

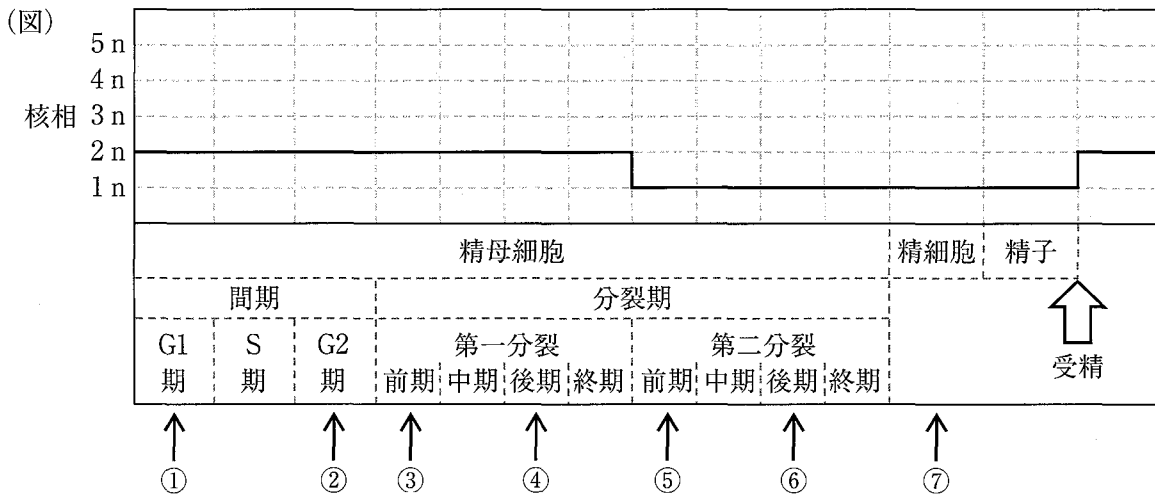
〔 I 〕 動物の発生に関する下記の問いに答えよ。

(1) ヒトの生殖細胞について、下記の設問に答えよ。

(a) 下の文章中の A から D に適当な数字または語句を入れよ。

ヒトの場合、始原生殖細胞から、男性では精原細胞をへて一次精母細胞が、女性では卵原細胞をへて一次卵母細胞ができる。1個の一次精母細胞からは、最終的に A 個の精子が、1個の一次卵母細胞からは B 個の卵が作られる。ヒトは異形配偶子をつくるが、その雌雄の配偶子間の大きな違いを2つあげると C と D である。

(b) ヒトの場合、精子や卵は、始原生殖細胞から、体細胞分裂と引き続いて起こる減数分裂により形成される。下の核相の図の太線を参考に、1細胞あたりのDNA量を解答用紙の図に記入せよ。ただし、体細胞の核のDNA量を2Cとする。



(c) 女性では思春期まで卵の分化過程が停止している。上の男性の配偶子形成過程に、女性の配偶子形成過程を対応させ、卵の分化過程が停止している時期を上図に示す①から⑦の矢印の中から選び答えよ。

(d) 下の文章の   に適当な整数を入れよ。

有性生殖において多様性がうまれる。ヒトは複相で46本の染色体を持つが、これは同じ複相で40本の染色体を持つマウスに比べ、個体における染色体は、  倍の組み合わせが存在することになる。ただし組み換えは起こらないものとする。

(2) アフリカツメガエルの発生について以下の問いに答えよ。

(a) 卵には、植物極と動物極があるが、動物極はどのようにして決まるか。15字以内で答えよ。

(b) 卵割による分裂が体細胞分裂に比べ速い理由を40字以内で述べよ。

(c) 卵割が進むと、内胚葉、中胚葉、外胚葉の区別が始まる。①から⑨の各組織を、内胚葉由来、中胚葉由来、外胚葉由来にそれぞれ分類せよ。

- ①角膜, ②肝臓の肝細胞, ③大腸の上皮, ④心臓, ⑤脊髄, ⑥白血球,  
⑦輸尿管, ⑧網膜, ⑨皮膚の真皮

(d) 正常な発生過程において、2つの分泌性のタンパク質、タンパク質Aとタンパク質Bが重要な働きをしていることが知られている。正常に発生した尾芽胚を図1に示す。

この2つのタンパク質に関して以下の実験を行なった。

(実験1) タンパク質AをコードするmRNAを4細胞期の割球の将来腹側になる領域(予定腹側領域)に注入すると、図2のような形の胚が誘導された。

(実験2) 正常の胞胚期において、タンパク質Aがどこにあるのか調べたところ、背側領域に多く存在し腹側にいくほど少なくなっていた。

(実験3) タンパク質Bは受容体Cに特異的に結合し、受容体Cを不活性型から活性型へと変化させ細胞内へシグナルを伝えることが知られている。タンパク質BをコードするmRNAを、4細胞期の割球の将来背側になる領域(予定背側領域)に注入したところ図3のような形の胚が誘導された。

