

S_a 生物 問題

注意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は12ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～IVとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

 (3と解答する場合)

I. 次の文を読み、下記の設問1～6に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

動物は皮膚や粘膜でウイルスや細菌などの病原体の侵入を防いでいる。病原体が体内に侵入した場合には、好中球、マクロファージ、樹状細胞などの食作用によって病原体の排除を行う。このような生体防御のしくみは（イ）と呼ばれている。これらの細胞は、ウイルスや細菌などに特有の成分を認識するタンパク質によって病原体を認識する。感染¹⁾部位では、病原体を取り込んだ細胞が（ロ）と総称される情報伝達物質を分泌する。また、樹状細胞はリンパ節に移動し、（イ）と適応免疫（獲得免疫）をつなぐ働きをする。

適応免疫ではリンパ球の一種であるT細胞とB細胞が中心的な役割をになう。樹状細胞は病原体を食作用により取り込んだ後、病原体を断片化し、その一部を樹状細胞の主要組織適合性複合体（MHC）タンパク質上で抗原として提示する。T細胞はその細胞表面に MHC²⁾タンパク質上の抗原だけを認識する T細胞受容体を持っている。抗原を認識したT細胞は、ヘルパーT細胞やキラーT細胞へと分化する。抗原の提示を受けたヘルパーT細胞は、抗原に対応するB細胞の増殖を促進する。B細胞は抗体産生細胞（形質細胞）へと分化し、抗原と特異的に結合する抗体を生産して体液中に放出する。これらの細胞により、体内から病原体が排除される。

1. 文中の空所(イ)・(ロ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
2. 文中の下線部1)に示すタンパク質の名称をしるせ。
3. 文中の下線部2)に示したT細胞受容体が抗原の情報を受け取る方法は何と呼ばれているか、もっとも適切なものを、次のa～dから1つ選び、その記号をマークせよ。
a. シナプス型 b. 接触型 c. 内分泌型 d. 分泌型
4. MHCタンパク質はT細胞に抗原情報を提示するだけでなく、臓器移植においても重要な働きをしている。臓器移植におけるMHCタンパク質の役割を調べるために、純系マウスを使って次の皮膚移植実験を行った。ただし、MHCタンパク質の情報はいくつかの遺伝子によって指定されているが、それらには完全連鎖の関係があるとする。

【実験】

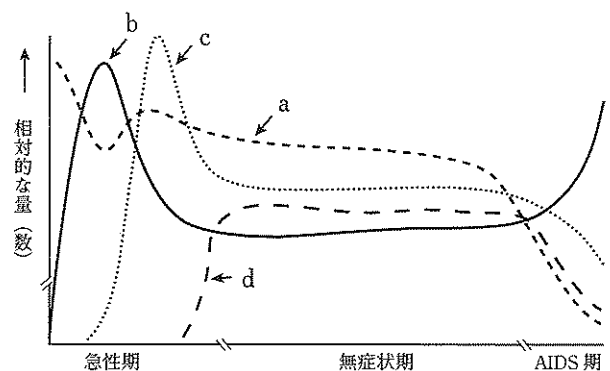
純系マウスⅠ同士、純系マウスⅡ同士での皮膚移植は、それぞれ成功した。純系マウ

ス I と純系マウス II の間で相互に皮膚移植をすると、拒絶反応により移植は成功しなかった。

このとき、純系マウス I と純系マウス II の交配による F_1 (雑種第一代)、 F_1 同士の交配による F_2 (雑種第二代) について、次の問 i・ii に答えよ。なお、MHC 遺伝子には優劣関係はないものとする。また、純系マウスとは、全ての個体が遺伝的にほぼ同一になったマウス系統のことであり、MHC の遺伝子はすべてホモ接合であるとする。

- i. F_2 から純系マウス I へ皮膚移植を行った場合、皮膚移植が成功する確率を%でしるせ。
- ii. 純系マウス I から F_2 へ皮膚移植を行った場合、皮膚移植が成功する確率を%でしるせ。

5. 後天性免疫不全症候群 (AIDS) はヒト免疫不全ウイルス (HIV) の感染により引き起こされる。右図は①HIV 感染後の HIV の量、②HIV に対する抗体の量、③ヘルパー T 細胞の数、④HIV 特異的キラー T 細胞の割合 (キラー T 細胞全体に占める HIV 特異的キラー T 細胞の割合) の経時変化を示したものである。次の問 i・ii に答えよ。



