

30分
導入

挨拶
突然ですが、耳掃除のとき、綿棒を使う人と耳かきを使う人がいますよね？
では、綿棒を使う人、手を挙げてもらってもいいですか？
じゃあ、耳かきを使う人？
_____が少し多いですね。

綿棒を使う人はウエット、耳かきを使う人はドライ、と言われています。

人にはこのウエット、ドライの2つの型があるのですが、この形質の違いには、遺伝 が関係しています。

と、いうわけで、今日は遺伝について考えてみましょう。

(板書)

では、さっきの耳垢の遺伝についてですが、ある一家、こんな一家があります。(PPを見せる) (PP)
お父さんがウエット、お母さんがドライ、お兄さんお姉さん妹がウエット、弟がドライ です。(PP)

ではこの家族では父と母からどういう風に子供たちに耳垢のタイプが遺伝しているか、中3で習ったメンデルの法則で説明してみましょう。覚えていますか？

(板書) メンデルの法則

(以下の内容板書しながら)

まず、確認します。

ウエットの遺伝子をA, ドライをaとします。

大文字と小文字の違いは何でしたか？ Aが優性で、aが劣性でしたね。

つまり、AAだと ウエットになり、aaだと ドライになって、Aaの人はAが優性なのでウエットの形質が現れるということでした。

生物はこんな感じで形質に関係する遺伝子を、2個ずつペアで持っているの、

お母さんの遺伝子の組み合わせはaaです。 (PPに書きこむ)

お父さんの遺伝子の組み合わせはわかりますか？

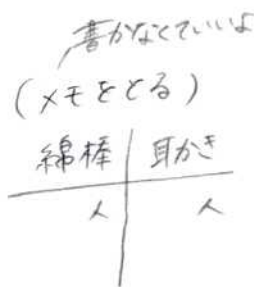
2個考えられますが…

…AAかAaですね。

ここではお父さんの遺伝子型はAaとわかっています。

(板書する) お父さんがウエットで、お母さんがドライですね。

子どもたちは父と母から一つずつ遺伝子をもらうので、お母さんからはaの遺伝子、お父さんからはAかaの遺伝子もらいますね。



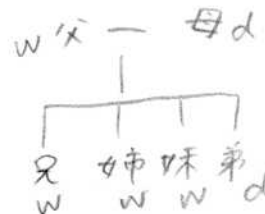
第2編 遺伝子とそのはたらき

2-1 生物と遺伝子

① 遺伝とは

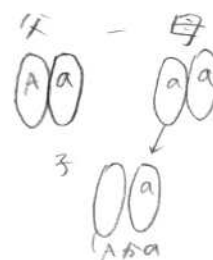
(1) メンデルの遺伝の復習

① 耳垢の遺伝



ウエット... A 優性
ドライ... a 劣性

AA → ウエット
aa → ドライ
Aa → ウエット



お兄さんはウエットなので、お父さんからどちらの遺伝子をもらっていますか？ そうですね、Aの遺伝子をもらっているはずですね。なので遺伝子の組み合わせはAaですね。

(PPを指して)

お姉さんは？ 妹は？ Aa

ドライの弟はどうなりますか？ aaですね。

ウエット、ドライの遺伝情報はこうやって伝わっていきます。

もうひとつ、身近な遺伝の話として、血液型を見てみます。

血液型の遺伝については聞いたことがありますか？

B型の人にはBBの人とBOの人がいるとか知っていますか？

それは、例えば遺伝子型がBBのB型の人と、OOのO型の人の子供の遺伝子の

組み合わせは BOになるという話です。つまりBの遺伝子はOの遺伝子に対して、優性なのです。

Aの遺伝子も同じように、Oに対して優性なので

A型の人には2種類の遺伝子の組み合わせがありますが…
何でしょう？ AAとAOですね。

O型の人の子供の遺伝子の組み合わせは？ OO 他にはありますか？ そうですね、これだけです。

ちなみに、AとBの遺伝子はどちらが優性ということはないので、

遺伝子型がABの人はAB型になる、というのが血液型の遺伝です。

この遺伝をまたある一家で見てください。(PP)

