

前期

理系

平成 29 年度入学試験学力検査問題

理 科 ・ 地 理 歴 史 ・ 数 学

※地理歴史(地理)は、地理環境コース志望者のみ

※数学は、数理科学コース志望者のみ

都市教養—150分(ただし、電気電子工学、機械工学コースは75分)
都市環境、システムデザイン(インダストリアルアートコースを除く)—75分
(ただし、地理環境コースは150分)

答案用紙

・物 理 3 枚 ・化 学 3 枚 ・生 物 3 枚
・地 学 2 枚 ・地 理 3 枚 ・数 学 3 枚

注 意

1. 監督員の合図があるまで、問題の内容を見てはいけません。
2. 数学は、筆記用具のほか定規、コンパスの使用を認めます。
ただし、分度器の使用は認めません。
3. 受験番号及び氏名は、答案用紙の所定欄に必ず記入してください。

(例) 受験番号 1234567X の場合 →

		1	2	3
4	5	6	7	X

4. 解答には黒鉛筆またはシャープペンシルを使用し、必ず配付された答案用紙に記入してください。なお、地学は裏面にも解答欄があるので注意してください。
答案用紙には、解答に関係のないことを記入してはいけません。
5. 字数指定の設問で解答欄にマス目が用意されている場合、アルファベット及び数字は、1マスに2字記入しても構いません。
6. 問題は次に示したページにあります。
・物 理 1 ページ～9 ページ ・化 学 10 ページ～18 ページ
・生 物 19 ページ～36 ページ ・地 学 37 ページ～42 ページ
・地 理 43 ページ～52 ページ ・数 学 53 ページ～54 ページ
7. 試験中に不鮮明な印刷等に気付いた時は、手をあげて監督員に申し出てください。
8. 答案用紙を切り取ったり、持ち帰ったりしてはいけません。
9. 問題冊子の余白は利用可能ですが、どのページも切り離してはいけません。
10. 問題冊子は、持ち帰ってください。また、試験終了時刻まで退室できません。

生 物

すべての問いについて、解答は答案用紙の指定された枠内に収めること。

1 次の文章を読み、以下の問1および問2に答えなさい。

タンパク質の中には、細胞膜に存在して受容体の役目を果たすものがある。このような受容体タンパク質 R は、図1のようにポリペプチド鎖が細胞膜を複数回貫通する構造をとる。細胞膜は、親水性(水になじむ性質)を示す部分と疎水性(水になじまず油になじむ性質)を示す部分を持つリン脂質の二重層で形成されている。

