

生 物

1 次の文章を読み、以下の問(1)~(8)に答えよ。

遺伝子工学発展の契機となった大きな発見が 1970 年前後に次々と報告されている。当時、細胞が持っている遺伝情報の発現の流れは DNA→RNA→タンパク質という一方向に限られるとされていた。ところが米国の H・M・テミンは、遺伝物質として RNA をウイルス粒子中に持つある種の腫瘍ウイルスの増殖が転写阻害薬によって抑制されることをみいだした。彼はこの結果から、この RNA 腫瘍ウイルスの増殖過程に DNA が介在すること、すなわち RNA から DNA という遺伝情報の流れが存在することを予想した。その後テミンは 1970 年に共同研究者の水谷哲と共に、RNA 腫瘍ウイルス粒子内に ア が存在することを報告した。この発見によって、RNA 腫瘍ウイルスは自分の遺伝情報を DNA に置き換え、その DNA を細胞の DNA に組み込むことによって感染を成立させることが明らかになった。また、遺伝情報の流れの一方向性に例外が存在することも確認された。

ア や特定の塩基配列を認識して切断する酵素の発見、また 1973 年に S・コーエンと H・ボイヤーによって発表された初めての組換え DNA 作製実験の成功は、その後の遺伝子解析や遺伝子工学技術を応用した有用タンパク質の産生に大きく寄与している。たとえば、ヒトのインスリンを大腸菌を利用して産生する場合、ヒトのインスリン遺伝子をそのまま大腸菌に入れても大腸菌は活性のあるインスリンを産生できない。その理由の一つは、遺伝子そのものの構造とタンパク質の産生を指令する伝令 RNA の構造が異なるからである。すなわち、ヒトの遺伝子は通常 イ と ウ からなり、転写された伝令 RNA 前駆体の ウ に相当する部分は エ と呼ばれる過程によって除かれ、イ のみがつなぎ合わされて成熟した伝令 RNA となる。大腸菌の遺伝子にはこの様なシステムは存在しない。したがって、この成熟した伝令 RNA を ア によって DNA に置き換えてから大腸菌に導入しないと大腸菌はヒトタンパク質を産生できない。

また、ヒト細胞のように核が存在する細胞では、インスリンのように細胞外に分泌されるタンパク質はリボソームによって合成されると同時に オ に取り込まれ、さらに カ を通って細胞外に分泌される。ところが大腸菌のように核が存在しない細胞は オ や カ を持たないため、インスリンのような分泌タンパク質を活性を保ったまま産生させるには多くの困難が存在する。

核を持つ細胞では、 オ や カ のように膜で囲まれた細胞小器官が発達しており、また核自体も核膜によって形態を維持している。このような細胞内の膜構造の存在は、1940年代にG・E・パラードによって技術的改良がなされ生物学に導入された電子顕微鏡によって初めて確認され、その後、各細胞小器官の分離精製や機能解析が進められた。すなわち研究者達は、各細胞小器官を細胞分画法などによって精製した後、界面活性剤によって膜を破壊し、細胞小器官内部や膜に埋め込まれたタンパク質を回収し機能解析を行った。その結果、各細胞小器官はその内部や膜に特有なタンパク質を持っており、それらのタンパク質の働きによって各細胞小器官固有の機能を果たしていることが明らかになった。たとえばインスリンの場合、分子内部に3カ所硫黄を含むアミノ酸同士が結合する構造を持っており、これは オ にのみ存在する特殊な酵素タンパク質の働きによってその正しい構造形成が保証されている。したがって、このような分泌系膜構造を持たない大腸菌を利用して活性を持ったインスリンを直接産生する事は通常不可能である。

問(1) ア ~ カ に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)のような考え方は何とよばれているか。枠内に記せ。

問(3) 下線部(b)のように、ある生物のすべての遺伝情報をふくむ塩基配列のひとつを何とよぶか。枠内に記せ。

問(4) 図1は下線部(c)の事実を示すテミンの実験データである。この実験について以下の説明を読み、(i)、(ii)の問いに答えよ。

テミンらは、精製したウイルス粒子サンプルに適切な緩衝液と反応に必要な材料を加え、時間を追ってDNAの合成量を測定した。Aの線は完全な反応液、Bの線は完全な反応液から界面活性剤を除いた場合の結果を示す。

