放出されはじめた。酸素を容易に獲得できるようになった生物は、酸素を効率的に利用できるように進化し、グルコースなどの炭素源から多くの化学エネルギー(ATPなど)を生成することができるようになった。<sup>(C)</sup>また、大気中酸素濃度の上昇にともなって生物の陸上への進出が可能となり、<sup>(D)</sup>多種多様な生物種の誕生が促された。

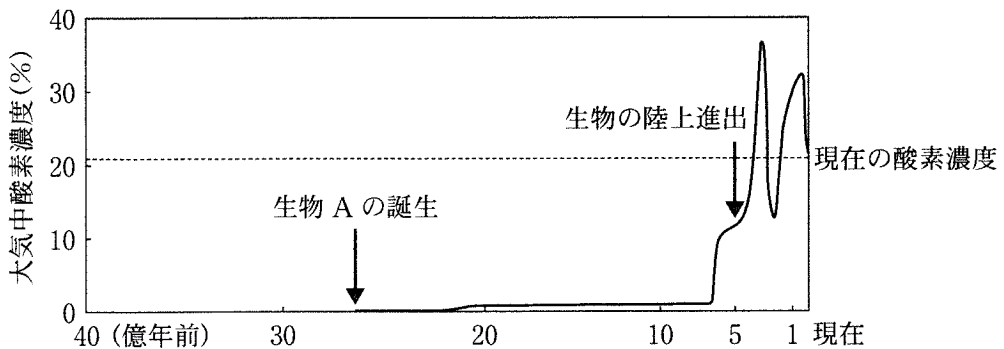


図1

問1 下線部(A)の生物名を答えなさい。

問 2 生物 A に関する次の文章中の空欄 [ア] ~ [ウ] にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

この生物 A は進化の過程で別の生物に取り込まれ、その後誕生する真核生物の細胞小器官へ変化したと考えられている。これはマーグリスにより提唱された [ア] 説として知られており、その細胞小器官がもつ、i) 半自律的に増殖する、ii) 独自の [イ] を持っている、iii) 性質の異なる 2 種類の [ウ] で囲まれている、という、もともと独立した生物であったことの痕跡と考えられる 3 つの特徴を根拠としている。

問 3 下線部(B)について、生物 A において酸素分子( $O_2$ )が生成する部位を含むタンパク質複合体の名称と、その部位で 1 分子の酸素が生成する化学反応式を答えなさい。電子は、 $e^-$  で示すこと。

問 4 下線部(C)について書かれた次の文章中の空欄 [エ] ~ [ケ] にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

酵母は環境条件により ATP の生産系を切り換えることが知られている。グルコースを炭素源としたとき、酸素の供給が十分ではない条件下では [エ] を行い、十分な酸素が供給された条件下では [オ] を行なうことで ATP を獲得する。[オ] は [エ] に比べ、最大 [カ] 倍の効率で ATP を生産できる。[オ] で酸素は [キ] と呼ばれる細胞小器官内の [ク] に局在する電子伝達系で消費され、[ケ] を生じる。

問 5 下線部(C)について、酸素を用いてグルコースから ATP を生成する反応により、小さじ 1 杯分のグルコース (3.60 g) が完全に分解されるとき、何 g の  $O_2$  が消費されるか、計算式とともに答えなさい。原子量は、H 1.00、C 12.0、O 16.0 を用い、有効数字は 3 桁として計算すること。

問 6 下線部(D)について，酸素濃度の上昇により陸上への生物の進出が可能となった理由を，それまで生物の陸上への進出を妨げていた要因に着目して，50字以内で説明しなさい。ただし，句読点も字数に含める。



II 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

生物において様々な機能を担うタンパク質は、20種類のアミノ酸が  結合によって連結されたものである。DNAの塩基配列は、生物が必要とする様々なタンパク質を合成するためのアミノ酸配列(一次構造)情報を暗号化して保持するとともに、その情報を次世代に伝達する重要な役割を担っている。突然変異によるDNA塩基配列の変化はタンパク質の機能に大きな影響を与える可能性があり、近年では突然変異を簡便に検出する方法として、<sup>(A)</sup>ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)が利用されている。<sup>(B)</sup>

