

# 分子研レターズ

VOL. **69**  
MARCH 2014  
ISSN 0385-0560

●巻頭言

## Future Loves History

細野 秀雄 [東京工業大学フロンティア研究機構・教授]

●レターズ

## 「統合生命科学教育プログラム」から 見えてきた専攻横断型教育の問題点

藤澤 敏孝 [総研大 統合生命科学教育プログラム・プログラム長]

●分子科学の最先端

## 有機太陽電池のための バンドギャップサイエンス

平本 昌宏 [物質分子科学研究領域・教授]

共同利用研究ハイライト

固体における電子格子相互作用の直接観察

田中 慎一郎 [大阪大学産業科学研究所・准教授]

全セラミクス型Yb:YAG/YAG複合マイクロチップレーザーからの  
高次のエルミート・ガウシアンビームおよび光滑アレイの発生

杉田 篤史 [静岡大学工学部・准教授]

ディラック電子系分子性導体への静電キャリア注入を  
目的とした電界効果トランジスタの作製および物性評価

田嶋 尚也 [東邦大学理学部・准教授]

超高速固体NMRマイクロプローブと920MHz超高磁場NMRを  
組合わせた生体高分子の構造解析

朝倉 哲郎 [東京農工大学大学院工学研究院・教授]

## 巻頭言

## 01 Future Loves History

● 細野 秀雄 [東京工業大学 フロンティア研究機構 教授/元素戦略研究センター長]

## レターズ

02 「統合生命科学教育プログラム」から  
見えてきた専攻横断型教育の問題点

● 藤澤 敏孝 [総研大「統合生命科学教育プログラム」プログラム長/総研大 学融合推進センター 特任教授]

## 分子科学の最先端

## 04 有機太陽電池のためのバンドギャップサイエンス

● 平本 昌宏 [物質分子科学研究領域 教授]

## IMSニュース

- 8 UVSOR30周年記念行事報告
- 10 第73回岡崎コンファレンス及びA Peter Wall Colloquium Abroad  
"Coherent and incoherent wave packet dynamics"
- 12 研究力強化戦略室発足
- 12 第二回NINS コロキウム「自然科学の将来像」
- 13 所長招聘研究会「未来を拓く学術のあり方：化学とイノベーション」
- 14 国際研究協力事業報告
- 17 受賞者の声
- 21 アウトリーチ活動

## IMSカフェ

- 22 New Lab——小林玄器
- 24 分子研出身者の今——濱 広幸、伊藤 肇、岸根 順一郎、宮下 哲
- 30 分子研出身者の今 受賞報告——高塚 和夫
- 31 分子研を去るにあたり——木村 哲就
- 32 外国人客員教授の紹介——Emad Flear Aziz
- 33 所長選考について(運営会議報告)
- 34 新人自己紹介

## 共同利用・共同研究

- 37 共同利用研究ハイライト
- 固体における電子格子相互作用の直接観察 田中 慎一郎 [大阪大学産業科学研究所 准教授]
- 全セラミクス型Yb:YAG/YAG複合マイクロチップレーザーからの  
高次のエルミート・ガウシアンビームおよび光渦アレイの発生 杉田 篤史 [静岡大学工学部 准教授]
- ディラック電子系分子性導体への静電キャリア注入を目的とした  
電界効果トランジスタの作製および物性評価 田嶋 尚也 [東邦大学理学部 准教授]
- 超高速固体NMRマイクロプローブと920MHz超高磁場NMRを組合わせた  
生体高分子の構造解析 朝倉 哲郎 [東京農工大学大学院工学研究院 教授]

- 45 共同利用・共同研究に関わる各種お知らせ

## 分子科学コミュニティだより

- 46 関連学協会等との連携 —— ポスト京コンピュータに向けた取り組み  
強光子場科学研究懇談会の紹介  
新学術領域研究「柔らかな分子系」(平成25～29年度)について  
新学術領域研究「動的秩序と機能」(平成25～29年度)について

## 分子研技術課

共同利用装置～超短パルスレーザー～ 上田 正 [機器利用技術班]

## 大学院教育

- 55 総研大ニュース
- 56 イベントレポート
- 58 受賞者の声
- 59 修了学生及び学位論文名
- 60 各種一覧

# Future Loves History

細野 秀雄

東京工業大学 フロンティア研究機構 教授  
元素戦略研究センター長

昨年11月にアンモニア合成の工業化開始100周年を記念したシンポジウムがドイツのBASF本社（ルートヴィヒスハーフェン）で開催された。標題はそのシンポジウムのサブタイトルである。2012年に発表したエレクトライド（電子化物）を用いたアンモニア合成触媒の論文が契機になり、上記のシンポジウムで講演を依頼された。2008年に鉄系超伝導体を発見した際にも超伝導発見100周年の記念シンポジウムに招待され、その歴史を臨場感をもって学習でき、研究の新たな視点を獲得することができた経験から、厚顔無恥を承知で今回も躊躇せず講演を引き受けた。

言うまでもなく、窒素は植物の生育に不可欠な元素のひとつ。人口増加と天然の活性窒素資源の消費により、肥料に用いる新たな窒素源の確保は20世紀初めには大問題となっていた。チリ産の硝石にその殆どを依存していたドイツは、自力でこの問題を解決する必要に迫られていた。カールスルーエ工科大学のフリッツ・ハーバーは、窒素分子と水素分子からアンモニアを人工合成することに挑戦した。有名なオストワルドやネルンストも研究していたが、十分な成果は得られていなかった。ハーバーは高温（600-1000℃）・高圧（～100気圧）とオスミウムを触媒に用いることで、十分な収率でアンモニアの合成に初めて成功した。しかしながら、このような過酷な条件下での実用的な合成プロセスは、とても現実的とは考えられなかった。このような状況で唯一、工業化が可能であると手を挙げたのが、BASFの若きエンジニア、カール・ボッシュであった。水素による金

属の脆化など数々の困難を解決しプラントを完成させた。高価なオスミウムに代る触媒の探索は、アルヴィン・ミタッシュが担当し、数千種に及ぶ物質をスクリーニングした結果、純金属ではなくスエーデン産の磁鉄鉱（マグネタイトに少量のカリウムとアルミニウムを含有）が最適であることを見出した。こうして完成されたプロセスがハーバー・ボッシュ法（HB法）である。現在、アンモニアは肥料や様々な化成品の中間体として年間で1.7億トンも生産され、人類の生命と生活を支えている。また、容易に液化できることから、昨今では高密度な水素キャリア物質としても期待が高まっている。

HB法は人類を飢えから救った化学研究の金字塔として歴史に刻まれているが、先達のレビュー講演を聞いてみると、遅まきながら多くのことに気付いた。まず、HB法は大学の目的である基礎研究の成果が産業界に上手く受け渡されて実現した産学連携の賜であったこと。また、このプロセスの成否に熱力学と速度論（触媒探索）の真価が問われたこと。そして、高压反応という新しい学術領域が開け、アンモニアの工業合成という産業が創出されたこと。このように、大きな社会的困難の克服に繋がる学術のブレークスルーがエンジニアリングのジャンプアップを促し、これによって基礎科学と工学の新領域が拓けたわけだ。

学問が一番面白いと感じるフェーズは人によって異なるようだ。筆者は、基礎と応用があまり分化していない黎



HB法による実際のアンモニア合成に使われた反応塔とともに、ハイデルベルグのカール・ボッシュ博物館にて。

明期に最も魅力を感じている。エレクトライドの物質科学は、未だこの段階にあり、基礎物性の把握が新しい応用に繋がるという印象を持っている。アンモニアの合成・分解触媒はもとより、もっとワクワクするような発見が待っているに違いない。面白くて、しかも社会に明確に役に立つ研究に精進しようと誓いを新たにルートヴィヒスハーフェンを後にした。

## ほその・ひでお

東京工業大学フロンティア研究機構教授。同学元素戦略研究センター長。

JST さきがけ「新物質科学と元素戦略」領域総括、JST ACCEL「エレクトライドの物質科学と応用展開」代表研究者。Materials Research Society Board of Director。日本学術会議会員。1982年都立大大学院博士課程修了。名工大、分子研、東工大の助教授を経て1999年より東工大教授。

JST ERATO「細野透明電子活性」プロジェクト総括責任者。同ERATO-SORST「ナノ構造を活用した透明酸化物の機能開拓」プロジェクト代表研究者。内閣府FIRST「新超電導および関連機能の探索と線材応用」プロジェクト中心研究者を歴任。

専門分野は無機材料科学。特に独自のコンセプトによる電子機能材料の創製。高精細・省エネルギーのディスプレイの実現に繋がったIGZO半導体の創製とそのTFT応用や鉄系超伝導物質の発見が代表的成果。

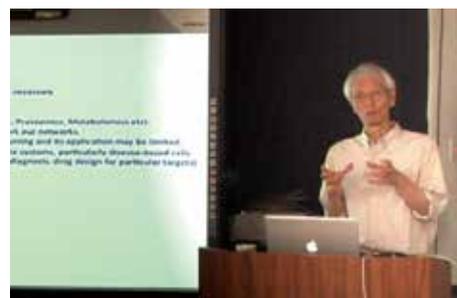
応用物理学会業績賞(2010)、仁科賞(2011)、日本化学会賞(2013)、本多記念賞(2013)、朝日賞(2009)、紫綬褒章(2009)、Matthius Prize(2009)、Raychman Prize(2010)、Thompson-Reuter Citation Laureate(2013)などを受賞。

**藤澤 敏孝** 総研大「統合生命科学教育プログラム」プログラム長  
総研大 学融合推進センター特任教授

# 「統合生命科学教育プログラム」から 見えてきた専攻横断型教育の問題点

ふじさわ・としたか

1968年京都大学農学部卒業、1972年米国カンサス州立大学大学院博士課程修了、カリフォルニア大学アーヴァイン校医学部ポスドク、1974年国立遺伝学研究所研究員、1986年同研究所・総研大助教授、2007年ドイツハイデルベルク大学客員教授、2011年総研大客員／特任教授



総研大での専攻・研究科を横断する「統合生命科学教育プログラム」の実施に関わって2年半となるが、その間に感じた専攻・研究科横断型教育の問題点を述べてみたい。大学院生・教員の皆様からのご意見をうかがえれば幸いである。

## 総研大の専攻横断型教育プログラム

総研大の専攻を横断した科学教育プロジェクトは2009年に文科省の支援で物理科学研究科に「研究力と適正を磨くコース別教育プログラム」として導入され、2012年度以降学内措置として「広い視野を備えた物理科学研究者を育成するためのコース別大学院教育プログラム（以下コース別プログラム）」として継続していることは分子研の方々は周知のことであろう。同様に物理科学研究科でも2010年に文科省の支援で「脳科学専攻間融合プログラム（以下脳科学）」が導入され今年度末まで継続中である。「脳科学」では「博士（脳科学）」の授与が認められその意味では専攻と同等の権限を持つ。さらに、2011年には研究科をまたいだ教育プロジェクトとして「統合生命科学教育プログラム（以下統合生命）」が始まり、2014年度

まで継続の予定である。これらの教育プログラムはいずれも最先端の研究・教育を行っている総研大各基盤機関の特徴を大いに活かして、広く大学院教育に供することを謳っている。教育方策としては、「コース別プログラム」はラボローテーションを取り入れ、各専攻での講義とe-ラーニングを併せて提供している。「脳科学」と「統合生命」では、電子黒板とテレビモニターを用いた遠隔講義の配信を行っている。前者では講義のe-ラーニング化を進めているが、後者ではe-ラーニング化は行っていない。

## 「統合生命科学教育プログラム」の概要

「統合生命」の詳細に関しては「分子研レポート2012」あるいはホームページ (<http://ibep.ims.ac.jp/>) を見ていただければありがたい。ここではプログラムの目的とどういう教育を行っているかの概略を紹介する。目的・方法は以下の通りである。生命科学の分野では、日々急速な勢いで蓄積されつつあるゲノム情報やその他の生物学的大量情報を統合し、生命体の全体像を把握しようという新たな学問分野の形成が喫緊の課題となっている。そのような

新たな生物学に対応するには生物科学のみならず、物理科学、数理科学、情報科学などに通じる、学際的かつ統合的な生命観を持つ研究者の養成が必要である。そのため本プログラムでは、国内最先端の研究機関において幅広い分野の大学院教育が行われている総研大の特色を生かし、統合生命科学の新しいカリキュラムを作成し講義を提供する。遠隔地講義配信システムを利用して現地、遠隔地専攻に差がなく受講できるようにしている。今年度まで11科目を提供しており、来年度さらに2科目追加する予定である。このうち「統合生命」が独自に提供する講義は4科目、他は各専攻あるいは研究科提供の科目である。講義の他、サマースクール開催とIRC (Interdisciplinary Research Cooperation) グラントの提供を行っている。サマースクールは岡崎統合バイオサイエンスセンターと共催で毎夏開催しているが、学生、若い研究者の活発な質問、議論で盛り上がっている。IRC グラントは本プログラムのユニークな試みで、学生自身が発案し専攻を超えた学生パートナーと共同研究をすることを支援する。異分野交流でどのような研究が可能かを考えてもらうこ

とと研究費申請の訓練を兼ねている。

## 専攻横断型教育の問題点

総研大創設当初から、大学院教育は各専攻が独自のやり方で担ってきた。葉山本部が拡充した今日でもその状況は大きく変わっていない。このような状況下では専攻、まして研究科を超えた教育には多くの問題点がある。「統合生命」を例にいくつか挙げてみよう。

**1. 講義時間の割り振り：**専攻の時間割が決まってから、その合間を縫って「統合生命」の講義を割り振ってゆかねばならない。お願いする講師のご都合もあるので、計画通りの講義順が施行されることがない。総研大の講義スケジュールが発表されるのはすべての専攻の講義時間割が決定してからである。仕方がないので「脳科学」と「統合生命」では共通のスケジュール表を作成して互いに時間重複しないようにしているが、時に重複は避けられない。

**2. 英語講義の問題：**講義は英語で行われるが、学生の理解度は必ずしも高くない。昨今、各大学で英語講義の是非が議論されているが、基本的に考える能力の涵養が英語でできるかというのがその根底にある。答えはイエスである。研究者として情報を世界に発信していくであろう学生には、当然その能力が求められる。私自身アメリカの大学院で学んだが、英語がわからないときには徹底して講義ノートを借りまくり、予習・復習は必須であった。大変ではあるが努力のしがいはあるはずである。同時に講師の英語力にもばらつきがある。日本語で講義してもらった方がよほどよいと思うときがあり、そのときは強いジレンマに陥ってしまう。

**3. 遠隔講義の問題：**これには2つあり、一つは講師の慣れの問題、他は臨

場感の問題である。講義場所以外の学生は講師の表情をテレビ画面でみることになるので、講師は講義室の学生とテレビカメラを半々くらいで見ていただけるとよいと思われる。いわれなくともカメラを見て話す講師もおられる。私が講義場所にいる場合はあらかじめ講師にお願いすることがあるが、これは徹底すべきであると思う。臨場感に関していえば、技術的に難しいところがある。双方向で随時コミュニケーションがとれる状態であるが、講師からは遠隔地の学生の表情が見えない。あるいはわざとカメラから外れた位置に座る学生もいる。臨場感の問題は遠隔講義の宿命的課題なのかもしれない。

**4. 受講者が少ない問題：**これが実は最も重要な懸案である。「統合生命」のミッションとして数物系の学生にも生物学を、生物系の学生にも数物系の勉強をしてもらうべくカリキュラムを作成したが、その目論見はほとんどはずれたといっている。これは実はあらかじめ予想されたことではある。大学院に入って幅広く勉強するよりは当面の課題を遂行し、早く結果を出して奨学資金を獲得したいということもあるし、課題と関係ない講義を聞く必然性を感じないこともあろう。学位に必要な単位は講義をほとんど取らなくとも得ることができるのである。次項でこの問題の解決の可能性をさぐる。

## 「統合生命」を成功させるには

はじめに述べたような「ゲノム情報やその他の生物学的大量情報を統合し、生命体の全体像を把握する」人材はどのようにして育成できるのか？ 欧米の大学では既に10年以上前から行われている。ハーバード大学でもプリンス

トン大学でもトップダウンでDept. of Systems Biologyをつくり、理論、理論と実験、実験の研究者を集めた。学生は数学、物理学、情報学、工学そして数学のできる生物学の学生を学部から教育し、大学院ではより専門的な教育を行う。これにより、学界を牽引する若手研究者の輩出に成功している。私のいたハイデルベルク大学でも2007年にシステムバイオロジーに特化した研究センター(Bioquant)を設立し、約10の研究グループのうち理論5、理論と実験5でスタートしている。実際にはハイデルベルクにあるEMBL、ドイツがん研究所(DKFZ)、MPI医学研究所等の40以上の研究グループがBioquantに関与している。講義は先端的生物学(分子遺伝学、分子細胞学、ゲノミクス等)とシステムバイオロジーのための数学、定量生物学、情報学、物理化学等々が主として学部、修士学生のために提供されている。

トップダウンで新たなものを作ることは日本では困難であろうが、本気で新たな学問に対応するにはそれ相当の覚悟が必要である。総研大なら生命科学研究科の中に10年でも15年の時限でも構わないので、専攻を作り研究者は1カ所に集めて研究と教育を行うことができれば、効率の良い人材育成が可能であろう。「統合生命」が結果的にどういうアウトプットを出すのかの判断はもう少し時間が必要だが、現状を見るとそれほど楽観はできない。優れたカリキュラムと優れた講義を提供していると思うのだが、システムの壁を破れてはいない。継続的な教育は必須であるから、そのためにはシステムの壁を破る方策を考えていかねばならない。皆様のお知恵をお借りしたいと思う。

# 有機太陽電池のための バンドギャップサイエンス

平本 昌宏 物質分子科学研究領域 分子機能研究部門 教授

ひらもと・まさひろ  
1958年広島県生まれ。1984年大阪大学大学院基礎工学研究科化学系博士課程中退。1984年分子科学研究所文部技官。  
1988年大阪大学工学部助手。1997年大阪大学大学院工学研究科准教授。2008年分子科学研究所教授。専門は有機半導体の光電物性と太陽電池、デバイス応用。



## はじめに

有機薄膜太陽電池<sup>[1,2]</sup>の変換効率は、実用化の目安である10%を越え<sup>[3]</sup>、サンプル出荷が始まるレベルに達している。

私たちは、有機半導体に、無機半導体の考え方を直接適用して、「有機太陽電池のためのバンドギャップサイエンス」を確立することが重要と考えている。すなわち、有機半導体においても、超高純度化<sup>[4]</sup>、ドーピングによるpn制

御、内蔵電界形成、半導体パラメータ精密評価等の、無機半導体であるシリコンに匹敵する、有機半導体の物性物理学の確立が必要である。

## ドーピング技術

ドーピングは、共蒸着によって行った。単独有機半導体だけでなく、2種の有機半導体の共蒸着膜に対してドーピ

ングすることも考え、蒸着装置内に3つの蒸着源と水晶振動子膜厚計(QCM)を設置し、3種の材料の蒸着速度を独立にモニターできるように仕切り板を設けた(図1(a))。極微量ドーピングのために、QCMからの出力をPCに取り込んでディスプレイに表示し、非常にゆっくりとした膜厚の変化をモニターした(図1(b))。以上の工夫で、体積比10ppmまでの極微量ドーピングができる。

有機半導体薄膜には、酸素と水が不純物となる。そのため、一度でもサンプルを空気にさらすと、フェルミレベル( $E_F$ )、セル特性が大きく影響を受ける。そのため、蒸着装置と $E_F$ 測定のためのケルビンプローブ(図1(d))をグローブボックスに内蔵し(図1(c))、空気に全く晒さないシステムを構築した。

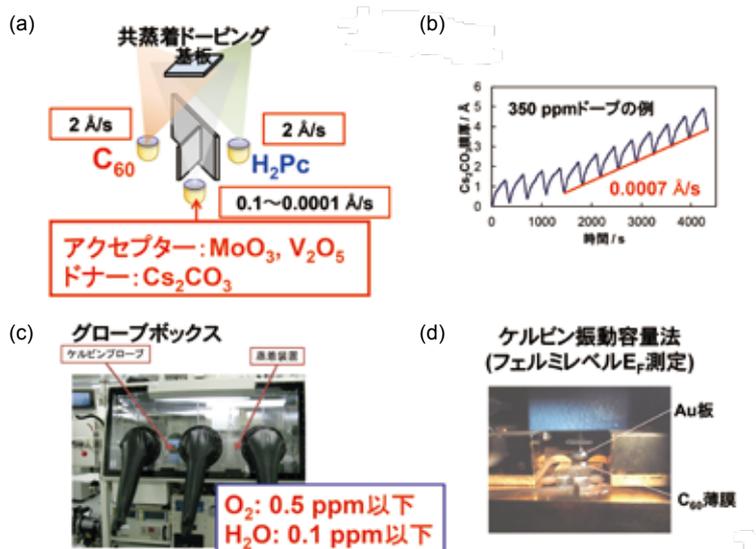


図1 (a) 共蒸着によるドーピング。(b) 極微量ドーピングのための膜厚計(QCM)出力例。ベースラインの変化から、0.0007 Å/sと分かる。(c) 蒸着装置/ケルビンプローブ/内蔵グローブボックス。(d) ケルビンプローブ。有機半導体薄膜サンプルと振動する金属板から成るコンデンサーを形成し、サンプルのフェルミレベル( $E_F$ )を決定する。

## 有機半導体のpn制御

まず、有機太陽電池の基幹材料であるC<sub>60</sub>について、pn制御技術を確立した<sup>[5]</sup>。酸化モリブデン(MoO<sub>3</sub>)を共蒸着ドーピングした。MoO<sub>3</sub>蒸着膜の $E_F$ は6.7 eVと非常に深く(図2右端)、C<sub>60</sub>の価電子帯(6.4 eV)から十分電子を引き抜く能力を持つ(図2左端)。実

際、ノンドープC<sub>60</sub>のE<sub>F</sub>はバンドギャップ中央より上に位置するが、MoO<sub>3</sub>を3,300 ppmドープすると、EFは大きくプラスシフトして価電子帯に近づき、5.9 eVとなり、p型化した(図2左端)。

MoO<sub>3</sub>とC<sub>60</sub>の比率1:1の共蒸着膜は、強く着色して茶色になり、電荷移動(CT)錯体が形成されていることが明らかになった(図3上)。図3中段にドーピング機構を示す。基底状態でCT錯体(C<sub>60</sub><sup>+</sup>---MoO<sub>3</sub><sup>-</sup>)が形成される。室温の熱エネルギーでC<sub>60</sub>上のプラス電荷は、MoO<sub>3</sub><sup>-</sup>イオンから解放され、価電子帯を自由に動けるようになり、EFがプラスシフトしp型化する(図3中段左)。これは、シリコンに対するホウ素(B)ドーピングの機構のアナロジーとして考えることができる(図3下)。なお、炭酸セシウム(Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)は、C<sub>60</sub>をn型化できるドナー性ドーパントとして働く<sup>[6]</sup>。この場合は、裏返し機構となる(図3右)。

ドーピングによってC<sub>60</sub>に発生した電荷が、室温の熱エネルギーで自由キャリアになる確率、すなわち、イオン化率が、Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>は約10%、MoO<sub>3</sub>は約2%であることが分かった。シリコンにおけるP, Bドープの室温のイオン化率はほぼ100%なので、それよりもかなり小さい。有機半導体は無機半導体に比べて比誘電率が小さいため、CT錯体(C<sub>60</sub><sup>+</sup>---MoO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (図3中段)のプラスとマイナス電荷に働く引力が強く、イオン化率が小さくなっていると考えている。

フラーレン類以外にも、フタロシアニン類<sup>[7]</sup>、典型的有機太陽電池材料、電子、ホール輸送材料に対して、pn制御が可能である(図2)。原理的には、すべての有機半導体に対してドーピングによるpn制御が可能であることが分かる。

## 共蒸着膜のpn制御

単独の有機半導体では励起子が分離せず、光電流がほとんど生じない。有機太陽電池では、電荷分離エネルギー関係を持つ、2種の有機半導体の共蒸着膜中で励起子を分離させることが、実

用レベルの光電流量を得るために不可欠である<sup>[8]</sup>。そこで、2つの有機半導体から成る共蒸着混合膜を、1つの半導体とみなしてドーピングによるpn制御を行った。この方法をとれば、共蒸着膜は全バルクで励起子が分離するため、

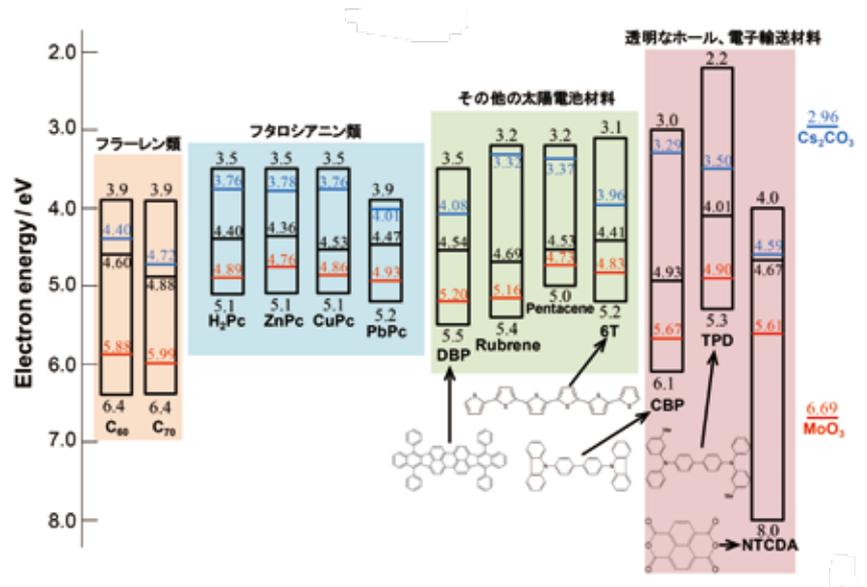


図2 種々の有機半導体に対するドーピング結果。中央の黒線がノンドープ、それよりも下側へプラスシフトした赤線がMoO<sub>3</sub>ドープ、上側へマイナスシフトした青線がCs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>をドープした場合のフェルミレベル(E<sub>F</sub>)の位置。ドーピング濃度3,000 ppm。pn制御は原理的に全ての有機半導体に対して可能である。

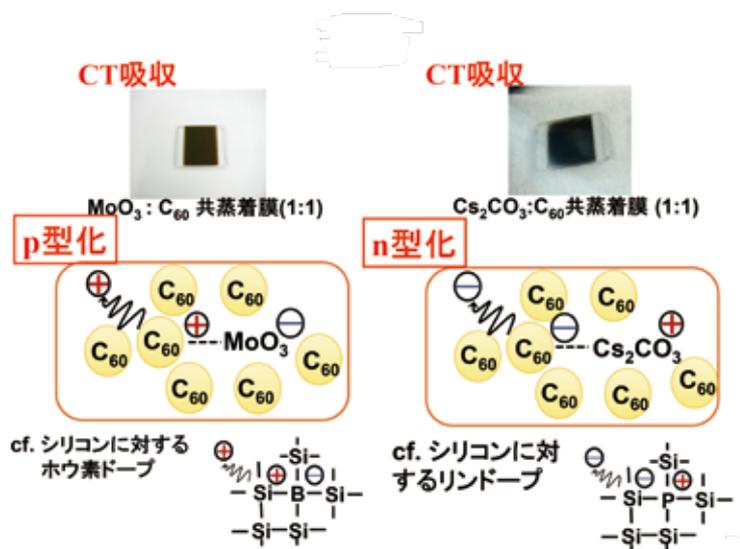


図3 MoO<sub>3</sub>、および、Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>ドーピングによる、C<sub>60</sub>のp型化、n型化の機構。シリコンにおけるドーピングと比較して示す。各ドーパントとC<sub>60</sub>を、比率1:1の非常に高濃度で共蒸着膜化すると、強いCT吸収によって着色する。

「励起子が分離しない」という有機太陽電池特有の問題がなくなり、無機太陽電池と同様の取り扱いができるようになる。

図4に、フタロシアニン(H<sub>2</sub>Pc)とフラーレン(C<sub>60</sub>)共蒸着膜(H<sub>2</sub>Pc:C<sub>60</sub>)のpn制御の例を示す。共蒸着膜のフェルミレベル(E<sub>F</sub>)は、C<sub>60</sub>とH<sub>2</sub>Pcのバンドギャップのオーバーラップした、C<sub>60</sub>の伝導帯(CB)とH<sub>2</sub>Pcの価電子帯(VB)の間、すなわち「共蒸着膜のバンドギャップ」の中で動く。すなわち、ドナー性ドーパント(Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)、アクセプター性ドーパント(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)のドーピングによって、E<sub>F</sub>はそれぞれ、4.2 eVまでマイナスシフトしてC<sub>60</sub>の伝導帯下端に近づき、4.9 eVまでプラスシフトしてH<sub>2</sub>Pcの価電子帯上端に近づいた。

この共蒸着膜のpn制御技術を応用することで、n型、p型ショットキー接合<sup>[9]</sup>、pnホモ接合、p<sup>+</sup>、n<sup>+</sup>有機/金属オーミック接合(+は高濃度ドーピングを意味)、p<sup>+</sup>in<sup>+</sup>ホモ接合、n<sup>+</sup>p<sup>+</sup>有機/有機オーミック接合などの一連の基本接合を、共蒸着膜中に作り込むことができた。

### ドーピングのみによるセル設計・作製

ドーピングのみによってセルを自由自在に設計できる。ここでは、C<sub>60</sub>:6T(sexithiophene)共蒸着膜タンデムセルの例を示す(図5(a))<sup>[10,11]</sup>。シングルセルは、絶縁層(i層)として働くノンドープ層をp<sup>+</sup>、n<sup>+</sup>層でサンドイッチしたp<sup>+</sup>in<sup>+</sup>構造、タンデムセルは、n<sup>+</sup>p<sup>+</sup>ハイドープオーミック接合によってシングルセルを2つ連結した構造である。図5(b)に示したように、シングルセルの開放端電圧(V<sub>oc</sub>)0.85 Vがタンデム化によって1.69 Vとほぼ2倍となり、ハイドープn<sup>+</sup>p<sup>+</sup>層がセル連結に有効であることが分かる。

