

# 生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

動物は非常に多数の細胞でできている。これらの細胞は体の中でさまざまな役割をもつ組織や器官を構成するが、もとは一つの細胞である受精卵から派生したものである。受精は配偶子である精子と卵子が融合する現象である。それぞれの配偶子は、精母細胞、卵母細胞が減数分裂を行うことにより形成される。両生類の発生では、受精後の胚は卵割<sup>a</sup>を繰り返し、桑実胚、胞胚を経て原腸胚となる。原腸胚期には予定中胚葉および予定内胚葉細胞が胚の内部へと移動する。このとき、原口より陥入した背側の予定中胚葉領域が予定神経領域と接触しながら原腸陥入が進行する。原腸胚期の終わりには、外胚葉、中胚葉、内胚葉の3つの胚葉が、将来自身が分化する組織の位置へと正しく配置される。原腸胚は発生が進むにつれ、神経管をもつ神経胚となる。神経胚からそれに続く尾芽胚にかけて、目、心臓、脊索、体節といったさまざまな組織や器官が形成される。どのようにして組織や器官が形づくられていくのかを知るために、これまでにさまざまな実験が行われた。両生類を用いた神経管をつくる細胞の出現に関する実験を以下にあげる。

〈実験1〉 胞胚期から原腸胚期にかけての胚の表面を複数の色素により染色し、どの領域が将来どのような組織になるかが調べられた。この結果、胚の表皮になる領域、神経管になる領域、脊索になる領域、体節になる領域、側板になる領域などがわかった。<sup>c</sup><sup>d</sup><sup>e</sup>

〈実験2〉 初期原腸胚の将来神経管となる領域(予定神経領域)と将来表皮となる領域(予定表皮領域)を交換移植した。その結果、予定表皮領域に移植された予定神経領域の細胞は表皮となり、逆に予定神経領域に移植された予定表皮領域の細胞は神経管となった。

〈実験 3〉 予定表皮領域および予定神経領域の双方を含む、胞胚の予定外胚葉領域を切り出し、その細胞塊を単独で培養した。その結果、細胞塊は表皮になった。

〈実験 4〉 初期原腸胚の原口背唇部の細胞塊を切り出し、これを二つの予定外胚葉領域で挟んだものを作成し、培養した。予定外胚葉領域は〈実験 3〉で用いたものと同様で、挟むときは原口背唇部の細胞塊が予定外胚葉領域の胞胚腔側と接触するようにする。この結果、予定外胚葉領域は神経管をつくる神経組織に分化した。

問 1 下線部 a, b の減数分裂と卵割は、体細胞分裂とは違った特徴をもつ。以下の(ア)~(オ)より、それぞれの特徴として最もふさわしいものを一つずつ選べ。

- (ア) 細胞が成長する。
- (イ) 分裂の速度が速い。
- (ウ) 染色体が形成されない。
- (エ) 染色体の数が半分になる。
- (オ) 核膜の消失がみられる。

問 2 〈実験 1〉に関する以下の設問に答えよ。

- (1) 〈実験 1〉の結果、胚の将来各組織へと分化する領域を図示することが可能となった。この方法を何とよぶか。
- (2) 図 1 は初期原腸胚の模式図である。〈実験 1〉の説明文にある下線部 c, d, e について、図 1 の(ア)~(カ)より選び、記号で答えよ。

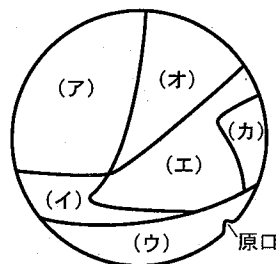


図 1

問 3 初期原腸胚を用いた〈実験 2〉の結果からわかったことを，下記の言葉を使い，60 字以内で記せ。

予定神経領域，予定表皮領域，発生運命

問 4 〈実験 3〉および〈実験 4〉の結果より予想される，予定外胚葉が神経になるための条件を記せ。

問 5 胚を比較的高塩濃度の生理食塩水中で発生させることにより，中胚葉と内胚葉が胚の内部に陥入しない外原腸胚が形成される。この胚では，神経組織はほとんど見られない。この理由を 60 字以内で述べよ。

