90th Anniversary

化學研究所

京都大学化学研究所
創立90周年記念冊子

京都大学化学研究所
創立90周年記念冊子

90th Anniversary

目次

90周年記念講演会要旨集

化研の化学 ― 過去、現在、未来 ―	所長　時任 宣博	4
海洋微生物多様性 ― 遺伝子から見る地球環境	教授　緒方 博之	8
機能性酸化物材料：原子レベル制御の新物質開発	教授　島川 祐一	10
もっと光を！ 高強度レーザーが拓く科学	教授　阪部 周二	12
合成化学：未来を創る科学技術	教授　山子　茂	14

90周年記念展示会ポスター集

化学研究所	18
物質創製化学研究系	22
材料機能化学研究系	28
生体機能化学研究系	34
環境物質化学研究系	40
複合基盤化学研究系	46
先端ビームナノ科学センター	52
元素科学国際研究センター	58
バイオインフォマティクスセンター	64
化学研究所の歴史	70

90周年記念講演会
要旨集

化研の化学 ―過去、現在、未来―

化学研究所 所長　時任 宣博

化学研究所の歴史
― 多分野共同体としての発展 ―

2016年、化学研究所（以下、化研）は創立90周年を迎える。ここで言う「創立」の起点は、1926年に化学研究所官制の公布による京都大学初の研究所設立を意味している。しかしその原点は、1915年に京都帝国大学理科大学（現在の大学院理学研究科）に設置された化学特別研究所に更に遡り、既に100年を超える長い歴史を有している。

爾来、「化学に関する特殊事項の学理および応用の研究を掌る」を設立理念として、多彩な化学を中心に物理から生物、情報学に及ぶ広い分野で、設置理念を時宜に応じて実践しつつ、一貫して基礎研究を重視した先駆的・先端的研究を進めてきた。戦前の化研は京都大学の自然科学系関連学部の教授が兼担する形で運営されていたが、戦後になって大学院生の受け入れと専任教授の配置が実施され、数次にわたる改組を経た現在では、専任教員約90名からなる30研究領域（研究室）が、物質創製化学、材料機能化学、生体機能化学、環境物質化学、複合基盤化学の5研究系と先端ビームナノ科学、元素科学国際研究、バイオインフォマティクスの3附属センターとして、個々・相互連携による先端研究を展開する体制が整っている。そして、主務である化学研究を強力に推進するとともに、教育面においても各々の研究領域が本学の理、工、農、薬、医、情報の6研究科11専攻に及ぶ大学院協力講座として有為な若手研究者の育成に努め、学部教育や全学共通教育にも寄与している。



日本化学会より贈呈された化学遺産認定証。化学遺産に認定された資料の一部を、所長会議室の歴史ミニ展示コーナーに展示している。化研の化学遺産の詳細はP74、75を参照。

化研設立当初の目的が、第一次大戦時の医薬品輸入停止に対応するための特異な有機ヒ素化合物である「サルバルサン」の製造であったことが象徴的に示すように、化研は現代社会で重視されている社会的要請に応える化学研究を主務として発展してきた。その結果、国産初の高分子材料であるビニロンの合成研究、人造石油の製法開発、高周波絶縁材料である高圧法低密度ポリエチレンの製造研究などの興味深い研究成果を挙げてきた。これらの成果はいずれも、



最新の大型測定機器、化学関連分野の最先端設備を擁し、共同利用・共同研究拠点としての活動にも供している。

時任　宣博（ときとう　のりひろ）　1957年生まれ。1985年3月東京大学大学院理学系研究科博士課程修了、理学博士学位取得。筑波大学化学系文部技官、同助手、東京大学理学部助手、東京大学大学院理学系研究科助手、同助教授、九州大学有機化学基礎研究センター教授を経て、2000年4月より京都大学化学研究所教授。この間、分子科学研究所客員教授、ブラウンシュバイク工科大学客員教授、ボン大学客員教授、京都大学化学研究所副所長、同所長（2008-2012年、2014年-）。有機合成化学奨励賞、ケイ素化学協会奨励賞、日本IBM科学賞、日本化学会欧文誌論文賞（BCSJ賞）、日本化学会学術賞、Alexander von Humboldt Prizeなどを受賞。日本化学会欧文誌編集委員長、基礎有機化学会副会長、ケイ素化学協会会長などを歴任。



日本化学会が選定する化学遺産として認定を受けており、化学分野での歴史的業績として高く評価されている。これらモノづくりの化学は、精密合成化学、生体関連化学、元素科学等の各分野に伝統を引き継いでいる。また、わが国初のDNA研究開始（核酸情報施設の開設）やその発展形であるゲノム研究の展開（バイオインフォマティクスセンターの設置）を実現した。さらに、固体科学、加速器科学、中性子線科学、電子顕微鏡科学、レーザー科学、ケミカルバイオロジーなど先端的な化学関連分野の研究開拓にも注力し、現在の化研の幅広い研究分野を形成している。このような多分野共同体としての特徴は、化研が化学を中核とした総合的な自然科学分野の研究教育組織として更なる発展を目指す上でしっかり堅持すべきものと考えている。

化学研究所の最近の歩み

― 研究環境整備と学内外組織との連携 ―

この10年間における化研としての大きな変革の第一は、宇治地区研究所本館の耐震改修事業が挙げられる。文科省の補正予算措置を受けて、2007年からの4年間をかけて東棟、西棟、中棟、北棟の順番に耐震改修工事を進め、同時に宇治地区各研究所等との綿密な連携協力のもとに、機能的な研究室の再配置を計画・実行するとともに、各部局の自己資金を併用した機能改修を実施し、宇治地区事務棟および西棟の増築や附属図書館の整備を達成した。耐震改修の実施および再配置の計画・遂行においては、宇治地区各部局および事務部の間で組織の壁を超えた真摯な議論と検討を行うことができ、現在の宇治地区全体としての一体的運





耐震改修工事前の
宇治キャンパス正門（左）と
本館中庭（右、W棟より撮影）。



表通りに面していた長い塀は耐震改修工事と同時に取り払われ、キャンパスのエントランスは明るく開放的に様変わりした。



現在の本館中庭（E棟増築棟より撮影）。
本館耐震改修工事は2011年3月に完了した。

営の基礎を築くことができた。化研としては、この耐震工事期間に合わせて、宇治地区RI施設の集約化、既存の測定機器、共通機器、分析室の各棟１階への集約化を行うとともに、新たに800MHz NMR（多目的超高磁場核磁気共鳴装置）、フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析装置（FT-ICR MS、多目的高精度質量分析計）など最新の高性能共通測定機器の導入・設置を達成した。研究所本館の耐震改修工事終了後は、化研各棟の機能改修、照明のLED化を実施した。ごく最近では、創立90周年を記念した事業として「赤煉瓦倉庫（旧窯業化学実験工場）」を展示機能を兼備した新たな化研集会施設へと改修する工事に着手している。このように、各種の研究基盤・環境の整備が順調に遂行できているのも、化研所員各位の積極的な外部資金獲得および全学経費によるタイムリーな財政支援の賜物と感謝する次第である。これらの研究環境整備を通じて、化研全体としての一体感の醸成がなされたことは勿論、宇治地区各部局との情報交換・連携推進が一段と加速した点が重要である。

さらに教育研究活動への連携・協力の面では、この10年の間に学内の自然科学系関連部局が結集して実施した21世紀COEプログラム（京都大学化学連携研究教育拠点、物理学の多様性と普遍性の探求拠点、およびゲノム科学の知的情報基盤・研究拠点形成）およびグローバルCOEプログラム（物質科学の新基盤構築と次世代育成国際拠点、光・電子理工学の教育研究拠点形成、および普遍性と創発性から紡ぐ次世代物理学）の参加部局の一つとして重責を果たし、次世代の化学者育成に大いに貢献してきた。現在では、文部科学大臣認定の共同利用・共同研究拠点事業「化学関連分野の深化・連携を基軸とする先端・学際研究拠点」や大学間連携事業「統合物質創製化学研究推進機構」などを通じて、学外の化学関連分野の研究者コミュニティへの貢献や関係各大学との連携研究等を積極的に進めている。また国外組織とも、本学全部局中最多の部局間学術交流協定を締結し、国際連携研究や大学院生を含む若手研究者の国際研究交流支援を、独自のプログラムを交えて推進している。さらに直近では、学内の附置研究所・センター群の連携・協力をより効果的に推進する新組織「京都大学研究連携基盤」が設置され、化研もその一員として活動を開始している。これら学内外の多様な組織との緊密な連携・協力を基盤として、化研の研究教育活動が飛躍的に増進することを大いに期待したい。



2007年10月、桂キャンパスにて開催されたグローバルCOEキックオフ・シンポジウム。人材育成を主眼においた取り組みに化研は数多く参画してきた。





2016年3月に開催された化学研究所国際シンポジウムICRIS'16。MOUウィークの一環として行われた本シンポジウムにおいて、MOU調印式を行い、新たに２大学と部局間学術交流協定を結んだ。



化学研究所の将来

― 更なる変革と今後の展望 ―

我が国の科学技術分野の現在の動向は、社会・経済の構造が日々大きく変化する「大変革時代」の到来を受け、国内外の課題が増大、複雑化する中で、第5期科学技術基本計画に基づく科学技術イノベーション増進を図ることが強く望まれている。一方、少子高齢化や経済状況の変化を受けて、大学における研究教育組織の運営のあり方も大きな変革を受けている。京都大学では、2016年より新たに認可された第三期中期目標・中期計画に基づいて、種々の制度改革や組織運営が実行されつつある。中でも、従来は教員人事と教育研究活動を一元的に部局（教育研究組織）で行っていたものを、2016年度より教員の人事を部局（教育研究組織）から切り離して行う「学域・学系制」を導入した。この新たな教員組織制度の導入は、教員人事の一層の透明性と公平性を図りつつ、既存の部局の枠を超えた新学術分野の創出と効果的な組織再編を促すことを目的としている。化研では、学内の化学関連部局（他の化学関連学系候補）ともしっかり議論をした上で、その多分野共同体としての特徴を堅持した新教員組織として「統合化学系」を編成することとした。今後は、その上位組織である「自然科学域」の枠組みの中で他の化学関連学系とも情報交換を重ねつつ「統合化学系」の特徴を活かした教員人事が行われ、採用された教員が配置先の教育研究組織（化研）で活力ある研究教育に励むことができるように、化研としての組織の整備と充実に努めていきたいと考えている。

この度、化研は創立90周年という記念すべき節目の年を迎えたが、その長い歴史を振り返り先人の化学研究に関する高い理念と熱い想いを鏡としつつ、セントラルサイエンスとしての化学の更なる発展を目指し、今後も化研の関係者一同で研究教育活動に邁進していきたいと考えている。なお2007年には、全ての化学研究所在籍者（現役の学生、教職員を含む）を対象とした同窓会組織「碧水会」が創立され、会員相互間の交流増進を図る各種の活動を推進している。これは、本学の附置研究所・センターでは唯一の同窓会設置の例であり、教育組織のそれとは一味違う「研究者集団としての情報交換や相互支援の機能」を発揮することを期待している。これら化研の研究教育活動に対し、今後とも関係各位の一層のご理解とご指導・ご鞭撻を切に希望する次第である。



2016年7月、碧水会（同窓会）役員会後のひととき。所長会議室に設けられた歴史ミニ展示コーナーにて。この後、毎年恒例の涼飲会が開催された。「化研」の愛称で所内外に親しまれる化学研究所。これからも人と人とのつながりを大切にさらなる発展を目指す。



創立90周年を機に化研の展示・集会施設としての整備が進む旧窯業化学実験工場、通称赤煉瓦倉庫。研究所の見学者を対象に展示案内を行ったり、所内行事や同窓会行事ではサロン的に活用していく予定である。

海洋微生物多様性
―遺伝子から見る地球環境

バイオインフォマティクスセンター
化学生命科学 教授　緒方 博之

私たちを支える海洋微生物

海洋微生物の話をする。プランクトンとも称される微視的な生き物たちはこの広い海で何をしているのか？ 幼いころ動物図鑑に生態ピラミッドを見た。その頂点にシロクマ、ワシ、クジラそして私たち人類が君臨していた。海洋における生態ピラミッドを見てみよう。その底辺を支えているのは微視的なプランクトンである（図1）。生物資源としてのプランクトンは食物連鎖を介して大型生物の栄養となる。マグロが1 kg成長するには13 kgの餌が必要なのだから、ピラミッド下層の役割は無視できない。その下層も根本に立ち返ると、微細藻類という一次生産者、従属栄養細菌、それらを食する極小動物などの海洋プランクトンにたどり着く。彼らは海洋バイオマスの95%以上に相当するのだから、ピラミッドの底辺がいかに「重い」かがよく分かる。私たちが美味しいお寿司を毎日食べられるのも海洋微生物のお蔭だ。

宇宙人に地球生命を説明できるか？

地球誌規模で見ると私たちの存在は驚くほどプランクトンと密接に関係している。私たちは有機物を燃焼する酸素呼吸により生きているが、地球上の酸素生産、つまり光合成による炭素固定の50%は海洋藻類が担っている。残りの50%は、現在は陸上植物が担っている。20億～18億年前、海洋表層で活躍したシアノバクテリアの光合成により好気的な大気が

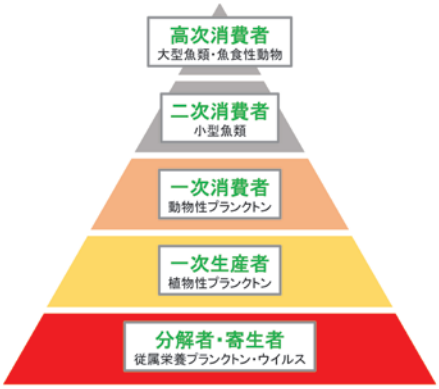


図1　生態ピラミッド。海洋環境においては、生態ピラミッドの底辺に位置するプランクトン（動物性プランクトン、植物性プランクトン、従属栄養単細胞生物、ウイルスなど）がバイオマスの95%を占める。

地球に初めて出現し、酸素呼吸を行う生物種が出現した。さらにオゾン層（O_3）が生成され、有害な宇宙線と紫外線が遮断され、生き物の上陸が可能となった。それまで海水中に溶けていた鉄は酸化され海底に沈降し鉄鋼床を形成し、鉄を利用する文明の発展を可能にした。私たちの生活にとってなくてはならない原油が、1～2億年前に繁殖した藻類と動物性プランクトンの死骸であることは広く知られている。さらには、高等生物の細胞の中身を見ても原核生物由来のミトコンドリアや葉緑体がエネルギー代謝の中心的役割を果たし、生体のあらゆる部位で共生微生物が高等生物を支えている。日本人がノリを効率よく食するのも、腸内細菌が海洋細菌から受け取った遺伝子による。

しかし、私たちは海洋プランクトンのことをどれほど知っているのか？ そもそもプランクトンはおよそ何種類いるのかという疑問にすら、科学は長いこと答えられていない。地球を訪れた宇宙人はきっと尋ねるだろう。地球上には何種類の生物が存在するのかと。

道具はそろった！

微生物の研究は困難である。小さなウイルスや細菌は観察することが難しい。それ以前に、微生物は実験室に持ち帰ることが難しい。微生物のほとんどが研究室で「飼う＝培養する」ことができないのだ。こうした状況の中、微生物研究を大きく前進しているのが、微生物群集を飼わずに、そのままの混在状態からDNAを抽出し配列解析を行う「環境ゲノミクス」である。特筆すべきは、次世代シークエンサーの開発であり、今日では小さな研究室でも容易に大規模ゲノム解析を行うことができるようになった。同時に、化学研究所が所有するタイプのスーパーコンピュータによる並列計算処理能力は画期的に向上し、バイオインフォマティクス技術も進歩し、微生物研究は急展開している。道具はそろった。

こうした背景の中、21世紀初頭から海洋微生物探査のための大規模な航海が世界各国で始まった。19世紀に4千もの未知生物種を記述した「チャレンジャー号探検航海」の復刻版とも言える地球規模海洋探査である。当時との違いは、

緒方 博之（おがた ひろゆき） 1968年生まれ。1996年9月京都大学大学院理学研究科博士後期課程途中退学。京都大学化学研究所金久實教授のもと博士（理学）の学位を取得。京都大学化学研究所助手、フランス国立科学研究センター研究員・主任研究員、東京工業大学特任准教授を経て、2014年4月より京都大学化学研究所教授。若手研究者賞（L'Avenir de la Science）を受賞。仏国博士論文指導資格取得。微生物生態と分子進化の研究を行っている。





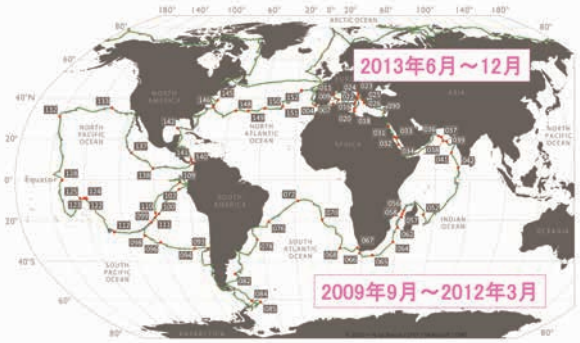


図2 タラ海洋探査で活躍した帆船タラ号（左）とその航路（右）。写真はTara Expedition 財団提供。

ピラミッドの底辺を分子レベルで、まさしく包括的に理解する試みが加わったことにある。京都大学化学研究所がコンソーシアムメンバーとして正式に参加し、演者らのグループが海洋巨大ウイルス研究から参画している国際プロジェクトがタラ号による海洋探査 Tara Oceansである（図2）。2009年～2013年にかけて世界中の海域から3万5千以上のサンプルを持ち帰り、その解析が現在進められている。

パズルのピースから全体像へ

ハイスループット配列解析技術に裏打ちされた21世紀のタラ号は何をもたらしたか？ 現在までの結果を一言でいえば「ジグソーパズルのピースが全部揃いつつある」状況を人類史上初めてもたらしたのだと私は考える。化学で言えば元素の種類がどの程度あるのか分かってきた頃かと思う。真核微生物では11万の生物種のリボソームRNA遺伝子の一部を特定した。厳密には「種」ではなく「操作的分類単位：OTU」と呼ばれるグループ数であり11万OTUを明らかにしたというべきである。理論計算によると、これは海洋表層に存在する真核微生物の全多様性の75%に相当する（なんと100%に近いことか！）。原核生物に関しては3万5千OTUを検出し、真核生物の種多様性を大きく下回ることが判明した。また、海洋表層における原核生物の遺伝子の種類数が約4千万であり、これでほぼ全ての海洋表層原核生物の遺伝子を網羅できたと推定できた。演者らのグループの研究では、ゲノムが比較的単純なウイルスにおいて、遺伝子断片をゲノム上の物理的結合に基づき繋ぎ合わせて、完全ゲノムを再現するまでに至っている（西村陽介ら、未発表）。パズルのピース（遺伝子と種）が揃い、互いに繋がりつつあるのだ。

ピースがいかに繋がり、海洋微生物生態系がどのように地球環境に関与し、逆に環境からのフィードバックが生態系にいかなる影響を与えるのかを理解するのが現代の生物学が抱える難問であり、最重要課題の一つである。

一つの切り口は、微生物間相互作用に着目することである。カタツムリを食するマイマイカブリがいれば、そこには必ずカタツムリがいる。こうした種間の共存原理を利用して生物種相互作用を計算により推定していく作業が役に立つ。また、海水温や栄養塩濃度、生物による二酸化炭素の海洋への取り込みなどの環境因子と、生物群集組成との相関を明らかにし、環境と生態系の相互作用の理解に切り込む必要がある（図3）。講演では、タラ号海洋探査（Tara Oceans）から得られた知見を紹介し、微生物生態学の重要性を共有できたらと考えている。

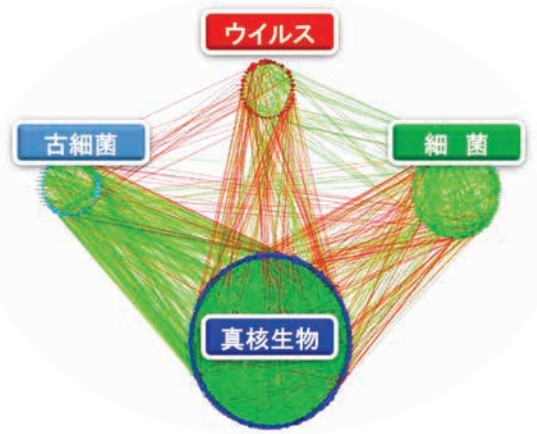


図3 タラ海洋探査からの解析結果。共起性原理に基づき推定された生物種間ネットワーク（Hingamp et al., *ISME J.*, 2013より改変）を表す。緑の線は正の相関、赤の線は負の相関を表す。

機能性酸化物材料：
原子レベル制御の新物質開発

元素科学国際研究センター
先端無機固体化学 教授　**島川 祐一**

機能性材料研究

身の回りを見てみると、スマートフォンをはじめとする様々な電子・情報機器のおかげで、日常の生活が実に便利で快適になっていることが実感できる。それでも、もっと便利に、より快適に、というニーズは留まることがない。さらに最近では、環境に配慮した安心で安全なものに、という要素も加わり、多様なニーズに応える機器がさまざまな分野で求められている。このような将来の電子・情報機器を実現する新しい機能をもつ材料やデバイスを見出せれば、社会をさらに大きく発展させることができる。一方で、このようなニーズに対する挑戦は、最先端の化学や物理を発展させてもいる。

我々の研究グループでは、鉄（Fe）や銅（Cu）といった遷移金属元素を含んだ酸化物材料に注目し、新たなニーズに応える新奇な機能特性をもつ新物質開発を目指した基礎研究を行っている。様々な手法を駆使して合成する新物質の構造や特性を評価するなかで、将来の電子デバイスなどで重要となる材料、新しい化学や物理を先導する材料を見つけ出したいと思っている。

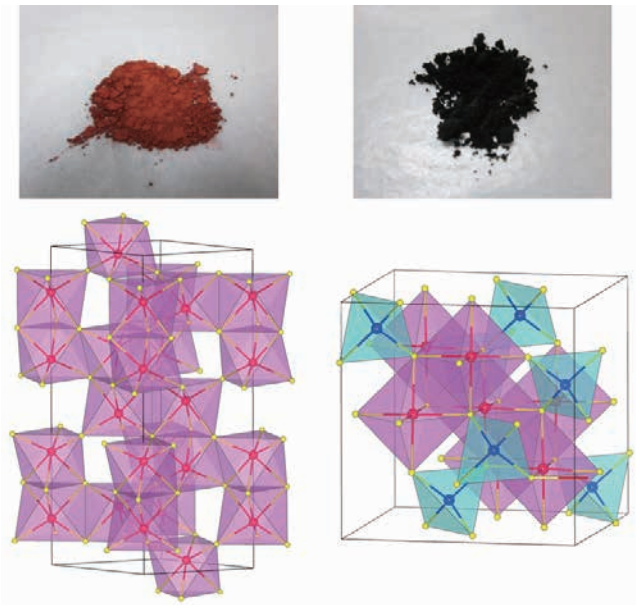


図1　（左）酸化鉄ヘマタイト（α-Fe_2O_3）とコランダム型結晶構造、（右）酸化鉄マグネタイト（Fe_3O_4）とスピネル型結晶構造

古くから使われてきた機能性酸化物

遷移金属の中で、例えば、鉄（Fe）に注目してみると、人類は、古くから鉄酸化物の示す機能特性をさまざまなところで活用してきたことがわかる。ラスコーの壁画にある赤色も高松塚古墳で魔よけとして塗られていた赤色も、鉄酸化物の一つ、ヘマタイト（α-Fe_2O_3）である。日本では古くから弁柄（ベンガラ）として使われた耐候性赤色顔料でもある。この物質では、鉄は3価のイオン（Fe^{3+}）となっており、周りに6つの酸素イオン（O^{2-}）が結合（配位）した八面体を基本とするコランダム型の結晶構造を作っている。同じ鉄酸化物でも、マグネタイト（Fe_3O_4）はその和名「磁鉄鉱」が示すように、大航海時代を可能としたコンパスに用いられた磁石である。マグネタイトはスピネル型と呼ばれる結晶構造をとり、4つの酸素イオンが配位したFe^{3+}イオンと6つの酸素イオンが配位したFe^{2+}とFe^{3+}イオンからなっている。同じ鉄酸化物でありながら、ヘマタイトは赤色で、磁石にはならず、電気も流れない。一方のマグネタイトは、黒色で、磁石となり、電気も流れる（図1）。

