

S A T ノーベル賞トーク 発明・発見のよろこびを語る  
2001年7月26日(木)開催

## 科学、社会、そしてインターネット

Harold W. Kroto

サセックス大学英国学士院研究教授(英国)  
1996年ノーベル化学賞受賞者

1939年生まれ。シェフィールド大学卒業。NRCポスドク研究員、AT&T Bell 研究所勤務を経て、1967年、サセックス大学チュートリアル・フェロー。同大講師、助教授のち、1985年同大教授。1991年サセックス大学英国学士院研究教授。

1996年に「フラレンと呼ばれる新しい立体構造をもつ化合物の合成研究」により、R・F・カール、R・E・スモーリーとともにノーベル化学賞を受賞。フラレンの発見により、化学の新分野を誕生させ、新しい電子物質の材料としても期待されるなど、物理学、電子工学、生物学など他の分野にも大きな影響を与え続けている。また、社会への科学技術啓蒙活動にも積極的で、BBCの科学番組の制作プロデューサーも務める。

### 多面体の形と対称性の魅力

我々は、幼いころから立方体や五角形といったいろいろな形をした積木のようなおもちゃで遊び、その遊びを通して形や対称性を、自然に身につけます。このようなおもちゃは、実は4000年も前からあります。約4000年前のスコットランドの地層から、立方体、五角形、六角形、八角形といった多面体の石が見つかったのです。

2500年前にプラトンが「土、水、空気はみな固体で、固体は表面をもち、表面をもつものは三角形からなっている」といっています。古代ギリシャ人は、すべての物質が火、土、水、空気の4元素から作られていると考えていました。現在では原子核のレベルでも対称性があることがわかっていますが、昔から人々が自然への深い洞察を通して、形や対称性に魅了されていたことがわかります。

### C60の発見をもたらしたもの

私がC60を発見したのは1985年でした。その糸口は、電波望遠鏡を使って宇宙を見ていた70年頃までさかのぼります。

電波望遠鏡から送られてきた無線信号を解析したところ、星と星の間に炭素分子が存在していることがわかりました。炭素分子等の元素はもともと星の中で生まれたものですが、星の爆発によって宇宙空間に広がっていき

ます。人間も炭素、酸素、窒素、水素からできていますが、実は星が源なのです。宇宙空間に放出された元素がまわりまわって地球に集まり、人間を作り上げているのですが、多くの元素はまだ宇宙空間を漂っているのです。我々のように人間の形をとり、ここに存在していることはとてもラッキーなことといえます。自分を構成している炭素がかつては宇宙に存在し、自分の源が宇宙だということを発見したとき、私は感激してわくわくしてしまいました。

宇宙空間に漂う炭素のうち、C60分子の信号が強いことが観測によってわかり、私はこのC60に大きな関心をもちました。そこで、私と同僚たちは黒鉛にレーザーを当ててレーザー蒸発させ、世界ではじめてプラズマ状態のC60の単離に成功したのです。

私は、C60が星から生まれた炭素と同じものではないかと考えました。それによって、星の爆発から人間という形にたどり着く炭素の長い旅の一步がわかり、シミュレーションが行えると考えたのです。

C60の構造は、アメリカのバックミンスター・フラウ氏の設計したジオデシック・ドームと同じような形、つまりサッカーボールと同じ形になります。サッカーボールは20個の六角形と12個の五角形でできていて頂点が60個あり、各頂点に炭素原子が存在することになります。この3次元構造をもったC60の形を発見したとき、我々

は大変驚きました。しかしもっと驚くべきことは、我々よりさらに15年も前に大澤先生が想像力を駆使して、すでにC60の構造を思いついていたことでした。

ナノスケール(ナノは10億分の1)のC60分子の大きさはどれくらいでしょうか。C60分子と実際のサッカーボールの比率は、サッカーボールと地球の比率と同じになり、C60がいかに小さいかわかります。

私はリック・スモーリー教授とボブ・カール教授だけでなく、ジム・ヒース、ショーン・オブライン、ユーワン・リュウという若い化学者と一緒に研究を行いました。世界中が驚いたC60という新発見において、若い研究者が活躍したことはとても大切なことです。