問 6 実験の結果と正常発生の観察から，原口背唇部のような作用をもつ組織は形成体と呼ばれる。正常発生における組織の分化には，自律的に起こるものと，形成体の作用によって起こるものが知られている。表 1 の(ア)～(オ)は，目の発生においてみられる分化する前の組織と分化した後の組織の組み合わせを示す。この中で，眼杯および水晶体が形成体として作用した結果として起こるものをそれぞれ選び，記号で答えよ。

表 1

	分化する前の組織	分化した後の組織
(ア)	表皮	水晶体
(イ)	前脳	眼胞
(ウ)	眼杯	網膜
(エ)	神経管	前脳
(オ)	表皮	角膜

2

I およびIIの間に答えよ。

I 文中の (ア) ~ (カ) に適切な語句や数値を答えよ。

ヒトやショウジョウバエなどの体細胞では、雌雄に共通する相同染色体のほかに、雌雄で組み合わせの異なる染色体がみられる。これは性の決定に関する染色体で性染色体とよばれ、それ以外のは (ア) とよばれる。ヒトを含む多くのほ乳類では、X染色体を2本もつと女性(メス)、X染色体とY染色体を1本ずつもつと男性(オス)になる。性染色体上の遺伝子による遺伝を (イ) という。例として、ヒトの赤緑色覚異常があげられる。赤緑色覚異常の原因遺伝子は、X染色体上の劣性の対立遺伝子である。赤緑色覚異常の表現型を示さない夫婦の間に、赤緑色覚異常の表現型を示す男児がうまれた。この夫婦の間にうまれる可能性があるすべての第二子のうち、赤緑色覚異常の表現型を示す男児がうまれる確率は (ウ) %、この表現型を示す女児がうまれる確率は (エ) %である。また、第二子に女児がうまれ、この女児が成長した後に、赤緑色覚異常の表現型を示す男性との間にうまれる可能性があるすべての子どものうち、赤緑色覚異常の表現型を示す男児がうまれる確率は (オ) %、この表現型を示す女児がうまれる確率は (カ) %である。なお、男女がうまれる確率はそれぞれ50%とし、突然変異は生じないものとする。

II 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

ヒトを含む多くのほ乳類では、オスはX染色体を1本しかもたないのに対し、メスは2本もつ。そのため、X染色体上の遺伝子量が、メスはオスの2倍になってしまう。そこでほ乳類では、メスをもつ2本のX染色体のうち、一方を凝縮させ、不活性化させることにより、そのX染色体に存在している多くの遺伝子が伝令RNAに転写されないようにしている。2本のX染色体のうちどちらが不活性化されるかは、発生途中において体細胞ごとに無作為に決定される。一度不活性化されたX染色体は、体細胞が分裂して得られた娘細胞

にも引き継がれる。つまり、ヒトの女性や、他のほ乳類のメスのからだは、父親由来の X 染色体が不活性化されている体細胞群と、母親由来の X 染色体が不活性化されている体細胞群とが、まだら状に存在している。

X 染色体の不活性化がもたらす生命現象として、三毛猫の毛色が知られている。三毛猫とは、皮毛の色がオレンジ、黒、白の三色のまだら模様をもつネコである。三毛猫の毛色は表 1 に示されている二つの対立遺伝子により決定される。なお、優性遺伝子を大文字で、劣性遺伝子を小文字であらわす。遺伝子  $A$  および  $a$  は X 染色体に存在しており、優性の  $A$  遺伝子はオレンジを、劣性の  $a$  遺伝子は黒のみを発色するとする。遺伝子  $B$  および  $b$  は常染色体に存在しており、優性の  $B$  遺伝子は白斑模様をつくり、劣性の  $b$  遺伝子は白斑模様をつくらないとする。

表 1 ネコの遺伝子と毛色

遺伝子	毛色
$A$	オレンジ
$a$	黒
$B$	白斑模様をつくる
$b$	白斑模様をつくらない

問 1 以下の毛色をもつメスネコのすべての遺伝子型を答えよ。

- (1) 黒一色
- (2) オレンジと白の二色のまだら模様
- (3) オレンジと黒と白の三色のまだら模様(いわゆる三毛猫)

