

平成 26 年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験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. この冊子は 36 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)
「物理」、 「化学」、 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。
選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は
選択の変更は認めません。
全科目の解答用紙 5 枚ともに受験番号を記入しなさい。

平成26年度個別学力検査

医学部 前期日程
理科 問題

名古屋市立大学 入試広報課 052-853-8020

◇M9(101—58)

理 科 問 題

物	理	問題 1	3 ページ
		” 2	5 ”
		” 3	7 ”
		” 4	9 ”

化	学	問題 1	13 ページ
		” 2	15 ”
		” 3	17 ”
		” 4	19 ”

生	物	問題 1	23 ページ
		” 2	27 ”
		” 3	31 ”
		” 4	33 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	1 枚
理科	生物解答用紙	2 枚

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

体細胞分裂において、細胞はDNAの複製と分配を周期的に繰り返して増殖している。このような周期性を という。増殖している細胞の は大きく4つの時期に区別される。細胞はDNA合成準備期(G1期)を経て、DNA合成期(S期)でDNAを複製し、分裂準備期(G2期)を経てから再び分裂期(M期)に入る。増殖を停止している細胞は、周期を外れてG0期にいる。

DNAは長い鎖状の分子であり、ヌクレオチドと呼ばれる構成単位が多数つな
がってできている。ヒトにおいては、直径わずか10 μ m(μ m = 1×10^{-6} m)の細胞核内に、一倍体ゲノムあたり約30億塩基対からなるDNA鎖が収納されている。DNAが複製されるときには、まず2本鎖DNAがほどけて部分的に1本鎖DNAとなる。次にそれぞれを鋳型として、相補的な塩基をもつヌクレオチドが という酵素により次々とつながれることにより、新たに2本鎖状のDNAとなる。例えば、鋳型DNAにアデニン塩基があると、相補的な関係にある をもつヌクレオチドが結合し、シトシン塩基には同様に相補的な関係にある をもつヌクレオチドが結合する。このように、鋳型の鎖を元に新しい鎖が合成され、2組の2本鎖がつくられることにより遺伝情報が正確に維持される。このしくみを という。

問1 文中の空欄①～⑤に入るもっとも適切な語句を答えよ。

問2 下線部aについて以下の問いに答えよ。

- 1) 体細胞において、棒状の染色体の形を光学顕微鏡で見ることができるのは、4つのうちどの時期であるか、答えよ。

2) 増殖中の細胞の DNA 含量や形態をもとに、4つの時期にいる細胞の数を数えたところ、以下のようになった。それぞれの時期を通過するのにかかる時間を小数点1桁まで答えよ。ただし、この細胞は24時間で1回分裂する。

G1期：5503個

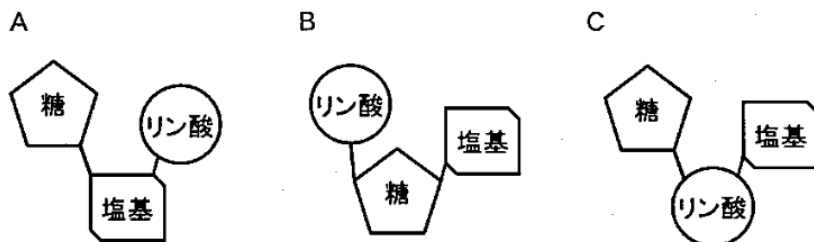
S期：4490個

G2期：1410個

M期：395個

問3 下線部bについて以下の問いに答えよ。

1) ヌクレオチドを構成する要素の位置関係を以下より選び、記号で答えよ。



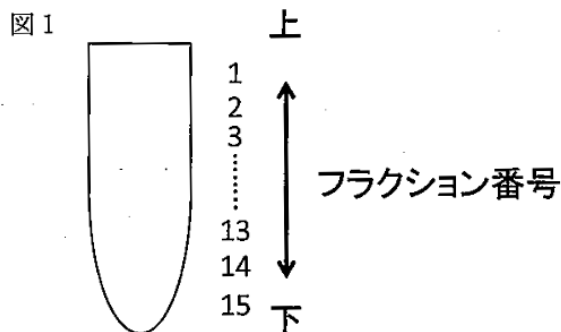
2) ヒトの体細胞核の大きさを直径1cmのビー玉に例えると、その中につめ込まれているゲノムDNAの全長は何mになるか、答えよ。ただし、1塩基対の長さは0.34nm($\text{nm} = 1 \times 10^{-9} \text{m}$)、ヒトゲノムは30億塩基対とし、G1期の細胞とする。

