

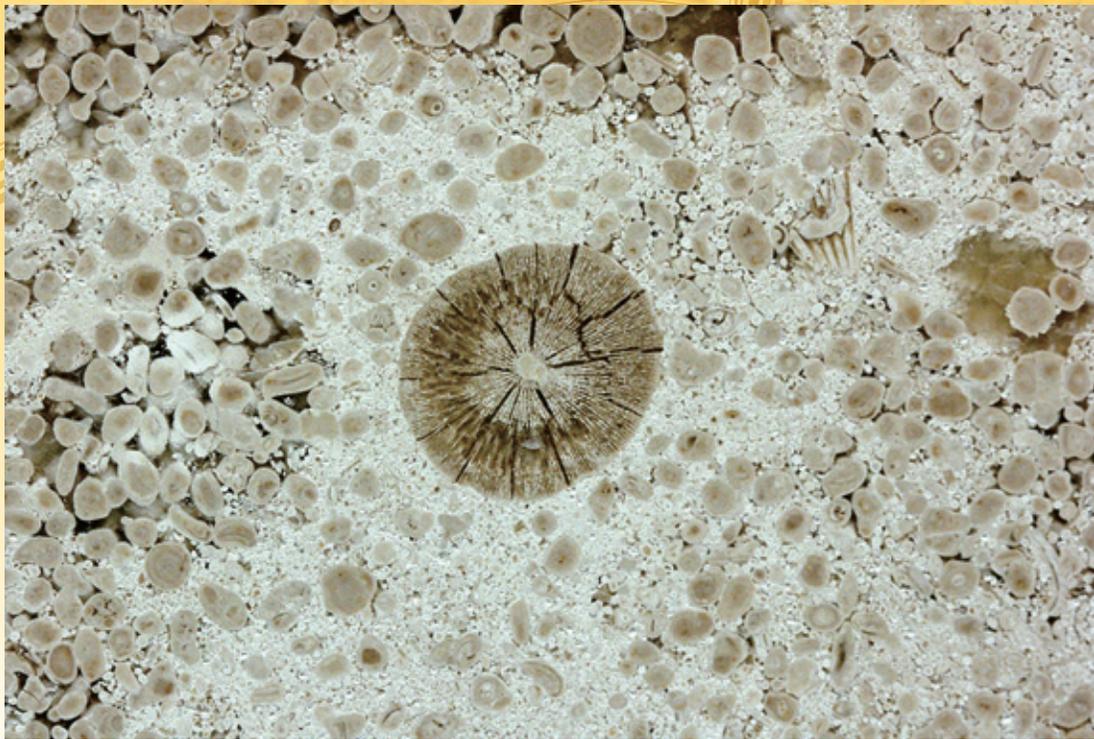


東京大学

# 理学系研究科・理学部ニュース

2010年1月号 41巻5号

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



理学部新1号館は化石の宝庫！ 1階に使用されている石材表面にはジュラ紀中期の熱帯の海に生息していた動物化石が沢山見られる。これは六放サンゴの断面。中央棟小柴ホール下。

～発掘 理学の宝物「理学部新1号館の石灰岩」より～

— 本号の記事から —

特別記事

「事業仕分け」による負の影響を憂慮する

研究ニュース

赤外吸収スペクトルによる強誘電体氷の識別 ほか

理学から羽ばたけ

シンガポールに新天地を求めて

マックスプランク研究所と CERN から

理学のキーワード

「磁気リコネクション」「並列オブジェクト」「暗黒物質」

「前線」「3ステップモデル」「生物の学習・記憶」

## 特別記事

「事業仕分け」による負の影響を憂慮する	広報誌編集委員会	3
---------------------	----------	---

## トピックス

生命科学系 GCOE のリトリート開催される	那須 信 (生物科学専攻 グローバル COE 拠点形成特任助教)	4
第 16 回東京大学理学部公開講演会, 開催される	半田 利弘 (天文学教育研究センター 助教)	4
保護者がポイント! 女子中高生への進学アピール	横山 広美 (広報・科学コミュニケーション 准教授)	5
「私が理学を選んだ理由」ガイダンス・カフェ@駒場	横山 広美 (広報・科学コミュニケーション 准教授)	5
平野哲文講師が第 24 回西宮湯川記念賞受賞	初田 哲男 (物理学専攻 教授)	6
海洋調査探検部硫黄鳥島遠征隊が総長賞受賞	茅根 創 (地球惑星科学専攻 教授)	6
文化功労者として顕彰 物理学専攻 山崎敏光名誉教授	早野 龍五 (物理学専攻 教授)	7
岩槻邦男名誉教授が瑞宝重光章を受章	邑田 仁 (植物園 教授)	7
中村栄一教授, 紫綬褒章を受章	小林 修 (化学専攻 教授)	8
米澤明憲教授, 紫綬褒章を受章	石川 裕 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 教授)	8

## 第 11 回 発掘 理学の宝物

理学部新 1 号館の石灰岩	大路 樹生 (地球惑星科学専攻 准教授)	9
---------------	----------------------	---

## 第 10 回 理学から羽ばたけ

シンガポールに新天地を求めて	吉戒 直彦 (シンガポール南洋理工大学 化学・生物化学科 助教授)	10
マックスプランク研究所と CERN から	堀 正樹 (マックスプランク量子光学研究所 グループリーダー)	11

## 研究ニュース

有機低分子材料の塗布で造る有機薄膜太陽電池	松尾 豊 (光電変換化学講座 (社会連携講座) 特任教授)	
	中村 栄一 (化学専攻 教授)	12
赤外吸収スペクトルによる強誘電体氷の識別	鍵 裕之 (地殻化学実験施設 准教授),	
	荒川 雅 (化学専攻 博士課程 2 年)	13
イネの花の形態進化の鍵となる遺伝子を発見	平野 博之 (生物科学専攻 教授)	14

## 連載: 理学のキーワード 第 23 回

「磁気リコネクション」	横山 央明 (地球惑星科学専攻 准教授)	15
「並列オブジェクト」	米澤 明憲 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 教授)	15
「暗黒物質」	横山 順一 (ビッグバン宇宙国際研究センター 教授)	16
「前線」	伊賀 啓太 (海洋研究所 准教授, 地球惑星科学専攻 兼任)	16
「3 ステップモデル」	加藤 毅 (化学専攻 准教授)	17
「生物の学習・記憶」	飯野 雄一 (生物化学専攻 教授)	17

## お知らせ

「メンデルのブドウ」からワインができました	邑田 仁 (植物園 教授)	18
東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧		18
人事異動報告		18

## 特別記事 「事業仕分け」による負の影響を憂慮する

広報誌編集委員会

2009年11月から始まった、行政刷新会議による科学予算への「事業仕分け」の結果は、学術や人材育成の将来に、甚大な影響を与えかねない。これを憂慮し、各学会からの声明や、10大学理学部長会議からの緊急提案が発信されるとともに、ノーベル賞・フィールズ賞受賞者による緊急討論会（小柴ホール、11月25日）、立花隆氏を招いての講演会（同、11月27日）、濱田総長による全学説明会（11月27日）、岩澤康裕名誉教授の呼びかけによる主要19学会の合同記者会見（12月4日）などが開かれ、また理学部学生有志によるアンケートや署名活動などが展開された。こうした行動の一環として、理学系研究科・理学部では、下記の声明を公表し、また学生・院生のご父兄に声明文を郵送申し上げ、広くご理解とご支援をお願いしている。こうした各方面の取り組みにより、「仕分け」による負の影響が最小限に留まることを、切望するものである。

### 事業仕分けに対し

## 次世代を担う若手研究者支援の充実を望む

東京大学 大学院理学系研究科・理学部

新政府の行政刷新会議による「事業仕分け」はそれ自体としては厳しい経済情勢の中で国家予算の無駄を省き、効率的に運用するためのプロセスとして画期的なものであると認識します。しかし、運営費交付金、科学研究費など我が国の基礎研究・教育の基盤を担って来た部分について、これを危くする深刻な評決が多々なされました。なかでも、私たちは次世代を担う若手研究者育成に関する事業の仕分けに大きな危惧を抱えています。

第3ワーキンググループにおいて、科学技術振興調整費による若手研究者養成システム改革、科学研究費補助金による若手研究、特別研究員奨励費、特別研究員事業のすべてにおいて予算要求の縮減という評決が出されました。上記のいずれの制度も、若手研究者の研究費や教育費に充てられる経費であり、重複しているのではないかというコメントが見られます。しかし、特別研究員奨励費は研究費であり、特別研究員制度はいわば給費に対応するものですから、明らかに重複ではありません。

現在、特別研究員としての給付は平成20年度で博士課程在学者（DC）4400人、学位を既に取得したポスドク（PD）1052人（SPD、RPDを含めれば1168人）が受けています。この数値からも明らかなように、大学院生を主な対象としている制度ですが、それでも博士課程在学者の17人に1人程度の給付率に過ぎません。そこで、第3期科学技術基本計画ではこの割合を5人に1人程度まで引き上げる目標を掲げました。しかし、今回の評決は給付率を現状からさえも大幅に下げることがを要求しています。