サザエさん一家です。

波平さん、フネさんの子供がサザエ、カツオ、ワカメで、サザエさんとマスオさんの子供がタラちゃんですね。

サザエさん一家の血液型は調べてきたところによるとこのようになります。(PP)

波平さんがB型、フネさんがA型、サザエさんB型、カツオくんがAB型、ワカメちゃんがA型です。

ここで、波平さんの遺伝子の組み合わせはBO型、フネさんがAO型とわかっています。

それでは子供たちの血液型に関する遺伝子の組み合わせを言ってもらいましょう。

② 血液型の遺伝

B型 - BB
BO

A型 - AA
AO
O型 - OO
AB型 - AB

サザエさん一家の血液型は調べてきたところによるとこのようになります。(PP)

波平さんがB型、フネさんがA型、サザエさんB型、カツオくんがAB型、ワカメちゃんがA型です。

ここで、波平さんの遺伝子の組み合わせはBO型、フネさんがAO型とわかっています。

それでは子供たちの血液型に関する遺伝子の組み合わせを言ってもらいましょう。

| | |
|-------|-----|
| サザエさん | BO, |
| ワカメ | AO |
| カツオ | AB |

タラちゃんはO型なので…? OOですね。

サザエさんとマスオさんからOの遺伝子を一つずつもらっているの、マスオさんは? BOのB型ですね。

今日こうやって見てきたように、耳のタイプとか、血液型などの遺伝の情報は、親から子に伝わるのですが、この 遺伝情報を伝える という役割こそが 遺伝子のはたらき なのです。

ではこの 遺伝子 とはどのような物質だったか覚えていますか?

DNA ですね。

次回はそのDNAとはどういうものか?というところを勉強したいと思います。

遺伝子のはたらき

(…親から子へ遺伝情報を伝える)

DNA

IA... ①と②に変更.
IC... ?

展開

前回は耳のタイプとか、血液型などの遺伝情報は親から子へ、遺伝子のはたらきで伝わるということを勉強しました。

前回の終わりに、ノートにこうやって書きましたね。

ここに、DNA... 遺伝子の本体の物質 と書き加えてください。

今日はその遺伝子の本体の物質であるDNAについて勉強します。(板書)

(PP) ノートは後で書くので、まずは前のこの図を見て一緒に復習しましょう。ください。

DNAはこの細胞の中のどこに存在するかは覚えていますか? 細胞小器官の名前で...? 核ですね。

核の中には何があるか覚えていますか? 体細胞分裂の観察の時に見たかな。染色体ですね。

染色体をよーく見ていくと、こんな糸状のものに丸い球がか

生徒が寝てから検校

出欠

- スライドになった時の声、木下と連立
黒板に向か、話さない

2 DNAの構造

(1) DNAのある場所

らみついていることがわかります。

この球はヒストン、といって、この糸状のものが DNA です。

ではノートに書きましょう。

細胞があって、これは植物細胞としましょう。細胞壁があって、いろんな細胞小器官がある。核、ミトコンドリア、葉緑体…。

この核のところに染色体 があって、染色体をよく見ていくと、丸い球と絡みついた糸がある。この球がヒストンで、糸が、 DNA ですね。

では、この DNA がどんな形をしているか詳しく見ていきましょう。(板書)

DNA は、去年モデルを作ったと思うけれど、こんな形をしています。(モデルを見せる)

PP を見てください。(PP)

らせん階段のようになっていて、これを簡単にすると、梯子のような形をして、

この梯子をよく見ると、一番小さな単位はこんな形をしています。



この一つ一つの名前は覚えていますか？

…リン酸、糖、塩基ですね。

では、この一つの単位を何というかは覚えていますか？

…ヌクレオチド、ですね。

はしごの両端がリン酸と糖で、梯子の踏板の部分が塩基になっています。

(黒板)

DNA はこのように、二本の鎖からできていて、この鎖はヌクレオチドが連なってできている。

ヌクレオチドはリン酸、糖、塩基からなる。

そして、この 糖 を化学の名前で正確に言うとデオキシリボースといいます。なので、DNA の正式な名前はデオキシリボ核酸、といいます。

はい。では DNA の構造をプリントでも確認しましょう。

(プリント配る)

