

東京大学

生物

問題

2016年度入試

【学部】 教養学部、理学部、工学部、農学部、医学部、薬学部

【入試名】 前期日程

【試験日】 2月26日



「過去問ライブラリーは、(株) 旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株) 旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】 8/1 【2018年】 4/24、9/20 【2019年】 6/20

1 次の文を読み、問に答えよ。

〔文〕 生体の様々な組織は、構成する細胞が入れ替わることによって、その構造と機能の恒常性が保たれている。ある細胞が寿命を迎えたり、傷つけられたりすることで失われた場合に、それに相当する細胞を別の細胞から新たに生み出すための仕組みが備わっている。いくつかの臓器・組織には組織幹細胞と呼ばれる未分化な細胞が存在し、分化した機能的な細胞を供給することが知られている。たとえば、^(ア)血液中には赤血球やリンパ球などの種々の細胞が大量に存在しているが、それらの多くは数日から数箇月程度で寿命を迎えて死んでいく。失われた分の血液細胞は、骨髄中に存在する血液幹細胞(造血幹細胞)から日々新たに生み出され、補われている。

^(イ)小腸の表面にある上皮細胞もまた、寿命が数日程度と短く、一定の速さで常に入れ替わっている。小腸の内壁には、図1-1のように絨毛という突起状の構造がある。絨毛どうしの間にはくぼみがあり、組織の断面を観察すると絨毛の頂上から、くぼみの底辺に至るまで、上皮細胞が一連なりに続いている。絨毛部分に存在するのは分化した上皮細胞で、その大部分は物質の吸収等に関わる吸収上皮細胞である。分化した上皮細胞は分裂することはなく、やがて寿命を迎えて死んだ細胞は絨毛の頂上部分から剥がれ落ちていく。一方で、くぼみ部分を構成する上皮細胞の大部分は未分化で、分裂能をもっている。特に、くぼみの底辺部には、分裂能が非常に高く(1日に1回程度分裂する)、特徴的な構造を示す細胞があり、それらはCBC細胞と名付けられている。小腸上皮組織の維持におけるCBC細胞の役割を明らかにするために、マウスを用いて以下の実験を行った。

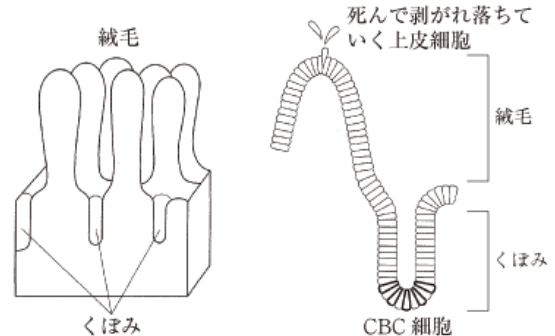


図1-1 小腸上皮組織の構造(左)と断面図(右)
右図で、くぼみの底辺部にある太線で囲まれた細胞がCBC細胞である。CBC細胞どうしの間には、別の種類の上皮細胞がある。

実験1. *Lgr5* という遺伝子は、小腸上皮組織でCBC細胞にのみ発現している。*Lgr5* 遺伝子の転写調節領域のすぐ後ろに緑色蛍光タンパク質(GFP)をコードする遺伝子をつないだDNAを準備し、これをマウスの核ゲノムに組み込んでトランスジェニックマウスを作製した(図1-2)。なお、ここで用いた「転写調節領域」には *Lgr5* 遺伝子の発現調節に必要なすべての配列が含まれており、その後ろにつないだ遺伝子(ここではGFPをコードする遺伝子)は、本来の *Lgr5* 遺伝子と同一の発現調節をうけると考えてよい。このマウスの生後2箇月、4箇月、14箇月のそれぞれの時点における小腸上皮組織でのGFPの蛍光を観察したところ、図1-3のようであった。

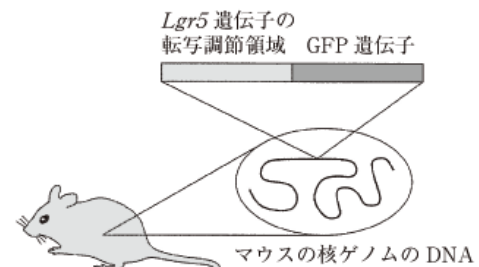


図1-2 実験1で作製したトランスジェニックマウス
生後2箇月 生後4箇月 生後14箇月

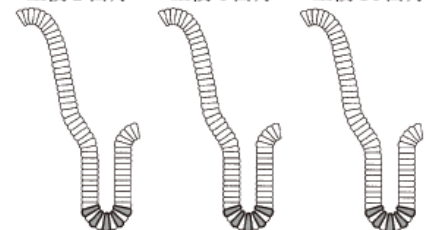


図1-3 実験1で観察された小腸上皮組織でのGFPの蛍光の様子

太線で囲まれているのがCBC細胞、灰色の部分がGFPの蛍光を発している細胞。

実験2. 以下の2種類のDNAを準備し、これらを同一のマウスの核ゲノムに組み込んだトランスジェニックマウスを作製した(次ページ図1-4)。

- ・実験1で用いたものと同じ *Lgr5* 遺伝子の転写調節領域に、酵素Cをコードする遺伝子をつないだDNA。
- ・*R* 遺伝子の転写調節領域、領域L、GFPをコードする遺伝子を、この順につないだDNA。

