

1

動物細胞の構造とそれを構成する物質に関する次の文章を読み、以下の問(1)~(6)に答えよ。

動物細胞は、(ア)に包まれた構造をもち、核と(イ)からなる。核は(ウ)で包まれており、内部にDNAがある。DNAは、細胞や個体の形質を決めたり、遺伝情報を次の世代へと伝えたりするうえで、重要なはたらきをしている。(イ)には、さまざまな細胞小器官があり、それぞれ特定の機能をもつ。例えば、呼吸における3つの過程、すなわち(エ)、(オ)回路、(カ)のうち、(エ)以外の2過程は(キ)で行われる。他に、タンパク質合成の場であるリボソーム、リボソームで合成されたタンパク質の輸送に関与する粗面小胞体、粗面小胞体から輸送されたタンパク質に糖鎖付加などの修飾をする(ク)、細胞内で生じた不要物を分解する(ケ)などが存在する。

動物細胞を構成する物質のうち、最も多く含まれているのは水であるが、水以外では、炭水化物、脂質、タンパク質、核酸などの有機物が占める割合が高い。動物細胞では、それら有機物のうち、タンパク質が占める割合が最も高い。タンパク質は、細胞の構造を形成したり、細胞内の化学反応を触媒する酵素として機能したりするなど、さまざまな役割を果たす。

(1) 文章中の空欄(ア)~(ケ)に入る最も適切な語句を答えよ。

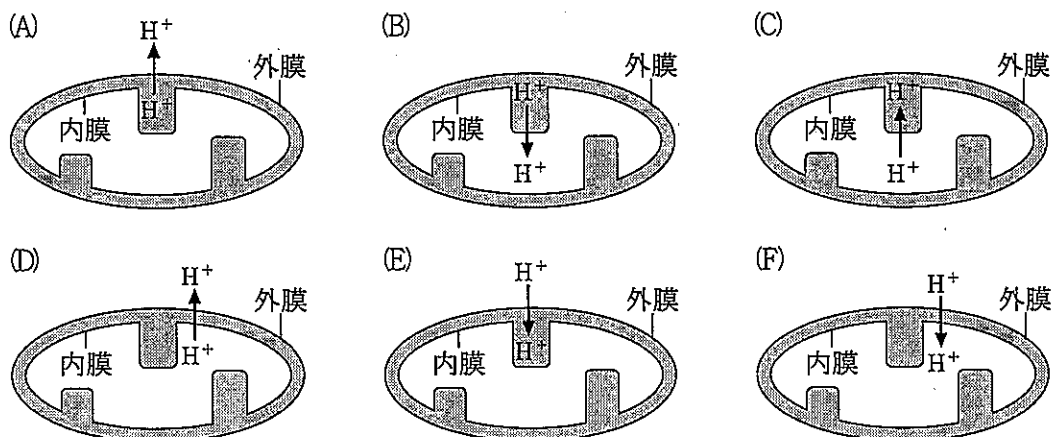
(2) 文章中の(ア)を構成する主な物質を、次の(A)~(E)からすべて選び記号で答えよ。

- (A) タンパク質                      (B) ヘモグロビン                      (C) リン脂質  
(D) ナトリウムイオン              (E) カルシウムイオン

(3) 下線部①について、以下の問(i)および(ii)に答えよ。

(i) 1分子のグルコースが呼吸により完全に酸化された場合、(エ)および(オ)回路で生成されるATPはそれぞれ何分子か答えよ。

(ii) (カ)の過程でATPが合成される際の、水素イオン( $H^+$ )の移動経路を示した(キ)の断面の模式図として最も適切なものを、次の(A)~(F)の中から1つ選び記号で答えよ。

