

【池内】

多重な側面からいのちの像を考える

私、コーディネーターという大役を仰せ付かりました池内です。名古屋大学の理学研究科に属しております、宇宙論、天体物理学の研究をしております。今回の KOSMOS フォーラムは「21 世紀の新しい生命観を探る」という全体テーマです。このフォーラムは昨年からはじまりまして、今年は2年目です。1年に3つのフォーラムが用意されております。昨年3回ですから、今年の2月5日に第4回の「人間の由来」で、人間の起源から文化に至るまで、第5回が3月2日で「自然の中のいのちを考える」、いのちのデザインという内容ですね。第4回が大阪、第5回が京都、第6回の今回が名古屋です。名古屋は初めてで、ぜひとも今後も続けていってほしいと思います。名古屋は名古屋なりに特色のあるフォーラムを持ちたいと思うので、馬場先生には「ヒューマンサイエンスから見たいのち」という、今お話しいただいたような人間学、哲学の立場から見た、人のいのちの大事さというものをお話ししていただきました。第2部では、第4回、第5回とのつながりで、私たちの生命科学により特化して — きょうお呼びしてお願いしております4人の方々は生命科学の専門家であります — 生命科学の立場から見て“いのち”をどう考えるか。生命科学だけに閉じずに、人間社会、文化あるいは環境問題等、さまざまな広がりをもつと思いますけれども、今年の3回の KOSMOS フォーラムを総まとめするような格好になればと、大それたことを考えております。そのように人間、生命、文化、環境という多重な側面からいのち像を考えるというふうにしていきたいと思っております。

まず15分ずつくらい、簡単な自己紹介と、自分が今このテーマでどういうことを考えているか、何が大事であるかということをお話ししていただきます。その後、出されてきたテーマを中心に何か共通点を探ってディスカッションをしたいと思いますと考えております。

それではこれから順番に15分ずつくらいお願いします。郷先生、よろしく申し上げます。

【郷】

生きものの不思議さを感じて

郷道子でございます。長浜バイオ大学という出来て2年目の大学でして、名古屋と長浜というのは、たぶんご存じの方も多いと思いますが、秀吉が名古屋から移って、最初に一国一城のあるじになった土地でございます。私も2年前まで名古屋大学におり、今は、長浜バイオ大学という新しく出来た大学で、生命科学の教育と研究をしております。

私がどうして、生命科学に興味を持っているかという、先ほどの馬場先生のお話の中にもありましたように、自分が小さいころに何を考えて、どういう環境にいたかということが、人間の生き方には非常に大きく影響を及ぼすと思います。なぜ、世の中には男性と女性がいるのか。私の子どもころは、女の子はそんなことをするものじゃないとか、大学は別に行かなくてもいいんじゃないか、という時代に育ちましたので、生きものに男性と女性がいることの不思議さ、生きものというのは、どうやってこの世の中に今のような形で現れたんだろうか、といったようなことが、自分の一番知りたいことだ、というのがいつの間にか分かりました。私は、大学の学部ころは物理学を勉強したくて居たのですが、そのうちに、生物のほうにやはり自分の興味があるということが分かって、だんだん今のような仕事をするに至りました。

人は生物の頂点にいるのではない

きょう、パワーポイントで、現在の研究の一端を少しお示ししたいのですが、なぜそういうものをお示しするかという理由は、私は、20年以上30年くらいの研究の中で、人というのは、けっして、いろいろな生物の中の頂点にいるのではないということ、はっきり言うと、それがいま持っている生命観です。生きものというのは、38億年くらい前に地球上に現れた。地球自身が46億年の年齢ですから、地球が出来てからかなり早い時期に生命が現れているわけです。それからほぼ40億年近くを生き延びてきている子孫が今、この地球上にいる。私たちもそうです。サイエンスでいうと、遺伝子だとか、ゲノムということになるわけですが、そういった綿々と続いてきたものが、いったいどういう仕組みで出来ているのか。それを見ることで新しい生命観というのか、私たちは、どうやってこの世の中に現れてきたのかが知りたい、というのが私の一番基本的なところなんです。世の中には、例えば大腸菌のような、いわゆるバクテリアという単細胞と、多細胞がいます。あるいは、原核生物というバクテリアのような生きものと、ヒトあるいは植物などもほとんどそうですが、真核生物がいます。シンというのは“ホントウ”の真（シン）ですが、言葉が良くないと思います。けっして、原核生物がヒト（人）より劣っているということはないんだ、ひょっとしたら、原核生物のほうが、私たちが知らないすごいことをやっているかもしれない、ということを私は考えるようになりました。ですから、どうしてそういうことを考えるようになったかを、時間の許す限り、いま分かっている知識を見ていただきながら、少しお話したいと思います。

ヒトゲノムの解読で分かったこと

それではOHPを。いま最初に見ていただいています、**「生命の多様性、ゲノムから分かること」**と書いていますけれども、生命の多様性を生む基盤といますか、多様性自身は、まだどうして、そういう多様性があるのかは分かりません。ただ、その生命を綿々と引き継いできたものはゲノムである、ということは分かっています。生命の多様性を知りたいので、ゲノムを見ることで、今見ていること、そして、そこではどういことが分かったかということをお示ししたいと思います。

ゲノム情報というのは、もう2年近く前になりますが、ご承知のように、「ヒトのゲノムが完全に解読された」と記事には出ております。確かにゲノムを解読したと言っているのですが、ゲノムというのはDNAの二重らせん構造をしていて、文字がたったの4文字で、アルファベットでいうと、AとTとCとGという4文字がただ並んでいるにすぎない。人の場合、それが30億個も並んでいる。その並び方を決めたというのが、ヒトゲノムを完全解読ということで、日米欧協力してやりました。ただこれは、解読したというけれど、私は、本当はまだ解読はしていない、と。文字の並び方は読みましたが、そこに書いてある意味が分からなければ、解読したということにはならないわけです。

ヒトの遺伝子の数は意外に少ない

それでは、いま分かってきたことはどういうことか、問題は何か、ということをお示ししたいと思います。ヒトゲノムは遺伝子の数といって、2.86 かける 10 の9乗と書いてありますが、約30億塩基対で、先ほど申し上げましたA、T、G、Cが30億並んでいます。私たちの体を作ったり、私たちが呼吸をしたり動いたりしているときには、ほとんどは、タンパク質という物質がそこで働くわけですが、2年前には、そういうタンパク質を決めている遺伝子が、約32,000あると言われていたんです。ところが今年の9月に、よくよく見てみると、もっと少ないかもしれない、と。今は、もうちょっと少ないのではないかと、20,000 幾らかもしれない、と。25,000 かもしれないし、その辺ははっきり分からないのですが、もっと少ないということが言われています。その数からいうと、後でまたお話が出てくるかもしれませんが、植物でシロイヌナズナという、よく研究に使われているペンペン草の仲間があるのですが、それも同じくらいの遺伝子の数なんです。それから線虫の仲間とか、全ゲノムの配列が決められている生きものは何百種類とありますが、そういうものと比べて、けっしてヒトはたくさんの遺伝子を持っているのではない、ということが分かってきました。私たちヒトは非常に優れた生きものと思いがちありますが、多くの人は、もっと多くの遺伝子を持っていると思っ

ていたんだろうと思います。そうすると、意外に少ないじゃないかという話になってくるわけです。これは、先ほどの馬場先生のお話と同じで、ヒト（人）を対象にすることになると、生命科学に対して、私たちは非常に思い込みがあります。でも、本当に遺伝子の20,000 幾らで、ヒトとしてのいろいろな働きができていいのかという問題があり、サイエンスとしては課題になってくるわけです。

30億のゲノムの98%はムダ(?)

