

生 物

(4 問題 100 点)

生物問題 I

次の文(A)、(B)を読み、問1～問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 細胞が分裂を繰り返して増殖するとき、1回の分裂が終わってから次の分裂が終わるまでのサイクルを細胞周期という。体細胞の細胞周期は、細胞分裂が行われる分裂期(M期)と、それ以外の間期に分けられる。間期はさらに、M期が終了してから染色体の複製が開始されるまでの時期(G_1 期)、染色体が複製される時期(S期)、S期が終了してから次のM期までの時期(G_2 期)に分けられる。

ある動物の胚組織から細胞を取り出してシャーレで培養したところ、細胞はシャーレの底に付着して増殖し、ほぼ均質な細胞集団が得られた。この細胞集団をばらばらにして、その一部を新しいシャーレに移しても細胞は増殖した。このようにして細胞をくり返し培養することができたので以下の実験を行った。なお、実験中、細胞周期の長さはどの細胞でも同じで変わらず、細胞は増殖を続けた。細胞周期のどの時期にあるかは細胞ごとにまちまちである。

実験1：同じ数の細胞を入れたシャーレを複数用意して同時に培養を始めた。一定時間経過した後(実験開始時とする)、およびその72時間後にシャーレを1枚ずつ取り出し、細胞集団をばらばらにして全細胞数を計測した。その結果を表1に示す。また、実験中のある時期の細胞をシャーレに付着させたまま固定液で処理して核染色を施し、光学顕微鏡を使って500個の細胞を観察したところ、そのうち21個が分裂期の細胞であった。

表 1

実験開始からの時間(時間)	0	72
細胞数($\times 10^5$ 個)	1.3	10.4

問 1 分裂期の細胞と間期の細胞は光学顕微鏡下でどのように区別されるか。40 字程度で簡潔に説明せよ。

問 2 この細胞の細胞周期 1 サイクルの長さは何時間か。解答欄 a) に整数で記せ。また、細胞周期の中で分裂期の長さは何時間と考えられるか。解答欄 b) に整数で記せ。

実験 2 : 1 個の細胞がもつおよその DNA の量を多数の細胞について短時間のうちに測定できる装置がある。実験 1 と同じ細胞について、この装置を使って個々の細胞の DNA 量を調べ、細胞あたりの DNA 量と細胞数の関係をグラフに表したところ図 1 の実線のようにになった。また、図 1 で、実線とグラフの横軸に囲まれる領域を、横軸に沿って A、B、C の 3 つの部分に区切ったところ、その面積比はおよそ 9 : 5 : 4 であった。

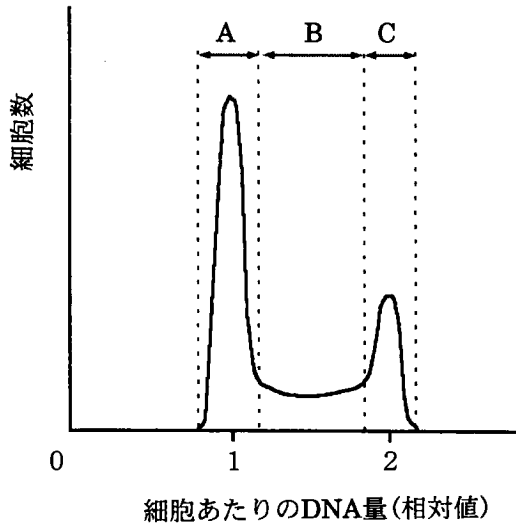


図 1

問 3 図 1 において、M 期、 G_1 期、S 期、 G_2 期にある細胞は、A、B、C のどの範囲におもに含まれるか。M 期、 G_1 期、S 期、 G_2 期に対する答えをそれぞれ解答欄の c)、d)、e)、f) に記せ。

