

平成24年度入学試験問題

# 生 物

## 注 意 事 項

- 1 この問題冊子は試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
- 2 解答用紙は問題冊子とは別になっているので、解答はすべて解答用紙の指定されたところに記入してください。
- 3 受験番号を解答用紙の指定されたところへ必ず記入し、決して氏名を書いてはいけません。
- 4 下書きには問題冊子の中の余白を使用してください。
- 5 この問題冊子は持ち帰ってください。

## 平成 24 年度繊維学部個別学力検査 前期日程理科（生物）出題意図

1.

DNA の半保存的複製についての理解を問うとともに、検証実験の結果を読み解く能力を問うことを目的とした。

2.

神経系を中心とした幅広い範囲の基礎知識を問う。細胞膜の性質とそこに存在するタンパク質の役割を理解しているか、また好気呼吸に関する基礎についての学習度をはかる。

3.

基礎的な知識を問うと共に、単に生物が暗記科目であるという安易な発想から脱却して、数値を論理的に理解しグラフ化する能力、及び与えられた情報を総合して、求められた数値を算出する能力を問う設問で、総合力の確認を重視した。

4.

脊椎動物の消化、吸収、排出に関連する基礎知識を問うとともに、これまでに学んだことを基礎にして、課題を理解し論理的に考え、的確に文章で表現できるかを確認した。

1 次の文章を読み、下の問 1～5 に答えよ。(配点 50 点)

1953 年、(ア)と(イ)により DNA が(ウ)構造をとることが提案された。この提案の根拠となったのは、DNA 中の塩基であるアデニンと(エ)の比率、グアニンと(オ)の比率がいつも 1 対 1 であるという実験結果と、X 線を使った構造解析の実験結果である。

この DNA の複製のしくみについて、方式 A, B, C という三つの可能性が考えられた。方式 A, B, C は、それぞれ次のようである。

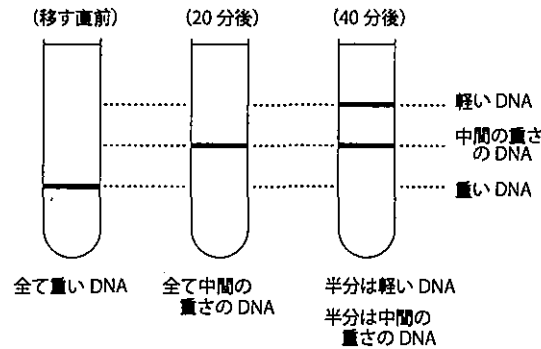
【方式 A】 もとの DNA の(ウ)構造を手本にして、新しい DNA の(ウ)構造を複製する保存的複製。

【方式 B】 もとの DNA をヌクレオチド鎖の断片に分解し、新しく 2 組の DNA の(ウ)構造を複製する分散的複製。

【方式 C】 \_\_\_\_\_ (カ) \_\_\_\_\_。

これら三つの可能性のどれが正しいかを明らかにするため、1958 年、メセルソンとスタールは次のような実験を行った。

重窒素 ( $^{15}\text{N}$ ) を含む塩化アンモニウム ( $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ ) の存在下で大腸菌を培養し、細胞内 DNA を  $^{15}\text{N}$  に置き換えた。その後、 $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$  を含む培地に移して培養し、移す直前、移してから 20 分後 (1 回複製が完了)、40 分後 (2 回複製が完了) のそれぞれの時点で、大腸菌から DNA を精製し、遠心分離により解析したところ、下の図に示すような結果が得られた。 $^{15}\text{N}$ -DNA は重いので、遠心分離をすると  $^{14}\text{N}$ -DNA よりも遠心管の下方にバンドをつくる。この結果から、DNA の複製のしくみは、方式 A と B ではなく、方式 C であることが証明された。



