

HOF 01-027

本田財団レポート No.27 「ライフ サイエンス」

(株)三菱化成生命科学研究所人間自然研究部長
中村桂子

本田財団レポート

No.1	「ディスカバリーズ国際シンポジウム ローマ1977」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭53.5	No.15	最近の国際情勢から NHK解説委員室主幹 山室英男	昭55.4
No.2	異文化間のコミュニケーションの問題をめぐって 東京大学教授 公文俊平	昭53.6	No.16	コミュニケーション技術とその技術の進歩 MIT教授 イシエル・デ・ソラ・ブルー	昭55.5
No.3	生産の時代から交流の時代へ 東京大学教授 木村尚三郎	昭53.8	No.17	寿命 東京大学教授 古川俊之	昭55.5
No.4	語り言葉としての日本語 劇団四季主宰 浅利慶太	昭53.10	No.18	日本に対する肯定と否定 東京大学教授 辻村 明	昭55.7
No.5	コミュニケーション技術の未来 電気通信科学財団理事長 白根禮吉	昭54.3	No.19	自動車事故回避のノウハウ 成蹊大学教授 江守一郎	昭55.10
No.6	「ディスカバリーズ国際シンポジウム パリ1978」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭54.4	No.20	'80年代—国際経済の課題 日本短波放送専務取締役 小島章伸	昭55.11
No.7	科学は進歩するのか変化するのか 東京大学助教授 村上陽一郎	昭54.4	No.21	技術と文化 IV A事務総長 グナー・ハンペリュース	昭55.12
No.8	ヨーロッパから見た日本 NHK解説委員室主幹 山室英男	昭54.5	No.22	明治におけるエコ・テクノロジー 山本勝店主 山本七平	昭56.5
No.9	最近の国際政治における問題について 京都大学教授 高坂正堯	昭54.6	No.23	西ドイツから見た日本 電気通信大学教授 西尾幹二	昭56.6
No.10	分散型システムについて 東京大学教授 石井威望	昭54.9	No.24	中国の現状と将来 東京外国语大学教授 中嶋嶺雄	昭56.9
No.11	「ディスカバリーズ国際シンポジウム ストックホルム1979」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭54.11	No.25	アメリカ人から見た日本及び日本式ビジネス オハイオ州立大学教授 ブラッドレイ・リチャードソン	昭56.10
No.12	公共政策形成の問題点 埼玉大学教授 吉村 融	昭55.1	No.26	人々のニーズに効果的に応える技術 G E研究開発センター・コンサルタント ハロルド・チェスナット	昭57.1
No.13	医学と工学の対話 東京大学教授 渥美和彦	昭55.1	No.27	ライフサイエンス (株)三菱化成生命科学研究所人間自然研究部長 中村桂子	昭57.3
No.14	心の問題と工学 東京工業大学教授 寺野寿郎	昭55.2			

講師略歴

中村桂子（なかむら けいこ）

昭和11年 東京に生まれる。

昭和34年 東京大学理学部化学科を卒業。

昭和39年 東京大学大学院生物化学博士課程を修了。

現在 ㈱三菱化成生命科学研究所人間自然研究部長、理学博士。

専攻 生命科学

著書 「生命科学」（講談社 サイエンティフィック）

「Microbial Ribonucleases」（共著 Springer Verlag）

「シリーズ生命科学」（平凡社）

をはじめ多くの著訳書がある。

このレポートは昭和57年1月22日、パレスホテル
において行なわれた第20回本田財団懇談会の講演の
要旨をまとめたものです。

はじめに

最近、「ライフサイエンス」、「バイオテクノロジー」などという言葉が使われるようになったので、その簡単な説明をする事が今日の目的だと思います。

エレクトロニクス・光・新素材など今後発展が期待される技術は、他にもたくさんあります。ところでこれらの技術はそれがどのように使われていくのか、例えばコンピューター・通信・ロボットの今後の方向については、私のような素人でもそれなりの想像ができます。専門の方々はかなりはっきりした予測を持っている技術なのではないでしょうか。ところがバイオテクノロジーは、何が可能でどのような社会をもたらすのか、多分専門家にもまだよく分っていないというのが本当だろうと思います。と言いますのは、生物学はまだこれからの学問だからです。最近になって急速な進歩をしていますが、生物は複雑で解き明かすのにはまだ時間がかかります。ですから技術としての可能性も予測は難しいのです。

例えば、遺伝子組換え・遺伝子操作という言葉をお聞きになる事があると思いますが、この方法を利用して新技術が生れてきた事は事実で、それによって近い将来薬ができるとか、農業に影響を与えるとか、いくつかの可能性が考えられます。この技術で今すぐできる事は何かまだよく分りませんが、将来こうなるだろうという予測の技術にはこれが大切で、この点に関しては、既に世の中で言われている一般的な事以上の事はなかなか難しいです。そこで、その様な事を考える前段階として、いま生物について考える事の意味を分つておいて頂くことが必要ですので、今日はそのお話をさせて頂こうと思います。



