

# 「知の世紀」

## —知の創造と活用による 科学技術立国に向けて—

### ●対談者

総合科学技術会議  
議員

**井村 裕夫 氏**

財ひょうご科学技術協会  
理事長

**熊谷 信昭 氏**

**熊谷** 本日は、大変ご多忙な井村先生に貴重なお時間を頂戴し、本当にありがとうございました。

井村先生とは旧科学技術会議で一緒に仕事をさせていただきました。私は非常勤の議員でしたが、井村先生は常勤の議員で、旧科学技術会議の中心的なメンバーとして大変なご苦労をなされた訳ですが、井村先生達と一緒に平成12年の暮れに第2期の科学技術基本計画の原案を作りましたね。

**井村** そうですね。

**熊谷** 平成13年に行われた政府の機構改革によって、旧科学技術会議は、新しくできた内閣府に属する総合科学技術会議に強化されました。私が在籍していた当時の旧科学技術会議というのでは、議長は今と同じく内閣総理大臣でしたけれども、いわゆる学識者の分野からの議員は、常勤・非常勤併せて5名でした。それに官職指定の大蔵と日本学術会議会長の5名を加えた合計10名だったのですが、総合科学技術会議では、いわゆる学識者の議員というのが7名に増員されましたね。

**井村** はい。7名以内ということになっておりまして、現在7名。そこには日本学術会議の会長も入っておられます。

**熊谷** そして官職指定の議員が6名いらっしゃいますよね。

**井村** はい、官房長官、財務大臣、総務大臣、文部科学大臣、経済産業大臣、科学技術政策担当国務大臣の6名です。

**熊谷** 議長が内閣総理大臣で、総勢14名という体制に強化され、またその下に非常にたくさんの専門調査会などが設置されて大勢の方が参画され、大変な活動をしていらっしゃいます。私が拝命しておりました旧科学技術会議の時代は、本会議というのはせいぜい年に1、2回程度、多くて3回ぐらいでしたが、現在は、本会議は毎月開催されていますし、専門調査会などがその間に頻繁に行われていますから、本当に大変なご苦労だと思うのですが、新聞などを見ますと、経済財政諮問会議ばかりが紙面に出ていますね。

**井村** そうですね。経済財政諮問会議の方が表に出て、どうも科学技術はあまり新聞種にはならないようです。

**熊谷** 経済財政諮問会議も総合科学技術会議も内閣府に直属する同格の重要な会議なのですが、経済財政諮問会議ほどには報道されていません。やはり日本ではマスコミを含めて科学技術に対する関心が、今になってもまだ低いのかなという気がしますね。

**井村** 科学技術全体に対する関心がかなり低いですね。

**熊谷** 新聞報道の頻度から見ても、ご苦労のわりには取り上げられることが少ないなという印象を受けています。

第2期の科学技術基本計画では、科学技術振興関連費として平成13年度から向こう5年間に総額24兆円を投入することを明記し、重点分野として情報科学、生命科学、ナノテクノロジー・

材料、それに環境の4つをあげ、また、賛否両論ございましたけれども、向こう50年間にノーベル賞受賞者を30人出そうというような、まあ一種の精神的目標みたいなものも出しました。その後と言いますか、最近の国の科学技術政策全般について、様子をお伺い出来たらと思うのですが。

### 総合科学技術会議の動向

**井村** 今さら言うまでもないことですが、21世紀はよく知識社会とか知の世紀と言われていますが、やはり科学技術が産業や社会の牽引車になる時代なんですね。だから、熊谷先生がおっしゃったように、科学技術は国の政策として非常に重要な意味を持つと思います。そういうことで日本でも科学技術基本法が平成7年（1995年）に制定されて、それを受けて第1期の科学技術基本計画が翌年に決まりました。私は平成10年から科学技術会議の常勤議員を拝命したわけですが、その科学技術会議の時代に行ったことで思い出深いのは、一つは、故小渕総理の発案で始まったミレニアムプロジェクト。それからもう一つは、第2期科学技術基本計画の骨格を作ったということですね。これが平成12年の年末ぐらいに一応決定いたしました。

その後は、平成13年（2001年）に機構改革で総合科学技術会議が発足しま



した。その最初に行なったことが第2期基本計画をもう一度手直しし、最終的に決定をするということでした。大きな手直しはしておりませんが、人文社会科学が入りましたので、その重要性を少し書き込んだぐらいです。そして同年3月に閣議決定されました。

振り返ってみて、科学技術会議の時代と総合科学技術会議になってからの違いですけれども、いくつかあると思うのですが、一つは今熊谷先生もおっしゃった本会議、これを毎月1回開催するということが決められております。やはりそのことは非常に大きな意味がありますし、総理の前で、関係の大蔵と、それから学識者議員が話し合う。そこで総理が一言おっしゃられると、大変影響力があるわけです。それは一つの大きな違いですね。

それから、二つ目にはいくつかの専門調査会を設けて、これが常に活動しております。そこが次々と政策を決定して、それを実現していくということをやりつつあるわけで、これも今までよりは重い意味があると思います。と

たい。失敗からしばしば大きな発見が生まれることがある。」という話をされました。総理は、小柴さんに質問をされたのです。「小柴先生は定年でお辞めになる少し前に、たまたま新星の爆発があって、うまくニュートリノが捕まえられたのですが、そういう幸運が無かったらどうでしたか。」というご質問でしたね。それに対して小柴さんは、「いやいや、あれが無くても、ちゃんとニュートリノ物理学は進歩しております。発展しております。」と答られました。そういうやりとりが出来るようになってきたということは、やはり大変良いことではないかと思います。

### 人文社会科学との融合

**熊谷** 旧科学技術会議の時に比べて、私が本当に良いことだなあと思うのは、井村先生がおっしゃったように、一つは、人文・社会科学系の議員も加えて、人文・社会科学系も含めた科学技術政策を検討なさるようになったことです。これは非常に意義のあることだと思います。

それからもう一つは、旧科学技術会議の定めでは、内閣総理大臣の諮問に応じて答申するということになっていたのですが、今の総合科学技術会議は必要に応じて意見を具申することが出来るということになっていますから、かなり積極的に、国の科学技術政策全般に発言する機能を持つようになっていましたね。



総合科学技術会議 議員  
**井村 裕夫** (いむら ひろお)

1931年生まれ。1954年京都大学医学部医学科卒業。1955年医師国家試験合格。1962年京都大学大学院医学研究科博士課程修了。カリフォルニア大学内科学研究員、京都大学医学部講師、神戸大学医学部教授、京都大学医学部教授を経て、1989年京都大学医学部長、1991年～1997年京都大学総長。1998年～2000年神戸市立中央市民病院院長。1998年～2001年文部省学術顧問、科学技術会議議員。2001年総合科学技術会議議員、現在に至る。日本学士院会員、アメリカ芸術科学アカデミー名誉会員。ベルツ賞、日本医師会医学賞、米国内分泌学会Robert H. Williams賞、フランス国家功労賞をはじめ受賞多数。

**井村** 確かにおっしゃるようにそれは非常に大きいことですね。内閣総理大臣の諮問によって答申をすると言いましても、諮問をする手続というのは各省が合意をして、その上で諮問が出るわけですから、そこまでに非常な手間がかかるわけです。しかし今はそうではありませんので、こちらがいろいろと考え、特に専門調査会で審議したことについて意見具申が出来るようにしました。これは非常に大きいことです。

**熊谷** そうですね。

**井村** それから、人文社会科学も含むというのは、実は世界中にあまり例がないのです。そういう意味で極めて貴重です。人文社会系の方で1名常勤議

員がおられるということはそれなりの重みがありますが、しかし具体的に何をやるかということは、まだこれからではないかという状況です。いろいろと議論をしておりますけれど、なかなか結びつきが難しいところがありますね。ただ、環境問題などは、人間の生き様とか、社会の仕組みとかが非常に絡みますから、そういうあたりから、石井議員は力を入れておられます。

**熊谷** 私は、かねがねこれから科学技術の研究開発にとって非常に重要なキーになるものが二つあると思っていました、一つは、今お話の人文・社会科学との連携・協力です。連携・協力を超えた、融合まで必要ではないかと思っています。

私の専門分野は情報通信工学ですが、コンピューターにしろ、情報通信にしろ、技術者の技術的な努力だけでは超えられない壁みたいなものがあって、どうしても人文・社会科学系の方々の協力、あるいは一体になった研究が必要になってくる、という面がございます。

それからもう一つは、これもかねがね思っていることですが、「自然と生物に学ぶ」ということです。自然や生物は、新しいアイデア、新しい知識の宝庫みたいなものですから、これを学び、活用することも非常に重要なことです。

### 知の創造・知の活用

**熊谷** 科学技術基本法には、大変高い志が謳われているのですが、第2期の科学技術基本計画にも、「知の創造と活用により世界に貢献できる国」となることを目指すことが明記されています。これは、日本が国際社会に

おいて敬愛されるような名譽ある国家になっていくためにも、また、経済的に発展して豊かで安全な社会を実現していくためにも、非常に重要な考え方だと思います。

**井村** はい。それが非常に重要だろうと思います。知の創造としては、やはり大学を中心とした研究機関の研究を活性化するということが大事ですから、のために研究費を増やそうと努力をしております。

平成13年度は厳しい中でも増やすことが出来ましたが、平成14年度は何分にも税収が落ち込んでおります。だから増やすことは非常に難しいかもしれません、その中でも特に研究者の自由な発想による科学研究費等は是非増やしたい、ということを考えております。全体としては増えなくても、少しシフトさせることは出来ますので、やはりそういう効果のある研究費を増やしたいということです。

それから知の活用について、ここ1年あまり行ったことの一つは産学官連携の推進です。大学で生まれたいろいろな知識、技術を出来るだけ早く産業に活かしていくということが必要なことです。これは日本は大変遅れておりまして、ご承知のように、ようやく活性化はじめていると思います。もう一つは、知的財産をきちんと守っていくということも大事です。その点では今まで日本はちょっとルーズでしたね。

**熊谷** そうでしたね。

**井村** 先だっての国会で、知的財産基本法案が成立しました。それを受けまして、今、総合科学技術会議でも知的財産のあり方に関するガイドラインのようなものを作ろうということで、まとめの作業をしております。その中の一つは大学等の研究機関がどのようにして知的財産を守っていくのが良いの

かということ。それから二つ目は先端分野、特に生命科学とか情報通信といった分野では、思いもよらない新しい知的財産の問題が起こりはじめていますので、そのことについて。それから三つ目には知的財産を守るために人材、特に弁理士とか、あるいは知的財産を取り扱う弁護士、そういう人材の養成。あるいは、大学で一般の工学部、医学部、薬学部、農学部の学生に知的財産についての教育をする。そういうことも重要だろうということで、これも知の活用の一つとして取り上げているわけです。

さらに、地域の科学技術の活性化ですね。やはり中央だけで産学官の連携を進めて、日本全体の経済の活性化にはつながりませんので、いろんな地域でいろんな試みをやっていく。兵庫県でもいろいろとやっておられます、そういうものを出来るだけ支援することによって、地域における知の活用を推進する。これも一つの大きなテーマになっています。

**熊谷** おっしゃるように、国全体の活性化の元になるものは、それぞれの地域の活性化ですからね。このことは旧科学技術会議でも強調されていました。そういう意味で、地域の特性を活かすことと、産学連携によってさらにその効果を高めるということが重要だと思うのですが、井村先生のご専門の医学・医療の分野で申しますと、生命科学については、関西には非常にたくさん立派な研究者がおられますし、又、神戸の医療産業都市構想というのがあって、その基本構想やあり方を研究する研究会というのが設置され、井村先生ご自身がそこの会長をされていますね。

**井村** はい。研究会の方は会長を、また先端医療振興財団では顧問を務めて

おります。

### 医療産業都市構想

**熊谷** 先端医療センターとか、理化学研究所の発生・再生科学総合研究センターなどいくつかの機関があって、それぞれがどのような活動をしているのか、なかなか一般の者、専門外の者には整理が出来ないようなところがあります。全体的には神戸にそういう分野の研究機関が集積され、医療産業都市をつくって、アジアのいろんな国の医療技術の向上というような国際社会への貢献もするし、新産業の創出というようなことも目指し、さらには高齢化社会への対応にも寄与しよう、というようなことかなと素人として解釈しているのですが。

**井村** そもそもその発端は、まず神戸、そして神戸を含む兵庫県全体が大地震で非常に大きな被害を受けました。それからの復興が、表面的には非常に進みましたけれども、実質的にはまだまだ問題が残されていることがあります。それからもう一つは、その間に産業構造が非常に大きく変わったことです。神戸はかつて、港を利用した重厚長大産業が特色だったわけです。ところが、港の方も、震災の影響もありますが、むしろ産業構造の変化で陰りが出て、重厚長大産業もだんだん難しくなってきていた。そういう中で、神戸が再活性化するために何をやるべきかということで、いろいろ検討がなされてきました。ちょうど私が神戸市立中央市民病院院長を引き受けた頃ですが、高齢化社会を迎えるので、医療産業がいいんじゃないかということに落ち着きまして、神戸市長から「井村先生、ひとつどういう構想が良いもの



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
**熊谷 信昭** (くまがい のぶあき)

1929年生まれ。53年大阪大学工学部(旧制)通信工学科卒業。56年同大学院(旧制)特別研究生修了。58年カリフォルニア大学電子工学研究所上級研究員。60年大阪大学工学部助教授、71年同教授。学生部長、工学部長などを経て85年同大学総長。91年同大学名誉教授。93年から2000年12月まで科学技術会議議員。

電磁波工学の権威で、電子情報通信学会会長などを歴任。その先駆的業績により米国電気電子学会終身名誉員(Life Fellow)、電子情報通信学会名誉員の称号を受けるとともに、レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、郵政大臣表彰、NHK放送文化賞など多数受賞。97年には日本学士院賞を受賞、99年には文化功労者として顕彰。

現在、総務省独立行政法人評価委員会委員長、科学技術振興事業団総合評価委員会委員長、理化学研究所相談役、大阪府教育委員会委員長、大阪府および大阪市総合計画審議会会長、(財)地球環境センターリー理事長、(財)災害科学研究所理事長、(財)大阪21世紀協会会長、(株)原子力安全システム研究所所長、原子力環境整備機構評議員会議長、兵庫県科学技術会議会長、兵庫県立大学設置準備委員会委員長、など。

か、研究会の会長をしてくださいよ。」と言われたわけです。

私はその頃までに、外国のいわゆる科学技術クラスターというものを若干見てきており、非常に関心もありましたので、そういうものを作ってはどうだろうかと考えたわけです。従ってはじめからいくつかの条件を考えました。

第1点は、従来こういうものを作る時には、どこかの大学にお願いをして、人を派遣してもらうというのが日本のやり方だったのですが、その方法は採らない。関西には、バイオの面で非常に強力な大学があるから、いずれの大学とも協力関係を結んで行く。それから第2点は、産学連携をはじめからやるということ。今までは公的なものですが、国でも地方自治体でも、非常に産学連携が難しかったわけですが、財団を作って、自由な産学連携が出来る体制を作るということにしました。それから第3点は、非常に科学技術の発展が早いので、計画を作ったら速やかに実現していかないと、当初の計画がすぐに役に立たなくなる。だからスピードを重んじるということにしたわけです。幸いにして神戸市長からは、「もう全面的に委任しましょう。」ということになりましたので、近畿地区的京都、大阪、神戸の3大学、国立循環器病センター、それから神戸市医師会等に研究会に入っていただきまして、構想を作りました。最近O E C Dなどは、イノベティップクラスターという言葉を使っておりますが、そういった技術革新クラスターの一つのモデルにしたいと思い、当初は先端医療センターを作るということでスタートしました。ただ、現在の神戸市の力ですと、財政的にも極めて窮屈になっていましたから、そんなに大きなものは作れない。そこで少し悩んでたところへ、たまたま理化学研究所に三つセンターを作るということが決まりました。その結果、二つは関東、一つは関西にということで、神戸に作ることになりました。それで、非常に弾みがつきました。理化学研究所の整備した発生・再生科学総合研究センターは基礎研究が中心ですね。ですから理学部の方もたくさん入

っておられます。それにプラスいたしまして、基礎研究を臨床に活かす役割をするのが先端医療センターとなっているわけですね。

**熊谷** 寺田先生がいらっしゃいますね。

**井村** そうです。今、寺田前国立がんセンター総長に先端医療センター長をお願いしております。それに関連して、現在やろうとしておりることは、臨床研究にかかる情報センターの整備です。これは今まで日本にはあまりないのですが、例えば患者さんに薬を使うとすると、それがどういう病歴の患者さんで、薬をどれだけ使ったらどういう副作用が出たとか、そういうデータベースを蓄積していかないといけない。それが今までほとんど出来ていませんので、そういう臨床研究の情報センターを現在作っているところです。これには文部科学省がある程度支援をしてくれましたので、出来ることになりました。後は、やっぱりベンチャーとか企業に来てもらいたいということで、そのための施設をいくつか作っています。幸いにして今、30社ぐらいと契約が出来ました。さらに土地についても、神戸市がその内の10ヘクタール分ぐらいは10年間無償で貸しましょう、10年経ったら購入してください、というふうな施策も決めてくれましたので、他にも引き合いがいくつかあるという状況です。そういうわけで、私は、生命科学、あるいはバイオテクノロジーに重点を置いて、中でも特に再生医学とか臨床研究に重点を置いたクラスターにしたい、ということを思っているわけです。

大阪でも、これは熊谷先生も関係しておられるかどうか判りませんが、京都構想というのがありますて、向こうはゲノム創薬ということをやっておられますので、それとは少し棲み分けを

して、こちらは、臨床研究と再生医学を中心にやろうと考えております。もちろん、大阪、京都とは密接に連携をしております。そうしないと神戸だけではちょっと不十分ですから、関西全体が、それぞれの役割分担をしながら、やっていくことが重要だろうと思っているわけです。

### 関西から世界へ

**熊谷** 大学だけを見ましても京都大学、大阪大学、神戸大学、姫路工業大学等々の大学が活躍していますし、今お話しの京都について、私もその基本構想検討委員会の座長をしておりました。先端医療振興財團についても、我々の協会は出捐団体になっております。おっしゃるように関西の総力をあげて、そういう再生医学やゲノム創薬などのような最先端の研究拠点として、アジアの、さらには世界の拠点を目指すというのを本当に良いことだと思います。

**井村** 先程申し上げましたように、O E C Dがイノベティップクラスター=技術革新クラスターという概念を提唱していますが、それにはいろんなタイプがあり、小さなもの、中クラスのもの、それから国境を越えたものまでがあるわけです。その一例として、例えばデンマークとスウェーデンの間に、オーレンスン海峡という海峡がありまして、そこに橋がかかってます。そうするとコペンハーゲンからスウェーデンの南のルンドのあたりまで、3,40分で行けるようになったのです。そこで国境を越えて、一つのメディカルクラスターが出来つつあります。そういう時代ですから、私ははじめから、神戸だけで固まっていてはダメであって、兵庫県全体、さらには大阪、京都

と、近畿圏全体でそういうバイオテクノロジークラスター、あるいは医療クラスターといったものを作っていくかないといけないと考えておりました。ですから神戸の構想は、ある意味では神戸市というやや小さなクラスターですけれども、将来は、あるいは現在、既に連携関係が非常に密接に出来つりますので、関西全体のものにしていきたいと思っています。

現に再生医学については、関西でそういう再生医学の研究会を年2回行っています。これは大阪大学の岸本総長と私とが世話をなりまして、関西の主要都市を持ち回りで開催しており、非常にたくさんの方が集まります。そこには関東からも、我々も中に入れて欲しいということで、東大の教授とかが参加して、非常に活発にやっております。さらには、アメリカのピッツバーグにもそういう研究会があり、ヨーロッパにもE Uの再生医学の研究会があるのですが、我々はそういうものとも連携をしようということで、この12月後半（平成14年）にも先方の人が来日する予定です。このように関西全体で一つのクラスターを考えていくとともに、そのクラスターがヨーロッパやアメリカとも自由に連携できるような、そういう一番大きなタイプのクラスターへ発展させたいということを思っているわけです。まだ、現在はそこまでの力はありませんので、まず、神戸市のポートアイランドだけを一生懸命やっておりますが、しかし常にそういう関西地区との連携は大事にしておりますし、大阪大学、京都大学、神戸大学からも共同研究には参加をさせていただいております。

**熊谷** そうですか。もちろん神戸だけではなく、関西全体、日本全体、そしてさらにはヨーロッパ等とも連携をさ

れるということですが、特にアジア地域の国々とは、関西空港や新しくできる神戸空港を使えば、近いところでは1時間ちょっと、中国などでも2,3時間で行き来できるところがいくらもあるので、そういうところの研究者との交流や、あるいは患者さんがこられるといったことも、近い将来にはあり得ます。

**井村** おっしゃるとおりです。だから、我々としては、神戸の中央市民病院が、そういう場合の役割を果たして欲しいと思っているわけです。先端医療センターには60床のベッドを作ります。しかしそれだけでは不足ですので、やはり、中央市民病院との連携体制を密にして、あるいは将来的には中央市民病院を傍らに移築して、新しい先端医療のセンターにしていきたいということを考えております。

### 生命科学の潮流

**熊谷** 井村先生は、総合科学技術会議で日本の科学技術政策全般についての幅広い仕事をいらっしゃいますし、地域では、神戸の医学・医療に関するクラスターについていろいろとご指導をいただいておりますが、本来のご専門は医学、中でも内分泌学の権威と伺っております。先生は京都大学をご卒業の後、神戸大学の教授、京都大学の教授などを歴任されて京都大学の医学部長、そして総長になられ、総長時代には国立大学協会の会長などをおつとめになり、その間には日本学士院の会員になられたり、いろいろなご活躍をされてこられたのですが、研究者・医師としての今までの歩みを振り返っ



てみられて、先生が医学者としてのスタートをお切りになった頃の医学・治療技術等の内容と、約半世紀後の現在と比べてみるといかがなものでしょうか。

**井村** それはもう桁違いですね。医学には古い歴史があるわけですが、やはり20世紀の後半から、大きく変わりました。私はもともと滋賀県の田舎の出身ですから、医者として田舎へ帰って地域の医療にでも貢献しようと考えていたんですね。ところが、いざ大学を卒業してみると、わからないことが多いんですね。ほんどのことについてまだまだ極めて知識が乏しい。これじゃとてもダメだと思って、研究をしようと思い立ちました。それで結局ずっと大学に残って、患者さんを診ながら研究をするという生活を送ってきたわけです。そして、その間に非常に大きな進歩がありました。それは、基本的には還元主義と言いますが、やはりいろんな病気や生命現象に、何が主役を演じているのか、ということで分子を追いかけ、さらに遺伝子まで行く。これはちょうど物理学の発展と極めて似ているわけですね。そういう還元主義でみると、私の専門にしていた内分泌学は、それが非常にやりやすかった。つまり、ホルモンというのは物質ですから、分子がはじめから判っているわ

けです。それをさらに遺伝子へ掘り下げるということで、私も遺伝子の研究をかなりやりました。そういう還元論の極致がヒトゲノムですね。要するに一つ一つの遺伝子を追いかけて行くのでは、まどろっこしいので、我々の体を作っている遺伝子について全部やってしまおうということです。

それから、最近マウスのゲノムが判りました。これは人の病気のモデルに使えるので、ある意味ではヒトのゲノムよりもより利用しやすいものです。そういうことで、生命科学が非常に発展をした中に身を置いていたということは、非常に幸せだったと思います。

ただ、ゲノムが解ったら何もかもが解るかというと、実は意外に解らないのです。だから今度は、遺伝子からタンパクが作られる、タンパクから細胞が作られる、それから個体が出来るという20世紀の医学とは反対の方向に研究を伸ばしていかないといけないわけですね。そのためには、膨大な情報が蓄積されてくるので、情報処理が大変大きな問題になってくるわけです。先程言いましたように、臨床研究ですら情報が膨大に貯まっていくので、情報センターを作ろうということなのですが、基礎研究だともっと大きな情報が貯まってくる。ここは熊谷先生がおやりになってきたことと関係が深いのですが、いわゆるバイオインフォマティクスというものが今非常に大事じゃないかと言われている。それ抜きでは

21世紀の医学、あるいは生命科学が成り立なくなってきている。

**熊谷** そうでしょうね。

**井村** 例えばヒトのゲノムだけでも、32億塩基対。マウスは25億塩基対です。だからそれを、目で追っていたのではなくても無理で、すべてコンピューターを使って、遺伝子探しをしていかないといけない。そういった遺伝子、タンパクから細胞を組み立てていく時にも、やはりコンピューターを使って解析していくことが必要になってきますね。ですから、コンピューテーション・バイオロジーというふうなものが、今これから一つの学問として発展しつつあります。昔我々は、インビボ、インビトロという言葉をよく使いました。「インビボ」というのは「体の中で」という意味です。それから「インビトロ」というのは「試験管の中で」という意味です。この頃、「インシリコ」というのがよく出てくるのですが、それはコンピューターの中で生命科学を研究しようということですね。もともと神戸のプロジェクトではそこまで行いませんが、臨床研究のところでは、コンピューターを使ったものをやろうと思いまして、今度、そこに専門家に入ってもらって、人間の遺伝子と、それから薬の効果の関係といったことをやっていきたいと考えています。

**熊谷** なるほど。情報科学と生命科学の融合ということですね。からの科学技術の研究・開発では異分野間の

融合というのが本当に決め手になっていきますね。

**井村** それをどのようにやっていくのかというのは、なかなか難しい問題があります。ご承知のように、科学技術振興調整費を旧科学技術会議が持っていました

が、総合科学技術会議になってからは、内閣府は直接お金を持ってはいけないということで、文部科学省に予算がついている。ただ使い方は、科学技術政策推進のために、総合科学技術会議が文部科学省と協議をして使いなさいということになっております。そこで今、人材育成を考えております。日本の大大学は、古いシステムをそのまま維持しているので、新しいところへの対応が遅れていますね。特に、右肩上がりで、新しい学部がどんどん出来る時代は良かったのですが、右肩上がりが止まって、現在の大学が持っているマンパワーの中で、あるいは人数の中で、いかに新しい分野を開拓するかということになりますと、これがなかなか難しくて、遅れてしまっているわけです。そこで、人材育成のために、バイオインフォマティクスに力を入れております。これが2年間で、三つぐらいの大学に配分したでしょうか。年に1億、5年間にわたり予算をつけて、その間に大学の改革を進めて、これを核にしてより良いものを作ってくださいということになっております。

それから、今年は、コンピューターソフト理論を設けました。しかし、これについてはなかなかよい提案が出てこない。やはり日本が遅れている分野で、人材育成が難しいのかも判りませんが、これを来年どうするかということを、今、議論しているところです。そういうわけで、バイオインフォマティクスの方も、日本で少しづつ基盤が出来つつあります。

もう一つ我々にとって嬉しかったことは、ゲノム解析では日本は遅れまして、6%台ぐらいの貢献しか出来ませんでした。ただ日本では、遺伝子が読みとられて出来る相補性DNA=cDNAというのがあるのですが、これの

プロジェクトが進んでおりまして、この点では世界で最も日本が貢献しているのです。それだけでは実はあまり目立たなかったのですが、今年、そのcDNAの国際会議が十日間ほどお台場で開催されました。これが非常に注目されまして、多分2003年のネイチャーにその結果が載ると思いますね。これについては、日本がかなりのリードーシップをとれたものです。そういうものがこれから増えていって欲しいと思います。例えばニュートリノも日本がリードーシップをとって、小柴さんがノーベル賞を取られたわけですが、生命科学の分野でも、国際的なリードーシップをとれる部分が、少しずつ出てきているのは非常に嬉しいことだと思います。先程申し上げましたように、我々は、ゲノムというものは解読できれば何もかも解ると思っていたのですが、実は意外に解らないことが判ったのです。そうするとその次のステップとしてのタンパクについて、今、国際的に極めて激しい競争になっていますが、その手前としての相補性DNA=cDNAプロジェクトが必要になります。これは日本がかなりやれるところだと思っています。

**熊谷** ゲノムが判ったというのは、我々工学の分野の感覚で言いますと、エレメントが全部判ったというところですかね。それがシステムに組み上がっていくのは、どういう設計図というか情報によっているのかとか、どういうメカニズムが働いているのかというような、大変重要でかつ興味深い課題が沢山あって、これからがいよいよ本当の佳境に入って行くところであるといえるかもしれませんね。

**井村** ええ。これからがいよいよですね。情報学というのは20世紀に人間の叡知が作り上げた学問ですが、このゲ



PETカメラ

FDG-PET検査  
健診にて発見された早期肺がんの例

んで、粒子線治療の適した人は向こうに送るとか、そういう体制を出来るだけ作っていきたいと思っております。

**熊谷** 我々の協会も、兵庫県における科学技術振興の中核的機構としての役割を果たすという趣旨で生まれまして、皆様のご支援のお蔭で、昨年、設立10周年を迎えることが出来ました。これ

からも兵庫県の科学技術振興の推進に貢献し、関西の、ひいては日本全体のため、さらには世界全体のためにいささかなりともお役に立ちたいと思っておりますので、先生には是非今後ともよろしく御指導を賜りたいと思います。

**井村** こちらこそ、どうぞよろしくお願い致します。

**熊谷** 本当に今日は超ご多忙の先生に貴重なお時間を頂戴致しましてありがとうございました。

(この対談は平成14年12月16日に行いました。)

注1

PET (陽電子放射線断層撮影装置)  
最近最も注目されている最先端の検査装置の一つで、ポジトロン放射性同位元素（ラジオアイソトープ）をブドウ糖と結合させたFDGという薬剤を体内に注入し、高精度のシンチカメラで集積を撮影する装置。ミリ単位のがんやリンパ節に転移した微小ながんを画像化し、発見することができる。



# 21世紀の ～究極の放射線治療～

## ●対談者

兵庫県立粒子線医療センター  
院長

**菱川 良夫 氏**

財ひょうご科学技術協会  
理事長

**熊谷 信昭 氏**

熊谷 20世紀に科学技術が様々な分野で急速な進歩を遂げたわけですが、21世紀に持ち越された、我々人間にとつてきわめて関心の高い課題として、「がん治療」、「がんの撲滅」という問題があります。そして、がんの治療法がいろいろと研究されているなかで、最近、粒子線による治療法が話題となり、期待を集めています。菱川先生はこの分野での第一人者でいらっしゃいますが、先生が放射線治療、粒子線治療を専門とされるようになったのはどのような理由からですか。

## 粒子線治療を始めた理由

菱川 もともと私は開業医の息子で長男でしたので、将来は開業するつもりでした。

神戸大学医学部卒業時自宅近くに出たばかりの兵庫医科大学があり、その放射線科の助教授に従兄弟がいた関係もあって兵庫医科大学の放射線科に入りました。放射線科というのは非常に分野が広くて診断、治療と様々な分野をカバーしているのですが、当時は新設の大学だったこともあって大阪大学の放射線科から先生方が助っ人として何人か来られていました。私がついていたのがその中の1人で現在国立がんセンターの放射線治療の部長をされておられる池田先生です。その時に

先生も私も大の阪神ファンということで、それがずっと池田先生についていくことになった始まりです（笑）。それまでは放射線治療をやろうというつもりは全くなかったので、池田先生との出会いが放射線治療を専門とすることになった理由です。

実際に放射線治療を始めてからは大阪大学の放射線科にも週に2回程勉強に行ったりしながら専門にやってきました。

放射線治療を行ってきたことで高名な放射線治療医の兵庫県立成人病センター名誉院長の木村先生にも色々な会合でお会いしました。1993年頃先生から「兵庫県で新しく粒子線治療を始めるからきてみないか」というお話を頂きました。

その時によくわかったのですが、日本は欧米で評価されると評価される国

であるということと、反対者がある場合はいい仕事である場合が多くあるのだなということです。みんなが賛成することはよくなくて反対者があるのはいいことであるということですね（笑）。

熊谷 賛成する人が少なくても新規性が大切だということですね。

先生がはじめにされていた食道がんの放射線治療と粒子線による治療とはどこが違うのですか。先生の場合はどういう放射線をお使いになられたのでしょうか。

それで、放射線治療の分野の研究をするようになられて、ご自分にとって印象的な思い出や出来事などはござりますか。

菱川 放射線治療をやっていた頃になりますが、その頃は食道がんについての治療を一生懸命やっていました。その治療のなかで従来の放射線だけでなく、食道の中に管を入れて管の中に機械的に小さな線源を入れるということをやり始めました。そして、そういう事を学会で発表すると、やはりそういう何か新しいことを始めると反対者が出てくるわけです。

地方の学会で発表してそこで反対されれば、その次にまた同じ学会で発表するということを繰り返しやってきて、最終的には欧米の学会でも発表しました。

その時によくわかったのですが、日本は欧米で評価されると評価される国

であるということと、反対者がある場合はいい仕事である場合が多くあるのだなということです。みんなが賛成することはよくなくて反対者があるのはいいことであるということですね（笑）。

熊谷 賛成する人が少なくても新規性が大切だということですね。

先生がはじめにされていた食道がんの放射線治療と粒子線による治療とはどこが違うのですか。先生の場合はどういう放射線をお使いになられたのでしょうか。

菱川 治療に使っていた放射線はX線です。

# がん治療最新技術 粒子線治療について～



## 粒子線について

熊谷 一般の方には放射線、粒子線、重粒子線という言葉の意味がなかなか掴みにくいと思うのですが、わかりやすく説明するとどういうことになりますか。

菱川 センターでは2年前から臨床試験を始めたのですが、その2年間は一般の方の見学を全て受け入れてきました。そして出来る限り私自身が説明するということを繰り返しやってきました。その中で一般の方にもわかりやすくということを常々考えてきたのですが、やはりどうしても物理的な部分はわかりにくい。一般の方にわかりやすいのは結果で示すことなのです。

それで、粒子線治療の一番いい結果は何かを説明する際に、必ずスライドの中で治療中にゴルフをされた方の写真を見せていました。粒子線治療というのは治療中にこういうことができますよということを必ず見せるわけです。一言で言いますと従来のがん治療と比較すると非常に楽な治療であると、まずそこを強調するようにしています。

それからもちろん物理的な説明もし

ますが、どのように粒子線が体の中に入っていくのかということでがんの部分に集中的に当たるということを図で説明します。

結局、一般の方というのは結果のよい部分を重要視されます。

熊谷 放射線という言葉からは波動を連想しますが、粒子線というと粒子（固まり）の流れが想像されます。放射線治療であるところの粒子線治療というは一般の方にはなかなかわかりにくいところですね。

菱川 日本の場合、放射線というと一般の方は悪いイメージを想像しやすい。

粒子線も放射線のひとつですが、少し文字が違うだけで別のもののように捉えられます。説明の際にも放射線は治療する時に全体に当てるが粒子線は集中的に当てるという説明をすると放射線と違って良いものと捉えられやすいということは言えます。

それから先生が言われたように波動と粒子の違いがあって、がんが治るということは粒子線によってDNAが切れることであるという説明をするのですが、粒子は粒ですから患部を全部切ってしまうというイメージ

になるわけです。

熊谷 日本では原子力と関連して放射線には悪いイメージを抱いている方が多いですからね。原子力関係者は放射線にも粒子線のように有効な利用方法があるということを一般の方々に理解してもらうことを非常に大事に思っています。ですから放射線による最新のがん治療といつてもらった方が有難い面もあると思います。

菱川 私は粒子線は放射線の仲間ですよという説明をしています。

播磨科学公園都市にある我々のセンターもSPring-8も放射線を利用したものが、一般の方へのイメージは違うようですね。そうしたイメージ的に違うものが放射線を利用したものですよということで、逆に新しいものをイメージして放射線の理解を深めてもらおうという話をしています。

熊谷 放射線という言葉が適當ではないのかもしれませんね。物理的には電磁波という方が正確なのではないでしょうか。

菱川 そうですね。放射線治療の学会でも放射線というとイメージが悪いので名前を変えようかという話はいつも起ります。



兵庫県立粒子線医療センター  
院長兼医療部長・研究科長

**菱川 良夫** (ひしかわ よしお)

1949年生まれ。  
1974年神戸大学医学部卒業。  
1976年11月 兵庫医科大学放射線医学教室助手。  
1983年 4月 兵庫医科大学放射線医学教室講師。  
1994年 9月 兵庫医科大学放射線医学教室助教授。  
1994年10月 兵庫県保健環境部地域保健課参事  
(粒子線治療施設担当)。  
1994年10月 放射線医学総合研究所客員研究員。  
1995年 4月 兵庫県立成人病センター診療部放射線科部長兼務。  
1998年 6月 大阪大学医学部保健学科非常勤講師。  
1999年 4月 兵庫県健康福祉部参事  
(県立粒子線治療センター整備担当)。  
2000年 4月 近畿大学医学部非常勤講師。  
2001年 4月 兵庫県立粒子線医療センター院長兼医療部長・研究科長。  
2001年 4月 神戸大学大学院医学系研究科映像・粒子線医学講座客員教授。  
現在、日本放射線腫瘍学会理事、同学会評議員、日本医学放射線学会代議員、など。

**熊谷** 放射線というと放射性物質から出てくる、人間にとて好ましくないものというイメージがあるのでしあうね。

学問的には電磁波というのが一番正確なのでしょう。電磁波の中で波長が0.1mmよりも長いものが電波で、波長

が短くなるにつれて遠赤外線、赤外線、近赤外線となり、波長が1/1000mmよりも少し短くなると可視光線、さらに短くなると紫外線、それよりもさらに短くなるにつれてX線、γ(ガンマ)線等となっていくというのが専門的には正確なのでしょう。電磁波も波長が短くなってくると粒子性の方に着目した方がよいかから粒子線と呼ぶことになったのかなと思うのですが。

今、先生のところで実際に治療に利用しておられるのは陽子線ですね。それから、まもなく始まるのが炭素イオン線ということですが、炭素イオン線

というのは重粒子線の一種ということでしょうか。

**菱川** そうです。放射線医学総合研究所で治療を始めたときに重粒子線という言葉がでてきて、それは炭素イオン線を使用していました。それで「重粒子線＝炭素イオン線」ということになっています。

**熊谷** 重粒子線治療というのは質量の大きい粒子を使う粒子線治療のことをいふと思ってよいのですか。

**菱川** そうです。

**熊谷** 重い粒子ほど治療効果も大きいと一般的に言えるわけですか。

**菱川** 陽子と炭素は質量の差が12倍あります。

ですので、一般の方にお話するときは「陽子が幼稚園の子供とすると炭素は相撲取りの横綱のようなものです」と説明しています。それが相手にぶつかるわけですから幼稚園児よりも横綱がぶつかった方が相手が遠くへ飛びますという例え話ををするわけです。相手ががんであれば非常にいいのですが正常な組織の場合は困るわけです。ですから、炭素イオン線の使い方は非常に難しいと言えます。

**熊谷** 粒子線をがん細胞に命中させて衝突したときのエネルギーで細胞を壊

すのですね。

細胞というよりは染色体というのでしょうか。

**菱川** そうです。DNAを切るわけです。  
**熊谷** 重たい粒子の方がエネルギーが強いから壊す力も強いということですね。

ただ、おっしゃるようにうまく照準を合わせないと正常な細胞を壊したのでは具合が悪いわけですね。そうすると、照準をあわせるというのが技術的に重要なポイントとなるのでしょうね。

**菱川** そうです。

### 日本で進んだ粒子線治療技術

**熊谷** 先生はその分野でもご業績が国際的に高く評価されていますが、そういう、がんの患部にだけ集中的に粒子線を当てる技術というのは日本で主に進んだように聞いているのですがどうなのでしょうか。

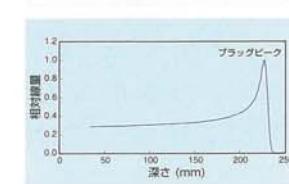
**菱川** これまで粒子線治療については物理実験用の加速器の一部を使って治療していました。そうすると割とエネルギーの低い部分を使うことになりますので浅いところのがんが治療対象となります。

欧米ではメラノーマという病名の中にできる悪性黒色腫があります。これは手術をすると目を摘出しないといけない大変な病気ですが、その病気の治療を粒子線で始めたわけです。2cm程の深さがあれば治療できますのでそれで始まった。ですから、欧米では非常に浅いがんの治療をやっていたわけです。

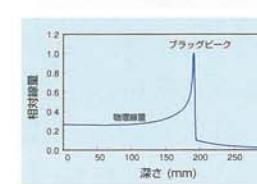
日本では筑波大学が粒子線治療を最初に始めたのですが、高エネルギー研究所からビームをもってきて治療をするという方法をとりましたので、体の

### 粒子の「重さ」による線質の違い

陽子線



炭素イオン線



15cm深の半影  
H+ : 約5mm  
C 6+ : 約2mm



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
**熊谷 信昭** (くまがい のぶあき)

1929年生まれ。53年大阪大学工学部(旧制)通信工学科卒業。56年同大学院(旧制)特別研究生修了。58年カリフォルニア大学電子工学研究所上級研究員、60年大阪大学工学部助教授、71年同教授。学生部長、工学部長などを経て85年同大学総長。91年同大学名誉教授。93年から2000年12月まで科学技術会議議員。

電磁波工学の権威で、電子情報通信学会会長などを歴任。その先駆的業績により米国電気電子学会終身名誉員(Life Fellow)、電子情報通信学会名誉員の称号を受けるとともに、レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、郵政大臣表彰、NHK放送文化賞など多数受賞。97年には日本学士院賞を受賞、平成11年には文化功労者として顕彰。

現在、総務省独立行政法人評価委員会委員長、科学技術振興機構総合評価委員会委員長、理化学研究所相談役、大阪府教育委員会委員長、大阪府および大阪市総合計画審議会会長、(財)テレコム先端技術研究支援センター会長、(財)地球環境センター理事長、(財)災害科学研究所理事長、(財)大阪21世紀協会会長、原子力環境整備機構評議員会議長、兵庫県科学技術会議会長、兵庫県立大学設置準備委員会委員長、など。

たる、奥には当たらない、そういうことをやるわけです。

**熊谷** なるほど。奥の正常細胞にはどかないようにするということはよくわかります。

しかし、だんだん速度が遅くなつて止まるですから、止まったところで大きなエネルギー効果があるということを考えにくい。むしろ早い速度で動いている通過途中の方が正常細胞への

がんと見なされることがあります。この点で、がん細胞は正常細胞と大きく異なります。

学問的には電磁波というのが一番正確なのでしょう。電磁波の中で波長が0.1mmよりも長いものが電波で、波長

影響もあるかもしれないけれどもがん細胞へのエネルギー効果も大きいのではないかというような気もしますが。

**菱川** 粒子線の特徴として、止まる瞬間にその深さにおいて放射線量がピークになるという特性（プラグ・ピーク）をもっているのです。

ただおっしゃるとおり粒子線の通り道が一つのポイントとなるのかもしれません。

けれどもまだ良く分かっていません。我々としても放射線でやられたもの、陽子線でやられたもの、炭素イオン線でやられたものを実験体として持っていますので、それを放射光によって分析しようと放射光の研究者と話をしているところです。そうすると放射線の波でやられたがん細胞と陽子、炭素イオン線という粒子でやられたものを細胞のレベルで変化を見ることができます。それがはっきりすれば本当のところの効果がわかつてくるのではないかと思っています。

**熊谷** 腸や肺など人間の体や体内の臓器は動いていますから、そこを狙い打ちするためには特別な技術が必要になりますね。

**菱川** 頭頸部がんや前立腺がんは動いていませんが、肺がんや肝がんは呼吸

で動いています。厳密に言いますと肺がんなどは心臓の動きでも動いています。呼吸の動きは大きくて人によっては3cmぐらい動きますが、その呼吸の動きに合わせて正確に照射できるかというとそれはできません。

しかし、例えば3cmの同期で動いているとすれば、息を吐くと腫瘍は上

にあがり吸うと下に下がるわけですが、上に上がったところだけを狙う同期照射、呼吸同期照射ということをします。センサーを胸につけて呼吸の動きがカメラに波として出ますので、吸う、吐くというタイミングにあわせてビームを出すわけです。

**熊谷** 呼吸による動きであればそのように同期をとれるわけですが、腸などのように呼吸とは関係なく動いているものについてはどうすればよいのでしょうか。

**菱川** 腸や胃といった消化管については、管が薄いために粒子線を当てる穴が空いてしまいます。ですから、粒子線で治療できない場所というのが消化管なのです。

ですから、その動く部分は出来ませんから考えなくてよいわけです。消化管については手術による治療となります。

## 粒子線治療の長所と短所

**熊谷** がんの治療法としては粒子線治療以外にも手術による治療などいろいろあると思いますが、薬による治療は化学療法と言えばよいのでしょうか。

**菱川** 化学療法と言えますね。

**熊谷** 抗がん剤の使用などが化学療法の代表的なものだと思いますが、それに対して粒子線治療はいわば物理療法ということになるのでしょうか。

**菱川** 物理工学になります。

**熊谷** 手術による治療や抗がん剤などの薬による化学療法等と比較すると粒子線治療にもやはりメリットとデメリットがあるのではないかと思います。

まず、良い点としては先ほどおっしゃったように治療が必要ながんの部分にだけ集中的に粒子線を当てるこ

とができるので正常な細胞を傷つけないという利点がありますね。

それから手術をすることに比べれば患者にとっての負担が非常に少ないでしょうし、傷あとなども残りにくいというようなメリットなどが考えられます、その他にどのようなメリットがあるのでしょうか。抗がん剤を使う治療や放射線治療においては非常に体力が弱まって患者の負担が大きいと聞きますが、粒子線治療はどうなのでしょうか。

**菱川** 体力が弱まるようなことはないですね。

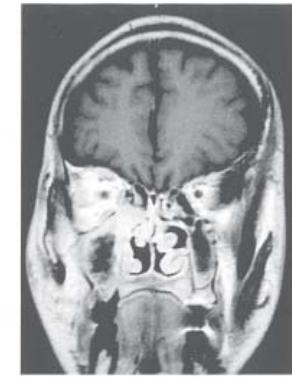
**熊谷** それはどういう理由からなのでしょうか。

**菱川** 一つには適応というのがあります。

がんの治療というのは局所の治療と全身的な治療の2つがあって、局所の治療の代表として手術があります。そして、手術において患者さんが高齢で



治療前



治療後

じレベルでがんが治せることになります。手術と一番異なるところはまさにそういうところです。このようなハイテクノロジーのシステムはうまく使えば同じレベルで同じ治療ができるということに繋がってくると思います。

**熊谷** 経験による腕の差というものがなくなってくるというのは非常に大きなメリットですね。ただ、転移が多くて体全体に拡がっているものについて粒子線治療は局所的な部分をたたくという性質のために適用しにくいわけで、そういう場合は他の方法、たとえば免疫療法とか抗がん剤の使用というような全身的な治療をせざるを得なくなるというわけですね。

## 一般診療を開始して

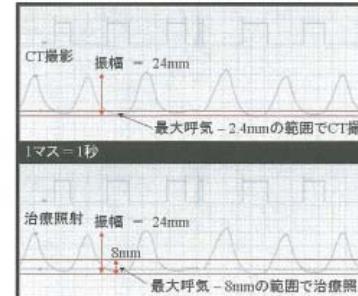
**熊谷** かつては不治の病といわれたがんも医療の進歩によって治癒する可能性が非常に高くなったと聞きます。この4月から一般診療を開始された粒子線医療センターの患者さんの数や診療の順番待ちなど現状はいかがでしょうか。

**菱川** がん治療の原則は、がんを見つけたらすぐ治療をするということです。

我々の治療対象となるがんは頭頸部腫瘍、肺がん、肝がん、前立腺がんなのですが、一番多いのが前立腺がんです。前立腺がんの場合、多くの場合はホルモンの治療を行います。ホルモンの治療をして全身に拡がらないようにしてから治療になるわけですが、ホルモンの治療は最低6ヶ月やるのがいいと泌尿器科の先生に言われていますので、半年先の治療計画をたてればいいことになります。ところが、他のがんは治療も早いほうがいいので2～3週間でできるようにしています。



肺がん、肝がん  
呼吸同期



今の段階では1日40人程の治療をしていますが、今後は増えるかもしれません。

**熊谷** 治療費の患者負担も現状では高額ですから、保険適用等でその辺が改善されれば治療を受ける人もさらに増えてくるでしょうね。

粒子線の照射は1回で治療が終わるのですか。

**菱川** 肺がん、肝がんは現状では20回照射しています。月から金の5日間で4週間になります。前立腺がんは37回、頭頸部は26回です。ですから、がんの部位によって照射回数は異なります。

但し、肺がん、肝がんについては、来年は10回に出来る可能性があります。

それは肺がん、肝がんの場合、がんのそばに大事な臓器がないので照射量を増やすわけです。前立腺とか頭頸部は、そばに大事な臓器があるので、それは1回の量を減らして回数を増やすという方法で大事な臓器に影響がでないように治療しますから、回数は変えられないかもしれません。

**熊谷** 照射が全て終わるまでは入院状態になるわけですか。

**菱川** 準備のために1週間必ず入院していただきます。準備が終われば、入院、通院を自由に選んでもらうことになる。そこで我が家が近所の方は通院されます。

**熊谷** 患者さんの県内・県外の割合はどうですか。

**菱川** やはり県内の方が多いですが、九州や徳之島からの方もおられます。

患者さんの三分の一は通院している方がいます。

**熊谷** それだけやはり副作用が少ないのでですね。それはすごく有難いことです。

**菱川** 入院すると晚酌できませんから(笑)。

**熊谷** 食事も生活も難しいことを言わなくて済むわけですね。それがまさにQOL(クオリティ・オブ・ライフ)に優れているところですね。

前立腺がんなどは手術が簡単で、手術すればきれいに治ると聞いていましたが、粒子線治療の方がいいのですか。

**菱川** 前立腺がんは、前立腺のまわりに静脈層が多くあるのですが、粒子線治療であればそれを考えなくてすみます。しかし、手術の場合はどんなに上手な医者が手術したとしても10%程は尿漏れが起こるわけです。治療する前に自分が尿漏れになるのかそうでないのかはわかりませんから、患者さんによつては自分で判断されてこちらへこられた方もいます。

**熊谷** 手術と同じように治るのであれば粒子線治療の方が安全かもしれませんね。

**菱川** 局所の治療で同じように治りますからね。

## 県立病院としての使命

**熊谷** それから、粒子線治療は治療費が高額であるとかがいましたが、手術と比較するとどうなのでしょう。

**菱川** 全て自己負担で保険診療なしということで比較すればあまり差はないです。

ただ、粒子線治療は保険診療でカバーしていませんので、それで患者さん

の負担額が高くなるわけです。  
**熊谷** その辺が一般には少し誤解がありますね。

**菱川** 我々としましては、県立の病院ですから目指すところは保険診療なのです。

ところが、保険診療にするためには日本全国どこに住んでいる人でも公平に診療できる、適正に施設が配置され

ていることが必要になります。これから粒子線治療の施設をつくりたいというのは関東周辺には結構あるのですが、そこばかりにいっぱい集まつても保険診療には結びついていかないわけです。やはり適正に配置されないといけません。

それと、もうひとつ大事なポイントは本当に粒子線で治せるものは何かということです。我々が今やっているのはまさにその「治せるものは何か」ということをきっちりさせて、きっちり治していくということなのです。

**熊谷** 「治せるもの」というのは「治せるがんの種類」ということですか。

**菱川** そうです。

粒子線というのは患者さんにとって負担が軽く楽ですから当てようと思えばどこの場所にも当てられるわけです。ただそれが全て治癒に結びつくかどうかというとそうではない。例えば、3つも4つもがんがあった場合、それをどんどん叩いていくとなるかというと3つも4つもがんがある場合は他にも無数にあります。そうした氷山の一角をいくら叩いていても他にまたどんどんてくる。そうすると治りません。治らない治療を保険でカバースすると医療費はパンクしますから、まずは本当に治せるものは何かをつかむことが非常に重要となります。それをはっきりさせるのがわれわれ県立病院の使命だと思っています。

実は来年からアメリカでも日本から装置を買って粒子線治療に本格的に取り組もうとしています。アメリカは何かを始める際には国家的戦略をもってやる、例えば粒子線医療そのものを支えるようなところがありますので、アメリカがはじめると日本は負けてしまう可能性があります。他の医療装置では米国がほとんど押さえてしまって日本のメーカーが駄目になっています。粒子線治療装置も同様なことになる可能性があるのでがんばってもらわないといけない。今のところは日本が先行していますからがんばっていく必要があります。

**熊谷** 粒子線治療における今後の課題としてはどのようなことがあげられるのでしょうか。

**菱川** 先に申しましたように、粒子線治療という考え方そのものは最初アメリカで1950年にでてきて、その後、日本

で治療の技術が進んできました。そのため、粒子線治療はアメリカ生まれの日本育ちと言われていますし、日本の粒子線治療技術は世界一とも言われています。

現時点で粒子線治療の装置メーカーには三菱電機と日立製作所という大手のメーカーさんがあるのですが、我々が医療として粒子線治療を推し進めいくためには装置の普及化というのが一番のポイントとなります。普及化が進むことで製造コストが下がるし、性能も良くなっています。

日本のメーカーというのは、一つ装置を作つても次の予定がなければ技術者が散らばってしまうことが割と多い。センターの装置は三菱電機製なのですが、三菱電機にはこの装置は非常に良いので今後もがんばってくださいと言っています。今後、粒子線治療の施設がいくつもたちあがって普及化が図られればと思っています。

実は来年からアメリカでも日本から装置を買って粒子線治療に本格的に取り組もうとしています。アメリカは何かを始める際には国家的戦略をもってやる、例えば粒子線医療そのものを支えるようなところがありますので、アメリカがはじめると日本は負けてしまう可能性があります。他の医療装置では米国がほとんど押さえてしまって日本のメーカーが駄目になっています。粒子線治療装置も同様なことになる可能性があるのでがんばってもらわないといけない。今のところは日本が先行していますからがんばっていく必要があります。

**熊谷** 日本は現状ではアメリカよりも進んでいるわけですね。

**菱川** 粒子線治療の装置メーカーの技術はそうですし、医療技術も深いところへの治療は日本が進んでいます。

**熊谷** 粒子線医療センターは「ひょう

ご対がん戦略」のリーディングプロジェクトとして企画、立案、整備がなされて平成13年に病院が開設されました。そして、その後の臨床試験を経てこの4月には一般診療を始められた。

ここでは陽子線と炭素イオン線の両方の治療ができるですから世界でも一番進んだ治療センターということになりますね。

**菱川** 両方の粒子線を使用できるのは世界で唯一の施設になります。

**熊谷** 前回、井村先生にお話しいただいたのですが、神戸には先端医療センターをはじめとする高度・最先端の医療機関が他にもありますので、そういう医療機関どうしの連携とかネットワーク化といったこともこれからも課題でしょうね。

入院システムについてはどうなっているのですか。

**菱川** 普通の病院と違って、一つは窓口を設けています。治療を受けられるかどうかの窓口を成人病センターに置いたわけです。

直接粒子線医療センターへ来られるのではなく、成人病センターの窓口に来ていただき、粒子線治療への適性、適応があるかどうかを判断した上で医療相談を行います。

粒子線治療への適応判定をするために治療基準を定めています。治療基準を泌尿器科や肺の部位といったそれ専門の先生による専門部会を立ち上げて治療基準を定めてきました。そしてその基準にあっていれば粒子線治療に来ていただきます。

**熊谷** なるほど。既に連携システムができあがっているわけですね。

**菱川** センターは、粒子線治療を希望されている方が紹介され治療を行う施設ですし、治療後は、紹介もとの病院へ帰ってその後の治療を受けますから病院との連携が重要となります。

各病院には粒子線治療に関する申し込み資料を送っていますし、患者さんがインターネットを通じてセンターのホームページから全ての申し込み資料が取り出せるようにもしています。また、患者さんが成人病センターの放射線医療室へ連絡すれば、申し込み資料が全て送られるようにしています。

それで申込みがあったら、主治医の先生から成人病センターへ紹介してもらい、そこで先程の治療基準の適応判定や医療相談をして大丈夫であれば粒子線へ来ていただくことになります。

**熊谷** 最後になりますが、我々のひょうご科学技術協会は、兵庫県を中心とする科学技術振興の中核的な機構としての役割を担っているわけですが、協会に対して何かご注文、ご助言等がございましたらお聞かせ下さい。

**菱川** ひょうご科学技術協会が毎年夏に行われています「高校生のためのサマーサイエンスセミナー」に昨夏から参加させていただいている。日々、サイエンスは真実なので若い人達に説明して、将来少しでも科学の分野に入る人が増えればと考えていますので、今後も協力したいと思っております。また学術交流事業制度を利用させていただき、本年度中に米国から物理学者が来られますが、このことについて大変感謝しております。

**熊谷** 高校生をはじめ若い人たちの科学技術に対する関心を高めて、将来は科学技術の分野に進んで活躍したいという若者が大勢出てくるようにつとめることは私共の協会としても非常に重要な事業の一つです。先生にも今後とも色々とお力添えを賜りたいと思っています。

本日は大変ご多忙中のところを貴重なお時間をいただき、まことに興味深いお話をお聞かせいただきまして、本当にありがとうございました。

# 21世紀と —阪神・淡路大震災の

# 世界に向けた情報発信 教訓を未来と世界へ—

## ●対談者

阪神・淡路大震災記念  
人と防災未来センター センター長

(財)ひょうご科学技術協会  
理事長

**河田 恵昭 氏**

**熊谷 信昭 氏**

熊谷 今回は、阪神・淡路大震災の経験と教訓を後世に継承することを目的に平成14年4月に創設された「人と防災未来センター」のセンター長としてその重責を担ってこられた河田先生をお招きして、お話を伺います。まず、先生は、京都大学防災研究所巨大災害研究センターのセンター長も兼任されているわけですが、巨大災害とはどのような災害のことをいうのでしょうか。

## 巨大災害

河田 大型災害研究センターは、7年前の改組によって新たに生まれた組織なのですが、それまでは地域防災システム研究センターと言っておりました。改組にあたり、組織が大きくなつて、その際に、大型災害研究センターを含め、いくつかの名称の候補があがつたのですが、当時の大蔵省がもっともわかりやすいということでこの名称となりました。

巨大災害の定義としましては、日本の災害で、犠牲者が1,000人以上出る災害を巨大災害といいます。洪水にしても、津波にしても、地震にしても、一つの災害で、1,000人以上が亡くなる形で歴史に残っているデータを累計しますと、犠牲者の90%以上が巨大災

害で出ているのです。ですから、巨大災害の発生を抑えれば、長期的には、社会の防災力が付いてきているということになるだろうと。もちろん、中小災害を放っておいていいというわけではありませんが、たまにしか起こらない巨大災害による被害を何とか大きくならないようとする努力を継続すれば、長期的な観点からすると、我が国の災害による犠牲者はずいぶん減ると思います。ですから、阪神・淡路大震災では6,433名の方が亡くなりましたけれども、やはり、福井地震以降初めてこのような被害が出ましたので、これが発生していないければ、地震災害なんていうのは我が国では安全だということになっていたと思います。ですから、特に、大きな災害を防げというわけです。

熊谷 それでは、巨大災害というのは、人為的な戦争なんかによる災害は別にして、異常な自然現象によって1,000人以上の犠牲者が発生するような巨大な災害という意味ですか。台風とか地震とかが入るわけですね。

河田 そうです。ただ、3年前のワールド・トレード・センター(W T C)ビルの同時多発テロ、あれをCNNは「ディザスター」と呼んでいます。災害だと。現に、原因はもちろん人為的なものでそれとも、起こってからの

対応は全く自然災害と同じなわけです。ですから、ニューヨークのマンハッタンで直下型の地震が起つて、あのビルが崩壊したのと同じだと。そこで、私を団長として政府の調査団50人を引きつれて現地へ入ったのですが、それは、まさに引き金はテロでしたけれども、起こつてからの対応は災害と区別のつかないものでした。例えば、東京で、ウイークデーの日中に直下型地震が起きると、371万人の帰宅困難者ができます。首都圏では600万人を超します。W T Cの同時多発テロでは、あそこに住んでいた犠牲者はいなくて、皆、コネチカットとか、ニュージャージー州から勤めにきているですから、被災形態というのは、この神戸の大震災よりも、W T Cの形態の方が近いわけです。首都直下型の地震が起こるとそういうなります。

熊谷 テロでなくとも、例え、あつては困ることですが、大きなジェット旅客機が街の真ん中に墜落したりしても、そこで起つた災害としては巨大災害になりますね。だから、原因が自然現象でない場合もあり得るわけですね。

河田 そうです。引き金が、たまたま自然現象の場合は、自然災害と呼んでいるということです。

熊谷 なるほど。そうすると、先生の



ところの巨大災害研究センターでは、そのような引き金が自然現象であるかどうかに関わらず、犠牲者が1,000人以上出るような巨大災害についての調査研究をしておられると考えればよいわけです。

河田 将来的には、そのようにもっていこうと思っています。ただ、きっかけが阪神・淡路大震災ですので、当面は地震災害にフォーカスする。ただし、今、国民にとって「安全・安心」というキーワードは大変重要なものになっていますので、それにシフトするようなかたちで研究展開をやっていこうと思っています。