遠心分離後の DNA バンドのパターン

- 問 1 空欄(ア)～(オ)に当てはまる適切な用語を答えよ。ただし、(ア)と(イ)には人名を入れよ。
- 問 2 空欄(カ)に記載する説明文、すなわち「方式 C による DNA 複製のしくみ」の説明文を作成せよ。方式 C は、メセルソンとスタールの実験から証明された DNA 複製のしくみである。
- 問 3 1 回複製が完了した時点(20 分後)の実験結果で、方式 A と B のどちらが除外できるかを記せ。その除外した方式の場合には、20 分後にどのような DNA バンドになるかを推測して図示せよ。
- 問 4 1 回複製が完了した時点(20 分後)の実験結果で、方式 A と B のうち、その可能性を否定できなかった方式の場合には、2 回複製が完了した時点(40 分後)にどのような DNA バンドになるかを推測して図示せよ。
- 問 5 方式 C の場合には、3 回複製が完了した時点(60 分後)にどのような DNA バンドになるかを推測して図示せよ。複数の DNA バンドが推測される場合には、それらのバンドに含まれる DNA 量の比率も答えよ。

2 次の文章を読み、下の問 1～6 に答えよ。(配点 50 点)

人類の脳には大脳・(ア)・中脳・小脳・延髄が存在し、これに(イ)を加えたものを中枢神経系と呼ぶ。また脳には多くの神経細胞(ニューロン)が存在する。神経細胞は長く伸びた突起を持つ細胞である。神経細胞の核が存在する膨らんだ部分を(ウ)、長く伸びた突起を(エ)、枝分かれした短い突起を(オ)という。これらの神経細胞は興奮していない状態では(カ)の働きにより、 $\text{Na}^+$ は細胞外に運び出され、 $\text{K}^+$ は細胞内に取り込まれている。このとき一部の(キ)が開いており、わずかに $\text{K}^+$ が細胞外に出ていっている。a そのため相対的に細胞外に対して細胞内は電氣的に負である、(ク)となっている。このような状態の神経細胞に対し実験的に電気刺激を加えると、一時的に正の電位を示したのち、すぐにもとの(ク)に戻る。こうした一時的な電位変化を(ケ)という。また神経細胞に(ケ)を生じることを興奮という。神経細胞の興奮は b 全か無かの法則に従う。

さて、他のほ乳類と比較しても人類の脳は、体の大きさに対する比が大きい。この大きな脳は人類に高い知性を与える一方、莫大な(コ)と酸素を消費する器官でもある。実際、我々が酸欠状態になった場合、脳は一番に障害を受ける器官の一つである。では、なぜそうなのだろうか。脳には血液-脳関門が存在し、神経細胞への物質の輸送を制限している。そのため神経細胞は実質的にエネルギーのほとんどを(コ)に依存する。さらに、c 嫌氣的に生産される ATP のエネルギーだけでもなんとか機能できる筋肉などと異なり、脳のエネルギーの要求量は極めて高い。体内で生産される ATP の多くが細胞内外の $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ の濃度差をつけるために利用されること、脳の機能がこのイオン濃度差を利用した神経情報伝達によることなどを考えれば、脳が大量のエネルギーとその生産に伴う酸素を必要とすることが理解できる。すなわち脳の神経細胞では d 好氣的な ATP 生産が必須である。

問 1 空欄(ア)～(コ)に当てはまる語句を答えよ。ただし、(コ)は好気呼吸にも利用される糖の名前である。

問 2 下線部 a は細胞膜(原形質膜)が完全な半透膜ではなく、特定の物質を選んで透過させる性質を有しているからである。そのような透過性を何というか答えよ。

問 3 (カ)と(キ)は共に細胞内または細胞外への特定のイオンの出入りを調節する輸送タンパク質であるが、それらの輸送機構は異なる。両者の機構について説明するとともに、それぞれのタンパク質が行う輸送を何輸送というか答えよ。

問 4 下線部 b について 75 文字程度で説明せよ。

問 5 下線部 c について、無気呼吸下で(酸素を用いずに)行われる糖を分解して ATP を得る反応過程のことを何と呼ぶか答えよ。なお、嫌気呼吸以外の言葉で答えよ。

