

平成 29 年 度

理 科

物	理	1 ページ～ 9 ページ
化	学	10 ページ～17 ページ
生	物	18 ページ～28 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その1, その2), 化学(その1～その4), 生物(その1～その4)の3科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する2科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

生 物

1 次の(文1)を読み、問1から問3に答えよ。

(文1) わたしたちの体の中では、さまざまな酵素がはたらき、生命の維持に寄与している。消化器系において、酵素はわたしたちが摂取した食物を分解して吸収しやすくするはたらきをもっている。だ液中に含まれる酵素である は、デンプンをよく分解できるが、脂質やタンパク質などは分解できない。このような性質を という。タンパク質は、胃で分泌される酵素である ，^{すいぞう}膵臓から十二指腸に分泌される酵素である のはたらきによって、約3～4時間でペプチドやアミノ酸へと分解される。

神経系ではたらく酵素であるコリンエステラーゼは、神経伝達物質であるアセチルコリンを分解する。有機リン系化合物は、コリンエステラーゼのはたらきを阻害することを利用して、殺虫剤として用いられこともある。あるドラマのシーンで、悪者がヒトにも作用する有機リン系化合物の一種をショッピングモールにまき散らし、多くの人々を苦しめた。そのとき正義のヒーローは、アセチルコリンに構造が似ているアトロピンを自分の体に投与し、人々の救出に向かった。⁽¹⁾

問1 ～ に入る、最も適切な語を記せ。

問2 と それぞれについて、pHと反応速度の関係を示すグラフを完成させよ。ただし、温度は37℃一定とする。

問3 下線部(1)について、なぜ正義のヒーローはアトロピンを投与したか。アセチルコリン、コリンエステラーゼ、および有機リン系化合物の関係を考察し、理由を述べよ。

2 次の(文2)を読み、問1から問5に答えよ。

(文2) 被子植物の器官は、**A**、**B**と**C**の3つに区別できる。**A**と**B**の先端には**D**がある。植物の地上部は、茎頂**D**と呼ばれる未分化の細胞(幹細胞)群からつくりだされ、その発生は**B**と**C**、そして**E**からなる単位が繰り返した構造をとる。この単位をファイトマー⁽¹⁾という。植物は環境に応じてファイトマーの形や数を変えるため、同じ種であっても異なる形状を示す。

被子植物は、ある特定の時期に**F**器官である花芽を形成する。花芽を形成する際に、昼間と夜間の長さの影響を受け花期を特定するものがあり、この日長の影響を受けて反応する性質を**G**という。日長が一定以上になると花芽を形成する植物を長日植物といい、一定以下になると花芽を形成する植物を短日植物という。また、花芽形成に日長が関与しない植物を**H**という。短日植物のある品種を用いて、以下のように**G**に関する実験を行った(図1)。

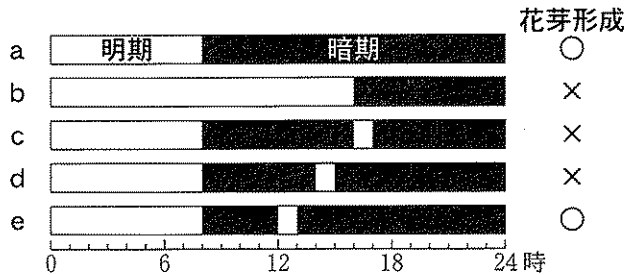


図1 短日植物の花芽の形成と光条件

ただし、明期の始まりを0時、暗期の終わりを24時と示している。

実験 短日植物を温度や湿度を一定にして管理した。aでは、8時までを明期、8時以降を暗期とした結果、花芽が形成された。bでは、16時までが明期で、花芽は形成されなかった。cとdでは、暗期の途中のおよそ16時または14時に1時間ほど一時的に光を照射した結果、花芽は形成されなかった。一方、eでは、12時頃に1時間ほどの光の照射を行った結果、花芽が形成された。

問 1 (文2)の ~ に入る、最も適当な語を記せ。

問 2 被子植物の体制を示す図を描き、下線部(1)で示した成長の単位ともいえる
ファイトマーを図中で示せ。

問 3 以下の文のうち、(文2)および、この実験から導き出されるものとして正しいものを○、正しくないものを×としたとき、最も適当な組み合わせを表1のア~キから選べ。

- 1 長日植物は、長波長光によって花芽が形成される。
- 2 日長を情報として受容し、それに応じて花芽形成が影響される。
- 3 花芽形成が見られる明期の長さでも、暗期の途中で光照射すると花芽形成はいつも生じる。
- 4 この短日植物は、日長が冬に短くなる北半球に特有な植物である。
- 5 日本で夏から秋に花芽形成するアサガオやキクは、短日植物である。

