

平成 30 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 17 ページ

化 学 18 ページ～ 32 ページ

生 物 33 ページ～ 50 ページ

地 学 51 ページ～ 58 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初にかいてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

生 物

注意 1. 志望学部・学科等により，以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科等	解答する問題番号
国際教養学部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
教育学部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
理学部 数学・情報数理学科，化学科志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 3 ☐ 5 ☐ 6
理学部 生物学科	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6
理学部 地球科学科志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
園芸学部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
医学部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 6
看護学部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 3 ☐ 5 ☐ 6
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 植物生命科学関連分野志望者，および化学関連分野志望者のうち生物を選択する者	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. 解答は，すべて解答用紙の所定の欄に，指定された方法で記入しなさい。

1 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

アフリカツメガエルの32細胞期の胚を横から見ると、図1に模式的に示すように動物極から植物極に向かうA～Dの記号で示す4列と、将来の背側から腹側に向かう1～4の番号で示す4列に分けられ、これによって各割球をA1, B1, …のように分類できる。この32細胞期の胚に、緑、赤、および青の異なる波長の蛍光を発する色素(蛍光色素)を結合させたデキストラン(高分子多糖類の一種)を注入し、その後の胚発生過程での挙動を追跡した(実験1)。注入された蛍光デキストランは発生に影響せず、細胞内で分解されず、細胞質に均一に分布し、そして細胞膜を通過できないことがわかっている。

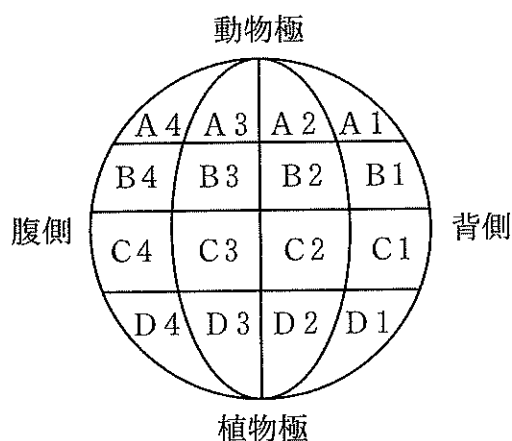


図1

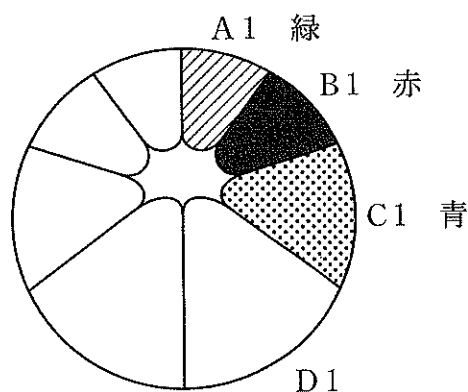


図2

[実験1]

A1に緑、B1に赤、そしてC1に青の蛍光を発する蛍光デキストランを図2(縦断面図)のように注入して培養を続けた。胚が胞胚期、初期原腸胚期(陥入が背側で始まったばかりの時期)、および後期原腸胚期(陥入が完了し、原腸が形成された時期)になったところでホルマリン水溶液で固定し、背側中央を通るように縦断した切片をそれぞれ作製して観察したところ、図3のような蛍光を確認することができた。

