

科目	生 物
----	-----

理学部・医学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、大問1～6からなり問題冊子の1ページから12ページにわたっています。
3. 大問5と大問6のそれぞれには、選択問題AとBがあります。  
解答用紙には、選択した問題の記号AまたはBに○を付けて解答して下さい。
4. 解答用紙は6枚、下書き用紙は2枚で、問題冊子とは別になっています。
5. 問題冊子、解答用紙、下書き用紙が不備な場合は、直ちに監督者に申し出て下さい。
6. 受験番号は、すべての解答用紙の上部の欄(2か所)に記入して下さい。
7. 解答は、すべて横書きとし、解答用紙の所定の欄に記入して下さい。  
解答用紙の所定の欄以外に記入した解答は、評価(採点)の対象としません。
8. 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰って下さい。

1

イネの種子の形質と遺伝に関する次の文章を読み、問い(問1～5)に答えなさい。

私たちが食べている米は、イネの種子の胚乳の部分である。この部分にたくわえられたデンプンが、私たちの栄養源となる。胚乳は精細胞と、胚のう細胞に由来した  個の  核をもつ  細胞とが受精してできた胚乳核をもつ細胞に由来する。一方、胚は精細胞と、胚のう細胞に由来した  細胞とが受精してできた受精卵から発生して形成される。胚のう細胞は、 細胞が減数分裂してできた4個の細胞のうち小さい3個が退化して、大きい1個の細胞からできる。

米は胚乳に含まれるデンプンの構成の違いによって、ウルチ米とモチ米に分けられる。デンプンにはグルコースが直鎖状につながっているものと枝分かれしてつながったものの2種類がある。イネのウルチとモチの形質を支配している遺伝子は、第6染色体上にあるR遺伝子で、直鎖状のデンプンを合成する酵素の遺伝子である。R遺伝子が働けば、直鎖状につながったデンプンが作られ、ウルチの形質となる。これに対して、R遺伝子の機能を失った対立遺伝子rしかもたない場合は、直鎖状のデンプンができず枝分かれしたデンプンばかりになり、モチの形質となる。イネをかけ合わせた場合、実った種子の形質(ウルチ、モチ)は、胚乳核の遺伝子型によって支配される。例えば、モチ米(植物体の遺伝子型rr)のめしべにウルチ米(植物体の遺伝子型RR)の花粉を受粉させた場合、実った種子の胚乳の遺伝子型は  となり、表現型は  になる。

近年、特定の遺伝子の働きだけを阻害する技術が開発されている。例えば、R遺伝子の伝令RNAを分解する働きをもつ遺伝子(Z遺伝子と名付けた)を人為的に作り出すことができる。このZ遺伝子をウルチのイネ(植物体の遺伝子型RR)に導入して、遺伝子組換え植物(遺伝子組換え植物ライスZ)を作った場合、導入されたZ遺伝子の働きでR遺伝子の伝令RNAが分解されるため、R遺伝子が機能しなくなり、モチの形質を示すようになる。遺伝子組換え植物ライスZの遺伝子構成を調べたところ、R遺伝子をホモにもち、第2染色体の相同染色体の一方だけにZ遺伝子が1個導入されていた。それ以外の染色体にはZ遺伝子は導入されていなかった。遺伝子組換え植物ライスZのめしべに、Z遺伝子を導入していない通常のモチ米(植物体の遺伝子型rr)の花粉を受粉させた場合、実った種子の表現型(ウルチ、モチ)の分離比は1:1だった。

問1. 文章中の  ～  に適当な語または数字を答えなさい。

問2. 植物のなかには、胚乳が退化した無胚乳種子をつけるものがある。

(1) 無胚乳種子をつける植物名を次のア～エから1つ選び、記号で答えなさい。

ア. エンドウ      イ. カキ      ウ. コムギ      エ. トウモロコシ

(2) 問2(1)の無胚乳種子では、栄養分は胚のどの部分にたくわえられているか答えなさい。

問 3. 下線部①のように、受精卵をつくる受精と胚乳核をもつ細胞をつくる受精とが、胚のうちの2か所で別々に起きる受精形式を何と呼ぶか、答えなさい。

問 4. ウルチとモチの形質の遺伝について、次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 文章中の  に胚乳の遺伝子型を,  に胚乳の表現型(ウルチ, モチ)をそれぞれ答えなさい。

