

生 物

医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は 16 ページで、医学部は解答用紙 3 枚・白紙 1 枚、応用生物科学部は解答用紙 5 枚・白紙 3 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
5. 問題は大問で 5 題ある。応用生物科学部の受験生は 5 題すべてに解答すること。医学部の受験生は問題 1 , 2 , 3 に解答すること。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子および白紙は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率 (%) を表示してある。

1 次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点比率 医：34%，応生：20%)

地球上には多種多様な生物が様々な環境に適応して生活している。このような生きものの多様さを生物多様性という。これらの多様性をはぐくむ自然環境から、私たちヒトは、食料や医薬品原料、生活環境、レクリエーションの場など多面的で多くの恩恵を受けている。

しかし一方で、生物多様性を劣化に導いているのもヒトであり、人間活動の影響により自然環境は急速に失われ、多くの野生生物が絶滅し、あるいは絶滅の危機に追いやられている。日本の野生生物の多くは、その本来の生息環境において、開発や乱獲による種または生息地の減少、フイリマングースやミシシippアカミミガメなどの海外から持ち込まれた外来生物による攪乱など、様々な要因によって絶滅の危機に瀕している。ただし、外来生物は、必ずしもすべての種が、持ち込まれた地域に定着するわけではなく、定着したとしても、長期的には個体数が大きく増加したり減少したりする場合もある。

また、地球規模では温暖化も、特に寒冷地に生息する野生生物に対して絶滅リスクを高めていると考えられている。例えば、ホッキョクグマやライチョウなどがその影響を受けているとされ、このように近い将来絶滅のおそれのある生物を ア 種という。日本のライチョウは、高木の生育しなくなるラインである イ よりも上の ウ 帯やその周辺に生息し、その危機にあるとされる。

以上のように、野生生物は様々な要因によって個体数を減少させているが、その減少自体が加速要因となり、さらに個体数の減少を引き起こすことになる。このような悪循環に陥った状況を エ という。

問 1. ア ～ エ に適切な語を入れよ。

問 2. 生物多様性は3つの階層から成り立っている。その3つをすべて記せ。

問 3. 下線部①のような私たちヒトが受ける利益のことを何とよぶか、記せ。

問 4. 下線部②に関して、図1は、ある地域において、在来のアカギツネおよびユキウサギの捕獲数と、1940年以前に海外から持ち込まれて野生化したミンクの捕獲数の変遷を約65年間にわたって示したものである。

なお、図1の捕獲数は生息個体数の増減を反映しているものと考えてよい。それぞれの動物はA、B、Cのいずれかで示されている。なお、1980年代におけるBの減少は、Bに対する感染症の蔓延によるものである。

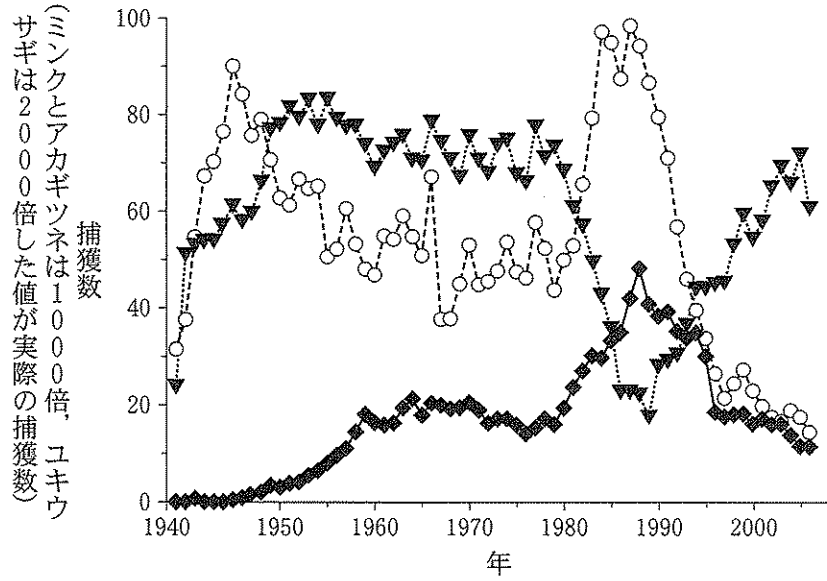


図1 ある地域の在来生物2種と外来生物1種の捕獲数の変遷

A: ◆—◆, B: ▼-----▼, C: ○---○

(西川 潮・宮下 直 編著「外来生物—生物多様性と人間社会への影響—」, 裳華房, 2011年)