(実験4) 正常の胞胚期において、タンパク質Bがどこにあるのか調べたところ、腹側領域において最も多く存在し、背側にいくほど少なくなっていた。

ただし、4細胞期の割球にmRNAを注入すると翻訳が起こり、mRNAがコードするタンパク質が作られるものとする。実験1から4に関して下記の問いに答えよ。

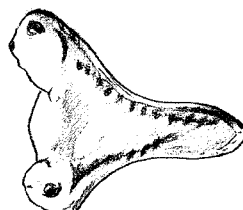
(ア) 背側と腹側は、発生時期のいつ決定されるか。5字以内で答えよ。

(イ) 受容体Cの遺伝子に変異を導入し変異型受容体C\*遺伝子を作製したところ、変異型受容体C\*はタンパク質Bが特異的に結合しても不活性型のままで活性型にならないことがわかった。そこで変異型受容体C\*をコードするmRNAを4細胞期の予定腹側領域に注入した。誘導される胚は、図1、図2、図3のうちどれに最も近いと考えられるか。

(図1)



(図2)



(図3)



(ウ) タンパク質A, Bおよび受容体C, C\*について以下の記述のうちもっとも正しいと思われるものを一つ選び, さらに正しいと推測した理由を80字以内で述べよ。

- ① タンパク質Aをコードする mRNA を4細胞期の予定背側領域に注入すると, 表皮に分化する細胞の割合が増える。
- ② タンパク質Aをコードする mRNA を4細胞期の予定背側領域に注入しても異常は起こらない。
- ③ タンパク質Bをコードする mRNA を4細胞期の予定腹側領域に注入すると, 血球に分化する細胞の割合が増える。
- ④ 受容体Cをコードする mRNA を4細胞期の予定背側領域に注入すると, 図2のような形の胚が形成される。
- ⑤ 受容体C\*をコードする mRNA を4細胞期の予定背側領域に注入すると, 図3のような形の胚が形成される。

(3) マウスの毛の色の遺伝とES細胞について, 下記の問いに答えよ。

マウスの毛は, 毛の色を黒くする遺伝子Dと, 遺伝子Dを持っているときだけ毛の色を灰色にする遺伝子Gの存在により規定されることが知られている。マウスの初期胚の内部細胞塊の細胞から作られた様々な臓器に分化可能なES細胞(胚性幹細胞)を, 再度別のマウスの初期胚にガラスピペットを使って戻すとES細胞由来の細胞が個体形成に寄与する。いま, 灰色(DDGG)のマウスの初期胚に白色(ddgg)のマウス由来のES細胞をガラスピペットを用いて戻したところ, 1匹だけ雄のF<sub>0</sub>マウスが得られたとする。

(a) このF<sub>0</sub>のマウスの毛の色を観察したところ, 40%の毛が灰色, 60%の毛が白色であった。

このようになった理由を100字以内で述べよ。

(b) 次に, このF<sub>0</sub>のマウスを雌の灰色のマウス(DDGG)と交配し, その次の世代(F<sub>1</sub>)のマウスを得た。生まれ得るすべてのF<sub>1</sub>マウスの, 毛の色の遺伝子型と, 遺伝子型ごとの毛の色を記せ。

## 〔Ⅱ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

イギリスの A は、1831年から1836年にかけて海軍の測量船ビーグル号で世界各地を旅行し、生物や地層の調査を行った。その調査をもとに生物は進化するという確信をもち、1859年に B を著した。この著書の中で、A は C による生物進化を提唱した。その後、進化は C 説を基にして、生物集団の遺伝子頻度を変化させる要因を組み合わせた総合説により説明されている。総合説では、集団内における遺伝子頻度の変化を数学的に説明する集団遺伝学という理論が用いられる。例えば、ある生物の集団について、(ア)対立遺伝子の頻度が世代を経ても変化しないとき、ハーディ・ワインベルグの法則が成立し、この状態である集団は D にあるといえる。ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ条件が崩れることにより、生物は進化すると考えられる。また、生物の進化には、(イ)生殖細胞に突然変異が生じ、次世代に遺伝するような形質の変化が必要である。偶然におこった突然変異によって個体に新しい形質が生じ、C や E により集団の遺伝子頻度が変化する。(ウ)遺伝子頻度が異なる集団間で、遺伝子の交流ができなくなることを隔離という。隔離は、生物の進化をはやく押し進める要因といえる。集団が隔離され、新しい種ができることを F という。同一の祖先から、さまざまな生活場所や食物に適応する過程で F により多くの種に分かれる現象を G という。

