

理 科

15:00~17:30

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は58ページある。このうち、「物理」は2～11ページ、「化学」は12～28ページ、「生物」は29～48ページ、「地学」は49～58ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・学科・専攻 科 目	総 合 入 試					学 部 別 入 試					歯 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
	理 系					医 学 部								
	数学 重点 選抜 群	物理 重点 選抜 群	化学 重点 選抜 群	生物 重点 選抜 群	総合 科学 選抜 群	医 学 科	保 健 学 科							
							看 護 学 専 攻	放 射 線 技 術 科 学 専 攻	検 査 技 術 科 学 専 攻	理 学 療 法 学 専 攻				作 業 療 法 学 専 攻
物 理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化 学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生 物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地 学	○	○	○	○	○									○

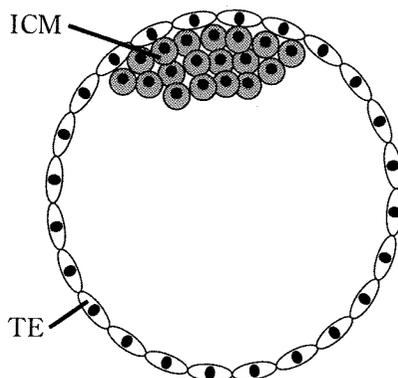
4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

生 物

1 次の文章を読み、それぞれの間アに答えよ。

ヒトでは輸卵管で卵と精子が受精すること
で受精卵ができ、受精卵は卵割^aによって発生
を進行させる。受精後約1週間^bで受精卵は胚
盤胞とよばれる胚(右図)になって ア

に到達し、やがて着床する。胚盤胞は内部
細胞塊(ICM)と栄養外胚葉(TE)とよばれる
2種類の細胞群からなり、発生がさらに進行



するとICMはヒトのからだとなり、TEは
胎盤などの胚体外組織となる。すなわち、ICMはヒトのからだを構成するすべ
ての細胞種に分化する能力を持っており、ICMから樹立された胚性幹細胞(ES
細胞)は多くの細胞種に分化する能力(多能性)^cを持つ。

研究者たちは、再生医療への応用を視野に入れながら、分化した細胞やその核
をES細胞のように多能性を持つ細胞に変える初期化の試みを続けてきた。その
結果、これまでに3つの成功例が報告された。1つめは体細胞核移植による初期
化である。1962年にイギリスのJ・B・ガードン^d博士が、カエルの体細胞の核を、
除核した卵に移植することによって新たな胚が作られることを報告した。1997
年にはイギリスのI・ウィルムット博士らがヒツジで、1998年には北海道大学出
身の柳町隆造博士らがマウスで、同様の実験を成功させたことを報告した。これ
らをきっかけにして2000年前後には、さまざまな哺乳類において体細胞核移植
による初期化の成功例が報告された。2つめの成功例は分化した細胞とES細胞
との融合であり、ES細胞と融合することによって、分化した細胞が多能性を持
つようになることが報告された。そして3つめが、山中伸弥博士らによって行わ
れた人工多能性幹細胞(iPS細胞)の作製である。山中博士らは、2006年にマウ
スを用いた研究により、世界で初めてiPS細胞の作製を報告した。以下は、この
研究において山中博士らが行った実験の概要とその実験結果である。

【実験の概要】

- ① 全身の細胞すべてが緑色の蛍光を発するマウスを準備した。
- ^f ② ①のマウスの尻尾から線維芽細胞を取り出して培養した。
- ③ ②の線維芽細胞に4つの調節遺伝子を導入してiPS細胞を作製した。
- ④ ③のiPS細胞を、別のマウスの受精卵から得られた胚盤胞に注入した。
- ⑤ ④の胚盤胞を、妊娠できるように処置したメスマウス(仮親マウス)に移植して9日間飼育した。

【実験結果】

移植後9日目の仮親マウスからマウス胚が18個得られ、そのうち2個の胚
^gにおいて全身の組織で緑色蛍光を発する細胞が混在していた。

問 1 文中の に入る器官の名称を答えよ。

問 2 下線部 a について説明した次の文章の ~ のそれぞれに適切な語句を入れよ。

精子は、ウニなどの卵膜に相当する透明帯に達する頃に からタンパク質分解酵素を放出し、透明帯を溶解する。これにより精子は透明帯を貫いて進み卵と融合する。すると、減数分裂を の段階で停止していた卵は減数分裂を完了し、卵の中では イオンの濃度が上昇する。

問 3 下線部 b と通常の体細胞分裂の違いを1つ述べよ。

問 4 下線部 c に関連して、山中博士らが行った実験の④と⑤の手順を、iPS細胞の代わりにES細胞を用いて行った場合、ES細胞が分化することのできない組織または器官がある。それは何か、名称を1つ答えよ。また、その理由を「予定運命」という言葉を使って述べよ。

問 5 下線部dについて、以下の問に答えよ。

問 5-1 カエルとヒツジを用いたそれぞれの実験結果は以下の表に示された通りであった。これらの結果からいえることとして適切なものを、次の(A)~(F)からすべて選び、記号で答えよ。

