

令和 4 年度一般選抜試験(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 31 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 4 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 解答用紙の所定欄に次のとおり受験番号を記入しなさい。氏名を記入してはならない。

- ・ 一般選抜試験のみを志願する受験者は一般の欄に受験番号を記入する。
- ・ 併用試験のみを志願する受験者は併用の欄に受験番号を記入する。
- ・ 一般選抜試験と併用試験の両方を志願する受験者は一般と併用の両方の欄にそれぞれの受験番号を記入する。

なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。

また、※印の欄には何も記入してはならない。

- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

生 物 (前期)

I 次の(1)～(8)の間に答えなさい。ただし、複数回答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順に並べなさい。該当するものがない場合のみ、「該当なし」の記号を選びなさい。

(1) ニューロンで閾値を超えて脱分極した時に、瞬間的に誘導される膜電位の変化を何というか名称を答えなさい。

(2) 副交感神経の作用をすべて選びなさい。

- A 腸のぜん動運動が抑制される。
- B 瞳孔が拡大する。
- C 気管支が収縮する。
- D 血糖値が下がる。
- E 立毛筋が収縮する。
- F 排尿が促進される。
- G 該当なし。

(3) 正しいものをすべて選びなさい。

- A タンパク質を構成する 20 種類のアミノ酸と DNA を構成する 4 種類のヌクレオチドで共通してみられる元素は 4 種類である。
- B タンパク質、脂質、核酸、炭水化物、水、無機物のうち、哺乳類の細胞に質量比で 3 番目に多く含まれるものは核酸である。
- C タンパク質の三次構造には金属原子が含まれていることがある。
- D マルトース、アミロース、ガラクトース、ラクトースのうち最も分子量が小さいのはマルトースである。
- E タンパク質、脂質、核酸、炭水化物のうちホルモンの作用により血糖値の上昇に利用される物質は、脂質と炭水化物の 2 種類である。
- F 該当なし。

(4) 正しいものをすべて選びなさい。

- A ノーダルタンパク質によって予定内胚葉領域の細胞は中胚葉に分化する。
- B カエルの原口背唇部では BMP 阻害タンパク質が形成体の働きを担っている。
- C カドヘリンは神経管形成に関与している。
- D ショウジョウバエの卵には母性効果遺伝子の産物が蓄積されている。
- E カエルの灰色三日月環は将来の腹側になる。
- F 該当なし。

(5) 正しいものをすべて選びなさい。

- A 外来生物が移入することは、種多様性を減らす可能性もある。
- B 遺伝的多様性が大きい個体群は、環境の変化に対応できる可能性が高い。
- C 人間活動による生態系のかく乱は、その程度によらず種多様性を低下させる。
- D 地球の温暖化が急速に進むと種多様性が著しく増えると予想される。
- E 種の多様性では、生物の種類の数だけでなく、個体数の割合も重要な要素である。
- F 個体群の個体数が減少すると交配が促進され、生物多様性が高くなると考えられる。
- G 該当なし。

(6) 以下の生物の特徴について、正しいものをすべて選びなさい。

- A ホヤの幼生には脊索がある。
- B ヤツメウナギには脊椎がある。
- C ヤツメウナギには顎がない。
- D ナメクジウオには脊椎がある。
- E ホオジロザメの骨格は軟骨でできている。
- F ホオジロザメにはウキブクロがある。
- G サンショウウオは羊膜を持つ。
- H 該当なし。

(7) 植物の重力屈性のメカニズムについて正しいものをすべて選びなさい。

- A 茎ではサイトカイニンが下側の皮層や表皮に輸送され、下側部位の成長が促進される。
- B 茎ではオーキシンが下側の皮層や表皮に輸送され、下側部位の成長が抑制される。
- C 根ではサイトカイニンが下側に輸送され、下側部位の成長が促進される。
- D 根ではオーキシンが下側に輸送され、下側部位の成長が抑制される。
- E 根ではオーキシンが表皮細胞を通過して下側に移動する。
- F 根では根冠にある細胞の内部にあるアミロプラストが重力方向に沈降する。
- G 茎の細胞は根の細胞と比べるとオーキシンの感度が高い。
- H 該当なし。