## カーボンナノチューブの可能性

我々がC60を発見した後、つくばにあるNECの研究所で飯島澄夫主席研究員がカーボンナノチューブを発見しています。

カーボンナノチューブは、ストローのようにチューブ状になっていて両端が開いているナノサイズの炭素の棒です。カーボンナノチューブにはいろんなタイプがあります。全部六角形でできたジグザグ型のものや螺旋型のものの他に、信州大学の遠藤守信教授が開発したエンドウファイバーは折っても傷つくことなく折れ曲がり、ゴムでできたチューブのような柔軟性もっています。

このカーボンナノチューブを束にすれば、スチールよりも50倍から100倍も硬くて、重量が6分の1という軽くて強い物質ができます。カーボンナノチューブを大量に作る事ができれば、地震が来ても壊れることのない橋や高層ビル、あるいはエンジンが故障してもグライダーのように飛び続ける巨大な飛行機を作ることが可能になります。

また、カーボンナノチューブの構造をうまくコントロールすることができれば、分子エレクトロニクスの可能性もますます広がってきます。カーボンナノチューブを使って非常に細いワイヤーや次世代のコンピュータ部品を作ることができるになれば、ポケットに入れられるような小さなスーパーコンピュータ、ペン型の持ち運び便利なコンピュータ、分子サイズのコンピュータを作ることができます。

しかし、カーボンナノチューブを材料として使えるようにするには、多くの技術的問題を解決しなければなりません。ファイバーがいかに生成されるかを理解し、そ

の生成を制御する必要があります。カーボンナノチューブの大量生産にこぎつけるには、若い科学者の協力がますます必要なのです。

## 科学世界の理解を育む玩具

イギリスの子供たちは1900年代以来、フランク・フォンビーが発明したメカーノという玩具を使って遊んでいました。私はもちろん、友人たちも子供のときメカーノで遊んでいたといえます。イギリスのエンジニアの99%、科学者も入ると90%がメカーノで遊んでいたという統計があるほどです。

メカーノでは橋や車などを作ることができ、モーターを入れることによって実際に駆動させることもできました。身近な玩具を通して、駆動装置によって車輪が動く様子などを目の当たりにしていたので、我々は子供時代から自然に車の仕組みやモーターの仕組みを学ぶことができました。私は木を削る旋盤をメカーノで作りました。当時は時計も作ることができました。

しかし残念なことに、メカーノは現在販売されていません。わずかな望みは、先日本のおもちゃ会社がメカーノを作っていた会社を買収したので、もしかしたら日本でもメカーノを手に入れられるようになるかもしれないことです。

メカーノのようなおもちゃが重要な点は、実際の工学構造物との関係がつくことです。メカーノを使って幼いころから工学構造物やモーターの仕組みを学ぶことは、科学者になる芽を育てているともいえます。

メカーノの昔の広告を見ると「メカーノボーイは非常に野心にあふれていて、発明の才能にもあふれている」とあります。

## 化学者が作りだすもの

ジオデシック・ドームを設計したバックミンスター・フラウ氏は、カーボンナノチューブやC60と同じ構造をもつ建物を作り出しています。このような大規模構造物で作ることのできる形を我々化学者はナノスケールで作ることができます。ナノテクノロジーは、化学の新材料からナノサイズの構造物を作り出す分野になると期待されているのです。

自然界に目を向けてみると、大規模工学構造物と同様

の構造原理が使われていることがわかります。亀の甲羅やハエの眼に五角形と六角形を探することができます。また、ウイルスにも同じような構造原理があることがわかっています。

科学と芸術はともに創造性が要請される分野で、分けて考えることはできません。化学者はナノスケールの芸術家、建築家、クリエイターになれるのです。

血液中にあるヘモグロビンは、呼吸によって肺に取り込まれた酸素を体全体に伝える役目をします。ヘモグロビンは酸素を取り込むことによって、オキシヘモグロビンからデオキシヘモグロビンに形を変え、エネルギーを生み出して筋肉を動かすことができます。ヘモグロビンはそれ自身が動いて変化することが画期的で、見事な分子機械なのです。

分子機械の最近のすばらしい発見として、アデノシン2リン酸（ADP）とリン酸塩の組み合わせで作られたアデノシン3リン酸（ATP）合成酵素があげられます。ATPはタンパク質のモーターで、電気が通るとモーター部分が回る仕組みになっています。人間が動いたり、話したりできるのは何百万という電動モーターが体内にあるからなのです。つまり人間は電気で動いているといえます。