実は遺伝子の数は少ないのだけれども、もっと驚くことは、ゲノムの30億の中で、タンパク質の情報といいますか、意味がある、タンパク質として後で働くようになる部分というのは、ほんの1.5%か2%くらいしかない。残りの98ないし98.5%は、やたらに繰り返している配列です。その並び方が何千回と同じ繰り返しです。それから、偽遺伝子と書いてありますが、これは偽の遺伝子ということではなくて、昔、遺伝子だったのだけれども、もう今は働かなくなってしまった、要するに車が昔働いたのが、今は動かなくなっていて捨てられているような、そういう遺伝子です。イントロンといって、きょうお話することに少しかわるのですが、タンパク質の情報を持たないのだけれども、タンパク質の情報を持つ塩基の配列の中に割り込んでいるもの、こういったものが、たくさんあることが分かってきたわけです。こういうものは本当に無駄なのか、どうか。まだ全く分かっておりません。もしかしたら、非常にそこが重要かもしれません。いま申し上げたことをもう一回まとめますと、線虫というのは、細胞の数は約1,000で、遺伝子の数は約20,000個。ヒトは細胞の数は約60兆個と言われているわけですが、それでも遺伝子の数は、線虫20,000個、ヒトも20,000~30,000個と、そんなに変わらない。遺伝子の数と、それから遺伝子の数から、転写産物というRNAというものに一度移されるのですが、それがタンパク質になる過程で、何かいろいろなことが起きているのかもしれない、という問題もあります。

切ったり張ったり、使ったり使わなかったり

それで、遺伝子というのはエクソンとイントロンというのが並んでおりまして、エクソン部分——これ（OHPを指して）はA、T、G、Cの並びですが、そこだけがタンパク質に翻訳されて、働きをするということになっております。ではイントロンというのはいったい何の役割をしているか。イントロンというのはタンパク質の情報を持っていませんので、ここの上でちょうど、エクソンというタンパク質の情報を持っている部分をいろいろと切ったり張ったりしてつなぐ、のりしろの役ができるのか、と。そうい

うのをエクソン・シャッフリング (Exon Shuffling) というのですが、こういう考え方で、実際にはエクソンを組み合わせて、いろいろなタンパク質を作っているのではないかという考えがあるわけです。それからもう1つは、あるエクソンを使ったり、使わなかったりすることで、選択的スプライシング (alternative splicing) というのですが、情報として使う部分をいろいろ組み合わせることで、タンパク質の種類をたくさんにしているのではないか、そういう機構があるんだ、と。これは実際に、機構があることは分かっておりまして、選択的スプライシングというのが、どれくらいのタンパク質のバラエティーを作っているかということが、今調べられてきています。

1つの遺伝子が複数のタンパク質をつくる

例えば、この赤い部分の、エクソンを飛ばしてしまったり、赤い部分をちゃんとタンパク質に使ってタンパク質を作る、ということをいろいろやっているわけです。そうすると、ここ、右側でお示ししているように、赤い部分が出っ張っていますが、そういうところが、タンパク質同士が認識し合うための手として働いたり、働かなかったりすることで、この場合は少なくとも、1つの遺伝子から2つのタンパク質が出来る。そうすると、お互いにほかのタンパク質と結合したり、しなかったりという切り替えができるので、1つの遺伝子から2つのタンパク質を作っている。こういうことができています。いろいろと、今のようなことをお話していますけれども、ヒトの遺伝子のだいたい40%か70%くらいは、選択的スプライシングのメカニズムで、こうやって異なるタンパク質を作っているらしい、ということになってきております。

ですから、ヒトの遺伝子の数は20,000か30,000ぐらいであっても、タンパク質の数はもしかしたら2倍とか3倍とか、そこら辺はまだはっきり分かっていませんが、10万くらいのタンパク質は作っているかもしれない。それが、例えばヒトの高度な神経とか、脳とか、いろいろな免疫系などもそうですけれども、そういった機能を作っているもとになっているかもしれない、ということがあります。ただ、今お話ししたいことは、1個1個のタンパク質が実は問題なのではなくて、生物というのは必ず、タンパク質とDNAとか、あるいはタンパク質同士がコミュニケーションしながら、生きもの全体としてのシステムを作っております。つまり、もしスプライシングが、今ここで水色に変わりましたが、ここでこの部分がなくなったり付いたりすると、どういうことが起きるかという、ほかのタンパク質と結合することができななかったり、できたりする。そのことが右側を書いてあるような、生きものの中のシステムとしてのネットワークを変えていく。あるいは調節していく。壊していく。いろいろなことがそこで起きていく。ゲノム

は、今申し上げましたように、解読をしたといっても、実際にどの部分が使われて、タンパク質が作られるかかということは、これから明らかにしていかなければいけない問題です。

タンパク質の多様性はまだ分かっていない

実はタンパク質の多様性ということすら、まだまだ分かっていない。ましてや生命の多様性というのは、まったくこれからの問題であると考えられています。イントロンがヒトの場合には、かなり大事な機能を持っていて、タンパク質の多様性を、少ない遺伝子から成し遂げているのではないかということをおっしゃいましたが、実は大腸菌のような細菌は、イントロンを持っておりません。そうしますと、今申し上げたように、イントロンを持っているほうが、何か多様性を生むメカニズムを持っているのだから、非常に優れているのではないかと、一見思いますが、細菌のような原核生物は持っていない。その代わりに、ゲノムが非常にスリムになっています。ヒトが 30 億の塩基配列からゲノムから出来ているとすると、その 2 けた、あるいは 1000 倍、3 けた少ないサイズなわけです。そのサイズですから、イントロンなんかは持てない、と言ってもいいと思うのですが、その代わりに増殖をすごく速くして、それから、ミューテーションといって全然別のメカニズム、突然変異をためていきます。ですから、ウイルスなんか、細菌とはちょっと違いますけれども、ミューテーションをたくさんためて、病気のインフルエンザもそうですし、SARS などもそうですし、ものすごい進化を遂げているわけです。

原核生物の方が、実は進んでいる (?)

私たちは、そちらのメカニズムはまだほとんど何も分かっていない。病気がはやると、ワクチンで抑えるということはしますけれども……これはまた別のメカニズムを持って、生物としてはすごい生き方をしている。きょうのお話では詳細は申し上げられませんが、おそらく、ヒトのような真核生物のほうがイントロンを持っているというのは、実は、とても生命の古い形をそこに残しているのであって、原核生物のほうが思い切ったことをして、もしかしたら、そちらのほうが進んでいるのかもしれない。これを言いますと、学会ではすぐに反論されますが、私は今、そういうことをお話ししたいという思いがあります。こういうことをお話しするためには 3 日くらい必要です。どうしてそういうことを考えるかをお話ししないといけませんので、時間が足りません。きょうもちょっとオーバーしていますので、ここまでで終わらせていただきたいと思います。

【池内】

どうもありがとうございました。それでは次、岩槻先生お願いします。

【岩槻】

種レベルの多様性を考える

きょうのパネリストの紹介を見せていただいて、ふと気が付いたのですけれども、きょうのテーマは「人々の暮らしと生命の科学」、生命ということなのですが、私以外のパネリスト、コーディネーターも含めて先生方は、物理学科、化学科のご出身です。私は植物学科ですけれども、生物の世界から出てきた者は1人だけで、いかにも21世紀だなという感じをまず持たせていただきました。いまや生命科学というのはそういうスタンスで話をするものであると。もう1つ、ほかの4人の先生方は皆さん、名古屋と深いかわりを持っていらっしゃる方ばかりで、私だけが名古屋の影響がありません。名古屋で何回か話をさせていただいたことはあるのですが、暮らしを名古屋と密着させたことは一度もないという関係なので、よそ者だということも踏まえてお聞きいただきたいと思います。

私は、植物学科を出たからというわけではないのですが、今の郷先生のお話の中で出てきた多様性という見方からいいますと、種多様性です。後で生物多様性条約が出るかもしれませんが、生物多様性条約が出来て、それが今、世の中で取り上げられています。生物多様性条約の中でも規定されていますように、生物の多様性というのは、今、郷先生のお話の中にあっただように遺伝子レベルでの生物多様性、それから種レベル。ヒトとか、イネとか、ヤマザクラとか、いろいろな種がありますが、そういうレベルでの多様性。それからもう1つ、生態レベルでの多様性ということで3つのレベルがあります。まだいろいろな側面はあるのですが、そういう3つの側面で語る事が多く、そういう言い方からしますと、私は主として、種レベルの多様性を扱っております。

出発点はたった1つの型

種レベルの多様性という言い方で多様だというと、種はどれくらい生物界に多様なのか。答えは150万種くらい。しかしこれは、今まで科学が認知している数字であって、実際は、種多様性の研究者仲間では、少なくとも数千万種、ひょっとしたら億を超えるかもしれない。むしろ億を超えるという推定に賛成する意見のほうが多い。これは、まだ誰も明らかにしていない数字で、神のみぞ知る数字を申し上げているのですが、それ

