

強者の戦略

【生物：第17章：「生物の本質とは」

2013年 東京医科歯科大学 医学部歯学部前期試験 より】

例年、夏～秋にかけて、各大学の入試問題出題内容や出題傾向を入念に分析しているわけですが、最近の主要大学の入試問題は「資料処理系」が増加しています。与えられたデータを分析し、そして問題点を発見し、計算等で解析するというパターンです。このタイプの問題は「実践型」のため、どんな分野からどのような資料が出題されるか、予想は困難を極めます。

それとは別に増えてきているのが、小問集合問題と、自分で合理的かつ論理的に考える問題です。この2つが合わさると、どんどん短い時間で頭を切り換えて問題を解き進まねばならず、まさに「脳力の消耗戦」とでも言えましょう。では20分ほどでチャレンジしてみてください。

第2問

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)¹⁾瞳孔散大の<死の3徴候>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、心臓のはたらしきによって酸素摂取のための²⁾血液循環が確保され、脳の呼吸中枢に支配されている。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³⁾霊長類のアカゲザルを用いて実験を行った。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⁴⁾遺伝子としてサーチュイン(酵母や線虫では, Sir2)遺伝子が注目されている。この Sir2 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

強者の戦略

れた。さらに、Sir2 タンパク質が、⁵⁾ヒストン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、⁶⁾体温が低下し、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⁷⁾染色体の末端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、⁸⁾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。繁殖期になると雄では⁹⁾精子形成が活発に行われ、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)と、その刺激が脳の視床下部に伝わり、¹⁰⁾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、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。

強者の戦略

- 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ンに、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 ， 問 3 省略 》

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。

《1科目につき60分・大問2問》