

生 物

1. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。(解答番号 ~)

肺炎双球菌には病原性のS型と非病原性のR型がある。生きたS型菌をマウスに注射するとマウスは発病して死ぬが、生きたR型菌あるいは加熱して殺菌したS型菌を注射してもマウスは発病せず死なない。1928年、加熱して殺菌したS型菌と生きたR型菌を混ぜてマウスに注射すると、血液中に生きたS型菌が見られるようになり、発病して死ぬことが発見された。1944年、アメリカの(ア)らは、病原性のS型菌からR型菌をS型菌に変える物質を含む抽出物を得、この抽出物中のタンパク質などを分解してR型菌に混ぜてから培養するとS型菌が出現してくるが、DNAを分解してからR型菌と混ぜて培養してもS型菌は出現しないことを発見した。すなわち、S型菌に含まれるある成分がR型菌に取り込まれ、R型菌がS型菌の性質を示すように変わったことを示した。このような現象を(イ)とよぶ。

問1. 空欄アにあてはまる人名を、以下から選べ。

- a アベリー (エブリー/エヴリー/エイブリー/エイヴリー) b グリフィス
c シャルガフ d ワトソン e ハーシー

問2. 空欄イにあてはまる用語を、以下から選べ。

- a 形質移動 b 形質挿入 c 形質転換 d 形質発現 e 形質変換

問3. S型菌を、菌の成分の有機物に含まれる元素の放射性同位体を含む培養液で長期間培養すると、その成分に放射性同位元素が多量に含まれるようになる。これをすりつぶして得た抽出液をR型菌に混ぜて培養し、文章中の(イ)を引き起こす成分分子がR型菌に取り込まれた後、遠心分離で抽出液を含む培養液から菌だけを取り出し、放射性同位元素を含まない培養液で何度も洗ってから、菌に放射能が検出されるか調べるものとする。以下のどの培養液でS型菌を培養した場合に、遠心分離で集め洗った菌に放射能が検出されないか。以下から最も適切と考えられるものを選べ。なお、(イ)を引き起こす成分分子のみがR型菌に取り込まれるとして考えよ。

- a 炭素の放射性同位体を含む培養液
b 酸素の放射性同位体を含む培養液
c リンの放射性同位体を含む培養液
d 窒素の放射性同位体を含む培養液
e a～dの中には適当なものはない

II. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。(解答番号 ~)

ある動物の体細胞の核のDNAを抽出し、これを構成する塩基の組成を調べた。すると、これを構成する塩基のうち、アデニンの全塩基の数に対する割合は22%であり、グアニンの全塩基の数に対する割合は(ア)%であった。また、チミンとシトシンを合わせた数の全塩基の数に対する割合は(イ)%であった。

問1. 空欄アにあてはまる数を、以下から選べ。

- a 22 b 26 c 28 d 44 e 56

問2. 空欄イにあてはまる数を、以下から選べ。

- a 44 b 50 c 56 d 72 e 78

問3. この動物の肝臓から伝令RNAを抽出し、これを構成する塩基の組成を調べた。伝令RNAの全塩基の数に対するウラシルの割合は何%と思われるか。以下から最も適当なものを選べ。

- a 22 b 26 c 28 d 44
e アデニンの割合が22%というこの設問で与えられた値だけでは確定できない

III. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。(解答番号 ~)

ある細菌を窒素の同位体 ^{15}N を含む培地で長期間培養すると、DNA分子中の窒素がすべて ^{15}N からなる細菌(P)を得ることができる。この細菌を ^{14}N だけを含む培地に移して、1回分裂させたものをF1とし、その後さらに2回分裂させた(計3回)ものをF3とする。これらの細菌からそれぞれDNAを抽出し、塩化セシウムの密度勾配遠心分離にかけると、DNA分子に含まれる ^{15}N や ^{14}N の量に応じた、いくつかの層に分離することができる。なお、下の各問に答える際には、新たなヌクレオチド鎖の合成のための窒素源としては、その細菌が培養される培地中のものだけが使われるとして考えよ。

