

I 以下の文章を読み、設問に答えよ。

生物の進化が生じるしくみについては多くの科学者がさまざまな説を提唱している。1809年にはラマルクが用不用説を唱えた。1859年にはダーウィンは自然選択説を唱えた。1901年、(ア)は突然変異説を提唱した。突然変異には(イ)と(ウ)がある。たとえば、ヒトのかま状赤血球症は(イ)により、2(ア)がオオマツヨイグサで発見した突然変異体の多くは(ウ)による。集団中の遺伝的変異を分子レベルで調べられるようになると、1968年、木村資生は中立説を提唱した。中立説では、集団内の遺伝子頻度の世代ごとの変動はおもに偶然によって生じると考えられている。このような偶然による遺伝子頻度の世代ごとの変動を(エ)という。中立な遺伝子の進化の速さは中立な突然変異がどのくらいの割合で生じるかによって決まるので、特定の遺伝子に注目すると、3分子レベルの変化の速度は進化に要した時間を測定する一種の時計として用いることができる。また、41908年、ハーディとワインベルグはいくつかの条件が成り立つ集団においては、遺伝子頻度は世代を超えて一定であるという集団遺伝学の基本法則を発見した。現在、この法則を乱す要因が進化の原動力と考えられている。

問1 (ア)~(エ)の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 下線部1の用不用説には現在では否定されている仮定が含まれている。それは何か。

問3 キリンの長い首がどのように進化したかを、自然選択説に基づいて説明せよ。

問4 下線部2の(ウ)は、オオマツヨイグサの生活環のどの段階で起こりやすいか。

問5 下線部3で遺伝子の分子レベルの変化は、何の違いに注目したものか。

問6 遺伝子頻度とは何か説明せよ。

問7 (1) 下線部4においてハーディ・ワインベルグの法則が成り立つための条件として適当であるのは下記のa~eのうちどれか、すべて選べ。

- a. 個体数が十分に多い      b. 同種の他の集団との出入りが無い      c. 突然変異が起こる  
d. 自然選択が働かない      e. 全ての個体で自由に交配が行われる

(2) 下線部4の法則に従う仮想集団において、対立遺伝子Aは対立遺伝子aに対して優性である。集団内の16%が劣性形質を発現していたとすると、この集団内の遺伝子型Aaの割合(%)を答えよ。(有効数字2桁)

II 以下の文章を読み、設問に答えよ。

唾腺染色体を観察するために、キロシヨウジョウバエの幼虫から唾腺を取りだし、酢酸オルセインで固定・染色した。a得られたプレパラートを観察したところ、横じまのある唾腺染色体が確認できた。唾腺染色体の横じまの数や場所は染色体によって決まっており、形質の違う個体を比較すると、同じ染色体でも横じま模様が異なる。この違いから、染色体上の遺伝子の位置を推定することができ、染色体地図が作られている。一方、(1)からは、組換え価を利用して染色体地図を作成した。これら2種類の染色体地図を比較すると、遺伝子の(2)は同じだが、b遺伝子間の距離は必ずしも一致しない。

唾腺染色体では、パフというふくらんだ部分がしばしば観察される。そこでは遺伝子の(3)が行われている。蛹化の時期に現れるパフは、前胸腺から分泌される(4)というホルモンによって誘導される。(4)は標的細胞に入り、(5)と結合する。(5)と結合してできた複合体は、細胞内の(6)において標的遺伝子の(7)領域に結合する。

問1 (1)~(7)の空欄に適切な語句をいれよ。

問2 他の細胞の染色体よりも唾腺染色体が観察しやすい理由を答えよ。

問3 下線部aについて染色体を観察しやすくするためにはカバーグラスをかけた後にある操作が必要である。その操作を答えよ。

問4 下線部bのように、2種類の染色体地図で遺伝子間の距離が異なる理由として考えられることを1つあげよ。

問5 パフというふくらんだ部分は、染色体の構造のどのような状態を反映しているか。

問6 蛹化の時期の唾腺染色体を観察する際に、染色液としてDNAとRNAを染め分けることのできるメチルグリーン・ピロニン溶液(メチルグリーンはDNAを、ピロニンはRNAを染色する)を使用した場合、ピロニンはどの部分を染色するか。

問7 蛹化開始2時間後の前蛹期の幼虫の唾腺を蛹化開始6時間前の幼虫の腹部に移植した。移植された唾腺の染色体のパフの位置は変化し、蛹化開始6時間前の幼虫の唾腺染色体のパフの位置と同じになった。このパフの位置の変化から考えられることを答えよ。