将来、化学を研究して世の中を変えようという若者には、我々の体内に見られるような見事な分子機械をぜひ作ってほしいと思います。分子機械ができれば、現在の手術のように体を切開するのではなく、分子機械を体内に入れて体の内側から病気の部分を発見し、直すような手術が可能になってくるかもしれません。

## 科学世界の言語を習得する

世界中で、多くの子供たちが科学を理解していないといわれていますが、その理由の一つに私は言葉の壁があると考えています。

例えば、英語の“hear no evil, see no evil, speak no evil”ということわざは、日本語では「見ざる、言わざる、聞かざる」となります。日本語の「ざる」には「～しない」という否定の意味と、サルという動物の二つの意味がありますが、英語ではそのような二重の意味をもつ言葉は出てきません。英語の適切な知識がなければシェークスピアを理解することはできませんし、ドイツ語の専門的な知識がなければゲーテを読み解くことはできません。言語の背景にはそれぞれの国の文化が見えてきます。そ

の国の言葉を知らないと、異文化を本当に理解することは難しいのです。同じように科学の世界の「言語」がわからなければ、そのアイディアやコンセプトを理解することは不可能です。

日本で生まれた人は日本語が流暢に話せますし、アメリカで生まれ育った子は英語が流暢に話せます。アメリカへの移住者が、移住してきた歳によってどれくらい英語を身につけているかを示した統計があります。それによると、7歳より上の年齢で移住してきた人は英語を身につける能力がかなり落ちることがわかりました。

このことから類推すると、数学を雄弁に語れるようになるためには「数学語」を7歳以前に学ばなくてはいけないということになります。日本で生まれ育った子供は3歳までに流暢な日本語を話せるようになっています。数学に関して3歳までに学べば「数学語」が流暢になるのでしょうか。優秀な科学者や数学者は、幼いころに科学や数学に興味をもつきっかけがあったのかもしれませんが。

このように考えると、論理的に考える方法や創造性を身につけるにも年齢制限があるのかもしれませんが。もしもアメリカへの移住者の英語能力に関する調査が他の分野にも当てはまるのであれば、教育制度そのものを考え直す必要があります。

## 子供向けのワークショップを主催する

イギリスでは昨年、ベテランの看護婦の中にも、簡単な計算すらおぼつかず、不安を覚えている人が沢山いるという報告がありました。例えば、小数点の位置を間違える、分数や比率をうまく計算できないのです。子供の体重に合わせてどれくらいの量の薬を投与すればいいのかという計算を看護婦の7割ができなかったこともわかりました。医療は人の命にかかわりますから、これは非常に深刻な問題です。

科学は、私たちが現代社会で暮らしていく上での必須な教育課程であると同時に、私たちの知性や教養を深めるための必要不可欠な枠組みでもあります。

そこで我々は子供たちのためのワークショップを主催し、幼いころから科学に興味をもち、科学を理解してもらえるように努めています。我々のワークショップでは、C60の話や科学者の話、若い研究者の話などをした後、実際にC60の模型を作ってもらいます。C60の模型が完成

すると、子供たちは本当にうれしそうで、模型を頭にかぶったりしています。日本では横浜の三菱みなとみらい博物館で同じようなワークショップを開催しています。

我々がワークショップを行って気づいたことは、代数や幾何学といった一般には難しいと思われがちなことを子供たちがすぐに理解できることです。例えば、立方体には面が六つあり、頂点が八つあり、そこから辺の数も計算できるといった抽象的概念を、子供たちはすぐに理解できるのです。

### インターネットで科学啓蒙革命を起こす

ここ数年で普及してきたインターネットは、将来に向けて大きな可能性を秘めたもので、私は活版印刷に次ぐ革命だと考えています。印刷機の登場は、読むものといえば聖職者が書いた聖書だけという時代から、誰でも本を書いて出版することができる時代になり、多くの本が登場して教育の民衆化を推し進めてきました。

インターネット上ではさまざまな情報を発信していくことができます。例えば、学校の先生や研究者が教育目的のためにインターネットを使って情報を発信していくことができます。ホームページに情報を載せることも、簡単な科学番組を作って発信することもできます。

私はベガ・サイエンス・トラストで、テレビとインターネットを利用して、科学技術をめぐる問題の解決に取り組んでいます。一般の科学者や科学評論家が登場する番組を作り、イギリスのBBCテレビやインターネットを通して放送しています。さらに学校や大学を対象にした番組も開発中です。