- (1) 文章中の A ~ G に適当な語を入れよ。
- (2) 下線(ア)に関して、ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ集団の前提条件がいくつかあるが、その中から条件を3つ答えよ。
- (3) ある植物1000個体からなる花畑を作った。花の色の遺伝子型と個体数を調べたところ、赤色の個体の遺伝子型はRRで650個体、ピンク色の個体の遺伝子型はRrで300個体、白色の個体の遺伝子型はrrで50個体だった。この花畑の植物体の集団にはハーディ・ワインベルグの法則が成り立つとする。ただし、花の色は1遺伝子によって決まるとする。
- (a) この花畑全体で、対立遺伝子Rの頻度 $p$ 、対立遺伝子rの頻度 $q$ はそれぞれいくつになるか。ただし、 $p+q=1$ とする。
- (b) この花畑から種子を取り、無作為にN個体植えるとすると、遺伝子型RR, Rr, rrそれぞれの個体数はNを用いてどのように示すことができるか。
- (c) 最初の花畑から、交配する前に白色の花を全部取り除いた。その後、交配をして種子を取り、無作為に1000個体植えると白色の花の予想される個体数はいくつか。小数点以下を四捨五入して求めよ。

(4) 下線(イ)の突然変異には、遺伝子突然変異と染色体突然変異がある。

(a) 通常、お米として食されるウルチ米のイネの種子に含まれるデンプンは、主にアミロースとアミロペクチンからできている。種子が実るときにアミロースが合成されないイネでは、アミロペクチンを多く含む種子ができる。これは炊飯すると粘りが強く、モチ米として利用される。ウルチ米のイネをメタンスルホン酸エチル(EMS)という化学薬品で処理して栽培したところ、モチ米ができるイネが混ざっていた。EMSは、DNAの点突然変異(置換)を起こすことが知られている。点突然変異により、なぜウルチ米のイネからモチ米のイネができたか、次の語句をすべて用いて考えられる理由を100字程度で述べよ。

語句：DNA, 塩基, 遺伝子, タンパク質

(b) 染色体突然変異を起こす染色体の構造変化を4つ答えよ。

(5) 下線(ウ)について、どのような原因で隔離がおこるか。60字程度で述べよ。

## 〔Ⅲ〕 酵素に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 酵素の働きに関する以下の記述の
- 
- ～
- 
- に適当な語を入れよ。

私たちの身体は酵素が触媒する無数の化学反応によって維持されている。通常同じ化学反応を酵素無しで進行させるためには、外部から熱などを加えて分子を  にする必要がある。この時必要なエネルギーを  という。酵素は一時的に  を形成し、 を下げることによって常温で反応を進行させることができる。

生体内において酵素活性は種々の分子によって厳密に調節されている。ある種の調節分子は酵素の活性部位に結合し、 と競争的に酵素活性を阻害する。また他の調節分子は  と呼ばれる部位に結合し、酵素の  を変えることによって酵素活性を調節する。特に連続的な代謝反応で最終生成分子が初期の酵素反応を抑制する調節を  という。一方、不活性な酵素が他のタンパク質や酵素によって活性化される調節も多数存在する。例えば、 などの情報伝達物質が細胞膜の受容体に結合することにより細胞内の数種の酵素が次々と活性化されることが知られている。

- (2) 消化酵素に関する以下の問いに答えよ。

私たちが食べる食物中のタンパク質は口でそしゃくされた後、胃、小腸で働くタンパク質分解酵素によって大まかに分解され、さらにペプチダーゼの作用で小さいペプチドやアミノ酸に分解された後、腸の粘膜上皮から吸収されて栄養となる。