バイオテクノロジーが注目される根拠

「ライフサイエンス」という学問を基盤にした「バイオテクノロジー（生物を使った技術）」がどういう産業になっていって、どの位もうかるかはすぐには分りません。けれども技術者の方々が生物に着目するのは当然だし非常に大事な事だと、これははっきり言えると思います。

● 技術の流れ

直接生物の話から離れますが、技術を考える時に、物・エネルギー・情報の3面を考えることができます。技術の大きな流れを考えますと、最初に農業の革命が起こりました。それまでは自然の中で与えられた物を使っていたのが、積極的に自分で必要な物を生産したり、食糧を自分のほしい形で得ると

いう技術がまずできました。すなわち、物を得る技術です。次がいわゆる産業革命です。これはエネルギーを自分の望む形にして利用し、最終的には自分のほしい物を得る技術の誕生を意味します。そして、最近時における情報革命が次の変化です。

この様に、私達の生活を見ていると物が豊富になり、エネルギー使用量も増え、情報も増えています。もちろん量的にだけではなく、質的にも色々な意味での改良がなされてきたというのが今までの技術だったと思います。それでは次の技術はなにかと言うと、私達が手にした情報を上手に使って、今までの技術をシステム化していくのがこれからの中の大きな一つの流れだろうと思います。

●生物の中のシステム

そういう目で見ますと、生物は地球上で長い間巧みに存在してきたシステムだという事が言えます。物質・エネルギー・情報が巧みに組合わされています。ですから、これからのシステム化を考える時には生物を参考にしたり、生物を使えるところはそのシステムを使ったりという事が興味深い事になると思います。これは技術の流れをみると当然の動きではないかと思います。

私達は食物を消化し、それを材料にして自分の体を作るのに必要なものを作り直します。一方、呼吸で得た酸素で食物として得たものを燃やしてエネルギーを得ます。私達は普通エネルギーを得るために、炭素化合物である石炭とか石油を直接燃やして炭酸ガスにします。ところが生物は、物を取り入れたらそこで自分の体で必要とする基礎物質を順番に作ってゆき、それをくり返しながら同時にエネルギーを作ってゆきます。エネルギーや物質を作っていく活動は、細胞の中のミトコンドリアという場所で行なわれています。生物の構成物質中でその時々に新たに必要とする物質を作りながら、同時にエネルギーを無駄なく作ってゆくシステムになっています。しかも、この物質生産は必要に応じてその生産が調節されます。必要か必要でないかの情報がはいって、必要な物が順番に作られます。そこでは、酵素と呼ばれる触媒が働いて、それがまた一つの情報をもっています。これが生物がシステム化しているという一つの典型的な例なのです。そういう系として、生物を技術者の目で見ると面白いと思います。

●生物としての人間

もう一つ、これからの技術に対する考え方は、人間中心になると思います。人間の未来を考え、その中でどのように技術を使ったらよいかを考えなければならぬと思います。そこで視点として必要なことの一つは、人間も生物であるという事です。ですから今後の技術を考えるためにも、また、人間の未来を考えるためにも、生物としての人間を理解する必要があると思います。

分子生物学の誕生

いま申し上げたように、システムとして生物を見る能够ができるようになったのは、生命現象の基本を分子のレベルで理解しようという分子生物学という学問が進歩してきたからです。「ライフサイエンス」、「バイオテクノロジー」などは生物学の上に考える事ができます。1970年頃に「ライフサイエンス」という言葉が使われ始め、「バイオテクノロジー」という言葉は1980年代になって使われ始めました。実はそのちょうど10年位前に分子生物学を研究する人達が日本の中で増えていました。

分子生物学はいまお話ししたように、生物の情報系・エネルギー系・物質系のシステムとして捕えていく学問だったと思います。この学問が日本に入って来たのは1950年代なのですが、その芽はもっと前からありました。

1930年代に物理学では、量子論が基本的におおよそできあがりました。その頃の有名な物理学者ニールス・ボアーガ、「物理の世界は物理学ではほとんど説明できることが分ったが、唯一つ、生物はわからない」と言っています。「どうも生物は他の物とどこか違う。一体あの中ではどんな事がおきているのだろう」と考えていたのです。

ニールス・ボアーガともう一人シュレーリンガーという当時の二大物理学者といってよい二人が、生物についていろいろ考え始めました。シュレーリンガーは、「生命とは何か」という本を書いて物理学の言葉で生物を説明する事を考えました。一方ボアーガは、生物の中では無生物界とは違う法則が働いているのではないかと考えました。彼は、「光と生命」と題した講演でこの考えを述べ、それを聞いていた若い物理学者が実際に生物の研究を始めました。生物の中では、遺伝現象が最も扱いやすく、また基本的なものですのでそれに眼を向けました。最初この動きはヨーロッパでおこりましたが、第二次大戦でドイツからアメリカへ多くの人が移っていました。この活動はアメリカで盛んになりました。日本は当時海外と学問的な情報流通がありませんでしたから、そういう新しい生物学がおきていると言う事は全く知りませんでした。