熊谷 主として、地震研究になるわけですか。

河田 今は地震・津波ですね。ただし、昨年の水俣の土砂災害とか、福岡の地下街に入った浸水災害とか、そういう地震以外の災害が起つても調査を行っています。

熊谷 そうですか。京大には、地震予知研究センターというのもありますね。

河田 防災研究所には、私どものセンターと同格に地震予知研究センターがあります。これはずいぶん大きなセンターです。

熊谷 実は、関西サイエンスフォーラムの第3専門部会として「地震前兆情報の利活用を考える会」という研究会がありまして、私が部会長となって阪神・淡路大震災の翌年にスタートしたのですが、京大の防災研究所附属地震予知研究センター長をしておられた住友則彦先生には副部会長として大変お世話になっています。

河田 そうですか。今は神戸学院大学にお移りになられましたが、私も親しくさせていただいています。

熊谷 先生も京都大学で土木を専門にされていたようにお聞きしていますが、土木の関係で私が親しくしている方は全部京都大学の方なのですよ。(笑)

ところで、先生は、京都大学の土木工学科をご卒業になって、その後、地震による災害など防災の分野を専門に研究されるようになったわけですが、

防災を専門に研究されるようになったのには何かきっかけがあったのですか。

## 防災研究をはじめたきっかけ

河田 実は、卒業後は官僚になろうと思っていたのです。当時、運輸省にいこうと思って、海岸工学の講座に入つたのですが、私が講座に入った翌月に、助教授が教授になられて、防災研究所の海岸災害部門の担当になられたのです。それで、私も防災研に連れていかれたというわけです。もともと私の専門は海岸侵食なのです。ですから、兵庫県の須磨海岸とか、あるいは和歌山の白浜海岸とか、西日本のいわゆる海水浴場における海岸侵食の問題は、学生のときから助教授の時代にかけてずっとやってきました。もともと海岸侵食から入つて、洪水や高潮の問題、それから津波の問題へと入ってきたわけです。そういうことで、40歳ぐらいまでは河川や海岸災害のプロバーとしてずっときたわけです。そのメカニズムについて、数値シミュレーションとか現地観測とかをやっていたのです。

熊谷 そうですか。そういうご縁によるわけですね。自分の恩師の教授が他に移られたときに一緒にについていくというのはよくあることです。

河田 それで、40歳過ぎぐらいのときのですが、防災をずっとやってきて、これから自分が一生研究していくなかで、私が30歳台のときは大きな災害がなくして、日本で、これから1,000人以上の死者



阪神・淡路大震災記念  
人と防災未来センター センター長  
**河田 恵昭** (かわた よしあき)

昭和21年3月4日 (大阪市生まれ)  
1969年 3月 京都大学工学部土木工学科卒業  
1971年 3月 京都大学大学院工学研究科  
修士課程土木工学専攻修了  
1974年 3月 京都大学大学院工学研究科  
博士課程土木工学専攻修了  
1974年 4月 京都大学防災研究所助手  
1976年11月 助教授に昇任  
1981年10月～米国ワシントン大学客員研究员  
1982年10月  
1992年 8月～フルブライト上級研究员  
11月 (米国プリンストン大学)  
1993年 4月 京都大学地域防災システム  
研究センター 教授  
1996年 5月 京都大学巨大灾害研究センター  
センター長・教授  
2002年 4月 人と防災未来センター  
センター長(兼務)

21世紀COE拠点プログラム(災害学理の究明と防災学の構築)リーダー、大都市大震災軽減特別プロジェクト(文部科学省)研究代表者。学術審議会委員(文部科学省)、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」「東南海・南海地震等に関する専門調査会」「今後の地盤対策のあり方に関する専門調査会」「首都直下地盤対策専門調査会」等の委員、日本自然災害学会(前会長)・理事・評議員、日本灾害情報学会 副会長、国際灾害学会(Natural Hazard Society)副会長、土木学会地盤工学委員、日本学術会議自然災害工学専門委員会(前委員長)、東海・東南海・南海地震津波研究会会長、NPO法人大規模灾害対策研究機構理事長、NPO法人環境防災研究機構理事長、など。

1993年5月土木学会論文賞、1994年10月日本自然災害学会学術賞、2002年5月15日 兵庫県防災功労者表彰受賞。

専門分野は巨大災害、都市災害、総合減災システム、河川・海岸災害、自然災害論、発展途上国の突発災害調査を中心に約50カ国を訪問。

がでる災害は起こるだろうかと考えたのです。そのときの結論は、起こるとすれば大都市しかない、地方では起こ

らないということなのです。といいますのは、戦後、枕崎台風から伊勢湾台風までの15年間は、その15年のうち13年間で死者が1,000人を越える年があった、災害の特異時代とよばれています。ところが、1959年、昭和34年の伊勢湾台風の災害で5,101人亡くなつたのですが、それ以降は自然災害で1,000人以上の死者はでていないわけです。最大の被害が1982年の長崎豪雨水害で、299人が亡くなっています。ですから、もう日本では1,000人を越えるような自然災害は起こらないのではないかといふうに言われていたのです。私は、そのときに、大都市が脆弱だと考えたわけです。それまでは、災害の外力ごとに研究者が組織していました。海岸災害、河川災害、地震災害というふうに。けれども、フィールドが都市ということになりますと、大都市で災害が起こるということを想定した場合、外力というのは洪水だけに限らず、地震もそうですし、津波もそうです、高潮もそうとなります。ですから、逆にそのフィールドを固定して、外の方をみる必要があります。ですので、今、私の対象は自然災害が全て対象となっています。

**熊谷** 神戸の風水害、確か昭和13年でしたか、あのときで何人ぐらいの犠牲者がでたのでしょうか。

**河田** あの災害では確かに阪神間で616人が亡くなっています。

**熊谷** 先生は、阪神・淡路大震災を契機として開設された人と防災未来センターにおいて当初からセンター長としての重責を果たされているわけですが、阪神・淡路大震災の起こった当日はどうい

こにおいでになられたのですか。

**河田** 大阪の中津の方に家がありますので、そちらおりました。

**熊谷** そうですか。それでは相当揺れましたね。

**河田** 3度ひっくりかえりました。マンションなのですが、本箱も倒れました。けれども、起きた際にすぐ直下型の地震だとわかりました。搖れがもうブレート境界のものとは全然違いますから、この近くの直下型の地震が起きたと

いうことがわかったわけです。

**熊谷** 先ほどどうかがったなかで、都市にしか大災害は起こりにくいだろうと思つておられたということですが、災害問題を研究しておられる先生にとって、あの地震はどういうふうに思われましたか。やはり災害を研究しておられても予想外の災害だったのでしょうか。

**河田** 40歳のときに都市災害ということに研究テーマを変えて、ずっと研究してきたわけです。けれども、日本では都市災害が幸いなことに起らなかったのです。

## 都市災害

**熊谷** 都市災害とはどういう災害のことなのでしょうか。

**河田** 都市災害というのは、外力が作用したときにどういう被害がでてくるかということが事前にはなかなかよくわからない。起つてから振り返つてみると、こういうプロセスで被害が大きくなったということはわかるのだけれども、起つるまではなかなかそれをつかめない、そういう災害を都市災害と定義しています。実は、都市とい

名のつく災害には、都市化、都市型、都市災害というふうに3つ定義されています。

**熊谷** 都市化災害というのは都市化することによって生じる災害ですか。

**河田** そうです。高度経済成長のときに東京とか大阪とか名古屋に地方からたくさん的人がはいってきた。ところが、旧市街地には住宅を建てる余地がないから、周辺へと拡大していく。実は、そこは災害常襲地帯、例えば洪水氾濫がしそう起こるところとか、土砂災害が起こるところ、そういう災害に少し弱いところに住宅地が拡大していくわけですね。そして、災害対策が後手後手になる。地価が右肩上がりになつてきましたから、土地を売つてくれないとということで、大阪での大東水害訴訟など、まさにそうして起こっているわけです。大阪の大東市というのは大阪市内まで電車で15分とか20分ぐらいのいいところにあります。ところが、昔あの地域は淀川と大和川が流れ込んでいたところで低湿地帯ですから、雨が降るとすぐに水に浸かるのです。だから土地代が安いのですが、そこを宅建業者が宅地造成して、住宅を建てた。大阪に近くて交通の便がいい、しかも、安いものだからみなが飛びつくわけです。ところが、雨が降ると水はけが悪いものだから浸水が起こる。なのに、土地代が毎年どんどん上がる頃ですから、土地の所有者が土地を売らない。公共事業ができないわけですね。その狭間に被害が起つた。これが、実は、発展途上国の首都が、そういう災害にみまわれているのです。マニラ、バンコク、ダッカ、上海、都市にどんどん

人が集中してきているけれども、インフラ整備が遅れるわけです。その狭間で被害がでてくる。ですから、世界の大災害は、都市化災害の形で起つてきているのです。だから、その都市がそれだけの人口を許容できない、にも関わらず、そこに人が入つてきて、スマッシュに集中している。そこが災害でやられると。日本でも、昭和30年代に東京、大阪、名古屋の近辺で起つた災害といふのはそういう特徴をもつてゐるのです。それが、一段落しますと、社会基盤もある程度備わつていく。例えば、日本でいいますと、新潟、富山、仙台、熊本、こういう県都といわれるところは一応、社会インフラの整備が終わつていています。そこで災害が起りますと、実はライフラインがやられるのです。電気、都市ガス、水道、通信、あるいは道路や鉄道が被災して社会活動が阻害される。これが最初に起つたのが1978年の宮城県沖地震ですよ。これで仙台が大都市としての機能を失つてしましました。亡くなつた方は28名だったのですが、都市としての機能が非常に阻害された。

ですから、都市型災害、ライフライン災害と呼んでいます。それと同じ災害が、1989年、サンフランシスコの近くロマ・プリエータの地震により起つたのです。この地震でサンフランシスコ、特にベイエリアが、液状化により非常に大きな被害を受けたのです。

**熊谷** 液状化による被害ですか。

**河田** そうです。例えばダブルデックの高速道路がペシャンコになつたり、湾岸の住宅地が液状化して家が全壊したり、ガス管がやられて火を噴いたりしました。そして、その後、1994年、



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
**熊谷 信昭** (くまがい のぶあき)

1929年生まれ。53年大阪大学工学部(旧制)通信工学科卒業。56年同大学院(旧制)特別研究生修了。58年カリフォルニア大学電子工学研究所上級研究員。60年大阪大学工学部助教授、71年同教授。学生部長、工学部長などを経て85年同大学総長。91年同大学名誉教授。2004年4月兵庫県立大学学長。

電磁波工学の権威で、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長、関西文化学術研究都市推進機構評議会議長、NHK近畿地方放送番組審議会委員長、文部省大学設置・学校法人審議会委員、郵政省電機通信技術審議会委員、日本放送協会放送技術審議会委員、科学技術會議議員、國土審議会委員などを歴任。

現在、総務省独立行政法人評議会委員長、独立行政法人科学技術振興機構運営会議議長、独立行政法人通信総合研究所顧問、大阪府総合計画審議会会長、大阪市総合計画審議会会長、NPO日本中国友好協会会長、(財)地球環境センター理事長、(財)災害科学研究所理事長など多数。

その先駆的業績により米国電気電子学会終身名誉員(Life Fellow)、電子情報通信学会名誉員の称号を受けるとともに、レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、郵政大臣表彰、NHK放送文化賞など多数受賞。97年には日本学士院賞を受賞、平成11年には文化功労者として顕彰。

阪神・淡路大震災のちょうど1年前にロスアンゼルスのノースリッジで同じサンアンドレアス断層が動いて地震が起きました。ロマ・プリエータもノースリッジも、亡くなつた方は60名前後なのです。ところが、経済被害でみると300億ドルぐらいでいるのです。ノースリッジのときは、サンタモニカフ

リーウエイという全米で一番交通量の多いフリーウエイが崩壊して、ロサンゼルス市は大きな経済被害を受けました。ですから、そういうライフラインがやられることで都市機能が麻痺するという形で都市型災害と呼んでいるわけです。

阪神・淡路大震災はそれにプラスして人的被害が100倍でている。ノースリッジのちょうど100倍出ているのです。ですから、それは都市型災害ではないと。いわゆる人的被害が未曾有に出た。しかも、長田区あるいは東灘区のようないわゆる戦災を免れた老朽木造家屋群が倒壊することによって瞬間に5,000人あまりの方が亡くなつたというわけです。この地震が起つた直後、震度6というふうにいわれていましたが、これはちょうど3週間前に起つた八戸の三陸はるか沖地震が震度6だったのです。で、八戸でパチンコ屋が倒壊しまして、1名の方が亡くなつたのです。ですから、阪神・淡路大震災が起つた直後に震度6だというのを聞いて、たかだかその程度だろうと皆思っていたわけです。ところが、案に相違して木造住宅の下敷きになつて、特に2階建ての家の1階部分が層破壊とよばれる形でしゃんこになつて、たくさんの方が亡くなつたというわけです。

熊谷 神戸市内だけでなく西宮市内とか芦屋とかでもたくさんの方が亡くなつておられますからね。そうすると、都市化災害と都市型災害、それと最後に説明された都市災害の3つといふことになるわけですね。

河田 そうです。ですから、1年前に起つたノースリッジ地震災害と阪神・

淡路大震災とを直接比較しても形の違う災害ですから、単にアメリカと日本の文化の違いじゃなくて、その起つた内容がやっぱり違いますから、当然違うわけです。

熊谷 災害の形態・内容が異なるわけですね。そこをきちんと区別して考えないと、対策、対応その他が的をはずしたものになつてしまうのですね。

河田 ですから、日米の比較防災学の研究をはじめたのです。それは、そういう文化の違いの前に、起つている災害の内容そのものが違うわけですから。だから、単純に比較すると、全然違うわけですよ。それを単に日米では違うのだと結論してしまうと教訓が使えないということになります。

熊谷 人と防災未来センターでは、そういう調査研究もなさるのですか。河田 ええ。ですから、中核プロジェクトと名付けまして、阪神・淡路大震災からの復旧・復興過程をずっとおつかけてきています。それをセンターの一番大きな機能としての展示に反映していくということでやっています。もともとは、前兵庫県知事の貝原さんが「スマソニアン博物館」構想というものを想定されたのです。非常に大きなプロジェクトだったのですが。

熊谷 私も構想検討委員会の委員になつてきましたよ。

河田 総額500億円ぐらいの計画でしたら、経済状態が徐々に悪くなつてきた社会的な背景もありましたから、それが特化したものが「人と防災未来センター」という構想につながつたということです。

熊谷 非常に夢のある構想で、検討委員会でいろいろと議論していたのですけれどもね。

これからの大災害に対応するためには、いろんな側面からの適切な対応をとらないといけないでしょうが、行政、都市計画担当者、建築関係者、一般県民、等々がそれぞれの立場でやらないといけないことがあると思います。それに

### 阪神・淡路大震災の教訓

河田 阪神・淡路大震災の教訓というのは、たくさんあるのですが、まず、これからの防災では、減災といいますか、被害がでることはシャットアウトできないけれども、被害をできるだけ少なくする、それを減災と呼んでいるのですが、その主役は市民1人1人だということなのです。

ですから、防災対策は自助、共助、公助の組み合わせになるのですが、とりわけ自助が基本になつていて。これは阪神・淡路大震災が起つてからの1000時間、約1ヶ月ですが、この間、被災者がいったいどこにおられたかっていうのを解析しますと、7割がやっぱり自分もしくは自分に関係したところにおられたわけです。2割が友達とか地域、1割は避難所です。ですから、阪神・淡路大震災では、神戸の140万人の人口のうち30万人が避難所へ行つた。たかだか2割ちょっとですよ。残りの8割弱の方はやっぱり自分の家で、この震災のいろんな混乱期を耐えておられる。ですから、全員が避難所へ行つたわけじゃないのです。

この、自助、共助、公助の割合が7対2対1というのではなく、戦後の枕崎台風から伊勢湾台風高潮災害までの15年間の災害特異時代でも、やっぱり7対2対1なのです。ですから、日本の災害からのリカバリーといいますか、復旧、復興では自助が7だということなのです。

熊谷 外国でもそうなのですか。

河田 いや、外国ではもっと自助率が高いと思います。といいますのは、外国の場合の災害対応といふのは、基本的にいわゆるタックスペイヤー（納税者）を保護するという形でプライオリティをつけるからなのです。発展途上国でも先進国でも、GDPをどこがつくっているかということで、やっぱりお金がないと、復旧・復興事業ができないということです。ですから、途上国で被害が発生しますと、例えば、南米のコロンビアなんかで発生しますと、1番最初に政府がやる仕事といふのは、コーヒー農家の保護ですよ。彼らが、輸出してお金を稼いでいますから、コーヒー農家に無利子で資金を援助する。

決して、人的な被害がでたところに、援助が結集しているとかではありません。先進国でもそうですよ。やっぱりアメリカでもスマートビジネスっていいまですか、ビジネスをやっている方に非常に手厚い保護をかけます。例えば、アメリカの一般道路を走つてると土砂崩れが起つりそうなところで「At Your Own Risk!」って書いてあるのです。つまり、自分の責任ですよということなのです。ここは危険だから注意して運転しろとちゃんと書いてあるのです。要するに、基本は自助なのです。ところ

が、日本は、あの伊勢湾台風の後、幸い、40年以上にわたつて大きな災害が起つらなかつたものですから、その間に、建設省を中心に、社会インフラの整備という形で、例えば、堤防をかさ上げしたり、耐震基準を変えたりして、なかなかつぶれないようなものを作つてきましたから、防災は行政に任しておけという風潮があつたことは確かなのです。その流れでできているものですから、ちょっと雨が降つて、下水があふれますとすぐ苦情の電話が住民から行政のほうへくると。

熊谷 だいたい日本では、すぐ苦情は行政にもつて行くという傾向が諸外国にくらべて強いのでしょうか。

河田 強いですね。災害が起つらなかつたときに、行政も任せてくれと言つたし、住民もそういう形で、公共事業で防災を進めるのだという流れが定着してしまつたということですね。

だから、逆に住民はですね、公助が7で自助が1だと思っているのです。

熊谷 なるほどね。

河田 この誤解がある限り、いくら行政が防災事業をやっても必ず不満はでてきます。

熊谷 意識改革が必要なわけですね。

河田 ええ。ですから、例えば、大雨洪水警報がでて、避難勧告がでて、空振りになつたとします。そうすると、住民は文句をいふわけです。気象庁に文句を言つわけです。ところが、じゃあ、予報があつたって被害がでたほうがいいのかつていうと、そうじゃないですよね。つまり、防災っていうことは、被害に遭わなかつたっていうことについての

感謝がないと進められないのです。ところが、空振りになると、すぐ苦情を言う、そういうことが問題になつてしまつていると思うのです。

熊谷 確かにそうですね。だから、地震予知なんかでも、100パーセントの予知はできないとすると最後の問題はそういう警報なり、予知情報に対する苦情になります。しかも、起つらなかつたときでてくる。ですから、先ほどお話をした関西サイエンスフォーラムの第3専門部会の研究会では、社会科学分野の方にも入つてもらつて、どういうふうに一般の方々にお知らせするのがいいのか、情報提供したときの混乱をどう予測すればよいのだろうかといったことも研究しています。今、先生がおっしゃつた自助の問題は、日本では本当にどうなのでしょうね。日本は世界的に見て自然災害の多い国なのでしょうか。

河田 それは多いですね。

熊谷 災害の多い国、日本に住んでゐる者として、一般市民は、事前に災害に備えるための自助努力というか、工夫といいますか、例えば、具体的にはどんな心がけ、どんな自助が有効となるのでしょうか。

河田 阪神・淡路大震災で、いくつか重要な教訓がでているのですが、そのひとつに、「日ごろ使ってないものは、いざというときに使えない」、あるいは、「日ごろ慣れてないことは、いざというときやれない」、こういう教訓があります。例えば、あの阪神・淡路大震災の後、枕元に防災袋を置いて、そこに大事なものとか、当面必要なものを

入れてベッドに入るとかいったことをされている方が多かったと思います。

**熊谷** いっとき、はやりましたですね。  
**河田** 6ヶ月経ったらそんなことは続かないですよ。ということは、極端に言いますと、災害のことをいつも考えながら生活するっていうのは、うつとうしいじゃないですか。逆に言うと、忘れていてもいいようにしなきゃいけない。ということは、日常生活の中に防災というファンクションを入れなさいということです。

**熊谷** 特別のものとしないわけですね。

**河田** ですから、例えば、今、耐震補強あるいは耐震診断がなかなか進まないといわれているのですが、その前になります家具の固定をやっていかないといけない。家が壊れなくても、震度5弱あたりから、家の家具は倒れますから。揺れを感じた途端に、家具の下敷きになるということが起こるわけです。その耐震診断、耐震補強する前に家具を倒れないようにしていただかないといけない。そうしないと、地震の揺れが大きくなる前のその一瞬の間隙を縫って机の下に潜り込む、掘り炬燵に頭をつっこむということができなくなってしまう。そうなると、例えば、自宅で、家族がいちばんよく使っている部屋だけでも、背丈より上のところにテレビを置いていたり、古い雑誌をロープで束ねて本棚の上にのせるとか、そういうことは避けていただくと、瞬間にその部屋にいる人が怪我をするということがないわけです。

それから、大震災後、気象庁は震度を、

これまで5,6,7だったものを5弱、5強、6弱、6強と0・5刻みで階級をつけました。これは、つまり、どういうことかといふと、震度6弱だと、家の中から避難できるのです。その震度では、ほとんどの家は全壊・倒壊しないのです。ほとんどの家という意味は、例えば、土台がシロアリに食い荒らされているとか、あるいはもともと水田だったところを埋め立てて住宅つくったとか、そういうところの家は、古くても新しくてもつぶれます。ですから、横軸に震度階級をとって、縦軸に家の全壊率をとりますと、震度6弱あたりではものすごくデータがばらつくわけです。これはやはり、家がどういう地盤状態のところに建っているかに依存するからなのです。ところが、震度6強になりますと、少なくとも1971年以前の建物は3割以上が全壊しました。これは今度の震災のデータからはっきりとしているわけです。その後71年～81年までに建てられたものは割合が少し落ちます。1968年の十勝沖地震以後、耐震基準が見直されたからです。そして、宮城県沖地震の後、新耐震設計法を定めた建築基準法施行令が81年に施行されました。ですから、81年以降に建てられたものは震度6強でも、ほとんど壊れませんでした。

**熊谷** 建築工法、耐震構造が進歩したわけですね。

**河田** 進歩しています。震災のデータでは、はっきりそれがわかります。鉄筋コンクリートも同じで71年以前と以降で随分違います。それは、71年というのは1968年の十勝沖地震の後にやは

り耐震設計法の基準が変わったわけです。ですから、耐震基準が変わった後に建てられたものは丈夫だということがわかっているのです。そうすると、震度6強の場合だと、自分の意志では逃げられないのです。そのときに、古い家は壊れ始めます。となると、家の中の安全なところに身を隠していただかなといけないということです。震災の後、鳥取県西部地震、あるいは芸予地震が起こって、去年は十勝沖地震あるいは三陸南地震とか、宮城県北部地震とかいろいろありました。が、阪神・淡路大震災の後、たくさんの方が、地震の揺れを感じたら、なにがなんでも外に逃げなければいけないと思ってらっしゃる。ところが、2階建ての家が壊れるときは、1階から先に壊れるわけです。でも、2階のほうは当然よく揺れる。そうすると、2階におられる方が早く1階へおりようとして、階段で足を滑らせて腰の骨を折る、1階の人は外へ出なきゃいけないと思って玄関でつまずいて足の骨を折る、出たとたんに、震度5弱で倒れるブロック塀の下敷きになる、隣の家のベランダが落ちてくる、これで大怪我されている高齢者が増えているのです。ですから、地震が起きたときは、基本的には外へ出ないということが基本なのです。

**熊谷** 本能的に、2階にいる人なんかは下へ降りようとしますよね。

**河田** 3階建てでも1階から壊れます。ところが、揺れは3階の方が大きい。だから、怖いものですから降りなきゃいけないと思うわけです。これなんか、やっぱり震災の教訓がきちっと伝わっ

ていない。恐怖心が先行しますので、下へおりなきゃいけないと思ってしまうわけです。

**熊谷** そうすると、やはり防災教育といいますか、これも非常に大切ですね。センターではそういう防災に関する教育の面でも熱心に活動なさっていると聞いていますがいかがでしょう。

**河田** ええ。それは、特に子供さんを対象に教育を行っています。子供たちは、そういう流れの中で育てていただきたいきゃいけないと考えているわけです。

**熊谷** 本当に大事な一般教養ですね。義務教育の頃からやはりそういう基本は教えないといけないです。

**河田** 例えば、コンピュータグラフィックスなどのせいか、津波を何か青いきれいな水が波のようになってやってくると思っているわけです。だから、小学校で津波の避難というと泳げばいいという子供が結構いるわけです。けれども、津波というのは海底から海面まで水が動いていますから、まっ黒なヘドロのようなものが来るので。1998年パプアニューギニアで、津波がありましてですね、2,500人が亡くなつたのですが、15メートルの水の黒い壁がヤシの木の林のむこうからやってきたと住民は言っています。ですから、海底の砂をまきあげていますので、泳げるどころの話ではないのです。ところが、コンピュータグラフィックスは、なんか青い透明の水がおしよせてくるという感じですので、泳いで逃げればいいというわけです。

**熊谷** 専門外の人はそういうところまでわかりませんからね。

**河田** 富嶽三十六景のいわゆる浪裏といいますか、そういう形で津波がくるって思っている人がいっぱいいるのです。なぜかといいますと、21年前の日本海中部地震、あれが特殊な津波だったからなのです。海底勾配が急に緩くなったり



子供を対象とした防災教育

ぱいいるのです。

**熊谷** 高い波が段々に押し寄せてくるというイメージがあるからですね。海面が浮き上がるっていう話は確かに聞いたことがありますですが、普通はそんなふうに思いませんからね。

## 21世紀と世界に向けた 情報発信

**河田** ですから、人と防災未来センターというのは、阪神・淡路大震災の教訓を、21世紀と世界に発信しようというわけです。しかし、教訓はオールマイティじゃない。つまり、阪神・淡路大震災というのは直下型地震で、兵庫県の10市10町にあらゆるものが集積したわけです。家が壊れ、犠牲者がでて、ライフラインが不通になって、復旧、復興も難渋した。これは、全部同じところで起こっている現象なのです。ところが、次の東海・東南海・南海地震という非常に広域でおこる災害で、じゃあ、阪神・淡路大震災の教訓が使えるかというと、実は使えないものがたくさんある。例えば、今度はプレート境界地震ですから、地震が起こった瞬間に近畿地方の中部以南の陸上部はほとんど沈下するわけです。そうすると、地下水資源も低下します。井戸水が使え

なくなってしまうわけです。阪神・淡路大震災でも、水道が駄目になって370万人ぐらいの断水人口が出たのですが、結構、井戸水が使えた。そういうことがあって、西宮でも神戸でも古い井戸を復活させてやったところがあるので、今度は、井戸の水位が下がりますから、井戸水が使えないわけです。しかも、東海、東南海、南海が同時に起こると、断水人口が2,150万人になります。そうすると、阪神・淡路大震災のときに、水道の修理のために、全国から駆けつけた技術者が、1日最大6,100人いたのですが、この数字を倍には絶対できない。これが日本で動員できる最大値だというふうに考えますと、水道が1年7ヶ月回復しない自治体が出てくるわけです。阪神・淡路大震災のときは、4日目からは、全国から水がやってきたのです。救援物資もやってきた。ところが、東海、東南海、南海が起こると、陸の孤島になる自治体がたくさん出てきて、救援物資が届かない。ですから、直下型地震とプレート境界型地震の教訓は違うということです。すけれども、震災後の全国の自治体で公的備蓄というのは、



専任研究員による新潟水害調査 (新潟県庁)



専任研究員による新潟水害調査



専任研究員によるセミナー

水も食料も3日分なのです。4日目からは、全国からはいってくるという前提です。

河田 10万人死のうと20万人死のうと国内的には何らインパクトがないわけです。むしろ、途上国にとって、何が関心かというと、それが原因で、諸外国から救援が頂ける、そういうことがもう災害復旧の目的になってしまっています。

熊谷 先生のところのセンターはそのための研究機構であり、そうした機能をもっているわけですね。

河田 そうです。専任研究員はドクターを持っている。平均年齢31歳の研究員が9人います。これが、いろんな分野で、例えばライフライン、あるいは救命、救援、ボランティアといった課題ごとに震災で出てきたいろんなデータを解析しながら、その一般化をやるといいますか、特に諸外国にむけても発信しないといけない。途上国というのは、本当に、震災とか災害で犠牲になる方というのは、ほとんどが貧乏な方なのです。ほとんどが農民です。そういう人たちの活動っていうのは、その国のGDPに何も寄与していないじゃないですか。ですから、やっぱり、とかげのしっぽきりになっているわけです。

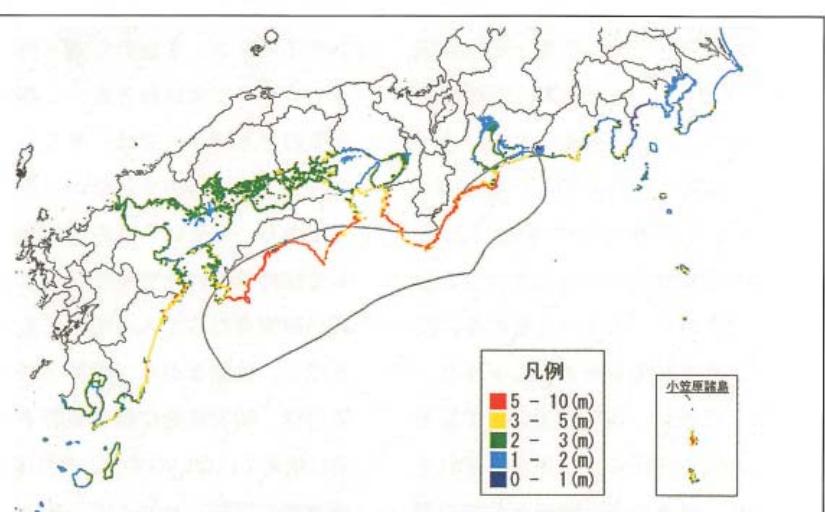
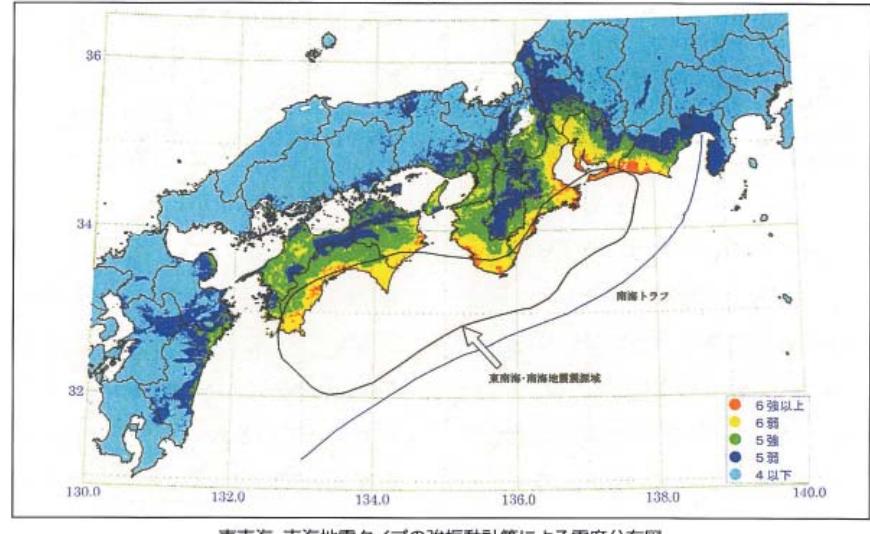
熊谷 タックスペイバーでないからですね。

河田 10万人死のうと20万人死のうと国内的には何らインパクトがないわけです。むしろ、途上国にとって、何が関心かというと、それが原因で、諸外国から救援が頂ける、そういうことがもう災害復旧の目的になってしまっています。ですから、来年、「国連防災世界会議」というのが、この神戸で諸外国から2000人、日本全体から10,000人ぐらいを集めてやるのですけれども、国連の場、あるいは政府間でいくら協議しても、今後10年経ってもそういう環境は多分変わらない、過去も変わらなかつたし、今も変わってないし、将来も変わらない。となると、これから世界に向けて、いろんな言葉に変えて、被害をうける住民1人1人に対して情報を出していく必要があるのです。例えば、昨年12月の26日にイランのバムで地震があって4万人亡くなっているわけです。住民の3人に1人が亡くなっている。バムの住人は、そこが直下型地震の起きる危険性があるということを知っていたかというと知らなかった。じゃあ、イラン政府は、そうした情報を出すかといったら出さない。なぜかというと、

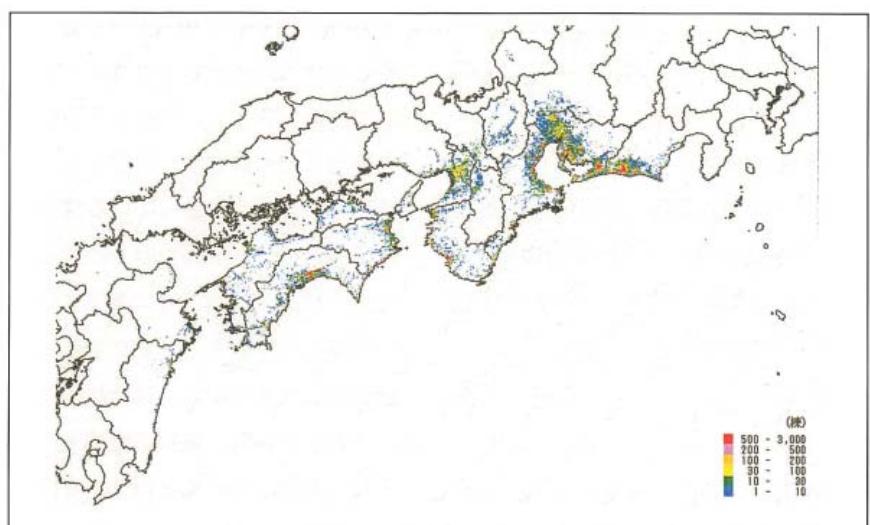
テヘランは大事だけれどもバムのような辺境の地のことは関心事ではないわけです。となると、あなたたちの住んでいる所にどんな危険があるのかということを、本人が望めば、インターネットのホームページに入ってきてもらえばアラビア語で書いてあるというふうにしておく。で、そういう日干しレンガ造りの建物を補強するには、お金をかけないでこういうふうにやつたら瞬間に潰れなくて済みますよっていうぐらいの情報は得られるようにする。今の時代、情報を望めば、そういうものを提供するファンクションをどこかが継続的に担保する必要があるだろうと思います。それを来年の世界防災会議をきっかけに、人と防災未来センターがお世話して用意させていただこうと思っています。そういう枠組みを変えないと、いくら日本のODAで、イランとか災害多発国で事業をしても地方には届かない。要するに、国の経済を活性化するような形でしか援助を使わない。それがはっきりしているのです。ですから、政府間ベースであっても、その途上国の中高官、あるいは経済界、みんなやっぱり一部の特権階級、そういったところでしかお金が流れない。一番被害を受ける多数の人たちのところにまで届かない。となると、情報でもってきちっと対応してあげて、情報があれば命をなくさなくてすむ人たちに、そういう情報を流そう、それが第一歩だというわけです。つまり、日本も含めてですが、賢くなっていたいかないといけない。

熊谷 センターのもつ情報発信機能が

(データ抜粋：内閣府 15年度 防災白書)



東南海・南海地震 海岸の津波の高さ



東南海・南海地震による建物被害の分布

それですね。

### 今後の防災研究のあり方

河田 そうです。ですから、研究も、大学でやっているような研究を対象としているのではなくて、むしろ、現場できちっと使えるような情報に加工するという、そういう研究に特化しているわけです。日本の防災研究は世界のトップだと言われています。だけど、現場で、それが活用されて、被害軽減につながっているかというと、つながっていないわけです。阪神・淡路大震災がそうですよ。6,433人の犠牲者が出るなんてことは、想像もしていない。だけど、現実にそれが起こったということは、学術研究成果が、極端に言うと、ほとんど役に立たなかったということです。ですから、そういうものを、役に立つような研究をやりましょうと。ただし、それが、研究業績として認められなかったら困りますから、それを、きっちり、日本の学術研究としての業績として認める努力がいりますよ、と。そういうことで、実はサイエンスに対する考え方を、私達が変えていかなければいけない。ですから、私、京都大学の現職の教授で人と防災未来センターのセンター長を兼任している。これは、日本で最初だそうです。管理職を2つ兼ねている初めてのケースだそうです。

熊谷 よく許可がでましたね。

河田 2年かかりました。結局、いろいろな制約がつきましたがけれども、例外的な事項として認められました。背景には大学のリソースを社会で使えとい

うことがありました。ですから、私が現職でセンター長を兼ねているっていうのはそういう研究をサイエンスとして認めるという流れを作ろうというわけです。

熊谷 非常に大事なポイントですね。最後になりますが、我々のひょうご科学技術協会は、兵庫県を中心とする科学技術振興の中核的な機関としての役割を担っているわけですが、協会に対して何かご注文、ご助言等がございましたらお聞かせ下さい。

河田 私達は、インプリメンテーションサイエンス、すなわち実践科学と言っているのですけれども、これまで、大学のアカデミアでは、そうしたもののが研究成果を認めてこなかったのです。ですから、そういうものを学術研究として認めるという立場になると、若い研究者だって入ってくれるだろう。残念ながら、阪神・淡路大震災の後、防災研究に携わる若手の研究者は増えているのです。それは、結局、研究費の問題じゃなくて、そういう社会に役立つという特徴を持つ成果が研究成果として評価されないという流れがこれまであったものですから、そういう土壤を変えていかなければいけないということなのです。ですから、熊谷先生が理事長をなさっている協会のなかでも、科学技術についての考え方を、旧来の枠組みの中だけにとどまらず、いわゆるパラダイム・シフトとして、防災のようなものは、社会に成果が還元されて具体的に被害が軽減することにつながっていくという、そういう

い枠組みの中で、評価を展開していただけだと、大変ありがたいと思います。

今、この人と防災未来センターには2つの建物があって、国連の世界防災関係の機関をはじめ約10の組織が集まっています。ですから、私、貝原前知事に、10年いただいたら、ここを世界の防災研究のハブにすると約束したのです。しかも、京都大学防災研究所がありますから、ここがアカデミアとしてバックアップしてくれる、と。鬼に金棒だと。ですから、ここは防災の実務機関であって、防災研究所っていうアカデミアがここに合体して、神戸大学にも都市安全研究センターがありますから、そういうものが結集しているところは、世界でここだけしかないのです。ですから、今、なんでもかんでも東京一極集中ですけれども、防災に関しては、この神戸が核になる、と。

ですから、そこに、いろんなものが結集しないといけないのですが、そこでやる研究が、研究として評価されるような素地をつくっておかないと、若い人が来ない。それは困る。お金だけの問題じゃない、ということを訴えているのです。

熊谷 よくわかります。本日は大変ご多忙中のところをお時間をお割きください、非常に貴重なお話をいただきましてまことにありがとうございました。われわれの協会の今後のいろんな事業にも今のご意見はぜひ反映させていただきたいと思います。本当にありがとうございました。

(この対談は平成16年7月8日に行いました。)

## 国連防災世界会議

The United Nations World Conference on Disaster Reduction  
～大震災の教訓を世界へ～

### Concept

#### 国連防災世界会議（兵庫・神戸会議）とは

6,433名が犠牲になった阪神・淡路大震災をはじめ、インド、台湾、イラン等における大震災、中国、ヨーロッパにおける大洪水など、多くの災害が世界各地で毎年のように起こり、大切な生命と財産が失われています。

国連では、21世紀における新たな防災戦略を決定するため、阪神・淡路大震災から10年目にあたる平成17年1月に、大震災の被災地である兵庫県で「国連防災世界会議」を開催し、世界の防災対策のさらなる充実強化を目指すこととなりました。

阪神・淡路大震災の経験と、そこから学んだ数多くの教訓を共有財産として世界に発信し、後生に伝えるとともに、復興状況をアピールすることが、世界各地から受けた多くの多くの支援に対する被災地の責任であり最大のお礼と考えております。

### Outline

#### 事業概要

- 会期 平成17年1月18日(火)～22日(土)5日間
- 会場 主会場 ポートビアホテル 副会場 神戸国際会議場、神戸国際展示場、淡路夢舞台 等
- 事業概要

#### 国連本体会議（主催:国連、非公開）

会場:ポートビアホテル

国連加盟国191ヶ国・地域の代表団による国連公式会議。1994年に横浜で策定された横浜戦略を検証・総括するとともに、防災に係る成功事例・教訓・課題の共有、防災に対する意識高揚とそれによる施策の推進、防災情報の信頼性・有効性の向上を目指し、21世紀における新たな国際防災協力の指針「兵庫戦略」を策定する。

#### 公開シンポジウム（主催:各種団体、一般公開・参加登録が必要）

会場:神戸国際会議場、淡路夢舞台 等

政府、地元自治体や地域団体、大学、学会等が災害医療や防災教育、コミュニティ防災等の防災対策や震災復興に関するテーマで、シンポジウムやフォーラムを開催する。

#### 総合防災展（主催:国連防災世界会議推進協力委員会、一般公開）

会場:神戸国際展示場

阪神・淡路大震災復興の歩み、世界の災害、国連機関の紹介、企業の震災対策技術、防災教育等の展示のほか、防災に関する実演、体験、交流のできる展示会を開催する。

# 科学技術が拓く —発生・再生メカニズムの

# 21世紀のライフサイエンス 解明と医療への応用—

## ●対談者

理化学研究所 神戸研究所  
発生・再生科学総合研究センター  
センター長

 財ひょうご科学技術協会  
理事長

竹市 雅俊 氏

熊谷 信昭 氏

熊谷 今回は、発生・再生科学の基礎研究を体系的に行う世界最大級の研究機関として2002年4月に開設された独立行政法人理化学研究所「発生・再生科学総合研究センター」のセンター長としてその重責を担うとともに、発生・再生学の第一人者として細胞接着分子「カドヘリン」の発見という世界的業績により、今年度の「日本国際賞」を受賞された竹市雅俊先生をお招きして、お話を伺います。

## 発生生物学と細胞生物学

熊谷 先生のご専門分野は、発生生物学ということですが、まずは、発生生物学とはどのような学問なのか、ということからお話しいただけますでしょうか。

竹市 私の研究分野は、発生生物学であると同時に細胞生物学でもあります。学会も、それぞれに発生生物学会、細胞生物学会とあって、どちらにも参加しています。たまたま、私の大学時代のバックグラウンドが発生生物学で、助手から助教授の頃の上司が岡田節人先生ということもあって、発生生物学の研究グループにずっといたのですが、実際の研究は、むしろ細胞生物学の方で、

自分の専門分野を書くときは、いつも発生生物学・細胞生物学と書いています。発生生物学がどのような学問なのかというご質問ですが、単純に言えば、最初に卵があって、受精して、その時は細胞が1個なのですが、これがどんどん細胞分裂して、非常に複雑な過程を経て、我々の体ができる。この卵の受精から体のできるという全過程を「発生」、英語で「ディベロップメント(Development)」といいます。

熊谷 「ディベロップメント」という言葉一つで、発生の意味になるのでしょうか。

竹市 生物学者の間ではそうです。分野の名称は「ディベロップメンタル・バイオロジー(Developmental biology)」といいます。昔は「エンブリオロジー(Embryology)」といっていました。

「胚」のことを英語で「エンブリオ(Embryo)」といいますので、そこから「エンブリオロジー」といっていったのですが、「ディベロップメンタル・バイオロジー」とだんだん変わってきた。「エンブリオロジー」といった時代は、卵がどうやって発生していくかということを形態的に研究することが主で、いわば古くさい学問のシンボルのように思われるようになり、

もっと広い範囲の問題を解析的にとりあつかう学問であるべきということで、「ディベロップメンタル・バイオロジー」と呼ぶようになりました。現在では、生物学者の間で「ディベロップメント」といえば「発生」を意味します。

熊谷 何年頃から、そういう言葉が生まれてきたのですか。

竹市 結構古い言葉です。ただ、「エンブリオロジー」を、一般的に「ディベロップメンタル・バイオロジー」と言い換えたのは、私が学生の頃ではないかと思います。その頃、いわば新しい学問の始まりに呼応するかたちで、昔から続いている雑誌の名前も「ディベロップメント」と変わりました。

熊谷 先生が専門とされている細胞生物学というのはどういう学問なのでしょうか。

竹市 発生生物学というのは、全体がどうやってできるかという学問なのですが、体というのは細胞からできていますから、その細胞を研究するのが細胞生物学です。体をつくっている個々の細胞が、どのようにして分裂するのか、どのように生きているのか、どうして動くのかといった研究をするのが細胞生物学になります。

熊谷 システムとエレメントの違いの



のようなものですね。

竹市 それらは、なかなか同時には研究できないので、細胞分裂のことを一生懸命研究する人は、それだけを突き詰めていて細胞生物学という分野ができたというわけです。発生を研究する人は、全体を見なければなりませんが、全体のシステムといつても、それは所詮細胞がやっていることですから、細胞のことも研究しないとわからないわけです。ですから、発生生物学と細胞生物学というのは、お互いが、学際的に一緒に進まさざるをえません。私の研究は、まさにそういった立場にあります。受精卵というのは、最初は1個でお互いにくつつく必要はないのですが、どんどん細胞が分裂していくと、これらの細胞がバラバラになら困るわけです。単細胞生物の場合には、分裂したらバラバラになります。しかし、動物の細胞は、分裂しても、くついた

ままでいなければならなくて、くつつきながら体ができるわけです。これに関連したおもしろい研究が古くからあります。動物の体の一部でもいいし、若い胎児でもいいのですが、1個1個の細胞をバラバラにすることができるのです。古くは、ドイツのホルトフレーターが、カエルの卵が発生して少し経って多細胞になった時に、KCN(シアノ化カリウム)の中に漬けると細胞がなぜかバラバラになるということを発表しました。その年は1943年で私の誕生年と一緒にです。

熊谷 先生が発生された年に発表されたわけですね(笑)。

竹市 バラバラになつても細胞は生きていって、KCNを抜くと、また戻る、くついてしまうというのです。細胞が離れたりくついたりするということが、可逆的にできる。さらに、その後の研究により、バラバラにされた細

胞は、単にくつつくだけでなく、組織としての秩序を再生することがわかつきました。例えば、腎臓とか脳、何でもいいのですが、体の組織の構造は、非常に複雑で、均一の細胞が集まっているわけではなくて、いろんな細胞からできています。皮膚1つとっても、一番表面のケラチンを作っている細胞からその下の結合組織の細胞までいろいろあります。組織には、秩序があって、秩序があるから我々の体が機能できるのです。例えば、食道というのは1つの管だし、管という秩序を作ることで成り立っている。こういう組織を作っている細胞を、一旦バラバラにして培養すると、集まってきて、しかも、集まってきた細胞が、ただランダムに集まるのではなくて、もう1回秩序を再生するというのです。

熊谷 不思議なことですね。

竹市 「自己組織化」という概念で説明されていて、動物の細胞にはそういう能力があるのです。この能力は、実際に日常的に利用されています。例えば、皮膚が傷つくとまた融合して治る。細胞がもう一度元の構造を作り直すわけです。そういう能力がなければ、傷は治らない。傷によって、一部の細胞は死んでしまう。しかし、まわりの細胞が生きているので、もう一度、細胞どうしが寄ってきてくついて治る。こういう細胞の能力が1950年代までに分かっていました。それが、発生とどういう関係にあるのかというと、例えば、ウニとかヒトデとか、相対的に単純な



理化学研究所 神戸研究所  
発生・再生科学総合研究センター センター長  
**竹市 雅俊** (たけいち まさとし)

1943年11月27日生まれ(愛知県出身)  
1970年 1月 京都大学理学部生物物理学助教授  
京都大学助手から、1974年米カーネギー研究所に留学  
1978年 5月 京都大学理学部助教授  
1986年 7月 京都大学理学部教授  
1992年 9月 岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所客員教授(～1998年3月)  
1993年 4月 京都大学理学部付属分子発生生物学研究センター長(併任、～1998年4月)  
1995年 4月 京都大学大学院理学研究科教授  
1998年 4月 京都大学大学院理学研究科付属分子発生生物学研究センター長(併任、～1999年3月)  
1998年 4月 京都大学大学院生命科学研究科教授(～2002年3月)  
2000年 12月 日本国士院会員  
2002年 4月 理化学研究所発生・再生科学総合研究センター長  
2003年 10月 独立行政法人理化学研究所発生・再生科学総合研究センター長  
2004年 5月 米国芸術科学院外国人名誉会員

多細胞生物が体を維持するのに欠かせない細胞同士の接着が、「カドヘリン」と呼ばれる因子で行われることを世界で初めて突き止め、発生の仕組みからがん研究まで生命科学研究に幅広く貢献。  
塚原伸晃賞(1989)、中日文化賞(1993)、大阪科学賞(1993)、朝日賞(細胞接着因子カドヘリンの発見と機能の解明で、1993)、高松宮妃癌研究基金学術賞(カドヘリン・カテニン細胞接着系の発見とそのがん細胞における異常の研究で、1995)、上原賞(1996)、日本学士院賞(1996)、ハリソン賞(2001)、慶應医学賞(カドヘリンの発見と細胞間接着機構の解明で、2001)、文化功労者(2004)、日本国際賞(細胞接着の分子機構解明における基本的貢献で、2005)

構造をしたいろんな動物がいますが、これらの胚全体をバラバラにしてから培養すると、細胞が集まって完全な個体を再生してしまうのです。こういう実験によって、一個一個の細胞が、誰にも教えられずに体を作る能力をもっていることがわかつてきました。つまり、発生という現象は、自己組織化そのものらしいのです。

**熊谷** 不思議なことです。そういう現象はエントロピー増大の法則に反しますね。

**竹市** ええ、反しますね。ともあれ、細胞がくっつくということは細胞生物学の問題だけれども、それが全体を作っていくということは発生生物学の問題となって、私の専門分野が発生生物学でもあるということになるわけです。

もう少し発生生物学とはどういうことかということに戻ってみると、大事なことは2つあります。ひとつめは、体をつくるためには、いろんな細胞を作る必要があるということです。1種類の細胞では、幾ら細胞が増えても、均一なものしかできない。今、世の中にいる多細胞生物の中で、均一な細胞集団からできている生物はないでしょう。多細胞になるということは、細胞に多様性が生じ、細胞間に作業分担ができるということを意味します。細胞が100個あって全て同一であれば、別に一緒にならず1個1個生きていればいいのであって、現実に、バクテリアとかは単細胞生物として生きているわけです。多細胞体を作るためには、それなりのメリットが必要だったわけで、いろんな細胞から成る個体というもの

を作ることには、生物の生存のためにメリットがあったはずなのです。

**熊谷** 例えば、人間の体についていえば、何種類の細胞があるのですか。

**竹市** 考えたこともないですが、何種類あるのでしょうか。大雑把に分けても、例えば神経、筋肉、消化する細胞とか、皮膚の細胞という具合に分けられますね。

**熊谷** 器官ごとの細胞ですね。

**竹市** 細胞の種類で分類もできるし、臓器の種類でも分類できますね。あるいは、機能で分けることもできる。例

えば、心臓と足の筋肉を作る細胞は、どちらも筋肉細胞です。ただ、少しタイプが違います。心臓の筋肉細胞はいつも収縮しているし、足の筋肉細胞は刺激を与えた時だけ収縮する。こうして細分化していくとかなりの数の種類の細胞があることになります。ともかく、このようにいろんな細胞に分かれると、これが、動物の発生のまず一番大事なことです。これが細胞の分化、英語では、「ディファレンシエーション (differentiation)」と言うのですが、まず、これがないと発生というものの意味がない。次に大事なことは、いろんな細胞ができたとき、前に言いましたように、それらをうまく組織化することです。組織化することによって、体の構造ができる、形ができる。脳は頭のなかにないと困るし、目は顔にならないと困る。手と足は別々でないと困りますね。つまり、いろんな細胞を作りながら、それをどこに置いて、しかも、どうやって個々の細胞を配列させるかが、複雑な全体のシステムを「発生」させるために重要です。このように発生の

全体像は複合的なので、1人の科学者が全貌を研究することは不可能です。だから、例えば、卵があって精子がきて、そこで受精ということが起こるのですが、それを研究する人はそこだけを研究する。細胞が、その後、どのように分裂していくかという研究は、別の人をするし、細胞が100個になったときに、ある細胞は神経になり、別の細胞は筋肉になるということを研究する人は、その問題だけに集中する。そのような中で、私は、細胞がどうやって接着して、しかも、どうやってお互いを認識しながら組織を作るのかということに関心を持って、研究するようになったというわけです。

## 発生生物学研究のきっかけ

**熊谷** そもそも、先生が、名古屋大学の理学部をご卒業になられて、発生生物学の分野について研究をやりたいと思われたのは、どのようなきっかけからなのでしょうか。

**竹市** これには複合的な背景があるのですが、私が入った名古屋大学の生物学教室というのは、研究室が5つプラスαあったのですが、1つを除いて、他の研究室が全部発生生物学関係だったのです。また、分子生物学施設というのがあって、当時としては最も先端的な研究が行われていました。生物学教室の方は発生生物学という分野にものすごく偏重していたわけですが、その影響も受けながら、自分に合う研究分野というのをなんとなく直感的に感じたわけです。

**熊谷** おもしろそうだと思われたわけですね。

**竹市** 私は、いわゆる昆虫少年タイプで、昆虫採集をしたり、野鳥を見たり、魚を捕ったりということが好きで、生物学科というところにきた人間です。生き物をまず見るということが、一番好きなことだったので。発生学というのは、卵とかエンブリオ(胚)とかを目で観察しながら、そこで何が起こっていくかを研究する分野ですから、発生の様子を観察する、顕微鏡を見る、そういうことが自分の感性に一番ぴったりとくるということで選んだのだと思います。ただ、当時の発生学は、少々行き詰まっていた、これからはどういう研究が伸びていくのかということを敏感に感じ取る必要があったのですが、そういう状況の中で、私は、江口吾朗という先生に弟子入りすることに決めました。江口先生は、その時、助手だったのですが、水晶体、目のレンズのことですが、イモリの目というのは、水晶体をピンセットで抜いてもまた再生する、それはどうして再生するのかということを研究されていて、現象的に私は非常におもしろいと思ったことと、もう1つは、同時に、先生は物理の朝倉先生とバクテリアについて共同研究をされていて、どういう研究かというと、バクテリアにはしっぽのような鞭毛(ペニン)があって、波打った形をしているのですが、異なる鞭毛の蛋白質をそれぞれバラバラにして、もう1回集めると、波の周期が小さくなったり大きくなったりする。この場合、生物というより蛋白質の集合の問題なのですが、

そういうことも研究されていて、古典的なものと新しいものが上手くミックスしたすばらしいコンピネーションだと思ったのです。それで、弟子入りし



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
**熊谷 信昭** (くまがい のぶあき)

1929年生まれ。53年大阪大学工学部(旧制)通信工学科卒業。56年同大学院(旧制)特別研究生修了。58年カリフォルニア大学電子工学研究所上級研究員。60年大阪大学工学部助教授、71年同教授。学生部長、工学部長などを経て85年同大学総長。91年同大学名誉教授。2004年4月兵庫県立大学学長。

電磁波工学の権威で、電子情報通信学会会長、関西文化学術研究都市推進機構評議会議長、NHK近畿地方放送番組審議会委員長、文部省大学設置・学校法人審議会委員、郵政省電気通信技術審議会委員、日本放送協会放送技術審議会委員、科学技術会議議員、国土審議会委員などを歴任。

現在、総務省独立行政法人評議会委員長、独立行政法人科学技術振興機構運営会議長、独立行政法人通信総合研究所顧問、大阪府総合計画審議会会長、大阪市総合計画審議会会長、NPO日本中国友好協会会長、(財)地球環境センター理事長、(財)災害科学研究所理事長など多数。

その先駆的業績により米国電気電子学会終身名譽員(Life Fellow)、電子情報通信学会名譽員の称号を受けるとともに、レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、郵政大臣表彰、NHK放送文化賞など多数受賞。97年には日本学士院賞を受賞、平成11年には文化功労者として顕彰。

そういうことも研究されていて、古典的なものと新しいものが上手くミックスしたすばらしいコンピネーションだと思ったのです。それで、弟子入りし

たというのが、私の最初の研究の始まりになります。

**熊谷** それは学部の学生の頃ですか。

**竹市** 大学院生のときです。学部の学生の時に、発生学のいろいろなことを学んで、大学院を選ぶ時に、その中の特定の発生の分野を選んだということになります。

**熊谷** その後、京都大学の岡田節人先生のところに助手として赴任されたとお聞きしておりますが、それは、どういうご縁からなのでしょうか。岡田節人先生というは、非常にユニークなおもしろい先生で、私も大変親しくさせていただいているのですが。

**竹市** 岡田先生は、雑誌や本にいろいろなことを書いておられて、ユニークな先生だとその存在は知っていたのですが、最初にお会いしたのは、学会でお茶を飲んでいるときだったと思います。岡田先生は、江口先生の研究を評価されていて、助教授として京都大学へ迎えられました。私は、江口先生の下で大学院生としていましたので、一緒にについて行ったということです。

**熊谷** 岡田先生には江口先生と一緒に竹市先生も呼びたいというお気持ちがあったのでしょうか。

**竹市** 水晶体の研究をするにおいて、細胞の培養をやっていたのですが、その当時、岡田先生が、先端的なアイデアと技術を持っておられたのです。それで、京都に行けば、自分のやりたいことができる、これはもうぜひとも先生と一緒に行こうと思ったわけです。

**熊谷** 先生が「日本国際賞」をお受けになって、その受賞式のご挨拶で、恩

師の岡田先生に感謝の言葉を述べられましたが、岡田先生はご夫妻で出席しておられて、非常に喜んでおられました。

私も実にいい話だなと思って、感動しながら伺っていました。恩師と弟子、恩師というよりも、研究の先輩、指導者とその後輩といいますか、本当に素晴らしい関係だなと思って感動しながら聞いていたのですが、京都へいらっしゃったのはそういういきさつだったので

すね。私が、初めて岡田先生にお会いしたのは、私の前任の大坂大学の総長をしておられた山村雄一先生の何かのお祝いの会でお隣になったのが最初だったのですが、山村先生とのつながりで、全然分野の違う岡田先生ともおつきあいいただくようになり、その先生と竹市先生との関係が出てきたわけで、人と人とのつながりというのは本当におもしろいご縁ですね。

**竹市** 岡田先生も生き物が好きで、特に昆虫採集が好きということで、私が京都大学に移った頃は、先生共々カミキリムシという甲虫の採集に熱中していました。それが、研究室中に広まって、研究室のスタッフがセミナーの日に昆虫採集に行ってしまって帰ってこないとか、そんなことまであったくらいです(笑)。本当に数年間は昆虫採集ばかりやっていたように思います。その頃は、研究のペースが今と比べると遅いということもありましたから。岡田

先生は、その当時から車を運転されていましたので、先生の車に乗せていたりいろいろなところへ行きました。屋久島にも行ったことがあります。それで、研究室へ戻ってきて、探ってき

た虫の足を綺麗に揃えて標本にする、そういうことばかりやっていましたね(笑)。

### 子供たちの理科離れ

**熊谷** 先生と岡田先生は本当に子供の頃から生物好き、昆虫好きだったので、最近、子供達の理科離れという話が度々問題になっています。小学校低学年の子供の頃には結構理科の好きな子もいるらしいのですが、学年が上がっていくにつれて、だんだん理科嫌いになっていくということで、これは問題だと多くの人達が心配しています。岡田先生や竹市先生のように、自分の好きなものを生涯の研究テーマにして、素晴らしい業績を挙げられるという人生を歩めることは本当に素晴らしいことだと思うのですが、学年が上がっていくにしたがって理科が嫌いになっていくということについてはどう考えればいいのでしょうか。無理矢理にでも理科が好きな子供を増やさないといけないのか、もともと好きな子だけがやつていいけどないと放っておけばいいのか、今の教育の仕方がまずいのか、もし、改めるしたら、どういう点が問題なのか、というのがみんなの関心事となっていますが、先生は、どうお考えですか。

**竹市** 難しい問題ですね。でも、子供達の本来のポテンシャルがそう変わっているはずがないですから、環境の問題が重要でしょう。例えば、生物学の関係でいいますと、そもそもみんな自然を見ていなくて、自然を見る機会がな

くなっている。私たちの年代であれば、田圃に行けば、カエルがいて、メダカがいて、それらを捕ったり、飼育したり、そのようなことばかりやっていて、自然と一体となって育ってきました。ところが今は、例えば、大学の生物学専攻ですら、実際に野生の生物を見たことがないという学生が結構います。研究室の生物しか知らないわけで、自然の生物を知らないまま生物学をやっているわけです。でも、街の中に住んでいる子供がトカゲや蛇を見ることはできませんから、直接、生き物に触れて、それに感動し、興奮し、そして、それを研究したくなるという環境が、少なくなっている。ただ、医学については、人間の問題で、病気になるということは今の環境でも変わりませんから、あまり影響を受けていないはずですが。