- (i) DNA の合成量を RNA と区別して測定するために標識すべき適切なヌクレオチドに含まれる塩基の名前を枠内に記せ。
- (ii) 反応液から界面活性剤を除くと反応が進まなくなるが、これはウイルス粒子がどのような特徴を持っているためと考えられるか。枠内に記せ。

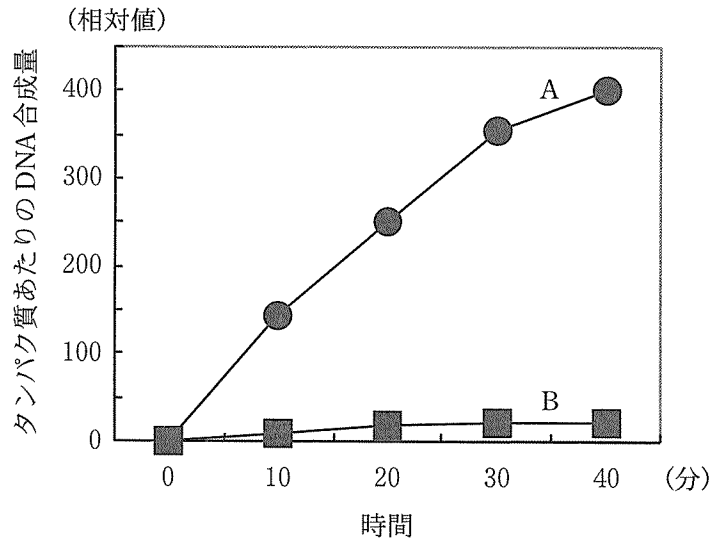


図 1

- 問(5) 下線部(d)の酵素を一般に何とよぶか。枠内に記せ。
- 問(6) 下線部(e) (f)のような細胞からできている生物をそれぞれ何とよぶか。枠内に記せ。
- 問(7) 下線部(g)のような構造を何とよぶか。枠内に記せ。
- 問(8) 後天性免疫不全症候群(エイズ)の原因となるヒト免疫不全ウイルス(HIV)も RNA 腫瘍ウイルスと同様に、みずからの遺伝情報を DNA に置き換え、ヒトの細胞 DNA に組み込むことによって感染を成立させる。ウイルス DNA が細胞 DNA に組み込まれるメカニズムは両者とも同じとされているが、RNA 腫瘍ウイルスは増殖中の細胞でしか感染が成立しないのに対して、HIV の感染は増殖していない細胞でも成立する。この両者の違いはそれぞれのウイルスのどのような特徴を示唆するか。次の語群の 4 つの用語すべてを用いて、枠内に簡潔に記せ。

【語群】 核 膜 分 裂 核膜孔 消 失

——このページは白紙——

2

人の神経系に関する次の文章を読み、以下の問(1)～(5)に答えよ。

脳の働きは、中心溝を境にして前半分と後半分で大きく異なる。前半分は主として外界への働きかけに関与し、後半分は外界からの情報処理に関与している。

人が意識的な動作を行うとき、まず、脳の最前部にある前頭前野で運動の意思決定がなされる。次いで、中心溝の前に位置する ア 野の一次ニューロンが興奮する。一次ニューロンは イ 神経であるため、活動電位は ウ の絞輪を次々と伝わる。これを、 エ という。一次ニューロンの 90 % は延髄で交叉して反対側に移り、脊髄の外側を下行する。

下行してきた一次ニューロンは、脊髄前角で、二次ニューロンである脊髄前角細胞と オ を構成し、運動の指令を伝達する。二次ニューロンは、前根(腹根)となって脊髄を出て、末しょう神経系として目的とする骨格筋に到達し、神経筋接合部で オ ^(a) を構成する。二次ニューロンの活動電位がここに到達すると、 カ が放出される。筋繊維の表面にある受容体に カ ^(b) が結合すると筋繊維に活動電位が生じ、活動電位が筋繊維全体に伝わることで筋収縮が引き起こされる。

次に、外界からの情報処理について、視覚を例に説明する。

外部からの光は、角膜を通過し、 キ で屈折した後、ガラス体を経て、網膜で像が結ばれる。網膜には、 ク 細胞と錐体細胞 ^(c) の 2 種類の視細胞があり、光を吸収すると反応し、視神経細胞を興奮させる。

