

生物問題 I

次の文章(A), (B)を読み, 問 1 ~ 問 7 に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 被子植物の花芽形成において光周性を示す例が多く知られている。その反応様式は, 植物によって異なり, 多様である。光周性の花成刺激を担う因子として花成ホルモン(フロリゲン)が知られている。花成ホルモンは日長条件に応じて で合成され, 茎の を通って茎頂分裂組織に伝えられる。

ある短日植物の花芽形成に関する光周性のしくみを調べるため, 以下の実験 1 ~ 実験 4 を行った。

実験 1 : 植物に短日処理を施すと茎頂部で花芽形成を起こしたが, 短日処理の暗期中に短い光照射を加えた光処理(光処理 X)を施すと花芽形成は見られなかった(図 1)。

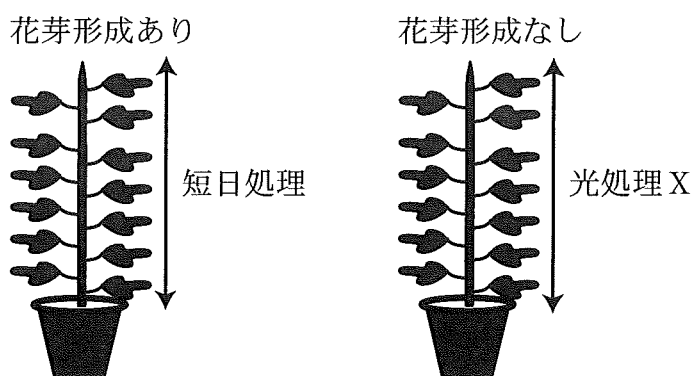


図 1

実験 2：植物の上部(茎頂に近い部分)の葉を除去したあと、短日処理を植物全体に施すと茎頂部で花芽形成を起こしたが、同様の植物に光処理 X を施すと花芽形成は見られなかった(図 2)。

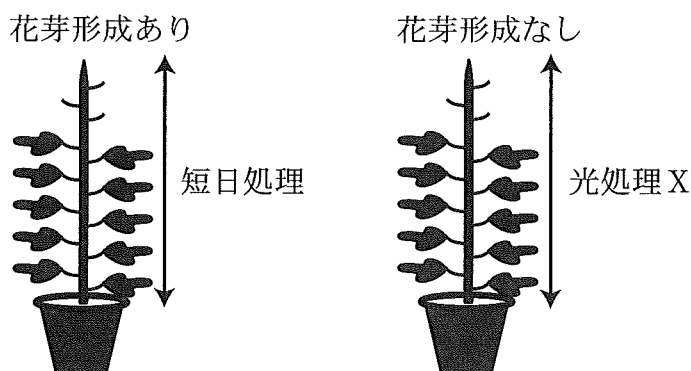


図 2

実験 3：植物の上部(実験 2 と同程度)の葉を除去したあと、葉のない上部には光処理 X を施し、葉のある下部には短日処理を施した結果、茎頂部で花芽形成を起こした(図 3)。

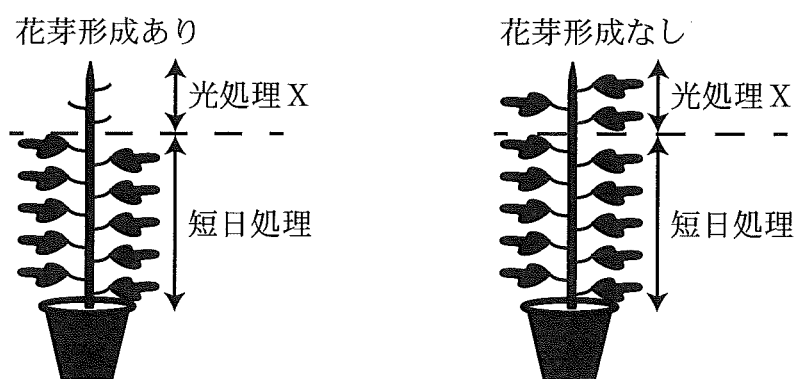


図 3

図 4

栽培植物では、同じ植物種でもさまざまな花芽形成時期を示す品種がみられ、栽培される地域の生育環境に適した花成時期の品種が選ばれている。それらの品種の成立に、光周性に関与する遺伝子に生じた突然変異が重要な要因となった例が知られている。

