

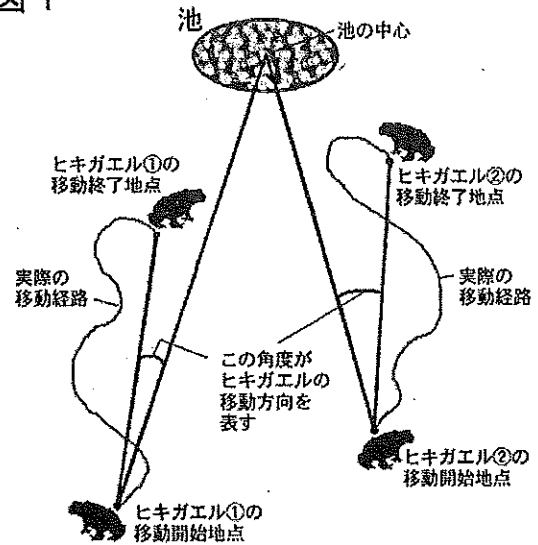
生 物

I. ヒキガエルの行動についての次の文章を読んで下の各問に答えよ。(解答番号 ~)

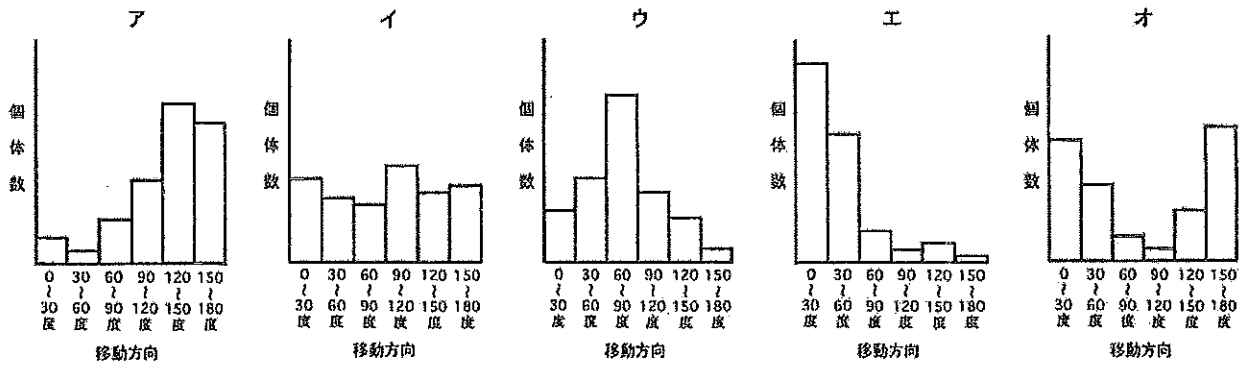
日本のヒキガエルは冬の間土の中や落ち葉の深いところなどにもぐって冬眠するが、春になると冬眠から覚め近くの池に集まって、繁殖行動を行なう。ある池で繁殖する多数のヒキガエルについて下の問1、2に記す観察/計測を行なったところ、冬眠から覚めたカエルが池に向かって移動する時間は夕方から夜にかけての3時間程度に限られ、その3時間のうちに池に到達できなかったカエルは最後にたどり着いた所で再び地面にもぐって1日過ごし、翌晩また池に向かって移動するとわかった。移動を開始した初日に池に入る個体はいなかったが、2日目になると池に入る個体が現れ始め、3日目にはほとんどが池に入った。

問1. 冬眠から覚めて池に向かう多数のヒキガエルのそれぞれについて、夕方に移動を開始した位置とその晩に移動を終了した位置を記録し、移動開始点と移動終了点を結ぶ線分が移動開始点と池の中心を結ぶ線分との間に成す角度(これを移動方向と名付ける)を測って(図1)、移動方向の分布を表すグラフを作成した。もしカエルの行動が次のaもしくはbのようなようであった場合には、グラフはそれぞれどのようなものになると思われるか。下のア~オのグラフからそれぞれもっとも妥当なものを選び。なお、グラフは移動を開始した初日から3日目までの3日間について調べたものをまとめて示し、池に入った場合の移動方向は0度としている。

図1



- a. カエルはランダムに移動して偶然に池を発見している。(解答番号)
- b. カエルは池の方向を目指して移動している。(解答番号)