鉄酸化物の例でわかるように、遷移金属酸化物の特性は、その結晶構造や遷移金属イオンの価数と酸素イオンとの配位構造で大きく異なり、その多彩な特性をさまざまな用途に応用することができる。酸化物を構成する遷移金属イオンの価数状態やその配位構造を制御できれば、これまでにはない機能特性を実現することも可能となる。

高圧法を用いた新規機能性酸化物の合成

高圧法を用いると、通常の合成手法では得ることができない特異な原子配列（結晶構造）をもつ物質を作ることができる。黒鉛（グラファイト）として鉛筆の芯などに使われている炭素（C）が、地球奥深い高圧力下ではダイヤモンドになることは良く知られている。同じように遷移金属酸化物でも、高圧法を使うと特殊な結晶構造が安定化されることがある（図2）。

ペロブスカイト型と呼ばれる結晶構造をもつ酸化物は、ABO_3という化学式で表され、アルカリ金属などのAイオンと、酸素イオンが6配位した遷移金属Bイオンからなっている。これは多くの鉱物で見られる結晶構造であるが、高圧法を用い

島川 祐一（しまかわ ゆういち）　1962年生まれ。1987年3月京都大学大学院理学研究科修士課程修了。1993年1月京都大学博士（理学）の学位を取得。NEC基礎研究所主任研究員を経て、2003年10月より京都大学化学研究所教授。この間、米アルゴンヌ国立研究所客員研究員、仏レンヌ第一大学化学科客員教授、などを兼務。本多記念研究奨励賞（1994年）、日本化学会学術賞（2012年）、大和エイドリアン賞（2016年）などを受賞。遷移金属酸化物を中心とする機能性材料の新物質合成と構造・物性評価に関する基礎研究を行っている。



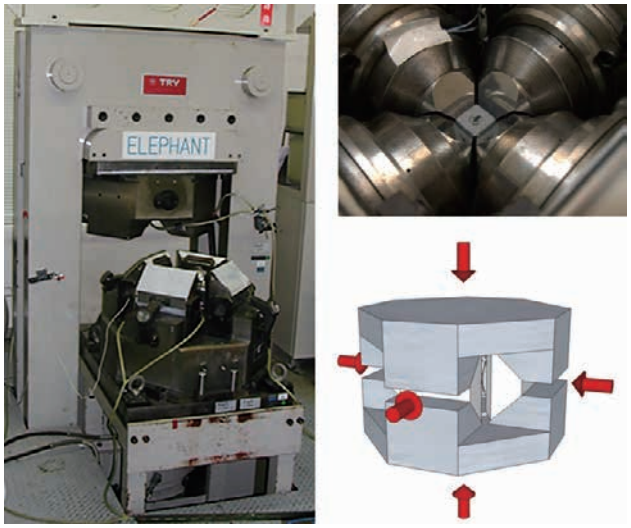


図2　化学研究所で稼働している高圧合成装置

ると、このAイオンの3/4が遷移金属イオン（A'）であるAサイト秩序型ペロブスカイト構造酸化物$AA'_3B_4O_{12}$を合成することができる。さらに、Bの遷移金属イオンの半分をB'にして両者が交互に配列した$AA'_3B_2B'_2O_{12}$と表されるABサイト秩序型化合物を作ることもできる（図3左）。単純ペロブスカイト構造酸化物ABO_3では、酸素イオンを挟んだB遷移金属イオン間（B-B）の相互作用によりその特性が決まるのに対して、$AA'_3B_2B'_2O_{12}$では、A'、B、B'の3つの遷移金属イオン間の相互作用（A'-A'、A'-B、A'-B'、B-B、B-B'、B'-B'）が拮抗したり協調するため、さまざまな特性が現れる可能性が生まれてくる。

このような設計により高圧法を使って合成することに成功した新物質が、高い磁気転移温度と大きな磁化を示すフェリ磁性酸化物$CaCu_3Fe_2Re_2O_{12}$である。原料となる物質を約10ギガパスカル（およそ10万気圧、地球内部数100キロメートルの圧力に相当）の圧力を加えながら1200 °Cという高温高圧力の環境下で合成した。磁気モーメントをもつA'（Cu^{2+}）、B（Fe^{3+}）、B'（Re^{5+}）の遷移金属イオンが秩序配列することで、これらのイオン間に酸素イオンを介した超交換間相互作用の拮抗が起こる。この物質では、B'のRe^{5+}イオンの磁気モーメントがA'のCu^{2+}イオンとBのFe^{3+}イオンの磁気モーメントと強く反強磁性的な相互作用をするため、結果としてCu^{2+}イオンとFe^{3+}イオンの磁気モーメントが強磁性的に並び、大きな磁化と室温をはるかに超える300 °C程度の高い磁気転移温度を示す（図3右）。この新物質のもうひとつ面白い点は、Re^{5+}イオンがO^{2-}イオンと強く混成することで、電気伝導が一方向に揃ったスピンでのみ担われるハーフメタルと呼ばれる特殊な電子状態となることである。このような特異な磁気的・電気的特性は将来のスピントロニクス材料に応用できる可能性がある。酸化物中の遷移金属磁性イオンの秩序配列を原子レベルで設計し、その相互作用を制御することで、特異な磁性や電気伝導特性を示す新材料を作り出したのである。

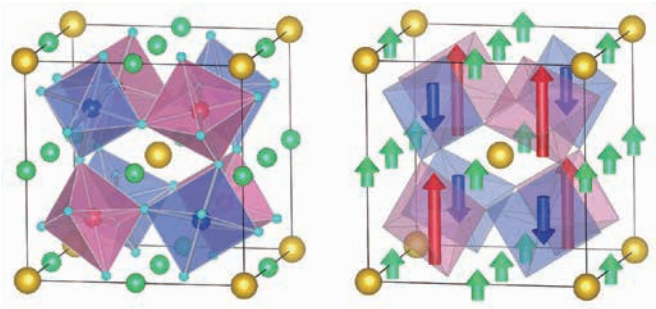


図3（左）ABサイト秩序型ペロブスカイト構造$AA'_3B_2B'_2O_{12}$、（右）$CaCu_3Fe_2Re_2O_{12}$の磁気構造

化学研究所における「固体化学研究」は、故 高田利夫先生による酸化鉄や水酸化鉄の微粒子研究から始まり、坂東尚周先生、高野幹夫先生に引き継がれ発展してきた。我々はこの伝統の流れを汲みながら、原子レベルで構造を制御する物質設計の視点を加えて、新物質探索・新機能探求を指向する固体化学研究を、さらに将来へ向けて発展させていきたいと思っている。

参考文献
1. Shimakawa, Y. (Review), *Inorg. Chem.*, **47**, 8562 (2008).
2. Chen, W. -T.; Mizumaki, M.; Seki, H.; Senn, M. S.; Saito, T.; Kan, D.; Attfield, J. P.; Shimakawa,Y., *Nature Comm.*, **5**, 3909 (2014).
3. プレスリリース「高い磁気転移温度を持つハーフメタル新材料の合成に成功ー超高密度磁気メモリーなどスピントロニクスデバイスへ応用可能な新材料ー」平成26年5月19日
4. Shimakawa, Y.; Mizumaki, M. (Review), *J. Phys. Cond. Matter.*, **26**, 473203 (2014).

もっと光を！
高強度レーザーが拓く科学

先端ビームナノ科学センター
レーザー物質科学 教授　**阪部 周二**

「光」の革命

「光」、日常生活ではあまりにも当然のように存在しているもの。当然のように存在するが故に、それは極めて重要なものであることは誰しもが意識している。紀元前300年には、既にユークリッドが光の直進性や反射の法則を発見し、10世紀末頃には、イブン・アル=ハイサムが光学の諸原理の発見や科学的実験研究法を示し、「光学の書」を残した。そして、19世紀までに、いわゆる光の本質と諸法則を対象とする古典的な「光学」や「電磁力学」はほぼ完成した。大学などでの勉学に用いられる教科書はこの時代に完成している。科学に光は必須かつ重要であることは否定の余地はない。我々の住む宇宙のルーツ探索においても、宇宙端から届く光（ガンマ線～電磁波）だけが拠りどころであり、自然界において無限遠に作用する最も大きい力（電磁力）を伝搬する素粒子（ゲージ粒子）は光子である。

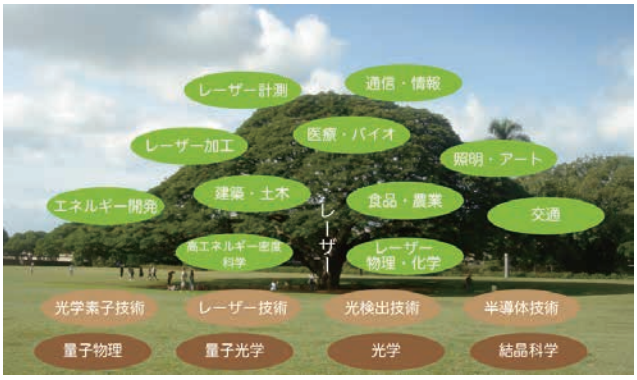


図1　広がるレーザー応用



図2　21世紀レーザーワールド（レーザー研究29巻1号(2001)）

このような光に関して革命をもたらしたのは20世紀最大の発明と言われる「レーザー」である。1920年頃にアルベルト・アインシュタインが光の量子論から「誘導放出」を発見し、1960年にその原理に基づき、チャールズ・ハード・タウンズ、ニコライ・バゾフ、アレクサンドル・プロホロフがレーザーを発明した。この発明までは、対象物から発する光を分光して対象物を探るなど、科学分野において光は受動的なものにすぎなかった。しかし、レーザーの発明以降、その高い可干渉性により、我々は光を能動的にかつ高い制御性をもって操る事ができるようになった。その結果、レーザーの進化とともに科学が大きく発展し、未だに進化の途上にある。1964年に上記の３氏にノーベル物理学賞が授与されたが、それ以降のノーベル賞の対象となった成果は、レーザーなくしては成し得なかったものが多くある。最新の話題では、米国のLIGO（Laser Interferometer Gravitational Wave Observation）による重力波の検出である。科学の飽くなき探求がレーザー技術力を高めた良い事例である。このような科学の進歩が産業界や我々の実用社会に波及している。現在社会において、レーザーは無くてはならない道具になってきており（図1）、周りを見渡し目に入る物全てにレーザーが何らかの関わりをもっていると言っても過言ではない。一般社団法人レーザー学会は21世紀を迎えた際に、今後100年の間に、レーザー応用がどのように広がっているかを未来予想したイラストを発表したが（図2）、未だ16年しか経ていない今、既に実用的技術開発が進んでいる物も少なくない。

レーザー技術の発展を牽引する高強度レーザー科学

現在、レーザー技術は、より高平均出力、高尖塔出力、短パルス、短波長、高繰り返し、小型、頑強などを目指して開発が行われている。EUではEU全体の社会や経済の活性化のために東欧のインフラ整備を進めているが、ルーマニア、チェコ、ハンガリーでは科学、とくに「光科学」が今後重要と考え、その発展を推進すべく、ELI（Extreme Light Infrastructure）プロジェクトを遂行し、10PW（10^{16} W）級の高強度レーザー

阪部 周二（さかべ しゅうじ）　1954年生まれ。1980年大阪大学工学研究科修士課程修了。1982年7月大阪大学レーザー核融合研究センター助手。マックスプランク量子光学研究所研究員、大阪大学工学研究科助手・助教授を経て、2003年より京都大学化学研究所教授。その間、ウイーン工科大学客員教授など。レーザープラズマ物理、X線駆動爆縮核融合、大出力レーザー装置の建設、レーザー同位体分離などに従事後、現在は高強度極短パルスレーザーと物質との相互作用の物理とその応用の研究に従事。レーザー学会フェロー。同理事（関西支部長）。



施設の建設が進められ、それぞれのサイトで核・高エネルギー物理、量子ビーム科学、アト秒科学の研究が計画されている。

レーザーは様々な産業分野に応用されているとともに、科学分野での研究が進められている。例えば、フェムト秒レーザーアブレーションと高強度レーザー科学などがある。高強度短パルスレーザー技術の近年の飛躍的な発展により、極めて高い強度の光場を実現することが可能となった。高強度により非線形の現象を、極短パルスにより諸緩和過程よりも高速の遷移現象を誘起あるいは観測することが可能となった。さらなる超高強度では、その光場強度は原子内部の場よりも大きく、電子を相対論領域にまで加速するほどである。このような非線形から相対論領域の高強度光場と物質との相互作用には新しい物理の局面が潜在している。この物理を明らかにすることにより、レーザー加工からレーザー放射線・核科学、素粒子・高エネルギー物理学まで新しい応用が拓かれつつある。フェムト秒レーザーによる固体のナノアブレーションはナノ構造形成・表面改質などへの応用の可能性がある。レーザー生成プラズマ内部においても、高強光場による電子加速やそれに伴うイオン加速・電磁波発生は高エネルギー粒子・テラヘルツ波の発生を可能にする。高強度短パルスレーザー生成放射線（電子、X線、イオン、電磁波、陽電子、中性子、RIなど）はパルス、点源、高強度といった特徴を有し、次世代の新しい放射線源として期待されている。

図3は筆者らの研究室で進めている、高強度短パルスレーザーと物質との相互作用の物理とその応用に関する研究例を紹介したものである。フェムト秒レーザー照射により様々な表面構造形成が観察されている。極低光エネルギー面密度にも係らず、高エネルギーのイオンの放出が観測されたり、表面上でのナノ粒子の生成と凝集とそれに伴う表面電場の局在化など、未だに未解明の非熱現象の物理を探索中である。また、高強度極短パルスレーザーと薄膜との相互作用により電子を瞬時に高エネルギーにまで加速し、このレーザー加速短パルス電子線を利用して超高速電子線回折装置を構築している。

産業・科学分野における開発・研究では困難な局面に遭遇した場合、レーザーの応用の可能性が考えられることがしばしばあるが、現在のレーザー性能（コストも含め）での困難や非現実性から保留や却下されている課題は多くある。しかし、これらの多くの場合、結局は他の有効な方法が見つかっていないのも現実である。

やはり、「もっと光を！」である。

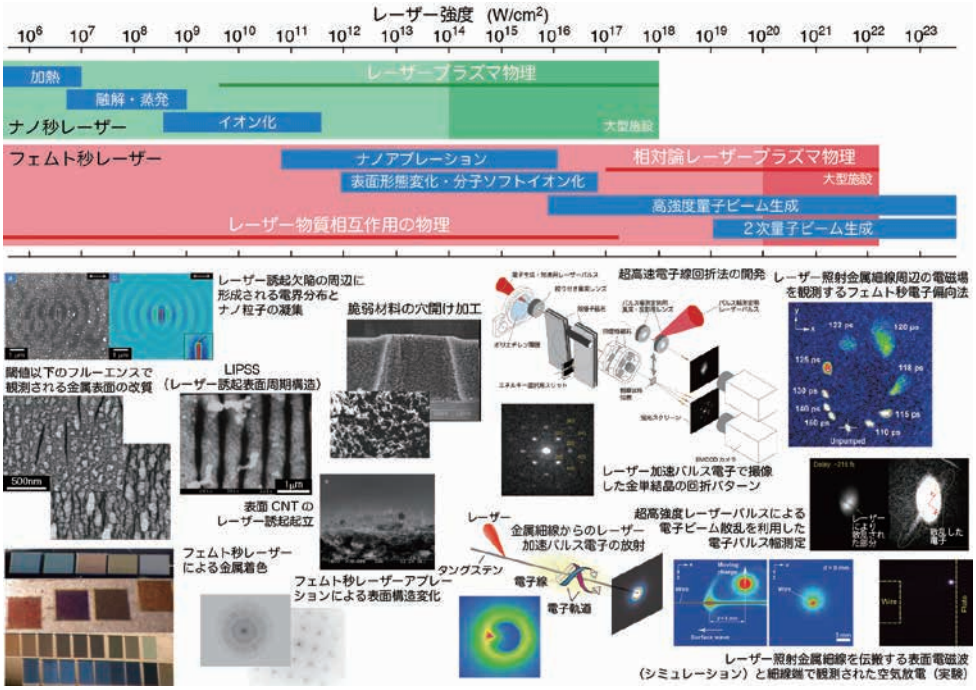


図3　化学研究所レーザー物質科学研究領域で取り組んでいる高強度レーザー科学

合成化学：未来を創る科学技術

材料機能化学研究系
高分子制御合成 教授　山子　茂

合成化学とは

合成化学とは、読んで字の如く、化合物、物質を「合成」する化学であり、広義には対象を問わない。しかし実際には有機化合物を合成する化学を指す場合が多い。その醍醐味の一つは、これまで世の中になかった新しい分子を創り出すことにある。新しい分子は既存の化合物を凌駕する、あるいはまったく新しい物性や機能を生み出す可能性を持つことから、基礎、および応用のいずれの科学分野においてゲームチェンジャーと成り得る。実際、これまでにも新しい分子の合成は、化学結合の本質や分子の反応性の解明といった基礎化学の進展と共に、新しい触媒、医薬、材料の開発等の新しい価値を生み出し、応用分野の発展にも直接寄与することで、社会の発展に貢献している。

前世紀における合成化学の巨匠であったWoodwardは、「芸術的な有機合成」によりノーベル化学賞を受賞した。このことから伺えるように、合成化学には芸術性の香りも漂っている。例えば同じ化合物の合成においても、「美しい合成」と、そうでないものが見えるのが不思議である。また、合成過程のみならず、我々は分子の構造自体にも「美しさ」を見出し、それが研究の動機になることも多い。

何を「合成」するのか？

我々の研究室では、学生各自がそれぞれ自分にとっての「輝く分子」を創ることを目標に研究を行っている。これは発光する分子を合成するということではなく、自分が誇れる分子を創ることを指す。興味深い構造、反応性、物性を示しそうな分子を設計し、実際に合成してその性質をみることが我々の研究の核となっている。さらに、その自分にとっての輝く分子が、化学（科学）の分野で輝く分子となり、さらには、人類や世界の幸福のために輝く分子となることを目指している。このように、curiosity drivenの発想から始まり、究極的には社会への貢献を目指している。

具体的には、不安定活性種であるラジカルの生成を制御する分子の開発と（図1左）、歪んだ環状構造を持つπ共役分子の合成（図1右）を中心に取り組んでいる。前者では、ラジカル重合を制御する分子として有機テルル化合物に着目した研究を進めており、産学共同研究を通じてすでに実用化にも成功している。その点で、有機テルル化合物は社会の中でも輝き始めた分子になってきている。後者の研究で合成を行った、アームチェアカーボンナノチューブの最小の環状構成単位構造を持つシクロパラフェニレンは、いまだ我々のグループの中で輝いている段階の分子である。しかし、いずれは社会の中で輝く分子に育つことを目指して、研究を進めている。どちらの研究においても、斬新な分子デザインや反応設計を行うことで、反応活性種、反応中間体の反応性の制御を可能にし、これまで合成化学が不得意としていた分子を合成することにチャレンジした成果である。本発表では、ラジカル重合を制御する分子に焦点を絞り、その最近の進展について紹介する。

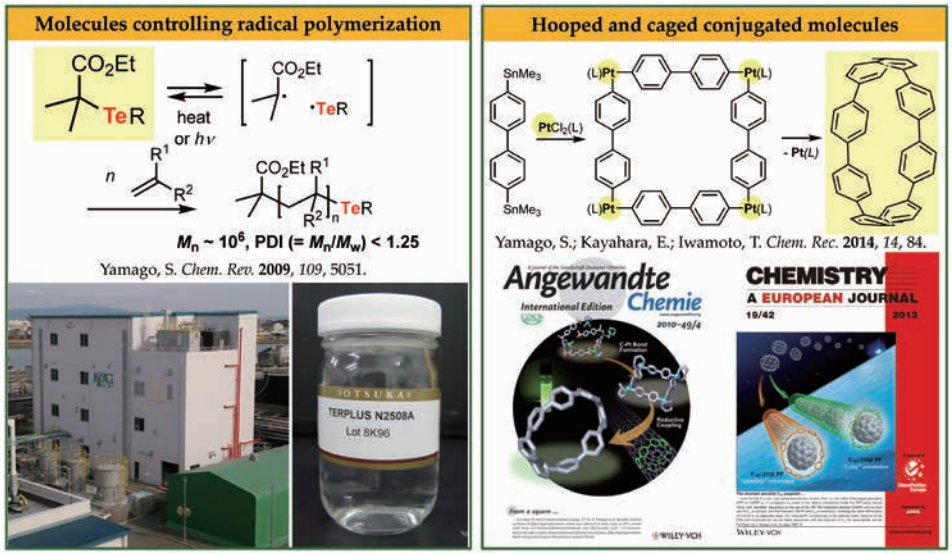


図1　高分子制御合成研究領域で開発した「輝く分子」

山子　茂（やまご しげる）　1963年生まれ。1991年3月東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了、理学博士学位取得。東京工業大学理学部助手、京都大学大学院工学研究科助手、同助教授、大阪市立大学大学院理学研究科教授を経て、2006年4月より京都大学化学研究所教授。この間、JSTさきがけ研究員、CREST研究代表、リヨン大学客員教授。新しいラジカル反応・リビングラジカル重合法の開発により、有機合成化学奨励賞、日本化学会学術賞、DIC・機能性材料賞、市村学術賞、日本接着学会技術賞、科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門）などを受賞。未来の社会で活躍する分子の合成に向けた基礎研究を行っている。



ラジカル重合を制御する分子の開発と応用

ラジカル重合は最も汎用性の高い高分子合成法であり、人工高分子の4〜5割がこの方法で合成されていると推定されている。これは、ラジカルが中性な活性種であるため高い反応性を持つ一方、アミン、水酸基、カルボニル基といったいわゆる極性反応基と反応しないことから、高分子の様々な機能設計が可能なためである。その一方、分子量、分子量分布、モノマー配列、立体化学といった、高分子構造の一次制御は困難であり、分子レベルでの構造制御に基づく、高分子の機能制御には限界があった。この解決のために、「リビングラジカル重合」法の開発が世界中で展開されている。

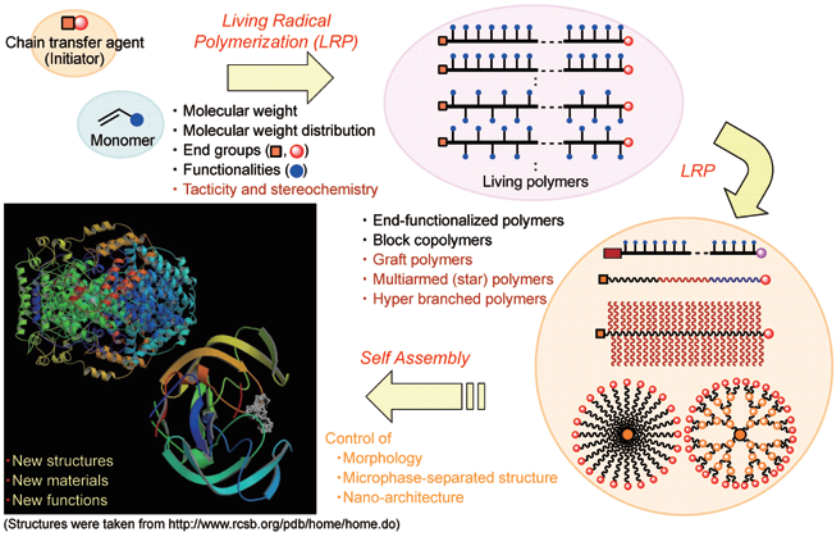


図2　リビングラジカル重合を用いた高分子の精密合成

我々は、有機テルル化合物がリビングラジカル重合の制御剤となることを2002年に初めて報告して以来、この方法を展開することで中分子、高分子の精密合成を検討している（図2）。この有機テルル化合物を用いたラジカル重合（TERP）を用いることで、分子量とその分布の制御のみならず、末端構造の制御や「生きている」成長末端を活かしたブロック共重合体や末端変性重合体の合成、グラフト重合による表面開始重合、さらには立体規則性重合とのハイブリッド化等にすでに成功している。究極的な目標は、生体高分子である酵素のような、分子量、分子量分布、モノマー配列、立体化学が制御された高分子の合成であり、これにより酵素のような「美しい構造」と共に、新しい材料や機能を持つ高分子の創出を目指している。

本発表では、最近得られた二つの成果を紹介する。一つは、分岐高分子の精密合成である。このために、選択的に分岐構造を誘起する分子の開発を行った[1]。この分子を従来のTERP系に加えることで、分岐構造と分子量の制御された、分岐高分子の合成に成功した。もう一つは、ラジカル重合の停止機構の解明である。研究対象は高分子化学の教科書にすでに記載されている基礎的事項であるが、その詳細についてはいまだ不確かな点が多い。我々は、分子量の決まった重合末端ラジカル同士の反応を行うことで、生成物の解析に基づく機構解明法を提案した。その結果、教科書に記載されている従来の常識とは異なった知見を得た[2]。これにより、従来のラジカル重合による高分子材料設計に、新しい指針を示すことができた。この成果は、優れた分子を開発したボーナスであると考えている。

おわりに

合成化学は成熟した化学であり、そこに新しい科学はもう無い、という議論を時々耳にする。しかし、それは既存の枠組みの中での議論であり、発想の転換と創造性の発露により、常に新たなフロンティアが開けている。一方、人口の増加やエネルギー問題など、地球に関する今後の予想は厳しいものばかりである。しかし、合成化学は優れた化合物・材料の創出により、これらの難問の解決を図る力を持っている。我々も輝く分子を創り出すことで、基礎化学分野と共に社会にさらに貢献できるよう、研究を進めたいと考えている。

1) Lu, Y.; Yamago, S., manuscript in preparation.
2) Nakamura, Y.; Ogihara, T.; Hatano, S.; Abe, M.; Yamago, S., submitted.