問 2 三毛猫のほとんどはメスで、オスの三毛猫はまれにしかうまれぬ。その理由を述べよ。

問 3 オスの三毛猫がうまれてきた場合、性染色体における異常が原因と考えられる。どのような染色体異常が生じたのか述べよ。

3

I およびIIの間に答えよ。

I 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

植物は葉緑体内の  で二酸化炭素の固定を行う。この際、二酸化炭素が  個の炭素原子をもつ化合物に固定され、 個の炭素原子をもつ化合物が生じる。ある植物には効率よく二酸化炭素を固定する付加的な機構があり、それを作物に付与するため、遺伝子組換え技術が用いられている。

遺伝子を導入した細胞から植物体を形成させるために、組織培養が用いられる。適当な条件で植物の組織片や細胞を培養すると、細胞はまず  した後、増殖し、 とよばれる未分化の細胞塊を形成する。 から植物体が形成されることを  とよぶ。 には  から芽や根などの器官が形成される場合と、一部の細胞が発生初期段階のものと同様な  を形成する場合がある。このような組織培養は、品種改良や増殖に広く利用されている技術である。

問 1 文中の  ~  に適切な語句・数字を入れよ。

問 2 下線部 a に関する反応経路名を記せ。

問 3 下線部 b のように、一度分化した組織や細胞から、新たに個体が形成される能力の名称を答えよ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

栄養繁殖するジャガイモやイチゴなどでは、植物ウイルスに感染していない健全な植物体の育成や大量増殖などに、組織培養の技術が用いられている。

ジャガイモでは、側芽を含む茎断片を培養すると、側芽が成長し、植物体となる。この処理をくり返すことで、短期間に大量の植物体を得ることができる。また側芽を含む茎断片をある条件で培養すると、イモ(小型塊茎)を形成させることができる。側芽を含む茎断片を用いた培養系を使って以下の実験を行った。

〈実験1〉 側芽を含む茎断片を小型塊茎形成条件下で培養した。図1のように茎の中心を通る、茎先端の縦断切片を作製し、茎頂から3 mmの部位の茎の直径(a)ならびに、その位置に存在する細胞の、茎の軸に対して垂直方向の大きさ(b)を計測し、平均値を求めた。その値を表1に示す。計測は培養4日目、7日目、10日目にそれぞれ行った。

