

平成 24 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。

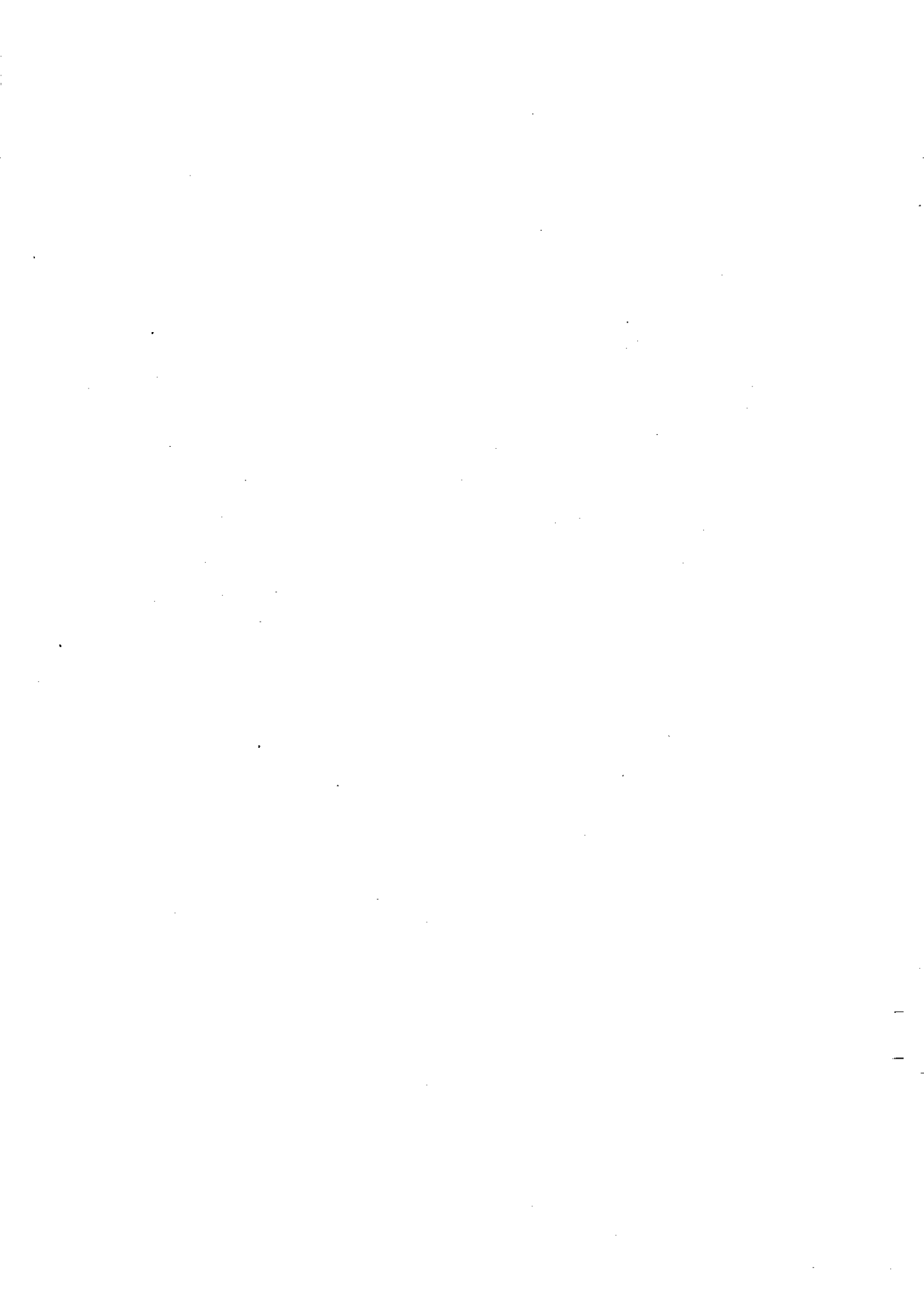
問題は

問題は	物理	2 ページから 15 ページ	} がある。
	化学	16 ページから 23 ページ	
	生物	24 ページから 37 ページ	

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。





生物問題

(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

[1] 被子植物の受精に関する以下の文章を読み、問1～問5に答えよ。

被子植物の雌性配偶子である卵細胞と、雄性配偶子である精細胞ができる過程を図1に示す。図1には細胞の輪郭だけを模式的に示す。

雌性配偶体である胚のうは、卵細胞と中央細胞を含む7つの細胞からなる。雄性配偶体である花粉がめしべの柱頭につくと発芽して花粉管を伸ばし、雄原細胞が分裂して花粉管の中で2個の精細胞となる。花粉管が胚のうに達すると、2個の精細胞のうちの1個は卵細胞と、もう1個は中央細胞と受精する。2つの受精がほぼ同時に起こるので、この受精様式を「重複受精」という。卵細胞と精細胞が受精すると受精卵になり、受精卵は分裂をくり返して胚となる。中央細胞と精細胞が受精すると胚乳核を持つ細胞になり、その後分裂して胚乳が作られる。

