

2019年度

Y_a 生物 問題

注意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は12ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～IVとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

(3と解答する場合)

I. 次の文を読み、下記の設問1～8に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

約46億年前に地球が誕生してから約6億年後に生命が誕生したと考えられている。生物は無生物から発生するという(イ)が長く信じられてきたが、19世紀半ばにパスツールの実験により、(イ)は否定され、「生命はすでに存在する生命からのみ生まれる」と考えられるようになった。しかし、生命誕生の過程で、少なくとも1度は無機物から有機物が生成され、生命が生まれたはずである。オパーリンは、無機物から有機物が生成され、集合してコアセルベートを作り、これが生命の素になったと考えた。ミラーは原始地球の大気を模した混合気体中で放電を行い、アミノ酸などの有機物の合成に実験的に成功した。これは、無機物から生命の構成因子として重要なタンパク質や核酸を生成できる可能性を示している。このような生命が誕生する以前の有機物の生成過程を(ロ)という。しかし、仮にこのようにして無機物からタンパク質や核酸が生成されたとしても、これらがなんらかの物質に覆われていないと、水中を拡散してしまう。そのために、現在の細胞と同様に、初期の生命体も膜(細胞膜)によって細胞内外を隔てる仕組みを持っていたと考えられる。

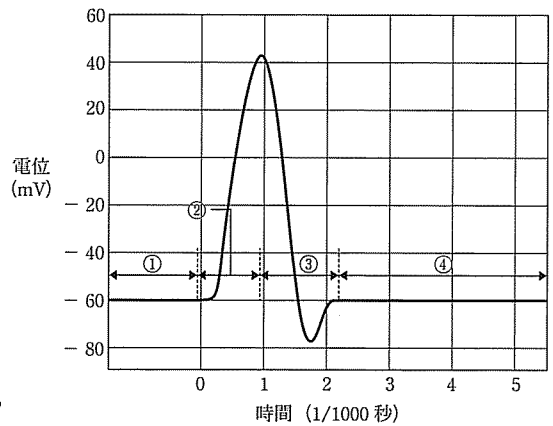
細胞膜の機能は単に細胞内外を分けることだけではない。細胞膜は、主に(ハ)とタンパク質からできており、細胞外から物質を取り込み、細胞内から老廃物を排出するなど物質の出入りの調節を行う機能もある。(ハ)の脂肪酸の部分は疎水性のため、水溶性の物質は細胞膜のうち(ハ)の部分を通過することはできない。これらの物質は、細胞膜に存在する膜タンパク質を介して移動する。例えば、イオンは、特定のイオンを選択的に通すイオンチャネルによって、濃度勾配に従って移動する。このように濃度勾配に従った拡散によっておこる物質輸送を(ニ)輸送という。一方、物質の濃度勾配に逆らって輸送する場合もある。膜タンパク質の中には、細胞外の情報を受け取るタンパク質や、自身と同じ種類の細胞を認識して接着するために必要なタンパク質など、細胞外の環境の感知などに重要なものもある。

1. 文中の空所(イ)～(ニ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。

2. 文中の下線部1)のように細胞は膜によって細胞内外を隔てられて生きている。細胞が膜でおおわれていること以外に、生きている細胞の大きな特徴は何か。2つの特徴をそれぞれ10字以内でしるせ。

3. 水分子は細胞膜を介して移動する。水分子だけを通す孔を構成するタンパク質の名称をしるせ。
4. 赤血球を高張液に入れると赤血球はどうか。10字以内でしるせ。
5. 文中の下線部2)に示す輸送にはエネルギーが必要である。そのエネルギーを供給する物質の名称をしるせ。

6. ニューロンが刺激を受けたときに変化する膜電位をニューロンの外側を基準としてオシロスコープで測定したところ、右図のグラフのような結果になった。グラフ中に示された①～④それぞれの状態の説明としてもっとも適当なものを、次のa～fから1つずつ選び、その記号をマークせよ。ただし、同じ記号を何度選んでもかまわない。