問 1 文中の **ア** , **イ** に当てはまる適切な語句を解答欄に記せ。ただし, **ア** は器官名を, **イ** は組織名を記せ。

問 2 下線部①の現象を起こす光処理は「光中断」と呼ばれる。「光中断」ではたらく光受容体は何か, 適切な語句を解答欄に記せ。

問 3 実験 4 の植物で, 光処理 X はどのように花芽形成を調節したと考えられるか。実験 1 ~ 実験 3 も参考にして, 解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

問 4 「突然変異」に関連して, 以下の(1), (2)の問いに答えよ。

(1) ある遺伝子のタンパク質を指定(コード)する部分の内部に起こった 1 ヌクレオチド欠失変異により, その遺伝子に指定されるタンパク質の複数のアミノ酸が変化した。その理由を解答欄の枠の範囲内で述べよ。

(2) ある遺伝子のタンパク質を指定する部分の内部に 1 塩基置換変異が生じたが, その遺伝子に指定されるタンパク質のアミノ酸配列は変化しなかった。その理由を解答欄の枠の範囲内で述べよ。

この問題は, 39 ページに続いている。

(B) 動物は、経験によって行動が変化し、それが長く続く。この行動の変化を獲得することを **ウ** という。**ウ** には試行錯誤や刷り込みが知られている。神経系において情報を伝える処理をするのは神経細胞である。神経細胞は細胞体から多くの場合1本の軸索と複数の **エ** を持つ。軸索は、他の細胞とごく狭い隙間を介して接続しており、接続部はシナプスといい、シナプスで情報が伝わることを **オ** という。軸索上で情報を運ぶのは、**カ** であるが、神経細胞間で情報を運ぶのは神経伝達物質と呼ばれる化学物質である。

記憶の定着は、繰り返しの復習により向上する。これは特定の神経回路を構成する神経細胞の間での情報の受け渡し効率が高まるためと^②考えられる。軟体動物のアメフラシは、水管に接触刺激を与えるとえらを引っ込める筋肉運動を示す。水管を触る接触刺激を繰り返すとえらを引っ込めなくなる。このような、ある刺激に対する応答が衰える現象は **ウ** の1つで **キ** といい、えらを引っ込める運動神経と感覚神経との間のシナプスで、感覚神経から放出される神経伝達物質の量が減少し、シナプスでの情報の受け渡し効率(シナプス強度)が低下するために起こる。神経系における記憶の多くがシナプス強度を変化させること^③によって実現している。

問 5 文中の **ウ** ~ **キ** に当てはまる適切な語句を解答欄に記せ。

問 6 下線部②の要因として、神経伝達物質を受け取る側の膜でおこる変化を1つあげ、解答欄の枠の範囲内で記入せよ。

問 7 下線部③に関連して、以下の実験 5 を行った。

実験 5：ネズミの脳より海馬を単離し、組織切片を作成した。軸索近傍に置いた電極で軸索へ電気刺激を与え、刺激に対するシナプスでの反応を細胞外の記録用電極を使って測定した。この測定法を使って神経細胞間のシナプス強度の変化に関する実験を行った(図 5)。切片を物質 A で 30 分間処理すると、海馬内の神経回路でシナプス強度が増加し、それが持続する現象が観察された(対照実験群)。このシナプス強度の増加は、タンパク質への翻訳を阻害する薬剤 B の処理を行う実験群では観察されなかった(薬剤 B 処理群)。また、シナプスを細胞体から物理的に切り離れた切片でも物質 A で 30 分間処理するとシナプス強度の増加と維持が観察された(細胞体-シナプス切断群)。

