

# 生 物

## 注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は13ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、解答用紙をミシン目に沿って落ち着いて丁寧に別々に切り離し、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に横書きで記入すること。

1 次の文章を読んで、問1～問5に答えなさい。

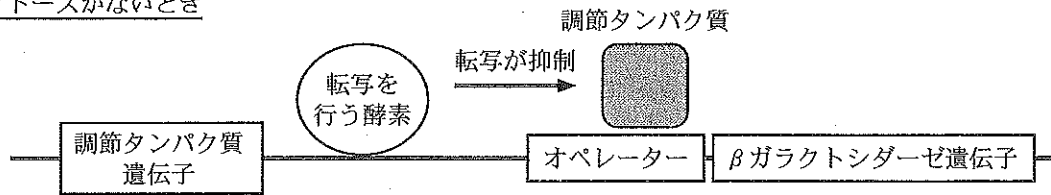
DNAに含まれる遺伝情報は、タンパク質のアミノ酸配列に変換される。この過程は遺伝子の発現と呼ばれ、その第一段階として遺伝子の塩基配列がmRNA<sup>①</sup>に転写される。転写を触媒する酵素は、DNA上の適切な位置—すなわち遺伝子の先頭付近—から転写を始めることができる。<sup>②</sup>

問1 下線①について、この反応を触媒する酵素の名称を答えなさい。

問2 下線②について、このことを可能にしているしくみを80字以内で説明しなさい。

すべての遺伝子が常にすべての細胞で発現しているわけではない。例えばヒトのゲノムは約2万2千の遺伝子を含むが、それらの多くは必要な時に必要な細胞でのみ発現する。このような遺伝子発現の調節は、転写の開始段階で行われる場合が多い。転写は調節されるという考えと調節のしくみのモデルは、1960年代にフランスの科学者ジャコブらにより提唱された。これはオペロン説として知られており、概要を図1に示す。彼らはラクトースを分解する大腸菌の酵素βガラクトシダーゼ(ラクターゼ)を研究した。βガラクトシダーゼ遺伝子の先頭付近には、オペレーターと名付けられた特定の塩基配列が存在する。培地中にラクトースがない時には、オペレーターに特定の調節タンパク質が結合し、転写は抑制される。ラクトースがある時は、調節タンパク質がはずれて転写が起こる。

ラクトースがないとき



ラクトースがあるとき

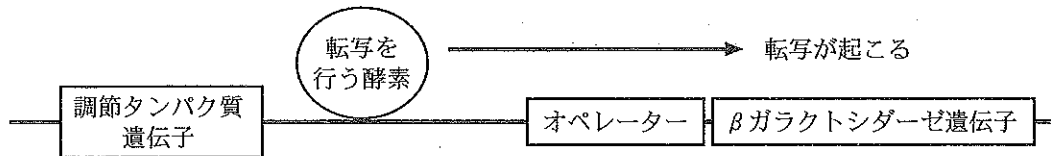


図1 オペロン説の概要。調節タンパク質は、調節タンパク質遺伝子が転写・翻訳されて合成される。簡略化のためβガラクトシダーゼ遺伝子の下流の遺伝子は示していない。

彼らは突然変異株を利用した巧妙な実験(図2)の結果にもとづいて、このモデルを提唱した。上述のとおり野生株(正常な株)では、この酵素はラクトースがない時は発現しない(表1)。ところが彼らは、ラクトースがない時でもβガラクトシダーゼを発現する突然変異株(表1)を複数単離した。それぞれの変異株に、野生株のβガラクトシダーゼ遺伝子周辺のDNAを持つプラスミド(図2のb)を導入したところ、一部の株では発現調節が正常に回復したが(表1の導入株1)、<sup>③</sup>他の株では回復しなかった(表1の導入株2)。この実験結果を説明するために彼らは、ラクトースがない時に転写を抑制する因子(調節タンパク質)が存在し、その因子はβガラクトシダーゼ遺伝子の近傍のDNA(オペレーター)に結合して転写を抑制する、と考察したのだった。