人材育成を支援するものとして日本学生支援機構の奨学金制度がありますが、修士・博士課程5年間の標準的な奨学金を受けた場合、総額は650万円に及び、返還免除の割合は全額免除者が全体の10%、半額免除者は20%ですから、博士課程修了者の多くが多額の負債を抱えて社会に旅立つことになっています。日本学生支援機構の奨学金制度において給付型を大幅に増やすなどの対策をとることなく、一方的に特別研究員事業を縮小するならば、保護者の家計負担を増大させることになるでしょう。我が国の未来を担う有為な学生の大学院進学意欲を大幅に減退させるのは明らかです。

統計データによればDCやPD経験者の常勤研究職に就く割合は90%と高く、優秀な若手が給付を受けてきたことを立証していますが、今回の評決は若手研究者登竜の狭き門をますます狭くする事を意味します。これでどうして科学技術立国が成り立つでしょうか？ 学位取得者が研究教育職だけでなく、民間企業などの実社会にもどんどん展開してゆくのは重要なことです。これを推進すべきとしておいて、推進する事業計画そのものさえもポスドクの生活保護のようなシステムとして否定的な評決が出されたのも理解に苦しむところです。

上記のように第3ワーキンググループによる若手研究者育成事業に関する評決は科学技術立国を担う若手研究者の育成を著しく損なうものです。既に大学院生の多くが今回の評決を知り、絶望しています。政府におかれては早急に若手研究者支援事業の縮減を再考されるよう要望します。

## 生命科学系 GCOE のリトリート開催される

■ 那須 信 (生物科学専攻 グローバル COE 拠点形成特任助教)

生命科学系グローバル COE「生体シグナルを基盤とする統合生命学」は二年が経過し、折り返し地点である。2009年11月に開催された理学系リトリートも三回目を数えた。本 COE 拠点では、これまで横の繋がりが疎遠であった三つの部局(医学系研究科, 分子細胞生物学研究所, 理学系研究科)が、互いの連携強化により、より高いレベルの教育研究体制を確立し、世界で戦える力を養うことを目指している。

すなわち、いかに互いの連携をスムー

ズに、そして強固なものにするかが、拠点としての成功の鍵のひとつとなる。そのためのプログラムのひとつが、リトリートである。普段の研究生活から少し離れた環境で、口頭発表やポスター発表を通じ、互いの研究を知り、討論する。春に三部局全体で、秋には理学系だけで開催してきた。

リトリートで、私がおっとも重要だと考えているのは、人脈の形成である。今はまだ研究者としてひよっこでも、いずれ世界への扉を開いて羽ばたいていく。今結ばれているネットワークは、まさに世界への扉の前で結ばれているわけだ。しかし過去二回の開催で見えてきたことがあった。



■ 大磯にて

日本人は交流が苦手だ！でも本当はもっと交流したい！今回は「学生交流会」を計画し、その中で交流が活性化することを目指した。新しい交流は楽しい経験であった。良い交流が良い研究に繋がればと思う。最後に、開催にご協力いただいた方々に、ここでお礼申し上げたい。

## 第16回東京大学理学部公開講演会、開催される

■ 実行委員長 半田 利弘 (天文学教育研究センター 助教)

東京大学大学院理学系研究科・理学部公開講演会が、2009年11月8日(日)14時より安田講堂にて開催された。今年、ガリレオの天体観測から400年、ダーウィン生誕200年、ラボアジエの「化学原論」出版より220年に当たることから、「ガリレオ・ダーウィン・ラボアジエから現代の理学へ」と題して、天文学・生物学・化学の各分野から、大学院理学系研究科で行われている最新研究の成果に関する話題が紹介された。

山形俊男研究科長による挨拶に続き、河野孝太郎教授(天文学教育研究センター)による「南米アタカマ砂漠から探る見えない銀河の誕生」、深田吉孝教授(生物化学専攻)による「朝の光と朝ごはん～体内時計の時刻リセット」、中村

栄一教授(化学専攻)による「百聞は一見に如かず～顕微鏡で見る有機化学」の3講演が40分ずつ行われた。新しい観測波長で得られた銀河の誕生の様子、生物活動に影響する体内時計の2系統の調節機構、分子の構造を直接画像として示す方法など、いずれも興味深い話題が紹介された。

天候にも恵まれ、来場者は昨年秋を大きく上回る788名を数えた。開演前に

上映した理学部紹介ビデオも好評であった。講演後には懇談会を設け、多数の来場者が1時間ほどの間、講師と議論を深めていた。前回同様、講演内容はインターネットで学外にも中継された。また、講師や講演内容に関連した書籍販売を東大生協が行い、この利用者も多かった。

今回は、2010年4月25日(日)に同じ安田講堂にて開催予定である。



■ ほぼ満席の会場。講演直後の質疑応答も盛んであった。



## 平野哲文講師が第24回西宮湯川記念賞受賞

■ 初田 哲男（物理学専攻 教授）

本研究科物理学専攻の平野哲文講師が「相対論的流体力学に基づくクォーク・グルーオン・プラズマの研究」で第24回西宮湯川記念賞を受賞されました。この賞は、湯川秀樹博士が、「中間子論」を西宮市苦楽園在任中に提唱したことを記念して1986年に創設されたもので、顕著な業績をあげた40歳未満の若手研究者に与えられます。陽子・中性子・中間子（ハドロンと総称される）はクォークやグルーオンなどの素粒子からできていますが、誕生したばかりの1兆度を超

す超高温の初期宇宙では、ハドロンが溶解し、クォークとグルーオンからなるプラズマ状態が存在していたはずですが、このプラズマの実験室での生成を目指し、米国ブルックヘブン国立研究所の加速器RHICを用いた相対論的原子核衝突実験が約20兆電子ボルトのエネルギーで行われており、数千の粒子が発生する現象を観測しています。平野哲文氏は、実験結果と、自らが世界に先駆けて開発した相対論的流体模型の3次元数値シミュレーションによる理論結果とを詳細に比較することで、生成されたプラズマが粘性の小さい「完全流体」のように振舞うことを示し、当該分野の理論・実験に大きな影響を与えました。平野氏の理論的研究は、最近稼働を始めた欧州合同原

子核研究機構（CERN）の新しい加速器LHCを用いたさらに高エネルギーでの原子核衝突実験とも密接に関連し、今後ますますの発展が期待されています。



■ 平野哲文講師

## 海洋調査探検部硫黄島島遠征隊が総長賞受賞

■ 茅根 創（地球惑星科学専攻 教授）

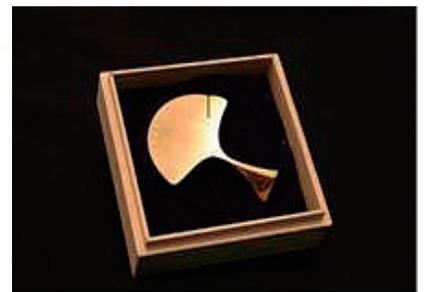
東京大学海洋調査探検部硫黄島島遠征隊（隊長・井上志保里：地球惑星科学専攻・修士1年）は、平成21年度第1回総長賞を受賞し、その授与式が2009年10月20日（火）駒場の数理科学研究科大講義室で行われた。同遠征の成果は、理学部ニュース2009年11月号の研究ニュースに「酸性化した海ではサンゴが消滅」として掲載されている。

総長賞は、毎年秋に課外活動に、春に学業優秀者に授与される。課外活動については、スポーツや発表、社会活動、国際交流などで優秀な成績を収めた個人または団体に授与されるもので、今年は自転車競技、法科大学院出張教室など、遠征隊を含め5個人・団体に授与された。

総長は授与式の挨拶の中で、自らが標榜するタフな東大生とは、知力に加え人間力とたくましい交渉力と大胆な行動力

をそなえた者であること、またそうした大胆さは周到な準備のもとに実行されなければならないことを、海洋調査探検部への授賞を例にあげて説明された。

授与式には、山形俊男理学系研究科長も列席され、遠征隊の隊長が理学系研究科の学生であることと、自らの研究対象が「海」であることから、受賞した遠征隊メンバー、現役部員、駆けつけたOBたちとともに、受賞後の記念撮影にも参加して下さった。



■ 総長賞



■ 受賞後の記念撮影



## 中村栄一教授、紫綬褒章を受章

小林 修 (化学専攻 教授)

東京大学グローバルCOE「理工連携による化学イノベーション」拠点事業リーダーである化学専攻の中村栄一教授が、2009年11月3日の褒章発令において、学術、芸術上の発明、改良、創作に関し事績の著しい方を対象とする紫綬褒章を受章された。

中村教授は永年にわたって、物理有機化学・有機合成化学・物質科学の教育、研究に尽力されてきた。とすると、「フラスコの中で化合物を混ぜてみないと何が起こるか分からない」という有機合成化学の分野に、理論化学や物理有機化学の方法論を積極的に導入することで高度の合理性を与え、有機化学における多くの問題を解決するとともに、それまで不

