

2019 年度一般入学試験(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 33 ページあり，問題数は，物理 4 問，化学 4 問，生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 解答用紙の所定欄に次のとおり受験番号を記入しなさい。氏名を記入してはならない。
 - ・ 一般入試のみを志願する受験者は一般の欄に受験番号を記入する。
 - ・ 併用入試のみを志願する受験者は併用の欄に受験番号を記入する。
 - ・ 一般入試と併用入試の両方を志願する受験者は一般と併用の両方の欄にそれぞれの受験番号を記入する。
 なお，記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は，当該科目の試験が無効となる。
 また，*印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には，解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後，監督者の指示に従い退出すること。

物理

3 ページ

II 問4の問題文を以下のように「ともに」を加えてください。

問4 図1の回路Zを2つ並べ、図2のように抵抗値 R_G の2つの抵抗をつないだ。それぞれの回路のスイッチSをXとYのどちらにもつないでいない状態から、Xに同時につないだところ、点Pの電位は50 mVになった。次に

それぞれのスイッチSを同時にYにつなぎ替えたところ、点Pの電位は-80 mVになった。 $V_A=70$ mV, $V_B=100$ mV, $V_C=100$ mV, $R_C=30$ Ω , $R_G=50$ Ω とし、抵抗値 R_A と R_B を求めよ。

化学

11 ページ

II 問題文の下線部⑤の文章を以下のように「熱」を加えてください。

⑤銅板を濃硫酸に浸した場合も気体を発生し溶解する。

15 ページ

IV 実験3の記述を以下の文章に変更してください。

実験3 エタノールに濃硫酸を加えて160~170℃で熱することで得た気体Bを、過マンガン酸カリウムを触媒として塩基性条件下で酸化したところ化合物Cが得られた。この⑥化合物Cにテレフタル酸を加えて縮合重合させ(エ)を合成した。

生物

20 ページ

II 問4 選択肢6の問題文を以下のように「質量比で」を加えてください。

6 哺乳類の細胞を構成する物質では脂質が2番目に多い。

生 物 (前期)

I 次の(1)~(8)の問に答えなさい。ただし、複数回答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順に並べなさい。該当するものがない場合は、「該当なし」を選びなさい。

(1) 1個のヒトの皮膚の細胞において、 G_1 期の核の中にDNAは何分子存在するか答えなさい。

(2) 生態系を世界全体での純生産量(kg/年)が多いものから順に並べた時、1番目、3番目、5番目にくるものはどれか順に記号で書きなさい。

- A 草原 B 海洋(全海洋) C 農耕地
D 森林 E 湖・沼・河川・湿地

(3) 共生関係にあるものをすべて選び記号で書きなさい。

- A アリとアブラムシ B ミトコンドリアと肝臓の細胞
C クマノミとイソギンチャク D カエルとタカ
E イヌとカイチュウ(回虫) F 該当なし

(4) 哺乳類に至る進化の過程で起きたことがらを早いものから順に並べた時、2番目、4番目、6番目にくるものはどれか順に記号で書きなさい。

- A 原口とは別の部位での口の形成 B 胎盤の形成
C 脊索の形成 D 中胚葉の形成
E 羊膜(胚膜)の形成 F 外胚葉と内胚葉の形成

(5) 地質時代の生物の変遷における出来事を早い順番に並べた時、1番目、3番目、5番目にくるものはどれか順に記号で書きなさい。

- | | |
|-------------|-----------|
| A アンモナイトの繁栄 | B シダ植物の出現 |
| C 三葉虫の絶滅 | D 両生類の出現 |
| E 被子植物の出現 | |

(6) 正常なヒトの体液およびその関連物の中で、基本的に免疫グロブリンが存在しないものをすべて選び記号で書きなさい。

- | | | |
|--------|--------|------|
| A 血液 | B 血しょう | C 血清 |
| D 原尿 | E 胆汁 | F 尿 |
| G リンパ液 | H 該当なし | |

