

やさしい バイオテクノロジー

血液型や遺伝子組換え食品の
真実を知る

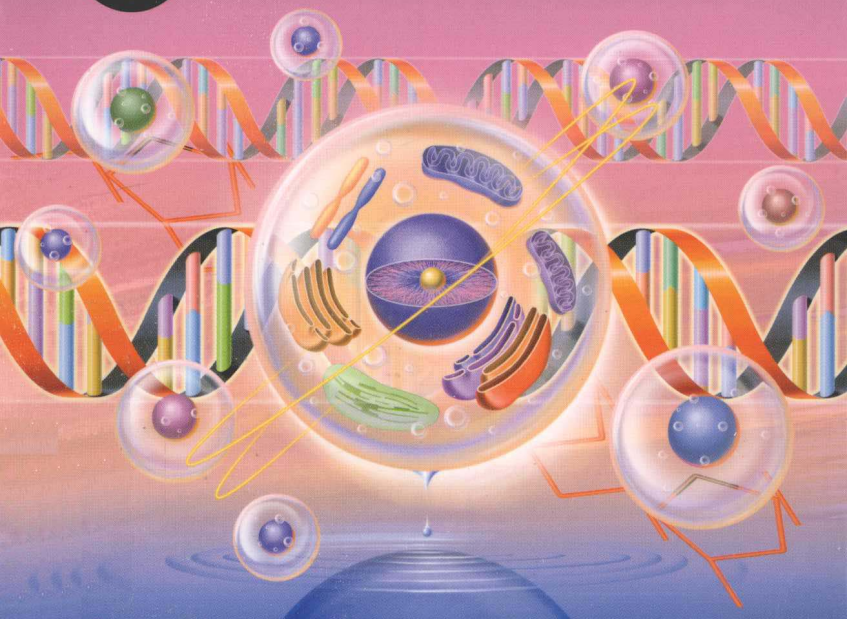
芦田嘉之

Science i



サイエンス・アイ新書

SoftBank Creative



science-i



サイエンス・アイ新書

SIS-010

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

Special Thanks

機材協力：ThinkPad X41

Type 2525-E9J

(レノボ・ジャパン)

やさしいバイオテクノロジー

血液型や遺伝子組換え食品の真実を知る

2007年1月24日 初版第1刷発行

著者 あしだよしゆき 芦田嘉之
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 クニメディア株式会社
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、小社販売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。

©芦田嘉之 2007 Printed in Japan ISBN 978-4-7973-3890-4



やさしい テクノロジー

血液型や遺伝子組換え食品の真実を知る

芦田嘉之

業学院图书馆
书章

本文デザイン・アートディレクション：クニメディア株式会社

図・イラスト：岩崎政志 (IWASAKI ILLUSTRATION STUDIO)

はじめに

遺伝子組換え食品の旗色が悪い。日本は遺伝子組換え作物の世界有数の輸入国であり、また消費国でもあります。それにもかかわらず、スーパーなどで表示義務のある遺伝子組換え作物を主原料にした食品を見つけることはできません。唯一「遺伝子組換え」表示で通販されているのが「納豆のススメ」(2003年11月販売開始)です。私が担当している授業で、発売直後から毎年、この遺伝子組換え大豆使用の納豆を生徒たちに配っています。強制したつもりはありませんが、けっこう皆さん食べてくれます。もっとも、納豆だけはいやだという人はいます。かくいう関西生まれの私も納豆は苦手ですから、積極的に食べるほうではありませんが。

食に関するさまざまな事件・事故から、毎日口にしている食の「安全」と「安心」に世間の関心が高まり、北海道などの自治体では独自の安全・安心条例を施行するところも出てきました。世間の各種アンケートなどによると、何となく「遺伝子」を嫌っていたり、うさんくさいものと思っていたりする人が多数派を占めます。多くの方は、遺伝子組換え食品を徹底して嫌い、高級天然コラーゲン配合の飲食物や化粧品に効能があると思ったりします。遺伝子なんか食べたくないという人まで

