

生 物

I 次の(文1)と(文2)を読み,〔1〕～〔6〕の問いに答えよ。

(文1)

生物の生存に必要な最小限の遺伝子群(遺伝子のセット)のことを **あ** という。ヒトの **あ** は **い** 本の染色体に分かれて存在している。2003年4月にヒトの **あ** について,その塩基配列の解読がほぼ完了したことが報告された。その成果は,ヒトの病気に関連する遺伝子の解明につながるものとして期待されている。

近年,ヒトの遺伝子Aの変異を原因とする疾患Aが見出された。ヒトの染色体は22対の **う** 染色体と2本の **え** 染色体からなるが,疾患Aは7番染色体^(a)上に存在する劣性遺伝子によって,メンデルの法則に従い遺伝する。遺伝子Aは 2.25×10^5 塩基対からなる遺伝子で,その転写産物であるmRNAから^(b)翻訳されたタンパク質は,1,500個のアミノ酸からなることが分かった。^(c)

遺伝子Aのタンパク質に翻訳される部分の塩基配列を,正常遺伝子Aと変異型遺伝子Aとの間で比較したところ,「正常遺伝子Aの塩基配列のうち1箇所でアデニンがグアニンに置換した結果,510番目のアミノ酸が別のアミノ酸に変化するという遺伝子突然変異がおこった」ことが結論づけられた。

[1] 文章中の ~ にあてはまる語句，数字を解答用紙の 内に記入せよ。

[2] 文章中の下線部(a)に関して，疾患 A の遺伝的特徴として正しいと考えられるものを下の選択肢からすべて選び，その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 疾患 A を発症する頻度は，男性と女性で同じである。
- ② 変異型遺伝子 A を受け継いでも疾患 A を発症しないことがある。
- ③ 変異型遺伝子 A は，母親からのみ子へと引き継がれる。
- ④ 両親のうち片方が疾患 A である場合，その子は必ず疾患 A を発症する。

[3] 文章中の下線部(b)，(c)に関して，遺伝子 A の中でタンパク質に翻訳される部分は遺伝子 A 全体の何%を占めると計算されるか。解答用紙の 内に整数値で記入せよ。

(文2)

(文1)の疾患Aの原因を解明するため、遺伝子Aをもたない動物細胞Z(以下、Z細胞という)にそれぞれ正常遺伝子Aおよび変異型遺伝子Aを導入して、以下の実験1～実験5を行った。

(実験1) 正常遺伝子Aを導入したZ細胞, 変異型遺伝子Aを導入したZ細胞をそれぞれすりつぶして, 正常遺伝子Aに由来する正常Aタンパク質と変異型遺伝子Aに由来する変異型Aタンパク質の量を比較した。その結果, 両タンパク質の量に差は見られなかった。

(実験2) 図1のように, それぞれ正常遺伝子Aおよび変異型遺伝子Aを導入したZ細胞について, 細胞外から細胞内へのイオンの流れや電流を観察した。その結果, 正常遺伝子Aを導入したZ細胞では, 細胞膜を特定の陽イオン X^+ が濃度の勾配に従って細胞内に流れ, 細胞膜をはさんで電流が観察された。なお, このような現象は, 遺伝子導入を行っていないZ細胞では観察されないものとする。一方, 変異型遺伝子Aを導入したZ細胞では, 細胞膜をはさんだ陽イオン X^+ の流れも, 電流も観察されなかった。

(実験3) 核に局在する(合成後, 核に輸送されて機能する)タンパク質N, ミトコンドリアに局在するタンパク質M, ゴルジ体に局在するタンパク質G, 細胞膜に局在するタンパク質Pの各遺伝子に蛍光タンパク質の遺伝子をつけて, それぞれをZ細胞に導入した。その後, 各細胞をつぶして図2のように段階的に遠心分離して細胞分画したところ, タンパク質N, タンパク質M, タンパク質P, タンパク質Gは, それぞれ分画I, II, III, IV中に見出された。

(実験4) 実験3の操作と同様に正常遺伝子Aを導入したZ細胞, 変異型遺伝子Aを導入したZ細胞をそれぞれすりつぶして図2のように段階的に遠心分離して細胞分画したところ, 正常Aタンパク質は分画IVに, また, 変異型Aタンパク質は分画III中に見出された。