この一連の実験にもとづき、物質 A によるシナプス強度の増加・維持のしくみについて、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。なお、薬剤 B 処理は、細胞の生存、形態への影響はなく、切断行為はシナプス強度への影響はないものとする。

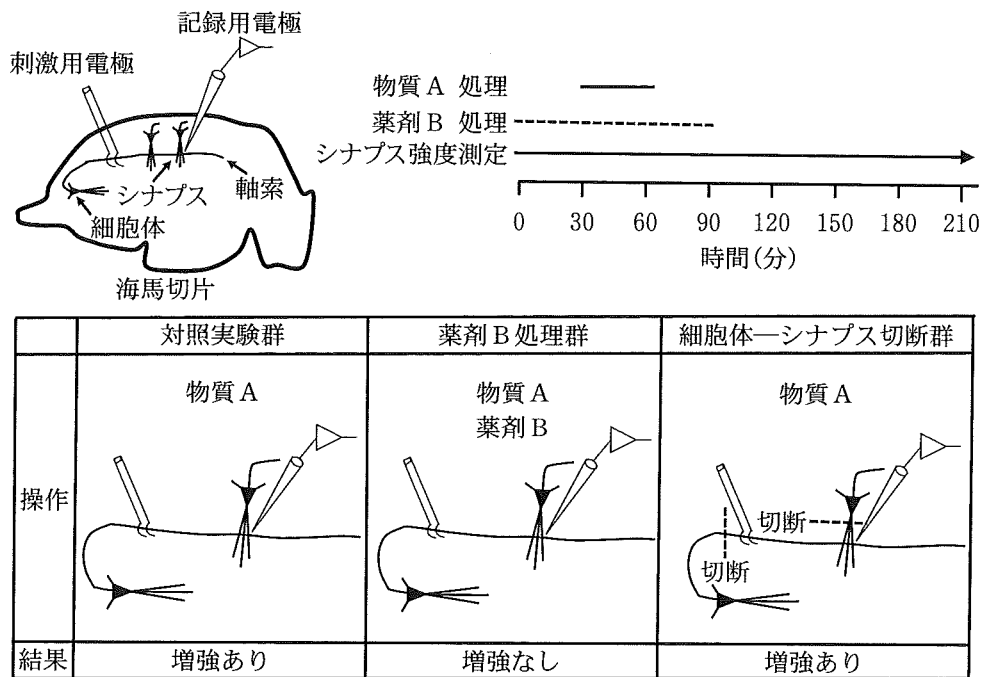


図 5

生物問題 II

次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

多くの動物では、精子や卵のもとになる細胞は始原生殖細胞と呼ばれ、マウスにおいては受精後 6.5 日という比較的早い時期に約 8 個の細胞として出現し、受精後 10.5 日までに約 1000 個にまで増殖する。^① 増殖した始原生殖細胞は雄では後に精巣に分化する器官に、雌では後に卵巣に分化する器官に移動し、それぞれ **ア** と **イ** になり、受精後 13.5 日までに 25000 個ほどになって分裂を停止する。精巣内の **ア** は G₁ 期で細胞周期を停止する。卵巣内の **イ** は細胞周期の G₂ 期を終えた後減数分裂を開始するが、これらの細胞は第一分裂前期まで進み、減数分裂を停止する。精巣内の **ア** は、個体が成熟すると分裂を再開し、その一部が **ウ** となり減数分裂第一分裂に入る。第一分裂終了後には **エ** が形成され、次の第二分裂後には 4 つの **オ** が作られる。雌では個体の成熟に伴い一部の細胞が減数分裂を再開し、最終的には排卵されて受精に至る。マウスでは受精後 4～5 日目に子宮に達した胚は、内部の細胞塊とそれを包む外部の細胞層とに分かれており、^②胚盤胞と呼ばれる。^③近年では、マウス受精卵における遺伝子発現に関する研究は格段の進歩を遂げており、^④発生に関わる新たな事象が明らかになってきている。

