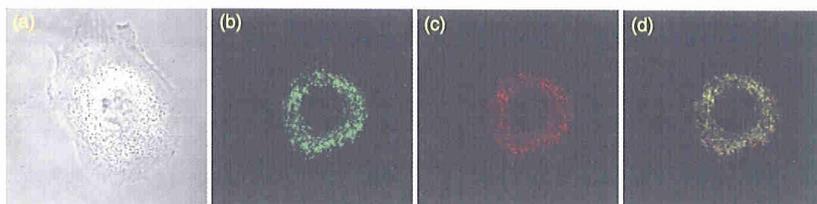
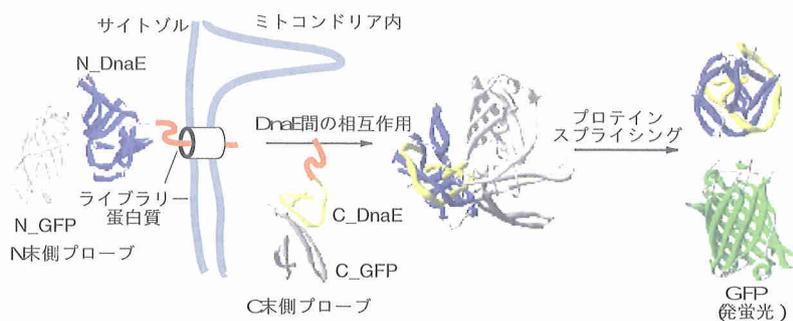


# 東京大学 理学系研究科・理学部ニュース

35巻3号 2003年9月22日発行

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

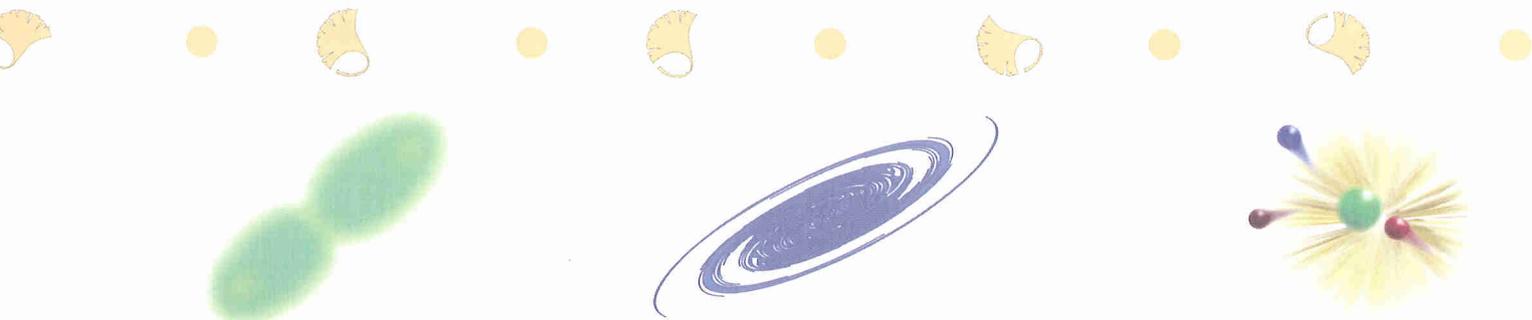
理学系研究科・理学部ホームページ  
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp>  
と連携しています。



ミトコンドリア局在蛋白質を遺伝子から調べる (Nature Biotechnology 2003年3月号掲載)

真核生物の細胞が正常に機能するには細胞内の蛋白質がそれぞれ適切な場所に存在しなくてはなりません。化学科の分析化学研究室では、細胞内のエネルギー産生場であるミトコンドリアに局在する蛋白質を遺伝子ライブラリーから調べる新しい方法を開発しました(上図)。実際に局在を確かめた蛋白質(下図)の中にはこれまでミトコンドリアにあると考えられていなかったものが多数あり、生物学的にも重要な発見が得られました。下図 (a) 透過光像、(b) GFP 蛍光、(c) ミトコンドリアの染色像、(d) bとcの重ね合わせ像

(関連記事 → 本誌 P.10)



# 目次

## サイエンス・ギャラリー

平成 15 年度の 21 世紀 COE 採択について	浦辺 徹郎 (地球惑星科学専攻) ……………	3
21 世紀 COE プログラム		
極限量子系とその対称性	佐藤 勝彦 (物理学専攻) ……………	3
21 世紀 COE プログラム		
多圏地球システムの進化と変動の予測可能性	山形 俊男 (地球惑星科学専攻) ……………	4
- 観測地球科学と計算地球科学の融合拠点の形成 -		
オープンキャンパス 2003 : 理学部の取り組み	佐野 雅己 (物理学専攻) ……………	6

## 博士学位取得者一覧・人事異動

東京大学理学系研究科・博士学位取得者一覧	……………	8
人事異動報告	……………	8

## 研究ニュース

実験生物ものがたり 8		
メダカの仲間たち — ゲノム再編と種分化研究のモデル —	成瀬 清 (生物科学専攻) ……………	9
研究室探訪 第 4 回 生命を、見る (梅澤 喜夫教授、化学専攻)		
	須賀 晶子・寺崎 晴美 (生物科学専攻) ……	10

## トピックス

第 1 回 理学先端産業懇談会		
「先端的計測で拓く基礎科学の未来」開催される	牧島 一夫 (物理学専攻) ……………	16
学会・講演会スケジュール	……………	18
あとがき	武田 洋幸 (生物科学専攻) ……………	19

## 平成 15 年度の 21 世紀 COE 採択について

理学系研究科広報委員長 浦辺 徹郎

昨年度から始まった 21 世紀 COE (センター・オブ・エクセレンス) 制度は、学長を中心としたマネジメント体制の下、専攻・附置研究所を如何にして世界的な研究教育拠点に育成するかという戦略を問うものである。

10 に分けられた学問分野のうち平成 15 年度には残りの 5 分野について公募が行われ、225 校の大学から 611 件の申請が出された。本年 7 月 17 日に採択拠点の公表が行われ、全国の大学で悲喜こもごもの風景が見られた。採択されたのは 56 大学の 133 件で、4.6 倍の競争率であった。

本学の理学系研究科が関係したのは「数学、物理学、地球科学」の分野で、86 件の申請の内 24 件が採択され、その内 4 件が東大であった。理学部関係では、物理学・天文学専攻等から提案された「極限量子系とその対称性」(拠点リーダー：佐藤勝彦) と地球惑星科学専攻等から提案された「多圏地球システムの進化と変動の予測可能性」(拠点リーダー：山形俊男) が採択された。

昨年と合わせると、本理学系研究科ではすべての専攻が拠点に選ばれたことになり、ひと安心といった所である。しかし研究科全体が選ばれたことの責任は重く、研究科長の下、大学院教育制度の飛躍的充実に取り組んでいく施策を話し合っている所である。

### 21 世紀 COE プログラム

#### 極限量子系とその対称性

専攻等名：物理学専攻・天文学専攻・原子核科学研究センター・ビッグバン宇宙国際研究センター・天文学教育研究センター、素粒子物理国際研究センター、宇宙線研究所、物性研究所

拠点リーダー：佐藤勝彦

現代物理学・天文学のフロンティアは、極微の素粒子・原子核、原子・分子からナノスケールの物質、そして巨大な銀河や宇宙全体にまたがり、また量子多体系における強相関効果や量子相転移、さらには複雑系における自己組織化や非平衡現象などの世界にも広がっている。それらフロンティアの多くは量子系であり、さらに超高エネルギー、極低温、大規模な秩序の発生など何らかの極限状態として位置づけられることから、「極限量子系」と呼ぶことができる。本拠点は、これら多様な極限量子系の構造とダイナミクスを既知の法則のレベルから深く理解するとともに、さらに進んで新しい基礎法則を探究することをその目標とする。