くらいだというふうに推定されています。ということは、億を超えるうちの150万というのは、やっと1%くらいの種に名前を付けているという程度だということです。科学がこれだけ進んでいるのに、ということがしばしば語られるのですが、今の郷先生のお話の中にも、多様性というのは、よく分かっていないというお話がありましたけれども、種レベルでもそういうことがいえます。ところが、億を超えるかもしれないくらい多様にある種というのは、実は、もともと出発点では、たった1つの型であったんですね。たった1つの型であったものが、先ほど郷先生が38億年と、言ってくださいましたけれども、38億年の間に億を超える数に多様化してきたんです。これを「進化してきた」という言い方をしますが、「進化」という言い方をすると、ヒトがてっぺんという印象を与えます。日本語の「進化」という言葉はよくないので、多様化してきた、と言っています。

生物多様性条約の基本的な考え方

1970年代の終わりころに、私どもが、生物学の世界で生物多様性の研究は非常に重要だからということ、大型プロジェクトの中でプロポーザルしますと、科学というのは、普遍的な原理原則を求めるのが目的で、多様性というのは科学の対象になりません、と公然とおっしゃる先生がいらっしゃったぐらい、多様性の研究は遅れていたということもあってですが、認められていませんでした。それが、きょうの先生は皆さん、そういう軸でお話いただける方ばかりで、今では多様性というのは、21世紀の生物科学にとっては非常に重要なトピックになっています。そうなったのは、直接的には、残念ながら外圧で、先ほど少し言いました生物多様性条約というのが、1992年のリオのサミットで、このごろまた話題をにぎわせています気候変動枠組条約と一緒に、採択されたわけです。アメリカはいまだにこれに批准をしていませんが、日本はカナダと並んで、先進国として最初に批准をした国の1つです。そのころから生物多様性を冠とした研究がいろいろなところでやられるようになってきたという事情があるわけです。生物多様性条約の——CBDと訳して使っていますけれども——基本的な考え方は、人類が生きていくためには、生物多様性というのは非常に大切だから、生物多様性を世界中の人が協力して持続的に利用していこう。要するに、保全と利用というのを並立させて生物多様性と対応していこう、ということです。そのためには何をしたらいいかということ、国際的に約束をする条約です。

我々はいろんな生物に依存して生きている

そういう性格のものでありますから、いかに役に立つかということが割合優先されて話をされる。持続的な利用ということになりますと、なぜ持続的な利用が必要かということで、生物多様性ということに関しては、遺伝子資源として、我々はいろいろな生物に依存しないと、生きていくことはできないわけですが、そういう遺伝子資源としての生物多様性というのを、大切に守っていかないといけない。皆さん方、きょう、朝と昼の食事をされたと思いますが、何種類くらいの生物種を摂取されましたか。あるいは、今いろいろなものを着ていらっしゃるけれども、何種類くらいの生物のお世話になっていらっしゃるか。朝から休みなく呼吸をしていらっしゃると思いますが、これは何種類くらいの植物のお世話になっているのか。それから、先ほどの郷先生のお話の中で「ヒトは、万物の霊長とは言っているが、必ずしもトップではなくて」というお話がありましたが、例えば、皆さん、体の中に大腸菌を持っていない人はいらっしゃらないはずで。医学の先生に聞くと、近ごろは、非常に立派な病院の中に入ると、大腸菌フリーでも暮らしていけるそうですけれども、そういうのはあまり暮らしているとはいわないので、生活をしようと思ったら、大腸菌の助けを借りないといけない。先ほど原核生物とおっしゃいましたが、万物の霊長は、原核生物のお世話にならないと、生きていけない存在です。私どもから見たら、どの生物が進んでいるとか、どの生物が進んでいないかということではなくて、いずれも、38億年前に地球上にいのちを現して以来、今日まで綿々と生き続けている。いろいろな生き続け方をして今日ある存在なんだ、という意識を持っています。ぜひ、生物を見るときには、そういう見方で見ていただきたいと思います。

生物多様性の国家戦略

生物多様性条約を批准しますと、どこの国も、条約に対応するためにナショナル・ストラテジー（国家戦略）というのを作って、それに対応しようという約束になっています。日本にもそういう生物多様性国家戦略というのが出来ていることは、残念ながらあまりご存じではないでしょうね。これは、日本が最初に、92年に採択されて、94年に批准をして発効して、95年に最初に国家戦略が出来ました。5年ごとに見直しをしようということで、5年よりちょっと遅れましたけれども一昨年、新生物多様性国家戦略というのを作って、基礎研究もそうですけれども、いろいろな国家的な対応はその国家戦略に沿ってやることにしています。新生物多様性国家戦略では、生物多様性にいま与えられている3つの危機があるという整理の仕方をしています。1つは、絶滅の危機に瀕している種が非常にたくさん現れている。そういう生物多様性への危機です。

もう1つは、里地里山のようにもともと人為的な管理をしたために生物多様性が維持されている所が、近ごろのライフスタイルの変化によって放棄され、荒廃することによって生じてきた生物多様性への危機です。昨年、話題になりました熊の横行も実はそういうことと深く関係があります。それから3つ目が、これも最近、メディアでも話題になって出てきましたけれども、外来種が既存の在来種に与えている影響です。絶滅危惧種も、これは少し早くですけれども種の保存法というのが出来ましたし、それから里地里山に関しても、自然再生法という法も議員立法で出ています。外来種も、やっと去年の春に、特定の危険な外来種を制御する法律というのが出来て、それがもう間もなく発効になります。そういう状態で、対応ができるようになってはいるのですが、残念ながらまだ、それに対する意識は必ずしも皆さんの間で広がっているとはいえないのが現状かと思えます。

一番の基本は生命への畏敬

ところが、そういう生物多様性の持続的な利用という言い方をしますと、先ほど言いましたように、遺伝子資源とか人間環境保全のために生物多様性は絶対必要なんです、なぜそうかということが問題になります。1980年代に、私どもの仲間が、植物の絶滅の危機にひんする種を調査をしたことがあり、それをまとめるときに、なぜそういうものに対するアピールをしなければいけないのかという理由に、遺伝子資源のこととか、人間環境のことを挙げたのですが、それは世の中の人に分かってもらうために実利的な言い方をすると先になってくるのです。しかし実は、一番基本的な意味は、やはり生命というものに対する畏敬という考え方から、生物多様性に対する保全が必要だということです。これは、先ほど申しましたように、生物多様性というのは、38億年前にたった1つの型から出発して、億を超える数の種に分化してきている。しかも、その間、私たちの毎日の生活の中で、ほかの生物に依存していかないといけないように、億を超えるかもしれない種というのは、直接的間接的な関係性をたずねていきますと、すべて地球上の生物はお互いに依存し合っているものなんです。

あなたは38億歳

ヒトの体というのは60兆の細胞で出来ていますが、ヒトの体の出発点は、1個の受精卵です。1個の受精卵が60兆の細胞になって、自分の体をつくっている。では60兆の細胞は個々ばらばらに生きているのかといいますと、遺伝子のレベルからいうと、それぞれヒトの遺伝子のワンセットを持っているのですけれども、そういう細胞、

例えばほっぺの筋肉細胞と足の裏の皮膚細胞が、ある時、何か一緒に共同で作業するという事はない。ですけれども、我々の体はそれがないと1つの体としては成り立ち得ないということがあるように、私たちは細胞の中にワンセットの遺伝子を持っていて、細胞として生きているのと同じように個体としても生きている。例えば、あなたは何歳ですか、という聞き方をしますと、自分の個体の年齢でしか答えないのが普通ですが、実は、あなたの持っているいのちというのは、自分が創ったものではなくて、両親から受け継いだものですから、それをたずねてゆきますと 38 億歳です。そういう年齢の読み方もあります。あなたの体をつくっている分子は、いつからあなたの体に付いていますか、という聞き方をしますと、これも一言では言えないのですが、実は1年未満という答えになってきます。年齢ということでも、見方によってさまざまな言い方ができると思うのです。

