

令和4年度個別学力試験問題

理 科

(医 学 科)

解答時間 120分

配 点 各100点

科 目	ページ
物 理	1 ページ～7 ページ
化 学	8 ページ～12 ページ
生 物	13 ページ～19 ページ

問題冊子には上記の3科目の問題が載っていますが、2科目を選択して解答しなさい。

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に氏名をはっきり記入しなさい。ただし、表紙には受験番号も必ず記入しなさい。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入しなさい。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認しなさい。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入しなさい。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 下書きは問題冊子の余白部分を使用しなさい。
8. 試験時間中に問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気がついたら場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
9. 解答冊子はすべて持ち帰ってはいけません。
10. 問題冊子は持ち帰ってください。

生 物

1. 生物は全部で3問題あります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は **1** に2ページ, **2** と **3** に1ページずつ, 合計4ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入しなさい。

1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

細胞分裂は、組織の発生や分化、修復などに重要な役割を担っている。その際、細胞が有している DNA が正確に複製されているため、正しく情報が受け継がれる。しかし複製は完全でなく、真核生物では DNA 2 本鎖のうち(ア)鎖の末端では、複製のとき新生鎖の合成開始時につくられる(イ)が分解された後に DNA で置き換えられないため、DNA 末端のテロメアが分裂ごとに短くなる。このためヒトでは細胞分裂には限界があり、約 50~60 回細胞分裂がなされると細胞分裂が停止し、細胞自体が死んでしまう。

DNA の突然変異は時に病気につながる。1 塩基の置換がエキソンに起こると、アミノ酸配列が変化したり、終止コドンに変わり病気になることがある。例えば鎌状赤血球症は酸素不足などのときに赤血球が鎌の形に変形する貧血症で、ヘモグロビンβ鎖の DNA 配列の一部で、健康人(病気でない人)の GAG から病気の人では GTG に変化している。このためアミノ酸がグルタミン酸からバリンに変化することにより病気になる。^(a)^(b)

一方、アミノ酸は変化しない 1 塩基の置換((ウ)置換という)で病気起きる場合がある。例えばフェニルケトン尿症は、フェニルアラニンからチロシンに代謝する酵素(フェニルアラニン水酸化酵素)の遺伝子の変異により起こる病気である。その酵素の遺伝子は 13 個のエキソンとその間の 12 個のイントロンからなる。前述したようにアミノ酸の変化を伴う遺伝子変異がみられる場合もあるが、12 番目のイントロンのはじめの塩基配列 GT が AT に変化する場合もある。このときアミノ酸が 1 つ変化するのではなく、成熟した mRNA(伝令 RNA)が作られるときにイントロンが切り取られる(エ)の際に12 番目のエキソンが除かれてしまい、その分のアミノ酸配列が失われて正常な酵素が合成されない。^(c)その結果フェニルアラニンが血液中に蓄積して、細胞のアミノ酸の取り込みが阻害され、脳などに異常をきたす。

また、子どもでも老化がすすみ 10 歳代で死亡してしまう早老症という病気の 1 つにハッチンソン・ギルフォード症候群がある。この病気の原因は、中間径フィラメントの 1 つであるラミン A 遺伝子の突然変異^(d)といわれている。^(e)ハッチンソン・ギルフォード症候群の多くの例で、ラミン A 遺伝子 11 番目のエキソンの 608 番のアミノ酸のコドンで GGC → GGT の置換が起きている。この変異でもアミノ酸の変化は起きないが(エ)の際にエキソンとイントロンの切断が間違ったところで起きるため、正常のラミン A が形成されず短くなる。^(f)このため核膜の形成が異常になったり DNA にも影響したりするため早老症になるといわれている。

DNA の 1 塩基の配列の違いはゲノムの多様性として生物集団の中で多く見られ、病気は起こさないが体質の違いとして現れることもある。^(g)

問 1 文中の(ア)~(エ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(a)について、ヘモグロビンβ鎖の DNA のセンス鎖(非鋳型鎖)の配列 GAG あるいは GTG をもとにタンパク質がつくられるとき、健康人 GAG と病気の人 GTG に相当する mRNA に結合する tRNA(転移 RNA)のアンチコドンの配列を書きなさい。

問 3 下線部(b)について、アミノ酸の変化により赤血球の形が変わるのはなぜか、考えられる理由として以下の文の空欄を 30 字以内(句読点を含む)で埋めなさい。

ヘモグロビンβのアミノ酸が変化すると()ため、赤血球の形が鎌状になる

問 4 下線部(c)について、図 1-1 はフェニルアラニン水酸化酵素遺伝子の mRNA 前駆体の一部を示している。点線でイントロンが切り取られるときイントロンの最初が GU、最後が AG という配列のことが多い。病気の人ではイントロンの最初に 1 塩基の変異があるため正常のイントロンの切り取りがうまくいかず健康人とは RNA の長さが異なる。これを証明するために PCR 法(ポリメラーゼ連鎖反応法)によって解析した。以下の(1)、(2)の問いに答えなさい。

