

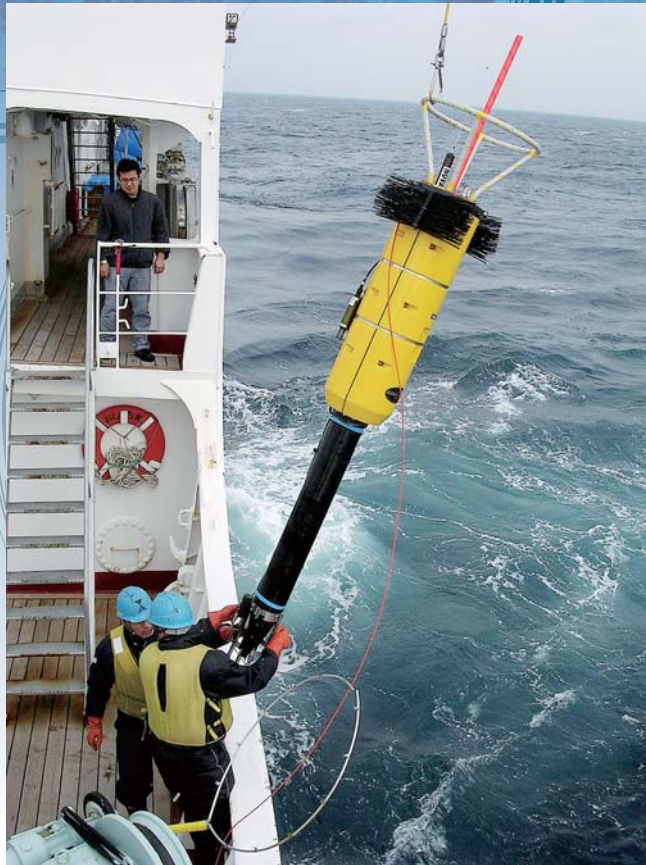


東京大学

理学系研究科・理学部ニュース

2011年1月号 42巻5号

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



超深海乱流計 VMP-5500 の投入風景 (小笠原諸島沖合)
～理学の匠「超深海乱流計 VMP-5500」より～

本号の記事から
トピックス
研究ニュース
学科の教育メニュー
理学のキーワード

有馬朗人先生が文化勲章を受章 ほか
南極から大型レーダーで地球気候の仕組みを探る ほか
物理学科
「乱数」「クラウドコンピューティング」「銀河の形成と進化」
「温室効果ガス」「光誘起相転移」「オーミクス」

トピックス

有馬朗人先生が文化勲章を受章	大塚 孝治 (物理学専攻 教授) ……………	3
物理学専攻 田中靖郎名誉教授が文化功労者に	牧島 一夫 (物理学専攻 教授) ……………	3
瑞宝重光章を受章 物理学専攻 山崎敏光名誉教授	早野 龍五 (物理学専攻 教授) ……………	4
数理科学研究科の儀我美一教授が紫綬褒章を受章	藤田 宏 (理学部名誉教授) ……………	4
附属臨海実験所において技術シンポジウムを開催	関藤 守 (臨海実験所 技術専門職員) ……………	5
第18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) ……………	6
生命科学系 GCOE の第4回理学系リトリート開催	山田 康嗣 (生物化学専攻 特任助教) ……………	6
「なぜ私は理学を選んだか」理学部ガイダンス@駒場	程 久美子 (生物化学専攻 准教授) ……………	7
iGEM2010 に東大チームが参加「数独を解く大腸菌」	程 久美子 (生物化学専攻 准教授) ……………	7

学科の教育メニュー 第5回 物理学科

基礎を極めて物理学の地平を広げる	早野 龍五 (物理学専攻 教授) ……………	8
------------------	------------------------	---

理学の匠 第5回

超深海乱流計 VMP-5500	日比谷紀之 (地球惑星科学専攻 教授) ……………	10
-----------------	---------------------------	----

研究ニュース

個体群密度に依存した匂いの好みの変化	山田 康嗣 (生物化学専攻 特任助教), 飯野 雄一 (生物化学専攻 教授) ……………	11
星間塵に隠された爆発的星形成銀河	河野孝太郎 (天文学専攻 教授), 甘日出文洋 (天文学専攻修了) ……………	12
貴金属の組合せで欲しい物だけ作るナノ触媒	宮村 浩之 (化学専攻 特任助教), 小林 修 (化学専攻 教授) ……………	13
南極から大型レーダーで地球気候の仕組みを探る	佐藤 薫 (地球惑星科学専攻 教授) ……………	14

連載：理学のキーワード 第29回

「乱数」	松本 眞 (数理科学研究科 教授) ……………	15
「クラウドコンピューティング」	平木 敬 (情報理工学系研究科 教授) ……………	15
「銀河の形成と進化」	嶋作 一大 (天文学専攻 准教授) ……………	16
「温室効果ガス」	小池 真 (地球惑星科学専攻 准教授) ……………	16
「光誘起相転移」	縫田 知宏 (化学専攻 助教) ……………	17
「オーミクス」	伊藤 隆司 (生物化学専攻 教授) ……………	17

お知らせ

西川哲治先生を偲ぶ	相原 博昭 (物理学専攻 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

■表紙 超深海乱流計 VMP-5500 の投入風景 (小笠原諸島沖合)。VMP-5500 の上部の黄色の部分には深海の超高水圧にも潰れない特殊なセラミック製の浮力体である。流速・水温の微細構造を測定する各種センサーは VMP-5500 の下部の先端部分に取り付けられている。

有馬朗人先生が文化勲章を受章

大塚 孝治 (物理学専攻 教授)

有馬先生は1953年東京大学理学部を卒業、1958年に本学より理学博士の学位を授与されました。その間、本学原子核研究所助手を務められ、その後、本学理学部物理学教室講師、助教授を経て1975年に教授になられました。本学の大型計算機センター長、理学部長をなさり、1989年から1993年には東京大学総長を歴任されました。その後も、理化学研究所理事長、参議院議員、文部大臣などの学術・教育にかかわる要職につかれました。現在も武蔵学園長、静岡文化芸術大学理事長をなさっています。

先生の専門は原子核物理学ですが、研究を始められた頃は原子核物理学が誕

生した時期でもあり、さまざまな課題において分野を立ち上げる研究をされました。中でも有名なのは、当時メイヤー (Maria Goeppert-Mayer) とイェンゼン (J. Hans D. Jensen) によって提案されたばかりの殻模型において、実際の核力がいかに働くかを示す有馬-堀江の配位混合理論です。これは今日に至るまで多くの研究者によって発展を続けている有効相互作用、有効電荷の研究の端緒であり、いっぽう、基本概念は変わっていません。さらに、原子核のクラスター模型を始められ、また、原子核の表面を球から楕円体に変形させ回転や振動を起こす集団運動に関して、相互作用するボソン模型をヤケロ博士 (Francesco Iachello) とともに提唱され、その統一的記述に成功しました。現在も、研究活動を続けられ論文を毎年出版しています。このような貢献に対し、仁科記念賞、フンボルト



有馬朗人名誉教授

賞、フランクリン財団ジョン・プライス・ウェザリル・メダル、アメリカ物理学会ボナー賞、日本学士院賞などを受賞されています。いっぽう、俳人としても著名で「天為」という会を主宰しています。

物理学専攻 田中靖郎名誉教授が文化功労者に

牧島 一夫 (物理学専攻 教授)

本研究科 (物理学専攻) 名誉教授および宇宙科学研究所名誉教授の田中靖郎 (たなか・やすお) 先生が、2010年度の文化功労者に選ばれました。田中先生は1953年に大阪大学理学部物理学科をご卒業の後、本学原子核研究所助手、名古屋大学理学部助教授を経て、1972年に本学宇宙航空研究所 (のち改組により宇宙科学研究所) 教授に着任されました。本研究科では、学際理学客員講座の教授として、長らく大学院教育に尽力されました。1994年に宇宙科学研究所をご退官の後、マックス=プランク研究所の客員科学者としてドイツに滞在され、2008年まで日本学術振興会ボン研究連絡センター長も務められました。

田中先生は宇宙線のご研究を出発点に、物理実験家としての卓抜な手腕を發揮され、1960年代から勃興したX線天文学の先頭に立ち、オランダとも協力した超軟X線放射の先駆的観測、ガス蛍光比例計数管の開発、それを搭載した「てんま」衛星による鉄輝線分光学の開拓、「ぎんが」による超新星SN1987Aの検出、「あすか」によるブラックホールからの相対論的効果の検証など、広く深い宇宙物理学を展開され、日本の当該研究分野を大樹へと育て上げられました。さらに広い国際的視野に立って国際協力を推進され、プロジェクトマネジャーとして多くの科学衛星を成功に導かれるなど、そのご功績はひじょうに多岐にわたります。

先生は現在でも最新の衛星データの解析に取り組んでおられ、研究に対峙されるお姿は後進にとって、つねに大きな励みと刺激になっています。先生はこれまで、仁科記念賞、日本学士院賞、米国ロッ



田中靖郎名誉教授

シ賞、英国王立協会マッセイ賞などを受賞され、昨年は日独学術交流へのご貢献により、外務大臣表彰を受賞しておられます。さらにこのたび、文化功労者として叙せられたことは、誠に先生のご業績にふさわしく、心からお祝い申し上げます。

瑞宝重光章を受章 物理学専攻 山崎敏光名誉教授

早野 龍五（物理学専攻 教授）

山崎敏光名誉教授が2010年秋の叙勲で「瑞宝重光章」を受章され、11月5日に皇居で伝達式が行われました。

山崎先生は1957年に本学理学部物理学科を卒業なされ、本学原子核研究所助手、カリフォルニア大学およびニールス・ボーア研究所研究員、本学理学部講師、助教授、教授を経て、1986年より

本学原子核研究所所長を務められました。退官後は日本学術振興会監事などを歴任され、現在は財団法人仁科記念財団理事長および日本学士院会員として活躍されるとともに、自ら科研費を獲得され、研究に励んでおられます。

