

記述からの理解（生物編）

§0. はじめに

1) 本紙は記述問題対策ではなく、本質を理解するための記述問題です。一定量の問題を解いたあと、身につけた知識が有機的につながっているか/整理されているかをチェックすることを目的としています。

2) 使い方：まずは自分の手で記述できるかを確認し、できなかつたら解答を見ます。その後、もう一度自分の手で記述し、理解できたか確認しましょう。

3) 解説では<ざっくり言う>と<厳密な説明>の2パターンを載せているものがあります。<ざっくり言う>でまずはざっくりと捉え、その後<厳密な説明>を読んで深く理解することを狙いとしています。

§1. 細胞

・生物が細胞からできていることがわかったのは、たった300年前である。この発見に貢献した人物名と、その関係を記せ〔人物名：フック, ブラウン, シュライデン, シュワン, フィルヒョー〕

フックが細胞を発見し、ブラウンは細胞内に核を発見した。

シュライデンは植物はすべて細胞からなるという細胞説を、シュワンは動物はすべて細胞からなるという細胞説を唱えた。フィルヒョーは、細胞が分裂によって増えることを提唱した。

・細胞を観察するには顕微鏡を用いなければならない。顕微鏡の分解能とは何か説明せよ。

2点がそれぞれ独立した点として区別できる最短の距離のこと。

・マイクロメーターによる観察を準備する。接眼マイクロメーターを接眼レンズに、対物マイクロメーターをステージにのせたあとの操作を順を追って説明せよ。

- ① 接眼マイクロメーターの目盛りと対物マイクロメーターの目盛りが重なり合う2点を見つける。
- ② 接眼マイクロメーターの1目盛りあたりの長さを、次の式で求める。

接眼マイクロメーター1目盛りの長さ (μm)

= 対物マイクロメーターの目盛り数 \times 10 / 接眼マイクロメーターの目盛り数 (μm)

- ③ 対物マイクロメーターを取り外し、試料を観察し、接眼マイクロメーターの目盛り数から大きさを求める。

・アミノ酸とはどんな物質か？ 次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；アミノ基, カルボキシル基, 側鎖〕

1個の炭素原子に、アミノ基、カルボキシル基、水素元素、側鎖が結合した物質

・タンパク質とはどのような物質か？ 次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；アミノ酸, ペプチド結合〕

多数のアミノ酸がペプチド結合してできた物質

・細胞膜を介した物質の輸送について、次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；半透性, 選択的透過性, チャネル, 受動輸送, ポンプ, 能動輸送, エンドサイトーシス, エクソサイトーシス〕

水や一部の溶質は通すが、それ以外の溶質は通さない膜を半透膜といい、セロファンやテフロンがあるが、細胞膜もその一種である。

セロファンやテフロンなどは通さないような物質でも、細胞膜だけは通すことの物質がある。このように細胞膜には特定の物質だけを通す性質があり、これを選択的透過性とよぶ。

細胞が特定の物質を透過（輸送）する方法は2種類ある。

1つはエネルギーを使わないで物質を輸送する方法で、受動輸送と呼ばれ、チャネルと呼ばれるタンパク質が濃度勾配に従って物質を輸送する。もう1つはエネルギーを使って輸送する方法で、能動輸送と呼ばれ、ポンプと呼ばれるタンパク質が濃度勾配に逆らって物質を輸送する。

細胞膜のリン脂質もタンパク質（チャネル、ポンプ）も通過できないほど大きな物質は、細胞膜が陥入して物質を取り込むエンドサイトーシスか、細胞内の物質を包んだ商法が細胞膜と融合して放出するエクソサイトーシスのどちらかによって行われる。

・浸透圧の高い水溶液に浸しておいた植物細胞を、蒸留水に浸して体積変化を観察した。この過程における浸透圧、細胞の大きさ、膨圧、吸水力の関係を、次の3つの過程について説明せよ。

① 浸した直後

② しばらく時間が経つと、細胞膜と細胞壁がくっついた

③ さらに時間が経つと、細胞壁がそれ以上大きくならないほどになった

①細胞内の浸透圧は水よりも高く、細胞の大きさは細胞膜が細胞壁とくっつかないほど小さく、膨圧はゼロ、吸水力は高い。

②細胞内の浸透圧は少し薄まったが水よりも高く、細胞の大きさは細胞膜と細胞壁がくっついて細胞壁を押し広げており、膨圧は生じており、吸水力は減っている。

③細胞内の浸透圧はさらに薄まったが水よりも高く、細胞の大きさは細胞壁がこれ以上大きくならないほどになっており、膨圧はさらに高くなり、吸水力はゼロ。

※吸水力を「浸透圧-膨圧」と定義しているので、常に「吸水力=浸透圧-膨圧」という関係があります。

・上記を踏まえ、細胞壁の役割を、浸透圧の観点から説明せよ。

細胞外の浸透圧が低かったとしても、細胞壁によって囲まれているために細胞はそれ以上大きくな
らない状態になる。それによって、細胞が吸水によって破壊されることを防いでいる。

”まとめ”

用語の暗記が多い分野ですが、暗記ものは誰でも時間をかければ覚えられて点差がつかないため、
理解が必要な問題がよく出題されます。これを機会に腹落ちさせましょう。

§ 2. 代謝

・生物は、体内でさまざまな化学反応を起こすことで生命を維持している。体内で
化学変化を起こすことに酵素が重要な役割を担っているのだが、その理由について、
次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；活性化エネルギー, 35°C, 穏やか〕

化学反応を起こすためには活性化エネルギー以上のエネルギーを加えなければならないが、体内は
35°Cという穏やかな環境である。そのため、活性化エネルギーを下げる酵素のはたらきが重要と
なる。

・変性と失活の違いを説明せよ。

熱や酸などによってタンパク質の立体構造が変化してしまうことを変性といい、その結果、酵素
としての役割を失ってしまうことを失活という。

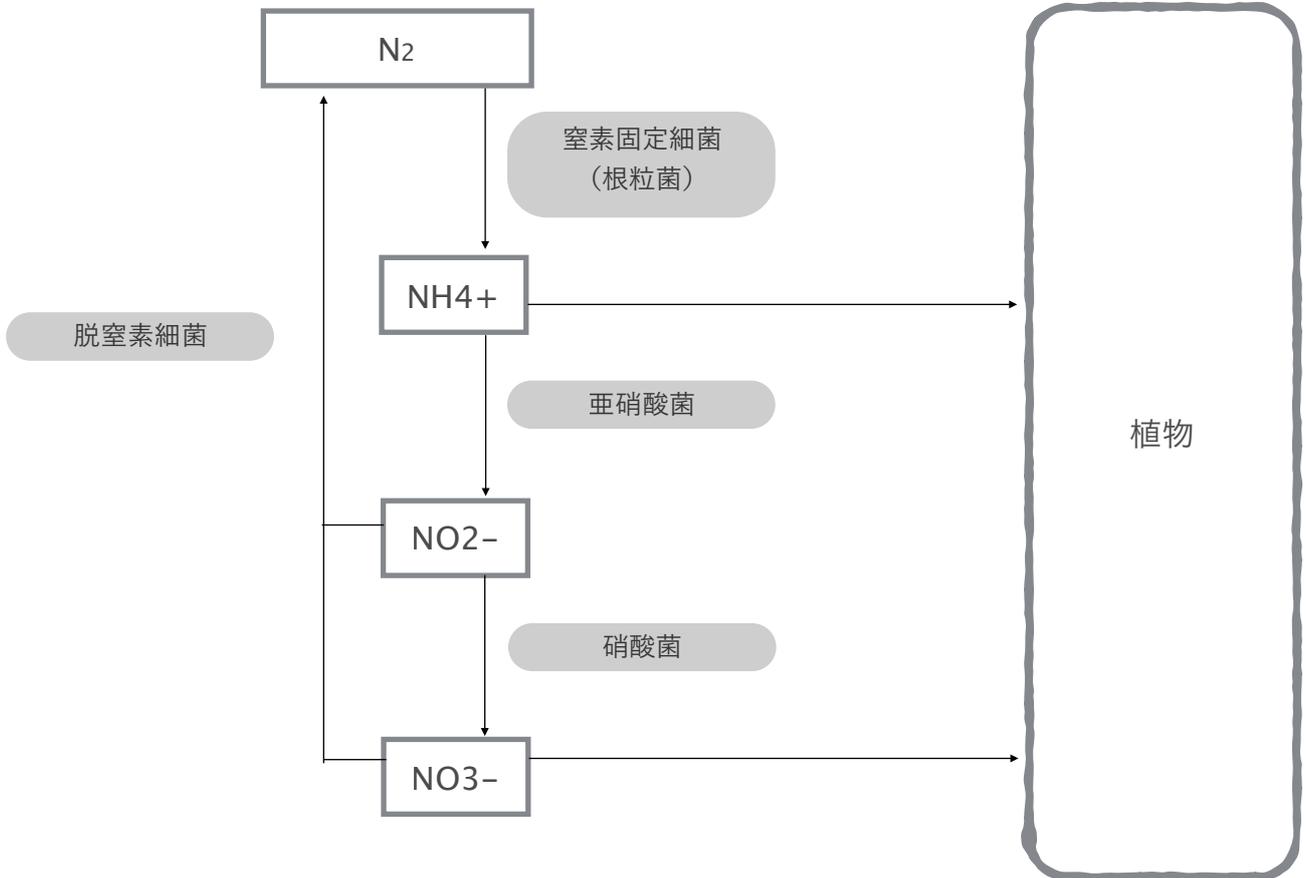
・とある反応を促進するために酵素を加えたが、より短時間で反応を進めるために
できることを3つ挙げ、注意点があつたらそれも述べよ。

- ① 酵素の濃度を高める（※ただし、濃度が一定以上高くなると、それ以上速度が上がらない）
- ② 温度を上げる（※ただし、温度を上げ過ぎるとタンパク質が変性し、失活する）
- ③ pHを最適値にする

・ダイズは”畑の肉”と言われるが、それは植物性タンパク質を豊富に含んでいるか
らである。タンパク質を作るには窒素Nが必要だが、植物はこれを土壤中から吸収
している。植物が窒素Nを土壤中から吸収するのに関係する用語をすべて使い、一
連の関係を説明せよ。〔語群；アンモニウムイオン, 硝酸イオン, 無機窒素, 有機窒
素化合物, 大気中の窒素, 根粒菌, 窒素固定細菌, 窒素固定, 亜硝酸菌, 亜硝酸, 硝酸
菌, 硝酸, 硝化, 脱窒, 脱窒素細菌〕

植物はアンモニウムイオンや硝酸イオンなどの無機窒素を土壤中から吸収し、アミノ酸やタンパ
ク質などの有機窒素化合物を合成する。アンモニウムイオンは、大気中の窒素から根粒菌などの窒

素固定細菌が合成して植物に供給されることがある。この作用を窒素固定という。また、アンモニウムイオンは亜硝酸菌によって亜硝酸に、さらに硝酸菌によって硝酸イオンに変化させられ、植物に取り込まれる。このように、アンモニウムイオンから硝酸イオンに変化させる作用を硝化という。逆に、アンモニウムイオンや硝酸イオンを大気中の窒素に変える脱窒を行う細菌もあり、脱窒素細菌と呼ばれる。