ここで、*R* 遺伝子の転写調節領域は、その後ろにつないだ遺伝子をマウスの体内のあらゆる細胞で常に発現させるはたらきをもつ。酵素Cは、発現している細胞において、化合物Tの存在下でDNA中の領域Lを抜きとり、残った部分をつなぎ合わせるという^(ウ)ゲノムDNAの再編成反応を行う。領域Lは、転写調節領域と遺伝子の間に存在すると、その遺伝子の転写を

阻害する。

実験3. 実験2で作製したマウスに、生後2箇月の時点で化合物Tを投与した。投与直後(0日目), 投与後3日目, 5日目, 60日目, および1年目のそれぞれの時点で、小腸上皮組織における GFP の蛍光を観察したところ、図1-5のようであった。化合物Tを投与しなかった場合には、いずれの時点でも小腸上皮組織において GFP の蛍光は全く観察されなかった。

〔問〕 以下の小問に答えよ。

A. 下線部(ア)について。血液や免疫に関する以下の選択肢(1)~(5)から、内容に誤りのあるものをすべて選び、番号で答えよ。

- (1) 血球は胚発生の過程で中胚葉に由来して作られる。
- (2) 血小板は血しょうの主要な構成成分である。
- (3) 好中球やマクロファージは、異物を取り込んで分解する食作用を示す。
- (4) 自然免疫の仕組みは、進化の過程で脊椎動物の登場より後に獲得された。
- (5) リンパ球は骨髄で作られたのち、T細胞は胸腺で、B細胞は脾臓のランゲルハンス島で、それぞれ分化・成熟する。

B. 下線部(イ)について。ある遺伝性の貧血症は、ヘモグロビンの合成異常により正常な赤血球が作られないことで引き起こされる。この貧血症の重症な患者の治療のために、骨髄細胞の移植が行われることがある。

一方で、対症療法として、輸血による赤血球の供給が行われることがあるが、これは根本的な治療とはならない。輸血が根本的な治療とはならない理由として考えられることを、骨髄細胞の移植による治療の場合と対比させて、2行程度で説明せよ。

C. 下線部(イ)について。以下の文章の空欄1~5に適切な語を入れよ。

食事により摂取した物質を消化・吸収するための中心的な器官が小腸である。小腸で吸収された物質は、腸管にある静脈から 1 と呼ばれる血管を通じて 2 に運ばれ、代謝される。2 は、3 と共に体液の恒常性を保つために必須の臓器である。3 は主に水やイオン、尿素などの水溶性物質のろ過・再吸収を行う。これに対して、2 で処理された脂溶性の物質は、4 を通じて消化管のうちの 5 に放出され、最終的には便とともに体外に排出される。

D. 実験1の結果のみから解釈できることとしてもっとも適当なものを、以下の(1)~(4)の選択肢の中から選べ。

- (1) 絨毛部分の上皮細胞は、それ自身が分裂することにより新たに作られると考えられる。
- (2) 絨毛部分の上皮細胞は、CBC 細胞から新たに作られると考えられる。
- (3) 絨毛部分の上皮細胞は、血液幹細胞から新たに作られると考えられる。
- (4) 絨毛部分の上皮細胞が、どの細胞から新たに作られているのかを結論づけることはできない。

E. 実験2の下線部(ウ)について。DNA がいったん切断された後につなぎ合わされることで再編成されるという現象は、ヒトのゲノム DNA でも起こっている。そのような現象を伴って作られるタンパク質の名称を1つあげよ。また、ゲノム DNA の再編成が起こる意義を、そのタンパク質の機能と関連づけて2行程度で説明せよ。

F. 実験2について。このマウスに化合物Tを投与し、一定の期間ののちに観察を行うとする。以下の(1)~(4)のような細胞が存在する場合に、それぞれの細胞は GFP の蛍光を発するか、発しないか。(1)~(4)の場合について、それぞれ「発する」あるいは「発しない」で答えよ。なお、化合物Tの酵素Cに対する作用は投与と同時に、かつ、その時点でのみ及ぼされ、このときの酵素Cによる反応は100%の効率で起こると考えてよい。

- (1) 化合物Tを投与した時点から観察時まで、常に *Lgr5* を発現している細胞。
- (2) 化合物Tを投与した時点から観察時まで、常に *Lgr5* を発現していない細胞。
- (3) 化合物Tを投与した時点では *Lgr5* を発現していたが、その後、観察時まで *Lgr5* を発現しなくなった細胞。
- (4) 化合物Tを投与した時点では *Lgr5* を発現していなかったが、その後、観察時まで *Lgr5* を発

