九州大学

2023 年度　前期日程　生物

1 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

代謝は，生体内において単純な物質から複雑な物質が作られる〔 ア 〕と，複雑な物質を単純な物質に分解する〔 イ 〕に分けられる。光合成は，〔 ア 〕の代表的な反応である。光合成では，葉緑体で起こる光化学反応によって二酸化炭素が有機物に合成される。また，植物の窒素〔 ア 〕では，土壌で生成された無機窒素化合物が根から吸収されて葉緑体に運ばれ，グルタミン酸と結合してグルタミンとなる。グルタミンの〔 ウ 〕はケトグルタル酸へ転移されてグルタミン酸が生じる。グルタミン酸は細胞質基質に運ばれ，様々な有機酸にグルタミン酸の〔 ウ 〕が転移されることで，多様な〔 エ 〕を生じ，タンパク質などの有機窒素化合物の合成に用いられる。こうして〔 ア 〕された葉内の有機窒素化合物の 7 割から 8 割が葉緑体に含まれるため，葉の窒素含量の増加は，葉の光合成能力の高さと強い正の相関があることが知られている。〔 イ 〕には，〔 オ 〕を用いて有機物を分解してエネルギーを得る呼吸の過程と，〔 オ 〕を用いずに有機物を分解してエネルギーを得る〔 カ 〕という過程がある。タンパク質が呼吸基質である場合，タンパク質は加水分解によって〔 エ 〕に分解され，〔 ウ 〕がアンモニウムイオンとして遊離し，同時に各種有機酸を生じる。有機酸は最終的に〔 キ 〕回路に取り込まれて，脱炭酸反応によって二酸化炭素が生じる。①光合成と呼吸は，電子伝達系において〔 ク 〕イオンの濃度勾配を利用して ATP を合成する過程が類似している。

生態系の物質循環は，生産者の光合成と分解者の呼吸によって駆動されている。生態系で生産者が光合成によって得た有機物量を総生産量という。総生産量のうち，生産者自身の呼吸量を差し引いた残りの量は〔 ケ 〕という。〔 ケ 〕は，成長量と，②落葉落枝として脱落して土壌に供給される〔 コ 〕と，植物体の生きた部分を生食連鎖の消費者が〔 ア 〕する〔 サ 〕で構成される。十分に発達した老齢の森林では，生食連鎖に占める〔 サ 〕は，〔 ケ 〕に対して，わずかに 10% ほどであり，〔 コ 〕は〔 ケ 〕の 90% を占める。落葉落枝などの有機化合物は，腐食連鎖の微生物や土壌動物などの分解者によって，二酸化炭素やアンモニウムイオンなどの無機窒素化合物に分解される。③土壌で有機窒素化合物が無機窒素化合物に分解される速度を土壌の窒素無機化速度とよび，土壌が植物に供給できる窒素資源量を表す。したがって，土壌の窒素無機化速度は，植物の葉の窒素〔 ア 〕量に影響する。このように，無機化合物は再び植物の資源となり，炭素と窒素が生態系を循環する。

問 1. 文章中の〔 ア 〕～〔 サ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①に関して，ATP 合成の際に光合成と呼吸で異なる点はどこか。枠内の語句をすべて用いて 100 字以内で説明しなさい。

光エネルギー，有機物，光リン酸化，酸化的リン酸化

問 3. 下線部②に関して，植物が落葉する過程について，枠内の語句をすべて用いて 80 字以内で説明しなさい。

エチレン，オーキシン，離層，葉柄，細胞壁

問 4. 下線部③に関して，図 1 は，ある地域で測定された落葉樹林の土地面積あたりの土壌の窒素無機化速度と，土地面積あたりの林冠の葉に含まれる総窒素含量の関係を示している。文中の葉の窒素含量と光合成能力の関係に関する記述に留意し，森林生態系の土壌の窒素無機化速度と植物の総生産量の間にはどのような関係が成り立つと考えられるか，120 字以内で説明しなさい。

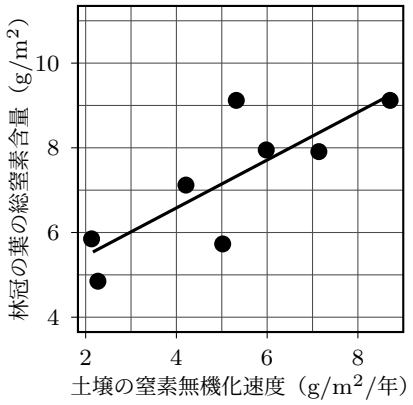


図 1

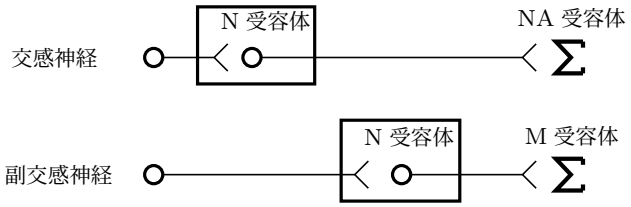
2 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

