

令和 7 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 ～ 8 ページ
化 学	9 ページ ～ 14 ページ
生 物	15 ページ ～ 25 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てください。

注意事項

1. 解答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、選択する科目の解答冊子の所定の欄に受験番号をはっきり記入してください。
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○印を記入してください。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てください。
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てください。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 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付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 問題冊子及び計算用紙は持ち帰ってください。

生 物

1. 生物は全部で4問題あり，合計11 ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は1問題に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てください。

1

次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

体内環境の調節にホルモンという化学物質がはたらく。ホルモンは、内分泌腺^(a)でつくられ、血液中に放出され、血液の循環とともに全身に行き渡り、特定の器官(標的器官)や細胞(標的細胞)に作用する物質である。標的細胞はホルモンと結合する受容体を持ち、ホルモンが標的細胞の受容体と結合することで、その細胞に作用する。例えば、アドレナリンは副腎の髄質から分泌される^(b)ホルモンで、アドレナリン受容体をもつ肝臓の細胞に作用を及ぼす。内分泌腺には、他に脳下垂体、甲状腺、すい臓の(ア)などがあり、さまざまなホルモンがつくられている。

ホルモンは微量でも作用するので、血液中のホルモン濃度は厳密に調節されている。調節の中枢は(イ)の視床下部にある。視床下部にはホルモンを分泌する神経細胞(神経分泌細胞)^(c)があり、神経分泌細胞にもホルモン濃度を調節する機能がある。

問 1 文章中の空欄(ア)と(イ)に入る適語を書きなさい。

問 2 下線部(a)に関し、分泌腺には内分泌腺と外分泌腺がある。内分泌腺と外分泌腺の構造上の違いについて説明しなさい。

問 3 下線部(b)に関し、あとの問いに答えなさい。

- (1) アドレナリンが肝臓に及ぼす作用について説明しなさい。
- (2) 肝臓の細胞で、アドレナリンとアドレナリン受容体についての記述として、適切なものを次の①～⑥の中からすべて選び、番号で答えなさい。
 - ① アドレナリンとアドレナリン受容体の結合の間には特異性がない。
 - ② アドレナリンは水溶性ホルモンで、アドレナリン受容体はタンパク質でできている。
 - ③ アドレナリン受容体におけるアドレナリンの結合部位は細胞外にある。
 - ④ アドレナリンがアドレナリン受容体に結合すると細胞膜にある酵素を活性化する。
 - ⑤ アドレナリンがアドレナリン受容体に結合した後の細胞内の情報伝達に ATP が必要である。
 - ⑥ アドレナリンがアドレナリン受容体に結合しても、受容体の立体構造に変化は起こらない。

問 4 下線部(c)に関し、あとの問いに答えなさい。

(1) 視床下部からの情報が神経を通じて副腎髄質に伝わると、アドレナリンの分泌が促進される。その神経の名称を答えなさい。

(2) 視床下部には副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンやバソプレシンを生成する神経分泌細胞がある。ホルモンを生成する細胞体はいずれも視床下部内にあるが、分泌する部位である突起末端は視床下部外の異なる毛細血管にまで伸びている。これらの神経分泌細胞の突起末端が分布している毛細血管として、適切なものを次の①～⑥の中からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。また、副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンとバソプレシンのはたらきについて説明しなさい。

- ① 副腎皮質内にある毛細血管
- ② 脳下垂体前葉内にある毛細血管
- ③ 脳下垂体前葉に向かう毛細血管
- ④ 脳下垂体後葉内にある毛細血管
- ⑤ 脳下垂体後葉に向かう毛細血管
- ⑥ 腎臓の集合管の周りにある毛細血管

(3) 甲状腺から分泌されるホルモンにチロキシンがある。チロキシンの分泌量が視床下部や脳下垂体によって調節されるしくみを説明しなさい。

2

次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

体細胞分裂では、分裂期(M期)とそれ以外の間期を繰り返す。分裂期は前期、中期、後期、^(a)終期に分かれる。また間期はさらにDNA合成準備期(G_1 期)、DNA合成期(S期)、分裂準備期(G_2 期)に分かれる。間期から分裂期までの一連の過程を細胞周期とよび、細胞は細胞周期を繰り返して増殖する。

