

令和 5 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 34 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)

解答上の注意：記号等の選択において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、五十音順、番号順に並べなさい。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。

I 次の(1)~(8)の間に答えなさい。

- (1) 呼吸によって得られる高エネルギーリン酸結合をもつ化合物で、エネルギーの通貨と呼ばれるものの略称を書きなさい。
- (2) 生態系内で食物網の上位にあつて他の生物の生活に大きな影響を与える生物種を何と書くか書きなさい。
- (3) 1枚(一重)の生体膜からなる細胞小器官をすべて選びなさい。
- | | |
|--------------------------------|---------------|
| A endoplasmic reticulum | B chloroplast |
| C centrosome | D microtubule |
| E Golgi body (Golgi apparatus) | F nucleus |
| G 該当なし | |
- (4) 正しいものをすべて選びなさい。
- | |
|---|
| A 酸素欠乏時の筋における解糖では、乳酸が生じる。 |
| B ミトコンドリアには電子伝達系が存在する。 |
| C 酸素呼吸によって1分子のグルコースから12分子の CO_2 が生じる。 |
| D クエン酸回路では1分子のピルビン酸から2分子の FADH_2 が生じる。 |
| E アミノ酸は脱アミノ反応を経て、クエン酸回路などに入り利用される。 |
| F 該当なし。 |

(5) 骨格筋について正しいものをすべて選びなさい。

- A 筋繊維の核の数は1つである。
- B 筋原繊維において、多数のミオシンフィラメントはZ膜部分で束ねられている。
- C 筋原繊維において、アクチンフィラメントの直径はミオシンフィラメントの直径より大きい。
- D 筋が収縮する時、筋原繊維のミオシンフィラメントの長さが減少する。
- E 筋が収縮する時、筋原繊維のサルコメアの長さが減少する。
- F 筋が収縮する時、筋原繊維の明帯の長さが減少する。
- G 該当なし。

(6) ヒトの脳皮質について、正しいものをすべて選びなさい。

- A 白質と呼ばれている。
- B 脳の外側(表面側)部分に存在する。
- C ニューロンの細胞体が集まっている。
- D オリゴデンドロサイトが形成する髄鞘が集まっている。
- E シュワン細胞が形成する髄鞘が集まっている。
- F 最も広い部分は新皮質である。
- G 該当なし。

- (7) 被子植物の環境応答について、正しいものをすべて選びなさい。
- A 種子が一定期間低温にさらされることで発芽する現象を春化という。
 - B ブラシノステロイドとオーキシンを添加した細胞は、より縦方向に伸長する。
 - C ジベレリンを添加した細胞は縦方向にセルロース繊維を形成する。
 - D 短日植物とは昼の長さが夜の長さより短くなると花芽を形成する植物のことである。
 - E 短日植物の光周性には主に赤色受容体であるフォトトロピンがはたらいている。
 - F シロイヌナズナのプロリゲンである FT タンパク質は篩管を移動する。
 - G チューリップの花が昼に開き、夜に閉じる現象は温度傾性による。
 - H 該当なし。
- (8) 植物の根に共生して、土壌中のリンなどを吸収し植物に供給する菌類は何と呼ばれるか、その総称を書きなさい。

II

以下の文を読み、問に答えなさい。

我々がマラソンなどの激しい運動をしたり、人前で歌うなど緊張したりすると心臓は自分の意志とは関係なくドキドキする。このような心臓の拍動を含めた内臓の筋肉の運動は、自律神経による調節を受けている。以下の実験によって、自律神経による心筋と内臓の平滑筋の調節機構を調べた。

実験準備：

2匹のカエルからそれぞれ心臓と小腸を取り出した。図1のように、取り出した心臓を酸素や栄養を含んだリンガー液に浸した。また同じ組成のリンガー液を大動脈から右心房に戻す経路を介して心臓の内部にかん流させ、これを「かん流液」とした。リンガー液によって心臓標本の細胞はしばらく生きてそのまま維持され、心臓は拍動の中枢がある延髄から切り離されても一定のリズムで拍動し続けた。2つの心臓標本のうち、一方は2種類の自律神経のうちの1種類のみが無傷の状態に取り出されており、これを心臓標本(a)、もう一方は自律神経が完全に切除されており、これを心臓標本(b)とした。心臓標本間の違いはこの点のみで、その他の差はない。また取り出した小腸の粘膜部分を取り除き、図2のように小腸標本(a)と小腸標本(b)の2つの標本を作製した。小腸標本もまた同じリンガー液に浸すことで組織が生きてそのまま維持され、標本間に差はない。

