

平成 25 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

理 科

注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で 25 ページあり、第 1～3 ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が 2 か所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

生 物

1

多細胞生物の体は、さまざまな細胞が不規則に並んでいるわけではない。発生¹⁾の過程で細胞分裂によって生じた多数の細胞が、それぞれ特定の形と働きを持つように分化して、類似した細胞同士が集まり、組織を形成する。脊椎動物の体を構成する組織は、上皮組織、結合組織、神経組織、筋組織に分けられる。

筋組織のうち骨格筋は、細長い筋細胞(筋繊維)²⁾が多数集まって作られている。筋繊維の細胞質には多数の筋原繊維が存在する。筋原繊維は、サルコメア(筋節)³⁾という繰り返し構造からなり、横しが見られる。筋原繊維の周囲には、筋小胞⁴⁾とミトコンドリアが多数存在する。また、筋繊維の細胞質にはミオグロビン⁵⁾が存在する。ミオグロビンは、ヘモグロビンと類似した構造を持つ色素タンパク質であるが、ヘモグロビンと異なり1本のポリペプチド鎖からなる。ミオグロビン⁶⁾は、低酸素分圧下ではヘモグロビンよりも酸素と結合しやすい。

骨格筋による運動には、随意運動と反射による運動がある。脊髄からのびる運動ニューロンの神経繊維の末端部⁷⁾では髄鞘⁸⁾がなくなり、枝分かれして筋繊維の表面でシナプスを形成する。神経繊維の末端から分泌された神経伝達物質のアセチルコリン⁹⁾は、筋繊維のアセチルコリン受容体に結合し、筋繊維に活動電位¹⁰⁾を発生させる。次に、その活動電位が筋繊維全体に伝わり、骨格筋が収縮する。激しく活動している骨格筋¹¹⁾のグルコース代謝では酸素の供給が十分でないため、解糖系で生成したピルビン酸は乳酸に変化する。

この乳酸への変化は、乳酸脱水素酵素(LDH)が触媒として働く。哺乳類のLDHは4つのポリペプチド鎖から構成され、H型とM型の2種類が組み合わさった4量体である。2種類2本ずつなので、H₄、H₃M₁、H₂M₂、H₁M₃、M₄の組み合わせがあり、いろいろな臓器でこれら5種類の存在比率が異なっている(表1)。これらの酵素は乳酸脱水素という働きは同じなので、アイソザイムと呼ぶ。働きは同じだがアイソザイムごとに酵素としての特徴が少しずつ異なっている。LDHは細胞質基質に存在するので、細胞が壊れると血液中

に漏れ出すことがある。そのため、血清中の LDH のアイソザイムを測定することにより、どこが障害を受けたかを推定することができる。¹²⁾ また、赤血球にも LDH が含まれているため、溶血すると測定値に影響が出るので注意する必要がある。

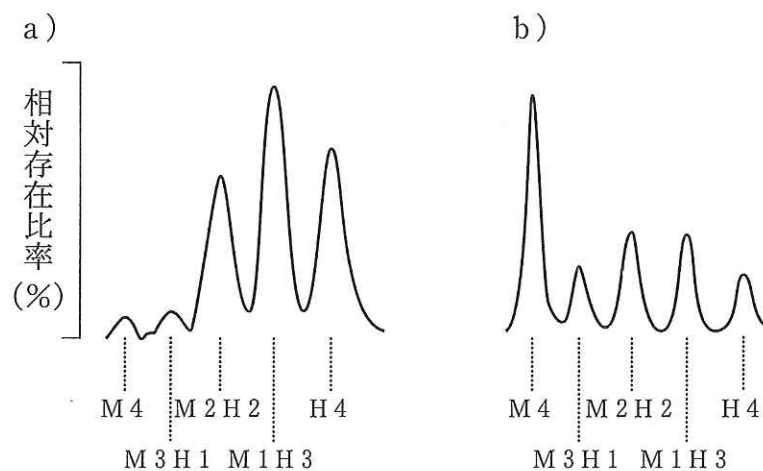
<表 1> ヒトにおける LDH のアイソザイムの存在比率(%)