(実験5) それぞれの細胞から、正常 A タンパク質と変異型 A タンパク質のみを取り出して、それぞれを人工的な脂質膜に埋め込んだところ、いずれの場合も脂質膜を隔てて陽イオン X^+ の濃度の勾配に従った流れと、それにとまなう電流が観察され、両者に差は見られなかった。

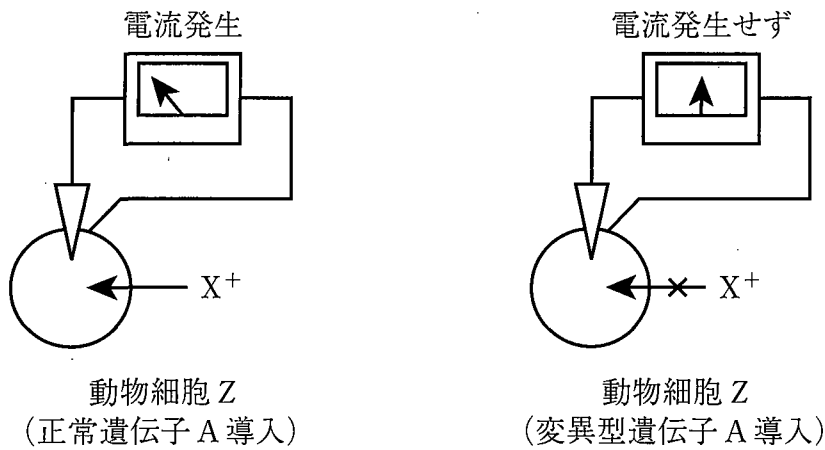


図 1

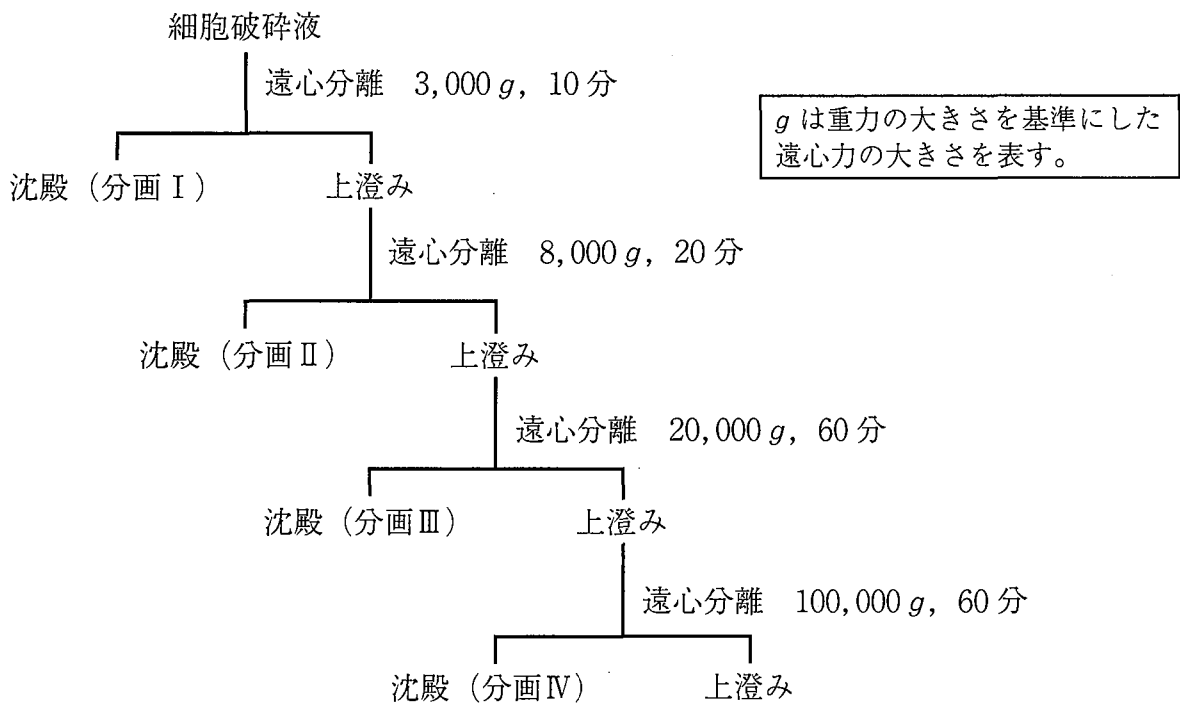


図 2

[4] 遺伝子 A に由来する A タンパク質は、特定のイオンを濃度の勾配にしたがって膜輸送する。このような働きをするタンパク質を総称して何とよぶか。解答用紙の 内に記入せよ。