”まとめ”

特に窒素同化のところがちゃんとまとめられたか確認しましょう。図が頭に入っていてはじめて文字で説明できるので、図をきちんと頭に入れましょう。

§ 3. 遺伝情報の発現

子は親に似ていることから、親から子に何かしらの情報が受け渡されていると考えられていました。その”何か”をひとまず遺伝子とよび、科学者たちによって遺伝子の正体の解明が進められてきました。各研究でわかったことと、そのメカニズムを理解しましょう。

・グリフィスの研究の業績を答えよ

形質転換を発見

・エイブリーの研究の業績を答えよ

形質転換はDNAによるものだと結論づけたこと

・ハーシーとチェイスの研究の業績を答えよ

遺伝子の本体はDNAであると結論づけたこと

・ワトソンとクリックの研究の業績を答えよ

DNAが二重らせん構造であることを解明したこと

・メセルソンとスタールの研究の業績を答えよ

DNAの複製が、半保存的複製であることを解明したこと

・ビードルとテータムの研究の業績を答えよ

遺伝子が発現するとタンパク質が合成されると結論づけたこと

・DNAの構造を、次の語群すべてを使って説明せよ。〔語群；リン酸, デオキシリボース, 塩基, ヌクレオチド, ヌクレオチド鎖, 相補的, 水素結合, 二重らせん構造〕
リン酸とデオキシリボースと塩基からなるヌクレオチドが多数結合してヌクレオチド鎖となる。2本のヌクレオチド鎖の塩基が水素結合で相補的に結合し、二重らせん構造となっている。

・染色体の構造を、次の語群すべてを使って説明せよ。〔語群；DNA, ヒストン, クロマチン繊維〕

DNAがヒストンというタンパク質に巻きつき、それが集まってクロマチン繊維をつくる。さらにクロマチン繊維が集まって染色体となる。

・核相とは何か説明せよ。

細胞に存在する染色体が、何本で1セットになっているかを表すもの。

・核相が $2n$ である、ということは何を意味しているか？

染色体が2本で1セットになっていることを意味している。

・ $2n=46$ は何を意味しているか説明せよ。

細胞に、46本の染色体が、2本で1セットの状態に含まれていることを意味している。

・ ゲノムとは何か説明せよ。

核相nの細胞中に含まれている全情報のこと。単位は塩基対数や遺伝子数で表される。

※ヒトゲノムは、約30億塩基対で、遺伝子数は約22,000である。

・ 塩基対の数と遺伝子数の違いを説明せよ。

1つのタンパク質を作るひとまとまりの塩基対を遺伝子という。つまり、いくつかの塩基対が集まって、1つの遺伝子なのである。だからヒトゲノムは塩基対は約30億対あるのに、遺伝子数は約22,000しかない。

・ 遺伝子とは何に関する情報をもっているか答えよ。

どんなタンパク質を作るか、についての情報をもっている

・ 遺伝子が「どんなタンパク質を作るか」についての情報を持っていることを突き止めた実験は、ビードルとテータムによって行われた。彼らは「遺伝子を傷つけると、タンパク質が作られなくなる」ということを示した。しかし、タンパク質が作られなくなったかどうかは、直接目で見ることにはできない。では、どのようにしてわかったのだろうか？

X線を照射して遺伝子を傷つけたアカパンカビはそのままだと死ぬが、アルギニンを与えると生育することができた。これは、そのアカパンカビがタンパク質を作ることができなくなったことを意味している。

・ 最少培地を用意する意義を答えよ。

アカパンカビを育てる培地に、アルギニンやアルギニンの前駆体が含まれていると、本来は死ぬはずだったアカパンカビを得ることができないから。

※以上が、ビードルとテータムの実験がもっとも意義深かったことです。しかし、試験ではこの後にビードルとテータムが行った実験が出題されます。

・ アルギニンが作れなくなったアカパンカビはどれも同じわけではない。アカパンカビのうち、アルギニンができる過程のどの物質を作ることができなくなったのかが異なるのだ。では、どの物質を作ることができなくなったかを調べるためには、どのような操作をしたらよいか？

アルギニンができる過程の物質を加え、生育できるかどうかを調べたらよい。

・とあるアカパンカビに注目したところ、比較的多くの物質で生育が可能であることがわかった。このアカパンカビが作ることでできなくなった酵素は、原料に近いのか？ アルギニンに近いのか？

原料に近い酵素を作ることができなくなっていれば、そのあとの酵素は持っているもので、より多くの物質を加えたときに生育することができる。よって、このアカパンカビが作れなくなった酵素は原料に近いものである。

・逆に、与えた物質に注目したところ、比較的多くのアカパンカビが生育可能になることがわかった。この物質は原料に近い物質か？ それもとアルギニンに近い物質か？

原料に近い物質を与えると、多くのアカパンカビがそれ以降の酵素を作れなくなっている。逆に、アルギニンに近い物質を与えると、ダメになっている酵素はそれ以前である可能性が高いため、生育できる可能性が高いはず。よって、その原料はアルギニンに近い物質である。

※このように、アカパンカビに注目するのか、物質に注目するのかをまずは考えることがすべて。これができるようになれば、この手の問題はスルスルと解けます。

・DNAの塩基配列をもとにタンパク質が作られるが、その過程を大きく2つに分けると何と何になるか？

転写と翻訳

・上記について。原核生物と真核生物ではその仕組みが違う。まずは真核生物について、その仕組みを転写と翻訳に分けて説明せよ。その際、語群にあるものをすべて使いなさい。〔語群（転写）；RNAポリメラーゼ、プロモーター、mRNA前駆体、イントロン、エキソン、スプライシング、mRNA〕〔語群（翻訳）；核膜孔、細胞質、リボソーム、開始コドン、コドン、相補的、アンチコドン、tRNA、アミノ酸、終始コドン〕

・転写・・・RNAポリメラーゼがDNAのプロモーターと呼ばれる領域に結合すると転写が開始される。転写によって作られたものはmRNA前駆体と呼ばれ、まだ完成型ではない。mRNA前駆体にはイントロンという不要な領域と、エキソンという必要な領域が含まれているため、スプライシングという過程を経てエキソンだけとなる。こうしてmRNAが完成する。

・翻訳・・・mRNAが核膜孔から出て細胞質中に出ると、リボソームが結合する。リボソームは開始コドンの位置から翻訳を始める。リボソーム上ではmRNAのコドンと相補的なアンチコドンをもつtRNAが次々と結合し、運搬されてきたアミノ酸が結合し、タンパク質となる。リボソームが終始コドンに達するとmRNAから離れて翻訳が終了する。

・プロモーターにRNAポリメラーゼが結合するだけでは転写が開始されない場合がある。例えば、特定の物質がある場合にのみタンパク質を合成していることが多い。このように、真核生物では転写の調節をしている。その仕組みについて、以下

の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；プロモーター, RNAポリメラーゼ, 基本転写因子, エンハンサー（転写調節配列）, 調節タンパク質（転写調節因子）〕

プロモーターに結合したRNAポリメラーゼに基本転写因子が結合し、さらにエンハンサー（転写調節配列）と呼ばれる遺伝子領域に結合した調節タンパク質（転写調節因子）も結合する。こうして複合体を形成してはじめて転写が開始する。

・続いて、原核生物がDNAからタンパク質を作る過程について、語群の語彙をすべて使って説明せよ。〔語群；プロモーター, RNAポリメラーゼ, mRNA, 同時〕

DNAのプロモーターという領域にRNAポリメラーゼが結合すると、mRNAが作られる。するとすぐにリボソームが付着してきて翻訳も同時に行われる。

※真核生物は転写は核の中で行われていたため、mRNAとリボソームは隔離されていました。そのため、mRNAがちゃんと完成型になるまで待つことができたのですが、原核生物には核がないから待たない。mRNAが作られる側からリボソームが結合してきて、翻訳が始まってしまうのです。

※真核生物では転写と翻訳に分けて書かせたが、原核生物では分けて書かせることができない。なぜなら同時に行われているから。

・原核生物も環境に合わせてタンパク質の合成を調節している。大腸菌はラクトースを分解してエネルギーを得るためにラクトース分解酵素を作るが、もしもラクトースが近くに存在しないならラクトース分解酵素を作るのはムダである。そこで彼らは、ラクトースの有無に応じてラクトース分解酵素の合成を調節している。では、ラクトースが存在していない環境下ではどのようにラクトース分解酵素の合成を抑制しているか？ 次のすべての語群を使って説明せよ。〔語群；調節遺伝子, 調節タンパク質（リプレッサー）, プロモーターと構造遺伝子群（オペロン）の間, オペレーター, プロモーター, RNAポリメラーゼ〕

調節遺伝子と呼ばれるDNAの領域から発現した調節タンパク質（リプレッサー）が、プロモーターと構造遺伝子群（オペロン）の間にあるオペレーターに結合する。その結果、RNAポリメラーゼがプロモーターに結合できなくなり、転写が開始されない。

※このように、ラクトースが存在していないときにはラクトース分解酵素が作られない、うまい仕組みが備わっているのです。

・逆に、ラクトースが存在している環境下ではどのようにしてラクトース分解酵素の合成を行っているか？ 次のすべての語群を使って説明せよ。〔語群；調節遺伝子, 調節タンパク質（リプレッサー）, ラクトース, プロモーターと構造遺伝子群（オペロン）の間, オペレーター, プロモーター, RNAポリメラーゼ〕

調節遺伝子と呼ばれるDNAの領域から発現した調節タンパク質（リプレッサー）にラクトースが結合すると、調節タンパク質（リプレッサー）の構造が歪み、プロモーターと構造遺伝子群（オペロン）の間にあるオペレーターに結合できなくなる。結果、RNAポリメラーゼがいつもどおりプロモーターに結合し、転写が開始される。

※このように、ラクトースが存在しているときにはラクトース分解酵素が作られるうまい仕組みが備わっているのです。

※「オペロン説」という名前がついていますが、オペロンという名前自体はまーったく重要ではありません。大事なのは、このようにして調節されているということを理解していることです。

・原核生物の転写の調節と、真核生物の転写の調節の違いを簡潔にまとめよ。

<ざっくり言うと>

原核生物の転写の調節は、RNAポリメラーゼが転写を開始するのを調節タンパク質が”通せんぼするかしないか”で行われている。一方、真核生物の転写の調節は、RNAポリメラーゼに基本転写因子や転写調節因子が結合するかしないかで行われている。

”まとめ”

本誌はまさに、このセクションのために作られたといっても過言ではない。生物では用語の暗記は当たり前にながら、さらにメカニズムが理解できているかが問われる。きちんと記述できるようにしよう。

§ 4. DNAの複製

DNAについてミクロなレベルでメカニズムを勉強するのは、§3で勉強した「DNAからタンパク質が作られるときについて」と、もう一つ「細胞分裂のときのDNAの挙動」があります。DNAは細胞核に存在していますが、細胞は分裂を繰り返しています。細胞分裂の際、DNAはどのような振り舞いをしているのでしょうか？