いたり、「遺伝」という言葉に反応して、遺伝子組換え食品を食べると自分の遺伝子に影響が出るのではないかと心配したり、子孫に影響が及ぶのではないかと心配する人もいます。あるいは、残留農薬や食品添加物が実際の発ガンの原因になると思ったり、BSE（ウシ海綿状脳症）に対して極端に警戒したりする人もたくさんいます。一方で無農薬野菜や有機野菜の安全性への信頼は、信仰の域に達しています。

このような誤解をしている人や食わず嫌いをしている人たちに必要なのは、「遺伝子」や「タンパク質」に対する基本的な理解と「科学的な思考力」ではないでしょうか。これらの武器を手に入れば、上記の諸問題はたちどころに解決します。

食品以外にも、血液型と性格、行動や思考パターンが関連していると広く信じられています。今のところ、血液型と性格や気質と関連性があるとの科学的な証拠はありません。もちろん、両者に関連はまったくないという証拠もありませんし、証明することもできません。そもそも血液型とは何なのか、血液型を決定している遺伝子がわかっていますので、その遺伝子の構造や働きはどうなっているのかといった、すでにわかっている事実をまず知ることが必要です。遺伝子のレベルで知ることにより、巷に流布している多くの誤解は解けるのではないのでしょうか。いったん知ってしまえば、実は「遺伝子」ってそれほど難しいものではありません。

本書には遺伝子とよく似た言葉で「ゲノム」や「DNA」（デオキシリボ核酸）も頻繁に登場します。この3つの語は紛らわしく理解しにくい言葉です。でも、いったんこの3つの語の意味

がわかってしまうと、生命の仕組みの大半がわかった気になるくらい重要な概念でもあります。

本書では、遺伝子などの基本用語を解説し、またいろんなバイオテクノロジーを紹介することで、血液型や遺伝子組換え食品などの話題を正しく知ることができるように努めました。そのために必要なトピックスを厳選し、基礎の説明も「ゲノム」と「遺伝子」に集中させました。

まず、序章で本書に登場する基本用語を簡単にまとめておきます。後でわからなくなったときにここへ戻ってきてください。第1章では生命科学の基礎を解説することで、遺伝子などの基本用語を理解することを目標としています。第2章では基礎から応用のバイオテクノロジーを簡単に紹介すると同時に、基本となる用語、とくに「ゲノム」と「遺伝子」については、各章ごとにしつこいくらい説明します。第1章が難しくてもわからなくても読み飛ばして、とにかく最後まで読んでみてください。

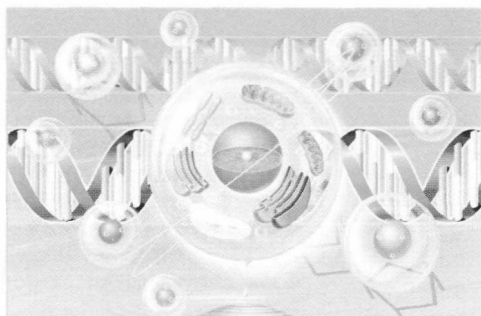
第1章で示した塩基配列とアミノ酸配列は日本の「DDBJ (DNA Data Bank of Japan)」などから提供されている「DDBJ/EMBL/GenBank 国際塩基配列データベース」より引用しました。文中の敬称はすべて省略いたしました。

本書は、私の呉工業高等専門学校での授業をまとめたWebサイトを基にしています。このサイトを見た編集担当の中右文徳さんから声をかけていただいたことから誕生しました。また、著者の妻、久里子には調査や「実験」など多方面にわたって協力してもらいました。 2006年 芦田嘉之