	血 清	心 筋	肝 臓	腎 臓	肺	脳	リンパ節
H 4	25	60	5	50	0	30	0
H 3 M 1	30	20	10	25	10	30	20
H 2 M 2	25	10	10	10	20	20	40
H 1 M 3	10	5	5	10	30	10	20
M 4	10	5	70	5	40	10	20

問 下線 1)～12)に関連する次の各問題に答えよ。

- 1) 発生の初期段階のイモリを用いて実験を行った。表面の細胞群と内部の細胞群を別々に取り出し、それぞれ個々の細胞にまで分離した後に混ぜ合わせて、適切な条件で培養した。その結果、元の細胞群同士が接着して集合した。どうしてそのようなことが起こるのか、その仕組みを簡潔に答えよ。
- 2) 上皮組織と結合組織の特徴をそれぞれ簡潔に答えよ。
- 3) 神経組織には、神経細胞のほかに神経膠細胞がある。神経膠細胞の役割を答えよ。
- 4) 弛緩した時と収縮した時のサルコメアの模式図をそれぞれ描け。ただし、Z膜、アクチンフィラメント、ミオシンフィラメントを図示し、弛緩した時と収縮した時の違いが分かるように描け。

- 5) 筋小胞体の役割を答えよ。
- 6) 筋肉におけるミオグロビンの役割を考えよ。
- 7) 代表的な脊髄反射の例を一つあげ、その名称と反射経路を書け。
- 8) 髄鞘^{しょう}の役割を答えよ。
- 9) シナプス間隙に分泌されたアセチルコリンは受容体に結合するが、結合しなかったアセチルコリンはどうか2つ答えよ。
- 10) 活動電位の発生は、ATPが不足してナトリウムポンプの働きが低下すると起こりにくくなる。その理由を答えよ。
- 11) 骨格筋が激しく活動するとATPが急激に消費されるが、筋繊維にはATPを急激に消費してもATPの濃度の低下を防ぐ仕組みが存在する。その仕組みを答えよ。
- 12) 正常な人 a) の血清中のLDHアイソザイムの存在比率(%)と、ある患者 b) の血清中のLDHアイソザイムの存在比率(%)を下図に示した。この患者は、どこに異常が生じたと考えられるか、表1の中から1つ選べ。



健康で長生きをしたい—それは私たちにとって普遍的な願望であるが、残念なことに誰にも必ず死は訪れる。ヒトの個体としての死、いわゆる心臓死の判定には、(1) 心臓の拍動停止、(2) 呼吸停止、(3) 瞳孔散大の〈死の3徴候〉¹⁾があげられる。人体を構成する臓器のうち、生命の維持に直接関与する臓器は、脳、心臓および肺である。脳はその機能維持に不可欠な酸素の供給を肺・心臓に依存し、心臓も肺のガス交換機能なしには酸素が断たれ機能することができない。また肺は、心臓のはたらきによって酸素摂取のための血液循環が確保され、脳の呼吸中枢²⁾に支配されている。このように、これらの臓器は互いに影響しあいながら密接に関連し、一緒に機能することにより生命が維持される。そのため、脳、心臓あるいは肺のうち、いずれか一つの臓器がその機能を失えば結果的に死を迎えることになる。

1935年に一つの論文が発表された。それは、摂取カロリーを制限されたある種のネズミが、エサを好き放題食べたネズミよりも長く生きたという内容であった。その後、ミジンコやクモ、グッピーなど幅広い動物種において、摂取カロリー^{A)}を制限すると、共通して個体の寿命が延長することが明らかとなった。一方、ヒトにも同じことが言えるのかどうかは大きな問題であったが、アメリカのウィスコンシン大学のグループが、ヒトと同じ霊長類のアカゲザルを用いて実験³⁾を行った。2009年に実験開始後20年間の途中結果が報告された。カロリーを制限しなかったサルはその間に半分が死んでしまったが、カロリー制限をしたサルは8割が生きており、見た目もカロリー制限をしたサルの方が若々しく保たれていたという。しかしながら、最近別のグループから、同様の実験をしたが両グループの寿命に有意な差がなかったという結果が報告された。ヒトに対する効果に関しては、今後さらなる検討が必要であろう。