(7) 肝臓で作られ、血液中に分泌/排出される物質をすべて選び記号で書きなさい。

- | | | |
|----------|----------|---------|
| A アルブミン | B グリコーゲン | C グルカゴン |
| D グルコース | E 尿素 | F ヒストン |
| G ヘモグロビン | H 該当なし | |

(8) 交感神経の働きによるものをすべて選び記号で書きなさい。

- | | |
|----------------|----------------|
| A 気管支が収縮する。 | B 腸の働きが活発になる。 |
| C 瞳孔が拡大する。 | D 立毛筋が収縮する。 |
| E インスリンを分泌させる。 | F グルカゴンを分泌させる。 |
| G 該当なし | |

II 脂肪(脂質)の代謝についての下記の文章を読み、以下の問1～問4に答えなさい。

脂肪は A に3つの脂肪酸がエステル結合したもので、食物に含まれるほか、生体内では脂肪組織に貯蔵されている。食物に含まれる脂肪は、消化管内で消化酵素によって消化された後、吸収される。

脂肪酸は細胞内で活性化された後、 β 酸化という反応を経てエネルギーを生み出す。1回の β 酸化で脂肪酸の炭素鎖の端の炭素2個ずつが切り取られ、1分子のアセチル CoA(活性酢酸)を生じ、同時に1分子の NADH と1分子の $FADH_2$ が生じる(以下の図を参照)。酸素存在下でアセチル CoA はミトコンドリアのクエン酸回路に入り代謝される。各過程で生じた還元型補酵素は電子伝達系で ATP を産生するのに使用される。炭素16個からなる脂肪酸であるパルミチン酸($C_{15}H_{31}COOH$)は、図のように β 酸化ができなくなるまで何回かの β 酸化が繰り返されることによって完全に分解されて、エネルギーを生み出す。

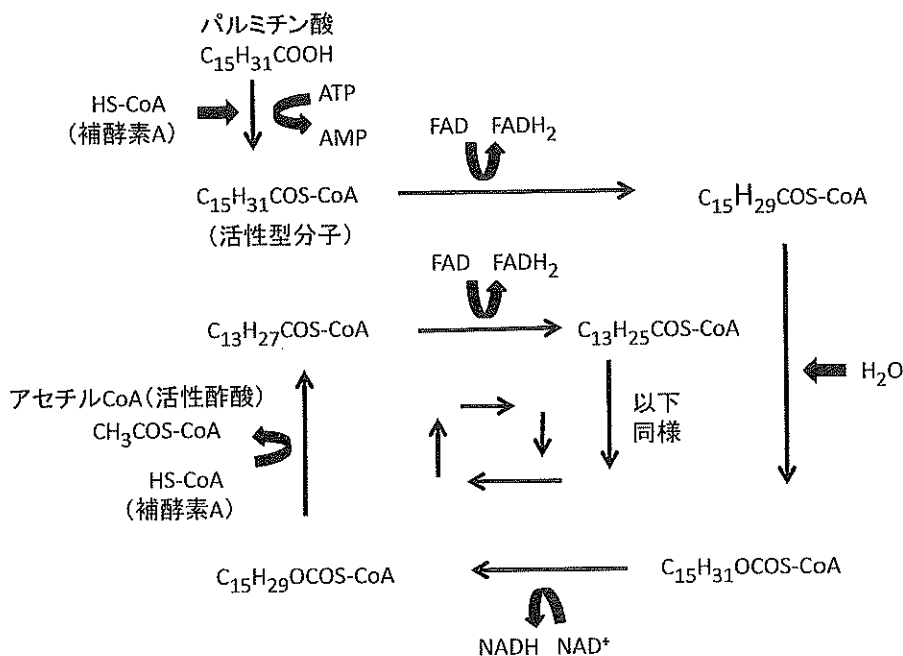


図 β 酸化によるパルミチン酸の分解

問 1 A に入る語句を答えなさい。

問 2 下線部 a の反応について、以下の(1)~(4)に答えなさい。ただし、ここでは NADH と FADH_2 からは電子伝達系においてそれぞれ 2.5 ATP と 1.5 ATP が合成されるものとする。また、1分子の ATP から AMP ができる反応は 2分子の ATP を消費するものとして計算しなさい。