3) 真核生物と原核生物におけるDNAの存在様式の違いを50字程度で説明せよ。

問 4 下線部 c について以下の文章を読み、問いに答えよ。

メセルソンとスタールは、窒素の同位体(^{14}N , ^{15}N)を利用し、大腸菌の DNA 複製の方法を証明した。瑞穂くんはこの実験を参考にして、DNA 塩基の類似体である BrdU(5-ブロモデオキシウリジン)を用いて以下の実験を行い、ヒトの細胞の DNA がどのように複製されるかを調べた。BrdU は DNA 塩基に比べて分子量が重く、培養液に加えると複製の際に DNA に取り込まれる。

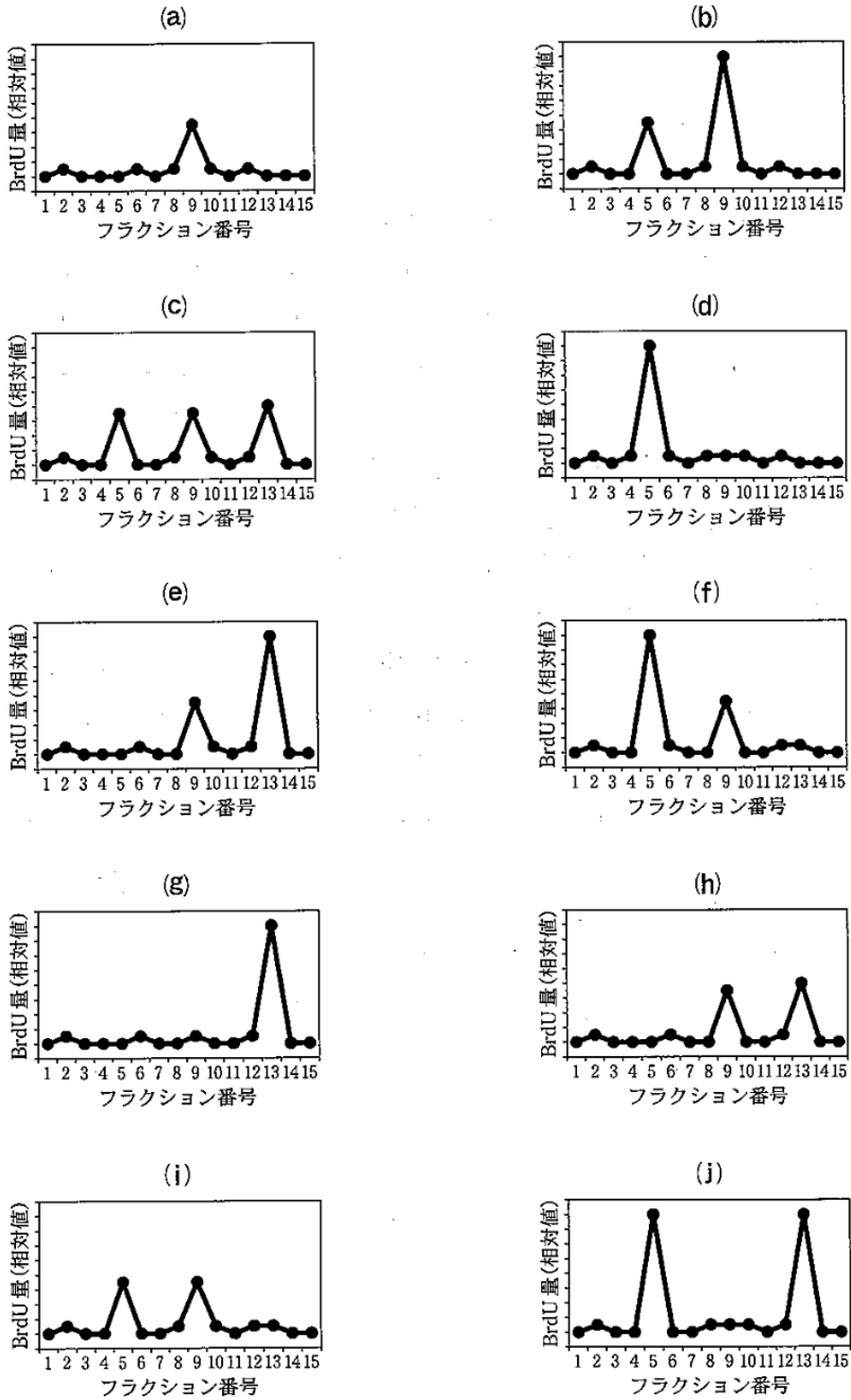
BrdU 存在下で培養した細胞から DNA を抽出し、制限酵素で切断した後に、塩化セシウム溶液中で長時間遠心した。塩化セシウムの作る密度勾配に伴い、DNA も密度によって分けることができる(密度勾配遠心法)。この時、重たい DNA はより下層に分離される。この溶液を上から順番に少しずつ回収し、全部で 15 の層(フラクション)に分けた(図 1)。



