

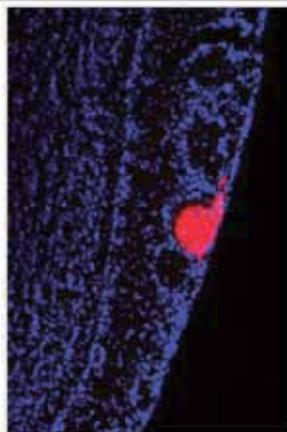
東京大学 理学系研究科・理学部ニュース

35巻5号 2004年1月30日発行

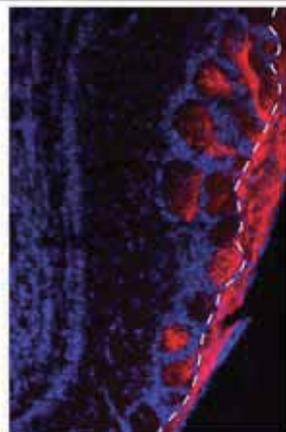
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/>

理学系研究科・理学部ホームページ
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp>
と連携しています。

MOR28

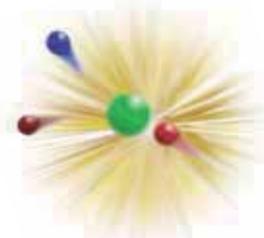
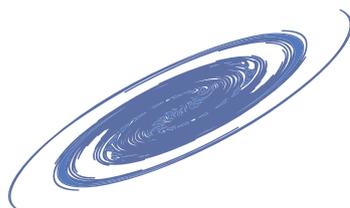
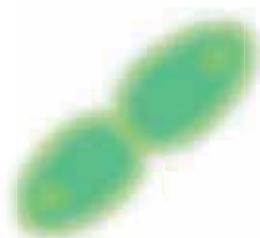


del-MOR28



マウス嗅覚受容体遺伝子 MOR28 を発現する嗅神経細胞の軸索投射。正常な遺伝子では嗅球上の特定の糸球に収斂する（左）が、コーディング領域を欠失させると複数の糸球に分散して投射する（右）（Science, December 19 issue）。

（関連記事 → 本誌 P.12）



目次

サイエンス・ギャラリー

- 第4回公開講演会開催される 田近 英一（地球惑星科学専攻）・・・ 3
1. 講演
- 「東大理学部は基礎科学の面白さをどう伝えてきたか？」岡村 定矩（理学系研究科長）・・・ 4
- 「基礎科学と応用科学の両方を見てきた人間として」 立花 隆（評論家）・・・ 4
2. パネルディスカッション ・・・ 5

研究ニュース

- 化学の未来を考える1 シンクロトロン放射の化学への応用 太田 俊明（化学専攻）・・・ 8
- 望遠鏡ものがたり2 富士山頂サブミリ波望遠鏡を支える人たち
山本 智（物理学専攻）・・・ 10
- 研究室探訪 第六回 分子生物学のフロントを目指して（坂野 仁教授、生物化学専攻）
村松 彩子（化学専攻）・・・ 12

あとがき

- 富士登山之記 牧島 一夫（物理学専攻）・・・ 22

お知らせ

- 着々と工事が進む新1号館第Ⅱ期建物 利根川 伸一（理学部施設掛）・・・ 23

第4回公開講演会開催される

広報委員 田近 英一（地球惑星科学専攻）

東京大学大学院理学系研究科・理学部が主催する公開講演会が、2003年11月6日、法文2号館31番教室で行われた。これまで、本研究科の教官を中心とした講師の方々に最先端の基礎科学研究を分かりやすく講演していただく、という形式で行ってきた。第4回目を迎える今回は少し趣向を変え、「基礎科学の面白さをどう伝えるか」と題し、講演とパネルディスカッションを通じて基礎科学をめぐる現状について考えよう、という企画にしてみた。

ご承知の通り、現在、基礎科学を取り巻く状況は厳しい。「科学技術」という言葉に象徴されるように、これまでも基礎科学は軽視されがちではあったが、社会の変化や不況を反映して、最近その傾向がますます顕著である。しかし一方で、私たち基礎科学の研究者は社会からの理解を得るための努力をあまりにも怠ってきた、という面も否めない。法人化を来年度に控えたいま、一般の方々とともに、私たち研究者自身が基礎科学をめぐる現状について議論することには意味があるだろう。そんな思いから、今回このテーマを取り上げ、学外の方々をお招きして意見をいただくことにした。

まず、理学系研究科長である岡村定矩教授から、「東大理学部は基礎科学の面白さをどう伝えてきたか？」と題し、本研究科が広報活動にどのように取り組んできたのかをお話いただいた。率直に言って、これまではあまりまじめに取り組んできたとはいえないこと、どちらかというところ一般社会よりもお役所の方を向いていたこと、しかし最近では変化の兆しがあり、2000年以降はかなり精力的に努力を行ってきたこと、などについて述べられた（詳しくは、以下の要約を参照のこと）。

次に、評論家の立花隆氏をお招きして、「基礎科学と応用科学の両方を見てきた人間として」と題し、日本の社会における基礎科学の現状分析をしていただいた。立花隆氏は、いまさら説明の必要もないと思われるが、科学技術を含む非常に幅広い分野で批評活動をなさっておられる。本学の教授を勤められた経験もあり、基礎科学の問題についてもさまざまなメディアで発言されておられることから、今回のテーマに最もふさわしい方と判断し、忌憚のないご意見をいただくことにした。日本は国際的にみて科学・技術に驚くほど関心が低いこと、日本の理科教育の問題、日本の基礎科学研究者を外から見た感想、科学ジャーナリズムの難しさなど、非常に有益なお話を伺うことができた（詳しくは、以下の要約を参照のこと）。

その後、このお二人に加えて、理学系研究科諮問委員の尾関章氏（朝日新聞、科学ジャーナリスト）、前理学系研究科長の佐藤勝彦教授（物理学専攻）、福田裕穂教授（生物科学専攻）、平木敬教授（情報理工学系研究科）をパネリストとしてお招きし、広報委員長の浦辺徹郎教授（地球惑星科学専攻）の司会のもと、パネルディスカッションが行われた。科学ジャーナリズムの難しさ、社会に対する説明責任、大学院生の教育、初等中等教育への関わり、など広範囲にわたる意見が出され、大変内容のある議論が行われた。本研究科として検討に値するような提案もいくつか出された（詳しくは、以下の要約を参照のこと）。

今回の公開講演会には350名以上の参加者があり、会場は熱気に包まれ大盛況であった。アンケート結果をみると、約91%の参加者が非常に面白かったまたは面白かったと回答しており、この問題に対する関心の高さがうかがえる。また、今回の参加者の約44%は学生（大学院生、学部生、高校生）であり、若い世代に積極的に参加していただけたことは大変良かったと思う。パネルディスカッション方式は好評であったので、今後もテーマによってはこのようなやり方で「生の議論」を行うのが良いだろう。ただし、今回に関しては、そうそうたる顔ぶれのパネリストとテーマの重大性を考えると、やはり時間が足りなかったと言わざるを得ない。折りをみて、またぜひこの問題を取り上げ、違った角度から議論することができれば、と思う。



1. 講演

「東大理学部は基礎科学の面白さをどう伝えてきたか？」

岡村 定矩（理学系研究科長）

東大理学部は、基礎科学の面白さを伝えることにはそれほど積極的ではなく、論文を書くことが理学部の研究者にとって目的の第1位であったが、数年前から変化の兆しがでてきた。2000年4月まではホームページすらなかったが、2001年より広報委員会を強化し、2002年以降、理学部憲章の制定、公開講演会の開催、広報誌の刷新、広報担当職員の採用、記者発表マニュアルの制定、理学先端産業懇談会などの取り組みを重ねてきた。まだまだ足りないし、伝える側・伝えられる側のギャップ、伝えたい内容と社会に伝わっている内容とのギャップがあると思うので、今日は、基礎科学の面白さを伝えてこられた立花先生に教えを請いたい。