- (1) 完全な β 酸化によって、1分子のパルミチン酸から何分子の FADH_2 が合成されるか答えなさい。
- (2) またその時、アセチル CoA は合計何分子合成されるか答えなさい。
- (3) 1分子のアセチル CoA からクエン酸回路と電子伝達系の反応を経て合計何分子の ATP が合成されるか答えなさい。
- (4) 1分子のパルミチン酸が活性化され、完全に β 酸化されて呼吸基質として使用された場合、それらの過程で生じた還元型補酵素による酸化的リン酸化を含めて最終的に合計何分子の ATP が合成されるか答えなさい。

問 3 パルミチン酸が呼吸基質として使用された時の理論的な呼吸商はいくらになるかを答えなさい。ただし、小数点第 4 位を四捨五入しなさい。

問 4 脂質に関して誤っている記述をすべて選びなさい。

- 1 胆汁に含まれるリパーゼにより、脂肪が分解される。
- 2 脂肪の呼吸商は、タンパク質の呼吸商より大きい。
- 3 リン脂質は細胞膜の主成分である。
- 4 生体膜は脂質の二重層とタンパク質からなり、流動的である。
- 5 大腸の柔毛で吸収された脂肪は、主にリンパ管に入る。
- 6 哺乳類の細胞を構成する物質では脂質が 2 番目に多い。

Ⅲ 筋収縮についての下記の文章を読み、以下の問1～問5に答えなさい。

骨格筋の収縮は、神経細胞から筋繊維への興奮の伝達によって起こる。神経から分泌された神経伝達物質 が筋繊維の細胞膜上の受容体に結合し、イオンチャンネルが開くことで活動電位が発生する。活動電位は、細胞内部へ伸びる と呼ばれる管を伝わる。筋小胞体は細胞膜が脱分極したという情報を受けると内部に蓄積していた を放出する。 と結合した により、アクチンフィラメントとミオシンとの結合(相互作用)を阻害していた の構造が変化する。それによってアクチンフィラメントとミオシンとの結合が可能になり、筋が収縮する。

問1 ～ にあてはまる適当な語句を答えなさい。

問2 骨格筋の収縮について、誤っている記述をすべて選び、1～8で答えなさい。

- 1 骨格筋が収縮すると、サルコメアの長さが短くなる。
- 2 骨格筋が収縮すると、サルコメアの数が増加する。
- 3 骨格筋が収縮しても、ミオシンフィラメントの長さは変化しない。
- 4 骨格筋が収縮すると、アクチンフィラメントの長さが短くなる。
- 5 骨格筋が収縮すると、明帯の長さが短くなる。
- 6 骨格筋の収縮は、ミオシンがATPを分解する時に生じるエネルギーを使用している。
- 7 骨格筋の収縮は、自律神経系に支配されている。
- 8 骨格筋の筋繊維の単収縮は、全か無かの法則にしたがう。

問 3 骨格筋の弛緩について、誤っている記述をすべて選び、1～6で答えなさい。

- 1 ATPの不足によって骨格筋の弛緩が起こる。
- 2 骨格筋の弛緩は、筋原繊維の周りの Ca^{2+} 濃度が減少することによって起こる。
- 3 骨格筋の弛緩時にミオシンフィラメントはアクチンフィラメントと結合していない。
- 4 骨格筋の弛緩時にミオシン頭部はATPがあればアクチンフィラメントと結合できる。
- 5 骨格筋の弛緩時にミオシンフィラメントは分解される。
- 6 骨格筋が弛緩しても、暗帯の長さは変化しない。