実験1：心臓標本(a)において、心房のある場所に記録電極を固定し、その部位の膜電位の変化を記録した。また、心臓を浸したリンガー液の水位変動も記録した。その途中で、神経繊維を電気刺激した。実験後、心臓標本(a)のかん流液を回収し、これを<A液>とした。

実験2：心臓標本(b)において、しばらく心臓を浸したリンガー液の水位変動を観察した後、そのかん流液を回収し、これを<B液>とした。そして、回収され量が少なくなったかん流液の代わりに、<A液>を注いだ。その後、心臓標本(b)のリンガー液の水位変動を観察した。

実験3：それぞれの小腸標本に記録電極をあて、平滑筋の興奮を記録した。その状態で小腸標本(a)のリンガー液を実験1の<A液>に、小腸標本(b)のリンガー液を実験2の<B液>に置き換え、平滑筋に起きる変化を観察した。

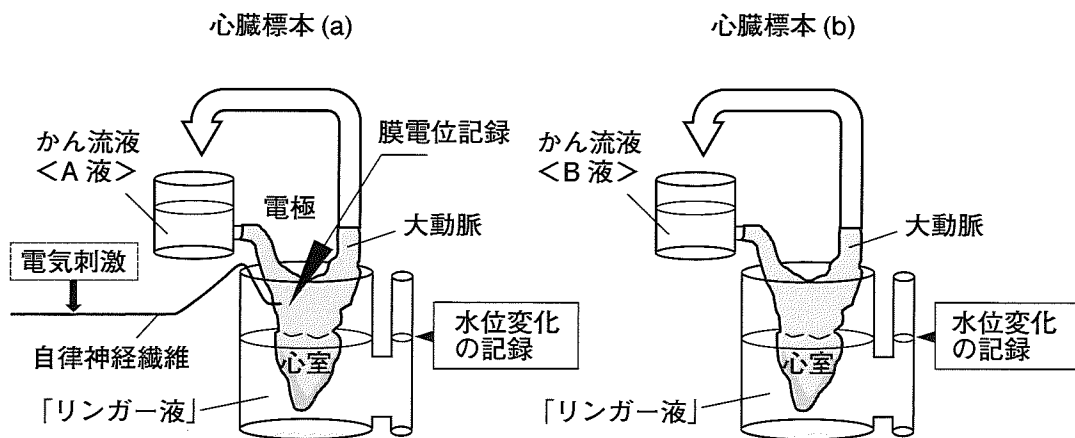


図1 心臓標本(a)と心臓標本(b)の模式図

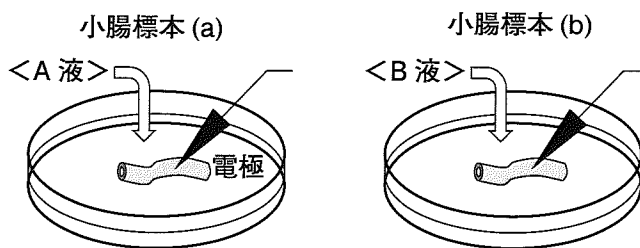


図2 小腸標本(a)と小腸標本(b)の模式図

問 1 実験準備の下線部の現象は哺乳類の心臓でもみられる。その理由とそのような心臓の性質に関して、以下の説明文の空欄①～③に当てはまる最も適切なものを選択肢から選んで記号で答えなさい。

<説明文>

哺乳類の心臓では(①)にある(②)がそれ自身で周期的に興奮するためである。このように、自律神経の調節がなくても一定のリズムで拍動する性質を(③)という。

- | | | |
|----------|--------|----------|
| ア 延髄 | イ 視床下部 | ウ 右心房 |
| エ 左心房 | オ 心室 | カ 自動能(性) |
| キ 他動能(性) | ク 洞房結節 | ケ 大動脈 |
| コ 肺 | | |