ベガ・サイエンス・トラストでは、科学技術にたずさわる人が個人であれグループであれ、科学技術への理解を図るという面で社会に貢献する方法を示しているのです。

我々の作る科学番組が、来年にはイギリスのWebサイトで見られるようになります。世界中どこからでも我々のサイトに接続することができ、1時間の科学番組を見ることができるようになります。

いままでの放送は放送業界やメディアが牛耳っていましたが、インターネットの登場によって放送の民衆化が起こったといえます。

科学者自身がインターネットを通して番組を放送し、情報を発信していくことはとても大切なことです。テレビ関係者は科学の専門家ではありません。科学番組を作

るときに科学者がテレビ関係者に科学的内容を説明しても、理解できないといわれることが多かったのです。これは科学者の説明が悪いのではなく、科学の「言語」を理解していないメディア関係者の勉強不足によるものでした。教育的価値の見出せない番組が放送され、それによって科学や科学者の誤ったイメージが多くの人に伝えられていました。

発見・発明をした本人が解説して科学者自身が科学番組を作ることは、誤った科学のイメージを人々に与えず、科学を理解してもらう上でもっともわかりやすい方法なのです。

### 科学言語の理解が人類の将来を決める

最近では、毎日のように遺伝子技術やクローニングに関する話題が新聞に掲載されています。遺伝子技術は、世界を変えるすばらしい技術であると同時に多くの問題を抱え、世界中の国や組織でさまざまな話し合いが行われています。

減る一方の地球上のエネルギー資源に対応するために原子力発電が開発され、日本でも消費されるエネルギーの3割近くが原子力発電に頼っています。原子力発電はエネルギー問題を解決するすばらしい技術ですが、放射性廃棄物といったさまざまな問題を抱えています。

このように、科学技術は人類にすばらしい恩恵を与えています。同時に多くの問題も抱えています。ですから、我々の子供の世代が科学世界の「言語」をしっかりと学び、科学技術を理解して、科学の世界でいま何が起ころ、どのように科学技術を利用していけば良いかを考えていくことが重要になってきます。

科学技術は食糧問題、地球環境問題、エネルギー問題などを解決する唯一の技術で、人類の将来を良い方向へと導く大切なものですから、科学技術を誤った方向に使わないようにしなければなりません。

政府や重要な役職にある意思決定者も科学世界の「言語」を学び、科学技術を理解して、科学分野で何が起きているかを正しく知り、間違った意思決定をしないことが大切になってきます。

# C60分子の着想

大澤映二

ナノ炭素研究所取締役社長・豊橋技術科学大学名誉教授



クロトー先生がノーベル化学賞を受賞した対象となったのが、サッカーボール型分子「C60」の発見だ。この受賞からさかのぼって1970年に日本でC60のサッカーボールということについて考えていたのが大澤映二先生だった。その後日本でのフラーレン科学の研究の中心として、「フラーレン研究会」の取りまとめ役を務められ、日本のフラーレン科学を世界のトップレベルに維持するのに大きな役割を果たしている。本講演会での大澤先生の講演要旨を紹介する。

## 大電流の流れる美しい炭素化合物を考える

炭素(C)6個、水素(H)6個の正六角形をしたベンゼン環は炭素が4本ある手のうちの1本を環の面に対して上下に突き出して不飽和状態になっています(図1)。この突き出している部分はどれも同じ方向を向いていて、それぞれに電子が詰まっています。この不飽和状態のベンゼン環を磁場の方向に垂直に置くことができれば、六角形の結合に沿って電流が流れ、分子モーターになると考えられています。しかし、ベンゼン環は分子1個が小さいので実際には分子モーターを作ることはできません。より大きな分子ならば分子モーターになるのではないかという考えから、ベンゼン環以外で不飽和結合が環の上に並んでいる大きな系を作ることが私が大学に入学したころにはやっていた研究でした。

$C_{18}H_{18}$ で構成される[18]Annulene(図2)はベンゼン環よりも大きいので、磁場の中に置くとより長い距離を電流が流れます。同時に、平らで対称性が高く、これまで化学者が人工的に作り上げた分子の中で、最も美しい分子といわれています。

当時、有機化学者の研究対象は2次元芳香族でしたが、私は[18]Annuleneをしのぐような美しい化合物で大きな電流が流れるものをつくるには、2次元から3次元に拡張することが必要だと思いつきました。それまでに知られていた炭素の形は3次元的に炭素が連なっているダイヤモンドと平面状に六角形が連なった黒鉛の二つだけでした。そこで私は電導性のある黒鉛を球状に丸めて3次元にしたら面白いと考えたのです。

