第一人者たちが語る

科学技術の最前線

HYOGO STA
Hyogo Science and Technology Association

公益財団法人　ひょうご科学技術協会

巻頭言 PREFACE

「第一人者たちが語る科学技術の最前線」の発刊にあたって

公益財団法人ひょうご科学技術協会　理事長
熊谷　信昭

公益財団法人ひょうご科学技術協会は、兵庫における科学技術振興の中核的機構として、科学技術の振興を通じて県民生活の向上と地域社会の発展に貢献することを目的に平成４年７月に設立され、これまで科学技術に関する基礎的・基盤的な研究から応用・実用化研究までを支援する学術研究助成事業をはじめ、産学官の連携・交流の推進や、一般県民を対象とした科学技術の普及・啓発活動、さらには次代を担う青少年の人材育成事業など、科学技術の振興に資する各種の事業に幅広く取り組んでまいりました。

その活動の一環として、機関誌「ひょうごサイエンス」を平成５年３月に創刊し、当協会の活動や科学技術に関するさまざまな情報発信を行ってまいりましたが、その中で、その時々に社会的にも関心の高いテーマを選び、そのテーマに最もふさわしい日本を代表する第一人者の方々との対談記事を毎回掲載してまいりました。

この対談では、科学技術の各分野で顕著な業績をあげ、先導的な役割を果たしてこられた研究者や技術者の方々によって、研究を始められた動機や経緯、ご研究の内容などがわかりやすい言葉で率直に語られており、学術論文や学会発表などでは知ることのできない示唆に富むエピソードや裏話なども随所にあって、まことに興味深く、かつ有意義なものとなっています。

このたび、それらの貴重な対談を広く一般の方々にも容易に手にしていただけるよう一冊の本としてとりまとめました。

本書が多くの方々に「科学する心」をお届けするとともに、次代を担う学生・生徒の皆さん方にも科学技術の研究・開発に対する関心を喚起させ、多くの若い方々が研究者・技術者の途を志す契機となることを願っています。

目次 CONTENTS

人間主体の新世紀をめざして −SPring-8と地域の創造−	千川 純一 氏 姫路工業大学理学部 教授	1993年	…… 4
豊かな21世紀を支える科学技術 −独創的研究で人類史的貢献を−	岩本 雅民 氏 三菱電機㈱取締役技術開発本部 副本部長	1994年	…… 10
センター・オブ・エクセレンスを めざして −国立研究所の夢と新たな挑戦−	塩見 正 氏 郵政省通信総合研究所 関西先端研究センター センター長	1994年	…… 16
円高を克服する研究開発マインド −進取の地、神戸からの新たな挑戦−	山口 喜弘 氏 ㈱神戸製鋼所 常務取締役 技術開発本部長	1995年	…… 22
21世紀に向けた人間と科学技術のあり方 −命あるものとの対話−	河合 雅雄 氏 兵庫県立人と自然の博物館 館長	1996年	…… 28
豊かな未来を拓く高度技術基盤 −共生社会における企業活動のあり方−	須清 修造 氏 川崎重工業㈱ 専務取締役 技術総括本部長	1996年	…… 34
SPring-8から始まる未知への冒険 −真理を照らす夢の光で創造的研究を−	上坪 宏道 氏 日本原子力研究所・理化学研究所 大型放射光施設計画推進 共同チームリーダー	1996年	…… 40
人と地球の未来を見据えた 新技術の開発 −グローバルな思考で夢のある研究を−	林 幹朗 氏 関西電力㈱支配人総合技術研究所 所長	1997年	…… 46
設立5周年記念座談会 世界の頭脳が集う播磨科学公園都市を 目指して −科学技術のスーパースター “SPring-8”−	井口 洋夫 氏 前 岡崎国立共同研究機構 機構長 江崎 玲於奈 氏 筑波大学 学長 貝原 俊民 氏 兵庫県 知事 白子 忠男 氏 姫路工業大学 学長	1997年	…… 52
天文学から見た科学の魅力と不思議 −星の世界から地域学習まで−	森本 雅樹 氏 県立西はりま天文台公園 園長・ 県立南但馬自然学校 校長	1999年	…… 62
21世紀型の保健・医療 そして福祉システムの構築 −学際的国際機関であるWHO神戸センターからの 情報発信−	川口 雄次 氏 WHO神戸センター 所長	1999年	…… 68
21世紀の都市計画 −美しき庭園の島々（ガーデン・アイランド）をめざして−	伊藤 滋 氏 アジア防災センター センター長	2000年	…… 74
産業復興、そして新産業の創造に向けて −世界的な視野と徹底した品質保証−	大庭 浩 氏 ㈶新産業創造研究機構 理事長	2000年	…… 80
21世紀の科学技術を支える人材育成のために −地域社会に貢献できる大学をめざして−	鈴木 胖 氏 姫路工業大学 学長	2001年	…… 86
青少年の科学技術離れについて −科学教育にとって必要な環境とは−	野上 智行 氏 神戸大学 学長	2001年	…… 92
21世紀を照らす光の科学と技術について	吉良 爽 氏 ㈶高輝度光科学研究センター 放射光研究所 所長	2002年	…… 98
「知の世紀」 −知の創造と活用による科学技術立国に向けて−	井村 裕夫 氏 総合科学技術会議 議員	2003年	……104
21世紀のがん治療 最新技術 〜究極の放射線治療−粒子線治療について〜	菱川 良夫 氏 兵庫県立粒子線医療センター 院長	2003年	……112
21世紀と世界に向けた情報発信 −阪神・淡路大震災の教訓を未来と世界へ−	河田 惠昭 氏 阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター センター長	2004年	……120
科学技術が拓く21世紀のライフサイエンス −発生・再生メカニズムの解明と医療への応用−	竹市 雅俊 氏 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	2005年	……132
21世紀における生物多様性の科学 −人と自然が共生する環境の創成に向けて−	岩槻 邦男 氏 兵庫県立人と自然の博物館 館長	2006年	……144
現代における人と動物の関係学 −コウノトリと地域住民との関わり−	増井 光子 氏 兵庫県立コウノトリの郷公園 園長	2007年	……160
21世紀に躍動するシミュレーション科学 −次世代スーパーコンピュータが拓くもの−	佐藤 哲也 氏 (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	2009年	……172
世界天文年：現代の天文学から見える世界 −ガリレオから21世紀の拡大する宇宙像まで−	黒田 武彦 氏 兵庫県立西はりま天文台公園 園長	2009年	……186
人と自然の共生 −ランドスケープデザインの新展開−	中瀬 勲 氏 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	2011年	……198
世界最高速のスーパーコンピュータ 「京」への期待 −幅広い分野への利用促進とシミュレーションの 発展をめざして−	平尾 公彦 氏 (独)理化学研究所計算科学研究機構 機構長	2011年	……210
X線自由電子レーザー施設 「SACLA」が拓く新しい科学・技術	石川 哲也 氏 (独)理化学研究所播磨研究所 所長	2013年	……220
地震予知研究の最前線 〜その課題と未来〜	長尾 年恭 氏 東海大学海洋研究所教授・ 地震予知研究センター長	2014年	……230

※理事長対談ならびに座談会にご登場いただいた各氏の所属・肩書きは当時のものです。
また、文中でお名前が出てきた方の肩書きなども当時のものです。

人間主体の新世紀をめざして

ー SPring-8と地域の創造ー

●対談者
姫路工業大学理学部 教授
千川 純一 氏
×
㈶ひょうご科学技術創造協会 理事長
熊谷 信昭 氏

熊谷：千川先生、今日は大変お忙しい中をお越しいただきありがとうございます。
千川：こちらこそ、よろしくおねがいします。

熊谷：千川先生はＮＨＫの放送技術研究所におられた時代から光電磁波関係の研究をおやりになっておられましたね。
千川：主にＸ線回折法で、半導体シリコン結晶の完全性の研究をしておりました。

桶狭間式突破口研究の奨め

熊谷：その後もＸ線を使った微小欠陥検出法の研究などを行っておられますね。
千川：格子欠陥、つまり原子配列の乱れはどの結晶にもあります。「日本の歴史の教科書は『天皇ありき』であって、なぜ天皇制が長く続いたのか何も教えてくれない。」と松本清張が言っておりますが、結晶の教科書でも「格子欠陥ありき」ということからスタートしております。それで、結晶が融液から固化成長する過程をずっとＸ線でその場観察をして、その起源を調べておりました。
熊谷：格子欠陥の起源を調べておられたわけですが、特に研究分野とか基本的な研究の進め方とかについてはどうですか。
千川：ＮＨＫ技術研究所では、研究員の１割ぐらいを基礎研究部門に当て、数人で一つの分野を自由にやらせてもらっておりました。放送技術に直結した分野、例えば記録材料などですと20人ぐらいいますし、大学でも一人の教授が主宰する研究室に学生をいれると40～50人もいるところがあり、これはもう一分野の研究所です。要員が多ければいろいろな手段を用いて一つの分野を開拓していくことができ、またその役割がありましょう。一方、少人数の研究では、織田信長が今川勢の全軍を相手にせず桶狭間の本陣に切り込んだような突破口研究でいくべきと思っております。これは、東洋医学が体全体の調子を整える総合的な治療をするのに対し、西洋医学が患部に直接アタックするようなものです。

1/1000は技術革新のブレークスルー
――「星かげ」から「真昼」へ――

熊谷：私はずっとＮＨＫの放送技術審議会の委員をしていたので、年に２回ぐらいは研究所を訪問して見せていただいていましたが、非常に高いレベルの研究をしておられるという印象を持っています。先生はＮＨＫの時代、高エネルギー物理学研究所の時代、そして現在までＸ線を使ったいわゆる物性研究をおやりになってきたわけですが、それは学問的にも技術的にも極めて重要な課題ですね。Ｘ線も放射光も電磁波ですが、この電磁波の応用技術の発展を先生のこれまでの研究のご経験などから今ご自身が振り返ってみられて、何か特別の印象というか、感慨のようなものをお持ちですか。
千川：電波は人類の歴史の流れを大きく変えるような貢献をしましたが、波長の短いＸ線はレントゲンの発見から1995年で100年になるのに、その応用たるやあまり拓けていません。医学の診断と空港の手荷物検査ぐらいでしょうか。

放射光が出現して、病院や研究室でのＸ線の強さに比べると、３桁強くなりました。科学技術の歴史から、一つの要因が３桁変わると技術革新が起こると言われています。例えば、集積回路(IC)で、トランジスターが真空管に比べてサイズが1/1000となって、集積されて情報化社会の発端となりました。コストでいえば、ビデオ・テープレコーダーをＮＨＫがアメリカから輸入したときは２億円でした。これは昭和30年頃ですからお金の値打ちが違いますけれども、値段が1/1000の20万円になった時から急速に普及し、「ビデオ文化」が生まれました。サイエンスの面では、顕微鏡は分解能が肉眼の1/1000で、バクテリアの世界が開け、さらに1/1000の電子顕微鏡で、原子の世界が見えてきました。テレビはラジオの1000倍の帯域幅(情報量)で耳から眼のメディアを創出というように、1000倍又は1/1000が量から質への転換を起こし技術革新を生みます。

しかし、ジェット機は歩く早さの1000倍にはなっていません。一口に1000倍と言いますが、それはなかなか難しいのです。SPring-8ができますと、Ｘ線の輝度は研究室のレベルの10の11乗倍になります。これは太陽と一等星の差ですから、これまでの「星かげの研究」が「真昼の研究」になります。研究者はもちろん研究を支援して下さる方々にも自信や確信をもっていただきたいと思っています。そういう暗示が新しいことを進めるのに大切なことではないでしょうか。
熊谷：SPring-8から出る光は、今まで使っておられた放射光光源に比べると３桁以上ですからね。
千川：そう、３桁です。この輝度の差をどう位置づけるかいろいろな考え方がありましょうが、これまでの放射光光源は、1/1000㎜の加工など「ミクロンメータの世界」を築き、SPring-8はそのまた1/1000である「ナノメータの世界」を切り拓くものと言えると思います。

Ｘ線リソグラフィは次世代集積回路がめざす超高集積化を実現するためには不可欠な技術であり、1970年代の初めに米国のＩＢＭ社がドイツのハンブルグの放射光施設を使ってサブミクロンの加工ができることを示しました。ですから、筑波の放射光実験施設を建設した大きな目標はＸ線リソグラフィでした。半導体４社が独自のビームラインを設置して研究を進めており、放射光Ｘ線を利用した実験データの収集と技術開発は既に完了、生産用として小型放射光光源が開発され出番を待っている状況で、数年後に生産ラインに登場するものと期待されています。この意味では放射光施設の建設目的は達成されました。

半導体集積回路技術の進歩は急速で、ＳＦの世界をも凌ぐ革新性に彩られています。半導体市場を支えてきた随時書き込み読み出しメモリー（DRAM）の例でみますと、1970年に１キロビットの製品が登場してから３年で４倍の割合で容量を増やし、1985年には１メガビットの時代に入り、2000年にはギガビットの時代が来ると予想されます。DRAMの１ビットはトランジスタ、コンデンサー各１個で構成され、１ギガビットの場合0.1ミクロンの微細加工技術で数ミリ角のチップの中に周辺回路を含めて約25億個の素子が集積されます。ヒトの脳細胞は0.2ミクロンの大きさで150億個ありますので、人間の頭脳に近い集積度がこれまでの放射光技術を応用した微細加工で2000年頃に達成されることになります。

これに対し、SPring-8は超微細加工、原子レベルの加工をめざしています。つまり、SPring-8の役割はミクロンからナノメータの世界への飛躍が目標なのです。

ご承知のように、半導体技術においても新しい原理の量子効果デバイスの研究開発が始まっています。結晶を小さくして大きさが１～10ナノメータになると、バルクとは全く別のエキゾチックな性質が現れる。物性を演出する電子の電子波に対応する約10ナノメータの領域を区画することによって出現する特異な電子の振る舞いが突出した性質を発現するわけです。このような量子効果を利用した素子を作るため、ナノメータの超微細加工や評価技術が求められSPring-8に期待がかかってい

SPring-8と地域の創造について話のはずむ千川純一教授（左）と熊谷信昭理事長（右）

千川純一氏
［姫路工業大学理学部教授］
1930年生まれ。53年京都大学理学部物理学科卒業。60年同大学院（旧制）修了後、日本放送協会（NHK）に技術研究所研究員として入社。70年主任研究員を経て、82年次長に就任。84年文部省高エネルギー物理学研究所教授となり、85年に放射光実験施設施設長に就任。91年4月から姫路工業大学理学部物質科学科教授。
この間、半導体結晶材料の発展に大きく貢献し、その先駆的業績により大河内記念技術賞、科学技術功労者表彰、日本結晶成長学会論文賞、紫綬褒賞など受賞。
また、日本放射光学会会長などを歴任、現在日本結晶成長学会会長。

ます。

これまで放射光で達成された「ミクロンの世界」はまだバルクの性質や原子配列の世界であったのに対して、SPring-8は数百個の原子群の「ナノメータの世界」を開拓するもので、原子群を構成する原子の種類の組み合わせ方は無数にあり、無限の可能性を秘めています。

このように量子効果の研究と応用は、新素材、エレクトロニクスの最先端をいく極めて重要な分野で21世紀に開花するものと予想されます。しかしながら、ナノメータの技術は半導体集積回路技術のように量産できる基盤的、基軸的な産業になり得るか、まだシナリオが描けていない状況で、X線リソグラフィのような放射光利用の旗印にはなっていません。だからこそ、今、新しいシナリオづくりが求められています。

産業・経済の発展を支える原動力はまずハード

熊谷：ところで、日本には、いろいろな面で沢山の誤解や錯覚が横行しています。最近では、例えば「ソフト」と「ハード」の問題があります。よく、「これからはソフトの時代だ」と言われますが、「ソフト」というのは元々ソフトウェア、つまりコンピュータを設計したり働かせたりするために必要な手順やプログラムなどを決める技術なんですね。それが、日本では「ソフト」と言う言葉が「技術」に対比する言葉として一般的に世の中で使われています。

例えば、テレビで言えば、送受信装置や中継装置、あるいはそれらに関連する「技術」に対して、ドラマや音楽など放送される番組の内容を指して「ソフト」と言っているんですね。そして、「これからはソフトの時代である」とか、「ハードよりソフトだ」というようなことを世間一般の人々もマスコミも皆が言うものですから、いろんな誤解が生まれて、例えば理工系の卒業生がメーカーに行きたがらなくなったりしている。理工系の卒業生が製造業に就職したがらなくなった原因は他にもいくつかありますが、基本的に非常に大きい影響を与えたのが、「これからはソフトの時代だ」という俗説が蔓延したことで、モノを作るよりもサービス業や金融業などのようなソフト産業の方が大事だという考え方が非常に強く世の中に流布したためです。メーカーへ行ってモノを作る仕事や技術開発の仕事に携わるよりも、銀行や証券会社、その他のサービス業など第3次産業へ行く方が新しいかっこいい生き方であるというような誤解を与えて、日本の将来にとって由々しき問題を惹起した。しかし、私のこれまでの経験から申しますと、産業・経済や社会の進歩の真の原動力となるものはまずハード、すなわち技術の進歩なんですね。

千川：ハード先行型ですね。

熊谷：まずハードが先行していかないと駄目なんです。テレビにしても、テレビという技術ができあがらなかったら、テレビドラマを作るというようなソフトの仕事そのものがもともと存在しなかったわけですからね。印刷機が発明され、印刷術という技術ができあがらなかったら、小説を書くとか新聞紙面を作るといったようなソフトの仕事も今のようには進んでいなかったはずです。その辺に特に大きな誤解があると思うんです。

技術の進歩を私なりに振り返って見ますと、技術の進歩の決め手になったのは、常に結局は材料の進歩であった。その後の世の中を変えたトランジスタや集積回路にしたってそうですし、光ファイバーにしたってそうですが、材料の研究が技術進歩の決め手になった。そして技術の進歩がいわゆるソフトを含めた文明社会の進歩をもたらしたわけです。そういう意味では、材料の研究は基本的に最も重要なものだと思います。先生が、物質、材料の基本構造の解明に携わってこられたということは、技術進歩の鍵を握る研究を進めてこられたということで、これからもますますのご活躍を期待しております。

地域からの貢献―生活・地域流動研究

熊谷：ところで、科学技術にしても学問にしてもいろいろな分野があり、またそれぞれの国や地域ごとに特性があります。そういう中で、第2次世界大戦に敗れて以後の我が国には、学術や文化で世界に貢献する国になりたいという国是とも言うべき科学技術立国・文化立国という基本的な願いがあります。それぞれの地域においても、地域の特性、あるいは得意なポテンシャリティを生かし世界に貢献してくとともに、地域の活性化にも繋げていくことが必要です。兵庫県では貝原知事が「科学技術立県」という実に素晴らしい理念を掲げて、長い目でみた地域の真の発展と、ひいては「世界に貢献する兵庫」となることを志しておられると私は理解しています。

そういうことから、兵庫県では、地域のポテンシャリティも考えて、「光科学的手法を用いた機能性蛋白質の構造評価に関する研究」というのを、科学技術庁の生活・地域流動研究のテーマとして提案し、幸いそれが採択されて私どもの協会が科学技術庁から委託されることになりました。これはまた、先ほど申しあげた技術進歩の鍵を握る決め手である材料や物質の基本構造の解明を目指す研究でもあります。そして、千川先生にはそのリーダーとして、中核的なオーガナイザーの役割を果たしていただくことになっております。現在の計画では、先生の下で、6つの国公立の研究機関、9つの大学、16の民間の研究機関に参画していただいて、平成5年から7年まで、非常に大きな規模の研究を進めることになりました。

先生にこれから進めていただくわけですが、私どもとしても大変大きな期待を寄せているところですので、このビッグプロジェクトのオーガナイザーとしてのご抱負などをお伺いしたいと思います。

生命の神秘を探る蛋白質研究
――七宝充満の宝を降らす――

千川：「兵庫県と言えば○○の研究」という、そういう特色を出したいと考えています。それによって人材がまずその特色に魅力を感じてきてくれる。「人集め」が出発点ではないでしょうか。地域を創造するというのは、現在ある企業とか地域の産業とかを一層発展させるということに加えて、新しいものを創造することが大切で、それには優秀な人材が必要です。

では「何を？」ということですが、蛋白質、これが遺伝子情報から作られる生命現象の根源の物質です。その生命現象が「神秘」と言えるほど素晴らしい。例えば、筋肉のエネルギーの変換効率は90%を超えている。自動車では15%程度なので、こんな高い効率は人工的には作れない不思議なものです。この素晴らしさはどこに起源があるのか。これを原子配列、アミノ酸配列まで遡って見ていく。蛋白質の分子は数万から数十万個の原子からできていますが、生命現象を演じている活性部は10ナノメータ程度のサイズを持ち、一種の量子効果により発現すると考えられています。細胞は約1ミクロンの大きさを持つ生体の構成単位ですが、その生命を営む働きは実は「ナノメータの世界」で発現しているのです。その活性部の原子配列がそのまま特許になり、原子配列から派生する全ての産業分野を特許請求範囲として獲得するという傾向がでてきました。これは恐ろしいですよ。うかうかしておれません。放射光を使うととても効率よく原子配列が分かるのですから。

兵庫県では従来から醸造業、食品工業が盛んで、売上額が年間1兆5,500億円で全国でトップです。「大阪の食い倒れ」を兵庫県が支えているッ！。2000年のバイオテクノロジーの予想市場の分析結果では、食品工業が最高で27.5%、次に医薬・農薬で21.3%、化学工業は16.8%、資源・エネルギー・環境が14%、農林水産が13%、電子・機械工業の4.9%の順になっています。食品工業がバイオ技術の最大の市場で、放射光の重要な利用分野です。「生活・地域流動研究」では、醸造に関係深い「澱粉の分解酵素の構造解析」を重点的に取りあげています。

熊谷信昭理事長
［㈶ひょうご科学技術創造協会理事長］
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）修了。58年に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年同教授となり、80年に学生部長、85年4月に工学部長、同8月に大阪大学総長に就任。91年9月から同大学名誉教授。
電磁波工学の権威であり、その先駆的業績により米国電気電子学会名誉員、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、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。
また、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任し、現在、文部省・郵政省・科学技術庁・防衛庁・日本放送協会等の各審議会委員、日本学術会議電子・通信工学研究連絡委員会委員、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、株式会社原子力安全システム研究所社長などに就任。

大阪大学蛋白質研究所の勝部所長によりますと、自然界には1000億種類、機能別に分けると10万種の蛋白質があり、そのうち構造が分かって登録されているのが1000種類ぐらいです。熊谷先生は先ほど材料研究が技術進歩の決め手と強調されましたが、生命活動を営んでいる蛋白質は材料の「宝庫」です。「七宝充満の宝を降らし」と謡曲の詞のように、炭素、窒素、酸素、水素ほか数種の原子の宝玉が充満した宝、10万種の宝なのです。バイオ技術の基本原理も、生命の神秘も全てこの複雑な原子配列の中に潜んでいます。「生活・地域流動研究」では、関連研究として、半導体や超伝導など量子効果発現物質の構造評価の研究も放射光を利用して進めます。これもナノメータのサイズの原子群の研究です。

SPring-8は2歩先の研究

千川：大型放射光施設も折角西播磨に

「星かげ」から「真昼」へ　建設の進むSPring-8

できるので、それをうまく使えるようにしたいですね。もちろん一足飛びというのは無理で、「放射光施設ができたから」と企業の方に言ってもすぐ使えるわけではありません。こういうプロジェクトで民間企業の方々にも入っていただいて、放射光の魅力というもの、１回使ったら止められないといったところを経験してもらって、良い人材を引き込みたいですね。

関西のある製薬会社では、SPring-8なんかを使わなくてもこれまでの放射光施設で十分大丈夫と言っています。しかし、アメリカでは、シカゴ郊外にできる放射光施設ＡＰＳ（Advanced Photon Source）に、10社の製薬会社の共同チームが専用ビームラインを確保して、蛋白質の構造解析をしようとしています。日本にはそういう取り組みがない。「そんな大型を使わなくても」と消極的なんですね。先行しているアメリカに追いつく計画ですと、追いついたらすでに相手は一歩先を進んでいるということになります。一歩、そしてもう一歩進んだ研究を進めないといけません。この「もう一歩先」の研究がSPring-8での研究です。地域流動研究でも、例えば姫路工業大学の安岡先生の研究は、酵素の反応過程を観る計画です。SPring-8は100億分の１秒のパルス光なので、原子が演ずる生命現象の活劇を逐次で解析できます。映画のように見ようというわけです。

熊谷：時間分解能をあげるということですね。

千川：空間分解能をあげることについても通産省大阪工業技術試験所が試みます。SPring-8の放射光は光源から30ｍ離れて直径１㎜以下ですが、それをさらに細く絞って微小領域で分光や構造解析をやろうとしています。これまでの放射光研究では１ミクロンの領域が限界でしたが、SPring-8では10ナノメータ（100Å）までいける。年代をヨコにとって分析できるサイズをタテにとって線を引き延長すると2000年には100Åになります。その微小領域に入っている原子が２～３万個で、不純物が１個あっても検出できます。そういう量から質への転換が起こり、原子１個を見るという究極の分析になります。まさにSPring-8は「ナノメータの世界」を拓くのです。このような「もう一歩先の研究」と、一足飛びはできないので民間企業の方々をお誘いすること、この両面が狙いでして、この「生活・地域流動研究」はSPring-8活用への助走研究です。

熊谷：非常に大事なことですね。

国際交流より東西国内交流を

千川：この間、SPring-8の将来計画の会合で、ある大学の先生が関西は基礎研究のレベルが低いと言われまして。

熊谷：そうですかね。関西にはバイオテクノロジーやその他の分野でも世界的に優れたレベルの人が沢山居ますけどね。

千川：関西は120点出す人もあって際だっていますが、関東は80点が多い。それで平均点にしたら関東の方がよいのではないでしょうか。東京にいますと、関西が何をやっているのかわからない。それで、国際交流よりまず関東と関西の交流を進めるべきではないかと私は思っています。関東には底力があるという気がしますので、この地域流動研究にも関東から一機関入ってもらいました。地方だけでなくて首都圏も入れてと考えています。関西の企業については、あまり詳しく存じませんけれども、日立やＮＥＣも基礎研究にすごく力を入れており、見に行くと圧倒されますね。

熊谷：ＮＴＴなどもそうですね。

千川：しかも非常に基礎的な研究をやっていて、むしろ大学の研究じゃないかと言われるぐらいです。もちろん関西には120点出す非常に優れた人がいるわけで、この地域流動研究の機会に、少し関東の気風も取り入れてと思うんです。とにかく大切なのは人材で、産学官連携チームづくりから始めたいですね。

21世紀は人間主体の世紀

熊谷：ところで、21世紀というのはどんな世紀になるのか。これについてはいろんな立場の人がそれぞれの視点でいろいろな見方をされています。私は、21世紀は人間主体の世紀、つまりいろいろな分野で人間が常に中心課題になる人間主体の世紀になるのではないかと思います。例えば、コンピュータや材料にしても、究極の知的機械であるヒトの解明とその応用が中心課題となり、画期的な新技術のブレークスルーの鍵となる。また、先端技術についても、人間が使いやすい、人間にとって何の熟練も要しないような技術になること、こういうのがテーマになるのじゃないかと思います。今の先端技術は、ワープロにしろ何にしろ人間が苦労して練習し、熟練しないと使えない。そういう技術は、先端技術ではあるかもしれないが成熟した技術とはいえません。そういった意味で、21世紀はあくまで人間中心、人間主体の世紀になるのではないかと思います。

その観点からも、先ほどおっしゃった食品の研究などは基本的に重要な課題です。食品というものは人間が食べるもので、人間の寿命というのは食べ物で非常に大きく決まりますから、食べ物の基礎になる蛋白質の研究に世界最高の能力を持つSPring-8という武器を駆使して、関連するの人たちと交流しながら、人間主体の材料の研究を進められることに大変期待しております。特に、先生がおっしゃったように、SPring-8を有効に使いこなす研究者の組織、人材ネットワークなどもきっちり作り、円滑かつ有効に研究を推進できるようにする必要がある。そういうことに、私共のひょうご科学技術創造協会も微力ながら貢献したいと考えております。

技術と自信と才覚で地域の創造を

熊谷：この地域流動研究もそうですが、科学技術白書をはじめ最近「科学技術の地域展開」ということがよく言われるようになっています。この地域という観点から、関東で長くご活躍されていた千川先生は関西をどのように見ておられますか。それにつけても関西の企業には、社会的貢献、世界への貢献、さらに言えば人類史的貢献をやりたいという積極的な志が比較的少ないのじゃないかなと心配しているのですが。

千川：これは、私は井原西鶴からきているのではないかと思いますね。西鶴の「世間胸算用」などが発端です。それ以前は、例えば成安道頓一族が私財を投じて約３㎞の運河「道頓堀」を作ったし、河内の川中父子は淀川に注いでいた大和川を付け替えて大洪水を無くす大工事を西鶴の40年ほど前に計画し完成しています。関西は、政府、つまり江戸幕府に頼らず民間が率先してやっていたのですが、それは西鶴までと違いますかな。

熊谷：財界活動などは一切せず、ただひたすら販路拡大と事業拡張にだけ力をいれる経営者が立派な経営者と見られるような気風が今でも残っているのではないでしょうか。

千川：西鶴がそうですね。「世間の役目を引き受けるな」とその断り方まで教えているのですから。

熊谷：それが商売の才覚というものでしょうが、自分の商売に必要だと思えばそれなりにやるんですね。「生まれ浪速の八百八橋」という歌がありますが、この大阪の八百八橋のうち、奉行所、つまり公が作ったのは十幾つだけで、残りは全て町人が作った橋なんだそうですね。

さっき、関東と関西の違いとおっしゃったが、そういう違いはいろんな面で沢山あります。江戸時代の学校にしたってそうです。東京では藩立、官塾ですが、関西では適塾にしても懐徳堂にしても全部町人が作って、設立から運営まですべてを町人がやっていた。そして、武士と町人の区別を全くつけることなく教育をしていたわけです。

千川：そういう民間主導の才覚を無くしてしまい、関西の地盤沈下を招いた。それに加えて首都圏への急速な集中で「多分もう何もできないだろう」という心貧しい心理から、ますます西鶴の「守り」の才覚になってしまったのではないでしょうか。

宮本武蔵のところに、「明日親の仇討ちをしたい」と少年が飛び込んできたときの話です。武芸のたしなみがないこの少年に武蔵は２つのことを教えました。一つは、二刀流の構えで相手に向かって突進するという技術。もう一つは、仇と向かい合った時地面を見よ、「蟻は摩利支天のお使い」だから蟻が沢山いれば必ずその守護があると教えました。翌日仇と対峙し教わった構えで、足元を見ると蟻がいるわ、いるわ、ウヨウヨいるのです。はたして、見事一突きで成功しました。相手はそれなりの武芸者ですから、とても成功するはずがないとみた武蔵は、もともとその場所には蟻が多いことを知っていたので、少年に暗示をかけたのでした。

前人未踏の分野を切り拓いていくには、技術はもとよりこのような暗示や自信というものも重要なことです。高温超電導から冷戦の終結まで、みな、「技術」と「自信」で非現実的な「想像」が「創造」に、「ウソから出たマコト」、夢が現実になったのではないでしょうか。

そして、科学技術の振興を通じて地域の発展をめざすためには、産学官それぞれがかつての優れた関西の「才覚」をとりもどし、SPring-8を知的レベルの向上と人材のイモヅル式吸収のチャンスとしても使い、兵庫県のみならず雄府県ブロック「関西」の創造に使いまくる気構えが必要です。

この地域流動研究を通じ、放射光先端技術を使いこなす腕を鍛えることに加えて、「星かげの研究が真昼の研究になる、技術革新が必ず起こる」と確信して、地域の創造に貢献していきたいと思っております。

熊谷：今日はたいへん興味深い貴重な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。

千川：熊谷先生から「材料こそ進歩の決め手」とハッパをかけていただきました。今後ともどうかご指導下さいますようお願い申しあげます。

※千川純一氏は現在、兵庫県参与。

豊かな21世紀を支える科学技術

―独創的研究で人類史的貢献を―

●対談者

三菱電機㈱取締役技術開発本部副本部長
岩本 雅民氏

×

㈶ひょうご科学技術創造協会理事長
熊谷 信昭氏

ライフワークは超電導研究

熊谷：岩本さんは研究開発の第一線で幅広い分野のお仕事をなさって、数多くの賞を受賞なさるなど沢山の輝かしい業績を挙げておられますが、その中で、有名なご著書もあるように、やはり超電導のご研究が岩本さんのライフワークと言ってよいんでしょうか。

岩本：そうですね。私は超電導と心中するつもりだと皆さんに申し上げています。昭和35年に三菱電機に入社して、最初は核融合の研究室でプラズマと磁場を担当いたしました。その磁場の研究から超電導に入りまして、以来そのまま30年以上も核融合と超電導をやってきました。当時一緒に研究していた方々はほとんどリタイアされましたから、私は今、日本でも世界でも一番古い方になりました。

熊谷：非常に先駆的なご研究ですね。それで、比較的最近になって高温超電導物質の発見が大きな話題になりましたが、あの時はどういう印象をお持ちになりましたか。

岩本：高温超電導物質が発表された時はやはり大変驚きました。ただその時には、その物質がセラミック系であることと窒素冷却が必要ということで、技術的に非常に難しいだろうと思いました。エネルギー関係への応用は窒素で冷却しても実用化できますが、エレクトロニクスへの応用は難しい。エレクトロニクスというのは冷却を嫌うもので、水冷はもちろん、空冷も嫌いますからね。

ところが、私の予想はある程度当たってはいたんですが、小さな進歩の積み重ねで、最近は随分進歩しました。例えば、最初磁場の中で電流が流れないという一番難しい問題にぶつかったんですが、最近は流れるようになり、磁場も出せるようになりました。電磁石としては、もう実用化寸前ですね。

基礎研究というより独創的研究を

熊谷：あの高温超電導物質はＩＢＭのチューリッヒの研究所で最初に発見されましたね。そういう新しい現象や原理が見つかっても、それを実用化・製品化するためには、さらに千里の道のりがありますでしょう。よく基礎研究が大事だと言われますが、そういう点から企業にとっての基礎研究についてはどのようにお考えですか。

岩本：兵庫県の科学技術会議で、熊谷先生が「基礎研究というのは何事によらず徹底的にやることだ」とおっしゃいましたね。私はそれを非常に良いご示唆だと思って、いつも若い研究者に言っております。企業にとっても、基礎研究というのは大切ですね。研究開発をしていますと、わからないことばかりですから。理論は教科書にもかなりありますけれども、実際の現象はもっともっと複雑で我々の知識が足りないですから、もう一回徹底的に研究し直す。開発をしながら同時に基礎研究を続けていくというやり方で進めているわけです。

熊谷：確かにそうですね。

岩本：研究の難しさからみると、研究の段階が基礎、応用、開発とシリーズに進んでいくと仮定しますと、実際には後になるほど非常に難しくなるんですよ。例えば、研究が始まり、一つの試作機を開発し、それを生産ラインに流し、さらに社会で使っていただくということになりますと、その難しさというのは、10倍、100倍、1000倍という感じになると思います。コストや信頼性の問題が出てまいりまして。

先ほどの高温超電導の発見は基礎研究から生まれたブレークスルーです。それが無ければ始まりませんから、企業にとってもやはり基礎研究というのは大切です。しかも、一つ一つ今まで分からなかったことを徹底的に調べていくということは、割合エネルギーがいりますね。

熊谷：私は、大学と企業の研究は、かりに同じ結果に到達するにしても、基本の姿勢とか出発点というのはやはり違うものだし、違うべきものだと思っております。大学の場合は、本来、研究者一人一人の学問的、知的好奇心から研究を始めるものでしょう。しかし、企業の場合はスタートの時点から常に徹底して用途開発という大きな基本的ミッションが確立されていないといけないと思うんです。

企業の研究リーダーというのは、そういう基本理念を確固として持ちながら、具体的に研究を進める際には、勇気を持って、例えば若い研究者が脇道に行きかけても少しは行くところまでやらせてみるという抱擁力というか雅量、我慢強さ、あるいは大胆さというようなものもあわせ持っていることが必要なのではないかと思います。社長自らがそういう雅量を持てば、今おっしゃったようなブレークスルーをその企業自身で作っていける可能性が高まると思います。

岩本：確かにこれからは、ブレークスルーを突破して開発したものでないと……。海外から、日本は基礎研究をしていないという批判があると聞きますが、その真意は日本の研究開発は独創的ではないと非難されているような気がします。基礎研究自体は、私どもも随分しているように思いますので。

独創性と独走性

熊谷：おっしゃるとおり独創性が足りないということでしょうね。三洋電機の山野副会長が、企業の独創性というのは「独走性」ということであって、「どれだけ長い間、他の企業が同じようなものを作れないか」ということ、つまり「独りで先頭を走る期間が長い製品ほど独走性の高い製品」ということだと言われましてね。なるほどなと思ったことがあります。

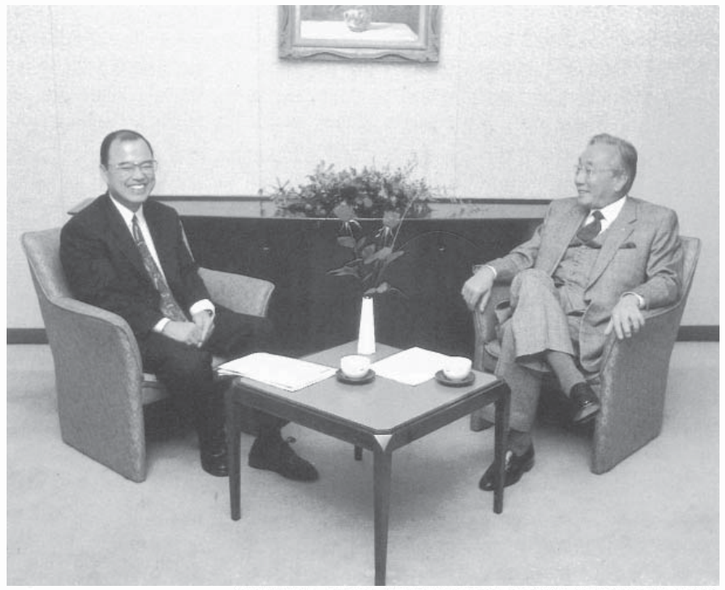
岩本：確かに日本は独創性に重点を置かなかったところがあると思います。日本語では、「学ぶ」というのは「真似る」というのと同義語だというのがありますから。自分の前の世代が獲得した知識体系の上に自分が獲得した知識体系を積んでいく。それが人類の進歩ですから、そういう意味では、学ぶとか真似るというのは必ずしも悪くはない。ただ、今おっしゃった独走性は、やはり真似だけではいけませんね。

今までは確かに他社や外国に学ぶというのが非常に強かったのですが、最近は少し変わりました。ヒット製品でも他社が追従しないという傾向がでてまいりました。他人のアイデア、あるいはコンセプトというのは尊重しようというムードになってきてますね。

熊谷：それはいいことですね。

岩本：日本もコンセプトを自分で生み出していこうということだと思います。そのためには、ますます基礎研究をベースとする技術開発が重要になるわけです。我々もそう思って一生懸命に技術開発をしているのですが。

熊谷：確かに、企業の場合もいわゆる独創性の高い仕事を常に心がけるというのが正しい方向でしょうね。独創的な仕事といっても大きなものから簡単な小さいものまでありましょうけれども、いずれも技術の進歩には大事なものですからね。



独創的研究の重要性を語りあう岩本雅民氏（左）と熊谷信昭理事長（右）

岩本雅民氏

［三菱電機株式会社取締役技術開発本部副本部長］
1937年生まれ。60年東京大学工学部電気工学科卒業。同年三菱電機株式会社に入社。90年に中央研究所長。93年取締役に就任、現職となる。
入社以来、核融合プラズマ、電気機器の電磁特性等の研究のほか、ＭＨＤ発電、磁気浮上式鉄道、磁気共鳴画像診断装置などの超電導研究に携わる。
特に、超電導研究では、世界最大級の発電機を開発するなど、超電導発電機の原理実証と基本技術の開発に大きく貢献。超電導応用技術の飛躍的進展に先導的役割を果たしたと国際的な評価を受けている。これらの先導的業績に対し、電気学会電気学術振興賞（進歩賞）、同電気学術振興賞（論文賞）、低温工学会大山記念論文賞、研究功績者表彰科学技術庁長官賞、兵庫県科学賞などを受賞。また、国際大型電力機器委員会超電導発電機日本委員などを歴任。
著書に「超電導エネルギー入門」など。

技術はまだ飽和していない

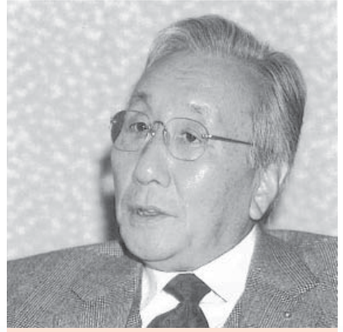
熊谷：より複雑で、より難しい方向ばかりを目指すのが良い研究、良い技術開発とは必ずしも言えません。根本を目指す良い研究というのはある意味で非常にシンプルなものですよ。発明・発見や法則・定理などにしても、非常に複雑な表現や説明をしないと表せないようなものは二流、三流で、超一流の法則や定理や発明・発見というのは大体簡単なものが多いですね。
岩本：なるほど。
熊谷：製品についても、一時期、いろんな技術の進歩で素人が使いにくいものが増えましたよね。例えば、いろんな機能を持ったディジタル時計などは、説明書がなくなると使い方がわからなくなってしまう。マニアでなければ使いこなせないようなものが沢山出てきました。家庭用の冷暖房装置などもみなリモコン操作に変わってきていますが、表示や操作が複雑でよくわからないものが多い。複雑な法則が上等な法則でないのと同じように、誰でも簡単に使えるというわけにはいかないような高級な製品は、結局あまり上等の製品とはいえないのではないかと思うんですが、いかがですか。
岩本：そうですね。リモコンの問題でも我々企業は反省をしております。一般には機能が多すぎると言われるんですが、私はそれは違うと思います。それはボタンが多すぎるとか選択肢が多すぎるということであって、本当は機能が足りないのだと思います。先程のお話のディジタル時計の例も技術が中途半端なのかもしれません。
熊谷：なるほど。新しい製品の技術がまだ成熟していないということですね。
岩本：使いにくいというのは技術が足りないことだと我々は解釈しています。ですからエアコンでも、技術が進めば、座るだけでぴたりと温度が調節され、リモコンが無くてもいけるかもしれない。やっぱり使いやすいものというのは、本当は技術がいるんですよ。
熊谷：確かにそうですね。
岩本：センサで検出して、ある程度人間の気持ちも推定してくれて動くようになるというのが、おそらく21世紀になればできると思います。
熊谷：そうかも知れませんね。そういうふうになれば成熟技術ということになるんですよね。パソコンやワープロでもそうですが、人間の方に熟練を求める製品というのは、まだ技術的に未成熟だということですね。
岩本：技術はこれからももっと進歩するでしょう。例えば、半導体ではメガビットからギガビットへ、通信関係でもメガbpsからギガbpsやテラbpsまでいくでしょう。確実ですよ。技術がそのように進歩していくことを考えますと、全くユーザーは習熟を要さない、機械の方で人間に合わせてくれるという時代が来ると思います。
熊谷：ワープロで言えば、その前に立ってポケットに両手を突っ込んだままただ話すだけで、たちまち文字となって表れてくるようにならないといけない。電話にしてもライターぐらいの大きさの小さい電話機になって、いつでも、どんな所からでも、世界中のどこにでも電話ができ、しかも、話す相手がフランスにいるフランス人なら、こちらが話す日本語は向こうにはフランス語となって聞こえ、向こうの話すフランス語はこちらには日本語となって聞こえてくる。そういうのが電話というものの本当の成熟した姿だといえるのではないでしょうか。そのような自動翻訳電話の研究なども含めて、先端技術の代表のように言われている情報通信関連の技術でも、成熟した技術にまでもっていくにはまだまだ研究し、開発していかなければならない研究課題はいっぱいあるといえるのではないかと思います。
岩本：その意味で、技術はまだ飽和していないと思います。しかも、自動翻訳機能を持った電話機というのは、ニーズは必ずあるわけです。ただ、一生懸命挑戦はしておりますが、現在の技術ではやはり安くはできないわけです。もちろん安く作るというのも重要な技術です。これからもっと技術を進歩させる必要がありますね。

人文・社会科学とも協同歩調で

熊谷：そのためには、これからは自然科学系の技術だけでは不十分で、人文・社会科学系の人たちとも一緒にやっていかないといけませんね。例えば自動翻訳電話でも、日本で「親が草葉の陰で泣いている」というのは、英語では「親が墓場で寝返りを打つ」と言うそうですから、外国人が英語で「そんなことをしたら親が墓場で寝返りを打つよ」と言うのを、そのまま日本語に直訳しても全く意味をなしません。そうなると、もう技術者だけではもたなくて、文科系の人の協力も含めた幅の広い研究が必要になるでしょう。
岩本：そういえば、今まで、私どもも少し技術一辺倒のところがありました。これからはそういう文科系の知識も、技術として受けとめることが必要でしょうね。
熊谷：人間科学と言いますかね。例えば航空機や原子力発電などの安全性についても、技術的な側面からだけではなく、人間科学的、社会科学的な側面からも研究しないと本当に安全性や信頼性を限りなく100％に近づけていくことはできないでしょう。日本では、基礎研究というと先端科学技術の基礎となる研究という受けとり方をしますけれども、例えば数学の研究とか、人文・社会科学系の基礎的な研究も基礎研究として全く同等に大事なんだということを、政治も、行政も、そして社会一般ももっとよく認識する必要があるのではないかという気がします。
岩本：そうですね。例えばソフトウェアというのは、単にコンピュータのプログラム技術ではなくて、文科系的な発想というか、芸術とか小説を書くような感じだと思います。
熊谷：そういう意味での創造のセンスがいるでしょうね。
岩本：ソフトウェアといいますと、私たちは数学を少し取り入れてコンピュータ・プログラムを作るというようになっていますが、そういうのがソフトウェアの行き詰まり感の原因ではないかと思います。
熊谷：確かに技術者では、０と１との組み合わせのデジタル思考の範囲からなかなか出られないかもしれませんね。
岩本：これまで、日本では今までの古い意味でのテクノロジーからソフトウェアを攻めようとしているのが問題という気がします。
熊谷：ソフトウェアといえば、同じ機能を持っていても、最後のデザインでグレードが全然違うものになりますね。設計やデザインはどうされておられますか。
岩本：私どもでは、インダストリアルデザイン研究所を中心にやっております。そこでは私どもと発想が全く違います。彼らの方が実に発想力が豊かですね。その原因は、コンセプトをすぐにビジュアルにしてきますから彼らのスケッチ力かと思ったんですが、そうじゃなくて発想そのものの違いですよ。単にハードの設計だけではなくて、コンセプトづくり、いわゆる我々の言葉でいう総合企画のようなこともデザイン研究所の方が得意ですね。我々技術者は、彼らからもっと学ばないといけないと思います。彼らは芸術系の人で技術者ではないのに、技術者以上の発想をしてくれますからびっくりするんですよ。
熊谷：なるほど。そういうのを取り入れて活かさないといけないでしょうね。
岩本：だんだんそこに価値が移っていますから。

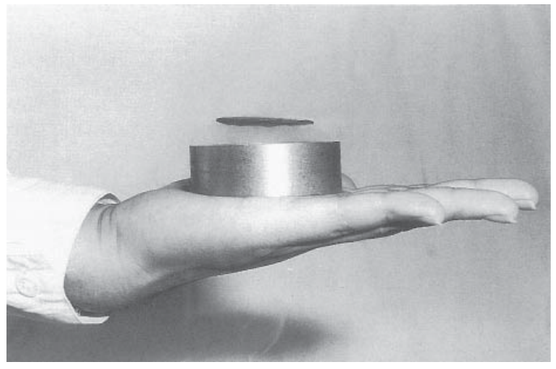
21世紀を支える技術分野

熊谷：ところで、研究開発の責任者としては、やはり21世紀を支える技術分野についての展望を持って、研究開発体制を整えていかれていると思います。先ほどもお話にあった情報通信やエネルギー問題というのは、これからの人類にとって極めて重要な問題だと思いますが、どうお考えですか。



熊谷信昭理事長

［㈶ひょうご科学技術創造協会理事長］
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）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。71年大阪大学工学部教授となり、工学部長を経て85年大阪大学総長に就任。91年から同大学名誉教授。
電磁波工学の権威であり、その先駆的業績により米国電気電子学会名誉会員、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、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。また、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。
現在、科学技術会議議員のほか、各省庁の審議会委員、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、㈶地球環境センター理事長、㈱原子力安全システム研究所社長など。
著書に「電磁気学基礎論」など多数。



情報通信やエネルギー分野に大きな影響を与える超電導技術
（永久磁石の上で浮上する高温超電導体）

岩本：私ども電機メーカーから見ますと、重要な課題は２つあります。一つはエネルギー・環境問題、もう一つはやはり情報通信です。そのうちエネルギー・環境問題というのは、社会の基盤を支えるものでＧＮＰと比例して安定的に伸びていくものだと思います。もう一つの情報通信分野については、半導体とデジタル技術が融合し大革命を起こすという予感を持っております。今も情報社会だと言っていますが、これはまだまだ序の口ですね。おそらく21世紀にはコンドラチェフの第５波が始まるはずです。それを支えるのが半導体・デジタル技術による情報通信革新だろうと思います。

熊谷：情報通信はこれからが本当の佳境に入っていくところだとも表現できるかと思いますね。ところで、情報通信の方はこれからいろんな発展をするでしょうけれども、むしろエネルギーとか電力の方が革新的なブレークスルーを必要としているのではないかという気もしますが。例えば、日本の場合、現在原子力発電が全電力の約1/3をまかなっていますが、一般の人たちに反原発の感情があったりしてなかなか難しいですよね。

岩本：私どもも太陽電池とか核融合とかの開発をやっておりますが、なかなか時間がかかりますので、やはり原子力が本命ではないかと思います。これは議論のあるところですが、原子力に情報通信技術が非常に多量に使われて、余計な心配をしなくてすむようになるという感じを持っております。エネルギー・環境分野も小さな積み重ねでそれなりに進歩していきますが、やはり一番大きいのは情報通信分野からのインパクトだと見ています。

熊谷：なるほど、そうかもしれませんね。私は今、原子力安全システム研究所の仕事もしていますけれども、センシングの技術とか、そこから得られた情報の処理技術、制御技術など、おっしゃるように情報通信の先端技術をフルに導入しないといけないでしょうね。そういう意味では、情報通信とエネルギーと環境の３つは、お互いにリンクした関係にあるように思います。

実際、バーチャル・リアリティの技術で臨場感のある、違和感のないテレビ会議などが本当に広く使われるようになれば、人間がいちいち移動しなくてもよくなりますね。今回も東京からお越しいただいていますが、貴重な時間もそうですが、往復の電車やタクシーや新幹線などでエネルギーをいっぱい使っているわけですから、そういうエネルギーをセーブする事になれば環境への影響もそれだけ低減されますしね。

岩本：そういう意味で情報通信のインパクトが非常に大きいですね。

独創的研究で人類史的貢献を

岩本：しかし、この重要な情報通信というのは、今、アメリカに負けているんですよ。我々、もう一度謙虚にアメリカに学ばなければいかんと思っています。昭和30年代というのは本当に教わりましたよね。それから、アメリカも随分一生懸命教えてくれました、発明でも何でも。

熊谷：そうです。本当に余裕のある超大国でしたよね。

岩本：ところが、最近この情報通信分野では、アメリカも日本に対して少し厳しくなったと思いますが、我々の方も学ぼうとする謙虚さを失っているのではないかと思います。もちろん学ぶというのは、真似るという悪い意味ではありませんけれども。

熊谷：しかし、やっぱり学ぶというのは基本的には真似るということですから、真似をしてはできるだけ安く売って、もっぱらシェア拡大を図るというだけでは、やはり諸外国から敬愛される国にはなりませんよね。

岩本：それではこの情報通信分野で対等になるといいますか、充分な競争力をもてるようにするためには、まず自らの基礎研究をということでしょうか。

熊谷：やはり、おっしゃるように基礎研究、というよりも独創的研究といいますか、その推進だと思います。例えば、ＬＳＩで日本がアメリカを陵駕して世界一だとかいっても、厳しい言い方をすればメモリーの分野だけの話であって、これはあまり独創的な知恵はいらない分野なんですね。日本で生まれて世界に通用しているソフトなんかもまずないわけだし、結局一番肝心なところはやっぱりずっと負けていたわけです。確かに、「謙虚さがなかった」とおっしゃるのは技術者として大変に重い言葉だし、我々も反省しないといけないことだと思います。

真理の探究で夢の実現をめざす三菱電機株式会社中央研究所

岩本：それからコンセプト、さらにマーケットの問題もあります。アメリカはマーケットを切り拓いてますよね。私はその辺に少し危機感を持っています。

熊谷：かつてのイギリスが、次にアメリカが、それまで世界に無かったものを最初に先頭をきって開発しながら、文明社会の建設に人類史的な貢献をしてきたわけです。日本はかつてのイギリス、かつてのアメリカのような文明史的、人類史的な貢献がまだまだ乏しいといえるでしょう。

岩本：底が浅い、まだ積み上げが足りないというような感じですね。

熊谷：そう思います。エネルギー、環境、情報通信のほかに、私は21世紀は「ヒト」が中心課題になる世紀だと思っていますので医学・生命科学を加えた４つが21世紀の４大テーマとなるであろうと考えています。情報通信と生命科学とエネルギーの３つはお互い関連していて、さらにそれら全体で環境と関連するでしょうから、要するに21世紀の科学技術の基本の柱というのは、情報通信とエネルギーと生命科学の３つの分野だろうと思いますね。これらの分野での日本の人類史的、世界史的な貢献が是非必要だと思います。

楽しみな兵庫県の科学技術

熊谷：最後に、私どもの協会にご期待やご助言がございましたら。

岩本：協会が実施しておられる研究助成、これはよい制度ですね。企業も助成対象になっておりまして、ありがたいですよ。兵庫県は科学技術を非常に重視しておられる。

熊谷：貝原知事の県政の基本理念が本当に良いと思いますね。

岩本：21世紀の我々の豊かな生活を支えるのは、やはり科学技術です。三菱電機は、兵庫県下に８工場、８研究所があるいわば地元企業です。その科学技術を、地元で、振興していただけるのは本当に良いと思います。個人的にも、私は兵庫県に30年住んでおりました。幾つかいただいた賞の中で、やっぱり兵庫県から科学賞をいただいた時が一番嬉しかったですね。

それから、県は研究開発回廊と情報通信回廊という２つ構想を進めておられますね。これから伸びる情報通信分野と研究開発、それをピシッとやられる。それからSPring-8というのがありますから、光を中心に。その二つをジョイントした明確なビジョンをお作りになっている。もちろんそれらは地域づくりや産業振興に役立つでしょうが、それにも増して今の若い人の理工系離れを予防するのが、情報通信回廊とかあるいは研究開発回廊とか、そういうものなんだと思います。特に播磨科学公園都市などは、研究者だけではなくてみんなが遊びに行けるような所になればいいと思いますね。

熊谷：おっしゃるように若い人や子供達が遊びに行きたくなるような、知的な刺激のあるゾーンになると良いですね。

岩本：兵庫県というのは先進地域というか、非常に先取りしておられると思います。しかもそれが我々にはない、本当のビジョンを描いておられることに感心するんですよ。

熊谷：東京に移られてますます大事なお仕事をなさるんですけれども、これからもいろいろとご指導・ご助言をいただきたいと思います。本日はお忙しい中を本当にありがとうございました。

センター・オブ・エクセレンスをめざして

―国立研究所の夢と新たな挑戦―

●対談者
郵政省通信総合研究所
関西先端研究センター センター長
塩見 正氏
×
㈶ひょうご科学技術創造協会
理事長
熊谷 信昭氏

熊谷：塩見さんは、郵政省の通信総合研究所に入られてから今日まで、どういうご研究に携わってこられたのですか。

塩見：当時は電波研究所という名称でしたが、その鹿島支所に入りました。鹿島支所というのは、昭和39年にできて宇宙通信の研究を始めていたわけです。私が入った47年には、日米間の衛星中継実験は既に終わっていたんですが、電離層を観測する計画が進んでおりました。カナダの観測衛星が回っていましたし、日本でも電離層観測衛星「うめ」の打上げ計画が進んでいました。そういう観測衛星に指令電波を送り観測データを受信する地上施設が、鹿島にかなりできつつあるような状況でしたので、私自身は、電離層観測衛星の管制施設の整備やそれを用いたカナダの衛星のデータ受信などをしばらく担当しておりました。

日本の衛星技術の先駆けに

塩見：その後、日本もいよいよ自前の静止衛星をやるんだということで、電波研究所として静止衛星を使った通信や放送システムの研究にも乗り出すことになりました。私はちょうど衛星の管制のグループに入っていたものですから、静止衛星をコントロールする技術を習得することから始めました。

その当時、ＮＡＳＡが打ち上げた静止衛星であるＡＴＳ－１(応用技術衛星１号)を使って、その衛星をコントロールすることを始めたわけです。そのために、アメリカからＡＴＳ－１のコントロール装置を日本に借りてきました。多分49年頃だったと思います。装置自体は非常に古くて結構くたびれたもので、コードが切れてたり直流電源がよく故障したりでいろいろ苦労しましたが、基本的な機能はちゃんと生きていました。

熊谷：よく日本にそういう装置を貸してくれましたね。そのころはまだ先端技術の研究開発競争で日米間の関係が鷹揚だったのかな。

塩見：応用技術衛星については、既に通信実験や衛星の測距で日米の協力の実績があったからでしょう。

赤道上36,000kmの所の衛星をコントロールするには、まずその軌道とか姿勢の計算をしないといけない。そして、その軌道は、３点測量の要領で、例えばアメリカ、日本、オーストラリア、それぞれからの距離を計って決めるわけです。そのために、鹿島支所は、41年のＡＴＳ－１打ち上げ以来ずっと協力してきていました。それからＡＴＳ－１はもともと実験衛星ですから、日本としては衛星の管制も実験的にやりたいということで、ＮＡＳＡ側との協議を経てこの管制実験が始まりました。

熊谷：日本ではまだ未踏の最先端技術でしたから、いろいろご苦労も多かったでしょうが、また逆にそれなりのおもしろさというものもおありでしたでしょうね。

塩見：いろいろありましたね。ＡＴＳ－１の軌道位置をコントロールするために、段々ずれてくる衛星軌道を、ガスジェットを噴射して修正するのもそのうちの１つです。このＡＴＳ－１は、衛星自身がその場でクルクルと自転することで安定していますので、そのジェットを噴かす時は、回転の同じ所でパッと出さないととんでもないことになります。それで衛星の自転に合わせて、パルス的にパッ、パッと噴かすわけです。衛星には太陽センサーが積んであって、衛星がくるくる回りながら太陽が見えると信号をパッと出す。それで衛星の回転がわかるので、それに地上の装置のタイミングを合わせるわけです。ところが、装置が古くて同期をとるのに職人技がいる。それに、何せ寿命が尽きかかった衛星でしたから、ガスジェットといってもガスタンクは殆ど空なんですよ。本来なら数回で良いのが何十回もガスを噴かさないといけないから、時間がかかる。その間に装置の同期がはずれてもいけないのです。そういうことで、とにかく微妙なタッチが勝負でしたね。

熊谷：しかし、そういうことが今の通信衛星などの技術につながってきたわけですね。

塩見：そうです。そういう技術が昭和52年に打ち上げられた「さくら」、つまり日本の最初の実験用静止衛星であるＣＳ(通信衛星)やその後のＢＳ(放送衛星)の計画につながっていったわけです。そして、現在実用化されている日本の多くの静止衛星の技術開発の先駆けになっていると思います。

静止衛星とＶＬＢＩ

塩見：それから、その頃鹿島支所ではＶＬＢＩ(超長基線電波干渉計)の研究開発も非常に盛んに進めていました。

これは、電波研究から生まれた新しい分野で、宇宙の電波源の構造を分析したり、大陸間の距離を非常に精密に計れるような計測技術です。非常に遠くの電波星からくる電波を、例えば日本とアメリカで受けてそのノイズを調べると、受ける位置が違うのでノイズの片方は遅れて受信される。その遅れをナノセカンドのレベルで非常に精密に計ります。地球は自転していますから、その遅れはどんどん変わってきます。そういうデータから日米のアンテナの距離や基線の向きなどが分かる。鹿島には、もともと衛星通信用の直径30mの巨大なアンテナがありましたから、電波天文学者がそれに目をつけて使いに来ていましたし、研究所の中にも電波天文の研究グループがいて、ＶＬＢＩの研究を始めていたんです。

私もそれに興味があって、それで静止衛星の軌道を正確に計る予備実験も始めておりました。アメリカのＪＰＬ(ジェット推進研究所)に行ったのはその関係もあります。

熊谷：ＪＰＬには何年ごろおられたんですか。

塩見：ＪＰＬに行ったのは、昭和57年です。ＪＰＬは、ＮＡＳＡの深宇宙のプロジェクトを一手に引き受けていて、木星や土星まで飛ばした衛星の位置を非常に正確に決めて航行制御を行う技術についても、常に新しい開発や試みを行っていました。この軌道を正確に決めることは大変で、遠くになるとなかなか決まらない。衛星までの距離は、電波を送って、トランスポンダー(中継器)で折り返してきた時間から計れます。けれども、直線距離だけでは衛星の位置は決まらなくて、角度に相当するデータが必要です。それで、電波が来る方向、即ち角度に非常にセンシティブな計測方法であるVLBIが役に立つわけです。当時JPLでは、深宇宙の衛星をVLBI的なテクニックで計測する研究も盛んに行っていました。

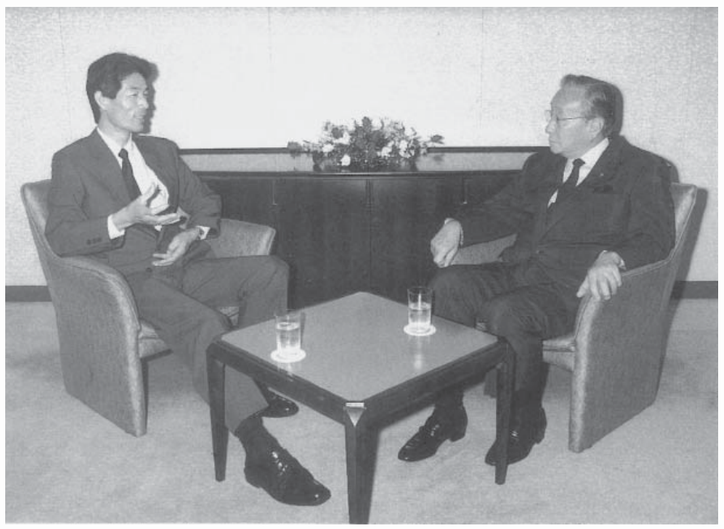
私たちはそれが静止衛星にも適用できるだろうと考え、JPLと共同で、静止衛星にVLBIを適用した実験をやりました。その辺もなかなか面白い実験でしたね。

熊谷：かなりいろいろなビッグプロジェクトに参画されたわけですね。

塩見：ですから、私自身のバックグラウンドは、ある専門に深く分け入って研究するというより、ビッグプロジェクトといいますか、総合的な実験計画などに結構長く関わってきたということですね。

21世紀を支える情報通信技術

熊谷：ところで、これまで塩見さんが携わってこられた情報通信分野というのは大変重要な分野ですね。



関西では基礎研究をと熱っぽく語る塩見正氏(左)と熊谷信昭理事長(右)

塩見　正氏

1948年生まれ。72年京都大学大学院修士課程（電子工学）修了。同年郵政省電波研究所（現通信総合研究所）に入所。82年米国ジェット推進研究所に留学、87年宇宙技術研究室長、89年企画課長を経て、91年関西先端研究センター長（関西支所長）に就任。94年７月から総合通信部長。

入所以来、人工衛星の管制、超長基線電波干渉計による高精度軌道測定、人工衛星による精密測位、衛星間通信システムの研究など一貫して衛星利用技術の基盤的研究に携わる。

この間、静止衛星の高精度軌道測定などに関する数多くの国際共同実験や技術試験衛星（きく６号）による衛星間通信システムの開発などに大きく貢献。

特に、米国の応用技術衛星や実験用通信衛星（さくら）による我が国初の静止衛星管制実験を通じて、日本の静止衛星利用の基盤技術を確立し、郵政大臣表彰などを受賞。

かつて、フランスのディスカールデスタン大統領が、情報通信システムの基盤整備を国家計画の最重要施策と位置づけて、国を挙げてその推進に取り組むべく大号令をかけました。これはミッテラン政権にも引き継がれた有名なテレマティーク計画と呼ばれているものですね。

また近くは、アメリカのクリントン政権が情報スーパーハイウェイ構想を、これも国家的プロジェクトとして提唱しています。

いずれも高度な情報通信ネットワークの基盤整備が、自分の国の発展や活性化を図る上でも、国際社会における競争力や主導権を確保する上でも、基本的に最も重要な決め手となるものであるという認識に立っているわけです。

塩見：確かに、情報通信システムがこれからの社会のキーとなる非常に重要なインフラであるということは、だれしも認めているところですね。

熊谷：日本でも、郵政省の電気通信審議会が、さる5月31日に「21世紀の知的社会への改革に向けて」と題する答申書を郵政大臣に提出して、マルチメディア社会の到来に向けて、2010年までに光ファイバー網を中心とする画期的な情報通信基盤を全国的に整備すべきであるという具申をしております。

内閣総理大臣を議長とする科学技術会議でも、６月20日に、その下部組織である政策委員会から、「研究領域や所属の枠を超えた研究機関の間を結ぶ研究情報ネットワークを早急に整備して、これを海外の同種のネットワークとも接続し、学術研究の情報流通面で国際的な役割を果たすとともに、研究情報の流通面におけるアジアのハブとなることを目指すべきある」という趣旨の提言を受けています。

このような構想を実現していくためには、これからも数多くの課題を解決しなければならないわけですが、その決め手となるポイントは資金調達と技術開発ですね。

塩見さんがいらっしゃる郵政省の通信総合研究所というのは、日本で唯一の通信技術に関する国立の研究所ですから、担われる役割は本当に重要なものだと思います。この通信総合研究所の特徴は、どういうところにあるのでしょうか。