本 COE は、これらのフロンティアの研究を有機的に結びつけるため、物理学の根源的な理解の方法の一つとして、「対称性とその破れ」を旗印に掲げる。物理学の

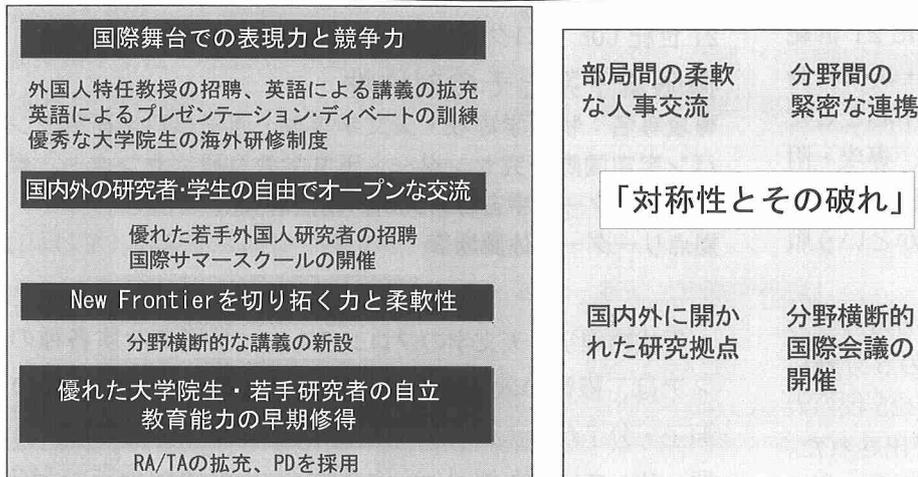
基礎をなす各種の保存則は、時空の一様性などの対称性から導かれる。また、自然界がある種の法則の下で対称であっても、実現される状態は非対称である場合も多く、インフレーション機構による宇宙創生、強磁性、超伝導、ヒッグス機構、原子核の回転など、広汎な物理現象が対称性の自発的破れとして理解される。すなわち「対称性とその破れ」という観点は、フロンティアに広がる広範な物理現象を横断的に解明する力をもつ。

本プログラムではこの旗印の基に極限量子系のフロンティアの研究の前進と融合を図り、すでに世界のトップレベルを走っている本 COE の研究をさらに大きく発展させることを目標とする。さらに、人工ナノ構造や量子情報処理、複雑系などの新しく興りつつある学問領域において新しい物理概念を構築し、新分野を創出・発展させることを

## Global Center of Excellenceの実現

世界で活躍する  
若手研究者の養成

世界をリードし  
既存の枠を超えた研究



目指す。また本 COE は日本の将来を担う研究者の養成期間としての重要な機能も担っているが、さらに教育環境の一層の国際化・多様化、具体的には外国人特任教授の招聘、英語による講義の拡充、英語によるプレゼンテーション・ディバートの訓練、優秀な大学院生の海外研修・リサーチアシスタントとしての雇用などを実施し、21 世紀の基礎科学を担う優れた人材の養成を推進する。また本プログラムに関連した国際会議を定期的に開催し、関連する研究分野の研究者を数多く招聘して共同研究を行う。大学院生に早くから国際舞台で活躍する機会を与える。以下に拠点形成のイメージ図を示す。

### 21 世紀 COE プログラム

#### 多圏地球システムの進化と変動の予測可能性

#### －観測地球科学と計算地球科学の融合拠点の形成－

専攻等名：大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、地震研究所、気候システム研究センター、海洋研究所

拠点リーダー：山形 俊男

地球惑星科学の究極のゴールは次の三点に集約できるであろう。すなわち、1) 地球・惑星とそれを取り巻く大気、海洋及び惑星間空間の現在の姿とその変動のメカニズムを理解すること、2) 太陽系の形成から現在に至る地球、惑星、生命の進化・発展の歴史を解明すること、そして3) 多圏相互作用系としての地球システムの未来変動予測に貢献することである。このように地球惑星科学は極めて理学的な側面を持つだけではなく、防災や危機管理の面からは

人類社会に直接的に貢献できる学問分野でもある。その研究手法は、自然の多様性・複雑性を認識する調査・観測、その中から普遍性を抽出する実験・解析・理論、そしてシステム全体を統一的に理解するためのモデリングやシミュレーションなど多岐に亘っている。

このように時空間においても手法においても非常に広範で多様な地球惑星科学の研究と教育を有機的かつ効果的に推進するため、地球惑星物理学、地質学、鉱物学及び地理学の 4 専攻が融合し、

2000年4月に新たに発足したのが地球惑星科学専攻である。今回、〈多圏地球システムの進化と変動の予測可能性〉のタイトルで認可された21世紀COEプログラムは、まさにこの融合を加速する上で時宜を得たものであるといえよう。このプログラムには、本郷地区を拠点とする狭義の地球惑星科学専攻を核として、地球内部変動メカニズムの解明をめざす観測研究拠点の地震研究所、気候・環境変動のシミュレーション研究を主とする気候システム研究センター、海洋及び海洋底の調査研究を主とする海洋研究所が結集している。その総体としての広義の地球惑星科学専攻の研究教育組織は地球惑星科学の全分野をカバーする、国際的にも最大級の拠点である。

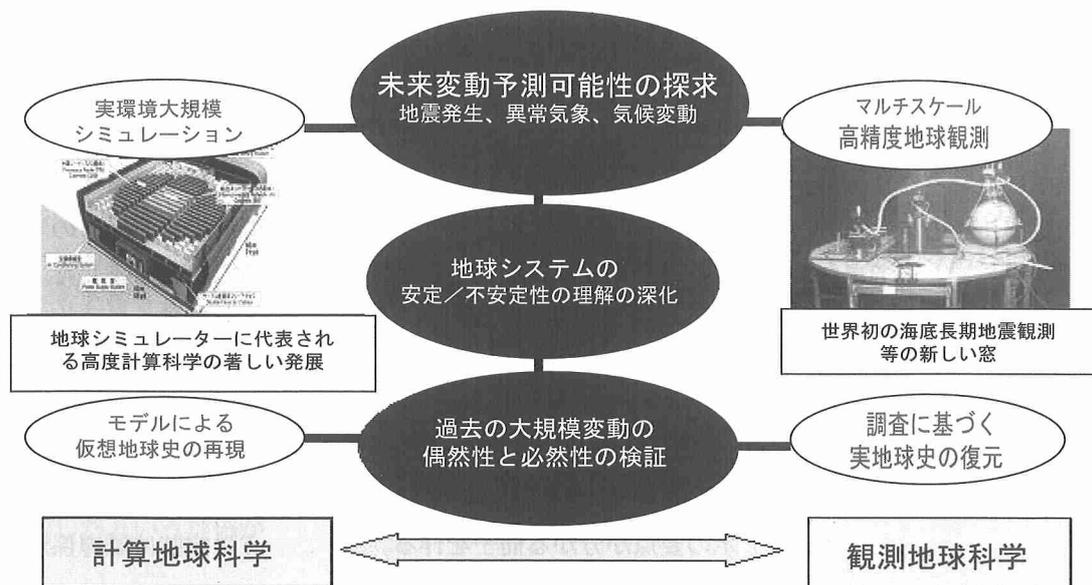
本拠点形成の目的は、地球進化のプロセスの必然性と偶然性の

検証の上に立って、時空間スケール及び支配法則の異なる諸過程が複雑に絡み合う多圏地球システムの未来変動予測可能性の探求を効果的に推進するための先端的研究教育体制を構築することにある。本拠点の特色は、過去の地質データの解析に基づく実地球史の復元と理論モデル計算による仮想地球史の再現を通じて現在の地球システムの安定／不安定性を検証すること、そのもとで国内外に展開してきた「マルチスケール観測網」を活用した地球変動研究と「地球シミュレータ」等を活用した大規模なシミュレーションを融合し、地球システムの未来変動の予測可能性を明らかにすることにある。これは、世界的にも初めての、21世紀の地球惑星科学が人類社会の存亡をかけて挑戦すべき重要課題である。本研究教育拠点の形成を通