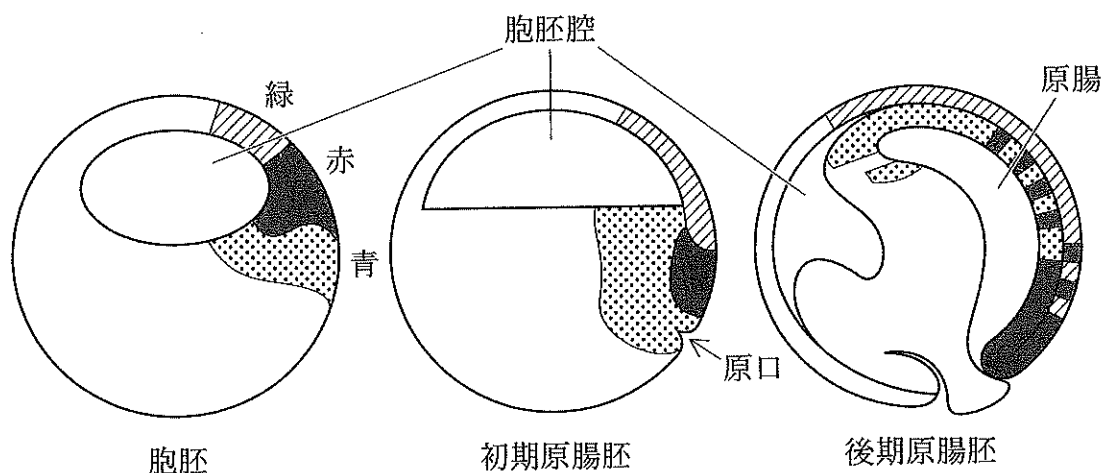


図 3

問 1 緑色蛍光デキストランを A1 割球に注入した。発生を進め初期原腸胚になった時点で、図 3 の緑の蛍光を持つ胞胚腔の壁を形成する領域を切り取り、蛍光デキストランを注入していない初期原腸胚の腹側の胞胚腔の壁を形成する領域に移植した。この移植胚を培養し尾芽胚まで発生を進めた場合、蛍光が主に観察されるのはどの組織・器官か、その名称を答えなさい。

問 2 実験 1 と同様に蛍光デキストランを各割球に注入し尾芽胚期まで発生を進めた場合、脳、眼胞、脊索、腸管は、A1、B1、および C1 割球由来細胞のうちどれを含むと考えられるか、それぞれについてあてはまるものをすべて選び、記号で答えなさい。

問 3 C1 割球を 32 細胞期に解離して単独で培養すると割球は卵割を繰り返して細胞塊を形成し、やがて胚葉の分化が起こる。この時、実験 1 の結果を考慮すると、細胞塊からは外胚葉、中胚葉、内胚葉のすべての胚葉が分化するという仮説がたてられる。その理由を 80 字以内で説明しなさい。

問 4 問 3 の仮説を検証するため、C1 割球を解離して単独で培養した結果、中胚葉が形成される頻度は著しく低かった。しかし、32 細胞期の胚の C1 割球に青色蛍光デキストランを注入し、その後 2 回の卵割を経てから、青色蛍光が見られる割球集団のみを胚から切り出して培養した場合には、中胚葉の形成頻度が著しく増加した。この理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 5 32 細胞期の胚から C4 割球を取り除き、そこへ青色蛍光デキストランを注入した他の 32 細胞期の胚の C1 割球を移植した。この移植胚を培養し発生を進めた結果、C1 割球を移植した側に二次胚の形成が見られた。この結果と実験 1、および問 4 の実験結果から予測される仮説について述べた以下の文のうち、適切でないものを(a)~(f)のうちからすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) C1 割球由来細胞にはオーガナイザーとしての機能をもつものがある。
- (b) 32 細胞期までの間に、C1 割球がオーガナイザーになる。
- (c) D4 割球には C 列の C1 ~C4 割球すべてをオーガナイザーに誘導する能力がある。
- (d) 移植された C1 割球は D1 割球がなくてもオーガナイザーとなることのできる性質を備えている。
- (e) 移植された C1 割球は D4 割球の誘導を受けてオーガナイザーとなることのできる性質を備えている。
- (f) 二次胚ができる時に新たに腹側に形成された原口背唇部の細胞には青色の蛍光が観察される。

2

次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えなさい。

生物集団のなかで、生存や繁殖に有利な性質をもつ個体が次世代により多く子どもを残すことを **ア** とよぶ。また、**ア** の結果、ある生物集団が環境に適した性質をもつ集団に進化することを **イ** とよぶ。

植物はさまざまな環境に適応し、著しい多様化を遂げてきた。種子植物のうち、胚珠が **ウ** の中にある植物のことを被子植物とよぶ。被子植物の生殖器官である花は、花粉を運ぶ動物を巧みにひき寄せる さまざまな性質を進化させてきた。(1)

多くの植物ではマルハナバチなどの昆虫をよりひき寄せるために蜜を出すが、ラン科のA種の花はissippi蜜を出さないことが知られている。A種では、マルハナバチ属の1種(以下、マルハナバチとよぶ)が花粉を媒介することで自家受精し種子を残すが、A種とそれに訪れるマルハナバチについて、以下の三つの知見が明らかになっている。