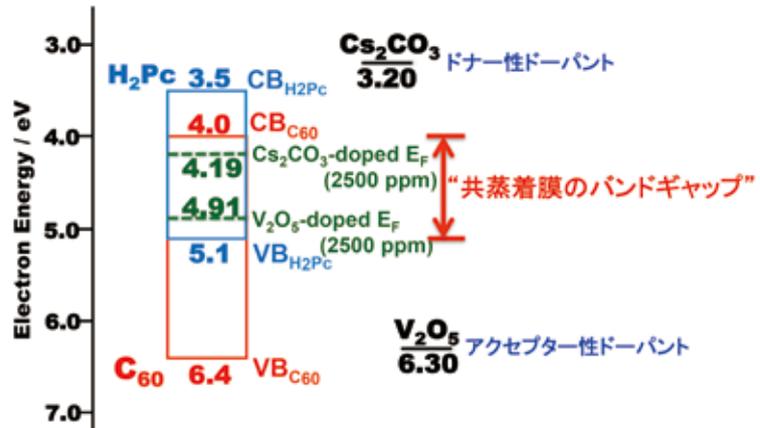


図4 2種の有機半導体から成る共蒸着膜へのドーピングによるpn制御。フェルミレベル(E<sub>F</sub>)は、「共蒸着膜のバンドギャップ」の中で変化する。

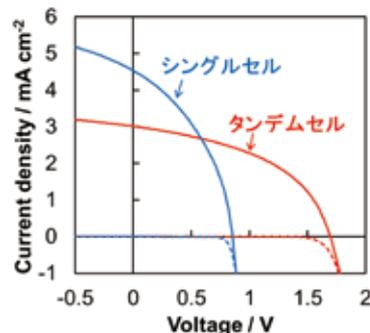
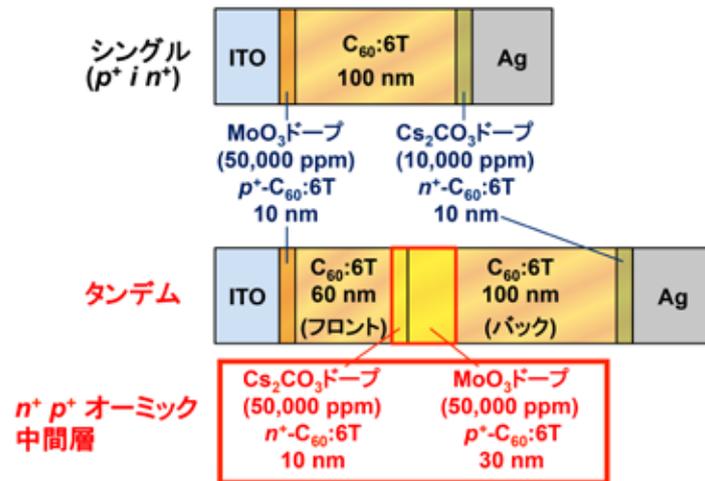


図5 (a) ドーピングのみで共蒸着膜中に作り込んだタンデムセルの構造。各ユニットセルはp<sup>+</sup>in<sup>+</sup>構造を持ち、n<sup>+</sup>p<sup>+</sup>ハイドープ接合で連結されている。(b) シングルセル(青色)とタンデムセル(赤色)の特性。シングルセル性能は、J<sub>sc</sub>: 4.5 mA cm<sup>-2</sup>, V<sub>oc</sub>: 0.85 V, FF: 0.41, 効率: 1.6%。タンデムセル性能は、J<sub>sc</sub>: 3.0 mA cm<sup>-2</sup>, V<sub>oc</sub>: 1.69 V, FF: 0.47, 効率: 2.4%。

ケルビンプローブ測定によって、今回のタンデムセルのエネルギーバンド図を実スケールで描くことができる(図6)。伝導帯(CB)と価電子帯(VB)が二重になっているのは、C<sub>60</sub>と6Tの混合になっているためである。太陽光照射下、フロントセルとバックセルそれぞれのi層で、C<sub>60</sub>と6Tの有機半導体間の光誘起電子移動によって光電流が発生する。n<sup>+</sup>p<sup>+</sup>接合は空乏層が13 nmと非常に薄いため、オーミックトンネル接合を形成し、フロントセルとバックセルで生成した電子とホールがここで互いに消滅し、その結果として、開放端電圧が2倍となる。

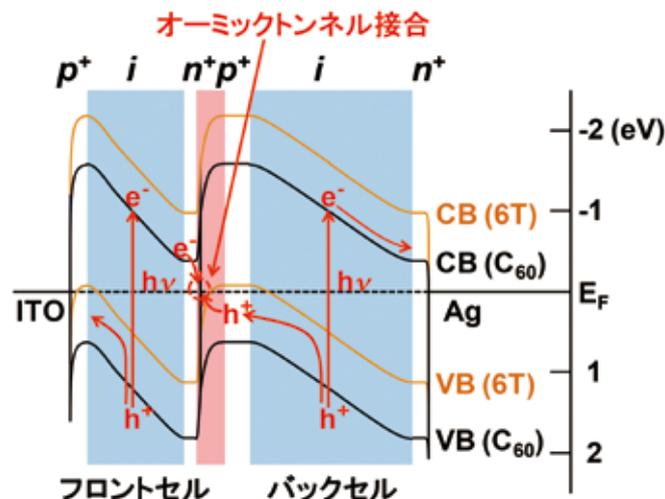


図6 実スケールで描いたタンデムセルのエネルギーバンド図。

## まとめと展望

有機半導体において、ドナー性、アクセプター性のドーパントを見だし、pn制御技術を確認した。ドーピングのみで、一連の基本的接合、さらには、セルそのものを、単独、共蒸着膜中に作り込む技術を確認した。有機太陽電池のセル設計に、無機太陽電池の方法論を積極的に適

用することは、非常に実りが多く、その過程で、逆に、有機半導体に特徴的な性質も浮き彫りになる。

伝導度( $\sigma$ )は、キャリア濃度( $n$ )とキャリア移動度( $\mu$ )の積で表されるため [ $\sigma = en\mu$ ]、 $n$ と $\mu$ の双方を増大できれば、セル抵抗を抜本的に減少できる。ドーピング技術は、キャリア濃度( $n$ )を増大させることに相当する。私たちは、蒸着

中に第3分子を導入することで、共蒸着膜を相分離させ、ホールと電子それぞれの移動度( $\mu$ )を増大させる技術を確認している<sup>[12]</sup>。現在、この2つの技術を統合し、無機系太陽電池に追いつくことを目指している。

## 参考文献

- [1] H. Spanggaard, F. C. Krebs, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **83**, 125 (2004).
- [2] H. Hoppe, N. S. Sariciftci *J. Mater. Res.*, **19**, 1924 (2004).
- [3] 山岡弘明、日経エレクトロニクス、pp116-121、6月27日(2011).
- [4] 平本昌宏、分子研レターズ、**58**, 38(2008).
- [5] M. Kubo, K. Iketaki, T. Kaji, and M. Hiramoto, *Appl. Phys. Lett.*, **98**, 073311 (2011).
- [6] N. Ishiyama, T. Yoshioka, T. Kaji, and M. Hiramoto, *Appl. Phys. Express*, **6**, 012301 (2013).
- [7] Y. Shinmura, M. Kubo, N. Ishiyama, T. Kaji, and M. Hiramoto, *AIP Advances*, **2**, 032145 (2012).
- [8] 平本昌宏、応用物理、**77**, 539 (2008).
- [9] N. Ishiyama, M. Kubo, T. Kaji, M. Hiramoto, *Appl. Phys. Lett.*, **99**, 133301 (2011).
- [10] N. Ishiyama, M. Kubo, T. Kaji, and M. Hiramoto, *Org. Electron.*, **14**, 1793 (2013).
- [11] 平本昌宏、応用物理、**82**, 480 (2013).
- [12] T. Kaji, M. Zhang, S. Nakao, K. Iketaki, K. Yokoyama, C. W. Tang, and M. Hiramoto, *Adv. Mater.*, **23**, 3320 (2011).

## UVSOR30周年記念行事報告

極端紫外光研究施設（UVSOR）では1983年11月に初めて電子ビームの蓄積に成功し放射光の発生が確認されました。放射光科学の世界ではこれをファーストライトと呼んでいます。今年はUVSORのファーストライトから数えて30年目にあたります。これを記念して、12月6日にUVSOR30周年祝賀会が開催されました。

祝賀会に先立って実施された施設の見学会では、企業関係者などを中心とする一般の見学者と後述する特別講演者など招待者をお迎えし、職員が引率して、ストレージング室を見学していただきました。

講演会では、まず、大峯巖分子科学研究所長より挨拶があり、UVSORが分子研の基盤研究施設であること、長年にわたる改良の結果、不均一で刻々と時間変化する自然現象のありのままの姿を見ることのできる装置に成長しつつあることなどが紹介され、文部科学省を始めとする関係部局のこれまでの支援への感謝が述べられました。これに引き続き来賓として、安藤慶明文部科学省研究振興局基礎研究振興課長が挨拶され、大学共同利用機関としての分子科学研究所とその中核施設であるUVSORがこれまで果たした役割への評価と今後への期待が述べられました。

その後、UVSOR施設長の加藤政博

より、施設のこれまでの歩み、特にこの10年間、施設で取り組んできた光源加速器や測定装置の高度化について報告がなされました。放射光としては低エネルギーの極端紫外線からテラヘルツ波の領域で高い輝度の光を利用できる、世界的にもユニークな施設に成長してきたことが説明されました。続いて、小杉信博分子科学研究総主幹より、UVSOR施設を用いた分子科学研究の推進について報告があり、低エネルギー・高輝度のUVSORの特性を分子科学分野へ活用することで、分子集合体の構造や物性を支配する弱い分子間相互作用が観察できるようになってきたことなどが紹介され、他の大型放射光施設や大学の施設など異なる分子科学研究所ならではの特長のある運営を行っていることが報告されました。

引き続き、特別講演として3名の放射光科学分野で著名な先生方にご講演をいただきました。まず、村上洋一高エネルギー加速器研究機構放射光研究施設長・日本放射光学会会長に、我が国における放射光科学を展望するご講演をいただきました。学術研究の中での放射光科学の位置付け、また、今後の我が国の放射光分野の大型

施設整備の方向性についてお話しいただき、SPring-8、Photon Factoryあるいはその後継機となる中規模高輝度光



文科省・安藤課長



物構研・村上先生



Stanford大・Lund大・Lindau先生



理研・石川先生



見学の様子

源、それとUVSORの3つの施設が相補的にX線からテラヘルツ波にいたる波長域をシームレスにカバーしていくことが示されました。

特別講演の2件目として、スタンフォード大学・ルント大学のインゴルフ・リンダウ名誉教授に世界の放射光科学を展望するご講演をいただきました。放射光科学の黎明期の話から始まり、特に、ご自身が所長を務められたスウェーデンの加速器施設MAX-labにおける光源技術や計測技術の歩みに重点を置きながら、放射光科学が回折限界光源の実現とその利用へと向かって進んでいる状況が示されました。

特別講演の3件目は、石川哲也理化学研究所放射光科学総合研究センター長によるX線自由電子レーザーの現状と今後を概観するご講演をいただきました。超高強度X線パルスの利用により全く新しい研究領域を切り拓きつつあるX線自由電子レーザーの将来像を環境調和という新しい視点で捉え直し、超電導技術を利用した少数の大型施設と、常電導技術による環境調和型の多数の小規模施設へと進化していくとの展望が示されました。

講演会の後、祝賀会が行われました。祝賀会では、所長の挨拶、山田和芳高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所長のご祝辞に引き続き、茅幸二先生の御発声により30周年を記念して乾杯が行われました。乾杯に先立ち、茅先生が所長ご在職当時のUVSORの予算獲得に関する思い出話を拝聴することができました。その後、竹田美和あいちシンクロトロン光研究センター長によるご祝辞、また、UVSOR建設で中心的な役割を果たされた渡邊誠東北大学名誉教授によるご祝辞を頂戴いたしました。渡邊先生からは、先進的な研究だけではなく、共用の研究基盤施設として極端紫外光による汎用性の高い

分析装置の整備も重要であるとのご助言をいただきました。

祝賀会にあたって井口洋夫先生より電子メールにてメッセージをいただきました。以下に、ご紹介させていただきます。

「さぞ盛会のことと存じます。有史以前（計画段階）のことは別として、動き始めてからのことは渡邊誠さんら が出席されますので、何も付け加えることは（私には）ないと思います。唯一、初めてUVSORに火を灯した時のプレートがどこかに貼り付けてあります。その中にある言葉“初点”。その当時、名大の上田良二先生の名を冠した上田セミナーが行われており、伊豆で行われた会に私も参加しました。昼の時間、小谷正博学習院大学教授が自家用車で来られていて、会を抜け出してそばにあった灯台を見学のため訪ねました。その中で“初点 明治〇〇年〇月〇日(忘却)”とありました。「これだ」と思いました。明治の方々は漢字の意味／意義をよく理解して居られる。これこそUVSORのfirst lightに適している、と思ひ込み、UVSORの発足日のプレートを長倉所長にお願いして書いて戴きました。長倉所長も、この素晴らしい日本語に同意して下さい、すぐ筆をとって下さいました。それが今あるプレートで、当時の思い出の一つです。」

30周年記念行事は、ご来賓の方々、所内外の関係者の皆様、施設の利用者の皆様など、170名のご参加を得て、上記の通り盛大に執り行うことができました。UVSOR施設では、記念講演会・祝賀会へ向けての準備の他、30周年記念冊子の発行も行いました。関係各位に原稿を



茅先生



渡邊先生

お願いし、施設職員が共同利用の業務の合間に編集を行いました。十分な準備期間は無く大変な作業でしたが、30年間の施設や利用研究の歩みを振り返る良い機会となりました。

報告の最後になりましたが、この30年間、UVSORを見守り支えてくださった文部科学省、自然科学研究機構、分子科学研究所他の関係者の皆様、また、施設を利用し数多くの研究成果を世に送り出し続けてきた利用者の皆様に、心から感謝いたします。UVSORは、これからも、低エネルギーシンクロトロン光利用の世界的拠点として、基礎学術・科学技術の進歩に貢献いたします。30周年を機に、UVSOR職員一同、新たな気持ちで皆様のご期待にお応えすべく努力してまいります。これからも引き続きUVSORへご支援を賜りますようお願い申し上げます。

(加藤 政博 記)



初めてUVSORに火を灯した時のプレート

## 第73回岡崎コンファレンス及びA Peter Wall Colloquium Abroad “Coherent and incoherent wave packet dynamics”

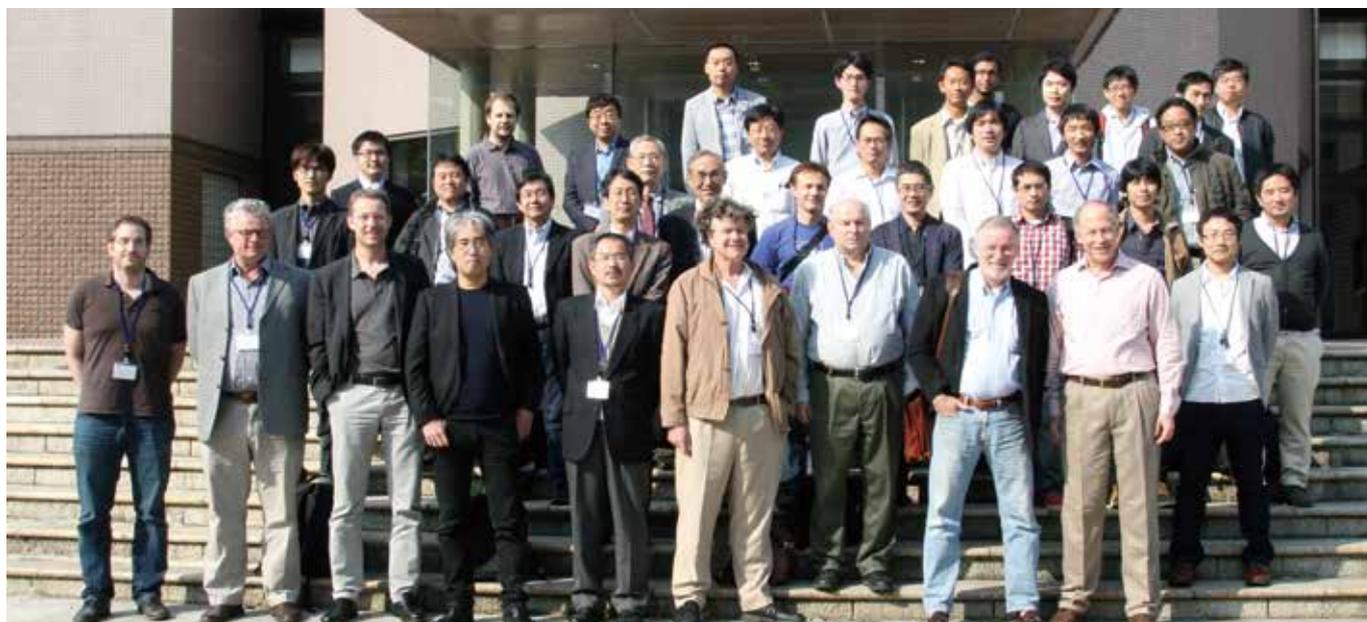
去る2013年10月30日～11月2日に、岡崎市の岡崎コンファレンスセンターにおいて、標記国際会議が開催された。岡崎コンファレンスは、分子科学ならびに関連分野における中心的課題を集中して議論する場として分子研が主催するもので、研究所創設以来30有余年の歴史を有する。今回はカナダBritish Columbia大学のPeter Wall Institute for Advanced Studiesと共催で開催された。同大学のMoshe Shapiro教授は、会議の発案、予算獲得からプログラムの設定に至るまで強力なリーダーシップを発揮された。Shapiro教授のご尽力が無ければ本会議が実現することは無かった。

量子の世界では、物質は波である。波は干渉して強め合ったり弱め合ったりする可干渉性(コヒーレンス)を持っている。物質の定常状態を表す定在波を固有関数と呼ぶが、固有関数を複数個重ね合わせると、それらが強め合う場所が時間とともに移動して行く状態が生まれる。これを波束と呼ぶ。時間発展する量子系を理解する為には、波束の時間発展を観測しなければなら

い。同様に制御する為には、波束の時間発展を制御する必要がある。本会議では、この波束の観測と制御に関連する最先端の研究動向について議論した。

最近では、量子という概念は物理学だけではなく、化学、情報科学、生物学など様々な分野に波及している。なぜならレーザーを始めとする光技術の発展で実験が精緻化し、従来量子性とは無縁と思われていた自然現象で量子的な効果が認められつつあるからだ。例えば、化学反応を量子力学的な可干渉性を利用して制御する試みは、1980年代から行われている。本会議の主催者の一人であるShapiro教授はToronto大学のPaul Brumerとともに、共通の終状態に至る二つの異なる光励起過程が干渉することを利用して、分子の光解離反応を制御する手法を理論的に提案した。同時期にChicago大学のStuart A. Riceとその共同研究者であるDavid TannorやRonnie Kosloffらは、電子励起状態ポテンシャル上で運動する波束をレーザーパルスで他の電子状態に遷移させることによって光解離反応を制御する手法を理論的に提

案した。コヒーレント制御と呼ばれるこれらの概念は、その後のレーザー技術の発展によって実験的に実現された。今日では、ナノケルビンまで冷却された分子を対象に、同様の思想に基づくより精密な化学反応制御が試みられつつある。また、情報は紙や電子など物理的な実体に乗って他所に伝わるが、この伝達物質の量子性をコヒーレント制御することによって、スパコンの1億倍以上高速なコンピューターや、盗聴が100%不可能な通信インフラなどを構築することができる。より最近では、光合成、視覚、渡り鳥の方角認知などの生物現象でも量子力学的なメカニズムが提唱されつつある。これらは時間発展する現象であることが多く、そこでの波束の時間発展を観測し制御することは、現象の理解と制御に大きな進展をもたらすと期待される。本会議では、そのような観測制御のための基盤技術の開発から、それらの応用までを幅広く議論した。例えば、上述の生物系において、量子力学的なコヒーレンスなどの程度重要な役割を果たしているのかについて、原子集団を用いたモデル系と



の対比などによって議論した。これらを通じて、量子力学と古典力学の境界における新しい世界観に基づく自然科学の新しい分野の創出を目指した。

招待講演者を以下に挙げる。

Prof. Shuji Akiyama (Institute for Molecular Science)

Prof. Ilya Averbukh (Weizmann Institute of Science)

Prof. Thomas Baumert (University of Kassel)

Prof. Jianshu Cao (Massachusetts Institute of Technology)

Prof. Akihito Ishizaki (Institute for Molecular Science)

Prof. Ronnie Kosloff (The Hebrew University of Jerusalem)

Prof. Roman Krems (The University of British Columbia)

Prof. Robert J. Levis (Temple University)

Prof. Valerie Milner (The University of British Columbia)

Prof. Takamasa Momose (The University of British Columbia)

Prof. Kazutaka Nakamura (Tokyo Institute of Technology)

Prof. Ed Narevicius (Weizmann Institute of Science)

Prof. Keith Nelson (Massachusetts Institute of Technology)

Prof. Yasuhiro Ohshima (Institute for Molecular Science)

Prof. Hiromi Okamoto (Institute for Molecular Science)

Dr. Leonardo Pachon (University of Toronto)

Dr. Benjamin Sussman (National Research Council, Canada)

Prof. Matthias Weidemüller (University of Heidelberg)

原子分子光物理学、ナノ科学、凝縮系物理学、生物科学など幅広い研究領域における世界トップレベルの研究者が、波束やコヒーレンスという観点から各々の分野の最先端について素晴らしい講演を行った。また、実験家と理論家がバランス良く配置されたプログラムは、様々な観点から分野横断的な議論を促進するのにとても役立った。ポスターセッションにおいても、同様の活発な議論が行われた。これらを通じて育まれた革新的なアプローチや創造的なコンセプトを以下にまとめる。

1) 分子回転の新しい観測制御スキーム、高強度レーザー誘起の分子解離やイオン化、分子振動を用いた高速情報処理、極低温分子の生成と衝突。

2) 極低温リユードベリ原子や光格子中の極低温分子を用いた多体物理の探求。

3) バルク固体やナノ物質中のプラズ

モン、コヒーレントフォノン、光誘起相転移など電子や原子の集団運動の光制御。

4) 光合成や概日リズムなど生体系におけるコヒーレンスの探求。

また本会議で展開された分野横断的な議論は、二つの異なる研究分野の融合の可能性を示した。例えば、極低温物理と超高速コヒーレント制御、量子光学と生物科学、量子情報処理と分子科学などの組み合わせである。研究者ネットワークという観点からは、カナダ、米国、ヨーロッパ、イスラエル、日本のトップ研究者間の共同研究を促進した点が意義深い。

本会議が大きな実りを得て終了した1ヶ月後、その中心的な役割を果たされたShapiro教授が他界された。Shapiro教授はコヒーレント制御の創始者であり、これまで30年以上に渡って世界の物理化学を牽引して来られた。若手研究者を温かい目で見守りながら次世代の育成にも力を注がれた。本会議の招待講演者の中にはShapiro教授の薫陶を受けた者が何人もいる。筆者の一人（大森）も言葉に尽くせぬほどお世話になった。本会議はShapiro教授の最後のメッセージでもある。ここで育まれた新しい科学の芽を大きく育て、いつの日かShapiro教授のご功績に報いたい。

(大島康裕、大森賢治 記)



## 研究力強化戦略室発足

文部科学省は平成25年度から10年間の事業として「研究大学強化促進事業」をスタートさせました。この事業は(A)研究戦略や知財管理等を担う研究マネジメント人材群の確保・活用と(B)集中的な研究環境改革による大学等の教育研究機関の研究力強化のための支援事業です。文科省の方で事前に大学(私立大学を含む)及び大学共同利用機関法人の研究力を調査して「研究大学」候補27機関を選び、それらに対し昨年7月にヒアリングが実施された結果、8月に自然科学研究機構を含む22機関が選ばれました。大学共同利用機関のミッションは、大学では困難な研究を可能にする国際的研究拠点としての特徴ある共同利用・共同研究を通じた大学の研究者の研究力強化にありますので、「研究大学」に選ばれるのは当然と考えられたわけですが、本事業で整備されるURA(リサーチ・アドミニストレーター)などの研究マネジメント人材という新しい職種には全く慣れていなかったため、ヒアリングの準備に結構、時間を費やしました。

自然科学研究機構では、機構本部に研究力強化推進本部(担当理事が本部長)、5研究所に研究力強化戦略室が設置され、それぞれ研究マネジメント人材(自然機構では年俸制の特任教員、特任

研究員、特任専門職員の雇用を可能にした)を配置し、研究力強化戦略会議(議長は機構長。理事、5所長、5副所長がメンバー)の下で一体的に活動することになりました。なお、研究力強化戦略室の室長は所長ではなく、研究力強化戦略会議メンバーである副所長(分子研の場合は研究総主幹)を機構長が指名することになっています。

海外の大学では“事務”に相当する職員の多くが研究マネジメントの役目を果たしているところもあります。日本では長らく文部官僚が事務職種を担ってきたため、研究教育職員(教育研究職員)自らが研究マネジメントを行わざるを得なかったわけですが、今後10年間で、研究マネジメント人材を事務職員と研究教育職員の間配置して研究力強化を図ることになります。10年以上先のことはわかりませんが、たとえば、従来型の事務処理は派遣職員等に任せながら、事務職員(平成16年度の法人化以降、文科官僚ではなくなった)ポストの一部を研究マネジメント担当の年俸制の職種に置き換えていく方向もありうると思われます。

さて、自然機構では研究力強化のために①国際共同研究支援、②国内共同研究支援、③広報、④研究者支援(外国人、女性、若手)の4本柱を立てました。戦

略室の中に広報室機能が入ることになりましたので、分子研では戦略室に一本化することにしました。これまでの広報室長(大島教授)は戦略室副室長として③に関する研究マネジメント体制を考えていくことになります。また、これまでの史料編纂室機能は研究評価・研究企画に利用すべくIR資料室的機能を持たせて戦略室に含めることにしました。室長である研究総主幹は評価・企画を⑤として、①②④⑤の研究マネジメント体制を考えていくことになります。また、所長はより広い見地からの研究力強化の戦略をシニアURAとともに立てていくこととなります(ここではすべて「なります」と表現しましたが、人材が揃っていないので、詳細は未確定です)。

研究マネジメント人材をどのように得て、どのように育てていくかについては、各機関で情報交換しつつ試行錯誤を積み重ねていくことになろうかと思いますが、特に研究教育職員の流動性が活発な分子研においては、国際的視野を持った高度な研究支援を長期安定的に実現できる職種が必須です。分子研では事務系職種ばかりでなく、技術職員と研究教育職員間の新しい技術系職種についても検討が始まっています。

(小杉 信博 記)

## 第二回NINSコロキウム「自然科学の将来像」

自然科学研究機構(NINS)の全体イベントとして、第二回NINSコロキウムが2013年12月16～18日の3日間、静岡県掛川市の「ヤマハリゾートつま

恋」にて開催されました。この会議は佐藤機構長の発案で昨年度第一回が行われ、今回が二回目になります。コロキウムの第一の目的は、自然科学全体から比較

的が大きなくくりで幾つかの話題をピックアップし、それぞれのテーマについて分野横断的に議論をするとともに将来に向けた方向性の提言を行うということにあ

ります。今年は「地球環境の未来—人類は生き残れるか?—」「ビッグデータと仮説形成：複雑系の理解に向けて」「新物質と新機能—インテリジェントマテリアル—」「時間の流れに沿ったエポックの発生と“揺らぎ”」「システムの維持と“揺らぎ”」という5つの話題が設定され、3日間の合宿形式で全体討論と各分科会での議論がなされました。

プログラムとしては、まず、全体セッションの招待講演として、各分科会の中心テーマに関連した研究者2名ずつから現状や課題について話を聞いた後、各分科会に分かれて自由討論といくつかの話題提供を行うという形式で進行します。5つの分科会には、それぞれ分子研からも1～3名ずつ討論に参加していただきました。普段の専門とはかなり違う話題に戸惑った方もいらっしゃるかもしれませんが、それなりに楽しんで頂いたものと想像しています。ちなみに分科会にはそれぞれ5機関から選ばれた「まとめ役」が割り当てられたのですが、分子研の割り当ては「ビッグデータ」の分科会でした。放送大学の安池さん（元・分子研助教）と私で慣れない話題に四苦八苦しつつも、何とか分科会を無事進行させることができました。中心になって企画を進めて頂いた安池さんと、話題提供頂いた鹿野さん（特任准教授）にはこの場を

借りてお礼を申し上げます。

運営面から申し上げますと、前は初回だったこともありメンバーも非公募、プログラムや企画も試行錯誤しながらという状況でしたが、今回は事務運営も比較的慣れてきて、参加者もひろく一般公募するなど、少しずつスタイルを固める方向で準備が行われました。また前回の反省を活かして全体セッションでの講演時間を短めにする、分科会での討論時間を長めにする、若手参加者のためのポスター発表を行う、特別セッションにおいて座談会を行うなど、いくつかの試みも加わっています。特別セッションでは「自然科学研究機構に期待するもの—社会と科学の観点から—」というタイトルで、科学と社会の関わりや男女共同参画に関する議論などを行い、大峯所長にも登壇者としてご参加いただきました。

このように形が整ってきた一方、特に全体討論で突っ込んだ議論に至らず、中途半端なところで話題が切れてしまったり、話題が広すぎて必要な専門家が必ずしもその場に居ないとか、時間やメンバー構成の制限による課題も見えてきたように思います。参加者の発言の中でも「楽しかったが、まるまる3



「ビッグデータ」分科会の様子

日間を使う意義が本当にあるのか、きちんと検証する必要がある」というコメントがあり、真摯に受け止める必要があると感じました。もちろんコロキウムの第二・第三の目的としてNINS内外での異分野連携や人材交流などもあり、そうした点は確実に進んでいると思いますが（私個人としてもNINSとしての一体感を一番実感する企画ではあります）、「楽しい」以上の何かを来年以降はより真剣に模索する必要があるとそう思います。コロキウムの詳細は以下のページをご覧ください。

所外の方：[http://www.nins.jp/public\\_information/colloquium.php](http://www.nins.jp/public_information/colloquium.php)

所内の方：

[http://www.nins.ac.jp/staffonly/index/08\\_kikakurenkei/colloquium/colloquium.html](http://www.nins.ac.jp/staffonly/index/08_kikakurenkei/colloquium/colloquium.html)

（山本 浩史 記）

## 所長招聘研究会「未来を拓く学術のあり方：化学とイノベーション」

平成25年8月20日午後に恒例の所長招聘研究会第10回が開催されました。日本学術会議・化学委員会（委員長：栗原和枝 東北大教授）と日本化学会・戦略企画委員会（委員長：尾嶋正治 東大特任教授）の企画です。最近、日本

学術会議、日本化学会から通常の分子研研究会（学協会連携枠）の申請を受け入れるようになりましたが、この会は、分子研研究会に収まりきれないため、所長招聘で開催しています。実施にあたって



