



東京大学

理学系研究科・理学部ニュース

2011年3月号 42巻6号

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



カイロウドウケツモドキの骨格標本を持つ熊さん
～理学の匠「進化研究に活躍する深海生物の採集」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

山岸有哉さんの「日本学術振興会 育志賞」受賞を祝して ほか

情報を自由エネルギーに変換することに成功! ほか

生物化学科

「ゲーム木検索」「スピントロニクス」「金星のスーパーローテーション」

「グラフェン」「獲得免疫と自然免疫」

トピックス

第27回井上學術賞を本研究科と数理学研究科の教授2名が受賞		
濡木理教授の受賞を祝して	小澤 岳昌 (化学専攻 教授) ……………	3
小林俊行教授の受賞を祝して	坪井 俊 (数理学研究科 教授) ……………	3
第7回日本學術振興会賞を本研究科化学専攻の教授2名が受賞		
小澤岳昌教授の受賞を祝して	大越 慎一 (化学専攻 教授) ……………	4
福村知昭准教授の受賞を祝して	長谷川哲也 (化学専攻 教授) ……………	4
山岸有哉さんの「日本學術振興会 育志賞」受賞を祝して	渡邊 嘉典 (分子細胞生物学研究所 教授) ……………	5

定年退職の方々を送る

出会いに感謝	大木 幸夫 (総務課副課長) ……………	6
定年を迎えて	山崎 則夫 (原子核科学研究センター 技術専門員) ……………	6

理学の匠 第6回

進化研究に活躍する深海生物の採集	赤坂 甲治 (臨海実験所 教授) ……………	7
------------------	------------------------	---

学科の教育メニュー 第6回 生物化学科

生命現象を原子から個体のレベルで理解する	石谷隆一郎 (生物化学専攻 准教授), 小島 大輔 (生物化学専攻 講師) ……………	8
----------------------	--	---

研究ニュース

海洋教育促進研究センターの発足と理学部	浦辺 徹郎 (地球惑星科学専攻 教授), 赤坂 甲治 (臨海実験所 教授) ……………	10
細菌の遺伝子発現を阻害する新たなメカニズム	田上 俊輔 (生物化学専攻修了), 関根 俊一 (構造生物学社会連携講座 特任准教授), 横山 茂之 (構造生物学社会連携講座 教授) ……………	11
葉の大きさを決める細胞間のやりとり	川出 健介 (生物科学専攻 博士課程3年), 塚谷 裕一 (生物科学専攻 教授) ……………	12
情報を自由エネルギーに変換することに成功!	佐野 雅己 (物理学専攻 教授), 沙川 貴大 (物理学専攻 博士課程3年), 上田 正仁 (物理学専攻 教授) ……………	13

お知らせ

森本さん, ありがとうございます	林 正彦 (天文学専攻 教授) ……………	14
玉尾孜先生のご逝去を悼む	星野 真弘 (地球惑星科学専攻 教授) ……………	14
寺山宏先生のご逝去を悼む	野中 勝 (生物科学専攻 教授) ……………	15
高橋武美先生のご逝去を悼む	橘 和夫 (化学専攻 教授) ……………	15
小口高先生を偲ぶ	岩上 直幹 (地球惑星科学専攻 准教授) ……………	16
歌田實先生のご逝去を悼む	松本 良 (地球惑星科学専攻 教授) ……………	16
東京大学大学院理学系研究科・博士学位取得者一覧	……………	5
人事異動報告	……………	5

連載: 理学のキーワード 第30回

「ゲーム木検索」	美添 一樹 (情報理工学系研究科 助教) ……………	17
「スピントロニクス」	藤森 淳 (物理学専攻 教授) ……………	17
「金星のスーパーローテーション」	今村 剛 (宇宙航空研究開発機構 准教授) ……………	18
「グラフェン」	田中 秀幸 (化学専攻 特任助教) ……………	18
「獲得免疫と自然免疫」	野中 勝 (生物科学専攻 教授) ……………	19

- 表紙 カイロウドウケツモドキの骨格標本を持つ熊さん
 深海に生息するカイロウドウケツモドキは最も原始的な多細胞動物のカイメンに属す。骨格はガラスであり、透明度は光ファイバーに匹敵する。現在、生物が体内で高純度のガラスをつくる分子機構の研究が進められている。

第27回井上學術賞を本研究科と数理科学研究科の教授2名が受賞

広報誌編集委員会

井上學術賞は、自然科学の基礎的研究でとくに顕著な業績を挙げた50歳未満の研究者に対して贈られる賞である。第27回(2010年度)は、本研究科生物化学専攻の濡木理(ぬれき・おさむ)教授と本学数理科学研究科の小林俊行教授の2名が受賞した。授賞式は2011年2月4日に行われた。

濡木理教授の受賞を祝して

小澤 岳昌(化学専攻 教授)

受賞対象となった研究題目は「遺伝暗号翻訳とタンパク質合成のメカニズムの解明」です。

DNAの配列情報(遺伝暗号)に基づいて、指示されたアミノ酸を連結し正確にタンパク質を合成する“翻訳”という作業は、生物に普遍的な現象です。この過程では、遺伝暗号と20種類のアミノ酸とを正しく組み合わせるために、「アミノアシル tRNA 合成酵素」が重要な役割を果たしています。濡木教授は20種類あるアミノアシル tRNA 合成酵素の10種類について、X線結晶構造解析により、酵素と tRNA との複合体の立体構造を世界で初めて解き明かしました。この解析結果から、遺伝暗号からタンパク質が精密に作られるしくみを、分子レベルで解明することに成功しています。また、DNAから転写されてきた前駆体 tRNA が切断されたり、tRNA が化学修飾を受けて成熟する動的な過程を、構造解析の結果から明らかにしました。最近では、タンパク質を細胞外へ輸送する「膜タンパク質」の構造解析において、国際的に卓越した成果をあげています。濡木教授は、tRNA 合成酵素や膜タンパク質の構造に関する理解だけでなく、タンパク質の機能が発現するメカニズムを原子レベルで理解する、真の意味での構造生物学的研究に多大なる貢献をしてきたことが高く評価されました。

濡木教授のご受賞に心よりお祝い申し上げますとともに、今後のますますのご活躍を祈念いたします。



濡木理教授

小林俊行教授の受賞を祝して

坪井 俊(数理科学研究科 教授)

受賞対象となった研究題目は「無限次元の対称性の解析」です。

小林教授は新しい切り口と画期的な発想で数学の新分野を切り拓き、しかも自らの手でその理論の土台を一気に完成されてきました。小林教授の研究は「対称性」をモチーフとして、純粋数学の広い分野にまたがっており、しかもスケールの大きい理論を創生しています。

小林教授が祖となって興された主要な研究分野は、「均質空間における不連続群の理論」「無限次元表現の離散的分岐則の理論の創始」「極小表現の解析的理論」「無重複表現の統一理論」の4つがあります。どの1つをとっても大きな学術賞にふさわしい、スケールの大きな理論で、いずれも世界のそうそうたる研究者達を巻き込み、斯学の新しい潮流を生み出してきました。数学の基本概念は代数・幾何・解析の三つから成りますが、小林氏の業績には、それらのすべての分野が見事に融合され、美しく調和した感があります。

このような小林教授の業績は、数学の多くの分野に多大なインパクトを与え、近年ではイスラエルからサックラー・レクチャーが、ドイツからはフンボルト賞が小林教授に贈られています。本学の卒業生でもある小林教授は、助手時代から現在に至るまで学生の教育にも献身的に尽くされています。小林先生には、どうか健康に留意されつつ今後ますますご活躍されることを祈念いたします。



小林俊行教授

山岸有哉さんの「日本学術振興会 育志賞」受賞を祝して

渡邊 嘉典（分子細胞生物学研究所 教授，生物化学専攻 兼任）

わが国の学術発展に寄与することが期待される優れた大学院博士課程学生に贈られる「第1回（平成22年度）日本学術振興会 育志賞」を生物化学専攻の山岸有哉さんが受賞しました。この賞は、御即位20年を迎えられた天皇陛下の、社会的に厳しい経済情勢の中で勉学や研究に励んでいる若手研究者を支援・奨励したいというお気持ちを受けて日本学術振興会が創設したもので、初年度