塩見：そうですね。通信総合研究所というのは、100年程前の逓信省電気試験所が母体なんです。その後、いろいろな変遷があって、昭和27年に電波研究所になりました。現在の通信総合研究所になったのは昭和63年です。

熊谷：電波研究所からの名称変更ですね。

塩見：名称変更ですが、いわゆる所掌も変えています。それまでは電波研究所はいわば無線の通信関係の研究が主体で、ＮＴＴが有線のネットワークに関する技術開発をしてきたわけです。ところが、昭和60年にＮＴＴが民営化されましたので、国の研究所としては、有線のネットワーク関係の研究もやらなければいけないということで、それを新たに加えたわけです。

常に新しい研究分野に挑戦

塩見：電波研究所時代には、ベーシックなサイエンスもかなり研究しています。例えば、短波の国際通信をするためには電離層の状態を調べなければいけないということで、地球の上層大気のサイエンスに直結した研究も進めていたわけです。

それから、さらに広く太陽地球間を対象とした宇宙科学とか、すぐには通信に使えないと思われていたミリ波や光などの新しい電波領域の研究もやってきています。

さらには、先ほどの宇宙通信ですね。東京オリンピックの頃に、実際に衛星を使った日米間のテレビの衛星中継の実験をアメリカと始めて、宇宙技術による通信システムの研究にも踏み出したわけです。

熊谷：なるほど。

塩見：それとパラレルにＶＬＢＩ。これを、日米間だけでなく、中国やヨーロッパを含めた国際プロジェクトとして大きく発展させてきました。

さらには、ミリ波や光を使ったリモートセンシング。地上のみならず宇宙技術も使って地球環境を計測する研究です。日本の地球観測衛星もＮＡＳＤＡ（宇宙開発事業団）から打ち上げられていますが、アメリカやヨーロッパとの協力もかなりやっています。最近では、熱帯地域の雨量を計る衛星（熱帯降雨観測衛星）で、私どもの研究所とＮＡＳＤＡで開発した降雨レーダーを、アメリカの衛星に載せて日本のロケットで打ち上げるという計画があります。

それから、国の機関ということで、ルーチン的な行政に直結する研究。例えば、時刻や周波数の標準のキープ、無線機器の型式検定に関する試験法なども研究しているわけです。さらに、ＩＴＵ（国際電気通信連合）のいろんな専門会合などでの国際貢献も果たしています。

熊谷：非常に幅広い分野をカバーされてますね。

塩見：本当に幅広いと思います。ただ、非常に幅は広いですが、なかなか安住できるような研究分野はありません。電気・通信関係は、ＮＴＴやＫＤＤ、ＮＨＫがあり、また民間の力も非常に強い。そういう中で、国の研究機関として何を研究すべきかという問題に常に直面してきたわけです。それで、いつも新しい分野を開拓して挑戦していかなければいけない。常にそういう運命にあったわけです。

ですから、電離層がどうという電波物理関係には非常に大きく寄与しているわけですが、それでいつまでもやっていけるわけはないということで、宇宙通信の分野などへ幅広く展開してきたのだと思います。

熊谷：確かに、まさに日本が期待されてる基礎研究、サイエンスの分野での世界的貢献という意味でも、その重要な一翼を担っておられると思います。

アメリカのＡＴ＆Ｔのベル研究所は世界的な電気通信の研究のメッカですが、そこでアンテナの研究をしていて、結果として、宇宙背景放射の観測という天文学の分野での貢献でノーベル物理学賞の受賞につながったという例もあります。

塩見：Ａ.Ａ.ペンジアスさんですね。

熊谷：そうです。私も通信総合研究所の顧問を拝命している立場から、通信総合研究所が実際の電気通信の先端的な研究と同時に、結果としてそういうサイエンスの分野にまでつながるような研究でも世界的貢献をされることを期待しています。

関西では基礎研究を

熊谷：特に、今取り組んでおられる先端的な「電気通信フロンティア研究」ですが、これは昭和61年ごろに郵政省の中で検討が始まって、62年ごろからその研究プロジェクトを具体的に検討する委員会が発足しました。私は今でもその委員長を拝命しておりますが、その委員会で抽出された研究プロジェクトの先端研究を、関西に新しく研究所をつくってそこでやろうということになったわけですね。

塩見：そうですね。我々が関西に先端研究センターをつくったのは、やはり基礎研究が目的です。そこで独自の、しかも先を見た研究開発をしようということですね。基礎研究は、学術・文化の長く深い基盤があり、同時に最近では新しい文化学術研究都市のプロジェクトが進み、またバイオ分野などで非常に研究活力の高い関西でやった方がいいということもあり、また東京につくるのは過密でもありなかなか難しい。そういったことで、関西という新しい地に、関西先端研究センターができたわけです。

熊谷：塩見さんはその研究センターの第２代の所長として、新しいセンターの建物を作られるなど内容の拡充に非常に力を尽くされましたね。この関西先端研究センターの将来として、どういうことを目指しておられますか。

塩見：今は第１段階の60人ぐらいの規模になりましたが、やはりまだ少し組織が小さいものですから、次は100人にしたいと思っています。そして、いずれは基礎研究所として独立させたいなというのが、我々の一つの願いなんです。この関西先端研究センターを、基礎研究所としてもう少し立派なものにしたい、まずは今の倍ぐらいの規模にしたいですね。

熊谷：いいことですね。この研究所ができたことを、我々関西にいる者達は非常に喜んでいます。関西は、西にこの関西先端研究センターがあり、東には京阪奈にＡＴＲ（国際電気通信基礎技術研究所）があります。そのＡＴＲに隣接してＮＴＴのコミュニケーション科学研究所という、やはり非常に基礎的な研究部門を担当する新しい研究所が作られました。

関西の長所と短所

熊谷：基礎研究をするには、関西というのは良いところでしょうね。

熊谷信昭理事長

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）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。71年大阪大学工学部教授となり、学生部長、工学部長を経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員。

電磁波工学の権威であり、その先駆的業績により米国電気電子学会名誉員（フェロー）、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、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。また、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

現在、科学技術会議議員のほか、各省庁の審議会委員、郵政省通信総合研究所顧問、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、㈶地球環境センター理事長、㈶原子力安全システム研究所社長など。

著書に「電磁気学基礎論」（電子情報通信学会著述賞受賞）など多数。

例えば、東京周辺にいますと、大学や研究所の働き盛りの研究者がいろんな省庁の審議会などのメンバーにさせられて、その仕事で非常に時間をとられています。あれでは落ち着いて基礎研究をする時間がないのではないかと思うほどです。基礎研究をするには、政治や行政の中心から離れているというのは、案外良い面もあるんですよね。

塩見：そう思いますね。基礎研究は、１年や２年とかの短い時間で勝負がつくようなもんではないと思います。非常に長い、相当の決意がないといけないのではないでしょうか。

熊谷：おっしゃるとおりですね。

塩見：今、日本では科学技術を重視する風潮ができてきましたが、まだ産業政策や経済政策にとらわれていると思います。ところが、技術貿易は入超ですから、日本の技術は貿易ほど強くはない。だから、自前の技術、自前の科学をちゃんと持つということに相当腰を据えることが必要です。そのためには、政治的な都合や産業政策の都合に合わせてということだけでは大変です。

関西というのは、もうちょっと長い目で物が見れるところだと思いますので、本当に長い目でグローバルな視点

から何が大事かということを考えることがやっぱり必要だと思っています。関西というのは、そういう意味で非常に良いところですね。

熊谷：そうですね。

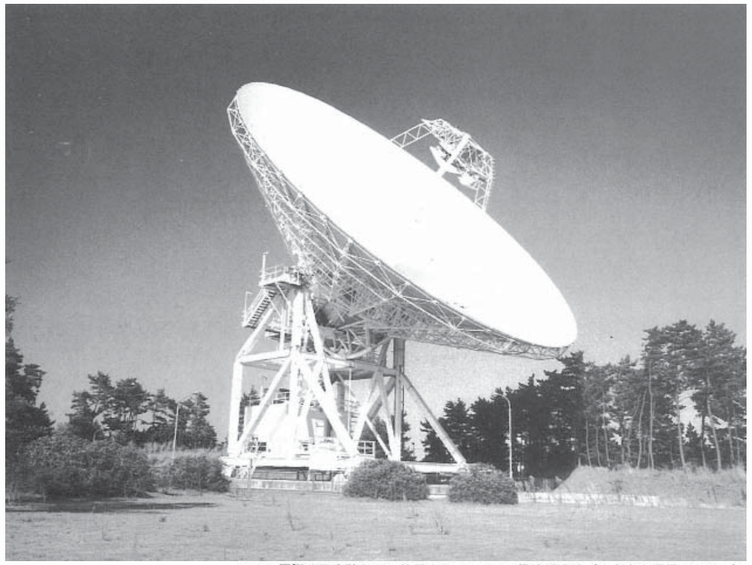
塩見：しかし、「井の中の蛙」になってはいけない。関西は、やはり人や情報が少ないですね。学会の活動などを見ますと１～２割です。例えば、我々に関係ある電子情報通信学会、応用物理学会、あるいは情報処理学会などのいろんな活動は、６割ぐらいは関東で行われています。関西では１～２割。会員も大体６割対２割。ですから、うかうかしていると取り残されてしまう。何も東京だけを見ていなくてもよいけれども、グローバルに、表面に見えないところで進んでいるような世界のいろんな動きもしっかり見てやるという心構え、それが関西ではどうしても必要ではないかと思います。

めざすはセンター・オブ・エクセレンス

熊谷：おっしゃるとおりですね。確かに学会関係の活動は東京が多いですからね。だから、情報の収集というのは絶対に必要で、これがなければいけません。そして、だんだん関西が情報のソース、つまり発信源になっていくと自動的に国の内外から関西に人が集まってくるでしょうし、そうなると結果として世界中の新しい情報をキャッチしたり、新しい動きをよく見ることができるようになるという良い循環になるのですね。

塩見：それから、我々の基礎研究の面からいうと、結局人材なんですね。いろんな問題がありますが、優秀な人材がどれだけ来てくれるかが、大変大事なポイントだと思います。良い人材がいて良い仕事をしていれば、やっぱり自然にまた良い人材が寄って来るという関係があります。研究所というのは、そういうふうに持っていかなければいけない。そして、東京だけでなく、アジアからでもヨーロッパからでも、本当にいろんなところから、「あそこはよい研究所だ、行って少し仕事をしてみたい」というようになることが大事だと思います。最近よく言われてるＣＯＥ（センター・オブ・エクセレンス）というものでしょうが、そういうのが一つの目指すところだと思います。

熊谷：そうですね。


VLBIの国際共同実験などに使用されている34m電波望遠鏡（鹿島宇宙通信センター）

研究予算の使途に弾力性を

塩見：しかし、そうなるには、まだまだ問題がいろいろあります。もともと国の研究機関ですから、やはり官僚組織を運営するしくみで運営されています。その結果、研究所としてはやりにくいことがいっぱいあります。

特に、研究資金や人材の問題ですね。日本では知識というものに対する価値観ができていない。だから、大蔵省でも文部省でも、ハードに対しては予算をつけてくれますが、いわゆるソフトについての予算は認めてくれない。

研究資金の問題では、例えば海外旅費ですね。優秀な研究だと、国際的な場でどんどん発表するのが絶対必要なことですが、その旅費が非常に少なく、数年に一度外国に行けるかどうかの程度です。これは全くおかしなことで、もう少し柔軟に使えるお金の枠があればと思います。例えば、当初予算で認められた装置の購入をやめてでもそれで１～２回ヨーロッパなりアメリカに研究発表に行くことに使いたいと思っても、そのように予算の使途を変えることができない。そういうことから、ひょうご科学技術創造協会の助成は大変役に立っているわけです。

熊谷：国立大学でも、まさにその悩みをずっと経験してきました。外国の国際学会へ行く旅費などは事実上国からは出ませんしね。確かに、実験装置を買ったりするのは文部省の科学研究費などでもできます。だから、国際学会へ参加するための旅費とか、外国から極めて優秀な人を招くときに、なるべく使途の規制を外した、できるだけ自由に使える資金を助成するようなことが必要ですね。私どものような支援財団でも、お金が活きて使われて、研究が本当に実質的に有効に進むような、そういう弾力的支援ができるようにしないと存在意義が薄くなりますね。

塩見：しかし、受け取る側の国立研究所にも問題があります。研究助成金などは、国庫会計の中へきちんと受け入れなさいということになっています。そして、その分は大蔵省の予算のシーリング枠の中に勘定に入れて、他からもらった分は大蔵省から出さないよというように基本的になっています。

熊谷：おかしなことですね。

研究者の確保に流動性を

塩見：それから、人材を確保するのは研究所にとっては一番大事なことで、我々は優秀な研究者の中途採用をどんどん進めていますが、国の研究所に余所から移ると損をするという実態があります。同じ国の機関からでも、途中で移ると給料が下がることが多い。人事院の規則に則って運用すると、結局損になってしまうことが多いんですよ。また、もともと給料が高い大手企業からですと、当然下がる。

熊谷：相当下がるでしょうね。

塩見：程度は別にしても必ず下がる。そうすると、優秀な研究者でも、30代ぐらいになるといろいろ生活の問題がでてきますのでかなり考えてしまうということがありますね。本当に優秀な人材なら給料を倍にしてでも雇うというようなことが本当は必要ですが、そういうことはまだまだできない。

熊谷：まだできませんね。

塩見：終身雇用ですから、お金をかけてでも人を移動させるという考え方がないのだと思います。でも、我々の研究所のカルチャーというのは、一度雇用した研究者をそのまま定年まで働かせるということではなくて、一番脂ののった研究者にどんどん働いてもらって、その人が一定の仕事してどこか余所に移りたいならどんどん移ってもらったら良いではないかということなんです。

熊谷：雇う方も、一度雇った人はもう定年まで辞めさせられないし、本人も辞めないという前提ですからね。定員自体の増減も、なかなか増やせないということもありますから、非常に窮屈ですよね。

塩見：フェローシップというのは、そういう厳密な定員管理に対しては良いですね。例えば、科学技術庁などに、大学院の博士課程を修了した人を定員外で受け入れるという制度があります。科学技術庁がそういう人を30万円ぐらいの月給で雇い、それで、どこかの国立研究機関で３年以下の任期で働いてもらいましょうというわけです。

そういうシステムがもっといろいろできると、それを使って若手の研究者を十分な手当で雇うことができます。定員は厳しく管理されていますが、定員外ですので関係ない。それで、例えば半分ぐらいが定員の職にいるけれども、それと同数ぐらいの定員外で雇い入れた研究者がいるというようなスタイル、アメリカにはそういうのが多いんですが、そういうふうにできると思います。定員に関する法律をすぐに変えるのは難しいが、このようなやり方で実際上研究所がより活動しやすいようにすることはできます。

熊谷：日本学術振興会にもそういう制度がありますね。大学で若手の人材を確保するために、今は席がないけれども大学の博士課程を修了したような人を１年とか２年程度大学に残して研究を続けさせる。期間も短いし、金額も正式に就職した人に比べれば少ないかもしれませんが。

塩見：ちょっと少ないと思いますけど、日本学術振興会の制度も、昔に比べてかなりよくなってますね。

熊谷：よくなってます。金額も増えてますし、人数も増えてますしね。そういう努力は国側もしていますが、まだまだ質、量ともに十分には充実していないですね。

塩見：確かに国の制度もいろいろ良くはなってきていますが、研究資金にしても、人材の確保にしても、現在はまだ研究所の運営には向いてないような枠組みで運営されています。先ほどのＣＯＥとなっていくためには、先端的な研究の実績をどんどんあげていく努力が絶対的に必要ですが、そのためにも、そういうシステムを少し変えないといけない時期にあると思います。

塩見：科学技術会議の議員をされている熊谷先生に、この際聞いていただきたいことがいろいろ出てきました。

熊谷：今日は、我々が科学技術の振興を進める上で重要な問題点をいろいろご指摘いただき、大変参考になりました。塩見さんのお話しになったことはまさに現在の日本の研究機関が抱えている問題だと思います。どうもありがとうございました。

通信総合研究所が衛星開発に携わった「きく６号」

※塩見正氏は（独）情報通信研究機構理事などを歴任。

円高を克服する　研究開発マインド

―進取の地、神戸からの新たな挑戦―

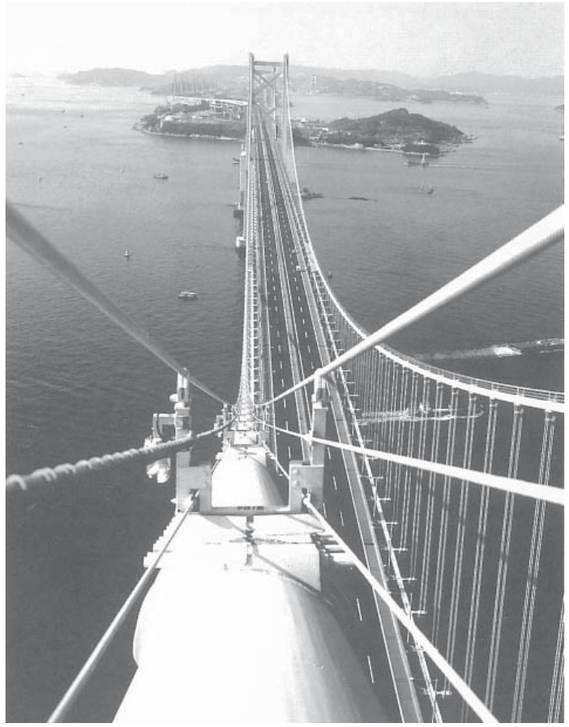
●対談者
㈱神戸製鋼所 常務取締役 技術開発本部長
山口 喜弘 氏
×
㈶ひょうご科学技術創造協会 理事長
熊谷 信昭 氏

熊谷：山口さんは、大阪大学工学部の精密工学科のご卒業ですね。卒業研究はどんなテーマでしたか。
山口：ピアノ線の疲労強度の研究です。
熊谷：実用面でのご研究ですか。
山口：そうです。私は学部の卒業ですので、それほど深い研究をしたわけではありませんが、精密工学科では、材料物性とか電気回路とか物理系のところにも及ぶような幅広い勉強をさせてもらったという感じです。そういえば、卒業研究と神戸製鋼とは関係がありますね。
熊谷：それで神戸製鋼を就職先に選ばれたわけですか。
山口：神戸製鋼に親近感がありましたし、ずっと兵庫県で暮らしておりましたから。会社に入りましたら、機械系は設計部門に行くのが普通ですが、私の場合は、当時できたばかりの中央研究所に配属になりました。
熊谷：なるほど。
山口：それ以来、材料工学と機械工学との境界領域の研究をしてきました。

開拓者の苦難が今は研究者冥利に

熊谷：今までいろんな研究開発部門でご苦労を重ねられ、大変だったという思い出をお持ちでしょうが、一方、うまくいった、嬉しかったというようなご記憶もおありでしょう。特に強く印象に残っている思い出が幾つかおありだと思いますが。
山口：そうですね。私は、会社に入った当座、二つの大きい分野に関係いたしました。

一つは、超高圧下で材料がどう挙動するかというかなりベーシックな研究です。ノーベル賞受賞者のアメリカのブリッジマン博士が、“THE PHYSICS OF HIGH PRESSURE”という立派な本を書かれ、高圧下で色々の材料の物理的性質や機械的性質がこう変わる、状態はこうだとかいう先駆的な研究を紹介されました。そういうものが日本に知らされたばかりで、非常に夢がありそうに見えたんです。


1㎟当たり180kgfの強度を有する高張力線材

例えば、彼の本には、高圧下では大理石が壊れなくて伸びると書いてある。そうすると、非常に脆い金属材料も高圧下では非常に延性を持つだろう。そして実際の工業的な用途に使えるのではと考え、高温高圧下で材料がどう挙動するかという研究をしておりました。また、その延長として、1万気圧とか1万5千気圧とかの超高圧を用いて材料を加工するという研究をやりました。
熊谷：なるほど。おもしろそうですね。
山口：それで、世の中にないプロセスの実用化ということで、共同研究者と一緒に随分苦労しまして、日本で初めて商業的な設備、プロセスにすることができたと思っております。それに大変時間がかかりましたし、その装置を使って確かに各種の難しい材料が作れましたが、そのアプリケーションに苦労した思いがありますね。
熊谷：開拓者の苦労というものですね。
山口：超電導の多芯線というのがありますね。アルミニウムや銅マトリックスの中に、ニオブ3スズ（Nb_3Sn）やニオブチタン（NbTi）などの超電導の非常に細かい3ミクロンぐらいのフィラメントをたくさん埋め込んで、磁場の安定化を図る。そういう加工に、開発したそのプロセスが今でも使われております。随分時間がかかったけれども役に立っている。そういうのが一つの思い出ですね。
熊谷：研究者冥利につきるお話ですね。
山口：もう一つは、1960～70年代の高度成長期に、その牽引力となった重化学工業、製鉄業などが非常に伸長して、その10年間ぐらいで粗鋼生産が1千万トンから1億トン、今に近い量まで伸びましたが、そのまっただ中に、若い頃にいささかでも参画できたことですね。
熊谷：なるほど。
山口：：圧延とかといった大量生産型の加工プロセスに関係しました。プロセスそのものは、古典的なプロセスですが、どんどん生産性が上がる。しかも、大量生産でありながらどんどん品質が高度化する。最初は長手方向の板厚を制御する。その次は、例えば平坦度。まだらに圧延するとでこぼこの板ができますので、幅方向に一様に変形するように制御する必要がある。さらに、そういう形態だけではなくて、表面が良くなくてはいけない。その次は、加工と熱履歴を制御して材質を制御する。それも大量に生産する中で正確にやっていくとなると、非常に巨大な技術パッケージが必要になります。私どもがやったのはほんの一部ですが、例えばその圧延の種々の力学的な解析とか最適化、あるいは計算機制御のためのモデリング、そんなところに参画したというのが思い出です。

神戸には昔から進取の気性が

熊谷：私も工学系の出身で、色々な技術の発展を見てきました。私の専門はエレクトロニクスとか通信工学ですけれども、その経験から、あらゆる技術の進歩の最後の決め手は材料だという信念を持っています。ですから、材料に関わる仕事をしておられるのは、本当に工学の根幹に関わる仕事をしておられることだと思いますね。

神戸製鋼はそういう材料関係のお仕事が中心で、しかも、特に研究開発マインドの高い企業だと認識しておりますが、その神戸製鋼の研究開発というものに、何か特徴的なものがあると考えておられますか。
山口：そうですね。一つは、会社の成り立ちではないでしょうか。神戸製鋼は1905年創立ですが、生まれが鋳鍛鋼なんです。圧延鋼材ではなく鋳鍛鋼ですので、それを削ればすぐ部品になりますし、組み合わせれば機械になる。それで、創立後まもなくにはもう機械を製造販売しておりました。その後、種々の機械設備、線材・棒鋼などの圧延鋼材や伸銅品、アルミ製品にいたるまで終戦までには、そういうものを広く事業展開しておりました。ある程度生まれからそういう多角化、ダイバーシフィケーションとでもいいますか、そういうことについての抵抗がない。そういうマインドが強かったのかなと。
熊谷：なるほど。
山口：それと、摩耶山の麓に浅田基礎研究所が1969年に開設されました。
熊谷：有名な浅田常三郎先生のおられた研究所ですね。
山口：はい、初代所長ですね。中央研究所もそうですが、その浅田研究所の当時のテーマの一つが「極限状態への挑戦」でした。先ほど申しました超高圧関係、極低温、それから金属材料系では超高純度化。また、その極低温の関係で間もなく超電導がテーマになっています。

これは神戸という土地柄なんでしょうか。新しいもの好きというか、新しいものに突き進んでいこうという気性は、昔からあったのかなと思います。
熊谷：浅田常三郎先生は阪大理学部の物理の先生で、レーダーとか電波機器などの研究もしておられたと思います。浅田研究所ではエレクトロニクス分野も研究しておられたんですか。
山口：はい。最初はやはり検知計測で、センサーとか計測器から入ってまいりました。それと、機能薄膜。特に電子用途の機能薄膜に対する基礎研究を始めていました。
熊谷：それでは前からいろいろ多角的に、物性に関連するいろんな研究をしておられたわけですね。
山口：そうです。それと新しい金属への展開としては、1954年頃からだと思いますが、日本で最初にチタンの工業化を始めました。おそらく鉄を経験し、アルミや銅を経験して、次は非常に強度と耐食性の優れた軽い金属が役に立つだろうと考えて、研究を始めたと思います。材料系では主に構造系の材料

山口喜弘氏

1940年生まれ。62年大阪大学工学部精密工学科卒業。同年株式会社神戸製鋼所に入社し、中央研究所に勤務。74年技術開発本部中央研究所主任研究員。85年技術開発本部技術情報企画部長。88年同機械技術センター長。89年同開発実験センター長。91年4月に技術開発本部副本部長となり、同年6月には取締役に就任。93年4月には取締役技術開発本部長となり、同年6月から常務取締役に就任。

この間、技術開発本部一筋に務め、高温高圧下での材料研究や金属加工のプロセス技術の研究をはじめ、一貫して材料工学と機械工学の境界領域の研究開発に携わったほか、豊富な研究開発マネージメントの実績を誇る。

また、兵庫県科学賞の選考委員、財団法人ひょうご科学技術創造協会総合企画委員会委員などを務め、地域の科学技術振興にも大きく貢献。

ですけれども、先取の気はあったと思います。

熊谷：すばらしいことですね。

研究開発の国際化

熊谷：ところで、西神地区の神戸総合技術研究所は本当に大規模で立派な研究所ですね。

山口：神戸総合技術研究所は、本社部門の材料、機械、化学、電子、プロセス制御に関する研究所を集約したもので、先ほどお話ししました中央研究所や浅田基礎研究所も一連の経緯を経て発展的にこの研究所に再編成されています。

熊谷：それに、アメリカとイギリスにも研究所がありましたね。

山口：はい。アメリカはノースカロライナ、イギリスはサリーといったところです。

熊谷：アメリカ、ヨーロッパに研究所をつくって、世界三極研究開発体制を構えられた狙いやその効果はどのようなものですか。

山口：80年代から当社が目指しておりますのは、まず先ほどの多角化ですが、鉄鋼、アルミ・銅、機械エンジニアリング、電子情報といった色々な事業分野をいかにうまくシナジーを生かしながらやっていくかということで「複合化」が狙いです。その次はグローバル化。しかも生産拠点の海外立地だけではなく、企業連携、事業連携や研究開発の面でも進めてきております。

例えば、世界でトップのアルミメーカーのアルコア社と連携していこうということで種々の合弁会社、例えばKAAL（神鋼アルコアアルミ株式会社）やKATP（神鋼アルコア輸送機材株式会社）を設立しております。USX社とも合弁会社をアメリカに設立して、線材・棒鋼とか表面処理鋼板などを作っております。それから、テキサス・インスツルメンツ社と合弁のKTI社（神戸テキサス・インスツルメンツ）の工場を西脇市に建てて、16MDRAMやロジックIC等のLSIの製造をしております。そういう企業連携に伴って、アルコア社やTI社と共同研究をしております。どちらかというと、事業の連携があって、それをさらに補完する形での研究です。

一方で、事業化にはまだ至っていないけれども、新しい技術なり、市場とのアクセスをする機会がつかめないかという観点で、先行的に研究開発を行うために、先ほど述べました海外研究所があります。海外研究所については、当社としてはまだ十分足場がはっきりしていない事業領域の技術開発を、欧米の研究者と一緒にぶつかり合うことによって新しい刺激を得て、新しい独創的なものができないかという思いと、新規の製品を実用化するときには、アメリカなどには非常にラディカルな人たちがたくさんおりますので、そういうリーディング・カスタマーたちと接触する機会を掴みたいという思いとでつくりました。それぞれ規模はまだ非常に小さくて、全部合せても70人ぐらいです。

熊谷：その研究スタッフは大半がアメリカ人やイギリス人ですか。日本からも何人か派遣されているのですか。

山口：イギリスの場合ですと、テクニカルダイレクターはイギリス人ですし、研究スタッフ全員がイギリス人です。それで、管理担当の日本人が一人ですね。初めは研究員を含めて3人いましたが、今は一人になっています。アメリカのノースカロライナでも、テクニカルダイレクターも研究員も基本的にアメリカ人で、やはり管理者として一人日本人がいます。日本からの研究員は、出張や留学の形で行き来しておりまして、基本的には向こうの人たちを活用しております。

熊谷：海外の研究も、山口さんのところが統括されているわけですか。

山口：海外の研究所は、一応現地会社の研究所になっております。ただ、その予算や運営に関しての統括は私のところがやっています。

円高にも対応できる技術力を

熊谷：ところで、いわゆる円高の影響や人件費の高騰で、特に素材関係では韓国や中国、東南アジアなどとの競争が大変だと聞いております。将来にいろんな夢をお持ちでしょうけれども、当面の難しい課題もありますね。

山口：特に最近は実力以上の異常な円高になっておりまして、素材メーカーはおしなべて大変苦しい思いをしております。素材メーカーは、原材料を輸入してそれに随分付加価値を付けて製品にしております。その代わりに非常に大きな設備投資と人を抱えておりますので、価格弾性が非常に剛直的なんです。ですから、為替レートのあるバランスしたところで成り立っていたものが、今回のように過度の円高になりますと、それの調整にやはり時間がかかります。

熊谷：そうですね。大変でしょうね。

山口：ただ鉄鋼では、技術競争力はあると思っております。とにかく大量生産で安くするだけであれば、後続の国々でもできますが、日本の高炉メーカーの鉄鋼は、品質制御が非常に厳格、あるいはきめ細かくされております。例えば、その品質制御のためのコンピューターの装備率は、日本の製鉄所では、従業員千人当たり1,100メガバイトだと聞いています。それだけの判断能力のあるコンピューターを使い、またそのためのソフト、経験を技術化してコントロールするソフトの充実があります。欧米のミルと比べても5～15倍と聞いております。そういうことで、非常に品質の高いものを多様につくり込んで、かつエネルギーや環境の問題も解決してきたわけです。もちろん、日本でそういう高品質のものがリーズナブルなコストで作れなくなれば本当にこれは大変なことになります。そういう意味でコストダウンは焦眉の課題です。

熊谷：そうですね。鉄鋼業は本当に国家の、日本の産業の基盤ですからね。新聞には、日本の自動車メーカーが試験的に材料を一部韓国から輸入するという記事が載っていましたが。

山口：まだ一部です。自動車の外板にしても、非常に芸術的とまで言えるようなデザインになっています。それを、ぴたりと狙いの形状に成形してしかも強度はきちんと出す。また色々な腐食環境の中でも腐食しないような表面処理。そういう板をつくるのは、非常に高度の技術ですので、一朝一夕にはいかないと思います。

熊谷：なるほど。

山口：それから、神戸製鋼が得意なのは、鋼の中でも高張力線材です。例えば、明石海峡大橋には、神戸製鋼と新日本製鉄のピアノ線が使われております。1㎟当たり180kg*f*の強度のピアノ線が使われています。あれは100年とかの単位でちゃんと安全に存在しなければいけないわけですから、非常に強度が高く、信頼性も高くて、錆びにくいものでないといけない。そういうのはなかなか簡単にはいかない。ですから、やはりそういうところをしっかりと作っていくようにと思っています。

熊谷：安い人件費で勤勉に努力すれば一応作れるというようなレベルのものはなかなか競争が大変でしょうけれどね。そういう中で、日本が産業のリーダーシップを国際的にもとり続けていこうと思えば、やっぱり結局は研究開発の部門の任務が基本的に一番大事な部分になるでしょうね。

山口：非常に苦しい状況ですけれど、そう信じております。

今のピアノ線にしても、明石海峡の長大橋は1㎟当たり180kg*f*ですが、次の長大橋を想定しますと、材料の強度が低ければロープだけの重さで構造がもたなくなるわけですから、例えば1㎟当たり200kg*f*以上の強度の材料が要求されます。そうしますと、今からそれをつくれるようにしないといけない。もちろんそういう研究をしておりますが、今までのトライアンドエラーではもう限界のところにきておりますので、非常に基礎的な検討が必要です。最近、私どもの研究所の人たちが見つけたことですが、カーボン含有率が0.8%ぐらいの非常に微細なパーライト組織100%の線材の場合、1㎟当たり200kg*f*という高い強度になると、その中のカーバイドの微細組織、例えば10ナノメーター、100オングストローム・オーダーでの組織が、非常にその線材の特性に影響することが判りました。

熊谷：なるほど。

山口：硬い材料はいくらでも作れますが、脆くなりますので、強度と靭性をいかに保つかというのが高強度化の狙いです。そういう時には、非常に微細な構造を制御する必要があるというのが判ってまいりました。古いけれども新しい課題がまだまだあるんじゃないかなと思っております。

熊谷信昭理事長

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)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。71年大阪大学工学部教授となり、学生部長、工学部長を経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員。

電磁波工学の権威であり、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)、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、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。また、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

現在、科学技術会議議員のほか、各省庁の審議会委員、郵政省通信総合研究所顧問、防衛庁技術研究本部顧問、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、(財)地球環境センター理事長、(株)原子力安全システム研究所社長など。

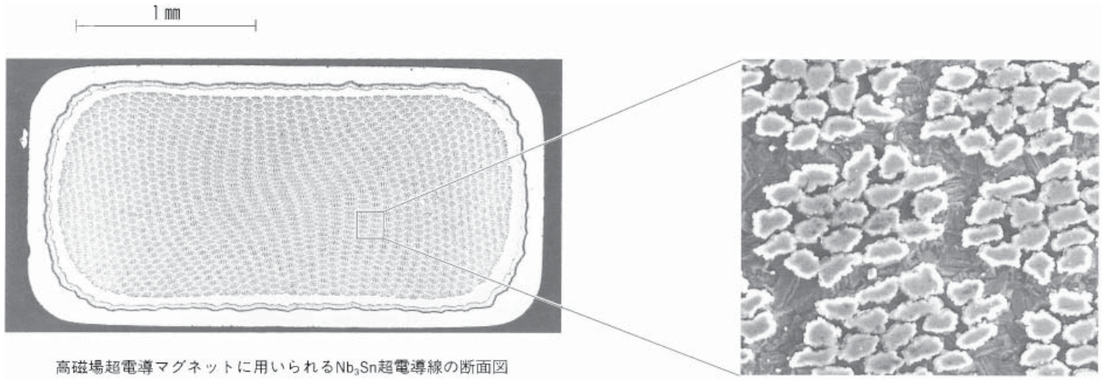
著書に「電磁気学基礎論」(電子情報通信学会著述賞受賞)など多数。

地域の課題解決で国際貢献を

熊谷：そりゃそうですね。科学技術会議でも議論になりますが、日本の将来は科学技術立国よりほかに道はないということを、会議に出席してしておられた村山首相も各大臣も、皆よく認識しておられます。それが、政治や行政、さらに具体的にいえば国の予算の使い方にも反映されてこないといけないんです。平成7年度予算をみると、比較的そういう認識が実際の予算配分にも徐々にではありますけれども現れてきているようですね。

山口：そうですね。

熊谷：大変結構なことだと思っています。科学技術会議の中に政策委員会というのがありまして、その政策委員会の下に地域科学技術振興部会ができました。私はその部会長も拝命しておりますが、これは、国全体の科学技術の振興が国の将来の発展を決めるキーになると同時に、地域の科学技術振興も



高磁場超電導マグネットに用いられるNb_3Sn超電導線の断面図

線材中のNb_3Sn超電導フィラメントの拡大図

それぞれの地域の活性化、発展の基本になるという考え方なんです。

ですから、兵庫県は先端的科学技術立県というのを県政の基本としておられますが、私は、これは本当に先見性のある立派な理念だと思っております。我々の協会も、そういう地域、兵庫県の科学技術振興にいろんな形でできるだけの力になりたいと思っております。

山口：兵庫県のご助成でうまくいっている例がありましてね。もうお亡くなりになられた瀬口先生（神戸大学、後に大阪大学教授）と兵庫県立総合リハビリテーションセンター義肢装具開発課（現、兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所）、神戸製鋼で、インテリジェント義足の研究開発をやりました。これも長い時間のかかった研究ですが、良いのができました。それで今、関連会社の㈱ナブコが実用化を進めており、兵庫県の新産業創造プログラムのご援助も受けております。普通の義足ですと機械的にぎこちなくしか動けないんですが、歩く速さに応じてシリンダーの抵抗を変えましたので、非常に滑らかに、ゆっくりだったらゆっくり歩ける、速ければ速く歩けるというようなインテリジェント義足ができました。

これは、私どもに技術蓄積のあるメカトロ制御を使い、かつ軽くて高強度のCFRP（炭素繊維強化プラスチック）の構造体で作っております。西神の研究所と英国の研究所のポリマーの専門家とも協力して進めていたんですが、今度兵庫県の助成をいただいて、その構造体の試作をやっております。うまくいきますと、もう世界的に適用できる。これなどは、地域の研究機関とうまく一体化してやれて、かつ福祉問題に貢献できる良い例です。

熊谷：やっぱり派手でなくても身近なもので基本的な問題を、長く一生懸命、苦労してやっておられる方々への支援も大事ですよね。

若者の科学技術離れに有効な研究助成

熊谷：そういう意味でも、この協会に対するご希望やご意見がございましたらお伺いしたいと思っています。

山口：色々なプロジェクトに参加させていただいております。

熊谷：こちらこそ大変お世話になっております。生活・地域流動研究でもご協力いただいておりますね。その生活・地域流動研究の関連研究の中に、放射線照射によるステンレス鋼の劣化の研究があります。私は原子力安全システム研究所の社長兼所長という仕事もしておりますので、原子力発電所の安全性向上の問題にも関わっていますが、色々と複雑に見える問題の基本も結局は材料なんです。一番シンプルな、水と金属材料との相互作用や放射線による材料の経年変化、つまり劣化などです。そういう意味でも、材料の研究はやっぱり基本だと思います。

山口：そういうお話をうかがいますと非常に勇気づけられます。

同時に、協会は科学技術振興に精力的に取り組んでいただいております。よく生産者と消費者を対立的に見られることがありますが、多くの場合は生産者であり消費者でもあります。ですから、発展的に生き生きと生産活動ができると、消費する生活者としても生き生き生活できます。科学技術を振興し、引いては産業を活性化すると、それはまた生活者も生き生きと動いていくことにつながると思っております。そういう意味で協会のご活動についても非常に期待をさせていただいております。

また、協会の名に冠する「創造」ですが、日本はいささか創造性に問題があると言われております。実際、一概に創造力が低いとは思わないですが、やはりコンセプト的なところでいささか今までの日本は情報発信が少ないと思います。そして、官・学・産で協力して、できれば大学とかパブリックの研究機関が先導的なジェネリックなところで道を切り開いていただいて、民間企業はそれをちゃんと世の中の役に立つようにするというところで責任を持っていくというような役割分担が非常に重要だなと思います。そういう観点で今、協会での色々な助成をより良く活用していくことが非常に重要であると思っております。

熊谷：なるほど。

山口：そういう研究助成で、イギリスに良い例があります。サーク(SERC)という政府系の機関がありまして、Ph.Dの学生を対象にした奨学金制度を持っています。それは、学生が研究テーマを提案して、それを公募したり、あるいは特定の民間企業とディスカッションしたりするわけです。民間企業がそのテーマを評価して研究資金を出す。５千ポンド（約80万円）とか１万ポンド（約160万円）とかいう程度ですが。

熊谷：年間ですか。

山口：年間です。民間企業が出しますと、サークからも同じ額を出す。つまりマッチファンドです。そうしますと、そこで市場原理みたいなものが働いて、若い人たちはいいテーマを出そうとする。

熊谷：大学院学生の研究を、そうやって支援すると同時に活用もしていこうというわけですね。

山口：それで得られたものは非常に初期的なものだろうと思いますが、その知的財産を民間企業もうまく使える。

熊谷：それは非常にいい制度ですね。

山口：それで、私どものイギリスの研究所も30人ばかりの研究所ですので、コアの研究はやれますが、周辺のところの研究というのはなかなか自前ではしにくいものですから、そういう制度を使ったりしますね。

熊谷：それは一度勉強させていただきましょう。ご存知のように、今、日本の工学系の大学院の博士課程に進む学生は、事実上ほとんどいないんです。その理由は幾つかありますが、博士課程までいっても事実上何のメリットもないからです。また、例えば奨学金をもらいますと、修士課程と博士課程で大体700万～800万円借りることになりますが、民間企業に行きますとこれを返さなければいけない。しかも、博士課程を出て学位をとっていても、就職してから俸給や処遇のうえで特段の扱いを受けるわけではないので、実質的なメリットがない。また、日本には論文博士の制度がありますから、博士課程に行かなくても学位がとれますしね。

山口：私も論文博士の制度で学位をいただいたのですが…。

熊谷：大学院の博士課程の学生がどんどん減ると、大学の研究活動の面からも、後継者の育成という面からも非常に具合が悪い。ですから、今のお話のような制度は、大学院の博士課程の学生の進学を促して、いわゆる若者の理工系離れを少しでも改善するような方向にもっていける良い方策の一つだと思います。

山口：いい提案、魅力がある提案をするとお金がもらえるとなると、やはり一生懸命考えるでしょうしね。

熊谷：そうですね。そういうのは日本ではあまり聞いたことがないですね。

山口：それから、当座は社会問題として顕在化しないと思いますが、若い人たちの理工系離れがよく言われております。若い人たちに理工系の面白さを知ってもらうことが、創造的な科学技術を発展させる根本だと思いますので、地域に根づいた機関がそういう啓蒙活動をしていただけたらと思います。色々な機関で色々な検討をなさっていると思いますが、特にこういう地域の問題に一番強い立場ですから。もしそういうことを協会がハブになって音頭をとられたら、おそらく民間企業でもボランティアでなにかやろうかということになるのではないでしょうか。

熊谷：若い、小学生、中学生、高校生対象にね。おっしゃるように、基本的に大事なことだと思います。

継続は力なり

熊谷：最後に、長年研究開発に携わってこられた豊富なご経験から、技術開発や研究に対する信条とか座右の銘のようなものをおもちでしたらお聞かせください。

山口：そうですね。これは時がたてば変わっていくものですが、今、特には、「継続は力なり」ということでしょうね。やはり技術とか科学というのは蓄積的なものですし、変化するといっても連続的に変化するものです。それが途切れますと、なかなかまたやるのは大変なことですので、むしろ今、私が研究開発を管理する立場で、何が継続する価値があるかということを含めて、自戒の念を込めまして考えております。

熊谷：大事なことだと思いますね。新しいカレント・トピックスみたいなものばかり追いかけるのは、非常に問題もありますよ。まさに、研究者や技術者にとって継続は力なりですね。

山口：墨守することではないですが。

熊谷：やはり、生涯打ち込んで、それをライフワークにするという、そういう研究者とか技術者も必要です。そして、そういう企業も。

山口：先生に、科学技術、なかんずく材料研究が大事だとおっしゃっていただいて、非常に勇気づけられました。

熊谷：今日はいろいろ貴重なお話をありがとうございました。

産学官の共同研究により開発されたインテリジェント義足

今回の対談は、平成７年１月13日に行われたものです。なお、対談時の写真は阪神・淡路大震災により現像所が被災したため、掲載できなくなりましたので御了承ください。

21世紀に向けた人間と科学技術のあり方

―命あるものとの対話―

●対談者
兵庫県立人と自然の博物館 館長
河合 雅雄 氏
×
㈶ひょうご科学技術創造協会 理事長
熊谷 信昭 氏

ヒトという存在を知るために

熊谷：私は、間もなくやって来る21世紀は、あらゆる意味で「人間」が中心的な課題になる世紀になるだろうと思っているのですけれども、先生はその「人間」の起源について霊長類をとおしていろいろと研究をされてこられました。そもそもそのような研究をお始めになったきっかけは何だったのですか。

河合：一番の基本は、子供のときから自然と動物が好きだったということですね。ですからまずは動物学者になろうと思っていたのですが、旧制高校では、まだ生態学というのは、本当に認知されておらず、教科書にものっていませんでした。その頃の生物学というのは発生学とか遺伝学とか、いわば切り刻んだ生物体をテーマにして解析していく学問ですね。だから悪口を言えば、生物学ではなくて「死物学」だと私は思っていたのです。私は命を持った、生身の動物が好きですし、その研究をしたかったのです。それは、まさに生態学が扱うわけですけれども、どうも京都大学でそういうことをやっているらしいというので、理学部に入ったら生態学の講座がちゃんとありました。

熊谷：最初から霊長類の研究をしようとお考えだったのでしょうか。

河合：最初は、アナウサギを研究しておりました。私の生まれは兵庫県の篠山ですが、裏庭に囲いをつくりそこでウサギを放してウサギの社会を作ったのです。一方で、我々戦中派はみんなが戦争体験を持っていますが、私は幸か不幸か身体が悪かったものですから、戦争中ずっと寝ていたので、客観的に戦争を見ることができました。戦争は残酷そのものだと思うのですが、ほんの少しの正義を理論づけてやるわけです。しかし、戦争はものすごく大量の人を殺していくということには間違いない。大陸で戦った人が日本に帰って来ると、みんなすごく人の好い百姓のおじさんになるわけですね。そのような人が得得として大陸での虐殺の話をするわけです。善と悪の世界を自在に往還する不思議さがあって、人間とは一体何だろうと、真剣に考えざるを得なかったのです。私は動物学を専攻していますから、当然、生物学的な基盤のなかでこの問題を考えていきますと、一番大きな考え方が進化のレールに乗って人間を考えることです。人間がどこで生まれて、どうしてこういう生物的存在になっていったのかが問題となります。そうなると、サルから人間は進化してきたのですから、サル学をやらざるをえなくなったわけです。

フィールドワークで恐いのは人間と熱帯病

熊谷：先生は日本モンキーセンターで長年研究を続けておられるわけですが、その過程で生態調査のためにアフリカに10数回行ってらっしゃいますね。これは研究活動でフィールドワークを非常に重視されているからだと思うのですけれども、研究の進め方についてどのようなご持論をお持ちですか。

河合：私が研究を始めたときに、一つは当時の動物の行動学は飼育されている動物が対象だったので、野外の本当の自然のなかで動物は何をしているのか、ということが非常に大きな目標となりました。

もう一つは戦後すぐですから実験をやる人はものすごく困ったわけですが、この野外研究というのは何もいらないわけです。サルのなかに溶け込んで研究をしていく、そういうことが戦後すぐにでも可能だったわけです。ただ、そうは言うものの非常に食料難でしたし、衣料もろくにありませんでしたから、乞食みたいな格好で研究をしていました。

熊谷：アフリカではどちらの国へ調査に行かれたのですか。

河合：ニホンザルについては、大体全貌が判ってきました。そうすると、もっと高等なサル、いわゆる類人猿と言われるサル、チンパンジーとかゴリラとかオランウータンとかがいるのですけれども、やはり人間の進化を考える場合にはどうしてもこの類人猿に取り組まざるを得ないわけですね。私が最初にアフリカへ行ったのは1959年です。ケニアのちょうど西にあるウガンダ、それからザイール（当時はまだベルギー領コンゴですが。）とルアンダの三国にまたがる大きな火山脈があり、マウンテンゴリラがいるのです。それを調査しようとしたわけですが、当時のことですからお金もありませんし、全部募金で賄い、貨物船にただで乗せてもらって行きました。

熊谷：国連環境計画（UNEP）という国連の機関が大阪に国際環境技術センターというのを設置しまして、私はそれを支援する財団の理事長をやっておりますが、国連環境計画（UNEP）の本部がケニヤのナイロビにあるものですから、先頃、初めてケニアに行ったんです。ナイロビはケニアの首都でアフリカでは大都会ということになっていますけれども、それでも何かにつけて大変なところだと思ったのですが、さらに山奥に入ってサルのフィールドワークをするということになると本当に大変だったでしょうね。

河合：そうですね、場所によっては本当に物資などが何もないところもありますし、それから政治情勢がいつ変わるか判りません。私はウガンダとエチオピアの革命に現地であっています。そういう時には本当に自分の身を守ることで精一杯です。

熊谷：動物にだって喰われる可能性があって、大変だと思うのですが。

河合：いいえ、一番怖いのは人間ですね。

熊谷：えっ、そうですか。

河合：我々の後輩たちも随分とアフリカに行っていますけれども、動物にやられた人はいないですね。我々は動物の性質を知っていますから、対応の仕方というのをある程度心得ているとまず大丈夫なわけです。ただ、恐いのは「人間」と「病気」です。熱帯病のわけの判らないのがいっぱいあります。私は、日本人で初めての病気に２つ罹っていますので、３つ罹ったら自分で無形文化財に申請しようなどと冗談を言っているのですが。

サルの喧嘩とヒトの喧嘩

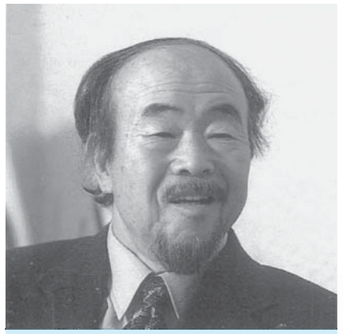
熊谷：以前、ラジオで人間とサルの比較という話を聴いたことがありまして、人間は場合によっては喧嘩から最後には相手を殺すところまでやることがあるが、サルは本気で喧嘩をしていても相手がお尻を見せると、それは相手が参ったという意思表示だというので、それ以上は決してやらないのだということを聞いたのですが。

河合：動物は一般にそうですね、動物は攻撃性という性質を持っているのです。これは遺伝子のなかにこの性質が組込まれてしまっていますから、それをなくすことはできないわけです。しかし、それがもろに出ると相手を傷つけてしまうので、攻撃性をうまく抑制するという行動を動物たちはうまく発達させています。ニホンザルの場合はお尻をくりっと向けて「参りました」ということを態度で示すと、それで強い方が上に乗るのです。降伏の儀式と言っていますが、すみません、参りましたというのと同じです。そうすると、優位者は非常にあっさり許してしまいます。

熊谷：そうですか。

河合：高等なサルになってくるとお尻を向けるだけではなくて、いろんな降伏行動や攻撃性を抑制する行動型を作っています。チンパンジーぐらいになるとあいさつ行動があります。そのあいさつもおじぎをする、握手をする、抱き合う、本当のキスをする、人間のあいさつの原型はみんな持っています。そういうものを上手に使って、できるだけ喧嘩をしません。動物の社会は血みどろの格闘の社会という印象が一般的にありますが、逆にそうではなくて

進化論から科学技術のあり方まで幅広く語る河合雅雄館長（左）と熊谷信昭理事長（右）



河合雅雄氏

1924年生まれ。52年京都大学理学部動物学科卒業後、愛知県犬山市に在住し(財)日本モンキーセンターの設立に従事。70年京都大学霊長類研究所教授となり、78年同研究所長に就任。87年同大学名誉教授。76年からは(財)日本モンキーセンター常務理事となり、87～94年までは所長を兼務。

この間、サルからヒトへの進化の問題を研究し、アフリカでの調査も18回に及び、これまでの研究活動の集大成として「人間の由来(上・下)」(毎日出版文化賞受賞)を著し、独自の進化論を展開。その功績により、勲三等旭日中綬賞、紫綬褒章、NHK放送文化賞、朝日賞など多数受賞。

現在は、(財)日本モンキーセンター常務理事のほか、兵庫県教育委員会委員、兵庫県立人と自然の博物館館長、日本福祉大学教授など。

著書に「森林がサルを生んだ」「少年動物誌」(野間児童文芸賞推奨作品賞)「小さな博物誌」(産経児童出版文化賞)など多数。

相手をできるだけ傷つけない、殺さない、ましてや自分の仲間を食べない。これが動物社会の一般の鉄則です。ところがこれを破ったやつがいるわけですね。一番破ったのが人間です。人間以外にもその鉄則を破った動物が大きく分けて２ついます。一つは集団を作る肉食動物ですね、ライオンだとかハイエナだとかそういう連中が自分の仲間を殺す、食べる。もう一つはサル、つまり霊長類です。ただ、いつでもやるわけではなくて、なわばりを守ったり拡大しようとするときというのは相手を殺すことがある、あるいは雌を奪う時に戦う、その時には非常に残酷な殺し合いをやります。それから、時々赤ん坊を食べるということも見られます。

三次元のサルがヒト化へ

熊谷：ところで、ヒトはサルから進化したというのですけれども、いろんな生物、動物がいるなかで、どうしてサルが人間になったのでしょうか。

河合：それは、私の一番の大きな課題だったので、尋いていただいてものすごくうれしいです。賢い動物は結構いまして、イルカは非常に優れた脳を持っています。それから、狼も賢いですし、象も随分と知能が高いです。ところが、ある一定のところでみんな止まってしまうのです。しかし、サルだけはそれを突破してどんどんと特に大脳を進化させていって、ついに人間を生み出すわけですけれども、その理由は何なのかということになりますね。この答えは非常に簡単です。それは、どこに住んでいるかということです。つまり、ある環境への適応によって進化が起きるのですが、サルは森の中の木の上に住んでいるということが重要です。これは哺乳類では非常に特殊な生活様式なのです。普通の哺乳類は地面という二次元の生活がほとんどですね。サルが木の上に住んでいるということは、三次元の世界にいるわけです。その三次元の世界に適応しながらいろいろと体を進化させていく、それが人間になっていく母体を作っていったわけです。

熊谷：なるほど。サルは200種類程いるようですが、そのなかである一定の種類のサルが人間に進化したのでしょうか。また、今いるサルのいろんな種類のなかで人間に一番近いのは、どういう種類だということは分かっているわけですか。

河合：大脳の進化に注目しなければなりません。この点で一番進化をしているのは類人猿と言われるゴリラ、チンパンジー、オランウータンで、非常に知能が高く、その系統から人間が出てきたということは分かっています。どれ位チンパンジーと人間が似ているかというのは、かつては全く形態学や生理学のレベルで調べたわけです。

ところが、このごろはDNAレベルで比較ができるようになった。そうすると、チンパンジーと人間のDNAは99%同じなのです。たった１%の違いです。それぐらい似ているのです。ですから、このごろはチンパンジーはサルの仲間ではなく人間の仲間にしたらということを主張する人があって、そういう人たちはチンパンジーを「チンパン人」と呼んでいます。

言葉のないサルのコミュニケーション

熊谷：最初に来るべき２１世紀はあらゆる意味で「人間」が中心的な課題になる世紀になるだろうと申し上げましたが、私の専門の情報工学とか通信工学の分野でもコンピュータによるパターン認識というような問題などがあります。これらの研究は「究極の知的機械である人間」を解明して、それに学んで応用するという、そういう方向のアプローチが新しいブレークスルーを作る決め手になるだろうという考え方があります。そういう意味では脳の研究というのは今後の情報工学やコンピュータの発展にとっても大きな決め手の一つになります。脳の研究に関連してもサルの研究というのは非常に大事だということを聞いておりますが。

河合：一つには人間では実験できないが、サルならば実験が可能だという大きな利点があります。ネズミの脳の研究とヒトの脳の研究とでは、レベルが違いすぎますから、どうしても同じ霊長類であるサルを研究しなければ、ヒトの脳の解明はできません。私たちの場合はサルの行動や社会を研究しているのですが、そうすると結構、思いやりを持っているとか、嘘をつくとか、そういうことが分かってくるわけです。

熊谷：嘘をつくのですか。

河合：と言っても、簡単な嘘ですが。そういうことは脳の研究をただ実験的にいくら調べても分からない、行動研究と相まって進まなければならないと思いますけれども。

熊谷：サル同士のコミュニケーションに言葉の原型のようなものは何もないのですか。

河合：言語活動というのは、大きく分けて３つあるのです。音声を使った言語活動、これは言葉と言っていますが、もう一つはジェスチャー、身振り手振りがありますね。それから図形言語と言っているもので、文字とか交通標識とかを使っての言語活動です。類人猿は身振り言語と図形言語はかなり能力がありますが、言葉、つまり声を使っての言語活動は全然できません。しかし、声を使ったコミュニケーションはしており、ニホンザルですと呼び交わしとかラブコールとか怒りとか喜びとかを表す37種類の声を持っています。しかし、それ以外の音声を出してコミュニケートすることはできないわけです。その37種類の音声とその機能は、これは遺伝的に決まっているのです。

熊谷：学習ではなしに遺伝的に決まっているのですか。

河合：自分では作りだせません。最近、分かってきたのは、ボノボというチンパンジーの一種は人間の言うことはかなり理解できるのです。これはアメリカでの実験ですが、冷蔵庫がいくつか並んでいて、「白い冷蔵庫を開けて牛乳を取り出して、コップに入れて私にください。」と言うと、チンパンジーは白い冷蔵庫を開けて持ってくるのです。人が言うことはかなり分かっているのです。

ところが、自分の思っていることを言葉で表現することは全くできない。それは何故だろうかということが大きな問題です。二つあって、一つは音声器官の問題で、もう一つは勿論、脳の問題なのです。音声器官の方は、これは解剖学的なものですからかなり研究が進んでいるのですが、脳の機能ということになると全く分かっていません。チンパンジーたちにも言語中枢はあるのですが、それがどういう働きをしているのか、コミュニケーションにどういう作用をしているのかというのが全く分かりません。これからの課題だと思います。

家族という集団を持ったサルが人間

熊谷：ヒト化への進化の過程において社会という側面も重要だと思うのですが、サル社会に特徴的なものとか、あるいは逆にサル社会にはなくて人間社会に特徴的なものというようなものはあるのでしょうか。

河合：野生のサルたちの社会については、大体分かってきたわけですが、結論として出てきたのは「家族」という集団がないということです。普通、テレビなどではゴリラの家族とか言っていますが、それは通俗的な言い方です。動物社会学的な観点に立って、家族とは何かという定義がいるのですけれども、少し面倒なので結論だけ言いますと、サル社会には家族はないのです。だから、「家族という集団を持った高等なサル」、これが人間だという言い方ができるのです。

熊谷：なるほど。

河合：今、多くの方々が家族はとても大事だと教育問題その他で言っていますけれども、これは本当にそのとおりで、人間の存在を支えている一番の基盤が家族です。文明社会の発達によって性関係が乱れ、離婚が増えていくと、将来家族は崩壊するかもしれないという人がいますけれども、人間は本当に何をするか分かりませんから、家族という社会集団をつぶすかもしれない。でも、私たちの立場から言うと、その時には人間が人間であるということを自分で放棄をしたのだと思います。

熊谷：赤ん坊が生まれたら、母親が赤ん坊をかわいがるような動物はたくさんいますけれども、それが短期間で成長をしますから、一人前に生きていけるようになると全部ばらばらに別れてしまうわけですね。

河合：一般の動物はそうですね、すぐに別れますね。しかし、サル類の特徴は、子供の成長がゆっくりしていることで、そのために母子関係がとても密接になります。ところで、面白いことは、人間社会には父親はいるけれども、サル社会にはいません。雌がどれかの雄の種をもらって子供を生みます。子供を育てるのは全く母親だけなのです。ところが、人間の家族になると父親、母親という二つの違った性が協同して子供を育てる、これが家族の特徴です。何でもないことですけれども、これはすごく大事なことです。

ヒトたる3原則を揺るがす文明

熊谷：お話を伺っていますと、人間がサルから連続的に進化してきた面と、サルの社会には全くない人間だけが持っている特性というものとがあるのですね。

河合：おっしゃるとおりですね。昔はいろんな人間の定義がありましたが、私はサルが人間になるための条件は３つだろうと思っています。一つは身体のレベルで二足直立歩行と言っていますが、二足で立って歩くということによって脳が大きくなっていったのです。

熊谷信昭理事長

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)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年同教授となり、学生部長、工学部長などを経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員。

電磁波工学の権威であり、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、ニューヨーク科学アカデミー会員、日本工学アカデミー会員などに推挙されているほか、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、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。また、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

現在、科学技術会議議員のほか、各省庁の審議会委員、郵政省通信総合研究所顧問、防衛庁技術研究本部顧問、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、(財)地球環境センター理事長、(株)原子力安全システム研究所社長など役職多数。

著書に「電磁気学基礎論」(電子情報通信学会著述賞受賞)など。

イモを洗って食べる幸島のサル：この行為はニホンザルの文化的行動として世界的に有名

二つは社会のレベルでは家族という集団を作る。三つはコミニュケーション、文化のレベルで言葉を持つこと。この「二本足で歩いて家族という集団を持って言葉を操る、この高等なサルをヒト」だと、こう言おうと思っています。

そう考えると人間になるための３つの原則は、文明が発達するほどに揺るがされていることになりますね。例えば、歩くことは車が非常に普及し、歩かなくなってきています。それから家族も今は揺らいでちょっと危ない、言葉も映像文化が発達していくと子供たちは受信能力は発達するけれども、言葉で表現するという発信能力が低下していきます。

熊谷：小説を読まずにマンガだけ見るとか。

河合：はい。文明の発達というのはすごくいいことですが、もう一つの側面として人間性の根本を揺るがしているということをずっと気をつけていないと、まずいだろうという気がします。

熊谷：科学技術の進歩は人類社会に安全や豊かさをもたらしますが、一方では人間が人間であるゆえんのものが段々と揺らいでいく面も心配されるわけですね。

河合：その通りです。だから、科学技術というのは人間の生活、身も心も全部、本当に豊かにしていくためにあらねばならないと思うのですが、そうではない恐い面を持っているので、本当に気をつけなければいけないと思います。

私はこう考えたのですが、人間と動物の大きな違いというのは、その一つは動物たちには環境は一つです。自然環境だけに適応して進化をしてきた。人間は勿論、自然環境は必要ですが、文化環境を作っているというところが動物と非常に違うところです。文化環境というのは自分で作るわけですから、いかようにでも作れますが、その自らが作ったものが人間に対してどのような影響を与えていくのかという面をいつも見ていないと、文化環境というのは何を仕掛けてくるのか分からないという怖さがあります。

若者の理科離れと理科教育

熊谷：ところで、最近の若者の理科離れの問題で理科教育を改善しないといけないのではないかという議論があるのですけれども、科学技術庁で調査した結果によりますと、今でも小学校の５年生ぐらいまでは生徒の約８割以上が理科は面白くて理科教育は必要だと言っているのです。それが、高学年になってくると段々と嫌いになってくるので、何か理科教育に問題点があるのではないかと言われています。理科教育について、こういうところが問題だというようなご意見がおありですか。

河合：私は、理科離れの原因はかなり複合的だと思うのですが、一つは教育の問題で私は日本というのは技術大国で科学小国ではないかと思うのです。みなさんは技術面のことはすごく好きですね。科学という知的な行為、知的な満足をさせてくれるような分野についての興味が薄い。それはそういう教育があまりなされていないからではないかと思うのです。基本的には自分でものを考える楽しさというものが、育っていない。例えば我々の分野ですと、娘は遺伝学を習っていました。ものすごく難しい計算問題やDNAの勉強をするのですが、いとこ同士が結婚すると異常がでるかどうか、これが全然答えられないのです。遺伝学ですと、そういうごく身近で大切なことをきちっと教えることが重要であるのに、私でもできないような計算問題をやらされたりすると嫌になります。そういう知識量で判定をされるものですから嫌になってくると思うのです。

もう一つは、大学と社会の問題があると思います。今の理系の大学の学生は非常に忙しいですね。猛烈に勉強をしないとついていけない。ところが文系はバイトで能力を使ってほとんど勉強をしなくてもとにかく卒業はできる。それにもかかわらず、社会へ出てどういう対応を受けるかと言うと、理系の方がかえって給料が安かったり、理系の学位を取っていても何も問題にされない。さらに、出世コースを見ても文系の人が多く、おそらく今の重役の人を見てもほとんどは文系の人でしょうね。社会的にもっと評価をされないと今の若い人は損得勘定がものすごいですから、やはり得なものを単純に選んでしまいます。

熊谷：それは、非常に根本的な問題点ですね。

博物館は命あるものとの触れ合いの場

熊谷：若者の理科離れに関連して、先生が館長をされているような博物館の果たすべき役割がいろいろと議論されていますが、先生はモンキーセンターでもサルをできるだけ野放しにして小さい檻に入れないようにするとか、いろいろとやっていらっしゃるようですね。

河合：博物館というのは大学とは違って本当に自然に対する知的な楽しさ、面白さを喚起する、そういう場でありたいと思うのです。ですから、科学技術がどんどんと発展することは勿論いいことなのですが、私は人間の本当の心の豊かさ、精神のビビッドな（生き生きとした）活躍というものは、自然と触れ合うことによって保たれるものだと思っています。みなさんは自然というものがどれだけ多様で驚きと不思議さを秘めているかという教育を受けていない。だから、博物館ではそういう自然の持っている楽しさ、不思議さを学んだらいいだろうと、セミナーとか自然観察会とか、いろんなことをやっています。

熊谷：科学技術の進歩がいろいろと副次的に問題を引き起こすことに関連しまして、我々のエレクトロニクスとか情報工学の面でも、例えばエレクトロニクス技術が進み過ぎて、複雑高級な装置が一つの小さな集積回路で出来上がってしまっていて、自分で部品を集めて組み立てるというようなことは出来なくなってきているわけです。いわば科学技術がブラックボックス化しているんですね。だから、子供同士や自然を相手に遊ぶのではなくて、出来上がったものを使って例えばテレビゲームのような人工的なものを相手に遊ぶ、そんなことばかりに子供がいくわけですね。そういう意味では、エレクトロニクスとか情報技術の進歩というのは、非常に大きな教育上、社会科学上の問題点をはらんでいるような気がいたします。

河合：私もそう思います。ですから、もう一つは日本ですと子供を勉強させたいものですから個室を持たせますよね。個室に入ってしまったらマンガの本がいっぱいで、ファミコンはある、オーディオセットはある、テレビも持っていると、そういうふうに子供を一つの文化的な密室に入れて、そこに入ったら自分一人で楽しめるわけです。しかし、ほとんどの子供は受信するだけで発信しているものは全部機械とかマンガです。受信能力は非常にありますが、発信能力が非常に不足しています。子供には対話能力がないと言いますが、実はモノとの対話はすごくしているのです。だから、「自然に親しめ」というのは、草も虫も鳥も花もみんな命を持っているので、命を持っているものとの対話をしなさい、ということなのです。博物館ではそういう命と命あるものとの対話の楽しさを教えているのです。