プリントにある図を映します。(PP)

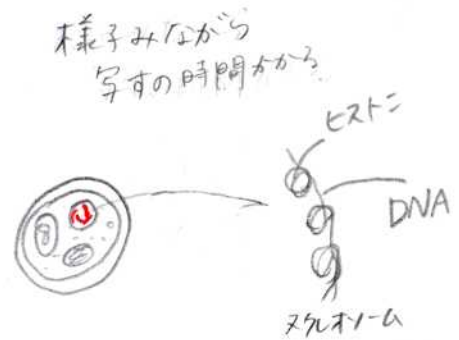
DNA のこの構造を簡単に表すと、こうなります。

(A) に入るのは何ですか？ ヌクレオチドですね。

(B) (C) (D) は？ リン酸、糖、塩基ですね。

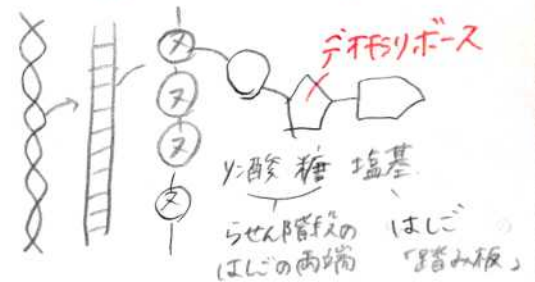
今から、去年モデルを作った時にもやったと思いますが、このモデルの図の、リン酸、糖、塩基に色塗りをしてください。

黒板ではリン酸は赤、糖は黄色、塩基は白にします。



(2) DNA の構造

DNA (デオキシリボ核酸)



色が無い人は塗りつぶすのと、斜線と、白とで塗り分けてください。

(黒板のPPに書き込む)

できましたか? 気づいたことを聞く

これでDNAがリン酸、糖、塩基からなる、ヌクレオチドが繋がってできているということが頭に叩き込まれましたね。

ところで、(板書最初に書いたところを指し示す。) DNAとは 遺伝子の本体の物質 で、遺伝情報を伝える働きがある、ということでしたが、どこにその遺伝情報を持っているのでしょうか。この図のどのあたりが怪しいですか?

そうですね、色塗りをしていた時にこの塩基のところを4種類あることに気づきましたか?

AとTとGとCがありましたね。

これをそれぞれなんというでしょう。

... アデニン、チミン、グアニン、シトシン です。

この並び方の違いが私たちの体の設計図になっていて、遺伝情報を表しているということになります。

もうひとつ、この4種類には決まったペアがあることには気づきましたか?

このようにここの形が違うのでAとT、GとCのペアしかくっつかないようにできています。(板書)

この形が正確にはどうなっているかというのは化学IIまで習ってからでないと説明できないのですが、今は形が違うからこのAとT、GとCしかくっつかないのだなということだけ覚えておいてください。あとこのつながり方を 水素結合 といいます。(板書)

この、Aは形がそろってTとしかつながらない、GはCとしかつながらないという特徴を塩基の 相補性 といいます。互いに補う、ということですね。

そして、このつながったペアを 塩基対 と言います。

また、このように塩基がずーっと並んでいく並び方、遺伝情報の地図のことを、塩基配列 と言います。

では、ちょっとプリントの塩基配列を完成させて、練習してみましょう。

黒板を見てください。(PP)

資料集71ページにはこんな図が載っています。

DNAはリン酸、糖、塩基からなるヌクレオチドが連なった

糖の向き
-A, T, G, C

リン酸と糖が鎖の構造
(はじの両端、ていまつ)