ちょうどそのころ六角形のネットワークの中に五角形

を埋め込むと凸面が生じるように、六角形をつなぎ合わせた黒鉛のネットワークに五角形を入れると凸面状構造になることが発見されました。しかも五角形のまわりにベンゼン環が五つありますから芳香族となり、電流が流れることが予想できました。そこで、五角形と六角形をつなぎ合わせて球形にできないだろうかとの身のまわりを見まわしてサッカーボールを見つけたのです。それが1970年のことでした。しかし球形をした炭素はそれまでに例がなく、実際に合成することができませんでした。現在でもC60は合成することができません。クロトー先生方が炭素を蒸気にするのとひとりでにC60になることを発見して単離に成功しましたが、私はそれを予想できなかったのです。

## 炭素のサッカーボールは普遍的な形か

研究は独創的であると同時に普遍的でなければなりません。C60という多面体は一般的な炭素の形なのでしょうか。

私が70年に発見したと喜んでいていたサッカーボールの形は、実は2000年以上前にアルキメデスが見つけていました。サッカーボールは準正多面体の一つ「切頭正二十面体」です。三角形20枚からできている二十面体の頂点を切ると五角形が生じ、切られた三角形は六角形になってサッカーボールができあがります。

多面体に対してオイラーの定理  $e=v+f-2$  が成り立ちます。eは稜の数、vは頂点の数、fは面の数です。サッカーボールはすべての頂点が等価で、各頂点から3本の手が出ています。稜の末端には頂点が二つずつあります

## 会場質疑

座長

江崎玲於奈

つくばサイエンス・アカデミー理事長

から $3v=2e$ が成り立ちます。 $f_n$ を多面体に含まれる $n$ 角形の面の数とすると、 $f = f_n$ 。また $n f_n$ は $n$ 角形のまわりにある稜の数になり、稜は二つの面に共有されているので $2e = n f_n$ となります。この4式を連立して解くと、 $(6-n) f_n = 12$ という簡単な式が出てきます。

五角形と六角形からなるサッカーボールの場合、 $f_5 = 12$ 、 $f_6 = v/2 - 10$ になります。この2式から $v$ が偶数で五角形を12個入れれば必ず多面体として閉じるという一般則が出てきます。また、 $f_6$ の式から炭素原子の数を増やすには、 $v$ の数を大きくすれば良いことがわかります。C60以外にC70、C84も発見されています。

つくばで発見されたカーボンナノチューブはチューブの部分が六角形でできていて、両端のキャップ部分が六つずつあってやはりオイラーの定理に従います。

炭素の新しい形であるフラレンは、自然の普遍的な存在原理をもっているということがわかりました。すると、炭素以外の元素ではフラレンに相当する分ができないか、四角形や七角形を入れるとどうなるか、というような疑問が次に湧いてきます。それらの疑問に対して答えを出し、また新しい問い掛けをして研究を進めていくことが科学者にとってとても楽しい仕事なのです。

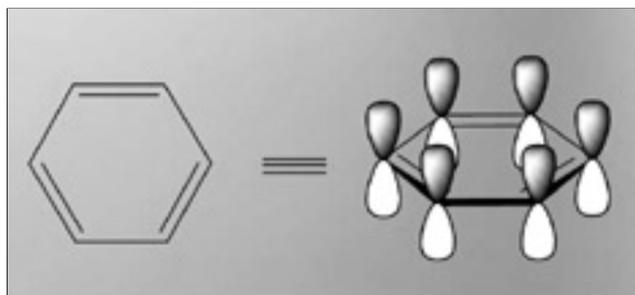


図1: ベンゼン環

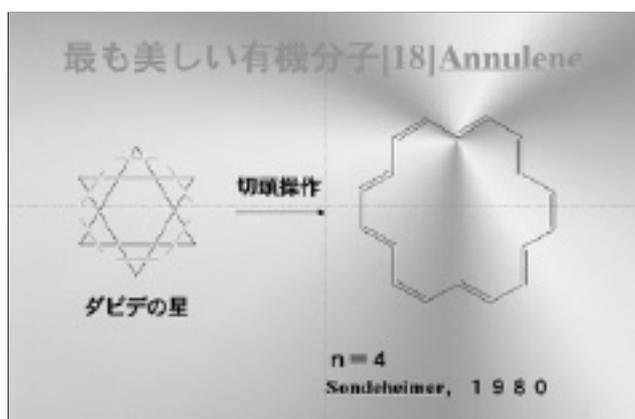


図2: [18] Annulene

## 科学のもつ広がり

江崎: C60を発見されたときのクロトー先生の実験では、同時にカーボンナノチューブもできていたはずですが、なぜカーボンナノチューブのほうは発見できなかったのですか。