図

- a. ナトリウムポンプが閉じ、電位依存性カリウムチャネルにより、カリウムイオンが細胞外に流出する。
- b. 電位依存性ナトリウムチャネルが閉じ、電位依存性カリウムチャネルにより、カリウムイオンが細胞外に流出する。
- c. ナトリウムポンプにより、細胞外のカリウムイオンが細胞内に流入する。
- d. 電位依存性ナトリウムチャネルにより、細胞外のカリウムイオンが細胞内に流入する。
- e. ナトリウムポンプにより、細胞外のカリウム濃度が高くなり、細胞内のカリウムイオン濃度が高くなる。一部のナトリウムチャネルがカリウムイオンを細胞外へ排出する。
- f. 電位依存性ナトリウムチャネルにより、ナトリウムイオンが細胞外へ排出される。一部のナトリウムチャネルがカリウムイオンを細胞外へ排出する。

7. 文中の下線部 3) に関する次の問 i・ii に答えよ。

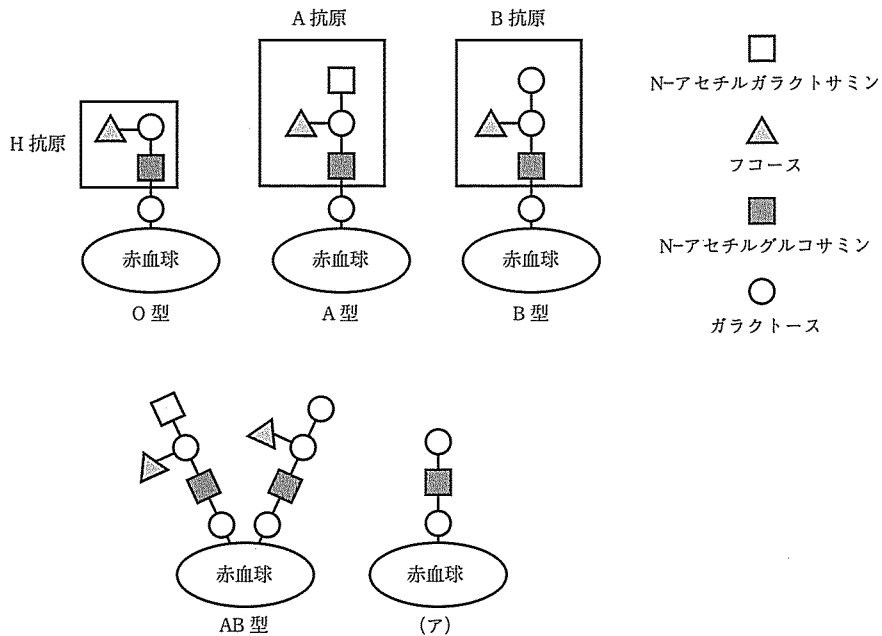
i. T 細胞には抗原の情報を受け取る膜タンパク質があり、この膜タンパク質には多様性がある。この膜タンパク質の名称をしるせ。

ii. T 細胞で抗原の情報を受け取る膜タンパク質は、樹状細胞のあるタンパク質にのつた抗原のみを認識する。この樹状細胞のタンパク質の名称をしるせ。

8. 文中の下線部 4) に示すタンパク質の名称をしるせ。またそのタンパク質の立体構造の維持に必要な金属イオンの名称をしるせ。

II. 次の文を読み、下記の設問1～4に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

赤血球の表面にはさまざまな抗原分子が存在する。ヒトの ABO 式血液型物質は赤血球の表面に存在する複数の糖がつながった糖鎖と呼ばれる化合物が抗原分子となるが、9番染色体にある A, B, O 遺伝子の3つの対立遺伝子によって決定される。A 遺伝子, B 遺伝子, O 遺伝子はそれぞれタンパク質 A, タンパク質 B, タンパク質 O を指定している。



