

なぞとき Q & A その2 : 「DNA」 ってなに？

強固な金庫にしてタイムカプセル

ホア： 博士、「交配」に使うイネの選び方について、ちょっと分からないことがあります。

博士： なにかな？

ホア： おコメがたくさん実る遺伝子が入っているかどうかは、育ったイネを一目見れば分かるかもしれませんが、病気や虫に強いかどうかは、どうやって調べるんですか？

博士： もちろん、実際に病気にかからせてみたり、虫をつかせてみたりもするけれど、それではとても大変だね？

ホア： 大変です！

博士： 大変なうえに、場所もたくさんとってしまう。

ホア： そうですね、病気や害虫を使う実験のためには、他とは離れた田んぼを探さなければなりませんね。

博士： うん。「おコメがたくさん実る遺伝子が入っているかどうか」も、実際には、イネが実らなければ分からない。ということは、有用な遺伝子が入っていないイネも、いったんは育ててみなければならぬ。そのための田んぼもなくてはならないわけだ。

ホア： そうですねえ、考えようによってはムダですよええ。

博士： これまでの伝統的な育種方法は、こうしたムダから逃れられない。そこで、わたしたちは、「**次世代育種**」という新しい方法を、きみの国に導入しようとしているんだ。

ホア： どんな方法ですか？

博士： そのお話をするには、先ずDNAについて知っておく必要があるな。

ホア： ディーエヌイー？

博士： 話を聞くより、目で見た方が分かりやすかろうな。

ホア： 見えるんですか！？

博士： まあね。先ず材料を用意しよう。これはイネの葉っぱを切り取ったもの（左下）。これをハサミでみじん切りにして（そのとなり2枚）、液体窒素を加える（右端）。



ホア： エキタイチッソ？

博士： 窒素を冷やして、水みたいにしたものだよ。マイナス200℃もして、手で触ると火傷するから注意してね。因みに、活きた金魚を液体窒素に入れるとコチコチに固まるけど、水につける

とだんだん解凍されて、またもつのように泳ぎだすそうだよ（ほんとかどうかは、分からないけどね）。

ホア： へええ！ じゃあ、葉っぱはコチコチになるんですね？

博士： うん。DNA は細胞の核の中にある。だから、そこに至るには、細胞壁（植物の場合）、細胞膜、核膜を突破しなければならない。液体窒素を使うのは、これらの障壁をコチコチにして、壊れやすくするためだよ。

ホア： へえ～。

博士： 右下の写真が、液体窒素を加えた葉が、すり潰された状態だ。



ホア： 博士、でも、これじゃ、ディーエヌイーもグチャグチャに壊れちゃったんじゃないですか？

博士： ところがね、この状態のとき、細胞膜などは破壊されているけど、DNA はある程度原形を保っているんだ。

ホア： へえ！ じゃ、ディーエヌイーって強いんですね。

博士： うん。100℃の熱にさらしても壊れない。それというのも DNA は、保存している遺伝情報を何万年も保管できる強固な金庫兼タイムカプセルでなければならないからだよ。

ホア： 金庫でタイムカプセルですか！

遠心分離をくりかえし

博士： さて、細胞壁などがごっちゃになった状態から DNA を取り出すには、先ずこれに DNA 抽出液（DNA を守りつつ、他のタンパク質などを取り除く液）などを加え（左下）、よくなじませ、チューブに移す（下右から2番目）。