動物	用いた体細胞の由来	用いた卵の数	正常に発生した数
カエル	腸上皮	726	10
	胞胚・原腸胚	279	100
ヒツジ	乳腺上皮	277	1
	たいじ 胎仔	172	3

- (A) 分化した細胞でも個体の形成に必要なすべての DNA を含んでいる。
- (B) 初期化しなかった核では個体の形成に必要な DNA の一部がなくなっている。
- (C) カエルでもヒツジでも腸上皮細胞は乳腺上皮細胞よりも初期化されやすい。
- (D) カエルでもヒツジでも腸上皮細胞は乳腺上皮細胞よりも初期化されにくい。
- (E) カエルでもヒツジでも細胞分化が進むと初期化されやすくなる。
- (F) カエルでもヒツジでも細胞分化が進むと初期化されにくくなる。

問 5-2 ヒツジの実験において、正常に発生した個体が、移植に用いた体細胞と同じ DNA 型を持っているのか調べるために、次の前提条件のもとで以下のような実験を行った。それぞれの設問に答えよ。

【前提条件】

- この実験に用いた胎仔由来の細胞と乳腺上皮細胞は異なる個体から得られたものであり、DNA 型は互いに異なる。
- この実験で解析したのは、異なる常染色体上の 4 つの反復配列領域である。
- この実験に用いた胎仔由来の細胞では、4 つの反復配列のすべてにおいて、反復回数が相同染色体間で同じである。

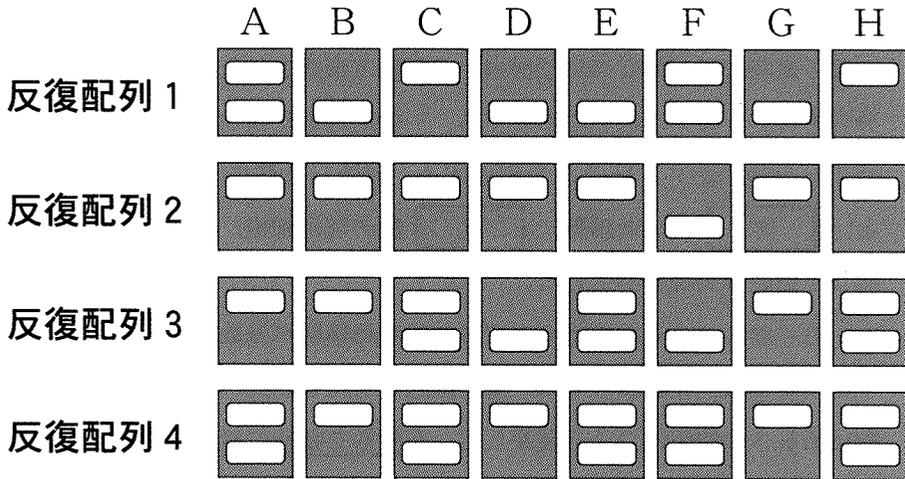
【実験の概要】

- ① 各反復配列領域を増幅するためにそれぞれの PCR プライマーを設計した。
- ② 移植に用いた胎仔由来の細胞と乳腺上皮細胞およびそれぞれの体細胞核移植によって正常に発生した個体から DNA を精製した。
- ③ ①で設計したプライマーを用いて、②で精製した DNA を鋳型とした PCR を行った。
- ④ ③で増幅した DNA 断片を電気泳動し、バンドパターンを得た。

設問(1)：胎仔由来の細胞とその体細胞核移植によって正常に発生した個体から得られた電気泳動バンドパターンはどれか、次の A~H から適切な 2 つを選び、記号で答えよ。

設問(2)：乳腺上皮細胞とその体細胞核移植によって正常に発生した個体から得られた電気泳動バンドパターンはどれか、次の A~H から適切な 2 つを選び、記号で答えよ。

【電気泳動バンドパターンの選択肢】



問 6 下線部 e について、ヒトにおいてこの方法で作製した細胞は、そこから新たな臓器を作るなどといった再生医療に応用することは難しい。その理由を説明せよ。

問 7 下線部 f について、以下の問に答えよ。

問 7-1 このマウスでは緑色の蛍光を発するタンパク質を全身の細胞で発現させているが、このタンパク質の名称をアルファベット 3 文字で答えよ。

問 7-2 このようなマウスを用いたのはなぜか、その理由を答えよ。

問 8 下線部 g の結果からいえることとして適切なものを次の(A)~(E)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) iPS 細胞はさまざまな細胞種に分化することができる。
- (B) 個々の iPS 細胞が胚のどの組織の細胞に分化するかは決まっていない。
- (C) 緑色の蛍光を示したマウス胚では、iPS 細胞に導入した調節遺伝子の発現が維持された。
- (D) 緑色の蛍光を示さなかったマウス胚では、iPS 細胞に導入した調節遺伝子の発現がなくなった。
- (E) 緑色の蛍光を示さなかったマウス胚では、発生過程で蛍光が消失した。