**熊谷** 自分も含めて目の前に医学の材料そのものがあるわけですからね。

**竹市** それと、一般的に理科が難しいというのは、科学技術が進歩しすぎて、目の前にあるものが完成されすぎていて、もはやとりつくしまがない、そういうこともあります。例えば、車のエンジンを見ても、昔は、ボンネットを開ければ、どこに何があるかということがわかり、部品の交換など自分でやりましたが、今は、非常に細かい機械がびっしりと並んでいて、あれを触ろうという気にはならないですね。

**熊谷** ブラックボックスとなってしまっていますからね。

**竹市** 子供達が、科学に関して、どういうことをやればやりがいのある仕事ができるのかということが、科学技術

が進歩しすぎたがゆえにわかりにくくなっている、それがひとつの理由ではないかと思います。昔は、子供達が自分たちで何かを、手を伸ばして作業するということを実体験できたけれども、今は、あまりにも周りが完成されているものばかりですから、そういう領域に自分が進むということに、すごいエネルギーがいるということになってしまっていると思うのです。

**熊谷** エレクトロニクスの分野でも、例えば、コンピュータで言えば、LSI(大規模集積回路)で「固まり」として出来上がったものを見せられても、考えようがありませんから、結局、使い方にだけ関心がいくようになって、中味をどう改良したらいいかとか、どこが問題点かというようなことは、考えようもなくて、結局、ものづくり離れということにもなっていくのです。

**竹市** 我々の生物学の分野でもそうです。非常に高度にいろんな情報が集まっていますから、昔は、いきあたりばったりでも、いろんなことがどんどん見つかりましたけれども、今は、そうしたチャンスが減ってきてています。それで、学生に、どういう分野の研究を勧めたらいいのかということなどについても、情報科学的に生物学をやるかという話になってしまったりする。システムズ・バイオロジーというものです。

これまで、体を作るために必要な遺伝子を、1つ1つ個別に探してきたけれども、今は、全ての遺伝情報が解読されつつあって、情報が先にありきとなってしまった。素朴さというものがなくなっている。

### 細胞接着分子カドヘリン

**熊谷** そういうこともあるわけですね。話は変わりますが、先生は、世界的なご業績として、人間の体のような生物体を構成している細胞が、なぜその固まりの形を保っているかということを解明する鍵となる細胞接着分子「カドヘリン」を発見されたわけですが、そのお話を伺って、あらためて不思議に思ったのは、人間の体に限らず、あらゆる物質は原子・分子からできているわけですが、それがどうして形として固まりになっているのかということです。それはどうしてなのでしょうね。生体の場合には、先生のご研究によって、「カドヘリン」という物質が細胞同士を接着する役割を果たしているということが解明されたわけですが、普通の物質の場合は、なぜバラバラにならずに固まっているのか。細胞と細胞がそれぞれいろいろな機能や性質、種類を持っていて、それが組み合わさって組織として人間の器官や体を作るわけですが、私のような工学分野の者からすると、細胞と生体というのとは、機能の複雑さは別にして、要するにエレメントとシステムみたいなものだと思うのです。エレメント(素子)は放っておいたのでは自動的にはシステムにならないと思うわけです。ところが、生物の場合には、バラバラにした細胞を放っておくと、それぞれの器官になっていく。人間の体なら、人間の体に自然になっていくことが全く理解できない、不思議ですよね。

いわゆる遺伝情報というものが、もとになっているのでしょうか。

竹市 遺伝情報そのものは、一次元的な単なるコードにすぎないです。

熊谷 そうですよね。ですから、細胞も何種類かあって、その細胞がお互いにくついて、放っておくと心臓の筋肉

になる、ある種の別の細胞のグループは、くついて足の筋肉になるということが、なぜそうなるのかと不思議で、興味もあります。ナノテクノロジーの分野では、ナノオーダー（100万分の1ミリメートル程度）の超微粒子が自動的にくついて特定の物質になっていくことを自己組織化といっていますが、その自己組織化と、細胞が集まってそれぞれの器官になったり、人間の体のような特

定のシステムになっていくということとは、関係があるのでしょうか。

竹市 自己組織化という言葉は、他の分野でも使われますが、ただ、生物の自己組織化は独特なことだと皆さん思われるようです。実際に、物質の世界では、そのアノロジーは成り立つのでしょうか。

熊谷 普通の場合はないのですが、ナノテクノロジーのような非常に小さな分子、原子レベルのものについてはあるみたいです。バラバラにした細胞が放っておくと決まった形の器官になっていくという熱力学のエントロピー増大の法則に反するようなことが、自己組織化の場合には起こっていると思つていいのでしょうか。

竹市 シュレディンガーという人が、まさにその問題を古い岩波新書で書いています。私が学部学生の時代に、読

んで感激しました。生命現象というのは、自然の物理法則の反対の方向にいく、つまり、エントロピー増大に背くのが生命現象だということを書かれています。概念的に非常におもしろいなと思いました。

熊谷 おもしろいですね。

竹市 物理学者だからそういうことが言えたのでしょうか。

熊谷 エントロピー増大の法則という物理学の基本法則とは逆のことが、生

物学の場合には起こるというが、我々工学の分野の者には、なかなか理解できないのです。

竹市 生物といっても、結局は物質ですから、ある種の物質の特殊な存在様式なのでしょうね。

熊谷 物質の一種であることには間違いないのですからね。細胞といえども、結局は原子、分子からできているわけですからね。

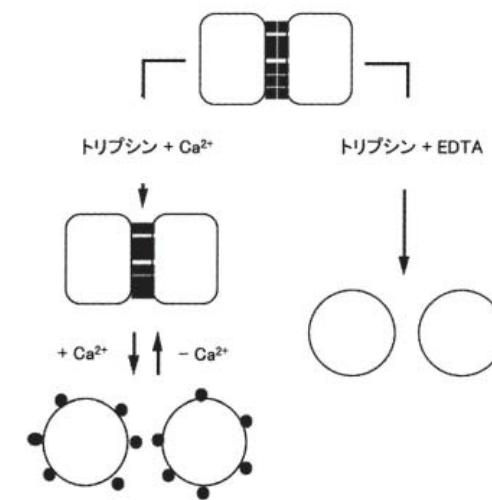
竹市 ただ、その全体の組み合わせとして、システムができあがったときに、そういうおかしなことをするということでしょう。しかも、進化というのは、進化することによって、単純なものからより複雑なシステムを自己生産している。

熊谷 細胞というのは、単なる「物質」とみていいか、それとも普通の「物質」とは別の「特別の生命体」として見るべきものなのでしょうか。単なる物質であれば、エントロピー増大の法則に反するようなことは起こりえないとされていますから、「物質とは別るもの」として見ないといけないということなのでしょうか。

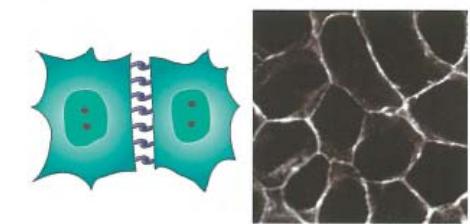
竹市 それを物理学者がどう表現するのかということは、非常に興味深い事ですけれども、どちらにしても、自然科学の枠内で語らないといけないわけです。

竹市 京都大学の助手を数年していて、その後、アメリカのカーネギー研究所に2年間留学したのですが、留学する前から細胞の接着現象については研究していました。水晶体の研究が行き詰まっていましたので、細胞の接着現象の研究を始めていて、それも少し行き詰まっていました。アメリカに行ったときは、少し違うテーマを研究しようということだったのですが、違うテーマをやるにしても細胞を扱います。それで、その扱っている細胞を見ているときに、京都大学時代の結果とは少し違う現象があって、これがその後の発見のきっかけとなりました。京都時代のバックグラウンドがあって、その上で、アメリカでのある偶然の出会い、発見によって扉が開けたということです。

アメリカに行って、全く新しいことをやって発見したということではなくて、継続の中で、その場所がたまたまアメリカだったということです。一般的には、ポスドクとかでアメリカに行って、向こうの先生にいろいろ教えてもらって、自分のキャリアを豊かにしていくわけですが、私の場合は、アメリカは單な



カーネギー研究所時代に発見した、異なる解離条件によって得られた細胞の接着性の違い。トリプシンにキレート剤(EDTA)を加えて処理した細胞は、接着性(集合性)を失う。一方、トリプシンにカルシウムを加えて処理した場合には、カルシウムに依存した接着性が残る。



カドヘリンによる細胞接着の模式図(左)。細胞をジッパーのように繋ぎ止める。右の図は、カドヘリン分子を免疫蛍光抗体法によって可視化した画像。細胞と細胞の境界が光って見える。これがカドヘリンである。

る通過点で、向こうでの研究テーマとは全然違うものだったのです。

熊谷 そうですか。バラバラにした細胞が自然にくつくはずのところを、ある種の物質を除くと、もとの形に戻らなくなるということから、何か細胞同士をくっつけているものがあるのではないかということで、先生の大発見につながったとお聞きしていたのですが、そういうことなのです。

竹市 前にお話しましたように、古典的に、動物の細胞というのは、可逆的にくついたり離れたりするということはわかっていました。バラバラの細胞がくつくということは、私自身が京都大学助手の時代にいろいろやってみた結果からもわかっていた。ただ、カーネギー研究所にいるときに、偶然、ある処理をすると細胞が離れたままで戻らないということを見つけたのです。

どうして戻らないのかというところが、研究のきっかけで、戻る、戻らないと

いうのはどういう違いがあるのか、その戻らない原因を突きとめていけば重要な接着分子につきあたるに違いないと思ったわけです。理屈の上ではそうなりますね。それを突き詰めていったら、

結局、「カドヘリン」という分子の発見に至ったというわけです。

熊谷 「カドヘリン」という名称は先生がおつけになったのですか。

竹市 この分子が、カルシウムイオンを必要としているということと、接着というのは英語で「アドヒージョン(adhesion)」とか「アドヘレンス(adherens)」といいますから、語呂合わせで、その研究に携わった大学院生と私とでいろいろ名前をリストアップしました。ただ、外国人がその言葉からどう感じるかということはなかなか

か難しいですから、岡田先生の研究室にたまたまイギリス人が滞在していて、その中でどれがいいだろうかということを相談して、結局このような名前になったわけです。

熊谷 先生が中心になって自分で名付けられたわけですね。

竹市 そうなりますね。大学院生と一緒に名付けたことになります。

### 生物学研究の拠点を目指して

熊谷 発生の分野の話というのは、お話を伺っているとおもしろくてしようがないですね。先生が、開設当初よりセンター長をなさっている理化学研究所の発生・再生科学総合研究センターは生物学研究の拠点として、国内外から研究者が結集している世界最大規模の組織だとお聞きしていますが、何

人ぐらいの研究者がおられるのですか。

**竹市** 今では500人余りの組織となっています。恐らく、発生の分野では世界最大だと思います。

**熊谷** 日本は、この分野では世界のリーダーとして先頭を走っているのでしょうか。

**竹市** そうなりたいと思っています。組織としてできたのは、2000年になります。小渕元首相の時代にミレニアムプロジェクトというのがあって、一方で、現在、先端医療振興財団の理事長をされている井村先生たちによる新しい研究所構想があって、こうした構想とミレニアムプロジェクトとが合体してできたわけです。発生に関する研究所をつくろうという機運が高まったのに理由があって、研究所の名前に「再生」という言葉がついていますように、再生医療研究の社会的な要請があります。

我々の臓器が損傷した場合、現在では、例えば、肝臓が悪ければ肝臓を移植する、いわゆる臓器移植でしか治せないので、それに代わって何とか自分でもう一度組織を作り直すことができないか、これが再生医療です。それで、再生医療の分野をもっと後押しをして、研究を進めようということでこの研究所の構想ができたわけです。ですから、この研究所が具体化する前は、発生ではなくて、再生研といわれていました。神戸市が、先端医療振興財団を設立し、ポートアイランドに震災復興事業としてメディカルセンターを作るということで、この研究所も誘致されたわけです。まだ姿を現す前は、再生医療を目指す研究所というイメージが強かったよう

です。ただ、再生医学は未成熟な分野ですから、その基礎となる発生研究も重視するべきと考え、「発生・再生科学総合研究センター」となったわけです。

**熊谷** 基礎的な学問、基礎的な科学が進歩しないと、新しい応用は進まないわけですから、非常に大事なことだと思いますね。例えば、治療の場合、今であれば、臓器移植というのは、他の人の体の同じ臓器の一部をもらうか、あるいは、機械的な構造物を使うかですから、どちらにしても拒絶反応その他でいろんな問題が出てくる。それが、今のような再生の技術を使うと、そのような問題はなくなりて理想的な治療となりうるということですね。これは、いわゆるクローン技術とはどう違うのでしょうか。

### 再生医療への応用

**竹市** クローン技術とは、密接に関係しています。発生学の歴史には、そもそも応用ということはほとんどなかったのです。受精卵からどうして体ができるのかということに興味がもたれて、いろんな研究がされてきたわけですが、この再生医療という分野は、初めて発生学が応用に結びついたということで、歴史的に画期的なことなのです。どうしてそういうことになったのかについて、この研究所の設立理由にも関係しますから、簡単に説明させていただきます。もうずいぶん前にわかったことなのですが、マウスの受精卵を、着床が起きる前にビペットで取り出して培養すると、体の外ですから胎児には発生しませんが、

ある特殊な細胞が分裂して増える。そういうことをイギリスとアメリカの学者がそれぞれ独立に1981年に見つけたのです。その細胞は、ある均一な細胞集団なのですが、例えば、マウスの体のどこかに移植すると、ガンみたいなものを作ります。それで、その中味を見てみると、ありとあらゆる細胞ができる。実は、それに似た細胞は、その発見の前から知られていて、テラトーマという、メスだと卵巣、オスだと睾丸にできるガンがあるのですが、そういう生殖巣にできるガンの中を割って見てみると、いろいろなものができている。日本語で奇形腫、体の内部構造はつくることができるけれども、その統制をとることができないという不思議な細胞です。人の場合にもあって、卵巣腫瘍を調べてみたらテラトーマだったということもあります。それで、どうしてそんなものができるのかということが、よく研究されてきて、動物の発生のある初期の細胞がガン様になる場合に、そうなるということがわかった。つまり、例えば、胃にガンができると胃ガン、骨にガンができると骨腫瘍と、それぞれの細胞がそのままの性質をもってガンになるのですが、発生の初期にガンになると、発生の初期の細胞というのにはいろんなものになる能力をもっていますから、その性質をもったままガンになるということです。その細胞自体はまだ脳でもなく、筋肉でもなく、心臓でもないけれども、いろんなものになるポテンシャルを持っているのです。受精卵というのは全ての能力を持っていますから、受精卵から少し進んだ細

胞もそういう能力を保持しているわけですが、どういうわけかガンみたいに増え始めて、本来、発生の方向に進むはずのものが、ある時間軸でストップして細胞増殖だけをするようになってしまいます。この細胞は、ただただ増えるのですが、何らかの刺激を受けると、発生を再開できます。但し、そのときには、子宮という本来の環境を離れているために、どうすればよいのかがわからないということになって、体中のいろんなものを無秩序に作ってしまいます。こういうことが、昔からわかっていたのですが、それとほとんど同じ細胞が、発生の初めの段階の卵をとってきて培養するとできるということがわかった。これをES細胞（エンブリオニック・システム・セル）というのですが、エンブリオというのは胚のことですが、システムというのは幹、元になるという概念です。それで、この細胞は、発生のある特定の時期に、いろいろなものになる能力をもったまま、ただただ増える状態になっていて、これをうまくコントロールしてやれば、自分たちがほしい細胞を作れるのではないかと思われるようになりました。実際に、ES細胞を培養していると、心臓ができたり、骨ができたりするのです。放っておくとできるということでは何にも使えませんから、もう少し、研究を進めていけば、例えば、脳のなかのこういう神経がほしいというときにその神経を作り出すことができるようになるかもしれません。アルツハイマー病やパーキンソン病になったときには、神経がおかしくなっている。パーキン

ソン病の場合には、ドーパミンを作る神経が死ぬことがもうわかっているので、だったら、その神経を作り出せばいいのではないかということになるわけです。これが再生医療というものです。

**熊谷** それは、やはり自分の細胞である方がいいのですか。

**竹市** そこがポイントで、拒絶反応を引き起こす他人の細胞は使えないわけです。

**熊谷** 実質的にはクローンとなるわけですね。

**竹市** そうです。他人の細胞が使えないで、自分の細胞を使う必要があります。自分のES細胞を作るには、自分自身の遺伝子を持った胚が必要となる。のために特殊な技術があって、それがクローン技術です。受精によって、オスとメスの細胞が合体して1つの細胞核ができる。その核を取り除いて、自分の細胞核と置き換えると、全ての遺伝情報は核が持っているので、その胚は自分そのものになります。それがクローン技術です。こうして作られた胚は、遺伝的に自分そのものですから、クローンになるわけです。これを培養して、そこからES細胞を作ると、自分自身のES細胞ができるになります。そこから臓器を作れば、自分に移植しても拒絶反応がなくなるというわけです。ただ、これを現実的にやれるかどうかは、いろんな問題があります。クローン人間を作るかもしれない技術ですから。アメリカ大統領は、この技術に反対していて、国費ではできないよう規制をかけています。当然、他に

のです。どうしてそのようなものがいるのかは、よく分からぬのですが、これをうまく利用できれば、自分の細胞ですから、免疫的にも全然問題がないというわけです。

**熊谷** 究極の治療になりうる可能性がありますね。放っておいたら、人間のクローニングにまで行ってしまう可能性があるというのが問題なのであって、特定のある器官にだけなるというのであれば、理想的な究極の治療になりうるわけですね。

**竹市** 今の大好きな期待ですね。こういふのは、人間だけを見ていると、難しかなと思うのですが、他の動物を見ていると現実にそういうことをやっているわけです。例えば、イモリの足を切れば足は再生するし、プラナリアという1cmくらいの小さな動物がいるのですが、ぶつぶつに切っても、1つの断片から個体になれる。どうして個体になれるかというと、普通は使っていないけれども、体のもとになる細胞があって、傷をするとそれが目覚める。要するに、受精卵のような性質をもった細胞がいるということなのです。こういうことは、動物学としては、昔からよく知られていたことなのです。しかし、イモリの足を切るとどうして再生できて、人間はできないのか、ずっとわからないまままで、研究もうまく発展しなかったのですが、今、それがリバイバルされ、医学の面からも注目が集まってきた。動物学者が昔から研究してきたイモリの再生などが、どのような仕組みで起きるのかがわかれれば、それを利用して、我々が怪我したとき

にうまく細工をすれば再生できることになるかもしれません。

**熊谷** 今のお話は、体の一部が傷ついてしまったような場合に、それを再生しようということですが、ガンの治療について考えれば、ガンというのは、本来ないはずの細胞ができる、それが増えて固まりとなっていくわけですから、先生の研究を逆に使って、接着してひとつのガンの固まりにならないようにしてしまえば、ガンにならないということでいいのでしょうか。ガン細胞そのものが集まって固まりになら

ないような方法が、先生のご研究の応用のひとつとしてあるのではないかという気もするのですがどうでしょう。

**竹市** ガンについていえば少し違います。ガンは、むしろバラバラになるのが問題なのです。例えば、胃ガンができたとします。初期に見つけければそここのところだけ取ればよいのですが、気づいたときには胃の外に細胞が出ててしまっている。腹腔というところに散らばってしまうわけです。ガン細胞は細胞の接着が悪くなっているのです。私自身のカドヘリンの研究においても、ガン細胞を見てみると、本来はピタッと安定して細胞どうしがくっついているはずのものがおかしくなっている。

して、おまえは増えろ、おまえは増えるなという指令を出し合っているのに、自分は勝手に増えるというのがガンなのです。それがガンの一番問題となる部分ですが、良性腫瘍と悪性腫瘍というのがあります。その根本的な違いは、良性はできたところだけで増える、悪性はできたところだけじゃなくて散らばるということです。散らばってしまふので、取りようがないわけです。ガンというのは、ガン細胞がどんどん散らばる、いわゆる「転移」というのが問題なわけです。

**熊谷** 転移するということが問題なのですね。

**竹市** そうです。むしろバラバラになるのが問題なのです。例えば、胃ガンができたとします。初期に見つけければそここのところだけ取ればよいのですが、気づいたときには胃の外に細胞が出ててしまっている。腹腔というところに散らばってしまうわけです。ガン細胞は細胞の接着が悪くなっているのです。私自身のカドヘリンの研究においても、ガン細胞を見てみると、本来はピタッと安定して細胞どうしがくっついているはずのものがおかしくなっている。

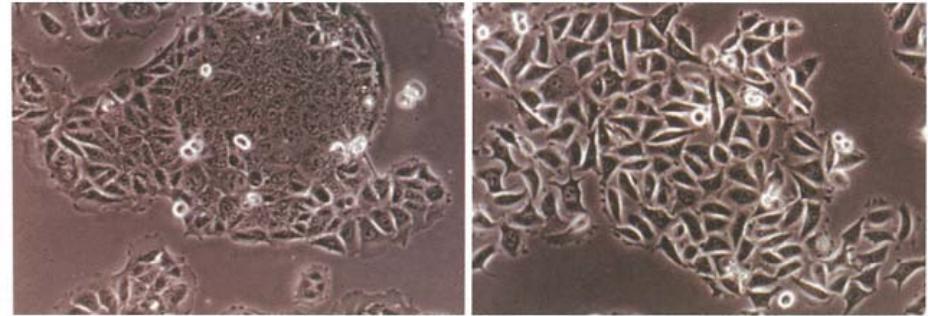
そこから細胞が歩いていってしまう。これを防げば、すなわち転移を防ぐことができれば、手術が容易になるはずです。それで、ガン細胞が転移するというのは、どうも細胞接着分子であるカドヘリンの活性がおかしいということがわかつた。つまり、カドヘリンがきちんと働いていれば細胞は正常にくっついているということなのです。

**熊谷** なるほど。ガン細胞同士が散らばらずに固まっていた方がいいわけです。

**竹市** そうです。悪性腫瘍といふると、細胞がバラバラになっています。アメーバのように、あちらこちらへいってしまう。個々の細胞のカドヘリンが正常に機能して固められれば、簡単に除去できるというわけです。そういうことが実際にうまくいけば、というのが私の今の夢です。

**熊谷** 治療への応用、臨床的応用というものは本当に大変重要なことです。

**竹市** 残念ながら、これは発生・再生とは関係ないことなのですけれどもね。



2種類の大腸がん細胞。左は、正常な大腸上皮に近い形態をした細胞。互いが密着し、きれいな細胞シートを形成している。右は、カドヘリンの機能に異常が生じ、互いの接着が緩くなった細胞。このような細胞は浸潤しやすい。

**熊谷** 基礎科学とその応用ということですから、やはり、どこかではつながっていると思います。最後になりますが、我々のひょうご科学技術協会では、兵庫県を中心とする科学技術振興の中核的機構として、学術研究支援や科学技術に関する人材の育成など様々な事業を展開しています。先生も研究の拠点をこの兵庫県、神戸に移されてきたわけですが、当協会に対して何かご注文、ご意見やご助言等がございましたら、お伺いしたいと思いますがいかがでしょうか。

**竹市** 人材育成という話がでましたが、我々のセンターにおきましても、研究活動の社会に対する普及啓発、広報に力を入れています。例えば、センターの中には、一般の人が来られたときに研究室とはどのようなところかということが体験できる実験室とか展示がありますし、年に1回、春ですが、市民に対する施設開放といったイベントを行っています。今年度でいえば1,300人余りの方が施設開放のイベントに参

加されましたし、そういった科学技術の普及啓発という関わりにおいて、何か協会さんと連携ができます。

**熊谷** 私共の協会でも、ひょうご科学技術トピックスセミナーという、県民の皆様に対する科学技術の最新の話題をわかりやすく解説するセミナーを神戸で開催しておりますし、この対談をきっかけとして連携を考えていければと思います。また、先生のご研究につきましても今後ますます発展されることを心から願っています。本日は大変お忙しいなかをお時間を割いていただき、まことに貴重な興味深いお話を伺わせていただきまして本当にありがとうございました。

(この対談は平成17年7月26日に行いました。)

# 21世紀における －人と自然が共生する

# 生物多様性の科学 環境の創成に向けて－

## ●対談者

兵庫県立人と自然の博物館  
館長

岩槻 邦男 氏

財ひょうご科学技術協会  
理事長

熊谷 信昭 氏

**熊谷** 今回は、人と自然が調和した社会の創造に寄与することを目的として平成4年10月に設立された兵庫県立人と自然の博物館館長で、植物分類学の第一人者として多くの業績をあげておられる岩槻邦男先生をお招きしてお話をうかがいます。

生物多様性の科学への  
きっかけ

**熊谷** 先生のご専門は植物学で、詳しく述べると植物分類学という分野とうかがっていますが、先生がそういう分野を専攻されるようになったきっかけはどういうことからだったのでしょうか。

**岩槻** 昔流に言うと分類学ということになりますが、きっかけとなると非常にむずかしい。それこそいろんなバックグラウンドがありますし、後からってつけた説明というのもずいぶんありますしね(笑)。私は、昭和9年生まれなのですが、昭和9年生まれといふと小学校へ1日も行っていないんですね。入ったときに国民学校になって終わったときに国民学校が終わって、という時代ですから、子供のときに何になるかと言わいたら兵隊さんになりますという時代です。それが、戦後にあって、まじめに考えるようになって、

子供心に、やはり世の中の役にたたないといけないなということを思っていた、子供の頃、病身だったこともあって、医学に関心があって、特に微生物学に関心があって、生物の勉強を始めたわけです。それで、高校へ進んだときに、顕微鏡を覗いたりするような勉強をさせてもらおうと思って、生物班に入ったのですが、そこで、いわゆる生物誌の分類の基礎のような洗礼を受けたわけです。京都大学の理学部へ進んだのですが、高校のときに植物採集などをやったものですから、シダ植物という特殊なグループを扱っている人達の勉強会で、今も続いている集まりがあるので、そこへ誘われて伺ったときに、その頃、京都大学で助教授をされていた田川基二先生が指導に来られていて、一度遊びに来いと言われて研究室へ伺いました。「君は将来何をやるのかな?」と聞かれて、その頃、微生物だけでなく核酸やタンパク質にも関心を持っていましたから、そうすると化学の分野ということでそう答えたのですが、先生は、理学部へ入ってきて、シダの集まりにも参加していくものですから、植物学へ來ると期待されていたのが、そういう返事をした人もいたのですが、そこで、将来何をやりたいかという話をしたときに、私は、

念に思われたことだと思います。それで、そのときにはそういう話をしていたのですが、そのうち、専門の先生の話を聞いたりして、自分が本当にやりたかったことは、突き詰めていけば、いかに社会に役に立てるかということもありますが、生きているとはどういうことかということを知りたいということで、その頃は、分類学がそういうものだとは知らなかったのですが、いろいろ勉強していくと、自分がやりたいことは分類学になるということで、今風に言うと、生物多様性のサイエンスでそういうことがやれると思って、その方向に進んだわけです。ただ、私は、1953年に大学に入学したのですが、53年というとワトソンとクリックがDNAモデルを発表した年で、それ以後、ずっと生物科学はDNAの科学で発展してきたわけですから、そういう時代に分類学をやるというと、まさにアウトサイダーといいますか、あまり土俵の真ん中にはいなかった感があります。

**熊谷** どちらかというとクラシカルな部分ということになるのでしょうか。

**岩槻** ええ。だけど、植物学科へと進んだときに、その当時植物学科には7人いたのですが、そこで、将来何をやりたいかという話をしたときに、私は、



夢が二つあると言ったんですね。一つは、スマトラとかボルネオとか生物の多様度が非常に高いところで調査をやりたいということを言いまして、その頃はまだ外国へ行くなんて夢のような話だったのですが、そういうところで調査をやりたいというのが夢でした。これは、その後数年で達成しましたけれどもね。

**熊谷** それは主に東南アジアに興味がありましたからですか。

**岩槻** 扱う材料との関係で、熱帯の生物の多様度が高いところに关心があつたのです。それと、もう一つの夢は、DNAというタイトルの入った論文が書きたいということを言いました。

**熊谷** 分類学も結局はそこへいきつくというわけですか。

**岩槻** 基本的には、それが問題であるということを、1957年ですか、大学院

ですが、学界の大先生が、科学というのは自然界における原理原則を追求するものであるから、多様性というのは科学の対象にはならないのではないかと言うわけです。

**熊谷** 多様性というより統一性と言った方が、科学者にとってはわかりやすいですね。

**岩槻** 分類学という分野は、いろいろなものを記載して、それで出来た、ということになっていたわけです。それは確かに変わっていない。ただ、その先にある本当の目的は、その多様性のバックグラウンドとしての普遍性、普遍的な原理というものを追求しないといけないです。私は、そうした方向を向いて研究していたつもりだったのですが、世の中ではなかなかそうは受け取ってもらえないかった。最近になって、やっと、わかってもらえるようになってきました。ただ、欧米では、日本と違って、私たちがアウトサイダーだと思われていた時代であっても、博物館とか植物園がしっかりしているせいもありますが、多様性の生物学も盛んだったのです。そういう連中に、お茶とかお酒を飲みながら、「君たちは何で植物学を専攻したのか?」と聞きますと、たいていが、子供のときにお母さんやお姉さんとか叔母さん、そういう人に連れられてピクニックとか行ったときに、花の美しさや不思議さとかを教えられ、関心を持つようになったと言います。そういう子供の頃



兵庫県立人と自然の博物館 館長  
岩槻 邦男 (いわつき くにお)

1934年7月15日生まれ（兵庫県出身）  
1957年 京都大学理学部植物学科卒  
1959年 京都大学大学院理学研究科植物学専攻修士課程修了  
1963年 京都大学大学院理学研究科植物学専攻博士課程単位取得退学  
1965年3月 京都大学理学部助手  
1971年 京都大学工学部通信工学科卒業  
1972年 京都大学理学部助教授  
1983年 東京大学理学部教授・付属植物園長（併任、～1995年）  
1995年 東京大学定年退官・名誉教授、立教大学理学部教授  
1997年7月 日本学術会議第17期会員（～2000年7月）  
1999年12月1日 文部省・日本ユネスコ国内委員会委員  
2000年 立教大学定年退職、放送大学教授  
2000年7月 日本学術会議第18期会員（～2003年7月）  
2003年4月 兵庫県立人と自然の博物館館長（兼務）  
2005年3月 放送大学定年退職、客員教授  
1994年6月 日本学士院エジンバラ公賞  
(=「植物の多様性の解析およびその滅失に関する保全生物学的研究」)  
1998年6月 環境庁環境保全功労者  
2004年10月 第1回日本植物学会植物学大賞  
放送大客員教授、東大名誉教授、元国際植物園連合会長  
著書「陸上植物の種」(1981年、東大出版会)  
「植物とつき合う本」(83年、研成社)「日本絶滅危惧植物」(90年、海鳴社)「日本の野生植物：シダ」(92年、平凡社)「滅びゆく日本の植物50種」(92年、築地書館)「多様性の生物学」(93年、岩波書店)「地球温暖化に追われる生き物たち」(共著、97年、築地書館)  
「シルクロードに生きる植物たち」(98年、研成社)「東京樹木めぐり」(98年、海鳴社)「根も葉もある植物談義」(98年、平凡社)「生命系」(99年、岩波書店)「メンデル『雑種植物の研究』」(99年、岩波書店)「進化」(共著、2000年、研成社)「多様性の植物学：全3巻」(共編著、00年、東京大学出版会)「移入、外来、侵入種」(共編著、01年、築地書館)  
「多様性から見た生物学」(02年、裳華房)「日本の植物園」(04年、東京大学出版会)「植物と菌類30講」(05年、朝倉書店)ほか。

の経験は、植物学をやっている人達だけじゃなくて、他の人にもたくさんあると思うのです。オランダのライデン大学でのことですが、オランダでは60～70歳で自分が好きなときに定年にできるのですが、そこの標本館に行って勉強していますと、割合と年配の顔見知りでない方が来られていて、一生懸命勉強されている。それで、少し、話を伺ってみると、私は医学部を定年でやめたところで、実は、子供の頃から植物学をやりたかったのだけれども、植物学では飯を食べていけないと思って医学部へ行った。けれども、もう世の中に十分貢献をしてきたから、医学部の仕事をやめさせてもらってもいいのじゃないかということで、これからは好きな植物学をやるのだというのです。そういう人が結構多いわけです。他にも、大使館に務めているけど、植物学をやっているとか、アフリカ航路のオーナーだったけれども、そちらは息子に譲って、今からは自分の好きな植物学をやるのだと、そういう方々の話を聞いていますと、やはり、子供の頃の体験とが絡まって多分こういう方向に進んできたのではないかと思っています。

## 生物多様性とは

熊谷 今もお話にでてきた「多様性」という言葉なのですが、「多様性」とはそもそもどういうことだと考えればいいのでしょうか。よく聞く言葉なのですが、多様性とは何をいっているのか、そして、今その何が問題になっているのかということが一般には正確につかめていないのではないかと思うのです

からですが、一緒に楽しませてもらってるんですよね。他にも、ツクシ摘みにいくとかね。ツクシ摘みも非常に面白い思い出があって、ツクシをザルにいっぱい摘んで、あの、頭と袴部分を取りて、母親が佃煮風にしてくれると、それが好きで好んでいたいでのですが、いくら摘んでも一日摘んだ分が小皿1杯にしかならないんですよ。それで、友達と電信柱みたいに大きなツクシがあればいいのになあって言っていたんですよ。そしたら、大学に入って、植物学の講義を聞いたら、昔のつくしは電信柱みたいに、今の石炭、石油といった資源の基になっているツクシの系統の先祖は電信柱よりもっと大きかったです。そういうことを聞いたときにものすごく嬉しい気持ちになったりしたのですが、やはり、子供のときの体験というのが、もうひとつプラスされたわけです。多様性ということが自分の本当にやりたいことにつながるということと、そういう子供の頃の体験とが絡まって多分こういう方向に進んできたのではないかと思っています。

が。

岩槻 おっしゃるとおりです。92年にリオ・デ・ジャネイロで開催された地球サミットで、Convention on Biological Diversity（生物多様性条約）が採択されて、日本は早速、それを批准した国の一つのですが、批准した国は、それぞれの国における生物多様性のストラテジーを作るということで、日本でも生物多様性国家戦略を決定しました。私は、中央環境審議会の野生生物部会長をさせていただいている関係で、それに深くコミットしています。それで、思うのですが、日本の生物多様性に対する最近の環境省の考えは進んでいる。進んできたと思うのですが、ただ、生物多様性国家戦略について調査をしてもらうと、そういう国家戦略というものがあるということを知っている人が一割もない。しかも、その内容について少しでも知っているという人はさらに少なくて、わずか1%しかいない。環境の問題というのは、どんなにいい施策ができても、科学者や技術者がどんなにいいやり方を作ったとしても、国民全てがそれに関心をもたないとよくなるはずのない課題なのです。ですから、それでは困るのでということをしばしば申し上げのですが、そういう意味でも、生物多様性の問題点が知られていないというのは非常に困ったことなのです。

熊谷 生物や植物にいろいろな種類があるから多様だということはわかります。ただ、なぜ生物や植物についてだけ多様性ということが言われるようにになって、今その何が問題になっている

のかということが専門外の一般の人達にはよくわからない。

岩槻 一番わかりやすいのは、たくさんの種類があるという種の多様性ですが、その基本は、DNAが多様であるという遺伝子の多様性ということです。それから、もう一つ、その種は個々に生きているわけではなくて、種同士がお互いに相互に関係しあって一つの生態系というものをつくってはじめて生きているわけです。実は、このことが生物多様性を理解する上で非常に重要なのですが、最近クローンという言葉が世の中で知られるようになってわかりやすくなりましたが、「生きている」ものの最低限の単位は、細胞なんですね。細胞になれば生きているわけです。こういうことは今はしてはいけないことになっていますが、私の細胞を1個とて、そこから私を作ることが理論的にはできます。ですから、本当は細胞で生きている。しかし、人は、生きているといえば、個体で生きているということしか言わないわけです。ところが、実際は、個体では決して完結しては生きていなくて、例えば、餌を食べないと生きていけない、他の生物に依存しないと生きていけないわけで、呼吸をして、酸素を取って、二酸化炭素を排出して、それは植物が光合成をしているおかげでもあるわけです。

熊谷 全体として循環しているわけですね。

岩槻 そうなのです。しかも、その生物多様性というのは、地球上に生命が発生したのが37、8億年前だということは分かっていますが、実はそのとき、



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
熊谷 信昭 (くまがい のぶあき)

1953年大阪大学工学部通信工学科卒業。大阪大学大学院（旧制）特別研究生、カリヨンニア大学（バークレー）電子工学研究所上級研究員、大阪大学助教授などを経て71年大阪大学工学部通信工学科教授、学生部長、工学部長などを歴任し、85年大阪大学総長。91年同大学名誉教授、科学技術会議（現総合科学技術会議）議員などを歴任し、2004年4月から兵庫県立大学学長。

専攻は電磁波工学で、電子情報通信学会元会長。国土審議会委員、郵政省電気通信技術審議会委員、文部省大学設置・学校法人審議会委員、関西文化学術研究都市推進機構評議会委員長、大阪府教育委員長、大阪府総合計画審議会会長、大阪市総合計画審議会会長などを歴任。

現在、総務省独立行政法人評議会委員長、独立行政法人科学技術振興機構運営会議会長、情報・システム研究機構国立情報研究所評議員、厚生労働省創造的人材育成推進協議会会長、その他。

レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、米国電気電子学会Third Millennium Medal、米国電気電子学会終身名誉員（Life Fellow）、電子情報通信学会名誉員、文部大臣表彰、郵政大臣表彰、大阪市民表彰、日本放送協会放送文化賞、高柳記念賞、大川賞、中華人民共和国白玉蘭賞、などを受賞。平成9年日本学士院賞受賞、平成11年には文化功労者顕彰。

たった一つの型で出発しているのです。たった一つの型から出発して、多様化して、進化をして、今、認知されているものだけで150万種くらいなのですが、多分1,000万種は軽く越えるし、億に達するかもしれないという推定もあるくらいに多様化したわけです。私たちの体は、個体で生きているといいますけれども、始まりは、1個の受精卵

表 地球上に生存する生物の種類			
(a) 主な生物群で認知されている種数			
生物群	種 数	生物群	種 数
菌類	47000	ウイルス	1000
子囊菌類	28000	細菌	5000
担子菌類	17000	シアノバクテリア	1700
変形菌類	500	原生動物	30000
細胞性粘菌類	15	後生動物	1140000
その他の菌類	1485	海綿動物	5000
藻類	27000	腔腸動物	9000
緑藻類	7000	扁形動物	13000
褐藻類	1500	線形動物	15000
紅藻類	4600	環形動物	13000
その他の藻類	13900	軟體動物	50000
植物	250000	棘皮動物	6000
コケ類	18000	節足動物	950000
シダ類	10000	昆蟲類	800000
裸子植物	500	その他	150000
被子植物	220000	脊椎動物	50000
その他の植物	1500	その他の動物	29000
		合計	1500000

(b) 推定種数			
生物群	既知種数	推定種数	既知の比率
藻類	27000	60000	45 %
菌類	47000	1500000	3.1%
細菌	5000	30000	16.7%
原生動物	30000	100000	30 %
昆蟲類	800000	2000万~5000万	1.6~4 %
線形動物	15000	1000万~5000万	0.03~0.15%
植物	250000	30万~50万	50~83.3%

ですよね。1個の受精卵が分裂して、多様化して、60兆ほどの細胞になっているんですよね。ところが、60兆の細胞が、例えば、私の類の筋肉細胞と足の裏の皮膚細胞の2個があるとき何

で生きている生き方と、それから、生物多様性で生きている生き方とがあつて、その生物多様性の生き方のことを見たときに、生命系というレベルの「生」と言っています。

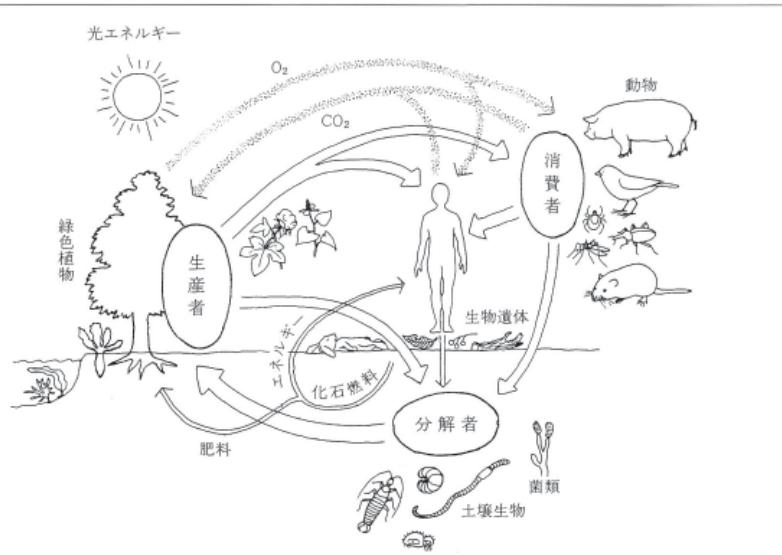


図1 地球上の生物がつくる関係の環

かと一緒にやることは絶対にないわけです。絶対ないのですが、それらの細胞がないと私という個体は成立しないわけです。生物多様性というのはそういうものであって、もともとは一つの型で出発して、お互いに相互に、相手がないと生きていけないという関係を作り上げている。今、地球上に生きている億を超えるかもしれない種は、直接的につながりはないかもしれません、間接的なものまで含めると、全てつながりあるいはあるはずなのです。ちょうど私の類の筋肉細胞と足の裏の皮膚細胞がつながりあうようにね。

命というのは、そういうふうに個体で生きている生き方と細胞で生きている生き方と、それから、生物多様性で生きている生き方とがあつて、その生物多様性の生き方のことを見たときに、生命系というレベルの「生」と言っています。

熊谷 さらに人間を含めた生物が集團になって一つの生態系というものを形成しているわけですね。

岩瀬 そうです。地球上で一つの生命系を作り生きているわけです。だから、個体で生きているということは、実は、そういう生命系の生の一つの要素でもあるのです。細胞が個体の生命の要素であるように、個体というのは、そういう要素である部分もあるわけです。ですから、「生物多様性が崩れたら何故いけないのか?」という質問をしばしば受けますけれども、一つは遺伝子資源として、生物多様性は非常に重要だということです。現に、今我々のエネルギーのもとになっているのは、米と麦とトウモロコシと、150万種が認知されているといいましたけれども、そのうちの3種を挙げると、3分の2以上、65%以上はそれでまかなわれている。さらに上位400種を挙げると99%はまかなわれている。しかし、これらの品種改良だけで、やがて90億に達するかもしれない人口が支えられるかというと、それは非常に難しい。そのためには、バイオテクノロジーを振興しないといけなくて、資源の有効利用ということがよく言われます。けれども、そのためには、遺伝子レベルでの資源の提供をしないといけない。今までの米、麦、トウモロコシ中心の育種だけで支えていけるかというと、ある作物学の先生が冗談まじりに、「そりゃあ支えられますよ。100億になんて大丈夫です。だけど、そのとき地球環境がどうなっているかは、責任もいません」とおっしゃる。そういう

うことになるわけです。ですから、今まで使っていない遺伝子資源を活用することが必要であって、そういう意味では生物多様性というのは、自分たちの実用的な意味でも非常に重要である。もうひとつは、環境要因として重要である。例えば、緑が破壊されることによって、地球がどう変化するかということを考えると、生態系というのは、あるところまでは少しごらいは絶滅する種がでてきたとしても成り立つけれども、ある域値を越えると、その域値というものは、場所によっても違うはずです。ですが、ある域値を越えるとガタガタと崩れてしまうわけです。そうならないためには、生物多様性の維持が必要だということです。

熊谷 先程、クローリーとおっしゃいましたが、「クローリー」という言葉は、本来、「接ぎ木」という意味で、接ぎ木によってできるのは、元と同じものであって、数は増えて、新しい種はできないわけですね。そういう意味では、クローリーによって新しい生物の種類が増えるわけではないですね。

岩瀬 そうです。多様性は増えないです。生物多様性にとって必要な個体変異はうみ出されないです。

## 生物多様性の問題

熊谷 その多様性についてですが、多様性というのは、多様化してよい面と多様化していくことを防がないといけない面との両方があるのではないかと思って、最近わからなくなっています。つい2、3日前のことですが、ニセア

カシアの問題が新聞に載っていました。どういうことかといいますと、ニセアカシアは動物でいう外来魚なんかと同じく外来植物で、どういうことで良くないのかは知りませんが、できるだけ伐採して切ってしまわなければいけないということになっているのだそうです。ところが、日本ではニセアカシアによって蜂蜜のほとんどが作られていて、しかも、良質の蜂蜜はニセアカシアからしか取れないということで、蜂蜜の業者が非常に困って、パニックになっているというのです。ニセアカシアのような外来植物や、琵琶湖のブラックバスのような外来魚が加わってみると、多様性は増えていくわけですが、多様性が増えるだけでは具合の悪い面もあるということなのでしょうか。

岩瀬 「多様性」という言葉のみが一人歩きするものですから、多様であればいいという印象を与えてしまうんですよね。

熊谷 それを維持・発展させていかないと普通は思いますものね。

岩瀬 砂漠でいいますと、砂漠には砂漠の自然があるわけですね。砂漠は、決して生物が多様ではないんですね。砂漠に緑をといって植林をやりますが、実は、それは、自然破壊をやっていることになるのです。自然破壊を悪だとおっしゃる人がいますが、それでも、砂漠という自然を破壊していることに

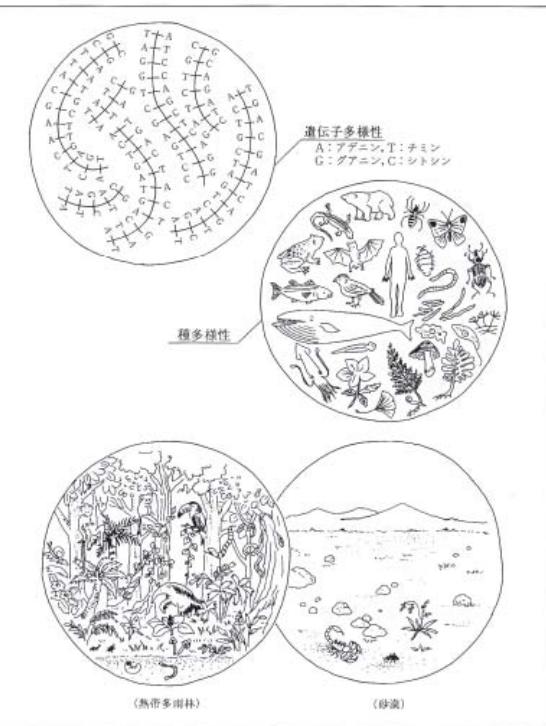


図2 生物多様性の三つの側面

なるわけです。植林によって生産性を高めるということがあるのですが、それは自然破壊ということにもなるのです。それによって、どういう影響があるのかということをもう少し詳しく予測する必要もあるわけです。

熊谷 なるほど。砂漠にしてみれば、緑化するということは自然破壊であるという面もあるわけですね。

岩瀬 热帯雨林の伐採と同じことをやっているわけです。ですから、多様性が高ければいいというものでもないのです。先週、中国の昆明に行った際に、アメリカやイギリスの連中と議論してきたのですが、連中は、多様性の危機だということで、絶滅危惧種のことをとり上げるわけです。いろいろな種が絶滅していく、これはまさに多様性が減少しているということをシンボライズしていることですから、そ

れを止めないといけない、止めることによって生態系を維持しないといけないというわけです。ところが、もう一つ恐ろしいことがあって、今先生がおっしゃったように多様性が高まっている、しかも、危険な高まり方をしているという現実があるわけです。外来種などで増えるだけでなく、ごく自然に野生種が増えているという危険性もあるのです。そのことをもっと世の中の人にも知ってもらわないといけない。実は、以前にそのことについて本を書いていて、中国語訳は作ってもらったのですが、先日の議論の後で、やっぱり英訳も作らないといけないなという話をしてきたところです。最近、里山の危機ということが別のところでよく言われますよね。日本列島の開発の仕方は非常に理想的で、奥山があって、里山があって、人里があるというのは、ちょうど世界遺産の登録における手順のもとになっている、コアゾーンがあって、バッファゾーンがあってという環境開発の理想的な概念にぴったり合っているんですよね。ところが、そのバッファゾーンである里山が、私



里山の情景（東京都町田市三輪）

たちが子供の頃には、キノコ取りとか木の実取りとかして遊んで、落ち葉かきや枯れ枝拾いを手伝って、それが薪炭材にもなっていた。ところが、60年代頃からは、田舎でもガスボンベを使うようになって、もはや里山が放棄されている。国家戦略の中で、三つの危機が挙げられているのですが、そのうちの一つが、里山のような人為的な環境を放棄することによって起こっている危機だというんですね。

**熊谷** 里山は人為的なものですか。  
**岩槻** 人が利用してきて作られてきたものですからね。

**熊谷** ウサギ追いしかの山といいますが、それは自然ではないということですね。

**岩槻** 原始自然ではないです。あれは疑似自然であって、「里山の自然を守れ」ということは言葉として成り立たないのです。だから悪いというのではなくて、私が言っているのは、里山というのは理想的な開発であって、非常にいい場所で、それをきちんと守っていかないと日本列島の生物多様性が維持できなくなるということなんです。

人が手を加えて、それがために多様性が非常に高まっているのです。普通、植物の進化というのは、大体100万年単位の時間がかかる。遺伝子の突然変異を積み上げて、新しい種が形成されるのに100万年の時間がかかるんです。ところが、我々の仲間でやっている

研究によると、例えば、小笠原諸島のような隔離されたところでは、5, 60万年経てば進化が起こるというのです。しかも、その研究をやってわかってきて、面白いことには、人が自然を開拓するようになってから進化をしてきた植物がたくさんあるということなんです。人が開拓をした一番最初は旧石器時代だといいますが、本当に大規模に開拓したのは新石器時代の初めになるんですよ。そうすると、二千数百年しか経っていない。二千数百年以後に種形成したものがあるというのであれば、

100万年単位の時間がかかるという話とあいませんよね。実は、ある突然変異をすることによって、一つの突然変異がもとになった新種形成というのが、しばしば行われているらしいということがわかつてきた。高等生物というのは、有性生殖をやるわけですよね。有性生殖をやると進化のスピードが速まるのです。生物は、有性生物をするようになって、極めて多様化が進んできた。ところが、有性生殖というのは、二つの細胞が合体して一つの個体を作りますから、エネルギーとしては損をしているわけです。それで、かしこい

植物は、有性生殖をやめにして、ちゃんと有性生殖と同じような格好をするのですが、卵と精子の接合ということはやめにして、一個の細胞から次の個体を作るということをやったのです。そうすると、効率は非常によくなる。倍よくなるわけです。私は、シダ植物を専門にしているのですが、そういう有性生殖を放棄した進化というのを、日本のシダ植物でいいますと、15%位

がやっている。そういうのが、人里、里山のような、要するに人為的な環境で、新しい場所がつくられると、一気に、あんないい場所があるならそこで暮らしたいと、そういうのが出てきて、無性生殖によってどんどん増えていくという、そういうものがたくさんあるわけです。ところが、今度、里山を放棄するということになると、それがまた自然に戻っていくのですが、すぐには戻らずに、それこそ100年単位の時間をかけて自然に戻るのです。そうすると、里山で進化したものは生きていけなくなります。それだけじゃなくて、実は、有性生殖を放棄したものは、今度100万年単位の進化はできないわけです。先程申し上げましたように、有性生殖をすることによって、進化のスピードは高まったわけですから、一旦放棄してしまうと、今度は100万年単位の進化はできなくなります。だから、そういう多様化が生じているというのは、本当は、地球の将来のために考えると、非常に危険なことが起こっているわけです。生物多様性の問題の中にそういう問題もあるということを、生物学者自身もまだ気がついてない部分が結構あるわけです。

**熊谷** 多様性ということには、それが必要な面と問題になる面とがあるわけですね。ニセアカシアの原産地はどこなのでしょうか？

**岩槻** ニセアカシアは北米が原産です。生物多様性国家戦略では多様性の危機として、三つの危機を挙げていて、一つめは、絶滅危惧種などではっきりわかっているような多様性の減少、多様

#### 絶滅が危惧される植物

ムニンノボタン 小笠原父島に固有の低木。絶滅の危機にあったものが東京大学植物園で栽培、増殖され、自生地に植え戻されている。



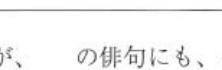
フジワカマ 秋の七草の一つ。河川敷などに多いが、急速に減っている。



ムラサキ 紫根染めなどに利用され、万葉の時代から馴染まれた草であるが、武蔵野の幻の花と呼ばれるように、危険な状況。



サギソウ 湿地にごくふつうのラン



アツモリソウ かたちに特徴のあるランで、栽培のためなどで過剰な採取に追われ、個体数が急激に減。



フクジュソウ 正月花とも呼ばれ、め



でたい名前が鑑賞植物につながり、ふつう種から絶滅危惧種に。

の俳句にも、クローバーを詠んだものは一つもない。その頃、クローバーはなかったですから。江戸時代後期になって、初めて日本に入ってきた。太宰治の「富岳百景」の中に、「富士には月見草がよく似合う」という一言がありますが、富士は日本の典型的な自然景観ですけれども、月見草というのはアメリカの草なのです。そのように、月見草やとかシロツメクサ（クローバー）とか、今や日本の風景を考える上で定着してしまっている外来種もあるわけです。

**熊谷** ハナミズキもそうなりますかね。

**岩槻** どうでしょう。ハナミズキは広く栽培されていますが、野生化はしていませんね。「史前帰化植物」というのがあって、これは歴史よりも以前に、人が記録する以前に帰化している植物、要するに、農業が日本に伝搬したときにそれと一緒に日本に入ってきた植物のことを言うのですが、我々の身の回りでも、例えば、ヒガンバナと

か、ハコベ、ナズナ、そういうものは史前帰化植物んですよ。外来種なのです。それから考えると、外来種だから悪というわけではないのです。

**熊谷** そりゃあ全部が全部悪じゃないでしょうね。

**岩槻** 逆に、例えば、ブラックバスのように、日本の淡水系のフォーナ（動物相）を完全に乱してしまっているような例もあるわけです。ところが、それを規制しようということになりますと、ニセアカシアの問題もそうですが、ブラックバスにしても、釣業界ではこれまでに非常に広く宣伝してきて、ものすごい経済効果があったわけですから、今それを急にやめるとなると、今度はそこで困る人もたくさんでてくるわけです。

**熊谷** ニセアカシアは何が悪いから切らなければいけないということになっているのでしょうか？

**岩槻** 急速に繁茂するのです。人がコントロールしている間はいいのですが、急激に繁茂してコントロールできなくなり、既存の植物相を破壊してしまうのです。この一種が繁茂することで、在来の日本の数多くの種が生きていけなくなる危険性が見えています。

**熊谷** 私は、夙川の山手の六甲山系の麓に住んでいるのですが、近くの山林や空地などにすぐにニセアカシアが生えてどんどん大きくなっています。非常に繁殖力が強いのを感じますね。

**岩槻** そうなると、在来種が、それによって圧迫を受けるわけです。もともと、どこの地域にも、歴史的にずっとつみあげてきた結果として、その生

態系がつくられているわけですが、そこに強烈な外来種が入ってくると、在来種がやられてしまってなくなってしまう。それだけになってしまいますね。それだけでも、ずっと生態系が維持されるのであればいいのですが、そういうものは、今度あるときに、それに対する天敵が入ってきたりすると、いっぺんにはぱっさりとやられてしまうのです。典型的な例として、道路を切り開いた法面を緑化するために利用されるエラグロスティス、日本語でシナダレスズメガヤという草があります。わたしの子供の頃には、「道路を切り開いて緑がなくなったので、緑のペイントを吹き付けた」という実例があったのですが、緑だったらいいということで、そういう草を入れると、一斉に繁茂するわけです。切り開いたところをすぐに固めてくれるので、非常に助けになるのですけれども、自分自身の次世代を作りませんし、他のものを一切寄せ付けないものですから、そこに植生が回復するということがないわけです。ですから、緑化植物として、長い目で見ればあまり好ましくないのではないかということで、今では、特定外来種の中の、入れないようにしましょうというリストに挙げられています。

**熊谷** 実は、最近、ウォーキングに凝っていて、先日も東京へ行った際に、神宮外苑の辺りを歩いていて、そこでのイチョウ並木について説明書きがあつたので読んでみると、イチョウといふのは、現在ある植物の中で最古の植物で、地球が氷河期を何回も経験して、ほとんどの植物は死に絶えたけれども、

イチョウだけが生き残ったと書いてありました。そして、イチョウは中国が原産地とありましたから、日本から見れば外来種ということになりますよね。ところが、東京大学や大阪大学などのように、大学のマークにイチョウを使っているところがありますが、日本の旧帝国大学がそのシンボルマークとして使っている木が、外来種だというので驚きました。

**岩槻** 最古のというのは、あまり正確ではない表現だとは思いますけど、イチョウだけじゃないんですよ。今、街路樹に使っている木で一番多いのはイチョウですけれども、ハナミズキとか、プラタナスとか、上位何種かは全部外来種なんです。ただし、外来種の問題というのは、コントロールした条件で栽培することに関しては、あまり問題はないわけです。例えば、イチョウに関するいえば、簡単に移出して、山の中で旺盛に繁茂するということはないですから、安心です。けれども、日本の自然に馴染みやすいものは問題になってきます。例えば、トウネズミモチというのが悪者としてよく挙げられます。日本のネズミモチに比べて、トウネズミモチの方が庭園木としていいものですから、緑化樹として使われたのですが、日本の自然に馴染みやすいものですから、どんどん増えていく、さらに、日本のネズミモチと交雑して、日本固有のネズミモチを駄目にするかもしれない。日本の生態系に非常に大きい影響を及ぼしてきているので、これはやっぱりやめにした方がいいということになったわけです。外来種の規

制法によって、これは入れないようにしましょうというのをいくつも挙げていているわけですが、そこで、植物の場合に非常に困っていることは、人による開発はどんどん進むわけです。開発をしたところはやっぱり緑化しないといけない。すぐに緑化しないと今度は二次災害を引き起こすこともありますから、植えないといけない。ところが、そういう緑化木というのは、日本固有の植物では育成してきていないんです。だから、緑化木を植えようすると、ついアメリカとか、中国から容易に入れようとするわけです。大雨のときとか、災害のときのことも心配しないといけないですから、早急に植えないといけない、緑化しないといけないという要求もあるわけです。それをどう両立させるかというのが、先程おっしゃった経済的な問題ということもあって非常に難しいわけです。ニセアカシアの場合も、きっちりコントロールして、野外に移出して生態系を乱さないような形で、蜂蜜栽培と結びつけることができればいいわけです。今、農水省との間で、どうやったらコントロールできるかということで、一番問題になっているのが、受粉昆虫で、農作物に受粉をさせるために導入してきたマルハナバチの仲間のセイヨウマルハナバチの問題があります。それは、農業生産の上で必要であって、すぐには規制の対象にできない。けれども、それが、外へ移出して、日本の在来種と交雑して、いろいろ生態的に危険なことが起こっているということが科学的な事実としてわかっている。ですか

ら、いかにそれを、農業生産のなかで、封じ込めた形で使うようにするか、あるいは日本の在来種をそういうことに使えるようにする研究を緊急に進めないといけない。これまで、そういうことをやらないで、安くて有効に使えるというので、手軽に導入して使ってきたものが生態系に影響を及ぼしているということがわかってきて問題になっています。

**熊谷** 品種改良はいいのでしょうか？

**岩槻** 品種改良というのは、特に限定されたところで行われますからいいのです。それを、さらに進めていて、遺伝子の組み換えをするとかいろんな技術を進める必要があるのです。遺伝子組み換えは、まだよくわかってない部分も確かにあって、世間では悪ものというふうに理解されていますが、それがないと70億、90億と地球人口が増えてくると支えきれないわけです。今は、まだ先進国の人数が少ないのでいいですが、経済的に弱いところの人達が、日本人ほど資源を消費するようになると、とても今の地球の資源だけではもない。それを支えるための資源の育種をやらないといけない。そのためには、従来の細胞遺伝学的な育種だけでは不充分で、どうしても新技術（バイオテクノロジー）が必要なのです。ところが、新しい技術にはどういう波及効果が生じるか分かっていない部分があります。そこで、国際的に遺伝子組み換え技術をどう生かそうかということで、カルタヘナで議定書を作って、日本でも国内法が整備されて、どうやってその実験をやつたらいい

いのか、その実験をやることによって、世の中の人達に心配をかけないということと同時に、危険を拡散しないという、そういうことをコントロールしながら、安全ということを意識して進めないといけない。基本的にそういう方向で進んでいると思うのですが、生物多様性がどのように持続的に利用される方向に進んでいるのか、持続性ということと利用ということは、両立しないといけないです。それが十分理解されていないことが、大変残念なことで、環境省にも、しばしば申し上げているのですけれども、環境政策をきっちりたてるということも大事なのですが、それよりも、もっと、それを世の中の人に知ってもらう広報活動が重要なのです。環境や資源について、国が今何をやっているのかということを、国民と情報を共有しながらやっていかないといけないです。