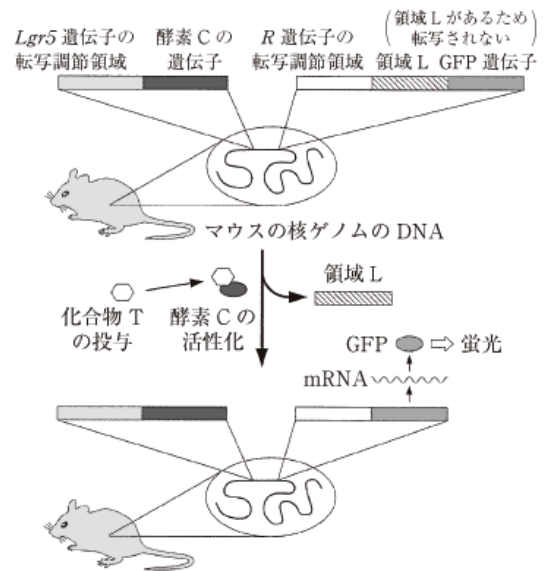


図1-4 実験2で作製したトランスジェニックマウス

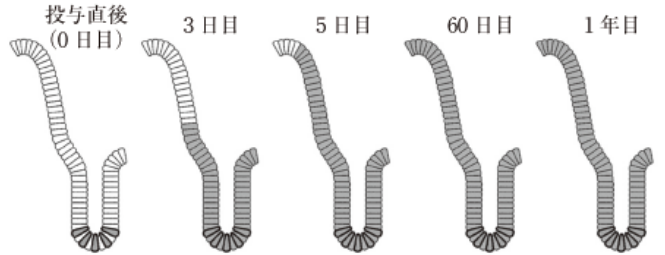


図1-5 実験3で観察された小腸上皮組織での GFP の蛍光の様子。太線で囲まれているのが CBC 細胞、灰色の部分が GFP の蛍光を発している細胞。

現するようになった細胞。

- G. 実験3の結果から、化合物T投与後1年目の時点のCBC細胞はGFPの蛍光を発していたことがわかる。化合物T投与後1年目の時点のあるCBC細胞において、実験2で核ゲノムに組み込んだ*Lgr5*遺伝子の転写調節領域に、そのはたらきを失わせるような変異が生じたとする。このとき、そのCBC細胞ではGFPの蛍光は維持されるか、失われるか。「維持される」あるいは「失われる」で答えよ。また、そのように考える理由を2行程度で説明せよ。
- H. 実験3の結果から、化合物T投与後3日目以降になると、絨毛部分の上皮細胞においてもGFPの蛍光が観察されるようになったことがわかる。このことからCBC細胞の性質についてどのようなことがわかるか。絨毛部分の上皮細胞におけるGFPの蛍光が、化合物T投与後3日目から1年目までのすべての時点で観察されている点を踏まえて、2行程度で説明せよ。

2 次の文1と文2を読み、IとIIの各問に答えよ。

〔文1〕植物の細胞には色素体(プラスチド)が存在し、その色素体の1種である葉緑体は、原始的な真核細胞に光合成生物である⁽⁷⁾シアノバクテリアが⁽⁸⁾1して生じたと考えられている。

色素体は植物の成長や環境の変化に応じて分化する。植物の⁽⁹⁾2組織や⁽¹⁰⁾3組織などにある未分化の細胞には、原色素体という色素体が存在する。⁽¹¹⁾細胞の分化に伴って原色素体は様々な色素体へと分化する。葉の柵状組織や海绵状組織の細胞には葉緑体が存在し、この葉緑体も原色素体が分化したものである。

色素体には多くの種類のタンパク質が存在するが、その大部分は核DNAにある遺伝子にコードされている。色素体のDNAには百数十個の遺伝子しか存在していない。ここでは、色素体DNAに存在する遺伝子を色素体遺伝子、核DNAに存在する遺伝子を核遺伝子と呼ぶことにする。

色素体には、PEPと呼ばれるRNAポリメラーゼが存在する。⁽¹²⁾この酵素は、複数のサブユニットからなるコアとシグマ因子から構成される複合体を形成することで、RNAポリメラーゼとして機能する。コアを構成する各サブユニット(コアサブユニット)は色素体遺伝子に、シグマ因子は核遺伝子にコードされている。色素体DNAにはRNAポリメラーゼの遺伝子として、PEPのコアサブユニットをコードする遺伝子しか存在していない。

PEPのコアサブユニット遺伝子を破壊した植物体が生製され、その植物体における色素体遺伝子の発現が調べられた。破壊株では、多くの色素体遺伝子の転写が大きく抑制されていたが、一部の遺伝子の転写は野生株と同様に起こることから、PEP以外のRNAポリメラーゼの存在が推測された。その後の研究によって、第2のRNAポリメラーゼであるNEPが発見された。

実験1. 核遺伝子に

コードされているタンパク質Pについて、図2-1のように一部を削除したタンパク質をコードする遺伝子を核ゲノムに組み込んだトランスジェニック植物を生製した。その生製した植物の葉の細胞において、合成されたタンパク質が細胞のどこに局在するかを調べたところ、図2-1の右欄に記載された結果となった。