山崎先生は中間子などの粒子ビームを原子核物理・原子分子・物性科学に至る広い分野の研究に応用して新しい学問分野を拓かれ、2009年にこれらの業績により文化功労者として顕彰されていますが、再び栄えある受章となりました。今後ますますのご健勝をお祈り申し上げます。



山崎敏光名誉教授

数理科学研究科の儀我美一教授が紫綬褒章を受章

藤田 宏（理学部名誉教授）

紫綬褒章は、学術・芸術・スポーツで著しい業績を上げた人に贈られる褒賞です。儀我美一（ぎが・よしかず）教授が、ナビエ・ストークス方程式に関する優れた業績（博士論文）により非線形偏微分方程式の研究にデビューしたのは1980年代の半ばですが、以来、儀我教授は最近の四半世紀における斯界の進歩を特徴付ける、世界的な成果をいくつも挙げて来られました。それらは、21世紀の解析学の未来を拓く役割を果たすと共に、科学技術の先端において広く応用されています。

現象と関わる解析学の推進は、「対象

（問題意識）」、「概念（考察の枠組み）」、「方法（解明・解決の手段）」の三つの視点から視ることが出来ます。儀我教授の研究スタイルの特長は、この三視点のすべてにおいて顕著な独創性と展開力です。その多くに言及することはできませんが、典型例を挙げれば、（結晶表面のような）界面の運動を記述する曲率流方程式の研究です。微分幾何学や材料科学・画像処理にも影響を及ぼしたこの研究では、界面の「ちぎれ」などの特異性に耐える「広義解の概念」の設定、および、曲面をある関数の等高線（面）とみなす「等高面の方法」の導入が画期的です。ちなみに、非線形放物型方程式の解の「爆発」の研究も、日本発祥の分野（H. Fujita, 1966）ですが、近年の進歩の土台は「解の自己相似性」の意義を見抜いた儀我教授の方法（変換）にあります。



儀我美一教授

附属臨海実験所において技術シンポジウムを開催

実行委員長 関藤 守
(生命科学系 臨海実験所 技術専門職員)

2010年11月9日午前10時30分から、附属臨海実験所において「第25回理学系研究科・理学部技術シンポジウム」が開催された。このシンポジウムは技術の向上および、さまざまな分野にわたる技術支援活動の公開と進展を目的として日頃の技術支援活動の成果報告と、技術職員が一同に会し意見交換を行うことができる貴重な場である。毎年開催されるが、今回は本郷地区以外で初の開催であり、また発表形式も通常発表のほかにポスター発表形式を取り入れた。遠隔地での開催にもかかわらず、西原寛技術部長をはじめ理学系研究科技術職員のほか、農学生命科学、工学系、物性研、埼玉大、東京工業大の各技術職員、事務部から紺野鉄二事務部長、平賀勇吉農学生命科学研究科事務部長、生物科学専攻事務係長他、東京医薬専門学校生、技術職員OB、ポスターを見て開催を知った一般参加者など合計44名の参加があった。

西原技術部長の挨拶に続き、附属臨海実験所所長の赤坂甲治教授による「臨海実験所の歴史・展望と技術職員の活躍」

の特別講演が行われた。臨海実験所の立地や設立理由、臨海実験所で行われている研究の解説、海産生物が多くのノーベル賞受賞に貢献していること、臨海実験所技術職員の活躍などの項目を、ユーモアを交え分かりやすく解説していただいた。特に、深い海に生息するガラスカイメン類が高温を用いずにガラスの骨格を形成する不思議が解説され、一同興味深く聞き入っていた。

昼食後に予定されていた研究調査船「臨海丸」への乗船は、強風のため残念ながら中止となってしまった。そのためプログラムを変更し、記念撮影と臨海実験所の施設見学が行われた。臨海実験所周辺に生息するウミウシ類やヤドカリ、ウミシダ、ヒトデ、ウニ、ナマコ類を実際に手で触れて観察した。初めての感触に戸惑いや驚きの声が上がっていた。

その後、技術職員2名による口頭発表が行われた。八幡和志（機器分析・実習系／物理学専攻）による「物理学実験担当業務の紹介」、吉田英人（機器分析・実習系／地球惑星科学専攻）による「高層大気中における短時間物理現象をとらえる実習教材の開発」の2発表があり活発な質疑、討論が行われた。

休憩の後、隣室にてポスター発表が行われた。市村康治（機器分析・実習系／地球惑星科学専攻）「微小な鉱物のFIB加

工およびSIMS分析の前の試料準備」、栗栖晋二（機器分析・実習系／地球惑星科学専攻）「東大伊能図保存環境整備についてー保存ケース作成と温湿度測定ー」、小林明浩（共通系／地球惑星科学専攻）・山崎百合香（共通系／生物科学専攻）・吉田和行（共通系／化学専攻）「安全管理業務について」、坂本和子（機器分析・実習系／化学専攻）「有機元素分析室からの情報提供～ウェブサイトの活用」、杉井那津子・幸塚久典・関藤守（生命科学系／附属臨海実験所）「三崎産クサフグの飼育確立に向けて」の5演題が掲示され、皆時間を忘れて見入っていた。

17時のシンポジウム終了後、臨海実験所宿泊棟に移動し17時15分から19時まで情報交換会が行われた。西原技術部長、赤坂臨海実験所長、紺野事務部長、平賀農学生命科学研究科事務部長、および農学生命科学、工学系、物性研、東京工業大学からの各技術職員を交え、特別講演や技術発表、ポスター発表の話題で大いに盛り上がり、出席者の親睦もさらに深まりたいへん有意義な場となった。

最後にこのシンポジウムを開催するにあたり、赤坂臨海実験所長をはじめ、多くの関係者の方々にご協力をいただいた。この場を借りて御礼申し上げる。



■ 実験研究棟前にて

第18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^注)

東京大学大学院理学系研究科・理学部公開講演会が、2010年11月7日(日)14時より安田講堂にて開催された。今回は、「情報と物質～世界を決める2つの要素」と題し、本講演会ではこれまで取り上げることが少なかったテーマで、理学部で行われている最新の研究成果を中心とした話題が紹介された。

山形俊男研究科長による挨拶に続き、大越慎一教授(化学専攻長・理学部化学科長)による「光でON-OFFする物質を創る」、萩谷昌己教授(情報理工学系研究科長)による「モデルと本物:化学と生物学の場合」、大塚孝治教授(物理学専攻・原子核科学研究センター長)による「原子核の新しい顔」の3講演が

注) 2010年12月より鹿児島大学教授

40分ずつ行われた。当たり前の元素から人間に有益な物質を新たに創り出す研究、電子投票プロトコルとDNAの変性に共通するモデルをグラフ書き換えの手法で解析する研究、実験で作られるエキゾチック核を調べることでさまざまな原子核の起源を解明しようという研究など、いずれも興味深い話題が紹介された。

行楽に行きたくなくなるような好天の下、来場者は人数こそ前回は下回ったが、

582名を数え、熱心に聞き入る人数では従来と遜色なかった。開演前には理学部紹介ビデオを上映し、講演後には懇談会として1時間ほど、講師との議論を深める時間を設けた。講演内容はインターネットで学外にも中継され、講師や講演内容に関連した書籍販売を東大生協が行った。いずれも盛況であった。

次回は、2011年4月24日(日)に同じ安田講堂にて開催予定である。



熱心に聞き入る参加者で熱気溢れる会場。講演直後の質疑応答も盛んであった。

生命科学系 GCOE の第4回理学系リトリート開催

山田 康嗣
(生物化学専攻 特任助教)

2010年11月6～7日に第4回理学系リトリートが開催された。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、医学系研究科、分子生物学研究所、理学系研究科の三つの部局からなり、これらの部局が一体となった教育研究体制を築くことを目指している。

COE 拠点の重要な活動のひとつとして、春と秋に研究交流の場としてリトリートが開催されている。春には三つの部局全体で開催されるのに対し、秋には理学系研究科のみで神奈川県大磯にて開催されるのが恒例となってきた。理学

系研究科には、生物化学、生物科学の両専攻が属しているが、秋のリトリートは普段交流する機会の少ない両専攻が密接に議論できる場となる。

本年度は、前回は好評であった「学生交流会」を引き続き行い、さらに大学院生と若手研究者を対象とした新しい試みが二つ加えられた。「分野交流シンポジウム」と称された口頭発表では、自身の研究の展望までを大胆に語っていた。また、ポスター発表者には、ポスターを口頭にて紹介していただく場を設けた。それぞれの試みにより、リトリートに新鮮味が加えられ、研究交流が活発化されたことと思う。来年はグローバルCOEの最終年であり、節目の年となる。近年の不況の折、予算の見直しなどにより、今後の開催は困難になっ

ていくことが予想される。しかしながら、理学系研究科生命科学系の両専攻が連携を強化することは、人脈を形成することを通じて目先の研究成果以上のものを産むと考えられる。今後とも継続して開催されるように期待したい。

最後に、本年度のリトリートの開催、運営に御協力いただいた関係者の皆様にごく御礼を申し上げたい。



大磯にて

「なぜ私は理学を選んだか」 理学部ガイダンス@駒場

教務委員 程 久美子
(生物化学専攻 准教授)

「世界中でまだ誰も知らないことを知りたい。研究して真理を追求するワクワク感がたまらない。」先輩たちの熱い話しに目を輝かせる1年生。

折りしも、スウェーデンのストックホルムでノーベル賞授賞式が行われた同日の2010年12月10日、数理科学研究科棟大講義室では教務委員会・広報室の共催で1年生を対象とする理学部ガ

イダンスが行われ、約220名の学生が参加した。

ガイダンスは、駒場の講義終了後の午後6時から開催され、相原副研究科長の挨拶に続いて、長谷川教務委員長から理学部と各学科の概要が紹介された。それに続いて、学部4年生から助教までの5名の先輩たちによるパネルディスカッションが行われた。理学部へ進学した決め手、いつ頃決めたのか、研究生生活や日常的な生活パターン、その後の進路、ノーベル賞を受賞した先輩たちなどについて、それぞれの視点から丁寧にわかりやすく、かつユーモアを交えた説明があり、会場の1年生からは留学などに