今までの生物学者ですと、例えば蝶が好きな人は蝶を研究するという様な事が多く、個々の生物の研究が主でした。けれども物理学者は基本原理を操る事が目的ですので最も簡単なモデルは何かと考えます。実際には生物のモデルとして、大腸菌を選びました。最近、遺伝子組換えなどで大腸菌を用いるのは、この時からこの菌を使ってきたからです。こうして大腸菌遺伝学の研究が始まったわけです。メンデル以来、遺伝子というものの存在は考えられていたのですが、遺伝子とは具体的にどんなものか、どのようにして遺伝するのかは分っていませんでした。しかし、大腸菌を使った研究で、15年位の非常に短い期間にそれが明らかになりました。ボアーガが言ったように、生物の中だけ特別な法則が働くという事はありませんでした。ほかの世界と同じ物理法則で説明できる事しかおこっていなかったのです。ですからボアーガ

は間違った事を言ったのですが、それが大変に意味のある事だったわけです。ボバーの講演を若い物理学者が聞いて刺激されなければ、今の分子生物学はなかったのではないかと思います。たとえ間違っていても、ある種の刺激を与えたという事は大きかったと思うのです。

単細胞生物の遺伝学

● 遺伝子の発見

生物の中でも特別な法則はないけれど、たいへん興味深いことが分りました。生物には遺伝子が必ずあります、この遺伝子の本体が分ったのです。これがDNAと言うものです。地球上の生物であれば、皆同じ物質が遺伝子として働いているのです。これは二つの糸がからみあって、ナイロンなどと同じような高分子の糸です。分子が数珠のように並んでいる非常に長い糸です。

遺伝子がどの生物でも同じというのは今ではあたりまえの様に思いますが、当時1950年代にこの事実が発見された時は皆驚きました。特に西欧の物の考え方に対しては、大きなショックを与えたのです。今でもアメリカなどでは進化論ではなくて、天地創造説を主張するグループが根強く運動を続いているくらいで、人間だけは特別な存在だという考え方をしてきたわけです。しかし遺伝子という物質で見れば、人間も大腸菌も全く同じ物だという事が分子生物学で明らかになりました。今までの生物学はそれぞれの違う点を問題にしていたのですが、どんな生物でも共通な物があるというところに力点を置く考え方が出てきたわけです。分子生物学が物理学から出発したものだった事が、この様な考え方につながってきたのかもしれません。

遺伝子は糸なのですが、初めにお話しした情報という意味では、糸と言うよりテープと言った方が良いかもしれません。生物が色々な物を作り出す為の情報が全部載っている、一種のテープのような物と言えます。以後このテープ、つまり遺伝子に着目してその情報のもとに生物はどのように働いているシステムであろうか、という事を研究するのが分子生物学の基本的な仕事になったわけです。

● 遺伝子の働き

それでは遺伝子が実際に情報源としてどう働いているかと言いますと、基本的に二つの事を行なっています。一つは、増えるという事です。自分自身が自分と同じ物を作る。親が子に渡した遺伝子が子供の体の中で増えていく。これは私達が日常語でいう遺伝に相当します。どうしてカエルの子はカエルで子は親に似るのかと言うと、遺伝子という実物を渡し、それが増えるからなのです。

もう一つの働きの方は、割合知られていません。私達が自分の体の中で必要な物を作る場合にも遺伝子が働いています。私達の体はすべて細胞でできています、60兆個位ありますが、そのすべての細胞の中に遺伝子は入っています。体の細胞の中の遺伝子は、子供に伝わるという事はありません。例えば、皮膚の細胞の遺伝子が子供に伝わるという事はありません。

それでは何の為にそこにいて、何をやっているのでしょうか。皮膚の細胞はたえず入れ換わっています。体は常に新しい細胞を作っているのです。皮膚の細胞を作るには、人間の皮膚の細胞用のたんぱく質を作らなければなりません。ところが私達が食べているのは卵や魚や肉ですから、それを一度おなかの中で消化し、それを材料にしてもう一度自分の皮膚のたんぱく質を作り直さなければなりません。その時にどんなたんぱく質を作ればよいのか。皮膚の細胞の遺伝子が、お前の皮膚の細胞はこういうたんぱく質からできているのだから、こういうたんぱく質を作れという命令を常に出し、入って来た材料で自分の皮膚を作らせているのです。ですから、例えば半年ぶりに会った友人の体の表面の材料は、半年前とは違い、その間に食べたビフテキか何かでできているわけですが、友人と分るのは遺伝子が命令していつも同じ物を作らせているからなのです。これも遺伝子の働きです。

従って、一番目の働きはカエルの子はカエルという種としてずっとつながっていく。今の流行の言葉を使えば、「種としてのアイデンティティ」を保つ為の働きです。二番目の働きは、生まれてから死ぬまで、私は私であり続けるという、「個のアイデンティティ」を保つ為の働きです。ですから分子生物学の遺伝子の働きの研究は、遺伝子の増え方と遺伝子のたんぱく質の作り方の両方の研究があるのです。後者はさっき申しました、システムが働く時におおもとの情報として遺伝子がどの様に働いているかという研究なのです。