- (1) A, B, Cに該当する動物種名を記せ。
- (2) 1990年代の3種の生息個体数の大きな変化について、以下の語をすべて用いて80字以内で記せ。

(食物資源, 回復, 減少, 被食者)

下書き用(80字)

5					10					15					20				

問5. 下線部③に関して、図2は日本の南アルプスにおいて、年平均気温が1℃上昇すると一定標高ずつライチョウの生息域が減少し、なわばりが消滅するという仮説を立てた場合、なわばり数がどのように変化するかをシミュレーションしたものである。今後、現状のまま進行的な場合、南アルプスのライチョウ個体群は、次の文章のように推移すると予想される。文章中の オ ~ ク に、適切な語または数字を入れよ。なお、ライチョウのなわばりは、繁殖期に雄と雌が1羽ずつペアになって形成される。

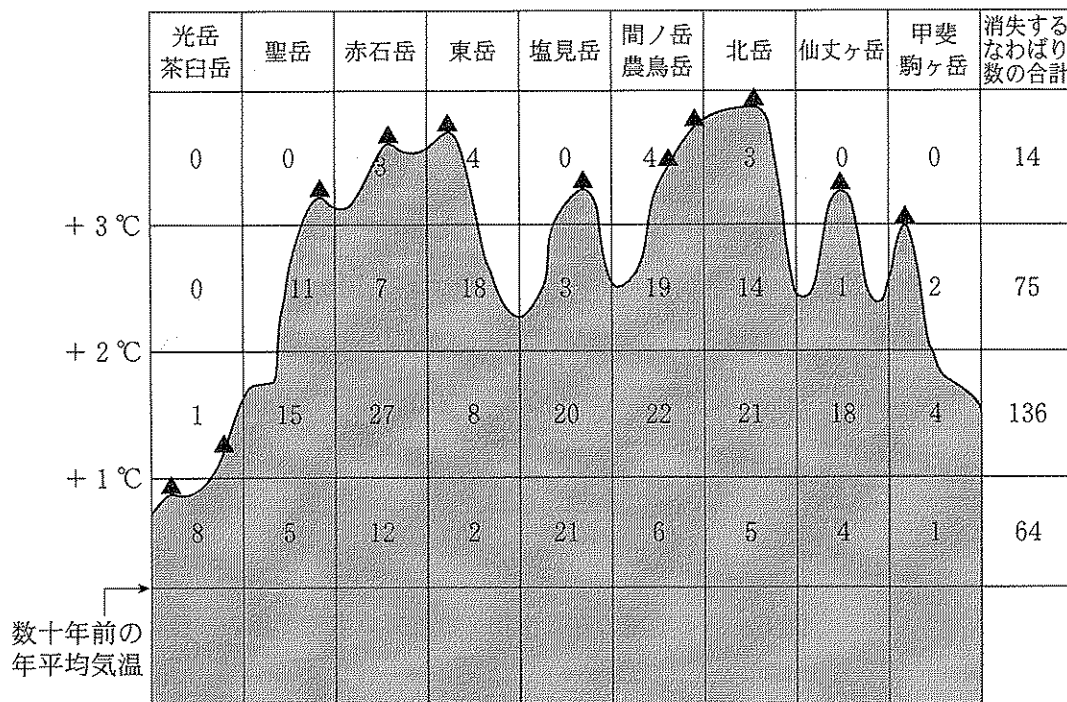


図2 数十年前の年平均気温から1℃上昇することに消滅すると予測される南アルプスの各山岳におけるライチョウのなわばり数

▲はそれぞれの山岳の山頂，それを結ぶ線は稜線を示す。各温度の横線はなわばりを形成できる下限ライン(標高)を示す。方眼の中の数字は，各山岳のその標高におけるなわばり数を示し，温度が上昇することによって消失すると予測されるなわばり数でもある。最右列はその合計数を示す。

(山岸 哲 編著「日本の希少鳥類を守る」，京都大学学術出版会，2009年を一部改変)

年平均気温が数十年前と比べて ℃上昇すると，約70%のライチョウがなわばりを形成できなくなり，繁殖数が減少する。個体数が減ると，近親交配の可能性が高まり，近親交配の結果，体サイズ，生存力，繁殖能力などが低下し，すなわち を招く。個体数が多すぎると 効果によって資源をめぐる競争が激しくなるが，このライチョウのように，個体数が少なすぎる場合には， 効果が失われ，配偶相手を見つけにくくなったり，天敵からの防衛力が個体群として低下したりするため，生存にとってさらに不利な状況となる。

