

平成 29 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 29 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～19ページ, 化 学……20～39ページ

生 物……40～53ページ, 地 学……54～62ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択	13 : 30 ~ 16 : 00 (150 分)
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択	
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 62 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。ただし, 冊子の留め金を外したり, ページを切り離しては使用しないこと。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1枚につき2か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

生 物

解答に字数の指定がある場合、字数には句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。

1 次の〔I〕と〔II〕の文章を読み、以下の問(1)~(8)に答えよ。

〔I〕 グルコースは、の吸収上皮によって取り込まれ、肝門脈を介して肝臓の細胞に運ばれる。グルコースは肝臓の細胞でグリコーゲンに変換されて細胞内に貯蔵されるが、必要に応じて分解されて血液中に放出される。^(a)体内の細胞は、血液中のグルコースを取り込み、細胞質基質で1分子のグルコースを2分子のに分解する過程で、ATP(アデノシン三リン酸)や還元型補酵素のを産生する。この過程を、とよぶ。はミトコンドリア内に入り、アセチル CoA と二酸化炭素になる。ミトコンドリアのという領域では、脱炭酸酵素と脱水素酵素のはたらきにより、二酸化炭素やを生じる回路状の反応が起こり、この反応をとよぶ。

血糖値は、すい臓のランゲルハンス島のから分泌されるインスリンや、から分泌される糖質コルチコイドなどのホルモン、さらに自律神経系による調節を受けている。脳の視床下部は血糖値の変化を感じると、視床下部ホルモンを介してからのホルモン分泌を調節する。さらに自律神経系の活動を変化させることで、血糖値を一定レベルに保つ。^(b)

問(1) ~ に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)について、肝臓からのグルコース放出量が増加するのはどのような場合か。次の①～⑤から正しいものを1つ選び、番号を記せ。

- ① 運動をしているとき
- ② 食事をした直後
- ③ 読書をしているとき
- ④ 眠っているとき
- ⑤ 排尿しているとき

問(3) 飢餓(低血糖)状態におけるホルモンの血中濃度の変動について、次の①～⑤のうち適切でないものを1つ選び、番号を記せ。

- ① アドレナリンが上昇する。
- ② グルカゴンが上昇する。
- ③ 糖質コルチコイドが上昇する。
- ④ チロキシンが上昇する。
- ⑤ 副腎皮質刺激ホルモンが上昇する。

問(4) 下線部(b)について、血糖値が上昇した際に、自律神経系の活動はどのように変化するか、50字以内で記せ。

〔Ⅱ〕 実験動物のラットに薬物を投与して、すい臓のインスリンを分泌する細胞のみを選択的かつ完全に破壊し、インスリン分泌が全く起こらない糖尿病ラットを作製した。ラットとヒトでは、同様の糖代謝を示すものとして、以下の問いに答えよ。

問(5) 正常ラットおよび糖尿病ラットを12時間絶食させたのち、グルコース水溶液を胃内に投与した。投与直後から投与後5時間までの血糖値の変化を調べた。正常ラットの空腹時の血糖値は、およそ100 mg/100 mLであった。

- (i) 正常ラットの血糖値変化を示すのは図1の①～⑥のどれか。最も適切なものを1つ選び、番号を記せ。
- (ii) 糖尿病ラットの血糖値変化を示すのは図1の①～⑥のどれか。最も適切なものを1つ選び、番号を記せ。