いて質問がされた。

パネルディスカッション後には、大講義室やセミナー室に各学科のデスクが設けられ、約1時間ほど教員や学生がカフェ形式で質問に答えた。各学科の特色やカリキュラム、教育内容、就職、進路などについて熱心な質問が続いた。

ガイダンスでは、「リガクル」などが配られ、学生たちはそれらを手にして帰っていった。多くの学生が理学部に興味をもち、進学してくることを期待したい。



上：数理科学研究科棟大講義室でのガイダンス風景 右：ガイダンスポスター



iGEM2010に東大チームが 参加「数独を解く大腸菌」

程 久美子
(生物化学専攻 准教授)

2010年11月マサチューセッツ工科大学でiGEM (International Genetically Engineered Machine competition) という合成生物学のコンテストが開催された。理学部の学生を中心とし、工学部や医学部、他大学の学生も含む「iGEM 東大チーム」のメンバー約30名が、東大国際本部などの支援を受けて参加した。東大チームの参加は昨年に続いて2度目であり銀賞を受賞した。

合成生物学 (Synthetic Biology) は、遺伝子組換え技術を利用して、自然界には存在しない新しい生命体を人工的に作

りだし、生命の理解に役立ったり、利用・応用しようとする新しい学問分野である。米国では、リスクはあるが限定的で、むしろ顕著な成果をもたらす分野として推進されている。東大チームは「数独を解く大腸菌」の合成にチャレンジした。数独とは数字を埋め込むパズルであるが、各マスの数字を蛍光色素に置き換え、大腸菌に周辺の情報を識別させ、部位特異的遺伝子組換え反応を利用して特定の蛍光色素を発現させる。

コンテスト参加チームの多くは大学院生を主体としているが、東大チームは学部生を中心として活動している。まだ

研究室にも所属せず、専門もばらばらだが意欲のある学生が集まって議論するところからスタートした。チームリーダーの物理学科3年の谷内稜さんは、「アイデアのおもしろさが多くの参加チームに興味をもってもらえて達成感があった」と話す。今後の東大チームの活躍にも期待したい。



発表ポスターの前で全員集合

基礎を極めて物理学の地平を広げる

早野 龍五 (物理学専攻 教授)

物理学は人類が常に抱いてきたであろう根源的な疑問、たとえば、物質の究極構造、宇宙の成り立ち、多様な物質の奥に潜む基本法則などを、実験と理論によって解明してゆく強力な体系で、そのフロンティアは常に拡大しつつある。

私たちが取り組んでいる謎のほとんどは簡単には解けないし、解けたとしても、すぐに人々の役に立つとは限らない。しかし、物理学上の大きな発見は人類の自然観を変え、長い目で見ると多大な波及効果を産んできた。

ところで、物理学のフロンティアに挑むには、まず「道具」を研ぎ澄まさねばならない。そこで物理学科のカリキュラムは、量子力学、電磁気学、統計力学の基礎を徹底的に学ぶことを重視している。また、実験については、根本原理を深く理解することを重視して行っている。これらにより、物理学科を卒業する頃には、諸外国の一流大学の修士学生にも匹敵する基礎学力を身につけることができると期待している。

学年ごとのカリキュラム概要

■ 駒場 4 学期

駒場 4 学期は、量子力学、電磁気学、物理数学などの基礎

固めが中心となる期間である。これらの講義は演習（3 時間×2 日）とセットになっていて、自分で問題を解き、発表することで、理解を深めることができる。また、現在、駒場 4 学期の講義のうち一日は本郷で開講している。

■ 3 年生

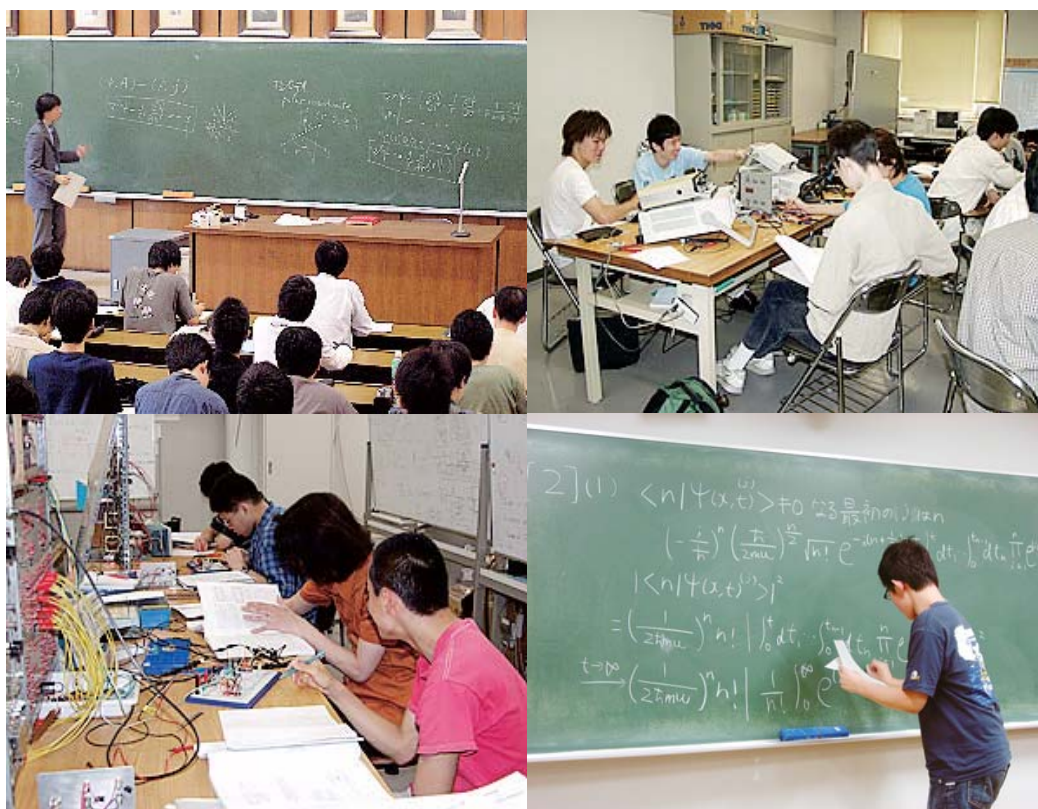
本郷に進学後の 3 年生では、基礎科目のより発展的な内容の学習・トレーニングと、物理実験の基本を学ぶことが中心となる。

実験は月水木の午後に行い、夏学期は真空、放射線、X 線散乱、電子回路、計算機の基本を、冬学期は液体ヘリウムを用いた低温実験、生物物理実験、加速器を用いた原子核散乱など、より高度なテーマを扱う。また、主要科目に関しては 4 学期と同様に演習により、より実践的な理解を深める。

■ 4 年生

4 年生になると、場の理論、素粒子・原子核物理学、宇宙物理学、固体物理学、量子光学など、最先端の研究の学習が始まる。

これと同時に、火水木の午後に行われる特別実験・理論演習では、学生の希望を取り入れて一研究室あたり 2～3 名が配属され、研究の現場を体験する。夏学期に特別実験を履修した



■ 講義、物理学演習、ならびに実験風景

学生は冬学期には理論演習を履修するなど、通年で特別実験と理論演習の両方を履修することを原則としている。

なお、特別実験・理論演習は、他大学・他学科の卒業論文研究に相当する科目であるが、物理学科では論文作成は課していない。

特色あるカリキュラム

■ 物理学ゼミナール

3年冬学期に開講される物理学ゼミナールは、学生の希望を取り入れて3～4名の少人数に組み分けし、先生を囲んで論文輪講や研究施設の見学などを行っている。学生たちが先端的な研究を垣間見ることができる最初のチャンスである。

■ 学部・大学院共通講義

物理学科では、学生の多様な知的要望に応えるため、4年生の専門性の高い科目のいくつかを学部・大学院共通科目として開講している（右の表で*を付した科目）。たとえば、2010年度の冬学期には、東大とカリフォルニア工科大学とをハイビジョン・テレビ会議で結び英語で行う講義（先端物理数学）が学部・大学院共通講義として行われ、多くの学部学生も履修している。学生の大多数が物理学専攻に進学をする物理学科では、これらの共通講義を4年生のうちに履修することで、修士課程の学習をいわば先取りできるのである。

また、逆に、重点化によって入学定員が増え、講義の受講者の学力や興味のスペクトルがひろがっている大学院においては、共通科目は、これらを学部時代に履修しなかった学生の、先端物理学の基礎固めになっている。物理専攻では、2011年度より学部・大学院共通講義を現在よりも増やすことを予定している。

課外活動

五月祭では、学生が主体的

に研究をして、その成果を来訪者にわかりやすく伝える展示を行い、2年連続で最優秀賞(展示・講演部門では3年連続の1位)に輝いた。また12月に開かれる「ニュートン祭」は百二十有余年の伝統を引き継いで学生が主催している。

将来の展望

物理学は、自分自身で考える力をつけ、未知の問題に取り組んでいく学問であり、そのため単なる知識ではなく、しっかりとした物理的思考ができるための基礎学力習得が重要である。

この観点から、量子力学、電磁気学、統計力学の基礎と実験の基本を重視するという物理学科のコア・カリキュラムは今後も変わることはないと考えられる。これらを修得した上で、世界で展開されている物理学の先端に触れる機会を与え、学生のモチベーションの向上を目指したい。また、国際的な研究展開に備え、英語に触れる機会も増やしてゆきたい。