2 次のⅠとⅡの文章を読み、それぞれの間に答えよ。

Ⅰ 被子植物では、めしべの子房の中の胚珠で形成された胚のう母細胞が、減数分裂を行い、胚のう細胞を形成する。一般的な被子植物では、胚のう細胞は3回の核分裂ののち、胚のうを形成する。成熟した胚のうでは、1個の卵細胞と、 個の助細胞、 個の反足細胞、 個の極核を持つ1個の中央細胞が生じる。

一方、おしべの先端の^{やく}葯の中では、花粉母細胞が減数分裂を行い、花粉四分子を形成する。花粉四分子は、雄原細胞と花粉管細胞からなる花粉となる。花粉はめしべの柱頭につくと発芽して、花粉管を胚珠にむかって伸ばす。雄原細胞が分裂して生じる精細胞の一つは、^a卵細胞と受精し、受精卵を作る。精細胞の他の一つは中央細胞と融合し、胚乳を形成する。

被子植物であるイネの種子の胚乳には^bデンプンが蓄積する。デンプンの成分の一つであるアミロースの含有量を定める遺伝子を、ここでは R とする。ウルチ性のイネ品種は優性(顕性)の R 対立遺伝子を持ち、モチ性のイネ品種は劣性(潜性)の r 対立遺伝子を持つとする。デンプン成分は胚乳だけでなく、イネの花粉にも蓄積する。例えば、ウルチ性のイネ品種とモチ性のイネ品種を交配して得られた子孫(雑種第一代)では、ウルチ性を示す花粉とモチ性を示す花粉が1:1の割合で出現する。このことから、イネの花粉におけるウルチ・モチ性は、花粉の遺伝子型により決まることがわかる。なお、花粉のウルチ・モチ性は、ヨウ素溶液による染色で容易に区別することができ、ウルチ性花粉は青色に染まり、モチ性花粉は赤紫色に染まる。

問 1 文中の ~ に入る適切な数字を答えよ。

問 2 下線部 a について、花粉管の先端では、花粉管の伸長のために必要な細胞壁の成分などを細胞外へ放出する現象が活発に起きる。このような現象をなんというか答えよ。

問 3 下線部 b について、マメ科やアブラナ科などの植物では胚乳はあまり発達しない。これらの植物の種子において、栄養分が蓄えられている器官をなんというか答えよ。

問 4 ウルチ性のイネ品種とモチ性のイネ品種を交配して得られた雑種第一代のみしべに、モチ性のイネ品種の花粉を受粉した。このときに形成されることが期待される胚乳の遺伝子型をすべて記せ。なお、遺伝子型の記述には R もしくは r の記号を用いること。

問 5 ウルチ性のイネ品種 1 個体の 1 つの葯の中の花粉をすべて取り出し、ヨウ素溶液で染色したところ、多数の青色の花粉の他に、赤紫色の花粉が 2 粒存在していた。この個体の生育中に、 R 遺伝子から r 遺伝子への突然変異が、特定の 1 個の細胞内の 1 本の染色体に 1 回だけ生じたとすると、その突然変異が生じた時期はいつになるか。次の図 1 に示した(A)~(F)から適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、図 1 は、イネの花粉形成過程における葯の中の細胞の細胞当たりの DNA 量の相対値を表している。なお、図 1 の横軸の長さは実際の時間の長さを反映していない。また、ヨウ素溶液による染色時の実験操作にミスはなく、他の個体からの花粉の混入もないものとする。

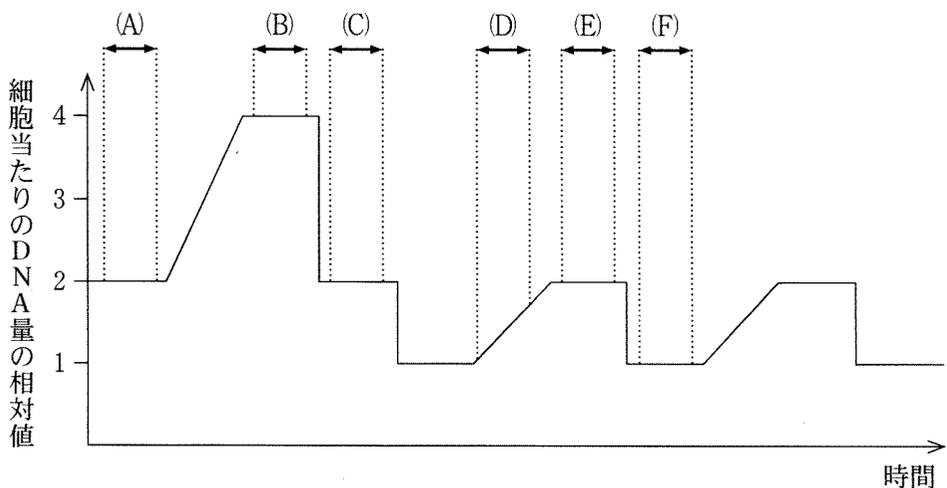


図 1 イネの花粉形成過程における葯の中の細胞の細胞当たりの DNA 量の相対値

II 植物では、花粉の正常な発達に必要な遺伝子に異常が生じ、花粉が発達途中で退化し、受精できない突然変異が知られている(退化した花粉はデンプンを蓄積しないため、正常花粉と退化花粉は容易に区別することができる。なお、この突然変異個体では卵細胞は健全である)。配偶子形成に関わる遺伝子は、種分化にも関わることもある。花粉の退化を引き起こす突然変異が、どのように種分化に関わるか考えてみよう。

