

本田財団レポート No.109

「バイオニクスへの挑戦」

東京工科大学バイオニクス学部 学部長

軽 部 征 夫

財団法人 **本田財団**

講師略歴

軽部 征夫（かるべ いさお）

東京工科大学バイオニクス学部 部長

略歴

- 昭和41年3月 東京水産大学水産学部製造科・卒業
- 昭和47年3月 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了
- 昭和48年8月 アメリカ合衆国・イリノイ大学食品科学科・博士研究員
- 昭和49年11月 東京工業大学資源化学研究所助教授
- 昭和60年2月 同大学教授
- 昭和63年4月 東京大学先端科学技術研究センター教授
- 平成13年4月 東京大学国際・産学共同研究センター長
- 平成14年4月 東京工科大学片柳研究所教授
- 平成15年4月 東京工科大学バイオニクス学部長
- 平成15年8月 産業技術総合研究所バイオニクス研究センター長

主な受賞歴

- フランス政府教育功労賞
- 東京都功労賞
- 発明協会発明賞
- 日本化学会学術賞
- バイオセンサー国際賞
- 文部科学大臣賞

主な著書

- 『ヒトゲノムの暗号を読む』
- 『クローンは悪魔の科学か』
- 『バイオテクノロジー、その社会へのインパクト』 等 他多数

このレポートは平成17年2月1日パレスホテルにおいて行われた第93回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。

第 93 回 本田財団懇談会
講演「バイオニクスへの挑戦」
東京工科大学バイオニクス学部
学部長 軽部征夫氏
平成 17 年 2 月 1 日（火）

バイオニクスという言葉自身は、ちょっと聞いたことがある人もいらっしゃるでしょうし、初めてと思われる方もいらっしゃると思います。この言葉は我々、自分たちでつくったつもりでしたが、実は 1960 年代ごろ一時使われたことがあります。バイオメカトロニクスという分野を省略してバイオニクスという言い方をされたようです。

バイオテクノロジーの第 3 世代

なぜ私がこんな言葉を使うかということですが、学部の名前、あるいは経済産業省の独立行政法人の産業技術総合研究所、ここの名前にも使わせていただいています。というのは、時代がずいぶん進み、バイオが非常に見えるようになってきた。かつてはなかなかバイオというとならないことが多かったのです。セントラルドグマと言われていた時代もあり、実際に体の中でどんなことが行われているのかがなかなかわからない時代もあったのですが、20 世紀後半から急速に生命現象が遺伝子の上からわかるようになってきました。そうなるくと我々ももう少し生物の持つ特徴を、なんとか広い工業分野に応用できないだろうかということで、バイオニクスという提言を始めました。

要は生物の機能を利用したり、それを真似したり、そういう技術をバイオニクスと呼ぶのではないか。そして、これはおそらくバイオテクノロジーの第 3 世代に相当するのではないか。こんなことを考えながら、今からちょうど 3 年くらい前からバイオニクスという言葉を使い出しました。

ロボットは生物に向かって進化している

実際にこの 3 年間に何をやったかを次にご説明したいと思います。まず大学をつくりました。たぶん皆さん、東京工科大学といっても「どこにあるの」という感じだろーと思えます。実はできて 18 年という非常に若い大学で、八王子にございます。地方に行って「東京工科大学です」と言うと「ああ、あの有名な。大岡山にありましたが、今は八王子に引っ越したのですか」と言われます。「そうです、そうです」と言っておくのですが、1 字違いなのですが、実は私は東工大にいたことがあります。その時に学長室か何かで「けしからん大学ができた。省略すると東工大になる。あれは絶対に東工大と省略させないようにしよう。英語で Tokyo Institute of Technology と使わせないようにしよう」と。確かに学

長が文部省を通じて文句を言ったことがあるのです。

その大学に私が就職するとは考えてもいなかったのですが、実は就職しまして。最初は慶應大学に行くことになっていて鳥居先生と記者会見までしてしまったのですが、こっこの大学の学長もやはり慶應の相磯という IT の専門家、「おまえが慶應に行くことはわかっているんだけど、ちょっとこっちに来てみないか」と言うものですから、途中で私も心変わりをしてこっちに行くことになりました。

何をやるかということですが、バイオをやるのだが新しいバイオをやりたい。古いバイオはだめだ。では三つの分野をつくろうではないかと。一つは我々の生活の質を高めるような、ヒューマニクスという言葉が我々は使ったのですが、いわゆるバイオテクノロジー、医療福祉技術、あるいは食品のこと、環境技術。最終的に人間の生活の質を上げる。それを私はバイオエレクトロニクスの専門家ですから、そういうバイオエレクトロニクスとかロボティクスが支える。こういう三つの輪を考え、いわゆるバイオニクスというのは生物の持つ巧みな技術を使ってエレクトロニクスをつくる、あるいはロボティクスをやっていく。

私は、ロボットは生物に向かって進化しているのだと。ホンダさんもロボットをやっておられます。ですが、生物に向かって進化しているのだと。要は、基本は生物の情報を使ってこれからいろいろな新しい技術が出てくるだろう。これがバイオニクスなのだということ提言しだしたわけです。

