

生物総合実践攻略【冬の陣】

北海道 manavee 生物科編

2013 年作成

©北海道 manavee 生物科



はじめに

この講座では、国公立二次および私大入試の難問を克服できるよう、「**自分なりの実験考察のメモの取り方を確立する**」ことを最大の目標にしている。国公立二次や私大入試における難問はほとんどが複雑な実験考察問題で、このような問題は平常心ではない入試当日には落ち着いて解くことができない。そこで、日頃から**実験考察問題を解く際にメモをとる**という習慣をつけておけば、頭の中が整理され、複雑な実験考察問題に対処できる。本講座はメモを取る習慣づけのきっかけにもしてほしい(メモを取るのは難しいという人は問題文の重要なところに下線を付けるようにしてほしい)。

そこで、「**生物総合実践攻略【冬の陣】**」では、授業で解説する「演習問題」として、難関大のうち生物を受験科目として扱う大学(旧七帝大・大阪市立大・岡山大・神戸大・首都大学東京・信州大・千葉大・筑波大・東京医科歯科大・広島大・横浜市立大・名古屋市立大・東京理科大・明治大・東京慈恵会医科大)から **2012 年に出題された問題**の中から、思考力を鍛えられるであろう**実験考察問題**を多く取りあげるよう努めた。演習問題のほとんどは、入試生物の重要事項にふれる問題なので、単に答えを聞くだけでなく、その問題の背景となる事柄の解説や本講義の目的である実験考察の筋道の話をよく聞き、理解を深めてほしい。

授業に先立って予習し、できる範囲内で答案を作成した上で受講すること。自分の力だけでは歯が立たない問題については、教科書や参考書を調べて何とか答案を作成するよう試みること。なお、1問当たり 20～40 分程度で解説を行う予定である。

授業のあと、なるべく早いうちに**しっかり復習**すること。予習の段階でほとんど歯が立たなかった人は、復習に倍の時間をかけること。

本講座・テキストを十二分に活用することにより、諸君の入試対策に大いに役立つことを願っている。

manavee 生物会 編者著す

～CONTENTS～

2012 年難関大生物出題傾向 4

演習問題 5

- ① 東京理科大・第 3 問
- ② 明治大・第 4 問
- ③ 東京慈恵会医科大・第 3 問
- ④ 横浜市立大・第 2 問
- ⑤ 広島大・第 1 問
- ⑥ 東京医科歯科大・第 2 問
- ⑦ 筑波大・第 3 問
- ⑧ 千葉大・第 8 問
- ⑨ 信州大・第 4 問
- ⑩ 首都大学東京・第 1 問
- ⑪ 神戸大・第 2 問
- ⑫ 岡山大・第 4 問
- ⑬ 大阪市立大・第 4 問
- ⑭ 九州大・第 1 問
- ⑮ 北海道大・第 4 問
- ⑯ 東北大・第 1 問
- ⑰ 名古屋大・第 3 問
- ⑱ 大阪大・第 3 問
- ⑲ 東京大・第 1 問
- ⑳ 京都大・第 2 問

2012年難関大生物出題傾向

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
北海道大	1	1		1	1		1	1	1	1
東北大	1				1	1				
東京大			1		1			1	1	1
名古屋大	1			1	1	1		1		
京都大	1	1		1	1		1		1	1
大阪大			1	1		1	1		1	1
九州大	1	1		1	1	1	1	1		1
大阪市大		1		1		1		1		
岡山大		1		1	1		1		1	1
神戸大			1		1	1			1	1
首都大学東京	1	1		1	1					
信州大	1	1			1	1	1			
千葉大	1	1		1	1	1			1	1
筑波大		1			1	1			1	1
東京医科歯科大	1	1			1	1	1		1	1
広島大		1	1	1	1		1		1	1
横浜市立大		1		1	1		1			1
名古屋市大	1		1	1	1			1		
東京理科大	1	1	1	1	1					1
明治大	1		1	1	1	1		1		
東京慈恵会医科大	1		1		1	1	1	1		1
出題校数	13	13	8	14	19	12	10	8	10	14

凡例

- A 細胞と組織
- B 代謝
- C 生殖・発生
- D 遺伝
- E 分子生物
- F 刺激と反応
- G 体液の恒常性
- H 植物の反応と調節
- I 生態
- J 進化と系統

演習問題

問題集編集の都合上，問題文の文言を一部変えたり，図の縮尺を変えたりしている部分がある。

北海道 manavee 生物科編者

① 東京理科大・第3問(分子生物)

人体はさまざまな種類の細胞から構成されている。これらの細胞は、1個の受精卵が細胞分裂と分化を繰り返すことによりできていく。すべての細胞は1個の受精卵に由来するため、組織を形成するすべての細胞は基本的には同一のゲノムを有している。受精卵が発生していく過程の胚から一群の細胞をとりだして特殊な条件で培養することにより、多様な分化能力を有する細胞を得ることができ、このような細胞は胚性幹細胞(ES細胞)とよばれる。ES細胞から、神経細胞のような特定の細胞に分化させるのに必要な条件がよく知られている。真核生物の核内には、転写に必要な基本転写因子のほかに、標的となる遺伝子の転写のしかたを調節する調節タンパク質がある。調節タンパク質を指定(コード)している遺伝子は調節遺伝子とよばれる。調節遺伝子は細胞の分化の過程で重要なはたらきをしており、複数の調節タンパク質が順番にその機能を発揮することにより細胞は一定の方向に分化していくものと考えられている。例えばある調節タンパク質が遺伝子Zの転写の量を調節する際には、調節遺伝子から調節タンパク質が細胞内で合成され、合成された調節タンパク質は遺伝子発現を制御している遺伝子の転写調節配列に結合することにより、その機能を発揮する。図1(A)に調節タンパク質の機能を模式的に示した。

調節タンパク質には、転写を活性化する(転写される mRNA の量を増やす)機能をもつもの、転写を抑制する(転写される mRNA の量を減少させる)機能をもつもの、そして両方の機能をあわせもつものが存在することが明らかになっている。両方の機能をあわせもつ調節タンパク質は、ある遺伝子の発現を活性化させるものの、別の遺伝子では、その発現を抑制するようにはたらくことが知られている。

分化誘導の過程では、さまざまな調節遺伝子の mRNA が、順番に合成される。しかし、その調節遺伝子がコードしているタンパク質は分化誘導の過程のすべてで必要とされることは少なく、数時間後には、mRNA の合成はなくなり、その後、調節タンパク質も合成されなくなる。mRNA の量に比例して調節タンパク質の合成がおきるが、真核生物においては、mRNA 前駆体のスプライシング反応や、さまざまな制御をともなったタンパク質合成がおきることが知られている。そのため、場合によっては、mRNA の量の増加が見られる時期から、多少、遅れてその遺伝子がコードしているタンパク質の量が増えることも多い。このように時間のずれはあるものの、多くの場合、調節タンパク質の量は、mRNA の量と同様に变化する。このようなしくみで、調節タンパク質が順番に合成され、合成された調節タンパク質が、ある限られた時間、機能することにより細胞分化の過程が正しく進むものと考えられている(図1(B)参照)。

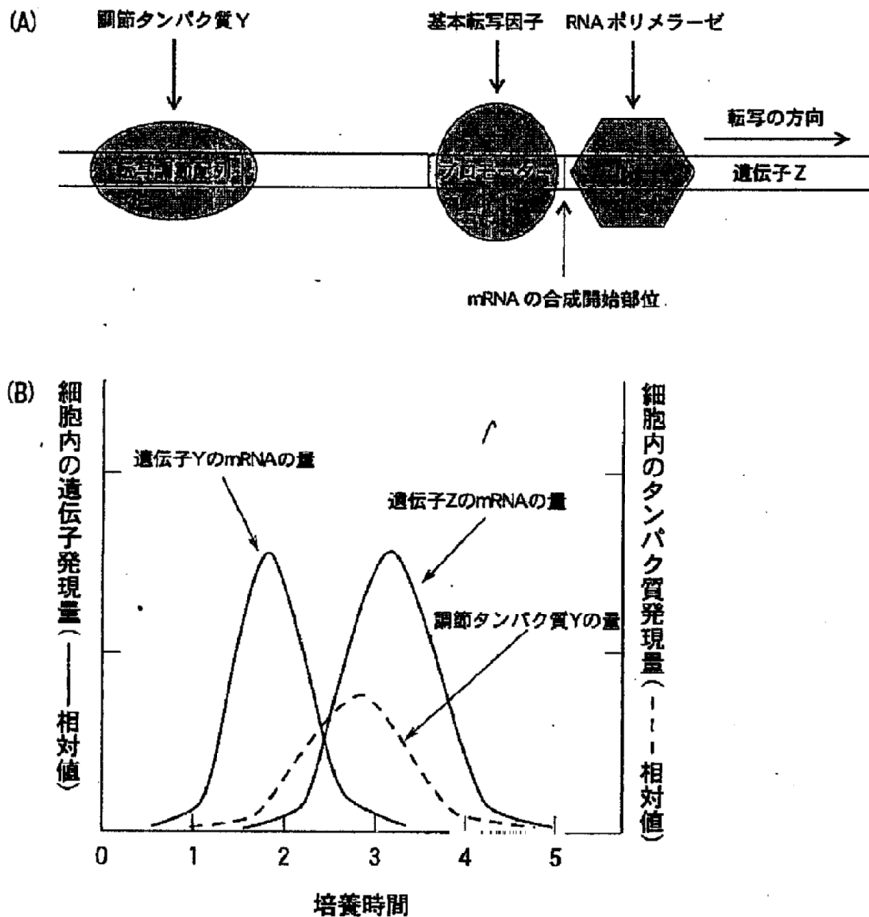


図 1 調節タンパク質 Y による遺伝子 Z の発現調節のしくみ

- (A) 遺伝子 Z の転写調節配列に調節タンパク質 Y が結合することにより、mRNA の合成が増加したり減少したりする。
- (B) 調節タンパク質 Y が遺伝子 Z の発現量を増加させるしくみを模式的に示した。遺伝子 Y の mRNA 量が増加すると、少し遅れて調節タンパク質 Y の量が増加する。調節タンパク質 Y が遺伝子 Z の転写調節領域に結合することにより遺伝子 Z の mRNA 量が増加する。

マウス(ハツカネズミ)の ES 細胞を用いた研究では、分化の過程において重要な役割を担っている調節タンパク質が複数存在することが示されており、以下は、それらの調節タンパク質が、どのように機能するかを調べるために行った実験である。

(実験 1)

未分化状態の ES 細胞を増殖させた後に、培養している培地に分化を引き起こす(誘導する)活性を有するある物質(物質 X)を加えたところ、ES 細胞は神経のもとになる細胞(神経前駆細胞)に分化した。物質 X により ES 細胞を神経前駆細胞に分化誘導するさいに、経時的に細胞から mRNA を調製し、さまざまな遺伝子の発現量の変化を調べた。具体的には、以下のような実験を行った。

1. 未分化状態の ES 細胞, および, 物質 X を加えて分化を誘導した ES 細胞のそれぞれから mRNA を調製した。
2. 調製した mRNA をもとに逆転写酵素により 1 本鎖 DNA を合成した。
3. 合成された 1 本鎖 DNA をポリメラーゼ連鎖反応法(PCR 法)で増幅した。このとき, 増幅して得られた DNA の量は, mRNA の量と比例していた。
4. 増幅して得られた DNA の量を測定した。

このような実験を行い, 多数の遺伝子の発現量を調べてみたところ, ES 細胞が神経前駆細胞に分化していく過程において, 重要なはたらきをしている調節遺伝子を 6 種類見つけることができた。6 種類の調節遺伝子を, それぞれ遺伝子 A, 遺伝子 B, 遺伝子 C, 遺伝子 D, 遺伝子 E, 遺伝子 F とよぶ。また, これらの遺伝子により合成される調節タンパク質を, それぞれ, タンパク質 A, タンパク質 B, タンパク質 C, タンパク質 D, タンパク質 E, タンパク質 F とよぶ。

さらに, 神経前駆細胞に分化するとともに発現が観察される遺伝子も 3 種類見つかり, それらは遺伝子 N1, 遺伝子 N2, 遺伝子 N3 とよばれている。これらの 3 種類の遺伝子は, 遺伝子 A~F とはことなり, 調節遺伝子としての働きはもたず, 神経前駆細胞の形成に必要な細胞内の構造をつくるために必要なタンパク質をコードしていた。

逆転写酵素の反応の結果得られた 1 本鎖 DNA の量は細胞から抽出された mRNA の量に正確に比例していた。また, PCR 法で増幅して得られた 2 本鎖 DNA の量は mRNA から合成された 1 本鎖 DNA の量に正確に比例していた。さらに, 調べてみたところ, これら, 9 種類の遺伝子においては, 時期は多少遅れるものの, 細胞内の mRNA の量に比例した量のタンパク質の合成がおきていた。

(実験 2)

実験 1 と同様の方法で ES 細胞を神経前駆細胞に分化させた際に, 実験 1 で見つかった 9 種類の遺伝子の発現量の経時的な変化を, 実験 1 と同様の方法で詳細に調べ, その結果を図 2 に示した。例えば, 遺伝子 A の発現量は物質 X 添加後 4 時間から増え始め, 約 7 時間後に最大となった後, 減少に転じ, 11 時間後には, ほぼゼロとなった。また遺伝子 N2 と遺伝子 N3 の発現量を比べてみると, 遺伝子 N3 の方が多かった。

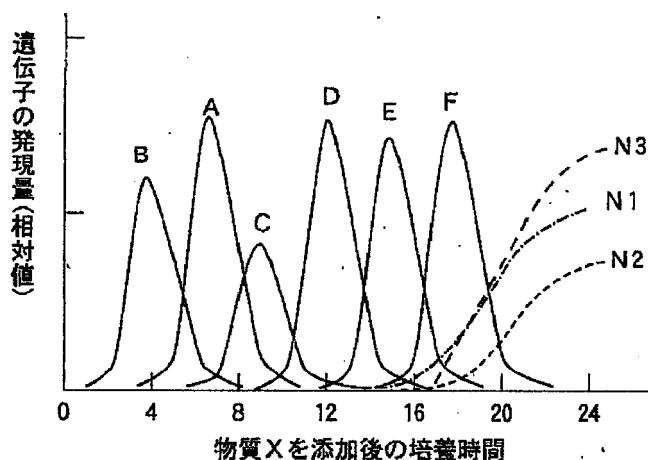


図 2 ES 細胞を分化誘導した際の一定の細胞数あたりの
遺伝子発現量の経時変化

転写調節配列に関する実験を、さらに、行ってみたところ、以下の3つの事実が明らかとなった。

1. N1, N2, N3 の各遺伝子の転写調節配列には、調節タンパク質 A~F の遺伝子のどれか一つのみが結合していた。
2. 各調節遺伝子の転写調節配列には、上記の6種類の調節タンパク質のうち、多くて1種類が結合することが示された。
3. 各調節タンパク質は、ここで解析の対象としている遺伝子について、1種類あるいは2種類の遺伝子の転写調節配列に結合することが示された。

(実験3)

ES細胞の分化に関与している6種類の遺伝子の機能を調べるために、これらの遺伝子発現を人為的に抑制し、遺伝子発現制御の相互関係を調べた。

RNA干渉法とよばれる方法を用いると、細胞内で発現している特定の遺伝子の mRNA の量を減らすことができる。この方法では、発現を抑制したい遺伝子の mRNA と2本鎖を形成する配列をもつ長さが20塩基程度の短い RNA を細胞内に導入することにより、対象とする遺伝子の mRNA が分解される。その結果、ある特定の遺伝子の発現を細胞内で抑制したのと同じ効果が得られる。ここで用いられる20塩基程度の短い RNA は siRNA とよばれている。このように siRNA を細胞内に導入すると、対象としている遺伝子がコードしているタンパク質の量もかなり減少する。この方法を用いて、A~F までの6種類の遺伝子のそれぞれについて発現抑制実験を行い、その結果を図3に示した。

図3に示したそれぞれの実験においては、siRNA を細胞に導入し、数時間培養した後で、物質 X を加えて実験を行った。siRNA は導入後、48時間まで、その効果を発揮し、その結果、各調節タンパク質の合成も抑制された。

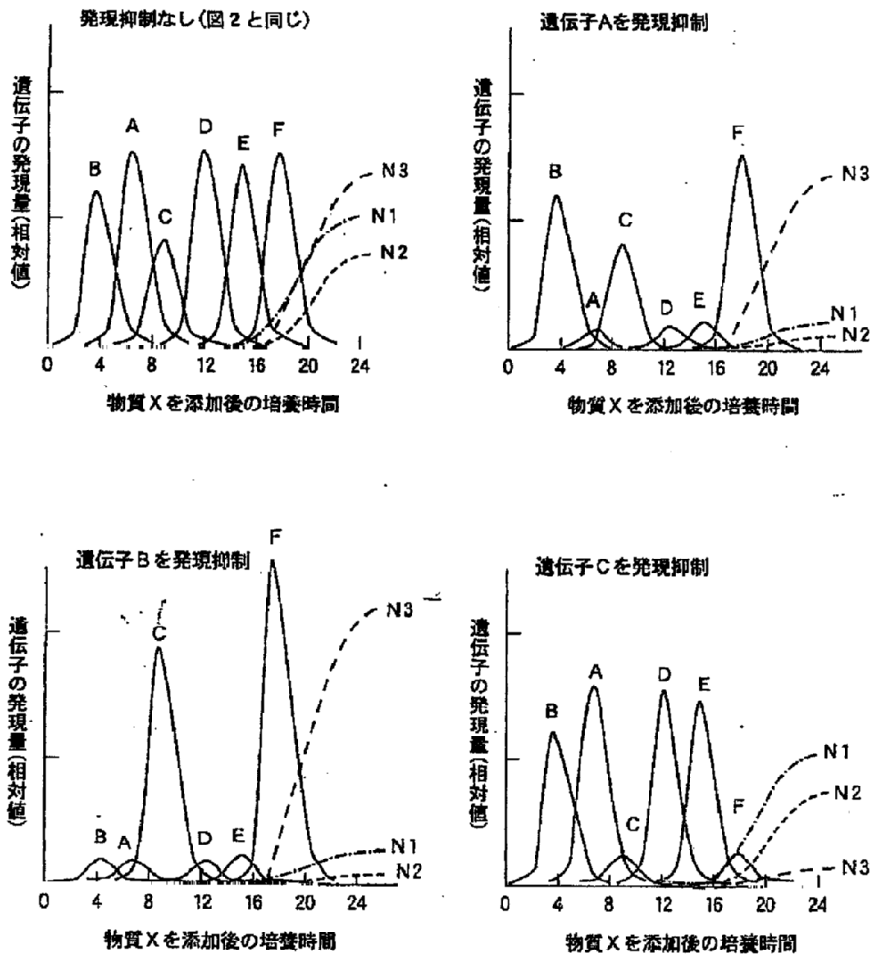


図3-1 遺伝子A~Cの発現抑制実験の結果

遺伝子A~CのそれぞれについてRNA干渉法により発現抑制実験を行った時の各遺伝子の発現量を経時的に測定した。なお、左上に発現抑制を行わない時の各遺伝子の発現量の変化を示した。