エチオピアのゲラダヒヒ：重層構造を持つ社会集団を形成するので、家族の起源を探る上で重要

こころ豊かな科学技術への支援を

熊谷：私共の協会は科学技術の振興にいろいろとお手伝いをすることが主たる目的ですが、今日のお話を伺っていますと、科学技術の振興と同時に科学技術の進歩と人間社会、あるいは科学技術の進歩と子供たちの教育、それから家庭生活への影響、さらには先生のおっしゃった、人間らしさが損なわれないようにするためにはどうしたらいいかといった研究とか、啓蒙活動とか、そういう面にもちゃんと目を配らないといけないという気がいたしました。

先生、何か我々の協会に対してのご注文なり、ご意見なり、あるいはこういうことを期待したいというようなことがございましたらお伺いしたいのですが。

河合：私の言いたいことは先生がおっしゃっていただいたわけで、繰り返す必要はないのですが、科学技術というものは本当に人間を幸福にしていくための一つの基盤なのだということを絶対に忘れてはいけないと言うことです。それがついつい揺らいでいく危険性をずっと指摘する、そしてその何が危険でどういうふうにしたらいいのかということの研究も本当にやっていかなければいけないと思います。

もう一つは、日本の財団全体の問題ですけれども、やはりちょっと規模が小さいと思うのです。私たちの分野に限りますと、サル学は日本がある意味では先導していって、始めは完全な独走体制だったのですが、それが揺るがされていくようになったというのは一つは財団の力です。我々の仕事というのは５年、10年、30年とずっと連続してやらなければいけないわけです。ところがそれを支える研究費の支出というのは、科研費などの外部研究費を勿論もらってますけれども、３年もらったからちょっと休みなさいと言うことになってしまいます。しかし、欧米の人たちは財団のサポートで10年プロジェクトとか15年プロジェクトでやっていくわけです。その辺でかなり負けるものが出てきます。どの分野でも継続性というのはとても大事なものなので、日本でも財団が支えになってほしいと思うのです。

熊谷：財団が、規制に縛られるお役所ではできないような、弾力的・実効的な研究支援をすることは大事なことでしょうね。

河合：それと、もう一つは例えば私達の分野ですと学校の先生たちが作っている生物協会とか、アマチュアの人たちが作っている自然観察会とか、いわゆるNGO的なサポートですごく頑張っている人たちが結構いるのです。ところがそういう人たちは身銭による会費だけで運営しているので、ものすごく苦労をしているのです。とても熱心な人達で、例えば学校の先生たちが作っているようなサークルですと、研究成果がそのまま教育の場に活かせるのですが、そういう人達の支援も国のレベルとかでは全然できないので、財団でサポートをお願いできればと思います。

熊谷：NGO的な、あるいは個人的な研究で一生懸命にやっている人たちを支援するというようなことも必要かもわかりませんね。

本日はいろいろと大変面白いお話や貴重なご意見をたくさん聞かせていただいて時の経つのを忘れました。本当にありがとうございました。

※河合雅雄氏は京都大学霊長類研究所所長、京都大学教授などを歴任。

豊かな未来を拓く　高度技術基盤

―共生社会における　企業活動のあり方―

●対談者
川崎重工業㈱ 専務取締役 技術総括本部長
須清 修造 氏
×
㈶ひょうご科学技術創造協会 理事長
熊谷 信昭 氏

インフラ整備を志して

熊谷：須清さんは東京大学工学部の船舶工学科をご卒業になられたんですが、そもそも船舶工学科を専攻された動機は何だったのでしょうか。

須清：戦後の荒廃の中で、何か社会インフラの整備と申しましょうか、大型構造物をつくりたいという希望を持っていました。船か建築か土木かと考えていましたので、船舶工学を専攻しました。

熊谷：ご卒業になったのは昭和30年ですね。ご卒業後、すぐに川崎重工業にお入りになったようですが、敗戦後10年位しかたっていないその頃の日本の造船業界というのは、まだ十分立ち直っていなかったのではないでしょうか。

須清：造船業界が、まさにこれから急速に伸びるという時期で、ようやく輸出船が立ち上がり始めた頃でした。学校時代から講座としては、ある程度、会社へ入ってからもマッチングするような強度、あるいは材料であるとか、さらには溶接とか、そういうような勉強を一通りやっておりました。溶接については、船舶以外の土木や建築の先生の講義も聞いておりました。それから材料系では、当時、橋口先生の転位論の講義も受けました。ですので、大体会社に入っても溶接の専門家に負けない位の気持ちでおりました。

熊谷：昔は、自分が将来やりたい希望をはっきりと持って、大学でも自から学び、それ位の気概を持って卒業していく学生がいたのですが。

須清：大きいものをやりたいということで、最初からそういう意味では設計よりは現場の方へ出させてもらいました。現場へ行きましたら、急速に造船業が立ち上がる時期でしたから、それはもう今の開発途上国以上によく絞られ、足腰が強くなりました。

お陰様で、例えば戦後の潜水艦の第１号の溶接施工も担当しました。この時は、溶接だけではなくて構造用高張力鋼材の溶接適用という分野で、パイオニア的役割をさせていただきました。

熊谷：須清さんは、工学博士の学位を持っておられますが、その学位論文が溶接に関するご研究ですし、川崎重工業に入られてからも溶接関係のお仕事を随分されたということですね。

須清：溶接というのは、戦後の日本産業の中で造船を中心に急速に立ち上がりました。先輩に率いられて若輩でしたが、いわゆる圧力容器の球形タンクを高張力鋼でつくりました。さらに、構造用高張力鋼も強度が60㎏/㎟から80㎏/㎟と高くなっていきました。潜水艦の方は一歩先を進んで、アメリカの潜水艦よりも日本の潜水艦の方が材料的にはいいものを使っておりましたので、80㎏/㎟、90㎏/㎟と進んだわけですね。ですからそういう技術が陸上の構造物へトランスファーする役割を担うことができました。例えば、大阪に港大橋がございます。この橋は、国内で80㎏/㎟鋼を使った２番目の橋ですが、日本としては高張力鋼を大々的に使った画期的な橋です。その溶接施工技術は、私どもの潜水艦の技術の延長線上でやらせていただいたものです。

ですから、当時の防衛産業技術というのは、今アメリカが盛んに言っておりますデュアルユーズという形ですね。まさにこれを先行してやれたわけです。パイオニア的役割を果たしてましたから、技術的にも、それからビジネス的にも、先進的に取り組むことができました。

熊谷：なるほど。技術開発の最先端を行かれていたわけですね。

須清：そうですね。ＬＮＧ船のアルミの球形タンクも私どもが日本で最初に作りました。ただ、当時、そのようなアルミ厚板の溶接では、材料そのものも日本にはございませんでしたから、アメリカから輸入しましたし、溶接の材料メーカーにも、それに適用するような特別に太い溶接棒をつくってもらったり、それから溶接するための機械もなかったものですから、どちらかというと実験室でやるような、パラックタイプの実験機から生産機械まで、ほとんど自己開発みたいにしてやりました。そのようなことをしながら、組織を挙げてＬＮＧ船に取り組んだ次第です。

システムとしての研究開発活動を

熊谷：そういう長い豊富な技術者あるいは研究開発者としてのご経験の中で、いろんなご苦労話とか、あるいは嬉しかった思い出とかがおありになると思いますが、若い技術者、後輩に言いたいようなコメントなどはございませんでしょうか。

須清：今の人と私どもの時代と随分違うと思いますのは私どもの時代は、何と言っても戦後の成長期ですから、技術自体も非常に発展形態を得たわけですね。例えば溶接自体も、相当古く、戦前からあったのですが、日本が本当に溶接にまともに取り組んだのは戦後だったと思います。しかも溶接というのが、構造物の継手としては、それまでのリベットによる機械型継手からの、当時としては画期的な転換だったと思います。また、それに乗れたというのは、私どもとしては非常に運が良かったと思います。

今の人は情報系、あるいはＩＣとか、これからですとバイオとかでは画期的なことをやれるかもしれないけれども、私どもがやってきたような構造系で夢をかなえるには、技術の熟成・飽和と申しますか、古典的に固まり過ぎています。また、新しい技術要素では逆にハイレベルになっているだけにエントロピーが拡散して、一つ一つのテーマが小さくかつ敷居が高くなっていて、成果を得るには大変だと思います。

今の人は、どうしても局面、局部をやらざるを得ない立場にあるだけに、もう一度その立場にありながら、広く見るということをしなければいけないと思います。例えば、自分はものづくりという中間をやるんだけれども、設計はどうかとか、あるいは開発はどうだとかいう、技術の上流も視野に入れ、あるいは横も視野に入れるといった、裾野を広げることにも相当努力しないといけないと思います。

熊谷：なるほど。それは本当に大事なポイントでしょうね。ただ、特に若い技術者とか研究者というのは、その人が有能で、しかも熱心であればあるほど、自分が取り組んでいる当面のテーマにどんどん熱中して深く入り込んでいくという傾向がありますね。ですから、今おっしゃったようなシステム全体として物事を見るというのは、本人の努力も必要でしょうけれども、周りや上司もそういうガイダンスをしてやらないといけないのではないでしょうか。

須清：上司、研究開発マネージメント、それから適切な職場環境は全部必要だろうと思いますし、若い人にターゲットをうまく与えてやることだと思います。

熊谷：特に日本人はそういうシステム指向というか、全体をシステムとして見て考えるという、そういう傾向がどちらかというと少なかったのではないでしょうか。

須清：そのとおりだと思います。

有機的連携が新たな力を生み出す
―インター事業部・インターグループ活動―

熊谷：川崎重工業は、今年、100周年をお迎えになるそうですが、創業の地はどちらだったのでしょうか。

須清：創業は、東京の築地において川崎正蔵が川崎造船所を明治11年に始め、その３年後には神戸に川崎兵庫造船所を開設しました。明治29年に株式会社になった時には、あの松方コレクションで有名な松方幸次郎が初代社長になりました。

熊谷：株式会社組織になり、松方幸次郎氏が初代社長になったのが明治29年の1896年、今からちょうど100年前。そして、今日まで戦前、戦中、戦後を歩んでこられたわけですが、川崎重工

科学技術の基本である「ものづくり」について語り合う須清修造氏(左)と熊谷信昭理事長

須清修造氏

1932年生まれ。55年東京大学工学部船舶工学科卒業。同年川崎重工業株式会社に入社し、造船事業部造船工作部に勤務。76年鉄構事業部工作部長。77年技術研究所溶接研究室長。84年播磨工場長。87年技術開発本部副本部長。89年取締役明石技術研究所長兼技術開発本部副本部長。92年には常務取締役となり、95年６月から専務取締役技術総括本部長に就任。

入社以来、技術の企業を標榜する同社の基盤部門を成す造船、鉄構両事業部を中心に生産現場及び研究開発のマネージメントに携わる。この間、特に溶接技術については、基礎研究から応用、実用化に至るまで幅広く活躍し、パイオニア的な役割を果たし、国内外から高い評価を受けている。その先導的な業績に対し溶接学会田中亀久人賞、同会佐々木賞、科学技術庁長官賞功労者賞、藍綬褒章を受賞。

業の技術は何が特徴だとお考えでしょうか。

須清：初代の松方社長の時代には、今手掛けておりますようなものを既に始めておりました。まず船から始まり、車両、陸上構造物、橋梁、さらには航空機、一時は自動車まで手掛けたことがあります。ですから陸海空という展開は既に松方社長の時代に始めておりました。その後、ビジネスになっているのは、二輪車、ロボットとか、あるいは産業機械、環境・エネルギーの分野とかですが、社会基盤設備産業領域というのは明治、大正、昭和を通じて、一貫して活動してきたのではないかと思います。

各時代の社会インフラを担ってきたのは、いわゆる重工業だと思います。一つ一つは単独の事業でありながら、全体として有機的につながりながらやるという形は日本の重工業の特色だと思います。

熊谷：なるほど。有機的につながると言うことは、大きな力へと発展していくこと、あるいは大きな力を生む源となるのですね。

須清：特に私どもの会社の場合は、陸海空の広い範囲の製品を扱っておりまして、一つ一つのビジネスのセグメントでは小さいものですから、あらゆる技術要素を単一の事業で全てを抱えるということは経営としても成り立たないわけです。その各事業のバラバラですが特色のある技術をかき集めますと総合力ができます。

熊谷：そうしますと、川崎重工業の経営方針あるいは行動指針としては、ネットワーキングというようなことが一つのキーワードになっているのでしょうか。

須清：私どもの会社の経営行動指針として、インター事業部・インターグループ活動の強化を全社スローガンの一つに掲げております。昔は、例のパーキンソンの法則を読みますと、人に協力するというのは下の下だと言わんばかりのいわゆる主体性を主張して「自分のところの仕事をしっかりしなさいよ」ということに価値観をおいていました。しかし、今はもうそういう時代、そういう領域を超えていると思います。国際的にも共生と言いますけれども、グローバリゼーションの枠組では、技術自体も境界を超えて、違った領域の人と結びつかなければいけないと。例えば、材料をやる人が構造強度をやる人と手を握るとか、あるいは機械の人と手を握るというインター事業部活動がインターテクノロジーに結びついていく、あるいは海外との関係でもそうではないでしょうか。産学官という領域も、学のやる領域、産のやる領域、官はさらにサポートする領域でと、それぞれの役割がうまくマッチングするような運用ができなければいけないと思います。

ところが残念なことに日本は縦割り社会であり規制社会であり、そういうことを進めるには摩擦が多いですね。ですから、グローバリゼーションの展開では、日本の国内で自分たちだけでやるという発想ではなくて、海外とも早く手を握ってやることが必要だと思っています。

熊谷：川崎重工業というのは技術の企業というイメージが私も含めて一般に強いわけですけれども、そういう企業で技術総括本部体制というのをおつくりになったのも、基本的には今お伺いしたようなお考えによるわけですか。

須清：本社の技術部隊を１カ所に集中するという意味で技術総括本部体制を整備したところです。例えば、私どもには３研究所、３センター体制を所属させており、３センターの場合ですと、生産技術開発センター、電子・制御技術開発センター、それから情報システムセンターと３つあるわけです。これが、トライアングルとなって一緒に仕事をしますと、最近のメカトロニクスという領域について非常にマッチするわけです。ハード部門は電子制御部隊がメカトロとしてやりますし、アプリケーションは生産技術開発センターがやります。それから純ソフトの領域は情報システムセンターがやるわけです。これはバラバラにやっていても効果が薄いわけでございます。

共生社会に向けた企業活動

熊谷：昨年は科学技術基本法というような画期的な法律も成立しましたし、２回にわたる大型の補正予算でかなりのお金が科学技術振興関連事業に投入されました。先日も、橋本総理が大阪にこられて講演をされたのですが、橋本首相が特に強調されたのが「科学技術創造立国」ということでした。我が国の政治のレベルでもやっと科学技術の振興が国の将来にとって一番重要な柱だということが認識されるようになってきました。

須清：確かに、戦後の日本がまさにそうだったわけですね。食糧もない、資源もない。それを加工立国として発展してきたように思います。今はまさに生産拠点が海外へ移るというところまでいこうとしている中で、やはり日本が本当にできるのは高度技術だと思います。そういうものをバックグラウンドにして、日本だけという発想ではなくて、やはりグローバルにビジネスとしても共生できる、それでいてプライオリティーがとれるようにならないといけないのではないでしょうか。

熊谷：そういう認識は国を挙げて理解されるようになってきてるんですけれども、一方、今おっしゃったような産業の空洞化というのは現に起こっていますね。

須清：それは結局経営というこれはプロセスの固まりですけども、今まではあらゆる経営の上流から下流までをワンセットでやるというのが日本的な考え方ですね。しかし、国際ビジネスの中では、すべてにわたって日本が強いわけではございませんから、強いものと強いものが手を握ったときに、さらに強くなるということもございますし、それから、やはり共生というベースでいきますと、開発途上国とも一緒になってやらなければならないと考えております。

環境問題への取組は社会全体で

熊谷：今世紀も終わりに近づいて、いよいよ新しい世紀を迎える段階になって、世界的に人類の大きな課題として浮かび上がってきたのが環境問題ですね。どの企業も環境問題には非常に大きな関心を持っておられますけれども、これからの環境問題と科学技術の関係について企業人としてどういうふうにお考えになっておられますか。

須清：私どもは、もともとインフラということでは、環境に一番真正面から取り組む企業でして、ごみ処理の問題はもちろんですが、もともとエンジンなどの環境に影響を及ぼす発生源を持っているわけです。ですから、省エネ、いわゆるエンジン効率を上げること、あるいは排気ガスの清浄化自体も環境のための技術です。

公的な規制値というのは、社会の要求水準に合わせて、あるいはそれに伴って、まだまだエスカレートすると思いますから、ほとんどの企業でビジネスの一環として真剣に対応しているわけです。それが、航空機も二輪車も船でも、そういうつくる立場での環境だけではなくて、今盛んに言われているようなリサイクルベースの話もございますし、それからユーザーのメンテの問題もございます。

最近、アメリカへ行ってきたのですが、日本に比べて向こうがシビアな状態におかれているのは、インフラにおいて向こうは橋梁をとりましても、道路をとりましても数十年ぐらい古く、それがアメリカ全土に蓄積されているわけですから、全てがリプレースの必要があったり、あるいは修復や補修をしないといけない、そういう課題が山積しています。日本の場合は、まだ道路一つとりましても第二東名とか、第二名神とか、まだまだ新しい展開を見せておりますけども、これが本当に一巡して、さらにその耐用年数を超える時期には、やはり相当問題になるだろうと思います。こういうことに対応するためにも、それにかかわる省エネとか、あるいは耐久性を増すとか、あるいは非常にリサイクルがしやすいものにするための高度な技術が必要です。

熊谷：今までの工業製品に対する評価基準というのは、より性能が高く、より価格が安い製品がより良い製品ということでしたが、これからは、それに加えて、今おっしゃった人間がつくっている人間社会とか自然環境などに対して与えるマイナスの効果がより少ない製品がより良い製品というような評価基準が加わってくるのではないかという気がいたします。

須清：マーケットインというのがどうしてもものづくりにはついてまわりますので、そういうマーケット自体が環境に対してシビアなものになると、ユーザー思想まで変えてでもそういうようにしていかないといけないのではないかと思います。ただ、これはメーカーだけでできる話ではないと思います。

地元神戸の場合に、地震災害からの復興への協力という問題では、私ども企業人としては、これからも大いに汗をかかないといけないと思います。例えば、この震災復興という問題をとりましても、復旧という当座の問題だけに捕らわれてはいけないので、技術屋としては、もう一歩先を見たものまで手をつけていかないといけないのではと。この地域で、その震災をもととして、防災感覚の強い技術をみずからも大いにやるけれども、他に取り組んでいる諸団体とも協力関係がいると思いますね。産学官の協力関係を一層活性化してやるとか、一方ではある種の規制の排除というのが必要だと思いますね。

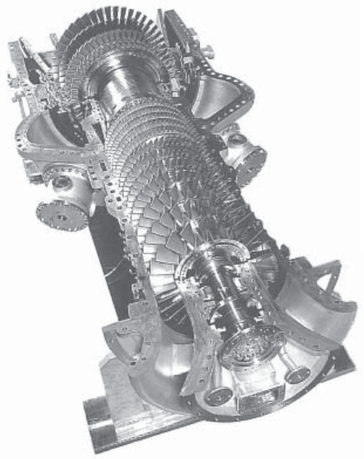
熊谷信昭理事長

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年同教授となり、学生部長、工学部長などを経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員。

電磁波工学の権威であり、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、ニューヨーク科学アカデミー会員、日本工学アカデミー会員などに推挙されているほか、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、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。また、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

現在、科学技術会議議員のほか、各省庁の審議会委員や委員長、郵政省通信総合研究所顧問、防衛庁技術研究本部顧問、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、(財)地球環境センター理事長、(財)大阪府文化振興財団理事長、(株)原子力安全システム研究所社長など役職多数。

著書に「電磁気学基礎論」（電子情報通信学会著述賞受賞）など。



コージェネレーションシステムの心臓部として高い熱効率と長時間連続運転を主眼に開発した６ＭＷ級の中型ガスタービン

新しいブレークスルーは神戸から

熊谷：今、規制の排除と言われましたが、具体的にどのようなケースで規制が障害になっているとお考えですか。

須清：例えば、人の面におきましても、日本の大学の先生方というのは、例えばいいニーズを見つけても、それで商売するというのが許されていませんね。海外では相当規制が緩いだろうと思いますが、こういうことは普通にやれるようにするのが当然だろうと思うのです。そういうことによって、学と産との交流とか、そこに今度は人事の交流も行われるようになります。規制というものもいろんな見方がございますが、社会における基盤活動に対する規制の仕方というのは、法的規制というものもあるけれども、案外文化的な要素が規制として働いており、今までの島国という日本的な特徴の中での良さの反面、また悪さがあるのかなという気がします。

熊谷：おっしゃるとおりで、例えば科学技術基本法というような法律ができて、基本的な理念ははっきりうたわれるようになりました。そして今、それを具体的に施策として示す科学技術基本計画というのをつくりつつあるのですが、例えば研究費を紀元2000年までに今の倍にしろというようなことは、どちらかというとむしろ簡単なんです。難しいのは今おっしゃった制度改革の方なんです。しかし、制度も併せて改革しませんと、科学技術振興のための公的な財政支援だけを進めても、せっかくのお金が生きてこないのです。

須清：やはり活性化しないと駄目ですね。

熊谷：そのとおりです。ところが、そのために制度改革をやろうとしますと、例えば国立大学の教官については国家公務員法がありますね。それからお金はすべて国費ということになりますと、国の会計法上の規制が自動的にかかります。それから必要な研究者や研究支援者も確保しないといけないということになると、公務員の定員削減の中で研究分野にだけ聖域を設けられるかというようなことにもなります。税務署だって人は足りない、看護婦さんも足りない、警察官だって足りない、裁判所も人が足りない、というふうにいっせいに言いだしますね。そういうことになるものですから、お金の問題はまだ簡単で、おっしゃるような制度改革とか規制の緩和というのが本当に難しいのですね。

産と学との人事の交流にしても、あるいは共同研究にしても、なかなか制度を一部だけ改めるというのは難しい。おっしゃるように、アメリカではできているのに日本ではなぜできないのかというようなこともやはり社会的なカルチャーとそれを背景にする社会の仕組み全体の中でいろんな制度があるからなんですね。その中で一つだけこれを変えようというのは非常に難しいことなんです。

須清：ですから、どこかで突破口をつくらなくてはいけないのではないでしょうか。その点、やはり震災にあった神戸こそが、その適役ではないかと思います。昔から神戸は進取の地ですね。勝海舟が日本で初めて海軍操練所を開いたし、伊藤博文が初代の県政を担ったように、そういうイメージのもう一つの歴史をつくってもいいのではないかと思うのですけれども。

熊谷：被災された方々にとっては、とりあえずはまず復旧というのが生きていくために目前の一番大事なことなのでしょうけれども、同時にやはり将来のために、この機会に何か新しいものを生みだして行こうとしないといけないのではないでしょうか。

須清：そうでないと、アメリカで既にゴーストタウンになったような話というのは幾らでもありますから。活力が移転してしまうと、復興は非常に難しくなるかもしれません。

熊谷：ですから、今、力を合わせて、それこそ、災いを転じて福となすような気持ちを持って、志を立ててやる必要があるんでしょうね。

須清：幸い国際的にも今、東南アジア等、近隣諸国が非常に伸びているわけですから、日本は孤立しないで、かつては戦争して大東亜共栄圏を考えたぐらいですから、もっと経済的にでも、あるいは技術的にでもやることはやって、コーポレートする方がいいのではないかというように思います。

時代を超えて生きる高度技術基盤

熊谷：そういう点、関西の場合は大阪湾をぐるっと囲むベイエリア一帯として発展していけば良いと思っています。

須清：ベイエリアは、東南アジアに対しては一種のハブ的な性格を持っているだろうと思います。

熊谷：これをバランスよくシステムとして開発発展させるというのが大事で、兵庫県はその中核的な位置にありますね。

須清：特に重工業技術については、例えば私ども、筑波のトリスタン計画の一部を担当させていただいたのですが、これをよく見ますと、私どもの担当した分野もそうですが、他の企業で担当された分野もほとんどがこの地域から西で造って持って行ってますね。東の方で造ったものというのはほんのわずかなんです。

ここには大手企業の生産工場も大きい施設がございますし、研究所も結構ございます。だからその技術集団が次の情報化社会の中で生きる技術集団とのマッチングということになると、今のままですと一見、重厚長大であって、そういう情報系統とはマッチングしないように見えるのですが、それはそうではないだろうと思いますね。

熊谷：と申しますと。

須清：アメリカでも、例えば東のマサチューセッツ近辺の話と西のスタンフォードのいわゆるシリコンバレーの話とがよく比較されておりまして、最近、非常にシリコンバレーが伸びているものですから、いかにもマサチューセッツの衰退を語る人もおられますが、本質的には私はそうではないだろうと思っています。やはり、東は歴史と基盤技術を持っておりますから、次に伸びるときには、また発展していくのではなかろうかと。西はどちらかというと、バブルではありませんが、かなり情報というのに集中していますから、これは確かにハイスピードで、また新しいものに移るチャンスを持ってますので、山谷厳しいながらの伸びと思います。

それぞれの地域の特性というのは、持てる基盤をそれなりに伸ばしていくということの中で出てくると思うので、瀬戸内海に面したこの重工業地帯というのが持てるエンジニアリングというか、そういう総合技術力はあるだろうと思います。

産と学の架け橋に

熊谷：須清さんは、明石技術研究所の所長をしておられた頃に、私どもの協会の総合企画委員会の委員にご就任いただいていたので、協会の設立の趣旨などはよくご理解いただいていると思うのですが、当時お感じになっておられたこととか、あるいは我々の協会に対して何かご意見とか、ご注文はございませんでしょうか。

航空機のＨＭＤ（ヘッドマウントディスプレイ）技術を応用した教習所向け二輪車運転シュミレータ

須清：ここ兵庫県では、SPring－8が間もなく花開こうとしておりますし、そういう意味では先端的な領域で、一種の物性領域的なところで、かなり力を入れておられますね。先端技術というものは、材料、メカトロ、バイオと３点セットみたいな話でございますが、この材料という中で、単なる新材料とかいう領域とはまた違った物性的な領域が、しかも分子、原子というような話から、今度は粒子といったところまで包括的な領域というのがあるだろうと。それが本当に花開くのはやはり21世紀かなと思います。

問題は、その非常に高度なレベルのものが、通常、産業社会と結びつく中間帯をどこでどうつくるかにあります。その一部は私ども企業人みずからが研究開発の中で、取り組まないといけない要素もあるのだろうと思いますけれども、やはり企業も単独では弱いわけですね。ですから、先行領域では、国のご支援とかが必要になるでしょう。こういったつなぎのところの開拓に創造協会がもう一歩、声を大きくしていただければと思います。

また、震災復興で最近できました（財）阪神・淡路産業復興推進機構が、そういう活性化のアイテムとして、さらに上位の創造協会の活動の流れと、現実とのつながりをつくっていただければと思います。

さらに、将来を考えますと、人材がものをいうと思いますので、人の育成をやはり地元でもっとお願いできないかなと考えております。

熊谷：たしかに人材育成も重要ですね。今日は４月１日ということで、官民を問わず、新社会人が新鮮な希望を持って入庁、あるいは入社したことと思います。須清さんも川崎重工業の入社式に出られたそうですが、若者が科学技術の世界に進み、生涯をかけて科学技術の発展に全力投球したいというような気持ちになってもらうために、もし技術者の先輩として呼びかけられるとしたらどのような言葉が良いのでしょうか。

須清：私自身は、どちらかというとものづくりの会社におりますので、私どもの社長が言っておりますが、「ものづくりこそ私どもの生きがいだ」というように考えております。

熊谷：実にそれが科学技術の基本だと私もかねがね思っております。本日はたくさんの貴重なお話をお伺いすることができまして、本当にありがとうございました。

SPring-8から始まる未知への冒険

―真理を照らす夢の光で創造的研究を―

●対談者

日本原子力研究所・理化学研究所
大型放射光施設計画推進
共同チームリーダー
上坪 宏道 氏

×

㈶ひょうご科学技術創造協会
理事長
熊谷 信昭 氏

成果を重視した装置づくりを

熊谷：上坪先生はご専門が原子核物理学で、特に加速器の研究開発を中心に活発な研究活動を続けてこられましたが、そういう分野の研究に取り組まれるようになったきっかけは何だったのでしょうか。

上坪：東京大学の理工学研究所に小さなサイクロトロンがありましたので原子核の実験をするようになったのですが、当時、世界的に高エネルギーで精密な実験をする過渡期にありましたので、大変興味をひかれ加速器の研究を始めました。

熊谷：昭和40年に理化学研究所に移られていますが、理研ではどのような研究をされていたのですか。

上坪：当時、理研ではサイクロトロンを建設している研究室があり、そこから実験に来ないかと誘われまして、理研に移りました。その頃、主として重イオンの加速という日本で初めての実験を行っていたのですが、やはり精度といい、加速するエネルギーの範囲といい、加速できる粒子の種類、強度といい、外国に比べて一段から一段半ぐらい落ちるものですから、これでは駄目だと思いまして、どうせ実験するなら、まず良い加速器を作ろうということで、研究を始めたわけです。

熊谷：それで、リングサイクロトロンをお作りになったわけですか。

上坪：はい。最初の重イオンサイクロトロンは、古いタイプのもので昭和41年に動き始めたのですが、その後、昭和49年頃から新しい、今稼働しておりますリングサイクロトロンを中心とする複合加速器を作り始めました。この装置は、文字どおり世界最先端のものにしようと思いいろいろ努力しました。おかげさまで、今でも世界中で最もすぐれた実験装置として動いてます。

熊谷：20年以上たった今でも世界で最も優れた装置とは本当にすばらしいことですね。先生は、そのような装置をどのような考え方でお作りになったのでしょうか。

上坪：私は、日本が加速器を作る場合、これまで重要な点が見落とされてきたと思っておりまして、その一番大きな点は、動けば良いと、動けばそのプロジェクトは成功だという考えが非常に強いのですが、私はそうではなくて、良い成果を出さなければ、そのプロジェクトは失敗だと。では、良い成果を出すためにどういう装置を作ったらいいかとなりますと、やはりその性能としてどこにもないようなポテンシャルを持つ加速器を作らなければいけない、これが非常に大事だと思います。動けば成功という考え方はやめて、成果を上げなければいけないということに絞ってプロジェクトをつくり、それを実現するためには、どういうところに新しいポテンシャルを持たせるかという設計と建設を行うことです。

熊谷：装置を作る場合、動けばまずは成功という気持ちについなりがちなものですが、重要なことは、それによって、どのような良い成果が得られたかということですね。

上坪：良い成果を得るために、もう一つ大事な条件があります。それはいかに優秀な研究者を養成するか、あるいは、持ってくるかという点です。良い装置を作るだけでは必ずしも良い仕事ができない。やはり優れた人間をそこで養成していかなければならない。ですから、プロジェクトに対する基本的な考え方と、それを踏まえた装置の設計、建設と、優れた人間、特に、若い研究者を配置してその花を咲かせる。この三つのものを組み合わせないと、プロジェクトというのは成功しないと思いますね。

SPring－8では自由な研究を

熊谷：理研で世界最高のサイクロトロンをお作りになって、今度はSPring－8の建設チームのリーダーをされているのですが、現在の進捗状況はいかがですか。

上坪：非常に順調にきております。先生もご存じのように、SPring－8では線形加速器で電子を1GeVまで加速しまして、それを今度はシンクロトロンで1GeVから8GeVまで上げ、それを蓄積リングに入れて光を出すようになっておりますが、8月1日から線形加速器の試運転を開始しました。そして、9月までに調整を終えて、10月からシンクロトロンでの試運転が行われる予定です。

熊谷：その後の計画はどうなっているのでしょうか。

上坪：順調に進みますと、蓄積リングに電子を入れて光を出すのが来年の2月になる予定です。それまでに光の取り出し口を全部で8本ぐらい整備しまして、蓄積リングに電子が溜まりましたら、即、光が取り出せるようにしておきたいと考えております。

熊谷：最終的に整備するビームラインは61本ですね。これは61カ所の取り出し口を作るということですが、61本の整備計画はどうなっているのでしょうか。

上坪：ビームラインの建設は年次的に整備する予定となっており、平成9年度で動くのは共同利用ビームラインが10本、原研用が3本、理研用が3本、それから機器開発とか手法の開発に使うR＆D用が2本の合わせて18本が動き出す予定で、現在、急ピッチで建設工事が進んでおります。

共同利用ビームラインは全部で約30本整備する予定ですが、残りの20本については、年次計画的には毎年4、5本ずつ整備しまして、5年ぐらいで完成する計画です。それ以外に、例えば大学とか、企業とかが独自のお金で自分の実験装置をここに作りたいという要望に対するビーム用として20本ほどあり、現在6本の整備計画があります。これは、専用施設と呼んでいます。

熊谷：上坪先生をはじめ関係者のご努力で、運転開始時期が当初の予定よりも早まる方向にいっていますね。我々も、例えば光量子科学技術推進会議で建設を1年でも早める必要があるという建議を、当時の平野科学技術事務次官にお出ししたりしまして、幸いにも補正予算などがつき建設計画が前倒しになったわけですが、せっかく世界最高の機能を持った高輝度の光を発生する装置ができるのだから、いつも欧米先進諸国の後追いをしてきた日本が、今度もそういうことにはならないようにということで、計画の促進を願っておりましたので、非常に有難いことと思っております。

先ほど先生は、装置を作って、うまく動けばそれで成功だという考え方ではなくて、それを利用してどういう成果が生まれるかというのが問題だと言われましたが、利用者側からの要望とか希望とか、そういうものはどのような状況ですか。

上坪：この装置を使いたいという利用者の方々が集まって「SPring－8利用者懇談会」と言うものがつくられておりますが、現在、約1,000名の方が参加しておられます。

熊谷：それは、大学や企業の研究者の方々ですか。

上坪：1,000名のうち企業の技術者が18%、国公立研究所の研究者が16%、残りが大学の先生という割合になっています。その方々が中心となって、共同利用ビームラインの利用計画を提案していただいております。

熊谷：そこではどのような研究をしたいという希望、要望が多いですか。

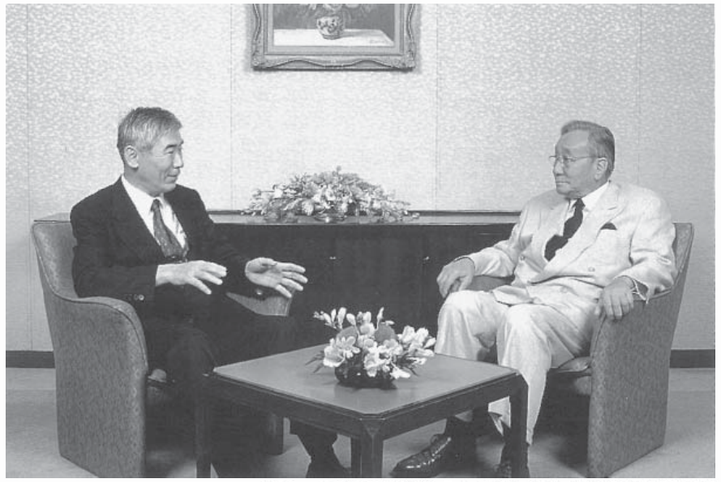
上坪：日本の先生方の考え方には二通りございます。非常に先端的な研究をやりたいと言う先生と、とりあえず自分たちが今、日常かかえているいろんな試料や課題をなるべく早く研究できれば良いと言う先生に分かれます。筑波のフォトンファクトリーで研究をしていますと1年のうち何回かしか実験ができないけれども、思い立ったときになるべく早くできるような、使いやすくて、仕事のこなせる装置が良いと考えている先生も多いようです。そういう先生方の希望というのは非常に大事でして、やはり思い立ったときに、すぐ実験ができないと、新しいアイデアは育ちません。そこからスタートして独創的なものになっていくのではないかと思います。何かを考えても半年待ちなさいとか、1年待ちなさいといったら、やる気がなくなってしまうのではないかと思いますね。

熊谷：筑波のフォトンファクトリーは、そんなに利用者が多いのですか。

上坪：利用者が非常に多く、混んでいる状況ですね。そういう意味では、やはりなるべく多くの方に自由に使っていただけるというのが大事だと思います。しかし、私どもとしましては、それだけでなく、誰もやらないような仕事を大いにやっていただきたいと。ですから、作り出す装置も少し冒険をしていただきたいと思いますね。

ところが、先生もご経験があると思いますが、日本というのは、他の人がやっていないことをやることに対しては、必ず心配して余りお金を出したがらない。いつも冗談に言うのですが、科研費の申請書を見ましても、この研究は外国や日本ではどういう状況なのかということを書かせます。しかし、本当の研究というのは、外国でやっていないから大事なんですね。

熊谷：私も科研費の審査を何回かやりましたが、先生がおっしゃるように、評価のときには、外国では全然やって



SPring－8で実現する“夢”について語り合う上坪宏道氏(左)と理事長

上坪宏道氏

1933年生まれ。56年東京大学理学部物理学科卒業。61年同大学大学院物理系研究科物理学専攻博士課程修了。同年同大学物性研究所助手。65年理化学研究所研究員。68～70年フランスサクレー原子力研究所センター外国人研究員。71年理化学研究所サイクロトロン研究室主任研究員。76～81年東大原子核研究所教授、その後再び理化学研究所主任研究員を経て、92年同理事。

現在は、理化学研究所理事、日本原子力研究所・理化学研究所大型放射光施設計画推進共同チームリーダー、（財）高輝度光科学研究センター理事兼放射光研究所副所長

主に、原子核物理、加速器物理学の研究に従事し、理化学研究所では、同研究所の世界最大のリングサイクロトロンの開発チームの総指揮者として６年がかりで完成に導く。当施設は、建設後20年を経過してもなお、世界最高性能を有する装置であり、加速器研究の第一人者として内外から高い評価を受けている。

播磨科学公園都市の世界最大の放射光施設「SPring－8」では計画段階から参画し、共同チームリーダーとして活躍している。

いないとか国内でもまだほとんど誰もやっていないというのは、どちらかというとむしろネガティブな効果を与えているようですね。

上坪：やはり、日本も考え方を変えて、少し冒険をするような、その代わりに設計したり、作る過程では議論を尽くしていただいて、どこにもない装置を作るということにある程度の冒険をしなければいけないと思います。ビームラインの建設でも、なるべくそういうふうな部分を取り入れていただけるとありがたいと思いますね。

新しい研究領域を拓く優れた光

熊谷：筑波のフォトンファクトリーとか、アメリカやヨーロッパにもSPring－8と類似の装置がございますね。例えば筑波のフォトンファクトリーと比べてSPring－8のもっている特色や、さらに優れている点を一般の人にもわかりやすいように言うとどういうことになりますか。

上坪：一つは、非常に明るくて、非常に細い光ですから、極めて小さな試料や局所的なものを見ることができます。普通ビームを絞ってしまうと、明るさが足りなくて、なかなか長時間実験ができないのですが、SPring－8では、細くて強いビームが出ますので、少しぐらい絞っていっても、光が弱くならないものですから、自由に実験ができます。例えば、蛋白質の結晶などは、小さいものでも十分測定できますので、新しい成果がどんどん得られるようになるのではないでしょうか。

もう一つは、空間的にコヒーレンスの高いＸ線が取り出せます。ヨーロッパのグルノーブルでも大分そういうふうになってきていますが、私たちのSPring－8は空間的にコヒーレンスの高いＸ線、しかもかなり波長の短いところまで出せますので、新しい領域が開けるのではと考えています。この面でも、SPring－8が世界でナンバーワンになるのではないかと思っています。

熊谷：ヨーロッパやアメリカの大型放射光施設の状況はいかがですか。

上坪：グルノーブルのESRFは既に２～３年ぐらい前から供用開始されております。ESRFはSPring－8と比較しますと、長い波長領域が主ですが、加速器グループが非常に努力されまして、優れた性能のＸ線を取り出せるようにしています。それを見ていますと、いわゆる第三世代のＸ線では、グルノーブルとアルゴンヌとSPring－8がその代表選手ですが、なかなかおもしろい研究ができるんだなということが、かなり明確になってきました。

産業界とディスカッションミーティングを

熊谷：実際に研究が始まらないとわからないかもしれませんが、SPring－8では、純科学的な基礎研究の分野での研究に利用される率とメーカーなどの産業応用の分野の研究に使われる比率とではどのような割合になると予測されますか。

上坪：それは少しお答えしにくいのですが、今の日本の先生方を見ていますと、基礎研究のために利用するというのが多いですね。先程申し上げましたように、非常に平行された強い光が出る、局所的に見ることができ、それからコヒーレンシーがある、それに波長分解の良いＸ線が取り出せます。ですから、例えば磁気散乱をやらせますと、中性子でしかできなかったようなものが、皆Ｘ線でもできるようになりますので、非常に期待しております。また、時間分解能も、時間を区切って時系列的に現象を追うような仕事もSPring－8では、可能だろうと思います。うまくいきますと、ナノセカンドより長い領域はほとんどの現象をカバーできるのではないかと予測しています。

熊谷：そうしますと、SPring－8では、基礎研究に重点が置かれることになるのでしょうか。

上坪：私自身はそれについて若干異論を申し上げています。といいますのは、放射光というと、すぐリソグラフィが企業での応用であると言われますが、これから21世紀に向かって、例えば半導体産業にしましても、パターンの焼きつけに軟Ｘ線といった波長の短いものを使うだけでなく、それを小さくするためには、材料の表面がよりクリーンでなければいけないとか、材料をより均質にしなければいけないとか、いろいろな問題がございます。ところが、その材料の表面を今よりもう一桁線幅を小さくしようとすると、表面のクリーンさをもう一桁以上きれいにしなければいけない。そういうのを確かめようとすると、多分SPring－8のような装置でチェックしないと無理だろうと思います。実際に、最近、アメリカのスタンフォードで、放射光をうまく使うと今までの表面のクリーンさよりも、一桁ぐらいの上のクリーンさを確認できるような方法を開発しましたが、そういうことはSPring－8のような第三世代の装置を使いますと、もっと簡単にできます。

さらに局所的な組成の分布とか、局所的な欠陥の分布というものを、SPring－8のようなＸ線というのは非常にきれいに見ることができますので、どういう様な仕方をすれば、より完全な材料ができて、どういう様にしたら、より表面がきれいにできるかといった開発をするのであれば、SPring－8をぜひお使いいただくのが良いと思いますね。そのような分野で、もう一桁質の良いものにしようとか、もう一桁高い精度で何かやろうと思ったときに必要な現象の背後にあるものを研究する場合には、こういうのは基礎研究と言うのか、応用研究と言うのかわかりませんが、確実にSPring－8が役に立つと思います。

熊谷：先生が今おっしゃったような産業利用については、企業に何か投げかけをされているのでしょうか。

上坪：企業の方々に最近申し上げおりますのは、企業の方で問題を出してくださいと。企業の方が利用する場合何が問題なのか、そういうものを出していただいて、大学の先生方も入っていただいて一緒にSPring－8を使ってチェックするというようなことをやれば良いのではないかと思います。そのための場として企業の研究現場の方に集まっていただくディスカッションミーティングを設けたいと思っています。

利用者本意の運営をめざして

熊谷：利用者側の組織として（財）高輝度光科学研究センター、略称JASRIというのがありますが、専門家の方はJASRIと簡単におっしゃいますが、一般の方々にとってはJASRIといわれてもわかりにくいと思います。どういう言葉の略で、どういう団体なのかということを一般の方々にわかっていただこうと思えば、どういうふうに説明すれば良いのでしょうか。

上坪：JASRIの発足のときの経緯から申し上げますと、このSPring－8のプロジェクトは、日本で初めての試みが幾つかございます。その一つに、日本原子力研究所と理化学研究所という二つの独立した研究所が共同して、しかもどちらが主で、どちらが従ということではなく、全くイコール・パートナーシップで協力して、それぞれが予算を取ってきて一つの装置を作る方法で建設を進めております。

熊谷：今までに例のないやり方ですね。

上坪：ええ。ところが、これでは難しい問題が起こります。と申しますのは、加速器という立場で見ますと、建設時の分担は上流側は原子力研究所、下流側が理化学研究所ですが、運転する段階になると、一体として運営しなければならない。日本の慣例ですと、運転についての許可申請を出すのは１人が原則です。だれが責任を持つかということを明確にしなければならない。さらに、原研も理研も、それぞれ自分たちの研究というのが第一義的にあって、このような大きな装置を利用者の皆さんに提供するということは、そのミッションに入っておりません。もちろん法律改正をして、そのミッションに入れても構わないのですが、それを効率的にさせようとしても、一方で自分の研究をやり、もう一方でそういう大きな装置の共同利用の運営をいたしますと、負担が大きくなりすぎます。そこで、こういう装置ができたときには、これを運営して、皆さんに利用しやすいように使っていただくための一つの組織が必要であろうということになりました。その組織が原研と理研から全部委託されて、その仕事を遂行するような仕組みが必要であろうということで作られたのが、財団法人高輝度光科学研究センターです。この財団に国が法律でSPring－8の運営はきちっと責任を持ってやりなさいというデューティを与えています。

英語では、Japan Synchrotron Radia－tion Research Institute（日本放射光研究所）になっていますので、通常その頭文字だけをとってJASRIといってるわけです。それでは何故日本語では高輝度光科学研究センターになっているかと申しますと、放射光といいますと、筑波や岡崎にもございますし、それからこの財団は、将来もう少し広いこともやるかもしれないということで、名前が高輝度光科学研究センターになったのだろうと思います。これを英語にするのが大変ですから、英語では簡単に日本放射光研究所になっています。

熊谷：JASRIが管理運営の主体になるということですが、先程お聞きした要望等は大学の先生や大企業の研究者から寄せられたものがほとんどだと思いますが、中小企業の方々はどのようにアプローチしていけばよいのでしょうか。中小企業の中には、どう使えば良いのかわからないとか、第一どうコンタクトしたら良いのか、アクセスの仕方もわからないというような企業がたくさんあるのではないでしょうか。

上坪：それに関しましては、JASRIに利用促進部門というのがありまして、そこに利用支援グループを置くことになっておりますので、そこに行けば割と気楽に相談していただける仕組みになっています。

また、県が専用のビームラインを作ることになっておりますし、姫路工業大学でもニュースバルという小型版放射光施設を高度産業技術研究所に作る予定となっていますので、そこが放射光に関して県の産学共同の窓口になると思いますね。そういうところを通していただくと、SPring－8が利用しやすくなるのではないかと思っておりますけども。

熊谷：敷居をできるだけ低くしていただいて、病院で言えば初診外来総合受付というような窓口を設けていただき、そこへ行って、何か研究開発に利用する方法はないだろうかというような相談にのってもらえると、皆さん、喜ばれるのではないかと思いますが。

上坪：特にSPring－8では、使ったことがない人に対するサポートというのをかなり重要視しております。

熊谷：世界最高レベルとか言いますと、本当に超一流の世界的学者や高度な技術者でないと使えないもの、とても近寄りがたい高級な装置なのだろうと一般の人々には思われてしまうかもしれませんが、装置は幾ら高級でも、使う方はそれを応用して何かの問題解決に役立てばそれで良いわけですから。

上坪：そのとおりですね。おかげさまで、科学技術庁でもかなり努力していただいて、その成果を公表すれば使用料は原則無料ということになっており

熊谷信昭理事長

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年同教授となり、学生部長、工学部長などを経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員。

電磁波工学の権威であり、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、ニューヨーク科学アカデミー会員、日本工学アカデミー会員などに推挙されているほか、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、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。また、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

現在、科学技術会議議員のほか、各省庁の審議会委員や委員長、郵政省通信総合研究所顧問、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、（財）地球環境センター理事長、（財）大阪府文化振興財団理事長、（株）原子力安全システム研究所社長など役職多数。

著書に「電磁気学基礎論」（電子情報通信学会著述賞受賞）など。

ます。さらに、JASRIでも利用者の支援体制をきちっと作るようになっておりますので、いろんな形で使っていただきやすくしたいと思っています。
熊谷：ぜひ、利用者が行列待ちをするような研究センターになっていただきたいと思いますね。

21世紀社会の発展を支える原子力科学

熊谷：理研がSPring－8のような高輝度の放射光施設を作るというのは、一般の人にもすぐ理解できますが、日本原子力研究所が光の装置を作るというのは、原研のミッションからいうと、どういうつながりがあるのだろうかという疑問が、一般の人にはあるのではないでしょうか。
上坪：日本原子力研究所というのは、原子力の基礎研究と、それをさらに発展させる研究が大きなミッションになっています。日本の原子力の将来を考えるときに、エネルギー源としての原子力と同時に、加速器とか、ラジオアイソトープとかをより広く使うということが非常に重要な項目になっておりまして、その応用の典型が放射光だと思います。
　例で申し上げますと、千葉の放射線医学総合研究所でおやりのように、非常に高いエネルギーの粒子線でがんを治療するというのも、一つの加速器の応用です。放射光というのは、そういう意味で、加速器の応用として、広く基礎的な研究から、先程申し上げましたような技術開発まで役に立つ非常に重要な技術の基盤です。そしてそれを実現するのは加速器ですから、原子力自体がそういった共通の基盤を支える装置になっておりますので、それを担うことは原子力研究所にとって非常に重要な役割だと思いますね。
熊谷：一般の人は、原子力研究所というのは原子力発電に関することだけを研究するところだと思っていますが、原子力発電もその一つですけれども、もっと広く、原子科学、正確に言えば、量子科学というのでしょうか、そういう量子科学技術全般を研究する研究所だと考えれば良いのでしょうか。
上坪：そう思いますね。原子力というと、即発電、あるいは爆弾を連想するというのは良いことではなく、本当に原子核・素粒子の世界を解明する研究やその応用として原子力を開発するために20世紀に人類が作ってきた技術というのは、実は20世紀から21世紀の社会の支えとなる科学技術の基盤を作って来たという認識をしていただければと思います。それをミッションとしているのが原子力研究所であり、理化学研究所もそういう原子力予算をいただいて研究を行っているのも同様のことですから。私は21世紀になると基礎科学、基礎技術の開発をする上で、原子力で開発されている基盤的な技術装置こそがそれを支えていくだろうと思っています。その支える部分を研究するのが原子力研究所の重要な役割だろうという思いを持っております。

世界に開かれたCOEへ

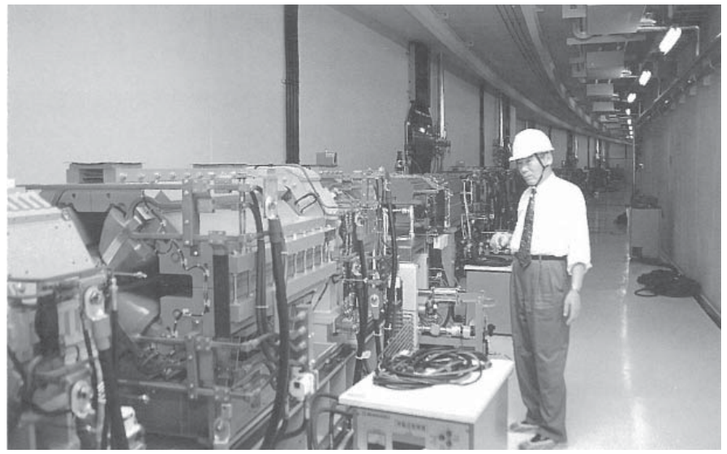
熊谷：そういう意味で、SPring－8は非常に幅広い基礎科学の分野、そして産業技術の分野、さらには医学、医療、生命科学の分野の応用などが考えられる装置で、日本のみならず、世界のセンター・オブ・エクセレンスになる可能性もあるし、またそれを目指しておられると思います。そのためには国際協力とか、国際交流という面が非常に重要になってくるのではないでしょうか。日本だけでなく、世界に開かれた、世界のセンター・オブ・エクセレンスとなるためのいろんなお考えとか、企画をお持ちかと思いますが、そういう点はいかがでしょうか。さらに、国際諮問委員会といったようなものを設けるお考えはおありでしょうか。
上坪：私どもは、この施設の建設が始まりましたときに、日本で初めて国際アドバイザリー委員会を作りました。年１回の割合で計５回開催しました。アメリカから３人、ヨーロッパから３人、中国から１人、さらにロシアから１人をお呼びして、そして日本の先生方も入って、５年間にわたり行いました。
熊谷：その委員会の先生方は加速器の専門家だけですか。
上坪：いいえ、利用技術の専門家も入っています。委員会では、随分といろいろな議論をいたしまして、非常によかったと思っています。そのよかった点は二つありまして、一つは私共の若い研究者達が、海外の専門家達と議論することで気づかないことを言われますと、自分が正しいと思ったら一生懸命勉強して正しいことを証明しますし、逆に、向こうの言うのが正しければ、すぐ直すわけです。もう一つは、SPring－8というのを、海外の専門家に非常によく理解していただいたので、とても良い宣伝になったことです。
熊谷：そうですか。世界中の一流の人たちですから、最高のＰＲにもなりましたしね。
上坪：日本では何かやるときに、一回ぐらい外国の先生に来ていただいて助言をいただくというのは、これまでやってきたことですが、このプロジェクトの進んでいる間、毎年来ていただいて議論を尽くしてもらうというのは初めてだったので、これは、今先生がおっしゃったように最高のPRになったと思っています。
熊谷：実質的にもよかったわけですね。運転が始まってからも、この国際アドバイザリー委員会というのはお続けになられるのですか。
上坪：完成後は研究成果に関して、続けたいと思っています。今までは、原研、理研の共同チームのリーダーである私に対する諮問委員会として作っていたのですが、今度は高輝度光科学研究センターに対する諮問委員会としてやっていただくのが良いと思っています。
熊谷：そういう国際的な諮問委員会はあった方が良いでしょうね。
上坪：さらに、国際化に関しては、先ほど申し上げましたグルノーブル、アルゴンヌそしてSPring－8が協力しまして、「第三世代は非常に性能の良い装置だが、それを使いこなす技術がまだ確立してないので、使いこなす技術の開発を協力しましょう」ということで、毎年１回必ずそれぞれが十数人ずつ集まりまして、議論すると同時に、お互いに開発したものを使ってみたりしています。これが非常にうまくいっています。
熊谷：ヨーロッパにはグルノーブル、アメリカにはアルゴンヌがある。そうしますとアジアにおけるSPring-8の位置づけ、役割というものが重要だと思いますが。
上坪：私もSPring－8がアジアにとって非常に重要なものだと考えておりまして、アジアの国の人たちが自由に使っていただく仕組みが必要だと思います。最近、インドが自分たちの専用ビームラインを作りたいと言ってきており、今かなり話が進んでおります。これからアジアの国の人たちが、共同利用ビームラインの利用に参加するだけでなく、自分たちのお金でSPring－8に実験装置を作って、それを日本人も使い、その国の人も使えば国際協力がもっと進むと思います。

地域に根ざした研究施設となるために

熊谷：SPring－8が国際的なCOEを目指す一方で、国内、特に地元にとっても非常にインパクトの大きい存在ですので、地域産業に及ぼす影響も大きいと思いますが、その点、地元企業と連携して何かおやりになるお考えはございませんか。
上坪：私は、今後、そういうふうにしたいと思っていますことは、SPring－8のような大きな装置があるところには、必ず所内工場がなければいけないと言われますが、私達は少し考え方を変えまして、設計する人は私たちのところにいますが、周辺にあるいろいろな中小企業の方が、私たちの所内工場であると考えていくような仕組みを作った方が良いのではないかなと思います。そういう点に関しましては、姫路の周辺には、いろいろと技術力の高いユニークな企業がそろっていますので、ゆくゆくはそういうところと協力していろんなものを作っていきたいと考えています。
熊谷：それは実験的研究を進めていく上では、ぜひ必要なものですね。
上坪：そういうような仕組みをうまく作っていければ、研究者は非常に良い研究ができるようになるのではないかと思っています。

関西を光量子科学の研究メッカに

熊谷：先生は、これまで主に関東を中心として研究活動をされてきたわけですが、このSPring－8の建設事業に伴って、今は西播磨にお住みになり、お仕事をしてらっしゃいますけれども、関東との研究環境、あるいは生活環境の違いをどのようにお感じになっていらっしゃいますか。
上坪：先週、名古屋市にあります核融合科学研究所長の飯吉先生とお話をしていましたら、先生がどうも関東は文化がないけれど、関西には文化があるとおっしゃるのです。私もそれを非常に感じておりまして、この播磨に住んでみまして、古いお寺が多いというだけでなく、例えば瀬戸内海の新鮮な魚をはじめとして地元のおいしい食べ物がたくさんありますし、いろいろな町の昔から引き継がれたお祭り、さらにはスキーなど四季折々に楽しめるものがありますね。関東の大都会の周りというのは、ファーストフードやファミリーレストランはたくさんあるのですが、本当にこれがここの食べ物なんだと、これが文化なんだというようなものがないですね。私は関西の学園都市では、そこに住む研究者たちはそういう文化をエンジョイできるとともに、彼らにとってこれは非常に大事なことだと思いますね。これは、地元の人々の間にとけ込むと一層強く感じられます。そうすることによって、文化に根ざした新しい考え方の研究集団ができるという気がします。
熊谷：確かにそう言われてみますと、この京阪神を中心とする関西地域というのは奈良や京都と言った古都の伝統的文化から神戸の近代的なハイカラ文化までありますし、また、海や山や湖や島といった豊かで変化に富んだ自然環境にも恵まれています。大学を見ましても新幹線ならわずか十数分で行けるような京都、大阪、神戸に国立の大規模総合大学が三つも隣接してあります。このような地域は、日本はもちろん世界中にも例がないと思いますね。
上坪：ですから、この地の利というのを大事にしていただいて、それぞれが皆特徴を持っていますから、うまく有機的に連携をしていけば良いですね。私は、今後、国で建設する大型の研究施設はできるだけ地方につくるのがいいと思っています。
熊谷：そうですね。関西ではSPring－8が世界最高の放射光施設ですが、そのほかにも、やはり西播磨に住友電気工業の超伝導を使った新しいSRがあります。滋賀県では立命館大学が新型のSR装置を作られたし、原研は関西研究所を設置されて、いろいろな光関係の研究もしたいというお話もうかがっています。また、既存の大阪大学や京都大学などにも、光関係の立派な研究施設があります。さらには、京阪奈の国際電気通信基礎技術研究所（ATR）やイオン工学センター、自由電子レーザー研究所をはじめ、大阪工業技術研究所、工業技術院電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター、郵政省通信総合研究所の関西支所（先端研究所）などでも光関係の研究が行われています。このように、それぞれが独自性を充分に発揮しながらうまく連携していけば、京阪神地区を中心にした関西が21世紀には光量子科学関係の世界的な研究メッカになる可能性ができてきましたね。私共ひょうご科学技術創造協会もできるだけのお手伝いをしていきたいと思っています。
　本日はお忙しいところを、いろいろと貴重なお話を聞かせていただきまして、本当にありがとうございました。


急ピッチで工事が進む現場で指揮をする上坪リーダー

※上坪宏道氏は現在、九州シンクロトロン光研究センター所長。

人と地球の未来を見据えた新技術の開発

ーグローバルな思考で夢のある研究をー

●対談者
関西電力㈱支配人
総合技術研究所 所長
林 幹朗氏
×
㈶ひょうご科学技術創造協会
理事長
熊谷 信昭氏

海を渡る送電線の開発に感動

熊谷：林さんは、神戸大学工学部電気工学科のご卒業ですが、卒業研究ではどんな研究をされたのですか。

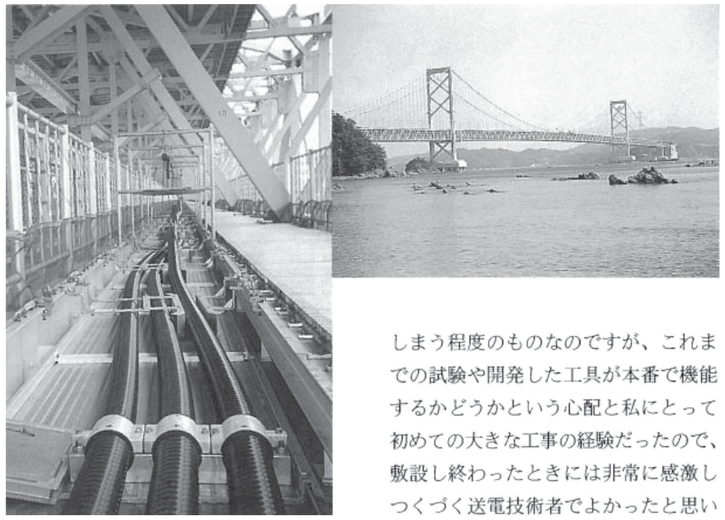
林：放電現象の最もプリミティブな針対平板電極における研究に取り組みました。当時は、実験設備も貧弱でしたが、湿度、温度などの雰囲気が変わるとどうなるかというような研究内容でした。

熊谷：学生時代の放電の研究は電力と大いに関係がありますが、入社されてからはどのような研究に取り組まれたのですか。

林：私は、会社に入りましてからは、送電線、特に地中送電線の建設、補修といった仕事に長く従事しておりましたので、研究者と言うよりむしろ建設技術者と言った方がいいようなキャリアです。

熊谷：これまでのお仕事の中で印象的なご経験はございますか。

林：記憶に残っているのは、新しい技術を導入した送電線の開発です。入社して間もない頃、淡路島に送電するために明石海峡に敷設していた海底ケーブルの老朽化と送電容量の増大に対応するため、新しい送電ケーブルを海底に敷設する工事の技術開発を担当しました。明石海峡は幅が約5キロ、水深が100メートルほどあり、しかも海底が岩場で潮流が非常に速い極めて特殊な場所ですから、本番までにメーカーの工場で何度も機械力試験を繰り返したり、ケーブル敷設船で敷設実験を繰り返したりと随分苦労しました。敷設工事自体は早朝から数時間で終わってしまう程度のものなのですが、これまでの試験や開発した工具が本番で機能するかどうかという心配と私にとって初めての大きな工事の経験だったので、敷設し終わったときには非常に感激しつくづく送電技術者でよかったと思いました。



大鳴門橋（下部）に載せた送電ケーブル
この技術が瀬戸大橋に活かされ、また明石海峡大橋にも引き継がれています。

熊谷：淡路島の電力は、今でも本州から送っているのですか。

林：いいえ、今は四国から鳴門海峡の大鳴門橋に載せた電力ケーブルで送電しています。また将来は明石海峡大橋にもケーブルを載せて送電するよう計画しています。今ではそれほどめずらしくありませんが、日本で送電ケーブルを大きな吊り橋に載せたのは大鳴門橋が初めてのことでした。橋自体はご存じのように風や熱で伸縮しますので、ケーブルも機械力を吸収しながら電気を送り続ける機能が必要となります。そのため関西電力の総合技術研究所に実規模大の部分模型を作りこの技術を開発しました。この技術が瀬戸大橋にも活かされ本州の電力系統と四国の電力系統をつないでおり、明石海峡大橋にも引き継がれています。

熊谷：何故、地域と地域をつなぐ送電線が必要なのですか。

林：電力消費の予想を越える増加に対応し、また電力設備の事故時にも安定して電力を送り続けるためには予備の電力が必要であり、各地域が広域的に連携し電力を融通しあうことで信頼性や経済性の向上に寄与することが出来るためです。

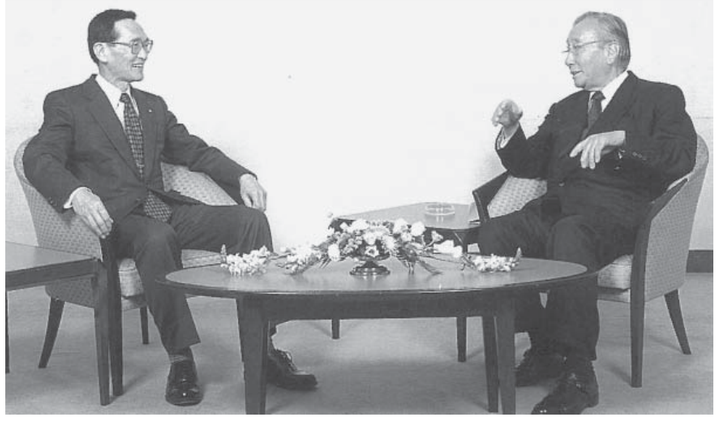
熊谷：そういう意味では、世界全域での融通が出来るようになれば、時差や季節の違いなどを有効に生かすことによって電力のピークの平準化が可能になりますね。長距離用の低損失大電力送電ケーブルの開発などは、グローバルな電力の需給の平準化をはかる上で非常に大事じゃないかと思うのですが。

林：そうですね。どの程度の距離まで送電が可能かという問題がありますが、ヨーロッパでは国と国との間に直流の電圧の高い海底ケーブルが敷設されていて融通もやっていますし、元々陸続きのところでは、国を越えた電力のやり取りは常識になりつつありますね。

技術者も一般の理解を求める努力を

熊谷：将来のエネルギー問題は今後の我が国の発展、環境問題、それから国家としてのエネルギー保障の問題など国民生活にすべて直結する重要課題であり、特に原子力発電は国家的な大命題ですね。

林：1970年代前半の第1次オイルショックまでは水力発電中心から火力発電中心、つまり石油中心の時代への移行の時期で、原子力はエネルギーのベストミックスの有力なひとつでしたが、オイルショックでエネルギーセキュリティーの問題が非常にクローズアップされた結果それまで以上に原子力の重要性が認識されはじめました。また、この10年くらい前から地球温暖化という問題が出てきてそれを防止するため新エネルギーをはじめ様々の手だてが議論され始めました。政府の「地球温暖化防止行動計画」に掲げられている目標のとおり2000年以降の二酸化炭素の排出量を1990年の水準で維持しようとすると、どう考えても原子力を欠くことは出来ません。もちろん太陽光発電や風力発電も有力な手段のひとつと考え、これらを既存の電力系統にどのように連系させるかという研究を研究所の重要課題として取り組んでいますが、いくら計算しても将来の全電力量の10%にも満たないので、これらは地球温暖化を防止するための対策の1つのファクターにはなるけれども、その中心になる技術というのは原子力しかないんじゃないかなと思っています。



林　幹朗氏

1940年生まれ。63年神戸大学工学部電気工学科卒業。同年関西電力株式会社に入社。91年研究開発部長。95年6月から支配人総合技術研究所長に就任。

入社以来、主に電力流通技術に関する業務に従事。地中送電線の技術開発に関する業績が多く、明石海峡海底ケーブルの建設、大容量送電ケーブル海峡横断橋梁添架の研究、大容量送電システムの開発など主要プロジェクトを推進するなど豊富な研究開発マネージメントの実績を誇る。特に、92年には、大容量地中送電高効率冷却システムの実用化の功績に対して、電気学会学術振興賞（進歩賞）を受賞。また、資源調査会専門委員などを歴任。