の今回は全国の大学長または学会長の推薦を受けた候補者から17名が受賞しました。

山岸さんの受賞テーマは「保存されたタンパク質シュゴシンの機能および局在化機構の解析」です。生命の設計図である染色体DNAを正確に伝承するために必須なタンパク質であるSgo1（シュゴシン；守護神）が、どのようにして染色体上に局在しているかを解明しました。この成果は、基礎医学の見地からもひじょうに重要であると考えられ、将来抗癌剤創薬などへの応用が期待されます。山岸さんは日々精力的に研究に打ち込み、



山岸有哉さん

これらの研究成果を国内外の学会で発表し、学術論文（*Nature* 2008, *Science* 2010 など）としてまとめており、今後さらなる活躍が期待されます。

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12月31日付学位授与者（2名）			
課程	物理	上島 考太	液体キセノン暗黒物質検出器のための波形識別および低バックグラウンド技術の研究（※）
課程	地惑	横井 孝暁	セーシェルドームの季節・経年変動に関する研究（※）
2011年1月17日付学位授与者（4名）			
課程	地惑	二村 徳宏	月および小惑星表面反射スペクトルによる宇宙風化度・組成推定モデルの研究
課程	化学	長岡 靖崇	単一生細胞内におけるサイクリックヌクレオチドの産生を可視化する生物発光プローブの開発（※）
課程	生化	久保田裕二	蛋白質SUMO化によるERK MAPK経路の活性抑制機構と発癌制御
課程	生科	加村啓一郎	メダカ内臓逆位変異体 abecobe を用いた左右性形成機構の解析（※）
2011年2月7日付学位授与者（3名）			
論文	地惑	大野木和敏	観測データの品質管理と長期再解析 JRA-25（※）
論文	地惑	益子 涉	台風に伴う竜巻等突風の発生機構に関する研究（※）
課程	物理	足立 雄哉	マカクサル大脳皮質における解剖学的結合と機能的結合の関係：核磁気共鳴機能画像法による研究（※）

人事異動報告

異動年月日	所属	職名	氏名	異動事項	備考
2011.1.19	ビッグバン	客員教授	STAROBINSKIY ALEXEY ALEXANDROVICH	採用	
2011.1.20	ビッグバン	客員教授	TURNER EDWIN LEWIS	採用	
2011.2.1	天文研	助教	田村 陽一	採用	
2011.2.15	地惑	助教	丹羽 淑博	辞職	特任准教授へ
2011.2.16	地惑	特任准教授	丹羽 淑博	採用	助教から
2011.3.1	生科	准教授	伊藤 恭子	昇任	助教から

出会いに感謝

大木 幸夫（総務課副課長）

私は、渋谷にありました文科省共済組合宿泊所「銀杏荘」で一人前の料理人を目指していた板前修業の身から華麗なる転身(?)により、昭和48年(1973年)1月に東京大学事務職員として採用されました。当初は慣れない仕事で戸惑い悪戦苦闘したことや、魚を釣ってきたので三枚に下ろして刺身にしてくれなどと頼まれたりしたことが、遠い昔の思い出として残っております。幸か不幸か東京大学以外の機関を経験していない“井の中の蛙”でありましたが、東京大学での約38年間は苦勞もありましたがたいへん充実したものであり、本学で学んだこと、

経験したことを今後の人生に生かしたいと思っています。事務屋ですのでいくつかの部局を異動してきましたが、理学部には平成3年(1991年)4月から3年間お世話になったことがあり、その時の思い出としては40歳以上が参加できた学内ソフトボール大会での2連覇に貢献できたこと、そして若い人にまじり野球やバレーボールを楽しんだことです。そのような思い出のある理学部に再度お世話になり、定年を迎えることができることに喜びを感じています。今日まで大過なく勤務できたのも、多くの先生方、良き上司、先輩、同僚、後輩と出会い、ご



指導・ご協力をいただき支えられながら、ここまでたどり着いたという感謝の気持ちで一杯です。最後にこの場をお借りしてお礼を申し上げるとともに、理学系研究科のますますのご発展と皆様方の今後のご活躍とご健勝をお祈りいたします。

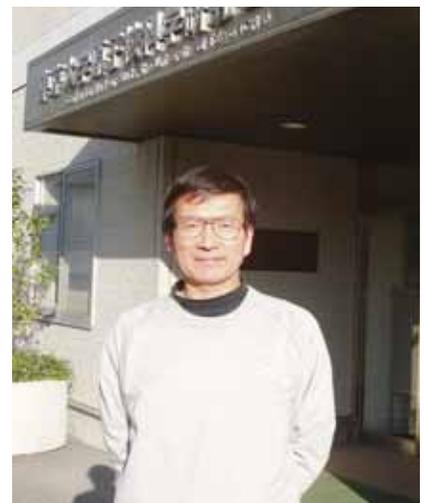
定年を迎えて

山崎 則夫（原子核科学研究センター 技術専門員）

私は、1971年原子核研究所に入所して、1994年原子核科学研究センターに配置換えになり、定年を迎えることになりました。これまでの印象深いことをあげて、定年にあたってのお礼と挨拶とさせていただきます。

私が原子核研究所に入所したときは、F.Fサイクロトロンが終了し、F.Mサイクロトロンが全国共同利用研で稼働している時期で、またS.Fサイクロトロン(S.F)の建設時期でもありました。F.Mサイクロトロンの運転、保守の仕事から始まり、担当者が退職されて初めて真空排気装置を担当し、稼働させることができました。それからS.Fの改良で発振器(MOPA)、計算機制御を担当して思

うようにメカが動かないこともありました。また幾つかの勉強会があり、特に印象深い会がありました。そこで板書したノートは今も大切にしています。貴重な時間を割いて教えていただき、ありがとうございます。その後、原子核科学研究センターに配置換えになりました。すぐ装置の解体が始まり、実験装置を分室(理化学研究所)へ移設、設置、稼働を担当しました。また、超伝導電磁石で常温から液体Heの注液などを教えていただきながら、新しい装置の立上げをしました。分室にきてからもうひとつ装置を担当している速度分離器の維持管理をしていますが、高電圧上昇の方法、絶縁碍子などの改良もしてきました。これら



装置を、最高の性能が出て実験に使えることを目標としてきました。解らないところがまだ多々あり、不足ながらも、無事定年を迎えることができました。これは良き皆さまのご指導とご理解があったことと深く感謝し、お礼を申し上げます。これからは再雇用で勤務いたしますが、引き続きよろしくお祈りいたします。

進化研究に活躍する深海生物の採集

赤坂 甲治（臨海実験所 教授）

現代の生命科学で用いられる実験生物は、飼育しやすく市販もされているモデル生物が多いが、非モデル生物が必要な分野も多い。単純な共通祖先から複雑で高度な生物が進化してきた仕組みを理解するには、多様な生物を研究対象とする必要がある。特に、生きている化石が多い深海生物は貴重な情報源である。ゲノムや、卵から成体になる発生とよばれる過程には進化の道筋が刻み込まれているからである。深い暗黒の世界にいる深海生物を発見するのは容易ではない。ましてや、生物を健全な状態で採集するのは、現代の海底探査ロボットを用いたとしても至難の業である。

明治時代、エンジンや、ウィンチもない時代に、新種の深海生物を次々と採集して世界を驚かせた匠がいた。伝説の採集人（現技術職員）の青木熊吉（愛称：熊さん、1864 - 1940）である（表紙）。創設されたばかりの東京大学は、動物学を発展させるために神奈川県三浦半島の先端の三崎に臨海実験所を設立し（1886年）、漁師だった熊さんを採用した。当時は、ダーウィンの進化論が発表されて間もなく、進化論を検証するための調査が精力的に行われていた頃である。

熊さんが深海生物を次々と採集できた理由のひとつには、三崎周辺海域の世界的に稀な特性がある。暗黒の深海では光合成をする生物が育たない。有機物の供給源はマリンスノー（図）とよばれる海面から降ってくるプランクトンの死骸であるが、大部分は海底に届く前に細菌により食べ尽くされる。有機物のない深海は、生物のいない海の砂漠が広がる。三崎臨海実験所が面する海は岸からほどなく急に深くなり、そのまま深海につながっている。広大な関東平野から東京湾を經由して流れ込む

栄養塩類は、プランクトンの大増殖をもたらし、深海に降り積もるほどのマリンスノーとなる。十分な栄養が供給されるため、多くの種類の深海生物が繁栄し、生きている化石の採集を可能にする。

熊さんは、木造船を海に漕ぎ出し、延縄^{はえなわ}を海底に降ろした。延縄とは一本の幹縄に多数の枝縄がついた漁具である。普通、枝縄の先に釣り針を付けてマグロ漁などに使う。熊さんは重りをつけた底延縄を海底に沈め、潮の流れで船が動かされる力を利用して引きずり、生物を絡め取っていた。水深200メートルにも及ぶ深海に縄を沈め、たった一人の人力で引き上げるとは、想像に絶する体力である。