2010年度物理学科カリキュラム				
		必修科目		選択科目
2年	3年		4年	
第4学期科目	夏学期科目	冬学期科目	夏学期科目	冬学期科目
物理数学Ⅰ	電磁気学Ⅱ	電磁気学Ⅲ	特別実験Ⅰまたは理論演習Ⅰ	特別実験Ⅱまたは理論演習Ⅱ
物理数学Ⅱ	量子力学Ⅱ	量子力学Ⅲ	場の量子論Ⅰ*	場の量子論Ⅱ*
物理実験学	統計力学Ⅰ	統計力学Ⅱ	量子光学	素粒子原子核物理学Ⅱ
物理学演習Ⅰ	物理学演習Ⅲ	物理学演習Ⅴ	素粒子原子核物理学Ⅰ	固体物理学Ⅱ
物理学演習Ⅱ	物理学演習Ⅳ	物理学演習Ⅵ	固体物理学Ⅰ	化学物理学
電磁気学Ⅰ	物理学実験Ⅰ	物理学ゼミナール	一般相対論*	宇宙物理学
解析力学・量子力学Ⅰ	現代実験物理学Ⅰ	物理学実験Ⅱ	プラズマ物理学	現代物理学入門
情報数学	計算数学Ⅰ	現代実験物理学Ⅱ	計算モデル論	生物物理学特論*
形式言語理論		流体力学	計算数学Ⅰ	先端物理数学*
天文学概論		生物物理学		連続系アルゴリズム
地球惑星物理学概論		物理数学Ⅲ		計算数学Ⅱ
化学熱力学Ⅰ		計算数学Ⅱ		
量子化学Ⅰ				
無機化学Ⅰ				

* 学部・大学院共通講義

超深海乱流計 VMP-5500

日比谷 紀之 (地球惑星科学専攻 教授)

約 1500 年の歳月をかけて全球海洋を巡る深層海洋大循環は、表層海洋大循環に匹敵する熱輸送を伴い、大気との相互作用を通じて、長期の気候変動を支配している。ところが、数値モデルで再現される深層海洋大循環の強さやそのパターンは、密度躍層内における乱流拡散パラメータの値と空間分布に依存して大きく変化してしまう。これは、密度躍層内の乱流拡散が、表層からの熱を深層に伝達し浮力を与えることで約 20 Sv ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) に及ぶ深層水を上層に引き上げているためである。将来の気候変動を正確に予測し、それに備えた対応策を講じるためにも、この乱流拡散強度の全球分布の解明は不可欠である。

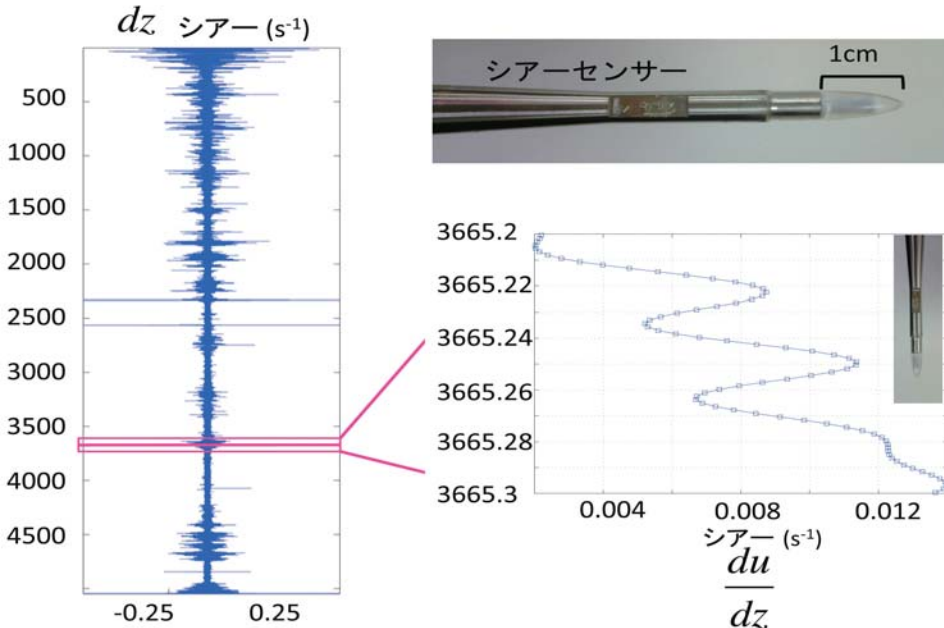
本稿で紹介する超深海乱流計 VMP-5500 (表紙写真と裏表紙写真) (空中重量約 160 kg, 全長約 3 m) は、約 0.6 ms^{-1} で自由降下しながら (裏表紙図) 水平流速の鉛直微細構造を数 mm の解像度で計測することで (下図) 乱流拡散強度の鉛直分布を明らかにする。VMP-5500 には、水温・電気伝導度センサーも搭載しており、海水密度の鉛直構造の情報も同時に取得できる。あらかじめ設定しておいた水深に達すると約 7 kg のおも

り 2 個を切り離す。おもりは測器の側面のホルダーに紐で固定され、紐の片方の端はソレノイドにより支えられている。ソレノイドのコイルに電流が流れると、ソレノイドの中のピストンが動き、支えが外れ、おもりがホルダーから落ちる。おもりを確実に落とすために、以下の通り、条件がいくつも設定されている (裏表紙図)。このうち、条件 1, 2 はユーザーが最大観測時間 T_r , 最大圧力 P_r を設定する。条件 1 ~ 5 のうちひとつでも満たされると、ソレノイドのコイルに電流が流れ、おもりがホルダーから落ちる。さらに、ソレノイドが正常に作動しなくなるという最悪のケースに備えて、おもりを支えている紐の接続部分には腐食性の留め具 Galvanic Timed Release (GTR) が用いられている (条件 6)。この金具は海水中で張力がかかった状態が、2.5 時間 (海水温が 24°C の場合) ~ 6 時間 (海水温が -2°C の場合) 続くと、腐食して溶ける。その結果、おもりを支えている紐の接続がはずれ、おもりがホルダーから落ちる。こうして、おもりが切り離されると VMP-5500 は、やはり約 0.6 ms^{-1} で浮上してくる。この結果、例えば、深度 5500 m 程度までの乱流観測の場合、投入から約 4 時間

後に海面まで浮上してくるようになる。海面に浮上すると、本体上部に取り付けたビーコンにスイッチが入り、その位置を電波で知らせてくるので、この情報をもとに VMP-5500 を見つけて船上に回収する (裏表紙写真と図)。

2010 年 12 月現在、北太平洋の 50 か所以上において、海面から海底直上までの乱流観測を行った。その結果、深海における乱流拡散のホットスポットが、緯度 30° より赤道側の海嶺や海山に局在していることが確認され、空間的に一様な乱流拡散強度を仮定している現在の深層海洋循環モデルへの警鐘ともいえるべき観測結果が明らかになった。

$\frac{du}{dz}$ 観測結果の一例 (St1-1 25.9N 144.9E)



超深海乱流計 VMP-5500 により得られた観測データの一例。VMP-5500 が水深約 5000 m まで自由降下する間に、本体下部の先端部に取り付けられたシアーセンサー (右上) によって、水平流速の鉛直変化 du/dz (シアー) が数 mm の解像度で測定される。この流速の微細構造から乱流エネルギー散逸率を計算することにより、深海における乱流拡散強度を求める。

個体群密度に依存した匂いの好みの変化

山田 康嗣 (生物化学専攻 特任助教),
飯野 雄一 (生物化学専攻 教授)

集団で生活する動物は、集団中の個体数が多くなると、それに応じて各個体が分散する行動を示す傾向がある。このような戦略により、状況に応じて新たな生存場所の可能性を探ることができ、種全体の生存に対してメリットとなることが理論的に示されている。線虫 (*C. エレガンス*) は土壤中に棲む体長 1 mm ほどの動物であるが、さまざまな物質に対する走性 (例えば好きな匂いに近寄っていく行動) を示す。また、本来好きな匂いを一定時間嗅がせることにより、その匂いに誘引されなくなるという行動の変化もみられる。本研究では、この匂いの好みの変化 (正しくは嗅覚順応とよばれる変化) が個体群密度により影響を受けることを発見した (図 1)。この現象は個体群密度に依存した分散行動の基盤となり得ると考えられ、個体群密度による制御の分子機構も明らかとなった。

線虫は、アスカロシドという糖化化合物をフェロモンとして放出する。仲間の放出したフェロモンの濃度から個体群密度を認識し、成長の過程を変化させることが知られている。フェロモンが作れない変異体では匂いの好みの変化に異常が生じたことから、匂いの好みの変化も同様にフェロモンにより調整されていることがわかった。さらに、詳細な分子メカニズムを調べるために、匂いの好みの変化に異常のある変異体を単離し、その異常の原因を同定した。その結果、哺乳類のネプリライシンと相同性のあるタンパク質である NEP-2 の異常により、匂いの好みが変わることがわかった。ネプリライシンは膜タンパク質であり、細胞の表面でペプチドを分解する細胞外酵素として知られる。NEP-2 はネプリライシンと全長にわたってひじょうによく似ており、同様に細胞外でペプチダーゼとして

働くことが予想された。つまり、NEP-2 に異常が生じると、その基質であるペプチドが細胞外に蓄積し、匂いの好みの変化を阻害すると考えられた。

NEP-2 の機能をさらに詳しく知るために、NEP-2 がなくても匂いの好みが変わる変異体を獲得した。この変異体では、ペプチドが元から存在しないために異常が現れないことが予想される。獲得した変異体を解析すると、海産動物アメフラシのペプチド前駆体である L11 precursor と類似した小さなタンパク質、SNET-1 が作られなくなっていることがわかった。SNET-1 はその一部が切り出されて細胞外に放出されペプチドホルモンとして働くことが示唆された。以上の NEP-2 と SNET-1 の関係から、NEP-2 が SNET-1 を分解することにより機能を阻害することが示唆された。

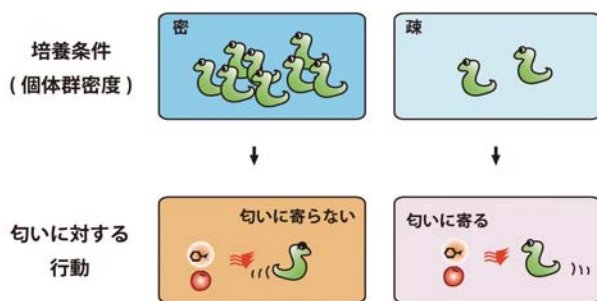
さらに SNET-1 の機能を調べると、SNET-1 はフェロモンによりその合成量が抑えられることが分かり、これにより個体群密度が高い場合は匂いの好みの変化が保障されることが示唆された。逆にフェロモンの量が少ない (個体群密度が低い) 条件下では、SNET-1 の合成量が増加し、細胞から放出された SNET-1 が匂いの好みの変化を阻害すると考えられる (図 2)。