(2) 下線部②の種子を発芽, 生育させたのち, 自家受粉させて種子を得た。その種子の表現型(ウルチ, モチ)の分離比(理論値)を答えなさい。さらに, この種子の胚乳の遺伝子型とその分離比(理論値)を答えなさい。

問 5. 遺伝子組換え植物ライスZの後代の種子の形質(ウルチ, モチ)について, 次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 遺伝子組換え植物ライスZを自家受粉させて種子を得た。その種子の表現型(ウルチ, モチ)の分離比(理論値)を答えなさい。

(2) 下線部③の種子のうちモチの種子を発芽, 生育させたのち, 自家受粉させて種子を得た。その種子の表現型(ウルチ, モチ)の分離比(理論値)を答えなさい。

2 動物の血液に関する次の文章を読み、問い(問1～4)に答えなさい。

脊椎動物の血液は、血管内を循環する液体であり、血しょうと数種類の細胞からなる。血しょう成分中の水分と塩濃度、グルコース濃度および老廃物等の濃度は厳密に制御されている。血しょう成分の恒常性維持には、腎臓が大きな役割を果たしている。血しょう成分はその一部が、腎臓の腎小体において、 から  にろ過され、老廃物はそのまま尿として体外に排出されるが、生体にとって必要な塩類と栄養分および水分は、再吸収される機構が備わっている。水分は、<sup>①</sup>血液の浸透圧が上昇すると、調節中枢である間脳の  からの刺激によって、 で合成され脳下垂体  にたくわえられたバソプレシンが分泌される。バソプレシンの働きにより、腎臓の  を取り巻く毛細血管へ水分の再吸収が促進され、尿として体外へ排泄される水分量が減少する。

一方、血液は酸素の運搬にも重要である。血液中のヘモグロビンと酸素の結合の度合いは酸素飽和度と呼ばれる。血液循環器官でみると、 を取り巻く毛細血管内で空気と接する赤血球中の酸素飽和度は98～99%となる。一方、末梢組織中では、酸素分圧は低く酸素飽和度も低いため、赤血球中のヘモグロビンは酸素と解離して組織の細胞に酸素を供給することができる。<sup>②</sup>

さらに、血液は生体防御機構にも重要な役割を果たしている。抗原抗体反応を起こす抗体は、血しょうに含まれるタンパク質の1つであり、その構造はよく解明されている。<sup>③</sup>

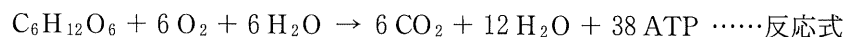
問 1. 文章中の  ～  に適当な語を答えなさい。

問 2. 下線部①について、次の問いに答えなさい。

血しょうの塩濃度は、赤血球と等張となるよう調節されている。ヒトの赤血球と等張な生理的食塩水を作製するためには、何グラムの塩化ナトリウムを水に溶かして1リットルにすればよいか数値を答えなさい。

問 3. 下線部②について、次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 血液によって末梢組織に運ばれた酸素は、細胞で酸素呼吸によって消費される。グルコース(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)を基質とした酸素呼吸についての次の反応式で、左辺の酸素分子(6O<sub>2</sub>)は右辺のどの物質に代謝されるかの説明として最も適当なものを、次頁のア～オから1つ選び記号で答えなさい。



- ア. すべて二酸化炭素分子の構成原子となる。
- イ. すべて水分子の構成原子となる。
- ウ. すべてATP分子の構成原子となる。
- エ. 二酸化炭素分子と水分子に半分ずつ移行する。
- オ. ほとんどがATPの構成原子となり、一部は水分子を構成する。