可能と考えられていた反応をフラスコの中で実現し、また、紙の上でのみ考えられていた化学種が実際に存在可能であることを次々に示してきた。さらに、最近の顕著な業績として、中村教授自身が開発した方法論をサッカーボール型炭素分子であるフラーレンや関連化合物の新たな化学修飾法へと展開し、「炭素クラスター複合体の精密有機合成化学」という新分野を形成したことが挙げられる。この研究は中村教授ご自身によって、有機薄膜太陽電池の高効率化に資する新材料の開発や、透過型電子顕微鏡を用いた世界初の有機分子一分子の動きのリアルタイムの直接観察へと展開され、「世界観を変える」とまで新聞報道されている。

このように中村教授は、学術面での重要性に加え、資源・環境・エネルギー問題への貢献を視野に入れた研究課題を追求することによって、化学の真の発展に大きく貢献されており、いずれの研究も



中村栄一教授 「撮影：柴田昌勝」

独創性、一般性、実用性ともにきわめて高い。国内はもとより国際的にも高い評価を受け、米国芸術科学アカデミー外国人名誉会員として活躍しているほか、独フンボルト研究賞を受賞し、米国化学会賞の受賞も決まっている。今回の受章を契機に、研究のいっそうのご発展をお祈り申し上げます。

## 米澤明憲教授、紫綬褒章を受章

石川 裕 (情報理工学系研究科 コンピュータ科学専攻 教授)

情報科学科、情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻、情報基盤センター長の米澤明憲教授が、情報科学分野における長年にわたるソフトウェアシステムの基礎理論の研究と実践の功績が認められ、紫綬褒章を受章されました。

先生の受章における世界的功績として、「並列オブジェクト」に基づく計算モデルとプログラミング言語の提唱があります。現在使われているコンピュータシステムのソフトウェアの大部分は、「オブジェクト指向」とよばれる設計・開発手法が用いられています。これは、ある形式に従った「オブジェクト」とよばれるソフトウェア部品（モジュール）を多

数組み合わせ、ソフトウェアを見通し良くかつ安全に構築する方式です。

1970年代半ば、まだ、「オブジェクト指向」という概念が定着する以前に、米澤先生は、「オブジェクト」の概念を一般化し、「オブジェクト」のひとつひとつに、小さなコンピュータを1個ずつ埋め込んだ「並列オブジェクト」という概念を提唱されました。そして、(1)「並列オブジェクト」に基づくプログラミング言語、(2)「並列オブジェクト」の高次・動的拡張方式、(3)「並列オブジェクト」の数学的モデル、(4)「並列オブジェクト」に基づいて構築されたソフトウェアシステムの超並列コンピュータでの高効率な実行方式、などを次々に研究開発し、国際的にたいへん顕著な学術的かつ実用的な業績を上げられました。

現在では、並列オブジェクト指向技術は、インターネットにおけるセカンドライフやTwitterシステム、また、スーパー



米澤明憲教授

コンピュータを用いた科学技術計算分野では、生物物理学用分子動力学シミュレータの実現などにも使われています。今回の受章は、長年にわたる先生の並列オブジェクト指向技術に対する理論から実践に至る優れた業績と科学技術に対する多大な貢献が高く評価されたものです。ご受章心よりお祝い申し上げますとともに、ますますのご活躍を祈念します。



## 理学部新1号館の石灰岩

大路 樹生（地球惑星科学専攻 准教授）

新1号館にわれわれ地球惑星環境学科（旧地学科）が引っ越してからはや4年半が過ぎた。この素晴らしい建物の研究・教育が行なえることを幸せに思う。

この建物の外壁と1階の内装には、淡いクリーム色がかった白色の石灰岩が使われている。その表面には、米粒のような楕円形の構造が沢山見られる。これは魚卵石（oolite）とよばれ、熱帯・亜熱帯のサンゴ礁域などでよく形成される。また魚卵石を含む石灰岩は古生代以降さまざまな時代の地層から見つかっている。

さらによく見ると、多くの化石が入っているのに気付く。サンゴ（表紙）、二枚貝、巻貝（図1、裏表紙a）はかなり沢山見られる。また、化石自体は見つからないが、大きな底生動物がはい回った痕がパイプの様に残った、生痕化石も多く見られる（図2）。このように多様な化石が観察されるので、エレベータを待つ間も見ていて飽きない。学部生への化石に関する実習では、一度はこの1階の磨かれた石灰岩の前で解説を行っている。



■ 図1：巻貝（ネリネアの仲間？ 西棟南側）

しかしこの石灰岩が、どこの、そしてどの時代の地層から由来したものなのか、ということが分からなかった。われわれは地球惑星科学の専門家の集団である。これが分からなければ、活券に関わる。ということで、引っ越して以来私は、壁に見える化石から時代が分からないものかと考え続けてきた。すると同じことを考える方はいるもので、他大学のサンゴ礁専門家は、この石灰岩を見て、新生代のきわめて新しい時代のものだと判断したらしい。確かに新しい時代に形成されても、硬そうに見える石灰岩は多い。そのような意見を参考に、当地球惑星科学のある専門家は放射性炭素同位体による年代測定を試みた。これは半減期約6000年の放射性炭素を用いるので、数十万年より古い試料は測定できない。案の定、このサンプルはこの方法で

は年代測定できなかった。より古い年代に形成されたのである。

化石を見てみると、先に述べたサンゴ、二枚貝、巻貝のうち、巻貝の断面の構造がやや複雑で、殻の厚い種類であることが分かる。これはジュラ紀や白亜紀に繁栄した、ネリネアというグループによく見られる構造である。またさらに良く磨いた面を観察してみると、褐色で長い化石が4箇所ほどで見つかった（裏表紙b）。これはベレムナイトという、中生代に栄えたイカの骨格の化石である。これは中生代の末に絶滅しているのので、この石灰岩は新生代のものではなさそうである。

そこで、私は理学部中央事務の施設関係に長く勤められていたFさんに尋ねてみることにした。Fさんはゼネコンまで問い合わせさせていただき、この石灰岩がフランス南西部のVilhonneur（ヴィルヌール）産の物であることを調べてくださった。この産地をネットで調べると、このVilhonneurが一大石材産地であること、その地層の年代はジュラ紀中期（Bajocian - Bathonian）であることが分かってきた。

この頃のヨーロッパは現在よりはるかに暖かい環境にあり、浅海には魚卵石が発達したようだ。イギリスでも魚卵石を含んだ地層が同じ時代に発達し、当時の地層を“*Inferior Oolite*”、“*Great Oolite*”と名付け、また大きなアンモナイトも産している（標本が総合研究博物館に所蔵されている）。残念ながら、新1号館の石灰岩にはアンモナイトは見つからないようだ。

このように、われわれの生活する石灰岩の出所が分かってややホッとした。皆様もエレベータを待つ間にこの磨かれた石灰岩に含まれた化石をご覧になり、1億数千万年前の海の世界に思いをはせてはいかがだろうか。



■ 図2：石材表面には動物が堆積物の中を動き回った後が生痕化石として残されている。西棟南側エレベータ前。

## シンガポールに新天地を求めて

吉戒 直彦（シンガポール南洋理工大学 化学・生物化学科 助教授）

化学専攻助教を辞職し、シンガポールの南洋理工大学（Nanyang Technological University, NTU）に着任してからはや半年が過ぎた。NTUは2万人以上の学部生、約1万人の大学院生を抱える大規模な理工系大学だが、私の所属する理学院化学・生物化学科は2005年に設置されたばかりの新しい学科である。NHKで放送された「沸騰都市」をご覧になった方もいると思うが、シンガポールはいま国を挙げて研究開発分野の人材獲得に力を注いでいる。私は政府の若手研究者公募プログラムのひとつである National Research Foundation (NRF) フェローシップを受けて、2009年7月からNTUで研究をスタートさせることとなった。

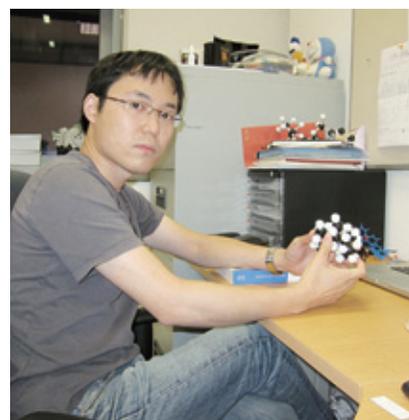
化学専攻では学生時代から助手、助教として10年あまり物理有機化学研究室（中村栄一教授）に所属し、新しい有機合成反応、とくに有機分子の骨格をつくる上で重要な「炭素-炭素結合生成反応」を促進する触媒の開発を行っていた。医薬品や材料などわれわれの生活を支える合成化学品の8-9割は何らかの触媒を用いて作られている。しかし、今使われている触媒の多くはレアメタルとよばれる希少元素資源に依存しており、持続可能性に問題がある。そのような観点から、もっともありふれた金属である鉄を触媒に用いた新しい合成反応を中心に研究していた。触媒の研究は社会と密接に関わる実学的側面をもつが、同時に理学的な興味も大いに満たしてくれる。優れた触媒を開発するには、実験や理論を通して原子・分子の未知の性質を探求することが不可欠だからである。化学専攻在籍中は指導者や共同研究者に恵まれ、こうした研究を通して何度も興奮を味わうことができた。