視覚情報は、図 1 のように、どちらの眼球においても、網膜の右半分の情報 は右の脳へ、左半分の情報 は左の脳へ伝達される。左眼球を例に説明すると、耳側の網膜の情報はそのまま左の脳へ伝達されるのに対し、鼻側の網膜の情報は反対側の右の脳に伝達される。すなわち、両眼球の鼻側網膜の情報を伝える視神経は、大脳底部で交叉するのである。この場所を、視交叉という。左右の視野に分かれた網膜の情報は、外側膝状体を経て、後頭葉の大脳皮質視覚野へ伝達される。

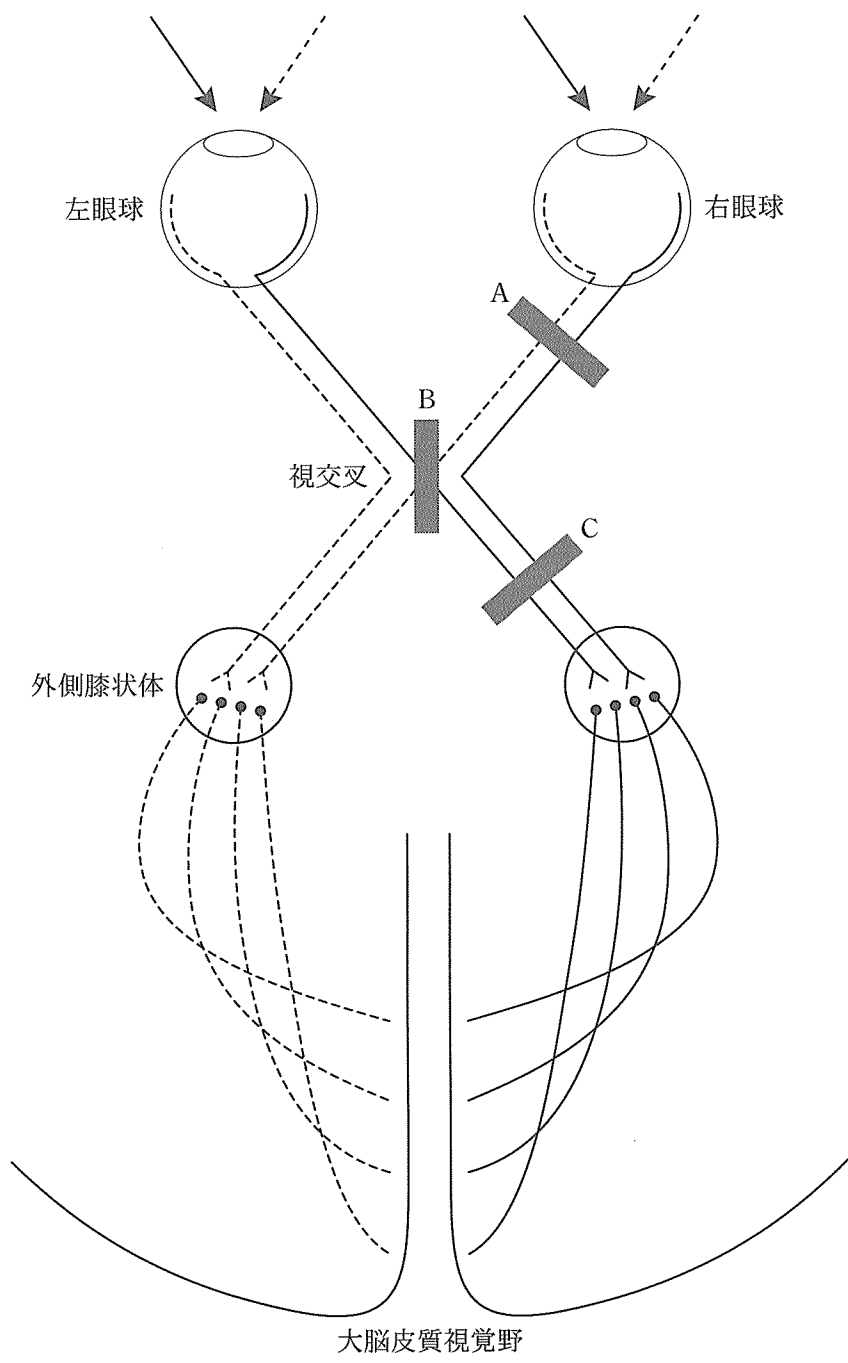
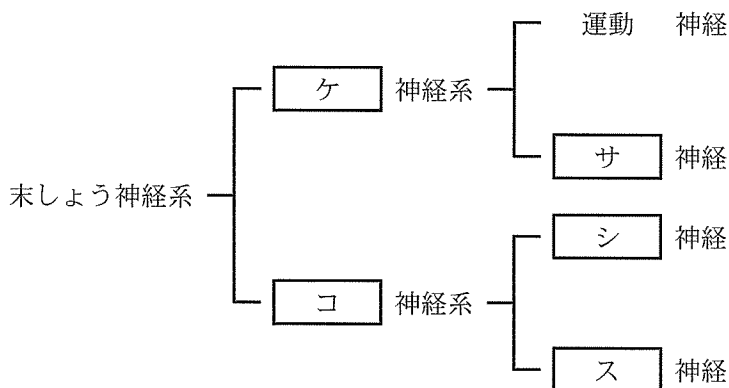