問 6 下線部 d に、脳では好気呼吸が必須であることが書かれている。

- (1) 好気呼吸の3つの段階について、それぞれの名前と細胞内のどこで行われるかを答えよ。
- (2) 好気呼吸により、1分子の(コ)が完全に分解されるとき化学反応式の全体式を書け。

3 植物の光合成に関する下の問1～5に答えよ。(配点50点)

植物Aと植物Bの光合成の特性を、温度25°C、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度0.038%の条件下で調査したところ、次の表に示す各数値が得られた。

	補償点 (klx)	光飽和点 (klx)	光飽和点におけるCO <sub>2</sub> 吸収速度 (mgCO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> /hr)	CO <sub>2</sub> 放出速度 (mgCO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> /hr)
植物A	3.0	20.0	35.0	12.5
植物B	0.5	5.0	8.0	2.5

注) CO<sub>2</sub>吸収・放出速度を示すmgCO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hrは、単位葉面積1時間あたりの吸収・放出量を意味し、dm(デシメートル)は10cmに相当する。klx(キロルクス)は光の強さを示す。

問1 縦軸にCO<sub>2</sub>吸収・放出速度、横軸に光の強さをとった両植物の光—光合成曲線を図示せよ。解答欄の方眼紙を用いて、両植物の曲線を同一グラフ内に書け。その際それぞれの曲線が植物AとBどちらなのかを記入せよ。

問2 AとBのような植物を、それぞれ一般に何と呼ぶか答えよ。

問3 葉面積150cm<sup>2</sup>の各植物の葉を1枚ずつ切り離して、温度とCO<sub>2</sub>濃度の条件を表の実験通り維持したままで、昼の長さ(明期)12時間、夜の長さ(暗期)12時間で1日培養した。植物AとB由来の葉が1日に蓄積する同化産物の量は、CO<sub>2</sub>換算でそれぞれ何mgになるか算出せよ。

ただし、昼間、葉の表面に当たる光の強さは、常に光飽和点より大きく、かつ葉に垂直に照射され、葉を切り離したことによる光合成、呼吸への影響はないものと仮定する。

問4 次の文章の空欄(ア)～(ク)に当てはまる語句を答えよ。

緑色植物の(ア)で行われる光合成は、(イ)を化学エネルギーに変換する過程である。光合成において、CO<sub>2</sub>は葉緑体中の(ウ)で固定され、最終的に糖が合成される。このCO<sub>2</sub>固定化反応過程は、(エ)と呼ばれる。多くの植物では、(エ)は、(オ)と呼ばれる細胞の葉緑体で行われ、CO<sub>2</sub>固定化に際して、炭素数が3個のホスホグリセリン酸が最初に合成される。このような植物を(カ)と呼ぶ。一方、サトウキビやトウモロコシのような植物においては、(オ)でCO<sub>2</sub>が固定される第一段階で、炭素数が4個のオキサロ酢酸が合成される。このような植物を(キ)と呼ぶ。(キ)では、オキサロ酢酸がさらにリンゴ酸などになり、(オ)から(ク)へ移送される。そこで移送された化合物が分解され、CO<sub>2</sub>を生じるために、(ク)のCO<sub>2</sub>濃度が高く保たれる。こうして濃縮されたCO<sub>2</sub>が、(エ)に入り糖が合成されるのである。

問5 強光・高温環境下において、より効率良く光合成を行えるのは問4の文章中の下線で示した植物のうちどちらの植物かを答えよ。また、その理由を、両植物を対比しながら「限定要因」という語を必ず一度は使って簡潔に説明せよ。

