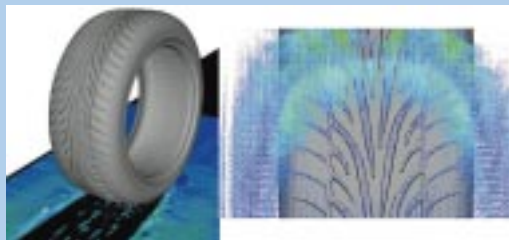


コンピュータシミュレーション

製品開発において、コンピュータシミュレーションが開発期間短縮や試作実験工数削減などに有効であることは言うまでもありません。さらに、有限要素法などの物理的メカニズムをきちんと考えたシミュレーションは、対象とする現象がどの様にして起こっているのか、解析することができます。タイヤがコーナリングしている時の接地面の状況や雨天路面で水を排水している状況などは、実際に観測することは非常に難しい現象です。しかし、コンピュータシミュレーションを使うと、物体内部に働く力や変形状態などを自由に観察することができます。そしてその現象のメカニズムを解明し、さらに性能を向上させる設計アイデアを生み出すことができます。

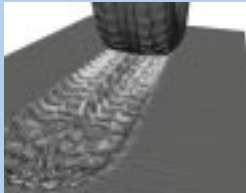
もちろん、シミュレーションだけでなく、精度の良い実験や分析技術と組み合わせて、より高度な解析が可能となります。スプリング8などの分析結果がシミュレーションの検証やモデル化に非常に役立ちます。実験や分析とシミュレーション、これらの技術をうまく使い、住友ゴムはより良い製品を創造していきます。

タイヤ転動シミュレーション

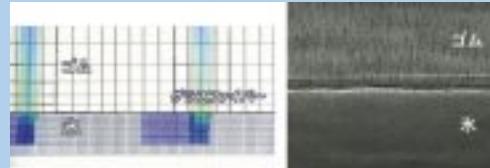


ハイドロブレーニングシミュレーション

タイヤ雪上走行シミュレーション

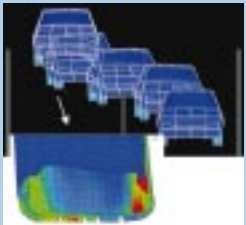


氷上ひっかきシミュレーション

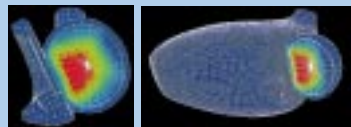


(スプリング8画像)

タイヤ車両操安シミュレーション



ゴルフインパクトシミュレーション



ゴルフボール空力シミュレーション



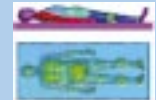
給紙ローラーシミュレーション



防敵材シミュレーション



床ずれシミュレーション



住友ゴム 研究開発本部

Hyogo Science



CONTENTS

- | | |
|--|--|
| 1 11回
「知の世紀」
～知の創造と応用による科学技術立国に向けて～
井村 裕夫 氏 代表理事
北谷 信昭 氏 副代表理事 | 11 研究助成成果調査報告 |
| 9 Hyogo EYE
医療現場と産業の集積地を
神戸医療産業都市構想 | 13 第10回はまかろん交差点
ひょうご科学技術協会特別記念講演会
「カーボンナノチューブの可能性」 |
| | 15 科学技術を支える
住友ゴム 研究開発本部
コンピュータシミュレーション |

対談

総合科学技術会議
議員

井村 裕夫 氏

VS

財団法人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勞をなされた訳ですが、井村先生達と一緒に平成12年の暮れに第2期の科学技術基本計画の原案を作りましたね。

井村 そうですね。

熊谷 平成13年に行われた政府の機構改革によって、旧科学技術会議は、新しくできた内閣府に属する総合科学技術会議に強化されました。私が在籍していた当時の旧科学技術会議というのは、議長は今と同じく内閣総理大臣でしたが、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る。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、本当に大変なご苦勞だと思っております。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、今になっては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、ご苦勞のわりには取り上げられることが少ない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、故小淵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