[5] 文章中の下線部(d)に関して、ミトコンドリアに局在するタンパク質を下の選択肢から 1 つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① ナトリウム-カリウム ATP アーゼ (ナトリウムポンプ)
- ② ATP 合成酵素
- ③ ヒストン
- ④ アミラーゼ
- ⑤ 乳酸脱水素酵素

[6] 実験 1～実験 5 の結果から、遺伝子 A の突然変異によって細胞のレベルでどのような変化がおこり、疾患の発症につながったと考えられるか。60 字以内で解答用紙の 内に記入せよ。

Ⅱ 次の(文1)と(文2)を読み, [1] ~ [6] の問いに答えよ。

(文1)

ヒトの耳には, 「聴覚器」と呼ばれる音波(空気の振動)を受容するしくみと, 「平衡受容器」と呼ばれるからだの回転や傾きを受容するしくみが備わっている。

聴覚器における音波の受容の流れは次のとおりである。まず, 音波が外耳道を伝わって を振動させる。その振動は中耳にある で増幅され, 内耳のうずまき管のリンパ液を伝わって基底膜を振動させる。その振動が基底膜上のコルチ器の聴細胞を興奮させる。聴細胞の興奮を聴神経が脳に伝えて, 脳の感覚中枢で聴覚が生じる。

一方, 平衡受容器におけるからだの回転や傾きの受容の流れは次のとおりである。まず, 内耳の前庭で, からだの傾きなどの体位の変化を受容する。同様に, 内耳の半規管ではからだの回転を受容する。次に, それぞれに生じた興奮を脳に伝えて平衡覚が生じる。

(文2)

ヒトの目には, 光を受容するしくみが備わっている。ヒトの目はカメラに似た構造をもっており, レンズに相当する機能をもつのは である。光は瞳孔(ひとみ)から入り で屈折した後, 網膜の上に像を結ぶ。

ヒトやサルの網膜には, 「錐体細胞」と「かん体細胞」という2種類の視細胞がある。錐体細胞には光の色(波長)によって感度が異なる3種類の細胞があり, それぞれ青, 赤, の3色に近い波長の光をよく吸収する色素をもっている。これらの色素に光が当たると, 色素が分解されて興奮が起こる。一方, かん体細胞は, 錐体細胞と異なる機能をになっている。

[1] 文章中の ～ にあてはまる語句を解答用紙の 内に記入せよ。

[2] 文章中の下線部(a)に関して、音の高低の識別がどのように行われているのかを、「うずまき管」と「基底膜」の2つの語句を用いて70字以内で解答用紙の 内に記入せよ。

[3] 文章中の下線部(b)に関して、下の記述のうち 誤っているものをすべて選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 内耳の前庭には感覚毛をもった(有毛の)感覚細胞がある。
- ② 前庭の感覚細胞の上に炭酸カルシウムでできた平衡石(耳石)がのっている。
- ③ からだが傾くと平衡石が動き、それがリンパ液に伝わり、その興奮が前庭神経を介して脳に伝わる。
- ④ 急に回転を止めてもリンパ液は慣性によって流れつづけるので、感覚毛は倒れて回転がつづいているように感じる。
- ⑤ 半規管は2本あり互いに直交しているので、目をつぶっていても立体的な回転運動を感知することができる。

[4] 文章中の下線部(c)に関連して、かん体細胞の機能について、錐体細胞との違いに焦点を当てて、50字以内で解答用紙の 内に記入せよ。

〔5〕 網膜上にあるかん体細胞と錐体細胞の分布を調べたところ、下図のような結果が得られた。図中の(ア)~(カ)に入る適当な語句を下の選択肢から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 耳 ② 黄斑 ③ 鼻
 ④ かん体 ⑤ 盲斑 ⑥ 錐体

