

平成 29 年度

前期日程

## 理科問題

〔注 意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は  $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 12 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 13 \text{ ページから } 23 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 24 \text{ ページから } 40 \text{ ページ} \end{array} \right\}$  にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理3枚、化学4枚、生物4枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄(1枚につき2か所)に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

## 「理科の解答についての注意」

### 理学部志願者

- 数学科、化学科、生物科学科生物科学コースを志望する者は、物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は、物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は、物理と化学の2科目を解答すること。

### 医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

### 医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

### 工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

# 生物問題

(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

〔1〕 以下の文章【A】～【C】を読み、問1～問6に答えよ。

【A】

脊椎動物の中樞神経系は、脳と脊髄からできている。脳は、大脳、間脳、中脳、小脳、延髄などからなる。間脳、中脳と延髄をまとめて **ア** と呼ぶ。日常生活の基本となる身体運動には、生存に必須の繰り返し運動である咀嚼<sup>そく</sup>や歩行などがある。**ア** や脊髄には、このようなリズムカルな運動を生成する神経回路が存在し、これを **イ** という。リズムカルな運動中に力やバランスが突然変化しても、無意識下ですばやく反応する **ウ** という仕組みがあるため、危険から身を守ることや、運動を円滑に遂行することができる。

種々の **ウ** のうち、すばやく伸張された筋が収縮するものがある。この場合、筋肉の伸展を検知した **エ** という受容器が興奮し、その興奮が感覚ニューロンを伝導し、脊髄で **オ** を介して運動ニューロンへと伝達される。運動ニューロンが興奮すると、その興奮は骨格筋に伝達され、筋収縮が生じる。このようなすばやい反応が引き起こされる神経回路を **カ** といい、この回路の中で情報は一方向に伝達される。

神経繊維には、一定以上の強さの刺激によって興奮が生じ、刺激をどんなに強くしても興奮の大きさが変わらない **キ** という性質がある。神経繊維には複数の種類があるが、種類によって神経繊維の太さが異なるため、興奮に必要な最低限の刺激の強さも異なる。また、神経繊維では、その途中の一か所で興奮が発生すると、その興奮が両側に伝導する性質もある。さらに、生体内では、1本の神経束に多数の感覚神経繊維と運動神経繊維が並走するにもかかわらず<sup>①</sup>、感覚神経は中枢へ、運動神経は末梢の骨格筋へと情報を伝達することができる。

問1 文中の空欄 **ア** から **キ** に適切な語句を入れよ。

問2 下線部①のように、隣接する神経繊維の間で興奮が伝播しない理由を1～2行で述べよ。

【B】

カエルの坐骨神経を取り出し、その神経束に刺激電極と記録電極を一定の距離をあけて設置した。興奮を誘発できる最短の持続時間の刺激を用いて、刺激強度を1から6へと順に増加させながら、神経束に生じる反応を記録した。刺激強度と反応の大きさの関係を図1に示す。