● 遺伝子の調節機能

遺伝子の働きをすべてお話しする余裕はありませんが、一つ興味深いことを申し上げます。よく遺伝子がありとあらゆる事を決定している。そこが遺伝子の特徴の様に考えられがちですが、遺伝子の働きを見る時、一番面白い事は決定という事よりはむしろその調節です。いかにうまく外に対応して働いていくかというところです。私が最初に分子生物学をやりたいと思ったきっかけの一つは、まさにその事でした。

1950年代の終わり頃、一つの有名な論文が出ました。そこには大腸菌の遺伝子をみるとその中のある部分に、ある1つの酵素を作りなさいという命令を持った遺伝子があり、その次にまた別の酵素を作りなさいという遺伝子がある、という様にその地図が書けるとあります。この様に私達を魅惑した論文には、物を作る命令をする遺伝子のほかに、これとは全然別の働きをする遺伝子があると言うのです。調節用の遺伝子がついていると言うのです。

つまりたんぱく質を作る遺伝子のスイッチの働きをする遺伝子がある、と言う事が分ったのです。このスイッチがONになりますとたんぱく質を作り、OFFになるとこのたんぱく質は作らないという働きをするのです。

この事を研究の例で説明します。大腸菌は外から栄養分として色々な糖を取ります。糖にもグルコース、ガラクトースと色々な種類の糖があります。その糖を取り入れてそれを材料にエネルギーを得たり、体を作ったりしていくわけです。普通、大腸菌はグルコースで飼います。大腸菌はいつでもグルコースを利用するための酵素を作り、それで生きていきます。ところが、グルコースを与えないで別の糖、例えばガラクトースだけを与えてやりますと、ガラクトースを食べないと生きて行かれない様になります。そこで大腸菌はこの時には、ガラクトースを分解する酵素を作りガラクトースを利用して生きていきます。この遺伝子のスイッチはいつもOFFになっています。それはスイッチをおさえるような物質を作る働きがあって、OFFにしているのです。ところが、ガラクトースが入って行きますと、ガラクトースはスイッチをおさえる働きをする物質にうまくはまり込んで、働けないようにしてしまいます。その結果スイッチを止める働きがなくなって、スイッチがONに変わるのでです。すなわち、ガラクトースを利用するための酵素を作り始めます。ですから、分解しなければならない物が入って来ると、それがスイッチをはずして自分を分解して利用できるような酵素を作り出すわけです。外から何が入って来るかによってスイッチのONかOFFかが決まります。それを食べないと生きられないわけですから、それを食べるためのたんぱく質を作る様になります。そういう調節をやっているのです。

私達は、生物や環境に対応してうまくやっているなと何となく感じていたわけですが、それが遺伝子のレベルで説明されたわけです。こういう事が色々な所で調べられ、遺伝子のレベルで生物はいかにうまく調節されているかという事が、次々に分っていました。

●大腸菌の遺伝子

遺伝子の研究はそのほとんどが大腸菌で行なわれてきました。大腸菌でやりましょうと世界中の分子生物学者が決めたのですから、大腸菌の遺伝子については、大体ほとんどの事が分りました。

図-1は10万倍位にした大腸菌です。もともとは2ミクロン位のもので、この中にDNA、遺伝子が入っているのです。

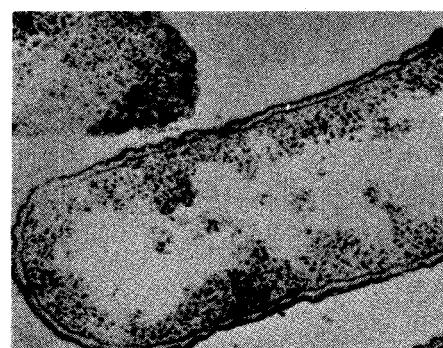
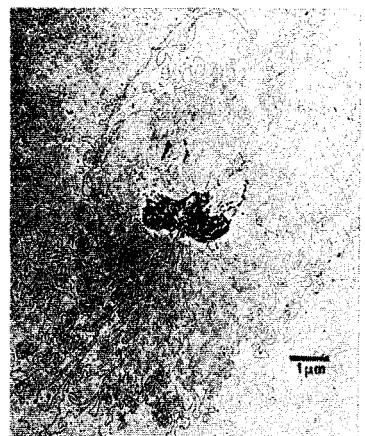


図-1

図-2も大腸菌です。大腸菌にショックを与えて割ったら、中に詰まっていたDNAが飛び出したところです。この様に細い糸が詰まっているのです。2ミクロンの中に1ミリ位の長さの物がぎゅうっと詰まっているわけです。ですからそれを解くと、全部たどって行けば1本になるのです。