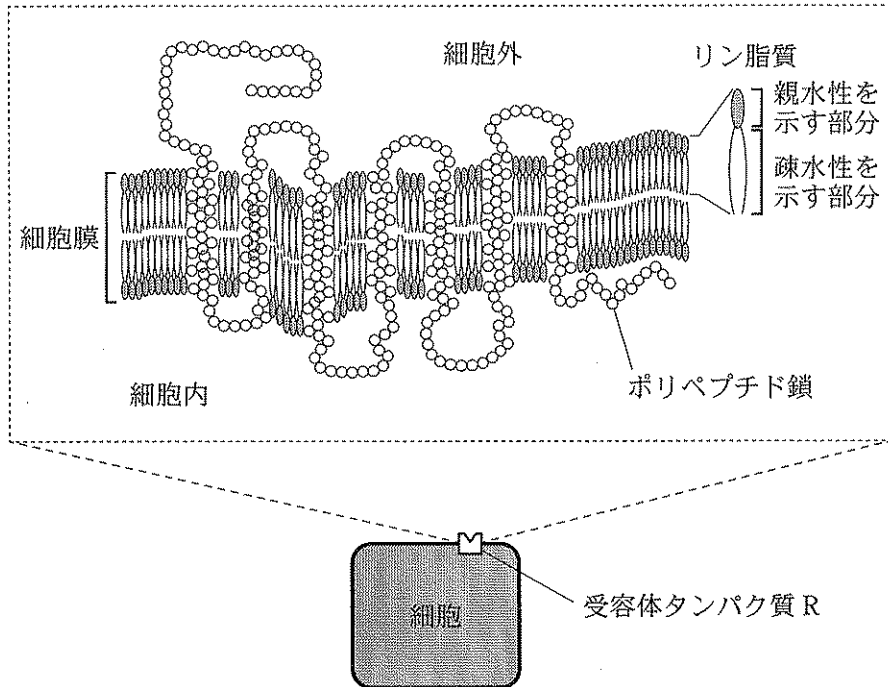
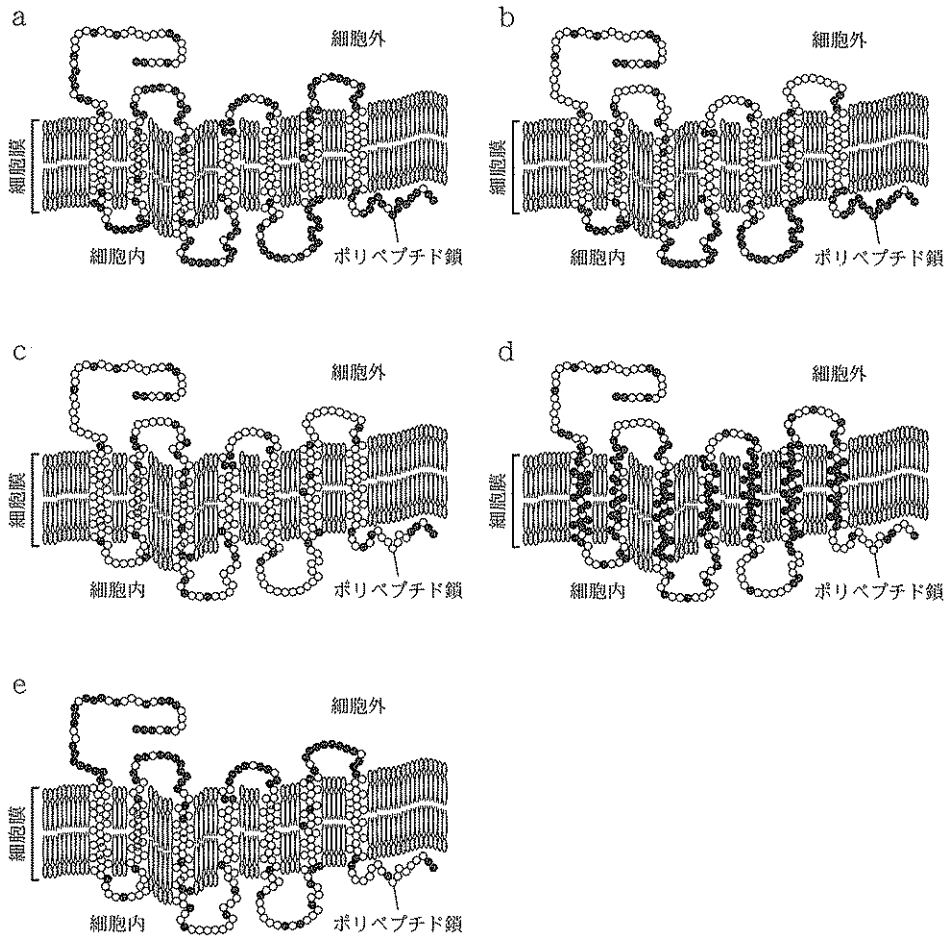


図1 細胞膜に存在する受容体タンパク質 R の構造(模式図)

ポリペプチド鎖中の白丸はアミノ酸を示す。

問 1 受容体タンパク質 R について、以下の(1)~(3)に答えなさい。

(1) ポリペプチド鎖を構成するアミノ酸には、親水性のものと疎水性のものがある。受容体タンパク質 R が細胞膜に安定して存在するために、親水性および疎水性アミノ酸はポリペプチド鎖中にどのように配置していると考えられるか。下の a ~ e に示した配置から最も適したものを選び、記号とそうように考えた理由を答えなさい。ポリペプチド鎖中のアミノ酸のうち、疎水性のものを黒丸、親水性のものを白丸としてそれぞれ示している。



