

生 物

1 次の文章 A と B を読んで、問 1 ～ 7 に答えなさい。(配点 20)

A 動物や植物のからだは細胞で構成されている。細胞の形と大きさは多様であるが、細胞の構造は基本的に共通である。細胞の中で最も目立つ細胞小器官は、遺伝物質を含む核である。タンパク質合成の場である ア は、細胞内に遊離しているものと小胞体に付着しているものがある。ミトコンドリアは細胞呼吸のおもな場であり、有機物のもつエネルギーを取り出す役割をはたしている。加水分解酵素を含む イ は、細胞内に取り込んだものや不要になった細胞小器官などを分解する小胞である。植物細胞には光合成の場である ウ がある。細胞は細胞膜に包まれており、動物細胞では細胞膜によって外界と接するが、植物細胞では細胞膜の外に エ がある。

問 1 文中の ア ～ エ に適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部①の核について以下の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 核をもつ細胞でできた生物を何というか、答えなさい。
- (2) 上記(1)の生物では、長い DNA 分子はあるタンパク質と結合してヌクレオソームを形成している。このタンパク質の名称を答えなさい。

問 3 下線部②のミトコンドリアは、原始の細胞に取り込まれた好気性細菌に由来すると考えられている(細胞内共生説)。その根拠となるミトコンドリアの特徴を 2 つ、それぞれ 20 字以内で答えなさい。

B ヒトのからだには、侵入した病原体などの異物を認識し、排除する免疫というしくみが備わっている。病原体が体内に侵入した場合には、自然免疫がはたらき、好中球や の食作用を中心とした免疫応答がおこる。この免疫応答で除去できなかった病原体に対しては 免疫がはたらき、リンパ球である T 細胞や B 細胞が反応する。B 細胞は分化して形質細胞となり、抗原と結合する 抗体 を産生する。病原体が排除されたあと、リンパ球の一部は 細胞として残り、次の病原体の侵入に備える。

免疫応答が異常になると、からだのはたらきに支障をきたす。HIV(ヒト免疫不全ウイルス)は という病気を引き起こし、ヒトの免疫力を低下させる。一方、免疫のしくみを医学に応用した例もある。あらかじめ 死滅させたウイルスや細菌、あるいは病気を起こす力の弱い生きた病原体などを注射すると、弱い一次免疫応答を人工的に引き起こすことができる。その後、実際の病原体の感染が起こった場合、短時間のうちに強い二次免疫応答が引き起こされる。

問 4 文中の ～ に適切な語句を記入しなさい。

問 5 下線部③の T 細胞にはどのような種類があるか、2 つ答えなさい。

問 6 下線部④の抗体はタンパク質でできている。このタンパク質の名称を答えなさい。

問 7 下線部⑤は生体に接種して特定の感染症を予防する目的の医薬である。これを何というか、答えなさい。

2 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点20)

卵形成の過程では、卵が大きくなるのと同時に、さまざまなタンパク質や伝令RNA(mRNA)が細胞質中に蓄えられる。両生類を含む多くの脊椎動物では、十分に成長した一次卵母細胞が、停止していた **ア** 分裂の第一分裂を再開し、第二分裂中期で再度停止して受精を待つ。この時、生じる娘細胞のうち片方は非常に小さく、 **イ** とよばれ、多くの場合、退化・消失する。受精後、DNAの複製とタンパク質の合成はすみやかに始まるが、両生類ではmRNAの転写は受精後しばらくの間は起こらず、卵に蓄えられたmRNAを用いて発生が進行する。その後、胞胚期の中頃からmRNAの転写が始まり、原腸胚期にかけて中胚葉が生じる。また、両生類の胚を使ったさまざまな移植実験から発生のしくみが調べられてきた。胞胚の動物極側の組織(組織X)と植物極側の組織(組織Y)を切り出し、両者を①組み合わせて培養する実験では組織Xに中胚葉を生じさせることができた(図1の実験C)。このように胚のある領域(の細胞)が未分化な領域(の細胞)にはたらきかけて、分化の方向を決める現象を一般に **ウ** という。一方、初期原腸胚の原口背唇部を切りとり、別の原腸胚の腹側の予定表皮領域に移植すると、その場所に外胚葉の組織と移植片由来の組織からなるやや小型の二次胚が生じた。この原口背唇部のように近くの未分化な領域(の細胞)にはたらきかけ、特定の器官などに分化させる領域を **エ** とよぶ。