・細胞は、分裂期と間期を繰り返している。分裂期が1時間、間期が23時間の細胞があったとすると、§3で勉強してきたのはどちらの時期の細胞に関してか？

間期。細胞は間期に入ると、タンパク質の合成などを行うようになる。一方、これから勉強する細胞分裂というのは、細胞が分裂期に入ったときについてである。

・DNAの複製はどのように行われるか？ その仕組みを語群のすべてを使って説明せよ。〔語群；DNAヘリカーゼ、プライマーゼ、プライマー、DNAポリメラーゼ〕

DNAはヌクレオチド鎖の2本鎖からなるが、DNAヘリカーゼがほどいて1本鎖に分ける。DNAを鋳型として、プライマーゼが相補的な短い塩基配列を作る。これをプライマーと呼ぶ。プライマーにDNAポリメラーゼが結合し、新しいDNA鎖が作られる。

・DNAヘリカーゼによってDNAが1本鎖にほどけると、片方のDNA鎖はDNAヘリカーゼに向かって伸長するが、もう片方は逆方向に伸長する。どちらがリーディング鎖か？

前者がリーディング鎖、後者がラギング鎖

・リーディング鎖とラギング鎖はどちらも「5'から3'の方向にDNAが合成される」と説明されるが、これはどういうことか？ DNAの構造について触れながら、次の語群の語彙をすべて使って説明せよ。〔語群；リン酸, デオキシリボース, 塩基, ヌクレオチド, 1', 3', 5', 3'から5'〕

DNAは、リン酸とデオキシリボース、塩基からなるヌクレオチドからなるヌクレオチドを構成単位としている。ここで、1つのヌクレオチドに注目する。塩基が結合しているデオキシリボースの炭素を1'とし、炭素に順番に2', 3', …と番号をつけていくと、5'の炭素にリン酸が結合していることわかる。また、隣のヌクレオチドとは3'の炭素とリン酸とが結合している。このヌクレオチドに新しいヌクレオチドが結合するとき、ヌクレオチド中の5'→3'の向きに伸長していくのでしょうか？ それとも3'→5'の向きに伸長していくのでしょうか？ 正解は、5'→3'の方向です。

※新しく合成されるDNAについて、5'→3'の方向に伸長します。鋳型のDNAに注目すると、逆に3'→5'の方向に向かって伸長していることに注意しましょう。

・リーディング鎖は、DNAが伸長していく方向5'→3'が、DNAが1本鎖にほどけていく方向と同じなのでよいが、ラギング鎖は5'→3'の方向が、DNAが1本鎖にほどけていく方向と逆である。では、ラギング鎖ではどのようにしてDNAが合成されているか？ 次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；プライマーゼ, プライマー, DNAポリメラーゼ, 岡崎フラグメント, DNAリガーゼ〕

DNAにプライマーゼが結合してプライマーを作り、そこにDNAポリメラーゼが結合する。DNAポリメラーゼはヌクレオチドを次々と結合していく、前に作ったプライマーまで伸長する。その結果、短いDNAの断片が合成される。これを岡崎フラグメントという。岡崎フラグメントどうしはDNAリガーゼによって連結される。こうしてラギング鎖ではDNAが合成されている。

※プライマーがなければ、DNAポリメラーゼはDNAの合成を始めないことは、とても重要なポイントなので必ず覚えておきましょう。

”まとめ”

DNAの発現に続き、DNAの複製についても仕組みを理解することが大変重要である。特に、仕組みをきちんと理解し、人に説明できるようになったら100%理解したことになります。わからなくて答えを見てしまったとしても、その後、もう一度自分で問題を解いてみましょう。この手の「仕組みの理解」は、一度理解してしまえば長期記憶となり、忘れにくくなりますよ。

§ 5. バイオテクノロジー① ～細菌にDNAを導入～

新たな発見があると、それを人類にとって有益なことに利用できないか？・・・と考えるのが科学者です。例えば「分化した細胞も、生体を作るのに必要な情報をすべて持っている」という発見から「分化した細胞を未分化の細胞に戻し、目的とする臓器に分化させられないか」と考えたことがきっかけでiPS細胞が作られました。同じように、「DNAを元にタンパク質が作られる」ということを利用して「DNAを他の生物に入れることで、目的とするタンパク質を作らせることはできないか？」という発想が生まれます。

・ **バイオテクノロジーとは日本語に訳すと「生物工学」となる。この分野は一体どのような分野か？ 「化学工学」という分野を「化学合成を利用し、人に有用な物質を作る分野」と説明するとして、これに倣って答えよ。**

生物を利用し、人にとって有用な物質を作る分野

※タンパク質のような複雑な高分子を、化学合成を通して作ることはものすごく大変。コストもかかり、実用的ではない。そこで、生物のもっているメカニズムをうまく利用してタンパク質を合成しようというのが、バイオテクノロジーの根底にある考えです。

・ **糖尿病患者は血糖値を下げるインスリンを自ら合成することができません。そこで、インスリンを薬として投与しなければいけませんが、インスリンのような高分子を化学的に合成するには莫大なコストもかかります。そこで、ブタが作るインスリン（＝ブタインスリン）を投与していましたが、ヒトの作るインスリン（＝ヒトインスリン）とは若干異なるため、不快な副作用がありました。そこで、ヒトのインスリンを作るDNAをもとに、インスリンを合成したいと考えました。自身のDNAをもとに、目的とするタンパク質を他の生物に作らせている事例を挙げよ。**

ウイルスは自身で増殖できないため、細菌にDNAを注入し、増殖している。

※また、糖尿病患者1人に対し、1年間の供給を満たすのはブタ50匹の膵臓が必要であるため、別のインスリン合成方法が求められていました。

・ **ウイルスは自身で分裂することはできないため、宿主となる細菌にDNAを注入する。これによってウイルスはどのようにして増殖するか？ T2ファージを大腸菌に感染させた場合を例にとり、語群をすべて使って説明せよ。〔語群；大腸菌のDNA, 分解, ファージのDNA, 大腸菌のアミノ酸, タンパク質（外殻）, 子ファージ, 細胞壁〕**

ファージを大腸菌に感染させるとファージは大腸菌のDNAを分解し、それを材料としてファージのDNAを作ります。そして、ファージのDNAは大腸菌のアミノ酸を使ってタンパク質（外殻）を合成。こうして作られた子ファージたちは大腸菌の細胞壁を溶かして外に出る。

〔!〕これヒントに、科学者たちは「細菌にヒトのDNAを注入して、目的とするタンパク質を合成させたらいいんじゃないか？」と考えた。では、ヒトのDNAを直接細菌に注入したらよいだろうか？ 次の問いに続く。

・ウイルスが細菌に感染する機構を研究していたスイスの微生物学者アーバーは、ウイルスに感染しない細菌がいることを発見。なぜ彼らがウイルスに感染しないかを調べると、侵入したウイルスのDNAをずたずたに切断し、機能しないようにする酵素を持っていることを発見した。この酵素を制限酵素と名付けた。さらに彼は、この制限酵素がバイオテクノロジーに利用されることにつながる重要な特徴を発見したが、それは何か？

制限酵素はDNAをどこでも切るわけではなく、特定の塩基配列だけを切断する

※制限酵素は、DNAの特定の塩基配列を認識し、切断する。例えば、EcoRIという制限酵素は、GAATTCという塩基配列のGとAの間のみを切断する。

・制限酵素が細菌自体のDNAを切断しないのはなぜか？

メチル基で保護しているから

※DNAの塩基であるアデニン（A）またはシトシン（C）にメチル基（-CH₃）が結合すると、制限酵素は対象となる塩基配列と認識せず、切断を行わない。

〔!〕このように、細菌にヒトのDNAを直接注入したとしても、制限酵素などで分解されてしまうため、目的とするタンパク質を合成することができない。それでは、どうしたらよいだろうか？ 次の問いに続く。

・細菌は細胞内に通常のDNAももつが、それ以外にもつ環状のDNAを何というか？

プラスミド

※プラスミドから生成されるタンパク質は、DNAがタンパク質を産生する際の調節に関わることが知られています。

〔!〕このように、プラスミドだったら細菌に”警戒”されません。そこで、プラスミドに目的とするDNAを”忍び込ませ”、細菌に受け入れさせようと考えた。次の問いに続く。

・目的とするDNA（例えば、インスリンの合成に関わるDNA）をプラスミドに組み込み、それを細菌に導入するためには、どのような操作が必要か？ 3つ順番に記せ。

- ① 切断（プラスミドの輪っかを切断）
- ② 結合（プラスミドと、目的とするDNAを結合）

③ 導入（新しくできたプラスミドを、細菌に導入）

・プラスミドの輪っかを切断するのに用いられる物質を何というか？

制限酵素

※細菌は、ウイルスなどが勝手にDNAを注入してくることを防ぐために制限酵素を作っているのに、制限酵素を遺伝子導入のためにうまく利用されてしまうのは皮肉ですね。

※自身の制限酵素をもちいて自身のプラスミドを切断することはできませんので、別の細菌のもつ制限酵素を利用します。

・制限酵素でDNAを切断すると、決まった切断面が現れる。プラスミドと、目的とするDNAをうまく結合させるためにはどのような条件が必要か？ また、そのための最もシンプルな方法は何か？

プラスミドと目的とするDNAの切断面が相補的になっている必要がある。

そのためのもっともシンプルな方法は、同じ制限酵素で切断することである。

※違う制限酵素でも、同じ切断面が現れるものもあります。例えば、BamHIと呼ばれる制限酵素は認識配列が「GGATCC」で「TとCの間を切断」し、BglIIという制限酵素は認識配列が「AGATCT」で「CとTの間を切断」し、どちらも切断面「GATC」が生じます。よって、プラスミドは制限酵素BamHIで切断し、目的とするDNAは制限酵素BglIIで切断したとしても、これらを結合させることは可能です。

〔！〕切断したら、次は結合。結合はどのようにして行っているのでしょうか？ 次の問いに続く。

・制限酵素によってできた切断面は、再び結合して2重鎖にすることができる。その時に使われる酵素を何というか？

DNAリガーゼ

・DNAリガーゼはもともと何に使われていた酵素か？ 次の語群をすべて使って答えよ。〔語群；DNAの複製, ラギング鎖, プライマー, 岡崎フラグメント〕

DNAの複製の際、ラギング鎖において岡崎フラグメントとプライマーを結合させるために使われていた酵素

※制限酵素は“ハサミ”、DNAリガーゼは“糊”に例えられることが多い。

〔！〕実際には「1つのプラスミドを制限酵素で切断し、1つの目的とするDNAを制限酵素で切断し、この2つをDNAリガーゼで結合して、1つの新しいプラスミドを作る」という操作を行っているわけではない。「たくさんのプラスミドに制限酵素を加え、目的とするDNAを含むDNAに制限酵素を加え、これらを合わせたところにDNAリガーゼを加える」という操作を行っているのだ。