問 4 この細胞の細胞周期の各時期の長さについて、実験 1 と実験 2 の結果から推測して次の(あ)~(お)のうちから適切なものを選び、その記号を記せ。

- (あ) S 期は G_1 期より長い。
- (い) G_1 期は G_2 期より長い。
- (う) M 期は G_2 期より長い。
- (え) G_2 期は G_1 期より長い。
- (お) M 期は G_1 期より長い。

(B) 生殖細胞ができるときの細胞の分裂を といい、このとき 回の分裂が連続して起こる。動物の雄の精巣では、配偶子のもとになる精原細胞が成長して一次精母細胞になり、1 個の一次精母細胞は を行って最終的に 個の精子になる。文(A)の実験で細胞を得るために用いた動物の精巣において、 直前の一次精母細胞、および精子がもつ細胞あたりの DNA 量を、図 1 の横軸の値(相対値)で表したとすると、それぞれ , となる。

問 5 文中の に適切な語句を、 ~ に適切な数字を入れよ。

問 6 下線部の最初の分裂における染色体分配と、体細胞分裂における染色体分配の違いを、100 字程度で簡潔に説明せよ。

生物問題 II

次の文(A)、(B)を読み、問1～問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) ゲノムとは、生物の染色体1セットのDNAのことであるが、最近では、ある生物種の全DNA塩基配列のことを、その生物のゲノム配列とよぶことが多い。1995年に細菌の一種(*Haemophilus influenzae*)のゲノム配列が決定されたのを皮切りに、2001年にはヒトのゲノム配列の概要が発表された。ヒトを含めたすべての生物は、ゲノム配列から転写・翻訳をへて多くのタンパク質を作り出している。これら^①のタンパク質により、生命活動が支えられている。

タンパク質は約20種類のアミノ酸から作られており、アミノ酸配列の違いによりさまざまな機能(働き)を示すタンパク質ができる。^②いろいろな生物で同じ機能をもつタンパク質のアミノ酸配列を比較すると、それらは互いに似ており、アミノ酸配列の特定の位置に、^③同じアミノ酸が存在することが多い。しかし、アミノ酸配列が完全に同じというものはほとんどなく、生物種により少しずつ異なる。

問1 原核生物と真核生物のゲノム配列について、下記の文章のうち正しいものをすべて選び、その記号を解答欄に記入せよ。

- (あ) 原核生物と単細胞性の真核生物のゲノム配列は同じ長さのものが多い。
- (い) 一般に、原核生物と真核生物では、アミノ酸を指定するコドンは同じである。
- (う) 類似のタンパク質の遺伝子の長さは、原核生物と真核生物でほとんど同じである。
- (え) 真核生物の遺伝子には介在配列(イントロン)の入っていることが多い。

問 2 下線部①に関連して、タンパク質のアミノ酸配列を遺伝情報としてもつ遺伝子があり、その中のあるアミノ酸を指定するコドンにおいて、1個のヌクレオチドが異なるヌクレオチドに置きかわる場合を考える。この場合、翻訳により生合成されるタンパク質の構造上の変化の有無について、考えられることを3通り、それぞれ30字程度で記せ。

問 3 下線部②について、タンパク質には酵素として働くものが多い。(ア)ある化学反応を酵素が触媒していることを確かめるにはどうすればよいか、その方法を答えよ。(イ)さらに、その方法はタンパク質のどのような特性を利用しているか、答えよ。それぞれ、30字程度で記せ。

問 4 下線部③について、この原因としてどのようなことが考えられるか、下記の語句をすべて使って簡潔に答えよ。

進化、 立体構造、 機能、 保存

(B) 試験管に過酸化水素を含む溶液をとり、それに適当量の大腸菌の抽出物を加えると、酸素の気泡が発生するのが観察された。これは、大腸菌中に含まれているカタラーゼという酵素が働き、過酸化水素の分解を促進したためである。