90周年記念展示会
ポスター集

研究所紹介

About ICR

京都大学 化学研究所



90

Institute for Chemical Research
90th Anniversary
Kyoto University
1926
2016
京大化研は90周年

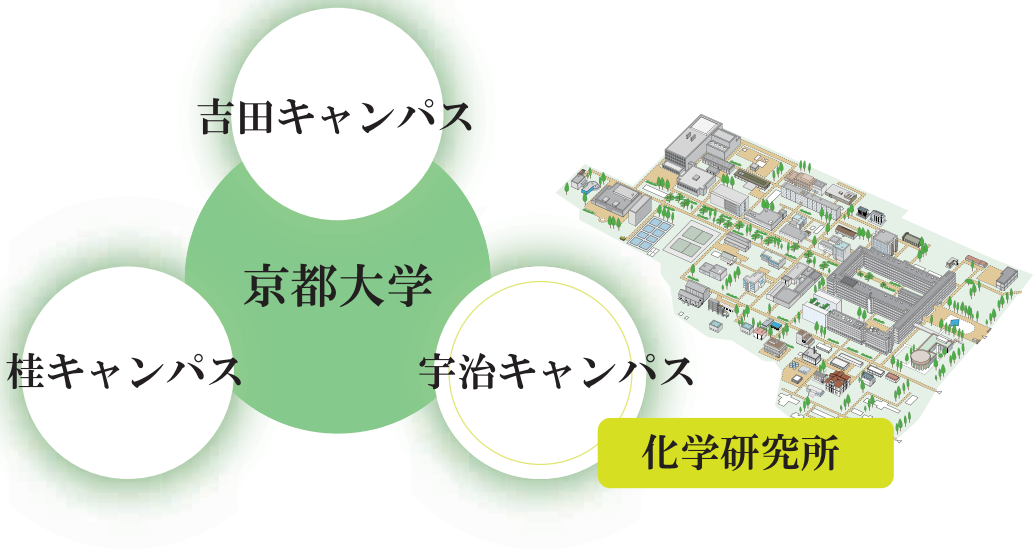
ロゴの流れは化研の無限大の可能性、六角形は 90 年の歩みと進化を表し、誕生の白、化研の豊かな自然環境の緑、そして成熟と未来に向けて輝く現在を象徴する黄色で彩られています。

化学研究所は、古代からの歴史を育んだ宇治川の東畔にあります。この地は水陸交通の要衝として栄え、付近には多くの古墳や古社寺が点在する歴史と伝統のあるところです。

〒 611-0011　京都府宇治市五ケ庄
TEL　0774-38-3344　　FAX　0774-38-3014
E-mail : koho@scl.kyoto-u.ac.jp
http://www.kuicr.kyoto-u.ac.jp

京都大学３大キャンパス

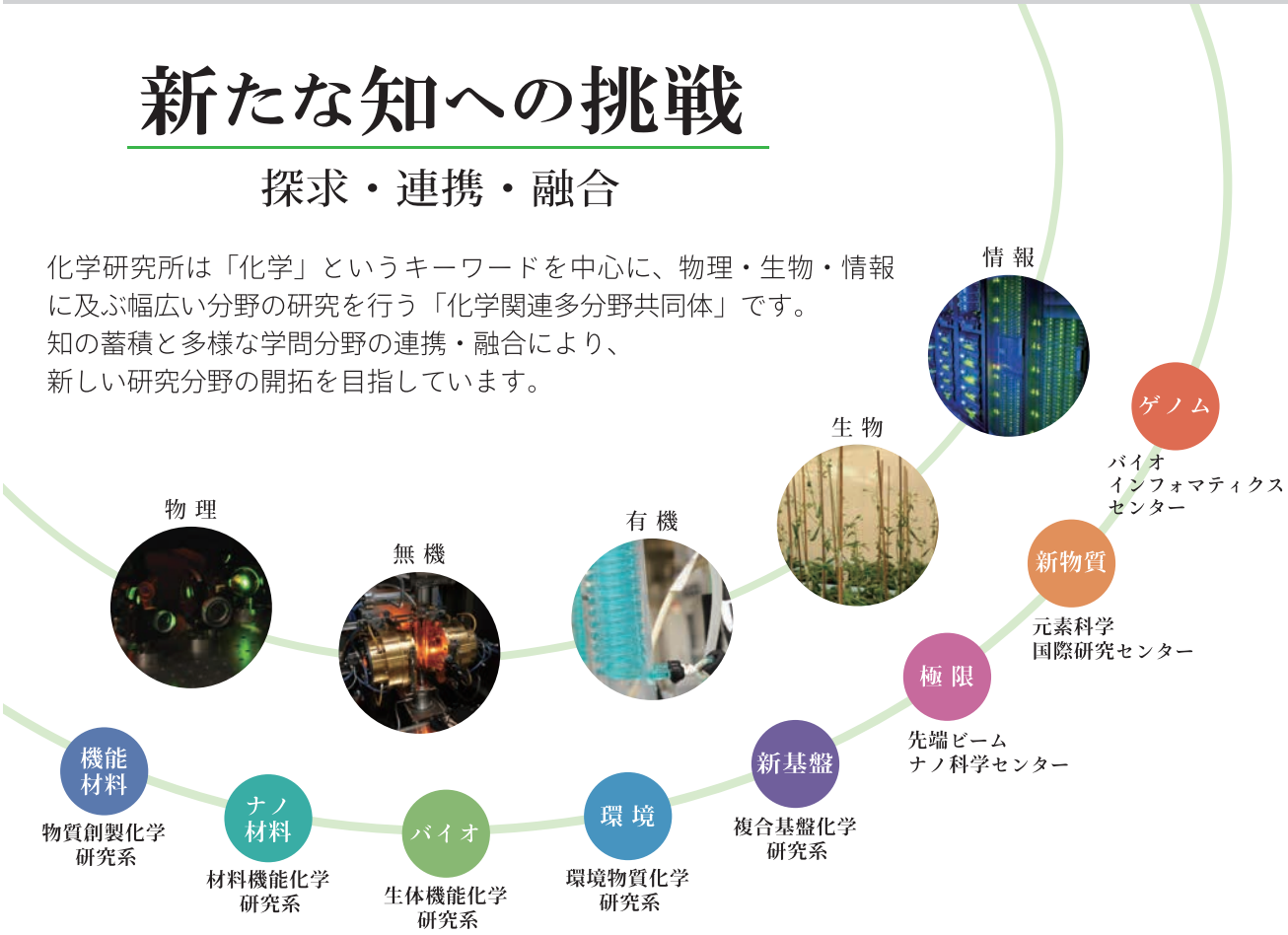
化学研究所は、京都大学３大キャンパスの一つである宇治キャンパス内に位置します。



新たな知への挑戦

探求・連携・融合

化学研究所は「化学」というキーワードを中心に、物理・生物・情報に及ぶ幅広い分野の研究を行う「化学関連多分野共同体」です。
知の蓄積と多様な学問分野の連携・融合により、
新しい研究分野の開拓を目指しています。



化学研究所の研究組織

5研究系

物質創製化学研究系
- 有機元素化学
- 構造有機化学
- 精密有機合成化学
- 精密無機合成化学

材料機能化学研究系
- 高分子材料設計化学
- 高分子制御合成
- 無機フォトニクス材料
- ナノスピントロニクス

生体機能化学研究系
- 生体機能設計化学
- 生体触媒化学
- 生体分子情報
- ケミカルバイオロジー

環境物質化学研究系
- 分子材料化学
- 水圏環境解析化学
- 分子環境解析化学
- 分子微生物科学

複合基盤化学研究系
- 高分子物質科学
- 分子レオロジー
- 分子集合解析

3センター

先端ビームナノ科学センター
- 粒子ビーム科学
- レーザー物質科学
- 複合ナノ解析化学
- 構造分子生物科学

元素科学国際研究センター
- 有機分子変換化学
- 先端無機固体化学
- 錯体触媒変換化学
- 光ナノ量子物性科学
- 構造有機化学（兼）
- 生体機能設計化学（兼）

バイオインフォマティクスセンター
- 化学生命科学
- 数理生物情報
- 生命知識工学
- ゲノムネット推進室

- 客員研究領域
- スーパーコンピュータシステム
- 極低温物性化学実験室

共同利用・共同研究拠点：拠点名「化学関連分野の深化・連携を基軸とする先端・学際研究拠点」としても活動しています。

大学院との連携

化学研究所の各研究領域は、大学院研究科の協力講座として大学院教育に携わっています。
所内では100名以上の教職員ほか多くの研究者が、時代の先端を行く研究を繰り広げています。

理学研究科　工学研究科　農学研究科　薬学研究科　医学研究科　情報学研究科

大学院

京都大学

化学研究所
30研究領域
5研究系3センター

教授	26名
准教授	17名
講師	2名
助教	37名
技術職員	9名
その他教員	7名

平成28年10月1日現在

物質創製化学研究系

有機元素化学研究領域

構造有機化学研究領域

精密有機合成化学研究領域

精密無機合成化学研究領域

Division of Synthetic Chemistry

Organoelement Chemistry

Structural Organic Chemistry

Synthetic Organic Chemistry

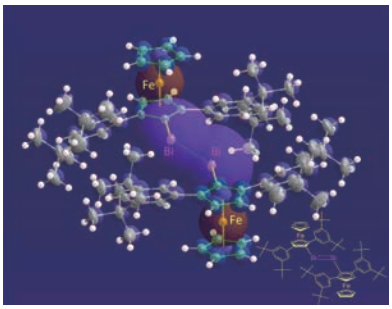
Advanced Inorganic Synthesis

物質創製化学研究系

有機化学、無機化学の枠を超えた視点で「新規物質」を創製し、その構造、機能、物性を解明します。本研究系では、各研究領域の個性的かつ独創的な研究を基礎としつつ、従来の学問領域の枠にとらわれることなく、既存の概念を超える新物質の創製という共通の目標を持って研究を展開しています。創出した新物質の特異な構造や興味深い性質の解明が、機能化学、物性化学、合成化学など幅広い分野に大きなインパクトをもたらすことを期待しています。

有機元素化学 理
構造有機化学 工
精密有機合成化学 薬
精密無機合成化学 理

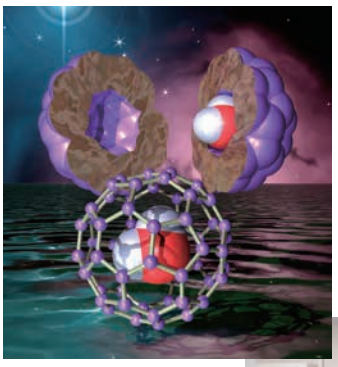
新しい結合様式の創製
有機元素化学







新しいπ電子化合物の開発
構造有機化学

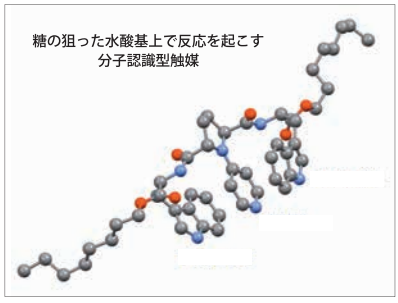


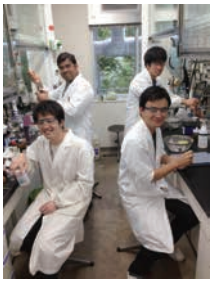




既存の概念を超える新規物質の創製

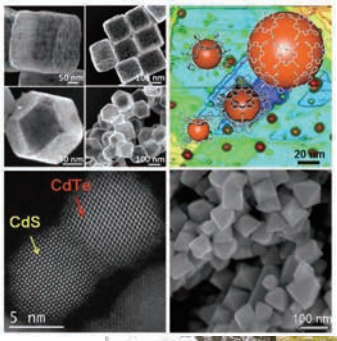
新しい精密分子変換法の開発
精密有機合成化学

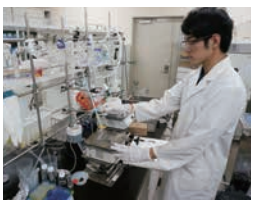






ナノスケールの物質を創る
精密無機合成化学







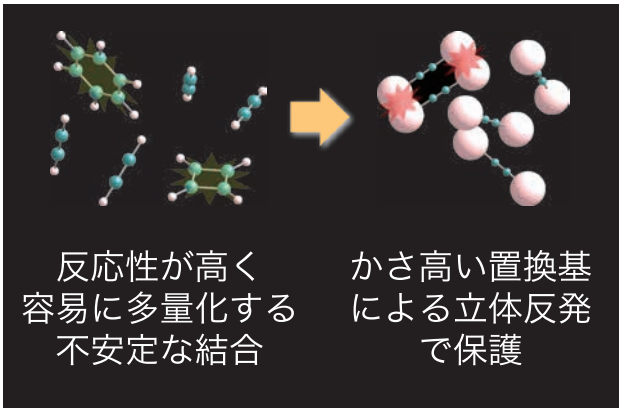
物質創製化学研究系

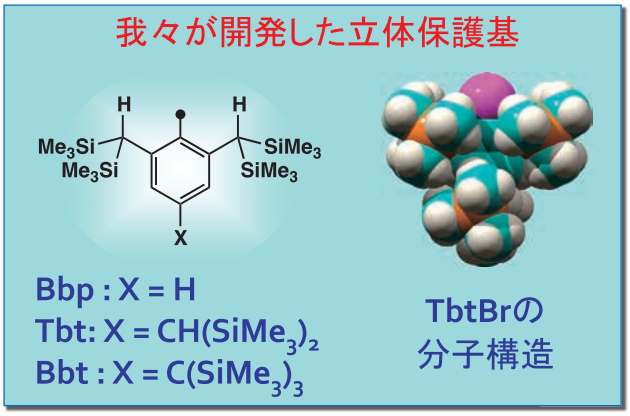
有機元素化学

教授	時任 宣博
准教授	笹森 貴裕
助教	水畑 吉行
技術専門員	平野 敏子

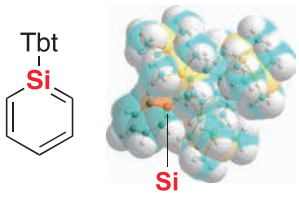
研究領域の特長

主に**炭素**(C)、**酸素**(O)、**窒素**(N)などから成る従来の有機化合物の構成元素を、**ケイ素**(Si)や**リン**(P)などの**高周期元素**（**重い元素**）で置き換えた新しい化合物を合成し、その基本的性質と物性を解明する研究をしています。

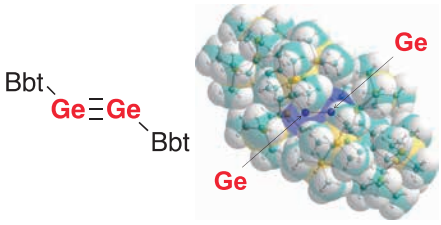




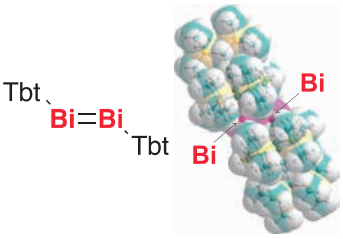
重い芳香族化合物



重いアセチレン



最も重い二重結合



重い元素で新しい結合を創る！
各元素の特性を解明
新しい物性・機能の発現



物質創製化学研究系

構造有機化学

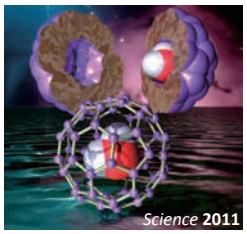
教授　村田 靖次郎
准教授　若宮 淳志
助教　村田 理尚

新しい π 電子化合物の開発

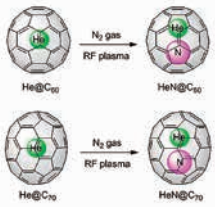
構造有機化学，典型元素化学などの視点から，π 電子化合物の独自の分子設計を提唱し，真に優れた特性を有する機能性有機化合物の開発研究に取り組んでいます。学術的に「おもしろい分子」を合成して望みの物性を発現させる基礎研究が，有機化学の発展と新しい機能性分子誕生の礎となることを目指しています。

小分子・原子を内包したフラーレンの有機合成

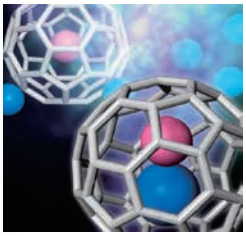
C_{60}の内部に 1 個の水分子を閉じ込め、その構造を解明しました。



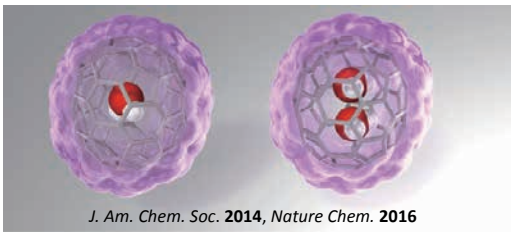
ヘリウム原子と窒素原子を同時に内包させた C_{60}ならびに C_{70} を発生させる手法を開発しました。



Nature Commun. **2013**



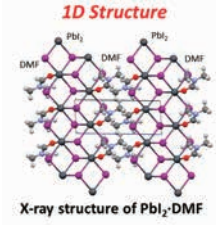
水分子を内包した C_{70} の合成法を開発し，水分子単独ならびに水分子二個の結合体の挙動を解明しました。

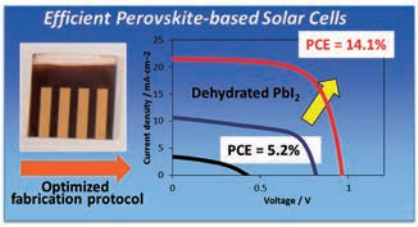


J. Am. Chem. Soc. **2014**, *Nature Chem.* **2016**

高効率ペロブスカイト太陽電池の開発

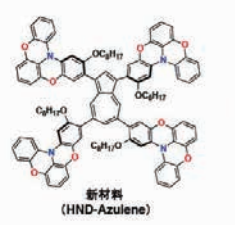
ペロブスカイト太陽電池について，精製した材料を用いることにより，再現性良く高い変換効率を示す太陽電池の作製方法を開発しました。

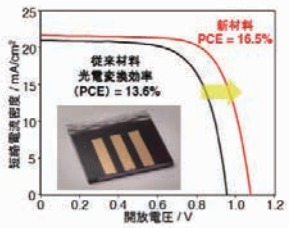




Chem. Lett. **2014**, *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *J. Phys. Chem. Lett.* **2015**, etc.

「座布団型構造」をもつように π 電子系を拡張した有機半導体材料を開発し，16.5% の光電変換効率を得ることに成功しました。

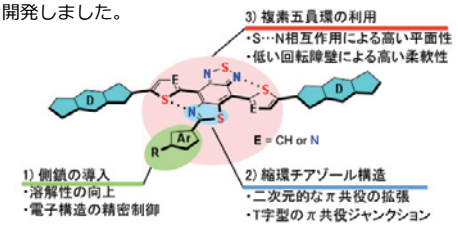




J. Am. Chem. Soc. **2015**

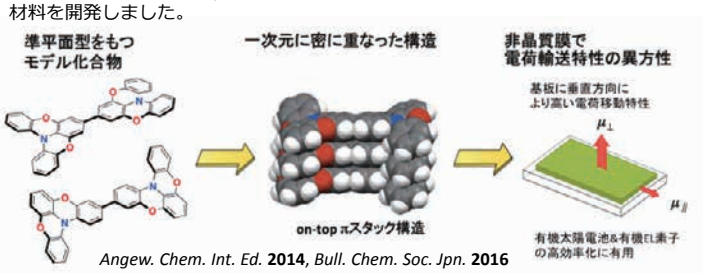
機能性 π 共役骨格の構築と固体物性の制御

高い平面性と溶解性をあわせもつ電子受容性骨格として，ベンゾチアジアゾールにチアゾールを縮環させた T 字型骨格（SaT）を開発しました。



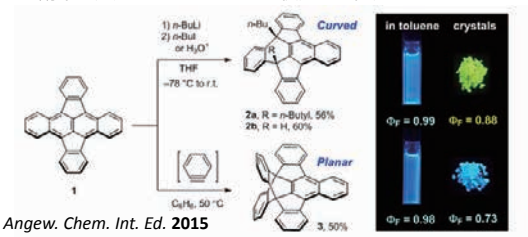
Chem. Lett. **2014**, *Chem. Lett.* **2016**

準平面型の骨格を用いて，電荷輸送特性に顕著な異方性を示す革新的な有機半導体材料を開発しました。



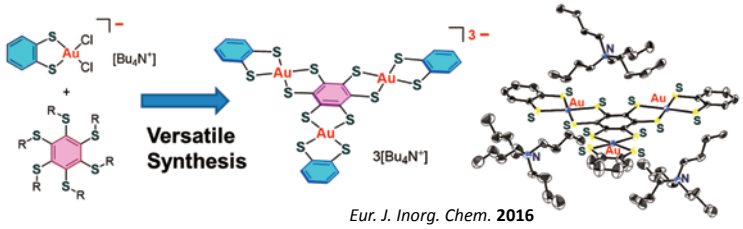
Angew. Chem. Int. Ed. **2014**, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2016**

5 員環を含む電子受容性 PAH のユニークな反応性を解明し，固体で高効率に発光する曲がった π 共役分子を開発しました。



Angew. Chem. Int. Ed. **2015**

高い電気伝導性の発現が期待できる多核 π 共役ジチオレン錯体について，前駆体となるアニオン性三核金錯体の汎用的合成法を開発しました。



Eur. J. Inorg. Chem. **2016**

物質創製化学研究系

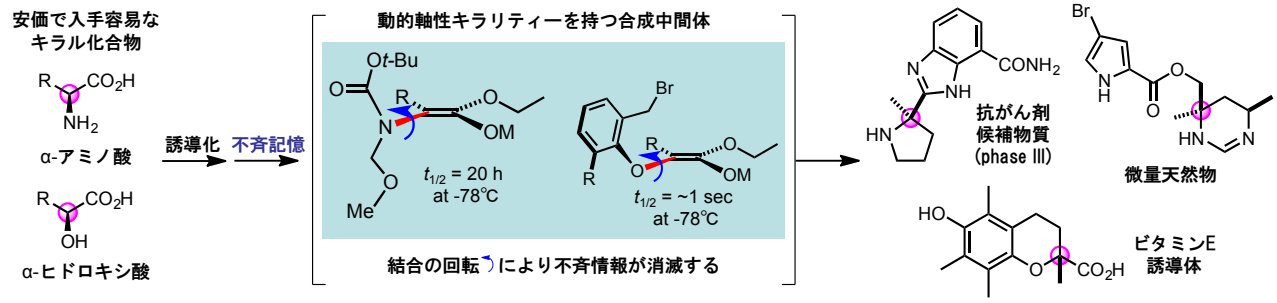
精密有機合成化学

教授	川端 猛夫
准教授	古田　巧
助教	上田 善弘
特定助教	吉田 圭佑
技術職員	藤橋 明子

天然由来化合物を効率的に高付加価値化合物へと変換する方法論の研究を行っています。**動的キラリティーと位置選択的分子変換**をキーワードに有機合成化学の未解決課題に取り組んでいます。

