

■中性子は探る —DNA地図の郵便屋さん—

生体物質中性子回折研究グループ

■新村信雄■

DNA and Neutron

Nobuo NIIMURA

Research Group for Neutron Crystallography in Biology

Genetic information is carried in the linear sequence of nucleotides in DNA. The long DNA helix is packed together to form a regular higher-order structure which is a fascinating feature in DNA, although its biological function is still a mystery. The sterical structure of DNA must be controlled by water. Water takes part in the binding of DNA and proteins by virtue of the special properties of water, such as its polar character and its ability to form hydrogen bonds.

Neutron crystallography in biology contributes to lift a veil of mystery because neutron interacts with hydrogen.

先日、80歳をとうに越された大先生から、先生の半生記をつづられた本の英訳本が出版された旨のお手紙を頂いたが、その手紙のあて名を見て驚いた。「茨城県東海村原研新村信雄様」だけで届いていたのである。昔、「美空ひばり」だけで手紙が届くという話を聞いたことはあったが、これは例外中の例外だろう。一般的には、きちんと住所・氏名を書かなければ届かないだろうし、住所・氏名が正しく書かれていれば間違いなく手紙は届くものと確信をもって投函している。

住居表示法を最初に考案した人がどなたかわからないが、誰が考えても大筋はこの方法になるのだろう。計算機中でのファイル管理も結局はこの方法のようである。

DNAに書き込まれている情報検索がどう行われているか興味があるが、まだ答はわかっていないようである。

DNAで使われる文字は4種類(A, T, C, G)あり、そのうちの3文字の組合せで一単語(コドン)を作り、平均的に約300単語で一つの文章(タンパク質)を作

る。DNAからmRNAへの転写はDNA中の一文章相当が単位となり行われる。DNA中でのこの文章の在りかを探し出すのが、DNA地図の郵便屋さんである。

我々、ヒトのDNAは長さが約2mで、約60億個の文字から成り立っている。ちょうど世界の人口に相当する数である。原理的には、住所・氏名をきちんと書けば世界中の誰にでも郵便は届くはずである。DNA中で使われている文字の数が世界の人口にほぼ等しいというのは全くの偶然であろうが、これだけの数になると「美空ひばり」だけで探し当てる術は全く期待できない。

2m長のDNAを数10 μ mの細胞核に収納するため、DNAは階層的な高次構造を形成していることが判明している。図-1にその様子を示す。DNA二重らせんはヒストンタンパク質を介してヌクレオソームを形成し、ヌクレオソームはさらに高次のらせん構造の糸状になり、それがもう一度らせん状に並んで染色体を構成する。このように整然と階層構造を構築している最大の理由は先に述べたようにパッキングを効率的

におこなうためであるが、生体物質の構造形成は何らかの機能に関係しているのが経験的な常識でもあり、この階層構造が図-1に示されるような住居表示、例えば茨城県那珂郡東海村・・・に対応していると考えるのは考え過ぎだろうか。

DNAの周囲には水が取り巻いており、水の状態でDNAの立体構造が変化する(A, B, Z型)ことがわかってきた。また、DNAの情報の発現を制御し情報を読み取るのはタンパク質であり、これはその機能を担うタンパク質とDNAが結合することによりなされる。この結合には、水が必ず介在することがわかっている。DNAの周囲の水がDNA情報の位置を示す表札になってはいないだろうか。

生体高分子も非生体物質同様、熱振動を行っている。熱振動が生理機能の発現に大きな影響を及ぼす例が次々と実験的に見出されてきている。例えば、ミオグロビンの分子全体の熱振動による振幅の温度依存性が中性子準弾性散乱実験により50Kから350Kにわた

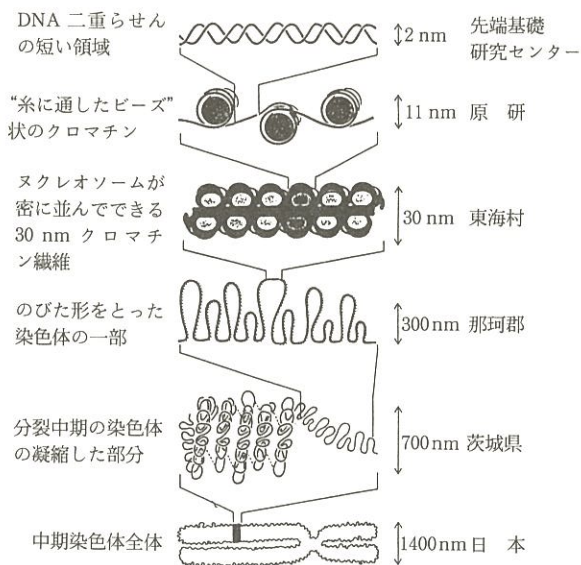


図1 住居表示に使われる地区区分を仮にDNA二重らせんが染色体を形成するためにとる階層構造と対応付けてみた図。

る温度範囲で観測されている。それによると温度が上昇するにつれ振幅は温度の一次関数で増加するが、ミオグロビンのヘム鉄に分子状酸素が結合し始める温度である230K辺りから振幅は急激に増加し始める¹⁾。これは温度変化という外的因子で強制的に分子振動を起こさせたのであるが、生体物質は分子運動という形態で生命活動の自己表現を行っていると解釈するなら、前述の水の表札とあわせて、DNA分子の熱振動も住居表示のある形態に関与しているとも言えよう。

Kekuleは蛇が己のしっぽを喰わえている様子を夢に見てベンゼン環の構造を思い着いたと言われている。私はDNA地図の郵便屋さんを夢にみたわけではない。今なお神秘のヴェールに覆われている生命現象のなかの私の日頃抱いている疑問の一つである。

この疑問を夢のような話として終わらせるのではなく、この目で見てみようと思ったのが生体物質中性子回折研究グループである。生体物質は構成元素の約半分が水素原子であり、生命体は水のない世界では生きられない。かように、生命現象の理解に生体物質中の水素の位置、生体物質に結合する水の構造は重要であるにもかかわらず、従来ほとんど決定されていない。しかるに、中性子は水素原子と強い相互作用をするプローブであるため、DNAの高次構造²⁾、水和水、分子の熱振動のどれも中性子回折法で研究できる最適のテーマである。

DNA地図の郵便屋さんの探索方法が見出されると、その波及効果は甚大である。生物の発生・分化の分子レベルからの機構解明、そしてガンの遺伝子レベルでの治療等が夢ではなくなる。

参考文献

- 1) Doster, W., Cusack, S. and Petry, W., Nature, 337, 754 (1989)
- 2) Hirai, M., Niimura, N., Zama, M., Mita, K., Ichimura, S., Tokunaga, F. and Ishikawa, Y., Biochemistry, 27, 7924 (1988)