目的の生物はどこにでもいるわけではない。採集された位置を特定し、記録しなければ再び採集することはできない。海上には目印がなく、海図があるわけでもなく、ソナーも、GPSもない時代である。採集場所は「山立て」という方法で熊さんの頭に正確に記憶されていた。遠くに見える複数の山の位置関係をもとに自分のいる位置を知る方法である。熊さんの活躍に支えられた初代所長の箕作教授や2代目所長の飯島教授らの深海生物の研究は世界を驚かせ続けた。欧米からの標本採集の依頼も多く、大英博物館からは懸賞付きで中生代の生きている化石、巻貝のオキナエビス（裏表紙）の採集の依頼があった。熊さんが見事に採集し、家が建つほどの報奨金を受け取り、オキナエビスを「長者貝」と命名したことは有名な伝説になっている。

海の野生生物の採集は、大量に捕獲しやすい魚を獲る漁業とは異なる。研究に有用な生物は海底の岩穴の奥に生息するなど、採集が困難な場合が多い。研究者自身で入手することはほぼ不可能に近い。現代でも海の特定の生物種を、研究者のニーズに合わせて必要な量を提供できるのは、理学系研究科附属臨海実験所に、匠の技をもつ技術職員がいるからに他ならない。



降り注ぐマリンスノー（左）とテズルモズル（中：クモヒトデの仲間）、ガラスカイメンの仲間（右）。いずれも動物。

生命現象を原子から個体のレベルで理解する

石谷 隆一郎（生物化学専攻 准教授），小島 大輔（生物化学専攻 講師）

生物化学科は、英語名「Department of Biophysics and Biochemistry」からも分かるように、生物学、化学、物理学の融合領域である「生物化学」という分野を対象として設立された学科である。この生物化学は、生物学はもちろんのこと、物理・化学や情報科学の知識までも駆使して総合的な解析を行い、生命現象を原子レベルの原理から個体レベルの現象へ、総合的に理解することを目的とする領域であり、特に前世紀末から爆発的な発展を見せている生命科学分野の中心的存在となっている。また、近年のゲノム科学の発展に伴い、応用を視野に入れた医学薬学分野との連携が行われている点も特徴であり、生物化学の分野から創出された研究成果は、人類の科学知識を拡充するだけでなく、医学薬学分野を通して社会に貢献できる可能性も秘めている。

本学科では、このような生物化学の分野において第一線で活躍する研究者を育成することを目的とし、研究・教育を行っている。生物化学は学際的な分野であり、その基礎は、生物学、化学、物理学の分野にわたっているため、広いながらも専門的な各分野の知識が必須である。そのため、2年4学期は、生物化学という学問分野の展望を講義する必修科目以外に、主に生

物学・化学・物理学科の講義を履修することで、基礎を身につける。3年生では、生物物理化学、生体物質化学、細胞分子生物学、分子生命科学など、生物化学の基礎となる専門的な知識が系統だって講義される。そのいっぽうで、専門を絞り込まず生物化学に関連する各分野を広く学習することが推奨されるため、生物学、化学、物理学科などの理学部他学科の専門科目を履修することが可能なカリキュラムとなっている。

生物化学は、実際に手を動かして験す（実験する）ことで、科学上の未解明の問題に挑む分野であるため、その実戦には実験技術の習得がひじょうに重要となってくる。本学科のカリキュラムは実験演習に重点を置いており、3年の午後からの時間はすべて実験演習にさかれている。いっぽうで、近年爆発的に増大しているデータベースや研究論文などに効率的にアクセスし、情報収集する技能も要求される。これらの技能を、コンピューターを使用した演習を通して修得する。

4年生になると、4月から学科内の研究室に配属され、卒業研究に取り組む。4年生に向けた講義は実質開講されないのも本学科の特色であり、単位を落としたりしなければ、講義に縛られることなくじっくりと卒業研究に打ち込むことができる。



■ 実験実習風景，コンピュータ演習風景

以下、実験や演習を中心に、生物化学科のカリキュラムについて詳述する。

■ 講義

進学内定後の最初の半期（2年生4学期）は、専門科目を学ぶための準備段階として基礎事項を学修するが、必修科目は生物化学概論Ⅰ、Ⅱのみであり、さまざまな関連領域の選択科目から履修するようになっている。なお平成22年（2010年）度から、生物化学の必修・選択科目は主に本郷開講となっている。さらに、3年における講義には必修科目はひとつもなく、生物化学科が開講する講義もすべて選択科目となっており、この段階では専門を狭めずに幅広く学習することが推奨される。受講の自由度がひじょうに高い点が本学科の特色のひとつとして挙げられよう。

■ 3年（実習実験）

本学科では3年次の夏学期に分子生物学・生化学の基礎的な実験技法の習熟を目指し（生物化学実験Ⅰ）、冬学期にその発展形としてより高度な内容の実験を行う（生物化学実験Ⅱ）。

夏学期（生物化学実験Ⅰ）：

夏学期の実習は生物情報学科と合同で行っている。前半は生物化学科の教員が担当し、DNAやタンパク質を扱う実験を通じて、分子生物学・生化学の基礎的な技法の習熟を目指す。分子生物学的実験においては大腸菌の取り扱いやDNAの抽出・

精製・組換えを、生化学の実験においてはタンパク質の定量、酵素化学、タンパク質の抽出・カラムクロマトグラフィー・結晶化、免疫化学的検出法、アミノ酸配列決定などを学ぶ。後半は生物情報学科の教員が担当し、DNAマイクロアレイ・プロテオミクス・シーケンシング・シミュレーションなどのバイオインフォマティクス技術を学ぶ。これらの実験と並行して、PCを用いたプログラミングの初歩（VBA）、タンパク質立体構造モデリングなどについての演習を行う。また、論文検索の仕方についても講義を設けている。

冬学期（生物化学実験Ⅱ）：

各研究室の特色を生かした実験テクニックやモデル生物を用いて、より高度な内容の実習を行う。具体的には、タンパク質の精製・結晶化、分裂酵母を用いた分子遺伝学・蛍光ライブイメージング、線虫を用いた機能ゲノミクス・分子イメージング、ゼブラフィッシュを用いた発生工学、マウスを用いた行動・遺伝子解析、哺乳類培養細胞を用いた分子生物学・生化学など、実際の研究現場に近い形でさまざまな実験手法を学ぶ。さらに、これらの実習内容の理解を深めるため、実習技法の原理や実際の応用例などの詳細な解説を、独立した講義（生物化学実験法）として行っている。また、放射線取扱者の資格を取得するため、受講者全員を対象に、アイソトープ総合センターにおいてRI実習を行う。

■ 4年（卒業研究）

4年生になると、生命科学の分野で世界最先端のレベルの研究を行っている研究室に実際に配属され、より実際の研究に近いトレーニングを受ける（生物化学特別実験Ⅰ、Ⅱ、生物化学演習Ⅰ、Ⅱ）。研究室では、実験だけではなく、自分の研究に関連した情報の収集や、進捗発表や雑誌会などでのプレゼンテーションの技術を身につける。1年弱の研究だけではまとまった成果が得られる可能性は低いため、卒業論文は課されないことになっているが、そのいっぽうで、運が良ければ、国際英文誌に発表できるレベルの研究成果を達成する学生もたまにみられる。4年生の最後（2月中旬）には、卒業研究発表会が行われ、教員だけでなく学生も多く参加し活発な議論が行われ、楽しみにしている人も多い。そして、本学科で修得した確固とした基礎力と幅広い専門知識は、大学院で行う本格的な研究展開に大いに役立つこととなる。