問 4 カエルの骨格筋から1本の筋繊維を取り出し、張力を測定した。次のグラフは1つのサルコメアの長さとの相対的な張力の関係を示した結果である。以下の(1)～(2)に答えなさい。ただし、aはミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの重なりがなくなり、張力が0になる点である。また、収縮によってサルコメア内のアクチンフィラメントどうしがぶつかって重なると、張力が減衰する事が知られている。

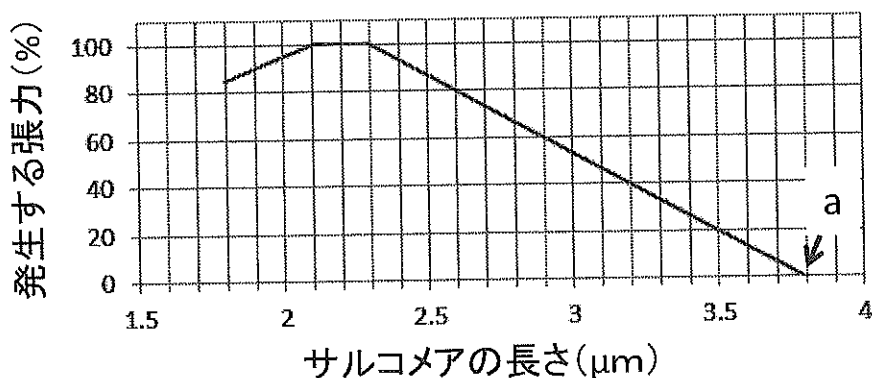


図 サルコメアの長さとの張力関係を調べたグラフ

- (1) アクチンフィラメント(A)とミオシンフィラメント(M)のそれぞれ1本の長さを求めなさい。
- (2) 張力が60%の時の1つのサルコメアにおける明帯の長さを求めなさい。

問 5 筋繊維には、構造などの特徴の違いから大別して 2 種類の型 (I 型, II 型) がある。2 種類の筋繊維の特徴を次の表に示した。以下の(1)~(3)に答えなさい。
 なお、ミオグロビンは、筋繊維で酸素を供給するタンパク質である。

表 2 種類の筋繊維の特徴の比較

	I 型	II 型
ミトコンドリア含有量	多 い	少 ない
ミオシンの ATP 分解活性	低 い	高 い
酸化的リン酸化酵素活性	高 い	低 い
グリコーゲン含有量	少 ない	多 い
ミオグロビン含有量	多 い	少 ない
主なエネルギー獲得方法	(あ)	(い)
収縮の強さ	弱 い	強 い
収縮速度	(う)	(え)
筋肉の疲労	(お)	(か)

- (1) I 型, II 型の筋繊維は、それぞれの細胞の持つ性質から主なエネルギーの獲得方法が異なることが知られている。それぞれの筋繊維の主なエネルギー獲得方法は何であると考えられるか。(あ), (い)にあてはまる方法をそれぞれ書きなさい。ただし、ここではクレアチンリン酸による ATP の再生は除く。
- (2) 筋繊維の収縮速度は ATP の産生速度に相関があり、またリン酸, ADP, クレアチン, 乳酸などが蓄積し、エネルギーが枯渇することにより疲労することが知られている。I 型, II 型の筋繊維の収縮の特徴として, (う)~(か)に適している組み合わせを選んで答えなさい。

- | | | | | |
|---|---------|---------|-----------|-----------|
| 1 | (う) 遅 い | (え) 遅 い | (お) 疲れやすい | (か) 疲れにくい |
| 2 | (う) 遅 い | (え) 速 い | (お) 疲れやすい | (か) 疲れにくい |
| 3 | (う) 速 い | (え) 遅 い | (お) 疲れやすい | (か) 疲れにくい |
| 4 | (う) 速 い | (え) 遅 い | (お) 疲れにくい | (か) 疲れやすい |
| 5 | (う) 遅 い | (え) 速 い | (お) 疲れにくい | (か) 疲れやすい |
| 6 | (う) 速 い | (え) 速 い | (お) 疲れやすい | (か) 疲れにくい |

