

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2月2日 —

物 理
化 学
生 物

この中から1科目を選択して解答しなさい。

| 科 目 | 問 題 の ページ |
|-----|-----------|
| 物 理 | 1～7 |
| 化 学 | 8～15 |
| 生 物 | 16～25 |

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

1 血液型に関する文章 I, II を読み, 以下の各問いに答えなさい。

I. 他人どうしの血液を混ぜ合わせると, 一方のヒトの血しょう中に存在するタンパク質である (①) と他方のヒトの赤血球膜表面にある (②) が結合し, 赤血球どうしが (③) することがある。(②) によって血液を分類したものを血液型といい, ヒトの ABO 式血液型はその1つである。ヒトの ABO 式血液型血しょうの (①) には (④) と (⑤) があり, (②) は赤血球の細胞膜に存在する (⑥) を基部とした (⑦) であり, その種類によって A 型と B 型に分類される。(⑦) は, 5 個の (⑧) からなっており, これが O 型の (②) となる。A 型の (②) は, O 型の (⑦) に (⑨) が1つ結合している。一方, B 型では, O 型の (⑦) に (⑩) が1つ結合している。AB 型の (②) は, A 型と B 型の (⑦) の両方が細胞膜に存在するものである。

問1 文中の空欄 (①) ~ (⑩) に当てはまる最も適切な語句を, (a) ~ (m) の中からそれぞれ1つ選び, 記号で答えなさい。

- | | | | | |
|--------------|-------------|-------------------|--------------|-------------|
| (a) 凝集原 | (b) 凝集 | (c) 凝集素 | (d) α | (e) β |
| (f) γ | (g) 糖鎖 | (h) 脂質 | (i) 単糖類 | (j) ガラクトース |
| (k) グルコース | (l) ガラクトサミン | (m) N-アセチルガラクトサミン | | |

問2 下線部 (ア) と (イ) について, 遺伝子再構成が関係しているのはどちらか。(ア), (イ) の記号で答えなさい。

II. T 君と H さんは, 自分たちの血液型と両親の血液型について調べてみた。クエン酸ナトリウム溶液の入った試験管に前腕部の静脈から 5 cc を採血した。これを遠心して, 上層部の液体成分と下層部の赤血球成分に分離し, 上層部と下層部をそれぞれ回収した。下層部の赤血球成分は, 0.9% 食塩水に混ぜ赤血球浮遊液として調整した。ABO 式血液型判定方法については, 抗 A 抗体あるいは抗 B 抗体が入った2つの血液型判定用の抗体試薬をホールスライドガラスにそれぞれ加え, 調整した赤血球浮遊液を駒込ピペットを用いて両方の試薬に数滴ずつ移し, それらの反応結果から血液型を判定した。図1に血液型判定方法の手順と, 反応した場合, あるいはしなかった場合の所見を示す。