「基礎科学と応用科学の両方を見てきた人間として」

立花 隆（評論家）

現在の日本は恐るべく科学・技術に関心の低い社会になっており、基礎科学の面白さを伝えるということは絶望的に難しい。OECDのアンケートによると、日本人で科学に関心を持っていたり、科学を理解している人の割合は、世界の先進国中で最低である。自分も80年代半ばから十数冊のサイエンスものを書いてきたが、他の分野の出版物と比べて売り上げは1ケタ低く、この分野ではフリージャーナリストは生きていけない。またそれを載せるサイアスなどの科学雑誌もどんどんつぶれている。しかも、内容の質は落としたくないが、読者の水準に合わせて作らないと販売数が下がる。

日本がこうなった最大の理由は文部科学省の教育政策にあり、1958年と1998年を比較すると、理科の授業時間が小学校で628→350時間に、中学校で420→290時間に減ったことが影響している。また教育改革のたびに高校で理科の履修科目が減少しており、1980年代には生徒の80%以上が物理・化学・生物の3科目を取っていたのに、1994年以降、物理に至っては12%の生徒しか取らなくなった。しかも物理、化学の教科書は80-90%の内容が19世紀以前の発見をもとに書かれており(Tachibana, T., *Science*, v.281, 778-779, 1998)、「頭の中は中世」という人が多くなっている。これがマスコミで信じられないような内容が取り上げられる原因で、テレビなどの製作に関わっている人々の科学的知識はおどろくべく低い。また科学の話は社会の人に理解さ



れなくなっている。本郷では関心が低い、駒場では90年代半ばから授業についていけない学生が増えたので、理科の補習授業をやらざるを得ないという破産状態に陥っている。

私はこれまで120位の研究室を訪問してきたが、取材を受ける研究現場も日米で大きく異なる。日本では役人に説明して研究費を得ることに熱心だが、アメリカでは物事を分かり易く伝える訓練を受けている人が多く、メディアを利用して自己を表現していくことに長けている。日本人研究者は発信しても取材する側が乗ってくれない理由を、良く理解していない人が多い。あまりにも自己宣伝めいた記者発表をすると、取材する側は辟易してしまう。伝える側は何が分かったかを伝えようとするが、聞く側は何が分かっているかを知りたいと思っており、ギャップが存在する。日本人は分かっていることをあまり云いたがらないが、概して一流の人ほど何が分かっているかを伝えてくれる。この分からないことを分かってもらうモチベーションをどう伝えるかが大切で、その情熱が伝わらないとだめなのでないか。

発見にたどり着いた喜びやカタルシスを、物語として伝えられるかどうか、面白さを伝えるということだが、それができる人はきわめて少ない。私は、発見に至った幾つかのコンテクストを脈絡付けて並べ、聞いている人に「ハハーン分かった」と知らせるといった役割を担ってきたが、どのようなイメージを伝えれば読者に分かってもらえるかの言い回しを見つけることが、最も難しいことである。

2. パネルディスカッション

パネリスト	立花 隆（評論家）／岡村 定矩（天文：教授・理学系研究科長） 佐藤 勝彦（物理：教授・前理学系研究科長）／福田 裕穂（生物科学：教授） 平木 敬（情報理工：教授）／尾関 章（朝日新聞大阪本社科学医療部長：科学ジャーナリスト）
司会	浦辺 徹郎（地惑：教授・広報委員長）
質問司会	倉本 由香利（物理：大学院生）

浦辺：パネリストの皆様、立花先生のご講演に対しどのような感想をおもになりましたか？

佐藤：科学の面白さを伝えるに当たって、客観的な難しさがあることがよく分かった。また自分たちが伝える場合でも、それが易しいことではないので、どうすればよいか後で発言したい。

福田：私も学校教育の問題を考えてきたが、中等教育に大学の先生がもっと関わるべきと考えている。

平木：学問分野の進展は、世界史の中でどの国が覇権を持っていたかということとも関係しており、そのな

かで科学を考えていくべきだ。

尾関：立花さんの話をつらい気持ちで聞いていた。立花さんが「百億年の旅」の連載をされていたときに、サイアスの編集を担当していた。何とかして科学雑誌を再建したいと願っているが、そのためにもどのような事をすれば良いかということをお話したい。

浦辺：伝えたい側と、受け取る側のギャップが大きいということですが・・・

立花：自分は科学について書いてきたが、いろいろ反省することがある。最初は素朴な疑問を持って

いたが、次第に研究の現場に近くなってしまい、最近は専門的には正しいかもしれないが、一般の人からみると分からないことを書いているのでないか。研究者の方も、ごく一般的な人に自分の研究内容を専門的な用語を使わずにしゃべって説明して、持っているイメージを伝えられるかどうか試してみる必要があるだろう。

倉本：ここで会場の方からの質問を紹介します。立花先生への質問です。「私自身サイエンスについて書く仕事をしているが、正確さと分かり易さがぶつかってしまう場

合がある。物語性を強調すると正確さが失われてしまうが、そのバランスについて伺いたい。」

立花：おっしゃるとおり科学ジャーナリズムとして大事なものは物語性と正確性だ。読者を想定し、与えられた紙面の中で翻訳をどの程度やるかを判断しなければならない。伝えるのは非常に難しいが、アナロジーというか、ふさわしいイメージの言葉を探すことに多くの時間をつかっている。

倉本：会場から尾関さんへの質問です。「サイアスが復活することはありえないのですか？」

尾関：さっき述べたように自分も何とかしなければと思っている。私は科学ジャーナリズムのマーケットは文系の人であると云ってきた。立花さんはその先駆者で、ご本人も文系出身だ。我々の世代の文系の人には社会主義イデオロギーとの距離で自分の位置取りを考えていたが、30代の知識人はイデオロギーを持たなくなり、代わりに環境問題や生命倫理などを位置取りに使っている。そこにターゲットを絞ればかなりの受け手がいるのではないかと？理系・文系の区分より、役に立つ・立たない学問という分け方の方が良いのではないかと？東大理学部がどのように生き残っていくかというのも今日のテーマの一つだと思うが、文学部などともっと連携をとるべきだろう。

科学的な考え方が芸術につながる例として、作曲家の森本浩正さんがカオスというコンセプトを取り込んで作曲した曲をお聞かせし

たい。もう一つの例として量子コンピュータの研究を紹介したい。これは立花さんがおっしゃった「分からないことこそが面白い」という研究の例で、文系の人にもアピールングだ。その証拠にマイクル・クライトンが量子についてタイムラインという小説を書いており、映画化されて来年日本でも公開予定だ。このようなことが一般の人達に語られることによって科学が一般の人に拡がって来るのではないかと考えている。

岡村：我々は日頃、基礎科学のように役に立たない学問も必要だと主張しているが、世の中の人にとっては役に立たないと云われると、それから話しを進めようがなくなる。そこで、役に立つ・立たないという議論をやめて、基礎科学の存在意義を述べる必要があるのではないかと？1) 基礎科学は応用研究を育てる畑であり、畑なしには何も育たない。次に、2) 自然の仕組みを解明することで、人類の悠久の生存に不可欠な知の創造と継承を担う。さらに、3) 人に、感動と自然に対する畏敬の念を与え、文化としての科学の根幹をなす。我々は今まで最後のポイントばかり強調してきたが、1) や 2) についても説明すべきだ。

倉本：会場から同様の意見が出ている。「基礎科学は面白いというだけでなく、他の意味も持つのではないかと？また理学部は数年前から広報活動をやって来られたということだが、今後の展開はどうか？」

岡村：最初の質問は今お答えでき

たと思う。2番目の質問だが、理学部として今後の企画をいろいろ考えている。大事だと分かっているが、現在でもぎりぎりの教授や助教授のポストを使わなければならないので、サイエンスライターを抱えるということは難しいだろう。非常勤の人を雇うことは十分考えられる。

浦辺：岡村先生の話と、立花先生や尾関先生の話の間にはまだギャップがあるように思う。立花先生、どのようにお考えですか？

立花：税金を使うことはすべて説明責任がある。昔、ある研究者に取材を申し込んだら、自分の研究はすべて学術雑誌に発表しており、一般雑誌の取材は受けないといわれたことがある。その人を責めるつもりは無いが、社会的に発信して伝えていくことも重要でないか？ただし大学の先生が小中学校を回って教えてもあまり効果がないだろう。私は大学院生を使っていく必要があると考えている。小中学生に教えるのが上手なのはその先生だが、それに次いでうまいのは大学院生だ。フランスでは、サルトルなど有名な文化人がグランゼコールという師範学校の出身であることが多いが、卒業生は高校で教える義務を持っている、この人達は高校を卒業して間もないので、高校生立場に立って教えることができる。日本の教育の危機的状況を救うのは大学院生ではないか？