免疫は〔 ア 〕免疫と〔 イ 〕免疫の大きく 2 つに分かれる。〔 ア 〕免疫では，まず〔 ウ 〕・化学的防御が働く。次に〔 エ 〕，樹状細胞などが異物を取り込み，分解して排除する。この働きを〔 オ 〕作用という。さらに，〔 カ 〕細胞が感染細胞と正常細胞の細胞表面の差異を認識し，感染細胞を排除する。

一方，〔 イ 〕免疫には，T 細胞が働く〔 キ 〕免疫と B 細胞が働く〔 ク 〕免疫とがある。B 細胞は〔 ケ 〕で分化してひ臓で成熟が完了し，T 細胞は〔 コ 〕で成熟が完了する。〔 サ 〕T 細胞は，〔 オ 〕作用や〔 カ 〕細胞の働きを活性化する。B 細胞は形質細胞に分化し，〔 シ 〕を産生する。T 細胞や B 細胞は記憶細胞となり，2 回目以降の異物の侵入に対して速やかな免疫反応を行う。これを〔 ス 〕という。

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 ス 〕に入る適切な語句を答えなさい。

図 1 は交感神経と副交感神経の模式図である。交感神経と副交感神経は基本的には拮抗的に作用している。例えば，交感神経が働くと瞳孔は拡大し，副交感神経が働くと瞳孔は縮小する。また，暗いところから明るいところに出ると，最初はまぶしく感じるが，すぐになれる。これを①明順応という。



模式図については下図を参考にしなさい。

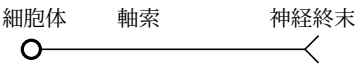


図 1

問 2. 図 1 を参考に，〔 セ 〕および〔 ソ 〕にあてはまる受容体を (a)〜(c) から選びなさい。

① 胃腸のぜん動運動が亢進してお腹が痛いので，〔 セ 〕に抑制的に作用する薬物を飲んだ。

② 血圧が低下しているので，〔 ソ 〕に興奮的に作用する薬物を投与した。

(a) NA 受容体　(b) N 受容体　(c) M 受容体

問 3. 図 1 の四角で囲まれた部分は自律神経節と呼ばれる。この軸索と受容体の接合部分をなんというか答えなさい。また，この接合部分までの軸索内は電気信号で興奮が伝わり，この接合部分ではアセチルコリンという化学物質によって興奮が伝えられる。接合部分までと接合部分での伝わり方をそれぞれなんというか答えなさい。

問 4. 下線部①の明順応の仕組みについて，45 字以内で説明しなさい。その際，この反応に関わる細胞名と物質名を必ず入れなさい。

3 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

問 1. 細胞内に核を有する〔 ア 〕生物において，長い DNA 分子は〔 イ 〕というタンパク質に巻きついて〔 ウ 〕を形成し，さらに折り畳まれて〔 エ 〕という構造をとっている。細胞分裂の際には規則的に集合し，太い染色体となる。多くの〔 ア 〕生物の体細胞には，形や大きさが同じ染色体が 2 本ずつある。この 1 対の染色体を相同染色体という。ヒトの体細胞の染色体は 46 本あり，そのうち 44 本は男女に共通して見られ，〔 オ 〕染色体という。残りの 2 本は〔 カ 〕染色体といい，雌雄の決定に関わる。①ヒトやマウスの男性（雄）では X 染色体と Y 染色体が 1 本ずつ，女性（雌）では X 染色体が 2 本ある。このような性決定様式を雄ヘテロ型とよぶ。

(1) 文章中の〔 ア 〕〜〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

(2) 有性生殖では減数分裂により配偶子が作られる。その結果，子に遺伝的多様性がもたらされる。例えば，40 本の染色体を持つマウスの場合，配偶子のもつ染色体の組み合わせは 2^n 通りとなる。n に入る数を答えなさい。なお，染色体の乗換えは起こらないとする。