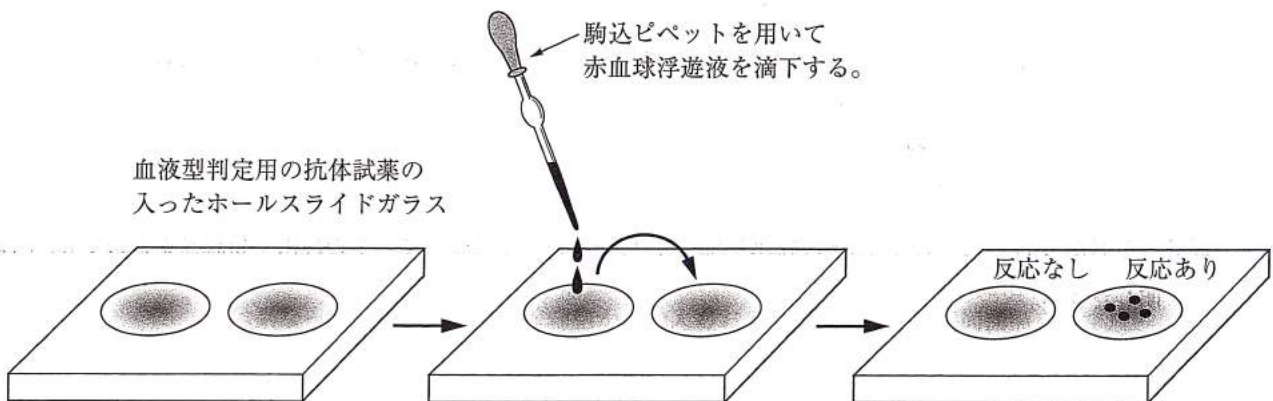


図1 ABO式血液型判定方法の手順と反応所見

問3 下線部(ウ)について、蒸留水を用いた場合はこの検査はできない。その理由を句読点を含めて30字以内で説明しなさい。

問4 Hさんの父親と母親のABO式血液型判定を行ったところ、図2のような結果が得られた。(1)と(3)にはA型の、(2)と(4)にはB型のABO式血液型判定用の抗体試薬が入っている。Hさんの予想される血液型をすべて答えなさい。なお、ABO式血液型以外の血液型およびその他の要因は考えなくてよい。

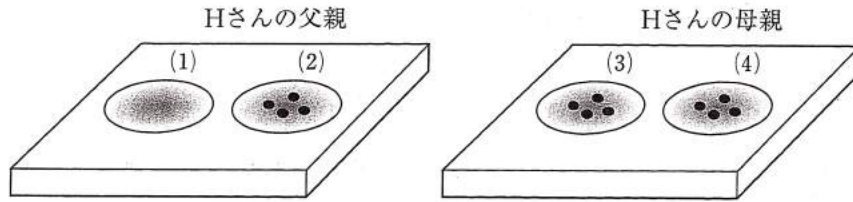


図2 Hさんの両親のABO式血液型判定の反応結果

問5 血液型判定用の抗体試薬を入れていない別のホールスライドガラスを用いて、(5)にT君の赤血球浮遊液とHさんの血しょうを、(6)にT君の血しょうとHさんの赤血球浮遊液を、それぞれ交差させて入れて反応させたところ、図3のようになった。T君の予想される血液型をすべて答えなさい。なお、ABO式血液型以外の血液型およびその他の要因は考えなくてよい。

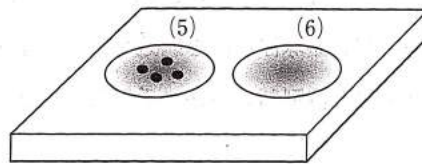


図3 T君とHさんの赤血球浮遊液と血しょうをそれぞれ交差させて入れた反応結果

問6 T君からHさんへの赤血球の輸血が理論的に可能かどうかについて、その理由を句読点を含めて80字以内で説明しなさい。

2

ニューロン間の情報伝達と神経回路に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

脊椎動物の神経系は、受容器によって受容された外界や体内の情報の多くを中枢神経系へと伝え、処理する。中枢神経系での情報伝達を担う主な細胞は「ニューロン」と呼ばれ、複数のニューロンとニューロンが「シナプス」と呼ばれる接合部分を介して結合し「神経回路」を形成している。実際、ヒト中枢神経系には約140億個のニューロンがあり、1つのニューロンには平均して2000個のシナプスがあると推定されている。シナプスでは、神経終末内部のシナプス小胞に含まれている(1)がシナプス間隙に放出されることによって、次のニューロンへ方向性的情報伝達が行われる。(1)を放出する側のニューロンをシナプス前細胞、受け取り側のニューロンをシナプス後細胞と呼ぶ。シナプス後細胞に生じる膜電位の変化を(2)と呼び、(3)チャネルが開くと、シナプス後細胞に脱分極が生じる。この脱分極性の膜電位変化を特に(4)と呼ぶ。一方、クロライド(Cl)チャネルが開くと過分極性の膜電位変化が生じ、それは(5)と呼ばれる。(4)を生じさせるシナプスを興奮性シナプス、(5)を生じさせるシナプスを抑制性シナプスと呼ぶ。

問1 文中の空欄(1)～(5)に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 シナプス後細胞で活動電位が生じるかどうかは、各シナプスの空間的位置と(2)の種類とその強弱により決まる。図1のA～Dは、シナプス前細胞の興奮により生じたシナプス後細胞での膜電位変化を示している。これらの中で、Bで示されている現象、およびCとDで示されている現象を何と呼ぶか、それぞれ答えなさい。