図

図にあるように、O 型、A 型、B 型、AB 型の血液型において、赤血球の表面にはいずれの血液型においても共通する糖鎖にフコースが結合した H 抗原という糖鎖がある。タンパク質 A によって N-アセチルガラクトサミンが H 抗原に付加されることによって A 抗原が形成される。タンパク質 B によってガラクトースが H 抗原に付加されることによって B 抗原が形成される。タンパク質 O は H 抗原に糖を付加することができないので、H 抗原だけとなる。

また、H 抗原を形成するために必要なフコースの付加を触媒するタンパク質を指定する *H* 遺伝子は、19 番染色体にあるが、その劣性遺伝子 *h* のホモ接合体ではフコースが付加されず、図の (ア) のような不完全な H 抗原となる。この不完全な H 抗原はタンパク質 A やタンパク質 B があっても、A 抗原や B 抗原を形成することができないため、簡易的な血液型判定では O 型となる（厳密に見ると、O 型とは異なるが、ここでは O 型とする）。

1. 文中の下線部について、個体をもつ遺伝子の構成を遺伝子型というが、遺伝子によってあらわれる形質を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
2. A 遺伝子と B 遺伝子の塩基配列、タンパク質 A とタンパク質 B のアミノ酸配列をそれぞれ比較すると、7 カ所で塩基が異なっていたが、アミノ酸では4カ所が異なっていた。タンパク質 A とタンパク質 B の間で、異なる塩基の数と異なるアミノ酸の数が一致しないのはなぜか。考えられる理由のうちの1つを1行でしるせ。
3. タンパク質 O は H 抗原に糖を付加することができない。O 遺伝子の塩基配列を A 遺伝子の塩基配列と比べたところ、1カ所で塩基の欠失が見られた。また、タンパク質 O のアミノ酸配列はタンパク質 A より極端に短いことがわかった。この場合、O 遺伝子からタンパク質が合成されるときにどのようなことが起こったと考えられるか、A 遺伝子と対比して2行で説明せよ。
4. AB 型の父親（遺伝子型は $ABHh$ ）と A 型の母親（遺伝子型は $AOHh$ ）の間に生まれる子の ABO 式血液型は、どの様な確率であらわれるか。簡易的な血液型判定で A 型、B 型、AB 型、O 型となる分離比をもっとも簡単な整数比でしるせ。

Ⅲ. 次の文を読み、下記の設問1～6に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

動物の卵や精子をつくるもとになる細胞は、(イ)と呼ばれる。(イ)はその後、卵原細胞、精原細胞を経て、卵や精子を形成する。卵や精子が形成されるまでの間に染色体の数が半減する減数分裂が起こる。減数分裂のどの段階で受精するかは動物の種によって異なる。カエルでは、二次卵母細胞の段階で受精する。カエルの卵細胞に精子が進入すると、卵の減数分裂が再開され、第二極体が放出される。精子の進入後、精子が進入した場所の反対側の卵表面に、(ロ)と呼ばれる色調の違う領域が現れる。初期発生にみられる細胞分裂は卵割と呼ばれ、第一卵割は(ロ)を等分するように起こる。発生が進むと、(ロ)¹⁾がみられた場所の近くに原口と呼ばれる陥入の開始部位が現れる。このことから、精子の進入点の反対側が胚の(ハ)側になることがわかる。両生類の未受精卵は卵黄の少ない(ニ)極と卵黄を多く含む(ホ)極を結ぶ軸に沿って回転相称の形をしている。精子が卵細胞に進入すると、精子によって持ち込まれた中心体の働きにより、卵細胞の表面に近い部分が、その内側の細胞質に対して約30度回転する。この(ヘ)とよばれる卵細胞の変化により、両生類の胚は回転相称から左右相称に変化する。アフリカツメガエルを使った研究により、(ヘ)により起こる遺伝子発現の変化が明らかになった。アフリカツメガエルの初期胚では、VegTと呼ばれる調節タンパク質が植物極側に局在している。(ヘ)が起こるとディシェベルドと呼ばれるタンパク質の働きによって、背側ではβカテニンの濃度が上がる。VegTはβカテニンとともに、予定内胚葉領域においてノーダル遺伝子の転写を促進する。ノーダルタンパク質は予定外胚葉に働きかけて、(ト)を引き起こすことがわかった。原腸胚初期になると、原口背唇部を形成する細胞群は胚の内側へ陥入を開始し、外胚葉の内側を裏打ちするように移動するようになる。この一連の陥入変化の間に、原口背唇部とその近傍の細胞群が外胚葉に働きかけて、神経誘導が起こることがわかった。