「知の世紀」

～ 知の創造と活用による科学技術立国に向けて～



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っているわけで、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と思っています。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。」ということをお話されました。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。それに対して小柴さんは、「いやいや、あれが無くて、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えますね。

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きますね。



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 確におっしゃるように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おります。一つは、今お話の人文・社会科学との連携・協力です。連携・協力を越えた、融合まで必要ではないかと思っております。

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おります。

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た。ご承知のように、ようやく活性化ははじめていると思っております。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 先だっの国会で、知的財産基本法案が成立しました。それを受けて、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、いろいろな地域でいろいろな試みをやっていく。兵庫県でもいろいろとやっておりますが、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 そのままの発端は、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が、港の方も、震災の影響もありませんが、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院長を引き受けた頃ですが、高齢化社会を迎えるので、医療産業がいいんじゃないかということに落ち着きまして、神戸市長から「井村先生、ひとつどういう構想が良いもの



財団法人ひょうご科学技術協会 理事長
熊谷 信昭 (くまがい のぶあき)

1929年生まれ。53年大阪大学工学部(旧制)通信工学科卒業。56年同大学院(旧制)特別研究生修了。58年カリフォルニア大学電子工学研究所上級研究員。60年大阪大学工学部助教授、71年同教授。学生部長、工学部長などを経て85年同大学総長。91年同大学名誉教授。93年から2000年12月まで科学技術会議議員。電磁波工学の権威で、電子情報通信学会会長などを歴任。その先駆的業績により米国電気電子学会終身名誉員(Life Fellow)、電子情報通信学会名誉員の称号を受けるとともに、レーザー学会特別功績賞、電子通信学会業績賞、電子情報通信学会功績賞、郵政大臣表彰、NHK放送文化賞など多数受賞。97年には日本学士院賞を受賞、99年には文化功労者として顕彰。

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

か、研究会の会長をしてくださいよ。」と言われたわけです。

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

第1点は、従来こういうものを作る時には、どこかの大学をお願いをして、人を派遣してもらうというのが日本のやり方だったのですが、その方法は採らない。関西には、バイオの面で非常に強力な大学があるから、いずれの大学とも協力関係を結んで行く。それから第2点は、産学連携をはじめからやるということ。今までは公的なものですと、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らせていただきまして、構想を作りました。最近OEC Dなどは、イノベティブクラスターという言葉を使っていますが、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。

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ふ副作用が出たとか、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ります。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、今お話しの方については、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、OEC Dがイノベティブクラスター=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たはダメであって、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くと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)にも先方の方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して、大阪大学、京都大学、神戸大学からも共同研究には参加を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、研究をしようと思立ちました。それで結局ずっと大学に残って、患者さんを診ながら研究をするという生活を送ってきたわけです。そして、その間に非常に大きな進歩がありました。それは、基本的には還元主義と言いますが、やはりいろんな病気や生命現象に、何が主役を演じているのか、ということで分子を追いかけ、さらに遺伝子まで行く。これはちょうど物理学の発展と極めて似ているわけですね。そういう還元主義でみると、私の専門にしていた内分泌学は、それが非常にやりやすかった。つまり、ホルモンというのは物質ですから、分子がはじめから判っているわ

けです。それをさらに遺伝子へ掘り下げるといことで、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、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ン・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、インピボ、インピトロという言葉をよく使いました。「インピボ」というのは「体の中で」という意味です。それから「インピトロ」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ひまして、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、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、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、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、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、日本で少しず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 というのがありますが、このゲ