さて、寿命に関連する遺伝子としてサーチュイン(酵母や線虫では、Sir 2)⁴⁾遺伝子が注目されている。このSir 2遺伝子の発現を上昇させると、酵母も線虫も個体の寿命が延長することが報告された。さらに、Sir 2タンパク質が、ヒストン⁵⁾を脱アセチル化する酵素活性を有していたことから、酵素や転写調節因子などの様々なタンパク質の脱アセチル化が、個体の寿命の制御に関連しているのでは

ないかと考えられるようになった。また、前述のアカゲザルを用いた実験では様々なバイオマーカーも調べられており、カロリー制限をすると、体温が低下⁶⁾し、空腹時の血中インスリン値が減少していた。このことは、身体および細胞内の代謝の低下と寿命とが関連していることを示していると思われる。

細胞の寿命に関する研究も進んでいる。真核生物の染色体の末端⁷⁾にはテロメアと呼ぶ構造があり、染色体末端の安定性の保持に関係があると考えられている。ヒトのテロメアは、TTAGGGという6塩基の配列が反復したDNA領域である。細胞分裂の際、DNA合成酵素の性質上この末端部分は完全には複製されずに、分裂のたびにその長さが短縮していく。分裂回数が多くなって、テロメアがある長さ以下になった時が、その細胞の寿命だとする考え方がある。テロメアはちょうど分裂回数のカウンターの役割をしているというわけである。酵母ではテロメアを除くと、分裂を停止してしまうことも報告されている。

さて、このように動物の体細胞の分裂回数には限りがあり、やがて個体は死を迎えるが、生殖により遺伝子は次世代に受け継がれていく。多くの動物では、ある年齢になると雄の精巣では精子が、雌の卵巣では卵が作られ、受精によって新たな個体が誕生する。精子や卵のもとになる始原生殖細胞は、個体の発生初期に出現し、発生中の精巣では精原細胞に、卵巣では卵原細胞になる。その後、精巣内では精原細胞がいくつかの分裂過程を経て、最終的に精子が形成される。温帯地方に生息する多くの哺乳類は季節繁殖を示し、1年のうちのある時期にのみ繁殖期(交尾期)が到来し、子孫を残すことができる⁸⁾。繁殖期になると雄では精子形成⁹⁾が活発に行われ、非繁殖期になると精子形成が休止状態となる。

温帯に生息する鳥類も同様に繁殖期になると生殖腺が発達するが、精巣の大きさ(重量)の変化は哺乳類と比べて劇的である。春、昼の長さが長くなる(長日)^{B)}と、その刺激が脳¹⁰⁾の視床下部に伝わり、脳下垂体からホルモンが分泌され、その結果、精巣の重量が急激に増加するとともに、精巣内では活発に精子形成が行われる。しかし、秋の日が短くなる頃には精巣は極めて小さくなり、非繁殖期に入る。一般に小型の鳥類の寿命は数年と短く、この間、繁殖期と非繁殖期を繰り返して、子孫を残し、個体としての死を迎える。このように多くの動物は、生殖年齢の終了と寿命とがほぼ一致しているのである。

問 1 下線 1)～10)に関連する次の各問題に答えよ。

- 1) ヒトの目は、周りの明るさによって瞳孔の大きさが変化する。それは、水晶体の前方にある虹彩こうさいに 2 種類の筋肉(輪状に走る筋肉と放射状に走る筋肉)が存在しているからである。それぞれの筋肉が収縮すると瞳孔の大きさはどうなるか答えよ。

- 2) 大動脈, 肺動脈, 大静脈, 肺静脈, 右心房, 左心房, 右心室, 左心室に関して, 「左心室」を出発点として血液が通る順を書け。

- 3) 霊長類の祖先だと考えられている原始食虫類(ツパイに似た動物)から原猿類(メガネザルの仲間)が進化した段階で, 「眼の位置」と「指の爪」がどのように変化したか, また, それにより何が可能(有利)になったか, それぞれ答えよ。

- 4) ウマとヒトに共通な, ある遺伝子 A は 141 個のアミノ酸に翻訳されるが, その配列を比較すると 18 個のアミノ酸が異なっている。一方, 化石の資料からウマとヒトは今から約 8000 万年前に共通の祖先から分かれ, それぞれ同じ時間を経過して, 進化してきたと考えられる。この分子の 1 個のアミノ酸が置換されるのに必要な年数を計算せよ。

