

1

ヒトゲノムと個人差に関する文章Ⅰ、Ⅱを読み、以下の各問いに答えなさい。

Ⅰ. 生物が自らを形成・維持するのに必要最小限の(A)の1セットをゲノムと呼び、ヒトの場合、(B)細胞1個に含まれる(A)に相当する。2003年に終了したヒトゲノムプロジェクトによる結果から、ヒトゲノムは約(C)塩基対から構成されていること、その内、遺伝子のアミノ酸配列をコードしている部分は約(D)%を占めることが明らかにされた。その後、同性の別の人のゲノムと比較すると、ゲノムの約(E)%に違いがあることも明らかにされた。この違いの多くは、1個の塩基配列のみが異なっているものであり、これらの中には特定の病気と関連して遺伝するものがあると考えられている。

問1 文中の空欄(A)と(B)に入る最も適切な名称をそれぞれ答えなさい。また、空欄(C)～(E)に入る最も適切な数字を、以下の語群の中からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。

〔語群〕

- | | | | | | | |
|---------|---------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| (1) 0.1 | (2) 0.5 | (3) 2 | (4) 5 | (5) 10 | (6) 50 | (7) 80 |
| (8) 99 | (9) 1 億 | (10) 3 億 | (11) 10 億 | (12) 30 億 | (13) 100 億 | (14) 300 億 |

問2 1個の(B)細胞に含まれる常染色体の数を答えなさい。

問3 ヒトゲノムに存在する遺伝子の数について、推定値に最も近いものを以下の語群の中から1つ選び、番号で答えなさい。

〔語群〕

- | | | | | |
|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| (1) 5,000 | (2) 10,000 | (3) 20,000 | (4) 50,000 | (5) 100,000 |
|-----------|------------|------------|------------|-------------|

問4 下線部(a)と異なり、ヒトゲノム中で遺伝子として働かない部分に含まれる最も多い配列の総称を答えなさい。

問5 下線部(b)を表す最も適切な語句をアルファベット3文字で答えなさい。

Ⅱ. 2006 年, 耳あかの性状を決定する遺伝子がヒトの 16 番染色体上の *ABCC11* 遺伝子であることが報告された。表現形質(表現型)の耳あか型には, [乾型]と[湿型]の2種類があり, 日本人の多くは[乾型]を示す。また, この遺伝子の特定のエキソン内の塩基配列において, 1 個の塩基が個体により A (アデニン) か G (グアニン) のどちらかになっている箇所(多型部位)があり, それら塩基の組み合わせから, AA 型[乾型], GA 型[湿型]および GG 型[湿型]の3種類に分けることができる。そこで, 両親と 1 人の子供からなる 1 家族から得た DNA 試料を用いて, この遺伝子の DNA 鑑定を行うことを試みた。具体的には, まず, 目的の遺伝子領域を短時間で増幅する方法にて, ^(c)多型部位を含む 326 塩基対を増幅した。次に, 得られた増幅産物を特定の塩基配列を認識して切断する酵素(酵素 A) ^(d)を用いて切断した。さらに, アガロースゲル電気泳動により切断産物を分子量ごとに分けた後, 切断パターンを比較した。

問 6 下線部(c)の方法の名称を答えなさい。

問 7 下線部(d)の酵素の総称を答えなさい。

問 8 図 1 は, 両親(1 列目と 2 列目)と子供(3 列目)から得られた切断産物のアガロースゲル電気泳動の結果を示す。両親に 215 塩基対, 146 塩基対, 111 塩基対, 69 塩基対の位置にバンドが観察され, 子供に 146 塩基対, 111 塩基対, 69 塩基対の位置にバンドが観察された。子供の表現型は[乾型]であった。この時, GG 型の増幅領域 326 塩基対を酵素 A により切断した場合の地図はどのようなになるか。図 2 の例にならって解答欄に作成しなさい。