(3) 塩基

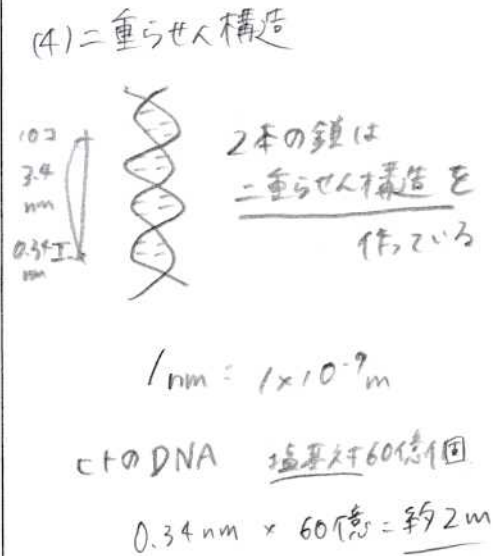
塩基

- A アデニン
- T チミン
- G グアニン
- C シトシン



二本の鎖からできていますね。
 ここでちょっと見てもらいたいの、2本の鎖のこの糖の向きが逆になっていますね。2本の鎖は逆向きになっていると
 いうことを覚えておいてください。
 もうひとつ、とても大事なことがあります。
 この2本の鎖がこのように螺旋階段のような形を作っていると
 いうてきました。DNAのこのような構造を何というかは
 知っていますか？ 二重らせん構造 ですね。
 ノートにも書いておきましょう。

ちなみに、この螺旋階段のこの1個の大きさは0.34nmです。
 10個だと3.4nmになりますね。
 これがいったいどのくらいの大きさかということですが、
 nmはどのくらいだったか覚えていますか？ $1 \times 10^{-9} \text{ m}$
 ですね。
 mからmmまでが1000分の1、mmから μm までが1000分の
 1、 μm からnmが1000分の1、というわけで 10^{-9} m
 になります。
 なので10塩基対の3.4nmでも本当に小さいですね。
 しかし、ヒトの塩基対は60億個あるので、全体では 0.34 nm
 $\times 60 \text{ 億}$ で約2mの長さのDNAがあることになります。
 皆さんの身長よりはるかに長いですね。



展開 DNAの構造を見てきましたが、どうやって研究者たちはDNAの構造はこういうのだ、と明らかにしてきたのでしょうか？

(板書)
 まずはシャルガフという人の発見を紹介します。
 教科書47ページの表にあるように (PP)
 DNAに含まれる物質を調べたところ、どの生物でもAとT、
 GとCの量がほぼ同じであることが分かったのです。
 これはどういうことか…と考えると、
 この二つはAとT、GとCはペアではないかな、と発見した
 わけです。
 (どうしてこんな発想に行きつくか。模型の話)
 この塩基の中でAとT、GとCという組み合わせが決まっ
 ていることを何というのですか？ 相補性ですね。
 では(1)のところに書きましょう。

次に、DNAのこの構造は(モデルを見せる)何と言いまし
 ましたか？ 二重らせん構造ですね。
 それを発見した人の名前を知っている人はいますか？ ノー
 ベル生理学・医学賞を受賞していますが… ワトソンとクリ
 ックです。
 ワトソンとクリックが発見する前は、DNAに含まれる物質

② DNA 研究史

(1) どの生物でも、DNAに含まれるAとT、GとCの比は同じ。

$$\frac{A}{T} = \frac{G}{C}$$

(1) 塩基の相補性 — シャルガフ

ヌクレオチド
塩基

~~A=T~~ ~~G=C~~ $\frac{A}{T} = \frac{G}{C}$

(2) 二重らせん構造 — ワトソンとクリック

ワトソンとクリックが発見する前は、DNA に含まれる物質はわかった、あとはこれらがどのような形を作っているのだろう、ということがわかってなかったのですが、リン酸と糖がどうやらこういう風に鎖のようにつながるらしい。

塩基は A と T、G と C で水素結合してこの 2 本の鎖がつながっているらしい。

あとはこれがどのような形で核の中に存在しているか？ということは何日も何日も考えて、

この鎖がこう逆向きにそしてらせん階段のような形だと安定して存在することができる、と 二重らせん構造 を思いつくのですね。

この発見で二人はノーベル賞をもらうのですが、この発見に貢献したとしてもうひとり、ウィルキンスという人もノーベル賞をもらっています。

そして、もう一人、ノーベル賞をもらっていないけれど活躍した人がいるのですね。中 3 の時に聞きましたか？

その人は、ロザリンド・フランクリンといいます。

ロザリンド・フランクリンは X 線で DNA の写真を撮ったのですが、こんな風になっていたのですね。


そうすると、らせん構造っていうのはこちら側から撮るとこういう風に影になってこんな影ができるはずなので、DNA もらせん構造に違いない、とワトソンとクリックは気づきました。