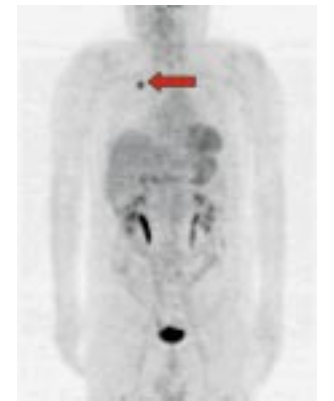
プロジェクトが進んでおりまして、この点では世界で最も日本が貢献しているのです。それだけでは実はあまり目立たなかったのですが、今年、そのcDNAの国際会議が十日間ほどお台場で開催されました。これが非常に注目されて、多分2003年のネイチャーにその結果が載ると思いますね。これについては、日本がかなりのリーダーシップをとれたものです。そういうものがこれから増えていって欲しいと思いますね。例えばニュートリノも日本がリーダーシップをとって、小柴さんがノーベル賞を取られたわけですが、生命科学の分野でも、国際的なリーダーシップをとれる部分が、少しずつ出てきているのは非常に嬉しいことだと思います。先程申し上げましたように、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ことですかね。それがシステムに組み上がっていくのは、どういう設計図というか情報によっているのかとか、どういうメカニズムが働いているのかというような、大変重要でかつ興味深い課題が沢山あって、これからがいよいよ本当の佳境に入って行くところであるといえるかもしれませんね。

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



PETカメラ



FDG-PET検査
健診にて発見された早期肺がんの例

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。

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ひしております。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)を入れておひまして、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、そういう体制を出るだけ作っていきたく思ひしております。

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ひしておりますので、先生には是非今後ともよろしく御指導を賜りたいと思ひます。

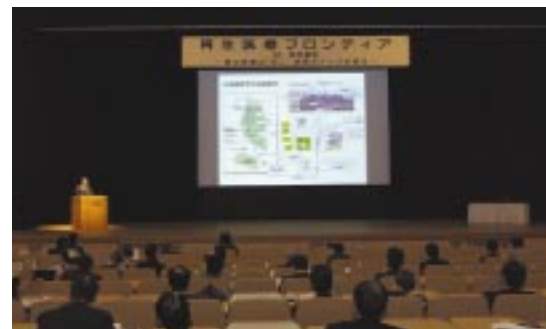
井村 こちらこそ、どうぞよろしくお願ひ致します。

熊谷 本当に今日は超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。



医療関連産業の集積を図る 神戸医療産業都市構想

「神戸医療産業都市構想」は、関西圏での産学官連携のもと、ポートアイランド第2期を中心に、高度医療技術の研究・開発拠点を整備することで、医療関連産業の集積を図り、新産業の創出と既存産業の高度化による神戸経済の活性化、最先端の医療サービス提供による市民福祉の向上、さらにはアジア諸国等の医療技術の向上など国際社会への貢献を目的としています。

関西圏には、ライフサイエンス分野において、京都大学、大阪大学、神戸大学をはじめとする日本有数の大学医学部や国立循環器病センターなどの医療機関、大型放射光施設SPring-8、さらに製薬企業が集積しており、神戸においては、平成17年度開港予定の神戸空港をはじめとする充実した交通基盤、外資系企業や研究者に最適な生活環境など、海外と関西のライフサイエンスのゲートウェイとしての役割を果たすことができます。

医療産業都市構想の基本的な枠組みは、当時の市立中央市民病院の井村裕夫先生（現総合科学技術会議議員）や京阪神の医学界の先生方の参画を得た「神戸医療産業都市構想懇談会（平成10年10月設置）」において検討され、本



本構想の核となる先端医療センター

構想の中核施設として、①医療機器の研究・開発、医薬品などの臨床研究（治験）支援、再生医療等の臨床応用を行う「先端医療センター」、②ビジネス支援機能、インキュベーション機能等からなる「メディカルビジネスサポートセンター」、③人材育成支援機能を担う「トレーニングセンター」の3つの施設を早急に整備すべきであると位置づけられました。

中核施設である「先端医療センター」は、医療機器棟、研究棟（再生医療実用化のためのヒト細胞を安全に培養できる細胞培養センターを含む）に続き、60床の病床を備えた臨床棟がこの1月末に完成し、本年4月に全面開業の予定です。ここでは、医薬品の治験やがんなどの治療、再生医療の臨床試験などの診療や臨床研究を実施する予定です。同センターと渡り廊下で結ばれる理化学研究所の「発生・再生科学総合研究センター」では、既に300名を超える世界的な研究者らが国内外から結集し、動物における発生・再生システムの解明とそれに基づく再生医療を実現するための世界水準の基礎的研究が行われています。