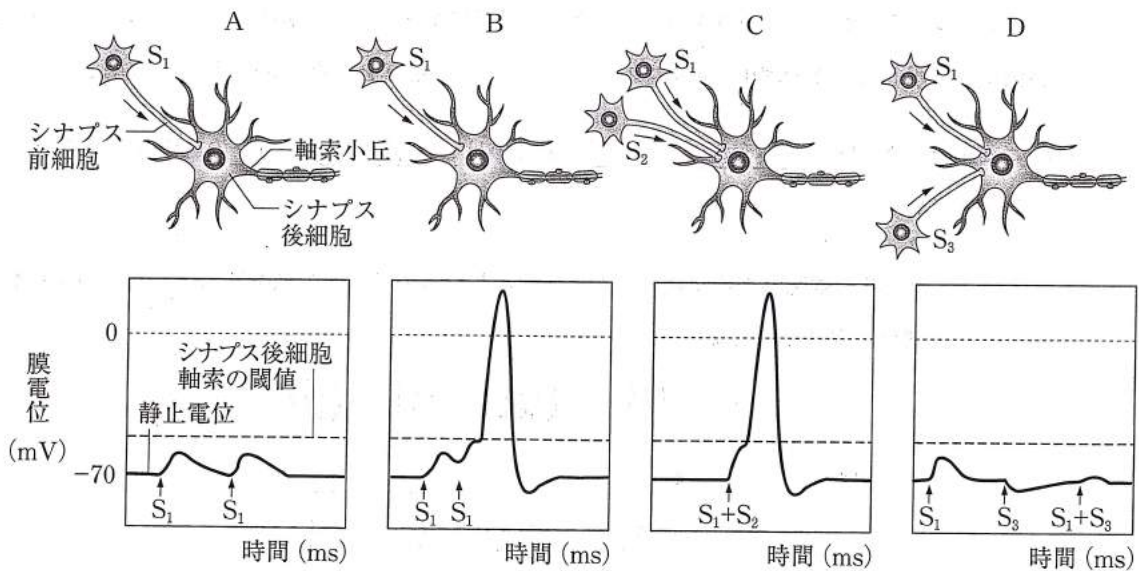


図1 シナプス前細胞からの刺激によるシナプス後細胞での膜電位変化 (S₁～S₃は異なった種類のシナプス前細胞からの入力および刺激の相対的時間間隔を示す)

問3 中枢神経系では、次のニューロンに対して興奮性に作用するものを「興奮性ニューロン」、抑制性に作用するものを「抑制性ニューロン」と呼ぶ。これらのニューロンが組み合わされることで神経回路を形成し、多様な情報処理を可能にしている。図2は、ある神経回路におけるそれぞれのニューロンの活動電位の変動を示したものである。以下の問い(1)～(5)に答えなさい。

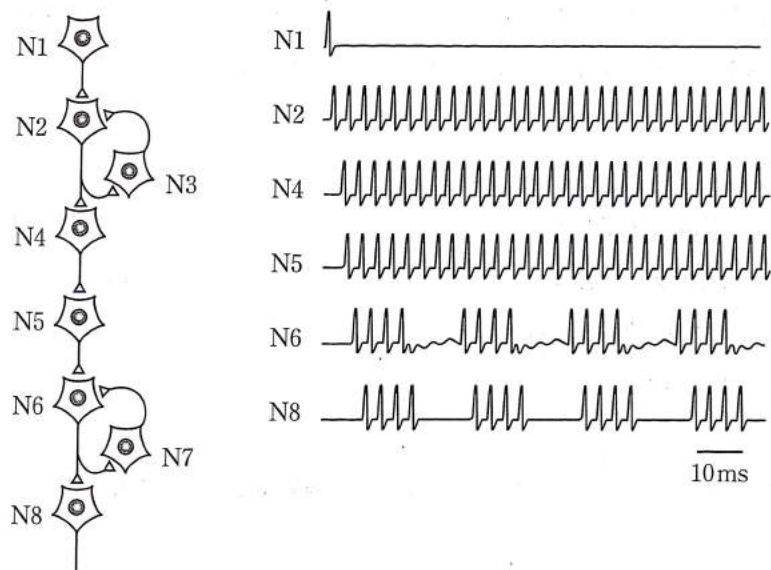
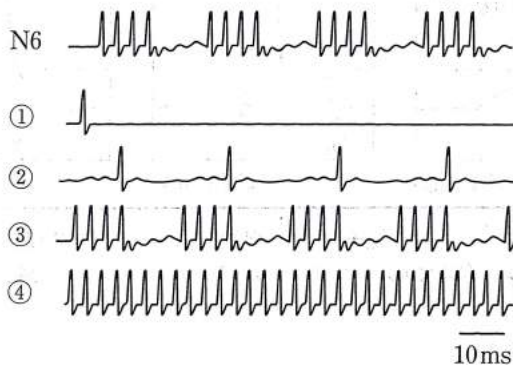