じて、国内外の先端的研究者が結集し、次世代をリードする国際性豊かな若手研究者が継続的に育成されることになると期待している。

本拠点形成ではCOE特別研究員制度を整備し、海外の拠点研究機関(UCLA, PU, UH(米)、IPGP(仏)、SNU(韓)、北京大(中)、UQL(豪)等)との国際交流プログラムによる共同研究を推進すると共に、定期的に国際ワークショップ及びシンポジウムを開催して研究の活性化と情報の発信に貢献する。また、国際交流プログラムの推進により、PDクラスの若手研究者の育成を図ると共に、地球進化と未来変動予測に関する新コース「予測地球科学」を設け、高度計算リテラシー教育、科学英語教育や海外インターンシップの導入などによって大学院博士課程を充実させる予定である。

## 多圏地球システムの進化と変動の予測可能性



## オープンキャンパス 2003：理学部の取り組み

佐野 雅己（オープンキャンパス実行委員長）

去る7月31日（木）に全学オープンキャンパス2003が実施されました。理学部からは、6専攻と情報科学科、4つのセンターと施設、のべ51グループに協力を頂き、実演や講演、パネルやビデオなどの展示が行われ、訪れた約400名の高校生は「広がる素粒子の世界」や「ゲノム解析で探る人類の進化」など、天文、地球、物質、生命から情報にわたる多彩なテーマに目を輝かせていました。今回、理学部が行ったオープンキャンパスの特徴は初めて自由見学の形式をとったことにあります。今後の参考となることを期待し、その概要を報告致します。理学部でも昨年までは、他の学部と同様、定められたコースを引率に従って見学するという方式を取っていました。この方式は大学側の負担がある意味で最小となるやり方であったと思います。しかし、昨年アンケート結果では見学者から、展示内容には満足したものの、自分の見たい分野を見ることができなかった、という主旨の意見が大変多く寄せられました。そのことが昨年度の広報委員会の反省点となり、理学部では自由見学形式を取ることが決められ、計画がスタートしました。

しかし、後でも述べますように東大の全学オープンキャンパスでは、全体としてのスケジュールに大きな拘束があり、理学部独自に自由見学を行うためには様々な問題が予想されました。ここで簡単に全学オープンキャンパスの概要を述べますと、例年1200名の高校生を受け入れ、午前中に安田講堂で全体説明と講演会を行った後、午後から9つの学部・施設のうち自分が予め希望した2つのコースを、前半・後半それぞれ約2時間づつ見学するという方式が取られています。理学部ではこの全体1200人のうち、前半後半合わせて400人という全学部の中でも最大数の見学を受け入れました。

自由見学で最も心配された問題は、2時間という定められた枠の中、キャンパス内の端から端まで散らばった6つの学科の間を高校生がどのようにして移動し、自分の希望する場所を見学することができるのか、それを我々がどう援助できるのかという問題でした。そのため、広報委員会では以下の2つの対策を考えました。

1. 見やすい案内図を作り、展示の要点が分かる冊子を作る。

2. 建物間の移動を案内するガイド役を設ける。

1については、各学科で公開を希望する研究室を募り、展示のテーマと簡単な説明、講演・実演・パネル展示などの種別を報告してもらおう一方、広報室には各建物の配置図や、建物の立体図を簡略化して見やすく色分けしたものを作っていました。時間的に余裕のない中、広報室の手作りで作業が進められ、公開研究室が多かったこともあり、最終的に22ページもある立派なパンフレットが仕上がりました。自画自賛になりますが、このパンフレットには他学部の担当者も感心された方が多かったと聞いています。しかしその一方で、実際に短い時間内に地図だけで目標にたどり着ける人は少ないと考え、パンフレットはあくまでも建物内の移動とテーマの検索に使ってもらうことにして、建物間の移動は2で述べたように誘導係のアルバイトの学生にお願いすることにしました。

移動は、各建物から他の建物に向かって定時に誘導員が引率することで何とか対処することにしました。自分の見たい学科の貼り紙の前で待っていると、定期便のように定時に誘導係が引率してくれ



るという方式です。しかし、このやり方でも建物の遠近により人数にばらつきが出ることは十分予想されましたので、実際には一回目の移動には各学科30～40名程度の人数制限をつけさせてもらいました。また、人数の少ない学科は呼び込みや宣伝をするなど、各責任者のその場の機転による行動がうまく働いたことも付け加えておく必要があると思います。

さて、実際に午後の公開が開始すると、思いのほかスムーズに事が運び、少なくとも最初は各号館に人が分散され順調に進行しました。しかし、前半の2時間はほぼ問題なく終了したものの、後半になると定期便の時間割からずれて集まる高校生が目立ち始め、誘導が予定通りに進まなくなる場面も見られました。そのため、待機していた予備のアルバイトの方達にフルに活動してもらい、建物間の誘導を行いました。この頃になると慣れてきたアルバイト、理学部庶務の方々、各学科の担当者などで手の空いている人から、自ら率先して誘導を買って出てくれるようになりました。最後には見学者が例えば1人であっても「どこそこの学科に行きたい」という希望をかなえてあげようと皆さんが自分から進んで誘導してくれたことには大変感激しました。その姿勢が高校生の側にも伝わり、アンケートではガイド役の学生や教官がとても親切で感激したという評価が

いくつか見受けられました。計画からのずれが生じた場合には、スタッフの協力体制がいかに重要であるかを考えさせられた場面でもありました。

一方、時間が経つにつれ1号館に人が集中する傾向が見られるなど、いくつかの課題も残りました。また、各建物内でも、見学者の数に多少の差があったようです。パネルだけで説明のあまりない展示に対してアンケートの評価はそれほど高くなかった反面、理論と実験を上手に組み合わせ、理論の説明をしたあとに隣で実験をして見せた企画などはアンケートの評価も高いものが多く見られました。

全体の評価としてはやはり自由見学にして改善された面が多かったと結論できると思われます。簡単な聞き取り調査では、昨年度は一部屋当たり、のべ20人程度の見学者だったのに対し、今年度は60名程度の見学があったという報告を聞きました。建物の遠近の差をどう解消するかなど課題は残りますが、アンケート結果にも昨年のように、見たい分野が見られなかったという不満は殆ど見受けられず、最高位の評価が多かった点を見ますと結果としては成功であったと言えるのではないのでしょうか。

日頃研究で忙しいスタッフや学生がオープンキャンパスの準備などに費やす負担は決して少なくないため、毎年このような催しを盛

大にやることには抵抗を感じる方も多いと思われます。しかし、3分の1くらいの研究室が交代で公開を行えばその負担は3分の1ですみます。また、やっかいな建物間の誘導という問題も、全学が自由見学方式を採用すれば理学部として誘導をする必要はなくなり、見学者は本当の意味でキャンパス内を自由に見て回れるようになります。またその方がより多くの見学者を受け入れることが可能になります。オープンキャンパスはほんの一例にすぎませんが、社会に対して開かれた大学を求める声は今後益々強まっていくと考えられ、それに比例して増える負担をどうすべきか大学にとって悩ましい選択が突きつけられている気がします。アイデアを出し合うことで解決可能な問題も多いように思われます。

最後になりますが、理学部の研究分野は宇宙から物質、生命、素粒子まで果てしなく広がっています。その中で、世界でも最高・最大レベルにある本理学部で行われている研究の一端に見学の高校生達が触れ、目を輝かせ、将来への思いや科学への期待をふくらます手助けになれば、オープンキャンパスの1日の苦労は報われるのではないかと思います。展示や運営に協力頂いた皆様に感謝してこの報告を終わります。

東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧

(2003年6月～7月)

平成15年6月23日付学位授与者(2名)

情報 新堂 克徳 ユビキタス情報空間における対話モデル  
 物理 榎 直人 明野広域空気シャワーアレイで観測した最高エネルギー宇宙線の研究

平成15年7月30日付学位授与者(3名)

物理 谷川 雄洋 マイクロ4端子プローブ法による表面相転移での電子輸送の研究  
 地惑 神山 裕幸 トッタベツ深成岩体の岩石学的研究：化石マグマ溜りの鉛直断面  
 生科 佐藤 徹  $\gamma$ セクレターゼの解析