(2) 下の図 2 a は、この受容体タンパク質 R の中央部付近のアミノ酸配列、およびそれらのアミノ酸に対応する伝令 RNA と DNA の塩基配列を示している。DNA 塩基配列の各塩基には、その位置を示す番号を付してある。また、表 1 には遺伝暗号表を示してある。図 2 b に示したアミノ酸配列は、図 2 a で示した DNA 塩基配列に起きた一ヶ所の突然変異によって生じた配列である。この突然変異は、どのような変異がどの塩基に生じたものであると考えられるか、答えなさい。

a	塩基の位置を示す番号	1 . . .	5 . . .	10 . . .	15 . . .	20 . . .	24 . . .		
	DNA 塩基配列	{ . . . CTT	CAC	AAA	CGC	CAG	CGA	CCC	GTG . . .
		{ . . . GAA	GTG	TTT	GCG	GTC	GCT	GGG	CAC . . .
	伝令 RNA 塩基配列	. . . CUU	CAC	AAA	CGC	CAG	CGA	CCC	GUG . . .
	アミノ酸配列	… ロイシン	ヒスチジン	リシン	アルギニン	グルタミン	アルギニン	プロリン	バリン …
			⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
b	突然変異後のアミノ酸配列	… ロイシン	ヒスチジン	リシン	プロリン	セリン	アスパラギン酸	プロリン	システイン …

図 2 受容体タンパク質 R 中央部付近のアミノ酸配列

a は、アミノ酸配列とそれらに対応する伝令 RNA および DNA の塩基配列を示す。

b は、a で示した DNA 配列に起きた突然変異後のアミノ酸配列を示す。

表1 遺伝暗号表

		2 番目の塩基					
		U	C	A	G		
1 番 目 の 塩 基	U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	3 番 目 の 塩 基	U
		UUC	UCC	UAC	UGC		C
		UUA ロイシン	UCA	UAA (終止)	UGA (終止)		A
		UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン		G
	C	CUU	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U	
		CUC	CCC	CAC	CGC	C	
		CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA	A	
		CUG	CCG	CAG	CGG	G	
	A	AUU	ACU	AAU アスパラギン	AGU セリン	U	
		AUC イソロイシン	ACC	AAC	AGC	C	
		AUA	ACA	AAA リシン	AGA アルギニン	A	
		AUG メチオニン (開始)	ACG	AAG	AGG	G	
	G	GUU	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U	
		GUC	GCC	GAC	GGC	C	
		GUA	GCA	GAA グルタミン酸	GGA	A	
		GUG	GCG	GAG	GGG	G	

- (3) 図2 bに示す突然変異によって生じたタンパク質のポリペプチド鎖は、突然変異が起きていない正常な受容体タンパク質Rのポリペプチド鎖に比べて短かった。この理由について考えられることを答えなさい。ただし、図2 aで示した塩基の位置1~24以外の場所では突然変異は起きなかったとする。

問 2 図 3 のように、細胞外に存在する化学物質 A が受容体タンパク質 R に結合すると、その情報が細胞内におこる一連の化学反応によって伝達される。その化学反応の流れを、シグナル伝達という。また、化学物質 A の他に化学物質 B と化学物質 C もこの受容体の同じ部位に結合することがわかっている。1 つの受容体には化学物質 A、B または C のうちの 1 つの物質のみが結合でき、化学物質 A が結合した時のみシグナル伝達が起こる(図 3)。また、化学物質 A と結合している受容体が多いほど、伝達されるシグナルの強度は強くなる。

受容体と化学物質の結合には非可逆的な場合と可逆的な場合がある。非可逆的結合とは、化学物質が一度結合したら受容体から解離することがない結合の様式である。可逆的結合とは、結合した化学物質が受容体から解離することができる結合の様式である。

受容体タンパク質 R と化学物質 A、B および C の結合様式について調べるために、次の【実験 1】～【実験 3】を行った。それらの結果をふまえて、以下の(1)～(3)に答えなさい。

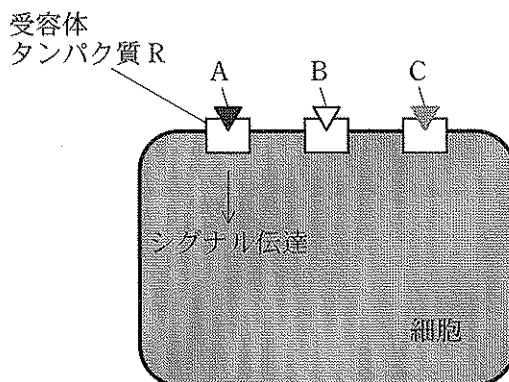


図 3 受容体タンパク質 R に結合する化学物質 A、B および C と細胞内のシグナル伝達(模式図)