問 6. 次の文章(a)~(e)のうち、適切なものを2つ選び、記号で記せ。

- (a) いったん絶滅へ加速し始めた生物は、個体数が少ないため管理しやすく、回復させるのが容易になる。
- (b) 生息地が分断化された個体群(総数)のほうが、分断化されていない同数の個体群よりも絶滅する可能性が高い。
- (c) 近親交配は、有害遺伝子がヘテロ化する可能性が高まるため避けるべきである。
- (d) 日本のライチョウ生息地に、海外に生息するライチョウの近縁種を放鳥することで、日本のライチョウの保全につなげることができる。
- (e) 日本の里山など、人間の管理による定期的な攪乱^{かくらん}によって、生物多様性が高く維持されている場合もある。

2 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 医：33%，応生：20%)

ミツバチは、集団をつくり役割分業によってその集団を維持する社会性昆虫^①の一種である。卵を産むのは女王のみであり、女王の娘であるワーカー(働きバチ)は、次世代の女王、ワーカーとなる妹、次世代の雄となる弟を助けるという利他行動をとる。ミツバチにみられる利他行動の進化は、特殊な性決定のしくみと遺伝子の共有率(血縁度)という概念を用いて説明できる。

一般の脊椎動物では減数分裂^②によって核相が単相(n)の配偶子(卵と精子)をつくり、これらが受精して核相が複相($2n$)の新たな個体となる。配偶子をつくる時には、2本の相同染色体のうち1本を配偶子に分配するので、一方の親がもっているある遺伝子を子に渡す確率は $1/2$ 、すなわち親からみた子の血縁度は $1/2 = 0.5$ になる。逆に、子からみた場合には、子をもつ2本の相同染色体のうち1本は母に、もう1本は父に由来するので、父母との血縁度はどちらも 0.5 である。では、兄弟姉妹間の血縁度はどうなるだろうか。同じ両親から産まれたある子をもつ2本の相同染色体のうち、片方に乗っているある遺伝子Gは、母からもらったか、父からもらったかで、どちらも確率は $1/2$ である。母からもらった場合、母がその遺伝子Gを他の子(兄弟姉妹)に渡している確率はやはり $1/2$ なので、ある子もっている遺伝子Gが母親経由で他の兄弟姉妹にも共有される確率は $1/2 \times 1/2 = 1/4$ となる。同様に父親経由で渡された遺伝子を兄弟姉妹と共有する確率も $1/4$ となるので、この2つを足すと $1/2 = 0.5$ となる。つまり、兄弟姉妹間の血縁度も親子間と同じ 0.5 である。

性を決めるしくみは動物種ごとに様々であるが、ミツバチの性決定のしくみは一般的な動物のものとは異なる。交尾を終えた女王が精子を使って受精させた卵を産むと、その卵はふ化・成長して雌(ワーカーや次世代の女王)になるが、受精させずに未受精卵を産むとその卵は発生し、成長して次世代の雄になる。つまり雄は染色体を1セットしかもたない半数体である。このため雄は特殊な精子形成を行い、自身とまったく同じ遺伝子セットをもった精子をつくる(図1)。このような性決定システムの下では、父親のもつ遺伝子のすべてが次世代に伝わるため、前述のような血縁度の関係とは異なる関係が成り立つ。

一般に、生物は自らの子を数多く残す個体ほど適応的であると考えられている。個体が自分の子をどれだけ残せたかを表す指標として適応度という尺度がある。生物学者のハミルトンは、どの個体も自分の子孫を残そうとしているのではなく、自分のもっているものと同じ遺伝子を増やそうとしていると考えた。^③

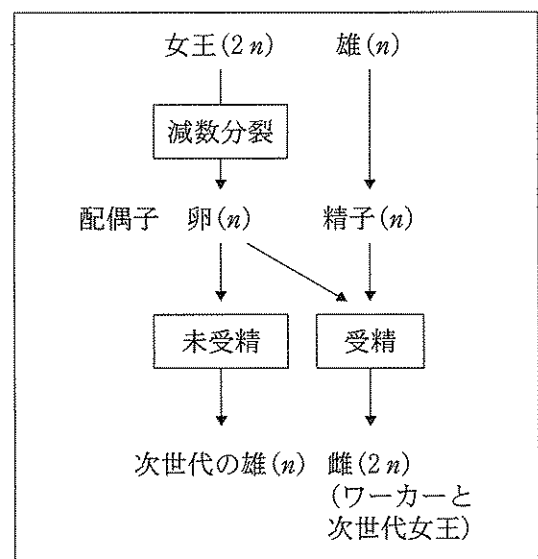


図1 ミツバチにおける配偶子形成・受精・性決定のしくみ

問 1. 下線部①としてミツバチ以外に社会性の存在が確認されている種を含む昆虫を次の(a)~(j)の中から3つ選び、記号で記せ。

- (a) テントウムシ (b) バッタ (c) シロアリ (d) コオロギ
 (e) セミ (f) ダンゴムシ (g) アリ (h) カメムシ
 (i) ショウジョウバエ (j) アシナガバチ