現在、総合技術研究所長として、自主技術力の強化、地球環境、コストダウンなどの課題研究の強化など研究所の改革を推進するほか、関西の大学、企業が多数参加する電気材料懇談会の会長として開かれた交流の場づくりに積極的に取り組んでいる。

熊谷：原子力の平和利用というのは、戦後、人類の明るい希望の星として生まれ、歓迎されてきたんですけれども、スリーマイル島やチェルノブイリでの事故でみんなが非常に怖がり始め、さらに「もんじゅ」など最近の一連のトラブルでますます原子力発電に対する国民の拒否反応が強くなってきています。これは、非常に重大な問題ですね。

林：我々は原子力について、機械ですから故障もある、人間がミスをすることもあるという前提で何重もの安全対策を施しています。皆さんに十分理解してもらうためには、まず小さな努力をひとつ一つ積み重ねながら一般の方にわかりやすく説明し、その結果、皆さんが電力会社へ安心して任せられるという信頼を確保する必要があると考えています。

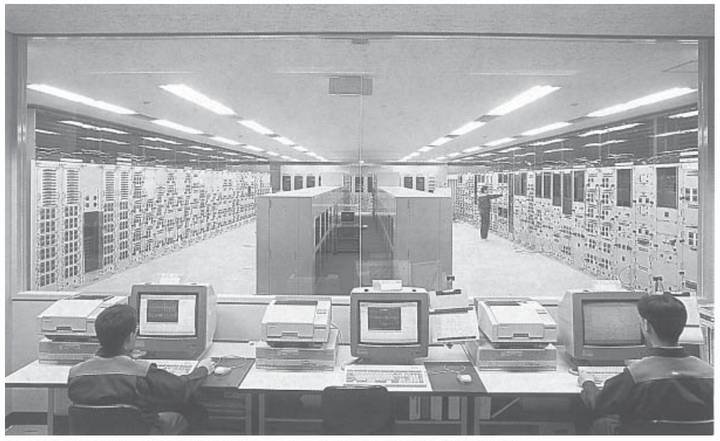
熊谷：私も株式会社原子力安全システム研究所の社長・所長を拝命して、原子力発電に関する安全性や信頼性の向上に関する研究に携わっている一人なんですが、今おっしゃったように、一般の方々の理解を得るには、誠実に、そして謙虚に理解をしていただく努力を続けることが必要ですね。それには、林さん達のように地道に研究されている技術者の方々が、専門外の一般の方々にもよく理解されるように説明する努力をなさるのが信頼を得るために大切なことではないかという気がするんです。

林：おっしゃるとおり、一般の方々によくわかるように技術を訴えていくことがこれからの研究者には重要なことだと思いますね。

エネルギー問題と環境問題には総力戦で

熊谷：火力発電所から発生する二酸化炭素を光合成を利用して固定化し、生分解性のプラスチックを生産する研究や水素を発生させる研究がありますね。

林：一つは光合成生物の中でも二酸化炭素固定能力が高いシアノバクテリアを使って二酸化炭素から生分解性プラスチックを生産する技術で、自然環境の中で微生物によって分解されるので環境面から期待されています。もう一つは微細藻類と二酸化炭素と光によって水素を発生させるというもので、これは技術的には可能なのですが、量的には広い面積で少しの水素しか発生しないなど実現性という面ではまだまだ多くの課題があります。しかし地球温暖化防止に役立つ技術は網羅的に手掛けており、このほか電力に直接関係ないことですが、インドネシアのガジャマダ大学と共同で熱帯林を再生する研究にも取り組んでいます。これは毎年約1,500万haの熱帯林が失われており、この面積は１年間に日本で排出している二酸化炭素総量の半分ぐらいを吸収する能力があると言われていることから非常に意味のあることだと考えているためです。このようにやれることはやりながら、併せて地球温暖化防止に有効な原子力に取り組んでいくことが電力事業者にとって大切なことだと思っています。



総合技術研究所にある世界最大級のAPSA（高性能系統解析試験装置）
中部から九州にいたる電力系統を忠実にシミュレートし、事故時の電力系統の動きなどの解析を行っています。

熊谷：エネルギー問題も環境問題もグローバルな問題として、世界全体、地球全体のシステムとしてとらえないとうまくいきませんね。

林：現在、日本の電力会社の持つ技術は、世界と比べ大体すべてにおいて１ケタ優れています。例えば原子力発電所が計画外にトラブルで停止する回数は、１基あたり0.2回と欧米先進国の概ね10分の１ですし、一般家庭の停電回数も、年0.1回と欧米先進国の10分の１以下です。そのほか火力発電所の排出する硫黄酸化物や窒素酸化物の量も大体欧米先進国の10分の１以下なんです。このような優れた技術をこれからはグローバルに活用していく時代に入ってきているという気がします。

熊谷：環境問題とエネルギー問題は一体的に考えなければならない問題ですね。そして、「グローバルなシステム思考」と、新エネルギーの技術開発や省エネルギーのためのあらゆる工夫などをすべて総動員した、東京大学名誉教授の茅陽一先生の表現を借りれば、「総力戦での取り組み」が必要だと思いますね。

林：そうですね。日本の電力会社がかかえている問題は、エネルギーセキュリティーの問題や地球温暖化の問題のほかに、電力会社も普通の企業として競争しなければいけない状況になってきているということだと思います。電力会社の特徴は、企業間で厳しい競争をしながらもそのインフラを支える使命感を持っていることだと思うんです。単に競争に勝ち抜くことだけが目的なら、いろんなメニューを全部手掛けていくことはできませんが、エネルギーの将来を考える使命を担っているという意味では可能性のある研究は全部手掛けないといけない訳です。

研究成果には厳しい各自点検、自己評価を

熊谷：研究所は総勢で何人ぐらいおられるのですか。

林：今、研究所に240名おり、そのうち研究者が190名ほどです。ただ、この190名の研究者は、今まで発電所や送電線の建設や運営に携わってきた人が中心で、研究のみに従事してきた人は少ないんです。以前は研究をメーカーに頼むことが多かったんですが、昨今はあてがいぶちの研究だけではコストダウンも出来ませんし、競争相手に打ち勝つ必要からも研究設備の拡充や研究者の中途採用など自力で研究が出来るよう変えてきています。

熊谷：林さんは、大容量地中送電線の研究で電気学会から学術振興賞（進歩賞）を受賞されるなど研究者としての実績をお持ちですが、今、研究所長として研究マネージメントをされる立場になられて、特に心がけておられることはございますか。

林：これからの関西電力の研究所は多様化していくと思います。多様なポテンシャルを持った人間が融合して様々な研究に取り組んでいくことになれば、研究成果の評価が難しい問題になってきます。私は、研究者にそれぞれ自分の研究課題について、自分で評価できる指標を持つように言っており、そういう意味では一人ひとり全部成果の評価の仕方が違うことになります。

熊谷：なるほど、自己点検、自己評価ですね。

林：はい。研究ですから失敗することは非難しませんが、何故そういう失敗をしたかということを自分で堂々と評価でき、堂々と言えることがこれからの研究者にとって重要になってくるのではないかと思います。それから研究

熊谷信昭理事長

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年同教授となり、学生部長、工学部長などを経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員。その間、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

電磁波工学の権威であり、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、ニューヨーク科学アカデミー会員などに推挙されているほか、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、電子情報通信学会著述賞、郵政大臣表彰、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。平成９年には日本学士院賞を受賞。

現在、科学技術会議議員のほか、国土審議会委員や郵政省電気通信フロンティア研究推進委員会委員長をはじめ各省庁の審議会委員や委員長、郵政通信総合研究所顧問、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、（財）地球環境センター理事長、（財）大阪府文化振興財団理事長、（財）災害科学研究所理事長、（株）原子力安全システム研究所社長・所長など役職多数。

所のマネージメントをする立場で考えますと、やはり企業の研究所ですから研究投資にあった具体的な成果を経営サイドに提出することが必要ですが、それだけではなく、現状では出来るかどうかわからないが電力会社の将来のために必要で可能性のある技術に一定の投資を継続することも必要です。そういう意味では今後のマネージメントは、何をどれだけ配分していくのかという研究資源投資管理が重要になってくると思います。

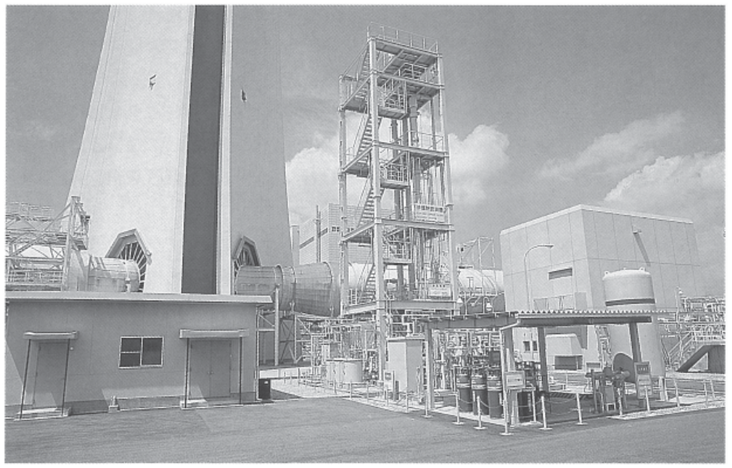
熊谷：マネージメントが適切でないと研究者の研究意欲が減退したり、ほんとに大事な新しい芽を見過ごしてしまいかねないということもありますからね。研究所長というのは、おっしゃったようにその判断と、場合によっては度胸が必要なこともありますね。

林：それはそうかもしれませんね。保守的にやってしまうと何も新しいことができなくなってしまいます。あんまり新しい物の方に寄ってしまうと、経営としての存在価値がなくなってしまいますので、その両方を十分考えていく必要があるんじゃないかと思っています。

神経系としての通信技術

熊谷：エネルギーと当面直接の関係はないように見えますが、林さんのところの研究所の研究テーマの中に非常に先端的な光通信の研究がありますね。

林：関西電力では、200以上の発電機が1,200万軒のお客様と結びついています。電気は蓄えることが出来ませんから、常にジャストインタイムで過不足なく電気を供給しているわけです。このシステムがどんどん拡大していっても正確に維持されているのは、この制御技術、情報通信技術が支えているからなんです。



排煙脱炭パイロットプラント（大阪・南港発電所）
火力発電所の排煙をこの装置に導き、地球温暖化の主な原因とされる二酸化炭素を化学的に分離・回収する実証試験を行っています。

熊谷：神経系統ですね。

林：そのようなことから情報通信の研究は、電力会社の本業にとっても重要だと考えています。関西電力の古い光通信線路の中には情報伝送量が少ないものがかなりありますが、サブキャリア多重とか光波長多重という技術を用いると張り替えなくても一挙に30倍ぐらいの情報を送信できる能力に格上げできます。これは新しい制御システムを導入するための有力な武器になります。

熊谷：光ファイバーは、今でこそ通信ネットワークの基幹みたいになってきて、ＮＴＴをはじめ各通信会社が一斉に取り組んでいますが、歴史的に見ますと、光ファイバーを一番最初に通信用に実用されたのは電力会社だったような気がしますね。

林：今後電気の使い方自体も非常に複雑になってくると思われます。単に電気を送ることだけでなく、生活とか産業活動を支える電気の効用を送っていると考えれば、電気の制御に合わせてお客さまが欲しがっている情報も送るという複合した機能を電力会社が果していく必要が出てくるし、社会経済活動の効率化をもたらす効果が出てくると思います。そのことからも電力にとって情報通信は非常に重要な技術なんです。

電力は意外に新しい技術領域

熊谷：一般に、電気の照明や電力・エネルギーへの応用というのは昔からある古い技術で、電気を用いた情報通信というのは非常に新しい技術のように考えられていますが、実際はその逆で、電気の通信への応用はモールスの電信機の頃から始まっていて既に百数十年の歴史がありますが、電気の照明とか動力への応用というのは通信への応用よりはずっと後から始まった新しい技術なんです。大学でも電気工学科は昔からありますが通信工学科なんていうのは最近出来たので、通信工学科は新しい技術を教える学科で、昔からある電気工学科などは古い技術しか扱わない学科のように思われており、大学を受験する高校生達も、情報工学科とか通信工学科などへ行きたがり、電気工学科へ進みたいという人は少なくなってきているようですね。

林：そうですね。電力の技術は成熟しており、新たに何もすることがないように思われているところがありますね。ひとつの形が出来上がっているのは確かですが、やらなければならないことはまだ一杯あるんです。

熊谷：今はやりの携帯電話なんかも、もっと小型にしてマルチな機能を持つ端末をつくろうと思うと決め手は結局電池なんです。一般の方は電池の研究なんて古い研究のように思われるかもしれませんが、やっぱり電源の問題は極めて大事なんです。

林：それは電力でも全く同じです。うちの研究所でも電気自動車用から家庭用、工場用、電力系統用まで基礎領域も含めて他種類のバッテリーの研究をやっているんですが、もし経済的でコンパクトで多量に電力を貯蔵できるものができれば、電力の使い方の世界が大きく変わると思うんです。また、この世界は電気技術だけでなく化学や窯業など様々な分野が融合した領域であり、これからの世界を象徴している新しい技術領域だと思います。

研究者同士の交流やボランティア活動の促進を

熊谷：林さんには、ひょうご科学技術創造協会の総合企画委員会委員にご就任いただいていますが、協会に対するご意見とかご感想などがありましたら聞かせてください。

林：協会では、特に若い研究者を活性化する目的で研究に対する支援をやっていただいており非常に有意義だと思います。また、これは兵庫県が中心となって昨年度から行われている関西科学技術セミナーなども研究者の交流に意義あるものであり、協会をはじめ兵庫県では非常に効果のあることにたくさん取り組んでおられると思います。

　さらに何か申し上げるとすれば、私は最近、研究者がインフォーマルに交流する場が少ないということを痛感しており、いろいろな研究者が集まって情報交換する場づくりを、工夫することでお金をかけずにできないかと考えています。もしそのような場が出来れば、そこに集まった研究者がボランティアで子どもや住民に科学技術のおもしろさを教えることも出来るようになるのではないかと思うんです。実現のためには私たち研究者の努力も必要ですが、そのきっかけを作っていただければ有り難いと考えています。我々研究者が社会からいただいてるものの一部でもボランティアという形でお返ししながら、研究者同士が刺激をし合っていくのが私の夢なんです。

熊谷：それはおもしろいですね。今日は大変貴重なお話を沢山うかがうことができまして本当にありがとうございました。

500kV大容量直流送電線ケーブル断面図
この技術の導入などにより、建設コストの低減が可能になります。

地球環境問題への対応のため、インドネシア・ガジャマダ大学と共同で研究を進める熱帯林再生技術
きのこの菌を接種したラワン苗木は、通常のものと比べ極めて成長が早い。

5周年記念座談会

世界の頭脳が集う 播磨科学公園都市を目指して

ー科学技術のスーパースター “SPring-8”ー

●出席者（50音順）

井口 洋夫 氏	前 岡崎国立共同研究機構 機構長
江崎 玲於奈 氏	筑波大学 学長
貝原 俊民 氏	兵庫県 知事
熊谷 信昭 氏	㈶ひょうご科学技術創造協会 理事長
白子 忠男 氏	姫路工業大学 学長（司会進行）

世界最高のツールでグローバルな発展を！

白子：江崎先生、井口先生には、ご多用のところご遠方からお越し頂きましてありがとうございます。初めに、貝原知事から両先生へ歓迎の言葉をお願い致します。

貝原：先生方には、本当にお忙しいところ、兵庫県にお越し頂きまして心からの歓迎とお礼を申しあげます。

世界最高性能の大型放射光施設SPring－8は、当初、姫路工業大学の先生方が建設を提唱されました。その後、熊谷先生をはじめ、関西の学界や経済界のご支援を受けて、ナショナルプロジェクトとなり、その整備が進められてきました。SPring－8が、去る10月８日に待望の供用開始を迎え、それを核とする播磨科学公園都市も“まちびらき”を宣言するまでに成長したということは、まことに感慨深いものがあります。

お蔭様で、江崎先生や井口先生をはじめ、ノーベル賞級の研究者の皆様が、数多く播磨科学公園都市を訪問されるようになり、大変ありがたく思っております。今後ともよろしくお願い申しあげます。

白子：江崎先生、井口先生は、昨日、播磨科学公園都市にお泊まりになり、現地をご覧くださいましたが、筑波研究学園都市をはじめ国内外のサイエンスパークと対比してご感想をお聞かせいただければと思います。

江崎：私は、大阪に生まれ、大学卒業後は神戸で研究をしていたこともあり、兵庫県は非常に懐かしいところです。

以前、ある大企業の会長さんが、関東に比べ関西の人の方が意欲的であり創造性があるんじゃないかとおっしゃっていましたが、本当にその通りで、筑波研究学園都市の文部省高エネルギー物理学研究所（現高エネルギー加速器研究機構）では、20数年前に約800億円の予算でトリスタンという加速器が整備されましたが、今、播磨科学公園都市では、1,000億円以上の予算を投じ世界最大のエネルギーの光を発生させるSPring－8が完成し、また県独自でもその費用を上回る巨費を投じて都市整備が進められるなど、関西の方がいろいろ新しいことに取り組んでいらっしゃるように思います。

世界最大のSPring－8がきっかけとなって、創造的なサイエンスがどんどん発展して、ここからノーベル賞に結びつく研究成果が発表されたり、あるいは新しい産業が生まれるなど、将来に向け非常に大きな夢が広がる基盤が造られたということについて、まずお祝いを申しあげたいと思います。

私のいる筑波研究学園都市は、今から30年余り前に閣議決定をして、国が主体となって建設を進めてきました。現在、日本の研究公務員は全部で約１万人ですが、その約半数が筑波に集まっています。研究所は、国公立の試験研究機関が約50、それから民間の研究所が大小併せて200くらい立地しており、ようやく当初の計画が終わりに近づいたのではないかと思います。

私どもの筑波大学では、先端学際領域研究センター（TARA：Tsukuba Advanced Research Alliance）を創り、そこでそれぞれ違ったカルチャーを持っている産学官の協力体制の強化に取り組んでいます。例えば、大学は基礎研究、それから国公立研究所は主として応用研究、そして民間企業では開発研究が中心になります。その３つのカルチャーが集まると、お互いに触発されて新しい考え方のもとに優れた研究成果も生まれてきます。

播磨科学公園都市においても、SPring－8を核として産業界との連携を深め、大学の基礎研究と企業の応用開発研究が交流して何か新しいものが生み出されることでしょう。

日本も、これからは、サイエンス領域を開拓し、その成果を基に新しいテクノロジーを創り、新しい産業分野を築いて世界に貢献することが求められております。欧米に範を取って、それに習っていくというこれまでの日本の風土を変えて行かなくてはなりません。我々日本人が自分たちの創造力と行動力で新しい学問分野を創り、情報の発信基地となり新しい産業分野を開拓しなければなりません。SPring－8という世界最高性能のツールが播磨科学公園都市に出来たということは、これから国際協力の下にグローバルに飛躍していく科学技術の基盤が出来たということであり、将来の発展が非常に楽しみなところだと感じています。

白子：私どもは、播磨科学公園都市を「光都（こうと）」と呼んで、光科学技術に関するメッカを目指しており、姫路工業大学では、産学官の連携大学院構想を描いています。国公立の研究機関や産業界と共同でTARAよりもっと分野を絞ったセンターを創りたいと考えていますので、ご指導をよろしくお願いします。

井口先生は、国の共同研究のメッカである岡崎国立共同研究機構で長く研究されてこられましたが、そのご経験から、研究拠点の望ましい姿についてお聞かせください。

井口：私は、姫路工業大学で新しく理学部を、戦後、国公立として初めて創るという話を、当時、学長であった角戸正夫先生から聞き、何度かお話をしたことはありましたが、今回、初めて完成した理学部に伺わせていただき、夢を見ているようでした。

播磨科学公園都市は、今まさに離陸したところであり、これからどういうルートでどの方向へ進んでいくかを決める状況ではないかと思います。研究者というのは、場所がどこであろうと引き込まれるような興味を抱くものがあれば、世界中どこへでも行きますが、その代わり魅力がないと２、３回は行くにしても、いつの間にか遠ざかってしまいます。

今、播磨科学公園都市は、SPring－8という非常に大きな求心力を持っており、人材も豊富に揃っておりますが、今後なお一層、その研究者たちが定住ないしある期間定着できるような環境をつくっていただければ、より発展するのではないでしょうか。

また、以前、岡崎国立共同研究機構分子科学研究所長として共同研究施設のお世話をしていた経験から言えば、共同利用の研究所に来る研究者は、後のことは考えないでとことん利己主義になって、１日、１時間を惜しんで研究をし、その成果を夜中までも解析しているようなわがままなところが多々ありますが、そのような行動を大目に見ていただき、播磨科学公園都市がいろいろな研究成果の発信基地になることを大いに期待しております。

そのような研究者に播磨科学公園都市に行こうと思わせる求心力をつけるには、いわゆる“スーパースター”の存在が必要です。その場合、ぜひ、姫路工業大学をはじめ地域の大学や研究機関が中心となって、その“スーパースター”となり得る人材を育てていっていただきたいと思います。

このことに関連する私の考えなんですが、私は昔から、人間の能力には限りがあるということを、常に頭に置いて研究に取り組んできました。私は、昭和23年に大学を卒業しましたが、戦後の何も物のない時代でしたので、例えば、真空ポンプが１台しかないからAとBの両方の実験はできないのでどっちの実験をやるかという選択を常に迫られていたため、自然にそのことを学び、身に付いたような気がします。

今、やらなければならないことが非常にたくさんあり、選択とはどれかを捨てることでなかなかできない厳しい作業なんですが、ぜひ、研究の中で「選

井口　洋夫
前岡崎国立共同研究機構長

江崎玲於奈
筑波大学長

択」ということを実践していただけるならば、SPring－8の存在とともに、よその研究者の期待に応え得る優れた専門家集団が、今後、播磨科学公園都市に大勢育っていくことでしょう。

今日は時間の制約がありほんのわずかな時間でしたが、姫路工業大学の理学部を見学させていただき、このような感想を持つとともに今後の発展に大きな期待をしているところです。

白子：当時、角戸学長を中心に、戦後、国公立で初めての理学部を創ったのですが、その際、井口先生には、大変お世話になりました。この場をお借りしてお礼申しあげます。

熊谷先生いかがでしょうか。

熊谷：私は、国の将来を考えましても、また一人ひとりの将来の生活を考えましても、結局、日本の将来は、科学技術の振興によって豊かで安全な社会を創ることと、基礎研究を含めた科学技術の研究開発を推進して国際社会において世界から敬愛されるような名誉ある国家となり、世界・人類に貢献していく以外に道はないだろうと思っています。このことは地域においても基本的には同じことだと思います。貝原知事は、卓見を持って、非常に早い時期から、県政の重要課題として「創造的科学技術立県」を唱えられ、国も最近、ようやくそういう考え方になってきました。

井口先生は、サイエンスには３つの大きな目標、つまり宇宙の根源、物質の根源、生命の根源を探るという目標があるとおっしゃっていますが、この10月に供用を開始したSPring－8は、物質の根源、生命の根源、さらにひいては間接的に宇宙の根源をも探求する非常に有用なツールになるものと大いに期待しています。

また、江崎先生は、科学技術と一口に言うけれど、科学と技術は基本的に違う面があるんだということを認識しないと混乱が起こるとおっしゃっていますが、私もかねがねそういう気がしています。

そういう面から見ますと、SPring－8は規模が非常に大きいというだけではなく、今までの装置にはない特異な特色があると思います。それは、ピュアサイエンスの研究に極めて強力なツールであると同時に、テクノロジーの開発に極めて有効なツールでもあるということです。両方を同じ場所で、同時並行的にできるという今までの研究装置にはない非常に大きな特徴を持っているんじゃないかと思うのです。これまではピュアサイエンスの実験研究装置と工業化、産業化のための装置とは普通は別だったのですが、その意味でもSPring－8は大変にユニークな存在だと思います。

これらのことからも、播磨科学公園都市を国内はもちろん世界中から研究者、技術者が大勢訪ねて来てくださるような地域にぜひしないといけないと考えています。私は筑波や京阪奈など各地の学術研究都市を見て思うのですが、やはり研究者も人間ですので、人間が何となく立ち寄ってみたくなるような雰囲気や環境をつくり上げて、魅力ある場所にしていくことが大切だという気がしています。そのために、私どもの協会もできるだけの力を尽くしていきたいと考えています。

いい光、いい音、いい香りを生かして交流の舞台を！

白子：先生方のお話を聞かれまして、知事いかがですか。

貝原：三先生が共通におっしゃったことは、播磨科学公園都市を中心とした西播磨を世界の研究者が集う魅力ある地域にすべきだということです。

播磨科学公園都市があるこの地は、当初、民間のデベロッパーが大規模な開発プロジェクトを展開しようとしたのですが、昭和48年に石油ショックが起こり、計画は挫折しました。その活用について地元だけでは対処しきれず、昭和57年、県に協力要請があり、2,000ヘクタールに及ぶ広大な土地の活用方策の検討を始めたのです。

その時、東京大学の木村尚三郎教授が、「21世紀は“人間の世紀”にならざるを得ない。19世紀から20世紀は工業が発達してきた時代であり、欧米でも、日本でも資源とかエネルギーの消費地に近いところが発展したが、今から人間中心の社会になっていくとすれば、人間が非常に住み易い地域が発展をして行くんじゃないか」と語られました。つまり、今後は、“いい光”“いい音”“いい香り”に満ちているところが発展していくと言われるのです。

確かに、アメリカでも、これまで発展を遂げてきた東海岸に代わり、ヨーロッパなどへのアクセスは劣るが、気候条件に恵まれた南の地域が飛躍的な成長を続けています。また、ヨーロッパ大陸でもその中心は、ドイツやイギリスから、フランス、スペインなどへと移りつつあります。やはり科学者や芸術家にしても、“いい光”“いい音”“いい香り”に満ちたところに集まるのでありましょう。

南フランスのニースの近くにソフィア・アンティポリスというサイエンスシティがあります。播磨科学公園都市は、この地と非常にロケーションが似ています。それは、どちらも海に面した丘陵地帯であり、近隣に魅力あふれる個性的な都市があるというところです。

そのソフィア・アンティポリスを視察した時に、なるほどと思ったのは、日本で新しい都市を創る場合、新都市に必要な施設をすべて持ってくるという「全部完結型」の発想をしますが、この地はそうではなく、非常に開放的な都市づくりをしていたことです。ソフィア・アンティポリスの研究施設に勤めている人の３分の２は都市外から通い、一方、居住者の３分の２はニースやカンヌ、マルセーユなどに通勤しており、まちは活気に満ちていました。また、環境のことを考えてみても、一つのまちに全部の施設を建設することは困難でしょう。そこで、ソフィア・アンティポリスのような“開かれた都市”を目指し、播磨科学公園都市の整備を進めているところです。

ところで、その核となるSPring－8は汎用性のある素晴らしいツールであり、あらゆる分野の学者の方々が興味を持たれています。そこで、政治家や学者などが集まり様々な課題について議論する「エグゼクティブセミナー」を開催しているアメリカのアスペン、あるいは経済界の方々が一堂に会する「世界経済フォーラム」の開催地であるスイスのダボスのように、播磨科学公園都市を一流の科学者や技術者が集い、いろいろな研究成果の発表などを通じて、豊かな交流が繰り広げられる地域にしていきたいと思っています。

熊谷：今のお話に関連しますが、例えば私の専門の電子・通信工学の分野でいいますと、トランジスタにしましてもレーザーにしましても、革新的なテクノロジーのそもそもの発端は、非常にベーシックなピュアサイエンスの分野の研究からスタートしています。それらの基礎研究を活用して新しい産業を創出しようとしますと、サイエンティストとエンジニアが集まってくる環境づくりということがその地域の発展のためにも非常に大事なことなんです。

そういう点から、カリフォルニアのシリコンバレーとボストン周辺のルート128沿線の地域とを比べてみますと、どうもシリコンバレーの方が旗色がよいようですね。その理由を、いろんな人が考えて書いたり、発言したりしておられるのですが、私は、人間の行動を決めるのに実質的に非常に大きな影響を与えているものの一つは、住む環境に対する魅力という極めてシンプルな要素だと考えています。私はボストンでは暮らしたことはありませんが、青春時代をバークレーで過ごしました。サンフランシスコベイエリアというのは、世界でも最も住みやすい地域の３本の指に入るといわれているくらいに本当に気候のよい暮らしやすいところなんです。

サンフランシスコベイエリアにあるスタンフォード大学とかカリフォルニア大学バークレー校にどうしてあれだけ優秀な研究者が大勢集まるのかといいますと、よそと同じような給料、同じような条件でスタンフォード大学やカリフォルニア大学バークレー校などからオファーがありますと、まず奥さんが賛成する。気候が良くて住みやすいという非常にシンプルな理由なんですけれども、案外、人間の行動というのはそんな非常に単純なことが決定的な影響を持つ面がよくあるんですね。それで、優秀な人たちが集まってきてうまく発展していくようになるんです。

兵庫県の場合も、考えてみますと、まず大阪湾ベイエリア全域が世界的にも非常にユニークな恵まれた状況にある地域だと思うんですね。近隣に古い歴史遺産、文化遺産が多数あり、また神戸のような非常に新しい雰囲気の街もあります。そして山あり、海あり、川あり、湖あり、島ありです。

大学にしましても、京都大学、大阪大学、神戸大学などの大規模総合大学がすぐ近くに隣接して存在しているような地域は、日本はもちろん世界中を見ても極めて稀じゃないかと思うんです。ですから、大阪湾ベイエリアの自然環境が非常に優れている点と、現在のいろいろな研究機関の集積などをうまく有機的に生かしていくと、世界のセンター・オブ・エクセレンスを目指す日本でも一番有望な地域じゃないかと思うんです。

江崎：確かに、今、熊谷先生のおっしゃったことはそうだと思うのですが、人間というのは、非常にいい環境のときに素晴らしい仕事をするのか、反対に逆境にいて、それを何とか乗り越えなく

熊谷　信昭
財団法人ひょうご科学技術創造協会理事長

貝原　俊民
兵庫県知事

てはと思った時に大いに馬力を発揮していい仕事をするのかという２つの理論があります。我々ぐらいの世代は、その２つの条件の両方を知っていますので、逆境を知っているからこそいい環境が欲しいと思い、いい環境が得られればいい仕事ができると思うのですが、今のような環境しか知らない人たちは、若干問題があるかも知れません。

いい環境という話では、今年の夏、カリブ海のサイエンスアカデミーから招待を受け、西インド諸島の中のジャマイカ、バルバドスとトリニダード・トバゴへ講演に行ったのですが、常夏の国で比較的自然がスポイルされていませんし、ロンドンの陰鬱な空と比べますと格段に環境の良いところです。新婚旅行でヨーロッパの人々が多く訪れ、また、それだけではなく、北欧の人たちが光を求めて滞在するところらしいのですが、もし環境ということになりますと、こういうところもあるいは将来、研究拠点として発展するかも知れませんね。

私は70年余りのこれまでの生涯、ニューヨークでは同じ所に32年も住んでいましたが、実は７回も住む所を変えています。人間というのは、あちこちいろいろなところを経験することは悪いことじゃないと思いますね。日本から外国のあちこちへ出掛け、また、多くの外国の人たちをこの播磨に受け入れていくという相互の交流が必要でしょうね。だから交流できるような場を、気候温暖で、風光明媚で、歴史の重みもある播磨科学公園都市を中心としたこの地域に創るということが非常に大事なんです。それに、今、熊谷先生がおっしゃったように、関西は、京都、大阪、神戸、奈良など伝統文化とサイエンス文化が交差し世界でも例を見ないほど集積しているところであり、そこに大変な財産であるSPring－8が加わったのですから、これは全く素晴らしいことです。

熊谷：それプラス競争的雰囲気ですね。江崎先生のおっしゃるとおり、家が貧しく、兄弟が大勢いて騒々しい狭い部屋でミカン箱を机がわりにひっくり返して勉強している方が、立派な個室の勉強部屋を作ってもらうよりよく勉強できるというようなことはままある話で、立派な環境を整えたら研究者がいい仕事をするとは限らないと思います。しかしながら、やっぱり世界中から人々が行きたくなるようなところでないとまずは駄目で、人々が行ってみたくなるような所に播磨科学公園都市がなってほしいと考えています。それにプラス競争的雰囲気を持ち、科学者、研究者たちが力試しに他流試合に来るような道場的な研究拠点という側面ができることも必要ですね。

文字通り“キーパーソン”が鍵を握る！

白子：熊谷先生の道場的な研究拠点というお話で思い出したのですが、SPring－8は世界に開かれた施設として利用が始まったわけですが、これまで長く共同研究に携わってこられた井口先生のご経験から、何かアドバイスがあればお聞かせください。

井口：私自身、岡崎国立共同研究機構などで共同研究における問題点を幾つか見ていますので、その経験から申しますと、このたび完成したSPring－8の利用という面には非常に大事なことが２つあると思います。

一つは、私が東京大学物性研究所にいた時の経験なんですが、共同利用の大きな機器を使う場合、その近くにその機器を実際に使う研究者がいないとうまくいかないということです。播磨科学公園都市では非常に素晴らしいことに、SPring－8のあるそばに姫路工業大学理学部が立地しており、絶対にこの特性を生かさなければいけないと思います。

もう一つは利用形態のことです。最近組織が変わりましたが、筑波にある文部省高エネルギー物理学研究所（現高エネルギー加速器研究機構）ではフォトンファクトリーを作って素晴らしい成果を挙げています。それを更に有効に使用するために、専任のスタッフとしてその装置の性能を最大限に発揮させるとともに、それを充分に利用する人材を配置すると、より多くの成果が挙げられると思います。

では、SPring－8ではどうすればよいかといいますと、SPring－8の中のビームラインを使う人が姫路工業大学理学部にいるならば、その人たちがそのラインを自由に５割使い、あと５割を他の研究者が共同利用するということが考えられます。そうすることによって、その装置は素晴らしい性能を絶えず維持していくことができますし、共同利用の５割もその最高の性能で使うことで良い研究ができると思います。

普通の運営でも人並みの維持はできるんですが、いわゆる我が子の如く可愛がるような気持ちで装置を管理運営して最高の性能を出す必要があり、播磨ではそれができる環境にあるのではないかと思います。

共同利用の精神からすると、特定の人たちが５割も利用すると多く使い過ぎるという反発が起こることは容易に予想されますが、そこはちゃんとしたポリシーを決めて優先権を認め、かつその人たちが性能をよく維持することで、次の研究がスムーズにできるというようにしていただきたいと思います。特に、キーパーソンが中にいてくれるというのが大切なんです。

科学の面白さは“サプライズ”にある！

貝原：ところで、ノーベル賞を受賞なさったエサキ・ダイオードの発明は、どのような環境や雰囲気の中で生まれたのですか。

江崎：エサキ・ダイオードを発明した1950年代は、真空管からトランジスターになる、わくわくするような刺激的な非常に大きなイノベーションの時代だったんです。私の半導体の研究がこの発展の時期だったのは、ある分野、半導体なら半導体に限りますと、いわゆる良き時代だったわけです。

良き時代というのは、二流の研究者でも一流の論文が書ける時代で、多分、二流の経営者でも一流の会社になって成功する時代です。反対に悪い時代というのは、一流の研究者でも二流の論文しか書けないし、一流経営者でもとんでもない会社しかできないんです。研究でも何でも、その良い時代を選ぶということは、研究だけでなくいい仕事をするためのコツで、タイミングを捉えることが非常に重要ですね。

それから、私のノーベル賞を受賞した研究は、半導体の中で量子力学的な「トンネル効果」というものを実証したわけですけれども、その前には数多くの失敗の歴史があったんです。サイエンスの研究には当然リスクが伴い、思うように成果が挙がらないことがよくあります。私自身の研究をちょっと振り返ってみましても、目の着けどころは良かったとしても、多くの失敗がありました。これをサイエンスの世界では、クリエイティブ・フェイリャといい、日本語では「創造的アプローチの失策」とでもいうのでしょうか、そういうクリエイティブ・フェイリャの中で活路を見い出し、チャンスをつかめばサプライジングないい仕事ができるわけです。ブレークスルーにも結び付きます。

多分、知事さんがおやりになる道路を造ったりするような仕事は、ちゃんと計算して計画通りにやらなければいけないので、クリエイティブ・フェイリャがあると困るんじゃないかと思うのですが、サイエンスの分野は、計画してそのとおりになってもあまり面白くないんです。それは当たり前なんです。サイエンスというのは、そこにサプライズがあるところに面白さがあるんです。

ですから、私がノーベル賞を受賞した背景には、私のやろうとしている分野にはもろもろのクリエイティブ・フェイリャがあったということ、それからちょうど半導体が発展するタイミングに乗ったことです。それに幸い世界の一流雑誌に論文として結果を報告できたということですね。

先ほどお話をしたカリブ海に行った時、学生から「ノーベル賞を取るのに幾らお金を使ったのか」という質問がありましたが、自分たちはお金が無いからできないんだというような気持ちを持っているからなんですね。これには私も、「100万ドルぐらい使った」と言いたかったんですが、当時の小さなソニーの技術開発費での研究ですからあまりお金は使っておりません。そう考えますと、ひょっとしたら私は世界で一番安いお金でノーベル賞を受賞したのかも知れないと思うようになりました。

このようなカリブ海に住む彼らに希望を与えているのは、最近、インターネットなどの情報通信技術が進歩し、地球上の住人から距離と時間の違いというものをなくしたことです。ですから、科学技術の中心から離れたああいう遠隔の島にいる人たちにとってはむしろいい世界ができたんだと思います。ですからソフト分野の研究ならば、環境の良いカリブ海でできるかも知れませんね。

貝原：大発見や大発明は、研究室の中で一生懸命に研究したからといって必ずしも成果が出るとは限りません。むしろ、明け方目覚めた時や庭木の手入れをしている時などに突然、発想が浮かんだという話をよく聞きます。江崎先生の場合はいかがですか。

江崎：それについては、アマダールという人が研究して本を出していますが、良い発想が浮かぶことに定石のような

白子（はくし）　忠男（ただお）
姫路工業大学長

ものはないようです。

私の研究は半導体の中で「トンネル効果」というものを見るためには、どうすればいいかと考え、そのためのいろんな準備、計画をしたんですが、やってみますと意外な結果が出てきたわけです。その意外な結果が出た時に、それをどういう風に説明するか、その意外な結果をより発展させるにはどうすればいいかということを考えながら研究していくわけなんですが、先ほど話をしましたように発明、発見というのは、最初の計画通りには必ずしもいかない場合が多いんです。ですから、そういうクリエイティブ・フェイリャが起こった時の対処の仕方が重要だと思いますね。

確かに思い付きというのは、貝原知事がおっしゃったように、研究室で一生懸命研究に打ち込んでいる時ばかりではなく、旅行にでも行った時にポッと思い付くことは、科学者だけでなく誰しも経験することなんですが、これはある人に聞いてみますと、計算などを司るのは左の脳なんだけれど、クリエイティブなことは右の脳で無意識に働くといいますが、そうかも知れません。

熊谷：江崎先生とはこれまで何度もお会いしていながら、いつも他の話ばかりで聞きそびれていたのですが、以前から一度直接お伺いしたいと思っていたことがあるんです。

それは、ノーベル物理学賞の受賞対象になったご業績は半導体中の「トンネル効果」という量子力学的な効果についてのご研究なんですが、エレクトロニクスの分野の者が非常に大きなショックを受けたエサキ・ダイオードの発明は、こうなるだろうと予測を立てて実験されて負性抵抗効果を見つけられたのか、それとも全く偶然発見されたのかということなんです。

江崎：ちょっと専門的になりますが、エサキ・ダイオードというのは、半導体そのものというよりＰＮ接合の話なんです。半導体にはＰ型とＮ型があり、どんな不純物を入れるかによってＰ型になったりＮ型になったりします。ＰＮ接合というのは半導体ディバイスで非常に重要な役割を演じているのですが、ＰＮ接合のところを電流がどう流れるかですべてが決まります。

普通、半導体はＰＮ接合部分がいわゆるバリアのような役目をしており、電圧を加えることで電子が接合部分を通り越すことができるようになり、パッと電流が流れます。

「トンネル効果」というのは簡単には見られなくて、半導体に不純物をどんどん混ぜて計画的に幅の薄いＰＮ接合を作ります。トンネル電流は、大体10ナノメータ（ナノメータ＝10のマイナス９乗メートル）ぐらいにしないことには見えません。どんどん不純物を多くしますと逆方向のブレイクダウンボルテージが小さくなりゼロまでくるわけです。

まず私が作ったのは逆方向ダイオードといいまして、整流方向が反転した従来にない面白いＰＮ接合です。それから更に幅の薄いＰＮ接合を研究していきますと、いわゆる負性抵抗みたいなものが現れました。最初ちょっとおかしいなと思い、それを低温度で計りますと負性抵抗がはっきりしてきます。どんどん不純物が増えますと負性抵抗がはっきり現れてきました。ですから負性抵抗は作ったものではなく発見したものなんですが、逆方向ダイオードの方はこうなるだろうと思い、計画的に作ったものです。

私は、逆方向ダイオードを作っただけではノーベル賞はもらえなかったと思います。負性抵抗というサプライズを確認、追跡した面白さに賞が与えられたのです。こういうチャンスは非常に大事ですね。幸運に恵まれたと言えばそれまでなんですが。

“自己発見”こそ教育の原点である！

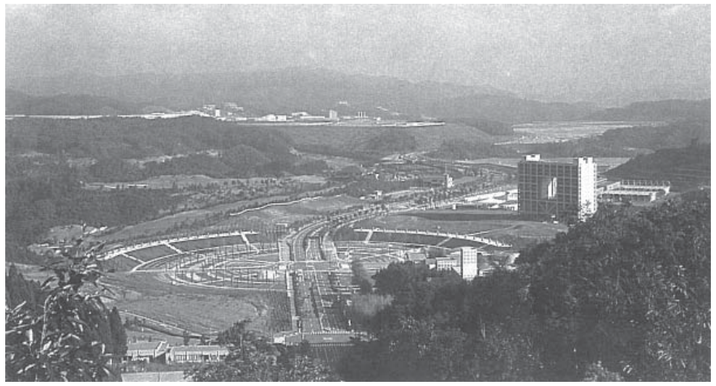
白子：今年も日本人は誰もノーベル賞を受賞しなかったということで、先日、新聞に「科学では従来の説を覆す新説や画期的な発見が最も評価されるが、日本では既存のルールを大切にする文化が幅をきかせ創造性の発揮を阻害している」という江崎先生のコメントが出ていました。江崎先生は最近、教育の重要性を盛んにおっしゃっておられますが、お考えをお聞かせください。

江崎：我々人間の真価は、英語ではメリットと言いますが、日本の社会では、我々の生まれながらの才能プラス努力イコール人間の真価という方程式になっています。ところが持って生まれた素質にプラス努力では駄目なんです。掛け算の努力にしなくちゃいけません。持って生まれたものに努力を重ねるわけですから、掛けるになるんです。日本はプラスしているだけでなかなか掛けるになりません。暗記とかはプラスに過ぎないんです。

日本の社会は、アメリカの社会に比べますと、どちらかというとグループというものを重視するわけですよね。人間というのは、ご存知の通り、自分一人で勝手に生きられなくて、家とか企業とか会社とか学校とか、何らかのグループに属さないといけません。その中でルールに従って生活するのは普通なんですが、その場合、どちらにプライオリティがあるかということですね。グループの安寧と繁栄にプライオリティを置く、つまり個人が集団を支えるべきなのか、あるいは反対に、グループはむしろ個人の発展、幸福を支えるためのものなのかということで、議論があるんじゃないかと思うんです。

日本はどちらかというと、やっぱり集団を重視する社会ですね。ですから、小学校でも協調することとか、皆さんと一緒に仲良くやるということを重視します。このことはやはり平等主義みたいなところと関係するんじゃないかと思うんです。できるだけ評価することを避けた平等主義社会で仲良く集団の力を発揮していこうということは今までそれなりに成功してきた例がいっぱいあるようには思うんですが、科学の業績などということになると、個性とか創造性とか、やはり個人の仕事である場合が大きいわけですよね。

そうするとやはり優れた個人を創らないといけないわけで、日本もだんだん個人を尊重した社会になっていくんじゃないかと思うんです。個人主義というのは日本では良く言われていませんが、自制心を持つ人間を創っていく必要があります。例えば、野球でも強い球団はプレーヤーが生きるわけで、もちろんその組織力もものを言いますが、やはりいいプレーヤーがいないことには勝負に勝てないんです。



快適な居住環境と優れた研究環境を備えた播磨科学公園都市
世界の研究者が集う国際的な研究交流拠点としての発展が期待される。

熊谷：私は大阪府の教育委員長を仰せつかっておりますが、日本の学校教育の現場はなかなかそんな雰囲気にはなっていませんね。このごろは、運動会でも集団のリレー競走はやってもよいが個人の競走はやっちゃいけないようです。競争によって個人に差がつくのは悪という考え方のようなんです。

貝原：科学の発明、発見というのは、結局、“自然の理”を見い出すことであり、そのためには、自然を観察する豊かな感性や直感力が大切でありましょう。私も、子供たちの教育が今のままで良いのかと大いに疑問を感じています。

立花隆さんが、最近の雑誌に「今の大学教育で教養課程というのが無くなっている。もともと博士号というのはDoctor of Philosophyのことで、サイエンスだってやっぱり哲学だったけど、哲学の部分が日本の教育から失われてしまって、単なるテクノロジーみたいな教育になっている。そう言うことがオウム真理教事件とか、神戸の中学生による小学生連続殺傷事件とかに繋がっていってるんじゃないのか」と書かれていました。

画一的、単線的な教育制度、学歴重視の風潮の中で、うまく適応できない子供たちが増えています。いまこそ、一人ひとりの個性や適性を尊重しながら、生涯を通じて学ぶ意欲を培っていくことを基本とした全人格的な人間教育の仕組みをつくることが必要でありましょう。

江崎：アメリカでは非常にリベラルエデュケーション（人格養成を重視する教育方法）を重視した学校教育を行っていますが、英国は、割合早く専門教育をやってしまいます。

私は、筑波大学の学長になって５年くらい経ちますが、最近の学生は自分というものを理解していないと感じています。もう少し自分というものを見つけないといけません。アメリカは競争社会ですから、やはり自分を見つけ

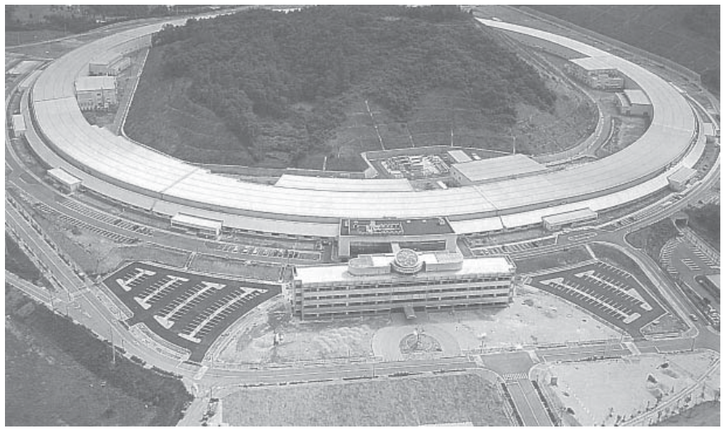
自分の得意とするところで競争しないといけないわけです。100メートル競走に負けても、他にたくさん職業があるわけですからそんなことを残念がる必要は何もありません。自分が走るのが遅いということが判ることがいいわけで、まず自分が判ることが非常に重要なことなんです。走らないことには自分が遅いことが判らないんですよ。いつまでも、俺は将来運動選手になるなんて錯覚していたら、その方が大きな問題ですよね。

日本では、自分を判っていないため、大学の先生になるべきでない人が大学の先生になるというようなミスキャストが大きな問題であり、自分を本当に知るということは非常に重要なことなんです。

話は飛ぶかも知れませんが、宮本武蔵の武者修行というのは、自分の力を知るためなんですね。全国を歩いて、戦わなくては自分の力が判りませんから。サイエンティストでもあっちこっち行く一つの理由は、やはり自分の力を試すためなんです。そうすることで自分の得意、不得意が判るんです。教養教育の大きな目的の一つは、やはり自分というものを知ることにあるのです。

アメリカの小学校では授業に、show and tellというのがあります。これは小学校２、３年生くらいの子供に、１週間のうちで自分が一番感動した面白い出来事について、どんなことでもいいからみんなの前で３分間話しなさいというものなんですが、その目的は、自分が何に興味を持つかを知ることと、それを他人に知らせるコミュニケーションの技術を学ぶことです。

自分の得意な分野で競争するには、そういうことが大事なんです。自分で判れば、それに基づいてそれに合った一番良い教育を自分で受けることができるわけですから。このように、教養教育の一番大きな目的は自己発見なんですが、そういうプロセスが日本にはないんです。



世界最大・最高性能の大型放射光施設SPring－8
ノーベル賞級の偉大な研究成果が現れるものと国内外から寄せられる期待は大きい。

熊谷：全く江崎先生のおっしゃる通りだと思います。日本に古くからある誤解を与えやすい教えは、「為せば成る」ということわざに代表されるように、人間努力すれば何でもできると錯覚させることです。努力は確かに必要ですが、それに先立って更に必要なことは、今、江崎先生がおっしゃったように、自分の一番優れた素質は何かということを見つけることであり、これは本人にとっても、親にとっても、教師にとっても一番大事なことだと思います。

もし、湯川先生とか江崎先生が、「俺は相撲の世界に入って横綱になりたい」と思っていくら努力しても、多分、横綱にはなれなかっただろうと思いますし、逆に、曙や貴乃花が、「俺は物理学でノーベル賞を取りたい」と思ってどんなに努力しても、これも多分無理だろうと思います。やっぱりその人の一番得意というか、優れたところを見つけるというのがまず基本ですね。それに「掛ける」努力ということになるんじゃないでしょうか。

江崎：日本は、お手本社会なんですよ。日本のような平等社会では、お手本、つまり模範生というものを作って、皆さんそれに習いなさいというような教育が一般的なんです。アメリカでは、自分がみんなとどう違っているか、自分がどれほど例外的であるかということを追求していくんです。

“アナウンス”は世界に向けて！

熊谷：ところで、井口先生にお伺いしたいのですが、ノーベル賞は、言うまでもなく新しい突破口を切り拓いた人に与えられる賞なんですが、昨年のノーベル化学賞はC₆₀を発見した人が受賞しています。しかし、あの存在を最初に理論的に予言したのは日本人なんですが、その人は受賞していないんですね。そのことについてどういう印象をお持ちですか。

井口：非常に難しい質問ですね。

江崎：その存在はしかるべき論文として発表されているんですか。

井口：日本語の総説誌に掲載されましたが、残念ながら世界的なサーキュレーションとなるところには発表されていませんでした。

熊谷：日本語の論文では認められないというのも若干問題ですね。今までにも割とよくある話なんですが、もしも本人がこれは面白い、あるいは重要な成果だと思ったなら、研究成果をちゃんと世界にアナウンスするような努力をすべきだと思いますね。

江崎：私も、もし英文で論文を発表しなかったら、絶対にノーベル賞を受賞していませんよ。あの時代、日本語の論文を書いて、日本の雑誌か何かにだけ出しても絶対に駄目です。それはフェアじゃないと熊谷先生はおっしゃるかも知れませんし、私もそういう気がするんですが、残念ながら現実はそうなんです。

井口：総説誌への発表は1970年だったと記憶しております。

江崎：ご本人には大変お気の毒なんですが、将来のために、研究成果はちゃんとした論文にして発表しておくことでしょうね。

貝原：外国には研究成果を発表する場が多くあるのですが、日本には余りありません。先程申し上げたアスペンの「エグゼクティブセミナー」のような学会を播磨科学公園都市で継続的に開催していきたいと思っています。そこでの研究成果の発表が世界的に認知されるという権威のあるものに育てていけば、播磨科学公園都市は、世界の一流の研究者が集い、交流する国際的な科学技術の情報発信拠点として大きな飛躍を遂げることができるのではと思っています。

井口：貝原知事のお話に関連してですが、このたび姫路工業大学において創造的基礎科学国際会議の第１回を開催されましたが、こういうシンポジウムは継続することに意義があると思います。お願いとしましては、今回非常に素晴らしいことをされたわけですが、今回のような内容を100回続けるのは無理な事だと思いますので、余りエネルギーを使わないで少し気楽に、しかし毎年継続して開催していただきたいと思います。

例えば、岡崎国立共同研究機構分子科学研究所では、岡崎コンファレンスという国際会議を毎年数回開催しており、今年で60回ぐらいになりますが、規模は外国人約10人を含んでせいぜい50人程度の参加者で、経費的にもごくわずかです。何年かに１度は著名な研究者を招へいするなど大規模なイベントとして開催することも考えられますが、このように研究者が気楽に自分たちの庭でできる程度のことを継続することこそ重要ではないかと思っています。

白子：長時間にわたり貴重なお話をお聞かせいただきどうもありがとうございました。先生方のご意見を参考にさせていただき、播磨科学公園都市が国内外の研究者が交流し、そして優れた研究成果を世界に発信する場となるよう、姫路工業大学としても精いっぱい努力してまいりたいと考えておりますので、今後ともどうぞよろしくお願い致します。

国公立として、戦後初めて理学部を新設した姫路工業大学（播磨科学公園都市学舎）
立地特性を生かし、SPring－8などと連携して光科学技術研究のメッカを目指す。

※井口洋夫氏は日本学士院会員、東京大学教授などを歴任。2014 年３月に逝去。
※江崎玲於奈氏は現在、横浜薬科大学学長、日本学士院会員。
※白子忠男氏は 2010 年３月に逝去。

天文学から見た　科学の魅力と不思議

ー星の世界から　地域学習までー

●対談者

県立西はりま天文台公園 園長・
県立南但馬自然学校 校長
森本 雅樹 氏

×

㈶ひょうご科学技術協会
理事長
熊谷 信昭 氏

熊谷：普通の多くの人がそうであるように天文学には私自身も興味を持っていましたが、特に、天文学を志す人は子どもの頃どういうものに興味を持っておられたのか、そのあたりからお伺いします。

森本：小さい時は「人と変わったヘンなこと」が好きだったんですよ。今でもそうです。しかも子どもの頃は、学問ってそんなものだと思っていたんですね。しかし学問の道に身を投じてみたら、そうじゃないということがやっとわかった。偉い人が言ったことをなぞっていかないと論文は書けないと。そういうのが後になってわかったんですが、もう手遅れですね。

熊谷：東大理学部の天文学科を選ばれた理由はなんでしょうか。

森本：それは簡単なんです。数学と理科とかは、あまり勉強しないでも問題が出てから考えればある程度はできるでしょう。だから理科方面に行ったんですよ。でも低空飛行が得意なものですから、単位は落とさないけど平均点がずば抜けて低かったので、定員割れの学科しか行けなかった。しかも自分の持っている単位で行ける学科というと、地質鉱物と人類学と天文学しかなかった。(笑)　それからもう一つは、「君みたいな成績の悪い人は、第3希望まで言っておかないと、もしかしてそこが定員いっぱいになると行かれない」と言われていた。その3つがあるから、「天・地・人」と書いたんですよ。天文学の天、地質の地、人類学の人ですね。そうしたら一番最初に書いた天文になっちゃった。この言葉って中国の昔の学者が言った言葉ですよね。その人がちょっと酒の量が足りなかったり多すぎたりしてたら、「人・地・天」と言っていたんじゃないですかね。そうすると今頃私は人類学者です。それで熊谷先生から、なんで人類学を志したのかと、そう聞かれているんじゃないでしょうかね。

日本の大学における天文学は

熊谷：先生が大学に入られた頃は、天文学関係の学科というのは全国の大学にいくつくらいあったんですか。

森本：3つです。東北、京都、東大。それ以降は物理学科の中にあるとか、地学の中にあるとかというところは増えてきています。

熊谷：私が長年勤めていた大阪大学にもごく最近、ほんの数年前に宇宙地球学科ができました。

森本：そうですね。学科の名前に「宇宙」「地球」ってつけたりなんかしたけど、ちっとも宇宙もやらないし、地球もやらないので、一時学生さんたちが大学を告訴するという事態もあったんです。

つまりそういう新しいものを作ろうというと、大学の中での抵抗というのが非常に大きくてなかなか作れないんです。でも、子どもたちは「宇宙」というととても興味があるんです。ただ、今の日本の教育は、そこにそっぽを向いている。

熊谷：外国の大学では、天文学を学べる大学は多いんですか。

森本：ずっと多いです。小さな大学にもちゃんとあります。京都、東大、東北の3つしかないというのは、1番古い大学だからです。最初に外国のまねをして作った大学にはあるけども、あと富国強兵策で作っていった大学、高度成長で作っていった大学にはない。

鹿児島大学で、学科の講座を借りた形で、宇宙コースというのを作った。学生募集は物理の中で、やってみたら、それまで定員割れをおこしていた物理学科が、最初の年で2倍。その次の年は3倍になりました。今度何倍になるか。これは、全国から集まってきます。宇宙コースというか物理学科全体ですが、これは県外が半分以上です。

熊谷：それは宇宙コースに興味を持って受験生が増えてきたのか、それとも先生のお若い時の経験のように、新しくできた宇宙コースは入りやすそうだという、今時の学生の「入れる大学を選ぶ」という計算から増えてきたのでしょうか。

森本：そのどちらの狙いもこっちにはあったわけです。そういうふうに来てくれるだろうと。成績のいい子よりも一生懸命な子がいいから。

熊谷：先生は東大理学部の天文学科をご卒業になって、すぐ東京天文台の方へおいでになったんですか。

森本：ドクターコースの途中です。畑中武夫先生という方がおられまして、太陽電波というかなり国際レベルの仕事になってきているグループのメンバーだったんですが。

熊谷：今の国立天文台ですね。

森本：そうです。

電波天文学とは

熊谷：ご専門の研究テーマは電波天文学ということですが、それはどういう事を研究される学問なんですか。また電波望遠鏡というのは、どういう原理でできているものなんでしょうか。

森本：雷が鳴る、雷雲ができると、ラジオにガリガリという音がする。だから雷からは電波が出ている。放電ですね。ガリガリという音がするということは、何千分の1秒だか何万分の1秒だかという細かいパルスの集まりです。ということは、目で見ると雷はピカッと1つだけど、あれは細かい電流がいっぱい集まったものだよということがこれでわかるわけです。

熊谷：宇宙からくる電波を受けるわけですか。

森本：宇宙でもなんでも、まず自然現象から電波を受ければいいわけです。あの太い稲妻が細かいものの集まりであるということを一発で解明できるというのが電波望遠鏡の原理です。

熊谷：もっと基本的なことですけど、電波天文学というのは、要するに今のようなケースも含めて、宇宙のどこかから届いた電波を受けて、それを調べて宇宙の色々なことを知っていこうというものなんでしょうね。

先生のやっておられるミリ波の電波望遠鏡は、宇宙から来るミリ波帯の電波をつかまえる望遠鏡ですね。

森本：はい。そう大きく違うわけではないんです。大きな電波望遠鏡を作ろうと思うと、針金ではうまくいかないので、回転放物面（パラボラ）で電波を集めます。もし一部が1ミリ出っ張っていたとします。そうすると、ぶつかって反射するから、プールのターン

県立西はりま天文台公園長
県立南但馬自然学校長
森本　雅樹氏

1932年生まれ。56年東京大学理学部天文学科卒業。59年同大学院理学研究科天文学専攻修士過程終了。同年東京天文台（現・国立天文台）に入り93年国立天文台教授を定年退官し国立天文台名誉教授、同年鹿児島大学大学教授に就任。98年鹿児島大学を定年退職。

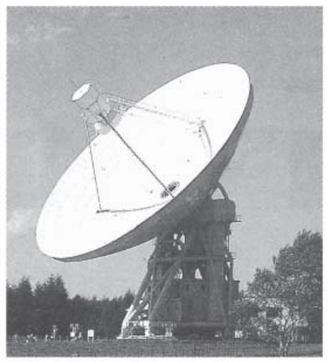
太陽電波の研究を行い、東京天文台（現・国立天文台）教授として、日本の宇宙電波研究の定着に努力し、衛星通信実験用アンテナを利用した観測、野辺山宇宙電波観測所などの建設を手掛けられ、これらの業績により、電子通信学会業績賞、仁科記念賞など受賞。

現在、兵庫県にある西はりま天文台公園長、南但馬自然学校長をつとめながら兵庫の豊かな自然、ユニークな建造物、すてきな産物などを楽しくサイエンスする「ひょうごは大きな博物館」運動を展開中。

著書に、「望遠鏡を作る人々」「宇宙をはかる」「星の一生」「宇宙経由野辺山の旅」など。

みたいなもので、電波の波長が４ミリだったら、もう180度位相がずれてしまうんです。プラスとマイナスがぶつかっちゃうから、電波はぜんぜん集まらない。だから波長ミリの電波を集めようとすると、この回転放物面の精度が0.1ミリ以下ぐらいにならないといけない。波長の10分の１でやっと。20分の１あれば、正確なものとほとんど変わりない。そんな感じです。

それで野辺山で作った45メーターのパラボラアンテナは、色々構造を計算したり、測定方法を改善したりして、ひとまず0.18ミリ程度までいったんです。そのあと主に測定方法を改善していって、現在60ミクロンです。アルミなんかではなくて加工しやすい鉄の棒を、コンマ１ミリの精度で長さを正確にするというだけでかなり難しいです。それで研磨精度だけではなくて、温度差による歪みとかなんかあります。それからたわみとか。温度といったって、そんなにあると、こっちだけ日が当たってこっちだけ日があたらないとか、地面からの反射とかがあるんです。それを計算できるものは計算し、計算できないものはモデル実験をして、計算できない部分とどう違うか、また計算に補正項を入れるとかいうことをして、やっていったんです。



［野辺山のパラボラアンテナ］
世界一の性能を誇る45mミリ波電波望遠鏡

天文学での電波の起源

熊谷：遠いところにある星からの電波というものがありますね。そういう電波はどういうふうにして発生すると考えればよいのでしょうか。

森本：１つはアンテナに電流を流すようなもので、電子が動くことによるものです。電子はマイナスの電気ですからそれを動かすためには、プラスの電気ではじいてやるか又は磁場の中を通して曲げてやる。この２種類があります。温度の高いガスだと電子と陽子というのがあるから、それが動いているとグジャグジャなっていて、それから電波が出る。普通の針金の場合には、グジャグジャ動いていると電子も陽子も逆に動くから、電流ゼロで電波はほとんど出ないんですが、空間だと陽子は重いからうんと遅く動くんです。一方電子は早く動くから、電子の分の電波だけ強い。

それから磁場がある場合には、これがとても面白いんですが、磁場のまわりを電子が回る周期というのは、速いやつも遅いやつもみんな同じなんです。一定の周期でまわるから、この周期の電波が出るかというと、他のものがみんな同じ周期で回っているから、吸収されちゃうんです。だから他の電子と違う速度で、違う周期で回る電子が欲しい。ちょっと重たい電子。光の速さにうんと近いような電子があると、重たく見えるでしょう。例の相対性原理の効果です。それで周期が変わる。

［天の川の中心部］
この辺りで、エチルアルコールが見つかっている。

だから先程お話しした放電現象も、雷の場合は静電気で起こりますが磁場の変形で発電し加速が起こることが、例えば、太陽の黒点の近くとかブラックホールに落ち込むガスの中とかありとあらゆる場所で見られるんです。

熊谷：どの星からも電波は出ているんですか。

森本：いわゆる普通の星は、ちょっと小さすぎて、なかなか強い電波は出ない。大きく広がったガスの中で、自由な電子が動き回っている。そこに強い磁場があって、その磁場に変動があったりすると加速が起きる。狭い場所だとブラックホールくらい高エネルギーでないとうまく出ない。

熊谷：そうすると、すべての星から電波が出ているわけではなくて、ある程度高いエネルギーを持った星からしか電波は出ていないんですね。

森本：そうです。しかしそれと正反対の冷たいガスからの電波もあります。たとえばエチルアルコール。あれが電波を出すんです。エチルアルコールは絶縁体だから電流が流れないと言う人がいるけれど、エチルアルコールの場合、OHというのが電子を引っ張る力が強い。

熊谷：C_2H_5OHですね。

森本：OHの側が電子を引っ張ってマイナスになって、逆側がプラスになっています。お互いにそういう色々な分子がぶつかって回転すると、電波が出るわけです。化学で分子の分極というのがある。あれですよ。分極した分子がガスの中にあって、回転して電波を出す。電波というのは、１個１個のフォトンのエネルギーは非常に低い。だから、例えば温度でいうと、絶対温度10度とかいうぐらいでも十分上のエネルギー順位にいけるんです。それが電波として地球に届いているので、宇宙の非常に冷たいガスを直接観測することができる。これで宇宙の中でどうやって星ができるかということがわかるようになってきたんです。

熊谷：そうした観測を積み重ねることによって、それが星の起源の理解につながってくるのですね。

森本：はい。これまでの様々な観測データから、星というのは回転しているとか、宇宙のガスが縮んできて星がで

財団法人ひょうご科学技術協会
熊谷　信昭　理事長

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）特別研究生終了。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年同教授となり、学生部長、工学部長などを経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員その間、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

電磁波工学の権威であり、その先駆的業績により米国電気通信学会終身名誉員（Life Fellow）、電子情報情報通信学会名誉員、ニューヨーク科学アカデミー会員などに推挙されているほか、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、電子情報通信部会著述賞、郵政大臣表彰、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。平成9年には日本学士院賞を受賞。

現在、科学技術会議議員のほか、国土審議会委員や郵政省電気通信フロンティア研究推進委員会委員長をはじめ各省庁の審議会委員や委員長、郵政省通信総合研究所顧問、理化学研究所相談役、光量子化学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、(財)地球環境センター理事長、(財)大阪府文化振興財団理事長、(財)災害科学研究所理事長、(株)原子力安全システム研究所社長など。

きたということはまず間違いないと考えられていて、理論的にも色々研究されてきたのです。ただ実際目で見てやってみると、より具体的になってきて、銀河系の渦巻き構造みたいなものがあるけれど、あれとはこういう関連があるんだとか、個々の過程としてではな