は、技術職員、事務職員から多大なる支援を受けています。今回、アジア化学会連合の総会が8月19日に開催された関係で、参加者が減ることを覚悟しましたが、最終的にはいつもどおりの数(約70名)になりました。ただし、主要メンバーで欠席された方がかなりおられたこともあって、いつものように放談会的になって大幅に時間オー

バーになることはありませんでした。

詳細な報告は日本化学会の「化学と工業」誌第66巻11月号(2013) p.p.930-934に掲載されていますので、ここでは省略します。概要として、野依先生の基調講演「科学技術立国における『国立大学』とは何か」に引き続き、今回はテーマ1「化学領域での論文数減少」に関連して日本化学会の諸活動や大学

におけるユニークな教育研究の実例が示されました。次にテーマ2「化学によるイノベーション」に関連して総合科学技術会議、内閣府、JST、文科省科学技術・学術政策局の関係者の講演、情報提供等があり、意見交換、自由討論を進めました。

(小杉 信博 記)

## 国際研究協力事業報告

### 01 第15回日韓分子科学シンポジウム

7月3日から5日にかけて、神戸において第15回日韓分子科学シンポジウムを開催しました。この日韓分子科学シンポジウムの始まりは、1984年の分子研と韓国科学技術院(KAIST)の間の協定に遡ります。この協定に基づき、1984年に第1回シンポジウムが分子研で開催され、その後、毎回テーマを設定し2年毎に韓国と日本で交互に開催し現在に至っています。なお、2006年からこのシンポジウムの韓国側対応組織は韓国化学会物理化学分科会に変更されました。

今回のシンポジウムでは、今年4月に協奏分子システムセンターが分子研で発足したこともあり、「Hierarchical Structure from Quantum to Functions of

Biological Systems」という主題のもと、日本12件、韓国11件の講演をお願いしました。分子研外からは大西(神戸大、以下敬称略)、北尾(東大)、迫田(九大)、高田(京大)、三井(静大)、前田(北大)の方々に、所内からは秋山、石崎、武井、信定、古谷、そして大峯所長の6名にご講演頂きました。韓国からは、Seokmin Shin (SNU)、Sang Kyu Kim (KAIST)などの常連の研究者と、元氣な若手研究者の発表がありました。私は時計係を担当していましたが、殆どの講演で予鈴を鳴らすのを忘れてしまうほど、各講演を楽しませていただきました。また、見た目の結果の派手さに対して、敢えて“So what?”との問

いを投げかけ、現象の根底にある本質の解明に挑む講演により、シンポジウムは大いに盛り上がりました。最新かつ興味深い研究成果を紹介していただいた講演者の皆様に改めてお礼申し上げます。

今回の開催にあたり、大島、石崎、富永(神戸大)の3名にもご協力いただきました。とくに、富永さんには懇親会、エクスカージョンについて、自ら下見をしていただくなど、本当にお世話になりました。

次回は2015年に韓国で開催予定されています。今後も、御協力をよろしくお願いします。

(斉藤 真司 記)

### 02 日独セミナー

#### 「Use of Accelerator-Based Photon Sources: Present State and Perspectives」

分子研と学術協定を締結しているベルリン自由大学(FUB)がドイツ科学・イノベーションフォーラム東京(DWIH東京)主催の「ドイツ・サイエンス・デー in 京都」(平成25年10月

25日(金)、26日(土)京都大学芝蘭会館)に参加するため、分子科学研究所に協力依頼が来ました。アレクサンダー・フォン・フンボルト財団、ドイツ学術交流会(DAAD)、ドイツ研究振

興協会(DFG)、ドイツ大学学長会議、フラウンホーファー研究機構、マックス・プランク協会、ライプニッツ協会、ドイツの主要13大学、在日ドイツ系企業などが共催になっており、それぞれ

展示ブースが確保され、大学院留学や若手研究者の共同研究のための奨学金や助成金の説明会もありました。分子研としてはFUBとの共催で、ドイツと日本の主要放射光施設の関係者が集まり、放射光科学の将来に向けた日独間連携協力について、標記のような日独セミナーを企画することにしました。ドイツ側としてハンブルグとベルリンの大型放射光施設（PETRA III, BESSY II）及び自由電子レーザー施設（FLASH, EuroFEL）、日本側としてSPRING-8, SACLA, KEK-PF, UVSORの各施設から施設長、副施設長クラスの人たち（日・独の放射光学会長を含む。ドイツ側は私の知り合いばかりで、ほとんどが分子科学研究者でした）に参加いただきました。ドイツでは、放射光学会（KFS: Komitee Forschung mit Synchrotronstrahlung）がfunding agencyの機能も有して国内各施設の

開発研究等を支援するなど、施設外の大学の研究者が主導する部分が多いのが驚きでした。このことは、今後、施設間協力を越えて、国全体として日独間連携協力を考えていく際の重要な鍵になりそうです。日独セミナー終了後は芝蘭会館近くのドイツ国ゲーテ・インスティトゥート・ヴィラ鴨川でオクトーバーフェストが開かれ、ドイツからの参加者といっしょに飲み放題のドイツビールとソーセージ（ヴァイスヴルスト）、パン（プレッツェル）で楽しみました。

なお、日独セミナーの次の週に、FUB物理学部長のBittl教授には分子研まで来ていただき、所内関係者とFUBとの連携打合せなどを行っていただきました（次の報告）。

（小杉 信博 記）



「ドイツ・サイエンス・デー in 京都」の展示ブースの様子



日独セミナーの様子

### 03 ESR国際連携検討会

2013年10月28日(月)～29日(火)に、分子科学研究所明大寺キャンパス研究棟201セミナー室で「ESR国際連携検討会」を開催した。光合成中心や太陽電池材料物質のESR物理化学研究で著名なベルリン自由大学のRobert Bittl教授が分子研との国際学術協定に基づき来日された際に、分子科学研究所におけるESR研究の国際的な役割について討論する場を設けた。

10月28日(月)は、ESRに限らず広く分子科学研究所の施設ならびに研究内容を理解して頂くために、大峯巖所長との討論の後、主要施設の見学と関連する教員との議論を行って頂いた。翌10月29日(火)には、大島康裕機器センター長ならびに分子・物質合成プラット

フォーム責任者である横山利彦教授、また国内の代表的なESR研究者に集まって頂き、分子科学研究所を中心としたベルリン自由大学とのESR研究の国際的連携ならびに、今後の共同利用研究のあり方について検討を行った。

分子科学研究所は多周波・パルスESRなど先端的なESR分光器を整備しており、大学共同利用機関として国内の多くの研究者に先端ESR計測の場を提供している。また創立以来、物理化学・物性研究が盛んに行われ、ESRコミュニティの学術的なコアとしても機能している。しかしながら、計測手法の高度化、学術的研究の深化により、特に先端計測分野では国際連携ならびに技術面での情報交換が不可欠である。ベ

ルリン自由大では、BeJELというESRプロジェクトが進行中であり、Bittl教授はその中心的な人物である。Bittl教授には、ドイツにおけるESRファシリティ・プロジェクト型研究の紹介、国際的なESR研究動向について講演ならびに討論を行って頂いた。前年度まで分子科学研究所に在籍していた新潟大の古川貢准教授には、機器センターのESRを用いた先端研究例の紹介を依頼した。また、神戸大の太田仁教授には国内外のESRコミュニティの動向を、他のESR研究者には各分野の研究動向と研究連携のロードマップについて提案を頂き、意見交換を行った。偶然、ロシアのESR研究の中心拠点であるロシア科学アカデミー（ノボシビルスク）

のMatvey Fedin 教授が来日されていたので、早速この検討会に参加頂きロシアの研究動向ならびに国際連携についても議論する機会を得た。

議論の時間だけでなく休憩時間ならびに昼食時間も密に利用して、分子科学研究所をコアとする国内外のESRコミュニティとの連携の可能性などを討

論する機会を得ることが出来た。今後、議論した内容を整理して、機器センターと相談しながら分子科学研究所におけるESR研究の強化、国際化を図っていく予定である。

(中村 敏和 記)



## 04 アジア連携分子研研究会 日韓生体分子科学セミナー——実験とシミュレーション

タンパク質や核酸といった生体分子の3次元構造や相互作用の仕組みを物理化学的な手法によって解き明かす研究は、ポスト・ゲノム時代の重要課題として位置づけられてきた。さらに、それらの超分子アッセムブリーなど、生命分子システムにおける動的秩序形成のメカニズムに迫る実験および理論的アプローチは、今後ますますその重要性が高まっていくと考えられる。

「日韓生体分子科学セミナー —実験とシミュレーション」は、分子科学研究所ならびに韓国のKorea Institute for Advanced Study (KIAS)、Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) に所属するメンバーが中心となり、平成20年に発足して以降、日本学術振興会アジア研究教育拠点事業、IMS Asian-Core Program等の支援によって日本と韓国で毎年交互に開催され、生体分子科学に関する両国間の研究交流を深めてきた。第6回目の開催となった今回は、分子科学研究所が推進する共同利用研究の一貫としてアジア連携分子研研究会の支援を受けるとともに、新学

術領域研究「生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現」共催のもと、韓国からの25名を含む総勢50名の参加者を岡崎に迎えた。平成25年11月25日から3日間にわたり、39件の口頭発表を通して有意義な意見交換が行われた。

セミナーでは、実験分野とシミュレーション分野を専門とする研究者の双方が両分野の理解を深めるために、時には激しい意見を交えながらも、活発な議論を展開した。詳細なプログラムについてはホームページ (<http://seimei.ims.ac.jp/others/6thkoreajapan/>) をご覧いただきたい。例えば、Jooyoung Leek教授 (KIAS)、Sun-Shin Cha教授 (KIOST) は、それぞれ計算と実験の立場からタンパク質のX線結晶構造解析

における位相問題へのアプローチ法を提案された。会の主軸は生体分子の物理化学を基盤とした研究におきながらも、化学・生物学などの多様な研究テーマに関する発表も多数あった。分子科学者、生物物理学者、生化学者、細胞生物学者など多彩な顔ぶれが参加し、会場では分野融合型の研究に関しても盛んに議論が行われた。また、本セミナーでは、次世代の生命分子科学を担う人材の育成にも積極的に取り組んでおり、大学院生を含めた若手研究者のための発表枠が設けられた。学際的・国際的な場で様々な研究背景をもつ研究者と議論をすることで、若手にとっても有意義な経験となったことと思う。

国際的な緊張も伝えられる両国間だが、サイエンス、そして研究者間の交

流においてはそのような懸念は全くなく、日本と韓国の強い絆と高いアクティビティが濃縮された3日間となった。次回の日韓生体分子科学セミナーは、2014年の秋、韓国・ソウルで開催される予定である。

(加藤 晃一 記)



柳井毅准教授に2013年国際量子分子科学アカデミーメダルおよび第6回分子科学会奨励賞

平等拓範准教授に米国電気電子学会 (IEEE) フェロー授与

古谷祐詞准教授に第6回分子科学会奨励賞

長坂将成助教に第18回日本放射光学会奨励賞

嘉治寿彦助教に応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会 奨励賞

山口拓実助教に日本糖質学会第15回ポスター賞およびバイオ関連化学シンポジウム講演賞

## 柳井毅准教授に2013年国際量子分子科学アカデミーメダルおよび第6回分子科学会奨励賞

このたび、「正準変換理論を用いた動的電子相関を密度行列繰り込み群に組み込む新規アプローチの開発」という題目にて2013年国際量子分子科学アカデミーメダル、そして「密度行列繰り込み群を基盤とする多参照電子状態理論の開発と応用」という題目にて第6回(2013年度)分子科学会奨励賞を受賞いたしました。このような栄えある賞を頂き大変光栄に存じます。受賞の対象は、両賞共に、本研究グループで進めてきた量子化学計算で多参照電子状態(量子的重ね合わせ状態)を高速計算するための基礎的な理論開発が評価されたものであり、分子研で為し遂げた成果です。詳しい研究内容は、前号(68号)の分子研レターズの「分子科学の最前線」の記事を参考にして頂ければと思います。

国際量子分子科学アカデミー (IAQMS) は、量子化学、計算化学の発展と普及を目的に1967年に創設された

国際的な学術協会で、3年ごとに国際量子化学会議(ICQC)を主催しています。アカデミーは、毎年、40才以下の若手研究者一名にメダルの授与を行っています。過去の日本人受賞者として諸熊奎治教授(京大)と平田聡教授(イリノイ大)がおられます。両先生も分子研に縁のある方です。メダル授与者はアカデミー会員によって選考されますが、本選考では国内のアカデミー会員の先生方の総力による全面的なご支援を頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。本受賞に至ったのも、長い歴史を持つ日本の理論化学に対する国際的な高い評価と強い人的繋がりに裏打ちされたものだと感じました。

一方、分子科学会は、学生の頃(分子構造総合討論会の時代)から関わりを持つ学会です。分子科学および物理化学の分野では重要な会であり、運営



の手伝いに何度も関わらせて頂きました。そのような思い入れのある学会で、私の研究を評価して頂きとても感慨深く思っております。

これらの賞の重みに負けず励みとして、量子化学、理論化学の発展に尽くすことができればと思います。また、これらの受賞は研究室のメンバーおよび共同研究者のご協力あってのことです。この場を借りて関係者皆様に深く感謝の意を表します。

(柳井 毅 記)

## 平等拓範准教授に米国電気電子学会(IEEE)フェロー授与

このたび、2014年1月1日付けで"contributions to the field of solid-state lasers and nonlinear optics, in particular micro solid-state photonics. (固体レーザー及び非線形光学分野、特にマイクロ固体フォトンクスに関する貢献)"という業績が評価され、米国電気電子学会(The Institute of Electrical and

Electronics Engineers, IEEE) からフェローの称号を授与頂きました。IEEEは、米国ニューヨークに本部を置く世界最大の学術団体で「アイ・トリプル・イー」と呼称され、世界160カ国以上に425,000人以上の会員を擁し、コンピュータ、バイ



市販のメガワット尖頭位レーザー装置

オ、通信、電力、航空、電子等の分野で指導的な役割を担っています。そして38のSociety（専門部会）と7つのTechnical Council（関連Societyの連合：略称TC）があり、国際会議の開催、論文誌の発行、教育、標準化などの活動を行っています。

本表彰は、ノミネータ（Nominator）が候補者をIEEE本部に推挙し、それを後押しする人たち（5人から最大8人のRefereeと、オプションとして3人までのEndorser）がそのノミネーションに確証を与え、さらに当該候補者の活躍する分野をカバーするソサエティの意見も加えて、本部のフェロー審査委員会が厳格な選考を行って決定するものです。IEEEフェローは、Voting

Memberの0.1%という限られた数の人に与えられる栄誉です。表彰式は、2014年6月8-13日の期間に米国カリフォルニア州サンノゼ市で開催される国際会議CLEO2014のAward Ceremonyにて行われる予定です。

私はこれまで光と物質との相互作用、特にジャイアントな光の発生とその展開として、物質・材料の微細な秩序領域であるマイクロドメインを構造制御する手法の探索と、これにより発現される光機能を追求するマイクロ固体フォトンクスなる分野を提案、推進してきました。当初は単にレーザーの小型化、高性能化を狙っていたのですが、特に分子研では、恵まれた環境と優秀な人材に助けられ、マイクロチッ

プレーザー、Ybレーザー、さらにはセラミックレーザーやバルク擬似位相整合波長変換素子などマイクロドメインを介した光と物質の相互作用に立ち返った新たなフォトンクスの展開を得ることができました。これらの貢献が、2010年の米国光学会（The Optical Society, OSA）フェロー表彰、2012年の国際光工学会（International Society for Optical Engineering, SPIE）フェロー表彰に続き、国際的にも認められたものと喜んでおります。最後に、御世話になりました諸先生方をはじめ、スタッフなど関係する多くの皆様にお礼を申し上げます。

（平等 拓範 記）

## 古谷祐詞准教授に第6回分子科学会奨励賞

このたび、分子科学会から第6回（2013年度）分子科学会奨励賞を受賞いたしました。受賞業績の題目は、「赤外分光法による膜タンパク質の動作機構の解明」です。代表的な研究業績として、ATPの加水分解反応によりナトリウムイオンを輸送するV型ATPaseに対する全反射型赤外分光解析によるイオン結合部位のグルタミン酸残基のプロトン化状態の解明（Y. Furutani et al. *J. Am. Chem. Soc.* 133, 2860-3, 2011）と、光駆動イオンポンプであるハロドプシンに対する時間分解赤外分光解析による水分子の構造ダイナミクスの解明（Y. Furutani et al. *J. Phys. Chem. Lett.* 3, 2964-9, 2012）を挙げました。

分子科学会が主催する分子科学討論会には、その前身である分子構造総合討論会を含めると、2005年からほとんど毎年のように参加しています。元々は光生物学分野での研究を中心に行っ

ており、レチナルの光励起によってタンパク質の構造変化がどのようにして誘起されるのかに興味をもっていました。そのため、分子の構造や機能を、様々な分光手法や量子化学計算・分子動力学計算などにより、電子や原子の振る舞いから理解するという『分子科学』に感銘を受け、分子科学討論会に参加するようになりました。今回、分子科学会奨励賞を受賞させて頂きましたことは身に余る光栄です。

2009年3月より分子科学研究所の准教授に採用されてからは、イオンチャンネル、輸送体、受容体などの膜タンパク質の赤外分光研究をさらに発展させるべく、新規計測系の開発に取り組んでいます。最近、試料が浸されている緩衝液を、ストップフロー法を改良することで、高速に置換する手法を開発し、イオンや基質の結合に伴う



赤外吸収変化を時分割で計測することに成功しています（Y. Furutani et al. *BIOPHYSICS* 9, 123-129, 2013）。本手法は、様々な膜タンパク質に適用できる新規構造変化解析の手法であり、今後はイオンチャンネルや輸送体などに適用し、分子機構の解明に役立てていく予定です。

また、2011年10月からは、さきがけ研究（「光エネルギーと物質変換」領域）として、様々な光エネルギー変換系における水分子の構造変化解析に取

り組んでいます。ハロドブシンでの水分子の水素結合変化を時分割で捉えることに成功したのは、さきがけ研究での1つの研究成果となります。現在は、

光合成関連のタンパク質にも同様の手法を適用できないかと模索しております。

今後も微力ではありますが、分子科

学の発展に少しでも寄与できるように、精進したいと考えております。

(古谷 祐詞 記)

## 長坂将成助教に第18回日本放射光学会奨励賞

このたび、「軟X線分光法による分子系の局所解析とその場観測手法の開発」に関する業績により、第18回日本放射光学会奨励賞を受賞しました。ご推薦頂いた小杉先生と、共同研究者の皆様

に厚く御礼申し上げます。私は分子研に着任後、分子間の相互作用を元素選択的に観測できる軟X線分光法に着目して、UVSORの軟X線ビームラインBL3Uで研究を推進してきました。まず希ガスクラスターの局所構造を軟X線光電子分光法(XPS)、軟X線吸収分光法(XAS)、共鳴オージェ電子分光法で調べました。これにより軟X線照射により希ガス原子から励起されたRydberg電子と最近接原子との交換相互作用を求めて、クラスターの局所構造を明らかにしました。またXPSと分極相互作用を考慮した理論計算から、異なる混合比率でKr-Xe混合クラスターとAr-N<sub>2</sub>混合クラスターの局所

構造を明らかにしました。

以上のように、分子間相互作用を軟X線分光法で観測する基礎が確立しましたので、次にその場観測の手始めとして液体のXAS測定に研究を展開しました。軟X線領域にはC, N, Oなどの化学的に重要な元素の吸収端が存在します。しかし溶液においては溶媒の水による軟X線の吸収が大きいため、XAS測定が困難でした。そこで液体層の厚さを20–2000 nmの範囲で調整可能なその場観測セルを独自に開発して、液体の透過法によるXAS測定を可能にしました。そして塩水溶液やメタノール水溶液などの、様々な溶液の局所構造を明らかにしました。

また、その場観測セルに電極を備えることにより、電気化学反応中の硫酸鉄水溶液の鉄L吸収端でのXAS測定を異なる電極電位で行い、電位変化による鉄イオンの価数変動を明らかにしま



した。この研究は軟X線分光法を電気化学反応のその場観測に初めて適用した例として高く評価して頂き、今回の受賞につながりました。

今後はこれまでの研究を更に発展させて、触媒反応、電気化学反応、光化学反応が実際に起こる、固液界面の局所構造をその場観測軟X線分光法で解明していきたいと考えています。

(長坂 将成 記)

## 嘉治寿彦助教に応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会 奨励賞

この度、応用物理学会「有機分子・バイオエレクトロニクス分科会奨励賞」をいただきました。2013年9月の応用物理学会講演会において受賞式がおこなわれ、それに続き受賞記念講演をいたしました。

本賞は、有機分子エレクトロニクス及びバイオエレクトロニクスにおける新進の研究者の業績をたたえ、研究を鼓舞するものです。表彰の対象者は、

原則として、表彰時前年までの3年間に発行された有機分子エレクトロニクス及びバイオエレクトロニクス関係の原著論文の著者で、論文投稿受理日の時点で満35歳未満の分科会員となっています。

今回受賞対象となった論文は、T. Kaji, M. Zhang, S. Nakao, K. Iketaki, K. Yokoyama, C. W. Tang and M. Hiramoto: *Adv. Mater.* **23**, 3320



(2011) で、主な受賞理由は、「低価格な次世代エネルギーとして期待されている有機薄膜太陽電池の作製法のひとつである低分子有機半導体の真空蒸着法において、真空蒸着中に素子基板に付着しない液体分子を同時に蒸発させるという独創的なアイデアを導入し、これまでにない高品質のドナー：アクセプター混合膜の作製に成功した。本法は、今後様々な有機デバイスの作製に応用可能な技術であり、工業的な評

価も高く、社会的インパクトも大きい。」です。総研大・海外先進教育研究支援制度による米国派遣をきっかけに研究を急速に発展させることができたおかげで、この成果をあげることができました。

本研究の実施にあたりご指導いただきました平本昌宏教授と米国、ロチェスター大学の C. W. Tang 教授をはじめ、各研究室の皆様方、上記支援制度に関係した方々に心から感謝いたしま

す。また、受賞対象論文は総研大・学融合推進センター出版補助事業・研究論文掲載費等助成により出版されたことをここに感謝いたします。

最近、研究成果の評価は、発表後しばらく経ってから、徐々に付いてくるものだということを実感しつつあります。これを励みに今後とも、さらに研究を花開かせられるよう、精進して参ります。

(嘉治 寿彦 記)

## 山口拓実助教に日本糖質学会第15回ポスター賞およびバイオ関連化学シンポジウム講演賞

第15回日本糖質学会ポスター賞ならびに第7回バイオ関連化学シンポジウム講演賞を受賞致しました。はじめに、共同研究者の皆様へ厚く御礼申し上げます。

日本糖質学会は、糖鎖の化学合成法の開発から糖鎖が関わる疾病の病態解析まで、広く糖質の総合的科学研究を対象としています。ポスター賞は「糖質科学の進歩に寄与する顕著な研究発表を行った若手研究者に対して授与する」としており、このたび、私がこれまでに取り組んできた「常磁性NMR法による糖鎖の動的立体構造解析」のテーマに対して表彰をいただき、大変嬉しく、また光栄に思っています。糖鎖の生物機能に関する研究は、主に巨視的な視点からのみ行われており、その分子科学的な実体の解明を目指した研究は、十分に進展していません。有機化学や分子生物学、分子分光法、計算科学といった多面的なアプローチによって、水中で様々なコンフォメーションをとっている糖鎖について、その分子構造情報を定量的に得ることが可能となりました。

さらに、名古屋大学や産業技術総合研究所など、多くの先生方との共同

研究を進めさせていただくことが叶い、2013年9月に開催された第7回バイオ関連化学シンポジウムにおいて、糖タンパク質の品質管理に関わるオリゴ糖鎖の3次元構造のダイナミクス解明に関する発表を行い、講演賞をいただくことができました。バイオ関連化学シンポジウムは、日本化学会・生体機能関連化学部会をはじめ様々な関連学協会の共催によって、化学と生物学の融合・発展を目指した分野横断的な研究発表を行う場として開催されています。今回は、第28回生体機能関連化学シンポジウム、第16回バイオテクノロジー部会シンポジウム、第16回生命化学研

究会シンポジウム、第11回ホストゲスト超分子化学シンポジウムをかねて開かれたもので、生命科学から超分子化学に至るまで学際的な議論が展開されました。この講演賞は、生体機能関連化学部会講演賞として始まり今年で第14回を数えるもので、生体機能関連化学に携わる若手研究者の登竜門とも言えます。このたびの受賞を励みに、これからも化学と生物学の両分野で大きなインパクトを与えられる研究に挑んでいきたいと思っています。

(山口 拓実 記)



受賞者記念写真(右から3番目が筆者)

## 魚住グループが指導協力した羽根渕 高弘さん(岡崎高校)が 第45回国際化学オリンピックで銀メダルを受賞

2013年を迎えてほどなく、分子研広報の大島教授から「岡崎高校の学生が国際化学オリンピックの日本代表最終選考に残っているの、最終予選に向けた練習・指導をお願いできないか」と打診をいただきました。う～ん、どうなることやら、どうしたものやら……。化学オリンピックは名称を聞いた事がある程度で、その内容も実態もまるでわからないけど、まあ何とかなさ、と、お引き受けすることとなりました。とくに魚住グループでは大迫、浜坂の2名の助教に加え、永長博士研究員も化学全般をカバーする基礎学力がとて高く、広く基礎化学の「足腰」を鍛えるための指導なら、この3名に全幅の信頼がおけると判断したのです。



さて、ほどなく岡高の先生に伴われ、いよいよ当人、羽根渕君の登場です。指導方針の擦り合わせ、準備問題や実技課題テキストの確認をする中で“むむむ、こいつはできるぞ！ 素直でいいヤツだし。うちの大学院生より既に上ではないのか？”と期待と責任が大きく膨らんでいきます。実際の実地指導などはとても筆者（魚住）の手に負えるものではなく、全面的に現場の3名にお任せです。滴定とか粘度測定とか、久しぶりに見る懐かしの“古典”、“王道”的な化学実験。いやあ、勉強になりました。羽根渕君は高校の授業終了後に魚住実験室に日参し、日々実験、実習、鍛錬の毎日でした。準備問題や実技課題も大学の化学科卒業、つまり学士のレベルに相当するものです。紙の上での化学のみならず実験操作の意味を理解する力も最高レベルの逸材ですから、その実力はメキメキ磨かれて行きます。

さてさて、3月。日本国内最終予選は見事に合格！ いよいよ7月のロシアでの本選「国際化学オリンピック」に向けて、それまでのアクティビティーを継続することとなりました。その頃には、もはや羽根渕君がラボに居るのが当たり前になっていました。そしてとうとう遥かロシアの地に本番です。魚住グループの3名の“師範”も手を出せない遥かなるモスクワ。ただ祈るばかり……。

そして、とうとう待ちに待った朗報が飛び込んできました。「銀メダル獲得！！！！」おめでとございます。本当に素晴らしい。なお、岡崎高校は本年「第2回 科学の甲子園全国大会」で優勝している。化学オリンピックの準備に集中するために羽根渕君という化学のエースを欠いての全国制覇。底力がありますね。本当に素晴らしい成果です。

羽根渕君ならびに岡崎高校への祝福とともに、指導に心血を注いでくれた大迫、浜坂、永長の3博士に心から感謝いたします。8月、お盆の休み前に羽根渕君を迎え、上記3博士と魚住の5名でピアガーデンにてお祝いのジンギスカンパーティーを催しました（写真はそのときのもの）。祝い酒って美味しいですね！（もちろん主賓の羽根渕君はソフトドリンクですよ。）

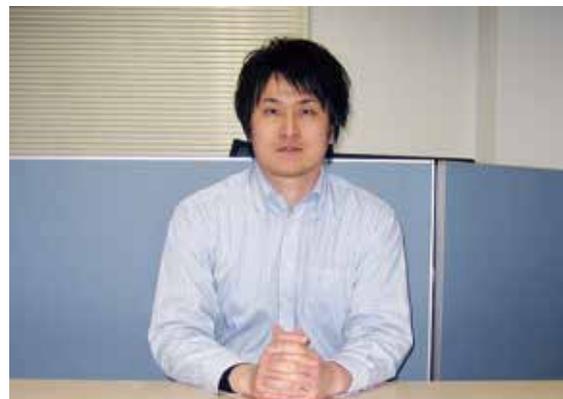
（魚住 泰広 記）

補足：国際化学オリンピックとは、約60カ国から200名を超える高校生が参加し、実験問題と筆記問題の成績を競う化学の国際大会。問題回答時間は、実験、筆記試験を合わせて、10時間に及ぶ。実験試験では、正しい実験結果・考察が得られたかはもちろん、実験器具の使い方や手際なども厳密に審査される。筆記試験では、大学レベルの化学知識を問う問題が中心で、中には大学院レベルのものもあり、非常に難度が高い（高校化学では、全く歯が立たない）。個人戦として競われ、成績優秀者には、金メダル（参加者の10%）、銀メダル（参加者の20%）、銅メダル（参加者の30%）がそれぞれ贈られる。国際化学オリンピック日本代表に選考されるためには、全国高校化学グランプリ（日本化学会「夢・化学-21」主催：一次および二次選考）に参加し、上位の成績挙げ、さらに最終代表選考会（三次選考）にて、トップ4に入らなければならない。今回の第45回ロシア大会では、羽根渕君を含めた日本代表4名全員が銀メダルを獲得した。（大迫 隆男 記）

参考：国際化学オリンピックHP: <http://icho.csj.jp/index45.html>、『化学オリンピック完全ガイド』化学オリンピック日本委員会編、渡辺正監修、化学同人、2008年



## 新物質科学への挑戦



こばやし・げんき

2006年金沢大学工学部卒、2008年東京工業大学大学院総合理工学研究科修士、2010年博士課程修了、博士（理学）取得。2010年同産学官連携研究員、2011年神奈川大学助教を経て、2013年9月より現職。2012年10月～現在 科学技術振興機構さきがけ「新物質科学と元素戦略」研究者兼任。

平成25年9月1日付けで、神奈川大学から分子科学研究所に着任いたしました。学部生が主体の神奈川大学から異動して来たこともあり、研究所内の静かな雰囲気には始めは戸惑いを感じましたが、今は集中して研究に取り組むことができる環境に大変満足しております。着任から数ヶ月、研究室設計、工事、装置の購入・設置など研究室の立ち上げ作業に奔走してまいりましたが、ここに来てようやく実験環境が整いつつあります。多大なるご支援を頂いた大峯所長、横山主幹教授をはじめ所内外の関係者の皆様にこの場をお借りして御礼申し上げます。