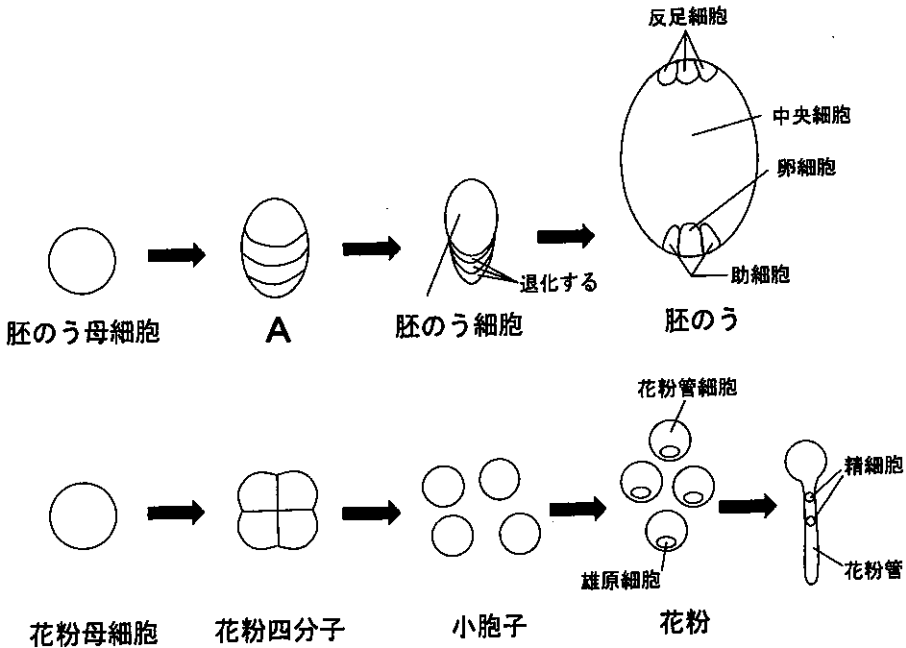


図1

問 1 図 2 は、胚のう母細胞から胚のうが作られるまでの過程で、細胞の核あたりの DNA 量の変化を相対値で示したものである。図 1 の A は図 2 の(ア)~(コ)のどの時期にあたるか答えよ。

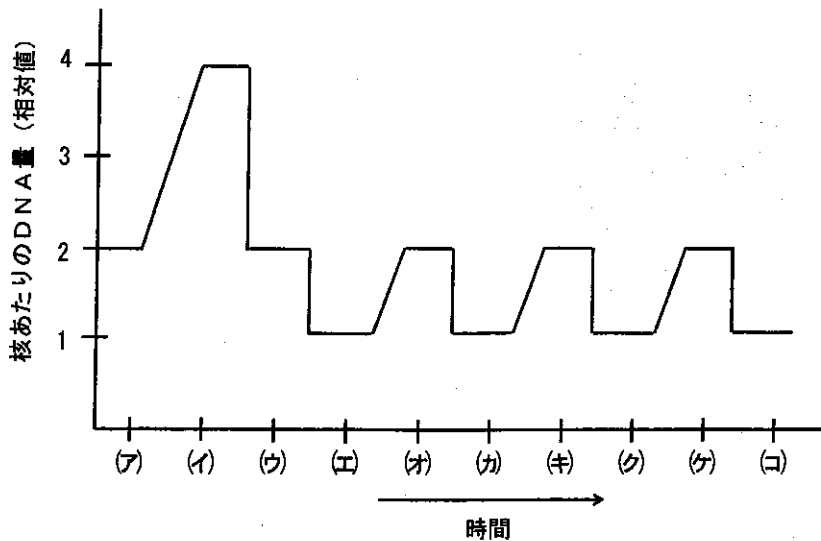


図 2

問 2 赤い色素を作るはたらきをもつ遺伝子を R、赤い色素を作るはたらきを失った対立遺伝子を r とする。遺伝子 R をもつ細胞では赤い色素が作られて赤色になるのに対し、遺伝子 r のみをもつ細胞では赤い色素が作られず、白色を示す。R と r はメンデルの法則に従って遺伝する。