さらには、日本初のゲノム情報を含む総合的な臨床研究の情報拠点である「神戸臨床研究情報センター」（トラン

スレーショナルリサーチ・インフォマティクスセンター）や、細胞培養センター・バイオリボ等の特殊な設備を整備し、バイオベンチャーなどの支援を行う「起業化支援施設（バイオメディカルアクセレレータ）」の整備を進めています。

また、「トレーニングセンター」についても、今年1月に企業の協力のもと医学・工学連携講座を開催するとともに、神戸大学が「先端バイオテクノロジー関連研究・人材育成拠点」を

整備する予定で、具体化が進んでいます。

地元企業においては、市内の中小製造業で組織する神戸市機械金属工業会を中心に、「医療用機器開発研究会」（参加企業73社）を立ち上げ、その高い技術力を医療機器などの開発に積極的に活用しようとしています。手術用具や画像診断機器の付属装置など、製品開発に向けた研究も始まっており、一部製品化されています。

企業誘致の取り組みでは、「神戸バイオ・メディカルファンド」など、バイオベンチャー等への資金面での支援も実施しており、現在30社の医療関連企業が進出を決定しており、20社以上の企業から進出の意向があります。

ポートアイランド第2期を「神戸起業ゾーン」として、ビジネス支援機能も充実しており、昨年10月には雇用の創出など一定の要件を満たす医療関連事業者に、土地の貸付料を10年間免除する「パイロットエンタープライズゾーン」を創設しました。

平成13年8月、本構想は「大阪圏におけるライフサイエンスの国際拠点形成」として国の都市再生プロジェクトに選定され、国家的プロジェクトとして進めていくことになりました。また、平成14年4月には、神戸地域が、「日本版シリコンバレー」を目指して、大学・公的研究機関、ベンチャー企業などの集積により、研究開発の拠点を創る「知的クラスター創成事業」の実施地域として、大阪北部（彩都）



医療関連施設等の整備が進むポートアイランド第2期

地域とともに、「関西広域クラスター」として選定されました。

今後、「先端医療産業特区」を実現し、SPring-8などと連携することで、関西全体のライフサイエンス分野のスーパークラスターの形成によるまちづくりを目指していきます。



研究助成成果調査報告

ひょうご科学技術協会では、協会創立の平成4年度より科学技術振興の基幹的な事業として、学術研究助成事業を実施してまいりました。これまで、延べ1,695件に及び研究案件のご応募をいただき、中でも優れた研究案件152件を採択・助成してまいりました。

この度、当助成事業が10年を経過することを契機として、これまでに協会が助成した「一般学術研究」「奨励研究」が学会や一般社会等でどのような評価を得ているか、また、どの後どのような研究に発展し、学術水準の向上や研究者の育成にどのように寄与しているか、そして、生活や産業の高度化にどのような貢献を果たしているかなどについて、助成対象者に対するアンケート調査及びヒアリング調査を実施しました。

調査対象

平成5年度～平成13年度(9年間)の一般学術研究47件と奨励研究90件(有効回答数 一般学術研究27件、奨励研究42件)

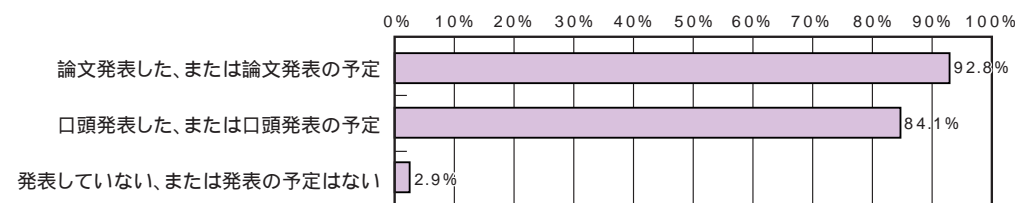
調査結果概要

1. 助成研究の評価と反響

(1) 助成研究の論文発表

- ・助成を受けた研究者の9割以上(回答者中)が論文発表、8割以上が口頭発表を行う等、大半がその成果を発表しており、研究助成が着実な成果をあげている事が分かる。
- ・論文の平均発表本数は3.4本であり、発表した書誌では、「Nature」への発表事例がある等、レベルの高い成果事例があった。