- i. ①HIV の量、③ヘルパー T 細胞の数を示す線としてもっとも適当なものを、図中の線 a～d からそれぞれ 1 つずつ選び、その記号をマークせよ。
- ii. HIV は RNA を鋳型として DNA を合成する酵素を持っている。この酵素の名称をしるせ。

6. ある抗体産生細胞 (形質細胞) から分泌された抗体は、抗原 X の 1 カ所と結合する。この抗体 1.5 mg に結合できる抗原 X の最大量は何 mg か。有効桁数 2 桁でしるせ。ただし、この抗体の H 鎖の分子量は 5 万、L 鎖の分子量は 2.5 万、抗原 X の分子量は 5 万とする。

Ⅱ. 次の文を読み、下記の設問1～5に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしろせ。

植物は約4～5億年前に水中から陸上に進出し、その後に陸上植物であるコケ植物と維管束植物が進化した。維管束植物の中で、再び水中での生育にも適応した植物を水生植物と呼ぶ。水生植物のうち、水辺に生える植物の中には、水中で育った葉と空気中で育った葉の形（葉の長さとの比率）が異なっているものが知られている。このような水生植物では、環境の変化により、葉の形の変化が引き起こされる。

水生植物Aの葉の形と植物ホルモンの関係を調べるために、次のような実験1・2を行った。なお、実験は植物の生育に最適な同一の光・温度条件で行った。

【実験1】

密閉できる容器の底に、栄養分を含む寒天培地を入れ、陸上で育てた水生植物Aを寒天培地上に植えた。これを4つ用意して、それぞれに次の処理ア～エを施した後で、容器を密閉して、3週間生育させた。なお、容器の密閉は植物の生育に悪影響を与えないものとする。

処理ア：特に何もしない（陸上条件）。

処理イ：容器に水を注ぎ、植物体全体を水没した状態に保った。

処理ウ：容器中の空気に、 $100\ \mu\text{L/L}$ の濃度になるようにエチレンを加えた。

処理エ：容器に $0.3\ \text{mg/L}$ アブシシン酸を含む水を注ぎ、植物体全体を水没した状態に保った。

この植物の新しい葉は2枚1組で生じる。処理開始前の植物体において、最も上部の2枚の若い葉をL1、その下の2枚の葉をL2のように、下に向かって順次番号をつけた（図1参照）。また、処理開始後に生じた葉に関して、L1のすぐ上の2枚の葉をL0、その上の2枚の葉をL-1と上に向かって、上端の葉まで順番に番号をつけた（図1参照）。各処理後の植物体の葉の形の変化をとらえるために、葉の幅と長さを計測し、（長さ）／（幅）の値を求めた（図2参照）。番号を付けた2枚の葉の（長さ）／（幅）の平均値を図3に示す。なお、初めから水没した状態で生育させた植物体では、どの葉の（長さ）／（幅）の値もおおよそ6～7であった。