佐藤：自分が云いたいと思っていたことを立花さんが云ってくれた。

説明責任は重要で、ノーベル賞を貰われた小柴先生には「おれたちは国民の血税で夢を見させてもらっている」という小柴語録がある。私が20年前に東大理学部に来たとき、当時の学部長が学者は論文を書くことが重要で、普通の雑誌に紹介記事を書くことはマイナス1点だとおっしゃったのには驚いた。私が学部長になったときにしたのは、その逆ばかりだった。

平木：情報理工学専攻は理学系を抜けたので、やや裏切るようなことを云う。社会に接点を示し、アピールしなければ分野として死んでしまうというシステムにしなければだめだ。基礎科学をやっている人には甘えがあり、重要と云っていれば許してもらえらると思っっているのではないか？

福田：私のやっている植物学も政府から役に立たないと云われる。結論から言えば、役に立つ・立たないという言い方をやめ、基本的には役に立つが、時期の問題というべきだ。たとえば世界の人口はやがて70億人に達するだろう。そうなるとう食糧問題が深刻になるが、その解決のためには、基本的な植物学をやっておかなければ将来困るだろう。しかしそれでは予算が貰えないので、サイエンスとポリティクスのぎりぎりの所で交渉することを続けている。基礎科学はその分野にとって、また将来の人類にとってどこかで使われる時が来るだろうという説明をしながら、多少のタクティクスを使いつつ研究を続けていくべきだ。

浦辺：今回の議論で、伝える対象として小中高校生を考え、大学院生を巻き込んでいくこと、さらにマーケットとして文系の人を考えるべきという面白い視点が出てきた。

倉本：質問です。「博士課程の学生が科学を伝える上で一定の役にたてるのではないか」という話があったが、理学部では大学院生に対し、どのように科学を伝えるかという教育をすることは考えていないか？」

岡村：サイエンスライターを大学で正規に養成するというのは新しい視点だ。これと直接の関連はないが、理学部では環境安全について最低限のことを学ぶという授業を来年から作ろうと考えているので、合わせて検討してみると面白い。

佐藤：博士が何故高く評価されないのかということは我々も反省しなければならないが、若いときは専門に集中しないと（学者として）就職できない。社会に役立つ博士を送り出しているかということについては、我々として忸怩たるものがあるが、自分のやっている研究が社会の中でどのような位置を占めているのかという、視野の広さも目指していく必要があるだろう。

尾関：これまで文科系の学部にはあったが、理学部でもぜひ科学ジャーナリズムのコースを作りたい。日本では科学ジャーナリズムが啓蒙に留まっているが、批評性の高い「脱啓蒙」の科学ジャーナリズムを育てることが重要だ。岡村先生が3つの基礎科学の役割を述べられたが、新聞などでは3つ目の夢とロ

マンばかり強調してしまいがちで反省している。科学を科学としてきちんと意味付けることが我々の使命であるとおもう。文学や映画、演劇に批評があるように、科学にも批評があつてよい。新しい科学雑誌をつくるとすれば、こうした機能を通じて文系世界にアピールするものでなければならないだろう。

倉本：会場から質問を受けたい。

聴衆：私は理学系研究科の出身で、岩波書店の「科学」の編集をやっている。部数はいったん減ったが最近増えている。基礎研究を進めるためには社会とのコミュニケーションを持つことが研究と同等くらい必要で、これまでわが国でそれをしないで済んできたことの方が異常だ。世界の科学コミュニケーション活動を見ていると、世の中を啓蒙してやろうというのではなく、自分の研究にはこのような意味があるのだということを知るためにやっている。理学部は本気でサイエンスライターを雇って、どんどんやる気があるかどうか質問したい。

岡村：先にも言ったように大変難しい質問だ。今後真剣に検討したい。

浦辺：たいへん有り難うございました。司会の不手際で時間が延びてしまいましたが、遅くまでお付き合い頂き有り難うございました。

(要約：文責 浦辺)

連載シリーズ 「化学の未来を考える」

化学の未来を考える 1

シンクロトロン放射の化学への応用

太田 俊明 (化学専攻)

シンクロトロン放射(略して、放射光)は高速の電子を曲げることによって発生する強力なX線であり、20世紀にレーザーと並んで物質科学に大きな変革をもたらした。そもそも、この放射光は、電子を加速してターゲットに衝突させ、物質の究極の粒子を探ろうとする高エネルギー加速器科学の副産物として生まれたものである。電子加速器のひとつ、電子シンクロトロンは偏向磁石で電子を曲げて周回させ、高周波で電子を加速する装置であるが、電子が曲げられると電磁波を発生し、電子のエネルギーが高くなるにつれてX線領域にまで及ぶことが分った。これはとりもなおさずエネルギーを放出することになるから、加速器にとっては障害でしかないが、物質科学の光源としては暗黒の波長領域(真空紫外線からX線)の夢の光なのである。

最初は、高エネルギー物理研究のための加速器に寄生して実験していたが(第一世代、1960年~1975年)、その物質科学への有用性が認識されると、放射光源とし

て専用の電子蓄積リングが作られるようになった(第二世代、1970年~1990年)。つくばのフォトン・ファクトリーが代表的なものである。さらに放射光の光源としての性能向上(高輝度化)が図られ、アンジュレーター(数十個の永久磁石の組合わせで電子を何回も蛇行させ、放射光の干渉によって疑似的な単色X線を作り出す装置)を主要光源とした大型の電子蓄積リングが建設されるようになった(第三世代、1985年~)。西播磨のSpring-8が代表的な施設である。この放射光はいくつかの大きな特徴を持っている。

- (1) 赤外から硬X線までにおよぶ強力な光源である。偏向磁石からは連続光、アンジュレーターからは限られたエネルギー領域の擬似的な単色光が出せる。
- (2) レーザーのような高い指向性をもっており、ビームを小さく絞ることができる。
- (3) 電子軌道面に放射される光は直線偏光、軌道面の上下に放射する光は楕円偏光を示す。アンジュレーターからは磁石の配列

で直線偏光、円偏光を任意に取り出せる。

- (4) 数十ピコ秒の幅と数ナノ秒~数百秒間隔のパルスである。

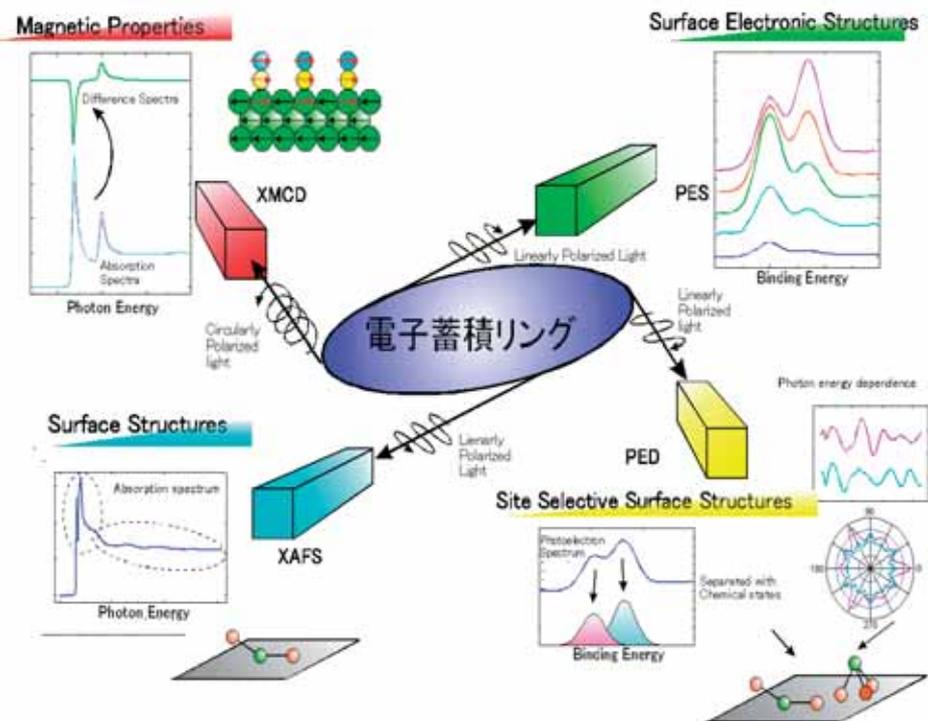
X線が物質にあたると相互作用によって様々な現象が起こる。散乱X線、物質の規則配列による干渉効果で起こる回折X線、一部吸収された後透過するX線、エネルギーの異なる蛍光X線などが出てくる。またX線を照射すると、光電効果によって電子を発生したり、光刺激脱離によりイオンも発生する。これらX線、電子、イオンのエネルギー、強度、方向、偏光性は物質の構造やその揺らぎ、電子状態、スピンの状態を様々な反映している。