图 1

問(1) ～ に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)末しょう神経系に関する次の表の ～ に適切な語句を入れ、表を完成させよ。

注) と は入れ替わっても構わない。



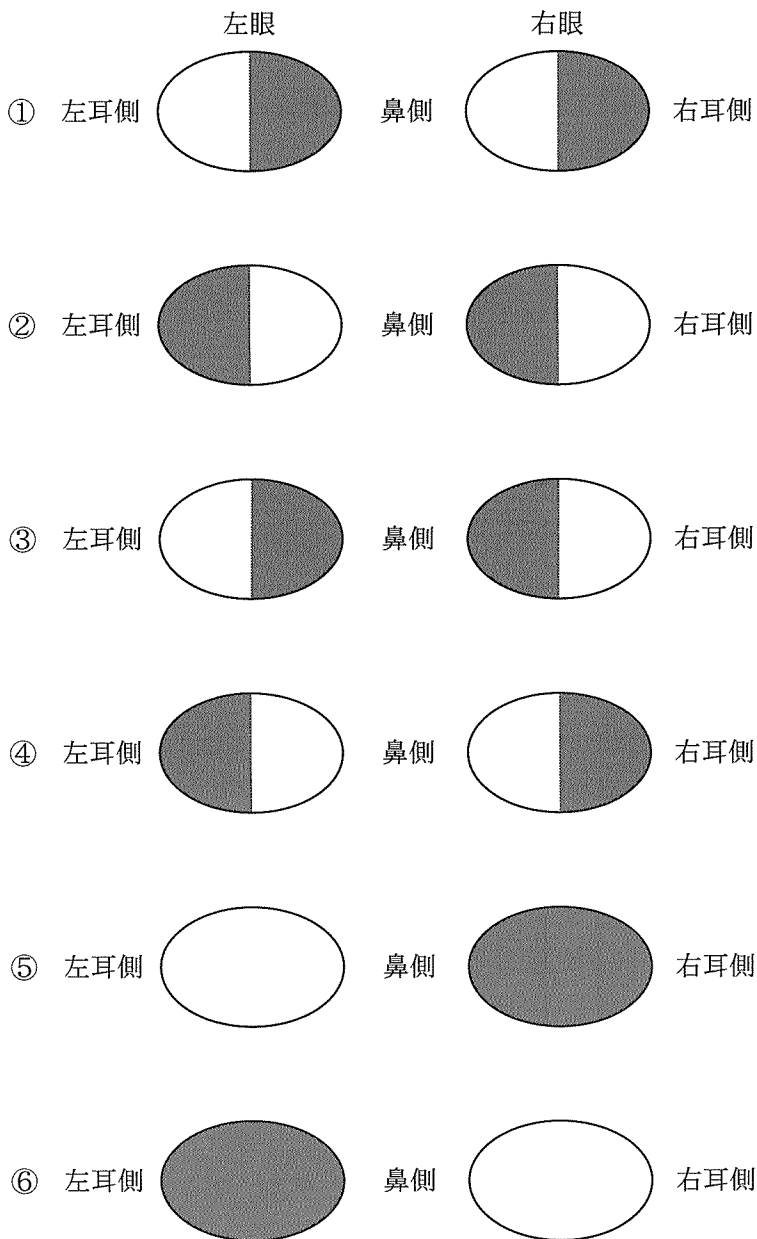
問(3) 下線部(b)筋繊維は、円筒形の細胞であり、細胞質には筋原繊維が長軸に沿って走っている。筋原繊維を電子顕微鏡で観察すると、サルコメア(筋節)という単位で構成されていることが分かる。このサルコメアが短縮することで、筋肉が収縮する。筋肉が弛緩しているときと収縮しているときのサルコメアの様子を、違いが分かるように、「Z膜」、「アクチンフィラメント(細いフィラメント)」、「ミオシンフィラメント(太いフィラメント)」の構造物を用いて、枠内に図で説明せよ。