表1 βガラクトシダーゼ遺伝子の発現

|       | ラクトースがない時 | ラクトースがある時 |
|-------|-----------|-----------|
| 野生株   | 発現しない     | 発現する      |
| 突然変異株 | 発現する      | 発現する      |
| 導入株1  | 発現しない     | 発現する      |
| 導入株2  | 発現する      | 発現する      |

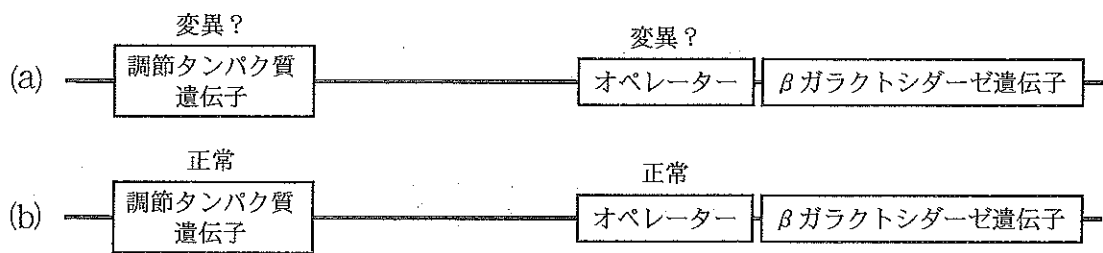


図2 ジャコブらが行った実験の概要。(a)は突然変異株の染色体 DNA を示し、調節タンパク質遺伝子またはオペレーターのいずれか片方が変異したと予想された。(b)は野生株由来の DNA を示し、プラスミドに持たせて変異株に導入した。すなわち導入株の細胞は、(a)と(b)の両方の DNA を含む。

問3 下線③の実験結果からジャコブらは、単離した複数の突然変異株は調節タンパク質遺伝子に変異したものと、オペレーターに変異したものの2種類に分けられると考えた。

- (1)  $\beta$  ガラクトシダーゼ遺伝子の発現が導入株2のパターンだった場合、その突然変異株の染色体 DNA (図2のa)は調節タンパク質遺伝子またはオペレーターのどちらが変異していたと考えられるか。
- (2) そのように考えた理由を100字以内で答えなさい。

遺伝子工学の技術が発達した現在では、転写調節のしくみはより直接的でわかりやすい実験により研究できる。なかでもオワンクラゲの緑色蛍光タンパク質 (GFP) 遺伝子を利用した実験はしばしば行われる。ここでは例として、培地中に塩化ナトリウム (NaCl) が存在すると発現する大腸菌の遺伝子 X について考える。図3のアのように、遺伝子 X の上流領域の DNA を GFP 遺伝子に連結した組換え DNA をプラスミドに持たせ、大腸菌に導入した。組換え DNA を持つ大腸菌は、培地中に NaCl があるときのみ GFP に由来する緑色の蛍光を発した。次に、短く削った上流領域 DNA を連結した GFP 遺伝子 (図3のイ、ウ、エ) を準備し、それぞれを大腸菌に導入した。すると、削る範囲の違いによって蛍光が見られる条件が変化した。

