

DNA誕生の 謎に迫る!

遺伝子の本体DNAはどうつくられたか?
構造、進化、複製から起源の謎をひも解く!

武村政春

Science



サイエンス・アイ新書

オールカラー

SoftBank Creative



science-i



サイエンス・アイ新書

SIS-151

<http://sciencei.sbcr.jp/>

でいーえぬえーたんじょう なぞ せま
DNA誕生の謎に迫る!
い でん し ほん たい でいーえぬえー
遺伝子の本体DNAはどうつくられたか?
こう ぞう しん か ふく せい き げん なぞ と
構造、進化、複製から起源の謎をひも解く!

2010年2月25日 初版第1刷発行

著 者 たけむら まさはる
武村政春
発 行 者 新田光敏
発 行 所 ソフトバンク クリエイティブ株式会社
〒107-0052 東京都港区赤坂4-13-13
編集：サイエンス・アイ編集部
03(5549)1138
営業：03(5549)1201
装丁・組版 株式会社ビーワークス
印刷・製本 図書印刷株式会社

乱丁・落丁本が万が一ございましたら、小社営業部まで着払いにてご送付ください。送料小社負担にてお取り替えいたします。本書の内容の一部あるいは全部を無断で複写(コピー)することは、かたくお断りいたします。

©武村政春 2010 Printed in Japan ISBN 978-4-7973-4672-5

science i



DNA誕生の 謎に迫る!

遺伝子の本体DNAはどうつくられたか?
構造、進化、複製から起源の謎をひも解く!

蔵書章

武村政春



本文デザイン・アートディレクション：株式会社ビーワークス

カバー&本文イラスト：石森愛彦

本文図版イラスト：阿部彰彦

はじめに

DNAに関する本は山ほどあるが、DNAの“はじまり”に関する本はほとんどない。なぜ本がほとんどでないのかといえば、平たくいうと、DNAの“はじまり”に関してはほとんどわかっていないからであろう。

DNAといえば、遺伝子の本体として高校でも習う物質である。最近では、犯罪捜査や人物鑑定などにもよく用いられる。そうかと思えば、「誰そのDNA」、「ナントカのDNA」などというぐあいに、個人の能力や企業の体質に対して比喩的に表現されたりする。生物学用語としてはめずらしく、人口に膾炙^{かいしや}している物質である。

もちろんDNAは、その名前だけでなく、DNA本来の“居場所”でもある分子生物学の分野においても研究は著しく進み、ヒトゲノム解読計画もひととおり完了したいま、すでにその「物質としての」形やしくみ、はたらきなども多くの部分が解明されてきた物質なのだが……。

なぜか、その“はじまり”、すなわちDNAがどのようにつくられたか、どうやって遺伝子の本体としてはたらくようになったのか、つまりDNAの起源に関しては、かなりの部分が解明されておらず、謎のままで残っている。

地球に“はじまり”があったように、そして宇宙にも“はじまり”があったように、DNAにも“はじまり”があったはずだ。これほど多くの人にその名前が知られるようになったDNAの、その起源に関する一般向けの解説書がほとんどないというのは、確かに解説できるほど知識が蓄積されていない分野ではあるけれども、はたしてそれでいいのだろうか、と思うわけである。わかっていないとはいえ、これまで多くの研究者が研究を続けてきたその足跡は、論文として数多く残っている。ここはひとつ、そうした足跡の紹介も兼ねて、DNA誕生の謎に挑戦してみようじゃないか。そう思ったのが、本書執筆のきっかけであった。

従って、本書で紹介したことの多くが、いまだに仮説段階を超えてはいない内容のものである。もしタイムマシンというものが開発され、本当にDNAが誕生したころの地球に行くことができ、そこで化学分析装置などを利用してDNAがどうつくられたかを分析することができたとすると、もしかしたらこの本に書かれていることの、「半分は本当で、半分は間違い」であることが判明するかもしれない。もっといえば、「10分の1が本当で、残りはまったく間違いだった」ことが判明するかもしれない。

本書は、DNAの“はじまり”、そして生命の“はじまり”について、現在の研究者たちが(本書でご紹介した研究者もごく一部にすぎないが)どのように考えてきたか、そしてどのように考えているかを紹介しながら、DNAが