わずか8年間ではありますが、これまでの研究者人生を振り返ることで私の研究経歴の紹介とさせていただきます。現在は無機固体化学を専門しておりますが、学部時代は金沢大学の高橋光信教授のご指導の下、有機薄膜太陽電池の研究に取り組んでいました。エネルギー問題に関わる研究に携わりたいという漠然とした思いと高橋先生の講義で電気化学に興味を持ったことが高橋研究室を志望した理由でした。研究内容に興味を持っておりまし

たので、当初はそのまま金沢大学の大学院に進学しようと考えていましたが、リチウムイオン二次電池の開発者である旭化成の吉野彰博士の講演を聞いたことで、二次電池の研究に興味を沸き、他大学への進学を決意しました。大学院では物質合成のスキルを身につけたいと考えていたこともあり、無機固体化学と固体イオニクスの観点から電池の研究を行っていた東京工業大学の菅野・山田研究室の門をたたきました。

修士課程から博士課程の前半はリチウム二次電池の正極材料であるリン酸鉄リチウムを研究対象とし、粒子サイズが充放電反応機構や電極特性に与える影響を調べていました。リン酸鉄リチウムは鉄を遷移金属種とする安価で環境負荷の低い正極材料として注目されていただけでなく、絶縁体でありながら粒子サイズが100 nm以下になると高速で充放電反応が進行する科学的にも興味深い特徴を持つため、盛んに研究がおこなわれていました。国内外の多くの研究グループと競いながら研究に取り組むことは非常に刺激的でやりがいを感じていましたが、同時に先を越されないかどうか、ひやひやしな

がら日々過ごしてことを覚えています。

博士課程の後半からは恩師である菅野了次教授の勧めもあり、新たな研究テーマとして酸水素化物の新物質探索を始めました。様々な電子物性を示す複合アニオン化合物は、物質探索の対象として多くの研究が為されていましたが、酸素と水素が格子内に混在する酸水素化物は合成自体の報告がほとんど無く、未開拓な物質領域でした。その理由は主に合成の難しさにあり、リバプール大学のロシェンスキー教授らの研究グループが提唱した、既存の酸化物を金属水素化物で還元する方法が唯一の合成法とされていました。しかし、この還元による合成法をもってしてもヒドリド(H<sup>-</sup>)を酸化物中に取り込むことができる物質は僅かで、必ずしも酸水素化物が得られるわけではありませんでした。私はヒドリドが安定に存在できる水素化物の大半がアルカリ金属かアルカリ土類金属を含んでいることに着目して、カウンターカチオンにリチウムを選択して物質設計を行いました。その結果、ペロブスカイト型層状酸化物の構造中にヒドリドが規則配列した新規酸水素化物の合成に成

功し、この新物質がこれまでに実証されていなかったヒドリド導電性を示すことが分かりました。さらに、研究を続けていく過程で、元素置換などの一般的な合成方法でヒドリドの配列や含有量を制御できることが分かり(図1)、酸水素化物がまだまだ未発見の物質が眠る新たな研究領域だということが分かりました。

博士号取得後は引き続き菅野先生の下で半年間ポストドクを経験した後、神奈川大学の助教として再びリチウム二次電池の研究に携わりました。実験環境を一から整える必要があったため、酸水素化物の探索研究を一次的に中断せざるを得ませんでした。研究環境を少しずつ整備しながら、菅野研の装置をお借りして酸水素化物の研究も続けました。合成は東工大で行い、神奈川大では酸水素化物の物性評価を中心に取り組みました。ヒドリドは特異な配位環境下でのみ存在できると考えられていたため、ヒドリドのイオン導電

現象はなかなか信じてもらえませんでした。初めて固体イオニクス討論会で発表した時は、「考え難い」、「動くわけではない」などの批判や、「プロトンや水酸化物イオンなど他のイオンが導電しているのではないか?」、「電子伝導ではないか?」などの疑問を投げかけられ、新たな現象を証明する難しさを痛感しました。電子伝導性がないことは簡単に証明することができたのですが、問題だったのは導電中のイオンがヒドリドとプロトンのどちらかを判別することでした。一般的にプロトン導電の証明に用いられる水素濃淡電池の起電力測定では、プロトンとヒドリドの判別ができないからです。試行錯誤した末、酸水素化物を水素化チタンとチタンの電極で挟んだ全固体型電池を作製し、ヒドリドだけが導電する方向に電流を流す実験を行いました。その結果、電流を流した後のチタン電極の水素化と、水素化チタン電極の脱水素化を捉えることができ、分子研への着任直前

にようやくヒドリド導電現象の実証に漕ぎつきました。

分子科学研究所では、引き続き酸水素化物を基本とした物質探索を研究の主軸にする予定です。特に、ヒドリド導電体の研究は、ヒドリドのイオン導電現象を利用した新たなイオニクスデバイスの創成に向け、長期的な視点で研究を発展させていきたいと考えています。

最後になりますが、若手独立フェローの名に恥じない研究成果が得られるよう精進いたします。どうぞよろしくお願いいたします。

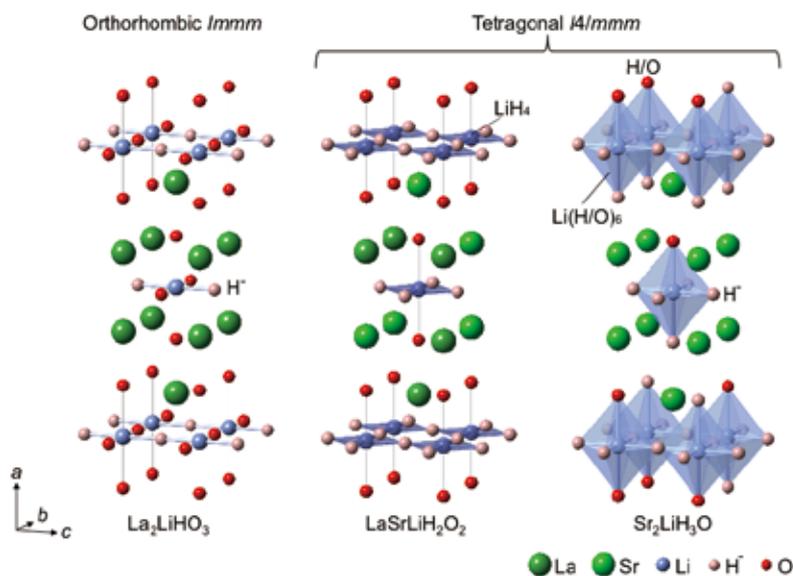


図1  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{LiH}_{1+x}\text{O}_{3-x}$  ( $x = 0, 1, 2$ )の結晶構造。ヒドリド量の増加に伴ってヒドリドの配列が1次元→2次元→3次元に変化する。



## 放射の物理と光源加速器の未来

## 濱 広幸

(東北大学電子光物理学研究センター／大学院理学研究科物理学専攻)

はま・ひろゆき／1987年、東北大学大学院理学研究科原子核理学専攻修了、東京工業大学理学部教務職員、ミシガン州立大学超伝導サイクロトロン研究所研究員、分子科学研究所極端紫外光実験施設助手・助教授、東北大学大学院理学研究科助教授を経て、2003年から東北大学大学院理学研究科教授。2010年から東北大学電子光物理学研究センター教授。現在、他に、東北放射光施設計画推進室長、高エネルギー加速器研究機構客員教授。



併任期間を終えて東北大学に完全移籍したのは2000年だったので、もう15年近くを仙台で過ごしたことになる。当初はもう少し実りある40歳代のつもりであったが、世の中、そう簡単に問屋は卸さないことを今は実感している。研究施設の高ぼけた大型加速器は年がら年中故障し、電子ビームは計算通り振る舞ってくれなかった。基礎的なビーム物理学の研究を行う意欲を持ってはいたが、加速器のお守り役で最初の数年は四苦八苦した。ビーム挙動を測定したらダクトの軌道上に棒が立っていたのを発見した事もあった。なんで誰も気づかなかっただろう、などと言いながらストレスフルな毎日を過ごした。UVSORでは誰もが一生懸命に頑張っていたことを何度も思い出したりして、今思うとかなり後ろ向きな時期があった。ようやく自分の研究をやれる環境を見つけた時には研究経費がなかった。科研費を獲得するために自費で幾つもの国際会議に出て世界の動向を勉強し、またあちこちからお金を工面した。やっと自分の研究室で作った小さな加速器からビームが出たのは昨年、2013年である。苦節10年とはこのことかな、と苦笑い。その途上での2011年3月11日の大地震は、正直に言ってそれまで人生観が転覆した。沢山の知人を失った。家をなくした同僚、未だに社会復帰できない友人。何から何までも辛い時間をとても長く感じる。原子力発電所の事故も科学に携わる人間として、大き

な衝撃を受けた。以来、教養部の講義では、最初の一回だけ放射線と原子力の話をすることにした。「君達は理系の大学生なのだから、少なくとも最低限の正しい知識を持って様々な問題を判断して欲しい」、そう喋っている。今、そしてこれから自分にできることは何だろう、いつも己に向かって問いかけている。多分、そういう歳になったんだな。

電磁波はマックスウェルの方程式で予言されたことになっている。電荷も電流もない空間を電磁場が伝搬する、その事実はもちろん太古からあったわけだが、定量的な理解は古典電磁気学であるマックスウェルの方程式そのものである。今では誰もが知っている。学生に意地悪な質問をする。「ローレンツ力がマックスウェルの方程式に含まれていないのは何故か?」。インターネットのおかげか、最近では正答する学生が増えた。それはともかく、近年の放射光源の進化は目覚ましい。2009年のスタンフォードにおけるSASE-FELと呼ぶ自己増幅自由電子レーザーの成功は歴史的に大きな事件であった。このFEL発振の成功直後にあった国際会議で初めての報告がなされたが、実はその時の座長を仰せつかったのは私自身であった。知人にけしかけられて「人類はとうとうX線レーザーを手に入れた」と聴衆に賞賛の拍手を促したが、今でもよくこのことを冷やかされる。1980年代にSASE-FELは理論的に示されていたが、当時では想像できない

ほどの「高品位」電子ビームが要求されていた。1990年代でも、これは不可能だ、という声が大多数であった。しかし現在ではSACLAも成功し、各国が更に進化させたXFELの建設に勤しんでいる。結晶ではないタンパク分子1個の構造解析がなされるのも間近であろう。

放射光リングの進化も甚だしい。X線輝度は $10^{20}$ を超え、とうとう電子蓄積リングのエミッタンスはピコmradの領域に入ろうとしている。XFELと相まって、光科学のフロントランナーは10年前では予想もしないような高度な研究に突入している。加えて、とうとうヒッグス粒子が捉えられた。素粒子物理も完全に未踏領域に踏み込み、標準模型がいずれ変容するだろう。科学とは進化するためにある、というような本末転倒した結論を導きだすかもしれない。

しかし一方では双葉町や大熊町という故郷を失った人々が彷徨している。除染や原子炉解体技術は殆ど進化していない。高レベル炉材の融断も難しいし、放射性廃棄物の保管手段も決め手がないのが現状だ。かつてアポロ計画が人類を月に送り込む時、アメリカですらマンハッタン北部の貧困とどっちが大切なのか、というような議論があった。どちらも人間の文明活動である、と言えばそれきりである。科学技術の最先端と社会に充満する精神的な敗北感や貧困はいつまでも平行線にあるような気がしてならない。どなたか「いや、

そうではないんだよ」と言ってくれないだろうか。

私たちの研究用電子加速器のビームエネルギーはたったの50MeVである。これで何ができるんだ、とまあ自分でもよく思う。一言で言えば自分の箱庭が欲しかったんだなあ、ということかもしれない。もちろん研究課題の展望はある。自分が面白い、と思える研究をやれば、それに越したことはない。いつかはそんなことを胸を張って言える自分が出来上がればいいなあ、と思

う今日この頃である。

3GeV高輝度東北放射光計画を立ち上げてもうすぐ3年になる。多くの研究者のためになるものだと、自分に信じ込ませて頑張ってきた。実現すれば、確かに間違いなくそれを達成できると確信していることも事実である。しかしその先にある科学というものの何らかの変化を見通している訳ではない。アメリカでは超伝導加速器の技術を最大限活かした高繰返しFELを次世代光源の柱にしたことを聞いてい

る。輝度やコヒーレンスに焦点を絞れば、FELは最強の光源であることは間違いない。平均輝度でも蓄積リング光源を凌駕する可能性もあることを考えると、今3GeVリングなどと喚くのはいかなものか、と思う事は頻繁にある。

どなたか「いや、そうではないんだよ」と言ってくれないだろうか。2011年春、「あんな地震があったのに、桜は咲くのだろうか」と科学者らしからぬことを呟いた事を覚えている。しかし三神峯公園の桜は見事に咲いた。



## 新しい世代を育てる努力と喜び

### 伊藤 肇

(北海道大学大学院工学研究院有機プロセス工学部門 教授)

いとう・はじめ／【略歴】平成3年 京都大学工学部合成化学科卒業、平成8年 同大学院工学研究科博士課程修了、平成8年 筑波大学化学系助手、平成11年 岡崎国立共同研究機構分子科学研究所助手、平成13年 米国スクリプス研究所客員研究員、平成14年 北海道大学大学院理学研究科化学専攻助教授、平成22年 同工学研究院有機プロセス工学部門教授【専門分野】有機合成化学、有機金属化学、錯体化学【受賞歴等】平成20年有機合成化学奨励賞、平成23年北海道大学研究総長賞、平成25年日本化学会学術賞



私が分子研にお世話になったのは1999年から2001年の間の三年間になります。最後の10ヶ月は、分子研に籍をおきながらアメリカ合衆国サンディエゴにあるスクリプス研究所に滞在しましたので、実質的には二年と数ヶ月になります。私は大阪出身で、学生時代は京都、最初の助手職は筑波大学と居を移してまいりましたが、分子研は生まれて初の中部地方での生活となりました。生活しているうちに岡崎周辺の食文化、特にうなぎと味噌煮込みうどんが大好きになり、今でも岡崎、名古屋近辺への出張では味噌煮込みうどんパックを買って帰ります。スクリプス研究所に滞在後は、2002年から北海道大学大学院理学研究院の澤村正也教授の研究室で助教授として採用してい

ただき、8年近くそこで研究をさせていただき、2010年から同大学工学研究院にて教授として自分のラボを持つに至りました。私のアカデミックキャリアは、筑波大学での任期付き助手から始まり、任期つきに近い状況の分子研助手、その研究室での昇進が前提でない助教授職とつづき、ようやく常勤職感のあるポジションを得たような気がします。それまでの間の、「成果が得られなければ次はない」緊張感、もちろん分子研におられる研究者の方々は常日頃空気のように感じられる感覚ですが、をずっと持たお陰で、研究者としての自分が鍛えられ成長出来たのだと痛感しています。今ではごく普通になった「ポストクや任期付きの助教から必死に生き残る」キャリアパスです

が、これはどうやらずっと同じ大学で長く常勤職につかれています方には実感として理解できないようで、しばしば全く異なる感じ方をされる先生に出会って驚きます。

滞在していたスクリプス研究所では、研究所の教授の一人であるSharpless教授と同時に野依先生がノーベル化学賞を受賞され、日本人として誇らしく感じる事ができました。北海道に移ってきて最大の出来事は、2010年の鈴木章先生のノーベル化学賞受賞です。北海道大学全体がある種の熱狂につつまれ、これまで見たことのない、楽しいテンヤワンヤが起きました。このご受賞は、北海道大学の教員や学生に大きな希望を与え続けています。

研究に関しては現在、学生時代から

継続して行っている有機合成のための新反応、触媒反応開発（もちろんテーマは発展的に変えています）と、触媒反応開発の途中で偶然発見した機械的刺激に対して発光性が変化する金錯体についての研究、更には機械的刺激を駆動力とした反応開発の研究にチャレンジしています。もともと学生時代は有機化学、有機合成化学というやや狭い領域の研究者となるべく教育を受けましたが、研究の対象を意図的に広げています。

大学では研究に加えて、もちろん教育が大きなテーマになります。大学の教員は研究と教育を同時に行う、あるいは研究の方法を教育するということを、世界レベルの研究成果を上げながら成功させるという難しいことが求められるわけですが、学生は教育を授かりに大学に来るわけであって、研究の下働きをしに来るわけではありません。「学生は研究するもんや。今までみんなそうしてきたやろ。」と旧来の徒弟システムに入ることを一方的に求めるのは今の学生には受け入れがなくなっていますし、優秀な学生はそこにとどまってくれないと思います。ではどうするのか？ 北海道大学でポジ

ションを得た当初、この相反するような状況をまじめに意識して悩みました。しかし1つのシンプルな方法、つまり「研究をやりたい学生、研究のやり方を学びたい学生は私の研究室に来てください」と正面からアピールすることで少し解決したように思います（これは研究をしたくない学生はこないでねという裏返しですが）。このような呼びかけで集まった学生に対して、「研究のための教育」を意識した研究室運営を行い、学生の能力向上を常に願って行動します。学生は望んでいたことが享受できますし、学生の力が向上するにつれて研究成果もあがっているように思います。えっ、何を当たり前、と思われるかもしれませんが、私は上述のいわゆる競争的環境と言われる中にいて、こうしたことにはっきり気づくのがずいぶん遅れました。

この「学生の能力向上を常に考える」は、今では自分の行動指針、考えを誤らないための縛りになっていると同時に実は救いにもなっています。特に大きな大学にいと「すごい研究をしている先生」「人間的にも偉い先生」「学生にも慕われる良い先生」というイメージ

を自分に投影したくなる誘惑がたくさん忍び寄って来る気がします。おそらく周囲の方々が権威のようなものを大学教員からより感じ、そうしたイメージを持って接してこられるせいなのかもしれません。でも「学生がきちんと能力が伸びているような助言ができているか？」「研究がうまくいかない時に自分は十分フォロー出来ているか」と定期的に見なおしてみると、自分の力不足な状況が判明し、プチ客観視ができて助かります。Erik H. Eriksonの発達心理学によると、私が差し掛かった中壮年が乗り越えるべき課題は、自己本位を乗り越えて生殖性すなわち後輩や新しい世代の育成を喜びと感ずることだといいます。研究で自己実現を達成しながら新しい世代を育てる喜びを感じることができるという大変恵まれた職業につけたことに感謝しながら、「それやったら、お前、もうちょっと頑張らなアカんで」という声が聞こえてくる気がして日々努力反省している毎日です。分子研時代に大変お世話になった諸先生方には特に心から感謝、御礼申し上げます。

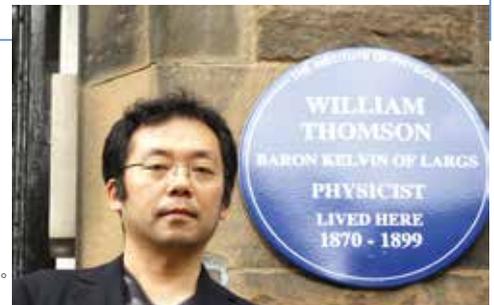


## キラリティとカイラリティ～分子研を卒業してからの10年～

### 岸根 順一郎

(放送大学教養学部・文化科学研究科 教授)

きしね・じゅんいちろう / 1996年東京大学理学研究科物理学専攻博士課程修了[博士(理学)]。同年より2003年まで分子科学研究所理論研究系助手。その間2000～2001年マサチューセッツ工科大学客員研究員(文部省在外研究員)。2003年～2012年九州工業大学基礎科学研究系准教授、2013年より放送大学教授。教養学部・文化科学研究系に所属。専門は物性物理学理論。特に磁性や超伝導の基礎理論。



#### 1. キラル磁性体の研究

私がこの10年ほど集中しているのは、キラルな結晶構造を持つ磁性体の研究です。私が分子研を出たのが2003年なので、分子研を出てからの10年間ずっ

とこのテーマと付き合っていることになります。

キラル(Chiral)という、化学者や生物学者は分子のキラル構造を、物理学者は南部先生のノーベル賞対象にもなっ

た「カイラル対称性の破れ」などを、思い浮かべると思います。最近ではスピンカイラリティ、カイラルフェルミオン、カイラル超伝導といった言葉が物性物理学の分野でもしきりに聞かれます。

Chiralという語を化学者はキラル、物理学者はカイラルと発音する風習がありますが、実は上で述べたキラルとカイラルはその定義からして異なります。化学者の云うキラルは純粋に幾何学的な概念、つまりケルビン卿が最初に命名した通り「自身とその鏡像が重ならない形態」を表すものです。一方、物理学者のいうカイラリティには運動の概念が加わります。平たく言えば「回転しながら進む」粒子や場にカイラリティという属性を与えます。これはヘリシティとも呼ばれます。宇宙空間で回転しながら進むコマを思い浮かべて下さい。回転の向き(角運動量)と進む向き(運動量)の向きが平行か反平行かによって左右のカイラリティが決まります。

要は、chiralityには「構造」と「運動」という二面性があり、それぞれがなんとなく化学と物理に分かれて語られてきたわけです。構造と運動というと、私は、高校生の頃に流行った浅田彰氏の『構造と力』という本をすぐ思い出します。また、構造主義生物学やポスト構造主義などという懐かしい言葉も浮かんできます。

構造と運動の繋がりが顕著に表れる物性現象が「磁性」です。原子内部の電子は軌道角運動量とスピンを持っています。周囲の環境、つまり結晶構造や配位環境を電子波動関数の形として映し出すのが軌道角運動量です。さらに、これをスピンという「磁気の種」に転写する機構がスピン軌道相互作用です。これを通してスピンという“自転”の向きが構造に繋がっていきます。例えばCrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>というキラル磁性結晶では、480 Åという(原子スケールに比べると)雄大な周期を持ってスピンの螺旋状にうねります。このうねりを制御すると、メモリやセンサーといった

デバイス機能が生じます。構造と運動という自然科学の基本テーマが応用研究とも直結するわけです。

ところで、この研究テーマは分子研という化学と物理のヘテロ環境の賜物です。きっかけは分子研を出る直前の2002年ころ、井上克也さん(当時分子研、現広島大)達と繰り返した東岡崎駅周辺の居酒屋討論まで遡ります。今思うと、化学者である井上さんと物理屋である私の会話は噛み合っていました。その原因は、上でも述べたキラリティとカイラリティの違いにあります。しかしこれが幸いしました。最初から噛み合っていたら、共著論文を1報書いてそれで終わっていたと思われる。議論が噛み合っていないのを面白いと思ってくれた周囲の人々が、まだ研究テーマにすらなっていない我々の討論に参加してくれるようになりました。現在は、理論・実験、化学・物理からなる20名ほどの国内外メンバーが加わって、ようやく研究として軌道に乗ってきたところです。

私自身の仕事はキラル磁性の物性を理論物理として探ることです。このテーマに関しては、エカテリンブルク(ロシア)の研究者数名と組んで研究を進めています。7年ほど前から年に1度は必ずエカテリンブルクを訪れてface-to-faceで議論を詰め、それを持ち帰って計算を仕上げたり論文を書いたりする研究生活スタイルを続けています。このロシアのグループとの出会いも、やはり元をたどると分子研に行きつきませんが、それについては省略します。

## 2. 放送大学

話題を変えて現在の所属先である放送大学について少し紹介します。放送大学はすべての市民に学問知識を開放することを目的として国が運営してい

る生涯教育の中核機関です。100名弱の専任教員とその5倍ほどの客員教員が協力して約300科目を作成しています。全国に9万人の学生がおり、それぞれが全国57箇所にある地域の学習センターに所属して試験を受けたり、面接授業と呼ばれる集中講義(年間約3000クラス)に出たりして思い思いの学習を進めています。学習センターはそのほとんどが地元の国立大学キャンパス内にあり、それぞれの大学(我々は拠点校と呼んでいます)と密接な関係を保っています。

大学院生になると幕張本部に来てセミナーに参加したり、直接の研究指導を受けたりします。2014年度からは博士後期課程も設置されるようになり、文字通り誰もが大学1年生から(もちろん途中からでも)スタートして博士号まで辿り着ける体制が整いました。

最近、50代後半くらいからもう一度大学院生をやろうという方がどんどん増えています。たとえば私の院生の中には、企業で半導体産業にかかわってきたが改めて電気伝導の基礎理論をやりたいという方がおられます。どうしても相対性理論をマスターしたいという80代の方、若いころから趣味で続けてきた場の量子論の勉強を本格化させたいという方などもおられます。こうした前向きな方々との出会いは大きな刺激になります。

我々専任教員の主なミッションは、科目構成を考えてその作成に責任を持つことです。大学の性格から、量子力学や統計力学という“普通の”物理科目だけでなく、色、音、光、対称性といったキーワードで自然科学や人文科学を繋ぐような科目や、とにかく自然科学に興味を持ってもらうための科目も企画しています。言語学や歴史の専門家と協力して科目を作るのも放送大

学の特徴の一つです。もちろん、こうした科目を専任だけで作ることはできません。そこでたくさんの客員教員の方々に参加をお願いすることになりま

す。実際、この1年間に分子研時代の同僚および後輩を4名ほど「捕まえて」います。この先、分子研ネットワークを活用して皆さんにも客員をお願いす

ることがあるかもしれません。その時はどうぞよろしく願いいたします。



## 私のキャリアパス～分子研から行政機関への転職～

### 宮下 哲

(独立行政法人科学技術振興機構人財部付 (文部科学省科学技術・学術政策局政策課へ派遣中))

みやした・さとし / 2005年大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了、博士(工学)。分子科学研究所研究員を経て、2009年9月独立行政法人科学技術振興機構(JST)へ転職。JSTでは主に戦略的創造研究推進事業(CREST)「元素戦略」領域担当。2013年10月より現職。

「先生、突然ですが転職することが決まりました。」

これが、2009年6月のある日、当時お世話になっていた米満賢治先生(現・中央大学教授)に悪びれもなく吐いた台詞です。分子研に来て4年が経った頃でした。そろそろ次の職を探さなきゃ、と考えていた私は、たまたま科学技術振興機構(JST)の中途採用募集案内を見つけました。「研究者以外の道もありかも」と思っていた矢先のことでしたので、『時は得難くして失い易し』の精神で(但し、不採用になると恥ずかしいので米満先生には内緒で)応募しました。すると、何故かトントン拍子に事は進み、応募して約1ヶ月半後には見事JSTから内定通知が届きました。当然のことながら転職活動について何も知らなかった米満先生は、さぞかしびっくりされたことと思います。JSTからは「入職日は9月1日」と提示されていたため、研究内容の引き継ぎもそこそこに、2009年8月末、分子研を去ることになりました(米満先生、その節は大変ご迷惑をおかけしました)。

そんな、研究者として大した業績を残していない私が分子研レターズへ執筆することになったのは、後述のJSTの戦略的創造研究推進事業(CREST)の領域担当として、分子研の魚住研助教の大迫さんとの縁があったことです。大迫さんからのご依頼は「研究機関から行政機関へ転職した経緯や転職後の仕事内容等を語れ。」ということでした。引き受けるか否か10分ほど迷いましたが、JSTへの転職理由の一つに「若手研究者の支援がしたい。」と書いたことをふと思い出し、私の経験を紹介することで分子研の若手研究者の皆様に「こんなキャリアパスもあるのか。」と、将来を考える上で何かの参考になればいいな、と思い筆をとることを決意しました。そんなわけですので、ここでは分子研での思い出(ポーリング大会で優勝したことやソフトボール大会での準優勝、毎日のように勤しんだテニス等々)は割愛させていただきます。

それでは、JST転職後の私の仕事内容に関して、まずJSTおよびCRESTの概要説明から始めたいと思います。



JSTとは文部科学省所管の独立行政法人で『国民の幸福で豊かな生活の実現に向けて、新しい価値の創造に貢献し、国の未来を拓く科学技術の振興』(JSTホームページより抜粋)を推進する組織です。その中でCRESTとは『国が定める戦略目標の達成に向けて、課題達成型基礎研究を推進し、科学技術イノベーションを生み出す革新的技術シーズを創出するためのチーム型研究』(CRESTホームページより抜粋)を支援する事業です。科研費のように研究者の自由な発想による研究ではなくて、国家戦略に基づき出口を見据えた、あるいは出口から見た基礎研究を、事務的にも技術的にも強力にバックアップすることがCREST領域担当としての職務です。

では、CRESTにおける個々の研究領域(研究プロジェクト)はどのよう

に作られ、運営されているのか。まず、国（文部科学省）から提示された戦略目標の達成に資する研究領域の設定、およびその研究領域の総責任者である研究総括を選定することから始まります。この作業を「領域調査」と呼びます。領域調査ではJST職員が全国津々浦々を走り回って、様々な分野の有識者の方々（企業、大学問わず）に「この戦略目標を達成するためにはどのような研究領域にすべきですか？」「研究総括にはどういった方がふさわしいと想定されますか？」といったことを中心にインタビューしまくるわけですが、正直言って体力勝負です。私は領域調査をCREST在籍中に3回経験しましたが、だいたい秋～冬にかけての作業になりますので、毎回一度は風邪をひきました（鼻水たらしながらインタビューした経験もあり）。そして走り回ること数ヶ月間、研究領域のイメージを創り上げ、その研究領域にふさわしい研究総括を選び、そして具体的な研究領域を作り込んだ後、公募（通常は3年次にわたり3回行います。）による研究課題の選考を行います。

例えば、私が主に担当した「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出（通称、元素戦略）」研究領域（研究総括：玉尾皓平 理化学研究所・研究顧問）では、3回の公募で提案数199件、採択数12件（なんと倍率約17倍！！）でした。例年のCREST全体での平均倍率が約10倍であることを考えると、「元素戦略」研究領域は狭き門だったと言えます。そんな狭き門をくぐり抜けた研究代表者の先生方はじめ関係する研究者の皆さんは、業績はもちろんのこと人間的にも素晴らしい方たちばかりで、CREST領域担当としての醍醐味はまさにこういった日本のトップ

サイエンティストとの交流を通じて人脈を拡大できることにあります。ちなみに、本原稿の執筆を依頼してくださった大迫さんも、CREST「元素戦略」研究領域の研究参加者の一人です。

CREST事業の性質上、採択された研究者は常に研究総括やJSTに「見られて」います。領域会議（全採択チームを招集してクローズドで行う研究進捗報告会）やサイトビジット（研究総括が実際に研究実施場所を訪問して研究進捗確認をすること）、さらに年に数回の各種提出物などを通して、各研究課題が戦略目標の達成に向けて順調に進捗しているかを研究総括が厳しくも愛情ある眼差しでチェックしています。採択された研究代表者は大きなプレッシャーを感じて研究されているわけですが、CREST領域担当者には、そういった研究者の緊張感を程よく保ちつつも気持ちよく研究をしていただけるよう、様々な面でサポートすることが求められます。「こういったものはCREST研究費で購入可能か」といった事務的な質問や、「研究進捗が良すぎて予算が不足気味なのでなんとかしてほしい」といった嬉しい誤算による要望などが、毎日のようにCREST領域担当には来ます。このような場面で、JSTとしての考えと研究総括のお考えを調整しながら最適解を見つけていくことも領域担当としての重要な役割です。