この3年間でこれだけの本を出しました。『Bionics』という雑誌。これは12月から刊行されました。オーム社が出していて非常に好評です。内容がおもしろい。毎月出ます。それから東大時代にこの大学に行くこと決めたら、さっさと本をつくりました。『トコトンやさしいバイオニクスの本』。2年前くらいから学部長講義というものがあります。それで「バイオニクス学のすすめ」というものを作っていたのですが、丸善から『バイオニクス学のすすめ』という、講義そのものを1冊の本にしました。

ここまで来ると事典がほしいねと。じゃあ事典をつくろうと、『バイオニクス学事典』というものをつくりました。こうなってくると次に必要なのは学会です。ですから今、日本バイオニクス学会というものをつくろうということで雑誌ができ、事典ができて啓蒙書ができた。この3年間にこんな広報活動もやってまいりました。

環境にやさしい技術

内容は非常に広い分野です。すべてをこの1時間で紹介することはできません。ですから今日は、本田財団にちなんで一つはバイオを使うとどんな環境技術が最近出てきているのか。皆さんご存じのこともあるかもしれません。もう一つはエネルギー問題です。最近ガソリンの高騰で一躍バイオマスというエネルギーが注目されるようになってきました。政府も一生懸命エタノールという飲むものをガソリンに入れて、もう走らせていますね。エタノールを3%入れた車が今走っています。ブラジルでは100%のエタノールで走る車もつくられています。そんなことでエネルギーの話。

それからもう一つはインフォマティクス、情報です。バイオの情報がこれからどうなっていくか。そのバイオの情報を使った新しい産業が生まれつつあるということでインフォマティクス。四つ目は申し訳ありませんが、私が専門にしているチップテクノロジー。バイオセンサーとかバイオチップの話ということで、今日は四つの話題を話させていただいて、バイオニクスという、古いものを新たにバージョンアップした分野が広がりつつあるという話をさせていただきたいと思います。

まず最初にお話ししたいのは環境です。ご存じのように20世紀は非常に科学技術が進んだ時代でもありましたが、その反面、環境問題をいろいろ起こしました。自動車などもその一つで、やはり今、自動車産業そのものが環境にやさしい車づくりを一生懸命やっています。そういう中で例えばトヨタさんなどもバイオテクノロジーを掛け合わせてエネルギーをつくったり、自動車の材料をつくろうと。もちろんホンダさんもやっているといます。私も豊田章一郎社長の前で何回か講義をさせられたことがありました。将来、バイオがどういう形で自動車に使われるか。そんなこともあり、バイオに対する取組みが最近盛んです。

その一つは、ここにあるようにバイオレメディエーションという、生物の機能を使って環境に負荷を与える物質を取り除こうという分野です。あるいは生分解性のプラスチック。自動車の材料などを土の中で分解できるような、環境にやさしいプラスチックに変えていこう。あるいは二酸化炭素の削減技術、砂漠の緑化のような、ストレスに強い植物をつくっていく。あるいはいろいろなモニタリングをすとか、バイオテクノロジーは使われるところが非常に多い分野の一つです。

微生物で有害物質を分解するビジネス

例えばこれは経済産業省の外郭団体になる地球環境産業技術研究機構、略して RITE と言っておりますが、ここがバイオレメディエーションを千葉でやりました。これは、その宣伝用のパンフレットです。ご存じのようにトリクロロエチレン。電気会社の人はいしょちゅう基盤の洗浄に使っているわけです。洗濯屋さんもドライクリーニングで使いますね。これが実はあるところで問題を起こしました。それはどこかということ、アメリカのニューオーリンズとオランダのアムステルダムです。この郊外でガンが多発したのです。その地域でガンが多発した原因は何だと調べてみると、実は飲み水の中にトリクロロエチレンが許容量以上入っていたということです。トリクロロエチレンは発ガン性が疑われている物質ですが、今言ったように半導体とかドライクリーニングなど、洗浄用に大量に使われています。

もちろん漏れるはずがないように安全はいくらでも工夫されているのですが、漏れいする。そうするとそれが地下水に混じり、発ガン物質と言ってもいいのかもしれませんが、危険であるということで、それを土の中にいる生物を利用して分解してやろうと。こういうプロジェクトです。

アメリカではジェット燃料の分解、あるいはタンカーの事故によって流出するオイルの分解など、いろいろなところで行われていますが、今はビジネスになっています。これは千葉で行われた例ですが、土の中にはいろいろな微生物が存在しています。土 1 グラムに 10 億個くらいの微生物が存在すると言われていています。そういうものの中にトリクロロエチレンを分解するようなものがあります。それに栄養、酸素を与えてそういう菌を増やしてやる。あるいはここからトリクロロエチレンを抽出して、減圧にして引き出して分解する。いろいろな方法がありますが、こういう方法が一つ技術として使われています。

日本海の福井沖でナホトカ号というロシアの重油を積んだタンカーが座礁して、たいへんな問題を起こしたことがあります。あるいはアメリカのアラスカでスタンダード石油のタンカーがやはり座礁して、海洋汚染を起こしています。まあ、日常茶飯事です。