我々は生命系というシステムの1つの要素

そういう意味で、先ほどの馬場先生の基調講演の中に「固定観念にとらわれてはいけない」というお話がたびたび出てきましたけれども、私ども、例えばいのちというものを見る視点でも、固定観念にとらわれてしまっていることがしばしばあると思います。実は生物多様性というのは、私たちの個体が1個の細胞が出発して 60 兆の細胞になっているように、1つの型の生物から出発して、億を超えるかもしれない種に多様化はしていますけれども、全体が相互に関係を持って1つのシステム、私はそれを生命系と呼んでいるのですが、生命系というシステムとして生きているということなんです。だから我々は、生命系というシステムの1つの要素である。そういう側面もあるということです。いのちというものを見るときには、そういう見方もどうしても必要になってくると思います。そういう見方からしますと、もちろん、がん細胞ができればそれを取るといような、個体のいのちを保つための行為はしますけれども、しかし、私たちの体の各部分は自分たちの体の一部として大切に、もうかるからといって、胸の肉1ポンドを提供するようなことはやらないというのが原則です。私たちの生活がそうなっているかどうか、と問い直されると、ちょっと心配になってくる部分もなきにしもあらずです。ということは、生命の畏敬ということに対する視点も、今のようないのちという見方をすることによって、より広げられるのではないかと思います。

【池内】

どうもありがとうございました。後のディスカッションのところで、話し残されたこ

とをまたお話ししたいと思います。では次に、高倍先生、お願いします。

【高倍】

食糧環境問題と私たちの生活

きょうのテーマは「人々の暮らしと生命科学」ということになっておりまして、私自身は植物を研究しております。何を研究しているかといいますと、植物は動くことができませんから、馬場先生の言葉でいうと、植物自身苦しんでいるわけです。人が十分世話をしてくれないと乾燥して苦しむわけです。だから、乾燥とか塩のストレスを非常に与えられたときに、植物はどのようにして防御しているかということの研究をしています。きょう、お招きいただきましたので、私としては、食糧環境問題と私たちの生活ということで、現在、私が考えていることを簡単にお話しさせていただきたいと思います。

今、中国で起こっていること

これは、ちょっと古いのですが、典型的な資料だと思って持ってきました。国際エネルギー機関が、2003年の11月に中国の石油消費量が日本を抜いて世界第2位になったことをいっているわけです。中国の石油消費量は、既に世界全体の35%になっている。それが次の年（2004年）に、また3割増えるのではないかと。皆さんご存じのように、中国はいま急速に発展していますが、発展しているのは、海南、上海などといったごく一部の地方です。まだまだ内陸は、十分に発展していません。ですから中国の内陸の人たちが、上海の人たちのような生活をしたいと思うのは当然のこと、そういうことをすべきではないということ、生活水準ということでは誰も言うことはできないと思うんです。ところが、もし現実にそういう事態が起こったらどうなるか。きょう私がお話しすることは先の話ではなく、実際に起こっている話で、我々はもう一刻の猶予も許されていないということをお話ししたいわけです。食糧についても同じです。中国は食糧を輸出していたのですが、完全な輸入国になりました。車の鉄鋼も、日本に輸出する余裕はなくて、中国のほうに持っていかないといけないという事態が起こっています。こういう事態1つを例にしても、今もう、完全に破たんしているといえるかと思えます。

増える人口と食糧、エネルギー

この1つの要因は、人口の問題。当然、自然科学だけでは解決できません。これは本当に自然科学だけでなく、社会科学すべての、まさに学際的に議論すべき問題だと思

ます。1600年ころには5億人しか地球上にいませんでした。1900年には16.5億人くらいいたのですが、この100年の間に約4倍に増え、まだこれからも増えるわけです。地球の人口はまだ増える。増えなくても、中国のような事態が起こったら大変なことになる。もう石油がなくなるということを、考えてもらっても分かると思います。我々の国家は楽天的だから、なんとかなるんじゃないか、という気持ちが人々の中にあると思いますけれど、現実はそうではないのではないかと、というのが私の提起です。

次に、これは繰り返しですけれど、たとえ人口がそう増えなくても、生活水準が向上していけば、今のようなことをやっていると、食糧問題はもう供給は不可能だということが、誰の目にも明らかです。これは、50年先に問題が起こるというのではなくて、もう現実に、そういう事態に入っているという認識をする必要があるのではないかと思います。今のようなエネルギー消費をしていたら、世界の人々のエネルギー供給はできない、というのが現状ではないかと思います。

先ほどもお話に出ていましたけれども、1つは人間活動。我々がいま認識していることは、地球の有限性で、それを私も感じていますし、多くの方も感じていると思うのですが、人間の活動によって炭酸ガスの増加が起こっていて、いろいろ議論もありますけれども、それが地球温暖化に影響しているという。科学的に証明しろといっても難しい点もありますが、洪水、干ばつ、砂漠化、いろいろな病気の増加を招く危険性があるということは十分考えられますし、現実に、それと思われることが起こっているといえると思います。

どうして砂漠化が起こるか

私が実際に行っている研究との関係で、ここから食糧環境問題をお話しさせていただきたいのですが、私自身は乾燥とか塩害のことを研究しているので、砂漠化がどうして起こるかという、まきとか炭を作るからだ。それなら炭を作っている人たちに、それを作るなど言えるか、という問題があるわけです。生態系をよく考慮した、高度な植林の技術を指導することはできますけれど、その人たちは毎日の生活にかかわっている。生きていくためにそういうことをやっているわけです。過放牧にしても、羊をもっと飼わないと、つまり、もう少しよりよい生活をしたいということに伴って、そういうことが起こっているかと思っています。

砂漠化は、日本だけを見ていると、なかなか評価してくれません。ところが国際会議に行くと、塩害とか乾燥の問題は、皆さん非常に関心を持っている。人口も多いんですね。日本は、どちらかという、そこが弱いところだと思います。比較的日本の国民は

恵まれていると思うのですが、世界的に見ると、そういうのは進行している。何が言いたいかというと、現在でも、砂漠化の影響を受けていて、なかなか作物の生産をするいい場所がないどころか、耕作する場所がない。かつてはできていたような所が、砂漠化の方向に地球全体としては進んでいることを、ここでは示しているわけです。例えば下から3つ目のところに書いてありますように、もし食糧供給が悪化すると、飢餓とか貧困が発生します。これはアフリカです。アフリカは、もちろんいろいろなファクターがあるのですが、難民が発生したり、政情が不安になって、悪のスパイラルに陥ってなかなか脱出できない、ということが起こっている。

もっと循環型社会をつくる必要がある

私は、植物を研究している立場から、もっと循環型社会を構築する必要性を、まだなんとかなるということではなくて、もっと、循環型社会を構築する上で、植物の機能を活用することを考えなければいけない。そういうふうに思います。なぜかということ、地球の生命を見たら明らかなのですが、植物は、炭酸ガスと水があれば、太陽のエネルギーを取り込んで、いろいろなものを合成しています。そうして合成したエネルギーを使って、我々ほかの生物は生きていくわけですから、そういう意味では、第一次的に重要なのは、光合成をしている植物ではないかと思えます。地球環境の基礎という意味でも、地球上の酸素の発生は、ラン藻を含めて植物が水を分解して作ってきましたし、オゾン層もその結果として出来たわけです。そういう意味で、もっと植物を活用していくことが重要だと。そのときに、石油とかそういうものはもう使えないわけですから、石油に代わるものとして、我々が近代科学を使って、植物の持っている力を積極的に引き出すことが重要ではないか、というのが私の立場です。

植物のもう1ついい点として、これは最近私が共同研究しているトルコキキョウのガーデンですが、やはり花は人をいやしてくれるという点もあるかと思えます。

かんがい、塩類の集積を引き起こした

どうして砂漠化が起こってしまうかということをもう少し言いますと、塩類の集積というところ、右側のところを見ていただきたいのですが、1960年頃からかんがいをしました。後で少しお話をしますけれども、実をいうと、食糧危機に陥ったことがあります。それを救った1つの方法は、かんがい技術の発達です。かんがい技術というのは、乾燥している地域に水を引いてきて、そこでいろいろな作物を作るという技術です。乾燥が激しい所にかんがい用の水とまくと、その水が土の中に入ります。それははい

いことです。それを使って植物が育つのですが、水は当然、蒸発します。そのときに、土の中に溶けている塩類を溶かします。その塩類は、水に溶けて地表に上がってきます。水は蒸発しますが、塩類は気体になれないから、土の表面に出てきます。これが、いわゆる塩類の集積です。日本でこの話をしても、なかなか理解をしてもらえないのですが、アメリカの例を後でお話ししますが、実は世界的に見ると、ものすごく深刻だということです。もちろん風とか水も、砂漠化を加速させる1つの要因ですし、水でいうと、特に植物類がない所で雨が降りますと、土壌の流出ということで、いろいろな問題が起こります。