(2) 次の図は、酸素分圧と酸素飽和度の関係を示したものである。通常状態の酸素解離曲線を実線で、二酸化炭素分圧がより高い状態での酸素解離曲線を破線で表した際に、最も適当なものを図1(ア～エ)から1つ選び、記号で答えなさい。

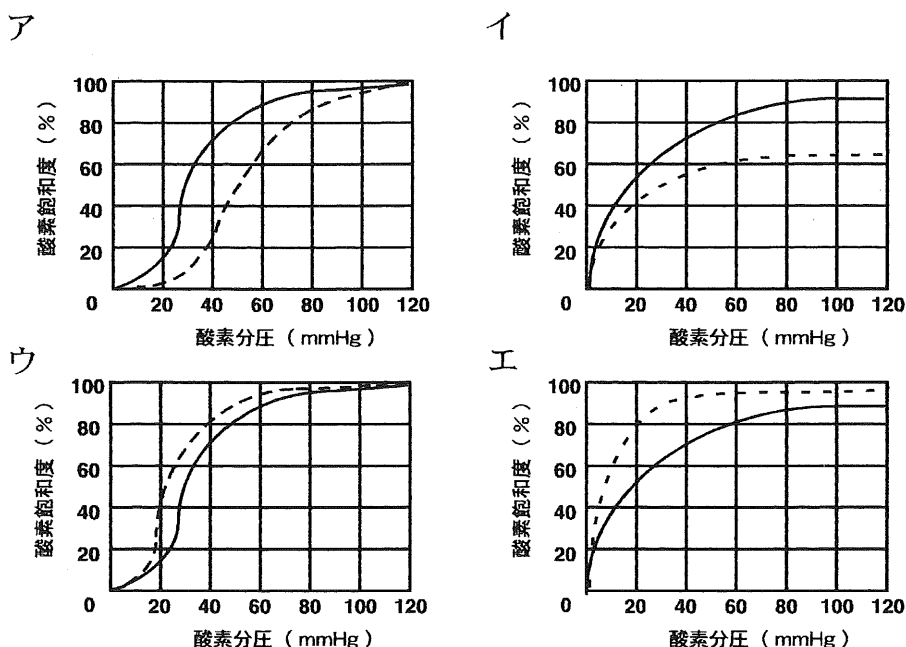


図 1

問 4. 下線部③について、次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 抗原抗体反応に基づくものを、次のア～オよりすべて選び記号で答えなさい。

- ア. ABO 式血液型判定の赤血球凝集反応
- イ. 抗生物質による細菌溶解反応
- ウ. 傷口の血液凝固反応
- エ. 抗血清注射によるヘビ毒中和反応
- オ. 鶏卵ワクチン投与によるインフルエンザウイルス中和反応

(2) 抗体分子の構造を図示しなさい。図中には、H 鎖、L 鎖および各ペプチド鎖間の結合を示しなさい。また、可変部(抗原と結合するアミノ酸配列の変化に富む部分)を解答用紙の例にならい斜線で示しなさい。

3 ATP分解の酵素反応に関する次の文章を読み、問い(問1～5)に答えなさい。

筋肉が運動するためのエネルギー源は、ATPである。筋肉や真核細胞のべん毛や繊毛には、基質のATPを分解する作用を持つ酵素が含まれており、モータータンパク質と呼ばれている。モータータンパク質とは、ATP分解のエネルギーを運動に変換する役割を持つタンパク質分子<sup>①</sup>のことである。このタンパク質がATPを分解する現象を理解するために、筋肉のタンパク質を取り出しATPの分解作用を調べることにした。

まず、<sup>②</sup>ATP溶液に筋肉のタンパク質を加えてよく混ぜた後、時間を追ってATPの分解量を測ったところ、図1に示すグラフの結果になった。この結果を見ると、反応開始後10分までは一定速度で分解していることから、ATP溶液に筋肉のタンパク質を加えて5分間反応させることでATP分解の反応速度を求めた。