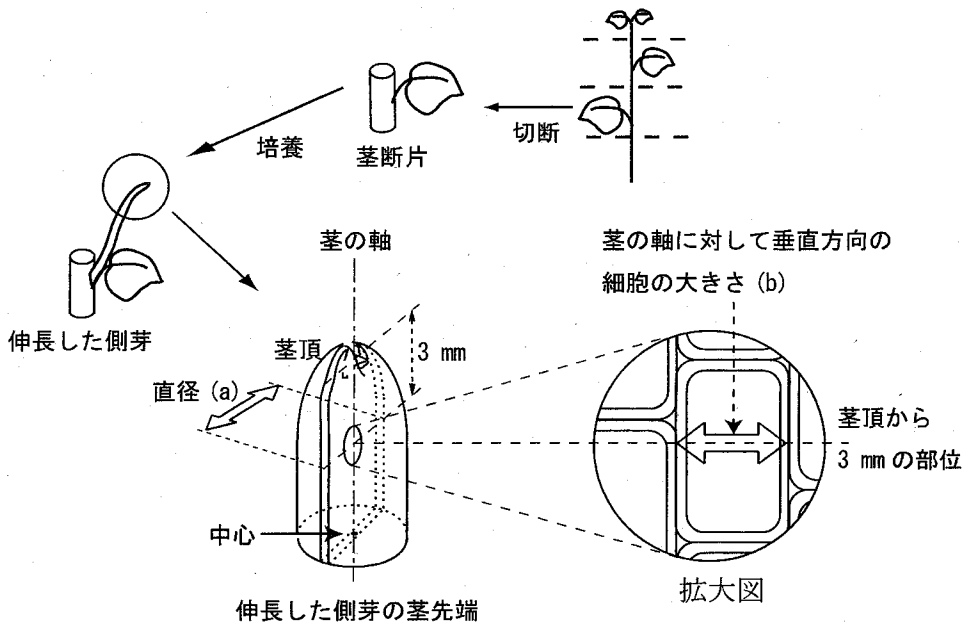


図1

表 1

	培養開始後の日数		
	4日	7日	10日
茎頂から 3 mm の部位の茎の直径(a) (mm)	1.2	1.8	3.0
茎の軸に対して垂直方向の細胞の大きさ(b) (mm)	0.024	0.036	0.048

〈実験 2〉 側芽を含む茎断片を、培地 A のみ、培地 A に植物ホルモン X を加えた培地、薬品 Y を加えた培地、植物ホルモン X と薬品 Y の両方を加えた培地でそれぞれ培養した。培養 9 日目の側芽の長さを計測し、図 2 に示す。図 2 の「+」は培地に植物ホルモン X、あるいは薬品 Y が入っていることを示し、「-」は入っていないことを示す。

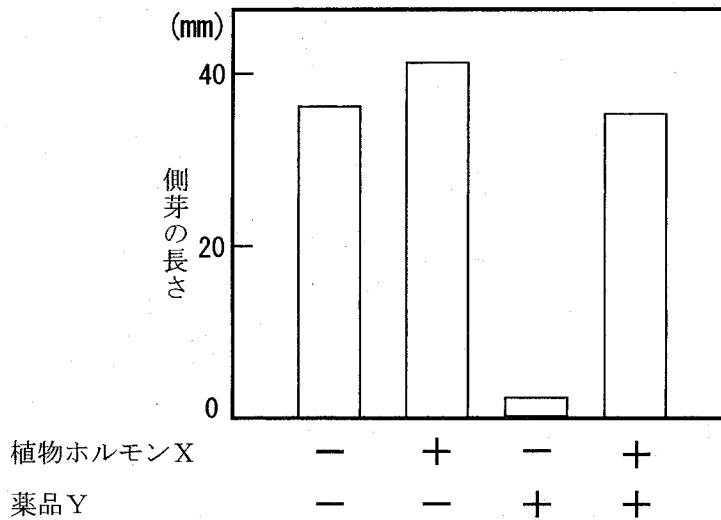


図 2



問 1 〈実験 1〉 に関して、7 日目から 10 日目における、茎頂から 3 mm の部位の直径の増加は何によるか、表 1 から推察できることを 60 字以内で記せ。

問 2 〈実験 2〉で使用した植物ホルモン X は細胞の伸長を促進することが知られており、種なしブドウの栽培にも利用されている。この植物ホルモン X は、世界に先駆けて日本で発見された。植物ホルモン X の名称および発見されるきっかけとなった植物の病名を記せ。

問 3 外部環境からの情報を受容した植物は、植物ホルモンを介して植物体の成長や発生・分化を調整している。この植物体内での植物ホルモンの挙動について簡単な模式図を示した(図 3)。〈実験 2〉において、植物ホルモン X に対する薬品 Y の作用について考えられることを、図 3 中の語句より必要なものを用いて 60 字以内で記せ。語句は何度使用してもよい。また植物ホルモン X ならびに薬品 Y は、植物体にすみやかに取り込まれるものとする。