- (a) ①胃、②小腸で働くタンパク質分解酵素を1種類ずつ答えよ。

- (b) 胃の酵素を小腸の環境においても、逆に小腸の酵素を胃の環境においても酵素活性を示さない。両酵素が働かない理由を120字以内で述べよ。

- (c) 小腸に存在するペプチダーゼは基質分子であるグリシルグリシン(2個のグリシンが結合した分子)を2個のグリシン分子に加水分解できる。表は、10
- $\mu\text{g}$
- のペプチダーゼを含む1 ml の反応液において、グリシン分子が産生される速度(
- $\mu\text{g}/\text{分}$
- )をグリシルグリシンの濃度(
- $\text{mg}/\text{ml}$
- )を変えて測定した結果である。なお、1 mg は1000
- $\mu\text{g}$
- (マイクログラム)に相当する。グリシン1分子の重さはグリシルグリシン分子の半分とする。

① 表のデータから基質濃度と反応速度の関係を示すグラフを解答用紙の図に書き込め。

② 表において、基質濃度が0.2  $\text{mg}/\text{ml}$  のときには2.0  $\text{mg}/\text{ml}$  のときに比べて反応速度は半分である。この理由を80字以内で述べよ。

- ③ この酵素反応を 100 ml の反応液中で行い、10 分間で約 40 mg のグリシンができるようにしたい。このために、表の基質濃度の中から反応速度が最も変化しにくい濃度を選んで、反応液に加えるグリシルグリシンの量を答えよ。また、このとき反応液に何  $\mu\text{g}$  の酵素を加えたらよいか、答えよ。ただし、この条件下で反応速度の変化は無視できるものとする。
- ④ 1.0 mg/ml の基質と適当量の酵素を含む 100 ml の反応液中で酵素反応を行い、50 mg のグリシンを産生させた。この段階での酵素反応速度を、最初の酵素反応速度を 100 として求めよ。小数点以下は四捨五入せよ。

表

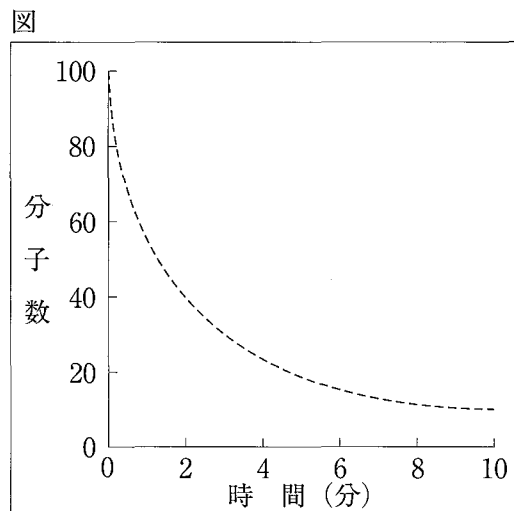
基質濃度(mg/ml)	反応速度( $\mu\text{g}/\text{分}$ )
0	0
0.2	25
0.5	40
1.0	47
1.5	49
2.0	50

次 頁 に 続 く

- (3) 生体内では複数の酵素による連続的な反応によって多様な代謝産物が合成されている。  
このような連続酵素反応に関する問(a)と(b)に答えよ。

- (a) 酵素 E1 は 1 分子の A を 1 分子の B に可逆的に変換する酵素である。また、酵素 E2 は 1 分子の B を 1 分子の C に不可逆的に変換する酵素である。可逆的な酵素は両方向の反応(例えば、A から B と、B から A)を触媒するが、不可逆的な酵素は一方向のみの反応を触媒する。

酵素 E1 単独で反応を行ったとき、下図の破線で示すように A の量が変化した。この反応液に、酵素 E2 を E1 とほぼ同程度の活性で同時に加えて反応を行った結果、全体の反応は 10 分間で完了した。この時の、A、B、C の時間変化のおおよその様子を A、B、C の区別が分かるように解答用紙の図に書き込め。縦軸は反応液当たりの分子数を示し、反応開始時の A の分子数(相対値)を 100 とする。



- (b) E1 と E2 を加えた図の反応において、E1 の酵素反応速度は A の減少速度から求めることができる。しかし、A の測定が困難である場合、C の増加速度から E1 の酵素反応速度の近似値を求めることができる。この測定のためには、E2 の酵素活性を E1 の酵素活性に比べてどのようにすればよいか、(ア)~(オ)の中から最も適当な記号を選択せよ。

- (ア) 等しくする      (イ) 少し高くする      (ウ) 少し低くする  
(エ) 非常に高くする      (オ) 非常に低くする