また、処理ア、イ、エの後の植物体内のエチレンの濃度を測定した結果を図4に、処理ア、イ、ウの後の植物体内のアブシシン酸濃度を測定した結果を図5に示す。

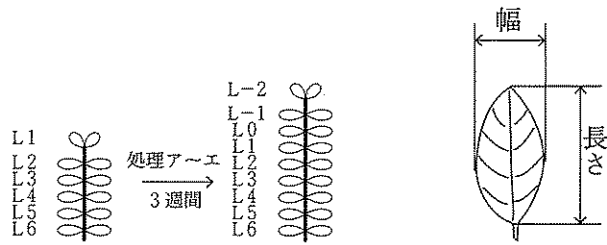


図 1

図 2

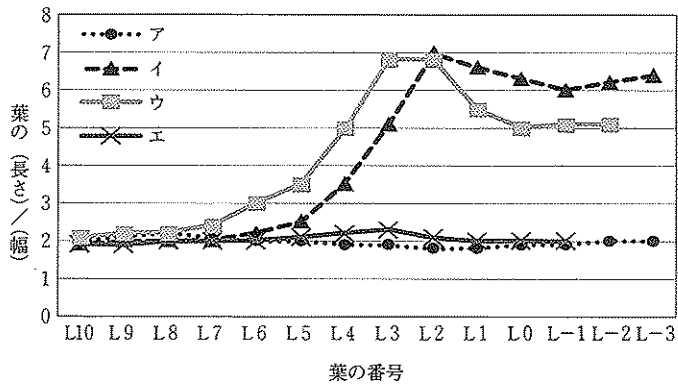


図 3

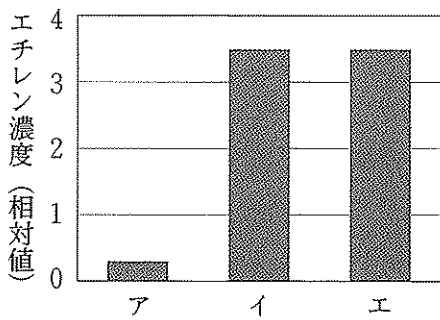


図 4

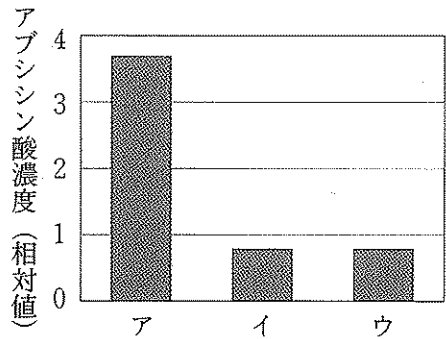


図 5

【実験 2】

陸上で育てた水生植物 A を容器中の寒天培地に植え、空気中のエチレンを種々の濃度に調整した後、容器を密封し、陸上条件で生育させた。3週間後、L-1の番号の葉の(長さ) / (幅)の値を測定した。その結果を図6に示す。なお、葉の番号のつけ方は実験1と同じである。

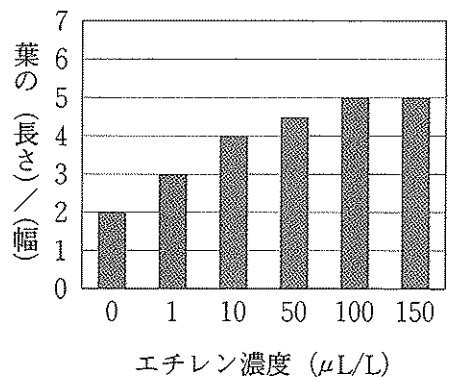


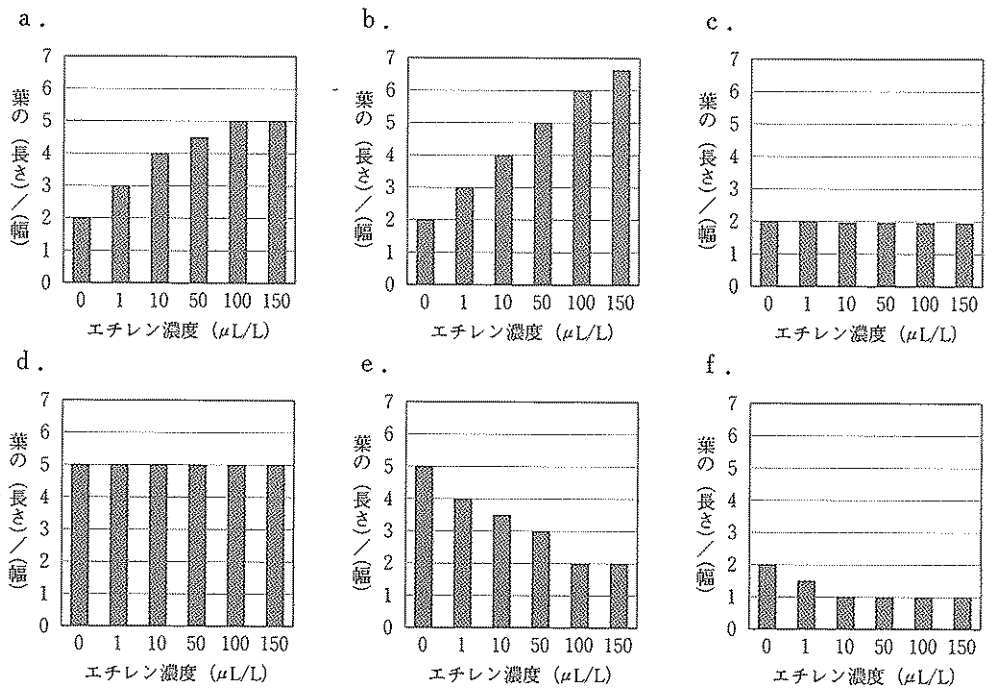
図 6

1. 実験1の結果から、水生植物Aの水中で育った葉は、空气中で育った葉と比べて、形にどのような特徴があると考えられるか、5字以内でしるせ。

2. 水生植物Aの水中で育った葉は、空气中で育った葉と比べて、葉の形以外にどのような特徴があると考えられるか、10字以内でしるせ。また、そのような特徴を持つ理由を1行でしるせ。