1. A種の集団には、黄色い花を咲かせる個体(以下、黄花個体とよぶ)と紫色の花を咲かせる個体(以下、紫花個体とよぶ)の両者が混在している。
2. マルハナバチは花の色と「蜜がない」という経験を結びつけて学習する。「蜜がない」と経験した場合、次回は今回訪れた花と同じ色の花を避け、別の色の花を訪れる傾向がある。また、経験量に応じて学習効果も高まる。
3. 蜜の代わりとして、砂糖水をA種の集団中のすべての花に等量ずつ添加すると、マルハナバチは花色の選り好みをしなない。同様の実験を黄花個体の頻度が異なるA種の複数の集団で行うと、集団中の黄花個体の頻度と、マルハナバチが訪れた個体が黄花個体である確率との関係は図1のようになる。

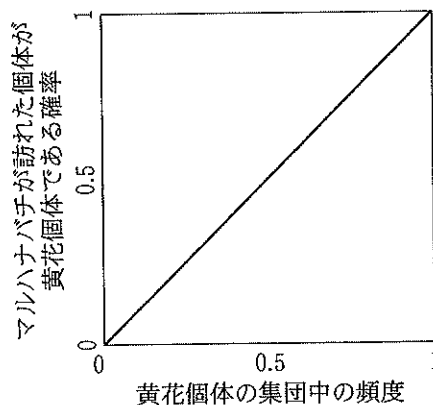
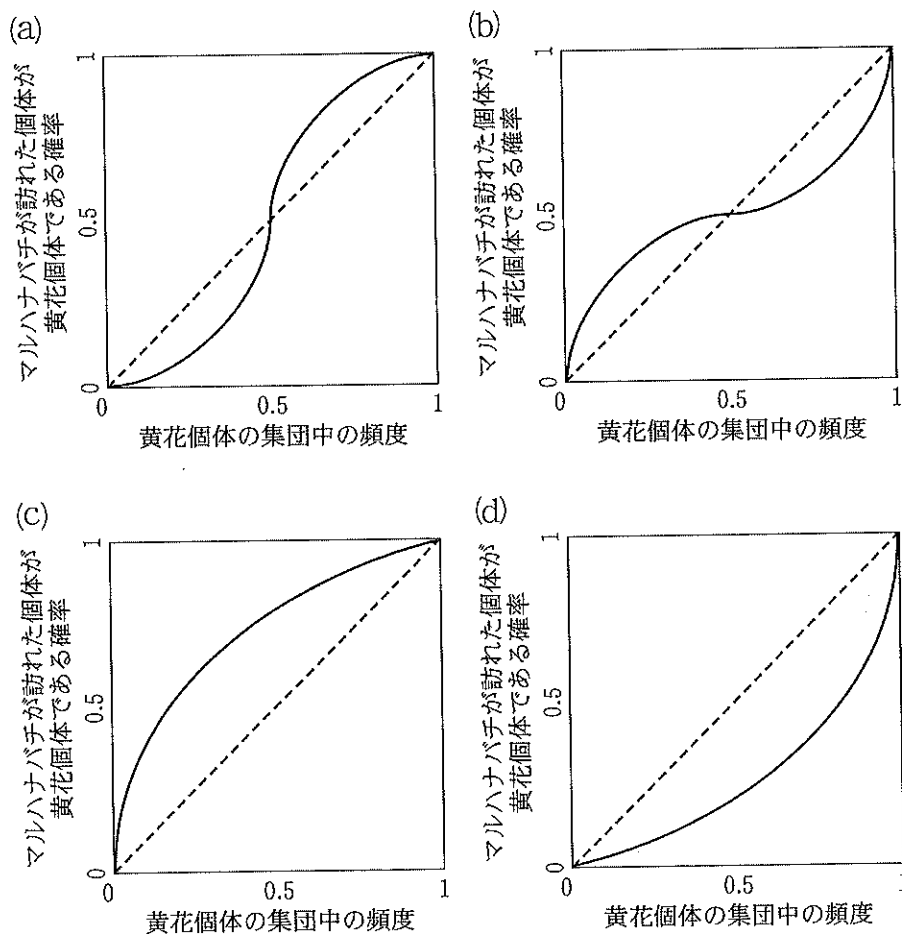