問 2. 下線部②について説明した以下の文中の ア ~ ケ に適切な語または数字を入れよ。

減数分裂では ア 回の DNA の複製により DNA が相対量 4 となった核相 $2n$ の母細胞が連続した 2 回の細胞分裂を起こす。第 1 分裂が終わった時点での核相は イ であり、DNA の相対量は ウ である。2 回目の分裂により DNA の相対量が エ の娘細胞が オ 個形成される。第 カ 分裂の前期には相同染色体どうしが平行にならんで キ し、ク を形成する。この間に相同染色体の一部が ケ を起こすことで、配偶子間での遺伝的な差が生じる。

問 3. 下線部③について、この説を何とよぶか、記せ。

問 4. ミツバチの同一巣内における以下の場合の血縁度を整数または小数で記せ。ただし、女王は自身とは血縁関係のない 1 個体の雄とのみ交尾をすると仮定する。割り切れない場合には、小数点以下第 3 位を四捨五入して小数点以下第 2 位まで記せ。

- (1) 女王からみた娘(ワーカーや次世代の女王)
- (2) ワーカーからみた妹(ワーカーや次世代の女王)
- (3) ワーカーからみた弟(次世代の雄)
- (4) 女王と交尾をした雄からみた次世代の雄

問 5. ミツバチで利他行動が進化した理由を下線部③の立場から 80 字以内で記せ。ただし、数値を示す際には数字や小数点はそれぞれを 1 文字として扱うこと。

下書き用 (80 字)

				5						10					15					20

3 次の文章を読み、問 1 ～ 4 に答えよ。(配点比率 医：33%，応生：20%)

真核細胞内には細胞小器官とよばれる様々な構造体がみられ、これらはそれぞれ独自の働きをもっている。核は、通常、細胞に1個みられる球形の構造物で、核には遺伝子の本体であるDNAが含まれている。アは核の最外層に存在し、細胞膜、ミトコンドリアや葉緑体などを構成する膜とともにイと総称される。ミトコンドリアは、有機物の持つエネルギーを取り出すウのおもな場であり、外膜と内膜からなる球状または棒状の細胞小器官である。内膜にはエと呼ばれる複雑に入り組んだひだ状の構造が認められ、その内膜に囲まれた部分はオと呼ばれ、ウにかかわる多くの酵素が存在する。小胞体は細胞質基質中に広がる袋状の構造物で、物質の通路として働く。表面にリボソームが付着したものを粗面小胞体、リボソームが付着していないものをカという。ゴルジ体は、小胞体と同様に一重のイからできている。通常、数層に重なる扁平な袋状構造と、その周りに散在する球状の小胞からなる。粗面小胞体に取り込まれたタンパク質や、カで合成された脂質を、小胞を介して受け取り、それらを再び小胞に包んだり、小胞の膜に組み込んだりして細胞質基質へ送り出す。一部の小胞は細胞膜と融合して内容物が細胞外へと分泌される。このようにして、ゴルジ体は細胞内外への物質の輸送を調節する。活発に分泌活動を行う動物細胞ではゴルジ体がとくに発達する。リソソームは、各種のキを含み、細胞内に取り込んだものや不要になった細胞小器官などを分解する働きを持つ。

細胞内部は細胞質基質で満たされ、細胞の形や細胞内の細胞小器官はタンパク質でできた繊維状の構造物で支えられている。この構造物をクといい、ケ、コおよび微小管の3つに分けられる。ケはおもに細胞や核の形を保つ役割を担い、さらにコは筋収縮やアメーバ運動にかかわる。微小管は細胞分裂にも関与する。

問 1. ア ～ コ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して、これらの細胞小器官は、微生物が別の細胞に取り込まれてできたと考えられている。

- (1) このような考え方を何とよぶか、記せ。
- (2) 上記の(1)の考え方の根拠となる細胞小器官の特徴を 50 字以内で記せ。

下書き用 (50字)

5	10	15	20																		

4 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 応生：20%)

消化管はあらゆる動物に必要な食物摂取および消化や吸収の機能を担っている。発生において、受精卵から成体になるまで、器官や組織に特異的な三次元構造の構築や機能的な分化が次々と起きてくることが知られている。