問 1 文中の **ア** ～ **オ** に当てはまる適切な語句を解答欄に記せ。

問 2 下線部①に関連して、この間に 8 個の細胞が 1024 個にまで増殖したとすると、この時期の始原生殖細胞の細胞周期は何時間かを四捨五入して整数で答えよ。ただし、各分裂における細胞周期の長さは等しいとする。

問 3 下線部②に関連して、雌の減数分裂の再開から終了までの過程を、「極体」という用語を用いて、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

問 4 下線部③に関連して、内部の細胞塊は将来胎仔になるが、外部の細胞層が将来形成する構造を何と呼ぶか、その名称を解答欄に記せ。

下線部④に関連して、下記のような実験を行った。

実験：ある遺伝子 A のプロモーター領域の下流に緑色蛍光を発するタンパク質 GFP を指定(コード)する遺伝子を接続した組換え DNA を構築し、この遺伝子をマウス受精卵に導入して遺伝子組換えマウスを作製した。この遺伝子組換え個体の雄と組換え遺伝子を持たない雌を交配させて、雌雄の遺伝子組換え個体(F₁世代)を得た。次に、F₁世代の遺伝子組換え個体の雌の卵と組換え遺伝子を持たない雄の精子を用いて体外受精を行った後、受精卵を胚盤胞期まで培養した。胚盤胞期に達した胚の一部の細胞を取り出して組換え遺伝子の有無を調べた結果、約半数の胚が組換え遺伝子を持っていたが、胚盤胞期に達した胚を蛍光顕微鏡下で観察すると、すべての胚で GFP の緑色蛍光が観察された。^⑤

問 5 下線部⑤に関連して、以下の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 約半数の胚が組換え遺伝子を持っていたことについて、配偶子の形成過程で考えられる理由を解答欄の枠の範囲内で述べよ。
- (2) 約半数の胚しか組換え遺伝子を持っていなかったにもかかわらず、すべての胚で GFP の緑色蛍光が観察された理由について解答欄の枠の範囲内で述べよ。

生物問題 III

次の文章(A)、(B)を読み、問1～問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 時間とともに進化し、新たな形質を獲得してきた生物種の系統関係を、枝分かれした樹形図で表したものが系統樹である。生物種の特徴を詳しく比較して、共通した特徴をもつものをまとめることで、系統樹を作成することができる。このような生物間の系統関係に基づいた生物の分類を系統分類という。また、人間の役に立つように便宜的な方法で整理した分類を人為分類という。

ある地域に点在する湖には、近縁でありながら様々な形態を持った淡水魚が多数種生息していることが知られていたが、これらの種について外部形態から系統分類を行うのは困難であった。例えば、図1に示したように、岩の間にすむ水生昆虫を食べる種1と種2や、沖合の魚類を食べる種3と種4は、それぞれ類似した口の形態を示すが、これらの類似性が系統関係を反映したものかどうか、外部形態のみからは明らかにできなかった。この困難を解決したのがDNA塩基配列情報を用いた解析である。この地域の湖および川に生息し、雑食性で、祖先的と考えられる口の形態を持つ魚(種5、種6、種7)を解析対象種に加えて、DNA塩基配列情報を用いた解析を行った結果、図2に示される系統関係が明らかになった。

問1 下線部①について、下記の植物群のうち、系統分類によるものはどれか。該当するものをすべて選び、記号で解答欄に記せ。

- (a) 被子植物 (b) 草本植物 (c) 薬用植物 (d) 単子葉植物
- (e) 水生植物 (f) 食虫植物 (g) 穀類 (h) イネ科
- (i) サクラ属

問2 下線部②について、系統関係の推定においてDNA塩基配列を比較することが外部形態の比較よりも優れている点を2つあげ、解答欄の枠の範囲内で述べよ。

問 3 図 1 と図 2 の情報をもとに、種 3 と種 4 の形態の類似性はどのように生じたと考えられるか。種 5 と種 6 の形態の類似性と対比させ、「祖先の形態」という語を用いて、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。