くグローバルに見えてきたんです。それから惑星の形成にはこんなふうにつながるだろうとか。

熊谷：私たちが暮らしている地球についても色々なことが正確にわかってくるというのは、非常に面白いし、大事なことですよね。それこそ地震の発生に関係するなどにもヒントが得られるかも知れない。

森本：ええ。ただ、なにかというと地震予知というけど、あれももう少し地震という現象の基本的理解が必要です。地震学で地震予知、地震予知と言っていた頃は、みんなナマズを飼ってみたり、諏訪大社の大命神にお願いした方がいいようなムードにだんだんなってきてました。

熊谷：関西サイエンスフォーラムという色々な分野の科学技術者が集った組織があるんですけど、そこでそれこそナマズも含めて地震の前兆情報と思われるようなものを全部リアルタイムに集めて、それらを重ね合わせて、適切な情報処理をすれば、意味のある情報が得られるのではないかと、そうした調査研究を3年前からやっているんですよ。

森本：それは大事ですね。迷信なんていうけど、どうしてそういう迷信が起きたか、それなりの原因がある。単に偶然だったりはするんですが、なにかはあるわけです。キチンとデータを集めてホントならホントなりに「地震」という現象とのかかわりを見出すという形で対応することが必要でしょう。

熊谷：人々の経験的な蓄積がそうした迷信と言われるものになっていることはあるわけですからね。

森本：あり得ますものね。

熊谷：科学的にまだそのメカニズムが解明できていないということなんですね。

森本：こんなこと、あんなことがあった、何か関係があるんじゃないかと、すぐ科学者のところに行くと、科学者がはっきりと説明しなかったり、なかには大胆な仮説を唱えたりするけど、それで終わり。そうではなくて、こういう条件の時はそれが起きた、こういう条件の時はそれが起きなかったということを、データを並べていけば、それが単なる迷信かどうかわかる。

「ひょうごは大きな博物館」運動

熊谷：いま先生は西はりま天文台公園長、南但馬自然学校長をおつとめですね。主に青少年が対象ですか。

［月］
うさぎの餅つきに見える黒い部分が試見である。

森本：西はりま天文台は全部です。自分では「ひょうごは大きな博物館」だと思っているんです。

兵庫県に来て思ったのは、遠くから見ているとやはり阪神間が中心なんですよね。ところが、鹿児島にいた頃から西はりま天文台と関連していて、あの近所でそうめんとかお醤油とか、けっこう雪が降ったりして閉じ込められたり....。だから兵庫県というものは、日本人が見ている兵庫県とは違うなとは思っていたんです。

それでツアーを計画して、第１回は玄武洞がいいなと。月ってウサギがいるでしょう。あのウサギはまわりより暗いから見えるんですね。暗いということは黒い岩石です。地球で黒い岩石というとたくさんある玄武岩。玄武岩って地表の岩石より重たいから地下にある。地殻のもっと下、マントルにあると聞いている。月のウサギのところは少し低いから、やはり重たいんだろうと。玄武岩と同じ性質の岩で、地球にあれがあれば玄武岩と呼ばれただろうと。その玄武岩という名前の由来は豊岡の玄武洞であると。

玄武岩というのはマントルからマグマで上がってくる。それでジワーっと冷えると、水たまりの底に溜まった泥が乾いて縮んでいくときに、ピキッピキッと割れ目ができますね。ああいう感じで六角柱に割れるんです。玄武洞って素晴らしい地球の造形なんです。

青少年の理科教育について

熊谷：そういうお話を聞いていると、青少年の理科教育についていかなるお考えをお持ちですかと聞くのは陳腐なことに思えますが、いかがでしょうか。

森本：理科教育に関しては、山があって川があって村があって、親がいて子がいて、それだけで子は育つんだけど、だんだん世の中が悪くなってきて学校が必要になってきた。また世の中というのは、もちろん街とか親とかも含めて世の中です。そして今度は学校まで含めて世の中にする。世の中が悪くなってきたんで、自然学校とか天文台とかが必要になってきた。じゃあ必要がないものをなんでやるのか。けれどもそんな世の中だからといって、世の中を悪くする必要はないでしょう。なぜか人類は世の中を悪くしなければ、便利な生活にできなかった。ここはやっぱりなにかやり方を考えなければいけないと思うんです。今の子どもたちをそのままにしておけないです。そういう意味では、自然学校とか天文台とかは本当に重要だと思います。

熊谷：色々お話を伺ってまいりましたが、科学技術の振興について、一言何かご意見を頂戴できますか。

森本：「科学技術」って、今日本ではまとめて発音しないと許してもらえない。ここから脱皮できるのは、日本有数の農業県、日本有数の工業県、そして阪神間という大きなザイル、日本の色々な面を象徴している兵庫県が脱皮すれば、日本全部が脱皮できるんですよ。

熊谷：そういうためには、当協会はどうしたらよいでしょうか。

森本：脱皮しちゃえばいいんです。脱ぐのは簡単です。どれを脱ぎましょうとは言わないでいい。

「科学の目的は何だ」と言うでしょう？目的を持って物事を正当化すると、それはそのものが手段に陥る。「サカナ・サカナ・サカナ、魚を食べると、アタマ・アタマ・アタマ、頭が良くなる」という歌ご存じでしょう。これ、スーパーの魚売り場に行くとテープが流れているんです。これって、そんなことにめくじらをたてると大人げないけれど、魚を食べるという事の尊さをすっかり消してしまって、頭が良くなると。その頭が良くなるというのも、頭が良くなるとこういういいことがあるというような意味での、人間の神聖な属性としての頭がいいということではなく、どんどん下げてしまっている。科学は技術のために、技術は産業のために、産業は経済のために、経済はお金のためにと。そうすると、

お金が儲かるんだったら科学をやるよりも土地ころがしをやった方がいい。土地ころがしをやるよりも、もっとお金ころがしをやった方がいいということになるんです。科学というのは魚みたいなものです。採るのも楽しいし、食うのも楽しい。どうして楽しいのか。人間だからじゃないですか。

熊谷：色々と面白い貴重なお話をお聞かせ頂いて大変ありがとうございました。

※森本雅樹氏は東京大学教授などを歴任。2010 年 11 月に逝去。

21世紀型の保健・医療そして福祉システムの構築

ー学際的国際機関であるWHO神戸センターからの情報発信ー

●対談者
WHO 神戸センター 所長 川口 雄次氏
×
㈶ひょうご科学技術協会 理事長 熊谷 信昭氏

熊谷：川口先生は慶応の医学部ご出身ですが、医学の道を志されたのはどのような理由からですか。

川口：私の場合高校が慶応の付属高校です。私は生物学が好きで、理学部にいきたかったのです。それと経済学にも興味がありました。しかしその頃の慶応には、成績で上から何番目までは、歴史的に医学部にという不文律みたいなものがありました。それで医学部へいくことにしたのです。

医学部は6年間ありますから、私自身色々な活動をやるようになり、その1つがなぜか熱帯や開発途上国と関係することになりまして、熱帯病などに突然興味を持ち出したんです。

そしてはじめて行ったのがアフリカ大陸です。エチオピアを中心にケニア、ウガンダにも行きました。たまたまその時に、ロンドンの熱帯病のスクールの教科書を独学で勉強しましてね。天然痘がまだ根絶されていない頃でした。日本の国際協力がJICAになる前で、OTCAと言っていましたが、大学からの支援があって、自分の興味から行きました。そういうことで世界の健康の問題とか公衆衛生の問題に非常に刺激を受けました。

熊谷：それは大学を卒業されてから行かれたのですか。

川口：私が20才の時です。当時日本医師会の会長をしておられた武見先生の所に単独で会いに行ったりして資金を集めました。

当時から地球はどうなんだろうかということを考えて、貧困の問題などにも自分でぶつかっていったものです。人口と開発の問題に非常に興味を持って始めました。自分が医者としてやる場合どうしたらいいのだろうか。私はなにをもってそれに貢献できるかと。そして人口問題や世界の問題のためには産婦人科の技術を持っていなければいけないと思ったんです。

それで産婦人科に行きましたら、たまたま主任教授が九州大学ご出身の教授で、「そんなことを言う奴は今まで見たことがない。やってみたらいい。」と、非常に支援をしてくれました。それで産婦人科の勉強をし、研修医もしながら、一応臨床医となりました。そういう形で世界の問題というマクロの問題からミクロの問題に入ったというのが、医者になった動機です。

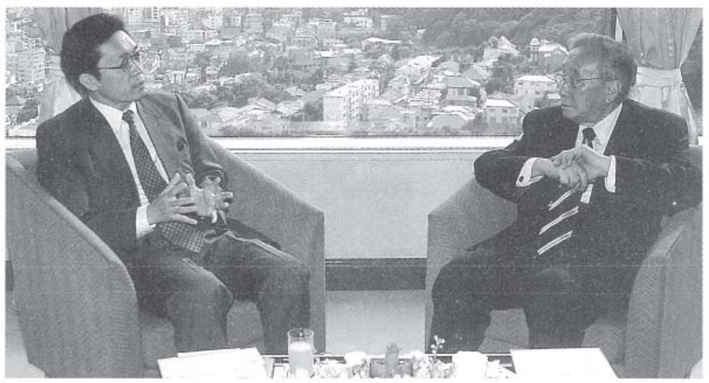
熊谷：それで卒業されて、厚生省に入られた。医学部を出て官僚の道に進まれる方も時々おられますけれども、それにはどういう経緯がございましたか。

川口：これも不思議な人の縁です。

まずは人間の動きとか生命の問題を知ろうということで臨床医をやりながら貧困の問題とか人口問題を主にやってきました。それを厚生省の人たちが見ていたのです。ちょうど日本が主催国として国際会議をやることになり、そこで、「お前厚生省に来てこういう国際会議をやってくれ」ということになった。そこでポンと入れられてしまいました。私も国の動きを知らないと、世界の問題もわからないということを感じていましたので、厚生省に入りましたが、武見先生にはずいぶん怒られました。なんで厚生省に行くんだ、なんで役人になるんだと、だいぶ言われました。でも国の動きを知らなければというのでお許しをいただきました。

WHO(World Health Organization 世界保健機関)に入られた理由は

熊谷：そしてWHOですね。



川口：はい。これも実はお導きのようなものがありました。

1978年頃でしたか、渡辺美智男さんが厚生大臣をしておられたんです。ミッチーさんは私のことをいつもかわいがってくれて、なにかあるといつも「おい、来い」と言ってくれました。

その時、たまたまもとのWHOの事務局長をやっておられたデンマークのハーブダン・マーラーさんという非常にすばらしい方が日本に来られました。それでマーラーさんとミッチーさんが話をして、その時にマーラー先生から、「日本はお金はたくさん出しているが人はいない、ドクター川口、あなたは若いけれども、そういう興味があるなら来ないか」と、そういうお招きを受けました。その時は、ありがとうございますと言ってお断りしたんです。

その次は橋本龍太郎さんが大臣の時、国際児童年というのがありました。1979年です。その国際児童年の厚生省の科学技術分野に席を置いていましたので、国際会議をオーガナイズしたりしました。

その時にまたマーラー先生がお見えになりまして、再びお招きの誘いをいただいたのですが、その時もお断りしてしまいました。3回目もやっぱり来てくれということがあって、三顧の礼でございますので、それほど言ってもらえるのはありがたいということでお引き受けしました。もちろんWHOに入って、こんなに長くいるつもりはぜんぜんなかったんですけれど(笑)。

熊谷：本当に流れがよくわかりますね。WHOというのは日本でも大変有名ですが、WHOができたのは戦後間もない頃ですね。

川口：1948年です。今ちょうど51年目になるんでしょうか。

熊谷：WHOは国際連合の中で健康とか保健の問題を専門的に取り扱う唯一の機関ですが、本部はジュネーブにあるんですね。

川口：ええ。私は赴任してからずっと本部に席を置いていました。本部にずっといる方もいますし、地域事務局というのもございますから…。

熊谷：確かワシントン、コペンハーゲン、アレキサンドリア、ハラレ、ニューデリー、マニラの6ヶ所ぐらいに地域事務局がありますがジュネーブが本部ですか。

川口：そうです。

WHOの活動内容について

熊谷：WHOの活動の内容を、簡単にお伺いしたいのですが。

川口：WHO全体は、国連と同じように世界の加盟国の通常厚生大臣で構成され、お金を分担してつくられている専門機関です。それには憲章があります。その憲章が健康というものを中心にしてできている、そういう機関は世界に1つです。

WHOは、過去50年の間に保健医療全体の問題を扱ってきましたが、どちらかというと予防医学とか公衆衛生、こういったものを中心に、できるだけ効果的なプログラムを進めてきたわけです。

当然のことながら50年前、30年前の世界は、世界中で伝染病とか感染症が大変流行しましたが、これで天然痘などは根絶したわけです。現在はポリオの根絶に向かっています。

1番大切なことは、WHOが世界的な基準を作るということです。

もう1つは世界の健康に関する政策的なものの合意をする場であるということですね。これは他にはありません。

熊谷：私が関係しているもので国連の中で唯一環境問題を専門的に取り扱う機関として、UNEP（United Nations Environment Programme 国連環境計画）というのがございます。先生はお若い頃アフリカにいらっしゃって、ケニアにも行かれたとおっしゃいましたが、ケニアのナイロビにこのUNEPの本部があるんですね。その具体的な活動拠点である国際環境技術センターというのが大阪にありまして、私はそれを支援する財団の理事長を創設の時から務めているんです。

お話を伺っていますと、国連の中で健康問題を専門的に扱う機関であるWHOの1つの具体的な研究センターとしてWHO神戸センターがあり、一方、国連の中のUNEPという環境問題を専門的に扱う機関の具体的な活動のセンターとして大阪に国際環境技術

WHO神戸センター
川口　雄次氏

昭和23年(1948年)福島生まれ。昭和48年慶應義塾大学医学部卒業。昭和53年オーストラリア、ニューサウスウェールズ大学、大学院保健医学教育学修士さらに慶應義塾大学院より医学博士。厚生省母子衛生課、国際課勤務の後世界保健機関（WHO）本部（スイス、ジュネーブ）、開発協力部主席医官。昭和63年より同本部、官房長兼企画調整部長、平成5年より国際部長、平成11年よりWHO健康開発総合研究センター（WHO 神戸センター）所長、慶應義塾大学政策学部、医学部公衆衛生学教室客員教授、WHO総合アフリカ大陸会議議長、WHO世界の健康開発のためのグローバルパートナーシップイニシアチィブ主唱者等々、多彩な活動をする。

主な著書・出版物

「世界の公衆衛生」日本公衆衛生学会、昭和56年（1981年）、「おげんきですか、新しい21世紀の健康づくり」朝日新聞社、平成3年（1991年）、WHO出版物「WHOグローバル・パートナーシップ・イニシアチブ」、「アフリカの総合保健・医療政策」、等多数。

その他、公衆衛生、人口動態、母子保健、家族計画および保健政策管理に関する専門誌に著書多数。

センターがあるということは、仲々面白い、良い対応だという気がしますね。

川口：先生のおっしゃるとおりだと思います。

ただどこが違うかというと、1つはWHOの神戸のセンターというのは、グローバルセンターだということです。地域センターは名古屋にあります。これは国連のものです。もちろん環境についていえば、UNEPが１番活動をやっているわけですが、これも地域センターだと思います。そういう意味で、グローバル・センターと地域センターの違いがあるのではないかと思います。

ただある意味では健康の問題についての総合的な、私は「学際的センター」と呼んでいますが、そうした研究センターは神戸にしかなく、ジュネーブでもやっておりません。

また環境問題というのは健康問題とすごく密接につながっています。私はこの調整役をWHOの代表としてやっていましたので、もう少しお互いに協力体制を深めて、支援し合いながら、本当の大きな目的、1つは環境をよくする、1つは人間の健康にプラスになるという仕事をやっていくべきだろうと思います。これが21世紀の大きな目標になるのではないかというのが、私個人としての考えでもあり、研究もそういう方向に行かざるを得ません、神戸センターがやるべきことの中で、私が「これはグローバルな学際的国際機関です」としたのも、まさにそこにあります。

熊谷：震災の後、西播磨にできたSPring-8という世界最大の放射光施設と、WHOの神戸センターは、関西、とりわけ兵庫県の人たちにとっては希望の星みたいなものです。だからみんなが期待していると思います。

まだスタートして間がないので、将来はもっと規模が大きくなるのかも知れませんが、最終的には人数的な規模はどれぐらいのものになるんですか。

WHO神戸センターの活動について

川口：私が今年の１月にまいりまして、今は実体制22人ぐらいになっています。おそらくもう少し増えるだろうと思います。

しかし、学際的な研究をするためには、本当に国際的な問題を扱っていくと、たとえ500人いても無理だろうと。だから私が来てすぐ、WHO神戸センターがどういう方向にいくのかと聞かれた時に、世界的なネットワークの中で最高の人材が同じ目的を共有した形で、特に健康開発のために、現在持っているあらゆるものを出しましょうと。そういうシステムをつくるのが神戸センターであると。その中に研究もありますけれど、情報の収集と分析もある。それをそれぞれの社会とか個人にもうまく当てはまるような形で発信をしていく、そういう全体の行動をする。

私は、それが21世紀前半の高齢化と都市化というもの、あるいはもっと複雑多岐になっていく多様性を求める個人に対応できるようなシステム構築につながっていくのではないかと思っています。

WHO憲章の健康の定義について

熊谷：そうでしょうね。そういう方向がいいような気がいたします。

私は30年ぐらい前に、このWHOの設立の根拠になっている世界保健機関憲章の前文に書かれている健康の定義というのをはじめて読んだ時に非常にショックを受け、かつ感動しました。健康というのは病気でないとか疾病がないということだけを言うのではなく、肉体的、精神的、そして社会的に完全に良好な状態にあることを言うんだということですね。この定義をはじめて知った時には、本当になるほど、というか、いい考え方だと思いました。

［世界保健デー記念シンポジウム］

川口：本当に全人的に健康をとらえようという考え方を反映していますから。常に見直しはやっているんですが、より見直しをやるためにどうするかという努力を色々なところでやっているんですね。1つの考え方ですが、人々が社会的にも経済的にも生産的な生活、あるいは生産的な人生を送れる、それに向かおうということです。そういうことが全人的な健康とうまくマッチするということですね。

おそらく日本も含めて相当高齢化したり、活力が下がったり、色々な問題が出てくると思います。またまさに先生がおっしゃったように環境との関係で、我々は今までとはまったく違った価値観にいやがおうでも合わせないといけなくなる。その中で、私が好きな言葉の1つにwell-beingというのがあります。

熊谷：憲章もそうですね。コンプリートなウェル・ビーイングです。

川口：まさにそうなんです。

これが例えば医学分野なら医者とか医療をやっている人、あるいは全然別のことをやっている人ではそこまで考えないというか、日常生活ではそこまでいかないでしょうね。これは私らも実は同じなんですが。そういう意味でwell-beingというのを僕は最近よく使うようになったんですけども、日本語では妙訳がありません。

熊谷：福祉と訳されていますが、この訳は余りぴったりしないですね。

財団法人ひょうご科学技術協会
熊谷　信昭　理事長

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）特別研究生終了。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年同教授となり、学生部長、工学部長などを経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員その間、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

電磁波工学の権威であり、その先駆的業績により米国電気通信学会終身名誉員（Life Fellow）、電子情報情報通信学会名誉員、ニューヨーク科学アカデミー会員などに推挙されているほか、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、電子情報通信部会著述賞、郵政大臣表彰、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。平成9年には日本学士院賞を受賞。

現在、科学技術会議議員のほか、国土審議会委員や郵政省電気通信フロンティア研究推進委員会委員長をはじめ各省庁の審議会委員や委員長、郵政省通信総合研究所顧問、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、(財)地球環境センター理事長、(財)大阪府文化振興財団理事長、(財)災害科学研究所理事長、(株)原子力安全システム研究所社長・所長など。

[WHO神戸センター諮問委員会]
世界各国の有識者による委員たちが神戸センターの活動の検証と指針の決定を行う

川口：そうです。私は今あまり使われていない言葉で「安寧」という言葉をずいぶん言っている。幸福ではなくて、もっと全然違う状況なんだと。ですからそれを目指すことを肝に銘じて、じゃあどういうものなのかという原点に立ったところからスタートしなければならないと、常にそれを考えている。それに研究といっても、単に研究だけしていますと、その研究で終わってしまう部分があるのですが、できるだけWHO神戸センターでは学際的・国際的な研究をすることによって、問題解決に結びつくと。それから現在の問題ではなくて、将来に対する問題をより予防する形でのデータの提供だけでもいいし、オプションの出し方でもいいんですけれども、私はそういうものをやっていく必要があるのではないかと言い始めています。

私どものテーマの中で、どうしてもやらなければいけないものが「都市」です。

今世界の都市人口は50パーセントぐらいですけれど、21世紀の半ばには世界人口の８割以上が都市に住むようになるわけですから。

人口都市集中化の世紀について

熊谷：都市化の世紀ですよね。発展途上国なんかは人口の都市集中が特にすごいようですね。

川口：そうです。それこそ環境全体の話もありますけれども、その中で人間というのはどうやって生きていって、どういう健康保持をして、それがさっき言った社会的にも経済的にも生産的に参加していくのか、という過程の中で健康を考えていかないと、だんだんスタティックつまり静的なものの考え方、対処のし方だけではやっていけないという状況に我々は来ていると思いますね。

熊谷：都市化というのは先進国で起こる現象だと思っていたら、発展途上国で特に顕著なのが都市化の現象なんですね。

川口：おっしゃるとおりですね。

データの解析を今世界的に集めながらしているんですけれども、開発途上国の中でも最貧国（LDC）をのぞいた国々では、2010年ぐらいには農村人口と都市人口が完全に逆転します。そういう状況の中でメガシティー（巨大都市）ができてくると、環境面から見てアウトでしょ。

実は５月に初めてそういう都市と健康問題のために市長とか知事、政策決定者と色々な分野の研究者をいっしょにした国際会議をやりました。そうしたら市長さんたちが喜んじゃいましてね。今までこんな形の会議はなかったと。ですからもっと多方面から全体が見れるような、360度の面から常に見ていける形で、人間の環境を含めたものを見てアプローチをしていこうと。おそらくこれは高齢化でも同じだと思います。21世紀の前半50年に起きる問題といいましたが、それらの解決方法の一助にはなるだろうと思います。今まではあまりやっていないのですよ。

熊谷：そういう俯瞰的な見方での政策決定というのは、非常に大事なテーマですよね。そのような政策研究などもなさるんでしょう。

川口：それはやらないと意味がない。というのは、私のさっき言った問題解決型で、今まで研究と政策決定とがかい離していたと。それから民衆が求めるものと政策決定とか研究というのはかい離していた。かい離していては、実は市民なり民衆はついてこないわけですよ。ですからそうでない価値体系をどうやって作るのかと言ったら、当然双方が近寄る必要があります。ところがそれぞれの当事者グループというのは、基本的に近寄れないシステムになっています。そういう関係があって、これがどの土俵に上ったら話ができるのか。また話ができる時にそういう関係では、全部対立してしまう。環境アクティビストと為政者というのがぶつかってばかりいる。それはある部分ではぶつかる必要があるんですけれど、それを実際に中立的な場を提供して、それぞれを科学的に分析するという役割を誰がもっているかというと、例えばWHOだろうということです。全員参加するわけです。この強さというのを案外みんな見落としています。そういう意味でＷＨＯ神戸センターというのは、研究という１つの大きなテーマがありますから、よりいっそう参加できる部分があって、今それが起きつつあるのですね。起こそうと思っているわけですが。

熊谷：科学的根拠に基づく客観的な議論とか、政策決定の前提になる完璧なリサーチとか、そういうものはどうしても必要でしょうね。そうしないとおっしゃるように、賛成派、反対派の感情的な議論みたいなものになってしまう。

私どもの財団は、科学技術の基礎的な研究とか、先端的な研究とか、新産業の創出に寄与するような萌芽的な研究などを支援したり、青少年の人材育成への支援とか、あるいは一般市民の方々への科学技術情報の提供とか、啓蒙活動というと僭越ですけれども、色々な先端的な科学技術のトピックスを、一般の方々にもわかりやすいようにご紹介したりするようなことを事業の柱にしているんです。　そういう協会の活動に対して、今のお立場からご意見なり、アドバイスなり、ご提言があれば頂戴したいのですが。

[シンポジウム受付の様子]

川口：私どもの言う健康というのが人々の求めるものだとして、そういうところから見ますと、1つは科学技術がものすごく発達してしまって、体があって心があってという人間の本来的なものと、どうもかい離しているのではないか。恩恵はたくさん受けているのですが。ところが恩恵を受けているというものが、さっき申し上げた心とからだのいい状態というものに返ってこない部分があるのではないか。

我々でいうと医療技術の発展ですが、例えば臓器移植、どういうふうに自分たちの身にかかってきて、どういうことになるのかと。我々の分野の医療の問題だけ見ても、技術は発展したが、こういう技術によって自分たちが健康な状態に実際につながっているのだろうかと。これがもう少し感じられるようなものが出てくるといい。そういうつながりを例えば科学技術のことをよく知っておられる協会がやられると、多分かなり身近に感じられる部分があると思うんですね。物理学にしてもなんにしても相当進んでいますから、わからないわけですよ。いったいこれがどういう関係があるのかなと。

私が提唱していますのは、「生活の安全保障」ということなんです。我々が日本でも世界のどこででも生活していくときに、あらゆる状況がきわめて安全ではないですね。狭い医療だけ見てもそうです。日本での患者の取り違えの話にびっくりしていますが。血液製剤で病気になっちゃったとか。だから安全ではないわけです。

それから食べているものもだんだん悪くなって、これが全部肥満、糖尿病の爆発的増加、心臓病が多くなるなど、生活習慣病というものの一部ですが、そういうものがずいぶんありますね。ですからその辺を上手にわかってもらうと、今度はその理解によってまた自らの生活というものを見直して、よい方向に行こうとするのですね。こうした活動は、WHOの役割のひとつではないかと思いますが、もちろん協会も科学技術の進歩を人々により身近に感じてもらう活動によってずいぶん貢献ができるのではないでしょうか。

熊谷：私は工学部の出身ですが、そういう技術者の立場から今世紀を振り返りますと、今世紀はある意味で機械中心の世紀だったと言えるのではないかと思います。しかし、まもなく始まる21世紀は、あらゆる意味で機械中心の世紀から人間主体の世紀になるべきではないかと思っています。そういう意味で、先生が所長をされているWHOの神戸センターは、本当に大事な、意義のある存在になるだろうと思って期待いたしております。

本日は貴重なお話をありがとうございました。

21世紀の　都市計画

ー美しき庭園の島々（ガーデン・アイランド）をめざしてー

●対談者

アジア防災センター センター長 **伊藤　滋** 氏 × ㈶ひょうご科学技術協会 理事長 **熊谷 信昭** 氏

熊谷:伊藤先生は国土審議会では計画部会の部会長として、今の最新の国土計画の取りまとめに主導的役割を果たされましたが、あの国土審議会は、私も委員の一人をつとめさせていただいていましたが、大変面白い委員会でしたね。伊藤先生には、地元としても、阪神・淡路大震災の後の阪神・淡路復興委員会の委員として大変お世話になりました。

先生のご専門は都市計画ということになっていますが、もともとは東京大学農学部の林学科をご卒業になって、それから建築学科もご卒業になったわけで、現在世界的にその重要性が認識されてきているいわゆるダブル・メージャーですね。

伊藤:ダブル・メージャーというより、ダブル・マイナーかな(笑)。

熊谷:アメリカなどでも最近ダブル・メージャーとかトリプル・メージャーなど、専門的に勉強した分野が２つ３つある人の方が本当にいい仕事ができるという意見がありまして、我々の分野でも理学部の数学科を出て情報工学をやっているとか、生物学を勉強して制御工学をやるとか、そういう人がいい仕事をしているんです。

先生は農学部の林学科と工学部の建築学科という性格が非常に違う２つの学科で違う分野の基礎的な勉強を若い時になさったわけですが、それが今の幅広いお仕事やご活躍にどんな影響があったのか、ご経験をぜひお伺いしたいと思うのですが。

建築学に進まれた理由について

伊藤:私は昔から怠け者でして、あまりまじめに勉強をしないで、のんきに卒業できればいいなと思っていました。ただ林学科を選択しましたのはあっちこっち歩けると思ったんです。実は私は地理や地質が好きでした。

熊谷:そういえば地理学の学会にも関係しておられますね。

伊藤:ええ、地理情報学会の会長をやったり。あちこちを歩ける学科がいいかなと思い、ゆっくりのんびりできるところというので林学を選びました。

そのようにやってきて、就職をする気でしたが、大学の林学の先生が「お前は役人になれる顔をしていない」(笑)、「パルプ会社とか製紙会社に行ったって、お前はすぐ都会に戻ってくる。街の中でうろうろしていた方が、多分お前にはいいだろう」と。

それで紹介状を書いてもらって行ったら、「お前来い」と。それで卒業してすぐに林学から建築に行きました。

考えてみると、林学をやって建築の授業を受けて都市計画をやってと、全部土の上に関わった事をやっております。

年をとってきてみますと、一番はじめに学んだ学問があとになって非常に役に立っていると思います。それは山の中でどういうふうにして木が育ち、植物が育つかを学んだからです。国土計画の色々な議論の中でも、具体的に日本の山を守り育てる議論がでてくるからです。山を育てると言っても実際に日本の地形や雨の多さから言うと、山が壊れるのを修復することが日本の自然環境を守るためには重要だということが頭の中から出てまいりまして、全体に建築と都市計画と森林問題がつながってくるんです。

熊谷:日本の国土は、比率でいうと世界的にも非常に緑が多い国ですよね。

伊藤:多いです。日本の国土には特徴があって、まず地震が多い若い国土です。日本列島には、地球の中の圧力が集中するところがあって、アクティブなんです。

熊谷:まだ死に絶えていない。

伊藤:そう。死に絶えているのが北欧とかアメリカの東部海岸ですね。

熊谷:あのあたりはもう噴火する気力もない。

伊藤:そうです。がちがちに固められて、もうお終い。

日本の方はまだ火山が地球の中から若い岩漿をどんどん出している。造山活動が非常に激しく、おまけに雨が降って、太陽が燦燦と照りますから、しょっちゅう土が壊れてはまたそこに木が育ち、それが土壌になって山をカバーして、またそれが壊される。言ってみれば若者のような地質条件なんです。

熊谷:まだ新陳代謝が活発なんですね。

伊藤:そうです。そこに私たちが暮らしているものですから、けっこう国土づくりは忙しいんです。しょっちゅう監視してチェックしていないとだめです。

それから、ヨーロッパに比べますと日本は年間の降雨量が多分倍です。要するに湿気が多い。湿気が多いから日本酒も美味しいし、麹が育ちます。ですからこれだけ激しい造山活動で山が崩れているにもかかわらず、木が育つというのは、本当に神様が良い恵みを日本の国土に与えてくれたんだと思います。

日本列島の緑の色が違うんです。湖にいっぱい藻が生えている時の若草色みたいな緑なんです。それが日本の山を全部覆っています。しかも緑の密度が高い。

そういう点で考えてみると、地震は多いし台風は多いけれど、日本人にとって十分な森林があって、１番大事なのは雨が沢山降ることです。２１世紀には水が大変重要な資源になるでしょう。その点で日本は恵まれた国だと思っています。

これからの都市計画について

熊谷:私も先生がおまとめになった今度の国土計画で１番気に入っているのは、「日本を庭園の島（ガーデン・アイランド）にしよう」というキャッチフレーズでして、おっしゃるように緑と水と太陽に恵まれているというのは、本当に日本が幸せなところですね。

伊藤:私は２１世紀、日本人は意外といい国に暮らしていると思うようになるんじゃないかと思うんです。日本人は一生懸命物事を考えて技術的にはキャッチアップしていきます。そういう点では、日本の経済や日本の技術についてまだまだ日本人は悲観することはないと思っているんですが。

ただ水も緑も十分あると言いますが、大事なことが１つございます。

日本人は戦後５０年、家庭の中の電化製品等、生活用品のデザインについては努力をしてきたと思うんですが、日本を象徴するような田んぼだとか森だとか都市のたたずまいを美しくするということをいささか忘れてきたんじゃないかと思います。

熊谷:いささかどころか、本当に美的感覚がおかしくなってきているのではないかと思う面が多いですね。都市計画なんかもまさにそうです。

伊藤:それで都市計画がまったくだめだと皆さんにお叱りを受けています。私は一応その矢面に立っていますが、都市計画で色々ないい提案をしましても、それが皆さんの日常感覚の中に入っていきませんと街は良くならないのです。僕はもう１回教育の問題に立ちかえって考えなければいけないと思っているんです。この頃私が若い建築の教師の連中の前で言っているのは、建築教育っておかしいんじゃないかということなんです。もう１回根本を考えろと言っているんです。

建築では技術的にはきちっと教えていますが、意匠、デザインを教える時に往々にして有名な建築家はこういうものを作ったということを教えるわけです。そういうふうに単品で昔の有名建築家が作った作品の解釈をし、それのデザインのプラクティスをさせて、それで建築デザインの感覚を持って世の中に出るということなんです。しかしそれらと街とのつながり、つまり街並みをきちっと教育の中で教えない。

熊谷:みんながそういう感覚になりませんとね。

伊藤:そうなんです。

熊谷:アメリカのボストン市が市の歴史始まって以来の膨大な予算をかけて大プロジェクトをはじめています。それはボストンの市内を走っている高架の高速道路を全部地下に埋めて、古き良き時代の美しいボストンの街の景観をとりもどそうという壮大なプロジェクトなんですね。

伊藤:あれはすごいんですよ。

熊谷:大変なお金がかかって、しかも実用性だけから言えば高速道路としての

財団法人ひょうご科学技術協会
熊谷　信昭理事長

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）特別研究生終了。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年同教授となり、学生部長、工学部長などを経て85年大阪大学総長に就任。91年同大学名誉教授。93年から科学技術会議議員その間、電子情報通信学会会長、国立大学協会副会長などを歴任。

電磁波工学の権威であり、その先駆的業績により米国電気通信学会終身名誉員（Life Fellow）、電子情報情報通信学会名誉員、ニューヨーク科学アカデミー会員などに推挙されているほか、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、電子情報通信部会著述賞、郵政大臣表彰、日本放送協会放送文化賞など多数受賞。平成9年には日本学士院賞を受賞。

現在、科学技術会議議員のほか、国土審議会委員や郵政省電気通信フロンティア研究推進委員会委員長をはじめ各省庁審議会委員や委員長、郵政省通信総合研究所顧問、理化学研究所相談役、光量子科学技術推進会議会長、大阪府教育委員会委員長、（財）地球環境センター理事長、（財）大阪府文化振興財団理事長、（財）原子力安全システム研究所社長・所長など。

機能は今で十分果たしているのを、目線からみっともない高速道路の高架を見えなくするということだけのために、ボストン市の歴史始まって以来の大金をかけて、何１０年もかけてやろうとしている。それを市民も賛成し、自分たちの税金を使うことを了承しているわけです。その心の豊かさといいますか、余裕といいますか、とにかく美しいものを求める感覚というのは本当に素晴らしいと思います。

伊藤:あのボストンの高架道路を地下にするというのは、世界的に見ても非常に素晴らしいことです。アメリカはそういう点ではいよいよとなった時にすごいことをやる国です。

僕が思うにアメリカで２ついい例があるんです。１つは今先生がおっしゃったとおりボストンです。これは都市計画的に見ても非常に新しい。今まで衰えていたボストンの街をもう１回元気付けさせる。そういったことに市民が自らの税金を払ってやるわけです。

それからもう１つは、実は３０年ぐらい前に起きたんです。サンフランシスコで市民が高速道路の建設をとめた話があります。バークレイからベイブリッジを通りサンフランシスコの街に入る高速道路があります。

熊谷:私が青春の留学時代を過ごしたなつかしいところです。

伊藤:一方でゴールデンゲートから街に入ってくる高速道路があります。この道路はベイブリッジからの高速道路と街の後ろの方ではつながっています。ところがこの迂回路をショートカットする高速道路を州が造ろうとしたところ反対がおきました。素晴らしいサンフランシスコ湾を見るベイビューが高速道路が通ってダメになってしまうということで、サンフランシスコ市民が大反対して市議会で評決して止めさせてしまいました。すごいことをやった

なと思います。今のボストンの高速道路を地下に埋めるという話題が出てきたのは２０年ぐらい前です。この２つの動きをみていますと、アメリカの連中はいよいよ腰をすえるとすごいことをやると思いました。西も東も１つずつ素晴らしいサンプルがあるんです。

２０世紀はどちらかというと美しさを忘れながら経済的な豊かさを得た。２１世紀はその経済的に豊かになった段階で、もう１回美しさとはなにかということを反省してチェックしていく時です。美しい庭園の島々を作る時に、非常に重要な精神的な物差しを国土計画の中で作ったらと思うんです。

熊谷:やはり２１世紀は本当の意味での豊かな日本にしたいですよね。国全体を素晴らしい国土にしたいという気持、景観とか美しさとか、そういうものに力を注ぐ余裕が豊かさの象徴ではないかと思いますね。

伊藤:都市計画は世界的に４つのプリンシプルで進めなければいけないと言われていましてね。これはまさに大事なプリンシプルだと思っています。

１つは健康な生活を送れるように街を作るということ。もう１つは安全に暮らせるような街をつくること。３番目は快適な生活が保障される街を作ろうということ。４番目が利便性のいい街を作ろうということです。

この４つのプリンシプルというのは、２０世紀の初め頃から世界的に基本都市計画の連中が肩に背負って、それぞれの国の街を良くするということで使っているプリンシプルなんです。

ですがこの４つより、僕は２１世紀にもう１つパンチが効いたキャッチフレーズを考えた方がいいかなと思います。４つのプリンシプルはちょっと古くなったかなという気がするんです。この頃考えていますのは、３つの視点で国土を見たり都市を見ようということです。

１つは環境です。地球環境を守るという点から国土を見なければいけない。国土づくり・都市づくりは地球環境を良くしているのか悪くしているのか、そういうことをいつも反省しながら、家を建てたり、道路を作ったり、公園を作ったり、再開発をしたりしなければならない。

２番目は先生のご専門になりますが、情報化時代の中での経済を活性化させるためにはどうしたらいいか。それに都市がどういう貢献ができるかです。

そしてもう１つは文化だと思います。この３つの見方で都市を考えていく。そういう点検作業をこれからやってみたらいいのではないかと思います。

文化の面では、私はやはり日本が昔から継承してきた文化を日本の中だけで抱えこんでいるのではなくて、国際的に大きく、開かれた文化にしていかなくてはいけないと思います。この点は僕たち都市計画の専門家の領域なんです。外人さん方に来て見てもらった時の第１印象はものすごく重要です。

熊谷:絶対そうです。

伊藤:我々は１番そこの根本をやっていないんです。家の中に入って、お茶をどうぞとか、お庭を見てくださいとか、その辺は格好がついているんですけどね。でも乱雑な市街地という嫌なものを全部外人さんが見てきて、その後でいくらいいものを見せてもだめなんです。

阪神・淡路大震災から5年を経た神戸について

熊谷:前の大阪商工会議所の会頭をやっておられた大西正文さんが、「人に人格、会社に社格があるように、都市にも都市格というものがある」と言われて『都市格について』という本を書いていらっしゃいますが、私は「都市格」という言葉は本当にいい言葉だと思っています。都市格のある街づくり、国づくりが必要だと思います。

兵庫の復興には先生のお力もずいぶん拝借していますが、５年間の復興のあとを振り返って、先生はなにか印象をお持ちでいらっしゃいますか。

伊藤:色々問題はありますが５年間でこれほどきちっと街の装いを昔よりいい形で作り直したというのは素晴らしい日本人の才能だと思います。あるいは兵庫や神戸の人たちの才能だったかもしれません。

熊谷:日本中からお力添えをいただいたという幸せもございました。

伊藤:そういう意味では本当に無駄金を

アジア防災センター
伊藤　滋所長

1931年生まれ。55年東京大学農学部林学科卒業。57年同大学工学部建築学科卒業。62年同大学大学院工学系研究科博士課程建築学専攻修了　工学博士。63年東京大学工学部都市工学科助手。81年同教授。87年同大学先端科学技術センター教授を務めた。92年慶応義塾大学教授。この間、63年～65年ハーバード大学・MIT　共同都市問題研究所研究員。95年阪神・淡路復興委員会委員。都市計画中央審議会会長、国土審議会「首都圏整備特別委員会」特別委員、日本都市計画家協会会長、日本学術会議会員、などを歴任。住宅問題、社会病理現象、公害問題などの都市問題を総合的に研究・調査。

主な著書に「提言日・都市創造」「人間・都市・未来を考える」「市民参加の都市計画」など。

主な設計・計画に千里ニュータウン中央地区センター設計（63年）、山形市都市基本計画（三浦記念賞受賞）（67年）、浦安地区住宅地基本計画（78年）など。

使わないで神戸や震災をうけた諸都市は再生してきたと思っています。もちろんお年寄りの問題とか色々あります。経済が順調でないとか。

５年間に、中心商店街でホスピタリティーが出てきたと思います。今までよりも外から来た人たちに対するお客さんの扱い方が非常に洗練されてきた。それから２番目に、商売をされるという点では、自分の建物の中だけで商売するのではなくて、小粋な公園とか洒落た道路に自分の店をくっつけて商売をするようになってきた。だからオープンテラスの、お茶を飲むとかお菓子を食べるとか、そういう店が神戸で多くなってきた。道路と建物のつながりがずいぶん洒落てきて、例えば窓に日よけを出すとか、道路が復興計画で石畳になったとか。

やはり神戸は昔から外人さん方を大事にしていた街だから、そのいい伝統が生き返ってきた。

そこでさっきの話に戻るんですが、この神戸の街づくりには品格があったと思うんですよ。特に中心市街地のところには。

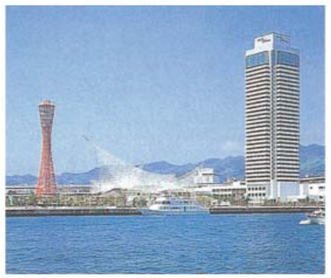
そういう点で、「美しき庭園の島々」という国土計画で言った言葉につながって、ここで神戸で５年たった時に姿をあらわしてきたいくつかの再開発のプロジェクトを１０年２０年育てていけば、世界中の人が来て見習うべきだと思えるようになる。そしてヘンな日本ではなくて、本当の日本の２１世紀の姿があるなと認識してもらえる。

熊谷:六甲の山並みから淡路島、そして大阪湾、瀬戸内海。

もともと神戸という街は、さっき先生がおっしゃったように街全体としての姿みたいなものを持っていた街ですからね。それが先生はじめ皆様のお蔭で生かされてきているのかもしれません。

伊藤:ええ、そうなんです。

日本で海から見て１番素晴らしい街



だと思います。これは昔もそうでしたが。ただ、高速道路だけは、あれ、地下に埋めたいですよ。

熊谷:本当にそうしたいですね。世紀の事業として、１００年かけても。

伊藤:そうすると本当に良くなりますね。

熊谷:幸か不幸か重厚長大型産業の工場群も、結果として目線から離れたところに行きましたね。それともう１つ、さっき先生がおっしゃった都市づくりの４つの柱の１つである「安全に暮らせる街」ということで、「アジア防災センター」が神戸にできました。これは地域レベルでの多国間防災協力を推進する中心的な機関ですね。先生が所長ですね。

伊藤:はい、センター長と書いてありますが、キャップなんですよ。

防災情報の発信基地「アジア防災センター」

熊谷:このアジア防災センターの活動の内容といいましょうか、役割について伺えたらと思います。

伊藤:これも阪神・淡路大震災が１つの契機になっております。当時、村山総理大臣が東南アジアを歴訪して、自然災害が起きた場合の人命の問題や経済的な問題について、神戸の教訓をもとにアジア固有の問題として自然災害を考えなければならないと話をされました。そしてアジアの中に、みんながそこで情報を交換し合い、知恵を出し合って新しい防災の技術なり制度を考える、そういう場所や組織を作ろうと提案したんです。

これは東南アジアの人たちに対しては非常に大きいお土産だったと思います。最近、台湾で地震がありましたが、その前にも地震の他に津波、ハリケーン等、多くの自然災害にアジアの人達は悩まされています。パプアニューギニアでは、大きな高波で何万人もの人が亡くなっているんです。ですから我々の仕事では、高潮、津波も大変重要な自然災害の対象になっています。それと火山の噴火も大事です。フィリピンでピナツボ火山が爆発して、アメリカ軍の基地が灰で埋まって使えなくなりました。

このように東南アジアの人たちは、しょっちゅうなんらかの自然災害の脅威を感じているんです。災害の少ないヨーロッパの諸国やアメリカの東半分の地域でそういうことをアピールしても、ほとんどぴんとこない。しかしアジアの人達にとってこれは大事だということで、センターを作ることに反応が非常によかったんです。

現在このセンターの組織はそう大きくなく、10人ぐらいのメンバーでできています。その組織を作る時に、兵庫県が非常に熱心にサポートしてくれました。人材派遣とかスペースの提供とかで、実質的にこのアジア防災センターを維持･管理し、支えている力は国が3分の1、県が3分の2ではないかと思います。

今２２カ国ぐらいのアジアの国から、これは我々にも重要な機関だからお金を出しても協力したいという申し出があります。その２２カ国は東南アジアの国、タイですとかインドネシアとかフィリピンはもちろんですが、面白いのはウズベキスタンとかタシケントとか中央アジアの人たちも関心を持っているんです。あそこは地震が多いところなんです。ですからアジア防災センターと言っていますけど、かつてのソ連のテリトリー、つまり、中国の西の方の国までメンバーに入っています。イランも地震が多いので、仲間に入れろと言ってきましてた。

この防災センターは人数も予算も限られていますから、大きい実験装置を使って、津波のシュミレーションをやったり、地震のシュミレーションをするといったようなことはできません。ある意味で非常にプラクティカルに、情報を加工して各国に流すことをしています。

津波が来た時、火山の爆発が起きた時、どうやったらそれを早く周知徹底させて地域の人たちを避難させて被害を少なくするか、という情報伝達のオペレーションの開発をしています。そういうことについて僕たちは最新情報を集めることが大事だと思っています。

スタートの２～３年間は、情報収集を徹底的にしようと思っています。インターネットとホームページとEメールと、この3つでいいよと僕は言っています。そして全部それを英語にしようと。色々な災害情報をまずは日本側から徹底的に探し出し、そして探した情報を全部関係している各国に知ってもらえるようにする。「インターネットのネットワークで、それぞれの地域のステーションのパソコンなりラップトップにつながるシステムを設計して、必要があれば、キーボードを押せばアジア防災センターに今どういう情報が集まってきていて、それに対してどういうような防災対策を考えているかがわかる。」こんな目的で仕事をしています。

つまりアジア防災センターを防災情報のハブにしようということです。これは割合評判がいいんです。これまではどちらかと言うと防災情報というのは、国連のどこかに行って、国際会議をやって、みんなペーパーを持っていって、それをまとめて本にして出すとか、あるいはカセットにして出すなど、ものすごく役人的だったんです。そんなことはもはや必要ありません。非常にフットワークが軽くて、エディティング（編集）もできますし、修正もできる。情報技術を駆使して情報収集ができるようにしようと私は思ったのです。

もう１つは、そういう情報を生かして勉強をしてもらうために、２２カ国から４～5人の若い人たちにこのセンターに来て自由に研究してもらいます。重要なことは、単なる研究とか情報収集ではなくて、ネットワークは動いていますから、ネットワークをもっと円滑に動かすように、それを支える仕事をやってもらいたい。ですからＯＪＴ（オン・ザ・ジョブ・トレーニング）ですね。そこへ例えば韓国固有の情報を入れるとかネパール固有の情報を入れてもらいます。そういう形の国際協力を進めています。

熊谷:アジア防災センターは神戸のどこにあるのですか。

伊藤:神戸東部臨海地区のＷＨＯの入っているIHDセンタービルです。防災センターは小ぶりですが、アクティビティーは激しいんですよ。割合活発にやっております。

熊谷:最後に、我々ひょうご科学技術協会は兵庫県における科学技術の振興の中核的機構として県と地元財界、官民の協力でできている財団なんですけれども、先程来のお話に関連して先生が協会に期待したいことなどございましたら。

伊藤:これから私たちのように建物を建てたり道路を作ったり公園を作ったりする連中も、２１世紀の地球環境に関係する科学技術をもっと勉強しなければいけないと思っているんです。

今は建築や都市計画の連中に街並みの事を勉強しろと言っていますが、次は、工学部を出ているんだから、技術のことをもっと勉強しろと云うことになるでしょう。

そういう意味で、科学技術の普及啓発に力を入れていただくとありがたいと思っています。

熊谷:今日はご多忙の中を貴重なお時間をいただきまして、大変興味深い色々な面白いお話をおうかがいすることができまして本当にありがとうございました。

※伊藤滋氏は現在、早稲田大学特命教授、東京大学名誉教授。

産業復興、そして新産業の創造に向けて

ー世界的な視野と徹底した品質保証ー

●対談者

㈶新産業創造研究機構
理事長
大庭 浩 氏

×

㈶ひょうご科学技術協会
理事長
熊谷 信昭 氏

熊谷：大庭さんは、旧制浪速高等学校の、そして大学も同じ大阪大学工学部の、私より4年先輩で、言わば私の“兄貴分”にあたりますが、大学の学科は溶接工学科でしたね。

大庭：ええ、そうです。

熊谷：大学ご在学中、あるいは川崎重工業㈱に入社されてから現在まで、様々な活動をなさっているわけですが、研究開発や色々なお仕事をされてこられた中で、特にご苦労されたことや深い思い出といったようなものがございますでしょうか。

大庭：お話しをする前に、一つお断りをしておきたいと思います。今日は、新産業創造研究機構の理事長としてお話をしたいと思うのですが、私自身が今、心血を注いでいるのは神戸の震災復興なのです。そのためには、兵庫とか神戸というローカルな視野ではなく、熊谷先生のように世界的な視野に立って、「兵庫、神戸を新しい時代に向けてどのように再生していくか。」が重要だと思っております。こうした内容を中心にお話しをさせていただこうと思っています。

熊谷：非常に大切なことですね。是非、そうした内容でお願いいたします。

大庭：それでは先生のお尋ねに戻るとして、私の自宅が先生と近かったこともあり、先生とは同じ高等学校で、また同じ大学で工学系を学んだわけです。私の学生時代は戦争の真っ最中でした。

熊谷：そうでしたね。あの頃は本当に大変な時代でした。

大庭：ですから、高等学校ではほとんどの時間を勤労動員で過ごしました。確か、桜島の工場で飛行機のプロペラとかピストンを夜勤でつくっていたのを覚えています。阪大に入ったのは、家から通えるということで、自然にそうなったように思います。その阪大では、岡田実先生（後に工学部長、阪大総長）が主任教授でして、それと工学部が爆撃され、校舎が焼けてしまったことを記憶しています。

熊谷：激しい空襲がありましたからね。

大庭：それと、終戦の年、その岡田先生が自分の家族を疎開させていた岡山の山奥に、私ども溶接工学科の学生も疎開させ、一町歩ほどの棚田を借り受けて、岡田先生の妹さんと台北大学の方達と一緒に稲作をやったという思い出があります。出来たお米は阪大の教授会に寄付したんですよ。

熊谷：そんなことがあったんですか。

脆性破壊と品質保証

大庭：学生時代は、まずどう生きていくかということが問題でした。私は技術学生で戦争に行っておりませんが、本当は甲種合格の航空兵で、もしかすれば戦死していたかもしれない人間なんです。それが今日まで生きているというのは、岡山の棚田でのいろいろな活動と食糧を得たということで、健康な体がつくられたからだと思っています。

そして終戦後、川崎重工に入社したわけですけれども、当時の日本は戦後の混乱と物資の不足で、文字通りの耐乏生活を強いられていました。そのため、船を輸出して、かわりにエネルギーなり、食糧なりを輸入するということが行われていました。

その頃は、ちょうど船の製造方法がリベット構造から溶接構造に変わる時期でもありました。この当時の溶接船は、溶接して1枚になった鉄板の一部で亀裂が起こると全体に伝播し、破壊に至るという脆性破壊が起こっていました。しかもこれは、設計荷重以下の低荷重でも起るのです。この脆性破壊

により、大型の全溶接船が瞬時にして真っ二つになるという事故が1940年代から50年代にかけて起きていました。それを解明してやろうということで、私は自分の研究テーマにしたのです。設計時の許容荷重以上の荷重で壊れるというのは設計が悪いわけですが、設計荷重より低い荷重で破壊が起きるというところが問題でして、その辺を解明したいと思ったからです。

熊谷：そう言えば、東京湾沖などで、大型船が真っ二つになるというような事故がありましたね。

大庭：ええ、そうです。その破壊の要因には外部要因と内部要因が考えられます。外部要因としては、環境温度と波浪による荷重が挙げられますが、これぱかりは人間の力ではどうしようもありません。一方、内部要因というのは、鋼材の靭性や強度、ハッチとかブリッジとかの構造的不連続性や応力集中、溶接の残留応力や溶接欠陥などが挙げられます。溶接は、船一艘で大体20～30万メートルの長さの溶接を行うのですが、特に応力集中部に欠陥があると、そこから破壊が発生しやすいのです。こうした内部要因は、材料の吟味、設計、そして製造の各過程で十分な注意をすることで致命的な破壊を防ぐことができるのです。

熊谷：今お話しいただいた研究内容が、東京大学で工学博士の学位を受けられた博士論文「溶接残留応力が脆性破壊に及ぼす影響に関する研究」となったのですね。

大庭：そういうことです。この脆性破壊要因についての分析研究を通じて得た教訓こそ、私はまさに経営にも通じるものであると確信し、その後の私の経営哲学の根底をなすものとなりました。

私が川崎重工の社長になった87年には、85年のプラザ合意以降の急激な円高で、1ドル250円だったのが125円になっていました。今までの半分の値段で同じ船をつくらなければならないということです。これはなかなか大変なことでして、いろいろな苦労がございました。

その状況下で会社の経営再建をしていくことは、私の学位論文で申しますと、経営環境の外部要因である為替や景気・不景気という問題は別として、技術開発力や生産性、経営資源などといった内部要因を適切に改善すれば、厳しい経営環境にも耐えうることができるということになります。私どもは

財団法人新産業創造研究機構
大庭　浩　理事長

1925年生まれ。48年大阪大学工学部（旧制）溶接工学科卒業。61年東京大学工学博士。

48年川崎重工業（株）入社。80年取締役、83年常務取締役、85年専務取締役、86年取締役副社長などを経て、87年取締役社長に就任。96年取締役会長を兼務し、97年取締役会長に専任。2000年7月から相談役　名誉会長。

溶接工学の権威で、その業績により英国機械学会（IME）名誉会員、ロイヤル・アカデミー・オブ・エンジニアリング（英国王立工学院）外国会員の称号を受けるとともに、科学技術功労者賞、運輸大臣表彰、藍綬褒章、96年名誉大英勲章（KBE）、97年勲一等瑞宝章など多数受賞。
98年にはレジオン・ドヌール勲章を受章。

現在、川崎重工業（株）名誉会長のほか、通商産業省航空機工業審議会委員、通商産業省高圧ガス及び火薬類保安審議会会長、科学技術庁海洋開発審議会委員、運輸省観光政策審議会委員をはじめ、海洋科学技術センター会長、（財）日本科学技術連盟会長や神戸商工会議所会頭、（財）阪神・淡路産業復興推進機構理事長など。

製造メーカーですから、様々な内部要因を改善するために、それぞれの過程で「品質保証を適切に行うこと」を徹底し、経営再建を行いました。これが私の経営哲学の原点なのです。

新産業創造研究機構（NIRO）の設立

熊谷：ご自身の研究開発のご経験から得られた教訓を経営のポリシーにされ、それによって経営再建をなさったというお話は、大変興味深いお話しですね。

その会社経営の傍ら、大庭さんは、日本造船学会や日本航空機工業会の各会長、関西経済連合会副会長などもなさって、非常に幅広い分野でご活躍されておられ、現在は、震災後の神戸を中心とする兵庫、関西の復興、経済発展のため、神戸商工会議所の会頭でありますとか、阪神・淡路産業復興推進機構（HERO）の理事長などもお勤めになっていらっしゃいます。

また、平成9年に設立された新産業創造研究機構（NIRO）の理事長としても、神戸を中心とする兵庫、関西、ひいては日本の産業活性化に貢献しようとされています。私も、NIROは非常にユニークで意義深い機構だと思っています。そもそも大庭さんのアイデアで、ご自身が提唱されて設立されたと伺っているのですが、その辺のお話しを続けてお伺いできますでしょうか。

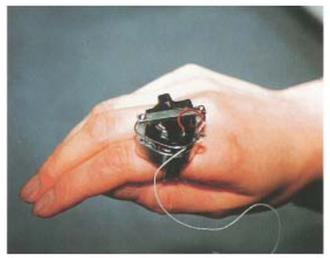
大庭：申しあげるまでもありませんが、NIROでは熊谷先生に顧問をお願いしております。

熊谷：ええ、NIROについては設立の準備段階からご相談をお受けしたりしておりましたので、私としても大変関心がある機構です。

大庭：95年の1月に発生した阪神・淡路大震災では、6千余名にものぼる尊い生命が奪われ、総額10兆円とも言われる被害をもたらしました。この大震災は、我が社発祥の地でもございましたので、震災からの救済につきましては、ありとあらゆることをさせていただきました。

震災当時は、いわゆるバブル経済の崩壊に伴う深刻な不況下にもあり、被災地は二重に苦しめられることとなったのです。そこで、貝原知事からの「被災地の産業復興に協力してほしい。」との呼びかけに応じ、私は神戸に本社を置く川崎重工業の社長として、被災地の産業復興のため、この地に新産業をつくり出すための研究機構を設立することを提言し、その実現に努力したのです。

私は、知事に理事長をお願いしたのですが、「折角提言してもらったのだから…。」ということで理事長をお引き受けすることになり、熊谷先生に顧問を、吉川先生（前東京大学総長）には副理事長兼研究所長をお願いした次第です。



指輪型ウェアラブルセンサー

また、新産業を創造するためには、兵庫・神戸だけの知恵ではなく国内外の広い知恵を集めようという発想がはじめからございましたので、県、神戸市、大学、そして関西の主要企業の協力を得ましてスタートしたわけです。

世界の知恵を幅広く集約

熊谷：今のお話しの中で、「幅広く知恵を集める。」というお話しがございましたが、NIROの設立にあたっては、様々な団体や機関との連携を模索され、協力関係を構築されたと伺っております。その辺をもう少しお話しいただけますか。

大庭：NIROの設立過程においては、新産業の創出に多くの実績を持っているアメリカのマサチューセッツ工科大学（MIT）のチャールズ・M・ベスト総長にも助言をいただくとともに、今後の協力をお願いするなど、できるかぎり広い知恵を得られるように努力いたしました。設立後、MITから技術のシーズを募集したり、共同研究に参加する中から、医療・福祉・介護分野で車椅子や指輪型ウェアラブルセンサー等の試作品も生まれました。このMITの研究室では、新産業に結びつく研究が行われており、今後ともこうした研究開発を互いに協力しながらやっていくこととしています。

また、兵庫県の中にあるいろいろな団体のベクトルを揃えると言いますか、それぞれの機関でやっている得意なことはそのままやっていただきながら、なるべくそのベクトルを揃える。取り組むテーマを共通化し、ダブっているところは整理していくということも進めています。

それに、私は、昨年の7月に神戸商工会議所の会頭になりまして、その翌月の8月には県が緊急経済雇用対策会議を開かれました。その後すぐに、会頭として県、神戸市、NIRO、HERO、経営者協会、工業会などの各種団体、それに大学にも、「新産業を創造するために、ばらばらに活動するのではなく、効率的にやろうじゃないですか。同じ兵庫県の中ですから。」と呼びかけまして、「新産業の創造・支援に関する懇話会」を始めました。

私は、そうした発想の場を広くして、効率的に展開するということが求められているように思うのです。と言いますのも、震災復興で大事なのは「時間」だと思うからなんです。昔から「十年一昔」と言われておりますし、10年たちますと地震のこと、復興という言葉が世間から忘れられるのではないかと危惧しています。少なくとも10年が区切りだと考えると後5年しかない、というのが今の私の切実な思いなんです。ですから、今非常に時間を惜しんでいるわけです。

熊谷：震災後5年を経過して、確かに鉄道、道路、港湾というインフラは復旧しています。しかし、現実問題としては社会全体、あるいは経済全体が本当に蘇っていくかどうか、文字通り復興できるかどうか、これが一番大事なことですよね。

大庭：そうなんです。しかし、それは非常に難しいことでもあります。それを成し得るためには、新産業をもっと

財団法人ひょうご科学技術協会
熊谷　信昭　理事長

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）特別研修生修了。58年カリフォルニア大学電子工学研究所上級研究員。工学博士60年大阪大学工学部助教授、71年同教授。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年から科学技術会議議員。

電磁波工学の権威で、その先駆的業績により米国電気通信学会終身名誉員（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、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年度（平成11年度）には文化功労者として顕彰。

現在、科学技術会議議員のほか、国土審議会委員など各省庁の審議会委員や委員長、郵政省通信総合研究所顧問、理化学研究所相談役、大阪府教育委員会委員長、（財）地球環境センター理事長、（株）原子力安全システム研究所社長・所長、大阪21世紀協会会長など。

具体的にし、その事業の立ち上げと、資金的にもサポートする体制が必要だと思います。一方では、それが成功するかどうかをセレクトする目利きも必要ですが。そうした条件がうまく揃うかどうかというのが非常に重要ですから、そういう意味で、いろいろな団体の活動内容のベクトルを合わせて、5年の間にだいたいの格好なり道筋をつけていくということを是非やりたいと思っています。

TLO（大学技術移転機関）について

熊谷：今の新産業の創出、ベンチャー企業の育成といったお話に関連するんですが、私は日本の大学の研究成果を日本の企業、産業界がまだ十分使い切っていないのではないか、産業界は日本の大学をもっと使いこなした方がいいんじゃないかという気がしています。そこで、NIROでは、大学の研究成果を活用する事業としてTLO（Technology Licensing Organization）という事業を始められましたが、これについてはどのようにお考えでしょうか。大学に対する産業界からの注文といったものでも結構です。

大庭：私は、基本的に大学というのは大学の役割があると思っていますし、これはこれで大切なことだとも思っています。確かに産業界としては、大学の先生に産業界の方にも目を向けていただきたいという要望がありますが、私は学問を大事にしていただくというのが第一義であると思っています。もちろん教育はその先にありますが。

と言うことは、産業界がいかにうまく大学と連携して、大学の知恵をいただくかということになってきます。今回、文部省、通産省のご指導でTLOという事業ができましたが、兵庫県では独自のものをつくろうとしています。それは、県下の18大学と2高専、NIROの180を超える賛助会員企業がそれぞれ連携して研究を行い、そして製品化までやっていくという形です。このTLOをNIROに置き、取り組みを始めました。

熊谷：兵庫県独自のTLOですね。今年の4月から始められたようですが、現在の状況はいかがですか。

大庭：私どものTLOには、県下の20大学等に登録していただいており、さらに、阪大などにも応援をお願いしております。

今年の4月に発足しまして、すでに500を越える大学の先生方から「NIROの方に研究成果を出してもいいよ。」という登録をしていただいています。非常に早いピッチなんです。その中から、この2か月に14件の発明提案をいただきました。14件の中には、1人の先生から4件も提供していただいたということもありまして、なかなかいい発明が出てくるようになっています。

それともう一つ、私どもNIROでは、大手企業等の特許やノウハウなどを技術移転して、中小企業を活性化させるため、108名ほどの企業OBを中心とした各分野の専門家の方々に、技術移転アドバイザーをお願いしており、NIROの大きな戦力になっています。

このアドバイザーの中には、経営やマーケティングなどの専門家もいらっしゃいますので、単なる技術移転のみならず、中小企業の構造改善を進めるなどの支援も同時に行っています。こうした技術移転を展開する中で、既に中小企業において新製品の開発などの実績が生まれています。

熊谷：それは本当にいいことですね。日本では、なかなかそういった形でスムーズに動いているところは少ないと思います。そうした取り組みが新産業の創出へと着実に進展していくことを期待いたしております。

話は少し変わりますが、大学の話として、兵庫県には姫路工業大学、神戸商科大学、看護大学の3つの県立大学がございまして、その3大学の将来あるべき姿をどう考えるかという懇話会があって、大庭さんも委員でいらっしゃいますよね。

技術移転による新製品　①小型船舶用かじ取装置（左）　②超音波探傷装置（右）

大庭：ええ。委員として参画させていただいております。

熊谷：基本的には現状のまま連携を強化していくという案から、1つの県立大学に統合するという案まであって、先般公表された中間まとめで、県民の皆さんのご意見を伺うという段階に来ています。この件について、産業界からご覧になって、将来の大学のためにも、また地元のためにもどういった形が望ましいとお考えでしょうか。

大庭：それにつきましては、確かにいろいろな案があります。私としては、それぞれに特色を持った大学ではありますが、やはり、その特色をまとめて1つの県立大学に統合すべきだと考えています。統合によって、その相乗効果といいますか、それぞれの大学がこれまで築き上げてきたもの、あるいは研究の範囲が広がっていくだろうと思うのです。ですから、3つの大学を統合して、それが3で終わらず、5なり10に持っていくということが重要だと思っています。そうすることによって兵庫県全体のレベルアップなり力をあげていくということに繋がるのではないでしょうか。

熊谷：そうですね。そうした方向が望ましいのかもしれませんね。

それでは、最後になりますが、我々の協会は兵庫県における科学技術振興の中核的な機構としての役割を果たそうとしているわけでございますが、我々の協会に対する期待、あるいはご要望、ご注文といったものがございましたらお聞かせ願えませんでしょうか。

大庭：今、この兵庫は、震災からの復興というタイミングにあり、同時に新しい世紀を迎えるというタイミングにもあります。

その中で、経済のグローバル化や情報技術の発達などを背景に、産業構造は多様化しつつあり、この急激な変化とイノベーションの時代に対応していくためには、科学技術の基盤を如何に構築していくかにかかっていると思うのです。