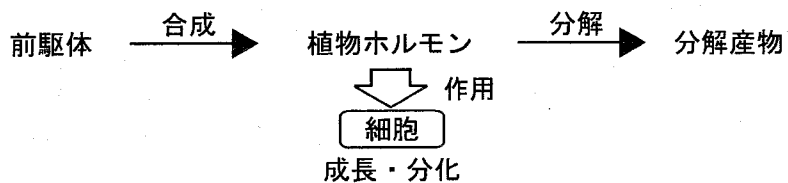
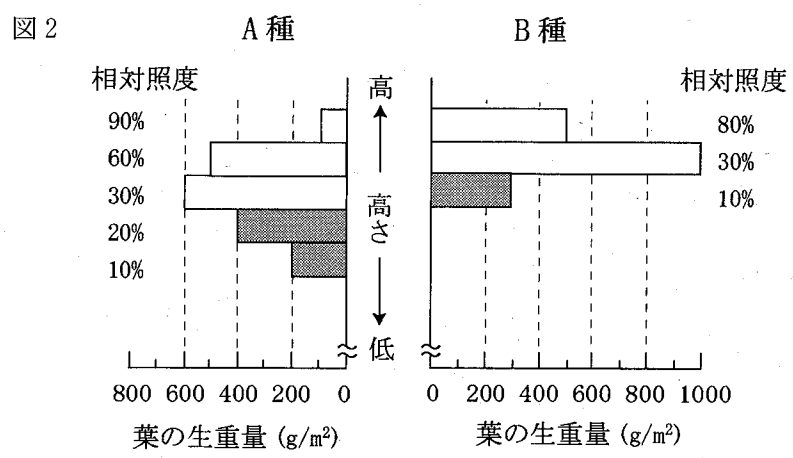
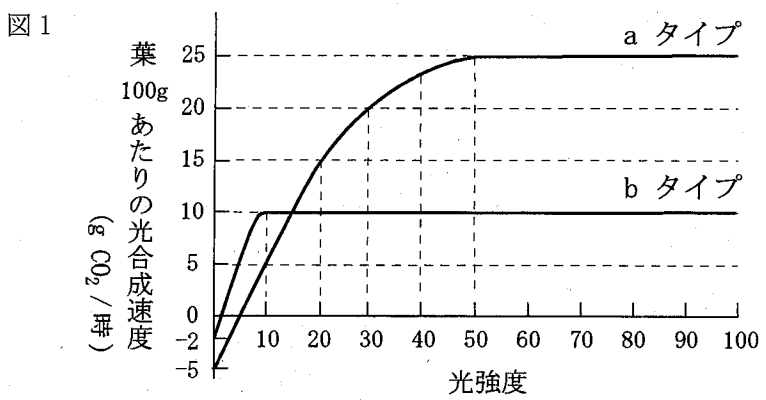


図 3

4 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

緑色植物は、光合成により大気中の二酸化炭素を吸収し、有機物を生産する。光合成速度と光強度の関係を表したものが、図1のような光—光合成曲線である。この図では、100gの葉が1時間あたりに吸収する二酸化炭素の量を光合成速度としている。aタイプのような光合成特性は (ア) に一般的で、bタイプは (イ) に多く見られる。



問 1 文中の  と  に適切な語を入れよ(ただし、生物名は除く)。

問 2 図 2 は、針葉樹と広葉樹の単位面積あたりの葉の重量を一定の高さごとに表した、生産構造図の一例である。各高さの相対照度をパーセントで示している。A 種と B 種はそれぞれ針葉樹と広葉樹のどちらか答えよ。また、その理由を述べよ。

問 3 図 2 における A 種と B 種はともに図 1 の a タイプの光合成特性を有しているとする、それぞれの種がもつ葉層全体の  $1\text{ m}^2$  あたり、1 時間あたりの二酸化炭素吸収量を求めよ。ただし、図 1 における光強度は、図 2 における相対照度と一致するものとする。

問 4 以下の文中の  と  にあてはまる値を計算式とともに示せ。

A 種の夜間の呼吸量(二酸化炭素放出量)は、1 時間あたり   $\text{g CO}_2/\text{m}^2$  であり、一日を通した平均二酸化炭素吸収量は、1 時間あたり   $\text{g CO}_2/\text{m}^2$  と推定される。ただし、日長は 12 時間とし、日中の光環境は、問 3 の条件を満たした上で一定とする。

問 5 同じ個体の中でも、それぞれの葉の光環境に応じて、光合成特性を図 1 の a タイプから b タイプへと変化させる現象が多く植物で知られている。図 2 において、相対照度 30 % 未満の葉(灰色で示してある)のみを b タイプへと変化させる性質は、A 種と B 種のどちらの樹木にとってより有利であると考えられるか。実際の二酸化炭素吸収量の変化量を示し、説明せよ。