今回の発見により、古くから知られるタンパク質であるネプリライシンや L11 ペプチド類について、新しい機能を同定したことと同時に、個体群密度依存的な行動変化のメカニズムの一端を明らかにすることができた。

以上の成果は、K. Yamada *et al.*, *Science* 329, 1647 (2010) に掲載された。

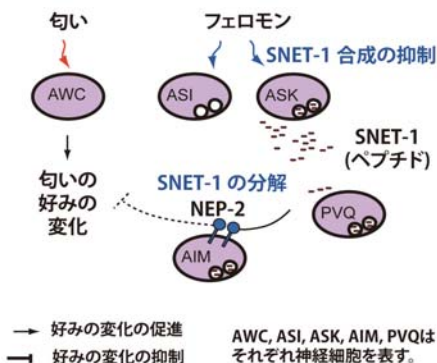
(2010 年 9 月 24 日プレスリリース)

図 1



■ SNET-1 と NEP-2 による匂いに対する応答の制御のモデル

図 2



星間塵に隠された爆発的星形成銀河

河野 孝太郎 (天文学専攻 教授),
甘日出 文洋 (天文学専攻修了^注)

サブミリ波望遠鏡 ASTE を用い、波長 1.1 mm での広く深い撮像観測を行った結果、198 個の「サブミリ波銀河」(2010 年 9 月号「理学のキーワード参照」)を新たに検出した。赤外線天文衛星「あかり」による遠赤外線画像との比較から、検出した銀河のほとんどすべて(196 個)が、現在から 80 億年以上遡った初期の宇宙にあり、星間塵に覆い隠された爆発的星形成銀河であることがわかった。約 100 億年前の初期宇宙における星形成活動の半分は「埋もれて」いることが示唆される。

現在の宇宙に存在する多種多様な銀河は、約 140 億年という宇宙の歴史の中で、どのように生まれ、成長していったのだろうか。可視光や近赤外線での観測の結果、銀河が示す星形成活動の変遷が明らかになりつつある。しかし、可視光や近赤外線は星間塵(固体微粒子)によって大きく吸収されることに注意する必要がある。実際、「あかり」衛星などによる赤外線観測によれば、現在から数 10 億年程度の過去に遡ると、星間塵に覆い隠された「埋もれた」星形成が急増するらしい。100 億年以上の過去まで、さらに遡った初期の宇宙における、埋もれた星形成を調べるためには、さらに波長の長い、ミリ波・サブミリ波が有効である。星間物質(ガスや星間塵)の中で誕生

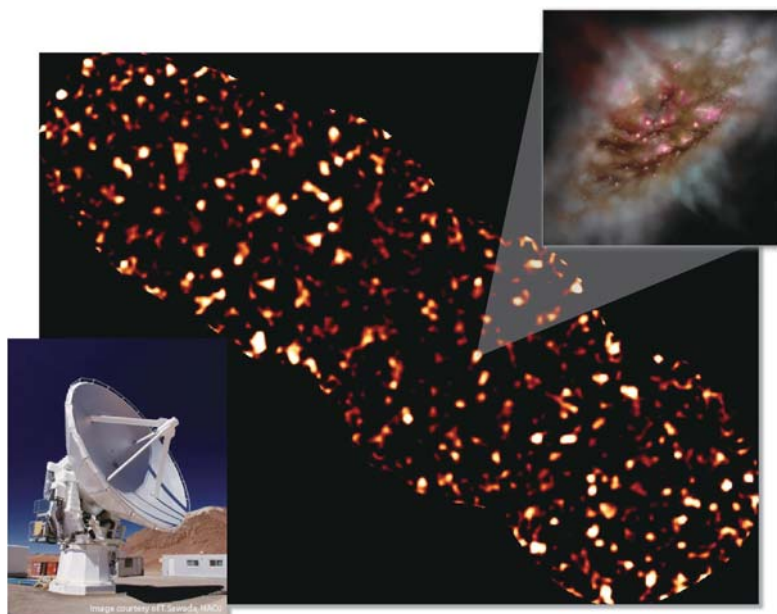
した大質量星は、紫外線を放射してその周囲の星間塵を 30-50 K ほどに暖める。このため、爆発的な星形成を行う銀河は、遠赤外線域に放射のピークをもつスペクトルを示す。これが初期宇宙に存在すると、遠赤外線として放たれた電磁波は、宇宙膨張の効果で波長が引き延ばされ(赤方偏移)、サブミリ波域で明るい銀河、「サブミリ波銀河」として観測される。

われわれは、南米アタカマに設置したサブミリ波望遠鏡 ASTE と波長 1.1 mm 帯のカメラ AzTEC を使って、ある天域を広く深く撮像した結果、198 個のサブミリ波銀河を新たに検出した。世界有数の空の良さ、高い装置性能、大気の影響を除去する新しい解析手法などの成果である。さらに「あかり」衛星による遠赤外線(波長 90 μm)画像と比較し、銀河の放射モデルと突き合わせた結果、198 個のうち、ほぼすべて(196 個)が、80 億年以上遡った初期の宇宙に存在する、星間塵に覆い隠された爆発的星形成銀河であると判明した。可視光や赤外線での銀河探査では、一般に、距離の近い銀河の割合が大きいが、今回、ほとんど 100 発 100 中(198 発 196 中!?)の高打率で初期宇宙の銀河を検出できたことは、サブミリ波帯における銀河探査の威力を如実に示したものだといえるであろう。

今回発見された銀河は、その 1 個 1 個が、われわれの住む天の川銀河と比較して数 100 倍から数 1000 倍もの驚異的な勢いで大質量星を作り出す「怪物」的な種族であると考えられる。検出された銀河の個数を明るさごとに数え上げ、モデル化し、この銀河種族が示す埋もれた星形成活動の密度を見積もったところ、約 100 億年前の宇宙では、可視光や近赤外線で測定された星形成活動に対して、約 50% という、大きな割合を占めていることもわかった。

以上の成果は、B. Hatsukade *et al.*, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society on-line* 版 26 Nov. (2010) に掲載された。

(2010 年 9 月 29 日プレスリリース)



AKARI Deep Field South とよばれる天域のサブミリ波画像。南米アタカマ砂漠の高地に設置された口径 10 m のサブミリ波望遠鏡 ASTE (左下写真) を使って観測した。白い点のひとつひとつが「サブミリ波銀河」。その大部分は、多量の星間塵に覆い隠された爆発的な星形成銀河(右上; 想像図)である。

注) 現所属: 国立天文台野辺山宇宙電波観測所 研究員

貴金属の組合せで欲しい物だけ作るナノ触媒

宮村 浩之 (化学専攻 特任助教),
小林 修 (化学専攻 教授)

金や白金といった貴金属は古くから装飾品に用いられるなど、化学反応に対してひじょうに不活性な物質である。しかし近年、これらの貴金属もナノサイズ ($10^{-9} - 10^{-8}$ m) の粒子 (ナノ粒子) にすると、例えば自動車の排気ガスの浄化をはじめ、種々の有用な化学反応を促進させる触媒になることがわかってきた。これまでに二種類の金属を使ってナノ粒子を作ること、一種類の金属からなるナノ粒子に対して優れた性能をもつ触媒となることは知られていたが、二種類の金属の組み合わせで、作りたい物質を選べるナノ粒子触媒の存在は知られていなかった。今回われわれは、二種類の貴金属 (金, 白金, パラジウム) からなるナノ粒子触媒がその金属種の組み合わせによって、大気中の酸素を使ってアルコールから、アルデヒド, エステル, ケトン, およびカルボン酸を作り分けられることを発見した。ここで作り出される物質は、化成品原料, 芳香剤, 薬や溶剤などとして工業的にも日常生活にも重要である。

われわれはポリスチレン (発泡スチロールの材料) を主成分とする高分子の中に金のナノ粒子を閉じ込めることで、大気中の酸素を使ってアルコールからアルデヒドやケトンを作ることができる触媒を開発し、2007年に報告した。また同様に、金と白金からなるナノ粒子を閉じ込めることで、より優れた触媒になることを2008年に報告した。

今回われわれは、高分子とカーボンブラック (炭の粉) を混ぜた複合体に金と白金, 金とパラジウムからなるナノ粒子を閉じ込めた触媒を開発した。興味深いことに、金と白金からなる触媒を用いた場合はアルコールからアルデヒドが得られ、金とパラジウムからなる触媒を用いた場合はエステルが得られた。

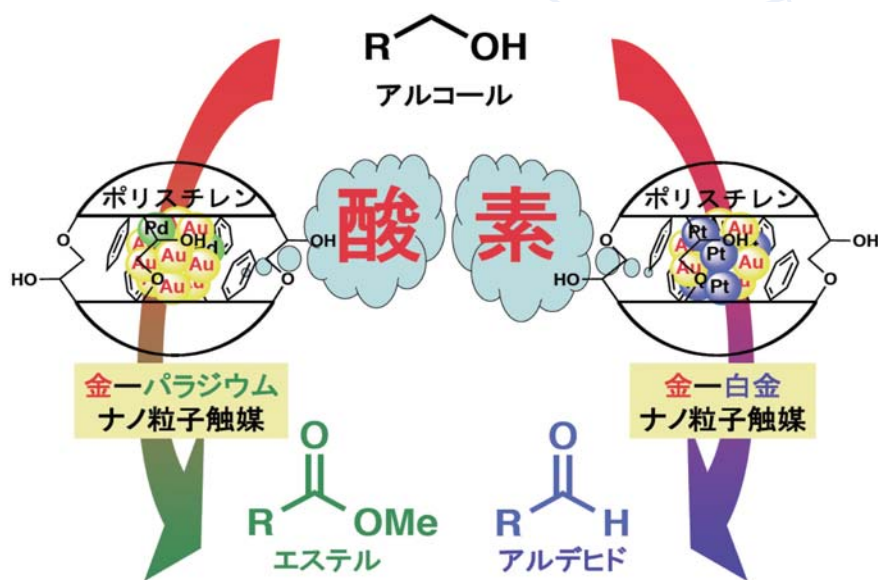
従来はこのような化学反応を行うには毒性や危険性が高い酸化剤を使うことや、高温, 高圧などの激しい条件が必要であった。しかし今回われわれが開発した触媒を用いることで、大気中の酸素を酸化剤として、常温, 大気圧で円滑に反応が進むことからクリーンで環境に優しい反応が実現できた。さらに、これらの触媒は簡単な作業のみで回収, 再利用が可能なことから、経済的にも環境面からも優れている。将来は大量スケールや流通系への応用などを行うことで、工業化も期待される。

