

Development of Simplified DNA Molecular Model

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-01-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田中, 幸枝, 小鍛冶, 優, 浅原, 雅浩, 川井, 昌之, 上田, 昌範, 藤井, 豊, TANAKA, Yukie, KOKAJI, Masaru, ASAHARA, Masahiro, KAWAI, Masayuki, UEDA, Masanori, FUJII, Yutaka メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/2934

簡易型DNA分子モデルの開発[#]田中幸枝¹, 小鍛冶優^{※1}, 浅原雅浩², 川井昌之³, 上田昌範^{※2}, 藤井豊^{1§}¹生命情報医科学講座分子生命化学領域(旧:化学), ²教育地域科学部理数教育講座化学,³大学院工学研究科機械工学専攻システム制御工学

Development of the Simplified DNA Molecular Model

TANAKA, Yukie¹, KOKAJI, Masaru^{※1}, ASAHARA, Masahiro², KAWAI, Masayuki³,UEDA, Masanori^{※2}, and FUJII, Yutaka^{1§}¹*Department of Chemistry, School of Medicine, Faculty of Medical Sciences, University of Fukui,*²*Division of Chemistry, Department of Science and Mathematics Education,**Faculty of Education and Regional Studies, University of Fukui,*³*Department of System Control Engineering, Mechanical Engineering,**Graduate School of Engineering, University of Fukui*

Abstract :

A lot of junior high schools and high schools hope to use molecular models of DNA in life science classes. A lot of comments regarding their willingness to make a molecular model of DNA are sent to us. However, it is not easy for the student to make a complete molecular model of DNA. Recently, we developed a simplified molecular model using the socket and dimple method. The model is composed of six kinds of classified balls, which symbolize adenine, thymine, cytosine, guanine, phosphate group, and deoxyribose, respectively. The students can easily study the mechanism of the reproduction of DNA by using this model.

Key Words : DNA, molecular model, simplified type, life science, education, socket, dimple

[#] この研究は、科学研究費・H17-18・特定領域研究(17011030), H17-19・基盤研究(C)(17500579), H20-22・基盤研究(B)(20300253), 福井大学・H19・ILF, H21・学長裁量経費・基礎的萌芽的研究, H22・競争的配分経費・教育, H18・日産科学振興財団「理科・環境教育助成」, H19・日本教育公務員弘済会奨励金, H18・北陸経済連合会・実用化助成事業助成金から助成を受けて実施された。

^{※1} 永平寺町立上志比中学校・〒910-1314 福井県吉田郡永平寺町栗住波 16-47

^{※2} (株)福井ウルテック・〒915-0052 福井県越前市矢放町 4-7 (松原産業KK内)

[§] 問い合わせ・論文請求先

(Received 14 September, 2010 ; accepted 18 November, 2010)

まえがき

普通の学校教育において、生徒一人ひとりが分子模型教材を使い、楽しみながら学習できる環境を作るため、発泡スチロール球と爪楊枝を使った非常に安価なポインター方式分子模型キット^(1~3)および中学化学反応学習キット^(4, 5)を開発してきた。ポインター方式では、ポインターと呼ばれる球面定規を使い、原子として使う発泡スチロール球に、任意の結合ポイントを設定する。これにより、あらゆる分子模型の製作が可能となった反面、過重のポインター作業の負担がかかり、分子模型の製作にかなりの時間を要した。これでは、教育現場の授業時間(50分間)内では十分な対応ができない。そこで、このポインター作業を軽減するため、新しくディンプル付球と結合パイプの差込ソケットを開発した⁽⁶⁾。ソケット・ディンプル方式分子模型教材の誕生である。

中学校ならびに高校では、近年目覚しく発展している生命科学分野の授業にも力を入れている。生命科学の象徴と云えば遺伝子 DNA であろう。授業に DNA モデルを活用したいとの要望は多数寄せられる。従来方式のポインター方式では、モデルとして完全な DNA のワトソン・クリックモデルの製作が可能である。しかし、これには膨大な製作日数を必要とするため、提示用や展示用に限られる。生徒一人ひとりが活用できるものではなかった。今回、ソケット・ディンプル方式分子模型教材の開発を契機として、授業で簡単に使える簡易型の DNA 分子模型教材を開発したので報告する。

