

生 物 (その1)

第1問 神経伝導に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

20世紀初頭から、神経の興奮伝導が細胞の電気的な変化に依存することは推測されていたが、その分子的な背景が明確に証明されるのは1970年代である。しかしすでに1948年には、ホジキンらが神経細胞の⁽¹⁾活動電位がナトリウムイオンに依存することを、イカの巨大軸索を用いて示していた。彼らは⁽²⁾軸索を浸す外液成分を海水から、海水：ショ糖溶液 = 1：4の混液に置き換えたとき、人為的な電気刺激により近傍に起きる活動電位がどのように変化するか観察したのである。

イカは軸索の直径を太くして伝導速度を速くし、獲物をとらえるための瞬発的な動きを実現している。しかし、ヒトは約1/40の直径の軸索でもイカより速い伝導速度を達成している。その方法は⁽³⁾スフィンゴミエリンという脂質を利用して、ある場所の活動電位が少しでも遠くまで波及するようにし、さらに続く活動電位が⁽⁴⁾スフィンゴミエリンでおおわ^{すきま}れていない隙間をとびとびに進んでいくというものである。このようにして速い伝導速度を実現しているので、(ア)という受容器の急激な伸展で起こる膝蓋腱^{しつがいけん}反射や、危険なものに触れたときの(イ)反射のようなすばやい動きができる。これらの反射では感覚神経が(ウ)を^{すきま}通って脊髄に情報を伝え、運動神経が脊髄から(エ)を^{すきま}通って筋肉に指令を伝える。⁽⁵⁾運動神経と筋肉が接するシナプスでは、神経終末からの神経伝達物質が筋細胞の興奮を引き起こしている。同様のことは昆虫でも起こる。コオロギなどの逃避行動では、⁽⁶⁾外敵が接近したことによる気流の変化を尾葉にある感覚毛で感知して(オ)で情報を統合し、運動神経の興奮を起こしている。

問1 文中の(ア)～(オ)に適語を記せ。

問2 下線部(1)について、

- i) 図1に示すように、軸索の途中Sで電気刺激をしたところ、Bでは図1左下枠内のような活動電位を記録した。AとCではそれぞれどのような電位変化が観察されるか。最も適当なものを①～⑥から1つずつ選び、番号で記せ。ただし、横軸は時間、縦軸は電位を表し、A、S、B、Cは等間隔に並んでいるものとする。
- ii) 図1のXの値として最も適当なものを次の①～⑤から1つ選び、番号で記せ。

① 1 ミリ秒 ② 10 ミリ秒 ③ 100 ミリ秒 ④ 1 秒 ⑤ 10 秒
- iii) 図1のYの値として最も適当なものを次の①～⑤から1つ選び、番号で記せ。

① -10 mV ② -70 mV ③ -150 mV ④ -30 V ⑤ -70 V

問3 下線部(2)について、

- i) 水ではなくショ糖溶液を用いたのは何のためか、簡潔に記せ。
- ii) どう変化したのか、理由とともに簡潔に記せ。

ただし、いずれも実験中の静止電位に有意な変化はないものとする。

生 物 (その2)