3. 実験1の結果から考えられることとして正しいものを、次のa～fからすべて選び、その記号をしるせ。
 - a. アブシシン酸が存在する水没条件で植物を育てると、どの葉も陸上条件で育てた植物の葉とほぼ同じ形になる。
 - b. 水没処理が葉の形に与える影響は、水没後に新しく生じた葉に限って現れる。
 - c. 陸上条件で育てていた植物に対する水没処理と、陸上条件で育てている植物に対するエチレン処理を比べると、処理後に生じた葉の形に与える影響は、前者のほうが大きい。
 - d. 陸上条件で育てている植物に対するエチレン処理が葉の形に与える影響は、エチレン処理後に生じた葉の方が、エチレン処理時にすでに存在していたいずれの葉よりも大きい。
 - e. アブシシン酸を与えると、新しく生じる葉の数が少なくなる。
 - f. 植物体の根元に比較的近いL5やL6の葉では、水没処理が葉の形に与える影響は小さいながら現れているが、エチレン処理が葉の形に与える影響は現れていない。

4. 密閉容器中の寒天培地に0.3 mg/Lの濃度にアブシシン酸を加えた状態で実験2と同じ実験を行った。なお、この条件では、実験1の処理エと同程度のアブシシン酸の影響が植物体に与えられるものとする。予想される実験結果を示すグラフとしてもっとも適当なものを、次のa～fから1つ選び、その記号をマークせよ。



5. 実験1, 2の結果から考えられることとしてもっとも適当なものを, 次のa~hから1つ選び, その記号をマークせよ。なお, 「水中形」とは, 水中で育った葉の特徴を指す。
- 水没条件下で植物体内のアブシシン酸濃度が低下し, それがエチレン濃度の低下を招き, その結果, 水中形の葉になる。
 - 水没条件下で植物体内のアブシシン酸濃度が低下し, それがエチレン濃度の上昇を招き, その結果, 水中形の葉になる。
 - 水没条件下で植物体内のアブシシン酸濃度が上昇し, それがエチレン濃度の低下を招き, その結果, 水中形の葉になる。
 - 水没条件下で植物体内のアブシシン酸濃度が上昇し, それがエチレン濃度の上昇を招き, その結果, 水中形の葉になる。
 - 水没条件下で植物体内のエチレン濃度が低下し, それがアブシシン酸濃度の低下を招き, その結果, 水中形の葉になる。
 - 水没条件下で植物体内のエチレン濃度が低下し, それがアブシシン酸濃度の上昇を招き, その結果, 水中形の葉になる。
 - 水没条件下で植物体内のエチレン濃度が上昇し, それがアブシシン酸濃度の低下を招き, その結果, 水中形の葉になる。
 - 水没条件下で植物体内のエチレン濃度が上昇し, それがアブシシン酸濃度の上昇を招き, その結果, 水中形の葉になる。

Ⅲ. 次の文を読み、下記の設問1～6に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）では、DNAの特定の領域を増幅することができる。これにより、微量のDNAの検出・解析が可能となり、遺伝子解析やDNA鑑定など様々な分野で応用されている。

1. PCRの際に一般的に用いられるプライマーと、細胞内でのDNA複製の際に用いられるプライマーの違いを、2行以内で説明せよ。

2. PCRの際に、次のように温度を変化させることを30サイクル繰り返した。

a. 95℃ → b. 55℃ → c. 72℃

a～cで起こる反応を、それぞれ1行でしるせ。

3. 図1の配列のDNAを鋳型とし、PCRにより黒枠で囲った部分（31～270）のみを増幅させたい。その際に必要なプライマーとして適切なものを、下記のa～lからすべて選び、その記号をしるせ。なお、塩基配列はすべて5'から3'の方向に書いてある。

10	20	30	40	50	60
AACTGCACACCGCCGACGGCACGCTGATTG			AAGCAGAAGCCTGCGATGTCGGTTTCCGCG		
70	80	90	100	110	120
AGGTGCGGATTGAAAATGGTCTGCTGCTGCTGAACGGCAAGCCGTTGCTGATTTCGAGGCG					
130	140	150	160	170	180
TTAACCGTCAACGAGCATCATCCTCTGCATGGTCAGGTCATGGATGAGCAGACGATGGTGC					
190	200	210	220	230	240
AGGATATCCTGCTGATGAAGCAGAACAACCTTTAACGCCGTGCGCTGTTTCGCATTATCCGA					
250	260	270	280	290	300
ACCATCCGCTGTGGTACACGCTGTGCGACC			GCTACGGCCTGTATGTGGTGGATGAAGCCA		