このように金属種の組み合わせによって異なる物質ができる理由を調べるため、電子顕微鏡によるナノ粒子の詳細な観測を行った。その結果、触媒全体を構成する金属の比率は金と白金, 金とパラジウムのどちらもほぼ1対1であったのに対し、ナノ粒子を構成する金属の比率は金と白金の場合はほぼ1対1, 金とパラジウムの場合はほぼ1対3から1対4であることがわかった。この観測結果と、金属固有の電子を引きつける力の強さを併せて考えると、金とパラジウムからなるナノ粒子の場合、

その表面に正の電荷をもった部分が存在し、そこがアルコールからエステルへの変換に重要な役割を果たしていると推定される。このように、ナノ粒子中の金属の組み合わせによってこれまでひとつの金属種では難しかった反応や、新反応を可能にする触媒の発見が期待される。

以上の結果は NEDO 「革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発」プロジェクトによって行われ、K. Kaizuka *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* 132, 43, (2010) に掲載された。

(2010年10月4日プレスリリース)



■ バイメタルクラスターによる反応経路のコントロール

南極から大型レーダーで地球気候の仕組みを探る

佐藤 薫 (地球惑星科学専攻 教授)

極域は地球気候において重要な位置を占めている。対流圏・成層圏では赤道域から始まる大気大循環の終着点であり、中間圏では夏は出発点、冬は終着点にあたる。また隔絶された場所であるにもかかわらず、極中間圏雲やオゾンホールなど人間活動の影響が強く反映された現象が出現する。しかし、過酷な環境であるため他の緯度帯に比べて観測が大幅に遅れていた。このたび、南極では世界初となる最新型大型大気レーダーを昭和基地に設置し、地上から高度 500 km までの大気全層の精密観測を開始する。

2010 年 12 月末から建設が始まる南極昭和基地大型大気レーダー (PANSY レーダー) は、コード化された 50 MHz 帯 (VHF 帯) の強力な電波を送信し、微弱な大気乱流からの散乱を受信することで、降水の有無にかかわらず風 (大気の流れ) を約 1 分毎に高度 150 m の高分解能で観測できる。特に、大気の上下結合を調べる鍵となる風の鉛直成分の中間圏までの観測は、南極域では初めてとなる。また、55 系統のデジタル受信システムにより、極域に固有の極成層圏雲や極中間圏雲、オーロラのイメージング観測が可能である。

南極は、建設に適した季節が短いこと、物資輸送が砕氷船「しらせ」による年に 1 度であること、供給電力に限りがあること、

建設の担い手が研究者も含む観測隊であること、強風低温の厳しい環境に長期さらされることなどから、このレーダーの実現には多くの技術的問題の克服が必要であった。直径約 160 m の円形領域に、整地せずに高さ約 3 m のクロス八木アンテナ 1069 本を配置するレーダー建設は、それだけでもチャレンジングである。

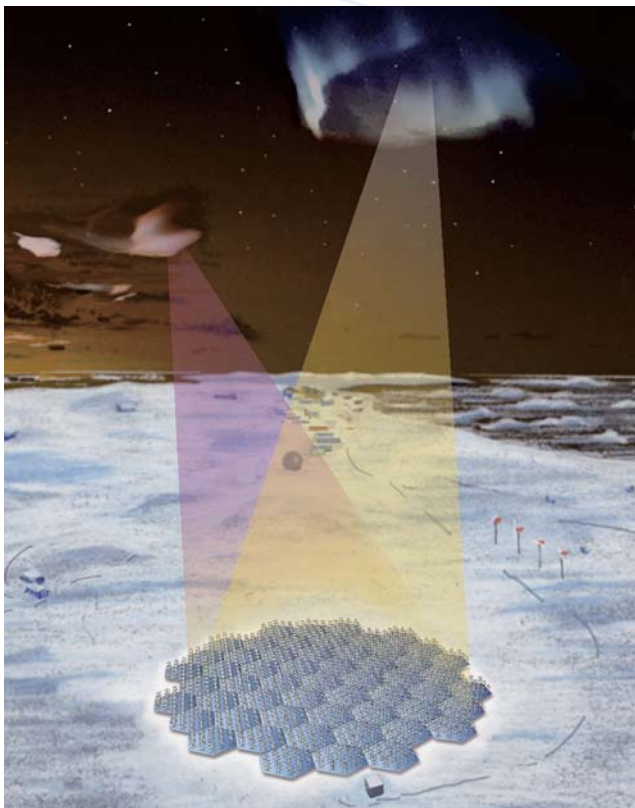
高度約 10 km 以上の成層圏・中間圏・下部熱圏での大気大循環は、主に大気中の波が担う下層からの運動量輸送により駆動されている。この中で浮力を復元力とする小規模 (水平スケール 10 ~ 2000 km) な内部波「大気重力波」は、現在の気候予測モデルは解像できないため、その運動量輸送効果を単純化して取り込んでいる。しかし定量性に問題があり、気候予測モデルには成層圏の気温が数度低くなる系統誤差がある。このため極域のオゾン層破壊の激しさを決める極成層圏雲の雲量が正確に推定できておらず、したがって、オゾンホールの予測も精度に限界がある。最近の高解像大気大循環モデルの研究によれば、冬季、大気重力波は極域に集中するように伝播する傾向のあることがわかっており、大型大気レーダーによる南極初の重力波に伴う運動量フラックスの特性解明が待たれている。

極中間圏雲は、夏、極域の中間圏上層約 90 km の高さに出現するブルーグレーの雲である。北欧などでは日没後に現れるので夜光雲ともよばれる。1885 年の最初の報告以前は記録がなく、産業革命以降出現したのではないかと考えられており、気候変動のカナリアとも称される。極域固有の雲なのだが、昨年夏には中緯度のパリ上空などでも出現し注目されている。ところが中間圏は観測がひじょうに困難な位置にあり、極域では地上光学観測や衛星観測が開始されたばかりである。PANSY レーダーを用いれば、雲内外での大気の 3 次元運動が観測可能であり、極中間圏雲の物理的描像に迫ることができる。

このように、PANSY レーダーは南極のほぼすべての大気現象を精密に観測し、これまでとは桁違いのレベルで理解するための観測器となる。観測期間は太陽活動 11 年周期の 1 周期分を含む 14 年を計画している。これによって南極大気の地球気候での役割が明確になり、温暖化など地球気候予測の精度向上に寄与することになる。

本計画は東京大学・国立極地研究所の協同プロジェクト (佐藤薫代表) であり、全国 9 大学および主要 8 研究所が参加している。

(2010 年 11 月 12 日プレスリリース)



■ PANSY レーダーのイメージ図

PANSY: フランス語の penser (考える) を語源とする花の名前。Program of the Antarctic Syowa MST/IS radar のプロジェクト名の略。

ホームページ: <http://pansy.eps.s.u-tokyo.ac.jp>



「乱数」

松本 眞 (数理科学研究科 教授)

乱数列とは、サイコロを繰り返し振って得られるようなでたらめな数の列のことである。乱数の応用はさまざまである。ルーレット（それ自身が乱数発生器）や宝くじのような賭博には欠かせない。もうちょっと理系の例として、あらゆる分野の科学シミュレーションにおいて利用されている。たとえば、核分裂・核連鎖反応のシミュレーションは巨大なすぐろくのようなものである。「このウラン原子は、サイコロを続けて振って3回6が出たら分裂し、そうでないときはしない。分裂したときには、サイコロを7回振って、ランダムに決められた方向にガンマ線を出す。」こういった具合に、確率的な要素をもつ現象のシミュレーションには乱数が欠かせない。

乱数を高速に発生するのは意外に難しい。サイコロは最古の乱数発生器のひとつ

だが、何億個という乱数を使うコンピュータシミュレーションには遅すぎるし、偏りがあるかも知れない。サイコロ、熱雑音、ハードディスクへのアクセス時間の揺らぎといった、ランダムな物理現象を用いて生成する乱数を物理乱数というが、概して低速である。

それに対し、漸化式を用いるなどして、コンピュータにより確定的なアルゴリズムで乱数のように「見える」数列を生成して乱数列として用いる方法を、擬似乱数という（フォン・ノイマンの発案とされる）。たとえば、漸化式

$$x_{n+607} = x_{n+273} + x_n \pmod{2}$$

（ここで、 $\pmod{2}$ は2で割った余りを表す）によって得られる0,1の数列は、周期が $2^{607}-1$ となることが知られている。筆者は、このような生成法をベクトル化し、周期をメルセンヌ素数（ 2^p-1 の形

の素数のこと）にする工夫により、周期が $2^{19937}-1$ で623次元空間に均等分布するメルセンヌツイスター疑似乱数発生法を当時修士学生の西村拓士氏と共同で開発し、97年からダウンロード配布している。設計には有限体上の線形代数や、形式べき級数係数の格子の幾何などの近代数学を使った。この発生法は世界中で利用が進み、任天堂Wii Partyから数式・統計処理システムまで多くのソフトに組み込まれており、今年ISO規格にもなった。その後、CPUの並列化などに合わせ、広島大斎藤睦夫助教らと改良高速版を作り配布中である。疑似乱数発生には整数論・確率論・アルゴリズム・コンピュータアーキテクチャなど理学・工学にまたがる知識が使われており、興味深いと感じている。



「クラウドコンピューティング」

平木 敬 (情報理工学系研究科 教授)