転機は助手になって4年目に訪れた。NTUの奈良坂統一教授（化学専攻名誉

教授）から、NRFフェローに応募してみたら、との勧めをうけた。フェローには3年間で1億5千万円規模という若手研究者としては破格の研究費が支給されることを知ったが、シンガポールの研究環境や学生の質など、全く予備知識をもっていなかった。研究が軌道に乗ってきたところでもあり、正直なところあまり気が進まなかったのだが、中村教授の後押しもあって応募することにした。研究計画書による審査と現地でのプレゼンテーション・面接による最終審査を経て、フェローに選ばれることができた。最終審査では、シンガポールの人材獲得にかかる熱意や、同年代の研究者、たとえば米国で研鑽を積んだ中国人のレベルの高さを実感した。それらに感化されてか、審査が終わったときにはシンガポールへ移ることへの迷いはほぼ吹っ切れていた。

日本とシンガポールの研究システム、環境や学生の違いは多々あるが、いくつか挙げてみたい。まず、日本の理系研究室が一般に教授を研究室主宰者とし、准教授や助教を加えたグループ型の研究体制をとるのに対し、シンガポールでは米国同様に教授、准教授、助教授各人が独立に研究を行う。この点は若手研究者にとってはリスクや責任を伴ういっぽうで、魅力であるのは間違いない。次に研究環境だが、こちらでは消耗品から装置類まで輸入に依存しており、国内在庫も限られている。したがって試薬では発注してから届くまで2、3週間は当たり前、1、2ヶ月かかることもざらにある。研究には予測不能な面がつきもので、アイデアが唐突に浮かぶこともある。日本ではたいていの試薬は数日以内に届くのだが、こればかりはどうしようもない。この環境に適応する術を模索しているところである。

大学院生の大半は中国、インドおよび



■ オフィスで分子模型を手に思案中の筆者

## PROFILE

吉戒 直彦（よしかい なおひこ）  
2000年 東京大学理学部化学科卒業。  
2005年 東京大学大学院理学系研究科  
化学専攻博士課程中退。  
その後、博士（理学）。  
2005年 同専攻助手。  
2009年 シンガポール南洋理工大学  
化学・生物化学科助教授、  
シンガポール National Research  
Foundation リサーチフェロー。

近隣諸国からの留学生である。私のグループにはいま2人の中国人留学生がいるが、彼らの意欲は日本の学生に負けず劣らず高い。いっぽうで現地の学部生には、奨学金をもらう機会があっても進学せず、就職する道を選ぶ者も多いようである。政府がトップダウンで進める科学技術振興政策と、社会・国民の価値観の間にだいぶ温度差があると感じる。こちらから見ると、決して経済的支援が十分といえない現状にあっても大学院に進む日本の学生の研究意欲は本当に貴重だと思う。最近、事業仕分けの名のもとに大学院生への支援を含む科学技術予算を縮減しようという機運にあると聞かすが、ぜひ大学院生や、これから大学院に進もうとする学生に希望を与えるような判断が下されることを願っている。

## マックスプランク研究所と CERN から

堀 正樹 (マックスプランク量子光学研究所 グループリーダー)

高校を卒業したら、渡米して宇宙工学を学ぶつもりだった。修士の頃は、電気メーカーに就職して社会の役に立とうと思った。研究で取引のあった浜松ホトニクスに、うちに来て電子管を開発しなさいと言われた。もう 15 年も前のことである。

博士過程を修了後、学振の海外特別研究員制度を利用して、ジュネーブの欧州合同原子核研究機構 (CERN) に行った。ここは円周 27 km の加速器 Large Hadron Collider (LHC) で有名だが、敷地の片隅に反陽子減速器 Antiproton Decelerator (AD) という円周 180 m の加速器もある。その頃、日本の予算を使って建設している最中であった。反陽子とは、陽子と対を成す反粒子の一種であり、マイナスの電荷をもっている。これを使って反水素原子や反陽子ヘリウム (ヘリウム原子核の回りを電子と反陽子がまわる特異な原子) を生成して、レーザーで精密分光するのが目的であった。こういう実験ができるのは、今のところ CERN だけである。

物理教室の早野龍五さんとの共同研究であったが、はじめの 4 年間は、唯一の現地常駐者だった。工作室に行って「これを変形のないように電子ビーム溶接してください。お願いですから、他のプロジェクトより優先順位を上げてください。」と、ひどいフランス語と手話を使って頼むのは疲れるので、しばらくは日本のメーカーに設計図を送って装置をつくり、現地に設置して実験を行っていた。そのうち成果が出て、ドイツ人のポストドクも加わって研究体制が充実した。二人いると重たい装置も素早く運べるので楽である。

その後、CERN フェローに採用された。反陽子の実験をやるだけでなく、研究所に貢献しなさいということで、線形加速器の診断装置をつくった。大きな建設チームで会議をやると、技術者がお互

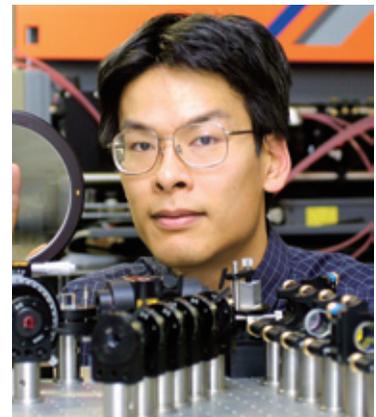
いに主張をぶつけ合って議論が噛み合わないまま終わることもある。すると後から、チームリーダーが個別のメンバーをコーヒーに誘って意見調整をする。事前に根回しをする日本とは逆の仕組みである。これには驚いたが、合理性も感じた。

日本の自動車メーカーとの共同研究で、燃料電池からリークする水素ガスをレーザーで検出する装置をつくった。沢山の予算を、短期間で投入して結果を追求する姿勢に、日本のメーカーの底力を感じた。

そのうち、反陽子を捕獲して長時間維持するために、超伝導高周波トラップをつくることを思いついた。はじめは趣味で、現地の技術者で賛同してくれる人をお願いして図面など書いていたが、みるみるうちに設計が肥大化してしまい、相当の建設費がないと実現できないことがわかった。

欧州科学財団の若手研究費に申請するには、賛同してくれる受入れ研究所が必要である。ハンガリーではこのような予算は医療研究に投入したいと断られた。イタリア、イギリス、スイス、フランス、ポーランドの大学と研究所に手当たり次第に問い合わせたが、現在行われている研究と整合性のとれないテーマは難しい。ミュンヘンのマックスプランク量子光学研究所から、「素粒子物理はわれわれの本業ではないが、やってみなさい」と言われたときには、本当に嬉しかった。研究者は、理解を示してくれる国や研究所があって、はじめて血税を使って何かができるのだという、当たり前のことを思い知った。

現在は、マックスプランクで小さなグループを経営しつつ、半分の時間はジュネーブに滞在して、トラップの建設や、反陽子ヘリウム原子のレーザー分光実験を行っている。日本に比べて、研究の進捗状況を報告する外部審査が頻繁に行



■ レーザーを調整する筆者

### PROFILE

堀 正樹 (ほり まさき)

2000 年 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了、博士 (理学)。日本学術振興会海外特別研究員 (欧州合同原子核研究機構 CERN 派遣)。

2002 年 CERN フェロー。

2007 年 ドイツ・マックスプランク量子光学研究所グループリーダー。

われる。博士の学生を一人雇うには、年間数百万円かかる。「トラップの建設が遅れて申し訳ありません、しかし革新的な技術なので見逃せない部分もあります」と冷汗をかきながら理解を求め日々が続く。光周波数コムを発明した T・ヘンシュ (Theodor Hänsch) 教授のグループに所属して、高精度分光や原子冷却の技術を学ばせてもらっている。レーザーやマイクロマシン分野の進展には、目を見張るものがある。

理学部への進学を希望している皆さんに言えることがあるとすれば、技術や知識を身につけることはもちろん大事だが、それに頼ってずっと研究できるわけではないということだ。私のような若輩者でも、十数年の間に流行の分野が変わっていくのを見た。近年はその変化が加速しているようなので、いっそうの柔軟性が求められるのだと思う。

# 有機低分子材料の塗布で造る有機薄膜太陽電池

松尾 豊 (光電変換化学講座 (社会連携講座) 特任教授),  
中村栄一 (化学専攻 教授)

今回、熱変換型の有機電子供与体と新たに開発したフラレーン誘導体「SIMEF」を用いて、低分子塗布型プロセスにより、電子供与体/電子受容体の相互貫入構造を構築することに成功した。エネルギー変換効率が5.2%に達するこの新しい有機薄膜太陽電池について紹介する。