こういう時に大量の原油、重油が流出します。普通、これをそのまま放っておくと海底に沈着し、非常に長いこと汚染が続くものですから、例えば魚介類が石油くさくなる。石油の成分の中には発ガン性物質もあります。ですから非常に大きな問題になるわけです。例えば第 1 号の特許がアメリカで取られたのは、実は石油を食べる微生物の特許です。こ

れはアメリカでたいへんな話題になりました。石油をバクバク食べる。重油を食べる。原油を食べる。こういう微生物を特許登録しました。

ところが従来の特許という概念の中には生物が入らないのです。生物は自然に存在しているわけです。それに遺伝子を導入することによって新しい生物をつくり出す。これをアメリカの石油会社の研究者、チャクラバティさんという方ですが、特許登録したのです。アメリカという国は恐ろしい国ですね。そういう知財を認めればアメリカの国益につながるということで、これは最高裁まで闘われています。チャクラバティ裁判とってたいへん有名ですが、とうとう最高裁で特許が認められてしまうのです。それが石油を食う微生物ということですが、実際にはまだまいていません。

アラスカでタンカーが座礁した時には、界面活性剤といって洗剤をつくるような微生物とか、栄養はまいたという話が今残っていますが、実際に遺伝子を組み換えたものはまかれていませんが、非常に有効なものがつくられています。日本でも経済産業省が支援して、海洋バイオテクノロジー研究所というものがいま釜石市にあります。皆さんの関連する企業の中にもプロジェクトに参加している企業もあるかもしれません。そこがやはり世界の一つの拠点になっています。こういう環境問題を生物の力で修復していくことも、大きな分野です。

植物からとれるプラスチック

プラスチックが大きな問題を起こしていますが、そういうプラスチックを分解できて、環境に負荷を与えないようにしようという考え方が生まれてきました。最初に ICI というイギリスの会社が、我々も衣装によく使うポリエステルをつくる微生物を培養します。タンクで大量につくらせ、そのポリエステルを取り出してプラスチックをつくる。そうすると、このプラスチックは生物がつくったものですから、当然生物に分解されます。土の中に置いておくと、こういう形で分解できるということで注目されました。

これは先ほど言った日本の RITE という研究組織がやった実験ですが、このプラスチックのボトルを土の中に埋めておくと、1年くらい経つとボロボロになってしまう。こういうプラスチックであれば環境に負荷を与えない。トヨタさん、ホンダさん、自動車メーカーもこういうプラスチックで車体をつくらせよう、いま一生懸命研究しています。

この研究はどうなったかというと、こういう微生物につくらせるとものすごく高くなっ

てしまいました。イギリスの会社が、これはもともとアメリカのモンサントという会社なのですが、この関連会社が植物につくらせようという考えを持ちました。植物なら雑草でも何でも大量に、いくらでも増える。それからこういうプラスチックをつくりましょうと、植物につくらせてから抽出するというのをやりました。

細かいことはお話しませんが、ここに写真があります。これは植物の細胞の一つです。澱粉です。普通は澱粉がここにあって植物の中に固まってできます。ところがプラスチックをつくる三つの遺伝子を組み込んでやると、細胞の中にプラスチックの小さな粒がいっぱい出来上がります。植物がプラスチックをつくるのです。

ところがモンサントは 3%しかプラスチックがつくられないということで、この特許を売ってしまいました。しかしドイツの研究者はこれをなかなかあきらめないで今つくっていますが、どんどんつくるとなると他の問題が起こるようになります。植物が育たなくなってしまうのです。

本来、プラスチックをいっぱいつくれば大きな木になるのですが、あまり作りすぎると木が育たなくなって小さな草になってしまう。これでは収率が上がらないという悩みがあるということです。

これはシロイヌナズナという、よく研究に使われる植物です。これは枝葉です。小さな芽です。プラスチックがいっぱいつくられている。こういうことで植物に大量にプラスチックをつくらせることができるのですが、今度は植物が育たない。いろいろな問題があるので、これからどう、ここら辺を解決していくか。場合によっては、本当にプラスチックは植物からとれるという時代がすぐそこに来ているわけです。

注目されるバイオマス資源

いくつかの例を紹介しましたが、エネルギー分野もにわかにガソリンが上がってきて、OPEC もこのまま何も手を打たない、高値を維持するなど、昨日か一昨日辺り会議をして言っております。そんなことでどうしても、やはり代替エネルギーをつくらなければいけないだろうということで、実は生物に注目が集まってきました。なぜかと言うと、ウランがもう 61 年、石油が 40 年、天然ガスが 60 年。唯一残る石炭が 200 年くらいある。こうなってくると、もうウランも石油も限度がある。天然ガスも限度がある。石炭を液化したりしてガソリンにして将来使うのだと思います。石油がリットル 200 円だと、石炭から

ガソリンをつくることができるそうなので、ガソリンの値段が今 1 リットル 110 円くらいを上下していますが、あれが倍になると石炭を液化してもガソリンがつけられる。それにしてもここにあるように、200 年しか持たないのですから、これではやはりだめだろうということで、実は生物資源に注目が集まっています。