教材開発

① ポインター方式による完全型 DNA モデル

DNA の B 型二重らせん構造・ワトソン・クリックモデルは、A: アデニン, T: チミン, C: シトシン, G: グアニンの 4 種の塩基と, dR: デオキシリボースおよび P: リン酸からなっている(図 1)。使用する原子数は、20 塩基対のモデルで 2,000 球以上にもなる。また、モデルが巨大化するため、模型全体を支える支柱と一つ一つの塩基対を固定する台が必要になるなど非常に手間のかかるものである(図 2)。実際、モデル 1 体を製作するのに、大学生 16 人で 5 回分の授業に相当する時間と労力を必要とする。これでは、中学校や高校の短い授業

時間内で扱うことは不可能である。そこで、DNA としての基本特性を有する簡易型の DNA モデルの開発が必要になってきた。

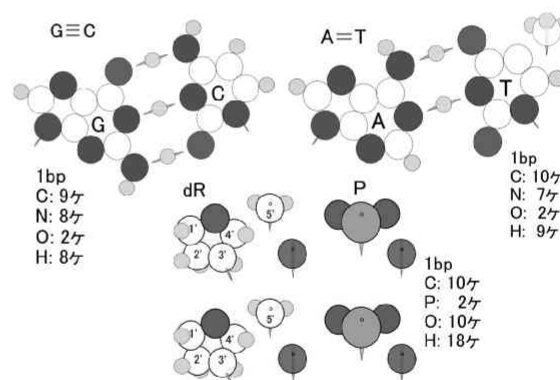


図 1 完全型 DNA モデルに必要な部品

完全型モデルに必要な部品は、グアニン・シトシン塩基対 (G≡C, 27 球), アデニン・チミン塩基対 (A=T, 28 球), リン酸 (P, 8 球 x 2 / 塩基対) およびデオキシリボース (dR, 32 球 x 2 / 塩基対) である。一塩基対あたり、107~108 球が必要である。

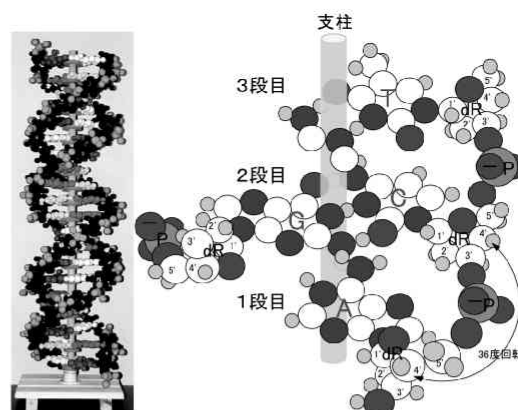


図 2 完全型 DNA モデルの概観

右巻きの二重らせん構造をしている。モデルはワトソン・クリックモデルとして有名である。特徴的な、狭い溝と広い溝がある。しかし、塩基対とらせんの関係は、原子球が混み合っているため返って分り辛い。

② 新開発ソケット・ディンプル方式分子模型教材を活用した簡易型 DNA モデルの開発

簡易型 DNA モデルでは、4 種の塩基、リン酸およびデオキシリボースを象徴する 1 つの原子球でそれぞれ代表させる。これにより、1 塩基対あたりに必要な球は 6 個となり、完全型モデルに必要な 100 個強と比べ

て大幅な簡易化が達成できる。簡易型では、DNA の側鎖を構築しているリン酸とデオキシリボースの球は sp^3 混成軌道用のそれぞれ直径 35mm および直径 30mm 原子球を用いる。一方、塩基は sp^2 混成軌道の直径 30mm 原子球を用いる（図 3）。この組み合わせが、DNA の二重らせん構造の特徴を再現するのに都合がよい。側鎖は、リン酸の原子球とデオキシリボースの原子球を交互につなぐ。これを 2 本作り、互いに向きを逆にして机の上に並べる。塩基対は、長めの 5cm 長のプラスチックパイプを 2 本用いて対になるようにする。AT 塩基対は 2 本の水素結合で対をなすのでこれでよいが、GC 塩基対は 3 本の水素結合で対をなす。GC 塩基対を 3 本のパイプで連結することも可能であるが、らせんの軸を通すときに 3 本目のパイプが障害になることと、簡易型であるという事情からあえて 2 本で GC 塩基対を表現した。