問4 下線部(3)の脂質を使ってシュワン細胞は脂質二重層からなる構造体を形成している。

- i) この構造体の名称を記せ。
- ii) i)の機能は何か。その電氣的な作用を記せ。

問5 下線部(4)について、

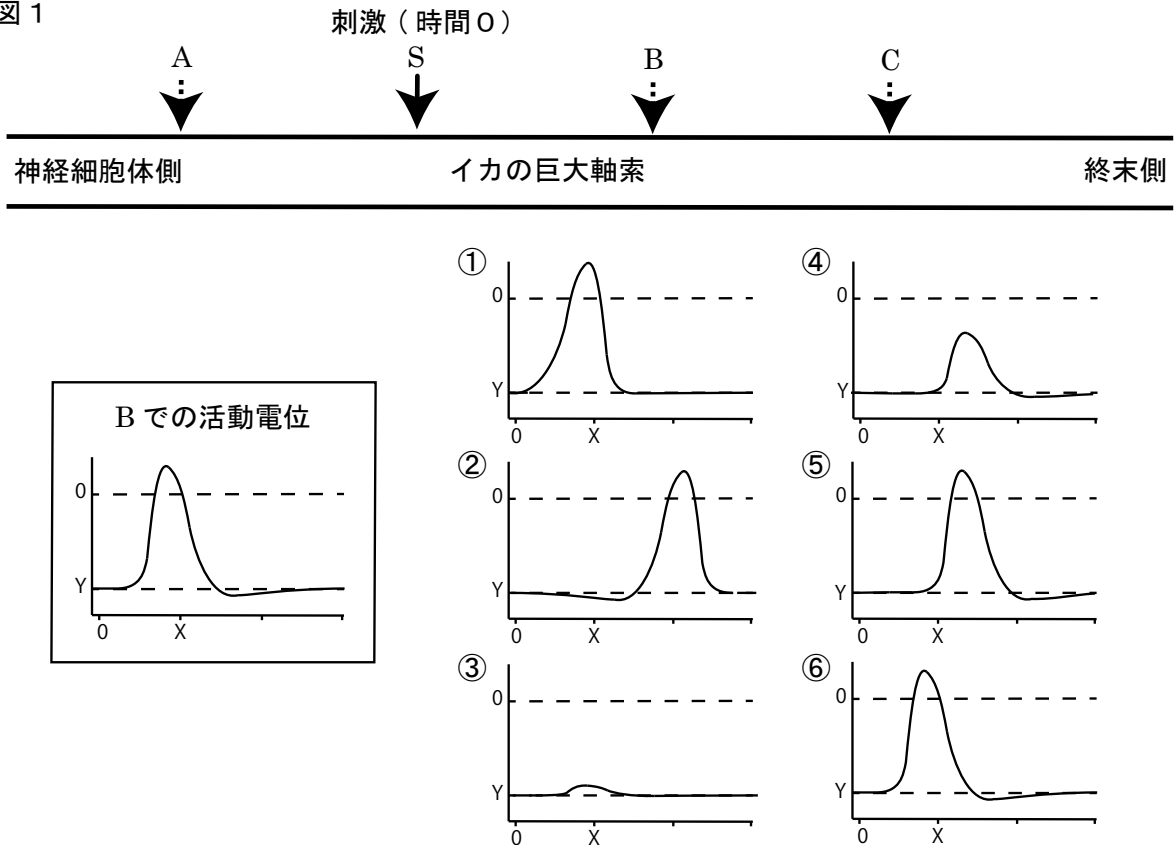
- i) この伝導の仕方を何とよぶか、名称を漢字で記せ。
- ii) この隙間にどのような膜タンパク質が必要か、名称を記せ。
- iii) 生体では、神経細胞体からの活動電位は終末側へ伝導して途中で逆行しない。そのためにii)のタンパク質が持つ性質は何か、簡潔に記せ。

問6 下線部(5)について、

- i) 神経伝達物質は何か、名称を記せ。
- ii) 神経伝達物質を受容して、筋細胞では大きな細胞の深くまで興奮がすばやく広がる必要がある。そのために筋細胞が持つ構造は何か、名称を記せ。
- iii) 細胞全体に広がった興奮が筋細胞の収縮を引き起こすのに必要なイオンは何か、元素記号を使って記せ。
- iv) iii)のイオンは筋細胞内のどこに蓄えられているか、名称を記せ。

問7 下線部(6)について、食物網の中では特に何とよばれるか、名称を記せ。

図1



生 物 (その3)

第2問 ミトコンドリアに関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ミトコンドリアは2枚の膜からなっている。内側の膜は内部にひだ状に伸びており、この構造を(ア)とよぶ。解糖系やクエン酸回路で(イ)や(ウ)という形で取り出した還元力は(ア)に存在する(エ)で酸化され、その過程で水素イオンが(オ)から膜間腔へくみ出され、濃度勾配を形成する。水素イオンは(オ)へ戻る過程でATP合成酵素を回転させATPを合成する。この(エ)を介したATP産生を(カ)とよぶ。これに対して、解糖系でのATPの産生は(キ)とよばれる。

(1) ミトコンドリアはある種の原核生物が真核生物の元になった細胞に共生したことに由来すると考えられ、内部に核のDNAとは異なるミトコンドリアDNAを持つ。ミトコンドリアDNAには(エ)に関するタンパク質をコードする遺伝子が複数存在し、転写・翻訳されている。しかし、ミトコンドリアに存在するタンパク質の多くは核のDNAにコードされていて、転写・翻訳された後に細胞質からミトコンドリアへ運ばれる。このタンパク質輸送にもミトコンドリア内外での水素イオンの濃度勾配が必要である。出芽酵母は薬剤処理などによりミトコンドリアDNAを失わせても生育が可能である。これは(2) 出芽酵母はミトコンドリアに依存せずにATPを継続的に産生できるためである。しかし、(3) ミトコンドリアはATPの産生以外にも生存に必要なさまざまな機能を担っているので、ミトコンドリアDNAがない状態でもミトコンドリア自体は出芽酵母の生存に必要である。