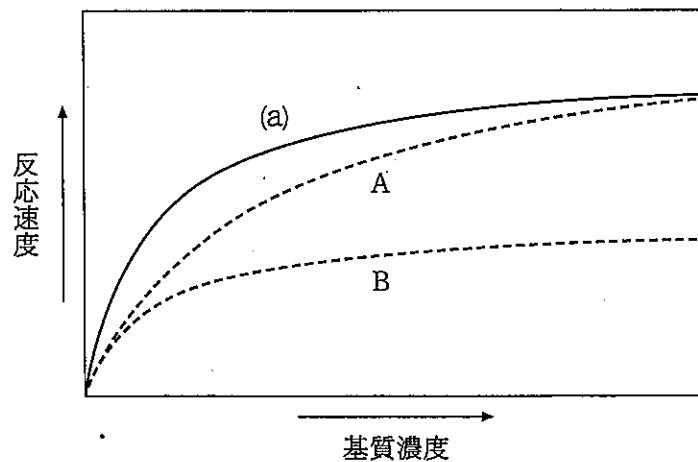


(4) 文章中の(ク)が発達しているのはどのような細胞か 20 字以内で答えよ。

(5) 下線部②について、ある人の体内で炭水化物、脂質、タンパク質が呼吸基質として分解された際、24 時間での酸素消費量は 350 L、二酸化炭素放出量は 310 L、尿中窒素排泄量は 15 g であった。この人が 24 時間で消費した炭水化物、脂質、タンパク質の量はそれぞれ何 g か答えよ。ただし、炭水化物、脂質、タンパク質のそれぞれ 1 g が呼吸基質として分解された場合の酸素消費量、二酸化炭素放出量、尿中窒素排泄量は下の表に示す値とする。

	酸素消費量(L)	二酸化炭素放出量(L)	尿中窒素排泄量(mg)
炭水化物	0.8	0.8	0
脂質	2.0	1.4	0
タンパク質	1.0	0.8	300

(6) 下線部③について、下の図の実線(a)は、ある酵素の濃度を一定にし、基質濃度を変化させたときの酵素の反応速度の変化を示したものである。酵素反応液に 2 種類の阻害物質をそれぞれ一定の濃度で添加したところ、反応速度の変化は、破線 A および B のようになった。2 種類の阻害物質で反応速度の変化に違いが生じた理由を、それぞれの阻害の名称と「活性部位」という語句を使用し、160 字以内で説明せよ。



2

遺伝子の発現調節に関する次の文章を読み、以下の問(1)~(3)に答えよ。

遺伝子の発現は、DNAの塩基配列がRNAの塩基配列へと写し取られる転写の過程から始まる。転写は、DNAの(ア)とよばれる特定の塩基配列の部分に、(イ)とよばれる酵素が結合することによって始まる。転写により生成されたRNAの塩基配列は、その後の翻訳の過程①でアミノ酸配列へと置き換えられ、これによってタンパク質が合成される。遺伝子には、常に発現しているものもあるが、まわりの環境に応じて発現が変化するものもある。この遺伝子発現の調節は、主に転写の開始段階で行われる。遺伝子の転写調節は、調節タンパク質が(ア)周辺の領域に結合することによって行われる。調節タンパク質の遺伝子を調節遺伝子という。

真核生物では、DNAは(ウ)とよばれるタンパク質に巻きついてビーズ状の構造を形成し、これがさらに折りたたまれた構造をしている。このビーズ状の基本構造は(エ)とよばれ、折りたたまれた高次構造は(オ)とよばれる。真核生物では(オ)の高次構造が(ウ)の修飾により変化することで、転写の起こりやすさが調節されている。多細胞生物の場合は、体内を循環する(カ)による遺伝子発現の調節も知られている。例えば昆虫の変態を誘導するエクジステロイドは、脂溶性の(カ)であり、標的細胞内の(キ)と結合して複合体を形成する。この複合体は核へと移動し、調節タンパク質としてはたらく。

原核生物では、オペロンの転写調節のように、真核生物とは異なるしくみがある。大腸菌のトリプトファンオペロン②では、トリプトファンの合成に関わる複数の遺伝子の発現は、1つの(ア)によってまとめて調節されている。培地にトリプトファンが含まれないときは、大腸菌は細胞内でトリプトファンを合成する。一方、培地のトリプトファンが過剰であるときは、細胞内でのトリプトファンの合成は停止する。このとき、調節タンパク質がトリプトファンと結合することでその立体構造が変化して、(ク)へ結合できるようになる。トリプトファンオペロンの(ク)は(ア)に近接して存在し、調節タンパク質の結合は(イ)の(ア)への結合を阻害することで、トリプトファンオペロンの転写に負の影響を与える。このような調節タンパク質は、その機能から(ケ)ともよばれる。