まず、花粉の発達に関わる遺伝子座が、1つのみの場合を考えよう。この遺伝子座を A とし、花粉の正常な発達に必要な遺伝子を A 対立遺伝子、 A 対立遺伝子が機能を失ったものを a 対立遺伝子とする。花粉が正常に発達するか退化するかは花粉の遺伝子型によって決まり、 A 対立遺伝子と a 対立遺伝子のヘテロ接合の個体(雑種第一代とする)の葯では、正常花粉と退化花粉が 1 : 1 の割合で生じる。退化花粉は受精できないため、世代を経るに従い、 A 対立遺伝子の遺伝子頻度は大きくなり、 a 対立遺伝子の遺伝子頻度は小さくなる。したがって、1つの遺伝子座のみが関与する場合、花粉が発達途中で退化する突然変異は、いずれは消失してしまい、種分化に関わることは難しい。

次に、 A 対立遺伝子の他に、 A 対立遺伝子と機能が全く同じである B 対立遺伝子が存在する場合を考えよう。 B 遺伝子座は A 遺伝子座とは独立であり(連鎖していない)、 B 対立遺伝子が機能を失ったものが b 対立遺伝子であると仮定する。ある地域で生育するイネの個体群(集団 P)では、 A 対立遺伝子は正常であるものの、 B 対立遺伝子に突然変異が生じ、遺伝子型は $AAbb$ である。一方、他の地域で生育するイネの個体群(集団 Q)では、 B 対立遺伝子は正常であるものの、 A 対立遺伝子に突然変異が生じ、遺伝子型は $aaBB$ である。このとき、集団 P と Q のそれぞれの個体における正常花粉の割合はどちらも % となる。一方、集団 P の個体と集団 Q の個体を交配すると、雑種第一代における正常花粉の割合は % となる。このように、2つの遺伝子座が存在するとき、花粉の退化を引き起こす突然変異は、消失せずに集団内に存在し、集団間の雑種個体の繁殖能力を低下させ、種分化に関わる。

問 6 下線部 c のヘテロ接合個体(雑種第一代)が自家受粉を行った場合、その子孫(雑種第二代)における A 対立遺伝子のホモ接合個体の出現率は何%となるか。また、雑種第二代のすべての個体が自家受粉を行って雑種第三代が得られたとすると、雑種第三代における A 対立遺伝子のホモ接合個体の出現率は何%となるか。それぞれ整数で答えよ。小数点以下の数値が算出された場合は、小数点第一位を四捨五入すること。さらに、自家受粉を繰り返したのち、雑種第 $n + 1$ 代(ただし n は 0 以上の整数)では、A 対立遺伝子のホモ接合個体の出現率は何%となるか。 n を用いた数式で答えよ。なお、A 対立遺伝子のホモ接合個体とヘテロ接合個体は、どちらも同じ数の種子を生産したとする。

問 7 下線部 d に関して、ある遺伝子がゲノム内に複数存在する現象を遺伝子の重複とよぶ。この現象に関して適切なものを次の(A)~(D)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) 同じ遺伝子がゲノム内に 2 つ存在する場合、1 つの遺伝子が突然変異により機能を失っても、他方の遺伝子が本来の形質を発現することができる。
- (B) 重複した 2 つの遺伝子は、減数分裂によって、それぞれ別の配偶子に分配される。
- (C) 体細胞で重複した遺伝子は個体の生存に有利にはたらくため、それら遺伝子の大部分は次世代に受け継がれる。
- (D) 遺伝子が 2 つに重複した場合、片方の遺伝子に DNA の突然変異が生じる確率は、重複前と比べて $\frac{1}{2}$ 倍となる。

問 8 と に入る適切な数値をそれぞれ答えよ。

問 9 対立遺伝子 A と b が連鎖し、対立遺伝子 a と B が連鎖していると仮定する。集団 P の個体と集団 Q の個体を交配し得られた雑種第一代において、正常花粉が 85 % の割合で生じたとき、A 遺伝子座と B 遺伝子座の間の組換え価は何%となるか、整数で答えよ。小数点以下の数値が算出された場合は、小数点第一位を四捨五入すること。