上記のような従来のX線源にないユニークな特性を持った放射光を光源に用いると、方法論としては大幅な性能向上と飛躍が期待できる。実際、従来のX線源では数日かかっていた測定が数分で可能になり、はるかに質の高いデータが得られるようになった。また、放射光源の出現によって初めて可能になった方法も数多い。このよ

うに放射光の出現は物質科学の研究に革命をもたらし、「放射光科学」と呼ばれる分野が誕生した。

回折 X 線の解析は規則な配列を持った結晶の構造決定に利用されるが、特に放射光の高い指向性はミクロンサイズの微結晶にも適用を可能にし、大きな結晶のできにくい蛋白質の構造解析に活発に利用されている。一方、X線吸収分光は波長可変で強力な放射光の特長を活かした代表的な方法である。その微細構造 (XAFS) は X 線照射で飛び出す電子と周囲の原子によって散乱された電子の干渉効果によって起こるものであり、この解析から X 線を吸収した原子のまわりの局所構造がわかる。この方法は物質の状態によらず適用できるので、非晶質材料、生体物質、反応条件下での触媒などの構造解析に活発に利用されている。我々はこの放射光軟 X 線を光源にしたいろいろな方法、表面 XAFS、

放射光を用いた固体表面研究



光電子分光 (PES)、光電子回折 (PED)、X 線磁気円二色性 (XMCD) などを用いて固体表

面の分子吸着構造、電子状態、磁性の研究を行っている。

化学の未来を考える

化学科では駒場の教養学部 1、2 年生を対象に、全学自由研究ゼミナール「化学の未来を考える」をこの冬学期に開講しました。5 週にわたり土曜日の午前中、各回 2 人ずつの化学科、地殻化学実験施設、スペクトル化学研究センターの教官が、未来を見据えた最先端の化学について講義を行い、また実際に化学が生み出される現場である研究室の見学会を行いました。本郷キャンパスでの講義であるというにもかかわらず、多数の学生が受講し好評を得ましたので、広報誌上で講義内容を数回に分けて連載いたします。

連載シリーズ 「望遠鏡ものがたり」

望遠鏡ものがたり 2

富士山頂サブミリ波望遠鏡を支える人たち

山本 智 (物理学専攻)

私達が富士山頂にサブミリ波望遠鏡を設置したのは1998年の夏。我が国で初めてのサブミリ波を観測する電波望遠鏡であった。星間に漂う炭素原子が放つ波長0.6ミリメートルのスペクトル線を観測し、星間分子雲の形成過程を解明する目的で、初期宇宙研究センター（現在はビッグバン宇宙国際研究センター）のプロジェクトの一つとして設置された。これまで5年間にわたる観測によって、星間分子雲における炭素原子の分布をかつてない規模で明らかにし、初めて星間分子雲が形成されている現場を捉えるなど、重要な成果を挙げている。また、この望遠鏡で我が国のサブミリ波観測技術を立証したことは、我が国のALMA（Atacama Large Millimeter and submillimeter Array）計画への参加実現に向けて大きな支えとなった。この望遠鏡とその成果についての紹介は、何年か前に本誌に載せていただいたので、今回はその運用にまつわる話を紹介したい。

望遠鏡の運用は主に冬季である。サブミリ波は大気に含まれる水蒸気で吸収されるので、気温が下がって乾燥する冬が絶好の季節なのである。冬季に富士山頂に登るのは容易でないので、観測は衛星通信を利用して東京大学から遠隔制御で行っている。現地に行かなくてもよいので、観測効率はすこぶる高い。観測を主に行っている大学院生にとっても、徹夜などはあるにせよ、ほぼ日常生活の上でサブミリ波

観測ができる。このようなサブミリ波望遠鏡は世界でも初めてで、この点でも大変ユニークな装置である。

そうは言っても、年に1度は望遠鏡のメンテナンスをする。そのため夏から秋にかけて富士山頂に何度も赴くことになる。7月初め、冬季の間働き続けた超伝導受信機を一旦望遠鏡から下ろす。受信機は天体からの微弱なサブミリ波を捉える望遠鏡の心臓部なので念入りにメンテナンスするためであ



図1 富士山頂サブミリ波望遠鏡ドーム



図2 富士山頂サブミリ波望遠鏡の受信機メンテナンス作業の1コマ

る。何十 kg もある装置を狭い望遠鏡の中で取り外し、ブルドーザーに載せて麓まで下ろす。5-6人がかりの大仕事である。約1ヶ月かけて、冷凍機の部品交換や受信機の再調整やらを行って、8月中旬に望遠鏡に再び搭載する。その後、10月までかけて、望遠鏡としての動作を確認する試験が続く。7月から10月までのメンテナンス期間に、私達のグループでは多い人で10回くらい富士山頂で作業をする。研究室のスタッフである岡朋治さんを中心に大学院生達のこのような努力が、冬季を通した無人運用を可能にしているのである。

望遠鏡の運用や保守作業では、富士山測候所の方々にも大変お世話になっている。望遠鏡に必要な電気の供給をいただいているほか、緊急時の避難、長期作業の時の宿泊などまで配慮していただ

いている。富士山を知り尽くしたメンバー揃いで、色々アドバイスをいただけるのはありがたい。山頂への機材の運搬では富士山運搬組合の方々にお世話になっている。昨年まで親方だった伊倉範夫さんは、富士山測候所の建設時か



図3 富士山運搬組合の伊倉範夫さん(右側)と運搬用ブルドーザー

らこの仕事に携わっている大ベテランである。残雪の残る5月ごろから輸送ルートを整備して夏場の運搬に備え、10月には雪と格闘しながら山頂へ登る。天気が荒れれば命懸けの作業である。現在は、

ご子息の秀雄さんが親方になって引き継いでいる。ブルドーザーのオペレーターは並木さん。かつて強力として活躍した人だ。望遠鏡機材の運搬では幾度となく無理も聞いてもらい、感謝している。また、理学部事務の方々にも、様々な形、局面で大きな支援をいただいている。望遠鏡の運用にあたり、私たちがサポートしてくれているこれら多くの人達がいることを忘れることはできない。

今年もメンテナンス作業が無事終了し、富士山頂サブミリ波望遠鏡は6年目の観測シーズンを迎えている。望遠鏡は作るよりも運用し続けることの方がずっと難しい。その意味で、このユニークな望遠鏡を10人ほどのチームで支

えていることは、私達にとって小さな自信につながっている。これからも可能な限りこの望遠鏡を大切に運用し、よい成果を出していきたい。



研究室探訪 — 第六回 —

分子生物学のフロントを目指して

坂野 仁教授 (生物化学専攻)

聞き手：村松 彩子 (化学専攻 中村研究室 博士課程1年)

今回は、分子生物学者であり、嗅覚神経系をご専門とされる坂野先生にお話を伺いました。坂野先生は、免疫学の分野でキャリアをつまれた後、東大で嗅覚に研究分野を移されています。そのような大きな研究の転換を、なぜ選択されたのでしょうか。また、どのようにしてそれを実現されたのでしょうか。