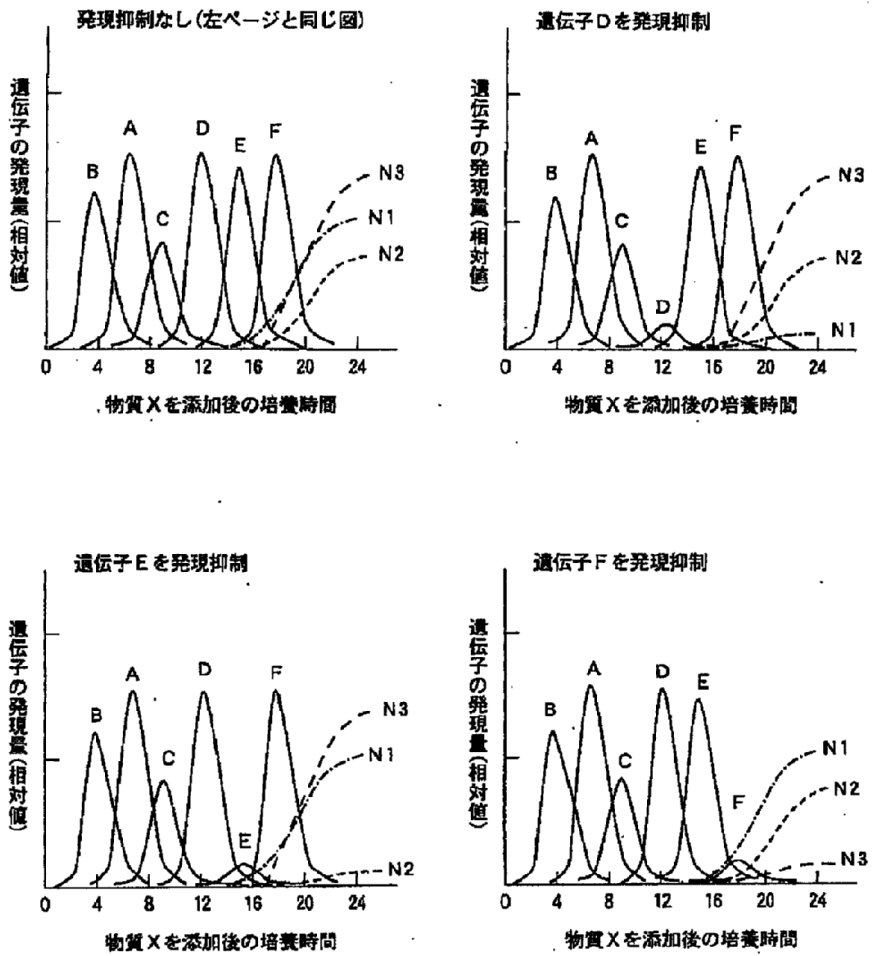


図3-2 遺伝子D~Fの発現抑制実験の結果

遺伝子D~FのそれぞれについてRNA干渉法により発現抑制実験を行った時の各遺伝子の発現量を経時的に測定した。なお発現抑制なしの図は左ページと同じである。

問1 以下の記述は、図3で得られた結果にもとづいた記述である。これらの記述のうち、内容的に誤りを含む記述をもれなく選びなさい。解答にあたっては、**解答群A**の中から、誤りを含む記述が一つの場合にはその記述を、誤りを含む記述が複数ある場合には、誤りを含む記述をすべて含み、かつ、誤りを含む記述だけで構成される組み合わせの一つを選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお誤りを含んでいる記述がない場合は、⑩にマークしなさい。

- (a) 遺伝子Aの発現抑制を行ったところ遺伝子D、遺伝子E、遺伝子N1そして、遺伝子N2の発現量が明確に減少した。他の結果とあわせて考えたとき、タンパク質Aが、上記のES細胞の分化誘導過程において、これら4つの遺伝子の発現調節配列に結合することにより、各遺伝子の発現を制御していることを示している。
- (b) 遺伝子Bの発現抑制を行ってみたところ、遺伝子Cおよび遺伝子FのmRNA量が増加した。他の結果とあわせて考えたとき、上記のES細胞の分化誘導過程において、タンパク質Bは遺伝子Cおよび遺伝子Fの転写調節配列に結合することにより発現を制御していることを示している。
- (c) 遺伝子Dの発現抑制を行ってみたところ、遺伝子N1の発現量は減少したものの、遺伝子N2および遺伝子N3の発現量は変化しなかった。他の結果とあわせて考えたとき、ES細胞の分化誘導過程において、タンパク質Dは、遺伝子N1の発現制御に関与しているものの、遺伝子N2および遺伝子N3の発現制御には関与していないことを示している。
- (d) 遺伝子Fの発現抑制を行ったところ遺伝子N3の発現量は減少したものの、遺伝子Dの発現量は変化していない。他の結果とあわせて考えたとき、遺伝子Fは遺伝子Dがコードしている調節タンパク質の支配下にあるものと考えられる。

解答群A

- ① なし ② (a) ③ (b) ④ (c) ⑤ (d) ⑥ (a)(b) ⑦ (a)(c) ⑧ (a)(d)
- ⑨ (b)(c) ⑩ (b)(d) ⑪ (c)(d) ⑫ (a)(b)(c) ⑬ (a)(b)(d) ⑭ (a)(c)(d)
- ⑮ (b)(c)(d) ⑯ (a)(b)(c)(d)

問2 以下に示した(実験4)の結果をもとに、以下の設問に答えなさい。

(実験4)

RNA干渉法を用いると特定のタンパク質の量を減少させることができる。一方、タンパク質をきわめて細いマイクロピペットを用いて細胞に注入することにより、細胞内のタンパク質の量を増やすことができる。この方法を用いて図4に示した実験を行った。

未分化状態のES細胞において、遺伝子AのsiRNAをはじめに導入した。導入されたsiRNAは効果的にはたらし、タンパク質Aの発現がsiRNA導入後48時間まで、抑制されることはすでに明らかとなっている。siRNAを細胞に導入し数時間培養した細胞に、遺伝子組み換え技術によって調製したタンパク質Aを細胞内に注入し、注入後、物質Xを培地に加えた。なお注入したタンパク質Aの量は、物質Xを添加した際に、本来生産されるタンパク質Aの量と比べて3倍多かった。

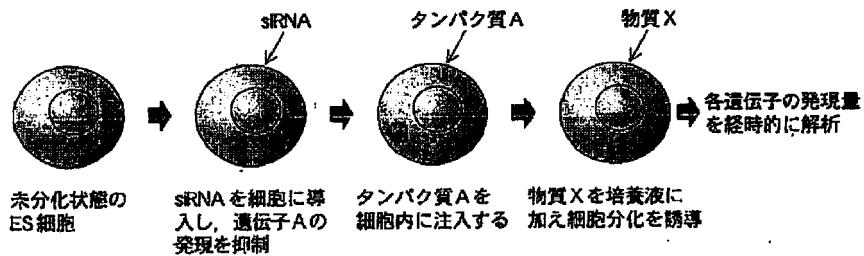


図4 実験4の流れ

注入された量が、本来発現する量よりも多いため、調節タンパク質Aの作用が増強されるものと仮定したとき、BからFの各遺伝子の発現量は、図3の「発現抑制なし」の結果と比べて、どのように変化するか。解答群Bからもっとも適している語句を選択し、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。なお注入された調節タンパク質Aは、核に移行して調節タンパク質として正常に機能するものとする。

- (a) 遺伝子Bの発現量は()。 (b) 遺伝子Cの発現量は()。
 (c) 遺伝子Dの発現量は()。 (d) 遺伝子Eの発現量は()。 (e) 遺伝子Fの発現量は()。

解答群B ① 増加する ② 減少する ③ 変化しない

問3 (実験4)に関する以下の設問に答えなさい。

実験4において、N1からN3の各遺伝子の発現量は図3の「発現抑制なし」の結果と比べてどのように変化するであろうか。解答群Cからもっとも適している語句を選択し、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。

- (a) 遺伝子N1の発現量は()。
 (b) 遺伝子N2の発現量は()。
 (c) 遺伝子N3の発現量は()。

解答群C ① 増加する ② 減少する ③ 変化しない

問4 (実験5)に関する以下の設問に答えなさい。

(実験5)

実験4では、タンパク質Aの発現量を人為的に増加させたが、今度はタンパク質Bの発現量を増加させる実験を実験4と同様におこなった。実験4と同様に、あらかじめRNA干渉法により遺伝子Bの発現を抑制しておく。その状態の細胞に、遺伝子組み換え技術によって調製したタンパク質Bを細胞内に注入した。注入後、物質Xを培地に加えて分化を誘導した。なお注入した量は、実験4同様、物質Xを添加した際に、本来生産されるタンパク質Bの量と比べて3倍多かった。なお注入された調節タンパク質Bは、核に移行して調節タンパク質として正常に機能するものとする。

注入された量が、本来発現する量よりも多いため、調節タンパク質Bの作用が増強されるものと仮定したとき、遺伝子Aおよび遺伝子CからFの発現量は、図3の「発現抑制なし」の結果と比べて、どのように変化するであろうか。解答群Dからもっとも適している語句を選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。

- (a) 遺伝子 A の発現量は()。 (b) 遺伝子 C の発現量は()。
 (c) 遺伝子 D の発現量は()。 (d) 遺伝子 E の発現量は()。
 (e) 遺伝子 F の発現量は()。

解答群 D ① 増加する ② 減少する ③ 変化しない

問5 (実験5)に関する以下の設問に答えなさい。

実験5において、N1からN3の各遺伝子の発現量は、図3の「発現抑制なし」の結果と比べて、どのように変化するであろうか。解答群Eからもっとも適している語句を選択し、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。

- (a) 遺伝子 N1 の発現量は()。
 (b) 遺伝子 N2 の発現量は()。
 (c) 遺伝子 N3 の発現量は()。

解答群 E ① 増加する ② 減少する ③ 変化しない

問6 調節タンパク質の制御関係に関する以下の設問に答えなさい。

いままで行ってきた、実験1から実験5をもとにして、遺伝子発現制御の全体像を描いてみたい。それに先だて、一つのモデルケースについて考えてみよう。このモデルケースを参考に設問に答えなさい。

5つの調節遺伝子(遺伝子P、遺伝子Q、遺伝子R、遺伝子S、遺伝子T)およびそれらの遺伝子がコードしている5つの調節タンパク質(タンパク質P、タンパク質Q、タンパク質R、タンパク質S、タンパク質T)において、以下のような制御関係が存在するものとする。なお遺伝子発現時期の順番は、早い順にP、Q、S、R、T(Tの発現時期はRとほぼ同じ)である。

各遺伝子の制御関係を以下に示した。

- 1) タンパク質Pは、遺伝子Qの転写調節配列に結合して、遺伝子Qの発現を促進したが、他の4遺伝子の転写調節配列には結合しなかった。
- 2) タンパク質Qは、遺伝子Sの転写調節配列に結合して、遺伝子Sの発現を促進したが、他の4遺伝子の転写調節配列には結合しなかった。
- 3) タンパク質Sは、遺伝子Rの転写調節配列に結合し、遺伝子Rの発現を促進した。また、タンパク質Sは、同様に遺伝子Tの転写調節配列に結合したが、遺伝子Tの発現は抑制した。
- 4) タンパク質Rおよびタンパク質Tは、自身以外の他の4種類の遺伝子の発現調節には関与していなかった。

このような制御関係の全体像を模式的に示すことにした。図5では、ある調節タンパク質が他の遺伝子の発現を促進する場合には矢印(→)で二つの遺伝子を結んでいる。その際の矢印の方向については、制御する遺伝子から制御される遺伝子に向けた矢印で結ぶものとする。一方、ある調節タンパク質が他の遺伝子の発現を抑制する場合にはここに示した図形(⇐)で2つの遺伝子を結ぶものとする。

上記の制御関係の説明文と図5の模式図の関係にならって、実験1から実験5の結果から導き出される、遺伝子AからF、および遺伝子N1、N2、N3のもっとも適切な制御関係を、解答用紙の該当する鮮答欄

に記入しなさい。

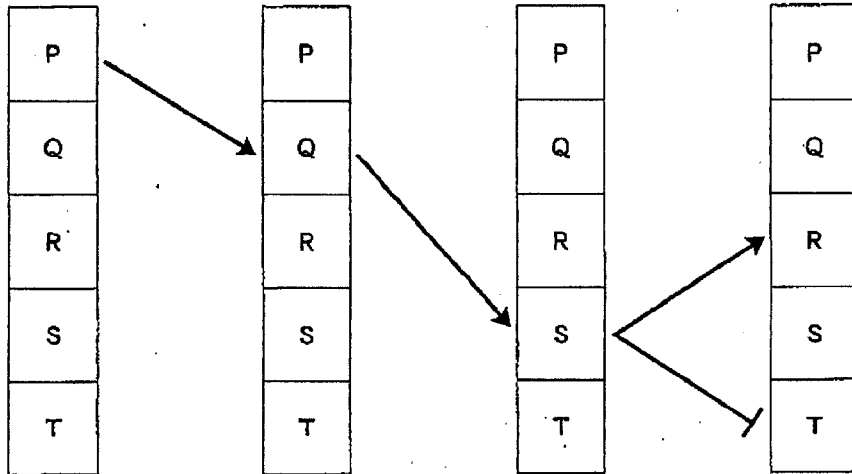


図5 5種類の調節遺伝子・調節タンパク質の制御関係の模式図

② 明治大・第4問(植物の反応と調節・細胞と組織)

植物は、根で吸収した水と葉で大気から取り込んだ二酸化炭素を利用して、主に葉で有機物を合成している。水は植物の重要な構成成分であり、生きていくために不可欠な物質である。陸上で生活する植物の中には、根で吸収した水や無機塩類が通る道管と、葉が生産した栄養分が通る師管などで構成された、(ア)維管束を発達させた植物がある。

根の表皮細胞における吸水は、細胞の浸透圧に関連した要因に影響される。さらに、根の表皮細胞に取り込まれた水は、皮層の細胞あるいは細胞壁を通して道管に入る。根には表皮細胞が変形した(イ)が発達しており、根の表面積を増大させている。

植物体内の水が水蒸気として失われる現象を蒸散と呼び、主に葉の気孔からおこなわれる。気孔から蒸散によって水分が失われると、葉細胞の膨圧が低下し結果として(ウ)が増加する。その結果、隣接する細胞から水が取り込まれる。このように隣接する細胞や葉脈・葉柄の道管、そしてそれが連なった茎の道管から水が移動する。道管内の水は(エ)によって葉から根まで連続する水柱を形成しているので葉で行われる(カ)蒸散が根の吸水の原動力となっている。

しかしながら、春に萌芽が始まった落葉樹では、葉がなくて蒸散はあまり行われていない。根では水だけでなく無機塩類の吸収も行われているが、根の細胞に吸収された無機塩類によって細胞の浸透圧が増大して土壌からの吸水が行われる。その結果として道管内の水を押し上げる力が発生する。これを(カ)という。

(ク)鉢に植えたある植物を用いて、土壌水分含量が異なる条件下において葉の浸透圧と膨圧を測定した。その結果は、図1に示したようになった。図の横軸(x軸)は土壌水分含量(単位は%)を示しており、縦軸(y軸)は細胞の浸透圧と膨圧(単位は気圧)を示している。また、図中の実線は浸透圧と土壌水分含量の関係を示しており、その関係は①に示した一次式で表すことができた。一方、膨圧と土壌水分含量の関係は破線で示されており、その関係は②の式で表すことができた。なお、ここで用いた土壌水分含量は、土壌の保持しうる最大水分量に対する割合で示したものである。したがって、最大値は100%、最小値は0%となる。

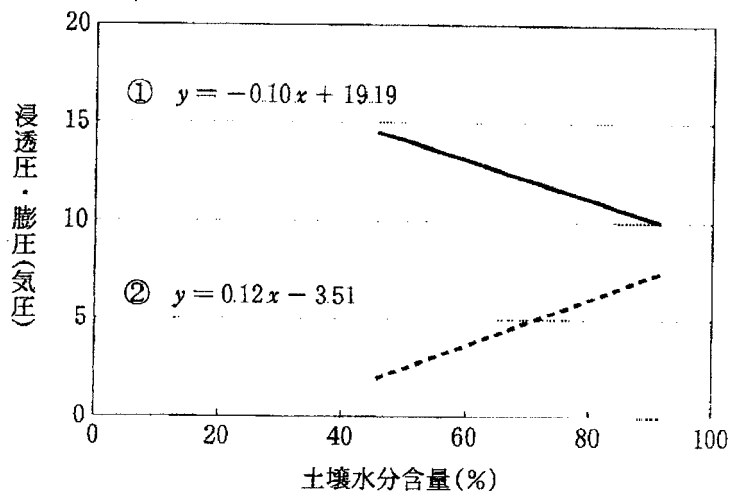


図1 葉の浸透圧または膨圧と土壌水分含量との関係

問1 下線部(ア)の維管束のはたらきや構造の説明として、誤りであるものを1つ選びなさい。

- A 師部と木部の間に、細胞分裂を行う形成層を持つものがある。
- B 根と茎における維管束の配置は、同じである。
- C 師管は生きた細胞で構成されている。
- D 道管を構成する細胞の上下の細胞間にしきりが無い。
- E 師管を構成する細胞の上下の細胞間にしきりがあり、多数の小孔が開いている。
- F 道管は死んだ細胞で構成されている。
- G 道管と同じ役割をする別の組織を持つものがある。

問2 下線部(ア)の植物に含まれるものとして、誤りであるものを1つ選びなさい。

- A クロマツ B イヌワラビ C ヘゴ D イネ E コムギ F サクラ G ユリ
- H キク I イチョウ J ソテツ K ゼニゴケ L ベニシダ M ポプラ N スギ
- O ヒノキ

問3 文中の(イ)に入る語句として、最も適切なものを選びなさい。

- A 根冠 B 師管 C 厚壁細胞 D 師部 E 維管束 F クチクラ G 柵状組織
- H 細胞膜 I 根毛 J 細胞壁 K 道管 L 水孔 M 木部 N 形成層 O 髄

問4 文中の(ウ), (エ), (カ)に入る語句として最も適切なものを選びなさい。

- A 吸引力 B 結合力 C 根圧 D 気圧 E 上昇力 F 凝集力 G 選択圧
- H 水圧 I 内圧 J 吸水力 K 浸透圧 L 膨圧 M 重力 N 反発力 O 生産力

問5 下線部(オ)の蒸散以外の力もはたらいて、水が上へと運ばれると考えられている。これを裏付ける現象として、最も適切なものを選びなさい。

- A オジギソウの葉に触れると、葉が急速に閉じる。
- B 植物の根は、水のあるところに向かって伸びる性質がある。
- C 植物体内の水分が減少すると、気孔が閉じる。
- D 砂地に生育する植物は、晴天日が続くとしおれやすい。
- E 土壌水分が多い状態が続いた場合、植物が枯死する場合がある。
- F 日本では、およそ 2500m を超える高山に生育する樹木は、低木が多い。
- G 100m を超える高さの樹木がある。

問6 下線部(キ)の植物が、しおれ始める時の土壌水分含量(%)として、最も適切な値を選びなさい。ただし、図中に示した一次式の関係が、実際に測定した土壌水分含量の範囲外でも成立するものとする。また、選択肢は小数点第二位を四捨五入してある。