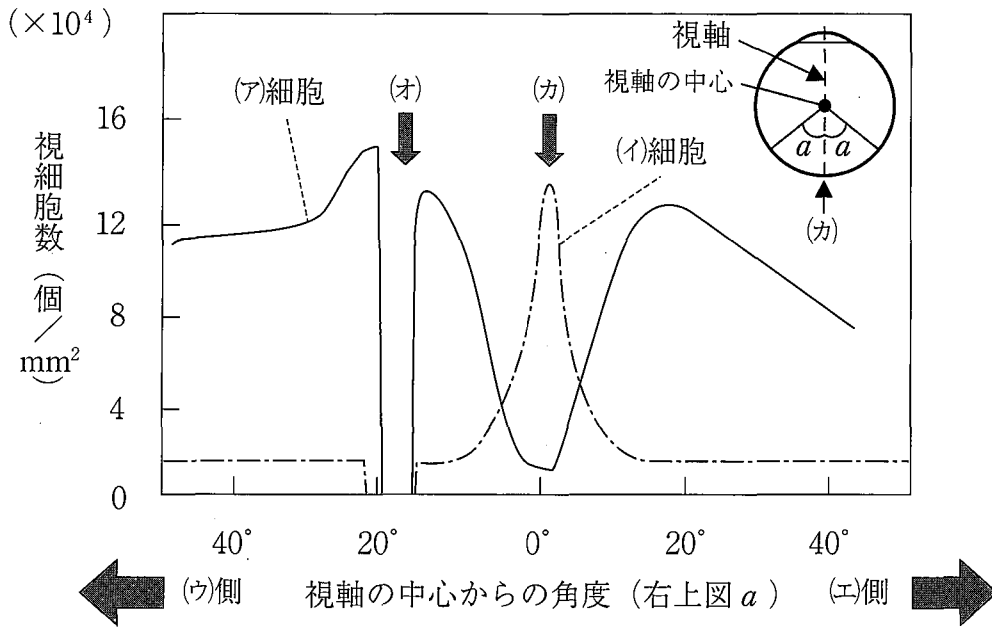


図 視細胞の分布

横軸は、網膜上の視細胞の位置を視軸の中心からの角度で表したものである。縦軸は、網膜 1 mm² あたりの視細胞の数を表す。

[6] ヒトの目の明暗や遠近の調節に関して、下の記述のうち誤っているものをすべて選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 暗いところから急に明るいところに入ると、まぶしくてしばらく何も見えないが、やがて見えるようになる。これは暗順応と呼び、かん体細胞の感度調節の働きの例である。
- ② 網膜に達する光の量は、の前方にあるこう彩で調節されている。暗いところでは瞳孔(ひとみ)を拡大し、明るいところでは瞳孔を縮小して、通る光の量を調節している。
- ③ 老眼とは、が年齢とともににごり、はっきりとものが見える最も近い点(近点)が遠くなる症状である。
- ④ ものを見る時に、の中心と網膜の距離を変えて調節を行うことを、遠近調節という。
- ⑤ 網膜に映る像は外界の倒立像であるが、それを受容した視神経細胞の興奮が脳へ伝えられ、処理されることによって、われわれはこれを正立像として認識する。

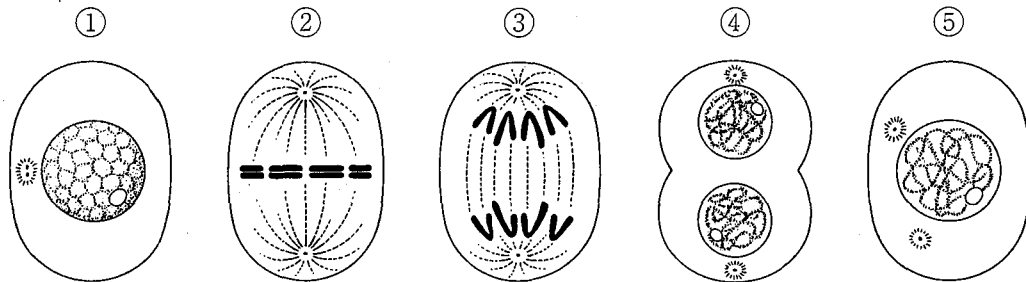
Ⅲ 次の文章を読み、〔1〕～〔3〕の問いに答えよ。

多細胞生物のからだは、多数の細胞できている。からだを構成している体細胞は、体細胞分裂によって増殖する。分裂する前の細胞を母細胞、分裂によって新しく生じる細胞を娘細胞という。体細胞分裂では、まず核が2つに分かれ、次いで核を1つずつ含むように細胞質が分かれる。一方、卵や精子などの配偶子が形成されるときには、減数分裂がおこなわれる。