(3) 下線部①のような性決定様式をもつ生物では，生殖によって産まれてくる子の雌雄比はおよそ 1：1 である。このような雌雄比になる理由を，枠内の語句をすべて用いて 100 字以内で説明しなさい。

X 染色体，Y 染色体，卵，精子，接合

問 2. ヒトやマウスでは，X 染色体と Y 染色体を 1 本ずつ持つ個体の未分化生殖腺は精巣へと分化し，X 染色体を 2 本持つ個体の未分化生殖腺は卵巣へと分化する。このように未分化生殖腺が精巣，卵巣のいずれかに分化することを，性決定とよぶ。1991 年に，② Lovell-Badge らは，性決定遺伝子を明らかにすることを目的に，トランスジェニックマウスを用いた実験を行なった。そして，Y 染色体にコードされる *SRY* 遺伝子が雄決定遺伝子であることを明らかにした。性決定後，精巣では男性ホルモンが，卵巣では女性ホルモンが産生される。これらの性ホルモンは，血流にのって全身を循環し，③性ホルモンと結合する受容体が存在する標的細胞に作用する。性ホルモンと結合した受容体は〔 キ 〕として，RNA ポリメラーゼと一緒に，遺伝子の転写を促進する。

(1) 文章中の〔 キ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

(2) 下線部②に関して，このような結論を得るために Lovell-Badge らはどのようなトランスジェニックマウスを作製し，どのような表現型が観察されたか，(a)〜(e) から正しいものを一つ選びなさい。

(a) 雌マウスの未分化生殖腺で *SRY* 遺伝子を発現するトランスジェニックマウスを作製し，本来卵巣に分化するはずの未分化生殖腺が精巣に分化するという表現型が観察された。

(b) 雄マウスの未分化生殖腺で *SRY* 遺伝子を発現するトランスジェニックマウスを作製し，本来精巣に分化するはずの未分化生殖腺が卵巣に分化するという表現型が観察された。

(c) *SRY* 遺伝子と *GFP*（緑色蛍光タンパク質）遺伝子を融合させた人工遺伝子を外来遺伝子として導入したトランスジェニックマウスを作製し，Y 染色体上に GFP の蛍光が観察された。

(d) *SRY* 遺伝子と *GFP* 遺伝子を融合させた人工遺伝子を外来遺伝子として導入したトランスジェニックマウスを作製し，雄マウスの未分化生殖腺のみで GFP の蛍光が観察された。

(e) *SRY* 遺伝子と *GFP* 遺伝子を融合させた人工遺伝子を外来遺伝子として導入したトランスジェニックマウスを作製し，雄マウスの未分化生殖腺で雌マウスの未分化生殖腺よりも強い GFP の蛍光が観察された。

(3) 下線部③に関して，ホルモンには，性ホルモンのように脂質になじみやすい性質をもつ脂溶性ホルモンと，水になじみやすい性質をもつ水溶性ホルモンがある。脂溶性ホルモンの受容体，水溶性ホルモンの受容体が存在する場所を，(a)〜(f) からすべて選びなさい。

(a) 細胞膜　(b) 核　(c) 小胞体　(d) ゴルジ体　(e) ミトコンドリア　(f) 細胞質

4 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

問 1. ヒトの毛髪の色や植物の葉の形など，生物の個体はそれぞれ特有の性質を持つ。このような特徴を表現型といい，表現型は次世代へ遺伝する。表現型の情報を担うのが遺伝子であり，その本体は DNA である。様々な遺伝子が転写・翻訳され〔 ア 〕が合成され，〔 ア 〕は機能性分子として①生体の恒常性維持に働く。生物の生殖細胞が持つ全遺伝情報を〔 イ 〕という。ヒトを含む多くの生物集団において，同じ種の個体間で〔 イ 〕DNA 配列を比較すると，様々な箇所で②塩基配列に違いがみられる。この多くは，一定範囲の塩基配列中に存在する 1 塩基だけの違いであり，特に〔 ウ 〕とよばれる。〔 ウ 〕などの塩基配列の違いの中には，遺伝子の適切な発現を損ない，疾患に至るような変異もある。塩基配列の違いを調べるには，特殊なヌクレオチドを用いて調べたい DNA の塩基配列を解析する方法や，③〔 エ 〕法で増幅した DNA 断片を電気泳動して移動度の違いをみる方法などが用いられる。このように塩基配列の個人差を調べて，かかりやすい病気の予測や個人の体質に合った病気の治療や予防を行う医療を〔 オ 〕という。