免疫から嗅覚へ

村松 坂野先生は、大学院を卒業されてから免疫の研究を始められて、その後嗅覚の研究に移られたとうかがっておりますが、いつごろから免疫の研究をなさっていたのですか。

坂野 僕は、大学院は分子生物学が専門で、RNAのプロセッシングということをやっていたんです。大腸菌とか大腸菌に感染するファージの研究をやっていて、割と遺伝学に重心を置いた教育を受けたんです。それで、大学院を卒業してアメリカに留学した時、びっくりしたことに、遺伝子のクローニングができるようになったり、DNAのシーケンスができるようになったりしていたんですね。そういう時代になりつつあるところに、日本から留学して、これはもう確実に新しい時代が始まると、思ったわけです。それで、ヒトに近い、高次システムの分子生物学というのを触らないと、次の20年は持たないと確信したわけです。留学して1年くらいのときに、たまたま利根川さんと会う機会があって、それでスイスの免疫研究所に行くことになって、免疫をはじめたわけです。

村松 免疫研究所ではどのような研究をされたのですか。

坂野 抗体遺伝子の多様化のメカ

ニズムを調べていました。高次システムを触らなきゃ、という掛け声はよかったですけどね、僕自身、大学や大学院で免疫を勉強していたわけでもないし、勉強しなきゃということで免疫の本を買ってきて、一所懸命読んだんですけど、何べん読んでもわからない。まあ自分のバックグラウンドから免疫をみてみようと思っていて、でも結果的には非常にうまくいって、Nature誌のアーティクルに4報書くことが出来ました。

村松 免疫系から嗅覚神経系に研究を移されたのはいつごろですか。

坂野 10年くらい前になります。

村松 そのころには、免疫の分野ではすでに、高い評価を受けていたのですよね。なぜわざわざ、研究対象を変えられたのですか。

坂野 利根川さんとは3年くらい一緒にいて、それからバークレーに移って、自分の研究室を持つてからも、ずっと免疫で来たんですけれども、40過ぎて、まあ、ちょっと考えましてですね。あとこれから25年、これでいくのかということを見ると、やっぱり、どう考えてもそうではないという風に思ったんですね。さあどうしよう、何か新しいことを始めようと思ったわけです。みんなその頃、何らかの形で神経系に入りたと思っていた時代ですね。利根川先生も免疫やめて神経やって

おられますし。

嗅覚系とは

村松 なぜ嗅覚系を新しい研究対象に選んだのですか？

坂野 免疫というのは、星の数ほどある抗原を、限られた数の抗原受容体遺伝子が認識するというシステムなんですけど、僕自身の研究が、その遺伝子の数をはるかに超える種類の抗原をいかにして識別するかということを中心にしていたものですから、嗅覚神経系に見られる匂い分子の識別と、いろんな意味で共通点があると。

村松 共通点とは、どのようなところですか。

坂野 われわれの嗅覚受容体遺伝子というのは1000種類くらいありますが、約2000万個ある嗅覚神経細胞一つ一つは、その中のたった一つの遺伝子を選択的に発現するわけです。ひとつの細胞がにおい分子を識別したときに、レセプターが複数種類あったりすると、何が来たかわからないですからね。それは免疫系も同じで、一つのリンパ細胞が発現する受容体遺伝子っていうのは、やっぱり種類だけなんです。そこで、僕は分子生物学者ですから、1000種類ある遺伝子の中からたった一つが選ばれて活性化され、かつ残りの遺伝子の発現が抑えられるというメカニズム、言い換えれば、個々

の細胞が自分のアイデンティティを持つメカニズムは何なのか、ということに興味を持っていました。

染色体ってというのは通常、父親と母親から同じものを1本ずつ受けついているので、同じ遺伝子でも、父方と母方、それぞれに由来する同じものが2つあるわけですね。しかし、ポリモルフィズム（遺伝子多型）がありますから、父方の遺伝子と母方の遺伝子が完全に一緒ではないわけです。免疫系でも、嗅覚系でも、父方と母方の同じ遺伝子なんだけれどもポリモルフィズムによって差があると、たとえば免疫系の場合は抗原に対する特異性が違ったり、嗅覚系の場合ならリガンドとの親和性が違ったり、具合の悪いことになってくる。従って、1000種類のうちから、1種類選んで、なおかつ今度は母方か父方かどちらかひとつだけを発現し、もうひとつを抑えておくという、かなり凝ったメカニズムがあるんですね。今までそういうメカニズムを持っているのは免疫系だけだと思われていたんですよ。それがたまたま嗅覚系の受容体遺伝子でも見つかって、これはますます免疫系に似てるなあ。

村松 なるほど、似ていますね。しかし、免疫系と嗅覚系では、まったく生物の活動における役割が違いますよね。

坂野 免疫系の場合はリンパ細胞という浮遊細胞ですね。抗原が来て、適合するリガンドに抗体が結合して、そのリンパ細胞を刺激して、どんどんリンパ細胞が増えれば、たくさん抗体ができて、病原体をやっつけるという、割と単純なシステムだったんです。

ところが嗅覚系の場合は、嗅神経細胞がそれぞれの受容体を発現して個性を持って、それとマッチするリガンドが来るのを待つ。匂いって複雑ですから、ある受容体にある匂い分子が来て、その結合シグナルがパルスとして脳にいけばそれで何のおいかわかるといった、単純なものではないんです。

村松 それでは、脳は、どのようにして一つ一つの匂い分子を識別しているのですか。

坂野 実は、脳の前のほう、鼻の奥に、嗅球っていうものがあるって、その表面に、ちょうど電光掲示板のように、糸球という構造が約1000個、素子としてならんでいるわけです。どの受容体をリガンドがヒットしたかで、この2次元の掲示板のどこが発火するかということが決まっているんですよ。匂い分子っていうのは普通、ひとつの分子の上いくつかの側鎖と言いますか、決定基をもって、それぞれに対応して受容体がありますから、匂い分子が入ってくると、この2次元のスクリーン上に、ある発火のパターンができる。

村松 2次元のパターンとして匂いを認識しているわけですね。

坂野 そうです。免疫系では1リガンド1受容体という、1対1の関係が非常に厳密に守られていたんですけども、嗅覚系の場合は、わりとアバウトで、ひとつの受容体に対して複数のリガンド、またひとつのリガンドに対して複数の受容体に対応している。もちろん、強弱はありますけどね。そうすると、電光掲示板の上に、濃淡の広がりを持った画像が出るわけです。1000種類の受容体で、それをはるかに超える種類の匂い分子を画像化するというのが、多分、嗅覚系における多様性識別のからくりだと思うんです。

村松 では、匂いが似ているということは、その電光掲示板上のパターンが似ているということですか。

坂野 そうですね。

村松 発火パターンは、個人個人によって違うんですか？

坂野 それは、遺伝的に決まっています。それほど個体差はないようです。ただ、1000種類もある多重遺伝子系ですから、個人によって、この遺伝子は持っていないというようなことはあります。ポリモルフィズムの範囲内で、少しずつ違うということがあっても、原則的には遺伝的に決まっています。

ヒトの神経細胞っていうのは基本的に再生しないですよ。ところが、非常に例外的に、嗅覚神経

というのは常時、再生しているんです。せいぜい数週間くらいの寿命で入れ替わっている。たとえば、インフルエンザで鼻がやられると、嗅上皮に炎症を起こして、嗅神経細胞がだめになる。もしくは交通事故かなんかで物理的にゴーンと衝撃が加わったときに、嗅神経が切れてしまうわけですね。それでも、ほっとくと、元に配線がつながって、また電光掲示板が光るようになるわけですよ。そういう回路再生のプログラムも、遺伝的に決まっていると言われていま

村松 なるほど。再生したときに、以前と配置が違ってしまっは困りますね。

坂野 生物にとって、いい匂いっていうのは、普通は、食べ物匂い、あるいは異性の匂いですね。悪い匂いっていうのは、身に危険を及ぼす、そういう匂いなんです。ですから、嗅覚というのはえさととる、危険な化学物質から身を避ける、生殖の相手を識別する、そういう生き物として根源的な機能なんです。

僕も聞いて驚いたんですけど、最近、ヒトやマウスのゲノムの塩基配列が全部決まりましたが、せいぜい、3万数千くらいしか遺伝子がないんですね。で、そのうち、嗅覚受容体の遺伝子だけで、全体の3%以上占めているんですよ。これは驚くべきことで、一つの遺伝子系が3%以上占めるのは、や