体細胞分裂の細胞周期はG₁期(DNA合成準備期)、S期(DNA合成期)、G₂期(分裂準備期)の順に進行し、この間に細胞核1個当たりのDNA量が2倍になり、つづいてM期(分裂期)に入って分裂する。細胞は、この過程を繰り返すことで増殖する。

〔1〕 文章中の下線部(a)に関して、下の問いに答えよ。

(ア) 下の図は、体細胞分裂の各時期を模式的に示したものである。①を始めとして、細胞分裂の過程の順に②～⑤の図を並べかえ、解答用紙の 内に、例えば のように記入せよ。

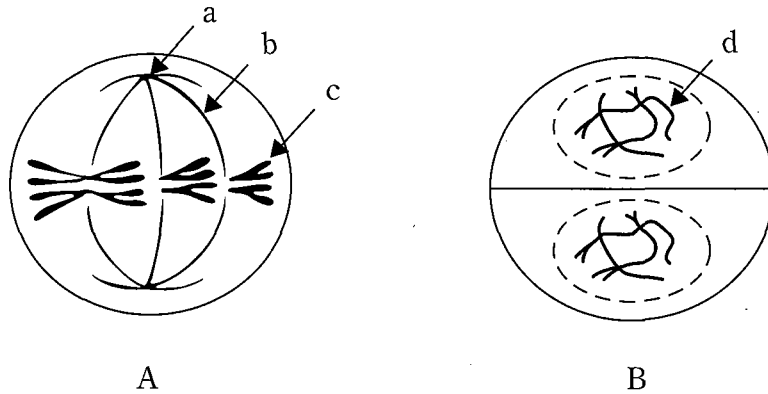


(イ) 染色体の凝縮が観察されはじめる時期の図として適当なものを上の①～⑤より選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

(ウ) DNAの複製がおこなわれる時期の図として適当なものを上の①～⑤より選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

(エ) 核小体が消失する時期の図として適当なものを上の①～⑤より選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

[2] 文章中の下線部(b)に関して、下の図は、ある動物細胞で観察された減数分裂第一分裂期の細胞を模式的に示したものである。これについて、下の問いに答えよ。



(ア) 図のような細胞 A, B は、それぞれ減数分裂第一分裂期のうちどの時期に観察されるか。下の選択肢から適当なものを選び、その番号をそれぞれ解答用紙にマークせよ。

- ① 前期 ② 中期 ③ 後期 ④ 終期

(イ) このような細胞分裂の観察に用いるプレパラートを作製するには、固定・染色などの操作が必要である。

(i) このような染色に用いられる試薬名を1つあげ、解答用紙の 内に記入せよ。

(ii) この方法により染色される部分を図中の a ~ d から すべて選び、その記号を解答用紙にマークせよ。

(ウ) この動物の体細胞の染色体数 ($2n$) は何本と考えられるか。解答用紙の 内に記入せよ。

[3] 文章中の下線部(c)に関して、以下のような実験1～3、および実験4が行われた。次の文章を読み、それぞれの問いに答えよ。

あるほ乳類の細胞の細胞周期を調べるために、いろいろな条件でこの細胞の培養を行った。なお、どの細胞も細胞周期1サイクルにかかる時間は同じである。

(実験1) この細胞を適切な条件で培養して、一定の培養期間に何度か細胞数を計測したところ、図1のような結果が得られた。

(実験2) DNAの成分となるチミジンを放射性物質で標識し、これを含む培養液で10分間培養を行ったところ、総細胞数の15%の細胞が核にチミジンを取り込んでいることがわかった。

(実験3) 実験2の後、4時間経過したときに、分裂期の細胞の染色体から、はじめて放射活性(放射性物質の反応)が検出された。また、この期間に観察された分裂期の細胞の割合は、つねに5%と一定であった。