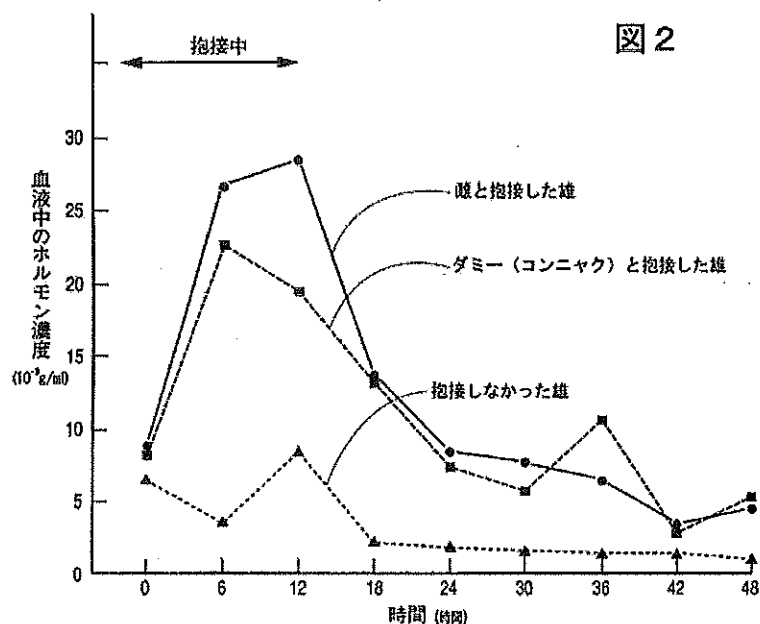
問2. 問1の観察/計測からヒキガエルは池の方向を目指して移動すると思われた。その理由として、先に池に入った個体の鳴き声を聞いてその方向に進むという可能性が考えられた。次のア～ウの観察/計測結果のうち、この可能性を否定すると思われるものを選び。また、ア～ウのどれもがこの可能性を否定しないと思う場合はエを選び。なお、カエルは池に入るまでは鳴くことはなく、池に入ったカエルは池の外に出ることはないとして考えよ。(解答番号)

- ア. カエルが移動している3時間について、20分間隔毎に、その20分の間に動いている(移動している)カエルの個体数を調べたところ、午後7時20分～8時00分にかけて最も数が多かった。
- イ. 初日から3日目までのそれぞれの日毎にカエルの移動方向の分布を調べたところ、いずれの日でも同様の移動方向の分布を示した。
- ウ. 初日から3日目までのそれぞれの日毎に移動中のカエルが池に最接近した位置と池の中心までの距離を測定したところ、次第に池に近づいているとわかった。
- エ. ア～ウのどの観察/計測結果も可能性を否定しない。

問3. ヒキガエルは卵から産まれると幼生となって水中で暮らし、変態して子カエルになると周りの地上に出て池から離れていく。その際に、産まれた池の場所を何らかの手がかりを元に記憶し、その後はその記憶に従い、池を目指すと考えられる。冬眠から覚めたカエルが何を手がかりとして池を目指すのか知るため、次の実験を行なった。A) 池に向かって移動しつつあるカエルを捕えて外界の見えない黒い箱の中に入れ、池のちょうど反対側で池からの距離が同じ地点に持って行ってカエルを放し、そのカエルがどの方向に移動するか調べた。また、B) カエルを捕らえて外界の見えない黒い箱の中に入れ池の反対側の地点に行くまでと同じ距離を運んでカエルを捕えた元の場所に戻り、そこでカエルを放し、そのカエルの移動方向についても調べた。A) の場合の移動方向の分布を示すグラフは、問1の選択肢のイのグラフと、B) の場合はエのグラフと、それぞれ似たものになった。この結果を元に、次のア～オから、カエルが池を目指す際の手がかりにしているとは思われないものを全て選び。(解答番号)

- ア. 月や星座
- イ. 地磁気
- ウ. 池のにおい(池の水に含まれる化学物質)
- エ. 池に到達するまでに見える各種の地表の物体
- オ. 池に到達するまでに通る各場所の地面のにおい