(3) 次のグラフは、運動開始からの筋繊維内部の pH の変化を測定したグラフである。A と B では、どちらがⅡ型の筋繊維であると考えられるか。記号で答えなさい。また、その理由を一行で答えなさい。

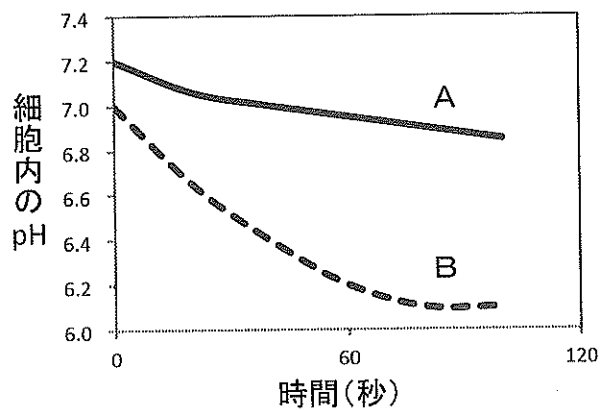


図 筋繊維内部の pH と運動開始からの時間の関係を示すグラフ

IV PCR 法(ポリメラーゼ連鎖反応法)について、以下の問1～問3に答えなさい。

問1 PCR 法の反応に関して次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 以下の中から PCR 法の1つのサイクルで起こっている反応をすべて選び、サイクル内での反応の順番に記号を並べなさい。

- A DNA を切断する。 B DNA を合成する。
C 2本鎖 DNA を1本鎖に分ける。 D プライマーを合成する。
E プライマーを鋳型鎖 DNA に結合させる。
F 2本鎖 DNA どうしを結合させる。

(2) 標準的な PCR 法の1つのサイクル内の反応で使われる温度をすべて選び、サイクル内での温度変化の順に記号を並べなさい。

- ア 約4℃ イ 約20℃ ウ 約37℃
エ 約60℃ オ 約72℃ カ 約95℃

(3) 1分子の2本鎖 DNA を鋳型にして10サイクルの PCR 反応を行った。反応が終わった溶液中には、目的領域を含んだ2本鎖 DNA が原理的に何分子存在しているかを答えなさい。

問 2 下記の文章を読んで、(1)~(4)に答えなさい。

ある生物のゲノム DNA を鋳型に用いて、PCR 法により特定の領域を増幅する実験を計画した。次の図は、増幅予定領域付近の 2 本鎖 DNA の模式図であり、点線で示した部分(目的領域)を含んだ DNA を増幅することを目的とする。ア、イは 2 本鎖 DNA のそれぞれの鎖であり、3' はアの鎖の方向性を示している。PCR 法の反応は、増幅予定部分をはさんだ 1 組のプライマー DNA を用いて行われるが、1 本鎖 DNA であるプライマー DNA の塩基配列は実験者が設計し、専門の会社に発注して化学合成してもらうのが一般的である。

実際に PCR の反応を行わせてみると、設計したプライマーによっては増幅効率が良くなかったり、目的の領域を含む DNA だけではなく、それとは全く異なる別の領域も増幅されてしまうことがあるので、念のために計 6 種類のプライマー DNA を設計した。図中の短い線 1~6 は、示された位置で鋳型 DNA 鎖に結合する 6 種類のプライマー DNA である。プライマー 1 の矢印は、1 のプライマー DNA の 5' → 3' の方向を示している。プライマー 1~3 の中から 1 つ、4~6 の中からもう 1 つを選んで組み合わせると、どの組み合わせでも目的領域を含んだ部分が増幅されるよう設計されている。

