Graduate School of Science / Faculty of Science, Osaka City University

Newsletter 2015

杉本門から理学研究科へと続く「南部ストリート」．南部先生のご偉業を称えるため2012年に整備されました．

理学研究科長・理学部長
保尊 隆享

大阪市立大学大学院理学研究科・理学部は，自然科学の基幹分野全体をカバーする3専攻・5学科からなり，ミクロの世界から広大な宇宙に至る幅広い自然現象の本質を解明する世界最先端の研究を行っています．また，そのような研究を基盤として，国際的な視野と高い研究能力を持ち，最先端の科学や科学技術の推進に寄与できる人材を育成しています．本理学研究科・理学部では，毎年の研究・教育活動を皆様にご紹介するニュースレターを発行しており，今回は第12号となります．本号の編集中に，ノーベル物理学賞受賞者で本学特別栄誉教授の南部陽一郎先生ご逝去という，誠に残念なニュースがありました．しかし，南部先生がもたらされた自然に対する敬意と深い認識，真理探究に邁進する姿勢は，本理学研究科・理学部にしっかりと根付き，脈々と受け継がれています．News及びTopics欄に掲載しましたように，今年もそれぞれの分野で世界的に評価される特徴ある研究が行われ，大きな成果が得られました．また，大学院学生の中から様々な賞の受賞者・表彰者が生まれるなど，教育面でも高い実績をあげることができました．ぜひ，各欄及び巻末のデータをご覧いただけましたら幸いです．本理学研究科・理学部は，今後とも，世界をリードする研究を推進して科学の発展に寄与するとともに，人材育成はもとより，中高等教育への支援や科学技術の応用など，様々な形で地域社会の発展に貢献して行きます．皆様のご理解とご支援をよろしくお願い申し上げます．

大阪市立大学　大学院理学研究科・理学部

追悼 南部 陽一郎 先生

大阪市立大学大学院理学研究科の前身である戦後の新制大阪市立大学理工学部において教鞭をとられ，渡米されるまで強力な理論物理学研究グループを率いておられた本学特別栄誉教授・名誉教授の南部陽一郎先生は，2015年7月5日，94年の生涯を終えられました．

ここに謹んで哀悼の意を表するとともに，偉大な先輩である先生が残された多大な業績に改めて深い敬意を表します．

南部先生は戦後間もない創設直後の大阪市立大学に東京大学から着任され，プリンストン高等研究所での研究生活を経てシカゴ大学に移られるまで数年間教授を務められました．新設の理工学部は北区南扇町にある旧北野小学校の校舎を使用していましたが，都市にある大学の利便性を生かし，南部先生をリーダーとし，そうそうたるメンバーを擁す素粒子論研究室が構築されました．その後分野は，場の量子論・紐理論，素粒子現象論，宇宙論，原子核理論に分化し，当時の活発な研究活動は，現在の基礎物理学講座各研究室に引き継がれています．

南部先生は，「素粒子物理学における対称性の自発的破れの機構の発見」に対して2008年ノーベル物理学賞を受賞されたのをはじめ，文化勲章，イスラエルのウォルフ賞，アメリカ合衆国科学メダル，フランクリン協会のベンジャミンフランクリンメダル，サクライメダル，ダニーハイネマン賞，トリエステ国際理論物理学センターのディラックメダル，ドイツ物理学会のマックスプランクメダル，ロシアのボゴリゥボフ賞など数々の賞を受賞されました．数ある業績の中でも「対称性の自発的破れ」，「クォークに対するカラー（色）の自由度」，「ハドロンの双対性に基づく紐理論」が特に有名です．以下，これらの業績について解説します．

対称性とは総称的な言葉で，三角形や四角形や円の板が対象ならばその回転や並進等を意味します．目に見えない対象を扱う素粒子物理学では，素粒子の持っている電荷等の属性を取り替える役目を果たします．

素粒子物理学を記述する枠組みである「場の量子論」の構成自身が対称性を保っていても，「真空」と呼ばれる基底状態が対称性を保たないことがありうるという事を，南部先生は世界で最初に示しました．

これが「対称性の自発的破れ」という考え方です．真空はその言葉の響きに反し空っぽではなかったのです．

理学研究科エントランスホール壁面装飾（裏表紙写真）は，「対称性の自発的破れ」をモチーフとしています．三角柱オブジェのうちの大半は一斉に同じ方向を指しており，特別な方向を指しているという意味で対称性が自発的に破れた基底状態の場の配位を表現しています．

「対称性の自発的破れ」の考え方は，シカゴ大学着任後生まれたもので，今日ではハドロンと呼ばれるクォーク複合粒子の分類に重要な役割を果たすカイラル対称性の研究に基づいています．ハドロンの中でも湯川秀樹によってその存在が予言されたパイ中間子は，陽子や中性子に較べて随分小さな質量を持っており，南部先生はこの小さい質量の問題に取り組まれました．カイラル対称性が自発的に破れた真空は，破れた対称性を回復させようとする力学的機構を持つ事を，南部先生は見抜かれました．その機構の証として南部・ゴールドストーン（NG）粒子と呼ばれる質量を持たない素粒子が生成されます．NG粒子はパイ中間子を理想化させたものとみなされます．

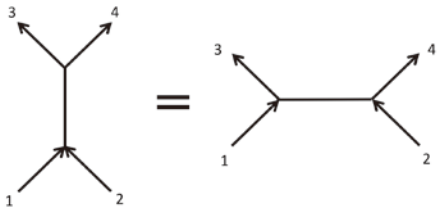
「対称性の自発的な破れ」という考え方は，今日では様々な物理理論に適用できます．素粒子標準模型では，対称性の自発的破れの考え方をゲージ対称性と呼ばれる対称性に適用することにより，原子核反応を引き起こすW，Z粒子と呼ばれる粒子が質量を獲得します．これらは1980年代半ばに実験的に検証され，その業績にはノーベル物理学賞が与えられています．現在のエネルギーフロンティアである欧州原子核研究機構（CERN）の大型ハドロン衝突型加速器（LHC）による衝突実験では，標準模型とこの質量獲得メカニズムからの帰結として予言される素粒子のうち，唯一未発見であったヒッグス粒子が2012年に発見されました．

２番目の業績である「カラーの自由度」について述べます．

ハドロンのうち，陽子や中性子に代表される3つのクォーク複合粒子をバリオンと呼びます．3つのクォークがすべて同種のバリオンを考えると，困難に陥ります．クォークは電子と同じようにフェルミ粒子であり，フェルミ統計に従いますので，3つの同種クォークから構成されるバリオンは存在できなくなります．そこで，南部先生はカラー（色）と呼ばれる3つの自由度を導入し，この困難を克服しました．この研究成果は，後年のクォークの相互作用を記述する量子色力学（カラーのゲージ理論）の発展に繋がって行きます．