ニワトリの消化管の発生を例にあげると、6日胚の消化管の断面には、食物が通る内腔に面する上皮や間充織がみられる(図1)。また、6日胚の消化管の全体像をみると、食道、前胃、砂のう、小腸、大腸などの領域にわかれている(図2)。しかし、上皮に腺形成や消化酵素分泌などの特徴はまだみられない。

ニワトリの胃は、前胃と砂のうの2つの領域からなる(図2)。前胃では、6日胚を過ぎたころから、上皮は間充織内に陥入し、前胃腺を形成する。前胃腺は消化酵素ペプシンの前駆体であるペプシノーゲンを分泌する。一方、砂のうは消化酵素を分泌する腺をもたないが、筋組織を発達させ、機械的消化を担う。また、ニワトリの小腸では、6日胚を過ぎたころから、上皮はじゅう毛を形成し、消化酵素スクラーゼを分泌する。

消化管の各領域の形成に重要な上皮と間充織との相互作用を知るために、以下の実験を行った。

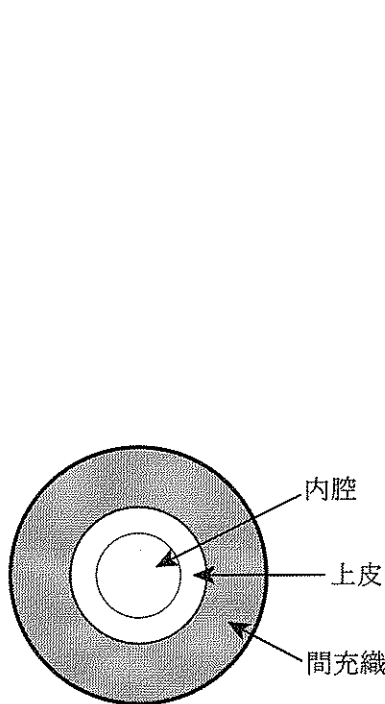


図1 ニワトリの6日胚の消化管の断面の模式図

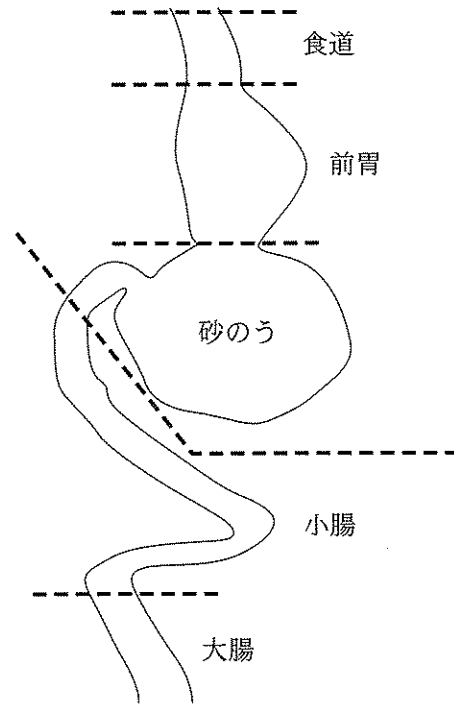


図2 ニワトリの6日胚の消化管の模式図

[実験1] 6日胚の前胃、砂のう、小腸の一部をそれぞれ切り出し、上皮と間充織を各々の組織の混入がないように分けた。前胃、砂のう、小腸由来の上皮と間充織を、図3のようにそれぞれ再結合し、器官培養した。9日間培養したのち、再結合した検体を回収し、顕微鏡下の形態とペプシノーゲンやスクラーゼの分泌の有無を調べた。その結果、前胃由来の上皮と間充織の再結合組織では腺形成があり、ペプシノーゲンの分泌がみられた。砂のう由来の上皮と間充織の再結合組織では、腺形成とペプシノーゲンの分泌いずれもみられなかった。小腸由来の上皮と間充織の再結合組織では、じゅう毛の形成があり、スクラーゼの分泌がみられた(図3)。