植物が圧倒的に多いのですが、この地球上には 1 兆 8000 億トンの植物があります。年間に葉が枯れて、また新しい葉がついて、これを繰り返すだけで年間生産量が陸上で 1150 億トン。海上で 550 億トンくらいあります。これを活用したらいいではないかということで、研究がいろいろ進んでいます。

もちろん問題もあります。実際にはかさ高いですから、そんなものをトラックで運んでいたらとても輸送賃のほうが高くついてしまう。ですからいろいろな問題はあるのですが、毎年つくられますから、枯渇しない資源として、何とかバイオマスを考えていこうという考えが生まれてきます。

石油をつくる植物

その中で注目されているのは、石油をつくる植物がある。これがここに書いてあるような植物です。ユーカリ。これはコアラのエサです。アオサンゴ。アブラギリ。いろいろな植物があります。例えばトウダイグサ科のアオサンゴは 1 ヘクタールを培養すると石油が 2 キロリットル取れる。こういうことで実は農業に利用しないような土地で石油をつくるという考えも一つあるのではないかと言えます。

これは写真です。こちら側がユーカリ。三重大大学の先生がこのユーカリから石油成分を抽出してオートバイとか軽自動車を走らせるという研究をやったことがあります。こちらはアオサンゴ。ユーカリより少し石油成分が多いようです。こういう植物を使うことも一つの手です。これもやはりバイオマスエネルギーです。

それから微生物、もっと小さな藻類の中に石油をつくるものがあります。ボツリオコッカス・ブラウニという植物ですが、これは山中湖や河口湖にもいます。我々、経済産業省のプロジェクトでチームの一人の出光の研究者が、山中湖からさうとうよく石油をつくる微生物を取り出しました。石油をどンドン外につくりだすのです。絞ると石油がとれます。また水の中に入れておくと、せっせと石油をつくります。こんな植物もあります。

有機物から燃料を

それから化学的に水素や燃料をつくってしまう方法もあります。先ほど言ったエタノールと水と一緒にして高温にしてやると水素ができる。これは後で出てくる燃料電池のエネルギーに使えます。あるいはその植物をそのままガス化してしまう。そしてそのままガス、燃料として使う。メタンが多いです。それから一酸化炭素とか、場合によっては水素が取れることもあります。メタノールはアルコールにする。ジメチレートというものは、これを縮合してガソリンをつくる。こんな方法も今はあります。

私は今八王子にいるという話をしましたが、実はたまたま市長が私の高校の同級生で、何か八王子のためにも仕事をしろと言います。八王子に何か特徴があるかと言うと、八王子は山手線の中くらいの面積があると言います。52万人の人がいる。それは大して自慢はできないのですが、山手線の中くらいあって、草と木なのだそうです。剪定カスと言うのでしょうか、公園の草木を刈って、それが1日に6トン出るのだそうです。「じゃあ、それを自動車のガソリンにしたらどうだろう」という話を今進めています。

こんなガス化炉をつくって、先の剪定カスとか家庭のゴミがありますね。これをこういうガス化炉に入れてメタンガスにしてしまう。それを自動車に詰めて、ガスを圧縮して自動車を走らせる。そうするとゴミ収集車の燃料がこれで作れるのではないか。全部とは言えませんが、そんなプロジェクトを今計画しています。

メタンも非常にポピュラーなものですが、有機物、はっきり言うと汚い川などでポコッポコッとガスが出ているのを見たことがあると思いますが、あれがメタンガスです。有機物があるとそれから酸ができて、そしてメタンになる。これを利用すると、例えば農場などだと相当な牧草の残りカスや糞が出ます。それをちょっとした大きな発酵槽に入れておくと、どんどんメタンができる。それを家庭用の燃料にしたり、あるいはトラクターの燃料にすることも可能です。これもずいぶん長いこと研究がされています。

水素もやはり微生物の力を借りてつくることができます。有機物から水素がそのまま出てきます。これは実際に私が昔、水素をバイオリクターという装置でつくった例ですが、これはアルコール工場の廃液です。これは200リットルくらいありますが、これで1分間に6リットルくらいの純粋の水素がとれます。

ということでホンダさんとトヨタさんの燃料電池車。これは首相官邸に展示されているところですが、こういう燃料電池車の水素として使うことも、将来可能になるかもしれ

ません。ちょっとホンダの車の燃料タンクにサツマイモを一つボンと入れて、ポコポコポコッと水素が出てきて、それで走ります。サツマイモ一つで 20 キロ走るなどという車がこれからできるかもしれません。

バイオマスというのは、そういう意味では膨大なエネルギーを膨大に取ることはできないのですが、チョロチョロしたエネルギーをうまく使って、ホンダの自動車だけでなくオートバイにチョロッとサツマイモを砕いて投げ込むと、皆さん通勤して帰ってくる。燃料電池車ですから出てくるのは水だけで、クリーンだということも可能です。

燃料電池の利用

アルコールはもうすでに試験が行われています。アメリカやブラジルではガソリンとエタノールを混ぜてガスホールという造語があります。燃料に使われていますが、100%アルコールで走る自動車も、確かホンダさんはもうつくっているのではないかと思いますが、ブラジルでは走っています。