図1

問 1 文章中の ア ~ ウ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(1)について、生物の進化はその段階によって大進化と小進化に分けられる。両者の違いについて 80 字以内で説明しなさい。

問 3 いずれの花も蜜を出さない A 種の集団において、集団中の黄花個体の頻度とマルハナバチが訪れた個体が黄花個体である確率との関係を示した以下のグラフ(a)~(d)のうち、最も適切なものを一つ選び記号で答えなさい。なお、マルハナバチはいずれも A 種の集団において一定の期間学習しており、A 種の黄花個体もしくは紫花個体にのみ訪れるものとする。また、以下の四つのグラフ(a)~(d)の破線は図 1 の実線と等しいものとする。



問 4 以下の文章は、A 種の集団における黄花個体の頻度と、黄花個体・紫花個体がそれぞれ次世代に残す平均的な種子の数との関係について述べたものである。文章中の エ ~ ケ にあてはまる語句の組み合わせについて、最も適切なものを(a)~(h)のうちから一つ選び、記号で答えなさい。なお、各個体が次世代に残す種子の数は、その個体の花にマルハナバチがどれだけ訪れたかに比例すると仮定する。また、マルハナバチはいずれも A 種の集団において一定の期間学習しているものとする。

黄花個体の頻度が低いときは、エ 個体の方が オ 個体より、個体あたりにマルハナバチが訪れる頻度が高い。そのため、カ 個体の方が個体あたり次世代に残す種子の数が多くなる。黄花個体の頻度が高いときは、キ 個体の方が ク 個体より、個体あたりにマルハナバチが訪れる頻度が高い。そのため、ケ 個体の方が個体あたり次世代に残す種子の数が多くなる。

	エ	オ	カ	キ	ク	ケ
(a)	紫 花	黄 花	紫 花	黄 花	紫 花	黄 花
(b)	黄 花	紫 花	黄 花	紫 花	黄 花	紫 花
(c)	黄 花	紫 花	黄 花	黄 花	紫 花	黄 花
(d)	紫 花	黄 花	紫 花	紫 花	黄 花	紫 花
(e)	紫 花	黄 花	黄 花	黄 花	紫 花	紫 花
(f)	黄 花	紫 花	紫 花	紫 花	黄 花	黄 花
(g)	黄 花	紫 花	紫 花	黄 花	紫 花	紫 花
(h)	紫 花	黄 花	黄 花	紫 花	黄 花	黄 花

3 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

真核生物において、遺伝子の転写が始まる部位の近くには **ア** とよばれる目印となる塩基配列が存在する。転写が開始される際には **ア** に **イ** と呼ばれるタンパク質が結合する。**イ** を認識して **ウ** が転写の開始部位から転写を開始する。DNA の2本鎖のうち、アンチセンス鎖⁽¹⁾がRNAの合成に使用される。

転写により合成されたRNAはmRNA前駆体である。mRNA前駆体からは **エ** 部分が切り捨てられ、隣り合うエキソン同士の両端がつながりmRNAがつくられる。この過程をスプライシングという。mRNAはタンパク質へ翻訳され機能を果たす。一方、アミノ酸をリボソームに運ぶ役割を担う **オ** はRNAであるが、タンパク質へ翻訳されない。

真核生物の遺伝子Xは6つのエキソンをもつ遺伝子である(図)。エキソン1, 2, 3, 4, 5, 6をもつmRNAがつくられ、通常は図に示すとおりのエキソン1内の開始コドンから翻訳が開始され、エキソン6内の終止コドンで翻訳が終了するとタンパク質Xuができる。細胞が熱ストレスを受けると、遺伝子Xのエキソン1, 2, 3, 4, 6からなるmRNAがつくられ、タンパク質Xsが翻訳される。しかし、タンパク質Xsはタンパク質Xuがもたない特別なはたらきをする。⁽²⁾