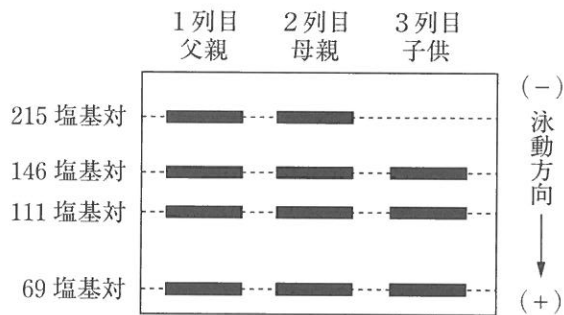


図 1 切断産物のアガロースゲル DNA 電気泳動像

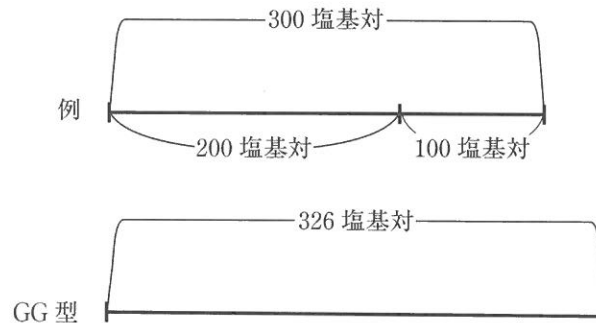


図 2 酵素 A による切断地図

問9 AA型は〔乾型〕対立遺伝子のホモ接合体，GG型は〔湿型〕対立遺伝子のホモ接合体である。この場合，69塩基対と111塩基対のバンドは〔乾型〕と〔湿型〕のどちらの対立遺伝子に由来するか。以下の語群の中から正しい組み合わせを1つ選び，番号で答えなさい。

〔語群〕

- (1) 69塩基対のバンド：〔乾型〕，111塩基対のバンド：〔乾型〕
- (2) 69塩基対のバンド：〔乾型〕，111塩基対のバンド：〔湿型〕
- (3) 69塩基対のバンド：〔乾型〕，111塩基対のバンド：〔乾型〕と〔湿型〕の両方
- (4) 69塩基対のバンド：〔湿型〕，111塩基対のバンド：〔乾型〕
- (5) 69塩基対のバンド：〔湿型〕，111塩基対のバンド：〔湿型〕
- (6) 69塩基対のバンド：〔湿型〕，111塩基対のバンド：〔乾型〕と〔湿型〕の両方

2

筋収縮に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

ウシガエルから坐骨神経（脊髄から下肢筋組織に分布する神経）－腓腹筋（ふくらはぎの筋肉）標本を作製し、坐骨神経に電気刺激を加えて腓腹筋の収縮をキモグラフに記録する実験系を組んだ（図1を参照）。この実験系で得られた筋収縮の波形を図2に示した。電気刺激の頻度は、刺激と同時に刺激装置から出力される電気信号から計算した（図1の刺激時の記録を参照）。

図2に示した筋収縮の波形は、刺激の頻度が1 Hz のとき刺激のたびに（イ）が起こった。さらに刺激を10 Hz、20 Hz に増加させると、収縮の加重により（ロ）が認められた。また刺激間隔を（ハ）すると、筋収縮に時間的な収縮加算が^aおこり、筋収縮の強さが（ニ）ことも認められた。