さまざまな細胞内で特定のmRNAやタンパク質を発現させることを目的として、②遺伝子組換えの技術が用いられる。特定の遺伝子が転写されるためにはRNAポリメラーゼとともに、転写の開始を助けるタンパク質である **オ** がプロモーターに結合する必要がある。また、プロモーター周辺の他の領域に結合し、転写の促進や抑制を行う **カ** タンパク質がある。そのため③胚発生の特定の時期にmRNAやタンパク質を発現させるような遺伝子組換え実験では、目的遺伝子(開始コドンから終止コドンまで)だけでなく、その周辺領域も考慮する必要がある。

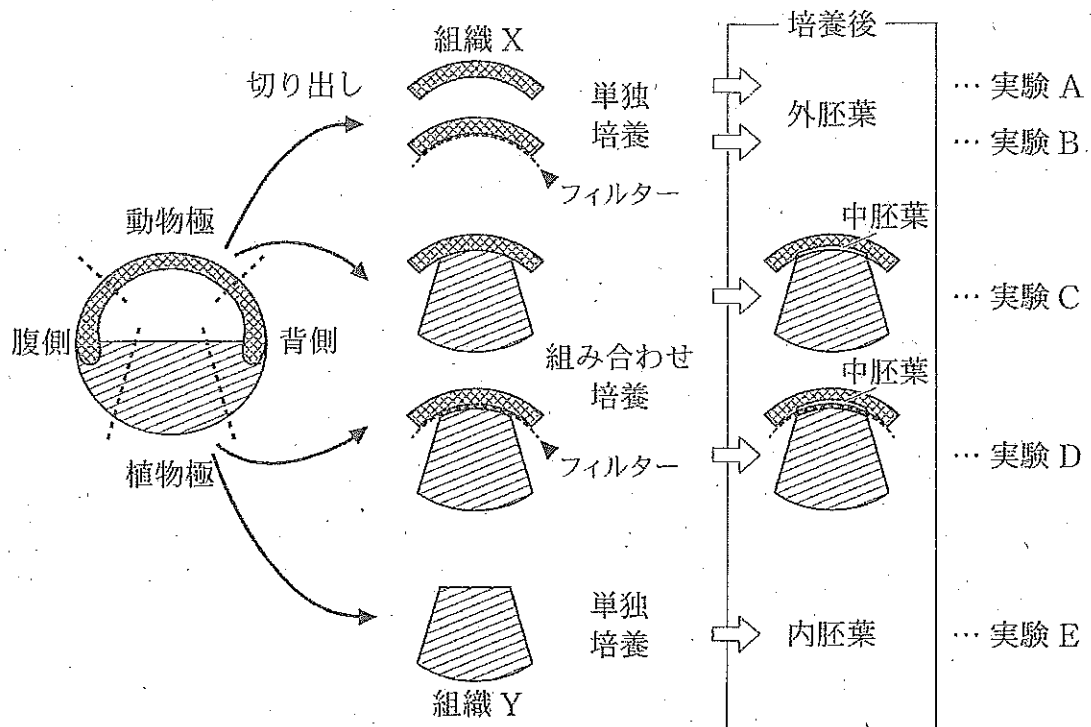


図 1

問 1 文中の ア ～ カ に適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部①において、組織 X と組織 Y の間に細胞を通さない直径 $0.1 \mu\text{m}$ の多数の穴が空いているフィルター(厚さ $10 \mu\text{m}$)をはさんでも、組織 X に中胚葉を生じさせることができた(図 1 の実験 D)。以下の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 実験 D において、フィルターをはさんでも中胚葉を生じさせることができる理由を 50 字以内で説明しなさい。
- (2) 正常に神経胚まで発生した両生類において、中胚葉はさらに大きく 4 つの領域に分かれる。これらの領域のうち、2 つの名称をあげなさい。

問 3 下線部②の遺伝子組換えの技術について述べた以下の文章(a)～(c)中の

キ

コ

に適切な語句を記入しなさい。

(a) 95℃近い高温でも **キ** を失わない DNA ポリメラーゼの発見により、PCR が実用的になった。

(b) PCR で増幅した目的遺伝子の DNA 断片とプラスミドを、特定の塩基配列を特異的に認識・切断する酵素である **ク** で処理する。目的遺伝子の DNA 断片の両端とプラスミドにできた切り口同士をつなぎあわせるために、酵素である **ケ** で処理する。