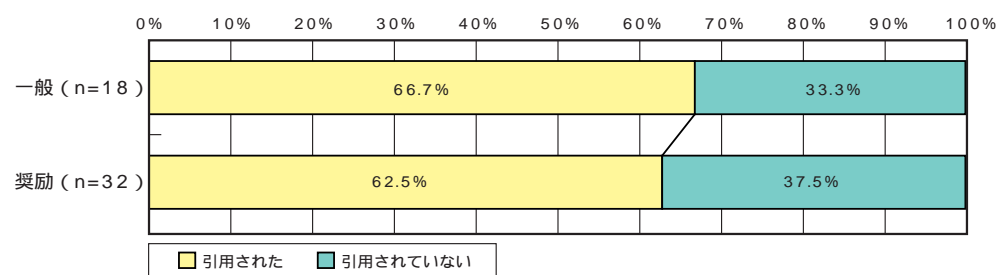
研究成果発表について (n = 69)



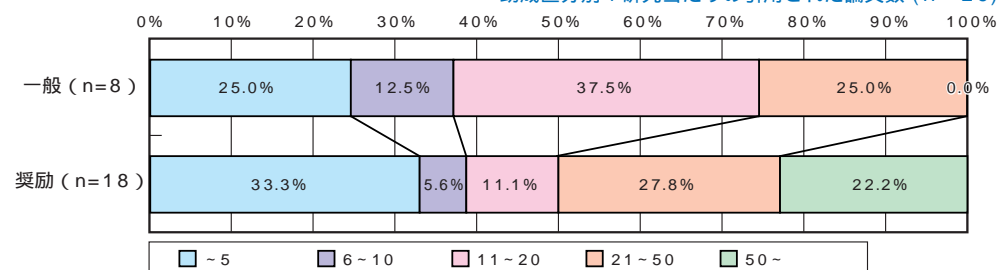
(2) 助成研究の発表論文の他の研究者の引用

- ・発表論文の6割以上(50件中32件)が引用された実績があり、一定のレベルの研究成果があったものと思われる。
- ・引用実績の最多の論文では200本の引用実績があった。また、発表書誌の中には「Science」等の著名雑誌があり、助成研究のレベルの高さがうかがえる。

助成区分別1研究当たりの引用された実績 (n = 50)

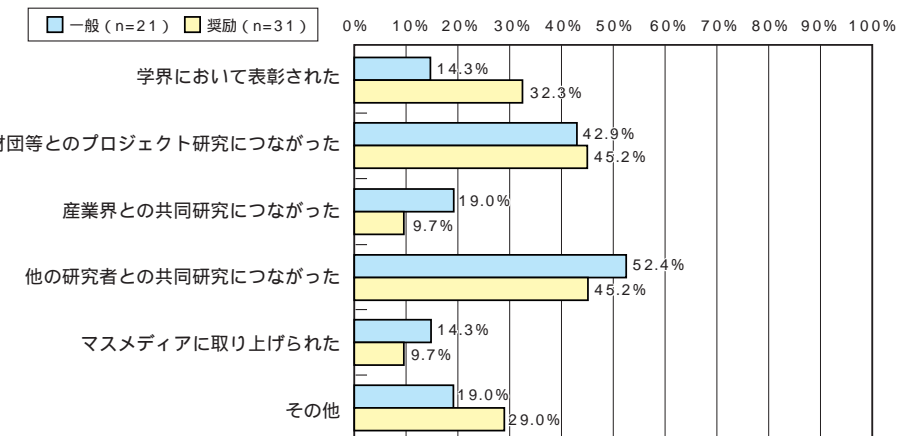


助成区分別1研究当たりの引用された論文数 (n = 26)