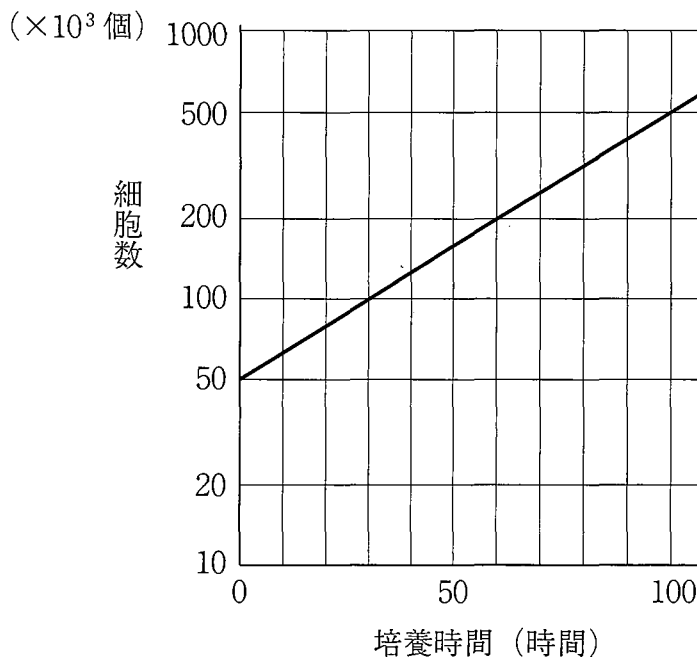


図1 培養時間と細胞数の関係

(ア) 図1の結果から、この培養細胞の細胞周期の長さ(単位は時間)を求め、解答用紙の 内に記入せよ。

(イ) 実験1, 2, 3の結果をもとに, この細胞の細胞周期の各時期(S期, G₂期, M期)の長さ(単位は時間)を求め, 下の選択肢から選び, その番号をそれぞれ解答用紙にマークせよ。ただし, 計算には, 放射標識チミジンを与えた時間(10分)は考慮しなくてよい。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① 0.5時間 | ② 1時間 | ③ 1.5時間 |
| ④ 2時間 | ⑤ 2.5時間 | ⑥ 3時間 |
| ⑦ 3.5時間 | ⑧ 4時間 | ⑨ 4.5時間 |
| ⑩ 5時間 | ⑪ 5.5時間 | ⑫ 6時間 |

(実験4) 培養液の中にDNA合成を阻害する化合物Xを適当な濃度で添加し40時間培養を行った後, 化合物Xを含まない培養液で引き続き培養を行った。この条件に戻した直後を0時間とし, 3時間, 6時間経過後に, フローサイトメーター(細胞1個あたりのDNA量を測定することができる装置)で培養細胞の細胞周期の状況を調べたところ, 図2に示すA~Cの3つのグラフを得た。

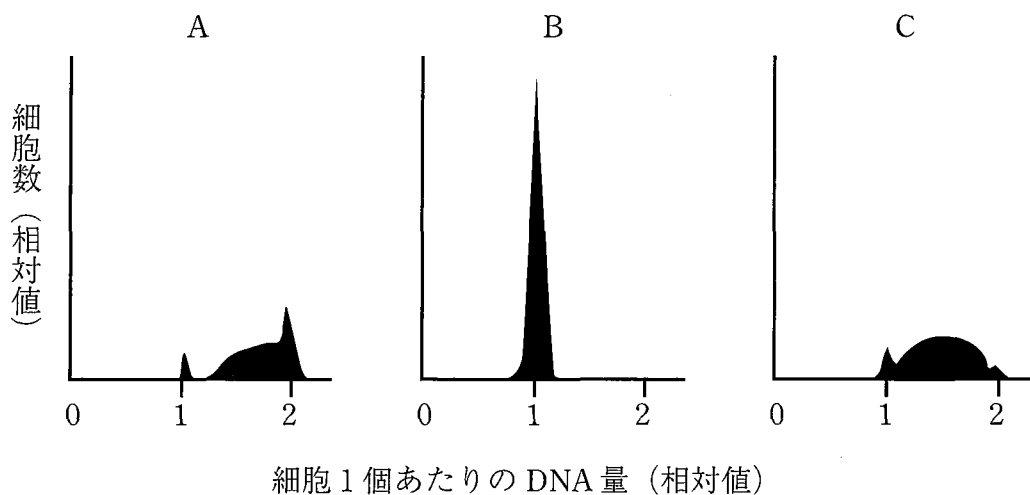


図2 フローサイトメーターによる細胞あたりのDNA量の測定結果

(ウ) 実験4において, 化合物Xを含まない培養液で培養を再開後の細胞について得られた結果であるグラフA~Cを, 0時間, 3時間後, 6時間後の順番に並べ, 解答用紙の 内に, 例えば のように記入せよ。

IV 次の(文1)と(文2)を読み, [1] ~ [8] の問いに答えよ。

(文1)

イギリスのチャールズ・ダーウィンは世界各地の生物を比較し, また, 家畜や栽培植物などの知見も加味して, 進化のおこるしくみを推察し, [あ] 説を唱え, 1859年に, そのあらましを著書 [い] を通じて発表した。