クロトー: それまでカーボンの世界は平面的だと信じられていたので、多くの方は我々の発見を信じてくれませんでした。我々自身も従来古い考え方にとらわれて、自分たちが発見したものを信じられず、カーボンナノチューブまで発見できなかったのです。科学の側面を変えるということは自分の見方を変えることにもなります。

会場: インターネットの次に来るものは何ですか。

クロトー: 私はインターネットによる「教育の自由」を標語しています。インターネットの出現により、科学者個人が発表の場をもてるようになり、自分の言葉で情報を発信することができるようになりました。筑波大学でも科学番組等を作ってWebサイトに載せ、大学の外へ広がりをもたせることが可能なのです。

会場: 将来、アートと科学の距離はどうなりますか。

クロトー: アーティストは作品を描き、科学者はパターンを通して美を追求しますから、知的なプロセスにおいてアーティストも科学者も違いはありません。違いは言語や媒体だけです。科学とアートはお互いに補い合うものですから、科学者にはアートにも興味をもち続けてほしいと思います。

会場: 科学の研究では世界観が大切ですが、日本の自然科学者は神学的な発想をもたず、人文科学者と交流をしません。クロトー先生は日本の科学者とお会いになったときに世界観の違いを感じられますか。

クロトー: 感じます。しかし、日本のほうがイギリスに比べて物事に対する理解がはるかに深遠なる場合があります。神学的な議論が行われないのも日本の魅力です。

大澤: 日本でも昔は哲学者と科学者の対話がありました。

ですから、日本人だけが科学に凝り固まっているわけではありません。

江崎：この議論には主観的な感情が入ります。哲学者と科学者の交流は可能ですし、もっと行うべきです。

## 若者へのメッセージ

会場：筑波大学で物理学を専攻していますが、できが悪いのでアドバイスをお願いします。

クロトー：まず自分ができが悪いということを認識し、それに対処すること。自分が興味をもっていることをするという事です。他人がどう思い、何を言おうと気にしないこと。私が研究をするときには常に興味をもつように心がけています。C60が面白いと興味をもったのは私だけでした。それがC60の発見につながりました。自分が興味をもてる研究を一生懸命行ったとき、他の人よりもいい研究や発見ができるのです。

会場：科学とはどんなものですか。科学をより良くしていくためには、何が必要ですか。

クロトー：若い科学者たちには将来に対して夢をもってほしい。将来、社会がプラス方向へ向かうようにできるのは科学技術だけです。ただし、大切なことは政府や重

要な役職にある人たちが科学技術を悪い目的のために使わないということです。

100年前には一日に何時間も畑で働かなければ生活できませんでしたが、科学技術によって現在はそういう労働から解放されました。しかし未だに学校にもいけず、労働を課せられる幼い子供たちがいます。それらの国の子供たちにも科学の恩恵が届くようにしたい。

大澤：私は無神論者ですが、私にとって科学は宗教のようなものです。科学者は研究をすることによって科学に貢献しているという意識があるので、研究が辛いと感じることはありません。科学の良い点は、社会情勢、男女の差、民族、人種に関係なく研究できることです。科学は普遍的な性質に基づいた事実の認識をしているので世界共通です。

また、科学者は精神的な満足感を得られる職業といえます。科学者のように給料をもらって好きな研究ができるという恵まれた職業はめったにありません。自然科学系に限らず、文系にも科学的な方法はありますから、一人でも多くの若い人たちにしっかりと勉強してもらい、文系、理系にかかわらず研究者になってほしいというのが私の願いです。