(c) (b)で得られたプラスミドを細胞へ導入することで、目的遺伝子を発現させた。このように、別の種や系統の生物の遺伝子が細胞に入ることにより、その細胞の遺伝的性質が変化する現象を **コ** という。

問 4 図 2 はカエル胚の発生段階に伴う遺伝子 A, B, C の mRNA 量(内在性の mRNA)の変化を示している。GFP タンパク質をカエル胚で合成させるために、下線部③の内容を考慮して GFP 遺伝子(開始コドンから終止コドンまで)に図 3 に示す領域をつなげた外来性の DNA ①～③および外来性の mRNA ④をそれぞれ作成した。これらの DNA もしくは mRNA をそれぞれ別の受精卵に注入する実験を行った(図 4 の矢印で注入)。4 種類の実験胚における GFP タンパク質の量の変化として適切なものを図 4 の(あ)～(お)の中からそれぞれ選び、記号で答えなさい(同じ記号を何回用いてもよい)。ただし、この実験において、GFP 遺伝子を持つ DNA, mRNA およびタンパク質は安定であり、内在性の mRNA 量の上昇は転写によるものとする。

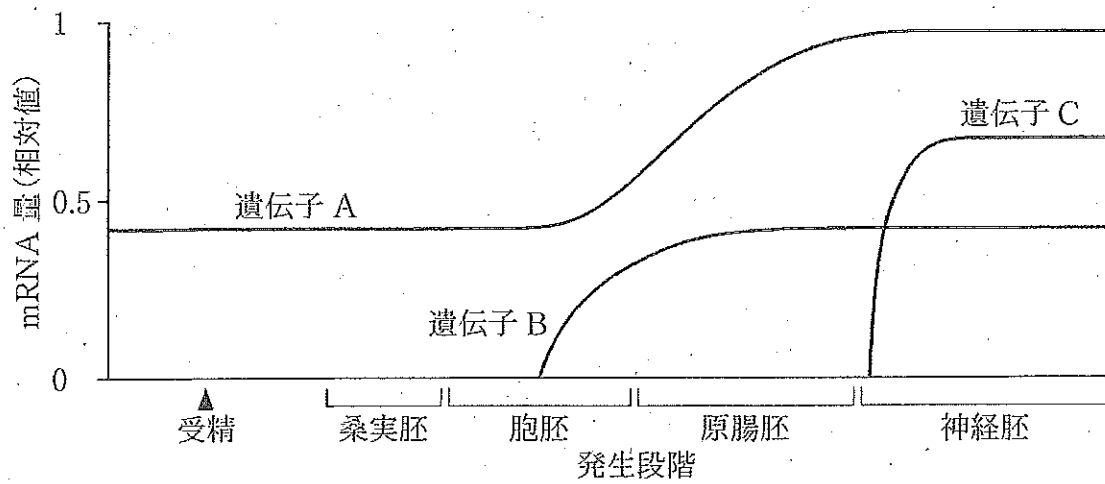


図 2

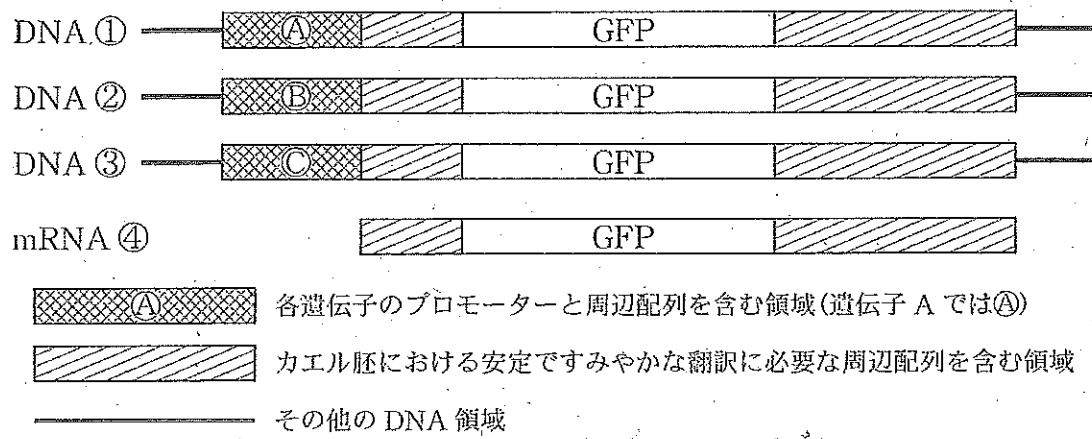


図 3

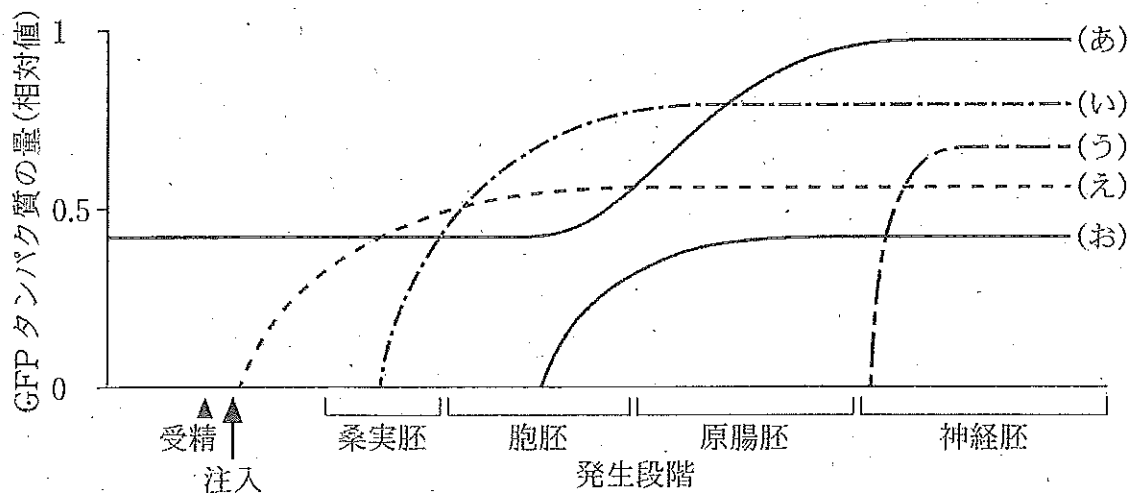


図 4

3 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点20)

多細胞生物のからだを構成する細胞は、血液、リンパ液、からなる体液に囲まれており、これを体内環境とよぶ。体外環境が変化しても体内環境を一定に保とうとする性質をといい、肝臓や腎臓といった器官が重要な役割を担っている。肝臓は、さまざまな物質の生成、貯蔵、分解を行っている。