IT革命の時代では、この日本は現在の東京一極集中から地方分散へと変わることは必至であり、21世紀の初頭にはそうなるでしょう。そして兵庫の地は、コスモポリタンな街・神戸で代表されるように、より国際的な地域になるであろうと思っています。21世紀には、今の北東アジア情勢からみても、アメリカ大陸のNAFTAに対抗しうる北東アジア経済圏というものが動き出すことは間違いないと思っていますので、その中で、この兵庫の地が、震災という厳しい現実を乗り越え、しっかりした科学技術基盤の上で、新しい産業を展開をしていけるかどうか、これが大切だと思うのです。さらに、その基盤は国際的なコスト競争力を持ちうる基盤であることも重要だと思います。

熊谷：この兵庫県内だけでも、大学や多くの企業の研究機関に加えて、WHOの神戸センター、郵政省の通信総合研究所、大型放射光（SPring-8）の高輝度光科学研究センター、地震防災フロンティア研究センターなどの特色ある研究施設があります。また、来年度からは、新たに医療産業都市構想関連で理化学研究所の発生・再生科学総合研究センターが出来ます。私どもも、そうした新しい視野を持った研究機関との連携を密にして、新しい世紀に通用しうるような科学技術基盤を構築していくお手伝いをしていきたいと考えています。

大庭：ひょうご科学技術協会は、熊谷先生という日本の科学技術政策にも携わられ、さらに世界的な視野をお持ちの方がトップにおられ、広い視野でものを考えるという条件が揃っていますので、兵庫の地の持つポテンシャル、それを引き出す基盤を、世界的な視野に立ったうえで、国内外を問わず対外的にどんどん話し合いを行い、その中でしっかり固めていただきたい。

私が経営のポリシーとしております品質保証と言いますのも、その基盤になるものをしっかりさせるということが非常に大事です。ですから、兵庫県の科学技術基盤をしっかりレベルアップしていただく、このことをお願いしておきたいと思います。

熊谷：ありがとうございました。今お話しいただきましたことは、私どもの協会の大きな柱でもございますので、今後ともご期待に添えるよう努力してまいります。

大庭理事長におかれましても、震災からの復興、さらには新産業の創出へと、NIROへの期待がますます膨らむ中で、今後のさらなるご活躍をご期待申しあげます。本日は大変ご多忙中のところを貴重な時間をおさきいただき、示唆に富む色々なお話し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。

※大庭浩氏は神戸商工会議所会頭、川崎重工業㈱社長などを歴任。2003年12月に逝去。

21世紀の科学技術を支える人材育成のために

ー地域社会に貢献できる大学をめざしてー

●対談者
姫路工業大学 学長 鈴木 胖氏
×
㈶ひょうご科学技術協会 理事長 熊谷 信昭氏

熊谷　今、日本の大学はいろいろな問題をたくさん抱え、非常に難しい時期を迎えています。そうした中、姫路工業大学の新学長にご就任されたことに対し、「おめでとうございます。」と申し上げると同時に「ご苦労様です。」とも申し上げたいと思います。

学長にご就任になられてから３か月余りが経過しましたが、まず最初にどのような感想をお持ちになりましたか。

鈴木　私が学長に就任しまして、改めて大学をみてみますと、大変いろんな機能を持っていることにまず驚きました。理学部ができたことは知っておりましたが、やはり工学部を中心とした大学というイメージを持っていました。

しかし、実際には理学部をはじめ、環境人間学部もあり、そのほかにもたくさんの研究所があるのにびっくりしています。

三田、淡路、豊岡に、それぞれ自然・環境科学研究所の研究部門を配置していますし、播磨科学公園都市にも高度産業科学技術研究所を設置しています。本当に全県に根を張った大きな大学であり、びっくりしました。

熊谷　その播磨科学公園都市には、高度産業科学技術研究所の中型放射光施設「ニュースバル」もありますよね。

鈴木　そうです。SPring-8の線形加速器から電子ビームを分けてもらう形で、SPring-8に隣接して設置されています。

熊谷　まさに、県域全体に様々な研究施設を持った大きな大学ですね。しかし、失礼かもしれませんが、そうした大学の機能は案外知られておらず、県民でも知らない人が多いのではないでしょうか。

鈴木　そうなんですよ。先日も大阪でエネルギーを考える会という在阪企業の技術系のトップの方々の集まりで話しをする機会があり、その際、大学紹介パンフレットを持参してＰＲしたのですが、皆さん、ほとんどご存じなかったですね。

姫路で仕事をしておられる方でもご存じなかったですね。

熊谷　伝統と実力のある大学としては、残念なことですね。立派な大学なのですから、もっと対外的にＰＲしていった方がいいのかもしれませんね。

鈴木　私も、エネルギーという専門の関係で、様々な場で話しをする機会がありますから、その時間を少しいただいて、大学のＰＲをしていこうと考えています。

熊谷　それはいろんな意味で大切なことだと思います。

さて、鈴木先生は大阪大学の工学部をご卒業後、若くして、まだ30代で教授になられまして、私とは同じ工学部の教授会で同僚の時代を過ごしましたね。工学部でも同じ電気系の学科で、鈴木先生は電気工学科、私は通信工学科でした。

退官は、私の方が５年ほど先でしたが。

鈴木　はい、そうです。阪大時代には、熊谷先生には大変お世話になりました。

地域社会に貢献する姫路工業大学

熊谷　鈴木先生は、学科主任を度々なさいましたし、その後も評議員をなさったり、工学部長や大学院工学研究科長という要職もお勤めになられ、更には総長補佐もなさいましたよね。

鈴木　ええ、いろいろやらせていただきました。

熊谷　阪大工学部と言えば、教職員数から言っても、学生数から言っても一つの大学よりも大きいぐらいの規模を持っています。その学部の学部長をなさいましたし、評議員とか総長補佐として、大学運営の枢機に参画してこられたわけですから、姫路工業大学の学長になられても、十分な経験と実力をお持ちの方だと思っております。

大阪大学のような国立大学と姫路工業大学のような公立大学とでは、何か違いのようなものをお感じになりましたか。

鈴木　県立大学ということで、文字通り県との繋がりが非常に強いということです。それが大きく違う点だと思います。

熊谷　国立大学は、相手は文部科学省だけですが、県立の場合は、直接の相手は県で、文部科学省は間接的な関係ということですね。

鈴木　そうです。県立大学ですから、県民の意向によって運営されているという面がかなりが強い。熊谷先生も参画されていた県立大学の将来を考えるための懇話会でも、やはり「県民のために」というのがかなり前に出されていましたよね。

それと、姫路工業大学という名前からもわかるように、地域社会からの期待が非常に大きいという点も挙げられます。

私も赴任してから、いろいろなところへ出かける機会も多いのですが、やはり、そこでも、「姫路工業大学に地域の将来がかかっている。」という声が強く、重責を担っていることを実感しています。

熊谷　そうでしょうね。地域に密着した大学ですから。

鈴木　これが国立大学だとそうでもありません。大阪大学も地域に密着してはいたのですが、それでも、それとはかなりニュアンスが違います。

熊谷　これまでの国立大学の問題点の一つは、地域帰属意識というものが希薄であるという点でした。例えば、東京大学の教授で「東京都のために。」と思って研究している方は殆どないでしょう。しかし、同じ国立であっても、東京以外の地域にある国立大学は、まだ地域帰属意識というものが多少はあって、京都大学や大阪大学などでは、「京都のために。」とか「大阪のために。」あるいは「関西のために。」という意識がかなりあります。

それが公立大学となると、なお更「地域のために。」という意識が強いと思いますし、このことは、公立大学としては非常に大事なことだと思います。

鈴木　そうなんです。私もまったくそう思っています。

熊谷　私は、大学の役割には、教育と研究と社会への貢献の三つの柱があると思っていますので、そういう意味では、姫路工業大学は歴史的にもそれぞれの分野で貢献して来られたんでしょうね。

鈴木　ええ、そうですね。そして、先ほども申し上げたように、そのカバーしている地域が淡路島から豊岡までと非常に広く、様々な面で地域社会の発展に貢献してきたものと思っています。

姫路工業大学のユニークな研究施設

熊谷　姫路工業大学で、非常にユニークな学科とか、特色のある研究施設としては、どのようなものがあるのですか。

鈴木　学部で言うと、やはり理学部ですね。学科の構成は、普通の理学部であれば物理とか化学とかですが、姫路工業大学の場合は、物質科学と生命科学というこれから伸びる分野が学科としてセットされています。

しかも、そこで行われている研究も、物質科学にしろ生命科学にしろ極めてミクロな分析で、例えば世界一の放射光施設であるSPring-8をうまく活用して研究しているというのがまず１つあげられます。それともう１つ、先ほどお話しのあったニュースバルですね。

これもSPring-8とは違うカバーレッジで軟Ｘ線という少し波長の長いものを使って、工業に役立つ、例えばリソグラフィとかあるいはマイクロマシンというふうな研究をこれから伸ばしていこうとしています。

それから、次に自然・環境科学研究所の中で、コウノトリの郷公園内に設置している田園生態系の研究所ですね。このコウノトリの郷公園では、一時絶滅しかけたコウノトリを、今また繁殖させようとしているわけです。私は「コウノトリ」というのは、ある意味で今の我々の社会のあり方を反省させられるようなテーマだと思っているんです。

熊谷　ほう、それはどういうことですか。

鈴木　かつてのコウノトリの生態について、地元の写真家が戦前に撮った有名な写真があるのですが、それには、コウノトリが川で魚を捕っているところが写っています。そのすぐ側には、牛と農夫が写っており、その構図からコウノトリと人間がごく自然に共存していた風景が見て取れます。コウノトリ自身の問題もありますが、段々囲い込まれていって、ほとんどが近親結婚となり、同族で繁殖したために遺伝子が劣化し絶滅しかけていた。そういう状態からコウノトリをなんとか再生させたいということで、コウノトリをいろんなところから、例えばロシアやどこかの動物園から譲ってもらったりして、その家系やＤＮＡを分析しています。同じ家系だと劣性遺伝となりますから、そうでないものを掛け合わせ、なんとか強力な生命力のある子を育てようというような研究を進めています。

コウノトリと人間の共生

熊谷　興味のある研究ですね。それはどこにある研究所でされているのですか。

鈴木　豊岡にあります。豊岡は田園地帯なのですが、困ったことにコウノトリを外へ出して繁殖させようにも、その田園がコウノトリの餌を供給できない状況に なっているんですよ。と言いますのは昔は田んぼにはドジョウやタニシがい、立派な生態系があったのですが、それが農薬の使用などで壊されてしまったのです。一見青々とした見事な水田なんですが、稲だけが成長し

姫路工業大学　学長
鈴木　胖　（すずき　ゆたか）

1934年生まれ。58年大阪大学工学部電気工学科卒業。60年同大学院工学研究科修士課程電気工学専攻修了。同大学助手、講師、助教授を経て72年から教授。同大学評議員、総長補佐、先端科学技術共同研究センター長などの要職を歴任するとともに、95年には工学部長に就任。
98年大阪大学名誉教授。98年摂南大学教授を経て、2000年10月から現職。

電気工学、システム工学の権威で、その先駆的業績により、計測自動制御学会論文賞を受賞するとともに、エネルギー・資源学会、日本シュミレーション学会、電気学会、日本都市計画学会など、幅広い分野で活躍中。

現在、国土審議会特別委員、大阪府総合計画審議会委員、和歌山県長期総合計画審議会委員、関西文化学術研究都市推進機構・高度情報化対応研究会座長、通信・放送機構・奈良リサーチセンター・プロジェクトリーダー、エネルギー・資源学会副会長、大阪科学技術センター・環境創造型都市とエネルギー部会部会長など。

ていて、生態系としてはほとんど機能していないわけですよね。ですから、結局そこでは繁殖できません。また、遺伝子上問題のない雄と雌をお見合いさせるのですが、なかなかこちらが思うように気に入ってもらえない。人間社会とは違って（笑）。そういう状況を見ていますと、我々人間社会の行く末ももしかすればこんなふうになってしまうのではという感じすらしましてね。この鳥を通して見ると、今の我々の社会のあり方みたいなものを考えさせられまして、非常に参考になります。

熊谷　おもしろい研究のようですね。そういった研究が行われているとは知りませんでした。そう言えば、鈴木先生は、環境問題が今日のように世界的な課題として大き

コウノトリの郷公園

く取り上げられるようになる前から、ローマクラブのメンバーとして啓蒙的な活動などをされていましたね。
ご自身の専門でもあるエネルギー問題などを中心とした環境問題に非常に造詣が深くていらっしゃいますけれども、姫路工業大学にはちょうど今お話しを伺った自然・環境科学研究所があるのですね。

鈴木　そうなんです。今お話ししたコウノトリの郷公園の田園生態系以外にも、三田の人と自然の博物館には自然環境系の研究部門があり、淡路島の景観園芸学校には景観園芸系の研究部門も持ってい ます。外国の大学ではそうした研究所を持っている大学もありますが、日本の大学の中では非常にユニークな研究所だと思っています。
姫路工業大学の将来も、こうしたユニークな研究所が持っている 機能をいかに活用していくかにかかって いると思っているのです。

熊谷　そうですね。これからの大学は、何らかの形で特色を持った研究なり教育をしていくべきでしょうね。

鈴木　そういう意味では、姫路工業大学には、これから大学を発展させていくためのシーズが揃っている大学だと思っています。将来が楽しみな大学です。

システムとメカニズム

熊谷　21世紀における県の発展、あるいは日本の国の発展に、大学は非常に大事な役割を果たすでしょうし、果たさないといけないと思います。そういう意味で、大学の教育のあり方とか、研究のあり方というのは、常に真剣に検討していかないといけないわけですが、鈴木先生は、もともとのご専門はシステム工学でしたね。

鈴木　ええ、システム工学の中でも、コンピュータを使ったシミュレーションです。とは言っても、シミュレーションそのものではなく、シミュレーションのためのモデルをつくるというものです。いろんなデータを解析しまして。

熊谷　学位論文はどういうものでしたか。

鈴木　「最小２乗法によるプロセスの動特性決定」というものです。
その研究のお陰で、姫路には縁がありましてね。助手になってすぐの頃、姫路市内の火力発電所に泊まり込みまして、ボイラーのデータをとって、ボイラーのモデルをつくり、その制御を研究したことがあります。そういう意味で姫路は懐かしい所ですね。その研究の延長がドクター論文に至ったということです。

熊谷　鈴木先生は、環境問題の研究やエネルギー問題など、非常に幅広い研究経歴をお持ちです。アメリカでは今、ダブルメジャーからトリプルメジャー、更にはマルチメジャーの人材が貴重だと言われているのですが、そういう意味では大変幅広い分野に造詣が深く、本当に工業大学の学長には最適の方だと思います。

鈴木　ありがとうございます。

私は、システムの研究というのは、対象をよく見て、分析して、データも集めて、その過程で全体像がわかってくるものだと思っています。

私の出発点はシステム工学で、発電所のボイラーの研究に始まって、ローマクラブでの世界のモデルづくり、それからエネルギーの分析や資源の分析。かなり一生懸命データを集め、それを全部解析しまして、その結果から「将来はこうではないか。」ということをやってきました。
ある時は、社会システムということで、府県の長期の総合計画とかにも携わったこともあります。今大きな課題になっている地球温暖化防止では、エネルギーシステムをどうすればいいのかなども研究してきました。結局、それぞれ対象は違うけれども、“システム”として捉えれて見れば、同じように問題を見ることができると思っています。

熊谷　そういうご経験から、今の学生の皆さんとか、若い技術者の方々に何かアドバイスはございますか。

鈴木　そうですね、「本を読みなさい。」とはよく言われますが、私は、本を読む前にまず自分で考えてみて、それからその考えに沿って本を読むというような習慣が大事だと思います。それから、なるべく物事を広く見て、いろいろな問題がある中から、どれがそのキーワードとなるのか、キーのデータなのか、あるいはキーの変数なのかということを掴み、物事を分かりやすく見ていくということでしょうか。はっきり言えば、「中身をよく見ないと整理ができない。」ということに気を付けることが大事だと思います。特に研究者にとっては。
また、自然の研究であれば、よく観察するということが絶対条件になると思います。ローマクラブで「地球は有限だ。」と発表した当時には、有限の地球なんていうのはマイナーな考え方で、「何言ってるんだ、地球なんて無限だよ。」という考え方が主流でした。私たちには、地球の資源がそう長続きはしないことは、集めたデータを見ていれば自ずから分かったのですが。
一般的な感覚では地球はとても広いですから、何でも無限だという感じだったのでしょう。そういう「感」に頼るのではなく、データを集めて、それを解析して、それによって物事を判断するということがいかに大切かを実感させられました。

熊谷　私は、研究者や技術者には、自分の専門分野を徹底的に深く追求するタイプと、自分の専門分野とは違ういろんな分野についても広く関心を持とうとするタイプがありますが、これからは後者が重要になってくると思っています。
また、新しい技術のブレークスルーの鍵になるのは、人文・社会科学系の分野の人たちとの交流、それから、自然と生物をよく観察して、そのメカニズムに学ぶというようなことが非常に大事なキーポイントになるのではと思っています。
ご承知のように、アメリカのＭＩＴなどでは、全学科の学生に生物学を必修科目として勉強させています。非常に先見性のある教育だと思います。
工学部の学生にも、全学科の学生に生命科学とか生物学の基礎の知識を持たせる、そういうことも必要ではないかと思うんですが、いかがですか。

鈴木　確かに、先生のおっしゃるとおりです。今、理学部の生命科学科では、細胞のいろんな制御メカニズムというものをかなりミクロに研究しているんですよ。
私はその分野は専門ではありませんが、そのような研究で、生物の中でどのような仕組みが働いているのかなんてのを見ますと、もう分かっているものだけでもすごいものですね、生物は。驚異ですよ。

熊谷　本当に驚異ですよね。

鈴木　そういうものを、もし工学関係の人間が掴めば随分考え方が変わりますよ。
生物のメカニズムの一部分を見るだけでも、大変な効果があると思います。あれだけ一生懸命研究をやっていても、まだ大部分が解明されていないということでして、これは、単にバイオテクノロジーをコンピュータに利用するといったそんな次元の話しではないですね。もっともっと深いですね。

熊谷　私もまったく専門外だけれども、「免疫」のメカニズムの研究だけでも随分大きく進歩しましたが、それを物語として見てても本当におもしろいですね。

鈴木　それでも、ほんの一部ですよね。

熊谷　そう、まだほんの一部です。わかってないことの方が大部分なんだから。

鈴木　生物の進化には本当に「神の手」っ

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）特別研修生修了。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。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、その先駆的業績により米国電気通信学会終身名誉員（Life　Fellow）、電子情報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、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年度には文化功労者として顕彰。

現在、国土審議会委員など各省庁の審議会委員や委員長、総務省通信総合研究所顧問、理化学研究所相談役、大阪府教育委員会委員長、(財)地球環境センター理事長、(株)原子力安全システム研究所社長・所長、大阪21世紀協会会長など。

ていうのを感じます。最新のテクニックでどんどん細かく見ていくと、細胞膜一つ通しての物質の移動なんかも見られるようになっているんですね。

熊谷　生物の中には、自然的にそういうメカニズムが形成されているんですから。

鈴木　一般的にはDNAの解析とか、そんなところのみが脚光を浴びていますが、生物体の中では更にすごいことが行われている。

熊谷　メカニズムがすごいんですよ。ですから、ああいうものには、驚異の念を持たなくてはいけないと思います。

鈴木　そうした驚異の念を持つと、工学の考え方が変わりますよ。

熊谷　そうです。そういうことからも、21世紀の科学技術の基礎は、情報通信、エネルギー、物質材料、それから生命科学と言うことになります。

鈴木　そのように言われていますね。

熊谷　私は、それらが、それぞれ単独で分離してあるのではなくて、融合して新しい科学技術分野が生まれてくるのではないかと思っています。

そういった意味で、姫路工業大学では、ユニークな学科や研究所をお持ちですから、これからおもしろい研究が期待できるんじゃないでしょうか。

産学官の連携

熊谷　鈴木先生は、大阪大学におられた頃から、産業界、経済界とのおつきあいを大事にされ、その方面でも大変ご活躍をされて来られましたが、公立大学である姫路工業大学において、地域社会への貢献ということも視野に入れた中で、産学官の連携にどのように取り組まれようとされているのかについてお伺いできますでしょうか。

鈴木　産学官の連携という意味では、まずは理学部、工学部での教育面において、産業界と言いますか、地元からのご支援をいただいています。例えば理学部には大学院で８つの部門がありますが、そのうちの６部門に連携大学院というものをつくっています。SPring-8関係の理化学研究所、原子力研究所をはじめ、通信総合研究所関西先端研究センターや地元の企業等から参加していただき、連携大学院を設けているのです。

工学部の大学院には３つの専攻がありますが、地元のいろいろな企業や研究所から、いわゆる客員教授として教えに来ていただいております。まず、そうした教育面での連携が挙げられると思います。

それから、ニュースバルですが、これはもともと地元企業に高度な光科学を使ってもらう先兵になるということが目的でしたので、ここでは様々なプロジェクトが生まれてきています。

また、その次のレベルですが、昨年の４月に産学交流センターを開設しました。

現在、このセンターでは、姫路工業大学の先生方の研究内容のデータベースをつくったという段階で、これから活動を本格化していくことにしています。具体的には、既にコーディネーターを２名配置しておりまして、このコーディネーターを中心に、大学の持っているシーズと地元の企業などのニーズのマッチングを図っています。

地元の経済界においても、産学交流会とか、いろんな組織を持っていますので、そういった組織との連絡を密にしていきたいと思っています。

そのような中で、地元の方から「大学の先生の説明は難しい。」といった声もよく聞きますので、わかりやすく説明していくことも必要だと思っています。

熊谷　分かりやすく説明しないと、連携も入り口で止まってしまいます。

鈴木　そうですね。そういうった状況で、産学官の本格的な連携はこれからといったところです。

熊谷　鈴木先生は、阪大時代にも、阪大の先端科学技術共同研究センターの初代センター長を務めておられ、よくご存じの分野であろうと思いますので、これからのご活躍を期待いたしております。

青少年の科学技術離れ

熊谷　私はかねがね、たくさんの青少年に科学技術の分野に関心を持っていただいて、この分野を志してほしいと思っております。最近の国際比較調査でも、日本の小学生、中学生の理科、数学の学力レベルはかなり高く、国際的に見てもトップクラスにあるんですが。

鈴木　でも、理科や数学が嫌いだって言うんですよね。

熊谷　そうなんです。問題は意識なんです。数学や理科が好きか嫌いかを聞くと、嫌いだという子が断然多いんです。そして、将来数学や理科を使うような仕事をやりたいと思うかと聞くと、これも国際的に見ると断然低い。理科や数学が生活に必要だと思いますかと聞いても、「思わない」という子が断然多いんですよ。これは、「ハードよりもソフト。」と「これからはソフトの時代だ。」という　ような、私に言わせれば世を惑わす誤ったキャッチフレーズの責任だと思っているんです。でも、理工系離れといっても、理学部に行きたいという子は、理学部の入学定員がもともと少ないこともあって、競争率なんかは結構高いですよね。

鈴木　ええ、結構高いですよ。

熊谷　理工系離れと一口に言いますけれども、問題はやっぱり工学離れ、製造業離れ、あるいは技術者離れと言うんですかね。私に言わせると誤ったキャッチフレーズということもありますが、やはり技術の仕事っていうのは、好きでなければ大変です。いやいややればこんなに苦しいものはない。それに、苦労の割には給料面なんかで報われるところが少なかった。それから、最近の環境問題などのように、社会が科学技術に対して批判的な目で見たり、距離を置いて見るようになったという傾向もあり、そんないろんな原因によって、若者の理工系離れが憂慮されているんですけれども、これはやはり日本の将来、兵庫県の将来を考えますと、由々しき問題です。若者の科学技術、理工系離れに歯止めをかけ、科学技術分野に進みたいという青少年がたくさん出てきてほしいと思っていますが、何かいい方法はありませんでしょうか。

鈴木　今、青少年を含め自然に接する機会が少なくなりましたよね。例えば虫の名前や花の名前、木の名前を覚えたりすることもなくなってきている。そういうことへの関心がほとんどなくなってきてしまっています。コンピュータのゲームなんかに熱中してしまって。

熊谷　部屋の中に籠もりっきりで、コンピュータゲームを楽しんでいるような子は増えているようですね。

鈴木　ですから、まずは、都会の中でもできるだけ自然に接することができる環境をつくっていく、動物園や水族館を大事にし、そういう中で自然に関心を持つということが必要だと思います。

それから、日本が欧米と比べて決定的に違うのは産業博物館がないということですね。例えばミュンヘンのドイツ・ミュージアム、ロンドンの大英博物館、ワシントンのスミソニアン博物館、これらは博物館といっても、工業博物館にもなっています。

ニュースバル　蓄積リング

ヨーロッパのほとんどの工業国には産業博物館がつくられています。

この工業大国である日本に、そういうものが全然ないというのは問題だと思っています。

熊谷　その件については、梅棹忠夫先生（国立民族学博物館名誉教授・顧問）も前から提唱されているんですが、確かに是非ほしいですね。

鈴木　ええ、是非ほしいですね。折角これだけの工業大国なんですから。

熊谷　企業ごとにはありますが、一般の人がいつでも見られるような工業技術博物館みたいなものがあればいいですね。

鈴木　それこそ、「人と自然の博物館」みたいなものが、肝心のものづくりについても、「これはおもしろいな。」とか思わせるような博物館があればと思っています。

工業技術の発達の歴史を見るというのが非常に重要だと思うんです。飛行機にしたって、電車にしたってね。例えばスチーブンソンの蒸気機関車からスタートして電車ができ、日本には700系の最新鋭の新幹線まである。そういう世界的に見てもすばらしいものがあるのですから、是非博物館をつくってみたいと思いますよね。そういう部分が日本では抜けているのではないかと思っています。

熊谷　それとね、製造業には子供や若者を引きつける格好良さみたいなものがないということもありますね。ノーベル賞なんかをもらう人が出ると、青少年でも格好いいなあと思って憧れるもんですよ。

やっぱり、科学技術の分野でも、そういう格好いいなあと子供たちが思うような表彰制度のようなものをつくるべきではないでしょうか。

ニュースバル　ビームライン

更に言えば、科学技術の分野で苦労して頑張れば、地域社会にも国にも、広くは世界人類のためにも貢献することになるという誇りと、それを評価する社会、具体的には給料なども含めていろんな面で、見返りみたいなものがでっかくないといけないですね。生涯所得が他の職業と比べて低いような社会では、志す者がだんだん減ってもやむを得ません。もっと楽に金が稼げる仕事が一杯出てきていますから。そうして考えていくと、たった１つの特効薬はないのでしょうね。

やはり、世の中全体、社会全体が直していくよりしようがないんでしょうね。

理工系離れになったというのも、子供たち自身が悪いわけじゃなく、結局社会がそういう方向にもっていかせているわけですから、戻すのも社会ですよね。

鈴木　もちろん、それが基本だと思います。それにしても、ちょっとね。日本はそういう意味では酷すぎます。私は、ヨーロッパへ行く機会が多いんですが、向こうの技術者は大事にしてもらってますし、誇りをもっています。

熊谷　そうなんですよ。大事にしてもらってます。日本の若者を対象としたアンケート調査で、一番やりたい職業の上位は野球選手や歌手で、科学技術の分野で社会に貢献したいなんていうのはずっと下位で、この点でも外国と比べるとちょっと情けないですよ。

鈴木　ええ、おかしいです。

熊谷　これはやっぱり、世の中みんなで、そういう傾向を改めるように努力しないといけないと思っておりまして、我々ひょうご科学技術協会でも出来るだけのお手伝いをしたいと思って様々な事業を展開しています。最後になりますが、我々の協会に対するご注文なり、ご助言なり、何かございましたらお願いできますか。

鈴木　助言や注文というよりも、逆に姫路工業大学も随分協会にお世話になっていまして、理学部も参画させていただいている「播磨国際フォーラム」や若手の研究者に対する研究資金の助成とか、非常に幅広くご支援をいただいています。

大変ありがたく思っており、この場をお借りしてお礼を申し上げておきたい。

熊谷　我々の協会では、先ほどの話しの関連で、一般社会の人たちへや若者への啓蒙活動のために、様々な事業を展開ています。一度鈴木先生にもエネルギー問題を中心とした環境問題といったテーマで、協会主催のトピックスセミナーでご講演いただければありがたいと思っています。お忙しいとは思いますが、是非お願い申し上げます。

鈴木　私に限らず、姫路工業大学にはいろんな分野の先生がおられますから、そういった形で社会に貢献できるのなら、どんどん活用していただければ結構ですし、協力させていただきたいと思っております。

熊谷　本日は大変ご多忙の中、貴重な時間をおさきいただき、示唆に富む色々なお話しを聞かせていただきまして、本当にありがとうございました。鈴木先生におかれましては、21世紀の科学技術を支える人材育成のため、姫路工業大学の学長として更なるご活躍をご期待申し上げます。

※鈴木胖氏は現在、（公財）地球環境戦略研究機関関西研究センター所長、大阪大学名誉教授。

青少年の科学技術離れについて
ー科学教育にとって必要な環境とはー

●対談者
神戸大学 学長 野上 智行氏 × ㈶ひょうご科学技術協会 理事長 熊谷 信昭氏

熊谷:今年の2月に神戸大学長にご就任になってはや半年近くとなりますが、本当にお忙しい中、貴重な時間を割いてお越しいただき、誠にありがとうございます。先生は、広島大学の教育学部のご出身ですが、広島大学は長い歴史と伝統をもつ大学で、その前身は広島高等師範学校、(旧制)広島高等学校、広島文理科大学と、日本を代表する教育機関でした。今の筑波大学の前身である東京教育大学と共に、日本の教育を先導してきた学校ですね。

そこでお伺い致しますが、先生のご専門は何でしょうか。

野上:平たく言えば理科教育です。科学教育という一般的な言い方もありまして、英語で言えば一緒で「サイエンスエデュケーション」と言います。学会も日本理科教育学会と日本科学教育学会と2つあります。

科学教育とは

熊谷:科学というと、自然科学や社会科学がありますが。

野上:主として自然科学や技術の教育を対象としております。

私自身、最も興味を持っていたのは、「学校でなぜ理科を教えるのか。」ということです。自然科学というものがありますが、小学校・中学校・高等学校で、歴史的に「理科」や「物理」「化学」「生物」「地学」あるいは「総合理科」という形態で教えるようになったは何故なのか。その研究のため、コロンビア大学のティーチャーズカレッジに1年ほど客員研究員として留学しました。ここはアメリカの教育学のメッカとして有名です。

熊谷:アメリカの大学には科学教育政策を専門に研究・教育する学科があるのですか。

野上:あります。

熊谷:そういう学科があるということ自体を知りませんでした。日本にもそういったものがあるのでしょうか。

野上:昔からあったわけではありませんね。特に大学院のドクターコースで理科教育が出来たというのは、多分私が最初の卒業生かと思います。広島大学の教育学研究科の中に教科教育学という学科ができまして、その中に理科教育学専攻というドクター課程がありました。

熊谷:実は私はかねてからそういう分野に関心を持ってきましたし、ある意味で関係もあったのですが、そういう貴重な学科があることを知りませんでした。

野上:教員養成系の大学には、教員養成の中で理科教育という講座がありますが、そこでは、いわゆる物理、化学、生物、地学の専門の方が、その分野の教育内容のあり方を教育研究するという形式をとっています。その中に理科教育専攻という教育方法を扱うコースができたのは1970年代でしょうか。ところが最近では多くの大学で、科学離れ理科離れが問題となりながら、物・化・生・地の科学研究以外のいわゆる教育学のサイドからのアプローチである科学教育・理科教育は縮小される傾向にありますね。

熊谷:それはゆゆしき問題ですね。

野上:文部行政の科学教育に対するスタンスが弱くなってきたのかなという気がしますね。

私はアメリカの科学教育政策に興味がありまして、アメリカで科学教育政策がどのように展開されてきたのか、その歴史を追いかけてきました。

アメリカには、NSF(ナショナル・サイエンス・ファンデーション)があり、科学教育研究にも多くの資金を提供してきています。アメリカではもともと教育は州の仕事であり国が関与することはなかったのですが、第2次世界大戦後、国家防衛教育法(ナショナル・ディフェンス・エデュケーション・アクト)というものが出来まして、国が教育に直接関与することとなりました。これはこの大戦で、アメリカは、戦争において科学技術というものが大きな役割を果たすということを学んだだけでなく、逆にこれを放置すると国家はつまづき倒れてしまうと考えたからですね。

特にソ連が段々と力をつけていくなかでナショナルディフェンス(国家防衛)という観点からすると、科学教育の推進について集中的に研究に投資をする必要があると考えたわけです。そこでアメリカは1950年代の終わり頃からNSFを通じて科学教育のために膨大な資金を投入してきました。

その結果、1960年代には大きな科学技術教育の一大ムーブメントが生じたわけです。それが日本にも大きな影響を与えたのですが、その中でも最大のものは、日本各地に理科教育センターというものを創ったことですね。これは現職教員、理科に関する教員の再教育のシステムであったと思います。

熊谷:それは高等学校教員だけを対象にしたものですか。

野上:小・中・高です。小中高の教育を理科教育の部分から強化しないと、いわゆる科学技術立国はあり得ないという構想のもと、1960年代に全国の都道府県に理科教育センターを創ったのです。センターでは絶えず研修を実施していましたが、時にはバスを仕立てて所員を僻地の学校へ連れて行って、最近のサイエンスの講義をし、実験法を教えていました。

熊谷:それを創ったのは文部省ですか。

野上:文部省です。

ところが、国の理科教育の強化という選択に対して他分野の教育界から、「なぜ理科教育だけなのか、我々にもそういう養成をして欲しい。」という意見が出てきた。

このため、それぞれの県が教育センターを創り、全科目について研修を実施するということになりました。ところが理科教育センターが独自に実施してきた実験などが、いつの間にか実施できなくなってしまいました。これは大きな痛手ですね。その段階で理科教育の強化策は壊れてしまったのだと思います。そのころから小中高の教員の教育力というものが落ちましたね。

かつては、実験を中心とした、あるいはフィールドワークを中心とした現職教員の講習を実施してきて、それが科学技術立国としての日本の今の状況を作り出してきたのですが、それをキープすることをしなかった。これは政策の失敗だと思っております。私どもは声を大きくしてそのように言っているのですが、なかなか政府には伝わらない。

ところが、それを真似したのがアメリカです。日本の理科教育センターのシステムを評価してアメリカに創った。例えばジョージア州では大学が主となり、理科教育センターを各地に創り連携を図るようにしたのです。

アメリカは日本の優れたアイデアをしっかり学んで自分のものとしたのです。ちょうど今の経済と似てまして、日本の高度成長期の方法を学んでアメリカに持ち帰り、そしてアメリカが復活してきたようにです。

イギリスも同じで、サッチャー首相が日本の教育システムを学び、日本は優れたことを行っているので、そのノウハウを持ち帰ってイギリスに導入した。ところが何故か日本はそういう財産を捨てたというのが私の正直な感想です。文部科学省の政策に理念が無くなってきたように感じます。

熊谷:しかし、それにしても科学教育政策について専門的に研究されてきた方を学長にいただく大学というのはハッピーですね。

そういう専門家がおられるということを、寡聞にして認識していなかったことは大変お恥ずかしいことですが、先生の学位論文名というのはどういったものだったのでしょうか。

野上:「アメリカ合衆国におけるゼネラルサイエンスの成立過程の研究」です。ゼネラルサイエンスというのは、この場合、市民にとってのサイエンスのことです。

ゼネラルサイエンスのルーツはイギリスにありまして、それからドイツ、フランスに、そして日本にも影響を与えました。日本でもちょうど戦前、戦中から、戦後すぐにかけて優れたものが入ってきてますね。

熊谷:しかし、日本においては、一般の方々の科学技術とか自然科学に対する認識や理解がまだ十分でないような気がしますね。

ニューヨーク・アカデミー・オブ・サイエンスに学ぶ

野上:アメリカ留学中に思ったことですが、1980年代の日本の高度成長期のまっただ中でしたが、ニューヨークに、「ニューヨーク・アカデミー・オブ・サイエンス」というものがありますね。

熊谷:ありますね。私もメンバーです。

野上:そこがいろんな行事をやっていまして、それがどういうものかというと、まずおいしい食事をいただいて、その後、先端の科学なり現代の科学技術の課題なりについてトップの人のレクチャーを聴く。これは楽しい会でしたが、ひょうご・アカデミー・オブ・サイエンスを創りたいと思いますね。

熊谷:なるほど。

野上:今の日本では、市民は懇親会とか講演、それを聴きに来るだけですが、それだけではなくて、ゆっくりとサイエンスを楽しみ、最新のテクノロジーを知るということを生活の中に織り込む。これをやりたい。

熊谷:それはよいご提案ですね。

野上:最近考えますのは、ミュージアムをいかに復活させるかということです。ネイチャーセンターというものが各地にありますが、近郊を中心に自然を対象とした教育プログラムを、日本にもっと根付かせることができないものかと思います。

しかし、いろいろ調べていきますと、残念なことに、それを実際に運用できる

神戸大学　学長
野上　智行（のがみ　ともゆき）

1946年生まれ。68年広島大学教育学部卒業。78年広島大学大学院教育学研究科博士課程単位習得退学。博士（教育学）。79年広島大学教育学部助手、80年広島女子大学講師、88年神戸大学教育学部助教授、92年同発達科学部教授。
発達科学部附属人間科学研究センター長、附属幼稚園長、附属明石小・中学校長、発達科学部長などを経て、2001年2月同大学学長。

科学教育、科学技術社会教育を専門とし、日本科学教育学会理事を歴任。最近は、「科学技術情報社会におけるライフスキルとしての知識経営能力育成プログラムの開発」「科学系博物館・野外学習センターと学校が連携した動的プログラムの開発」を推進。

「世界の理科教育」（みずうみ書房）、「アメリカ合衆国におけるゼネラルサイエンスの成立過程の研究」（風間書房）、「環境教育と学校カリキュラム」（東洋館出版社）、「認知構造と概念転換」（東洋館出版社）、「総合的学習への提言：教科をクロスする授業」（全7巻のプロデュース、明治図書）など、多くの著書・訳書・論文を刊行。

プロを養成する機関が日本にはないのです。

本来、実際にフィールドに出ますと、大人が対象の場合、幼児が対象の場合など対象別に応じたプログラムが用意される必要があり、それがアメリカでも、イギリス、ドイツ、フランスでも潤沢にある。しかも、そういう指導者を養成するシステムが出来ている。しかし、日本の場合、それを創ろうとするとなかなか成立しない。

最近では、いくつかのミュージアムで頑張ってプログラムを展開していただいていますが、そういうのはもっともっと広がっていく必要があると思います。しかも、同時にそこにいる指導者はプロフェッショナルでなければならないのです。

熊谷:大阪にサイエンス・サテライトというのがあって私は名誉館長を務めておりますが、キッズランドと同じフロアーにつながっているものですから入場者は予想以上に多い。

先生がおっしゃるようにニューヨーク・アカデミー・オブ・サイエンスに相当するようなものが出来たらいいですね。せっかくですから神戸だけと言わずに京阪神を中心とした関西アカデミー・オブ・サイエンスというのはいかがでしょうか。

大阪国際サイエンスクラブというのが大阪科学技術センターにあるのですが、ベーシックサイエンスの研究者というよりは、主体として産業界関係の方が多い。しかし、ニューヨーク・アカデミー・オブ・サイエンスというのは、サイエンティストが中心でしたね。

野上:留学中、ニューヨーク・アカデミー・オブ・サイエンスに呼ばれたことがあります。

それも突然で、「ちょっと今までと違うトピックスを扱うから来てくれないか」と言われたので行ってみますと、「日本のサイエンスエデュケーション」というテーマでした。

あのときの時代背景としては、日本は随分元気の良いときで、アメリカが困難な時代でした。だから、日本の科学教育システムはどうなっているのか、日本とアメリカの科学技術教育システムはどう違うのかについての勉強会をやろうということで、ちょうど日本の科学教育の専門家が来ているから、あなたも来てくださいと言われたんです。

とりあえずそこへ行きましたら、日本の高等学校の校長先生がおいでになっておられまして、日本の高等学校、多分進学校で、灘高レベルのような学校の物理教育の映像を映していました。そうすると、その高校の物理の内容というのはアメリカにとってはショッキングな内容であったのです。レベルが高くて、しかもすごい数の60名ぐらいの生徒が難しい物理学を学んでいる様子を映すわけです。

ところが、アメリカの高等学校であのレベルの授業をやっているのはAP（アドバンスドプレイスメント）コースといって、普通の高校で10名か15名程度しか受けないものなのです。その圧倒的差を見せつけられて、「だからアメリカは負けるんだ」といったことを言われて。ところがその時に、「あれは詰め込みだ。クリエイティビティは全然無いではないか」と、そういう声も出まして、「そうだ我々にはクリエイティビティがある」といって大歓声があがりました。ところがあるアメリカの高校教師が立って、「君たちそんなこと言っているけれど、結局やはりクリエイティビティのバックグラウンドには確実な知識が必要だ。日本にはそれがある。それが無いから今の（弱い）アメリカが出来たんだ」という発言もありました。

熊谷:なるほど、それは一理ありますね。

野上:そうすると会場はシーンとしまして、実はその時の高校の校長先生のお話がなかなか相手に伝わらなかった。通訳は来ていたのですが、その時の通訳は観光通訳なものですから、いわゆるテクニカルタームとか教育の分野が全然解らないということで、急にステージへ呼ばれて、「野上さんちょっと説明してください」と言われ困ってしまいましたが。

熊谷:私もニューヨーク・アカデミー・オブ・サイエンスから「ニューヨークへ来たら一度会合へ出てください」と、よく手紙をもらうのですがまだ出席したことがありません。

野上:そうですか。それはもう熊谷先生は行って講演をされないといけませんね。

神戸大学の挑戦

熊谷:今度は学長としてのお話とか、抱負を伺いたいのですが。先生には申し上げるまでもなく、日本の国立大学というのは、少なくとも戦後、2回の大きな変動期があったと思うのです。1つは終戦後の学制の大変革。その次が大学紛争の嵐。国立大学にとってはいずれも大変な時期でした。そして今、3つ目の変革の嵐が来ていると思われますが、特に今回は本質的なところがありまして、いわば明治以来の大変革期だと思いますね。ですから、そのような時に日本を代表する大きな大学の学長になられたことは、おめでたいというよりも、むしろ本当にご苦労様であると思いますが。

野上:まさにそのとおりですね。

熊谷:こんな時期に学長になられた方に、「学長にご就任されての抱負はいかがですか」とお伺いするのは、どちらかというと若干見当違いかもしれません。どういうふうに国立大学全体を持っていくか、それから神戸大学をどうするかというのは本当に大問題です。新しい大学を創るというのと同じくらいの大問題ですからね。文部科学省では、今99ある国立大学を評価して、30ぐらいにしてはどうかといった検討をしている。それから独立行政法人化という話もある。いまの制度では、まさに国立大学は国の行政機関の1つですからね。

野上:まさに今その議論の真っただ中にあります。

熊谷:独立した法人格を持っていないというのが今の国立大学なんですけれども、これについては先生はどういうお考えを基本的にお持ちですか。

野上:厳しい状況ですが、学長となった以上は全力を尽くさなければならなりません。大学というのは行政からも独立した知の拠点として厳然として存在すべきものではないかと思うのですが、今のような構想でやられると、何か国の一機関として国の方針に従わないのであれば消滅させるというような論理にすら聞こえてくるのです。これは本当にゆゆしき問題ではありますが、国立大学協会の総会に出まして、99ある各大学が、じゃあ、そういう方向で皆さん意見がまとまるかというと、なかなかそうもいかない。99大学それぞれの歴史なり個性もあって、置かれてる状況が違う。私自身としては、こういう危機を、逆にこれは、神戸大学は今後さらに発展充実して、人類にとって意味のある知の拠点として展開できるチャンスだと思って運営するしかないと思います。

熊谷:そうですね。クリエイティブに考えるということですね。

野上:それから私自身は、この神戸大学が立地している、神戸、兵庫、関西というエリアの中で、神戸大学の有り様といったものを、住民と一緒に考えるということがあっても良いのではないかと思います。この間も文部科学省の方から、「関西には多くの総合大学があるが、神戸大学はどうするつもりか」と聞かれた。そこで私は、「関西には3つの性格の異なる都市、京都・大阪・神戸がある。これらは歴史的にも独自に発展してきているのですが、その中に京都大学や大阪大学、神戸大学がある。それぞれの個性をさらにもっと強化して、日本の文化の発祥の地として、さらに巨大なる力を蓄えていきます。」と答えたのですが。

熊谷:私自身、かつて国立大学協会にいた者から見ますと、今のこの大変革に対処していくのに、いくつか基本的なポイントがあると思うのです。1つは、今の政府をはじめ、財界も、マスコミも、国中挙げて唱えているのが経済財政構造改革。そのひとくくりの中に、大学の構造改革も組み込まれて、経済財政構造改革と同じようなスタンスなり基本的な概念の中で論じられるというのは、非常に危ないと思うのです。先ほど先生がおっしゃったように、大学とは何か、基本的にどういうものか、という根本の認識を皆が共通して持たないといけない。これは日本の将来のためでもありますし、大げさに言えば世界人類の将来のために「大学とは」ということを基軸にして考えないといけませんね。そして、そういう視点で変える以上は今までよりもよくなるようにしないと意味がない。もう1つは、やはり野上先生がおっしゃったように、社会との繋がり、そういうものが非常に大事で、それをあまり重視しない昔型の大学人の考え方では誤りが起こる可能性がある。京都、大阪、神戸にそれぞれ大学がありますけれども、それぞれの地域がきちんとした地域だと、しっかりとした大学が育っていくだろうと思いますし、きちんとした大学がある地域はまたしっかりと発展するだろうと思うのです。

野上:今のような状況下で私自身が心がけていることでもあり、先日も神戸大学のスタッフに話したことですが、神戸大学を新たな知の拠点として、又、神戸大学が一つのきっかけとなって「インテリジェントコースト（知の海岸）」を作れないかと。

これはどういう事かと申しますと、いわゆるスタンフォード大学とシリコンバレーとの関係ではありませんが、神戸大学だけではなく、京都大学、大阪大学、姫路工業大学等、国公私立大学を含む地域が一体となって、インテリジェントコーストというものを作り上げてゆく中で、新しい産業を創成する。そこに大学がコントリ

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）特別研修生修了。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通信学会終身名誉員（Life Fellow）、電子情報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年度には文化功労者として顕彰。

現在、国土審議会委員など各省庁の審議会会長や委員、委員長をはじめ総務省通信総合研究所顧問、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）地球環境センター理事長、（財）災害科学研究所理事長、（株）原子力安全システム研究所社長・所長、（財）大阪21世紀協会会長、兵庫県科学技術会議会長、など。

ビュート（貢献）し、同時に個々の大学がさらに発展する。
そうすることで、21世紀の人類が獲得すべき、あるいは我々が見出さなければならない新しい知というものを、この地域から創出できるのではないかと思います。
日本の歴史的な展開から見ても、関西といったところは文化の発祥の地でありますから。だからそういう意味でインテリジェントコーストというものを構築することを地元の神戸市、兵庫県、大阪府、それから近隣の大学に呼びかける。そして、そういうものを作り上げる過程の中で、市民とともに大学が本当に意味のある姿になっていくのではないか。「ついては神戸大学が核になりますから、みなさんその気でやりましょう。」といったメッセージを送っているのが最近の状況です。
関西には随分たくさんの有名国公私立大学がありますが、そういったところを総結集し、それぞれの特徴を活用する必要があります。
21世紀というのは、もはや巨大産業と言うよりも、知識産業というものがベースになっていくだろうと思います。そうすると、そこに最も関与すべきものとして、特に大学には責任があるのではないでしょうか。ただし、それは産業のために大学が貢献するという発想ではなく、新たな文化あるいは人類のあり方を築くという意味においてです。関西をその発祥の地とするために神戸大学が音頭をとってはどうか。そのぐらいの覚悟でないと、極端な話、大学として生き残れない。そのぐらいの覚悟でやりませんかということを話ししているところですね。
熊谷:それは、非常に良いご提案ですね。
野上:今後の大学は、自分たちの身を守るという姿勢だけでは逆に排斥される。そうではなくて、今こそは大学をとりまくいろんな政財界及び民も含め、大学がリーダーシップをとる。そこまで言うとおこがましいかもしれませんが、本気で考えないと日本は沈没するし、日本だけではなく人類のありようそのものも危うくするのではないか。こういう危機的状況だからこそ、大学は責任を持って情報を発信すべきだろうと思っているところです。
熊谷:先日、元文部大臣の有馬朗人元東大総長と久しぶりにいろいろお話ししたのですが、その中で、今の日本の大学はだめになったと言われているが、それは実際そのとおりであるとおっしゃっていました。では責任者は誰かというと、まずは大学自身である。実際のところ具体的にいろいろな失敗をしてきている。例えば、教養教育を無くしたこと、入試科目を減らしたこと、それから高等工業専門学校とか高等商業専門学校といった本当に良い教育をして世の中のために役に立つ人材をつくってきた学校をみんなつぶしてしまったこと、等々だとおっしゃっていました。
野上:教養教育については神戸大学だけでなく、他の大学も含めこれからの最大の課題かと思います。
ある意味で神戸大学が教養部組織を解体したことは、本当によかったのかというのが大きな課題ですね。元のような形でこれを作ることも困難な状態です。
ただ、法人化と言いますか、どうしても新しい形態に移行しますので、その時に全学としてどういう教育体制を敷くべきか大激論しております。
熊谷:理念として一般教養教育が必要だということは間違いないと思うのですが。
野上:問題なのは、その実施についてどう責任を持つかということでしょうね。
熊谷:そうですね。誰がどう責任を持ってやるかということでしょうか。
熊谷:今、特徴のない総合大学が増えたからといって、逆に単科大学に分けるというような話では非現実的ですしね。総合大学には総合大学の得難い良さが有るわけで、それを生かしながら、それぞれの学部学科がそれこそ世界に知られるようなユニークで優れたものを持つということが出来るのであれば、総合大学の方がむしろいい。
野上:総合大学が持っている良さといったものがあるわけですが、ただ問題は、総合大学が持つ良さというものをうまく活用しきっていない。我々としては、今の神戸大学のメンバーで新たな神戸大学としての新たな知の創成に向けて、どういう構造がいいのか、それも含めて考えたいですね。

サイエンスに親しむ

熊谷:現在社会的問題となっている「青少年の科学技術離れ」について、ご専門である科学教育の視点から先生のお考えを伺いたいのですが。
野上:まず1つ問題なのは、教師の教育力が落ちているということです。
どうしてかというと、大学を出てすぐに、その時点で得た知識だけでこれから先も永遠に教えられるなどということはあり得ないということです。たとえ相手が幼稚園児や小学校の児童であっても、最新の科学技術の進展をフォローアップすることもなく、大学生時代に身につけた中途半端な知識でもって、しかもあの薄い教科書で授業をすること自体に無理がある。それが中学校、高等学校となればなおさらです。
先ほど理科教育センターの件でお話しましたけれど、まず教師の再教育のシステムを構築するべきです。そのための方法はものすごく簡単だと思っているのですが、欧米では現職の教師が、私たちが参加しているような理科教育学会、科学教育学会に必ず参加している。そして単に参加するだけでなく、発表もしている。それは先端の教育なり科学教育にかかる研修を、夏休み中1週間程度かけて集中的に実施するというものではなくて、科学教育学会に参加をし、発表すること自体が教師を続けていくための必要条件となっているということです。
何故なら、そうしないと次の雇用契約を得ることが出来ないからです。
そういった土壌をまず作る必要がある。日本に当てはめるなら、文部行政が責任を持って、かつての理科教育センターのようなものをきちんと復活させる必要がありますね。
もう1つは、やはり青少年の科学教育という場合には、前提として親の科学技術に対する意識がきちんと醸成される必要がある。そういう意味では、これも欧米での事例なのですが、いわゆるネイチャーセンターとかミュージアムに行きますと、すべての年齢層のための教育プログラムが用意されているんですよね。例えば私のような年齢であったり、あるいは退職された人であったり、あるいは現職の教師でもいいし、小学生でもいいし、親子でもいい。そういう個々のニーズに対応できる様々なプログラムを持っている。そしてそれを指導できるプロがいる。
日本においても、科学の祭典等各地で実施されてます。大変意味のあることですが一過性のイベントに終わらないようにしたい。確かに科学に興味を持つトリガー（引き金）にはなりますけれど、トリガーとしての働きにとどまってしまうのではなく、その後継続して培っていくようなものが必要だと考えます。結局のところ、子供たちが悪いわけではないんですよ。このごろの大学生は学力不足だというけれど、それは彼らに対して失礼であろうと思う。そのようなことをおっしゃる方々には、むしろ高校生に対してきちんと教えるべき事を教えていないあなた方が悪いのでしょうと言いたい。これは彼らに対する冒涜だというのが私の感じているところです。

虫型ロボット競技会

熊谷：大学をだめにして、大学生の学力を低下させた責任者はまさに大学自身ですからね。例えば、入学試験をもっとやさしくしろという声におされて、物理はいらない、数学もいらない、などとしてきた。入学試験で必要がないと言われるものを勉強するはずがない。
我々のひょうご科学技術協会というのは兵庫県における科学技術振興の中核的機構として貝原前知事がお創りになられたもので、一般社会人の方に対して科学技術に対する関心を持っていただくための啓発事業や若い研究者への支援等を行ってきましたが、今後とも野上先生のような科学教育政策をご専門となさる先生にいろいろご指導、ご助言をお願いしたいと思います。
野上：そうですね、これは大学自身も抱えている問題だと思うのですが、そういう組織とか、あるいは活動があるんだけれどもなかなか市民にそれが理解されない。あるいは、市民がそれに参画できるような状況にない。これは１つには文化の問題だと思いますね。サイエンスに関する文化が、やはりヨーロッパなんかとは違う気がしてならないのです。
サイエンスそのものが欧米では趣味の世界というか、人間の１つの教養としてとらえられる。ところが日本の場合、一般市民にとってサイエンスは教養ではなくて強制されたもの、学校でたたきこまれたもの、強引に暗記させられたものというような状況があるのではないかと思います。
そうではなくて、サイエンスとはわれわれの体に染みついているもの、例えば大学時代のワークショップ、つまり実際の実験をやってみる、泊まりがけでフィールドワークをやってみるといった体験の中から育っていくものとして、自分の生活の一部に織り込めるような状況が望ましいですね。
熊谷：基本はそうでしょうね。
野上：そのためにはどうすればいいのか。もっとゆったりと楽しめるように、ゴルフをやるがごとく、そういう環境が日本ではできないものか。
熊谷：そうですね。そういうモチベーションになればと思って、我々の協会も、一般社会人、あるいは、高校、中学、小学校の理科の先生方を対象に、「ひょうご科学技術トピックスセミナー」という講演会を年２回開催しています。言葉は知っているけれど、その中身は一体どんなものなのだろうと思われるようなテーマについて、それぞれの専門家をお招きしてお話を伺うというものです。
それから、大阪では、関西サイエンスフォーラムというのがあって、そこでも同じようなことを行っています。又、高等学校を対象として、関係各分野の学者とか、企業で研究開発を担当してきたような技術者の方に出前講演会に行っていただいております。これは大変な人気で、その申込みがどんどん増えています。
野上：それはいいことですね。やはり、現場に直接関わっていた人物が、子供たちに直接語りかける、あるいは一緒に仕事をするのが一番影響力が大きいでしょうね。
熊谷：私が委員長をしている大阪府の教育委員会でも、人材バンクとして登録してもらって、企業の研究開発をやってこられた方とか、大学の名誉教授とか、あるいは高校で理科教育をやってこられた先生方に、今の高等学校の理数科教育を支援していただいています。
青少年の科学技術離れ対策として、いろいろな機関がそれぞれに努力はしているわけですが、さらにもっと頑張らないといけませんので、是非先生にも一つお力を拝借したいと思います。
野上：こちらこそ、宜しくお願いいたします。21世紀を迎えた今、神戸大学の今後のあり方も含め、積極的な「協同」活動を通じて、社会に貢献する人材を育成すべく尽力したいと思います。
熊谷：今日は、大変貴重な時間を頂戴して興味深いお話しをたくさん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。野上先生におかれては、神戸大学の学長として更なるご活躍を期待いたしております。

※野上智行氏は現在、（独）大学評価・学位授与機構長。

21世紀を照らす　光の科学と技術について

●対談者
㈶高輝度光科学研究センター
放射光研究所 所長
吉良 爽氏
×
㈶ひょうご科学技術協会
理事長
熊谷 信昭氏

熊谷　私は理化学研究所の相談役をつとめさせていただいていますが、理化学研究所（以下、「理研」とする）の相談役会ではいつも吉良先生から研究所の説明をしていただいていましたね。

吉良　そうですね。

熊谷　吉良先生は東北大学のご出身と伺っておりますが。

吉良　東北大学の理学部で化学を専攻しました。

熊谷　それですぐに理研へ入られたのですか。

吉良　理研にたまたま私のやっていた研究に関係する仕事がありまして。

熊谷　戦前からそうでしたが、理研というのは我が国最高の研究所の一つですから、良いところへ行かれましたね。

吉良　私は昭和41年に理研に入ったのですが、その頃は、まだ新たに特殊法人になって立ち上がりかけた頃ですが、かなり疲弊しているなあという感想でした。

熊谷　あそこにはサイクロトロンがありましたね。

吉良　私が行ったときにはまだ駒込にあり、ちょうど引っ越しをしていました。

熊谷　放射線科学をされていたのですか。

吉良　私は化学ですので、加速器などを使う末端部分におりまして、研究室としては使っておりましたが、私自身はちょっとお手伝いをしたぐらいです。そこではもっぱら電子線の照射をしておりましたが、電子線バンデグラフの小さいものを一所懸命直しながら使っていましたね。

具体的には、電子線の短いパルスを当てて、化学反応の中間体を見るという仕事をしていました。学生時代は光でそれを行う研究をしており、当時はまだレーザーが無かった時代ですのでフラッシュアンプル（写真のフラッシュと同じ）をたいて中間体を作り、そのスペクトルを調べておりました。

熊谷　やはり昔から光にご縁があったのですね。

光科学技術の世界

熊谷　私は大学の卒業研究の頃から電磁波に興味があって、電磁波の基礎理論とその工学的応用というのが私の生涯の研究テーマとなりましたが、応用分野としてはマイクロ波から始まって、ミリ波、そして光（光波）へと広がっていきました。

吉良先生は大学の頃から概ね光の世界で研究してこられたわけですが、ご自身の研究でのご経験やその分野の変遷、おもしろいと思われた成果といったもので何かございますか。

吉良　私は電磁波そのものではなくて、化学反応に対する電磁波の影響を調べておりましたが、私が光化学を研究するために理研に入った時には、日本全国でまだ30人か40人しかその分野の研究者がいなかった。そういう草分けの時代でしたので海のものか山のものかわからないという状況で始めました。

熊谷　具体的には光化学というのはどんなことを研究するのでしょうか。

吉良　最後の段階では、光合成というものがありますが、それは非常に複雑な系です。光が入ってきて、化学反応を行い、最後に糖が出来て、場合によっては酸素を出すところまでを研究する。それを人工的に行えば、次には水を分解して、水素と酸素を出すような系が出来るのではないか。それが新しい燃料になるのではないか。例えばそういう筋書きで動いております。光が入って、どうやって化学反応のエネルギーに変わるかというようなところのメカニズムというのは、私が学生時代であった40年ぐらい前にはほとんど判明していなかった。先程の中間体を調べようという技術が出てきたのは、1950年代の終わり頃だったでしょうか。その技術を発明した人はジョージ・ポーターという方ですが

ノーベル賞を取っています。そういうことで当時は光に対する期待がものすごく高まっておりまして、そういう分野が一斉に動き出しました。

熊谷　それはレーザーを使ってでしょうか。

吉良　レーザーが普及する前ですね。ですからフラッシュランプで励起してそれをオシログラフで追跡する、あるいは時間のずれたフラッシュをたいて、乾板写真をとったりしていました。それが後になって、レーザーでリファインされ非常に良いものが出来るようになるとともに、分解能も上がりました。今や光化学というのは物理化学の中では非常にメジャーなものとなりました。

熊谷　レーザーが出現してからは光通信をはじめ化学反応の研究への応用とかウランの同位体分離など光の応用分野は一挙に広がりましたね。

旧約聖書の一番最初に天地創造というのがあって、「神は最初に光を創られた」と書いてあります。聖書に書かれていることが科学的に本当かどうかは別として、最も多くの人類に読まれた教典といわれている聖書の一番最初に光の話が出てくるということからも、光というのは人間とか地球にとって一番基本的なものだと思うのですが、実は光の本質が解ったのはそれほど昔のことではない。140年ぐらい前にマクスウェルが自然界には電磁波というものがあるということを理論的に予言し、それから24年後にヘルツが実験的に実証した。そういうわけですから、せいぜい100年ちょっと前にやっと本質が解った。一方、光の応用ということになると、最初はせいぜい照明ぐらいで、光の産業応用というのは、そんなに昔からあったわけではないのですよね。

吉良　やはり難しかったのではないでしょうか。

熊谷　我々は、神戸の大震災で真っ暗闇になった家や街に光がついたときに、やっと落ち着きを取り戻せた。光というものが人間にとっていかに大事なものであるかということを心から実感しました。

しかし応用ということになると、先程のような光化学反応とか光合成の研究などはあったのでしょうが、やはり1960年のレーザーの出現から光のいろいろな分野への応用ということが急激に進み出したと思います。

吉良　明らかにそうですね。

熊谷　それまでは、学校の教科書に出てくる光の応用としては、せいぜい望遠鏡か顕微鏡のような光学機械ぐらいでしたからね。それがいまや光科学技術の世紀のようになってきましたね。

吉良　光化学というのは、先程大雑把な話をしましたが、結局目的とするものの一つが光エネルギーの変換なわけですが、今うまくいっているのは情報的な側面です。もちろん情報とエネルギーというのは不可分ですが、エネルギーを取り出すというのは非常に大変なことなのです。私がやった仕事で多少挫折感が残るのは、エネルギーショックの関係もあり、盛んに研究していたにもかかわらずその解が出ていないということです。日本でも本多・藤島セルという湿式光電池が出まして、ノーベル賞をとるかどうかといった議論もあったぐらいだったのですが、結局は化学系や生物系で実用になるようなものはまだ我々の力では作れないという状況です。しかしサイエンスとしてやるべきことはまだたくさんあって、そういった問題はおもしろいと思います。

ただし、工業化につながるかというと安い石油があるうちは、皆なかなか本気になってやらないのではないかと思う。

熊谷　私は情報通信工学の分野が専門ですが、電力・エネルギー分野の重要性というのを最近特に感じており、やはり電力・エネルギーがないと話は始まらないと思う。

吉良　単純ですが、一番の基本ですね。

熊谷　光ファイバーをいくら張りめぐらしても、光を送っただけでは電話のベルひとつならすことはできない。携帯情報端末だってこれからの技術革新は低消費電力のデバイスや、長く持つ電池をいかに作るかというのが決め手です。エネルギーというのは特に日本の場合

財団法人高輝度光科学研究センター
放射光研究所長
吉良　爽（きら　あきら）

1938年7月12日生まれ。東北大学大学院理学研究科博士課程修了。1966年7月理化学研究所放射線化学研究室研究員。1981年9月同放射線化学研究室副主任研究員。1984年同放射線化学研究室主任研究員。1988年6月同反応物理学研究室主任研究員（組織規程改正による）。1995年6月同理事。1998年8月同副理事長。2001年6月（財）高輝度光科学研究センター理事。同年8月同副理事長兼放射光研究所所長。

は大事な問題ですが、光−エネルギー変換の効率とかコストの問題は将来的にどうなのでしょうか。今後の発展にとって素人考えですがその2つがネックになっていると思うのですが。

吉良　そのとおりだと思います。私もエネルギー問題全体には素人ですが、今のエネルギーというのは石油でも原子力でも集中型のものがあるわけですが、光というのは地球上あまねく照っていて集中していない。生の光をそのまま使うというのは、今のテクノロジーの感覚からすると非常に効率の悪い方法なんですよね。だからほかの代替手段がぜんぜん無くなれば、その道を考えざるを得なくなりますが、他にイージーな方法があるうちはそこに行かないのではないかと個人的には考えております。大きな太陽電池一つとってもせいぜい何キロワットといったもので、発電所1箇所ぐらいの面積を使ってもたいしたことが出来ない。

熊谷　分散している密度の薄い光エネルギーを面積で何とかしようというのではなくて、何か画期的なメカニズムのものは出来ないものでしょうかね。

理研の文化

熊谷　話は変わりますが、吉良先生は理研の副理事長という要職も経験されていますが、理研というのは非常に大きい組織で研究分野もきわめて多岐にわたり、優秀な研究者がたくさんいる中で、研究管理というのは大変だったのではないかと思うのですが。

吉良　理研のおもしろいところは、大学のような学部の壁がないところですね。ですから加速器のように物理の非常にハードな分野を研究している人から、農薬の研究をしているような人まで皆が同じテーブルの上で同じ議論をする。わかりやすい話が予算のとりあいもそこでやるわけです。バックグラウンドの文化が全然違う人がアトランダムに集まって、何か一つのことを決めなくてはならない。基本的にそういう構造をしているわけです。大学の場合は学部とか学科の領域で行うので、ある程度共通の認識が持てますが、理研というのは純粋物理を目指す人から応用を目指す人までいろいろな人がいて、スタート地点が違うわけですよ。それがぶつかり合ってどういう風に物事を決めるかというのが理研の文化だと思います。

熊谷　それは大変でしょうね。

吉良　傍からみると大変なのでしょうが、ある程度いいかげんさというか妥協の必要性がある。
いくら議論を続けても解決にならない状況下で、とにかく期限までには予算書を書かなくてはならず、それに間に合うようにちゃんと結論を出す。このあたり理研というところは大した所だと思います。

熊谷　伝統的にそういう風土なんでしょうか。

吉良　主任研究員になると、予算委員会の場に行かされる。そこで「こんな多岐にわたる分野の価値判断は出来ません」などと答えると、「そんなことでは理研の主任は務まらない」と言われる。

熊谷　それはいいことかもしれませんね。

吉良　それは日本の中ではすごくいいことだと、私自身ある時から強く意識するようになって、会う人ごとにそれが理研の特徴だと言うようにしてきました。

熊谷　様々な異分野との融合というのがこれからの最も重要なキーワードですからね。

吉良　理研が最近大学の改革等いろいろ言われている中にあって非常に伸びたというのは、そういう異分野にわたって、しかもそれを総合する能力があったというのが一つあると思いますね。