遺伝子型が Rr の被子植物 X が自家受精してできた種子の表現型を観察したところ、胚が赤いときは胚乳も赤く、胚が白いときは胚乳も白かった。

- (1) 植物 X が自家受精してできた各種子における胚と胚乳の遺伝子型の組み合わせを全て記せ。
- (2) 下線部の理由を説明せよ。

問 3 植物 X が自家受精した後の胚のうを観察したとき、図 3 の(a)~(f)の中で観察されるものを全て選び、それらの分離比を答えよ。図 3 は、胚のうを図 1 と同じ向きで模式的に描いたものであり、細胞の輪郭だけを示し、赤色の細胞を灰色で示している。

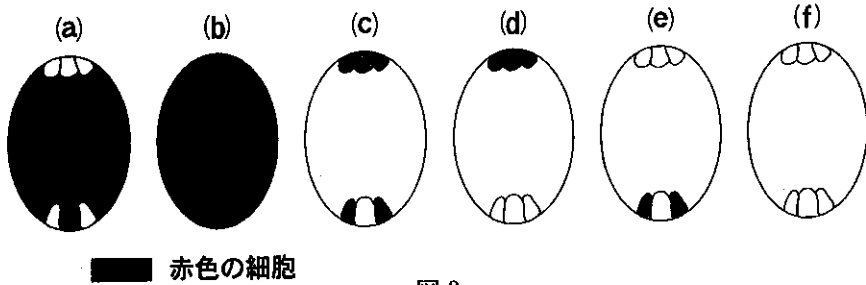


図 3

問 4 遺伝子 R によって赤い色素が作られるためには、遺伝子 R とは別の染色体上に位置する遺伝子 Q のはたらきが必要であることがわかった。q は Q の対立遺伝子であり、遺伝子 q のホモ接合体では遺伝子 R があっても赤い色素を作ることができない。Q をもつ細胞では、R があれば赤い色素を作ることができる。植物 X の遺伝子型を調べたところ、植物 X は Q のホモ接合体であり、QQRr の遺伝子型をもつことがわかった。次に、Q のヘテロ接合体で、QqRr の遺伝子型をもつ被子植物 Y を考える。

植物 Y が自家受精した後の胚のうを観察したとき、図 3 の(a)~(f)の中で観察されるものを全て選び、それらの分離比を答えよ。なお、Q と q は、R や r とは独立にメンデルの法則に従って遺伝するものとする。

問 5 植物 Y が自家受精してできた全ての種子は、種皮が赤かった。そこで、植物 Y の花粉を、遺伝子型が qqrr の被子植物 Z の柱頭につけて交配し、できた種子の種皮を観察した。その結果として正しいものを以下の①~④の中から 1 つ選び、その理由を 50 字以内で述べよ。

- ① 全ての種子の種皮は赤色であった。
- ② 25 % の種子の種皮は赤色であった。
- ③ 50 % の種子の種皮は赤色であった。
- ④ 全ての種子の種皮は白色であった。

[2] 次の文章[A]と[B]を読み、問1～問4に答えよ。

[A]

バイオテクノロジーの進歩に伴い、任意の遺伝子を破壊してそれがコードするタンパク質を欠損する細胞を作ったり(遺伝子ノックアウトとよぶ)、遺伝子改変により本来とは異なる性質や構造を有する人工タンパク質(変異タンパク質とよぶ)を細胞に作らせることが可能になった。このような遺伝子操作は、生物学の研究に大変役立つ。

問1 細胞に変異タンパク質を作らせる方法について述べた以下の文章の空欄(ア)～(エ)に適切な語句を入れよ。

変異タンパク質をコードするDNAを合成し、そのDNAを(ア)法を用いて増幅する。この方法では、鋳型DNAの端にプライマーとよばれるヌクレオチド鎖が結合し、(イ)という酵素がプライマーにヌクレオチドをつなぎDNAを複製する。増幅した変異タンパク質をコードするDNAとベクターを(ウ)で切断し、(エ)を用いて両者をつなぎ合わせる。この新たなDNAを細胞に導入すると、細胞内で変異タンパク質が作られるようになる。

[B]