- A 20.1 B 21.4 C 22.3 D 23.4 E 24.6 F 25.2 G 26.7 H 27.8
- I 28.1 J 29.3 K 30.2 L 31.7 M 32.5 N 33.4 O 34.9

問7 下線部(キ)の植物において、土壌水分含量が80%である時の吸水力(気圧)として、最も適切な値を選びなさい。ただし、選択肢は小数点第二位を四捨五入してある。

- A 5.1 B 5.8 C 6.0 D 6.5 E 24.6 F 25.2 G 26.7 H 9.7 I 28.1
J 29.3 K 30.2 L 31.7 M 32.5 N 33.4 O 34.9

問8 下線部(キ)の植物において、土壌水分含量が100%である場合の葉細胞内液の浸透圧(気圧)として、最も適切な値を選びなさい。ただし、図中に示した一次式の関係が、実際に測定した土壌水分含量の範囲外でも成立するものとする。また、選択肢は小数点第二位を四捨五入してある。

- A 2.2 B 3.1 C 4.3 D 5.2 E 6.4 F 7.3 G 8.6 H 9.2 I 10.5
J 11.7 K 12.1 L 13.8 M 14.5 N 15.8 O 16.5

③ 東京慈恵会医科大・第3問(体液の恒常性・進化と系統)

(A) 硬骨魚の体液の恒常性は、生息環境に適応した仕組みで保たれている。例えば、エマグロは常に多量の海水を飲み、水分を腸から吸収する一方で、えらにある[1]から余分な塩類を排出し、血液と[2]な尿を少量排出する。一方、フナは水をほとんど飲まず、塩類を[1]から積極的に取り入れ、腎臓で塩類を多く再吸収するとともに薄い尿を多量排出する。

ヒトでは腎臓が体液の恒常性維持や老廃物の排出において重要な働きをしている。ヒトが塩類の多い食事をしたり、多量に汗をかいた場合、視床下部にある[3]で合成されるバソプレシンが主に腎臓の[4]に働きかけ、水の再吸収を盛んにすることで体液の浸透圧の上昇を防いでいる。一方、多量の水を飲んだ場合、副腎皮質から分泌される[5]と呼ばれるホルモンが働いて、塩類の再吸収が促進される。

問1 文中の[1]～[5]に適切な語句を入れよ。

問2 サメなどの軟骨魚類は硬骨魚類とは異なった機構で海水に適応している。サメの体液の組成の特徴とそれが海水適応にもたらす効果について述べよ。

(B) 下表は、健康な人にインスリンを静脈注射した後、血しょう、原尿、尿における尿素とインスリンの濃度を測定した結果を示している。ただし、インスリンは細尿管(尿細管)で再吸収や分泌されない物質である。尿は1分間に1mL生成されるものとする。

	血漿(g/100mL)	原尿(g/100mL)	尿(g/100mL)
尿素	0.03	0.03	2
インスリン	0.10	0.10	12

問3 尿素は肝臓において、ある生体物質とCO₂から作られる。ある生体物質とは何か、答えよ。

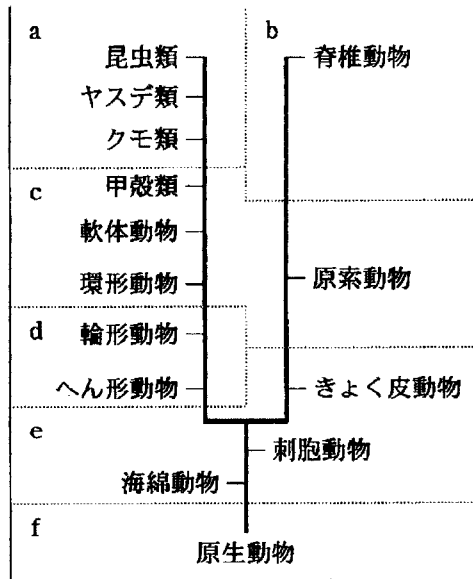
問4 電子顕微鏡で細尿管を観察したところ、その細胞内には大型のミトコンドリアが多数分布していた。その理由を考察せよ。

問5 原尿中の尿素は1分間に何mg再吸収されたか、答えよ。

(C) 動物の排出器は進化に伴い変化を遂げた。図は系統樹上の動物を排出器の構造の違いにより、点線で区分したa～fのグループに分類したものである。

問6 次のア～ウはa～fのうちのどのグループの特徴か。最も適当なグループを1つ選び、記号で答えよ。

ア. 原腎管をもつ。 イ. マルピーギ管をもつ。 ウ. 収縮胞をもつ。



④ 横浜市立大・第2問(代謝・体液の恒常性)

ヒトの生命活動の維持にはエネルギーが継続して供給される必要がある。呼吸とは有機物を分解してエネルギーを取り出す過程といえる。エネルギーはさまざまな生命活動に利用される ATP という形で取り出され利用される。筋肉においても運動を続けるために ATP が必須である。

骨格筋では、ATP は [A] と [B]、および [C] から産生される。(ア)急に激しい運動を開始した時、エネルギー産生は [A] および [B] に依存する。 [A] は筋肉内に含まれる高エネルギーリン酸結合をもつ基質分子であり、これが分解されることにより 1 分子の [A] 当たり [D] 分子の ATP を産生する。また、[B] では筋肉内のグルコースが酸素の消費なしに分解され、結果として疲労物質 [E] が産生される。[B] では、1 分子のグルコースあたり [F] 分子の ATP が産生される。これらの代謝系は ATP の産生効率という点では [C] に劣る。

持続的な運動ではエネルギー産生は [C] に依存する。[C] は、(イ) [B] を含む 3 段階にわたって代謝基質を二酸化炭素と水に分解する。 [C] は ATP の産生効率にすぐれた代謝経路であり、グルコース 1 分子あたり最大 [G] 分子の ATP を産生することができる。

骨格筋の代謝状態は供給される酸素の量によって影響を受ける。ヒトの体内で酸素の運搬を担うタンパク質は [H] 中に存在するヘモグロビンである。[I] で酸素と結合したヘモグロビンは末梢組織で酸素を放出するが、(ロ)運動中にはヘモグロビンから筋肉組織で放出される酸素の割合が増大する。ヘモグロビンは [I] で再び酸素と結合し末梢組織へ送られる。結果として、末梢組織には一定強度の運動まで十分な酸素が供給されることになる。

筋運動が必要とするエネルギーは、呼吸基質のなかでも [J] の酸化作用に依存しており、[K] の酸化も一部関与している。代謝される [J] と [K] の割合は、(ハ)呼吸商を測定すればわかる。すなわち、[J] のみを基質とした場合の呼吸商は 1.0 であり、[K] のみを基質とした場合の呼吸商は 0.7 である。一方、タンパク質も呼吸基質であるが通常エネルギー源としては使われない。

激しい運動という体の変化に対し、生体は諸器官の活動を調節し内部環境を維持しようとする。この時、自律神経が重要な役割をはたす。自律神経はさまざまな器官に分布し、活動の調節を行う。そのため、(ニ)筋組織のエネルギー産生にも影響を与えることになる。

問1 文章中の [A] ~ [K] に適当な語句または数字を入れよ。

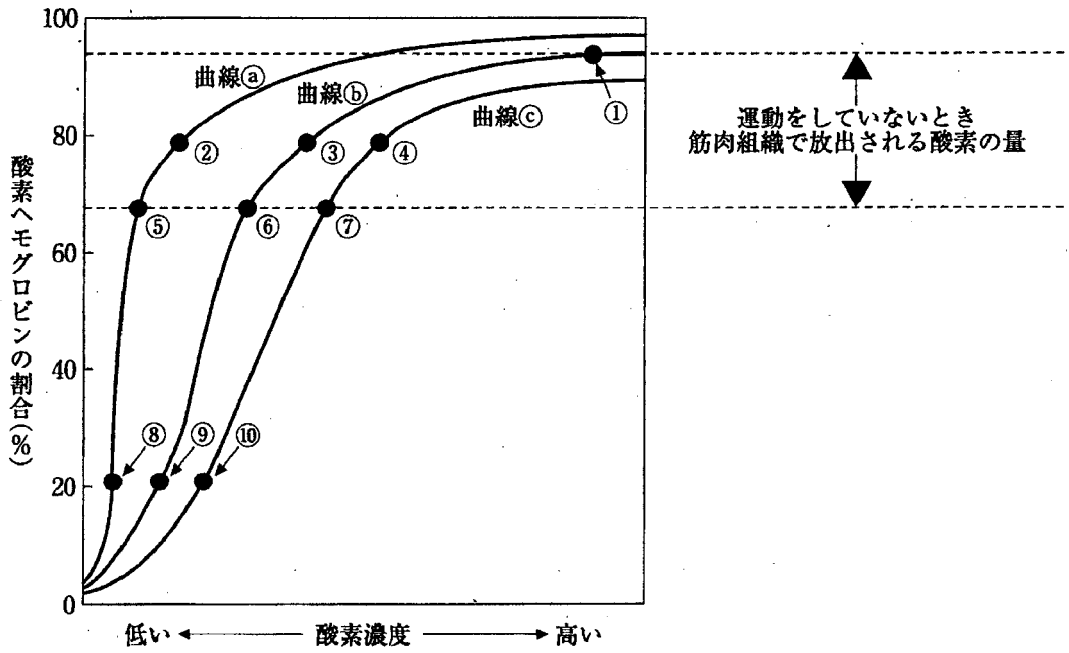
問2 下線(ア)に関して、その理由を 2 つあげ、それぞれ 25 字以内で述べよ。

問3 下線(イ)に関して、[B] の反応が起きる細胞内の部位、また [B] 以外の反応過程の名称および細胞内での反応の部位を記入せよ。

問4 下線(ウ)に関して、その理由を次頁のヘモグロビンの酸素解離曲線に示された適当な番号、アルファベットを用いて 120 字以内で説明せよ。

問5 下線(エ)とは何か 80 字以内で説明せよ。

問6 下線(オ)に関し、運動時に自律神経活動が、どのようにエネルギー産生に影響を与えるか 150 字以内で述べよ。



⑤ 広島大・第1問(生殖と発生・分子生物)

節足動物のエビでは「背わた」とよばれる内臓を取り出すのに背中に包丁を入れるが、魚では包丁を腹に入れて内臓を取り出す。エビと私たちヒトを含む脊椎動物である魚では、どうして包丁を入れる場所が逆になるのかと疑問に思っ生物の教科書で調べてみたら、脊椎動物では腹側に消化管があつて、背側に中枢神経があるのに、節足動物では、中枢神経が腹側にあつて、消化管はその背側にあることがわかつた。どちらも頭部と尾部があるのに、なぜ体の中が逆になっているのかと興味がわいて、インターネットや図書館で調べると、これらの動物の間で体の内部構造が背腹でほぼ逆になっていることはずいぶん昔から議論されていたことがわかつた。そして、脊椎動物の体は、その祖先に当たる動物が背腹を逆転させて体をつくつたことにより生じたという考えが、昔の学者によって提唱されていた。

最近では遺伝子の転写やその遺伝子がもつたタンパク質のはたらきを比較して、「背腹の逆転」の研究が進められていることがわかつた。胴部の内部構造が背腹で逆になっている節足動物ショウジョウバエと脊椎動物アフリカツメガエルの発生過程で、それぞれ共通の祖先遺伝子に由来すると思われる2組みの遺伝子AとA'、BとB'が背腹の違いを決めており、ショウジョウバエでは遺伝子Aが将来背側になる表層細胞ではたらき、遺伝子Bが将来腹側の表層細胞ではたらく(図1はこれを模式的に示したものである)。ところが、アフリカツメガエルでは、遺伝子A'が腹側の表層細胞で、遺伝子B'が背側にある脊索の細胞ではたらく。遺伝子AとA'がはたらく領域では中枢神経が分化することができないので、ショウジョウバエでは、遺伝子Aがはたらかない腹側に中枢神経ができて、アフリカツメガエルでは遺伝子A'がはたらかない背側に中枢神経が分化することがわかつてきた。体の内部構造が背腹でほぼ逆転して、その構造が形成されるために必要な両種で共通な遺伝子のはたらく場所も背腹で逆転していることは、昔の学者が考えた「背腹の逆転」説を支持するのかもしれない。

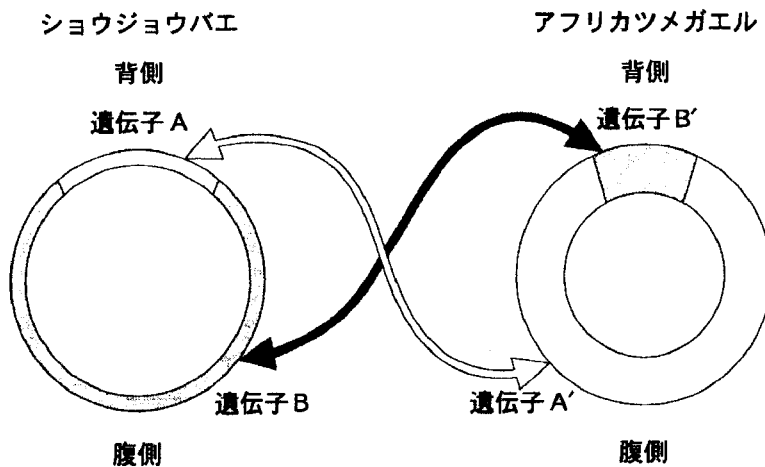
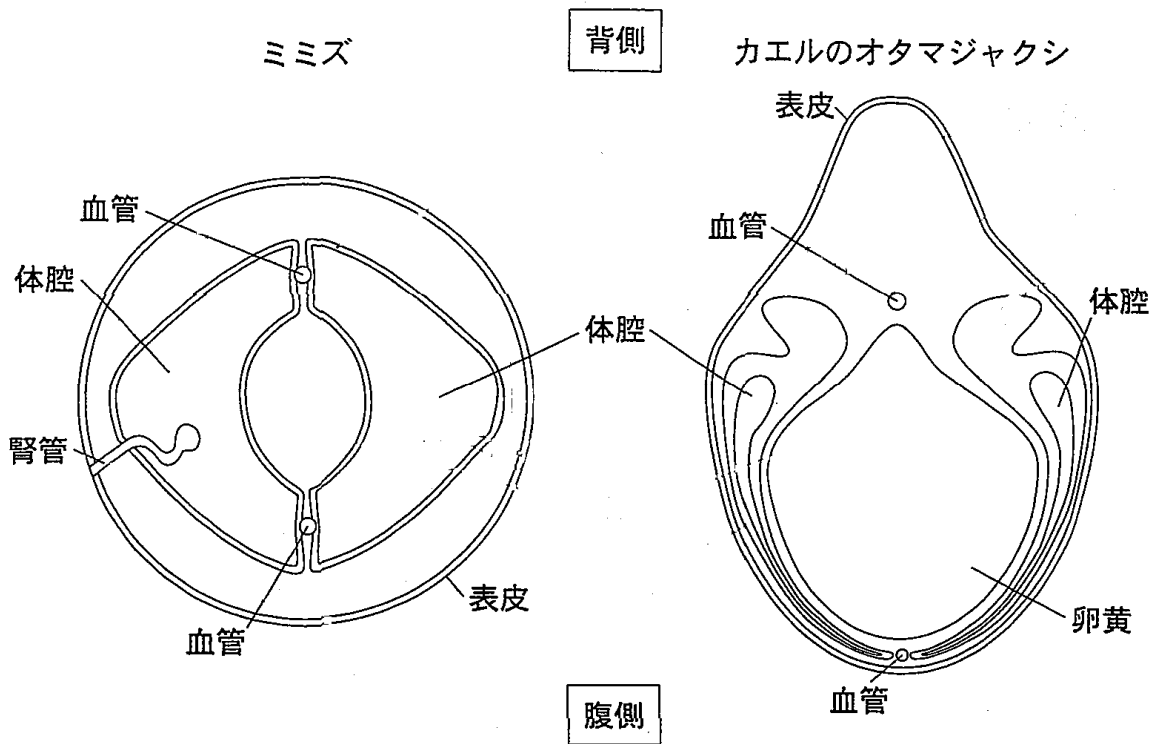


図1 遺伝子のはたらく場所を示す模式図

問1 内部構造の位置関係は節足動物と環形動物で、ほぼ同じである。次頁には、環形動物ミミズと脊椎動物カエルのオタマジャクシを胴部で横断したときの不完全な略図が示されている。「環状筋」・「腎節」・「腎管」・「縦走筋」・「脊索」・「側板」・「体節」・「中枢神経」・「腸」のうち、それぞれの動物に存在するものを解答用紙に図示し、それらの名称を記入せよ。



問2 下線部の中に『共通の祖先遺伝子に由来する』とあるが、遺伝子(DNA)のどのような特徴によってこのような推定が可能になるのかを、「アミノ酸」・「塩基」・「タンパク質」・「比較」の語句をすべて使い、160字以内で答えよ。

⑥ 東京医科歯科大・第2問(刺激と反応・分子生物・体液の恒常性)

アルツハイマー病は、1907年にAlois Alzheimerにより最初に報告された疾患であり、記憶力の低下に始まり、進行性の認知機能低下、人格の変化を主症状とする認知障害性疾患である。

アルツハイマー型認知症の患者では、神経伝達物質の一つである a)アセチルコリンの脳内含量の減少が報告されている。これまでの実験動物を用いた研究からアセチルコリンは、認知・学習機能に重要な役割を果たしていることが知られている。また、アルツハイマー型認知症の患者では、アセチルコリンを合成する b)酵素であるコリンアセチルトランスフェラーゼが著明に低下し、アセチルコリン作動性ニューロンの変性脱落が生じる。このことから、アルツハイマー型認知症の主要原因として「コリン仮説」が生まれ、アセチルコリンの分解酵素であるコリンエステラーゼ阻害薬が、治療薬として開発された。しかし、アルツハイマー型認知症の患者の脳皮質では、神経毒性をもつβアミロイドの沈着が顕著であることから、現在では「コリン仮説」に代わり、βアミロイドの蓄積が主要原因であるという「アミロイド仮説」が支持されている。

アルツハイマー病をはじめとする認知機能障害の治療薬を開発するうえで重要なのが、モデル実験動物である。βアミロイドの前駆体タンパク質の過剰発現マウス(c)トランスジェニックマウスは、対照群と比較して早期に認知機能の障害が認められ、現在アルツハイマー病のモデル動物として頻用されている。

一方、どのような評価系を用いて、認知機能(学習・記憶機能)に対する障害を判断するのかという点も重要である。これまで、学習・記憶機能に対する薬物の影響を評価する数多くの実験系が構築されている。その多くは、報酬(餌)や a)罰(嫌悪刺激)といった要素を学習の強化因子として用いている。それゆえ、少なくとも形成される学習・記憶の一部には情動変化に伴う記憶が反映していると考えられている。一方、一般にヒトの生活の中で生じる記憶や学習には、必ずしも動物実験で用いられているような強化因子を必要としないものが多い。薬物の開発にとって、強化因子を用いない試験系で薬物を評価することは重要である。げっ歯類を用いた「位置認識試験」は、目新しいものを好むというげっ歯類の特性(新奇探索行動)を生かした学習・記憶機能の試験であり、強化因子を用いない評価系の一つである。以下にその実験の手順と結果の一例を示した。