最後に「紐理論の導入」について触れます．

ハドロン粒子散乱の双対性と呼ばれる性質をうまく説明する振幅として，Veneziano（ヴェネツィアノ）振幅が知られていました．



この性質は上図のように2つのハドロン粒子の散乱を縦向きにみても横向きにみても同等である性質です．南部先生は，ハドロン粒子が弦でできていると考えるとこの双対性が自然に説明できることを見出し，今日南部・後藤作用と呼ばれる作用を提案し，不必要な状態を正しく取り除くVirasoro条件の起源を明らかにしました．

南部先生の研究は，常に時代の先を行っていました．著名な理論物理学者であるブルーノ・ズミノが，「南部の論文を理解すれば10年先の物理がわかると思ったが，理解するのに10年かかった」と語ったのは有名です．

市大着任時の南部先生

当時の理工学部校舎

理工学部北校舎・玄関

受賞・表彰

化学教育賞

物質分子系専攻の中沢浩教授が，「高校化学グランドコンテストを通した化学の普及ならびに国際化への貢献」のご業績で日本化学会第 39 回化学教育賞を受賞されました．この賞は国際的または全国的視野において化学教育上，特に顕著な業績または功績のあった個人に贈られます．中沢浩教授は平成 16 年に化学科の教員とともに高校生・高専生を対象とした化学研究のコンテスト「高校化学グランドコンテスト」（本学ならびに読売新聞大阪本社主催）の創設および運営に中心的な役割を果たしました．第 5 回大会より大阪府立大学も主催団体に加え，また第 10 回大会（平成 25 年）より台湾とシンガポールから代表チームを招待した国際大会へと発展を遂げました．さらに第 10 回大会より本コンテスト成績優秀チームが台湾で開催される TISF2015 へ招待され，加えて第 11 回大会からはシンガポールで開催される国際的な科学イベント ISYF2015 に招待される道筋をつけ，化学を通じた高校生の国際化にも尽力されています．これらの成果が評価され，本賞の受賞となりました．第 12 回大会（平成 27 年）は，10 月 24，25 日に大阪府立大学で開催されます．以前に中沢浩教授は「高校化学グランドコンテストを通した化学の普及啓発」の業績で平成 21 年度文部科学大臣表彰 科学技術賞（理解増進部門）も受賞されています（詳細は 2009 年 10 月発行のニュースレターをご参照ください）．

高分子研究奨励賞

物質分子系専攻の麻生隆彬テニュアトラック特任講師（複合先端研究機構専任）が，優れた研究を行った高分子若手研究者に贈られる平成26年度高分子研究奨励賞を「電気泳動接着法による階層ヒドロゲル材料の構築」のご業績で受賞しました．麻生先生は，接着制御が困難だったヒドロゲルを階層的に組み上げた三次元材料を構築する電気泳動接着法を開発しました．この成果は，ドラッグデリバリーシステム用の担体や組織再生用の足場材料など水環境で機能する機能性材料としての応用が期待されます．なお麻生先生は，2014年に日韓バイオマテリアル学会若手研究者交流AWARDなどの賞も受賞した期待の若手研究者です．

国際会議「Toric Topology 2015 in Osaka」を開催
～数学研究所の国際研究ネットワーク展開～

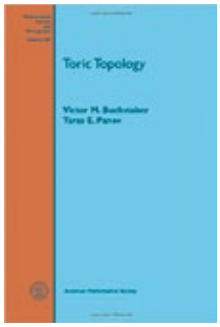
日本学術振興会の頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラム「対称性,トポロジーとモジュライの数理,～数学研究所の国際研究ネットワーク展開～」（2014-2016年度）の活動の一環として，「Toric Topology 2015 in Osaka」という国際会議を本研究科に於いて開催しました．このプログラムは，これに先立つ次の2つのプログラム（同じく日本学術振興会）：

（1）組織的な若手研究者等海外派遣プログラム「数学研究所がリードする数学・数理科学の国際的若手研究者の育成」（2010年3月-2013年2月），

（2）頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣プログラム　「数理と物理の深化と展開，数学研究所を拠点とする国際ネットワークハブの形成」（2011-2013年度），

の実績と成果を基盤に，海外研究機関との連携を深め，数学と数理物理の分野の研究を促進するものです．具体的には，本学数学研究所が中心となり，神戸大学と早稲田大学の協力を得て，若手研究者の長期（1年間）派遣，海外からの研究者招へい，国際会議の開催などを行います．

今回開催した国際会議のテーマである Toric Topologyは，トーラス群作用をキーワードに，トポロジー，代数幾何，シンプレクティック幾何，組合せ論など幾つかの数学分野に跨る研究分野です．生まれて10年余りと新しいですが，世界的に研究者が増えつつあり，この10年非常に活発な研究が行われました．この進展は，ごく最近出版された Buchstaber-Panov著「Toric Topology」で見ることができます．Toric Topologyは生まれて間もない分野ゆえ，誰も手を付けたことがない（または，手を付けた人がいたとしても余り多くない）基本的な問題が沢山あります．このような問題は，解決が頗る難しいこともありますが，余り予備知識や経験がなくても，いいアイデアが浮かべば解決できることもあり，金脈を掘り当てることができます．若い人には，基本的な貢献ができるチャンスが大きい場と言えます．実際，この分野の研究者の大半は大学院生やポスドクを含めた若手研究者で，彼らの貢献が非常に大きいです．最近の集会では，集中的な議論ができるように参加者を絞って来ましたが，分野横断型の研究集会もいずれ開催したいと思っています．



Buchstaber-Panov 著
「Toric Topology」
(American Mathematical Society)

二国間交流事業共同研究のプログラムに「場の量子論と統計力学に於ける行列模型の諸側面」が採択

日本学術振興会とロシア基礎科学財団(Russian Foundation for Basic Research:略称RFBR)は，自然科学(人文・社会科学における自然科学との融合領域を含む)分野において，日本の研究者とロシアの研究者が協力して行う共同研究の実施に要する経費を支援しています．従来の個人レベルでの研究者交流を統合的に発展させ，持続的ネットワーク形成を目指し設立されたもので，既に10年間に及ぶ継続的発展の歴史を持っています．数理科学の分野において，日本とロシアの科学交流はとりわけ盛んです．本学理学研究科数物系専攻は，理論物理・数学の両分野で何度もこのプログラムに採択されており，本学の充実した基礎研究，このプログラムにおいて本学が果たしてきた役割の重要性を物語ってくれています．

今回の採択(申請件数53件)は，2010-11年度実施「ゲージ理論と弦理論の双対性に立脚する可積分性の統合」，2012-13年度実施「ゲージ理論と弦理論の双対性に立脚する可積分性の統合と進展」に続く本学代表者及びその構成メンバーによるもので，同時採択の名古屋大学多元数理研究科「対称性と双対性による量子幾何学の探求」と協力して，更に強力な研究ネットワークの形成を目指します．既に顔見知りである日本側，ロシア側それぞれ15名程度のメンバーが，この分野における最先端の研究，未来を担う若手研究者の育成をさらに推し進めます．