エタノールというアルコールは水を吸い込みやすいという問題がありますが、その問題さえ解決できれば燃料として十分に役に立つのではないかと。これも特別減税処置をして、ガソリンより安く抑えることを政府もやっています。そのためにはこのようなバイオリクターという装置を使います。こういう装置を使うと非常に効率的にエタノールをつくることができるということで、NEDO のプロジェクトでずいぶん前になりますが、アルコールをつくるプロジェクトが行われました。

バイオマスからすぐ、そのまま発電をしてしまうということも実は可能であり、バイオマスから水素をつかって、そのまま燃料電池で発電することも考えられますし、エタノールのようなものにいったんして、後リフォーミングして水素をつかって燃料電池に。ということで自動車以外にも今、燃料電池の研究が非常に進んでいます。2 月には東京ガスが家庭用の燃料電池を貸与するのか、売るのでしょうか。たぶん貸与するのでしょうか。そして天然ガスをリフォーミングして電気をつくるということで、東京ガスの新年の会にこの間行ったら、市野社長がそのようなお話をしていました。

いずれにしても燃料電池が非常に近いところに来たということと、バイオマスをうまく使って燃料電池をリンクさせることができるようになってきたのではないかと。

もともとメタンガスは大量に海底にあります。生物の死骸が分解してメタンガスになっ

て、それが水分子と一緒に固まっている。メタンハイドレートとっておりますが、日本近海だけで 7 兆 4000 億 m³ くらいの量があります。天然ガスの国内消費分の 100 年分くらいありますので、これを今取り出そうというプロジェクトも経済産業省で行われています。

こんな泥です。これはちょっときれいなほうですが、泥です。それに火をつけると燃えるということで、こんなメタンハイドレートのようなものも、もともとは生物の死骸からできているので、一種のバイオマスエネルギーと言えるのではないかという気がしています。

急速に注目されるバイオインフォマティクス

だんだん話が難しくなって申し訳ないのですが、生物の遺伝情報が読み出される。我々の遺伝子が一時は 3 万個と言われていましたが、最近では 2 万個くらいだと言われていています。我々の体をつくるのに必要な遺伝子がわかってきた。そういうことがわかってくると、そういう情報をこれから活用して、医療が急速に進むだろうと考えられます。これが今後の大きな、いわゆる技術の目玉になってくるだろうと考えられており、バイオインフォマティクスが最近たいへんもてはやされています。

これは何かというと、遺伝子という我々の体をつくるために必要なもので、今 2 万個くらいと言われていますが、その情報から我々の体の元になる、どんな構造のたんぱく質をつくるのか。つくり出されたたんぱく質がどのように体の中で作用し合って我々の命をつくり上げているのか、我々の生命というものを担っているのかということを知りたい。これがバイオインフォマティクスの、いわゆる研究です。

インビトロ、これは体の細胞の中からインシリコ、コンピューターの中にこの情報を取り込んで、いろいろな予測をしていきたいと思います。これがバイオインフォマティクスという分野です。この分野がここ 10 年くらい、急速に注目されるようになってきました。我々の持っているいろいろな情報があります。例えばゲノム、これは DNA の情報です。その情報のデータベース。それからたんぱく質の情報。たんぱく質の機能解析。それから、それ以外の脂とか糖類の情報。これが脂です。こちらが糖類の情報。このようにいろいろな情報があって、我々の細胞がつくられる。そして、そこで生きるために必要な代謝が行われている。

バイオインフォマティクスの全体像とはこういうもので、これが基本的にはデータベースに落とされて、活用できるようにする。それを活用するいろいろなパッケージがつくられて、それがビジネスにつながる。ではどんなビジネスにつながるのかというと、我々の医療にそれがつながってくる。あるいは我々の飲む薬をつくるためにこれがつながってくる。こういうことなのです。

遺伝子に応じた薬の処方

風邪をひいている方も今いらっしゃると思います。今日は今年の冬で最も厳しい寒波が入っています。風邪をひきますね。皆さんは風邪をひいて病院に行きますが、実は皆さん顔が違うように、皆さんの間に 0.1% くらい遺伝子の違いがあるのです。個人差が。その遺伝子の違いがあるにもかかわらず、皆さんは同じ薬を処方してもらっているということです。だから逆に言うと、お医者さんがいたら申し訳ないのですが、これはお医者さんが悪いわけではないのです。そういう薬しかないから。遺伝子を調べて、皆さんの遺伝子に応じた薬を処方することが今はできないのです。だから遺伝子に合った人が薬をもらった時には、とても効く。もう、あの医者は名医だ、よく効くと。こういう人もいれば、全然効かないぞと。何か頭が痛くなって副作用だけあった。こういう人もいるわけです。これは極端な話ですが。

実は今の薬にしても治療方法にしても、遺伝子が違うことがようやく最近わかってきたばかりですから、どう皆さんが違うのか、皆さんがどんなタイプの遺伝子を持っているのか、まだわからないのです。