問(4) 下線部(c)錐体細胞に関する以下の記述で、正しいものを1つ選べ。

- ① 錐体細胞には3種類あり、それぞれ、青色、緑色、紫色の光に強く反応する。
- ② 錐体細胞は、遠近調節を行っている。
- ③ 錐体細胞は、弱い光でも感じ取ることができるが、色の区別はできない。
- ④ 錐体細胞は、視野の中心に相当する部分(黄斑)に集中して分布している。

問(5) 図1のA, B, Cで視覚の情報が遮断されると、それぞれ特徴的な視野の欠損が生じる。A, B, Cに該当する視野欠損の状態を、次の①～⑥より選べ。

注) 左右のだ円は、左右の眼球の視野を示す。また、黒い部分は、視野が欠損している箇所である。



3 次の文章を読み、以下の問(1)~(5)に答えよ。

細胞が分裂の前期にはいと、染色体が凝縮し、太く短い形になる。やがて核膜が消失し、 期には、染色体が中央の赤道面に整列し紡錘体が形成される。このとき、すべての姉妹染色体が紡錘体極から伸びる動原体微小管に両側性^(a)に結合してはじめて姉妹染色体が分離し、 期にはいる。動物細胞では、分離した染色体が紡錘体極の近傍まで移動する 期の後半から 期にかけて細胞表面に分裂溝と呼ばれるくびれが生じ、それが次第に収縮することで細胞質が分割され、2つの細胞に分裂する。植物細胞では、分裂溝のかわりに赤道面に と呼ばれる仕切りが形成され、細胞を分離する。

分裂溝は、紡錘体極の中間にある赤道面に形成される。分裂溝の位置が決定されるしくみには、次のような仮説が存在する。

- (仮説A) 姉妹染色体が分離するとき、姉妹染色体から近傍の赤道面に位置する細胞表層へ収縮を促進する信号が送られる。
- (仮説B) 紡錘体極から直接細胞表面にのびる微小管を伝わって、細胞表層の収縮を阻害する信号が送られるため、その信号が到達しにくい赤道面でくびれが生ずる。
- (仮説C) 紡錘体極からそれらの中間に位置する細胞表層へ向かって、収縮を促進する信号が送られる。

これらの仮説を検証する目的で、次のような実験を行った。ウニの受精卵が卵割を開始する前に、卵の中央をガラス球で押さえ、図1のようにドーナツ状に変形した。すると紡錘体が形成され、核分裂は正常に進行したが、細胞質は紡錘体の近傍でのみくびれ分離された。さらに、2回目の卵割の時期になると、紡錘体が2つ形成されたのち、3か所で分裂溝が形成され、4つの細胞に分裂した。