- 5) ヒストン, ヘモグロビン, フィブリノペプチド(フィブリノーゲンからこのペプチドが取り除かれてフィブリンになる)のアミノ酸 1 個が変化する時間(正確には 100 個のアミノ酸あたりに換算してある)を計算すると, それぞれ 5 億年, 500 万年, 70 万年である。これらの値から分子の進化速度(アミノ酸 1 個が変化する時間)に関して, どのようなことがいえるか述べよ。

- 6) ヒトが寒い時に自律的に行う体温調節に関して、以下の用語をすべて用いて説明せよ。なお、同一用語を何度用いてもよい。

骨格筋, 副腎髄質, 甲状腺, 心臓, 皮膚の血管, 視床下部, 交感神経

- 7) ヒトの染色体突然変異の中で、染色体における構造変化(異常)を4つあげよ。また、発生初期に染色体の構造変化が生じても、その人には異常はあらわれないが、その人から生まれてきた子に異常が生じる確率が高くなる構造変化は上で答えた4つの中のどれか、最も適切なものに○をつけよ。
- 8) ハムスターやフェレットは長日になると繁殖期を迎え、一方、ヒツジやシカは短日になると繁殖期を迎える。それぞれの動物で繁殖時期が異なっている理由を述べよ。
- 9) 精細胞から精子ができる過程で、ミトコンドリアとゴルジ体はどのように変化して、精子のどこに位置するようになるか答えよ。
- 10) 副腎皮質から分泌される糖質コルチコイドは、視床下部と脳下垂体前葉に存在するホルモンによって、血中レベルが一定になるように調節を受けている。副腎皮質を破壊してしばらく置くと、何という脳下垂体前葉ホルモんに、どのような変化が生じるか答えよ。また、そう考えた理由を述べよ。

問 2 下線A)に関して次の問題に答えよ。

マウスを 200 匹用意し，カロリー制限をした群 100 匹とエサを十分に与えた群 100 匹に分けた。表 2 は，その後 4 ヶ月毎に何匹死亡したかを示したものである。以下の問題に答えよ。

＜表 2＞ カロリー制限群と自由摂取群の死亡個体数

月 齢	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
カロリー制限群	0	0	1	2	4	4	4	6	14	15
自由摂取群	0	2	3	4	7	14	20	28	22	0

月 齢	44	48	52
カロリー制限群	20	20	10
自由摂取群	0	0	0

- 1) この結果をもとに，両グループの生存率を表わすグラフを描け。
- 2) この結果は，カロリー制限をしたグループの方が長生きしたことを示している。このことを示す指標として，最大寿命以外に，どのような指標があるだろうか，1つ答えよ。また，実際にその指標の値を書け。

問 3 下線B)に関して次の問題に答えよ。

「長日」とは一般に12時間よりも長い日長(1日の昼の長さ)のことを指し、長日としての効果を実験室で調べることができる。温帯地方に生息する雄の鳥を使って、午前6時に点灯、午後2時に消灯すると、日長は8時間となり精巣は発達しない。ところが、午前6時に点灯し正午に消灯後(6時間の明期)、翌日の午前6時までの暗期の中に、2時間だけ色々な時間帯に点灯するという実験を行うと、不思議な結果が得られる。長日としての効果を調べた表3の結果から、「日長と精巣の発達度合」に関してどのようなことがいえるか述べよ。

＜表3＞ 様々な光周期条件下で3週間飼育した後の精巣の発達度合

光周期条件	精巣の状態
午前6時点灯：午後2時消灯	未発達
午前6時点灯：正午消灯：午後3時点灯：午後5時消灯	未発達
午前6時点灯：正午消灯：午後6時点灯：午後8時消灯	発達
午前6時点灯：正午消灯：午後9時点灯：午後11時消灯	発達
午前6時点灯：正午消灯：夜中0時点灯：午前2時消灯	未発達
午前6時点灯：正午消灯：午前3時点灯：午前5時消灯	未発達

問 4 本文を読むと、真核生物には個体としての寿命(死)があることがよく分かる。それでは真核生物が、進化の過程で変化していく環境に適応する(生き残る)ためにとった、原核生物とは異なる戦略とはどのような方法か述べよ。