これはスニップ (SNP) と言いますが、これからわかってきます。ですから日本人が何タイプのスニップに分かれるのか。ここにいらっしゃる 100 人が全部、100 通りの遺伝子を持っているというわけではないと思います。なぜかと言うと、遺伝子を調べると我々の先祖は 5 万年前にはアジアに 9 カ所、我々の母親がいたことがわかっています。ですから少なくとも今の日本人はこの 9 人のイブから生まれているわけです。

その 9 人は少なくとも我々の母親。その 9 人が果たして同じ遺伝子を持っていたのか、違う遺伝子を持っていたのか、現実にはわからない。5 万年前ですから。では、その 5 万年前はどうなるんだということになると、世界中の民族はアフリカにいたイブから生まれているわけです。そのアフリカにいたイブが子供をつくったのですが、それは 32 系統の

子供しかいない。ということは、戦争をやってはいけないのです。要するに、世界中でどんなに顔や形が変わっていても、顔の色が変わっていても、32の家族しかいない。ということで仲良くやりましょうということが言えるのですが、もしかすると世界は32系統の遺伝子のタイプに分かれるのかもしれませんが。これはわかりません。これから全部日本人のスニップを解析してみないと。もう、どんどん今始まっています。後でちょっと紹介します。

そういうことが遺伝子の上からわかる。まずDNAがある。それがどんなたんぱく質をつくるかということがわかる。これは遺伝子の違いとたんぱく質の違いによって、わずかな違いになる。本当に1カ所、2カ所というところが一つの遺伝子の中で人によって違う部分があります。それによって、たんぱく質の機能がちょっと違う。それによって病気が起こったり起こらなかったりする。こういうことになるのです。

ですから、これが全部データベースとしてコンピューターの中に詰め込まれていると、我々がちょっと遺伝子を調べてもらうだけで、わかりやすい話をしたら「オギヤー」と生まれた赤ちゃんの遺伝子を調べて、「ああ、この子は寿命がだいたいこのくらいで、将来こんな病気にかかる可能性があるし、能力はこのくらいだ」と。

ですから、私は東京大学からいずれは試験がなくなるのではないかと。すみませんが東京大学に入りたい人は血液を1滴送ってください。こちらで判断させてもらいますと。こういうことになるはずですが。まあ、これは本当に極端な例ですが、ある程度能力とか、ある程度性格とか、ある程度体質とか、ある程度、将来かかる病気が遺伝子の上から予測できる。そういうものがこのバイオインフォマティクスという分野なのです。ですから最終的には皆さんの健康を守るためにこういうデータベースを応用しましょう。こういうことです。あるいは、今度は100%皆さんに合っている薬をつくるために、こういう情報を活用しましょうということです。

遺伝子のデータベースのパッケージ化

実際にはDNAチップというものが、マイクロアレーと書いてありますが、そういうDNAチップを使って、皆さんの遺伝子を調べます。そして調べた遺伝子を読み出して、その特徴的な遺伝子をテキストファイルにしてデータベースに落とし込みます。そしてそれをデータベースとしてIT技術を使って保存しておきます。もちろんこれは皆さんのプ

ライバシーそのものですから、外から簡単に引き出すことができないようにしなければいけません。そこら辺の研究もまだまだ遅れています。ですが、そういうデータベースがあれば、そこにアクセスすることによって皆さんが将来どんな病気にかかるか、あるいは能力的にどんな能力があるのかということをおある程度は予測することができます。

実際には今ベンチャー企業がこの分野でいっぱい立ち上がっています。それは何をやっているのかと言うと、実はそういう研究者たちが、自分でやっている研究データをこういうパッケージの中に落としこんでやる。そうすると研究者の仲間がいて、その人たちが共有で使える。こういうパッケージ。これは今アメリカのベンチャーが日本に売り込んできたパッケージです。これだと 2002 年ですから、今から 3 年くらい前に売られたパッケージですが、こういうパッケージをつくっておく。そして、どんどんこの研究者は研究をしていますから、そのデータが出てきます。そのデータのアノテーション、意味づけをして、大事なデータであればデータをもともとあるデータベースにアップデートする。そしてサーバに落とし込んでやる。そうするとこのデータをどんどん出せば出すほど、このサーバに入っているデータベースは完全なものになってくる。こういうものをパッケージとして売る。こういうビジネスが今すごく盛んになってきています。

テーラードメイドの医療

もう一つは、今研究者の話をしました。今度は皆さんです。皆さんの遺伝子を調べてこのサーバに入っているデータベースと照合して、皆さんの遺伝子の働き、あるいは皆さんの体の中でつくられているたんぱく質を調べる、このデータベースに照合することによって病気を診断する。あるいは治療をその遺伝情報に従ってやるという使い方もします。ですから、そういう意味でこのバイオインフォマティクスからどんどん、いろいろな新しいビジネスが生まれてくるということです。

今お話しした、すでにつくられているデータベースが、先ほどお話しした 1 塩基多型。このデータが皆さん個人の病気にかかりやすさや、薬の効きやすさ、副作用があるかどうかということをお調べるデータベースです。こういうデータベースを使うと、例えばある多型を持っている、個人的に違いがあるものを持っている人はどういう病気にかかる確率が何%くらいあるか。時代とともに、年齢とともに変わってきます。ですから、そこら辺をこういうデータベースから読み出して、医師が診断をしていく。あるいは病気にかからな