そこで、大腸菌の増殖に対して過酸化水素がどのように影響するかを以下の実験により調べた。

実験 1：過酸化水素を加えない培地で大腸菌を培養すると、図 1 の曲線 1 が得られた。

実験 2：図 1 中の b の時点で培地に濃度が $3 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ になるように過酸化水素を加えて培養しても、加えない場合と同様の曲線が得られた。しかし、同じ時点で濃度が $6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ になるように過酸化水素を加えて培養したところ、図 1 の曲線 2 が得られた。

実験 3：図 1 中の a の時点で培地に濃度が $3 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ になるように過酸化水素を加えて 30 分間培養したのち、図 1 中の b の時点で濃度が $6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ になるように過酸化水素を加えて培養を続けたところ、図 1 の曲線 3 が得られた。

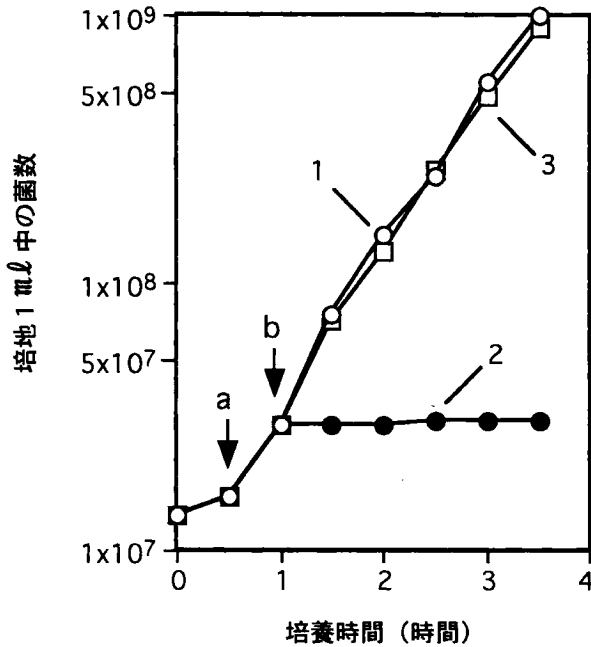


図 1

問 5 大腸菌の増殖に対する過酸化水素の影響について、実験 2, 3 で観察されたことがらを、150 字程度で簡潔に説明せよ。

実験 4 : 図 1 中の a の時点で、濃度が $3 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ になるように過酸化水素を加えると同時に、タンパク質合成阻害剤を加えて 30 分間培養した。その後、図 1 中の b の時点でタンパク質合成阻害剤を除き、濃度が $6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ になるように過酸化水素を加えて培養したところ、図 1 の曲線 2 と同様の曲線が得られた。

問 6 実験 4 の結果をもとに、実験 3 で濃度が $3 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ になるように過酸化水素を加えることにより、大腸菌内でどのようなことがおこったと考えられるか、60 字程度で簡潔に答えよ。

生物問題 III

次の文(A), (B)を読み, 問1～問5に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 多くの植物は, 1年のうちの決まった時期に花を咲かせる。これは, 植物が1日のうちの昼の長さ(日長)の影響を受けて花芽の形成を始める性質を持っているからである。ナズナやアブラナなどのように, 春になって日長が長くなると花芽を形成する植物を, 長日植物という。これに対し, コスモスやダイズなどのように, 夏から秋になって日長が短くなると花芽を形成するようになる植物を, 短日植物という。

問1 長日植物, 短日植物に対して, トマトやトウモロコシなどのように, 日長と関係なく花芽を形成する植物も知られている。そのような植物を何と呼ぶか答えよ。

問2 (ア) 文中の下線部について, 植物の花芽形成や昆虫の休眠などのように, 生物が日長の影響を受けて反応する性質を何と呼ぶか答えよ。

(イ) その性質は, 生物が季節を知るために日長を利用していることを意味する。温度ではなく日長を利用することの利点として考えられることを, 70字程度で簡潔に説明せよ。

