

生 物

第 1 問

次の文 1 と文 2 を読み、ⅠとⅡの各問に答えよ。

[文 1]

生体は細菌やウイルスが侵入した際に、この感染から生体を防御するためのしくみを持っている。哺乳動物における細菌感染を例にこのしくみを考えてみよう。感染の初期にはたらく細胞は大食細胞(マクロファージ)と呼ばれる白血球である。この細胞は通常、組織中に存在し、侵入した細菌を貪食することで初期の生体防御に重要な役割をはたしている。さらに、過去に侵入した細菌の種類を記憶し、2回目以降の侵入に対して速やかにこれを排除するしくみが存在する。これには、やはり白血球の一種であるリンパ球が中心的な役割をはたしている。リンパ球には大きく分けて 細胞と 細胞という 2 つのタイプが知られており、それぞれの役割が異なっている。 細胞は大食細胞から細菌を処理したという信号を受け取り、その情報を変換して 細胞に伝達する。さらに 細胞が異物に直接作用してこれを排除することがあり、これを細胞性免疫とよぶ。 細胞は 細胞からの指令を受け取ると、増殖して抗体を産生する。抗体は ともよばれるタンパク質である。抗体が結合した細菌は大食細胞などの白血球によって速やかに排除される。抗体を介したこのしくみは体液性免疫とよばれる。細胞性免疫や体液性免疫は、生体を防御するためには重要であるが、時として生体に不利な状況を生み出すこともある。自己のタンパク質や細胞に対して抗体が産生されたり、細胞性免疫が発揮されたりするためにおこる 疾患や、近年増加している花粉症などの原因であるアレルギー反応などはその例である。また近年、あるウイルスが 細胞に感染して免疫系を破壊することで生じる という疾患が世界的に問題となっている。

[文2]

大食細胞による異物排除のしくみを知るために以下の実験1を行った。

実験1 3羽のウサギA, B, Cを用意した。ウサギAには生理食塩水に懸濁した酵母の死菌を1週間おきに4回皮膚下に注射した。ウサギBには生理食塩水だけを同様に注射した。ウサギAとBからは血液を採取して血清を分離した。ウサギCには何も注射せず、大食細胞と白血球の単離にもちいた。

蛍光色素で一様に色付けした酵母の死菌をウサギAの血清と混合し、37°Cで30分間おいた。その後、遠心分離機にかけて血清から分離した酵母の死菌を、ウサギCから単離した大食細胞に加えた。これを37°Cで2時間培養液中で培養した後、大食細胞1000個について、細胞ごとの^(ア)蛍光強度を測定した。ウサギBの血清でも同様の実験を行った。図1にはウサギAとウサギBの実験の結果をあわせて示した。