(1) 文章中の空欄(ア)~(ケ)に入る最も適切な語句を答えよ。

(2) 下線部①について、次の(A)~(E)の記述から正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (A) 遺伝情報は、DNA → RNA → タンパク質へと一方向に流れる。この遺伝情報の流れの原則をセントラルドグマとよぶ。
- (B) 原核生物ではDNAの塩基配列がmRNAに転写されると、その場でタンパク質合成が開始される。
- (C) タンパク質合成の開始を指示する開始コドンは、メチオニンを指定するコドンでもある。
- (D) タンパク質合成の過程では、まずコドンに対応するtRNAがリボソームに入り、その後、対応するアミノ酸とtRNAがリボソーム内で結合する。
- (E) tRNAのアンチコドンは、リボソームを構成するrRNAと相補的に結合する。



3 遺伝について、以下の問(1)および(2)に答えよ。

(1) 次の文章を読み、以下の問(i)~(iv)に答えよ。

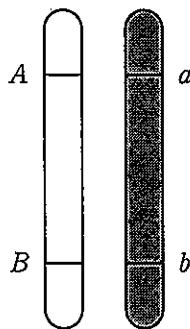
2種類の細胞が合体することにより、新しい個体生まれることを(ア)という。(ア)では(イ)がつくられ、(イ)のうち、卵や精子などのように合体して新しい個体をつくる細胞を(ウ)という。(ウ)の合体を(エ)といい、(エ)によってできる細胞を(オ)という。ヒトなどの(ア)を行う個体の体細胞には、形や大きさが同じ染色体が2本ずつあり、これらの一方は卵由来、もう一方は精子由来の染色体である。この1対の染色体を(カ)という。

(ウ)が形成される過程では、染色体の数を半減させる(キ)が起こる。(キ)の(ク)では、(カ)が互いに異なる細胞に分配される。(ク)の前期では、(カ)どうしは平行に並んで接着し、(ケ)となる。(ケ)になっているとき、(カ)の間で一部が交換される場合がある。これを(コ)という。(ク)に引き続いて(サ)が起こり、最終的に1個の母細胞から(シ)個の娘細胞が生じる。

(i) 文章中の空欄(ア)~(シ)に入る最も適切な語句または数字を答えよ。

(ii) 下線部について、ヒトの(ウ)に分配される染色体の組み合わせの数は、(コ)が起こらない場合、何通りとなるか答えよ。

(iii) 下の図は、母細胞の(カ)と、(カ)に存在する2組の対立遺伝子を模式的に示したものである。遺伝子AとBの間と、遺伝子aとbの間で(コ)が1回起こった場合、(ウ)の染色体における遺伝子の組み合わせを下の図にならってすべて解答欄に図示せよ。



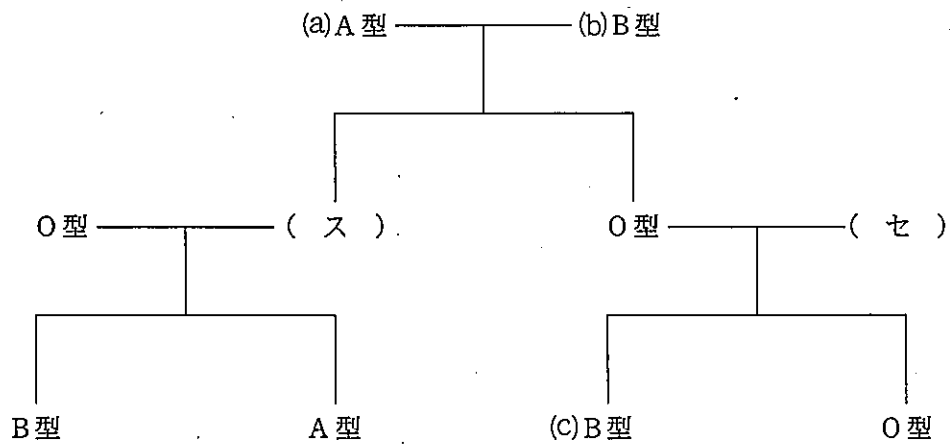
(iv) (キ)における母細胞の細胞当たりのDNA量を相対値で2としたとき、細胞周期における細胞当たりのDNA量の変化を解答用紙の図に記入せよ。

(2) ヒトのABO式血液型は、A型、B型、AB型、O型の4つの血液型に分けられる。この遺伝のしくみは、A型を現す遺伝子A、B型を現す遺伝子B、O型を現す遺伝子Oの3つの対立遺伝子により決定されている。以下の問(i)および(ii)に答えよ。