ホア： チューブがいくつもあるのは？

博士： 実はこのイネの葉は、いま育種実験で使っているもので、何種類ものサンプルを調べているんだよ。

ホア： じゃあ、それぞれのチューブに入っているのは、ちがう株の葉っぱをつぶしたものでよね？

博士： その通り。さて、チューブに移し終わったら、DNAの大敵である「DNA分解酵素」を壊すために、65℃の高温で30分間攪拌する（下は保温攪拌機）。



博士： 30分後、攪拌された溶液は、下の写真のようにぼんやり分離している。

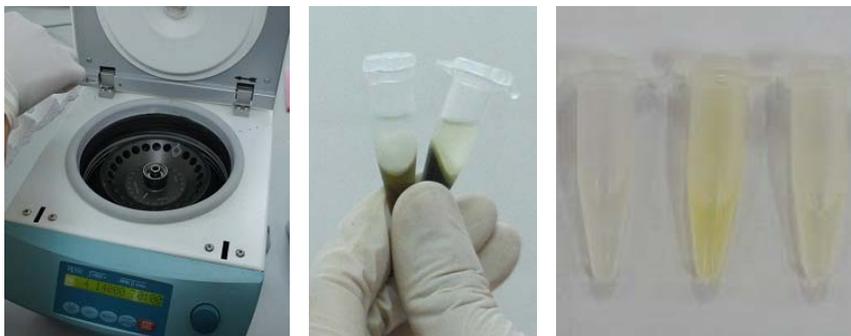
ホア： ほんとだ〜。



博士： これを遠心分離機（左下）にかけると、DNAの混ざった上澄みと、細胞壁の破片などの雑多なゴミの2層に分かれる（そのとなり）。

ホア： きれいに分かれてる。

博士： この上澄みだけを取り出したのが右下の写真だ。DNAはこの中に入っているんだ。



ホア： でもなんだか、チューブによって、ビミョーに色が違うみたい。

博士： そう。上澄みの色に薄っすらバリエーションがあるのは、葉っぱの生育段階に違いがあるからだよ。つまり、より成長した株の葉っぱは、より多くの葉緑素を持っていて、緑が濃いんだ。

ホア： そういうことか〜。

博士： この上澄みにタンパク質などを除く液を更に加えて、遠心分離を繰り返すと、だんだんチューブの底に白っぽい物が見えてくる（下写真）。



ホア： なんとなく見えますね～。これがディーエヌエー？

博士： ・・・のはずけど、まだ 100% 確実ではない。

ホア： でも、そうかもしれないんですね？ だとしたら、ディーエヌエーって、目で見えるくらい大きいんですね。

博士： いや、これが仮に DNA だとしても、もちろん 1 本じゃないよ。

ホア： え？ いくつくらい入ってるんですか？

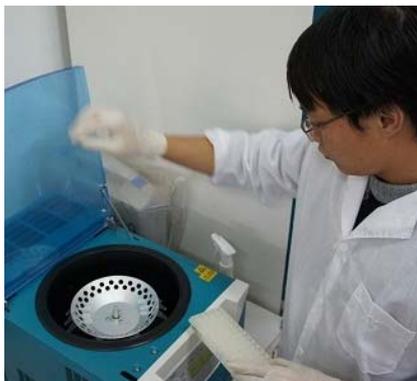
博士： 何百万本もあるかな。

ホア： そんなに！

博士： だからこそ、わたしたちの肉眼でも目視が可能なんだよ。

ホア： じゃあ、ディーエヌエーって、すごく小さいものなんですね。

博士： うん。さて、最後に真空状態で水分を蒸発させると、抽出は一応完了だ（下写真）。



ホア： けっこうかかりましたね。

博士： うん。きちんとやると全部で 36 ステップ、2 日がかりの作業だ。

分子の障害物競走

ホア： でも博士、これがディーエヌエーかどうか分からないとしたら、どうするんですか？

博士： 確認してみよう。

ホア： どうやって？

博士： 「電気泳動 (electrophoresis)」 という作業をやるんだ。

ホア： デンキエイドウ？

博士： 言うなれば「分子の障害物競走」だよ。DNA は、マイナスの電荷を帯びているので、電流を流すとプラス極に移動するんだ。

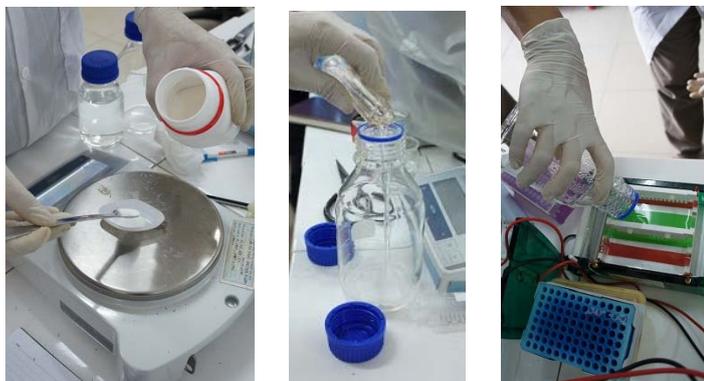
ホア： ヘえ！

博士： だから、その向かう先に寒天分子という障害物を置いておくと、小さくてすばしっこい（つまり千切れた）DNA はスイスイ進むけど、大きくて重い（つまり原形を保った）DNA は思うように進めない。その熱戦の模様を、高みから見物しようというわけだ。