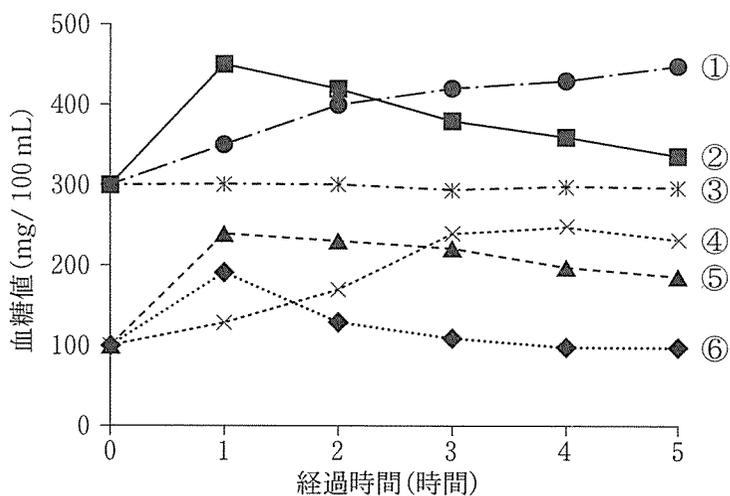


図1

問(6) グルコース投与3時間後に正常および糖尿病ラットの肝臓内グリコーゲン量を計測した。

(i) 糖尿病ラットのグリコーゲン量について、次の①～③から正しいものを1つ選び、番号を記せ。

- ① 正常ラットに比べて増加している。
- ② 正常ラットに比べて減少している。
- ③ 正常ラットと変わらない。

(ii) インスリン分泌が起こらない糖尿病ラットで、なぜ上記(i)の現象が起こるのか、その理由を40字以内で記せ。

問(7) 糖尿病ラットの脳でグルコースの取り込み量を測定したところ、正常ラットと差異を認めなかった。その理由を50字以内で記せ。

問(8) 糖尿病ラットにインスリンを投与したところ、投与1時間後の血糖値は正常ラットと同じレベルに下がった。しかし、インスリンを連日投与しながら、脂肪を豊富に含む餌で長期間飼育したところ、インスリン投与後の血糖値の低下が次第に少なくなった。このラットで起きている現象はどれか。次の①～⑤から正しいものを一つ選び、番号を記せ。

- ① 再生したすい臓のインスリン産生細胞が変性した。
- ② 尿へのグルコースの排出量が減少した。
- ③ 肝臓の細胞のインスリン受容体数が減少した。
- ④ 骨格筋へのグルコース取り込みが減少した。
- ⑤ 胃のグルコース取り込みが増加した。

2 次の〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕の文章を読み、以下の問(1)～(8)に答えよ。

〔Ⅰ〕 1953年、ジェームス・ワトソンとフランシス・クリックは、ゲノムの本体であるDNAの構造が であることを報告した。この発見から半世紀後の2003年、ヒトのゲノムの全塩基配列を解析したヒトゲノムプロジェクト(Human Genome Project)が完了した。このプロジェクトにより、ヒトの全ゲノム上には約20,000個の遺伝子が存在していることが明らかとなった。しかしその数は、それまでに多くの研究者が予想していた遺伝子数よりもはるかに少なかった。

核酸の基本構造は、 と塩基からなるヌクレオシドに が結合したものであり、これを とよぶ。核酸は2つの大きなグループに分かれ、 部分が ならばDNAであり、 ならばRNAである。DNAの を構成する塩基は、アデニン(A)、 (T)、グアニン(G)、 (C)の4種類があり、RNAの場合は が (U)となる。

DNAの遺伝情報は、RNAに転写され、RNAの配列をもとにアミノ酸配列^(a)が指定され、タンパク質に翻訳される。転写においては、遺伝子の転写開始点に近い領域のDNAの がほどこけ、RNAポリメラーゼが とよばれる領域に結合しRNA合成が開始される。

問(1) ～ に適切な語句を入れよ。

問(2) RNAポリメラーゼが結合する領域から離れた領域に結合し、遺伝子の発現調節を行うタンパク質を何とよぶか、名称を記せ。

問(3) 下線部(a)のように、遺伝情報が一方向性に伝わることを何とよぶか、名称を記せ。

〔Ⅱ〕 図1はマウス遺伝子*X*の遺伝子構造を示し、矢印は転写開始点を示している。図2に示すように遺伝子*X*から*Xa*と*Xb*の2つのmRNA(伝令RNA)が作られる。タンパク質*Xa*と*Xb*は、遺伝子発現を調節するタンパク質であり、上皮細胞の分化を調節している。未分化な上皮細胞に試薬Aを添加すると4時間で分化誘導が観察される培養系を用いて、次の実験を行った。いくつかの濃度の試薬Aを添加し、4時間培養後の上皮細胞からそれぞれmRNAを抽出した。各サンプルから等量のmRNAを逆転写酵素(RT)を用いてcDNA(相補的DNA)合成を行った。得られたcDNAを鋳型とし、試薬Aの濃度変化による遺伝子の発現変化をPCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法を用いて調べた。このように細胞などのmRNAから合成したcDNAを用いてPCRを行う手法をRT-PCR法とよぶ。RT-PCR法を用いて得られたPCR産物をゲル電気泳動すると、バンドの染色強度(太さ)によって目的遺伝子の発現量が推定できる。