(3) 研究結果の学会や一般社会での反響や評価について

- ・9割弱が反響があったと回答し、1/3は「かなり反響があった」と回答している。
- ・一般的注目を浴びる成果を出した事例としてマスメディアに取り上げられた事例が6件も出ており、社会的なインパクトのある研究成果が出ているといえる。



助成区分別反響や評価の具体的な事例 (n = 52)

2. 助成研究のその後の発展と生活・産業面への波及効果

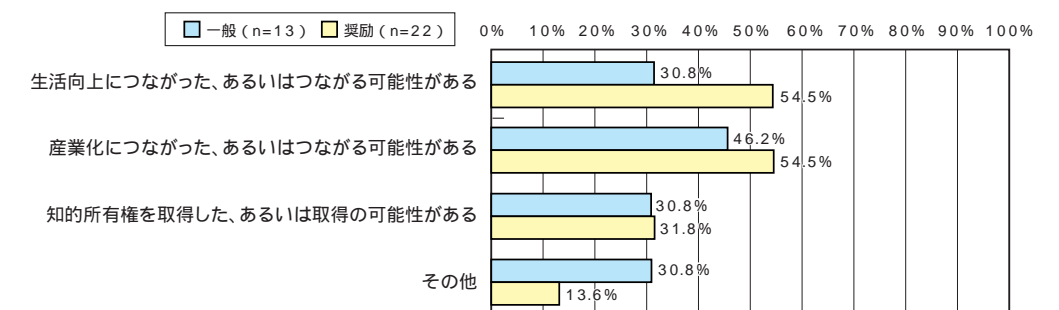
(1) 研究のその後の発展

- ・回答者全員が、助成研究がその後の研究に対して「かなり役だった」「やや役だった」と回答している。
- ・その後の研究の成果としては、「新しい現象の見解や解明につながった」が64.6%と高く、「新しい原理や理論の構築につながった」の回答が26.2%、「独創的な新技術の創出につながった」の回答が29.2%と、かなり高い水準にある。その後の研究についても、論文発表は平均7.4本にのぼり、その引用件数も30.7件と多数にのぼっている。

(2) 生活・産業面への波及効果

- ・生活・産業面への波及効果について、57.4%が「期待される」と回答している。その内、45.7%が「生活向上につながった、あるいはつながる可能性がある」と回答しており、具体的には、医療面や環境面での可能性を回答している。
- ・一方、32.8%が「わからない」と回答しており、基礎的かつ研究者自身が生活・産業面での波及効果を想定しない研究もかなり多いことが分かる。

助成区分別助成対象研究のその後の研究の、生活・産業面での期待される波及効果 (n = 35)



3. 奨励研究の若手育成の効果

- ・若手研究者は、まだ研究分野が定まらなかったり、研究資金が十分得られない場合が多く、当助成制度の奨励研究助成は、ステータス的にも金銭的にも十分意味があると考えられる。助成研究が呼び水となりそれまでに比べて容易に資金が得られるようになった例もあり、効果があると考えられる。

今回の調査を実施した結果、当助成を受けたことによって、「助成による研究費により研究が進展した」「助成を受けたことがステータスになった」との回答を多数得ましたが、その一方、応用研究と基礎的研究のバランスや研究期間の問題、助成金の支給方法など、当助成制度について様々な意見をいただきました。協会としましては、今回の調査結果を踏まえ、県下の科学技術振興のためにより有効な助成制度として、さらなる充実を図ってまいりたいと考えておりますので、関係各位の一層のご指導・ご支援をお願い申し上げます。

ひょうご科学技術協会特別記念講演会 - 第10回はりまサロン交流会 -

(財)ひょうご科学技術協会では、西播磨地域の企業や住民の方々を中心に、科学技術の身近な話題をテーマに取り上げた講演会「はりまサロン交流会」を開催しています。

今回は、今年度当協会が創立10周年を迎えたことを記念して、電子顕微鏡技術の世界的権威で、カーボンナノチューブの発見で世界中に注目されている、飯島澄男氏を講師にお迎えし「カーボンナノチューブの可能性」についてお話をいただきました。