突然変異を引き起こす一つの要因は、DNA複製の誤りである。DNA複製の際には、まず  と呼ばれる酵素が複製開始点の二重らせんをほどこき、1本鎖状態になったそれぞれの鎖を鋳型として、DNAポリメラーゼにより相補的な鎖が合成される。このように、もともとあった古い鎖と新たに合成された鎖を1本ずつ含むDNAを生じる複製様式を  と呼ぶ。通常、DNA複製は非常に正確に行われるが、まれにDNAポリメラーゼが誤った塩基を挿入するほか、鋳型DNAに損傷があると誤りが起こりやすくなる。

タンパク質はそれぞれのアミノ酸配列に応じて  構造や $\beta$ シート構造などの二次構造のほか、アミノ酸の一つである  の側鎖の間でつくられるS-S結合などにより、固有の立体構造(三次構造)が形成されて機能を発揮する。タンパク質によっては、複数の分子が集合した四次構造を形成することにより、はたらくものもある。<sup>(C)</sup>アミノ酸が1個置き換わっただけでもこれらの構造に影響を与え、タンパク質の機能が著しく損なわれる可能性がある。

問1 空欄  ～  にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、DNA上のアミノ酸配列を指定する領域で塩基の置換が起きても、発現するタンパク質の一次構造に影響を与えないことがある。その理由を30字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 3 真核生物では、RNA ポリメラーゼによって転写される DNA 領域で突然変異が発生しても、そこから生じる mRNA の塩基配列が変化しない場合がある。その理由を 40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(B)について、目的とする遺伝子領域を 2 種類のプライマーを用いて増幅することを考える。図 1 において太い実線は目的の遺伝子領域、破線 a ~ d はそれぞれ配列が異なる DNA プライマーを表し、①~④は異なる組み合わせのプライマーと目的の DNA 配列を結合させた状態を示している。このうち、目的の領域を正しく増幅できるプライマーの組み合わせはどれか、①~④の番号で答えなさい。なお、図中の 5'、3' は DNA 鎖の 5' 末端、3' 末端をそれぞれ示している。