雲のように広がった情報システムを自由に使うクラウドコンピューティングは、大域ネットワークの著しい高速化を背景としてインターネットにつなぐだけで必要な情報サービスが受けられ、仮想的に専用コンピュータが利用できる情報処理形態である。

理学研究者にとり、情報システムの利用はシミュレーションや実験データ処理など研究対象そのものだけでなく、関連文献の探索、文献処理、論文作成から学会の管理運営など、あらゆる面に及んでいる。

クラウドコンピューティングが大きく注目を集めている理由のひとつは、このように高度化し、複雑化したシステムを構築することが非専門の研究者などに困難となってきたこと、常時必要ではないけれど、ひじょうに高速なスーパーコンピュータによるシミュレーションなど、一時的に超高速コンピュータが必要にな

ることなどがあげられる。

クラウドコンピューティングのように、ネットワークに接続するだけで十分な情報サービスを得るための試みは、古くは1970年代からさまざまな形で試みられてきた。サーバ・クライアントシステム、シン・クライアント、GRIDコンピューティングなど各時代を代表するバズワードとして登場したが、理学の現場で広く使われるには至らなかった。クラウドコンピューティングという言葉は、1997年に米国のラムナト・チェラッパ (Ramnath Chellappa) 教授により提唱されたものであるが、それでは、クラウドコンピューティングでは何が新しく、どうして理学の道具としての有用性が高まったのか。

クラウドコンピューティングの第一のポイントは、システム全体が仮想化していることである。処理を行うコンピュータはVirtual Machineによる仮想化によ

り、任意の場所にある実際のコンピュータを一時的に割りつけて処理ができ、壊れたり負荷が高くなりすぎると、世界のどこかほかの場所に容易に引っ越すことができる技術である。世界中に分散した要素をつなぐ大域ネットワークの超高速化により、日米間にわたるファイルのコピー速度が、隣のコンピュータへのコピー速度と変わらなくなり、真に分散し、仮想化したシステムを作ることが可能になったからである。なお、私たちの研究チームは過去6年間長距離インターネット通信の世界記録を保持し、クラウドコンピューティング実現に貢献している。

数年後の理学研究現場では、GoogleやYahoo!を使う感じで、計算自身もどこか見えないところにあるスーパーコンピュータを使い、使っているという意識なしにクラウドコンピュータが入っていくものと期待している。



「銀河の形成と進化」

嶋作 一大 (天文学専攻 准教授)

銀河系をはじめとして、宇宙には姿形もさまざまなたくさんの銀河が輝いている。しかし銀河は永遠の昔から存在したわけではない。宇宙自身に始まり(約140億年前のビッグバン)があるからである。永遠に輝き続けることもなさそうである。星に寿命があるからである。銀河はいつどのように生まれ、どう成長して現在の姿になったのか。今後はどう変わっていくのか。銀河の形成と進化とは、未来を含む銀河の一生のことである。

ガンマ線から電波までのいろいろな波長の望遠鏡の活躍で、銀河の進化の様子は次第に明らかになってきている。宇宙を130億年以上さかのぼっても銀河は既に存在している。銀河は古い歴史をもつのである。さらにさかのぼって銀河の形成の瞬間を目撃するのは、次世代の望遠鏡になるだろう。銀河が最も激しく進化したのは今から100億年も前のことである。当時の銀河は現在の10倍以上活発に星を作っていた。その後は銀

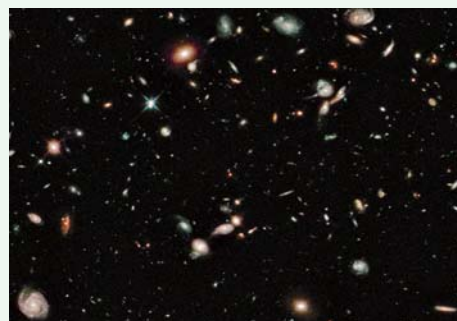
河の活動は時間を追って低下した。個性によるばらつきはあるが、現在多くの銀河は晩年を迎えようとしている。原理的に過去しか観測できないわれわれにとって、これは幸運である。銀河の一生の主要な出来事が(その気になれば)全部見えるからである。

銀河の形成と進化には暗黒物質が大きな役割を担っている。銀河の質量の大部分は暗黒物質だからである。銀河は暗黒物質の系の中でガスが冷えて星が生まれることで形成進化したと考えられている。最初にひじょうに軽い銀河がたくさん生まれ、それらが合体を繰り返して重い銀河になったらいい。超新星の爆発や銀河中心核の超大質量ブラックホールの活動なども、銀河の進化を左右した可能性がある。

エドウィン・ハッブル(Edwin Hubble)が銀河を観測して宇宙の膨張を発見して以来、銀河は宇宙論の研究に欠かせない天体である。銀河

を理解することで、現代宇宙論の謎である暗黒エネルギーや暗黒物質に迫れるかもしれない。

銀河の形成と進化は大きな研究分野である。本研究科では、天文学専攻と天文学教育研究センターの多数の研究室のほか、物理学専攻とビッグバン宇宙国際研究センターでも活発に研究が行われている。



ハッブル宇宙望遠鏡による空のある方向の画像。130億年以上昔から現在までのあらゆる時代の銀河が写っている。
©NASA, ESA, G. Illingworth (UCO/Lick Observatory and the University of California, Santa Cruz), and the HUDF09 Team



「温室効果ガス」

小池 真 (地球惑星科学専攻 准教授)

温室効果ガスとは、可視波長域を中心とする太陽放射は透過するが、地表や大気から射出された赤外放射を吸収し、地表に向かって再放射する(地表が受け取る正味の放射エネルギーを増加させる)ことにより地表付近の温度を高くする作用(いわゆる温室効果)をもつ気体成分の総称である。ごく簡単な仮定で計算してみると、大気中に温室効果気体がなかった場合の地球の表面温度(放射平衡温度)は、 -18°C 程度になると見積もられる。このように温室効果ガスは地球の放射収支と気候に対し決定的な役割を果たしているが、その濃度は水蒸気を除けば決して高いものではなく、体積混合比にして二酸化炭素で0.04%程度である。

温室効果ガスのうち人為的に排出されている成分は一般に大気中の寿命が長く(10年程度以上)、これらの成分は特に、長寿命温室効果ガスとよばれている。産業革命以降、排出され続けている長寿

命温室効果ガスの大気中濃度の上昇は、気候システムに対し正の放射強制力として働き、地球温暖化の原動力となっている。京都議定書や気候変動枠組条約では、人為的に排出されている長寿命温室効果ガスである、二酸化炭素(CO_2)、メタン(CH_4)、一酸化二窒素(N_2O)、ハイドロフルオロカーボン(HFC)、パーフルオロカーボン(PFC)、六フッ化硫黄(SF_6)の6種類の気体の排出削減目標が定められている。特に二酸化炭素は、地表が射出する赤外放射のスペクトルの最大値付近(波長 $15\ \mu\text{m}$ 付近)に吸収帯をもち、また次に述べる水蒸気の吸収帯との波長の重なりが少ないため、大きな温室効果をもっている。

いっぽう、最も強い温室効果をもつのは水蒸気(H_2O)である。水蒸気は人為的に排出されているのではないが、温暖化した時には大気中の存在量が増加するため、さまざまなフィードバックを通じ

て気候に影響を与える。水蒸気は、二酸化炭素などの増加により放射強制力が働いた場合、気温がどのくらい上昇するかというレスポンス(気候感度)を支配する鍵となる物質のひとつである。

対流圏のオゾン(O_3)も人間活動により大気中に直接排出されているわけではないが、人為的に排出された窒素酸化物などから大気中で生成する重要な(かつ短寿命の)温室効果気体である。また地球の放射バランスや放射強制力という観点からは、温室効果ガス以外に、太陽放射を散乱あるいは吸収して地球を冷却/加熱する効果をもつ、大気中の微粒子(エアロゾル)の存在も重要である。

温室効果ガスやエアロゾルについては、理学系研究科のほか、大気海洋研究所や先端科学技術研究センターにおいて、観測や数値モデル計算などによりさまざまな研究が実施されている。



「光誘起相転移」

縫田 知宏 (化学専攻 助教)

化学的組成および物理的状態が均一な系を「相」とよぶ。物質の気体・液体・固体はそれぞれ異なった相である。固体においても構造や性質の異なった複数の相をもつ物質がある。例えば酸化鉄(Fe_2O_3)では、赤褐色で常磁性体の α 相や、褐色で強磁性体の γ 相などが知られている。物質がどの相をとるかは、熱力学関数であるギブス (Josiah Willard Gibbs) の自由エネルギーによって決定される。

物質に電磁波、例えば可視光を照射した場合、その波長に対応する電子遷移が誘起され、励起状態となる。この状態から緩和が起きるさいに、照射前の状態と異なる状態で自由エネルギーに極小値をもつような物質では、その準安定状態にトラップされることがある。これが光誘起相転移である。この準安定状態は、

照射前とは異なる結晶構造をもち、電気伝導度や磁気特性などの物性が変化していることがある。

光誘起相転移では、構成原子が互いに強い相互作用を及ぼし合っているので、光化学反応とは異なった挙動が見られる。例えば、ある一定数以下の光強度(光子数)では、光変化が起きた領域は周囲の未変化の領域の影響によって元の状態に戻ってしまい、相転移は起こらない。しかし光強度を増加させていったん光変化が起きた領域が十分生成されると、光変化した領域は周囲の未変化の領域に対して変化を誘起させ、系全体に変化が波及するため、相転移へと発展していく。

光誘起相転移は、電荷移動型錯体やペロブスカイト型マンガン酸化物などを対象として盛んに研究が行われている。本研究科では、例えば化学専攻物性化学研

究室において、異なる波長の光で可逆的に相転移する磁性体(光でON-OFFする磁石)を発表している。また、物理学専攻宮下研究室と共同で、理論計算と実験結果を組み合わせた光誘起相転移の機構の解明を行っている。さらに今年、世界初の室温で可逆的に光誘起金属-半導体相転移を起こす五酸化三チタンを発表した。これは、物質をナノ粒子化することによって自由エネルギーに対する表面エネルギーの寄与を大きくし、相転移を制御したことが発見の鍵となっている。希少金属を用いなくとも、ありふれた元素と、理学の知識と技術を駆使することによって、光誘起相転移物質のような機能性物質を創成することが可能であることを示している。