っぱり生き物にとって嗅覚が非常に大事だということですね。その次に多いのは、抗原受容体遺伝子で、これが3%弱です。嗅覚系と免疫系の受容体、ともに化学構造を識別するという受容体で、ヒトのゲノムの6%強を占めているんですね。

村松 化学物質を個別に認識するという事は、それだけ生物にとって重要なんですね。具体的には、嗅覚に対しどのようなアプローチをされているのですか？

坂野 まず僕が考えたのは、1000個の遺伝子のプールからどうやって一つを選ぶのか、それも母方と父方、どちらか一方をね。そのメカニズムは、嗅神経細胞にどうやってアイデンティティを与えるか、という問題につながるものでとても重要だと思ったわけです。

嗅神経細胞は鼻の奥にあって、そこから伸びる軸索、まあ電線ですね、それがさっき言った嗅球っていう電光掲示板に入力する。そのとき、どのレセプターを発現している嗅神経細胞が電光掲示板のどの位置に入力するかっていうのは決まっているわけですよ。電話交換手がいる交換機みたいなものですね。レセプターとリガンドの結合情報は、軸索を通るときにはみな同じ電位差のパルスになってしまうわけですから、それを匂いの種類という情報に戻さなければいけないわけです。そのため、ど

のレセプターを発現している神経細胞のシグナルが、どの部位に入力するかっていう、2次元の位置情報への変換が必要なわけで、これにより、また情報の質が回復するわけですね。従って、一つの神経細胞で一つの受容体遺伝子が発現するっていうことは、非常に大事なことになる訳です。

われわれは、ニューロンとレセプター遺伝子の間の1:1の関係を支える分子メカニズムが何であるかということ解析して、つい最近、Science誌に論文を出しました。この論文を書き始めたときには、まだ全体のストーリーが見えてなかったんですけど、論文を書いているうちにだんだん見えてきて。最初は二つの短い論文だったんですけど、レフリーやエディターの助言もあって、一緒にして書き直してみたら、見えてなかったものが非常に鮮明に見えてきたという、そういう意味では非常にラッキーな論文でした。

村松 十年目にして、嗅覚の分野での新たな仕事が実を結んだわけですね。

東大への移動

村松 嗅覚の研究を始められたのは、東大に移ってこられてからで

すね。

坂野 本格的には、そうですね。僕はカリフォルニア大学のバークレー校にいたんです。ちょうど10年前、助成金の取得が非常に厳しくて大変だった時期に、免疫の研究で10年のグラントが当たったんです。普通は3年か5年のところを、特別に10年のグラントをつけてもらって、終身教授で。さらに私の居たデパートメントっていうのは、生命科学の分野ではトップクラスのところですから。そこを結果的には辞めたわけで多少迷いもありました。

村松 研究者として、理想的な

状況を捨てて、東大にいらしたわけですが、未練はなかったのですか。

坂野 みんな、何でやめるのかと。アメリカ人だってそういうシチュエーションを得るために、がんばっているのに、お前はそういうものをすべて手にした段階でやめるとは、気でも狂ったのかと言われました。僕はね、あそこにいる限りは免疫学もしくは免疫学者っていうものを完全に抜け切れない、と思ったんです。いきなりはしごをはずすのも怖い話だったので、2年くらい両方を併任していたんですが、ここは決心しないとどっちつかずになると思って、向こう

をやめて、東大に移って、新しい研究を始めました。

村松 日本に戻られたのは、嗅覚をなさりたいからと。

坂野 そうそう。やっぱりチャレンジ、良くも悪くも自分が20年近く培ってきたものっていうのは、ある意味では、古いものでね、それをどうにかしてそぎ落とさないと、何も新しいことができないと思って。

村松 東大での研究室の立ち上げはいかがでしたか。

坂野 僕が33のとき、スイスからカリフォルニアに移って、さあ、今から始めるって時、やっぱり大変な思いだったですよ。グラント



も書かなくてはならないし、研究室には誰もいないし、試薬の注文から機械の発注まで全部自分でやって。それと同じことを東大でやることになったのですが、当時の3号館っていうのは、倒産した中小企業の工場みたいところで、廃屋のようなものだった。だからそれを少しずつきれいにして、機械を入れて。でもその頃は、アメリカで立ち上げるよりも、幾分楽だろうと思ったんですよ。というのは、今度はまあ歳を取った分、経験もあるし、ある程度、名前も知られているし。でも、実際にやってみると、やっぱり、向こうで立ち上げたときのほうが歳が若かった分だけ楽で、こっちのほうがなんか大変だったような気がしますね。

村松 ご苦労をなされたわけですが、東大の印象はいかがですか。後悔はされませんか。

坂野 今回の論文は、いろんな意味で、一つ取っ掛かりができたという気がしているんですが、論文を書いてみて、東大にラボを移すという決心が間違っていなかったなと思います。やっぱり、理学部の学生さんが優秀だったということは、大きかったですよ。ここの学生さんのクオリティがなければ、ここまで来られなかったと思いますね。そういう意味で、一緒にやってくれた、特に最初の立ち上げのときから付き合ってくれた人た

ちに、非常に感謝しています。

研究の実際

村松 免疫をやっていた頃と、今の神経とでは、研究手法は、どういう風になっているんでしょうか。たとえば、今はマウスを扱っていらっしゃると聞いているんですけど、免疫の時には、実際にはどういったものを扱っていらっしゃったんですか。

坂野 クローン化された細胞株です。たとえば、リンパ細胞、あるいは嗅神経細胞の場合、天然の細胞を純粋に集めてくる、ということとは可能です。しかし、リンパ細胞も嗅神経細胞も、一つ一つ発現している受容体遺伝子が違うので、そういう細胞を材料に、生化学はできないわけです。細胞としては純粋だけれども、不均一な集団ですね。発現している受容体遺伝子という観点から見ても、均一で純粋な細胞の集団が必要なんです。免疫系の場合、そういうものが、リンパ球の癌の細胞として、簡単に手に入る。もしくは、人為的にそういう細胞株を作ることができる。ところが、神経細胞っていうのは一般的に、そういうライン化された細胞株っていうのはないんです。ですから特定の受容体遺伝子に標識をつけて、トランジェニッ

クマウスとか、ノックインマウスとかを作って、まさにねずみ丸ごとでやらなくてははいけない。

村松 大変ですね。

坂野 免疫系はもう何だって細胞株があるわけですから、たとえば、プラスミドのDNAをいじくって、電気ショックでポーンと入れてやればね、何週間かで結果が出る。しかし、ねずみの場合だと、どんな実験一つにしても、常に遺伝子操作マウスを作ることからやらなければならないわけです。ねずみ一つ作るのにトランスジェニックだと50万円、ノックイン、ノックアウトだと300万から500万。お金はかかるし、時間はかかるし、ねずみができたら、掛け合わせて、増やして、っていうことになりますし、そういう労力もかかりますから、気の遠くなるような話で、ものすごく大変ですね。同じ複雑系ですけども、材料という意味では、免疫系のほうがはるかに楽ですね。

村松 それが免疫系のほうが先に発展した理由ですか。

坂野 そうですね。それもひとつだと思います。神経系というのはつい最近まで、生理学というか、電極を差し込んでどうだ、っていうようなことが主に研究されてきたわけです。そこで今後、遺伝子というものを頭に置いた分子生物学がどう迫るかが問題となりますね。

村松 神経系一般というと、ど

のくらい研究が進んでいるんですか。

坂野 いろんな切り口から、様々な研究者がチャレンジしているところですよ。いま主流になっているのは、ショウジョウバエや、もっと簡単な、線虫などでわかることを理解しようという立場です。でも、やっぱりハエでわかってヒトでわからないこと、ヒトやマウスにあってハエにないことはたくさんありますから、そのあたりがこれからテーマになってくると思います。

学生の指導

村松 普段、学生さんはどのように指導されているんですか。

坂野 なるべく邪魔をしないように、好きにさせています。僕はね、ちょうど、紛争世代の学生で、しかも京都だったんですよ。京都大学の理学部というのは、よく言えば、自由放任ですけども、悪く言えばまったく何もしないで放って置くというところで。