**熊谷** 人クローランの研究と再生医療の技術開発との関係に少し似ていますね。

**岩槻** 全く同じことだと思います。  
**熊谷** 日本では、松竹梅という言葉がよく使われるよう、松というのは日本の伝統的かつ象徴的な木だと思うんですが、原生地は日本なのでしょうか？松もやっぱり外来種ですか？  
**岩槻** マツ属には非常にたくさんの種があって、日本にあるアカマツ、クロマツは日本の種ですね。  
**熊谷** 私は、松が大好きで、日本人なら誰もが好きだと思うのですが、あれがマツクイムシにやられていく姿は見るに堪えなくて、冗談まじりに、日本のお医者さんは全員が癌撲滅の研究を

中心にやってくれたらいい、植物学の人は、マツクイムシを防ぐ研究を中心に戯ってくれたらいいと言ったことがあります(笑)。ところが、いろんな種、植物、生物がお互いに相互作用しながら共生をして、自然のバランスをとっていくという意味から考えると、マツクイムシだけが悪いのかという気になってくるわけです。自然に放っておくと、マツクイムシにやられた山は全山紅葉しているのかと思うぐらい真っ赤になってしまって、そういう景色を見ると本当に悲しいのですが、それも自然のバランスに任せるほうがいいのでしょうか。人間の勝手かもしれないが、美しい松はやはり生かしたい、生かすためには、ある種の生物や動物、虫はできるだけ無くしていきたい。そういう、共生と景観や好みとのコントロールを人間が勝手にすることは、やはり人間のエゴということになるのでしょうか。

**岩槻** マツクイムシというのは、動物名でいいますと、「マツノザイセンチュウ」と言っていますよね。松の材に寄生する線虫というその名前のとおりなのですが、線虫の仲間というのは、あらゆる生物種の中に寄生します。それぞれの種に特有の、例えば、人間の体にも回虫とかギヨウチュウが寄生しますよね。もともと松の木には、マツノザイセンチュウはいたのです。

**熊谷** ずっと共生してきたんですね。

**岩槻** それがある時に爆発的に繁茂、繁栄するわけです。なぜそうなったのかといいますと、完全にはわかっていないのですが、日本の環境が、それだ

け松にとっていえば、劣化しているということなのです。

**熊谷** 松の抵抗力がなくなってきているということですか。

**岩槻** 地衣類という共生植物、藻類と菌類との共生する植物があります。キゴケとか、ウメノキゴケとか、そういうものがあるのですが、菌類と藻類とが共生している植物、生物学用語での共生（シンビオシス）の意味なのです。シンビオテックに生きているものですから、非常に強くて、高山帯とか、極地とか、そういうところでも地衣類だけはあるわけです。ところが、これは、車の排ガスには決定的に弱い。ですから、昔は都会にも地衣類がたくさんあったけれども、もう都会ではなくて地衣類はみられなくなっている。環境指標にも使われることがあるくらいですが、たくさんの地衣類が、地衣類のほとんど全部が都会では生きていけなくなっている。

**熊谷** それぞれに対するいい環境と悪い環境とがあるのですね。

**岩槻** 松枯れについても、推定であって、まだ実証はされていないのですが、環境が劣化することによって、松がだんだんと、抵抗力が弱ってきて、弱ってきたところで、マツノザイセンチュウが繁栄するものだから枯れていくといわれています。

**熊谷** 結局は人間が自然のバランスを崩しているということになるわけですかね。

**岩槻** バランスを崩したのがどこまで人間かということが問題になるんです。松のついでに、竹も、荒廃した里山で

繁茂する問題が指摘されますが、逆に、ごく最近になって、天狗巣病が蔓延して危ない状況になっていますね。

**熊谷** 排ガスというのは、まさに人間が原因を作っていますよね。

**岩槻** 地衣類の場合には典型的にそうなりますね。地球環境全体の劣化というものがあるのですが、菌類と藻類とが共生している植物、生物学用語での共生（シンビオシス）の意味なのです。シンビオテックに生きているものですから、非常に強くて、高山帯とか、極地とか、そういうところでも地衣類だけはあるわけです。ところが、これは、車の排ガスには決定的に弱い。ですから、昔は都会にも地衣類がたくさんあったけれども、もう都会ではなくて地衣類はみられなくなっている。環境指標にも使われることがあるくらいですが、たくさんの地衣類が、地衣類のほとんど全部が都会では生きていけなくなっている。

**熊谷** それぞれに対するいい環境と悪い環境とがあるのですね。

**岩槻** 松枯れについても、推定であって、まだ実証はされていないのですが、環境が劣化することによって、松がだんだんと、抵抗力が弱ってきて、弱ってきたところで、マツノザイセンチュウが繁栄するものだから枯れていくといわれています。

**熊谷** 結局は人間が自然のバランスを崩しているということになるわけですかね。

**岩槻** バランスを崩したのがどこまで人間かということが問題になるんです。松のついでに、竹も、荒廃した里山で

要は、一種の生物が絶滅するということは、それと同時にその周辺で、生命系の話になるのですが、その周辺でいくつもの種が絶滅しているということが重要なです。生態系そのものが、ずいぶんゆがんだ形になってしまいます。だから、トキが絶滅すると、ムニンツツジが絶滅するというのは、それをシンボリックにとりあげているだけで、その種が絶滅するのが悲しいから、絶滅を防ごうと言っているではなくて、それが絶滅するような環境になってしまっているということに注目しなければいけないです。ですから、マツノザイセンチュウの問題も確かに松というのは私も好きですけれども、松の緑がなくなるから悲しいというだけじゃなくて、そういうことが起こっているという、その原因そのものももっと問題にしないといけないはずなのです。環境問題というのはそういうことだと思うんですね。松は身をもってそのことを私達に示してくれているのだと思います。

**熊谷** なるほど。最近、NHKの番組で見たのですが、東京湾で、一時魚がいなくなっていたのが、海の中に波を抑えるための、消波用のコンクリートブロックを埋めたら、魚とか貝とかいろんな生物のいい住み家になって、いっぱい集まっているということなのです。そういうのを見ると、人工物が思わぬプラスの効果を、自然界というか、生物の世界に与えているということもあるのかなと思いました。もっとも、生物の方が、しょうがないから利用しているのかもしれませんけれども、自然保

護が大切なんじゃなくて、人と自然が共生するような環境の創成をしていかないといけないということなのです。

## 人と自然が共生できる環境の創成

**岩槻** 前館長の河合雅雄先生が朝日新聞の書評委員をやってらっしゃった頃に、私が絶滅危惧種のこと書いた本を紹介くださったことがあって、もう10年以上前のことなのですが、そのとき、私のことを、表現はしっかり覚えていませんけれども、自然保護一辺倒ではないやつだというふうに紹介くださった記憶があります。先程も言いましたとおり、日本列島の開発は、非常にうまいこといっていると言なながら、日本で自然破壊ということを最初にやったのは、新石器時代をつくったご先祖様達なのです。鬱蒼とした森林を伐採して、そこに単一作物を作るということをやったわけですが、日本列島は、放っておけばすぐに森林へと戻る。ところが、戻らないように維持をし続けてきたわけですから、自然破壊ですよね。ところが、里山の自然を守れとは言うけれども、日本列島の最初の自然破壊をやったのが新石器時代のご先祖達だとは誰も言わない。それは、私たちは自然破壊をしてはいけないと言いますが、自然破壊一般が悪いのではなくて、大切なのは自然を変貌させてはいけないということではなくて、人間の文化が高まってきて、文明が多様化していくことになると、自然を有効に活用していかないと生きていけないわけです。だから、私が言いたいのは、環境保全、私は自然保護という言葉は嫌うのですけれども、自然保

護が大切なんじゃなくて、人と自然が共生するような環境の創成をしていかないといけないということなのです。現に、里山をつくり出したご先祖達は、自然破壊の創始者であったのかもしれないけれど、自然と馴染みながら、日本列島を一番望ましい形で作り上げてきたわけです。残念ながら、ご先祖達が作ってきたものを歪めようとしているのが今だということをしばしば付け足して言いますが。大切なのは、今、これだけ人口がどんどんと増えてきているという過程において、人口を抑えることも大切かもしれませんけれども、我々のオンリーワンである地球を、どのように我々と共生させて生きていくかというデザインが、やはり基本的には必要なのだということなのです。

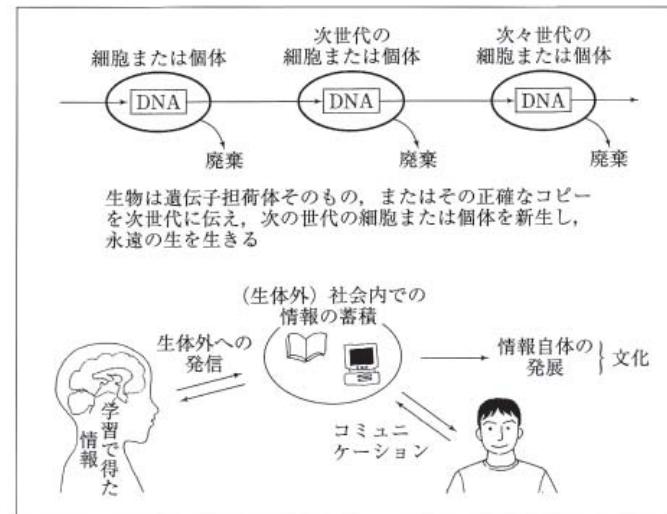
**熊谷** そうした環境の創成、デザインは絶対に必要だと思いますね。

**岩槻** そのための環境創成というのが大切なです。ある時、冬の季節だったと思いますが、環境問題についてのシンポジウムをやった時に、自然保護派と言われる方々から、文明が悪い、文明が自然破壊をしたから悪いのであって、我々は原始時代へ戻らないといけないとかいう意見が出されたことがあって、ちょっと待って下さいよと言ったのです。私たちは、植物の調査をやっていますから、地球上にわずかに残っている原生林のようなところに行く機会も多いのですが、調査のため調査することが面白いから、そういうところへ入るのであって、テントを貼っていてもジメジメして、中に虫が入ってきたりするようなそういうと

ころでは、せいぜい1週間がいいところで、1ヶ月経ったら限界ですよ。調査のために、ヒマラヤで1ヶ月トレッキングをしたことがあります、1ヶ月も経てばもう限界です。それは、ネオンサインが見たくて帰りたいとかいうのではなくて、今の文化に汚されてしまった、文明に染まってしまった人間というのは、原生林では生きられないということなのです。それで、そういう原生林へ戻れという意見をおっしゃる方は、普段どうしているかといふと、テレビで原生林を見ながら、暖房にあたりながら、あるいは冷房の効いた部屋でそれを見ているわけです。そういう人が原生林へ戻るなどと言つてもやっぱり嘘ですよ。

**熊谷** そうですね。原理的には人間もたくさんいる生物の中の一種ではあるのでしょうかけれども、やはり現実として、今、先生がおっしゃるように、人間は、やはり人間の生活環境を基本に考えざるを得ないということになりますね。

**岩槻** 人は、確かに分類表でいえば、



靈長目の一動物なのですが、文化というものを持ってしまったわけです。文化は人間だけが持つものじゃないとこの頃しばしば言わますがそうではないのです。最初に、河合先生が靈長類にも文化があるということをおっしゃったのですが、そのことを、初めは欧米ではなかなか認めなくて、最近やっと認めるようになってきたのですが、河合先生は、非常に慎重に「前文化」とおっしゃっています。文化じゃなくて、文化にはまだ到達していないものだということです。文化に類似するものは確かにありますが、文化ではないのです。言語を持って、言語によって情報を伝えるようになって、知的活動による文化は、すごく高まったのです。生体内でDNAによって情報を伝える生き方というのは多様な生物が全て持っていることですが、生体外へ伝える情報を、社会の中に蓄積するようになって、文化を作ったのは人間だけなのです。確かにチンパンジーは賢いですから、人の言葉に従っていろいろなことをやりますが、彼ら自身が、

がわかってきますね。

**岩槻** 人は動物の一種であるということは、フィジカルには、肉体的には、そのとおりなのです。そのところを忘れてはいけないのですが、それと同時に、知的な存在もあるのです。知的な存在になってしまった人間が、今更、他の動植物と同じ暮らしをしろといつてもそれは不可能なことなのです。

**熊谷** 同等の生命ということをいえば、バイ菌も生物であって、薬でバイ菌だけを殺すということは、原理的な生命的の尊厳から言えばおかしな話ですものね。

**岩槻** それこそ、我々、自分の体の60兆の細胞を同等に愛するのと同じように、本当は地球上に生きている生物全て同等に愛さないといけないわけです。しかし、60兆の細胞が常に新陳代謝をしているのを当然と受け止めているように、生態系の中に食物連鎖が成立しており、食うために殺すのも自然現象なんですね。ただし、自然の均衡を破る無益な殺生は別の話なのですが。病原菌などについていいますと、バイ菌が人間に悪いことをするようになったのは、特に、人間が文明を育てるようになってからですね。害虫とか、害を与える生物は人間が作ったものも結構多いですね。

### 子供達の理科離れについて

**熊谷** 子供達の理科教育が最近よく話題になりますが、小さいうちは植物や生物に関心を持つ子供が大勢いるのに、だんだんと高学年になると興味を無く

してくるという今のいわゆる「理科離れ」の問題については、どうお考えですか。

**岩槻** 今年も間もなく行く予定ですが、人と自然の博物館で開催している事業で、河合先生が始められた「ボルネオジャングルスクール」があります。小学生から高校生まで20人程を連れて、マレーシアの中学校の子供達と一緒に、サバ州のダナンバレー自然保護区のジャングルに入って1週間を過ごすのですが、その1週間ですごく子供が変わることを、皆さん口を揃えておっしゃる。そういう経験というのは、非常に大切なことです。兵庫県では小学校5年生のときに、自然学校（林間学校）へ行くというのが基本になっていますが、その制度をもう少し上手に活用できればと思います。それは、欧米と日本とでは、基本的に自然観というものが随分違うこともあります。環境保全ということに対する考え方方が違うのは、やはり、子供のときに、欧米では、身近な女性、そういう人に、花や緑と触れあうことを教えられているのです。日本でも、私たちが子供の頃までは、そういうことがあったのです。ところが、最近は、例えば、今の丹波市でも、私たちの仲間が言うわけです。子供達が普段何をしているかと聞くと、テレビゲームを楽しんでいると。せっかく、これだけ緑が豊かなところで、そんなことさせるより、もっと外へ放り出せばいいじゃないかと言つても、ここらの子供だって都会の子と同じように進んだおもちゃが使えるようになって、遊べるようになつた

のにと言うわけです。都会の子は緑を満喫する機会が少なくてゲームなどをやっているのに、何も不幸な都会の子の真似をする必要はないじゃないかと言うのですが、今やだんだんと、残念ながら、そういうふうになってきています。

**熊谷** 先生の人と自然の博物館でも、子供達がそういう自然と触れあう機会を増やすという役割を担っておられます。それに、この博物館では、専門員、研究員の約7割を兵庫県立大学「自然・環境科学研究所」の研究者が併任しているという大変ユニークな仕組みになっていて、私の知る限りでは、そういう仕組みになっている博物館というのは、国内ではあまり他に例がないと思いますがいかがでしょうか。

### 生涯学習支援のあり方

**岩槻** それは、博物館の基本的機能として、生涯学習支援というのがあるわけですが、自然環境に対する生涯学習を支援するためには、自然環境を知っている第一級の研究者でないとできないということなのです。インタープリテーターは必要なんですかとも、決してインターパリテーターだけではできない。ヨーロッパの博物館では、それが定着していて、第一級の優れた研究者がいて、そういう人だから、生涯学習支援ができるのだという考えが一般的なのです。今、「ひとはく」の定員は56人なのですが、兵庫県総県民約560万人に対して、自然環境に対する生涯学習支援を行うためには1人が10

万人を支援する必要があります。生涯学習支援にはスキンシップが必要ですけれども、全部はできるわけがないですね。それに対して、「ひとはく」はどう戦略を立てるべきなのかということ、「人と自然の博物館の新展開」として目標を掲げて取り組んでやっていることなのですが、着実に展開されていて、一歩一歩進んでいます。みんなすごく頑張っています。日本は、その意味では、環境に対する認識も、科学的な認識は、残念ながら低いですね。科学的な認識は、先進国の中では低いと言わざるを得ない。それは、一つには、生涯学習支援ということについて、日本には伝統がないからだと思っています。明治以後、西欧に追いつき越せで、科学技術に関わる知育に対しても積極的に、学校教育を推進してきた、これは非常に成功したわけです。だけど、文部省は、いつの間にか学校教育省になってしまった。人が学ぶというのは、学校だけではないはずで、やっと1990年になって、生涯学習振興法ができましたけれども、文科省の中でさえ、生涯学習ということが本当にわかっているのかどうか、疑問に思うことがあります。「生涯学習」という言葉と「生涯教育」という言葉は、広辞苑でも区別されているのですが、意外にそういうことも知られていないんですね。

**熊谷** リカレント教育というのと生涯学習というのとは少し違いますからね。

**岩槻** 生涯教育という言葉は、ユネスコが、貧しい国などでは、学校教育しか受けられないから、もっと全ての人

に教育を受ける機会を与えるべきだというのを、60年頃から言われたライフロングエデュケーションを訳した言葉で、特殊な言葉なのです。生涯学習というのは、人は、もともとさっき言つたように知的な生物になって、他の動植物と違う知的な学ぶということに喜びを持つ生物になったことから行う学びなのです。それは、この頃しばしば、ゆりかごから墓場まで、ゆりかごでは遅いから受精卵からでないといけないと言ったりしていますが、それこそ胎教から始まって、全ての学習をどうサポートするかというのが、元来、文科省の仕事なのです。ところが、エデュケーションという言葉を教育と訳してしまったことがそもそも失敗だったと思うのですが、エデュケーションというのは「引き出す」という意味で、「引き出す」ですから、引き出す客体を中心と考えることになるはずが、教育ということになって教育育てることになってしまったのです。教育育てるのは教える人の仕事なのです。ヨーロッパ的なことを真似すると言いながら、そこでボタンをかけ違ってしまったということなのじゃないかと思うのです。それと、これまでには、日本の植物園とか博物館では、研究機能というのが非常に弱かったことがあります。そういう意味で、先程先生がおっしゃったように、「ひとはく」が県立大学の研究所になっている、博物館の研究員を大学研究所の研究員が兼ねているということとは意味があることなのです。私は、東大をやめる直前に、国立科学博物館等と連携大学院を作ることのお手伝い

をしていて、そこで感じたのですが、日本の博物館が弱いところ、弱い原因とも言えるのですが、本当は大学の先生になりたかったけれどもポストがなかった人が、やむを得ず博物館へ行つたとか、そういうことで一種のコンプレックスを持った方が結構多かったのです。そういうことが、明治以後ずっと続いていた。自分の仲間ですからはっきりと言うのですが、一種のコンプレックスを持っていて、それなら、いい仕事、研究をやって、大学の先生を見返してやればいいじゃないかと言うのですが、「そんなこと言われても博物館はいろんな雑用があってできません」と言って、そういう反発しかしないのです。欧米では、博物館の館員といえば、大学の先生よりも研究者として尊敬されています。生物多様性関係の国際会議とか自然環境に関係する場面では、欧米であればほとんどの場合、博物館の人が出てくる。大学籍の者が出てくるのは日本くらいで、今は、私も博物館籍ですが、大学籍の者が出てくる。それが、日本の一一番弱いところであって、お母さん、お姉さんとかおばさんに野山に連れていってもらつて自然の面白さを教えられるという雰囲気が、明治以後、そういうことはあまりよくない事だという風潮になってしまった。そこに、やはり、日本の自然離れといいますか、最近だと理科離れ言われている問題の、一番底辺の部分はその辺に原因があるのではないかと思うのです。私は、これまでずっと高等教育、大学教育に関係してきて、後継者養成などでは貢献してきたつもり

りなのですが、博物館に関しては外側から頑張れとしか言ってこなかった。高等教育にばかり関係していた者としては、植物園にコミットしたり、放送大学で教えたりと、例外的に生涯学習に関心を持ったキャリアを持ってはいたのですが、これまで、そういうところをもっと振興しないといけないと言いながらできなかつた。それが、ここ「ひとはく」は、大学の附置研究所であるということで、変なコンプレックスがないということも、非常にプラスになっていると思います。生涯学習支援に対しても、新展開をやって、積極的にぶちあたろうと皆がすごく頑張っている。私はそういう態勢ができるあがつたところに寄せてもらって、跡づけして、横から見せてもらっているだけですが、若い連中がものすごく頑張っている。「ひとはく」がやっていることは、直接的には、兵庫県の県民に対して、非常に大きい貢献をすることだと、これは自信をもって言えることだと思いますが、それだけではなくて、「ひとはく」でこんなことがやれるということが、日本の博物館を変えるのではないかと期待しておりますし、そういうサインが既にいくつも現れてゐると思っています。

**熊谷**

新しい博物館のモデルとなるわけですか。

くなる、日本の博物館がよくなるということは、理科離れの問題だとか、最近、非常に悲惨な話がよく出でますけれども、ああいうことに対する問題提起ができる気になるんじゃないかなと、多少話は飛躍しますが、そういうことを期待していて、最近は、「ひとはく」へ來るのが、年甲斐もなく楽しくなっています。

**熊谷** 優れた大学というのはどういう大学のことかと考えれば、やはり、優れた研究を基礎とした優れた教育と優れた社会貢献を行う大学ということだと思いますから、博物館の場合も、専門員、研究員が優れた研究をやるというのが基本だと思います。そういう環境にならざることは、本来の博物館の姿であつて、それが生涯学習支援などを通じて社会に貢献ができる基になると思います。

**岩槻**

私は、一番基礎の部分の研究、特にシダ植物の系統の研究をやってきましたが、そうした研究というのは、すぐには世の中の役に立つものではないし、儲けにつながるというものもない。ただ、それだけをやっていたのでは、研究者としては一部のことしかやれてない、一種のマニアで終わってしまうのであって、大学でもそうだと思いますが、それを通じて、世の中に貢献できることは何かということが、常に、テーマとして問われているのだと思うのです。私にとっては、それは生涯学習支援であったわけです。99年でしたか、ユネスコと国際科学連合が主催した世界科学会議で採択されたブタペスト宣言で、サイエンスフォーサ

イエンス、いわゆる科学のための科学から、サイエンスフォーソサエティ、つまり、社会のための、社会と科学の関係を重要視する関係へと転換を図ろうという宣言をしまして、まさに、日本などでは問われることだと思うのですが、日本で、サイエンスフォーサイエンスからサイエンスフォーソサエティというと、すぐに储かる科学ということとなってしまうわけです。実は、そうではなくて、社会のための科学ということになると、例えば、環境問題なんかについて言えば、環境に対する概念というものを社会にもっと知つてもらう、そういうことが極めて大切なことなのであって、生涯学習支援というのは、まさにサイエンスフォーソサエティのはたらきだと思うのです。そして、それができるのは第一級の科学者なのであって、インテープリーターだけではない。大学なんかで言いますと、非常に優れた研究者がいらっしゃって、優れた研究者であるのに研究をしておられないという方がいる。研究をやってもなかなか科研費もとれないしということで、一種のディレッタントになってしまっているわけです。ところが、そうは言わずに、教育が忙しいですから、研究している時間がありませんと言われる。それは、根本的におかしいのではないかと思うわけです。高等教育をやるのは、昔、勉強をしていろんなことを知っている人ではなくて、現に今、研究者である人が、研究はこんなにおもしろいものだということを伝えるのが高等教育であつて、研究をやらなくて高等教育を忙しいな

んで言えるはずがないと思うのです。

**熊谷** 全くおっしゃるとおりだと思いますね。

**岩槻** 博物館もそのとおりで、博物館が研究をしないで、知っていることを伝達するということだけをやっていたのであれば、そんな生涯学習支援というのは魅力のあるものではなくなってしまう。研究者だからこそできる生涯学習支援だと思います。

**熊谷** 私も全く同じ意見ですね。本当にいいご意見をありがとうございました。最後になりますが、我々のひょうご科学技術協会は、兵庫県を中心とする科学技術振興の中核的な機構としての役割を担っているわけですが、協会に対して何か、ご注文、ご助言等がございましたらお聞かせ下さい。

**岩槻** 先程申しましたとおり、私ども博物館では、生涯学習支援を基本に、自然科学分野におけるいろんな事業を、特に子供たちに対するいろいろな事業を展開しています。ですから、協会で開催しておられる科学技術に関する子供達への普及啓発活動のなかで、特に我々が専門、得意としている自然環境に関する分野などについて、協力なり連携をさせていただけるのではないかと思います。子供の頃の体験というのは非常に大切なことですから、ぜひとも協力していければと思います。

**熊谷** そうですね。ぜひともお願ひしたいと思います。本日は、大変ご多忙中のところをお時間を割きください、非常に貴重なお話をいただきまして本当にありがとうございました。

(この対談は平成18年7月19日に行いました。)

# 現代における コウノトリと 人と動物の関係学 地域住民との関わりー

## ●対談者

兵庫県立コウノトリの郷公園  
園長 財ひょうご科学技術協会  
理事長

**増井 光子 氏** × **熊谷 信昭 氏**

**熊谷** 今回は、国の特別天然記念物であるコウノトリを保護し、その種の保存を図るとともに、豊かな自然のなかで、コウノトリその他の野生生物と共に存できる、人と自然との調和した環境の創造について県民の理解を深め、教育、学術及び文化の発展に寄与することを目的として平成11年4月に設立された兵庫県立コウノトリの郷公園の初代園長に就任され、今年で9年目を迎えるとともに、野生動物医学の第一人者として活躍しておられる増井光子先生をお招きしてお話を伺います。

## 獣医学へのきっかけ

**熊谷** 増井先生の今までの豊富なご経験の中からいろいろとお伺いしたいと思います。先生は『動物が好きだから』という本も書いていらっしゃいますが、そもそも獣医学を専攻されるようになったきっかけについてお話をいただけますでしょうか。

**増井** 私は理論より実務タイプだと思うんです。

小さい時からなぜか生き物に非常に興味がありまして、生き物なしの暮らしというのは考えられないくらい生き物に関心があるんですね。

私は出身が大阪なんですけれども、大阪の東成区で小学校の2年生の時までおりました。戦争がひどくなってきたので、今の東大阪市、昔の中河内郡に引っ越したんです。大阪市内にいる間は病気ばかりしていましたが、今から考えますと、それは「いやだ病」だったと思うんです。何となく毎日がおもしろくなくて、いやだいやだとばかり思っているもんですから、学校へ行く時間になるとどこか具合が悪くなって、学校を休むんです。

**熊谷** 登校拒否症に近い感じですね。  
**増井**ええ。それが引っ越ししてからは、周りに山と川がある村で、生き物がたくさんいたんですよ。たちまち元気になりますて、何でも食べるようになる、外で遊ぶようになるというようなことで、魚とりに虫とりにと明け暮れていました。最初は無脊椎動物ばかりさわっていたんですけど、そのうちにアヒルやニワトリを飼い、ウサギを飼い、猫を飼い、最後に犬を飼ったんですけど、もうこれがかわいくてかわいくて、無脊椎動物とは全く違う反応で、子犬が生まれたりいろいろしているうちに、病気になって死ぬものも出てきました。

私は、紀州犬という日本の在来犬の

保護運動を熱心にやっている人たちと仲良くなりました。そのグループでいい犬をつくっていこうと熱心に話し合っていたのですが、これは将来立派な犬になるだろうなあという期待の高い犬ほど病気に弱くて、死んでしまうんですよ。私は高校の修学旅行にも行かないで、そのお金で紀州犬の子犬を飼ったんですけども、やはり病気で死んでしまう。とても残念で、高校生になってどの方向へ進むかという時に、獣医学を選んだわけなんです。

小学校の頃は、生き物に非常に关心があったものですから、動物学者になりたいと思っておりました。今でも動物学は好きですが、獣医学というのは人と動物界との橋渡しをする学問領域ではないかなあと思います。

獣医学も非常に分野が広いんですが、私の場合は臨床医学や、自分が作出了した犬や猫を病気にさせないという予防医学的なことにとても関心がありました。獣医学は動物の行動や心理、あるいは解剖学とかいろんなことを勉強します。もし、理学部の動物学の方へ進んでも、分類学的なことは勉強する、解剖もやるかもしれませんけれど、人の関わりというのは獣医学ほど密接ではないのかなあと思いますし、臨床医

# 人と動物の関係学

## 地域住民との関わりー



学は学びませんよね。

その当時の動物学というと発生学みたいなものが中心で、行動学もありましたけれど、ネズミに迷路の中を走らせて、どれくらい速く問題を解決するかというようなことが中心だったと思うんですよ。私はその当時から、迷路の中を走るだけでネズミの本当の知恵がわかるのかという疑問があったんですね。野生のネズミはもっと賢いんじゃないか、いろんなことを経験して、敵から逃れて生きていくためには、ただ実験室で飼われていて、知能テストをするだけで動物の本当の知恵はわからないんじゃないかという疑問がありました。それで、人と関わりが深く、かつフィールドでの動物とのつき合いもある獣医学というのが自分の一番行きたい道に合っているんじゃないかと思いました。

**熊谷** そうですか。人間も生き物ですけれど、人間以外の動物もそれぞれに不思議な力を持っているんですよね。  
**増井** そうなんですねえ。最近盛んに動物の力を借りて人の心身の悩みを解消したり、回復に役立てようという動物介在療法が取り上げられるようになりました。乗馬療法といって、身体の不自由な方が乗馬をすることによって、バランス感覚が回復して役に立つということもわかってきたわけです。それまでは、肢体不自由の方のリハビリといいますと、さまざまな理学的療法とか、バランスボールの上に腰掛けて身体のバランスをとるということで機能の回復を図るということが中心で、これは今でもやっておりますけれども、いずれも室内でのリハビリです。一方、乗馬によるリハビリは屋外活動です。馬に乗りますと馬がどこへ

でも運んでくれますし、屋外スポーツなので気晴らしにもなるし、視線が高くなるので自分の視野も広がります。姿勢も自然によくなるんです。そういうことで、同じ効果があるなら、馬という生き物を仲立ちにして機能回復を図れば、楽しいんじゃないかと思いますね。

## 馬術競技エンデュランスに 今も出場

**熊谷** 先生は、馬術競技のエンデュランスというのをなさると聞いています  
が、少し具体的にお話いただけますか。

**増井** 耐久競技の一つなんですが、馬に乗って百マイル行く競技があるんですね。外国では50年以上前から行われて公認競技になっているんですが、日本では1999年から公認競技になりました。それ以来年々盛んになっています。

**熊谷** 百マイルというのは大変な距離ですね。

**増井** 百マイルは160キロくらいですね。東京から熱海までが100キロぐらいです。

**熊谷** 神戸から京都までが90キロくらいですから、その倍近く、名古屋までは行かないですが、米原よりは向こうですね。それで、その間は自然の山の中とか、いろんなところを通るわけですか。

**増井** そうです。コースによってさまざま、海岸コースもあれば山岳コースもありますし、中近東でやる時は砂



兵庫県立コウノトリの郷公園 園長  
増井 光子（ますい みつこ）

出身地：大阪府  
専門分野：野生動物医学、動物行動学  
所属団体：野生動物医学会長、日本獣医学会評議員  
最終学歴：麻布獣医科大学 獣医学科卒業  
資格：獣医師、獣医学博士、学芸員、日本野生動物医学会認定野生動物専門医  
業績：上野動物園初の女性園長。  
1986年、「トントン」の繁殖チームに加わり、日本で初めてのパンダの赤ちゃん誕生に獣医として立ち会う。

受賞歴：1983年10月 エイボン女性教育賞  
1986年10月 東京都知事表彰「ジャイアントパンダ繁殖成功チーム」（共同受賞）  
1995年9月 内閣総理大臣表彰「男女共同参画社会づくり功労者」として  
1998年6月 日本女性科学者の会功劳賞

経歴：1959年 麻布獣医科大学（1980年、麻布大学と改称）卒業  
1959年 東京都恩賜上野動物園勤務  
1987年 多摩動物公園飼育課衛生第一係長  
1988年3月 井の頭自然文化園管理事務所長  
1990年 多摩動物公園園長  
1992年 上野動物園園長（～95年）  
1996年 麻布大学獣医学部教授  
1999年4月 よこはま動物園「ズーラシア」初代園長、麻布大学客員教授  
1999年4月 兵庫県立コウノトリの郷公園長（非常勤）

漠の中ですね。開催国によって牧草地帯を抜けたり、いろいろですね。

**熊谷** それは競技なんですね。出発して、もちろんたどり着かないと失格でしょうけれど、たどりつく時間を競うのですか。

**増井** そうです。

**熊谷** どれくらい時間がかかりますか。

**増井** 砂漠のレースですと7時間から8時間くらい、山岳コースになりますとアップダウンがあるので10～11時間ほど。タイムレースなんですが、途中で5～6カ所に獣医部門というのがありまして、獣医さんがいて馬を診察するんです。それで、馬が非常に疲れているとか足を痛めている、脱水状態にあるなどと判断したら、そこでもうストップになるんです。

**熊谷** やめさせられるんですね。検査している間は全体の時間から除かれるんでしょうね。どれくらいの国で今やっていますか。

**増井** 60カ国くらいでやっています。

アジアではマレーシア、インド、中近東はもう軒並みです。

**熊谷** 中国、韓国はどうですか。

**増井** 中国、韓国は一般的な障害飛越とか馬場馬術はありますが、エンデュランスはありません。アジアでは、日本と中近東諸国、マレーシア、インドなどですね。

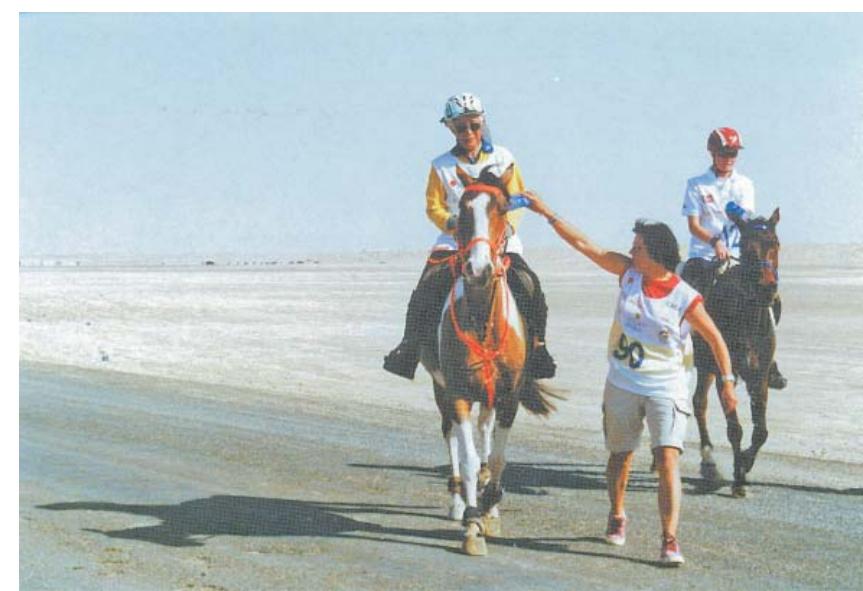
**熊谷** 欧米ではいろんな国でやっていきますか。

**増井** ええ、やってますね。ヨーロッパ、北米、南米、オーストラリアなど各国盛んですね。

**熊谷** このような競技をされているのも、先生の動物好きのひとつの表れですかね。

**増井** そうですね。私はちょっと判官びいき的な気持ちがありまして、紀州犬に熱を入れていた時も日本独自の在来家畜を大事にしたいという気持ちが強かったです。日本の在来家畜というのは文化的遺産だと思うんですね。何

千年と日本人と一緒に暮らして、独特



(増井園長 エンデュランスに出場)



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
熊谷 信昭（くまがい のぶあき）

1953年大阪大学工学部通信工学科卒業。大阪大学大学院（旧制）特別研究生、カリオフォルニア大学電子工学研究所上級研究員、大阪大学工学部通信工学科助教授などを経て71年同教授。学生部長、工学部長などを歴任し、85年大阪大学総長。91年同大学名誉教授。科学技術会議（現総合科学技術会議）議員などを歴任し、2004年4月から兵庫県立大学学長。

専攻は電磁波工学で、電子情報通信学会元会長。国土審議会委員、郵政省電気通信技術審議会委員、文部省大学設置・学校法人審議会委員、総務省独立行政法人評議会委員長、独立行政法人科学技術振興機構運営会議長、関西文化学術研究都市推進機構評議員会議長、大阪府教育委員会委員長、大阪府総合計画審議会会長、大阪市総合計画審議会会長、兵庫県科学技術会議会長などを歴任。

レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、米国電気電子学会Third Millennium Medal、米国電気電子学会終身フェロー（Life Fellow）、電子情報通信学会名譽員、文部大臣表彰、郵政大臣表彰、大阪市民表彰、日本放送協会放送文化賞、大阪文化賞、高柳記念賞、大川賞、中華人民共和国白玉蘭賞、などを受賞。平成9年日本学士院賞受賞、平成11年文化功労者顕彰。平成19年瑞宝大綬章受章。

などでも在来の日本犬よりも洋犬の方がきれいとかわいいとか、よく言うことを聞くとかいって飼いますね。

日本の犬は独特の性格を持っているんです。要するにワンマンドッグで、誰の言うことも聞くわけじゃないんですよ。世話をしてくれて、自分がこの人をマスターだというふうに犬が思わなければ従わないところもあるんです

## 在来種と外来種の関係

**熊谷** 日本の動物、植物、魚類など、在来種と外来種の関係や、今後の問題などに大変興味があるんですが、今はどういう状況なんですか。

どうしてそうなったのかというと、やはり馬の働き口がないためじゃないかと思われます。何かトラクター代わりの働き口を見つけてやらねば、ただ保護しよう保護しようというだけでは

数は増えないだろうというのでスポーツホースとしての道を見つけてやりたいのですよ。エンデュランスは種類を問いません。日本の在来馬でも結構活躍するんです。在来馬はみんな身体が小さいので、お年寄りから小さな子どもさんまで安心して乗れる、身体が丈夫、世話の手間がかからないなど、いろんないいところがありますので、競技を通して普及させたいと思いますね。

ね。馬もそういう性質があるんです。だから毎日世話をし、馬と人の仲がぴったりいけば、お芝居に出てくるような人情深い話にもなるんですが、知らない人がいきなり行って馬に命令しても、非常に反抗心が強いんですね。馬がその人を認めていないわけです。

**熊谷** 日本人の性格とも若干似ているような気がしますねえ。

**増井** そうなんですね。同じ風土の中で育ってきた家畜と人ですから。

昔は、馬というのは一般の庶民にとっては非常に高いもので、あまり飼えなかったですね。お殿様とか侍大将とかが飼って、そういう人たちは自分だけの言うことを聞いてくれる馬を求めるわけですね。気性の強い馬に自分が乗れるということが一つのステータスになるわけで、逆に容易に人になつかない気質を求めたわけですね。

**熊谷** 他人の言うことをよく聞くような馬は気に入らないということですね。  
**増井** ええ。大胆で物怖じしないところもあります。戦闘になると馬も一緒に戦うわけですね。相手の馬にかみつくとか、敵を蹴るとか。その気質がずっと残っていますので、外国の馬のように誰の言うことでも聞くといふわけではないんです。ですから、障害者乗馬にしても、いろんな人が乗って、いろんな人が命令して馬をコントロールしようとする時に、在来馬は扱いにくいといわれるんですよ。でも、その性格をよく飲み込んで世話をしやれば、どこへでも行きますし、足は丈夫だし、いいところもたくさんあるんですよ。

**熊谷** 競馬で使う馬はどちらが多いんですか。

**増井** 競馬は全部外来種です。イギリス原産のサラブレッドとかアラブ馬、かつて行われたケイガレースにはトロッター<sup>(注)</sup>が用いられました。サラブレッドは勝つためだけに速く走るようつくってきた馬ですね。そうした特殊な能力だけを追求されてきた馬は、一般の人たちにはなかなか扱いにくいところもありますね。

**熊谷** 一つの長所だけを伸ばすように特別に育てられた馬なんですね。

今、馬について伺ってきましたが、日本でよく可愛がられている猫はどうなんですか。

**増井** 猫の好きな人というのは、拘束することを非常に嫌がる傾向があります。ですから、猫をつないで飼うとか、部屋の中で飼うということに抵抗があるんですね。

もともとは犬も日本人は放し飼いで飼ってきたんですけど、犬の場合は狂犬病の危険性が高いと、咬傷事故が非常に多いですね。犬が咬むんですから新聞沙汰にもならないんですけど、怪我の件数からいえばライオンやトラに咬まれた比ではないんですよ。郵便配達の人も新聞配達の人もみんな咬まれる、子どももお年寄りも咬まれるという咬傷事故が非常に多いので、怖いからつないで飼うということに対して、それほど抵抗はないんですよ。

でも、猫は身体も小さいし、向こうから人間に向かってくるということはほとんどありません。何となく野生っぽいですから、自由に徘徊しているの

をそのままよしとする風潮があるので、残念ながら今、日本の在来の猫はほとんど全部雑種になってしまいました。

**熊谷** では今、猫の好きな人が家で飼っていらっしゃるのは。

**増井** 洋猫、あるいはその雑種ですね。猫の好きな方は、特定の方以外は系統繁殖にはあまり興味がないんですよ。猫ならなんでもいい。

**熊谷** 昔から、猫は日本にいたものなんですか。

**増井** ええ、いました。動物文化史研究家の大木卓氏によれば、750年頃に書かれた書物の中に猫に関する記載があるそうですし、「枕草子」の中にも猫の話が出てきます。

私が子どもの頃には、ペルシャ猫などのシャム猫などの洋猫はあまりいませんでしたので、だいたいその辺にいたのは日本猫なんですけれども、日本猫の特徴は何かというと、身体が小さいです。3キロから4キロ、オスで4キロ、メスだと2.8キロくらいしかない。今はもうたいていの猫は5~6キロはありますよ。洋猫の血が入ってしまったんですね。それから、尻尾がこぶみたいに短いのが結構いましたね。きれいな三毛猫も結構いたんですよ。今でも三毛猫はいますけれど、昔のようには黒と茶色と白が均等に分かれた、きれいだなあという三毛猫はほとんどいなくなりましたね。

**熊谷** 夏になりますと怪談が流行りますが、化け馬とか化け犬とかは出てこないのに、化け猫はよく出でますよね。あれは、動物としてのどういうキャラクターの違いなんですかねえ。

**増井** 外国でも、猫と魔女はいっしょになっていましてね。ひとつは、猫が夜行性であるということですね。それから、猫というのはまばたきをほとんどしないんですよ。いつもカッと目を見開いて相手をじっと凝視するんですね。

**熊谷** 気色悪いですねえ(笑)。

**増井** 暗闇の中で黒猫がいて、目だけ青とかグリーンに光っていると、それだけで何となく魔物的になりますね。それで、身体がしなやかですから、音も立てずにどこへでも出入りする。犬はだいたい人間について歩きますし、敵が来た時に吠えて人間に知らせるとか、いろいろと人間の便利なように働いてくれますけれども、猫は自分勝手なところがありますね。えさをもらうのは当然で、えさをもらうからこの人の言うこと聞こうというふうには、猫は思わないですから。

**熊谷** なるほど。

**増井** 猫はいつも自分がいるんですよ。犬の場合は滅私奉公型、ご主人のためなら自分は死んでもいいというようなことで、いろいろ助けてくれます。

**熊谷** 忠犬ハチ公ですからね。

**増井** 猫はそれよりも自分の住んでいる場所に固執して、引っ越しの時に猫を連れていくても、逃げ出してもとの家に帰ってしまうというのが結構あるんですよ。犬は人についてきます。

**熊谷** それでも、猫が好きな人というのは結構多いですよね。

**増井** 多いです。それは猫がある種、野生味があるからでしょうね。都会の人ほど自然にあこがれますので、猫の

中に自然性とか野生を感じるんです。

**熊谷** 犬や馬と猫とを比べますと、犬や馬の方が野生味があって、どちらかというと陽性で、猫の方がおとなしくて陰性で、野生味が乏しいような感じがしていたんですけども、そうでもないんですね。

**増井** 猫はみんな放し飼いにしていますので、散歩をさせなくてはならない

という手間がかかりませんし、割合トイレの始末もよく、決まった場所にしますからね。ペットとして飼った場合に意外に手がかかるないです。犬は散歩に連れていってやらねばなりませんし、馬も運動に出てやらないといけない。まあ、馬は大きいので、一般の人が自分の家で飼うというようなことはあまりないでしょうけれど。

増井 意外なところが、馬は意外に手がかかるんです。

**熊谷** 東アジア全体に古くからいた鳥なんですね。

**増井** ええ。今でもシベリアで繁殖して、冬は中国南部の方へ渡ってくるわけです。昔は、秋頃シベリアを出て南下する、その途中で日本に立ち寄るコ



(大空を飛ぶコウノトリ)

ウノトリが結構おりました。来てみたら、日本は瑞穂の国といわれるよう、水環境が豊かで、コウノトリの餌動物がたくさんいて、コウノトリにとっては居心地がよかったわけですね。そこで、日本に居つてしまおうと考えたコウノトリのグループがいて、それがずっと日本の地域個体群として残ってきたわけですね。

**熊谷** それは全国的にいたんですか。兵庫県に特に多かったというわけではないんですか。

**増井** 記録を見ますと、北海道から九州までいますね。

**熊谷** では、コウノトリと兵庫県との関係というのは。

**増井** 明治時代に一般の人も鉄砲を持てるようになりましたので、各地で狩猟が始まって、コウノトリの数が急激に減ったんですね。コウノトリを撃つて食用にしたのか、何か特別の目的に利用したのか定かではありません。何となく撃ってみたかっただけなのかもしれません。人間というのは武器を持つと、それを使いたくなるんですよ。戦争が始まつたら、兵隊らがみんなその土地にいる動物たちを撃つてしまつたということは、世界各地で起こっていることです。

**熊谷** では、一般の人も鉄砲が持てるようになってきて、狩猟が流行り出し、コウノトリもその対象になったというのが、減つていった要因の一つなんですね。

**増井** 昔、但馬地方の出石町細見の松山にコウノトリが営巣しており、それを見た出石城主が瑞鳥としてその松山

を鶴山として禁猟区にし、鳥を保護しました。そういう土地柄がありまして、他では滅んでも昭和の初め頃には、但馬地方に100羽ほど残っていました。

そのうちに戦争が始まって、巣をかける松の木を、船をつくったり家をつくったりするようなことで切つてしまつて、環境がずいぶん悪くなつて、また数が減つていき始めたんですね。戦争の後に、今度は食糧増産時代となって、主食の米を量産しないといけない。

農地改良の事業も進みました。



(鶴山のコウノトリ)

でね。

**増井** ええ、そうですね。コウノトリの将来を憂えた鳥類学者の山階芳磨博士が当時の坂本勝県知事に「非常に貴重なコウノトリが今や但馬地方にだけしか残っていない。これをぜひ県として守っていただきたい。」と懇請されました。それで、県知事がその意見に賛同されて、コウノトリを守ろうという運動を呼びかけて、1955年に「特別天然記念物コウノトリ保護協賛会」という官民一体となった保護団体ができて、人工の巣塔を田んぼの上につくってやつたりしたんです。だけど人工巣塔の下で農薬を撒いている写真も残つてゐるんです。やっぱり農薬を撒くのをやめるというところまでにはなかなかいかないので、コウノトリの数はさらに数が減つていきました。

**熊谷** それで、ロシアなどからもらつ



(ドジョウ一匹運動)

てきたりして、育てたんですね。

**増井** それはもう80年代になってからですね。先ず東京の立川にあった米軍基地内の渡り鳥研究所から技術者に来てもらって、自然界に置いたままでは減びる一方だから、安全なところにコウノトリを全部収容して、そこで保護増殖を図ろうと、捕まえたりしたんですよ。

**熊谷** 他の動物に食われるなどという危険性は、コウノトリの場合にはなかったんですか。

**増井** それはあまりなかったですね。むしろ、餌動物が農薬汚染で著しく減少したことの方が大変でした。農薬汚染でドジョウなどがいなくなり、地元が魚などを給餌していることを知った佐用郡のこどもたちが、コウノトリにやつてほしいとドジョウをたくさん送つててくれたんですね。それが神戸新聞のニュースになつたりすると、やがてドジョウ一匹運動というのが全国に広まって、全国の子どもたちがドジョウを送つてくれたので、ド

ジョウの数が65万8000匹にもなったんですよ。

それと同時に、神戸新聞社や県の教育委員会が後援してコウノトリの保護資金として募金を始めたら、その当時のお金で364万円もの寄金が集まりました。それは昭和30年代の話なので、今のお金に換算すればすごい金額になりますね。そういうふうに出石城主の影響か、もともと但馬地方はコウノトリに対する愛着があったんですね。

### コウノトリはめでたい鳥

**熊谷** おもしろいお話ですね。

コウノトリは、鳥の仲間でいうと何になるんですか。

**増井** サギの仲間です。分類学的にサギ目というグループがありまして、その中にトキとコウノトリとサギが入っているんです。

**熊谷** 大勢の人達の願いと努力が実をむすんで、先年、先生のところの公園

で飼育したコウノトリが秋篠宮殿下によって自然の野に放たれましたよね。そうしたら、その年に紀子さまが懷妊されたということで、コウノトリが赤ちゃんを運んできたといわれましたが、コウノトリが赤ちゃんを運んでくるという話は日本固有のものなんですか。それとも、外国でもそんなことをいうんですか。

**増井** あれは、外国の話です。ヨーロッパに、前はコウノトリと同じ種類だといわれていた、ちょっと小ぶりの嘴の赤いシュバシコウというコウノトリがいるんですよ。それはヨーロッパに広くいて、人家の煙突の上に巣をつくったりするなど、人の身近にいる鳥なんですね。それが赤ちゃんを運ぶといわれているコウノトリ（シュバシコウ）です。ただ、日本のコウノトリもめでたい鳥だという考えは、古くから日本にあるんですよ。サギよりもコウノトリの方がはるかに大きいし、空を飛んでいるのを見ると本当に悠然と、姿がいいですねえ。それでまた、夫婦仲もよろしいし、一度ペアになると生涯連れ添うんですよ。ただ、ペアになるまでがちょっと大変なんですけれどね。

**熊谷** ほう、なかなかのもんですね。

**増井** 夫婦でヒナも育てますしね。

また、日清戦争や日露戦争で日本軍が大勝利した時に、コウノトリがヒナをかえしたということがあり、瑞鳥として喜ばれて多くの人がコウノトリがめでたい鳥だと見に行つたりしたそうなんですよ。それで絵はがきが売られたり、明治41年（1908年）には天然記



(茶屋)

念物になったこともあって、大正の終わり頃でも但馬の鶴山にヒナを育てるのを見に行って茶店がでたり、けっこうみんなにめでたい鳥だということで、親しまれていたんですね。

**熊谷** 日清戦争の時にも日露戦争の時にもそういうことがあったのですか。そんな話は今まで聞いたことがあります。

**増井** 私がおもしろいなと思うのは、普段はね、地元の人はコウノトリが稻の苗を踏むというので嫌がっている。嫌がっているくせに、ヒナがかえると見に行くわけですよ。私は、人間の考え方というのはそういうもんじゃないかなと思います。保護しましょう保護しま

しょうと保護一辺倒ではとても続かないし、害鳥だといって駆除てしまえばもう終わりになってしまふし、ある時はめでたい鳥だといって見に行き、自分に不都合なことが起これば、追っ払ってこいと子どもに命じて石をほうるとかですね、そういうごちゃごちゃした関わりでいることが普通のつき合い方じゃないかなあというふうに思います。

### コウノトリの自然孵化

**熊谷** ここ数日、新聞にも写真入りでよく出ているんですが、孵化したコウ

ノトリの赤ちゃんがだんだん大きくなつて、ひとりで飛べそうなところまで来て、高い柱の上の巣の端で下をのぞいて、何か怖いなあと思っているような様子に見えるんですが、あれもまたなくひとり立ちするんですかね。

**増井** ええ、いつかは飛び立たなくてはいけないわけですね。

**熊谷** あんな柱の上の狭い所がいいんですかね。何だか見たところ不安定な感じで心配ですが。

**増井** まああそこまで高いと、もうカラスやトビぐらいしか敵が行きませんから。それと、親のどちらかが必ず巣に残ってヒナを守っていますから。2羽ともどこかへ行ってしまうといこ

とはないんですよ。

**熊谷** 我々素人が見ると、あんな高くて狭い不安定な所で、鳥にかわいそうじゃないかと思うんですが、あれがいいんですか。

**増井** あれがいいんですね。

それで、46年ぶりの自然孵化した鳥の巣立ちですので、実は私たち「郷公園」の研究者も本物のコウノトリの巣立ちというのを見たことがないわけなんですよ。昔はその辺にいたんですけど、誰も研究していなかったんですね。あまりに当たり前すぎたのですね。ケージで飼っていますと、もっと巣台が低いので、60日ぐらいでぱっと外へ下りてしまうんです。

しかし今回は、巣が12.5メートルの高さがありますので、そこから飛び出す若鳥にとっては、どこかで決断して、飛び下りるという勇気がいるのでしょうか。動物にも決断の時があるんだなということは非常に興味深いですね。

**熊谷** 秋篠宮がお見えになって箱を開いた時も、みんな下へ行かずに上に飛び立って行ったので、不思議だなあと思っていたら、あれは職員が前もってよく考えていて、箱のすぐ下が川で、



(自然放鳥)

下に行ったら川に落ちるんで、上へ飛ばなきゃしようがないような所に箱を置いたのだということですが。

**増井** 位置取りは、集まった大勢の人

が見られるということも考慮して、あのようにになりました。私たちが本当に心配したのは、歩いて箱から出て川に降りてしまうとか、飛んではみたものの翼の力が弱くて、田んぼに降りてしまったとか、勢いがないようなことになるとちょっと絵にならないなと思ったんですけれども、結果としてはうまくいって、みんなよくやってくれたなあと思って。

**熊谷** あれは本当に素晴らしいですね。あの時、箱から元気よく飛び立っていったのはみんなまだ生きているんですか。

**増井** 1羽が落雷の影響で死にました。天然の災害ですからしかたないんですけども、高圧線の電柱に止まつたりするんですよ。

**熊谷** それは危ないなあ。

**増井** 電柱の上に巣をかけたりとか、なぜ電柱が気に入るのかよくわからないんですけど、昔からそうなんですね。感電の恐れがあるので、電力会社

の人が電圧を下げて下さったり、巣が乗らないように邪魔をしたりして、いろいろやっているんですけど。ちなみにヨーロッパのシュバシコウも電柱に好んで営巣します。

**熊谷** 不思議ですねえ。

**増井** 2005年に放した鳥の中ですぐにペアになりましたね。もう翌年に営巣産卵したんですけど、卵が巣から落ちてしまいました。今年はうまくいくだろうと思っていたら、2月の雷でオスが死んだんですね。

**熊谷** 可愛想でしたね。でも、今までご努力下さって、これから増えていく可能性はありますね。

**増井** そうですね。予想以上に順調ですね。



(巣塔での子育て)



### 今後のコウノトリの郷公園

**熊谷** おもしろいお話をいっぱい聞かせていただきました。

動物園の園長さんなんていうのは、責任もあるし、好きじゃないとダメでしょうかけど、いかがですか、有名な上野の動物園の園長さんなどをなさつ

たご経験で、ご感想などは。

**増井** 私は本当に好きなことをずっとやらせていただいてね、非常に幸せだと思います。

**熊谷** 北海道の旭山動物園は何が人気だったんですかね。

**増井** 旭山はですね、一度閉園間際まで追い込まれました。お客様が来なくなりましてね、旭川市の公立の動物園なんですが、入園者が減るもんですから市も予算をつけてない、悪循環で、もうこんなに効率が悪いのなら閉園しようかというところまでいってしまったんですよ。それで園職員がみんな頑張って、そして復活したという感動的なストーリーがあるんです。ですから、旭山が人気があるからといって、そっくり真似してもだめなんですよ。表面的な真似だけではだめですね。やはり、そういう物語があるから、展示の工夫ももちろんありますけれど、みんな感動して見に行くのだと思います。

**熊谷** なるほど、そういうことだったのですか。

直接的には「コウノトリの郷公園」とは結びつきはないんですけど、当協会と科学技術的な事業の面で何か連携なりコラボレーションできるようなこともございましたら。

**増井** 今、動物園界には世界動物園水族館協会というのがございまして、自然保護連合ができるより前に、その団体ができていたのです。世界には1,000~1,200ぐらい動物園があるといわれていますが、そのうちの4分の1ぐらいの主だった動物園が加盟しています。年に1回総会をやって時代に合

わせたテーマを検討し、みんなの意志統一を図っています。動物園はもっと地域の環境保全に協力しなければいけない、さらに発展して、世界の希少動物の原産地の環境保全に協力すべきだという流れになってきています。

それで、私ども「コウノトリの郷公園」でも将来的にどうしていくのかということは重要な課題です。ロシアでもコウノトリの生育環境が年々悪くなっているので、彼らの個体群を活性化するために「郷公園」で増えた鳥をそちらへ再導入を図るとか、あるいは韓国でも同じようにコウノトリの野生復帰事業に取り組んでおられますので、そちらの方へもお分けするとか、技術者の交流とか、また中国にもコウノトリの越冬地があつたりしますので、現地の研究者と協力して、いろいろと保全活動を国際的にも展開していきたいですね。そういうことへの助成もしていただければありがたいですね。

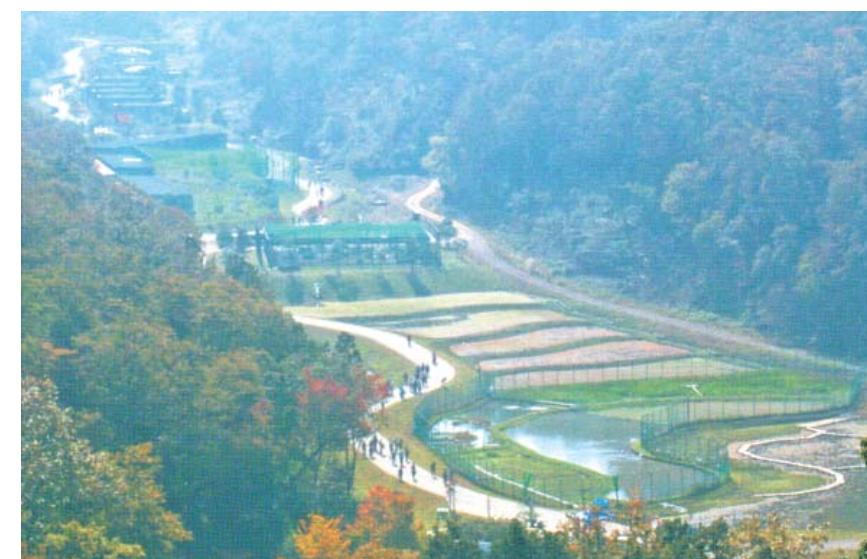
**熊谷** 兵庫県の県立の自然・環境系や景観園芸系、田園生態系、森林・動物

系などの研究施設では、研究員が全員兵庫県立大学の教員なので、そういう意味では、我々の方から見るとこれらの施設は我々の大学の研究グループの一つで、いわば渾然一体なんです。こういう仕組みは非常にいいと言われています。

先生のところでコウノトリに関する有意義な成果が出れば、「郷公園」の誇りであるとともに、我々にとりましても兵庫県立大学の非常に誇るべき成果といえるわけで、ぜひ先生にご指導いただいて、よろしくお願ひしたいと思っています。

**増井** 私は9年間お世話になりました、とても尊敬しているのは、地元の方に「おれが、おれが」という気持ちがないんですね。よく保護活動なんかやってますと、誰がイニシアティブをとったのかというのが問題となり、そのため派閥争いが生じたりする場合もあります。自分の成果にしたいんですね。

コウノトリの保護活動の場合は、発展的に保護団体が解消してきて今に



(現在のコウノトリの郷公園)



(巣立ち)

至っているわけです。保護協賛会の集まりはやがて解消して別の大きなグループになり、それが解消して「郷公園」になり、誰も「おれが言い出したから」というのがないんです。そのことに、私は非常に感銘を受けました。

それから、兵庫県は他でやっていいことを真っ先におやりになって、それに財政的な裏打ちがある。新しいことを言い出して、パッとやるのはいいんですけど、なかなか続けられないんですよ。それが、「コウノトリの郷公園」といった他に例を見ない野生復帰に向けたものをつくられるということは、兵庫県が初めてですね。あちこちから見学に見えますけれども、それは全部後追いになるわけで、最初にやって、しかもきちんと県の方から予算をいただいてやってきているというのは、成功に結びつくものだと思います。