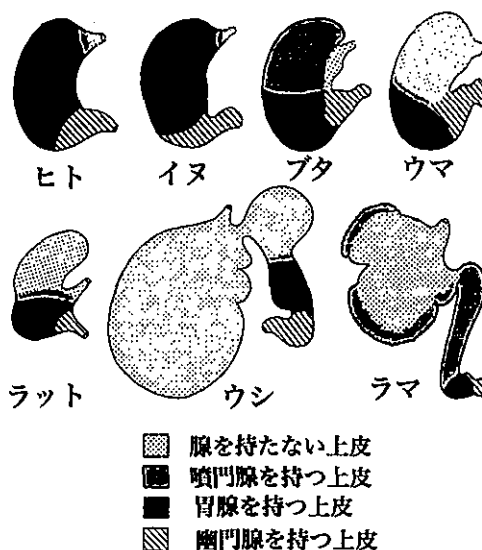
4 次の文章を読み、下の問1～4に答えよ。(配点50点)

動物の栄養となる糖質、脂質、ビタミン、ミネラル(無機質)、水、食物繊維などを栄養素と呼び、動物はこの栄養素をもっぱら食物から得ている。動物による食物の消化は、物理的な過程と化学的な過程を併せ持っており、摂食した食物は細かく砕かれ、消化酵素と混ぜられて消化管の筋肉による運動によって消化管内を移動しながら消化され吸収される。消化管とこれに付属する器官は、食物の移動を円滑にするための粘液や、消化するための酵素、酵素の至適pHを作り出すための液体などを分泌し、消化作用を進める。消化管は物質が動物の体内に入るための通り道でもあるので、有益な物質を体内に取り込むための「フェイルセーフ (fail-safe)」な機構を持っている。これはいくつかの方法で実現されているが、食物を選ぶこと(嗜好性)や刺激のある物を吐き出すこと(嘔吐)、食物の通過速度を速めること(下痢も含まれる)、食物が透過性の高い小腸に到達するまでに分解されてしまうことなどで実現されている。最も有効だと思われる方法は、消化管上皮細胞の細胞膜が持つ性質を利用したもので、消化管の入り口付近にある上皮細胞はほとんどの物質を通過させない。吸収が主な役割である小腸でも、入り口近くの上皮細胞では、水に溶ける物質が受動拡散で小腸の管内から上皮細胞内に移動することはほとんどない。栄養素になるミネラル、ビタミン、単糖類、アミノ酸などもほとんど通過できない。これらの栄養素は、より進んだ部位にある小腸上皮細胞に備わっている特定の物質を選んで取り込む機構を使って上皮細胞内に取り込まれる。

消化と吸収の過程の多くの部分は、動物の種を通じて共通だが、「食物」や「環境」への適応により、あるいはその動物の持つ独特な生理学的特徴などを反映して、種によっては異なる特徴を持つ部分もある。消化管で食物に接する部分は、粘膜上皮と呼ばれる組織だが、この粘膜上皮は消化管の部位ごとに特徴を持つと同時に種による特徴も併せ持つことがある。ほ乳類の胃の粘膜上皮でその一例を示すと(右の図)、ヒトやイヌでは、食道とつながる噴門部に続いて胃腺の存在領域があり、次に幽門部となり十二指腸につながるが、腺を持たない上皮細胞に覆われた領域がある胃を持つ動物も多数存在する。ヒトやイヌでは噴門腺の領域は狭いがブタでは広くな

る。胃腺は主に(ア)と胃酸を分泌するが、噴門腺と幽門腺は粘液などを分泌している。胃の粘膜上皮で腺を持たない部分は、昆虫食の動物では昆虫から、植物食の動物では植物からそれぞれの胃を守る働きをしているのではないかと考えられている。

食物には消化できないリグニンや炭酸カルシウムなども含まれており、これらは動物にとってエネルギー源とはならないので体外に排出される。食物に含まれる糖質、脂質およびタンパク質などは、動物の消化酵



胃粘膜上皮の多様性を示す図。種により噴門腺、胃腺、幽門腺の存在領域の比率や位置が異なる。ブタとラマは噴門腺の領域が比較的広く、ブタ、ウマ、ラット、ラマ、ウシの胃では、腺を持たない上皮の領域が多くなる。胃の大きさは実寸に比例していない。ウシの胃はヒトの胃の70倍くらいの大きさになる (Stevens, 1973 を改変して用いた)。