【実験 1】 細胞外の化学物質 A の濃度を様々に変化させ、受容体と反応させた。その時、細胞内で伝達されるシグナルの強度を測定し、結果を図 4 のグラフに示した。

【実験 2】 細胞外に一定濃度の化学物質 B が存在する条件下で、【実験 1】と同様の実験を行った。その結果を図 5 のグラフに示した。

【実験 3】 細胞外に一定濃度の化学物質 C が存在する条件下で、【実験 1】と同様の実験を行った。その結果を図 6 のグラフに示した。

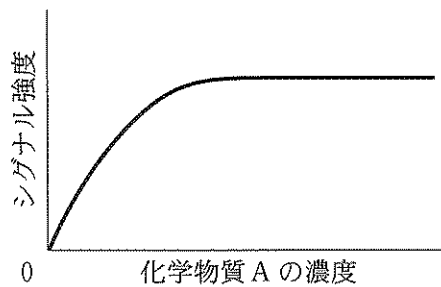


図 4 【実験 1】の測定結果

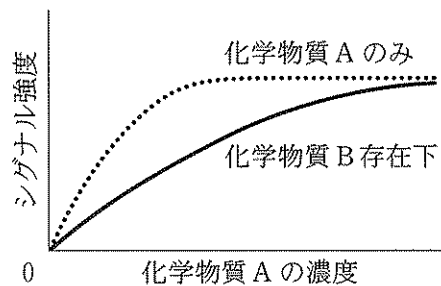


図 5 【実験 2】の測定結果

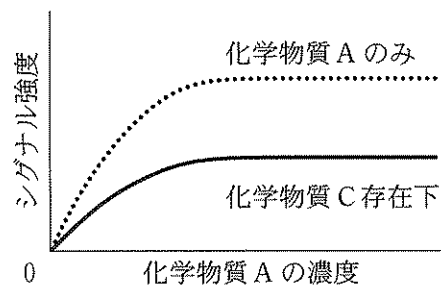
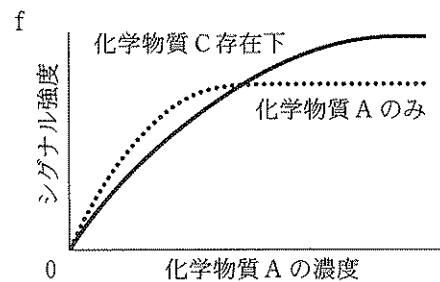
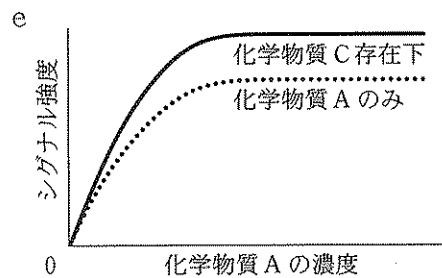
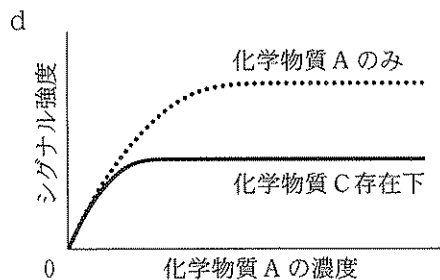
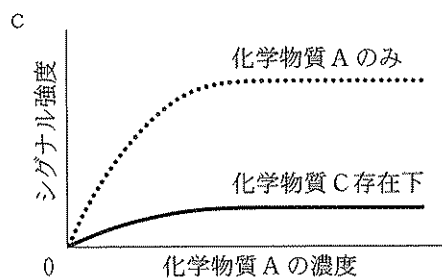
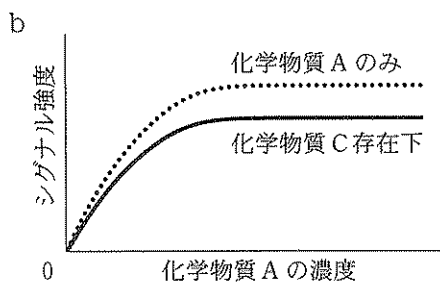
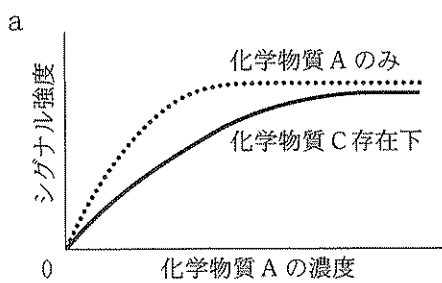