5)

1. 文中の空所(イ)～(ト)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。

2. 文中の下線部 1) の減数分裂について、次の問 i ~ iii に答えよ。
- i. 体細胞の核相を $2n$ としたとき、核相が $2n$ の細胞を、次の a ~ f からすべて選び、その記号をしるせ。
 - a. 卵
 - b. 卵原細胞
 - c. 第一極体
 - d. 一次卵母細胞
 - e. 二次卵母細胞
 - f. 第二極体
 - ii. 減数分裂の第一分裂中期に見られる、相同染色体どうしが平行に並んで接着した染色体を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
 - iii. 体細胞に含まれる染色体の数を $2n = 16$ としたとき、減数分裂の第一分裂後にできる細胞の染色体は何通りの組み合わせになるか、その数をしるせ。ただし、染色体の乗換えは起こらないものとする。
3. 文中の下線部 2) の卵割について、次の問 i · ii に答えよ。
- i. 通常の体細胞に見られる細胞周期のうち、一般的な初期胚の卵割時には省略されて見られない時期がある。省略されるすべての時期の名称をしるせ。
 - ii. 上記 i の細胞周期を省略したことにより起こる卵割の特徴として、体細胞分裂と比較して異なる 2 点を、それぞれ 1 行でしるせ。
4. 文中の下線部 3) の中心体について、次の問 i · ii に答えよ。
- i. 中心体を構成する細胞骨格の名称およびその細胞骨格を形成するタンパク質の名称をそれぞれしるせ。
 - ii. 中心体を構成する細胞骨格と同じ種類の細胞骨格はニューロンの細胞体と軸索末端の物質輸送にも働いている。細胞体から軸索末端方向へ移動するモータータンパク質の名称および軸索末端から細胞体の方向へ移動するモータータンパク質の名称をそれぞれしるせ。
5. 文中の下線部 4) の原口背唇部について、次の問 i ~ iii に答えよ。
- i. シュペーマンとマンゴルドは原口背唇部を切り出し、別の初期原腸胚の腹側の予定表皮領域へ移植した。この個体に現れる通常では見られない発生上の変化を 1 行でしるせ。
 - ii. 上記 i の移植実験において、移植された原口背唇部の細胞群自身が移植先で形成する主要な組織の名称をしるせ。
 - iii. 原口背唇部のような働きをもつ胚の領域は一般的に何と呼ばれるか、その名称をしるせ。

6. 文中の下線部 5) の神経誘導に関する次の文を読み、下記の問 i ~ v に答えよ。

胞胚期の外胚葉には、神経形成に関わる遺伝子の発現を抑制し、表皮の形成に関わる遺伝子の発現を促進する働きをもつ物質 X が存在するため、外部から何も影響を受けないと、外胚葉は表皮に分化する。しかし、背側の外胚葉では、原口背唇部から分泌される物質 Y の働きにより、神経の分化が引き起こされる。神経誘導によって生じた神経管の前方は脳に分化し、その一部から眼胞と眼杯が形成される。眼胞と眼杯は連続した誘導を引き起こし、眼が形成される。