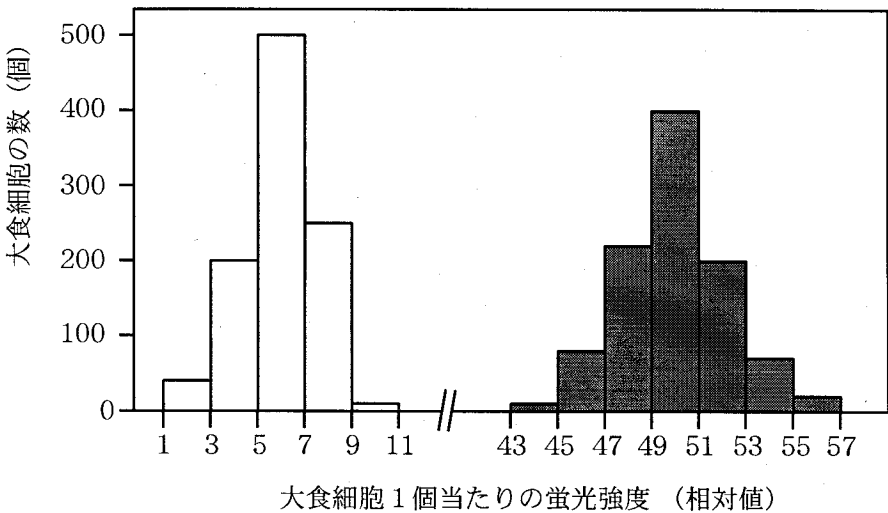


図1 大食細胞の蛍光強度のヒストグラム

- ウサギAの血清を用いた場合
- ウサギBの血清を用いた場合

大食細胞から放出される物質の特徴を知るために以下の実験 2 を行った。

実験 2 実験 1 と同様にウサギ A の血清で処理した酵母の死菌を加えて大食細胞を培養した。この培養液から酵母の死菌と大食細胞を取り除き、液 1 とし以下の実験にもちいた。図 2 に示すような、上下に部屋がしきられた装置を 4 つ準備した。上下の部屋のしきりには、運動性のある白血球が通過可能なごく小さな穴が多数あいている。下の部屋を以下の液 1 ~ 液 4 のいずれかでみたし、上の部屋にウサギ C から単離した白血球 3000 個を含んだ培養液を入れ、37°C で 2 時間培養した。その後、しきりの下方に移動した白血球の数を数えたところ、図 3 の結果が得られた。

液 1 酵母の死菌と大食細胞を取り除いた培養液

液 2 液 1 を 95°C で 10 分間加熱した液

液 3 分子量 2000 以下の分子だけを通過させる膜で液 1 をろ過したろ液

液 4 未使用の培養液

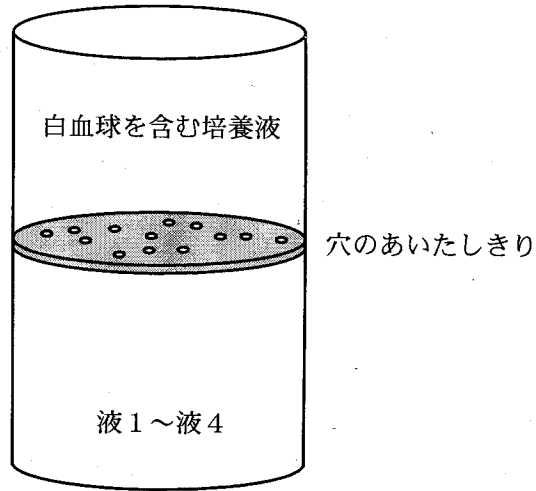


図2 装置の模式図

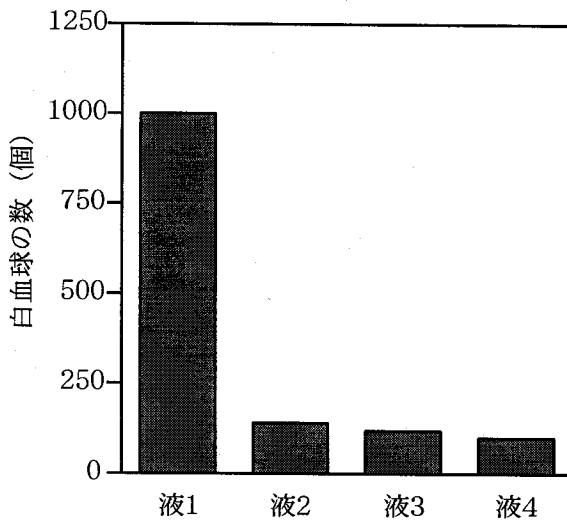


図3 しきりの下方に移動した白血球の数

[問]

I 文1について、次の小問に答えよ。

- A 空欄1～5に最も適当な語句をいれよ。
- B 異物に対する生体の反応を利用して、特定の疾患の予防や治療が行われている。この代表例は「予防接種」と「血清療法」である。それぞれの原理を各2行以内で述べよ。

II 文2について、次の小問に答えよ。

- A 下線部(ア)について。この実験には蒸留水ではなく、適切な糖や塩類を含んだ培養液を使わなければならない。培養液に糖や塩類を加える理由を2つあげよ。
- B 図1の横軸の「大食細胞1個当たりの蛍光強度」は何を示していると考えられるか。2行以内で述べよ。
- C 図1でウサギAとBで違いが生じた理由として考えられることを、2行以内で述べよ。
- D ウサギAの血清を大量の酵母の死菌と混合し、37℃で30分間おいた。その後、そこから酵母の死菌を取り除いた血清をもちいて実験1と同様の実験を行った。結果は図1のどちらのウサギの血清の結果に近くなると考えられるか、理由とともに2行以内で述べよ。
- E 図3の結果から、大食細胞が培養液中に何らかの物質を放出していることがわかる。この物質は白血球に対してどのような作用を持った物質であると考えられるか、1行で述べよ。
- F 小問Eの作用は、生体内での感染防御にどのような意義を持つか、2行以内で述べよ。
- G 小問Eで考察した物質は、糖、脂質、タンパク質のいずれであると考えられるか。図3の結果をふまえて、理由とともに2行以内で述べよ。