日本側メンバー内では，拡大メンバーからなる3ヶ月に一度程度の持ち回り国内ワーキングセミナーを軸とする大学の枠を超えた活発な共同研究が確立しています．この文章を書いている8月最後の週はちょうどモスクワに来ており，日露メンバー中心の研究集会で夜遅くまで熱心な議論が行われています．来年度本プログラム終了時には，滞在型国際研究会を計画しています．また今年10月には，JSPS/RFBRによる本事業10周年の記念会議がモスクワで行われ，代表者も招待講演を行う予定です．

平成 27 年度リニューアルオープン—理系新学舎 E, F 棟

平成22年度にスタートした理系学舎整備事業は，平成26年度に第III期工事（E，F棟の耐震，改修工事）が竣工したことをもってほぼ予定どおりに完了しました．その結果，正面玄関の位置するB棟からE棟，F棟をへて学術情報総合センターに至る景観が一新されることとなりました．同時に，工・生科地区との間を二分する園庭やE，F棟の裏庭が美しく整備されたこともあって理系地区全体の景観も大きく変化しました．一方，E，F棟内には，新たに第1～第10までの講義室が配置され，これまでに2号館と8号館の教室を間借りして行われていた理学部専門科目の授業の多くを新学舎内で実施することが可能となっています．E棟エレベーター前のオープンスペースにもテーブルや椅子が効果的に配置され，授業やセミナー後の議論の場として，談話や食事の場としても広く活用されています．本年4月からは，これまでにも増してレベルの高い研究・教育が新学舎において気分も新たに行われていくものと期待されます．

杉本地区
理系学舎一望

F 棟とその裏庭

F 棟内部

学術情報総合センターより
E, F 棟をへて C 棟を望む

E 棟ユーティリティースペース

附属植物園 —教育へのさらなる活用—

附属植物園で収集し，育成している植物は，理学研究科・理学部のみならず，大阪市大の貴重な資源であり，財産です．それらの資源の教育への活用は，附属植物園の重要なミッションの一つです．

附属植物園は理学研究科・理学部の専門教育だけではなく，全学共通教育にも利用されています．植物園で実施される科目には，専門科目の「生物学野外実習」，全学共通科目の「演習　植物と人間」などがあります．杉本キャンパスから植物園へは電車で1時間半ほどかかるため，科目のほとんどは，夏期休業期間に集中で実施されています．また，夏には，学芸員課程（文学部提供）の博物館実習も行っています．これは，他大学からも受講が可能です．

植物園の全望

附属植物園は，地域社会貢献の一環として，初等・中等教育にも携わっています．毎年，小学生を対象にしたサマースクールを実施し，中学生の職場体験学習にも協力しています．また，SSHプログラムや大阪府教育センターの講習会にも協力しています．

昨年度から，新たな取り組みとして，大学コンソーシアム大阪にセンター科目「植物園で学ぶ生態圏と文化」を提供するようになりました．理学研究科と文学研究科の教員が講師を務め，生物について幅広い視野から学ぶことができます．この科目は，大阪市大を含む加盟大学の学生が受講し，単位を取ることができます．

附属植物園は生駒山系の緑豊かな環境の中にあるため，学生セミナーや研究室の郊外活動の場として最適です．このような全学的利用にもさらに力を注いで行きます．

TOPICS

数学科

調和関数と凸解析

西尾昌治

調和（ハーモニー）という言葉は音楽ではよく耳にしますが，数学においてもしばしば使われてきました．たとえば，調和平均や調和級数などは聞いたことがあろうかと思います．

さて，私は数学の中でも特にポテンシャル論を専門に勉強していますが，それは基本的には「調和関数」を研究する学問です．ここで，調和という言葉が出てきましたが，調和関数とはラプラス方程式とよばれる微分方程式をみたす関数のことです．一変数の調和関数は一次関数です．これをここでは上に凸であり，かつ下に凸である関数と考えることにします．次に，二変数の調和関数を考えますが，これは複素数と密接な関係があります．多項式関数，三角関数，指数関数といったなじみの関数は自然に定義域を複素数に拡張できます．それらの関数は非常にいい性質を持つので，正則関数とよばれていますが，それらの実数部分や虚数部分をとると調和関数になります．この場合，上と類似の言い方をすると調和関数は優調和かつ劣調和な関数であるということなります．ここで，「優調和」や「劣調和」は「上に凸」や「下に凸」を弱めた概念で，ラプラス方程式の等号を不等号にしたものをみたす関数のことです．さらに三変数以上になるとニュートンポテンシャルとよばれる関数が現れてきます．

ポテンシャル論の研究に生涯を捧げた盲目の数学者 Aurel Cornea の墓碑に記されているラプラス方程式

さて，調和関数についての研究にもいろいろな側面がありますが，ここでは凸性に関連したものを紹介します．個々の関数ではなくその集まりを考えるわけですが，ここでは，ある定義域上の非負値調和関数全体の集合を考えます．するとそれは凸集合かつ錐になります．一般に無限次元になりますので，ちょっと想像しがたいかもしれませんが，錐は無限にのびていて頂点は 0 という定数関数です．そして底面にあたる図形（これも凸集合になります）は，四角形ではなく三角形や四面体のような単体とよばれる性質を持ったものになります（ショッケ単体とよばれています）．ここで，調和関数だけでなく非負値優調和関数全体を考えますと，もとの定義域が自然にその中に埋め込まれています．これを逆に見て最初に考えた定義域に「境界」（マルチン境界とよばれています）が定義されたと考えることができます．例えば，円板を定義域にした場合マルチン境界は円周ですが，一般にどうなるかは今なお不明です．フラクタル状の複雑な境界をもつ領域でこの「境界」がどうなるのかについては日本人数学者の深い一連の研究が進行中です．

また，近代ポテンシャル論では調和関数の概念もラプラス方程式から離れて一般化されてきています．私は熱方程式に関連した「マルチン境界」についての考察を続けています．この場合上に述べた一般論がまだ私にとって未完成の状態で，どうしたものかと思いを巡らしているうちに気付けば 20 年以上もうすぐ 30 年になります．光陰矢の如しとはよく言ったものです．

最後に，最近知った凸性に関する不等式を書いておきます．

$$\frac{f(x)+f(y)+f(z)}{3}+f\left(\frac{x+y+z}{3}\right)\geq\frac{2}{3}\left[f\left(\frac{x+y}{2}\right)+f\left(\frac{y+z}{2}\right)+f\left(\frac{z+x}{2}\right)\right]$$