(8) ヒトの網膜の視細胞について正しいものをすべて選びなさい。

- A 視細胞の軸索は視神経という束となって脳につながっている。
- B 明順応では、桿体細胞の光に対する感度が徐々に低下する。
- C 暗順応では、錐体細胞の光に対する感度が徐々に低下する。
- D 錐体細胞は視物質としてロドプシンを含む。
- E 盲斑部では錐体細胞の密度より桿体細胞の密度が高い。
- F 黄斑部では桿体細胞の密度より錐体細胞の密度が高い。
- G 該当なし。

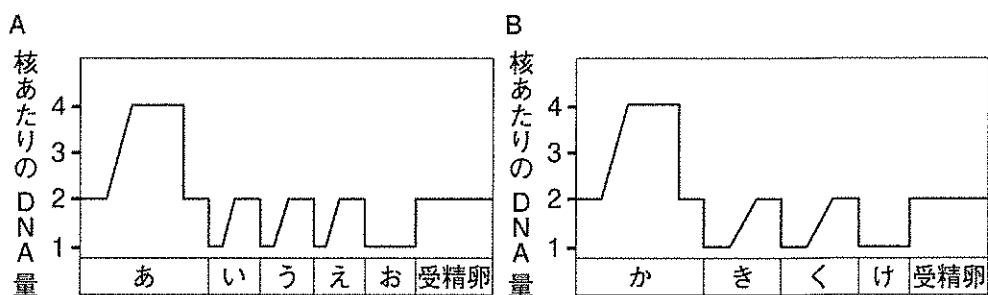
II

被子植物の生殖について以下の文を読み、問に答えなさい。

花粉はおしべの先端の 1 の中でつくられ、めしべの子房内にある 2 では、減数分裂により卵細胞がつくられる。めしべの 3 に花粉が付着する事で受粉がおこり、重複受精により受精卵と胚乳細胞が生じる。それぞれが分裂を繰り返し、胚と胚乳を生じる。胚はやがて、幼芽、4、胚軸、幼根などを生じて種子となり、この段階で発生の進行が止まり胚は休眠する。胚乳は胚の発生や発芽に必要な養分を蓄えているが、種子の成熟過程で 4 に吸収され胚乳がみられない種子をもつ植物もある。

問 1 1 ～ 4 にあてはまる適切な語句を書きなさい。

問 2 下のグラフ A、B は、おしべ、またはめしべにおける配偶子形成から受精までの核あたりの DNA 量の変化を時間の経過に沿って示している(ただし、ここでは分裂時に一時的に核膜がなくなることは考慮しないものとする)。グラフの下部の あ ～ け は、細胞の名称あるいは核の名称で、同じものがあてはまる場合もある。



- (1) あ ～ け の細胞または核の中で、減数分裂を行っているものはどれか。すべて選んで記号で答えなさい。

(2) う , き , け にあてはまる細胞または核の名称を語群 1)～11)から選んで順番に書きなさい。(解答例：1, 2, 3)

- | | | |
|-----------|----------|----------|
| 1) 花粉管核 | 2) 花粉母細胞 | 3) 花粉四分子 |
| 4) 助細胞 | 5) 精細胞 | 6) 中央細胞 |
| 7) 胚のう母細胞 | 8) 胚のう細胞 | 9) 反足細胞 |
| 10) 雄原細胞 | 11) 卵細胞 | |

問 3 トウモロコシの胚乳のデンプンの性質には角質と粉質があり、それらは角質遺伝子(A)および粉質遺伝子(a)の組み合わせにより決定される。A と a は対立遺伝子であり、A は a に対して優性である。しかし、a が 2 つ存在すると、A が存在しても粉質になる。また、種皮の色には紫色と無色があり、遺伝子 B と b の組み合わせにより決まる。B と b は対立遺伝子であり、B は b に対して優性で紫色になる。なお、この二組の対立遺伝子は連鎖しており、乗換え(組換え)が起こらないこととする。