遺伝子ノックアウトや人工的に作った変異タンパク質を用いて、細胞の働きに対するタンパク質の役割を調べることができる。例えば、この手法を用いて免疫担当細胞であるマクロファージの働きを調べることができる。マクロファージは、細菌抗原がマクロファージの細胞膜に存在する受容体タンパク質に結合すると活性化し、食作用や免疫系情報伝達物質の分泌などの免疫応答を示すことが知られている。

Sさんは、細菌抗原Rを加えて活性化させたマクロファージ(図1)では、Rの受容体タンパク質Pに細胞質内で別のタンパク質Qが結合していることを発見した。研究ではまず仮説を立て、それを実験により検証するという方法がよくとられる。Sさんは、細菌抗原Rが受容体タンパク質Pに結合すると、受容体タンパク質Pの細胞の内側(細胞質)部分になんらかの変化が生じて、タンパク質Qと結合するようになり、その結果マクロファージが活性化するという仮説を立てた(図2)。

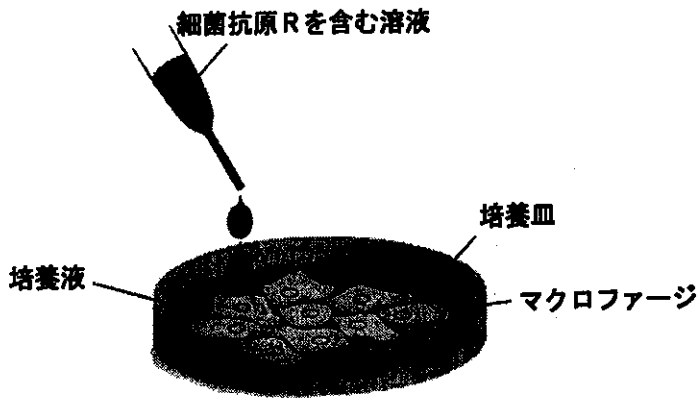


図1 細菌抗原 R によるマクロファージ活性化の実験

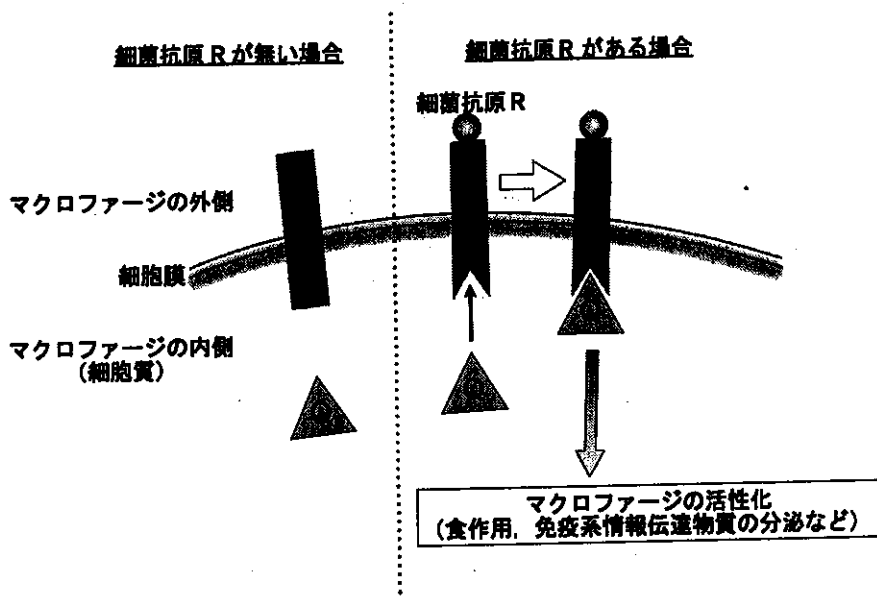


図2 Sさんの仮説の模式図

問2 Sさんは前頁の下線部の仮説を検証するために、図1の方法を用いて、X、Y、Zの3群に分けられる実験1)~9)を考えた。実験1)~9)の中から、適切なものを4つ選択せよ。ただし、X、Y、Zの各群から、それぞれ少なくとも1つ選ぶものとする。さらに、選択した実験について、Sさんの仮説が正しかった場合にどのような結果が予想されるか答えよ。ここでは仮説の検証に直接関係しない実験や既に知られている事実を示す実験は選択してはならない。