村松 いきなり放っておかれるのは不安ではありませんでしたか。

坂野 最初はほっとかかれると不安ですけど、それに慣れてしまうと、逆に、周りの人から、ああせい、こうせい、とがたがた言われるのはうるさいという、そんなふうになりましたね。どちらがいいのか

わかりませんが、基本的に、科学というのは好きなようにやっていたらいいんだ、と思っています。

村松 なるほど、先生も放任主義でいらっしゃるんですね。

坂野 そうですね、元気のいい鼻っ柱の強い個性的な人は、放っておいても、良い仕事をしていくんだけれども、そうでないタイプの人もありますよね。わりとおとなしくて、勉強もよくできて、しかしある程度ちゃんと先生が指導したほうが良いというタイプ、こういう人には、僕は非常に申し訳ないと思っています。そういう人に対して、必ずしも良い先生ではないと思っています。

村松 先生の大学院時代はいかがでしたか。

坂野 僕は、大学院に入って最初に、とにかく自分で何か考えてみなさい、そこそこリーズナブルであれば好きなようにやってよろしいと言われてたんですよ。そこで一生懸命に論文を読んで、アイデアを先生のところに持って行くと、大抵どこか欠陥があったりね、もしくはそういう仕事はもう三年前に誰かがやってたりして、がっかりして、また勉強して、いろいろ考えて、そのうち、3年先、5年先にフロントになるようなことを考えられるようになった。

村松 今も、学生さんが、自分でテーマを決めることが多いのですか。

坂野 そうですね。でも、僕が知

りたいこと、あるいは研究室として、絶対これだけは負けれない、というテーマもありますよね。それに関しては、スタッフの人に、こうやってくれとか、もしくは大学院の学生さんで、ちょうどそれにマッチすることをやっている人に水を向けることはしますけれど。それからはみ出ることであっても、僕は、大学院生に関しては、基本的に好きにさせてます。

村松 たとえば、学生さんが、プロジェクトを進めてきて、うまく行かなくなったときには、どのような指導をされるのですか。

坂野 そうですね。これはプロジェクトの中味にもよるし、その人の能力にもよりますし、要素はたくさんありますからね。それはまあ、適宜、もうやめたほうが良いとか、研究室を変えたほうが良いとか、そういうことも含めて、言わなくてはいけないときには言います。でも、まあ、東大の皆さんは、それはそれなりに優秀なわけですし、何かに才能があることは間違いないわけです。向いてないこと、嫌いなことを我慢してやることはないと思うわけです。

ただ、うまくいかないからやめるとか変えるとかいうのは、問題です。特に東大の学生さん達はずっと優秀で来てますから、満点でないと気がすまない。10 やって9 うまくいかないと人生終わりみたいと思う人が多くて、その教育がなかなか難しいですね。たと

例えば、研究室の報告会でデータに対して厳しく議論することは、ものすごく大切でしょう。いい加減なデータで無責任なことを学会で言っていたかされるより、研究室の中で厳しく言い合う方がいいと思う。お互いなあなあでやる方が楽しい、というようなスタイルの人の発表を、これではいかんと思って追求すると、皆の前でさらし者にされているように感じる人が多くて、困ります。しかし、そこは譲れないところだから、慣れてもらわないと。良いものははっきり良いと評価して、駄目なものは何だって駄目なんだと、そういう雰囲気やってかないと、サイエンスってというのは、具合悪いと思います。



村松 おっしゃるとおりですが、なかなか厳しいですね。

坂野 実験というのは、10のうち9つ、あるいは10のうち10がだめな場合がほとんどなわけですよ。それがうまくいかない、休日も夜も働いているのに、何でもこうなんだろうと絶望する。でも実は、誰が悪いわけでもなくて、うまくいかない時は、10年やってもうまくいかないし、動き出す時には、あっという間に動きますね。

村松 どういう時ですか。

坂野 僕がスイスにいたころ、1年間一生懸命やって、結局うまくいかなかったことを、頭を切り替えて、前から暖めていた別のアイデアでやってみたら、1週間で

結果がでました。一般的に、10やって6つ7つうまくいけば御の字だと思うものだけれど、うまくいくときというのは、10やって10以上のものが出るんです。

それはなぜかという、発見というのは、人の論理、人の知恵ではないわけですよ。その段階で、人の論理、人の知恵になっていないことが発見なわけですから。やっぱりね、気持ちが自由であることが大事で、どこかで、自分の考えに風穴が開いていないと、新しいことは出てこない。うまくいくときというのは、10のものを望んで、20どころか、一桁違うものが出てくる。

村松 楽しい瞬間ですね。

坂野 それが、サイエンスの面白みというか。そういう、何が出てくるかわからん未知のものを対象にしているという位置関係を、自分の中にそれぞれのスタイルで持たないと、なかなか大変な商売ですし、いい仕事はできないと思うんですよ。ある意味ではそういうことを、学生さんに語るってことが、まあ最低、僕のできるかなあと、思っています。それをわかってもらうのは大変ですけど。ほんとの意味でわかってもらうためには、その人がその人なりのプロセスを経て、発見というものに出会わなければならない。ともあれ、十分に優秀な人たちに囲まれて、非常にハッピーですよ。東大に

研究室を移して、よかったと思っています。

村松 今、何人くらいの学生さんがいらっしゃるんですか

坂野 そうですね、大学院の学生さんが15人くらいで、この研究室を出て、学位をとって残っている人が何人かいますから、まあ、20人くらいですね。

村松 学生さんは大体、5年間ですか、この研究室は。

坂野 そうですね。5年で学位とる人が3分の1、あとは、6年近くかかりますかね。僕は、6年は、超えないようにしているんですけど。

村松 大体、一人1テーマで、5年間続けられるようなテーマを選ぶのですか。

坂野 そうですね。こういう枠組みで考えてごらんということ言っていて、学生さん一人一人で勉強してね。修士の2年間というのは、試行錯誤ですよ。自分をどうなだめていくか、自分とどう付き合っていくかというようなことで、一番つらい時だと思うんです。ですから、修士の終わりからドクターの1年くらいにかけて、大変だと思いますよ、メンタルにね。そこをどう超えるかということに関して、周りの人間は、ある程度の手助けはできますけれどもね、それを完全に避けては通れないと思うんですよ。僕も学生のころ言われたんですけども、いっぺんそのあたりで、地獄の釜をのぞいて

こないと、なかなか研究者として一人前になるのは難しいと。それさえわかれば、大学院のトレーニングは終わったようなものだ。

村松 そうですか。ちょうど私も、修士からドクターに上がったところですが…

坂野 僕もね、格好つけて一人でやろうなんて思って、マスターの2年間、一生懸命やったのだけれども、ぜんぜんうまく行かなくて、修論を書くときになって否定的なデータばかりで。毎晩酒食らって、教授や助教授の悪口言って、そういう日々だったですよ。

村松 はは、身に覚えがあるような、ないような。

坂野 まあとにかく何とか修論を書いて、提出した途端に教授に呼ばれて、君もうこのプロジェクトやめたほうがいいんじゃないかと。もう、あわててね、職を探したりしたのですが、そう簡単に職も見つからないし。そこで助教授の先生が助け舟を出して、3ヶ月粘ってみてダメだったらすっぱりやめましょうと教授に言ってくれた。ところが、3ヶ月目にうまく行ったんですよ。

村松 ラッキーでしたね。

坂野 そういうときに働く力っていうのはね、個々人の努力だとか情念だとかではどうにもならないところがある。われわれの知恵を超えたものが、結果的には支配しているという気が、今でも強くしますね。その後も何回かそういう

ことがありましたけれど、そういう力とか、知恵といったものと、どうやって接点を持つかということがサイエンスをやることの妙味だと思います。

良いサイエンスとは

村松 サイエンスを続けていく上で、何が重要だと考えられますか。
坂野 忍耐強くあること、そして楽観的であること。自分の経験や、周りの研究者を見ていて思うことは、あるテーマを目指して、こつこつがんばって、これが大事だから何とか理解したい、と思い定めてやっつけていけば、必ず報いられるということです。3年でうまく行くか、10年かかるか、それはわからないですけれども。そういう意味でチャンスっていうのは、すべての研究者に、非常に平等にありますね。えこひいきはないです。自分が思い、目指したことが、報いられるか、答えが出るかって事に関しては、基本的に裏切られることはないと思ってやったらいいんですよ。