図2 模式的神経回路における各ニューロンでの活動電位の変化

- (1) ニューロン N3 は、(ア)興奮性ニューロン、あるいは(イ)抑制性ニューロンのいずれであるか。(ア)、(イ)の記号で答えなさい。
- (2) ニューロン N1 からニューロン N2 への刺激が単発であったにもかかわらず、ニューロン N4 は連続的な活動電位を示した。その理由(メカニズム)について、句読点を含めて 60 字以内で説明しなさい。
- (3) ニューロン N7 は、(ア)興奮性ニューロン、あるいは(イ)抑制性ニューロンのいずれであるか。(ア)、(イ)の記号で答えなさい。
- (4) ニューロン N7 の細胞膜電位変化のパターンを示したものは、次の選択肢 ①～④ のいずれか。最も適切なものを1つ選び、番号で答えなさい。



- (5) 図2の示す神経回路に、ニューロン N7 の神経伝達物質の作用を特異的に抑制する物質(アンタゴニスト)を作用させた場合、ニューロン N6 の細胞膜電位変化のパターンはどのように変化すると考えられるか。(4)の選択肢 ①～④の中から最も適切なものを1つ選び、番号で答えなさい。

3

被子植物の花芽と生殖に関する文章 I, II を読み, 以下の各問いに答えなさい。

I. 花芽は通常の若芽から誘導されるものである。若芽(シュート, 芽条)は, 先端の頂端分裂組織を芯にして, 外周へ分化しながら, 何枚か層状のくり返し構造をつくっていく植物体の基本構造であり, タマネギの鱗片やタンポポのロゼット構造もその一種である。花芽誘導のメカニズムはシロイヌナズナで示された ABC 説がよく知られ, 他の植物にも当てはまると考えられている。花成ホルモン(①)が作用することにより, 3つの遺伝子 A, B, C が図1にあるように順番に規則正しくはたらくようになる。その組み合わせによって内側から, C 遺伝子のみではめしべになり, B と C ではおしべ, A と B では花弁, A のみではがくに分化しながら外周に拡がり花を形成する。この遺伝子群は体節を形成するショウジョウバエの遺伝子群である(②)遺伝子と仕組みが似ている。遺伝子 A と C は相互排他的に分布し, C が欠損した場合は, その部分にそのまま A が置き換わる。A が欠損したときはその逆になる。図2に遺伝子 B が欠損した場合の花を示す。花はめしべとがくだけの形になってしまう。