第2問

次の文1と文2を読み、IとIIの各問に答えよ。

[文1]

イモリ胚では、フォークト(ドイツ)が用いた 法などにより胞胚や原腸胚に関して予定運命図が作られている(図4)。それによると、背側の予定外胚葉域から将来、神経組織が生じる。1920年代のシュペーマン(ドイツ)の移植実験により、イモリ初期原腸胚では の作用により神経組織が形成されることがわかっている。このように、ある組織や細胞がほかの組織の発生運命を変える現象を誘導と呼び、 のような領域を特に形成体(オーガナイザー)と呼んでいる。カエル胚を用いた最近の研究により、この神経誘導の分子の実体が徐々に明らかになってきた。それによると、外胚葉は本来、神経組織に分化する性質を持っている。しかし、初期胚の胚全体に存在するタンパク質Aが外胚葉の神経への分化を阻害し、表皮への分化を促進している。タンパク質Aは細胞の外側に存在する分泌タンパク質である。原腸胚初期になると、細胞の外側でタンパク質Aと結合してそのはたらきを抑制するタンパク質Bが形成体から分泌される。その結果、形成体に隣接した背側外胚葉でタンパク質Aのはたらきが弱まり、その領域の外胚葉は本来の発生運命である神経組織へと分化すると考えられている。

実験1 分泌タンパク質であるAとBの機能を調べるために、カエル後期胞胚より動物極周囲の予定外胚葉域の一部(この組織片を外胚葉片と呼ぶ)を切り出して、培養皿の中で培養を行った(図5)。表1に示された様々な条件下で一定の期間培養した後、外胚葉片の中に分化してきた組織を調べた。

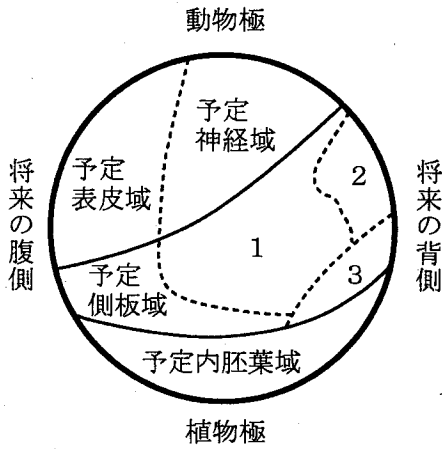


図4 イモリ後期胞胚表面の予定運命図

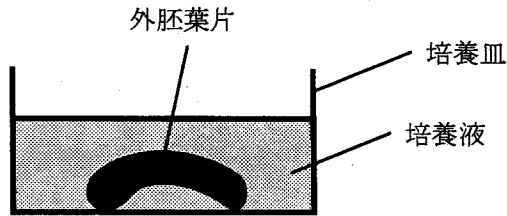


図5 外胚葉片の培養実験の模式図

表1 外胚葉片の培養実験の結果

培養条件	分化してきた主な組織
そのまま培養する	a
充分大きな形成体と接触させて培養する	b
タンパク質Aを充分量加えて培養する	c
タンパク質Bを充分量加えて培養する	d

[文2]

神経組織は、発生が進むと管構造(神経管)を作る。神経管は将来、中枢神経系(脳と脊髄)となる。図6(a)は、カエル神経胚に相当するニワトリ胚胸部断面図の一部であり、胚の中央に神経管が存在する。この時期には神経管の腹側に脊索が接している。脊索は胚の前後軸に沿って存在する中軸構造であり、様々な誘導現象に関与する重要な組織であることがわかってきた。脊索をもつ動物群は脊椎動物と 3 である。

