



DNA物語 (8)

前回までに、スイスのミーシャーによるDNAの発見に始まり、遺伝学の勃興と発展とともに行われてきた、DNAが遺伝情報を担っている分子であることを証明する実験についての歴史を振り返ってきました。この半世紀以上にわたって行われた多くの研究の過程で、メンデルがその存在を想定した「遺伝子」の実体は次第に明らかになってきました。しかし、「遺伝子とDNAはどのように関連しているのか」、「遺伝子はどのようにして働くのか」、さらに、「遺伝情報は生物体内でどのように維持され、どのようにして子孫に伝達されるのか」という、生命活動を理解する上で根幹となる問いについての明確な解答は得られていませんでした。そこで、遺伝の仕組みを理解するためにはDNA分子の物理化学的な構造を解き明かすことが必須であろうと考えられるようになり、DNA分子の構造を解明するための研究が行なわれるようになったのです。

このDNA分子の物理化学的な構造解析で非常に重要な役割を演じたのがX線です。X線は、1895年にドイツ人のレントゲン (Wilhelm Conrad Röntgen) によって発見されたものであり、波長の極めて短い電磁波 (電気的な波と磁気的な波から成り、波長の長さによって電波、可視光線、X線などと呼ばれる) で、現在では、胸部のX線撮影などのように日常生活にも用いられています。X線が波の性質を持ち、物質の結晶を透過させると、透過するX線が結晶を構成する物質の原子のもつ電子の障害を受けてその背後で回り込む現象 (これを回折と呼びます) を示すこと、さらに、その結果得られる「X線の回折像」を解析すれば物質の結晶構造を明らかにすることができることが20世紀のはじめに見いだされました。

20世紀の中ごろに、イギリスの女性物理化学者であるフランクリン (Rosalind Elsie Franklin) は、ロンドンのキングスカレッジでX線を使ったDNAの結晶構造解析に没頭していました。そして、フランクリンが得た質の高いX線回折像と彼女の的確な解釈を土台として、当時同じイギリスのケンブリッジ大学にいたワトソン (James Dewey Watson) とクリック (Francis Harry Compton Crick) による、有名な二重らせんのDNA構造 (図1) が導かれたとされています。ただし、このDNAの構造モデルの確立という功績に与えられた1962年のノーベル賞の前に、フランクリンはガンによって37歳の若さで亡くなっており、ノーベル賞はワトソンとクリック、ならびにフランクリンと同じ研究所で研究を行っていたウィルキンス (Maurice Hugh Frederick Wilkins) に与えられています。

フランクリンとウィルキンスの間には、DNAのX線回折についての研究の成果をめぐる種々の確執があったようであり、しかもワトソンとクリックが二重らせんモ

デルの提出に当たって、論文中でフランクリンの業績を正當に評価して言及しなかったことが、その後の生物学を新しい方向へと導いた彼らの輝かしい成果にやや暗い影を落としているのは否めません^(註)。

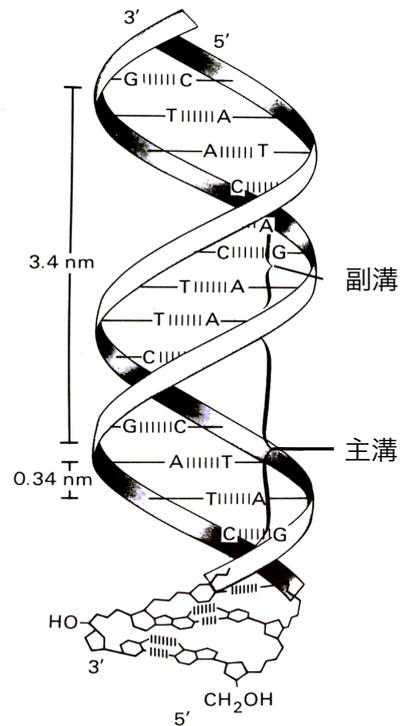


図1：DNAの二重らせんモデル

DNAはデオキシリボース糖がリン酸で連結された右巻きらせんの骨格構造となり、化学的に互いに逆向きのらせんが二本縋り合わさっています。らせんの内側には、らせんの中心軸に対して垂直に、AとTおよびGとCの塩基が対合してらせんを支えています。

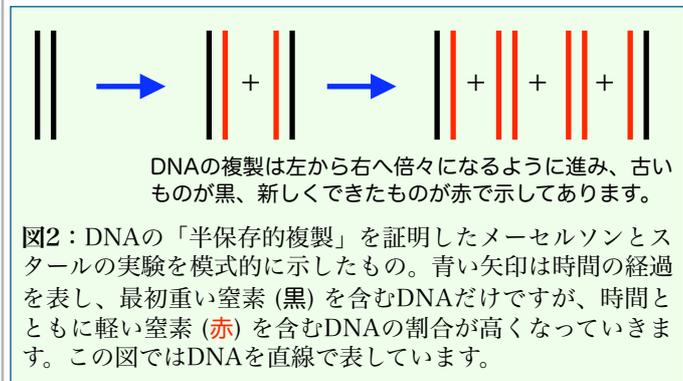
さて、こうして提出されたDNAの二重らせん構造モデルはどのような生物学および歴史的な意義を持っていたのでしょうか？ワトソンとクリックが1953年にNature誌に発表した2ページの論文の骨子は：

- 1) DNAは化学的に互いに逆向きの2本のらせんからできている。
- 2) 二本のらせんのそれぞれは、リン酸がデオキシリボース糖と結合して外側に骨格構造を形成しており、塩基は内側に配置している。
- 3) 一方のらせんの塩基がAであれば他方はT、GであればCになっており、互いに向き合ったAとTおよびGとCは水素結合で結ばれて対合し、らせん構造を安定に保持している。

というものでした。上記の第3点は、ワトソンとクリックが指摘しているように、「遺伝情報はどのように複製するのか」ということを暗示しているという点から非常に重要ですが、同時にこのことは、第4回の物語で触れたシャルガフの発見した「どの生物から抽出したDNAも、AとTおよびGとCの量比は同じである」という規則を満たしています。つまり、このDNAの二重らせんモデ

ルは、1953年の時点でDNAについて知られていたことをすべてうまく説明するものであったのです。

その後1958年に、アメリカのメーセルソン (Matthew Stanley Meselson) とスタール (Franklin William Stahl) が後に非常に有名になったDNAの複製過程を調べる実験を行ないました。彼らは、大腸菌をまず窒素の重い同位元素 (N^{15}) を含む培地で十分培養した後、通常窒素 (N^{14}) を含む培地へ移して培養を継続し、その後一定時



間ごとに大腸菌の一部を取り出して氷冷し、そこからDNAを抽出して分析用超遠心分離機という機械でDNAを重さで分離して分布の変化を調べたのです。その結果は図2に示したようになり、最初は重いDNAですが、時間の経過とともに中間のDNAが現れ、さらに軽いDNAが現れるという経過を辿ることがわかりました。このことは古いDNAが鋳型になって新しいDNAが作られていくという「半保存的複製」で説明できます。つまり、この実験によって遺伝情報を担うDNA分子の自己複製の仕組みが実験的にも証明されたのです。

(註) このことに関連することですが、2000年にロンドンのキングスカレッジで開かれたフランクリン・ウィルキンス棟の完成式典で述べた式辞の中で、ワトソンは、1961年に出されたクリックの手紙 (フランスのパスツール研究所で保存されていたもの) の中に書かれているように、「彼らの1953年の論文は、フランクリンのX線回折データを使ってまとめた」ということを認めたとされています。DNAの二重らせんの発見にまつわる物語の陰の部分です。