もつ化学的特徴、遺伝情報物質としての有用性、そうしたものに焦点を当てて書いたものである。決して生命の起源に関する「最新情報」を紹介しているわけではないし、さらにいえば、DNAの“はじまり”に関する学説についても決して本書で紹介した内容のものだけがすべてではない。その一部にすぎないのである。まさに「ないない尽くし」ではあるけれども、本書をお読みいただくことで、そうした未知の分野に少なからず興味をもっていただくきっかけにはなるのではないかと思っている。

本書にはその内容上、化学式が多く登場するが、とりあえずそれを無視して、本文だけをお読みいただいても十分理解していただけるように書いたつもりである。ときどき、白衣を着た小太りの、オタクっぽい男が登場するが、それが誰かはご想像にお任せすることとして、特に気になさらずに最後まで読み進めていただけることを切に願っている。

横浜国立大学の小林憲正博士ならびに東京薬科大学の山岸明彦博士には、ご専門の該当する箇所に関する校正ならびにコメントをいただいた。また仏パスツール研究所のパトリック・フォルテール博士ならびに米国立衛生研究所(NIH)のユージン・クーニン博士には、本書でご紹介した仮説に関する内容、参考文献などについてご教示をいただいた。この場をお借りして、厚く御礼申しあげたい。

2010年1月 武村政春

DNA誕生の謎に迫る！

CONTENTS

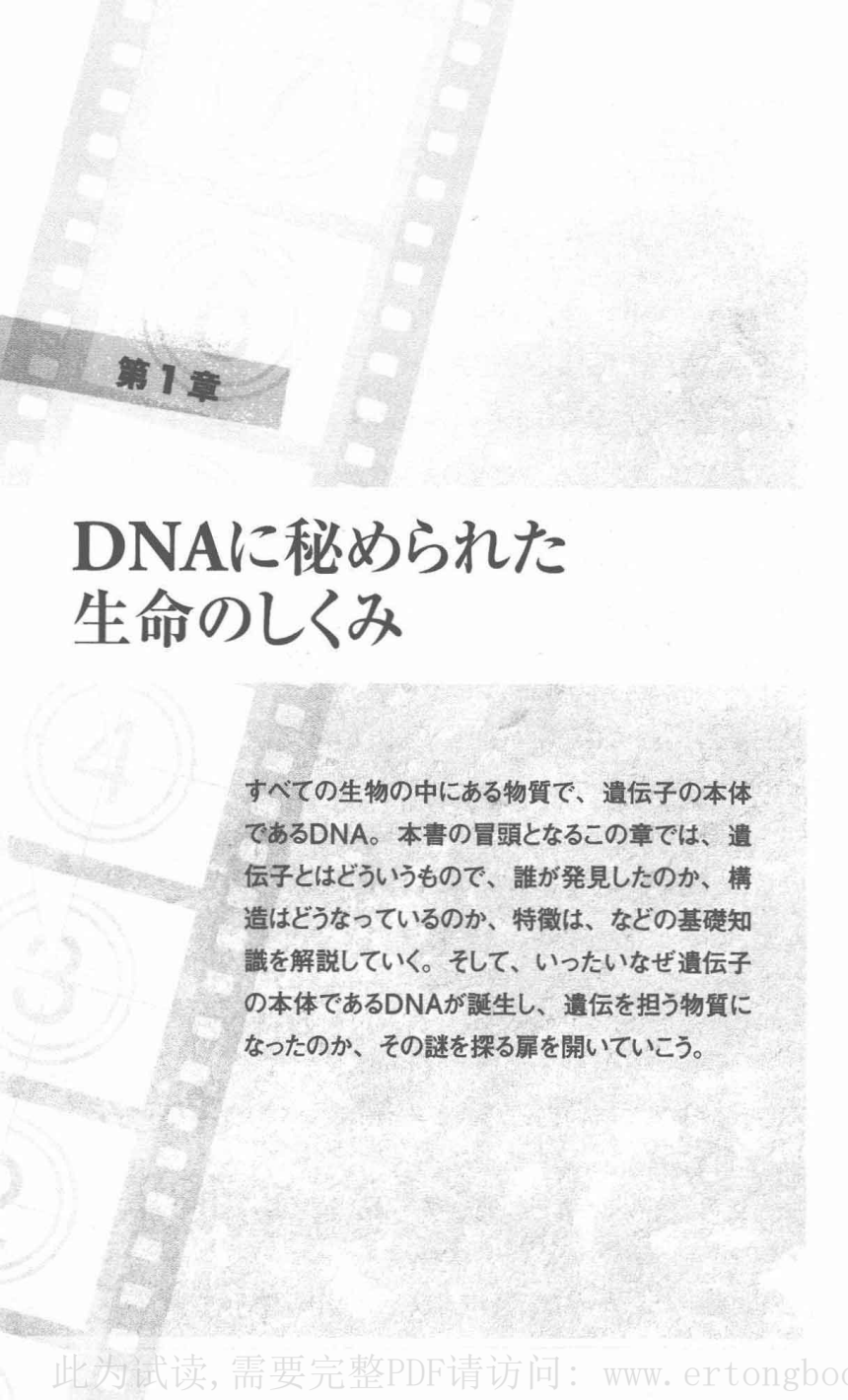
はじめに	3
第1章 DNAに秘められた生命のしくみ ...	9
ディー・エヌ・エー	10
遺伝子	14
遺伝子の本体・DNAの発見	16
DNAの構造	22
DNAは「ヌクレオチド」が たくさんつながってできている	26
DNAは簡単に コピーできるようになっている	28
第2章 材料をそろえるのは難しい	35
生物は自然に発生することはない	36
じゃあ、世界最初の生物は？	40
原始の地球でなにが起こったか	46
宇宙からの贈り物	52
パンスペルミア説	56
DNAの材料は 「パッチワーク」でできている	62
ミラーの実験では、 アミノ酸がまずできた	70
ヌクレオチドも自然に合成できる？	74
第3章 RNAを中心とする世界が 広がっていた原始地球	77
リボヌクレオチド	78
DNAの材料は RNAの材料からつくられる	84
RNAとはなにか	86
3種類のRNA	88
ナンでもこなすRNA	92
RNAワールド	98
リボヌクレオチドはどのようにつながり、 RNAができたか	100
プレRNAワールド	106