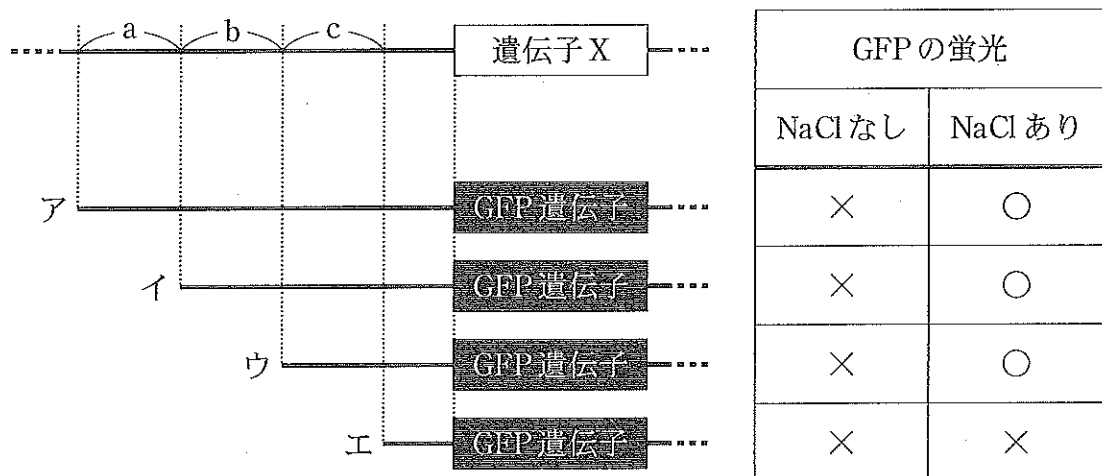


図3 GFP 遺伝子を利用した転写調節の研究。○は GFP の蛍光が検出されたことを，×はされなかったことを示す。

問 4 図3の実験に関する次の問いに答えなさい。

- (1) 転写調節には，調節タンパク質がオペレーターに結合した時に，(I) 転写が抑制される場合と，(II)促進される場合とがある。遺伝子 X の NaCl に応答した調節はどちらだと考えられるか。(I)または(II)の記号で答えなさい。
- (2) 遺伝子 X の NaCl に応答した転写調節に関わるオペレーターは，図中の a から c のどの領域に存在すると予想されるか答えなさい。

問 5 GFP 遺伝子の発現に関する以下の文章のうち、正しいものを2つ選び記号で答えなさい。

- (a) オワンクラゲのいくつかのコドンは、対応するアミノ酸が大腸菌とは異なるので、大腸菌で GFP 遺伝子を発現させるためには、それらのコドンの塩基配列を適切に修正しなければならない。
- (b) オワンクラゲの染色体に含まれる GFP 遺伝子はイントロンを持つが、この遺伝子が大腸菌で発現させる場合、イントロンは大腸菌細胞内でスプライシングにより除かれる。
- (c) 大腸菌細胞に導入された GFP 遺伝子は、核の中で転写されて mRNA が合成される。
- (d) オワンクラゲでも大腸菌でも、GFP タンパク質の翻訳はリボソームで行われる。
- (e) オワンクラゲの GFP 遺伝子は、哺乳類や植物の細胞でも発現させることが可能である。

2 以下の文章を読んで、問1～問4に答えなさい。

動物は外界から様々な刺激を受け取り、それに応じた適切な反応を示す。刺激を受容する器官である眼や耳などを受容器という。それぞれの受容器が最もよく応答する刺激を<sup>(a)</sup>(ア)という。刺激に応じて反応を起こす筋肉などを(イ)という。それらの間を結びつけているものが神経系である。動物が示す様々な反応の中で、意識とは無関係に起こる反応を(ウ)という。その例として、膝の関節のすぐ下を軽くたたくと足がはね上がる(エ)がある。(エ)の中樞は、中枢神経系の一部である脊髄に存在する。(エ)において、受容器で受容<sup>(b)</sup>された刺激は(オ)の興奮を引き起こし、興奮は軸索を伝導する。(オ)の軸索は脊髄に入り、<sup>(c)</sup>(カ)にシナプスを介して信号を伝達する。(カ)の軸索は脊髄から出て、(キ)を神経伝達物質としたシナプス伝達によってその信号を筋肉に伝える。このような(ウ)における一連の信号伝達の経路を(ク)という。脊髄から出て、受容器や(イ)に向かう神経を脊髄神経という。脊髄神経は脊髄から出るときには二つの経路があり、(オ)を含むものを(ケ)、(カ)を含むものを(コ)という。