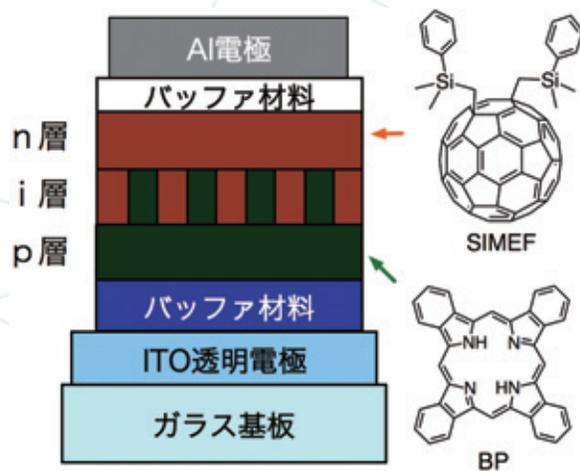
現在広く普及しているシリコン太陽電池は、太陽の光のエネルギーを直接電気エネルギーに変換するクリーンなエネルギー源として期待されている。しかしながら、高効率なシリコン太陽電池を製造するためには、高純度なシリコンが必要で、二酸化ケイ素(SiO<sub>2</sub>)からシリコン(Si)を得るプロセスおよびシリコンを高純度化するのに多大なエネルギーを要している。その問題を解決するものとして、有機半導体分子を用いた有機太陽電池がある。しかし、有機太陽電池には、有機物を用いるがゆえの耐久性の問題がつきまとっていた。今回、耐久性が高いポルフィリン誘導体とフラレーン誘導体を用い、塗布型プロセスにより、電子供与体層(p層)、混合層(i層)、電子受容体層(n層)を積み重ねたp-i-n三層構造をもつ高効率有機薄膜太陽電池の開発に成功した。

電子供与体としてテトラベンゾポルフィリン(BP)を、電子受容体として新たに開発したSIMEFを用いた。これまでポルフィリンなどの低分子材料は蒸着法により成膜するというのが常識であったが、有機溶媒に可溶性なテトラベンゾポルフィリン前駆体(CP)を用いて塗布法を適用した。CPを加熱すると、有機溶媒に不溶性なBPが生成する。これを利用し、p-i-n三層構造をもつ有機薄膜太陽電池を作成した。中間のi層において、BP結晶は下から伸びるカラム状構造(剣山構造)を形成し、SIMEFがその谷間を埋める構造となることを走査型電子顕微鏡(SEM)で確認した。BP結晶のカラムの直径は約25nm、高さは約65nmであり、この構造は、効率的な電子と正孔の生成および電子と正孔の輸送にとってきわめて都合が良いと考えられる。このようにして作製した有機薄膜太陽電池は、最高5.2%のエネルギー変換効率を示した。これは、入射した光エネルギーの5.2%が電気エネルギーに変換されたことに相当する。

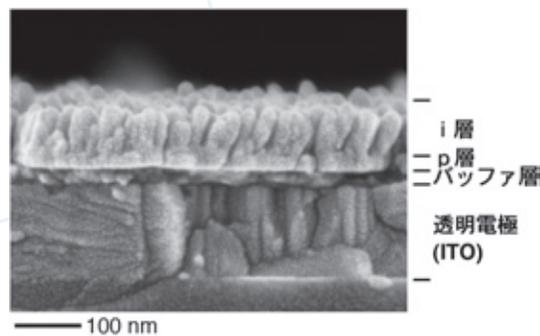
新しい分子を創りたい、その性質はどうなっているのだろう、という純粹理学的興味から始まった研究が、10年の歳月を経て、世界に二つと無いユニークなナノサイズの構造をもつ太陽電池に育った。しかし、この太陽電池が世界のエネルギー問題

解決に寄与できるようになるには、さらに多様で深みのある基礎研究の蓄積が必要である。軽くて持ち運びの容易な有機太陽電池は、砂漠や森林など僻地に住む人に電気を供給する方法として大きな期待を集めている。理学部から育った新しい科学が、世界中の人々の生活の向上に寄与できる可能性が開けてきた。この目標は科学者だけで実現することはできない。理学部の研究が世に出るには、社会との密接な連携が必要な時代である。本研究は、科学技術振興機構ERATO中村活性炭素クラスタープロジェクトにおいて実施され、Y. Matsuo *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **131**, 16048 (2009)に掲載された。本研究は剣山構造をもつ太陽電池デバイスの構築に多大な寄与をしたERATOグループリーダーの佐藤佳晴博士との共同研究によるものであり、深謝する。

(2009年10月22日プレスリリース)



■ デバイス構造と用いた電子受容体(n層)および電子供与体(p層)



■ i層におけるBPの生け花剣山構造のSEM写真

# 赤外吸収スペクトルによる強誘電体氷の識別

鍵 裕之 (地殻化学実験施設 准教授),  
荒川 雅 (化学専攻 博士課程 2年)

宇宙には 1 mm あたり 1 万ボルト近い電位差をもつ強誘電体の氷が存在する可能性が指摘されている。もしもそのような氷が宇宙に存在すれば、強いクーロン力によって氷が引き合うため、万有引力を基本とする惑星形成論を見直さなければならぬかもしれない。今回紹介するわれわれの研究で、強誘電体氷を通常の氷と識別するうえで、赤外吸収スペクトルが有力な手段となることが明らかになった。本成果は、天体望遠鏡や探査機による赤外線観測によって、宇宙空間における強誘電体氷の存在を証明する道を切り拓く可能性がある。

ご存じのように氷は 2 個の水素原子と 1 個の酸素原子からなる水分子で構成されている。図 (a) はわれわれの身の回りにある通常の氷の構造である。赤色と灰色の丸は、それぞれ酸素原子と水素原子を示す。酸素原子間に位置する二つの水素原子はそれぞれの位置に 1/2 の確率で存在する。このような状態を水素原子の無秩序配置とよぶ。いっぽう、氷 XI とよばれる強誘電体の氷は、図 (b) に示すような構造をしており、通常の氷と対照的に、水素原子は 2 個の酸素原子の間の 1 カ所のみ存在する。このような状態を水素の秩序配置とよぶ。酸素原子と水素原子の電気陰性度の違いにより、水素原子はプラスの電荷を帯びているため、結晶全体が電氣的にプラスとマイナスに偏る (= 分極する) ため、氷 XI は強誘電体となる。

氷 XI は、天王星、海王星、冥王星などに相当する低温条件下 (約  $-200^{\circ}\text{C}$ ) で生成することが、実験室で生成した氷 XI の中性子回折実験によって明らかになっており、宇宙空間に強誘電体の氷が存在するという仮説が提唱されている。しかし、

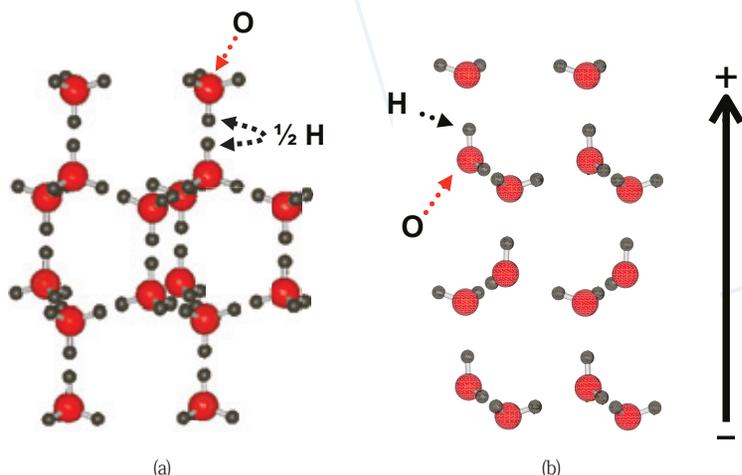
宇宙空間に漂う氷を中性子回折によって構造解析することは全くもって不可能である。

宇宙に存在する物質を調べるには、天体望遠鏡や宇宙船探査機による赤外線観測が有力な研究手段として用いられている。われわれは、これらの観測手法に対して標準データを与えることを目標に研究を進め、実験室で氷 XI の赤外吸収スペクトルを測定することに初めて成功した。今回の実験では、ダイヤモンドの基板の間に厚さ 2  $\mu\text{m}$  程度の薄い氷を作製し、赤外光の透過スペクトルを測定した。その結果、氷 XI の生成とともに、水分子の秤動に由来する赤外線吸収のエネルギー幅が、著しく減少することが見いだされた。今回得られた結果を応用すれば、宇宙探査で得られる赤外線吸収のエネルギー幅を注意深く観察することによって、宇宙空間における強誘電体氷の存在が将来証明されるかもしれない。

宇宙空間だけでなく、地球・惑星内部で水、水素がどのような形で存在しているかという問題は、地球惑星科学における第一級の研究課題となっている。われわれは、東海村で稼働を開始した J-PARC に地球や惑星内部の水素の存在状態を調べることを目的として、高圧中性子ビームライン PLANET を建設中である。今後は惑星内部の低温・高圧状態における氷の構造解明を進めていきたい。

本研究は、原子力研究開発機構量子ビーム応用部門の深澤裕 裕 研究員との共同研究として、Arakawa *et al. Astrophysical Journal Supplement Series*, **184**, 361-365, 2009. に掲載された。

(2009 年 10 月 21 日プレスリリース)



通常の氷 (a) と強誘電体氷 (b) の構造。赤色と灰色の丸は、それぞれ酸素原子と水素原子を示す。強誘電体氷では矢印で示すように結晶全体が電氣的な偏りをもっている。