2年	3年	4年
第4学期科目	夏学期科目	夏学期科目
生物化学概論Ⅰ	生物化学実験Ⅰ	生物化学特別実験Ⅰ
生物化学概論Ⅱ	生物物理化学Ⅰ	生物化学演習Ⅰ
情報数学	生体物質化学Ⅱ	生物化学演習Ⅱ
形式言語理論	細胞分子生物学Ⅰ	冬学期科目
アルゴリズムとデータ構造	細胞分子生物学Ⅱ	生物化学特別実験Ⅱ
物理実験学	分子遺伝学	
電磁気学Ⅰ	酵素学	
解析力学・量子力学Ⅰ	分子生命科学Ⅲ	
地球惑星物理学概論	システム生物学	
地形・地質学	冬学期科目	
化学熱力学Ⅰ	生物化学実験Ⅱ	
量子化学Ⅰ	生物物理化学Ⅱ	
無機化学Ⅰ	生体物質化学Ⅰ	
分析化学Ⅰ（総論）	細胞性理化学	
有機化学Ⅰ	生物化学実験法	
細胞生理学	細胞情報学	
生物統計学	分子生命科学Ⅰ	
遺伝学	分子生命科学Ⅱ	
進化生物学		
植物学概論		
人類生物学		
生物情報学基礎論Ⅰ		必修
生物情報学基礎論Ⅱ		選択
必修科目2科目（計4単位）のほか、選択科目より計14単位以上を学修しなければならない。	必修科目全部（計32単位）のほか、選択科目及びその他の専門科目より計28単位以上を学修しなければならない。	

■ 生物化学科カリキュラム

海洋教育促進研究センターの発足と理学部

浦辺 徹郎 (地球惑星科学専攻 教授),
赤坂 甲治 (臨海実験所 教授)

◆ ◆ ◆
東京大学海洋アライアンスがなぜ、小・中・高校生の海洋教育にまで乗り出すのか？また、どうして理学部がそれに絡んでいるのか？これは昨年12月20日に行われた、濱田総長と日本財団笹川会長による「海洋教育促進研究センター(日本財団)」発足調印式の記事を見た友人の正直な感想であった。もっともな疑問であるが、以下の記事に眼を通していただければ、その理由を理解いただけるのではないだろうか。

◆ ◆ ◆
「海洋教育促進研究センター(日本財団)」は、日本財団からの助成を受けて2010年10月、海洋アライアンス内に設立された。センターには、海洋教育政策学ユニット(ユニット長:佐藤学 教育学研究科教授)、海洋人材育成学ユニット(ユニット長:赤坂甲治 理学系研究科教授)、の二つのユニットに計4名の特任教員が配置され、教育学・教育政策学と、学際的海洋学とが融合した体制となっている。センターは、全国の大学、小・中・高等学校などと連携し、海洋教育の普及推進に関わる研究と実践のハブ拠点として、初等・中等教育レベルにおいて海洋教育を普及推進することを目的としている。

ただし、これは容易なことではない。理科教科書の作成に協力していただける理学部の教員が口をそろえておっしゃるのは、特定の分野について教科内容を追加することの想像を越えた難しさである。センターでは上記のように教育学の専門家と海洋学の専門家がタッグを組んで、その難問に立ち向かおうとしている。まず子供達の興味を引き出し、海に親しみを感じさせるために、理学部附属臨海実験所を中心に海辺の生物を子供達にいかに見せるかを研究する。このように、目に見え手に触れることのできる素材から入って、次第に目に見えない、海が社会に対し果たす役割といった点まで、興味をもたせることができ

れば大成功であろう。後者については、地球惑星科学専攻のチームが取り組んで、地球システムの中での海の重要性を知ってもらえる教材作りをする計画である。

もちろん、子供達を実際に指導する先生への教育と研修、カリキュラム作りがなされなければ、これらのことは絵に描いた餅になる。そこで教育学が専門の佐藤教授のユニットが登場する。このユニットでは幾つかの拠点大学とネットワークを構成し、そのハブ拠点として上記の構想を実現していく計画である。それが実現すると、この試みは初等・中等教育課程における日本最大の海洋教育に関する組織として実力を発揮することになるだろう。

センターでは4月2日午後小柴ホールで第1回シンポジウム「海は学びの宝庫—海洋教育のグランド・デザイン—」の開催を予定している。それへの準備を兼ねて熱心な議論が重ねられ、ようやくセンターの方向性が定まってきた。ぜひ、覗いていただきたいと希望している。

子供の理科離れを憂う声は、日本の将来を心配する多くの人の間に根強い。それを改善する最良の方法は、子供を自然の中に連れ出し、直に興味をもたせることではないだろうか。それには、子供達が感じた興味を発展させていくことのできる豊富

な教材と教育プランを用意し、教師の方々に提示することが必要だろう。研究のおもしろさを伝えることのできる人がそれに取り組む必要性については、説明の必要がないだろう。海洋教育促進研究センター(日本財団)の活動に、支援と協力をお願いしたい。

(2010年12月20日プレスリリース)



「海洋教育促進研究センター(日本財団)」プログラム発足調印式で協定書を交換する東京大学濱田総長と日本財団笹川会長

細菌の遺伝子発現を阻害する新たなメカニズム

田上 俊輔 (生物化学専攻修士^{注)}、関根 俊一 (構造生物学社会連携講座 特任准教授)、横山 茂之 (構造生物学社会連携講座 教授)

DNAの遺伝子発現では、DNA配列をコピーしてRNAが合成される“転写”とよばれる過程と、RNA配列を基にアミノ酸を重合してタンパク質を合成する“翻訳”とよばれる過程を経る。転写は、RNAポリメラーゼ (RNAP) という酵素によって行われる。正確な遺伝子発現のためにさまざまなタンパク質がRNAPを制御している。われわれはGfh1というタンパク質がRNAPに作用している状態の立体構造解析を行い、Gfh1によるRNAP制御機構を明らかにした。また、制御の過程におけるRNAPの構造変化を観察した。この構造変化は、RNAPがはたらくメカニズムにおいて重要な役割をもつと考えられる。

転写は、さまざまな制御を受ける複雑なプロセスであり、そのメカニズムは未解明な部分が多い。RNAPはヌクレオシド三リン酸 (NTP) を材料にして、DNAと同じ情報をもつRNAを合成する。まずRNAPはDNA上の目的とする遺伝子を含む部位に結合する。次に、DNA上を移動しつつ、RNAを合成する。RNAPはカニのハサミのような形をしており、DNAや合成途中のRNAはそのハサミに挟まれている。ハサミの刃元には、2次チャンネルとよばれる穴があり、そこからNTPを取り込むと考えられている (図左)。最後にRNAPがDNAやRNAから解離し、転写が終結する。これらの過程はRNAPの構造変化を伴うと考えられている。

また細胞では、その時々状況に合わせて必要な遺伝子を必要量コピーするために、多様なタンパク質がRNAPを制御している。しかし、これまで“RNAPの構造変化”や“RNAPと制御タンパク質の複合体構造”に関する報告はごく限られていた。Gfh1は細菌のRNAP制御タンパク質のひとつであり、転写を阻害することが報告されていた。われわれはGfh1がRNAPに対してどのようなにはたらくのかを解明するために、RNAP・Gfh1複合体のX線結晶構造解析を行った。

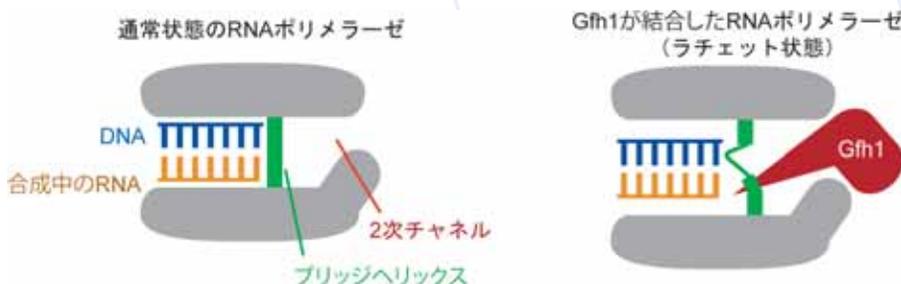
RNAP・Gfh1複合体中で、Gfh1はRNAPのNTP取り込み口である2次チャンネルに結合していた。Gfh1は2次チャンネルを完全に塞いでおり、NTPの取り込みを阻害することが示された。さらにGfh1の先端はRNA合成反応におけるNTPの

結合部位を占拠しており、直接的にNTPの結合を阻害していた。このRNAPを阻害する機構は、既存の抗生物質による細菌RNAP阻害の機構とは全く異なる新規の機構であった。

また、RNAP・Gfh1複合体の構造を、過去に報告されていたRNAPの結晶構造と比較したところ、Gfh1複合体中のRNAPでは大きな構造変化が観察された。われわれはこのRNAPの構造変化した状態をラチェット状態と名付けた。ラチェット状態ではハサミの部分 (DNA・RNA結合チャンネル) が広がっており、RNAPとDNA・RNAとの結合が弱くなっていると考えられた。また、ハサミの上下をつないでいるブリッジヘリックスという構造が中央で折れ曲がり、DNA・RNA結合部位にちょうど1塩基分突き出していた。では、このラチェット状態は転写においてどのような意味をもつのだろうか。われわれは、RNAPがDNA上を移動していくさいに、ラチェット状態をとることで一時的にDNA・RNAとの結合を弱めつつ、ブリッジヘリックスを折り曲げてDNA・RNAを先へ送るのではないかと考えている。このほかにも、転写開始や終結といった複数の過程でラチェット状態が現れる可能性もある。