不斉記憶型反応の開発

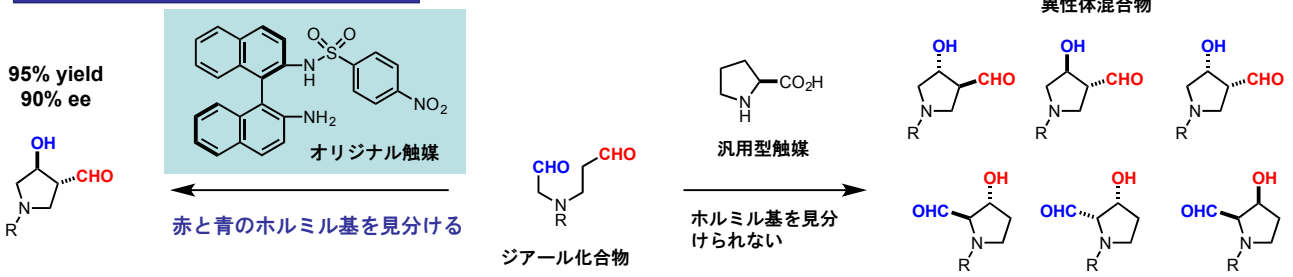
キラル化合物から生じるエノラート（従来キラリティーを持たないと考えられていた分子種）が、単位時間内にキラル分子として振る舞う（動的キラリティーを持つ）現象を利用した不斉合成法。



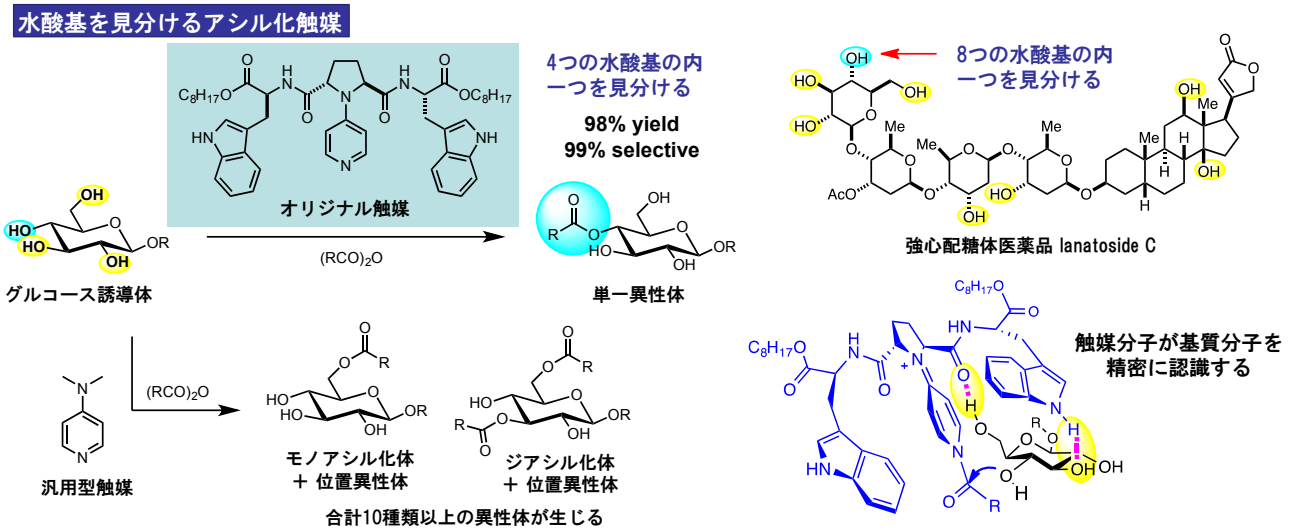
複数の官能基の内一つを識別する触媒

糖などの同種の官能基を多数持つ化合物の分子変換は従来の汎用型触媒では困難です。触媒が基質を精密に分子認識することにより、高度に選択的な分子変換が可能になります。

ホルミル基を見分けるアルドール触媒



水酸基を見分けるアシル化触媒

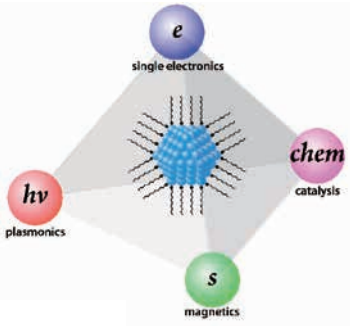


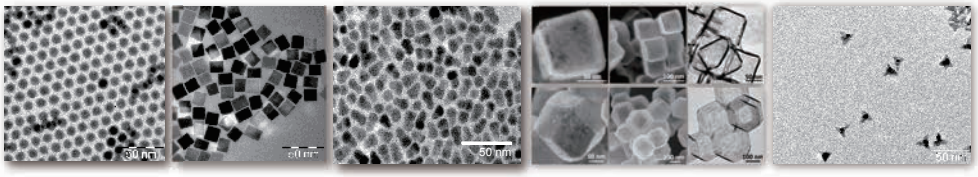
物質創製化学研究系

精密無機合成化学

教授	寺西 利治
准教授	坂本 雅典
助教	佐藤 良太
特定助教	猿山 雅亮
特定助教	TRINH, Thang Thuy

ナノスケールの物質を創る

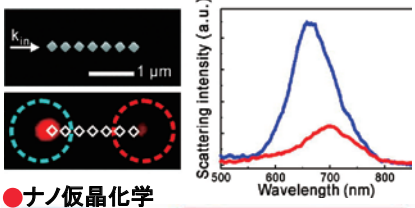




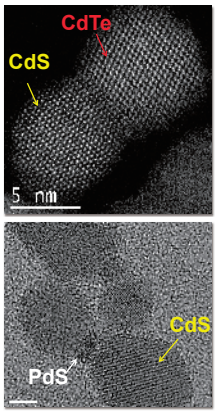
寺西研究室では、次世代ナノ材料として金属、半導体ナノ粒子を用い、その一次構造（粒径、形状、組成）制御ならびに二次構造（空間配列）制御を行い、次世代のナノ電子、磁気、光デバイスへの応用や触媒への展開を目指しています。

光

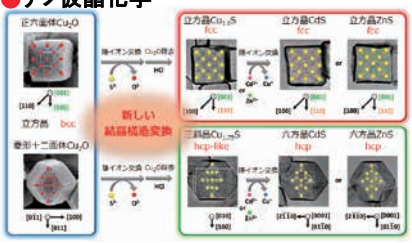
●プラズモンナノ粒子



●ヘテロ構造ナノ粒子



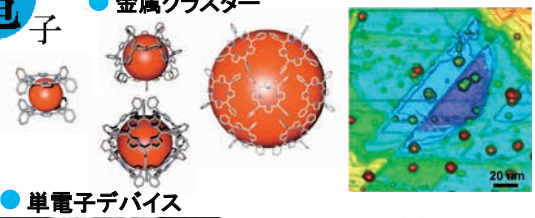
●ナノ仮晶化学



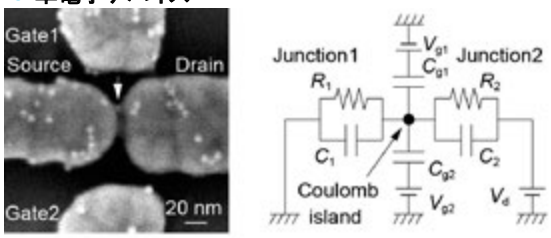
プラズモン(Au、Ag)ナノ粒子(超格子)を用い、光電場増強による新奇化学反応の開発や非線形光学デバイスの創製を目指しています。また、金属カルコゲニドを中心とした、半導体ナノ粒子、ヘテロ構造ナノ粒子の合成も行っています。

電子

●金属クラスター

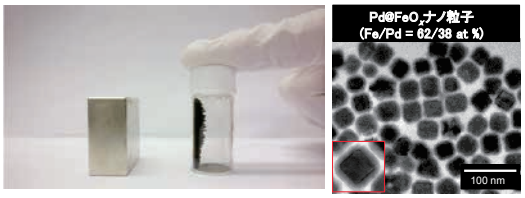


●単電子デバイス

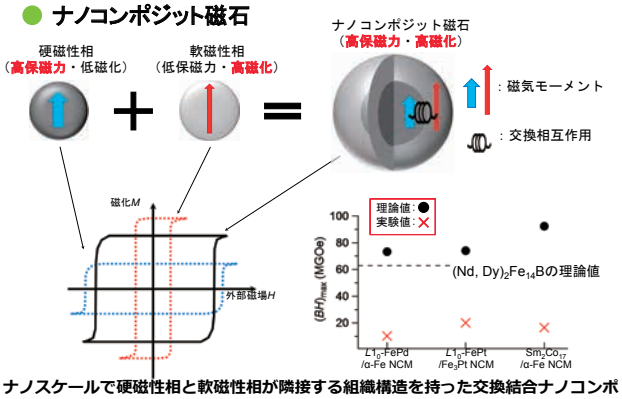


大きな帯電エネルギーを有する微細金属ナノ粒子をクーロン島として用いることにより、量子化された数の電子をトンネル輸送させる単電子トンネルデバイスを創製することを目指しています。

磁性

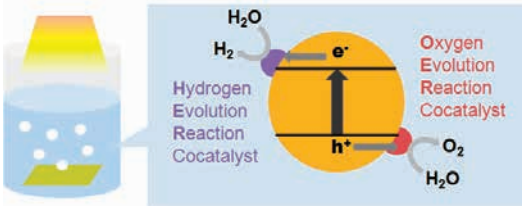


●ナノコンポジット磁石

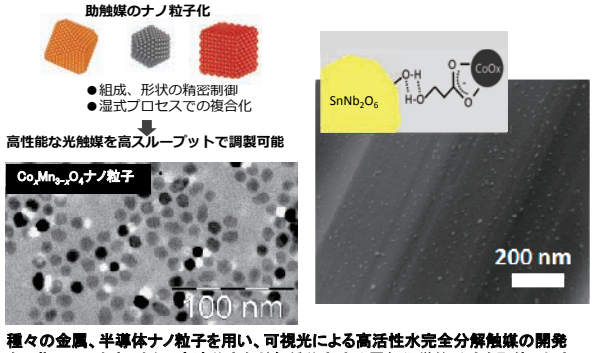


ナノスケールで硬磁性相と軟磁性相が隣接する組織構造を持った交換結合ナノコンポジット磁石の創製を行っています。

触媒



●光触媒



種々の金属、半導体ナノ粒子を用い、可視光による高活性水完全分解触媒の開発を目指しています。また、高速分光など各種分光法や電気化学的手法を駆使した光触媒機構の解明にも取り組んでいます。

材料機能化学研究系

高分子材料設計化学研究領域

高分子制御合成研究領域

無機フォトニクス材料研究領域

ナノスピントロニクス研究領域

Division of Materials Chemistry

Chemistry of Polymer Materials

Polymer Controlled Synthesis

Inorganic Photonics Materials

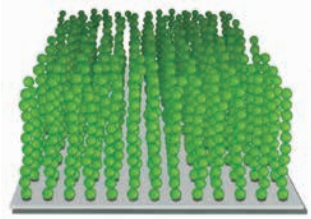
Nanospintronics

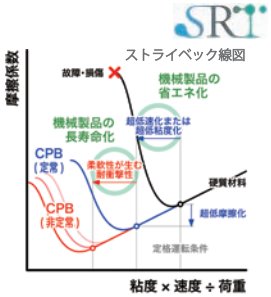
材料機能化学研究系

各種重合法・化学反応を駆使して、ナノ空間を制御した有機分子や超高密度表面を有する高分子など精密に設計された新規機能性材料を開発します。また、ダイヤモンド中の欠陥や人工多層膜—ナノ微細構造中のスピンを制御し、新規機能性デバイスへの応用を目指しています。

高分子材料設計化学 工
高分子制御合成 工
無機フォトニクス材料 工
ナノスピントロニクス 理

階層構造制御された新規高分子材料の創製
高分子材料設計化学



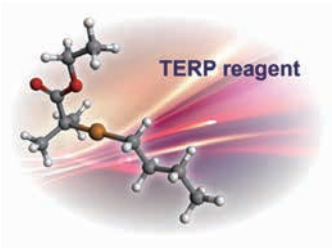


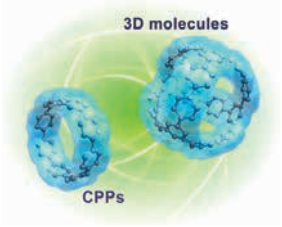
▲ 濃厚ポリマーブラシ（CPB）の模式図（左）とそのトライボロジー応用（右）



重合反応機構の精密な解析と理解を通して、新規合成ルートの開拓と、高次構造制御による新規高分子材料の創製を目指しています。

“輝く分子”を創る
高分子制御合成



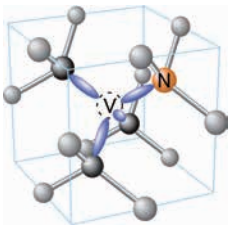


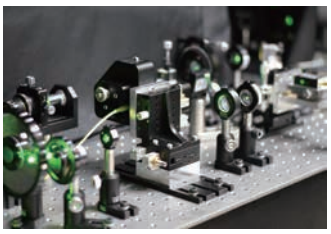


有機合成化学を基に化学反応・分子変換法を開発し、新奇な有機分子・高分子の創製と材料物性の解明を行っています。

新規な機能を有する次世代材料の創製

光、スピン、電荷を用いた次世代固体デバイス
無機フォトニクス材料







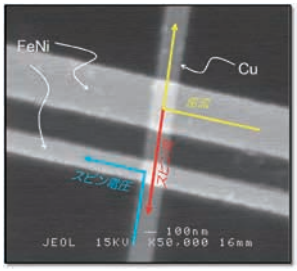
ダイヤモンド中の NV 中心や酸化物ガラスを用いて光機能性無機材料の創製を行っています。

人工物質を自在に制御する
ナノスピントロニクス





▲ 微細加工のための電子線描画装置（左）と多層薄膜作製装置（右）



▲ スピン注入素子　非磁性体にスピン蓄積を起こす。

微細加工技術を用いて人工ナノ構造を加工し、電子の電荷・スピン・位相・コヒーレンスの織り成す多彩な物性の制御を目指した研究を行っています。

材料機能化学研究系

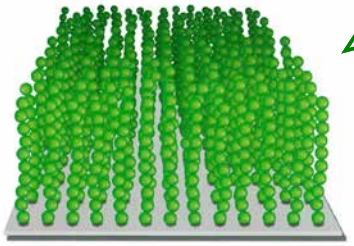
高分子材料設計化学

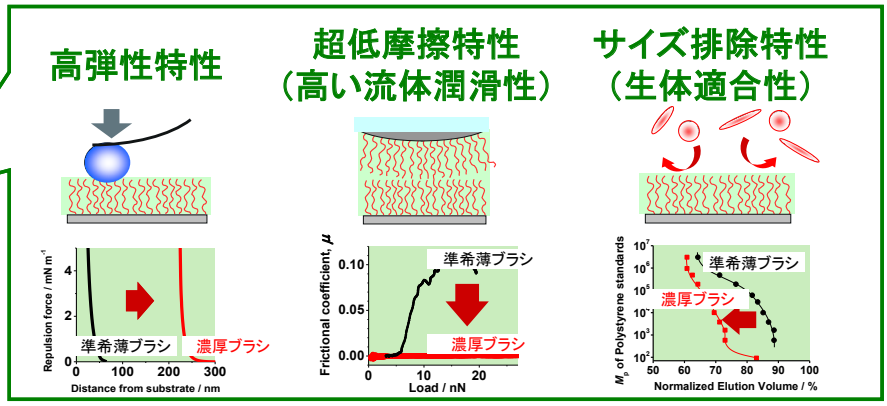
教授　辻井 敬亘
准教授　大野 工司
助教　榊原 圭太

高分子の精密重合法、特にリビングラジカル重合法（LRP）の基礎と応用に関する研究を行っています。応用研究では、無機・有機・金属など各種の固体表面を対象とする表面開始リビングラジカル重合法の開発と、これにより得られる新規な表面「濃厚ポリマーブラシ」の構造・物性と機能開発に関する研究を展開しています。

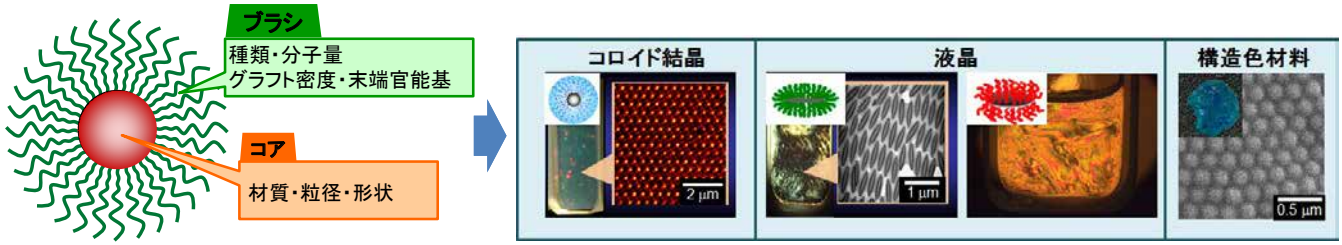
(1) 世界初の濃厚ポリマーブラシ系の実現：新しい構造と特異な物性

表面開始リビングラジカル重合法により
濃厚ブラシ系を実現



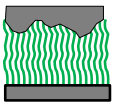


(2) 階層構造制御の新戦略：準ソフト系の発見



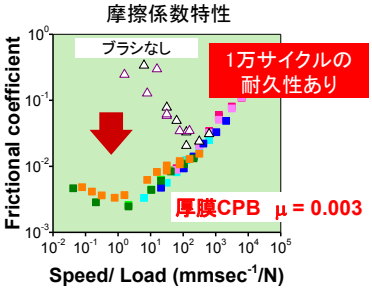
(3)革新的材料の設計

シール・軸受表面の低摩擦化

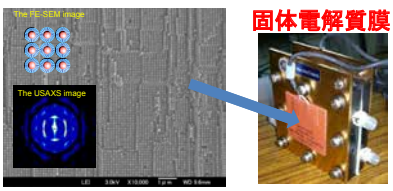


厚膜濃厚ブラシ
（高圧重合法の適用）

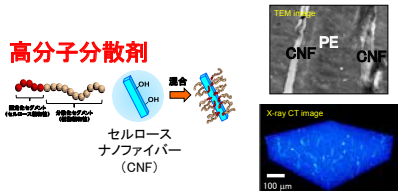
摩擦係数特性



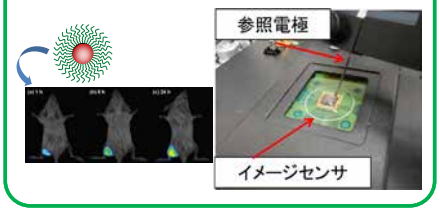
電気化学デバイス



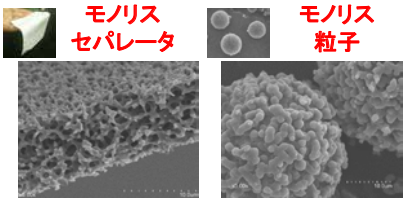
軽量高強度複合材料



バイオインターフェース



ポリマー多孔体



材料機能化学研究系

高分子制御合成

教授	山子　茂
准教授	登阪 雅聡
特定准教授	中村 泰之
助教	茅原 栄一
助教	橋本 士雄磨

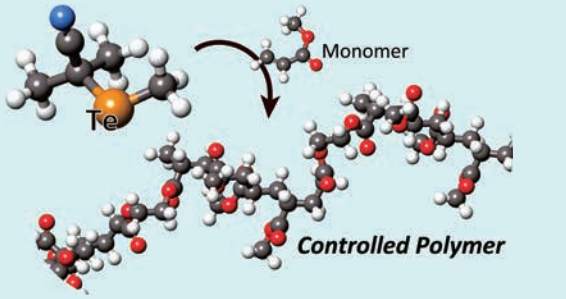
～有機合成の力で未来の輝く分子を合成する～

画期的な分子デザインや分子変換法の開発を通じ、一人ひとりが“輝く分子（自慢の分子）”を創製し、さらに、その分子が化学（科学）分野や社会において輝く分子となることを目指しています。また電子顕微鏡やX線回折など最先端の技術を用いた、高分子の構造解析と材料物性の解明も行っています。



精密な高分子重合法の開発

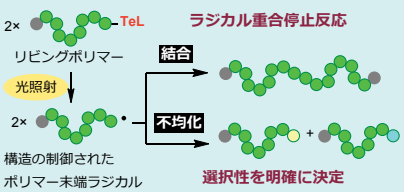
高周期ヘテロ元素（**テルル・アンチモン・ビスマス**）化合物を開始剤に用いた、独創的かつ高い合成力を持った**リビングラジカル重合反応**を開発しています。



◇有機テルル化合物を用いた高い汎用性を持つ重合法（**TERP法**）を開発
→共同研究により製造プラントの稼働が実現



◇ラジカル重合の**停止反応**の解明

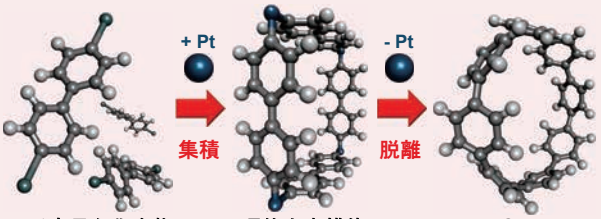


→TERP法と**光誘起ラジカル反応**を用いて、停止反応の機構を解明
→従来の**教科書の記述を覆す**結果

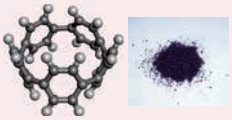
環状π共役系分子の創製

シクロパラフェニレン（CPP）をはじめとする新奇な“含歪み”環状π共役系分子の合成法の開発と基礎物性の解明により、材料科学への応用も見据えて研究を進めています。

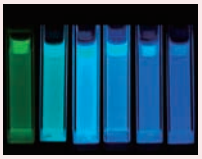
◇**環状白金錯体**を経る独自のCPP合成法を開発

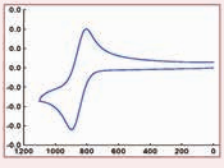


◇最小のCPPの世界初の合成
→**大量合成法**も確立、試薬として商品化



◇種々のCPPの基礎物性を世界に先駆けて解明


光物性


酸化還元特性


ホストーゲスト化学

高分子構造の解析

高分子は、**変形**や**温度**に応じて結晶構造が変化します。素早い変形や温度制御を行う独自の装置を開発し、**X線**で構造変化の過程を観察する等の手法で、高分子の構造と物性の関係について研究を行っています。



材料機能化学研究系

無機フォトニクス材料

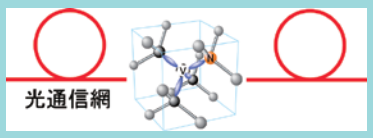
教授　水落 憲和
助教　正井 博和
助教　森下 弘樹
助教　藤原 正規

研究領域の特長

光機能性無機材料における欠陥、特に、ダイヤモンド中の欠陥（NV中心）を用いた物理・生物・情報など多方面に渡る光機能性材料への展開を図っています。一方、酸化物ガラスにおける構造と発光中心を精査することにより、新規アモルファス材料の創製を目指しています。