問1. F1、F3から抽出したDNAは、それぞれ何層に分離したと思われるか。以下から最も適当な組み合わせを選べ。

- a F1: 1層 F3: 1層
- b F1: 1層 F3: 2層
- c F1: 1層 F3: 3層
- d F1: 2層 F3: 1層
- e F1: 2層 F3: 2層

問2. 同量のPとF3を混ぜたものからDNAを抽出し、密度勾配遠心分離にかけた。何層に分離すると思われるか。以下から最も適当なものを選べ。

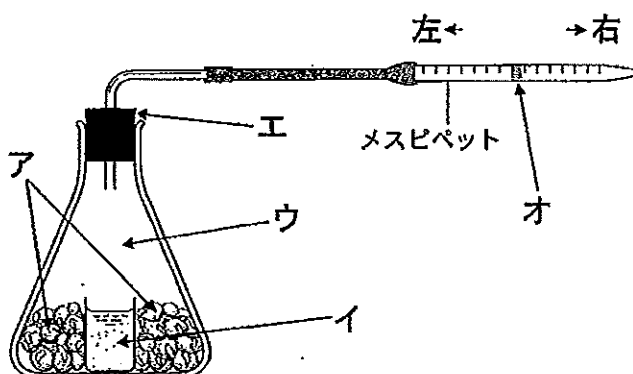
- a 1層 b 2層 c 3層 d 4層 e 8層

問3. DNAの2本鎖は、適切な処理をすることで解離させ、1本鎖にすることができる。同量のPとF3を混ぜたものから抽出したDNAを1本鎖に解離し、1本鎖DNAのまま(再結合して2本鎖に戻らないような条件で)密度勾配遠心分離にかけた。何層に分離すると思われるか。以下から最も適当なものを選べ。ただし、Pから抽出したDNAを1本鎖に解離し、1本鎖DNAのまま(再結合して2本鎖に戻らないような条件で)密度勾配遠心分離にかけると、1層になるものとする。

- a 1層 b 2層 c 3層 d 4層 e 8層

IV. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。(解答番号 10 ~ 14)

図のような装置を用いて実験を行った。装置の(ア)には水に浸して発芽を開始させた種子(発芽種子)などを入れ、(イ)には水その他の液体を入れる。(ウ)は空気その他の気体で満たしておき、(ウ)内の気体の容積が変化すると、(ウ)につながるメスピペットの途中に入っている着色水(オ)が左右に移動し、(ウ)内の気体の増減がわかるようになっている。なお、(ア)の生物材料等および(イ)や(オ)の液体の体積変化や蒸発は起こらず、実験中に(ウ)の気体内の成分が枯渇し消失してしまうことはないと考えてよい。また、特に断らない限り室温で実験した。



問1. (ア)に発芽種子、(イ)に水を入れ、(ウ)に空気を満たして(エ)の栓をし、装置を遮光して実験を開始した。すると、メスピペット内の着色水(オ)はほとんど移動せず、概ね元の位置に留まっていた。この種子が生きて呼吸をしていたとすると、呼吸基質として何が使われたと考えられるか。以下から最も適当なものを選べ。 10

- a 炭水化物が使われた。
- b 脂肪が使われた。
- c タンパク質が使われた。
- d 炭水化物と脂肪が半々程度の割合で使われた。
- e 脂肪とタンパク質が半々程度の割合で使われた。

問2. 問1の実験の直後に同じ発芽種子と装置を用いて別の実験を行い、メスピペット内の着色水が移動するかどうか確かめることで、発芽種子が生きていることを確認したい。以下から最も適当なものを選べ。なお、温度の上昇による気体の膨張は考えなくて良い。 11