食性 \ 生息地	湖 A	湖 B
岩の間にすむ水生 昆虫を食べる	種 1 	種 2 
沖合の魚類を 食べる	種 3 	種 4 
雑食性	種 5 	種 6 
食性 \ 生息地	川	
雑食性	種 7 	

図 1

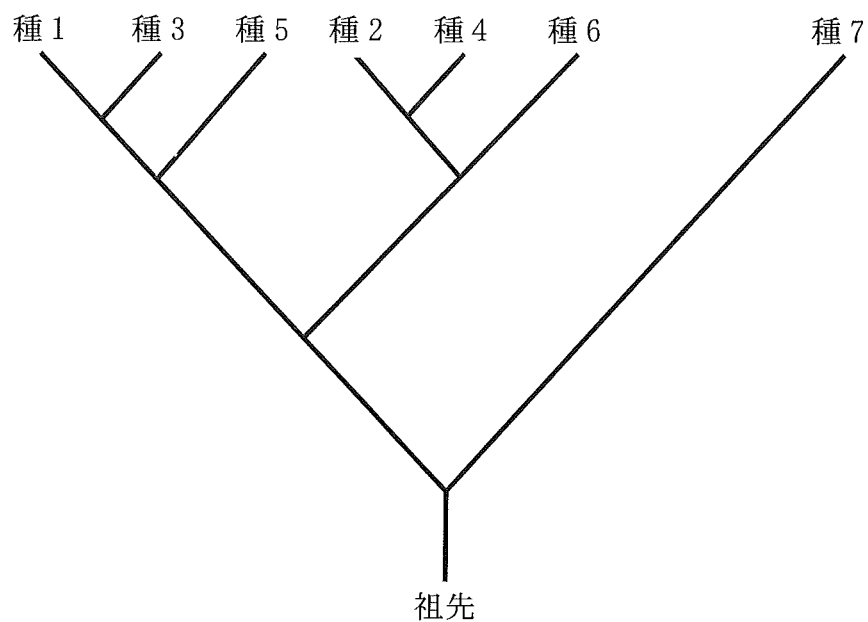


図 2

(B) 異なった対立遺伝子をそれぞれホモ接合でもつ両親(遺伝子型 A_1A_1 と A_2A_2)間の子のヘテロ接合体(遺伝子型 A_1A_2)が、両親のどちらかと同じ形質を示す遺伝様式を優性、中間の形質を示す遺伝様式を不完全優性、そして両親の両方の形質を示す遺伝様式を共優性という。タンパク質のアミノ酸配列や DNA の塩基配列の違いを検出する様々な分子生物学的手法が開発されている。電気泳動で検出される分子の移動度の差異や PCR による DNA 断片増幅の有無のように特定の手法で検出されるタンパク質や DNA 配列の特徴を形質として捉えれば、それらの形質もまた優性や共優性の遺伝様式を示す。DNA の塩基配列の違いを最も正確に検出するのが塩基配列解読法である。この方法で検出される一塩基多型(SNP)もメンデルの法則に従って遺伝するので、DNA 配列中の SNP 部位を遺伝子座(座位)とみなすことができる。

メンデルは、エンドウの種子の形態(“丸”か“しわ”)を観察した。それから 100 年以上のちに、この形質がデンプン分枝酵素 I(SBEI) 遺伝子座によって支配されていて、“丸”純系(遺伝子型 RR)では機能的な酵素が作られて丸い種子となるのに対して、“しわ”純系(遺伝子型 rr)では SBEI 遺伝子機能が転移因子(トランスポゾン)の挿入によって破壊されていることがわかった。 R と r の対立遺伝子はトランスポゾン配列を挟むプライマーを用いた PCR 産物の電気泳動により識別することができる。