刺激強度2で反応Aが出現し、強度が上がるにつれて反応が大きくなった。刺激強度5に達すると、反応Bが出現した。

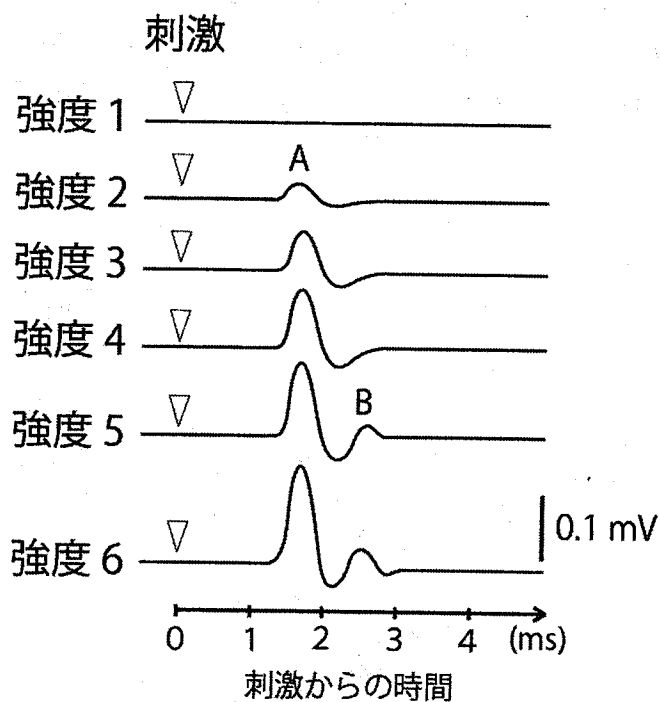


図1

問3 刺激強度の上昇に伴って、早い反応Aが大きくなる理由を1～2行で述べよ。

問4 刺激強度を上昇させると、早い反応Aに遅れて反応Bが生じる理由を5行程度で述べよ。

【C】

ヒトの坐骨神経から枝分かれした脛骨神経<sup>けいこつ</sup>の神経束には、ふくらはぎのヒラメ筋を支配する運動神経繊維と、ヒラメ筋の伸展を伝える感覚神経繊維が含まれている。電気刺激をもちいて、これらを興奮させることができる。

静かに着席している被験者のひざの裏側に刺激電極を装着し、皮膚の上から脛骨神経に電気刺激を加えられるようにした。また、ヒラメ筋が収縮すると生じる筋電位を筋電計を用いて測定した。刺激電極、筋電計、ヒラメ筋、運動神経、感覚神経の位置関係を図2に模式的に示す。

生体内では、1つの感覚ニューロンが複数の運動ニューロンと接続し、1つの運動ニューロンが複数の感覚ニューロンと接続する。運動ニューロンでは、複数の感覚ニューロンからの情報伝達によって生じる電位変化が加重する。

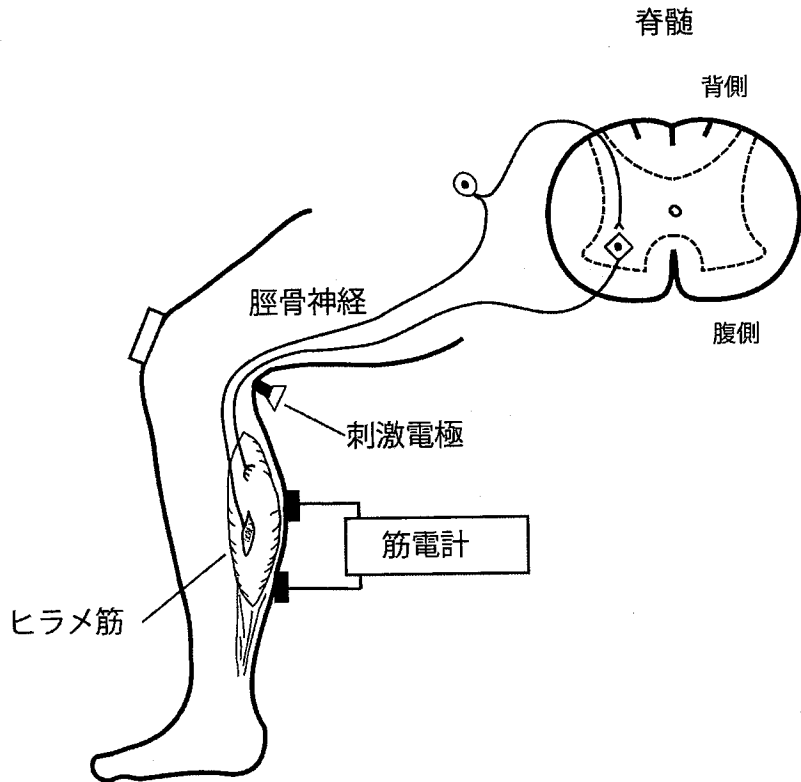


図2

痛みを感じない範囲で刺激強度を1～6へと徐々に増加させると、筋電計に図3のようなヒラメ筋の反応を記録できた。

刺激強度2では、刺激から約30 ms遅れて反応Cが出現した。また、刺激強度4になると、刺激から約10 ms遅れて反応Dが出現した。反応Cと反応Dともに、刺激強度を上げると反応は大きくなった。