細胞周期の中のそれぞれの長さを測定する方法はいくつか知られている。1つ目は、細胞をとりだし、核を染色して顕微鏡で観察する方法である。例えば発芽したタマネギの根の先端部をエタノール：氷酢酸＝3：1の液に10～15分間浸し、よく水洗した後、^(b)60℃に温めた4%塩酸^(c)に1～3分間浸す。水洗し、スライドガラスに載せて酢酸オルセイン液を1滴加える。カバーガラスをかけて細胞を押し広げる。染色体を観察し、^(d)1つの視野の中の全細胞数と、間期あるいは分裂期の細胞数を数える。

2つ目は細胞を培養して、DNA量に比例して蛍光を発する試薬で染色する方法である。フローサイトメーターとよばれる特別な装置を必要とする。^(e)蛍光の強さと細胞の数を測定することで、細胞周期それぞれのおおよその長さを計算できる。

細胞周期を進めるには、特別のタンパク質が必要であることが知られているが、そのタンパク質のひとつの情報となる遺伝子Xは、^(f)酵母で見つかった。正常の酵母Aと比較して細胞分裂に異常がある酵母A'があり、酵母Aの遺伝子X-aが変異していることがわかった。遺伝子X-aに変異がある酵母A'は、細胞分裂を正しく行うことができない。しかし正常な酵母Aから取り出した変異のない酵母Aの遺伝子X-aを酵母A'に導入すると、^(g)酵母A'は正常な細胞分裂ができるようになった。また別の種類の酵母Bから取り出した変異のない遺伝子X-bを酵母A'に導入したところ、酵母A'は正常な細胞分裂ができるようになった。さらに変異のないヒトの遺伝子X-hを酵母A'に導入したところ、同様に酵母A'は正常な細胞分裂ができるようになった。

問1 下線部(a)について、以下のことが起きるのはどの時期か、あてはまるものをすべて書きなさい。ただし分裂期であれば前期、中期、後期、終期を、また間期であれば G_1 期、S期、 G_2 期を書きなさい。

- (1) 染色体が赤道面に並ぶ。
- (2) DNAの複製が行われる。
- (3) 紡錘体(紡錘糸)が形成されはじめる。

問2 下線部(b)について、この溶液はどのような目的で使用するのか、簡単に説明しなさい。

問 3 下線部(c)について、この溶液はどのような目的で使用するのか、簡単に説明しなさい。

問 4 下線部(d)について、細胞周期の全体の長さは同じで 50 時間であることがわかっているとき、分裂期の細胞が 30 % を占めていた。間期の長さは何時間か、数字で答えなさい。ただし、細胞の数は十分に多く、細胞周期の時期の分布に偏りはないものとする。

問 5 下線部(e)について、図 1 に示すグラフが得られた。

(1) 図 1 の(i), (ii), (iii)それぞれは細胞周期のどの時期に相当するか、M 期, G_1 期, S 期, G_2 期の中であてはまるものをすべて書きなさい。

(2) 図 1 から、M 期, G_1 期, S 期, G_2 期の中で最も長いと考えられるのはどれか、1 つ選んで書きなさい。ただし、細胞集団内のすべての細胞で細胞周期の長さは等しく、細胞集団内の細胞は同じタイミングで分裂していないものとする。

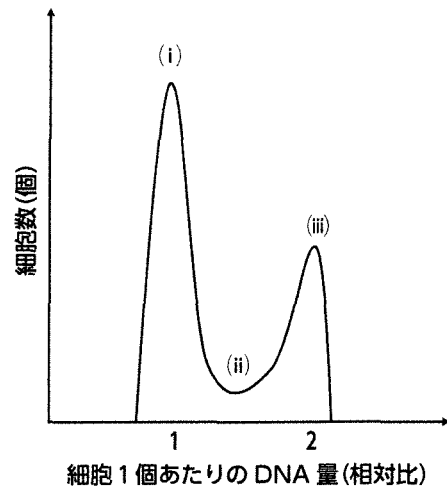


図 1

問 6 下線部(f)について、あとの問いに答えなさい。

(1) 以下の文章の空欄(ア)～(ウ)に適当な語句をいれて文章を完成させなさい。

酵母では、解糖系で生じた(ア)が脱炭酸酵素のはたらきによってアセトアルデヒドになる。(イ)はアセトアルデヒドにより酸化されて(ウ)にもどり、解糖系が継続する。一方、アセトアルデヒドは(イ)によって還元され、最終的にエタノールとなる。有機物の分解産物としてエタノールができる発酵をアルコール発酵という。アルコール発酵によって生じた二酸化炭素とエタノールは細胞外に出される。