**熊谷** これからも、兵庫県、大学、研究所、それら全体を支援するひょうご

科学技術協会、これらがみんな一体となって、力を合わせて意義のあることをやっていきたいと思いますね。

**増井** それと、この運動が決して国のように上から来たのではないということに、私は非常に感心するんですね。

**熊谷** 地元発なんですね。

**増井** そうなんです。多くの人は、野生動物の保護事業は国家的な事業と考えると思うんですが、そのための助成金をたとえ国がつけたとしても、自発的にやったことでないと出てくるのは苦情ばかりです。自分たちで盛り上げてきたわけじゃないから、もらったプレゼントに対してあら探しのようなことはいくらでもやるんですけど。それが、兵庫県の場合は下から盛り上がりてきて、行政もそれを援助してくれたということですね。

**熊谷** 今日は本当におもしろいお話をたくさん伺いました。ありがとうございました。また今後ともよろしくお願ひいたします。

#### 増井園長後日談

結局、百合地の人工巣塔のヒナは、7月31日に巣立ちました。観察を続けていた私たちは、まだかまだかとやきもき、また心配もしました。そんな私たちの気持ちにおかまいなく、ヒナは何の前ぶれもなく、いきなり大空へ飛び立ち、親がいる1km先の田んぼに降り立ちました。野生の力強さに感動をおぼえました。

(注)ケイガレースとは、走行中に必ず1本の足が着地しないければならないレースのこと。トロッターとは、速歩の得意な馬のこと。

# 21世紀に躍動する －次世代スーパー

# シミュレーション科学 コンピュータが拓くもの－

## ●対談者

(独) 海洋研究開発機構  
地球シミュレータセンター  
特任上席研究員

**佐藤 哲也 氏**

財)ひょうご科学技術協会  
理事長

**熊谷 信昭 氏**

熊谷 平成24年の完成を目指して、現在兵庫県神戸市のポートアイランドにおいて建設準備が進められている次世代スーパーコンピュータは、国の第3期科学技術基本計画の中で長期的な国家戦略をもって取り組むべき重要技術、すなわち国家基幹技術として位置づけられています。スーパーコンピュータとしてはこれまで神奈川県横浜市にある地球シミュレータが、平成14年3月に世界最高速のコンピュータとして運用を開始して以来、地球科学ならびに関連科学技術に大きく貢献してきました。この地球シミュレータの経験を次世代スーパーコンピュータの開発・利用に活かすことは極めて有効なことです。今回はこの地球シミュレータセンターのセンター長をこの3月まで務められ、現在、同センターの特任上席研究員として活躍されておられるこの分野の第一人者である佐藤哲也先生に同センターでの研究活動や次世代スーパーコンピュータへの期待などについてお話をいただきます。

## シミュレーションサイエンス へのきっかけ

熊谷 先生は京都大学工学部電子工学科をご卒業後、京都大学、東京大学、広島大学、核融合科学研究所等においてプラズマ物理学、宇宙空間科学、核融合プラズマの研究に従事されて来られましたが、先生がシミュレーションサイエンスに取り組まれることになったきっかけと、そのご研究の内容等

についてお話しいただけますでしょうか。

佐藤 最初にコンピュータというものに出会ったのは1962年、大学4年生の時ですが、私の所属していた前田憲一研究室の大学院博士課程に矢島脩三先生がおられまして、その矢島先生が日立製作所に博士論文のためのコンピュータを作るということで半年くらいずっと日立製作所に出向かれていました。そこで日立と一緒に開発されていたコンピュータが1962年に出来上がって、京都大学の電気電子工学科で稼動を始めたんです。その頃、卒業論文のテーマとして音声認識というテーマを選んだのです。当時はまだそんなに音声認識研究が発達していたわけではなくて、「あ・い・う・え・お」という母音認識が中心でした。アナウンサーの発音した「あ・い・う・え・お」の周波数分析をして、その中に母音を持つ特徴付けるフォルマットという4つくらいの特徴的な周波数とピッチというものがあります。それらをアナウンサーの声のデータから抽出して、どれが『あ』であるか『い』であるかという識別をする研究です。その解析のために完成したばかりの矢島コンピュータを使いなさいということになった。これがコンピュータというものに初めて触れた、そしてそれが私自身の研究の将来を決定付けた出会いです。当時は熊谷先生もご存知のように、黒いテープにパンチで穴を開けて、そしてそこにプログラムを機械語で書いていくというそういう時代でしたが、コン

ピュータというものは非常に面白いものだなという最初の印象を持ちました。

当時は大学院に行かず、4年生を出て就職する人が多かったのですが、当時学部での成績によっては推薦で大学院にいけるという制度があったので、それなら修士を出てから就職しようということで大学院の前田憲一研究室に入りました。前田研究室の研究領域は非常に広く、現在の情報工学から宇宙空間科学までを包含していました。前田憲一先生は電波伝播の世界的な権威者だったので、先生は私に電波伝播をテーマに勧めていただきました。地球の大気の上方100kmあたりに電離層という太陽からの光で大気が部分的に電離した層がありますが、物理の用語で言えば弱電離プラズマというものですね、その弱電離プラズマのところで短波が反射して返って来る。だから短波放送というのはブラジルから電波を発射しても反対側の日本でもちゃんと聞こえるという…

熊谷 前田憲一先生の一番のご専門分野ですね。

佐藤 はい。電離層、その弱電離プラズマのそういう電波を反射する反射体というものが、どういう実態であるかということを調べなさいというのが私の修士論文のテーマでした。今から考えると、その後の私の研究の中心テーマとなったプラズマというものに初めて出会ったということがあります。当時は熊谷先生もご存知のように、黒いテープにパンチで穴を開けて、そしてそこにプログラムを機械語で書いていくというそういう時代でした。

にプラズマの不安定性と言いますか、プラズマの乱れが発生します。その乱れの発生条件を理論的に求めて解析をするというテーマです。

前田先生のご専門の電離層における電波伝播の障害（スピラディックE）に関する郵政省電波研究所におられた頃のいろいろな研究がありまして、世界の上空のどのあたりにスピラディックE層という反射・散乱体ができるのかという観測領域と、私のテーマであったプラズマの不安定の領域とが世界地図の中で非常によく合っているということで、そういうようなプラズマの不安定性が電離層の乱れの原因ではないかというのが修士論文のテーマです。

熊谷 地球シミュレータと何か繋がっていますね。

佐藤 そうですね。今から考えると地球環境に関する研究ということで、正に運命的なものがあったのかも知れませんね。修士の間はそういう理論解析をしていました。ものすごく大きな、1m四方の白い紙に一つの式で最後まで不安定が起こるような条件式を作りましたが、こんなややこしい式のどこに不安定が起こるか起こらないかなんてとても見つけることはできませんと先生に言って泣き出しそうになりました。

佐藤 あります。前田憲一先生や、当時赴任されたばかりの大林辰蔵先生がそんなところで投げ出すやつがあるかというようなことで叱咤激励されて、結果的には色々な分野の勉強をしまして、たとえば、テンソル表現という複雑な三次元の式を簡潔に表現することにも出会いました。この時のものがきとそのものがきから抜け出した時の充実感は今でも忘れないですね。修士を終えればどこかの電気会社に就職して、いずれ人を動かしたいという最初



の野望はこの感激で霧散し、研究者として自然と向き合う静なる選択をすることになりました。

熊谷 その頃は、今度京都大学総長になられる松本紘先生とは関係なかったですか。

佐藤 彼は同じ研究室で私の2年後輩です。

熊谷 だいたい似たような分野でしたね。

佐藤 そうです。私が博士課程に進んだ時に彼が修士に入っていました。同じ部屋で二年間過ごしました。修士時代は理論解析的研究で、ほとんどコンピュータは使いませんでした。

熊谷 時代が時代でしたからね。

佐藤 ええ、ただ世界のどのあたりにプラズマの乱れというか不規則性ができるのかという理論的に求めたマップを書くには例の矢島コンピュータ、京都大学デジタルコンピュータ1というふうにその後呼ばれた、コンピュータを使ってデータ解析をしましたけれどもね。

そして博士課程に進んだ時、当時工学部ではあまり博士課程に行かなかつたものですから、宇宙に関する関係で

ドクターコースの学生は私だけでした。修士の学生や学部の学生は工学部ですからたくさんいましたが、そこで大林先生が『これからどうしていくのか』ということに関して、世の中、特にアメリカにおいて、コンピュータがどんどん出来てきて、それを使った学問が生まれそうだ。お前コンピュータやっていったのだから、コンピュータを主体的に用いる研究をやらないかというふうに勧められたものですから、ドクターコースに行って、当時はシミュレーションとはまだ呼んでなかったですが、私が中心となって計算機実験（数值実験）のグループを結成したんです。先ほど先生からお話をいたった松本紘君とかその下の修士や学部の学生10人ぐらいで、当時おそらく日本では初めてだと思いますが、今で言うシミュレーショングループというものを結成しました。

そのころ、それこそ先生のよくご存じの長谷川晃先生がアメリカのカリフォルニア大学バークレー校から日本に帰って来られて大阪大学基礎工学部の助教授となられた。長谷川先生はアメリカ仕込みのプラズマの電子やイオ

ンという粒子の運動を追跡する粒子シミュレーションをやっておられて、日本に帰って来られて阪大で西原功修さんなどの学生さんを育てておられた。

ですから日本には、前田・大林グループの我々のシミュレーショングループと長谷川先生のシミュレーショングループという2つのグループがありました。

熊谷 長谷川さんは、そういうシミュレーションもしていましたが、プラズマの非線形効果とか、非常に理論的な基礎をやっていましたよね。

佐藤 はい、もともとはカリフォルニア大学バークレー校でドクターを取るために、バーザル先生という、アメリカのプラズマのシミュレーションの草分けの一人に師事しておられました。余談になりますが、シミュレーションの開拓に寄与した人に与えるドーソン賞というのがありますが、そのドーソン先生（故）とビュネマン先生（故）がシミュレーションの先駆者ですが、バーザル先生は第一回のドーソン賞の受賞者で、私が2回目の受賞者に選ばれています。

熊谷 長谷川さんは一度帰ってきたあとは、アメリカに戻ってずっとベル研究所の研究部長やコロンビア大学の教授などをして、日本人としては初めて

アメリカ物理学会のプラズマ部会長などもつとめ、その後、ソリトンの研究をしていました。

佐藤 ベル研究所を辞められて阪大に戻られソリトン通信の研究をされた。

熊谷 彼は、私の講座を継いだ後任教授ですが、そういう研究の前にシミュレーションに関係する仕事をしていたことはよく知りませんでした。

佐藤 先生の後任教授として、ソリトンや光通信とかをやっておられたけれども、最初のアメリカでのドクターの頃や日本に阪大の助教授として帰つて来られた時はプラズマのシミュレーションをやっておられたんです。

熊谷 そうですか。

佐藤 長谷川先生には弟分のように常にずいぶん親しくしていただきました。

私の大学院生の頃プラズマ研究所ができて、

熊谷 それは名古屋大学でしたね。

佐藤 名古屋大学プラズマ研究所では全国の大学の共同研究所としてプラズマの研究会が盛んに開催され、大林辰蔵先生と長谷川晃先生が中心となって

プラズマシミュレーションの研究会も何回ももった。長谷川グループはその粒子的な電子だとかイオンだとかそういうものを中心にして、我々はどちら

かというと流体的にプラズマを扱うというシミュレーションをやって、かなり競い合っていたものです。

現在の日本のシミュレーション研究のおそらくこれが源流ですね。そういう意味で日本のシミュレーション研究の中では、プラズマがシミュレーションにおいて一番先端を切り開いていったわけです。ドクターコースに入って、シミュレーションというものを中心に

した日本最初のグループを、大学院の学生だった私たちがいち早くシミュレーショングループを設立したこと

は十分自負してもいいのではないかと思っています。

そしてちょうどその頃1965、6年とい

うのは東大に大型計算機センターというものが出来て、東大は日立と、そして京都はそのちょっと後に富士通を引き入れるということで、大学関係にも、1965、6、7年ごろにはコンピュータ

というものを使った研究、まだシミュレーションと呼べるものではないんだけれども、数値解析というものがだんだん世の中に流行りだしてきた頃ですね。その草分け的な形で、我々は取り組みました。

熊谷 あの頃はコンピュータの能力や

速度も今とは比べものにならないものでしたし、シミュレーションサイエンスなんていう言葉すらなかったわけですからね。

佐藤 ええ、おこがましくてシミュレーションサイエンスなんて言えなかつたです。

熊谷 今から振り返ればそうでしょうけどもね。

佐藤 だから非常に楽しかったですね、誰もやっていないところをやるという事で。しかも先輩方はほとんどコンピュータを使っておられなかったですから。我々は学生が中心になっていましたから、新しいものに何の抵抗も無く入って行けたという良き環境ですね。

熊谷 前田先生や大林先生の時代はコ



大林辰蔵先生（前列中央） 松本紘氏（後列右から2番目） 佐藤氏（前列右端）（博士時代）

ンピュータとはほとんど関係ない時代でしたよね。

佐藤 ええ。コンピュータと出会い、シミュレーションというものを始めたきっかけは以上のような次第です。

熊谷 わかりました。ちょっと話が戻りますが、学部学生の頃研究しておられた音声認識は、あとで総長になられた長尾真先生にむしろ近かったんですね。

佐藤 大学に入った頃、坂井利之先生が前田研究室から独立されて教授になっておられました。ですから音声認識の学部の卒業研究は坂井研究室においてです。

熊谷 坂井利之先生は、マイクロ波の研究から情報工学の方に移られた方ですね。

佐藤 当時、長尾先生は坂井先生の所で修士を出て、ちょうど助手になられた頃です。

熊谷 なるほど。

佐藤 大学院では坂井研究室から前田研究室に移ったのです。当時は京都の電気系と阪大の電気系が、野球などの対抗試合をやっていた。それで、熊谷先生のお名前とお顔もその時から、よく存じ上げております。先生の方には私の存在は映ってなかっただけで、私の方にはちゃんと映っております。

した。（笑）

熊谷 先生が、シミュレーションサイエンスに取り組みたいきさつがよくわかりました。

佐藤 当時、学術に対する認識力が足りず、私には坂井研の現在でいう情報工学の将来性が分からず、自然の妙味、特に現在でいう非線形現象に強い興味を惹かれ前田研に移りました。本音を言いますと、情報よりも自然のほうが直感で理解しやすかったから移っただけですが…。先ほどの電離層にできる

プラズマの不安定性の線形理論、修士の間は線形理論だったので、それでは現象的一面を見ただけで、本質は理解できない。それでは面白くないということで、一体電離層がどのように乱れているのか、その成長過程を追いたいということで、シミュレーションを使って研究を始めました。

その結果、ドクター論文では、非線形クロスフィールド・プラズマ不安定性という名前を付けて、プラズマの非線形の発展を、非常に複雑なる発展をちゃんとコンピュータで解明したということです。

熊谷 それでよくあの電離層の複雑な問題がうまく解けたなと思います。自分でもあれだけの悪い能力、今から考

えると低い能力でもかなりのものが出来たのだなと、今から振り返るとそういう感想はあります。でもコンピュータが出来て、先ほど言った東大、京大、阪大は勿論、いろんな研究機関にコンピュータが出回るようになってみんなが使い出して、我々よりも10年ぐらい若い人たちがコンピュータというものを使うのにそれほど抵抗無く入っていくようになった。だから、コンピュータを使った研究というのはさぞかし広がっただろうと思われるわけですが、実際にはコンピュータを皆さん十分に使いこなしていないのか。

熊谷 そうですか。

佐藤 1970年代に入ってシミュレーションというものがかなり研究にとって重要な道具というか方法論となつた段階においても、使う人はものすごく



前田憲一先生（前列中央） 矢島脩三先生（2列目左端） 佐藤氏（後列左から2番目）（修士時代）



ロンビア大学なんかにもよく一緒に連れていってもらいました。

**熊谷 長谷川さんはコロンビア大学の教授もされてたでしょ。**

**佐藤**ええ、一緒に車に乗せてもらつて、西田佐知子のアカシアの雨などの歌を車の中で聴かされながらね。(笑)

### 地球シミュレータの誕生

**熊谷**そういう事があって地球シミュレータセンターのセンター長などをなさったわけですが、地球シミュレータのあげた色々な成果を一般の人にはわかるようにおっしゃって頂けませんか。

**佐藤**そうですね、地球シミュレータの話をする前に核融合科学研究所時代の話を少しあせてください。

私は1980年から約10年間広島にいたんです。1988年に核融合科学研究所の創設準備室が名古屋大学の中に入り、その理論・シミュレーション関係を代表する形で兼任教授としてかかわったのです。

これは余談になりますが、先ほどのベル研にいた時に西川恭治さんに、お兄さんの哲治さんじゃなくて恭治さんの方なんですが、広島大学に核融合研究センターを作ったから教授として来てくれないかと誘いがあり、はいはいということで、当時東大の助教授でしたが、ベル研から直接広島に行きました。

**熊谷**そうですか。

**佐藤**はい。広島大ではかなり本格的なシミュレーショングループを組織しました。10年ほど経過したとき、いくつかあった大学の核融合閉じ込め方式を京都のヘリオトロン方式に一本化する国立の核融合研究所を作るということになった。これは名古屋大学のプラズマ研究所と京都大学のヘリオトロン核融合研究センターの2つと一緒に一つの国立の研究所を作るといふいわゆる行革ですね。ところがこれ

また変な話なんですが、名古屋大学は名古屋大学固有の部門を拠出してプラズマ研究所を創ったのだから、核融合科学研究所を作るならその分は名古屋大学に残すと言いました。そうすると、京都大学も同じように固有の部門を入れてヘリオトロンセンターを創つたのだからその部門は京大に残すと言いましたので、2個(プラ研とヘリオトロン)の衝突合体で一体にする(核融合研)という話が、2体衝突したら三体に分かれて、名古屋と京都と岐阜県に出来る新研究所となる。そんなものは行革じゃないということで当時の文部省から文句が出て、しかし両方とも絶対に譲らないということで考えたのが、広島に身軽な核融合理論研究センターがあるじゃないか。それを引っ張り合流させれば、3対3衝突になるじゃないかということで、強引に我々の研究センターをつぶしてこっちに入れるという話が出てきた。

そこで私が嫌だと随分反対しました。大きな装置で実験をする所に我々の小さなシミュレーショングループが行つても、刺身のつまみみたいなもので相手にされないから嫌だと主張した。けれども、結局そうせざるを得なくなつたので、私から条件を出したんです。核融合研の中に「シミュレーション」と名の付く研究センターをちゃんと独立でこしらえる。その大型の核融合実験装置が当時800億円ぐらいの予算だったんですね、そんな概算要求をすれば、シミュレーションセンターという組織ができても、コンピュータの予算は貰えないじゃないかと、だからコンピュータをちゃんと文部省に別枠で我々が交渉して、スーパーコンピュータをレンタルする交渉を応援するという条件を付けたのです。結果的には世界最大級の大きなスパコンを入れることができたんです。日本でシミュレーションという名のついた最初の研究組織の創設です。このようなつばぜり合いの末1989年5月に核融合

研は無事産声をあげるはこびとなつた。

それが核融合科学研究所の時代ですけれども、地球シミュレータの生みの親である三好甫さん(故)という元科学技術庁の航空宇宙技術研究所、今はもうJAXAに吸収されていますが、その三好さんが科学技術庁出身の平野拓也さんの力をかりて地球シミュレータを作るという計画を練られて、1997年ですね、京都議定書の地球環境保護という追い風をうまく利用して、温暖化を研究するためのコンピュータを作る計画が予算化されたのです。三好さんは別に気象学者でもなくシミュレータ開発者なので、どの分野でもよかったです。核融合であろうが、環境分野であろうが、結果的には温暖化の風に乗って、予算化されたということで地球シミュレータが誕生した。

そして開発が終わる2002年の3月の半年前くらいに、その三好さんが突然私を呼んで、もうじき開発が終わるんだが、地球シミュレータを用いた日本全国のシミュレーション研究をリードしていく、動かしていく、運営していく者がいない。シミュレーションについてちゃんと造詣が深くて、アメリカとも対等にやつていただける人間が自分の周りにはいないから、貴方にやってもらいたいと言って来られたんです。実は私はそれまで三好さんとは何度もお会いしたという程度の知り合いだったんです。ただ核融合時代のクレイ社との争いやシミュレーションに関するいろんなノウハウを私が知っていることを知っておられ、私がアメリカに屈しないというのを見ておられたんでしょうね。それで「来てくれ」と言われたので、ついそんな大きいものが出来るのなら面白いなということで受けたのが、私がセンター長になつたきさつです。

**熊谷**その地球シミュレータが出来た当初に準備の段階から行かれたのですか。

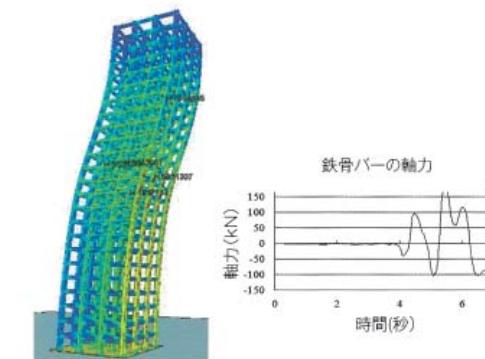
**佐藤**完成のちょっと前に、準備の段階と言っても、立ち上げるまで数ヶ月しかなかったです。地球シミュレータセンターが設置される海洋科学技術センターの当時の理事長さんは平野さんでしたが、その平野理事長さんが、三好さんとの関係もあって、私を信頼して下さったんです。あいつに任せておいたらいいから、何でも好きなようにやらせると。だから相当そういう意味では助かりました。

その活動を世界に呼びかけて、日本に地球シミュレータありと、かなり宣伝しました。アメリカにも共同研究やりたかったらどうぞ来て下さいと言って回りました。アメリカ側としてはこのまま放っておいては日本に牛耳られる真剣に考えたんです。地球シミュレータの威力を一番よく知っていたのは実はアメリカなんです。日本人はほとんど分かってなかつたです。多分三好さんが私をオファーしたのはそういう所を見抜いておられて、佐藤ならやってくれるだろうと判断されたと思います。

それでアメリカ側はこのまま行ったのでは、アメリカの学術のみならず産業界においても日本の後塵を拝することになるというので、今までの市場主義を捨てて、大統領命令で省庁を超えてプロジェクトを作つて、地球シミュレータを超えるようなコンピュータをこしらえるということで相当のお金をかけました。現在ではコンピュータの要素技術においてアメリカに完全に負けてしまつたと思いますよ。

地球シミュレータの元々の予算としては、地球温暖化に貢献するということで出たんですが、私が地球シミュレータの性能を見たところ物凄く性能はいいんです。この性能を一つの気象分野に限つたのではもつたないということで、気象には勿論使うけれども、せいぜい5割くらいに留めて、後の5割はもっと有効に使おうということで色々な分野に開放しました。

3次元RC構造ビルの地震シミュレーション



図には示していないが地上建造物は地下支柱構造で支えられている。地震波動を入力として建物全体の揺れを提シミュレーションで求める。  
(提供: 大阪大学 橋英三郎先生・水島靖典氏)

**熊谷**大事なことです。

**佐藤**それについて当時の理事長の平野さんは後押しをしてもらつた。国際的にもやはり日本だけに閉じてしまつては、日本がせっかく地球シミュレータを使っていい成果を出しても、彼らは自分たちが常に科学技術においてトップでないといけないから、日本の成果は無視されると考え、アメリカとも共同をする、ヨーロッパとも共同する、そのため少々の資源を提供する。それぐらいのことをやろうということで、国際的にも門戸を開放したんです。勿論資源は限つてですけどもね。そういう形でかなり全世界的に、全分野的に広げた。そのような方針で6年間センター長としてやってきました。成果は勿論第一の目的であるIPCC4報告に寄与する。これは色々なテレビ等で報告をされているので、皆さんもよくご存知でしょうから省くことにしても、それ以外としても地震とか地球内部の問題、そこにもかなり力を入れようということで地震の被害なんかのシミュレーションにおいてもかなりいい成果を出して、かなり精密な形で地形なんかも入れて地震波がどういう被害をもたらすか、建物をどれだけ揺するかとかそういう事にも役立てるし、それだけでは無く、天体の問題、

宇宙の問題、そういうものでも今いくつか、例えばネイチャーに出るような仕事も出来ていますし、さらにバイオ関係あるいはナノ関係ですね。

**熊谷**新素材なども大事なテーマです。

**佐藤**そういう問題でもかなり新しい成果も出しています。

**熊谷**地球シミュレータですか。

**佐藤**ええ。あまりご存知ないです。

**熊谷**一般の人は地球環境とか気象とか、そんな問題を専門にやっておられると思ってますから。今度神戸に出来る次世代スパコンも今おっしゃったような分野にも是非使ってもらいたいと思うんです。材料の研究とか、ナノテクの関係とか、バイオなど、色々な幅広い分野の活用を是非やってもらいたい。

**佐藤**はい。気象とかそういう問題というのは、ある意味ではそれを支配する法則、方程式がわかってるんです。ですから支配する方程式がわかっているものをシミュレーションするという時には、いかに正確にいかに速くその答を出してくるかということが最大の課題です。予測にしても物事が過ぎてからの予測、ことが起こった後で、こうですよというのでは駄目ですから。

熊谷 明日の天気予報を一週間後に聞いてもしょうがないですからね。

佐藤 そうすると、例えば台風であれば予測するには、5日ぐらい前でも予測のシミュレーションが数時間で終わらないといけないんです。

熊谷 例え気象を調べて正確な天候を予測しようと思えば日本列島の上だけを見ていてもしょうがない。やはり地球全体のデータが必要で、それにはやはりプログラミングやシミュレーションの手法があって且つ武器となる超高速のコンピュータが必要となる。

佐藤 おっしゃる通りですね。

### 地球まるごとシミュレーション

佐藤 地球シミュレータのひとつの一一番大きな効能というのは地球を全部まるごとシミュレーションできることを実証したことです。

熊谷 日本の近辺だけをいくら詳しく調べてもそれだけではいけない。

佐藤 情報を運ぶ波や流れが境界まで到着すると、もう人工的な非現実的な境界の影響でそれ以降は使えなくなりますからね。ジェット気流なんかは世界をぐるっと繋ぎ目なく回ってますからね。という意味では地球全体と一緒に扱うという、それを可能にしたというのが地球シミュレータの一番大きなインパクトです。

熊谷 私などが外から素人として見ていてもそう思います。

佐藤 それによって初めてシステムの将来、未来の発展がわかるのです。どうしても部分的だけだとすると、境界に情報がぶつかって、波がぶつかるとそれでシミュレーションの有効性は終わりです。それに対して人工的な境界がないシステムの丸ごとをシミュレーションすることができるとなると原理的にはいつまでもシミュレーションを続けることが出来るわけですね。そ

うなっていくと、勿論精度の問題が出で誤差が溜まるかどうか、それからいかに速く答えを出すかという、先ほど言わされたように明日の天気予報をするのに一週間後に答えが出てきたのでは意味がない。従って、課題となるのはシミュレーションの技術の問題なんです。いかに早く、持っているコンピュータをいかに最大限使って速くいい答えを出してくるかという、そこが一つのシミュレーションのキーポイントになってくる。そういう事をやはり教えるところが必要だろうと思います。今まで各研究のグループリーダー達がこういう問題を解きたいということで、学生さんなんかを使うという形で教育してきたということです。

熊谷 その辺の理解をなるべく広くしてもらわないと、これまでの地球シミュレータの更にもうちょっとスピードの速いだけのコンピュータが出来るといったのが、理論や実験の補助的役割としてシミュレーションがあったのが、理論や実験と同等、あるいは、それらを超えて得られる科学的方法論に脱皮した。こういう場合にはこうなります、確かにおっしゃる理論は正しいです、得られた観測された新発見はこういう形で説明できますよ、だけに留まっていてはどうしても理論、実験屋さんのサポーターという域をでることができます。

対談の最初のところでお話ししたように、ただ具体的なその例に対してしか答えを出してこないという、そこに留まっている限りでは、理論の大家から批判されたように科学技術の新展開には寄与しない。しかしながら、システムの未来の予測となってくると、未来に対して科学的に何が起こるかという事は、実験でも理論でも解からないんですね。理論は大局的な流れは示すけれども具体的には何が起こるかとなると、無力です。そうなってくるとこれはシミュレーションの出番です。地球シミュレータというものがそういう事を可能にしたという意味で、今開発が進んでいる次世代スパコンというのを正に地球シミュレータのポストシ

には、シミュレーションというものが、コンピュータを使う仕事がどういう役割を持っているか、それがいかに意義を持っているものか、そのところをシミュレーションをやる人間、特にこれからは若い人たちがやって行く上で、そういうことをちゃんと教育して教えていく、そういうところが必要だと思います。今まではとにかく最先端、フロントのところで一生懸命やつていて、その仕事を手伝うという形で若い人たちが育ってきた。だからそのリーダーを越えることができないですよね。

シミュレーションというものが地球シミュレータでもって初めて物のシステムの未来を予測するという、そういう事を可能にしてきたということで、今までどちらかと言うと理論や実験の補助的役割としてシミュレーションがあったのが、理論や実験と同等、あるいは、それらを超えて得られる科学的方法論に脱皮した。こういう場合にはこうなります、確かにおっしゃる理論は正しいです、得られた観測された新発見はこういう形で説明できますよ、だけに留まっていてはどうしても理論、実験屋さんのサポーターという域をでることができます。

佐藤 ええ、正にそこだと思うんですね。もちろん計算機というものの性能がいいことが必要ですけれども、それをいかに使うかということ、使いこなせるかということ。そこにはやはり人間の知恵を入れないといけないわけですね。その人間の知恵を入れる為

度のスパコンもそういう分野へのアプリケーションが考えられないかなと思うんです。

佐藤 まさにおっしゃる通りです。むしろ私はそれのほうがこれからシミュレーションの主役になっていくと思います。

熊谷 これからの非常に大きな分野だと思います。

佐藤 今まで基礎方程式・法則がわかっていてその中でシステムがどう動くかということをいかに数値技術的にいいアルゴリズムを作って、そしてどれだけ速く答えを出していかといふところが主題だった。これはこれとして不可欠であり、進んでいくと思います。進めなくてはならないです。一方、社会現象、特に人間が関係したものの、人間の行動には決まったユニバーサルな法則はないですよね、一人ずつ全部違う判断、しかもその判断が時々刻々変化する。例えば、電子に働く力はクーロンの法則です。この法則はすべての電子に普遍的に当てはまる。人間が絡む諸問題はこれと対極にある問題です。

熊谷 一人ずつの場合と集団の場合とはまた違ってきますし。

佐藤 全然違いますね、だから、その辺のところをしかもその集団の振る舞いにしても、変わってくる。そういうものを扱うのが私はこれからのシミュレーションの新しい役割だと思うんです。

熊谷 なるほど。

佐藤 開いた系、正にシミュレーションというのは開いた系で、閉じた系の中に限定してやるという発想ではなく、開いた系に適用できる科学的な方法論。これがシミュレーションの極意、妙味だと思います。

熊谷 行政も使えるし、企業なら例えばマーケティングですね。非常に有効なマーケティングにも使えるということになれば対象も利用範囲もんと広がります。

佐藤 私はシミュレーションには2つあって、1つは物理シミュレーション或いは科学的予測のシミュレーション、これはその対象物が人間以外の人間の見る周囲の環境、すなわち、物ですが、物に対しては普遍科学法則が解かっているから、そういうものを出来るだけ科学法則に沿ってより正しくより速く求めていくシミュレーション、これを物理シミュレーションと私は呼んでいます。

それに対して仮想シミュレーション、あるいは、ゲームシミュレーションというジャンルがあると思います。これは基本的には法則は解かってない、一つずつのエレメントの法則は解かっていない、しかし集団として集めたときに何か新しい機能が出てくる。例えば、生物もそうなんですね。生物そのものもタンパク質までは確かに物理法則、量子力学や分子動力学という形で記述できますけれども、細胞になってくると、もうそれらが無数集まって何か集団としての機能を創出しているんですね。

そういう機能というものがどうして出てくるのか、そういうものを調べるためにコンピュータシミュレーションというものの、あるいは、計算科学的手法はものすごく役に立つ。それは、普遍法則は解かってないけれども、観測にあるいは実験によってだいたいの様子はわかりますよね、それを一応仮説として仮の法則としてバーチャルに作っておくんですね。それをプログラムして、そして初期条件、境界条件を与えてシミュレーションしてみる、そしてその結果と現実とを照らし合させて、合わなければバーチャルに与えた仮説を修正していく、そういう常に常に修正しながら現実と合わせて、そしてあるところまで行ったら、こういう原理でこの集団は動いているんだなと、そういうものが解かってくると。熊谷 そういうアプローチは工学分野の者には非常に理解しやすいけど、そ

んなものは学問ではないと考える人もいるでしょうからね。

佐藤　はい。そんな決まってもないような、ユニバーサルでないものは手がつけられないと思われるかもしれません。

しかし、人間が関与する問題にはユニバーサルな法則はないんじゃないですか。しかし集団的にはその時代その時代の目に見える流れが現れる。それを理解、あるいは、解明するのに、これから仮想シミュレーションというの、特に次世代スパコンの役割は非常に有用です。これに対し、物理シミュレーションは手法もわかっているから、後は技術的なアルゴリズム開発に集中していくことになると思います。

社会問題あるいは経済問題、こういう、その一つずつのエレメントには決まった法則がない、しかし、集団としては何か決まった機能を發揮する。そういうものの機能を発現していくような基礎モデルと言いますかね、そういうものをこしらえて、ある意味では起こり得る現象を予測していく。もちろん正確にはあたらないけれども、そういう形で社会をガイドしていくよな、そういうものとしてこれからのはスーパーコンピュータを發揮させなければいけないし、そういう分野の人たちを育てていかなければいけない。

熊谷　全く同感です。そういう幅広い分野での色々な活用があるということを、みんなに理解してもらわなければいけない。

佐藤　そういう意味では正にそういう時代が到来したと思います。これまで物理法則をいかに正しく速く解くかという物理のシミュレーション、現実のシミュレーションであった、これからは仮想シミュレーションというのか、あるいは、体系化のシミュレーションと呼んでもいいですね、集団がどういう体系、大きな原理に従って動いていくのかということを解明していく。

熊谷　膨大な数値的試行の合理的な積み重ねで基本的な法則や原理が見えてくるというプロセスがあり得るわけですからね。

佐藤　正にそういうものが新しい科学の領域になると思います。そういうものの中に何かその規則的な原理みたいなものを発見していけば、それがその学術的な新しい発見というものに繋がっていくのではないかと思います。

21世紀に躍動するこれから若者たちが今着々と進められている新しい斬新なコンセプトに基づく兵庫県立大のシミュレーションの大学院で学び、企業に、社会に入り込み、シミュレーションという新しい風を吹かせ、一人一人の日常生活の中に浸透していくことがこれから持続可能な世界を創り上げていくためには大変重要なと思います。最近は実験で確かめるのではなくて、コンピュータを使った数値計算でその理論結果を確かめている。実験が正しいかどうかを逆にコンピュータの計算で確かめるような、そんなことをやってますからね。ですから、シミュレーションによる色々な数値的結果から基本の法則にたどり着くというような方法もある筈だと思います。

佐藤　ええ、おっしゃる通りです。それが今後のシミュレーション科学の目指すべき方向です。

熊谷　大きい意義だと思わなければいけませんね。

佐藤　そういうことの出来るような学生さん、若い人を育てていく場が必要ですね。

熊谷　そうですね。幅広いアプリケーションが出来るような人材の育成を、今度できる次世代スーパーコンピュータにすぐ隣接して設置する新しい兵庫県立大学の大学院「先端計算科学研究科」でも目指していきたいと思っています。

佐藤　兵庫県立大大学院にシミュレーション研究科というものを計画しておられる。そういうものが、もちろん今までの物理的・予測的シミュレーション、そういうもので社会に貢献していく。それと同時に新しい分野と言いますか、領域というのか、そういうものを生み出して行くような方法論とい

か、2つの重要な使命を遂行できる人間を育てていく、そういう教育機関ですよね。そういうものに是非、兵庫県立大学の新しい研究科が世界に先駆けてなってもらいたい。

21世紀に躍動するこれから若者たちが今着々と進められている新しい斬新なコンセプトに基づく兵庫県立大のシミュレーションの大学院で学び、企業に、社会に入り込み、シミュレーションという新しい風を吹かせ、一人一人の日常生活の中に浸透していくことがこれから持続可能な世界を創り上げていくためには大変重要なと思います。最近は実験で確かめるのではなくて、コンピュータを使った数値計算でその理論結果を確かめている。実験が正しいかどうかを逆にコンピュータの計算で確かめるような、そんなことをやってますからね。ですから、シミュレーションによる色々な数値的結果から基本の法則にたどり着くというような方法もある筈だと思います。

熊谷　全く同感ですね。ところで、次世代スーパーコンピュータという言葉をよく聞くんですが、「次世代」というのはどういう意味ですかという質問がある講演会の時にあってですね、講演者の方が「一番新しいスーパーコンピュータのことを次世代スーパーコンピュータと言うんだ」という説明をされたんですが、それでよろしいんですか。

佐藤　そうですか（笑）

熊谷　そもそもひとつの考え方なんでしょうか。そういう解釈なら今までの地球シミュレータも出来た時には次世代スーパーコンピュータだったということになりますね。

### 次世代スーパーコンピュータに求められるもの

佐藤　次世代というのは、どういう組織に関連したものなのか、例えば国として次世代と言った時はもちろん世の中にはまだ存在しない新しいものである、これはあくまでも当然そういう性格も含むんだけれども、地球シミュレータの場合、従来のシミュレーション

が実験あるいは理論のサポーター的シミュレーションの役割であったのに對し、その枠を破って実験と対等にあるいは観測と対等、あるいは場合によっては先んじるようなそういう役割をしたというのが地球シミュレータのひとつの貢献だったと思います。

そうすると次世代というそういう中にはやはり何か新しい概念、新しいコンセプトを出して来ないといけないですね。今最後のお話しのところの社会現象・経済現象、そういう個々のエレメントの法則は非常に不安定・不確定であっても全体として現れてくる集団的な新しい原理みたいなものを見出していくシミュレーションを生み出していけたならば、現在進んでいる次世代スパコンはまさに次世代と呼べるにふさわしいのではないでしょうか。その原理を用いて未来社会の発展の予測を行うこともできるだろうし、さらに進んで、そこに何か集団の新しい法則性、そういうものを体系化していくことが可能になってくる。そういうところに、次の世代と呼んでいるものは、役割を發揮しないといけない。地球シミュレータのちょっと定量的に優れたものを作るという、そこだけに終わつたのなら地球シミュレータと同じレベルだから、次世代と言うよりは次期と言った方がいいのかも知れませんね。今回の次世代のキャッチフレーズは人間社会と密接に結び付けるという意味でシミュレーション文化の醸成がいいのではないかですか。

熊谷　私の専門は通信工学の分野で、環境問題とか気象現象とは関係のない世界ですけれども、通信ネットワークでもシミュレーションの技術を使わなければならなくなっています。通信ネットワークシミュレーションという言葉も出てきています。携帯があり、固定電話があり、宇宙通信があり、パソコンやインターネットにもつながったネットワークがあって、いつどこでどういうコール（呼）がどういう頻度

で起こるか、それに対してネットワークをどう設計すればシステムとして対応していくかというような問題は、やはりシミュレーションすることになる。こういう、気象とも天候とも関係のない分野でも次世代スーパーコンピュータが使えばいいなと思います。

計算機の歴史を振り返ってみると、日本で一番古い計算機といえばソロバンですね。西洋だと計算尺。我々の時代には中学校、高等学校まではソロバンと計算尺でした。大学の終わりごろからはタイガーの機械式計算機が使えるようになりました。一方、アメリカで世界初の電子式の計算機エンニアック（ENIAC）が出来ました。

佐藤　そうです。戦争中の末期に出来たんですね。要するに武器、砲弾の弾頭がどう飛んで行くかとかね。

熊谷　ええ、大砲の弾の弾道の計算をする目的で作られた計算機です。

佐藤　標的に着弾するにはどういうふうにするか、正確に的中するには、筒の向きをこういう傾きにすればいいかとかね。

熊谷　エンニアックはペンシルベニア大学で作られた世界最初の電子計算機ですけれども、まだトランジスタが発明される前でしたから真空管式の計算機で、今から見ればきわめて初期的なものでしたが、それまでの機械式の計算機にくらべれば桁違いの性能人々は驚嘆しました。この世界最初の電子計算機エンニアックに使われた真空管の数は18,800本、占有した面積は1,500m<sup>2</sup>で重さは130トン、値段は当時のお金で50万ドル、今の値段に換算すれば数百億円とか数千億円ぐらいにもなりましょうか。

佐藤　そんなに高かったですか。

熊谷　その後、トランジスタが出てきて集積回路（IC）へと進み、コンピュータは一挙に進みました。

佐藤　それこそムーアの法則ですね。1年半で性能が倍になるという。

熊谷　コンピュータの値段は、性能が同じだとすると、1970年代から80年代にかけて毎年平均して半分ずつ下がっていました。1年で値段が半分になると10年で1000分の1に下がることになるんですね。経済の専門家によると、物の値段が7～8割に下がると非常に安くなったというんだそうです。そして、半額になったらものすごく安くなったということになる。それが10分の1とか100分の1とか、ましてや1000分の1になるというのは、もはや物の値段が安くなったという概念を超えていました。イノベーション、革新というよりほかはないというのです。

実際、値段が1000分の1になるということはどういうことかというと、例えば自動車で言いますと2～300万円の新車の値段が2～3000円になるとということです。お正月に子どもにお年玉だと言って5,000円あげたら、街へ出て行って、漫画の本やお菓子を買った残りのつり銭で「いい新車があったから買った」というようになったら世の中大混乱です。それぐらいのインパクトがあったわけです。コンピュータの劇的な進歩が科学技術の分野や経済界、産業界、さらには社会全般に与えたインパクトというのは実際に大変なものであったと言えます。

佐藤　今ではもう何を見てもコンピュータが入っていますからね。

熊谷　これも結局は集積回路の進歩のおかげです。

もう一つ先生にお伺いしたいと思うのは、そういうふうにコンピュータの進歩が急速に進んで、どんどん高速・大型になり、しかも非常に高価なものとなつたために、当初はそれをみんなが共同で使う集中処理型になった。それがだんだん個別分散型になって、パーソナルになり、更に小さくなつてモバイルとなっているわけですが、一方やはりスーパーコンピュータや次世代スーパーコンピュータのような集中処理型の超大型コンピュータも

依然として作られている。これはどういうふうに考えればよいのでしょうか。

**佐藤** 結局は人間が使う、スパコンならスパコンを使う時、あるところまでの性能のよいものを持っていると、それが常識になるから必ずそれを超えた能力のものが欲しくなるわけですね。そういう意味では今までのものには備わっていない斬新な機能を備えているものが欲しいと。これは人間の進歩する為の必要条件ですね。ですから現時点で最高のスパコンみたいなものが一人ずつに渡るまで進歩した時には、それを多数集中的に一つにまとめた格段に最先端のものとしてスパコンがあるわけで、常に段階的にブートストラップ的に進歩していくのではないかでしょうか。最初に作ってその能力を持ったものがその内に一般化されると、常に最先端でリードしていくものが開発されて初めて飛躍的な目標が出てきて、そこまで行けるんだなと、それが一般の人も使えるように一般化してくるわけで、スパコンはやはり集中並列型から始まらざるを得ないです。

**熊谷** そうかも知れませんね。地球シミュレータにしても今度の次世代スーパーコンピュータにしても並列型だと何だとか言っても、要するに、分かり易く言えば今のコンピュータを腕力で集めてきて能力を上げるというような感じがしないでもない。要するに、簡単に言えば腕力ですね。今から次世代スパコン作ると言っている時に何ですが、もし量子コンピュータのような全く新しいものが本当にできるようになれば、次世代スパコンで100年、1000年かかるような計算が数秒で処理できてしまうというような事もあり得ますからね。

**佐藤** ええ。ただコンピュータの場合はもう一つ問題はソフトですね。それを動かすもの。それだけの能力を持っているとそれだけ複雑なものを解いて

いく訳ですよね。そうするとそれを解いていくためのプログラム、アルゴリズムとかね。それを、それまで作ってくれるような形には今のところはなっていませんから。

**熊谷** 量子コンピュータの研究者だって、そこまではまだ考えていないでしょう。

### 今後の課題

**佐藤** 考えていないでしょうね。まず素子としてそういうものを作り上げるということに一生懸命ですから。それが出来ないと次のソフトが組めないわけです。そうするとソフトはぐんと遅れてくる。だから機械的に非常に優れたものが出来ても利用者が使いこなせるかとなると必ずしもそうはいえない。実を言うと次世代スパコンにもその恐れがあるんです。次世代と言われても、まだその詳細の設計すらも発表されていないんですね。

**熊谷** 使いこなせるプログラムやソフトが問題ですね。

**佐藤** 基本ソフトがあり得るかどうか、おそらく今詳細設計が発表されて

ないのはその辺のところで苦悶しているのではないかと。例えばOSとかは実を言うと日本はそういうものを作る技術を持っていないんですよ。スパコンというのはアメリカで発明されて、今の地球シミュレータにしても、地球シミュレータより前のコンピュータにしても全部シングルコアプロセッサでした。それを動かす基本ソフト、OSとかコンパイア、それは全部アメリカから買ってきてそれを改良して使っているんです。

現在は、アメリカが地球シミュレータに追いつき追い越せということで開発したマルチコアプロセッサが主流になった。一つのチップの中に一つのコアがあるというそういうシングルプロセッサ方式では熱がものすごく出でく

る。集積度がもう、まあ、先ほどの量子コンピュータじゃないですが、半導体では熱の問題と集積度の問題でもう限界に来たという状態です。それでどうするかということでチップの中に2つとか4つとかのコアを一緒に入れることによって能力を増やす。しかし、一つの共通の電源で動かせる。

マルチコア・プロセッサを動かす為のOSが、いわゆるソフトが出来ていない。それが無いんです。アメリカもそういうプロセッサを作ったけれども、マルチコアというのを作ったけれども、それで開発したスパコンを動かすためのOSとか、コンパイアを作るのに今苦悩しているんです。アメリカはまだOSを作る技術、ソフトウェアの技術はずっと残って温存していたんですよ。日本は初めからソフトの技術を持っていない。日本がソフトが弱いというのはそういう基本ソフトです。そうすると新しいスパコンが出来ても、物としての機械的には10ペタだと言っても、それを使いこなせる為の基本的なソフト、機械の中に入れておくソフトをどうするのかということが今の一番大きな問題だと思うんです。

**熊谷** そうですか。

**佐藤** だから今度10ペタが出来ても、はい出来ましたとここに来たとしますね、動かせる人がどれだけいるでしょうか。

**熊谷** 本当に今後の重要な課題ですね。

**佐藤** 我々も知らされていないから、どうして使いこなせばいいか分からぬ。物を見ないとわからない。それを早く発表しろと言うんですけれども、発表できないいろんな事情があるんでしうね。

でももう開発に入って3年も経っているんです。開発し出して3年も経っているけれども、多分素子を一生懸命開発していく組み立てて、総合的なものにするところまでは行ってないから、それを動かすソフト自身も今担当

メーカーが必死になって開発に取り組んでいる状況ではないかと想像しています。

**熊谷** 驚異的な科学技術の進歩があつても、問題になるところというのは意外に原始的なものなんですね。例えば熱をどうやって逃がすかとか、使いこなすための、OSと言えば難しそうですが、要するにどうやって使ったらいいのか、というような一番基礎的なことが一番問題ですよね。

**佐藤** ええ、どうやって使ったらいいのかです。その処方箋がないものだからね。だから最初、苦労する。

**熊谷** どんなに科学技術が進歩しても非常に基本的な問題がやっぱり常に残っている。

**佐藤** 常に残っているんです。ですからあれぐらい大きいものになってくると、バランスよく全部が同じペースで開発が進んでないといけないわけです。

**熊谷** そうなんですね。みんなが先端的な技術を追いかけていますけど、例えば熱をどうやって逃がしたらいいかとか、出来るだけ熱が出ないようにするにはどうしたらいいかというような事は、若い人は研究のテーマにも考えていないですからね。メーカーの現場にいる人しか考えていませんね。

**佐藤** ええ、そうです。ですからアメリカはマルチコアという形で今まで一つのコアの中で集積度を上げて能力の増大をしていたけれども、それは熱的に限界があるし、物理的にも集積度に限界があるしという事で、一つのチップの中に、一つのダイの中に4つ入れれば4倍に、8つ入れれば8倍になるじゃないかと、その内64個入れればいいじゃないかと言っているけれども、その都度そのOSね、基本的なソフトを、それを動かすような使い方をちゃんと用意してやらないとけない。

**熊谷** 地球シミュレータもそうじゃないですか、出てくる熱と、それに対する

空調の問題ですね、空調に使う電力というのは大変なものでしょう。

**佐藤** パソコンなどと比べるとものすごいです。

**熊谷** 熱が原因で故障が起こるというようなこともあるんじゃないですか。

**佐藤** それはそうですね。熱的に素子が劣化してきますからね。

**熊谷** 熱が上がっておかしくなるという非常に原始的な原因でダウンするような故障が多分多いのではないかと思います。

**佐藤** ですから進めば進むほどそういう原始的なものに対する対策というのが必要です。

**熊谷** 実際の技術に携わっている当事者は解かるけれども、学生たちはなかなかそういうことが理解できないから、集積度を上げてどんどん小さくしていくべきだと考えていても、実際に使ってみたら熱が逃げないから駄目だということになります。

**佐藤** 今、パソコンでも、ここ置いていたら熱くなっただ、ちょっとしたら熱くなっただけ置いておけなくなるですよ。(笑)

**熊谷** 熱がどんどん上がってくるのをどうするかという事が最後のネックになっていますね。

**佐藤** ええ、非常に原始的なことです。

**熊谷** 原始的ですね。技術の進歩の歴史は結局のところ原始的なものとの葛藤、克服の繰り返しですね。

最後になりますが、我々ひょうご科学技術協会では、兵庫県の科学技術振興の中核的機関として、学術研究支援や普及啓発事業等を展開しています。当協会に対して何かご注文なりご助言等がございましたらお伺いできますでしょうか。

**佐藤** 兵庫県に關係するいろいろな科学技術分野の研究者との対談を冊子として一般に知らせていく事業は非常に有意義だと思います。折角理事長さんをはじめ協会の方々が真剣に取り組まれた読み物ですから、一人でも多くの

県民の皆さんに読んでいただけるよう目にとまる工夫を常にしていることが大切ではないでしょうか。一般県民に向けた講演会(ひょうご科学技術トピックスセミナー等)や市民セミナーなども企画されています。この事業も大切だと思います。兵庫県の大学・研究所・企業への支援や啓蒙事業も県内の学術の活性化には欠かせないものです。これらは県民に向けた取り組みですね。

これらの事業は当然継続すべき事業です。しかし、時間の経過とともにマンネリ化しないよう、つまり、既存の事業を維持することのみに汲々としたいよう、常に世界の変化の情勢、日本全体の動向を読み、事業の改変を行う余裕を持つことが大切だと思います。

予算というものに大きく左右されるることは事実ですが、既存の県民への還元と同時に、これからは世界に向けたアピール作戦が重要になるのではないかでしょうか。SPRING-8はそれ自体その役割を果たしています。しかし、SPRING-8に新しく加わる自由電子レーザー加速装置や次世代スパコンの誘致は兵庫県の科学技術の活性化の大きな新しいシンボル的存在となります。兵庫県全体の科学技術を向上させていく大きな条件の一つは、兵庫県という地域の存在に世界の目を惹き付けることです。世界の視野の中に兵庫県が入ることによって、兵庫県全体のステータスが日本のローカルな県からグローバルな世界の兵庫県になっていくことが重要な取り組みになります。このアピールが大切だと思います。協会と県立大が協調して、生み出そうしている、あるいは、生み出した科学的成果を世界に発信する体制を確立していくことを提案したいですね。

**熊谷** 本日は、大変お忙しい中をお時間を割き下さり、非常に貴重なお話をいただきまして本当にありがとうございました。

(この対談は平成20年9月4日に行いました。)

# 世界天文年： —ガリレオから

# 現代の天文学から見える世界 21世紀の拡大する宇宙像まで—

## ●対談者

兵庫県立西はりま天文台公園  
園長

× 理事長  
**黒田 武彦 氏**

× 熊谷 信昭 氏

熊谷 今年はイタリアの科学者ガリレオ・ガリレイが望遠鏡を用いて天体観測を行い、宇宙への扉を開いてから丁度400年の記念の年です。国際連合、ユネスコ、国際天文学連合などは今年を「世界天文年」と定め、世界各地で様々なイベントが開かれています。兵庫県でも、県下の天文台、科学館などによる多彩なイベントが行われ、国内最大、公開用としては世界最大の「なゆた望遠鏡」を有する「兵庫県立西はりま天文台公園」でも、1月4日の全国一斉オープニングイベントを皮切りに様々な行事が催されています。

今回は、同園の設立構想段階から参画され、現在、同園長並びに兵庫県立大学自然・環境科学研究所の教授を兼務され、天文学の第一線で活躍されておられる黒田武彦先生をお招きし、「世界天文年」に関する話題や、西はりま天文台公園の機能や特色、今後の展望から先生ご自身の研究活動、宇宙と人間との関わり等についてお話ししていただきます。

2009.7.22／皆既日食

熊谷 今日は、いちばんホットな話題からお伺いしたいと思います。

黒田 日食ですね。(笑)

熊谷 先日の日食観測のことでは新聞等でも色々報道され、非常に高い関心



2009.7.22 ピンホールを通して欠けた太陽の形が写る

を集めました。先生は、日食観測のため北硫黄島付近の海上へ、団長として観測船に乗って行かれましたが、この船には全国からの天文ファンが500人ぐらい乗船されました。この観測船の上では、兵庫県立大学の公開講座として実施された講義や観測が行われましたが、先生には、そのリーダーとして企画・準備の段階から大変お世話になりました。

黒田 このツアーは、アカデミック・ツーリズム・プログラムとして実施しましたが、大学の公開講座「アカデミック・ツーリズム・プログラム」そのものも、大学としては全国的に珍しい、ユニークな活動

です。そういうユニークな活動の中でも、日食観測を500人規模で、しかも5泊6日で行ったということが、やはり全国的に注目されましたですね。そんな事が、大学で出来るのかという思いが全国的に湧き起こって、随分注目されました。まず、ふじ丸という船を借用する事から始まったんですが、これが大変でした。オファーが、10件以上きていましたので、その中では、やはり県立大学のこのネームバリューが生きました。県立大学か兵庫県が、利用するのであれば何とかしましょうという事から始まりました。

熊谷 2万トンを超える豪華船ですね。

黒田 そうです、定員は600人なんです。だから、そういう中でとにかく借りる事が出来た。ここまでが1つの山ですね。次に、実際に行うにあたって、もちろん日食を見ていたくという事が主眼になるんですが、5泊6日の間どんな講座を実際に展開するのかということが問題となります。結構専門的な深い知識を持った人々から全くの素の方まで乗っていらっしゃる、正に公開講座というのはそういう色々な方を対象にするのが1つの大きな狙いではあるんですけども、船内で日食を見ていたくにあたって、太陽の話や実際の観測のやり方をつぶさに学んでもらって、実際の日食にあたるという計画を練ったわけです。

これに加えて、せっかく自然・環境科学研究所という所が行うわけですから、自然・環境科学研究所の他の専門の先生方も乗っていただいた。父島の自然を体験していただくのにちょっとプラスになるんじゃないかなという事で、岩石鉱物の関係の専門家と昆虫の専門家にも乗っていただいて、実際に父島に上陸をした時には、そういう先生方の活躍が実はあったわけです。ですから、太陽だけじゃなく、夜は星にもチャレンジしました



し、あらゆる船内の活動を通じて宇宙、天文、身近な太陽、それから実際の父島の地理、あるいは地質、昆虫、植物、そういったもの全てに触れていただくという形で大成功の内に終わったと思っています。

熊谷 有難うございました。ほんとうに大好評でしたね。

黒田 そうですね、我々は当初の計画を全く変更することなく遂行できました。1番条件のいい、とにかく6分39秒あま

り見られる場所を目指して、全く変更が無かったです。残念ながら、他のツアーは、船をお借りしている団体にても少しずつ変更したりして、トカラ列島を目指した船は、最終的には北硫黄島にやってきました。そういう変更があって、大変だったみたいですね。だからまあ完璧にいったのは我々だけだったと思います。

熊谷 先生が乗られた船は、ほんとに予定通りだったようですね。

黒田 ツアーの最後にですね、500人



姫路港出港風景



姫路港を出で行くふじ丸



兵庫県立西はりま天文台公園長  
兵庫県立大学自然・環境科学研究所教授  
**黒田 武彦** (くろだ たけひこ)

<プロフィール>

1946年 兵庫県姫路市生まれ  
1969年 香川大学教育学部卒業  
東北大学理学部天文学科転入  
1971年 東北大学理学部天文学科研究生課程修了  
1972年 大阪市立電気科学館就職  
1989年 兵庫県立西はりま天文台公園天文台長就任  
2002年 兵庫県立西はりま天文台公園長兼天文台長就任  
2004年 兵庫県立大学自然・環境科学研究所教授就任  
2006年 兵庫県立西はりま天文台公園長併任  
(現在に至る)

<専攻>

・天体物理学（星形成領域の小質量星およびダスト）

<学会役員>

・宇宙航空研究開発機構 赤外線位置衛星計画 ワーキンググループ 委員  
・日本天文学会男女共同参画委員会 委員長  
・国立天文台広報委員会 委員  
・国立天文台石垣島天文台 運営委員  
・世界天文年2009日本委員会 委員

<著書>

・「宇宙・銀河・星」(東海大学出版会(共著), 1996)  
・「宇宙を遊ぶ」(かもがわ出版, 1996)  
・「星空散歩」(神戸新聞総合出版センター(共著), 1999)  
・「天文学入門」(岩波ジュニア新書(共著), 2005)  
・『2020年の宇宙学「私たち人間と宇宙』(岩波科学, 2007年9月号)

<受賞等>

・アブラハム・ヴァルデロマル勲章(ペルー・イカ地方政府より2005年3月4日) 望遠鏡寄贈運動について

・姫路文化功労賞(姫路地方文化団体連合協議会より2009年11月29日) 天文学の理解増進と普及、科学と文化、芸術との融合等の実践に対して

<その他>

・国際天文学連合から1999年2月、兵庫県立西はりま天文台公園における活動と天文教育に対する貢献により、小惑星7241に「KURODA」と命名された。



“ふじまる”船上での観測風景

ぐらいの受講生がいらしてたわけですけれども、アンケートも取らせていただいて、その満足度の調査ももちろんしたんですけど、ほとんどの方が、もうとにかく最高の満足度ですね。こんな講座だったら、何回でもやって欲しいっていう、まあそう

取れました。6分39秒、その一番長いところへ船を向けました。

**熊谷** 大嵐にみまわれたような島に行つた人はほんとにお氣の毒でしたね。

**黒田** そうですね、ほんとに気の毒だったなあと思います。日食はいつ起こるか決まってますので、早め早めに準備しないといけない。今回は船でしたけれど、随分と満足をいたいたいた講座でした。

**熊谷** 新聞記事によると、大歓声どころか、感動で泣き出す人もいたと書いてありました。

**黒田** これは、どの日食においてもいらっしゃるんですけども、今回は人数が多いだけに、そういう風に涙を流すだけじゃなくて、ほんとに涙が止まらないというような人も随分見かけましたですね。

**熊谷** そうですか。先生は、今までにも、フィリピンやインドなど、世界中あちらこちらに日食の観測に行っていらっしゃいます。

**黒田** 今回で9回目ですね。

**熊谷** 今までいらっしゃったインドなどに比べても、今回は非常にうまく見えた方ですか。

**黒田** うまく見えましたし、今回は21世紀でも一番長い皆既時間ですので、皆さんに満足していただける十分な時間が

しゃる女性の方も、ほんとは参加したいなあと思われると思うので、是非参加させてあげたいと言いました。しかし公開講座の1つの規定になっていることでダメでした。私は天文学会で男女共同参画の委員をしているものですから、よけいに気になったのですが、ゆくゆくはそういう面でも若い女の方、子どもさん連れの女性に何とか配慮してあげたいなっていう気持ちもありますね。

**熊谷** 小さい子どもは強烈な印象を受けるでしょうからね。

**黒田** そうでしょうね。私自身は太陽そのものの専門家では無いんです。しかし、太陽のふだんは見ることができない姿、つまり月に隠された時に出てくるコロナ、あるいはダイヤモンドリングの見た目での美しさ、それから身体で感じる日食時の気温や明るさの変化など、自分が体験するだけじゃなくて、色々な方に体験して欲しい。やはり自然の驚異といいますか、自然への驚き・不思議さの快感ですね、これは絶対に人々に伝わると思って今回やったんですが、これは、単なるきっかけですので、これをきっかけにして色々な自然に対して目を向けて欲しいなあという気持ちがあります。