3 次のⅠとⅡの文章を読み、それぞれの間に答えよ。

Ⅰ 動物の体内環境は、自身の活動や体外環境の変化により絶えず変化するが、一定の生理的な条件の範囲内に収まるように調節されている。体内環境の維持を行う中枢として働いているのは間脳にある という器官である。 は環境の変化を感知すると、 系と内分泌系という2つの仕組みにより、体内の各器官の機能を調節する。内分泌系では、内分泌腺がホルモンとよばれる物質を産生・放出し、これが血流を介して特定の器官・組織に作用する。 は、その下の位置に存在する からのホルモンの分泌を促進または抑制する。 から分泌されるホルモンには、末梢組織に働きかけて、その代謝や成長を直接的に調節するものと、特定の器官に働きかけて、それらの器官からのホルモン分泌を調節することで作用を発揮するものがある。 や による分泌調節を受けるホルモンの一つとして糖質コルチコイドが挙げられる。糖質コルチコイドは、環状の炭化水素から成るステロイド核をもつホルモンの一群であり、ヒトにおいて最も主要なものはコルチゾールである。コルチゾールの分泌を促す刺激は を刺激し、副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンを分泌させる。副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンは血流を介して を刺激し、副腎皮質刺激ホルモンを分泌させる。副腎皮質刺激ホルモンは血液循環を介して副腎に至り、コルチゾールの分泌を促す。コルチゾールは、様々な器官での の分解を引き起こし、 を原料としたグルコースの合成を促進する作用を持つ。また、コルチゾールは様々なストレスに応答して分泌されることが知られている。そのため、血液中のコルチゾール濃度はストレスの指標として利用されている。コルチゾールは血液中だけではなく唾液中にも存在するため、コルチゾール濃度を測定する際に、血液のかわりに唾液を利用することが可能である。この際に、唾液は口腔内に入れた脱脂綿に含ませたり、漏斗状の専用器具を用いることで容易に採取することができる。

問 1 文中の ~ に入る適切な語句を答えよ。

問 2 内分泌腺と外分泌腺はさまざまな点で差異がある。内分泌腺における分泌物の量および排出管，分泌部位それぞれについての特徴を，表 1 の(A)~(F)から 1 つずつ選び，解答欄に記号で答えよ。

表 1

項目	選択肢	
分泌物の量	(A) 比較的多い	(B) 微量
排出管	(C) なし	(D) あり
分泌部位	(E) 体外	(F) 血液中

問 3 次に示す(A)~(E)のそれぞれについて，下線部 a に示したホルモンの分泌調節の仕組みのように，間脳から分泌されるホルモンの作用により分泌量が調節されるホルモンは「○」，そうでないものは「×」として解答欄に記入せよ。

- (A) アドレナリン
- (B) グルカゴン
- (C) バソプレシン
- (D) インスリン
- (E) チロキシン

問 4 下線部 b について，コルチゾールの濃度を測定するために，血液ではなく唾液を用いる利点または注意点として不適切なものを次の(A)~(D)から 1 つ選び，記号で答えよ。

- (A) 注射針を使う採血のような痛みを伴わず，痛みのストレスにより誘導されるコルチゾールの分泌が起きないため，測定の誤差が生じにくい。
- (B) 唾液の分泌は自律神経により調節されて，変動があることから，採取する際の時間や環境を毎回できるだけ一定にする必要がある。
- (C) コルチゾールは唾液に豊富に含まれるアミラーゼにより徐々に代謝されてしまうので，採取した唾液のアミラーゼを阻害する必要がある。
- (D) 採血と比較して採取するための操作が容易であり，熟練していなくても簡単に採取することができる。

II 成長ホルモンはポリペプチドでできたホルモンであり、体内の組織や器官の成長を促進する作用を持つ。特に、成長中の骨端軟骨や骨格筋に作用し、同化的な代謝を促進することで、細胞の増殖を促す。このような作用は、成長ホルモンそのものよりも、成長ホルモンが肝臓に作用した際に、肝臓から分泌されるホルモンであるインスリン様成長因子 I を介した作用が大きい。成長ホルモンの分泌は、成長ホルモン放出ホルモンおよびソマトスタチンによって調節されている。分泌された成長ホルモンは、成長ホルモン放出ホルモンおよびソマトスタチンの分泌を調節し、結果的に成長ホルモンの分泌は抑制される。

成長期において成長ホルモンによる情報伝達に障害が起こると、発育不全の原因となる場合がある。成長ホルモンに関連する発育不全の発症メカニズムは、成長ホルモンの分泌低下、または成長ホルモンに関連した情報伝達系の異常に分類される。成長ホルモンの分泌に異常がない場合は、薬剤投与により成長ホルモンの分泌を誘導すると、血液中の成長ホルモン濃度は投与後 30 分程度で一時的に上昇する。しかし、成長ホルモンの分泌に不全がある場合には、薬剤を投与しても分泌量にほとんど変化は無く、また血液中の成長ホルモン濃度は通常と比べて低値を示す。このような場合には、成長ホルモンを投与する補充療法が行われる。^d ただし、ある動物種の成長ホルモンを、別種の動物の血管内に投与しても、効果が見られない場合がある。^e 一方で、症例数としては少ないものの、遺伝子の異常により成長ホルモンやインスリン様成長因子 I による情報伝達系に異常がある場合には、血液中の成長ホルモン濃度は通常よりも高値を示すことがある^f にもかかわらず、発育の不全が見られる。