筋細胞中には、ごく短時間の収縮に十分なATPが含まれているが、より長時間の収縮には多くのATPを必要とするので、すぐに分解されてしまい、筋肉は収縮できなくなってしまう。これを防ぐために、脊椎動物の骨格筋細胞中には、ATPとは別の高エネルギーリン酸化合物であるクレアチンリン酸がATPの何倍も含まれており、ATPの分解産物からATPを速やかに再生するのに役立っている。図1の実験で、10分後以降にATPの分解速度が低下したのはATPがすでにかなり分解されてしまったためではないかと考え、クレアチンリン酸の存在がATP分解の時間経過にどのような影響を与えるかについても調べてみた。クレアチンリン酸を分子数で<sup>③</sup>ATPの5倍加えATPの分解作用を調べたところATPを再生する効果が見られた。

次に、この反応の基質であるATPの濃度が図1の実験の0.2倍、0.5倍、1倍、1.5倍、2倍<sup>④</sup>の溶液に筋肉のタンパク質を一定量加えて、ATP分解速度がどのようになるか調べた。この結果を、ATP濃度に対する反応速度のグラフとして表すと図2のようになった。図2の実験につ<sup>⑤</sup>いては、クレアチンリン酸を分子数でATPの2倍加えた実験も行い、その時のATP分解速度を測定した。