平成15年7月31日付学位授与者(1名)

生化 江指 永二 胸腺内マクロファージの起源、分化機構及び機能の解析

人事異動報告

(講師以上)

所属	官職	氏名	異動年月日	異動事項	備考
生科	教授	中野 明彦	H15.8.1	採用	
生科	助教授	川口 正代司	H15.8.1	転任	新潟大学理学部から
臨海	講師	吉田 学	H15.7.1	採用	
物理	講師	井手口 栄治	H15.8.1	採用	

(助手)

所属	官職	氏名	異動年月日	異動事項	備考
化学	助手	此木 敬一	H15.6.30	辞職	(休職中辞職)

## 連載シリーズ「実験生物ものがたり」

実験生物ものがたり 8

メダカの仲間たち

— ゲノム再編と種分化研究のモデル —

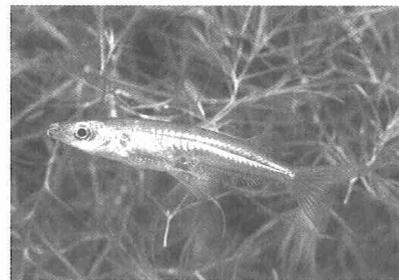
成瀬 清 (生物科学専攻)  
naruse@biol.s.u-tokyo.ac.jp

メダカ (*Oryzias latipes*) の含まれるメダカ属はアジア固有の属であり、現在 19 種ほどが報告されている。メダカ属が含まれる *Adrianichthys* 科にはそのほかに *Horaichthys*, *Adrianichthys*, *Xenopoecilus* の 3 属が含まれている。これらの種は淡水から海水まで様々な環境に適応しているとともに、生殖様式や性決定等それぞれ異なる生活様式を発達させている。

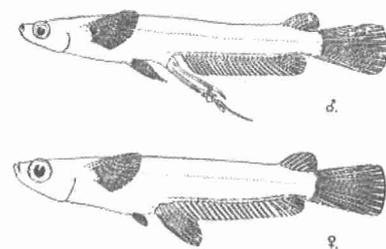
メダカ属魚類をもちいた種分化・進化研究は核型分析を用いて開始されたが、現在ではミトコンドリア DNA 配列による分子系統学的研究もすすみ、その系統関係もほぼ明らかとなっている。これらの解析からメダカとその仲間は大きく 3 つのグループ (両腕型、単腕型、染色体融合型) に分かれることが示された。メダカはそのなかでも両腕型グループに属する。このグループにはハイナンメダカ、ルソンメダカ、メコンメダカの 3 種も含まれる。メダカの最も近縁な姉妹群はハイナンメダカとルソンメダカである。ハイナンメダカとルソンメダカは形態的にも、遺伝子配列からもはっきりと区別することができる別種であるが、種間交配が可能であり、戻し交配もできる。これを用いて、我々と新潟大学のグループは、ハイナン/ルソンメダカ

の遺伝子地図の作成をおこなっている。この研究からルソンメダカの性染色体がメダカとは異なることが示唆されるなど、いくつかの興味深い結果をすでに得ている。染色体融合グループはスラベシ島 (インドネシア) の 4 つの湖を中心に分布している。*Adrianichthys* 属, *Xenopoecilus* 属も同じ湖に分布しており、スラベシ島は *Adrianichthys* 科の種分化を考える上で最も重要な地域である。*Xenopoecilus sarasinorum* (図 1) は産卵後、孵化まで雌が腹部に卵を付着させ保護するという特異な生殖様式をとる。これは卵胎生と卵生の中間的段階を想像させる。一方、インド南部に分布する *Horaichthys setnai* (図 2) の雄は卵胎生魚類の雄が持つ gonopodium という体内受精をおこなう器官を持つにもかかわらず、雌は産卵をおこない、いわゆる卵胎生の生殖様式をとらない。メダカ属魚類は一般には淡水性であり、基本的には淡水で発生が進行する。しかし単腕型グループに属するジャワメダカでは海水中で受精がおこなわれ、海水中で発生がすすむ。成熟個体もマングローブ林をすみかにしており、その生態はまさに海産魚である。

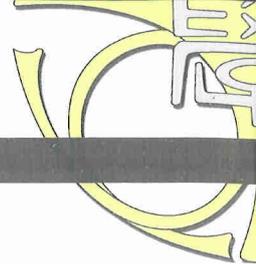
メダカでは現在、高密度遺伝子地図、BAC ライブラリーの作成等、実

図 1. *Xenopoecilus sarasinorum*

験基盤整備が進み、数年以内には完全なゲノムシーケンスも発表されようとしている。これらの研究によりメダカの生物学は新たな局面を迎える。そのなかで比較ゲノムに基づくゲノム再編、種分化機構の分子レベルの理解は重要な研究分野の一つになると考えられる。メダカでは遺伝子導入技術や突然変異誘発など実験的手法も充実しており、比較ゲノムによって明らかになった遺伝子レベルの変化を実験的に確かめることも可能である。比較ゲノムと実験生物学的手法を組み合わせた新たな展開が期待される。