ダイヤモンド中の単一窒素ー空孔(NV)中心を利用した光機能性材料への展開

量子暗号通信



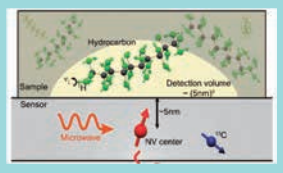
盗聴者がいると必ず分かる絶対に安全な通信！

超高感度脳磁計



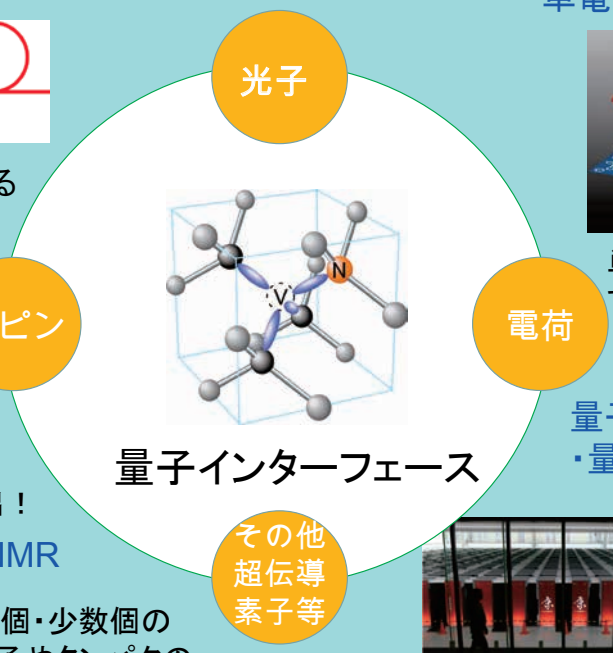
脳の神経活動を検出！

超高感度・超高分解能NMR

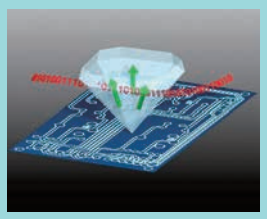


1個・少数個の分子やタンパクのNMR構造解析

Science 2013



単電子素子



単電子・単一スピンで動作する低消費エネルギー素子

量子コンピュータ
・量子シミュレーション



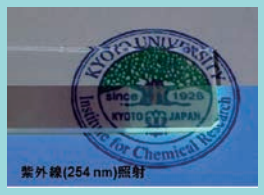
ある種の計算においてスーパーコンピュータを遥かに凌ぐ！

酸化物ガラスを用いた光機能性材料創製およびその構造解析

アモルファス蛍光体の創製



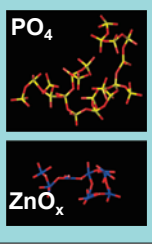
高い発光効率を示すガラス蛍光体の創製

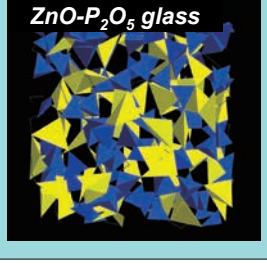


新規アモルファス蛍光体膜の創製

酸化物ガラスのネットワーク構造の理解

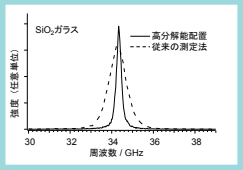
1) 放射光回折およびRMC解析によるガラスネットワークの解明





2) 非弾性光散乱によるガラスネットワークの評価

ブリルアン散乱による弾性率評価



長距離レンジにおける構造分布の定量的な評価

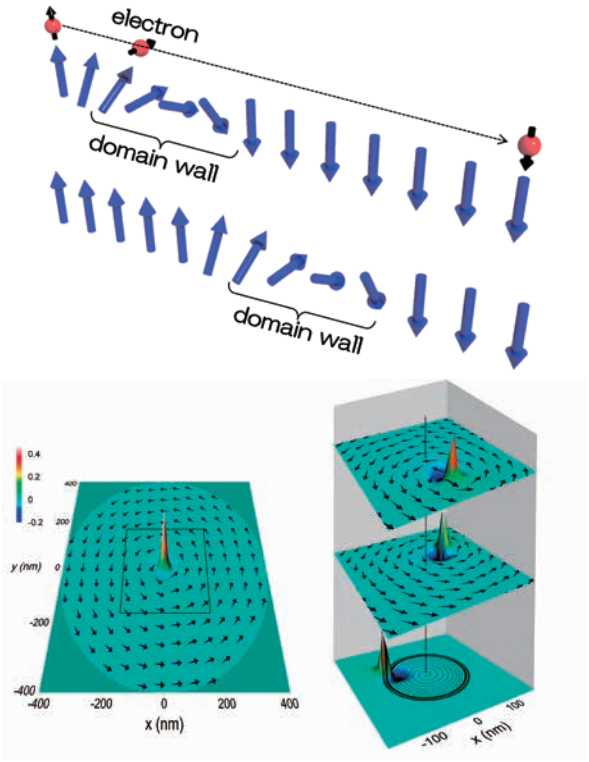
材料機能化学研究系

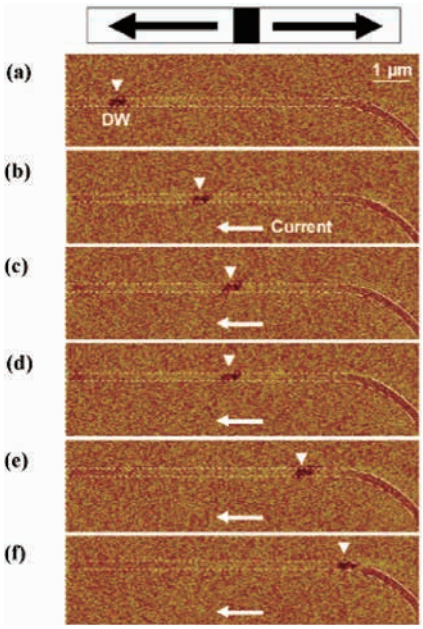
ナノスピントロニクス

教授	小野 輝男
准教授	森山 貴広
助教	KIM, Kab-Jin
技術職員	楠田 敏之

研究領域の特長

私たちは、金属・半導体などを組み合わせてナノスケールの人工物質を作り出し、電子の電荷・スピン・位相の織り成す多彩な物性の制御を目指した研究を行っています。 特に、電子の二つの自由度である電荷とスピンを自在に制御するスピントロニクスを実現することを目指しています。







生体機能化学研究系

生体機能設計化学研究領域

生体触媒化学研究領域

生体分子情報研究領域

ケミカルバイオロジー研究領域

Division of Biochemistry

Biofunctional Design-Chemistry

Chemistry of Molecular Biocatalysts

Molecular Biology

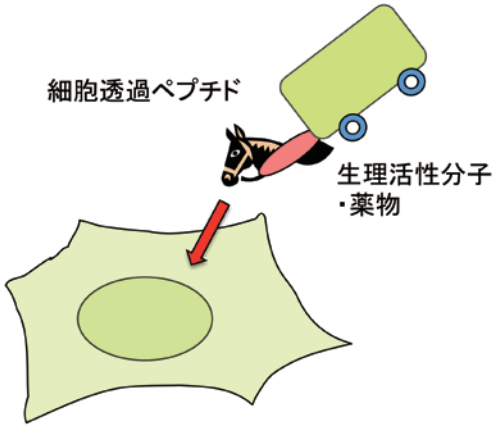
Chemical Biology

生体機能化学研究系

本研究系では、細胞機能・遺伝子を制御する生理活性タンパク質の創製、生命を支える酵素の触媒機構や機能・生理的意義の化学的理解、遺伝的プログラムと外部環境要因により規定される植物形態形成統御機構の解明、そして新しいタイプの生理活性化合物の発掘などに取り組んでいます。

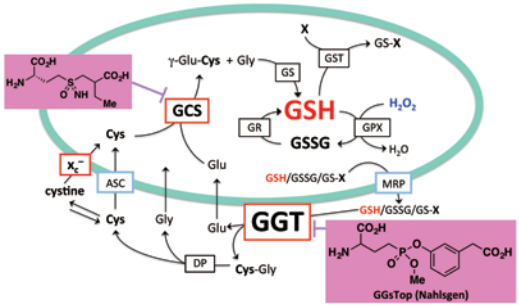
生体機能設計化学 薬
生体触媒化学 農
生体分子情報 理
ケミカルバイオロジー 医

細胞機能・遺伝子を制御する
生理活性タンパク質とペプチドの設計
生体機能設計化学



生理活性分子の効率的細胞内導入
による細胞機能制御

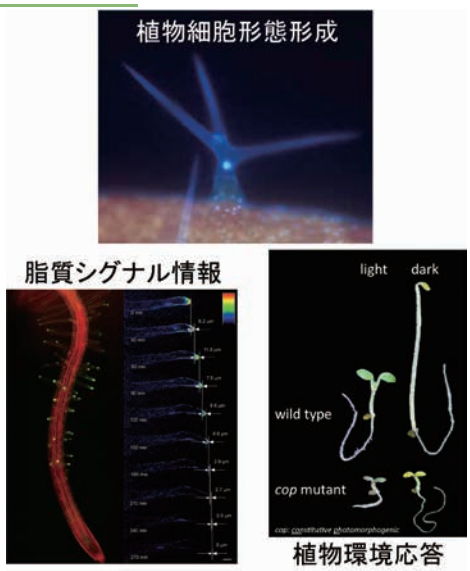
グルタチオン代謝の統合的制御と
新しい生物活性物質の創製
生体触媒化学



高等動植物の細胞における**グルタチオン（GSH）**代謝と
選択的阻害剤 および **標的タンパク質**

生命現象を化学の切り口で解明

生命現象を制御する分子メカニズムの解明
生体分子情報



化学を起点とした生物学
ケミカルバイオロジー



生体機能化学研究系

生体機能設計化学

教授 二木 史朗
講師 今西 未来
助教 河野 健一

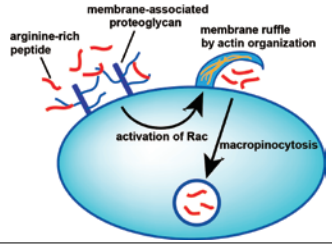
研究領域の特長

私たちの研究室では、「化学」と「生物」の両方の視点から生体内で優れた機能を発揮する分子をデザインし、細胞への薬物の取り込み・細胞膜の構造・細胞内への情報伝達・遺伝子の発現などをコントロールするユニークな方法論の開発を目指しています。

ユニークな膜相互作用ペプチドを使った細胞内送達

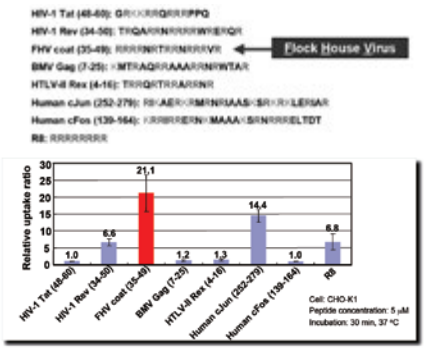
近年、塩基性ペプチドの細胞膜透過能を利用して、タンパク質などの生理活性物質を細胞内に導入する手法が開発されました。細胞内に導入したい物質に、このようなペプチドを連結するだけで、効率よく細胞内に取り込まれることが示され、新たな細胞内送達法として注目されています。私達は、塩基性ペプチドによる薬物の高効率な細胞内取り込みの作用機序の解明と、細胞内送達への応用研究に力を入れています。具体的には、(*i*) 細胞内移行におけるアルギニンの重要性、(*ii*)アルギニンペプチドの生理的取込様式、(*iii*)アルギニンペプチドの直接的な細胞膜透過、(*iv*) アルギニンペプチドの薬物送達への応用に関して研究を進めています。また、さらに効率の良い導入法の開発を目指して、新規膜透過ペプチドのデザインにも取り組んでいます。

アルギニンペプチドのマクロピノサイトーシスによる細胞内移行

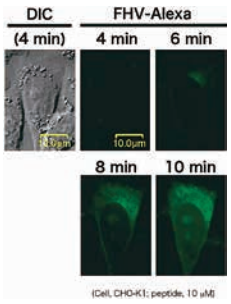


Kawaguchi et al. (2016) Bioconjug. Chem. 27, 1119-1130
Kawaguchi et al. (2013) Bioorg. Med. Chem. Lett. 23, 3738-3740
Tanaka et al. (2012) Chem. Biol. 19, 1437-1446
Nakase et al. (2012) Chem. Commun. 48, 11097-11099
Hirose et al. (2012) Mol. Ther. 20, 984-993
Nakase et al. (2009) Mol. Ther. 17, 1868-1876

様々なアルギニンペプチドの細胞内取り込み量の比較

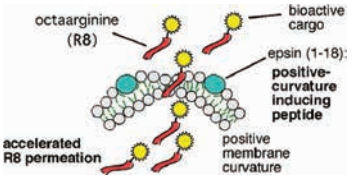


蛍光標識したFHVペプチドの経時的な細胞内移行観察



生体膜の構造変化を誘起するタンパク質・ペプチドのデザイン

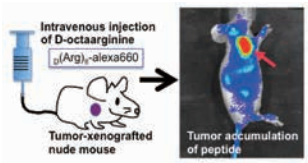
細胞膜が局所的にくびれたり、融合したりする場合、膜は大きく曲がった構造をとることになり、どのようなタイミングで、どのような曲率が細胞に発生するかは、細胞の恒常性維持や増殖に非常に重要な役割を果たすと考えられます。近年、この曲率誘導に様々なタンパク質やペプチドが関与していることが明らかになってきました。私達は、ペプチド・タンパク質の合成技術を活かして、曲率誘導体の作用機序の検討に取り組むと同時に、「曲率」を誘導・制御する方法論を開発しています。



Murayama et al. (2016) Biopolymers (in press)
Pujals et al. (2013) ACS Chem. Biol. 8, 1894-1899
Katayama et al. (2013) Biochim. Biophys. Acta. 1828, 2134-2142

ガン組織へ集積するペプチドのデザイン

アルギニンペプチドは血清成分と相互作用する性質があるため、体内を巡る血液に乗ってガン組織に抗腫瘍薬を運ぶことができるのではないかと考えました。私達は体内で分解されずにガン組織を狙い撃ちするペプチドの開発と、血清成分とペプチド間の相互作用機序の解明に取り組んでいます。



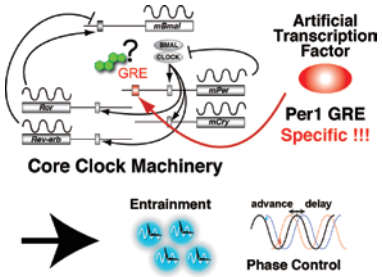
Nakase et al. (2012) J. Control. Release 159, 181-188

体内時計を操る人工タンパク質のデザイン

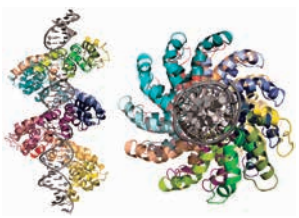
様々な遺伝子を自在に操ることができる分子ツールは、医薬応用や生命現象の解明にとって極めて魅力的です。そのためには、膨大なゲノム中から特定の塩基配列を認識できることが求められます。私たちは、ゲノムやmRNA中の目的塩基配列に選択的に作用する人工核酸結合タンパク質を創製しています。そして、それらを分子ツールとして、概日時計のメカニズム解明に取り組んでいます。

Tsuji et al. (2013) *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **441**, 262-265
Imanishi et al. (2012) *ACS Chem. Biol.* **7**, 1817-1821
Imanishi et al. (2011) *Angew. Chem. Int. Ed.* **50**, 9396-9399

人工転写因子による概日時計の位相制御



新しい塩基認識様式を持つ人工タンパク質の開発



生体機能化学研究系

生体触媒化学

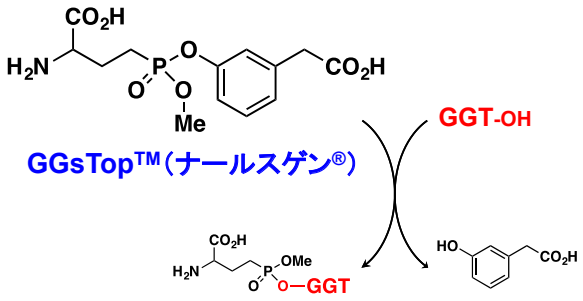
助教　渡辺 文太

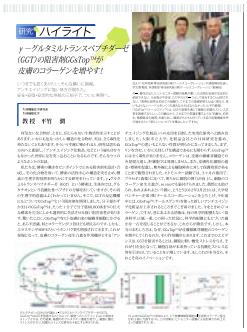
化学の目で酵素と生命のしくみを解き明かす

我々は、生命活動＝化学反応の集積ととらえ、それぞれの化学反応を触媒している酵素（生体触媒）の構造や触媒機構、その生理学的意義などを解き明かすことで生命現象を有機化学的に理解し、さらには、酵素阻害剤および活性化剤を用いてそれを人為的に制御することを目標に研究に取り組んでいます。

γ-グルタミルトランスペプチダーゼ（GGT）阻害剤の開発とアンチエイジング化粧品としての実用化

抗酸化ペプチド・グルタチオンの代謝を担うγ-グルタミルトランスペプチダーゼ（GGT）の生理学的意義を解明することを目的とし、GGTを特異的かつ不可逆的に阻害する遷移状態アナログ阻害剤（GGsTop™）を開発しました。さらに、大阪市立大学との共同研究により、GGsTop™がヒト皮膚線維芽細胞のコラーゲンやエラスチン、HSP47の産生を亢進することを見出し、アンチエイジング化粧品原料・ナールスゲン®としての実用化を達成し、大学発ベンチャー企業（株）ナールスコーポレーションを設立しました。

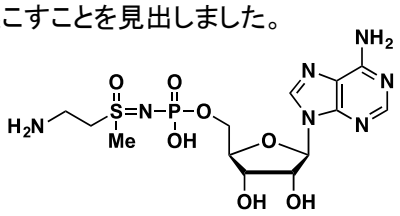






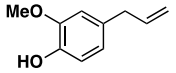
アスパラギン合成酵素阻害剤の開発

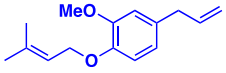
急性リンパ性白血病の化学療法において最大の障害になっているのが、腫瘍細胞のアスパラギン合成酵素(AS)高発現による薬剤耐性の獲得です。我々は、ASの遷移状態アナログ阻害剤を合成し、ヒトASをnMレベルで阻害する強力な阻害剤を開発しました。細胞膜透過性を向上させる分子設計により、薬剤耐性の白血病細胞に対して、細胞増殖阻害のみならず、細胞死を引き起こすことを見出しました。

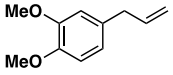


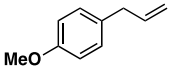
植物香気成分の生物化学

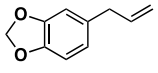
フェニルプロペン系植物香気成分の新しい生物活性の発見を目的とし、様々な類縁体を合成して昆虫および菌類に対する活性を調べた結果、O-ジメチルアリルオイゲノール（DMAE）がハダニに対して摂食阻害活性を示すことを見出しました。これは、DMAEが薬物代謝酵素であるP450により活性化されて毒性を発揮するためと考えています。


オイゲノール


O-ジメチルアリルオイゲノール（DMAE）


O-メチルオイゲノール


エストラゴール


サフロール

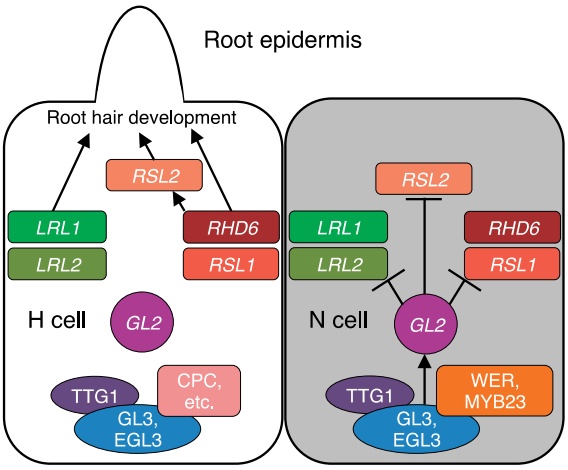
生体機能化学研究系

生体分子情報

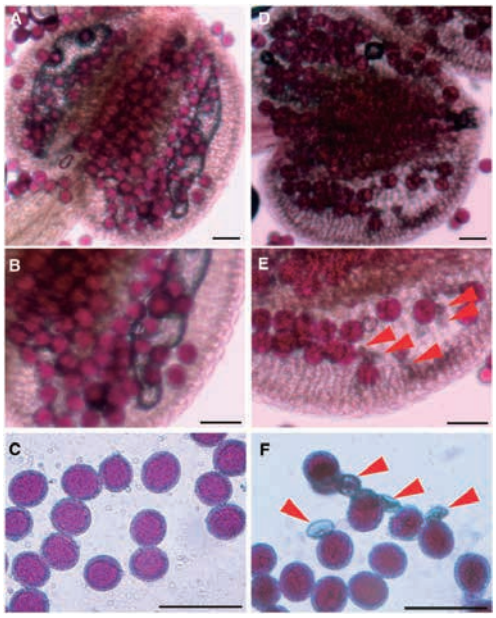
教授	青山 卓史
准教授	柘植 知彦
助教	加藤 真理子
技術専門職員	安田 敬子

研究領域の特長

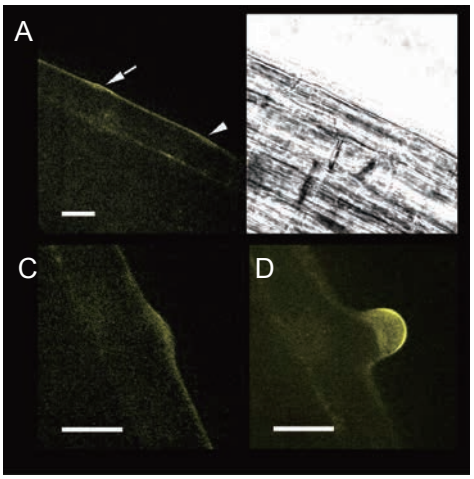
私たちは、植物形態形成の制御に関わる分子メカニズムを解明するために、シロイヌナズナ（*Arabidopsis thaliana*）を主な材料に用いて研究を進めています。突然変異体や形質転換体を多用した植物個体レベル（*in planta*）の解析を行い、普遍性の高い分子メカニズムを解明しようとしています。



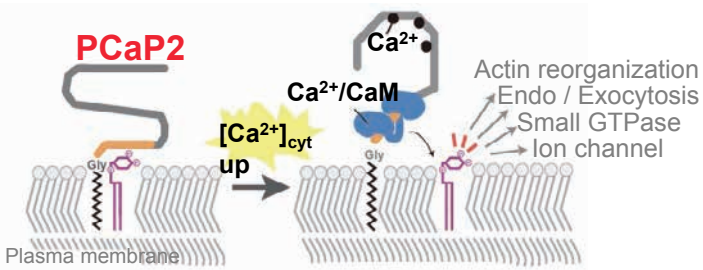
GL2を中心とした転写制御ネットワーク
転写因子GL2は、その直接標的となる転写因子遺伝子群を介して、根毛形態形成の制御における転写制御ネットワークの中心となる。



SAP130発現抑制株の雄性配偶体での表現型
CSN1と結合するRNAプロセシング関連因子SAP130の発現抑制により、雄性配偶体に特異的な形態異常（矢印）が生じる。このことは、CSNとスプライソソームが協調して遺伝子発現制御を行うことを示す。A–C:野生型、D–F:SAP130発現抑制株、Bar = 100μm (A,B,D,E), 50μm (C,F)



PIP5K3の根毛細胞における局在性
*PIP5K3遺伝子*プロモーターにより発現されるPIP5K3-YFP融合タンパク質は根毛形成時の先端（C,D）、およびその前段階（A,B）の発生予定位置（矢印）に集積する。Bar = 100μm



PCaP2の脂質シグナル制御機構のモデル
細胞膜に局在するCa^{2+}結合タンパク質PCaP2は、Ca^{2+}低濃度条件下ではホスホイノシチドに結合してそのシグナルを抑制し、Ca^{2+}濃度上昇に応答してその抑制を解除することにより、分子スイッチとして働く。

生体機能化学研究系

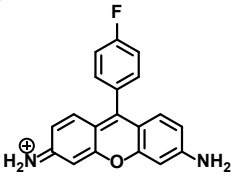
ケミカルバイオロジー

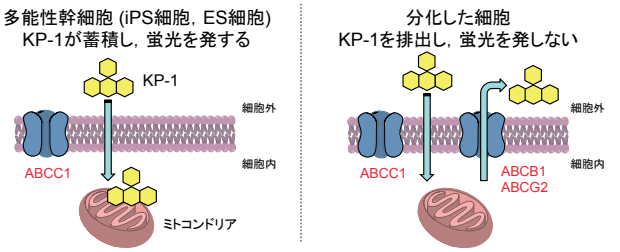
教授　上杉 志成
准教授　大神田 淳子
講師　PERRON, Amelie
助教　竹本　靖