一方、腎臓は、老廃物を排出するとともに、体液中のさまざまな物質の濃度の調節も行っている。このような肝臓や腎臓のはたらきは、自律神経系や内分泌系によって調節されている。自律神経系は、交感神経と副交感神経からなり、神経末端から分泌される神経伝達物質を介して、各器官において拮抗的に作用する。一方、内分泌系では、内分泌腺でつくられたホルモンが血液中に分泌され、受容体を介して器官に作用し、そのはたらきを調節する。このように、自律神経系と内分泌系は、異なるしくみによってさまざまな器官のはたらきを調節している。

ホルモン分泌の調節においては、間脳の視床下部が司令塔としての役割を果たしている。たとえば、甲状腺からチロキシンが分泌される場合、間脳の視床下部に存在するから放出される甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンによって、が刺激される。その結果、甲状腺刺激ホルモンが分泌され、甲状腺からのチロキシンの分泌を促進する。チロキシンの血液中の濃度が高くなると、間脳の視床下部やに作用して、それぞれからのホルモン分泌を抑制する。このように、最終的な分泌物の効果が、前の段階に戻って作用を及ぼすことによって、血液中のホルモン濃度は適切に維持されている。

問1 文中の～に適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部①のヒトの肝臓に関する記述として正しいものを以下の(a)～(d)より1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 小腸で吸収したグルコースやアミノ酸は、肝動脈を介して肝臓に運ばれる。
- (b) 肝臓において、グルコースはスクロースに変換され貯蔵される。
- (c) 肝臓は、生体にとって有害なアンモニアを毒性の低い尿素に変換する。
- (d) 肝臓は、すい液の分泌を促進するセクレチンを合成する。