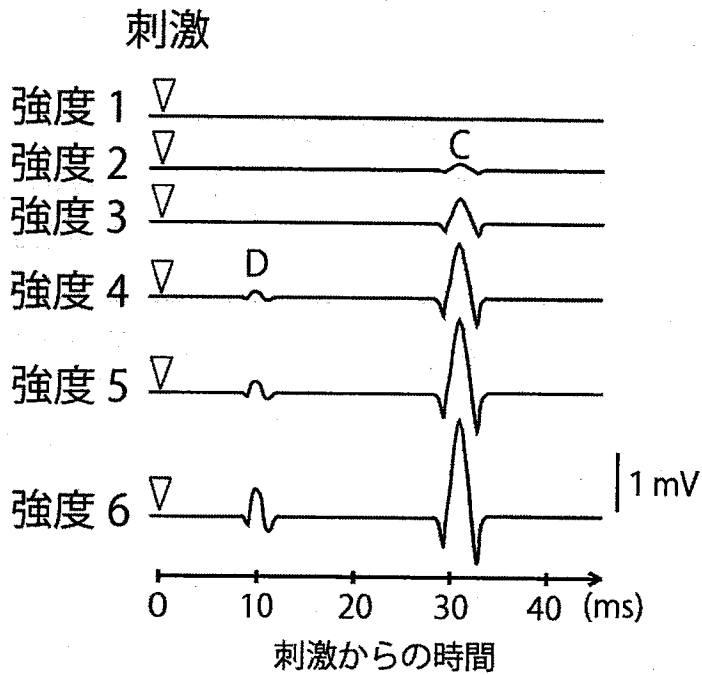


図3

問5 反応Cと反応Dが生じる情報伝達経路の違いを5行程度で述べよ。

問6 反応Cが反応Dよりも弱い刺激強度で出現する理由を1～2行で述べよ。

〔2〕 以下の文章【A】と【B】を読み、問1～問5に答えよ。

【A】

高等植物の光合成は葉緑体で行われ、光エネルギーを利用した光リン酸化によってATPを合成する反応と、CO<sub>2</sub>を固定する炭酸同化反応により構成される。このうち、前者は葉緑体内の  で行われる。一方後者は  の外側にある  で行われ、この反応経路を発見した科学者の名前に由来する  回路(サイクル)と呼ばれる。

真核生物全般について、細胞小器官の  で行われる呼吸における酸化的リン酸化と、高等植物の葉緑体で行われる光合成における光リン酸化では、電子伝達系やリン酸化によってATPが合成される仕組みがよく似ている。一方、酸化的リン酸化と光リン酸化では、電子伝達系に最初に電子を与える物質(電子供与体)と最後に電子を受け取る物質(電子受容体)がそれぞれ異なることが知られている。

問1 文中の空欄  から  に適切な語句を入れよ。

問2 下線部①について、酸化的リン酸化および光リン酸化とも、物質Aの濃度勾配によりATPが生成される。物質Aの名称を答えよ。また、光リン酸化において、物質Aの濃度勾配が生じる仕組みとこの濃度勾配によりATPが生成される仕組みを4行程度で述べよ。