各層に含まれる BrdU 量を測定し、その相対値をグラフに示した(図 2)。BrdU 存在下で 1 回複製させた細胞では、(a)のパターンとなった。以下の場合ではどのようなグラフになるか、図 2 のグラフから選び記号で答えよ。

- ①—BrdU 存在下で 2 回複製させた細胞
- ②—BrdU 存在下で 3 回複製させた細胞

図 2



生物問題 2

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

多細胞生物は、皮膚など一部の細胞を除き、体液に取り囲まれており、外部環境が変化しても内部環境を一定の範囲内に保とうとする性質がある。これを(①)という。脊椎動物の体液は、血液、リンパ液、(②)の3つに分けられる。体液の循環は、血管系とリンパ系からなる循環系によって、全身の細胞に酸素や栄養を送り届け、細胞の活動により生じた二酸化炭素や老廃物を回収している。血液は、液性成分である(③)と、赤血球、白血球、血小板の有形成分からなる。これらは骨髄で造血幹細胞から分化する。白血球はマクロファージ、リンパ球などのいくつかの種類の細胞が含まれ、免疫反応に重要な役割を果たしている。抗原が侵入すると、マクロファージが(④)によって抗原を処理し、その情報がヘルパーT細胞に伝えられる。ヘルパーT細胞は抗原を認識すると、その情報をB細胞に伝える。B細胞はその情報をもとに抗体産生細胞へ分化・増殖し、抗体を産生することで抗原を排除することができる。このしくみを(⑤)免疫という。また、一部のB細胞は抗原の情報を記憶することができるため、例えば、麻疹(ましん)に一度かかると、二度とかからないか、かかっても軽く済む。これを免疫記憶といい、このしくみを利用したのが予防接種である。一方、抗体を使わずにキラーT細胞が抗原提示した細胞を直接攻撃するしくみもあり、これを(⑥)免疫という。臓器移植における拒絶反応や、ウイルスに感染した細胞の排除は、この例である。ヘルパーT細胞は、(⑥)免疫も活性化でき、免疫応答の司令塔の役割を果たしている。

問1 文中の空欄①～⑥に当てはまる適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部Aについて以下の(1), (2)に答えよ。

(1) 哺乳類における血管系の順序を, 下記の用語をすべて用いて, 肺から順に並べよ。

肺動脈, 肺静脈, 大動脈, 大静脈, 右心房, 左心房, 右心室, 左心室

肺→ → → → →全身→ → → →

(2) 両生類の血管系は, 哺乳類のそれと比較すると酸素運搬効率が悪い。その理由を 70 字程度で説明せよ。

問 3 下線部Bについて以下の(1), (2)に答えよ。

(1) 赤血球の直径として適切な値を以下から選び, 記号で答えよ。

a. $0.5\sim 1\mu\text{m}$ b. $2\sim 3\mu\text{m}$ c. $7\sim 8\mu\text{m}$ d. $14\sim 15\mu\text{m}$