問 3 下線部②の例として、物質 A～E のヒトの血しょう、原尿、尿中の濃度の比較を表 1 に示した。表 1 を見て、(1)と(2)に答えなさい。

表 1 血しょう、原尿、尿中の物質濃度(質量パーセント濃度)の比較

物質	血しょう(%)	原尿(%)	尿(%)
A	7～9	0	0
B	0.32	0.32	0.35
C	0.03	0.03	2.0
D	0.10	0.10	0
E	0.001	0.001	0.075

- (1) 物質 A が原尿中に存在しないしくみを、「糸球体」と「ボーマンのう」という語句を用いて 30 字以内で答えなさい。
- (2) グルコースは物質 A～E のうちどれか、記号で答えなさい。

問 4 下線部③について、心臓の拍動が交感神経と副交感神経によってどのように調節されているか、それぞれの神経伝達物質の名称をあげながら 80 字以内で説明しなさい。

問 5 下線部④について、以下の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) このような調節のしくみを何というか、その名称を答えなさい。
- (2) 生理食塩水を1週間投与したマウス(対照群)と過剰量のチロキシンを1週間投与したマウス(実験群)に甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンを投与し、投与前後の血液中の甲状腺刺激ホルモンの濃度を経時的に測定した。図1は対照群の結果を示している。実験群の結果を、図2の(あ)～(お)より1つ選び、記号で答えなさい。なお、甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンを投与した時間を0分とする。