●用意するもの

- 1) 若いマウス (ハツカネズミ)
- 2) 縦約 30cm×横約 30cm×高さ約 30cm の透明な箱
- 3) 小型の同形のブロック 2 個
- 4) ストップウォッチ(時間計測用)

●測定方法

- 1) マウスを透明の箱の中に 1 時間程入れ環境に慣れさせる。その時、観察者の位置や実験する部屋の周りの風景(空間情報)は、変えないようにする。
- 2) 「トレーニング」として、同形のブロック 2 つ(A と B)を箱の両隅に入れ、5 分間観察をする。それぞれのブロックに興味を持って接触している時間(新奇探索行動の指標)を計測する。
- 3) 1 時間後に「テスト」を行う。方法は、ブロック B の位置だけを変えて、同様に 5 分間観察し、それぞれのブロックに興味を持って接触している時間を計測する。

●結果<表>ブロック A・B に対する接触時間(秒)

マウスの 個体番号	トレーニング		テ ス ト	
	ブロック A	ブロック B	ブロック A	ブロック B
I	10	12	5	15
II	16	16	10	20
III	4	4	2	10
IV	6	5	3	9

問1 下線 a)～d)に関連する次の各問題に答えよ。

- a) アセチルコリンを伝達物質とする自律神経系の名称と胃のぜん動に対する作用を答えよ。
- b) 温度や pH などの条件がこの酵素にとって適当なとき、酵素濃度を一定にして基質濃度を増やしていった場合の「酵素反応速度」の変化を解答欄の図に記入せよ。ただし、図には基質と化学構造が類似している阻害物質を一定量加えたときの「酵素反応速度」の変化のグラフを点線で書き入れてある。このグラフを基に解答せよ。
- c) 遺伝子導入技術は、その応用として遺伝病の治療にも使われている。現在行われている遺伝子治療は、患者の体細胞(リンパ球など)を取り出して、正常な遺伝子等を導入した後、再び患者の体内に戻すというものである。取り出した体細胞に遺伝子を導入する方法としてウイルスを用いることが多い。その理由を述べよ。
- d) ストレスに反応して、副腎皮質からは糖質コルチコイドが分泌される。また、糖質コルチコイドは血糖値の調節にも関わっている。このホルモンは、どこに作用して、どのようなことを引き起こすことによって、血糖値を上昇させるのか。その作用機序を説明せよ。

問2 実験の結果を見ると、確かに移動させた方のブロック B に興味を持って長くいることが示されているが、新奇探索行動に積極的な個体とそれほどでもない個体があって、接触時間に個体差が大きく、単純に比較することができない。そこで、なるべく個体差が出ないようにデータを変換して、その結果を解答欄の表にまとめよ。また、データの変換方法を説明せよ。

問3 アセチルコリン受容体に作用して、アセチルコリンの作用をブロックする薬物である抗コリン薬を「トレーニング」と「テスト」の間に作用させた。その時の「テスト」の結果を推測し、述べよ。

問4 「位置認識試験」では、マウスが部屋の周りの風景(空間情報)をもとに、物体(ブロック)が移動したことを認識していることがわかっている。どのような実験を組めばそのことを明らかにすることができるか考え、述べよ。ただし、できるだけ単純な実験ほどよい。

7 筑波大・第3問(細胞と組織・刺激と反応)

脊椎動物のからだは、[1]組織、[2]組織、結合組織、筋組織からできている。たとえば、結合組織は組織間を結合し、からだを支え、筋組織はからだの運動に軸的な役割をになう。運動に関わる骨格筋の収縮は、[2]により筋細胞の細胞膜が刺激され、[3]から(a)カルシウムイオンが放出されることで生じる。骨格筋には大量の筋原繊維が含まれており、明帯と暗帯の周期的な繰り返し構造がみられる。明帯の中央は[4]で仕切られていて、そこからは両方向にアクチンフィラメントが伸びている。暗帯にはミオシンフィラメントが存在し、その両端ではミオシンの頭部がアクチンフィラメントに向かって突き出ている。ミオシンの頭部がアクチンフィラメントを引き寄せる結果、[4]の間隔は短くなり、骨格筋は収縮する。図1は、さまざまな長さにした筋繊維の筋節(サルコメア)の模式図とその収縮力を示したグラフである。弛緩時の筋節の長さは1.92 μm であり、これよりも過度に引き伸ばすと、アクチンフィラメントと相互作用できるミオシンの頭部が少なくなるため、収縮力は減少する。また、弛緩時の長さよりも過度に縮めると、向かい合ったアクチンフィラメントがぶつかり、さらには正常なアクチンフィラメントの滑り込みが妨げられるために収縮力は減少する。

動物の運動様式にあわせて骨格筋には速筋や遅筋などの性状が異なるものがある。つぎの情報1~3を利用することで、コイ(淡水魚の一種)がからだをくねらせて泳ぐための速筋や遅筋の役割が調べられている。ただし、速筋と遅筋の筋繊維の弛緩時における筋節の長さはどちらも1.92 μm であるが、遅筋の最大収縮速度は速筋よりも遅く、0.005 筋長/ミリ秒^(注)である。なお、筋の伸縮において、筋繊維に含まれるすべての筋節の長さは等しく変化する。

注：筋繊維の収縮速度は次式より求められる。筋長とは筋繊維の長さである。

$$\text{筋繊維の収縮速度} = \frac{(\text{収縮前の筋長} - \text{収縮後の筋長})}{\text{収縮前の筋長}} \div \text{収縮に要した時間}$$

すなわち0.005 筋長/ミリ秒で収縮する筋繊維では、1ミリ秒あたり筋長は0.5%短くなる。

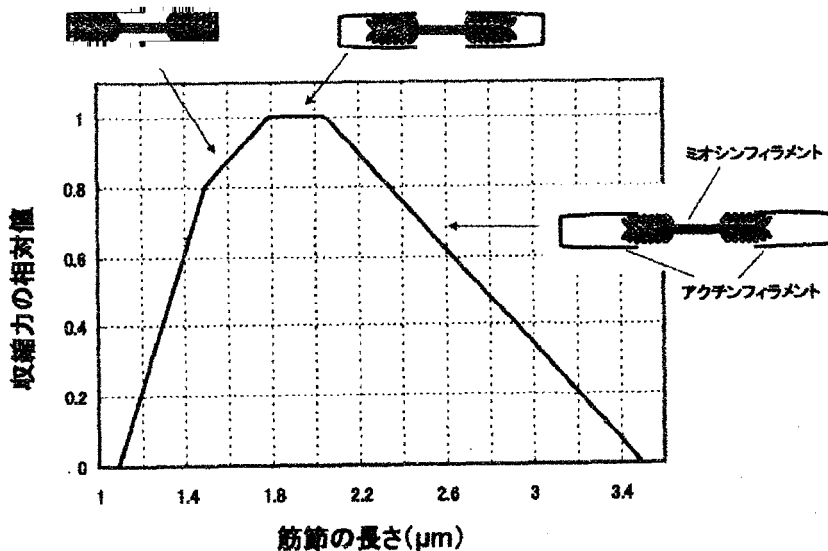


図1 筋節の長さ(μm)と収縮力の相対値の関係

【情報 1】

図 2 のようにコイの速筋と遅筋の体内の分布は明瞭に異なっている。遅筋はからだの側面に前後軸に沿って分布している。一方、速筋はラセン状に分布している。分布の違いから、速筋は遅筋と同程度に収縮しただけで数倍も大きくからだを湾曲させることができる。

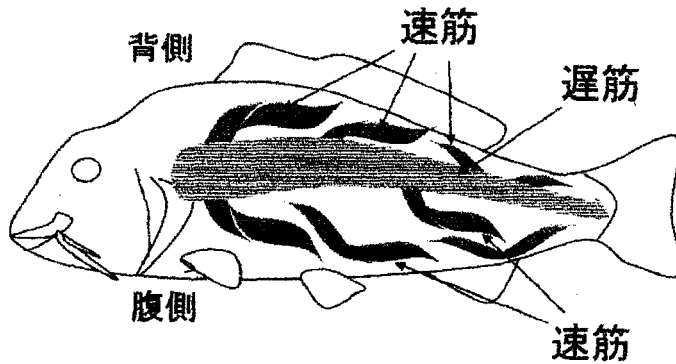


図 2 コイの速筋と遅筋の分布(側面からみた図)

【情報 2】

図 3 に示したように、コイがからだを湾曲した際には、内側の遅筋は縮まるが、外側は伸びる。遅筋を構成する筋節の長さ(μm)は、からだがまっすぐな状態の弛緩時の長さに対して次式であらわせる。 r は湾曲した中心線(背骨)に接する円の半径(cm)、 a は魚の横幅の長さ(cm)である。

$$\text{外側の筋節の長さ} = \text{弛緩時の筋節の長さ} \times (r + 0.5a) \div r$$

$$\text{内側の筋節の長さ} = \text{弛緩時の筋節の長さ} \times (r - 0.5a) \div r$$

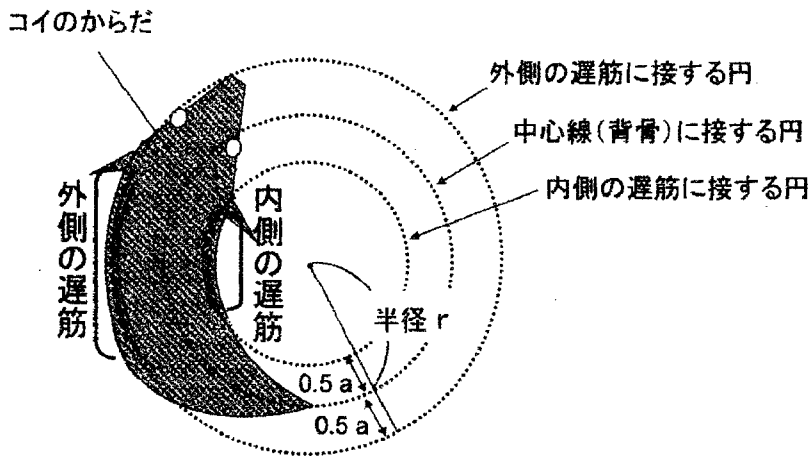


図 3

【情報 3】

図 4 は横幅 6cm のコイがからだを左右に交互に湾曲させて泳ぐ様子を上からみたものである。通常のゆっくりとした遊泳運動をする時には、左右の遅筋が 1 秒あたりに 4 回ずつ交互に収縮して小さくからだを湾曲させており($r=60\text{cm}$)、速筋には活動電位は生じない。一方、大きな音に驚いて逃げる際には、速筋に活動電位が生じ、20 ミリ秒以内に大きくからだを湾曲させる($r=12\text{cm}$)。

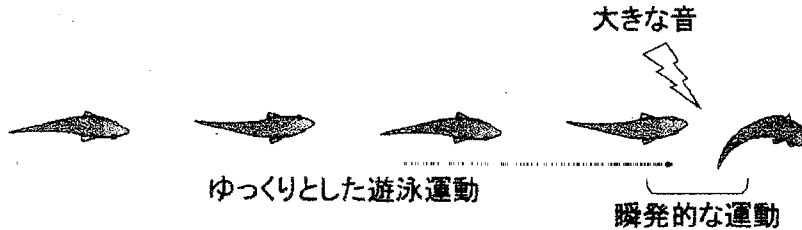


図 4 コイの遊泳運動の様子

問 1 空欄[1]～[4]に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)についてカルシウムイオンの筋収縮における役割を 40 字以内で記せ。

問 3 情報 1～3 をもとに、横幅 6cm のコイがゆっくりと遊泳運動をしている時と、大きな音に驚いて瞬発的に運動する時の、遅筋の筋節が伸縮する範囲について、その長さ(μm)の最大値と最小値を求めよ(小数第 3 位以下の数値が出た場合は、小数第 3 位を四捨五入せよ)。

問 4 問 3 で求めた、コイがゆっくりと遊泳運動をしている時の筋節の伸縮の範囲は、図 1 の筋収縮力の発揮とどのように対応するか 40 字以内で記せ。

問 5 大きな音に驚いて瞬発的に運動する際には速筋の収縮が不可欠である。遅筋の収縮だけでは限界がある理由について、収縮速度の観点から数値を用いて説明せよ。

問 6 遅筋のほうが速筋よりも多くのミトコンドリアを含む。この理由について、筋収縮に必要なエネルギー源の供給の点から正しく説明している文を、以下のア～オより 1 つ選び、記号で記せ。

- ア. ミトコンドリアは解糖系による ATP の供給に不可欠である。
- イ. 速筋よりも遅筋のほうが瞬発的に ATP を産生する必要がある。
- ウ. ミトコンドリアはクレアチンリン酸の重要な保管場所である。
- エ. 遅筋は消化器のぜん動運動においても中心的な筋肉である。
- オ. 好氣的な ATP の産生が持久的な運動には効率がよい。

⑧ 千葉大・第8問(生態)

植物群集の総生産量(同化量)から生産者自身の呼吸量を差し引いたものが純生産量となる。純生産量からさらに、[ア], [イ]などの量を差し引いたものが植物群集の成長量となる。植物では、環境条件の変化に対応して総生産量や成長量などの変化がおきる。また、根、茎、葉などの各部分の成長に違いが生じ、個体全体重量に対する各部分の重量が相対的に変化する現象がみられる。植物のこの変化は、環境条件の変化が植物の成長に与える影響を緩和させる方向にはたらくことが多い。

問1 文中の[ア]と[イ]あてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 ある植物群集内に生息する一次消費者群集の同化量と呼吸量を調べた。一次消費者群集の同化量と呼吸量の比は、植物群集の総生産量(同化量)と呼吸量の比よりも小さい。その理由を40字以内で答えなさい。

問3 大気中の二酸化炭素濃度を上昇させると、一般的に植物群集の総生産量は一時的に増加する。このように増加する理由を40字以内で答えなさい。

問4 大気中の二酸化炭素濃度が高いままで長期間維持されると、一般的にやがて植物群集の総生産量は減少し、成長量はもとの値に近づく。この原因の一つとして、総生産量を維持するために必要な資源となる環境要因のいくつかが相対的に不足することがあげられる。

(1) 不足する環境要因の一つ答えなさい。なお、光は十分にあって不足する環境要因にはならないとする。

(2) この不足する環境要因を得るために、下線部で示したような現象がおこる。このとき植物は総生産量をできるだけ維持するために、(1)で答えた環境要因の不足に対して、ある部分の割合を増やして対応している。その部分の名称を答えなさい。

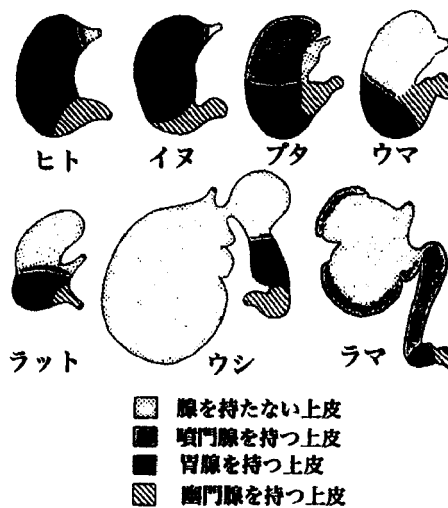
(3) 植物のこのような反応は、結果として成長量を低下させることになる。どうしてそうなるかを60字以内で答えなさい。

問5 不足する環境要因に対する生物の反応には共通する点が多い。光の弱い場所に生育している植物は、光の強い場所に生育している植物に比べて総生産量が少ないが、そのような環境でも成長することができる。どのような形態的特質がそれを可能にしているかを60字以内で答えなさい。

9 信州大・第4問(体液の恒常性)

動物の栄養となる糖質、脂質、ビタミン、ミネラル(無機質)、水、食物繊維などを栄養素と呼び、動物はこの栄養素をもっぱら食物から得ている。動物による食物の消化は、物理的な過程と化学的な過程を併せ持つており、摂食した食物は細かく砕かれ、消化酵素と混ぜられて消化管の筋肉による運動によって消化管内を移動しながら消化され吸収される。消化管とこれに付属する器官は、食物の移動を円滑にするための粘液や、消化するための酵素、酵素の至適 pH を作り出すための液体などを分泌し、消化作用を進める。消化管は物質が動物の体内に入るための通り道でもあるので、有益な物質を体内に取り込むための「フェイルセーフ(fail-safe)」な機構を持っている。これはいくつかの方法で実現されているが、食物を選ぶこと(嗜好性)や刺激のある物を吐き出すこと(嘔吐)、食物の通過速度を速めること(下痢も含まれる)、食物が透過性の高い小腸に到達するまでに分解されてしまうことなどで実現されている。最も有効だと思われる方法は、消化管上皮細胞の細胞膜が持つ性質を利用したもので、消化管の入り口付近にある上皮細胞はほとんどの物質を通過させない。吸収が主な役割である小腸でも、入り口近くの上皮細胞では、水に溶ける物質が受動拡散で小腸の管内から上皮細胞内に移動することはほとんどない。栄養素になるミネラル、ビタミン、単糖類、アミノ酸などもほとんど通過できない。これらの栄養素は、より進んだ部位にある小腸上皮細胞に備わっている特定の物質を選んで取り込む機構を使って上皮細胞内に取り込まれる。

消化と吸収の過程の多くの部分は、動物の種を通じて共通だが、「食物」や「環境」への適応により、あるいはその動物の持つ独特な生理学的特徴などを反映して、種によっては異なる特徴を持つ部分もある。消化管で食物に接する部分は、粘膜上皮と呼ばれる組織だが、この粘膜上皮は消化管の部位ごとに特徴を持つと同時に種による特徴も併せ持つことがある。ほ乳類の胃の粘膜上皮でその一例を示すと(右の図)、ヒトやイヌでは、食道とつながる噴門部に続いて胃腺の存在領域があり、次に幽門部となり十二指腸につながるが、腺を持たない上皮細胞に覆われた領域がある胃を持つ動物も多数存在する。ヒトやイヌでは噴門腺の領域は狭いがブタでは広がる。胃腺は主に(ア)と胃酸を分泌するが、噴門腺と幽門腺は粘液などを分泌している。胃の粘膜上皮で腺を持たない部分は、昆虫食の動物では昆虫から、植物食の動物では植物からそれぞれの胃を守る働きをしているのではないかと考えられている。



胃粘膜上皮の多様性を示す図。種により噴門腺、胃腺、幽門腺の存在領域の比率や位置が異なる。ブタとラマは噴門腺の領域が比較的広く、ブタ、ウマ、ラット、ラマ、ウシの胃では、腺を持たない上皮の領域が多くなる。胃の大きさは実寸に比例していない。ウシの胃はヒトの胃の70倍くらい大きくなる(Stevens, 1973を改変して用いた)。

食物には消化できないリグニンや炭酸カルシウムなども含まれており、これらは動物にとってエネルギー源とはならないので体外に排出される。食物に含まれる糖質、脂質およびタンパク質などは、動物の消化酵素によって分解され吸収される。動物の消化酵素が分解できない物質であっても、腸内に共生する微生物が持つ酵素により分解可能なセルロースなどは消化されて吸収される。体内に吸収したものの全てが栄養になる訳ではないので、a体には必要でない物質を体外に排出するための器官が備わっている。我々が糖質や脂質を摂食し、