種皮が無色で胚乳が粉質の純系のめしべ(P)に、種皮が紫色で胚乳が角質の純系から生じた花粉(P)を受粉させた場合、以下の問に答えなさい。

- (1) 生じた種子(F_1)の胚乳の表現型を答えなさい。
- (2) これらの二組の対立遺伝子について、生じた種子(F_1)の種皮の遺伝子型を答えなさい。
- (3) 生じた種子(F_1)から咲いたトウモロコシの花を自家受粉して生じた種子(F_2)の中で、種皮が紫色で胚乳が粉質の表現型を示すものだけを 1,000 粒選び、それぞれを自家受粉させて F_3 の種子を得た。この F_3 の種子の中で、種皮が紫色で胚乳が粉質の表現型を示すものと種皮が無色で胚乳が角質の表現型を示すものは理論的にそれぞれ何%であるか、2 つ順番に答えなさい。ただし、それぞれの種子の自家受精から得られる次世代の種子の数は同じであるものとする。(解答例：12.5 % , 37 %)

III

DNA の複製に関する以下の文を読み、問に答えなさい。

ワトソンとクリックによって、(あ)DNA の二重らせん構造が解明された後、その複製のしくみについて3つのモデルが考えられた(図1)。「保存的」複製では、もとのDNA(以下、親DNAと表記する)と同じものが全く新しく複製され、できたDNA(以下、子DNAと表記する)は2本とも新しい鎖からなる。「半保存的」複製では、親DNAの2本鎖がほどけてそれぞれの鎖ごとに新しいDNAが複製され、子DNAは新旧の2つの鎖のハイブリッドになる。「分散的」複製では、まず親DNAが短く切断されて部分的に複製され、それらが後でつなぎ合わされる。そのため子DNAは新旧の鎖の部分がモザイク状に存在する(ここでは図のように親DNAが均等の割合で2分子の子DNAに分配され、分子内では均質なモザイクとして存在するものとする)。(A)年の論文で、メセルソンとスタールは窒素の同位体 ^{14}N と ^{15}N を用いた巧みな実験を行い、これらのモデルを検証した。彼らはまず窒素源として ^{15}N を含む培地で大腸菌を十分な時間培養し、DNAに含まれるほとんどすべての窒素を ^{15}N に置き換えた通常よりも重いDNAをもつ大腸菌を得た。そして、その大腸菌をある時点から窒素源として ^{14}N のみを含む培地で培養し、時間を追って(培養時間からDNAの複製回数がわかる)大腸菌を集めてDNAを精製した。それぞれのDNAを塩化セシウムの(い)密度勾配遠心法により重さごとに分離した。密度勾配遠心では、長時間高速で遠心すると溶液の密度に勾配ができ、DNAはその比重に応じて移動し、つり合う位置でバンドとして検出される。その結果を図2に示す。

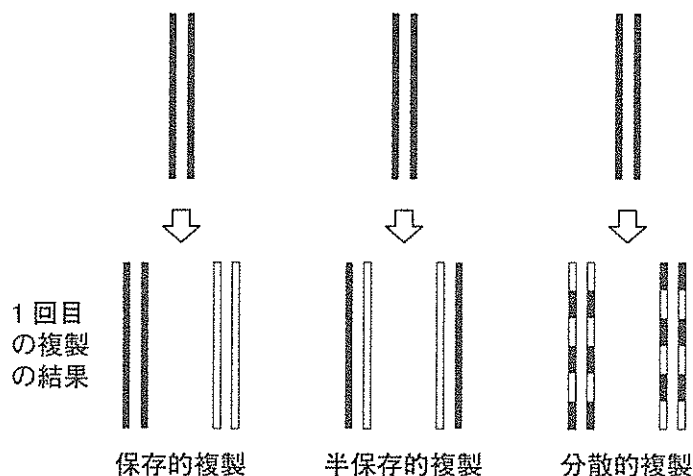


図1 DNA 複製についての3つの仮説の模式図

3つの仮説について、1回複製後のDNAの2本鎖がそれぞれどのような構成になっているかを示す。それぞれ2本の平行線は2本鎖DNAを示し、古いDNA鎖を黒、新しく合成されたDNA鎖を白で示す。