動物は様々な行動を示すが、行動の中には生まれつき備わっているものがあり、これを(サ)という。また、動物の行動は生後の経験によって変化することがあり、これを学習という。アメフラシは、その水管に触るとえらを引っ込めるといふ行動を示すが、水管への刺激を繰り返し行くとえらを引っ込めなくなる。このような現象を(シ)といい、単純な学習の例である。

問1 文章中の(ア)～(シ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(a)に関して、以下の問いに答えなさい。

- (1) 眼に入ってきた光は網膜で像を結ぶ。ヒトの網膜において、色の識別に関与する視細胞の名称を答えなさい。
- (2) 網膜には盲斑と呼ばれる部位が存在し、ここで結ばれた像は見えない。その理由を次の語群の語句を全て用いて 50 字以内で説明しなさい。

【語群】 視細胞, 軸索, 視神経細胞

問 3 下線部(b)に関して、以下の問いに答えなさい。

- (1) 脊椎動物の中樞神経系は脳と脊髄からなる。脊椎動物の発生の過程において、脳や脊髄は3つの胚葉のうちどの胚葉はいように由来するか答えなさい。
- (2) 以下の脊椎動物の中樞神経系の各部位について説明した文章の中から、正しいものを1つ選び番号で答えなさい。
  - ① 小脳にはからだの平衡を保つはたらきがある。
  - ② 間脳、小脳、延髄をまとめて脳幹とよぶ。
  - ③ 間脳の視床には自律神経系の中樞がある。
  - ④ 呼吸運動や血液循環の中樞は中脳に存在する。

問 4 下線部(c)に関して、有髄神経繊維における跳躍伝導のしくみを 80 字以内で説明しなさい。



3 以下の問1～問3に答えなさい。

問1 以下の説明文1～3の空欄ア～コに当てはまる語句を以下の語群から選んで番号で答えなさい。

【語群】

- |                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| ① 離層                       | ② 師部             |
| ③ アミノ酸                     | ④ エチレン           |
| ⑤ オーキシシン(インドール酢酸)          | ⑥ 糖              |
| ⑦ 道管                       | ⑧ 側芽             |
| ⑨ ジベレリン                    | ⑩ ジャスモン酸         |
| ⑪ アブシシン酸                   | ⑫ 重力             |
| ⑬ 日長                       | ⑭ 温度             |
| ⑮ ストレス                     | ⑯ 花成ホルモン         |
| ⑰ 糊粉層 <small>こふんそう</small> | ⑱ 酵素             |
| ⑲ 根                        | ⑳ カイネチン(サイトカイニン) |

説明文1：オオムギ種子が吸水すると胚では(ア)が合成され、胚乳を通して外側にある(イ)に作用する。(イ)ではデンプンを分解するアミラーゼなどの(ウ)が合成され、胚乳に分泌されるため、胚乳に蓄えられたデンプンが分解されて分子量の小さい(エ)になり、この(エ)をエネルギーとして発芽が起こる。

説明文2：組織培養でニンジンのカルス(未分化の細胞塊)を作製し、(オ)と(カ)を含む培地に移動すると、これらの混合比によって、このカルスから(キ)が分化する場合と、芽が分化する場合がある。カルス作製培地より(オ)の比率を増やせばカルスから(キ)が、(カ)の比率を増やせば芽が分化する。

説明文 3 : 葉を除いて茎と茎頂だけにしたオナモミを短日処理しても、花芽は形成されないが、葉を1枚残してこの葉の部分だけを短日処理すると花芽は形成される。2本に枝分かれした葉のついたオナモミの枝の片方のみを短日処理すると、未処理の枝にも花芽が形成される。この未処理の枝の形成層から外の表皮を環状にはがすとその部位より上部の枝では花芽は形成されない。この実験から、植物が(ク)を感知するのは葉であるといえる。また、(ク)を感知した葉で合成された物質が(ケ)を通過して茎頂に移動し、花芽形成を誘導すると考えられる。このような物質は(コ)と名付けられている。