**熊谷** そうですね。私もまだ子どもの頃に、家の庭で皆既日食だったか、部分日食だったかは記憶が無いんですが、日食を見た記憶があります。もう何十年も前ですね。

**黒田** 失礼ながら先生がご経験されたものの中には、皆既日食は無かったんですね。46年前の日食といいましても、北海道の網走の日食ですので、多分、部分日食ですね。

**熊谷** もっと前だと思いますよ。まだ私が小学生ぐらいの時ですね。もう半世紀以上も前ですね。

**黒田** それも部分日食の大きなものでしょうね。

**熊谷** 天文学という学術的な事とは離れて、日食というのは、昔から人類にとって非常に不思議な現象だったんでしょうね。天照大神が天の岩戸に隠れて天

下が真っ暗になったとか。

**黒田** あれも日食だったという話がありますね。

**熊谷** ありますね。世の中が3日3晩真っ暗闇になったという神話です。コロンブスが新大陸の探検をしていた時に、ある島に上陸して現地の人と何か争いになった時に、日食が起きたということを知っていたんでしょうか、「言うことをきかなければ太陽が隠れてしまうぞ」というような事を言ったらほんとに日食が始まって、皆彼に従ったというのは、まあ作り話かもわかりませんが。

**黒田** 日本には、例えば平安時代以降、陰陽師がいました。陰陽師は天体観測をしたとか言っていますが、殆んど天体観測はしていないんです。月食や日食のような天体现象の日をいかに言い当てるかっていうのが暦作りの非常に大事なポイントだったんですね。暦は中国から伝わってきたのですが、江戸時代になるまではずっとその陰陽師、つまり安倍晴明はじめまる土御門家が暦を作ってきたんですが、どんどん日食の日などが合わなくなってきた。当時は日食が起つたり、月食が起つたりするのを予報するのは、権力者の権威の象徴みたいなものだったんですね。それがはずれると、権威



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
**熊谷 信昭** (くまがい のぶあき)

1953年大阪大学工学部通信工学科卒業。同大学院特別研究生、カリフォルニア大学電子工学研究所上級研究員などを経て60年大阪大学工学部通信工学科助教授。71年同教授。85年大阪大学総長。91年同大学名誉教授。科学技術会議議員などを歴任し、2004年4月から兵庫県立大学長。

専攻は電磁波工学。工学博士。電子情報通信学会元会長。米国電気電子学会終身名誉員(Life Fellow)。

レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、米国電気電子学会 Third Millennium Medal、日本学士院賞、瑞宝大綬章などを受賞。文化功労者。



ダイヤモンドリング

したので、お詳しいと思いますけれども、大阪は日本の近代天文学の黎明の地だと言われています。ちょうど今の本町4丁目あたりに麻田剛立が先事館という私塾をつくりました。彼は日本で初めて西洋天文学を受け入れた。暦の改善をして欲しいと、江戸幕府から頼まれて、間重富とか高橋至時という弟子が江戸に行つて、改暦をしたのが寛政の改暦なんですね。

### 科学の素は、古代ギリシアから

**熊谷** 日食というのは、現象としては単純ですけれども、日食はこういう理由で起こるんだとか、いつ起こるというような事が、天体の運動の理論や計算からきちっと予測出来るようになったのはいつ頃からですか。

**黒田** 紀元前からです。紀元前に、もうすでに日食の周期というのが、分かっていたんですよ。サロス周期って言うんですけどね。サロスっていうのはバビロニア時代にはもうわかっていて18年ちょっとの周期なんです。

**熊谷** どうして分かるんですか、経験的にですか？

**黒田** 太陽や月の運動は経験的に把握

したのでしょうが、その運動をもとに最小公倍数を求めるといったような計算上知り得た周期ではないかと考えられています。位置天文学などもずいぶん発達しました。これは驚きなんですけれども、そんな昔から18年ごとにほとんど同じ日食が繰り返されるんだっていうことは分かってたんです。これは天文学の重要な成果としては、最初のものかもしれません。

**熊谷** 紀元前からというのは驚きですね。それで太陽がちょうどお月さまの陰に、地上から見れば見かけの大きさが一緒に隠れるという原理もわかつていったんですか。

**黒田** 現代科学というのはほとんど古代ギリシア時代にその素があると言いますか、元があるという風に思っているんですね。

**熊谷** 古代ギリシア時代ですか。

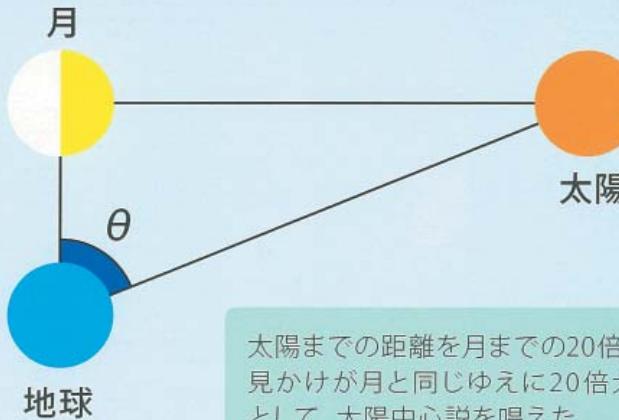
**黒田** 我々は、コペルニクスがいわゆる地動説を言い始めた、と思ってるんですが、実はアリストルコスという古代ギリシア時代の科学者が、もう既に実証的に太陽はものすごく大きいということを観測しているんです。というのは、ちょうど半

月、例えば上弦の月の時に太陽の方向と、この月の張る角度を測定してみると、明らかにこれが90度に近くなるわけですね。月は太陽によって照らされているって

ことは、既にギリシア時代の人は知っていましたので、この半月の時に太陽と月が張る角度を測定してみたところが、ほとんど90度に近い。これは、月から太陽がめちゃくちゃ遠くにあるっていう事を証明してるわけです。見かけの空では太陽と月は同じ大きさに見えますよね。太陽がとても遠くにあるってことは、太陽がめちゃくちゃに大きいことを証明したことになります。ですから、そんなに大きな太陽が、我々の周りを回ってるわけがないという事で、アリストルコスという人が、地動説の原型をギリシア時代に作ってるんです。こういった事は、学校教育の中では教えられていないんです。

**熊谷** そんな昔から、分かっていたんですね。

### アリストルコスによる月と太陽の距離測定



アリストルコス観測概念図

### 天文学へのきっかけ

**熊谷** 先生は、大学を御卒業後、大阪市立の電気科学館に随分長くいらっしゃいましたね。

**黒田** 17年間いました。

**熊谷** 私も、小学生の頃から電気科学館に行くのはほんとうに楽しみで、最上階にプラネタリウムがありました。あのドームが暗くなつて、満天の星空になるのがもう不思議で、今でも忘れられません。先生が、天文学に興味を持たれた動機や、天文学との関わりがどういうきっかけで始まったのかというようなことを伺えますか。

**黒田** きっかけは色々な方から聞かれんんですけど、私が答えられるのは、我々の時代はテレビが無かったものですから、夏の夕涼みがきっかけだと思いますね。夕涼みで綺麗な星を見て、星はなぜ光っているのだろうかとか、あれはどうなっているんだろうかっていう疑問を持ちますよね。おそらく大抵の方は、そこで止まってしまうんでしょうけれども、私の場合、随分変人なもんですから、

**熊谷** (笑)

**黒田** (笑) どんどん追及していくといつ



なゆた望遠鏡によるおうし座かに星雲

ていう気持ちがあったというのがありますね。それともう一つ変人である事の、決定的な証拠と言ったらおかしいんですけども、中学校の修学旅行の時のことです。出来上がったばかりの東京タワーに行きました。するとタワーの展望台におみくじがあつたんです。

**熊谷** どちらの中学校ですか。

**黒田** 姫路です。それで、おみくじも私、変人ですからなかなか信用しませんし、引かないんです。ですが、自動販売機という、当時はまだ珍しいものだったので、飛びつきました。10円硬貨を入れるとカード式のおみくじが出てくるので、それに書いてあったのが信じられないんですけど、「融通のきかぬ変人」だったんです。

**熊谷** (笑) そうですか。

**黒田** これで決定的だと、私はじやあ変人で通そうと思った。

**熊谷** 変人でいこうと思われた。

**黒田** はい、ほんとに笑い話のようで嘘のようなんですけれども、ほんとにそういうカードが出てきて、家に持つて帰ったらその通りだろう、お前は変人だと思ってたけどやっぱりおみくじだってちゃんと証明してるからって言われましてね。まあ変人

を押し通す事にして、誰が何と言おうがやっぱりお星様をちょっと追及してみたいであつて、ここまで来てしまったんですね。だから、変人じゃなければおそらく途中で挫折してると思います。

**熊谷** 学者とか研究者っていうのは変人でないと超一流になれないという説もあるんです。

**黒田** 私はとても超一流じゃないんですけれども。

**熊谷** 天文学者っていうのは、学者、研究者の中でも変人が多い方だと思われますか。

**黒田** そうですねって言つたら他の天文学をやっている人に叱られてしまいますがね。

**熊谷** そいえば、新しい星をアマチュアの人が見つけたというような報道がよくあります。世界中の人が毎晩好きで見ているんですか。

**黒田** 見てますね。特にアマチュアの人たちの情熱と成果は大きいですね。

天文学者でも、星が綺麗、美しいから、そこから天文学に入った人と、先生もご存知のように、物理学を専攻していて、星の世界の謎を解き明かしたいと思って、どちらかというと理論的に入ってきた人

と、天文やってるっていっても2種類に大きく分かれますよね。ですから星座を全く知らない天文学者と星座の事はよく知ってるっていう天文学者と、分かれるようですね。

**熊谷** なるほど。天文学という事になると物性的な面を別にすると、古典力学ですよね。どうも新しい量子力学なんかよりも、私なんかの場合、古い世代なのか、やっぱりニュートン以来の古典力学で支配される現象っていうのに非常に親しみを感じますね。

**黒田** ああそうですね。やっぱり日本の天文学の発達の初期の頃は、天体力学から入ってますからね。でも最近はその宇宙の始まりから、長い歴史を説明しようとすると、量子力学的な問題というのも避けては通れないわけですね。

### 西はりま天文台公園

**熊谷** 先生は現在、兵庫県立大学教授でいらっしゃるとともに、西はりま天文台公園の園長をされていますが、この天文台公園について設立構想の段階から携わり、参画してこられたわけですが、この天文台公園の設立の経緯や天文台長に就任された時の思い出などがございましたらお話しいただけますでしょうか。

**黒田** 天文台そのものの経緯はですね、兵庫県の産業労働部がCSR施設、カルチャー・スポーツ・レクリエーションの施設を造るっていうことで、どういうものがいいだろうかと担当の方が苦労されました。いろいろと考えあぐねているうちに、夜になってしまった。寝転がって思案をしていると、そこに星が輝き始めた。「あつこれだ」と思ったっていうのが天文台を作るきっかけになったらしいんですね。そういうように私は聞いてるんです。天文台を作るという計画が始まって、構想が作られ、その後私が携わり始めたんです。大阪に、変な奴がいる。

**熊谷** (笑)

黒田 ユニークな施設を造りたいっていう考えが当時の兵庫県にはあって普通の人間を雇うよりも、ちょっと変わった人間を雇った方が面白いかもしないということで、話がきたわけです。構想を作る委員に入って欲しいという事で、それがまさか、実際に携わって仕事をするようになるとは思わなかつたんです。大阪市立科学館の構想にも携わっていましたから、委員として、色々なアイデアをお出しすることだけだろうと思ってたんですけど、どんどん深みにはまっていきましたね、とうとう自分が天文台長で行くということになりました。その中でもユニークさは研究も意識したことですね。今までこういう公開をしている施設っていうのはあまり研究というものを意識しなかつたんですね。ですから産業労働部の勤労者のための施設なんですけれども、研究ということを是非大事にして欲しいと申し上げました。

熊谷 なるほど。

黒田 つまり本物を雇って欲しいと、本物の人間が、本物の星空を相手にして、本物を皆さん方にガイド出来る、そういう施設に実際したい。ですから受け売りの知識ではなくて、自分たちが内容を消化をして、ちゃんと研究をやった成果を伝えられるような生涯学習施設がこれから望まれてるっていいますか、我々日本にも必要な、世界の人々にとって必要な施設ではないかという意識で作り上げてきたのが今の施設ですね。

熊谷 西はりまの望遠鏡は一般公開されていて、一般の人が天体を直接目で見る事の出来る望遠鏡としては世界最大と聞いてますからね。貴重な財産ですね。

### 解明される宇宙・未解明の宇宙

熊谷 天文学というのは、私達のような素人から見ると、ほとんどの事がもう全部かかっているみたいに感じますが、新しい研究テーマとか、今後解明していく



なゆた望遠鏡によるりょうけん座の銀河

熊谷 宇宙の始まりですか。

黒田 これまで宇宙論は大抵、理論で解明されてきて、観測的な証明がなかなか出来にくかった。WMAPという宇宙の開闢の頃の温度を正確に測る人工衛星が上がって、100万分の1度っていう細かな温度の測定に成功したんです。そういう宇宙の初期の頃に温度の違いがごくわずかだけれどもあるっていう事は、物質がごくわずかだけれども均等じゃなかった、という事を表している。これまで、均質な宇宙と考えられていたんですけども、ごくわずかに物質にゆらぎがある、

濃度に差があるという事が分かったんですね。

それが今、現在のこういう大規模構造を創ってきた要因になっているというわけです。つまりちょっとだけでも物質が多いと少し重力が強いですから、そこへ物質がどんどんどんどん集まっていて長い年月の間にそこで天体が生まれる。天体がある所とない所の差が出来る訳ですね。現在宇宙の様子を探ってみると泡構造宇宙って言われますように、物質が沢山集中している所とそうでないところ、天体が沢山ある所と空洞になっている所とにわかっています。分かりやすく言いますと、シャボン玉のような物が沢山くつき合ったような構造になっているんですね。シャボン玉の泡、つまり膜面に相当する所に天体が沢山存在している。いわゆるシャボン玉の中、空気が入っている所には、ほとんど物質は存在しない、天体は存在しないという構造になっています。宇宙初期のごくわずかな温度の違い、つまり物質の違いが137億年という長い年月の間に拡大をしていく、今の宇宙の構造が出来上が

るという事が説明出来るようになったんです。これが、WMAPという人工衛星の1つの大きな成果なんです。

その一方で物質の量やエネルギー全体を考えますと、73%がダークエネルギーだということを WMAP が見出した。ダークエネルギーは宇宙を膨張させる力として働いているようなんですが、得体がまだ全然分からぬという存在なんですね。我々が観測している天体というのはその宇宙全体のエネルギーから考えますと、わずか4%の物質なんです。そして23%ぐらいがダークマターで、存在はしているんですが、まだ観測にかかってない、力学的にはそういう物が存在しないと、天体の運動が説明出来ないというダークマターですね。なにせ今申し上げた73%ぐらいのダークエネルギーが宇宙全体のエネルギーのほとんどなんですね。

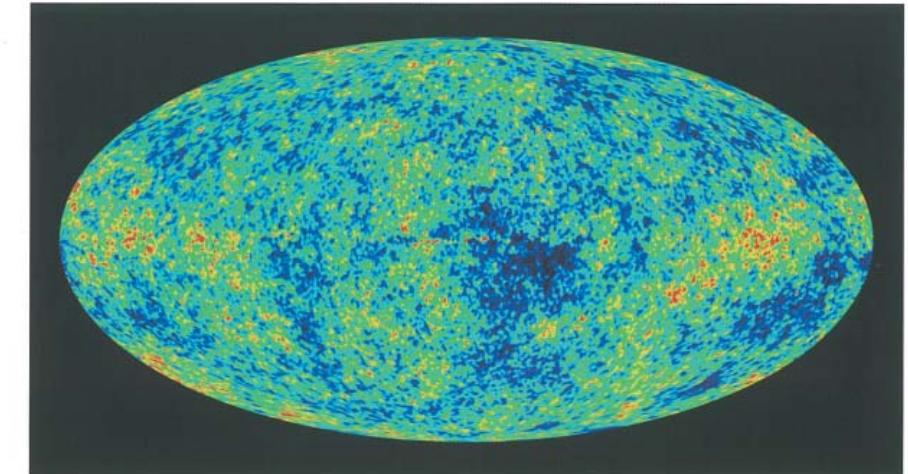
熊谷 なるほど。

黒田 というように、ダークエネルギーの解明っていうのはやっぱり21世紀の一番大きな課題になるでしょうね。

熊谷 そういうのは、何て言えばいいのでしょうか、宇宙科学とでもいべきものであって、いわゆる天文学というと単なる星や太陽などの動きみたいな事しか考えないものですから。

黒田 ああ、なるほど、なるほど。

熊谷 今おっしゃったような意味では、宇宙科学としては、分からぬ事の方がむしろ多いということでしょうね。しかし、私なんかが小さい時から考えていまだに分からぬのは、先生が今おっしゃった137億年前のわずかな温度差から、今のような形になっていくまで、宇宙はどうだったのかということです。宇宙の始ま



WMAP が観測した宇宙初期の温度のゆらぎ地図 (NASA)

りっていうのは、そもそもどんなものだったのかということがいま分からぬ。

黒田 分からないですね。

熊谷 先生でもやはり分からぬ?

黒田 正直なところ分からぬですね。

熊谷 宇宙はどんどん広がっていくといふけれども、では、その宇宙の端といふのはあるのか、その先はどうなっているんだ、というようにね・・・。いくつになつても、考えても考えてもいま分からぬ。

黒田 そうですね。確かに、宇宙論をやってる人の回答はですね、分からぬものは分からぬんだ(笑)という答えですね。というのは物質に溢れているところ、つまり物理法則が適用されるようなところが宇宙であって、それ以外は空間でも宇宙でも何でもない。

熊谷 やあ、何なんですかねえ。やっぱり宇宙空間という以上、宇宙という空間があつて、その端はどこまでどうなつてているのか、そしてその空間の外側はど

うなつてているんだとかいうような疑問がどうしても出でますね。

黒田 現在のところ宇宙がどこまで続いているかっていう事すら分からぬんです。ただ観測が出来るエリアは決まっています。

熊谷 それはそうでしょうね。

黒田 観測が出来るエリアっていうのは光速いわゆる光の速度で遠ざかっていく所ですね、ここがまあ宇宙の地平線となつてしまつて、そこまでしか我々は情報が得られません。

熊谷 基本的、根本的な、新しい概念・考え方っていうものが、将来出てくるかも分かりませぬ。

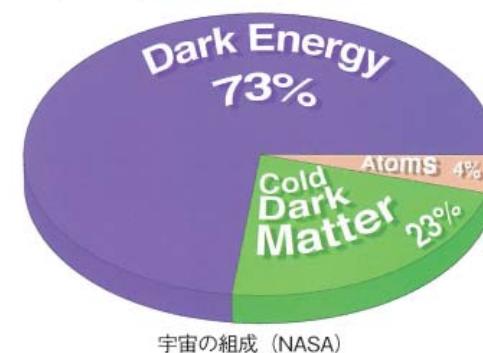
黒田 それはあるでしょうね。いくつか、そういう仮説はあるんですけども、観測が出来ないですから証明が出来ない。

熊谷 科学的、客観的な証明が出来ないわけですね。

黒田 なかなか、こうだつていう確立したものにならないんですね。ひも理論ありますとか、統一理論あります。宇宙は、最初はひもの様な状態であったとか、いろんな力を全部統一した場で説明しようしたり、一杯あるんですけども、たゞすべてが証明が出来るわけではないんですね。

熊谷 ひも理論といつても、「ひもの空間は何だ」っていうことになりますよね。それが分からぬ。

黒田 そうですね



## 世界天文年とガリレオ・ガリレイ

熊谷 世界天文年とガリレオとの関係について、お伺いしたいと思いますけれども、ガリレオが望遠鏡で宇宙を観測した最初の人物ではないということですが…

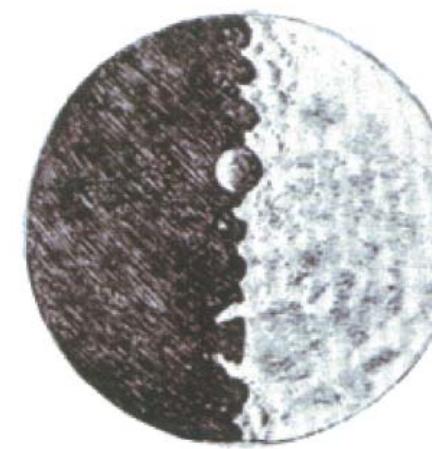
黒田 まあ、これの大変な所は、ガリレオが最初でなかったんですよ、と言う事が大事な事ではなくて、ガリレオがやった事自体は非常に大事な事です。近代科学の手法を、彼自身が使い始めましたので。ガリレオの前に、実際 1609 年にハリオットというイギリスの科学者が望遠鏡で初めて月を観測しているんです。月をスケッチで残してあるんですけども、ただ残ってるだけでガリレオのようにいわゆる考察をしてないんです。科学のやり方っていうのは、例えば観測をして、その観測の結果をまとめて、考察をして、結論を導くというところまでやらないといけないんですけれども。ガリレオは正に、その近代科学のそういう手法をやったんですね。だから実証科学というものを、確立したという点で非常に素晴らしい。

熊谷 なるほどね。そういう意味で、本来のサイエンスとして宇宙、天体を見るという事を始めた創始者という意味で、ガリレオが重要なんですね。

黒田 そうですね。彼はその実証科学っていうものをほんとに人々に、伝えるっていう役割を果たしましたよね。本を、苦労



ガリレオ望遠鏡



ガリレオによる月のスケッチ(『星界の報告』岩波文庫)

しながら書いた。例えば、「星界の報告」とか「新科学対話」とか「天文対話」とかそういう本を出しています。彼は自分が観測した事を温存するんじゃなくって、人々に実はこうなんですよっていう事を、広めたっていう意味でも、いわゆる、普及をするっていうタイプの人としても非常に大きな役割を果たしていますね。

黒田 いやあ、私もそう思いますね。ですから例えば、先ほど古代ギリシアの話を少し出しましたけれども、古代ギリシア時代というのは記述の時代で、我々の地球上から見た星の位置、星の動き、こういったものを正確に記述していくから今の新しい科学の発展が生まれたわけです。そういう記述の中でアリストクラスのように「あつ太陽の方が大きいんだ」というような事に気が付くというような観察も勿論行っているんです。そこで、空にちりばめられた星が動いてるって事を知っていく。ちゃんと記述して正しく伝えしていくことが、非常に大きな科学の礎になってるはずなんですね。先生がおっしゃるようにこれを間違っていたというふうに言ってしまうとよくないと思うんですね。

熊谷 だから月の上に、もし生物が住んでいたとしたら、その月面上にいる生物から見れば、月の周りを地球が回ってるわけですね。

黒田 そういう考え方をした方が、物

事が理解しやすい場合が勿論あるわけです。ですから一概に地球が回ってるんだっていう事だけを一生懸命訴えて、逆に空間的な運動そのものが混乱してしまうっていうことが、子どもたちの知的レベルも含めてですが、あると思います。視点の移動というのがどのレベルで可能になるのかよくわかりませんが、今の子どもたちは、情報過多の中で生活をしていますから、地球が太陽の周りを回ってるって事は知識として知ってるわけです。しかし学校ではそれを教えないわけですね。こういう教育の中でのアンバランスと言いますか、子どもの知的レベルからしても十分教えても大丈夫な内容なのに教えないというようなことも一杯あるわけですね。ですから、子どもたちの興味開

心というものと実態との間にずれが出来てしまっているのが今の教育現場ではないかなと思いますね。

熊谷 おっしゃる通りなんですよ。地球の磁気にも、地理上の北極(N極)に磁気としてのS極があるので、磁石のN極は北を向くのだという教え方は、実は本当は正確ではない。有名な地球物理学者の力武常次先生もおっしゃっていますが、地球の北極と南極に、それぞれ磁気のS極とN極があるのは、現在そうだというだけで、今までに何回も入れ替わってるんだという事が実証されているのだそうです。だから、なぜ磁石は北を向くかっていうのは、今はそうなってるだけだという風に、ほんとは教えないといけない。そうすると、それはなぜだ、なぜ地球の磁極が入れ替わったのか、今までに何回ぐらい入れ替わっているんだろうか、そもそも地球が磁石になっているのはなぜなのだろう、というような疑問や興味が出てくる。そういう理科の教え方を本來しないといけないと思います。

黒田 そうですよね。僕は天文学の分野なんですが、いま先生のおっしゃった、いわゆる地磁気的なアプローチの仕方は面白いんですよね。岩石を調べるとその地磁気の逆転が分かるわけですから。

熊谷 そうらしいですね。地球以外の天体でも地球の地磁気のような磁性を持つている星はありますか。

黒田 持っている星は沢山あります。

例え

えば木星なんかは強い磁石を持ってますからオーロラが出来るんですね。太陽の

プラズマが入ってきて、オーロラがちゃんと出来ます。土星もそうですね。

熊谷 太陽や月は無いんですか。

黒田 太陽もあります。太陽の黒点の発生原因は強い磁力、磁場の存在によります。

熊谷 磁気を持つ天体と持たない天体との間の何か特徴的な違いというものはあるんですか。

黒田 特徴的なものは、内部の構造

に起因していると言われています。

地球などはダイナモ理論で説明されていますが、マントルのような流動体と核の存在が原因だそうですね。まだ未解明の部分があるようですが…

## ペルーに望遠鏡を贈ろう！

熊谷 兵庫県立大学では、大学の持っている色々な知識を市民の皆さんにお伝えするという社会貢献の一つとして、「知の創造」シリーズフォーラム」という公開講演会を大学の主催でやっています。先生には、その第一回の講演を、大学が発足してすぐ翌年の平成 17 年にお願いしました。

黒田 そうですね。

熊谷 「宇宙の果てを夢見よう」というテーマで、これが非常に好評で、お蔭でこのフォーラムはその後もずっと続いている。

先生は兵庫県立大学教授も併

任していただいているが、兵庫県立大学やひょうご科学技術協会に対して、



ペルーで教育天文台の起工式



ペルー国立地球物理研究所訪問（中央が石塚 瞳氏）

リストがそれを狙ったかって言いますと、天文学の場合、観測に暗視スコープ、赤外線スコープをよく使うんですから、それをよこせと、つまり夜間の活動のためには、テロリストはああいうものが必要です。ところがそれを渡さなかつたので、命まで狙われるっていう不運にみまわれたんです。僕はそういう話は、伝説の話だと思っていたんです。石塚陸さんは1957年に渡られて、今はもういらっしゃらないと実際思ってたんですね。ところが石塚さんのご子息が日本に留学されて、鹿児島大学と東大で天文学の勉強をなさつていて・・・

熊谷 石塚先生は、ずっとペルーにおられたんですか。

黒田 はい、今でもいらっしゃるんですが、その話を息子さんからお聞きした。僕は浪花節みたいな人間ですから、これは何とかしなければと思いました。せっかく造られた観測所が潰れてしましましたが、今も石塚先生は、何とかペルーに天文学を根付かせたいという想いでいらっしゃいます。我々の方でお手伝いをということで、募金活動を始めて、千数百万円ほどお金が集まりました。それで望遠鏡を造っているという状況です。

熊谷 お話を聞いてわかりました。なぜ日本の町や村の子どもに贈るのではなくて、ペルーに贈るのかなあと思っていました。

黒田 もう日本には結構沢山ありますか

ら。ペルーと日本とは随分縁が深いです。今回の日食観測の船にも、ペルーから石塚さんをご招待して乗ってもらいました。太陽の専門家ですから随分喜ばれました。太陽の専門家ですけれど、日食は初めてだったんです。

熊谷 そうですか、先生は、浪花節の天文学者ですね。

黒田 (笑)

熊谷 大学というところは、やっぱり変人とか、野蛮人とかが大勢いるところなんですね。

黒田 先生、僕は野蛮人ではないですよ。(笑)

熊谷 野蛮人ではないけどね。(笑)

黒田 まあ変人は変人ですよね。

熊谷 誰がなんと言っても頑張るという意味での変人とか、そういう人がいないと、本当の意味での創造力のある大学にはならないんですね。大阪大学の初代総長の長岡半太郎という人は世界的な物理学者で、文化勲章の第一回、第一号の受章者で、日本学士院の院長なども務めた人ですが、この長岡半太郎先生が「大学とは珍奇なる動物を多数飼つておる所である」と言っています。この頃、段々、「珍奇なる動物」が減つていっていますが、大学にはやっぱり「珍奇なる動物」もないといけない。

黒田 (笑)

熊谷 僕もそうですが(笑)。大学には何かご意見はございますか。

### 天文学を学ぶ人材の養成

黒田 大学の方ですが、私どもは現在、自然・環境科学研究所という附置研究所の形で大学に参画させていただいてます。この兵庫県立大学、非常にユニークな活動が随分全国に知れ渡っていると思うんです。そこで、天文とか宇宙とかという分野でも、何とか私自身も大きな貢献をしたいなあと思っています。私自身はあまり定年まで時間が無いんですけども、2mという大きな望遠鏡を生かし、もっともといい人材に来ていただいて、ゆくゆくは専門職大学院的なものが出来ればいいなあと思っています。なぜかと申しますと、日本は世界に自慢が出来るぐらい、実は科学館、博物館やいわゆるプラネタリウム、公開天文台等の数が多いんです。特に天文の分野で多いんです。

熊谷 世界的にみても日本は多いですか。

黒田 世界的に多いです。例えばプラネタリウムの施設だけとて見ても300ぐらい国内にあります。公開天文台でも300ぐらいあります。オーバーラップしてるものを取り除いても500ぐらい、そういう施設があるわけですね。ところが、これらの施設で勤めていらっしゃる方々のほとんどがアマチュアの方で、市民から少し込み入った質問を受けたりすると答えら

れないことが多いんですね。こういう事が現実に起こっているのは、天文の分野だけなんです。ですから専門家を輩出する、いわゆる大学院というのは沢山あるんですが、専門家ではあるんだけれども、市民と対話する専門家、いわゆるサイエンスコミュニケーターの高度な人材を、専門職大学院的なものを作つて、そこで養成したいですね。そういう事が出来る大学院というのがあってもいいんじゃないかなと思います。需要と供給のバランスもきっちりいくんだろうと思っています。

熊谷 それはいい事を伺いました。そういう専門職大学院は外国にはござりますか。

黒田 無いですね。今のところ無いですね。ですから、これを、いち早く兵庫県に作れば、すごくユニークな喜ばれる、大学院になるだろうと思います。先生にご協力いただいて、方向性を定めていただいたらと思います。

熊谷 なるほど、それは大変いいご意見をうかがいました。是非検討させていただきましょう。

### 宇宙は私たちのふるさと

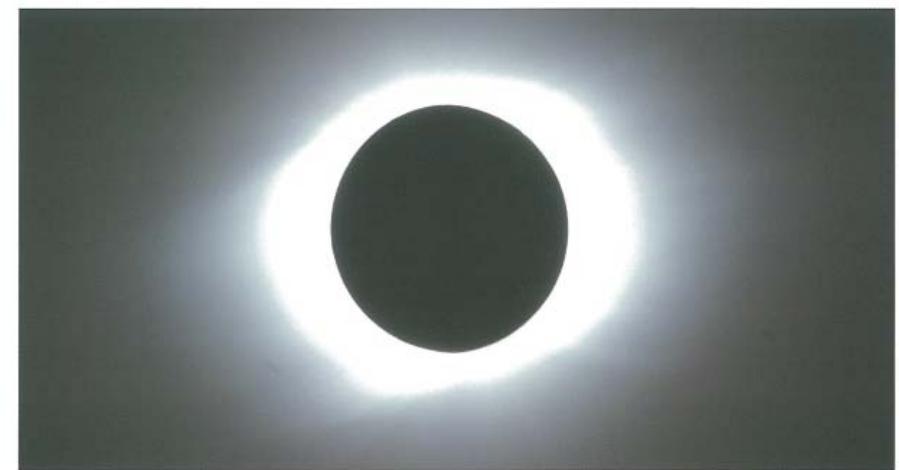
熊谷 天文学や宇宙科学と言うと、実社会とか日常の人間生活からあまりにも離れていて、あまり身近なものに感じないという人もいますね。

黒田 宇宙っていうのは、一番人の役に立つんですよってことを僕は、本当に訴えたいですね。

熊谷 そうですね、我々は宇宙にいるんですからね。

黒田 ほんとうは身近なんですよ。我々の体の材料は、全部星がつくったものなんですよって言うこと、これが、正に天文学を学ぶ一番大事な視点なんですね。

熊谷 先生は、「宇宙は私たちのふるさと」ということをよくおっしゃる。宇宙を知る事は人間を理解する事だつていうのが



皆既日食広がるコロナ

先生のご説ですが、宇宙は人間と何の関係があるのかと言う人もいるでしょうから、宇宙と人間との関わりについてお話しをいただけますでしょうか。

黒田 無いですね。今のところ無いですね。ですから、これを、いち早く兵庫県に作れば、すごくユニークな喜ばれる、大学院になるだろうと思います。先生にご協力いただいて、方向性を定めていただいたらと思います。

熊谷 なるほど、それは大変いいご意見をうかがいました。是非検討させていただきましょう。

熊谷 天文学や宇宙科学と言うと、実社会とか日常の人間生活からあまりにも離れていて、あまり身近なものに感じないという人もいますね。

黒田 宇宙っていうのは、一番人の役に立つんですよってことを僕は、本当に訴えたいですね。

熊谷 そうですね、我々は宇宙にいるんですからね。

黒田 ほんとうは身近なんですよ。我々の体の材料は、全部星がつくったものなんですよって言うこと、これが、正に天文学を学ぶ一番大事な視点なんですね。

熊谷 先生は、「宇宙は私たちのふるさと」ということをよくおっしゃる。宇宙を知る事は人間を理解する事だつていうのが

熊谷 なるほど。私たち自身の起源を知るという事ですからね。

黒田 だから、もう少し天文学者そのものが、天文学の有意性を訴えればいいと思うんですが、意外と訴えないんです。科学者っていうものは、そんな利益を求めて研究しているんじゃないんだと言う。それは利益とは言わないし、学問の有意性はやっぱりどんどん言った方が良いのじゃないかと思うんですけど(笑)

熊谷 今度の日食で随分と関心は深まっていると思いますけれども、宇宙と人間の関わりについて、もっと理解が深まればいいと思いますね。日食の眺めといふのは、非常に素晴らしい、不思議な眺めなんでしょうね。

黒田 先生にも乗つていただければ良かったですね。

熊谷 そうですねえ、私は飛行機は嫌いだけど船は好きですからね。僕の旧制高校時代の友人も、ご夫妻でこの船に乗られて、先生の公開講座を聴いて学長名の修了証書をもらい、「あなたから修了証書もらうとは」と言って(笑)、喜んでくれましたしね。

黒田 皆さん喜んで持ち帰つていただきました。

熊谷 本日は、大変お忙しい中を貴重なお時間をお割り下さり、興味溢れる面白いお話を沢山お聞かせいただきまして本当にありがとうございました。

(この対談は平成21年7月30日に行いました。)



締めくくりの言葉を述べる黒田園長



船長から記念品を受けとる黒田園長

# 人と自然 －ランドスケープ の共生 －デザインの新展開－

## ●対談者

兵庫県立大学大学院  
緑環境景観マネジメント研究科  
科長

**中瀬 熊氏**

財ひょうご科学技術協会  
理事長  
**熊谷 信昭氏**

熊谷 今年（2010年）は、国連が定めた「国際生物多様性年」です。多様な生き物やその生息環境を守り、その恵みを将来にわたって利用するために結ばれた生物多様性条約の第10回締約国会議（COP10）が10月に名古屋で開催され、生物多様性に関する新たな取り組みや国際的な枠組みの策定等について議論されます。そこで、今回は、兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科長で人と自然の博物館副館長の中瀬勲先生をお招きし、「国際生物多様性年」に関する話題や、同大学院及び博物館等での活動状況をはじめ、先生ご自身の研究活動、これからの人と自然の関わり方等について幅広くお話ししていただきます。

実践、体験型の造園学・景観計画の  
研究へのきっかけ

熊谷 先生のご専門は、造園学・景観計画のことですが、先生がそういう分野を専攻されたきっかけはどういうことからだったのでしょうか。



助手になりたての頃の中瀬氏（1972年）



中瀬氏の恩師の久保貞先生（1970年）

生が、アメリカ流のランドスケープ（注1）の研究と実践をされており、現実にアメリカで幾つかの日本庭園などをつくれられました。その研究室では、都市デザインやランドスケープデザインなどの勉強をしていました。そこで、学部の後半から大学院にかけていろんな研究や実践をしていましたが、その頃は教科書が殆どなくて、唯一ランドスケープアーキテクチャー（注2）という本がありまして、それも我々学生も一緒に翻訳をさせてもらったのです。今から思いますと、その本を翻訳しながら勉強していたのですね。

熊谷 アメリカ人が英語で書いた本で本物の勉強ができたんですね。

中瀬 はい。久保先生の下で教科書なしの実践から教えていただいている感じの研究室でした。その頃に、1970年だっ



たと思いますが、カリフォルニア大学のバークレー校の教授で、造園家でランドスケープアーキテクトのガレット・エクボ先生が、大阪府立大学に客員教授として

招聘されました。私が4年生の時だったと思いますが、大学の講義で、バークレー校の教授が英語で我々に講義をしていただきまして、それがすごい刺激に



カリフォルニア大学・バークレー校キャンパス（1976年）





兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科長  
兵庫県立淡路景観芸術校長  
兵庫県立人との自然の博物館副館長  
兵庫県立丹波の森公苑長

**中瀬 勲** (なかせ いさお)

<プロフィール>  
 1948年 大阪府高槻市生まれ  
 1970年 大阪府立大学農学部農業工学科卒業  
 1972年 大阪府立大学大学院農学研究科農業工学専攻修士課程修了  
 大阪府立大学農学部助手  
 1980年 大阪府立大学農学部講師  
 1986年 大阪府立大学農学部助教授  
 1990年 兵庫県教育委員会事務局社会教育・文化財課主任指導主事  
 1992年 兵庫県立姫路工業大学自然・環境科学研究所教授  
 兵庫県立人と自然の博物館環境計画研究部長兼務  
 2000年 兵庫県立人と自然の博物館副館長兼務  
 2004年 兵庫県立大学自然・環境科学研究部教授  
 2005年 兵庫県立丹波の森公苑長兼務  
 2009年 兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科長  
 兵庫県立淡路景観芸術校長  
 (現在に至る)

<専攻>  
 ・造園学、景観計画、まちづくり  
 <学会役員>  
 ・日本造園学会 学会長  
 ・人間・植物関係学会 副会長  
 ・環境情報科学センター 評議員  
 ・日本都市計画学会 学術研究発表(一般研究)論文審査部会 委員  
 ・日本農学会 評議員

<著書>  
 ・「景観計画」(鹿島出版会、1977年[共訳])  
 ・「山河計画『景』」(思考社、1985年[共著])  
 ・「都市デザインの手法」(学芸出版社、1990年[共著])  
 ・「アメリカン・ランドスケープの思想」(鹿島出版会、1991年[共著])  
 ・「もり・人・まちづくり」(学芸出版社、1993年[共編著])  
 ・「環境をまもり育てる技術:自治体・地域の環境戦略」(ぎょうせい、1994年[共著])  
 ・「子どものための遊び環境」(鹿島出版会、1995年[共訳])  
 ・「緑空間のユニバーサル・デザイン」(鹿島出版会、1998年[共著])  
 ・「みどりのコミュニティデザイン」(学芸出版社、2002年[共編著])  
 ・「地域創造へのアプローチ」(IBCコーポレーション、2003年[共監著])  
 ・「伝えよう1・17の教訓」(神戸新聞総合出版センター、2005年[共著])など多数  
 <受賞等>  
 ・日本造園学会賞(日本造園学会、1980年)  
 ・兵庫県科学賞(兵庫県、2006年)など



臨海部工場跡地を公園に整備したガスワークパーク(シアトル)

なりました。その頃の経験、体験が以降の研究、教育、実践に大きく影響していると思います。その先生には、亡くなられる最近まで師事させていただきました。久保先生がおられたお陰で、ランドスケープに出会い、エクボ先生をはじめ、世界中のランドスケープに携わっている人と繋がっているものと感謝しています。

熊谷 私もバークレー校で研究生活をしていましたが、エレクトロニクスの分野だったんで、そういう分野の先生がおられることは全然知りませんでした。

中瀬 やっぱりバークレー校のキャンパスの美しいのはそういう先生方がおられたからだと思います。教育しながら実践されていましたのですね。

熊谷 そうですね、キャンパスの手入れも一生懸命やってましたし、本当に公園みたいに綺麗なキャンパスでした。

中瀬 アメリカでは、随分前に工学部と

農学部の統合をやってるんですよ。バークレー校は、ランドスケープ、建築、都市計画とアート、この4つの学科が一緒にになって環境デザイン学部、カレッジオブエンバイロンメンタルデザイン(注3)をすでに1960年当初からやっています。

そこで私も久保先生のお陰で、ちょうど建国200年の1976年に行かしていただきました。

熊谷 まさに、まちづくり、都市づくり、景観づくりのお手本のようなものですね。

中瀬 当時、アメリカは景気が良い頃で、教科書に出てくる広場や都市のデザインとか、その現場でいろんなものを実際に見て、自分で体験してきたことが、今の肥やしになっていると思います。

熊谷 なるほど。バークレー校のキャンパスだけではなくて、すぐ隣のオーケランドのまちやサンフランシスコのまちなど本当にどこも綺麗でしたね。

中瀬 ベイエリア一帯は、教科書になるような有名な作家の作品が一杯ありました。

熊谷 スタンフォード大学のあるバラアルトの辺りも本当に綺麗ですし、もう少し南に行くと、海岸沿いにサンタクルツやモンテレー、ペブルビーチやスリーマイルストライブなど素晴らしい景観の所がたくさんあります。欧米の国々は綺麗なまち、綺麗な環境をつくるために随分前から研究をしたり、実践したりしていたんですね。考え方や感性もあるんでしょうが、やっぱり余裕がないと高度な文化は生まれないと思いますね。

中瀬 そう、元々の伝統もあったんでしょうね。

熊谷 日本も最近やっとそういう綺麗なまち、美しいまちづくりという意識ができてきましたけれども、昔ながらの田舎の方の自然の美しい景観は別として、まちや都市の景観というのはまだまだのような気がしますね。

中瀬 問がないと言いますか、隙間がちょっとなさ過ぎますね。私たちは英語のオープンスペースを緑地と訳しているのですが、一般には空地と訳されています。これも問題だと思います。

熊谷 先生は久保先生に出会う前から花とかが好きだったんですか。

中瀬 私の祖父が国鉄の職員だったんですが、退職後、生け花の先生もやつてました。我が家でやってました生け花教室を横で見ていたのもありますね。まだ子供の頃で、今から思うとそれもかなりのきっかけになっていますね。

熊谷 先生は、美しい庭を作るというだけの分野にとどまらず、駅前広場のデザインや日本庭園の設計、それから緑地・河川の景観の計画、広域観光レクリエーション等々、非常に幅広く、都市や地域の建設計画に携わり、景観の計画とか、まちづくりに大きく貢献してこられたわけですが、今までの研究活動で特に苦労されたことや印象に残っている思い出とかがありましたらお聞かせ下さい。

中瀬 今、ご指摘いただきました全てのプロジェクトが、今でいう产学協同なんです。当時、世の中にコンサルタントという職の方が非常に少なかったので、新しいプロジェクトは、大学の研究室に委託されてきてたんです。

熊谷 なるほど、そうなんですか。

中瀬 それを久保先生の研究室で受けられて、我々に回ってきました。よく考えてみると前例のないプロジェクトを大学に頼んでくるんです。毎年2つか3つの受託があったんですが、それをどう展開するのかを皆で議論しながら実践に持つて行くっていうのは苦しみであり、すごい楽しみでしたね。今から思えば、前例のない仕事を我々がバイオニアになり、実践させていただいた、そんな気持ちでしたね。

熊谷 先生の研究活動に大きな影響を与えた久保先生のことをもう少しお聞かせください。

中瀬 久保先生は北海道大学で宮部金吾先生に教わられたそうです。あと植物学もなされていた新渡戸稻造先生に師事されたと聞いています。新渡戸先生、



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長

**熊谷 信昭** (くまがい のぶあき)

1953年大阪大学工学部通信工学科卒業。リフォルニア大学(バークレー)電子工学研究所上席研究員などを経て、60年大阪大学工学部通信工学科助教授。71年同教授。85年大阪大学総長。92年原子力安全システム研究所社長。2004年兵庫県立大学長。2010年から国際電気通信基礎技術研究所会長。

専攻は電磁波工学。工学博士。電子情報通信学会元会長。米国電気電子学会 Life Fellow。科学技術会議(現総合科学技術会議)議員などを歴任。現在兵庫県科学技術会議会長。

レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、米国電気電子学会 Third Millennium Medal、日本学士院賞、瑞宝大綬章などを受賞。文化功労者。

宮部先生たちから久保先生が、環境や造園に関わる考えを受け継がれたそうですね。久保先生は北海道大学でユリの研究をされていたんですが、ユリの研究では飽きたらず、京都大学で造園の勉強をされたんですね。日本の伝統的な造園と、アメリカ流の非常にモダンなランドスケープを融合されたのが久保先生ですね。

熊谷 そうですか。最近でこそ、日本の大学でもキャンパスを綺麗にしようというような風潮が出てきましたけれども、一昔前は欧米の大学のキャンパスに比べたら、お粗末なものでした。ただその中で、北海道大学のキャンパスだけは違いましたね。本当に綺麗なキャンパスで札幌に

旅行した人がその観光先に大学を選んだくらいですからね。

中瀬 ちょうどその頃は、各大学に大型計算機センターが出来た頃でした。我々の分野も、数値解析をするようにとの事で、私は数学が大嫌いでしたが、そのプログラムを作るために数学を勉強していました。かつて学会では多変量解析の鬼と言われていたのですが、そのプログラムを自分達で作りながら研究を進めたことが大変記憶に残ってますね。

### マネジメントの時代を切り拓く 緑環境景観マネジメント研究科

熊谷 緑環境景観マネジメント研究科の大学院設置については、当時私も兵庫県立大学の学長をしていた関係で設置

準備の段階から関係があったわけですが、先生とは文部科学省の大学設置・学校法人審議会のヒヤリングなどにも一緒に行ったりして大変お世話になりました。この研究科の機能や特色、また教育・研究活動やその後の状況などについてはいかがでしょうか。

中瀬 はい、6割から7割が演習や実技で、それと座学を3割から4割ということで順調に今進んでおります。基本的には3つの方向で、計画・設計・管理運営それから植物材料ですね、そういったところをしっかりと今動いているところです。1期生や2期生は、結構元気者が入ってくれまして、出身大学を見るとランドスケープ以外の分野の学生が、例えば経営、建築やデザインをやってきた学生が入ってきたりして、最初の大学院

設置の意図どおりに色々なバックグラウンドを持ったユニークな学生がランドスケープに取り組んでいます。

熊谷 それは理想的ですね。

中瀬 結構そういう学生間のコミュニケーションもありますし、色々なバックグラウンドを持った学生が、そのバックグラウンドとランドスケープを上手く融合して、研究から実践に動いているということでは、1期生の論文づくりを見てましたら当初の意図どおりに向かってきましたね。

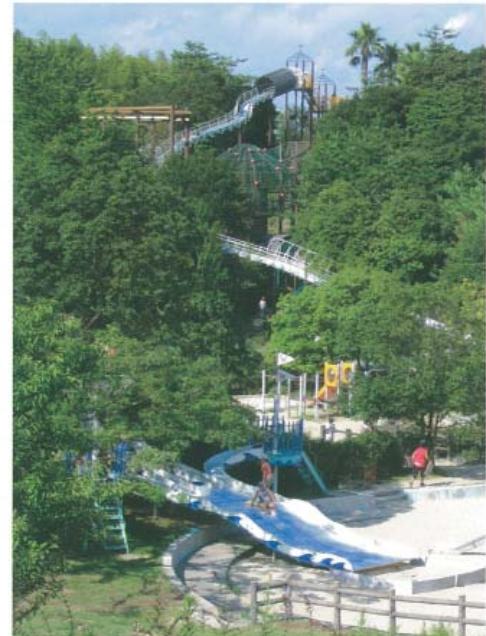
熊谷 非常にいいですね。キャンパスは、先生が校長をしておられて、NHKの朝の連続テレビ小説「わかば」の舞台にもなった淡路景観園芸学校にあります、そのキャンパスの庭や建物はドラマの舞台にも使われていたとても綺麗な学校ですが、あの学校と大学院との関



兵庫県立大学淡路キャンパス・兵庫県立淡路景観園芸学校の全景



淡路花さじき



淡路島公園

係はどう説明すればいいですか。

中瀬 元々、淡路景観園芸学校の専科の2年のコースが大学院の母体になっているんです。

熊谷 本当に綺麗な学校ですね。私が兵庫県立大学の学長の時に、マスコミの方々に県立大学を見て頂いて、ご意見や提言を頂けたらという趣旨で定期的な懇談会をやることにしまして、第1回目を出来たばかりの淡路の大学院でやつたんですが、大勢のマスコミの方々が来られて、キャンパスや建物、庭や設備の美しさにびっくりしておられました。すぐ近くには県立の公園などもありますね。

中瀬 淡路花さじきや県立淡路島公園ですね。

熊谷 あそこも綺麗ですね、あの辺りは本当に素晴らしい環境ですよ。

中瀬 実はあの淡路景観園芸学校の構想委員会というのが阪神淡路大震災

直後出来たんですよ。当時、現在の「人と自然の博物館」館長の岩槻先生が委員長で、私は造園サイドの委員で関わっていました。その頃キャンパスをどこに作るかとか、どういうデザインにするかとか、喧々諤々でかなり議論をしました。

岩槻先生が造園と園芸を上手く融合させるという立場で委員長をされてたのですが、その後まさか人と自然の博物館の館長で来られるとは思っておりませんでしたから、好き勝手なこと言ってました。(笑)

熊谷 私も本当に美しい国やまちにしたい、大学も綺麗なキャンパスにしたいとい

う気持ちはずっと持っていたんです。先生が研究科長をしておられる大学院の緑環境景観マネジメント研究科ですが、研究するだけではなくて、緑環境や景観のマネジメントを教育することが大事ですね。学術的な基礎も必要ですし、芸術・

アート・感性なども非常に大切なんですが、それに加えてマネジメントしていく経営・管理の能力も大事で、まさにそれを目指しておられるわけで、本当に素晴らしい研究科だと思います。

中瀬 今は千葉大学と東京農業大学が学科持っていますが、専門職大学院は淡路だけなんです。

熊谷 国内では数少ない貴重な大学院なんですね。こういうものが兵庫県にあるのを誇りに思うですが、子どもたちにもそういう環境の教育とか、自然の保護とか景観への感性を持つてもらうような教育や学習は大事ですね。

中瀬 兵庫県では、「環境学習ポツ(・)教育」と言ってくれてるんです。それを検討する委員会に入れて頂いたんですが、最初委員会の名前が「環境教育の推進に関する委員会」だったんですが、集まったメンバーが結構実践をやっ



大学院での講義

てる人たちで、環境に関しては教え育てるだけではなく、ラーニング（学習）の世界をもっと大事にしようという意見がありました。そういうことで、最初の委員会は、その名前に関する議論を中心にやってましたね。

熊谷 でも大事なことです。

中瀬 その結果、「環境教育ポツ（・）学習」というのに変えていただいたんです。その時議論していたのが、環境に関しては教えられるだけではなくて自ら学び体験して目的に進むべきだという議論を結構やった記憶がありますね。

熊谷 なるほど。

中瀬 兵庫県の場合はその辺をかなり取り入れていただきまして、要は幼稚園や保育所の環境体験事業や小学校の自然体験・自然学校は、そういう意味で是非つくりたいと思っています。

は結構学校教育の中でも取り込んでおられます。また、博物館をやっていますとやはり今一番気になるのは一緒に子どもたちとラーニングをする時に介添えするのにどんな人材が必要かをいつも考えます。でも、日本はまだその職は希薄です。

外国では、パークリーダー、プレリーダーやパークコーディネーターとか言われています。アメリカの公園課の名前がパークアンドレクレーションやパークアンドウェルフェアとか言ってます。要はハード部門とソフト部門の統合された組織です。

その公園を造ってもそれをどう有効に使っていくのがその組織です。そういう

意味では、環境学習を推進するのに、その現場へ連れて行き、そこで誰がどのように彼らの学習を支えるかという人材を

もうそのままマネジメントという言葉

熊谷 なるほど。大学院の名称も「緑環境景観専門職大学院」ではなくて、それに「マネジメント」が加えられているところに多分、先生のお考えが入っているのだと思いますが、このマネジメントを入れると入れないとでは随分違ってきます

ね。子どもの教育なども広い意味でのマネジメントに入るわけですね。

中瀬 いつも私残念に思ってましたが、英語ではマネジメントなんですが日本語に翻訳すると管理という事ですね。今私は一生懸命「運営」や「経営」って翻訳しようとしてるんです。

熊谷 「運営」とか「経営」というのは良い言葉なんですがね。

中瀬 その概念がどうも翻訳した時点で崩れてしまいます。

熊谷 もうそのままマネジメントという言葉

を使う方がいいかもわかりませんね。

## 環境と生物多様性

熊谷 人と自然の共生や、自然に優しいとか、生物多様性とか、環境問題とかが最近話題になっていますが、緑環境景観マネジメントは広い意味では関係しているんでしょうね。

中瀬 そうですね。そういう意味では、今年10月に名古屋で第10回生物多様性条約締約国会議（COP10）が開催されます。それでNPOやボランティアが集まって、その周辺で会議と並行して色々なイベントをするんですが、それに淡路からも教員や学生も参加に向けて準備しています。それと我々、今まで生物多様性を言葉には出していなかったんですが、すでに生物多様性を意識した計画やデザインとかは個別にはやっていたんです。

それをこれからどう総合化していくのか、そういう時代に来たかなっていう感じです。

熊谷 人と自然の共生といえば、京都の鹿ヶ谷に、谷崎潤一郎のお墓などもある法然院という有名なお寺があるのですが、そこの貫主さんのお話では、日本には、そもそも「自然」という言葉（名詞）はなかったということなんです。仏教には、生きとし生けるもの全てを表す「衆生（しゅじょう）」という言葉があって、人間もそこに含まれる一つの生物であって、人間と自然というものを区別はしていなかった。人間以外のものをひとくくりにして「自然」という言葉を使い出したのは明治以降のこと、西洋文化の影響を受けてからのことなんだそうです。だから、自然を人間とは別個のものとして捉え、人間界の外側、あるいは周りに自然界があるという捉え方は元々おかしい考え方で、古来、日本では、「自然と人間」は元々一体のもので、これを区別して「人と自

然の共生」などというのは本来おかしな考え方なんだと言っておられます。そういうことで今回、生物多様性と自然環境のことなどを先生から教えていただければ大変ありがたいと思います。例えば種の多様性ですが、それが段々減ってきていくということですね。

中瀬 はい、そうですね。

熊谷 生態系にも非常に問題なんでしょうが、動物にしろ植物にしろ、昔から長い歴史の間で淘汰というのがあって、生き残っていく種、滅びていく種があったわけで、その多様性が減っていくというのはそんなに自然に反する嘆かわしいことなのかどうかというあたりが素人にはちょっと分かりにくいんですね。人間が勝手に区別して、人間の都合で良い、悪いと言ってるんではないかという気もするのです。例えばバイ菌や細菌も皆生き物で、種の多様性があります。でも、人間を中心になると、感染症のバイ菌や細菌は悪なんです。そういう種が減りずに



キャンパス自体が公園である実践的フィールド

多様性を保っている方が望ましいとは誰も思っていないですよね。ロータリークラブでも、ポリオ絶滅の運動を前からやつていて、世界中の天然痘を地球上から絶滅させるための運動を長年続けているんです。感染症の原因になるような、人間にとて具合の悪い種は全力を尽くして絶滅しろと言うわけですが、先ほどの

法然院の貴主さんの話のように、人間が中心になって、人間から見ての自然や生態系と言ふことになると、種の多様性が減っていくというのは、生態系も変わっていきますが、それは人間にとて生態系が良く変わっていくのか、悪く変わっていくのか。人間が、人間中心の考え方で判断してよいものなのかどうか、というあ

たりが私には自信がないです。昔から多様な種が滅びたり、また進化してきたりを繰り返してきてるんですが、こういうことと種の多様性を守るということは、考え方をどう整理したらいいんでしょうか。

中瀬

ちょうどその議論がなされているん

です。今言われましたように、これからは日本と言いますか、東洋的な思想とい

うのがすごく大事になると思います。我々も

明治以降に西洋文化を取り込んで影響

を受けた、自然対人間という議論が必

要ですね。これは岩槻先生がよく言われ

るんですが、八百万（やおよろず）の

神の話をされますが、江戸時代までは、

我々はもう生まれながらにして、神が宿っ

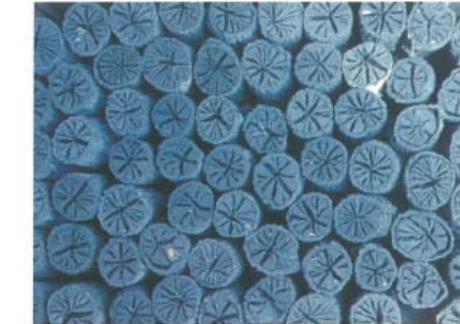
ているという精神で、まさに対等に今

生きものと付き合うという精神は当然持つ

ていたはずだと。

熊谷 山川草木に皆神が宿っていると  
いう考え方ですよね。

中瀬 生物多様性の話になりますが、  
要は、38億年の生命の進化の過程で  
今ある多様性が形成され維持されてきた  
のですが、その秩序がもの凄いスピード  
で崩れかけています。それを我々はどう  
すればいいのでしょうか。その中で、人  
間としての生きもの界の一員で、それ以  
外のものがどんどん無くなってきたことが  
大変だという議論が生物多様性のなか  
で出てくると思うんです。生物多様性の  
中で、遺伝子の多様性、種の多様性、  
それから生態系の多様性の3つが議論  
されてるわけですが、この3つの多様  
性が今、どんどんと壊滅化してきました。  
例えば今熱帯雨林がほとんどなくなってきた



**生物多様性の恵み**

**きれいな空気と水の供給**  
空気中の酸素は植物の光合成の働きによってもたらされます。また、植物や微生物は、水や空気を浄化する機能を有しています。

**食料の供給**  
私たちの食べている野菜や肉、魚介類などはすべて生物多様性の恵みです。

**燃料の供給**  
里山の木々は燃料として利用されました。薪柴、木材、薪炭等はバイオ燃料の資源として注目されています。

**資源の供給**  
私たちの住まいづくりには木材が利用されています。医薬品の多くは動植物や微生物の機能を利用して作られています。

**環境形成機能と防災機能**  
豊かな土壌は、生きものの死骸や植物が分解されることにより形成され、春から豊饒・リンなどの栄養分が河川を通じて海までつながり、豊かな生態系を育んでいます。また、森や草地は、雨によって地表面の土が流されるのを防ぎ、地表面の水の流れを緩やかにします。

**生物多様性とは**  
生物多様性とは「すべての生き物の間に違いがあること」という意味をもっています。地球上の生き物は、それぞれに個性を持ち、さまざまな関係でつながりあっています。

**種の多様性**  
ツキノワグマなどの哺乳類、スズメなどの鳥類、トンボなどの昆虫類、タンボウなどの植物など、動植物から細菌などの微生物に至るまで、多様な生物がいること

**遺伝子の多様性**  
人間も一人ひとり異なる遺伝子を持っており、同じ種でも多様な個性があること

**文化的生活の礎**  
文学や芸術作品の多くは自然や生物の姿や暮らしから着想されています。自然は私たちに安らぎを与えてくれます。

生物多様性と生態系サービス（「生物多様性ひょうご戦略」より）

ました。これも我々人間のために壊してきて、それによってすごい種の絶滅を起こしてしまってるんです。そういう意味では我々人間も生き物の一員であるという発想で多様性を守っていくと。今年の生物多様性の国際会議において、日本政府は里山（SATOYAMA）をテーマにするらしいです。昨年の春も人と自然の博物館で環境省と人と自然の博物館共催で「里山（SATOYAMA）イニシアチブ」っていう議論をしました。

熊谷 兵庫県立丹波の森公苑ですね。  
中瀬 結局、世界に向かって、要は日本が持っている里山の文化をどうこれから展開していくかでしょうね。  
熊谷 里山の文化というのは、要するに自然の森林と人里との間のことですか。

生業としての里山（兵庫県猪名川町）

中瀬 そうですね、人間が手を入れることによって、例えば多様な山は炭を焼くために枝を切れますね、そして約20年くらい経ってからまた切るわけです。すると良好な里山が維持できます。つまり、色々な成長段階の所で多様な生き物が共生できるわけで、生態系も多様になります。また、そこで炭を焼く人がそれで生業を立てているということで人間も財を得ながら生物多様性を維持して、健康な里山を維持してきたと、これから一つの共生のあり方でしょうと、そういう提案を日本がやろうとしているんです。

熊谷 なるほど。

中瀬 里山というのが一つのシンボルになります。それともう一つ最近、遺伝資源の問題が起りだしてきます。

熊谷 そうなると、素人にはますます分かりにくくなりますけど、遺伝資源の問題というのは遺伝子の多様性のことですか。

中瀬 簡単な例を言いますと、食品に関する企業が今モンゴルなどの外国で発酵菌を集めてるんです。

熊谷 発酵菌ですか。

中瀬 現地に住んでる人々が、食糧を加工するのに色々な菌を使ってますね、その菌を集めて、日本で培養して、それがどう有効に使えるかという研究を色々な日本の食品や製薬会社がやってるんですね。