問 1. 下線部①について、筋肉が収縮するときATPを分解するタンパク質の名称を答えなさい。

問 2. 下線部②について、ATPは分解されて何と何になるか、物質名を答えなさい。

問 3. 下線部③についてどのような結果が得られたか、解答用紙のグラフの中に実線で書き加えなさい。

問 4. 下線部④について、この実験で、ATP濃度の高い所では反応速度があまり大きくなりすぎず一定になってくるのはなぜか、その理由を80字以内で答えなさい。

問 5. 下線部⑤について、この実験の結果はどうなるか、解答用紙のグラフの中に実線で書き加えなさい。

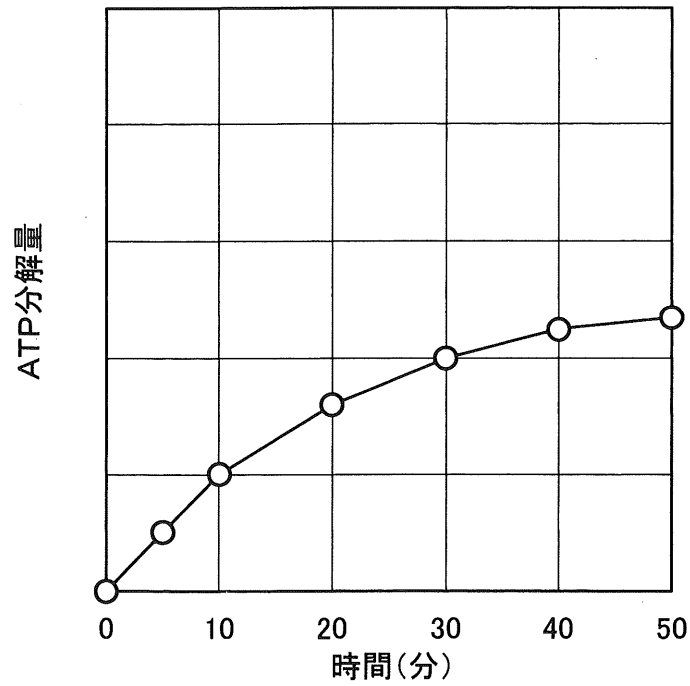


図 1

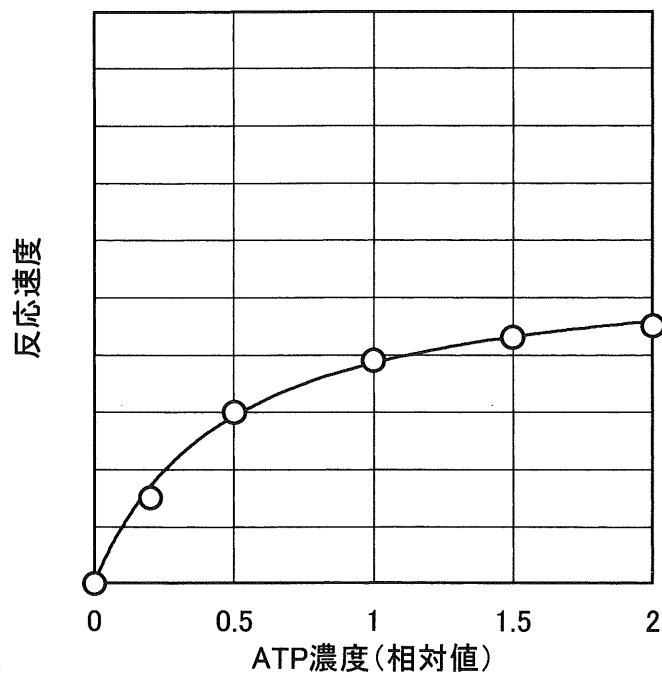


図 2

4 環境と植物の反応に関する次の文章を読み、問い(問1～4)に答えなさい。

土を入れた鉢を4つ用意し、2つの鉢にはヒマワリ、残り2つの鉢にはレタスの種子を数個ずつまいた。水で土を十分湿らせた後、日当たりの良い場所に鉢を置いたが、ヒマワリの鉢1つとレタスの鉢1つは、光が全く当たらないようアルミホイルでおおっておいた。数日後、すべての鉢の発芽のようすを観察したところ、アルミホイルでおおった  の鉢だけ、種子は発芽して①いなかった。また、いずれの植物でも、 が種子から最初に出てくる器官であった。

発芽したヒマワリを2本、畑に移植したところ、ヒマワリは順調に成長していった。ある程度の草丈になった頃、強風が吹き、2本のヒマワリのうち1本は先端付近で茎が折れてしまったため、折れた部分をはさみで切り落とした。②なお、もう1本のヒマワリは、やがて茎の先端に一輪の花を咲かせた。

問1. 文章中の  と  に入る語として最も適当な組み合わせを、次のア～エから選び、記号で答えなさい。なお、 には植物名、 には器官名が入る。  
ア. ヒマワリと茎    イ. ヒマワリと根    ウ. レタスと茎    エ. レタスと根

問2.  に関連した記述として適当なものを、次のア～カからすべて選び、記号で答えなさい。

- ア. 光合成をする器官が発達する。
- イ. 重力の方向に伸長する。
- ウ. 植物体内の水分を蒸散させる構造が発達する。
- エ. 無機塩類を吸収する。
- オ. 維管束系は、 の断面の外壁付近に沿って円周状に分布する。
- カ. 水分を吸収する構造が発達する。

問 3. 下線部①について、次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) このような種子を何と呼ぶか、その名称を答えなさい。
- (2) このような種子についての記述として適当なものを次のア~オから2つ選び、記号で答えなさい。
  - ア. 発芽はクロロフィルが光を吸収することによって引き起こされる。
  - イ. 発芽に有効な光を照射した後に暗所に移すと、光の効果は打ち消される。
  - ウ. 暗所でもジベレリンを与えると発芽が促進される。
  - エ. 発芽には青色光が特に有効である。
  - オ. 発芽の調節には、光の強弱よりも波長の方が重要である。
- (3) このような種子は、葉が生い茂った森林などでは発芽が抑制される。その理由を100字以内で説明しなさい。