問 4 下線部③に関連して、ある栽培植物の 1000 品種について 2 つの SNP 座位 (SNP 座位 1 と SNP 座位 2) の遺伝子型を調査して対立遺伝子頻度を求めた。SNP 座位 1 ではアデニン(A)が 60 % でシトシン(C)が 40 % であり、SNP 座位 2 ではアデニン(A)とグアニン(G)がそれぞれ 50 % であった。2 つの SNP 座位の対立遺伝子の組み合わせの頻度(表 1)は、それぞれの対立遺伝子頻度の積で求められる期待頻度からずれていた。この現象が起きる要因を解答欄の枠の範囲で説明せよ。

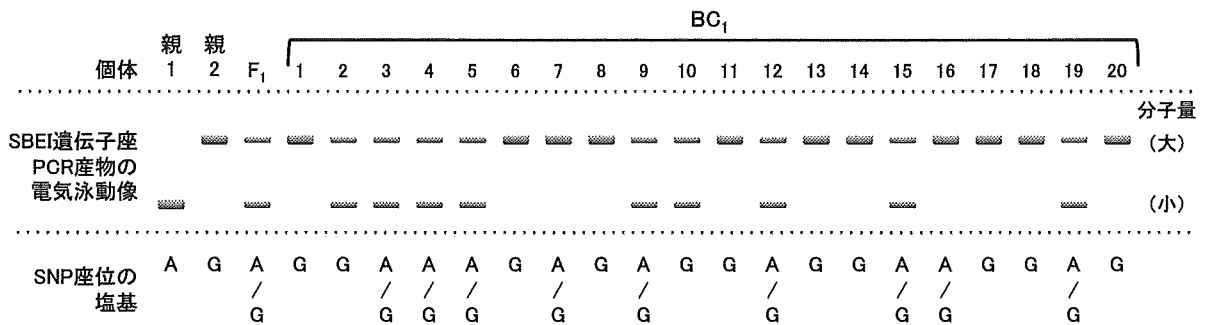
表 1

		SNP 座位 2 の対立遺伝子	
		A	G
SNP 座位 1 の 対立遺伝子	A	45 %	15 %
	C	5 %	35 %

問 5 “丸”純系(遺伝子型 RR)のエンドウを毎世代自家受粉して栽培していたら、“しわ”の表現型を示す新規突然変異体が生じた。この新規“しわ”突然変異体を“丸”純系と交配したところ、 F_1 はすべて“丸”となった。新規突然変異が SBEI 遺伝子座に起こった変異なのかを確認するために、新規突然変異体と“しわ”純系(遺伝子型 rr)間の F_1 を自家受粉して得られた F_2 の表現型を調査した。以下の(1)、(2)の場合に期待される表現型の分離比(“丸”：“しわ”)を解答欄に記せ。ただし、SBEI 遺伝子座内での組換えは起きないとする。

- (1) 新規突然変異が SBEI 遺伝子座に起きた場合
- (2) 新規突然変異が SBEI 遺伝子座と連鎖しない遺伝子座に起きた場合

問 6 SBEI 遺伝子座に連鎖する共優性の SNP 座位について調査したところ, *RR* の純系(親 1)ではアデニン(A)のホモ接合, *rr* の純系(親 2)ではグアニン(G)のホモ接合であった。この両者の F_1 を *rr* 純系で戻し交雑をして得た子孫 (BC_1 世代)で SBEI 遺伝子座と SNP 座位は図 3 に示したように分離していた。SBEI 遺伝子座と SNP 座位との間の組換え価(%)を求め, 有効数字 2 けたで解答欄に記せ。



SNP座位の塩基に関する記号と遺伝子型の対応表

記号	A	A / G	G
遺伝子型	Aのホモ接合	AとGのヘテロ接合	Gのホモ接合

図 3

生物問題 IV

次の文章(A), (B)を読み, 問1～問7に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 一般的に, ある一定地域内で, 互いに交配したり影響を与え合ったりする同種個体の集まりを **ア** と呼ぶ。動物の場合, 同じ **ア** 内の個体どうしの関係は, 通常は互いに避け合って生活しているような場合から, 群れを作って一緒に生活しているような場合まで様々である。