	RNAは酵素としてもはたらく	108
	ヌクレオチドを重合させるRNA	112
	自分でコピーをつくるRNAたち	116
	「ごみ袋」と「がらくた」	118
第4章	酸素原子の消失と安定化	125
	酸素原子(O)とリボヌクレオチド	126
	スプライシング	128
	スプライシングにおける	
	2'-OHのはたらき	132
	RNAは自己分解しやすい	134
	中間的な段階	140
	2'-OHの有無と核酸としての	
	二本鎖DNAの意義	142
第5章	DNAの“開発”	149
	チミンとウラシル	150
	試行錯誤の末にできたDNA	152

CONTENTS

ウラシルを使うDNA	154
3つのピリミジン塩基	156
シトシンの脱アミノ化とウラシル	158
チミンの“開発”	160
現在の「RNAワールド」	166
ウイルスとはなにか?	168
最初のDNAウイルス、現る!	172
DNAを“開発”したのは誰?	172
ウイルスによるDNAの開発	174
第6章 複製方法の進化と、 その後の生物の運命	183
複製方法の進化	184
RNAポリメラーゼと DNAポリメラーゼ	186
アミノ酸とタンパク質	190
DNAポリメラーゼはRNAポリメラーゼの 突然変異で生まれたのか?	192
祖先は同じ	194
プライマーゼがRNAポリメラーゼで あるということ	200
DNAはかつては複製していなかった? ...	200
DNA複製は、あるとき、転写の しそこないから始まった?	204
ハイブリッド核酸仮説	208
RNAプライマー誕生の謎	208
安定性と「複製」の副作用	214
DNA複製は完璧ではない	216
DNAを自由に扱えることができる 人間の未来	220
参考文献	224
索引	225



第1章

DNAに秘められた 生命のしくみ

すべての生物の中にある物質で、遺伝子の本体であるDNA。本書の冒頭となるこの章では、遺伝子とはどういうもので、誰が発見したのか、構造はどうなっているのか、特徴は、などの基礎知識を解説していく。そして、いったいなぜ遺伝子の本体であるDNAが誕生し、遺伝を担う物質になったのか、その謎を探る扉を開いていこう。

