

令和3年度一般選抜試験(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で36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) 3枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。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 (後期)

(解答上の注意)すべての選択問題について、複数回答で順番を問題にしていない場合は、選択した記号をそれぞれの順(アルファベット順, 五十音順等)に並べて解答しなさい。該当するものがない場合にのみ、「該当なし」の記号を選びなさい。

I 以下の各設問に答えなさい。

(1) 酵素に関して誤っている記述をすべて選びなさい。

- A 酵素反応には最適 pH が存在する。
- B 酵素は高温などで変性すると失活する。
- C 酵素は特定の基質のみに作用する。
- D 酵素は活性化エネルギーを上昇させる。
- E 該当なし。

(2) 血液の有形成分をすべて選びなさい。

- A アルブミン B グルコース C 血小板
- D 好中球 E 赤血球 F ヘモグロビン
- G リンパ球 H 該当なし

(3) 細胞をすべて選びなさい。ただし、ここでは神経繊維に存在するシュワン細胞などのグリア細胞は除外するものとする。

- A 筋原繊維 B 筋繊維 C 無髄神経繊維
- D 有髄神経繊維 E バクテリオファージ
- F マクロファージ G 該当なし

(4) グルコースの代謝で解糖系と乳酸発酵の過程を通して一度も生じてこない物質をすべて選びなさい。

- | | | |
|---------------------|--------------------|--------|
| A ADP | B ATP | C FAD |
| D FADH ₂ | E NAD ⁺ | F NADH |
| G ピルビン酸 | H CO ₂ | I 該当なし |

(5) 植物で、なおかつ維管束のないものをすべて選びなさい。

- | | | |
|---------|---------|--------|
| A アカマツ | B アサガオ | C コンブ |
| D シャジクモ | E トクサ | F ゼニゴケ |
| G ゼンマイ | H ミドリムシ | I 該当なし |

(6) ヒトとゴリラを比較した時、ヒトにあてはまる記述をすべて選びなさい。

- A 骨盤は縦長である。
- B 大後頭孔が頭がい骨の真下に向いて開いている。
- C 後肢が短い。
- D おとがいがあがる。
- E 土踏まずがある。
- F 眼窩上隆起が発達している。
- G 該当なし。

(7) 誤っている記述をすべて選びなさい。

- A 縄張りを形成したアユでも、個体密度が上がると群れを形成することがある。
- B 群生相のトノサマバツタでは、体長に対して翅が短い。
- C ゾウリムシとヒメゾウリムシを混合飼育するとヒメゾウリムシの個体数は最終的に激減する。
- D 二倍体個体では、自分と自分の兄弟姉妹の間の血縁度は1/4である。
- E 群れを作る動物では、順位制は無用な争いを減らす意味がある。
- F 該当なし。

(8) 誤っている記述をすべて選びなさい。

- A 花粉症では肥満細胞(マスト細胞)からアレルギーを引き起こすアセチルコリンがエキソサイトーシスによって細胞外に多量に放出される。
- B ABO 式血液型の凝集素の実体は抗体である。
- C T 細胞受容体は, MHC 分子と抗体の複合体に結合する。
- D ヒトの HLA ではクラス I とクラス II それぞれについて 4 つずつの遺伝子座が存在する。
- E トル様受容体はマクロファージなどの一部の免疫に関わる細胞に存在する。
- F B 細胞の表面には, 抗原に対する受容体が存在する。
- G 該当なし。

Ⅲ

以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

真核生物の細胞は、細胞膜などの生体膜によりいくつかの区画に分離されている。生体膜は単なる境界ではなく、細胞内の構造や環境を維持し、種々の機能を発現する場でもある。動物の細胞では多くの場合、細胞膜に存在する と呼ばれる膜タンパク質がもつ機構により、^a細胞内外のナトリウムイオンとカリウムイオン濃度が適切に保たれている。 は、エネルギーを使って働くため、ATPを分解する酵素活性をもっている。一方、エネルギーを必要としない濃度勾配に依存した物質の輸送を といい、これには、 と呼ばれる膜タンパク質などが関与している。

問 1 文中の ～ にあてはまる語句を以下のA～Iより1つずつ選び、その順番に記号を書きなさい。(解答例：A, B, C)