表1 正誤の組み合わせ

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ
1	○	×	○	×	○	○	×
2	×	○	×	○	×	○	×
3	○	×	○	×	○	×	○
4	○	○	×	×	×	○	×
5	○	×	×	○	○	×	○

問 4 この実験から、この植物の限界暗期はおよそ何時間と考えられるか。また、その理由を述べよ。

問 5 この実験から、花芽形成に影響を与える日長の条件は何か、その理由とともに述べよ。

3 次の(文3)を読み、問1から問6に答えよ。

(文3) 動物の発生は、精子と卵が融合する受精から始まる。受精卵は通常(1)の体細胞分裂とは異なる卵割と呼ばれる分裂を繰り返し発生が進む。卵割の様式は生物の種類によって大きく異なり、ウニは , カエルは , カメやニワトリは , ショウジョウバエは を示す。

両生類であるカエルやイモリの発生では、受精後、第1卵割が起こるまでに と呼ばれる部位が現れる。卵割を繰り返した受精卵は桑実胚から胞胚を経て、やがて の植物極側に が形成され、原腸胚に移行する。原腸胚では、 の動物極側は と呼ばれ、この部分の細胞が から胚の内部に移動し、胚表面を裏打ちする胚葉が形成される。原腸の形成が終わると、 由来の胚葉が接する胚表面の胚葉域で神経誘導(2)が起こり、神経胚へと発生が進む。その後、誘導の連鎖により各種器官が形成される尾芽胚を経て、幼生になる。

実験1 イモリの受精卵を2つに分割する実験を行った。1つの受精卵は、 を分断し両方の割球に が含まれるように分割した(図2左)。もう1つの受精卵は、片方の割球にのみ が含まれるように分割した(図2右)。

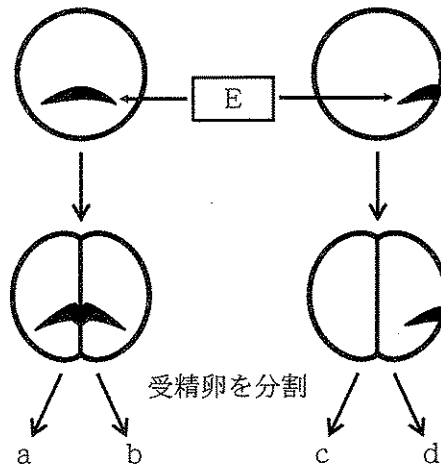


図2 受精卵の分割実験

問 1 ~ に入る，最も適当な語を記せ。

問 2 下線部(1)について，卵割の特徴を，細胞周期，RNA 合成，細胞の成長という 3 つの語句をすべて用いて述べよ。

問 3 は受精卵のどこに現れるか，記せ。また，受精後に が現れるために受精卵で起こる現象を何と呼ぶか，記せ。

問 4 実験 1 (図 2) の結果について，正常に発生したものを○，しなかったものを×としたとき，最も適当な組み合わせを表 2 のア～カから選べ。また，選択した実験結果になった理由を述べよ。

表 2 実験結果の組み合わせ

	ア	イ	ウ	エ	オ	カ
a	○	○	○	×	×	×
b	○	○	○	×	×	×
c	○	×	×	○	○	×
d	×	○	×	○	×	○

問 5 下線部(2)について， のようなはたらきをもつ胚の領域を何と呼ぶか，記せ。

問 6 下線部(2)のしくみを詳しく調べるために、胞胚のアニマルキャップと G を用い、実験 2～6 (図 3)を行った。実験結果を総合的に考察し、アニマルキャップの細胞の運命が決定されるしくみについて、BMP(骨形成因子)とコーディンの作用に言及しながら説明せよ。

実験 2 胞胚からアニマルキャップを切り取り、アニマルキャップのみを培養すると、表皮に分化した。

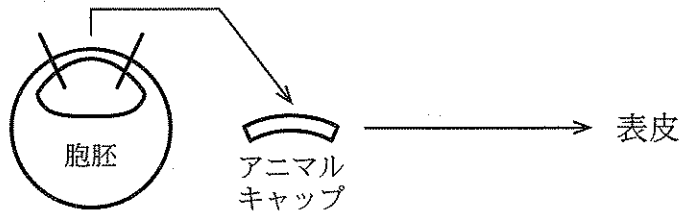
実験 3 切り取ったアニマルキャップを、別の胚の G に接着させて一緒に培養すると、神経に分化した。

実験 4 別の実験から、G はコーディンと呼ばれるタンパク質を分泌していることがわかった。アニマルキャップをコーディン存在下で培養すると、神経に分化した。

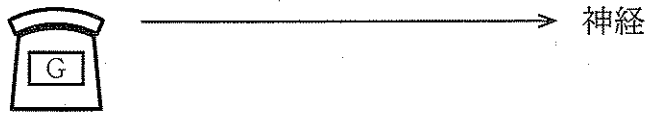
実験 5 アニマルキャップを一つ一つの細胞にばらばらにしてから培養すると、細胞は神経に分化した。