(B) 植物種Sは, 北半球に広く分布する一年生草本植物である。植物種Sの分布域の高緯度側にあたる北ヨーロッパの2か所と, 分布域の中で最も低緯度側(北緯10度)に位置し, 年間を通して温暖なC島から, 植物種Sを得て, それぞれ純系を確立し, 北欧系統1, 北欧系統2, C島系統と名づけた。これらを用いて, 実験1, 実験2をおこなった。以下は, それぞれの実験とその結果の説明である。

実験1：人工照明を用いて2つの日長条件をつくり、3つの系統を育て、花芽形成に対する日長条件の影響を調べた。その結果を図1に示す。なお、実験では、温度を一定にし、植物が1日に受ける光の量は、2つの日長条件で同じになるようにした。

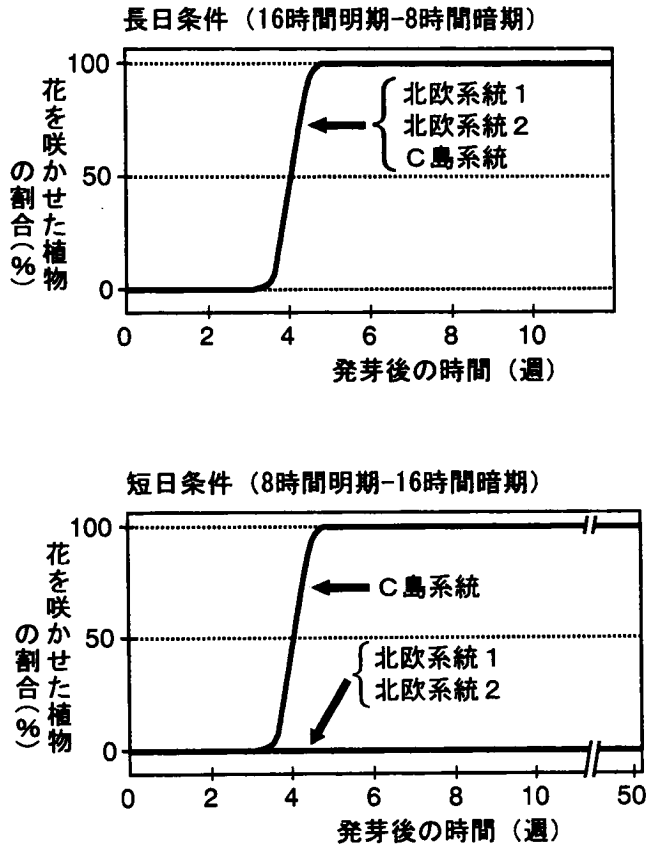


図1

問3 花芽形成に対する日長条件の影響について、実験1の結果を、系統ごとにそれぞれ30字程度で簡潔に説明せよ。

実験 2 : C 島系統と北欧系統 1, C 島系統と北欧系統 2 の間で, それぞれ交雑実験をおこなった。その結果, **実験 1** でみられた性質(表現型)の違いは, 1 つの遺伝子によって決まっていることがわかった。また, C 島系統の植物が持つ対立遺伝子が, 北欧系統 1, 北欧系統 2 の植物が持つ対立遺伝子に対して, 劣性であることがわかった。

問 4 ある性質の遺伝を交雑実験によって調べようとする場合, 交雑により得られた子孫の個体について, 表現型が明確に判定できることが重要である。(ア) **実験 2** の C 島系統と北欧系統 1 の交雑実験では, 雑種第二代の植物をどういう条件で育てたと考えられるか。15 字程度で答えよ。(イ) また, 個々の個体の表現型が, C 島系統型であるか, あるいは北欧系統 1 型であるかをどういう基準によって判定したと考えられるか。80 字程度で記せ。

問 5 以上のように, 北欧系統 1, 北欧系統 2, C 島系統の間には, 日長による花芽形成の調節に関して, 性質の違いがある。この性質の違いには, どのような適応上の意義があるか。性質の違いを簡潔に説明し, 適応上の意義として考えられることを 200 字以内で簡潔に述べよ。