今回の研究結果は、RNAPによる転写機構の解明の出発点としてひじょうに重要な意味をもつ。また、細菌の転写を阻害する新規メカニズムは、抗生物質開発のヒントとなるとも期待される。本研究はS. Tagami *et al.*, *Nature* 468, 978 (2010) に掲載された。

(2010年12月2日プレスリリース)



■ Gfh1がRNAポリメラーゼ (RNAP) を阻害するメカニズムとRNAPの構造変化 (図右)

注) 現所属: 理化学研究所 特別研究員

葉の大きさを決める細胞間のやりとり

川出 健介(生物科学専攻 博士課程3年),
塚谷 裕一(生物科学専攻 教授)

◆ ◆ ◆
同じ種^{しゅ}の生物では、器官の大きさがひじょうに均一である。これは、各々の種に特徴的な発生プログラムが、器官に含まれる細胞の数と大きさを厳密に制御しているからである。しかし、多くの細胞が集まってできている器官が、どのように個々の細胞のふるまいを統制しているのかは、よく分かっていない。私たちは、葉に含まれる細胞の数と大きさが細胞間のコミュニケーションを通じて統合されていることを、今回明らかにした。これは葉の大きさが、個々の細胞を越えた多細胞レベルで制御されていることを実証した初めての成果である。

◆ ◆ ◆
植物の葉は、各々の植物種に特徴的な大きさに発達するのが一般的である。これは、同じ種であれば、葉に含まれる細胞の数と大きさがほぼ一定だからである。そこで、葉のサイズがどう決まるのかを知るためには、細胞の増殖と肥大が発生の過程においてどのようにコントロールされているのかを理解する必要がある。葉一枚あたりの細胞の総数と、個々の細胞のサイズとは、それぞれ別個に決まっているのだろうか。そのヒントとして、葉の発達のさいに細胞の増殖があるレベル以下に落ちると、細胞が異常に大きくなるという現象(補償作用)が知られている。発達中の葉では、増殖している細胞と、増殖を終えて肥大している細胞とが別々の場所に位置している。したがって

◆ ◆ ◆
補償作用という現象から、細胞の増殖と肥大とは、何らかの形で統合的にコントロールされているのではないかと推察されてきた。しかしながら、そのような仕組みはこれまで全く知られていなかった。

今回、私たちのグループは、シロイヌナズナという植物を用いて、まず細胞増殖に欠陥があり補償作用を示す変異型の細胞と、正常な細胞とが混在するキメラ葉を人工的に作り出し、細胞のサイズを調べた。その結果キメラ葉の中では、野生型の細胞であっても、変異型の細胞と同様に補償作用を起こしてサイズが大きくなっていた。これは、変異型の細胞から細胞肥大を促進させるような細胞間シグナルが放出されていることを示している。さらに詳細に調べたところ、この細胞間シグナルには、中肋(葉の中央を走る太い葉脈と、それを取り囲む細胞からなる構造)を境として、葉身の半分の範囲でのみ機能する、というユニークな性質も見つかった。私たちのこれらの発見は、器官のサイズがどのようにして決まるかの理解にとって大きなブレイクスルーとなったといえる。多細胞レベルの制御の実証を受け、今後、器官制御の解明は、従来の細胞増殖や細胞肥大といった個々の細胞プロセスに限定したもものから、より高次の、多細胞レベルを統合するシステムの解析へと、新たな局面に移行すると予想される。また応用的には、この細胞間シグナリングの特性を利用することで、バイオマスの増大などへの寄与が期待される。

この成果は、K. Kawade *et al.*, *Development* 137, 4221 (2010) に公刊された。また掲載号の冒頭では、注目すべき論文のひとつとして紹介されている。

(2010年11月16日プレスリリース)



野生型(緑色に光っている部分)と変異型の細胞(灰色の部分)が混在するキメラ葉では、野生型の細胞でも、変異型の細胞と同じくらいまで大きくなっている。

情報を自由エネルギーに変換することに成功！

佐野 雅己 (物理学専攻 教授), 沙川 貴大 (物理学専攻 博士課程3年), 上田 正仁 (物理学専攻 教授)

◆ ◆
 マックスウェルの悪魔は、熱力学の基礎に関わる重要なパラドックスのひとつである。われわれは、ブラウン運動するコロイド粒子を観測し、その情報を元に適宜決められた操作をするだけで情報を自由エネルギーに変換できることを実証した。これは、マックスウェルの悪魔の実現であると同時に、情報と熱力学をつなぐ重要な関係式の実験的検証を与えている。
 ◆ ◆

温度差のないところから仕事をせずに温度差を生み出せると、その温度差を利用して仕事をさせる永久機関ができてしまう。熱力学第二法則はそれが不可能であることを教えている。

J.C. マックスウェル (James Clerk Maxwell) は 1871 年に、第二法則を破る次のような仮想的な悪魔を考えた。左右に仕切られた箱の中に気体分子が閉じ込められおり、悪魔は分子を観測し、速度の速い分子が仕切りに近づいてきたら仕切りのドアを開けて右側に通し、遅い分子が来たらドアを開けて左側に通す。これを繰り返すと温度差のない状態から、気体分子に直接仕事をせずに、仕切りの左右間に温度差をつくり出してしまう。

このパラドックスの解決には長い年月を要し、いくつかの重要な貢献がある。レオ・シラード (Leó Szilárd) (1929) は、分子が一個だけあるとし、悪魔が分子の位置が箱の右側か左側にあるかに応じて仕切りをセットすると、気体分子の占める体積が 2 倍に膨張するさいに $\ln 2$ に比例した仕事を取り出すことができ、これが観測で得られる情報量 $\ln 2$ に一致することから情報量と熱力学の関係を明らかにした。またごく最近、沙川・上田 (2008, 2009) は、記憶の書込みと消去に要する仕事の下限を与え、第二法則との無矛盾性を証明した。このように、情報と熱力学の基礎に関する関心は、最近も高まっている。しかし、これまでマックスウェルの悪魔を実現しようとした実験

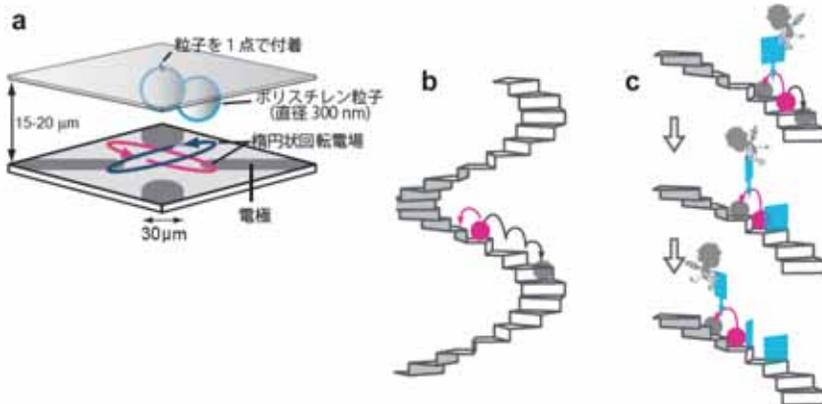
は皆無ではないものの、情報量とエネルギーを測定した実験は存在しなかった。

われわれは、中央大学の鳥谷部祥一助教、宗行英朗教授と共同で、シラード型のマックスウェル悪魔を初めて実現し、情報と熱力学をつなぐ基本的関係式が成立していることを実証した。

実験の概要は以下のようなものである。片側がガラス基板上の 1 点で接地し、点の周りで回転可能な直径約 300 nm のポリスチレン粒子対を用意する (図 (a))。対向するガラス基板には 4 つの電極があり、印加する電圧を制御することで粒子対に螺旋階段状のポテンシャル (トルクと周期ポテンシャルの和) を与えることができるようになっている。容器は水で満たされているため、粒子対は水分子の衝突を受けて激しくブラウン運動を行う。階段の 1 ステップは、熱ゆらぎ程度 (k_B をボルツマン定数、 T を絶対温度とすると $3k_B T$ の高さ) であるため、粒子はトルクによって平均的には階段を下るが、時折は熱ゆらぎによって階段を登る (図 (b))。このゆらぎを高速度カメラで観測し、粒子が階段を登った場合は、後ろ側に仕切りを置いて階段を下るのを防ぎ、それ以外の場合は何もしないという操作を繰り返す (図 (c)) ことで、粒子をポテンシャルの勾配に逆らって階段を登らせることができた。この仕切りを置く操作は、位相が 180 度ずれた 2 種類のポテンシャルを切り