問4. ヒキガエルの繁殖では、雄は雌を見つけるとその胴に強く抱きつく抱接という行動が行なわれ、そのままの体勢で雌が水中に卵を産むと同時に雄が精子を放出する。雄の行なう抱接行動は雌だけを見分けて行なっているのではなく、時にはヒキガエル以外の手頃な大きさの動物や物体に対しても行なわれる。図2のグラフは、繁殖行動の各時期での雄の血中のあるホルモンの濃度の変化を、雌に抱接できた雄、他の雄に押しつけられて抱接できなかった雄、そして雌くらいの大きさに切ったコンニャク（雌のダミー）に抱接した雄の三者について示したものである。次のア～エから、この結果から言えることとして妥当とは思われないものを全て選べ。（解答番号 ）



- ア. ホルモン濃度の大幅上昇は抱きつく行動が引き金となって生じる可能性が高い。
- イ. ホルモン濃度の大幅上昇は雌を見たことが引き金となって生じる可能性が高い。
- ウ. 雌の体に密接に接触することが、ホルモン濃度の大幅上昇を引き起こすために不可欠である。
- エ. ホルモン濃度の大幅上昇が抱きつく行動を引き起こす可能性が高い。

II. ホルモンに関する次の文章を読んで以下の各問に答えよ。（解答番号 ～ ）

は、のどの近くにある内分泌腺である から分泌される。 の分泌は から分泌される が を刺激することで促進され、 の分泌は、 から分泌される が に作用することで促進される。一方、 の分泌が盛んになってその血中濃度が高くなりすぎると、それが や 中の や の分泌細胞によって感知され、 や の分泌が抑えられる。その結果、 の分泌が減少し、その血中濃度が一定の範囲に保たれる。

問1. 上の文章の空所6～8に当てはまる適切なホルモンの名称を、次のア～シから選べ。（解答番号 ～ ）

- ア. バソプレシン イ. 成長ホルモン放出ホルモン ウ. 甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン
- エ. 副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン オ. 成長ホルモン カ. 甲状腺刺激ホルモン
- キ. 副腎皮質刺激ホルモン ク. パラトルモン ケ. チロキシン コ. 糖質コルチコイド
- サ. インスリン シ. グルカゴン

問2. 上の文章の空所9～11に当てはまる適切なホルモン分泌細胞の存在する臓器や部位の名称を、次のア～クから選べ。(解答番号 ～)

- ア. 視床下部 イ. 脳下垂体前葉 ウ. 脳下垂体後葉 エ. 甲状腺 オ. 副甲状腺
カ. 副腎皮質 キ. すい臓ランゲルハンス島 ク. 副腎髄質

問3. 上の文章中の下線部のように、 のような最終産物であるホルモンが、これを分泌する内分泌腺に促進的に作用する や のようなより上位の内分泌腺に対して影響を及ぼすことで最終産物のホルモンの分泌が影響されるような調節の仕方を何というか。次のア～エから適切なものを選べ。(解答番号)

- ア. アロステリック調節 イ. フィードアップ調節 ウ. セットバック調節
エ. フィードバック調節

問4. はヨウ素が構成成分となっているホルモンである。ヨウ素摂取が少ない地域に住む人々の中には が腫れ上がり、のどにこぶのような膨らみを持つ人がしばしば見られる。このような人で起っていると思われることを、次のア～カから全て選べ。(解答番号)

- ア. の血中濃度が増加している5
イ. の血中濃度が低下している5
ウ. の血中濃度が増加している5
エ. の血中濃度が低下している5
オ. の血中濃度が増加している5
カ. の血中濃度が低下している5

問5. 、、 の臓器/部位にある、、 のホルモン分泌細胞のうちどれか1種類だけについて、全ての分泌細胞が機能を失っている人がいるとする。次の(1)～(3)に記すような人は、、、 のどのホルモン分泌細胞が機能を失っていると考えられるか。下のア～ウから選べ。

(1) あるいは を血中に注射しても の血中濃度の上昇は起らない。(解答番号)

(2) を血中に注射すると の血中濃度の上昇は起るが、 を血中に注射しても の血中濃度の上昇は起らない。(解答番号)

(3) あるいは のどちらかを血中に注射しても の血中濃度の上昇が起る。(解答番号)