実験群 X

- 1) 細菌抗原 R を加えていないマクロファージで、受容体タンパク質 P とタンパク質 Q が結合しているか調べる。
- 2) 細菌抗原 R を加えていないマクロファージから、免疫系情報伝達物質が分泌されているか調べる。
- 3) 細菌抗原 R を加えた抗体産生細胞で、受容体タンパク質 P とタンパク質 Q が結合しているか調べる。

実験群 Y

- 4) マクロファージから遺伝子ノックアウトにより受容体タンパク質 P を欠損させたときに、タンパク質 Q も無くなるか調べる。
- 5) マクロファージから遺伝子ノックアウトによりタンパク質 Q を欠損させて、細菌抗原 R を加えたときに、そのマクロファージが活性化されるか調べる。
- 6) マクロファージから遺伝子ノックアウトにより受容体タンパク質 P とタンパク質 Q の両方を欠損させて、細菌抗原 R を加えたときにそのマクロファージが活性化されるか調べる。

実験群 Z

- 7) マクロファージから遺伝子ノックアウトによりタンパク質 Q を欠損させて、その代わりに受容体タンパク質 P に結合する性質を失った変異タンパク質 Q' (図 3(i)) を作らせ、細菌抗原 R を加えたときに、そのマクロファージが活性化されるか調べる。
- 8) マクロファージから遺伝子ノックアウトにより受容体タンパク質 P を欠損させて、その代わりに受容体タンパク質 P の細胞の内側(細胞質)部分を欠く変異受容体タンパク質 P' (図 3(ii)) を作らせ、細菌抗原 R を加えたときに、そのマクロファージが活性化されるか調べる。
- 9) マクロファージから遺伝子ノックアウトにより受容体タンパク質 P を欠損させて、その代わりに細菌抗原 R と結合しない変異受容体タンパク質 P'' (図 3(iii)) を作らせ、細菌抗原 R を加えなくてもそのマクロファージが活性化されているか調べる。

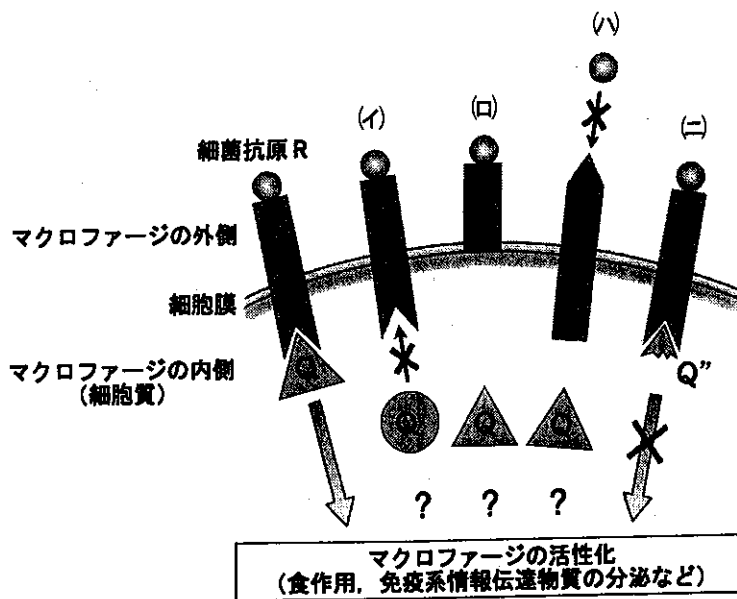


図3 遺伝子操作によって作られた変異タンパク質を用いた実験の模式図

問3 Sさんの仮説で述べられている「受容体タンパク質Pに生じるなんらかの変化」についてどのようなことが考えられるか15字以内で答えよ。

問4 さらに実験を行った結果、タンパク質Qの一部分が受容体タンパク質Pとの結合を担っていることがわかった。そこで、マクロファージから遺伝子ノックアウトによってタンパク質Qを欠損させて、その代わりに受容体タンパク質Pと結合する部分のみからなる変異タンパク質Q'を作らせ、細菌抗原Rを加えたところ、マクロファージは活性化されなかった(図3(ハ))。細菌抗原Rを加えたときに、タンパク質Qと変異タンパク質Q'はマクロファージ内で受容体タンパク質Pに対して同じ効率で結合したにもかかわらず、このような結果が得られた理由を50字以内で答えよ。

〔3〕 以下の文章[A]と[B]を読み、問1～問4に答えよ。

(文中の体積の単位記号*l*は、リットルを表す。)

[A]