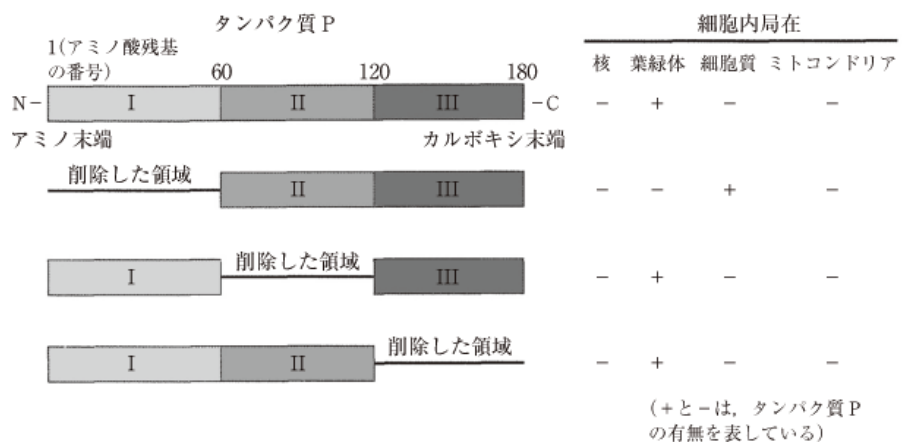


図2-1 発現させたタンパク質Pの模式図と細胞内局在性

実験2. ある植物の野生株の種子をリンコマイシン(原核生物の翻訳のみを阻害する物質)を添加した培地と無添加の培地で発芽させ、発芽後の植物体を観察した。得られた結果をまとめたのが表2-1である。

表2-1 子葉の形質におよぼすリンコマイシンの効果

調べた項目	リンコマイシン	
	無	有
子葉の緑化	正 常	抑 制
子葉細胞での葉緑体形成	正 常	抑 制

〔文2〕植物は光合成を行い、光エネルギーを利用して二酸化炭素と水から糖やデンプンなどの有機化合物を合成し、それをもとにして生きている。そのため、植物は⁽¹³⁾4生物と呼ばれる。それに対して、動物は植物が合成した有機化合物を利用して生きている⁽¹⁴⁾5生物である。しかし、植物でも⁽¹⁵⁾4で生育できない時期がある。

植物の種子を土に播くと、種子が発芽して小さな植物体(芽生え)となるが、この植物体ではまだ葉緑体が分化しておらず、すぐに光合成をして有機化合物を合成することができない。そのため、発芽してすぐの頃は胚や胚乳に蓄えられた貯蔵物質を利用して生きていく必要がある。貯蔵物質を消費し尽くす前に、光合成をする能力を獲得して [4] による成長に切り替える。

シロイヌナズナの種子は、胚の一部である子葉に脂肪を貯蔵物質として蓄えている。発芽時には、この脂肪を図2-2のような経路で代謝する。図中にあるβ酸化経路とは、脂肪酸の鎖をカルボキシ基側から炭素2個ずつ切り出し、その切り出されたC₂化合物を用いてアセチル CoA (C₂-CoA)を合成する代謝経路であり、糖新生経路は解糖系を逆に動かして有機酸から糖を合成する経路である。

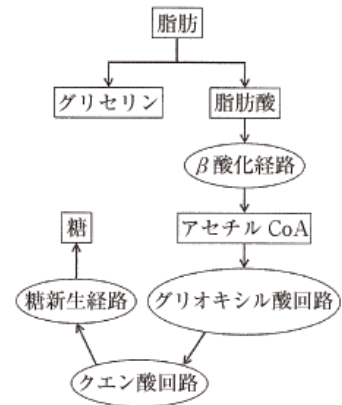


図2-2 脂肪の代謝

実験3. シロイヌナズナには、貯蔵物質の代謝が異常になった変異体が多数存在する。それらの変異体xとyの種子を、野生株の種子とともに寒天培地(無機塩類のみを含み、ショ糖は無添加)の入ったシャーレに播いて発芽させて、芽生えの様子を観察した。得られた実験結果をまとめたのが表2-2である。

表2-2 芽生えの様子

調べた項目	野生株	変異体 x	変異体 y
葉の成長	正常	異常	異常
根の伸長	正常	異常	異常

実験4. 変異体xとyの種子を、野生株の種子とともに寒天培地の入ったシャーレに播いて発芽させた。ただし、この実験では培地にショ糖が添加してある。この条件で、脂肪酸の1種であるインドールブタン酸(IBA)を添加した場合と、添加していない場合とで発芽させ、生じた芽生えの根の伸長を調べた。得られた実験結果をまとめたのが表2-3である。

表2-3 根の伸長におよぼす IBA の効果

IBA の有無	野生株	変異体 x	変異体 y
無	正常	正常	正常
有	異常	正常	異常

[問] I. 文1について、以下の小問に答えよ。

- A. 文中の空欄1~3に入るもっとも適切な語句を答えよ。
- B. 下線部(ア)について。原始の地球には、ほとんど酸素が存在していなかったが、シアノバクテリアの光合成により多量の酸素が蓄積されるようになった。大気における多量の酸素の蓄積は、どのような生物が進化することを可能にしたか。1行程度で答えよ。
- C. 下線部(イ)について。原色素体と葉緑体以外で植物細胞に存在する色素体の名称を1つ答えよ。
- D. 下線部(ウ)について。以下の文中の空欄6と7に入るもっとも適切な語句を答えよ。

PEPのサブユニットであるシグマ因子は、特定の遺伝子の [6] を認識し、これによって PEP は遺伝子の [6] に結合する。PEP が転写を開始するときには、シグマ因子は PEP から解離し、コアは遺伝子 DNA の配列をもとに4種の [7] を基質として RNA を合成する。