それらが代謝された時に不要になるのは二酸化炭素と水であるが、タンパク質を食べた際には水と二酸化炭素に加えて窒素化合物も不要になる。タンパク質は、消化器官でアミノ酸に分解されるが、余分なアミノ酸からはアミノ基が取り除かれる。取り除かれたアミノ基には水素が付加されてアンモニア(NH₄)となる。アンモニアは薄くても有毒であるが、一部の動物はアンモニアの形で窒素化合物を排出する。アンモニアはアミノ酸の代謝・分解の最初にでき、生成に必要なエネルギーが少なくて済むという特徴をもつ。生成に必要なエネルギーが少なくて済むことが、窒素化合物をアンモニアの形で排出する際の利点になるが、代わりに排出に必要な水の量が多くなる。

両生類の成体やほ乳類は不要になった窒素化合物を尿素(CH₄N₂O)の形で排出する。これらの動物では、アンモニアから生化学的に尿素を合成する。尿素はアンモニアに比べて毒性が極めて低いので、細胞や器官に害を与えないで高濃度で蓄え排出することができる。ほ乳類では尿素の大部分は肝臓で合成されるが、肝臓では血液中から不要なアミノ酸を取り出し、アミノ酸からアミノ基を取り除いて、尿素分子に組み入れる。は虫類、鳥類それに昆虫類では窒素化合物を尿酸(C₅H₄N₄O₃)の形で排出できる。これらの動物で尿酸は15段階の反応を経て合成されるので、窒素化合物を尿酸で排出するためにはよりたくさんのエネルギーを必要とする。尿酸は水に溶けにくく、高濃度になると容易に固形になるので、腎臓は尿素が液状の時しか処理できない。は虫類や鳥類の腎臓では、尿酸は低濃度の状態で腎臓を通過し、総排出腔に送られる。総排出腔では水分が吸収され、尿酸の結晶が析出し、糞と混ぜられて排池される。

大部分のほ乳類は尿酸を直接体外に排出できないが、アデニンやグアニンを分解する時に尿酸が作られる。ヒトでは多量に尿酸を生成し、関節に溜まり痛みを来すことがあり、痛風という名前の病気として知られている。体内で不要な二酸化炭素は呼吸上皮から体外に排出され、窒素化合物を体外に排出するためには、腎臓が利用される。腎臓は体液の浸透圧を調節する働きも同時に果たしている。動物が体内で不要になった窒素化合物をどのように排出するかを調べると衣の表のようになる。(脊椎動物の消化器官の比較生理学, スチープンス著, ケンブリッジ大学出版局の記述を一部改変して引用)

化合物名	化学式	1モルを排出する際に必要な水の量	性質	動物群
アンモニア	NH ₃	7000 ml	有毒	水生軟体動物, 硬骨魚類
尿素	CH ₄ N ₂ O	1400 ml	少量なら無毒	軟骨魚類, 両生類, ほ乳類
尿酸	C ₅ H ₄ N ₄ O ₃	70 ml	無毒	は虫類, 鳥類, 昆虫類

問1 空欄(ア)に適切な語を入れ、その働きを20字以内で説明せよ。

問2 下線部aは、脊椎動物では何と呼ばれているか。

問3 腎臓にも血中の有害な物質を除く機構が備わっている。この機構を4行程度で説明せよ。

問4 動物は不要な窒素化合物を、アンモニア、尿素あるいは尿酸の形で排出するが、窒素化合物の排出形態の違いはどのような要因により決まったと考えるか。4行程度で答えよ。

10 首都大学東京・第1問(細胞と組織・分子生物)

植物の根の先端部は、図1Aに示すように三つの領域に分けられる。領域1には、図1Bに示すように、始原細胞とよばれる細胞があり、静止中心とよばれる細胞と接することによって未分化な状態が維持されている。そして図1B、Cに示すように、根には維管束、内鞘、内皮、皮層、表皮の細胞があり、それらの細胞は始原細胞からつくられる。

図2Aに示すように、内鞘の始原細胞は上下方向に分裂する。上側に生じた娘細胞は内鞘細胞となり、下側に残った娘細胞は、母細胞と同じ始原細胞となる。一方、内皮と皮層の細胞は、図2Bに示すように、1個の始原細胞が上下方向に分裂し、上側に生じた娘細胞がさらに内鞘側と表皮側に分裂することによって生じる。

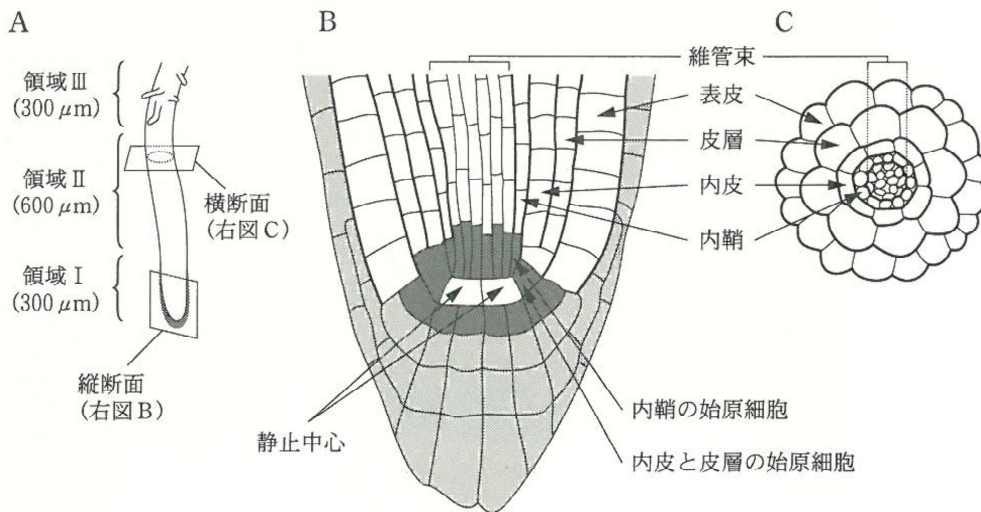


図1 根の先端部の構造

Aは根の先端部の模式図。括弧内の数値は、各領域の長さを示す。領域I先端の灰色は根冠を示す。

Bは領域Iの縦断切片の模式図。濃い灰色は始原細胞を、薄い灰色は根冠の細胞を示す。

Cは領域IIの横断切片の模式図。

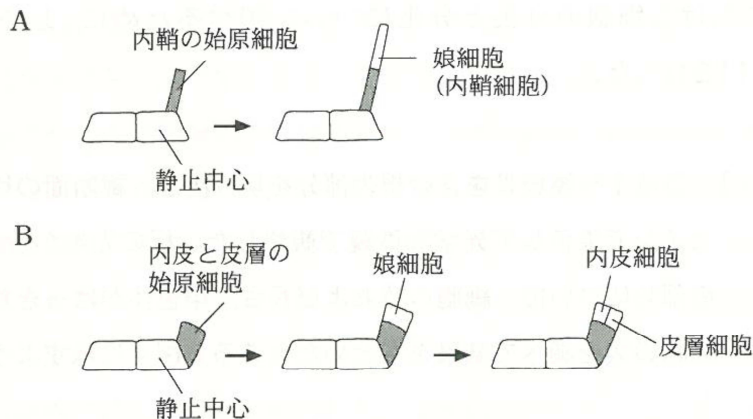


図2 始原細胞の分裂様式

Aは内鞘の始原細胞、Bは内皮と皮層の始原細胞の分裂様式を示す。

領域Ⅲには根毛がある。根毛は、図3に示すように、2個の皮層細胞に接する表皮細胞が分化してできる。1個の皮層細胞にのみ接している表皮細胞は、根毛に分化しない。このような表皮細胞の根毛への分化については、遺伝子Rが関わっていること、さらに遺伝子Rについては、以下の(1)～(3)のことが分かっている。

- (1) 遺伝子Rが発現した表皮細胞は、根毛に分化しない。
- (2) 遺伝子Rが発現していない表皮細胞は、根毛に分化する。
- (3) 遺伝子Rの発現は、タンパク質Xとタンパク質Yが結合してできたタンパク質XYによって誘導される。

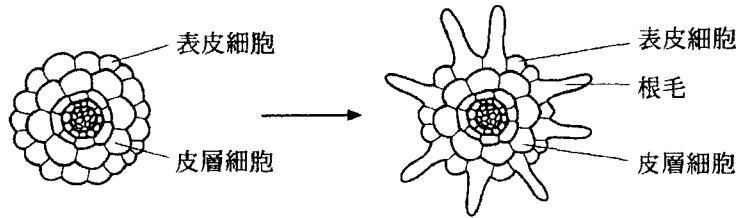


図3 表皮細胞の根毛への分化

左は領域Ⅱ、右は領域Ⅲの横断切片の模式図

根における細胞の分裂と分化について調べるために、以下の【実験1】～【実験4】を行った。

【実験1】 領域Ⅰ～領域Ⅲを含む根の部分を取り出し、縦断面の切片を酢酸オルセインで染色して光学顕微鏡で観察した。根の先端から1,200 μm までの部分について、細胞の数および長さ、染色体がはっきりと観察できた細胞の数を調べて結果をまとめたところ、図4に示すようになった。

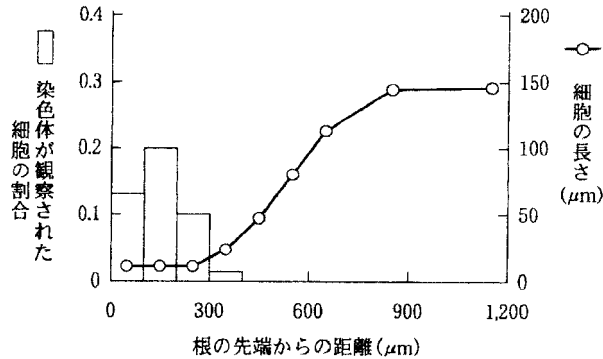


図4 【実験1】の結果

【実験2】 領域Ⅰ～領域Ⅲについて、ゴルジ体と液胞の発達の程度を電子顕微鏡により調べた。その結果をまとめたのが表1である。

表1 領域Ⅰ～領域Ⅲの細胞におけるゴルジ体と液胞の発達の程度

	ゴルジ体	液胞
領域Ⅰ	ア	イ
領域Ⅱ	発達している細胞とあまり発達していない細胞とがある。	発達している細胞とあまり発達していない細胞とがある。
領域Ⅲ	ウ	エ

【実験3】 根は、種子の中にあるときには幼根とよばれる(図5左)。種子が吸水・発芽し、芽生えとなったときの根は、主根とよばれる(図5右)。種子をある化学物質で処理すると、一定の確率で色素合成に関わる遺伝子に突然変異が起こり、幼根の中で突然変異を起こした細胞とそれが分裂して生じるすべての細胞に色素が沈着する。多数の種子をその化学物質で処理し、芽生えまで成長させ、主根の領域Ⅰの縦断面を観察した。その結果、ある芽生えでは、図6Aに示すように、内鞘の細胞とその始原細胞に色素の沈着が見られた。また別の芽生えでは、図6Bに示すように、内皮と皮層の細胞に色素の沈着が見られた。

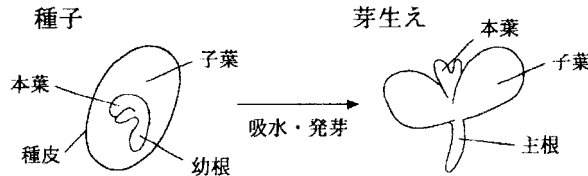


図5 種子および芽生えの構造

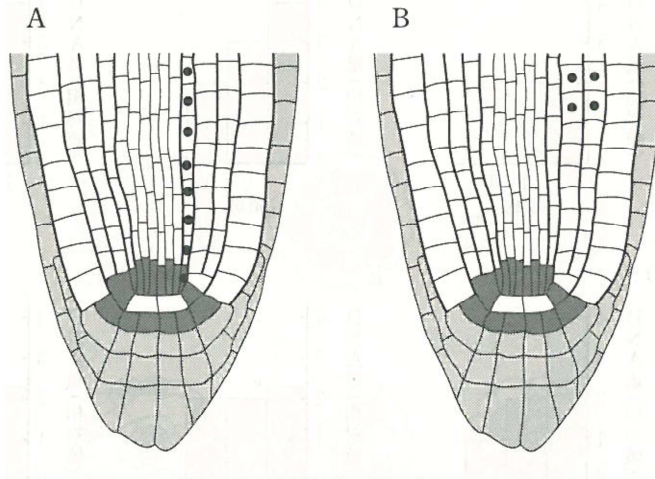


図6 【実験3】の結果

図中の黒い小丸は、色素が沈着した細胞を示す。

【実験4】 領域Ⅱについて、タンパク質X、およびタンパク質Yがどの細胞に存在するかを調べた。その結果、タンパク質Xは、図7に示すようにすべての表皮細胞で見出された。

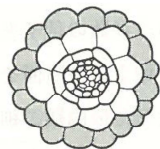


図7 領域Ⅱの横断切片の模式図

タンパク質Xが存在する細胞は、灰色で示してある。

問1 【実験1】の結果から、領域Ⅰと領域Ⅱにある細胞は根の成長にどのように関わっていると考えられるか、それぞれ理由とともに答えなさい。

問2 【実験1】の結果から、領域Ⅰ～領域Ⅲのそれぞれに存在する細胞中のDNA量の平均値を表す図として最も適切なものを図8のA～Fの中から一つ選び、その記号と選んだ理由を答えなさい。

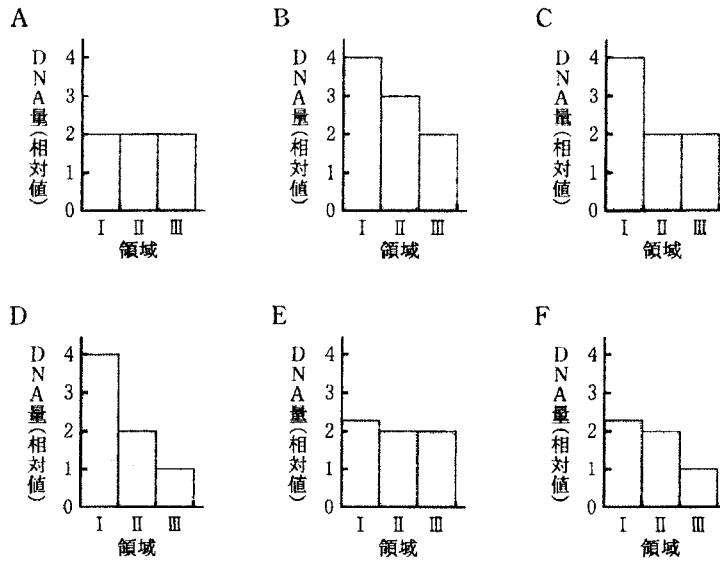


図8 細胞1個あたりのDNA量(相対値)の平均値

細胞1個あたりのDNA量は、配偶子1個あたりのDNA量を1としたときの相対値で表してある。

問3 植物の細胞壁の成分の一部は、細胞内で合成された後に細胞外へ分泌されることが分かっている。【実験2】の結果をまとめた表1中の空欄ア～エに入れる記述として適切なものを以下の①～③から選んで解答欄に記入し、選んだ理由も答えなさい。

- ① あまり発達していない。
- ② 発達している。
- ③ 発達している細胞とあまり発達していない細胞とがある。

問4 【実験3】の図6Aと図6Bで示される芽生えについて、幼根の領域I中の1個の細胞だけで突然変異が起こったと仮定する。突然変異が起こったとき、その細胞は領域I中のどの位置にあったと考えられるか。AとBのそれぞれについて、解答欄の領域Iの図中の細胞内に黒い小丸を描き入れて示しなさい。またその細胞を選んだ理由を答えなさい。

問5 【実験4】について、タンパク質Yが存在する細胞を示す横断切片は、図9のA～Fのいずれであると考えられるか。その記号と選んだ理由を答えなさい。

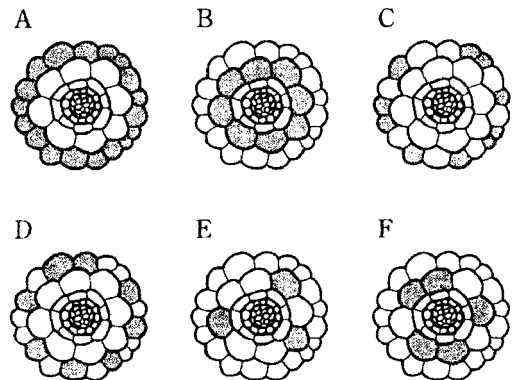


図9 領域IIの横断切片の模式図

タンパク質Yが存在する細胞は、灰色で示してある。

□ 神戸大・第2問(分子生物・遺伝)

1980年代から開発と商品化が進んだ遺伝子組換え植物は、作付面積、生産量とも年々増加している。たとえば遺伝子組換えダイズの場合、2009年の作付面積は世界のダイズ作付面積の7割を超えて6920万ha(日本の総農地面積の15倍)に達した。同年、日本は339万tのダイズ(国内生産量は22.9万t)を輸入したが、その最大6割が遺伝子組換えと推定され、我々は食用油などの食品原料や飼料等を介して直接的、間接的に遺伝子組換えダイズを利用している。

遺伝子組換え植物の一般的な作出法は次の通りである。まず目的遺伝子を含むDNAとプラスミドなどのベクターを(ア)適切な制限酵素で切断し、両者の切断末端どうしをDNAリガーゼで連結する。次に、連結反応液で大腸菌を形質転換し、(イ)適切な構造を持つプラスミドを選択する。このプラスミドを導入したアグロバクテリウムを介して目的遺伝子は植物に導入される。こうして作出された遺伝子組換え植物は、様々な試験と審査を経てはじめて商業栽培や流通が可能になる。

一方、遺伝子組換え植物の花粉が飛散して周辺の植物と交雑すると、核DNA上の組換え遺伝子が伝播した文雑種が出現し、生態系に組換え遺伝子が拡散する可能性がある。そこで、(ウ)葉緑体DNAの遺伝子組換え技術の開発も進められている。これは一般的に、(エ)葉緑体DNA上の遺伝子は花粉を介した受精によって同種あるいは近縁種の植物へ伝搬することがないからである。

問1 下線部(A)について、特定の6塩基対からなるDNA配列を↓で切断する制限酵素AとB(図1)で、遺伝子Zを含む1000塩基対のDNA断片(図2)を切り出し、制限酵素AとBの切断部位がプロモーターを挟んで500塩基対の距離に存在する全長4000塩基対のプラスミド(図3)と連結する。このとき、制限酵素AとBで切り出した遺伝子Zを含むDNA断片は、プラスミドを制限酵素AまたはBのどちらで切断したのものとも連結できる。その理由を20字以内で説明しなさい。