すなわち、「うまく切断されていないプラスミド」もあれば「うまく切断されていない、目的のDNA」もあるし「目的とするDNAの含まれていない、不要なDNA断片(=ゴミ)」も含まれている。また、「プラスミドと、不要なDNA断片が結合してできたプラスミド」などもできる。これらの不要なものを除き、実際にうまく作られたプラスミドが導入された細菌だけを選び分けたい。しかし、プラスミドは小さすぎて観察できないし、選り分けることもできない。では、どのようにしたらよいだろうか？ 次の問いに続く。

・目的とするプラスミドが作成でき、そのプラスミドがちゃんと導入された細菌だけを選び分けたい。そのための方法として、コーエンとチャンは、プラスミドとしてpSC101とよばれるものを選んだ。pSC101にはテトラサイクリン耐性遺伝子が含まれている。なぜ、このプラスミドを導入したのか？

細菌にテトラサイクリンを加えて死ななかったら、プラスミドが導入されたことがわかるから。

・pSC101を切断する制限酵素の選び方で、注意すべきことは何か？

テトラサイクリン耐性遺伝子が含まれている領域を切断しない制限酵素を選ぶ必要がある

※基礎問題精講「演習問題13」では、あえて耐性遺伝子のある領域に目的とする遺伝子を導入し、導入できたかどうかを確認できるよう工夫している。この基礎問題精講「演習問題13」に登場するプラスミドはとて有名で頻出するので、きちんと理解しておこう。

・コーエンらの実験について。このままだと、目的とするDNAと結合していない、ただのpSC101を導入した細菌と区別がつかない。そこで、目的とするDNAにも工夫を凝らした。目的とするDNAにはカナマイシン耐性遺伝子が含まれるようにしたのだ。では、新しく作ったプラスミドが入った細菌かかどうかは、どのように調べたらわかるか？

テトラサイクリン耐性とカナマイシン耐性を調べ、両方とも耐性があったら、新しく作ったプラスミドが入っていることがわかる。

・目的とするDNAに、常に何かの耐性遺伝子が組み込まれているとは限らない(その方が多い)。そこで、目的とする遺伝子が導入されたかどうかを確かめる別の方法として、DNAハイブリタイゼーションが用いられる。DNAハイブリタイゼーションでは、「導入したいDNAと相補的な塩基配列をしたオリゴヌクレオチド(DNAに似た物質)」を加えて合成をさせることで、導入したいDNAが組み込まれているかを確認するのだが、そのためにはとある工夫必要である。それは何か？

「導入したいDNAと相補的な塩基配列をしたオリゴヌクレオチド」を放射性分子で標識しておくこと。

〔!〕こうして、無事にプラスミドを細菌に導入したり、導入できたかどうかを確認する方法も確立した。そして、晴れて細菌はプラスミドからタンパク質を合成したが、それはインスリンに似て非なるものであった。次の問いに続く。

・なぜ、インスリンを合成することができなかったのか？ 次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；真核生物, 転写, スプライシング, エキソン, mRNA, イントロン〕

真核生物は、転写のあとにスプライシングが行われ、エキソンのみとなったmRNAをもとにタンパク質が作られる。細菌に組み込まれたDNAにはイントロンも含まれていたため、正常なインスリンを合成することができなかった。

※ヒト遺伝子のたった2%がエキソンで、残りの98%はイントロンであることがわかっています。

※真核生物では、DNAの塩基配列と、タンパク質が作られるときに元となる塩基配列（=mRNAの塩基配列）が異なることはとても重要な事実。きちんと頭に入れておきましょう。

・不要な部分が排除されたDNAを合成するためには、mRNAをもとにDNAを作らなければならない。そのような酵素を何というか？

逆転写酵素

※逆転写酵素によってmRNAから作られたDNAをcDNAと表す。complementary（相補的な）DNAの略で「mRNAと相補的」という意味。

・上記の酵素を持つウイルスの総称と、代表例をそれぞれ挙げよ。

総称：レトロウイルス

代表例：HIV（ヒト免疫不全ウイルス）

・レトロウイルスが見つかるまでは、RNAからDNAが作れるとは考えられていなかった。DNA→RNA→タンパク質の方向に情報が伝わるという（当時正しいと考えられていた）原則を何というか？

セントラルドグマ

〔！〕プラスミドは細菌の中でタンパク質を合成するだけでない。DNAの複製も複製するし、細菌自体も複製（分裂）を繰り返すため、目的とするDNAを大量に作るができる。このように、目的とするDNAを大量に合成することをクローニングといい、非常に大事な操作である。これを踏まえ、次に進め。

・細菌を使ったクローニングには様々な人為的な操作が必要であり、簡単に言ってしまうと大変である。そこで、目的とするDNAを自動的に、短時間で、大量に作る方法が求められました。その代表的な方法名を答えよ。

PCR法

・PCR法では、DNAを複製するためにどのようにして2本鎖を1本鎖にするか？

95°Cの高温で加熱する

・一方、生物はDNAを複製するために、どのようにして2本鎖を1本鎖にしているか？

DNAヘリカーゼを用いる（わからなかった人は、DNAの複製のところを復習しよう）

・PCR法では、95°Cに加熱して新しい1本鎖を合成したあと、どのような操作を行うことで2本鎖のDNAを作るか？

プライマーを加えて部分的に2本鎖を作ったあと、DNAポリメラーゼによって2本鎖が合成される。

・生物では1本鎖のDNAができた直後は何を行うか？

プライマーゼによってプライマーが作られ、部分的に2本鎖ができたあと、DNAポリメラーゼが2本鎖を合成する。

※DNAの1本鎖ができたあとは、PCR法も生物体内で行われていることもほぼ同じだということを頭に入れておきましょう。

・PCR法では、1本鎖にするためにDNAを高温にさらす必要がある。しかし、DNAポリメラーゼはタンパク質からできているため、一般に熱に弱い。そこで、PCR法の開発者であるマリスはどのような工夫をしたか？

高温でも変性しないDNAポリメラーゼを利用することにした

※温泉や高温の地域に生息するサーマス・アクアチクスという細菌のDNAポリメラーゼは、95°C以上でも変性しないことが当時わかっており、マリスはこれを利用することにしたのだ。

※ちなみに、マリスはPCR法の開発でノーベル賞を受賞している。

・DNAのクローニング技術の利用用途はいくつかある。その一つがDNA鑑定で、容疑者の鑑定や親子関係の鑑定を行うのに使われる。対象のDNAをPCR法によって増幅させたあと制限酵素によって切断すると、人によってDNAの塩基配列が違うため、違った長さのDNA断片ができる。どのような長さのDNA断片を持っているかで、個人の特特定ができる。では、どのようにしてDNA断片の長さを求めたらよいか？ 方法名を答えよ。

電気泳動法

・電気泳動法では、DNAは何極から何極に移動するか？ また、その理由を答えよ。

DNAはマイナスに荷電しているから、陰極から陽極に移動する。

・電気泳動法では、移動距離が長いのはDNA断片の長いものか？ 短いものか？

短いもの

”まとめ”

あるタンパク質を人工的に大量生産したいとき、化学的合成することはとても難しい。そこで、DNAを細菌に導入して代わりに生産してもらおうという方法を編み出した。また、DNAを細菌に増幅してもらおうという方法も確立した。次のセクションでは、細菌にDNAを”導入”するのでなく遺伝子を”操作”することによってどのような変化が見られるかについて勉強する。

§ 6. バイオテクノロジー② ～動物のDNAをいじる～

「§ 5. 細菌にDNAを導入する」と対比させるため、本セクションでは「§ 6. 動物のDNAをいじる」としました。主に勉強するのは、トランスジェニックマウスとノックアウトマウスです。

・細菌にプラスミドを導入したときと同じように、ネズミの受精卵の核にプラスミドを導入すると、小さな確率でネズミのDNAとプラスミドのDNAが入れ替わる。その結果、目的の遺伝子が発現する。この現象を何というか？

形質転換

・多細胞生物で形質転換が起きた結果できる生物を何というか？

トランスジェニック生物

※別称：遺伝子導入生物、形質転換生物

※ネズミの場合、トランスジェニックマウスといいます。

・形質転換といえば、グリフィスやエイブリーらがS型菌とR型菌を使った実験を思い出す。今振り返ってみると、彼らの実験においてDNAレベルでどのようなことが起きていたと考えられるか？

加熱殺菌したS型菌とR型菌を混ぜたとき、S型菌のDNAがR型菌に移動し、DNAが入れ替わっていた。その結果、R型菌がS型菌の形質を発現した。

〔！〕 続いて、ノックアウトマウスについて

・特定の遺伝子を人為的に欠損させた突然変異マウスを何というか？

ノックアウトマウス

・キメラマウスとノックアウトマウスの違いを説明せよ。

キメラマウスは、一部の細胞の遺伝子に欠損があるマウスである。

ノックアウトマウスは、すべての細胞の遺伝子に欠損があるマウスである。

・ノックアウトマウスはどのようにして作出するか？ 次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；ES細胞, 宿主, 初期胚, 移植, キメラマウス, 正常マウス, ヘテロマウス, 25%〕

欠損させた遺伝子をもつES細胞を、宿主の発生初期胚に移植してキメラマウスを得る。キメラマウスと正常マウスを交配させるとヘテロマウスができるが、このヘテロマウスどうしを交配させると25%の確率でノックアウトマウスが作られる。

”まとめ”

遺伝子进行操作することにより発現するタンパク質を変え、その結果、様々な形質を変化させることができる。トランスジェニックマウス、ノックアウトマウスはそれぞれどのように作るのか。そして、実際には何が起きているのか。それをきちんと理解することが求められています。

§ 7. 遺伝

遺伝子とは親から子に情報を伝える”何か（=遺伝子）”の正体は、DNAでした。では、どのようにして親から子に情報が伝わっているのでしょうか？

・遺伝子とDNAの関係を説明せよ

親から子に何かしらの情報が伝えられていることはわかっていたが、その正体は長い間わかりませんでした。この”情報を伝える何か”を遺伝子と呼び、結果、それがDNAだとわかりました。

※「遺伝子」という言葉はこの後もよく出てきますが、言い換えると「DNAの塩基配列」となります。DNAの塩基配列こそがタンパク質の種類や構造を決める情報なのです。

・DNAと染色体の関係を説明せよ。

DNAがヒストンというタンパク質に巻きついてクロマチン繊維となり、クロマチン繊維が凝集して染色体となる。

〔!〕このように、遺伝子（=DNAの塩基配列）は、染色体にあります。よって、これからは染色体上に遺伝子があることをイメージしながら進めていきます。これがとても重要です。

・ヒトは、父親の精子と、母親の卵が合体して受精することでできている。この時の染色体の動きを図示せよ。



精子：計23本の染色体



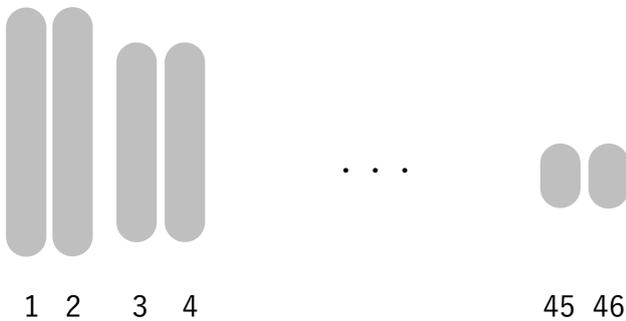
卵：計23本の染色体



受精卵：計46本の染色体
(2本1セット)