問 2 実験 1 について、神経繊維の電気刺激後しばらくたって、リンガー液の水位変動に以下の図 3 のような変化が生じた。これについて以下の間に答えなさい。

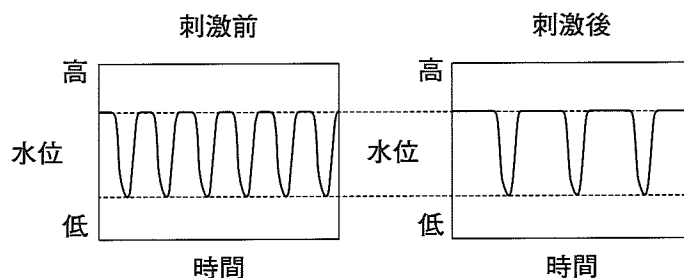


図 3 実験 1 でのリンガー液の水位変動(2つのグラフの縦軸と横軸は共通)

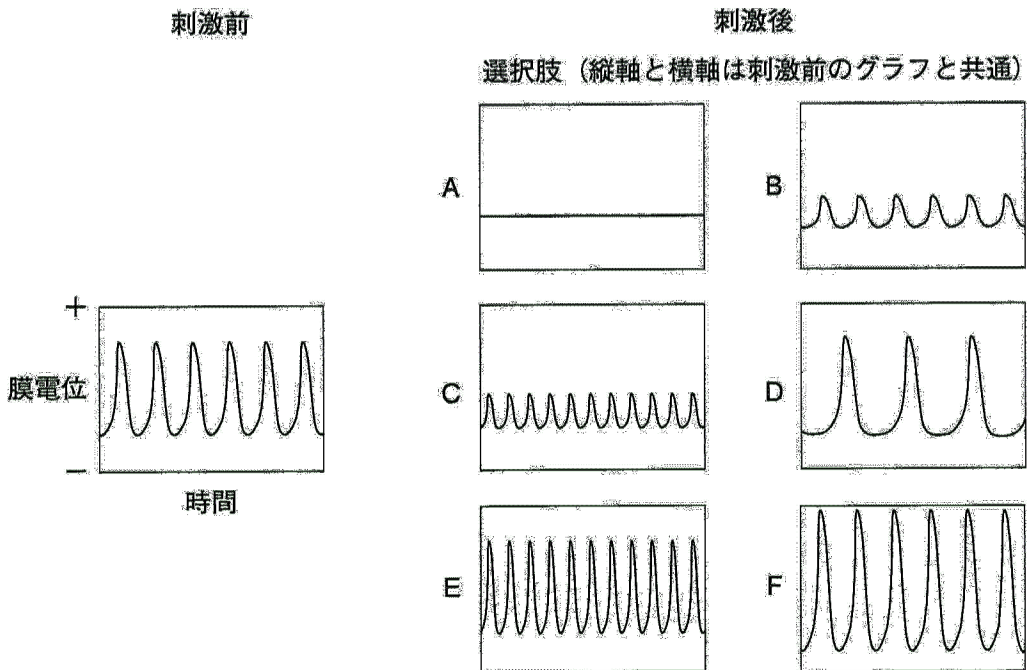
(1) 刺激前において心臓が収縮すると、リンガー液の水位はどうか、選択肢から 1 つ選んで答えなさい。

- A 高くなる。 B 低くなる。 C 変化なし。

(2) 図3で示された時間内の拍動数とこの時間内に心臓から送り出される液総量(拍出量)について考える。神経繊維刺激後の変化について、図3の結果をもとに正しいと考えられるものを、以下の選択肢からすべて選び記号で書きなさい。

- A 拍動数は増加した。
- B 拍動数は減少した。
- C 拍動数は変化がなかった。
- D 拍出量は増加した。
- E 拍出量は減少した。
- F 拍出量は変化がなかった。
- G 該当なし。

(3) 刺激後に電極で記録された波形の変化について最も適切なものを選択肢から1つ選んで答えなさい。



問 3 実験 2 について、以下の問に答えなさい。

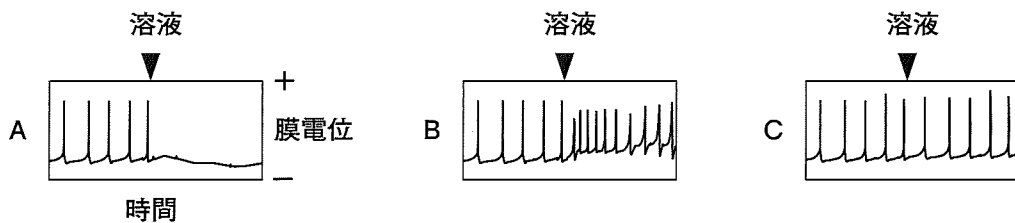
(1) <A 液>を注いだ後、心臓標本(b)の拍動数はどのように変わったか、選択肢から 1 つ選んで答えなさい。