将来、脊髄となる神経管組織の中では、既に種々の神経細胞(ニューロン)が分化を始めている。これらのニューロンの分化は、神経管以外の周辺組織からの影響を受けている場合が多い。たとえば、図6(b)のように神経管の腹側では運動神経(運動ニューロン)が分化する。運動ニューロンの分化は、脊索から分泌されるタンパク質Cに依存していることが知られている。タンパク質Cは脊索が神経管と接した領域より供給され、神経管の組織内へ拡散する。その濃度分布は神経管組織内で図7のようになっていると予想される。

実験2 ニワトリ胚では組織の除去や組織片の移植操作が比較的容易である。脊索と運動ニューロンの分化の関係を調べるため、運動ニューロンが分化する前に、脊索の除去や他の胚から取り出した脊索を移植する実験を3種類行った。運動ニューロンが分化する領域と脊索の位置を調べた結果、図8のようになった。

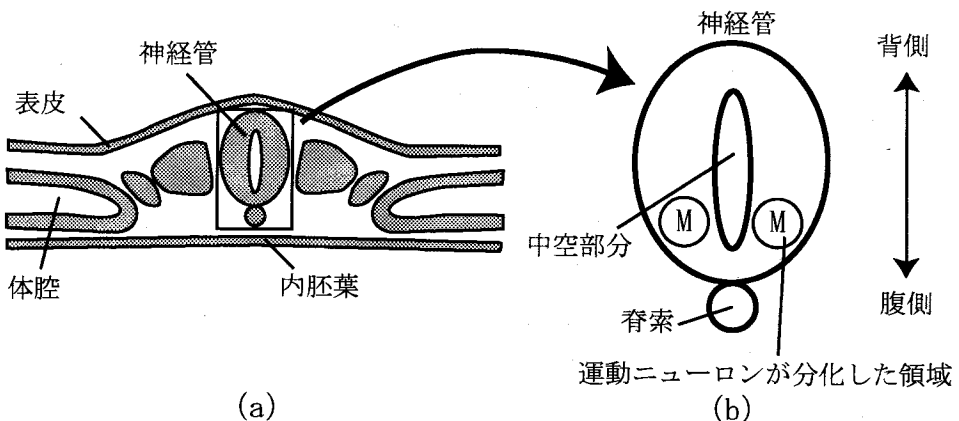


図6 ニワトリ胚の胸部断面図(a)と神経管領域の拡大図(b)