・ヒトの体細胞の核に含まれる染色体はどのような状態になっているか図示せよ。

以下のように、合計46本の染色体が2本1セットになっている。



※1と2は相同染色体、3と4も相同染色体、・・・、45と46も相同染色体です。

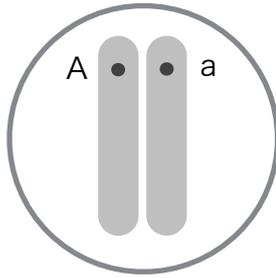
・ヒトの染色体にはどれだけの遺伝子数があるか？

約22,000 (覚える必要はない)

〔!〕これだけ多くの遺伝子が存在しているのだから、すべてを図示したらいくら時間があっても足りない。そこで、どの遺伝子に注目するかが大事である。高校生物では、よく出題されるのは2つの遺伝子に注目する場合である。理由は簡単で、2つに注目するのが難易度的にちょうどいいからである。

・今、1つの遺伝子に注目する。それは目の色を決めている遺伝子だ。この目の色を決めている遺伝子は25, 26番目の染色体に存在していることがわかったとする。

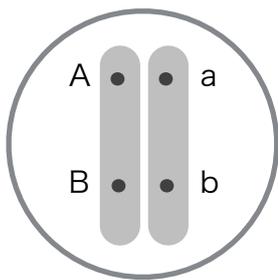
母親からもらった染色体には目を青色にする遺伝子Aがあり、父親からもらった染色体には目を茶色くする遺伝子aがある。この状態を図示すると、どのようになるか？



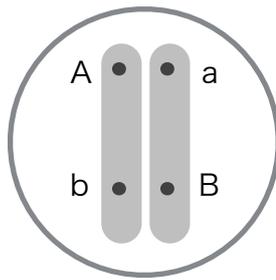
※このように、注目する遺伝子の乗っている染色体を描き、そこに遺伝子型を入れる。注目している染色体以外は省略する（いちいち46本の染色体を書けるわけもない）。染色体の番号も重要ではないので省略。

・続いて、2つの遺伝子に注目する。目の色を決める遺伝子と、声の高さを決める遺伝子とする。遺伝子型がAaBbだったとすると、考えるすべての状態を書き出せ。

1) 同じ染色体上にある場合 (2種類)



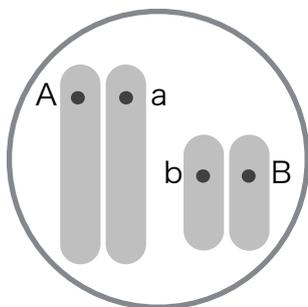
①



②

※このように、同じ染色体上にある場合は、AとBが同じ染色体上にありaとbが同じ染色体上にある場合（①）と、Aとbが同じ染色体上にありaとBが同じ染色体上にある場合（②）の2種類しかない。この絵がきちんと描けるようになっておく必要が有る。

2) 違う染色体上にある場合 (1種類)



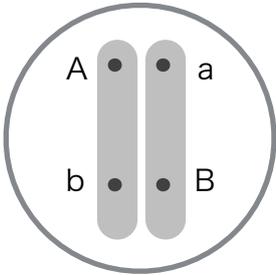
※このように、違う染色体上にある場合は1種類しかない。

※以上のように、合計3パターンが存在する。

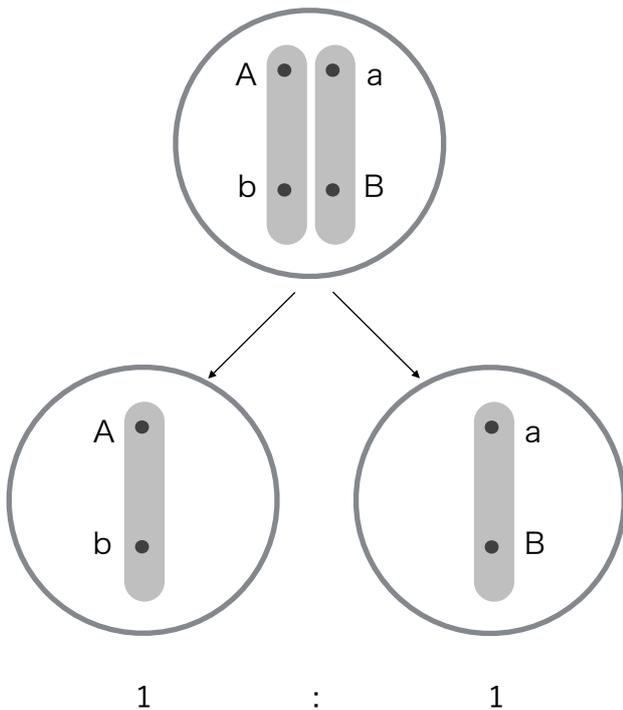
・②の場合、どのように配偶子を作るか？ 完全連鎖している場合と、不完全連鎖している場合についてそれぞれ答えよ。不完全連鎖している場合は、組換え価が10%として答えよ。

実際に何が起きているのかをイメージする必要がある。

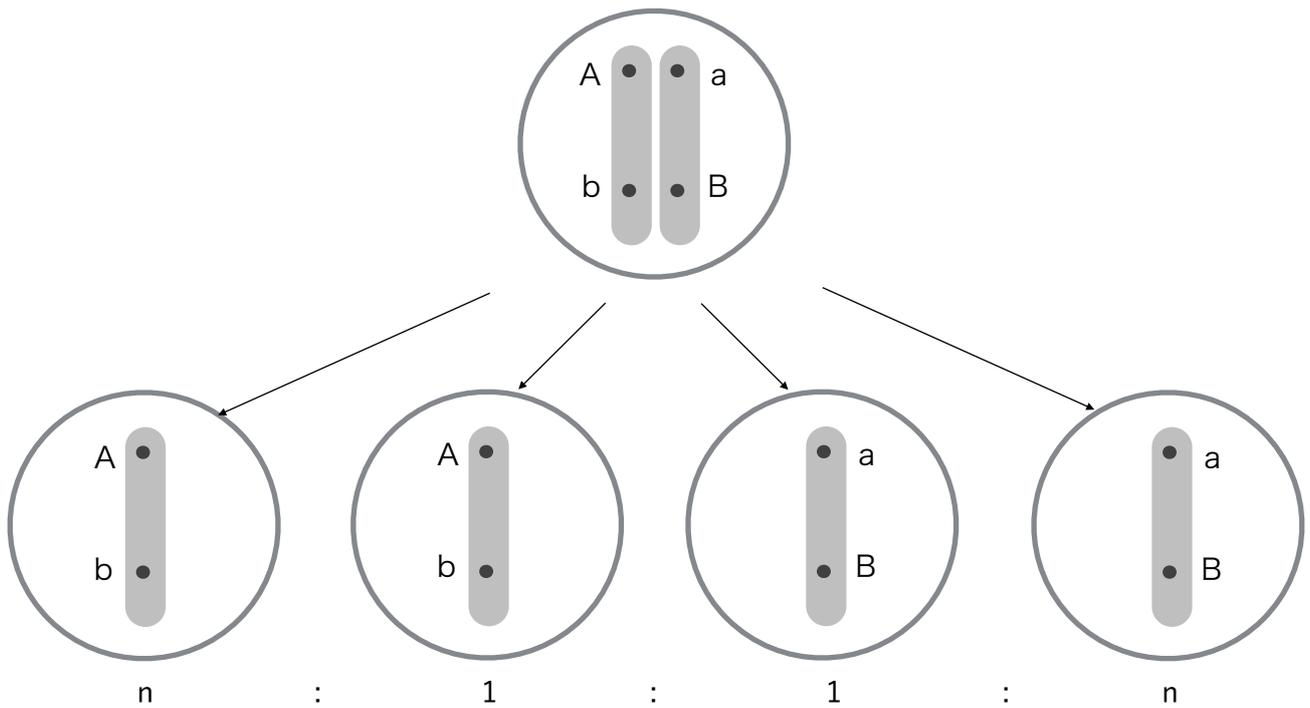
今、注目している生物の体細胞が次のような状態で、ここから生殖細胞が作られる。



まず、この個体が完全連鎖の場合は、次のどちらかの配偶子しかできない。
(減数分裂をするから当然ですね)

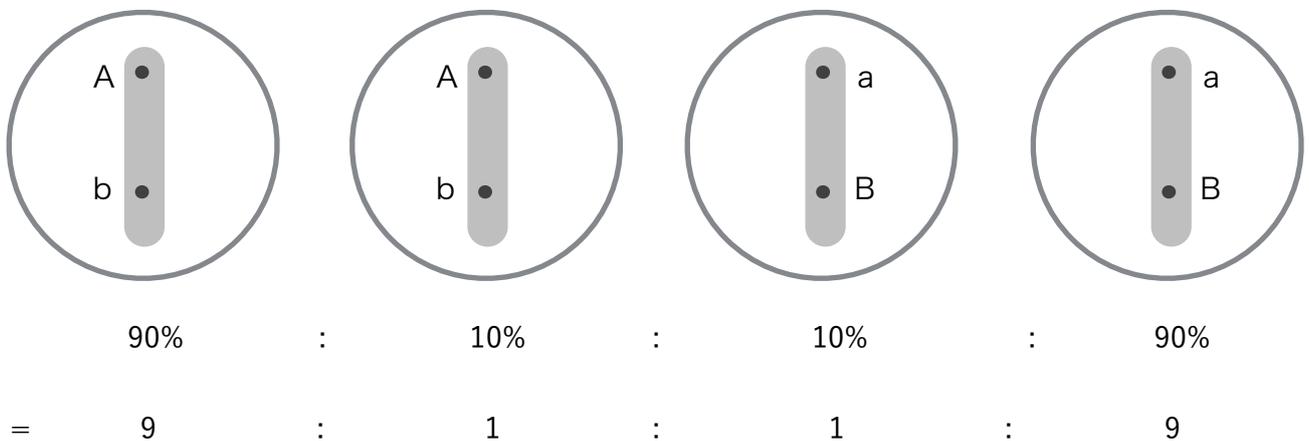


一方、不完全連鎖の場合は、ほとんどの細胞がが完全連鎖のときと同じようにして生殖細胞を作りますが、一部の細胞だけは組換えを起こして順番が入れ替わります。



※AbとaBの配偶子がそれぞれn、AbとaBの配偶子がそれぞれ1の割合でできます。このように、「完全連鎖していたらできる配偶子」の比率の方が高いのです。なぜなら、遺伝子組換えというのは一部の配偶子でしか起こらないものだからです。