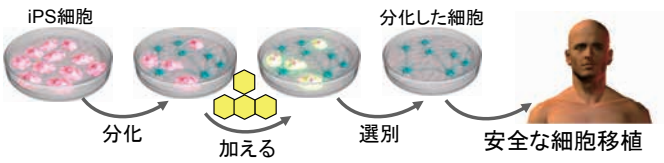
ケミカルバイオロジーとは、化学を起点とした生物学です。生物の仕組みは複雑ですが、細胞にユニークな効果を及ぼす有機化合物を起爆剤として用いることで、新たな切り口で生物を研究し操作することができます。私たちの大きな研究目標は、生理活性合成化合物の新しい世界を切り開くことです。

＜細胞を見分ける＞

京都プローブ1（KP-1）

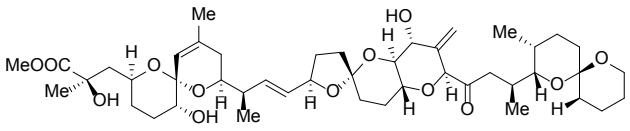


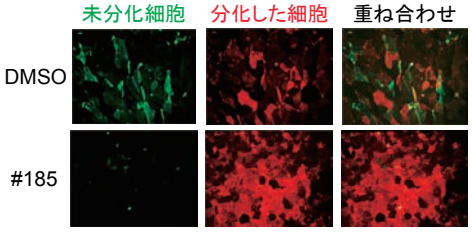


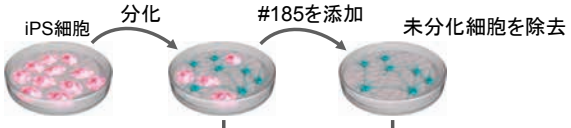


Cell Reports 6, 1165–1174 (2014)

#185





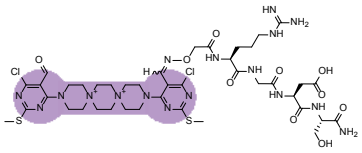


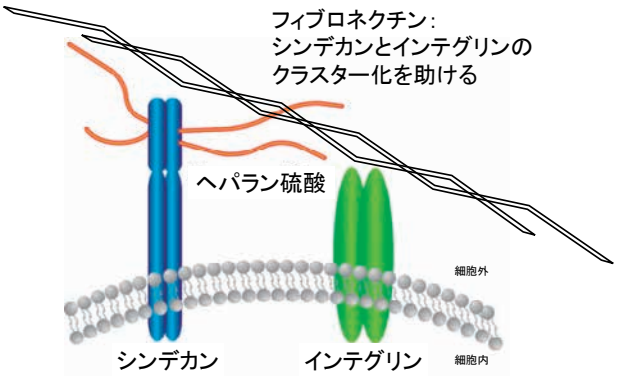


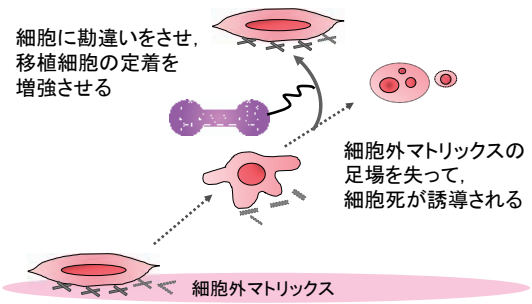
J. Am. Chem. Soc. 136 (28), 9798-9801 (2014)

＜細胞を生かす＞

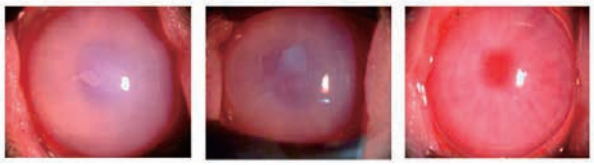
人工フィブロネクチン







ウサギの水疱性角膜症の治療



何もしない　細胞を移植　細胞移植時に人工フィブロネクチンも投与

回復！

J. Am. Chem. Soc. 135 (30), 11032-11039 (2013)
Angew. Chem. Int. Ed. 126 (42), 11390-11395 (2014)

環境物質化学研究系

分子材料化学研究領域

水圏環境解析化学研究領域

分子環境解析化学研究領域

分子微生物科学研究領域

Division of Environmental Chemistry

Molecular Materials Chemistry

Hydrospheric Environment Analytical Chemistry

Solution and Interface Chemistry

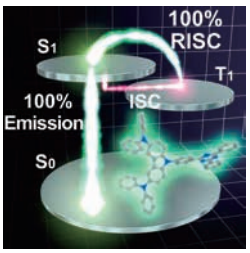
Molecular Microbial Science

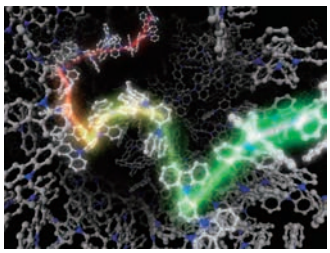
環境物質化学研究系

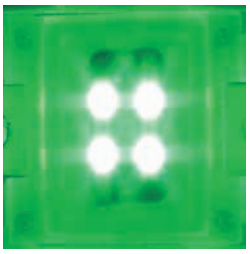
生命の源である水と水圏環境や微生物・酵素が作る環境調和物質、環境にやさしい有機デバイスの設計・創製とその分析手法の確立といった、「環境」に関わるテーマについて、分子環境から地球環境までの広い視野で総合的に研究を進めています。

分子材料化学 工
水圏環境解析化学 理
分子環境解析化学 理
分子微生物科学 農

優れた光・電子特性を有する有機デバイスの創製
分子材料化学

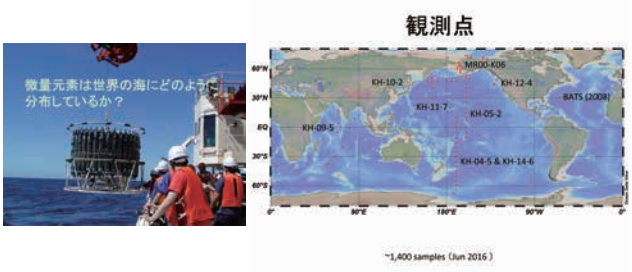


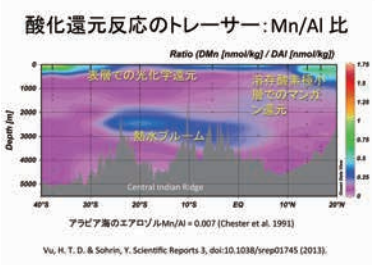


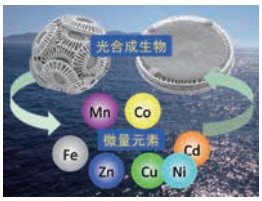


我々の研究グループでは、
「量子化学計算」、
「有機合成」、
「デバイス創製」、
「固体核磁気共鳴（NMR）法を中心とした構造解析」
の4つを基軸とし、優れた光・電子特性を有する有機デバイスの創製を目指した基礎科学の構築を進めています。

Planetary Context Thinking
水圏環境解析化学

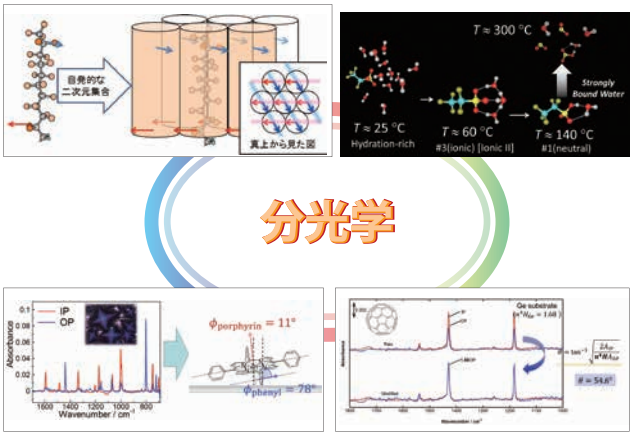




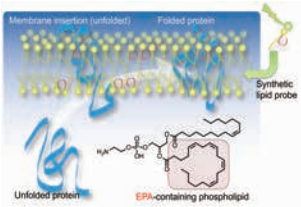


分子から地球まで広い視野で「環境」を理解

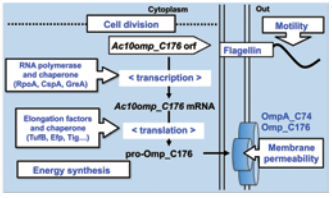
化学の未解決問題を分光学で解明
分子環境解析化学



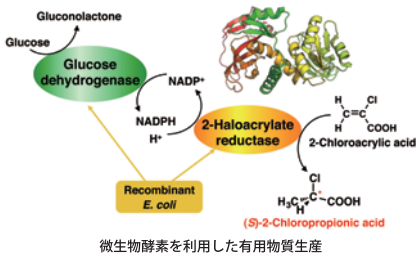
化学の視点から微生物の生命活動を解き明かす
分子微生物科学



生体膜におけるタンパク質と脂質の機能解明



低温性細菌の低温適応機構の解明



微生物酵素を利用した有用物質生産

環境物質化学研究系

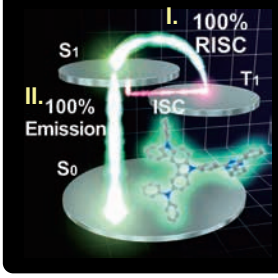
分子材料化学

教授	梶　弘典
助教	福島 達也
助教	志津 功将
技術専門員	大嶺 恭子
技術職員	前野 綾香

研究領域の特長

有機材料の機能を電子、分子レベルから理解することを目的とした基礎研究を進めています。有機合成により得た材料を用いてデバイスを創製し、優れた光・電子特性を発現させるとともに、固体核磁気共鳴法（固体NMR法）・量子化学計算による精密構造解析を行い、機能と構造の相関解明を行っています。

稀少な金属元素を用いない高効率EL発光材料の開発



理論化学計算に基づく精密な分子設計により、両立が困難であった、

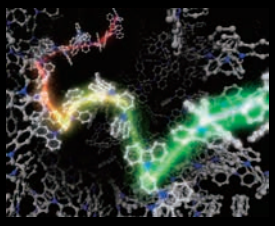
I. 三重項（T_1）から一重項（S_1）への逆項間交差（RISC）と、

II. S_1からの発光を効率的に起こす

高効率発光材料を開発しています。

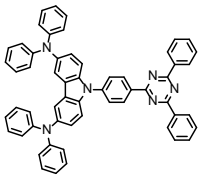
Appl. Phys. Lett. **107**, 183303 (2015).
Angew. Chem., Int. Ed. **54**, 15231 (2015).
Nat. Commun. **6**, 8476 (2015).

電荷輸送特性発現の解明と分子設計指針の確立



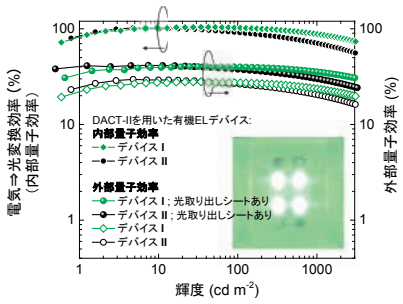
ほぼすべての有機デバイスにとって重要な電荷輸送に関しても、計算による取り組みを行っています。
現在、単層膜に対する計算手法の構築はほぼ完了し、多層系へと発展させつつあります。

J. Mater. Chem. **3**, 5549 (2015).

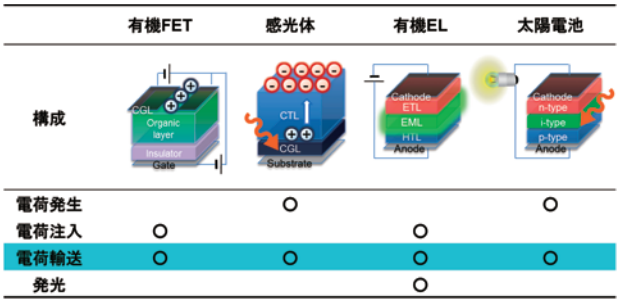


DACT-II

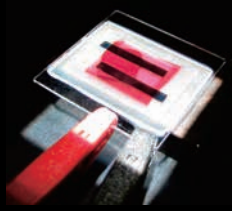
イリジウムやプラチナといった稀少な元素を用いない、炭素・水素・窒素のみから構成される緑色発光材料



各種有機デバイスおよび必要とされる特性



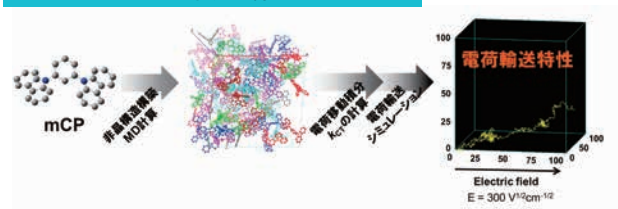
固体NMRによる有機太陽電池の構造解析



光電変換特性との相関が示唆されるドナー／アクセプター混合構造解析を固体NMRを用いて行い、その特性と構造との相関解明を行っています。

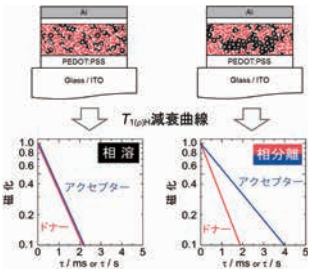
Appl. Phys. Lett. **66**, 223301 (2011).

電荷輸送計算

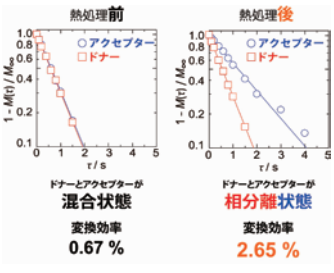


初期構造として分子構造のみを用い、電荷輸送計算とそのトラジェクトリ解析を行うシステムを構築

固体NMRによる相分離構造解析



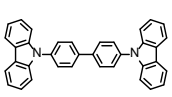
熱処理による高効率化の要因解明



固体NMRの^{1}Hスピン－格子緩和時間測定（上図）によりドナー／アクセプター界面での相分離構造を解明

分子間ホッピング伝導による電荷輸送 －Marcus理論に基づく解析－

バイポーラー性材料における電荷移動速度定数（k_{CT}）の比較

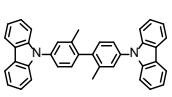


CBP

k_{CT}の最大値比較

k_{CT}^+ (~10^{11} s^{-1}) / k_{CT}^- (~10^{10} s^{-1})

31.2



CDBP

k_{CT}の最大値比較

k_{CT}^+ (~10^{14} s^{-1}) / k_{CT}^- (~10^{10} s^{-1})

5908

ホール輸送性はCDBPの方が高い可能性を示唆

※上記、k_{CT}の値は結晶構造での比較。現在、非晶構造に対する解析を行っている。

環境物質化学研究系

水圏環境解析化学

教授	宗林 由樹
准教授	梅谷 重夫
助教	髙野 祥太朗
技術専門職員	南　知晴

研究領域の特長

水圏の現在・過去・未来を明らかにするため微量元素・同位体に注目し，分析化学，地球化学，海洋化学，陸水学，地質学，環境学などの学際的研究を展開（１）微量元素・同位体の分析法の開発，（２）微量元素・同位体の水圏化学，（３）新規な選択的錯生成系の開発







Laboratory of Hydrospheric Environment-Analytical Chemistry Since 2000

Planetary Context Thinking



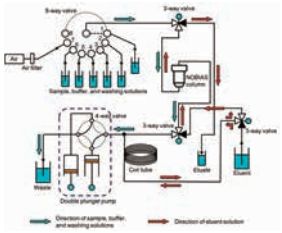






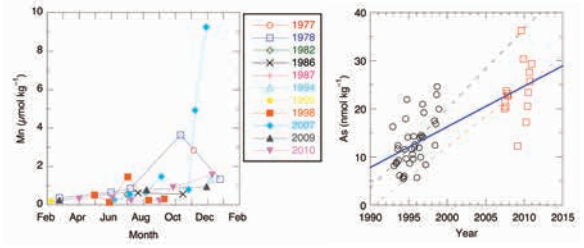
生物活性微量金属の自動濃縮分離法

- 2014年11月15日Analytica Chimica Actaオンライン公開
- 外洋海水中Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pbの一括濃縮分離を自動装置化
- ブランク低下，精度向上，操作者の負担軽減

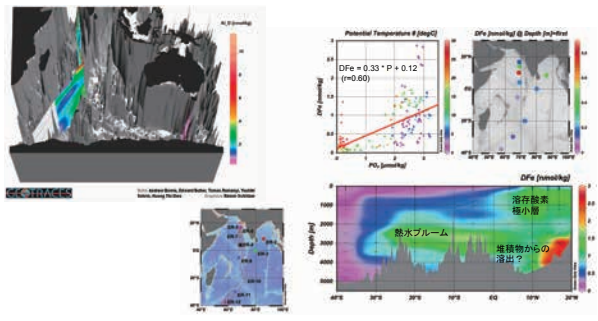
過去半世紀の琵琶湖深層の環境変動

- 2016年1月28日Limnologyオンライン公開
- 琵琶湖深層では，富栄養化と地球温暖化により，栄養塩濃度が増加，酸素濃度が減少
- マンガンの年極大濃度が増加，ヒ素濃度が経年増加



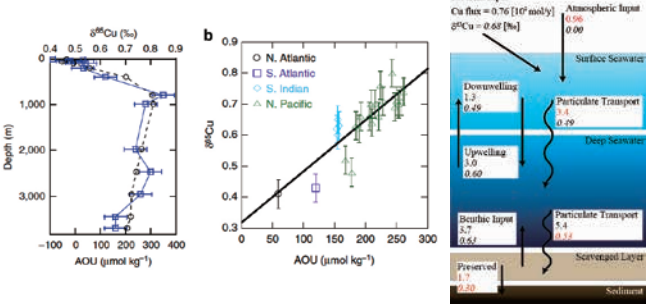
インド洋における微量元素の南北鉛直断面分布とストイキオメトリー

- 2013年4月29日英国科学誌 Scientific Reports に掲載
- インド洋における溶存態Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pbの南北鉛直断面分布とストイキオメトリーを解明



海洋における銅同位体比の高精度分布

- 2014年12月5日英国科学誌 Nature Communicationsに掲載
- 京都大学研究成果 http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2014/141205_1.html



環境物質化学研究系

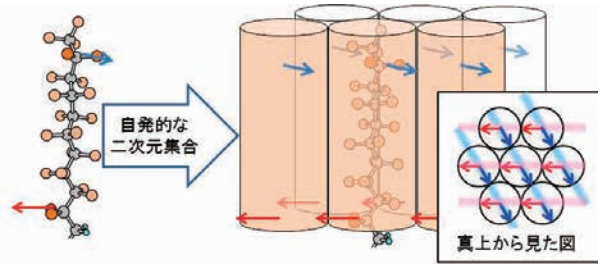
分子環境解析化学

教授　長谷川 健
助教　下赤 卓史

研究領域の特長

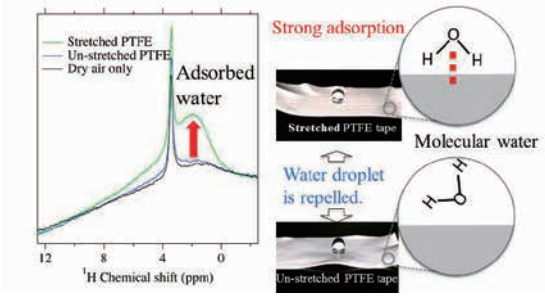
本研究室で開発を進めているpMAIRS（p偏光多角入射分解分光）法を基軸に，先端および基礎科学の未解決問題の解明に取り組んでいる．X線回折法による解明が困難な非晶質・非平滑薄膜中での分子配向の定量的解明を通じ，分子の一次構造とマクロな物性の統一的な理解に向かって進んでいる．

フッ素科学の学理構築



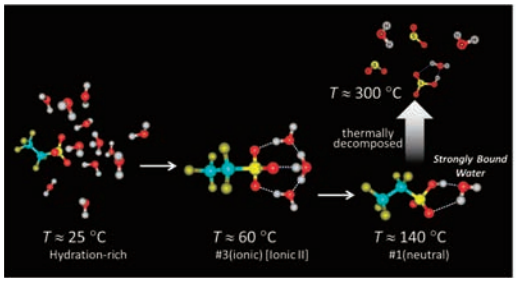
パーフルオロアルキル化合物が示す特異的な物性を説明可能なSDA理論の構築

ChemPlusChem **79**, 1421 (2014).



パーフルオロアルキル孤立鎖が示す分子水との高い親和性

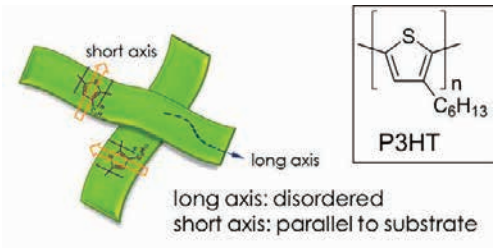
J. Phys. Chem. B **120**, 2538 (2016).



プロトン伝導性高分子（Nafion）の水和構造解明

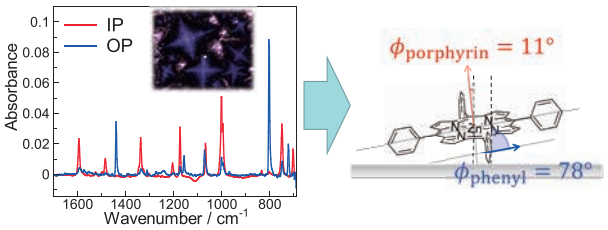
Anal. Chem. **85**, 7581 (2013).
Phys. Chem. Chem. Phys. **17**, 8843 (2015).
J. Phys. Chem. B **119**, 8048 (2015).

有機半導体薄膜の構造解明



代表的な有機半導体高分子であるP3HTが非晶質薄膜中で示すface-on配向の正しい描像

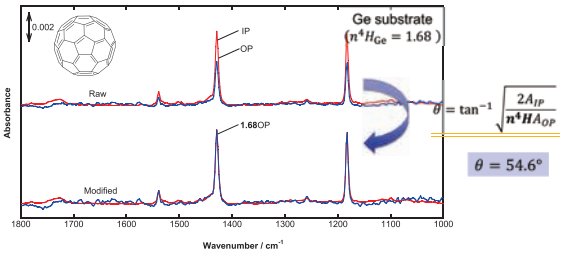
Phys. Chem. Chem. Phys. **17**, 13472 (2015).



簡便なキャスト法による高度に配向したポルフィリン半導体薄膜の作製

Chem. Eur. J. in press (2016).

pMAIRS: 非平滑・非晶質薄膜の定量的分子配向解析



分子配向角の定量的な議論に向けた，pMAIRS法の高精度化

Applied Spectroscopy in press (2016).