替えることで実現された。ポテンシャルの切り替えによって粒子にした仕事も測定でき、これらを差し引いても粒子はトルクに逆らって回転し、外部に仕事をしたことを定量的に確認した。この実験における情報から自由エネルギーへの変換効率は最大で 28% であった。本研究は、*Nature Physics* 6, 988 (2010) に掲載された。

(2010 年 11 月 15 日プレスリリース)



実験の概念図

(a) ポリスチレン粒子対と電極。(b) 粒子は熱ゆらぎで階段を上下するが、階段を降りる (黒矢印) 確率が高く、登る確率は低い (赤矢印)。(c) 粒子が階段を登った場合 (赤矢印) には、後に仕切りを置く。

森本さん、ありがとうございました

林 正彦 (天文学専攻 教授)

本学名誉教授、森本雅樹先生は平成22年(2010年)11月16日、心不全のため享年78歳で逝去されました。森本さん(先生と呼ばれるのが嫌いでした)は、昭和30年(1955年)本学理学部物理学科天文学課程を卒業され、昭和33年(1958年)本学東京天文台助手に採用、同助教授、教授と進まれ、昭和61年(1986年)に同野辺山宇宙電波観測所長に就任されました。昭和63年(1988年)国立天文台の発足に伴い、同野辺山宇宙電波観測所長、同電波天文学研究系主幹を務められ、また本学理学部教授を併任されました。森本さんは、その卓越した先見性と強力な行動力によって電波天文学をリードし、日本の

天文学と基礎科学の発展に大きく貢献されました。45m電波望遠鏡とミリ波干渉計を中心とする野辺山宇宙電波観測所を建設され、近年はミリ波VLBI観測の発展とスペースVLBI計画の実現に尽力されました。これらの功績により、昭和60年(1985年)に電子通信学会実用化業績賞を、昭和62年(1987年)には仁科記念賞を受賞されました。一度会っただけで、誰もが二度と忘れることができない強烈な印象を与える人でした。お酒が大好きで、「森本おじさん」の愛称で親しまれました。どんな年齢の女性からも人気がありました。学生のころ「森本さんて、すごいわね。」と言ったら、「お前、人をダメにする方法知ってるか。簡



■ 故・森本雅樹先生

単だよ、褒めればいいんだよ。」と言われました。私の理解を超えた人で、大きな薫陶を受けました。

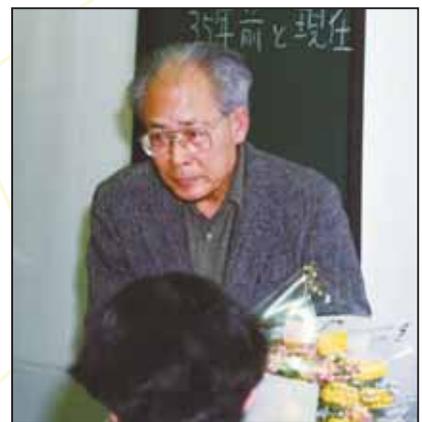
玉尾孜先生のご逝去を悼む

星野 真弘 (地球惑星科学専攻 教授)

本学名誉教授、玉尾孜(たまお・つとむ)先生(地球惑星科学専攻)は病気療養中のところ2010年12月10日にご逝去されました。享年79歳でした。先生は1992年まで本学の理学部教授として教育・研究に御尽力されてきました。先生の御専門は宇宙空間プラズマ物理学および磁気圏物理学で、電磁流体力学現象の理論的研究で数多くの業績を挙げられてきました。例えば、磁場勾配を伴う非一様なプラズマ中でのアルフベン波動と磁気音波の磁力線共鳴理論を提唱し、この理論は後に観測的にも検証され、地磁気の変化から地球磁気圏のプラズマ状態を探る研究に多大な影響を与えました。ま

た、地球上層大気のエニフ圏と、地球半径の数倍から数十倍の領域を占める磁気圏との間の電磁流体波動を介したエネルギー・物質輸送の研究を精力的にされるとともに、磁気圏でのプラズマ不安定の解明にも大きな寄与をされました。

玉尾先生は、学生と議論したりすることにとっても熱心で、黒板に向かって夜遅くまで議論する姿をよく見かけました。また講義においても同様で、私が受講させていただいた学部3年の磁気圏物理学の講義では、内容が盛りだくさんで半年では終わらなかったため、引き続き4年の毎週土曜日の午後に補講をしていたきました。昔の講義ノートを見ると当



■ 故・玉尾孜先生

時の様子が鮮明に思い出されます。

学者気質の先生のお姿を偲びつつ、ご冥福を心よりお祈りいたします。

寺山宏先生のご逝去を悼む

野中 勝 (生物科学専攻 教授)

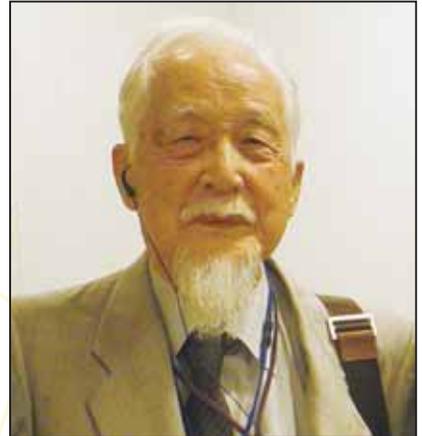
本学名誉教授寺山宏先生は2010年12月17日に、88歳でご逝去されました。同年9月には駒場で開催された日本動物学会第81回大会懇親会において、乾杯の音頭をとられ、門下生、後進とにこやかに談笑される元気なお姿を拝見したばかりでしたので、信じ難く、残念でなりません。

寺山先生は東京帝国大学理学部化学科をご卒業後、東京衛生試験所を経て、1951年本学理学部化学科助教授に着任されました。1958年には新設の生物化学科に移られ、1968年から1980年までは生物学科動物学教室教授として発生理学講座を主宰されました。

先生はコロイド滴定法を開発され、高

分子電解質の定量に先駆的な業績を挙げられました。また、細胞生物学の分野では肝細胞の増殖制御機構の解明に取り組み、いち早く細胞膜の重要性を明らかにされ、さらにウニの発生の生化学的解析など多分野に跨った研究をされました。

東京大学御退官後は、北里大学教授、工学院大学客員教授を歴任されましたが、ご専門以外にも多方面に才能を発揮され、特に漢詩は専門家にも高く評価されるものであったと伺っております。ご専門以外の御著書に、和漢の古典に登場する動植物を現在の分類体系に当てはめて解説された2冊の大著があり、2010年には日本の古代史研究の成果を「邪馬台国から日本国誕生の道程」として上梓されま



■ 故・寺山宏先生

した。

生涯現役として探究心を貫き通された寺山先生のご冥福を、謹んでお祈りいたします。

高橋武美先生のご逝去を悼む

橘 和夫 (化学専攻 教授)

本学名誉教授、高橋武美先生(理学部化学科、当時)はご闘病中のところ享年84歳にて2010年12月20日に逝去されました。高橋先生は戦後のどさくさに紛れて無試験で本学入学(ご本人からの情報)、1953年に理学部化学科にて学位取得後、同大学化学科有機化学講座の助手に着任、助教授を経て1962年に当時新設の天然物有機化学講座教授に就任されました。この間、明治時代のフグ毒やコンブの旨みに始まるわが国の本分野での先進性を確固たるすべく、特にそれまで薬学、農学分野が主流であった本分野の理学分野での基礎研究において大いなる貢献をなされました。1987年日本大

学を定年退官後は、日本大学にて引き続き教鞭を執られる傍ら、天然有機化合物の特に植物培養細胞による生産に関する研究を継続されておりました。

上記に加え、高橋先生の若き日に2度にわたるフランス留学を契機に、現在でも継続している日仏科学交流のきっかけをつくり、退職後も日仏理工学化学会の会長として大いなる貢献をされました。

筆者も高橋先生のわがままな門下生の一人ですが、好き勝手をさせていただいたうちに、いつの間にか多大な教育を受けていたことを今になって感じる次第です。ここにご冥福をお祈りします。