❧ ディー・エヌ・エー

最近、つとにこの「DNA」という言葉をテレビや新聞で見たり読んだり聞いたりすることが多い。もしかしたら「DNA」よりもむしろ、「遺伝子」という言葉のほうをより多く聞いたことがある、という方のほうが多いかもしれない。

DNAは、その発音のまま、「ディー・エヌ・エー」と読む。はたしてこのDNAとは、いったいどのようなものなのだろうか。

DNAは、私たち人間はもちろん、さまざまな動物や植物、すべての生物体の中にある物質で、「遺伝子」の本体である。

一般的には、DNAを擬人化したり、その重要さを際立たせて理解させるなどの目的のため、生物の行動を「支配している」などといわれることもある。

そんなDNAだから、もしかするとものすごくミステリアスな格好をしているのでは？ と思われる向きもあるかもしれない。

実際、「ディー・エヌ・エー」は一見して、本当に“ミステリアスな”格好をしているらしい。なぜ「らしい」などと余計な語尾をつけるかというと、筆者も直接、本物を肉眼で見たことがないからだ。

図1-1を見ていただきたい。なにやら鉢巻きのようにねじれた細長い物質が描かれている。これがDNAである。こんな不思議な格好をした物質が、あなたの中にも、筆者の中にも、ほらその庭で元気に走りまわっている犬のタロの中にも、そしてハラハラと桃色の花びらを散らす庭の桜の木の中にもあるのだ。

具体的な話をする、DNAのこのねじり鉢巻きのような構造を一般に「二重らせん構造」と呼ぶ。世界にちらほらと散見され

図1-1 DNAのかたち



DNAは2本の長い「鎖」がお互いに抱き合うようにして結合し、二重のらせん構造を呈している

る「二重らせん階段」は、登っていく階段と降りてくる階段が別々になっているため、登っていく人と降りていく人が途中で出会うことはない。これと同じで、DNAは2本の独立した細長い「鎖」のそれぞれがからみ合うように抱き合い、らせん状になっているのである(図1-2)。

二重らせん！

なんと車酔いになりそうな形であろう。

身体をぐるぐる続けて回したあと、酔っ払ったように目が回る経験は、おそらくほとんどの読者諸賢が経験済みであろうし、また気の遠くなるようならせん階段を上から見下ろして、まるで迷宮の奥底に落ち入っていくかのような錯覚を覚えた方もおられるだろう。らせん階段、しかもそれが二重になっているというのだから、聞いただけで目を回してしまいそうではないか。

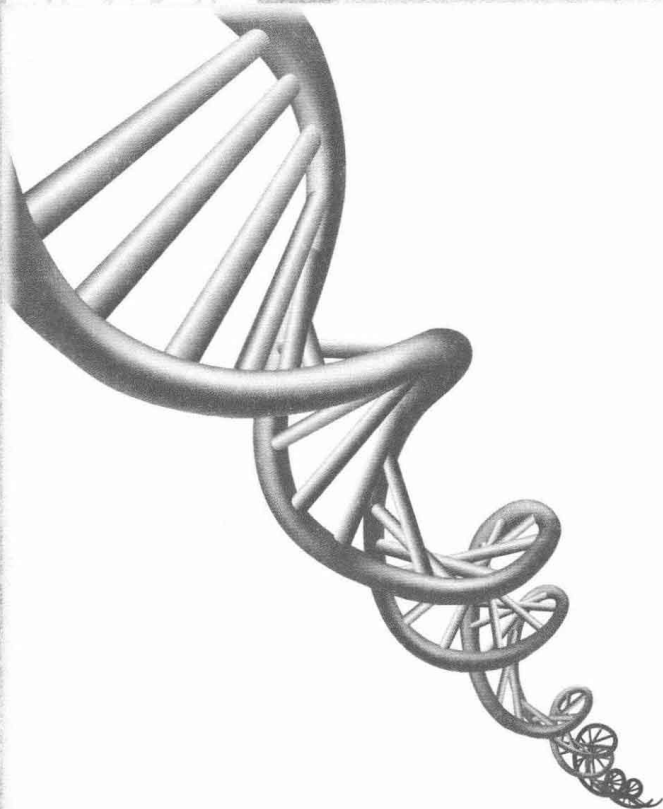
だが、この「二重になっている」ということこそディー・エヌ・エーの形の最大の特徴であり、かつまたその役割を考えるうえでもとても大切な特徴なのであった。