組換え価が10%のときには、これを、



と考えましょう。

<厳密な説明>

組換え価 (%) = (組換えによって生じた配偶子数/全配偶子数) × 100

・ 相同染色体と二価染色体の違いを説明せよ。

相同染色体とは、大きさの同じ染色体を指している。相同染色体というものが存在しているわけではなく、「この染色体の相同染色体は、あれである」のような使い方をします。

一方、二価染色体とは、減数分裂第一分裂中期において相同染色体が対合して1つの染色体のようになったもののこと。

・ヒトの体細胞分裂について。核相と核1個あたりのDNA量の変化について説明せよ。

核相は常に $2n$ である。

核1個あたりのDNA量は、間期のS期に倍増し、終期が終わると同時に半減して元に戻る。

・ヒトの減数分裂について。核相と核1個あたりのDNA量の変化について説明せよ。

核相は、減数分裂が始まる前は $2n$ だが、減数分裂第一分裂終期が終わると同時に n になり、その後もずっと n のままである。

核1個あたりのDNA量は、間期のS期に倍増し、減数分裂第一分裂終期が終わると同時に半減し、さらに減数分裂第二分裂終期が終わると同時に半減する。

・対立形質とは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

エンドウの種子における、丸型に対するしわ型のこと。

(しわ型に対する丸型のこと、とも言える)

<厳密な説明>

1個体に同時に現れることのない形質。

・対立遺伝子とは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

エンドウの種子において、丸型にする遺伝子をA、しわ型にする遺伝子をaとしたとき、Aに対するaのこと。

(aに対するAのこと、とも言える)

<厳密な説明>

対立形質を担う優性遺伝子と劣性遺伝子

・ホモ接合体とは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

AA, aa, AABB, AAbb, aaBB, aabbのように、対立遺伝子が同じもの。

< 厳密な説明 >

同じ遺伝子を対にもつ個体

- ・ヘテロ接合子とは何か説明せよ。

< ざっくり言うと >

Aa, AaBbのように、対立遺伝子が違うもの。

< 厳密な説明 >

異なる遺伝子を対にもつ個体

- ・純系とは何か説明せよ。

< ざっくり言うと >

ホモ接合体のこと。1つの遺伝子に注目するとAA, aaのいずれか、2つの遺伝子に注目するとAABB, AAbb, aaBB, aabbのいずれかであることが決まる。

※このように「純系」と言われるだけで、遺伝子型に関する様々な情報が含まれている。必ず頭に入れておくこと。

< 厳密な説明 >

同一系統の個体間で繰り返し交配しても同じ形質しか現れない系統のこと

- ・雑種第一代とは何か説明せよ。

< ざっくり言うと >

ホモ同士の子ども。1つの遺伝子だけに注目すると、AAとaaを交配して生じたAa。2つの遺伝子に注目すると、たとえばAAbbとaaBBを交配して生じたAaBbのこと。

※このように「雑種第一代」と言われるだけで、親がホモであることが決まる。必ず頭に入れておくこと。

< 厳密な説明 >

異なる形質の純系を交配して生じた1代目の雑種

- ・雑種第二代とは何か説明せよ。

雑種第一代どうしを交配してできた子。

※このように「雑種第二代」と言われるだけで、親が雑種第一代であることが決まる。必ず頭に入れておくこと。

- ・交雑とは何か説明せよ。

遺伝子型の異なる個体間で行われる受粉・受精のこと。1つの遺伝子に注目すると、AAとaa、Aaとaaなど。2つの遺伝子に注目すると、AaBBとAABbなど。

※このように「交雑」と言われるだけで、違った遺伝子型同士の個体をかけあわせていることがわかる。必ず頭に入れておくこと。

・自家受精とは何か説明せよ。

遺伝子型の同じ個体間で行われる受粉・受精のこと。1つの遺伝子に注目すると、AaとAa、AAとAAなど。2つの遺伝子に注目すると、aaBbとaaBbなど。

・一遺伝子雑種とは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

異なる形質の純系どうしを交雑して生じた子のうち、1つの遺伝子に注目したもの。AAとaaを掛け合わせてできたAa。

※このように、一遺伝子雑種と言われた瞬間に「AAとaaを掛け合わせてできたAa」の1つに決まる。必ず頭に入れておくこと。

<厳密な説明>

1対の対立形質だけに注目し、異なる形質の純系どうしを交雑して生じた雑種

・二遺伝子雑種とは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

異なる形質の純系どうしを交雑して生じた子のうち、2つの遺伝子に注目したもの。AABBとAAbbを掛け合わせてできたAABb、AABBとaaBBを掛け合わせてできたAaBB、AAbbとaaBBを掛け合わせてできたAaBbの3つの場合だけに決まる。

※このように「二遺伝子雑種」と言われただけで3つの場合だけに決まるため、必ず頭に入れておくこと。

<厳密な説明>

2対の対立形質だけに注目し、異なる形質の純系どうしを交雑して生じた雑種

・乗換えと組換えの関係を説明せよ。

染色体の乗換えが起こると、遺伝子の組換えが起きる。

”まとめ”

遺伝の問題は問題演習ありきだが、実際に何が起きているかを理解していなかったり、用語の意味が頭に入っていないと学習効率が悪い。ここできちんと押さえておくことが大事。

§ 8. 生殖と発生

まずは植物について勉強しましょう。

・被子植物における配偶体は何と何か？

花粉と胚のう

・被子植物における配偶子は何か？

精細胞と卵細胞

※動物の精子と卵に該当するものです。

・被子植物で卵細胞が形成されるまでについて、次の語群のすべてを使って説明せよ。〔語群；胚珠, 胚のう, 核相 $2n$, 胚のう母細胞, 減数分裂, 退化消失, 核相 n , 胚のう細胞, 3回の分裂, 反足細胞, 極核, 中央細胞, 助細胞, 卵細胞〕

胚珠の中の胚のうで卵細胞は作られる。まず、核相 $2n$ の胚のう母細胞が減数分裂して核相 n の4つの細胞ができるが、そのうち3つが退化消失して1つの胚のう細胞ができる。胚のう細胞は3回の分裂を経て3つの反足細胞と、2つの極核をもつ1つの中央細胞、2つの助細胞、そして1つの卵細胞となる。

・被子植物で精細胞が形成されるまでについて、次の語群のすべてを使って説明せよ。〔語群；おしべ, 葯, 核相 $2n$, 花粉母細胞, 減数分裂, 花粉四分子, 核相 n , 花粉, 花粉管核, 花粉管細胞, 雄原細胞, 受粉, 精核, 精細胞〕

おしべの葯の中で精細胞は作られる。まず、核相 $2n$ の花粉母細胞が減数分裂をして核相 n の花粉四分子ができる。これらが分裂を繰り返して花粉となる。花粉は花粉管核を花粉管細胞と、雄原細胞からなる。受粉後、雄原細胞は分裂して精核をもつ2つの精細胞となる。

〔！〕続いて動物について勉強しましょう。

・全ての細胞には1個体を作るのに必要な遺伝情報がすべて含まれている。しかし、細胞は分化している。なぜこのような違いが起きるか説明せよ。

異なる細胞では異なる遺伝子が発現するから

・どのようにして遺伝子の発現が調節されているのか？ 誘導について説明しながら答えよ。

誘導とは、ある細胞から別の細胞に誘導因子が受け渡されることで細胞が分化することである。この誘導因子が細胞膜に結合すると、細胞内の転写因子がDNAのプロモーター領域に結合し、特定の遺伝子を発現させる。

- ・もっとも有名な誘導因子を一つ答えよ。

アクチビン

- ・とある細胞から誘導因子が分泌されたとき、誘導因子が濃くなるのは近くの細胞か、遠くの細胞か？

近くの細胞

- ・誘導因子の濃度勾配によってどのような細胞に分化するかが決まる例に、中胚葉誘導がある。中胚葉誘導について、次のすべての語群を使って説明せよ。〔語群；植物極, 動物極, 中胚葉誘導物質, 物質勾配〕

植物極側から動物極型に向かって中胚葉誘導物質が分泌され、物質勾配が生じる。そして、物質濃度の高い組織が中胚葉に分化する。

※とにかく、細胞の分化といったら誘導です！

「ウニの発生」も「カエルの発生」も「ショウジョウバエの発生」も「眼の形成」も「ニワトリの表皮が羽毛になるかうろこになるか」も「ニワトリがどんな指になるか」も、ゼーんぶ誘導因子の濃度勾配によって、どんな組織になるかが決まっています！ これはとても大事なポイントなので必ず頭に入れておきましょう。

- ・中胚葉誘導物質は植物極側に偏って存在している。このように「偏って存在していること」を何というか？

極性

※「極性」という言葉がよく出てきますが、意味がわかりにくいので、必ず「偏って存在していること」と言い直しましょう。スッと意味が通るはずですよ。

- ・細胞がどのように分化していくか（＝運命）は、受精卵の時点で決まっているか？ それとも、ある程度時間が経ってから運命は変えられるか？

変えられることがシュペーマンの実験でわかった

- ・すでに分化した細胞は、もはや未分化の細胞に戻ることはできないのか？

戻らせることができることが、カエルやヒツジを使ったクローンの実験でわかった

- ・幹細胞とは何か説明せよ

<ざっくり言うと>

いろんな細胞に分化できる細胞

<厳密な説明>

組織や器官に分化する能力をもち、自己複製能力をもつ未分化な細胞

- ・代表的な幹細胞を2つ挙げよ。

ES細胞、iPS細胞

”まとめ”

配偶子が接合してから成体ができるまでを、ミクロレベル（DNAの発現機構）からマクロレベル（どんな細胞になるのか）まで見てきました。すべてが頭の中で繋がるようにしましょう。

§ 8. 体内環境とその維持

- ・いくら外が汚くて暑くても、部屋の中が綺麗で涼しければ問題ない。同じように、正常な生命活動を営んでいくためにもっとも大事なものは体内環境である。動物に備わっている、体内環境（温度・塩類濃度・酸素濃度・血糖値など）を一定に保とうとする性質を何というか？

恒常性（ホメオスタシス）

- ・体内環境を一定に保つ、というのは、言い換えると何の状態を一定に保つということか？

体液

- ・体液は血液、組織液、リンパ液の総称である。この3つの関係を、次の語群のすべてを使って説明せよ。〔語群；血しょう, 毛細血管, リンパ管〕

血液の液体部分である血しょうが、毛細血管から一部しみ出したものが組織液で、組織液の一部がリンパ管に入ったものをリンパ液という。

- ・赤血球中に含まれているヘモグロビンは、酸素の受け渡しを担うのに適した性質を持っている。それではどのような性質か？ 次の語群をすべて使って説明せよ。

〔語群；酸素分圧, 二酸化炭素分圧, 肺, 組織〕

酸素分圧が高く・二酸化炭素分圧の低いところで酸素を受け取り、酸素分圧が低く・二酸化炭素分圧の高いところで酸素を受け渡す性質。これは、肺のように酸素分圧が高く・二酸化炭素分圧の低いところで酸素を受け取り、酸素分圧が低く・二酸化炭素分圧の高い組織で酸素を受け渡すのに好都合な性質である。