- ア. のホルモン分泌細胞が機能を失っている5
イ. のホルモン分泌細胞が機能を失っている5
ウ. のホルモン分泌細胞が機能を失っている。

Ⅲ. 次の文章1、2、3を読み、以下の各問に答えよ。

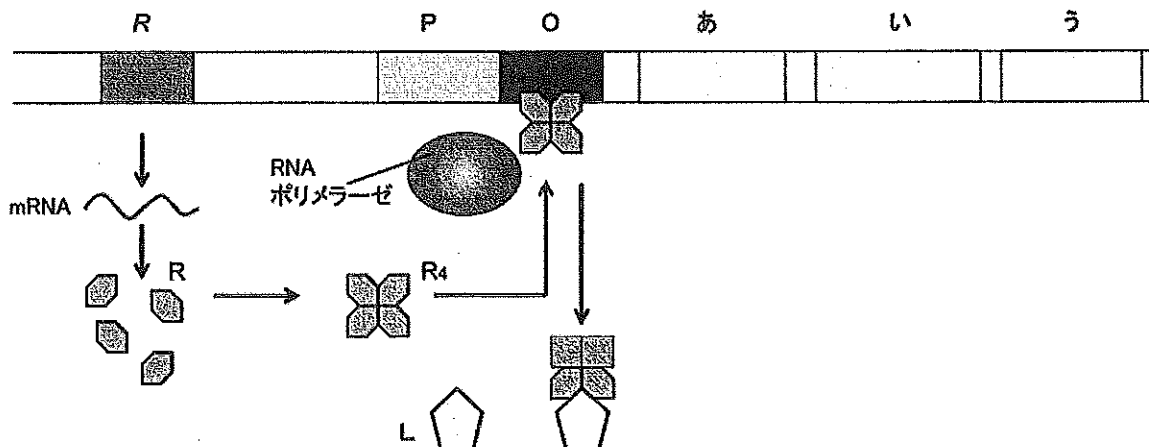


図1

R：調節タンパク質R(単量体)の遺伝子、P：プロモーター、O：オペレーター

1. 図1は、あるバクテリアの物質Lのオペロンとその転写の調節の仕方を模式的に示している。物質Lの代謝などに関連した働きをする3つのタンパク質の遺伝子[あ][い][う]は、DNA上に隣接して並んでいて、3つそろって転写の調節を受ける。

このバクテリアは、通常、物質Lを含まない培地で培養する。遺伝子Rはつねに転写、翻訳され、タンパク質Rができる。単量体のタンパク質Rが4つ合わさり四量体の調節タンパク質R₄となって、オペレーターに結合する。調節タンパク質R₄がオペレーターに結合していると、RNAポリメラーゼが遺伝子[あ][い][う]を転写することができない。調節タンパク質R₄は転写を抑制するので、Aである。このバクテリアに物質Lが与えられ、オペレーターに結合した調節タンパク質R₄に物質Lが結合すると、R₄は構造変化を起こしオペレーターに結合できなくなり、DNAから離れる。すると、RNAポリメラーゼが遺伝子[あ][い][う]を転写できるようになる。

このバクテリアから、次の2つの変異株が単離された。

変異株Ⅰ：オペレーターのDNAの塩基配列に変化が生じて、正常な調節タンパク質R₄がオペレーターに結合できない。他はすべて正常である。

変異株Ⅱ：遺伝子Rに突然変異が生じ、アミノ酸数個だけの短いペプチド鎖がつくられる。他はすべて正常である。

このバクテリアの細胞内に、目的の遺伝子やDNA領域を小さな環状のDNAであるBの使用により導入し、発現させることができる。変異株Ⅰと変異株Ⅱの双方に、(C) 図1の遺伝子Rからオペレーターまでの正常な塩基配列のDNA領域を導入した。導入された遺伝子Rから正常な単量体タンパク質Rが合成され、四量体の調節タンパク質R₄ができる。

問1. 上の文章の空所A、Bに適切な語を入れよ。

問2. 変異株Ⅰにおける3つの遺伝子〔あ〕〔い〕〔う〕の発現の仕方はどうであるか、次から選び記号で答えよ。

- ア. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現する。
- イ. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現しない。
- ウ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現しないが、存在しないと発現する。
- エ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現するが、存在しないと発現しない。

問3. 変異株Ⅱにおける3つの遺伝子〔あ〕〔い〕〔う〕の発現の仕方はどうであるか、次から選び記号で答えよ。

- ア. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現する。
- イ. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現しない。
- ウ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現しないが、存在しないと発現する。
- エ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現するが、存在しないと発現しない。