図 2. *Horaichthys setnai* 「メダカの生物学と品種」(佑学社) より

本連載は今回で終了します。生物学専攻で扱っている、ちょっと変わった生き物を紹介していただきました。執筆者の皆様、ご協力ありがとうございました。



研究室探訪 — 第四回 —

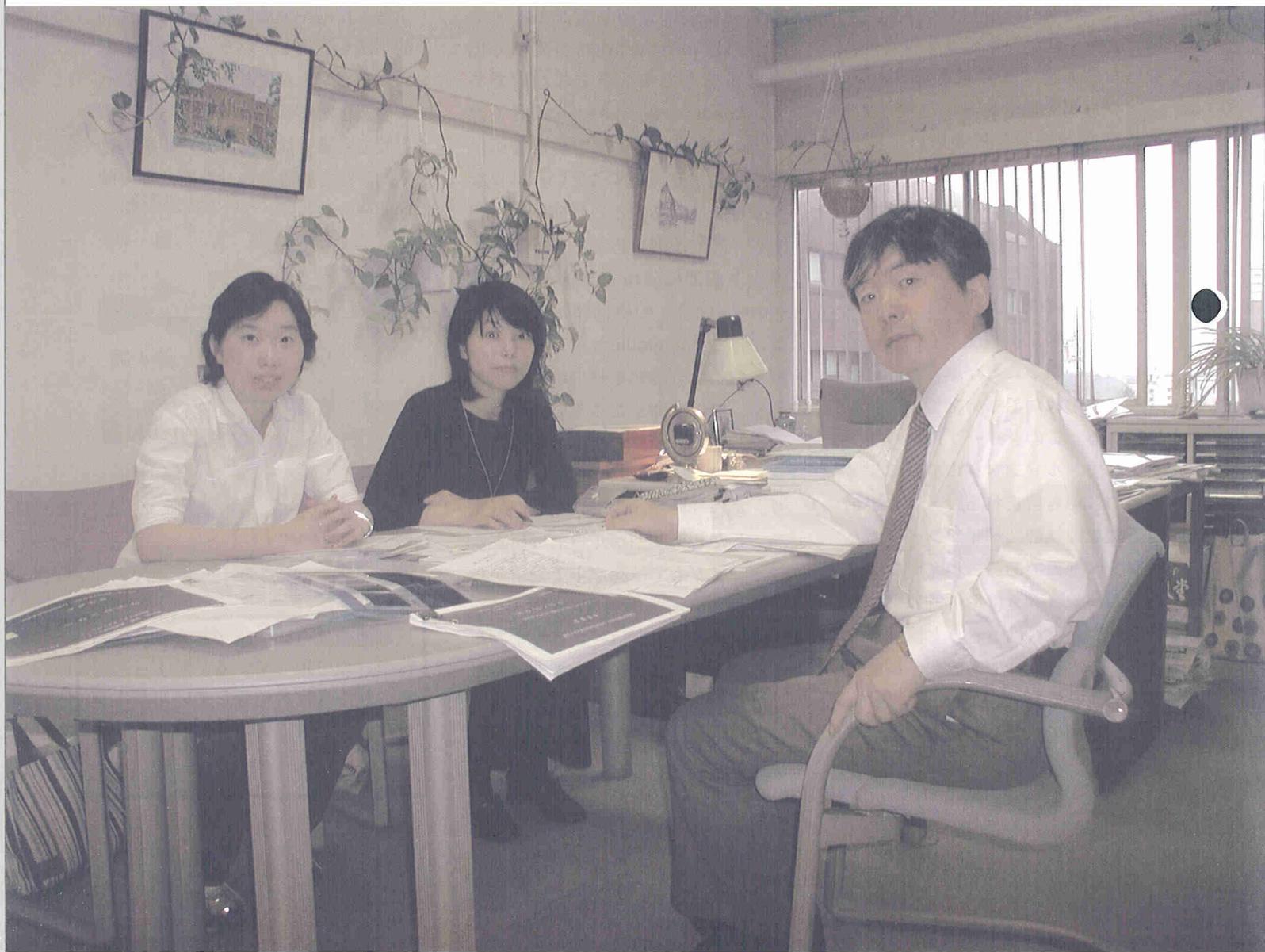
# 生命を、見る

梅澤 喜夫教授（化学専攻 分析化学研究室）

聞き手：須賀 晶子（生物科学専攻 博士課程1年）

寺崎 晴美（生物科学専攻 博士課程1年）

今回お尋ねした梅澤研究室では「生体分子の蛍光プローブ」を作って、細胞内の様子を見ている。分子内の変化や分子間の相互作用を、生きたままの状態で見ることができるという。



## 生物のしくみを利用する

**須賀** 表紙の論文 (*Nature Biotech.*, 21, 287 (2003))では、ミトコンドリアに局在する蛋白質を新しい方法で探すことができたということですが、具体的にはどのような方法なのでしょうか。

**梅澤** これは、調べたい蛋白質がミトコンドリアにある場合にだけ蛍光が光るようにしたんです (表紙参照)。まず、緑色蛍光蛋白質 (GFP) のC末側半分とDnaEという蛋白質のC末側をつなぎます。そして端にミトコンドリアに移行させるための29アミノ酸をつけておく。この融合蛋白質がミトコンドリアで常に発現している細胞をつくります。次にGFPとDnaEのN末側半分に局在を調べたい蛋白質をつけて、この細胞に導入してやる。調べたい蛋白質がミトコンドリアに移動する場合にだけ、蛋白質のスプライシングが起きて完全なGFPの蛍光を見ることができるようなんです。

**須賀** GFPを分ける位置は自然にあるものなのですか？

**梅澤** いや、人工的に作ります。

**須賀** 適当に？

**梅澤** いやいや (笑)、半分のGFPだけでは発光しないようにいろんな位置を考えるんですよ。ただし蛋白質のスプライシング

というのは生物の中で実際におきることで、それを利用しているんです。今回はミトコンドリア移行シグナルをつけましたが、ここをゴルジ体など他のオルガネラ<sup>(1)</sup>に移動するシグナルに変えてやればいろんな場所にある蛋白質を蛍光で探すことができます。

細胞内に局在する蛋白質をとってくる方法は2つあって、一つは組織からミトコンドリアだけ集めて蛋白質を精製して泳動して質量分析にかけるという生化学的な方法。

**須賀** ええ

**梅澤** もう一つは今回のような方法。cDNAライブラリーの配列を使って、ある蛋白質がミトコンドリアに移動するかどうかを

遺伝子から攻めていく。

**須賀** それぞれに長所と短所があるんですか？

**梅澤** そうですね。論文の解説にもあるように、生化学的方法ではまだとりこぼしがあります。私たちの方法でも取りこぼしはありますが、生きている細胞内で蛋白質の局在が分るのが強みです。

**須賀** 確かに、生きたままでというのは生物の研究に魅力的ですね。

## 見る方法、 見えてくるもの

**須賀** ところでどうして細胞内分子の局在を見ようと思ったのですか？

**梅澤** この研究室のテーマは「見

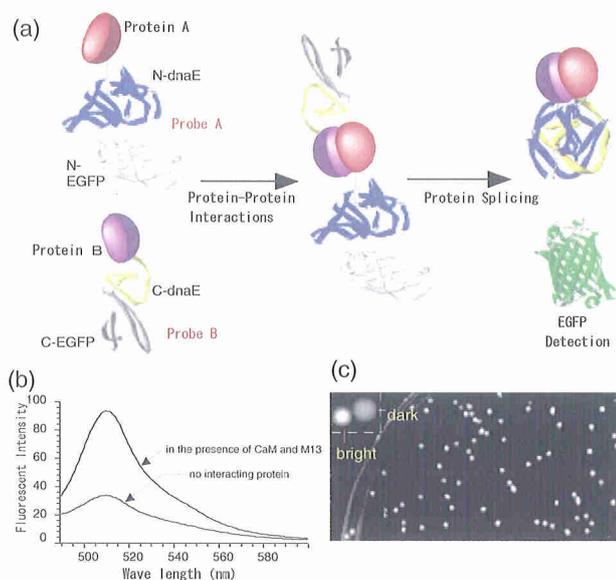


図1 (a) 蛋白質相互作用検出プローブの原理。(b) 相互作用する蛋白質がある場合、ない場合の蛍光スペクトル。(c) 相互作用する蛋白質を持つ大腸菌の蛍光イメージ (明るいスポットが相互作用蛋白質をもつもの) (*Anal. Chem.* 2001, 73, 5866 より転載 ©2001 American Chemical Society)

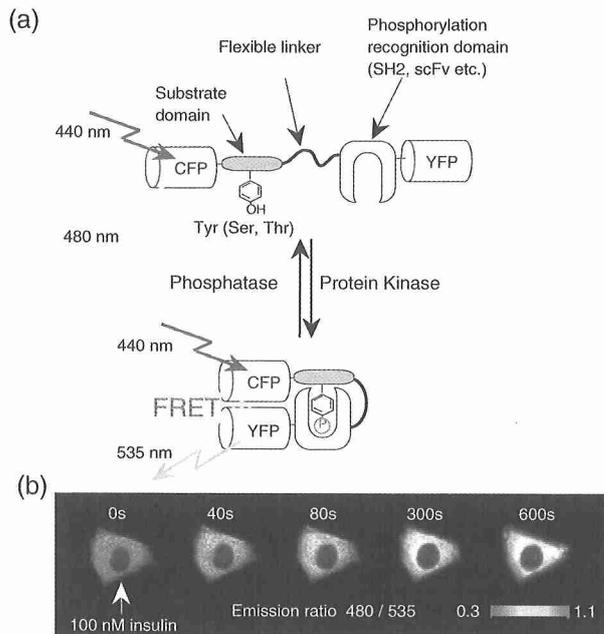


図2 細胞内の蛋白質リン酸化を見る蛍光プローブ  
 (a) リン酸化検出プローブ (phocus) の原理。シアン色蛍光蛋白質 (CFP)、黄色蛍光蛋白質 (YFP) はオワンクラゲ由来の緑色蛍光蛋白質 (GFP) に変異を入れて色を変えたもの。(b) インスリン (100 nM) 投与前 (time 0)、投与後 40 秒、80 秒、300 秒、600 秒の CFP/YFP の蛍光強度比を疑似色で表した。ヒト・インスリン受容体発現型チャイニーズハムスター卵巣細胞で、核外輸送シグナルペプチドをつけたプローブを発現させた。(Nature Biotech. 2002, 20, 287 より転載 ©2002 Nature Publishing Group)

須賀・寺崎 ほんとに、マウスの一部だけ光ってますねえ…  
 梅澤 それに、細胞内シグナル伝達に重要なリン酸化。シアン色蛍光蛋白質 (CFP) と黄色蛍光蛋白質 (YFP) の間にリン酸化される基質とリン酸化認識部位をつないでおくと、リン酸化が起きたときだけ見える蛍光の色 (波長) が変わる。基質と認識部位を変えればいろんな分子のリン酸化を見ることができま (Nature Biotech., 20, 287 (2002))。(図2)