- | | | |
|-------------|-------------|----------|
| A 能動輸送 | B 受動輸送 | C インテグリン |
| D エキソサイトーシス | E エンドサイトーシス | F カドヘリン |
| G シャペロン | H チャネル | I ポンプ |

問 2 動物の細胞膜の性質について正しく説明している記述を以下の選択肢からすべて選び、記号で答えなさい。

- A 細胞を低張液に浸すと、細胞膜が破裂する。
- B 細胞を高張液に浸すと、細胞膜が細胞壁からはがれる。
- C 細胞膜は、主にアクアポリンを介してイオンを通過させる。
- D 細胞膜は、膜タンパク質を介さず酸素や二酸化炭素を通過させる。
- E 細胞膜は、膜タンパク質を介してステロイドホルモンを通過させる。
- F 細胞膜はリン脂質の二重層からなり、リン脂質の疎水性部分は二重層の内側に並んでいる。
- G 該当なし。

問 3 真核生物の細胞にはさまざまな構造が見られる。以下の A～H の構造のうち、(1)祖先が原核生物であると考えられているもの、(2)生体膜をもたないものをそれぞれすべて選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|---------|---------|-----------|
| A リソソーム | B ゴルジ体 | C 細胞壁 |
| D 小胞体 | E 染色体 | F ミトコンドリア |
| G 葉緑体 | H リボソーム | I 該当なし |

問 4 下線部 a について以下の設問に答えなさい。

(1) において、以下のA～Eの現象はどのような順で起こるか。Aを最初とした場合、それらが起こる順に2番目以降の現象の記号を並べなさい。

- A ナトリウムイオンが に結合する。
- B カリウムイオンが に結合する。
- C ナトリウムイオンが から放出される。
- D カリウムイオンが から放出される。
- E に結合した ATP が分解される。

(2) ナトリウムイオン、カリウムイオン、ATP は、それぞれ細胞内外のどちら側から に結合するか。細胞内から結合する場合は「内」を、細胞外から結合する場合は「外」を解答欄にナトリウムイオン、カリウムイオン、ATP の順番に3つ続けて書きなさい。(解答例：(2) 外, 外, 内)

問 5 以下の反応系のうち、生体膜以外の場所で ATP を合成するものをすべて選び、記号で答えなさい。

- A 解糖系
- B アルコール発酵
- C クエン酸回路
- D ミトコンドリアの電子伝達系
- E 光合成の光化学系 II
- F アミラーゼによるデンプンの分解反応
- G カルビン・ベンソン回路
- H 該当なし

問 6 体重 60 kg のヒトが安静時に毎時 0.8 mol の酸素を肺から血液に取り込んだとする。取り込んだすべての酸素がグルコースを基質とした好気呼吸に使われると仮定すると、1日で何 kg の ATP が合成されることになるか。解答は小数第 1 位を四捨五入した値で示しなさい。ただし、ATP の分子量は 500、また 1 分子のグルコースから 38 分子の ATP が合成されるものとする。

III

各設問に答えなさい。

問 1 DNA 鎖のヌクレオチドを構成する塩基に関して、以下の記述からあてはまるものをすべて選び、記号で答えなさい。

- A 2 種類の元素から構成されている。
- B 3 種類の元素から構成されている。
- C 4 種類の元素から構成されている。
- D RNA 鎖のヌクレオチドと比較すると、この部分の構造は常に RNA と同じである。
- E RNA 鎖のヌクレオチドと比較すると、この部分の構造は常に RNA と異なっている。
- F RNA 鎖のヌクレオチドと比較すると、この部分の構造は原理的に 1/4 の確率で RNA と同じになる。
- G 二重らせん構造では、この部分が隣接するヌクレオチドと共有結合でつながっている。
- H 具体的な遺伝情報を担っている部分である。
- I メセルソンとスタールの実験で使われた同位体は、この部分に含まれる元素と置き換えられた。
- J アガロースゲル電気泳動によって DNA 鎖が移動するのはこの部分の性質による。

問 2 DNA 鎖のヌクレオチドを構成する糖とリン酸に関して、問 1 の記述 A～J からあてはまるものをすべて選び、(あ)糖とリン酸の両方にあてはまるもの、(い)糖のみにあてはまるもの、(う)リン酸のみにあてはまるもの、に分けてそれぞれ記号で答えなさい。ただし、ここでは水溶液中の DNA を考え、DNA に存在するリン酸基はすべてイオン化しているものとする。