1900年にメンデルの遺伝の法則が再発見されて以降は, 進化のしくみについての研究が飛躍的に進み, 突然変異には, DNAの塩基配列の欠失や置換などの遺伝子突然変異および染色体の形や本数の変化である染色体突然変異があること, また, これらの変異のうち [う] 細胞に生じたものだけが次世代に伝わることなどが明らかになった。

さらに, 進化のしくみを調べるために, 個体群中の遺伝子頻度の変化が研究された。 個体群中の対立遺伝子の集合は遺伝子 [え] と呼ばれ, この遺伝子 [え] の構成が [あ] などにより変化することを小進化と呼ぶようになった。一方, 木村資生は, 遺伝子の変異には生殖や繁殖の上で有利でも不利でもないものが数多く存在し, 偶然によって遺伝子頻度が増えることが多いという [お] 説を提唱し, 変異が集団中にどのように広がるかを示した。

遺伝子頻度の変化という小進化の段階から, 新しい種の形成などの大進化に進展するためには個体群どうしが隔離されることが必要となる。隔離には, 地殻変動などによりその個体群の生息域が大陸から島として離れるような [か] 的隔離のほか, 交配時期のずれや繁殖行動の違いなどが原因となって交配ができなくなる [う] 的隔離などがある。

[1] 文章中の ～ にあてはまる語句を解答用紙の 内に記入せよ。

[2] 文章中の下線部(a)に関して、下の記述のうち誤っているものをすべて選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 真核生物の遺伝子では、DNA 中に塩基が挿入されてもその遺伝子が機能を失うことはない。
- ② DNA の塩基配列の置換は子孫に伝わるが、欠失は子孫には伝わらない。
- ③ DNA の塩基配列の置換や欠失により、mRNA 中に新たに終止コドンが生じる場合がある。
- ④ DNA の塩基配列の置換は、細胞を電子顕微鏡で観察することで検出できる。
- ⑤ 染色体突然変異には、染色体の本数が $3n$ 、 $4n$ などのように変化している倍数体なども含まれる。

[3] 文章中の下線部(b)に関して、あるヒト集団において ABO 式血液型(表現型)を調べたところ、A 型が 55 %、B 型が 16 %、O 型が 9 %、AB 型が 20 %であった。このヒト集団ではハーディ・ワインベルグの法則が成り立つものとして、このヒト集団における A 型遺伝子、B 型遺伝子、O 型遺伝子の頻度を求め、それぞれもっとも簡単な分数にして解答用紙の 内に記入せよ。

(文2)

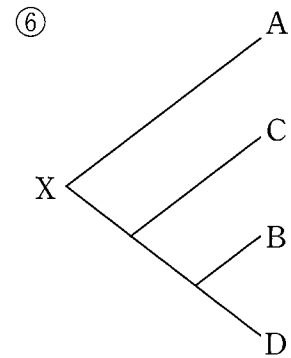
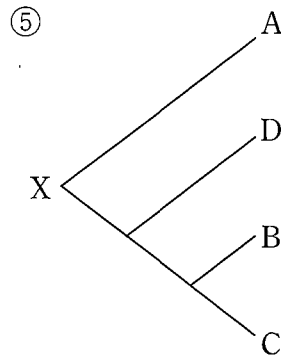
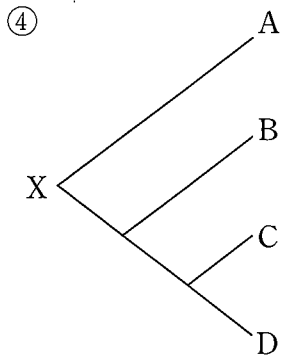
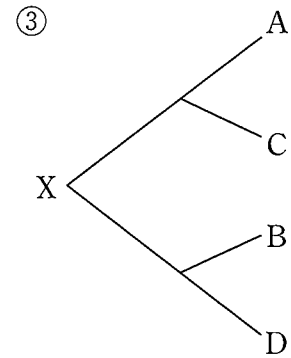
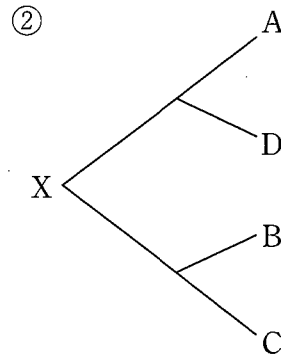
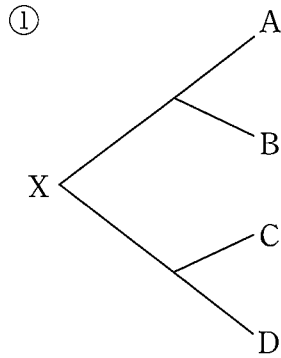
進化の道すじを調べる方法の1つとして、タンパク質分子を用いた系統解析の研究がある。表1は、4種類の生物種A, B, C, Dで共通して存在するタンパク質Pのアミノ酸配列を比較し、それぞれの間で異なっているアミノ酸の数を示したものである。この違いは、A, B, C, Dの共通祖先Xがもっていたタンパク質Pの遺伝子が長い時間を経過する間に変化し、その結果アミノ酸配列にも違いが生じたことを示している。