(2) 酵母が 48 g の酸素を吸収し、110 g の二酸化炭素を放出したとき、以下の問いに答えなさい。原子量は $C = 12.0$, $O = 16.0$, $H = 1.0$ とする。

- ① アルコール発酵で発生した二酸化炭素は何 g か。
- ② アルコール発酵で消費したグルコースは何 g か。
- ③ このとき ATP はすべて合わせて最大で何 mol 得られるか。

問 7 下線部(g)について、遺伝子 X-a, X-b, X-h に関してどのようなことがいえるか、以下の語句をすべて用いて考察しなさい。

[酵母 A 酵母 B ヒト 配列 保存]

3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

多細胞生物は、プログラム細胞死という自発的に細胞を死に向かわせる遺伝的プログラムを持つ。プログラム細胞死のひとつであるアポトーシスは、生体内でさまざまな生物学的過程に関与していることが分かっている。アポトーシスをおこした細胞は、細胞全体が萎縮して断片化する^(a)とともに、核の濃縮、染色体の凝集、DNAの断片化が見られる。アポトーシスの過程は厳密に調節されており、タンパク質Xというタンパク質分解酵素が重要な役割を果たしている。タンパク質Xは決まった部位で切断されることで活性化し、基質となるさまざまなタンパク質を分解し、細胞死を進行させる。アポトーシスの過程を調べるため、以下の実験を行った。

実験1 ヒト培養細胞Aをアポトーシスを誘導する

薬剤で刺激し、回収した細胞からタンパク質を抽出した。また、対照群として何も刺激していない培養細胞Aからもタンパク質を抽出した。抽出したタンパク質を電気泳動法により分離し、タンパク質Xに特異的な抗体を用いて適切な方法でタンパク質Xの活性化を解析した結果、アポトーシスを誘導した細胞において、切断されて分子量が小さくなった活性化したタンパク質Xを検出した(図1)。図中のバンドの太さは、電気泳動を用いて検出したタンパク質の量に比例するものとする。

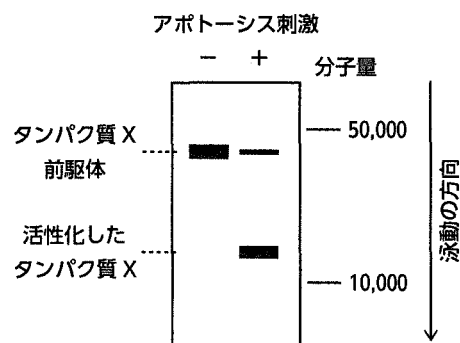


図1

実験2 実験1で用いたヒト培養細胞Aにタ

ンパク質Yを過剰に発現させたヒト培養細胞A'を作製した。培養細胞Aと培養細胞A'それぞれにおいて、実験1と同様の方法でアポトーシスを誘導した細胞と何も刺激していない細胞からタンパク質を抽出し、タンパク質Xの活性化を解析した(図2)。図中のバンドの太さは、電気泳動を用いて検出したタンパク質の量に比例するものとする。