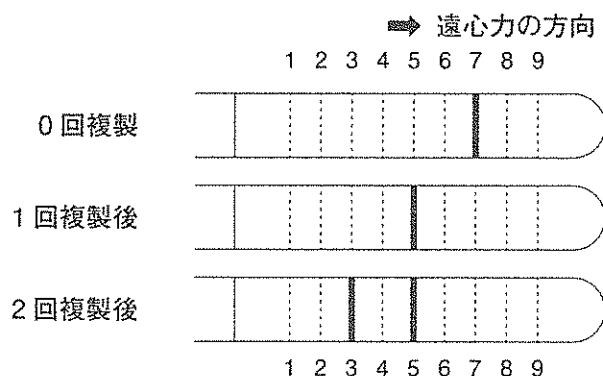


図2 密度勾配遠心法によるDNAの分離を示す模式図

^{14}N を含む培地に移してからの複製回数とDNAのバンドの位置(太い実線)を示す。ここでは遠心力の方向に遠心管を横向きに図示している。点線と1～9の番号は位置がわかりやすいようにつけたものである。なお、 ^{14}N のみを含むDNAは、3の位置に1本のバンドが検出されることがわかっている。また、この図ではDNAの量比は反映されていない。

問 1 下線部(a)の特徴の中で、複製の過程で遺伝情報を保持できる構造的な特徴を具体的に 30 字以内で説明しなさい。なお、分子名に略号を用いてもよい。

問 2 (A)にあてはまる年号を選び記号で答えなさい。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| A 1902 | B 1930 | C 1953 |
| D 1958 | E 1975 | |

問 3 窒素は DNA の構成単位となる化合物のどこに取り込まれたか、DNA の構成単位の名称とその構成単位で窒素が取り込まれる部分の名称をコンマで区切った 1 つの解答欄に 2 つ順番に答えなさい。

問 4 下線部(i)について、24 時間で遠心機のローター(遠心管を装着して回転する部品)が累計 6,480 万回転した場合、このローターは 1 秒間に平均何回転したか答えなさい。また、この回転数で車のタイヤ(半径 30 cm)が回転した場合、その車の速度(km/時)はどれくらいになるか、選択肢の中から最も近いものを選び記号で答えなさい。2 つ順番に答えなさい。(解答例：3.5 回転、A)

- | | | |
|---------|---------|---------|
| A 300 | B 600 | C 1,800 |
| D 3,600 | E 4,800 | |

問 5 DNA の複製が分散的複製であると仮定した場合、2 回複製した後の DNA は、1～9 のどの位置でバンドとなると予想されるか、すべて答えなさい。

問 6 DNA の複製が半保存的複製であると仮定した場合、3 回複製した後の DNA は、1～9 のどの位置でバンドとなると予想されるか、すべて答えなさい。

問 7 DNA の複製が保存的複製であると仮定した場合、3 回複製した後の予想パターンにおいて、「 ^{15}N のみを含む DNA」、 「 ^{15}N と ^{14}N の両方を含む DNA」、 「 ^{14}N のみを含む DNA」の量の比率を求め、この順番に答えなさい。

(解答例 2 : 1 : 2)

問 8 以下の記述のうち、正しいものをすべて選び番号で答えなさい。

- 1 この実験の結果から DNA の 2 本の鎖はお互いに逆方向 ($5' \rightarrow 3'$ の方向性)であることがわかる。
- 2 保存的複製モデルでも遺伝情報を伝えることは可能である。
- 3 この実験で ^{14}N と ^{15}N の代わりに ^{32}S と ^{35}S を用いても、原理的に同様の結論が得られると予想される。
- 4 DNA の二重らせんモデルと分散的複製モデルは両立することが可能である。
- 5 この実験では、2 回目の複製の結果ではじめて保存的複製モデルの可能性を排除できる。
- 6 この実験の結果と DNA の半保存的複製モデルは矛盾しない。
- 7 この実験の結果から大腸菌と真核生物の DNA の複製方法が同じであることがわかる。
- 8 該当なし。

IV 心臓に関する以下の文を読み、問に答えなさい。

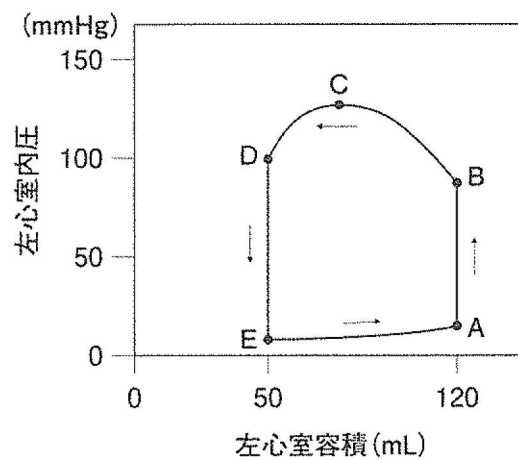
ヒトの心臓は2つの心房と2つの心室からなる。心房と心室の間には房室弁があり、右心房と右心室の間にある房室弁を三尖弁、左心房と左心室の間にある房室弁を僧帽弁とよぶ。さらに左右の心室の出口にはそれぞれ動脈弁があり、右心室の出口には肺動脈弁、左心室の出口には大動脈弁が存在する。