問 3 次の図1は、塩基およびリン酸と結合してDNA鎖のヌクレオチドを形成している状態での糖の構造の骨格部分を示したもので、ア～カは骨格部分の原子を示し、それにつながる一部の原子は省略している。これに関して(1)、(2)の間に答えなさい。

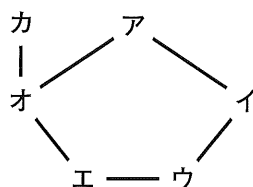


図1 DNA鎖に含まれる糖の骨格

- (1) この糖の名前を答えなさい。
- (2) 以下の説明文A～Fにあてはまる原子の位置を図1のア～カから選び、記号で答えなさい。あてはまる原子がない場合は×印を付け、複数の位置の原子があてはまる場合はあてはまるものをすべて答えなさい。ただし、ここでの結合は共有結合を指すものとする。
- A 塩基と結合している。
 - B リン酸と結合している。
 - C ヒストンと結合している。
 - D 炭素とのみ結合している。
 - E 2個のCと2個のHが結合している。
 - F この原子の位置に付けられた番号がDNA鎖の方向を示すのに使われる。

問 4 XとYという2種類の細菌のDNAの塩基組成(塩基数全体に占める各塩基の数の割合[%])を調べたところ、細菌Xでは全体に対するAの割合がGの割合よりも3%多かった。A+Cの割合は細菌Xと細菌Yで同じ値を示したが、G+Cの割合は細菌Yの方が細菌Xよりも8%多かった。細菌YのTの割合は何%であるかを有効数字3桁で答えなさい。ただし、Aはアデニン、Gはグアニン、Cはシトシン、Tはチミンを表す。

$$\text{細菌 X の A の割合} = \text{細菌 X の G の割合} + 3\%$$

$$\text{細菌 X の [A+C] の割合} = \text{細菌 Y の [A+C] の割合}$$

$$\text{細菌 Y の [G+C] の割合} = \text{細菌 X の [G+C] の割合} + 8\%$$

問 5 細菌ZのDNA中の塩基組成を調べたところ、全体に対するGの割合とTの割合が等しい値を示した。また、細菌Zのゲノムは、450万塩基対の環状DNAからなる。このゲノムの全塩基配列が転写・翻訳されると仮定した場合を考える。細菌Zのゲノムの塩基配列中に存在するすべての連続した3塩基(トリプレット)の中で対応するアミノ酸が存在しないコドンになるものの数を求め、有効数字2桁の指数で答えなさい。ただし、この細菌のゲノム中ではそれぞれの種類の塩基対がランダムに分布しているものとする。

問 6 以下の図 2(a)は、真核生物の DNA のある複製起点(垂直線で位置を示してある)から DNA 複製が始まって、両方向に複製が進んでいる状態を示している。外側の 2 本の線は鋳型鎖(その一端のみに方向性を示す 3' を表示している)を、内側の線は新しく合成されつつある DNA 鎖を示しているが、合成中の DNA 鎖は複製起点の位置を境に①～④の 4 つの区画に分けて表示してある。また図 2(b)は合成中の新しい DNA 鎖の状態を示しており、実線はリーディング鎖、点線はラギング鎖として合成されていることを示している。また矢印の向きは鎖が合成される方向(右向き、または左向き)を表している。図 2(a)の区画①～④の各 DNA 鎖にあてはまる状態を図 2(b)のア)～エ)から選び、①～④の順番に記号を並べなさい。同じ記号を複数回選んでもよい。