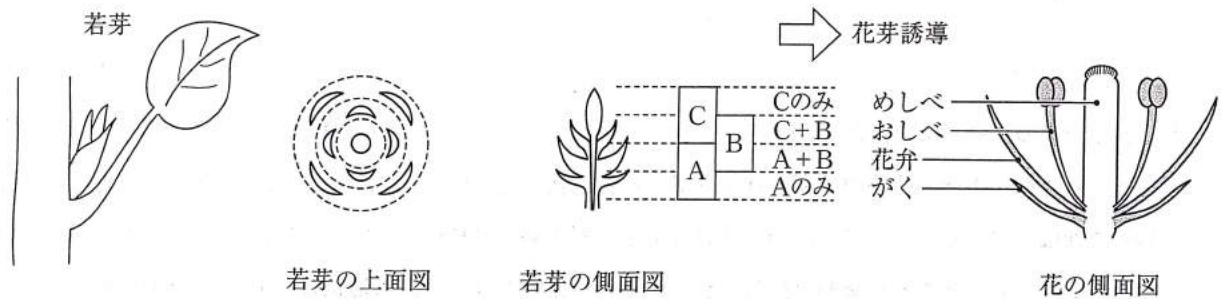


図1 花芽誘導ABC説の概略図

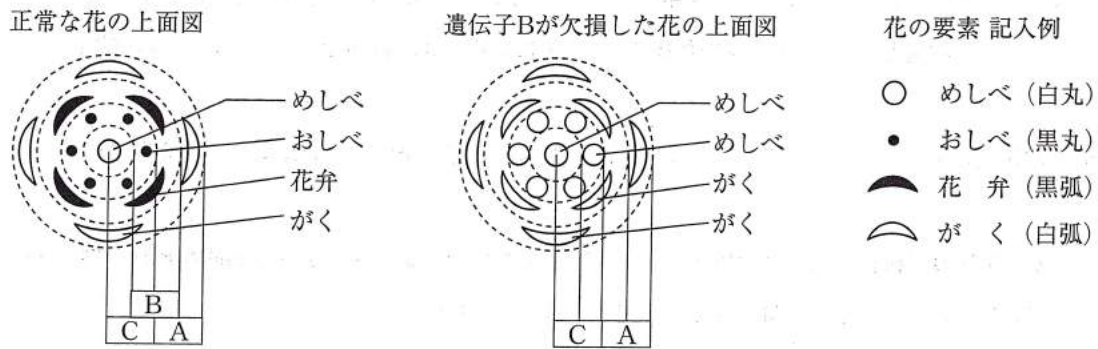


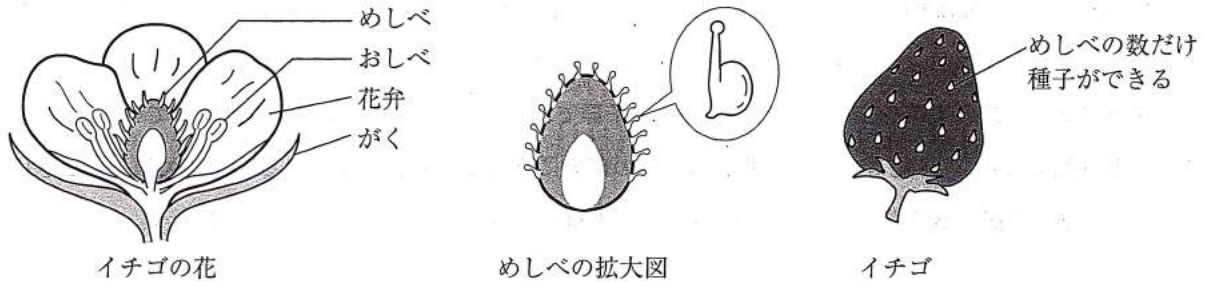
図2 花の上面図

問1 文中の空欄(①)と(②)に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 遺伝子 A が欠損した場合, 花はどうなるか。図2の上面図にならって, めしべ, おしべ, 花弁などの花の要素を解答欄の図中に書き入れなさい。

問3 遺伝子 A, B, C すべてが欠損した場合, 若芽はどうなるか。句読点を含めて 10 字以内で答えなさい。

問4 下図にイチゴの花を示した。イチゴは多数のめしべを持ち遺伝子Bの欠損体と似ているが、おしべを含め花の要素を保持しており、多数の種子をつくる。シロイヌナズナのABC説をあてはめて、イチゴの遺伝子ABCがそれぞれどのように分布しているかを考察し、句読点を含めて40字以内で説明しなさい。