問 4. 下線部②について、次の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) このヒマワリはその後どのようなようになったと推定されるか、最も適当なものを次のア~オから1つ選び、記号で答えなさい。
  - ア. 茎を切り落とした部分に新しい茎が形成され、その先端に花が咲いた。
  - イ. 茎を切り落とした部分から最も近い葉の先端に花が咲いた。
  - ウ. 葉のつけ根から新しい茎が伸長し、その先端に花が咲いた。
  - エ. 茎を切り落とした部分に最も近い葉のつけ根から、直接、新しい葉が形成された。
  - オ. 植物体には新しい茎も葉も形成されず、また花も咲かなかった。
- (2) 上記の問4(1)の現象に関連した植物ホルモン名を1つ答えなさい。

5 遺伝子に関する次の文章を読み、問い(問1～5)に答えなさい。

DNAは、ヌクレオチドとよばれる単位の繰り返しからなる鎖状の分子である。ヌクレオチドは、塩基、糖、リン酸からできており、DNAを構成する糖は  である。DNAの塩基は4種類あり、それら3つの並び方で、合計  種類の遺伝暗号を構成し、 種類のアミノ酸が指定されるようになっている。遺伝暗号表は、ふつう伝令RNAの塩基配列として示されており、3つの塩基の並び方は  とよばれている。例えば、グルタミン酸を指定する遺伝暗号には、GAAとGAGの2種類があり、バリンを指定する遺伝暗号には、GUU、GUC、GUA、GUGの4種類がある。真核細胞の遺伝子では、DNA鎖のうち遺伝情報をもつ部分である  が、それ以外の部分である  に分断されて存在する場合が多い。

かま状赤血球貧血症の患者のもつヘモグロビン(かま状赤血球ヘモグロビン)は、正常なヘモグロビンと比べて、アミノ酸の1つがグルタミン酸からバリンに変化したものである。この原因は、ヘモグロビン遺伝子の塩基1個が置換されて、伝令RNAの塩基配列が変わり、それと結合する運搬RNAが変化したからである。かま状赤血球ヘモグロビンは、正常ヘモグロビンと比べて機能が著しく低下するが、このヘモグロビンを持つ人は、ハマダラカによって媒介されるマラリアに対して抵抗性を示すことが知られている。

問1. 文章中の  ～  に適当な語または数字を答えなさい。

問2. 下線部①に関連して、ある細胞がもつ二本鎖DNAの分子量(分子の質量の相対値)を測定したところ、 $3 \times 10^9$ であった。ヌクレオチドの平均分子量を300とした場合に、このDNAの長さは何mmになるか。各塩基対の間の距離を、 $3.4 \times 10^{-7}$  mmとして計算しなさい。

問3. 原核細胞では、転写と翻訳が連続的に行われることが知られている。次の図は、大腸菌における転写と翻訳の過程を模式的に表したものである。図1のw～zの名称を答えなさい。

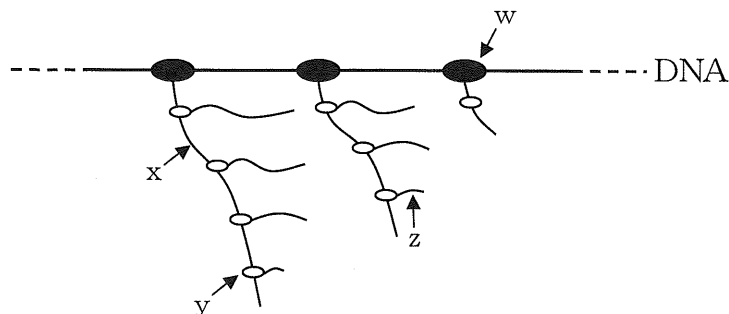


図1

問 4. かま状赤血球ヘモグロビン遺伝子の、伝令 RNA の鋳型となる DNA 鎖上に生じた下線部②の変化を、20 字以内で説明しなさい。ただし、グルタミン酸を指定する 2 つの遺伝暗号のうち、GAG に変化が起きているものとする。

問 5. 下線部③に関連して、選択問題 A か B のどちらか一方のみを選択して答えなさい。  
解答用紙には、選択した問題の記号 A または B に○を付けてから解答しなさい。

(選択問題 A)