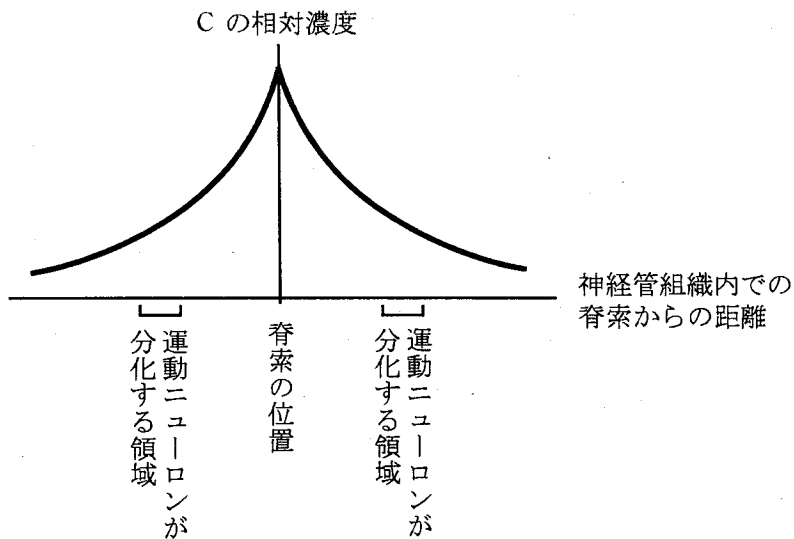


図7 タンパク質 C の神経管組織内での濃度分布を示す模式図

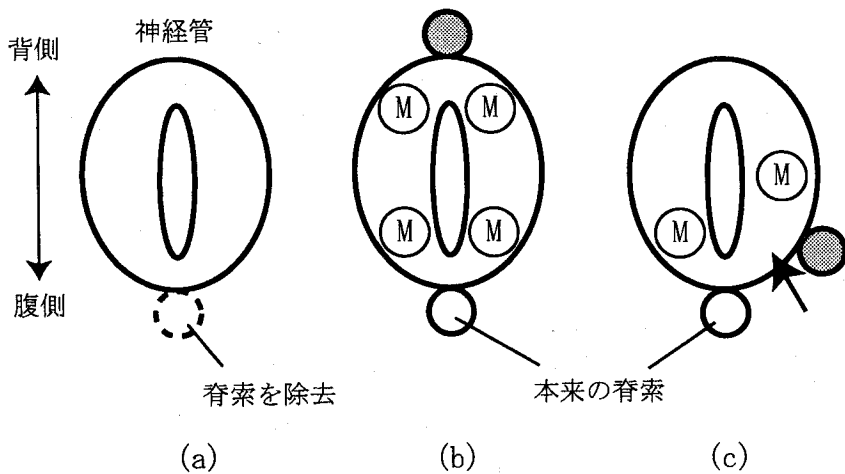


図8 運動ニューロンの分化と脊索の関係を示す模式図

- M は運動ニューロンが分化した領域を示す
- は新たに移植された脊索を示す

[問]

I 文1について、次の小問に答えよ。

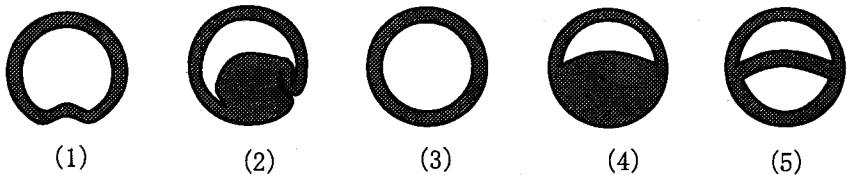
A 文中の空欄1に入る最も適当な語句を記せ。

B 文中の空欄2に入る最も適当な胚域の名称を記せ。

C 図4はイモリ後期胞胚の予定運命図である。予定側板域から生じる組織または器官を次の(1)~(7)から2つ選び、番号で答えよ。

- (1) 内臓筋 (2) 骨格筋 (3) 脊椎骨 (4) 消化管上皮
(5) すい臓 (6) 血管 (7) 肺

D 図4のイモリ後期胞胚を動・植物極を含み紙面に平行な面で切断した時の断面図として、最も適当なものを次の(1)~(5)から1つ選び、番号で答えよ。ただし、灰色で塗られた領域が組織である。



E 実験1の培養実験の結果、表1の各条件下で外胚葉片から主として生じた組織a~dを、以下の(1)~(5)から1つずつ選び、a-6, b-7, c-8, d-9のように答えよ。ただし、用いた培養液には、外胚葉片の発生運命を変えるようなタンパク質はもともと含まれていない。

- (1) 表皮 (2) 骨 (3) 神経 (4) 脊索 (5) 筋肉

F 実験1で用いた外胚葉片は、細胞同士の接着を低下させる処理によってばらばらの細胞にすることができる。これらの細胞を培養液でよく洗浄した後、ばらばらのままで培養すると、ある細胞に分化した。どのような種類の細胞に分化したか。以下の(1)~(5)から1つ選び、番号で答えよ。また、その理由を2行以内で述べよ。ただし、洗浄の過程で取り除かれたタンパク質は、培養の過程で新たに産生されなかったものとする。