# イネの花の形態進化の鍵となる遺伝子を発見

平野 博之 (生物科学専攻 教授)

私たちはイネの発生遺伝学的な研究を通して、花の形態進化に関する重要な遺伝子、*LONG STERILE LEMMA (G1)* を発見した。この *G1* 遺伝子はイネ属に固有の護穎<sup>ごえい</sup>という器官の形態を制御する遺伝子として、イネの進化の過程で重要な役割を果たしてきたと考えられる。

イネの花は、花びらがなく目立たない地味な花で、雄しべや雌しべは外穎<sup>がいえい</sup>と内穎<sup>ないえい</sup>といわれる器官によって囲まれている。この外穎・内穎の外側には、護穎<sup>ごえい</sup> (不稔外穎) といわれる小さな器官がある(図1)。護穎は、他のイネ科の植物(コムギやトウモロコシなど)の花にはなく、これまで、全く



図1: イネの花の外観。野生型(左)と*g1*変異体(右)。

謎の器官であった。私たちは、護穎が大きくなってしまふ *g1* 変異体に着目して研究を進め、護穎の発生・形態形成を制御する遺伝子を明らかにするとともに、イネの花の形態進化について新たな知見を得た。

私たちは、まず形態を詳細に解析し、*g1* 変異体では護穎の形態的特徴がすべて外穎の特徴に置きかわってしまうこと、すなわち、ホメオティックな変異<sup>注1)</sup>が起きていることを見出した。*G1* 遺伝子を単離した結果、高度に保存された領域 (ALOG ドメインと命名) をもつ機能未知のタンパク質をコードしていることが明らかとなった。さらに、*G1* タンパク質は核に局在し、mRNA への転写を活性化する機能をもつことも示された。*G1* 遺伝子は護穎で強く発現しており、その機能が失われると護穎は外穎へと変化する。したがって、*G1* 遺伝子は、護穎において外穎の形態的特徴が現れないように、その発生を制御している遺伝子だと考えられる。

*G1* 遺伝子がなければ、護穎は外穎と同じ形態的特徴をもっているため、護穎の本来の姿は外穎なのではないかと考えることもできる。ここで、私たちの研究成果は、70年以上前に提案された、興味深いイネの花の進化仮説と結びつく。この仮説は、「イネはもともと3つの花が1つのセットであったもの

(祖先型)が、両脇の2つの花が退化して外穎だけが残る(中間型)、さらに、その外穎の形態的特徴が変化することにより護穎という器官ができた(現生型)」というものである。この仮説に基づけば、*g1* 変異体は現生型から中間型への先祖返りに相当する。したがって、*G1* 遺伝子の機能は、イネの進化の過程で獲得され、イネの花が中間型から現生型へと進化する際に、護穎という器官の形態進化に重要な役割を果たしてきたと考えられる。

これまで、花の形づくりの研究は雌しべや雄しべなど、被子植物一般に共通する花器官に着目して発展し、花の発生機構を説明する単純で明快なABCモデルへと結実している。しかし、被子植物の花はひじょうに多様であり、植物によりいろいろな形態的特徴をもっている。そのような多様性に結びつく、特定の植物に特有な花器官や構造の研究は、まだ、ほとんど手つかずと言っても過言ではない。今回の私たちの研究は、この分野における第一歩であると考えている。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金(特定領域研究「植物メリステム」や基盤研究B)などの研究助成を受けて行われ、Yoshida *et al.*, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106:20103-20108, 2009 に掲載された。

(2009年11月10日プレスリリース)

注1) ホメオティック変異: 生物を構成するある器官が他の器官に置きかわること。

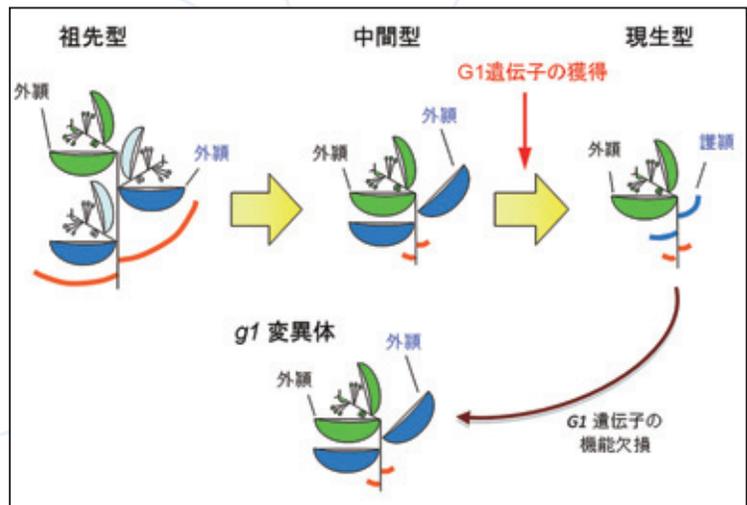


図2: イネの花の進化のモデル

### 「磁気リコネクション」

横山 央明 (地球惑星科学専攻 准教授)

X線で衛星望遠鏡が撮像した太陽最外層高温大気コロナの写真をみると多数のループ状構造が見える。動画で見ると、その筋構造が突然変動・増光・飛出する。この増光のうち大きなものはフレアと呼ばれており、最大で10の31乗 erg もの熱・運動エネルギーが数時間程度で発生する。エネルギー源は磁場であり、そのエネルギー解放機構がここで紹介する「磁気リコネクション」で、文字通り訳すと磁場の「つなぎかえ」である。

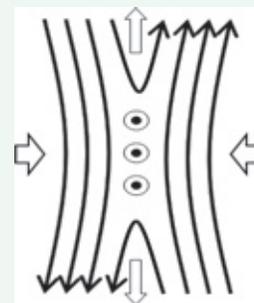
いま空間の左右半分ずつで互いに逆向きの磁力線が充たされていると考えよう。その境界面内では、磁場に直交する電流が流れて両サイドの磁場を維持している。電気抵抗のためこの電流が減衰し熱が発生すると磁場も弱まる。これは、互いに逆向きの磁力線が対消滅して熱になったのだ、とも言える。しかし太陽コロナでは電気抵抗が極端に弱く、エネルギー解

放率が観測よりも十数桁ほど小さくて、これだけではフレアを説明できない。

そこで互いに反対向きの磁力線を左右から局所的に押してやろう (図)。するとその箇所だけに強い電流が流れるので磁力線の対消滅が強くなる。磁力線には端がなく宙ぶらりんになるわけにはいかないので、必ず相手をみつけてつなぎかわる。すると「V」と「逆V」の字の形をした磁力線が間にできる。これらの磁力線は、パチンコのように周囲の流体を上下に弾き飛ばしてしまう。できた空隙に左右から追加の磁力線が押し寄せてきて、また繰り返してつなぎかわる。磁力線はこうして弛緩していき、ガスにエネルギーを与える。その効率が高く、結果としてフレアのエネルギー解放をよく説明することが可能だ。

ここでは、太陽を例にとって説明したが、地球磁気圏尾部擾乱現象や、かに星

雲の放射エネルギーの供給源として、強磁場中性子星マグネターの巨大フレアや、銀河面や銀河団のX線高温ガスの加熱を説明する機構として磁気リコネクションがひろく提唱されている。理学系研究科では、筆者と天文学専攻の常田佐久教授とがおもに太陽への応用から、地球惑星科学専攻の星野真弘教授が地球磁気圏や超新星残骸への応用、物理学専攻の牧島一夫教授が銀河団への応用で研究している。また新領域創成科学研究科では小野靖教授・井通暁准教授がプラズマ実験を行っ



### 「並列オブジェクト」

米澤 明憲 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 教授)

計算機で実行される大規模ソフトウェアは、システムプログラムと応用 (アプリ) プログラムに大別される。Linux や Windows のような OS がシステムプログラムの代表例であり、粒子系シミュレーションソフトや有限要素法の計算ソフトが応用プログラムの例である。「並列オブジェクト」の概念は、並列計算機やスパコンの上で動かされる大規模な応用プログラムの設計・開発に威力を発揮する。さらに、離散事象の自然なモデル化とその並列計算機上でのシミュレーションを容易にする概念でもある。

「並列オブジェクト」は、大規模ソフトウェア (プログラム) を構築するためのモジュール (部品、パーツ) のひとつである。一般にソフトウェアのモジュール

は、組み合わせやすく、入れ替えが容易で、再利用されやすく、かつ実行効率に問題のない形式でなければならない。「並列オブジェクト」の着想は、大規模な並列・分散型計算機が遠い将来の夢と思われていた、1970年代半ばにおける米澤のMIT博士課程在学時の研究に遡ることができ、その後、日・米・欧で理論・応用などのさまざまな角度から研究が進められてきた。

「並列オブジェクト」は、ソフトウェア開発でもっとも普通に行われている、オブジェクト指向プログラミングにおける、「オブジェクト」の概念を一般化したもので、ひとつの「オブジェクト」に1個のCPUを閉じ込めたものと考えてよい。多数の並列オブジェクトがあればその数だ