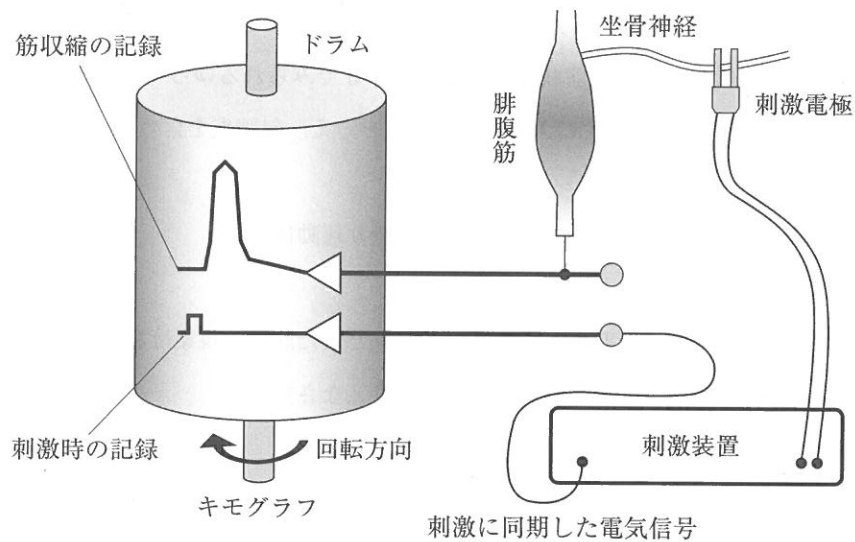


図1 坐骨神経－腓腹筋標本を用いた筋収縮実験の概略図

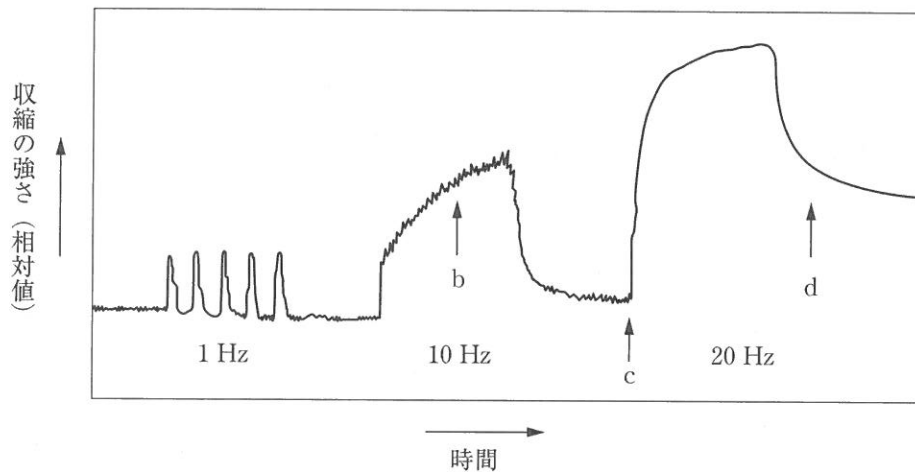


図2 筋肉の収縮曲線

問1 文中の空欄（イ）～（ニ）に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 文中の下線 a にある『時間的な収縮加算』以外にも、筋収縮には『空間的な収縮加算』という現象がある。この『空間的な収縮加算』の説明として、以下の1～5の中から最も適切なものを1つ選び、番号で答えなさい。

1. 筋細胞に特異的に起こる収縮現象の1つである
2. 1つの筋細胞に数多くの神経筋接合部が分布しているため生じる
3. 坐骨神経に様々な興奮閾値をもったニューロンが存在するために生じる
4. 筋細胞への刺激頻度を高くしたときに生じる
5. 後肢全体でみられる現象であり、腓腹筋などの個々の筋肉では生じない

問3 図2の矢印 b のとき、筋小胞体に貯蔵されていた Ca^{2+} はどのような状態になっているか。句読点を含めて30字以内で答えなさい。ただし、必要であれば、Ca や Ca^{2+} は1文字として記載しなさい。

問4 図2の矢印 c でみられる素早い筋収縮現象と、矢印 d でみられるゆっくりとした筋弛緩現象はなぜ起こるのか。その理由として、以下の()に入る適切な文章を考え、句読点を含めて20字以内で答えなさい。

アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの滑り運動は、()

問5 生体では、図2の矢印 d で示したような、ゆっくりとした筋弛緩現象は認められない。その理由として、以下の1～5の中から最も適切なものを1つ選び、番号で答えなさい。

1. 生体では筋収縮を解除させるメカニズムが別に存在する
2. 生体では血液循環により常に酸素が供給される
3. 生体では代謝産物が速やかに血流で廃棄されて残らない
4. 生体では腓腹筋と拮抗的に働く筋が存在する
5. 生体では速やかに神経筋伝達物質が分解される