- a 栓を開けて(ウ)の空気を新しくした後、栓を締め、装置を37℃の温浴中に入れて、実験する。
- b 栓を開けて(ウ)の空気を新しくし、(イ)の水の代わりに二酸化炭素を吸収するKOH溶液を元の水と同じだけ入れた後、栓を締め、実験する。
- c 栓を開けて(ウ)の空気の代わりに二酸化炭素を満した後、栓を締め、実験する。
- d 栓を開けて(ウ)の空気の代わりに窒素を満した後、栓を締め、実験する。
- e a~dの実験では生きていることを確認できない。

問3. 別の種類の植物の発芽種子を用いて、問1と同様の実験を行った。この種子が呼吸基質として脂肪を使うとすると、メスピペット内の着色水（オ）はどのような挙動を示すと予想されるか。以下から最も適当なものを選び。

- a 右に移動する。
- b 左に移動する。
- c ほとんど移動しない。
- d 最初右にかなり移動して停止し、その後左に移動する。
- e 最初左にかなり移動して停止し、その後右に移動する。

問4. 発芽種子の代わりに（ア）に被子植物の仲間の水草（独立栄養生物）とそれの浸る水を入れ、装置を遮光せず光を十分に当て、それ以外は問1と同様の条件で実験を行うとする。この水草は植物体に含まれる炭水化物を呼吸基質として使うとすると、メスピペット内の着色水（オ）はどのような挙動を示すと予想されるか。以下から最も適当なものを選び。

- a 右に移動する。
- b 左に移動する。
- c ほとんど移動しない。
- d 最初右にかなり移動して停止し、その後左に移動する。
- e 最初左にかなり移動して停止し、その後右に移動する。

問5. 発芽種子の代わりに（ア）に酵母とグルコースの水溶液を入れ、（ウ）に空気の代わりに窒素を満し、それ以外は問1と同様の条件で実験を行うとする。メスピペット内の着色水（オ）はどのような挙動を示すと予想されるか。以下から最も適当なものを選び。

- a 右に移動する。
- b 左に移動する。
- c ほとんど移動しない。
- d 最初右にかなり移動して停止し、その後左に移動する。
- e 最初左にかなり移動して停止し、その後右に移動する。

V. ホルモンについての、下の各問に答えよ。(解答番号 16 ~ 19)

問1. ある動物の成体から1種類の内分泌腺を実験的にすべて除去し、その後の血中ホルモン量(脳下垂体のホルモンの放出ホルモン/因子および抑制ホルモン/因子を含む)の変動を調べる実験を計画した。なお、この動物の内分泌腺および分泌されるホルモンの種類や働き、ホルモン分泌の調節機構はヒトと同様である。除去後に血中量が大幅に低下すると予想されるホルモンと大幅に上昇すると予想されるホルモンの組み合わせとして、適当と思われるものを以下から2つ選べ。なお、a~dは、それぞれ別の内分泌腺を除去した場合のこととして考えよ。また、内分泌腺を失う以外には手術による影響は考えなくてよい。 15

- | | |
|------------------|-------------------------|
| a 低下: チロキシン | 上昇: 甲状腺刺激ホルモンの放出ホルモン/因子 |
| b 低下: 副腎皮質刺激ホルモン | 上昇: 成長ホルモン |
| c 低下: 糖質コルチコイド | 上昇: 副腎皮質刺激ホルモン |
| d 低下: グルカゴン | 上昇: パラトルモン |

問2. ホルモンについて記述された以下の文のうち、適当なものをすべて選べ。 16

- a 分泌されたホルモンは組織液中を拡散して移動するので、内分泌腺から離れた部位の器官には作用しにくい。
- b ホルモンの作用する細胞には、そのホルモンに対する受容体タンパク質が存在する。
- c 1つのホルモンは、必ずある1種類の器官にのみ作用し、複数の種類の器官に作用することはない。
- d 1つのホルモンが複数の種類の器官に作用する場合、どの器官に対しても全く同じ作用を示す。
- e ホルモンは神経系と共同して、生体の恒常性を保つ役割を果している。