須賀 ずいぶん沢山の種類があるんですね。どの分子のプローブを作るか、どうやって決めるんですか？  
 梅澤 それは、シグナル伝達のキーポイントになる分子がある程度分っているので、沢山ある分子の中で優先順位ができてきます。(図3)

えないものを見る“Seeing what was unseen”」なんです。局在だけでなく細胞内のシグナル伝達物質を網羅的に見るという方向で研究しています。

例えば蛋白質の相互作用を見られるプローブ。これは GFP の N 末側と C 末側それぞれに蛋白質をつないで、2つの蛋白質が相互作用したときだけ蛍光を見ることができます。(図1)

近赤外光で光るルシフェラーゼを使ったプローブでは、この波長が組織透過性なので個体の特定の部分でおこる蛋白質の相互

作用を見ることができます (Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 99,15608 (2002))。

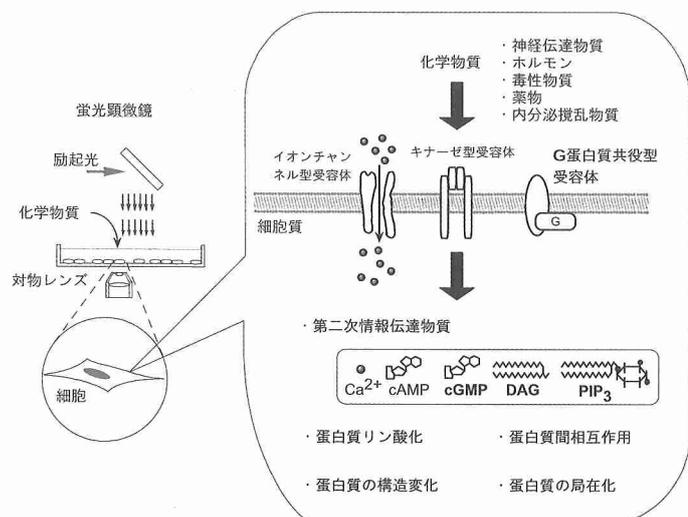


図3

色々な分子のプロープを作製して使うと今まで考えられていなかった現象が見られるようになることもあります。例えば Akt/PKB という大切なキナーゼは<sup>(2)</sup>、ステロイドホルモンの刺激によって細胞質ではなくゴルジ体やミトコンドリアの膜上で活性化していることを見つけました。一方、おなじ Akt を活性化するインスリンは、ゴルジ体では Akt を活性化するがミトコンドリアでは活性化しないことが分かりました (*J. Biol. Chem.*, 278, 30945 (2003))。また、脂質セカンドメッセンジャー PIP3 の可視化プロープにより、PIP3 が細胞膜だけでなく、エンドサイトーシスした受容体に刺激されて、小胞体やゴルジ体膜に大量にできていることを見つけました。この別々のオルガネラ膜にできた PIP3 が、それぞれのオルガネラの機能を特異的にコントロールしているのではと考えてます (*Nature Cell Biol.*, in press)。

## 細胞の中へ、中へ

須賀 先生はずっと生体内の分子を見る研究をされてきたんですか？

梅澤 東大から北大に教授で移ってすぐは微量物質を検出する方法を研究していました。「イオンチャンネルセンサー」といって、名前は生体のイオンチャンネルから採っ

ていますが細胞内ではなく電極板に特定の分子をつけたものです。例えばグルタミン酸チャンネルをつけると L 型グルタミン酸と D 型グルタミン酸を区別して濃度を知ることができます。

ところが、この研究中に、チャンネルとグルタミン酸の結合の強さは必ずしもその後起こる反応の強さを反映していないことが分ったんですね。つまり、生体でも受容体と結合する物質との結合の強さは細胞内で起こる反応の強さを現しているわけではない。じゃあ細胞内の各ステップを見たいと思うわけです。

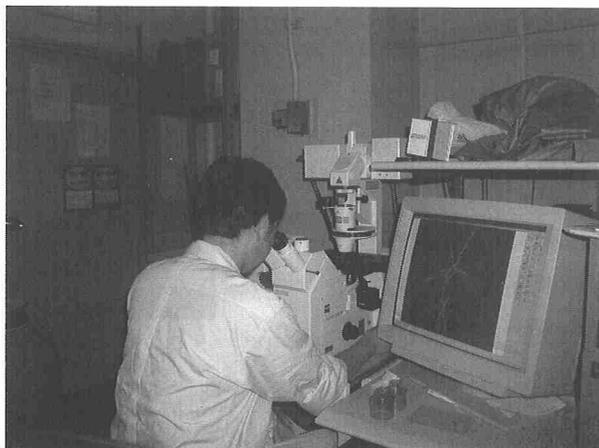
生体内の現象、例えばリン酸化を化学的に見るには、電極にリン酸と結合する有機分子をつけておくと微量なリン酸を検出できます。ところがこの分子を生体内に入れてもリン酸化を見るのはたいへん難しい。それで今回のように蛋白質を使った蛍光プロープに到

ったといえます。もっと簡単な方法があればそれを使っていたかもしれない。

生体内の現象を見る方法には MRI や PET などがありますが、例えば MRI の分解能が数 mm オーダーなのに対して蛋白質プロープの分解能は 200nm です。それに有機合成物のプロープでは難しい複雑な現象も見ることができます。なによりいいのは物質の動きや反応そのものを、生きたままの状態で見られる点です。

## 分子を、見て区別する

須賀 先生の研究室では金属等の分子の状態を見る研究もされていますよね。ちょっとイメージがわからないのですが、こちらはどのようなものなんでしょうか。  
梅澤 これは今までの細胞の話とは違って、走査型トンネル顕微鏡を使います。これはトンネ



蛍光顕微鏡で細胞を観察中

ル電流を利用するもので。

須賀 ……<sup>(3)</sup>

梅澤 普通はそれぞれの分子が何か、どう修飾されているかというところまではぼんやりして見えないんですが、探針の先端を化学修飾することで、水酸基とカルボキシル基や錯体の中心金属を区別できたんです。これは探針（金など）と見たい分子Aとの間にもう一つ分子Bを介在させ、分子A・B間の特定の局所で電子波動関数の重なりを生ずるような相互作用を仕組むことにより、そこを通してトンネル電流が促進されていることがわかりました (Anal. Chem., 74, 4275 (2002)) (図4)。

寺崎 先端の修飾にはいろいろあるんですか？

梅澤 これは見たい分子や官能基に応じて決めます。例えばDNAの塩基 (A, T, C, G) を区別することもできるんです。

須賀 ということは、シーケンサーが作れるんですか？

梅澤 キャピラリー電気泳動型のものとは原理の違う物ができます。実際に作れるかどうかはまだ先の話ですが、学術的にも面白い話だと思いますよ。

須賀 話が戻りますが、先ほどの蛋白質プローブとこの走査型トンネル顕微鏡の研究に先生の中での共通点はあるんでしょうか？

梅澤 それはもう「見えないものを見る」ことです。わからないことは沢山あるけれども、新しい方法ができて初めて新しい対象に迫ることができる。蛋白質プローブは「何が、どこに、どのくらい」あるかを時間軸に沿って見ることができる新しい方法です。また、化学修飾探針STMは“化学”促進分子間電子トンネル効果を利用した分子イメージングで新しい方法です。

寺崎 いろんな現象を見るのに使えそうですね。

梅澤 私たちの研究室で作った生細胞内情報伝達の可視化プローブ類は、生物の基礎研究用だけでなく、細胞情報伝達を増強・抑制する生理活性物質、とくに医薬品、毒物、内分泌攪乱物質等の高速スクリーニングに役立つと思います。もちろん基礎研究でも沢山使って欲しいですね。今までも研究者の方からの申し込みに応じてプローブのcDNAを送っています。

使いたいことがあったら…

須賀・寺崎 それはぜひ。

<ここで助手の佐藤先生にもお話を伺えることに>

須賀 例えば蛋白質のスプライシングですが、生体内の仕組みを使おうという考えがもともとあったんでしょうか？

佐藤 僕はそのプローブの研究ではなかったんですが、基本的に「見る」のがテーマなので蛋白質を使うことにこだわりはありません。機能分子を有機合成してもいい。目的の生体分子やリン酸化などの生体反応を上手く検出できる方法がそれしかなかったので、結果的に蛋白質を利用したけれどもその方法が必然的だったとも言えます。

須賀 先ほど2年くらいで一つのプローブを作ると伺ったのですが、どのように研究を進めていくんですか？

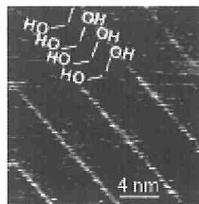
佐藤 まず僕たちスタッフとP

Conventional STM



CH<sub>3</sub> and OH groups of octadecanol look identical.