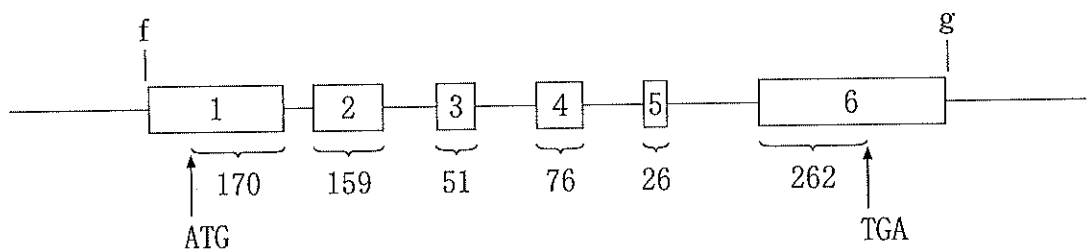


図 ゲノム中の遺伝子Xの領域とタンパク質Xuの開始コドンと終止コドンを示している。下の数字はタンパク質Xuの翻訳に使用される塩基配列数を示している。

問 1 文章中の ア ~ オ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(1)について、ある遺伝子のアンチセンス鎖の DNA 配列の一部が 5'-CACTGTGA-3' である場合、その部分から転写される RNA の配列を解答欄に書きなさい。

問 3 核酸について述べた以下の(a)~(e)の説明のうち間違っているものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) リボソームは rRNA とタンパク質からなる。
- (b) DNA と RNA を構成するヌクレオチドの異なる部位は塩基だけである。
- (c) mRNA の塩基は 5 種類存在する。
- (d) リン酸基、リボース、塩基からなるヌクレオチドが RNA を構成する。
- (e) 2 本のヌクレオチド鎖が S-S 結合を介して 2 本鎖を形成する。

問 4 図の f から g までの遺伝子 X の遺伝子領域全長を大腸菌に導入したところ、遺伝子 X の RNA への転写は観察されたが、タンパク質 Xu と Xs のどちらも合成されなかった。タンパク質 Xu と Xs が合成されなかった理由を 40 字以内で説明しなさい。

問 5 タンパク質 Xu とタンパク質 Xs を調べたところ、タンパク質 Xu よりもタンパク質 Xs のアミノ酸配列が長かった。またタンパク質 Xu は重要なはたらきをしておらず、タンパク質 Xu のエキソン 5 から翻訳されるアミノ酸領域も重要なはたらきをもっていなかった。下線部(2)について、タンパク質 Xu と比べてタンパク質 Xs が特別なはたらきをもつことができる理由を、タンパク質 Xs のアミノ酸配列が長くなった理由を含めて 160 字以内で説明しなさい。

6

次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えなさい。

酵素Yは細胞質基質のなかではたらく性質をもつ。血液中から分離した赤血球を処理することにより酵素Yの赤血球1個あたりの活性(以後、酵素Yの活性と表す)を測定することができる。

J国の国民間には、酵素Yをコードする(酵素Yに対応する)常染色体上の遺伝子(遺伝子Y)の転写調節領域に20塩基の長さでDNAが欠失した対立遺伝子があることが知られている。遺伝子Yのその他の部分には塩基配列の変化がなくても、この欠失により調節タンパク質の結合が変化し、合成される酵素の量に違いが生じる結果、酵素Yの活性が変化することがわかっている。

欠失型対立遺伝子の頻度を調べるためにPCR実験を行うこととした。欠失がみられる領域の前後にプライマーを設計し、アから取り出したDNAをPCRで増幅し、得られた産物を電気泳動したところ、図1に示す3種類のパターン(1, 2, 3)がそれぞれ36%, 48%, 16%の頻度で観察された。この結果から、J国の国民における欠失型対立遺伝子の頻度はイ%と推測された。J国の国民多数について酵素Yの活性を調べたところ、活性が最も高いグループを100%とした場合、その他に75%, 50%をしめす二つのグループがあり、これらは電気泳動のパターンのグループと一致することがわかった(表1)。