問3. 次の文章の空欄にあてはまるホルモンを、以下のa~eから選べ。

健康なヒトの体温は約36~37℃である。間脳の視床下部には体温調節の中枢があり、体温が低下するとその情報がここで統合・処理される。その結果、17が分泌され、細胞の物質代謝を促進し、熱を多く発生させる。また、副腎髄質からの18と副腎皮質からの19も分泌され、その働きによっても発熱量が増大する。

- | | | | |
|----------|------------|---------|------------|
| a アドレナリン | b 糖質コルチコイド | c チロキシン | d 糖質コルチコイド |
| e バソプレシン | | | |

VI. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

ミミズが光と反対方向へ移動する、また、ガが光に向かって飛ぶといったような、ある刺激に対して一定の方向に移動する行動を **ア** という。上述のミミズやガの行動には神経系が関与しているが、神経系を持たない単細胞生物でもこうした行動を示すものがある。たとえば、ゾウリムシを多数含む水の入った試験管を立ててしばらくおくと、ゾウリムシは **イ** の方へ集まる。植物も刺激に対していろいろな反応を起こす。植物が刺激に対して一定の方向へ曲がる性質を **ウ** といい、成長運動において見られる。

動物の行動のうち、生まれつき備わっているものを生得的行動という。その例として、繁殖期のイトヨの雄が同種の雄を攻撃する、クモが一定の形の巣を作るといった **エ** があげられる。また、動物の中には、生後の経験により新しい行動を獲得するものがあり、こうした行動の変化を学習という。学習には、一部の鳥のヒナがふ化後最初に見た動くものの後を追いかけるようになる **オ** をはじめ、神経系の発達によりさまざまなものが見られる。

刺胞動物の神経系は中枢神経系をもたない **カ** であるが、脊椎動物の神経系は、中枢神経系が存在するので **キ** とよばれる。ほ乳類では大脳が大きく発達している。とくに、ヒトや霊長類では、系統発生上新しく生じた大脳皮質（大脳新皮質）が、大脳辺縁系とよばれる古い皮質をおおい隔すほどに発達している。通常、大脳新皮質は、感情などの大脳辺縁系の働きが表に現れにくくなるように作用している。

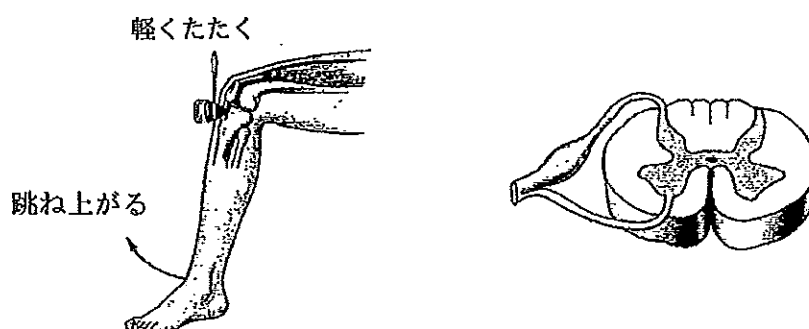
問1. 文中の空欄ア～キに入る適切な語を答えよ。

問2. 重力刺激に対する **ウ** の例を挙げよ。

問3. 酒の成分であるエタノールは、脳の各部の機能を低下させる作用がある。エタノールに対する感受性は脳の各部により少しずつ異なっていて、酒を飲むとおおよそ飲んだ量に応じていろいろな現象が生じる。以下のA～Fは、酒を飲んだときに見られるいくつかの現象である。この中から、大脳新皮質、小脳、および延髄のそれぞれの働きが低下したことによるものをすべて選び、記号で答えよ。