環境物質化学研究系

分子微生物科学

教授　栗原 達夫
助教　川本　純
助教　小川 拓哉

研究領域の特長

微生物は長い進化の過程で、自然環境に順応するためにさまざまな能力を獲得してきました。私たちの研究室では、微生物の巧みな生存戦略を担う分子基盤を明らかにし、さらにこれを産業に応用する研究に取り組んでいます。

□ 微生物の低温環境への適応能を探る

地球上の生存圏の約8割は、年間を通して4℃以下に保たれた低温環境です。このような生命活動の難しい環境にも順応し生きている微生物に注目し、その優れた低温適応機構を調べています。



高山、深海、極地など

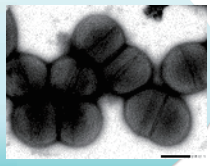


低温保存食品

低温環境に生息する微生物



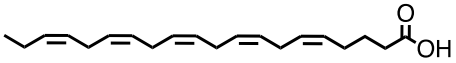
*Shewanella*属細菌



食肉変敗乳酸菌

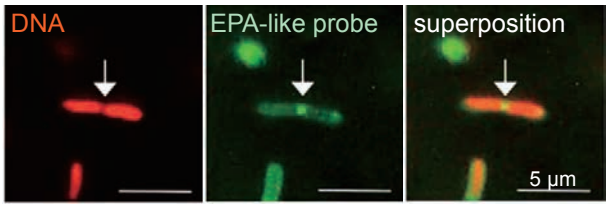
➢ 南極海水より*S. livingstonensis* Ac10を単離

➢ 低温適応に重要なタンパク質や長鎖多価不飽和脂肪酸の生理的役割を分析



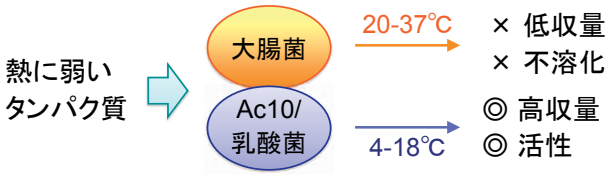
エイコサペンタエン酸 (EPA)

合成脂質や抗体を開発し、細胞内EPAを可視化！！



J. Biol. Chem. (2012) 287:24113-21

➢ タンパク質の低温生産系の開発

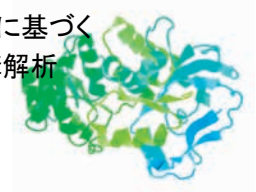


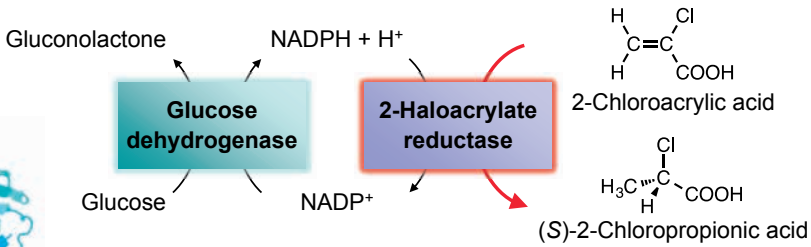
□ 物質変換技術に有用な酵素を微生物から見つける

微生物はさまざまな物質を分解し栄養源として取り込む代謝能を有しています。微生物のユニークな代謝反応に関わる酵素を見つけ出し、反応機構を調べたり、有用物質生産につなげる研究を行っています。

➢ 有機ハロゲン化合物
➢ 含硫・含セレン化合物
　の代謝酵素の探索・同定

➢ X線結晶構造に基づく
　精密反応機構解析





➢ 光学活性な有機ハロゲン化合物の酵素合成法の開発

複合基盤化学研究系

高分子物質科学研究領域

分子レオロジー研究領域

分子集合解析研究領域

Division of Multidisciplinary Chemistry

Polymer Materials Science

Molecular Rheology

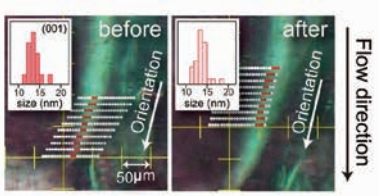
Molecular Aggregation Analysis

複合基盤化学研究系

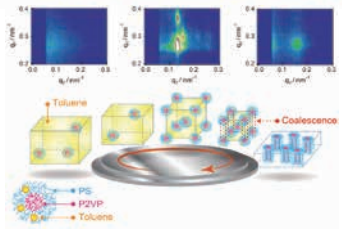
化学を基盤として自然科学の学際・融合的視点を育み、高分子、ソフトマター、分子集合体に代表される広範な物質群の多様な現象を分子のレベルで捉える基礎研究を、他の研究系・センターとも連携しつつ、新たな物質科学の創造に向けてより複合的に進めています。

高分子物質科学 工
分子レオロジー 工
分子集合解析 理

高分子材料のナノからミクロ、マクロスケールにいたる精密構造解析の制御
高分子物質科学

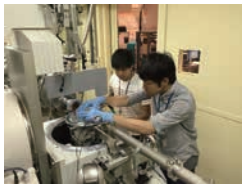


せん断流動化におけるアイソタクチックポリスチレンの配向構造観察

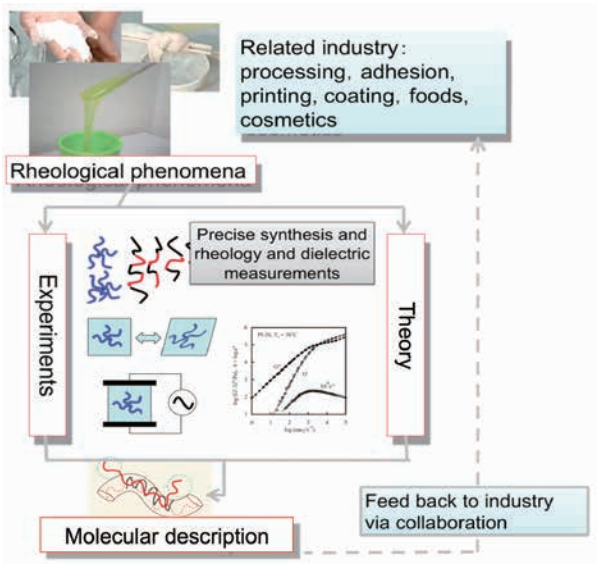


ポリスチレン-b-ポリ2ビニルピリジン薄膜のスピンコート中の構造形成過程



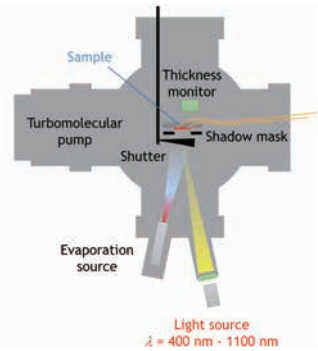


ソフトマターの動的物性を分子レベルで理解・制御
分子レオロジー

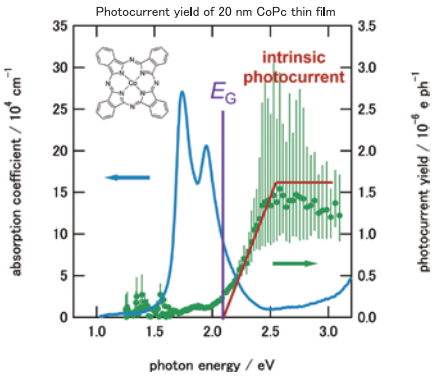


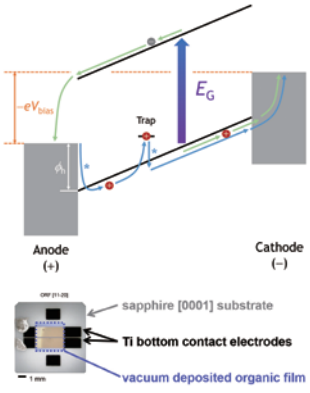
分子集合体構造の精密解析と新規物質開拓

小さい物づくり、大きい夢
分子集合解析



In situ conductance measurements on organic semiconductor devices used to study charge carrier generation and transport.





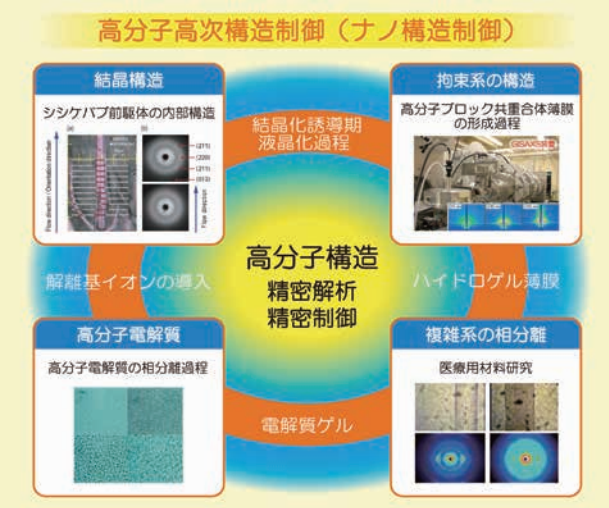
複合基盤化学研究系

高分子物質科学

教授　竹中 幹人
准教授　西田 幸次
助教　小川 紘樹

研究領域の特長

当研究領域では、高分子の機能や物性を分子レベルから理解するために、放射光X線散乱、中性子、光散乱などの散乱法や光学顕微鏡、電子顕微鏡などの観察を通して、ナノスケールからマクロスケールまでの階層的高次構造及び形成機構の解明と制御法の確立を目指しています。

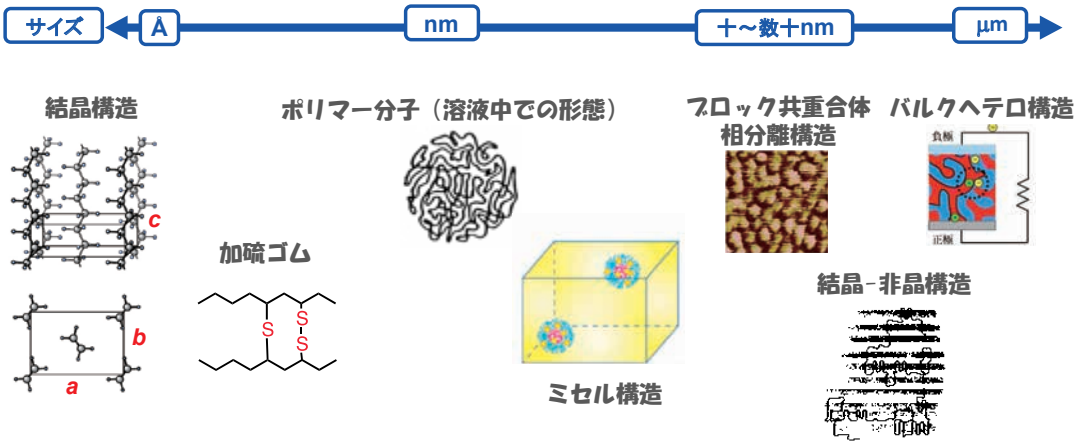


高分子の精密構造解析と新規材料の創製

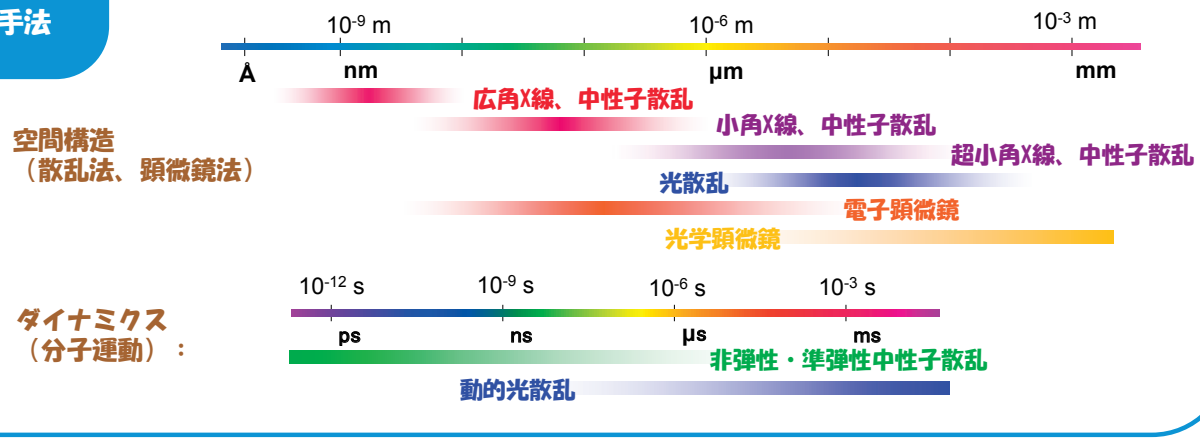
プラスチックや繊維に代表される高分子は、作成方法により鉄よりも硬い材料として用いることができます。当研究室では、高分子構造の精密解析や高次構造生成の機構を探っています。それより得られる知見を基に，高分子構造をナノメーターからマイクロメーターにいたる広いスケールにて制御し、新規高分子材料の創製を目指しています。

高分子の階層構造

高分子の階層構造　→　様々な物性を支配している



測定手法



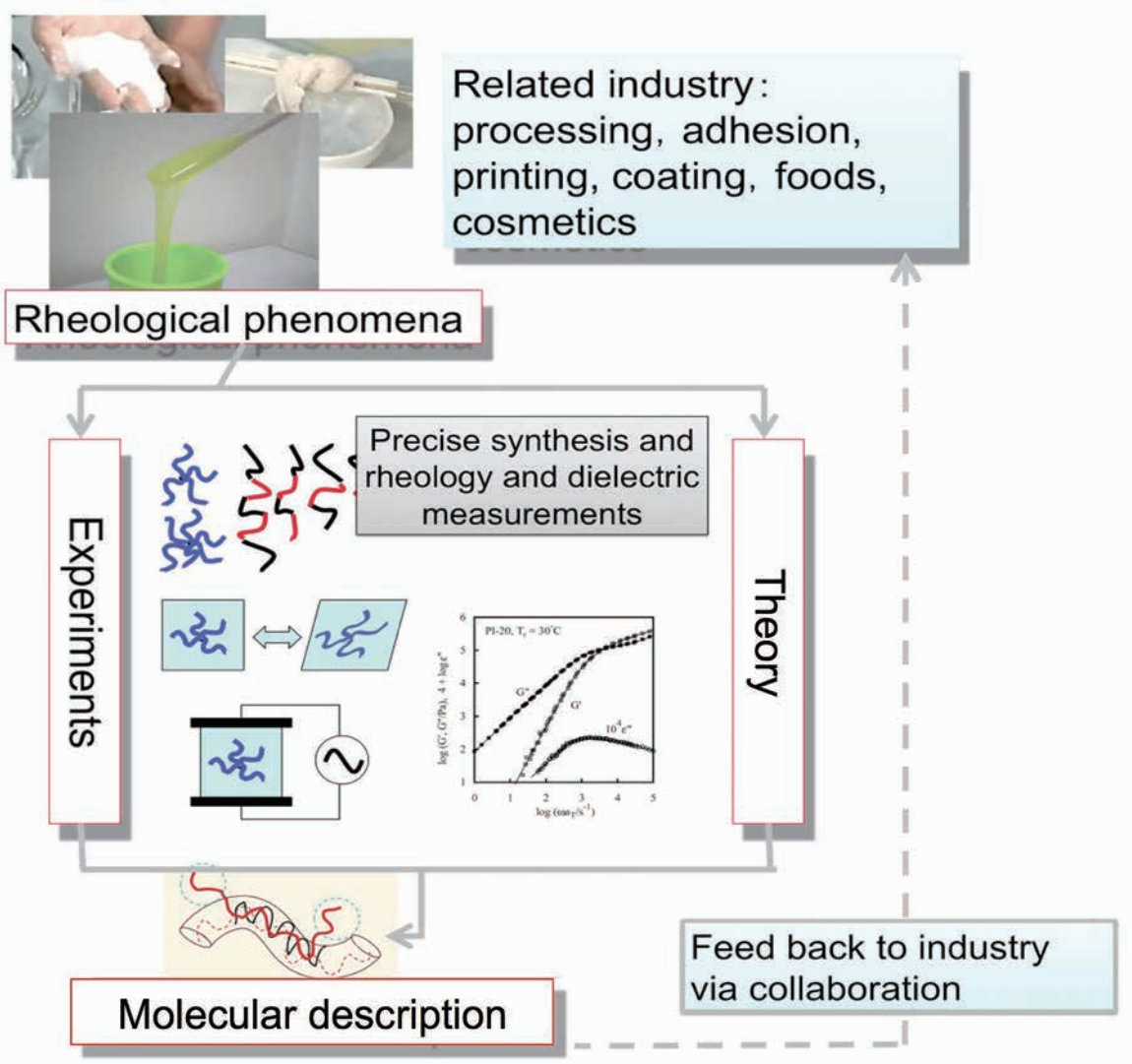
複合基盤化学研究系

分子レオロジー

教授　渡辺　宏
准教授　松宮 由実
特定助教　土肥 侑也

研究領域の特長

当研究室では様々なソフトマターのレオロジー挙動の分子的起源を研究しています。構造が精密に制御された試料を合成し、レオロジー測定、誘電緩和測定を併用して、様々な時間・空間スケールにおける鎖の構造や配向相関などの微視的量と変形・応力などの巨視的量との関係を調べています。



複合基盤化学研究系

分子集合解析

助教　MURDEY, Richard

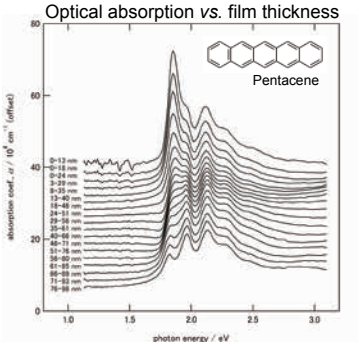
研究領域の特長

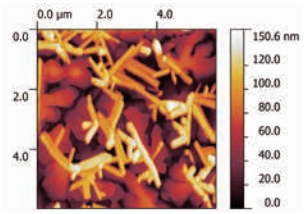
1. 分子材料を生成する



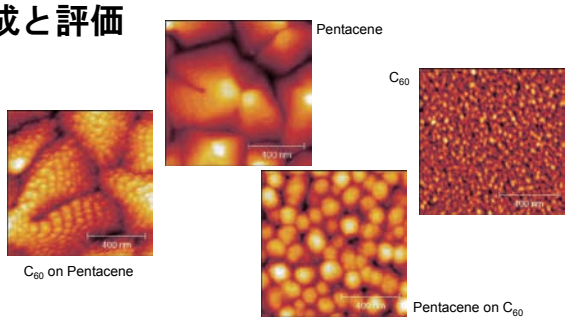
Vacuum/reduced pressure sublimation apparatus for purifying molecular materials

2. 有機薄膜の作成と評価



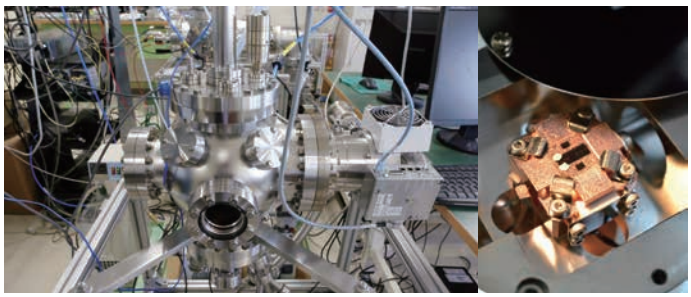


AFM image of a 20 nm pentacene thin film

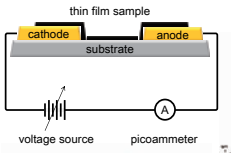


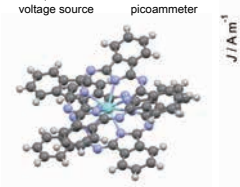
Optimizing thin film morphology for device performance

3. 有機半導体の伝導を調べる

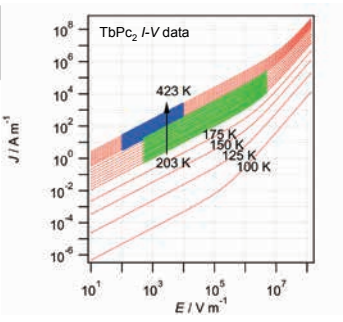


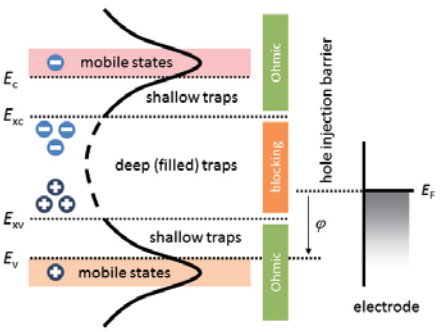
In situ conduction measurements performed under ultrahigh vacuum

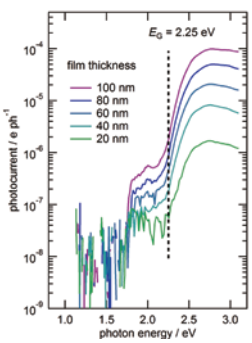


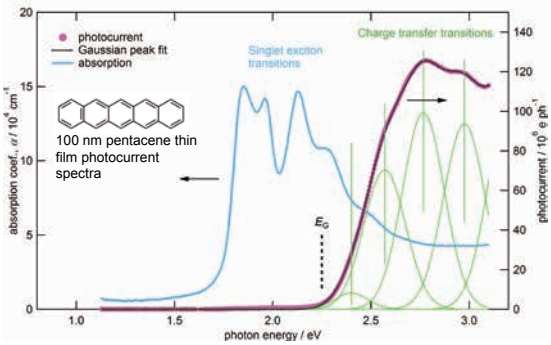


Terbium(III)-Phthalocyaninato Double Decker Complex ($TbPc_2$)









先端ビームナノ科学センター

粒子ビーム科学研究領域

レーザー物質科学研究領域

複合ナノ解析化学研究領域

構造分子生物科学研究領域

Advanced Research Center for Beam Science

Particle Beam Science

Laser Matter Interaction Science

Electron Microscopy and Crystal Chemistry

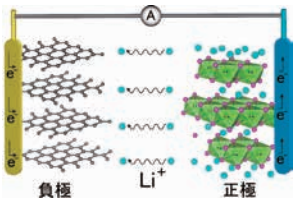
Structural Molecular Biology

先端ビームナノ科学センター

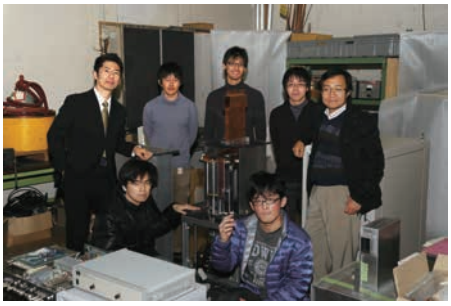
量子ビームの融合によるナノ時空間現象の観察と制御を目指して、新奇粒子ビームの開拓的研究による宇宙物質構成等の探求、超高強度レーザー物質相互作用の解析、極微スケールの構造と状態解析、生命現象のダイナミカル追跡について、物理・化学・生物学の各視点から研究を行っています。

- 粒子ビーム科学 理
- レーザー物質科学 理
- 複合ナノ解析化学 理
- 構造分子生物科学 理

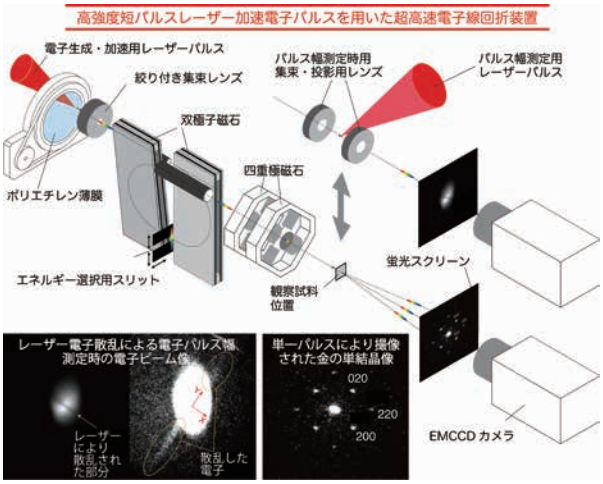
新奇粒子ビーム生成と宇宙物質構成の探求
粒子ビーム科学







超高強度極短パルスレーザーと物質との相互作用の物理と応用
レーザー物質科学



量子ビームを利用した先端物質科学の創成

局所領域の精密構造と電子状態の解明
複合ナノ解析化学









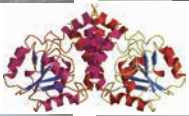


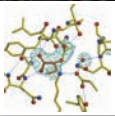
原子の電子状態解析・タンパク質の立体構造解明
構造分子生物科学















先端ビームナノ科学センター

粒子ビーム科学

准教授　岩下 芳久
技術専門職員　頓宮　拓

研究領域の特長

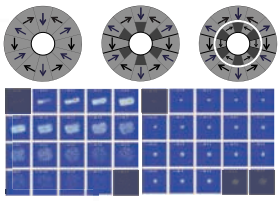
宇宙物質構成等を探求する重要なツールである加速器の開拓的研究を中心に、ビームの物理から加速器要素技術開発まで幅広く研究を進めています。近年は中性子の電気双極子能率探索、寿命測定や利用研究、そしてＩＬＣ(国際リニアコライダー計画)では超伝導空胴研究を通してその将来に向けて高電界化等にも取り組んでいます。

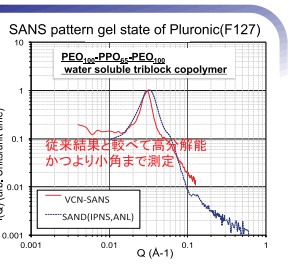
中性子ビーム光学 ― リチウム電池のブラッグエッジイメージング

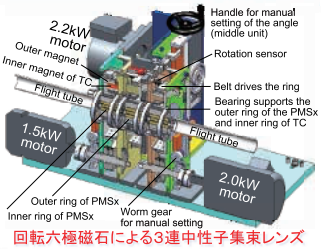
冷中性子ビームの集束

中性子はX線と相補的な特性を持つ物質研究などに非常に有用なツールです。電荷のない中性子ビームも六極磁場によって集束することができます。我々は二重リング構造強度変調型永久六極磁石による中性子ビーム集束レンズを開発し、中性子小角散乱実験等で有効性を実証しました。屈折光学系はミラーによる反射光学系と比較して取扱いが素直で、拡大イメージングが容易です。