图—2

図-3はもう少し小さなウィルスの場合で、少しあかりやすく、1本につながっているのがはつきり分ります。

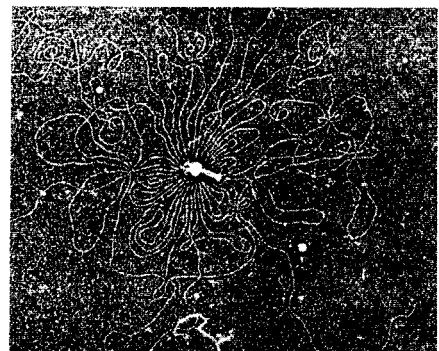


图 - 3

図-4は二重のらせんが書いてあります。

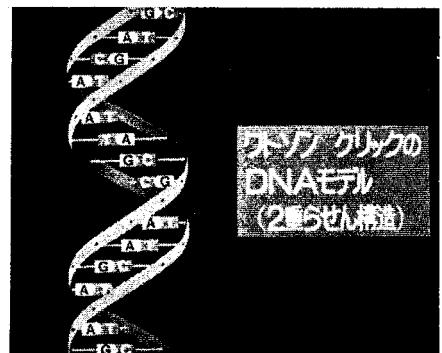


図-4

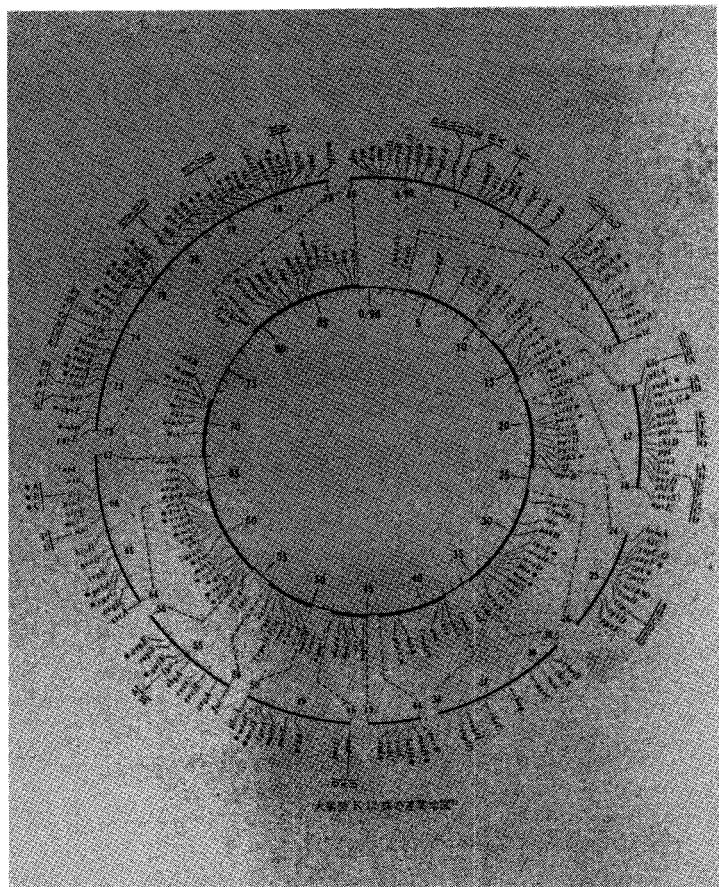


図-5

図-5が大腸菌の2ミクロン位の中にこの様に入っているという模式図です。これで分る事は、大腸菌の遺伝子は1本ですが、体の中に入っている時には端と端がつながって、2つの輪になっています。大腸菌ではこういう事が、大体1960年代に全部わかりました。

●大腸菌の遺伝学の完成

大腸菌の遺伝子は、小さな分子が400万個位つながった1ミリ位いの高分子です。遺伝子を作っている小さな分子をビーズだとすると、1つ1つのビーズ玉が4種類あります。その4種類がどのように並ぶかによって情報が決まります。組み合わせです。そのビーズ玉が3つで1つの情報、つまり言葉になっています。ですから400万個あるという事は、百何十万かの言葉が並んでいるという事です。遺伝子を解析してみると、ビーズ玉1000個位いが大体1つの遺伝子になっていますので、結局大腸菌は3000種類位いの遺伝子があると考えられます。大腸菌が作っているたんぱく質は3000種類位いあるという事が分っていますので、遺伝子の数と作られるたんぱく質の種類の数とが一致します。

こうして、1960年代の終わりに大腸菌の遺伝学の基本はほぼ完成しました。ですからその頃、もう分子生物学は終わったと皆が言った時期がありました。

最初に言いましたように、大腸菌でも人間でも基本的には同じ遺伝子なのですから、大腸菌の事で分ったからもう遺伝子の事は全部分ったと、10年位前に皆がそう思ったのです。

多細胞生物の遺伝学

ところがよく考えてみると、大腸菌はいま申しましたようにたった1個の細胞ででき上っているのです。私達の体は、これも先ほど言いました様に、60兆個位の細胞でできているのです。それがしかも、ただ細胞が固まっているだけではなく、脳の細胞あり、心臓の細胞あり、色々な細胞があってしかも、鼻の形とか、口の形とか、体も決まってできています。生物は細胞の集まりですが、ただの固まりではないのです。大腸菌の様な生物はたった1個で1個体ですから、単細胞生物と言います。私達の様なのは多細胞生物と言います。