「オーミクス」

伊藤 隆司 (生物化学専攻 教授)

90年代に始まったゲノム計画によって、さまざまな生物のゲノム配列が決定された。しかし、長い研究の歴史を誇る大腸菌や酵母でも、配列から機能推定が可能な遺伝子は約半数に留まった。この事実は、個々の生命機能に関わる遺伝子をひとつずつ探し出して解析する従来の戦略だけでは、全体像の把握が困難なことを物語っていた。そこで対照的な戦略として、遺伝子(DNA)の総体であるゲノムに加えて、転写物(RNA)・タンパク質・代謝物の総体であるトランスクリプトーム・プロテオーム・メタボロームも網羅的に解析する研究への期待が高まり、全体を意味する接尾語「オーム」にちなんで「オーミクス」とよばれるようになった。その対象は、生体分子という「モノ」のみならず、タンパク質間相

互作用(インタラクトーム解析)や遺伝子破壊が惹起する表現型(フェノーム解析)などの「コト」にも及んでいる。

オーミクスでは、例えば全遺伝子の発現をDNAチップなどの新技術を駆使してさまざまな条件下で計測し、発現パターンが類似した遺伝子のグループ(クラスター)を同定する。発現パターンの共有は機能の共有の反映と考え、同一クラスター中の既知遺伝子に関する知識に基づいて、未知遺伝子の機能を推定する。この仮説はその遺伝子の個別解析による検証を経て新知識となるので、上記の2戦略は相補的な関係にある。さらにオーミクスは全体像の俯瞰によるシステムの特性的理解を目指す。個別要素の理解は全体の中に位置づけられてこそ進むので、この2つの方向性は表裏一体といっても

よい。網羅的計測データの情報科学的解析と生物学知識の統合による仮説提示を基本とするオーミクスのスタイルは、データ駆動型とか仮説生成型とよばれ、バイオインフォマティクスとは不可分の関係にある。

生物情報科学科では、オーミクスに不可欠な生物・情報・計測の知識を兼ね備えた人材の育成を目指している。当学科の伊藤研究室はインタラクトーム解析のパイオニアであり、程研究室はRNA干渉による遺伝子機能破壊法の高度化でフェノーム解析を支え、有田研究室はメタボロームデータ解析の中心である。このほかにも研究科内の多くの研究室に、オーミクスのアプローチが取り入れられつつある。

西川哲治先生を偲ぶ

相原 博昭 (物理学専攻 教授)

本学名誉教授、西川哲治先生 (物理学専攻) は平成 22 年 (2010 年) 12 月 15 日、享年 84 歳で逝去されました。先生は、昭和 24 年 (1949 年) に本学理学部物理学科を卒業し、同大学院を修了後、同理学部助手、同原子核研究所助教を経て、昭和 36 年 (1961 年) に 34 歳の若さで同理学部教授に着任されました。昭和 46 年 (1971 年) に高エネルギー物理学研究所に転出され、昭和 52 年 (1977 年) から平成元年 (1989 年) まで同所長をつとめられました。さらに日本学術振興会理事、監事を経て、平成 2 年 (1990 年) に東京理科大学長に就任され、また、井上科学振興財団理事長もつとめられるなど、わが国の学術

研究と教育に多大なご尽力をされました。先生の優れた研究業績と学術貢献に対し、仁科記念賞、藤原賞、紫綬褒章、文化功労者、米国物理学会フェロー、瑞宝重光章など、数々の栄誉賞が贈られています。先生はわが国の加速器科学の創始者のひとりです。豊かなアイデアと起業家精神、そして強力なリーダーシップを兼ね備えた物理学者でした。先生は昭和 53 年 (1978 年) に日米高エネルギー物理協力事業を創設し多くの若手研究者を育成され、また、昭和 61 年 (1986 年) に完成した当時最高エネルギーの電子陽電子衝突型加速器トリスタンの建設を指揮されました。この加速器こそが、現在の B ファクトリーや J-PARC の礎となっ



■ 故・西川哲治先生

ています。巨星墜つる報にさいし、あらためて先生の偉大さを思うと同時に、先生のやさしい眼差しを思い出しました。謹んでご冥福をお祈りいたします。

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
2010 年 10 月 25 日付学位授与者 (4 名)			
課程	物理	川崎 真介	超冷中性子ピクセル検出器の開発と重力場中での量子状態観測 (※)
課程	物理	Dam Nguyen Binh	逆運動学における α 散乱と (α, p) 反応測定による $^{21}\text{Na}(\alpha, p)^{24}\text{Mg}$ 天体核反応の研究 (※)
課程	生化	安達 健	線虫の塩に対する嗜好性は単一の味覚神経におけるインスリン/PI 3K 経路と Gq/PKC 経路の活性により制御させる
課程	生化	鄭 琇綺	自己免疫性関節炎の発症における T 細胞上の CXCR4 の役割に関する解析 (※)
2010 年 10 月 29 日付学位授与者 (1 名)			
課程	地惑	佐久間広展	ペルム紀末—三疊紀前期における深海域の環境変動の高解像度復元および浅海域の環境変動との関連性：P/T 境界海洋無酸素事変の原因と結果への示唆 (※)
2010 年 11 月 30 日付学位授与者 (1 名)			
課程	地惑	西川 悠	マイワシ資源量変動に対する海洋環境要因 (※)

人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2010.11.10	ビッグバン	客員教授	STAROBINSKIY ALEXEY ALEXANDROVICH	任期満了退職	
2010.11.16	臨海	特任教授	窪川かおる	採用	
2010.11.16	化学	特任助教	HIPOLITO CHRISTOPHER JOHN CARLOS	採用	
2010.11.30	天文研	助教	半田 利弘	辞職	鹿児島大学大学院理工学研究科・教授へ
2011.1.1	化学	特任助教	所 裕子	採用	
2011.1.1	経理	経理チーム (管理業務担当) 係長	三浦利恵子	勤務換	経理系専攻チーム (生物化学専攻事務室) から

あどがき

いささか遅まきながらも、新年おめでとうございます。本年も「理学部ニュース」をよろしくお願いたします。今から192年前の正月、小林一茶は、「目出度さもちう(中)位也おらが春」と詠みました。教育や基礎研究を巡る昨今の情勢を考えると、私たちも手放して正月気分には浸ってはいられないのを感じます。2011年度予算の政府原案では、懸念されていた国立大学の運営費交付金の大幅な削減は避けられ、科研費はかつて

ない大幅な増額というありがたい見通しとはなりましたが…。

それはそれとして、状況に惑わされず、理学系研究科の使命を尽くさねばなりません。そのひとつは言うまでもなく「真実を解明する」こと。この号が皆様のお手許に届く頃には各専攻で、博士論文の審査が佳境に入っていることと思います。大学院教育の最終到達点として、多くの院生が、世界に誇る「真実」に到達し、博士学位を取得できることを念じて

います。

広報室周辺では昨年10月31日に、嬉しいできごとがありました。准教授の横山広美先生が、お嬢さんを出産されたことです。おめでとうございます。

卯年を祝って、広報室の山本さんが、このページにあるすてきなイラストを、昔なつかしい「イモ版画」で作ってくださいました。このようにロケットスタートしたいもの。皆様、どうぞお楽しみください。

広報誌編集委員長 牧島 一夫 (物理学専攻 教授)



第42巻5号

発行日：2011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

吉川 一郎 (地球惑星科学専攻) yoshikawa@eps.s.u-tokyo.ac.jp

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

加納 英明 (化学専攻) hkano@chem.s.u-tokyo.ac.jp

斉藤 直樹 (総務チーム) saito.naoki@mail.u-tokyo.ac.jp

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

広報・科学コミュニケーション：

横山 広美 yokoyama@sp.s.u-tokyo.ac.jp

HP担当：柴田 有 (情報システムチーム)

shibata.yuu@mail.u-tokyo.ac.jp

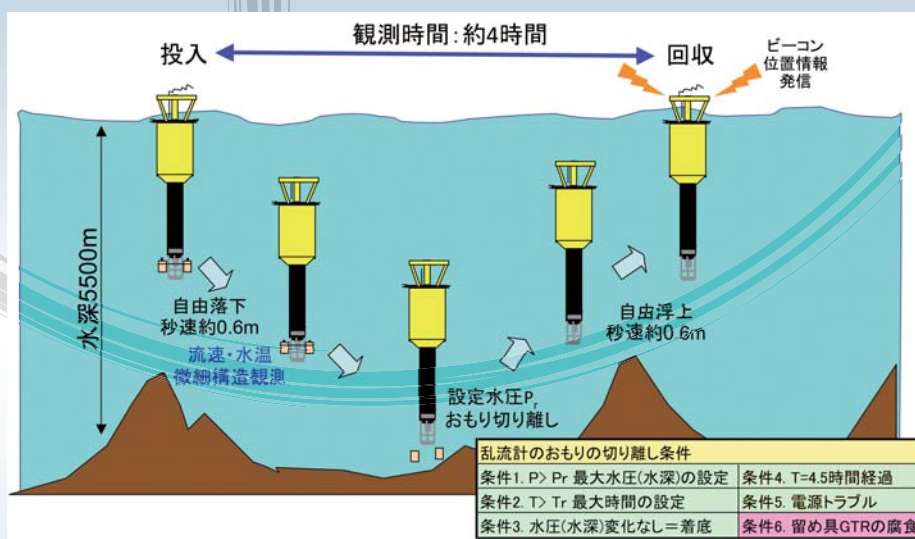
HP & ページデザイン：宇根 真 (情報システムチーム)

une.makoto@mail.u-tokyo.ac.jp

印刷：三鈴印刷株式会社



超深海乱流計 VMP-5500 の回収風景 (小笠原諸島沖合)



超深海乱流計 VMP-5500 による観測の流れ (本文参照) とおもりの切り離し条件