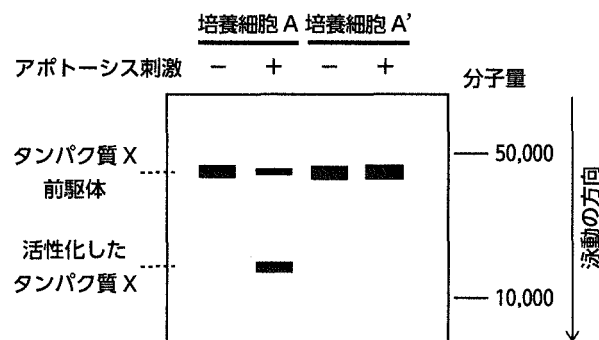


図2

実験3 この薬剤によるアポトーシスにおいて、タンパク質 X の活性化に関わる因子を調べたところ、シトクロム c を同定した。そこで、アポトーシス誘導時におけるシトクロム c の局在変化を調べるために、培養細胞 A と培養細胞 A' にアポトーシスを誘導した後、何も刺激していない細胞(未処理群)と薬剤で刺激した細胞(アポトーシス誘導群)を破碎し、それぞれ細胞分画法を用いて細胞質基質のみを含む溶液中のタンパク質(細胞質基質タンパク質)とミトコンドリアのみを含む溶液中のタンパク質(ミトコンドリアタンパク質)を調製した。タンパク質を電気泳動で分子量の違いにより分離し、適切な方法でシトクロム c を検出した(図3)。図中のバンドの太さは、電気泳動を用いて検出したタンパク質の量に比例するものとする。

- i) 未処理群・細胞質基質タンパク質
- ii) アポトーシス誘導群・細胞質基質タンパク質
- iii) 未処理群・ミトコンドリアタンパク質
- iv) アポトーシス誘導群・ミトコンドリアタンパク質

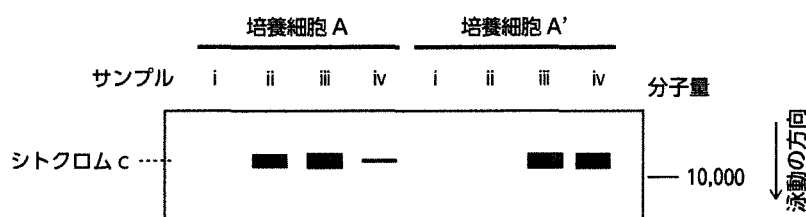


図3

実験4 タンパク質 Z は、細胞膜を構成するリン脂質のひとつであるホスファチジルセリンと結合する性質を持つ。この性質を用いて、アポトーシス誘導時のホスファチジルセリンの局在の変化を観察するために、次の実験を行った。培養細胞 A を用いて、何も処理していない群(未処理群)、アポトーシスを誘導する薬剤で刺激した群(アポトーシス誘導群)、固定し細胞膜に穴をあけることにより物質が細胞内と細胞外を自由に透過できるようにした群(膜透過処理群)の3つの細胞群を調製した。これらの細胞群を蛍光標識したタンパク質 Z および核酸に結合する蛍光色素と混合し、それぞれの細胞群が(1)タンパク質 Z により染色されるか、また(2)核酸が染色されるかどうか調べた(表1)。ただし、タンパク質 Z を標識した蛍光色素と核酸に結合する蛍光色素は異なったもので、同時に染色しても区別できるものとする。また、蛍光標識したタンパク質 Z と核酸に結合する蛍光色素は、ともに細胞膜に穴をあける処理をしなければ細胞膜を透過しない。

表1

	(1)タンパク質 Z による染色	(2)核酸の染色
未処理群	—	—
アポトーシス誘導群	+	—
膜透過処理群	+	+

染色が陽性のとき「+」、陰性のとき「—」とする

実験5 アポトーシスにおける DNA 断片化を可視化するために次の実験を行った。培養細胞 A をアポトーシスを誘導する薬剤で刺激し、回収した細胞からゲノム DNA を抽出してアガロースゲル電気泳動を行い、DNA を検出した(図 4)。ただし、1.0kb は 1,000 塩基対である。

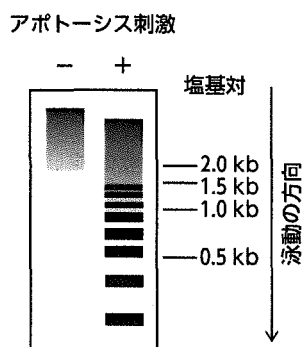


図 4

問 1 下線部(a)に関して、多細胞生物においてアポトーシスに関わる事例を 2 つあげなさい。

問 2 実験 1, 実験 2 および実験 3 から得られた結果から、次の仮説を得た。正しい記述となるように(ア)～(エ)に入る語句を選択肢の中から選び、答えなさい。

