

## すべての原子が描かれたKAWABATA式DNAモデル作ってみませんか？

札幌自然科学教育研究会 春日秀夫 三好敬一

河端さんが考案・作成した DNA モデルは、札幌のいくつかの高校の生物基礎・大学の理科教育法や看護専門学校の生化学の授業で実践されてきました。

### 授業の場面で

「70 %エタノールを 3 滴バンドエイドに落とし腕の内側に貼り付けてください。7 分後に腕が赤くならないか見てみましょう。一般に酒酔い遺伝子と呼ばれているアルデヒド脱水素酵素 = aldehyde dehydrogenase2=ALDH2 はヒトの 12 番目の染色体にあります。」

「今日はその ALDH2 の遺伝子のセンス鎖の 114 番目を含む 11 塩基対分の DNA モデルを作ります。パッチテストの結果は ALDH2 を持つか持たないかを示すと考えられます。腕の色が変わらなかった人は ACACTGAAGTGA、赤くなった人は ACACTAAAGTGA の塩基配列の DNA モデルを作しましょう。」

生徒・学生たちは両面にカラー印刷された 11 の対になったヌクレオチドの型紙を切り取り、コの字に折り曲げ、セロハンテープでつなぎながら自分の遺伝子の一部である DNA の二重らせんを立体にしていきます。

作りながら、前の時間の授業で見た録画 (NHK 放送 1992 の LIFE STORY 第 2 回：生命の謎は解かれた) の場面を思い出すこととなります。それはワトソンが五角形+六角形の塩基と六角形の塩基の形の型紙をはさみで切り取って、アデニン A とチミン T の組み合わせとグアニ

ン G とシトシン C の組み合わせの長さが一致したときに目を丸くする場面であり、クリックがらせん構造を作る両側の糖とリン酸の向きが逆「2 本のらせんが違う方向に伸びる。一方は上、他方は下向き、リン酸は外側についている」に気づいて興奮する場面などです。

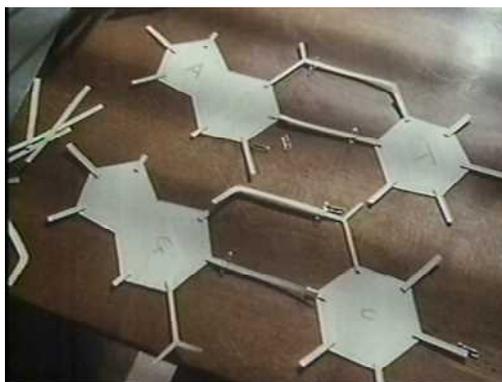


写真1: A-T の塩基対と G-C の塩基対の長さが一致した場面  
NHK 放送 1992 の LIFE STORY 第 2 回：生命の謎は解かれた より

### KAWABATA式DNAモデルができるまで

河端さんが DNA モデルを作り始めたのは 2008 年のことです。札幌の中学校を定年退職し、講師として初めて高校の生物の授業を担当しはじめました。

この年 2008 年、科教協石川大会に参加し高校生物分科会で見た DNA モデルを「自分の生物の授業で使いたい」と思ったのがきっかけでした。

しかし、作ってみた DNA モデルに不満を覚えました。DNA のはしご部分つま

り塩基対の部分に書かれていた塩基、アデニン・グアニン・シトシン・チミンが A・G・C・T の文字だけだったし、リン酸も P の文字だけで「これでは物質の姿が見えない」と感じ、すべての原子を○で表した構造がわかる模型を作ろうと考えたのです。

DNA を構成する 4 つの塩基 AGCT、糖（デオキシリボース）、リン酸の構造式を調べ、すべての原子、炭素 C・酸素 O・窒素 N・リン P・水素 H をそれぞれ黒・赤・紫・オレンジ・水色の○で表すことにしました。

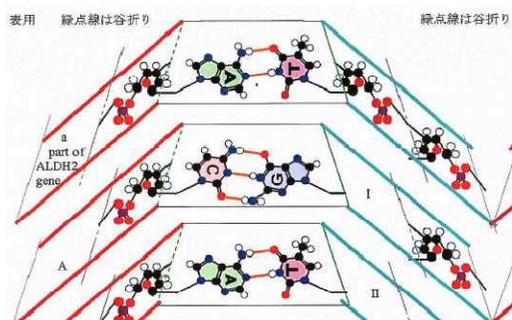


図 1 : KAWABATA 式 DNA 模型の型紙の一部 すべての原子が描かれていて塩基・糖・リン酸の構造がわかる

2 本のらせんは円筒の容器にテープを巻き付けて構造を考察するところから始めました。この模型を制作する過程で札幌自然科学教育研究会、通称サツジケンに試作品が持ち込まれました。