問6 アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの滑り運動に関わる現象には筋収縮以外にどのようなものがあるか。その名称を答えなさい。またその名称の内容について、句読点を含めて20字以内で説明しなさい。

3

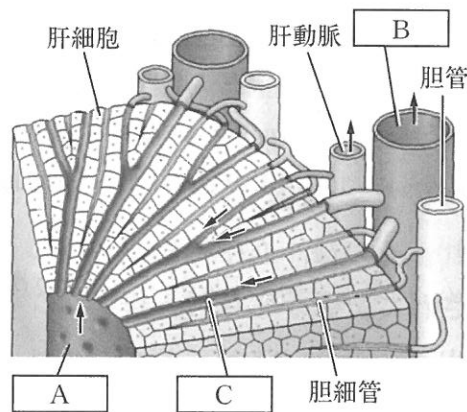
肝臓に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

肝臓は生体内最大の臓器であり、小腸などの消化管で吸収された物質が流入している。肝臓は、それらの物質を化学反応によって作りかえて体内の状態を一定に保つために、以下に挙げる(1)～(5)の機能を果たしている。

- (1) 養分の貯蔵と物質代謝：血液中のグルコースを(a)として蓄える。(a)は必要に応じてグルコースに再分解されて、血糖として供給される。グルコースは体内の様々な細胞がATPを生成する際にエネルギー源として消費される。^①
- (2) 血液成分合成と血球の代謝：血液中には血しょう成分として、ホルモン等のさまざまな物質の運搬に関わるアルブミンやグロブリンなどの多くのタンパク質が含まれている。また、古くなった赤血球がひ臓等で分解される過程で、赤血球の主要な機能を担うタンパク質である(b)はアミノ酸にまで分解され、それとともにビリルビンが生じる。ビリルビンは肝臓に運ばれたのちに処理・排出される。
- (3) 解毒作用：食物や細菌由来の有害な物質を酸化・還元・分解することで、無毒化・排出する。
- (4) 窒素代謝：血液中のアミノ酸は、体内の様々な細胞でタンパク質や核酸の材料として利用される。不要なアミノ酸が呼吸によって消費された際に、有害物質である(c)が生じる。ヒトなどの哺乳類では、(c)は肝臓内の(d)回路によって代謝され体外へ排出される。
- (5) 胆汁の生成：肝細胞で合成される胆汁は、胆細管・胆管を通じて(e)に蓄えられ、十二指腸へと放出される。^③

問1 文中の空欄(a)～(e)に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 肝臓は肝小葉と呼ばれる直径1mm程度の構造が集まってできている。肝小葉の構造を図に示した。矢印は血液の流れる方向を表わしている。A～Cに当てはまる最も適切な名称を答えなさい。



問3 下線部①：細胞内でグルコースなどの有機物を酸素を利用して分解し、ATPをエネルギーとして取り出す過程を呼吸という。呼吸は、細胞内基質で行われる(ア)と、ミトコンドリア内で行われる(イ), (ウ)の3段階からなる。空欄(ア)～(ウ)に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問4 下線部②：肝臓で合成されるグロブリンと異なり、 γ グロブリンは別の組織細胞で合成される。その細胞の名称を答えなさい。

問5 下線部③：肝臓における胆汁の放出は、ビリルビンを放出し最終的に便として体外に排出する機能ともう1つ別の機能を持っている。その機能について句読点を含めて25字以内で説明しなさい。

4

次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

1902年にフランスのリシェは、イソギンチャクの毒に対する抗毒素を得るために、イソギンチャクの毒素を抽出しイヌに接種した。その結果、半数以上のイヌが死亡した。数週間後、生き残ったイヌにもう一度抽出液を接種した。ところが、初回の20分の1の用量の抽出液しか接種していないにもかかわらず、すぐに全身の血管の拡張、心拍数の減少、血糖値の低下などが起こり、急激な血圧低下や意識低下を起こして死亡した。この過敏で急激な全身状態の悪化は、ヒトをはじめとする様々な動物でも観察され、「無防備」というギリシャ語から「アナフィラキシー」と名づけられた。さらに、イソギンチャクの毒素はタンパク質であるが、本来まったく毒性のない卵白のようなタンパク質でもアナフィラキシーが引き起こされる場合があることが判明した。このことから、体外から取り込んだタンパク質はアナフィラキシーを引き起こすきっかけに過ぎず、体内にもともと存在する物質がアナフィラキシーの直接的な原因ではないかと考えられた。そこで、アナフィラキシーが引き起こされる仕組みを調べるために、以下の実験を行った。