図1

- | | |
|---------------------|---------------------|
| a. GACGGCACGCTGATTG | b. AAGCAGAAGCCTGCGA |
| c. AGCGTCCGAAGACGAA | d. GTTAGTCGCACGGCAG |
| e. CGCAGGCTTCTGCTTC | f. AATCAGCGTGCCGTCG |
| g. TACACGCTGTGCGACC | h. GCTACGGCCTGTATGT |
| i. TGTATGTCCGGCATCG | j. CCAGCGTGTCGCACAT |
| k. ACATACAGGCCGTAGC | l. GGTCGCACAGCGTGTA |

4. 図2は、あるタンパク質を指定するDNAの塩基配列の一部およびこの部分に指定されるアミノ酸配列（一文字表記）を示す。PCR中におこる複製の間違いによって変異が生じることがある。図2のDNAに変異が生じた場合に得られる可能性のあるアミノ酸配列のうちいくつかを下記のa～hに示した。このうち、1塩基が置換したDNAから得られるアミノ酸配列と、1塩基が欠失したDNAから得られるアミノ酸配列のそれぞれについて、あてはまるものをすべて記号でしるせ。同じものを2回選んでもよい。なお、*は、この位置でタンパク質合成が終了したことを表す。必要に応じて遺伝暗号表を参考にせよ。

DNA配列----- ATG ATT ACG GAT TCA ATC GCC GTC CAA CGT -----
 アミノ酸配列 --- M I T D S I A V Q R -----

図2

- a. --- M I T D S I A V Q R -----
 b. --- M I T D S I R V Q R -----
 c. --- M I T D S I A V G R -----
 d. --- M L T D S L A V Q R -----
 e. --- M I T D S I *
 f. --- M I T D *
 g. --- M I A D S I A V Q R -----
 h. --- M I T D S I A S N V -----

遺伝暗号表

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

5. ある生物のゲノム DNA (400 万塩基対) を鋳型に用いて 30 サイクルの PCR を行い、2000 塩基対の領域を増幅した。得られた DNA 断片をプラスミドベクターに組みこんで、大腸菌に導入した。60 クローン (同一の遺伝子を持つ集団) を選択し、増幅した領域の中央部分 1200 塩基の塩基配列を決定した。その結果、鋳型と同一の塩基配列を持つクローンは 55 クローン、1 塩基違いのあるものが 4 クローン、2 塩基違いのあるものが 1 クローンあった。得られたクローンに生じた変異の頻度が何塩基中に 1 塩基の割合であるかを数字でしるせ。
6. ある乳酸菌のゲノム DNA を鋳型として用いた PCR により、この乳酸菌のタンパク質 A を指定する遺伝子を開始コドンから終止コドンまで増幅して、プラスミドベクターに組みこんだ。これを大腸菌に導入したところ、タンパク質 A が合成された。このとき、次の問 i ~ iv に答えよ。
- i. プラスミドベクターが大腸菌内で保持されるために必要なプラスミドベクターの要素の名称を 1 つしるせ。
 - ii. 遺伝子組換え実験に用いるプラスミドベクターには、薬剤耐性遺伝子が導入されているものが多い。薬剤耐性遺伝子を導入してある目的を 1 行でしるせ。
 - iii. タンパク質 A 遺伝子の転写に必要なプラスミドベクターの要素の名称を 1 つあげ、その役割を 1 行でしるせ。
 - iv. 同様の実験を、ヒトのゲノム DNA を鋳型とし、ヒト由来のタンパク質 A について行ったところ、タンパク質 A は合成されなかった。考えられる原因とそれに対する対応法をそれぞれ 1 行でしるせ。