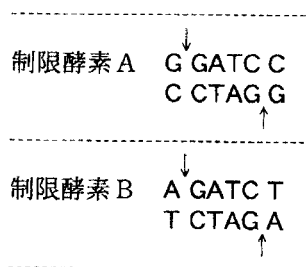


図1

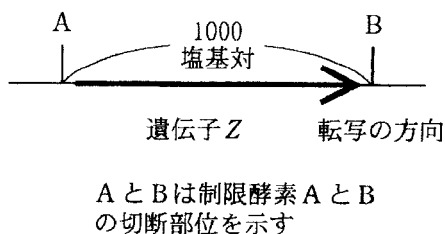


図2

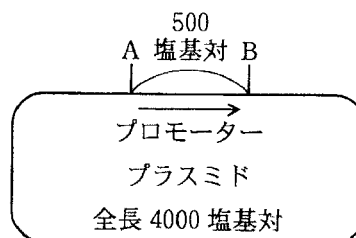


図3

問2 下線部(B)について、図3のプラスミド上で遺伝子Zを発現させるには、制限酵素AとBで切り出した遺伝子Zを、制限酵素Bで切断したプラスミドに連結し、遺伝子Zの向きが転写開始に必要なプロモーターの向きと同じになっていけばよい。しかし実際にはこの連結反応で、

- ① 遺伝子Zが挿入されず、自己連結して元に戻ったプラスミド
- ② 遺伝子Zの転写方向が、プロモーターの向きと逆向きに入ったプラスミド
- ③ 遺伝子Zの転写方向が、プロモーターの向きと同じ向きに入ったプラスミド

ができ、連結反応液で大腸菌を形質転換し、それを培養するといずれか一種類を保持したコロニーがプレート上にランダムに出現する。そのため複数のコロニーを別々に培養して、精製したプラスミドから③を選び出す必要がある。それには、制限酵素で切断したプラスミド断片の長さを調べる事ができるアガロースゲル電気泳動法(図4)が有効である。①、②、③の各プラスミドを制限酵素AとBの両方で完全に切断するとそれぞれ何本のDNA断片が検出されるか答えなさい。

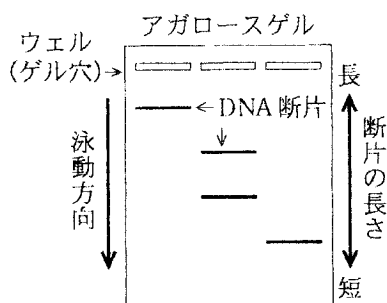


図4

問3 問2の①、②、③の各プラスミドを制限酵素AとBの両方で完全に切断した際に生じるDNA断片の長さ(塩基対)をすべて書きなさい。

問4 下線部(C)の葉緑体DNAは、高等植物で約120の遺伝子をもつ環状一本鎖DNAであり、独特な遺伝子発現機構を進化させている。たとえば、葉緑体遺伝子には転写後に「スプライシング」や「RNA編集」を受けるものがある。このうち葉緑体での「RNA編集」とは、葉緑体DNAから転写されたmRNAの特定のC塩基をU塩基に置きかえる機構で、約20の遺伝子で見つかっている。つまりこれらの遺伝子ではDNA配列上はCであるが、mRNAではUになっている部分があり、DNA配列とわずかに異なる配列のmRNAが翻訳に使われる。

その結果、(ア)翻訳開始、(イ)ペプチド鎖の長さ、(ウ)アミノ酸配列、についてDNA情報とは異なるようなことが起こりうるかを、各40字以内で答えなさい。

ただし、葉緑体遺伝子に用いられているコдонは一般的なものであり、翻訳はmRNA上の開始コдон(AUG)から始まり、終止コдон(UAA, UAG, UGA)で終了する。

問5 下線部(D)の理由を「花粉」を主語に20字以内で書きなさい。

12 岡山大・第4問(生態)

I 同一種の個体間の関係は、イナゴやカマキリのように単独で生活している場合から、**a** アリやシロアリのように、いつも多数の個体が集団で生活している場合まで様々である。一定地域内の同種の個体を、1つのまとまりとして(ア)とよぶ。単位面積や単位体積当たりの個体数のことを(イ)とよび、この値が高くなると、限られた資源をめぐる個体間の(ウ)が激しくなったり、**b** 個体の発育、形態や生理などが変化する。

II Aさんは、近所の池に全部で何個体のフナがいるのか知りたいと思い、標識再捕法を用いて個体数推定を行った。まず、投網を使って、フナを240個体捕獲した。捕獲したフナすべてにそれぞれ標識をつけて、その池に放流した。3日後に投網を使って200個体のフナを捕獲したところ、そのうち20個体に標識が認められた。

Bさんは、シロアリの巣に何個体のシロアリがいるのか知りたいと思い、標識再捕法で個体数推定を行った。ある巣の一部から十分な数の個体を採集して標識をつけ、同じ場所に戻し、3日後に再捕獲して総個体数を推定したところ、1520個体であった。しかし、実際に巣を全部取り出してすべての個体を数えたところ、7580個体であった。

問1 文章中の(ア)～(ウ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部aに関連して、このような生活様式の昆虫は何とよばれるか。

問3 問2に関連して、同様の生活様式をもつ昆虫にはアリとシロアリ以外にどのようなものがあるか、2つ答えよ。

問4 下線部bに該当する例として適当なものを次の①～⑤の中からすべて選び、番号で答えよ。適当なものがない場合は「なし」と記せ。

- ① ワタリバッタのなかまでは、はねが長く、移動力の大きな、集合性の個体になる。
- ② アズキゾウムシでは、雌1個体当たりの産卵数が増加する。
- ③ オタマジャクシの大きさが小さくなる。
- ④ アユの縄張りの大きさが大きくなる。
- ⑤ キイロショウジョウバエのさなぎの大きさが大きくなる。

問5 Aさんが調査を行った池に生息するフナの総個体数を推定せよ。

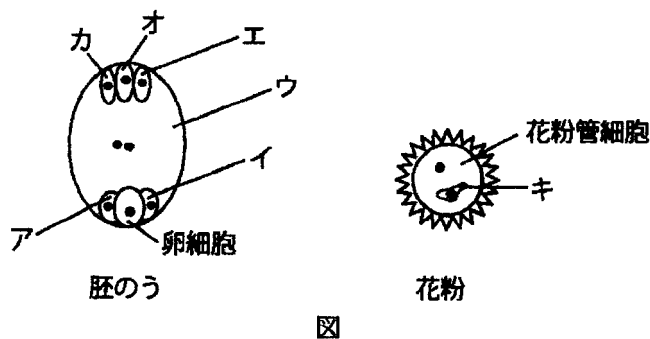
問6 Bさんが行った標識再捕の場合、推定値と実測値の間で大きな差があったのはなぜか。考えられる原因を述べよ。

13 大阪市立大・第4問(生殖と発生・遺伝)

カンサイタンポポは日本在来のキク科草本植物で、①被子植物に属する。カンサイタンポポのゲノムは8本の染色体で構成され、二倍体植物であるため体細胞には16本の染色体がある。一方、約100年前にヨーロッパから日本に持ち込まれたセイヨウタンポポは三倍体植物で、ゲノムはカンサイタンポポと同じく8本の染色体からなるが、体細胞には24本の染色体がある。セイヨウタンポポでは、減数分裂が正常に行われないため、セイヨウタンポポの配偶子には24本の染色体がすべて含まれる。②セイヨウタンポポの花粉がカンサイタンポポの柱頭につくと、雑種ができることがある。雑種には、セイヨウタンポポやカンサイタンポポの花とよく似た形態の花をつけるものがあるため、花の形態だけでカンサイタンポポ、セイヨウタンポポ、雑種を判別することはできない。これら3種類のタンポポの判別には、複対立遺伝子の関係にあるA、B、C、Dの4種類の遺伝子を用いる。これらの遺伝子の間に優劣関係はなく、カンサイタンポポの集団にはA、B、Cだけが、セイヨウタンポポの集団にはDだけがあることがわかっている。③この複対立遺伝子についての遺伝の遺伝子型を調べれば、カンサイタンポポ、セイヨウタンポポ、雑種を判別することができる。

問1 下線部①の被子植物と裸子植物の受精過程の違いを述べよ。

問2 図は被子植物の胚のうと花粉の模式図である。図のア～キの細胞の名称を答えよ。同じ名称を複数回使ってもよい。



問3 遺伝子型がABのカンサイタンポポがある。卵細胞の遺伝子型がBの胚のうと、花粉管細胞の遺伝子型がAの花粉について、図のア～キの細胞の遺伝子型を答えよ。

問4 下線部②について、遺伝子型がABのカンサイタンポポの柱頭にセイヨウタンポポの花粉がついて雑種ができる場合を考える。この雑種の胚乳、種皮、子葉の遺伝子型として考えられるものをすべて答えよ。ただし、受精は正常に起こるものとする。

問5 下線部③について、雑種の遺伝子型は、カンサイタンポポやセイヨウタンポポの遺伝子型とどのように違うか、説明せよ。

問6 遺伝子型の異なるカンサイタンポポ 2 個体を用いて交配実験を行った。遺伝子型が AB の個体と AC の個体の花どうしをこすり合わせ、柱頭に同一個体の花粉と他個体の花粉が同数つくようにした。それぞれの個体が生産したすべての種子を採取して混合し、それらの遺伝子型を調べた。得られた種子全体における遺伝子型の割合は、自家受精で種子ができるかどうかで異なると予想される。自家受精で種子ができる場合とできない場合のそれぞれについて、予想される遺伝子型とその割合を例にならって答えよ。ただし、自家受精で種子ができる場合には、同一個体の花粉と他個体の花粉は同じ効率で種子を形成するものとして計算すること。

例) $AA : BB = 1 : 3$

14 九州大・第1問(遺伝)

ショウジョウバエの性染色体に「付着 X 染色体」とよばれる特殊な染色体が存在する。2本の X 染色体が付着しており(X:X と表す)減数分裂の際にも分離することはない。X:X と Y 染色体をもつ個体は雌である。付着 X 染色体の雌と野生型の雄との交配では、受精卵の半数からしか次世代の個体は生まれてこない。X:XX をもつ個体は生まれてこないものとする。

問1 付着 X 染色体の赤眼の雌を X 染色体上に白眼突然変異をもつ系統の雄と交配したとき、次世代の雌雄の眼の形質はそれぞれどうなるか。解答欄に記入しなさい。

問2 X:XY が雌である理由について以下の文章の記述が正しい場合は○を、誤っている場合は×を解答欄に記入しなさい。

- ① Y 染色体があると雌になる。
- ② Y 染色体があると雄になる。
- ③ Y 染色体は性決定に関与していない。
- ④ X 染色体の数によって性が決まる。
- ⑤ 性は常染色体によって決まる。

問3 ショウジョウバエでは雄の性染色体はヘテロである。雄の性染色体がホモである性決定の二つの様式について、それぞれの雌雄の性染色体構成を解答欄に記入しなさい。

問4 付着 X 染色体の場合と同様に 3 本の性染色体をもつ雌個体がまれに生まれてくる場合がある。どのような場合にそれがおこるかを考えて 60 字以内で答えなさい。

15 北海道大・第4問（進化と系統・遺伝）

生物集団の遺伝的多様性を調べる場合、染色体の特定の位置（遺伝子座）にある対立遺伝子の種類とその頻度をめやすにすることがある。最近の DNA 分析技術の発展により、遺伝子座によっては、DNA 領域の塩基配列の長さに多様性があることがわかっており、その DNA 領域の塩基配列の長さの違いを対立遺伝子とみなすことがある。この場合、その遺伝子座において、対立遺伝子間の優劣関係はない。つまり、2 種類の対立遺伝子をもつヘテロ接合体は、長さの異なる 2 種類の塩基配列をもつ個体として識別される。

そこで、ある恒温動物 1 種の集団について、上記のような DNA 塩基配列の長さの多様性をもつ 1 つの遺伝子座 A を調べた。その結果、長い DNA 塩基配列および短い DNA 塩基配列という 2 種類の対立遺伝子が見つかり、各々を対立遺伝子 A1、対立遺伝子 A2 と名づけた。この動物集団の各世代においてその遺伝子型の頻度を調べると、興味深いことに、以下のような性差がみられた。すなわち、オスでは、A1 のみをもつ個体、A2 のみをもつ個体、および、A1 と A2 の両方をもつ個体がある一定の頻度でみられた。一方、メスでは、A1 と A2 の両方をもつ個体はみられず、A1 または A2 のどちらか一方のみをもつ個体のみがみられた。

また、a 任意に交配し個体数が十分大きいこの動物集団では、各世代において、A2 の頻度が 0.30 であることがわかっている。このような集団では、[ア] が成立していると考えられる。

問 1 文中の[ア]について、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) [ア]に入る適切な語句記せ。
- (2) 何らかの原因により集団の個体数が極端に減少し、その後、繁殖して増加した際に、[ア]からはずれて次世代における対立遺伝子の頻度が偶然により大きく変化することがある。その変化を何というか、記せ。
- (3) 集団において、世代の経過とともに遺伝的多様性が変化し、[ア]からはずれていく要因として適切なものを以下からすべて選び、その記号を記せ。
 - (A) 対立遺伝子の種類や頻度が異なる別の集団から個体に移入してくること。
 - (B) 近縁種における対立遺伝子に突然変異が生じること。
 - (C) この集団のオスの繁殖力と別の集団のオスの繁殖力との間に差が生じること。
 - (D) この集団内で突然変異により新しい対立遺伝子が生じること。
 - (E) この集団のメスの繁殖力と別の集団のメスの繁殖力との間に差が生じること。

問 2 この動物種が分類される門および綱を記せ。

問 3 この動物種の性決定の特徴について、以下のキーワードをすべて用いて 40 字以内（句読点を含む）で記せ。キーワードは複数回用いてもよい。【キーワード】染色体・性決定・遺伝子座 A

問 4 下線部 a の集団において、遺伝子座 A に関するオスおよびメスの遺伝子型とその頻度（小数点以下第二位まで求めよ）を記せ。

16 東北大・第1問(分子生物)

遺伝子工学発展の契機となった大きな発見が1970年前後に次々と報告されている。当時、^(a)細胞が持っている遺伝情報の発現の流れはDNA→RNA→タンパク質という一方向に限られるとされていた。ところが米国のH・M・テミンは、^(b)遺伝物質としてRNAをウイルス粒子中に持つある種の腫瘍ウイルスの増殖が転写阻害薬によって抑制されることをみいだした。彼はこの結果から、このRNA腫瘍ウイルスの増殖過程にDNAが介入すること、すなわちRNAからDNAという遺伝情報の流れが存在することを予想した。その後テミンは1970年に共同研究者の水谷哲と共に、^(c)RNA腫瘍ウイルス粒子内に[ア]が存在することを報告した。この発見によって、RNA腫瘍ウイルスは自分の遺伝情報をDNAに置き換え、そのDNAを細胞のDNAに組み込むことによって感染を成立させることが明らかになった。また、遺伝情報の流れの一方向性に例外が存在することも確認された。

[ア]や^(d)特定の塩基配列を認識して切断する酵素の発見、また1973年にS・コーエンとH・ボイヤーによって発表された初めての組換えDNA作製実験の成功は、その後の遺伝子解析や遺伝子工学技術を応用した有用タンパク質の産生に大きく寄与している。たとえば、ヒトのインスリンを大腸菌を利用して産生する場合、ヒトのインスリン遺伝子をそのまま大腸菌に入れても大腸菌は活性のあるインスリンを産生できない。その理由の一つは、遺伝子そのものの構造とタンパク質の産生を指令する伝令RNAの構造が異なるからである。すなわち、ヒトの遺伝子は通常[イ]と[ウ]からなり、転写された伝令RNA前駆体の[ウ]に相当する部分は[エ]と呼ばれる過程によって除かれ、[イ]のみがなぎ合わされて成熟した伝令RNAになる。大腸菌の遺伝子にはこの様なシステムは存在しない。したがって、この成熟した伝令RNAを[ア]によってDNAに置き換えてから大腸菌に導入しないと大腸菌はヒトタンパク質を産生できない。

また、^(e)ヒト細胞のように核が存在する細胞では、インスリンのように細胞外に分泌されるタンパク質はリボソームによって合成されると同時に[オ]に取り込まれ、さらに[カ]を通過して細胞外に分泌される。ところが、^(f)大腸菌のように核が存在しない細胞は[オ]や[カ]を持たないため、インスリンのような分泌タンパク質を活性を保ったまま産生させるには多くの困難が存在する。

核を持つ細胞では、[オ]や[カ]のように膜で囲まれた細胞小器官が発達しており、また核自体も核膜によって形態を維持している。このような細胞内の膜構造の存在は、1940年代にG・E・パラードによって技術的改良がなされ生物学に導入された電子顕微鏡によって初めて確認され、その後、各細胞小器官の分離精製や機能解析が進められた。すなわち研究者達は、各細胞小器官を細胞分画法などによって精製した後、界面活性剤によって膜を破壊し、細胞小器官内部や膜に埋め込まれたタンパク質を回収し機能解析を行った。その結果、各細胞小器官はその内部や膜に特有なタンパク質を持っており、それらのタンパク質の働きによって各細胞小器官固有の機能を果たしていることが明らかになった。たとえばインスリンの場合、分子内部に3カ所^(g)硫黄を含むアミノ酸同士が結合する構造を持っており、これは[オ]にのみ存在する特殊な酵素タンパク質の働きによってその正しい構造形成が保証されている。したがって、このような分泌系膜構造を持たない大腸菌を利用して活性を持ったインスリンを直接産生する事は通常不可能である。

問1 [ア]～[カ]に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)のような考え方は何とよばれているか。枠内に記せ。

問3 下線部(b)のように、ある生物のすべての遺伝情報をふくむ塩基配列のひとつを何とよぶか。枠内に記せ。

問4 図1は下線部(c)の事実を示すテミンの実験データである。この実験について以下の説明を読み、(1)、(2)の問いに答えよ。テミンらは、精製したウイルス粒子サンプルに適切な緩衝液と反応に必要な材料を加え、時間を追ってDNAの合成量を測定した。Aの線は完全な反応液、Bの線は完全な反応液から界面活性剤を除いた場合の結果を示す。

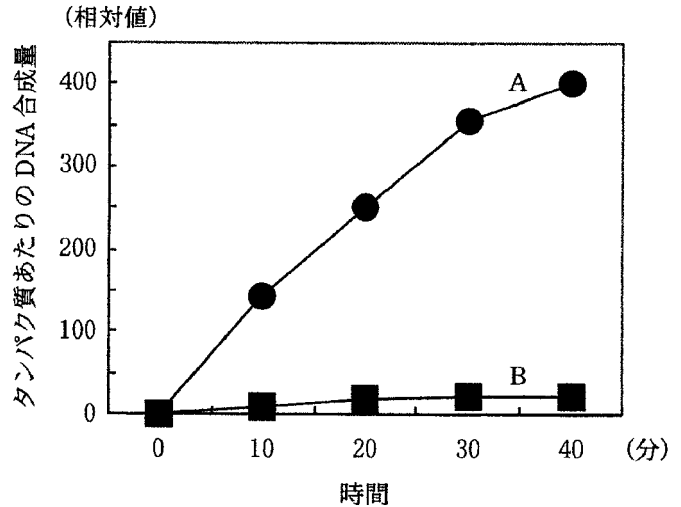


図1

(1) DNAの合成量をRNAと区別して測定するために標識すべき適切なヌクレオチドに含まれる塩基の名前を枠内に記せ。

(2) 反応液から界面活性剤を除くと反応が進まなくなるが、これはウイルス粒子がどのような特徴を持っているためと考えられるか。枠内に記せ。

問5 下線部(d)の酵素を一般に何とよぶか。枠内に記せ。

問6 下線部(e)、(f)のような細胞からできている生物をそれぞれ何とよぶか。枠内に記せ。

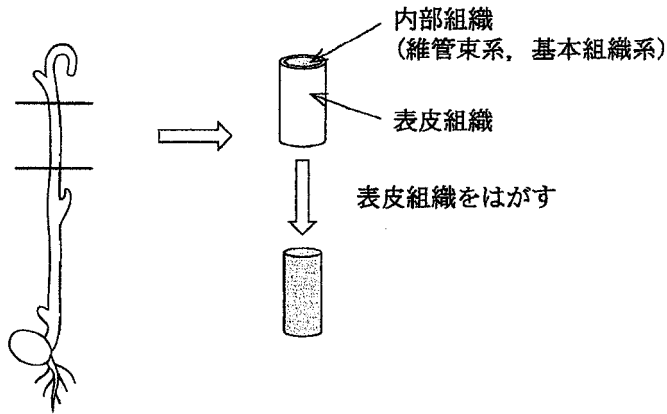
問7 下線部(g)のような構造を何とよぶか。枠内に記せ。

問8 後天性免疫不全症候群(エイズ)の原因となるヒト免疫不全ウイルス(HIV)もRNA腫瘍ウイルスと同様に、みずからの遺伝情報をDNAに置き換え、ヒトの細胞DNAに組み込むことによって感染を成立させる。ウイルスDNAが細胞DNAに組み込まれるメカニズムは両者とも同じとされているが、RNA腫瘍ウイルスは増殖中の細胞でしか感染が成立しないのに対して、HIVの感染は増殖していない細胞でも成立する。この両者の違いはそれぞれのウイルスのどのような特徴を示唆するか。次の語群の4つの用語すべてを用いて、枠内に簡潔に記せ。