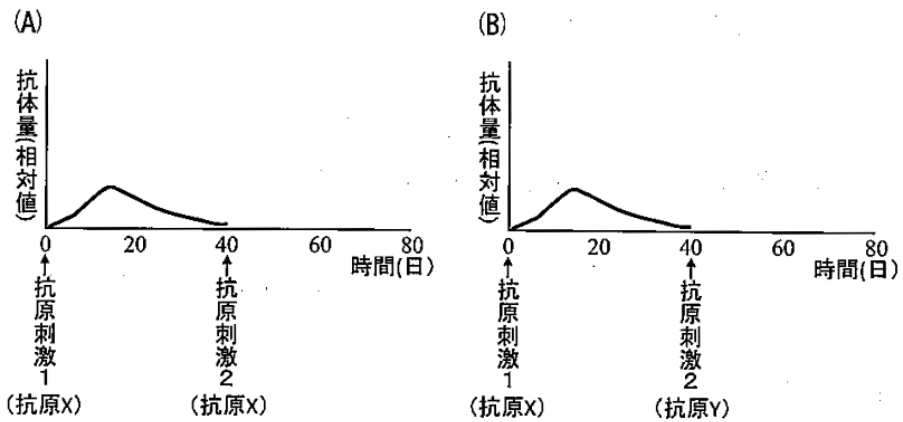
(2) 赤血球が酸素を効率よく供給できるしくみを 70 字程度で説明せよ。

問 4 下線部Cについて以下の問いに答えよ。

がんの治療のため, 細胞分裂を抑える薬を投与することになった。この薬を長期投与した場合, 赤血球, 白血球, 血小板に及ぼす影響を考慮し, 予想される症状をそれぞれ 1 つ記述せよ。

問 5 下線部Dについて以下の問いに答えよ。

抗原刺激1でマウスに抗原Xを注射した。抗原刺激2で抗原Xを再び注射した場合(A)、および抗原Yを注射した場合(B)、の40日目以降の血中抗体量変化をそれぞれ図示せよ。ただし、抗原XとYは非マウス由来のタンパク質で類似の構造を持たず、注射されるまでマウスはこれらの抗原に接触していないものとする。



問 6 下線部Eについて以下の問いに答えよ。

体細胞にある特定の遺伝子を導入することにより樹立された人工多能性幹細胞(iPS細胞)は、様々な組織や臓器の細胞に分化することができ、再生医療への応用が期待されている。また、iPS細胞から作製された組織や臓器の移植治療は、現在行われている臓器移植よりも有用であると考えられるが、その理由を考察し、100字程度で述べよ。

草 稿 用 紙

生物問題 3

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

血中グルコース濃度(血糖値)は、肝臓から放出されるグルコース量と筋肉細胞、脂肪細胞などの末梢細胞まっしょうに取り込まれる量のバランスによって決定され、健常人では空腹時に90～110 mg/dL、食事後でも140 mg/dLを越えないように調節されている。この血糖値の調節に関わるホルモンは、膵臓すいぞうランゲルハンス島A細胞から分泌される ①、B細胞から分泌されるインスリン、副腎髄質ずいしつから分泌される ②、副腎皮質から分泌される ③ である。インスリンは肝臓におけるグルコースからグリコーゲンへの変換を亢進させることで血糖値を下げる。一方で ①、② は肝臓に貯蔵されたグリコーゲンの分解(糖新生)を促し、血糖値を上昇させる。また、③ は末梢細胞でのグルコースの取り込みを抑制すると同時に肝臓での糖新生を促進する。ランゲルハンス島B細胞の破壊によってインスリンが分泌されない状態、あるいは遺伝、加齢、肥満などによってランゲルハンス島B細胞の機能低下、末梢細胞のインスリンに対する反応性が低下することによって末梢細胞へのグルコースの取り込みが減少する状態になった場合に糖尿病が発症する。末梢細胞で利用できなくなったグルコースが血液内にとどまり、血糖値は180 mg/dLを越える状態となる。その結果、健常人では尿中にグルコースが排出されることはないが、糖尿病では尿中にグルコースが流出してくる。また、血糖値が高い状態が持続することによって多尿など様々な症状が現れてくるようになる。

問1 空欄①～③にあてはまる最も適切なホルモン名を記入せよ。

問2 ホルモンは血液中に分泌されて全身を循環しているにもかかわらず、特定の組織、細胞にのみ作用するがそれはなぜか、50字程度で説明せよ。

問3 下線部(ア)の理由は、原尿中のグルコースはすべて血液中に再吸収されるためであるが、ネフロンの中のどの部分でグルコースの再吸収がおこるか、その部位を記載せよ。

問 4 下線部(イ)に関して、その理由について“^{いきち}閾値”という言葉を用いて 80 字程度で説明せよ。

問 5 下線部(ウ)に関して、糖尿病になることで尿量が多くなる理由を 40 字程度で説明せよ。

問 6 インスリンは血糖値を下げるただ 1 つのホルモンであるが、その分泌を促進させるペプチドホルモンとしてインクレチンが知られている。インクレチンには GLP-1 と GIP があり、それぞれ 30 個、42 個のアミノ酸から構成されている。GLP-1 を糖尿病患者に投与すると血糖値が一時的に低下することが確認された。しかし、GLP-1 の作用は長時間持続せず、糖尿病薬として使用されることはなかった。これは GLP-1 が、DPP-4 という酵素によって速やかに分解されてしまうためであった。GIP も DPP-4 によって分解されるが、2 番目のアミノ酸がアラニンであることが、GLP-1 と GIP で共通していた。その後、アメリカ毒トカゲの^{だえき}唾液から GLP-1 受容体に結合して血糖値を下げるペプチドホルモン、エキセジン-4 が発見された。このタンパク質を調べると、39 個のアミノ酸からなる GLP-1 に類似したタンパク質で、2 番目のアミノ酸がグリシンであることがわかった。これらの事実をもとに、次の設問(a)、(b)に答えよ。