図：連続関数の凸性を特徴付ける Popoviciu の不等式

物理学科

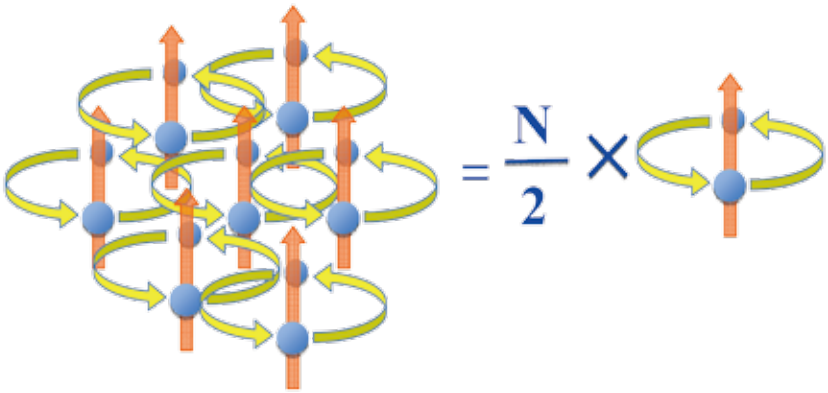
トポロジカル超流体とその固有角運動量

石川修六

最近の物性物理学分野での最先端研究の１つにトポロジカル物質（トポロジカル超流体，トポロジカル超伝導，トポロジカル絶縁体）の基本的な性質を調べる研究があります．回転対称性とか並進対称性など，物質はその“かたまり”（「バルク」）としていくつかの対称性を持っています．有限な大きさのバルクには「エッジ」と呼ばれる界面・接合面が存在します．このエッジにバルクとは異なる全く新しい性質が出現している物質が存在することがわかってきました．一般に温度を下げると，例えば高温安定相の“水”が低温安定相の“氷”になるようなバルクの相転移現象が観測されます．高温安定相から低温安定相への相変化時に，バルクが持っている対称性が少なくなり，これを対称性の破れと呼びます．対称性が破れたときに，トポロジカル不変量と呼ばれる，物質の大きさ・形に依存しない物理量がバルクに存在すると，この不変量に１対１対応する状態がエッジに出現します．これはバルク－エッジ対応と呼ばれ，この性質を持つ物質がトポロジカル物質です．これは，元々トポロジカル的でない物質が相転移することによりトポロジカルな性質を示すという非常に不思議な性質です．残っている対称性によって守られた不変量であり，性質であると言えます．

量子力学的効果のために絶対零度でも固体にならない液体 ^{3}He は量子液体と呼ばれます．その低温安定相は，粘性が全くない超流動状態でありトポロジカル超流体と呼ばれます．超流動 ^{3}He は，その理論的記述の完全さと，超低温度で不純物が全くゼロとなる実験事実より，トポロジカル物質の標準として注目を浴びています．超流動 ^{3}He は，２つの ^{3}He 原子がクーパー対という対を形成した凝縮状態であり，対称性の破れ方が違う A 相，B 相と呼ばれる２つの安定相があります．A 相バルク液体でのクーパー対は，（↑↑）と（↓↓）の２種類のスピン対だけであり，両スピン対は量子数 l_z=+1 か l_z=−1 のいずれかの角運動量状態である対称性を持ち，これをカイラル対称性と呼びます．実在する液体ではこの対称性が破れて，すべてのクーパー対が１つの軌道角運動量状態にいる状況が出現し，A 相の界面には非自明なエッジ状態が出現すると予想されていますがこれは未観測です．一方，B 相では，バルク液体の対称性に対応する，エッジ状態が観測されています．

カイラル対称性が破れた実在バルク A 相には「固有軌道角運動量の問題」と呼ばれる超流動 ^{3}He 発見以来のパラドックスがありました．それは，l_z がそろったときに固有角運動量は巨視的な量として存在するかどうかという大問題です．実験の困難さから，存在するという説と存在しないという説のどちらが正しいかの結論が出ないまま 40 年が経過していましたが，最近の我々の研究により，固有角運動量は巨視的な大きさとして観測されることがわかりました．この観測するべき角運動量は，マクロな質量流れ（運動量）を伴わない力学量です．回転超低温冷凍機を用いて，回転する超流動中の質量流れを伴う角運動量とは区別し，回転角速度と角運動量の結合を利用して結果を得ることができました．超流動発見以来 40 年ぶりに大問題を解決しました．



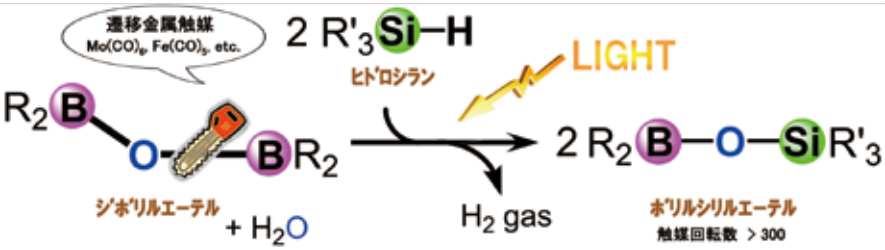
図：カイラル A 相のクーパー対の固有角運動量の様子（N/2 はクーパー対の数）．上向き矢印はクーパー対の軌道角運動量を示しています．

化学科

新たな無機材料を目指して～ホウ素－酸素－ケイ素結合生成反応の開発～

中沢浩・板崎真澄

飛躍的に科学技術が進歩した現代においても，分子レベルで構造が制御された新たな材料を生み出すことは容易ではありませんが，しかし重要な課題であります．例えば炭素が連なった構造から出来ている有機高分子材料では，遷移金属を含むチーグラー・ナッタ触媒の発見（1963 年ノーベル化学賞）をきっかけとして極めて精密な構造制御が可能となり，現在では様々な機能を有する部位を導入した高分子材料も数多く生産されるようになってきました．一方，セラミックスなどに代表される無機材料の多くは原料となる鉱物を混合し高温で加熱処理することで製造されています．新たな無機材料を開発するための手法は，使用する原料の種類や比率，粒子サイズ，加熱温度等のコントロールに限られており，その構造を分子レベルで制御することは困難です．そこで筆者らは，遷移金属錯体を触媒とする新たな結合生成反応を開発することで，無機材料についても有機高分子材料と同様に分子レベルでの構造制御および機能性の付加が可能になるのでないかと考えました．今回，注目したのは耐熱性・耐薬品性に優れ「PYREX®」と呼ばれることも多いホウケイ酸ガラスの骨格を担うホウ素－酸素－ケイ素（以下，B–O–Si）結合です．これまでに遷移金属錯体を触媒として B–O–Si 結合を選択的に合成した例は報告されていませんでした．そこで様々な反応条件や触媒を検討した結果，B–O–B 結合をもつジボリルエーテルと Si–H 結合をもつヒドロシランを反応させると，目的とする B–O–Si 結合をもつボリルシリルエーテルが選択的かつ高効率に生成することを世界で初めて見出しました．この反応では，２つある B–O 結合の一方が切断された後，Si–O 結合へと変換されることで B–O–Si 結合が生成します．また，切断された部分も似たように反応することで同じく B–O–Si 結合が出来ることもわかっています．この反応では，酸素源として水が必要であり，また触媒の活性向上のために光照射が必要であることも明らかにしています．現在は，–B–O–Si– 骨格から成る無機高分子材料を合成するための研究を進めているところです．