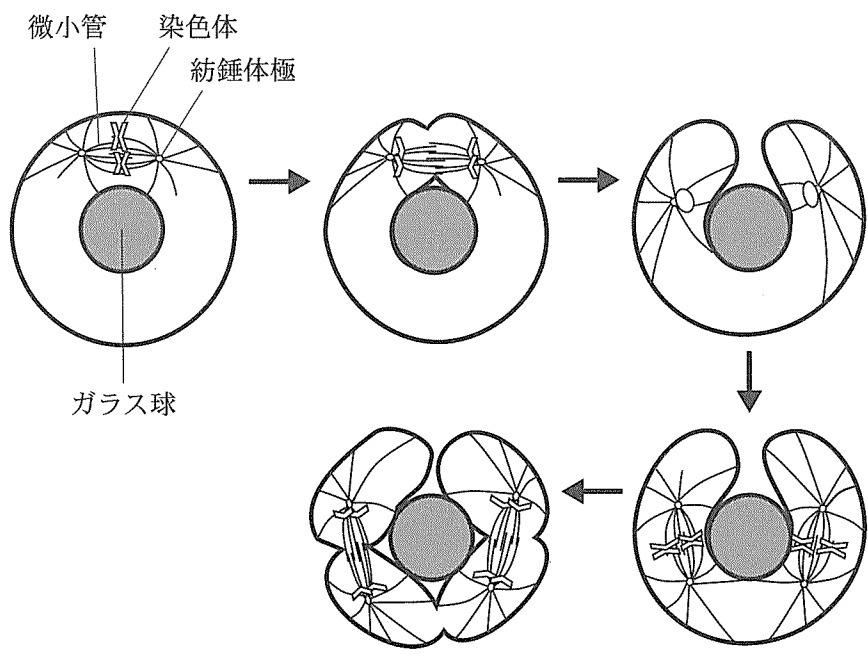


図1

問(1) ~ に適切な語句を入れよ。

問(2) 細胞周期には、下線部(a)のように、ある条件を満たさないと通過できないチェックポイントが複数存在する。下線部(a)のチェックポイントが正常に働かない細胞では、分裂後の細胞にどのような異常をきたすと考えられるか、簡潔に書け。

問(3) 上記の実験の結果から、ウニの卵割では仮説A~Cのどれがもっとも正しいと考えられるか。また、それぞれの仮説ごとに支持、あるいは却下した理由を簡潔に説明せよ。

問(4) 分裂溝の位置をきめる信号が伝達する速度を測定するため、第一分裂時に細胞の中心に紡錘体があり、縦に分裂溝をつくりながら、対称性に分裂するウニの受精卵を用い、人為的に紡錘体を細胞表面に近づける実験を行った。第一分裂開始時に紡錘体を上下方向に移動させたところ、紡錘体の細胞の中心線からの距離と、上下の細胞表面に分裂溝ができる時期のずれには、図2の破線で示される関係が認められた。このことから、紡錘体から細胞表面へ送られる分裂溝の位置を制御する信号は、一定の速度で移動することが予想される。その速度を計算し、有効数字2桁で答えよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。なお、第一分裂では、紡錘体は細胞体に比べ十分小さいため、細胞表面からの距離は紡錘体のどの部位でも同じとみなしてよいものとする。

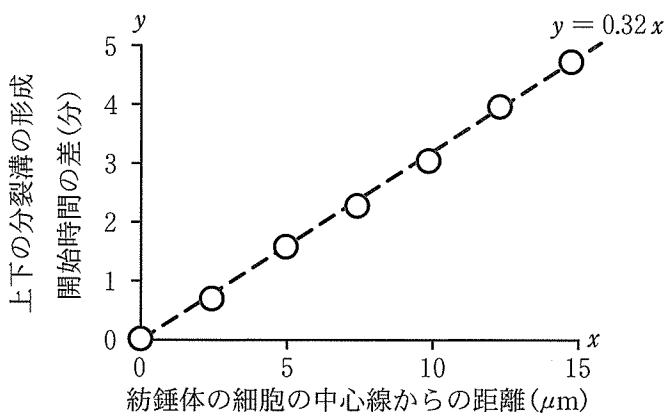


図 2

問(5) 卵割が通常の体細胞分裂と異なる特徴の1つに、細胞の体積の総和を増やさずに、次々と分裂をくり返すことがあげられる。10回の卵割を行う間、すべての細胞が同期して分裂し、体積の総和が変化せずに、大きさの等しい球状の娘細胞を形成する生物がいた。以下の問いに答えよ。

- (i) 3回目の卵割が終わり8細胞になったとき、個々の細胞の表面積は、最初の1細胞の何%になっているか。また、結果だけでなく、考え方も記せ。ただし、半径 r の球の体積は $4/3\pi r^3$ 、表面積は $4\pi r^2$ で求めることができる。
- (ii) 512細胞に増えたとき、512個の細胞の表面積の総和は、最初の1細胞の何倍になっているか。