ホア： 面白そう！

博士： 先ず、寒天の成分を取り出し（左下）、これを水に溶かし（その隣）、加熱後、型枠に入れる（右下）。すると 15 分ほどで、液はゲル状になる。

ホア： 寒天状になりました！

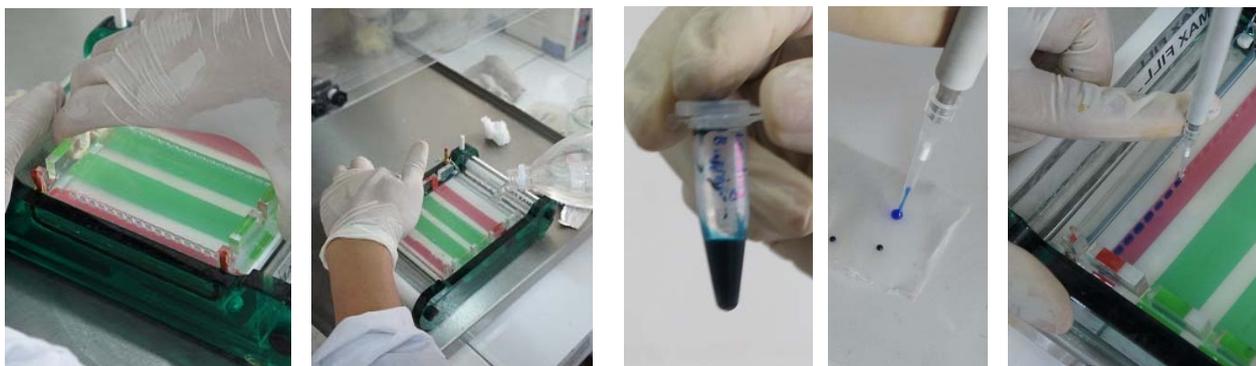


博士： じゃあ、選手諸君を、位置につかせよう！

ホア： ど、どこがスタートラインですか？

博士： 左下の写真の寒天の、ななめ左下に小さな四角い穴が開いているの見えるかな？

ホア： ずらーっと並んでます！



博士： ここがスタートラインで、DNA たちをこの穴に落とし込むんだ。

ホア： でも博士、入れる溶液が透明じゃ、何も見えません。

博士： その通り。だから、これに青い添加液（上中央）を加えてみよう。

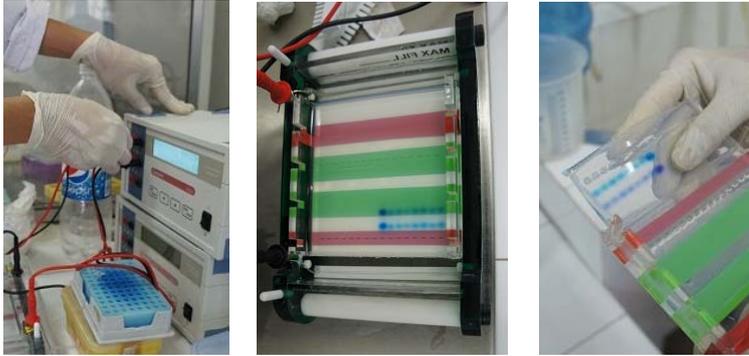
ホア： すごく濃い青！

博士： これをスポイトで吸い取って、スタートラインの穴に入れて、準備はいいかな？

ホア： OK です！（右上）

博士： では通電開始（左下）

ホア： DNA たち、いっせいにスタート！



博士： 待つことおよそ 20 分。

ホア： 2 センチくらい進みましたね（真ん中）。

博士： この寒天を取り出して（右上）、特殊な染色液に浸せば、DNA は紫外線を受けると蛍光を発する状態になるんだ。

ホア： ケイコウ？



博士： 右上の画像がその光を読み取ったものだよ。

ホア： 上の方に並んでいるの四角い穴が、スタートラインですか？

博士： その通り。中に、くっきり光っているのは DNA 抽出時の残りかすだよ。一番下の白く光っているのが、小さな DNA 断片。真ん中辺りが、あまり切れてない比較的質の良い DNA だ。

ホア： へええ！

ナノの決死圏！

ホア： それで、博士、ディーエヌエーって、いったい、どれくらいの大きさなんですか？

博士： よく耳にする「マイクロ」というのは千分の 1 ミリ=1 マイクロメートルのことだけど、DNA の尺度は、更にその千分の 1 の「ナノメートル」だよ。

ホア： じゃあ・・・百万分の 1 ミリ！

博士： 因みに、ヒトの細胞 1 個の中の DNA を全部つなぐと、長さ 1.8m、つまりわたしの背丈と同じ長さの極細のヒモになる。

ホア： ゴクボソって、どのくらい細いんですか？

博士： 2 ナノメートル (=百万分の2ミリ) くらい。

ホア： 細すぎてピンときません！

博士： たとえば、DNA の幅が5 ミリ弱のカセット・テープ大だとすると・・・

ホア： すると？

博士： テープの長さは東京からホーチミン市までの距離ってことになる。

ホア： 今度は長すぎてピンときません！

博士： まあ、おいおい分かってくるよ。さて、それはともかく、DNA というヒモは、非常用縄ばしごをねじった様な「二重らせん構造 (double helix structure)」をしているんだ。

ホア： へえ！

博士： よじれた縄ばしごを、ずーっと遠くから見ると 1 本のヒモに見えてくる。このヒモが、昔の電話の「こんがらがったコード」みたいに団子状になった状態が「染色体 (chromosome)」だ。