A 増加した。 B 減少した。 C 変化しなかった。

(2) <A 液>に含まれ、(1)の変化をもたらしていると考えられる最も適切な物質名を答えなさい。

問 4 実験 3 (図 2)において、小腸標本(a)および(b)で観察された興奮の頻度の変化をあらわすグラフを以下の<選択肢 1 >の A~C から、また小腸筋の変化を以下の<選択肢 2 >の(あ)~(う)から、それぞれ 1 つずつ選んで続けて書きなさい。(解答例：A, あ)

<選択肢 1 > (グラフの縦軸と横軸は共通)



<選択肢 2 >

(あ) 収縮した。 (い) 弛緩した。 (う) 変化しなかった。

問 5 脊椎動物の血管系や血液について正しいものを選択肢からすべて選び記号で書きなさい。

- A 動脈の平滑筋には横紋がある。
- B 静脈には血液の逆流を防ぐ弁がある。
- C 末梢血中での CO_2 は赤血球に含まれる酵素の作用を経て、 HCO_3^- になる。
- D 肝門脈と肝動脈の血管経路は肝臓内で完全に分離している。
- E 魚類の血管系は閉鎖血管系である。
- F 鳥類では肺循環と体循環の血液が心臓で混ざる。
- G 該当なし。

III

以下の文を読み、問に答えなさい。

地球上にはさまざまな生物が生息しているが、大腸菌でも約 4500 個の遺伝子を持ち、複雑な生命活動を営んでいる。そこで起こっている遺伝子の発現調節は実に巧みである。

問 1 図 1 は、大腸菌における転写と翻訳の様子を模式的に示したものである。

3' は DNA の一方の鎖の方向性を示し、B は下側の鎖の情報を読んでいるものとする。

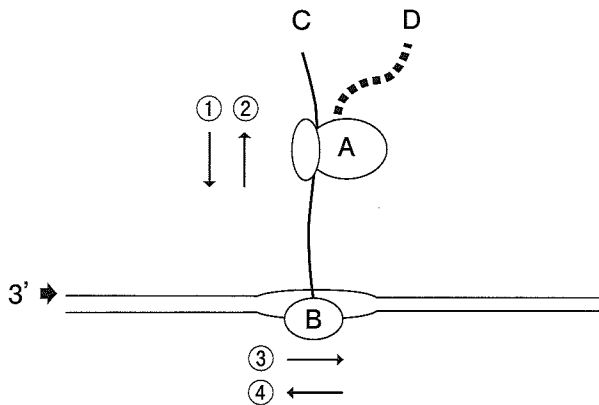


図 1

(1) 大腸菌とヒトの細胞を比較した時にヒトの細胞だけに見られるものを 2 つ
選び番号を答えなさい。

- 1 細胞膜 2 細胞壁 3 核膜 4 ゴルジ体
5 リボソーム

(2) A と B それぞれの名称を選択肢から選び、A、B の順に番号を答えなさい。

(解答例：1, 2)

- | | | |
|--------------|--------------|---------|
| 1 DNA ポリメラーゼ | 2 RNA ポリメラーゼ | 3 制限酵素 |
| 4 DNA リガーゼ | 5 リボソーム | 6 アミラーゼ |

(3) A は C に対して①または②のどちらの方向に移動するか答えなさい。また、B は③または④のどちらの方向に移動するか答えなさい。答えは2つ連続して書くこと。(解答例：1, 3)

(4) 転写の速度は、秒速 80 塩基(ヌクレオチド)である。ある生物のゲノム DNA の長さを 1.6 mm とし、転写される部分を一方の鎖は 60 % でもう一方の鎖は 30 % の領域のみとした場合、1 分子の酵素によってそのすべてが一通り転写されるのにどれだけの時間がかかるか、最も近いものを選び記号で答えなさい。ただし、1 ヌクレオチドの幅を 0.34 nm とする。