けのCPUが使われ、オブジェクト間の情報のやり取りは、オブジェクト間のメッセージ送信で行われるものである。

今では「並列オブジェクト」をもとに、超並列型のスパコン上で稼働する分子動力学の応用プログラム、ネット上の新しいメディアになりつつあるTwitterシステム、Linden Labのセカンドライフシステムなどの大規模先進的ソフトウェアシステムの構築・実装が行われるようになった。現在、計算機はマルチコア、メニコアの時代に入りつつあり、CPUを何十万・何百万個内蔵した計算機を容易に使いこなすためのソフトウェアシステムが求められている。その時、この「並列オブジェクト」の重要性がさらに増すと予想されている。



## 「暗黒物質」

横山 順一（ビッグバン宇宙国際研究センター 教授）

暗黒物質とは、この宇宙に大量に存在して重力源になることが分かっているものの、さまざまな実験・観測手段によってもいまだに直接検出されていない未知の物質のことである。その正体は、超対称性粒子やアキシオンなどの未知の素粒子か、あるいは質量  $10^{20} \sim 26$  グラムのミニブラックホールであると考えられている。

暗黒物質が存在することは、ツビッキー (F. Zwicky) によってすでに 1933 年に指摘されていた。彼は銀河団中の各銀河が、観測されている天体の重力では支えきれないほど大きな速度分散をもっていることを見だし、これは暗黒物質の重力によって支えられているからだと考えた。

暗黒物質の存在量はさまざまな方法で推定されている。渦巻き銀河の中心からの距離とその位置での回転速度の関係を

表す回転曲線を使うと、回転による遠心力と重力の釣り合いによって、その半径より内側に含まれる質量が推定できる。銀河団内の高温ガスから放射される X 線の観測によって温度が測定されると、ガスの圧力が求められ、圧力と重力の釣り合いから全質量も推定できる。また、暗黒物質の存在量は、後に銀河などの構造に発展する密度ゆらぎやそれに付随した温度ゆらぎの発展に大きく影響するが、それを用いると宇宙マイクロ波背景放射の非等方性の観測から高精度の情報が得られる。2003 年に宇宙背景放射探査機 WMAP によって、宇宙の全エネルギー密度の約 23% を占め、原子（バリオン）の約 5 倍存在することが明らかにされた。

暗黒物質の直接検出としては、宇宙線として飛来する重い粒子を検出しようという実験が世界数カ所で進められてい

る。そのうちの 1 つである米国の CDMS 実験は最近、暗黒物質かもしれない事例が 2 例あった、と報告したが、これをもって暗黒物質を発見したと即断するのは早計である。また軽い候補粒子アキシオンについては、蓑輪眞教授のグループなどによって太陽からの飛来粒子を検出する実験が進められている。いっぽうミニブラックホールが暗黒物質である場合には、初期宇宙にこうしたブラックホールが生成するさい、多量の重力波が放出され、それはスペース重力波干渉計 DECIGO によって容易に検出できることを私たちは最近発見した。この DECIGO はビッグバン宇宙国際研究センターの新たな研究プロジェクトとして、坪野公夫教授のグループを中心に現在検討が進められている。



## 「前線」

伊賀 啓太（海洋研究所 准教授，地球惑星科学専攻 兼任）

大気の中にはその性質が比較的一様な「気団」があり、これを分けるように、温度や湿度が急変する細長く延びた領域がある。このような気団を隔てる境目を「前線」という。

天気予報の中で前線はよく低気圧とともに登場し、悪天をもたらす原因として知られている。高等学校の地学の教科書には、前線が南北にうねりはじめて寒冷前線と温暖前線を伴った低気圧が発達し、さらに最盛期を迎えて閉塞前線を形成していくという温帯低気圧の一生の解説図が載っていることもあるが、この考え方は 20 世紀初頭にビヤクネス (J. Bjerknes) らによって提唱されたノルウェー学派モデルに基づいたものである。

今なお有用なモデルであるが、その後の気象学の進歩によりいくつかの重要な

点で認識が変わってきた。まず、このモデルでは前線から低気圧が生まれるという過程をたどるが、現在の認識では、水平温度勾配（必ずしも前線のような大きな温度勾配を必要としない）から「傾圧不安定」の仕組みによって低気圧が発達し、前線はそれに伴って形成されるという考え方が基本となっている。また、1980 年代にはシャピロ (M. A. Shapiro) らが低気圧のモデルを提唱したが、このモデルでは温暖前線と寒冷前線は低気圧の近辺で接続しておらず、最盛期以降になっても閉塞前線は形成されない。すべての温帯低気圧に対する形態の認識がこのモデルに置き換わってしまったわけではないが、低気圧に伴う前線の形態に関する認識に大きな変化をもたらし、この見方に基づいた前線の研究は現在も盛ん

に行われている。

ノルウェー学派モデルで考えられたように、前線に伴って擾乱や低気圧が発生する現象を「前線不安定」あるいは「前線波動」とよぶ。温帯低気圧が前線不安定によって発達するとは考えられなくなったが、より小さな規模では前線の不安定性によって発達したと考えられる擾乱・渦・低気圧が見られる。とくに前線上に二次的に発生する低気圧は、時として急速に発達することも多く多くの研究が続けられている。

海洋研究所海洋物理学部門海洋大気物理学分野では、大気の中小規模現象の研究として前線が本質的な役割を果たす現象の研究が進められている。



## 「3 ステップモデル」

加藤 毅 (化学専攻 准教授)

一般に「 $n$  ステップモデル」は物理化学的な素過程を記述・把握するため、さまざまな分野でそれぞれ固有の意味合いをもって発展・淘汰されてきていると思う。ここで取り上げる「3 ステップモデル」とは、「強光子場科学」の分野で1993年頃に提唱されたものである。

現在では、実験室で発生されるレーザー光の強度 ( $\sim 10^{14}$  W/cm<sup>2</sup>, 近赤外波長 $\sim 800$  nm) が、物質を安定な状態に保つ荷電粒子間のクーロン力の大きさ ( $\sim 3.5 \times 10^{16}$  W/cm<sup>2</sup>) を凌駕しつつある。このような強い光を物質に照射すると、レーザーの周波数  $\Omega$  に対して、原子や分子の集団から周波数  $(2n+1)\Omega$  ( $n \gg 1$ ) の高次高調波が発生する (HHG)。物質に光を照射すると、再放出が起きる現象は広く知られており、散乱などの過程が働いたら、放出光は入射光に近い波長をもつ場合が多い。ところが、強いレーザー光を物質に照射すると、はるかに短

波長の軟X線が発生するのである ( $n = 25$  とした場合、発生する光の波長は約16 nm)。この現象を古典的な電子運動のイメージで説明するのが「3 ステップモデル」である。

3 ステップモデルによれば、まず、強い光の電場の影響で、電子の感じるポテンシャル曲面が平衡構造のものから大きく変形する。すると、①分子に束縛されている電子は、トンネル効果によって核引力ポテンシャルの束縛から逃れることができる (イオン化)。②イオン化電子は光の電場によって加速され、親イオンから遠ざかるが、光の電場が交番電場であるために、光の半周期内には親イオンに向かって加速される。③運動エネルギーを獲得した電子の親イオンへの衝突。再衝突する電子のもつ最大運動エネルギーを計算すると、 $3.2Up$  と求められる ( $Up$  は交番電場中での電子の振動運動の平均エネルギー)。この運動エネル

ギーが親イオンとの再結合過程で光として解放されるものと考えると、光子エネルギーは  $Ip+3.2Up$  となる ( $Ip$  はイオン化ポテンシャル)。実際、この値は実験的に観測される高調波の最短波長をよく説明する。

3 ステップモデルの延長線上に「分子軌道トモグラフィー」の発展がある。HHGの強度分布などを解析することで、イオン化した電子が元いた場所、すなわち分子軌道を再構成できるという。いっぽう、強光子場中の炭化水素分子においては、分子内の水素原子の分布が電子と同様に分子全体に広がってしまうことが、本研究科化学専攻山内教授らの実験研究から明らかになりつつある。「3 ステップモデル」という考え方を超えて、強い光と物質との相互作用の本質をとらえた、より適切な概念を提出することが求められているように思われる。



## 「生物の学習・記憶」

飯野 雄一 (生物化学専攻 教授)

学習・記憶と聞いて読者は何をイメージするだろうか。受験を何度もくり抜けてきた世代にとっては、学習=勉強、記憶=勉強したことを覚えていること、という連想が起るかもしれない。もちろんこれは大きく外れてはいない。しかし、脳科学ではもう少し広い定義をする。学習=過去の経験により行動が変化すること、記憶=過去の経験による変化が持続していること、というのが一般的な定義である。

では脳神経系でどのような変化が起こっているのだろうか。基本原理としてわかっているのは、学習によって、脳を形成する神経細胞、あるいは神経細胞

と神経細胞がシグナルを伝え合う「シナプス」に変化が起こることである。たとえば、ある神経が活動しやすくなる、あるいはある神経から別の神経にシグナルが伝わりやすくなるといった変化が起り、その変化が持続するとわかっている。