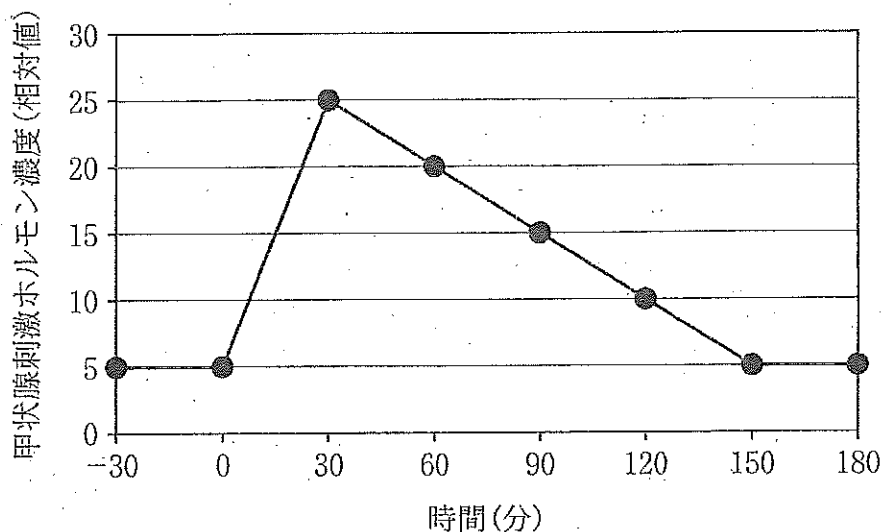


図1

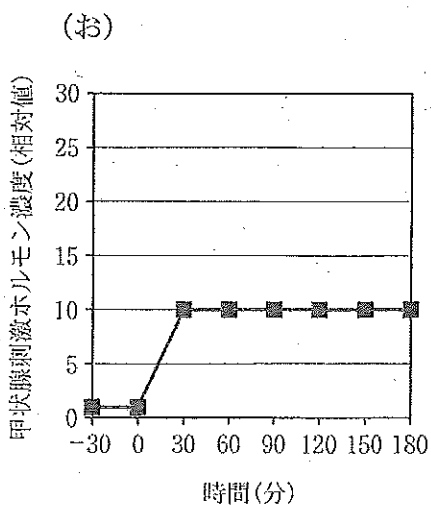
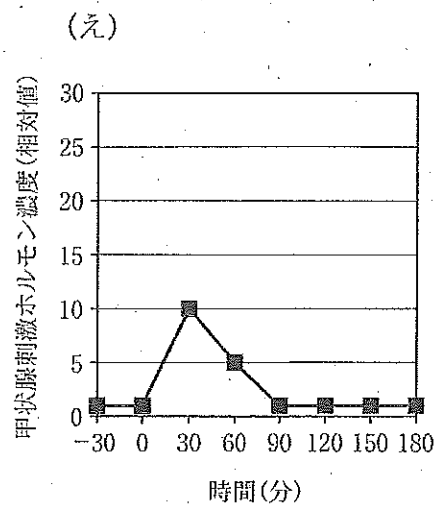
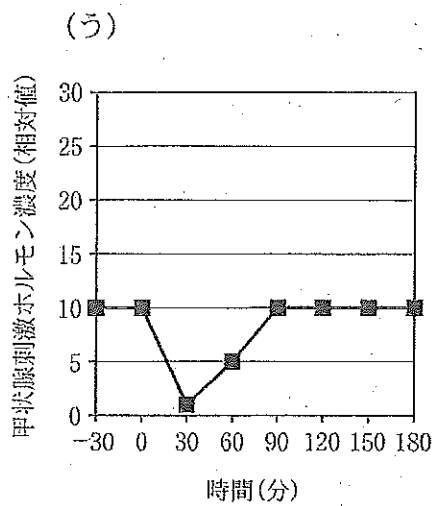
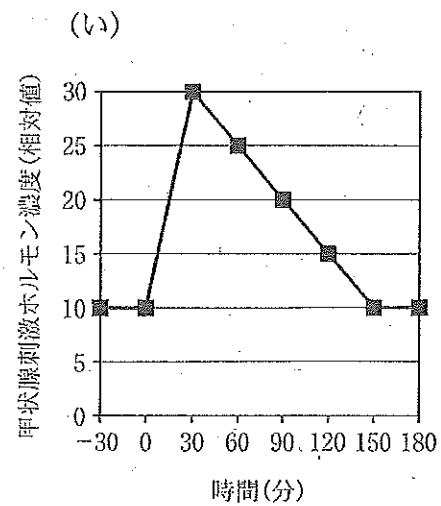
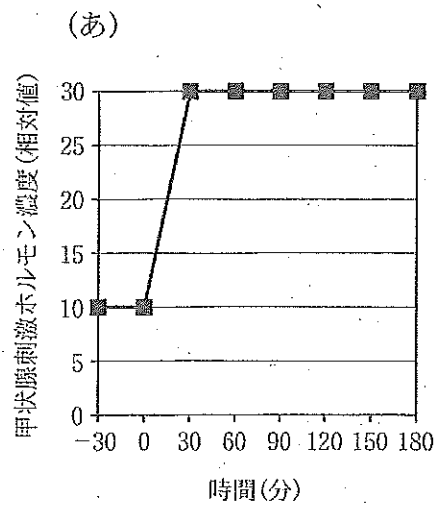


図 2

4 次の文章 A ～ C を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 20)

A ある生物集団の体色にかかわる形質において、ハーディ・ワインベルグの法則が成立している。この生物の体色には黒色と白色があり、黒色が優性である。一对の対立遺伝子のうち、一方の遺伝子がある形質の発現に関与し、他方の遺伝子がある形質に関与しない場合、形質の発現に関与する遺伝子を優性遺伝子、他方を劣性遺伝子とよぶ。集団が対立遺伝子 A と a を含み、優性遺伝子を A 、劣性遺伝子を a とする。優性遺伝子 A の遺伝子頻度が p 、劣性遺伝子 a の遺伝子頻度が q であるとする。

この集団内で自由に交配が行われているとき、次世代の体色が黒色である遺伝子型は および である。一方、体色が白色である遺伝子型は である。両遺伝子頻度は $p + q = 1$ であり、3つの遺伝子型 : : の頻度は p および q を用いて表すと $p^2 : 2pq : q^2$ となる。

それぞれの遺伝子型の頻度がわかることで、次世代の理論的な遺伝子 A および a の頻度を導くことができる。次世代の優性遺伝子 A の遺伝子頻度は、 p と q を用いた数式で と表される。 は、 $p + q = 1$ より p となる。また、次世代の劣性遺伝子 a の遺伝子頻度は、 p と q を用いた数式で と表され、同様に計算すると q となる。

問 1 文中の ～ に適切な語句または数式を記入しなさい。

B フェニルアラニンは食物中のタンパク質に含まれるアミノ酸である。フェニルアラニンをチロシンに代謝する酵素(フェニルアラニンヒドロキシラーゼ)の遺伝子が変わることによって、フェニルケトン尿症を発症することが知られている。フェニルケトン尿症は劣性遺伝子により支配されて発症することが知られている遺伝病である。ある疫学的調査で、90,000人に1人の割合でフェニルケトン尿症の子供が生まれることが報告されている。