もう耕地面積は増やせない

歴史的に振り返ってもう一度考えてみますと、人が農耕を始めた一万数千年前は、地球上には数百万人がいたといわれています。紀元前後では、約3億人いたと言われています。西暦の1500年ころには4.3億人、1800年では10億人、1900年では16.5億人くらいいたと言われています。これを見ても分かると思いますが、こうやって世界の人口はすごく増えてきているわけです。ここまでの人口の増加を人々は何でしのいできたかという、人口が増加すれば食糧がいるわけですが、その食糧は耕地面積を拡大して、やってこられたわけです。ところが、1950年以降は、耕地面積は世界的に増えていません。今、問題は、耕地面積を増やせないということです。逆に、砂漠化している、塩害がひどくなっているということで、作物を耕そうにも生産できない。非常に収穫率が落ちるような所しか残っていない。そういうことで、ほとんど増えていません。今、人口は急激な勢いで増えています。一応かろうじて2000年まで我々がそれをしのいでこられたのは、収穫量の増加をやったからです。そしたら、ここが問題ですが、2000年を超えたこれからの時代、耕地面積を増やせるかという、非常に厳しいだろう。ほとんど変わらないと思う。では収穫量をこれ以上増やすにはどうしたらいいか、ということが私の問題提起にもなります。1960年から2000年まで食糧を賄ってこられたのは、かんがい技術の発達のおかげです。世界的に8000万~2億7000万ヘクタールという面積でかんがいをして、しかしそれは、大量の水を使うとともに塩類の集積を招いています。それと、化学肥料と農薬を大量に使うようになって、穀物の生産を上げました。もう1つ、私が言いたいのは3番目なんですけれども、生産性の高い種が開発されました。これは「緑の革命」と呼ばれているのですが、これについても後からお話したいと思います。1950年から2000年まで人間がやってこられたのは、この3つがあったからなのです。その内、かんがい施設と化学肥料はこれ以上難しいのではないかと。

ですから私としては、3番目に期待をせざるを得ないのではないか、という気持ちが非常に強いのです。

2000年から50年間でどうするか

一番下を見てもらうと分かりますが、先ほど言いましたように、1950年から2000年までは面積が増えていません。穀物農耕面積は増えていない。この間、人口は倍になっています。データがちょっと古いので、本当はもう少し人口は増えているのですが、人口が増えるよりも少し上回るくらい穀物の収穫が増えています。生活水準からいうと、肉食に替わったりいろいろしていますので、穀物の生産はもっと上がらないといけない。牛を飼うためにまた肥料が要りますので、野菜で食べているよりも肉食に替わるほうが、ますます穀物の消費が要るんです。そういう意味では、人口増加よりもちょっと増えているから、世界的に見たら、一応今まで来たということです。窒素もこれだけ使って今の生産を上げているわけです。化学肥料を使って2000年まで来たのですが、これから2000年から50年間、皆さん、これをもっと上げていきますか、ということですね。

植物の機能をフル活用すること

私が今現実にやっていることは、もっと植物の機能を、いろいろな工夫をして、遺伝子のレベルでももちろんですが、もっと違うシステムを含めて、食糧生産を増大することを、今すぐやらないといけない。なんとかなるという時代ではないということです。砂漠化の進行を食い止めるような活動も非常に重要になる。それから、植物によって炭酸ガスを削減する。これは、京都議定書が発効しましたので、いろいろな意味で、経済的な意味でも、ますます深刻になってくるかと思います。私自身は、土壤汚染の浄化とか、こういう能力の高い植物を開発したい。それから皆さんご存じだと思いますが、今、日本の場合、ガソリンの中にアルコールを5%まで入れてよいことになりまして、アルコールの混入を始めています。アルコールをどういうふうにするかという、植物からアルコールを作っていく。そういうことをさらに進めていく必要があるのではないかと。だから、ここら辺に書いてあることは、私が現実に関心を持っている課題でありまして、私自身は大学にありますが、民間の企業の方や官庁の研究所の方も含めて、研究をしたいと非常に意欲を持っているところです。

「緑の革命」について

ここで「緑の革命」のことについて一言お話ししたい。「緑の革命」といって、よい種（たね）が出来て、穀物の生産が上がったということですが、よい作物を作るということは、学問的にいいますと、放射線を当てたり、DNAに変異を加えたり、いろいろなことをして、それで品種を改良していくわけです。これは花の開発もすべてそうです。農耕を始めたということから含めてそうなんですけれども、実は、よい種（たね）が出来たということは何をやったかという、背丈の小さい稲を開発したんです。どうしていいかという、まず1つは、倒れない、倒れにくい。もう1つは、背丈を伸ばすための肥料をあまり取られなくてすむ。そういうことがあって、背丈の短い稲を開発しました。稲だけではなくて、ヨーロッパでは小麦を開発しました。そういうふうにならなくて世界中で開発をして、生産を上げました。それを「緑の革命」といいます。学問が発展してきますと、その原因が何かということが最近（2002年）の『ネイチャー』で分かったのですが、ジベレリンという植物ホルモンを作るところの遺伝子がかかわっているために、背丈の短いものができた。だからそういう意味では、現在では、人為的に、背丈の短い稲を実際に作るができるような時代になったということです。

アメリカも悩んでいる

これはアフリカの話ではなくて、アメリカのところから記事に取ったので、アメリカの人が何を言っているか、ということです。米農務省によれば、アメリカの人は、かんがいによる塩類集積の深刻な原因で、毎年1000ヘクタールの農地が失われていて、アメリカのかんがい農地の25%、世界の40%が塩類の影響を受けていると言う。ここ米国南西部のやせた土地では塩類集積は極めて深刻だ、と。私が言いたいのは、これからいろいろな技術で総合的に、理科系の技術だけではなくて、政治の問題もあるかと思いますが、食糧、環境問題、それから私の立場からいいますと、こういうのを開発していかないといけないと思いますが、植物の機能を向上する研究開発が非常に重要ではないかと思えます。ここでは、過去100年間いろいろ行ってきたがそう簡単ではない、ということなんです。

例えばこれは、私たちと同じ分野の＝ブルン・バルッド＝が、『ネイチャー』バイオテクノロジーで、過酷な環境でも生育するものが出来るようになった、と。この場合はトマトですけども。こういう研究が世界的に進められていますし、そういう研究を日本の中でも、学問としてはもっと積極的に推進する必要があるのではないかと思えます。もちろん現実、応用とかいろいろな面で、生物の多様性とかあるのですが。たぶん環境が悪くなってしまうと、多様性が非常に減少するでしょうし、非常に片寄った生物種がかえって出

てくるのではないか、例えば乾燥した土地では多様な生物はなかなか出にくいのではないか、と思います。

広く学際的な論議が重要

最後になりますけれども、地中海の死海で光合成をしている生物がおりまして、それに私たちは興味を持って、今、名古屋大学とか島津製作所と共同研究をしています。こういう所で光合成をしている生物のゲノムを調べているのですが、そういう生物は、植物にはまったくない、ユニークな遺伝子を持っていて、実際そういう生物を植物でテストしてみますと、きっちりと機能する。そういうこともありますので、私は、植物機能の向上、積極的な活用がいろいろな面で重要で、そのためには専門家だけではなくて、広く学際的な議論も重要になるのではないかと思います。以上で私の問題提起とさせていただきます。

【池内】

どうもありがとうございました。では次、垣谷先生お願いします。

【垣谷】

科学の成果を社会の中にどう位置付けるか

垣谷宏子でございます。私は生物物理学の分野で基礎研究をしておりました。生きものが持っているみごとな機能、その仕組みがどのようになっているのかについて、ミクロのレベル、つまり、分子、原子、電子のレベルで理論的な解析を進めてきました。そこから転じまして、現在は、バイオ科学、さらにバイオ技術の成果を社会の中でどのように位置付けていけばいいのかを考えております。きょうのテーマ「人々の暮らしと生命の科学」について、馬場先生はじめ、このパネルでの3人の先生方のお話との重複を避けて述べさせていただきます。

新しい生命観がなぜ必要なのか

今年度の KOSMOS フォーラムのテーマは「21 世紀の新しい生命観を探る」ということです。これまでのお話で、4人の先生方は次のような主張をなさいました。馬場先生はとらわれないで新しい生命観をつくろう。郷先生は、ヒトと大腸菌、そのとらえ方をゲノムから考えてみよう。岩槻先生は植物だけではなく他の生きものを含めた多様性を考えてみよう。また、高倍先生はバイオ技術の成果を活用しよう。4人の先生方のお