ミトコンドリアは分裂により増殖し、細胞分裂や生殖の際に受けつがれる。(4) マウスのミトコンドリアDNAの遺伝について調べるため、マウスの個体AとBを交配させ、子CとDを得た。これらの個体の尾からDNAを抽出し(5) PCR法によりミトコンドリアDNAを増幅して塩基配列の解析を行った。このうち、領域1と領域2の塩基配列の一部を表1に示す。

表1

個体	領域1	領域2
A	……TAGCATTG……	……CGTCTATG……
B	……TAGTATTG……	……CGTCTATG……
C	……TAGCATTG……	……CGTCTATG……
D	……TAGCATTG……	……CGTCTATG…… ……CGTATATG……

問1 文中の(ア)～(キ)に適語を記せ。

生 物 (その4)

問2 下線部(1)について、ミトコンドリア内に存在しないものを次の①～⑤からすべて選び、番号で記せ。

- ① リボソーム ② 小胞体 ③ RNAポリメラーゼ
④ tRNA ⑤ rRNA

問3 下線部(2)について、継続的なATP産生のために出芽酵母が行っている反応経路は何か、名称を記せ。

問4 下線部(3)について、(エ)が機能していないときにATP合成酵素は逆回転していた。これは何のためか、簡潔に記せ。

問5 下線部(4)について、誤っているものを次の①～⑤からすべて選び、番号で記せ。

- ① 環状である。
② 1本鎖である。
③ 塩基のCとGは同数存在する。
④ 核DNAと同調して複製される。
⑤ 酢酸カーミンにより細胞を染色すると光学顕微鏡で観察できる。

問6 下線部(5)について、

i) PCR法によるミトコンドリアDNAの増幅について、誤っているものを次の

- ①～⑥からすべて選び、番号で記せ。
① tRNAを必要とする。
② 2種類のプライマーを必要とする。
③ A, G, C, T, Uを含む5種のヌクレオチドを必要とする。
④ 岡崎フラグメントを連結するためのDNAリガーゼを必要とする。
⑤ DNAの増幅領域として終止コドンを含まない領域を選ぶ必要がある。
⑥ DNAを100万倍に増やすためには、温度の上昇と下降を少なくとも20サイクル繰り返す必要がある。

ii) 個体A～Dでは表1に示すように領域1の塩基配列に1塩基の違いがあった。これはマウスにおいてミトコンドリアDNAの遺伝に関してどのような性質があるからか。この性質について簡潔に記し、個体Aの性別に関して解答欄の適当と思われる選択肢に○印をつけよ。

iii) 個体Dでは表1に示すように領域2の塩基配列にCGTCTATGとCGTATATGの2種類が存在した。この理由について考えられることを簡潔に記せ。

生 物 (その5)

第3問 生物間の攻防に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

細菌は絶えずウイルスによる感染の脅威^{きょうい}にさらされており、細菌に感染するこれらのウイルスのことをバクテリオファージ（以後、ファージ）とよぶ。ファージは細菌に結合すると、タンパク質でできた殻の中にある自身のDNAを菌体内へ送り込む。一般にウイルスは宿主となる細胞のDNA複製システムを利用して、送り込んだ自身のDNAを大量に複製させるとともに、宿主のタンパク質合成システムを乗っ取り自身のタンパク質を大量に合成させる。このようにしてつくられたDNAとタンパク質から多数のウイルス粒子が組み立てられる。(1) 宿主の細菌の中で増殖した子孫ファージは、菌体を破壊することで菌体外に放出され、また別の細菌へ感染する。これをファージの感染サイクルとよぶ。

一方、細菌はファージなどの感染から身を守るために、侵入してきた外来DNAを切断する酵素を細胞内に持っている。たとえば大腸菌の(2) ある酵素はDNA中の“GAATTC”という配列を認識して、この配列部分でDNA二本鎖を切断することで外来DNAを破壊する。