Chemically Selective STM



Positions of OH groups of octadecanol appear as white stripes.

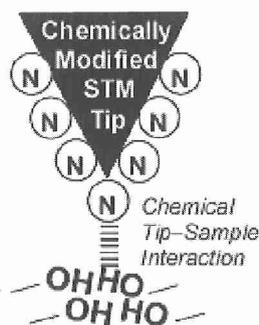


図4 化学修飾STM探針による官能基の識別 (Anal. Chem. 1998, 70, 255)

ローブの設計をディスカッションして新しい手法を作って、見るというのが大筋です。

寺崎 その最初の設計が一番大事だと思うんですが、どのくらい時間をかけるんですか？

佐藤 その通り、ここが一番大切なので、だいたい一ヶ月は文献を調べて設計を考えます。それから上手くいきそうなプローブ候補を3、4個作ってみます。そして、細胞で試してみる。

寺崎 3、4個から…そんなに上手くいくんですか？

佐藤 最初を慎重にしますからね。もちろん、試して上手くいても改良が必要です。実験でそうですね（笑）

寺崎 そうですよえ（笑）

須賀 化学科の学生が多いと思いますが、生物学の知識や実験はどうしているんですか？

佐藤 生物を高校で選択していない人も多いし、こちらも生物学の知識や技術を最初から期待しているわけではないです。だいたい研究室に入ってから勉強していますね。実験も、最初は研究室に生物系の技術を持っている人がいませんでしたから、分子生物学や細胞を扱っている研究室で技術を学んでこちらで立ち上げました。

須賀 え、じゃあ今は生物系の設備もそろっているんですか？

佐藤 ええ。細胞を使う実験が

一通りできるようになっていますよ。

（実際のところ生物系の研究室と思うくらい、整っていました。）

須賀 最初に技術を学ぶ学生の反応はどうですか。まったく新しいことで大変だとか…

佐藤 いやあ、僕たちも実験方法は論文で読んでいて、それを実際やってみることができるんだから相当面白いですし、（学生も）そうだと思いますよ。

## モノづくりの先は

須賀 プローブを作ること自体が主かと思ったのですが、それを使って現象を見るところまでがテーマなんですね。

佐藤 そうですねえ…実際に使ってみるのは、その方法の証明ともいえますね。

梅澤 新しい技術は広めるのも重要ですからね。手法を作ったというだけでなく、それを使った新しい発見を生物系の雑誌に載せたいですね。逆に方法から新しい現象が見えてくるのも面白い。

佐藤 やはり僕たちは方法を作るところから入っていくので、その先のことはどちらかというとな不得手かもしれません。そこで生物系の人と共同研究できるといいですね。

寺崎 本当にそうですね。お互いよく知らないことが多いので、研

究会があればいいなと思います。

佐藤 そう、合同研究会があるといいですね。

須賀 最後に、化学と生物学など色々な分野がクロスする中で学生にはどのように研究して欲しいですか？

佐藤 新しい方法を開発するのも、方法を改良するのもいい研究だと思います。できればその先に、どうやって生命を研究するかという考えを持ってほしいです。

梅澤 生物学の人は「見たいもの」からくるけれど、僕たちは「見る方法」から入るんですね。だから、応用のきく、残る仕事を世に出していくことが重要だしやりがいもあると思います。物づくりの、その先まで見て研究してほしいですね。

(1) オルガネラ：細胞の中の膜に包まれた構造。それぞれに機能がある。

(2) Akt：成長因子、ホルモン、細胞分裂促進因子、サイトカインなどによる細胞内シグナル伝達に関するリン酸化酵素。

(3) 走査型トンネル顕微鏡 (STM)：探針と試料が非常に近づいたとき (1nm 程度) に流れる電流 (トンネル電流) を利用して原子の状態を見ることができる。

## 第1回 理学先端産業懇談会 「先端的計測で拓く基礎科学の未来」開催される

牧島 一夫（第1回懇談会実行委員長、物理学専攻）

基礎科学への逆風が強まる中、小柴名誉教授のノーベル賞は誠に大きな喜びである。この快挙の舞台となったカミオカンデ装置は、周知のとおり、「誰も解けない謎を解き、見えないものを何とかして見たい」という小柴先生の情熱と、晝馬輝夫（ひるま・てるお）社長の率いる浜松ホトニクス社の卓越した先端産業技術とが結びついた結果、誕生したものである。この好例に代表されるように、じつは理学研究と最先端の産業技術とは、多くの局面で深いつながりを有している。

そこで昨年12月の教授会において、佐藤研究科長（当時）の発議のもと、小柴先生の受賞を記念する事業の一環として、《理学・先端産業懇談会》の立ち上げが決議された。近年、低迷する景気を回復すべく「役に立つ」研究のみが高く評価されたり、国立大学の法人化をひかえて大学教員がベンチャー起業家になることが奨励されたりする風潮が強い。しかし、こうした近視眼的な方向に偏り過ぎると、日本の科学・技術の基礎体力は大きく低下しかねない。企業と理学研究者がそれぞれの独自

性を活かしつつ連携し、長期展望に立って基礎科学を振興することこそ、両者の底力をともに増すために必要である、というのがこの懇談会の趣旨である。これはまた、企業との連携を声高には語らなかった理学系のこれまでの体質を、自ら問い直すという意味ももっている。

大学側の発起人としては、佐藤研究科長（当時）を代表に両評議員が加わり、企業側の発起人代表には、浜松ホトニクスの晝馬社長にご快諾を頂いた。また出発時点では、無理に理学系のあらゆる分野を網羅するより、まず物理分野に重点を置くこととした。そこで樽茶教授（物理学専攻）の紹介で、NTT先端技術総合研究所の東倉洋一（とうくら・よういち）所長（現・同研究所R&Dフェロー）、同じく長谷川助教授の紹介で日立製作所基礎研究所の長我部信行（おさかべ・のぶゆき）所長に、白羽の矢をお届けした。その結果、ご両名にも発起人をご快諾いただいたのみならず、先端産業の立場からも基礎科学が重要であるので、懇談会の試みに全面的に賛同したい旨の、心強いメッセー

ジを頂戴した。

こうした経過の下、理学系研究科の予算措置を頂いて、さる7月25日（金）に第1回の懇談会が「先端的計測で拓く基礎科学の未来」と題して、理学部化学館5階の講堂で開催された。「今日の基礎科学は、数十年先に、産業技術のベースとして貴重な礎を提供するでしょう。未来に向け、大学と企業の間《出合いの場》を設けます」がキャッチフレーズである。開催の案内は広報室にお願いし、ホームページに掲載するとともに、ポスターを掲示して研究科内への周知をはかった。企業へは、研究科メンバーの個人的な知り合いを紹介して頂く形で宛先を絞り込み、約180通の案内状を送付するとともに、マスコミにも通知を流した。当日は、理学系外からは企業技術者の方々を中心に51名、理学系内からは教職員や大学院生を含め約60名、あわせて約110名の参加者があった。予想を上回る数で、案内状、クチコミ、ホームページ、学内向けポスター、いずれも有効に機能したようである。