- ・体液の塩類濃度が高いときの腎臓における調節について説明せよ。

脳下垂体後葉から分泌されるバソプレシンの作用により、細尿管および集合管における水の再吸収が促進される。

- ・体液の塩類濃度が低いときの腎臓における調節について説明せよ。

副腎皮質から分泌される鉱質コルチコイドの作用により、細尿管および集合管におけるナトリウムイオンの再吸収が促進される。

・腎臓に血液が流れ込むところから尿が生成するまでの流れについて、次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；腎動脈, 糸球体, ろ過, タンパク質, 血球, 水分, ナトリウムイオン, 尿素, ポーマンのう, 原尿, 細尿管, 集合管, 再吸収, 尿〕

<ざっくり言うと>

- ①小さいものは全部捨てる
- ②必要なものだけを拾う

<厳密な説明>

腎動脈を通過して腎臓に流れ込んできた血液は、糸球体でろ過される。タンパク質や血球のような大きな物質を除く、水分やナトリウムイオン、尿素などのほとんどがポーマンのうに流れ込む。こうしてできた液体を原尿という。原尿はその後、細尿管や集合管を通るが、この過程で大半の水分やナトリウムイオンは再吸収され、尿素などは再吸収されず尿として体外に排出される。

・腎臓の構造について整理せよ。その際、次の語群をすべて使いなさい。〔語群；腎単位（ネフロン）, 腎小体, 糸球体, ポーマンのう〕

腎臓は腎単位（ネフロン）からなる。

腎単位とは糸球体とポーマンのうによってなる構造体である。

・生体内での情報伝達方法は主に2つある。それは何か？

神経を介した情報伝達

ホルモンを介した情報伝達

・神経を介した情報伝達は、神経細胞（ニューロン）を介して行われるのだが、神経細胞（ニューロン）は普段、細胞膜内が細胞膜外に比べて電位が負になっている。そもそも電位とは何か？

<ざっくり言うと>

電荷の数の差

<厳密な説明>

省略

・「細胞膜内の電位が負」というのは、言い換えると「細胞膜内の陽電荷の数が、細胞膜外の陽電荷の数に比べて少ない」である。なぜ細胞膜内の陽電荷の数が負になっているのか？

<ざっくり言うと>

K⁺が細胞外に染み出しちゃっているから

<厳密な説明>

細胞は、細胞内にK⁺が多く、細胞外にNa⁺が多くなるようにしている。これだけでは電位はプラスマイナスゼロだが、一部のK⁺がカリウムチャンネルから染み出しているため、その分、細胞膜外の電位が正（＝細胞膜内の電位が負）になっている。

※細胞膜内の電荷がマイナスになっていたら、それは細胞膜内より細胞膜外に陽イオン（K⁺とNa⁺の合計）がたくさん存在していることを意味している。

※縦軸に電位〔mV〕、横軸に時間〔ミリ秒〕をとった活動電位の図がよく出るが、そもそも「電位ってなに？」ってなってしまうので、このグラフは「陽イオンの数の変化」を表したものだと考えてください。そうするとスッキリするはず。

・神経細胞に刺激が加わると、ナトリウムチャンネルが開き、Na⁺が細胞膜内に入ってくる。これによって細胞膜内の陽イオンの数（K⁺とNa⁺の合計）は、細胞膜外と比べてどうなるか？

多くなる

・こうして、普段は負の電位だった神経細胞の内部が、正の電位となる。こうして生じた電位を何というか？

活動電位

・電気的な刺激を受けるとナトリウムチャンネルが開いてNa⁺が勝手に流入してくる。チャンネルなのでエネルギーを使わないのだが、なぜ勝手に流入してくるのか？
Na⁺の濃度勾配はもともと細胞内の方が低いため、拡散によって流入してくる

・ナトリウムチャンネルはただちに閉じたあと、カリウムチャンネルからK⁺が細胞外に流出し、電位が下がる。しかし、細胞内にはNa⁺が存在したままなので、これを排除しなければならない。これはどのようにして行われるか？

ナトリウムポンプが開いてNa⁺を細胞外に、K⁺を細胞内に能動輸送する。

・ナトリウムチャンネルとナトリウムポンプの違いを説明せよ

ナトリウムチャンネルは、ナトリウムのみを通すチャンネル。チャンネルなのでエネルギーを使わずに開閉するタンパク質である。

ナトリウムポンプは、Na⁺とK⁺を通すポンプ。ポンプなのでエネルギーを使って濃度勾配に逆らって輸送する

・神経を刺激してから筋肉が収縮するまでにかかる時間には何が含まれているか？
3つ答えよ。

伝導時間、伝達時間、伝達されてから筋肉が収縮するまでの時間

※多くの問題では「伝導時間+伝達時間」の場合で出題されるが、「伝導時間+伝達時間+伝達されてから筋肉が収縮するまでの時間」

・生物が非自己を認識・排出するしくみを生体防御という。生体防御には、物理・化学的防御と免疫があるが、それぞれについて説明せよ。

<ざっくり言うと>

そもそも中に入らせないことと、入ってきたあとに対処すること

<厳密な説明>

物理・化学的防御とは、体表面の様々な障壁で病原体や異物の侵入自体を防ぐこと
一方、免疫とは、侵入してきた異物を認識し、排除すること

・免疫には自然免疫と獲得免疫がある。それぞれについて説明せよ。

<ざっくり言うと>

自然免疫・・・敵がだれであろうととりあえず全員殴っておくこと（緊急対応だが、大半はこれで死ぬ）

獲得免疫・・・敵に応じてオーダーメイドで武器を作って倒すこと（時間はかかるが、これができると効率的）

<厳密に言うと>

自然免疫・・・異物を、その種類に関係なく非特異的に排除するしくみ

獲得免疫・・・異物を非自己と認識し、その種類に応じてこれを特異的に排除するしくみ

・獲得免疫には体液性免疫と細胞性免疫がある。それぞれについて説明せよ。

<ざっくり言うと>

体液性免疫・・・殺虫剤を撒いて弱毒化すること（それを誰かが処理する）

細胞性免疫・・・直接攻撃し、破壊すること

<厳密な説明>

体液性免疫・・・抗体産生細胞が抗体を放出し、抗原と特異的に結合。それをマクロファージなどが食作用によって除去する

細胞性免疫・・・キラーT細胞が抗原を直接攻撃して破壊すること

・体液性免疫に関して、さらに詳しく説明しなさい。その際、次の語群をすべて使いなさい。〔語群；樹状細胞, 断片, 主要組織適合性抗原（MHC分子）, ヘルパーT細胞, 受容体, サイトカイン, B細胞, 抗体産生細胞, 抗原抗体反応〕

樹状細胞が異物を消化・分解した後、その断片を細胞表面の主要組織適合性抗原（MHC分子）上に提示する。すると、ヘルパーT細胞がそれを受容体で認識し、サイトカインを放出。サイトカインによって活性化されたB細胞は抗体産生細胞となり、抗体を放出する。抗体は抗原である異物と抗原抗体反応をし、これをマクロファージなどが食作用によって処理する。

・上記のように、体液性免疫ではヘルパーT細胞が重要な役割を担う。しかし、このヘルパーT細胞自体に感染し、破壊するウイルスがいる。このウイルスを何というか？

HIV（ヒト免疫不全ウイルス）

・予防接種と血清療法の違いを説明せよ

<ざっくり言うと>

予防接種・・・敵に備え、武器をあらかじめ準備しておくこと

血清療法・・・敵が急に現れたので、他人の武器を借りて戦うこと

<厳密な説明>

予防接種・・・弱毒化した病原菌または病原菌を構成する物質（＝ワクチン）を接種することで、病原菌の感染に備えること

血清療法・・・ウマやウサギなどに病原体や毒素を接種して抗体を作らせ、その抗体を含む血液成分（＝血清）を患者に注射して治療を行うこと

※予防接種は免疫記憶のしくみを利用したもの

”まとめ”

体液の調節、そして免疫について勉強した。これらはどれも「何が起きているのか」をきちんと理解しておくことが重要であるので、イラストと一緒に理解し、解答のような日本語で説明できるようにしておこう。

§ 9. 植物の環境応答

前のセクションでは、動物が環境にどのように対応しているのかを勉強した。ここでは植物がどのように環境応答しているかについて勉強する。

・ハンバーガー屋さんには、「①（ハンバーグを）こねる」、「②（ハンバーグを）焼く」、「③（パンに）挟む」の3つの工程がある。より速くハンバーガーを出すために「①こねる」「②焼く」を速くしてみたがハンバーガーを出すことはできな

かったが、「③挟む」を速くしたらハンバーガーをより速く出すことができた。では、どの工程が足を引っ張っていたか？

「③挟む」

・「③挟む」を十分に速くしたところ、ハンバーガーを出す速さは頭打ちしてしまった。つまり、今度は「①こねる」「②焼く」のどちらかの工程が足を引っ張っているということだ。「①こねる」を速くしても変わらなかったが「②焼く」を速くしたところハンバーガーを出す速さが上がった。どの工程が足を引っ張っていたか？

「②焼く」

〔！〕以上のように、とある過程を改善してあげると全体のスピードが上がる時、その過程こそが全体の足を引っ張っていた要因であることがわかる。次の問いに進む。

・CO₂濃度が0.3%、温度が30°Cの条件下で、光の強さを強くしていくと、光合成速度が高まっていった。このときの限定要因は何か？

光の強さ

・CO₂濃度が0.3%、温度が10°Cの条件下で、光の強さを強くしていくと、光合成速度は少し上がったがすぐに頭打ちになった。今、何が限定要因となっていると考えられるか？

少なくとも光の強さが原因ではないので、CO₂濃度か温度が限定要因として考えられる。

しかし、前述の問題で、CO₂濃度0.3%は限定要因ではありませんでした。よって、温度10°Cが限定要因であることがわかります。

・弱い光のもと、とある温度で、CO₂濃度を上げていくと、光合成速度は少し上がってその後頭打ちになりました。限定要因は何と考えられますか？

光の強さか、温度

・先ほどと同じ温度で、強い光のもと、CO₂濃度を上げていくと、光合成速度は上がり続けた。このときの限定要因は何と考えられるか？

CO₂濃度

・この実験結果を踏まえ、1つ前の問いにおける限定要因は何だったと考えられるか？

前の実験結果から、温度は限定要因とはなっていないことがわかりました。よって、限定要因は光の強さだったのです。

”まとめ”

光合成の限定要因について理解できていない人がいるので、ここだけ取り上げてみました。

§ 10. 生態と環境

・次の語群の関係を説明せよ。〔語群；温度, 気温, 優占種, 相観, バイオーム〕

温度と気温によって優占種が決まり、優占種が決まると相観が決まり、相観によってバイオームが分類されている。

・優占種とは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

その場所に一番たくさん生えている植物

<厳密な説明>

植生を構成する種のうち、個体数が多く、最も広い空間を占める植物

・相観とは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

その場所をパッと見たときに、どの植物が一番たくさんあるか、というもの

<厳密な説明>

植生全体の外観のこと。優占種によってほぼ決まる。

・バイオームとは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

とある場所に存在している生き物の集団のこと

<厳密な説明>

広い範囲の地域に分布する生物集団のこと。相観によって分類される。

・結局、気温や降水量によって優占種が決まり、優占種が決まるとバイオーム（＝そこに住む植物や動物）が決まるということである。それはなぜか？

植物が決まると、それをエサとする動物が決まり、またそれをエサとする動物が決まる。また、植物が決まると住処も決まる。このように、植物がその環境で生息する動物を規定する主要因であるから。