- i. 物質 X は何か、その名称をしるせ。
- ii. 物質 Y は何か、その名称をしるせ。
- iii. 物質 Y による神経誘導の説明として正しいものを、次の記述 a ~ f から 1 つ選び、その記号をしるせ。
 - a. 物質 Y は物質 X の遺伝子発現を抑制するため、物質 X が減少して表皮形成が起こらず、神経が誘導される。
 - b. 物質 Y は物質 X の受容体の遺伝子発現を抑制するため、物質 X の受容体が減少して表皮形成が起こらず、神経が誘導される。
 - c. 物質 Y は物質 X の分解を促進するために、物質 X が減少して表皮形成が起こらず、神経が誘導される。
 - d. 物質 Y は物質 X の受容体の分解を促進するために、物質 X の受容体が減少して表皮形成が起こらず、神経が誘導される。
 - e. 物質 Y は物質 X に結合するため、物質 X が受容体に結合できずに表皮形成が起こらず、神経が誘導される。
 - f. 物質 Y は物質 X の受容体に結合するため、物質 X が受容体に結合できずに表皮形成が起こらず、神経が誘導される。
- iv. 眼杯が表皮に働きかけて誘導する組織の名称をしるせ。
- v. 眼杯は何に分化するか、その名称をしるせ。

IV. 次の文を読み、下記の設問1～8に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

DNAは(イ)と塩基と(ロ)からなるヌクレオチドが連続的に連なったものである。DNAに含まれる塩基は4種類ある。ワトソンとクリックによって「DNAは反平行の二本鎖による二重らせんである」というモデルが示され、その後、DNAがどのように複製されるか¹⁾に関して、いくつかのモデルが提唱された。メセルソンとスタールの実験などによって、DNAがどのように複製されるかが示された。DNAには方向性があり、末端に(イ)基が付いている方を5'末端、ヒドロキシ基(-OH)が付いている方を3'末端という。鋳型上に並んだヌクレオチドに基質を付加する酵素は、DNAの(ハ)'から(ニ)'の方向にしか付加できない。DNA二重らせんの複製は、二重らせんをほどきながら進行する²⁾。複製の進行方向と同じ方向に合成されるDNA鎖は問題がないが、DNAの二本鎖が反平行であるためもう一方の鎖は、DNA複製の進行する方向と逆方向に合成されなければならない。この問題は後者の鎖がやや複雑な機構で複製されることで解決されている。はじめに、(ホ)と呼ばれる不連続な短い断片が合成された後、それらがつなげられることになる。

1. 文中の空所(イ)～(ホ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句または数字をしるせ。
2. ある生物のゲノムにおいて、全体の塩基に対してグアニンの割合は23%であったとき、チミンの割合は何%になるかをしるせ。

3. 文中の下線部 1) に関して、メセルソンとスタールの実験によって、DNA はどのように複製されることが示されたのか。次の a ~ e から適当なものをすべて選び、その記号をしるせ。
- a. もとの二本鎖 DNA はそのまま残り、複製された二本鎖 DNA はどちらも新たに合成されたものである。
 - b. もとの二本鎖 DNA のそれぞれが鋳型となり、複製された二本鎖 DNA のうち一本は鋳型となった DNA で、もう一方は新たに合成された DNA である。
 - c. もとの二本鎖 DNA が断片に分かれ、それぞれの断片が鋳型となり複製される。新しくできた二本鎖 DNA にはもとの DNA の断片と新しく合成された DNA の断片が混ざっている。
 - d. もとの二本鎖 DNA の常に決まった 1 カ所から複製が開始される。
 - e. もとの二本鎖 DNA の複数の位置から複製が開始される。
4. 文中の下線部 2) で示す酵素は何か、その名称をしるせ。
5. 文中の下線部 3) の機能をもつタンパク質は何か、その名称をしるせ。
6. 文中の下線部 4) で示す DNA 鎖は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
7. 大腸菌はおよそ 460 万塩基対の 1 個の環状 DNA に複製起点を 1 つだけ持つ。これを完全に複製するにはおよそ 40 分かかる。また、大腸菌では複製起点から双方向に複製が進行する。この条件下では、1 個の環状 DNA あたり 1 秒間に何ヌクレオチド合成されるか。次の a ~ d からもっとも近いものを選び、その記号をしるせ。
- a. 1,000 ヌクレオチド
 - b. 2,000 ヌクレオチド
 - c. 50,000 ヌクレオチド
 - d. 100,000 ヌクレオチド