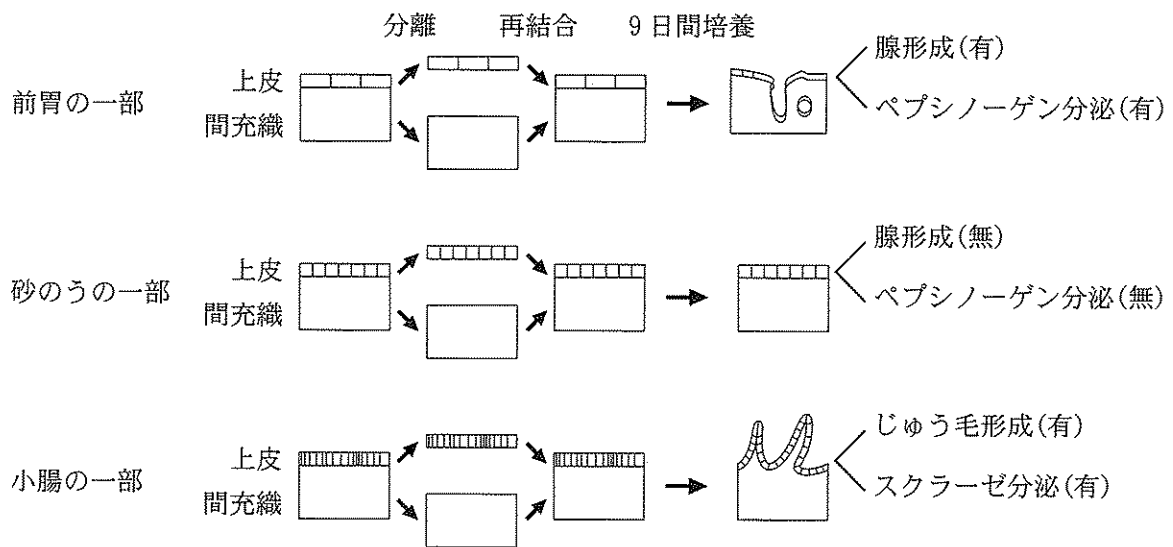


図3 6日胚を用いた上皮と間充織の再結合実験の模式図と結果の一部

続いて、(A)前胃と砂のう、(B)前胃と小腸の組み合わせで、上皮と間充織をそれぞれ再結合し、器官培養した。9日間培養したのち、再結合した検体を回収し、顕微鏡下の形態とペプシノーゲンやスクラーゼ分泌の有無を調べた。その結果を表1に示した。

表1 6日胚を用いた上皮と間充織の再結合実験の結果

(A)

腺形成あるいはペプシノーゲン分泌の有無

		上皮	
		前胃由来	砂のう由来
間充織	前胃由来	腺形成(有) ペプシノーゲン分泌(有)	腺形成(有) ペプシノーゲン分泌(有)
	砂のう由来	腺形成(無) ペプシノーゲン分泌(無)	腺形成(無) ペプシノーゲン分泌(無)

(B)

腺あるいはじゅう毛形成の有無

		上皮	
		前胃由来	小腸由来
間充織	前胃由来	腺形成(有) じゅう毛形成(無)	腺形成(無) じゅう毛形成(有)
	小腸由来	腺形成(有) じゅう毛形成(無)	腺形成(無) じゅう毛形成(有)

ペプシノーゲンあるいはスクラーゼ分泌の有無

		上皮	
		前胃由来	小腸由来
間充織	前胃由来	ペプシノーゲン分泌(有) スクラーゼ分泌(無)	ペプシノーゲン分泌(無) スクラーゼ分泌(有)
	小腸由来	ペプシノーゲン分泌(有) スクラーゼ分泌(無)	ペプシノーゲン分泌(無) スクラーゼ分泌(有)

[実験 2] 6 日胚の前胃と砂のう、13 日胚の砂のうを取り出し、それぞれ上皮と間充織を各々の組織の混入がないように分けた。6 日胚の前胃由来の上皮と 6 日胚あるいは 13 日胚の砂のう由来の間充織との組み合わせで、再結合し、器官培養した。9 日間培養したのち、再結合した検体を回収し、顕微鏡下の形態とペプシノーゲン分泌の有無を調べた。その結果を表 2 に示した。

表 2 6 日胚と 13 日胚を用いた上皮と間充織の再結合実験の結果

		上皮
		6 日胚の前胃由来
間充織	6 日胚の砂のう由来	腺形成(無) ペプシノーゲン分泌(無)
	13 日胚の砂のう由来	腺形成(有) ペプシノーゲン分泌(有)

問 1. 下線部①の現象を何とよぶか、記せ。

問 2. 下線部②に関して、消化管(食道から大腸まで)の上皮は、何胚葉由来か、記せ。

問 3. 実験 1 の(A)の結果(表 1)から読みとれることを、次の(a)~(d)の中からすべて選び、記号で記せ。

- (a) 腺形成やペプシノーゲンの分泌といった分化は、上皮および間充織、どちらにも誘導されていない。
- (b) 接触している間充織の誘導により、上皮の腺形成やペプシノーゲンの分泌といった分化が起きる。
- (c) 砂のう由来上皮は、腺形成やペプシノーゲン分泌の有無などの分化の方向が決定されていない。
- (d) 上皮と間充織は、互いに上皮の腺形成やペプシノーゲンの分泌といった分化を抑制しあっている。