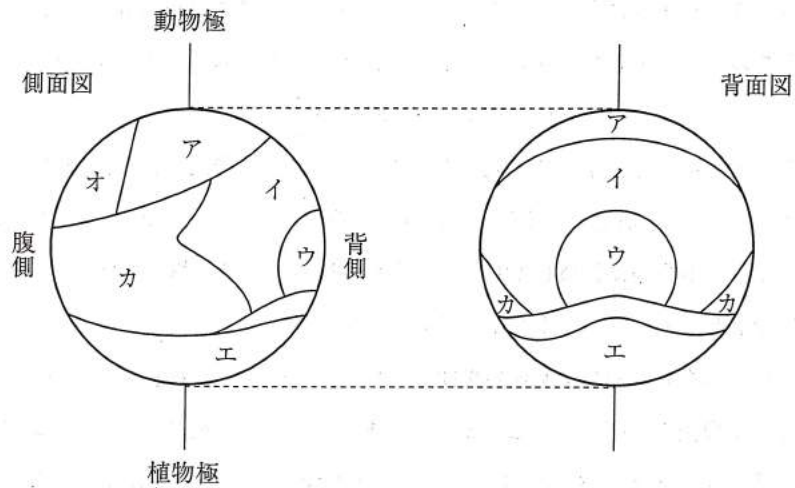
II. 被子植物の生殖細胞の分化は花の発生とともに進行する。おしべが形成されると、^{やく} 葯の中で花粉母細胞が減数分裂を行なった後、1回の体細胞分裂を行なって花粉管細胞と(①)になる。受粉した後、花粉管細胞は発芽して花粉管を伸ばしていく。一方で、(①)は核分裂を行ない、2個の(②)になる。めしべの子房内には胚のう母細胞が発生する。胚のう母細胞は減数分裂し、4個の細胞のうち3個は退化し、1個が胚のう細胞になる。その後、胚のう細胞は核分裂を3回行ない、胚のうとなる。これが雌性配偶体に相当する。胚のうは珠皮で覆われており、胚珠と呼ばれる。被子植物の受精は、卵細胞と(②)が受精して受精卵に、同時に、胚のう内の(③)細胞と(②)の受精が行なわれる、この受精を(④)と呼び、被子植物特有の受精形式である。受精卵は後に胚となり、(③)細胞と(②)の受精体は(⑤)になる。胚の核相は $2n$ 、(⑤)の核相は(⑥) n である。

問5 文中の空欄(①)～(⑥)に当てはまる最も適切な語句あるいは数字を答えなさい。

問6 被子植物の花粉管を使った受精は、コケ植物、シダ植物のような、より原始的な植物の例と比べてどのような利点があると考えられるか。句読点を含めて30字以内で答えなさい。

問7 高等動物の発生では、生殖細胞は生殖器官において、胎児期から未分化な状態に保たれている。しかし、植物では分化した体細胞から花芽と生殖細胞が誘導される。植物は発生と分化について高等動物より柔軟であるといえるが、このことを示す他の事例を1つあげ、句読点を含めて30字以内で説明しなさい。

4 両生類の受精卵は卵割が進むにつれて、桑実胚、胞胚、原腸胚、神経胚、尾芽胚を経て幼生となる。幼生は変態して成体となる。図はイモリの胞胚の側面図と背面図を表している。これらの原基分布図(予定運命図)に関して以下の各問いに答えなさい。



問1 図中のア～カの領域は、原腸胚期において三胚葉のいずれに分化するか答えなさい。

問2 胞胚期を過ぎると原腸胚となり、胚の構造が大きく変化する複雑化することで三胚葉が形成される。この原腸胚初期より始まる胚の構造変化の過程について、句読点を含めて40字以内で説明しなさい。