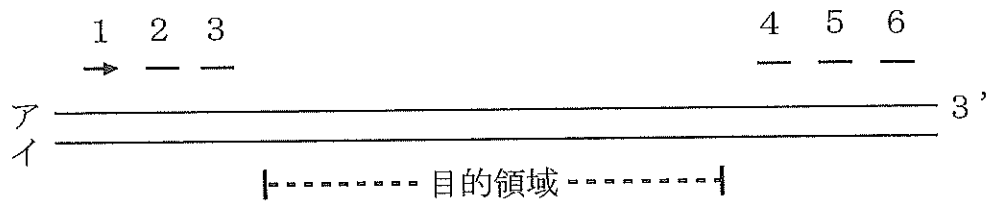


図 PCR の鋳型鎖に対するプライマーの結合部位

(1) 鋳型 DNA 上において、各プライマーが目的の位置に正確に結合できる理由はなぜか。プライマーに関する以下の特徴や記述の中から最も適当なものを1つ選び、記号で答えなさい。

- | | |
|---------------|----------------|
| ア 1本鎖 | イ 5' → 3' の方向性 |
| ウ DNA 合成の起点 | エ リガーゼの基質 |
| オ DNA 合成酵素の基質 | カ ランダムな塩基配列 |
| キ 相補的な塩基配列 | |

(2) プライマー 1 ~ 6 の中で図のアの鎖に結合するものをすべて選び、番号で答えなさい。

(3) 合成される 2 本鎖 DNA の長さは、プライマーの組み合わせによって少しずつ異なる。すべての組み合わせの中で最も短い 2 本鎖 DNA の合成が予想されるプライマーの番号の組み合わせを答えなさい。可能性が複数存在する場合はそのすべてを答えなさい。

(4) 設計したプライマーによっては、説明文中の下線部 A で述べたようなことが実際に起こりうる。なぜそのようなことになるのか、プライマーと鋳型の関係から考えられる理由を一行で答えなさい。

問 3 下記の文章を読んで、(1)~(3)に答えなさい。

問 2 で立てた計画に従って PCR 反応を行う予定でいたところ、アクシデントが起こって各プライマーの入っていた容器のラベルが読めなくなり、5 個の容器に関しては、1~6 のどのプライマーが入っているのか全く不明になってしまった。残った 1 つの容器に関しては、プライマー 1~3 のいずれかが入っていることは事実だが、それ以上のことはわからない。そこで各容器にあらためて A~F の記号を付け直し(中身がプライマー 1~3 のいずれかであるとわかっている容器に A の記号を付けた)、A~F に入っているプライマーが 1~6 のどれなのかを実験によって調べることにした。

A~F の容器から 2 つを選んで組み合わせで PCR 反応を行うという操作を、A~F のすべての組み合わせで行い、各反応物を電気泳動にかけて調べたところ、ある一定の長さの DNA のバンドが見える場合と、見えない場合があった。なお、ここでは正しいプライマーの組み合わせの時だけ予想される DNA 領域のみが増幅され、バンドとして見えるものとする。バンドが見えたものに関して、DNA 鎖の長さ(塩基対数)を正確に決定した。バンドが見えた反応のプライマー容器の組み合わせと、合成された 2 本鎖 DNA の塩基対数をまとめたのが次の表である。表中の(x)の部分は、数値を伏せてある。

表 PCR 反応で一定の長さのバンドが合成されたプライマー容器の組み合わせと PCR 産物の長さ(塩基対数)

		もう一方のプライマー容器		
		B	C	F
片容器 の プライマー	A	1210	1350	1267
	D	1368	(x)	1425
	E	1305	1445	1362

(1) 表のデータから考えて、B、D、Fの容器に入っているプライマーはそれぞれどれか、1～6の番号で答えなさい。

(2) 表の(x)の部分にあてはまる数値を答えなさい。

(3) 表にはない組み合わせの容器のプライマーでPCR反応を行った時、2つのプライマーはどのような状態にあったのか、以下の中であてはまるものをすべて選び番号で答えなさい。