いような健康管理をしてくる。こういう形に将来なってくるわけです。

例えばこれは薬をつくる。ゲノムを読み出して、遺伝子を発見して、その遺伝子を解析して、その遺伝子に最も合ったターゲットを設定して、そして薬を開発していきます。そしてその薬を売り出すというプロセスですが、バイオインフォマティクスをどう活用していくかというのは下に書いてあります。

例えばゲノムの DNA の配列の解析のデータベース。あるいはスニップを発見する。そういうことをやって、いわゆる皆さんにぴったり合った薬をつくり出して、それを試験して売り出す。これをやると従来薬を開発するのに 10 年、15 年かかっていた。400 億とか 500 億、場合によっては 1000 億円も開発投資をすることを、キューツと短くすることができる。なぜかと言うと、まず遺伝情報から始まりますから、遺伝情報に合った薬をつくることで期間を短縮する、コストを削減するということが可能です。

なおかつ、ここでできた薬は皆さんの遺伝子にぴったり合う。こういう薬になってくる。これを処方するような医療を、テーラーメイドの医療といいます。いわゆる皆さんの背広をあつらえるように、皆さんの体に合わせた薬を投与する、治療をするという医療に変わっていくわけです。こういうバイオインフォマティクスが非常に大きな薬をつくったり、治療をしたりする場合に役に立ってくる。こういうことになります。

拡大するバイオチップ・マーケット

そのツールとして使われるのが、実はバイオセンサーとかバイオチップというもので、これは私ももう 30 年来この分野の研究をしています。今では世界のトップグループで、最大グループの一つを率いています。80 人くらい私のところに研究者がいます。今世界としのぎを削っているのが現状です。その一端をちょっとご紹介したいと思います。

マーケットがものすごく大きなものの一つに糖尿病という病気があります。皆さんの中にも糖尿の気があるということで治療薬をもらったり、運動をしたり、食事の摂取を考えたりしている方がいらっしゃると思いますが、実は世界における糖尿病の実態は、今実際に 2001 年 WHO の報告で 1 億 5000 万人です。2025 年には 3 億人くらいに増えるだろうと言われていています。

もちろん発展途上国においては、もっと急速に増えます。ですから今ホンダさんの車が中国でそうとう売れているそうですが、もっと売ってほしいと私は思っています。皆さん

が自転車をやめて、みんなホンダの車に乗ってくれとガーッと糖尿病の患者さんが増えるわけです（笑）。これは中国、13 億ですから、このマーケットはものすごく大きい。ホンダさんに頑張れと言いたいのですが。

この病気は何が恐ろしいかと言うと、合併症が恐ろしいのです。下に合併症が書いてあります。糖尿病自身は運動をしたり食事療法をしたりすれば、そんなにおっかない病気ではなく、一生付き合っていける病気なのですが、実はちょっと気を緩めると手足の切断の第 1 位、心臓および血管疾患の第 2 位、失明の第 1 位、神経障害の第 1 位、腎臓疾患の第 1 位ということで合併症がめっちゃめっちゃに多いのです。

むしろ医師はこの合併症に気をつけるようにと、血糖値を測りなさい、食事をコントロールしなさい。でも実際には血糖値を測らないと自分がどのくらいの量の糖を持っているかがわからないのです。これは糖尿病のマーケットなのです。

実は治療薬のマーケットが約 7000 億円。なんとセンサーのマーケットが 6000 億円あるのです。治療薬とほぼ同じくらいのマーケットがある。なぜか。血糖値を調べれば治療効果が上がるから、合併症を抑えられる。30%以下に押さえ込むことができる。これはもちろん日本では保険点でカバーされています。アメリカは任意保険ですが、こういうチップを使うと全部保険で出してもらえます。こういう特殊なマーケットなのです。ですから糖尿病の患者さんが増えると、必然的にこういうチップのグルコースセンサーのマーケットがどんどん大きくなる。なぜかと言うと合併症を防ぐために血糖値をどんどん測る。一人ですら 500 枚か 700 枚、1 年間で使います。

実は私の女房も使っています。うちの女房も実は理事長と同じ日赤の脳外科にかかっています。先生の発明したものを奥さんに売って申し訳ありませんなどとお医者さんから言われて、どうも買ってきているみたいですけど（笑）。

非常に大きなマーケットになっています。今では 8000 億くらいになっているでしょう。これは 2001 年のマーケットですが、実際には 2000 年以前のマーケットですから、非常に大きなマーケットになっている。

DNP チップで何がわかるか

こういう分野は糖尿病の治療や合併症の治療で、どうしてもこういうチップの開発が必要です。グンゼというのは靴下のメーカーですが、ここと組んで低血糖、すなわちインス

リンを投与するようなタイプ I の糖尿病の患者さんに向いているチップを世界で初めて開発し、売りに出しました。科学技術事業団と文科省の財団から融資を受けて開発したのですが、こんなチップです。これはナノテクを使っています。この先端が血液を測る部分ですが、1 回使うと捨ててしまいます。これがいくらくらいかと言うと、売値がだいたい 100 円くらいです。製造原価は 10 分の 1 くらいだと思います。こういうものが世界で今だと 8000 億くらいのマーケットになっています。