問3 下線部②について、呼吸における酸化的リン酸化、および光合成における光リン酸化で電子受容体となる物質をそれぞれ1つ答えよ。

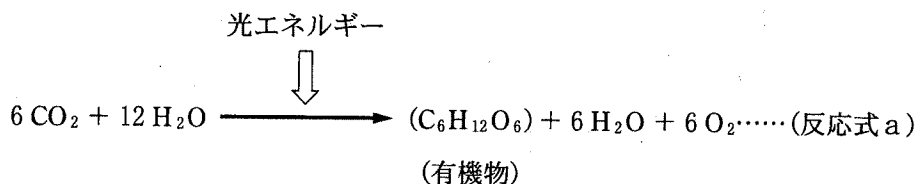


【B】

光合成は、下記の反応系Ⅰ～Ⅴによって構成される。

- Ⅰ. 光エネルギーの吸収
- Ⅱ. 光化学系での反応
- Ⅲ. 電子の伝達
- Ⅳ. ATPの合成
- Ⅴ. CO<sub>2</sub>を固定する炭酸同化反応

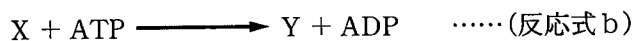
また、光合成全体の反応は、



と表される。

問 4 単細胞の緑藻を用いた実験により、「反応式 a で生成する O<sub>2</sub> が H<sub>2</sub>O に由来し、CO<sub>2</sub> には由来しないこと」を証明したい。どのような物質を用いて、どのような実験を行い、どのような結果が得られれば証明ができたと言えるか、5 行程度で説明せよ。

問 5 下記は、文章【B】で述べた反応系Vのある一つの反応を簡略化して表したものである。



物質Bは、反応式bを触媒する酵素Eを阻害する物質として見出された。物質Bが存在しない場合と存在する場合、この反応における物質Xの濃度(基質濃度)と物質Yの単位時間当たりの生成量から求めた反応速度との関係は図1に示す通りであった。すなわち、物質Bが存在する場合、反応速度は基質濃度の上昇にともなって大きくなり、物質Bが存在しない場合に近づくが、これを上回ることはなかった。物質Bが分子レベルでどのように酵素Eに作用して当該反応を阻害するか、2行程度で述べよ。ただし、物質Bの酵素Eに対する作用点は1か所とする。

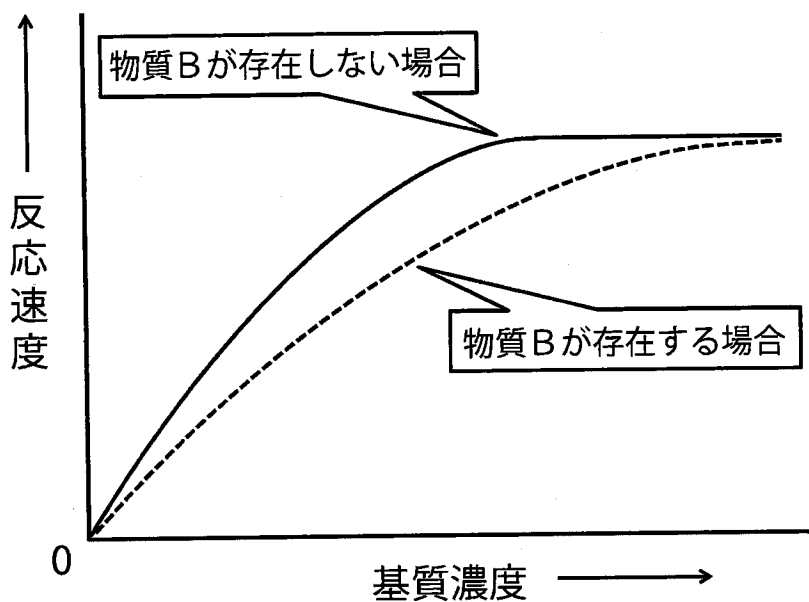


図1

〔3〕 以下の文章【A】～【C】を読み、問1～問6に答えよ。

【A】

今から150年以上前に、メンデルは **ア** の法則として知られる遺伝法則を公式化した。この法則では、各々の配偶子において、それぞれの遺伝子座の **イ** 遺伝子を1つ含み、異なる遺伝子座の **イ** 遺伝子とは干渉することなくランダムに分配される。しかし、異なる形質を決定する遺伝子座が同一染色体に有る場合を考えると、染色体は **ウ** のとき1つの単位として行動するので、まとまって受け継がれる傾向にある。つまり、メンデルの **ア** の法則は当てはまらないことが予想される。