- 1 問2の図で5' → 3'の向きが同じになった。
- 2 問2の図で5' → 3'の向きが背中合わせ(矢印が互いに外側を向く関係)になった。
- 3 問2の図で5' → 3'の向きが向かい合わせ(矢印が互いに内側を向く関係)になった。
- 4 一方のプライマーの3'末端に、もう一方のプライマーの5'末端が連結した。
- 5 2つのプライマーが鋳型DNAの同じ一方の鎖だけに結合した。
- 6 2つのプライマーが鋳型DNAのそれぞれ異なる鎖に結合した。

V アフリカツメガエルの発生に関する下記の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

動物の発生過程において、受精卵のどの部分が将来どの組織に分化するかが、あらかじめ決まっているかのように見える例がいくつも知られている。これは個体による違いがなく、発生の予定運命とよばれる。アフリカツメガエルの卵における発生予定運命の模式図を図1に示す。分化の運命が決まっているかのように見える発生の各過程においても、近接する細胞間や組織間での誘導が次々と連続して起こる場合が多い。それは、実験的に細胞や組織を分離したり、組織を切り分けて相互の位置を変えたりして、発生予定運命が変わるかどうかを検証することで明らかにされてきた。

アフリカツメガエルの発生における誘導のしくみを調べるために、次の実験を行った。アフリカツメガエルの複数の前期胞胚から、動物極側の組織片(アニマルキャップ)と植物極側の組織片とを切り出した(図2 A)。まず、2つの植物極側の組織片でアニマルキャップをはさんで培養すると(図2 B)、アニマルキャップの細胞には、筋肉の主要なタンパク質である筋肉型アクチンの遺伝子から転写された mRNA が検出された。それに対して、切り出したアニマルキャップまたは植物極側の組織片を、それぞれ単独で培養した場合には、筋肉型アクチンの遺伝子の mRNA は検出されなかった。次に、アニマルキャップを細胞ひとつひとつに解離し(図2 A)、この解離した細胞どうしが互いに接触しないようにまばらな密度で配置して、植物極側の2つの組織片ではさんで培養したところ(図2 C)、解離した細胞には筋肉型アクチンの遺伝子の mRNA は検出されなかった。

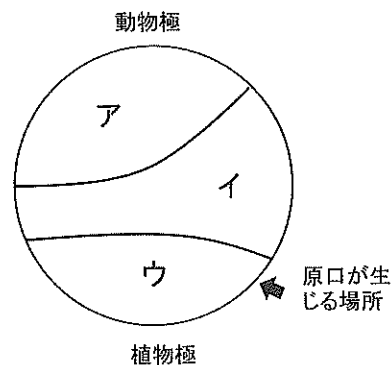


図1 アフリカツメガエル卵における発生予定運命の模式図(横から見たところ)