このように研究総括と研究者の間に立ち、研究領域全体のバランスを取りつつ研究総括との二人三脚による領域運営に携わることができ、そして何よりも最先端の研究成果が産まれるプロセスを間近で見られることは、研究者あがりの私にとって「至福の時」でした。また、研究領域関係者から「宮下さんが領域担当で助かる」などと言っても

らえたときには「この仕事に就けてよかった」とつくづく思ったものでした。

そんな忙しくも充実した日々を過ごしていたわけですが、一サラリーマンである限り避けては通れない「異動」という事態が突如として私を襲ってきました。結果、2013年10月より、心機一転、文部科学省科学技術・学術政策局で働いています。新天地では「研究開発に関わる新しい法律を成立させる」仕事に携わっています。今まで理系の道をひたすら歩いていた私には最も縁遠かった（かつ意識的に避けてきた）部類の仕事内容で戸惑いまくりではありますが、滅多に経験できない法案作成に関われる機会をいただけたことに誇りを感じ、また新しい人間関係を構築できることに喜びを感じながら日々仕事に励んでいます。



## 分子の一つの楽しみ方\*

## 高塚 和夫

(東京大学大学院総合文化研究科 教授)

たかつか・かずお / 1978年大阪大学大学院基礎工学研究科化学系専攻博士課程修了(工学博士)。1978年ノースダコタ州立大学博士研究員。1979年カリフォルニア工科大学博士研究員。1982年分子科学研究所助手。1987年名古屋大学助教授。1992年名古屋大学大学院人間情報学研究所教授。1997年より現職。

私の子供のころは湯川秀樹の伝記が盛んに読まれており、理論で物理学ができることを知ったときの驚きが書かれている場面に、子ども心にも共鳴したものだ。大学紛争のさなかに大学に入学し、その湯川秀樹が研究していたはずの大阪・中之島にある理学部旧館で(基礎工学部に入学したが大学紛争で長期にわたって封鎖中だった)、笛野高之先生が颯爽とおいでになり講義を始められたとき、私はすっかり痺れてしまった。そして、「理論で化学ができる」事を教わり、雷に打たれたように導かれ、その後、研究室で沢山の事を教わり、独学も随分したように思う。

大学4年生のころ、化学反応動力学に使えるのではないかと思い、経路積分に興味を持って勉強していたが、当時、William Millerさんが反応散乱行列の経路積分表現を次々と発表されている事を、研究室の先輩に教えていただいた。最近、その彼と個人的な話をしている時、Harvard大学で独学で理論を発展させた頃の話聞かせていただいて、時空が離れていても仲間意識が共有できたようで熱いものを感じた。

大学院では、笛野先生に「自分にはやれない事をやりなさい」と激励していただいて、先生の掌の上で遊んでいた。当時助手だった山口兆先生が指導された理論化学グループで、反応論をはじめ、様々な耳学問をさせていただいた。このグループには、後に化学会賞(うち1人は学士院賞も)を受けら

れた先輩3人も同時に在籍されていて本当にレベルの高い楽しい研究室だった。という訳で、偉大な先生・先輩・後輩方から見ると、私は、未だよちよちと見知らぬ地を歩いている、行く未定まらぬ研究者である。今年度の分子科学賞を頂いたのは、なにかの間違いかもしれない。

ところで、よちよち歩いているのは私の力量の無さの反映であるが、行く未定まらぬのは、分子科学あるいは化学が、広大な領域をもっているからだ。もう一つ、私にとっては、分子に現れる多彩な現象が、多様な論理に基づいている事があげられる。私はものを作れない化学者だが、分子の背景に横たわっている論理(法則性と言った方が分かりやすいか)の多様性には敏感で、それも「化学」を学問するあり方の一つかもしれないと思っている。「化学は量子力学の応用問題になった」とディラックは量子論の黎明期に述べたそうだが、宇宙の原理的法則を求めようとする理論物理学者の量子論構築後の達成感と高揚感は理解できるものの、この地球上で起きている自然の多様性や美しさに対して、余りに鈍感ではないかと思う。

私は、未だ大きな分子のダイナミクスが出来ないのだが、比較的小さな分子の中にも、解明されていない本質的な問題が沢山あって、真面目で無能な私は、そのためによりよると徘徊している。しかし、それが本当に楽

しい。どんなことを楽しんできたかということ、その項目の一部を挙げさせていただいて、この稿を終わりにしたい。

1) 多原子分子の電子励起を含む電子散乱基礎方程式の構築。

2) 原子核運動のための多体量子論の展開(ごく最近になって、大きな展開があった)。

3) 分子高振動状態等における力学的カオスの量子化のメカニズムの解明と位相量子化法の提案。

4) 原子クラスターの構造転移における力学と統計性の諸相との関係の解明。

5) 時間分解光電子分光法による超高速非断熱反応過程の研究。

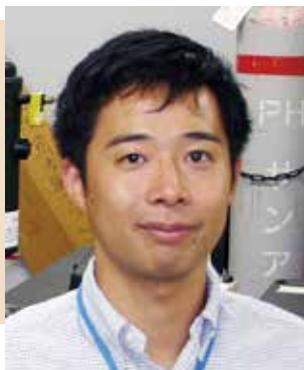
6) 電子動力学と非断熱電子・原子核同時動力学の制御を目指した(レーザー場中の)電子波束の理論。

最後に、学生やポスドク、研究室職員を含め、共同研究をしてくださった皆さんにお礼を申し述べたい。

\*分子科学会賞受賞を機に原稿をお願いしました。



## 分子研を去るにあたり



**木村 哲就** 理化学研究所 城生体金属科学研究室  
(前 生命・錯体分子科学研究領域 生体分子情報研究部門 助教)

## 分子研を去るにあたり

きむら・てつなり / 2000年3月京都大学工学部工業化学科卒業、2005年3月京都大学大学院工学研究科分子工学専攻博士後期課程修了、博士(工学)取得。2005年4月大阪大学蛋白質研究所博士研究員、2005年9月カリフォルニア工科大学化学科博士研究員を経て、2009年12月より分子科学研究所生命・錯体分子科学研究領域助教、2013年4月より現職。

私が分子研という名前を耳にしたのは、大学4年生で研究室に配属された直後でした。研究室の先輩達が必死に作ったタンパク質試料を氷に挿して分子研に向かい、ほぼ徹夜で計測をして帰ってくる、という研究の右も左もわからないルーキーにとって、分子研は過酷な場所として印象づけられました。ほどなくして、先輩達が分子研に行っているのは、種々のレーザーが並ぶ北川禎三先生の研究室で共鳴ラマンスペクトルの計測を行うためであり、分子研は恩師である高橋聡博士(現東北大学多元研教授)が学位を取得された場所でもあるということを知りました。加えて、私が大学4年生で最初に触れた溶液混合装置の心臓部であるマイクロ流路は分子研の装置開発室で加工されたものであり、分子研は様々な技術を持ったプロフェッショナルの集団であるという印象を強く持つようになりました。

2009年12月に分子研に着任した当時は実験棟の耐震工事の真最中でした。そのせいもあって、建物内は暗く、実験棟の人口密度も高くなく、少し寂しい思いをしたことを覚えています。とはいえ、実験棟南半分の耐震工事が終わると、所属した古谷グループは引

越しを始め、真っ新な研究室に実験装置が急速にそろっていくという、研究室立ち上げの大変よい経験をさせていただきました。また、大峯所長が着任されてから組織が変わって行く様子を目の当たりにすることができたことも幸いでした。さらに、分子研コロキウム後のワイン会などで、それぞれのグループがどのような研究に力を入れているのか、各人がどのような考えでおられるのかということなどをざっくばらんに伺うことができ、組織内部の相互理解の重要性を再認識させていただく重要な機会もいただきました。

分子研で研究を進めて行く際、装置開発室の方々には本当にお世話になりました。装置開発室メンバーの全員にそれぞれ重要な装置を作って頂き、研究の進展に大きな貢献をしていただきました。現在、分子研の装置開発室ほど近くにあり、フットワーク軽く、こだわりを持って研究を助けてもらえる組織は希少だと思いますし、『あの装置開発室があればなあ……』』というのを常日頃、実感しています。また、機器センターや装置開発室に、小型から大型の様々な実験装置があることを知ってからは大変お世話になりました。こ

のような共通施設の存在は何ものにも代え難いものであり、大変有り難いものでした。

今思い返して残念に思うことが2点あります。一つは、若手研究者間の交流の機会をもっと持ち、本音でサイエンスについて話し合えるような仲間になればよかったということです。南実験棟には新たなラウンジが完成したと聞いています。そのような場を活用して、若手での積極的な交流が促進できれば、若手発信の分子科学研究に関する新たな流れを生み出せるのではないかと期待しています。二つ目はUVSORを利用できなかった点です。せっかくの大型装置を利用して生体分子に関する新たな研究を展開できれば良かったのですが、間近にあるにもかかわらず利用できず、あらゆる点で私の力不足でした。以上の点に対しては、新たな場所で、誠実にサイエンスに向き合うことで、何らかの形でお返しをできるような努力をしたいと考えております。

最後になりましたが、古谷准教授を始め、生体分子情報学部門の宇理須名誉教授、秋山教授および所属メンバーの皆様、そして装置開発室の皆様には大変お世話になりました。心よりお礼申し上げます。



## Prof. Emad Flear Aziz

### ベルリン自由大学物理学科 教授

ベルリン自由大学（FUB）と学術協定を締結したところ、Aziz教授から、サバティカルを利用して分子研で研究したいが、可能かどうかの問い合わせがあり、分子研に申請してもらったところ、2014年の5月から半年間、客員教授としての滞在が認められました。

Aziz教授はベルリン・ヘルムホルツセンター HZB（BESSY II 放射光施設）の部門長を兼ねており、溶液化学への軟X線分光応用で活発に研究を行っています。ドイツ物理学会のKarl-Scheel Prizeを受賞しており、ERC Starting Grantも得ています。BESSY II施設において、2000年代後半から軟X線吸収分光の代用法として蛍光収量法を使って、精力的に生体関連金属錯体などの水溶液や有機溶媒の内殻励起スペクトルを測定し、可視紫外分光や赤外分光との比較も加えて、水素結合や疎水性相互作用などによる溶媒や溶質分子の局所構造を次々明らかにしてきました。

また、静的な局所構造ばかりではなく、内殻励起状態のダイナミクスの研究のために、二次光学過程の分光に興味を持ち、軟X線発光分光も開始しています。液体の軟X線発光を手がけるのは後発でしたが、Aziz教授は他の誰もがチャレンジしようとしなかった、真空中で窓なしでの液体の発光分光（通常、蛍光が透過する薄膜を使って液体を真空中から守る）を実現する液体ジェットでの軟X線発光分光を成功させて、軟X線発光の関係者を驚かせました。一方、FUBの研究室ではレーザーを用いた研究を展開しつつあります。マイクロ流路を用いた研究も立ち上げようとしており、分子研ではUVSOR施設の利用研究ばかりでなく、装置開発室の活用も楽しみにしています。

Aziz教授はエジプト人ですが、今はドイツ国籍です。日本食はなんでもOKで、神社仏閣や温泉も大好きです。昨年、結婚した若いご夫人のKathrin

さんはドイツ人で、同業者です。ただ、ドイツでは終身の教授職を得るまでは独立性が強く要請されますので、Kathrinさんは夫婦のメリットが生かさないことが悩みのようです。また、旧東ドイツ側と違って旧西ドイツ側では子供ができると女性は家で子育てに専念すべきという社会的プレッシャーがあることにも悩んでいました。Kathrinさんはときどき岡崎にやってくる予定と聞いています。

（小杉 信博 記）



## 所長選考について(運営会議報告)

自然科学研究機構では機構長や所長の任期は一期目が4年、二期目が2年です。平成25年度は分子研の現所長の4年目でしたので、二期目(あるいは新たに一期目)に向けて所長選考を行う必要がありました。本機構では、機構長がその都度、研究所別に機関長選考委員会を設置し、その依頼を受けて運営会議が所長候補者を機関長選考委員会に推薦することになっています(機関長選考委員会は法人化前の評議員会に相当するが、常設ではない点などが異なる。運営会議は法人化前の運営協議員会に相当)。さらに分子研の場合、運営会議は教授会議の意向を十分に取り入れることになっています。今回、このような基本プロセスを維持しながらも、従来と異なる点がありました。そのいくつかは今後も適用されるものと考えられますので、ここでまとめておきます。

以下は今回、従来と異なった点です。従来方式については分子研レターズ60号(2009)60ページの記事「法人化後の所長選考」をご覧ください。

(1) 所長候補者選考スタート時の手順が本来と逆になり、運営会議が先で教授会議が後になった。

(2) 運営会議から機関長選考委員会への所長候補者の推薦人数が「2名以上」ではなく「1名以上」となった。

(3) 機関長選考委員会で所長候補者に対してヒアリングが行われた。

(4) 機関長選考委員会席上で、運営会議議長と副議長の2名が分子研の現状、今後の課題、次期所長に対する期待、推薦に至った経緯等の説明を行った。

上記(1)は今回のみの特例です。教授会議の意向を十分に取り入れるためには、本来、選考のスタートは教授会議を先、運営会議を後にすべきで、定例の教授会議が遅い場合は、臨時教授会議を考えるべきところだったのですが、今回は時間的にそれも無理でした。そのため、教授会議の情報なくても運営会議で決められる部分を先に行っておき、教授会議の選考が済まないと確定しない部分は、教授会議の後に書面審議の運営会議で確定させるようにしました。

上記(2)の変更は機関長選考委員会側の判断です。これまでは、二期目に関わる所長選考であっても一期目と全く同じ選考手順を踏むことを前提に、機関長選考委員会からは「2名以上」の所長候補者の推薦依頼が来ていました。そのため、運営会議での選考手順も教授会議での選考手順も2名推薦する前提で詳細が決まっています。今回の機関長選考委員会委員長の説明によると、機関長選考委員会において現所長から分子研の現状、今後の課題等を聴取した結果、「1名以上」にしたとのことでした。自然機構の他の研究所の機関長選考委員会でも二期目については一期目と異なる考えをとることが多いようです。とは言え、機関長選考委員会からは「長期的展望に立って分子科学研究をリードできる人材の中から幅広く(候補者を)求め」た上で「1名以上」を推薦との依頼が来ておりましたので、運営会議で議論の上、「1名以上」であっても「幅広く求め」るために従来通りの2名推薦を前提とした選考手順に従うことにしました(教授会議でも同様)。ただし、「1名以上」に対応すべく、2名の候補者を最終確定したあと、そのまま機関長選考委員会に推薦するのではなく、1名だけにするか2名にするかを教授会議、運営会議での得票数を考慮して運営会議として決定することにしました。

上記(3)の変更も機関長選考委員会側の判断です。すでに自然機構の他の研究所では運営会議側が推薦した候補者に対してヒアリングが行われており、分子研だけヒアリングなしを前提にはできないことが前回4年前の機関長選考委員会から運営会議側に申し送られていました。そのため、運営会議では2年ほど掛けて次回から候補者に対してヒアリングが行われるとしたら何に注意すべきかについて議論を続けてきました。その結果、機関長選考委員会と運営会議の間で、

①候補者を絞り込む際に重視する点などの意見のすり合わせの必要性、

②候補者に関する情報共有の必要性(候補者自身の抱負など)、

③運営会議での選考理由や選考経緯を正確に伝えることの必要性、

が指摘されました。そこで、①のために、運営会議や教授会議での選考手順のスケジュール見直しを行い、すり合わせのための時間的余裕を作るようにしました。また、③のために、上記(4)を運営会議側から機関長選考委員会に申し入れました。運営会議に置かれた所長候補者選考委員会の委員長は、通常、運営会議議長ではなく、副議長(所外委員が務める)が行うことになっているからです。

以上の変更を踏まえて、平成25年9月3日に運営会議として現所長の1名を機関長選考委員会に推薦することを決定しました。その後、10月7日の機関長選考委員会で審議され、その結果を踏まえて、最終的に11月22日に大峯所長の続投(平成26年4月~平成28年3月)が内定しました。

(小杉 信博 記)



NEW STAFF

## 新人自己紹介

## 村木 則文

むらき・のりふみ

生命・錯体分子科学研究領域  
生体分子機能研究部門 特任助教

東京大学大学院で学位取得後、大阪大学蛋白質研究所にて日本学術振興会特別研究員を経て、2013年6月付で着任いたしました。これまで金属タンパク質のX線結晶構造解析に携わってきました。分子研においてもタンパク質の結晶構造解析を進めるとともに、得られた構造を分子科学の視点で解釈していきたいと思っております。

よろしくお願いいたします。

## 上村 洋平

うえむら・ようへい

物質分子科学研究領域  
電子構造研究部門 助教

2010年3月に博士号を取得し、高エネルギー加速器研究機構と北海道大学での博士研究員を経て、2013年7月より分子研に着任させて頂きました。これまで、固体触媒のin situ XAFS実験などを行なっていました。分子研では、これまでの研究とは違う研究の展開が出来るように、努めたいと思っております。よろしくお願いいたします。

## 小林 玄器

こばやし・げんき

協奏分子システム研究センター  
階層分子システム解析部門  
特任准教授（若手独立フェロー）

東京工業大学で学位取得後、同大学産学官連携研究員、神奈川大学特別助手を経て2013年9月1日付けで若手独立フェローとして着任いたしました。複合アニオン化合物を基軸に新奇物性を示す無機材料の開発に挑戦いたします。どうぞよろしくお願いいたします。

## 杵 鞭 春 樹

きねむち・はるき

岡崎統合バイオサイエンスセンター  
生命動秩序形成研究領域 IMSフェロー

山形大学で学位取得後、2013年10月より岡崎統合バイオサイエンスセンター藤井グループの研究員（IMSフェロー）として着任いたしました。前研究室では金属捕集能を有するポリマーの合成に従事してきました。今後は金属酵素による酸素分子活性化機構の研究に取り組んでいきます。

今後ともよろしくお願いいたします。

## PAN, Shiguang

生命・錯体分子科学研究領域  
錯体触媒研究部門 研究員

I obtained my Ph.D in chemistry from Waseda University, Japan in 2013 under supervision of Professor Takanori Shibata. Then I joined Professor Yasuhiro Uozumi group as a post-doctoral researcher. My current research interests are in the areas of development of heterogeneous catalysts for environmentally benign organic transformation.

## 大 国 泰 子

おおくに・やすこ

協奏分子システム研究センター  
機能分子システム創成研究部門 技術支援員

2013年10月より錯体物性研究部門、村橋教授の元で技術支援員としてお世話になっております。

わからないことばかりですが、豊かな環境で室の方々に温かくご指導頂き、毎日笑顔で勤務させて頂いています。

日々新しい研究に携わる皆さんに少しでもお力添えできるよう努めて参りますので、今後ともよろしくお願いいたします。

## CHEN, Xiong

物質分子科学研究領域  
分子機能研究部門 研究員



平成25年10月より、総合研究大学院大学物理科学研究科構造分子科学専攻で博士後期課程を修了後、江グループで短時間契約博士研究員として、お世話になっております。これまで二次元多孔共有結合性有機骨格と高分子の合成及び機能開拓の研究を行ってきました。

どうぞよろしくお願いたします。

## 天野ひとみ

あまの・ひとみ

物質分子科学研究領域  
電子構造研究部門 事務支援員



平成25年10月16日から横山利彦先生のもとで事務支援員としてお世話になっております。

私にとって新しい分野でのお仕事ですが、グループの皆様温かく支援して頂き、感謝な気持ちで日々取り組んでおります。微力ながらも皆様のお役に立てるよう努力していきたいと思ひます。

よろしくお願ひ致します。

## 横田光代

よこた・みつよ

物質分子科学研究領域  
電子構造研究部門 事務支援員



2013年10月より電子構造部門の事務支援員としてお世話になっております。前職では私立大学の教学運営事務を行ってました。今まで予算の管理面に深く関わったことがないため、こちらでは各部門の皆様にご教示を賜りながら習得に努めております。所内は緑が豊かで、四季折々の変化が身近に感じられることを嬉しく思っています。

至らぬ点も多いと思ひますが、どうぞよろしくお願ひいたします。

## 安部健一

あべ・けんいち

物質分子科学研究領域  
分子機能研究部門 研究員



神戸大学大学院で博士前期課程を修了し、同大学院技術補佐員を経て、2013年10月より平本グループで派遣研究員としてお世話になっております。ここでは有機太陽電池の研究に取り組んでいます。以前は有機金属錯体の物性を研究していたのですが、現在の畑は化学から打って変わって物理学が主体です。当初は全く異なる世界に戸惑いましたが、少しずつ慣れてきました。

どうぞよろしくお願ひ致します。

## 神谷美穂

かみや・みほ

研究力強化戦略室  
室員



2013年11月より、研究力強化戦略室に勤務しております。

以前8年程、秘書（事務支援員）として勤務してましたので、久しぶりの研究所での仕事に、懐かしさと新鮮な気持ち半々です。今回の仕事は、未知の部分も多く手探り状態ですが、皆様にご協力いただきながら、楽しく取り組んでいきたいと思ひております。

どうぞよろしくお願ひいたします。

## 田内久美

たうち・くみ

研究力強化戦略室  
室員



2013年11月より、研究力強化戦略室に勤務しております。所内の先生方、職員の方に何かとお世話になると思ひますが、研究者の方々が研究に専念できる環境作りを目標に努めてまいりますので、どうぞご指導ご鞭撻のほどよろしくお願ひいたします。



NEW STAFF

## 新人自己紹介

### 霜出郁子

しもで・いくこ

研究力強化戦略室  
室員



昨年11月より、研究力強化戦略室の一員としてお世話になっております。岡崎に来てから約5年、新しい環境と初めての育児に追われながらの毎日でした。研究所での勤務ということもあり緊張と不安は沢山ありますが、子供達に囲まれての騒がしい毎日とは一転、皆様の穏やかな雰囲気と自然豊かな機構内に癒されながら毎日過ごさせて頂いています。

まだまだ戦力不足ですが、早く広報室の力になり研究者の方々のお役に立てればと思っています。今後ともよろしく願いいたします。

共同利用研究ハイライト

固体における電子格子相互作用の直接観察

田中 慎一郎 大阪大学産業科学研究所 准教授

1. はじめに

電子格子相互作用とは、物質中で運動する電子が格子の集団振動（フォノン）によって散乱される現象である。この現象は、電気伝導、熱伝導、間接半導体のバンドギャップといった主要な性質の支配要因であるだけではなく、超伝導、ポーラロン形成、電荷密度波（CDW）転移など、多くの興味ある現象の原因ともなっており、その重要性は言うまでもない。しかし、これまでの分光学的な実験手法では、電子とフォノンのエネルギーや運動量を分解して観測することが難しかった。そこで我々は、電子格子相互作用の素過程を、エネルギーおよび運動量まで分解して観測することを目的として、分子研 UVSOR・BL7U においてグラファイトの角度分解光電子分光を測定したところ、世界で初めて観測に成功した<sup>[1]</sup>

ので、以下にその成果を紹介する。

2. アイデアと実験装置

アイデアとしてはごく単純である。価電子帯の電子がフォノンによって散乱された電子を角度分解光電子分光によって観察するだけのことである。しかし、言うは易いがこれまで同様の研究はなかった。今回成功したキーポイントは二つある。一つは、グラファイトという物質の性質である。この物質の構造は擬二次元的であり、フェルミレベルがK（H）点にあって、これは2次元的にはフェルミ「点」となる。つまり、フェルミレベル直下の電子の散乱を観測するとき、散乱前の電子の運動量は一意に定まることになる。もう一つは、BL7Uが高輝度高分解能・低エネルギー光のビームラインであることである。フォノンのエネルギーを分解

するためには10 meV以下のエネルギー分解能が必要であり、フォノン散乱という2次過程を十分な強度で測定するためには、真空準位よりもわずかに上にある固体の非占有状態が光励起の終状態と一致するときにおこる共鳴的な遷移を利用することが不可欠となる。

3. 結果と解釈

図1(a)は、グラファイト表面に垂直方向の光電子スペクトルの光エネルギー依存性を示している。光エネルギーによってスペクトルが大きく変化していることが分かる。図1(b)は、典型的な結果を金薄膜と比較したものである。特定の光エネルギーで、ステップ構造が明確に観察されている。電子の結合エネルギーで微分して、ステップをピークに変換したものが図1(c)である。金薄膜ではフェルミエッジ（結合エネルギー

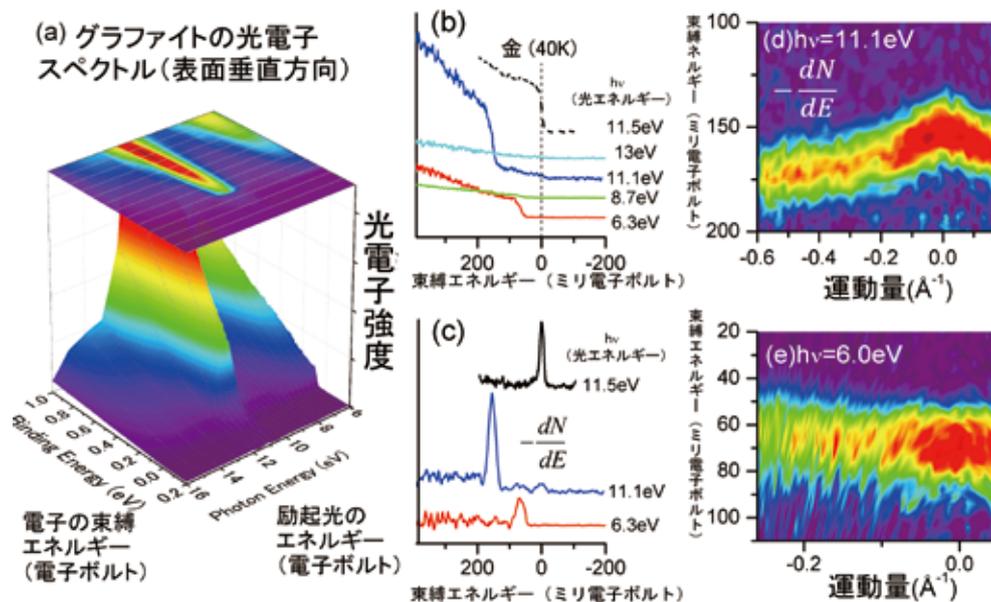


図1 グラファイトの角度分解光電子分光

ギーゼロ)にあるピークが、グラファイトでは154meV(励起光11.1 eV)と67meV(励起光6.3 eV)にある。これはフェルミレベルにある電子がフォノンによって散乱される際に、フォノンの分だけエネルギーを失ったことによる。さらに、電子の放出角から求めた運動量によって微分スペクトルを2次元的に図示すると、図1(d,e)となる。明らかに電子の運動量による分散が観察されている。これは、図2(a)で示したように、フェルミ「点」の電子がフォノンによって散乱されるとき、運動量保存則が成り立つからである。図2(b)では、実験結果から求めた分散(点)を、理論計算によって求めたグラファイトのフォノンの分散と比較している。両者はよく一致しており、紛れもなく電子格子相互作用の素過程を観察できていることが分かる。光エネルギーによって観測されるフォノンが異なることから、光励起の終状態・中間状態を規定することにより、関与するフォノンが異なることが分かる。これは、ここで観察しているものが自由(光)電子の散乱で

はなく、グラファイトのバンド間の散乱であることの明確な証拠である。

#### 4. 今後の展開と分子研への期待

本実験を行った後、観察されるフォノンモードの励起光偏光依存性や、電子フォノン散乱強度のフォノン運動量依存性などについての実験を行い、興味深い結果を得ている。さらにグラフェン薄膜やグラファイト層間化合物などの関連物質についての研究を進め、カーボン系物質における電子格子相互作用素過程に関する統一的理解を目指したい。

本研究の成功は、UVSORのスタッフの方々と分子研における施設利用研究というシステムのおかげであり、大変感謝している。ただし、関係者に理解していただきたいのは、施設スタッフの数は国内外の他の放射光施設に比べて少なく、スタッフの不断努力によってやっと現在の水準が保たれていることである。低エミッタンスと優れた分光器による高分解能など、ベースとなる性能は大変高いことに疑いはない。しかし、固体表面研究への対応、ARPESにおけるバン

ドマッピングの自動化、分光器と電子分光器の同期など未対応の部分も多く、分子科学としての観点からトータルに実験装置を見た場合には、国内外の他の施設と比較して優位性はあまりないのが現状である。今後の世界的な競争力を高めるためにも、施設スタッフが現状の維持に追われるのではなく、じっくりと実験装置の構築・改良に取り組める環境を望みたい。



たなか・しんいちろう  
大阪大学産業科学研究所准教授。1990年京都大学理学部化学科で博士号取得後、分子科学研究所UVSOR助手、名古屋大学大学院理学研究科物質理学(物理)助教授を経て現職。専門は表面科学、光物性。固体や固体表面のダイナミックな挙動に興味があります。今年念願の折り畳み自転車(Ori-bike)を買って、柏・つくば・徳島・広島など日本各所への出張に電車に乗せて持って行き、ポタリングを楽しんでいます。週末は料理人です。

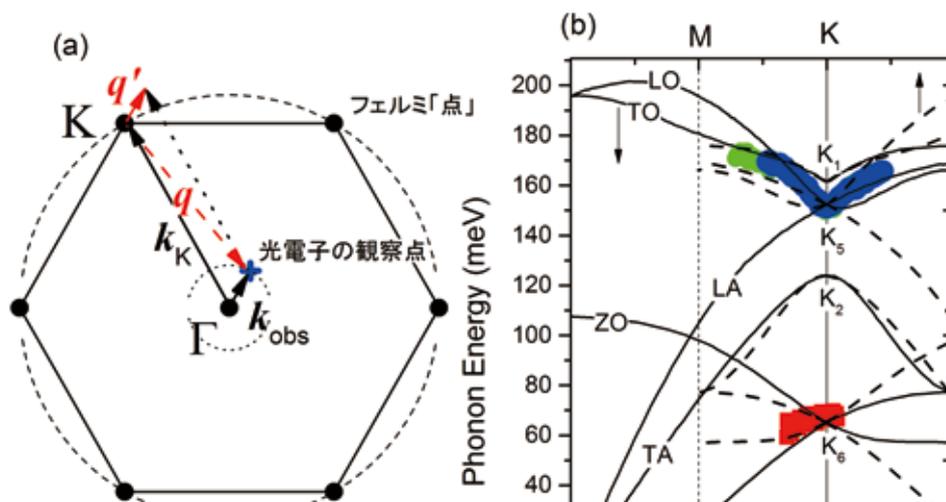


図2 グラファイトにおける電子フォノン散乱の概念図とフォノンの分散

#### 参考文献

- [1] Tanaka, S., Matsunami, M. & Kimura, S. An investigation of electron-phonon coupling via phonon dispersion measurements in graphite using angle-resolved photoelectron spectroscopy. *Sci. Rep.* 3, 3031; DOI: 10.1038/srep03031(2013).