- A 吐く息が酒臭くなる。
- B まっすぐ歩けないなど、熟達している運動ができなくなる。
- C 判断力や思考など理性的精神活動が低下する。
- D 怒りっぽくなる、涙もろくなるなど、感情が強くなるようになる。
- E 呼吸が停止する。
- F 尿がよく出るようになる。

問4. 足をだらりとさせて腰掛けているとき、膝の下をたたくと足先が跳ね上がる。この現象にかかわっている神経細胞とその名称、および信号の伝わる方向を解答欄の図中に描き入れよ。



VII. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

図1

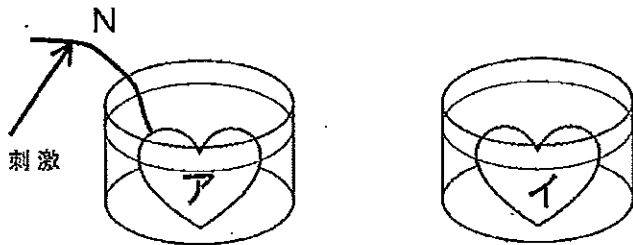
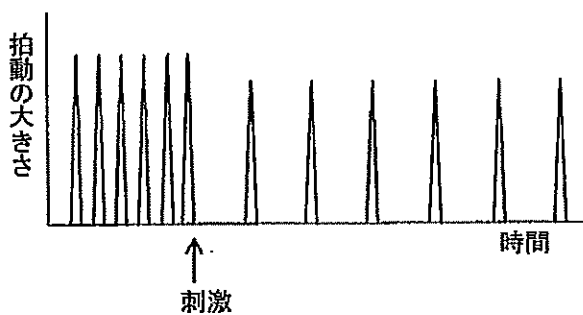


図1にあるように、生理食塩水中で安定して拍動を続ける二つのカエルの心臓アとイがある。心臓アには中枢神経に近い方を切断された自律神経Nがついているが、心臓イは自律神経をすべて除かれている。心臓アについている自律神経Nを電気刺激(矢印)したところ、その拍動は図2のようになった。

図2



自律神経Nを刺激した後、心臓アが入っているペトリ皿の生理食塩水をスポイトで少しずつ心臓イのペトリ皿に移していった。すると、心臓イも、図2に見られる心臓アの拍動と同じような拍動の仕方になっていった。

- 問1. 心臓アについている自律神経Nは、交感神経と副交感神経のどちらか。
- 問2. 自律神経Nは、中枢神経のどの部位から出て心臓に達しているか。その部位を答えよ。
- 問3. 問2の中枢神経から出た自律神経Nは、心臓以外のいくつかの臓器にも達している。自律神経Nが達している心臓以外の臓器を一つ挙げ、それに対する自律神経Nの働きを記せ。
- 問4. 以下のA～Dの文のうちから適当なものをすべて選び、記号で答えよ。
- A 心臓が拍動の変化を起こすためには、自律神経Nから心臓の細胞へ電氣的信号が直接伝わる必要がある。
 - B 心臓が拍動の変化を起こすためには、自律神経Nの代わりにするものがあればよい。
 - C 自律神経Nの刺激後、心臓Aのペトリ皿の生理食塩水中には、拍動の変化を起こす物質が含まれる。
 - D 心臓は自律神経をすべて除かれると、拍動の変化を起こすことができない。

Ⅷ. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

マロン酸はコハク酸脱水素酵素の働きを阻害することが知られている。マロン酸の構造がコハク酸と類似しており、マロン酸はコハク酸脱水素酵素の活性部位（基質結合部位）に結合する。コハク酸脱水素酵素は、マロン酸が結合しているあいだはコハク酸と結合することができない。しかし、マロン酸は、いったんコハク酸脱水素酵素に結合しても、ふたたび遊離する。このように、酵素の活性部位に結合したり離れたりする阻害物質を可逆的阻害剤とよぶことにする。これに対して、酵素の活性部位のアミノ酸の側鎖と共有結合を作るなどして、いったん酵素と結合するとそのまま酵素の働きを阻害し続ける物質がある。そういう阻害物質を不可逆的阻害剤とよぶことにする。