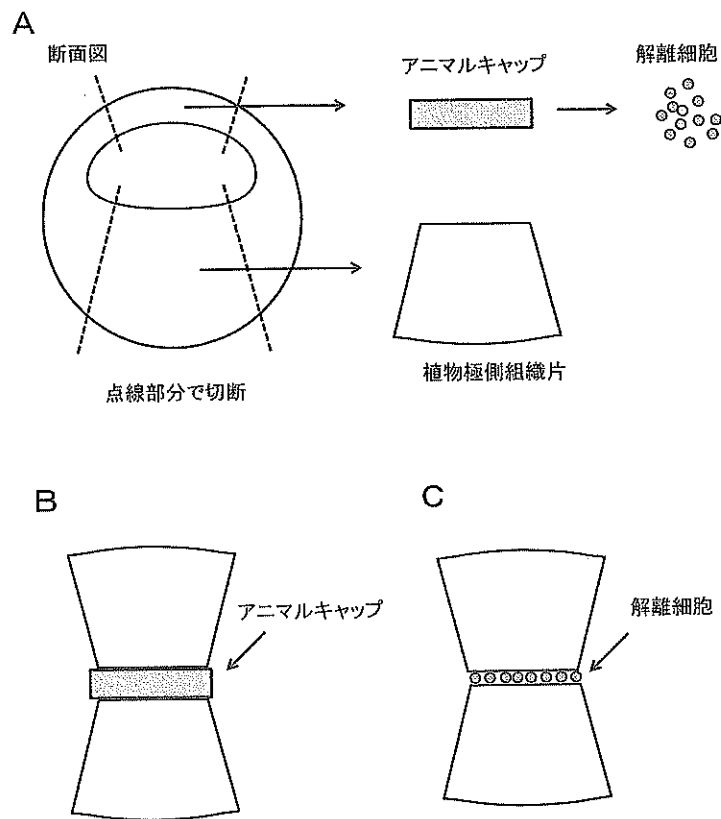


図2 実験の概略の模式図

Aは組織の処理方法，BとCはそれぞれの実験を示す。

問1 図1に示したア，ウの各領域は将来，外胚葉，中胚葉，内胚葉のいずれに分化するか答えなさい。

問2 図2の実験結果から，アニマルキャップの細胞が筋肉型アクチンの遺伝子を発現するように分化するためには，植物極側組織からの誘導以外にどのような細胞間の相互作用があると考えられるか，最も適当なものを下の選択肢の中から選び記号で答えなさい。

- A 片側の植物極側組織片の中の細胞どうしの相互作用
- B 2つの植物極側組織片の細胞どうしの相互作用
- C アニマルキャップの中の細胞どうしの相互作用
- D アニマルキャップの細胞と一方の植物極側の細胞との相互作用
- E アニマルキャップの細胞と2つの植物極側組織片の細胞との相互作用

問 3 問 2 で最も適当だと考えられる仮説をより確かなものとするためにはどのような実験を追加したらよいか、最も適当なものを下の選択肢の中から選び記号で答えなさい。

- A アニマルキャップ由来の解離細胞を再集合させて、そのまま培養する。
- B アニマルキャップ由来の解離細胞を再集合させて、植物極側組織片にはさんで培養する。
- C アニマルキャップ由来の解離細胞と植物極側組織片由来の解離細胞を混合して、培養する。
- D 植物極側組織片由来の解離細胞をアニマルキャップに接触させて培養する。
- E 植物極側組織片を植物極側組織片の組織にはさんで培養する。

問 4 図 2 B の状態で培養を続けると、アニマルキャップから筋肉などの細胞が分化した。同様の実験で、細胞が通ることができない小さな穴が無数にあいている膜をアニマルキャップと植物極側組織片の間にはさんで培養しても筋肉の細胞に分化した。この結果から、筋肉の分化を誘導する分子の性質についてどのようなことが考えられるか一行で説明しなさい。

問 5 下の語群の中から、誘導分子がアニマルキャップの細胞に作用するところから筋肉型アクチンタンパク質が合成されるまでの過程で働くものをすべて選び、それらが作用していく順番に記号を書きなさい。なお、ここでは細胞の増殖は起こらないものとする。

< 語群 >

- | | |
|--------------|-------------|
| a 制限酵素 | b リボソーム |
| c RNA ポリメラーゼ | d 小胞体 |
| e 受容体 | f 転写調節タンパク質 |
| g DNA ポリメラーゼ | h ゴルジ体 |
| i プライマー | |

問 6 アニマルキャップの部分は、正常発生では主に表皮と神経に分化する。しかし、図 2 B の実験では、アニマルキャップの細胞は神経に分化しなかった。その理由を一行で答えなさい。

問 7 問 6 で解答した考えを確かめるためにはどのような実験を行ったらよいか一行で答えなさい。