## 会場アンケートより

### クロトー先生の講演について

- (1) 科学クラブでメカーノのような創造的な教材に取り組みたい。C60、ナノチューブと建造物、天然物の関係の多くの写真がわかりやすかった。(高校科学クラブ・一般)
- (2) 内容は難しかったが、説明はわかりやすかった。ユーマもあり、楽しんで聞くことができた。(高校2年)
- (3) 若い研究者との協同研究の話が印象に残った。実験や手作りの作業があるともっと興味が湧くと思った。(一般)
- (4) 研究者としてだけではなく、社会への科学啓蒙活動や子供の教育育成も極めて熱心なことに深い感銘を受けた。(フラーレン関係者)
- (5) 現在フラーレン類の研究をしているものとして、直接講演を聞くことができたことは、非常に有意義だった。(フラーレン関係者)
- (6) クロトー先生自ら科学番組のプロデューサーとして取り組んでいることを知り、さらにその番組の一部を拝見したこと。(フラーレン関係者)
- (7) クロトー先生に対して非常に興味があった。海外の科学者は一体どういう考えをもっているのかということに関心があった。(高校3年)
- (8) 「日本」(サッカーボールのような日の丸)が面白かった。(高校2年)
- (9) 映像とともに普段頭にも浮かんだことのない様々な考え方や見方を感じることができたため、このように見ることのできるのかと感心した。(高校3年)
- (10) 自分のやりたいことを思いっきりやってみたいような気にさせられました。(高校2年)
- (11) とても興味深かった。アートや言論を通しての化学に魅力を感じた。(高校2年)
- (12) C60のことに興味を覚えた。(高校教師・一般)
- (13) C60のことがよくわかった。(中学3年)
- (14) 子供たちへのはいりがあった。質問者が少しはいりさが足らなかったようだ。(フラーレン関係者)
- (15) 幅広い内容で全然飽きがこなかった。わかりやす



- い英語で話されていたので、内容も理解しやすかった。(フラーレン関係者・大学院生)
- (16) Attractive Presentation!! (フラーレン関係者)
  - (17) 日本人(特に若人)にとって、現在最も重要な「発見」の意義とそのインパクトを、わかりやすく説明していた。(フラーレン関係者)
  - (18) 科学することの喜びを語ってくれた。(フラーレン関係者)

### 大澤先生のお話

- (1) まず新しいものを作り、その後普遍化することにより、どんどん新しい疑問と発見ができてくる様子がよくわかった。化学だけでなく、数学もできることにより研究が広がることが実感できた。(高校科学クラブ・一般)
- (2) 多面体の話が面白かった。(会員)
- (3) C60発想に至る背景を本人から聞けたこと。(フラーレン関係者)
- (4) 研究開発した頃、分子モーターから着想に至った話。大澤先生のナマの話(哲学への指向とか)が興味深かった。(フラーレン関係者)
- (5) スケールの広い話だったので面白かった。難しかったけれど写真や絵をたくさん使ってくれてよかった。(高校2年)
- (6) 難しい話がよく理解できるように説明されていた。(フラーレン関係者)

### 意見交換会

- (1) コロンブス以前の地球は平らだった。それ以降は誰もが丸いと考えようになった。炭素は平面であることが丸くてもいいという常識に変わった、ということを知り、自分たちが歴史的瞬間にいるのだということを知っ

- てワクワクした。科学者が15~30分の番組を作ってインターネットで流すという話から、自分でも1つ番組を作ってみようかという気になった。(高校科学クラブ・一般)
- (2) 中高生を対象にしたこのような講演会は、子供たちに科学の面白さを伝え、科学に対する関心を高めるためにもとても良いと思う。大人も十分楽しめた。(一般)
- (3) 率直な意見交換だった。(一般)
- (4) 「興味をもつこと」というクロトー博士の言葉に感動した。忘れていた何かを思い出したような気になった。(中学校教務主任・一般)
- (5) 2人の分野の違う受賞者がどういう考えをもっているかを垣間見た。(フラレン関係者)
- (6) 専門的に突っ込んだ質問が出なくて意外に感じた。(高校2年)
- (7) 対話形式の方が中高生にとっても聞きやすく、心に残ると思った。(フラレン関係者・大学院生)
- (8) 子供たちや学生とのトークが非常に興味深く、また先生方が真剣に答えられていたことが印象的であった。(会員)