細菌はファージだけでなく生息場所を共有するカビ（真菌）からの脅威にもさらされている。従属栄養生物である細菌と真菌は互いに栄養を奪い合う関係にあるため、(3) 真菌の中には細菌の増殖を抑える物質（抗生物質）を産生するものがある。これらの抗生物質は真核生物には作用せず、原核生物に特異的に作用するものが多いので、われわれは感染症の治療に役立っている。

(4) 肺炎双球菌はヒトに肺炎を引き起こす細菌であるが、感染力が強く、ヒトの免疫力だけでは肺炎双球菌の増殖を抑えきれないことも多いので、過去において肺炎は死亡率の高い恐ろしい病気であった。しかしながら、抗生物質の力を借りることで、この菌による肺炎を著しく減少させることができた。肺炎にはこれ以外にも (5) インフルエンザウイルスの感染が原因で起こるウイルス性肺炎もあるが、この場合、抗生物質は効果がない。

問1 下線部（1）について、

- i) 1個のファージから1回の感染サイクルで生じるファージの個数をバーストサイズとよぶ。宿主の大腸菌が十分に存在し、バーストサイズが100、感染サイクルが30分であるとすると、1個のファージは計算上2時間のうちに最大で何個に増えるか、整数で記せ。
- ii) 大腸菌は細胞分裂により増殖する。大腸菌の分裂が20分ごとに起きるとすると、1個の大腸菌は2時間で何個に増えるか、整数で記せ。ただし、この場合の大腸菌にファージの感染はなく、増殖中は死滅しないものとする。

生 物 (その6)

問2 下線部(2)について,

- i) このような酵素を何とよぶか, 名称を記せ。
- ii) T2 ファージのゲノム DNA の大きさは 1.7×10^5 塩基対である。この酵素により T2 ファージの DNA は計算上何箇所かで切断されるか。小数点以下を切り捨てて整数で記せ。
- iii) この酵素で大腸菌自身のゲノム DNA は切断されない。そのしくみについて考えられることを簡潔に記せ。
- iv) ファージ感染に対する防御を考えるうえで, 細菌がこの酵素を細胞外へ分泌してファージに先制攻撃を仕掛けるのではなく, 細胞内で DNA の侵入を待ち受けていることの合理性を簡潔に記せ。

問3 下線部(3)について,

- i) 最初に発見された抗生物質の名称は何か。最も適当なものを次の ① ~ ⑤ から1つ選び, 番号で記せ。

① アンピシリン ② カナマイシン ③ ネオマイシン
④ ペニシリン ⑤ ストレプトマイシン
- ii) i) の発見者は誰か。最も適当なものを次の ① ~ ⑤ から1つ選び, 番号で記せ。

① フレミング ② ジェンナー ③ コッホ ④ パスツール ⑤ 野口英世

問4 下線部(4)について, 1928年にグリフィスは肺炎双球菌のS型菌とR型菌を用いた実験結果を報告した。両者の違いは肺炎双球菌がヒトの免疫からのがれる力と関係している。S型菌とR型菌の違いを簡潔に記せ。

問5 下線部(5)について, 病原体のインフルエンザウイルスに対して抗生物質が効かない理由を簡潔に記せ。

生 物 (その7)

第4問 タンパク質の品質管理に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

タンパク質は生命の根源をなす物質であり、生命活動のほとんどはタンパク質の構造と機能に依存している。タンパク質の種類は非常に多く、ヒトでは10万種類程度存在しているといわれている。これらすべての⁽¹⁾ タンパク質の情報はゲノムDNA上に塩基配列として記されており、遺伝子とは親から子に伝えられるタンパク質の情報であるということもできる。タンパク質はDNAから転写されたmRNAのコドンの順序にしたがって、リボソーム上で20種類のアミノ酸をつないでいくことにより合成される。

タンパク質の構造は分子内の原子間で働くさまざまな相互作用によって決定されるが、最終的には細胞内でエネルギー的に最も安定な状態をとり、その形はアミノ酸の並び方によって一義的に決まる。すなわちタンパク質の構造は遺伝子によって決められているといえる。