生物問題 IV

次の文を読み、問1～問4に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

卵黄の量と分布は、卵割が起こる部位と割球の大きさに影響をおよぼす。卵黄が多いところでは卵割が **ア** ので、大量の卵黄がかたよって存在する魚類や鳥類の卵の卵割形式は **イ** である。ほ乳類では、胎盤を通して母体から胎児に栄養が供給されるので、受精卵の卵黄量は **ウ** ，均一に分布する。このような等黄卵の卵割形式は **エ** である。マウス(ハツカネズミ)の受精卵は8細胞期となった時に、いくつかの割球を破壊しても正常に発生する。このように **オ** 能力がそなわった卵を **オ** 卵という。これに対して、早期卵割期の割球の一部を破壊した時に不完全な発生をする卵を **カ** 卵という。また、二つのマウスの卵割期の胚を凝集させてひとつの胚とし、発生させると1匹の完全なマウス個体となって生まれる。したがって、この時期のマウスの胚では各細胞の予定運命は決まっていない。そこで、以下の実験1、実験2をおこなった。

実験1：茶色と黒色の異なる2系統のマウスからそれぞれ8細胞期の胚を採取し、外側の殻(透明帯)をタンパク質分解酵素で処理して除き、8個の割球からなる細胞塊を取りだした。シャーレの中で2系統に由来する細胞塊を凝集させると、16個の割球からなる細胞塊となった。これを培養すると、この細胞塊は胚盤胞(胞胚期の胚)まで発生が進んだ。このようにして得られた胚盤胞を雌マウスの子宮に移植したところ、17日後にマウスが生まれた。この実験を繰り返し合計100匹のマウスが生まれた。なお、毛色を茶色に決定する遺伝子であるAは対立遺伝子aに対して優性であり、使用した茶色と黒色のマウスの遺伝子型はそれぞれAAとaaだった。

問1 文中の **ア** ～ **カ** に適切な語句を記入せよ。

問 2 (ア) 胚盤胞を構成する細胞のほとんどは、胎盤などの胎児を发育させるために必要な組織となり、胚盤胞内部にある細胞の一部だけが胎児へと発生する。ここで、胚盤胞内部の細胞のうち、1個の細胞だけが胎児に発生すると仮定すると、**実験1**で生まれるマウスの毛色は何色になると予想されるか、すべて記せ。

(イ) 実際に**実験1**で生まれたマウスの毛色は茶色が12匹、黒色が13匹、茶色と黒色のまだら模様が75匹だった。この結果から、胚盤胞内部の何個の細胞が、発生して胎児になったと考えられるか、記せ。

(ウ) (イ)のように考えた理由を80字程度で簡潔に述べよ。

問 3 茶色と黒色のまだら模様のマウスでは、皮膚以外の全身の器官でも2系統の異なる胚に由来した細胞が混在している。このまだら模様のマウスが成熟したので黒色のマウス(遺伝子型はaa)と交配した。

(ア) この時に生まれてくるマウスの、予想される毛色と遺伝子型を記せ。

(イ) (ア)のように考えた理由を30字程度で簡潔に述べよ。

実験2：茶色系統マウスの胚盤胞内部から細胞を無作為に1個取りだし、培養シャーレ内で増殖させ、多数の細胞を得た。このうちの8個の細胞を、黒色系統マウスの8細胞期の胚由来の細胞塊と凝集させ、再び胚盤胞になるまで培養を続けた。このようにして得られた、いくつかの胚盤胞を雌マウスの子宮に移植した結果、17日後に茶色、黒色、および茶色と黒色のまだら模様のマウスがそれぞれ生まれた。

問 4 **実験2**を何度くり返しおこなっても、同じ結果が得られた。このことから、胚盤胞内部の細胞の性質について推察されることを下記の語句をすべて用いて簡潔に述べよ。

決定、運命、胎児、発生、能力