- | | | |
|------------|-----------|-----------|
| A 0.097 時間 | B 0.14 時間 | C 0.95 時間 |
| D 5.5 時間 | E 13.9 時間 | F 18.4 時間 |
| G 36.2 時間 | | |

(5) C と D は合成中の分子の端を示しており、C と D は、(1)カルボキシ基のある末端、(2)アミノ基のある末端、(3)3' 末端、(4)5' 末端のいずれかである。C と D に相当するのはどれか、それぞれ順に番号で答えなさい。答えは2つ連続して書くこと。(解答例：1, 3)

問 2 図2のように大腸菌のラクトースオペロンには、ラクトースの代謝に関連する3つの遺伝子(*lacZ*, *lacY*, *lacA*)が存在し、野生型の大腸菌では以下のような巧みな遺伝子の発現調節が行われている。調節遺伝子からは常にリプレッサーが合成されているが、培地にラクトースがない状態では、リプレッサーがオペレーターに結合することによって、ラクトースオペロンの3つの遺伝子の発現を抑制している(これを負の制御という)。しかし、培地中にラクトースが存在すると、細胞内でラクトースがアロラクトースという物質に変換され、それがリプレッサーに結合する。アロラクトース結合型のリプレッサーは構造が変化しオペレーターに結合することができなくなる。ラクトースオペロンの3つの遺伝子が発現するためには、リプレッサーがオペレーターからはずれ、さらにCAPタンパク質というアクチベーターがプロモーターの隣接領域に結合する必要があるが、CAPタンパク質単独では結合できない。培地にグルコースが存在しないと、cAMPという情報伝達物質がCAPタンパク質に結合する。cAMP結合型CAPタンパク質はオペロンのCAP結合部位に結合し、図1で示したBのプロモーターへの結合を引き起こし、ラクトースオペロンの3つの遺伝子の発現が起こる(これを正の制御という)。このような条件のもと、以下の間に答えなさい。

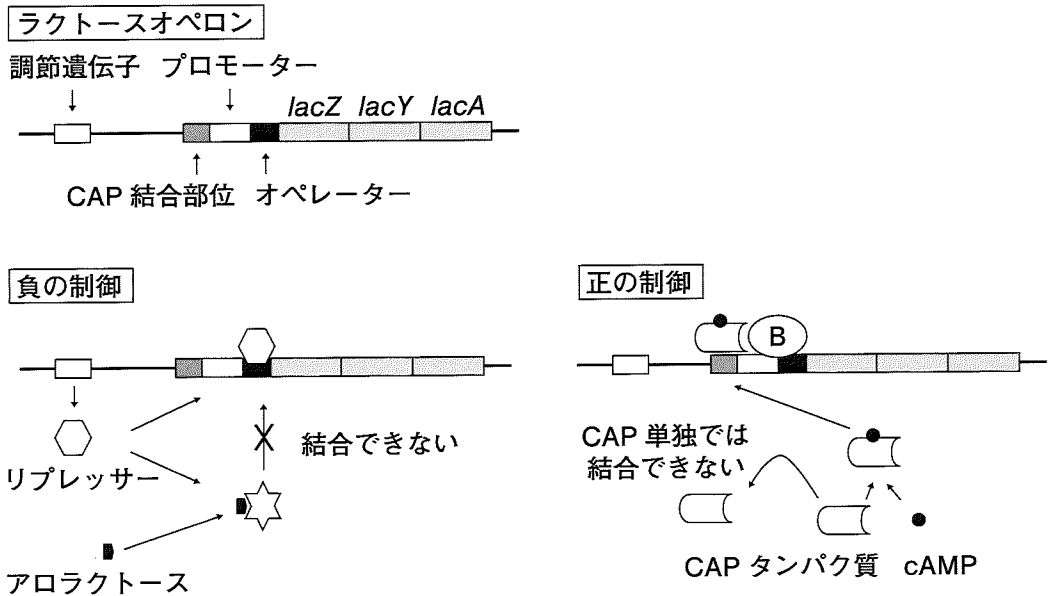


図2 ラクトースオペロンとその遺伝子発現調節

(1) ラクトースは *lacZ* 遺伝子の産物によって単糖に分解されるが、その時何が生じるか、選択肢から選び番号で答えなさい。

- | | | | |
|---|--------------|---|--------------|
| 1 | グルコースとガラクトース | 2 | グルコースのみ |
| 3 | グルコースとフルクトース | 4 | グルコースとグリコーゲン |