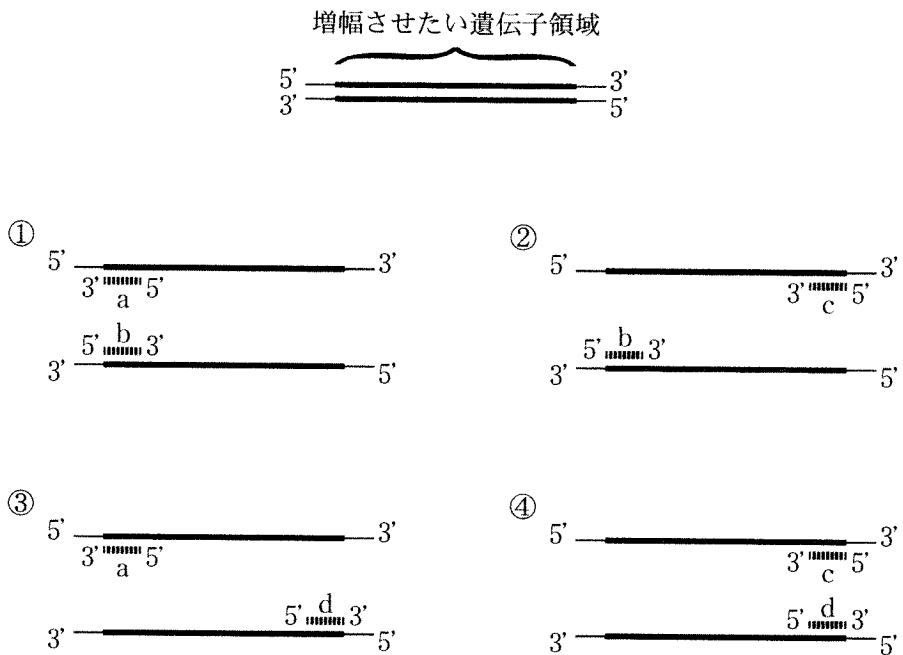


図 1

問 5 下線部(C)について、哺乳類細胞で発現し、酵素として機能するタンパク質 A について、以下のように仮定する。

- ・タンパク質 A のアミノ酸配列を指定する遺伝子 X は常染色体上に存在する。
- ・遺伝子 X の突然変異により生じた遺伝子 X' から、アミノ酸置換を 1 か所含むタンパク質 A' が発現する。
- ・タンパク質 A は 4 分子集合した複合体 (4 量体) として酵素活性を発揮し、単量体としては機能しない。
- ・タンパク質 A と A' はお互いの区別なく集合して 4 量体を形成するが、A' を 1 分子でも含む複合体は酵素活性を示さない。

雄が遺伝子 X のホモ接合体、雌が遺伝子 X' のホモ接合体であった場合、その間に生まれる子において酵素活性を持つタンパク質 A の複合体は、4 量体全体の何パーセントになるか答えなさい (有効数字は 3 桁として計算すること)。なお、遺伝子 X と X' から細胞内で発現するタンパク質の分子数は等しいものとする。





Ⅲ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

被子植物の若い芽生えにおいて、茎や根の成長は、それぞれの先端にある茎頂  や根端  で生み出された細胞が縦方向に伸長成長することによって起こる。茎の伸長成長の調節には、複数の植物ホルモンが協調的にはたらいっており、オーキシン、 、ブラシノステロイドが促進する役割を担う。植物細胞の表面近くには、細胞骨格である  が並んでおり、細胞壁のセルロース繊維の並び方を決める。  とブラシノステロイドは、  の向きを  方向に制御して、細胞が縦方向に成長しやすいようにする。この時、オーキシンは細胞壁を酸性化させることによって、セルロース繊維どうしの結びつきを弱める酵素を活性化させる。その結果、細胞壁が緩んだ細胞は吸水して縦方向に成長する。

一方、植物が風による振動を受け続けたり、障害物などに接触した状態が続くと、茎の伸長成長が抑制され肥大成長が起こる。この肥大成長の調節には植物ホルモンの  がはたらく。  は  の向きを  方向に制御して、細胞が横方向に成長しやすいようにする。

また、茎や根の成長方向は、光や重力などの外界の刺激の方向によって影響を受ける。茎は正の光屈性を示すのに対し、根は負の光屈性を示す。一方、茎は負の重力屈性を示すのに対し、根は正の重力屈性を示す。茎や根の屈性反応では、刺激によって器官の両側に成長の差が生まれて屈曲が引き起こされる。植物体を暗所で水平に横たえたと、茎の内皮細胞や根冠のコルメラ細胞などの平衡細胞で重力の方向が感知され、オーキシンが輸送体タンパク質のはたらきを介して茎や根の重力方向側(下側)に移動し、器官の両側で不均一なオーキシンの分布が生じる。これにより、茎では下側が、根では上側がより伸長成長し、それぞれ異なる向きに屈曲が起こる。

問1 空欄  ～  にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)について、オーキシンが細胞壁を酸性化させる仕組みを 40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 3 下線部(B)について、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 光屈性を誘導する光とその光受容体の組み合わせとして正しいものを、以下の(a)~(f)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| (a) 赤色光／フィトクロム  | (b) 青色光／フィトクロム  |
| (c) 赤色光／クリプトクロム | (d) 青色光／クリプトクロム |
| (e) 赤色光／フォトトロピン | (f) 青色光／フォトトロピン |

(2) (1)の光受容体が関与する現象を、以下の(a)~(f)から 2 つ選び、記号で答えなさい。

- |                |            |
|----------------|------------|
| (a) 光発芽種子の発芽促進 | (b) 気孔の開口  |
| (c) 芽生えの緑化     | (d) 茎の伸長抑制 |
| (e) 葉緑体の定位運動   | (f) 花芽形成   |

問 4 下線部(C)について、茎や根の平衡細胞において、重力方向の感知に重要な共通の細胞小器官の名称を答えなさい。また、その細胞小器官の一般的な特徴と、平衡細胞における特徴について、それぞれ答えなさい。