問 5 下線部 c について，成長ホルモンは，成長ホルモン放出ホルモンおよびソマトスタチンの分泌をどのように調節すると考えられるか。「促進」または「抑制」のどちらかを解答欄に記入せよ。ただし，成長ホルモン放出ホルモンおよびソマトスタチンの成長ホルモンの分泌に対する作用は，表 2 に示した通りである。

表 2

ホルモンの名前	成長ホルモン分泌に対する作用
成長ホルモン放出ホルモン	促進
ソマトスタチン	抑制

問 6 下線部 d について，補充療法を行う場合，成長ホルモンを血管内に投与せずに，経口投与すると効果が見られない。考えられる理由を説明せよ。

問 7 下線部 e の理由として最も適切なものを次の(A)~(E)から 1 つ選び，記号で答えよ。

- (A) 成長ホルモンの一次構造の差異により，別種の動物内ではホルモンを作る細胞において成長ホルモンの修飾や分泌がうまく起こらなくなる。
- (B) 異なる動物種の成長ホルモンは，投与された後に細胞内に存在する受容体に結合してしまい，標的細胞に適切なシグナルを送ることができない。
- (C) 動物種間では血液の pH が異なることから，投与された別種の動物の成長ホルモンは変性し，基質特異性が変化してしまう。
- (D) mRNA からタンパク質に翻訳される際に，コドンとアミノ酸の対応関係が動物種間で異なるため，成長ホルモンは別種の動物の体内では正しく翻訳されない。
- (E) 受容体への結合を担う部分の一次構造が動物種間で異なるため，成長ホルモンが受容体に結合する力が弱まったり，結合性が失われる。

問 8 下線部 f について、以下の問に答えよ。

問 8-1 成長ホルモンに関連する情報伝達の異常は、次に示す要因(A)および(B)に分類される。それぞれの場合について、成長ホルモンの分泌を促進する薬剤を投与してから 30 分後の、①成長ホルモンおよび②インスリン様成長因子 I の血液中の濃度は、投与前と比べてどのようになると考えられるか。それぞれの解答欄に、「上昇」、「変化なし」、「低下」の中から適切なものを記入せよ。

なお、ここで使用する成長ホルモンの分泌を促進する薬剤は、成長ホルモンやインスリン様成長因子 I それぞれの受容体には結合せず、これらとは異なる受容体に作用して効果を発揮するものとする。また、各ホルモンの受容体の機能障害については、全身の組織においてその受容体の機能が失われているとする。

- (A) 成長ホルモン受容体の機能障害
- (B) インスリン様成長因子 I 受容体の機能障害

問 8-2 問 8-1 における(A)の場合では、平常時における血液中の成長ホルモン濃度が正常な場合に比べて上昇している。その理由を述べた次の文章中の と について、(C)~(F)からそれぞれ適切なものを選び、記号で答えよ。また、 に入る適切な語句を答えよ。

や を分泌する細胞において、成長ホルモンの受容体が機能していない。したがって、 や の分泌が調節されないので、成長ホルモンがそれ自身の分泌を調節する 作用が消失する。

- (C) 成長ホルモン
- (D) 成長ホルモン放出ホルモン
- (E) インスリン様成長因子 I
- (F) ソマトスタチン

4 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

人間の赤血球^aは、生き物としてのヒトの多様性を考える上で、興味深いさまざまな特徴を持っている。たとえば、鎌状(鎌型)赤血球貧血症では、ヘモグロビン遺伝子の DNA 塩基配列がわずかに変化していることで、赤血球が三日月型になり、貧血症状を呈する。鎌状赤血球は正常赤血球にくらべ (ア) 運搬能力の面では不利となるのである。その一方で、鎌状赤血球を持つとマラリアにかかりにくいという利点もある。鎌状赤血球貧血症が、 (イ) などマラリア罹患のリスクが高い地域で頻繁にみられるのは、そのためである。つまり、マラリア感染がヒトの生命に重篤な影響を与えることを考えると、おそらく鎌状赤血球遺伝子は、自然選択によってもたらされた適応と^bいっていい。なお、マラリア感染は、マラリア原虫を持つ蚊に刺され、赤血球がマラリア原虫に寄生^bされることによっておこる。そのため、蚊に対する殺虫剤の使用や蚊帳(防虫ネット)内での就寝^cなどの対策が広くおこなわれている。