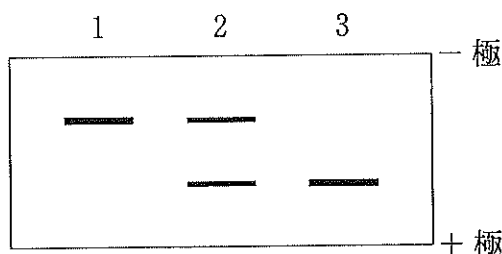


表1

電気泳動のパターン	1	2	3
酵素Yの活性	100%	75%	50%

図1 遺伝子Yの転写調節領域をPCRで増幅した産物の電気泳動の結果

J国と太平洋を隔てて存在するU国の国民間には遺伝子Yのタンパク質をコードする部分の塩基がアデニン(A)からグアニン(G)へと置換し、アミノ酸配列がトレオニン(Thr)からアラニン(Ala)へと変化する対立遺伝子があることが知られている(図2)。アから取り出したDNAをPCRで増幅し、得られた産物をウで調べたところ、U国におけるA型対立遺伝子とG型対立遺伝子からなる遺伝子型の頻度は表2に示すとおりであった。J国で用いたのと同じ手法でU国の国民について酵素Yの活性を調べたところ、活性が最も高いグループを100%とした場合、その他に54%、8%を示す二つのグループがあり、これら三つのグループはAおよびG型の対立遺伝子の組み合わせのグループと一致することがわかった(表2)。

A型 5'-CGA ATT **ACT** GCA GGT-3'
Arg Ile Thr Ala Gly

G型 5'-CGA ATT **GCT** GCA GGT-3'
Arg Ile Ala Ala Gly

図2 遺伝子Yの塩基配列と対応するアミノ酸(部分)

表2

遺伝子型	AA	AG	GG
遺伝子型の頻度	49 %	42 %	9 %
酵素Yの活性	100 %	54 %	8 %

またその後の調査で欠失型対立遺伝子はU国民にはみられず、G型対立遺伝子はJ国民にはみられないことがわかった。酵素Yの活性は、最も活性が高いグループにおいてはJ国、U国の間で違いはなかった。

遺伝子型や酵素活性が不明なJ国の男性とU国の女性との間に子が生まれた場合に、子の酵素Yの活性が100%である確率は、男性と女性の遺伝子型のさまざまな組合せの確率と、その組合せの男女の間に生まれた子が酵素Yの活性が100%となる遺伝子型をもつ確率を考えることで計算できる。J国における欠失がない(野生型)対立遺伝子の頻度をa、欠失型対立遺伝子の頻度をb、U国におけるA型対立遺伝子の頻度をp、G型対立遺伝子の頻度をqとし、子が酵素Yの活性が100%となる遺伝子型をもつ確率をa、b、p、qのうち必要最小限のものをを用いて表すとエとなることから、求める確率はオ%となる。

太平洋に浮かぶ H 島には太古の時代に移り住んだ J 国、U 国からの出身者の
(1) 間で混血が進んでいる。 H 島の住民間での欠失および置換の対立遺伝子の頻度を調べたところ、欠失型対立遺伝子の頻度は 5 %，G 型対立遺伝子の頻度は 10 % であり，それぞれについてハーディ・ワインベルグの法則が成り立つことがわかっている。

酵素 Y は四次構造をとらず，酵素 Y の活性を変化させる要因として上記の対立遺伝子以外のものは考慮しなくてもよいものとする。

問 1 文章中の ア にあてはまる最も適切な語句を，以下の(a)~(c)のうちから一つ選び，記号で答えなさい。

- (a) 白血球
- (b) 赤血球
- (c) 血しょう

問 2 文章中の イ にあてはまる最も適切な数値を答えなさい。

問 3 文章中の ウ にあてはまる最も適切な方法を，以下の(a)~(c)のうちから一つ選び，記号で答えなさい。

- (a) 電気泳動する方法
- (b) 制限酵素 *EcoRI* (認識配列 GAATTC)により処理したものを電気泳動する方法
- (c) DNA シーケンサーにより解析し塩基配列を決定する方法

問 4 文章中の エ にあてはまる最も適切な数式を答えなさい。

問 5 文章中の オ にあてはまる最も適切な数値を答えなさい。

問 6 下線部(1)の H 島について、住民の間で観察される酵素 Y の活性は、最も高いグループの酵素活性を 100 % とした場合、最も酵素活性が低いグループで理論上何%になると予想されるか。欠失と置換の座位が近く、両者の間での組換えが起きない場合と、両者が離れており、組換えが起きうる場合のそれぞれについて答えなさい。