問 4. 実験 1 の(B)の結果(表 1)から読みとれることを、次の(a)~(d)の中からすべて選び、記号で記せ。

- (a) 接触していない間充織の誘導により、上皮の腺形成やペプシノーゲンあるいはスクラーゼの分泌といった分化が起きる。
- (b) 小腸由来の上皮は、じゅう毛形成やスクラーゼの分泌といった分化の方向があらかじめ決定されている。
- (c) 上皮と間充織は、互いに上皮の腺形成やペプシノーゲンあるいはスクラーゼの分泌といった分化を誘導しあっている。
- (d) 前胃由来の上皮は、小腸由来の間充織によって、じゅう毛形成やスクラーゼの分泌といった分化が誘導されない。

問 5. 実験 2 の結果(表 2)に関して、なぜ前胃由来の上皮の分化に違いが生じたのか、考えられる理由を、80 字以内で記せ。

下書き用 (80 字)

5

次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 応生：20%)

オーキシンは植物ホルモンとして最初に発見された成長ホルモンであり、植物細胞の拡大成長機構に関する初期の生理学的研究のほとんどはオーキシンに着目して行われてきた。次の実験1～5は、オーキシンが発見されるまでの1880年～1928年にかけての研究を年代順に記したものである。

[実験1] クサヨシの幼葉鞘は光の方向に屈曲するが、先端部がないものでは光を当てても屈曲しない。先端部を切り取ると成長が止まるが、先端部を戻すと成長が再開する。先端部を不透明なキャップで覆うと、光を当てても屈曲しない。先端部以外を砂に埋め、先端部だけに横から光を当てると屈曲する(図1)。

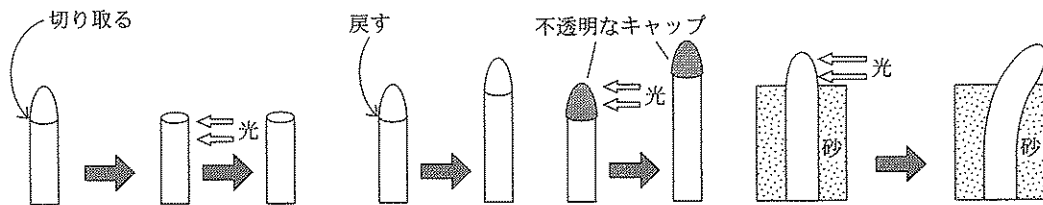


図1 ダーウィンの実験

[実験2] マカラスムギ幼葉鞘の先端部を切り、切り口にゼラチン板をはさんで先端部に光を当てると光の方向に屈曲する(図2)。

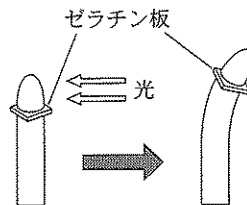


図2 ボイセン・イエンセンの実験(その1)

[実験3] マカラスムギ幼葉鞘先端の片側に雲母片を差し込み暗所に置くと屈曲するが、反対側から光を当てると屈曲しない。先端部に雲母片を差し込み、雲母片と直角に光を当てると屈曲しないが、平行に光をあてると屈曲する(図3)。

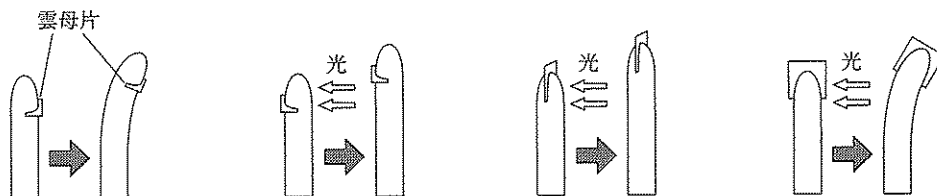


図3 ボイセン・イエンセンの実験(その2)

[実験4] 暗黒下でマカラスムギの先端部を切り、ずらして置くと、光をあてなくても屈曲する(図4)。

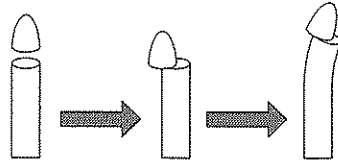


図4 パールの実験

[実験5] 暗黒下でマカラスムギの切り取った先端部を寒天片の上にのせる。その寒天片を切り口にのせると成長が再開される。寒天片を切り口にずらしてのせると、屈曲する(図5)。