SPring-8の運営

熊谷　その理研から（財）高輝度光科学研究センター（以下「JASRI」とする）に来られてまだあまり日がたっていませんが、カルチャーの違いや問題点のようなものをお感じになられましたか。

吉良　第三者的立場でみますと、SPring-8は、これを建設しようとした人たちの文化が中心になっていると思います。普通の加速器の場合、例えば粒子加速器ですと、最初からユーザーが限定されておりそれに合わせた装置となっている。ところがSPring-8の場合は、その他のユーザーからの要望が強い装置なんです。しかし作ろうとしたのは加速器のプロと、その周りにいた物理の測定をする人がコアになっていました。もちろん実際には関西の産業界の人も一所懸命計画に参画して応援をしていただいているのですが、結局作る人たちの文化が勝ってしまい、出来た体制というのはどちらかというとコアメンバーたちのものとなっている。今の産業界からの意見や要望は、そういうことに対する不満が背景にあるのではないかと思います。

熊谷　それはそうかもしれませんね。
例えば事故を起こしたために問題になっている高速増殖炉「もんじゅ」というのがありますが、プルトニウムを燃料にして、使ったプルトニウムよりもさらにたくさんのプルトニウムが作れるという機能があり、もともと高速増殖炉を作ろうとした原子力の専門家達はその考えから抜けられずにいる。しかし、高速増殖炉というのはプルトニウムを燃やして減らす為だけに使うことも出来るのです。今はプルトニウムが余ってしまい、今までの原子力発電所から出たものでも、MOX燃料にしてプルサーマルでなるべく使ってしまおうと言ってるわけです。核兵器を解体して出てくるプルトニウムが余っているからなんとかしなければならないというご時世に、使えば使うほどもっとプルトニウムが増えるなどと言ったら、そんなものは止めてしまえと皆が言うのはあたりまえです。原子力委員会の長期計画委員会などで、減らすことも出来るし増やすことも出来るものなのだと説明しろと言っても、もともとは燃料を自分の国の中で全部自給できるようにしようというのが目的で始まったものなのだから、それが基本だと言って聞かない。

吉良　SPring-8の場合、作ったこと自体はすごい成果だったと思う。予算が非常に潤沢な時代でしたから追加予算もあり、1年以上も早くに出来ている。しかも当初予定の仕様を超えた世界一のものとなっている。作るということにエネルギーを集中してそれが成果として表れているのですが、今になってみると作ることに集中した文化が残っていて、利用期に移るときになって問題点が顕在化しているのではないか、というのが私の感じているところですね。これでは作った人の意向を無にしたような言い方となり、関係分野の人に叱られるのですが、生物系はともかく、産業界からはいろいろ意見がおありのようですので。

受電システム監視盤

熊谷　関西に光量子科学技術推進会議というのがあり、私は設立当初から会長をつとめておりますが、その光量子科学技術推進会議の名前でSPring-8の建設を前倒しにすべきだという建議を科学技術庁に持っていきました。お渡しした相手が当時の平野次官で、今は、兵庫県参与などもされており、頻繁に関西に来ていただいていろいろお世話になっているのですが、前倒しをして早く作ってくれと言いながら、出来たときに本当に使い切れるだろうかというのがなんとなく心配でした。

吉良　その点については大丈夫ではないでしょうか。しかし供用が始まって4年経過しましたが、その間にいろいろな問題が顕在化し、ご批判をいただいている部分もあります。

熊谷　どのような批判ですか。

吉良　要するに敷居が高く非常に使いにくいと。それはそれで私の方でも言い分はあるのですが、敷居が高くて使いにくい、ユーザーサービスが悪いというのが主な批判です。

熊谷　それは学界からというよりは中小企業とか産業界からですか。

吉良　はいそうです。ただ学界でも一部あります。先程もありましたが装置を用意した第一世代はタンパク質等の研究をしっかりとやってきたのですが、ユーザーというのは製薬業界とか生物・医学全般に広く拡がっていて、そういう人たちが入ってこようとしても受け入れ体制が出来ていない。例えばタンパク質についていえば、理研のビームラインがあり又阪大の蛋白研もビームラインを持っており、大変いい仕事をしている。ところがそういう専門的なビームラインは一般的には全部開放しているものではない。そこでの研究はものすごいレベルになっているのですが、それは各自らが努力したからであり、そういうことを他の人はすぐにやりたいと思っても出来ない。だからそういう風に使いたいのに、使えるようになっていないといって批判される。

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、国土審議会委員など各省庁の審議会会長や委員、委員長をはじめ総務省独立行政法人評価委員会委員長、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）地球環境センター理事長、（財）災害科学研究所理事長、（株）原子力安全システム研究所社長・所長、（財）大阪21世紀協会会長、兵庫県科学技術会議会長、など。

熊谷　貝原前知事はかねてから医学分野への応用に随分期待していらっしゃいましたが。

吉良　医学分野への応用も一応やっているのですが、これがまた医学と物理学の研究者間で話をするのが下手でして、理研の場合のようにうまく話せるようになっていないわけです。私がJASRIに来て間もないときに皆さんに言ったことは、「お互いに違う文化を尊重しましょう」ということでした。医者とX線物理をしている人のそれぞれに言い分はあるのですが、まだ距離があるようなので、そこのところをなんとか融合させようと思っています。

熊谷　お医者さんの方は、利用についてあまり熱意が無いというようなことはないですか。

吉良　熱意はあると思います。ただ医者の方で医療はやるから、技術の方は任せたというようなことをいわれてもそこまで対応できるサービス体制になっていない。完全に完成された機械で、それこそコマーシャルユースのように利用体系が出来ておれば良いのですが。まだそういう段階には来ていない。

熊谷　最近の大きい病院、例えば大学病院などに行きますと、検査などは全部それぞれの係の人達、それも普通は若い研修医のような人達が検査して、診察して下さる主治医の先生はその検査データの結果だけをみている。そういう医療システムの機械的な側面が出てきているのではないでしょうか。

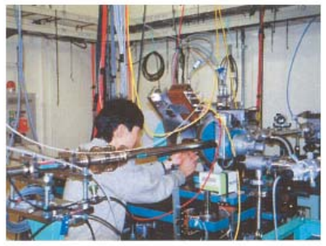
吉良　ある実験のために装置を用意した人達の文化でいうと、実験というのは自分で現場に行って、苦労してデータ取って、その過程を全部知って初めて本当の成果になるんだという感覚があるわけです。それは多分昔の人はみんながそういう感じを持っていたため、ただ単にデータだけ下さいということを認める風潮ではないわけです。もちろんそれはそれで正しいのですが・・・。

熊谷　実験というのは、そのプロセスでいろんな発見や知見などが得られるものなんですがね。

吉良　研究という立場からは正にそのとおりなのですが、産業界はサンプルを出すから、それについて十分に信頼できるデータの報告だけもらえたらいいんだという主張です。

熊谷　SPring-8の使い方をそういう結果だけをもらうための測定依頼機関にしたら、下手をすると宝の持ち腐れになる恐れがありますよ。

吉良　私もやはりSPring-8の値打ちというものを考えないといけないと思うのです。熊谷先生がおっしゃったように宝の持ち腐れにならないように。世界一の機械ですから、物理学であれ何であれ、それを使って世界に冠たる成果を出せるような体制を組む必要がある。第一義的には、とにかく向上指向で良いものを作るということだと考えますが、同時に産業界や地元の要望とも絡み、それだけでは済まない世の中であるというのが大変なところです。


実験ハッチ

熊谷　結果的にサービスが悪いとかね。

吉良　評価委員会なんかがあると、そういう意見がどんどん出てきますね。そして役所がそういう意見を聴きますと、それはなんだということになってしまう。

熊谷　第三者が客観的な意見を言わないといけないかもしれませんね。

吉良　実は、諮問委員会がJASRIの中にありまして、いろいろな意見が出るのですが、創設準備に努力した第一世代の方が多く、そこで決めた審査基準があるため基礎科学重視で産業界のテーマが落ちた、といった批判が出たりしました。

熊谷　そういう問題点があるというのは全然気がつかなかったですね。

吉良　私の力で何ができるか分かりませんが、なんとかしなければいけない話なんです。

SPring-8 の今後の展開

熊谷　私どもの協会に対するご意見等ございましたらよろしくお願いします。

吉良　先程の話の続きとしてですが、JASRIのミッションとして、一般のニーズを満たすという部分は、今はまだなかなか難しいのですが、これに関連して兵庫県が専用ビームラインを持っていてくれたことが大変良かったと思っています。というのは地元企業あるいは兵庫県だけではなく日本の中小企業の希望を満たすというのは問題が多いのですが、兵庫県のビームラインが、一般ユーザーの要望に応える形で運転してくだされば、それは随分機能するのではないかと思います。兵庫県のビームラインというのは独立しているので、学界の意見を必ずしも反映しなくても構わないし、ある意味そこは何をやっても構わないのです。

熊谷　先程のご指摘の問題点というのは、ある意味では難しいところですね。大企業のようにもともとレベルの高い技術者を抱えている企業であれば、使うときにはプロセスの全てを自分の目で見ながら利用しろというのはこれは一つの正論かと思いますが。

吉良　それを広く産業界に要求するのは無理だと思うので、それはそれで何とかしなければならない。

熊谷　それにはまず人が必要ですしね。

吉良　実は平成12年4月にJASRIでも新たにコーディネーターという制度を作り、その結果どんどん良くなってきている。ただ、それでも完全に手ぶらで来て、いいデータを持って帰れるかというとそこまでは達成できないし、やはり人が足りない。今更ながらですが、ここを設計したときの予定人員として、たとえばビームラインの数が増えていった時に、それに併せて人を増やしていくといった長期計画も無かったようです。ですから今の状況というのはビームラインを作れば作るほど、それだけ一本当たりの人的サービスが低下する。外国の同等クラスの機関では一本のビームラインあたりにもっと人数がついている。作ってそれを高度にメンテナンスして、さらにもっと良くする。確かに世界と比べてもビームの質は格段によく、それはそれで否定するわけにはいかない。

熊谷　いろんなレベルの企業があるわけですから、結果は欲しいが直接自分で携わる事は出来ないという企業はたくさんあると思います。それには何らかのかたちでお応えしなければならない。

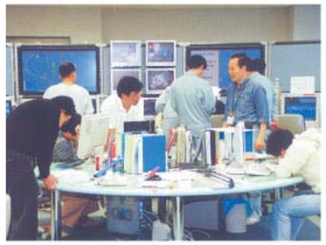
吉良　それが私がしなければならないことの大事な目標の一つだと思っております。

熊谷　しかし、そうした中でただ結果だけを提供するというのではなくて、プロセス段階でいろいろ工夫の余地も出てくるでしょうから、人が足りないということなら、県立大学の理学部とか工学部のポスドク等大学の人材をもっと活用出来ないものでしょうか。

吉良　そうですね。例えば、ビームラインの質をよりよいものとするということでは手伝っていただけると思う。しかし今の話のように依頼された分析だけをきちんと行うといったことを、研究者が一所懸命やってくれるかというと難しいでしょうね。多分共同研究のような格好でしか出来ないと思います。さらに会社の場合は秘密保持といった問題が出てくる。私の偏見かもしれませんが、学界的議論で共同利用＝オープンという図式がどこかに残っているのではないかと思う。会社側ではそれは非常に不便であるという批判が強い。

熊谷　先端的な研究であればあるほど、企業秘密というのは当然大事な問題になりますからね。

産と学、産と官の共同研究において、契約として最も重要なポイントの一つですからね。


中央制御室

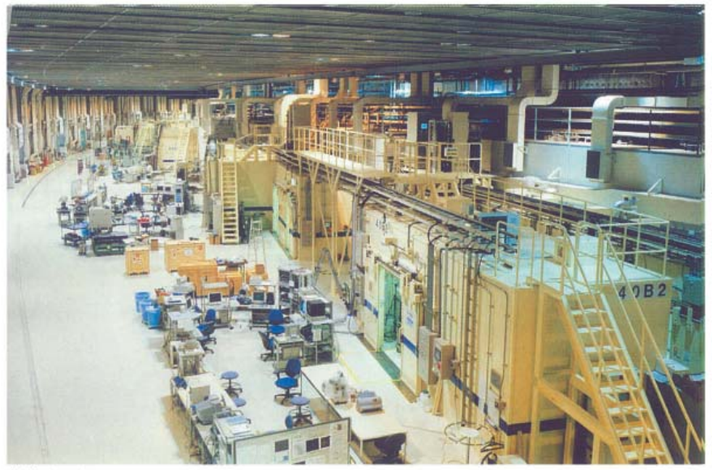
吉良　JASRIは自らが特許をとるということが余りない。成果はむしろユーザーのものという考え方があるため逆に秘密保持の観点が少し弱い。理研の場合は特許の話がそのまま研究評価の話と関係し、社会にどれだけ貢献するかということが問われるので随分気を遣った。しかし秘密保持の考え方も含め、JASRIにおいても今の日本の特許制度に合わせた体制というものは作らないといけないと思う。

熊谷　いろんな問題点がありますね。ご苦労も多いと思います。

吉良　まだ見えないところも多く、つついてみるとまた違う壁に突き当たるのではないかといった心境です。

熊谷　当協会としても何かお役に立てるようなことがあれば努力いたしたいと思っておりますので、今後ともご示唆なりご要望を遠慮無くおっしゃっていただきたいと思います。我々もビームラインの機器研修会や産業利用に向けた講習会等を一般の方々向けに開催しておりますので。

吉良　ありがとうございます。よりよくSPring-8を皆さんに利用していただこうとすると、役所的感覚では単にユーザーの数を増やせばよいといった考えになりがちです。しかしそれだけではなく、同時にSPring-8のクオリティーやそれに見合う成果といったものを視野に入れた運営をすることで、SPring-8を作った意味がより一層生きてくるのではないかと思います。今後とも産学官がそれぞれの立場をお互いに理解し連携を強化していくことですばらしい成果が得られるよう努力していきたいと思います。



実験ホール

※吉良爽氏は（財）高輝度光科学研究センター理事長、（独）理化学研究所理事などを歴任。

「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 × ㈶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す。

井村先生とは旧科学技術会議でご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、井村先生達とご一緒に平成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臣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、科学技術振興関連経費として平成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よね。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して、総理の前で、関係の大臣と、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。というのは専門調査会を設定するのはやはり本会議で決めておりまして、その専門調査会の決定事項は全部本会議で報告をする、あるいは意見具申をする、ということになっております。

そういうことで結構忙しくなりましたが、毎月本会議を開催するということは、私は非常に良いことだろうと思います。というのは総理をはじめ大臣の方々は、一般に科学技術に関してはほとんど素人ですけれども、このような機会を通じて、やはり関心を持たれるようになったわけです。例えば、今年はノーベル賞に2名の方が受賞されましたので、お二人を本会議に招いて、一言ずつ総理にお話しをしていただきました。そうすると小柴さんは、「ニュートリノなんていうのはお金にはならないけれども、そういった全く経済と関係のない研究も、やはり是非維持して欲しい。」ということを話されました。それから田中さんは、「研究には失敗はつきものです。失敗したからといってその人を非難したり、蔑んだりすることが無いようにしていただきたい。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ね。

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すね。

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たのです。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、かねがねこれからの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て、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けれども、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だと思っています。

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という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誉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ね。

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、そ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が、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のです。これは日本は大変遅れておりまして、ご承知のように、ようやく活性化し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の人材、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も、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が、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きていました。そういう意味で、地域の特性を活かすということと、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ということがあります。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る。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おりました。ちょうど私が神戸市立中央市民病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。

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、㈱原子力安全システム研究所長、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。

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的な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と、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、近畿地区の京都、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ＯＥＣＤなどは、イノベーティブ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すから、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ますことは、臨床研究にかかわ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、彩都構想というのがありまして、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、臨床研究と再生医療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、今お話しの彩都については、私もその基本構想検討委員会の座長をしておりました。先端医療振興財団についても、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、そういう再生医療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は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、ＯＥＣＤがイノベーティブクラスター＝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、オーレスン海峡という海峡がありまして、そこに橋がかかったわけです。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った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つありますので、関西全体のものにしていきたいと思っているわけです。

現に再生医療については、関西でそういう再生医療の研究会を年2回行っております。これは大阪大学の岸本総長と私とが世話人になりまして、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ＥＵの再生医療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同時に、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、そういった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し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でもあるので、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ね。

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して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も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。ほと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か、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ね。

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わけですが、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た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とても無理で、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という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ナル・バイオロジーというふうなものが、今これからの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。もっとも神戸のプロジェクトではそこまでは行きませんが、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。これ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ダ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ね。例えばニュートリノも日本がリーダーシップをとって、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、国際的なリーダ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という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、このゲノム情報というのは、生物が35億年かかって作ってきた情報なわけですね。だから、やはり一筋縄では行きません。極めて複雑な仕組みであって、それが今少しずつ解りかけつつあるところです。本当にこれからが熊谷先生のおっしゃるとおり佳境ですね。

PETカメラ

FDG-PET検査
健診にて発見された早期肺がんの例

熊谷　人間を含めて生物というのはある意味では究極の知的システムですからね。その解明は本当に夢もあるし、またその応用・活用は極めて大事ですね。

私どもの協会として、何かのお役に立てるようなことはございますでしょうか。

井村　先程申し上げましたように、全世界を相手にしないといけない時代なので、やはり神戸市と兵庫県は極めて密接な関係をもってやっていかなければならないと思っております。そうしないとお互いに損です。例えば神戸市の医療産業都市構想の中でも、先端医療センターに、がんの診断をする極めて有力なＰＥＴ（注1）を入れておりまして、これがもう稼働しております。そこで、西播磨の粒子線医療センターとの間に連携体制が出来つつあります。向こうにはＰＥＴがありませんので、神戸でＰＥＴ診断をして、粒子線で治療をして、また後でＰＥＴで効果をみるとか、あるいはこちらに来た患者さんで、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。

※井村裕夫氏は現在、（公財）先端医療振興財団理事長、日本学士院会員。京都大学総長などを歴任。

21世紀の　がん治療最新技術

～究極の放射線治療－　粒子線治療について～

●対談者
兵庫県立粒子線医療センター院長
菱川 良夫 氏
×
㈶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、我々人間にとっ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来たばかりの兵庫医科大学があり、そこ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。

私としても究極の放射線治療である粒子線治療をやってみたいという思いがありましたので、お受けして取り組んでまいったわけです。やはりここでも木村先生という人との出会いが契機となりました。

熊谷　人間というのは出会いとか偶然の機会から自分の将来の仕事や専門が決まるということはよくあることだと思いますが、先生がこの分野の専門家になられた動機もそういう人との出会いからなのですね。

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いますか。

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々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。

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す。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るのです。

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の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なのですが、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っ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ですが、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うという話をするようにしています。

熊谷　放射線という言葉が適当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こります。

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、人間にとって好ましくないものというイメージがあるのでしょうね。

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う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目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、体の深い部分も治療の対象となりました。欧米と違って日本では目の悪性黒色腫というのは非常に少ない病気ですから治療の対象となるがんが他にないかということで、体の深いところのがん、肝臓がんというのが大変多かったので治療対象として始められました。そういうことで体の深い部分に対して粒子線による治療を行ったのは日本が最初と言えます。

熊谷　技術的な話になりますが、粒子線をがんの患部にだけ効果的に集中できるというのはどういう仕組みなのでしょうか。波動であればレンズによってそこに焦点を合わせることでエネルギーを局所的に集中させることができます。ところが粒子線の場合、粒子をレンズ効果のような考え方で焦点を絞るというのはわかりにくいのですが、やはりそういう効果によるのでしょうか。それとも粒子が止まる時にその運動エネルギーががん細胞を壊す力に変わるようにすると考えればよいのでしょうか。

菱川　後者となります。

エネルギーが人間の体の深い部分に入っていきますから、その深さ、つまりがんのある部分までの皮膚からの深さに合わせてエネルギーを調節するわけです。そうすると粒子が、例えば体の深さ25cmの部分とすればそこまで到達してそこで一気にエネルギーを放出して消えていくわけです。

熊谷　一気にエネルギーを出すというのは粒子が突然止まるということですか。

菱川　止まる瞬間にエネルギーを出します。

熊谷　患部までの粒子の通り道にも多少の影響は出るのでしょうか。

菱川　影響はありますが、非常に少ないです。

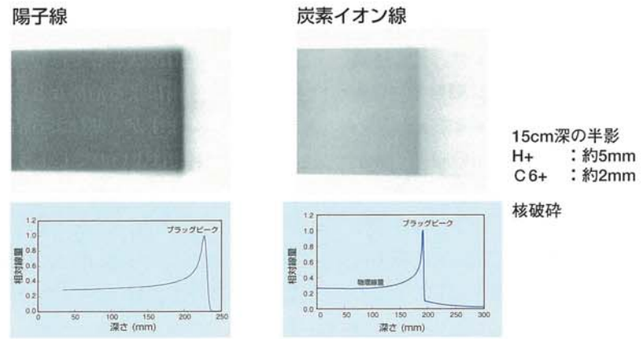
熊谷　無視できるぐらい影響は少ないわけですね。そして、粒子が止まった時にその持っていた運動エネルギーがん細胞を壊す力になるわけですね。ちょうど患部のところに止まるようにするには粒子に与えるエネルギーを調節するわけですか。

菱川　がんというのは厚みをもっている立体ですので、例えば体の深さ20～25cmのところにがんがあるとします。そこに向かってその装置のビームフィルタを入れて、25cm迄到達するエネルギー、20cm迄到達するエネルギーというようにその間の様々なエネルギーを持った粒子を一度に出すことによって全体に当たる、手前は少なく当たる、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。奥の正常細胞にはと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って止まるわけですから、止まったところで大きなエネルギー効果があるというのは考えにくい。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

粒子の「重さ」による線質の違い



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。

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（ブラッグ・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検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るわけです。それがはっきりすれば本当のところの効果がわかっ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。

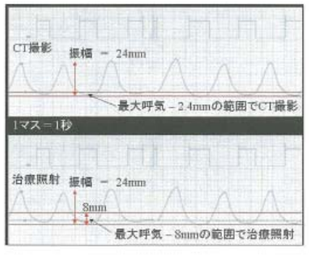
しかし、例えば３cmの同期で動いているとすれば、息を吐くと腫瘍は上にあがり吸うと下に下がるわけですが、上に上がったところだけを狙う同期照射、呼吸同期照射ということをします。センサーを胸につけて呼吸の動きがカメラに波として出ますので、吸う、吐くというタイミングにあわせてビームを出すわけです。

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と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。

肺がん、肝がん
呼吸同期



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。

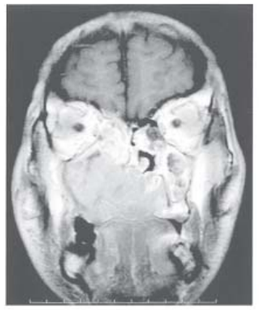
それから手術をすることに比べれば患者にとっての負担が非常に少ないでしょうし、傷あとなども残りにくいというようなメリットなどが考えられますが、その他にどのようなメリットがあるのでしょうか。抗がん剤を使う治療や放射線治療においては非常に体力が弱まって患者の負担が大きいと聞きますが、粒子線治療ではどうなのでしょうか。

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

あるとか心臓が悪い等のような手術ができない場合に代わりに使うのが放射線治療です。その放射線治療のなかにこの粒子線治療というものが新しく始められてきたわけですが、粒子線治療は手術と交代する可能性があります。全身的な治療には、化学療法として抗がん剤を使う療法と最近では免疫療法として体が自分で直そうという治癒能力を高める方法があります。

ここで、がんの大きな特徴の一つとして何の症状もないというのがあります。風邪をひいたら熱が出るとか、頭が痛くなる、のどが痛くなるという症状がありますので気がついてすぐに治療が出来る。ところが、がんの場合はそういった症状がない。そのため、気がついたときには患部が既に大きくなっているということが多いのです。ですから、症状がないのを早く見つけるためには検診をするということが非常に大事になります。

その時、がんが発見された時点で、局所にあるのか、全身に拡がっているのかというところで治療方法が変わってくるわけです。

今の医療で本当に治療によって治せるのは局所にある場合です。白血病等は全身に拡がっても抗がん剤を使って治せる場合も多いのですが、いわゆる固形がんという固まりとなっているがんは全身に拡がれば治すことができない。

局所に対する治療方法として手術と粒子線があるわけですが、手術と粒子線の大きな違いは何かと言いますと、粒子線の場合は当てられる場所が限られるのに対して手術はどこの場所でも摘出しようと思えばできるわけです。ただ、手術というのは手術をする技術力、それが非常に重要なポイントで手術をする先生の腕が非常に大事になります。

ところが名医となるまでには時間がかかるし、なかなかトレーニングをする場所もないというのが現実問題としてあるわけです。昔であれば名医になるまでにいろいろな所でトレーニングできていたのですが、今の時代ではなかなか難しい。

また、情報化社会が進むにつれてこれまで患者さんにはわからなかった手術する先生の技術力の差というのがわかるようになってきました。言い換えれば名医に患者さんが集まる時代になってきたと言えるかもしれません。

粒子線治療はまさにシステムそのものですから、正確にがんに粒子線を当てられるという仕組みを作ってそれと同じやり方で施設を増やしていけば同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は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先に行います。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六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。

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ますが、大阪から新幹線で治療に通っている方もいます。

熊谷　それだけやはり副作用が少ないのですね。それはすごく有難いことですね。

菱川　入院すると晩酌できませんから(笑)。

熊谷　食事も生活も難しいことを言われ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、患者さんによってはご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うかがいましたが、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っ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どうなるかというと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っても他にまたどんどんでてくる。そうすると治りません。治らない治療を保険でカバーすると医療費はパンクしますから、まずは本当に治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。

粒子線治療の今後の課題について

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て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きます。

日本のメーカーというのは、一つ装置を作っ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わけ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の課題でしょうね。

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ぞれの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ます。常々、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世紀と世界に向けた情報発信

ー阪神・淡路大震災の教訓を未来と世界へー

●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
河田 惠昭 氏

×

㈶ひょうご科学技術協会 理事長
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　巨大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、組織が大きくなって、その際に、巨大災害研究センターを含め、いくつかの名称の候補があがったのですが、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に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（ＷＴＣ）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すけれども、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こって、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、起こっ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ますと、371万人の帰宅困難者がでます。首都圏では600万人を超えます。ＷＴＣ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、ニュージャージ州から勤めにきているわけですから、被災形態というのは、この神戸の大震災よりも、ＷＴＣ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なります。

熊谷　テロでなくても、例えば、あっ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、そこで起こる災害としては巨大災害になり得ますね。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ね。

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こっても調査に行っています。

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ったのですが、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って、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パ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ついていくというのはよくあることですね。

河田　それで、40歳過ぎぐらいのときなのですが、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 惠昭　（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員
1982年10月
1992年 8月～フルブライト上級研究員
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　京都大学巨大災害研究センター
　　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、大都市大震災軽減化特別プロジェクト（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」「今後の地震対策のあり方に関する専門調査会」「首都直下地震対策専門調査会」等の委員、日本自然災害学会（前会長）・理事・評議員、日本災害情報学会　副会長、国際災害学会（Natural Hazard Society）副会長、土木学会地震工学委員、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法人大規模災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て、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人亡くなったのですが、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う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されていました。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、高潮もそうだとなります。ですから、逆にそのフィールドを固定して、外力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、そちらにおりました。

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、起こった際にすぐ直下型の地震だとわかりました。揺れがもうプ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こったということがわかったわけです。

熊谷　先ほ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っ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こらなかったのです。

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。起こってから振り返ってみると、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、起こ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、都市という名のつく災害には、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の人がはいってきた。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ょっちゅ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脆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っていましたから、土地を売ってくれないということで、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、土地代が年毎に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。その狭間で被害が起こった。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、バンコック、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こってきているのです。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、そこに人が入ってきて、スラムに集中している。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、名古屋の近辺で起こった災害というのはそういう特徴をもっているのです。それが、一段落しますと、社会基盤もある程度備わっていく。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っている。そこで災害が起きますと、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。これが最初に起こったのが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ってしまいました。亡くなった方は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こったのです。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ぺしゃんこになったり、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、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、亡くなった方は60名前後なのです。ところが、経済被害でみると300億ドルぐらいでているのです。ノースリッジのときは、サンタモニカフ

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員会議長、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価委員会委員長、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。

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的に5,000人あまりの方が亡くなったというわけです。この地震が起こった直後、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週間前に起こっ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名の方が亡くなったのです。ですから、阪神・淡路大震災が起こった直後に震度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って、特に2階建ての家の1階部分が層破壊とよばれる形でぺしゃんこになって、たくさんの方がなくなったというわけです。

熊谷　神戸市内だけでなくて西宮市内とか芦屋とかでもたくさんの方が亡くなっ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つということになるわけですね。

河田　そうです。ですから、1年前に起こっ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、その起こっ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れたものになってしまうのですね。

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、起こっ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、そういった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っかけてきています。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「スミソニアン博物館」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っていましたよ。

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

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。

これからの巨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。それについてはいかがでしょう。

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っている。これは阪神・淡路大震災が起こってからの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った。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、全員が避難所へ行っ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というのは、実は、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うのは、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うのは、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モールビジネスっていいますか、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っていると土砂崩れが起こりそうなところで '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年以上にわたって大きな災害が起こらなかったものですから、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ってきましたから、防災は行政に任しておけという風潮があったことは確かなのです。その流れできているものですから、ちょっと雨が降って、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ってい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。災害が起こらなくなったときに、行政も任せてくれと言ったし、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ったということですよね。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、空振りになったとします。そうすると、住民は文句をいうわけです。気象庁に文句を言うわけです。ところが、じゃあ、予報があたって被害がでたほうがいいのかっていうと、そうじゃないですよね。つまり、防災っていうことは、被害に遭わなかっ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ってしまっ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、起こらなかったときにでてくる。ですから、先ほどお話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ってもらって、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、先生がおっしゃった自助の問題は、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、日本に住んでいる者として、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、うっ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、その前にまず家具の固定をやっていただかないといけない。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。ですから、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、そういうことをやっていただくと、瞬間的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、これまでは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うと、震度6弱ですと、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い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というのは、1階から先に壊れるわけです。でも、2階のほうが当然よく揺れる。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、地震が起こったときは、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っていただかな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ね。

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す。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人が亡くなったのですが、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ために、そこで、津波は1波の形でエネルギーがもてなくってソリトンに分裂したのです。プラズマと同じ現象で、ソリトンに分裂したために、1波ずつは、津波でなく普通の高波になってしまったのです。だから、岸から見ることができたのです。白波をけたててやってくるというのがビデオで写っているわけです。だから、それを津波だと思っている人が、たいへん多いのです。ですけれども、次の南海地震、これは、2050年までには必ず起こると言われている災害なのですけれども、この南海地震は、実は、津波の波長が50キロあるのです。波長が50キロで大阪湾に入ってくると沿岸部で高さがだいたい2メートル50センチくらいになります。だから、絶対見えないのです。ですから、例えば、神戸とか大阪に近づいてきたときには、目線が届く限りの海面があがるというふうに理解しなきゃいけない。ところが、日本海中部地震のビデオをたくさんの方が見ておられるので、津波がやってくるのが見えると思っている方がずいぶんいるのです。昨年の5月26日の午後6時半頃に三陸南で地震が起こって、このとき、実は、津波がひじょうに懸念されました。ところが、津波を見に港とか海に行った人がいっぱいいるのです。

子供を対象とした防災教育

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すけれども、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。ですけれども、震災後の全国の自治体で公的備蓄というのは、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。ですから、震災の前提条件が変われば、教訓のなかで使えないものがでてくる。こういうことをやっぱり考える必要があるだろうと。ですから、使えるか、使えないかっていうことを、チェックしないといけません。

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　タックスペイヤ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る。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、過去も変わらなかったし、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ったら瞬間的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、その途上国の政府高官、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、賢くなっていただかないといけない。

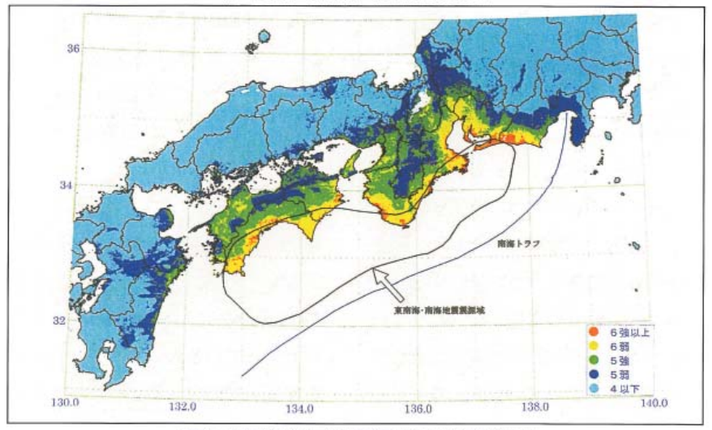
熊谷　センターのもつ情報発信機能が

専任研究員による新潟水害調査（新潟県庁）

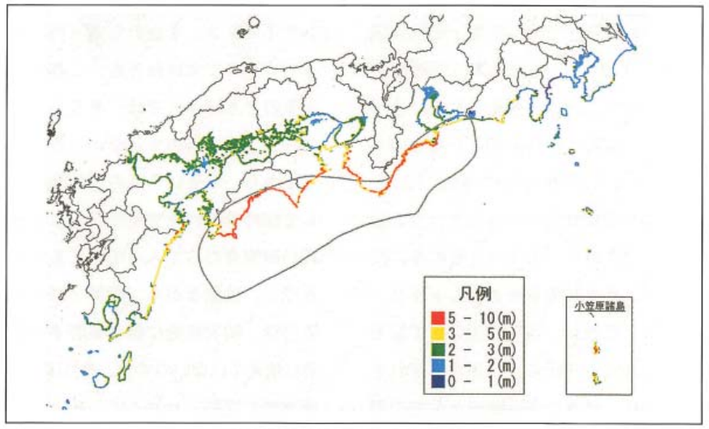
専任研究員による新潟水害調査

専任研究員によるセミナー

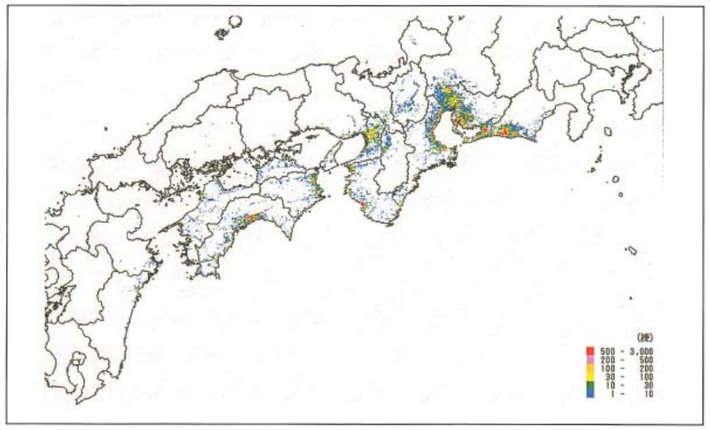
（データ抜粋：内閣府 15年度 防災白書）



東南海・南海地震タイプの強振動計算による震度分布図



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きゃいけない。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、いろんな制約がつきましたけれども、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。

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りますと、若い研究者だって入ってきてくれるだろうと。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ないのです。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、そういう土壌を変えていかなきゃ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ところにつながっていくという、そういうものも評価の対象になるという、新しい枠組みの中で、評価を展開していただけると、大変ありがたいと思います。

今、こ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。ですけども、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り、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　ポートピアホテル　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:ポートピアホテル
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。

※河田惠昭氏は現在、関西大学理事・教授、京都大学教授などを歴任。

科学技術が拓く 21世紀のライフサイエンス

―発生・再生メカニズムの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
竹市 雅俊 氏
×
㈶ひょうご科学技術協会
理事長
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ました。「エンブリオロジー」といっていた時代は、卵がどうやって発生していくかということを形態学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」と呼ぶように変わりました。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」と言い換え始めたのは、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、体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っ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っても、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個でお互いにくっ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ったら困るわけです。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、くっついたままでいなければならなくて、くっつきながら体ができていくわけです。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というのです。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（シアン化カリウム）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　バラバラになっても細胞は生きていて、ＫＣＮを抜くと、また戻る、くっついてしまうというのです。細胞が離れたりくっ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、単にくっつくだけでなくて、組織としての秩序を再生することがわかってきました。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なくて、いろんな細胞からできています。皮膚１つとってみても、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、実際に日常的にも利用されています。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っついて治る。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科助手
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　日本学士院会員
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。
塚原仲晃賞（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）、慶応医学賞（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ってきました。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　不思議なことですね。そういった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いないでしょう。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ね。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いうことが、動物の発生のまず一番大事なことなのです。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、体の構造ができて、形ができる。脳は頭のなかにないと困るし、目は顔にないと困る。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、別の人がするし、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向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す。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て、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（べんもう）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ビ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員会議長、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価委員会委員長、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。

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のは、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、ユニークな先生だな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ね。

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、私の前任の大阪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だいていろん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、採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すね。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。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っていけばい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、改めるとしたら、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い、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、そういうこともあると思います。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ね。

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きていますから、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。これまでは、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て、バラバラにならない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という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、その細胞がお互いくっついて、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、くっ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っ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、そのアナ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っ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ね。

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のが、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。

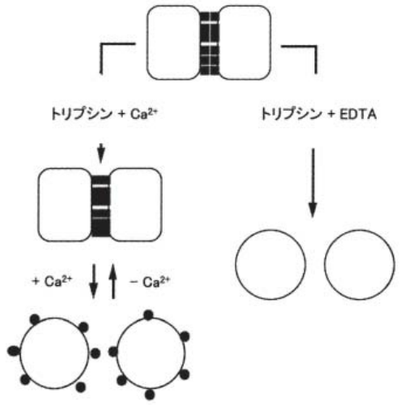
竹市　ただ、その全体の組み合わせとして、システムができあがったときに、そういうおかしなことをするということでしょう。しかも、進化というのは、進化することによって、単純なものからより複雑なシステムを自己生産している。

熊谷　細胞というのは、単なる「物質」とみていいのか、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、「物質とは別のもの」として見ないといけないということなのでしょうか。

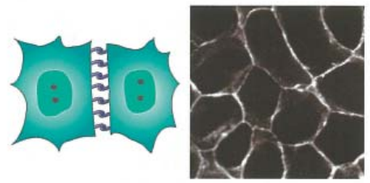
竹市　それを物理学者がどう表現するのかということは、非常に興味深い事ですけれども、どちらにしても、自然科学の枠内で語らないといけないわけです。

熊谷　おもしろいですね。先生の、最大のご業績とされている細胞接着の現象を発見されたのは、積み重ねがずっとあったのでしょうけれども、直接的にはアメリカにおられるときに発見されたのでしょうか。

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、アメリカは単なる通過点で、向こうでの研究テーマとは全然違うものだったのです。



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みえる。これがカドヘリンである。

熊谷　そうですか。バラバラにした細胞が自然にくっ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ね。

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、可逆的にくっ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っつくということは、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ご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。

生物医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ょうがないですね。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医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、そ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。発生に関係する研究所をつくろうという機運が高まったのには理由があって、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すが、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てきたわけです。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でてくる。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って理想的な治療となりうるということですよね。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、着床が起きる前にピ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る。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ている。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ん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はいろんなものになる能力をもっているから、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うのです。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・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、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、その神経を作って移植すれ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、拒絶反応を引きお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ので、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。そ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細胞ができることになります。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、他にもっとよい方法がないかという話になります。それで、もう一つの可能性として、ＥＳ細胞ほど何にでもなれる細胞ではないけれども、骨なら骨、肝臓なら肝臓になる細胞が自分の体のなかに温存されているのではないか、そういう可能性がここ１０年くらいの研究でわかってきています。例えば、脳の神経細胞は分裂していない、子供のある時期に、神経は全部できてしまっていて全然分裂しない。いったん大人になると私たちの脳の中の神経細胞は老化して死んでいくだけなのです。しかし、記憶に関係するところ、海馬（かいば）というのですが、そこには細胞増殖があるということがわかっています。海馬が働くために、既存の神経だけでまかなっているのではなくて、新しい細胞も作っているというわけです。似たようなことは、例えば、鳴鳥の場合でも起こっています。カナリアは、春だけ歌って、冬は歌わない。この時、毎年少し細胞を作って、歌に備えているらしいのです。要するに、こういったことをもっと詳しく調べていくと、うまい操作によって、神経になれる増殖細胞をとり出せるのではないか、しかも、神経になれる細胞は、必ずしも脳だけにあるわけではなくて、骨髄にもあるらしい、ということがわかってきています。脊椎の中心の空洞は、免疫に関係する細胞がいっぱい埋まっているのですが、それを注射器で取り出してきて、体に注射すると、いろんな組織になるというのです。こういう今まで我々がよく知らなかった体を作るもとになる細胞がどうもいるらしいということな

のです。どうしてそのようなものがいるのかは、よく分からないのですが、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、人間のクローン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　今の大きな期待ですね。こういうのは、人間だけを見ていると、難しい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ました。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、本来いないはずの細胞ができて、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。

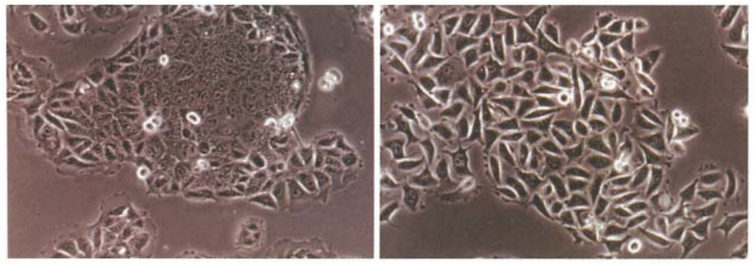
竹市　ガンについていえば少し違います。ガンは、むしろエントロピー増大そのもので、無秩序の方向にいく細胞です。本来、生体がエントロピー増大を押さえ込んでいたものが、突然、押さえきれなくなって、ただ増殖していくというのがガンなのです。ガンの問題は、二つあって、まずひとつは増えるということです。本来、細胞はお互いにコミュニケーションしながら増殖を抑え合っている。例えば、皮膚が傷つくと、その傷で減った分だけ細胞を増やす。少しだけ細胞を増やして傷口を閉じるわけです。それと、皮膚というのは代謝していますから、断面でみてみると上へ上へと常に細胞を増やしては死に、増やしては死にということを繰り返しているのですが、全て秩序のなかでやっている。ガンというのは、その秩序を完全に失ってしまうわけです。つまり、本来は、お互いがコミュニケーションして、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。散らばってしまうので、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。初期に見つければそ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。

熊谷　肝臓ガンでもガンの固まりが大きくなっていくといいますから、そういう固まりにならないようにすればいいのではないかという気がしたのですが、そういうことにはならないのですね。

竹市　固まりは固まりなのですが、その固まりが壊れていくわけです。これが問題で、固まりのままその場所にいてくれればいいのですが、さらにまた細かく分かれていって、場合によっては、そこから細胞が歩いていってしまう。これを防げれば、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ってきた。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。



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　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ね。

竹市　そうです。悪性腫瘍というのをみると、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、臨床的応用というのは本当に大変重要なことですね。

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。

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ていましたし、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ればいいですね。

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。）

※竹市雅俊氏は日本学士院会員。京都大学教授などを歴任。

21世紀における生物多様性の科学

－人と自然が共生する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

×

㈶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、詳しくいう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、後からと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年生まれというと小学校へ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れたら兵隊さんになりますという時代です。それが、戦後になって、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て、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すが、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くるものですから、植物学へ来ると期待されていたのが、そういう返事をしたものですから、今から考えるときっと残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おありだったからですか。

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関心があったのです。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、大学院へ進んだときにそういうことを言っていたのですが、その当時は誰もそんなことは考えてもいなかったのです。分類学というのは、標本を取ってきて同定してということが主ですから、それがDNAと結びつくとは思っていなかったわけです。

熊谷　古典的な分類学はそうですね。

岩槻　ところが、実際はちゃんとつながっている。そうならないと、「生きているとはどういうことか」ということを生物多様性から説くということはできないのです。

熊谷　それはよくわかりますね。

岩槻　ですから、80年代ぐらいに、私は、「21世紀の生物学というのは多様性の生物学になる」なんて言っていたのですけれども、その頃にはちょっと頭がおかしいのではないかというようなことさえ言われました。極端な場合ですが、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のですね。

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のです。私らは、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に行ったときに、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
京都大学理学部助手
1965年３月　京都大学大学院理学研究科植物学専攻博士課程修了（理学博士）
1971年　京都大学理学部助教授
1972年　京都大学理学部教授
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の研究」）
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、子供の頃の体験は、非常に大事なことだと思いますね。実は、私も子供の頃、今の丹波市で生まれ育ったのですが、田舎で、家から母親の実家まで、五つ六つぐらいの頃にやっと歩いていけるくらいになった頃に、例えば、木イチゴに実が実るようになったら、これは駄目なやつ、これは食べられるけどまずいやつ、これが一番美味しい木イチゴだとかそういうことを母親が教えてくれました。やはり、私らが子供の頃には、自然に親しむということを、主に母親からですが、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、頭と袴部分を取って、母親が佃煮風にしてくれると、それが好きで好んでいただいていたのですが、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のです。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。

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なのですが、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いない。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なって、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、それでは困るのということをしばしば申し上げるのですが、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、細胞なんですよね。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個とって、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、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

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、カリフォルニア大学（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員会議長、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価委員会委員長、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学研究所評議員、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。

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
子嚢菌類	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	軟体動物	50000
植物	250000	棘皮動物	6000
コケ類	18000	節足動物	950000
シダ類	10000	昆虫類	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 ％
昆虫類	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、私の頬の筋肉細胞と足の裏の皮膚細胞の2個が、あるとき何かを一緒にやるという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、相手がい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が、間接的なものまで含めると、全てつながりあいがあるはずなのです。ちょうど頬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って、その生物多様性の生き方のことを生命系というレベルの「生」と言っています。

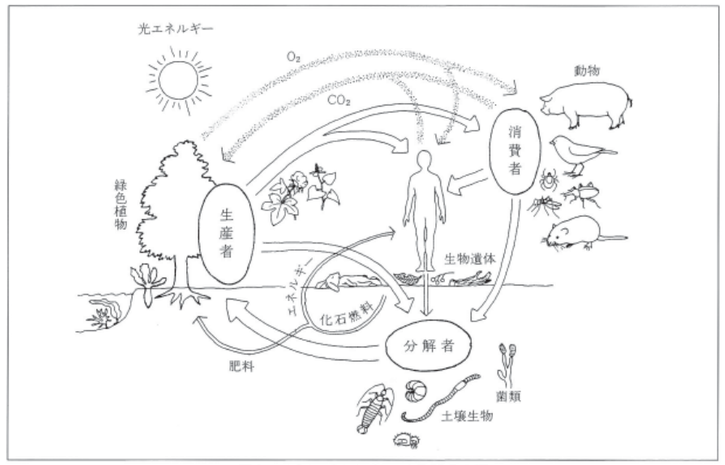


図1　地球上の生物がつくる関係の環

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

岩槻　そうです。地球上で一つの生命系を作って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るのですけれども、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、そ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。100億になっても大丈夫です。だけど、そのとき地球環境がどうなっているかは、責任もちません」とおっしゃる。そうい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ぐ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、その域値というのは、場所によっても違うはずですが、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、クローンとおっしゃいましたが、「クローン」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、数は増えても、新しい種はできないわけですよね。そういう意味では、クローンによって新しい生物の種類が増えるわけではないのですね。

岩槻　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のです。

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くると、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。

岩槻　「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いけないと普通は思いますものね。

岩槻　砂漠でいいますと、砂漠には砂漠の自然があるわけですよね。砂漠は、決して生物が多様ではないんですよね。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。

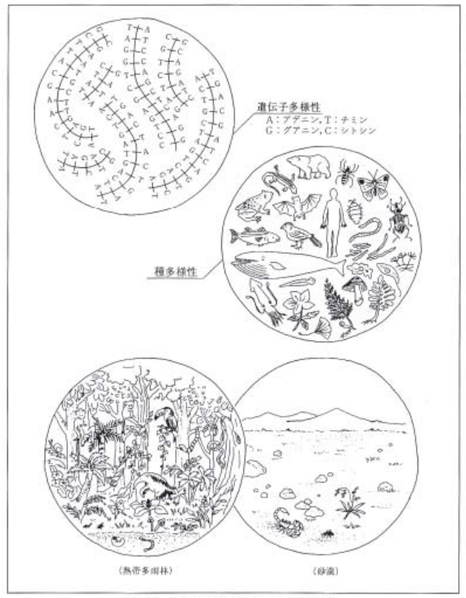


図2　生物多様性の三つの側面

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。

岩槻　熱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、その、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挙げるわけです。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きている、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なのですか。

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、それをきっちり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。

里山の情景（東京都町田市三輪）

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100万年の単位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、人が自然を開発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。人が開発をした一番最初は旧石器時代だといいますが、本当に大規模に開発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ってきた。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、一挙に、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りますと、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すか？

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滅失、多様性が減るということですね。二つめが、里山のような人為的に作っていた環境を放棄して、放っておけば自然にもどる、荒廃するといっていますが、荒廃することによって起こる危機です。三つめが、いろいろな化学物質とか、外来種など、もともといなかったものを自然界へ持ち込むことによって、その影響を受けるというのが三つめの危機です。その三つめの危機のうち化学物質のことは、比較的わかりやすいですから、いろんな規制する法律ができていますよね。ところが、外来種を規制する法律というのはなかなかできなかった。なぜかというと、外来種でも、その一つ一つの種によって、個別に意味が違う多様性があるということなのです。種特異的なところがありますから、外来種の種によって、出てくる影響が違うからなのです。例えば、今の日本の田園風景でクローバーのない風景なんて考えられないですよね。しかし、柿本人麻呂の和歌にも、松尾芭蕉の俳句にも、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ついて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

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。

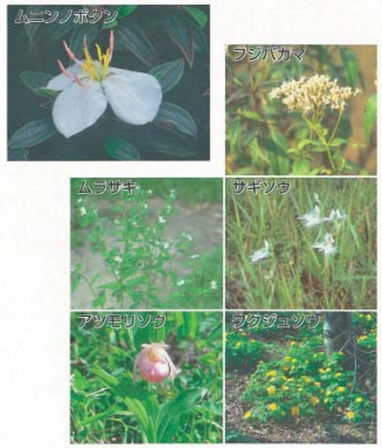
フジバカマ　秋の七草の一つ。河川敷などに多いが、急速に減っている。

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だったが、可憐な花が愛好され、過剰な採取によって絶滅が危惧される。

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。



か、ハコベ、ナズナ、そういうものは史前帰化植物なんですよ。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きます。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、そこ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うのです。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、いっぺんにば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、ウオ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、そこのイチョウ並木について説明書きがあったので読んでみますと、イチョウというのは、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、イチョウに関していえば、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、どんどん増えていって、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っているわけですが、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お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、緑化木を植えようとすると、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、さらに進めていって、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、まだよくわかってい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ですからいいですが、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たない。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ったらいいのか、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のです。それが十分理解されていないということが、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のです。

熊谷　人クロー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に、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なのですか？

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や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ませんが、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」と言うんですよね。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ョ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）の意味なのですが、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、車の排気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、もう都会ではほとんど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　排気ガスというのは、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か、そういう現れ方をしている。絶滅危惧種の問題にしても、一つ一つの種がなくなるということをただセンチメンタルに言っているわけではないのです。一番典型的な例は、小笠原で空港建設計画があがった際に、反対した人が多く、私達も空港予定地に、小笠原特有のムニンツツジという種の植物が生えていて、そこを空港にしてしまえば、そこにしかないものが絶滅してしまうということを言ったときに、人からの伝聞で直接聞いたわけではないのですが、ある都議が、ムニンノボタンが生きるか生きないかということと、小笠原の住民のために空港を作るか作らないかということとどっちが大切かという設問をされたというのです。そのとき私は、生物多様性ということをもう少し勉強していただかないと困ると言ったのですが、象徴的に一つのムニンツツジのことをとりあげて言っているだけで、それが絶滅する環境になっているということをもっと考えないといけない。例えば、日本でトキが絶滅したということが、メディアでもよく話題になりますが、神奈川県の博物館の館長されていた青木淳一先生の話ですが、トキだけにつくダニがいて、トキが絶滅すれば、寄主がいなくなるわけですから当然それも絶滅します。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のです。生態系そのものが、ずいぶんゆがんだ形になってしまうのです。だから、トキが絶滅するとか、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のではなくて、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のです。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、いっぱい集まってき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ね（笑）。

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で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、非常にうまいことといっていると言いながら、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、文明が多様化してくるということになると、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けるかというデザインが、やはり基本的に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のです。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、調査のために、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が、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うと、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っ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よね。

岩槻　人間は、確かに分類表でいえば、霊長目の一種の動物なのですが、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れますがそうではないのです。最初に、河合先生が霊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るのですが、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、言葉をクリエイトすることはないのです。だから、文化をクリエイトすることはないのです。学習することはできますけれどもね。

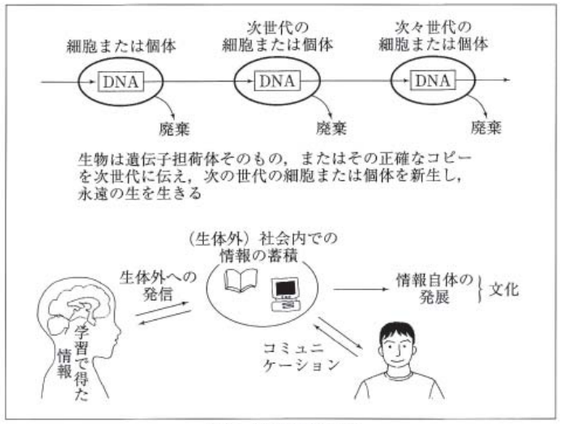


図３　知的活動の起源

熊谷　文化の意味や価値を理解すると、話の筋がわかってきますね。

岩槻　人間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。そこのところを忘れてはいけないのですが、それと同時に、知的な存在でもあるのです。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っ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でいえば、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しね。

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ということを、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ね。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のが随分違うということもあります。環境保全ということに対する考え方が違うのは、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っても、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、遊べるようになっ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けれども、決してインタープ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よね。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で、「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、一歩一歩進んでいる。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よね。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、西欧に追いつけ追い越せで、科学技術に関わる知育に対して積極的に、学校教育を推進してきて、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よね。

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、もともとさっき言っ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に考えることになるはずが、教育ということになって教え育てることになったのです。教え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ということがあります。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ったとか、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っ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、これまでは、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った。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あがっ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いると思っています。

熊谷　新しい博物館のモデルとなるわけですか。

岩槻　新しいというよりは、博物館が本来もっている機能を、本来の仕事が現在の日本で出来るのだということです。それが、「ひとはく」がきっちりすることによって、「ひとはく」がよくなるだけじゃなくて、日本の博物館がよくなる、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てきますけれども、ああいうことに対する問題提起ができることになるんじゃないかと、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」へ来るのが、年甲斐もなく楽しくなってきています。

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ね。そういう環境になっていることこそが本来の博物館の姿であって、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ね。

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でもない。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うのですが、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、すぐに儲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ってもらう、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、インタープリテ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って、研究をやらなくて高等教育を忙しいなんて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うのです。

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。ぜひともお願いしたいと思います。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18年７月19日に行いました。）

現代における人と動物の関係学

－コウノトリと地域住民との関わり－

●対談者

兵庫県立コウノトリの郷公園 園長
増井 光子 氏

×

㈶ひょうご科学技術協会 理事長
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年目を迎えられるとともに、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ましたので、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たんですが、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して、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たんです。最初は無脊椎動物ばかりさわっていたんですけれど、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れど、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れども、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、生き物に非常に関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て、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ってきました。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。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で、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労賞
2007年６月　環境大臣表彰（「環境保全功労者」として）
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カ所に獣医関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ヵ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、独特の形質や気質を持っている牛にしろ、馬にしろ、犬にしろ、日本人は機械化が進むといとも簡単に捨ててしまったわけですよ。

（増井園長　エンデュランスに出場）

馬は終戦直後150万頭いました。それがもう機械化が進むと、馬は必要ないということでどんどん切り捨てて、競馬だけが残っているわけです。ですから、現在の日本では、馬といえばもうサラブレッドということになっているんです。日本にも在来馬が８種類いるのですが、ほとんどが絶滅危惧種なんですね。100頭とか、対馬にいる対州馬なんかもう26頭しかいないんです。これがもし野生動物だったら、それはもう保護しなければと大騒ぎになっているはずなんですけれども、馬は家畜だということで誰も心配していない。

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。

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。

増井　動物については、残念ながら日本人は自分の国の歴史的な産物に対して愛着がないように思いますね。効率一辺倒で、外国崇拝といいますか、欧米のものはいいのだと。ですから、犬などでも在来の日本犬よりも洋犬の方がきれいでかわいいとか、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

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価委員会委員長、独立行政法人科学技術振興機構運営会議会長、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、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。

ね。馬もそういう性質があるんです。だから毎日世話をして、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イタスになるわけで、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う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てやれば、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。

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(注)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れど、犬の場合は狂犬病の危険性が高いのと、咬傷事故が非常に多いんですね。犬が咬むんですから新聞沙汰にもならないんですけれど、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、あるいはそれの雑種ですね。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、ペルシャ猫だのシャム猫だのそんな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、化け猫はよく出てきますよね。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　猫はいつも自分があるんですよ。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っても、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。犬は人についていきます。

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れども、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らないんです。犬は散歩に連れていってやらねばなりませんし、馬も運動に出し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。

それから、最近は集合住宅で暮らす人たちが増えてきて、犬はやはり庭がないと飼いにくいですが、猫はマンションの部屋の中でも飼えるんですよ。実際飼ってみると、どこにも行きたがらないんですね。犬の方が散歩に行きたい、行きたいといいます。ですから、今は猫の愛好家がどんどん増えて、犬の飼育頭数に接近しています。ちなみに今、全国で飼育されている犬の数は1,300万頭、猫は1,200万頭、併せて2,500万頭ものペットがいることになります。

コウノトリと兵庫県

熊谷　最近、在来種と外来種の話や、絶滅危惧種の話題などがよく出るんですが、今全国的な関心を集めているコウノトリというのは、もともと日本固有のものなんですか。

増井　日本固有ではないです。東アジア固有ですけれど。

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に水環境が豊かで、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、日本に居つい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。

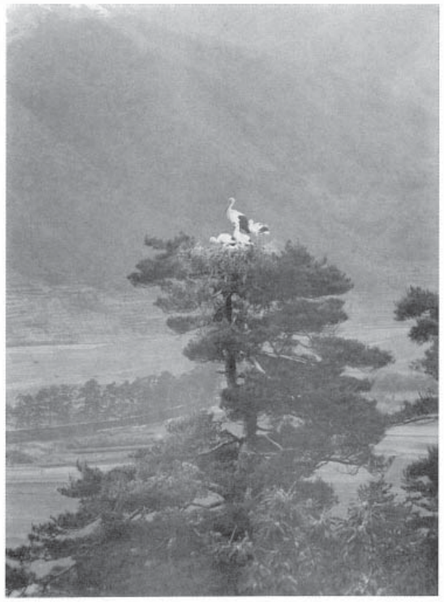
熊谷　では、コウノトリと兵庫県との関係というのは。

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。コウノトリを撃って食用にしたのか、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。戦争が始まったら、兵隊らがみんなその土地にいる動物たちを撃ってしまったということは、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、減っていった要因の一つなのですね。

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羽ほど残っていたのです。

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ってしまって、環境がずいぶん悪くなって、また数が減っ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。豊岡市の周辺は湿地帯で水はけが悪くて、当時の人は田植えなどに非常に苦労なさったようです。冬も水がひかないでじくじくしていて、農作業の労力が大変なので、農地改良しなくてはだめだということで、どんどん水はけをよくして、田んぼをかさ上げしたわけですね。田んぼの乾田化を図ったわけです。また、圃場整備というんですか、小さな田んぼを寄せ集めて1枚の大きな田んぼにして、機械で作業をすすめようとする。すると、小さなメダカやカエルやドジョウがいたような水路がなくなってしまう、害虫を防ぐために農薬を散布する、そんな要因が重なって、だんだん数が減ってきてしまったんですね。とうとう終戦直後は20数羽になってしまいました。地元でコウノトリを守ろうという運動が始まったのは昭和30年からです。


（鶴山のコウノトリ）

熊谷　豊岡市野上の飼育場ができた頃ですね。

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麿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ったりしたんです。だけど人工巣塔の下で農薬を撒いている写真も残っているんです。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っていきました。

熊谷　それで、ロシアなどからもらってきたりして、育てたんですね。

（ドジョウ一匹運動）

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滅びる一方だから、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、コウノトリにやってほしいとドジョウをたくさん送ってきてくれたんですね。それが神戸新聞のニュースになったりすると、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ってきてくれたので、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懐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、古くから日本にもあるんですよ。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っ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。そんな話はいままで聞いたことがありませんでした。おもしろいですねえ。

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稲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、人間の考えというのはそういうもんじゃないかと思います。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してしまえばもう終わりになってしまうし、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って、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、あれもまも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してね。

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うことはないんですよ。

（巣塔での子育て）

（自然放鳥）

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日ぐらいでぽ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ね。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、下に行ったら川に落ちるんで、上へ飛ばなきゃしょ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あ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かったですね。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れども、高圧線の電柱に止まったりするんですよ。

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れど、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てね。もう翌年に営巣産卵したんですけれど、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月の時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。

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、好きじゃないとだめでしょうけれど、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っ

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。お客さん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れど、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でもございましたら。

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先に、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ったりしますので、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」の誇りであると同時に、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、よろしくお願い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て、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、そのために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。

（現在のコウノトリの郷公園）

（巣立ち）

それから、兵庫県は他でやっていな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れど、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ね。

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れど。それが、兵庫県の場合は下から盛り上がってきて、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いいたします。

増井園長後日談

結局、百合地（ゆるじ）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本の足が着地していな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。

※増井光子氏は2010年7月に逝去。

21世紀に躍動する シミュレーション科学

－次世代スーパー 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が、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しいただきます。

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と勧めていただきました。地球の大気の上の方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です。当時はプラズマと言えば電離した気体、熊谷先生もよくご存知なところですが、そこ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搬の障害（スポラディック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ポラディック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連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ったこともあります。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、結果的には色ん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。この時のもがきとそのもがきから抜け出した時の充実感は今でも忘れられないですね。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きました。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ったものですから、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（数値実験）のグループを結成したんです。先ほど先生からお話のあ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っ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　それは名古屋大学にでしたね。

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。

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〉

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の最初のグループを、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。それの草分け的な形で、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ったです。

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ンピュータとはほとんど関係ない時代でしたよね。

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〉

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か。

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でしょうけど、私の方にはちゃんと映っておりました。（笑）

熊谷　先生が、シミュレーションサイエンスに取り組まれ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、それでは現象の一面を見ただけで、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、それ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。

シミュレーション草創期

熊谷　なるほど。そういう経緯を経て、先生は平成14年に運用が開始され、気候変動に関する政府間パネルＩＰＣＣの評価報告書への貢献、気象や気候変動、地球環境の予測の発展への寄与など色んな研究分野に非常に大きなインパクトを与えてきた地球シミュレータセンターのセンター長をこの３月まで務められたわけですけども、先生が最初に電離層や電離層プラズマを取り扱うのにシミュレーションという手法を用いたときのコンピュータの能力は今とは全然違うわけですから、その頃と、出来た当初は世界最高速であった地球シミュレータの能力とをくらべてみて、その急速な進歩に伴うご感想なりエピソードをお伺いできますでしょうか。

佐藤　当初はとにかく今から考えると、今のコンピュータに比べると本当に今の電卓より遅いですからね。

熊谷　そうです。そろばんに毛が生えた程度です。（笑）

佐藤　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けれども、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というのか。

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った段階においても、使う人はものすごく

独立行政法人海洋研究開発機構
地球シミュレータセンター　特任上席研究員
佐藤　哲也（さとう　てつや）

生年月日：1939年12月14日　神戸市生まれ
専門分野：プラズマ物理学、シミュレーション・サイエンス
所属学会：日本物理学会、応用数理学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、プラズマ・核融合学会、情報処理学会
学歴　：1963年3月　京都大学工学部電子工学科卒業
1965年3月　京都大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了
1967年5月　京都大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程中退
学位　：1970年1月　工学博士（京都大学）
職歴　：1967年6月　京都大学理学部助手
1974年7月　東京大学理学部講師
1976年4月　東京大学理学部助教授
1980年8月　広島大学核融合理論研究センター教授
1984年4月　名古屋大学空電研究所教授（兼任、1986年3月まで）
1989年5月　核融合科学研究所教授　理論・ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ研究センター長
1991年4月　総合研究大学院大学核融合科学専攻数物科学研究科教授（併任）
1995年4月　核融合科学研究所企画調整官（1999年3月まで）
1995年10月　名古屋大学大学院理学研究科教授（併任）
2001年12月　海洋科学技術センター（現海洋研究開発機構）地球シミュレータセンター長
2006年8月　日本学術会議連携会員
2008年4月　海洋研究開発機構　特任上席研究員
客員　：1978年1月　名古屋大学プラズマ研究所助教授（1979年3月まで）
1983年6月　宇宙科学研究所教授（1986年3月まで）
1971年8月　NRC-NAS Resident Research Associate, NOAA, Boulder, Colorado, USA（1年）
1972年8月　Alexander von Humboldt Stipendiat, Max-Planck-Institute, Germany(1年）
受賞歴　：田中館賞「超高層大気プラズマ不安定性の非線形に関する研究」（1975年）
仁科記念賞「散逸性磁気流体プラズマの非線形ﾀﾞｲﾅﾐｯｸｽ」（1986年）
COMPUTERWORLD HONORS 21st CENTURY ACHIEVEMENT AWARD (2003年）
東京クリエイション大賞　技術賞（2004年）
情報処理学会 業績賞（2004年）
Dawson 国際賞（2005年）
著書　：「未来を予測する技術」（2007年、ソフトバンク クリエイティブ）
「Space Plasma Physics」(A.Hasegawaと共著、1989年、Springer－Verlag)
「自己組織化するプラズマ」（物理学最前線シリーズ31巻、1993年，共立全書）
「Auroral Physics」in Magnetospheric Plasma Physics ed. By A. Nishida(1982年、Reidel Pub.)