配偶子形成過程は、**ウ** の **エ** 前期において、すでに複製が終わった染色体が見えるようになり、対となる **オ** が平行に並んで接触する。これを対合といい、対合が完成した **オ** を **カ** という。このとき、**オ** の間で一部が入れ換わる乗換えが起こっている。**エ** の中期になると **カ** を形成していた **オ** が **キ** に並ぶ。そして、後期になると2つの **オ** は、互いに離れて、それぞれ細胞の2つの極へ移動する。

問1 文中の空欄 **ア** から **キ** に適切な語句を入れよ。

【B】

キイロショウジョウバエにおいて、翅の形(正常翅は優性でその遺伝子を  $vg^+$  と示し、痕跡翅は劣性でその遺伝子を  $vg$  と示す)を支配する遺伝子座と、体の色(灰色が優性でその遺伝子を  $b^+$  と示し、黒色は劣性でその遺伝子を  $b$  と示す)を支配する遺伝子座を考える。ホモ接合体(遺伝子型  $vg^+ vg^+ b^+ b^+$ ) とホモ接合体(遺伝子型  $vg vg b b$ )のキイロショウジョウバエを交雑すると、ヘテロ接合体(遺伝子型  $vg^+ vg b^+ b$ )が生まれ、表現型は正常翅/灰色である。そのヘテロ接合体をホモ接合体(遺伝子型  $vg vg b b$ )に戻し交配をすると生まれてきたキイロショウジョウバエは、正常翅/灰色(963 個体)、正常翅/黒色(185 個体)、痕跡翅/灰色(206 個体)、痕跡翅/黒色(944 個体)であった。この比率は、2つの遺伝子座が完全に独立、あるいは完全に連鎖(まったく組み換えがないこと)していると考えた時の比率とかけ離れていた。この現象は前頁【A】の文章中に述べた乗換えを考慮すれば、説明がつく。

多くの形質について組換え価(組換え率)を求めて、それを直線上に並べてゆくと遺伝子地図が作成できる。曲がり翅になる表現型を示す遺伝子座(c)と遺伝子座(vg)との組換え価を求めると5%であった。

問 2 ヘテロ接合体(遺伝子型  $vg^+ vg b^+ b$ )をホモ接合体(遺伝子型  $vg^+ vg^+ b^+ b^+$ )に戻し交配をした。その際、上記の遺伝子座が別染色体で完全に独立して行動するならば、生まれてくるキイロショウジョウバエの表現型の比率はいくらになるか、最も簡単な整数比で示せ。

問 3 問 2 と同じ戻し交配をした。その際、上記の遺伝子座が同一染色体上に存在し、完全に連鎖している場合の表現型の比率を最も簡単な整数比で示せ。

問 4 生まれてきた総個体数から組換え価を、計算過程を示しパーセント%(小数以下切り捨て)で答えよ。

問 5 遺伝子座  $vg$ ,  $b$ ,  $c$  を使って, 可能性のある遺伝子地図を 2 種類作成せよ。遺伝子地図を 1 種類に確定するための実験を 2 行程度で述べよ。

【C】

遺伝子 a がホモ接合体になることで発症する劣性遺伝病があり、その発症率が 100 万人に 4 人である集団 B が存在する。この集団 B は、ハーディー・ワインベルグの法則が成り立っていると仮定する (遺伝子頻度が世代を経ても変化しない集団)。