## 全セラミクス型 Yb:YAG/YAG 複合マイクロチップレーザーからの高次のエルミート・ガウシアンビームおよび光渦アレイの発生

杉田 篤史 静岡大学工学部 准教授

最近、光渦レーザーが大きな注目を集めており、この先進的な光源技術の光ピンセットや光加工等への応用が活発に検討されている。このレポートでは、著者が先端レーザー開発部門の平等拓範先生との共同研究において携わったマイクロチップレーザーからの高次のエルミートガウシアンビームおよび光渦アレイ発生技術に関する研究成果について報告する。

そもそも、著者が平等先生により開発が進められてきた全セラミクス型 Yb:YAG/YAG 複合マイクロチップレーザーの存在を知ったのは、2007年にさかのぼる<sup>[1]</sup>。著者は同先端レーザー開発部門の藤貴夫先生のご協力もあり、2005年から1年間マックスプランク量子光学研究所にて研究する機会を得て、よく似た方式の薄膜ディスクレーザーと呼ばれる高出力レーザーの開発に関する研究に取り組んだ<sup>[2,3]</sup>。日本に帰国し、この時に学んだ技術を生かせないかと思っていた矢先に、独自の方式

のユニークなマイクロチップレーザーを開発していた平等先生にお目にかかる機会を得た。分子科学研究所が著者の所属する静岡大学からそれほど遠くないこともあり、何でもよいから平等先生の進めるプロジェクトに関わらせてほしいと懇願して、共同利用研究プロジェクトに参加させていただいた次第である。

平等グループが開発を進めてきた全セラミクス Yb:YAG/YAG 複合マイクロチップレーザーは、連続発振動作時に 100W 級にも及ぶ高出力を実現しており、フェムト秒、ピコ秒でのモードロック発振や再生増幅器としての応用展開を次のターゲットとして狙いを定めていた。既存のシステムでは、利得媒質であるマイクロチップを横側 4 方向よりレーザーダイオードを用いて励起していた。フェムト秒、ピコ秒での発振ではガウス型もしくはトップハット型の円形状の励起パターンにて動作させることが望ましいが、既存のシス

テムでは四回対称性の残る励起パターンとなり、それが困難であった。そこで、図 1 に示すような 9 方向からのレーザーダイオードによる励起方式を採用し、この問題の解決を狙った。

高次のエルミートガウシアンビームおよび光渦アレイの発生は、この新しいマイクロチップレーザーモジュールの開発途上に見出したものである。図 2 に、開発した共振器より発生した高次のエルミートガウシアンビームの一例を示す。共振器はマイクロチップを挟んで V 字状に 2 枚の終端鏡より構成される。終端鏡とマイクロチップの距離を調整すると、共振器モードの大きさを調整することが可能であり、それに応じて異なる次数のエルミートガウシアンビームの発生が可能となる。これによって W 級の高出力でのエルミートガウシアンビームの発生を確認した。

図 3 に観測された光渦アレイの例を示す。中心部分に強度のゼロとなる光渦が正方格子状に配列したビームパ

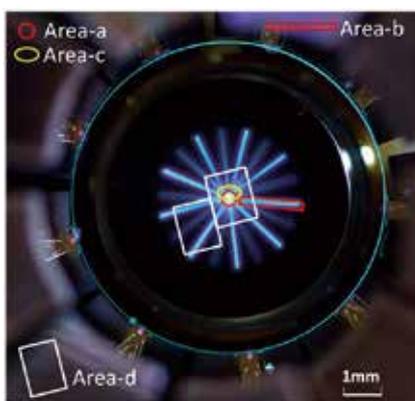


図 1 改良されたマイクロチップレーザー。青線はレーザーダイオードからの励起パターンに対応する。

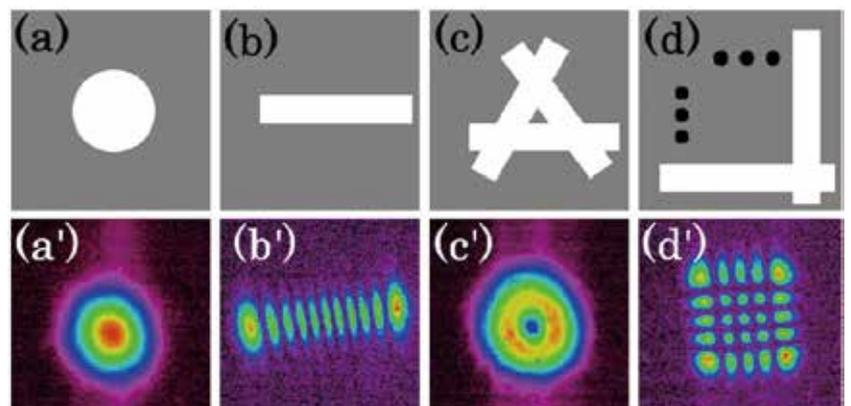


図 2 発振の確認された様々なビームパターン。(a)ラゲルガウシアンLG<sub>00</sub>モード、(b)エルミートガウシアンHG<sub>0,10</sub>、(c)ドーナツ型(ラゲルガウシアンLG<sub>01</sub>モード、(d)エルミートガウシアンHG<sub>44</sub>モード。

ターンが確認された。光渦とは、理論的に高次のエルミートガウシアンモードのビームが一定の位相関係を保って重なり合った状態で発振したものであると解釈される。図3(a)は、HG<sub>1,3</sub>モードとHG<sub>3,1</sub>モードとの重ね合わせ、図3(c)は、HG<sub>1,1</sub>モードおよびHG<sub>2,2</sub>モードの重ね合わせであると考えられる。実際、理論解析を行ったところ、図2(b)および図2(d)のようにこのモードを再現した。

更に、光渦がエルミートガウシアンビーム対によって実現している点は、次の実験により確認できた。前述の通り、今回開発したマイクロチップモジュールは、9個のレーザーダイオードによって励起している。このうち、5個のレーザーダイオードの励起を停止し、4個のレーザーダイオードによってのみ励起すると、HG<sub>1,2</sub>モードでの発振を観測した。反対に、これまで励起に用

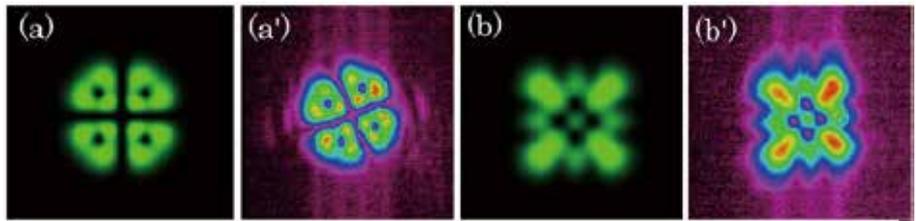


図3 観測された様々な光渦対(a)および(b)。(a')および(b')はHG<sub>13</sub>+iHG<sub>31</sub>モード、およびHG<sub>11</sub>+iHG<sub>22</sub>モードのシミュレーション。

いていた4個のレーザーダイオードからの励起を停止し、これまで停止していた5個のレーザーダイオードによって励起すると、HG<sub>2,1</sub>モードでの発振が観測された。9個すべてのレーザーダイオードによりモジュールを励起すると、再度光渦アレイが観測された。

なお、ここでの報告内容は平等研究室で博士号を取得したWeipeng Kong氏が中心となって進めたものであり、詳しくは参考文献<sup>[4]</sup>をご参照下さい。

これまでの光化学の歴史を振り返ると、その進歩は光源開発の歴史とともに歩んできたように思う。平等研究室

は、レーザー媒質から共振器の開発まで一手に手掛けており、日本では稀有な存在であるとともに、世界的にも大きな評価を得ている。今後も平等研究室が新しい光源技術を開発し、それを武器として分子科学研究所の諸先生方が光化学の分野におけるマイルストーンを打ち立てることを期待している。



すぎた・あつし

1970年静岡県生まれ。1999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。2007年より静岡大学工学部准教授。専門は光物性物理学、フェムト秒分光。最近是非線形光学ポリマーとそのナノフォトニクスへの応用展開について研究を進めている。

参考文献

- [1] M. Tsunekane, and T. Taira, *Opt. Lett.* **31**, 2003 (2006)
- [2] V. Pervak, C. Teisset, A. Sugita, S. Naumov, F. Krausz, A. Apolonski, *Opt. Exp.* **16**, 10220 (2008).
- [3] H. Fattahi, C. Y. Teisset, O. Pronin, A. Sugita, R. Graf, V. Pervak, X. Gu, T. Metzger, Z. Major, F. Krausz, and A. Apolonski, *Opt. Exp.* **20**, 9833 (2012).
- [4] W. Kong, A. Sugita, and T. Taira, *Opt. Lett.* **37**, 2661 (2012).

共同利用研究ハイライト

ディラック電子系分子性導体への静電キャリア注入を目的とした電界効果トランジスタの作製および物性評価

田嶋 尚也 東邦大学理学部 准教授

長年、多くの研究者が、運動量空間で伝導帯と価電子帯との間のエネルギーギャップがゼロ、つまり点で接しているゼロギャップ電気伝導体を探し求めてきた。例えば、Cd<sub>1-x</sub>Hg<sub>x</sub>Teという無機物質では、CdとHgの比率を変えてエネルギーギャップを制御することによって、エネルギーギャップが約6

meVまで狭められた。しかし、完全なゼロギャップ電気伝導体は見つかっていなかった。

こうまでして多くの研究者がゼロギャップ電子系を探索する理由は、固体中で電子がとり得るエネルギー状態(バンド構造)が、接点付近では特殊だからである。バンド構造の特殊性によって、

電子があたかも質量ゼロの素粒子ニュートリノ、あるいは光のように固体の中で振る舞い、電気伝導の主役を演じ、通常の金属や半導体では見られない電気伝導特性や新奇の量子効果を示すとされるためである。応用面でも、高速駆動の電子デバイス展開が期待される。

2005年、ついにガイム等(マンチェ

スター大学)が層状構造をしているグラファイトを1層だけにしたグラフェンで完全なゼロギャップ電気伝導体を実現し、大変話題になった。発見から異例の速さでガйм等は2010年にノーベル物理学賞を受賞したのである。

一方、著者らはグラフェンの発見とほぼ同時期に、高圧下にある分子性導体 $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ が世界唯一のバルクな(多層状)ゼロギャップ伝導体であることを発見した。エネルギー構造の特殊性により、質量ゼロの電子が実現し、その後方散乱が抑制されることを実験的に実証してきたのである。さらに、電子デバイスに最も重要な物理量であるキャリア易動度は、低温で約 $10^6$  cm $^2$ /V.sと非常に高い。従って、この物質をベースにエネルギーが散逸されない高速駆動の電子デバイス実現が期待され、低コストで環境に優しいなど、次世代に期待される優れた機能をもつ電子デバイス開発への重要な鍵となる。

しかし、デバイス化するには、電子や正孔を注入したときに電気的性質が大きく変化することが求められるが、この物質へのキャリア注入方法はまだ

確立していないのが現状であった。

本研究では須田理行助教、山本浩史教授と、分子性ゼロギャップ伝導体 $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ のFET駆動を目指し、以下に述べる簡単な手法でキャリア注入を試みた。この物質は低温で、1層あたりのキャリア濃度は $10^8$ cm $^{-2}$ と非常に低く、その値はヘリウム液面上の電子濃度に匹敵する。従って、わずかに負に帯電した基板に試料を固定しただけで、試料への正孔注入(接触帯電法)が期待できる(図1)。

実際に実験を行ったところ、ディラック電子系に特徴的な量子輸送現象を観測することに成功した。

通常、磁場をかけると固体中の電子のエネルギーはとびとびの値しかとれなくなる。これをランダウ準位と呼ぶ。ディラック電子系では、通常の導体とは異なるランダウ準位構造[図2(右図)]

をとることが知られている。ゼロモードと呼ばれる特別なランダウ準位がディラック点の位置に常に現れることも特徴である。本研究の最も重要な成果は、図3に示すようにゼロギャップ電子系特有のランダウ準位構造に起因した量子磁気抵抗振動(シュブニコフ・ハース振動:SdH振動)と量子ホール効果(QHE)を、分子性ゼロギャップ電子系で初めて観測したことである。ゼロギャップ電子系では、キャリアを注入しなければフェルミエネルギーは常にディラック点に位置しているので、SdH振動やQHEを観測することはできない。従って、この観測はキャリア注入が成功したことを意味する。

キャリア注入効果(キャリア濃度分布)はSdH振動解析から評価できる。フーリエ解析から2種類の振動成分があることが判明した。SdH振動の位相

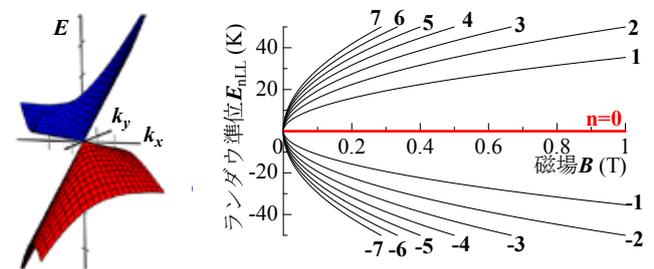


図2 高圧下における $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ のゼロギャップ構造(左)とランダウ準位(右)。

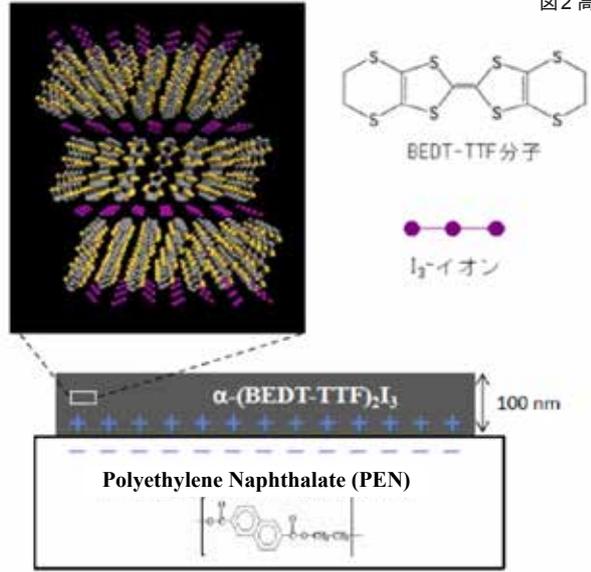


図1 有機導体 $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の結晶構造とプラスチックPENデバイス。

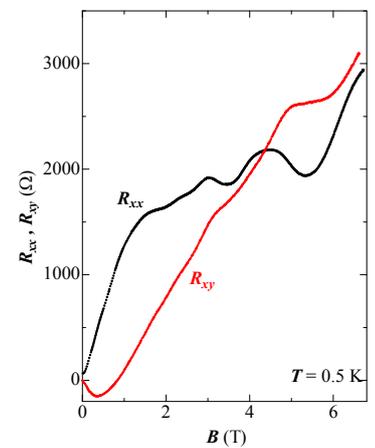


図3 0.5 Kにおける電気抵抗 $R_{xx}$ とホール抵抗 $R_{xy}$ の磁場依存性。 $R_{xx}$ に見られる振動はSdH振動である。 $R_{xx}$ が極小になるところで $R_{xy}$ のプラトー(3.5 Tと5.5 T近傍)が見られるが、これがQHEの特徴である。

からSdH振動起源のキャリアが通常の電子か質量ゼロの電子かを知ることが出来るのである。その結果、2つの振動の起源は両方とも質量ゼロの電子であり、これは接触帯電法によるキャリア注入が成功したことを強く示唆する結果である。このデバイスのキャリア濃度分布を解析することによって、図4のように界面から2層目まで正孔が注

入されたと推察された。

一方、磁気抵抗振動が極小を示すところで、ホール抵抗がプラトーを示すのがQHEの特徴である。詳細な解析から、ゼロギャップ電子系に特徴的な量子ステップを持つことは明らかである。QHEはキャリア易動度が非常に高くないと観測できない。従って、今回の結果から、このデバイスは非常に良質で

あるとことがわかる。

分子性物質は構成分子が常温で自己組織的に集合して合成されるため、高温で作られるグラフェンよりもより低エネルギーかつマイルドな条件でデバイスを作ることが出来る。今後、分子性ゼロギャップ伝導体を用いた散逸のない、環境に優しいFETデバイスへの展開を目指したい。

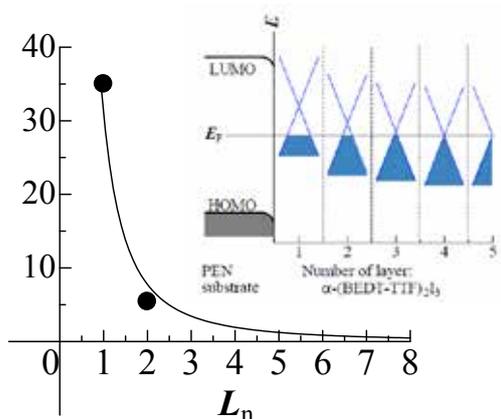


図4 PENデバイスのキャリア濃度分布とエネルギーダイアグラムの略図(挿入図)。

図1に示したBEDT-TTF分子層とI<sub>3</sub>-アニオン層のペアを1組の層として、キャリア濃度はPEN基板からの層数に対してプロットしてある。エネルギーダイアグラムは、キャリア濃度分布を基にそれぞれの層に関するエネルギースペクトル(ディラックコーン)が描かれてある。



たじま・なおや

1999年 東邦大学大学院理学研究科博士後期課程修了  
1999年 学習院大学理学部 助手  
2001年 理化学研究所 基礎科学特別研究員  
2003年 理化学研究所 研究員  
2008年 理化学研究所 専任研究員  
2011年 東邦大学理学部 准教授  
専門：固体物性

## 共同利用研究ハイライト

# 超高速固体NMRマイクロプローブと920MHz 超高磁場NMRを組合わせた生体高分子の構造解析

朝倉 哲郎 東京農工大学大学院工学研究院 教授

### 1. はじめに

固体NMRは、単結晶とならない繊維・生体高分子材料の構造解析に極めて有力であるが、これまで解析に用いられてきた核種は、<sup>13</sup>C核が圧倒的に多かった。<sup>[1]</sup> 一方、<sup>1</sup>H核は、化合物の骨格の外側に位置するため、分子間構造に敏感であり、<sup>1</sup>H固体NMRは分子間構造の解明に有力であると言える。しかしながら、これまで、<sup>1</sup>H固体NMRは<sup>1</sup>H核間の双極子相互作用による広幅化の

ため、その目的には十分に用いられていない。

本研究ハイライトでは、超高速固体NMRマイクロプローブと分子研の920MHz超高磁場NMR装置を組合わせて達成した<sup>1</sup>H固体NMRスペクトルの高分解能化、構造既知のアラニン3量体を用いて行った<sup>1</sup>H固体NMR構造解析法の妥当性の検証、ならびに、家蚕絹フィブロインの繊維化前構造であるSilk I構造の<sup>1</sup>H座標の決定と分子間構造の決

定について報告する。

特に、本研究テーマは、つくばの強磁場ステーション(物質・材料研究機構)において、科学研究費基盤研究Aで超高磁場NMR装置を用いて測定を開始する直前、2011年3月11日の大地震で装置がクエンチしてしまい、急遽、横山先生、西村先生にお願いして、分子研の装置をお借りして研究を進めてきた経緯がある。迅速な対応をいただき、多大な便宜を図っていただいた先生方、

ならびに分子研に、本稿を執筆するにあたり、はじめに厚く御礼申し上げたい。

## 2. 超高速固体NMRマイクロプローブの開発

超高速固体NMRマイクロプローブの開発は、当研究室の山内助教を研究代表者として、(独) 科学技術振興機構 (JST) 先端計測分析技術・機器開発事業 (H16-19年度)、に採用され、我々のグループで開始した。その結果、微小口径のコイルを用いて優れた超微量用固体NMRプローブの開発に成功した。そこで、引き続き、JSTのもとで再委託、極細試料管固体NMRプローブの製品化プロジェクト (H20-22年度) として、今度は日本電子(株)の樋口博士が研究代表者となり、我々のグループとともに、日本電子(株)から製品化を目指すこととなった。最終的に、80KHzの世界最速で回転する超高速固体NMRマイクロプローブの作製に成功し、現在、日本電子(株)から市販され、ユーザーの高い評価を受け、日本電子(株)の近年の開発品の目玉の一つになっている。さらに、 $^1\text{H}$ 固体NMRの分解能は、超高速磁場NMR装置と組み合わせることによって、大幅な増加が期待される。

## 3. 構造既知のアラニン3量体を用いて行った $^1\text{H}$ 固体NMR構造解析法の検証

X線構造解析によって構造既知の逆平行 $\beta$ シート構造ならびに平行 $\beta$ シート構造を持つアラニン3量体を対象とし、 $^1\text{H}$ 固体NMRスペクトルを測定した (図1)。70KHzでの回転によって、分解能が向上し、その構造解析を行うことができるレベルに達することがわかる。 $^1\text{H}$ 固体NMRピークの帰属を行うために、さらに、Double Quantum MAS(DQ/MAS)法による測定を行った。一例として、逆平行 $\beta$ シート構造の場合を図2に示したが、 $^1\text{H}$  DQ/MASス

ペクトル上をたどることによって、すべてのピークを帰属することができた。また、CaH領域には、分子間の水素原子同士 ( $2\text{CaH}-2\text{CaH}^*(4)$ ,  $1\text{CaH}-3\text{CaH}^*(3)$ )が近接する様子が観察された。

さらに、X線構造解析によって報告された原子座標に基づいて、CASTEP法を用いて $^1\text{H}$ 化学シフトを計算した (京都大学の梶先生との共同研究)。図3に示したように、 $^1\text{H}$ 固体NMR化学シフトの計算値 (N-opt) と実測値 (expt) との一致は極めて悪い。そこで、炭素、窒素、酸素の原子座標をX線データに固定、水素原子座標を可変とし、系のエネルギーを最小化した後、再度、 $^1\text{H}$ 固体NMR化学シフトを計算した。その

結果、計算値 ( $^1\text{H-opt}$ ) と実測値の間の一致は、著しく改善された。すなわち、X線構造解析による炭素、窒素、酸素の原子座標は正確であるが、 $^1\text{H}$ 原子座標は不正確であること、一方、 $^1\text{H}$ 固体NMRの化学シフトデータは、CASTEP計算を経て、その $^1\text{H}$ 原子座標を正確に決定できることを示している。[2]

## 4. 家蚕絹の繊維化前構造 (Silk I) の決定

カイコは、体内に蓄えられた絹水溶液から、同じ径の鋼鉄線の強度に匹敵する強くてタフな絹糸を生産する。現在、我々は、水溶液から、常温・常圧で、このように高強度でタフな糸を製作することはできない。従って、今

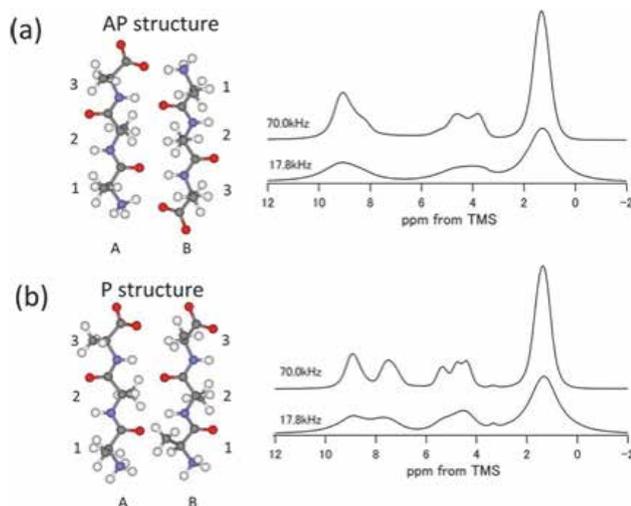


図1 (a)逆平行ならびに(b)平行 $\beta$ -シート構造を持つアラニン3量体の超高速磁場下での超高速MASによる $^1\text{H}$ 固体NMR MASスペクトルの分解能向上の様子。

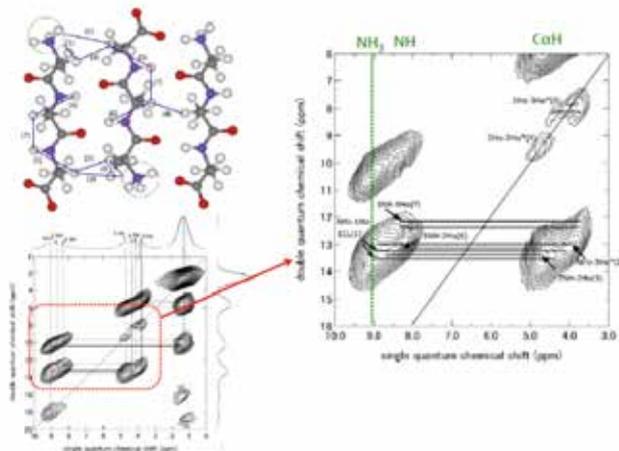


図2 超高速MAS下でのDQ-MAS法による逆平行 $\beta$ -シート構造を持つアラニン3量体の $^1\text{H}$ 固体NMRピークの帰属。

後、環境を意識した新しい高分子・繊維材料の開発において、絹繊維の構造や巧みな繊維化の機構を徹底的に解明することによって、重要なヒントが得られる。また、優れた力学特性に加えて、生体適合性を有するため、絹は縫合糸として長い間用いられてきた経緯があり、この点に注目した絹小口径人工血管等、再生医療材料としての開発も急速に進んでいる。

家蚕絹フィブロインの繊維化前後の固体構造は、各々、Silk IおよびSilk IIと区別される。Silk I構造は、高強度でタフな絹糸を作製する際にキーとなる構造であるが、主に固体NMRを用いた構造解析によって、骨格構造はType II型繰り返しβターン構造であることが明らかとなっている。<sup>[1]</sup>

まず、図4に示したように、家蚕絹結晶部のモデル化合物(Ala-Gly)<sub>15</sub> (上)、

ならびに家蚕絹結晶部(下)について、Silk I型構造の<sup>1</sup>H DQ/MAS法による測定を行った。そのスペクトルは、極めてよく一致していることがわかる。その結果、<sup>1</sup>H固体化学シフトの実測値を得た。これまで我々は、各種の固体NMR法を駆使してSilk I型構造の炭素、酸素、窒素の原子座標を決定してきたが、水素原子の座標は決定することができなかった。そこで、炭素、酸素、窒素の原子座標は変えずに、CASTEP計算によって<sup>1</sup>Hの原子座標を最適化して、<sup>1</sup>H化学シフトを計算し、実測結果との比較を行った。<sup>[3]</sup> <sup>1</sup>H化学シフトについて、実測結果と計算結果の間の極めて良好な一致を得るとともに、<sup>13</sup>Cおよび<sup>15</sup>N化学シフトも同様に、極めて良好な一致を得ることができた。従って、我々が報告してきた炭素、酸素、窒素の原子座標に加え、今回、新たに、水素原子の座標まで含めてSilk I

型構造の決定を行うことができた。<sup>[3]</sup> また、Silk I型構造の分子間構造も精度よく決定することができた。

**【謝辞】** 本研究は一部、科学研究費基盤研究A(23245045)、挑戦的萌芽研究(25620169)、ならびに農林水産省「アグリ・ヘルス実用化研究促進プロジェクト」(平成22-26年度)、により実施された。



あさくら・てつお  
昭和52年東京工業大学博士課程修了(工学博士)。日本大学松戸歯学部助手、東京農工大学助教授、フロリダ州立大化学科招聘教授を経て東京農工大学教授、現在に至る。現在、農水省アグリヘルス実用化促進プロジェクトで、絹糸タンパク質を用いた小口径人工血管の開発を推進中。日本核磁気共鳴学会会長。

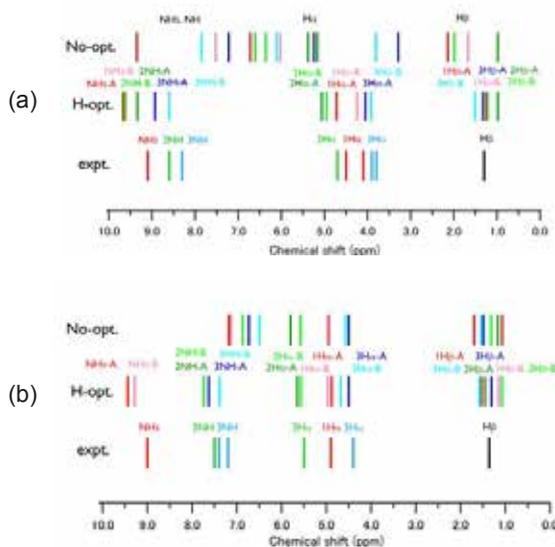


図3 (a)逆平行ならびに(b)平行β-シート構造を持つアラニン3量体の<sup>1</sup>H固体NMR MAS化学シフトの計算結果(N-opt: X線解析により報告された座標を用いた、H-opt: <sup>1</sup>H座標以外の炭素、酸素、窒素の原子座標を固定し、系のエネルギーを最小化後、再度、<sup>1</sup>H固体NMR化学シフトを計算した結果)、と実測結果(expt)。

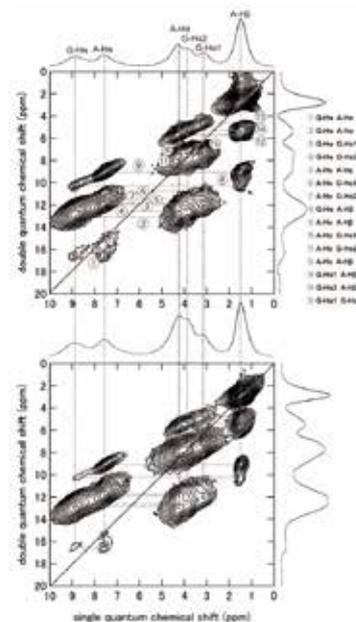


図4 超高速MAS下でのDQ-MAS法による(Ala-Gly)<sub>15</sub> (上) ならびに家蚕絹結晶部(下) Silk I型構造の<sup>1</sup>H固体NMRピークの帰属と分子間構造の検討。

参考文献

- [1] T. ASAKURA, Y. SUZUKI, Y. NAKAZAWA, K. YAZAWA, G. P. HOLLAND and J. L. YARGER, *Prog. Nucl. Magn. Reson. Spectrosc.* **69**, 23-68 (2013).
- [2] K. YAZAWA, F. SUZUKI, Y. NISHIYAMA, T. OHATA, A. AOKI, K. NISHIMURA, H. KAJI, T. SHIMIZU and T. ASAKURA, *Chem. Commun.* **48**, 11199-11201 (2012).
- [3] T. ASAKURA, Y. SUZUKI, K. YAZAWA, A. AOKI, Y. NISHIYAMA, K. NISHIMURA, F. SUZUKI, H. KAJI, *Macromolecules* **46**, 8046-8050 (2013).