DNA のらせん部分を作る糖（デオキシリボース）とリン酸の結びつきは左右のらせんが逆向きになっていることは表現できるか。塩基間の水素結合は A と T の間が 2 カ所、G と C の間が 3 カ所で水素結合していることを表してほしい。DNA のらせん構造は対象な形ではなく、隙間の幅が広い主溝と狭い副溝があることも表現できないかと提案があり

ました。

河端さんは「塩基と結合する部分が、中心から 180 度の位置ではなく、それより小さくすればせんが本物に近くなることがわかり調べた。」「資料にあった 126 度で作ったが、幅の差が思うようにならなかった。」「この試作中のモデルは平面（塩基対）部分とらせん（デオキシリボースとリン酸）部分の組み合わせなので精密な立体分子模型とは異なる」と考え、「試行錯誤を繰り返し主溝の幅：副溝の幅」= 3 : 2 に収まる型（写真 3）がようやく完成した。」と報告（ほっかいどうの理科教育 2009）しています。

この DNA モデルは裏からも表からも原子が見えるように OHP 透明シートに印刷され、両面テープで貼り付けていく形でした。デザイン的にも優れたものになりました。

ただ、実際の授業で生物基礎を受講する 1 学年の生徒数だけ透明シートを準備・印刷するのはこの学校でもできることではありません。たくさん安価に作るため、透明シートを紙にすることにしました。現在は多くの学校でカラー印刷が可能です。紙の場合、両面に印刷する必要があります。そのため左右反転した型紙を裏面にも印刷します。プリンタには癖があるので両面印刷する際にずれないように調整してください。

KAWABATA 式 DNA 模型の両面印刷用型紙・および作成手順は科学教育協議会の HP からダウンロードしてください。パスワードは Kakyokyo2022 です。URL は <https://kakyokyo.org/archives/3095> です。また、作成の手順を YouTube 動画に限定公開しています。URL は <https://youtu.be/VLdCkVcbUQQ> です。



写真2: 高校生物基礎の授業で  
KAWABATA 式 DNA モデル作製中

### 実際に作ったら

- ① DNA のらせんの巻き方を確かめましょう。右巻きですか左巻きですか？
- ② 10 塩基対でらせんが 1 回転していることを確認しましょう。
- ③ 主溝と副溝の幅が違うことを確認してください。(写真3)
- ④ 塩基の構造はアデニン A とグアニン G は六角形+五角形のプリン塩基、C シトシンとチミン T は六角形のピリミジン塩基であることを確認しましょう
- ⑤ 炭酸入りのペットボトル 500 m L を 2 本を用意して写真のように保存するといつでも使えます。

あるクラスでは各自が作ったものをつなぎ合わせて、400 塩基対以上の DNA モデルにしたり、さらに塩基間の水素結合をはさみで切って DNA の複製について考える生徒たちも出てきました。

以下は看護専門学校の学生が DNA モデル作成後に書いた感想 (レポート) です。

DNA の二重らせん構造をみることができ、A-T、C-G の相補的結合を具

体的に理解することができた。作ってみて多量な遺伝子をまとめるのに効果的な構造になっている事がわかった。高校のときに、RNA が転写するイメージがよく分からなかったが、手に取り見てみることで、一本鎖になり転写されていくのが想像できよく分かった。右巻きであることや、間隔が異なっていることなどは初めて知ったので勉強になった。

(Fさん)

今まで中学・高校と DNA の二重らせん構造について学んできたが、模型を作ったのは初めてだった。DNA = 二重らせん構造というのは頭に入っていたが、この二重らせん構造について考えたことがなかったので、作ってみてどこが水素結合しているかなどを見て学ぶことができた。二重らせん構造はすごく綺麗な形だということを実体的に見て感じた。

(Iさん)

KAWABATA 式 DNA モデル、作ってみませんか？

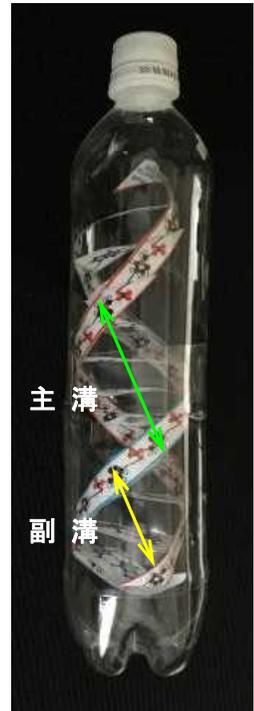


写真3 : 2 本の  
ペットボトルを  
つないで、入れ  
ておきましょう。  
利用にも保存に  
も便利です。