問 6 集団 B における遺伝子 a の遺伝子頻度を、計算過程を示し答えよ。

〔4〕 バフンウニの胚の発生に関する以下の文章【A】と【B】を読み、問1～問8に答えよ。

【A】

卵は  が生じる側を動物極、その反対側を植物極という。バフンウニは受精してから第三卵割までは大きさのほぼ等しい割球を生じる。続く第四卵割では植物極側の4つの割球からは大きさの違う姉妹割球が生じ、動物極側の4つの割球からは大きさの等しい姉妹割球が生じる。その結果、16細胞期の胚では図1に示すような大割球、中割球、小割球が生じる。発生が進むと、中割球からは外胚葉、大割球からは外胚葉・内胚葉・筋肉や色素細胞などをつくる二次間充織、小割球からは骨片をつくる一次間充織が生じる。16細胞期を過ぎてさらに卵割が進むと、胚は桑実胚になり、胚の内部に  とよばれる空所が生じる。続いて  と呼ばれる胚の時期になると、 はさらに大きくなる。その後、植物極の細胞層が胚の内側に陥入をはじめめる。この時期の胚を  と呼ぶ。陥入した細胞は胚を貫通する管状の構造をつくり消化管に分化していく。さらに発生が進むと、胚は三角形のプリズム幼生を経て  幼生になり、餌を食べるようになる。

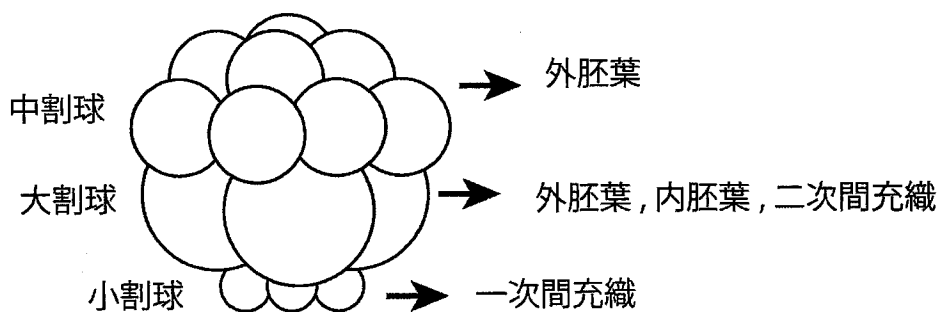


図1

問1 文中の空欄  から  に適切な語句を入れよ。

問2 下線①のような卵割を何と呼ぶか。

問 3 バフンウニが<sup>ふか</sup>孵化して泳ぎ始めるのはどの時期か。その時期の胚、あるいは幼生の名称で答えよ。

問 4 下線②の部分やその付近(原口)が口とならずに、口が別に形成される動物を総称して何と呼ぶか。また、次の a ~ g の中からそのような動物に含まれるものをすべて記号で選択せよ。

- a. タコ            b. バッタ            c. サメ            d. ミミズ  
e. ナマコ          f. フジツボ          g. サル



【B】

バフンウニの内胚葉の運命決定機構について調べるため、以下のような実験 1～実験 4 を行った。

【実験 1】

他の動物胚で胚葉の形成に重要な働きを持つことが知られているタンパク質 A について、バフンウニの内胚葉の運命決定に果たす役割を調べることにした。バフンウニ胚でのタンパク質 A の分布を調べると、16 細胞期のすべての割球で細胞膜に存在していたが、小割球では核にも存在していた。

タンパク質 A を胚全体に過剰に発現させると 16 細胞期すべての割球の核にタンパク質 A が存在するようになった。この胚では外胚葉はほとんど形成されず、主に内胚葉が過剰に形成された。

ある人工的なタンパク質 B はタンパク質 A の核への移行を特異的に阻害することが知られている。この人工的なタンパク質 B を胚全体に過剰に発現させたところ、タンパク質 A は 16 細胞期すべての割球の核から失われて、細胞膜にのみ存在するようになった。この胚は外胚葉のみからなるボール状の胚になった。