問 5 下線部(D)について、茎と根が異なる方向に屈曲する理由を 100 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

IV 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点18点)

ある一定地域に生息する同じ生物種の個体の集まりを、個体群と呼ぶ。個体群内の個体は、チンパンジーのように集団で生活していることもあれば、オランウータンのようにほとんど単独で生活していることもある。しかし、各個体は、摂食や生殖などを通じて他の個体と関わり合いをもっている。個体群内での個体の分布の様式は、生物の種類によって異なり、生息地の環境にも依存する。

個体群における単位空間当たりの個体数は、と呼ばれる。生活空間や食物などの生物の生存と繁殖に必要なが十分にあれば、個体数は増加し続け、は高くなっていく。しかし、多くの場合、には限りがあるので、ある環境で生存できる個体の数には上限がある。が高くなると、1個体あたりのが不足し、出生率や個体の成長速度の低下、死亡率の増加などが起こる。このように、の変化によって、個体の発育や生理・形態などが変化することを、という。

問1 空欄～にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、動物が集団生活をするにより得られる利益を3つあげなさい。

問3 下線部(B)について、一様な分布がみられるのは、その個体群を構成している生物種がどのような習性をもつ場合か、答えなさい。

問 4 下線部(C)について、以下の問(1)~(4)に答えなさい。

ある池に生息するメダカの個体数を、以下の方法を用いて推定した。まず、メダカを  $N_1$  匹捕獲し、標識をつけて池に戻した。その後、一定の時間をおいて、標識個体と未標識個体が十分に混ざり合うのを待ってから、再び同様の条件のもとで捕獲を行った。2 回目の捕獲では  $N_2$  匹のメダカが得られ、そのうちの標識個体は  $n$  匹だった。ただし、標識は、個体から外れることがなく、個体の性質や個体と環境との相互作用に影響を与えないものとする。また、1 回目と 2 回目の捕獲の間に、メダカの個体数は変動しないものとする。

- (1) ここで用いられた個体数の推定方法を何というか、答えなさい。
- (2) 池に生息するメダカの推定個体数を求めなさい。
- (3) (1)の方法が個体群を構成する個体数の推定に適用できない動物を、以下の(a)~(f)の中から1つ選び、記号で答えなさい。  

(a) モンシロチョウ	(b) アカネズミ	(c) イワガキ
(d) ヤマナメクジ	(e) シマヘビ	(f) アカハライモリ
- (4) (3)の答えとなる動物の個体群を構成する個体数を推定するのに最も適した方法を答えなさい。

問 5 下線部(D)について、ある環境で個体群が維持できる最大の個体数を何というか、答えなさい。

問 6 下線部(E)について、以下の問いに答えなさい。

ある種の昆虫の成虫を、一定量の餌とともに一定の大きさの容器に入れ、産卵させた。そしてその後、容器内で羽化した子世代の成虫の数を調べた。容器に入れた親世代の個体数を1匹から1000匹まで様々に変えて、いくつかの実験を行ったところ、以下の結果が得られた。

- ・容器に入れた親世代の成虫数が少ないときは、親世代の成虫数が多いほど羽化した子世代の成虫数は増加した。しかし、容器に入れた親世代の成虫数がある値を超えると、親世代の成虫数が多いほど羽化した子世代の成虫数は減少した。
- ・容器に入れた親世代の成虫数が200匹のとき、羽化した子世代の成虫数が最大となり、その値は900匹であった。
- ・最初に、少数の親世代成虫を入れて、子世代の成虫を羽化させた。さらに、得られた子世代の成虫を新しい親世代として、新しい容器に移して同様の条件で飼育し、次の子世代の成虫を羽化させた。こうした操作を繰り返していくと、羽化してくる子孫世代の成虫数は、700匹に収束していった。

これらの結果から、容器に入れた親世代の成虫数と羽化した子世代の成虫数の関係を推定し、その関係を表すグラフを描きなさい。ただし、実験に用いた個体はすべて雌で、この種では、交尾せずに雌が雌のみを産んで繁殖するものとする。また、成虫は産卵後すぐに死ぬものとする。