- (1) 表皮 (2) 骨 (3) 神経 (4) 脊索 (5) 筋肉

II 文2について、次の小問に答えよ。

- A 脊索は、イモリ胚では図4の予定運命図において、1～3のいずれの領域から生じてくるか。1つ選び、番号で答えよ。
- B 脊椎動物の脊索は、将来どのような発生運命をたどるか。次の(1)～(5)から1つ選び、番号で答えよ。
- (1) 発達して脊椎骨となる (2) 脊椎骨を囲む筋組織になる
(3) 退化する (4) 神経管の一部となる
(5) 消化管と融合する
- C 文中の空欄3に入る最も適当な動物群の名称を記せ。また、その動物群に属する動物を次の(1)～(8)から2つ選び、番号で答えよ。
- (1) ヤツメウナギ (2) ナメクジウオ (3) ナマコ (4) サメ
(5) ホヤ (6) シーラカンス (7) ウニ (8) プラナリア
- D タンパク質Cが神経管組織内を拡散することによって、運動ニューロンの分化が誘導されることを直接示す実験を行いたい。雲母片を用いた最も適当な実験を考え、その概略と予想される結果を2行以内で述べよ。
- E 図8(c)の移植の結果、運動ニューロンが分化する領域の数が(b)に比べて減少している。(c)において、矢印で示された領域で運動ニューロンが分化しない理由を図7を参考にして2行以内で述べよ。
- F 脊索を移植する位置を図8(c)の場合より背側へ徐々に移動させると、運動ニューロンが分化した領域の数が全体で2から3へ変化した。この時の状態を図8の(b)や(c)にならって図示せよ。

第3問

次の文1と文2を読み、IとIIの各問に答えよ。

〔文1〕

地球上にはさまざまな生物種が存在し、集団内で生殖を行って子孫を残している。生殖にあたっては親から子へと遺伝子が伝えられる。遺伝子の化学的本体はDNAである。真核細胞において、DNAは主に細胞核に存在するが、色素体(葉緑体)やミトコンドリアにも存在する。これらのDNAは体細胞分裂や減数分裂によって生じる娘細胞に分配される。細胞核のDNA上の遺伝子は基本的にメンデルの法則に従って次世代に伝わる。ところが、色素体やミトコンドリア内のDNA上の遺伝子はこれに従わない。たとえば、多くの被子植物の受精過程においては、精細胞由来の色素体にあるDNAは分解され消失する。したがって、色素体遺伝子は母方(卵細胞)だけから伝わることになる。このような遺伝を母性遺伝という。

〔文2〕

被子植物においてよく見られる突然変異に白花や斑入りがある。ある草原で野外観察を行ったところ、シソ科の植物で紫色の花を多数つける1種が一面に広がって集団をなしていた(これらを紫花株と呼ぶ)。さらに調べたところ、集団内の1箇所白い花をつける個体がいくつか見つかった(これらを白花株と呼ぶ)。また別の場所では、葉が全体に緑色である通常の個体のほかに、葉に白い斑がある個体もいくつか見つかった。この集団を継続的に観察した結果、行動範囲の広いハチが花色の区別なく花粉を運ぶこと、この植物は栄養生殖をしないことが明らかとなった。また、白花株の個体数、葉に斑のある株の個体数はともに増加する傾向にあることがわかった。そして、数年後には、白花株は最初に発見された場所から遠く離れた場所でもあちこちで見られるようになった。これに対し、葉に斑のある株は、最初に発見された場所の近くに限って見られた。

実験1 多くの被子植物は他家受粉して種子を形成するが、自家受粉(同一個体内での受粉)が可能なものもある。このシソ科植物の受粉について調べるため、現地で実験を行い、ハチが頻繁に飛来する条件のもとで、種子ができるかどうか調べた。実験と結果は以下のとおりであった。

- (1) つぼみをそのまま開花させて放置したところ、種子ができた。
- (2) 花がつぼみのうちに袋をかぶせ、袋の中で開花させて放置したところ、種子ができなかった。
- (3) 開花直前のつぼみを開き、雄しべから花粉が放出されていないことを確かめたうえで、雄しべだけをとり除いて放置したところ、種子ができた。
- (4) (3)と同様に雄しべをとり除き、その花にすぐに袋をかぶせて放置したところ、種子ができなかった。
- (5) (3)と同様に雄しべをとり除き、その花の雌しべに他の個体からとった花粉を受粉させてから、すぐに袋をかぶせて放置したところ、種子ができた。
- (6) (3)と同様に雄しべをとり除き、その花の雌しべに同じ個体からとった花粉を受粉させてから、すぐに袋をかぶせて放置したところ、種子ができた。

実験2 観察した集団の白花株のうち1個体から種子を採取して持ち帰った。持ち帰った種子をまいたところすべてが発芽し、花を咲かせた。開花した個体には白花株と紫花株があった。