問 2 上から光のあたる条件下で、立っているハクサイの葉のオモテ面先端部にオーキシシン(NAA,  $\alpha$ -ナフタリン酢酸)を処理すると(図1中の×印)、葉は外側に開き始めた(図1中央)。次に葉のオモテ面基部に処理すると、反応が鈍く(図1右)、葉はやや外側に開いたが、無処理の葉(図1左)と同様に葉は立ったままであった。

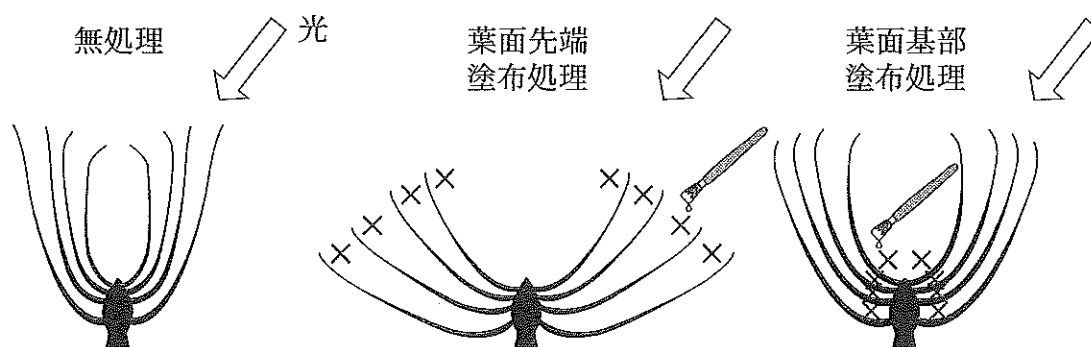


図1 オーキシシン(NAA)塗布部位とハクサイの葉の反応模式図(伊東・加藤, 1951を改変)

- (1) すべての葉のウラ面の先端に同じ濃度のオーキシシンを塗ると葉はどうなるか、20字以内で答えなさい。
- (2) これらの実験結果からオーキシシンはハクサイの葉の塗布面の組織内のどの部位をどの方向に移行していくと考えられるか、35字以内で説明しなさい。

問 3 リョクトウ(緑豆)を湿った脱脂綿上に<sup>はしゆ</sup>播種し、(A)そのままビニール袋に入れたものと、(B)熟したリンゴとともにビニール袋に収納したものに分けて暗所に置いたところ、1週間後のリョクトウの芽出し(もやし)は図2の(A)と(B)のように大きく異なった。(B)は(A)よりも、「胚軸が太く(3.5 mm 程度)、長さも6~7 cm と短い」、「初生葉直下の子葉が離脱している」等の特徴が認められた。

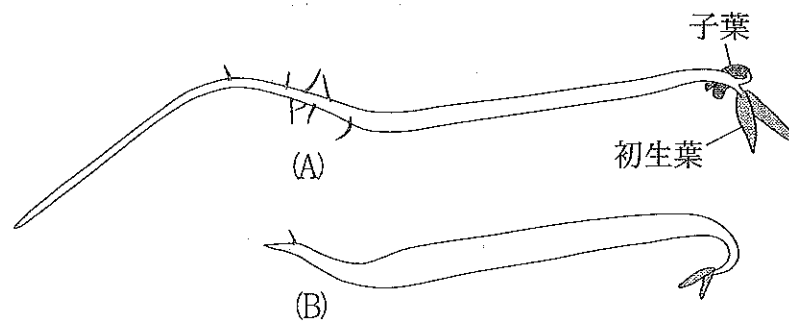


図2 ホルモン条件の異なるリョクトウの芽出しの生長

- (1) このような差を生んだ植物ホルモンは何か、答えなさい。
- (2) この植物ホルモンによって、リョクトウの芽出しの子葉が離脱したしくみを40字以内で説明しなさい。