ある哺乳類で個体間の相互作用を調べるために, 野外調査を行った。その結果, この動物は個体ごとの縄張り(テリトリー)は作らず, 複数の個体が群れを作っていることが明らかになった。^①群れ内の個体間では, 一方が他方に腹を見せる行動が観察された。どちらの個体が腹見せ行動をするかの観察を積み重ねたところ, 腹見せ行動によって群れ内のA～Dという成体雌4個体の順位が第1位から第4位まで一義的に決まり, 同順位はないことが明らかになった。^②表1にその結果の一部を示す。

翌年の出産期後にこれらの雌の出産状況を確認したところ, Dだけが出産し, それ以外の雌はDの子育てを手伝っていることが明らかになった。このように共同繁殖で子育てを手伝う個体を, 哺乳類や鳥類では **イ** という。

表1

腹見せ行動をした個体	相手個体
A	B
B	D
C	B

問 1 文中の **ア** , **イ** に当てはまる適切な語句を解答欄に記せ。

問 2 下線部①について、動物の「縄張り」とは何か。「行動圏」との違いが明確になるように、解答欄の枠の範囲内で述べよ。

問 3 下線部②および表 1 から、A と D の個体間および C と D の個体間では、それぞれどちらが腹見せ行動をされると考えられるか。以下の(あ)～(え)から正しい組み合わせを選び、解答欄に記せ。

(あ) A と C (い) D と C (う) A と D (え) D と D

問 4 文章(A)に書かれた特徴から考えると、(a)この動物種の生存曲線は、図 1 の①～④のグラフのうちどれに最も近い形になると考えられるか解答欄に記せ。また、(b)その理由を文章(A)に示したこの動物の特徴に即して、解答欄の枠の範囲内で述べよ。ただし、グラフの横軸は年齢、縦軸は生存個体数とする。