仮説：タンパク質 Y は、アポトーシス誘導時におけるシトクロム c の(ア)から(イ)への局在の変化を(ウ)することにより、タンパク質 X の活性化を(エ)する。

選択肢

- (ア) 細胞質 ミトコンドリア 核
- (イ) 細胞質 ミトコンドリア 核
- (ウ) 促進 抑制
- (エ) 促進 抑制

問 3 下線部(b)に関して、シトクロム c は電子伝達系に関わるタンパク質である。電子伝達系がどのようにして ATP を合成するか、「電子伝達系のタンパク質」という語句を必ず用いて、160 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 4 下線部(c)に関して、次の文はミトコンドリアに関する記述である。正しい記述を①～⑦の中からすべて選び、番号で答えなさい。

- ① ミトコンドリアは内部に独自の DNA をもつ。
- ② ミトコンドリアは核や小胞体のように二重の生体膜を持っている。
- ③ ミトコンドリアは原生生物には存在しない。
- ④ ミトコンドリアの起源については、細胞内共生説が有力である。
- ⑤ クエン酸回路の反応はミトコンドリアの膜間腔で行われる。
- ⑥ ミトコンドリアは分裂・融合を繰り返している。
- ⑦ ヒトの精子はミトコンドリアを持っていない。

問 5 実験 4 の結果から、アポトーシスによって、細胞膜に存在するホスファチジルセリンの局在にどのような変化が生じたか、実験結果をもとに考察しなさい。

問 6 実験 5 の結果から、アポトーシス誘導によって、ゲノム DNA が約 180 塩基対の整数倍の断片として検出されることが分かる。これはタンパク質 X によって活性化された DNA 切断酵素が DNA を切断したために生じる。なぜ断片化した DNA のサイズが一定の長さの整数倍となるのか、染色体の構造に着目して考察しなさい。

4

次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

海洋における生産者は、主にさまざまな浮遊性藻類からなる植物プランクトンであり、その生活の場は(ア)に必要な光が十分に届く表層に限られている。植物プランクトンの純生産量^(a)が0になる深さを(イ)といい、沿岸よりも外洋で深く、約100 mにまで達する。海洋での生産者の被食量は陸上に比べて大きいことが多く、純生産量の大半が動物によって利用されることもある。^(b)

海洋では植物プランクトンの増殖に必要な栄養塩類が不足しやすい。そのため、純生産量は光の量よりも栄養塩類の量に大きく依存している場合が多い。沿岸域で純生産量が多いのは、陸から河川によって栄養塩類が供給されることがその一因である。また、高緯度地方の海では栄養塩類が供給されやすいため、光量が少ないにも関わらず純生産量が多い。^(c)それに対し、熱帯の外洋は光量が多いにもかかわらず、栄養塩類の不足によってプランクトンの量が少ない。

河川や湖沼では、生活排水のような有機物や栄養塩類を多く含む汚水が流入して生態系がかく乱されることがある。通常は、生物のはたらきなどによって、水質はやがてもとにもどる。^(d)このようなはたらきを(ウ)という。しかし、生活排水などが大量に流入すると、(ウ)のはたらきだけではもとにもどらなくなることがある。栄養塩類などが蓄積して濃度が高くなることを富栄養化という。富栄養化が進行した湖沼ではプランクトンが異常に増殖し、(エ)が発生することがある。(エ)が発生すると、水面が植物プランクトンでおおわれて水中に光が届かなくなり、水生植物などが生育できなくなってしまう。

東京湾や瀬戸内海などの内湾・内海では、河川から栄養塩類が流入して富栄養化することで特定のプランクトンが異常に増殖し、赤潮が発生することがある。赤潮が発生すると魚などの大量死を招き、それまでの生態系がくずれることがある。^(e)

問1 文中の(ア)～(エ)に適当な語句を入れなさい。

問2 下線部(a)について、純生産量は総生産量とどのように異なるか、50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、陸上の生産者で被食量とならない部分はどのようなものか、30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、高緯度地方で栄養塩類が供給されやすいのはなぜか、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、水質をもとにもどすはたらきには、生物によるはたらきのほかに、どのようなはたらきがあるか、2つ答えなさい。

問 6 下線部(e)について、赤潮の発生が魚などの大量死を招くのはなぜか、40 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