素によって分解され吸収される。動物の消化酵素が分解できない物質であっても、腸内に共生する微生物が持つ酵素により分解可能なセルロースなどは消化されて吸収される。体内に吸収したものの全てが栄養になる訳ではないので、a 体には必要でない物質を体外に排出するための器官が備わっている。我々が糖質や脂質を摂食し、それらが代謝された時に不要になるのは二酸化炭素と水であるが、タンパク質を食べた際には水と二酸化炭素に加えて窒素化合物も不要になる。タンパク質は、消化器官でアミノ酸に分解されるが、余分なアミノ酸からはアミノ基が取り除かれる。取り除かれたアミノ基には水素が付加されてアンモニア (NH<sub>3</sub>) となる。アンモニアは薄くても有毒であるが、一部の動物はアンモニアの形で窒素化合物を排出する。アンモニアはアミノ酸の代謝・分解の最初にでき、生成に必要なエネルギーが少なく済むという特徴をもつ。生成に必要なエネルギーが少なく済むことが、窒素化合物をアンモニアの形で排出する際の利点になるが、代わりに排出に必要な水の量が多くなる。

両生類の成体やほ乳類は不要になった窒素化合物を尿素 (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) の形で排出する。これらの動物では、アンモニアから生化学的に尿素を合成する。尿素はアンモニアに比べて毒性が極めて低いので、細胞や器官に害を与えないで高濃度で蓄え排出することができる。ほ乳類では尿素の大部分は肝臓で合成されるが、肝臓では血液中から不要なアミノ酸を取り出し、アミノ酸からアミノ基を取り除いて、尿素分子に組み入れる。は虫類、鳥類それに昆虫類では窒素化合物を尿酸 (C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>N<sub>4</sub>O<sub>3</sub>) の形で排出できる。これらの動物で尿酸は15段階の反応を経て合成されるので、窒素化合物を尿酸で排出するためにはよりたくさんのエネルギーを必要とする。尿酸は水に溶けにくく、高濃度になると容易に固形になるので、腎臓は尿素が液状の時しか処理できない。は虫類や鳥類の腎臓では、尿酸は低濃度の状態で腎臓を通過し、総排出腔に送られる。総排出腔では水分が吸収され、尿酸の結晶が析出し、糞と混ぜられて排泄される。

大部分のほ乳類は尿酸を直接体外に排出できないが、アデニンやグアニンを分解する時に尿酸が作られる。ヒトでは多量に尿酸を生成し、関節に溜まり痛みを来すことがあり、痛風という名前の病気として知られている。体内で不要な二酸化炭素は呼吸上皮から体外に排出され、窒素化合物を体外に排出するためには、腎臓が利用される。腎臓は体液の浸透圧を調節する働きも同時に果たしている。動物が体内で不要になった窒素化合物をどのように排出するかを調べると次の表のようになる。(脊椎動物の消化器官の比較生理学, スチーブンス著, ケンブリッジ大学出版局の記述を一部改変して引用)

化合物名	化学式	1 モルを排出する際に必要な水の量	性質	動物群
アンモニア	NH <sub>3</sub>	7000 ml	有毒	水生軟体動物, 硬骨魚類
尿素	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	1400 ml	少量なら無毒	軟骨魚類, 両生類, ほ乳類
尿酸	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	70 ml	無毒	は虫類, 鳥類, 昆虫類

- 問 1 空欄 (ア) に適切な語を入れ、その働きを 20 字以内で説明せよ。
- 問 2 下線部 a は、脊椎動物では何と呼ばれているか。
- 問 3 腎臓にも血中の有害な物質を除く機構が備わっている。この機構を 4 行程度で説明せよ。
- 問 4 動物は不要な窒素化合物を、アンモニア、尿素あるいは尿酸の形で排出するが、窒素化合物の排出形態の違いはどのような要因により決まったと考えるか。4 行程度で答えよ。