- E. 実験1の結果から、タンパク質Pの領域Iは、他の領域IIとIIIにはない機能をもっていると推定される。その機能について、1行程度で述べよ。
- F. 色素体のリボソームは、シアノバクテリア由来の原核生物型のものである。実験2の結果をもとに、色素体遺伝子と葉緑体の形成との関係について、1行程度で説明せよ。
- G. 色素体遺伝子の中には、PEPあるいはNEPによって転写されるタイプがある。表2-4は、PEPのコアサブユニットの1つをコードした遺伝子(*rpoA*)の破壊株と野生株において、いくつかの色素体遺伝子の転写を調べた結果である。なお、*rpoB* は、PEPのコアサブユニットの1つをコードした遺伝子である。以下の(ア)~(オ)に関する問(a)と(b)に答えよ。

表2-4 色素体遺伝子の発現

遺伝子	タイプ	機能	転写産物量	
			野生株	破壊株
<i>rbcL</i>	A	光合成	++	-
<i>psbA</i>	A	光合成	++++	-
<i>psbD</i>	A	光合成	+++	-
<i>rpoB</i>	B	転写	++	+++
<i>accD</i>	B	脂肪酸合成	+	++

転写産物がほとんど検出されない場合を-、検出される場合を+で表し、+の数は転写産物の量を反映している。

- (a) 空欄8と9には、表2-4の中のAとBのどちらが入るか答えよ。
- (b) この結果から、葉緑体が分化する初期の段階では、NEPとPEPはどのような順序ではたらくと考えられるか。各項目に書かれた事象が起こる順序を答えよ。解答例：(ア)→(イ)→(ウ)→(エ)→(オ)
- (ア) PEPのサブユニット遺伝子が発現し、核遺伝子にコードされたシグマ因子と複合体を形成する。
- (イ) NEPの働きで、タイプ [8] の遺伝子が転写される。
- (ウ) 光合成に関わっている遺伝子の発現が起こり、核遺伝子にコードされたタンパク質と協調して光合成機能を発揮する。
- (エ) PEPの働きで、タイプ [9] の遺伝子が転写される。

(オ) NEP 遺伝子が発現する。

II. 文2について、以下の小問に答えよ。

A. 文中の空欄4と5に入るもっとも適切な語句を答えよ。

B. 下線部(エ)について。色素体が葉緑体に分化するとき起こる、色素体の構造と機能の変化に関する、以下の文中の空欄10~12に入るもっとも適切な語句を答えよ。

葉緑体が色素体から分化するときには、色素体の内部に[10]と呼ばれる膜が発達し、その膜には光エネルギーを化学エネルギーに変換する複合体が形成される。複合体は、タンパク質だけでなく、[11]やカロテノイドなどの色素、脂質などによって構成されている。また、ストロマには[12]回路に関わる酵素が集積し、炭酸固定を行う能力も獲得される。

C. 実験3では、野生株の芽生えは正常に生育したのに対し、変異体xとyでは葉や根に異常が見られ、その伸長が抑制された。ところが、シヨ糖を添加した培地を用いて同様の実験を行って見たところ、変異体xとyの芽生えには異常は観察されず、野生株と同様に生育した。野生株がシヨ糖無添加の培地でも正常に生育できる理由を2行程度で説明せよ。ただし、説明には以下のすべての語句を必ず用いること。

脂肪、糖、糖新生経路、エネルギー源、炭素源

D. 脂肪の分解によって生じた脂肪酸はCoAに結合した後、 β 酸化経路によって代謝され、アセチルCoAに変換される。炭素数16のパルミチン酸だけを脂肪酸として結合している脂肪が β 酸化経路によって完全に酸化された場合、脂肪1分子あたりに合成されるアセチルCoAの数を答えよ。ただし、グリセリンから合成されるアセチルCoAについては、計算に加えないものとする。

E. 実験4において、IBAが β 酸化経路によって代謝されると、アセチルCoAだけでなくインドール酢酸(IAA)も生じる。このことを踏まえて、変異体xとyでは、 β 酸化経路が正常に機能しているか判断し、以下の選択肢(1)~(4)からもっとも適切だと考えられるものを1つ選べ。また、変異体yではなぜIBAの添加によって根の伸長が阻害されるのか、その理由を2行程度で答えよ。

- (1) xとyの両方で、正常に機能している。
- (2) xでは正常に機能しているが、yでは正常に機能していない。
- (3) xでは正常に機能していないが、yでは正常に機能している。
- (4) xとyの両方で、正常に機能していない。

3 次の文1から文3を読み、IからIIIの各問に答えよ。

〔文1〕生態系を構成する生物には、食うもの(捕食者)と食われるもの(被食者)との関係が見られ、また、捕食者はさらに大型の捕食者に食われる被食者にもなる。食う—食われるの関係が一連に続くことを□1という。捕食された生物の一部は不消化のまま体外に排出される。捕食量(摂食量)から不消化排出量を差し引いたものが、消費者の同化量となり、その捕食量に占める割合を同化効率と呼ぶ。同化効率は100%□2の値をとるため、生産者から高次捕食者までの栄養段階が上がるにつれて、個体数や生物量は□3ことが多い。1種の動物は2種以上の生物を食べたり、2種以上の動物に食べられたりしており、自然界における□1の関係は、複雑な□4を構成している。より多くの種により構成される複雑な□4が存在する生態系ほど、生物群集の量は安定し、水の浄化・二酸化炭素の吸収・酸素の生産・生物生産などのサービス機能(生態系機能)は□5。