#### 全体の感想

- (1) とても面白かった。来て良かった。これからもこのような企画を続けてほしい。(中学3年)
- (2) 映像も見やすかったし、同時通訳も親切でわかりやすかった。(高校2年)
- (3) 言語の必要性を感じる。せめて英語を子供には習得してもらいたい。(一般)
- (4) 今日の講演を通して、C60とフラレン、バッキーボールが同一のもののことを言っていることがわかった。C60やナノチューブの可能性についてもう少し詳しく聞きたかった。(中学校教務主任・一般)
- (5) クロトー先生のような広い視点に立った指導者が日本にも大勢輩出してほしい。(フラレン関係者)
- (6) 先進の科学を気軽に、かつ科学以外の話も聞くことができ大変面白かった。日本ではトップの人々の考えや考え方を聞く機会がまだまだ少ないので、今後このような会を数多く催してほしい。先生方の哲学が興味深く印象的だった。(フラレン関係者)
- (7) 中高生にどの程度理解できているか気になる。中高生をみの講演会を行ったほうが良いのでは。(フラレン関係者)
- (8) 中高生とのディスカッションがあればもっと良かった。(一般)

- た。(一般)
- (9) 中高生にもサイエンスの雰囲気を感じられる良い機会だった。ただ、中高生向けとフラレン研究を行っている人間向けを同時に行うのは無理がある。(フラレン関係者)
- (10) ノーベル賞をとられた先生方の考えにふれ、とても強い感動を覚えた。最先端の研究をしている先生方の話はとても面白い。もう少しフラレンやナノチューブに関して詳しい内容の話を知りたい。(高校3年)
- (11) 化学式や数学が出てくる話は苦手なのだけれど、今日の話はユーモアがあって楽しかった。特に国旗は笑えた。自分の興味があることを一生懸命やることはやっぱり大事だと思った。私もそういうものを見つけようと思う。(高校2年)
- (12) 科学者の話を聞くのは初めてだった。本を読むときとはまた違った印象を受けた。人々の間で交わされる言葉の数々が一つ一つすべて自分の頭を刺激する興味を引く内容だった。(高校3年)
- (13) Scientists are very neat!! (高校2年)
- (14) 今まで抱いていた化学のイメージが今日変わった。本当に意義のある時間をありがとう。(高校2年)
- (15) もっとたくさんの人に聞いてもらえると良いと思う。PR方法を一考しては? (一般)
- (16) 生物学に少し興味が湧いてきた。(中学3年)
- (17) 新しいことを知って楽しかった。(中学3年)
- (18) つくばエキスポが開通したときのつくば市の情報発信基地としての役割に期待したい。中高生への知的啓蒙の企画としてありがたく、感謝する。新コスモポリタリズムの世紀到来、科学は世界をリードすると感じる。(高校教師・一般)
- (19) このような素晴らしい会に出席できて大変うれしい。私の頭では博士方が話していた内容を理解することは難しかったが、化学の世界だけでなく、すべてにおいて新しいことに取り組むことが重要だと受け取った。何事にも「初心忘れるべからず」で取り組もうと思う。(高校2年)
- (20) 身近なところに分子の構造が潜っていたとは思わなかった。(中学3年)
- (21) 現在C60に関するテーマで研究している私にとって、C60を実際に発見したクロトー先生、またC60を予見した大澤先生のナマの声が聞けるという貴重な体験だった。(フラレン関係者・大学院生)

(22) 将来、先生になりたいと考えているので、生徒にどのように科学の魅力を伝えていくかということにおいて、非常に参考になった。(フラーレン関係者・大学院生)

(23) 子供を連れてくればよかったと思った。またこのような機会を作ってほしい。(会員)

(24) 中高生を中心とした出席者に、<sup>1</sup>強い感動を与えたこと、<sup>2</sup>科学技術(発明発見)の進歩が社会の発展に大きく貢献することを、多くの事例をもって示した。これらの点から今回の講演会は極めて意義が大きかったといえる。(フラーレン関係者・京大名誉教授)

(25) 今後はあまり肩書きによらない多彩な講演を望みたい。(フラーレン関係者・ポスドク)

(26) 学園の町、技術関係の施設が集合している地でのこういう講演は、やはりとても合致する感じがした。もっと多くの若い人たちが話を聞くと良いと思う。(フラーレン関係者・事務局)

(27) 参加者の質問がほとんど英語でなされ、また流ちょうな英語を話す人もいた。大変刺激を受けたので、自分ももっと勉強しようと思った。(会員)

(28) 質問に十分に答えてくれた。(フラーレン関係者)  
(2001年7月26日実施)

SAT



会場質疑の模様



講演会終了後に、出席した中高生と記念撮影