問 5 実験 1 の結果から、割球運命の決定におけるタンパク質 A の役割について 2 行程度で述べよ。

問 6 タンパク質 A の核内における役割として考えられるもののうち、最も適切なものを次の a～d の中から 1 つ選択し記号で答えよ。

- a. 翻訳制御      b. 転写制御      c. 細胞接着      d. 開口放出

【実験2】

図2のように、バフンウニの16細胞期の胚から中割球のみを分離して培養すると外胚葉のみからなるボール状の胚になる。小割球のみを分離して培養すると骨片をつくる一次間充織になった。また、中割球と小割球を組み合わせて培養すると、正常な幼生を生じた。

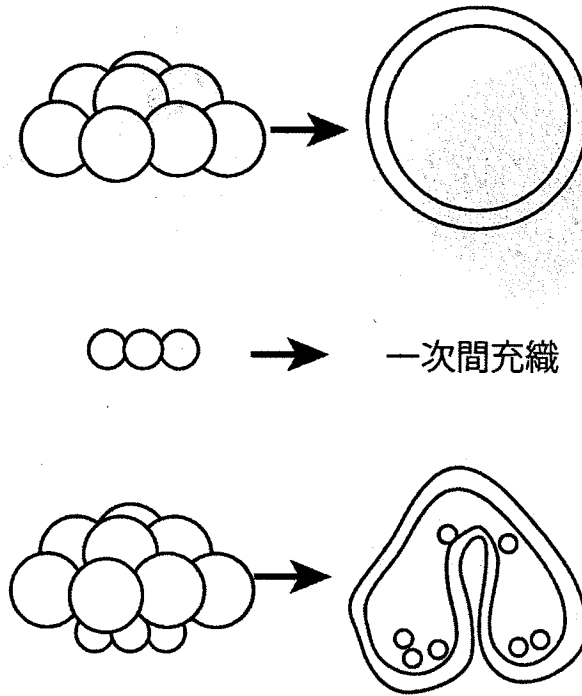


図2

【実験 3】

図 3 のように、受精卵に色素を注入して培養した 16 細胞期胚の小割球を、正常な 16 細胞期胚の動物極側に移植して培養したところ、植物極側に加え動物極側からも内胚葉ができた。このとき、動物極側にできた内胚葉には色素で標識されていない細胞が含まれていた。

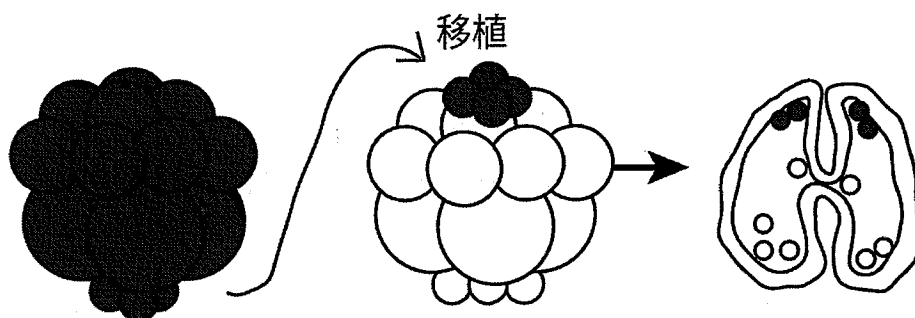


図 3

問 7 実験 2 の結果から小割球と小割球が隣接する割球との相互作用が内胚葉の形成に必要であることが分かったが、さらに実験 3 を行った。なぜ実験 2 のみでは「小割球が隣接する割球を内胚葉に誘導する」と結論するには不十分なのか 1 ~ 2 行で述べよ。

【実験 4】

人工的なタンパク質 B を胚全体に過剰に発現させて培養した 16 細胞期胚の小割球を、正常な 16 細胞期胚の動物極側に移植して培養したところ、動物極側に内胚葉はできず、正常な幼生が生じた。

問 8 実験 1 から実験 4 の結果をもとに、パフンウニの胚で内胚葉が形成される仕組みについて 3 行程度で述べよ。