心臓には心筋があり、心臓はその収縮により血液のポンプ作用を発揮する。心室が収縮している時期は収縮期とよばれる。収縮を開始する前には血液が心房から心室に流入する時期があり、この時期は心室の拡張が起こることから拡張期とよばれる。心臓の拍動の周期(心周期)は心室の活動を基準として、収縮期と拡張期の2つに大きく分けることができる。収縮と拡張のタイミングは左右でほとんど同じである。

心臓の拍動リズムは(ア)という部分によって作られる。(ア)には交感神経と副交感神経が分布し、心臓の拍動数が調節されている。交感神経からの信号は拍動数を増加させ、副交感神経からの信号は拍動数を低下させる。副交感神経の末端からは(イ)という神経伝達物質が分泌され、(ア)に作用する。心臓の拍動数はホルモンによる調節も受けており、(ウ)から分泌されるアドレナリンは拍動数を増加させる。

血液の移動には弁の適切な開閉が必要である。左心室の収縮が始まると左心室内圧は急激に上昇し、(エ)弁が閉鎖する。少し遅れて(オ)弁が開き、左心室から血液が送り出される。やがて左心室の収縮が弱まり、左心室の内圧が低下して(オ)弁がすばやく閉じる。その後左心室の弛緩が始まり、左心室内圧が左心房内圧よりも(カ)すると(エ)弁が開き、血液は左心房から左心室に流入する。

弁の動きは心音にも関係する。聴診器で心臓の音を聞くと第1音と第2音とよばれる心音が聞こえる。第1音は房室弁、すなわち僧帽弁と三尖弁の閉鎖による振動に由来し、第2音は動脈弁すなわち大動脈弁と肺動脈弁の閉鎖による振動に由来する。



問 1 (ア) ～ (カ) に入る適切な語句を選び記号で答えなさい。

- | | | |
|-----------|------------|--------|
| A アセチルコリン | B アドレナリン | C 延 髄 |
| D グルタミン酸 | E 三 尖 | F 弛 緩 |
| G 小 脳 | H 収 縮 | I 上 昇 |
| J 腎 臓 | K すい臓 | L 僧 帽 |
| M 大静脈 | N 大動脈 | O 洞房結節 |
| P 低 下 | Q ノルアドレナリン | R 肺静脈 |
| S 肺動脈 | T 副腎髄質 | U 副腎皮質 |

問 2 図は安静時の健康な成人における 1 つの心周期での左心室容積と左心室内圧の変化を示した模式図である。心周期ごとに $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A$ をくり返す。この図で第 1 音と第 2 音が聞こえるのはどの時期か。それぞれ A～E から適切なものを選び、2 つ続けて記号を書きなさい。(解答例：A、B)

問 3 図で A から始まり、B、C、D、E を経て A に戻るまでの時間を 0.75 秒とする。このとき、1 分間に左心室が送り出す血液量(mL)を答えなさい。

問 4 2 つの心室のうち一方の心室の壁の厚さは約 3 倍厚く、より大きな収縮力をもつ。(1) どちらの心室の壁が厚いか答えなさい。(2) また、選んだ心室を主語として、その機能的な理由を 25 字以内で説明しなさい。

問 5 正しいものをすべて選び記号で答えなさい。

- A は虫類の心臓では、全身からの静脈血と肺からの動脈血が心室で直接混ざらない。
- B 開放血管系では毛細血管が発達しているためガス交換の効率がよい。
- C ヒトの心臓は交感神経がないと拍動することができない。
- D 心筋は体性神経による反射によって収縮する。
- E ヒトは閉鎖血管系であるが、特定の場所でリンパ管と静脈は合流している。
- F 該当なし。