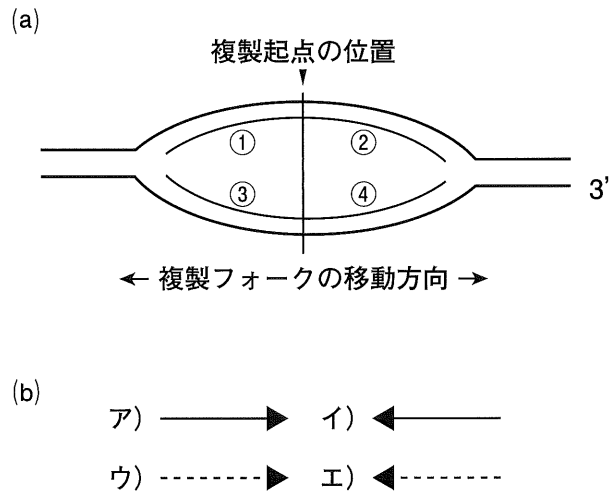


図 2 複製中の DNA

IV

以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

大腸菌のプラスミド由来のベクターを用い、目的の DNA 断片を増幅することができる。制限酵素 NotI で処理をした A 遺伝子の DNA 断片 $0.1 \mu\text{g}$ と同じ制限酵素で処理をした 3000 塩基対からなるベクター DNA $0.02 \mu\text{g}$ を混ぜて、ア により DNA を連結した。連結した組換えプラスミド DNA $0.02 \mu\text{g}$ を、大腸菌に導入し、その $1/3$ の数の大腸菌を抗生物質 X の入った寒天培地で培養した。ベクターには抗生物質 X を分解する酵素遺伝子が組み込まれており、抗生物質 X 入りの培地で培養すると、その組換えプラスミドをもった大腸菌のみが増殖できる。その結果抗生物質 X 入りの寒天培地では 80 個のコロニーが形成された。次にその 1 つのコロニーの大腸菌を、a 2 mL の抗生物質 X 入りの液体培地で培養し、遠心分離により集めた。この大腸菌から種々の工程を経て組換えプラスミド DNA を精製し、全量を $120 \mu\text{L}$ の緩衝溶液に溶かした。

次に、精製した組換えプラスミド DNA 溶液を $1 \mu\text{L}$ をとり、いくつかの組合せの制限酵素、緩衝溶液を入れて合計 $15 \mu\text{L}$ にし、 37°C 1 時間の反応を行った。反応液全量に色素など $2 \mu\text{L}$ を加えて、 $17 \mu\text{L}$ 全量を用いてアガロースゲル電気泳動を行い、DNA の泳動パターンを調べた。

問 1 ア に入る酵素の名前を答えなさい。

問 2 大腸菌について、(1)細胞の大きさ(長さ)を A～E から、(2)ゲノムに含まれる遺伝子数を(あ)～(お)から、それぞれ最も適当なものを選び、2 つの記号を順に書きなさい。(解答例：A, あ)

A 約 2 nm B 約 100 nm C 約 600 nm

D 約 3 μm E 約 10 μm

(あ) 約 40 個 (い) 約 420 個 (う) 約 4300 個

(え) 約 4 万 4000 個 (お) 約 45 万個

問 3 A 遺伝子の導入実験で、A 遺伝子を連結した組換えプラスミド DNA 1 μg あたり計算上何個のコロニーが形成されるか答えなさい。

問 4 図 1 に A 遺伝子の DNA 断片を含む組換えプラスミド上の制限酵素(EcoRI および NotI)の切断部位を示す。ベクター部分には EcoRI の切断部位がないことがわかっている。この組換えプラスミド DNA を EcoRI によってすべて切断した時、その電気泳動パターンはどのようになるか、図 2 のレーン 1~7 の中から最も適当なものを 1 つ選び、番号を答えなさい。

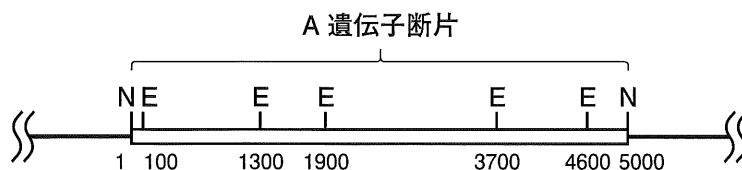


図 1 A 遺伝子断片の制限酵素の切断部位

E=EcoRI, N=NotI。数字は A 遺伝子断片の両端の塩基対をそれぞれ 1 番目と 5000 番目とした時の制限酵素切断部位の位置を示す。ベクター部分(黒い実線)は途中から省略してある。