熊谷 食品や製薬ですか。

中瀬 はい、薬とか、発酵ですね。それらの源は海外であり、東南アジアの諸

国にあるんです。その辺りの権利をどうするのかという議論がこれからですね、  
熊谷 やっぱりその場合も、人間の役に立つ種は大事にしようということですね。

中瀬 最後はその話になりますね。

熊谷 里山が世界的にも話題になってきているようですが、例えば、自然の形を保つように人間が介入しないでいると、シカが増え過ぎて新しい木の茎を食べてしまい、木が育たなくなるからシカを殺せとか、要するに全てを人間が判断し、コントロールしてよいものかどうかなんですね。やむを得ないと思うんですけど、先ほどどの「衆生」の考えでいうと、その辺が難しい、というよりも悲しいですね。

中瀬 青垣町に県立森林動物研究センターができましたが、その職員と話をしますと、結局オオカミがいなくなっているシカが増えたんですね。それから雪が少なくなった、それで今まで雪が降りますので自然淘汰されていたとのことです。

熊谷 なるほど。

中瀬 気候変動も関わっています。我々人間がオオカミを絶滅させたんです。シカを今まで捕食していた、上位の生き物がいなくなった。そういう意味では我々が原因なんですね、そのオオカミを絶滅させて、さらに温暖化が進行した。その結果、シカが増えた、その増えたシカは食料を求めて仕方なしに色々な所へ下りて来るわけですね。その時にもう一つお話しのテーマなんですけど、多自然居住地域の限界集落の研究をやっているんです。今、集落がかなり崩壊を始めて、そこで、シカとか獣害の問題がでている

のは、高齢化した崩壊寸前の集落なんです。そういう意味で我々の社会自体が今までの健全な経営をできなくなってきたから、彼らの生息範囲が広がってきたと思います。要は今までのバランスがかなり崩れてきて、そういう状況が現れてきたんですね。

熊谷 それも、やっぱり結局原因は我々人間の側にあるのですから、生命の尊厳とか言っても、人間の生命のことしか考えていないということになってしまふ。

中瀬 その最たる問題が外来魚の問題です。小学校では、生命の尊嚴を教えるんですが、その反面でブラックバス

とかは殺さないといけないとか言っています。

熊谷 ブラックバスは、元々日本に生息していた魚を次々に食べてしまい在来種を減少させてしまうので殺すわけですが、彼らもそれぞれの生息地で生まれてきた命を持った生き物ですからね。

中瀬 それをわざわざ、よその国に住んでいるのを日本に持つて来て、広げたのも人間ですから。

熊谷 だから、そういう意味では、謙虚さというか、やっぱりそうせざるを得ない

という悲しい気持ちがいるんじゃないのかと思うんです。

中瀬 今度の国際会議の中で生態系サービスという言葉がでてくるんです。

熊谷 どういうことですか。

中瀬 それは生物多様性が維持できて、健全な生態系が維持できて、そのお陰で人間はいろいろなサービスを享受できるという発想なんです。それはいろ

いろな資材を得られるとか、気象・気候緩和をしてもらえるとか、そういうことを言ってるんですが、さらには、文化的・精神的背景について議論をすれば、さきほどご指摘があったような論点の話がなされるかと思います。

熊谷 なるほどね。

熊谷 それも、やっぱり結局原因は我々人間の側にあるのだから、生命の尊厳とか、里山とかいったものの、存在意義を更にしっかり議論したいものです。

## 生物の知恵を用いた技術

熊谷 いろいろとお聞きしていると大変勉強になるんでもっとお話を伺いたいのですが、この分野に対して我々の協会として何かお手伝いできるようなことがありますか。また協会に対するご注文でも結構ですが。

中瀬 そうですね、「バイオミクリー」という言葉があるのですが。それは、「ネイチャー・テクノロジー」とも言われていますが、私なりに翻訳しますと「生物の知恵を用いた技術」とでもいいましょうか。例えば蓮の葉っぱの上に水が落ちると、さーと落ちますね。超撥水性のあるものですね、あれを開発すれば車のワイパーいらぬですよね。

熊谷 なるほど。

中瀬 要は生き物の本来持ってるネイチャー・テクノロジーを用いて研究・開発を皆さんと一緒にできたらいいなと思っています。

熊谷 新しい科学技術の展開と、新産

業の創出という点で「自然と生物に学ぶ」というのは非常に重要なポイントの一つなんですね。例えば、今、東北大学の教授になっておられますと、有名な陶磁器のメーカーのINAXの技術者でおられた時に、カタツムリの殻はなぜ汚れずにいつもピカピカなのかということを調べて、「汚れない便器」、「汚れないビルのタイル」などを開発しておられました。

中瀬 自動車の車体の塗装もやってるみたいです。

熊谷 そうですか。他にも自動車関係で言いますと、ホンダの創業者の本田宗一郎氏がゴキブリの研究を真剣にやっていたということなんですが、なぜそんな研究をしたかというと、ゴキブリは捕まえようとしてどんなにそっと手を近づけてもすぐに逃げられるでしょう、その機能を調べて自動車の衝突防止装置に応用できないかと考えたというんですね。日産自動車では、魚が群れをなして泳いでいても魚がお互いにぶつかって死傷するようなことはないのはなぜかということを研究し、魚には横を見る側線というのがあるので互いにぶつからないということで、それを応用して、ぶつからない自動車を作ろうとしているそうです。先生がおっしゃるように、「自然と生物に学ぶ」というのが非常に大事になるんですね。

中瀬 蜘蛛の糸なんかすごいですね。彼らは、常温で蜘蛛の巣のあの糸を作るんですよ。熱も何も加えてないのにですよ。

熊谷 すごいですね。

中瀬 我々が糸を作ろうと思ったらすご

いエネルギーを使ってやりますけど、その辺で普通に生きてて、水を飲んで食べ物を食べるだけであれだけの糸を作りますからね。そんなことを考えるとまだまだ学ぶことは多いと思います。

熊谷 そうですね、まだまだ分かないことがいっぱいあります。

中瀬 マジックテープはひつつき虫の原理で、段ボールの箱の強度も蜂の巣の原理ですね。我々はそれらをバイオミクリーと称してゐるんですが、要は自然界や生物から多くの技術を学んできました。

熊谷 自然と生物は、ほんとに新しい知識やアイデアの源泉ですね。でもまだまだわからないことがあります。例えば蟻の行列で蟻が作る最短経路の法則といふのも分からぬでしょ。神戸にアーマックスというベンチャー企業がありまして、水質汚濁の監視装置を作ってるん

ですが、ヒメダカというメダカをカゴに入れて水につけ、それを上から24時間、カメラで監視してます。ヒメダカは毒物や有害物質などが水に少しでも混じると直ぐに反応して動きが鈍くなりますので、普段の動きの50%以下に動きが鈍くなったら自動的に警報を伝える仕組みです。メダカという生物による水質汚濁のセンサーですが、ちゃんと製品化して売っていて、面白いことにそれが最新技術を

用いるロケット打ち上げの種子島宇宙センターの水質監視にも使われているんだ

そうです。小さな蚊や蜂などが大量のエネルギーを貯蔵するようなところもないのに、何であんなに長時間自由に飛び続けることができるのかとか、不思議なこと

がいっぱいありますね。

中瀬 強風の中で蝶が飛んでますもんね。

熊谷 そうですね、ジェット機なら大量のガソリンが必要ですが、蚊や蜂などは一体どこにそんなエネルギー源があるのか

分からない全く驚くべきエネルギー効率ですね。他にも不思議なものは一杯あります。

最後に、私の母親は非常に花が好きで、花や園芸が好きな人や花を愛する人に悪い人間はいないってよく言ってました。淡路景観園芸学校や緑環境景観マネジメント研究科の先生方を見ていると、皆さんいい顔をしておられます。人柄が顔に出てるんですね。(笑)

中瀬 ありがとうございます。

熊谷 先生のご専門分野は、日本人や人間の社会にとって非常に大事な分野だと思います。その後ともご活躍いただきたいと思っております。

本日は、大変ご多忙中のところをお時間をお割きくださり、非常に貴重なお話をいただきまして本当にありがとうございました。

(この対談は平成22年8月9日に行いました。)

(注1) ランドスケープ:風景、景観、造園。

(注2) ランドスケープアーキテクチャー:造園学。ランドスケープを設計、構築すること。

(注3) カレッジオブエンバイロンメンタルデザイン:環境設計学部のこと。

# 世界最高速のスーパー<sup>1</sup> －幅広い分野への利用促進と

# コンピュータ「京」への期待 シミュレーションの発展をめざして－

## ●対談者

(独)理化学研究所  
計算科学研究機構 機構長  
**平尾 公彦 氏**

(公財)ひょうご科学技術協会  
理事長  
**熊谷 信昭 氏**

熊谷 次世代スーパー計算機「京」は、「国家基幹技術」として位置づけられ、現在、(独)理化学研究所を中心、平成24年(2012年)11月の共用開始を目指して、神戸ポートアイランドにおいて建設・整備が進められています。スーパー計算機「京」は、平成23年10月に1秒間に1京510兆回(京は1兆の1万倍)という世界最高の計算速度を記録し、同年11月にスーパー計算機の計算速度の世界ランキングを定める欧米の専門家によるプロジェクト「TOP500」で世界第1位と認定され、前回(同年6月)の1位に統いて連覇を達成しました。

このスーパー計算機「京」は、基礎研究からあらゆる分野への応用まで幅広い利活用が期待されています。今回は、(独)理化学研究所が平成22年7月1日に神戸ポートアイランドに設立しました「計算科学研究機構」の平尾公彦機構長に、同機構の研究や事業の内容及びスーパー計算機「京」への期待などについてお話をいただきます。

## 化学を志したきっかけ

熊谷 先生は京都大学工学部では、ノーベル化学賞を受賞された福井謙一先生の研究室におられたそうですね。福井先生はご専門が化学で、私の専門分野は電子通信工学でしたので専門分野は全く違いましたが、福井先生は京都大学を定年退官された後、京都芸術大学の学長になられ、その頃私は大阪大学の総長をしていたので、その間、お互い同じ国立大学の学長としてずっと親しくさせていただきました。

平尾 そうですね、福井先生は、現代では珍しい古武士って言ったらおかしいんですけど、そういう精神をお持ちの方でした。

熊谷 何とも言えない暖かみがありますし、本当にいい先生だったと思います。

平尾 私は初めて福井先生の講義を受けた時に、素晴らしい先生だなと、そしてどうしてもこういう先生の下で勉強したいと強く思いました。ただ、先生の講義

は、決して学生に理解させるというような、そんな講義では全然ないんですよ。むしろ学生に「どうだ君らにこれが理解出来るか」という、例えば学部であれば大学院に近いレベルの講義をされるのですよ。中には必死に勉強する者もいるのですが、多くの学生は理解できませんでした。最近では、学生による教員の評価を行っている大学もありますが、学生にわかりやすい講義かどうかという観点ではバツつていう講義でした。でも私はそれに感銘を受け、是非この先生の下で勉強したいなと思いました。

熊谷 福井先生のご専門は化学の中でも、本当に基礎の理論で、物理学や化学の一番大事な基本のところでしたから。

平尾 それから先生は数学に造詣が深くて、かないっこないんですがよく研究室で先生と数学の例題を解くのに競争していました。(笑)

熊谷 本当に福井先生はお人柄が温かくて、ユーモアもおありでした。京都芸術大学で講義をしておられた頃に、ノーベル賞受賞の発表があって、その

翌日講義室に行ったら部屋が学生があふれて一杯で、先生が、「普段はちょっとしかいないのに今日は一杯だな」と言わされて、学生達が大爆笑しているところをテレビで見て私も大笑いしたのを覚えています。だから普段の講義はあんまり分かりやすくなかったんでしょう。

平尾 そういう意味では難しい講義だったですが、非常に奥の深いものがありました。福井先生は最後の古武士って僕らはいつも言ってたぐらいその威風堂々としていて、学生に対して、こうしなさいとかああしなさいっていうように教えることはなくて、むしろ学生は、福井先生の背中を見ながら育っていたという感じですね。

熊谷 精神は古武士かもわかりませんけど、私などが見た感じでは強面の古武士のような感じが丸出しという方じゃなかったですね。むしろ逆で、優しく穏やかな感じの方でしたね。ところで、平尾先生のお生まれは愛媛県のことですが

中学、高校はどちらにおられたのですか。

平尾 中学、高校とも新居浜というところです。

熊谷 高校まで新居浜におられて、大学は京都大学にいかれたのはやはり京大の工学部で化学を勉強したかったからでしょうか。

平尾 ええ、父親が住友化学に勤めておりましたので、化学には興味がありました。新居浜というところは、住友の町でして、かつて「別子銅山」があつて栄



えたところなんです。

それで比較的化学には興味があったのですが、元々物理の方が好きでしたが大学に行って勉強しているうちに福井先生にもお会いして理論化学をやってみようと思ったんです。

熊谷 大学に入られる前から福井先生をご存じでしたか。

平尾 はい、福井先生の名前は知っていました。福井先生のほかにも、その頃には、京都大学の総長の高分子化学が専門の西島安則先生や合成繊維・ビニロンを発明された桜田一郎先生がおられました。それと、私は今、理化学研究所にいますが、理事長の野依良治先生も同じ京都大学の化学の出身でございます。

## スーパー計算機「京」の設置

熊谷 そうでしたね。国の重要な基幹

技術として理化学研究所で進めておられたスーパー計算機をどこに置くかで手を上げた候補地が一杯でしたが、候補地が段々絞られてきて、仙台か関西ということになって、関西の場合は大阪と神戸が熱心に誘致を働きかけていました。それで、兵庫県のいろいろな方から、野依先生に神戸の方に作ってもらえないように頼んでほしいと言われまして、最終段階に近い頃に野依先生にお願いしたことがあります。そしたら、野依先生が、「神戸にいらっしゃるあなたは大阪でしょ」と言われたんで、いやそういう私が是非神戸にと言ふんですから間違いございませんと申し上げたことがあるんです。そして結局神戸に決まりましたが、神戸に作っていただき本当に良かったと思っています。設置が神戸に決まった経緯などについて、もう少し教えていただけますか。

平尾 当時随分たくさんの所が手を挙げられてまして、是非うちに来てくださいという



独立行政法人理化学研究所 計算科学研究機構長  
**平尾 公彦**（ひらお きみひこ）

<プロフィール>  
1945年 愛媛県生まれ  
1969年 京都大学工学部卒業  
1974年 京都大学大学院工学研究科燃料科学専攻博士課程修了（工学博士）  
1974年 カナダ・アルバータ大学博士研究員  
1983年 名古屋大学教養部助教授  
1988年 名古屋大学教養部教授  
1993年 東京大学工学部工業化学生科教授  
1995年 東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻教授  
2004年 東京大学工学系研究科長・工学部長  
2007年 東京大学副学長（2009年3月東京大学定年退官）  
2009年 東京大学名誉教授  
理化学研究所 計算科学研究機構設立準備室長  
理化学研究所 計算科学研究機構機構長就任（現在に至る）

<専攻>  
理論化学、計算科学

<著書>  
・「すぐできる量子化学計算ビギナーズマニュアル」監修 武次徹也：編  
・「応用数学ハンドブック」共編  
・「早わかり分子軌道法」著作 武次徹也：共著  
・「化学の基礎 分子論的アプローチ」著作 加藤重樹：共著  
・K.Hirao ed. "Recent Advances in Relativistic Molecular Theory" World Scientific  
・「物質の科学・量子化学」平尾公彦・濱田嘉昭共著  
・「分子理論の展開」永瀬茂・平尾公彦共著  
・K.Hirao ed. "Recent Advances in Multireference Methods" World Scientific

<受賞等>  
・International Academy of Quantum Molecular Science (Menton, France) 会員 2002  
・日本化学会賞 「量子化学における分子理論の開発」 日本化学会 2005  
・王立化学会フェロー Royal Society of Chemistry (FRSC) 2005  
・Fukui Medal, Asia Pacific Association of Theoretical & Computational Chemists 2007  
・Asia Pacific Association of Theoretical & Computational Chemists (APATCC) フェロー 2007  
・向井賞 東京応化科学技術振興財団 2008  
・日本化学会フェロー 2009  
・European Society of Computational Methods in Sciences and Engineering (ESCMSE) フェロー 2010

ことがありました。理化学研究所としましては、次世代スーパーコンピュータ施設の立地地点を検討するため、「次世代スーパーコンピュータ開発戦略委員会」に外部有識者から成る「立地検討部会」を設置し、15の候補地について評価を実施して、神戸と仙台の2か所に絞り、最終的に神戸のこのポートアイランド第2期施設内に決定した経緯があります。理化学研究所は、これまでにもSPring-8、発生・再生科学総合研究センター及び分子イメージング研究拠点の整備・運営等にあたって、兵庫県や神戸市そして地元の大学、産業界などとの間に密接な協力を積み重ねてきた実績がありますので、これらの協力関係はこのプロジェクトの目的を達成するために十分活かされるものと期待しています。私は、神戸にスーパーコンピュータの拠点が出来るというのは、いろんな意味で、単に神戸だけという事ではなくて日本にとってもとても良かったと思っています。

**熊谷** 私もそう思います。確かに先生がおっしゃるようにいろんな意味で良かったというのは、例えば、近くに世界最高性能の放射光施設SPring-8がありし、最新のX線自由電子レーザー（SACLAC）も来年3月には稼働しますからね。

**平尾** それに、神戸市は医療産業都市としてポートアイランドには生命科学、医療関係の多くの大学や研究機関もあります。

**熊谷** 神戸大学や甲南大学の新しい部局や、兵庫県立大学の応用情報科学



計算科学研究機構内を見学

研究科という大学院もここポートアイランドへ移ってきて、同時に「シミュレーション学研究科」という日本で最初の大学院も開設されました。

**平尾** 私自身、兵庫県立大学のシミュレーション学研究科の佐藤哲也先生とは前々からシミュレーションの関係で懇意にさせていただいておりましたし、応用情報科学研究科の稻田紘先生も、私が東京大学にいました時の同僚というか同じところにおりましたので、前々からずっと懇意にさせていただいています。こちらへ来ると知った人がたくさんいらっしゃるので私も非常に心強く思っていますし、今後スーパーコンピュータを介していろんな連携が進んで行くんじゃないかと期待しております。そういう意味ではこの地が選ばれたということはほんとに良かったな

と思っています。

**熊谷** 先生のご専門は化学でいらっしゃいますが、ご著書とかご業績を拝見しますと、福井先生と同じように数学を駆使した理論的なご研究が多いようにお見受けいたします。先生は、東京大学をご退官後、計算科学研究機構の設立準備の段階から責任者としてその創設に力を尽くしてこられ、昨年の8月からは機構長に就任されておられます。スーパーコンピュータといふのは先生の元々のご専門とは分野が違うのですが、そのいきさつについてお聞かせください。

**平尾** 私は元々「理論化学」と言いましょうか、シュレディンガーの波動方程式というミクロの世界の支配する方程式をいかに解くかという数学的な問題を長くやっていたんです。波動方程式は特殊な場合を除いては厳密には解けませ



展示されているスーパーコンピュータ「京」の筐体  
(提供:理化学研究所)

ん。モデルを置いて近似解を探すというようなことをやっていました。コンピュータが出現し、その驚異的な発展がこの分野を一変させました。コンピュータは解析的数学の脆弱性を補ってくれます。人間では短時間ではとても処理できない計算もコンピュータの助けがあればできるようになりました。ある一面ではコンピュータの処理能力は人間の能力を超えていました。自然現象を表すいろんな偏微分方程式を数値的に解くのにコンピュータはとても有効です。ですから全くスーパーコンピュータと関係がない世界ではなくて、ユーザーとしてはコンピュータを使っていました。でも、私自身はそんなにコンピュータを駆使して使う方ではなくて、ある概念を出したり、ある理論を開発したりする研究の方が多かったです。私は東京大学を定年退官する頃、実は別の大学に職が既に決まっておりまして、そちらで研究三昧の余生を過ごそうと思っていました。急にこのお仕事を是非ということを言われて、なかなか難しい仕事だというのは分かっていましたから、私も随分悩みました。いろんな方々と相談をさせていただきましたが、皆さんこぞって反対でした。どちらかというと大変な仕事の方を引き受けるのがいつもの私のパターンでございました（笑）、場所が神戸っていうこともあって違和感はございませんでしたし、せっかくいいコンピュータが出来るなら大いに使って、日本のために少しでも力を尽くしたいと思いました。引き受けることにしました。



公益財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
**熊谷 信昭**（くまがい のぶあき）

1953年大阪大学工学部通信工学科卒業。同大学大学院特別研究生、カリフォルニア大学（バークレー）電子工学研究所上席研究員などを経て、60年大阪大学工学部通信工学科助教授。71年同教授。85年大阪大学総長。91年同大学名誉教授。科学技術会議（現総合科学技術会議）議員などを歴任し、2004年兵庫県立大学長。10年兵庫県立大学名誉学長。現在、国際電気通信基礎技術研究所会長。

専攻は電子通信工学。工学博士。電子情報通信学会元会長。米国電気電子学会終身名誉員（Life Fellow）。兵庫県科学技術会議会長、その他。日本学士院賞、瑞宝大綬章などを受章。文化功労者。

**熊谷** そうでしたか。それでこのスーパーコンピュータ「京」がある場所にいちばん近い、ポートライナーの駅の名前まで「京コンピュータ前」になったのは良いことですね。

**平尾** 実は以前から、神戸市長に駅名の変更を考えて欲しいというお願いをしていたのですが、半年ほど前に駅名変更の了承をいただきました。それから6月20日にスーパーコンピュータ「京」の性能が世界一になったとの報道がありまして、この7月から駅名が変わりました。非常にいいタイミングで駅名が変更になりました。今まで本当に地元の方々にお世話になりました。本当に有り難いと

思っています。

### スーパーコンピュータ「京」の課題

平尾 今回の東日本大震災のように、私たちは、まだ自然に対して本当に分からぬことが多いです。自然の時間スケールと人間の活動の時間スケールの間には大きな違いがあります。スーパーコンピュータ「京」でもまだまだできないこともたくさんあります。例えば今回のような地震がいつ何処でどのくらいの大きさで起こるかということを予測できるかというと、正直言って、まだできません。しかし一端地震が起きたらどのような被害が起こりそうだということはシミュレーションできますし、今回の地震の後に起きた津波のシミュレーションはかなりの精度できちんとできます。横浜にあります「地球シミュレータ」というスーパーコンピュータを使いますと今回の津波のシミュレーション結果を出すまでに2時間ぐらいかかります。スーパーコンピュータ「京」では10分以内で計算できるでしょう。今回のような大きな津波の場合、地震後の30分以内のその人の行動が生死を分けています。スーパーコンピュータ「京」で、地震発生後、直ちにシミュレーションをして、人々に対して警告を出すことができます。すぐに避難してくださいといふことができるようになると思います。私はサイエンスが未来にもっと責任をもつことが重要だと思っています。科学的判断に基づいています。

て、未来に対する予測や警告を出すことをもっと積極的に行わねばなりません。そういう機能をサイエンスにつけてないといけないし、それは非常に重要なことです。

熊谷 そのとおりですね。

平尾 今のコンピュータは、スーパーコンピュータ「京」もそうなんですが、大量の電力を消費し、大量の熱を出しています。コンピュータは多くのエネルギーを使ってるわけですが、人間はまったくそういう意味では情報伝達にエネルギーを使わないんですよね。

熊谷 科学技術が進歩すればするほど、非常に基礎的な昔ながらのものが問題になってくるわけで、スーパーコンピュータにしても大変なのは熱をどうやって逃がすかっていう冷却の問題になるんですね。今話題になっている太陽光発電にても、電気を蓄える蓄電池とセットで進歩しなかったら結局は十分に役に立たないんですね。だから、再生可能エネルギーの利用というのは何が決め手かって言われたら、一番古い昔からある蓄電池の研究、コンデンサーの研究だということになるんですね。コンピュータとかパソコン、インターネットなどの情報機器の決め手も、熱をできるだけ出さないようにして、要するにエネルギー消費、消費電力の少ないものを作るというのが決め手になるという一番基本の所に戻るんですね。だからそんなことも大事なんだといふこともよく認識してもらわないといけませんね。

平尾 これから先もいざれもっと処理能

力の高いコンピュータが開発されていくだろうと思いますが一番の問題は消費電力なんですね。だから、2020年ころには計算処理スピードでいうと、エクサスケール、10の18乗ぐらいのフロップスのマシンが開発されるでしょう。スーパーコンピュータ「京」の100倍ぐらい速いのですが、多分消費電力は「京」と同じくらいに抑えないといけません。この施設での電力の消費がもう限界に近くて、これ以上に大きな消費電力のマシンは難しいです。

熊谷 何がネックかというと要するに消費電力ですか。

平尾 そう、消費電力です。一番基本的なものがネックになったり、問題になる逃がすかっていう冷却の問題になるんですね。こういう最先端のマシンでいうか最先端の技術がどんどん進んでいくとより根本的なっていうか、よりファンダメンタルな問題が浮かび上がりますよね。

### スーパーコンピュータ「京」の利用促進とシミュレーションの発展

熊谷 これからは、この世界一の計算処理能力のある「京」コンピュータを使いこなさないといけないわけですが、少數の専門家は使えるでしょうけど一般企業とか幅広い分野の方々に使ってもらうためには、上手く使ってもらえるような仕組みを作ることが重要になってくると思います。そのあたりの取り組みなどについてはどのようにお考えでしょうか。

平尾 アカデミーの方々は、これまでいろいろな分野でシミュレーションが大いに活用されてきました。国の方でも「次世代スーパーコンピュータ戦略分野」という5つの戦略分野、つまり生命科学分野、物質・エネルギー分野、地球変動予測分野、次世代ものづくり分野、宇宙・素粒子分野が選定され、今後、「京」を重点的に優先的に利用して、研究開発が進められます。いずれの分野も日本ではこれまでレベルの高い研究がおこなわれてきましたし、これまでスーパーコンピュータのパワーユーザーでした。そういう分野の人達はスーパーコンピュータ「京」が動き出したら直ちに「京」を使いたいと思っているでしょうし、そのための準備をしています。問題は、産業界の方々にいかに使っていただくかということです。ご存知のように世界のスーパーコンピュータの性能をランキング付け

したTOP500というリストがあります。世界のスーパーコンピュータを1位から500位までがまとめられています。スーパーコンピュータ「京」はそのTOP500で今回トップになったんですが、TOP500のうち約6割のスーパーコンピュータは大学や研究機関ではなくて産業界が持っています。それくらい世界ではもうスーパーコンピュータの産業界での利用が広まっているわけですね、ところが日本のスーパーコンピュータはTOP500の中に30台近く入っていると思うんですが産業界が持つてるのはわずか数台ですよ。

熊谷 そうなんですか。

平尾 日本では、産業界のスーパーコンピュータの利用は欧米に比べると少し遅れをとっています。そこで、計算科学振興財団のFOCUS（フォーカス）スパコンで産業界の方々にスーパーコンピュータ「京」への橋渡しをしていただこうと思つ

ています。「京」を利用するには敷居が高いと考えている産業界の人々にFOCUSスパコンで慣れていただきたいと思っています。少しずつ産業界の方々の意識も変わっていますが、まだまだスーパーコンピュータの利用は広がっているとはいえません。産業の国際競争力をつけるにはスーパーコンピュータの利用は不可欠です。技術開発などにもっともっと使っていただきたいと思っています。我々も産業界でのスーパーコンピュータ利用が広がるようにいろんな試みや仕組みを導入したり、人材育成に力を尽くしたいと思っております。日本には、大企業だけでなく、世界的に優れた技術を持つ中堅企業もたくさんありますので、そういう企業にも積極的にスーパーコンピュータを利用してもらいたいです。そうすることが、日本経済の活性化、成長につながれば思います。産業界のトップの方に先ずシミュレーションに対する理解を深めて欲しいと思っています。スーパーコンピュータによるシミュレーションは「実験」「理論」と並ぶ第3の科学的手法としてますます重要なになってきています、ちょうど今、時代が変わる時じゃないでしょうか。「予測の科学」へのa tipping pointです。私の若いころには研究者の中でもシミュレーションに対して懐疑的な考え方を持っていました。そうした方もシミュレーションの精度の向上、シミュレーションの質の向上とともにシミュレーションの重要な性を認識していました。

熊谷 そうでしたか。

順位	システム名称	設置場所	ベンダー	国名	LINPACK演算回数(テラFLOPS)
1	K computer	理研 計算科学研究機構	Fujitsu	日	10,510
2	天河1A号	天津スパコンセンタ	NUDT	中	2,566
3	Jaguar	オークリッジ研	Cray	米	1,759
4	Nebulae(星雲)	深圳スパコンセンタ	Dawning	中	1,271
5	TSUBAME2.0	東京工業大学	NEC/HP	日	1,192
6	Cielo	ロスアラモス研(サンディア研)	Cray	米	1,110
7	Pleiades	NASA・エイムズ研究センタ	SGI	米	1,088
8	Hopper	ローレンス・バークレイ研	Cray	米	1,054
9	Tera-100	原子力庁(エネルギー研)	Bull	仏	1,050
10	Roadrunner	ロスアラモス研	IBM	米	1,042

第38回(2011年11月)TOP500リストの上位10位

テラFLOPS:テラは10の12乗、FLOPSは1秒間に処理可能な浮動小数点演算の回数を示す単位のこと。

平尾 実験第一主義といいますか、シミュレーションというのはいつも実験の後追いをしているだけじゃないかと言われてきました。当時はコンピュータの能力も今ほど高くありませんので、シミュレーションの予測能力が高くありませんでした。シミュレーションからこのような実験をしたらいいですよ、というようなサゼスチョンがなかなか出来ませんでした。現在では実験に先行してシミュレーションが現象を予測することができるようになってきました。でも多くの年配の方々はまだシミュレーションに対して少し懐疑的なところがありますね。また、産業界においてもシミュレーションに対して少し懐疑的な方々はいると思っています。我々の作ったシミュレーションは自然に比べたらまだ

まだですが、シミュレーションでも結構面白いことができるようになりましたし、スーパーコンピュータ「京」を使うと我々が予期しなかったような結果が出てくるんですね。ですからこれはいろんな所にブレイクスルーが起こると思います。「京」を大いに使っていただきたいと思います。

熊谷 理論と実験は確かに一番基本的なものでしょうが、やはりそれぞれに限界があって、理論の場合には前提や仮定を設けたりしないといけませんし、実験はそれを確かめるんですが、それも実際にできることとできないことがあって、やはり限界があります。それに対してスーパーコンピュータを使ったシミュレーションというのは理論や実験とは全く違うアプローチです。人類はシミュレーションという新しい認識手段を手に入れたわけですので大

きな力を発揮する可能性がある

うかを実験で確かめていたのが、今度はスーパーコンピュータを使ってシミュレーションで確かめるというようなことにもなり得るわけですね。

平尾 私は、シミュレーションだけで全てが分かるとは決して思っていません。実験や理論にも限界があるように、シミュレーションにもできること、できないことがあります。ですが実験とか理論とはまた違うアプローチの仕方がシミュレーションにはあります。時間や空間を容易に超えることができます。私たちが頭の中で考えたことと全く違う予期せぬ結果が得られることがあります。ですから上手く実験や理論と組み合わせて使うと強力です。人類はシミュレーションという新しい認識手段を手に入れたわけですので大

きな力を発揮する可能性がある

と思います。そういう意味でも、スーパー

コンピュータ「京」で大事なのは使い方

でね。

平尾 私も、そう思います。

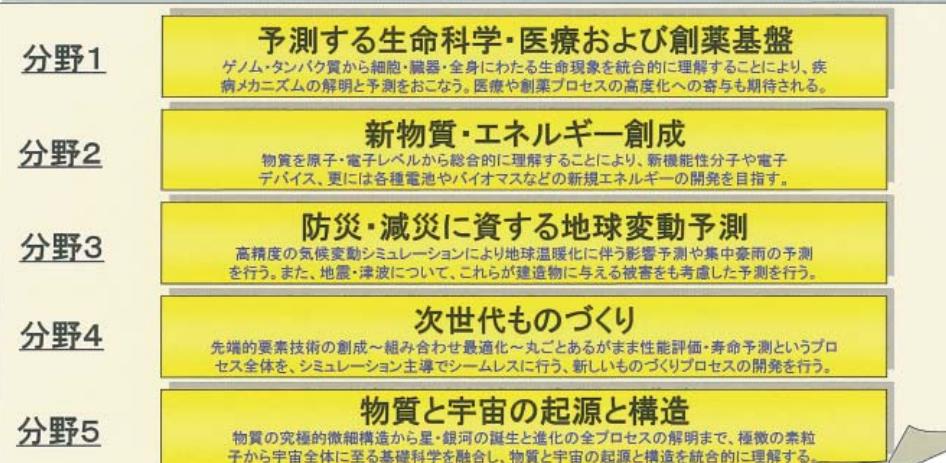
熊谷 理論や今までの実験ではできなかったことができるようになる可能性があるわけです。さらに、先ほどの5つの次世代スーパーコンピュータ戦略分野はみんな大事な分野だと思うのですが、これらの分野は、いずれも自然科学や科学技術分野なんですが、社会科学とか経済あるいは行政などの分野で膨大な量の統計処理とかシミュレーションなどにも使えるのではないかと思っているんです。ある方がスーパーコンピュータ「京」は、科学技術の分野だけにとどまらず、社会科学などの分野にも活用していただきた

いと言われていましたが、社会科学や経済、それから行政の分野などで、大量の計算を必要とする統計処理などにも偉力を発揮するはずなので非その辺りをもっとPRしていただきたいです。

平尾 そうですね、おっしゃるとおり5つの戦略分野はいずれも自然現象を扱っています。自然現象の基礎となる方程式は原理的には分かっているわけです。それでも基礎方程式はなかなか解けませんので、それをコンピュータの助けを借りて数値的に解くということをやっているわけです。社会現象とか経済現象っていうのは、基礎となる方程式があまりよくわかっていないません。人間の行動とかについてもよくわかつていません。基礎となる方程式や論理そのものを作らないといけま

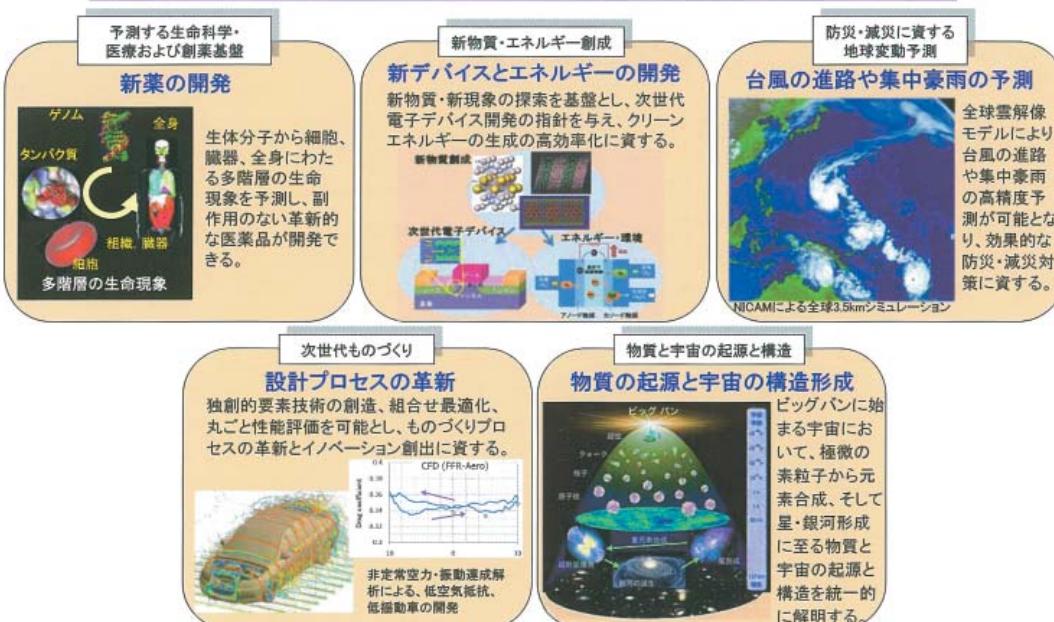
### 次世代スーパーコンピュータ戦略分野

- ◎ 次世代スーパーコンピュータで、社会的・学術的に大きなブレークスルーが期待できる分野を厳選
- ◎ 当該分野の利用を重点的・優先的に実施
- ◎ 今後速やかに各戦略分野の研究開発を牽引する「戦略機関」を公募



次世代スーパーコンピュータ戦略分野 (文部科学省のホームページより)

### 各分野で期待される成果の例



資料提供：大阪大学、理化学研究所、分子科学研究所、東京大学、海洋研究開発機構、東京大学生産技術研究所、筑波大学他  
各分野で期待される成果の例 (文部科学省のホームページより)

せん。そうした研究も社会学者や経済学者の間で行われています。彼らがこういう大きなスーパーコンピュータを使うと今までと全く違う、新しい発見ができると思うんです。是非スーパーコンピュータ「京」を使ってもらいたいと思っています。スーパーコンピュータを利用することで新しく出現する学問、新たに発展する学問分野があるわけですよ。そうした学問を大切にしたいと思っていますし、そうしたことに挑戦する方々をエンカレッジしたいと思っています。

**熊谷** 是非、そういう分野の方々にも使っていただきたいですね。東日本大震災や福島の原発事故でも想定外という言葉が盛んに使われて批判を浴びていましたけれども、社会現象や経済現象なんて、いつも想定外のことばかりで、「こんなに円が高くなるなんて想定外だった」とか言われているわけですが、そういう意味では先生がおっしゃるように社会現象とか経済現象というのはノンリニア（非線形）で非定常的な現象なんです。だから理論的な取り扱いなどは難しいわけですけれども、それだからこそスーパーコンピュータを使ってシミュレーションをやっていろんなケースについて対応していくといふのは大事な方向だと思います。

**平尾** それも決して社会現象特有ではなくて、実は自然現象と似かよった現象がたくさんあるわけです、例えば化学反応では一つの物質から質的に異なる他の物質に変わる時には一つの安定状態からエネルギー的に不安定なポテンシャル

の山を越えて次の安定な状態へ行くわけです。これは社会現象と経済現象でも同じです。一つの安定状態から次の安定状態に行く時にはそういう不安定な、ケイオティックな状況を超えないで行けません。ケイオティックな状態というのには、秩序の無いような状況ですが、社会現象の中でも同じようなことがあるんですね。ですから社会現象や自然現象の区分なく、現象として共通するものがあります。自然現象で分かったことを、社会現象と経済現象にも応用してみるとどうなることになると、また違った側面が出てくるかもしれません。

**熊谷** 特に、兵庫県立大学大学院のミュレーション学研究科の人たちにはそういう分野の勉強をやっていただきたいですね。

### 科学技術の普及・啓発と協会の役割

**熊谷** ひょうご科学技術協会は、兵庫県の科学技術振興の中核的機構として、各種の学術研究支援や科学技術の普及啓発事業等を行っておりますが、協会に対して何かご注文なりご助言等がございましたらお聞かせいただけますでしょうか。

**平尾** さきほど東日本大震災の話をしましたけれども、自然災害について、私たちは、まだ自然に対しては分からぬことがたくさんあるなって実感しましたし、私たちが作り上げてきた技術にして

もいろんな所に欠陥があるということをまざまざと知らされたわけです。科学技術が発展して、確かに人間の暮らしは豊かになってきたことは事実ですが、ややもすると最先端の科学技術と一般の方々との間には乖離が起こっていると思うんです。私は小さい頃ラジオとかを組み立てることが大好きでして、ラジオを組み立てたり、テレビの修理とかをやってたんですけど今はテレビが壊れたから直そうとしても直しようがないですよ。もうボードを1枚、基盤そのものを取り替えるっていうのが、普通になっていますよね。

**熊谷** そうですよね。

**平尾** あれを見ても本当に技術のブラックボックス化が進んでいるのがわかります。一般の人にとっては最先端の科学技術っていうのは、非常に分かりにくくなっていると思います。しかし現代を生き抜こうとすると科学技術の最先端のある程度の知識がないと生きて行けないわけですね。だからその間のギャップをいかにして埋めるかっていうのが重要なことだと思います。先生のところの協会がアウト

リーチ的な活動をされています。是非力を入れてやっていただきたいと思います。シミュレーションはある特定の分野ではなくて、自然科学、それから社会科学も含めて、あらゆる科学で使われています。

あらゆる科学がシミュレーションの対象です。これからスーパーコンピュータ「京」を使っていろんな成果が出てくるでしょ

う。成果をできるだけ一般の方々に分かりやすく伝えていきたいと思います。その中でサイエンスの喜びとか、発見の感動を特に子どもたちに伝えたいと思います。東京にはいくつもそういう博物館的なものとかいわゆるサイエンスのアウトリーチをやるような施設とか活動もあるんですが、関西には多くありません。

**熊谷** 宇宙飛行士の毛利衛さんが館長をやられてますね。

**平尾** そうですね、その「日本科学未来館」も非常にいいですね。関西にもああいうのがあってもいいなと私は思っています。そして、是非先生の協会がそうした活動の一つの核になって欲しいなと思っています。最近いろんな高校の先生と話をすると、先生方はサイエンスの面白さを子どもたちとか伝えないと理科教室とかの課外活動あるいは著作を作ったりとかいろんな活動を一生懸命やっておられるんですね、そういう科学の普及活動にも先生の協会なんかが支援していただけるといいですね。

**熊谷** 中学・高校生や先生方も含めて、このスーパーコンピュータの基本的なお話を伺ったり見学させていただいたらしくに、私どもの協会がそのコーディネーターの役をやらせていただくのもいいかもわかりませんね。

**平尾** そうですね、是非お願いします。

**熊谷** 協会では、一般県民向けの講演会「トピックスセミナー」というのを定期的にやっていて、この11月には地震学がご専門の尾池和夫元京都大学総

長にお話をしていただくことにしているんですが、今まで年1回なのでもう少し回数を増やせばと思っています。協会でこういうことをやったらどうかとか、こういうことの支援をしてほしいというようなことがあつたらいつでも教えてください。

**平尾** 青少年のために科学の普及、啓発事業をいろんなボランティア団体とかが、ほとんど手弁当でやっているんですが、そういうところにもう少し支援していただくと彼らも元気づくかなと思います。

**熊谷** 青少年向けの普及啓発事業にももっと力を入れていきたいと思っています。特にスーパーコンピュータのような今話題のテーマには子どもたちも大きな関心を持ってくれると思います。また、ここには最先端のスーパーコンピュータがあるんですが、昔のそろばんや計算尺、それから手回し式の計算機などを置いて、子どもたちに物の計算をするというのはどういうことから始まったかというような話などをして面白いと思いますね。

**平尾** そうですね、そういう計算機の進歩、歴史も展示とかして考えてもいいですね。

**熊谷** それから、今のコンピュータは二進法で動いていますが、なぜ二進法でやるのがいいのか、つまり私たちは普段十進法で計算しているのにコンピュータではわざわざ二進法の数字に変換してもそのほうが都合がいいのはなぜかというような説明なども、スーパーコンピュータの難しい話に行く前にするのもいいですね。子どもたちに「なぜだ」、「なるほど」

と思われるような話をしていただくと、面白がって興味を持つと思いますけどね。

**平尾** スーパーコンピュータ「京」が神戸の地に置かれましたが、県内には、この他に、SPring-8や新しくX線自由電子レーザー（SACLA）も完成して、これで3つ世界に誇れるものができました。先端科学技術施設が集積しているところは世界ではここにしかありません。この強みを活かしていただいて、協会の方でいろんな普及・啓発活動をやっていただくと兵庫県あるいは関西にとって大きなプラスになるだろうと思います。

**熊谷** おっしゃるとおり、兵庫県は最先端の研究施設が集積している科学技術における世界のセンターOPEXCELLENCEですから、私たちもそういう環境の中でお役に立つような仕事を是非やっていきたいと思っています。

今日は大変ご多忙の中、貴重なお話を聞かせいただきまして本当にありがとうございました。

追記：平成23年11月にスーパーコンピュータ「京」が「ゴードン・ベル賞」を受賞しました。「ゴードン・ベル賞」というのは、米国計算機学会によって高性能計算技術に関するハードウエアとアプリケーションの開発において最も優れた成果を上げた研究に与えられる賞で、スーパーコンピュータの分野で最も権威のある賞とされています。

## X線自由電子レーザー

施設「SACLA」が拓く  
新しい科学・技術

## ●対談者

(独)理化学研究所播磨研究所  
所長

石川 哲也 氏

(公財)ひょうご科学技術協会  
理事長

熊谷 信昭 氏

国第3期科学技術基本計画（平成18年度～22年度）において、X線自由電子レーザー「SACLA」（SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser）は、国家的な大規模プロジェクトとして集中的に投資すべき「国家基幹技術」として位置付けられ、日本の最先端テクノロジーを結集して、平成18年度から（独）理化学研究所を中心に、大型放射光施設「SPring-8」に隣接して整備が進められ、平成24年3月に供用が開始されました。SACLAは、波長が一定で位相のそろった世界最短波長の強力なX線を発生させることができる世界最高性能のX線レーザーで、基礎・基盤研究から産業への応用・実用化研究まで、革新的な成果を創出することが期待され、幅広い分野での利活用が見込まれています。

今回は、このSACLAの開発・実現に主導的な役割を果たしてこられた放射光科学の分野の第一人者である理化学研究所播磨研究所の石川哲也所長に、SACLAの建設やその性能などについて

お話を伺いました。

量子力学との出会い  
がきっかけに

やマクロの世界で解明する物理学の方に関心が移っていました。

熊谷 私も、数学や物理学などは基本となる定理や法則があって、そこからすべて論理的に展開されていくので、非常に分かりやすいと思いますね。逆に、化学はその天地根本の原理みたいなものがいまだによく分からない気がしています。

石川 私も化学は覚えることがたくさんあります。

熊谷 そうですね。そのような話をノーベル化学賞をお受けになった福井謙一先生にお話したら、先生は、「よく分かる。物理や数学を好きな人は化学がなかなかわざと卓越したご業績をたたえて与えられたのですが、まずは先生が物理学の世界に進まれたきっかけをお聞かせください。

石川 ありがとうございます。私は、昔から数学が好きで、高校に入学してから、いろんな数学の本を読みました。特に波動現象に興味を持ち、将来は地球物理学を勉強したいと思っていました。大学で

量子力学を学んだのを機に、物質をミクロ

方の話を聞くというのは、とても大切だと思います。

ところで、先生が研究者を志されたのはいつごろからですか。

石川 大学4年生のころで、卒業研究を始めてからです。つくばの高エネルギー加速器研究機構にある放射光科学研究施設「フォトンファクトリー」初代施設長の高良和武先生の下で卒業研究をさせていただいたことが非常に大きかったと思います。

熊谷 卒業研究というのは大切なものです。

石川 とても大切だと思います。与えられるのではなく、自分で考えてやっていかなければいけないわけですからね。

熊谷 実は以前から、大学の学部の卒業研究はやめて、アメリカの大学のように学部では講義や実習による教育を徹底してやる方がいいという意見もありますが、日本でやっている昔ながらの学部の卒業研究というのは、やり方によっては非常に意味があると思います。

石川 そうですね。私自身、学部の時に講義だけを受けていたら、今ごろ研究者にはなっていなかっただと思います。

SPring-8を  
1年前倒しで造る

熊谷 先生は平成7年から理化学研究所で放射光X線光学系の開発に携わってこられましたが、平成7年といえば、ちょうど



どSPring-8を造っているところになりますね。

石川 そうです。当時、SPring-8の加速器や光源は完成していましたが、その他の開発が大変でした…。私も何かしなければと思い、理化学研究所の方へ移りました。

熊谷 当時、私は光量子科学技術推進会議の会長を務めていたのですが、多くの関係者から「SPring-8の建設を早めてしまい」という声が上がっていましたので、要望書を作成して、科学技術庁へ行き、当時の平野事務次官（現兵庫県参与）に直接お会いして強く要請しました。それで、皆さんのご努力の結果、1年前倒しになりましたが、みんなで大喜びしたのを覚えています。

石川 そんなこともあって、私たちは、3年かけてやればいいと思っていたのが2年になってしまったのでしょうか。（笑）。

熊谷 当時はかなりお忙しかったのではないですか。

石川 3年でやることを2年でやるために、それまでのやり方では駄目だと考え、全て変えることにしました。当初、理化学研究所と、日本原子力研究開発機構のお金を分けて使っていましたが、事務方にかなり無理を申し上げ、一つにまとめさせていただきました。事務方にすれば、私はとんでもない極悪人なんですね（笑）。また、そのようなお金の使い方をしたため、後で会計検査院に怒られるのでは、となり心配しましたが、会計検査院から「よくやった」との言葉を頂きました。結果、SPring-8は当初予算より安く仕上げることができ、ビームラインを2つほど多く造ることができました。

X線自由電子レーザーの  
開発に携わって

熊谷 先生は平成7年から理化学研究所の主任研究員になれ、18年には、X



独立行政法人理化学研究所 播磨研究所 所長  
**石川 哲也**(いしかわ てつや)

<プロフィール>  
1954年 静岡県伊東市生まれ  
1977年 東京大学工学部卒業  
1982年 東京大学大学院工学系研究科  
理工学専攻課程修了(工学博士)  
1983年 高エネルギー物理学研究所助手  
1989年 東京大学工学部助教授  
1995年 理化学研究所主任研究員  
2006年 理化学研究所播磨研究所・放射光  
科学総合研究センター長  
理化学研究所X線自由電子レーザー計画合同推進本部プロジェクトリーダー  
2010年 理化学研究所播磨研究所長  
(現在に至る)

<専門分野>  
X線光学

<著書>  
Handbook on Synchrotron Radiation, Vol. 3, G. S. Brown, D. E. Moncton編, North-Holland 1991 (分担執筆) 他

<受賞等>  
日本結晶学会学術賞(2002年)  
兵庫県科学賞(2006年)  
文部科学大臣表彰 科学技術賞 開発部門  
(2007年)  
春の紫綬褒章(2012年)

<所属学会>  
日本物理学会  
日本放射光学会  
日本結晶学会  
アメリカ光学会

<研究テーマ>  
X線干渉計および干渉計測法の開発  
レーザー光と放射光X線の同期技術の開発  
精密光学素子調整技術と調整機器の開発



「SPring-8」と「SACLA」の全景

X線自由電子レーザー(XFEL)開発のプロジェクトリーダーを務められ、SACLAの整備を進めてこられました。そこで、SACLAについてご説明いただけますか。

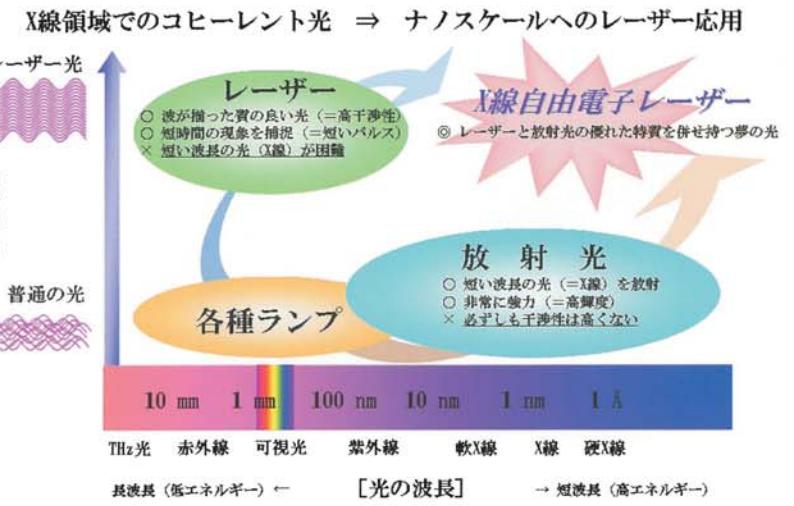
石川 XFELとは、X線とレーザーの特性を併せ持った光のことです。理化学研究所では、平成18年から国の第3期科学技術基本計画に基づき、XFELの開発を進めました。X線は透過性に優れ、小さな物質の観察に適しており、原子・分子レベルで物質の構造や特質を調べることができます。一方、レーザーは光の波が完全にそろっているため、ピンポイントで照射できます。つまり、XFELの光を当てると、X線撮影のように中身を透かした状態で、原子や分子の大きさまで観察できるというわけです。瞬間に発するパルス光の時間的な長さは、10フェムト秒(10兆分の1秒)で、さまざまな現象を100兆分の1秒の間隔でコマ送りのように見ることができます。SACLAは施設完成後わずか3ヶ月の調

整運転で、平成23年6月に波長0.12nm(ナノメートル)\*のXFELの発振に成功しました。その後の調整を進めて、同年10月には世界最短波長0.063nmを達成し、24年3月から供用運転しています。建設には300社を超える国内企業と手を組みました。まさに日本の技術力が集結した施設といえます。

熊谷 SACLAに隣接するSPring-8からもX線が発生されますね。最先端の2つの放射光施設が利用可能になりましたが、実際どのような研究ができるのでしょうか。

石川 X線はご存じのように波長の短い光です。一般に光を用いて観察する場合、どれだけ細かいものが分解できるか、すなわち解像度は光の波長の程度になります。X線はナノメートル以下の波長を持っていますので、SACLAもSPring-8もナノの世界を見るためのX線を作り出す装置といえます。しかしながらSPring-8の光はマイクロで、当て続けでも試料を壊すことはありません。またSPring-8はSACLAの

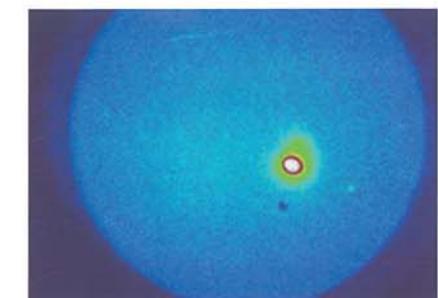
## X線自由電子レーザー(XFEL)とは



X線自由電子レーザーの概要

1000倍の時間光る光源ですので、止まつたナノの世界や、ゆっくりと動くナノの世界の観察に適しています。それに対してSACLAの光は、ナノの世界の瞬間的な変化の様子を精細に捉えることができますが、ピーク時はSPring-8のX線の10億倍もの明るさになり、当て続けると物質を破壊してしまいます。

播磨研究所では、性質の違う2つの光を1つの試料の同じ場所に当てることができます。そこで、例えばSACLAの非常に



世界最短波長(0.12nm)となるX線レーザーの発振に成功(平成23年6月7日)  
中心で小さく発光しているのがX線レーザー



公益財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
**熊谷 信昭**(くまがい のぶあき)

1953年大阪大学工学部(旧制)通信工学科卒業。同大学大学院(旧制)特別研究生、カリフローリニア大学(バークレー)電子工学研究所上級研究員などを経て、60年大阪大学工学部通信工学科助教授。71年同教授。85年大阪大学総長。91年同大学名譽教授。科学技術会議(現総合科学技術会議)議員などを歴任し、2004年兵庫県立大学長。10年兵庫県立大学名譽学長。現在、国際電気通信基礎技術研究所会長、兵庫県科学技術会議会長、その他。

専攻は電磁波工学、工学博士。電子情報通信学会元会長。米国電気電子学会Life Fellow。レーザー学会特別功労賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、米国電気電子学会Third Millennium Medal、中華人民共和国白玉蘭賞、高柳記念賞、大川賞、日本学士院賞、瑞宝大綬章などを受章。文化功労者。

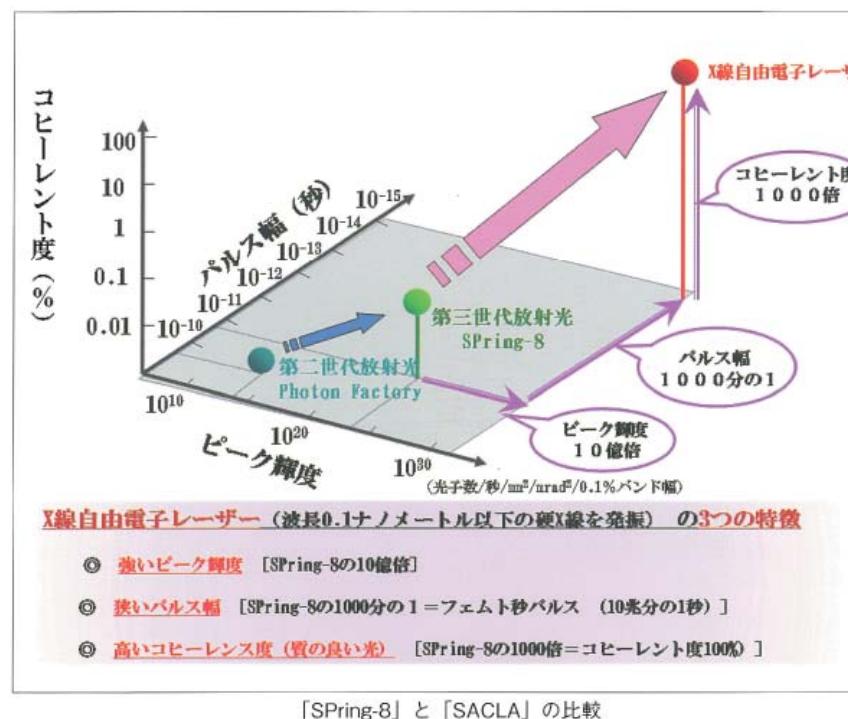
それぞれの波長の電磁波は弱いかもしれません、いろいろな波長の放射光、非常に幅広いスペクトラムの電磁波を発生させることができるという意味ではSPring-8はとても優れた装置ですからね。

石川 そうですね。その通りだと思います。

## コンパクト化に成功したSACLA

熊谷 SACLAは、諸外国の施設と比べて非常にコンパクトと聞いていますが、これは創意工夫の大きな成果ではないでしょ

\*1nm(ナノメートル)は1mmの100万分の1



「SPring-8」と「SACLA」の比較

通る真空容器の外側に磁石を配置していましたが、真空容器の内側に配置すると、空間磁場周期を短くしても、電子に強い磁場を感じさせることができます。

強力永久磁石を真空の中に入れると、焼結体である磁石から、じわじわとガスが出て、加速器に必要な超高真空状態に到達するのは、非常に困難と考えられていました。しかし、永久磁石をチタンでコーティングすることで内部からのガス放出を抑え、超高真空中に強力永久磁石を導入する技術を確立しました。永久磁石としては、日本の企業のネオジウム鉄系の非常に良質なものを使用しました。技術はすでにSPring-8で実用済みで、これらを駆使すれば、よりコンパクトなXFEL施設が実現できると考えたのです。

小のものを造ろうと考えていました。コンパクト化を可能にしたのは、日本企業の技術力を集結して開発した「真空封止型アンジュレーター」の使用だと思います。

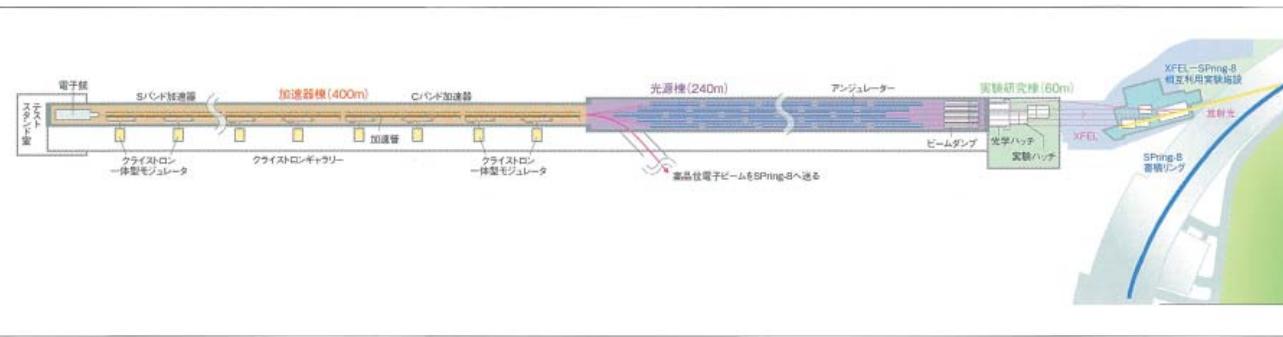
通常、X線レーザーは、電子銃から発射された電子ビームを加速管で加速させ、

磁石のN極とS極を交互に周期的に並べたアンジュレーターという装置に通し、蛇行させて発光させます。

従来のアンジュレーターは、電子ビームが

うか。

石川 アメリカの施設が全長約4km、ドイツの完成予定の施設が約3.3kmに対し、SACLAはたった700mと最もコンパクトです。SACLAの名称も「SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser」からきており、コンパクトであることを謳っています。ご覧になった方からは、700mもあって何がコンパクトだというお話を伺っておりますが、開発当初から世界最