図 6 【実験 3】の測定結果

- (1) 【実験 1】の結果から、一定以上の化学物質 A の濃度では、シグナル強度に変化が見られなくなることがわかる。その理由を答えなさい。
- (2) 【実験 2】および【実験 3】の結果から、化学物質 B および C と受容体との結合様式に関する説明として最も適切なものを以下の(ア)~(エ)から選び、記号とそのように考えた理由を答えなさい。
- (ア) 化学物質 B および C の受容体に対する結合は可逆的である。
 - (イ) 化学物質 B および C の受容体に対する結合は非可逆的である。
 - (ウ) 化学物質 B の受容体に対する結合は可逆的であるが、化学物質 C の受容体に対する結合は非可逆的である。
 - (エ) 化学物質 B の受容体に対する結合は非可逆的であるが、化学物質 C の受容体に対する結合は可逆的である。
- (3) 【実験 3】において、用いる化学物質 C の濃度を高くして実験を行うと、どのような結果が得られると考えられるか。次の a ~ f から最も適切であると考えられるグラフを選び、記号とそのように考えた理由を答えなさい。ただし、化学物質 A のみのシグナル強度は、次の a ~ f すべてにおいて、図 6 と同じであるとする。



2 次の文章を読み、以下の問1～問3に答えなさい。

すでに分化した植物の体細胞にも分化全能性が保持されていることがあり、葉や茎などの細胞や組織を適切な植物ホルモンを含む培地で培養することにより、分化した細胞を脱分化させ、さらに、未分化な細胞塊(カルス)へと増殖させることができる。また、このカルスを適切な濃度のオーキシンおよびサイトカイニンを含んだ培地で培養すると、芽や根の再分化が起こる。

葉の表面では表皮細胞から毛が形成され、その毛はさまざまな生理機能をもっている。植物H(野生型)では、図7のように、1本の毛の周囲に表皮細胞とは異なる形態を示す補助細胞が6個形成される。これは、毛の細胞から物質Tが分泌され、周囲の細胞が物質Tを受容することによる。物質Tは、表皮細胞が毛に分化するのを防ぎ、かつ、毛の周囲の細胞を補助細胞に分化させる働きをもつ。植物Hには、毛の形成に関する2つの変異体、変異体Xおよび変異体Y、がある。変異体Xは物質Tをつくることができず、変異体Yは物質Tを受容するタンパク質に異常がある。

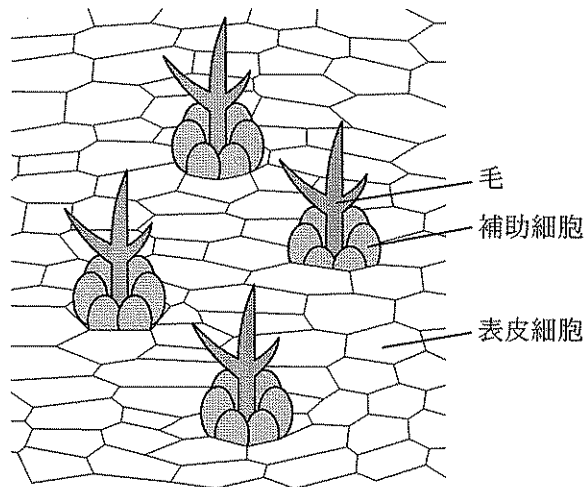


図7 植物Hの葉の表面の構造(模式図)

問 1 下線部①と②に関連して、下の【実験 1】のように、植物 H の葉からカルスの形成および芽と根の再分化を試みた。以下の(1)~(3)に答えなさい。

【実験 1】 植物 H の葉を細かく切り、さまざまな濃度のオーキシンおよびサイトカイニンを含むカルス形成用の培地で培養したところ、オーキシン濃度が 0.25 mg/L、サイトカイニン濃度は 0 mg/L のとき、最も効率よくカルスを形成させることができた。次に、このカルスをさまざまなオーキシンおよびサイトカイニン濃度の再分化用の培地に移植し、芽および根の再分化の程度を調べ、表 2 にまとめた。