やさしいバイオテクノロジー

芦田嘉之

はじめに	3
序章	9
遺伝子組換え技術に関する意識調査	10
基本用語の解説—DNA、遺伝子、ゲノム	12
第1章 生命科学の基礎	17
1-1 マクロな生物学 — 生物とは何なのか	18
生命とは何か	18
生と死の境界はあるのか	22
生物の分類 細胞から	24
種とは何か	26
生物の分類 個体から	28
地球上の生物と生物進化	30
●コラム 進化学と創造論の違い	32
●コラム ウイルスは生物?	33
1-2 分子生物学の基礎と細胞生物学	34
DNAを見てみよう	34
遺伝子はどこにあるのか	36
ゲノムとは何か	38
遺伝子に何が書いてあるのか	40
細胞の種類と体細胞分裂 ゲノム2セットの細胞の分裂	44
生殖細胞 ゲノム1セットの細胞	46
減数分裂 生殖細胞の作られ方	48
受精と胚発生	50
遺伝情報の伝わり方	52
●コラム ゲノムと遺伝子	42
●コラム 生殖はなぜ必要か?	54
1-3 ミクロな生物学 — 遺伝子の一生	56
買ってはいけない 食べてはいけない 危ない「化学物質」	56
DNAは何からできているのか	58
DNAの二重らせん構造	60
細胞分裂のときDNAは複製される	62
アミノ酸 タンパク質の部品	64
タンパク質の構造	66
タンパク質の種類	68
遺伝情報からタンパク質が作られる	70
RNAの構造と働きと遺伝暗号コドン	72

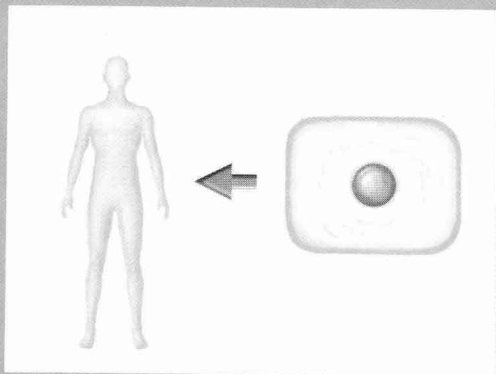


	コドンとtRNA	74
	転写 mRNAの合成	76
	翻訳 タンパク質合成	78
	合成されたタンパク質の行き着く先は	80
	突然変異 進化の原動力	84
	突然変異 遺伝子の変異が関係する病気	86
	塩基配列の変異とアミノ酸との関係	88
	細胞の多様性 同じゲノムなのになぜ多様な細胞があるのか	90
	体細胞間で異なるゲノムの例 DNAは意外に損傷創傷	94
	●コラム コラーゲンに美肌効果がある?	82
	●コラム ヒトゲノムの「解説」に違和感があります	83
	●コラム アメリカ産牛肉は危険か?	96
1-4	具体的な遺伝子の構造	98
	チトクロームC遺伝子を例に	98
	分子生物学的な系統樹 塩基配列から進化を見る	100
	鎌状赤血球症の発症メカニズム	102
	遺伝病の仕組み 劣性遺伝と優性遺伝	104
	アルデヒド脱水素酵素遺伝子	
	お酒の飲める人と飲めない人の遺伝子の違いはたった1塩基	106
	血液型を決める遺伝子	110
	血液型の分子生物学	112
	●コラム 血液型と性格に関連はあるのか	114
第2章	バイオテクノロジー	117
2-1	基礎的なバイオテクノロジー	118
	大腸菌を利用した組換えDNA実験1970年代に始まった革命	118
	バイオ実験に使う小物を紹介しましょう	122

