

平成30年度入学試験問題(後期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから2科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した2科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 問題冊子は1冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 以下の文章を読み、設問に答えよ。

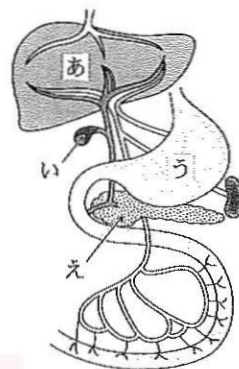
地球上の生物の多様性には、(ア)多様性、(イ)の多様性、(ウ)の多様性の3つがある。自然界ではそれぞれの環境で様々な種類の生物が互いに関係しながら生活しており、一方でそれらの生物は自然現象や人間活動から大きな影響を受けている。このことは、ヒトの腸内細菌の生育環境と多様性にもあてはまる。1 ヒトが摂取した栄養を利用して生育する腸内細菌は多くの(イ)からなり、ヒト体内で(ウ)を形成している。2 十二指腸付近では、酸素があってもなくても生育できる乳酸桿菌などの嫌気性菌(通性嫌気性菌)が見いだされ、一方、大腸では、酸素があると生育できないピフィズス菌などの嫌気性菌(偏性嫌気性菌)が多い。大腸菌は通常グルコースを分解してエネルギー源とするが、グルコースがなくラクトースが存在する場合には3 ラクトース利用に関わる遺伝子の転写調節系が機能するようになる。

問1 (ア)~(ウ)の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 下線部1のように、自身で無機物から有機物を合成することができず、他の生物から有機物を得て生育する生物を一般に何というか。また、これにあたる生物のうち、植物と共生する生物を以下のカッコ内からすべて選べ。

(アゾトバクター、クロストリジウム、肺炎双球菌、ネンジュモ、大腸菌、カンジダ菌、根粒菌)

問3 右図の[あ]~[え]の器官名を記せ。また赤血球成分の分解に関わる[あ]のはたらきを、その成分の変化がわかるように簡潔に述べよ。



問4 下線部2の内容から腸内環境について考えられることをその理由とともに簡潔に述べよ。

問5 下線部3の名称を記せ。また、この調節系がはたらいて作られる酵素の名称を1つあげよ。

問6 一人のヒト腸内に30兆個の大腸菌が存在する場合、大腸菌1個あたりの重さを 7×10^{-16} kg であるとする、総重量は何gか。またこのとき、大腸菌の細胞数が成人における腸内細菌全体の細胞数の14%を占める場合、腸内細菌全体では何gに相当するか(有効数字2桁)。なお、細菌1個あたりの重さはどの腸内細菌も大腸菌と同じであると仮定する。

II 以下の文章を読み、設問に答えよ。

真核生物の1 ゲノムには多数の遺伝子が存在しており、たとえば、2 センチュウの一種 *Caenorhabditis elegans* では約23,000、ヒトでは約22,000の遺伝子が存在することが知られている。真核生物における遺伝子発現の過程は、転写、3 スプライシング、翻訳に分けられる。多数の個人のゲノムを比較すると、ゲノム上の様々な位置に一塩基多型が存在することがわかる。このような一塩基多型のうち、特定の遺伝子上に存在するものは、異なる個人間での形質の違いの原因である可能性がある。4 アルデヒド脱水素酵素(ALDH2)は4つの同一のポリペプチド鎖からなるタンパク質で、ALDH2遺伝子はそのポリペプチド鎖のアミノ酸配列を指定している。ALDH2の504番目のアミノ酸を指定するコドンに存在する一塩基多型は、飲酒により体内に取り込まれたエタノールから生成されるアセトアルデヒドを代謝する能力(ALDH2活性)を決定する。5 この位置の塩基がGの対立遺伝子(G型)をホモ接合で持つ人(GG)はALDH2活性が高く、アセトアルデヒドはすぐに代謝されるため、少量の飲酒では顔色は変化しない。一方、この位置の塩基がAの対立遺伝子(A型)とG型のヘテロ接合(GA)およびA型のホモ接合(AA)の人はALDH2の活性が低いため、アセトアルデヒドが十分に代謝されず血中濃度が増加し、少量の飲酒で顔が赤くなる。なお、ALDH2遺伝子は常染色体上に存在する。

問1 下線部1の説明として適切なものをア~エから選び、記号で答えよ。

- ア. RNAに転写される細胞内DNA塩基配列のすべて
- イ. 配偶子に含まれるDNA遺伝情報のすべて
- ウ. 生物が生存するために必要な遺伝子のすべて
- エ. ある細胞で発現しているタンパク質のすべて

問2 下線部2について、このセンチュウのゲノムの大きさは約1億塩基対、ヒトゲノムの大きさは約30億塩基対であることが知られている。遺伝子のうち、タンパク質を指定する領域の平均の大きさをどちらの種でも1,000塩基対と仮定すると、タンパク質を指定する領域のゲノムに占める割合はセンチュウ、ヒトでそれぞれ何%になるか(有効数字2桁)。

問3 下線部3について、(a)スプライシングの際に切除されるRNAの部分に対応するDNAの領域を何というか。(b)選択的スプライシングとはどのような現象か、簡潔に説明せよ。

問4 下線部4について、ALDH2を構成する個々のポリペプチドの立体構造はALDH2の(ア)構造、4つのポリペプチドが組み合わされてできる立体構造はALDH2の(イ)構造と呼ばれる。(ア)、(イ)に適切な語句を入れよ。

問5 下線部5について、(a)G型とA型の対立遺伝子のうち、どちらが優性か。(b)少量の飲酒をしても顔が赤くならない父と、赤くなる母との間に生まれたX氏は、少量の飲酒で顔が赤くなる。X氏の遺伝子型を答えよ。(c)X氏は、少量の飲酒では顔が赤くならない女性と結婚して、夫婦の間には息子がいる。この息子が少量の飲酒で顔が赤くなる体質である確率は何%か。