「カーボンナノチューブの可能性」

日時:平成15年2月18日(火)15:00~16:30
場所:ホテルサンガーデン姫路 3階光琳の間



NEC基礎研究所特別主席研究員、
名城大学理工学部教授

飯島 澄男 氏

はじめに

今日は、「カーボンナノチューブの可能性」ということで、ナノチューブとは何かということ、どんなとこに使えるのか、あるいはそういう材料がどうして出てきたかという背景のあたりからお話したいと思っています。

最近、世の中ナノテクノロジー・ナノテクノロジーで、今鳴り物入りで膨らんでいます。このナノテクノロジーでお金を儲ける人はまだいないはずなんです。そういうことで、今日はリアルなところ、現場を紹介してみたいと思います。

カーボンナノチューブの発見

70年代に入って我々は、それ以前とは違う電子顕微鏡の使い方ということで、高分解能電子顕微鏡を始めました。そこでは原子を見るとか、あるいは非晶質・炭素の膜を電子顕微鏡で調べるといってやっていた。いま太陽電池に使われていますけれども、



シリコンの非晶質の構造がどうなっているか、原子レベルでどういう風になっているかということが話題の中心になっていました。

80年代になると、電子顕微鏡を用いて新しい材料を評価する、見つけるという仕事が盛んになります。そこでは、クラスターサイエンスという、非常に小さい結晶構造を調べるのですが、私自身も82年にアメリカから帰ってきまして、超微粒子プロジェクトとして、微結晶、微粒子を作る、評価する、性質を調べるといった仕事をやっていました。実はその延長にカーボンナノチューブがあります。ご存じのようにC₆₀(フラーレン)が1985年に発見されておりますけれども、その発見も世界的におこってきたクラスターサイエンスが母体となって見つかったという訳です。

当時から私は、細長いものをみると異常な興味を示してまして、ウイスキーという針状結晶の構造を電子顕微鏡で調べたということがあります。それから、私のいた研究室で、アスベスト結晶の構造を調べている先生がいました。それを横で見ていたので、そういう針状結晶をどう調べるかというのは、その頃からインプットがありました。ですから、20年後に同じような細いもの、ナノチューブが出てきたときには「あれだ!」と間髪入れずに結晶構造の謎解きを完了しました。

85年、グラファイトと呼ばれる炭素をレーザー光で蒸発させるとC₆₀が出てくるのが分かった。90年には、炭素の棒を電極にしたアーク放電法によって大量のC₆₀ができるということが発表されています。C₆₀はアーク放電によって蒸発させると、陽極側にたまったススの中に大量にあるんですが、私はそこを見なかったんですね。陽極側ではなく陰極側のススを観察したんです。するとそこにチューブがあったんです。

二重カーボンナノチューブ

ビーボッドの二重ナノチューブというサイエンスの話をする。我々はチューブを見つけてすぐ後の93年に、あるプロセスをすると、チューブの中にC₆₀がとにかくよく入り込むという「ビーボッド」を発表しましたが、二重ナノチューブはそれのいわば延長です。始めに、ビーボッドいわゆる「サヤエンドウ」を作ります。これを800、1000で加熱します。そうして温度を上げていくとだんだん豆がぶつまって融合して、そしてチューブになってくるんですね。そして、

1200にすると全てのC₆₀分子がチューブになってしまう。すなわち二重ナノチューブができるというわけです。普通自由空間ではこういう反応は非常に起こりにくいのですが、ナノスペースに閉じこめられたこういう環境では、そういう起こりにくい反応も起こっているようです。何故かっていうのはまだよく理解できていない。おもしろいところです。

ナノチューブの応用

日本のあるエレクトロニクス会社の製品に、ナノチューブを使ったランプがあります。これは、電圧をかけて電子を放出する、フィールドエミッションの原理を用いて光らせるランプで、たくさん並べると電光掲示板ができる。いまは直径が2~3cm位あるんですが、これを1mm以下にして並べた平面ディスプレイの開発に、いろんな所が取り組んでいるはずなんです。