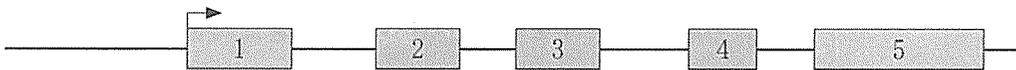


図1

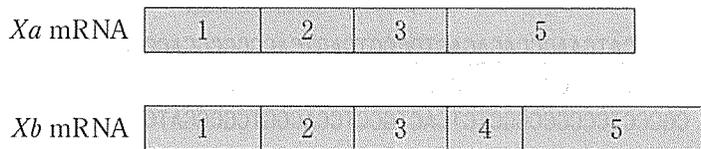


図2

問(4)

- (i) 図1で遺伝子*X*の5つのエキソンの間に存在し、図2に示すmRNAに成熟するときに除かれる配列の名称を記せ。
- (ii) (i)の配列が除かれる過程を何とよぶか、名称を記せ。

問(5) 図3は、マウスの *Xa* mRNA の cDNA 塩基配列の一部を示したものである。図中の下線はプライマーの結合領域を示す。PCR を用いて *Xa* mRNA の cDNA を検出するために必要なプライマーの組合せを次の①~④から1つ選び、番号を記せ。

① 5'- AGAGGATGAAGGCAGAGAGTGC -3'
5'- CCTCTCCAGACATACCAGGG -3'

② 5'- AGAGGATGAAGGCAGAGAGTGC -3'
5'- CCCTGGTATGTCTGGAGAGG -3'

③ 5'- GCACTCTCTGCCTTCATCCTCT -3'
5'- CCTCTCCAGACATACCAGGG -3'

④ 5'- GCACTCTCTGCCTTCATCCTCT -3'
5'- CCCTGGTATGTCTGGAGAGG -3'

5'- AGAGGATGAAGGCAGAGAGTGCGGTGAGTCACGGGCGGAGCTGGCCTCGC 50
TCGCTCGCTCGCTCGCTCGCTTACTCGCTCACCGGCGCCGCCCGCCCTC 100
CGCCCTCCGCGCGGCTCTCACTGCCTCCACCGTCGCGGATCACCCAGCCC 150
GGTCGCAGCCCCGGCTTGCCCTCGGCTCCTGTCCCACGCCGTGAGAGCC 200
GGCCAGCGCGCAGGGCCCATGAGCGCCGTCTGTAGCGGCCAGCCTGGC 250
GTGCCCCAAGCCCGAGCGCAGCCGCCAGGTTCCATCTGAGGTACCCTTGA 300
CCGTCCCTGCCTTCATTCCATCCCGGATCCCGCAATGCTAACCGCTGTC 350
TGTGGCTCTCTGGGCAGCCAGCACACCGACGCGCCTCACGCTTCACCGCC 400
GCGCCTCGACCTGCAACCTCTCCAGACATACCAGGG -3' 450

図3

問(6) 図4は RT-PCR 実験により得られた PCR 産物のゲル電気泳動の結果を示す。試薬 A の濃度依存的に未分化な上皮細胞が分化する場合、この上皮細胞の分化過程において、*Xa* および *Xb* mRNA の発現はどのように調節されているか、下記の語群の3つの用語をすべて用いて50字以内で記せ。

なお、エキソン3および5の領域にそれぞれ設計したプライマーの組合せを用いることにより、*Xa* と *Xb* mRNA のそれぞれの cDNA を検出することが可能で、得られた RT-PCR 産物の長さから *Xa* と *Xb* を区別できる。