図：遷移金属錯体を触媒とした選択的なB–O–Si結合生成反応

生物学科

酵母の新種を人工的に創った！

下田親・中村太郎

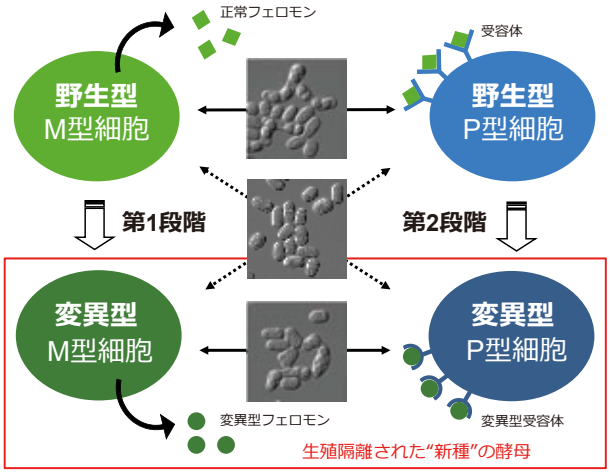
ヒトやチンパンジーといった「生物種」はどのようにしてできたのでしょう？このダーウィン以来の生物学の大問題については様々な説が浮かんでは消えました．ひとつの有力な説は,「生殖隔離」です．ある生物の集団内で多数を占める雄，雌とは交配できなくなる少数の個体が生じたとしましょう．これらの雄もどきと雌もどき同士が交配して子孫を残すことができたら，大集団とは隔離した生殖集団が生じることになります．これが生殖隔離です．この隔離された集団が新しい種になるという考え方です．

酒造りの主役である酵母にも二つの性があり，異性間で交配して子孫を作ります．酵母は細胞外に性フェロモンを分泌して異性を刺激します．フェロモンが異性の細胞表層にある受容体というタンパク質と結合すると，その細胞は興奮して交配に入ります．フェロモンが正しく受容体と結合できないと性的交配はできません．つまりフェロモン分子と受容体の分子認識が酵母の有性生殖の基盤になっています．

フェロモンと受容体の構造は遺伝子により決まっていますから，これらの遺伝子を操作することにより，フェロモンと受容体の構造を変えることができます．そこで，私たちは９個のアミノ酸からなる短いペプチドである性フェロモンのアミノ酸配列を遺伝子操作により変えて正常な酵母の受容体タンパクが認識できない変異型フェロモンを作りました．次に，受容体タンパク質を人工的に改変して変異型フェロモンを認識できるようにしました．この改変した受容体はもはや正常な性フェロモンは認識できませんでした．こうして相互認識できる変異型のフェロモンと受容体をもつ突然変異体が得られました（図）．これらの変異型の異性細胞間でも正常型とほぼ同じ頻度で交配が起こりましたが，変異型と正常型の間では遺伝子の交換は１千万匹に１つという低頻度でしか起こらないことを確かめました．

このように，私たちは遺伝子操作により，酵母の生殖隔離集団を試験管内で作出することに成功しました．これまで，昆虫などで提唱されてきた「性フェロモン系の変化が原因となり種が分岐したのではないか」という仮説が，酵母を用いて実証されたわけです．生殖隔離された変異型酵母は“新種”と定義できますから，私たちは人工的に“新種”を創造したと言ってもよいのかもしれません．あらゆる実験生物で，このような報告はなく，酵母での成功は世界初と言えると思います．

酵母ほど自由に遺伝子操作はできませんが，同様の試みは性フェロモンが知られている昆虫などでも可能でしょう．私たちは創った新しい生殖群と正常生殖群からなる混合集団を長期間培養し，２つのグループの間に何らかの遺伝的な差異や目に見える違いが生じるかどうかを調べる試験管内進化実験を計画しています．



図：酵母の新種を作る戦略図．野生型と変異型の生殖集団内ではエンドウ豆のような接合細胞が見られるが，異なる生殖集団の細胞どうしでは見られない．

地球学科

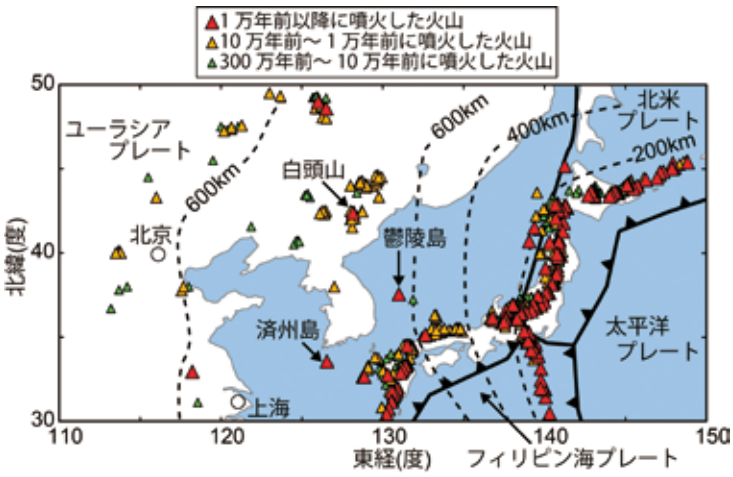
中国，韓国と日本の火山

柵山徹也

日本の国土は地球の陸地の約 0.25％を占めるに過ぎませんが，そこに世界の活火山の７％が存在するまさに火山大国です．日本列島に火山が集中して存在しているのは，日本列島の下に海側から沈み込んでいる太平洋プレートやフィリピン海プレートが原因です（そこで日本列島のような地域を沈み込み帯といいます）．沈み込んでいる海洋プレートは圧力がかかるとともに地球内部の熱により温められ，プレート内部まで染み込んでいた水が再びプレートから放出されます．プレートから放出された水は日本列島直下のマントルに染み込み，マントルの融点を下げることで部分的に融解させマグマを作り，それが火山として地表に噴出します．東北日本から伊豆諸島に連なる海溝に平行な火山列は，沈み込んだ太平洋プレートが深さ 150km くらいまで沈み込んだ時に放出された水が原因でできた火山なのです．

ところで，日本付近には，上記のような海溝と平行な火山列以外の場所にも火山が存在します．例えば，東シナ海の済州島や日本海の鬱陵島などです．さらにあまり知られていませんが，朝鮮半島や中国東部にも多数の火山が存在します（例えば白頭山）．なぜこのようなところに火山が存在するのでしょうか．少し勉強した人なら，これらの火山の位置は沈み込み帯ではないのだから，ホットスポット火山なのではないかと思うかもしれません．ホットスポット火山というのは，プレート境界からはかけ離れたプレート上に存在し，かつ火山下のマントル内に，核・下部マントル境界（深さ約 2900km）から伸びる高温の熱的異常が見られる火山のことです．しかし中国・朝鮮半島の火山に関しては，ホットスポット火山説では説明できないのです．ハワイなどのホットスポット火山にはホットスポットトラックというプレートの動きに対応した火山列が存在しますが，上記の火山付近にはそのような火山列は存在しません．またホットスポット火山にあるべき高温の熱異常がマントル内に見られません．