8. DNAは電気泳動によって、その長さにより分離することができる。DNAの電気泳動に関する次の問 i・ii に答えよ。

- i. 電圧をかけると DNA はプラス電極， マイナス電極のどちらへ移動するかをしるせ。
- ii. 5000（5キロ）塩基対の直鎖状の DNA 断片を制限酵素 A, B, C, またはそれらの組み合わせで切断し， アガロースゲルを用いた電気泳動を行ったところ， 図1のような結果になった。この結果から， 制限酵素 A, B, C が認識する部位の位置を推定したところ， 図2のようになった。C は直鎖状 DNA の末端から 0.8 キロ塩基の部位を認識する。図2中の ア ~ ウ はいずれかの制限酵素が認識する部位， エ ~ カ はそれぞれの部位間の距離（キロ塩基対）を示す。図2中の ア ~ ウ に入るアルファベットと エ ~ カ に入る数字をしるせ。同じ英数字を複数回答してもかまわない。

ただし， 図1のゲルの左右には DNA マーカーの電気泳動の様子と各断片の大きさを示し， 各レーンの上の A などの表記はどの制限酵素で切断したかを示している。制限酵素 A, B, C はそれぞれ異なる塩基配列を認識し， 切れ残った DNA はないものとする。由来は異なるが長さの同じ DNA 断片同士は同じ位置に見える。図2での部位間の距離は実際の距離を反映していない。

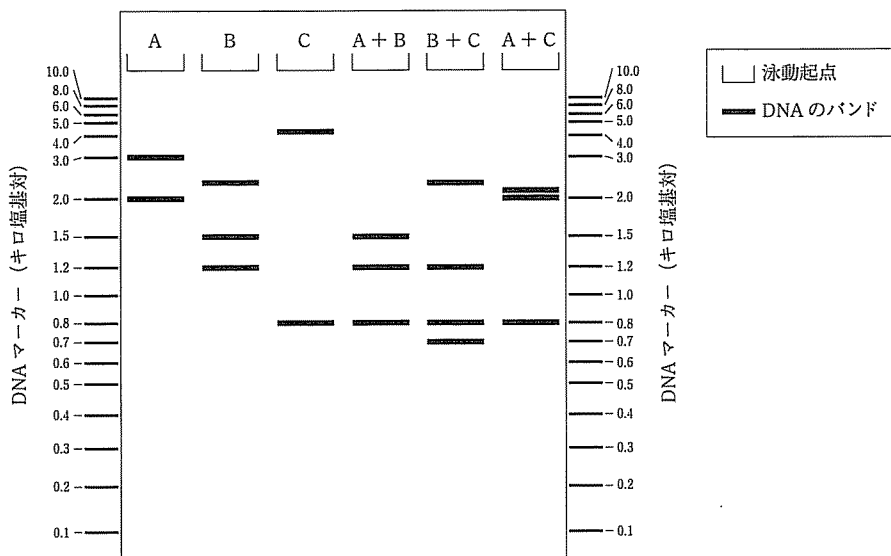


図1

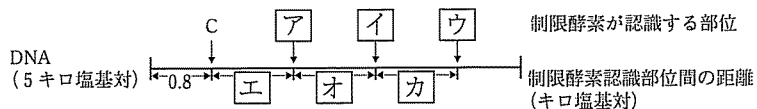


図2