この話にはいろんなドラマがあっているいろんなことが言われているのですが、また読み物を配るのでまた読んでみてください。
興味のある人は調べてみて

→ 1-1にも書いておきましょう。
 DNAは化学物質なので結晶にはなりません。

IB

3 時間目

| | | |
|-------------------|---|---|
| <p>展開 30分</p> | <p>(PP) DNAは、リン酸、糖、ATGCの塩基からなる、このヌクレオチドが鎖のように連なって、それが二重らせん構造を作っている、といった物質でしたね。 そして、私たちの体の遺伝情報を持つ、つまり設計図を持つこのDNAは、 こんなタンパク質に絡まった、この糸の部分でしたね。 このたんぱく質は？ ヒストン この糸状のものを全体を <u>ヌクレオソーム</u> <u>AKIR</u> この糸状のものがぐちゃぐちゃ集まったものが染色体で、染色体は真核生物では核の中に含まれているのですでしたね。 これが、細胞分裂の時には棒状に太くなってこう並ぶのを覚えていますか？ (PP) (細胞分裂の話)</p> |  |
|-------------------|---|---|

ックです。

ワトソンとクリックが発見する前は、DNAに含まれる物質はわかった、あとはこれらがどのような形を作っているのだろう、ということがわかってなかったのですが、

リン酸と糖がどうやらこういう風に鎖のようにつながるらしい。

塩基はAとT、GとCで水素結合してこの2本の鎖がつながっているらしい。

あとはこれがどのような形で核の中に存在しているか？ということは何日も何日も考えて、

この鎖がこう逆向きにそしてらせん階段のような形だと安定して存在することができる、と 二重らせん構造 を思いつくのですね。

この発見で二人はノーベル賞をもらうのですが、この発見に貢献したとしてもうひとり、ウィルキンスという人もノーベル賞をもらっています。

そして、もう一人、ノーベル賞をもらっていないけれど活躍した人があるのですね。中3の時に聞きましたか？

その人は、ロザリンド・フランクリンといいます。

ロザリンド・フランクリンはX線でDNAの写真を撮ったのですが、こんな風になっていたのですね。

そうすると、らせん構造っていうのはこちら側から撮るとこういう風に影になってこんな影ができるはずなので、DNAもらせん構造に違いない、とワトソンとクリックは気づきました。

この話にはいろんなドラマがあっているいろんなことが言われているのですが、また興味のある人は調べてみてください。

(ノーベル賞を受賞)

DNAの結晶構造の解析 — ウィルキンスとフランクリン

3 時間目

展開

30分

(黒板) ④

今回はゲノムと遺伝情報について授業します。ゲノムとは何か、遺伝情報とは何か、というところについて、ノートを書いてください。

ゲノムとは、生物の生存に最低限必要なすべての遺伝情報のことをいいます。どういうことか、ということだけ人ひとり、とか生物一個体を作るために必要なDNAの情報のことです。

ヒト一人を作るために必要な塩基対は30億塩基対、といわれています。

なので、ヒトゲノムは30億塩基対です。

④ ゲノムと遺伝情報

生物の生存に最低限必要な遺伝情報の全て

(1) ヒトのゲノム

…DNA 30億塩基対 (約1m)

この塩基対の情報は23本のDNAに分かれて存在しています。これがそれぞれヒストンに巻き付いて、ヌクレオソームという構造体を作って、折りたたまれて、染色体となっているわけですが、この23種類の染色体を、ゲノムとといいます。

PD
7cc5
書C

ところで、細胞内では染色体は核内でこのように折りたたまれているのでこのことが分かりにくいのですが、細胞分裂の時には棒状に太くなって中期にこう並ぶのを知っていますか？ (PP) ^{特に}つまりこうなります。(P.P.)