いま大腸菌での遺伝子の働きを、多細胞と全く同じに考えて良いかどうか、これは疑問です。科学ですから、単細胞での知識をただ延長して、これで遺伝学は終わったと言っているわけにはいきません。そこで多細胞での遺伝子の働きが、次の分子生物学の課題になりました。私達と同じような生物では一体どうなっているのか、という研究が始まりました。単細胞では大腸菌という大変良いモデルを選んで、大変短い時間で大きな成果をあげたのですが、多細胞を始める時には最も良いモデルがすぐには決まらなかったのです。ですからこの当時、世界の有名な分子生物学者達が色々な事を始めました。例えば、単細胞にはなくて多細胞にはある面白い細胞は神経ですので、神経のモデルになる様な一番簡単な生物を選ぼうという考え方もありました。ヒルを始めた人もいますし、センチュウの研究を始めた人もいます。もちろんネズミで始めた人もいます。モデルなのですから、形のあるものでやつたのでは大変むずかしいので、多細胞の生物の細胞を試験管の中で培養し、それをモデルにしようとした人もいました。ところがなかなか皆うまくいきませんでした。有名な分子生物学者達が色々な事を始めたのですが、なかなかこれぞという論文が出てこないという時代がしばらく続きました。

●遺伝子組換えの成り立ち

その時、多細胞生物の遺伝子研究にとって画期的な技術が開発されました。それが「遺伝子組換え」です。最近、「遺伝子組換え」とか、「遺伝子操作」とかよく言われますので、言葉ぐらいお聞きになっていると思いますが、遺伝子組換えというのは、一言で言えばある生物の遺伝子の一部を大腸菌等の中に入れて働くさせる技術です。遺伝子はこれまで申し上げたような生物の基本とも言える物質であるのに、やたらにいじりまわす技術だと受け止められている向きもありますが、「遺伝子組換え」という技術は、実はいま申し上げ

た摸索の中で生まれて来た分子生物学の基礎技術なのです。

何がそんなに画期的なかと言いますと、こういう事です。大腸菌の遺伝子が解析できたのですから、それと同じやり方で多細胞生物の遺伝子も解析すれば良いではないかとおっしゃるかもしれません、先ほど大腸菌の遺伝子は400万と言いました。人間ですとこれが32億あります。約1000倍あるのです。しかもそれが心臓の細胞とか、脳の細胞とか、色々な細胞があって、それぞれの細胞が別々の細胞なのです。ですからネズミの遺伝子について調べたいとすると、例えばネズミの肝臓の細胞を集めてその遺伝子について、大腸菌の遺伝子と同じ事を調べなければなりません。まず大腸菌で調べた時に使った量と同じだけの遺伝子を集めて来なければなりません。実験ですから材料がない事にはどうにもならないのです。大腸菌を育てる時、条件がよければ20分で2倍になる位、良い材料だったのです。人間の体の細胞が60兆個位でできていると申しますと、ものすごく多いとお思いになると思いますが、実験に使う時の大腸菌の量は60兆個位すぐに使うのです。そうしないと遺伝子を調べるなどという作業はできないのです。大腸菌は一晩飼っておけば、60兆個位はすぐに手に入ります。ところがネズミの肝臓の遺伝子をこれだけの量を集めようとしたら、毎日たくさんのネズミを殺して調べるという事をしないと、同じような実験はできないわけです。つまり、現実的にはできない事なのです。

そこで行き詰まっていたのが、いまの遺伝子組換えというのができた為に、それができる様になりました。具体的に申しますと、例えば人間の遺伝子は32億のビーズ玉が並んでいますが、それを適当な大きさに切る酵素がまず見つかりました。小さく切り分けた遺伝子にして、一つずつ順番に調べて行く事ができる様になったのです。次に、その切り分けた遺伝子の一つを大腸菌の中へ入れる事ができる様になりました。つまり、大腸菌は先ほど申した様に何十兆個まで増やすのは非常に簡単なわけですから、入れられた遺伝子も何十兆個分すぐに増えるわけです。それが1971年から1973年にかけてできるようになりました。(図-6 参照)

少しその方法を説明します。菌の中にはよく自分の遺伝子の他に居候の遺伝子がいます。居候の遺伝子の一つにウィルスがあります。ウィルスの中には居候をしているだけでなく、自分はどんどん増えてしまって、結局細胞を殺すという様なものもあり、これが害を及ぼすのです。

また、その様には増えない居候、静かにしている居候もいます。本体の百分の1とか千分の1とかいう位の大きさの小さな遺伝子です。これをプラスミドと呼んでいます。プラスミドは試験管の中に取り出す事ができ、これを先ほど申した酵素で切れます。増やしたいと思う遺伝子も同じ酵素で切れると、切り口が同じなのでプラスミドとつ