(1) 健康人または病気の人から白血球を採取し、PCR の鋳型となる DNA を作成する手順を説明した以下の文章中の空欄(オ)~(キ)を適切な語句で埋めなさい。

- ① 白血球から mRNA を精製する。このとき mRNA だけを精製するために、mRNA の 3' 末端に付加されているポリ A 配列を利用して、ポリ(オ)配列を持った DNA を吸着させた材質を用いる。
- ② ①で精製した mRNA を鋳型として(カ)酵素で 1 本鎖の(キ)を合成する。
- ③ ②の生成物を RNA 分解酵素で処理し、その後 2 本鎖の DNA に合成して PCR の鋳型とする。

(2) 図 1-1 のエキソンの四角の下に書かれている数字は mRNA の塩基の番号を示す(転写開始点が 1 番である)。図 1-1 のように、10 番目のエキソンの 1084 番の塩基(図 1-1 ➡)から 13 番目のエキソンの 1473 番の塩基(図 1-1 ◀)まで PCR で増幅し、得られた DNA を電気泳動し、ゲルを DNA 染色液で染色して DNA 断片をバンドとして検出した。12 番目のイントロンの最初の変異以外は同じであるものとして、健康人と病気の人それぞれで見られた DNA のバンドの長さ(塩基の数)を求めなさい。ただしバンドは 1 本ずつ見られたものとする。

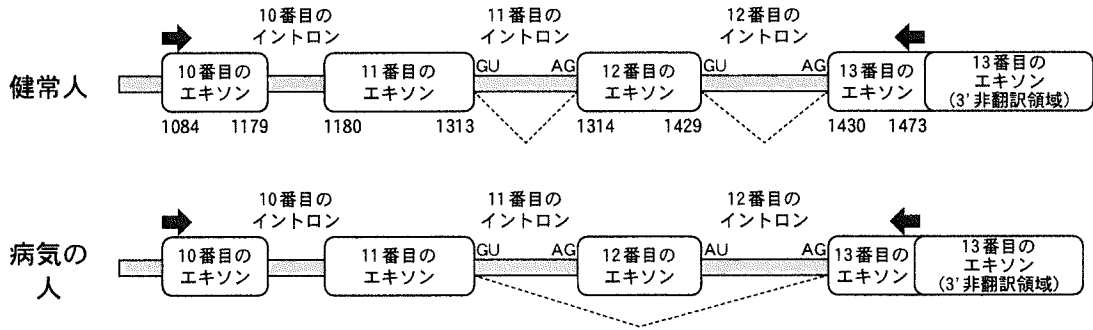


図 1-1

問 5 下線部(d)について，中間径フィラメントは細胞骨格の 1 つである。細胞骨格は中間径フィラメントの他に 2 つある。それらを X, Y とし，中間径フィラメントを Z とする。解答欄に細胞骨格 X, Y の名称を入れ，以下の語句①～⑩は細胞骨格 X, Y, Z のどれに最も関係が深いのか，それぞれの欄に X～Z の記号で示しなさい。

- ① 中心体 ② アメーバ運動 ③ ニューロン内の輸送 ④ 紡錘糸
- ⑤ 細胞質分裂 ⑥ デスモソーム ⑦ ウニの精子の先体突起 ⑧ 精子のべん毛
- ⑨ 10nm ⑩ 筋収縮

問 6 下線部(e)について，ラミン A 遺伝子は 12 のエクソンからなる。1～7 番目のエクソンと 12 番目のエクソンは必ず使われるとして，8～11 番目のエクソンではエクソンが使われたり切り取られたりするすべての場合の組合せが可能であると仮定すると，最大で何種類の mRNA が合成されるか答えなさい。ただし，エクソンの重複および逆転は生じないものとする。

問 7 下線部(f)について，図 1-2 はラミン A 遺伝子の mRNA 前駆体の一部を示している。点線でイントロン，あるいはエクソンの一部とイントロンが切り取られる。またエクソンの四角の下に書かれている数字は mRNA の塩基の番号を示す(転写開始点が 1 番である)。病気の人は 2027 番の塩基が変異したため，11 番目のエクソンの途中で 2026 番の塩基の部分から 11 番目のイントロンの最後までが切り取られてしまう。翻訳は 209 番の塩基から始まり(図 1-2 では省略されている)，3' 非翻訳領域は 2204 番の塩基から始まる時，健常人と病気の人が翻訳されてできるアミノ酸の数を図 1-2 を参考にしてそれぞれ求めなさい。ただし健常人と病気の人は 2027 番の塩基の変異以外は同じであり，1 番目から 10 番目までのイントロンはすべてイントロンのみが切り取られるものとする。