ところが⁽²⁾ さまざまな状況でこの立体構造が崩れることがあり、これをタンパク質の変性とよんでいる。アンフィンセンは尿素の溶液で酵素を変性させた後に尿素を取り除くと、酵素は再び元の形に折りたたまれて活性を取り戻すことを発見し、いったん変性したタンパク質も元の形に戻れることを証明した。多くのタンパク質は水溶液中で働いているが、そこでは疎水性のアミノ酸と親水性のアミノ酸の分子内での配置がタンパク質の安定性に大きく影響する。しかし、細胞の中はタンパク質が密集しているために、タンパク質の変性が起きた場合に他のポリペプチドとの相互作用などにより折りたたみに不都合を生じることがある。リボソーム上でタンパク質が新規に合成される場合にも同様な問題が起きる。そのようなときに細胞内では⁽³⁾ シャペロンとよばれる一群のタンパク質が、ポリペプチドの凝集しやすい部分に結合して正常な折りたたみを補助する。このような補助を受けても正常な立体構造をつくれなかったタンパク質は、細胞内に存在するプロテアソームというタンパク質分解酵素複合体によって分解される。実際、細胞が新たに合成するタンパク質の約1/3は正しい高次構造をとることができずに分解されてしまう。シャペロンは小胞体の中にも存在している。⁽⁴⁾ 粗面小胞体のリボソームで合成され小胞体に送り込まれたタンパク質が、シャペロンの助けを借りても正しく折りたたまれなかった場合には、小胞体の外に引き出されてやはりプロテアソームで分解される。⁽⁵⁾ 細胞内の変性タンパク質を除去するこのようなくみがうまく働かないことでさまざまな病気が起こることが知られている。

ミトコンドリアなどの細胞小器官が古くなって傷んだりしたような場合にはプロテアソームでは対応できず、⁽⁶⁾ 傷んでしまった細胞小器官などを小胞の膜で取り囲んだ後、リソソームと融合することにより分解する自食作用が起きることもある。この自食作用は細胞が飢餓状態になったときにも起こり、細胞にとってアミノ酸の重要な供給源にもなっている。また、細胞内に病原体が侵入したときにも同様のやり方で病原体を殺している。

生 物 (その8)

問1 下線部(1)について、遺伝子とはDNAから転写される単位のことをさすが、このうちタンパク質のアミノ酸情報がコードされていない遺伝子を2つ記せ。

問2 下線部(2)について、タンパク質の変性によって引き起こされるさまざまな現象をわれわれは身近に経験している。次の①～⑦にあげた物質の性質の変化のうち、タンパク質の変性によらないものをすべて選び、番号で記せ。

- ① 卵を熱湯に浸しておくとうで卵になる。
- ② 牛乳をあたためると表面に膜が張る。
- ③ 溶かした寒天を冷やすと固まる。
- ④ あたためた豆乳に“にがり”を入れると豆腐になる。
- ⑤ 新鮮なサバの切り身を酢に漬けると身が白くなったシメサバになる。
- ⑥ 水でといた片栗粉をあたためると“とろみ”がつく。
- ⑦ 牛乳にレモン汁を入れると固まる。

問3 下線部(3)について、シャペロンは細胞を高温で処理したときに大量に発現が誘導されるタンパク質として発見された。当時はその働きがわからずにヒートショックプロテインとよばれていた。

- i) このときシャペロンが大量に発現する理由を簡潔に記せ。
- ii) シャペロンはタンパク質の親水性の部分と疎水性の部分のどちらに結合しやすいか。解答欄の適当と思われる選択肢に○印をつけよ。

問4 下線部(4)について、リボソームには細胞質基質に存在するものと、小胞体に結合して粗面小胞体を形成するものの2通りがある。合成されたタンパク質が最終的にどこで働くかに応じて、これらのリボソームは使い分けられている。粗面小胞体で合成されるタンパク質が働く場所を2つ記せ。

問5 下線部(5)について、変性したタンパク質の凝集によって引き起こされる深刻な病気に、牛海綿状脳症(BSE)がある。これは何というタンパク質によって引き起こされるか、名称を記せ。

問6 下線部(6)について、

- i) 植物細胞や酵母でも自食作用は起きているが、これらの生物にリソソームは存在しない。これらの生物でリソソームの代わりに働く細胞小器官の名称を記せ。
- ii) 自食作用のことを英語で何とよぶか。カタカナもしくはアルファベットで記せ。
- iii) リソソームに含まれる分解酵素は、万が一リソソームが壊れて細胞内に放出されたとしても細胞内のタンパク質を分解しないようにできている。そのしくみについて簡潔に記せ。

生 物 (その9)

問7 ミトコンドリアが自食作用によって分解される様子として最も適当なものを、次の模式図 ① ~ ④ から1つ選び、番号で記せ。ただし、図に描かれた曲線はすべて脂質二重層の膜を表しているものとする。