(1) 文章中の〔 ア 〕〜〔 オ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

(2) 下線部①を担う仕組みとして体液は重要である。ヒトの体液に関連する以下の (a)〜(d) の各説明の下線部について，正しければ○，間違っていれば適切な語句を答えなさい。

(a) 体液は，血液，リンパ液，組織液に分けられる。

(b) 血液中の有形成分には，酸素を運搬する血小板がある。

(c) 毛細血管からしみ出して細胞の間を満たす液はリンパ液である。

(d) 血液の肺循環では，静脈血が心臓の左心室から肺に運ばれ，酸素を受け取り動脈血となって心臓に戻る。

(3) 下線部②に関して，塩基配列に変化が生じる突然変異にはどのような種類があるか，3 つ答えなさい。

(4) 下線部③に関して，この方法を行うために用いられる材料として，増幅したい DNA，酵素，ヌクレオチドに加えて，増幅領域を特定するために不可欠なものがある。その名称を答えなさい。

問 2. ある患者が貧血様症状を訴えて病院を受診した。家族にも貧血症状を持つ者がいるとのことで，いくつかの遺伝子について塩基配列を調べたところ，図 1 に示すように β グロビン遺伝子の 5′ 側にある塩基 A が C に変わる変異が見つかった。血液検査の結果と総合して，β サラセミア貧血症と診断された。この変異部位を含む数塩基には，基本転写因子が結合する。

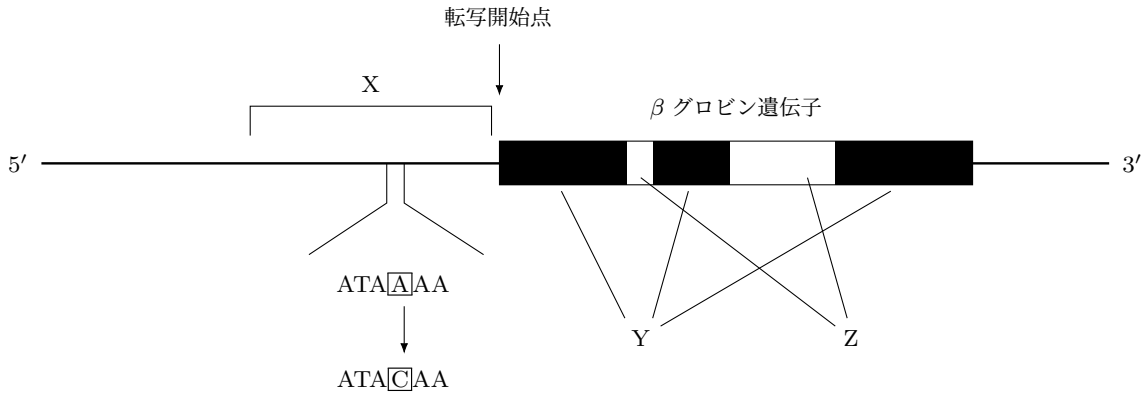


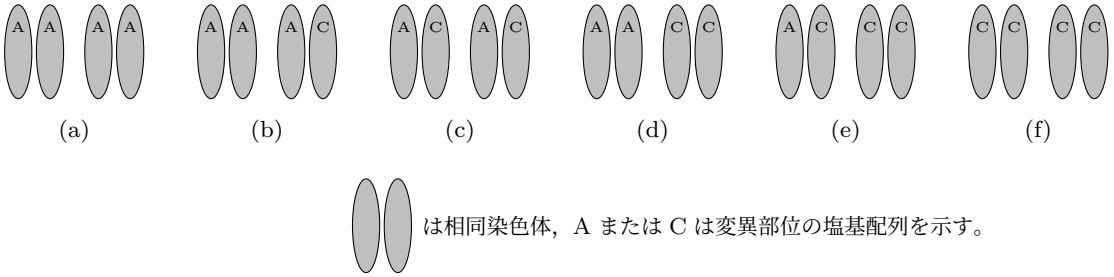
図 1

(1) 図 1 において，β グロビン遺伝子は白黒が交互に並んだ構造で示されている。転写後，最終的に mRNA 配列に含まれる黒い部分 Y と mRNA 配列に含まれない白い部分 Z はそれぞれ何とよばれるか，名称を答えなさい。

(2) 図 1 に示す領域 X を何というか答えなさい。

(3) β グロビンはヘモグロビンを構成する β 鎖タンパク質で，α 鎖タンパク質と共に，α 鎖 2 本と β 鎖 2 本で 4 量体を形成する。図 1 のように塩基 A が C に変異することにより，領域 X の働きにどのような変化が生じて生体内にどのような影響が出て貧血症が起こると考えられるか，80 字以内で説明しなさい。