表 2 芽および根の再分化の程度

		オーキシン濃度 (mg/L)					
		0	0.005	0.03	0.18	1.8	3
サイトカイニン濃度 (mg/L)	0	芽：－	芽：－	芽：－	芽：－	芽：－	芽：－
	根：－	根：－	根：＋	根：＋＋＋	根：＋＋	根：＋	
1	芽：－	芽：＋＋	芽：＋＋＋	芽：＋＋	芽：＋	芽：－	
	根：－	根：－	根：－	根：－	根：－	根：－	

芽および根の再分化の程度を各培養条件の上段および下段に示す。＋の数が多いほど再分化の効率が高いこと、－は再分化していないことを示す。

- (1) 下線部①のように、植物のカルスは未分化な状態にある。脊椎動物における未分化な細胞または組織の例を1つ挙げ、さらに、それがどのような細胞または組織に分化するか説明しなさい。
- (2) 下の手順1～3で、植物Hの葉から効率よく植物体を再生させたい。培地A、BおよびCをそれぞれ3Lずつ作成する場合、オーキシンとサイトカイニンは、各培地でそれぞれ何mg必要となるか、【実験1】の結果をふまえて答えなさい。

手順1：植物Hの葉を細断したのち、培地A上で培養し、カルスを形成させる。

手順2：手順1のカルスを培地B上に移植し、芽を再分化させる。

手順3：手順2で芽を再分化させたカルスをさらに培地C上に移植し、根を再分化させ、植物体を再生させる。

- (3) 図8は植物Hの発生途中の胚を示しており、AおよびBで示した部位は、それぞれ将来、茎頂分裂組織および根端分裂組織になる領域である。【実験1】の結果をふまえて、部位Aおよび部位Bに分布すると考えられる植物ホルモン名をそれぞれ答えなさい。

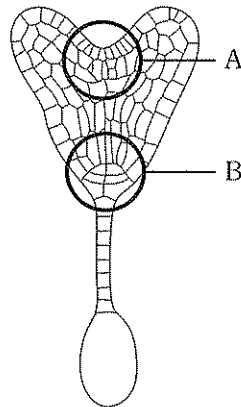


図8 発生途中の植物Hの胚

問 2 植物 H の葉における毛の形成過程を調べるため、次の【実験 2】および【実験 3】を行った。以下の(1)および(2)に答えなさい。

【実験 2】 植物 H の変異体 Z は、細胞に色素が沈着する変異体であるが、それ以外の点においては野生型と同様に発生し成長する。野生型の葉および変異体 Z の葉を細断し、それらを混ぜた状態で培養することでカルスを形成させ、さらに植物体を再分化させた。これにより、双方の植物体に由来する細胞が同一植物体内に混在する植物体を得られた。この植物の葉の毛を観察したところ、図 9 のように、毛に分化した細胞の周囲の 6 細胞は、2 種類の植物体由来の細胞群の境界領域においても補助細胞に分化していた。

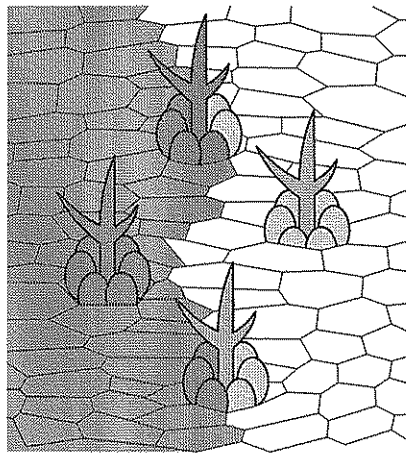


図 9 【実験 2】の結果

図の左側の濃い灰色の細胞は変異体 Z の細胞を、右側の白色または淡い灰色の細胞は野生型の細胞をそれぞれ表す。

【実験3】 植物Hの変異体Xと変異体Yの葉では、図10のように、毛の周囲の細胞が補助細胞に分化せず、毛へと分化する。【実験2】と同様の操作をすることにより、野生型と変異体Xの細胞が混在する植物体(野生・変異体X植物)、および、野生型と変異体Yの細胞が混在する植物体(野生・変異体Y植物)をそれぞれ作製した。