フィードバック阻害とは、一連の化学反応の最終産物が、その一連の化学反応の最初の段階で働く酵素を阻害することである。一般に、最初の段階の基質と最終産物は分子構造の違いが大きく、最終産物はその酵素の活性部位に結合するのではなく、別の部位に結合し、酵素の分子の立体構造を変化させる。その結果、酵素の活性部位の形が変わり、基質と結合できなくなる。このように、活性部位と異なる部位に他の物質が結合することによって活性が変化する酵素をアロステリック酵素とよぶ。

問1. 10種類のアミノ酸1つずつの合計10個からなるポリペプチドは、理論上、アミノ酸配列の異なるものが何種類あるか。種類数を計算する式をA～Iから一つ選び、記号で答えよ。ただし、このポリペプチドの10個のアミノ酸の種類はあらかじめ定まっているものとする。

- A 10×10 B 10^{10} C $10!$ D $10 \times 10 \div 2$
 E $10^{10} \div 2$ F $10! \div 2$ G $10 \times 10 \times 2$ H $10^{10} \times 2$
 I $10! \times 2$

問2. 次のA～Gから、酵素の名称であるものをすべて選び、記号で答えよ。

- A アミラーゼ B オーキシシン C グリシン D コラーゲン
 E コルヒチン F セルロース G ペプシン

問3. 図1は、酵素の濃度を一定にし、基質の濃度を変えたときの反応速度の変化を示したグラフである。この実験条件に対して、酵素の濃度を2分の1にした場合、グラフの曲線はどうか。解答欄に図1と同じグラフを示すので、その上に曲線を描き加えよ。なお、この酵素はフィードバック阻害を受けないものとする。

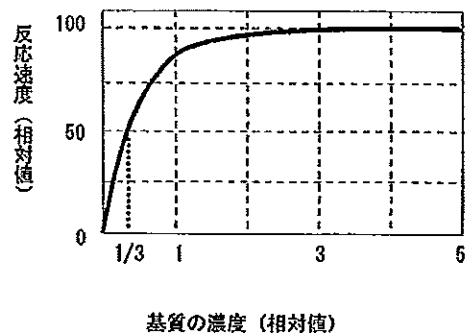


図1. 酵素濃度を一定にしたときの、基質濃度と反応速度の関係。

問4. 図1の実験における反応溶液に、あらかじめ酵素の2分の1の濃度になるように不可逆的阻害剤を加えておき、基質の濃度を変えて反応速度を測定した。このときグラフの曲線はどうか。解答欄に図1と同じグラフを示すので、その上に曲線を描き加えよ。

問5. 図1の実験における反応溶液に、相対値1/3の基質濃度と同じ濃度になるように可逆的阻害剤を加え、基質の濃度を変えて反応速度を測定した。この可逆的阻害剤は、酵素と結合しても反応生成物を生じない点を除くと、酵素と同じ性質を持つとする。すなわち、可逆的阻害剤と酵素の結合しやすさは基質と酵素の結合しやすさと等しく、可逆的阻害剤が酵素と結合している時間は、基質が酵素と結合し反応を終えて酵素から分離するまでの時間と同じである。なお、反応速度は基質と結合した酵素の濃度に比例するとして考えよ。