(4) 患者は，この変異をヘテロで有することが分かった。また，兄弟にはこの変異を持たない者がいた。この変異部分の塩基配列について，この患者の両親の塩基配列として考えられる組み合わせを以下からすべて選びなさい。



5 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

およそ 46 億年前に誕生したとされる地球の歴史の中で，生物はさまざまな①進化を遂げ，種の誕生と絶滅が繰り返されてきた。地球上での最初の生物の誕生はおよそ 40 億年前まで遡り，有機物を外界から取り入れ，その有機物をもとにエネルギーを取り出す〔 ア 〕生物と，自力で無機物から有機物を合成する〔 イ 〕生物が存在したと考えられている。②古生代では，初期に生物の種数が急増した〔 ウ 〕爆発という現象がみられたが，約 2.5 億年前の〔 エ 〕紀末にはそれまで栄えていた生物の大量絶滅が起こった。中生代になると胚珠が子房壁に包まれた〔 オ 〕植物が現れた。また〔 カ 〕紀と古第三紀の間に起こった大量絶滅の有力な要因として，〔 キ 〕の衝突が挙げられる。そして迎えた③新生代では鳥類や哺乳類が繁栄した。

我々が生きている現在では，かつてない規模で④生物多様性が喪失している。国連が主催する政府間組織「生物多様性および生態系サービスに関する政府間科学－政策プラットフォーム（IPBES）」によれば，現在およそ 100 万種の動植物が絶滅の危機にさらされている。その主な要因として，土地および海洋利用の変化，地球温暖化，生物資源の乱獲，⑤環境汚染，外来種問題などが挙げられる。

問 1. 〔 ア 〕～〔 キ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①に関する以下の説明のうち，正しいものをすべて選びなさい。

(a) 大部分の突然変異は生存や繁殖に有害もしくは中立的である。
(b) クジラの胸びれとヒトの腕の骨格は発生起源が同じ相似器官である。
(c) 種分化には至らない進化を小進化とよぶ。
(d) 自然選択が集団にはたらくと，ハーディ・ワインベルグの法則が成立しない。
(e) 遺伝的浮動の効果は小集団よりも大集団で強くはたらく。

問 3. 下線部②に関して，以下に挙げる (a)～(g) のイベントのうち，古生代で生じたものをすべて選びなさい。

(a) エディアカラ生物群の絶滅	(b) 脊椎動物の出現
(c) 植物の陸上進出	(d) 両生類の出現
(e) 三葉虫の絶滅	(f) アンモナイトの絶滅
(g) 哺乳類の出現	

問 4. 下線部③に関して説明した以下の文章の〔 ク 〕,〔 ケ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

哺乳類の有袋類と真獣類は，大陸移動にともなって分化したとされる。オーストラリアでは有袋類が多様な環境に適応し，多数の系統に分岐した。この現象は〔 ク 〕とよばれる。これらの有袋類では，他の大陸で〔 ク 〕した真獣類とよく似た種類がみられる。異なる系統の生物が，同じような環境に適応することで似た特徴を持つことを〔 ケ 〕とよぶ。

問 5. 下線部④に関連し，生物群集の多様性を説明する仮説に「中規模かく乱説」がある。この仮説では，かく乱が強くはたらく環境では生物の種数が少なくなるが，かく乱が生じない環境でも種数の減少がみられる。後者のメカニズムについて 40 字以内で説明しなさい。

問 6. 下線部⑤に関連した現象を説明した次の文章を読み，問いに答えなさい。

河川に生活排水のような有機物を多く含む汚染水が流入すると，〔 コ 〕が有機物を栄養分として取り込み，急激に増加する。〔 コ 〕の呼吸により，水中の〔 サ 〕が減少し，有機物が分解されて〔 シ 〕が増加する。また〔 コ 〕を捕食する〔 ス 〕が増加するとともに，〔 シ 〕の増加によって〔 セ 〕が汚水流入点から少し離れた下流側で増加する。

(1) 〔 コ 〕〜〔 セ 〕に当てはまる最も適切な用語を下の枠内から一つずつ選び，答えなさい。

細菌類，藻類，原生動物，ザリガニ，酸素，窒素酸化物，栄養塩類，重金属類

(2) 赤潮が発生すると魚などの水生生物が大量死することがあるが，どのようなメカニズムによるものか。「プランクトン」と「酸素」という 2 つのキーワードを使って，45 字以内で説明しなさい。