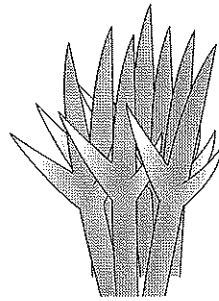
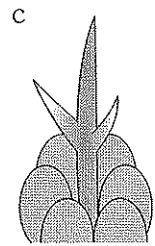
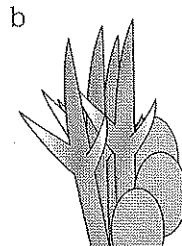
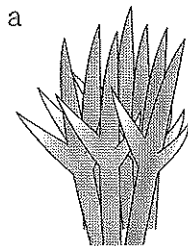


図10 変異体Xおよび変異体Yの毛と周囲の細胞

- (1) 【実験2】の結果から、「毛と毛の周囲にある6個すべての補助細胞は、1つの同じ細胞から分裂して分化する」という仮説が支持されるか否か、答えなさい。また、そのように考えた理由も述べなさい。
- (2) 【実験3】で作成した野生・変異体X植物および野生・変異体Y植物それぞれにおける毛とその周囲の細胞について、下のa～cのうち形成されるパターンをすべて挙げ、記号とそのように考えた理由を答えなさい。



問 3 葉の表面に毛が密に生えている植物 I を用いて、毛の役割を調べるため、下の【実験 4】を行った。以下の(1)および(2)に答えなさい。

【実験 4】 毛を除く処理をした葉(処理群)と、毛を除く処理をしない葉(未処理群)について、気温が 25℃ および 40℃ の時に、葉の温度と光合成効率を計測し、結果を気温ごとに表 3 および表 4 としてまとめた。この際、実験は十分な光強度のもとで行った。光合成効率は、最適な温度および十分な光強度のもとで測定した光合成速度を 100% としたときの相対値として示した。

表 3 気温が 25℃ の時の葉の温度(℃)と光合成効率(%)

	処理群	未処理群
葉の温度(℃)	27	24
光合成効率(%)	95	98

表 4 気温が 40℃ の時の葉の温度(℃)と光合成効率(%)

	処理群	未処理群
葉の温度(℃)	44	37
光合成効率(%)	36	82

- (1) 【実験 4】の結果から考えられる植物 I における毛の役割を答えなさい。
ただし、毛を除く処理をしても毛の細胞以外への損傷はないものとする。
- (2) 【実験 4】の結果から、植物 I はどのような環境に適応した植物と考えられるか、そのように考えた理由とともに答えなさい。

3 次の文章を読み、以下の問1および問2に答えなさい。

ある種のアメンボでは、精子はオスの精巣で作られたのち、精巣に連結する貯精囊^①という袋状の器官に貯えられる。オスの貯精囊内の精子は、交尾の際に、メスの体内にある精子貯蔵器官に移され、精子はそこで長期間にわたって貯えられる。その貯蔵精子はメスが死ぬまで生き続ける。精子貯蔵器官は輸卵管に向かって開口しており、産卵時に卵がそこを通過する時に精子と受精して産み落とされる。つまり体内受精が起こる。オス・メスともに、生涯にわたって何回でも交尾可能であり、メスが複数のオスと交尾した場合、それぞれのオスの精子はメスの精子貯蔵器官内に貯えられる。しかし、産卵時にどのオスの精子が受精に寄与するかについては不明である。^②

問1 下線部①に関して、貯精囊に貯えられている精子の形態と構造を、図11に示す。図11 aは精子の全体像を示し、bからfは矢印で示した精子各部位における横断切片の模式図を示している。以下の(1)~(3)に答えなさい。

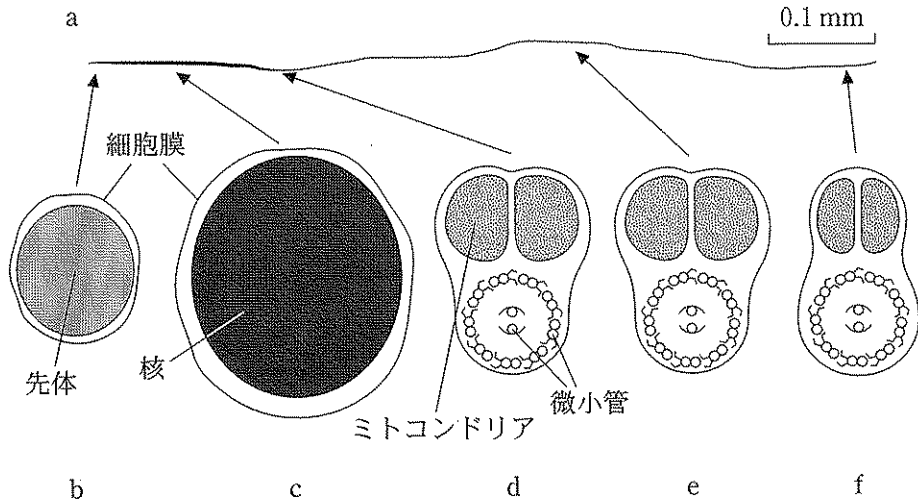


図11 アメンボの精子の形態と構造(模式図)