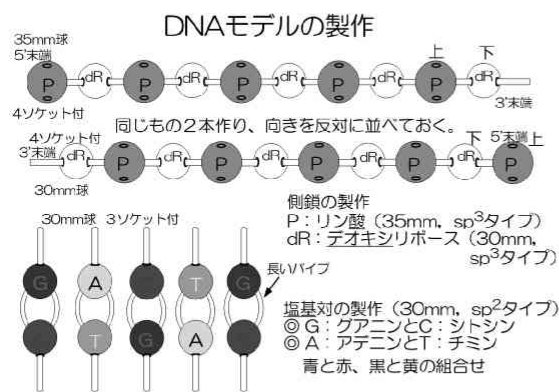


図3 簡易型 DNA モデルに必要な部品

リン酸とデオキシリボースからなる側鎖の部品と GC 塩基対と AT 塩基対の部品。側鎖には sp^3 混成軌道の原子球を用いる。塩基対には、 sp^2 混成軌道の原子球を用いる。簡易型では、1 塩基対あたり 6 個の球で表現できる。これは組み立てるとき、完全型モデルに比べて 1/10 の労力で済むという大きな利点がある。

互いに逆平行に伸びた 2 本の側鎖の間に、塩基対を両サイドにあるデオキシリボースの位置で連結する（図 4）。これにより DNA の相補的な構造を表現できる。側鎖のリン酸側が 5' 末端、デオキシリボース側が 3' 末端をあらわす。2 本の側鎖は、塩基対の平面に対してシス型になるように配置される（図 4 サイドビュー）。このように配置することで、らせん構造にしたとき、狭い溝と広い溝を表現できるようになる。

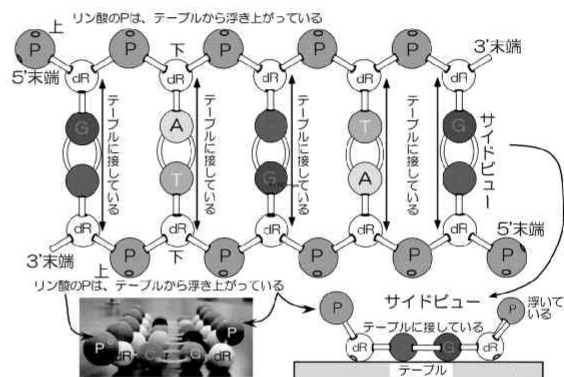


図4 側鎖と塩基対の位置関係

2 本の側鎖の伸びる方向は、互いに逆平行の関係にある。そして、塩基対に対してシス位に配置される。この位置取りが完全型 DNA で見られる狭い溝と広い溝を作り出す元になる。

次に、塩基対を両サイドのデオキシリボースの連結部で 90° 回転させる（図 5）。サイドビューでわかるように各塩基対の中心にらせんの軸をとおす空間ができる。この空間を利用して、スタンドの支柱をとおす（図 6 左）。らせんが右巻きになるように、塩基対を下から順に反時計回りにひねりを加えて、全体がきれいならせん構造になるよう整形する（図 6 中・右）。

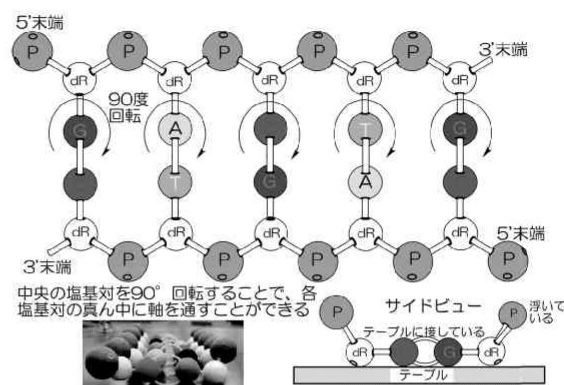


図5 らせん回転軸の形成

ソケット・ディンブル方式を用いているため、結合部での回転が自由である。そのため、通常の市販モデルと同様に変形操作が可能である。塩基対を回転させて、DNA の中心にらせん回転の軸がとおるようにする。

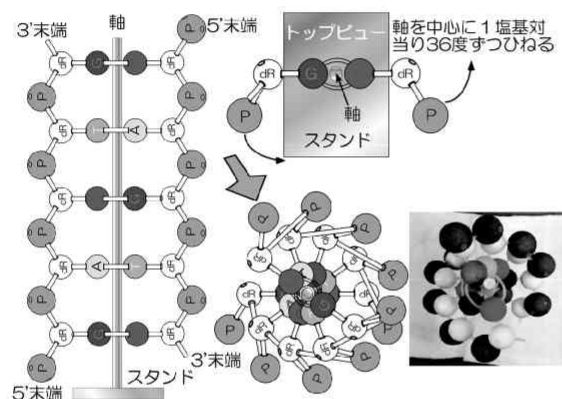


図6 簡易型 DNA モデルの完成

塩基対の中央にスタンドの支柱を通す(左)。反時計回りに下から塩基対をひねりながら、全体が右巻きのらせんを巻くように整形する(中・右)。一番上の塩基対を、取付けた洗濯バサミなどに引っ掛けてズレ落ちないようにする。