## 共同利用・共同研究に関わる各種お知らせ

### 共同研究専門委員会よりお知らせ

共同研究専門委員会では、分子科学研究所が公募している課題研究、協力研究、分子研研究会、若手研究会、および岡崎コンファレンスの申請課題の審査を行っています。それぞれの公募の詳細については分子研ホームページ (<http://www.ims.ac.jp/use/>) を参照いただきたいと思います。

平成25年度前期より欧米を含む海外からの参加者を含めることができる分子研研究会として、「アジア連携分子研研究会」と「岡崎コンファレンス」の中間的な位置づけの研究会である「ミニ国際シンポジウム」のカテゴリーを新たに設定し、公募を行ってきました。これまで、分子研研究会において海外からの参加者を含めることができるものとしては、この「ミニ国際シンポジウム」と「アジア連携分子研研究会」のみでしたが、平成26年度からはすべての種別の分子研研究会において、特別な場合（基調講演等で招聘する場合など）には1～3名の海外研究者を含むことができるようになりました（その予算は別枠申請となります。これまで原則的に国内旅費と滞在費のみの支給だった欧米からの参加者についても国外旅費を含めることが可能です）。これらの変更は、「岡崎コンファレンス」よりは、より気軽に国際シンポジウムを開催してもらえるようにと考えてのことです。是非、積極的にこれらを利用して頂きますよう、お願い致します。

共同研究の現状について、平成19年度から平成25年度分（平成25年12月5日現在）までの採択数の推移をまとめたものを下記に示しました。平成25年度の協力研究の件数が、前年度までに比べて大きく減少していることが分かります。この理由の一つとしては、協力研究の枠組みではなく自前（所内研究者、あるいは共同研究者による）の予算で実施している共同研究が多いことが考えられます。調査の結果、平成25年度前期においては、約80件の共同研究が自前の予算で実施されていることが分かりました。今後はこのような見えない形の協力研究の把握も進め、共同研究の改善を図ってきたいと考えています。なお、協力研究は随時申請も受付けておりますので、是非、積極的に申請頂ければ幸いです。

### 共同利用研究の実施状況（採択件数）について

種別	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度 (1月31日現在)
課題研究	2	2	1	0	1	1	2
協力研究	91	90	119	122	108	123	64
協力研究（ナノプラット）	—	—	—	—	—	—	41
分子研研究会	9	4	5	6	4	10	10
若手研究会等	—	1	1	1	1	1	1
岡崎コンファレンス	—	—	—	—	—	1	1
計	102	97	126	129	114	136	119

※ナノプラット（ナノテクノロジー・プラットフォーム事業）については、平成25年度から共同研究専門委員会が審査を行っています。

### 分子研研究会

※1月31日時点で実施済研究会

開催日時	研究会名	提案代表者	参加人数
平成25年8月2日～4日	最先端分光で切り拓く強相関電子系の未来 "IMS Workshop on Advanced Spectroscopy of Correlated Materials (ASCM 13)"	宮崎 秀俊（名古屋工業大学 若手研究イノベーション養成センター）	35名
平成25年10月3日～4日	光による分子性伝導体の電子相制御	山本 浩史（分子研）	26名
平成25年10月25日～26日	$\pi$ 造形科学：複学理インテグレーションによる未来材料開拓	磯部 寛之（東北大学原子分子材料高等研究機構）	18名
平成25年11月18日～19日	ロドブシン研究の故きを温ねて新しきを知る	今元 泰（京都大学大学院理学研究科）	49名
平成25年11月25日～27日	日韓生体分子科学セミナー——実験とシミュレーション	加藤 晃一（分子研/岡崎統合バイオサイエンスセンター）	45名
平成25年12月18日～19日	先端スピン計測技術による分子性物質研究の現状と展望	太田 仁（神戸大学）	28名

### 若手研究会等

開催日時	研究会名	提案代表者	参加人数
平成25年8月21日	第2回分子科学若手シンポジウム	村上 龍大（上智大学 大学院理工学研究科）	42名

### 岡崎コンファレンス

開催日時	研究会名	提案代表者	参加人数
平成25年10月30日～11月2日	第73回岡崎コンファレンス "Coherent and Incoherent Wave Packet Dynamics"	大森 賢治（分子研）	56名

## ポスト京コンピュータに向けた取り組み

信定 克幸 分子科学研究所 准教授

20世紀中頃からの電子計算機（デジタルコンピュータ）の進展と共に、自然科学の研究領域において実験・観測や理論に基づく研究手段の他に、もう一つの強力な研究手段として数値計算科学的手法が急速にその地位を確立し始めた。特に、ここ最近のスーパーコンピュータと呼ばれる大規模な計算機を使えば、これまでは非現実的と思われていた極めて複雑な自然現象を、計算機の中で再現することも可能となり、数値計算科学的手法が自然科学の理解に大いに寄与する事例も多々見られるようになってきた。我が国は、以前から世界最先端のレベルでスーパーコンピュータの開発を行ってきた実績があり、2012年度初頭には神戸理研京コンピュータが世界最速のスペックを打ち立て、引き続き2012年秋には京コンピュータの一般共用が開始された。自然科学の深化に繋がる多くの成果がこの京コンピュータを使った研究から生まれると期待されており、実際、既にその成果が出始めている。その一方で、スーパーコンピュータ開発の世界はその競争が熾烈であり、既に京コンピュータの処理能力は米国や中国の最速マシンの後塵を拝している。上記したように数値計算科学的手法は、自然科学を理解するためには必要不可欠な手段として認められており、それ故に単なる処理能力のスペック値の競争の観点ではなく、数値計算科学の観点から真に新しいサイエンスを切り拓くために、京コンピュータの後継機を開発することが重要と考える機運が高まっている（現在の京コンピュータの演算能力

である10ペタフロップス、要するに計算速度が毎秒1京回の100倍速い1エクサフロップスの能力を有する後継機と言うことでエクサコンピュータと俗に呼ばれることもあるが、「エクサフロップス」ありきで後継機を確定しているわけではない。以下では、後継機コンピュータのことをポスト京コンピュータと呼ぶ事にする）。このような状況を踏まえ、サイエンスの観点からどのようなポスト京コンピュータを設計するべきなのか、その答えを出すために、生命科学、物質科学、気象・防災、ものづくり、素・核・宇宙論等の各自然科学分野の専門家が各分野の現状と問題点を踏まえつつ、以下の様なフィージビリティスタディを2012年～2013年度の2年間の計画で進めている。

2011年、HPCI（ハイパフォーマンスコンピューティングインフラ）計画の推進にあたり国として今後のHPC研究開発に必要な事項等を検討するため、研究振興局長の諮問会議「HPCI計画推進委員会」のもとに「今後のHPC技術の研究開発のあり方を検討するWG」が設置され、以下の作業を行うことが決まった。

・今後の開発を担う若手を中心に、幅広い産学官の関係者による検討を開始する。

・「アプリケーション」、「コンピュータアーキテクチャ」、「コンパイラ・システムソフトウェア」の3つの作業部会が緊密に連携しながら検討を進めていく体制を立ち上げる。

これを受けて、アプリケーション作業部会とコンピュータアーキテクチャ・コンパイラ・システムソフトウェア作業部会の二つの部会を発足し、それぞれの議論を踏まえ、二部会協同作業により複数の追求すべきHPCシステム（つまり上記したポスト京コンピュータ）と、これを開発していく体制案をとりまとめることとなった。アプリケーション作業部会は、5つの戦略分野関係者、大学・研究機関、企業で活躍している現役の研究者が中心となり、集中討議を何度も行った。また、コンピュータアーキテクチャ・コンパイラ・システムソフトウェア作業部会とのすり合わせのためのアプリケーション要求性能サブ作業部会を開催し、集中討議を行った。二つの作業部会の合同作業部会も開催し、作業部会での討議の結論として報告書をまとめるに至った。これらの数々の討議の中で、主にアプリケーション作業部会で議論された内容を踏まえて、今後の計算科学のあり方をサイエンスロードマップ白書としてまとめることとなった。

幅広い自然科学の研究領域において活躍している計算機科学の専門家と計算科学の専門家が強力な相互支援体制を作り、ポスト京コンピュータ開発に多大なる精力を傾けている。つい先日（本記事執筆2013年12月末）、ポスト京コンピュータ開発に関わる予算が閣議決定されたとの情報を得た。今後もこの勢いを増すためにも、多くの仲間と共に真に新しいサイエンスを切り拓く事を目標に、計算機科学の進展に寄与したいと考えている。

# 強光子場科学研究懇談会の紹介

山内 薫 東京大学大学院理学系研究科 教授

強光子場科学研究懇談会 (Japan Intense Light Field Science Society: JILS) <http://www.jils.jp/> は 2003年10月17日に設立され、昨年、10周年を迎えたばかりの比較的新しい学会である。ご存知のように、強光子場科学は、物理学、化学、レーザー工学にまたがる学際分野として、そのフロンティアが現在急速に拡大しており、この分野の研究対象は、「光」そのもの、その光に伴って起こる現象、また、その現象のさらなる応用など多岐にわたっている。そのため、強光子場科学分野の発展にとって、異分野の研究者の交流は不可欠であるとともに、光学材料開発、先端レーザー光源開発、先端計測技術開発に携わる産業界の技術者との交流は、日本におけるこれからの産学の共同研究・共同開発のために大切である。このような背景をふまえ、「強光子場科学やその分野に関心のある大学や公的機関の研究者、企業・産業界の研究者または技術者が、自由な雰囲気のもとに議論を行うことができる場を提供する」という理念の下に設立されたのが、強光子場科学研究懇談会である。

現在の正会員数は約80名と小規模であるが、(株) オプティマ、カンタムエレクトロニクス(株)、コヒレント・ジャパン(株)、スペクトラ・フィジックス(株)、タレスレーザー(株)、(株) 東京インスツルメンツ、(株) 東芝 研究開発センター、(株) 日本レーザー、(株) 日本ローパー、浜松ホトニクス(株)、(株) 日立製作所 中央研

究所、(株) ルクスレイ (50音順) の12社の賛助会員が会の運営を力強く支えてくださっている。

定期的な活動としては、年に3回の懇談会、そして、10月の総会がある。懇談会は、1月、4月、7月に開催され、懇談会では、毎回、2~3名の講師の先生をお招きし、講演をいただくとともに、開催場所の研究所や研究室の見学を行っている。JILSは会計年度が、10月から翌年の9月までとなっており、10月の総会では、その前の期の決算報告と、その期(10月以降)の予算を審議し、承認している。また総会終了後に、講演会を開催し、1名~2名の講師の方に講演をお願いしている。これらの懇談会や総会は、会員のみが参加する会合であるが、パシフィコ横浜で毎年4月に開催される懇談会では、非会員の一般の方にも参加費をお支払いいただいた上、御参加いただいている。また、これらの定例の懇談会、総会にて行われた講演内容については、その講演を録音の上、テープ起こしをして、JILS Newsletter 誌としてウェブ上で刊行している。

JILSでは、このような定例の活動とは別に、出版事業を通じ、研究分野の振興に資する活動している。ウェブサイトにて刊行されている JILS Newsletter 誌の内容を取りまとめて、「強光子場科学の最前線1」(2005年刊行)、「強光子場科学の最前線2」(2007年刊行)を出版している。また、わが国の光科学分野で活躍する230名を

超える方々にご執筆いただいた解説を取りまとめた「光科学研究の最前線」(2005年刊行)は、第19期日本学術会議において、声明として「新分野の創成に資する光科学研究の強化とその方策について」が議決(2005年)されるにあたり大きな力となった。JILSでは、さらにその続編である「光科学研究の最前線2」(2009年刊行)を出版し、光科学分野の振興に貢献している。また、東京大学大学院理学系研究科にて開講されている産学連携教育プログラム「先端レーザー科学教育研究コンソーシアム」と連携し、実験実習を中心とするその教育プログラムの成果を教科書の形で、「先端光科学入門」(2010年刊行)、「先端光科学入門2」(2011年刊行)として出版している。

一方で、国際的な視野で強光子場科学の振興に寄与することもJILSの重要な活動である。JILSでは、毎年主に海外にて開催される International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science (<http://www.isuils.jp>) を東京大学大学院理学系研究科附属「超高速強光子場科学研究センター」と連携して支援している。昨年10月には、第12回がスペインの Salamanca にて開催され、本年は、インドの Jodhpur にて第13回が本年10月に開催される予定である。さらに、この会議の招待講演者が寄稿した総説を集めた総説誌 Progress in Ultrafast Intense Laser Science を Springer 社の Chemical Physics のサブシリーズとして毎年1

巻のペースで刊行している。現在までに、10巻が出版されており、強光子場科学分野の研究者のためのガイドラインとなる総説シリーズとして国際的に知られるようになった。

また、中国の上海の研究者と東京の研究者が中心となって、毎年、上海と東京で交互に開催されている Shanghai-Tokyo Advanced Research Symposium on Ultrafast Intense (通称 STAR meeting) も、JILSの支援を受けて開催されているものである。その他、2011年7月に北海道で開催された The 12th International Conference on Multiphoton Processes (ICOMP12) と The 3rd International Conference on Attosecond Physics (ATTO3)、そして、2012年11月に開催された The

7th Asian Symposium on Intense Laser Science (ASILS7) も JILSが支援し、開催されたものである。さらに、JILSは本年7月に沖縄で開催される The 19th Ultrafast Phenomena 2014 を東京大学とともに主催することとなっている。JILSでは、これらの国際的な学会の開催や支援を通じ、超高速現象の科学や強光子場科学の先端研究分野において、国際的な視点から研究交流を支援している。

フェムト秒科学の次はアト秒科学の時代がくると予測されていた。アト秒パルスの発生は、今や現実のものとなったが、これは光の場の強度を強め、高次高調波を効率よく発生させる技術があつて初めて可能となった。このことは、アト秒パルスの発生やアト秒科学

が強光子場科学の研究展開の一つと位置づけられることを示している。また、フェムト秒パルスによるレーザー誘起フィラメントの研究も、新しい物質の合成の場として関心が持たれ、新しい展開が期待されている。JILSでは、このように次々と生まれ、そして広がっている基礎研究と技術開発のフロンティアに注目し、その活動を展開してきた。今後、このダイナミックに発展する学際的な分野に関心を持つ方が更に増え、そして、その方々が、JILSにご入会され、産学の枠を超えた視野から懇談会での議論に参加していただきたいと願っている。

## 関連学協会等との連携

# 新学術領域研究「柔らかな分子系」(平成25～29年度)について

田原 太平 理化学研究所 主任研究員・領域代表

今年度から新学術領域研究「理論と実験の協奏による柔らかな分子系の機能の科学(略称:柔らかな分子系)」(領域番号2503、平成25～29年度)を開始しました。この研究課題は、広い意味での分子科学そのものをテーマとするものです。また、領域代表を務める私自身は助教授として分子研に7年間在籍していましたし、分子研の卒業生である藤井正明さん(東工大)、水谷泰久さん(阪大)、森田明弘さん(東北大)や、現役の分子研教授の村橋哲郎さんが計画班のメンバーとして参加していただいているなど、分子研に直接的・間接的に関係が深い新学術領域研究です。今回小杉さんからお話があり、こ

の新学術領域の立ち上げの背景や我々が目指すものなどについて少しご紹介させていただくことになりました。

21世紀に入ったばかりの頃、分子科学では分野に対する危機感や閉塞感が強く意識され、将来についての議論がたいへん盛んに行われました。分子研でも今後の分子科学を議論する研究会が開催されたことを記憶しています。当時私は分子研の助教授から理研の主任研究員へ異動する頃で自身の次の研究の方向性を考える時期でもあったため、ずいぶん真面目にこの問題を考え、議論にも参加しました。なかなか気鬱な議論が多かったのですが、その中で私が強く感じたことは、我々は一旦「分

子の科学」と言うものを広く定義し直し、狭い枠から飛び出して新しい挑戦を始めるべきではないか、ということでした。素粒子物理などの一部を除く自然科学のほとんどは、分子の振舞いによって理解できる現象を取り扱っています。ですから、分子について最も真面目に考え、その視点に立脚した研究を行っている我々が、古い枠を外して自由な挑戦を始めればその前には未開の領域が広がるはずだ、と思うようになりました。そしてその広大な未開地を自由に進もうとする一種の楽天的な活力、それこそが我々に最も必要とされている力だと思えるようになりました。基礎研究の役目は常に新しい

可能性を追求することですので、これは我々に常に要求されている当たり前の事を再確認しただけの事なのですが、精緻な思考で分子科学の研究を進めている者が同時に楽天的に barbarian のような気分を持つというのは、実はそれほど簡単なことではありません。それに気がついていふんと目の前が開けたような気分になりました。

以前、分子研レターズの第62号に寄稿させていただく機会があり、「分子研に期待する」というタイトルで上のような思いに立って分子研への希望を書きました。しかし、人に期待するばかりで自分で何もしないのはズルです。また、北川禎三先生がスモールサイエンスにおいても全国的な研究ネットワークを作ることが重要だということを中心に強調されていたのを聞いていたこともあって、自分たちでも何かをしなければいけないと強く思うようになりました。基礎研究における挑戦を行うために最も大事なことは、Scientific に新しく重要な問題を設定することです。そこで、ちょうど特定領域研究「高次系分子科学」の領域代表を終えて一息ついていた藤井正明さんと相談し、北尾彰朗さん（東大）、水谷泰久さん（阪大）、神取秀樹さん（名工大）に声を掛け、5人で何度も集まって、我々はこれから何をすべきかという事を真摯に議論しました。藤井さんの特定領域研究では、計測分野の異なる分野（気相、凝縮相、生体関連）の統合を行いました。ですので、次にやるべきことは、計測と理論、さらに機能を創る研究者との間の垣根を取り払うことだと私は思っていました。そして皆の議論によって到達した考えが、分子の視点に立脚した複雑分子系の研究を行おうという方向性です。

物質は単一の分子から細胞に至る階層構造を成しますが、この中で現在の化学のフロンティアは複雑系の機能の

解明と創出にあると言えます。生体分子系に代表される高い機能を有する複雑系の本質は、大きい内部自由度を持ち、系が状況に応じて柔軟に変化して最適な機能を発現する、という点にあります。我々はこのような特質をもつ複雑分子系を「柔らかな分子系」と定義し、この「柔らかな分子系」の機能の理解と利用が現在の物質科学の最も重要な問題の一つだという考えに至りました。そして、その理解と制御に向けて、分子科学、生物物理学、合成化学、理論・計算科学を統合した研究を行いたいと考えました。

「柔らかな分子系」の研究は、実は多体問題である複雑な現実系をどのように分子の立場で取り扱うかという問題に他なりません。その為には、例えばフェムト秒での局所的な刺激がどのようにミリ秒～秒の分子応答を引き起こすのか、あるいは数個の原子団の量子状態の変化がいかに巨大分子の機能発現につながるのかを解明しなければなりません。つまり、これまでに無い広い時間・空間スケールを俯瞰する新しい総合的な視点に立脚した研究が必要です。また、現象の観測や理解だけでは駄目で、それらに基づいて新しい機能を生み出し、利用することが必須です。このような総合的な研究はまさに言うは易く行うは難し、一つの研究グループではもちろんのこと、一方面からのアプローチでは到底達成することはできません。したがって必然的に複雑で高機能な「柔らかな分子系」を包括的に研究する新しい研究領域の創成が必要です。

以上のような考えに基づいて、生体分子、超分子、分子集合体、界面等に代表される「柔らかな分子系」とその要素過程に対して、理論計算、先端計測、機能創成の3つを融合した複雑系に対する新しい「分子の科学」のための学

術領域の創成を提案しました。具体的には、以下の3つの研究グループを設け、理論計算、先端計測、機能創成が三つ巴になって「柔らかな分子系の科学」を推進するというものです。

(1) 解析班（北尾彰朗班長）：分子系が柔らかさを活かして機能を発現する機構を、超高速計算機の開発を背景にした革新的な分子理論による理解と予測によって明らかにする。

(2) 計測班（水谷泰久班長）：柔らかな分子系のもつ多様な準安定状態とダイナミクスを時間分解分光や単一分子計測などの最先端計測によって観測・解明する。また柔らかさに基づく現象の観測のための新しい手法を開発する。

(3) 創成班（神取秀樹班長）：合成化学・遺伝子工学を駆使して、超分子やタンパク質などの柔らかさを有する分子系の新規な機能を創成する。

領域代表の私、3人の班長、事務局の藤井正明さんの5人が総括班となり、この考えに共鳴してくれた森田明弘さん（東北大）、林重彦さん（京大）、高橋聡さん（東北大）、村橋哲郎さん（分子研）、中西尚志さん（物材機構）の参加を得て行った申請は幸いにも採択され、新しい新学術領域研究をスタートできることになりました。これからさらに約30人の方々が公募班員として参加してくれることになっていますが、メンバーの一人一人がおのおの時代を切り拓く気概に燃えて研究が推進できる、そんな自由闊達な新学術領域にしたいと思っています。

この新学術領域研究の志は高く、理論・計算科学、先端計測、物質創成というこれまで異なる分野として発展してきた研究領域を統合・融合し、我が国の学術研究に新しい潮流を創らんとするものです。一番大事なものは“人”ですから、この理念を実現するためには異なる分野で活躍する優れた研究者

に集っていただき、その間に相互理解に基づく信頼関係を構築してもらうことが大切だと思っています。本領域の推進で高い研究成果を上げなければならぬのはもちろんですが、それだけ

でなく5年後の終了時に次へつながら新しい種が多く生まれていることが重要だと考えています。基礎研究では何にも増して個人の視点、価値観、美意識が本質的に大切ですので、多くの異

なる個性がぶつかる学術研究を本気でを行い、将来を拓く新しい知の創造を皆で行っていきたく考えています。

## 関連学協会等との連携

# 新学術領域研究「動的秩序と機能」(平成25～29年度)について

加藤 晃一 分子科学研究所／岡崎統合バイオサイエンスセンター 教授・領域代表

私たち人間を含めた生命体は、多種多様な分子素子から構成されており、生命活動はこれら分子集団の秩序だった振る舞いとして捉えることができます。前世紀の末期に勃興したゲノムサイエンスに端を発するオミクスアプローチの進展により、生命体を構成する分子素子に関する情報が急速かつ網羅的に明らかにされてきました。例えば、タンパク質の3次元構造のデータが爆発的な勢いで蓄積されていることは周知の事実です。しかしながら、これらの分子素子が、ダイナミックな相互作用を通じて自己組織化し、高次機能を発現するための秩序構造を形成する仕組みについては、これまで現象論的な記述に止まっており、分子科学・物理化学の観点に立脚したアプローチは驚くほど乏しいのが実情でした。私たちは、このような課題を分子科学の根本的な問題として認識し、平成25年度より新学術領域研究「生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現」(略称：動的秩序と機能)の活動を開始しました。

分子の自己組織化は、化学の分野では、低分子の集積によるナノ構造体の創出を目指した超分子化学の問題として取り扱われてきました。すなわち、

巧妙にデザインされた低分子が自発的に集積する性質を利用して、一定の空間秩序をもったナノ構造体を作り、元々の要素ではもち得なかった機能を生み出すことを目指した研究が見事に展開されてきています。しかしながら言うまでもなく、生命分子の自己組織化は非生体系の場合に比べて遥かに複雑です。

生命分子システムの特徴は、構成要素が複雑かつ柔軟であること、そしてそれらが弱い相互作用を通じて集積して、独自の非対称性と運動性を有する巨大な集合体を形成することが特質です。さらに重要なことは、生命分子は単に集合して一定の構造体を作るだけでなく、いったん組みあがった構造体が自律的に変容していき、極端な場合は解体していくという時間発展のプロセスがシステムの中にプログラムされていることです。このようにダイナミックな分子の集合と分散のプロセスを通じて、例えば神経系の高次機能に関わる細胞の形態変化は発現しています。こうした離合集散する生命分子集団による動的秩序形成のメカニズムを解明することは、生命の本質的な理解につながるはずで、また、そのことを通じて、人工超分子系に生命分子の特質

を賦与する手掛かりが得られるものと期待されます。そもそも、分子集団がいかなるプロセスで自己組織化されるのかという問題は、生体分子に限らず、非生体系の超分子化学においても未開拓な研究領域です。こうしたプロセスの詳細を探索することを通じて得られる知見は、生命システムの秩序形成の理解の基盤になることも期待されます。

このような考えのもと、本領域では、「分子が自律的に集合する物理化学的メカニズムはいかなるものか?」、「分子の分散過程はどのようにプログラムされているのか?」、「人工系で分子の動的秩序を精密制御する指導原理は何か?」という課題に取り組んでいます。そのために、生命分子科学と超分子化学に加えて実験物理科学および理論科学と計算科学、さらに生体分子工学と細胞生物学の第一線の研究者が一丸となって、研究を推進しています。具体的には、生命分子システムにおける「動的秩序の探査」(佐藤啓文班長)、「動的秩序の創生」(平岡秀一班長)、「動的秩序の展開」(班長・加藤)という3つの項目を研究の柱として設定しました。こうした活動を通じて、生命分子システムの秩序形成原理を統合的に理解するとともに、そのデザインルールを取

り入れた人工システムの構築が進展するものと期待しています。このようにして得られた知見に基づいて、人工的な生命システムを創生するための指導原理を導き出すことも、本新学術領域の大きな目標の1つです。

当然のことながら、私たちは研究成果を広く領域内外に発信するとともに、これまで異分野とみなされてきた研究領域の連携推進を目指した公開シンポジウムやワークショップの開催にも力を注いでいます。今年1月に京都で開催した第2回公開国際シンポジウムでは、5名の外国人講師（それぞれ専門は細胞生物学、生物物理学、計算科学、超分子化学、分子分光学）も交え、専門の研究分野を縦横に跨いだ議論が白熱しました。さらに、86件のポスター発表では大学院生を含む若手研究者からも多数の発表があり、普段の学会・研究会では触れることがない多彩な分野の研究者との交流に、会場は大変な賑わいとなりました。また、国際的な研究連携のネットワークの強化と若手研究者の育成のために、アジア連携分子研研究会 “Sixth Korea-Japan Seminars on



Biomolecular Science: Experiments and Simulation”ならびに岡崎 統合バイオサイエンスセンター／総研大統合生命教育プログラム サマースクール2013 “Bioorganization”を共催させていただきました。こうしたイベントでは、若い世代の方々はもちろん、国内外で活躍されている研究者とも新たな視点で向き合う有益な機会を得ることができ、私たち領域メンバーも大変刺激を受けています。今後も、第3回国際シンポジウム（2014年冬に予定）や、各種関連学会でのワークショップ、若手の会の開催等を企画しています。多くの方にご参加いただきましたら幸甚に存じます。本領域の研究成果や活動予定は、ホームページ (<http://seimei.ims.ac.jp>) でもご案内し

ていますので、ぜひご覧下さい。

本稿が皆様のお手元に届く頃には公募研究グループも新たに加わり、本領域にさらなる広がりをもたらされているものと思います。多様なバックグラウンドの研究者が明確な問題意識を共有して英知を結集することにより、生命分子の動的秩序形成の理解に向けた強固な分野横断的研究体制を構築しつつあります。このように、これまで異なるフィールドで活躍してきた科学者の学際的な連携と議論を可能とする「知の梁山泊」を構築することが領域代表としてのつとめであると考えています。

皆様のご支援を賜りますよう、どうぞよろしくお願い申し上げます。



## 共同利用装置 ～ 超短パルスレーザー ～

機器利用技術班 上田 正

民間企業で約4年勤務したのち、2000年3月より分子科学研究所  
分子制御レーザー開発研究センター。2009年4月より現職。

平成12年3月より分子研にお世話になり、超短パルスレーザーを担当してもうすぐ14年が経ちます。民間企業で4年弱勤め、分子科学とは全く無縁なところから転職してやっていけるか、不安であったことを思い出します。配属となったのは、分子制御レーザー開発研究センター（以下、レーザーセンター）、最初の仕事は中赤外域の波長可変ピコ秒レーザーシステムの立ち上げでした。分厚い台（除振台）の上に箱が並んでいる……チタンサファイアレーザー？ ピコ秒？ フェムト秒？ 差周波発生？？ 聞いたこともありません。そんな私を文字通り手取り足とり指導してくださったのが、当時のレーザーセンター長の藤井正明先生（現、東京工業大学）、助手であった酒井誠先生（現、東京工業大学）です。失敗あり、理解も不十分で大変なご面倒をお掛けしたことと思います。感謝に堪えません。その後、レーザーセンター長になられました松本吉泰先生（現、京都大学大学院）、助手であった渡邊一也先生（現、京都大学大学院）にも大変お世話になりました。フェムト秒レーザーの実験に携わり、赤外・可視和周波発生振動分光顕微鏡の立ち上げを任せて頂きましたことは、本当によい経験となりました。この時得られた知識や技術で、今でもレーザーの仕事を続けていられると思っています。このレーターの紙面をお借りし、まずもって先生方に改めて深くお礼を申し上げます。

そして平成21年度より共同利用装置「ピコ秒レーザー」の担当として機器センターに異動となりました。その他に分光光度計も担当していますが、今年度からは、退職した技術職員に代わって急遽「高分解能透過電子顕微鏡（以下、TEM）」も担当することになりました。機器センターでは、装置の維持・管理が主たる業務となりますが、単なるオペレーター業務で終わることなく、調整・修理の出来るところは自らで行えるよう機器に対する知識を深め技術を磨いています。特にピコ秒レーザーについては、アンプと波長可変装置を備えた特徴ある大型装置で、性能を維持するだけでも労力と技術を必要としますが、レーザー単体を最良の状態にしておいても、そのままではご利用頂