実験 6 別の実験から、アニマルキャップは BMP と呼ばれるタンパク質を分泌していることがわかった。アニマルキャップを一つ一つの細胞にばらばらにしてから BMP 存在下で培養すると、細胞は表皮に分化した。

実験 2 アニマルキャップのみを培養



実験 3 アニマルキャップを G に接着させて一緒に培養



実験 4 アニマルキャップをコーディン存在下で培養



実験 5 アニマルキャップを一つ一つの細胞にばらばらにしてから培養



実験 6 アニマルキャップを一つ一つの細胞にばらばらにしてから BMP 存在下で培養

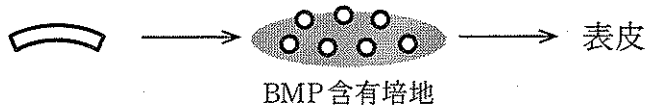


図 3 アニマルキャップの分化実験

4 次の(文4)を読み、問1から問5に答えよ。

(文4) **A**とは、ある個体のDNA上のすべての遺伝情報のことである。ヒトの**A**は約2万2千個の遺伝子を含んでおり、その発現は巧妙に調節されている。ヒトを含む真核生物の転写は、転写を行う酵素である**B**と転写の開始を助けるタンパク質である**C**が、**D**配列に結合し開始される。調節遺伝子は**B**や**C**と協調し、遺伝子の転写を個別に調節する。転写によりできるRNAのうち、タンパク質についての情報をもつものをmRNAと呼び、mRNA前駆体から**E**機構によって**F**が切り捨てられ、エキソンがつながれ完成する。mRNAの情報は細胞小器官である**G**によって読み取られ、コドンに対応するアミノ酸がつながれ、タンパク質が合成される。

ES細胞(胚性幹細胞)は着床前胚である胚盤胞の内部細胞塊より樹立した細胞である。ES細胞は多能性幹細胞であり、さまざまな組織や臓器の細胞に分化する能力をもつ。ES細胞で特徴的にはたらいっている調節遺伝子である*Oct4*, *Sox2*, *Klf4*, *c-Myc*の4種類の遺伝子をマウス(ハツカネズミ)の皮膚の細胞に導入すると、その細胞の中でES細胞に特徴的な遺伝子発現が誘導される。これにより、その細胞の一部はES細胞と同様の特徴をもった細胞に変化する。この細胞がiPS細胞である。ES細胞と同様に、iPS細胞も多能性を有しており、再生医療への応用が期待されている。また、ES細胞と比べてiPS細胞は患者自身から樹立でき、移植時の拒絶反応を回避できるなどの利点がある。

調節遺伝子である*Pdx1*を発現する細胞は、膵臓すいぞうを構成する主な細胞である膵臓の内分泌細胞や外分泌細胞などへと分化する。*Pdx1*遺伝子を人工的に欠失させた*Pdx1*ノックアウトマウスは膵臓の形成不全のために、出生後まもなく死亡する。*Pdx1*ノックアウトマウスの胚盤胞にラット(ドブネズミ)のiPS細胞を注入し、マウスとラットのキメラ生物*注を作製した。作製された一部のキメラ生物では、*Pdx1*ノックアウトマウスの膵臓の形成不全を補うように、ラットiPS細胞が膵臓を構成する細胞へと分化した。その結果、*Pdx1*ノックアウトマウスの中に、ラットiPS細胞由来の機能的な膵細胞をもつ膵臓が形成された(図5)。

*注：キメラ生物とは、同一個体の中に異なった遺伝情報をもった細胞が混ざっている生物の事である。この実験では、免疫機構がまだ確立していないマウス着床前胚の時期にラット iPS 細胞を移植しているため、マウスの免疫機構が確立した後も移植されたラット iPS 細胞に対する拒絶反応が起きない。

GAGGT GAAAC CGTCC CTAGG TGAGC CGTCT
 TTCCA CCAGG CCCCC GGCTC GGGGT GCCCA
 CCTTC CCCAT GGCTG GACAC CTGGC TTCAG
 ACTTC GCCTT

図4 マウス *Oct4* 遺伝子のエキソン1のはじめの100塩基

表3 遺伝暗号表

		第 2 文 字				
		U	C	A	G	
第 1 文 字	U	UUU フェニルアラニン	UCU UCC UCA UCG セリン	UAU チロシン	UGU UGC UGA UGG システイン 終止コドン トリプトファン	U
		UUC		C		
		UUA ロイシン		A		
		UUG		G		
	C	CUU	CCU CCC CCA CCG プロリン	CAU ヒスチジン	CGU CGC CGA CGG アルギニン	U
		CUC		C		
		CUA		A		
		CUG		G		
	A	AUU	ACU ACC ACA ACG トレオニン	AAU アスパラギン	AGU AGC AGA AGG セリン アルギニン	U
		AUC		C		
		AUA		A		
		AUG メチオニン		G		
G	GUU	GCU GCC GCA GCG アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU GGC GGA GGG グリシン	U	
	GUC		C			
	GUA		A			
	GUG		G			