(a) エキセジン-4 は GLP-1 や GIP と異なり糖尿病薬として使用されるようになったが、その主な理由としてどのようなことが考えられるか、50 字程度で述べよ。

(b) エキセジン-4 のような GLP-1 類似物質やインスリン以外にどのような物質なら糖尿病薬になりうるか。予想される物質の特性について 20 字程度で述べよ。

生物問題 4

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

生物の増殖には、雌雄に関係なく、からだがほぼ同じ大きさに分裂したり、からだの一部が新たに独立したりして増殖する無性生殖と、卵や精子などの を形成し、その合体によって新しい個体が生じる有性生殖がある。生物の中には、有性生殖と無性生殖の両方を行い、状況によって生殖方法を切り替えるものも存在する。

ヒトなどの有性生殖を営む個体の体細胞には、雌雄の によって運ばれた、形や大きさが同じ染色体が2本ずつ含まれている。この対になった染色体は と呼ばれる。 の対の数を n で表すと、体細胞の染色体数は $2n$ になる。ヒトでは、父方と母方から23本ずつの染色体を受け継ぐので、体細胞の染色体数は $2n = 46$ 本になる。そのうち2本は雌雄の決定に関わる であり、女性ではX染色体を2本、男性ではX染色体とY染色体を1本ずつ持っている。またX染色体とY染色体を除いた44本の染色体は という。

個々の生物にあらわれる形、色や性質などの特徴を という。このうち対となって受け継がれる は、 上の同じ位置を占め、異なった作用をもつ2つ以上の によってあらわれる。また、同じ染色体上の複数の遺伝子は、染色体の挙動に合わせて一緒に行動する。これを という。

通常の体細胞分裂に際しては、それぞれの が複製され、娘細胞へ受け渡される。一方、生殖細胞が形成されるときは、連続して起きる2回の分裂によって染色体数が $2n$ から n へと半減する。この分裂を体細胞分裂と区別して と呼ぶ。1回目の分裂に際しては、複製を終えた どうしは対合して となる。このとき対合した染色体間では、染色体の部分的な交換が起こることがある。これを染色体の という。対合した は分裂期後期にそれぞれの別の極に移動し、このときに染色体数は $2n$ から半数の n となる。2回目の分裂では、それぞれの染色体が分離して両極へ移動し、4個の娘細胞が形成される。

問 1 空欄①～⑩に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、有性生殖は無性生殖に比べてどのような利点があるのか、25 字程度で答えよ。

問 3 下線部(イ)のように、染色体間の遺伝子組換えの頻度を計算することで、遺伝子間の距離を推測することができる。いま、通常一倍体で増殖し、遺伝学的解析の容易なアカパンカビを用いて、ある薬剤 Z の感受性に関わる遺伝子を探査し、薬剤 Z の存在下では生育できない変異体を単離した。この原因となる遺伝子 X を同定するため、既知のさまざまな栄養要求性の変異体と交雑したところ、遺伝子 X が、ロイシンの生合成に関わる遺伝子 L と、トリプトファン^①の生合成に関わる遺伝子 T と同じ染色体上に存在していることが明らかになった。遺伝子 L、T の変異体は、最小限の栄養しか含まない最少培地では生育できず、それぞれロイシン要求性、トリプトファン要求性の表現型を示す。未知の遺伝子 X と、遺伝子 L、T との関連を明らかにするため、野生型のアカパンカビと、3 つの遺伝子すべてに変異を持つ変異体を交雑し、得られた 1,000 個の F1 株の表現型を調べたところ表 1 のような結果になった。

表 1 得られた F1 株の表現型(○：生育可，×：生育できない)

完全培地+薬剤 Z	トリプトファンを含まない最少培地	ロイシンを含まない最少培地	得られた F1 の数
○	○	○	282
○	○	×	9
○	×	○	70
×	○	○	143
○	×	×	139
×	○	×	64
×	×	○	7
×	×	×	286
合 計			1,000