DNAは、私たち生物が、いま現在生きていくために、また子孫を残すために重要な物質なのだが、それに加え、すべての生物の「はじまり」に深く深く関わっている物質でもある。

DNAが世界で最初に発見されてからすでに100年以上経っている。そしてそのDNAの構造が解明されてから、すでに50年以上経過している。この何十年もの長い間、世界中の科学者が、DNAに隠された生命の秘密を明らかにしようと研究を続けてきたのである。

残念ながら、まだまだDNAの役割についてはわからないことが多い。とはいえ、いくらかはわかったこともあるし、こうなんじゃ

図1-2 二重らせん階段



もしあなたがミクロの世界に入り込み、「二重らせん構造」をとらせん階段を上から見下ろすと、いったいどうなるだろうか。想像するとなかなか楽しいものである

ないか、と仮の説明が考えられていることもたくさんある。

そこでこの本では、DNAと、それがつくりあげる生命のはじまり、つまりその起源について、いまわかっていないことをもとにしながら、筆者なりの物語を紡いでいきたいと考えている。この物語を読んで、生命の起源について興味をもってくださった方が、将来科学者になって、さらに真実に近い物語を見つけだしてくれれば、このうえもないよろこびである。

物語はまず、DNAをその本体とする「遺伝子」に関する話から始まる。



DNAを知るために
まずは遺伝子の話から
始めるよ!!

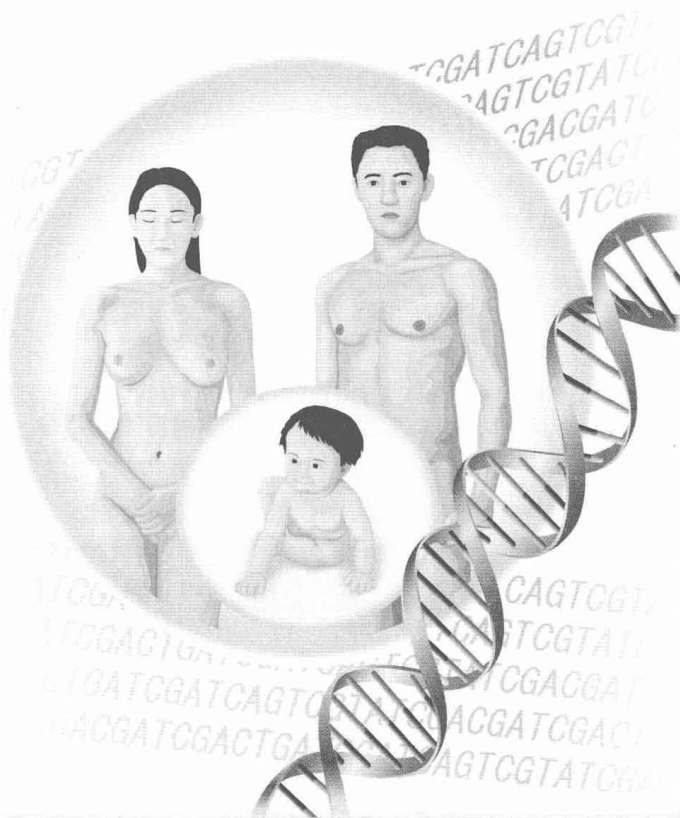
遺伝子

すべての人には父親と母親がいる。父親の精子と母親の卵子が合体し(受精)、そうしてできた受精卵こそが、私たちすべての人のもととなる。

おそらくほとんどの人が、自分の体のこと、あるいは性格などのことで、よく「お父さんに似てるね」とか「ママにそっくりだね」などといわれたことがあるだろう。目の形が父親そっくりだとか、ニンジンが大好きなのは母親そっくりだとか。

このような、親と子が似る物質的な原因こそが「遺伝子」と呼ばれるモノである(図1-3)。

図1-3 受け継がれる遺伝子



私たちは両親から「遺伝子」を受け継いで生まれてくる。だからこそ、顔立ちや性格などが親に似てくるのだ