(i) 3つの対立遺伝子の関係について正しいものを、次の(A)~(E)からすべて選び記号で答えよ。

- (A) 遺伝子Aは遺伝子Bに対して優性である。
- (B) 遺伝子Aは遺伝子Oに対して優性である。
- (C) 遺伝子Oは遺伝子Aに対して優性である。
- (D) 遺伝子Oは遺伝子Bに対して劣性である。
- (E) 遺伝子Aは遺伝子Oに対して劣性である。

(ii) 下の図は、ある家系におけるABO式血液型の遺伝のようすを模式的に示したものである。図中の空欄(ス)および(セ)に入る最も適切な血液型を答えよ。また、図中の(a)~(c)の遺伝子型を答えよ。遺伝子型が複数ある場合はすべて答えよ。



① アメフラシの水管に接触刺激を与えると、えらを引っ込めるが、この接触刺激を何度も繰り返すと、えらを引っ込めなくなる。これを(ア)という。このアメフラシの尾部に電気ショックを与えると、水管の接触刺激によるえらを引っ込める反射が回復する。これを(イ)という。さらに強い電気ショックを与えると、弱い反射しか生じない水管への刺激でも、大きな反射が生じるようになる。これを(ウ)という。この(イ)と(ウ)は、尾部からの感覚情報を受けた介在ニューロンが、水管の感覚ニューロンの神経終末と(エ)を形成して反応を増強させることにより起こる。

② ミツバチは蜜のある花を見つけると、巣に戻ってなかまのミツバチにその情報を伝え、その花へと誘導する。花が巣から近い場合は(オ)をせわしなく行うことで、その情報をなかまに伝える。一方、花が遠く離れている場合は(カ)を行う。このとき、巣から見て太陽の方向と花の方向とがなす角度が、(カ)での鉛直上方とダンスの直進部分の方向とのなす角度に相当する。

空腹なイヌに肉片を見せると唾液を流す。このように、訓練を必要とせずに特定の行動を引き起こすかぎ刺激を(キ)という。一方、肉片を与えると同時にベルを鳴らすことを繰り返すと、イヌはやがてベルの音だけで唾液を流すようになる。このベルの音のような刺激を(ク)という。また、(キ)と(ク)の対となった刺激による学習を(ケ)という。

④ カモやアヒルのひなは、ふ化後の非常に早い時期に見た動く物体を追従する対象として記憶する。これは(コ)とよばれ、一度成立すると変更されにくい。

目の前にえさがあるが、障害があつて直接近づいてえさを得られない場合でも、チンパンジーは、はじめから回り道をしてえさを得ることができる。

⑥ カイコガの雄は、雌の発する(サ)を触角で感知すると、雌に対する探索行動を開始する。すなわち、雄は空気中に塊となつて浮遊する(サ)を感知すると、まず直進歩行を行う。(サ)を感知できなくなると、ジグザグターンを繰り返し、(シ)歩行に移行することで、再び(サ)を感知できる機会を高めて探索行動を継続する。

- (1) 文章中の空欄(ア)~(シ)に入る最も適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①~⑥の各行動と最も関連のある記述を、次の(A)~(F)から1つずつ選び記号で答えよ。
- (A) 感覚器で得られた情報を過去の経験と照らし合わせて状況を判断し、未経験の課題を解決する。
  - (B) 何度も繰り返される刺激によって、行動の変化を獲得する。
  - (C) ある刺激により引き起こされる行動が、それとは無関係の刺激と結びつく。
  - (D) 動物が光や化学物質などの刺激の方向へ、あるいは刺激から遠ざかる方向へ移動する。
  - (E) 生後のごく短い期間に特定の対象を記憶する。
  - (F) 社会性の集団を形成して生活している動物では、同種の個体どうしでのコミュニケーションが発達している。
- (3) 下線部①~⑥の行動のうち、生得的行動をすべて選び数字で答えよ。
- (4) 下線部⑤のように、チンパンジーは、はじめから回り道をしてえさを得ることができるのに対して、アライグマは、回り道をしてえさを取るまでに時間がかかる。この違いの理由を30字以内で説明せよ。
- (5) 下線部⑥について、以下の問(i)および(ii)に答えよ。
- (i) カイコガの雄は、この一連の行動により効率よく雌を探し出す。このように、動物が特定の方向に体を向けることを何というか答えよ。
  - (ii) カイコガの雄の左右の触角のうち、一方の触角を切除して(サ)を左右均等に感知できないようにすると、雌に対する探索行動はどうか、30字以内で説明せよ。