けないのが実状です。そこで、このレーザーを使ってご利用頂けるようなシステムを2つ構築中ですので、紹介させていただきます。

レーザー全体を写真1に示します。チタンサファイアベースのアンプシステムで、波長可変装置（TOPAS：Travelling – wave Optical Parametric Amplifier of Superfluorescence）2台：紫外用、赤外用を備えています。TOPASのアウトプットに取付けるBBO結晶を取り替えることで、その2倍波発生、ポンプ光とシグナル光、或いはアイドラ光との和周波発生、シグナル光・アイドラ光の4倍波発生、更にはシグナル光とアイドラ光との差周波発生を得ることができ、紫外光250 nmから赤外光10 μmの広範囲に渡っ



写真1 ピコ秒レーザー

て波長を任意に出力できる仕様になっています。パルス幅は、自己相関法で実測し2～3 psです。

さて1つ目は、ピコ秒の過渡吸収測定ができるシステムです。機器センターを利用して頂いている先生からご提案頂き、また他の施設利用の先生からの利用希望もあって、色々ご教授を頂きながら整備しています。再生増幅器からの出力を2つに分けて、一方をディレイステージに通して白色光を発生させプローブ光に、もう一方を紫外用TOPASのSHS (Second Harmonic of Signal wave) によって可視光を取り出しポンプ光として、ポンププローブ実験を行うことができます。受光には、小型のスペクトロメータを用いていますが、将来的には高感度CCDマルチチャンネル検出器の導入も検討しています。今後は、機器センター長の大島先生の指導の基で整備を進めていくと同時に、フェムト秒レーザーも導入してより安定した過渡吸収測定システムの構築にも取り組んでいく計画です。ご興味ありましたら、是非声をかけてください。その他に超短パルスレーザーを使った実験のお考えをお持ちであれば、ご提案ください。レーザーの有効利用ため、出来る範囲で対応させて頂きたいと思っております。

もう1つは、レーザーを用いた精密微細加工システム(写真2)です。近年、パルス幅が短くピークパワーが高いレーザーは、多光子吸収による熱影響の少ない精密微細加工を実現できるツールとして急速に利用されるようになってきました。そこで、アンプを備えた高出力のピコ秒レーザーが加工にも利用できると考え、微細加工に高度な技術・技能を有する装置開発室主導で取り組んでいます。当初は、加工だから強いビームが出ていれば細かい調整

など必要無いだろう、と安易に思っていました。やってみるとそうでないことに気づかされました。ビームのプロファイルはとても重要でした。ビームを小さく絞るためのレンズの種類、置く位置、調整は分光用レーザーよりもシビアかもしれません。レンズで集光した場合に得られるスポット径は、教科書に従えば、波長を短く、焦点距離を短く、ビーム径を大きくすれば、より小さくできるはずですが、しかし実機で色々試してみた結果、レンズの収差の影響が大きいので、理論どおりにしない方がよいのではと思うようになりました。波長はさておき(倍波をとるとパワーが落ちるので)、レンズは焦点距離の短い対物レンズは使用せず、入射ビーム径はきちんと“細く”コリメートしています。メカニカルな部分は、装置開発室で考案、製作・購入しており、例えば試料の固定には吸着ステージを使用することで、試料が歪むことなく加工できるようにしています。それでも数10 μmの穴径が限界。そこでもうひと工夫を考え、適当な穴径のアパーチャーを適当な位置に設置しました(さらにビーム径を“細く”することになるのですが)。その結果、劇的に熱影響を抑えたきれいな小さい穴を加工できることが分かりました。調整不足ではありますが、厚み10 μmのステンレス製の板におよそ9 μmの貫通穴を一瞬(< 0.2秒)で開けることができました(写真3)。なお、アパーチャーを入れることは他でもやられていることを後から知りました……。情報収集の必要性を痛感しています。まだ実際にご利用頂けるレベルにありませんが、試料ステージのプログラミング制御によるレーザー描画(写真4)、内部加工やレーザー接合などへの応用も考えています。研究の現場で適用で



写真2 レーザー微細加工機

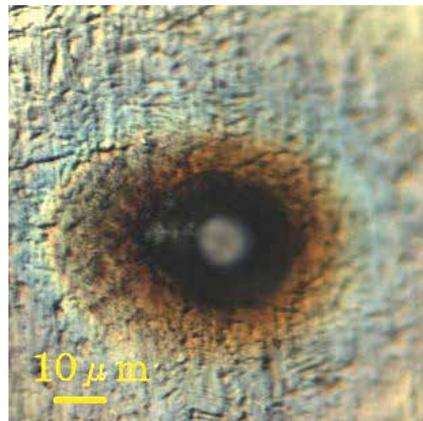


写真3 レーザーによる穴加工例

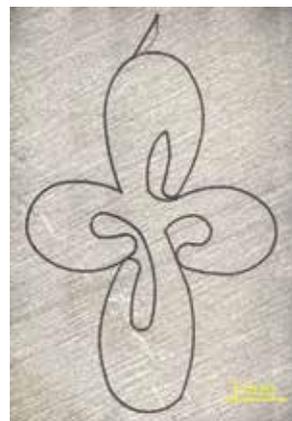


写真4 レーザー描画

## 分子研技術課

きるレーザー加工などございませんでしょうか？ 先生方からのご意見、ご要望、ご提案を頂ければ幸いです。なお、本システムの構築は、所長奨励研究費の支援を頂いて進めているものです。

本題から離れますがTEMも紹介させていただきます。といっても、現在（平成25年度）、通常運用しておりません。知識も経験もない全くの素人の私が昨年度末2週間ほどで引継ぎ、現在トレーニング期間を頂いているところです。分子研に来てレーザーを触り始めた時と同じように分からないことばかりで恥ずかしい思いをすることもしばしばです。試しにと、サンプルを持ってきてご教授下さる先生もみえ、大変有難く思っております。参考までに、**写真5**に実際に観測した金単結晶の格子像（1,000,000倍）をお示しします。依頼測定という利用形態ですので、得られる画像は担当者の私の腕次第です。来年26年度からは、所内利用・所外利用共にナノテクノロジープラットフォーム事業対応装置として通常運用に復帰することも決定しています。まだまだ勉強不足で高分解能のTEMを十分に使いこなせておりませんが、少しでもよい画像が撮れるよう努めて参りますので、どうぞご利用ください。

こうしてTEM担当という大役と、レーザーを用いたシステムの構築と「二刀流」といったところですが、どちらも二流で終わらないようがんばっていきたいと思います。新しいことを初めると思うように進まず大変なことも多いですが、その分、発見や問題を乗り越えた時の感動も大きくやり甲斐もあります。しかしながら、技術職員「個」の力だけでは、その取っ掛かりをつかむこともシステム構築を進めることも困難です。例えば、施設の枠を越えてそれぞれが得意とするところで連携して取り組んでいくことは、技術課としても強く推進していることで、上述のレーザー加工技術がその例になります。また、上述のピコ秒過渡吸収測定システムにおいても、先生方の後押しがあって進めることができています。こうして考えると、技術職員は研究者と密接に関わり教えて頂くことで、知識や技術力を向上させていると思います。私の場合は、先生方に教えて頂き技術を得て「今」がありますから特にそう思います……。その技術をもって、分子研のために、機器を利用される先生方のために「倍返し」（もちろん良い意味で）で研究支援という職務を全うしていきたいと思います。

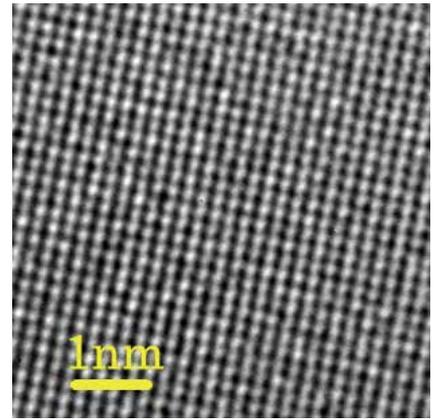


写真5 金単結晶の格子像

## 総研大ニュース

## EXODASS general meeting and mini-symposium

平成20年度後期より4期にわたって実施された、JSPS事業「若手研究者交流支援事業～東アジア首脳会議参加国からの招へい～」(JENESYSプログラム)の後継プログラムとして、分子研独自予算によるEXODASS (EXchange prOgram for the Development of Asian Scientific Society) プログラムが平成23年度より発足しており、今年度は第3回目の招聘となる。

本事業では、現代自然科学が解決すべき問題のひとつである環境・エネルギー問題を中心とした分子科学の諸問題に対して、東アジア諸国における自国での研究開発を可能にするための基礎研究基盤の確立を協力を支援すべく、主として学位取得前後の若手研究者を招聘している。また、本交流事業後のフォローアップとして共同研究体制を確立し、自国における基礎研究の継続を力強くサポートすることで、基礎科学の定着を推進することも目的としている。完全な分子研独自予算の事業になってからは、所内に適したプログラムにしていけるために毎年システムの変更を行っているが、今回の最も重要な変更点は、学術交流協定(MOU)に基づく学生交換プログラムと本プロ

ラムを一体運用したことである。その結果、より広範な人材を確保できるようになった。事実、昨年度の参加者は9名だったが、今回は12名(内訳:タイ4名、ベトナム、シンガポール、マレーシア、インドネシア、フィリピン、オーストラリア、中国、台湾各1名)を最終的に招聘することができた。そのうち2名がMOUの交換学生である。現在、MOU交換プログラムの拡充を検討しており、その状況次第では、来年度以後更に充実したプログラムになることが期待される。また、過去に一度実施し好評だった、EXODASS全体会議と総研大アジア冬の学校の共同開催も今回再度実現した。

今年度は4月から6月にかけて募集及び候補者選考を行い、招聘は2013年10月～12月の期間に、候補者別に29～90日間の滞在日数で実施した。その結果、ほとんどの参加者の滞在期間を重複させることができ、ネットワーク形成に大いに役立った。また先述の通り冬の学校のプログラムの一部として、12月11日に一同に会し、全体会議とミニシンポジウムを開催した。本プログラムの大き



な目的のひとつとして、将来にわたるアジア分子科学ネットワークの形成があり、各国の同世代の若手研究者の横のつながりを形成する上でこの全体会議の役割は非常に大きい。今回も、分子研在籍の留学生や冬の学校参加者も含め、例年以上に盛り上がり、成功裏に終了した。

独自事業になって3年経ち、プログラムの完成度は高まっているが、このような成功を続けるためには、特にアジア冬の学校など、共同開催が効果的な他のプログラムとの緊密な連携が重要である。現在、本事業では、候補者の選定に時間がかかるために年度当初から告知・募集する必要があり、連携をとる他のプログラムも含めた年度計画をあらかじめ立てておくことが重要と考えている。

(櫻井 英博 記)

## 分子科学研究所一カセサート大学合同会議「グリーンサステナビリティに向けた分子科学」 Joint IMS-KU Workshop on Molecular Sciences towards Green Sustainability

2014年1月5日、6日に表題の合同会議がタイ・バンコクのカセサート大学・理学部において開催されました。カセサート大学・理学部と総研大・物理科学研究所は2011年よりMOUを締結しており、これまでも大学間の研究・教育の交流があります。また、カセサート大学からは、総研大アジア冬の学校やJENESYSまたはEXODASS事業を通

じて多くの若手研究者や学生達が分子研を訪れています。今回は初めての合同会議になりましたが、カセサート大学側のホストとしてSupa Hannongbua教授、分子研側の世話役として江原が対応し、2日間の合同会議を開催しました。また本合同会議後には、タイの化学会共催で毎年開催されているPure and Applied Chemistry International

Conference 2014 (PACCON2014)にも参加しました。今回の場所はタイの北部の都市Khon Kaenでした。

合同会議の初日には分子研とカセサート大学の研究者の口頭発表がほぼ同数で計11件あり、2日目にはJENESYSまたはEXODASS事業で以前に分子研に滞在した経験のある若手研究者7名の口頭発表がありました。内

容は理論・計算化学、生物化学、錯体化学と多岐にわたっていましたが、活発な質問や議論が多くあり、参加者の交流が深められました。特に近年、カセサート大学では生物化学分野の研究が発展してきており、生体系の分子シミュレーションや構造論に関して共通の興味が見出されました。

参加者はカセサート大学だけでなく、総研大・物理科学研究科と同様のMOUを締結しているチュラロンコン大学や、国立科学テクノロジー機構、また近隣の高校からの参加もあり、全体で約40名になりました。今回の合同会議では、過

去にタイから分子研を訪れた若手研究者や当時学生であった人達が自国で活躍し始めていることを実感できました。また、新たに分子研のPIの研究にふれることができた学生にとっては、国際的な視野を

持つ良い機会になったと思います。今後、EXODASS事業等を通して（特に総研大の学生として）、分子研で研究を行うといった交流が進むことを期待しています。

（江原 正博 記）



## E V E N T R E P O R T

### 担当教員 総研大アジア冬の学校

2013年度担当教員 総研大物理科学研究科構造分子科学専攻 准教授 正岡重行

総研大アジア冬の学校が平成25年12月10日（火）から13日（金）にかけて岡崎コンファレンスセンターにおいて開催されました。分子研で行っている研究・教育活動をアジア諸国の大学生・大学院生および若手研究者の育成にまで拡大することを目的として、平成16年度に始まり、今回で10回目になります。アジア諸国から定員を大幅に超える応募を受け、書類選考の結果、17名の学生に参加いただきました。その国籍別の内訳は、タイ6名、中国2名、インドネシア4名、シンガポール3名、ベトナム1名、マレーシア1名でした。また、EXODASS招聘留学生が12名、日本国内からの参加者が14名あり、講師を除く参加者は合計43名でした。写真をご覧ください。

今回は、テーマを「Innovations and Challenges in Molecular Science: From Basics to Cutting-

edge Researches」とし、分子研の村橋先生、山本先生、江原先生に加え、核融合研から招待講師として長坂琢也先生をお迎えし、講義を行っていただきました。また、総研大の若き研究者として、金尚彬氏、望月建爾氏にもご講演いただきました。参加者によるポスター発表、EXODASS招聘留学生に

よるミニシンポジウムも行われ、充実した4日間となりました。

無事に冬の学校を開催できたのは、講師の先生方、もう一人の世話人の柳井先生、EXODASSの世話人である櫻井先生、総研大担当秘書の福富さんを始め、ご協力いただいた多くの方々のおかげです。深く感謝いたします。



## 担当教員 第10回夏の体験入学

2013年度担当教員 総研大物理科学研究科機能分子科学専攻 准教授 繁政英治

2013年8月5日(月)から8日(木)までの4日間、分子科学研究所において、第10回総研大夏の体験入学が開催された。本事業は、他大学の学部学生・大学院生に対して、実際の研究室での体験学習を通じて、分子科学研究所(総研大物理科学研究科構造分子科学専攻・機能分子科学専攻)における研究環境や設備、大学院教育、研究者養成、共同利用研究などの活動を知ってもらい、分子研や総研大への理解を深めてもらうことを目的としている。本年度は、定員を超える応募を受け、

選考の結果、28名の学生(学部学生21名、大学院修士課程学生7名)が参加することとなった。

5日14時から明大寺地区でオリエンテーションを開催し、総研大・分子研の紹介の後、実施グループ毎に体験プログラムの紹介を行い、UVSORと計算科学研究センターの施設見学を実施した。夕方からは、職員会館において歓迎会を開催し、全参加学生に自己紹介を兼ねて、体験入学の抱負を語ってもらった。所内からも非常に多く参加いただき、100名を超えるほど盛況であった。6日、7日の2日間は、終日、各グループにおける体験プログラムの実施に割り当てられた。最終日の8

日には、2日間の体験プログラムの結果を個別に発表してもらった。多くの質疑応答があり、充実した体験プログラムであったことがうかがえた。

終了後に実施したアンケート結果では、実験系・理論系ともに研究体験が有意義であったとの回答が多数を占めた。また、大学と比較して、学生あたりの教員や研究設備が充実しており、研究環境として魅力を感じるという回答が多かった。一方、2日間の日程では時間が足りない、もっと実施期間を長くして欲しいという要望や、専門的

な知識など受講前の準備が足りなかった、初めての実験内容で体験プログラムが難しかった、などの意見もあった。総研大への入学を進路の選択肢として考えている学生が複数いたこともわかった。

最後に、本事業にご協力いただきました全ての先生方、関係者の皆様方にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。



実験風景



発表会



集合写真

受賞者の声

**望月 建爾** (物理科学研究科 機能分子科学専攻 5年一貫制博士課程5年)

**第4回(平成25年度)日本学術振興会育志賞**

このたび、第4回(平成25年度)日本学術振興会育志賞を受賞しました。育志賞は、若手研究者支援のため、天皇陛下から即位20年にあたって贈られた資金をきっかけに2010年度に創設されました。将来、日本の学術研究の発展に寄与することが期待される大学院博士課程学生を顕彰することを目的としています。選考は、人文・社会科学及び自然科学の全分野から、大学長もしくは学会長の推薦を受けた者を対象とし、書類・面接審査を経て行われます。

受賞の対象となった研究『氷の融解過程と水溶液の局所構造に関する理論研究』は、複雑な水素結合ネットワークの運動・構造に注目して、“どのように自発的に構造が壊れるのか?” “分子レベルで、混ざるって何だ?” という非常に基本的でありながら、発展性のある問題に挑戦しました。今後は、より複雑な相互作用を持つ、ポリマーやタンパク質の相転移や構造変化のダイナミクスを解明したいと考えています。今回、このような栄誉ある賞を頂き、大変光栄に思っております。本研究を



支援して下さった、高畑尚之学長、大峯巖所長、小杉信博教授、をはじめ多くの先生方に感謝致します。

**橋谷田 俊** (物理科学研究科 構造分子科学専攻 5年一貫制博士課程2年)

**第9回OPJベストプレゼンテーション賞**

この度、平成25年11月12日から14日まで奈良県新公会堂で開催されました日本光学会年次学術講演会(Optics & Photonics Japan 2013)において、「アキラルな二次元金ナノ構造体における局所光学活性」の題目で口頭発表を行い、第9回OPJベストプレゼンテーション賞(光学発展に貢献しうる優秀な一般講演を行った若手研究者に表彰するもの)を受賞致しました。

今回が初めての学会であり、さらに初めての口頭発表という事で、発表の順番が回ってくるまでの間は非常に緊張しました。発表直前になるまで、パソコン(Mac)とプロジェクターを接続するために必要なコネクタがない事

に気付かなかったことから、その緊張度合いが分かって頂けるかと思えます。しかし、いざ発表が始まると先ほどまでの緊張が嘘のようにほぐれ堂々と発表する事ができました。これは、日頃から岡本研究室の皆様にご指導いただいた成果だと思っております。

今回受賞しました研究は、巨視的に光学活性を示さないアキラルな(キラルではない)長方形金ナノ構造が、実は局所的には光学活性を示す事を実験的に明らかにしたというものです。これは、巨視的な光学活性に必須である物質のキラリティが、局所的な光学活性には必要ないことを示しています。今後は、なぜ局所的に光学活性が発現



したのか、その発現機構の解明に邁進したいと考えております。最後に、今回の受賞にあたり研究をご指導頂きました岡本裕巳教授と成島哲也助教をはじめとする研究室の皆様、この場を借りて心より御礼を申し上げます。

**Zhang Ying** (物理科学研究科 機能分子科学専攻 5年一貫制博士課程5年)

**2013年糖鎖科学中部拠点奨励賞**

“糖鎖科学中部拠点 第11回若手の力フォーラム” was held in Nagoya City University on September 9<sup>th</sup> 2013. This forum covered most branches of glycoscience in the field of biology, chemistry and engineering through the 7 oral and 18 poster presentations

from young researchers and 2 excellent invited talks from professors.

I had an oral presentation titled “Paramagnetism-assisted NMR for atomic description of dynamic oligosaccharides”. Oligosaccharides play important biological roles in



## 受賞者の声

living system. To understand the underlying mechanism of these carbohydrate functions, it is crucial to characterize their conformational dynamics at atomic level. However, the conventional methods are not so efficient to provide the 3D structures of oligosaccharides due to the high conformational flexibility of the glycosidic linkages. Hence, I have developed a method by the combination of computational simulation and paramagnetism-assisted NMR spectroscopy. By using this method,

I have successfully elucidated the conformational dynamics of flexible oligosaccharides. The approach opens a new prospect for the conformational analysis of dynamic structures of oligosaccharides toward decoding *glycocodes* from 3D structural aspects.

Through these presentations and discussions with other young participants, I got deep knowledge about the biological roles of oligosaccharides and experimental techniques. In addition, I benefited a lot from other presenters on how to make a

good presentation.

Finally, the organizers announced that I was one of the three award winners among all presenters. I was so excited that I got this award. But without the help from our group, I could not make it. So I would like to express my sincere gratitude to Prof. Koichi Kato, Dr. Takumi Yamaguchi and all members in our lab for their immense help. In addition, I would like to thank the community of Japanese glycoscience for giving us the honor and this kind of invaluable opportunity.

### 平成25年度9月総合研究大学院大学修了学生及び学位論文名

専攻	氏名	博士論文名	付記する専攻分野	授与年月日
構造分子科学	藤原 邦代	時間分解フーリエ変換赤外分光計測による光駆動型塩化物イオンポンプタンパク質 ファラオニス・ハロドロブシンのイオン輸送機構に関する研究	理学	H25. 9.27
	CHEN, Xiong	Design and Synthesis of $\pi$ -Electronic Covalent Organic Frameworks	理学	H25. 9.27
	JIN, Shangbin	Design, Synthesis, and Functions of Two-Dimensional Covalent Organic Frameworks	理学	H25. 9.27
機能分子科学	KONG, Weipeng	Edge-pumped Yb:YAG ceramic microchip laser for high-power mode control	理学	H25. 9.27
	井本 翔	Theoretical studies on ultrafast dynamics of liquid water using linear and nonlinear spectroscopy	理学	H25. 9.27
	CHANDAK MAHESH SHANTILALJI	Structural Fluctuations of the <i>Escherichia coli</i> Co-chaperonin GroES Studied by the Hydrogen/Deuterium-Exchange Methods	理学	H25. 9.27

### 総合研究大学院大学平成25年度(10月入学) 新入生紹介

専攻	氏名	所属	研究テーマ
機能分子科学	YAN, Shuo	生命・錯体分子科学研究領域	Design, synthesis, and application of heterogeneous copper catalysts for organic synthesis
	YAN, Gengwei	岡崎統合バイオサイエンスセンター	Structural characterization of carbohydrate-carbohydrate-interactions involved biological events
	SIKDAR, Arunima	岡崎統合バイオサイエンスセンター	Structural elucidation of the mechanisms underlying biomolecular assembly

## 各種一覧

### ■分子科学フォーラム

回	開催日時	講演題目	講演者
第99回	平成25年9月20日	糖鎖が担うタンパク質社会の秩序維持	加藤晃一 (岡崎統合バイオサイエンスセンター 教授)
第100回	平成26年1月31日	第100回記念講演会 空はなぜ青いか——身のまわりにはおもしろいことが多い	藤嶋 昭 (東京理科大学 学長)

### ■分子研コロキウム

回	開催日時	講演題目	講演者
第849回	平成25年8月21日	Quantum Photonic Networks: Building Large-Scale Quantum Machines out of Light	Ian A. Walmsley (University of Oxford 教授)
第850回	平成25年11月12日	Exploring Energy Landscapes: From Molecules to Nanodevices	David J. Wales (University of Cambridge 教授)
第851回	平成25年11月15日	ATP合成酵素の1分子生物物理学の最前線	野地 博行 (東京大学大学院工学研究科 教授)
第852回	平成25年12月5日	Ultrafast spectroscopy of donor-acceptor organic molecules for photovoltaic applications	Stefan Haacke (University of Strasbourg 教授)
第853回	平成25年12月20日	パルスX線で分子の構造変化を可視化する	足立伸一 (高エネルギー加速器研究機構 教授)
第854回	平成26年1月8日	Hybrid Light-Matter States: Fundamentals and Potential	Thomas W. Ebbesen (University of Strasbourg 教授)
第855回	平成26年1月17日	チャネル機能の再構成と動的イメージ	老木成 稔 (福井大学医学部 教授)

### ■人事異動 (平成25年6月2日~平成25年11月1日)

異動年月日	氏名	区分	異動後の所属・職名	現(旧)の所属・職名	備考
25. 6. 2	BOEKFA, Bundet	新採	規用 理論・計算分子科学研究領域 計算分子科学研究部門 研究員		
25. 6. 14	KODI RAJAN, SelvaKumar	辞職		協奏分子システムセンター 機能分子システム創成研究部門 研究員	
25. 6. 16	村木 則文	新採	規用 生命・錯体分子科学研究領域 特任助教 (分子科学研究所特別研究員)	日本学術振興会 特別研究員	
25. 6. 16	岡田 知	新採	規用 岡崎統合バイオサイエンスセンター 生命動秩序形成研究領域 技術支援員		
25. 6. 30	木村 真一	辞職		大阪大学大学院生命機能研究科 教授	極端紫外線光研究施設 准教授
25. 6. 30	矢木 真穂	辞職		University of Cambridge Visiting Research Scientist	岡崎統合バイオサイエンスセンター 生命動秩序形成研究領域 特任研究員
25. 7. 1	木村 真一	兼委	任嘱 極端紫外線光研究施設 教授 (兼任)	(大阪大学大学院生命機能研究科 教授)	
25. 7. 1	上村 洋平	新採	規用 物質分子科学研究領域 電子構造研究部門 助教	日本学術振興会 特別研究員	
25. 7. 1	柴田 あかね	新採	規用 生命・錯体分子科学研究領域 錯体物性研究部門 技術支援員		
25. 8. 16	WANG, Ying-Hui	新採	規用 岡崎統合バイオサイエンスセンター 生命動秩序形成研究領域 研究員		
25. 8. 31	白井 千夏	辞職		物質分子科学研究領域 電子構造研究部門 技術支援員	
25. 8. 31	水木 寛子	退職		岡崎統合バイオサイエンスセンター 生命動秩序形成研究領域 技術支援員	
25. 9. 1	豊田 朋範	昇任	任 技術課 電子機器開発技術班 電子機器開発技術係 主任	技術課 電子機器開発技術班 電子機器開発技術係 係員	
25. 9. 1	近藤 直範	昇任	任 技術課 光技術班 極端紫外光技術一係 主任	技術課 光技術班 極端紫外光技術一係 係員	
25. 9. 1	牧田 誠二	昇任	任 技術課 機器利用技術班 機器利用技術一係 主任	技術課 機器利用技術班 機器利用技術一係 係員	
25. 9. 1	上田 正	昇任	任 技術課 機器利用技術班 機器利用技術二係 主任	技術課 機器利用技術班 機器利用技術二係 係員	

異動年月日	氏名	区分	異動後の所属・職名	現(旧)の所属・職名	備考
25. 9. 1	岩橋建輔	昇任	技術課 計算科学技術班 計算科学技術二係 主任	技術課 計算科学技術班 計算科学技術二係 係員	
25. 9. 1	小林玄器	新採用	協奏分子システム研究センター 階層分子システム解析研究部門 特任准教授	神奈川大学 工学部物質生命化学科 特別助手	
25. 9.30	DHITAL, Raghu Nath	辞職	日本学術振興会 外国人特別研究員	協奏分子システム研究センター 機能分子システム創成研究部門 研究員	
25.10. 1	PAN, Shiguang	新採用	生命・錯体分子科学研究領域 錯体触媒研究部門 研究員	早稲田大学 大学院先進理工学研究科 大学院生	
25.10. 1	大國泰子	新採用	協奏分子システム研究センター 機能分子システム創成研究部門 技術支援員		
25.10. 1	吉田将己	名称付与	生命・錯体分子科学研究領域 錯体物性研究部門 研究員(IMSフェロー)	生命・錯体分子科学研究領域 錯体物性研究部門 研究員	
25.10. 1	杵鞭春樹	新採用	岡崎統合バイオサイエンスセンター 生命動秩序形成研究領域 研究員(IMSフェロー)	山形大学 大学院理工学研究科 有機材料工学専攻 大学院生	
25.10. 1	小野陽子	職名変更	分子制御レーザー開発研究センター 先端レーザー開発研究部門 技術支援員	分子制御レーザー開発研究センター 先端レーザー開発研究部門 事務支援員	
25.10. 8	CHEN, Xiong	新採用	物質分子科学研究領域 分子機能研究部門 研究員		
25.10.14	SAHA, Pipas	新採用	協奏分子システム研究センター 機能分子システム創成研究部門 研究員		
25.10.16	天野ひとみ	新採用	物質分子科学研究領域 電子構造研究部門 事務支援員		
25.10.16	横田光代	新採用	物質分子科学研究領域 電子構造研究部門 事務支援員		
25.10.18	JIN, Shangbin	新採用	物質分子科学研究領域 分子機能研究部門 研究員	大学院生	

## 編集後記

ソチ冬季五輪の真っ直中、今年に入って二度目となる雨模様の雪景色を見ながらこの編集後記を書いています。もう少し気温が低ければ、岡崎でも大雪だったことでしょう。この分子研レターズ69号が皆様のお手元に届くのは、岡崎の名物の一つである乙川沿いの河津桜からソメイヨシノへと季節の主役が移ろい、春の陽気を全身で感じられる頃でしょうか。年末年始のご多忙中にも関わらず、ご執筆をお引き受けいただいた皆様には、編集委員一同心よりお礼申し上げます。

分子研レターズ69号では、数多くの受賞や研究会活動報告、共同研究ハイライトや大学院教育など、分子研のアクティビティーの高さをお伝えできたと思います。今後も分子研レターズが、研究所内外の分子科学研究者間のコミュニケーション媒体となりますよう、引き続き皆様のご支援、ご協力の程宜しくお願い致します。

編集担当 繁政 英治

## 分子研レターズ編集委員会よりお願い

### ■ご意見・ご感想

本誌についてのご意見、ご感想をお待ちしております。また、投稿記事も歓迎します。下記編集委員会あるいは各編集委員あてにお送りください。

### ■住所変更・送付希望・送付停止を希望される方

ご希望の内容について下記編集委員会あてにお知らせ下さい。

分子研レターズ編集委員会

FAX : 0564-55-7262

E-mail : letters@ims.ac.jp

<http://www.ims.ac.jp/know/publication.html>

I M S Letters

分子研と研究者をつなぐ

VOL. 69

# 分子研レターズ

発行日 平成26年3月（年2回発行）  
発行 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構  
分子科学研究所  
分子研レターズ編集委員会  
〒444-8585  
愛知県岡崎市明大寺町字西郷中38

編集 小杉 信博（委員長）  
繁政 英治（編集担当）  
大迫 隆男  
加藤 晃一  
斉藤 真司  
江 東 林  
西村 勝之  
藤 貴夫  
古谷 祐詞  
柳井 毅  
山本 浩史  
原田 美幸（以下広報室）  
鈴木 さとみ  
中村 理枝

デザイン 原田 美幸  
印刷 株式会社コームラ

本誌記載記事の無断転載を禁じます