午前は講堂にて発起人から講演

を頂いた。折あしく岡村研究科長は国際会議に出張のため、まず佐藤教授より、本懇談会の設立趣旨と経過が紹介され、基礎科学の未来にむけて課題と抱負が述べられた。ついで東倉氏と長我部氏からは、先端産業の企業活動が理学のさまざまな分野の基礎研究と緊密に結びついていることを、わかりやすい数多くの事例でご説明いただいた。ゲノム解析、トンネル効果、音声認知、ベクトルポテンシャルなど、理学の基礎研究の用語が次々に飛び出したことは、とくに大学院生にとって新鮮な驚きだったと思う。講演の途中で短時間ながら、小柴先生も会場にお見えになった。締めくくりは晝馬社長にお願いし、「誰も解けない謎と誰もできないこと」という、この懇談会にあつらえ向きの演題のもと、《暗黙知》(Tacit Experience；熟練工に代表される身体に染み付いた知識)と《形式知》(Explicit Knowledge；教科書的に体系化された知識)の対比など、含蓄あふれるお話を頂戴した。どの講演もたいへん面白く示唆に富み、居眠りする参加者は皆無に近かった。日ごろの大学の講義も、かくありたいものである。

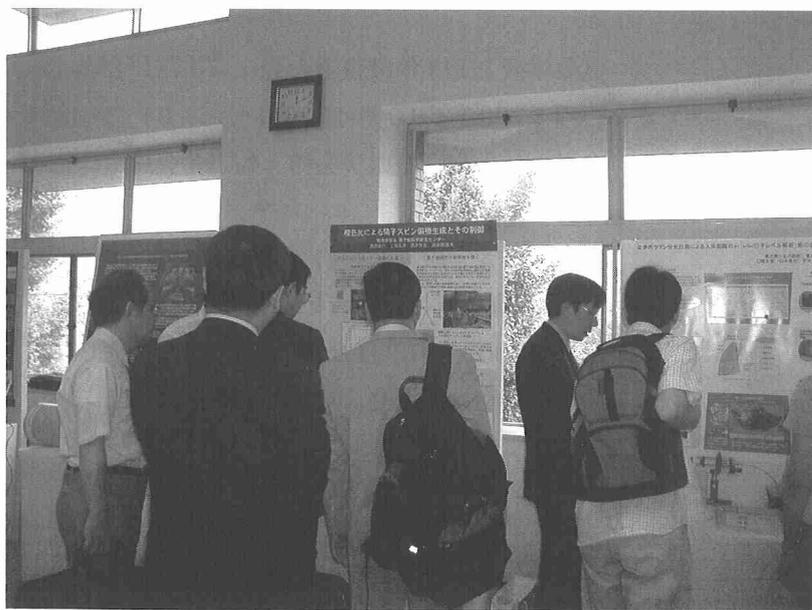
午後は、物理学専攻、原子核科学研究センター、地球惑星科学専攻、化学専攻などから、合わせて8件のブースが出展された。研究成果や開発実験のポスターに加

え、海水の二酸化炭素を測定する装置、レーザーを用いての演示実験、癌の光学的な診断の実資料、新しい放射線検出器の試作品などの展示・演示があった。昼食後も、企業の方々が数多く現場に残られ、出展者と活発な議論が続いた。今回は場所が限られたため、出展項目を絞らざるをえなかったが、次回はより数を増やし、とくに今回は含められなかった生物系の研究を積極的に含めたい。こうした試みは、外部に対してのみならず、理学系の中で、専門の垣根を越えて互いに理解を深める上でも、大いに意義がありそうである。

当日アンケートを配付したところ、約1/3(ちょっと少なかったが)の方から回答を頂いた。全般に「参加した意義があった」「先端産業と理学との連携は重要」と

する回答が多数を占めるとともに、将来に向けて多くの貴重なご意見やアドバイスを頂いた。発起人のお一人である東倉氏は、さっそく8月1日付の日経産業新聞のコラム《Techno Online》で今回の懇談会を紹介して下さり、「ビジネスを主体とした通常の産学連携だけでなく、より深いレベルで、理学と先端産業が連携することが重要」と論じておられる。こうして無事に立ち上がった懇談会を、ぜひとも今後じっくりと育てて行きたいものである。

最後に、発起人の方々をはじめ、実行委員、理学部事務、広報室、ネットワーク室などの皆さんや、出展グループ各位には、多大なご協力を頂いた。厚くお礼申し上げたい。



第1回 理学先端産業懇談会、展示・演示の様子

## 学会・講演会スケジュール

2003年度 日本海洋学会秋季大会

日程：2003年9月24日(水)～26日(金)

会場：長崎大学文教キャンパス

日本天文学会 2003年秋季年会

日程：2003年9月25日(木)～27日(土)

会場：愛媛大学城北キャンパス

日本地震学会 2003年秋季大会

日程：2003年10月6日(月)～8日(水)

会場：京都国際会館アネックスホール

2003年度 日本惑星科学会秋季講演会

日程：2003年10月8日(水)～10日(金)

会場：大阪市立大学学術情報センター

第76回 日本生化学会大会

会期：2003年10月15日(水)～18日(土)

会場：パシフィコ横浜(横浜市西区みなとみらい1-1-1)

気象学会 2003年度秋季大会

日程：2003年10月15日(水)～17日(金)

会場：仙台市宮城県民会館・勾当台会館

東京大学大学院理学系研究科・理学部 第4回公開講演会

「基礎科学の面白さをどう伝えるか？」

日程：2003年11月6日(木) 18:00～20:00

会場：東京大学法文2号館31番教室

参加料：無料

## あとがき

「理学部広報」から「理学系研究科・理学部ニュース」への広報誌リニューアルの時期（昨年9月）から広報委員として編集に関わってきました。リニューアル直後小柴先生のノーベル物理学賞受賞のニュースで弾みがつき、連載や研究室探訪の企画を加えて徐々に内容が充実してきたように思います。また、岸さん（編集担当）や名取さん（HP担当）のおかげで、定期発行もうまくいっています。リニューアルからの毎号をながめてみると、理学系研究科の対象とする自然現象の多様さとそれに真摯に取り組む研究者像が読み物風に伝わってきます。研究の合間や通勤途中の電車の中などで気楽に読める、それでいて理学系研究科の雰囲気が内外の読者に少しずつでも伝わるような広報誌に発展してもらいたいと思っています。

編集担当 武田 洋幸（生物科学専攻）

\*\*\*\*\*

第35巻3号 2003年9月22日発行

編集：

武田洋幸（生物科学専攻） htakeda@biol.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

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

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

鈴木和美（庶務掛） ksuzuki@adm.s.u-tokyo.ac.jp

岸真千子（庶務掛） kishi@adm.s.u-tokyo.ac.jp

\*\*\*\*\*

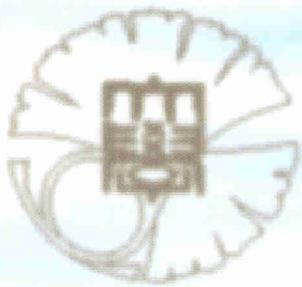
HP担当：

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



## オープンキャンパスの様子

7月31日に本郷キャンパスでオープンキャンパスが開催されました。



▲ 1号館前に集まる参加者

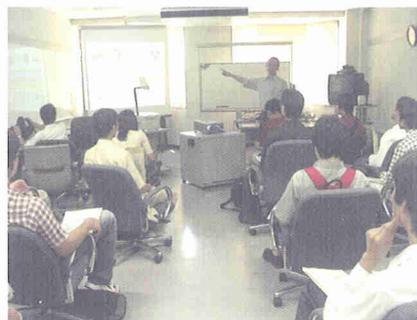


▲ 巡回の説明を受ける参加者



▲ 須藤・佐藤研の見学の様子

▼ 講演を聞き入る参加者  
——素粒子物理国際研究センターの講演にて



▼ 最新の研究に興味津々の参加者