ここで、生物種A, B, C, Dがもつタンパク質Pのアミノ酸数が等しく、同じ場所でのアミノ酸置換は2度おこらないものとする。また共通祖先Xから生物種A, B, C, Dまでの進化的距離は等しく、化石を用いた研究により、生物種Bと生物種Cが今から 2.0×10^7 年前に分岐したことが分かっているものとする。

表1 タンパク質Pのアミノ酸配列の違い

	生物種 A	生物種 B	生物種 C	生物種 D
生物種 A		38	36	34
生物種 B			8	19
生物種 C				17
生物種 D				

[4] (文2)と表1から、4種類の生物種A, B, C, Dが共通祖先Xから分岐してきた道すじを示す系統樹として最も適当なものを下の選択肢から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。



[5] 生物種Bと生物種Cに関するデータから、このタンパク質Pを構成するアミノ酸1つが変化(置換)するのにかかる時間(単位は年)を計算し、2桁の数字と指数で、例えば 2.0×10^7 のように解答用紙の 内に記入せよ。

[6] この4種の生物A, B, C, Dが共通祖先Xから分岐したのは今から何年前になるかを計算し、2桁の数字と指数で、例えば 2.0×10^7 のように解答用紙の 内に記入せよ。

- [7] 表2のⅠ群は類縁関係を調べる対象の生物種名(または人種名)を、Ⅱ群はⅠ群の生物(または人種)の類縁関係を調べるために用いる生体分子の情報を示している。表2の①～④から、その組み合わせとして適当なものを1つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

表2 生物種と用いる生体分子の情報

	Ⅰ群(調べる対象の生物)	Ⅱ群(生体分子の情報)
①	ヒト, マツタケ, 大腸菌	ミトコンドリア DNA の塩基配列
②	クラミドモナス, ケイ藻, 緑色硫黄細菌	クロロフィル <i>a</i> 遺伝子の塩基配列
③	モンゴロイド, コーカソイド, ニグロイド	ヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列
④	ウマ, ゾウリムシ, 乳酸菌	rRNA (リボソーム RNA) 遺伝子の塩基配列

- [8] 実際には、進化の過程でおこるアミノ酸の置換速度は、タンパク質またはペプチドの種類によって異なることが知られている。ヒストンとフィブリノペプチド(注: フィブリン前駆体から血液凝固機能をもつフィブリンに成熟する際に切り離されるペプチド)のアミノ酸配列の置換速度に関して、下の記述のうち正しいものを1つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 生物にとって重要な機能をもつタンパク質またはペプチドほどアミノ酸配列の置換速度が速いため、ヒストンの方が速い。
- ② 生物にとって重要な機能をもつタンパク質またはペプチドほどアミノ酸配列の置換速度が速いため、フィブリノペプチドの方が速い。
- ③ 生物にとって重要な機能をもつタンパク質またはペプチドほどアミノ酸配列の置換速度が遅いため、ヒストンの方が遅い。
- ④ 生物にとって重要な機能をもつタンパク質またはペプチドほどアミノ酸配列の置換速度が遅いため、フィブリノペプチドの方が遅い。

日付 (2/2) セット (②) 時限 (2)

さくらの個別指導 (さくら教育研究所)

方式 (理系A方式、薬学A方式)

科目名 : 生物

訂正箇所 : 問題 23 ページ
下 から / 行目

訂正内容 : 分画Ⅳ → 分画Ⅲ

分画Ⅲ → 分画Ⅳ