■ 故・高橋武美先生

小口高先生を偲ぶ

岩上 直幹 (地球惑星科学専攻 准教授)

小口高先生は1990年まで地球物理学科教授として、また退官後は名古屋大学太陽地球環境研究所の初代所長を務められるなど研究・教育に尽力してこられました。2010年12月27日に逝去されました(享年80歳)。先生はオーロラの研究で知られ、1956-61年の南極観測隊には1次・2次の夏・3次の越冬に参加、さらに12次では越冬隊長を務められ、南極電離圏のロケット観測を成功に導きました。またオーロラのTV撮像によってその形態から励起過程の本質に迫るという特色あるご研究をされました。1988-89年には地上多点観測網によるオーロラ観測をカナダなどで展開し、衛星では迫りきれない部分に地上多点で迫るという、これまたユニークな戦略でオーロラの解明に挑まれました。

観測器を作り、観測地に出かけ、自ら

の目で確かめ、大量のデータ処理に基づき理解・解釈を進めるという姿勢は終始一貫し、地上多点観測キャンペーンなども、実現性を疑う学会からの批判など物ともせず、杓にとらわれないスタイルで進められました。太陽地球環境研所長時には、欧州のEISCATレーダー観測への参入と国内の受け入れ組織の拡充にも努められました。戦中最後・戦後最初世代の新しいもの(車、自由、エレクトロニクス)を取り込む好奇心と行動力に加えて取りまとめの才により、教育、学会の発展に尽くされました。小口先生らしいエピソードとしては、35年前の厳冬、カナダ北部チャーチルの古い観測小屋で1950年代ものの凸面鏡を見つけ、持参の通常視野の高感度TVカメラと組み合わせで全天TV画像のビデオを撮り、オタワ近くの研究会で公開し、世界初の脈



■ 故・小口高先生 (1984年夏, カナダ)

動性オーロラ全天動画像でカナダの研究者の目を見張らせた…などということもありました。

豪放かつ繊細だった先生のお姿を偲びつつ、ご冥福をお祈りいたします。

歌田實先生のご逝去を悼む

松本 良 (地球惑星科学専攻 教授)

歌田實先生は2011年1月25日深夜お亡くなりになりました。73歳というご年齢で急逝されたことに、先生を知る者はみなたいへん驚き哀しみ、喪失感に言葉を失いました。

先生は東京大学理学部地学科(地質学教室)をご卒業され、同修士課程を修了後、昭和39年(1964年)に東京大学教養学部(宇宙地球科学教室)の助手、昭和48年(1973年)より理学部および総合研究資料館の助教授、平成5年(1993年)に総合研究資料館の教授となりました。

先生の専門分野は堆積学・堆積岩岩石学であり、研究テーマは岩石の変質作用です。日本列島を構成する地層・岩石の際立った特徴は火成活動の影響であり、地層中には凝灰岩や火山岩が頻りに挟まれマグマの熱は広域的な温度場を乱します。先生は、凝灰岩を構成する非晶質火山ガラスが地層の埋没、温度の上昇に伴って沸石をはじめとするさまざまな鉱物に変

わることに着目され、沸石続成作用という概念を確立されました。特定の沸石鉱物・続成鉱物の出現からその地層の最高履歴温度を推定し、地層が埋没した深度や過去の地下増温率を復元しました。先生の業績は地層形成論や堆積盆解析論に大きなインパクトを与えただけでなく黒鉱に代表される金属鉱床の探査や開発にも大きく貢献しました。

講座談話会での学生の発表には、もっとも痛いところを短く的確に指摘されました。しかしコメントはあくまで肯定的であり、談話会後の飲み屋で励まされた人は少なくありません。先生は山を隈無く歩き、密にサンプリングし、たくさん試料を分析し、調査地域のマップをさまざまな色のマークや模様で詳細に分帯し、そこに美しい秩序を見出します。自然と向き合い徹底的に考えるという妥協を許さない真摯な姿勢を通して、研究とはこうやるものだとかえられました。

平成10年(1998年)の定年退官後



■ 故・歌田實先生

しばらくの間は総合研究資料館(博物館)で試料の分析とデータの整理を続けておられました。7~8年前に先生にとって沸石研究の古戦場とも言うべき伊豆の富戸に住まいを移されましたが、その後も最近まで地層の変質に関する学術論文を書かれておられました。

一貫して地層の変質作用の研究に生涯を捧げられた先生のご冥福を心よりお祈りいたします。



「ゲーム木検索」

美添 一樹 (情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 助教)

人間と同様にゲームをプレイする機械を作るということは、人類のひとつの夢であるだけでなく、コンピュータの進歩の観点からも興味深い題材であり、多くの研究者の興味を引きつけてきた。

1997年にIBMのDeepBlueがチェスの世界チャンピオンを破った例が最も有名である。また、昨年情報処理学会50周年記念イベントとして行われた清水市代女流王将対コンピュータ将棋「あから2010」の対局では、コンピュータが勝利を収め、コンピュータ囲碁も近年急速に棋力を伸ばしている。

ゲーム木とはゲームの可能な手順を木によって表現したものである。将棋や囲碁のゲーム木のサイズは巨大であり、すべてをしらみつぶしに探索することは半永久的に不可能である。しかしゲームをプレイする場合には、制限時間以内に着

手を選択する必要がある。ゲーム木探索は、広大な探索空間に対してある程度のリアルタイム性を要求する、難しい問題である。

ゲームをプレイする場合には先読みと形勢判断が必要である。相手よりも深く先読みができて、正確に形勢判断ができれば負けることはない。

将棋ではalpha-beta探索を用いた先読みにより、通常の計算機でも1秒間で数十万から百万局面以上の先読みを行う。これに評価関数を用いた形勢判断を組み合わせることで、現在ではトッププロに迫る棋力を獲得している。評価関数とは局面の形勢を数値化するものである。近年は機械学習の理論に基づいて自動的に評価関数を作成する手法が主流になっており、開発者自身は将棋が強くなくとも、強い将棋プログラムを作

成することが可能となった。

囲碁は評価関数の作成が困難なゲームであるために、コンピュータにとって非常に難しいゲームとして知られていたが、2006年にモンテカルロ木探索が発明されたことによって急速に棋力が向上し、現在ではアマ五段近くに到達している。現在の筆者の研究テーマはモンテカルロ木探索の並列化である。alpha-beta探索は並列化が難しくスパコンの利用が難しいが、モンテカルロ木探索はスパコンを活用することにより大幅な性能向上が期待できる。コンピュータ囲碁がプロ棋士に迫るといふ予測も現実味を帯びてきた。

ゲーム木探索の進歩は、ハードウェアの進歩とそれを活用するアルゴリズムの進歩を象徴的に示す成果である。



「スピントロニクス」

藤森 淳 (物理学専攻 教授)

エレクトロニクスは電流や電圧を信号・情報として利用する技術で、電流、電圧は電子のもつ「電荷」から生じるものであるが、電子は電荷のほかに内部自由度である「スピン」をもっている。スピンは微小な磁気モーメントとして振る舞うため、スピンの向きも信号・情報として利用できるはずである。電荷だけでなくスピンも利用したエレクトロニクスをスピン・エレクトロニクス、あるいはスピントロニクスとよぶ。近年、実際にスピンを利用した電子デバイスが多く提案、試作され、スピントロニクスは次世代エレクトロニクスの候補として注目を集めている。

現在のスピントロニクス研究の源流のひとつは、磁性金属超格子における巨大磁気抵抗効果の発見である。超格子の電気抵抗が磁場で大きく変化することがグリュンベルグ(P. Gruenberg)とフェー

ル(A. Fert)により発見され、この2人に1995年のノーベル賞が与えられた。現在、磁気ディスクの読み取りヘッドは、巨大磁気抵抗効果を利用して、磁化として記録された情報を電氣的に読み出している。

半導体を用いたスピントロニクスは、非磁性の半導体に磁性をもつ遷移金属イオンを希薄にドーブした「希薄磁性半導体」の研究に端を発する。80年代末から90年代初頭にかけて、ガリウムヒ素などの半導体にマンガンをドーブした希薄磁性半導体が強磁性を示すことが日本の研究者によって発見され、半導体スピントロニクスが新しい学問分野として一気に開花した。

最近の新しい展開として、非磁性物質におけるスピンの振る舞いが興味を集めている。磁性イオンも、強磁性体も、磁場もなくとも、電子は運動すればスピン-軌道相互作用により「有効磁場」を感