(2) 以下の1～3の場合について、それぞれラクトースオペロンの3つの遺伝子の発現が起こっているかどうかを、順に3つ連続して答えなさい。ただし、発現している場合を○、発現していない場合を×とする。

(解答例：○, ○, ×)

- 1 ラクトースがあり、グルコースがない時
- 2 ラクトースがなく、グルコースがある時
- 3 ラクトースがあり、グルコースがある時

(3) ある突然変異体では、ラクトースの有無にかかわらずラクトースオペロンの3つの遺伝子の発現が全く起こらなかった。それはどのような突然変異体か、選択肢から最も適切なものを2つ選び、番号で答えなさい。

- 1 調節遺伝子からリプレッサーが合成できない変異体
- 2 CAP タンパク質がCAP 結合部位に結合したままになる変異体
- 3 リプレッサーがオペレーターに結合できない変異体
- 4 リプレッサーがアロラクトースと結合できない変異体
- 5 ラクトースオペロンのプロモーターにBが結合できない変異体

(4) ラクトースオペロンにおいて、3つの遺伝子がオペロンを形成している利点は何か、40字以内で答えなさい。

IV 以下の文を読み、問に答えなさい。

手術などで輸血が必要となった場合、血液型が適合するかどうかは非常に重要である。ABO式血液型は、A型、B型、AB型、O型の4つの表現型に分けられる。A型をあらわす遺伝子をA、B型をあらわす遺伝子をB、O型をあらわす遺伝子をOとよび、遺伝子Aと遺伝子Bの間には優劣関係がなくいずれも遺伝子Oに対して顕性(優性)である。血液型と遺伝子の関係を表にまとめた。例えば、血液型A型には遺伝子型AAあるいはAOがあり、血液型O型は遺伝子型OOのみである。ある遺伝病のZ病は常染色体潜性(劣性)遺伝形質であり、e遺伝子によって伝達され、出生直後にその症状を100%確認できるものとする。その対立遺伝子はE遺伝子であり、e遺伝子に対して顕性である。このZ病の遺伝子はABO式血液型の遺伝子と連鎖していない。図の家系で、□は男性、○は女性を示し、図形中のアルファベットは血液型をあらわす。また、灰色はZ病を発症した人で、白はZ病を生涯発症しない人である。たとえば、遺伝子型がAAEEの人は血液型がA型で、Z病を発症しない。

表

血液型(表現型)	遺伝子型
A型	AA, AO
B型	BB, BO
AB型	AB
O型	OO

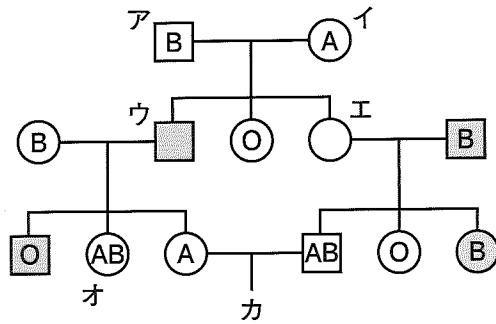


図 家系図

問 1 図の家系のア～エの血液型と Z 病の遺伝子型を以下の選択肢の中からそれぞれ選び、記号で書きなさい。(解答例：1, あ)

- 1 : AA 2 : AO 3 : BB 4 : BO
 5 : AB 6 : OO

- あ : EE い : Ee う : ee

問 2 図のオと Z 病である血液型 AB 型の男性の間に生まれてくる子が血液型 B 型で Z 病である割合を約分した分数で書きなさい。

問 3 図のカが Z 病で血液型 AB 型の男性である割合を約分した分数で書きなさい。

問 4 対立遺伝子 E と e が同じ確率であらわれると仮定した場合、任意の男女から生まれた子が Z 病を発症する割合を % で書きなさい。

問 5 人口 1 億人のある国で Z 病患者の割合は 16 万分の 1 であった。Z 病について、性差や突然変異の影響を受けず、個体の出入りもなく、生存や生殖に有利不利がない時、 e 遺伝子を保有している人は全人口の何 % か、小数第二位(小数第三位を四捨五入)まで書きなさい。