この場合にはグルコースという血糖値の情報を取るのですが、こういうツールが次々に先ほどのバイオインフォマティクスの情報を取り出すところに使われます。これは我々が住友電工と今やっていて、もうこれ自身は治験といってお医者さんに調べてもらって、世界で最小の血液量で測れるということで、今アメリカのマーケットに出て、これからアメリカで売り出そうとしているものです。このチップはものすごくわずかな血液でいいのです。非常に高感度にグルコースを測ることができる。これは、実はワンステップでつくるので、ものすごくコストダウンできます。

本当の目的は中国、インド、アジアマーケットですが、とりあえずアメリカは大きなマーケットなので、アメリカで売ろうと今開発をして、今年中にはたぶん上市されるのではないかと思います。

後ご紹介したいのは、先ほど言った DNA チップです。これは我々の DNA を調べるということで、今後すごく使われますが、研究用のチップは残念ながらアメリカが先行しています。日本のメーカーも一生懸命やっておりますが、遺伝子がどう働くと、1 センチくらいのこのチップを使います。そこにいっぱい DNA が並んでいます。これを DNA アレーと言います。そこに血液サンプルから取った DNA をつけて、こういうふうにくっくと光が出る。それを測って、どの遺伝子がいま体の中で働いているかを調べます。そうすると体の中でどんなことが起こっているかを予測できます。

これは東大時代にやった例で、データも古くなっていますが、アポ E という脂肪などとくっつくたんぱく質の遺伝子です。このスニップ 1 カ所が違っているところを調べます。これが正常な人です。ところが中にはこの遺伝子の C のところが T になっている人がいます。1 カ所だけ違っている人がいます。この人も T のところが C になっている。暗号が一つ違っています。これをスニップと先ほど言った、1 塩基多型と言います。この人は正常ですが、このタイプの遺伝子を持っている人は非常に高血圧、高脂血症にかかりやすい。こちらの T のところが 1 カ所だけ、112 番目が C になってしまっている人は、お気の毒に

アルツハイマーです。

一つの遺伝子の上の 2 カ所で高血圧になるか、アルツハイマーになるか。こんなことがわかるのです。具体的に我々はこれをやってみました。こういう我々の細胞の中に 23 セットの相同遺伝子が入っています。染色体と言います。その同じ場所に実はアポ E の遺伝子があります。その二つのうちの両方が E3 だと、この人は正常です。おめでとうございます。何の病気にもかかりません。高血圧にもアルツハイマーにもかかりません。それ以外の人みんな何かにかかる。E4 というタイプを持っている人は、間違いなくアルツハイマーにかかります。これは私も調べたくないので(笑)。これは第三内科の患者さん 20 人ばかりに提供してもらい、こんなチップをつくりました。この部分を調べるチップをつくってみると、確かにこういうパターンが得られました。ということはやはりアルツハイマーにもかかるし、高脂血症にかかる人も、その 20 人の中にいらっしまったということです。

それからたんぱくを調べるチップ。これもこれからものすごく大事になります。と言うのは、DNA は最終的にはたんぱく質です。そのたんぱく質が体の中の生命現象になっていますから、最終的にはそこを調べざるを得ない。これが我々が作ったチップですが、今は国のプロジェクトでやっています。体の細胞の中でどんなたんぱく質が働いているのか。これを調べると皆さんの体の中で、いま何が起こっているのか。それがすぐわかるということで、ここら辺はまだ水面下でアメリカと日本が開発競争をやっています。私も経済産業省、NEDO のプロジェクトでこの最新型のチップを開発しています。

生物の機能を使った 21 世紀型の技術

バイオインフォマティクスというものを進めるためには、こういうチップがどうしても不可欠だということで紹介しましたが、それ以外にもやはりバイオニクスの中にはこういうヒューマノイド、ホンダさんもやっていますが、こういうもの。あるいは自動車用のロボットから手術用のロボット、あるいは我々を慰めてくれるようなロボット。いろいろなロボットもありますが、これもみんな生物に向かって進化しています。そしてバイオニクスは、要は人にやさしい、環境にやさしい、資源省エネルギーである。生物の機能を真似していますから省資源で省エネルギーである。

バイオソサエティ、そういう生物の技術を中心に使った社会が、必ず 21 世紀から 22 世

紀に来るはずだと。それを私はバイオソサエティと呼び、ずいぶん前に本を書いたのですが、あまり先走りすぎて本があまり売れませんでしたね。私の本というのはあまりに先走りすぎて、クローンヒツジが出る前に『クローンは悪魔の科学か』という本を書いちゃったんですね。これも全然売れませんでした。先過ぎてしまうんですね。

残念ながらバイオソサエティもあまり売れませんでした。でも牧野昇さんは感心してくれましたよ。「軽部さん、バイオソサエティという時代になるのか」と。こんなことでバイオニクスはまだまだこれからですが、もっと生物の機能を使った 21 世紀型の新しい技術として、私は今世紀大きく花を開くだろうと思っています。ちょうど時間になりましたので、私の話を終わらせていただきます。どうもありがとうございました。(拍手)