	ポリメラーゼ連鎖反応 1980年代に始まった革命	124
	PCR法はあらゆる分野で応用されている	126
	PCR法のキーは特異的プライマの設計だ	127
	PCR法による特異的DNA断片の増え方	128
	DNA断片を分離して確認する方法 アガロースゲル電気泳動法	130
	塩基配列を決定する方法 ジデオキシ法	134
	DNAを利用した鑑定方法	138
	●コラム カルタヘナ法 遺伝子組換え生物を使うルール	142
2-2	植物のバイオテクノロジー	144
	野菜を水栽培してみると	144
	植物の育種 遺伝子組換え技術以前の技術	146
	伝統的な野菜って何だろう	152
	そもそも遺伝子組換え食品とは	156
	アグロバクテリウム法 よく使われる遺伝子導入法	158
	害虫抵抗性遺伝子組換え作物	160
	除草剤耐性遺伝子組換え作物など	162
	遺伝子組換え食品を作るときの問題点	164
	国産遺伝子組換え作物の花形 スギ花粉症緩和米	166
	遺伝子組換え食品の表示制度	168
	ゲノムと遺伝子の違い 古典技術と遺伝子組換え技術との違い	169
	遺伝子組換え食品は種の壁を超えているのか	170
	遺伝子を操作するのは神に対する冒瀡か	172
	ゲノムと遺伝子 野球とのアナロジー	174
	ゲノムと遺伝子 企業のDNA	178
	●コラム 天然なら安全、人工なら危険か?	154
	●コラム 遺伝子くみかえの法則	180
2-3	動物とヒトのバイオテクノロジー	182
	クローンとはそもそも何なのか	182
	受精卵クローン	184
	クローン動物の応用 クローン動物の作成技術	186
	雑種 かつてレオポンという珍獣がいた	188
	キメラ 妖怪「くだん」もキメラ	190
	胚性幹細胞の利用	192
	遺伝子改造人間を作ることまでできてしまう	196
	小説の中のクローン人間	198
	DNAチップを使ったオーダーメイド医療の可能性	200
	●コラム RNA新大陸発見	202

序章

基本用語の解説



あなたは遺伝子組換え食品についてどのような印象を持っていますか。まずは、10項目の質問に答えてみてください。また、本書を理解するのに必要な基本用語を簡単にまとめてあります。



遺伝子組換え技術に関する意識調査

私が担当する授業で、毎年最初の時間に「遺伝子組換え食品に関する認識度調査」と題して、生徒たちに次ページの10項目に答えてもらっています。設問に使った文章は、書籍やWebを参考にしたものです。使えそうと思った文章をメモして、少しアレンジして設問を作りました。

皆さんも回答して、○の数を数えてみてください。いくつありましたか？ 生徒たちの○の数は毎年4個から6個に集中しています。過去6年の平均値で、○の割合が比較的高い設問番号は、4番(55%)、7番(87%)、8番(63%)、および9番(57%)です。

「番外」の遺伝子組換え大豆使用の納豆の設問は、2年前から追加しました。アンケートを取った授業の最後に遺伝子組換え大豆使用の納豆を希望者に配ると、これが拍子抜けするほど簡単になります。ニュースやスーパーでの販売などヒステリックとすら思える遺伝子組換えアレルギーからすると、かなり違和感のある場面です。学会などでもこの納豆が振る舞われることがあります。例えば日本農芸化学会などでこの納豆入りの巻き鮓が振る舞われます。参加している人が農芸化学の科学者やその学生たちで、無料だし、ちょうどおながすいている時間だから当たり前かもしれないですが、あっという間になくなってしまいます。