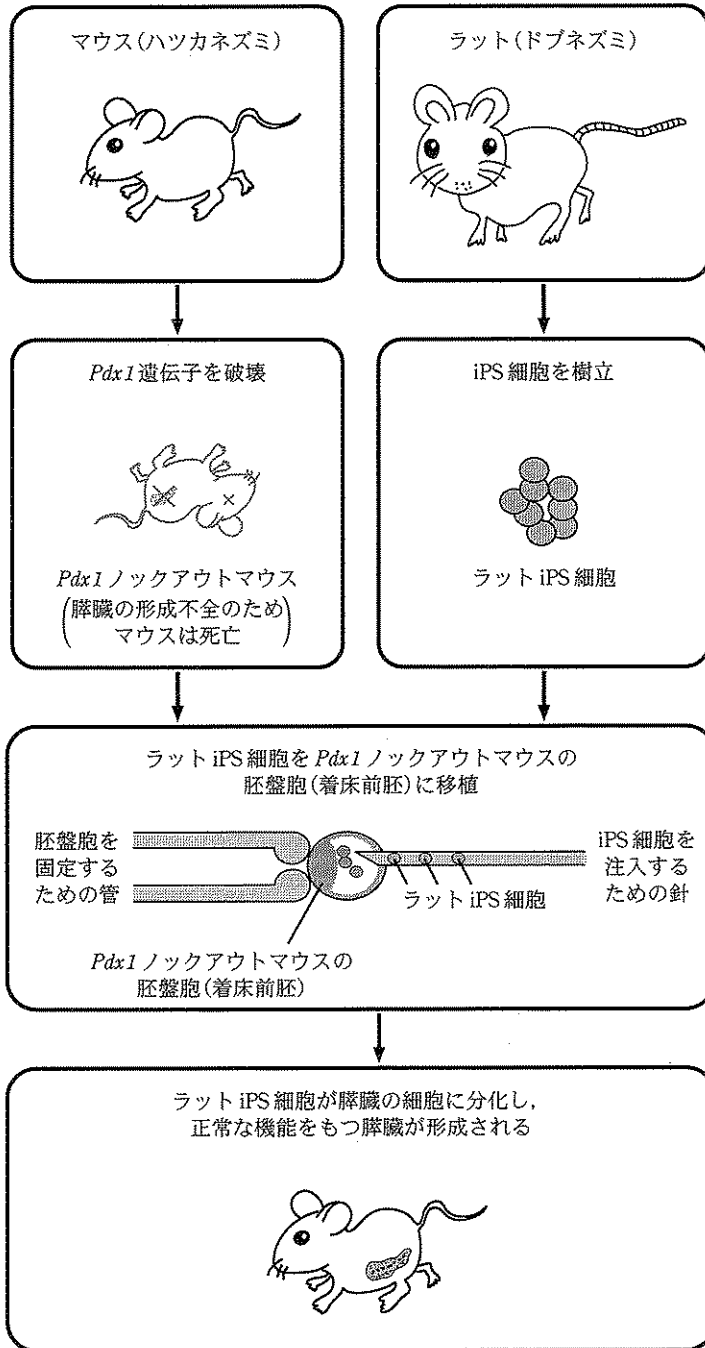


図5 ラット iPS 細胞の移植実験

問 1

A

 ~

G

 に入る、最も適当な語を記せ。

問 2 下線部(1)の *Oct4* 遺伝子のエキソン1のはじめの100塩基を図4に示す。
表3の遺伝暗号表を元に、この遺伝子から作られるタンパク質のはじめの5つのアミノ酸配列を示せ。

問 3 下線部(2)の拒絶反応のメカニズムについて、以下の語をすべて用いて説明せよ。なお、ヒトのMHCはHLAとも呼ばれている。

自己、非自己、主要組織適合性複合体(MHC)、T細胞

問 4 下線部(2)に示すES細胞と比べてiPS細胞を用いる利点について、文章中に記載されたもの以外の利点を答えよ。

問 5 下線部(3)および図5に示したように、この実験では *Pdx1* ノックアウトマウスの中にラット iPS 細胞由来の機能的な膵細胞をもつ膵臓が形成された。それでは、この膵臓を摘出し、iPS細胞の元になったラットの膵臓と置きかえる手術をしたら、移植された膵臓はラットの中に定着して機能するだろうか、理由とともに答えよ。ただし、マウスとラット間の膵臓の大きさの違いによる影響は考えないものとする。