多いんですが、その割にはコンピュータの能力を十分活かしきっていない。それは何故かというとコンピュータというのはある式があるとすればその式をプログラムしてコンピュータに入れて、初期条件を入れて境界条件を入れますと答えが出てきますからね。そうするとグラフが書けるんですね。どんな式を解いても論文には出来たんですよね。逆にそれが非常にシミュレーションというものの研究を遅らせたと思うんですね。遅らせたというのは安易に答が出てくる、そして大した仕事じゃないにしても論文がどんどん出て来る。

熊谷　それなりの結果ではありますからね。

佐藤　だから、たとえば我々よりも1世代、2世代上の先生、あるいはもう少し上の先生方はかなりコンピュータを用いた研究に批判的でしたね。要するに学問を冒涜しているというのかむしろ、学問の足を引っ張っていると。

熊谷　冒涜とまでは暴論でしょうけれども、適当な初期条件と境界条件を入れてやれば一応数値計算の結果は出るわけですから、実際の気候変動や予測にどれぐらい合うかどうかという点から言うと、今から見れば精度というか確度は非常に悪かったのでしょうね。

佐藤　だからそれ自身は、あんまり実際には役に立っていない。

熊谷　そういう面が、止むを得ないことだったかもしれませんけど、あったのでしょうね。

佐藤　コンピュータの性能がそれほど思ったほど大きくなかったということもあるんですが、割合安易に結果が出て来るという事で、理論の大家の先生方には、「佐藤さん、あなたはシミュレーション、シミュレーションと言うけれども、学問の進歩というものにほとんど貢献していない、むしろマイナスじゃないか」とずいぶんお叱りを受けました。

熊谷　基本的な理論でないと学問ではないと考える人もいますからね。

佐藤　確かにおっしゃる通りだったんですよね。

熊谷　だけど、私はそういうシミュレーションの結果が積み重なっていくと非常に貴重な情報になったと思いますよ。

佐藤　だから多分、工学的なセンスから言うとそういう積み重ねというものがだんだん現実に起きている現象に近づいきて、全体として役に立ってくるというふうな見方をしていただくんですけども、一方には、理学系の先生方にはなにか新しい概念が出て来ないといけないという見方もありますね。

熊谷　統一的な説明が出来なかったら学問とは違うという考えですね。

佐藤　はい。でもそのような批判が私にはかなり刺激になったわけです。やっぱり無批判にやっていると確かにそういう面も出てくるなと。そうこうするうちにコンピュータにも一つの革命が起こったわけです。

熊谷　その辺を伺えますか。

コンピュータの革命

佐藤　1976年、それまでは今のパソコンと同じような、今から言うとスカラープロセッサというか一つの演算機だけでもって計算をするというものです。そしてメモリーです。メモリー(記憶装置)から一回ずつデータを持ってきて、演算機、計算機であるそろばんの玉を動かして、そして答が出るとそれを一度メモリーにしまっておく。それからまた新しいデータをメモリーから出してきて次の計算をするという形での、スカラー的な手仕事的な形でのプロセッサだからあまり大きな仕事が出来なかった。

熊谷　先ほどの批判的な考え方から言うと、結局、色んなケースケースについての具体例の羅列だというふうに見えますからね、学問としては評価しないという人がいるわけですね。

佐藤　そうですね。おっしゃるとおり、そういう形での批判ですね。

熊谷　数値的な具体例ばかりを言ってるだけだということなんですね。

佐藤　コンピュータというのはそういう道具です。具体的にデータを与えないと答が出てきませんから、だからそういう意味で具体例に対する答を出していくのがシミュレーションですから、いわゆる昔流の演繹性を重んじる理論から言えば普遍性がないと。本当はそういう具体例がいっぱい出てきてそこから帰納的に普遍性を引き出していく、そこまで行って初めてシミュレーションというものも学問の進展に役立つものとなる。

熊谷　結局はコンピュータの能力に大きく依存しますね。

佐藤　おっしゃるとおりです。

熊谷　能力が無限大になれば問題はないですけどね。

佐藤　全然問題ないですね。ですからその辺のジレンマのところで、アメリカのシーモアクレイという方がおられたんですが、クレイ社というコンピュータの会社を創立した方です。彼が「このままではコンピュータを人間の生活に役立てるということから程遠い」と、「いかに素子が速くなって集積度が多くなって速くなっても現実に役立てるにはまだはるかに遅い」ということで考え出したのがベクトル方式というものです。一つずつデータを持ってきて、演算機のところに持ってきて、一人の職人がパーツを持ってきて自分の仕事台で組み立てておいて、そしてまた別のパーツを持ってきてそれと組み合わせていくという、そんなまどろっこしいことをやっていてはとても効率が悪く駄目だということで、いわゆるオートメーション化を考えだした。ベルトコンベアを作ってコンピュータの演算をするところにデータをベルトコンベアで送ってやる。演算の終わったデータは再びベルトコンベアに乗せて格納庫にしまって行く。そういうベルトコンベア方式、オートメーション化という考え方をコンピュータのアーキテクチャーに入れたんです。それによってこれまでの演算実行効率が格段に上がりました。

クレイ社が考えたＣｒａｙ１というのが出来たんですけれども、そのＣｒａｙ１が出来たのが1976年、この頃からまたシミュレーションというのが役に立つと思われ出した。もの凄く効率が上がった。100倍くらい上がったんではないかと、値段も上がりましたけれどもね（笑）。そのクレイ１というベクトルコンピュータがアメリカに出来たちょうどそのすぐ後の1979年に私は客員としてプリンストン大学に行って、長谷川さんはその頃ベル研究所におられて、ベル研に来ないかということで実は一年後にプリンストン大からベル研に移ったんです。

熊谷　そうですか。

佐藤　ベル研もクレイマシンを買っていました。それを私はふんだんに使ってシミュレーションをしてかなり面白い発見をすることができました。ただあとで、これは裏話ですが、長谷川さんは豪傑だからそういう事は気にしないんだけれども、「佐藤さん、あなたが帰った後、ディビジョンのヘッドから呼び出されて怒られたよと。あなたの使ったコンピュータ代は恐ろしいコンピュータ代だった」と。私はベル研のコンピュータだからただで使えるコンピュータだと思っていたんです。アメリカというのは各グループが自分の研究費でコンピュータを使う利用料を払っていたんですよね。そんな事は知りませんから、日本の大学の大型計算機センターみたいにただで使えると思っていましたから、湯水のごとく使って・・・(笑)

熊谷　1970年代から80年代にかけてはコンピュータが画期的に進んでいった時期ですからね。

佐藤　ええ、そのクレイによるベクトルのコンピュータが出来てね。

熊谷　シミュレーション研究者の研究費の大半はコンピュータ使用料ですね。

佐藤　はい。だから私なんかは、まだそんな計算機を使うために利用料を払う文化圏では育っていませんでしたから、アメリカでもただで使えるものだと思ってまして。

熊谷　ベル研にはどれくらいおられたんですか。

佐藤　プリンストンには一年で、ベル研には半年くらい滞在しただけです。でも面白かったですね、その長谷川さんとね、ベル研のあるニュージャージーのサミットからニューヨークのコ

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価委員会委員長、独立行政法人科学技術振興機構運営会議会長、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、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。

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って、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んな成果を一般の人に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させてください。

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でき、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、広島大学に核融合理論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ったんです。

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つを一緒にして一つの国立の研究所を作るという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出した。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ったのだからその部門は京大に残すと言い出したので、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。それを引っ剥がして合流させれば、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っても、刺身のつま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ったので、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のですね、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った。

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んですよ。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ばれて、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ってい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か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お受けしたのが、私がセンター長になったいきさつです。

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。

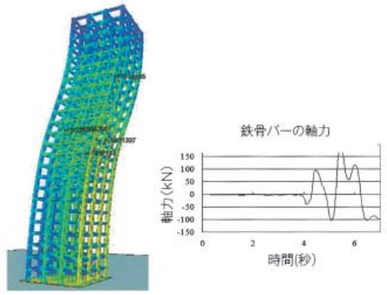
佐藤　完成のちょっと前に、準備の段階と言っても、立ち上げるまで数ヶ月しかなかったです。地球シミュレータセンターが設置される海洋科学技術センターの当時の理事長さんは平野さんでしたが、その平野理事長さんが、三好さんとの関係もあって、私を信頼して下さったんです。あいつに任せておいたらいいから、何でも好きなようにやらせろと。だから相当そういう意味では助かりました。

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と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。日本の人はほとんど分かってなかったです。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って、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ったと思いますよ。

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ったのではもったいないということで、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んな分野に開放しました。

3次元RC構想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 橘 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には後押しをしてもらった。国際的にもやはり日本だけに閉じてしまっては、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、そのために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。勿論資源は限ってですけどもね。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。これは色ん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ですか。

佐藤　ええ。あまりご存知ないですよね。

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　例えば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要るわけで、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番大きな効能というのは地球を全部丸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を一緒に扱うという、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て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。いかに速く､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。今までは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うだけでは一般の広い分野の研究者とか企業とか、そういうところがあまりうちとは関係ないものだという印象を持ってしまうのではないかと思います。ナノテクノロジーなどは表現を変えれば現代の錬金術のようなもので、こういう特性を持ったこういう材料を作れないかと分子原子レベルから組み上げていくわけですから、理論だけでいければいいんですが、そしてその方向は必要でしょうけれども、シミュレーション技術とスーパーコンピュータによるある意味では宝探しのような方法もあってもいいのではないでしょうか。薬にしてもそうです。これまでやってこられたシミュレーションの技術が活用されるといいんですがね。

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よね。その人間の知恵を入れる為には、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、そこ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っていて、そこ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、今までは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、それらを超え得る科学の方法論に脱皮した。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ない。

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は正に地球シミュレータのポストシミュレータですから、それはもう当然の事として、未来に対して色んな環境の変化を予測する、或いは未来に対してどういう物質が出来るか、どういう材料が出来るか、どういう製品が出来るかということをシミュレーションで具体的に示すことができるんです。実験で新物質・材料・製品を開発しようとすると、あらゆる条件を入れながら手探りでやる。非常に効率が悪く、且つコストがかかる。従来のシミュレーションは手を変え品を変えながら観測や理論の具体的説明を試みていたんですが、これからはシミュレーションがむしろこういう事をやればこういう性能のものが出来ますよということを予め絞ってくれる、あらゆる場合を試行錯誤しなくていいですよと、実験屋さんにシミュレーションが指示した条件の近くで本当に役に立つものを、現実に開発していく、そういうサジェッションを行えるようなそういう時代になった。研究領域は全くの未開発地ですから、正にこれからの若い人たちの好むように開墾することができる独壇場といえます。

これからのシミュレーション

熊谷　理工系の分野だけではなくて、例えば社会現象や経済現象、これらも関係するファクターがいっぱいあって、バウンダリーコンディション（境界条件）もいっぱいあって、なかなか理論や実験では取り扱えない。

佐藤　時々刻々変化しますからね。

熊谷　時々刻々変化して、ダイナミカルで、複雑で、実に大変です。理論で扱いようがないですよね。経験でやっているというようなものでしょうけれども、スパコンとシミュレーション技術によって行政とか社会問題・経済問題なんかにもある程度情報として提供できるような結果が出ると、役に立つのではないかと思うんですけどね。今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の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ね。

佐藤　今までは基礎方程式・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くかという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、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で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うんと広がります。

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りの環境、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ってるんですね。

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のにコンピュータシミュレーションというもの、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わせて、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。そんな決まってもいないような、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ない。

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、これからの仮想シミュレーションというのは、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発揮する。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けるような、そういうものとしてこれからのスーパーコンピュータを発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ん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。これまでは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。

熊谷　今までの考え方だと、適当な仮定を前提として基本的な法則というものを考え、それで理論を組み立てる。それが正しいかどうかということは理工系の分野だと実験で確かめていた。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、そんなことまでやってますからね。ですから、シミュレーションによる色ん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よね。

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うか、２つの重要なる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の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の持続可能な世界を創り上げていくためには大変重要だと思いますね。このような社会をシミュレーション文化と私は呼んでいます。したがって、次世代スパコンの目指す新しいコンセプトはシミュレーション文化の花を咲かせることではないでしょうか。

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　それ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対し、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よね。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、役割を発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、そこだけに終わっ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けるかというような問題は、やはりシミュレーションをすることになる。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ればいいなと思います。

計算機の歴史を振り返ってみますと、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に人々は驚嘆しました。この世界最初の電子計算機エ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1,500㎡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よね。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に下がっていった。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る。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になるというの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てきた」というようなこと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ったために、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、更に小さくなってモバイルとなっているわけですけれども、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ね。

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よね。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ね。

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か何だとか言っても、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よね。

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とかコンパイラ、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てくる。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、コンパイラ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ない。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ょうね。

　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て組み立てて、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っても、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よね。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るけど、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は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のじゃないですか。

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ってく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けばよいと考えていても、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てね、ちょっとしたら熱くなって置いておけなくなるでしょ。（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るんですね。

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構として、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　兵庫県に関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に目にとまる工夫を常にしていかれ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ね。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ないよう、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でしょうか。SPring-8はそれ自体その役割を果たしてきています。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中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、生み出そうとしている、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お割き下さり、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：現代の天文学から見える世界

ーガリレオから21世紀の拡大する宇宙像までー

●対談者
兵庫県立西はりま天文台公園 園長
黒田 武彦 氏
×
㈶ひょうご科学技術協会 理事長
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 ピンホールを通すと欠けた太陽の形が写る

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も珍しい、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だ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から全くの素人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ん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れども、船内で日食を見ていただくにあたって、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に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、そういった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。あらゆる船内で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んです。残念ながら、他のツアーは、船をお借りしている団体にし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たりした。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

姫路港を出て行くふじ丸

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）望遠鏡寄贈運動に関して
・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。

“ふじ丸”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、まあそう日食があるわけじゃないんですけどね。随分と満足をいただいた講座でした。

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れども、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ね。

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った人はほんとにお気の毒でしたね。

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、ホテルを取るにしても事前に早く押さえておかないと部屋が無くなってしまいます。これは、ほんとうに皆さんに見ていただきたい現象です。まあ自然界で一番美しい現象だと思います。これによってそういう自然に対する関心を抱く人がどんどん増えると思うので、僕は本当はもっと小さな子どもたちに見て欲しかったなあと思います。殺伐とした世の中だから余計にそういう自然の美しさを感じとって、心の底から感動するという体験をしてほしいですね。そうすると人間の見方も変わってきます。

熊谷　今回、子どもさんの参加は少なかったんですか。

黒田　大学の公開講座は、小学校1年生より上でないとダメだっていうことで（笑）。だいぶ大学の事務局ともお話したんですけど、小さなお子さまのいらっしゃる女性の方も、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ということでダメでした。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はありますね。

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、色ん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ん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は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、日食が起こる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現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うっとその陰陽師、つまり安倍晴明にはじ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。当時は日食が起こったり、月食が起こっ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。それがはずれてくると、権威が失墜するっていうんで、江戸中期ぐらいから幕府が腰をあげて、ようやく自分たちで観測をして、暦を作り始めたという経緯があるんです。先生は大阪にいら

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って、改暦をしたのが寛政の改暦なんですよね。

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ものが、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。

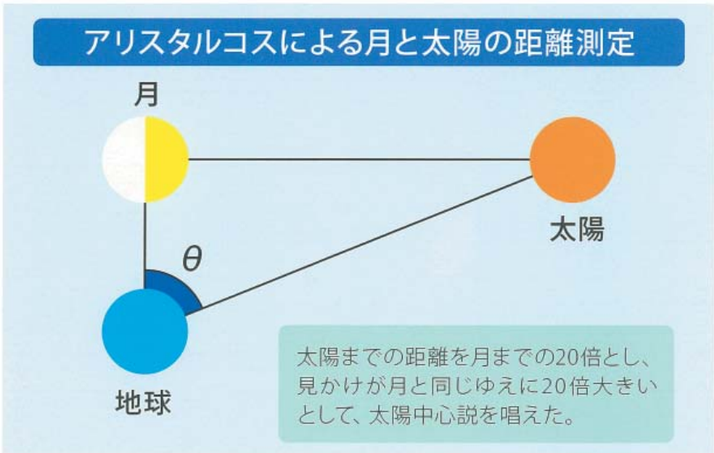
熊谷　紀元前からというのは驚きですね。それで太陽がちょうどお月さまの陰に、地上から見れば見かけの大きさが一緒なんで隠れるというような原理もわかっていたんですか。

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。

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、実はアリスタ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。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ね。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、アリスタルコスという人が、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。



アリスタルコス観測概念図

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が、あのドームが暗くなって、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　きっかけは色んな方から聞かれるんですけれど、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きたいっ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れども、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ったんです。

なゆた望遠鏡によるおうし座かに星雲

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。ですけど、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もので、それに書いてあったのが信じられないんですけど、「融通のきかぬド変人」だったんです。

熊谷　（笑）そうですか。

黒田　これで決定的だと、私はじゃ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、家に持っ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なあっていうので、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　そうですねって言ったら他の天文学をやっている人に叱られてしまいますけどね。

熊谷　そういえば、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が、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よね。

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は設立構想の段階から携わり、参画してこられたわけですけども、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。寝っ転がって思案をしていると、そこに星が輝き始めた。「あっこれだ」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、変な奴がいると。

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れないということで、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ったんです。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、色んなアイデアをお出しするという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てですね、とうとう自分が天文台長で行くというようなことになりました。その中でもユニークさは研究も意識したということです。今までこういう公開をしている施設っていうのはあんまり研究というものを意識しなかったんですね。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も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分かっているみたいに感じますが、新しい研究テーマとか、今後解明していかなければいけないような未解明の未知の事柄などについてはどのように考えればよろしいのでしょうか。

なゆた望遠鏡によるりょうけん座の銀河

黒田　いやあ、先生、未解明のところが実はいっぱいあります。

熊谷　分からない事の方が多いですか。

黒田　確かに、おおよそのシナリオっていうのは語れるようになりました。宇宙がビッグバンで開闢して、銀河が生まれ、星の誕生や死が繰り返され、生命が発生し、人類にまで進化してきたというシナリオですね。細かな変更はこれから出て来ると思いますが、ある面ではそういうシナリオを解きほぐして、今の理科教育、自然科学教育の中にどんどん、宇宙と私たちという関係を取り入れていけば、教育に使える良い材料、良い教材になります。その一方で学としての天文学っていうのは、一つが分かったかと思えば、また新たな謎が出てきます。今一番大きな謎っていうのは、2003年に明らかになりましたけれども、宇宙の年齢というものが、観測から137億年ということが分かりました。

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れども、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わけですから、そこへ物質がどんどんどんどん集まっていっ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ような所とにわかれています。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っ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るんです。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って、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ない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、力学的にはそういった物が存在しないと、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。

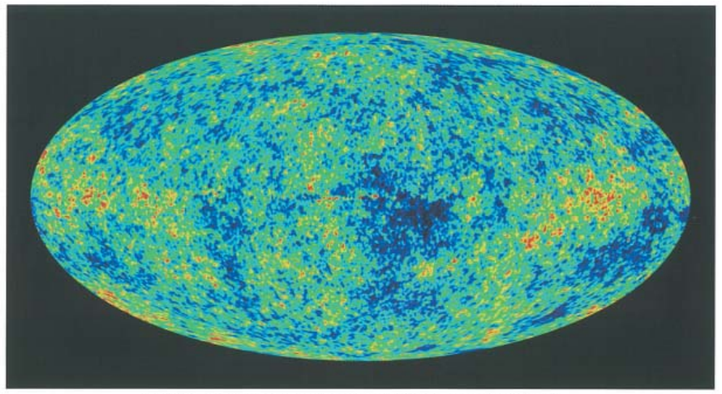
熊谷　なるほど。

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ね、宇宙科学とでもいうべきものであって、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、分からない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ないのは、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だに分からない。


WMAPが観測した宇宙初期の温度のゆらぎ地図（NASA）

黒田　分からないですね。

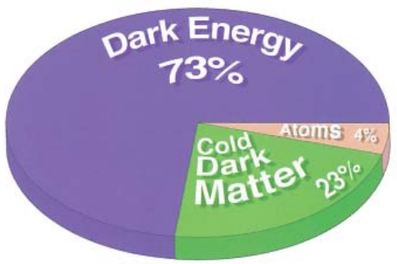
熊谷　先生でもやはり分からない?

黒田　正直なところ分からないですね。

熊谷　宇宙はどんどん広がっていくというけれども、では、その宇宙の端というのはあるのか、その先はどうなっているんだ、というようにね・・・。いくつになっても、考えても考えてもいまだに分からない。

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、分からないものは分からないんだ（笑）という答えですよね。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　じゃあ、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って、その端はどこまででどうなっているのか、そしてその空間の外側はどうなっているんだとかいうような疑問がどうしても出てきますね。



宇宙の組成（NASA）

黒田　現在のところ宇宙がどこまで続いてるかっていう事すら分からないんです。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面となってしまって、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んね。

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れども、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、こうだっていう確立したものにならないんですね。ひも理論でありますとか、統一理論であります。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としたり、一杯あるんですけれども、ただすべてが証明が出来るわけではないんですね。

熊谷　ひも理論といっても、「ひもがある空間は何だ」っていうことになりますよね。それが分からない。

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、これの大事な所は、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るんですけれども、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ますよね。

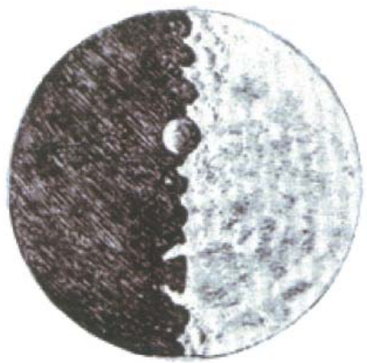
熊谷　なるほど。それで、よく子どもの頃から話に聞く天動説と地動説の裁判事件が起こったということですね。ガリレオが、「それでも地球は動いている」って言ったという話がありますね。私は今の理科教育で、天動説か地動説かっていう話は、よほど教育上注意して教えないといけないと思っています。というのは、地球が動いてるんだという地動説も、天体の方が動いてるんだという天動説もどちらも半分正しくて、半分間違っていると考えないといけないということです。アインシュタインの相対性理論で、運動というのはこちらから見れば向こうが動いて見えるし、向こうから見ればこちらが動いているという相対的なものなので、どちらかが絶対静止でどちらかが動いているという考え方は、近代物理学、特に相対論的な考え方からすれば、間違ってるわけです。ですから、理科の先生が教える場合も、ガリレオの地動説は正しく、それまでの天動説は間違いだったという教え方は、正確ではないと思います。どちらも半分は合っていて、半分は間違っていると言わなければならない。正しいのは、こっちを基準にして見たら向こうが動いているし、向こうを基準にして見たらこっちが動いていることになるんだという教え方をしないといけない、と私はかねがね思っているんです。

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った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タルコスのように「あっ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。その中で、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ていくっていうことが、非常に大きな科学の礎になってるはずなんですけれど、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からね。

黒田　そういうとらえ方をした方が、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う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、子どもたちの興味関心というものと実態との間にずれが出てしまってるというのが今の教育現場ではないかなと思いますね。

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）

熊谷　おっしゃる通りなんですよ。地球の磁気にしても、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来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っ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んな知識を市民の皆さまにも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ます。先生は兵庫県立大学教授も併任していただいていますが、兵庫県立大学やひょうご科学技術協会に対して、ご意見やご希望・ご提言がございましたらお願いします。

黒田　協会では、今でも高校生に対してキャンプやセミナーなどをしていらっしゃいますが、ああいった事をどんどん拡大していただくと同時に、以前ちょっとやられてたと思うんですけれど、いわゆる国際協力的な話が最近は少しトーンダウンしてるのかなという気がするんです。例えば、私たまたま、ペルーへ天体望遠鏡を贈る運動をやっています。望遠鏡は、ほとんど完成間近になっていて、60cm の望遠鏡をお贈りするんです。兵庫県立大学の方でも国際交流と言うようなものは、確かにあるんですけれども、研修のためにペルーの高校生や大学生を日本にお呼びするみたいな事がずいぶん期待されています。ペルーは、まだまだ貧しいので、そういった援助が協会でも、もちろん大学でも、うまく出来ないかなあという感じはしますね。

熊谷　どういうわけでペルーに望遠鏡を贈られることになったんですか。

黒田　これはですね、実は京都大学の大学院を出られた石塚睦さんという方がいらっしゃるんですが、1957 年にペルーに渡られた。なぜペルーに渡ったかっていうと、アンデスという所は非常に空気がきれいですので太陽観測には向いている。そこで教授の命を受けて、太陽観測のコロナ観測所を造るっていうことで行かれたんですね。実際に観測所を造られて、観測を始めようかと思った時に、テロリストに爆破されてしまった。なぜテ

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　睦氏）

ロ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もんですから、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ので。ところがそれを渡さなかったので、命まで狙われるっていう不遇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。石塚睦さんは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っていて・・・

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いましたが、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思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し。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っておる所である」と言っています。この頃、段々、「珍奇なる動物」が減っていっていますが、大学にはやっぱり「珍奇なる動物」もいないといけない。

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れども、2mという大きな望遠鏡を生かし、もっともっ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るんです。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のですか。

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って見ても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という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、市民と相対する専門家、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って、そこで養成したいですね。そういった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と思います。需要と供給のバランスもきっちりいくだろうと思っていますので。

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いますか。

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すぎていて、あん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いうことを僕は、本当は訴えたいですね。

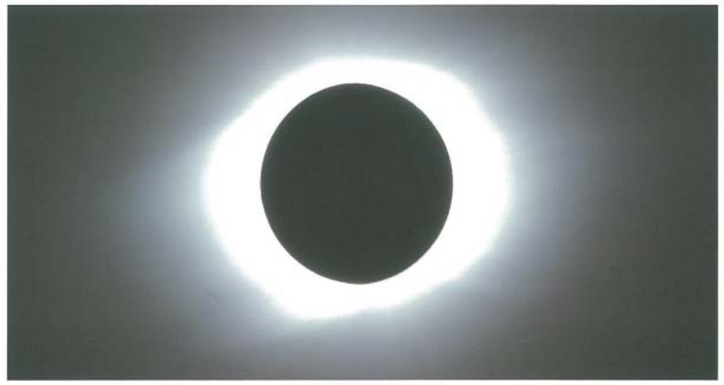
熊谷　そうですね、我々は宇宙にいるんですからね。

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よね。

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っていうのが先生のご説ですが、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いただけますでしょうか。

黒田　それだけを言うと、分かりにくいという人がいるかもわかりません。我々はどこからやってきたんだろうかという事を突き詰めていくと、地球そのものの最初に行き着きます。46億年前の地球の誕生に行き着きますが、その地球はどこからやって来たのかって言うと、超新星の爆発による、重い元素が地球の中には入っているわけです。その材料はどこからかって言うと、星の最初は何かということですから、宇宙が始まった際の物質の生成にまで辿り着かないと全部説明出来ないということになります。その辺のことは、今ほとんどシナリオで語れるようになってきました。

だから小学校の時から、私たちはどこから来たんだろうぐらいは、始めてもいいなと思っています。赤ずきんちゃん、シンデレラ姫や白雪姫を、1回読んでもらうと子どもがずーっと覚えているように、おおまかなあらすじだけでいいんですけど、宇宙から私たちまで、宇宙の始まりから私たちまでというのは、もう小学校から学べるんですね。だから我々は、自然を知る必要があるんだ。自然を知るという事は楽しいんだよっていう方向に向けていければ、ちょっと視点が違ってくると思うんです。



皆既日食広がるコロナ

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。日食の眺めというのは、非常に素晴らしい、不思議な眺めなんでしょうねえ。

黒田　先生にも乗っ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）、喜んでくれてましたしね。

黒田　皆さん喜んで持ち帰っていただきました。

熊谷　本日は、大変お忙しい中を貴重なお時間をお割き下さり、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

人と自然の共生
ーランドスケープデザインの新展開ー

●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 勲 氏

×

㈶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・景観計画とのことですが、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。

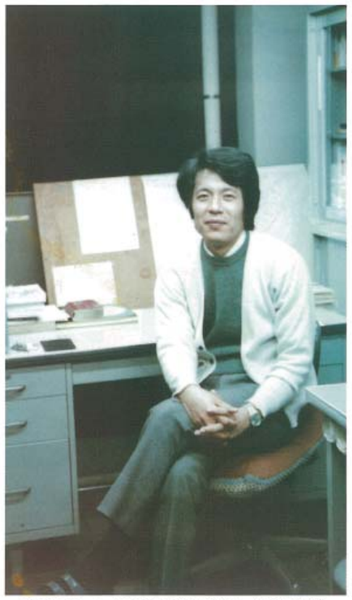
中瀬　私は1966年に大阪府立大学に入学したのですが、ちょうど団塊の世代のど真ん中で皆が工学部や理学部に行ってた頃でした。ちょっと変り者でしたから、農学部で農業土木のことを勉強しようとしたんです。それで、農業工学科に入ったんですが、偶然その学科に緑地計画工学研究室がありまして、その研究室を立ち上げられた久保貞教授に師事しました。

熊谷　その当時は珍しかったんじゃないですか。

中瀬　当時は東京大学、京都大学、千葉大学、東京農業大学にいわゆる造園の研究室があったくらいです。それはもうユニークな研究室でしたね。久保先生が、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られてました。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たのですが、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ていました。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


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）

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
兵庫県立淡路景観園芸学校長
兵庫県立人と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・環境科学研究所教授
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
　　兵庫県立淡路景観園芸学校長
　　（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。

そこへ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、すぐ隣のオーク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パ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ド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　間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お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、生け花の先生もやってました。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、今でいう産学協同なんです。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、我々に回って来ました。よく考えてみます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っ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パイオニアになり、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られ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稲造先生らに師事されたと聞いてます。新渡戸先生、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。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

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。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。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、日本学士院賞、瑞宝大綬章などを受賞。文化功労者。

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。

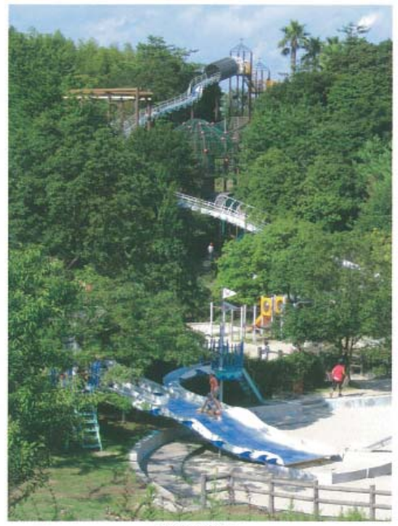
熊谷　それは理想的ですね。

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来ましたね。

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が、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係はどう説明すればいいですか。

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

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ったんですが、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しね。

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も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を持っていますが、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んですが、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っ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ろう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、プレイ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是非つくりたいと思っています。

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のが、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、京都の鹿ケ谷に、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で、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るということですね。

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、人間を中心に見ると、感染症のバイ菌や細菌は悪なんです。そういう種が滅びずに

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っていて、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、人間にとっ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、先ほどの法然院の貫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うことになると、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、それは人間にとっ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のです。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。

生物多様性と生態系サービス（「生物多様性ひょご戦略」より）

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、まさに対等に今の生きものと付き合うという精神は当然持っていたはずだと。

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。

生業としての里山（兵庫県猪名川町）

熊谷　兵庫県立丹波の森公苑ですね。

中瀬　結局、世界中に向かって、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。

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りますね、そして約20年くらい経ってからまた切るわけです。そう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、これからの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こりだしてきてます。

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　発酵菌をですか。

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。

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、そこの職員と話をしてますと、結局オオカミがいなくなってシカが増えたんですね。それから雪が少なくなった、それで今までは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う。

中瀬　その最たる問題が外来魚の問題です。小学校では、生命の尊厳を教えてるんですが、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って来て、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、そういった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。

中瀬　そういう意味では日本の鎮守の森とか、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お伺いしたいのですが、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、あれを開発すれば車のワイパーいらないですよね。

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が、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っつき虫の原理で、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ミクリーと称してるんですが、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ばかりです。例えば蟻の行列で蟻が作る最短経路の法則というのも分からないですしね。神戸にアニ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、カメラで監視してるんです。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っていますので、先生には是非今後ともご活躍いただきたいと思っております。そして協会としても、お役に立てるようなことがあればご協力したいと思っています。

　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。

※中瀬勲氏は現在、兵庫県立人と自然の博物館館長。

世界最高速のスーパーコンピュータ「京」への期待

－幅広い分野への利用促進と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　次世代スーパーコンピュータ「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に、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。スーパーコンピュータ「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月にスーパーコンピュータ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位に続いて連覇を達成しました。

このスーパーコンピュータ「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コンピュータ「京」への期待などについてお話していただきます。

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、京都工芸繊維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っていう講義でした。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。京都工芸繊維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」と言われて、学生達が大爆笑しているところをテレビで観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っ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とのことですが中学、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」があっ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、理化学研究所におりますが、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。

スーパーコンピュータ「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コンピュータをどこに置くかで手を上げた候補地が一杯でましたが、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る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、「神戸にっていうけど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う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いて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
2010年　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も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がありますし、最新のX線自由電子レーザー（SACLA）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稲田紘先生も、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けど、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が、スーパーコンピュータという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す。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し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て（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て引き受けることにしました。

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）

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ので非常にいいタイミングで駅名が変更になり良かったです。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ないことが多いです。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ぐ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こっ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こっ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うことも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、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ないといけないし、それは非常に重要だと思います。

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しても、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すること、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よね。だからそんなことも大事なんだということもよく認識してもらわないといけませんね。

平尾　これから先もいず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、問題になるというのも非常に面白いと思うんですよね。こういう最先端のマシンて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ってきますよね。

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、少数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、これまでもいろんな分野でシミュレーションが大いに活用されてきています。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・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もレベルの高い研究がおこなわれてきましたし、これまでも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。それぐ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るわけですね、ところが日本のスーパーコンピュータはTOP 500の中に30台近く入ってると思うんですが産業界が持っ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っています。「京」を利用するの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きていますが、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、そういった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を持っている方がいました。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性を認識してきました。

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という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よね。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。これまでその理論が正しいかど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。

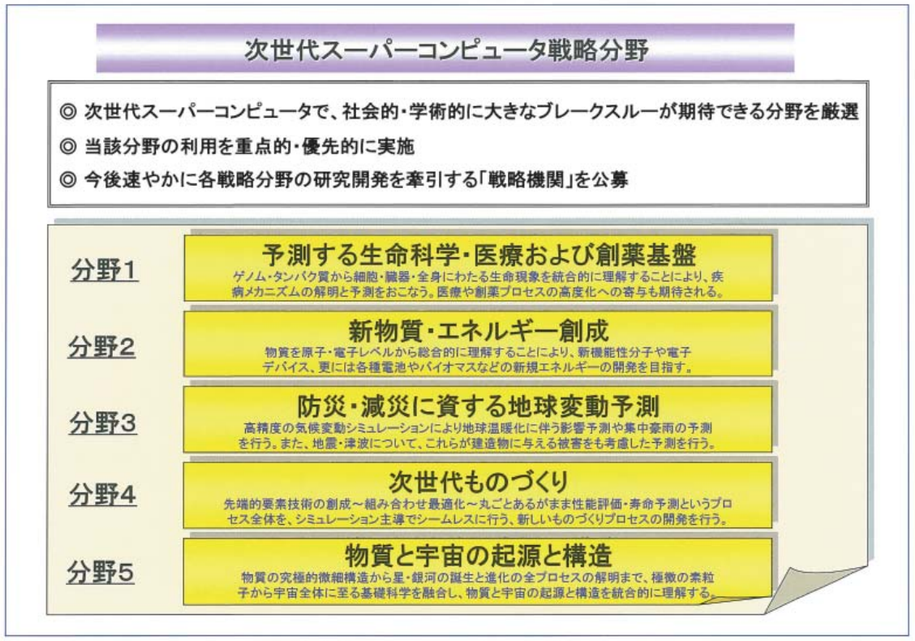
平尾　私は、シミュレーションだけで全てが分かるとは決して思っていません。実験や理論にも限界があるように、シミュレーションにもできること、できないことがあります。ですが実験とか理論とはまた違うアプローチの仕方がシミュレーションにはあります。時間や空間を容易に超えることができます。私たちが頭の中で考えたことと全く違う予期せぬ結果が得られることがあります。ですから上手く実験や理論と組み合わせて使いますと強力です。人類はシミュレーションという新しい認識手段を手に入れたわけですので大いに使うべきだと思います。

熊谷　そう思います。私も長い間科学技術の進歩を、自分の専門分野以外の色々な分野も含めて見てきまして、結局、科学技術の最後の決め手はやっぱり材料だと思うんです。材料の研究というのは本当に大事だと思うんですが、いろんな分子・原子レベルのものをどのように組み合わせたらどういう物質になるかという、つまり「ナノテクノロジー」というのは、そういう意味では現代の錬金術みたいなところがあると思うんですが、これをすべて実験でやるとなると何百年かかるか分かりませんが、スーパーコンピュータであらゆる組み合わせをシミュレーションしてやれば、実験なんかではとても追いつけない凄い威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。

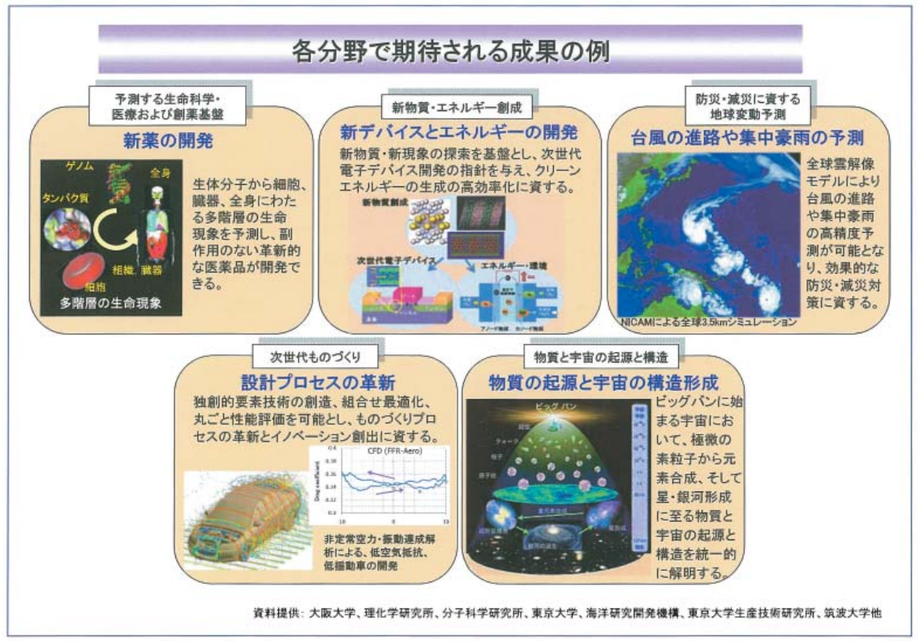
平尾　私も、そう思います。

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んですが、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是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ません。人間の行動とかについてもよくわかっていません。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　（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　（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う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と行けません。ケイオティックな状態というのは、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いうようなことになると、また違った側面が出てくるかもしれないです。

熊谷　特に、兵庫県立大学大学院のシ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、まだまだ自然に対しては分からない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、あの頃は真空管でしたので構造もシンプルだったんですよね。だ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よね。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うんです。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た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りするのに、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ればと思っています。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っ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も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で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」と思わせ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も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オブエクセレンスですから、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。

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

国の第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（さくら）」（**S**Pring-8 **A**ngstrom **C**ompact Free Electron **La**ser）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お伺いしました。

量子力学との出合いがきっかけに

熊谷　このたびは、紫綬褒章のご受章誠におめでとうございます。先生は、東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻課程を修了して、工学博士の学位を取得された後、高エネルギー物理学研究所、東京大学工学部を経て、平成7年から理化学研究所で「大型放射光X線光学系の開発」に携わってこられました。今回のご受章はこの分野における先生の多年にわたる卓越したご業績をたたえて与えられたものですが、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きました。

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すぎると思います。

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分かりにくいはずだよ」とおっしゃっていました。

石川　さらに、生物学になるともっと大変でして。まだ最近は化学者の方ともお話しできますが、生物学者の方とお話しするのはなかなか大変ですね。

熊谷　さらに違いますね。でも、生物学やバイオの分野の知識も必ず必要になってきます。そういう意味で、私は異分野の方の話を聞くというのは、とても大切だと思っています。

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ね。

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SPring-8を造っているころになりますね。

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て…。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の建設を早めてほしい」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、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年でやるためには、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（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、とか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られ、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物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
アメリカ光工学会

<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

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の開発を進めてきました。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。瞬間的に発するパルス光の時間的な長さは、10フェムト秒（100兆分の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。

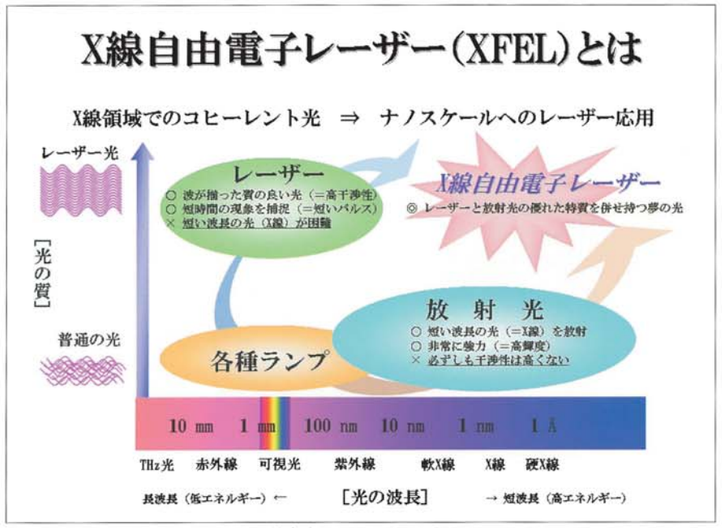
SACLAは施設完成後わずか3ヶ月の調整運転で、平成23年6月に波長0.12nm（ナノメートル）※のXFELの発振に成功しました。その後の調整を進めて、同年10月には世界最短波長0.063nmを達成し、24年3月から供用運転しています。建設には300社を超える国内企業と手を組みました。まさに日本の技術力が集結した施設といえます。

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。

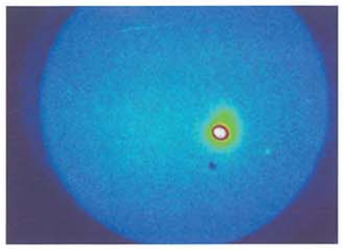
石川　X線はご存じのように波長の短い光です。一般に光を用いて観察する場合、どれだけ細かいものが分解できるか、すなわち解像度は光の波長の程度になります。X線はナノメートル以下の波長を持ちますので、SACLAもSPring-8もナノの世界を見るためのX線を作り出す装置といえます。しかしながらSPring-8の光はマイルドで、当て続けても試料を壊すことはあまりありません。またSPring-8はSACLAの1000倍の時間光る光源ですので、止まったナノの世界や、ゆっくりと動くナノの世界の観察に適しています。それに対してSACLAの光は、ナノの世界の瞬間的な変化の様子を精細に捉えることができますが、ピーク時は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の非常に強力な光を物質に当て、その後の物質の変化の様子をSPring-8で観察することによって、変化の過程を解析することが可能になります。その他にも、それぞれの光の特徴を生かした研究が期待できると思います。

※1nm（ナノメートル）は1mmの100万分の1



X線自由電子レーザーの概要



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、カリフォルニア大学（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、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。

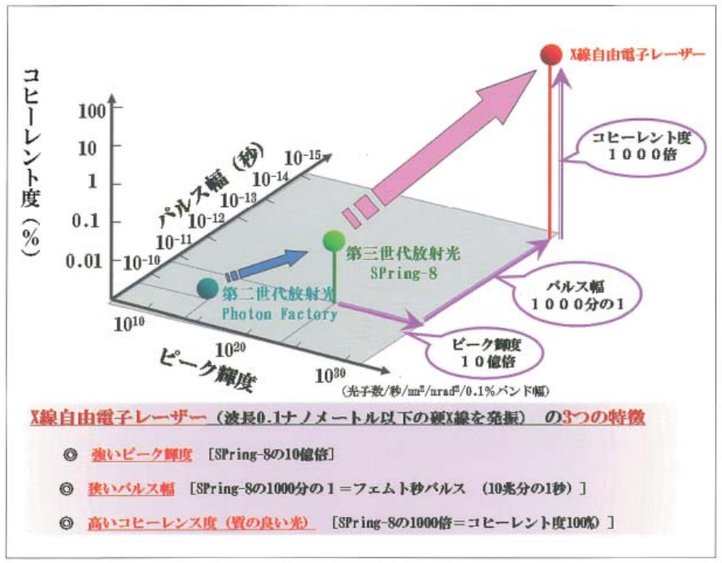
熊谷　今までSPring-8ではできなかったことがSACLAでできるわけですね。その両方が日本に、しかも兵庫県の同じ場所に隣接してあるというのは非常に素晴らしいことだと思います。

ところで、SPring-8はX線を出す装置であると、いろいろな説明書に書いてありますが、実はSPring-8は可視光線や赤外線、紫外線、X線など、幅広い波長の電磁波を発生できるものなのです。ですからうまく説明しないと、SPring-8がSACLAに比べて非常に劣っているという印象を与えかねません。SPring-8は、それぞれの波長の電磁波は弱いかもしれませんが、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



「SPring-8」と「SACLA」の比較

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（うた）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も伺っておりますが、開発当初から世界最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結集して開発した「真空封止型アンジュレーター」の使用だと思います。

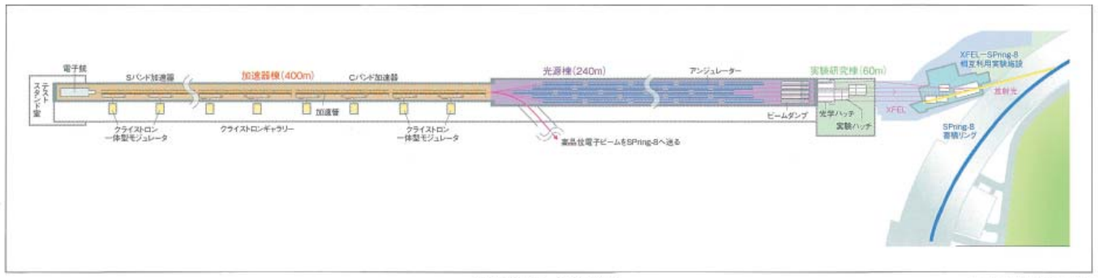
通常、X線レーザーは、電子銃から発射された電子ビームを加速管で加速させ、磁石のN極とS極を交互に周期的に並べたアンジュレーターという装置に通し、蛇行させて発光させます。

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続け、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。

熊谷　なるほど。磁石ごと真空容器の中に入れるというのは、考えてみれば単純な話ですよね。発想の転換というか…。しかし、同時にそれに伴う難問もあったわけですね。

石川　そうなんです。磁石の周期が短くなれば、低いエネルギーの電子線でX線レーザーを出すことができます。すなわち加速管も短くて済み、磁極間隔も狭いですから、全体のアンジュレーターも短くなり、結果700mという従来の3分の1程度の長さに納まったというわけです。



「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

国際比較でみる「SACLA」の特徴

加速管は、当初から、新竹積さんが高エネルギー加速器研究機構にいらっしゃった時に開発した「Cバンド加速器」が使えると思っていました。電子銃の開発に関しては、新竹さんのアドバイスの下、理化学研究所で研究を進め、最終的に細く絞った電子ビームを供給できる「熱電子銃」を完成させました。こうして、だいたいの基本形が仕上がり、概念設計書を作って国際レビューをしたところ、今までにない非常に面白いやり方で、ぜひとも計画を進めるべきとの声を多く頂きました。

熊谷　構造を簡単にしたといっても、磁石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。

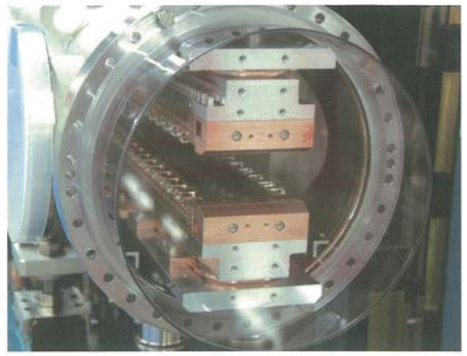
ただ、一気に大きなものに取り掛かるのは危険ということで、現在のSACLAの32分の1のスケールで、プロトタイプを造りました。そこでうまくいったので、SACLAを造ることになりました。その後もプロジェクトとしてまとめ上げるのには苦労しましたが、試行錯誤を重ね、おかげさまで現在の形にまとまった次第です。

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、「それ自体は何もしないが、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可能になります。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から、触媒の動きがはっきり分かれば非常に有効でしょうね。ノーベル賞を受賞された根岸英一さんが提唱していらっしゃる人工光合成の研究などにも役立つのではないでしょうか。

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（でんぷん）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、光合成反応の中には、水を分解してプロトン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

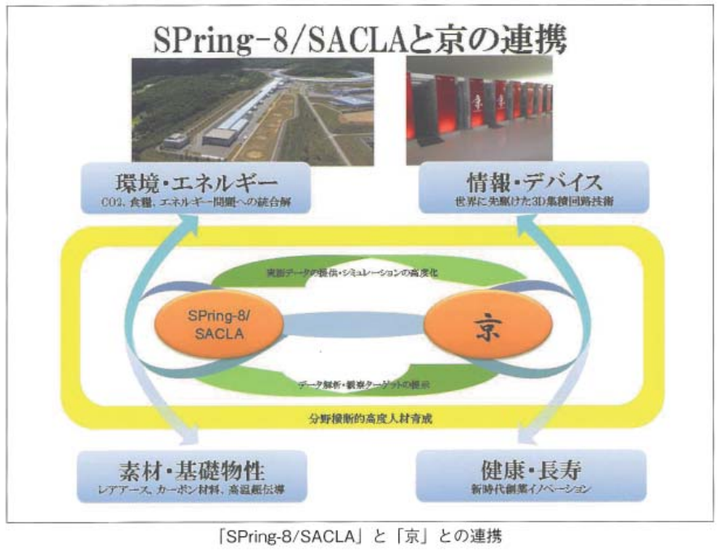
熊谷　兵庫県にはSPring-8とSACLAに加えて、スーパーコンピュータ「京」があります。「京」との連携についてどのようにお考えでしょうか。

スーパーコンピュータ「京」

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で観察してどれが正しいか調べ、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、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）プロセスが必要になるでしょう。現在、LSIを平面でつくっていますが、今後、三次元のLSIプロセスをつくっていかなければ、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。



「SPring-8/SACLA」と「京」との連携

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、三次元といっ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しょうか。

石川　そのようなディテクターができれば、SACLAやSPring-8を使って回路を三次元のトモグラフィー（断層影像）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は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が。

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。そうなると、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ってきます。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」はと言いなさいと、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発見されれば、先人の全くいない、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ないというわけですね。

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ような状態をつくり出せるでしょう。新たなものづくりも可能になると思っています。

熊谷　それは、物質の中でのことですか。

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できるのではと思っています。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ない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しね。

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。何となくナ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、これか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、事業仕訳であのような議論は起きないように思います。

今回、山中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、お金ももちません。その辺りのプロセスを、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をできるだけ支援し、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て、貴重なお話をお聞かせいただき、本当にありがとうございました。

（この対談は、平成24年11月13日に行いました）

※石川哲也氏は現在、（独）理化学研究所播磨事業所長、放射光科学総合研究センター長。

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 **長尾 年恭** 氏 × （公財）ひょうご科学技術協会 理事長 **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年以内に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と数年間、横目で見ていましたが、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。

※関西サイエンス・フォーラムとは、関西の経済界、学界、官界などが幅広く連携・協力して科学技術に関する調査・研究や情報の交換、提言などを行い、関西における科学技術の振興に資することを目的に平成4年に創設された組織。

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、破壊前の応力集中により、理論的にある種の電流が流れると考えたのです。

熊谷　大変興味深く、かつ意義のある研究ですね。地震予知という点から言えば、場所によって地殻の構造や地質に違いがあり、地震発生のメカニズムもいろいろあるでしょうから、たった一つの事象だけで確実に地震を予知するのはなかなか難しいと思います。さまざまな前兆的現象を調べてそれらを収集し、ビッグデータを蓄積すれば長期予測はもちろん、短期あるいは直前予知にも役立つ可能性が高いと考えるのですが。

想定される超巨大地震の震源域

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、地震予知研究の評判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

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>

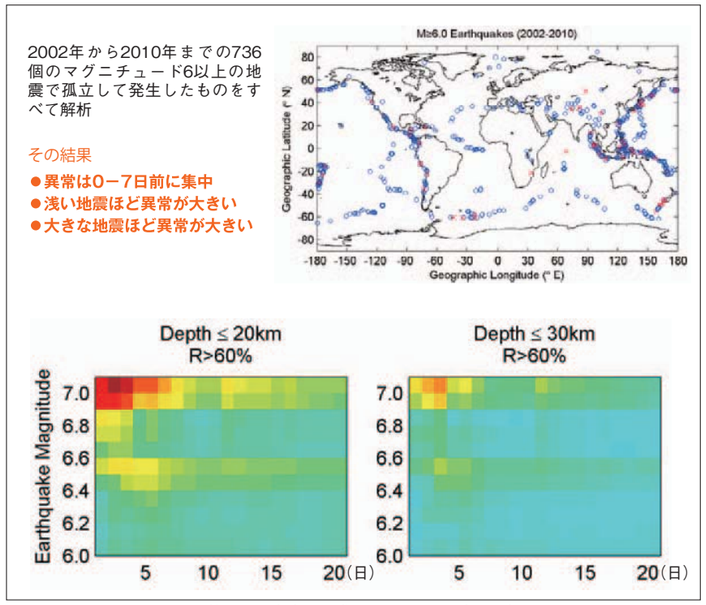
1955年	東京都出身
1987年	東京大学大学院　理学系研究科博士課程修了
1988年	金沢大学理学部助手
1995年	東海大学海洋学部助教授
1998年	東海大学海洋研究所・地震予知研究センター長
2001年	東海大学海洋研究所教授
2006年～07年	東京大学地震研究所客員教授

<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



電離層電子密度の異常 Le et al.,JGR（2011）

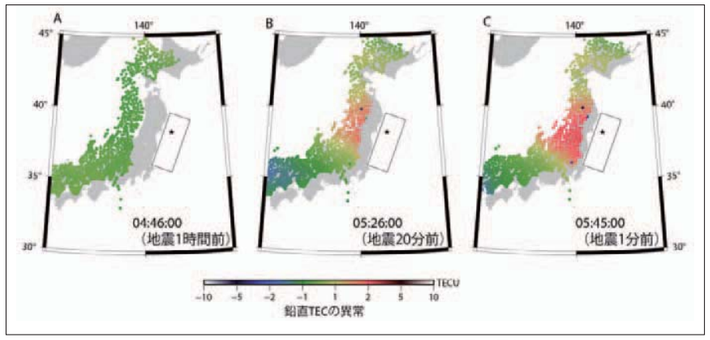
す万有引力による潮汐は毎日繰り返されています。これが大地震の直前になると地殻が破壊の一歩手前（臨界状態）になり、潮汐に同期するように地震が起きることが分かってきました。また、同じ場所や同じフェーズで起こるようになることも分かってきました。

熊谷　なぜそのような現象が起きるのでしょうか。

長尾　海の潮位が変わるの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。単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に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すが、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が、実は宇宙からよく監視できるのではないかという考えがあります。中国科学院のリーさんが書いた論文が地球物理学分野で世界最大の学会「米国地球物理学連合」が出版する雑誌に掲載されました。彼は約10年間、マグニチュード6以上の地震736個と、震源上空の電離層の電子密度というものを比較したのです。それを調べると、「異常は0日から7日前、いわゆる直前に起きる。浅い地震ほど異常が大きく、さらに大きな地震ほど異常が顕著である」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。



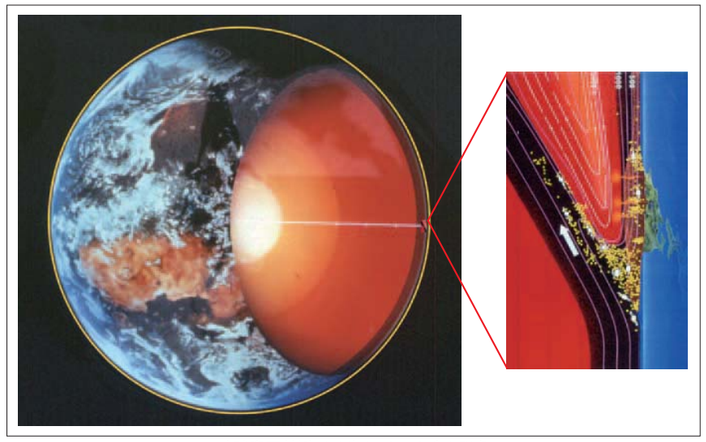
東日本大震災に先行した電離層中の電子の異常
※GPS衛星により観測された電子密度のゆらぎ。地震発生40分前頃から異常が確認できた
（北海道大学・日置）

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が、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。



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、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。

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るのが分かりました。この雲について気象庁は「雲だけど雲じゃない」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。

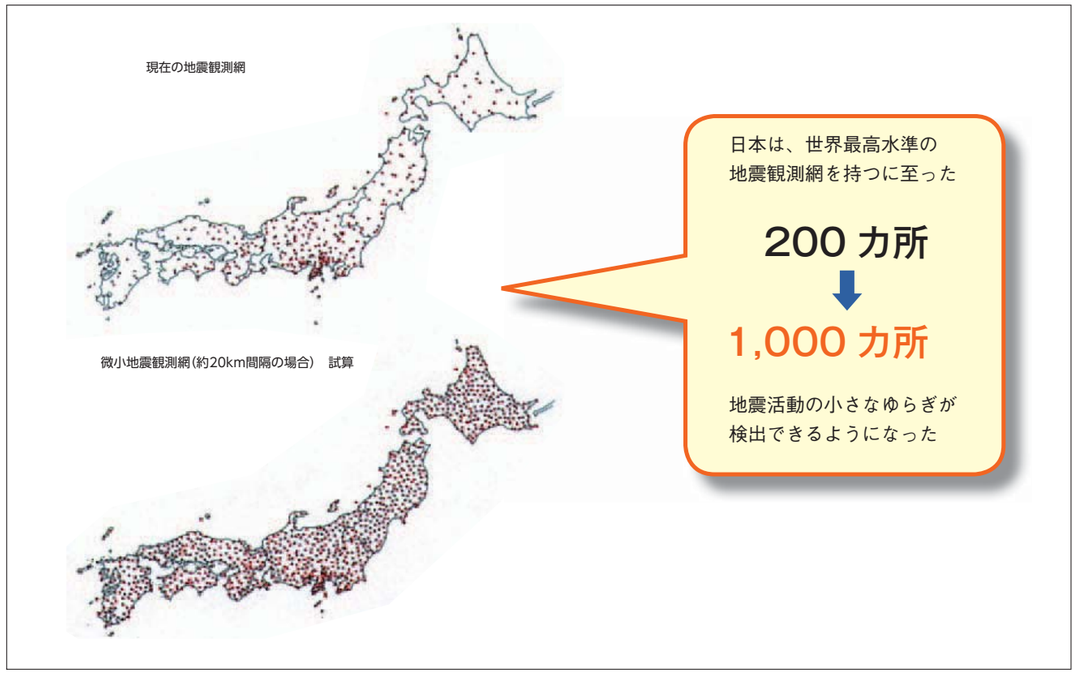
熊谷　地下水の水位の変化なども地震前兆現象の一つと考えられていますね。

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、宏観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にいろいろな現象が起きていました。神戸では地震の2、3日くらい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観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そのよ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のかもしれません。



阪神・淡路大震災を契機に整備された世界最高の観測網

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ですが、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ないと思います。

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、という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かれてしまうことも度々です。

地震予知の成功事例

熊谷　先生もメンバーに入っていただいている関西サイエンス・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功したのが中国の海城地震です。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。

熊谷　ある地震の時に起こった前兆現象が他の地震の時にも必ず起こるとは限らず、前震が感知されなかったから地震は起こらないというわけではありません。やはり、一つの事象だけで予知をするのは無理がありますね。

時々、台風は進路まで予測できるのに、なぜ地震は予測できないのか、という人がいます。地震予知連絡会の副会長をされていた東京大学名誉教授の力武常次先生は、台風の予測というのは台風が発生した後の話であり、地震予知は台風に言い換えれば台風の目がいつ、どこで発生するかを予測するようなものだから同じではないとおっしゃっていました。確かにそうだと思います。

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うようになりました。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、「地下の天気図会社」ということになります。まだ営業はしていませ

んが、月額300～400円の情報料を払っていただ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ね。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定量化の方法です。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。

東海大学清水キャンパスから眺めた富士山

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ておられるのですか。

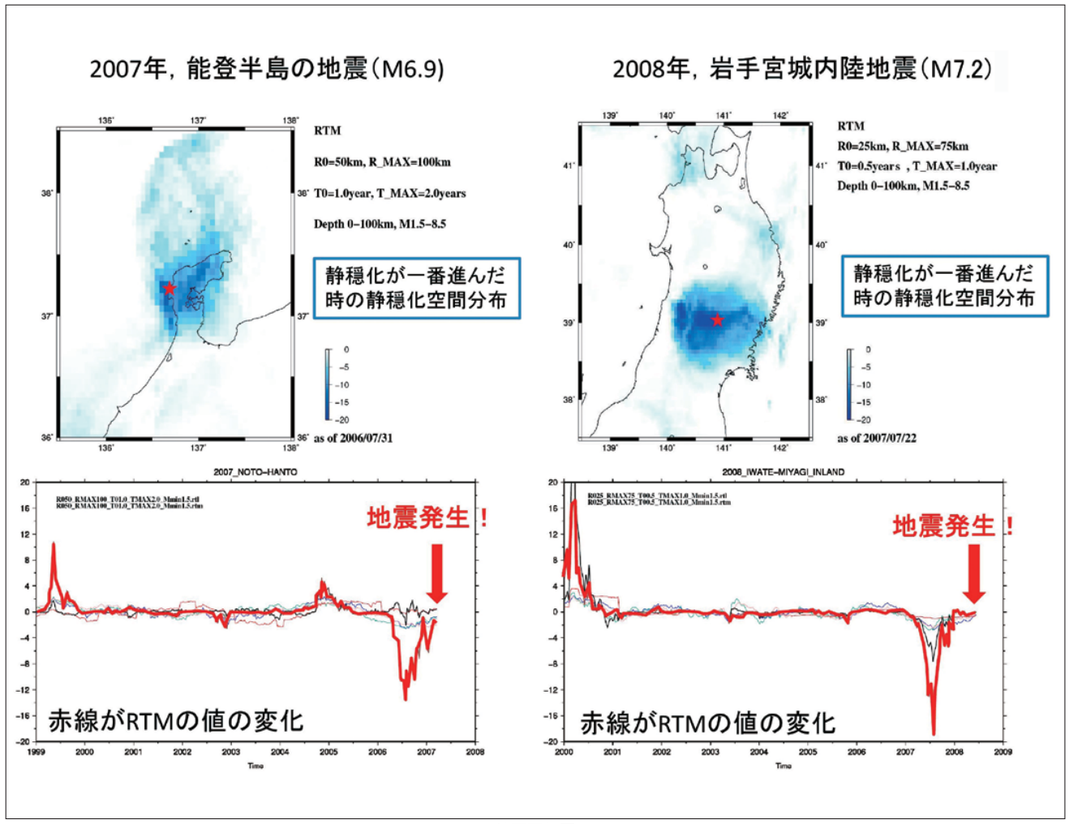
長尾　今の段階では不特定多数への発表は難しく、予知情報をどのように伝えるかが課題です。ただ、使い方次第でリスクを軽減できることは確かです。私が勤める東海大学清水キャンパスがある静岡市の清水港には非常に大きな海運会社があります。例えば、南海トラフ巨大地震が発生する可能性が高いという予知情報を事前に知っていれば、清水港や御前崎港での荷揚げをやめ、船を着ける場所を変えられるでしょう。首都直下地震の恐れがある場合、羽田空港の夜間の駐機を地方空港にするだけでもリスクは劇的に軽減できます。科学での予知に100%はありませんが、可能な限りリスクは分散できるので、複数の手法を組み合わせて予測につなげ、その情報を活用してもらいたいと考えています。

あと、週刊誌などに「何月何日、関西地区で大地震が起きる」という記事を出されるのは、われわれの研究には非常にマイナスです。真面目に情報を集めている人たちを阻害することになります。

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



地下天気図

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。重義先生は通信工学の分野における日本の大先達で、有名な無装荷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

熊谷　ところで、気象庁が中心となって発表している緊急地震速報は使い方によっては非常に有効だと思います。速報後、数秒あれば機械を自動的に制御することもできますからね。例えば新幹線の場合、情報を受けて自動的に緊急停止できるシステムをつくっておけば、非常に役立つ場合があると思います。

長尾　このシステムの研究はかなり進んでいますが、誤報の場合、例えば誰が乗車券や特急券の払い戻し料金を払うかが決まっていません。ただ、エレベーターの自動制御に関してはかなり有効ではないかと考えています。

熊谷　その点は、乗客もよく理解しなければいけませんね。それくらいの寛容性は持つべきです。誤報を怖がっていたら、もう誰も地震情報を提供しなくなりますよ。

また最近、地震発生によって帰宅困難者が出る可能性が大きな問題として取り上げられていますが、たいていの勤務場所から自分の家までぐらいは歩いて帰れるのではないでしょうか。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ね。

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、何千万人も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が、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した。

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、コンビナート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に思います。

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されていました。ある方は、国土地理院があるのだから、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年前にはそこそこ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、地震が起こ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ったのです。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、東南海地震の際も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。もうあと一歩というところまで来ていると思いますが。

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につけたのです。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”のよう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ることが大半です。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関にもありません。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は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い、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。

本日は本当にお忙しい中、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

千川　純一
岩本　雅民
塩見　正
山口　喜弘
河合　雅雄
須清　修造
上坪　宏道
林　　幹朗
井口　洋夫
江崎　玲於奈
貝原　俊民
白子　忠男
森本　雅樹
川口　雄次
伊藤　滋
大庭　浩
鈴木　胖
野上　智行
吉良　爽
井村　裕夫
菱川　良夫
河田　惠昭
竹市　雅俊
岩槻　邦男
増井　光子
佐藤　哲也
黒田　武彦
中瀬　勲
平尾　公彦
石川　哲也
長尾　年恭