〔文2〕アラスカ沿岸からアリューシャン列島周辺の海域では、ジャイアントケルプをはじめとするコンブやワカメなどの褐藻類がケルプの森をつくり、多様な魚類・貝類・甲殻類が生活している。そこには、生産者であるケルプをウニが食べ、そのウニをラッコが食べるという□1がある。1970年代初頭、アリューシャン列島の地形的によく似た近接する2つの島でウニの生息密度を調べた。6,500頭前後のラッコが生息するX島にはケルプの森が繁茂し、小型のウニが低密度で生息していた。前ページの図3-1に示すとおり、(ア)ケルプは浅場ほど繁茂し、深場に行くにつれて減少した。一方、ラッコがほとんど生息していないY島にはケルプが繁茂せず、サンゴモで一面が覆われた海底に、大型のウニが高密度で生息していた。光合成を行うサンゴモはウニの餌となる藻類であるが、ケルプのような背の高い群落を形成することは無く、海底の岩盤を薄く覆うように広がる。(イ)Y島における魚類・貝類・甲殻類の種数や生物群集の量は、多数のラッコが生息するX島よりも少なかった。ケルプの森の生態系におけるラッコのように、(ウ)生態系にはそのバランスを保つのに重要な役割を果たすキーストーン種がいることがある。

〔文3〕野外の植物は様々な植食者(植物を食べる動物)による食害を常に受けるため、食害を回避するためのいろいろな対抗策を講じている。第一の対抗策は、葉を硬くしたり(ア)葉の表面にあるトライコム(毛状体)を発達させる「物理的防御」である。第二の対抗策は、植食者にとっての毒物や忌避物質を体内に蓄積する「化学的防御」である。化学的防御の誘導には、植物ホルモンの一種であるジャスモン酸類のはたらきが重要である。

実験1. あるアブラナ科の植物Aは、野外においてガP幼虫による食害を受ける。植物Aを、22°Cの実験室において12時間明期/12時間暗期の明暗条件下で一定期間生育させた後、連続暗条件下(22°C)に移してさらに生育を続けた。この時、植物A体内のジャスモン酸類の量を4時間おきに測定したところ、図3-2(a)のような結果になっ

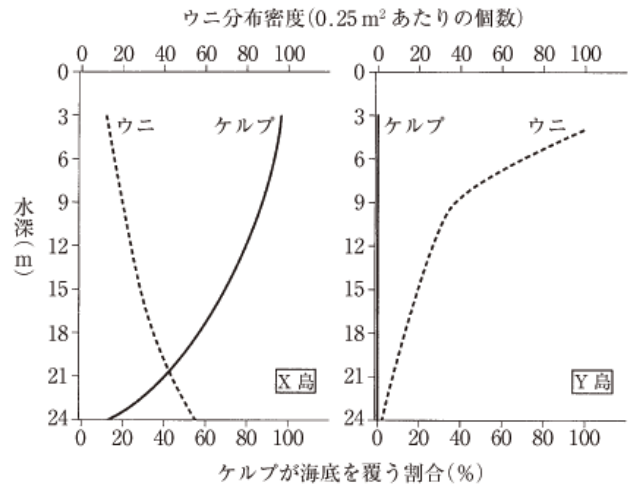


図3-1 2つの島における水深とケルプが海底を覆う割合(実線)、および水深とウニ分布密度(点線)の関係

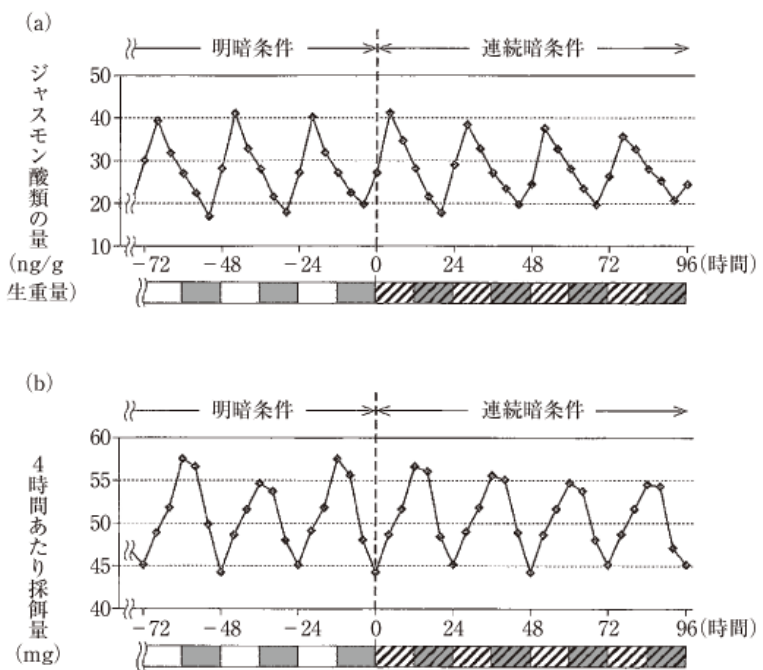


図3-2 植物A体内のジャスモン酸類の量(a)とガP幼虫の採餌量(b)の変動

植物AとガP幼虫は別の実験室で生育させた。グラフの下のボックスは、それぞれ明暗条件下の明期(□)および暗期(■)、連続暗条件下において明暗条件が継続されていたとした場合の明期に相当する時間帯(▨)および暗期に相当する時間帯(▩)を示す。