劣性遺伝子をヘテロに持つヒト(保因者)の割合を知りたい。以下の問2～4に答えなさい。ただし、フェニルケトン尿症は単一の劣性遺伝子 b によるものであり、正常な対立遺伝子は B とする。また、このヒトの集団はハーディ・ワインベルグの法則にしたがう集団であるとする。

問2 劣性遺伝子 b の頻度を求めなさい(分数で答えること)。

問3 正常な遺伝子 B の頻度を求めなさい(分数で答えること)。

問4 保因者の割合を求めなさい(分数で答えること)。

C 文章Aで示したハーディ・ワインベルグの法則にしたがっていた生物集団が世代を重ねるにつれ、自由な交配で有性生殖がなされているにもかかわらず、体色の比率に変化が現れた。この現象は生物集団がハーディ・ワインベルグの法則にしたがわなくなったことを示している。

問5 生物集団がハーディ・ワインベルグの法則にしたがわなくなった原因として考えられることを3つあげなさい。

5 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(配点 20)

下の図1は、ある生態系における年間の炭素の循環を示している。それぞれの矢印は炭素の流れを、A～Lは矢印にしたがって1年間に移動した炭素量を示している。そのうち、 $A = 50 \times 10^{12} \text{ kg}$ 、 $B = 20 \times 10^{12} \text{ kg}$ 、 $C = 15 \times 10^{12} \text{ kg}$ および $D = 10 \times 10^{12} \text{ kg}$ であることがわかっている。Aは、光合成によって取り込まれる炭素量である。

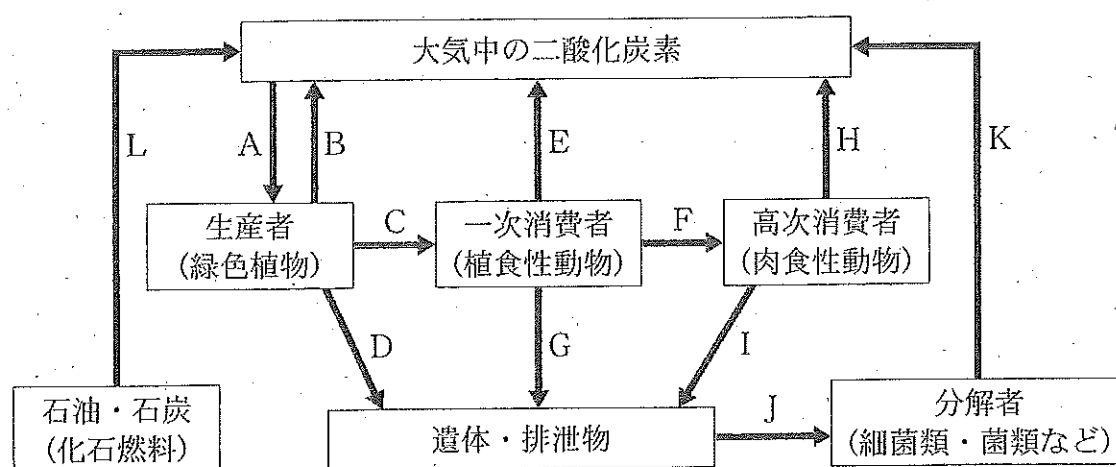


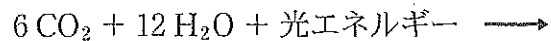
図1

問1 この生態系で、1年間に大気中に蓄積される炭素量を、A～Lを使って例のように数式で表しなさい。(例： $A + B - C$)

問2 近年、地球温暖化をもたらす大気中の二酸化炭素濃度の上昇が大きな環境問題となっている。大気中の二酸化炭素濃度の上昇を引き起こす人間の活動の例を1つあげ、二酸化炭素の上昇の理由を図1のA～Lを利用して、30字以内で説明しなさい。

問 3 この生態系で、1 年間に放出される酸素ガスの量(kg)を算出したい。以下の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) この生態系での 1 年間における見かけの光合成量を、A, B, C および D の数値から必要なものを使って、炭素量(kg)で答えなさい。
- (2) 光合成の反応の全過程は次の式で表される。次の化学反応式を完成させなさい。



- (3) (1)の見かけの光合成量に対応して、この生態系の植物から 1 年間に大気中に放出される酸素ガスの量(kg)を計算式を含めて答えなさい。炭素および酸素の原子量はそれぞれ 12, 16 とする。