カルシウムは、細胞の様々な活動に必要であり、血液中のカルシウム濃度は9～10 mg/100 mlの一定範囲内に保たれている。血液中のカルシウム濃度の調節には、骨、腎臓、小腸の3つの器官が関与している。その中で、骨はカルシウムの貯蔵庫として働き、血液中のカルシウムを取り込んで蓄えるとともに、蓄えられたカルシウムを血液中に放出している。ホルモンは、これらの器官に作用して、図1の矢印に示すカルシウムの移動を制御することにより、血液中のカルシウム濃

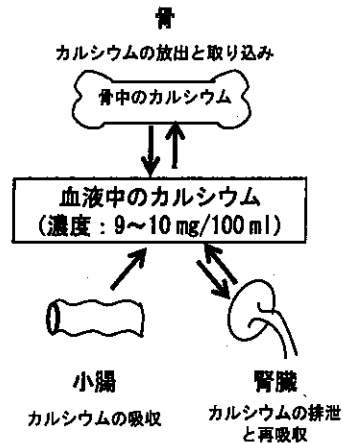


図1

度を一定に保っている。例えば、血液中のカルシウム濃度が低下すると、パルト^①ルモンが分泌され、骨から血液中にカルシウムを放出させたり、腎細尿管でのカルシウムの再吸収を促進させることで、血液中のカルシウム濃度を上昇させる。

問1 下線部①のパルトルモンを分泌する内分泌腺の名称を答えよ。

問2 ホルモンの分泌調節機構について述べた以下の文章の空欄(a)～(d)に適切な語句を入れよ。

細胞の代謝活性を促進するチロキシンの分泌は、中枢神経系によって調節されている。すなわち、血液中のチロキシン濃度の低下を感知した間脳の一部である(a)は放出ホルモンを分泌する。放出ホルモンは(b)に作用し、(c)の分泌を促進することにより、甲状腺からのチロキシンの分泌を促進する。血液中のチロキシン濃度が上昇すると、放出ホルモンや(c)の分泌が低下する結果、チロキシンの分泌が抑制される。このように、最終的につくられた物質や効果が前の段階に戻って作用する調節機構を(d)という。

[B]

血液中のカルシウム濃度を調節するホルモンとして、パラトルモン以外にホルモンAが存在する。ホルモンAは甲状腺から分泌されるが、チロキシンとは異なることがわかっている。ホルモンAの作用について調べるために、以下の【実験1】～【実験5】を行った。

【実験1】

正常なイヌの血管に様々な濃度のカルシウム溶液を注入した後、血液中のカルシウム濃度と甲状腺から分泌される単位時間あたりのホルモンAの分泌量を調べたところ、図2の結果を得た。

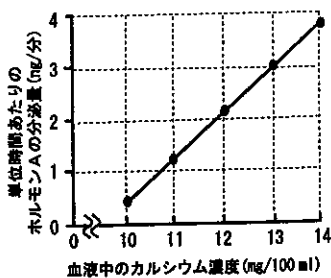


図2

【実験2】

正常なイヌの血管に、一定量のカルシウム溶液を注入した後、経時的に血液中のカルシウム濃度を測定したところ、図3(イ)の結果を得た。次に、甲状腺を摘出したイヌの血管に同量のカルシウム溶液を注入し、経時的に血液中のカルシウム濃度を測定したところ、図3(ロ)の結果を得た。

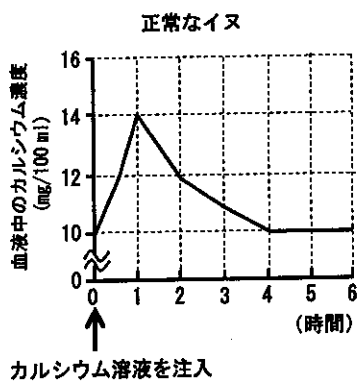


図3 (イ)

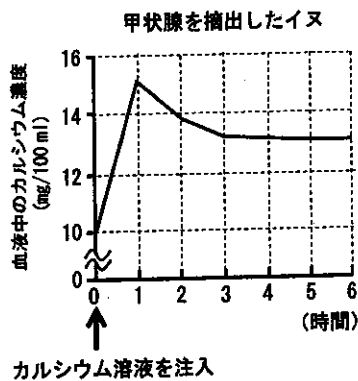


図3 (ロ)

【実験3】

甲状腺を摘出したイヌの血管に、【実験2】と同量のカルシウム溶液を【実験2】と同じ方法で注入した。その後、ホルモンAを投与したところ、高い値を示していた血液中のカルシウム濃度は正常値に戻った。