図-6

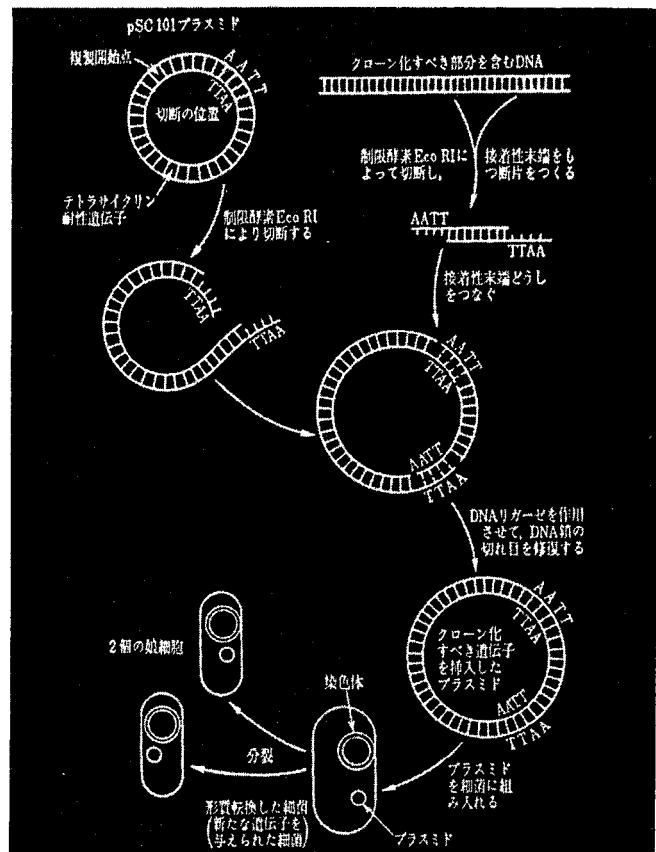


図-7 遺伝子組換えの実際
 (スタンリー・N・コーベン「遺伝子操作」、
 Scientific American, 1975年7月号、P.30を改変)

なぐ事ができるのです。居候の中に入間なら人間の遺伝子をはめ込む事ができます。(図-7参照)

なぜこの様にはめ込む事ができるのかと言うと、最初に申した様に、遺伝子は大腸菌の遺伝子だらうと人間のものだらうと構造が同じだからです。非常に大ざっぱな事を言えば、録音用のテープはメーカーが違っても幅も構造も同じですから、切ってつなげる事が多分できると思うのですが、それと同じ意味で、遺伝子も構造が同じですのでつなぐ事ができるのです。

こうやって実験に使う遺伝子を入れた大腸菌を増やせば、遺伝子も増えます。そしてこれを調べる事ができるのです。そうやって人間などの遺伝子を調べて行くという事がいま始められています。いま世界の人がこの方法を使って、多細胞生物の遺伝子の研究を始めました。遺伝子組換えの第一の目的はここにあるのです。

●技術者から見た遺伝子組換え

ところが、技術的な眼を持っている人が同じこの作業を見ると、全く別な発想が浮かぶはずです。例えば、人間のすい臓ではインシュリンというホルモンを作っています。という事は、すい臓の遺伝子の中にインシュリンというホルモンを作る命令をもつ部分があるという事です。インシュリンは糖尿

病の薬として良く知られています。インシュリンを作る遺伝子を前に説明した方法で大腸菌の中に入れてやり、遺伝子を増やすだけではなくインシュリンを作らせたらどうだろう、という事も考えられます。これを科学者ではなくて技術者の目で見ればインシュリンという非常に役立つ、別の言葉で言えば、売れる物質を作る技術として使える事になります。全く同じテクニックが技術として考えられたのです。

1973年にこういう技術が開発された時には、すでにそういう眼でこれを見て役に立つと考えた人がいました。1973年から1975年の間に、アメリカでベンチャービジネスがたちまちできたのでもこれはよく分ります。それがいま日本に飛び火をしている。そしてバイオテクノロジーという言葉が流行している。これが現状です。

●人間の遺伝子の解析

「遺伝子組換え」が考え出された経過はこれまで申した事だったのです。ですから何かを作ろうと思って考えだしたのでもないし、人間の遺伝子をちょっといじってやろうというつもりでやったわけでもないのです。人間やネズミの遺伝子を調べる為には、これ以外に方法がなかったのです。ほかにあるかもしれません、この方法ができた為に、研究ができるようになったのです。実際に、人間の遺伝子の解析は現在進められています。

その結果分ったたくさんの事のうち、一つをお話しします。大腸菌の事が分ったから、人間の事もその類推で分るだろうと思ったのは全く違ったという例です。だいたい考えてみると、大腸菌の遺伝子は400万なのが人間だと32億で、大体これは1000倍です。大腸菌は遺伝子がフルに働いて、3000種位のたんぱく質を作っていました。ですから、もしその事からいけば、その1000倍の種類のたんぱく質を人間が作っていて良いはずなのです。3000の1000倍ですから300万種類位作っていて良いはずなのですが、実はそんなに作っていません。3万位しか作っていないのです。という事は90パーセントの遺伝子はたんぱく質づくりには働いていないという事です。大腸菌はフルに全部働いているのに、人間は多くてもたったの10パーセントしか働いていないのです。一種の遊びが出てきたのであり、これが進化かもしれません。いずれにしても、人間の遺伝子の90パーセントは何をやっているのかを知る事が、いまの一つの課題です。実は3パーセントで働いているという計算も出ています。

多細胞生物の場合、実際にあるたんぱく質を作る遺伝子を調べましても、その中でもすべての遺伝子が働いてはいません。ここは確かに働いているが、ここは何をやっているのか分らないという遺伝子が間にたくさんはさまっています。間にはさまっていて何をやっているのか分らない遺伝子をイントロンと呼んでいます。(図-8参照)