一遺伝子によってもたらされる赤血球の多様性には、ABO 血液型もある。ABO 血液型は、赤血球膜に存在する抗原のタイプによって分類される。血液型 A 型は A 抗原、B 型は B 抗原、AB 型は A 抗原と B 抗原の両方を持つことを意味し、O 型は A 抗原と B 抗原のどちらも持たない。これらの区別は、輸血の際に凝集反応を生じないために重要である。各血液型の表現型に対応する遺伝子型は、血液型 A 型ならば AA または AO、B 型ならば BB または BO、AB 型は AB、O 型は OO である。すなわち、対立遺伝子 A や B は O に対して優性(顕性)である。ABO 血液型に関しては、さまざまな病気との関わりも調べられているものの、^d特定の血液型が総合的にもっとも生存しやすいというような顕著な傾向はみられない。また、血液型に関しては性格との関連が話題になるものの、科学的には両者の関連は明確に否定されている。骨髄移植によって血液型が変わっても、性格が変わることはない。また、血液型の分布は、世界を見渡してみると地域によってさまざまである。

このような ABO 血液型の地域差は、人間がどのように移動し分布を広げてきたかの歴史を反映したものである。現生の人類(ホモ・サピエンス)は (イ)

大陸で出現し、その後世界中に拡散していった。人々の行き来が活発な2地点間、あるいは2集団間では、ABO血液型に関わる遺伝子頻度に大きな差はない。そうでない場合には逆に、遺伝子頻度の差が生じやすい。仮にはるか昔、それまで人間が住んでいなかった遠い島に、船で辿り着いた少数の人たちがいたとしよう。人々は、世代を交代しながらその島に住み続け、しかも、以降新たに流入してくる移住者が誰もいないまま年月が経ったとする。つまり島と本土では、集団間に隔離がおこっていたとする。その結果、島と本土では、血液型の遺伝子頻度に顕著な差が生じる可能性がある。このようなプロセスは、遺伝的浮動とよばれる。

問1 下線部aについて説明した次の(A)~(D)の文のうち適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 赤血球は、血小板と同様に核を持たないため、細胞ではない。
- (B) 赤血球は、血液凝固の際にフィブリンを生成して、血ぺいとなる。
- (C) 赤血球は、造血幹細胞から分化する。
- (D) 赤血球を高張液にいれると、膨らんでやがて破裂する。

問2 文中の と に入る適切な語句を答えよ。

問 3 下線部bの寄生とは、共生する生物どうしの関わりのひとつである。以下の表は、生物2種(X, Y)が関わりあうことで、利益(+)と不利益(-)どちらを被るかの組み合わせを示している。生物2種が共生関係にある場合、(ウ)~(ケ)にはどのような語が入るか、適切なものを選択肢から選べ。(オ)と(カ)、(ク)と(ケ)の順序は問わない。なお、選択肢の中にはあてはまるものがない場合には×を記せ。

	生物 X		生物 Y	
	寄 生	マラリア原虫	+	人 間
(ウ)		+	ウ シ	-
(エ)	アブラムシ	+	ア リ	+
	(オ)	+	(カ)	+
(キ)	(ク)	-	(ケ)	-

選択肢 {相利共生 片利共生 片害共生 捕食 乳酸菌 根粒菌
エゾシカ エンドウマメ キツネ ハマグリ マダニ メダカ ラッコ}

問 4 下線部cのような対策が効果を発揮すると、蚊は次世代を残しにくくなる。そのため、うまく人間の対策をかいくぐることができた個体が子を残し増えていき、進化がおこる可能性がある。これについて、次の問に答えよ。

問 4-1 殺虫剤使用の結果として、蚊の側にはどのような進化がおこると考えられるか、10字以内で答えよ(句読点不要)。

問 4-2 蚊帳の使用により蚊の側におこる進化としてどのような可能性があるか。次の(A)~(D)から適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

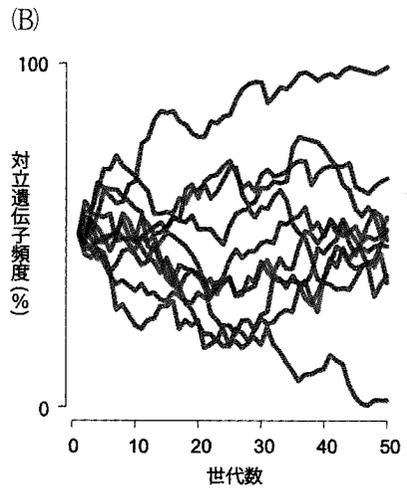
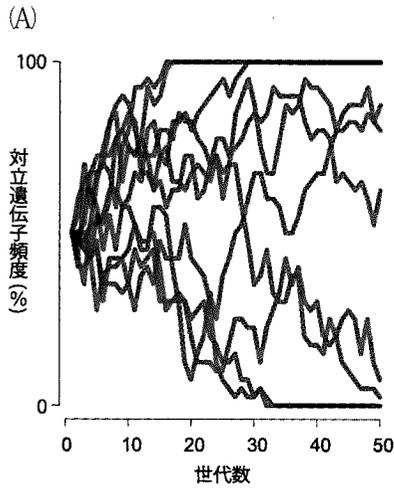
- (A) 人間が就寝する夜間には血が吸えないことを学習した蚊は、徐々に活動する時間をずらしていく。
- (B) 夜間に人が活動している特定の場所をおぼえて分布するようになる。
- (C) 人間が活動する日中に吸血するような活動サイクルを示す個体が増える。
- (D) 人間以外の哺乳類を好んで吸血する蚊が増える。