【実験4】

放射性物質で標識したホルモンAを、正常なイヌの血管に注入して全身を循環させた。放射性物質が持つ放射活性を目印とすることにより、標識した物質の生体内でのゆくえを追跡することが可能となる。様々な器官の放射活性を測定した結果、骨に放射活性が検出された。骨には骨を破壊する細胞(破骨細胞)と骨を造る細胞(骨芽細胞)が存在するため、さらに詳しく調べたところ、放射活性は破骨細胞の細胞膜に検出された。また、その他の臓器や細胞に放射活性は検出されなかった。

【実験5】

図4(イ)~(ハ)の上段の模式図に示すように、イヌから取り出した骨(細胞を含まない)を培養液中に置き、(イ)では細胞が存在しない、(ロ)では破骨細胞が存在する、(ハ)では骨芽細胞が存在する、という培養条件を設定した。それぞれの培養条件で、ホルモンAを含まない培養液とホルモンAを含む培養液で3日間培養した後、培養液中のカルシウム濃度を測定したところ、図4(イ)~(ハ)の下段に示す棒グラフの結果を得た。

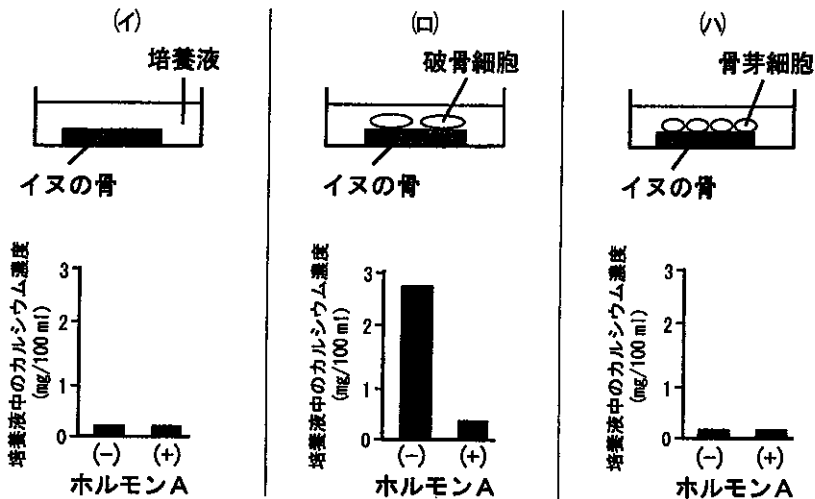


図4

(-)はホルモンAを含まない培養液、(+)はホルモンAを含む培養液を示す。

問 3 下線部②のように、放射活性が破骨細胞の細胞膜にのみ検出された理由を
60字以内で説明せよ。

問 4 血液中のカルシウム濃度は、ホルモンAによってどのように調節されて
いると考えられるか。【実験1】～【実験5】の結果に基づいて、160字以内で
述べよ。

〔4〕 水界生態系の調査に関する以下の文章を読み、問1～問3に答えよ。

図1に示すように、ある地域の河川Aの流域には、温泉B(温度約90℃)が存在する。また、河川Aの中流では家庭排水が流入しており、河川Aは最終的に湖Cに流入する。河川A、温泉B、湖Cにおいて、次の調査を行った。

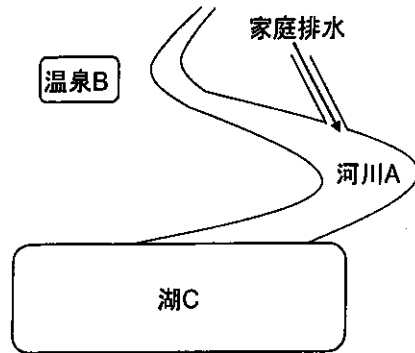


図1

【調査1】

図1に示した各環境に生息する微生物の系統関係について調査するために、河川A、温泉B、湖Cで採取した各々の水からそれぞれ原核生物a、b、cを分離し、さらに河川Aで採取した水から原生動物dを分離した。

近年、リボソームRNA(rRNA)の塩基配列の違いを比較することにより、微生物の系統関係を知ることができるようになった。そこで、a、b、c、dそれぞれのrRNAの塩基配列を解析した。図2は、その解析結果を用いて作成したa、b、c、dの系統樹である。表1は、図2におけるa、b、c、dの類縁関係を数値で表したものであり、その数値が小さいほど2種の微生物は近縁であると考えられる。