実験1：アナフィラキシーを起こしているイヌから血液を採取し、別の未処置のイヌに注射すると、そのイヌもアナフィラキシーを起こした。

実験2：毒素を1回だけ接種したイヌの血液から血清を回収し、その血清と20分の1の用量の毒素を混合した溶液を別の未処置のイヌに注射すると、そのイヌはアナフィラキシーを起こした。

実験3：アナフィラキシーを起こしたイヌの血液には、ある化学物質Xが大量に含まれていた。そこで、精製した化学物質Xを未処置のイヌに大量に注射すると、そのイヌはアナフィラキシーを起こした。

以上の結果から、毒素を接種したイヌの血液中にそれ自体は無害だが、毒素と混合して接種するとアナフィラキシーを引き起こす原因物質である化学物質Xの産生を誘導するタンパク質Yがあることが判明した。すなわち、毒素がもつ毒性とは別に、生体に備わっている本来は（A）ための仕組みが逆に生体に致死的な反応を起こす場合があることが明らかとなった。この成果が認められ、1913年にリシェはノーベル生理学・医学賞を受賞した。

問1 (1) 下線部①について述べた文章として最も適切なものを、次の(ア)～(エ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 抗毒素は産生されたが、毒素を中和する活性はなかったので死亡した。
- (イ) 生死にかかわらず毒素を中和する活性のある抗毒素が産生された。
- (ウ) 抗毒素は産生されず、毒素を中和できなかったので死亡した。
- (エ) 抗毒素は産生されなかったが、別の機序で毒素を中和したので生存した。

(2) 下線部②において、どのようなことを期待して2度目の接種を行ったのかについて、句読点を含めて40字以内で答えなさい。

(3) 文中の空欄（A）に入る適切な文章を、句読点を含めて20字以内で答えなさい。

問 2 (1) 下線部 ③ の症状に着目すると、その症状を緩和するにはあるホルモン剤の投与が有効である。そのホルモンの名称を答えなさい。

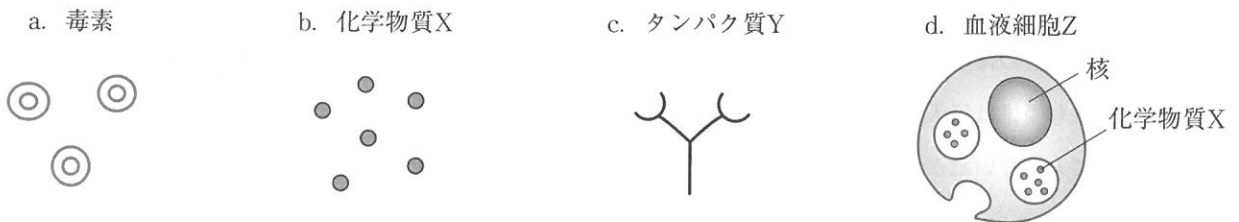
(2) 実験動物からある臓器を切除するとアナフィラキシーを起こしやすくなる。その臓器の名称を答えなさい。

問 3 (1) 下線部 ④ の結論を導くためには、実験 2 においてどのような対照実験を行い、どのような結果が得られることを確認すればよいか。句読点を含めて 60 字以内で答えなさい。

(2) 化学物質 X とタンパク質 Y のそれぞれの名称を答えなさい。

(3) 実験 2 において、イヌからある血液細胞 Z を除去すれば、毒素とタンパク質 Y が存在するにもかかわらず、化学物質 X が分泌されなくなることが予想される。この血液細胞 Z の名称を答えなさい。