右上に示す0.1 mmのスケールは、精子の全体像aに対する目盛りである。

- (1) このアメンボの精子の形態や構造は、ヒトやウニなどの一般的な精子の形態や構造と比較してどこが異なるか、説明しなさい。
- (2) 図 11d のように、べん毛では、中央の 2 本の微小管を取り巻くように 9 本の二連微小管が位置しており、これによってべん毛運動が起こる。べん毛運動以外で微小管が関わっている生命現象の例を 1 つ挙げ、その現象における微小管の役割について説明しなさい。
- (3) このアメンボでは、1 個の精原細胞が 1 個のシストと呼ばれる袋の中で同調して分裂することで、精子が形成される。精子が形成されるとシストは破裂し、中の精子は貯精嚢に運ばれる。シスト内での同調分裂において、精原細胞の体細胞分裂が 2 回起こったとすると、最終的にシスト内に何個の精子が形成されるか答えなさい。また、体細胞分裂が n 回起こったとすると、最終的にはシスト内に何個の精子が形成されるか、 n を含む式で答えなさい。ただし、シスト内では、細胞分裂後の細胞の退化や消失はないこととする。

問 2 このアメンボの性は性染色体によって決まっており、ヒトと同じように XY 型である。眼では、X 性染色体上の 1 つの遺伝子によって黒い色素タンパク質が作られて黒眼となるが、この遺伝子の突然変異によって眼の色が黒くならない白眼の変異体が知られている。下線部②を明らかにするために、その形質に着目して、下の【実験 1】を行った。この結果にもとづき、以下の (1)~(3)に答えなさい。

【実験 1】 表 5 に示すような交配実験を行った。交配実験 A と B では、白眼の未交尾メスに黒眼または白眼のオスを 1 回だけ交配させた。交配実験 C と D では、白眼の未交尾メスに白眼と黒眼のオスの順番をかえて 2 回続けて交配させた。さらに、交配実験 E から G では、白眼の未交尾メスに眼の色の違うオスを 3 回順番に交配させた。それぞれの交配実験において、メスが産んだ子の眼の色および性別を調べ、結果を表 5 に示した。なお、実験で使用した各オスは、1 回交配させたのちに、メスの飼育容器から取り除いた。

表 5 白眼のメスに対して様々な組み合わせで黒眼あるいは白眼のオスをかけ合わせたときに産まれる子の眼の色とその割合

交配実験	メスの眼の色	1 番目に交配させたオスの眼の色	2 番目に交配させたオスの眼の色	3 番目に交配させたオスの眼の色	メスの産んだ子の眼の色	
					メ ス	オ ス
A	白	黒	—	—	黒(100%)	白(100%)
B	白	白	—	—	白(100%)	白(100%)
C	白	黒	白	—	白(100%)	白(100%)
D	白	白	黒	—	黒(100%)	白(100%)
E	白	黒	白	白	白(100%)	白(100%)
F	白	白	黒	白	白(100%)	白(100%)
G	白	白	白	黒	黒(100%)	白(100%)

表中の—は交配を行っていないことを示す。

- (1) 【実験1】の交配実験Aで得られた黒眼のメスに、黒眼のオスを交配させると、どのような眼の色をもつ子が出現するか、メス黒眼：メス白眼：オス黒眼：オス白眼の比率で答えなさい。ただし、出現しない場合は0と記入しなさい。

- (2) 表5の交配実験結果から、産卵時には、メスの精子貯蔵器官内のどのオスの精子が受精に使われていると考えられるか、理由とともに答えなさい。

- (3) このアメンボのオスは、自然状態では、交尾を終えた後もメスの体の背面に脚でしがみついたままで、産卵が始まるまでメスから離れない。オスはどのようにそのような行動をとるのか、考えられる理由を答えなさい。