〔語群〕 上皮細胞 分化 エキソン

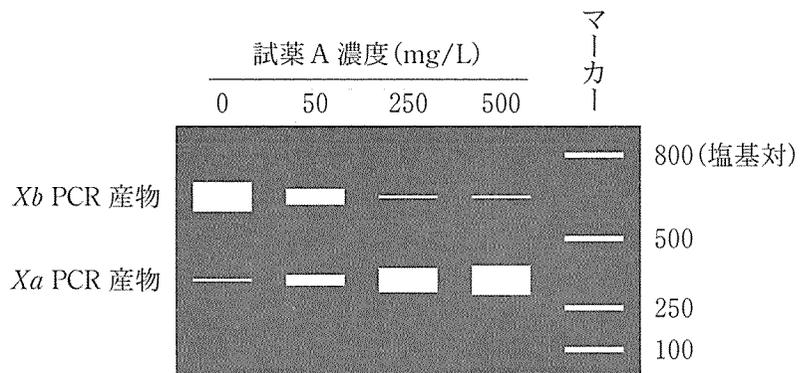


図4

〔Ⅲ〕 *Xb* mRNA の開始コドンと終止コドンではさまれる塩基配列領域を増幅する2つのプライマー(図5の矢印)で得られたPCR産物を利用すると、マウスの*Xb*タンパク質を大腸菌に作らせることができる。しかし、この実験には、上皮細胞のmRNAから作製したcDNAをPCRの鋳型とする必要があり、マウスのゲノムDNAは鋳型として適さない。

問(7) 下線部(b)の開始コドンが指定するアミノ酸を記せ。

問(8) マウスのゲノムDNAは鋳型として適さない理由を75字以内で記せ。

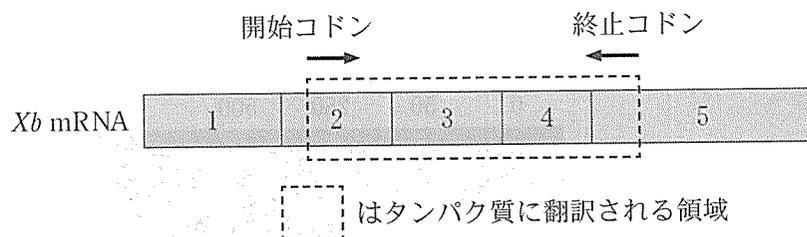


図5

——このページは白紙——

3 次の〔I〕～〔III〕の文章を読み、以下の問(1)～(9)に答えよ。なお、問(1)～(7)は、計算の過程も記すこと。

〔I〕 ある種^{しゅ}のカタツムリの野生集団には、殻の色が黄色の黄色型と、殻の色が淡赤色の赤色型が存在している。太郎君と花子さんがある森を調べて、このカタツムリを捕獲した。太郎君は黄色型を 320 匹、花さんは赤色型を 280 匹捕獲したのち、それらのすべての殻に標識をして再び森に放した。3 日後、放した個体が森に十分に広がったのち、再度捕獲を行った。その結果、太郎君は 200 匹の黄色型を捕獲し、花さんは 400 匹の赤色型を捕獲した。太郎君が捕獲した黄色型のうち、40 匹の殻に標識が認められた。なお、カタツムリの森からの移出や森への移入はなく、カタツムリの死亡と出生もないものとする。また、一度つけた標識はずれず、同じ個体の殻の色は変わらないものとし、殻の色の違いや標識の有無によってつかまえやすさも変わらないものとする。

問(1) この森に生息する黄色型のカタツムリの推定される全個体数を記せ。

問(2) この森における黄色型と赤色型の全個体数の比が 1 : 1 だとすると、花さんが再捕獲した赤色型 400 匹の中には、何匹の殻に標識が認められると期待できるか、その数を記せ。

問(3) 再捕獲した黄色型のうち標識のついていない個体にも標識をして、再び森に放した。その 3 日後、黄色型 200 個体を再捕獲した場合、その中では何個体が標識をつけていると期待できるか、その数を記せ。