た。また、植物Aとは別の実験室において、ガP幼虫を同様の環境下で生育させた時、ガP幼虫の4時間あたりの採餌量の変動は図3-2(b)のようになった。なお、ガP幼虫にはすべての期間を通じて人工餌を与えた。

実験2. 植物AとガP幼虫をそれぞれ別々に、22°Cの実験室において12時間明期/12時間暗期の明暗条件下で一定期間生育させた。その際、両者は図3-3のように明暗を一致させた環境(同位相)、または明暗が逆転した環境(逆位相)で生育させることとした。その後、植物AとガP幼虫をそれぞれ連続暗条件下(22°C)に移し、24時間経過してから両者を共存させた。共存開始から72時間経過した時点(連続暗条件下に移してから96時間後)で、植物Aの残存葉面積をそれぞれ計測した(図3-4)。また、同位相または逆位相の環境下で生育させた後、植物Aのみを連続暗条件下で96時間生育させた時の植物Aの残存葉面積もあわせて計測した(図3-4)。なお、植物Aと共存させるまで、ガP幼虫には人工餌を与えた。

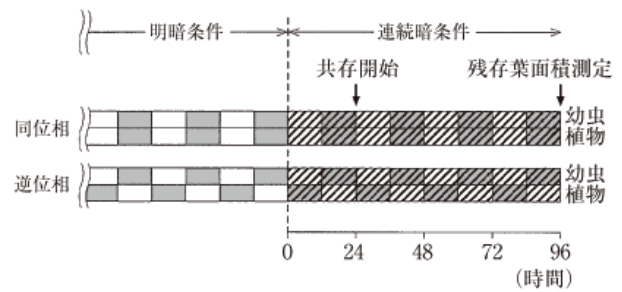


図3-3 植物AとガP幼虫の生育条件
 図中のボックスの表記は、図3-2と同様である。

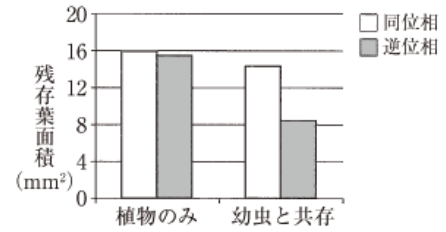


図3-4 共存開始から72時間後の植物Aの残存葉面積

〔問〕 I. 文1について、以下の小問に答えよ。

A. 空欄1~5にあてはまる適切な語句を、次の選択肢①~⑮の中から選べ。

解答例：1—①, 2—②

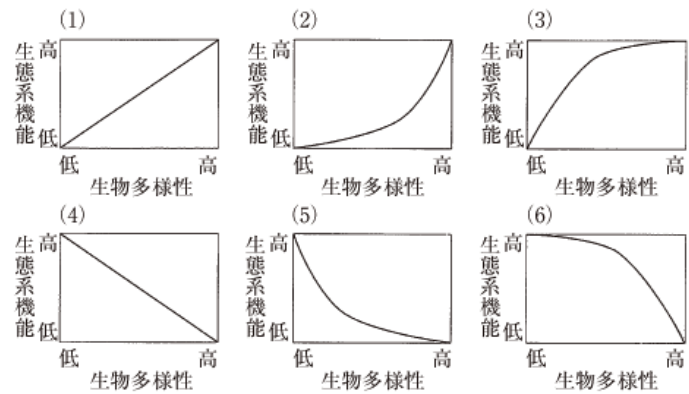
- ① 前後 ② 以上 ③ 以下 ④ 未満 ⑤ 増加する ⑥ 減少する ⑦ 変わらない
- ⑧ 種内競争 ⑨ 種間競争 ⑩ 食物網 ⑪ 生態的地位 ⑫ 食物連鎖 ⑬ 競争的排除
- ⑭ 栄養段階 ⑮ 生物群集

II. 文2について、以下の小問に答えよ。

A. 下線部(ア)について。このようになる理由として、浅場ほど光の量が多いことが考えられる。これ以外の理由を、ラッコが果たした役割を踏まえて2行程度で説明せよ。

B. 下線部(イ)について。このような結果をもたらした理由としては、基礎生産をまかなうサンゴモの生産性がケルブより低いことなどが考えられる。このような餌生物としての特性の違い以外に、理由となりうるケルブとサンゴモの違いを1つあげ、2行程度で説明せよ。