話しされたことは、それぞれ、生きものの見方、とらえ方を変えていこうということでした。では、なぜ、新しい生命観をつくらなければいけないのでしょうか。この点について、きょうのテーマである「人々の暮らし」という視点で考えてみたいと思います。

これまでの先生方のお話にあったように、バイオ・ゲノムを中心とした生きものの理解は飛躍的に進んできています。その成果が技術開発を進めてきたのです。この技術は、これまでにない画期的な方式を可能にする技術として、高倍先生がお話しになられた農業をはじめとする産業の分野、また、医療の分野での実用化が進んでいます。これまで、SFの夢として語られてきていたことが現実のものになってきています。しかも、どこかの研究室で試されているだけではなく、我々の日常の暮らしの中にその成果が入り込んでくる。夢のバイオが現実のバイオとなり、さらに、身近なバイオになってきている。これがきょうのテーマ「人々の暮らしと生命の科学」の状況なのだと思います。すでにこの技術の成果は我々の社会に豊かさをもたらしてくれています。その成果を受け容れ、さらに、発展への期待は膨らんでいきます。しかし、本当にこのまま進んでいいのか、との思いが我々の社会にあるのも事実です。豊かさとともに危うさをはらみながら進展しているのが、我々社会でのバイオ・ゲノムの科学、技術の現状ではないかと思います。

バイオ技術の進展に社会の認識が追いつけない

そのような状況の中で、何が足りないのだろうかということになりますが、様々な問題があります。今日、お話ししたいのは、バイオ技術の進展に社会の認識が追いついていないということです。バイオ技術は急速に進歩しています。特に、この10～20年間の技術進展は目覚ましい速度です。技術開発が速すぎて、社会の認識がそれに追いついていない。具体的に言えば、技術の進展に伴う新しい生命観がつけられていないということです。これが危うさを招く重要な原因の一つです。例えば、医療の分野で考えてみましょう。バイオ技術の成果は先端医療技術としての応用開発が進んでいます。これらの医療技術は多くの恩恵をもたらしてくれています。この先端医療技術の実施は患者本人の承諾なしに進められることはありません。患者の同意を得て実施されます。いわゆるインフォームド・コンセントの体制です。説明と同意と訳されていますが、患者の自己決定権を尊重しようとする体制です。これは生命倫理の中核になる重要なポイントです。ここで問題となるのは、意思決定をする患者は何を基準に判断をするのだろうか、十分な判断の根拠を持っているのだろうか、ということです。

インフォームド・コンセントの問題点

もちろん、説明と同意の体制ですから、医療機関からの説明はなされます。最近では、医療機関の努力によって、患者に分かりやすい説明がなされてきています。けれども、その説明は医療技術についての説明です。治療の方法、効果、成功率、副作用など、これからの治療計画に関わる内容です。問題となるのは、そのような説明で、はたして、個々の患者は適切な判断ができるのだろうかということです。医療は人を対象にします。どのような生き方をしたいのか、そのありたい生を実現していくのが医療です。個々の患者のありたい生の姿が求められています。それなのに、どうあるべきかという新しい生命観がつくられていない。そのような状況の中で判断が求められ、意思決定がなされます。肯定であれ、否定であれ、意思決定そのものに確信が持てずに不安が残る。これが危うさを生み出していくもとになります。つまり、生命観はこれまでのままで、技術だけがバイオ科学の成果をもとに進んでいく。社会がその進展についていけない。これからはこれでいいのだとの思いと、そんなはずはないとの思いが混じり合っている。この不安な確信のなさが危うさをつくっているのです。だからこそ、新しいバイオ科学の成果をもとに、我々自身の生命観をつくり直さなければいけないのだと思います。

「科学の成果を味わおう」

そのためには、バイオ科学の成果を読み解いていくことが必要になります。私は「科学の成果を味わおう」という表現をしております。科学の成果は技術として応用されていきます。科学成果が技術開発を促していくことは重要なことです。その発展が現在の豊かな社会をつくってきたのです。けれども、科学は技術の基盤を提供するだけのものではないはずです。自然を理解し、その理解の内容を自分が生きる中に位置付けていく。これが科学本来の自然を読み解くという大事な営みです。バイオの分野でみれば、バイオ科学が明らかにしてきたことを読み解き、それを通じて、新しい知見を組み入れた新しい生命観をつくっていく。それが人の心の豊かさをつくりだすのです。さきほど、馬場先生が、科学では読めないとおっしゃったのはそのとおりで、科学そのものは心をつくりません。けれど、その科学の成果を人の社会が読み解いていく。その中で、人の心としての価値観が生まれ、社会の文化がつくられていく。この営みを通じて、人の心が豊かになり、社会も豊かなものになっていくのだと思います。このようにして、新しくつくられた生命観を基に技術の方向を導いていく。それが技術の豊かさをもつくりだすことになります。そのためにも、ぜひ、ゲノム科学の成果をもとに新しい生命観をつくっていきたいと考えております。

つながりとして「いのち」をとらえる

では、どのような生命観をつくっていけばよいのだろうか、ということになります。さきほど、郷先生、岩槻先生が、大腸菌とヒトがつながっている、生きものは全部つながっていると話されました。私からは、つながりとしていのちをとらえることの大切さをお話しさせていただきます。今、バイオ科学の成果は、どのような生命観のもとで社会に受け容れられているのでしょうか。主流となっているのは、人をも含めて、生物個体を情報システムとしてとらえる見方です。現代の情報化社会では、コンピューターをはじめとして、さまざまな情報システムが日常的に使われています。この情報化時代には、生物個体を情報システムとしてとらえるのは、非常に分かりやすい見方です。さきほど、郷先生が遺伝子から見た生きものの仕組みをお話しされました。ゲノム情報から生きものの体がつくられ、さらに、ゲノム情報をもとに生体が機能する。生物個体はゲノム情報をもとに機能を生み出す情報システムである、とのとらえ方です。それは、現在のバイオ科学での生物認識の基本でもあります。

生物の個体は情報システム

情報システムとしての生物個体、このとらえ方で見れば、遺伝子、あるいは生体臓器などの部分を取り替えることで、失われた機能を取り戻すことができることになります。これは、我々の身の回りにある情報システムのアナロジーとしてとらえやすい見方です。このとらえ方が遺伝子治療、移植医療、さらには再生医療などの先端医療を生み出し、進展させてきました。これ自体は重要なことで、生物個体を情報システムとしてとらえることができたからこそ、バイオ・ゲノムの科学は進展し、それをもとにして、さまざまな技術が開発されてきたと言えます。問題となるのは、その見方だけでは困るのではないかということです。情報システムではソフトや部品を取り替えることで、機能レベルの高いシステムに作り替えることができます。生体個体のソフトと部品はゲノムと生体部分です。それをいいものに取り替えれば、いい機能を持つ優秀な個体を作ることができるという発想につながりかねないことになります。現実には、先端医療の分野ではゲノムをデザインするという表現が使われています。次の世代を生み出す生殖医療の分野ではデザイナー・ベビーという言葉も生まれています。さらには、精子、卵子などの生殖細胞、胚、生体の器官、組織などが、優秀なシステムを作り出すための資源として位置付けられかねない状況です。そのような方向に進まないためには、情報システムを超えた生きもののとらえ方が求められるのです。

個体のゲノムにも 38 億年のいのちが宿る

情報システムとしての生物個体の見方は、その個体だけを単独でとらえることになります。単独でとらえられている対象は容易に改良されます。その対象をいいものを作り替えようという発想につながります。それは技術というものの本性でもあります。このようにとらえ方だけで進んでいけば、本当にこれでいいのかな、という状況が起きてしまうのではないのでしょうか。確かに、生物個体は情報システムです。ヒトであれば、ヒトゲノムの情報をもとにして、ヒトの体がつくられ、ヒトの機能を持ちます。この見方は正しいのですが、見逃してはならないことは、そのヒト個体に宿っているヒトゲノムは人がつくったものではない、ということです。このヒトゲノムは、どこからもたらされたのでしょうか。この点を考えていくとつながりのいのちが見えてきます。さきほど、岩槻先生もお話しになられた 38 億年のいのちのつながりです。ヒト個体のゲノムは親からもらったものです。その親は、もう 1 つ前の親からもらって・・・と 38 億年前の最初の生きもの、原始生命体につながります。この原始生命体がつくり出したゲノムを次の世代につないできたことで、現在のヒト個体である“私”の中にヒトゲノムは宿っているのです。それは“私”につながるゲノムだけではなく、ほかの生きものたち、今を生きている全ての生きものたちにつながるゲノムでもあります。