体細胞分裂ではここからこういう風に分かれて行って、分裂して新しい娘細胞ができるわけですが、この時点でストップして見てみてください。

ヒトの細胞において、これを整理すると、このように表すことができます。(写真)

何か気づきますか？ そうですね、23種類の染色体が2種類ずつありますね。

このようにほぼすべての真核生物の体細胞では、同じ大きさや形の染色体が1ペアずつあります。

これを相同染色体、とといいます。(黒板)



ヒトはさっきの写真のように、この相同染色体のペア2個×23種類=46の染色体があります。つまり、ヒトはヒトを形作るのに最低限必要な遺伝情報全体、を2個、すなわちゲノムを2セット持つこととなりますね。このように多くの生物の染色体数は $2n = ?$ で表されます。

ゲノムは30億塩基対
ヒトが持つDNAは60億塩基対 (2n)

ここで、なぜ2倍持っているか？というのはいろいろなことを言われているのですが、大事な大事な遺伝情報のもしものことがあつたら簡単に新種が生まれてきてしまいますよね。だから遺伝情報の安定のために2倍持っているのではないかとということが多く言われています。ちなみにヒトでは核の中に $2 \times 23 = 46$ 本の染色体があつて…といってきましたが、細胞の中に核膜を持たない生物もいますよね？それは何でしたか？ 原核生物ですね。

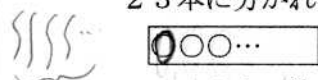
多くの原核生物では、細胞の中で、DNAは1組のわかか状のものとして存在するだけです。

さっきの、2組のゲノムを持つと遺伝情報が安定するという説だと、原始的な生物により近い原核生物はゲノムとして1組だけの遺伝情報を持つことも納得できますね。

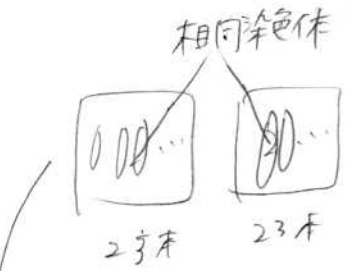
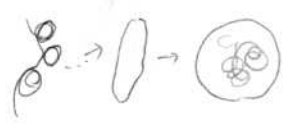
また、遺伝情報が安定しないということは、突然変異が起こりやすいということですが、ウイルスなどは薬を開発してもその薬に打ち勝つような新種がどんどんできてきますよね。

1種類のゲノムしか持たないことは、そんなことも関係して

↓
23本に分かれて存在している



23本の染色体…ゲノム



相同染色体

…同じ大きさや形の染色体

ヒトの染色体

$2 \times 23 \text{種類} = 46 \text{本}$

- ① ヒトはゲノムを23本の染色体に分けて持つ
- ② ヒトはゲノムを2組持つ

多くの生物の染色体数

$2n = \text{本}$ $2n = 46$ (ヒト)

(2) ゲノムと染色体と遺伝情報

いるのではないかと考えられます。

真核生物と原核生物の違いだけノートに書いておきましょう。(黑板) 復唱

核の中に $2 \times 23 = 46$ 本の染色体がある... DNAがあるわけですが!

次にゲノムと遺伝子について。(黑板) 遺伝子というのは遺伝情報を表すもの、ですが、実は

23種類のゲノムの、もつというところ23本の染色体の、DNAの全ての部分が遺伝情報を表している、遺伝子であるわけではありません。

実は、このようにDNAがあったら、この部分の設計図だけを読み取って体が作られていくわけなのですが、

DNAのなかで、遺伝情報を持つ...つまり遺伝子としての役割をする部分は、DNA全体の約2%とされています。

ノートにも書きましょう。

このように遺伝のことがわかってきて、このDNAがもつ遺伝情報をすべて、このゲノムについて、1つの生物を取り上げて、DNAの塩基配列はどうなっている...とかこの塩基配列はどのような遺伝情報を表しているのか...などということすべてを明らかにするゲノムプロジェクトが10年ほど前から盛んに行われています。