僕が今から振り返ってみて、自分の先生に多少なりとも言ってもらいたかったな、と思うのは、そういうことですね。学生さんが考えるアイデアでも、それから出発して良いんだっていうこと。もしくは自分は学位を取れるんだろう



かとか、研究者になれるんだろうかっていう不安に対し、その手のことは、心配しなくても良いと言ってもらえる事がすごく力になると思いますね。心配すべきことはそういうことではなくて、本当の意味でいいサイエンスをすることだと。

村松 良いサイエンスとはどんなものだとお考えですか。また、良いサイエンティストとは。

坂野 よく言うんですけど、オリジナリティとアイデンティティ。有名になるとかいうことでなく、とりあえず教科書の1章に書いてもらえるような仕事をする توسط。学生さんが、さあ、何をやったら良いだろうと考えるときにですね、いろいろな教科書を見て、この教科書が次に改訂されるときに、何が書き加えられるべきか、という目で見なさいというんですよ。そういうふうに教科書を読み、そのうちのいくつかをやってみて、3年後か5年後に、そこに書いてもらえるような仕事をすればいいんですよ。

村松 研究者に向いている人と向いていない人というのは、いますか。

坂野 研究が好きであれば、何だっていいと思うんですよ。これを知りたいということに対峙できるということ、それに向かって努力できることが大事だと思います。最初を当てるまでは大変ですけど、その後は、もう一度だけで良

いから、同じことが起こってほしいと思う気持ちだけでサイエンスできますよ。思えない人は、できないですよ。逆説的ですけど、向いてない人っていうのは、サイエンスの面白みというのがわからない人。しかし、まだ出会っていない人が向いていないかという、そうではないですからね、村松 そうですね、出会うまではわからない。

坂野 そうすると、出会うまで我慢できる人が向いているといえるかもしれない。

僕は自分の学生に、始めてしまったんだから、向いているか向いてないかとか、なれるかなれないかとか、そんなこと考えないで、人にいうと恥ずかしいけど、自分は天才かもしれないと思ってやれと、言っているんですよ。だって、最初は、自分しかそうしてくれる人がいないんだから。それでいいと思っています。

インタビューを終えて

若いころの研究分野の変更は誰にでもあるものですが、教授という地位にありながらそれを行うことは、とても大変なことだということがわかりました。しかし、若いころから果敢に新しいことにチャレンジされてきた坂野先生は、東大に移るという方法によってそれを実現され、新しい分野で

見事に成果をあげておられます。研究者は何を目指して研究をするべきなのか。どのようにしてそれを実現するのか。そのようなことに、非常に真摯に向き合っておられる先生の姿に、成功の秘訣を見たような気がします。

あとかぎ：富士登山之記

牧島 一夫（物理学専攻）

めでたい新年にちなみ、「あとかぎ」は霊峰富士のお断を一つ。大学では私め、ワンダーフォーゲル部の出身で、現在もワンゲル部の顧問をしておりますが、富士山に登ったことがありません。そこでビッグバンセンター長を拜命した2001年、山本先生から、本号登場の富士山望遠鏡の視察のお誘いを頂き、二つ返事でお引き受けしました。さて登山前日の8月22日、日本近海でトグロを巻いていた台風11号が首都圏めがけて最後の突撃を開始し、あえなく視察は中止に。翌2002年8月20日に再起を期すと、またも台風13号が昨年と似たコースで接近して来ますが、今回は寸手で避けることに成功。台風一過の払暁、山本先生や山本研の若い衆の先達で、御殿場口の太郎坊（標高1300m）を出発します。まともに登ると7時間は要しますが、じつは荷物の番を兼ねて、ブルドーザーに乗せて頂きました。操縦レバーを握るは、11ページ写真のベテラン大親方です。この富士山運搬組合は、馬方（うまかた）や強力（ごうりき）の流れを汲む方々だそうで、みごとな職人技をもつ貴いプロ集団です。2台



8合目付近を下山する、山本先生（右）と筆者。
右上には山小屋、左下には雪渓と、背後には下界が見える。

のブルが連なり、山頂めがけて砂礫の裾野を初めは直進しますと、次第に傾斜がきつくなり、快晴無風の真夏でも、段々に寒くなりますな。いやあ驚きました、最後は残雪を横目で見つつ、急斜面をジグザグの切り返しで登り切り、およそ3時間でついに山頂・剣が峰の測候所にまで乗りつけるんですね。いささか高山病でふらつく眼で眺めると、眼下には白いサブミリ波望遠鏡。その内部を詳しく見せて頂きました。今日は最高の日和ですが、何せ4千メートル近い高度、荒れると命にかかります。そういう厳しい条件と限られた資源のもと、保守部品の備蓄、防風防寒や非常食、非常時の連絡と荒天時の安全対策、電力バックアップの自家発電、冷凍機からのヘリウム漏れによる窒息への対策など、きめ細かい配慮がみごとに施されており、センター長としては安心、実験屋としては感心いたしました。大学の一研究室を主体にこれだけのプロジェクトを遂行できるのは、誠にみごとです。息を切らせて外輪山に登れば、見える見える、眼下には駿河湾、伊豆半島、静岡の平野、富士五湖。目路を限るは南北中央アルプス、八ヶ岳、そして秩父連峰。なにせ富士山ですから、どちら様もこちらより低く見えますな。このスケールの大きさと高度感、さすが日本一の霊峰は半端じゃございませぬ。帰りは自分の足で山本先生と一緒に、砂走りを文字どおり砂礫と一緒に走り下り、山麓の人となりました。富士山は登る山じゃなくて見る山だ、という方もおられますが、どうしてどうして、登っても大したもんです。次回はぜひ自分の足で登ろうと思います、はい。

着々と工事が進む新1号館第Ⅱ期建物

利根川 伸一（理学部施設掛）

理学部の新1号館第Ⅱ期建物は地下2階、地上10階建の鉄骨鉄筋コンクリート構造をもつ、延面積約16,000㎡の建物で、昨年2月25日に安全祈願祭を行い3月より工事に着手しました。現在、地下部分の躯体工事が完了し、地上部分の鉄骨組上げ工事中で全体の3割弱まで工事が進んでいます。

Ⅱ期建物は既存建物（Ⅰ期工事部分）と各階2ヶ所の渡り廊下で接続する設計となっており、Ⅰ期、Ⅱ期を含め使い勝手も向上します。

特に現在建設中の2階大会議室は、昨年小柴名誉教授がノーベル物理学賞を受賞した記念に「小柴ホール」と名付けられ、1階から2階に向う階段の両サイドの壁にはニュートリノ観測をイメージしたレリーフ壁画（6M×3.6M×2ヶ所）も設置される予定となっています。その他、地下のシールドルーム、3階、5階の図書室を始め、実験施設、共用施設も充実しています。最上階には天体望遠鏡のドームも計画されています。

本年12月末の完成を目指し工事は順調に進んでおります。

第35巻5号 2004年1月30日発行

編集:

柴橋博資（天文学専攻）shibahashi@astron.s.u-tokyo.ac.jp

牧島一夫（物理学専攻）maxima@phys.s.u-tokyo.ac.jp

佐々木晶（地球惑星科学専攻）sho@eps.s.u-tokyo.ac.jp

武田洋幸（生物科学専攻）htakeda@biol.s.u-tokyo.ac.jp

田中健太郎（化学専攻）kentaro@chem.s.u-tokyo.ac.jp

鈴木和美（庶務掛）ksuzuki@adm.s.u-tokyo.ac.jp

岡田小枝子（庶務掛）s-okada@adm.s.u-tokyo.ac.jp

HP担当:

名取 伸（ネットワーク）natori@adm.s.u-tokyo.ac.jp

HP & 表紙デザイン

田中一敏（ネットワーク）kazutoshi@adm.s.u-tokyo.ac.jp

印刷・・・・・・三鈴印刷株式会社



活発な議論が展開された第4回公開講演会。
今回は学外より、立花隆、尾関章の両氏をお招きし、講演とパネルディスカッションを行った（p. 3～p. 7に記事）。