正常ヘモグロビン遺伝子(H)とかま状赤血球ヘモグロビン遺伝子(h)をヘテロにもつ人々(遺伝子型 Hh)が、マラリアの感染地域では多く見られる。この理由を、自然選択説に基づいて 80 字以内で説明しなさい。なお、かま状赤血球ヘモグロビン遺伝子をホモにもつ人々(遺伝子型 hh)は、重度の貧血により若年死しやすいことが知られている。

(選択問題 B)

マラリアは熱帯や亜熱帯地方に見られる感染症であり、原因となる病原体のマラリア原虫は単細胞の原生動物である。マラリア原虫を容器中で培養した場合の個体数の変動は、個体群の成長曲線で表すことができる。一般に、生物個体群の成長曲線は S 字状の曲線を描くことが知られている。その理由を 80 字以内で説明しなさい。

6 細胞と生殖に関する次の文章を読み、問い(問1～6)に答えなさい。

コルク薄片の顕微鏡観察により「発見」された細胞は、19世紀になると、生物の構造および機能の基本単位であると考えられるようになった。今日、細胞には構造が<sup>①</sup>大きく異なる原核細胞と真核細胞の2つの型が知られている。原核細胞からなる原核生物(細菌)には、従属栄養生物に属するものや、光合成を行って酸素を発生する独立栄養生物の  とがある。一方、動物や植物は真核細胞からなる真核生物である。

生物の増殖は、無性生殖と有性生殖とで行われている。無性生殖にはアメーバやイソギンチャクなどが行う  , ヒドラや酵母菌などが行う  , そして植物が行う栄養生殖がある。有性生殖には、同じ形、同じ大きさの配偶子が接合する様式と、大きさの異なった配偶子が接合する様式とが存在する。動物では多くの種で雌雄が分化しているが、植物では両性花が咲く雌雄両全株の種、同一個体に単性花が咲く雌雄同株の種、それに別々の個体に単性花をつける雌雄異株の種などが見られる。

このように、生物は細胞レベルで多様であり、生殖方法や生活もさまざまである。また、生物間には競争、共生、寄生などの相互関係が存在している。

問 1. 文章中の  ~  に適当な語を答えなさい。

問 2. 下線部①は何という説か、答えなさい。

問 3. 細菌のなかには次の方法でエネルギーを得ている生物もある。次の(1)～(3)の細菌類を、それぞれ1つ答えなさい。

- (1) 硫化水素を酸化させて生じるエネルギーを利用して炭酸同化を行う細菌
- (2) アンモニアを酸化させて生じるエネルギーを利用して炭酸同化を行う細菌
- (3) バクテリオクロロフィルとよばれる色素を利用して炭酸同化を行う細菌

問 4. 下線部②に関して、次の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) このような配偶子を何と呼ぶか、その名称を答えなさい。
- (2) このような様式で有性生殖を行う生物の組み合わせを次のア～オから1つ選び、記号で答えなさい。

ア. 大腸菌と酵母菌

イ. クラミドモナスとヒビミドロ

ウ. アオサとミル

エ. スギゴケとゼニゴケ

オ. イチョウとソテツ

問 5. 下線部③に関して、次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 雌雄両全株，雌雄同株，それに雌雄異株の植物のなかで，有性生殖により生じる新個体が遺伝的に最も多様であると考えられているのはどれか，答えなさい。

(2) また，その理由を 60 字以内で書きなさい。

問 6. 下線部④に関連して，選択問題 A か B のどちらか一方のみを選択して答えなさい。

解答用紙には，選択した問題の記号 A または B に○を付けてから解答しなさい。

(選択問題 A)

ミトコンドリアや葉緑体は，原始真核細胞に共生した細菌に由来すると考えられている。その理由を 60 字以内で説明しなさい。

(選択問題 B)

生物の共生関係は，異なる種の間でしばしば認められる。相利共生の例を挙げて，互いにどの様な役割を果たしているかを 60 字以内で説明しなさい。