- 1) 各遺伝子間の組換え価(%)を小数点以下1桁まで求めよ。また、それぞれの遺伝子の相対的な位置関係について、組換え価とともに図示せよ。
- 2) 近接する2つの遺伝子間の組換え価の和が、最も離れた遺伝子間の組換え価と異なる理由を25字程度で述べよ。
- 3) 遺伝子地図をもとに遺伝子Xを同定し、実際に変異体における遺伝子XのDNA塩基配列を決定したところ、アミノ酸配列を決める領域のDNA塩基配列には変化は見つからず、それ以外の部分のDNA塩基配列が変化していることが分かった。どうして遺伝子Xの機能が損なわれたのか、考えられる理由として正しいものを2つ選び、記号で答えよ。
 - A) 遺伝子Xから作られるポリペプチドの配列が変化した。
 - B) 遺伝子Xの転写調節領域に、調節タンパク質が結合できなくなった。
 - C) 遺伝子Xから転写されたmRNAに、正しい転移RNAが結合できなくなった。
 - D) 遺伝子Xのプロモーター領域に、リボソームが結合できなくなった。
 - E) 遺伝子Xから転写されたmRNAのスプライシングの調節ができなくなった。
 - F) 遺伝子Xから作られるタンパク質の構造が変化した。

問4 染色体が受け継がれる過程の理解は、ヒトの遺伝病の理解においても重要である。図1は、ある遺伝病に関する家系図を示している。横線で結ばれた関係は婚姻関係を、また縦線は親子関係を示している。この遺伝病に関して以下の問いに答えよ。

- 1) 図1のように、この遺伝病の症状を示すのは男性が多く、女性でこの遺伝病の症状を示すのはまれである。このような遺伝様式は伴性遺伝とよばれる。伴性遺伝が起こるしくみについて100字程度で説明せよ。

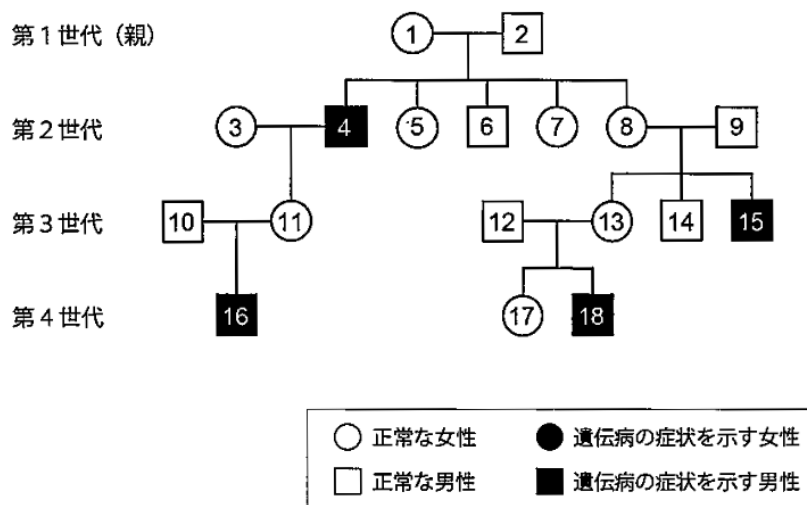


図 1

2) 遺伝病の原因となる遺伝子を持っているが、遺伝病の症状を示さない人を保因者とよぶ。図 1 から明らかに保因者と判断できる人を、番号で全て挙げよ。

3) この遺伝病の症状は、1 番染色体上に存在する別の遺伝子 A と、その変異型である遺伝子 a のはたらきによって変化する。AA あるいは Aa の遺伝子型を持つ遺伝病の患者は軽度の症状を示すのに対して、aa の遺伝子型を持つ患者では重度の症状を示すことが知られている。男女ともに、Aa の遺伝子型を持つ人の割合は 20.0 %、aa の遺伝子型を持つ人の割合は 5.0 % であることが分かっている。この遺伝病の保因者である女性が健常な男性と結婚した。二人が遺伝子 A と遺伝子 a のどちらを持っているか明らかではない場合、以下(イ)、(ロ)の確率(%)を、それぞれ小数点以下 1 桁まで求めて答えよ。

- (イ) 生まれる子供が、保因者である女性から遺伝子 a を受け継ぐ確率
 (ロ) 男の子が生まれたとき、その子が軽度の遺伝病の症状を示す確率