(4) 次の図 a ～ d を用いて、毒素、タンパク質 Y、血液細胞 Z の組み合わせによって化学物質 X が分泌されている様子がわかる模式図を解答欄に記入しなさい。



生物と生物、あるいは生物と環境の関わりに関する以下の各問いに答えなさい。

問1 次の文章 a～e の空欄 (①)～(⑤) に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

- a. 生物群集において、ある種が生活空間、食物連鎖、活動時間の中で占める位置を (①) という。コウベモグラとアズマモグラは、いずれも土中にすみ、昆虫やミミズなどを食物とし、フクロウやタカなどの食物となるので (①) が近い。この2種のモグラの分布が明確に分かれているのは、同じ場所に共存できないからと考えられている。
- b. 動物のなかには、1個体や1家族が空間を占有し、ほかの個体とその空間に侵入してくると追い払う行動を示すものがある。このような防衛された空間を (②) という。シオカラトンボの雄は、池や川などの産卵に適した場所に (②) をつくり、そこに飛来した雌と交尾して産卵させる。
- c. 広がる田畑の中に集落があり、小川が流れ、その向こうに人が木を刈りに行く雑木林があるといったような日本人にとって身近な自然である (③) では、様々な生態系が入り組んで存在するため、多様な生物が観察される。
- d. 雌雄の体格差の大きいゾウアザラシは、一匹の優位な雄と数十匹の雌から構成されるハレムを作る。ハレムをもつ雄は侵入しようとする他の雄を激しく攻撃し、結果的に、ハレムをもつ雄が大部分の子を残し、ハレムに入れない雄が残す子はわずかである。こうしたつがい関係を (④) という。
- e. 動物が、捕食者から逃れるために、周りの景色と同じような色や模様をもつこと、あるいは毒をもつ種とそっくりの形態をとることを、(⑤) と呼んでいる。

問2 次の文章 f～j の空欄 (⑥)～(⑩) に当てはまる最も適切な語句を下の語群の中からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。

- f. 伝染病で個体数が著しく減少したタンザニアのライオンの個体群では、近親交配の結果、奇形の精子の割合が急増し、産子数も減少した。近親交配が続く、産子数や生まれてくる子供の生存率が低下する現象を (⑥) という。
- g. アフリカのサバンナにすむハダカデバネズミは、哺乳類でありながら、生殖に専念する個体と、食物の確保や巣の防衛などを行う不妊の個体が存在し、分業体制を敷いている。こうした分業を (⑦) と呼んでいる。

- h. 天然記念物に指定されている下北半島のニホンザルと、近くで飼育されていて野生化したタイワンザルとが交雑した結果、雑種が産まれていることがわかった。このように、その地域に生息する生物の集団と、本来自然状態では交雑しえない地域に生息する集団が、人為的な要因によって出会い交雑することによって、もともとその地域に生息していた生物集団の固有の遺伝的純系が失われる現象を（ ⑧ ）という。
- i. 沿岸にすむラッコは、食物であるウニを好んで食べるので、ウニの食物であるコンブは豊かに生育することができる。こうしたラッコとコンブのような直接的には食う食われるの関係がない生物の間でみられる影響のことを（ ⑨ ）という。
- j. ダテハゼは、ニシキテッポウエビが作る巣穴を利用させてもらう代わりに、ほとんど目の見えないテッポウエビの見張り役となり、敵が来るのを教える。このように、異なる種類の生物が密接なつながりをもって生活し、互いが利益を得ることを（ ⑩ ）という。

〔語群〕

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| ア. 順位制 | イ. 種内競争 | ウ. 間接効果 | エ. 共同繁殖 | オ. 遺伝的攪乱 |
| カ. 競争的排除 | キ. 片利共生 | ク. 遺伝的浮動 | ケ. カースト制 | コ. 密度効果 |
| サ. 生殖的隔離 | シ. 相変異 | ス. 近交弱勢 | セ. 適応戦略 | ソ. 寄生 |
| タ. 相利共生 | チ. 地理的隔離 | ツ. 適応放散 | テ. 種間競争 | ト. 競争回避 |