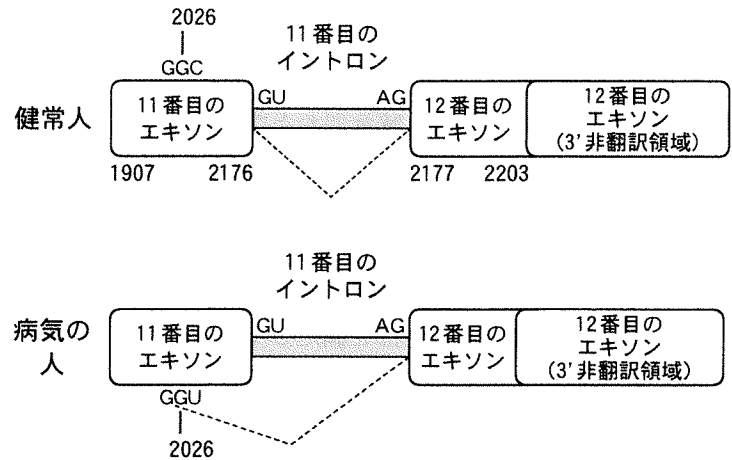


図 1-2

問 8 下線部(8)について,

- (1) このことを何というか答えなさい。
- (2) どのような体質の違いに関係しているか、例を1つあげ10字以内(句読点を含む)で答えなさい。

2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

ヒトの耳は外耳、中耳、内耳からなり、聴覚器および平衡感覚器としての役割がある。空気の振動として伝わってきた音は外耳の(ア)によって集められ、外耳道を通して外耳の奥にある鼓膜を振動させる。中耳は空気で満たされていて、耳管(ユースタキ管)によって(イ)につながっている。鼓膜の振動は中耳にあるつち骨、(ウ)骨、(エ)骨の3つの耳小骨によって内耳の卵円窓、さらにはうずまき管の内部を満たしているリンパ液に伝わっていく。うずまき管の中は前庭階、(オ)階、うずまき細管の3つの部屋に分かれていて、リンパ液の振動はうずまき管内にある基底膜を振動させる。うずまき細管内の基底膜上には(カ)器があり、感覚毛を持った聴細胞に刺激が受容される。このとき、音の高低の違いによって異なる聴細胞が電^(b)気的な信号を発生する。この電気信号が聴神経を興奮させ、音の高低によって聴覚中枢の異なる部分に伝えられるため、音の高低が識別される。

内耳には、前庭と半規管と呼ばれる2つの平衡感覚器がある。前庭には感覚毛を持った感覚細胞があり、体の傾きを感じることができる。一方、互いに直行した3つの半規管の中にも感覚毛を持った感覚細胞があり、体の回転を感じることができる。

問1 文中の(ア)～(カ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部(a)について、耳管の役割の1つを40字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問3 下線部(b)について、基底膜に伝わった振動はどのようにして聴細胞に受容されるのか、そのしくみを50字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問4 下線部(c)について、音の高低によって信号を発生する聴細胞が異なるのはどのようなしくみによるか、80字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問5 下線部(d)について、体の傾きをどのようにして感じるのか、そのしくみを40字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問6 下線部(e)について、体の回転をどのようにして感じるのか、そのしくみを50字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

自分にとっては負担になるが他個体へ利益をもたらす行動を利他行動という。哺乳類や鳥類で親が子育てをするのは利他行動の代表的な例であるが、共同繁殖のヘルパー^(a)や社会性昆虫のワーカーなどにおいて異なる形の利他行動を見ることができる。

社会性昆虫であるミツバチやアリは同種の個体がコロニーを形成して生活している。コロニーの中で生殖能力を持つ個体は限られている。ミツバチのコロニーは、生殖を行う1個体の女王バチと少数の雄バチ、ワーカーである多数の働きバチで構成される。働きバチは雌であるが生殖を行わず、コロニーの他個体に利益をもたらすような働き^(b)を行う。

個体間で共通の祖先に由来する特定の遺伝子をとともに持つ確率は血縁度と呼ばれる。有性生殖^(c)をする二倍体の生物では自分と同じ親を持つ兄弟姉妹の間の血縁度は $1/2$ であり、自分と自分の子供との間の血縁度も $1/2$ である。ミツバチの場合、雌は二倍体であるが、雄は半数体(一倍体)であり、倍数性の違いによって性が決まる。卵が受精して発生すると雌、卵が受精せずに発生すると雄になるので、ミツバチの血縁度は通常^(d)の二倍体の生物とは異なった数値になる。このような通常とは異なる血縁度がミツバチにおいて働きバチが進化した理由に関係しているという説がある。

問 1 下線部(a)について、ヘルパーとはどのようなものか、50字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 2 下線部(b)について、働きバチはどのような働きをしているか、その働きを3つ挙げなさい。

問 3 下線部(c)について、自分が雌である場合、自分と同じ両親を持つ妹の娘と自分との血縁度はいくつか、また自分の配偶者の母親と自分の娘との血縁度はいくつか、それぞれ答えなさい。ただし、交配する雌雄は血縁関係がないものとする。

問 4 下線部(d)について、血縁度と働きバチの進化はどのように関係していると考えられるか、120字以内(句読点を含む)で説明しなさい。