実はこれらの火山の下の上部・下部マントル境界には，核マントル境界の深さまで沈み込めていない冷たい太平洋プレートがどっしりと横たわっていることが，地震波の解析により解明されました．海洋プレートは冷たいがために密度が高く，海溝から沈み込みます．しかし，その冷たさのために深部での相転移が遅れ，結果的に上部・下部マントル境界（深さ 660km）で停滞してしまうことがあるのです．中国東部・朝鮮半島などの火山はまさにその停滞プレート上に位置します．さらに，最近私たちの研究グループで実際に中国東部の火山の岩石を詳細に分析したところ，太平洋プレートに由来する成分が検出されました．つまり，広い意味で中国にある火山も日本の火山と同様に沈み込んだ海洋プレートに原因があるらしいのです．



図：日本付近の火山の分布図．破線は沈み込んだ太平洋プレートの深さ，太線はプレート境界を示す．

理学研究科・理学部の地域への関わり

大阪市立大学では，日頃の研究・教育活動の中で培われた最先端の知見をはじめ，大学のもつ人的・物的資源を地域社会に提供し，社会の発展に寄与することを目標の一つとしています．ここでは，理学研究科・理学部の取り組みのうち，主なものを紹介します．

高校生と

オープンキャンパス

毎年 8 月上旬に 2 日間に渡ってオープンキャンパスが実施されます．市大を知りたい高校生が参加し，にぎやかな 2 日間となります．まず，理学部全体の紹介，入試説明などから始まり，次に，学科・理科選択コースの個別の説明会が行われます．教育や研究内容，また，学生生活の実態について大学生の生の声を聴くことができます．午後の体験入学では，多彩な講義・実習が企画され，参加した高校生から好評を得ています．2015 年は，猛暑にもかかわらず，理学部説明会には 2 日間で 2600 名の参加がありました．午後の体験入学では，のべ約 600 名の参加者が，16 種類のテーマの講義・実習を受講しました．

数学や理科の好きな高校生のための市大授業

毎年春に，大阪市立大学理学部の数学・物理・化学・生物・地球，各学科の教員がそれぞれの研究に関連した最先端の話題を高校生向け授業として提供しています．2015 年の参加人数はのべ 600 名を超えました．講義内容はもとより，大学の施設を知り，雰囲気を味わってもらえる点も好評です．

市大理科セミナー

市大理科セミナーでは大阪府立の住吉・泉北・千里の各高校を対象に，物理・化学・生物・地球の 4 学科がそれぞれ実習を開講しています．2015 年は 160 名を超える高校生が参加しました．

スーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業への協力

SSH とは文部科学省が科学技術や理科・数学教育を重点的に行う高校の指定制度です．理学部では SSH 校の課題研究などの取組に積極的な協力を行っています．2014 年度は，大阪府立の天王寺・三国丘・大手前・住吉の各高校，および，大阪市立東高校に対して，個別研究の指導や助言，出張授業を行いました．SSH 生徒研究発表会には理学部教員が講評者として参加しています．

ひらめき☆ときめきサイエンス

科学研究費による研究成果を還元する企画で，「植物園の森で環境教育プログラム体験」として，高校生が森の CO_2 固定量を測定したり，絶滅危惧種の観察をしました．

市大化学セミナー　（高校生のための市立大学先端科学研修）

高校生に化学の面白さを知ってもらうために，毎年夏休み期間に開催しています．高校で習う化学の内容を，少しだけ高い位置から眺めてみようというのがこのセミナーの趣旨です．2015 年度は 3 つの受講コースに対して，のべ 200 名近い参加者がありました．また各コースの講演後，学術情報総合センターおよび理学部学舎の見学会も開催しました．

出張授業，研究室見学など

近隣の高校への出張授業，また，高校生の研究室見学，模擬授業等も数多く行っています．

小・中・高の先生方と

教員免許状更新講習

最新の知識技能を身につけることで，教員が自信と誇りを持って教壇に立ち，社会の尊敬と信頼を得ることを目的として教員免許状更新講習を開設しています．理学部は選択科目として，研究の最前線から様々な話題を提供しています．

高等学校・市立大学連携数学協議会

高等学校数学科教員と市立大学数学科教員が交流し，高校と大学の数学教育の現状・改善および数学研究の動向に関して，情報交換と調査・研究を継続的に行う場を設け，毎年シンポジウムを開催しています．

高大連携理化教育懇談会

高校の物理および化学の教員と市大理学部との交流をはかるため，講演会と学生実験室の見学会が開催されました．

地域の皆様と

植物園企画

理学部附属植物園は，自然や環境について学ぶ機会を提供しています．春には特別展示「緑の桜のルーツを探る」，夏には熱帯植物の観察会を開催しました．小学生向け森のサマースクール，市民講座など，植物園のフィールドを活用した様々な事業を行っています．

全国同時七夕講演会

七夕の前後の週末などに，全国各地で同時に天文や宇宙の講演会を実施するというイベントで，毎年，市立科学館で開催されます．今年は，老若男女問わず幅広い年齢層の 100 名近い方々にお集まりいただきました．

文化交流センター講座・近鉄文化サロン共催講座

最先端の研究から話題を選び，自然科学の面白さをわかりやすく伝える講座を幅広く開催しています．

(1) 組織／学生

	学部			大学院					
				前期			後期		
	男性	女性	合計 *	男性	女性	合計 *	男性	女性	合計 *
1 年生	130 (0) {1}	39 (0) {0}	169 (0) {1}	82 (2) 〔0〕 {0}	27 (1) 〔0〕 {1}	109 (3) 〔0〕 {1}	13 (2) 〔0〕 {0} 【0】	3 (1) 〔0〕 {0} 【0】	16 (3) 〔0〕 {0} 【0】
2 年生	155 (0) {9}	45 (0) {0}	200 (0) {9}	82 (0) 〔0〕 {0}	25 (0) 〔0〕 {0}	107 (0) 〔0〕 {0}	22 (2) 〔1〕 {1} 【1】	5 (1) 〔0〕 {1} 【0】	27 (3) 〔1〕 {2} 【1】
3 年生	116 (0) 〔0〕 {1}	43 (0) 〔0〕 {1}	159 (0) 〔0〕 {2}	—	—	—	26 (0) 〔3〕 {3} 【4】	8 (2) 〔0〕 {0} 【2】	34 (2) 〔3〕 {3} 【6】
4 年生	147 (0) 〔0〕 {3}	53 (0) 〔0〕 {1}	200 (0) 〔0〕 {4}	—	—	—	—	—	—
合計	548 (0) 〔0〕 {14}	180 (0) 〔0〕 {2}	728 (0) 〔0〕 {16}	164 (2) 〔0〕 {0}	52 (1) 〔0〕 {1}	216 (3) 〔0〕 {1}	61 (4) 〔4〕 {4} 【5】	16 (4) 〔0〕 {1} 【2】	77 (8) 〔4〕 {5} 【7】