じ、上向きスピンの電子と下向きスピンの電子は逆方向の力を受ける。このため、電流を流すと電流とは垂直方向に、電荷の流れを伴わない「スピン流」が生じ、これはスピンホール効果とよばれている。スピン流やスピン-軌道相互作用に起因する物理の研究はここ数年、トポロジカル絶縁体の研究、スピン熱電効果の研究なども含めて急速に発展しており、理解がどんどん深まるとともに、スピントロニクスへの応用が検討されている。

理学系研究科においては、希薄磁性半導体の開発を化学専攻の長谷川研究室が、その放射光分光を物理学専攻の藤森研究室が行っており、室温で強磁性を示す新しい物質の合成とキャラクターゼーションが進行している。



「金星のスーパーローテーション」 今村 剛 (宇宙航空研究開発機構 准教授, 地球惑星科学専攻 兼任)

赤道地方を含む広い範囲で惑星の自転と同じ方向の風が吹くことをスーパーローテーションという。地球のとなりの惑星、金星がよく知られている例である。地球の中緯度地域の上空にも自転と同じ方向に風が吹いているが、これは赤道地方の大気が角運動量を保持したまま高緯度側に移動し、自転軸までの距離が縮まるために回転が速くなると考えればよい。しかし金星のスーパーローテーションはそうはいかない。

金星の自転は地球とは逆向きで、周期 243 地球日というゆっくりとしたものである。この金星で、赤道から高緯度まであまねく自転方向の風が吹き、硫酸の雲が浮かぶ高度 60 km あたりでは時速 400 km に達する。これは自転速度の

60 倍に相当し、角運動量の保存では説明できない。土星の衛星タイタンでも似たような風が吹いていることが判明しつつある。どうやらスーパーローテーションは、地球の中緯度地域の風と並ぶ、惑星の風の基本型のひとつであるらしい。スーパーローテーションの問題は、地球ではなぜスーパーローテーションではなく今われわれが見るようなパターンが選択されているのかという、地球気象学の問題でもある。

このしくみを解き明かすことは気象学者の 50 年来の夢であり、数多の仮説が提案されてきた。ハドレー循環という、赤道域で上昇し中高緯度で下降する大規模な流れに注目する理論が長らく有力視されてきたが、最近は旗色が悪い。代わっ

て期待大なのが、雲層が太陽光で周期的に加熱されることで励起される波動に注目する理論で、本研究科地球惑星科学専攻の高木征弘助教が研究をリードしている。いっぽう、新たな観測で謎に迫ろうとするのが金星気象衛星「あかつき」であり、この衛星計画には高木助教とともに同専攻の岩上直幹准教授と筆者が参加している。

「あかつき」は 2010 年 12 月に予定されていた金星周回軌道への投入に失敗し、数年後に再び金星に会合することを目指して太陽の周りを公転している。「あかつき」のつまずきによりスーパーローテーションの解明は少し先延ばしになったかもしれない。



「グラフェン」

田中 秀幸 (化学専攻 特任助教)

グラフェンとは sp^2 混成炭素原子が六角形のハニカム格子を形成し、原子 1 個分の厚みをもつ 2 次元シート材料のことである。グラフェン単層シート内では自由電子が質量を持たないかのように振る舞うため、シリコン半導体の 100 倍以上に相当する数十万倍 cm^2/Vs 以上のキャリア移動度を示すといわれる。単層シートが金属的な性質を示すのに対して、2 層シートでは有効質量をもち半導体的な性質を示すようになる。新奇な電気特性に加え、大きな熱伝導率、機械的強度も高いことから幅広い分野への応用が期待され、急速な研究開発が行われている。

2004 年に英国マンチェスター大学の物理学者がグラフェンの単離に成功するまで、このような 2 次元材料を作製す

ること、存在することは不可能であると考えられてきた。最初に示された手法はスコッチテープでグラファイトからはがしとるだけの物理的で簡便な手法であったが、最近では、化学修飾した酸化グラフェンによる単離手法、さらには化学気相成長による大面積グラフェン膜の作製が可能となっている。

グラフェンは本質的に 2 次元のシートだが、実際の単層シートは平坦ではなく、わずかにしわが寄ったさざ波状の構造(リップル)をとる。このリップルは 2 層シートではそれほど目立たず、多層シートでは完全に消失することから、極薄炭素膜の安定性に影響を及ぼしていると考えられている。マイカ表面上にグラフェンを堆積させると超平坦グラフェンが得られることから、リップル形成は高

品質グラフェンの本質的な特徴ではないと考えられ、リップルが及ぼす物理特性や電気的特性への影響が明らかになりつつある。

また最近では、グラフェンを化学修飾してさまざまな構造や特性をもつ誘導体が合成されている。グラフェンを水素プラズマに曝したグラフェンでは、水素化による sp^3 炭素-水素結合の形成によって半金属な性質から絶縁性に変化する。この水素化反応は可逆的で、熱アニールによって導電性を回復することができることから水素貯蔵への利用も期待されている。

本研究科では、化学専攻の物理有機化学研究室(中村栄一教授)、物理学専攻の青木秀夫教授の研究室でグラフェンに関連する研究が行われている。



「獲得免疫と自然免疫」

野中 勝 (生物科学専攻 教授)

ヒトを含む哺乳類の免疫機構は、獲得免疫と自然免疫に分けられる。

獲得免疫は、後天的に外来異物の刺激に応じて形成される免疫であり、高度な特異性と免疫記憶を特徴とする。異物を認識するのは、リンパ球がつくる抗体やT細胞受容体で、それらの遺伝子はリンパ球の分化過程で、細胞毎に異なる遺伝子再編を行うことにより、全体としては驚異的な認識多様性を実現している。個体の発生過程では自己成分と反応するB細胞やT細胞も出現するが、このような細胞は淘汰され、自己成分を除くあらゆるものを認識できるレパートリーが形成される。そこへ外来異物が侵入し、反応するリンパ球だけが特異的に増殖するのが獲得免疫反応である。

いっぽう、自然免疫は、先天的に備わっ

た免疫であり、異物認識は微生物などに固有の分子パターンを標的に行われており、認識分子である補体成分の一部・レクチン・Toll様受容体などは、ゲノムにコードされたままの形で使われている。従来、獲得免疫の補助的な役割を果たすにすぎないと考えられていたが、近年、微生物などの感染にさいし初期の自然免疫の発動がなくては獲得免疫も始動しないことや、獲得免疫は脊椎動物に固有で、大部分の動物は自然免疫のみに頼っていることが明らかになってから注目されている。獲得免疫と比較して特異性では劣り、免疫記憶も存在しないが、病原体の侵入に対して即時に対応でき、また自己にない分子パターンを直接認識する方法は素朴であるが破綻しにくい。獲得免疫は高度な異物認識レパートリー形成方法

をとるが、破綻して自己免疫疾患にいたる危険性を有するのと対照的である。

進化的に見た場合、獲得免疫はひとつのシステムとしてまとまりがよく、その主要な遺伝子のほとんどは有顎脊椎動物の共通祖先の段階で一斉に出現したと考えられている。それに対して、自然免疫に関わる遺伝子の進化的起源はまちまちで、脊椎動物の出現するはるか以前から存在していたものも多い。

本研究科では、最近脊椎動物のヤツメウナギで見つかった第二の獲得免疫系で中心的な役割を果たすVLR遺伝子の、多様性創出の分子機構の解析が坂野研究室で行なわれている。また、筆者の研究室では自然免疫機構のひとつである補体系の進化的起源に関する研究が行なわれている。

あとがき

今年度のはじめから、横山央明さんのピンチヒッターとして、広報誌編集委員になりました。広い知識を要する仕事が出来ない私でしたが、記事の執筆者と他の委員のご支援によりなんとかピンチヒッターの役目を満了することができ

ました。研究の上では接点のほとんどない方々と出会い、他の分野の研究の最前線の分かりやすい記事を読んだことができて本当に有意義な時間を過ごせました。しかし、楽しかったことと同じくらい、苦い経験もありました。いつか私が

広報誌の記事を書くときがきたら、委員の皆様の気苦労を感じながら書くことができそうです。短い間でしたが、ありがとうございました

吉川 一郎 (地球惑星科学専攻 准教授)

第 42 巻 6 号

発行日：2011年3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



オキナエビス：中生代の生きている化石



トリノアシ：古生代の生きている化石。
ウニやヒトデと同じ棘皮動物に属すウミユリ類の一種。