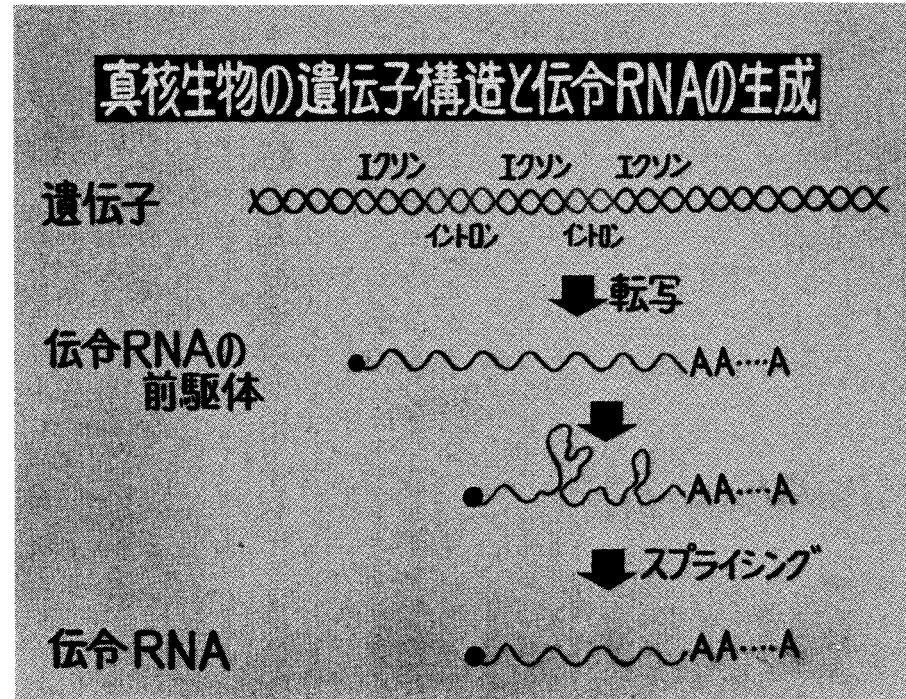


図-8

たんぱく質を作つてせつせと体を作るという様な基本的な労働から言えば、何をやつているのか分らない大腸菌にはない変な遺伝子が、もしかしたら私達は知らないだけで大変大事なものかもしれません。例えば、人間らしさなどという様なものがこの中にはいつていて、総合的な働きをしていると考えられるのかもしれないのです。だから、高等な生物だけにあるこういう遺伝子の働きは面白い次の課題です。もう一度高等生物の遺伝学という立場で、改めて人間の地図を書こうと思ったら、インtronを含めて、そういう事を全部明らかにしなければならないのです。いま私達はこれについて何も知らない、という振り出しから始めるという事になっています。やはり物事は分つてくれれば分つてくるほど分らない事が増えるというのが、簡単な遺伝子の研究などからもつくづく思います。

バイオテクノロジーの可能性

最初に申しましたように、今の生物学は遺伝の情報が生物という一つのシステムをいかにうまくコントロールしているか、という事を解明していくこうとしています。それはテクノロジーのシステム化に役立つ考え方です。生物を使うという事だけではなく、これから技術の考え方の中では生物機能を解明し、それを模倣する事も役に立つと思います。バイオテクノロジーは一方では生物をうまく使っていきましょうという事がありますが、もう一方では何かそういう可能性も持っているのではないかと思います。遺伝子組換えを使って、役に立つ物質を作らせることも大切な技術ですが、いまお話した遺伝子の働きのまだ分つていないことを明らかにして、技術の可能性をさぐることも重要な事だと思います。

バイオテクノロジーの直接のお話はしませんでしたが、この様なお集りではむしろ、技術全般の中での位置づけ、生物を遺伝子のレベルでどう捕えるかという基本をお話ししておきたいと思い、こんなお話しをさせていただきました。ありがとうございました。

—ガンについて（ガンの薬についての質問への答えとして）—

遺伝子組換えを使って、ガンとか、免疫とか色々な事が分りつつあります。ガンについて申しますと、ガンの薬が何年ぐらいでできるかどうか言えませんが、ガンがどうしておきるかという事は、そんなに遠くないうちに分つてくると思います。例えば結核ですと、結核菌がよそから入ってくるので、それをやっつけてしまえばそれで結核はなおるわけです。

ところがガンというのはもっと内在的で、生きているという事とガンができるという事はからみ合っています。例えばガンに関係する遺伝子が体の中にあるという事もだんだん分つて来ています。だからガンはなおらないかというとそんな事はない。どうしてそれらの遺伝子が働くのか。ガンのおきるメカニズムさえ分れば、人間はだいたい 100 年位の寿命ですから、その間にそういう事がおきない様にするという努力はできるはずです。それから早く発見して治療するという事もできます。ですから内在的だという事で絶望する必要はないとは思いますが、そう簡単に特効薬でおなじるというタイプの病気でない事は確かでないかと思います。