問3 図中のア～カの領域は、尾芽胚において何に分化するかを答えなさい。

問4 図中のア、イ、エの領域は、成体においてどのような器官あるいは組織となるか。それぞれ2つ答えなさい。

5 次の文章を読み、以下の各問いに答えなさい。

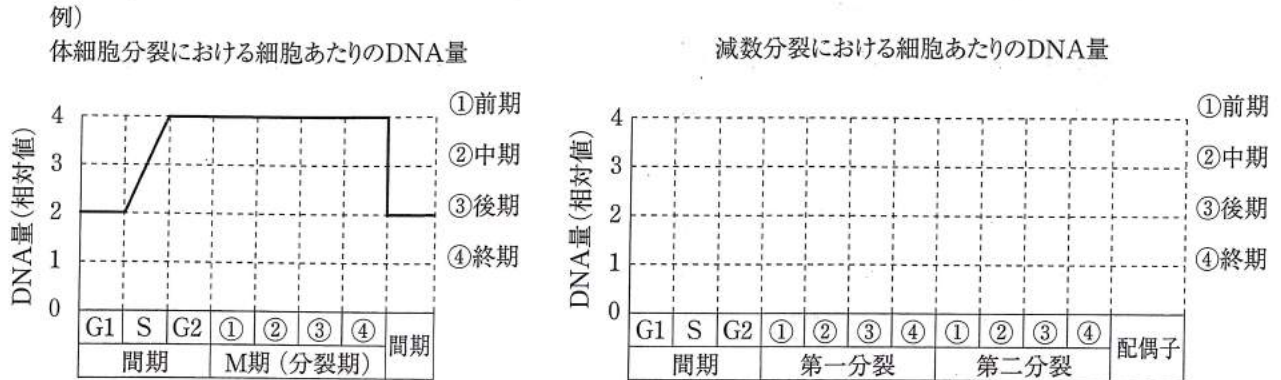
動物の配偶子が形成される過程では、減数分裂と呼ばれる細胞分裂を経て、複相 ($2n$) である 1 個の母細胞から単相 (n) である 4 個の娘細胞が生じる。この減数分裂の過程では、第一分裂と第二分裂の 2 回の細胞分裂が連続して起き、染色体数は半減する。第一分裂の前期では、(ア) 染色体が対合して (イ) 染色体が形成されるが、それぞれの (ア) 染色体は 2 本の染色体からなるため、(イ) 染色体は 4 本の染色体がひとまとまりになっているといえる。このとき、そのうちの 2 本がよじれて互いに一部を交換することがあり、これを染色体の (ウ) という。(ア) 染色体の間で (ウ) が起こると、遺伝子の組換えが起こる。その後、(ア) 染色体が分離し、両極に移動して細胞質が二分される。続く第二分裂を経て配偶子が形成される。卵の形成時には、卵巣内で (エ) 細胞が体細胞分裂を繰り返して多数の (エ) 細胞をつくる。成長期に入ると、(エ) 細胞は大型の一次卵母細胞になり、減数分裂を行う。第一分裂では、不均等に分裂して大きな二次卵母細胞と小さな第一極体になる。その後の第二分裂でも二次卵母細胞は不均等に分裂し、大きな卵と小さな第二極体になる。

親と全く同じ遺伝形質をもつ細胞や個体の集団をクローンと呼ぶ。これまでに、いくつかの動物でクローン個体の作出に成功している。小型淡水魚のメダカは、モデル生物として各種実験に用いられており、メダカを用いてクローン個体を作製することも可能である。メダカは、通常の動物と同じように、減数分裂によってできた単相 (n) の染色体をもつ卵と精子の受精によって、複相 ($2n$) の受精卵となり発生する。メダカでクローン個体を作出するには 2 通りの方法がある。1 つはクローンヒツジのドリーを作出するときに使われた「(オ) 法」という方法である。もう 1 つは、「単為発生法」とよばれるもので、母親由来の染色体のみからなる個体を作製する手法である。「単為発生法」では、父親由来の染色体が子孫に伝わらないようにするために、紫外線を照射して染色体を壊した精子 (受精能は保持している) を受精させて得られた卵を使用する。しかし、父親から染色体を受け継がない単相 (n) の個体は、受精後に正常に発生を続けることができない。正常個体に発生させるためには、母親由来の染色体を倍加させて複相 ($2n$) にする必要がある。

母親由来の染色体の複相化には、2 通りの方法がある。1 つは減数分裂の第二分裂の時期に、第二極体に向かう染色体を呼び戻し、卵母細胞本来の染色体と合わせて $2n$ とする方法である (方法 I)。もう 1 つは、紫外線を照射した精子による受精後に、単相のまま卵割を開始させ、卵割の中期で染色体の分離を阻害することで、 $2n$ をつくる方法である (方法 II)。方法 I、II ともに、受精後の特定の時期に高温処理、あるいは高圧処理を施すことで母親由来の染色体の複相化を行うことが可能であるが、方法 I、II では、結果として得られる $2n$ 個体の遺伝的性質には大きな違いがある。クローン個体を得るためには、方法 II の方が好ましいと考えられる。方法 II で得られたメダカを成体にまで発生させ、その中から特定の個体を選んで、さらに方法 II を繰り返すことにより、その子孫で多数のクローンメダカを得ることができる。

問 1 文中の空欄 (ア) ~ (オ) に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 減数分裂のときに、細胞1個あたりに含まれるDNA量はどのように変化するか。体細胞分裂での例にならって解答欄のグラフに線を書き込みなさい。



問3 文中の単為発生法で得られた子孫のメダカの性別は、どのような比率となるか。以下の選択肢(1)～(5)の中から最も適切なものを1つ選び番号で答えなさい。ちなみに、メダカはヒトと同様にXX(雌)、XY(雄)型の性決定様式を示す。