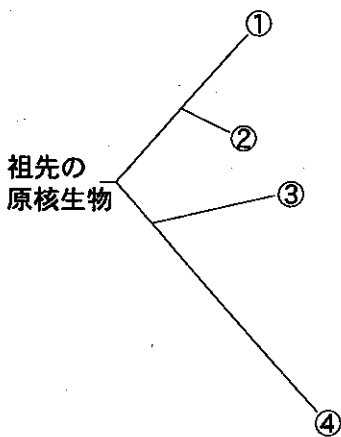


図2

表1

	a	b	c
b	11.6		
c	4.8	10.4	
d	15.5	11.7	14.3

問 1 各微生物の系統関係について、以下の問に答えよ。

(1) 表 1 の結果に基づいて、原核生物 a, b, c が図 2 の①～④のいずれに該当するのか答えよ。

(2) 原核生物 a, b, c の中には、古細菌と真正細菌が存在することがわかっている。古細菌であると考えられるものを a, b, c の中から選択せよ。また、そのように考えた理由を 30 字以内で述べよ。

【調査 2】

河川に流入した栄養塩類や有機物は、大量の水による希釈、吸着や沈殿、微生物による分解などによって、その量が著しく減少する。これを自然浄化という。河川 A における自然浄化の実態を明らかにするために、以下の調査を行った。

河川 A に流入する家庭排水の成分を調べたところ、アンモニアや有機物が混入していた。そこで、河川 A における水質を調べ、アンモニア量、硝酸塩量、BOD (生物学的酸素要求量：微生物が水中の有機物を分解する際に消費する酸素量) の変化を図 3 (イ) に示した。また、河川 A に生息する微生物相を調べ、細菌、藻類、原生動物の量の変化を図 3 (ロ) に示した。

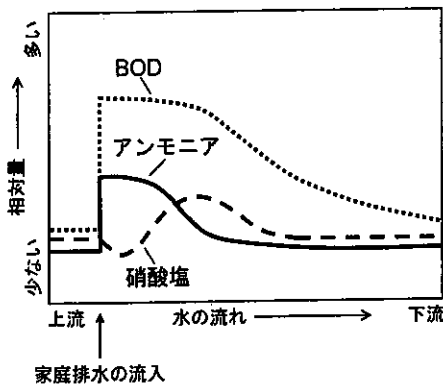


図 3 (イ)

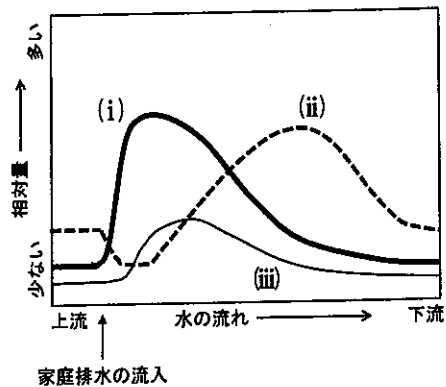


図 3 (ロ)

問 2 河川Aの調査結果に基づいて、以下の問に答えよ。

- (1) 図3(ロ)の(i)~(iii)の中から細菌、藻類、原生動物を示す曲線として適切なものをそれぞれ選択せよ。また、藻類を示す曲線を選択した理由を40字以内で述べよ。
- (2) 河川Aの自然浄化にともなう溶存酸素量の変化を示す曲線として最も適切なものを図4の(I)~(IV)の中から選択せよ。また、選択した理由を80字以内で述べよ。

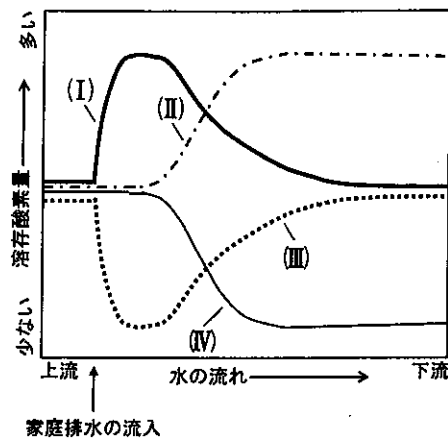


図4

問 3 湖Cでは、以前に、自然浄化の能力を上回る栄養塩類が、家庭排水を通じて流入していたため、【調査1】で分離した原核生物cが湖面で大発生し、魚類の大量死が頻繁に認められた。大発生した原核生物cによって魚類が大量死した理由として考えられるものを2つあげ、それぞれ30字以内で述べよ。