4 下の文章を読んで問1～問5に答えなさい。

地球の表面積の約(ア)パーセントは水に覆われた水圏であり、プランクトンはこの生態系において重要な役割を果たす生物群である。プランクトンは水流に逆らえず水中で(イ)生活する生物と定義されているが、サイズ、分類群、生態など多様性に富む。海の生態系において、植物プランクトンは光エネルギー<sup>(A)</sup>を利用して無機物から有機物を合成し、この一部が動物プランクトンによって利用され、さらに魚介類が動物プランクトンを捕食する。また、これら生物の遺骸や排出物に含まれる有機物は、細菌類によって無機物へ変換される。このため、海の生態系内では植物プランクトンは生産者、動物プランクトンは(ウ)、細菌類は(エ)としての役割を担っている。一般的に、生態系内の生物の量は栄養段階が(オ)につれて減少するため、この生物量が減少する構造を(カ)と呼ぶ。

動物プランクトンのある時間(例えば24時間)密閉された容器で飼育すると、動物プランクトンを介した物質量的変化を観察できる。例えば、動物プランクトンは消化できなかつた分を糞<sup>(B)ふん</sup>として排出するので、取り込んだえさの量と糞の量が分かれば同化量を見積もることができる。また、密閉された容器で飼育することで呼吸した量、老廃物として排出した量、枯死した量なども測定できるので、成長量を見積もることができる。従って、これらの量から、動物プランクトンの同化効率や生産効率なども推定することができ、生態系内での物質やエネルギーの流れを理解することができる。

海の生態系は多くの生物によって構成され、それぞれが物質循環やエネルギー収支の調和を担っており、その一部を(キ)として人間は享受している。しかし、人間活動により排出された物質が、(ク)されて健康被害の原因となったり、<sup>(C)</sup>プランクトンの大増殖を引き起こし漁業被害が出たりすることもある。自然<sup>(D)</sup>と調和した生活を営むためには、生態系のしくみやそれがどのように維持されているかを理解することが重要である。

問 1 カッコ内に当てはまる語句を下の語群から 1 つ選び、番号で答えなさい。

【語群】

- |       |           |           |
|-------|-----------|-----------|
| ① 70  | ⑦ 微生物     | ⑬ 生態的地位   |
| ② 85  | ⑧ 上がる     | ⑭ 生物濃縮    |
| ③ 遊 泳 | ⑨ 下がる     | ⑮ 窒素固定    |
| ④ 浮 遊 | ⑩ 食物網     | ⑯ 無機化     |
| ⑤ 転送者 | ⑪ 生態効率    | ⑰ 分解者     |
| ⑥ 消費者 | ⑫ 生態系サービス | ⑱ 生態ピラミッド |

問 2 下線(A)のことを何というか答えなさい。

問 3 下線(B)に関して、単一種の動物プランクトンを飼育して炭素量として換算した物質収支の量を測定したところ、下のような結果が得られた。空欄に当てはまる数字(整数)を答えなさい。

- ① 餌を摂食した量が 50 mg, 糞として排出した量が 15 mg だったので、摂食量に対する同化量の割合を示す同化効率は(ア)パーセントである。
- ② 飼育中に呼吸した量が 12 mg, 代謝に伴って排出された老廃物量は 3 mg だったが、共食いや自然死亡、脱皮殻などの枯死は観察されなかったので、成長量は(イ)mg と計算される。
- ③ この動物プランクトンの飼育では成長量が生産量となるため、同化量に対する生産量の割合を示す生産効率は(ウ)パーセントとなる。

問 4 下線(C)の原因となる物質について、あてはまらないものを1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 養殖魚類を育成するために散布された魚粉飼料
- ② 原子力発電所の事故により漏出した放射性物質
- ③ 防虫や殺虫効果を期待して散布された有機塩素系薬剤(DDT など)
- ④ 化学工場から排出された有機水銀

問 5 下線(D)について、漁業被害が出るまでの過程を、次の語群中の語句を全て使って50字以内で答えなさい。

【語群】

プランクトン      遺骸<sup>がい</sup>      貧酸素      魚介類      死滅