III 以下の文章を読み、設問に答えよ。

食物中のデンプンは、唾液などに含まれている消化酵素のアミラーゼによりマルトースに分解された後、小腸でマルターゼによって単糖類のグルコースに分解される。その後、小腸から吸収され、全身へと送られる。また、その一部は(1)という多糖類に合成されて肝臓や骨格筋に貯蔵される。①グルコースは全身の細胞に取り込まれ、ATP生成のエネルギー源として利用されている。血中グルコース濃度のことを血糖値と呼び、血液100 mL中に60~140 mgの範囲に収まっている。血糖値の調節には、自律神経系やホルモンが関与している。血糖値が減少すると、間脳の視床下部に存在する血糖調節中枢から、脳下垂体前葉や交感神経に指令が出る。その結果、副腎髄質から(2)が、副腎皮質からは(3)が、(4)からはチロキシンが分泌される。また、血糖値の減少という直接的な刺激や交感神経からの刺激により、すい臓のランゲルハンス島のA( $\alpha$ )細胞からは(5)が分泌される。(2)や(5)は肝臓や骨格筋などで(1)の分解を促し血糖値を増加させる。血糖値が増加した場合は、すい臓のランゲルハンス島の(6)から②インスリンが分泌される。インスリンは、各細胞のグルコース消費を高め、肝臓や骨格筋での(1)合成を促進し、血糖値を減少させる。③血糖値が定常的に160 mg/100 mLを超えるようになると、グルコースが尿中に排出されてくる。このような状態を指す病名を(7)と呼ぶ。

問1 (1)~(7)の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 デンプンは煮沸した唾液では分解されない。その理由を説明せよ。

問3 下線部①において、グルコースが好気呼吸によって分解される過程で、空気から取り込まれた酸素は最終的に水と二酸化炭素のどちらに含まれるか、反応過程に基づいて説明せよ。

問4 食後、呼吸商が0.97であったラットを36時間絶食させたところ、呼吸商が0.70になった。この変化を呼吸基質に着目して説明せよ。

問5 下線部②のインスリンについてA鎖、B鎖という語句を使って構造上の特徴を説明せよ。

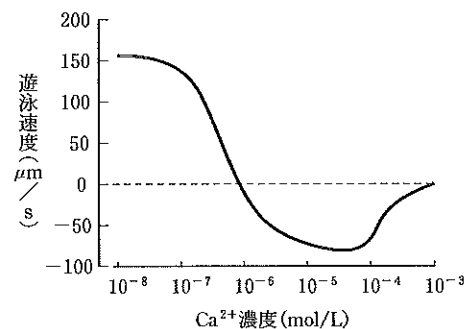
問6 下線部③において、腎臓の機能が正常であっても尿中にグルコースは排出されてくる。その理由を説明せよ。

IV 以下の文章を読み、設問に答えよ。

ゾウリムシの表面には多数の繊毛(線毛)が生えており、繊毛を波打つように振り動かして泳ぐ。細胞の先端部が障害物にぶつかるると一時的に波打ちを逆転させて後退し、別の方向にまた泳ぎだして障害物を避ける。この繊毛の波打ちと逆転のしくみを調べるために細胞膜を破壊したゾウリムシを用意した。ただし、このゾウリムシの繊毛の構造と運動の機能は保たれている。このゾウリムシを下表の組成を持つ実験液1~4に入れ、遊泳速度を測定し、その結果を表に示した。また、ATPと $Mg^{2+}$ が実験液4と同じ濃度の時の、遊泳速度と $Ca^{2+}$ 濃度の関係を図に示した。図の縦軸の正の値は前進、負の値は後退を示している。

実験液	ATP(mol/L)	$Mg^{2+}$ (mol/L)	$Ca^{2+}$ (mol/L)	結果( $\mu\text{m/s}$ )
1	0	0	$10^{-8}$	0
2	$4 \times 10^{-3}$	0	$10^{-8}$	0
3	0	$6 \times 10^{-3}$	$10^{-8}$	0
4	$4 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$	$10^{-8}$	+155

Naitoh and Kaneko(1972)より改変



問1 運動性のある繊毛はヒトの呼吸器系と生殖器系に存在している。それら2つの器官の名称をあげ、それぞれの器官における繊毛の役割を答えよ。

問2 長い繊毛はべん毛といわれている。ヒトの細胞のうち、べん毛を持つ細胞の名称をあげよ。

問3 繊毛の運動をつかさどる繊維状タンパク質は、紡錘糸の構成成分にもなっている。紡錘糸のはたらきは何か。

問4 一般に、このような実験を行う上で一定に保たねばならない実験条件を2つあげよ。

問5 表の実験液1~4を使った実験結果からわかることを簡潔に述べよ。

問6 (1) 図の結果から $Ca^{2+}$ 濃度と細胞膜を破壊したゾウリムシの運動との関係を述べよ。

(2) 下線部の現象は、細胞質基質内の $Ca^{2+}$ 濃度変化だけで説明できる。その際、ゾウリムシの細胞質基質で何が起きていると予想できるか。