生きもの全体をつながりとしてとらえる

そのつながりは単独のひとすじだけのものではなく、多様な生態系をつくりながらのつながりです。原始生命体をルーツとして、生きもの全体をつながりとしてとらえることになります。つながりのいのちの見方に立つとき、対象となる個体だけをいいものを作り替えようという発想は、あまりにも視野が狭すぎるのではないかと、との思いを持ちます。バイオ・ゲノムの科学が明らかにしてきたことは、我々の自然観、生命観、人間観を変えてしまうほどのものです。その進展は今もつづいています。この科学の成果をもとに、我々自身が、そして、社会が新たな生命観をつくりだしていく。その営み自体が豊かな心、豊かな社会をつくっていくのです。それはまた、本当の意味での、豊かな技術をもつくっていくはずで、その期待を持って、“つながりとしてのいのち”をとらえていきたいと思っております。

【池内】

いのちの個性と多様性

今、4 人の方が言われたことで、同じことを違った言葉で表現されているというのが、

1つあると思います。例えば生命への畏敬。生命は38億年の歴史がある。それはさまざまな形のものがある、それぞれが、それぞれの生命を謳歌しているし、それぞれが大事な生命であると。それを今、垣谷先生が言われた生命のつながりという言い方もできる、と。同じようなことを違う言葉で言っているのですが、生命のつながりですね。さまざまな生命は、実はお互いにつながっている。もう1つ別の言い方をすると、生命の多様性で、まさに多様な生命。多様性も3つのレベルがあって、郷先生のような遺伝子の多様性。生物はみんな遺伝子が違うわけですね。蚊でも、みんな同じように見えるけれど、全部、違う個性を持っているわけです。あるいは岩槻先生が言われた種の多様性。それから生態系の多様性。というふうに、これは同じことを違う言葉で言っているのだけれども、私たちの暮らしの中での生命というのか、いのちを考える上では、非常に基本的な事柄であろうと私は思います。

共時性と通時性

その中で私は、共時性と通時性ということをつくづく思うわけです。共時性というのは、今のこの瞬間をとって、これがすばらしい、これが評価すべきものである、この価値こそが大事だという、この瞬間の価値観で生きる。それに対して生命というのは通時性なんです。長い時間の過程で結びついてきて、綿々とした時間の流れのなかで生きている。実は物理学や化学、自然科学というのは、割に共時性で瞬間的のことを問題にしている。運動を論じるけれども、これはいわば共時的な運動です。それに対して歴史性を問題にする学問、これは通時的な科学です。実は21世紀は、今、環境問題も出ましたけれども、いったん近代の共時的な発想—つまり民主主義とか、自由とか、平等とか—そういう発想は、ある意味では共時的な発想なんです、それが封建主義を破る上では必要だった。さらに今度は21世紀には、もう一度、通時性を回復しなければならない。つまり、子孫のために、我々は考えて生きているかということなんです。我々の現在の生活の素晴らしさを謳歌することは、それはそれで大事なけれども、同時に我々は、子孫に対して責任を持っているという発想です。それが通時性。それが今、垣谷先生が言われたいのちのつながり、かつ、バイオテクノロジーをどのように考えるかの、1つのヒントでもあるかと私は思います。こういうふうに、話としては一応つながってきたのですが、今出たような中身に関して、さらに付け加えたいことがおありでしたら、パネリストの皆さん、ぜひともお願いしたいと思うのですが、いかがでしょうか。岩槻先生。

【岩槻】

38億年前から続く生命のシステム

ラブロックという人が“ガイア”という言葉を作って、生きものだけではなく、生きものの周辺圏全部が1つのいのちであるという言い方をしたのですが、私はそれには従わないんです。なぜかという、現に生きている生きもの、生命体というのは、初期条件が38億年前に決まったものです。もちろん、原子のレベルではあらゆる入れ替えはするんですけども、生きものが生きもの以外のものと違うところというのは、38億年前の初期条件からスタートして一続きの活動をやっていることです。それからもう1つ最後のところで、垣谷先生がつながりということをご言くださったのですが、その間のつながりというのがすべて、1つのシステムとして出来上がっているということなんです。1つの型から出来上がって、それが多様化してきた。だから、例えば、私たちと植物というのは何か別の世界の出来事のように思うのですが、実は、近々数億年前、あるいは10億年くらい前かにさかのぼったら、ひょっとしたら、我々が植物の遺伝子を持って、その植物のほうに行っていたかもしれない、という間柄なんです。そういうつながりとして意識しなければいけない。ただ、もう1つの、生命の畏敬という言葉を使ったときに、畏敬という、何かそれがいいことであって、尊敬しないといけない、というような言い方をしつつしてしまうのですが、我々は、ものを食べないと生きていけない。ほかの生物の死ということなしには、我々の生存はあり得ないわけです。それは悪いことをしているのではなくて、生物が、38億年前に初期条件を持って、いろいろ分化してきた過程の中で、お互いにシステムとして作り上げてきたもので、自然の条件での、食う、食われるというのは、むしろこれは自然なことであって、そういう自然のシステムの中で、畏敬とは何かということです。だから、極めて短絡した言い方をすれば、例えば、無駄な殺生はいけないとか、そういうような形での畏敬につながらないと、変な答えを招く恐れがありますので、そのところは、ちょっと心に留めておいてください。

【池内】

ありがとうございました。ほかに。郷先生、先ほどバイオテクノロジーの問題も少しお話しされましたし、そのような面での、特に暮らしの中のバイオ科学という側面から、ちょっとコメントいただければ。

【郷】

遺伝子にも個性がある

きょうは医学系の方がいらっしゃらないので。垣谷先生が、遺伝子治療とか再生医療といったことをおっしゃっていましたが、やはり私たちは、病気になったら、できるものなら治したいと思いますね。ただ、寿命なんていうものは、いつまでも延びるのがいいかどうか。私もその辺りになると大変気になりますけれども、ただ、若い方ががんにかかって亡くなるなんていうのは……できるだけのことをして、治療ができてというふうに、やはり長生きしていただきたいと思います。そのときに、今問題になっていますのは、薬の効き方で、個人個人のゲノムの塩基配列が少しずつ違ってきますので、そのために薬の副作用で非常に大変になったり、薬が効かなかったりします。がんの場合なんかも、そういうことがだんだん分かってきております。私がそういう話を聞いて一番驚いたのは、もちろん、治療という意味では非常に大事ですけれども、1人ひとりが遺伝子の配列なり、ゲノムの配列が違っているということは、みんなそれぞれ違う能力で、みんな個性があって、それぞれ尊くて、1人ずつがみんな違うんだ、と。

特に日本は、なにか人のまねをすとか、人と同じでないと落ち着かない、といったところがある。これは社会的なバックグラウンドとかがある。学校教育でも、質問しないんですね。あまり質問をすると目立つのでよくないと。講義が終わった後に、1人ずつ質問に来て並ぶので、そういう質問だったら、もしかしたら、自分以外の人も同じようなことを聞きたいと思っているかもしれないから、みんながいるところで、手を挙げて言ってくれるといいんだけど、と言っています。時間をもつけれども、なかなか質問が出てこないんですね。やはりこれは今の学校教育が、何かそういう、個性を殺すようなことをやっているのかもしれない。そういうときに、皆さんみんな違う遺伝子、ゲノムの情報を持っているのだから、人と違って当たり前という意味で元気をつけるのが良いでしょう。考え方も違うんだし。その中でも、やはり人は人で、同じまちに住むといったように、社会の中で新たにルールがある。非常に当たり前のことなんですけれども、今までは、個性というのを抽象的に思っていたような気がするんです。でもそれがゲノムの時代になってきて、ちゃんと、それが分かるようになった。病気を持っていることが恥ずかしいのではなくて、みんな違うということが分かってきたことで、それは、非常に重要なことではないかなと思っています。これは教育の場でも、ぜひ、こういうことを皆さんにお伝えして、使っていただければと思っています。