ここではどんな意図で10項目の設問を作ったかは述べません。本書を読み終えれば、おそらく○の数はゼロ(番外を除く)になると思います。意外ですか？

遺伝子組換え食品に関する 認識度調査アンケート

以下の問いに対して、正しい(そのとおり)と思えば○、間違っている(違う)と思えば×で答えてください。

- 1 私は遺伝子組換え食品を、食べたことがない。
- 2 市販されている遺伝子組換え食品には抗生物質が含まれているものがある。
- 3 市販されている遺伝子組換え食品には除草剤が含まれているものがある。
- 4 遺伝子組換え食品には昆虫を殺す毒素(殺虫毒素)を作るものがある。この野菜を虫が食べると死んでしまうので、人間がこの毒素入り野菜を食べると、人間に害を与える。
- 5 遺伝子組換え技術を使えば、どんな遺伝子でも組み込むことができる。例えば、動物の足を作る遺伝子を野菜に組み込めば、野菜に足が生えて畑から逃げ出すことがある。
- 6 例えば、トマトの遺伝子にハエの遺伝子を入れ、腐りにくいトマトを作る。こんな、トマトを食べたいと思いますか？
- 7 どんな植物でも枯らすことができる強力な除草剤に耐性を持つ組換え野菜がある。つまり、強力な除草剤が残留した野菜を食べることになる。当然、この残留農薬が人間に害を与える。
- 8 通常我々が食べている食品はリスク・ゼロの安全なものであるが、遺伝子組換え食品はリスク・ゼロではない。
- 9 遺伝子組換え食品のように、自然でないものを食することは異常である。食品は自然のものがよい。
- 10 遺伝子組換え食品は絶対に安全なものである。

番外：遺伝子組換え大豆95%使用の国産納豆が市販されています。食べたいですか？



基本用語の解説—DNA、遺伝子、ゲノム

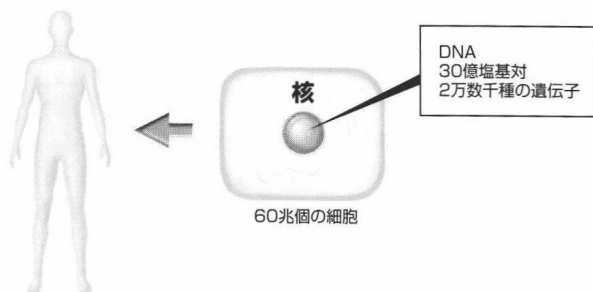
本書では「DNA」（デオキシリボ核酸）、「遺伝子」および「ゲノム」という用語を盛んに使います。これらの3つの用語を簡単にながめておくことにします。

すべての生物は「細胞」という基本構造を持っています。本書では細胞を作っている基本物質のうち、DNAと「タンパク質」にしばって説明します（糖質や脂質などは出てきません）。遺伝子の本体がDNAで、遺伝子の役割はタンパク質の設計図です。親から子、細胞から細胞へ伝わる情報は、DNA分子によって伝えられます。

DNAは4種の「塩基」、アデニン（A）、グアニン（G）、シトシン（C）、チミン（T）という化合物がつながった化学物質の名前です。塩基の並ぶ順番とその長さ、つまり「塩基配列」によって異なる構造の化合物ができます。「遺伝情報」というのはDNAの塩基配列のことです。タンパク質はアミノ酸がつながった化合物の名前です。タンパク質が生物の働きの多くを担っています。遺伝情報の中でも「RNA」（リボ核酸）にその情報が写し取られ（「転写」といいます）、タンパク質の「アミノ酸配列」を決めている部分が遺伝子です。

ヒトを例にして少し具体的に見てみましょう。ヒトの1つの細胞に含まれているDNA分子の長さは、だいたい30億塩基ぐらいです（実際には2セット）。さまざまな長さの遺伝子がこのDNA分子の中に2万数千個所あります。遺伝情報として30億塩基分の塩基配列が「ヒトゲノム」です。つまり、ある生物を構成するのに必要な遺伝情報のセットが「ゲノム」になります。その中には当然2万数千種の遺伝子が含まれています。ヒトは約60兆個の細胞からなります。すべての細胞は原則として同じゲノムを持っています。