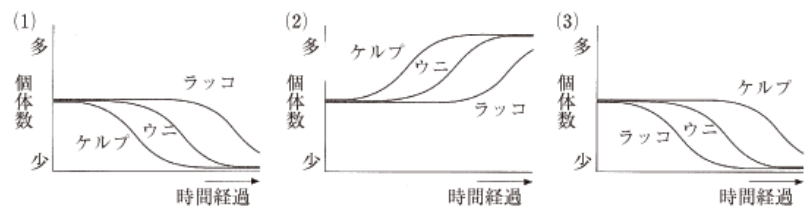
C. 下線部(ウ)について。右の図は、生物多様性が著しく低い状態から健全な自然界のレベルまで増加するに連れ、生態系機能がどのように変化するかを表す概念図である。キーストーン種が存在していることを示すもっとも適切な概念図を右の(1)~(6)の中から1つ選べ。



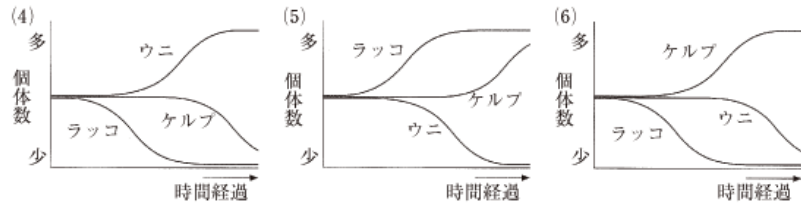
D. 1990年代に入りアラスカ沿岸からアリューシャン列島のケルブの森の生態系で、シャチがラッコを捕食する様子が初めて目撃されるようになった。平均体重4tのシャチが野外で生活していくのに、

1日あたり200,000kcalのエネルギーを必要とする。1頭のシャチがラッコのみを捕食して必要なエネルギーをまかなうとした場合、1年間(365日)で何頭のラッコが必要となるか。計算結果の小数点第一位を四捨五入して整数で答えよ。答えを導く計算式も記せ。なお、ラッコの平均体重は30kg、体重あたりのエネルギー含有量は2kcal/g、シャチがラッコを摂食する際の同化効率70%とする。

E. 文2で紹介したX島周辺海域にラッコのみを捕食する数頭のシャチが定住した場合、ケルブの森の生態系を構成する生物種の個体数はどのように推移すると考えられるか。



時間経過に伴うケルブ・ウニ・ラッコの個体数(相対値)の推移を示すグラフとして、もっとも適切なものを右の(1)～(6)の中から1つ選べ。



Ⅲ. 文3について、以下の小問に答えよ。

A. 下線部(エ)について。多くの場合、トライコームは1つの巨大な細胞である。トライコームと細胞分裂に関する以下の文章中の空欄6～9に当てはまるもっとも適切な語を、選択肢の中から1つずつ選べ。なお、選択肢は繰り返し使用してもよい。

通常の体細胞分裂では、に核DNAが複製された後に核および細胞質が2つに分裂するため、1細胞あたりの核DNA量は。しかし、トライコームでは、核および細胞質の分裂がおこらず核DNAの複製だけが繰り返される。その結果、当初 $2n$ だった核相は、順に, へと変化する。選択肢：G1期, S期, G2期, M期, 減少する, 一定に保たれる,

増加する, $2n$, $3n$, $4n$, $5n$, $6n$, $7n$, $8n$

B. 図3-2に示す植物A体内のジャスモン酸類の量やガP幼虫の採餌量のように、約24時間の周期で変動する内因的な生物現象を概日リズムという。図3-2のみから判断できることとして、もっとも適切なものを以下の(1)～(4)の選択肢の中から1つ選べ。

- (1) 概日リズムは細胞レベルでの現象のため、個体の活動には反映されない。
- (2) 概日リズムに基づく生物の活動は、暗条件下で活性化する。
- (3) 概日リズムは明暗周期が失われても自律的な約24時間周期を持続する。
- (4) 概日リズムは周囲の温度変化に影響されない。

C. 図3-2(a)について。ジャスモン酸類の量の増加に伴い、植物A体内においては様々な化学的防御反応が引き起こされる。当初は限られた数種類の調節タンパク質だけが活性化されるが、ジャスモン酸類の量がピークを迎えてから約6時間の間に、これらの調節タンパク質により直接調節されない遺伝子も含め数百種類もの遺伝子の発現が変動するようになる。発現が変動する遺伝子の数がこのように大幅に増加するためには、どのような遺伝子発現調節の仕組みが必要と考えられるか。2行程度で答えよ。

D. 実験2について。図3-3のように逆位相下で生育させた植物AとガP幼虫をそれぞれ連続暗条件下に移してから、4時間おきに植物体内のジャスモン酸類の量と幼虫の採餌量を測定した。この時、植物体内のジャスモン酸類の量が最初にピークを迎えるのは、連続暗条件下に移してから何時間後か答えよ。また、ガP幼虫の採餌量が最初にピークを迎える時間についても同様に答えよ。

E. 図3-4について。同位相下で生育させた植物AとガP幼虫を共存させた場合に比べて、逆位相下で生育させた両者を共存させた場合の方が、植物Aの残存葉面積は大きく減少した。この理由を化学的防御反応と幼虫の採餌活動の関係に注目し、同位相下の場合と逆位相下の場合を比較しながら、3行程度で説明せよ。なお、植物AとガP幼虫の共存は、植物A体内のジャスモン酸類の量の変動には影響を与えないとする。