・総生産量とは何か説明せよ。

<ざっくり言うと>

植物が光合成によって作り出したすべてのグルコース

<厳密な説明>

生産者が光合成によって生産した有機物の総量

〔!〕この単元での学びの目的は、植物の作ったグルコースがどのような内訳で動物に流れているかを明確にすることです。それに注目して進めていきましょう。

〔!〕植物も生きていくためには呼吸をしなければなりません、呼吸をするときには自身の作ったグルコースを使っています。ということで・・・次の問いに続く。

・総生産量のうち、呼吸によって使われた有機物量を呼吸量と呼ぶ。呼吸量を差し引いた残りを何と呼ぶか？

純生産量

〔!〕では、呼吸で使わなかったグルコースはどうなるのでしょうか？植物の生涯を見ていくと、それが見えてきます。植物は、春に葉を茂らせたり実をつけますが、これは植物に食べられます。夏には大きく成長し、秋・冬になると葉を落とします。ということで・・・次の問いに続く。

・純生産量の内訳を答えよ。

被食量、成長量、枯死量

〔!〕それぞれ、春、夏、秋・冬に対応しています。

・植物の被食量は、動物の何と等しいか？

捕食量

〔!〕あなたが動物だとして、植物を捕食していることをイメージしましょう。例えば、りんごまるまる。すると、りんごの芯の部分も、種の部分も、取り込まずに「ペツ」と吐き出したり、フンとして排出しますね。ということで・・・次の問いに続く。

・捕食量のうち、消化されずに排出されたものを何というか？

不消化排出量

・こうして、捕食した分（捕食量）から、消化できなかった分（不消化排出量）を抜いたものを体内に吸収している。これを何と呼ぶか？

同化量

〔!〕動物にとっての同化量というのが、吸収したすべてのグルコース。つまり、植物にとっての総生産量に当たるものです。よって、次に考えることは植物のときと同じく・・・次の問いに続く。

・同化量から呼吸量を抜いたものを何というか？

生産量

〔！〕生産量というのは、植物の純生産量に当たります。動物が何かを「生産」したわけではないのですが、植物の純生産量に当たるものなので、生産量と呼びます。

〔！〕植物のときと同じく、動物（たち）の一生を想像してみてください。動物は生まれてから成長して成人になります。一部の動物は捕食され、一部の生物は死亡して土に戻ります。ということ踏まえると・・・次の問いに続く。

・生産量の内訳を答えよ

成長量、捕食量、死亡量

”まとめ”

この分野は暗記量が多いですが、何の勉強をしているか、何を目的としているかを整理しながら進めるとより効率良く暗記できます。しっかり答えられるようにしましょう。

§ 11. 生物の進化と系統

・種とは何か？

形態や生殖、発生などの特徴によってほかと不連続に区別される個体群（※正確な定義は存在しないので覚える必要はない）

・同じ種の生物集団にも、様々な遺伝子が存在している。どのような遺伝子がどれくらいの割合で存在しているかがその集団を特徴づけているが、このような「どの遺伝子がどれくらいの割合で存在しているか」を、何というか？

遺伝子頻度

〔！〕遺伝子”頻度”という用語が難しく感じられるかもしれませんが、要は、遺伝子の割合です。その生物集団にある遺伝子に対して、その遺伝子がどれくらいの割合存在しているか？ というものです。

・とあるダンス集団がいて、彼らは右手と左手にそれぞれブレスレットをする。ブレスレットには赤、黄、緑がある。どのような組み合わせでブレスレットをしているか調べたら次のようになっていた。このとき、そのダンス集団が持っているブレスレットの割合を教えてください。

赤&赤・・・6人

赤&黄・・・8人

赤&緑・・・4人
黄&黄・・・8人
黄&緑・・・12人
緑&緑・・・2人

それぞれのブレスレットがどれくらいずつあるか数えましょう。

赤&赤・・・6人 → 赤：12個
赤&黄・・・8人 → 赤：8個、黄：8個
赤&緑・・・4人 → 赤：4個、緑：4個
黄&黄・・・8人 → 黄：16個
黄&緑・・・12人 → 黄：12個、緑：12個
緑&緑・・・2人 → 緑：4個

よって、赤：24個、黄：36個、緑：20個（合計：80個）ということがわかりました。
ということは、割り算をすると、赤：30%、黄：45%、緑：25%の割合で存在するというこ
です。これが理解できたら、遺伝子頻度の問題についても理解できます。

・とある生物集団がいて、その集団の「目の色を決める遺伝子」に注目する。目の
色を決める遺伝子はA1, A2, A3があり、次のような構成になっていることがわかっ
ている。この集団の遺伝子頻度を答えよ。

A1A1・・・6匹
A1A2・・・8匹
A1A3・・・4匹
A2A2・・・8匹
A2A3・・・12匹
A3A3・・・2匹

ダンス集団のときと全く同じようにやれば、A1：30%、A2：45%、A3：25%であることがわかる
はずです。

・遺伝子頻度とは、言い換えると何の割合と言えるか？

その生物集団が作る配偶子の遺伝子型の割合

〔！〕ここがものすごく大事なポイントです。先ほどの集団の半分がオスだったとしましょう。そ
れぞれの個体が精子を作ると、次のようになりますね。

A1A1・・・3匹 → A1：6つ
A1A2・・・4匹 → A1：4つ、A2：4つ

$A_1A_3 \dots 2匹 \rightarrow A_1 : 2つ、A_3 : 2つ$
 $A_2A_2 \dots 4匹 \rightarrow A_2 : 8つ$
 $A_2A_3 \dots 6匹 \rightarrow A_2 : 6つ、A_3 : 6つ$
 $A_3A_3 \dots 1匹 \rightarrow A_3 : 2つ$

ということで、その集団が作るすべての精子を集めてくると、合計で40個の精子があり、そのうち12個が遺伝子型がA₁の精子、18個が遺伝子型がA₂の精子、10個が遺伝子型がA₃の精子、ということになります。よって、 $A_1 : A_2 : A_3 = 30\% : 45\% : 25\%$ となるのです。

同様に、残り半分がメスで、すべてのメスが作る卵を集めてくると、 $A_1 : A_2 : A_3 = 30\% : 45\% : 25\%$ となります。

なぜこれが大事なポイントかという、「次の代の集団がどのようなになるかは、前の集団の遺伝子頻度に依存する」ということを理解してほしいからです。

先ほどの集団は、遺伝子頻度が $A_1 : A_2 : A_3 = 30\% : 45\% : 25\%$ でしたので、その集団で作られる配偶子の割合も、 $A_1 : A_2 : A_3 = 30\% : 45\% : 25\%$ となります。ということは、この集団が交配すると、

	A1 : 30%	A2 : 45%	A3 : 25%
A1 : 30%	$30\% \times 30\% = 9\%$	$30\% \times 45\% = 13.5\%$	$30\% \times 25\% = 7.5\%$
A2 : 45%	$45\% \times 30\% = 7.5\%$	$45\% \times 45\% = 22.5\%$	$45\% \times 25\% = 11.25\%$
A3 : 25%	$25\% \times 30\% = 7.5\%$	$25\% \times 45\% = 11.25\%$	$25\% \times 25\% = 6.25\%$

という割合で次の代の生物集団ができるということを意味しているのです。

そして、この次の代の生物集団においても、遺伝子頻度が $A_1 : A_2 : A_3 = 30\% : 45\% : 25\%$ となっているのですが（単純に数えるだけなので省略）、それをハーディー・ワインベルグの法則といいます。

〔!〕ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つとき、その集団の遺伝子頻度がかわらないということなので、一切進化しません。逆にいうと、ハーディー・ワインベルグの法則が成り立たないような条件下では、その生物集団は進化するのです。では、それはどのような条件なのでしょうか……？

・ 遺伝子頻度が変化する要因として代表的なものを3つ挙げよ。

自然選択、遺伝的浮動、突然変異

・ 自然選択、遺伝的浮動、突然変異の関係について答えよ。

突然変異によっても遺伝子頻度は変わるが、それによる変化は微小である。

よりダイナミックに遺伝子頻度が変わるのは、自然選択と遺伝的浮動が起きたときである。

自然選択とは環境に適する遺伝子を持つものだけが生存することである。自然選択を通し、特定の遺伝子を持ったものだけが生き残るため、遺伝子頻度が激変する。

一方、遺伝的浮動とは自然選択を受けずに偶然遺伝子頻度が変化することである。例えば、集団の個体数が激減したときに遺伝子頻度が激変することが挙げられる。

〔！〕このように、集団の個体数が激減したときに遺伝子頻度が激変することをびん首効果といいます。イメージは、100人中2人だけが背が高かったとすると、この集団は基本的に2%だけが背の高い集団だが、この2人だけが無人島で生活することになったら、背の高い人たちが100%となる。このように、遺伝子頻度が大きく変化する。

〔！〕進化のベースにあるのは、突然変異による遺伝子頻度の変化です。ただし、自然選択の働かないような分子レベルの進化に留まります。よって、これを小進化と呼び、種レベルでの進化を大進化と呼びます。

・同じ種だったとしても、移動をしたり地殻的な変化が生じて交流がなくなることが種分化につながることもある。どのようなメカニズムで種分化となるか？ 次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；突然変異, 自然選択, 遺伝的浮動〕

地理的に隔離されると、各集団に異なる突然変異が生じたり、自然選択や遺伝的浮動により遺伝子頻度に変化が生じる。その結果、集団間で生殖ができなくなり、種として分化する。

・「突然変異」「自然選択」「遺伝的浮動」以外に、進化を引き起こす要因と考えられているものを2つ挙げよ。

<ざっくり言うと>

- ・その集団の持っていない遺伝子をもつ個体が、外部から入ってくる
- ・特定の個体間でしか生殖行為が行われない

<厳密な説明>

- ・遺伝子交流がある
- ・非任意的交配をする ※ともに用語として覚える必要はない。

・逆にいえば、「突然変異が起こらない」「自然選択がはたらかない」「遺伝的浮動が生じない」「遺伝子交流がない」「ランダムに交配する」という条件があると、その集団の遺伝子頻度は代々変化しない。このような法則を何と呼ぶか？

ハーディー・ワインベルグの法則

・遺伝的浮動とは自然選択を受けずに偶然、遺伝子頻度が変化することを指すが、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列などの分子レベルの進化もしている。一般に、ある種との間で昔に分岐していればいるほど、このようなマイクロなレベルでの違いが多くなる（逆にいえば、最近まで同じ種だった生物との間で遺伝子

この問題は、Excel378を題材にしています。わからなかった人はこの説明を踏まえ、もう一度問題を解いてみてください。

文責：船登

(質問等あれば遠慮なくお願いします)