〔Ⅱ〕〔Ⅰ〕のカタツムリの殻の色は1対の対立遺伝子によって決まり、黄色の遺伝子(A)が、赤色の遺伝子(a)に対して優性であり、赤色型は劣性ホモの aa である。このカタツムリの黄色型と赤色型が 51 : 49 の比で存在し、かつ自由に交配している集団から、黄色型の個体だけを採集して実験室に持ち帰った。この黄色型の個体からなる集団を自由に交配させて、1世代目の集団を作り出したところ、赤色型が出現した。次にこの1世代目の集団から赤色型の個体をすべて取り除き、黄色型だけを自由に交配させて2世代目の集団を作った。その後、同様に、世代ごとに集団から赤色型の個体をすべて取り除き、黄色型だけを自由に交配させて次の世代を作っていった。

問(4) 1世代目の集団で期待される、黄色型と赤色型の個体数の比を求めよ。

問(5) 2世代目の集団で期待される、黄色型と赤色型の個体数の比を求めよ。

問(6) n 世代目の集団で期待される、赤色の遺伝子(a)の頻度を n を含む式で記せ。

問(7) このような操作を続けることにより、集団における赤色の遺伝子(a)の頻度が 0.9 から 0.09 になるのに要する世代数を求めよ。

(Ⅲ) (I)のカタツムリは、野外ではどの地域でも黄色型と赤色型が集団におよそ1:1の割合で存在している。野外集団における赤色型と黄色型の頻度には、鳥のカタツムリに対する捕食が影響していると考えられる。そこで実験室で十分な数の個体を使って、カタツムリに対する鳥の捕食実験を行った。黄色型と赤色型の比率をさまざまに変えたカタツムリ集団を用意し、それらを鳥に捕食させ、捕食されたカタツムリのなかに占める黄色型と赤色型の比率を集団ごとに求めた。実験の結果、カタツムリの集団に存在するそれぞれの型の割合を変えることによって、鳥の捕食行動が変化し、それぞれの型の捕食されやすさが変わることがわかった。図1に、集団に占める黄色型の頻度と、その集団で捕食された個体に占める黄色型の頻度との関係を示す。なお、図中の破線は横軸と縦軸の値が等しい点を結んだものである。

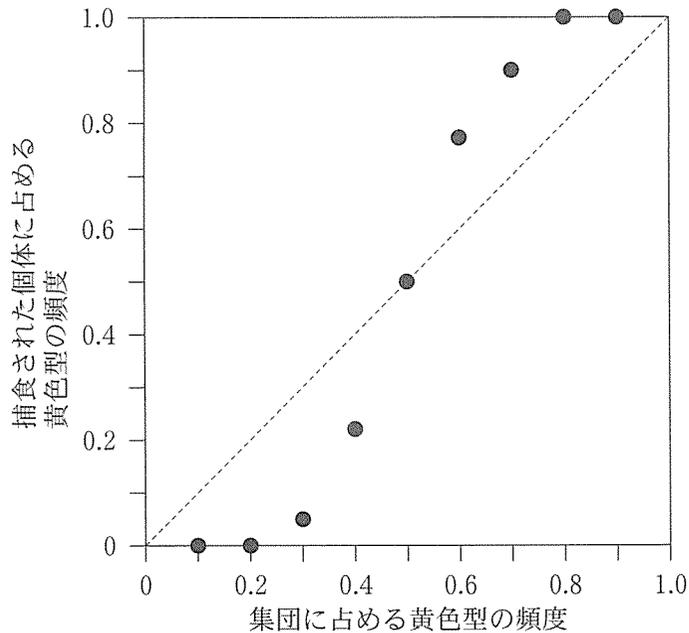


図1

問(8) 図1から判断して、どのような場合に黄色型は赤色型より鳥に捕食されやすいかを記せ。

問(9) 図1に示された、型の頻度と鳥の捕食の関係が、生息環境の違いにかかわらず野外でも成り立つと仮定したとき、なぜ野外集団に占める黄色型と赤色型の比がおよそ1 : 1になると考えることができるのか、理由を記せ。