問4. 下線部(C)を導入された変異株Ⅰにおける3つの遺伝子〔あ〕〔い〕〔う〕の発現の仕方はどうであるか、次から選び記号で答えよ。

- ア. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現する。
- イ. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現しない。
- ウ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現しないが、存在しないと発現する。
- エ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現するが、存在しないと発現しない。

問5. 下線部(C)を導入された変異株Ⅱにおける3つの遺伝子〔あ〕〔い〕〔う〕の発現の仕方はどうであるか、次から選び記号で答えよ。

- ア. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現する。
- イ. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現しない。
- ウ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現しないが、存在しないと発現する。
- エ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現するが、存在しないと発現しない。

2. 変異株Ⅱとは異なる突然変異が遺伝子Rに生じた別の変異株Ⅲが見つかった。

変異株Ⅲ：転写、翻訳された単量体タンパク質が四量体を形成しオペレーターに結合するが、物質Lとの結合部位の立体構造に変化が起きて、物質Lと結合することができない。その他はすべて正常である。

問6. 変異株Ⅲにおける3つの遺伝子[あ][い][う]の発現の仕方はどのようなものであるか、次から選び記号で答えよ。なお、変異株Ⅲは、通常物質Lを含まない培地で培養されている。

- ア. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現する。
- イ. 物質Lが存在する場合も、しない場合も、3つの遺伝子が発現しない。
- ウ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現しないが、存在しないと発現する。
- エ. 物質Lが存在すると3つの遺伝子が発現するが、存在しないと発現しない。

3. さらに、遺伝子Rに上述の変異株Ⅱ、Ⅲとは異なる突然変異が生じた別の変異株Ⅳが見つかった。

変異株Ⅳ：突然変異を起こした遺伝子rから転写、翻訳されたタンパク質rは、分子量がタンパク質Rとほぼ等しく、四量体r₄を形成するが、四量体r₄はオペレーターに結合することができない。その他はすべて正常である。

変異株Ⅳに図1の正常な遺伝子RのDNA領域を導入し、物質Lを含まない培地で培養した。導入された遺伝子Rからは、正常な単量体タンパク質Rが合成される。遺伝子Rを導入した後も単量体タンパク質rは合成され続け、単量体タンパク質Rと単量体タンパク質rの合成される量は等しい。単量体タンパク質のRとrは、合成された後ランダムに結合し、四量体のタンパク質となる。ただし、オペレーターに結合できるのは、4つの単量体がすべてRで構成されているものだけである。

問7. 上の変異株Ⅳの個体は、遺伝子[あ][い][う]の発現の仕方が導入前とは変化した。どのような変化か、また、どのようにしてそのような変化が生じたのか、説明せよ。

IV. 細胞骨格に関する次の文章の空所に入る適切な語を答えよ。

[A] は、 α チューブリンと β チューブリンという 2 種類のタンパク質が二量体をつくり、多数の二量体
が同じ方向を向いて縦 1 列に結合したフィラメントが 13 本集まってできた中空の管を基本としている。

真核細胞では細胞周期の間期に核膜が存在する。核膜の形の保持には 3 種の細胞骨格のうち [B] が関わ
っている。間期の動物細胞では、細胞内に 1 個ある [C] が [A] の形成中心となり、[A] が形成中心か
ら細胞の周辺に向けて放射状に伸びている。一般的な植物細胞には [C] が存在しないが、[A] は存在す
る。動物細胞では、[C] が、細胞周期の S 期から G₂ 期にかけて複製される。

M 期の前期に入ると、間期で明瞭に見えた核膜が観察されなくなる。複製した 2 つの [C] は離れて両極
へ移動する。両極の [C] から [A] が伸長していき、染色体にある [D] に結合したり、反対側の [C] か
ら伸びてきた [A] と互いに接したりする。このような [A] は [E] とよばれ、両極の [C] などととも
に紡錘体を構成する。

M 期中期には染色体が赤道面に並び、紡錘体が完成する。M 期の後期になると、染色体が 2 本に解離し
それぞれが両極へ移動する。このとき、[D] に結合した [A] が短くなって解離した染色体を両極へ引き
よせて移動させる。