【語群】核膜 分裂 核膜孔 消失

17 名古屋大・第3問(植物の反応と調節)

植物は様々な環境要因の影響を受けながら成長するが、植物の成長調節や環境からの刺激に対する応答には種々の植物ホルモンが関わることが知られている。植物に特徴的な伸長成長や、重力や光刺激に対する応答には植物ホルモンのオーキシンが関わっている。以下の実験から、植物の成長や環境応答におけるオーキシンのはたらきを考えてみよう。8日間生育させたエンドウから図1のように茎の一部を切り出し、水、あるいはオーキシン(2,4-D)を1mg/Lを含む水に浮かべて25℃で保温した。また、茎から表皮組織のみをはがしたものを作製し、同様の処理を行った。一定時間後に茎の長さを測定し、その変化をグラフで表した(図2)。



エンドウの芽ばえ

図1

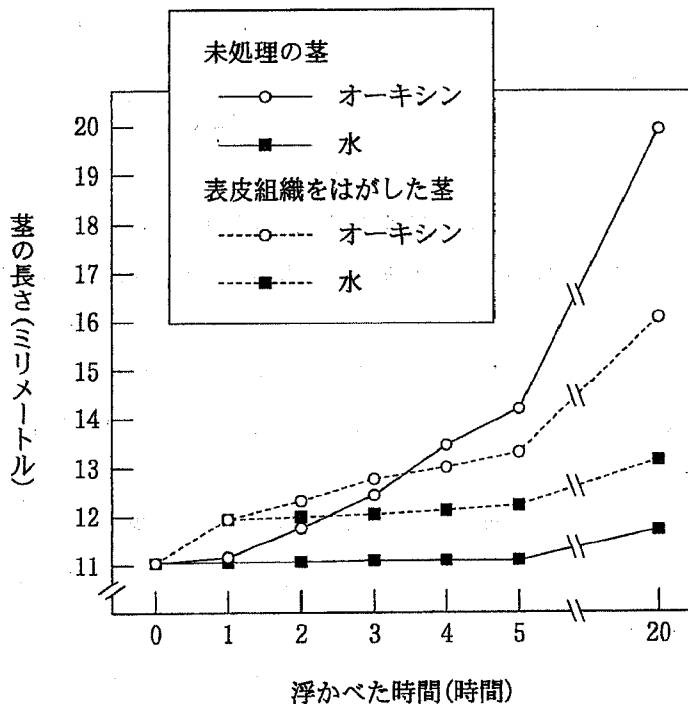


図2 (TanimotoとMatsuda(1971)を一部改変)

問1 下線部に関連して、植物の成長過程ではたらく植物ホルモンは、促進的にはたらいたり、抑制的あるいは逆にはたらくことで、さまざまな生理現象を調節する。以下の諸現象に対して、それぞれのホルモンが促進的にはたらく場合は+を、抑制的あるいは逆にはたらく場合は-を記入せよ。

- 気孔の開口に対するアブシジン酸とサイトカイニンの作用。
- イネやムギなど胚乳をもつ種子の発芽に対するアブシジン酸とジベレリンの作用。
- 離層の形成に対するエチレンとオーキシンの作用。
- 伸長成長に対するエチレンとジベレリンの作用。

問2 この実験では人工的に合成されたオーキシン(2,4-D)を使っている。植物で合成されオーキシンとしてはたらいっている物質の名称を略さずに答えよ。

問3 図2の実験について述べた次の文章のうち正しくないものをすべて選び記号で答えよ。

- この実験でみられる茎の伸びは、茎の細胞の伸びを足し合わせたものである。
- オーキシンの作用は2時間以降ではっきりと見られ、その程度はそれ以降のいずれの時点でも未処理の茎の方が表皮組織をはがした茎よりも大きい。
- 表皮組織をはがした茎が処理後1時間で伸びているのは、表皮組織をはがしたことでしみこみやすくなったオーキシンにより茎の伸びが促進されたからである。
- オーキシンは内部組織と表皮組織のどちらの細胞の伸びも促進する。
- オーキシンは正常な表皮組織を通過して浸透したときにしか成長を促進しない。
- 水の代わりに12%スクロース溶液を使って実験を行うと、茎はスクロースを栄養にして伸びやすくなり、オーキシンの有無による伸びの差が大きくなる。

問4 この実験でオーキシンはエンドウの茎に対して成長を促進する作用があることを確認した。さらにこの実験では表皮をはがした茎を使うことで何を明らかにしようとしているのか、35字以内で答えよ。また、その目的をより明確にするには、さらにどのような実験を行えばよいか。30字以内で答えよ。

問5 オーキシンによる茎の伸びは細胞が吸水することで起こるが、吸水された水が主に貯えられる細胞内の構造体の名称を答えよ。

問6 切り出したエンドウの茎に、図3の破線のように縦に深く切り込みを入れ、水、あるいはオーキシンの入った水に浮かべてそれらの屈曲を観察した。水に浮かべて20時間後に観察すると、切れ目を入れた茎は図3のように外側に向かって屈曲した。図2の結果から、オーキシンの入った水に浮かべた茎はどのような曲がり方をすると予測されるか。最も適切と考えられるものを次頁の□の中のア～cか。選び記号で答えよ。

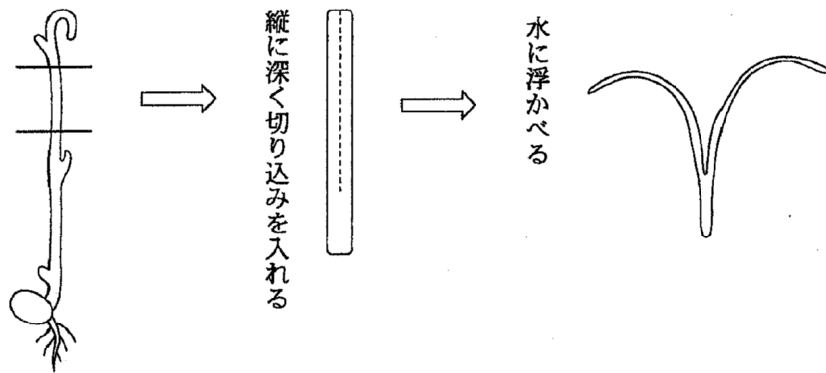
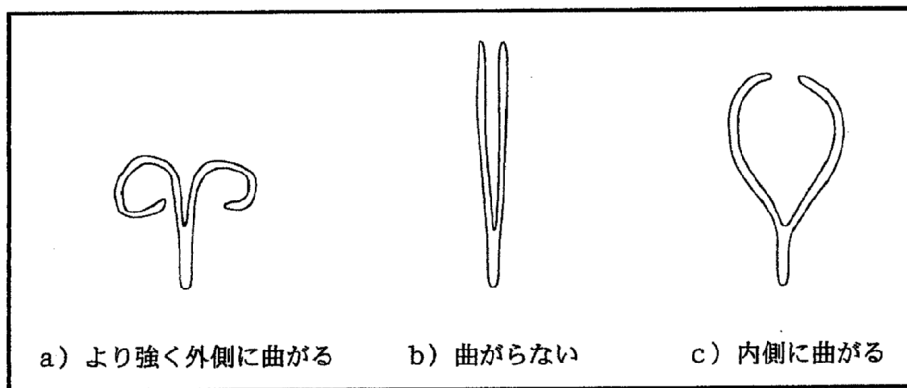


図 3



問 7 暗所で発芽させたキュウリの芽ばえを 90 度倒して水平に置き成長を観察したところ、茎は上向きに、根は下向きに曲がった。このような反応は何と呼ばれているか。また、茎や根が曲がるしくみを、「オーキシン」「濃度」「感受性」という用語を使い 80 字以内で説明せよ。

問 8 問 7 の処理を行うときに、あらかじめ根の根冠を取り除いておくと根は曲がらずに水平方向に伸びる。その理由として考えられることを 60 字以内で説明せよ。

18 大阪大・第3問(内部環境の恒常性)

(A) カルシウムは、細胞の様々な活動に必要であり、血液中のカルシウム濃度は9~10mg/100mLの一定範囲内に保たれている。血液中のカルシウム濃度の調節には、骨、腎臓、小腸の3つの器官が関与している。その中で、骨はカルシウムの貯蔵庫として働き、血液中のカルシウムを取り込んで蓄えたとともに、蓄えられたカルシウムを血液中に放出している。ホルモンは、これらの器官に作用して、図1の矢印に示すカルシウムの移動を制御することにより、血液中のカルシウム濃度を一定に保っている。例えば、血液中のカルシウム濃度が低下すると、①パラトルモンが分泌され、骨から血液中にカルシウムを放出させたり、腎細尿管でのカルシウムの再吸収を促進させることで、血液中のカルシウム濃度を上昇させる。

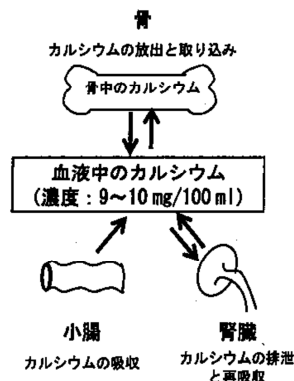


図1

問1 下線部①のパラトルモンを分泌する内分泌腺の名称を答えよ。

問2 ホルモンの分泌調節機構について述べた以下の文章の空欄(a)~(d)に適切な語句を入れよ。

細胞の代謝活性を促進するチロキシンの分泌は、中枢神経系によって調節されている。すなわち、血液中のチロキシン濃度の低下を感知した間脳の一部である(a)は放出ホルモンを分泌する。放出ホルモンは(b)に作用し、(c)の分泌を促進することにより、甲状腺からのチロキシンの分泌を促進する。血液中のチロキシン濃度が上昇すると、放出ホルモンや(c)の分泌が低下する結果、チロキシンの分泌が抑制される。このように、最終的につくられた物質や効果が前の段階に戻って作用する調節機構を(d)という。

(B) 血液中のカルシウム濃度を調節するホルモンとして、パラトルモン以外にホルモンAが存在する。ホルモンAは甲状腺から分泌されるが、チロキシンとは異なることがわかっている。ホルモンAの作用について調べるために、以下の【実験1】~【実験5】を行った。

【実験1】

正常なイヌの血管に様々な濃度のカルシウム溶液を注入した後、血液中のカルシウム濃度と甲状腺から分泌される単位時間あたりのホルモンAの分泌量を調べたところ、図2の結果を得た。

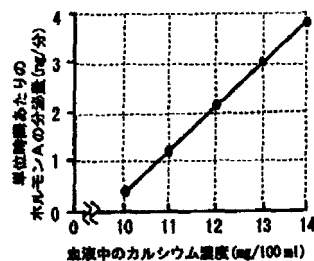


図2

【実験2】

正常なイヌの血管に、一定量のカルシウム溶液を注入した後、経時的に血液中のカルシウム濃度を測定したところ、図3(イ)の結果を得た。次に、甲状腺を摘出したイヌの血管に同量のカルシウム溶液を注入し、経時的に血液中のカルシウム濃度を測定したところ、図3(ロ)の結果を得た。

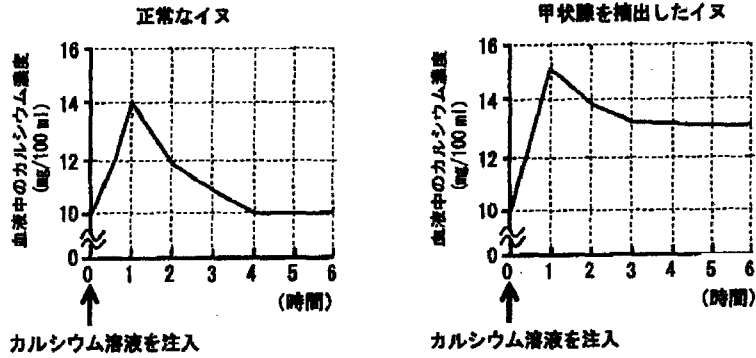


図3 (イ)

図3 (ロ)

【実験3】

甲状腺を摘出したイヌの血管に、【実験2】と同量のカルシウム溶液を【実験2】と同じ方法で注入した。その後、ホルモンAを投与したところ、高い値を示していた血液中のカルシウム濃度は正常値に戻った。

【実験4】

放射性物質で標識したホルモンAを、正常なイヌの血管に注入して全身を循環させた。放射性物質を持つ放射活性を目印とすることにより、療識した物質の生体内でのゆくえを追跡することが可能となる。様々な器官の放射活性を測定した結果、骨に放射活性が検出された。骨には骨を破壊する細胞(破骨細胞)と骨を造る細胞(骨芽細胞)が存在するため、さらに詳しく調べたところ、放射活性は破骨細胞の細胞膜に検出された。また、その他の臓器や細胞に放射活性は検出されなかった。

【実験5】

図4(イ)~(ハ)の上段の模式図に示すように、イヌから取り出した骨(細胞を含まない)を培養液中に置き、(イ)では細胞が存在しない、(ロ)では破骨細胞が存在する、(ハ)では骨芽細胞が存在する、という培養条件を設定した。それぞれの培養条件で、ホルモンAを含まない培養液とホルモンAを含む培養液で3日間培養した後に、培養液中のカルシウム濃度を測定したところ、図4(イ)~(ハ)の下段に示す棒グラフの結果を得た。

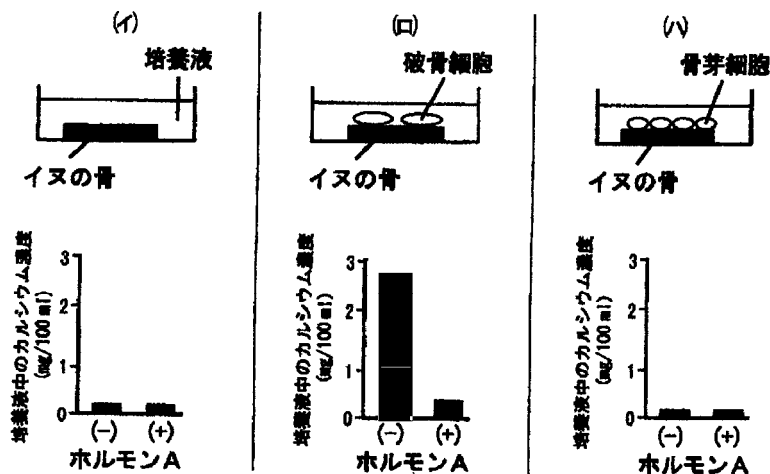


図4

(-)はホルモンAを含まない培養液、(+)はホルモンAを含む培養液を示す。

問3 下線部②のように、放射活性が破骨細胞の細胞膜にのみ検出された理由を60字以内で説明せよ。

問4 血液中のカルシウム濃度は、ホルモンAによってどのように調節されていると考えられるか。【実験1】～【実験5】の結果に基づいて、160字以内で述べよ。

19 東京大・第1問(進化と系統・生態)

〔文1〕

180 万年前～16 万年前頃(注 1)に始まり、現在に至る新生代第四紀は、寒冷な時期と温暖な時期が繰り返される気候変動の大きい時期であった。たとえば最終[1]はわずか 1 万数千年前まで続いていた。この気候変動に合わせて、生物は生存に適した気候帯へ、分布域を変化させたと考えられている。その過程で、環境の変化に適応できなかった種や一部の個体群が絶滅したり、分断、隔離された集団が種分化をおこしたり、というようなことがしばしばおこったと推察される。

本州・四国・九州の山岳地帯の樹林には、ルリクワガタ属という小型のクワガタムシの仲間(図 3-1)が分布し、現在までに 10 種が記載されている。このうち、図 3-2 に水平分布を示した種 A、種 B、種 C、種 D は、長らく 1 つの種として扱われてきた。最近になって、これらの種は近縁ではあるものの、(♂)交尾器(雌雄が交尾するとき結合する部分で、交尾時以外は腹部に格納されている)の形態が異なり、遺伝子の塩基配列等によっても互いに識別できる 4 種であることが明らかになった。図 3-2 の分布域は、それぞれの種の分布確認地点の最も外側の点をなめらかな線で結んだものである。

種 A～種 D の分布域は基本的に重ならない。2 種の分布域の間に平地の空白地帯を挟む場合もあるが、生息に適した樹林が連続しているような地域に境界がある場合には互いに隣り合うように分布している。これらの種は気候変動にともなって隔離されて種分化し、その後分布を拡大して、現在のような分布状態になったと推定される。これらの種の分布境界線は、しばしば、図 3-3 に示したように分水嶺に近い高地に存在している。そのような境界域を詳しく調べると、幅 1km にも満たない混生地帯をはさんで 2 種が接している場合がある。したがって、種 A～種 D は、互いに分布域が接触しても、混ざり合って生息することがない関係だと推定される。



図 3-1 ルリクワガタ属の種 A(雄) 図 3-2 種 A～種 D の水平分布域

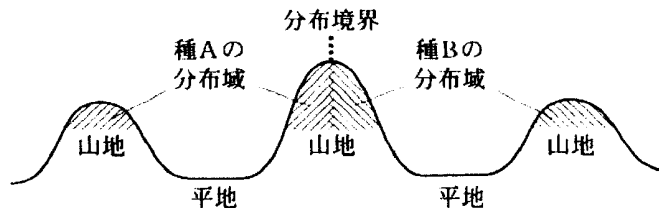


図 3-3 種 A と種 B の分布境界付近の模式図。種 A～種 D の分布境界付近は同様の状態になることが多い。

種 A～種 D では、1 つの容器に異種の雌雄を入れておくと、しばしば交尾をしようとする。しかし、種間交配では交尾が成立する割合は低く、子ができることも稀で、たとえ雑種個体が生じたとしても、多くの場合、生存能力や生殖能力が低い。このような種間交配のために予係の数が減少することを「繁殖(生殖)干渉」といい、種 A～種 D の例のように、近縁な 2 種が混ざりあって生息することができない原因のひとつと考えられている。