たとえば、昔から遺伝学の中でよく使われていた大腸菌の全てのDNAの配列は1997年に決定されて、約 4.6×10^6 塩基対の配列が明らかにされました。

ヒトについてももちろんゲノムプロジェクトはあって、こんなヒトゲノムマップが作られています。(PP)

1990年に、アメリカやヨーロッパ、日本を中心に国際チームが結成されて、一斉にヒトゲノムを明らかにするぞ、と号砲が放たれました。ゲノムプロジェクトというのは、塩基配列がどうなっているということだけでなく、この塩基配列はこんな情報を表しているのではないかと他の生物と照らし合わせて...と、本当に地道な研究なのです。大腸菌の1000倍近い大きさのヒトゲノムの解読には、ものすごく長い年月がかかるのではないかと思われていたのですが、解読技術もどんどん上がって行って、2003年には完全に解読されました。

そこで明らかになったことですが、人と人ではどれくらい塩基配列に違いがあると思いますか?

10% 1% 0.1% 0.01% 0.1%です。(黑板)

とても小さいですね。

ただしこの0.1%の違いが大きな影響を与えることもあります。

たとえばある遺伝情報に関して、塩基が1つだけ違うことがあります。このような塩基1個の違いを一塩基多型、SNPといいます。(黑板) 資料集101ページを見てください。

① ゲノムと染色体

多くの真核生物...ゲノムは何種類かの染色体に分かれて2組存在

$\text{○○○} \dots \times 2$ $2n = \dots$ (本)

多くの原核生物...1本の環状のDNA(ゲノム)



② ゲノムと遺伝子



このように遺伝のことがわかってきて、このDNAがもつ遺伝情報をすべて、このゲノムについて、1つの生物を取り上げて、DNAの塩基配列はどうなっている...とかこの塩基配列はどのような遺伝情報を表しているのか...などということすべてを明らかにするゲノムプロジェクトが10年ほど前から盛んに行われています。

(3) ゲノムプロジェクト

ある生物のゲノムの塩基配列や遺伝情報のすべてを明らかにすること

大腸菌 1997年に解読

ヒトゲノムプロジェクト (1990~)

2003年に完全に解読される

ヒト個人間の塩基配列の違い...約0.1%

・塩基1個の違い...SNP

(一塩基多型)

耳垢の遺伝情報を表す遺伝子の領域において、ドライの人は塩基配列の何番目の場所が G、と決まっています。

この部分に関して、片方が A だったり両方が A になっていたりするとウェットの人になっていますね。

塩基が一つ違うと、別に何も起こらない場合がほとんどなのですが、このように耳垢の種類や、体格や人種に影響したり、例えばアフリカの地域などには遺伝的に丸い形をしている赤血球が三日月状になって酸素を運搬しにくくなって貧血になるという鎌状赤血球貧血症という遺伝病があるのですが、そのような遺伝病に関係したり、病気のかかりやすさ、薬の効き方などに影響することもあるといわれています。

(黒板)

こういったゲノムの研究が進むと、個人の体の特徴に合わせた薬の開発が期待できるとしたの⑤に書いていますね。犯罪調査や DNA 鑑定などへの期待も膨らみます。

DNA のところは研究が日に日に進むとても面白い分野でもあります。

(余談)

ところで資料集に書いてある通り耳垢の遺伝も SNP によるものですが、最初の授業はで耳垢の遺伝をメンデルの遺伝の法則、Aa を使って説明しましたね。

メンデルの時代は染色体とか、DNA とかが分かっていたので「遺伝子」という物質があるに違いないと仮定して表した仮定の話だったのです。

ただ、あとでまた詳しく習いますが、親の体から受精卵が作られるときには、減数分裂といって相同染色体の半分ずつを両親からもらって子供ができます。

そうするとこの染色体の動きと遺伝子の動きは同じですよ。だから、メンデルの説明はたまたま、~~上手く~~いっていたということ。… はすごい

生存に有利でも不利でもない
形質に個体差が生じる
遺伝病が生じる

余談

4 時間目

DNA 抽出実験