- (1) 雄：雌 = 1：0 (2) 雄：雌 = 1：1 (3) 雄：雌 = 2：1
 (4) 雄：雌 = 1：2 (5) 雄：雌 = 0：1

問4 メダカには、自然界から見つけられた多数の突然変異体が存在し、系統維持されている。その中には、体色や体の形に関する変異体が含まれる。その中で、劣性突然変異遺伝子であるbは、黒色色素胞内のメラニン色素を欠損する突然変異体の原因遺伝子であり、遺伝子型bbの個体はオレンジ色の体色である[ヒメダカ]の表現型を示す。野生型のメダカは[黒メダカ]の表現型を示し、遺伝子型はBBである。黒メダカBBとヒメダカbbとを交配して得られるF1個体の遺伝子型はBbであり、表現型は[黒メダカ]となる。また、減数分裂時に動原体近傍の領域と遺伝子Bまたはbとの間で(ア)染色体間の(ウ)が起こる場合があるが、その結果生じる配偶子における組換えの割合(組換え価)は30%であると仮定する。このときの組換え価は、(組換えの起こった配偶子の数 / F1の全配偶子の数) × 100で計算した値(%)である。以下の各問いに答えなさい。

(a) 下線2の仮定が成り立つF1雌個体を持つ一次卵母細胞全体のうち、何パーセント(%)の一次卵母細胞が、動原体近傍の領域と遺伝子Bまたはbとの間で(ア)染色体間の(ウ)を起こしていると考えられるか。以下の選択肢(1)～(8)の中から最も近いものを1つ選び番号で答えなさい。

- (1) 0% (2) 10% (3) 15% (4) 30% (5) 50% (6) 60% (7) 80%
 (8) 100%

(b) 下線2の仮定が成り立つF1雌個体を持つ二次卵母細胞のうち、遺伝子型Bbを有するものの割合は何パーセント(%)であるか。(a)の選択肢(1)～(8)の中から最も近いものを1つ選び番号で答えなさい。

(c) 減数分裂時に動原体近傍の領域と遺伝子 B または b との間で (ア) 染色体間の (ウ) が全く生じないと仮定した場合には、F1 雌個体が持つ二次卵母細胞の中で、遺伝子型 Bb を有するものの割合は何パーセント (%) となるか。(a) の選択肢 (1) ~ (8) の中から最も近いものを 1 つ選び番号で答えなさい。

(d) 方法 II を用いて、下線 2 の仮定が成り立つ F1 個体から $2n$ の個体を作出した場合、その表現型の比率はどのようにになると考えられるか。以下の選択肢 (1) ~ (7) の中から最も近いものを 1 つ選び番号で答えなさい。

(1) [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 0 : 1

(2) [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 0

(3) [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 1

(4) [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 3 : 1

(5) [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 3

(6) [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 4 : 1

(7) [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 4

(e) 方法 I を用いて、下線 2 の仮定が成り立つ F1 個体から $2n$ の個体を作出した場合、[黒メダカ] : [ヒメダカ] の表現型の比率は、方法 II を用いた場合と比較してどのように変化すると期待されるか。以下の選択肢 (1) ~ (10) の中から最も近いものを 1 つ選び番号で答えなさい。

(1) [黒メダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 0 となる

(2) [黒メダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 3 : 1 となる

(3) [黒メダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 4 : 1 となる

(4) [黒メダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 6 : 1 となる

(5) [黒メダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 9 : 1 となる

(6) [ヒメダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 0 : 1 となる

(7) [ヒメダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 3 となる

(8) [ヒメダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 4 となる

(9) [ヒメダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 6 となる

(10) [ヒメダカ] が多くなり、その比率は [黒メダカ] : [ヒメダカ] = 1 : 9 となる

(f) 方法 II を用いて、下線 2 の仮定が成り立つ F1 雌個体から作出した、表現型が [黒メダカ] である $2n$ 個体のうち、何パーセントが BB の遺伝子型であると考えられるか。

(g) 方法 I を用いて、下線 2 の仮定が成り立つ F1 雌個体から作出した、表現型が [黒メダカ] である $2n$ 個体のうち、何パーセントが BB の遺伝子型であると考えられるか。

問 5 下線 1 の理由について、これまでの設問とその解答をもとに考察し、句読点を含めて 60 字以内で説明しなさい。