IV. 次の文を読み、下記の設問1～8に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

ニューロンには核のある細胞体とそこから伸びる突起がある。突起には、複雑に枝分かれしていて、他の細胞からの信号を受け取る樹状突起と、細長く伸びた繊維状で、信号を離れたところまで伝える軸索がある。ニューロンの一部を刺激すると、刺激を受けた部分の興奮は軸索で伝導される。ニューロン間の興奮の伝達はシナプスで行われる。活動電位がシナプス前細胞の軸索の終末まで伝導されると、イオンチャンネルが開き、イオンが神経終末内部に流入する。その結果、神経終末内部の¹⁾シナプス小胞がシナプス前膜と融合し、シナプス小胞に含まれる神経伝達物質がシナプス²⁾間隙に放出される。神経伝達物質がシナプス後膜にある特異的な受容体と結合することによって、イオンチャンネルが開く。その結果、シナプス後細胞の膜電位が変化する。シナプス後膜にある神経伝達物質の受容体は、受容体自身がイオンチャンネル機能を持ち、神経伝達物質の結合により直接イオンチャンネルの開閉を制御するものと、受容体自身はイオンチャンネル機能を持たずcAMPなどを介して間接的にイオンチャンネル³⁾の開閉を制御するものがある。また、シナプス間隙に放出された⁴⁾神経伝達物質はシナプス間隙から主に2つの方法で除去される。

様々な刺激(情報)は受容器(感覚器)で受け取るが、これらの受容器には、それぞれの刺激を感知できる感覚細胞⁵⁾が存在する。受容器で受け取った刺激の情報は、感覚神経を介して(イ)から構成される中枢神経系に伝達され、その情報は処理される。中枢神経系において、ニューロンの働きを助ける支持細胞は(ロ)と呼ばれている。処理された情報は、運動神経を介して効果器(作動体)に伝えられる。

1. 文中の空所(イ)・(ロ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
2. 文中の下線部1)に示すイオンとしてもっとも適切なイオンの名称をしるせ。
3. ニューロンの軸索や細胞の核などに物理的な強度を持たせるはたらきのある細胞骨格を一般的に何と呼ぶか、その名称をしるせ。
4. 文中の下線部2)のように、小胞が細胞膜と融合し小胞に含まれている物質を細胞外に放出する過程を何と呼ぶか、その名称をしるせ。

5. 文中の下線部 3) に示す cAMP のような働きをする分子を一般的に何と呼ぶか、その名称をしるせ。
6. 文中の下線部 4) に示す 2 つの除去方法を、それぞれ 1 行でしるせ。
7. 文中の下線部 5) に示す受容器は刺激の種類ごとに決まった感覚細胞を持ち、特定の刺激にだけ敏感に反応する。この特定の刺激を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
8. シナプス前細胞による神経伝達物質の放出の結果、シナプス後細胞に生じる膜電位の変化をシナプス後電位という。図 1 に示すようなニューロン A, B, C, D がある。図 2 はニューロン A, ニューロン B, ニューロン C からの興奮がシナプスを介して伝達されたときのニューロン D のシナプス後電位を示している。なお、図 2 中の矢印 A, B, C はそれぞれニューロン A, B, C からの興奮が伝達されたときを示す。また、A + B, A + C はそれぞれ 2 つのニューロンから同時に興奮が伝達されたときを示す。下記の間 i・ii に答えよ。

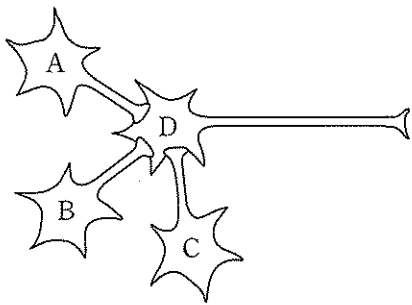


図 1

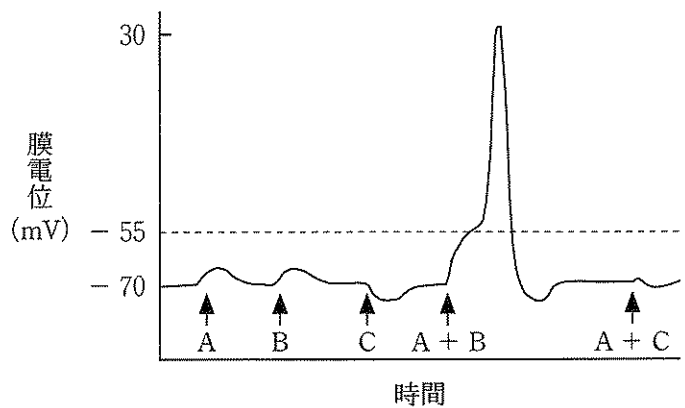


図 2

- i. ニューロン B とニューロン D の間のシナプスを何と呼ぶか、その名称をしるせ。
- ii. ニューロン C とニューロン D の間のシナプスにおいて、ニューロン D のシナプス後膜で何のイオンに対するチャンネルが開いたか、もっとも適当なイオンの名称をしるせ。