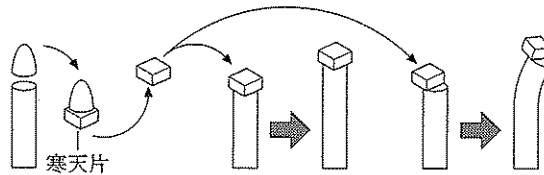


図5 ウェントの実験

問1. 実験1～5からそれぞれ得られる結論として最も適切なものを次の(a)～(e)の中から1つずつ選び、記号を記せ。

- (a) 先端部で受け取られた光刺激は、成長を促進する化学物質が光の当たらない側を基部方向へ移動することによって伝えられる。
- (b) 先端で作られる成長促進刺激は化学物質で伝えられ、その物質の不均一な分布によって屈曲が起こる。
- (c) 先端部からの屈曲指令は水を通ず物質を通過して下部へ伝えられる。
- (d) 幼葉鞘は先端部で光を受容し、先端部のやや下方で光の方向への屈曲がおこる。先端部から屈曲部位まで何らかの形で情報が伝達される。
- (e) 幼葉鞘先端部でつくられ屈曲を引き起こす化学物質は、成長を促進する水溶性物質である。

問2. ウェントは実験5の結果から植物の成長を促進する物質をオーキシンと名付けた。その後、最初に発見された天然オーキシンの化学物質名を記せ。

問 3. 植物ホルモンの働きについて説明した次の文中の **ア** ~ **キ** に適切な語を入れよ。

オーキシンやサイトカイニンとは植物の形態形成に重要な役割を果たしている。オーキシンとサイトカイニンを添加した培地で植物の細胞を培養した場合、オーキシンのサイトカイニンに対する濃度比が高いと **ア** が生じ、濃度比が低いと **イ** が生じる。

植物細胞の成長は、吸水による細胞体積の増加によって起こる。若い細胞の細胞壁は繊維の発達が不十分で、形成される繊維の方向は、植物ホルモンの関わりによって決まる。**ウ** やブラシノステロイドは横方向の繊維の形成を促進し、**エ** やサイトカイニンは縦方向の繊維の形成を促進する。オーキシンは細胞壁の主成分である **オ** 繊維どうしのつながりを緩め、その結果、細胞壁はやわらかくなり、細胞は吸水して成長する。吸水の結果、横方向の繊維が多い細胞は **カ** 方向、縦方向の繊維が多い細胞は **キ** 方向に成長する。

問 4. 多くの植物では頂芽が成長しているとき、下部にある側芽の成長が抑制され、これを頂芽優勢という。図 6 にあるように茎頂部を切除したのち、切断面にオーキシンを与えると側芽は成長しない。また茎頂部を切除せずに側芽にサイトカイニンを与えると側芽は成長する。この実験から頂芽優勢はオーキシンがサイトカイニンにどのように働きかけておこる現象と考えられるか。40 字以内で記せ。

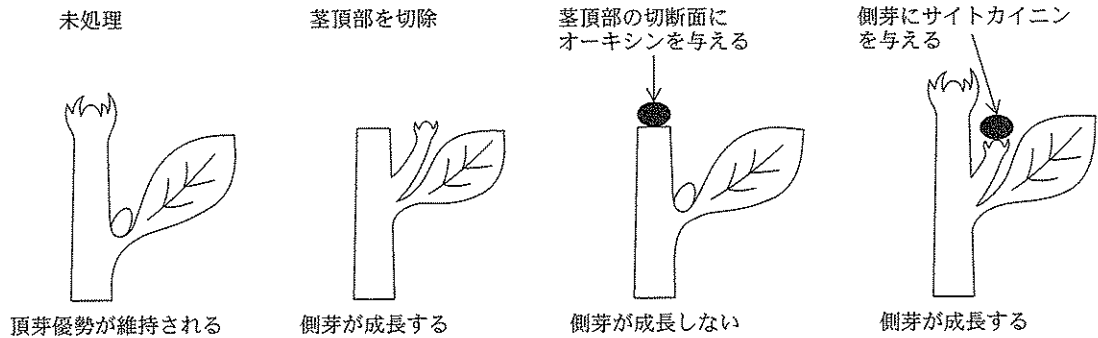


図 6 頂芽優勢におけるオーキシンとサイトカイニンの機能

下書き用 (40 字)

5					10					15					20				