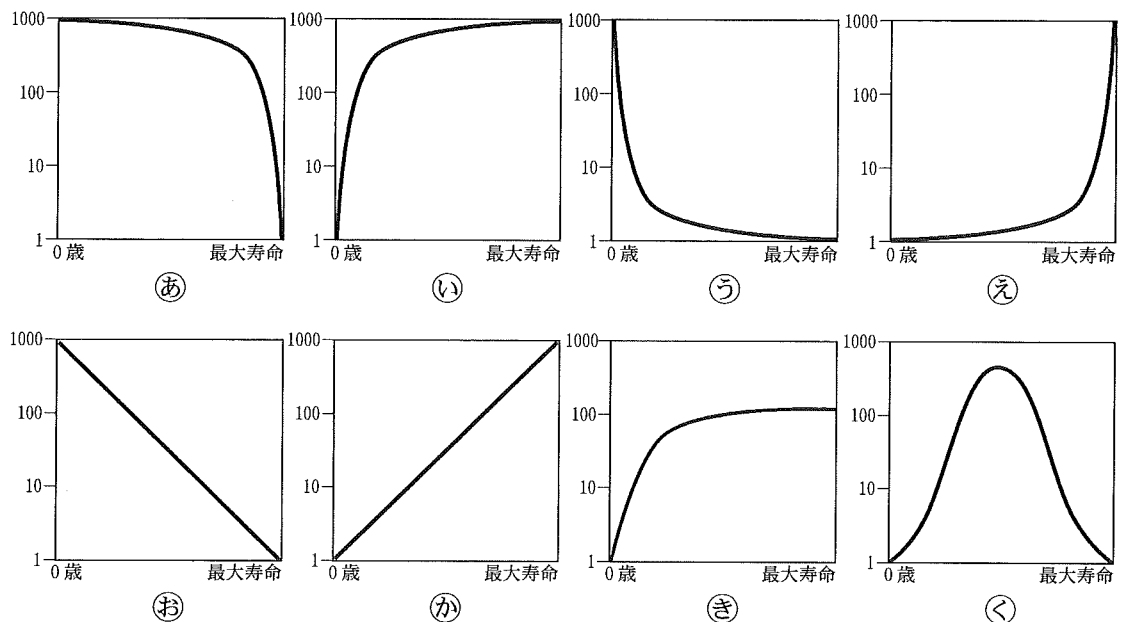


図 1

(B) 植物の器官は複数の特徴的な組織からなる。そのうち植物の表面をなす組織として、1層の細胞からなる **ウ** 組織があり、内部を保護している。多くの植物の葉や茎では、その外側に **エ** が発達しており、植物体が乾燥することを防いでいる。植物の表面を構成する細胞の中には、単一の細胞が分化して特殊なはたらきをするものがある。葉や茎の表面に生える毛にも単一の細胞からなるものがある。③ 葉に生える毛の機能の1つとして、食害昆虫に対する防御があげられる。

ある植物の葉に生える毛についての研究を実施した。この植物を同一の環境下で生育させ、何も処理しない無処理区に対して、葉に傷害を施す傷害処理区を設けた。傷害処理区では、葉の表面を針で傷つける処理を行い、その直後に新たに形成された葉について毛の密度を調べた。④ これら両処理区における葉の毛の密度を比較したところ、図2の結果が得られた。また、毛の密度のみが異なる葉を食害昆虫に摂食させたところ、毛の密度が高いと食害昆虫の体重増加量が低下し、毛が食害に対する防御としてはたらくことがわかった。さらに、この植物の野外集団の調査をおこなった結果、食害昆虫がほとんどいない環境下では毛の密度が低く、食害昆虫の多い環境下では毛の密度が高かった。

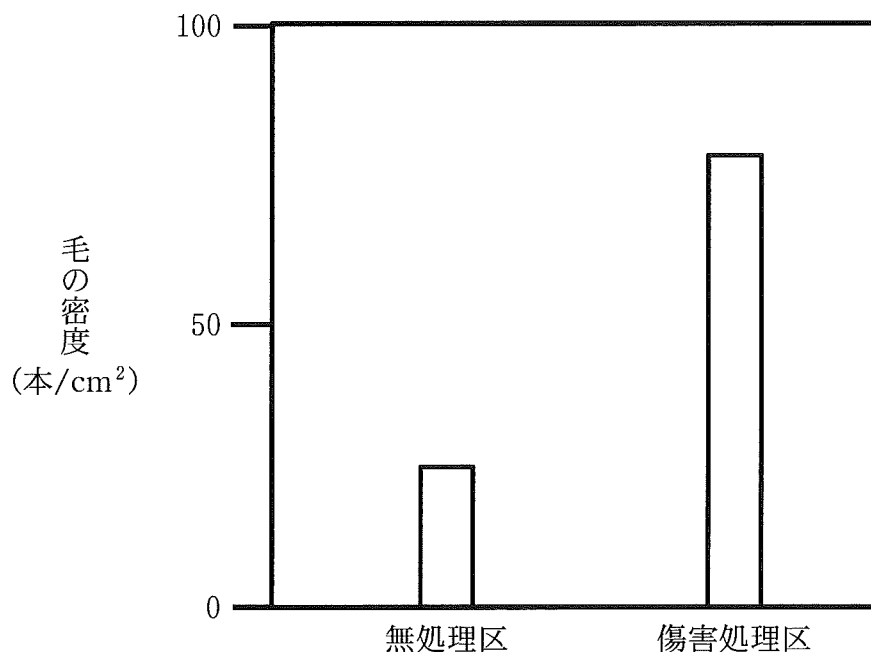


図2

問 5 文中の , に当てはまる適切な語句を解答欄に記せ。

問 6 下線部③について、葉や茎に生える毛以外で、植物の表面を構成する単一の細胞が特殊化した例を 2 つあげ、その細胞の名称を解答欄に記せ。

問 7 下線部④の傷害に対する毛の密度の応答は、「誘導防御」と呼ばれ、食害に対して適応進化した性質である。この誘導防御が適応進化するための条件として考えられることを、(c)食害昆虫の個体数、(d)植物の成長量と毛の密度との関係、それぞれについて解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

生物問題は、このページで終わりである。