これ以外にも、近縁な種どうしの生息域が隣接しているものの、混ざり合わない現象としては[2]が知られ、餌やすみかをめぐる[3]を避ける効果があると考えられている。

(注 1) 2009 年になって、第四紀の始まりは約 260 万年前だとする新しい説が広く認められるようになった。

問 1 文 1 について、以下の小問に答えよ。

A 空欄 1～3 に適切な語を入れよ。

B 下線部(ア)について。昆虫の複数の集団を比較すると、外見が非常に似通っていて生態もよく似ているが、交尾器の形態に明瞭な差のある場合がある。このような集団どうしは通常、別種として扱われる。その理由を、種概念と関連づけて、2 行程度で述べよ。

C 種 A～種 D の垂直分布は、おおむね標高 500～1500m の範囲にあり、それは、ほぼ 1 つの植物群系の分布域に相当している。その群系の樹林帯名を答えよ。また、その樹林帯に生育する代表的樹種として適切なものを以下の(1)～(7)からすべて選べ。

- (1) アラカシ (2) ガジュマル (3) ミズナラ (4) シイ (5) ブナ (6) タブノキ
(7) トドマツ

D 種 A と種 B は、最初はそれぞれ孤立していたが、その後、分布域を接するようになったと考えられる。現在の分布状態から、これらの種の種分化および分布域の形成過程として最も適切なものを、以下の(1)～(4)から 1 つ選べ。

- (1) 寒冷期に、高標高地に孤立して種分化し、温暖期に、低標高地へ向かって分布を広げて現在のようになった。
(2) 寒冷期に、低標高地に孤立して種分化し、温暖期に、高標高地へ向かって分布を広げて現在のようになった。
(3) 温暖期に、高標高地に孤立して種分化し、寒冷期に、低標高地へ向かって分布を広げて現在のようになった。
(4) 温暖期に、低標高地に孤立して種分化し、寒冷期に、高標高地へ向かって分布を広げて現在のようになった。

〔文2〕

オオシラビソという高木に成長する樹木は、本州中部～東北地方の山岳地帯に広く分布する一方で、分布を欠く山も多くみられる。⁽¹⁾オオシラビソの生育に適していると考えられる標高の範囲であるにもかかわらず、この種が分布しない理由については、現在の気候条件や、種としての水平分布域の変遷などさまざまな説が唱えられてきた。しかし、気候的にみて分布が可能ではないかと思われ、周囲にも分布が認められるような山でも、オオシラビソが分布しないこともあり、他にも原因があることが予想されていた。

そこで、本州中部～東北地方の多数の山についてオオシラビソの出現状況を調べる研究が行われた。その結果、オオシラビソの分布する山の頂上の標高と、それらの山でのオオシラビソの分布の下限標高との間に、次のような関係が認められた。図3-4(A)の黒丸(●)は、オオシラビソが分布する山の緯度と頂上の標高を示しており、a線(実線)はそれらの緯度10ごとの下限を結んだものである。一方、白丸(○)は、それらの山においてオオシラビソが分布している最低標高の地点の緯度と標高を示しており、b線(破線)はそれらの緯度10ごとの下限を結んだものである。a線とb線は、緯度によらず標高差300～400mを保ってほぼ平行である。また、⁽²⁾a線より頂上の低い山には、その頂上の標高がb線を越えていても、オオシラビソは全く分布していないことが分かった。オオシラビソのほか、シラビソ、トウヒ、コメツガなどの樹種においても同様の図を作成すると、a線とb線は、やはり標高差約300～400mをもってほぼ平行になるので、a線とb線の標高差はこれらの樹種に共通の特徴であると思われた。

しかし、ハイマツでは、同様の図を作成すると、図3-4(B)に示すように、a線とb線の標高差はオオシラビソなどにくらべて非常に小さかった。ハイマツは高標高地に生える代表的な低木で、他のマツ類と同様に〔4〕樹としての性質が強く、オオシラビソやトウヒなどの高木は反対に〔5〕樹の性質を示す。

ハイマツは、気候的には許容範囲であったとしても、これらの高木林が優占する場所には生育することがむずかしい。図3-4(B)に示すように、ハイマツの分布がしばしば山の〔6〕付近に限られるのは、このような他の高木との関係が影響していると考えられる。ハイマツは一般的にオオシラビソよりも〔7〕な気孔で生育するが、両方の種が生育可能な気候の範囲もある。そのような範囲の場所では、〔5〕であるオオシラビソが最終的な競争的強者となる。しかし、気候的な制約から高木の生育しにくい〔6〕付近の環境下では、比較的低標高であってもハイマツが生育する場合がある。

⁽³⁾中部地方の山岳地域(標高1000～2000m)で地層中の植物の花粉分析(地層の年代を化学的手法で推定し、年代ごとに植物の花粉を同定する)が行われている。その結果、中部地方では、⁽⁴⁾約3500年前にはオオシラビソを含む複数の樹種の垂直分布が現在より約300～400m、標高の高い方にずれており、その後、現在の垂直分布に近づいたことが明らかになった。

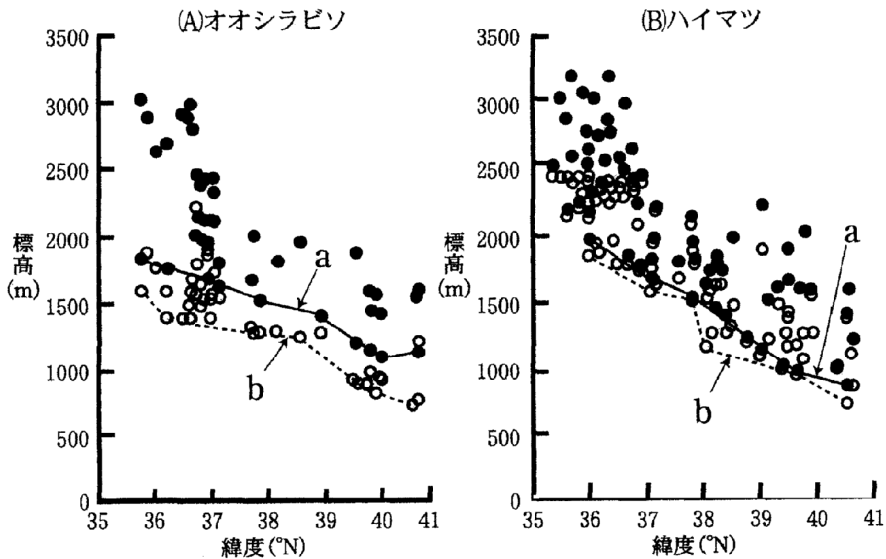


図3—4 樹木の分布する山の頂上の標高と分布下限標高の関係。a線とb線は、緯度を35°、36°、・・・というように1°ごとに区切り、それらの間の最低標高の黒丸と白丸を、それぞれ結んだものである。

問2 文2について、以下の小問に答えよ。

A 空欄4～7に適切な語を入れよ。

B 下線部(イ)について。オオシラビソの生育に適していると考えられる気温の範囲であるにもかかわらず、この種が分布しない理由を、以下の(1)～(5)のように考察してみた。この中から、理由として適切でないものを2つ選べ。

- (1) オオシラビソは、暖温帯の気候下では生育できない。
- (2) オオシラビソは、冬季の積雪量が非常に多い山では生育できない。
- (3) オオシラビソは、強風の吹きやすい山では生育できない。
- (4) オオシラビソは、遷移の途中に多く出現し、極相に達するとほとんど消滅する。
- (5) オオシラビソは、生育に適している気温の範囲全域に、まだ分布を広げられていない。

C 下線部(エ)のような花粉分析は、湿性遷移の過程にある湿地の周辺で掘削を行い、地層中を調査することが一般的であるが、この理由を2行程度で述べよ。

D 下線部(オ)より推定される、調査地での約3500年前の気候として、最も適切なものを以下の(1)～(6)から1つ選べ。

- (1) 平均気温は、現在より約2℃高温であった。
- (2) 平均気温は、現在より約2℃低温であった。
- (3) 平均気温は、現在より約4℃高温であった。

- (4) 平均気温は、現在より約 4℃低温であった。
- (5) 平均気温は、現在より約 6℃高温であった。
- (5) 平均気温は、現在より約 6℃低温であった。

E 文 2 で述べられた一連の研究の結果、下線部(ウ)のようなオオシラビソの分布の特徴には、過去の分布変遷が関わっていると考えられるようになった。下線部(オ)を考慮して、下線部(ウ)のような分布の特徴が生じた理由を 2 行程度で述べよ。

20 京都大・第2問(遺伝・分子生物・進化と系統)

(A) トウモロコシの種子の色は、種皮(厳密には果皮もふくむ)と胚乳の色によって決まる。種皮では、[ア] 合成に働き紫色を発色させる **B** 遺伝子と突然変異で色素合成ができなくなった対立遺伝子である **b** 遺伝子が関与しており、**B** は **b** に対して優性で、表現型は紫または無色となる。一方、胚乳では、[イ] 合成に働き黄色を発色させる **Y** 遺伝子とその作用を失った対立遺伝子である **y** 遺伝子が関与し、**Y** と **y** の組み合わせにより黄色の濃さの順に濃黄、中黄、淡黄、白の4通りの表現型をとる。種皮が無色の場合に、種子の色は胚乳の色と同じになる。また、これら **B** と **Y** の遺伝子は独立している。いま、**B**、**Y** の遺伝子型が不明な個体の雌しべに、**BbYy** の遺伝子型をもつ個体の花粉を交配したところ、①紫：濃黄：中黄：淡黄：白=0：1：1：1：1の割合で得られた。

一方、**B** 遺伝子は、胚乳の成分のちがいによって種子の形を決める **S** 遺伝子と連鎖しており、**S** の劣性対立遺伝子である **s** 遺伝子がホモとなることで、胚乳がくぼみ、種子にしわをつくり出す。いま、**BBss** の遺伝子型をもつ個体の雌しべに **bbss** の遺伝子型をもつ個体の花粉を交配して雑種第1代(**F₁**)の種子を得た。こうして得られた種子はすべて紫でしわがない。②これをまいて育て雑種第2代(**F₂**)の種子(**F₂**種子)を得た。さらに **F₂** 種子をすべてまいて育て雑種第3代(**F₃**)の種子(**F₃**種子)を得た。

問1 文中の[ア]、[イ]に適切な色素の名称を記入せよ。

問2 下線部①について、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 交配に用いた雌しべ側個体の **B**、**Y** の遺伝子型は何か。
- (2) この交配で得られた十分な数の淡黄の種子をまいて育て、自家受粉するとどのような色の種子がどのような比率で生じるか。なお、各個体から得られる種子数は同じとする。
- (3) この交配で得られた種子を混ぜて栽培したところ、白色の種子から育った個体から、白色と黄色の種子が混じったトウモロコシが収穫された。考えられる理由を鮮答欄の枠の範囲内で記述せよ。ただし、突然変異は起こらないものとする。

問3 **B** 遺伝子と **S** 遺伝子の遺伝子間の組換え価を $r \times 100(\%)$ とし、下線部②について以下の(1)~(3)に答えよ。なお、**F₁**、**F₂** の各個体から得られる種子数は同じとする。以下の出現頻度はパーセントで答えてもよい。

- (1) 得られたすべての **F₂** 種子において、胚の遺伝子型が **BBss** あるいは **Bbss** となる種子の予想される出現頻度の合計を求めよ。
- (2) 得られたすべての **F₂** 種子において、胚の遺伝子型が **BBSs** あるいは **BbSs** となる種子の予想される出現頻度の合計を求めよ。

(3) 得られたすべての F₃ 種子において、種皮が紫でしわのある種子の予想される出現頻度を求めよ。

(B) ヒトの ABO 式血液型は、赤血球の表面に発現する糖鎖抗原の構造によって分類される。図 1 に示すように、A 型のヒトは N-アセチルガラクトサミン転移酵素をコードする遺伝子(遺伝子 A)をもち、単糖の 1 種である N-アセチルガラクトサミンを H 抗原(前駆体に単糖の 1 種であるフコースがついたもの)に付加して A 抗原を生合成する。B 型のヒトはガラクトース転移酵素をコードする遺伝子(遺伝子 B)をもち、単糖の 1 種であるガラクトースを H 抗原に付加して B 抗原を生合成する。AB 型のヒトは遺伝子 A と遺伝子 B の両方をもつ。O 型のヒトは A 抗原や B 抗原をもたず、H 抗原のみをもつ。

遺伝子 A、遺伝子 B は、ともにタンパク質(酵素)をコードする 1066 塩基からなる領域をもち、その塩基配列を比較すると図 2 に示す 4 か所の塩基(526, 703, 796, 803 番目の塩基)に違いが見られた。O 型のヒトの対応する遺伝子領域を調べると 261 番目の塩基 G が欠失しており、これを遺伝子 O と呼ぶことにする。遺伝子 A、遺伝子 B、および遺伝子 O は第 9 染色体に存在する複対立遺伝子である。

ABO 式血液型抗原は、唾液中の糖タンパク質にも存在するため、一般に唾液試料でも血液型の判定ができる。しかし、唾液中に血液型抗原をほとんど分泌しない「非分泌型」と呼ばれる表現型が存在し、第 19 染色体に存在する Se 遺伝子が関与している。分泌型の Se 遺伝子が非分泌型の se 遺伝子に対して優性であることがわかっている。

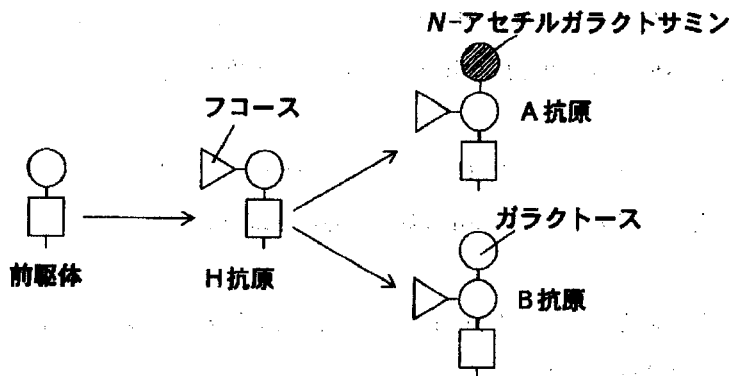


図 1

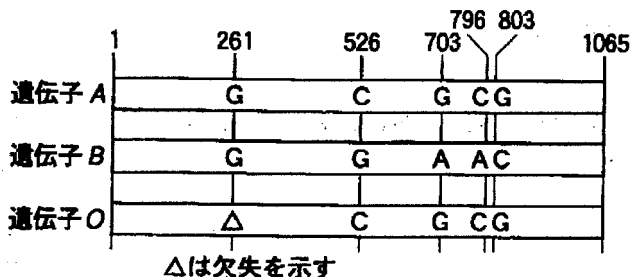


図 2

問 4 O 型のヒト赤血球の表面に A 抗原が存在しないのはなぜか。図 1 と図 2 から考えられる理由を、解答欄の枠の範囲内で記せ。

問5 図3は唾液を用いてある家系の血液型を調べた結果である。図中の丸は女性、四角は男性を示し、「AB」、「B」、「O」は唾液から判定された血液型を、「非」は非分泌型を示す。O型の母親とAB型の父親の間に生まれた子Xの唾液から血液型がA型であると判定される確率を計算し、解答欄に分数で記入せよ。

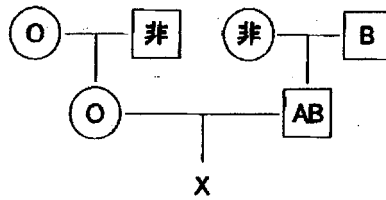


図3

問6 ある集団における遺伝子A、遺伝子B、およびSe遺伝子の遺伝子頻度はそれぞれ0.24、0.16、および0.50であった。血液型がO型でかつ分泌型の人の割合を計算し、解答欄にパーセントで記入せよ。なお、この集団において、遺伝子A、遺伝子B、およびSe遺伝子はハーディー・ワインベルグの法則に従い、遺伝平衡に達しているとみなすことができる。

manavee 生物演習シリーズ LINE UP

■7月までに受けてほしい講座

●分野別対策講座

分野別攻略Ⅰ（生命の連続性）

（by tomson）

▶ 生命の連続性の重要問題をチェック

分野別攻略Ⅱ（恒常性・調節）

（by tomson）

▶ 恒常性・調節の重要問題をチェック

分野別攻略Ⅲ（細胞・代謝・生態）

（by tomson）

▶ 細胞・代謝・生態の重要問題をチェック

■7～8月にかけて受けてほしい講座

●総合対策講座

総合実践攻略【夏の陣】

（by tomson）

▶ 2次力の強化を図る

パッと見えてくる計算問題

（by かりん先生）

▶ 生物の計算問題を総チェック

●分野別対策講座

遺伝の完全攻略 PARTⅠ・PARTⅡ

（by tomson）

▶ 遺伝の問題の解き方を学ぶ

●大学別対策講座

実験考察問題の解法ナビゲーション

（by とらますく先生）

▶ 東京大の過去問から実験考察問題へのアプローチを学ぶ

■9月～11月に受けてほしい講座

生物難問攻略

（by tomson）

▶ 難問演習で難問にめげない心を育てる
（生物が得意な人のみ受講推奨）

■11月下旬～12月上旬に受けてほしい講座

●総合対策講座

総合実践攻略【冬の陣】 PARTⅠ・PARTⅡ

（by tomson）

▶ 2次力の完成を目指す

■12月中旬～12月末に受けてほしい講座

●センター演習

マッハで演習するセンター生物第3問
(by あべちゃん先生)

▶ センター過去問を利用した遺伝の演習

■1月上旬～1月中旬に受けてほしい講座

●センター演習

センター生物基礎 FINAL CHECK
(by ヒゲ先生・かりん先生・tomson)

▶ インプット+アウトプットで
センターの準備を行う

センター生物 FINAL CHECK
(by ヒゲ先生・かりん先生・tomson)

▶ インプット+アウトプットで
センターの準備を行う

■1月下旬ごろに受けてほしい講座

●分野別対策講座

遺伝の究極攻略【二次への架け橋】
(by tomson)

▶ センターボケをぶっ飛ばして2次の脳に
切り替える

■1月下旬～2月にかけて受けてほしい講座

●大学別対策講座

攻略！！北大生物シリーズ
(by tomson)

▶ 北海道大の過去問を利用して制限時間以内に
解答を導けるように鍛える

I Can 生物
(by ヒゲ先生)

▶ 九州大の過去問を利用して記述問題の
解き方を学ぶ

はんなり稼ごう京大生物
(by かりん先生)

▶ 京都大の過去問を利用して問題および
その周辺知識を総チェック

●二次試験直前講座

難関大生物プレテスト
(by tomson)

▶ テスト演習形式で実践的な問題演習を
行う

(注意事項)

※国公立受験を軸にこの予定表は作られています。

※詳しくは各講座の授業の概要、イントロダクションをご覧ください。

※一部作成中・作成予定のカリキュラムを含みます。



manavee 生物陣のベストメンバーが、多彩な講座と充実した教材を用意して、

皆さんの受験突破のお手伝いをします！！