[F] は終期に始まる。動物細胞では、赤道付近の細胞膜のすぐ内側に、[G] と [H] とで構成され
る環状の束が形成される。[H] には [I] を結合する部位があり、[H] は結合した [I] を分解するこ
とができる。筋収縮の場合のように、[H] は、結合した [I] を分解し、そのエネルギーを利用し
て [G] に沿って移動する。すると、環状の束が収縮して細胞がくびれきれる。

[H] のようにエネルギーを利用し力を発生して細胞骨格上を移動するタンパク質を [J] という。植物細
胞では、細胞壁の材料を含む小胞がゴルジ体から生まれて、[A] に沿って赤道面に移動して、そこで互い
に融合し [K] を形成する。

V. ヒトについての次の文章を読み、下の各問に答えよ。

炭水化物、脂肪、タンパク質は三大栄養素とよばれ、体内ではいずれも呼吸基質として利用される。小腸内で、炭水化物はグルコースなどの単糖に分解され、〈カ〉脂肪（トリグリセリド）は とモノグリセリド（グリセリンを含む化合物の一種）に分解され、タンパク質はアミノ酸に分解されて吸収される。血液中に吸収されたグルコースにより、食後、一時的に血糖量が増加するが、血液中の 〈キ〉グルコースは や の細胞中に取り込まれ貯蔵もしくは代謝される。 とモノグリセリドは吸収された後に再び脂肪（トリグリセリド）に合成され、 や体各部の脂肪組織に貯蔵される。アミノ酸の貯蔵に特化した器官はなく、〈ク〉吸収したアミノ酸のうちタンパク質合成などに利用されなかった過剰なものは呼吸基質などとして消費される。また、過剰なグルコースは脂肪に作り替えられ、 や体各部の脂肪組織に貯蔵される。 は1mmほどの大きさの が単位となりこれが多数集まってできている。〈ケ〉 に流れ込んだ血液は、 の中の毛細血管を通るときに、隣接する細胞との間でさまざまな物質の交換を行い、その後、 の中心部にある中心静脈へ集まり、さらにそれが集まって静脈へ流れる。

呼吸基質のうち、グルコースはとくに重要である。グルコースは と にグリコーゲンとして貯蔵されているが、 中のグリコーゲンは血糖量の維持に直接は寄与しない。グリコーゲンはまずグルコース-6-リン酸に分解されるが、これを脱リン酸化してグルコースに変換する酵素が にはないためである。したがって、血糖量の維持に用いられるグリコーゲンは に貯蔵されているものに限られるが、 に貯蔵されるグリコーゲンは多くなく、食事をしなければ安静時であっても1日足らずで枯渇する。

栄養摂取が断たれた状態が続き のグリコーゲンが枯渇すると、筋肉中のタンパク質の分解が始まる。そうしてできたアミノ酸は へ運ばれ、ロイシンとリシンを除く 種類のアミノ酸は何らかの反応経路を経てグルコースに合成され得る。筋肉の分解は持続せず、やがて減少し、脂肪が分解されるようになる。脂肪は へ運ばれ酸化されて生じたアセチル CoA が 中のクエン酸回路で消費されるほか、アセチル CoA から3-ヒドロキシ酪酸あるいはアセト酢酸が作られる。脳は呼吸基質として通常はグルコースのみを利用しているが、飢餓状態では3-ヒドロキシ酪酸やアセト酢酸を取り込んでアセチル CoA に合成して呼吸に利用する。アセト酢酸は化学的に不安定な物質であり、一部は酵素の介在なしに二酸化炭素とアセトンに分解される。アセトンは体内で利用されることはなく、呼気中へ排出される。長時間・高負荷の運動では、飢餓と同様の代謝が行われる。たとえば、マラソンを走りきった直後のランナーの呼気はアセトンが含まれているため甘い香りがするという。