問 5 下線部 d に関し、実際とは異なる状況を以下に記す(1)あるいは(2)のように 2 通り仮定した。それぞれの状況で数世代を経た場合、どのような変化がみられるか、(A)~(E)からあてはまるものをすべて選び、記号で答えよ。あてはまるものがない場合には×を記せ。

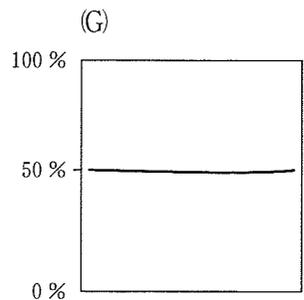
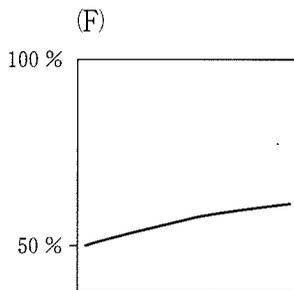
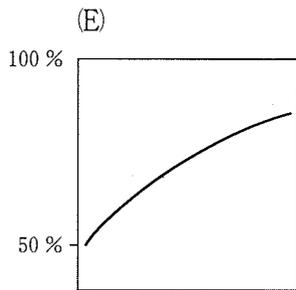
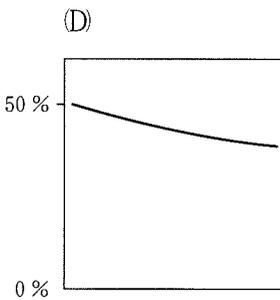
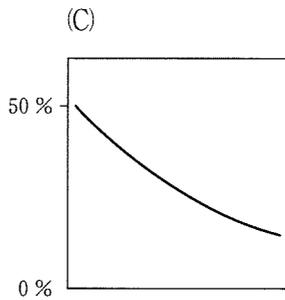
- (1) 血液型 O 型の子供が罹患しやすい病気が流行し、この病気にかかっても死亡することはないが、生殖能力に負の影響が残る。
 - (2) 血液型 A 型の人が老年期になると罹患しやすい病気が流行し、この病気にかかっても死亡することはないが、運動能力が著しく衰える。
- (A) 血液型 O 型の相対割合の減少
 - (B) 血液型 B 型の相対割合の減少
 - (C) 対立遺伝子 A を持つ人の相対比率の減少
 - (D) 対立遺伝子 A を持つ人の相対比率の増加
 - (E) 血液型の対立遺伝子頻度のハーディ・ワインベルグ平衡からの逸脱

問 6 下線部 e に関連して、次の問に答えよ。

問 6-1 本土から島に移住した人は B 型と O 型しかいなかったとする。対立遺伝子 B と O の頻度は最初 50 % ずつで、50 世代を経る間にそれがどのように変化するか 10 回シミュレーションした結果を、(A)と(B)の 2 つのグラフに示した。各グラフ中の折れ線は、それぞれが 1 回ずつのシミュレーションに対応し、重なっていても分かるよう半透明の灰色で示されている。2 つのグラフは、島に移住した人数が相対的に多い時と少ない時どちらかを示している。島に移住した人数が多い場合のグラフは (A)と(B)のどちらか、記号で答えよ。



問 6-2 問 6-1 で説明したようなシミュレーションによってグラフ(A)の結果がもたらされた時、血液型の遺伝子型に関し、ヘテロ接合を持つ人の集団中に占める割合は、世代を経るにつれてどのように変化していったと考えられるか。10回のシミュレーションを平均した結果に最も近いグラフを(C)~(G)から1つ選び、記号で答えよ。(C)~(G)のグラフの横軸の世代数は(A)と同じであるとする。



問 6-3 個体群の変遷は、人間の移住だけではなく、さまざまな生物の過去と未来に関わる問題である。北海道に生息するツルの一種タンチョウは、19世紀末には絶滅寸前にまで減少し、およそ数十羽しかいなかったと報告されている。しかしその後の人々の努力によって、現在は1,000羽を超えるほどに個体数が回復した。それでも、タンチョウの保護をめぐる状況は、安心できるものではないとの見方もある。問 6-1 および問 6-2 の内容をふまえた上で、タンチョウの現状にはどのような懸念があるか、以下の文章中の (コ) と (サ) を埋めることで説明せよ。(コ) は10字以内、(サ) は20字以内とする(句読点は不要)。

北海道のタンチョウは、極端な個体数減少を経験したことで、(コ) が失われている可能性がある。その結果として、環境の変化や病原体に対する抵抗性が低下しているかもしれない。一方で、ロシアや中国で繁殖するユーラシア由来のタンチョウが北海道に飛来している可能性が最近あきらかになった。しかし、たとえユーラシアからのタンチョウが北海道に定着したとしても、(サ) がおこらない限り、低下した(コ) の解決にはならない。