実験3 実験2で得られた白花株と紫花株を1個体ずつ選んで交配したところ、その種子からは再び、白花株と紫花株とが生じた。

[問]

I 文1について。

A 下線部(ア)について。下記の反応経路のうち、色素体(葉緑体)とミトコンドリアに存在するものをそれぞれ、次の(1)～(6)から2つずつ選び、色素体—7, 8, ミトコンドリア—9, 10のように番号で答えよ。

- | | |
|-------------|-----------------|
| (1) 解糖系 | (2) 水素伝達系 |
| (3) アルコール発酵 | (4) 乳酸発酵 |
| (5) クエン酸回路 | (6) カルビン・ベンソン回路 |

B 下線部(イ)について。被子植物に特徴的な受精様式をなんというか。1語で記せ。

II 文2について。

A 実験1について、次の小問に答えよ。

(a) 実験1で花に袋をかぶせているが、これは何のためか。1行で述べよ。

(b) 実験1と矛盾しない推論として、以下の(1)～(6)のうちから適当なものを3つ選び、番号で答えよ。

- (1) 種子を形成できるのは他家受粉の場合に限られる。
- (2) 種子を形成できるのは自家受粉の場合に限られる。
- (3) 自家受粉によって種子を形成できる。
- (4) 受粉しないと種子はできない。
- (5) 種子が形成されるには、雄しべが花についていることが必要である。
- (6) 外部からの助けなしには、同じ花の中の雄しべから雌しべに受粉することはない。

(c) 自家受粉は、植物の生存に不利なことが多いが、場合によっては有利な面もあると考えられる。

- (i) 自家受粉が不利である理由を2行以内で述べよ。
- (ii) 種子を作って繁殖することを考慮し、自家受粉の有利な点を2行以内で述べよ。

B 実験に用いた植物の花色が、一对の対立遺伝子W(白花を発現する遺伝子)とP(紫花を発現する遺伝子)で支配されていると仮定する。なお、対立遺伝子にはAとaのように同じアルファベットを用いることが多いが、ここでは優性・劣性が不明であったためWとPとした。この仮定に基づいて以下の問いに答えよ。

(a) 実験2, 3から、種子を採取した野生の白花株の花色に関する遺伝子座の遺伝子型は、Wが優性の場合とPが優性の場合について、それぞれ1つに特定できる。表2はそれぞれの場合について遺伝子型などをまとめたものである。表2の空欄①~④に遺伝子型を、⑤, ⑥に比を記入せよ。答は①—XX, ⑤—7:8のように記せ。

表2

	実験2で種子を採取した白花株個体の遺伝子型	実験3の交配で用いた白花株個体と紫花株個体の遺伝子型		実験3の交配で得られた白花株と紫花株の遺伝子型		実験3の交配で得られる白花株と紫花株の比(白:紫)
		白花株個体	紫花株個体	白花株	紫花株	
Wが優性の場合	①	②	③	WP	PP	⑤
Pが優性の場合	WW	WW	WP	WW	④	⑥

(b) 実験3で得られた株を用いて交配実験を行い、WとPのどちらが優性を判定したい。交配はどのような組み合わせで行ったらよいか、最も効果的な組み合わせを判定基準とともに2行以内で述べよ。

C 下線部ウ)について。葉に斑が入る性質は、多くの植物で母性遺伝することが知られている。観察された植物において、葉に斑が入る性質が母性遺伝するかどうかを交配実験して調べたい。どのような方法で行ったらよいか、判定基準とともに3行以内で述べよ。

D 下線部(エ)について。葉に斑が入る性質が母性遺伝するとすれば、下線部(エ)の事実は、斑入りの遺伝子とメンデルの法則に従う白花の遺伝子で、広がり方に違いがあることによって説明できる。これについて以下の小問に答えよ。

(a) 移動性のない植物個体は、生殖活動を通じて自分の遺伝子を離れた場所に拡散させる。被子植物は遺伝子を運ぶために何を作っているか。主なものを2つ記せ。

(b) 白花の遺伝子と斑入りの遺伝子の広がり方が違う理由を2行以内で述べよ。