＊（ ）内は外国人特別選抜による入学者，［ ］内は社会人特別選抜による入学者，｛ ｝内は休学者数，【 】内は日本学術振興会特別研究員（DC）など

(2) 組織／研究生・科目履修生

	男性	女性	合計
研究生	4	1	5
科目履修生	11	1	12

(3) 組織／教員

	男性（人数）	女性（人数）	平均年齢	本学出身者（%）
教授	48	2	54	20
准教授	42	1	50	27
講師	14	1	43	20
助教	2	0	33	–
特任教員	17	2	51	–
博士研究員等	30（4）[1]	4（1）[1]	–	–

2015 年 3 月 31 日現在数
（ ）内は外国人数，［ ］内は日本人学術振興会特別研究員（PD）数

(4) 教育／入学

	学部			大学院					
				前期			後期		
	男性	女性	合計 *	男性	女性	合計 *	男性	女性	合計 *
入学定員	—	—	148 [3] {17}	—	—	92	—	—	41
志願者数	640 (0) [11] {47}	186 (0) [3] {26}	826 (0) [14] {73}	118 (0) {10} 【0】	31 (3) {2} 【0】	149 (3) {12} 【0】	11 (2) 【0】	2 (1) 【0】	13 (3) 【0】
入学者数	119 (0) [4] {10}	31 (0) [0] {8}	150 (0) [4] {18}	76 (0) {5} 【0】	21 (2) {2} 【0】	97 (2) {7} 【0】	11 (2) 【0】	2 (1) 【0】	13 (3) 【0】

＊（ ）内は外国人特別選抜，［ ］内は学部３年次編入学選抜，｛ ｝内は推薦特別選抜による人数，【 】は社会人特別選抜

(5) 教育／在学・卒業

	学部	大学院	
		前期	後期
入学料・授業料免除申請者数／採用者数	80 ／ 72	40/31	15/13
日本学生支援機構申請／採用者数	62 ／ 59	49/49	7/6
理学研究科後期博士課程研究奨学奨励金／採用者数			44/44
その他の奨学金採用者数	13	6	1
日本学術振興会特別研究員（DC）			8
TA※，RA 採用者	0	95	
卒業者・学位授与数	165	102	10
教員免許（その他国家資格）取得者数	49	17	—

※専門教育科目分

(6) 教育／卒業・進路

最終学年学生＋早期修了者　の進路	学部	大学院	
		前期	後期
（最終学年学生＋早期修了者）数 *	200	102	11
（内）就職者数	39	83	3
（内）進学者数	115	14	0
（内）その他	46	5	8
その他特記事項（学生の受賞など）	第 31 回井上研究奨励賞；10th AIMS Student Paper Competition Finalist；第 8 回大学院学生ワークショップ Best Presentation 賞；KJF-ICOMEP2014 ポスター賞；The 1st Innovation Forum of Advanced Education/The 21st International SPACC Symposium ポスター賞；第 4 回 CSJ 化学フェスタ 2014 ポスター賞；第 41 回有機典型元素化学討論会ポスター賞；The 18th OCU International Conference ポスター賞（3 件）；BCSJ 賞（2 件）；国際 EPR（ESR）学会優秀ポスター賞；SEST 優秀発表賞；The 14th ICMM ポスター賞；第 8 回分子科学討論会優秀ポスター賞；5th SPINOS ポスター賞；平成 26 年度若野賞；第 1 回岡村賞；第 32 回イーストワークショップベストポスター賞；IGER 国際シンポジウムポスター賞（2 件）；第 21 回日本時間生物学会学術大会優秀ポスター賞；第 2 回日本光生物学協会ポスター賞；第 33 回日本動物行動学会大会ポスター賞		

*（最終学年学生＋早期修了者）数の定義は，学部・大学院前期は最終学年学生数.
** 大学院後期修了後の進学者には，留学，研究生が含まれています.

(7) 研究／研究発表・受賞

		数物系	物質分子系	生物地球系
日本語	著書 (共著を含む)	7	10	11
	原著論文	3	0	18
	総説	1	17	6
	研究発表 (内招待講演)	192(65)	208(26)	219(12)
外国語	著書 (共著を含む)	5	1	3
	原著論文	142	56	63
	総説	0	1	2
	研究発表 (内招待講演)	146(71)	123(23)	84(11)
特許（申請数／公開数）		1/0	3/2	1/1
受賞	枡田幹也，平成 26 年度教育後援会「優秀テキスト賞」；櫻木弘之，日本学術振興会「平成 25 年度特別研究員等審査会専門委員表彰」；中沢浩，日本化学会，第 39 回化学教育賞；八ッ橋知幸，BCSJ 賞；臼杵克之助・西岡孝訓，平成 26 年度教育後援会「優秀テキスト賞」受賞；西岡孝訓，BCSJ 賞；麻生隆彬，2014 年度日韓バイオマテリアル学会若手研究者交流 AWARD；麻生隆彬，第 22 回韓国バイオマテリアル学会大会，優秀発表賞；麻生隆彬，高分子論文集「高分子科学・工学のニューウェーブ―2014―」選出；原口強，大分県知事賞		

(8) 研究／代表的な業績

Hamiltonian stability of the Gauss images of homogeneous isoparametric hypersurfaces. I （等質等径超曲面のガウス像のハミルトン安定性，I） Journal Differential Geometry 97, 275-348 (2014).
Asymptotic behavior of least energy solutions for a 2D nonlinear Neumann problem with large exponent （大きな指数を持つ 2 次元非線形ノイマン問題の最小エネルギー解の漸近挙動） Journal of Mathematical Analysis and Applications, 411, 95-106 (2014).
Medium effect in high-density region probed by nucleus-nucleus elastic scattering, （原子核・原子核弾性散乱で探る高密度領域での核媒質効果） Physical Review C 90, 041601(R) (2014).
Study of $B^0 \rightarrow \rho^0 \rho^0$ decays, implications for the CKM angle ϕ_2 and search for other B^0 decay modes with a four-pion final state （CKM 角 ϕ_2 と 4 パイオン終状態による他の B^0 中間子崩壊モードの探索を含む $B^0 \rightarrow \rho^0 \rho^0$ 崩壊の研究） Physical Review D 89, 072008 (2014)
Selective boryl silyl ether formation in the photoreaction of bisboryloxide/boroxine with hydrosilane catalyzed by a transition-metal carbonyl complex （遷移金属カルボニル錯体触媒を用いたビスボロキシド / ボロキシンとヒドロシランの光反応による選択的ボリルシリルエーテル生成） Journal of the American Chemical Society 136, 6183-6186 (2014).
Excited-state dynamics of pentacene derivatives with stable radical substituents （安定ラジカル置換基を有するペンタセン誘導体の励起状態ダイナミクス） Angewandte Chemie International Edition 53, 6715-6719 (2014).
Molecular coevolution of a sex pheromone and its receptor triggers reproductive isolation in *Schizosaccharomyces pombe* （酵母の性フェロモンと受容体の協調的な改変を実現～生殖隔離から新しい種の創造へ） Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 112, 4405-4410 (2015).
Both the anterior and posterior eyes function as photoreceptors for photoperiodic termination of diapause in the two-spotted spider mite （ナミハダニの休眠の終了には前眼・後眼の両方が光受容器として働く） Journal of Comparative Physiology A 200, 161-167 (2014).
Melting of the uppermost metasomatized asthenosphere triggered by fluid fluxing from ancient subducted sediment: Constraints from the Quaternary basalt Lavas at Chugaryeong Volcano, Korea （スラブ由来流体による交代作用を受けた最上部アセノスフェアのフラックス融解過程：韓国第四紀全谷里玄武岩からの制約） Journal of Petrology 55, 499-528 (2014).
Chemical compositions of Northeast Asian fly ash particles: Implications for their long-range transportation （長距離輸送を示唆する東アジア各地のフライアッシュ粒子の化学組成） Atmospheric Environment 95, 375-382 (2014).