【池内】

どうもありがとうございました。まさに遺伝子の多様性で、先ほど私は蚊にも個性が

あるんだと言いましたけれど、さまざまな生命の個性そのものを、大事にするということになるんですね。ほかに何かコメントすることありませんか。垣谷先生。

【垣谷】

次の世代がまっとうに生きられるように

“つながりとしてのいのち”のとらえ方から見えてくることを話させていただきます。岩槻先生もお話されたように、生きものは最初の生物、原始生命体からつながってきています。地球生命は“いのち”をつなぐことを本性としてスタートしたと言えるでしょう。次の世代にいのちをつなぐ。それに成功したものだけが生き残ってきた。そのいのちが今を生きるすべてのいのちにつながってきている。我々もその中のひとつのいのちを生きています。38億年のいのちのつながり、いったい、何回つないできたのだろう、と思います。その間に、地球環境は極めて厳しい変化を経験してきています。想像もつかないほどの熱い時も、また、冷たい時もあったはずです。その環境変化に適応できなかった生きものは絶滅していったのです。地球上のほとんどの生きものが絶滅してしまうようなことも何度か起こっています。その中で生き残ってきたいのちが今の“私”につながってきている。その視点で見ると、よくぞつながってくれたものだ、との思いが生まれてきます。この認識に立つとき、ゲノムを選ぶ、改良するなどの発想は、いのちの大切なことを見落としているのではないか、と忘れてしまいます。

このとらえ方は環境問題への視点ともなります。次の世代に豊かな環境を残そうとのお話がありました。“つながりとしてのいのち”から見るとき、我々のいのちを次の世代につなぐことは生きものとしての本性です。次の世代がまっとうに生きることができる環境を残すことは、いのちをつなぐことの実質でもあります。それは、また、今の世代が生きていくことそのものだという認識が生まれてくるのではないのでしょうか。21世紀はバイオの世紀と言われます。バイオ技術が提供してくれる恩恵は、素晴らしいものです。それとともに、バイオ科学の成果をもとにいのちをとらえ直し、我々の生き方につなげていく素晴らしさも実現していきたいものです。それがバイオの世紀と言われる21世紀の本当の素晴らしさであろうと思います。

【池内】

はい、岩槻先生。

【岩槻】

新技術の導入には、きっちりした予防原則を

高倍先生がお話くださったことともかかわってくるのですが、今のバイオテックということに、世の中にはまだ非常にアレルギーがありますね。ある作物学者と半分冗談で話し合っていたときに、地球人口が100億になったら、とても資源の供給は難しいですね、と言うと、作物学者は、そんなことは、今の科学技術では何でもないことです。ただ、100億の人に供給する資源を作り上げていったら、そこは、人が住める環境でなくなっているかもしれない。そこは責任を持ってませんけれど、と言った。これは本当に冗談です。そういうのが、先ほど高倍先生がおっしゃってくださった問題点だと思います。だからその意味では、既に70年代の末でしてでしょうか、FAOが、20世紀中に60%以上の食糧増産がないと、21世紀は飢えに苦しむと。今は、紛争地以外は飢えに苦しんでいませんけれども、それは、それだけの生産量が確保されてきたということで、同時に、それだけのひずみを、今地球上にもたらしつつあるということなんですね。そのためには、例えば、育種技術というのはいくら進まないとはいけませんし、進んできたバイオテクノロジーというものが、活用されないといけないという側面があるわけです。ところがまだ、それに対するアレルギーが非常にあります。これもあまり知っていただけていないと思うのですが、CBDの一環として、カルタヘナ議定書というのが出来ています。これは、遺伝子組み換えの生きものを国外に出すときの約束で、日本もそれに対する法律の整備がされているのですが、そういうのがされると、今度は研究者サイドからは、その制限が厳しすぎて研究がやりにくいという苦情があるんです。そんなに難しいことを言っているわけではない。ただ予防原則で、いろいろな技術に対する過信をチェックしなければいけない部分があって、それは非常に重要な問題なんです。

その一番典型的な例の1つが、先ほどの外来種法でいいますと、沖縄へハブをやっつけるためにと言って導入したマングースが、いま非常に大きい被害をもたらしている。あれも、入れるときには、皆さんそうしたほうがいいと一生懸命に考えたことなんです。考えてみれば、コロンブスの卵みたいに、そんなばかなことをなんでしたのかということなのですから、そのときの見方からいうと、一生懸命にやったことなので。だから、そういうことにならないような予防原則をきっちり立てて、しかし無駄なアレルギーはどんどん除いていくということが必要です。そのことのために、こういうフォーラムで集まっていた方が、そういうことをよく知っていただくということと、きょうはメディアの人もおいでですけれども、いい記事を書いていただいて、こういう内容をもっと広く、一般の人に知っていただくというのは非常に大切なことだと強く思います。

【池内】

ありがとうございました。時間も近づいてきたのですが、馬場先生に一言、お願いします。

【馬場】

個が限りなく大切

大変教えられました。まず池内先生が生命の畏敬ということをおっしゃって、それぞれが大事ということで、蚊も顔が違ふと。私は人間、人々は限りなく大切ということで一生懸命生きてきたけれど、蚊も顔が違ふというのは、きょう初めて学びました。そういう意味で個というものが、限りなく大切というところがピタッとつながったと思って、大変うれしゅうございました。しかも、全体がそれぞれ個性を保ちながら、いのちがつながっているというところで、システムである。どこが欠けてもいけないシステムであるということも、私は人間学の講義で話しているところす。むしろ、宇宙は1つの生命体である、全部が大切であるというところで、宇宙は1つのいのちであるとか、心がつながっているという講義をしています。そこのところまでは、大変よく分かっているのですが、もう1つは岩槻先生がおっしゃった畏敬の念ということも、先ほどのマンゲースの話で、こうやればいいと思っても、全然違った結果が出てくるときがあるということは、やはり私たちの知力というものはまだ限度があつて、宇宙の壮大な歴史に比べるとあまりにも小さくて、目先のことをやり過ぎるといふ、ここのところが大切だと思います。

利己心をどう除くか

垣谷先生が、遺伝子工学はいいけれども、自分の狭い視点で、都合のいいようにかえるというのは大変な考えだ、ということをおっしゃったのだと思いますが、そこのところはものすごく大事だと思いました。高倍先生が、食糧増産でものすごくご努力なさつていて、私、大賛成で申しているのですが、うれしくてしょうがないのですが、もう1つ、穀物だけで食べればいいのに、牛を飼うと10人分食ってしまうというところで、同時にその辺の配分のシステム——公平というか、みんなにとって一番いい配分のシステムというのはどうしたらできるかという、やはりそれは、人間の利己心を、どうしたら除くことができるかという、基本的な人間学の問題が出てくるといふ、もう1

つは、垣谷先生がおっしゃった医療の問題で、私は治験審査委員会に出ているのですが、しよっちゅう、IC（インフォームド・コンセント）の問題でも、副作用、有効性、患者の負担、患者の同意とかを患者さんにどれだけ説明しても、やはり医者の方で説明してしまうので、私は、いつも患者になったつもり、がんになったつもりで、一生懸命話すのですけれども、やはり実験方法とかは、ものすごく医学中心の設定に出てくるんです。その1つひとつが患者の現在のいのちにとって、どういう深刻な影響があるかという問題がどうしても見られない。

人間にとって何が一番大切な価値か

例えば、ゆうべも夜遅くまでナースと語っていたのですが、あるがんの患者さんが、ほっておいてくれ、何も治療いらない、と言うんです。手術もいらない、化学療法も放射線もいらない、これが一番いい、と言う。それに対して家族は、そんなのはいやだ、なんとかがんばってくれと言うので、しょうがないから、化学療法だけをしたということなんですけれども。ホスピスのことを緩和医療と申しますが、緩和医療というのは、医者の方でいっている言葉であって、患者の方からは、緩和されたとは言っていないかもしれない。緩和というのは、肉体の苦痛の緩和であって、それが心の平和になるということです。もちろん、そうなる面もあるのですけれども、しかしもう1つは、もっと家族との心のつながりというのがあって、その辺がどういうふうに解決されるか。そうすると、患者の自立とか、選択権ですが、患者が何によって選択するかという価値基準が、世間的な価値基準であっては何も解決しません。やはり、人間にとって何が一番本当の価値かというところは、ぎりぎりのところをもっと突き詰められないと、インフォームド・コンセントの問題も、根本は解決しないという気がしました。それこそ、価値観の問題、人間の心のつながりという面が、私の課題だと思っています。

【池内】

どうもありがとうございました。時間が来ましたので、終わりたいと思います。4人の先生、ありがとうございました。

来年もぜひとも、この KOSMOS フォーラムが名古屋で開かれますように、皆さん、熱烈に要望を出していただきたいと思っています。どうもありがとうございました。