実用化試験と考察

SPP 中大連携授業での実証

JST・H22 年度 SPP サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト (BD102085)⁽⁷⁾ で、上志比中学校、松岡中学校、永平寺中学校および大東中学校の生徒 (36 名) と理科教諭 (6 名) の協力を得て、簡易型 DNA モデルを使った「遺伝子 DNA の構造と遺伝の仕組み：複製のメカニズム」に関する 50 分授業を実施した (写真 1)。二人 1 組で 10 塩基対の簡易型 DNA のモデルを製作した。約 20 分の説明で完成できる。簡易型で説明図が直感的であるため、説明をするまでもなく、理解の早い生徒は 15 分ほどで完成させていた。このことから、DNA の基本構造については、中学生でも容易に理解できるものと考えられた。

次に遺伝メカニズムの中心的な出来事である DNA の複製の機構を再現する試みを実施した。塩基対を端から真ん中で開いて行き、開いたところから、相補的になるように、それぞれ塩基、デオキシリボースそしてリン酸を順に取り付けていく。これを、他端まで繰り返すと、元の DNA とまったく同じ塩基配列の DNA が 2 本できることを体験することができた。これも、原理は自明なため、説明をするまでもなく生徒は複製の機構を再現していた。ただ、側鎖が逆平行にならない組もあったことから、DNA の構造を完全に理解したとはい

えない。しかし、中学生でも DNA の構造を学習することができることを示す結果であると思われる。



写真 1 SPP での実証試験

H22 年度 SPP サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト (BD102085：遺伝子 DNA と生物—DNA の働きとその応用技術の体験学習と生物多様性—) での取り組みとして、簡易型 DNA 分子モデルの実践活用を試みた。僅か 15～20 分ほどで DNA 分子モデルが完成し、簡易型モデルの実用性が示された。ソケット・ディンプル方式では、モデルに柔軟性が出るため、少々手荒く扱っても破損することはない。中には環状 DNA を作製して肩にかけている生徒もいた。簡易型モデルの取り扱いが非常に簡単になったため、DNA の複製などの製作体験学習も行える。

まとめと今後の展望

10 塩基対の簡易型 DNA モデルであれば、二人 20 分ほどで完成させることができる。50 分という授業時間内で十分活用できる教材である。今後、簡易型 DNA モデルの授業活用法を練り上げ、中学校高校のみならず大学学部教育での楽しい生命科学の授業展開を図りたい。

謝辞

永平寺町教育委員会の増田実典指導主事および永平寺町上志比中学校の島田和寛校長には、実証試験の許

諾・評価・コメントをいただき感謝します。

参考文献

- (1) 分子模型作製方法の開発, 藤井 豊, 福井大学医学部研究雑誌, Vol. 4, p73-80, 2003.
- (2) フラーレン C60 の分子模型製作方法, 藤井 豊, 福井大学医学部研究雑誌, Vol. 5, 37-41, 2004.
- (3) 分子模型制作方法, 及び分子模型, 発明者・藤井 豊, 出願人・福井大学, 特願 2003-099479, 特許第 3757283, 2006.
- (4) 分子模型制作方法及び化学反応学習教材, 発明者・藤井 豊, 浅原 雅浩, 出願人・福井大学, 特願 2006-331847, 2006.
- (5) ポインター方式分子模型製作マニュアル, 電子第 1 版・編集: 福井大学・分子生命化学 (文部科学省特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」支援事業), 著者・藤井 豊, 上田 昌範, 福井ウルテック, 2007.
- (6) 分子模型, 発明者・藤井 豊, 田中 幸枝, 出願人・福井大学, 特願 2009-280088, 2009.
- (7) 遺伝子 DNA と生物-DNA の働きとその応用技術の体験学習と生物多様性一, 藤井 豊, 田中 幸枝, 小鍛冶 優, JST 科学技術振興機構・H22 年度 SPP スーパーサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト (BD102085) 独自報告書・in press.