その他に、ナノチューブは超電導ほどではないのですが、大電流が流せます。シリコンチップの垂直配線として、素子を繋ぐワイヤーにナノチューブを使おうという研究がされています。

ナノチューブの応用は、こういうものを使って実際に何か出来たかということが重要だと思うのですが、そういう意味ではまだまだ本当の入口なのだと思います。

カーボンナノチューブの可能性

最後に、カーボンナノチューブにはいろいろ特徴がありますけども、その1つに表面積が大きいことがあげられます。ガス吸着あるいは諸々の吸着など、表面現象に敏感であるに違いない。我々は数年前にナノチューブと同じような構造なんです。カーボンナノホーンというのを見つけました。ナノホーンは表面に突起が毬粟のように出ており、非常に表面積が大きいんですね。もともと活性炭というのはガスをいろいろ吸い取るわけですが、ナノホーンには表面がたくさんあるので、これを積極的に利用しようということです。ガス吸着あるいは燃料電池、水素あるいはアルコールの燃料電池の電極、それからコンデンサ、ドラッグデリバリーなど、要するに表面に関係した応用がいろいろあります。

まずガス吸着ですが、ナノホーンは、表面が角状で原子1枚でできた構造なんです。ですから、この表面あるいは中に、いろんなガス、物質を詰めようという計画です。構造はしっかり分かっているので、いま炭酸ガスレーザーで作っているわけです。ナノチューブよりも安く、たくさん作れますし、非常に純粋な物が作れるという利点があります。一時このカーボン材料が、水素をたくさん吸うということで大変話題になりましたが、その後の研究で、どうもあまり吸わないようだということが分かりました。

しかし、いろいろ操作をすると、小さい分子は中に吸着されるが大きい分子は中に閉じこめられない。こういった分子サイズのより

分け・分子ふるいがこういう材料を使ってできるんですね。これを用いて、水素はダメですが次の世紀の燃料として注目されているメタンはよく吸うという、我々の最近のデータがあります。

DOE(Department of Energy-米国エネルギー省)の目標値を越すくらいの吸着能力を持っているということが確かめられました。

次に燃料電池ですが、いまパソコンや携帯電話に使われているリチウムの二次電池の容量はほとんど限界にきています。ですからもっと大容量の電池がほしい。それが燃料電池なんですね。理論的にはリチウム電池の10倍ということですから、開発できるとこないいいことはない。燃料電池の原理ですが、電極として、カーボンナノチューブやカーボンナノホーンを使うのです。そこへ原料の水素なりアルコールがくると、この電極の上で分解して、電極にのつる白金粒子に水素がくると、ここで発電が起こる。ポイントは、この上に白金をいかにたくさんつけるかなんです。白金の表面をたくさん作れると、発電効率が上がります。しかし白金材料は非常に高い材料なので、たくさんつけすぎるとムダになるので、できるだけ量は少なくして表面積を広げたい。そこが今後の研究課題です。

それから、実はその後、DNAの小さな分子、DNAというよりはアミノ酸のつながったような小さなペプチドを、ナノホーンに接触させると、これは10⁹個もいろんなタイプのシークエンスがあるわけですけども、特定のシークエンスを持つペプチドだけがくっついていく。そういうことが実験的にあるとわかってきました。これらは我々の最近の研究結果でありまして、これについては今新しいプロジェクトが始まっています。

さいごに

活性炭、ダイヤモンド、炭素繊維、C₆₀、カーボンナノチューブ、ナノホーンなど、炭素だけの材料ですが、いろいろな応用あるいは科学があることを紹介したつもりでございます。そして、この材料-カーボンナノチューブ、ナノホーンは、燃料電池やバイオテクノロジー、ITなど我が国が推進しているたくさんのプログラムに関わっており、今後のより一層の発展が期待されているという話を、終わりたいと思います。