問1. 文中の空欄 ～ を補え。

問2. 文中の下線部〈カ〉について、脂肪を消化する消化酵素は何か。

問3. 文中の下線部〈キ〉について、 の細胞中へのグルコースの取り込みを促進し血糖量を低下させるはたらきをもつ臓器から分泌されるホルモンは何か。

問4. 文中の下線部〈ク〉について、アミノ酸を消費したとき、窒素（元素）は毒性の低い化合物として排出される。

- (1) この毒性の低い窒素化合物を作る化学反応を担う器官は何か。
- (2) この毒性の低い窒素化合物の排出を担う器官は何か。主要なものを1つ挙げよ。

(3) 排出される毒性の低い窒素化合物とは何か。

問5. 文中の下線部〈ケ〉について、に流入する血液を運ぶ血管は2つある。それらの名称を書け。

問6. ヒトの赤血球は、成人では骨髄で作られる。細胞分裂直後には他の細胞と同様に有核だった細胞が、成熟段階で核やミトコンドリアを失い赤血球になる。赤血球もそれ自身の生命活動の維持のためにATP合成を行っている。グルコースを呼吸基質とした呼吸経路のうち、ヒトの成熟した赤血球で行われていないものはどれか。次の選択肢からすべて選び、記号で答えよ。

ア. 解糖系 イ. クエン酸回路 ウ. 電子伝達系

VI. 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

通常、異種間にはなんらかの隔離の機構がある。野鳥愛好家が「カラ類」と総称するシジュウカラやヤマガラなどの鳥類は、〈ア〉しばしば複数種が混在した群れを作るが、これら異種間での交雑は見られない。別種同士では交配しないのである。ライオンとヒョウの野生での雑種は知られていないが、動物園で人為的に交配して雑種を作った例が世界で数例知られている。野生では交配しなくても特殊な条件下で雑種形成が可能な例である。ウマとロバはいずれも野生動物ではなく家畜だが、両種も人為的な雑種形成が可能で、雑種はラバもしくはケッテイである。ラバもケッテイも繁殖能力を欠くため一代のみの雑種である。〈イ〉日本の本州から九州にかけて自然分布するニホンザルと台湾に分布するタイワンザルは自然状態では雌雄が出会う機会はない。しかし、輸入され国内で飼育されていたタイワンザルが動物園の廃園などに伴い野外に放逐され近隣のニホンザルとの間に雑種が生まれている例がある。この雑種はラバ等と異なって繁殖能力をもち、雑種同士でもニホンザルやタイワンザルのいずれとの間にも子孫を残す。

栽培植物であるパンコムギには、直系の祖先である野生種がない。木原均はパンコムギが複数種の交雑によってできた種であることを証明した。彼が用いたのは、別種同士を人為的に交配させて作った雑種第一代における での第一分裂中期の相同染色体の対合を観察する手法であり、木原均が確立したこの手法をゲノム分析という。木原均はゲノム分析により、パンコムギは雑種に由来する種であり、一方の親種はマカロニコムギ、もう一方はタルホコムギであると推定し、自ら参加した探検隊が中央アジアから得た野生タルホコムギを交配に用い人為的にパンコムギを作ること成功した。

は動物では配偶子形成に際して行われる細胞分裂である。雄性の配偶子である精子の元になる細胞は である。 は生殖巣内で体細胞分裂を繰り返して増殖し、その一部が の母細胞である になる。 では染色体の複製1回の後に細胞の分裂2回が引き続いて行われるため、1個の から精子4個が生ずることになる。雌性の配偶子である卵を作るときの では、第一分裂でも第二分裂でも細胞質分裂で著しく不均等な分裂が行われ、細胞1個から を経て生ずる卵は1個のみであり、他は と呼ばれ受精に関わらない。

問1. 文中の下線部〈ア〉について、このような隔離を何というか。

問2. 文中の下線部〈イ〉について、このような隔離を何というか。

問3. 文中の空欄 ～ を補え。

問4. コムギ類において、二倍体のA種の体細胞の染色体数を $2n$ とし、二倍体のB種の体細胞の染色体数を $2m$ とする。

(1) 二倍体のA種において、 の第一分裂中期に観察される二価染色体は細胞1個につき何個か。 n を用いて表せ。

(2) 二倍体のA種が変異してできた四倍体のA種（体細胞1個につき二倍体のA種の体細胞2個分の染色体を含む）の体細胞の染色体数は $4n$ である。四倍体のA種と二倍体のB種の交配で得られる雑種個体の体細胞の染色体は細胞1個につき何個か。 n と m の両方もしくはどちらか一方を用いて表せ。

(3) 四倍体のA種と二倍体のB種の交配で得られる雑種個体において、 の第一分裂中期に観察される二価染色体は細胞1個につき何個か。 n と m の両方もしくはどちらか一方を用いて表せ。