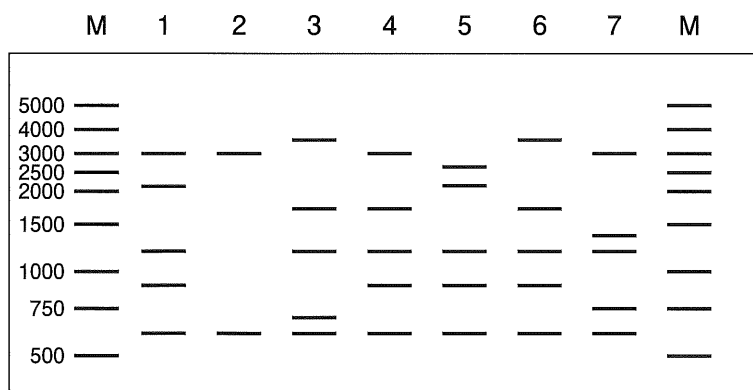


図 2 各種 DNA 断片を含むプラスミド DNA の EcoRI 処理後の電気泳動のパターン

両端のレーン(M)は同じ分子量マーカーで、それぞれのバンドの長さ(塩基対数)は左端の数字に示すようにわかっている。

問 5 図 2 の A 遺伝子由来 DNA 断片の 600 塩基対の長さの DNA のバンドには DNA が 2.4 ng 含まれ、下線部 a の培養後の液体培地中の大腸菌の数は 4.4×10^8 個/mL とする。この大腸菌 1 個あたりに含まれている組換えプラスミドの重量を計算し、最も近い値を a ~ f から選び記号で答えなさい。ただし、プラスミド DNA は大腸菌から 100 % 回収できたものとする。

- | | | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------|---|-------------------------|
| a | 3.6×10^{-7} ng | b | 7.5×10^{-7} ng | c | 4.7×10^{-6} ng |
| d | 7.8×10^{-6} ng | e | 4.2×10^{-5} ng | f | 6.2×10^{-5} ng |

問 6 図 1 の A 遺伝子部分のみの DNA 断片(5000 塩基対)で、1 番目の塩基対側を放射性同位体で標識したものについて考える(図 3 あ)。この DNA 断片を 3 種の制限酵素(XhoI, BamHI, HindIII)でそれぞれ処理をした。各酵素について切断部位がすべて切断された場合(完全分解)と、反応時間を短くすることによって切断部位の一部が切断されないような限定的な分解をした場合(部分分解)に分けて、電気泳動を行った。ただし、部分分解したものの中には、全く切断されなかったものから完全に切断されたものまでさまざまな DNA 断片が含まれている。すべての DNA 断片を染めることのできる色素(臭化エチジウム; Etbr)で染色したものと、標識した DNA 断片を放射線で検出したものの電気泳動パターン(図 3 い)を比較すると 3 種類の制限酵素の切断部位の位置を決定することができる。それをもとに A 遺伝子の DNA 断片を XhoI と BamHI を同時に加えて完全分解した場合と、XhoI と HindIII を同時に加えて完全分解した場合に予想される最も長い DNA 断片の長さ(塩基対数)をそれぞれ求め、順に答えなさい。

(解答例 : 1000, 2000)

出典

後期 生物 II

日本医科大学 2016 年度 生物 [II] より改変

2021年度一般入学試験（後期） 生物（問題）訂正

P23 2, 3行目と8行目 I (8) 選択肢 A と E

(誤)

A 花粉症では肥満細胞（マスト細胞）からアレルギーを引き起こすアセチルコリンがエキソサイトーシスによって細胞外に多量に放出される。

:

E トル様受容体はマクロファージなどの一部の免疫に関わる細胞に存在する。



(正)

A 花粉症では肥満細胞（マスト細胞）からアレルギーを引き起こすヒスタミンがエンドサイトーシスによって細胞外に多量に放出される。

:

E トル様受容体はマクロファージなどの免疫に関わる細胞に存在する。

P26 3, 4行目 II 問2 選択肢 A と B

(誤)

A 細胞を低張液に浸すと、細胞膜が破裂する。

B 細胞を高張液に浸すと、細胞膜が細胞壁からはがれる。



(正)

A 細胞を低張液に浸すと、細胞膜が破裂することがある。

B 細胞を高張液に浸すと、細胞膜が細胞壁からはがれることがある。

P33 13行目 IV 問題文

(誤) DNA 溶液を 1 μ L をとり



(正) DNA 溶液を 1 μ L とり