図1 基本用語の解説 DNA、遺伝子、ゲノム



DNA



デオキシリボ核酸 化合物の名前
4種の塩基 A G C T がつながったもの
A G C T のつながる順番や長さは関係なし
遺伝子の化学的な本体

遺伝情報

塩基 A G C T の並び方 塩基配列

遺伝子

DNAの中にあるDNA分子のうち、タンパク質を作る情報が書いてある単位、DNA分子の一部分の配列
アミノ酸のつながる順番を暗号化
ヒトの場合、2万数千個所ある

ゲノム

1つの生物に含まれるDNAの塩基配列全体
ヒトの場合30億塩基分の遺伝情報

タンパク質

アミノ酸がつながってできたもの
遺伝子の遺伝情報にアミノ酸配列が書いてある
生物の働きの多くを担う

のっけから難しい話になってしまいました。でもこの時点でわからなくても何ら差し支えありません。

「遺伝子」という言葉は一般にはあまりウケがよくありません。遺伝という響きから悪い病気をイメージしたり、遺伝子組換え食品に抱くイメージから遺伝子を避けたりするからでしょう。確かに遺伝子というのはつかみどころのない言葉です。言葉だけではなんとなくわかったつもりでも、なかなかイメージがわいてきません。

歴史的に見ても、遺伝子という言葉は新しいものです。チャールズ・ダーウィン(1809～1882年)やグレゴール・ヨハン・メンデル(1822～1884年)の時代にはその片鱗が見つかった程度で、遺伝子という言葉はまだありませんでした。1869年、フリードリッヒ・ミーシャーがある膿(うみ)からDNAという物質を発見します。しかし、まだDNAの構造や役割はわかりません。1909年、ウィルヘルム・ヨハンセンがメンデルの提唱した因子を「遺伝子」と呼ぶことを提案しました。

その後DNAや遺伝子に関する研究が蓄積され、1953年、ジェームズ・デュイー・ワトソンとフランシス・クリックによりDNAの「二重らせん構造」のモデルが提唱されるにいたりました。この時点でようやく生命の基本的な物質の構造と、その役割が見えてくるようになりました。言葉は常に流動的です。遺伝子という言葉も使われ始めたころから現在まで、その使われ方が変わってきています。今の遺伝子の共通認識もいつまでも続くとは限らず、近い将来変わるかもしれません。実はその兆しが2005年から見えています。

遺伝子組換え食品なんか食べたくないと思っている人が多いことでしょう。遺伝子に悪いイメージを持っている人なら、遺伝子を食べることすら嫌っているかもしれません。そのような人の中

には、遺伝子を生命と等価なイメージで考えている人もいるかもしれません。そう考える人にとっては、遺伝子を操作することは、生命の基本設計を操作することを意味するわけですから、遺伝子操作などとてもないという認識になるでしょう。しかし、遺伝子にそれほど重い意味はありません。

遺伝子をいじくのはけしからんという人もいるでしょう。しかし、通常私たちが食べている野菜などの農作物は、野生の植物をヒトが遺伝子を操作することで作り上げた作品です。家畜のウシ、ブタ、ニワトリなども人が野生動物の遺伝子に介入して人工的に作り上げた動物たちです。もちろんペットのイヌも、おそらくたくさん種類がいますが、すべてヒトがその祖先のオオカミの遺伝子をいじくり回して作り上げた、ヒトの作品です。

誤解してはいけないのは、だからといって遺伝子組換え技術が無制限に使ってもいいといっているのではありません。狭い意味での遺伝子組換え技術だけをただ単に無批判に嫌うのではなく、新旧の技術の違いをきちんと認識し、安全性などを考えるときも両者を比べながら考えてほしいのです。少なくとも、遺伝子をいじくることがダメだというのであれば、野菜や家畜やペットはみんな否定されてしまいます。

Webで「遺伝子組み換え」や「遺伝子組み替え」をキーワードにして検索すると、その技術に徹底して反対している人たちのページに行き着きます（ちなみに「遺伝子組換え」をキーワードにして検索すると、先ほどとは毛色の違うページがヒットするのはちょっと面白いことです）。その中に、遺伝子をいじくるといっても、遺伝子組換え技術と通常の交配技術とは違うので比べることはできないという議論もあります。交配は自然の力で起こすもので、遺伝子組換え技術は完全に人工的な技術だという論点です。しか