では、記憶は脳神経系のどこにあるのだろうか。これは最近の研究の中心的課題の一つである。哺乳類のエピソード記憶 (経験した事柄の記憶) では、新たに獲得した記憶がいったん脳の特定の部位 (たとえばヒトでは脳の中心に近いところにある「海馬」) に蓄えられたのち、別の部位 (脳表面の大脳皮質など) に徐々に移っていくということがわかりつつあ

る。また、昆虫の脳では記憶の獲得に関わる部分と読み出しに関わる部分が異なることもわかっている。これらの生物では脳の部位 (神経細胞の大きな集合体) ごときの機能の解析が主であるが、より簡単な生物、例えば線虫では、一つ一つの神経細胞を特定して調べることができるため、どの神経の変化が記憶を担うかといった研究が行われ、たったひとつの神経の変化で行動が逆転する場合があることもわかりつつある。理学系研究科では、生物化学専攻と生物科学専攻でマウスの匂い記憶の機構、ミツバチの視覚記憶の機構、線虫の化学感覚記憶の機構などの研究が進められている。

## 「メンデルのブドウ」からワインができました

■ 邑田 仁 (植物園 教授)  
小石川植物園のいわゆる記念樹のひとつに「メンデルのブドウ」がある。これは、遺伝の法則の発見者として有名なメンデルがブドウの育種の研究を行なった、ブルノ(チェコ共和国)の修道院に残っていたブドウで、小石川植物園の第3代の園長をつとめた三好学博士が1914年にブルノを訪問した際にその苗の分譲を依頼した結果、翌年にシベリア鉄道経由で日本に送られてきた株である。園内では「ニュートンのリンゴ」と隣り合わせに、

棚作りで展示されている。その後、現地  
のメンデルブドウは第2次世界大戦後の  
混乱でなくなり、1997年に小石川の株  
から苗を4株作って送り返して復活した  
という経緯があり、現在では小石川植物  
園のものが本家となっている貴重な株で  
ある。この「メンデルのブドウ」や「ニュー  
トンのリンゴ」は、科学の振興と啓蒙の  
ため、全国各地の施設に分譲されてきた  
が、「メンデルのブドウ」の分譲先のひ  
とつである大分農業文化公園(杵築市)  
が、大きく育った1株に稔った21キロ  
のブドウを初めてワインに加工したとい  
うことで、小石川植物園にもその一部が  
贈呈された。また、大分・チェコ友好協

会やチェコ大使館にも贈呈されたとのことである。今後も友好や啓蒙のために役立つと期待される。ちなみに、明治初期に小石川植物園に出仕して植物取調べを行ない「小石川植物園草木図説」(巻1は1881年出版)の共著者ともなった賀来飛霞は大分農業文化公園に程近い宇佐市安心院町が郷里であり、不思議な縁を感じる。



■「メンデルのワイン」

## 東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧

(※)は原著が英文(和訳した題名を掲載)

種別	専攻	申請者名	論文題目
<b>2009年10月19日付学位授与者(1名)</b>			
課程	地惑	尾形 友道	インド洋-太平洋暖水域における海洋上層の季節内変動の経年変調(※)
<b>2009年10月30日付学位授与者(2名)</b>			
課程	地惑	山下 陽介	太陽11年周期変動に伴う成層圏大気の応答に関する研究
課程	生化	高山 順	線虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 味覚神経 ASE における左右非対称性の解析
<b>2009年11月16日付学位授与者(2名)</b>			
課程	地惑	川崎 高雄	千島列島周囲に局在化した鉛直混合が引き起こす太平洋熱塩循環(※)
課程	生化	廣瀬 恵一	胎児肝臓におけるヘッジホッグシグナルの機能解析
<b>2009年11月30日付学位授与者(1名)</b>			
課程	地惑	五藤 大輔	エアロゾル直接効果・間接効果の放射強制力に関する GCM モデル評価の改良(※)
<b>2009年12月14日付学位授与者(1名)</b>			
課程	地惑	磯崎 裕子	石英の ESR 信号強度と結晶化度によるタリム盆地起源風成塵およびその供給源の特徴づけと風成塵供給源の時代変動(※)

## 人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2009.11.16	生化	講師	山下 朗	昇任	助教から
2009.11.16	化学	助教	近松 彰	採用	特任助教から
2009.12.1	物理	助教	鈴木 隆敏	採用	特任助教から
2009.12.1	物理	特任助教	掛下 照久	採用	
2009.12.1	広報室	特任専門職員	小野寺正明	採用	
2009.12.16	植物園	助教	角川 洋子	採用	
2009.12.31	物理	助教	今村 洋介	辞職	東京工業大学大学院理工学研究科准教授へ
2009.12.31	生化	特任助教	岡田 悟	辞職	
2010.1.1	地惑	助教	並木 敦子	採用	
2010.1.1	遺伝子	助教	富岡 征大	採用	特任助教から
2010.1.1	情報システム チーム	助教	下見淳一郎	採用	
2010.1.1	化学	特任助教	坂本 良太	採用	

## あ と が き

今号の「宝物」は、少し異色ですが、理学部1号館の壁(?)です。身近なところにも宝物があることを再認識させられる、おもしろい記事です。執筆者の大路樹生准教授からご寄稿をいただき、宝物にうってつけだとのことで掲載させていただきます。

さて、理学部ニュースの屋台骨を支え

てきた加藤千恵さんが今号で東京大学を去られることになりました。加藤さんのお力と熱意とで、この5年間滞りない発行を続けることができました。また記事や企画へのその率直な意見で、紙面をよりよいものにすることができました。ほぼ同時期からわたしも委員になりましたので、同級生を見送る気分です

が、新しい職場でもご活躍を。最後に、わたしも今回をもちましてひとまず委員を退かせていただきます。

今後の理学部ニュースの発展を期待しつつ、ではまた。

横山 央明(地球惑星科学専攻 准教授)

加藤職員の任期満了に伴い、12月より理学部ニュース担当として広報室に着任した小野寺と申します。

2010年度国家予算の「事業仕分け」という歴史的事件に遭遇し、横山広美准教授の広報戦術に、攻めの広報とはかくあるべきという姿を広報室の一角から垣間見ることができましたのは、私にとっ

て幸運でした。今後もどのような火の粉が本理学部に降りかかって来るやは神のみぞ知るですが、広報ツールの一つとして、理学部ニュースが防火壁として少しでもお役に立てたら最高ではないかと考える次第です。

また、制作担当としましては、不易流行の精神で理学部ニュースに関わってい

きたいと存じます。古き良き伝統を守りながらも、読者の皆さまによりいっそうアピールできる形に表現できるよう努めて参る所存です。

読者の皆さまのご指導、ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願い申し上げます。

小野寺正明(広報室)

この2010年1月号は私が編集に携わる最後の号となりました。と申しましたが、執筆依頼までですが。執筆依頼は、一見すると機械的なものに思われがちですが、お願いする記事の趣旨、長さ、脱稿期限などを適確にお伝えし、確実に書いていただく必要があります。したがって1件ごとに気を配る必要があります。ここにかかなりの労力を注ぎました。執筆依頼

は理学部ニュースの内容を良くするために大切な作業です。もちろん編集委員の先生方が厳選なさった内容ですので、良いものに違いないのですが。

その執筆依頼をしていた昨年11月頃は科学技術予算の事業仕分けがたけなわで、小柴ホールでノーベル賞受賞者の先生方の講演も行われていました。仕分けの結果、若手支援、科研費、運営費交付

金などは大きな影響を受けることをまぬかれたと聞き、安心しました。資源が乏しい日本の国は、科学技術がひじょうに重要と存じます。そのためにも理学系研究科の今後のますますのご発展をお祈り申し上げます。

加藤 千恵(庶務係)

第41巻5号

発行日：2010年1月20日

発行：東京大学大学院理学系研究科・理学部

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

編集：理学系研究科広報委員会所属 広報誌編集委員会 (e-mail: rigaku-news@adm.s.u-tokyo.ac.jp)

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

広報・科学コミュニケーション：

横山 央明(地球惑星科学専攻) yokoyama.t@eps.s.u-tokyo.ac.jp

横山 広美 yokoyama@sp.s.u-tokyo.ac.jp

野崎 久義(生物科学専攻) nozaki@biol.s.u-tokyo.ac.jp

HP担当：

島田 敏宏(化学専攻) shimada@chem.s.u-tokyo.ac.jp

柴田 有(情報システムチーム) yuu@adm.s.u-tokyo.ac.jp

斉藤 直樹(庶務係) nsaito@adm.s.u-tokyo.ac.jp

HP & ページデザイン：

小野寺正明(広報室) onodera@adm.s.u-tokyo.ac.jp

大島 智(情報システムチーム) satoshi@adm.s.u-tokyo.ac.jp

加藤 千恵(庶務係)

印刷・・・三鈴印刷株式会社



a : 巻貝（種類不明，中央棟南側）



b : 中生代に繁栄し，中生代末に絶滅したイカの仲間である，ベlemnナイトの化石。  
動物体の後部に位置し，軟体部に包まれた鞘の部分。南側通路。

～発掘 理学の宝物「理学部新1号館の石灰岩」より～