(9) 研究／外部資金　平成 26 年度 大学院理学研究科

	採択数（新規＋継続）	研究費総額（千円）（直接経費）
科学研究費（代表）	97	316,600
科学研究費（分担 *）	43	40,940
その他の公的研究費	21	116,874
民間財団等研究助成金	7	8,250
民間企業等受託研究費	11	13,061
日本学術振興会特別研究員奨励費 **	14	13,300
その他	15	39,040
年間 1 千万円を超えるもの	文部科学省・日本学術振興会（代表：神田展行，石川修六，神谷信夫，宮田真人（2 件），鈴木修一）；科学技術振興機構（CREST 分担：篠田哲史，さきがけ代表：小柳光正）；経済産業省グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発（代表：中沢浩）；ナショナルバイオリソースプロジェクト（代表：中村太郎）；ヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラム（HFSP）（代表：寺北明久）	

＊他研究機関から分担金をうけたもの
＊＊特別研究員奨励費（外国人）を含む

(10) 社会貢献／一般向け

産学連繋事業	COI-Trial（次世代水素エネルギー社会の実現）；アルバッククライオ；JST 関西公立 3 大学 新技術説明会；大阪府立大学・大阪市立大学ニューテクフェア 2014；大阪市イノベーション創出支援補助金成果発表会；JACI 新化学技術推進協会 産学交流会；公益財団法人アステラス病態代謝研究会第 45 回研究報告会；理研シンポジウム「第 15 回分析・解析技術と化学の最先端」；バイオ産業研究会 2014（大阪市立工業研究所との連携）；旭化成ファーマ，「リボテストマイコプラズマ」メカニズム紹介動画監修
生涯教育事業	大阪市立大学文化交流センター公開講座；大阪中学生サマーセミナー；全国同時七夕講演会；Public Lecture at Nehru Centre in Mumbai, India；近鉄文化サロン講座；朝日カルチャーセンター講座；交野環境講座；大阪府教育センター主催小中学校理科指導者研修；スマートフォンアプリケーション，「運動マシナリー図鑑」，「運動マシナリービデオアーカイブ」制作，公開；植物園市民講座；植物園観察会；開園 60 周年記念講演会とフィールドワーク；ナラ枯れ研究会；森の教室；コミュニティ防災教室；天下茶屋小学校防災講演会；尼崎市民大学；積水ハウス住むフムラボ；十津川村「豪雨による土砂災害について考える」講演会；東日本大震災復興シンポジウム；東邦大学医療センター大森病院職員研修；トライやる・ウィーク（交野二中・交野三中）；出前授業他（高槻市立上牧小学校，八尾市立大正小学校）
高大連携事業	数学や理科の好きな高校生のための市大授業；大阪市立大学オープンキャンパス；市大理科セミナー；高校化学グランドコンテスト；大阪市立大学化学セミナー / 先端科学研修；夢ナビ LIVE 2014；高等学校・大阪市立大学連携数学協議会第 10 回シンポジウム；宇宙（天文）を学べる大学合同進学説明会；大学コンソーシアム大阪「植物園で学ぶ生態圏と文化」；大阪市立高校高大連携行事理数科講演会；森のサマースクール；ひらめき☆ときめきサイエンス「森の植物園で森を知ろう」；出前講義・研究室見学等（三国丘高校，八尾北高校，交野高校，大阪市立東高校，大阪市立咲くやこの花中学校・高校，愛媛県立松山南高校，西宮市立西宮高校，兵庫県立相生高校，高津高校，浪速高校，雲雀丘学園中学校・高校，開智中学校・高校，豊中高校，奈良北高校）；SSH 指定校に対する研究指導，講評など（天王寺高校，三国丘高校，大手前高校，住吉高校，大阪市立東高校）

(11) 社会貢献／学会関連

	数物系	物質分子系	生物地球系
国内シンポジウム・学会などの開催数	19	1	13
国際シンポジウムの開催数	18	6	4

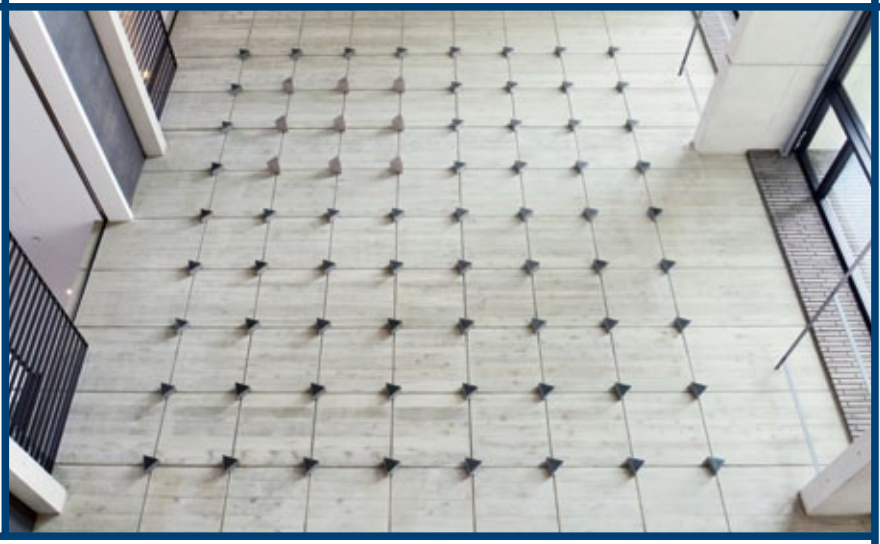
(12) 国際交流

	数物系	物質分子系	生物地球系
外国人研究者の受け入れ人数（1 ヶ月以上）	8	2	11
外国人研究者の受け入れ人数（1 ヶ月以内）	95	6	32
大学院在籍留学生数	2	1	8
国外への研究者の派遣・出張	68（40）[5]	25（13）[0]	40（7）[0]

（　）内は学生数，［　］内は研究員等の数.

(13) 学内プロジェクト（代表者）

重点研究 B	山口　覚 手木芳男 品田哲郎 佐藤和信
萌芽研究	藤田憲一 小嵜正敏
若手研究	竹内宏光



大阪市立大学
大学院理学研究科・理学部

〒558-8585
大阪市住吉区杉本3丁目3番138号
TEL 06-6605-2501　FAX 06-6605-3649

研究科 HP
QR コード

理学部紹介ビデオ HP
QR コード

2015.10