III 以下の文章を読み、設問に答えよ。

同じ量の土を入れた同じ大きさの植木鉢4つにダイコンの種子をそれぞれ1, 4, 16, 32粒ずつ、かたよりのないようまいた。これら4種類の鉢を4セット作り、すべての植物を同一の適切な条件で育てた。種子をまいてから7, 14, 28, 42日目に、1セットずつ各鉢に育った全ての植物体を取り出し、乾燥重量を測定した(図1)。なお、この実験では、すべての種子が発芽した。

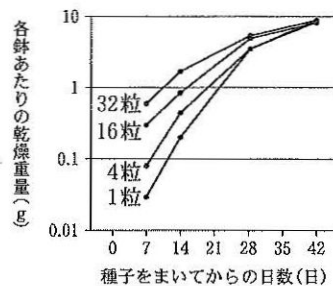


図1

問1 図1をもとに、各鉢あたりの乾燥重量を比較したとき、①14日目、②42日目の場合、次のア～ウのうち、どれが当てはまるか、ア～ウの記号で答えよ。

- ア. 個体群密度が高い方が大きい
- イ. 個体群密度が高くても低くても変わらない
- ウ. 個体群密度が高い方が小さい

問2 (A)図1から、42日目では、個体群密度が高くなるにつれて、一個体の乾燥重量はどうなると思われるか。(B)個体群密度の違いが、個体の生理や成長に変化を与えることを何と呼ぶか。(C)42日目のような結果になる法則の名称を答えよ。

問3 次の①～④は、自然界における種子やそれらから成長した植物の分布に関する文章である。それぞれ、一様分布、集中分布、ランダム分布のうち、いずれにあたるか最も適切なものを答えよ。

- ① 植物の発芽や成長に適した土壌が局所的に分布している。
- ② 他個体の成長を妨げる物質をそれぞれの個体が分泌している。
- ③ 風によって種子が散布され、発芽、成長している。
- ④ 光が一部分にあたる土地で発芽、成長している。

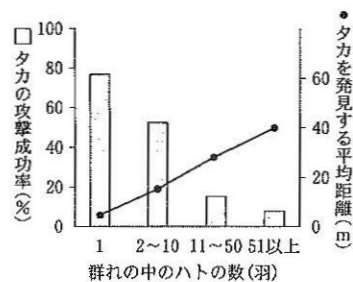


図2

Kenward 1978より改変

動物の群れについて調べるために、ハトの群れとタカを調べた。

問4 図2は、ハトの群れの大きさと、タカの攻撃成功率およびハトがタカを発見する平均距離との関係、表は、ハトの群れ(3羽)がタカを発見する距離と、タカの攻撃成功率との関係を示している。(A)群れを作って行動する動物の分布は、問3の3つの分布のうち、いずれに当てはまるか。(B)図2と表から、タカが攻撃成功率を上げるためにはどうすればよいか、2つあげよ。(C)ハトは、群れになるとどのような理由で有利か、簡潔に説明せよ。

表 Kenward 1978より改変

タカを発見する距離	~20 m	21~40 m	41~60 m
タカの攻撃成功率	50%	7.5%	0%

IV 以下の文章を読み、設問に答えよ。

リソソーム内の分解酵素は、タンパク質の合成の場である(ア)で作られ、細胞小器官である(イ)に送り込まれた後、別の細胞小器官である(ウ)を経由してリソソーム内に運ばれる。リソソームは食作用に関わっており、(エ)によって細胞外の物質が取りこまれてきた小胞と融合してその物質の分解を行う。一方、消化酵素のように細胞外に分泌される分解酵素は(ウ)を経由して小胞に包まれた後、(オ)によって小胞から細胞外に分泌される。

問1 (ア)～(オ)の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 樹状細胞は食作用を行う。樹状細胞にはどのようなはたらきがあるか。

問3 細胞質基質は弱アルカリ性に保たれているのに対し、リソソーム内は酸性に保たれている。そのことから予想されるリソソーム内の分解酵素の性質を答えよ。また、リソソーム内の酸性は、水素イオン(H⁺)を輸送する膜タンパク質(H⁺ポンプ)によって維持されている。そのH⁺ポンプのはたらきを推定して述べよ。

問4 酵母は動物細胞のリソソームに相当する細胞小器官として液胞を持つ。酵母は飢餓条件下では、自分自身の細胞小器官などを分解する(自食作用)。自食作用ではまず、二枚の生体膜が細胞小器官を包み、自食胞が形成される。その後、自食胞が液胞と融合して膜で包まれた球状の果粒が生じ、やがてその果粒が分解される。液胞内にはタンパク質分解酵素が存在し、それを指定する遺伝子を野生株は持っている。この遺伝子に変異が生じた突然変異体(変異体A)では飢餓条件下で果粒が蓄積してくる様子が光学顕微鏡で観察された。

- (1) ミトコンドリアを完全に包みこんだ自食胞の模式的二次元断面図を描け。ただしミトコンドリアは正常な構造を保っているとする。
- (2) 変異体Aの液胞内に果粒の蓄積が観察された理由を推定して述べよ。
- (3) 変異体Aにさらに突然変異を起こさせる処理を行って、飢餓条件下で液胞に果粒が蓄積しない二重突然変異体(変異体B)を得た。変異体Bでは自食作用において液胞内に果粒が生じるまでのどのような過程が進まなくなっていると推定できるか、考えられる可能性を2つあげよ。ただし、変異体Bでは変異体Aにおける遺伝子の変異に加えて、それ以外の遺伝子にも変異が生じている。