ホア： じゃあ、センシヨクタイというのは、ディーエヌエーの糸をぐるぐるに巻いた「糸玉」みたいなもの？

博士： そう。

ホア： じゃ、なんで「イトダマ」って呼ばずに、「センシヨクタイ」って呼ぶんですか？

博士： この糸玉が、たまたまある色素によく染まることから「chroma (色のついた) + soma (体) = 染色体」と呼ばれるようになったんだよ。

ホア： へえ。

フランケンシュタインのレシピ

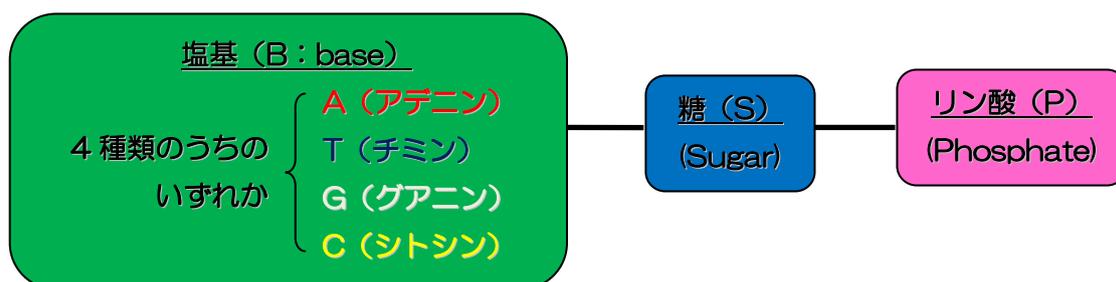
博士： 染色体の糸玉を解きほぐした糸、すなわち DNA をより詳しく見ると、その最小単位は「塩基、糖、リン酸」の結合物なんだ。

ホア： 下の図のようなかんじですね。

博士： DNA のヒモは、これがずーっと (ヒトの場合 30 億セットほど) 数珠つなぎになったものなんだ。

ホア： へえ。

DNA の最小基本単位 《ヌクレオチド》



ホア： でも博士、よく耳にするイデンシというのはディーエヌエーとは関係ないんですか？

博士： いや、大ありだよ。

ホア： だって、この図にはイデンシなんて見当たりませんよ。

博士： 実はね、「遺伝子 (gene)」というのは、そういう独立の分子があるというより、上の図の左にある「塩基」と呼ばれる部分が、アデニン (A)、チミン (T)、グアニン (G)、シトシン (C) の 4 つのうちどの物質でできているか、そして、それが DNA というヒモ上にどんな順序に並んでいるか、つまり、これら 4 文字で書かれた暗号のようなものなんだ。

ホア： 暗号！？

博士： ヒトの場合、基本単位が 30 億あるから、塩基（すなわち暗号文字）も 30 億個あることになる。

ホア： そんなに長い暗号文書じゃ、誰にもとけないんじゃないか・・・？

博士： いや、実は、30 億のうち、実際に遺伝にかかわる部分、すなわち「遺伝子」と呼ばれる部分は、10 万か所（塩基数＝文字数で 5%）ほどでしかない。

ホア： じゃあ、ほかの 95 パーセントは？

博士： まだ解明の途上なんだ。

ホア： へえ～。

博士： とはいえ、この 10 万枚の文書こそが、かの「フランケンシュタイン博士」をはじめ、あらゆる人間探検家が求めてやまなかったヒューマン・レシピ、すなわち、ヒトをヒトたらしめている設計図なんだよ。

ホア： なるほど～。

アナスタシアよ、安らかに

博士： ところで、同じヒトでも、きみとわたしの設計図は違うんだよ。

ホア： どうして？ 同じ人間なのに？

博士： だって、きみの鼻や目の形は、わたしのとは違うだろう？

ホア： でも博士、わたしは、うちのパパによく似てるって言われます。目の形がそっくりだって。

博士： そうだね。それはね、きみの設計図の半分はお父さんの、残り半分はお母さんのが元ネタだからだよ。

ホア： へえ！

博士： よくテレビで「DNA 鑑定」って言葉を耳にするね？ あれは、DNA を調べれば、それがどの家系のものが分かるからなんだ。

ホア： 死んじゃったひとの髪の毛とかからでも分かるんですか？

博士： その通り。DNA のこうした一面のおかげでようやく安らかに眠れたヒトもいるよ。

ホア： 誰ですか？

博士： 長年の真贋論争に終止符が打たれた、昔のロシアのロマノフ王家第四皇女のアナスタシアだよ。DNA は彼女の安らかな眠りにも一役買っていたんだ。

ホア： ヘえ～。ディーエヌエーって、ちょっぴりロマンチックなんですね～。

（おわり）

※文責：井芹信之／プロジェクト・コーディネーター