1) 基質濃度が相対値1/3のとき、基質あるいは可逆的阻害剤と結合している酵素の割合は、どの程度か。下から適当と考えられるものを選び、記号で答えよ。

A 0% B 25% C 50% D 75%

E 87.5% F 100%

2) 1) における反応速度の相対値はいくらか。

3) このときグラフの曲線はどうなるか。解答欄に図1と同じグラフを示すので、その上に曲線を描き加えよ。

Ⅸ. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

タンパク質は、(a) 生体の構造をつくり機能を担う物質として重要であり、欠かすことのできない栄養素である。摂取したタンパク質は (b) 消化管を通る間に消化されてアミノ酸になり吸収される。吸収されたアミノ酸は血液によって肝臓へ運ばれ、さまざまなタンパク質の合成に利用される。また、肝臓以外の組織にも運ばれ、必要なタンパク質の合成に利用される。吸収したアミノ酸のアミノ基をオキサロ酢酸やピルビン酸のような 酸に移しかえるなどして別のアミノ酸が作られる。しかし、ヒトは、タンパク質を構成する 種類のアミノ酸のすべての種類をそのようにして合成できるわけではない。ヒトが合成できないアミノ酸は9種類と言われており、それは食品から摂取しなければならない。

タンパク質合成に利用されなかったアミノ酸は、呼吸基質として分解される。このとき生ずるアンモニアは有毒であり、すみやかに体外へ排出される。水生生物の場合は、おもにアンモニアとして排出されるが、アマガエルやヒトなどの陸上動物では、アンモニアは で毒性の低い尿素に合成され、そのちに排出される。一般にカエル類は幼生（オタマジャクシ）の間はアンモニアを排出するが、成体（カエル）は尿素を排出する。ニワトリは、溶解度が低い尿酸として排出するが、卵殻内での発生過程に尿素を排出する時期があることが知られており、これは、ニワトリが尿素排出型の祖先生物から進化したことを表していると解釈されている。

ヒトでは、腎臓は血液を濾過して尿を作る。血液が糸球体を流れると、血球とタンパク質以外のほぼすべての成分がボーマンのうへこし出される。この液体を原尿という。原尿が細尿管を通る間に、多くの成分が再吸収されて血液へ戻る。再吸収されなかった残りが尿である。グルコースはほぼ100%が再吸収されるが、尿素のような老廃物はあまり再吸収されないために尿における濃度は血漿における濃度よりも高くなる。

問1. 下線部 (a) に関して、次のア～ウのそれぞれについて、あてはまるタンパク質を、下の語群の中からすべて選び、記号で答えよ。

ア 筋肉の収縮に関わる。

イ 血液の凝固に関わる。

ウ ホルモンとして働く。

[語群] A アクチン B アルギニン C インスリン D グリコーゲン
E コラーゲン F フィブリン G ミオシン

問2. 下線部 (b) について、ヒトの消化器のうち、(ア) タンパク質を消化する器官はどこか、また、(イ) タンパク質が消化されて生じたアミノ酸を吸収する器官はどこか、それぞれについて、次の語群の中から該当するものをすべて選び、記号で答えよ。

[語群] A 口腔 B 食道 C 胃 D 小腸
E 大腸 F 肝臓 G 腎臓 H すい臓

問3. 文中の空欄ア～ウに入る適切な語を答えよ。なお、ウは器官名を答えよ。

問4. アフリカツメガエルは、一生を水中で生活し幼生（オタマジャクシ）も成体もアンモニアを排出するが、幼生から成体へ変態する時期にいったん尿素を排出する。これは、アフリカツメガエルがどのように進化してきたことを示唆しているか。

問5. 尿素は、ボーマンのうへこし出された量の40%が再吸収される。尿素の濃度は血漿では0.03%、尿では2.0%である（単位は重量%）。1.5リットルの尿が作られたとき、濾過された血漿は何リットルか。尿も血漿も比重は1とし、答えは小数第1位を四捨五入して整数で答えよ。

問6. カリウムイオンの濃度は血漿では0.02%、尿では0.15%である（単位は重量%）。ボーマンのうへこし出されたカリウムイオンの何パーセントが再吸収されたか。尿も血漿も比重は1とし、答えは小数第1位を四捨五入して整数で答えよ。解答に問5の数値を利用してもよい。