「SACLA」の概要図

提供：理化学研究所

	欧州 European XFEL DESY : Deutsches Elektronen-Synchrotron ドイツ電子シンクロトロン 研究所	日本 SACLA 理化学研究所 & 高輝度光科学研究センター	米国 LCLS SLAC : SLAC National Accelerator Laboratory SLAC 国立加速器研究所
所在地	ドイツ ハンブルク	兵庫県播磨科学公園都市	カルフォルニア州メンロパーク
全長	約3.4km	約0.7km	約4km (XFEL施設分としては約2km)
電子加速エネルギー	17.5GeV	8GeV (低エネルギーで短波長発振)	14GeV
レーザー発振波長	0.05~6nm(目標値)	0.06nm (2011年10月達成)	0.12nm
建設費	10.82億ユーロ以上	約390億円	6.15億ドル以上
完成	2015年(予定)	2011年	2009年
特徴	EU等12ヶ国 共同プロジェクト	放射光とX線レーザーが 同時利用できる、 世界唯一の放射光研究拠点	既存施設の活用により、 3億ドル以上を節減

国際比較で見る「SACLA」の特徴

も含めて超高真空状態をつくるというのは簡単なことではありませんよね。

石川 そうですね。そういうことができるようになり、非常にコンパクトな自由電子レーザーができるようになりました。

ただ、一気に大きなものに取り掛かるのは危険ということで、現在のSACLAの32分の1のスケールで、プロトタイプを作りました。そこでうまくいったので、SACLAを造ることになりました。その後もプロジェクトとしてまとめ上げるには苦労しましたが、試行錯誤を重ね、おかげさまで現在の形にまとまりました。

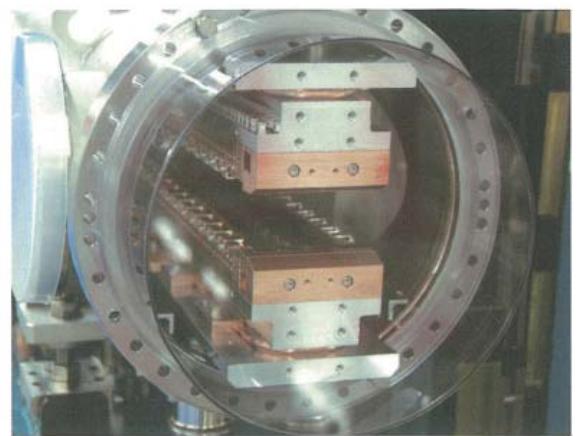
その後も、XFELの開発に携わる方から、ぜひ話を聞かせてほしい、と真空封止型アンジュレーターを造られた北村英男先生と共にいろんな場所に引っ張り出されましたね（笑）。

### 新薬や優れた触媒の開発に期待

熊谷 SACLAは、これまで解析が困難とされてきた「膜タンパク質」と呼ばれる



X線レーザーを生み出す真空封止型アンジュレーター



磁石列を真空ダクト内に入れた状態

物質の構造解析にも役立つと聞いていますが、SACLAを使えば今後どのようなことが期待できますか。

石川 現在、薬は膜タンパク質の構造を見て、それに合わせて作るというのが先進的とされていますが、従来の装置では、膜タンパク質の結晶化が非常に難しく、構造が解明できませんでした。XFELを使えば、非常に小さな結晶や、将来的には単一分子のみからのX線散乱を用いて膜タンパク質の構造を原子レベルで解析できるようになり、その構造を基にした新薬の開発が期待されています。平成24年、アメリカ・スタンフォード大学のブライアン・コビルカ教授は、膜タンパク質の機能の研究でノーベル化学賞を受賞されました。今後、力を注ぐべき分野の一つといえます。

熊谷 原子や分子の微細な構造や反応の様子が分かれば、今まで未知とされていた現象の原理が解き明かせる可能性も広がり、さらに新たなエネルギー・システムの研究など、幅広い分野での活用が見込めるのではないかと思われますが。

石川 そうですね。触媒機能にも力を入れる必要があると思っています。触媒とは、高校の化学の教科書で、「それ自体は何もないが、他の化学反応を助ける」と書いてありますが、それ自体は必ず何かやっているはずなんです。ただ、その動きが非常に早いため、われわれは常に変化前と変化後しか見ることができません。しかし、XFELを使えば、100兆分の1秒のスピードで化学変化のプロセスを見ることができます。触媒はエネルギーをあ

まり使わずに物を作るための必須アイテムなんです。化学反応の過程が観察できれば、新しい合成法や触媒を発見する手掛かりにもつながります。

熊谷 触媒というのは、主役ではないけども極めて大切で、しかも役立つものです。そうなれば、燃料電池の開発が大きく進展するのではないかでしょうか。光合成のプロセスをきちんと解明し、人工的に作り出すことができれば、今後の研究も大きく広がると思います。

石川 そうだと思います。光合成は、植物の葉緑素が水と二酸化炭素と光から酸素と澱粉を作る反応として知られています。SPring-8では、この反応に関わる

タンパク質の結晶構造解析に成功していますが、SACLAで動きを観察することによって機能が分かれば、触媒設計に必要な情報が得られるはずです。一方、光

と酸素を作る過程が含まれます。プロトンは水素イオンですから、この反応過程が分かれば、将来のクリーンエネルギーとして期待される水素を人工的に、しかも安価に作り出すことにつながる可能性もあります。

そうなれば、燃料電池の開発が大きく進展するのではないかでしょうか。光合成のプロセスをきちんと解明し、人工的に作り出すことができれば、今後の研究も大きく広がると思います。

熊谷 触媒の研究にも、SACLAは使えるというわけですね。人工光合成が実用可能になれば、これは大革命であり、日本が特許を取れば、世界制覇してしまうかもしれませんね。

### スーパーコンピュータ「京」との連携

熊谷 兵庫県にはSPring-8とSACLAに



スーパーコンピュータ「京」

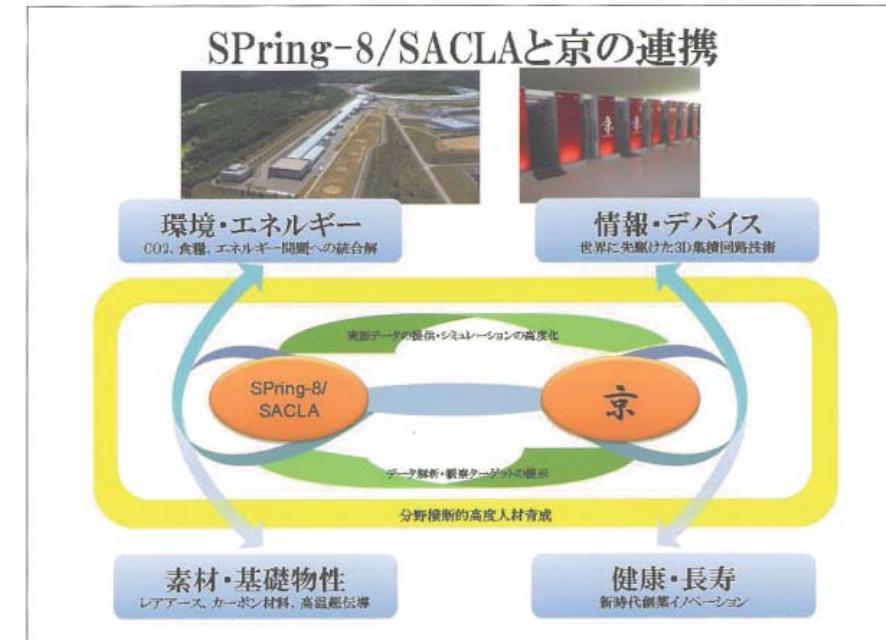
©RIKEN

加えて、スーパーコンピュータ「京」があります。「京」との連携についてどのようにお考えでしょうか。

石川 まず、SACLA、SPring-8のような観察のデータ解析にコンピューターは不可欠ですし、膨大なデータをある程度の速さで解析するには「京」との連携は必須です。「京」は実験できない部分をいろいろなシミュレーションでやっていくことができます。こういう言い方をすると「京」に携わっている方にいつも怒られるのですが、「京」は見てきたような話を作る装置で、SACLAやSPring-8は見てきたような話を実際に見てしまう装置だと私たちは思っています。考えられるいろいろな反応の過程を「京」で計算し、SACLAで観察してそれが正しいか調べ、それを再度「京」で計算し、再びSACLAで測定する。このようにSACLAと「京」を繰り返し使うことで、反応過程がより深く理解できるようになります。シミュレーションの精度も高まります。こういう連携がSPring-8、SACLA、「京」の間でできたらいいですね。

熊谷 そうですね。SPring-8やSACLAの観察で得られた膨大なデータを迅速に解析するのに「京」は必要だし、「京」を使ったシミュレーションにSPring-8やSACLAで具体的なデータが取れる。双方向での連携が期待できますね。

石川 さらにもう一つ、SPring-8、SACLAを使いこなすためには、分解能が非常に高いディテクターが必要になります。その点を真面目に考えると、近い将来、三次元のLSI（集積回路）プロセスが必要に



「SPring-8/SACLA」と「京」との連携

なるでしょう。現在、LSIを平面でつくるのですが、今後、三次元のLSIプロセスをつくりていかなければ、まともなX線画像検出機の完成はないと、多方面で議論されています。三次元のLSIプロセスができれば、それが高性能X線画像検出器を生み出すと、プロセス自体は演算素子の高速化に役に立ちますが、別の意味での相互作用も期待できます。

熊谷 しかし、LSIは今でも三次元になっていますよね。

石川 確かにそうですが、三次元といつてもかなり薄いです。

熊谷 もっとブロックにするという意味ですね。そうなれば、コンピューターそのものの進歩につながっていくのではないですか。

石川 そのようなディテクターがあれば、SACLAやSPring-8を使って回路を三次

元のトモグラフィー（断層撮影）でしっかりと見てあげることができます。次世代の演算素子の開発につながります。

### SACLAで次世代のリーダーを育てる

熊谷 では、本格稼働したばかりですが、SACLAに関して、今後の課題はありますか。

石川 光源装置はこれからどんどん進化していくので、SACLAももっと進化させていきたいと思っています。またSPring-8も、完成して十数年になりますが、当初と比べると性能も非常に良くなっています。そ

ういうものを私たち2つ抱えており、ある意味、日本中の皆さんに世界で一番のものを提供し続けるということが、私たちの課題です。先端基盤施設がしっかりしているというのは、日本の競争力を保持する上

でも非常に大切なことだと思っています。

**熊谷** 確かにそうですね。出来た時点で最高のものでも、時間がたつとさらに改良・進歩させていくことが必要になってきますよね。

**石川** ですから、いろいろと手を加えてより良い状態を保ち、もっと良くしていく。そこをぜひ考えていきたいと思っています。

**熊谷** SACLA、SPring-8、「京」などを含め、最先端の科学技術を使いこなす上で、人材育成がとても重要だと思います。理化学研究所では、平成25年度から兵庫県立大学大学院と連携して、人材育成に取り組まれると聞いています。

**石川** 兵庫県立大学大学院に博士課程リーディングプログラムを創設し、SACLAを基に、新たな研究分野を開拓するリーダーとなる人材の育成を目指しています。若い方に、SACLAのような教科書のない状態で自分の頭で物事を考えていくというのが、次世代のリーダーを育てる上でも必要です。その意味でも、このリーディングプログラムは非常に良い訓練の場になるのではと期待しています。

**熊谷** 今までの豊富なご経験の中から、人生や研究に関する持論などがあればお聞かせください。

**石川** 特に持論があるわけではありませんが、最近、自分一人で動き回るのには限界があると思っています。若いうちは一人で動き回っていればいいのですが、だんだんつくるもののスケールが大きくなればなるほど、自分で動きまわってはいけない時が出てくるのです。

**熊谷** 確かに、全てを自分一人でやろう

とするには無理がありますし、適切でもありません。

**石川** ある程度を超えると、スーパーマンであっても、一人で全部はできません。そうすると、どうやって大勢の人をまとめていくか、ベクトルをそろえていくかという部分がとても重要になります。その辺りは諸先輩方から教えていただき、現在、2つのことを大切にしています。一つ目が、リーダーは一人称単数で話してはいけないということ。俺が俺がと話すのではなく、常に「私たち」はと言なさいと、いろいろな方から教わりました。二つ目が、物事がうまく回っている時にリーダーは口を出さないということ。若い人たちでうまく回っている時に年寄りが何か言って、物事がうまく回ったためしがありません。リーダーは、うまくいかなくなった時、責任を負う時に動くものだと思っています。

SACLAは非常にラッキーなことに責任者があまり働く場所もなく完成しました（笑）。

**熊谷** そんなことはないですよ。やはり石川先生が主導的な役割を果たされたリーダーであることに違いありません。

### 研究分野が広がる可能性も

**熊谷** 先ほど人工光合成の話も伺いましたが、SACLAでは平成23年10月から研究テーマを公募して順次実験を行ったり、「京」との新素材開発の共同研究に取り組んだりと、ますます研究開発の動きが

活発です。今後、先生ご自身、どのように

なことに期待されていますか。

**石川** SACLAの真の力は新薬の開発や触媒、材料開発だけにとどまりません。とても優れた光ですので、当てた部分にとんでもない非平衡場（普通とは違う状態）ができます。その中で、どのような反応が起こるか非常に楽しみです。現在の物理学では予想されていない現象が起きる可能性もあり、私たちはその部分に一番期待しています。そもそも、現在の物理学の理論は、物質に関する限りSACLAが放つような強い光は考えないものとしてつくられています。SACLAの光が物質に当たった時、現在の理論が成り立つかどうかも分かりません。理論の説明ができない現象が見られれば、先人の全くない、手つかずの研究分野が広がるはずです。

**熊谷** SACLAを使うと、何が起こるか分からぬといふわけですね。

**石川** XFELは波長が短いので、細いビームを作る際、絞ろうと思えばいくらでも絞れます。今は数十ナノまでは絞っているのですが、その状態で当たった部分には、

とんでもない非平衡場ができます。多分、個体の中にそのような光を入れると周りから押し出され、当たった部分は膨張しようとかなりの高圧、高温状態になるはずです。その部分をうまく使って反応場をつくってやれば、現在の熱力学では解明できないう状態をつくり出せるでしょう。新たなものがつくり也可能になると思っています。

**熊谷** それは、物質の中のことですか。

**石川** はい。例えば物質の中に、ガスか何かを当てると、当たった部分にだけガス

が入り、反応が起こるというようなことがあります。温めたり普通に圧力をかけたりするだけでは起こらないことが、当たった一部分だけに発生するかもしれません。

**熊谷** 普通の物は安定した状態で物になっていますからね。そこにとんでもない状態をつくってやれば、面白い未知の反応が見えるかもしれないですね。また、その状態のまま止まっているのが非平衡場なわけですから、その後、どうなっていくかも分からないですね。

**石川** はい。何か別の物を入れてその状態で安定化させてやることで、現在、若い世代の方に取り組んでもらっているナノワイヤーアレイができるはずです。光を当て、そこで反応させると違ったものがナノワイヤーになり、場所を変えてやると周期的なアレイをつくることができます。何となるノノのアンテナが並んだような、そのような状態で新たな物性が出てくるかどうか、現在、理論研究者に検討していただいています。

SPring-8やSACLAが出す光は、これらの科学と技術の開拓に必要不可欠です。さらに先進的な利用方法を開拓し、皆さんに広く使っていただきたいというのが私たちの願いです。

**熊谷** SACLAは、生命科学から創薬、材料科学、基礎物理学まで幅広い分野にわたる最先端の研究に大きく貢献することでしょう。日本で新たに見つかったカーボンナノチューブのような、驚異の素材が見つかる可能性にも、大いに期待したいです。

私が科学技術会議の議員をしていた時、世界でも他にあまり例のない科学技術基本法というユニークな法律が制定されました。平成8年に、衆参両院の満場一致によって生まれたユニークな法律です。

科学技術基本法が定められたおかげで、5年ごとに科学技術基本計画を策定し、予算も考えてもらうことができるようになりました。今度4期目に入りますが、今までのご経験から、科学技術政策等に関するご意見などをお聞かせください。

**石川** 実はSACLAを造っている時もいろいろ言われました。日本の財政状況がそれほど明るくない中、どうやって科学技術をしっかりとやっていくのかきちんと考えなければなりません。日本全体が科学技術でどれだけ食べているかということを客観的または定量的にある程度示すことができれば、皆さんも判断しやすいのかもしれません。それともう一つ、科学技術への投資総額はもちろん限度がありますが、限度がある中で、科学技術で食べているところと投資のバランスをいかに取っていくのか、

また科学技術への投資総額がオープンになれば、事業仕訳でのような議論は起きないように思います。

今回、中山伸弥先生がノーベル医学・生理学賞を受賞され、基礎科学は非常に大事だと言われていますが、その基礎科学を薄くやって、その中から戦略的なものを見つけて、それをどんどん大きくしていくというのが正しいと思っています。そうでなければ、お金ももらいません。その辺のプロセスを、そろそろ真剣に考える時期で

はないでしょうか。

**熊谷** 真に革新的、基礎的な研究というのは、意外と膨大な人手や巨額のお金がかからないというものもありますので、わずかでも必要な研究費の支援があると非常に研究者が助かるというようなことがあります。私たちも、そのような萌芽的、先駆的な研究をやっている若い方々ができるだけ支援し、研究組織や研究施設の相互連携にもお役に立ちたいと思っています。今後もご意見やアドバイス等がございましたら、ぜひお聞かせください。本日は大変ご多忙の中をお時間をお割きくださいました。

（この対談は、平成24年11月13日に行いました）

# 地震予知研究の 最前線 ～その課題と未来～

## ●対談者

東海大学海洋研究所教授・  
地震予知研究センター長

(公財)ひょうご科学技術協会  
理事長

**長尾 年恭 氏**

**熊谷 信昭 氏**

阪神・淡路地域や東北地方に大きな被害をもたらした巨大地震に続いて、南海トラフ巨大地震、首都直下地震などの発生が心配されています。政府の地震調査委員会は、平成25年5月、南海トラフを震源域とするマグニチュード8以上の大地震が今後30年内に60～70%程度の確率で発生する可能性があるとの予測結果を発表しました。

現在、日本列島は地震活動期の真っただ中にあるともいわれており、巨大地震による悲惨な被害を少しでも軽減するために強く望まれているのが地震の短期ないし直前予知の実現です。そのために多くの努力が続けられていますが、今回は、この分野の第一人者で電磁気学的な手法によって地震を予知する研究を行っておられる東海大学海洋研究所教授で地震予知研究センター長の長尾年恭さんに地震予知研究の現状や今後の課題などについてお話を伺いました。

## 地震予知研究を スタート

熊谷 先生は東京大学大学院で理学系

研究科博士課程を修了された後、金沢大学理学部助手などを経て東海大学海洋研究所教授、地震予知研究センター長に就任されました。金沢大学への就職を機に電磁気学的な手法による地震予知の研究を始められたと伺っていますが、まずは、研究を始められたきっかけをお聞かせください。

長尾 大学院では日本列島の温度構造を研究しており、温度に一番影響する地殻内の放射性物質のウラン、トリウム、カリウムの分布を調べていました。博士学位論文を書いていた1980年代の後半、修士課程にいた学生が、私の恩師の上田誠也先生（東京大学教授、退官後に東海大学海洋学部教授に就任）が提唱する地震予知にのめり込んでいました。なかなか面白いことをしているなど数年間、横目で見ていたが、次第に地震予知は未来が分かる面白い挑戦だと思うようになり、修了後、金沢大学への就職を機に本格的に研究を始めました。

熊谷 大阪大学にも工学部の電子工学科を卒業して理学部に移った人がいました。大阪大学大学院理学研究科教授を

務められ、関西サイエンス・フォーラム\*の中の専門部会「地震前兆現象調査研究専門部会」の委員もされていた池谷元伺さん（故人）です。私はこの専門部会が設置された当初から今も部会長を務めていますが、池谷さんは魚には電磁的影響を感じる能力があるのではないかという考えを持たれていました。もともと動植物の中には、音や電気、電磁波、匂いなどに対する感知能力が人間などと比べて格段に優れているものがいると言われています。池谷さんは研究室に持ち込んだ大きな岩石に圧力を加え、圧電現象によって発生する電磁波に対して、離れた場所に置いた水槽の中のナマズがどのような反応をするか、というような実験などをしていました。しかし、そのような研究をしていると、当時の理学部長の金森順次郎先生（故人）に怒られたそうです。学術的な研究とは見てもらえないかったのですね。その話を聞いて、地震予知はまともな研究としては取り上げられない傾向があるように感じました。

長尾 それは今も同じです。地震予知というと、メディアの方から「ナマズはどうで

すか」と聞かれます。地震雲について聞かれることもありますが、多くの方が、地震とナマズとの関係に興味を持たれているのは確かです。

## 地震に先行する さまざまな前兆現象

熊谷 先生は平成3年から1年間、地震予知研究のためにアテネ大学の物理学部へ留学されたそうですが。

長尾 アテネ大学の先生が電磁気学的な地震予知について研究されており、地電流の変化と地震との関係について学びました。その先生は、アテネ郊外で阪神・淡路大震災規模の地震が起きたのを機に、自分たちが専門とする物性物理学の理論が地震予知にも使えるのでは、と研究を始められたそうです。彼らは、地震

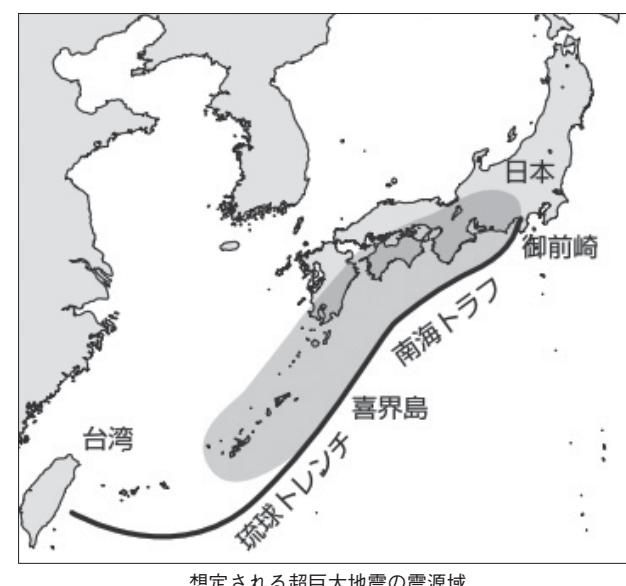
は地殻内部での岩石の破壊現象だから、

が。  
長尾 おっしゃる通りです。一つの事象だけで予知するのは難しいにもかかわらず、

それぞれの学者が「この事象で予知できる」と主張するため、地震予知研究の評議がさらに落ちているように思います。近年、ようやく複数の事象のデータを積み重ねて確率利得（予測精度）を上げていこうという考え方になってきました。

熊谷 地震が起こる前に、その地域の地震活動が変化したり、電磁気学的変化やいろいろな地球化学的変化などが表れたりすることがあるという報告がたくさん出ています。さらに、発光現象や地鳴り、動物の異常行動といった宏観異常現象なども数多く報告されています。現在、ほとんどの前兆現象は定性的には説明可能だと聞きましたが、潮の満ち引きと地震との関係についてはいかがでしょうか。

長尾 もともと月や太陽などの天体が及ぼ



想定される超巨大地震の震源域





東海大学海洋研究所教授地震予知研究センター長  
**長尾 年恭**(ながお としやす)

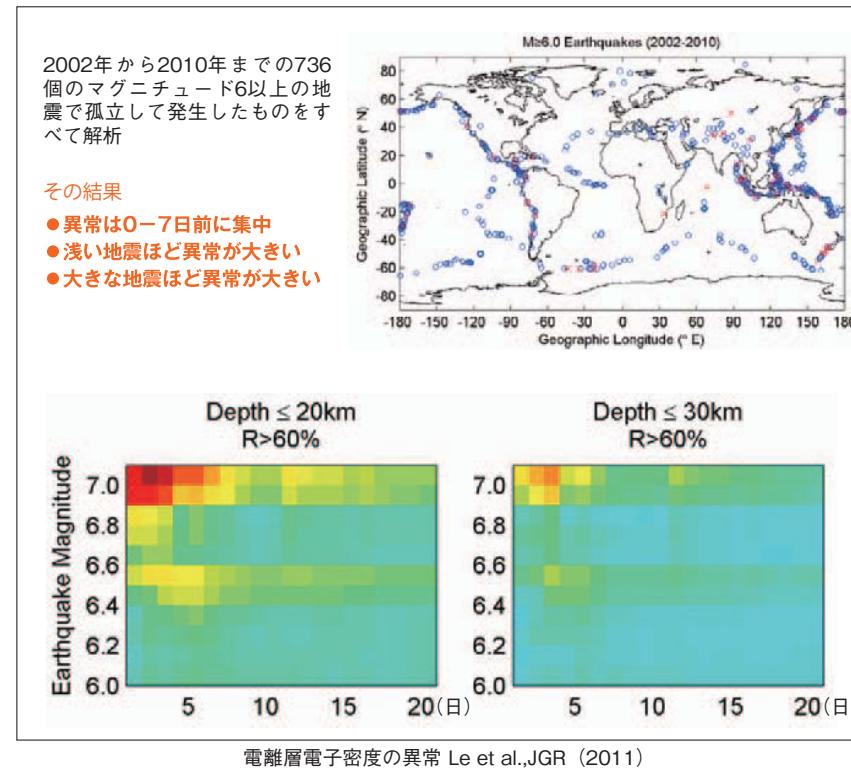
<プロフィール>  
 1955年 東京都出身  
 1987年 東京大学大学院 理学系研究科  
 博士課程修了  
 1988年 金沢大学理学部助手  
 1995年 東海大学海洋学部助教授  
 1998年 東海大学海洋研究所・地震予知研究  
 センター長  
 2001年 東海大学海洋研究所教授  
 2006年 東京大学地震研究所客員教授  
 07年

<専門分野>  
 固体地球物理学、地震予知、地震防災教育  
 <著書>  
 地震予知の科学/東京大学出版会(2006年・共著)  
 地震予知研究の新展開/近未来社(2001年)  
 最新地震論/学習研究社(1995年・共著)

<所属学会>  
 日本地震学会  
 地球電磁気・惑星圏学会  
 アメリカ地球物理連合 など

<研究テーマ>  
 電磁気的な手法を用いた地震予知研究  
 パターンインフォマティクスを用いた地震活動予測

す万有引力による潮汐は毎日繰り返されています。これが大地震の直前になると地殻が破壊の一歩手前(臨界状態)になり、潮汐に同期するように地震が起きることが分かってきました。また、同じ場所や同じフェーズで起こるようになることも分かってき



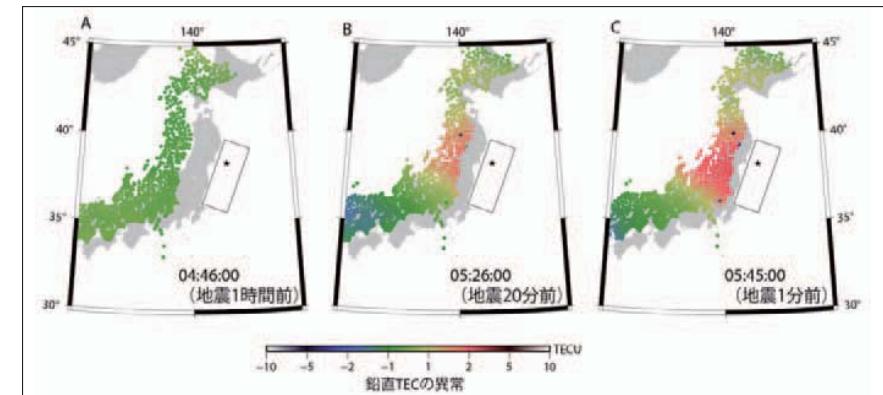
ました。

**熊谷** なぜそのような現象が起きるのでしょうか。  
**長尾** 海の潮位が変わると同じように地球も毎日変形しています。日本のような中緯度地方の場合、地球の中心から30～40cmほど伸びたり縮んだりしています。この変形が原因で、ある向きに力がかかると断層が動くというわけです。單にでたらめに地震が起きているのではなく、特定の断層の向きのものだけ起きているのです。このような考えは昔から言われていたのですが、今回の東日本大震災で初めて証明されました。

**熊谷** 昔から電磁気的な影響で時計の振り子の動きが変わるとか、ラジオに雑音電波が入るというような話がありました。こ

のことからも、地震の発生直前や発生時に電磁波が出るといった電磁気的現象が起こっていると考えられます。これは科学的にも非常に納得しやすい現象だと思いませんが、詳しく教えてください。

**長尾** 地震は地下の力学的現象です



東日本大震災に先行した電離層中の電子の異常  
 ※GPS衛星により観測された電子密度のゆらぎ。地震発生40分前頃から異常が確認できた  
 (北海道大学・日置)

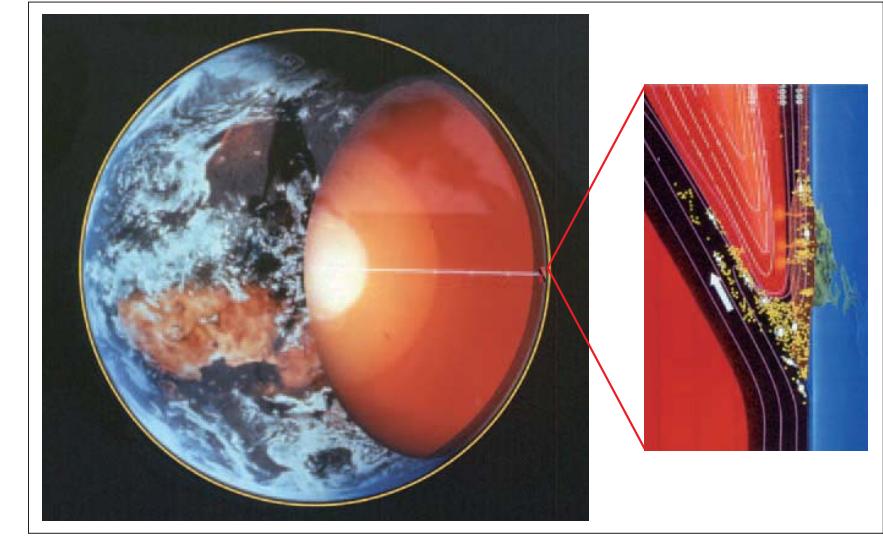
ある」という結果が出ました。電離層電子密度が地震直前に変化する可能性は極めて高く、統計的にこの結果は否定し難いという結論になりました。

では、なぜ電離層を調べたかを説明すると、地球の半径は約6,300kmで、地震は地球表面付近の非常に浅い所で発生しています。電離層は地球の大きさから比較すると地表にべったりとくっ付いており、高さは約80kmから600kmまであります。その電離層が地球の直径に対して80km

の所から始まります。地震はほとんどのものが深さ100kmくらいまでですから、電離層というのは地表を映す鏡のような役割を果たしているのではないかと考えられます。

**熊谷** 地震の前に地震雲を見たという人がいますが、これについてはどうでしょうか。

**長尾** 地震雲は、一般の方もよく知っている言葉だと思いますが、地震学界ではほとんど相手にされていません。われわれ地震予知の研究者も、一般的には存在しないものと考えています。ただ、地震雲は



地球表面付近で発生している地震現象



公益財団法人ひょうご科学技術協会 理事長  
**熊谷 信昭**(くまがい のぶあき)

1953年大阪大学工学部(旧制)通信工学科卒業。同大学大学院(旧制)特別研究生、カリヨンニア大学(バークレー)電子工学研究所上席研究員などを経て、60年大阪大学工学部通信工学科助教授、71年同教授。85年大阪大学総長。91年同大学名誉教授。科学技術会議(現総合科学技術会議)議員などを歴任し、2004年兵庫県立大学長。10年兵庫県立大学名誉学長。現在、国際電気通信基礎技術研究所会長、兵庫県科学技術会議会長、その他。

専攻は電磁波工学。工学博士。電子情報通信学会元会長。米国電気電子学会Life Fellow。レーザー学会特別功労賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、米国電気電子学会Third Millennium Medal、中華人民共和国白玉蘭賞、日本放送協会放送文化賞、高柳記念賞、大川賞、日本学士院賞、瑞宝大綬章などを受章。文化功労者。

絶対に存在しないかというとそうではありません。震源地や震源断層の上ではそのような大気中の現象が起こる可能性もあり、そこを区別する必要があります。

地震はいつでもどこかで発生している現象ですし、雲は上空の気流や太陽の光によって珍しい色や形に見える場合があります。おかしな雲を見た3～4日以内に新聞に「地震発生」と出ていると、「当たった」と思い込んでしまうかもしれません、関連のない2つの現象を偶然見掛け、勝手に結び付けているだけにすぎません。

阪神・淡路大震災では、竜巻状の雲が出たという話が有名になりました。その雲を連続で撮影した写真が残っていますが、見ると雲が風向きに逆らって動いていました。この雲について気象庁は「雲だけ雲じゃない」というコメントを出しています。風向きに逆らっていたということで、荷電粒子が断層から飛び出して磁力線に沿ってらせん運動をし、そこに巻き付いて雲ができたのではともいわれています。他にも、どこかの上空に出た雲で非常に遠い場所の地震を予測するという話もありますが、これは思い込みによるものだと考えており、根拠のある話ではありません。

熊谷 地下水の水位の変化なども地震

前兆現象の一つと考えられていますね。

長尾 非常に有望な前兆現象と考えています。例えば、牛乳パックに少し力を加えるとストローから中身が飛び出しますよね。そのように、水位の変化は非常に効率的な地殻変動の増幅器になっている可能性があります。昭和21年に発生した昭和南海地震では、発生の約12時間前から潮位の異常が見られています。普段から漁をしている場所で、多くの船がこの日だけ座礁したそうです。他にも地面が隆起し、海が浅くなったという証言は何十例もありました。このような現象は無視できません。

同様に、井戸水が濁ったり枯れたりしたというデータも残っています。高知県では、平成25年からこのような現象も前兆現象

の一つと捉え、宏觀異常現象の収集を始めています。

熊谷 後から考えてみると、阪神・淡路大震災や東日本大震災の時も、地震発生の少し前から直前までいろいろな現象が起きました。神戸では地震の2、3日前から魚が全く釣れなくなったという漁師の証言もありました。

長尾 魚の漁獲高にもかなり影響があったことでしょう。東日本大震災は規模のわりに宏觀異常現象が少なかったですが、明治時代に発生した明治三陸地震では実際にいろいろな現象がありました。今回、なぜ現象が少ないかは分かりませんが、もしかすると海岸沿いにお住まいでのりうな現象をよく知っていた方が亡くなられたと

いうことも関係しているかもしれません。

熊谷 地震前兆現象の場合、事実関係をデータで示すことは基本的に重要なが、科学的な研究とするためには、少なくとも定性的な因果関係が説明できなければならぬと思います。

長尾 まさにそうですね。ようやく大地震の前にはこのような現象がこういった時系列で起きるはず、といふところまで分かってきました。これは、阪神・淡路大震災をきっかけに世界最高の地震観測網と地殻変動観測網ができたことが大きいでしょう。日本は観測網に関してはトップですが、その情報を見る専門の人や企業がないため、おいしいところはフランスなどの外国人研究者に持っていくことが多いです。

城地震です。地震発生前にどんな現象が起きるかを学校でかなり指導されていました。当時の中国は文化大革命の前後で、余ってしまった公務員約100万人が学校等で指導に従事していたそうです。

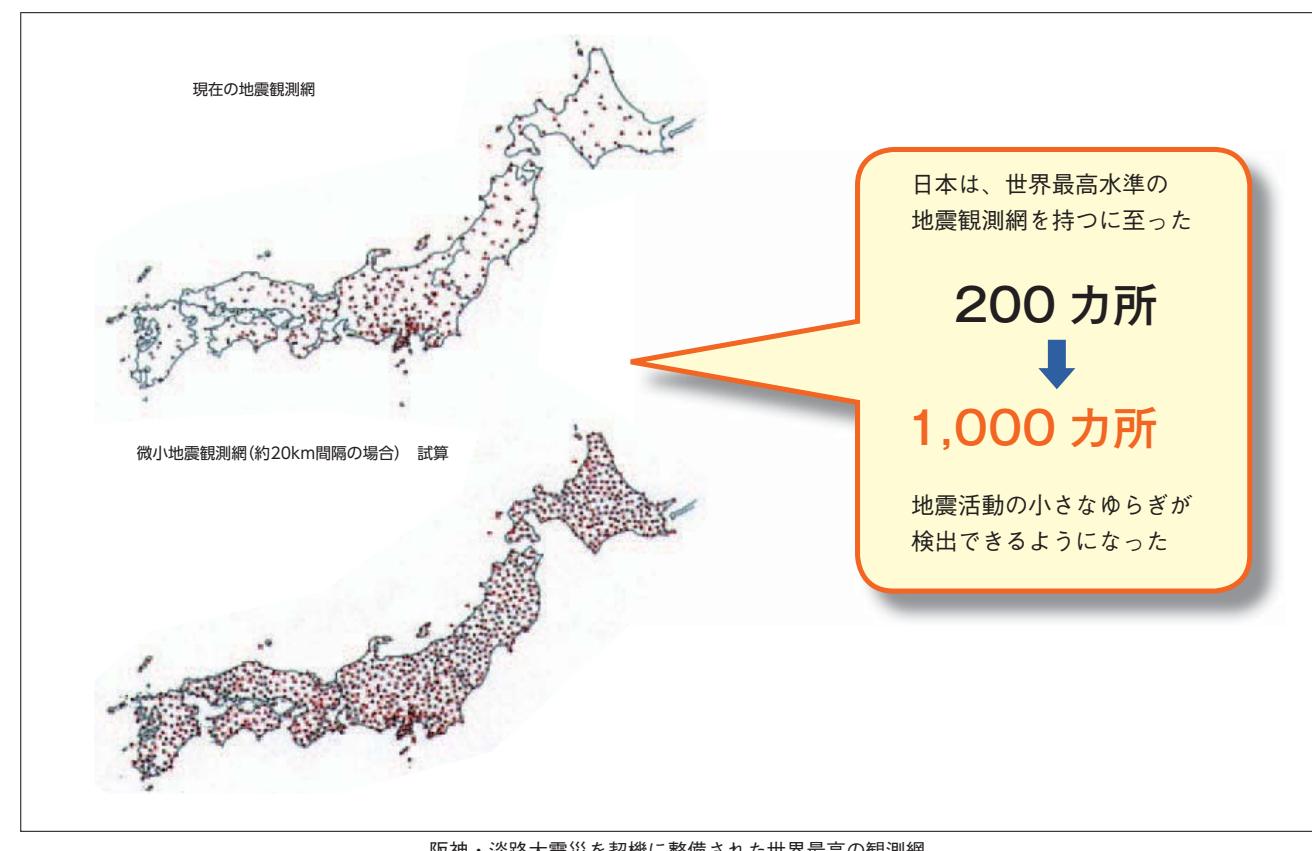
また、中国には長期予報、中期予報、短期予報のほかに、臨震（地震に臨む）予報があります。長期・中期予報で発生の可能性の高い地域が分かることそこへ職員を派遣し、「何か異常を見掛けた人は知らせてください」と呼び掛けます。そして集まった情報を基に臨震予報を出し、避難命令等を発するというものです。インターネットの普及が進んだ今、日本でも同様のことができると思うのですが。

熊谷 あの時は、一般市民から町にネズミの大群が異常に多く出ているというような情報が行政当局に伝えられ、当局が住民に避難命令を出し、避難直後に大地震が起きたと聞いています。

長尾 実際、本震の前に起こる前震などの異常現象もあったそうです。そのような情報を受けて、政府は屋外への避難を進めるため、広場で映画3本を夜通し上映しました。すると、3本目の時に地震が起きたそうです。ただ、毎回予知がうまくいくとは限りません。その翌年、同規模の地震が唐山で起き、40万人もの死者が出ました。多くの前兆現象が報告されていましたが、前震がなかったため結果として予知が出せなかったそうです。

### 地震の発生を予測する 「地下天気図プロジェクト」

長尾 中国も昔は地震予知の情報を出せましたが、世界中とつながっている現在の経済状況では、予知は出しづらいと言っています。私も、国が統一的な予知情報を出すのは難しいと最近思いました。そこで期待しているのが自治体や企業などによる情報の提供です。東海大学ではDuMA (Down under Meteorological Agency) というベンチャーを設立しました。Down underとは上下逆さまという意味で、「地下の天気団体」ということになります。まだ営業はしていません。



### 地震予知の成功事例

熊谷 先生もメンバーに入っていた関西サイエンス・フォーラムの「地震前兆現象調査研究専門部会」では、動物の異常な行動や地下水の水位の変化など、目撃したさまざまな異常な状況を情報としてリアルタイムで1カ所に集め、それらを重ね合わせて他のデータとも照合することで、確度の高い予知情報が得られるのではないかと考えています。阪神・淡路大震災の翌年から現在もなお調査・研究を続けています。

長尾 一般の方からのデータを基にした予知で比較的成績したのが中国の海

んが、月額300～400円の情報料を払っていた個人に定期的に予知情報を配信するというものです。もし、利益が出た場合は、地震短期予知の研究を実施している北海道大、千葉大、東京学芸大、東海大、中部大、京都産業大、高知工科大等に全額寄付しようと考えています。

現在、科学的データを基に地震予知の情報を販売しているところが3社ほどあります。他にも、FM放送の電波を使った地震予知情報の提供はアマチュ

ア天文家の串田嘉男さんが阪神・淡路大震災以降、15年以上もやられています。

**熊谷** 電波伝搬の異常に関心を持って研究している方もおられますね。

**長尾** VHF帯の電波伝搬に関しては北海道大や千葉大、東京学芸大、電気通信大、広島市立大などがFM放送波を使って研究しています。統計的にも地震の前に異常現象が現れることが報告されています。

**熊谷** いろいろな所で個別に行われて

いる研究も大切ですが、それらの情報を総合的に収集・分析し、地震発生との関係を調べていくことが大事です。

先生がセンター長をされている地震予知研究センターでも、地震の発生時期や場所、マグニチュードなどを予測するための新たな取り組みが進められています。その一つが「地下天気図プロジェクト」ですが、どのようなものかお教えください。

**長尾** 地下天気図とは、現在の地下の状態（地震発生前の状態）を天気図の

ように可視化したものです。昔から、大地震の前には地震活動が低下したり活発化したりするという報告が数多くされています。「地下天気図プロジェクト」は東海大学が中心となって開発した地震活動変化の量量化の方法です。なぜこのようなことが可能になったかと言うと、阪神・淡路大震災を契機に地震



東海大学清水キャンパスから眺めた富士山

計の数が200カ所から1,000カ所以上に増えたことで非常に小さな地震活動のゆらぎまで分かるようになったからです。以前はリアルタイムでの地震の解析は難しかったのですが、観測網の充実や統計物理学の進歩により、地下天気図の作成が可能になりました。地下天気図の作成には電磁気データではなく、地震がいつどこで発生したかというデータを使用しています。しかし、この地下天気図だけで予知できるのかというとそうではありません。例えば低気圧や前線が近づくと雨が降る確率は非常に高くなりますが、必ず降るわけではないですからね。

情報に関しては、企業や個人が自己責任で判断するという形を取っています。実際に予測情報を販売している3社は、「この情報は個人使用に限り、他言しない」との内容の契約を必ず入

れています。

**熊谷** 風評被害などでせっかくの予測情報がマイナスの影響を与えるようだと困りますからね。では、実際、地下天気図はどのような活用法を考えられるのですか。

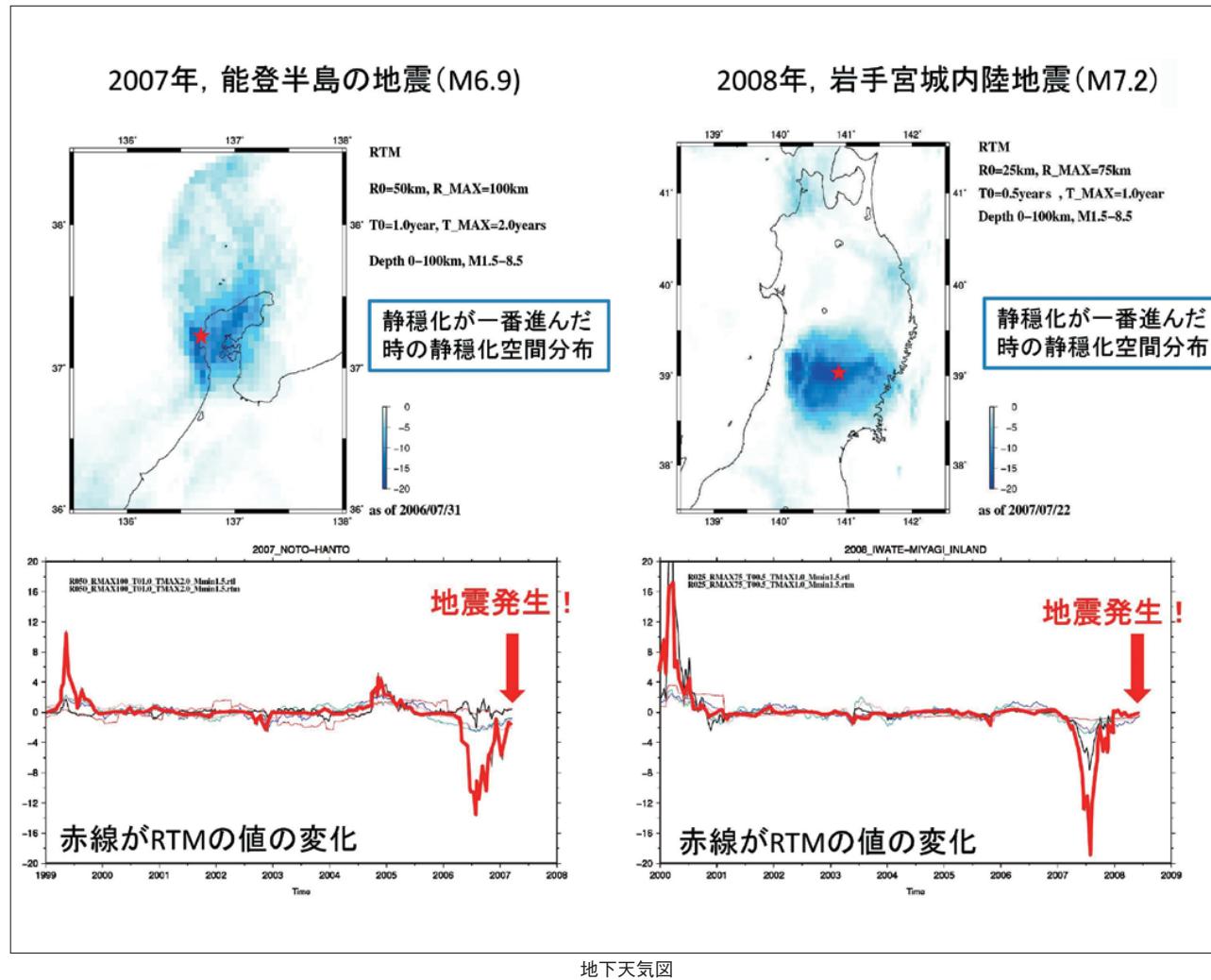
**長尾** 今の段階では不特定多数への発表は難しく、予知情報をどのように伝えるかが課題です。ただ、使い方次第でリスクを軽減できることは確かです。私が勤める東海大学清水キャンパ

スがある静岡市の清水港には非常に大きな海運会社があります。例えば、南海トラフ巨大地震が発生する可能性が高いという予知情報を事前に知りいれば、清水港や御前崎港での荷揚げをやめ、船を着ける場所を変えられるでしょう。首都直下地震の恐れがある場合、羽田空港の夜間の駐機を地方空港

に移すだけでもリスクは劇的に軽減できます。

**熊谷** 地震の予知に関する情報の発信については、その社会的影響などを慎重に考慮する必要がありますね。話が前後しますが、地震予知研究センターは、平成7年4月に東海大学の清水キャンパスの中に設置されたそうですが、その設立の経緯などをお聞かせください。

**長尾** 阪神・淡路大震災が平成7年1月





工学の分野における日本の大先達で、有名な無装甲ケーブルを世界に先駆けて提案された方でもあります。そのようなこともあって、私は以前から東海大学には親近感を持っていました。やはりさすがですね。

### 情報通信ネットワークの重要性

に起きたので、震災を受けて設置したと思われがちですが、以前からセンター設置の計画がありました。いくらなんでも、1月に地震が発生して4月までに文部科学省からセンター設置の許可は下りません。当時、東海地震説の発表から20年ほどたっていましたが、残念なことに静岡県は東海地震の想定震源域の真ん中に位置しているにもかかわらず、そのころ地震予知研究をしている機関はありませんでした。そこで、松前達郎理事長が「地震予知の可能性を少しでも高める研究はまさに静岡の住民が行うべきだ」という考えのもと、東海大学発祥の地である清水キャンパスの海洋研究所の中に設置することを決められ、4月の開設を待っていたところ、阪神・淡路大震災が発生したのです。

熊谷 東海大学の創立者は松前重義先生で、センターの設立に尽力されたのはそのご子息ですね。重義先生は通信

で帰れるのではないか。戦争中は大空襲のたびに交通機関が全部やられてストップしてしまいましたが、みんな何時間も歩いて自分の家まで帰っていました。

長尾 無理に自宅へ帰ろうとするから帰宅困難になるわけです。会社に留まるのが一番安全だと思います。

また、首都直下地震が発生した場合、エレベーターに閉じ込められることもあり得ます。エレベーター会社は千代田区、中央区、港区から救助すると断言しているので、もしかすると、周辺の区の方がエレベーターの中で最悪の事態を迎えるということも起こるかもしれません。

熊谷 その関連で言えば、情報通信基盤の整備は重要な課題でしょう。電話回線のパンクは大地震の後だけでなく、大きなイベント時などにも頻繁に起こっていますが、緊急時に連絡がついたり、情報を得られたりすることは極めて重要です。

長尾 そうですね。携帯電話を含め、情報通信のネットワークを途切れさせないことが大事です。その点で私が不安視しているのが災害用伝言ダイヤルです。伝言ダイヤルの容量は800万回線しかなく、何千万人の人が電話した場合、データは頭から消えていきます。盛んにPRしていますが、800万という数字は東京都の人口よりもはるかに少ないですからね。

熊谷 私はもともと情報通信工学が専

門分野なので、我田引水と言われるかもしれません、地震についても、発生前も発生後も、「情報」が基本的に最も重要であると思っています。10年以上前になるのですが、「地震情報論」という論文をまとめて「Seismic Informatics（セイズミック・インフォーマティックス）」と勝手に名付けて、学会誌に投稿しようと思ったことがあります。

長尾 先生がおっしゃっていることは最先端の分野かもしれません。

### 地震・火山を専門に見る組織が必要

熊谷 地震予知や防災・減災に関する調査・研究の在り方や、地震情報の提供に関する課題、問題点などについて率直なご意見をお聞かせください。

長尾 私が地震予知研究を始めたころ、民間や企業に研究資金の提供をお願いしにいくと、「地震予知は“御上”の仕事でしょう」と言われました。当時は、確かにそうだなと思っていましたが、今では大量のデータを蓄積し、重ね合わせれば、確率利得は上げられると確信しています。また、前兆現象の候補が出てきているので、かなりの確率で地震予知が可能になってきています。ただ、それを国が使えるのかとなるとなかなか使えないのです。

後は、熊谷先生がおっしゃったように情報の提供です。例えば病院で重要な

手術をする場合、地震予知の情報を事前に知ることができれば日程調整も可能になるなど、万一に備えて体制を整えることができるそうです。他にも、コンピューターの高所作業のメンテナンスをする際、「来週は深部低周波微動が起きる時期だから地震発生の可能性が高い。作業を2週間ずらしましょう」と企業は自己責任で情報を利用することも可能です。しかし、国が一律に情報として流すことは難しいでしょう。ですから、地震予知を国の仕事として行っても、情報提供を民間が行い、自己責任でその情報を利用できるようにしないと駄目だと思っています。最近は少しずつではありますが、そのよう

に考えが変わってきているのではと感じています。

熊谷 なるほど。やはり、そのような情報を提供する適切な仕組みが必要ですね。情報が欲しい企業や人は自己責任で、有料で購入するとか。

長尾 まさに、ウェザーニュースのようなビジネスモデルで、自己責任でやる。ただ、その情報は決して100%というわけではありません。例えば、3回に1回しか当たらないかもしれないという情報を国が出すのは難しいでしょう。

熊谷 情報の確度を上げるためにには、やはり調査・研究や多様なデータの蓄積を続けなければなりません。そのためには国の補助や支援が必要ですが、現状の予算は少なすぎるよう思います。



長尾 確かに少ないですね。アメリカやフィリピン、インドネシアは気象と地震火山の部署とをきちんと分けていますが、日本の場合、地震火山に関する部署は気象庁の中の一つです。尾池和夫先生（元京都大学総長）は、昔から地震火山庁をつくるべきとの持論を展開していました。ある方は、国土地理院があるので、地震・火山を専門に見る国土“地下”院をつくっては、とおっしゃっていました。気象庁の一部門では、どうしても天気が主流になります。また、気象関係は事象ごとに研究室が分かれていますが、地震・火山は一つしかありません。このことからも分かるように、地震・火山を専門に見る組織の整備が必要だと思います。20年前までは、何となく地震予知できると考えられていましたが、10年前にはそこそく有望と考えられるようになりました。現在は有意な現象も多く見つかっており、何を監視すればいいか

かなり分かっています。今の段階でまとまった研究費を頂ければ、研究は劇的に進むでしょう。

### 南海トラフ巨大地震に対する予測と備え

**熊谷** 日本は地震国であり、地震が起らない場所はないと言っても過言ではありません。特に、南海トラフを震源域とするマグニチュード8以上の地震が向こう30年以内に60～70%程度の高い確率で発生する可能性があると言われていますが、そのような情報では日々の実生活ではあまり役に立ちません。やはり実際に大事なのは短期ないし直前予知だと思います。

**長尾** 関東大震災は火災、阪神・淡路大震災では建物崩壊、東日本大震災は津波による死者が多かったのですが、今後起こると想定されている南海トラフ巨大地震では、これら3つの理由による死者が増えると考えられます。津波が来るということは海域で発生する巨大地震であり、海域かつ陸に近い場所で起きると直下型地震の要素を持つため建物が壊れます。当然建物が壊れると火災が起きるため、三重苦が襲い掛かる可能性が高いです。

東日本大震災と南海トラフ巨大地震の一番の違いは津波の到達時間にあります。東日本大震災は最短でも20～25分くらいはありました。揺れが収まってから20分以上は避難する時間があつ

たのです。ところが、南海トラフ巨大地震は揺れている最中に津波が来るでしょう。高知県または和歌山県、三重県には、津波の到達時間はほぼゼロに等しい地域があります。そういう状況にもかかわらず、予知や予知情報を開示する社会的なシステムが無いのです。私も参加した内閣府の委員会では、地震予知に懐疑的な人も含め、東日本大震災を起こした東北沖より、南海トラフ巨大地震の方がはるかに前兆現象が出やすい地下構造をしているということで意見が一致しています。また実際、昭和の南海地震、東南海地震の際多くの前兆現象が確認されています。

地震学的な異常や地殻変動も分かってきた今、かなり予知できるはずですが、それを総合的に見る人や組織がなく、予知情報を開示する社会的システムも残念ながらありません。

今日はあまり触れませんでしたが、東日本大震災で起きた異常な前兆現象を客観的に見ると、「これは2年前からおかしかった」「これは半年前からおかしかった」ということが多く見られました。せめて東日本大震災の前に確認された異常現象の項目をモニタリングできればいいのですが、そのシステムもありません。単にシステムエンジニアのような人を2人くらい据えて自動でモニタリングするシステムを組むなど、データを監視するための仕組みをつくるだけです。

**熊谷** その辺りの話は、関西サイエン

ス・フォーラムの専門部会でも進めています。兵庫県は阪神・淡路大震災で大きな被害を受けたことにより、地震予知に対する理解と関心は高いはずですが、実際に有効なシステムを作り上げるためにには、どうしても国や自治体を挙げての広域的な取り組みが必要です。もうあと一步というところまで来ていると思います。

**長尾** もし兵庫県が阪神・淡路大震災当時、前兆現象のモニタリングをしようとすると、県が独自に観測網をつくる必要があり、年間100億円単位の費用がかかっていたでしょう。ですが、今は国が観測網をつくってくれたので、全てのデータが無料かつリアルタイムに入ってきます。後は、それを料理する人を置けばいいのです。

実は昔、地震予知研究でどこに一番お金を払っていたかというと電電公社で、通信費が予算の7割を占めていました。それが今では100分の1、1000分の1になりました。30年前、京都大学は福井県や岐阜県に地震計のデータを置いていましたが、福井県から京都府までデータを送るのに1年間で数百万円かかっていました。24時間365日電話をかけっぱなしですからね。それが今や何千円の世界です。

### 地震予知研究の進むべき方向性

**熊谷** 最後に、地震予知研究の進むべき方向性についてご意見をお聞かせください。

**長尾** 地震予知研究を考える上でまず、地震調査に関する予算の実情をお話します。予算は年間100～200億円で、東日本大震災が起きた平成23年は470%も増えました。文部科学省は原子力行政に含まれるため、東日本大震災が起きた年にはさすがに原子炉の開発に予算はつきませんでした。そこで全体予算が減らないよう全て地震関連予算をつけたのです。決して文部科学省が地震研究に熱心だったわけではありません。

話を戻しますが、年間100～200億円のうち、予知と名の付く研究は4億円だけで、これを14の大学で分けています。さらにこの中から直前予知の研究には昨年度で1,700万円しか予算がつきませんでした。日本では50年近く国家プロジェクトとして地震予知計画がありますが、今では予知を目指さない方針になっています。これは一般の方には知らされていません。来年度から新規5カ年の地震予知研究計画がスタートしますが、ついに名称から予知という言葉がなくなりました。恐らく“災害の軽減に貢献する地震火山の観測的研究”的な名称になるはずです。地震予知は超能力や予言と違い、通常科学のステップを踏めば十分に可能です。今こそ新たな視点で真の予知研究をスタートさせるべきです。

また、地震予知研究というのはビッグ

データを扱うため情報処理の部分が非常に大きいですが、まだまだ理解されておらず、地震予知について地震学者のところに聞きにくくことが大半です。

私は、情報発信まで含めて考えなければ、本当の地震予知はできないと思っています。その辺りの認識が霞が闇にもありません。理由の一つに、実は地震行政だけ縦割りではなく串刺し型になっている点が挙げられます。阪神・淡路大震災当時は建設省や運輸省も地震関係の研究をしていました。郵政省も電波研究所で研究していましたし、ある意味、創意工夫しながら研究していましたが、それがよくないということで、真っ先に縦割り行政がなくなりました。その結果、何が起きたかというと、本来、本省の課長さんというの大きな力を持っているはずなのですが、串刺し行政のおかげで、地震調査委員会という所が大きな力を持つようになりました。文部科学省は地震・防災課の課長ポストを交換ポストとして出してしまって、以来農林水産省の方が課長としてくるようになりました。昨日まで食料局にいた方が突然地震のことをしてすることになるわけで、当然ながら何もしません。その部分に串刺し行政による弊害が出ているように思います。

**熊谷** 日本にとって地震は宿命的なものであるとも言えますが、その地震による悲惨な人的・物的被害を少しでも軽減するためには、国を挙げて民・学・

官が連携し、国民的悲願である地震の短期・直前予知の実現に向けて一丸となって取り組まなければならないと思います。

本日は本当に忙しい中、貴重なお話をありがとうございました。

**長尾** こちらこそ、ありがとうございました。

## 編集後記

- ひょうごサイエンスが創刊されたのは協会が設立された翌年、平成5年3月です。記念すべき創刊号の巻頭では「若手研究者が語る、研究者の夢」と題して、県下の産学官の若手研究者による座談会が掲載されています。
- 「対談」が始まったのは第2号からで当初は「特別対談」という扱いでした。対談の第1号は姫路工業大学教授の千川純一教授で当時建設中であった SPring-8 に対する期待が熱く語られています。
- 対談、座談会の相手はノーベル賞受賞者をはじめ、さまざまな分野で活躍している研究者、技術者であり、本対談集の題名を「第一人者たちが語る科学技術の最前線」といたしました。
- 対談の内容は文字通り「科学技術の最前線」から研究を始めるきっかけ、学生時代のことなど、幅広い内容に及んでいます。是非、大学生、高校生の皆さんにも読んでいただきたいと思います。
- 本対談集の作成に際して、予算上の制約から、紙面を画像で取り込み、ページ番号などを加工するという方法で作成いたしました。このため、白黒の紙面とカラーの紙面が混在し、一部に不鮮明な画像もあります。ご容赦ください。

第一人者たちが語る  
**科学技術の最前線**

平成26年9月発行  
公益財団法人 ひょうご科学技術協会

〒650-8567 神戸市中央区下山手通5丁目10-1  
兵庫県庁内

TEL 078-362-3845 FAX 078-362-3851  
URL <http://www.hyogosta.jp/>

## ひょうごサイエンス理事長対談集

一民弘雄造道朗夫於民男樹次  
純雅喜雅修宏幹洋玲俊忠雅樹雄滋浩胖智爽裕良惠雅邦光哲武勲公哲年恭  
川本見口合鹽河須上坪林井口江崎原子本口藤庭木上良村川田市楓井藤野吉井菱河竹岩増佐黒中瀬尾平石川尾  
千岩山河須上坪林井口江崎原子本口藤庭木上良村川田市楓井藤野吉井菱河竹岩増佐黒中瀬尾平石川尾