日本中性子科学会 技術賞受賞(H27.12.10)







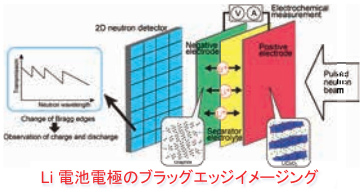
回転六極磁石による3連中性子集束レンズ

リチウム電池のブラッグエッジイメージング

リチウム電池の電極イメージングへの応用研究にも取り組んでいます。10倍の拡大ブラッグエッジイメージングと解像度100μmの検出器により電極内のLiとCを解像度10μmで観測します。寿命や容量改善に資することが出来ます。



中性子拡大イメージング実験@HUNS(北海道大学加速器中性子源)

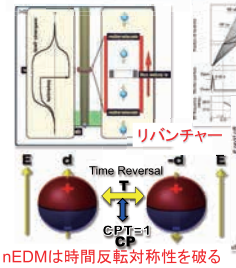


Li 電池電極のブラッグエッジイメージング

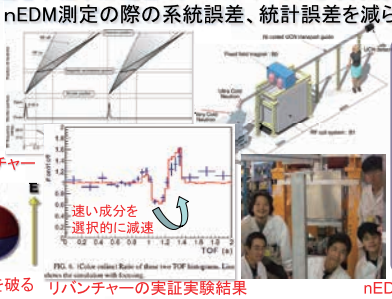
基礎物理 ― 標準模型を超えて

中性子電気双極子能率の測定

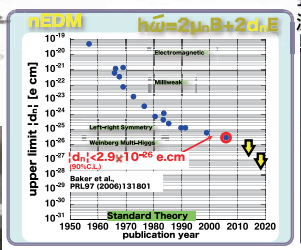
素粒子標準理論を超える物理を探求する手段の一つに時間反転対称性を破る中性子の電気双極子能率(EDM)の測定があります。これは250neV以下の低エネルギーの超冷中性子(UCN)を容器中に封入し、印加する電場と磁場の符号の違いによる磁場中の中性子スピン歳差運動のわずかな回転数の違いで見積もることができます。我々の実験計画の特色はUCNの生成直後での高密度バンチ構造を中性子加速器(リバンチャー)により再現することです。これにより高密度UCN蓄積を実現し、nEDM測定の際の系統誤差、統計誤差を減らし、世界最高感度を目指します。



nEDMは時間反転対称性を破る



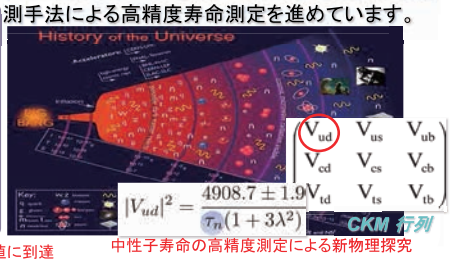
リバンチャーの実証実験結果



nEDMの探索：あと1～2桁でいくつかの予言値に到達

中性子寿命の測定

中性子寿命 τ_n の現公称測定値は880±1s程度で精度0.1%程度ですが実験手法毎に値に大きなズレがあります。τ_n は下記CKM行列の V_{ud} を与え、このユニタリティ検査によって第4世代クォークの存在を検証できます。また、この値を用いた宇宙誕生直後の軽元素合成と天文学観察値からビッグバン理論の検証ができます。J-PARCの大強度中性子ビームを用いてこれまでと独立な観測手法による高精度寿命測定を進めています。



中性子寿命の高精度測定による新物理探究

ILCの要素技術開発 ―ヒッグス粒子の高精度測定

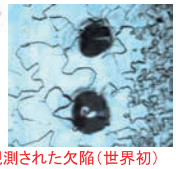


LHC(大型ハドロン衝突型加速器)によって宇宙のすべての物質に「質量」を与えるというヒッグス粒子の存在が確認されました。電子-陽電子衝突加速器であるILCはヒッグス粒子の詳細な特徴を明らかにします。ILCでは16000台の超伝導加速空胴を長さ30km以上の直線上に設置します。KYOTO-CAMERA(高分解能空洞内視鏡)の開発によって空胴内壁の数十μmの欠陥の発見に成功し、空胴製造過程での性能悪化原因の除去により空胴生産の歩留まり改善することができました。*―高エネルギー加速器科学研究奨励会 西川賞(H21.3.23)、日本加速器学会学会賞 技術貢献賞(H26.8.10)*

さらに成形前のニオブシートの渦流探傷、極低温下での温度及びX線高密度マッピング等、非破壊検査開発にも取り組んでいます。また加速器のみならず、nmサイズビームの衝突のために振動源フリーの強力永久磁石を用いた最終集束レンズや高周波源省電力化の研究も行っています。



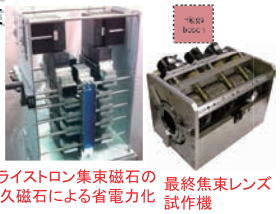
Kyoto-Camera と ILC超伝導加速空洞



観測された欠陥(世界初)



高密度温度マッピング、X線マッピングのセンサー基板



クライストロン集束磁石の永久磁石による省電力化　最終焦束レンズ試作機

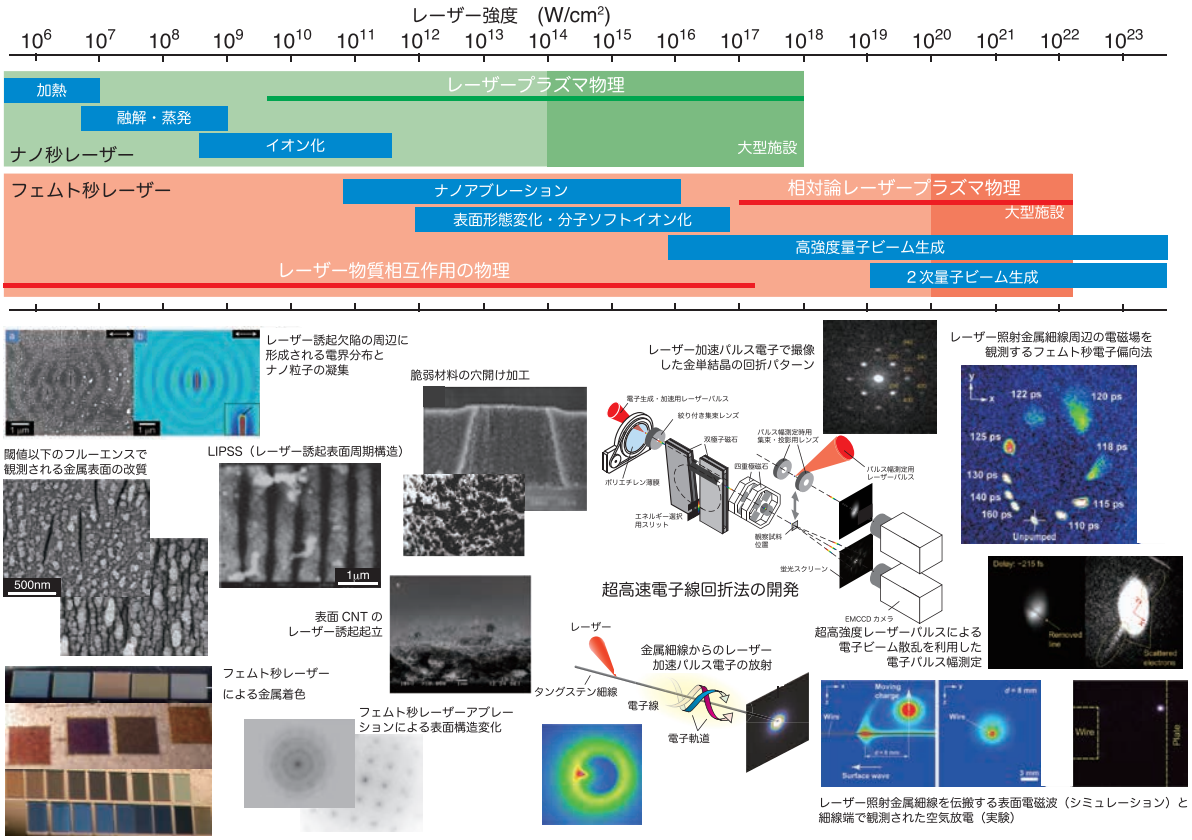
先端ビームナノ科学センター

レーザー物質科学

教授　阪部 周二
准教授　橋田 昌樹
助教　井上 峻介

超高強度極短パルスレーザーの作る高強光場中での物質相互作用の物理を調べ、誘起される物質表面の改質や様々な放射線（電子線、イオン、X線、テラヘルツ波など）の発生の機構を明らかにするとともに、それらの新世代レーザープロセッシングや放射線源への応用を探っています。

レーザー強度と相互作用現象：主な研究成果



研究分野と研究者・院生


阪部 周二 教授


橋田 昌樹 准教授


助教　井上 峻介

高強度短パルスレーザープラズマ相互作用

高強度短パルスレーザー分子・クラスター・表面相互作用


研究員　中宮 義英

真空量子光学

暗黒物質・エネルギー探索

ナノアブレーション

ナノ構造自己形成

固体表面の機能化と改質

レーザー金属着色

CPATW レーザー

先進レーザー

中赤外ファイバーレーザー

プラズマミラー

放射線・量子ビーム生成とその応用

レーザー開発　基礎物理　応　用


修士課程　古川 雄規

フェムト秒レーザー加工


助教　井上峻介

超高速電子線回折法の開発

高輝度電子源の開発

レーザー加速イオン源の開発

高輝度 THz 源の開発

高強度レーザーによる核励起


博士課程　寺本 研介

超高速電子線偏向法の開発


修士課程　中地 亮介


博士課程　森 一晃


博士課程　寺本 研介

高強度レーザーと金属細線の相互作用の物理

レーザー生成プラズマ電子の加速・輸送過程の物理

レーザーによるイオン加速の物理

レーザープラズマ THz 発生の物理

小型レーザー中性子源の概念設計

先端ビームナノ科学センター

複合ナノ解析化学

教授　倉田 博基
助教　根本　隆
助教　治田 充貴

高性能の走査型透過電子顕微鏡と高エネルギー分解能電子エネルギー損失分光法（EELS）を組み合わせた手法を用いて、物質の局所領域における原子配列構造を直接観察し、精密な構造解析や化学状態分析を行っています。また、高分解能EELSの特徴を生かして、様々な電子励起現象の解明にも取り組んでいます。

原子分解能分析電子顕微鏡

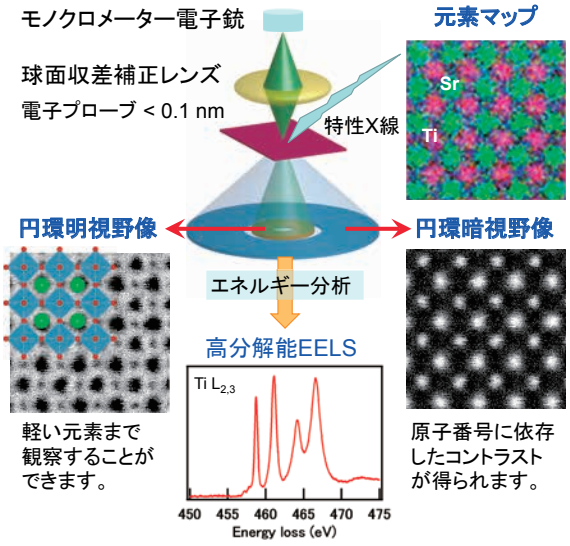
原子分解能の
スペクトル計測
↓
元素分析と
結合状態解析



金属ナノ粒子の
表面電子励起
↓
プラズモニクス
材料の研究

原子配列の直接観察
↓
界面・欠陥領域の精密構造解析

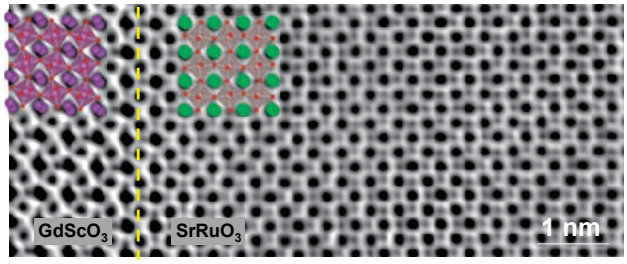
多彩な結像法と分析機能



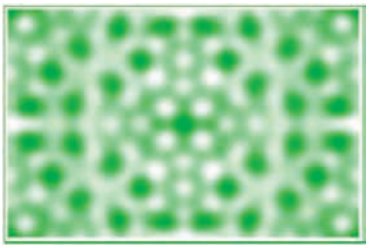
軽い元素まで観察することができます。

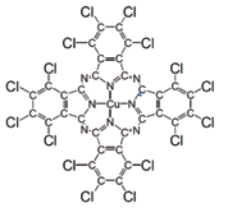
原子番号に依存したコントラストが得られます。

金属酸化物界面における酸素原子変位を検出



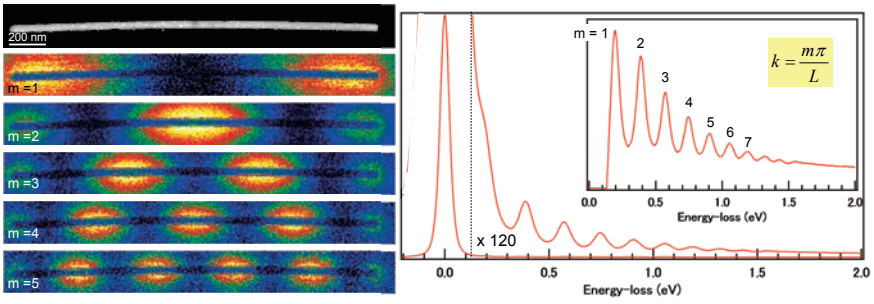
有機分子の原子配列を直接観察





塩素化したフタロシアニン銅分子

銀ナノワイヤーの表面プラズモンの観察



銀ナノワイヤー表面に励起された電子の集団振動である表面プラズモンは、定在波として存在し、その共鳴エネルギーが電子エネルギー損失スペクトルにより測定されます。

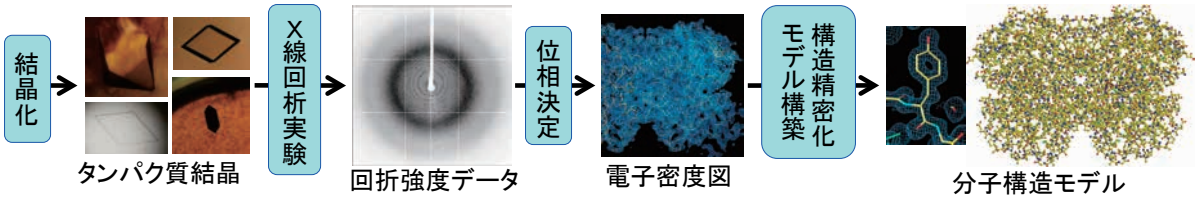
先端ビームナノ科学センター

構造分子生物科学

准教授　伊藤 嘉昭
助教　藤井 知実

研究領域の特長

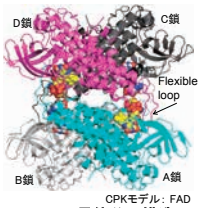
原子や分子の状態・構造を解析し、その諸性質発現のメカニズムを明らかにしています。主に、１）蛍光X線分光法を用いた元素分析や化学状態分析の研究、２）タンパク質X線結晶構造解析による立体構造に基づく酵素反応機構解明やタンパク質分子の極限環境への適応戦略解明の研究、を行っています。



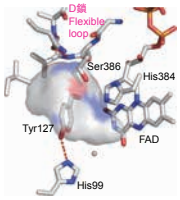
レゾルシノール水酸化酵素の構造基盤研究

レゾルシノール水酸化酵素は二成分系酵素で、GraAとGraDが伴に作用して酵素活性が発現されます。構造解析の結果、GraAでは、活性部位をフレキシブルループが覆うことで、FADと基質の反応場が形成されることが示唆されました。GraDでは、NADH結合部位にN末端フレキシブルループが結合することが判明しました。酵素分子の機能発現構造基盤の解明を進めています。

オキシゲナーゼコンポーネント（GraA）

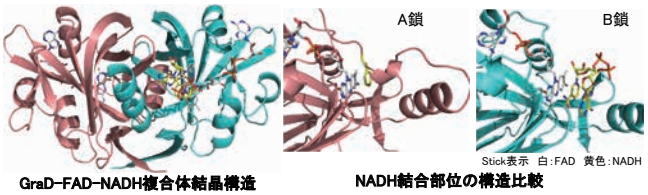


GraA四量体分子構造



GraA活性部位

レダクターゼコンポーネント（GraD）

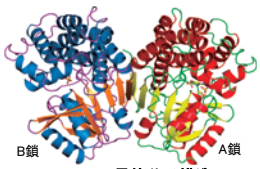


GraD–FAD–NADH複合体結晶構造

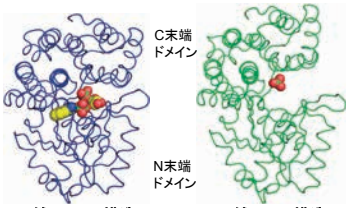
NADH結合部位の構造比較

マレイル酢酸還元酵素（GraC）の酵素反応機構の解明

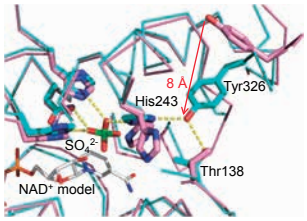
結合リガンドの違いにより生じたサブユニット構造の差を比較観察することで、酵素反応に重要と思われる残基を見出し、部位特異的変異実験により確定しました。立体構造に基づいた酵素反応機構の詳細な解明を進めています。



GraC二量体分子構造



A鎖：Closed構造　　B鎖：Open構造

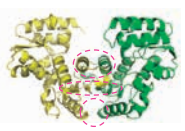


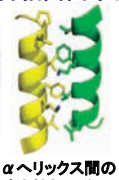
活性部位の重ね合わせ

アスパラギン酸ラセマーゼの温度環境適応戦略の解明

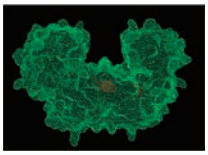
好熱菌由来酵素（TlAspR）は常温菌由来酵素（LsAspR）に比べ、サブユニット内水素結合等の増加だけでなく二量体界面での相互作用が増えており、さらに分子内キャビティーが小さくコンパクトな構造になることで、耐熱性を獲得していると考えられます。生育温度の異なる細菌由来タンパク質の構造決定と比較により、タンパク質分子の温度環境適応戦略の解明を進めています。

超好熱性古細菌由来アスパラギン酸ラセマーゼ（TlAspR）

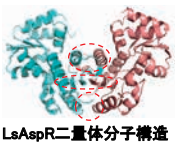

TlAspR二量体分子構造

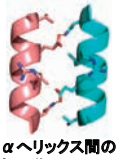

αヘリックス間の疎水性相互作用

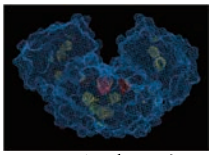

Trp74のインドール環間のπ−π相互作用


TlAspRのキャビティー表示

乳酸菌由来アスパラギン酸ラセマーゼ（LsAspR）


LsAspR二量体分子構造


αヘリックス間の相互作用


LsAspRのキャビティー表示
赤：二量体界面でのキャビティー
黄：サブユニット内部のキャビティー

元素科学国際研究センター

有機分子変換化学研究領域

先端無機固体化学研究領域

錯体触媒変換化学研究領域

光ナノ量子物性科学研究領域

構造有機化学研究領域（兼）
生体機能設計化学研究領域（兼）

International Research Center for Elements Science

Synthetic Organotransformation

Advanced Solid State Chemistry

Organometallic Chemistry

Nanophotonics

Structural Organic Chemistry
Biofunctional Design-Chemistry

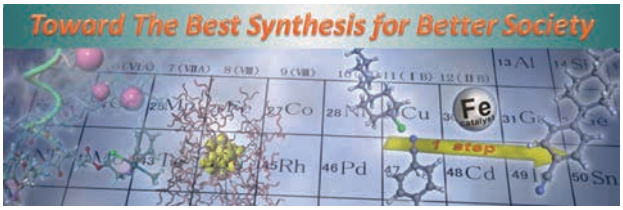
元素科学国際研究センター

本センターのかかげる「元素科学」というコンセプトは、元素の特性を活かした新物質創製研究を強力に推し進めるというものです。この新しいコンセプトと共に、既存の「分子科学」「物質科学」と連携しまた橋渡しをしながら、元素の特性に着目し、新しい有機・無機構造体の創製と機能開発に関する基礎・応用研究を推進しています。

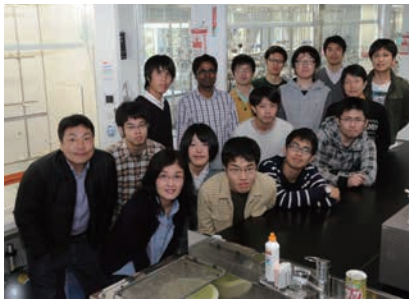
有機分子変換化学 工
先端無機固体化学 理
錯体触媒変換化学 工
光ナノ量子物性科学 理
構造有機化学（兼）
生体機能設計化学（兼）

元素の特性を活かした新物質の創製

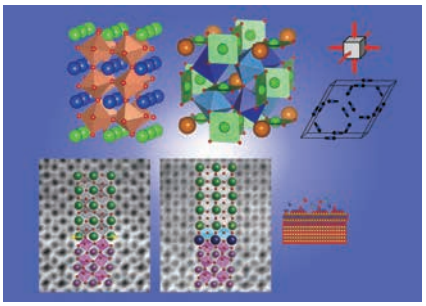
新たな有機合成化学の開拓
有機分子変換化学

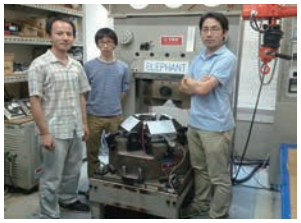


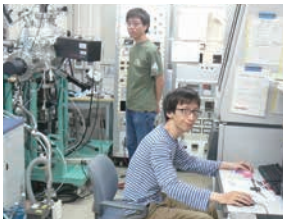




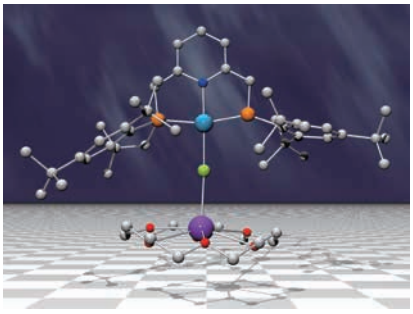
新物質探索・新機能性探求
先端無機固体化学

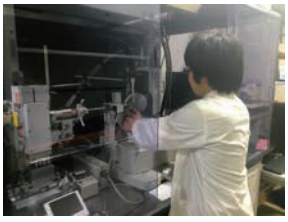


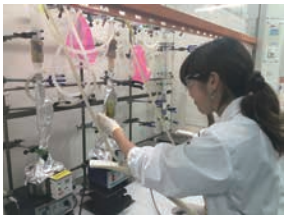




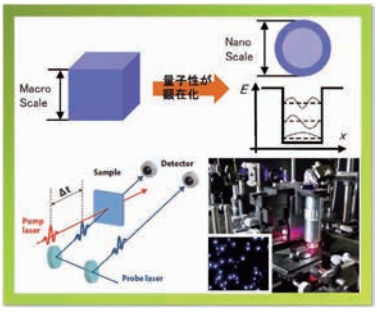
高効率錯体触媒の開発
錯体触媒変換化学



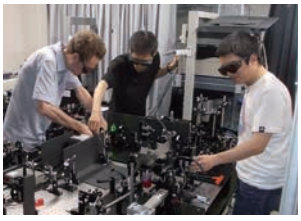




量子光物性の解明
光ナノ量子物性科学







元素科学国際研究センター

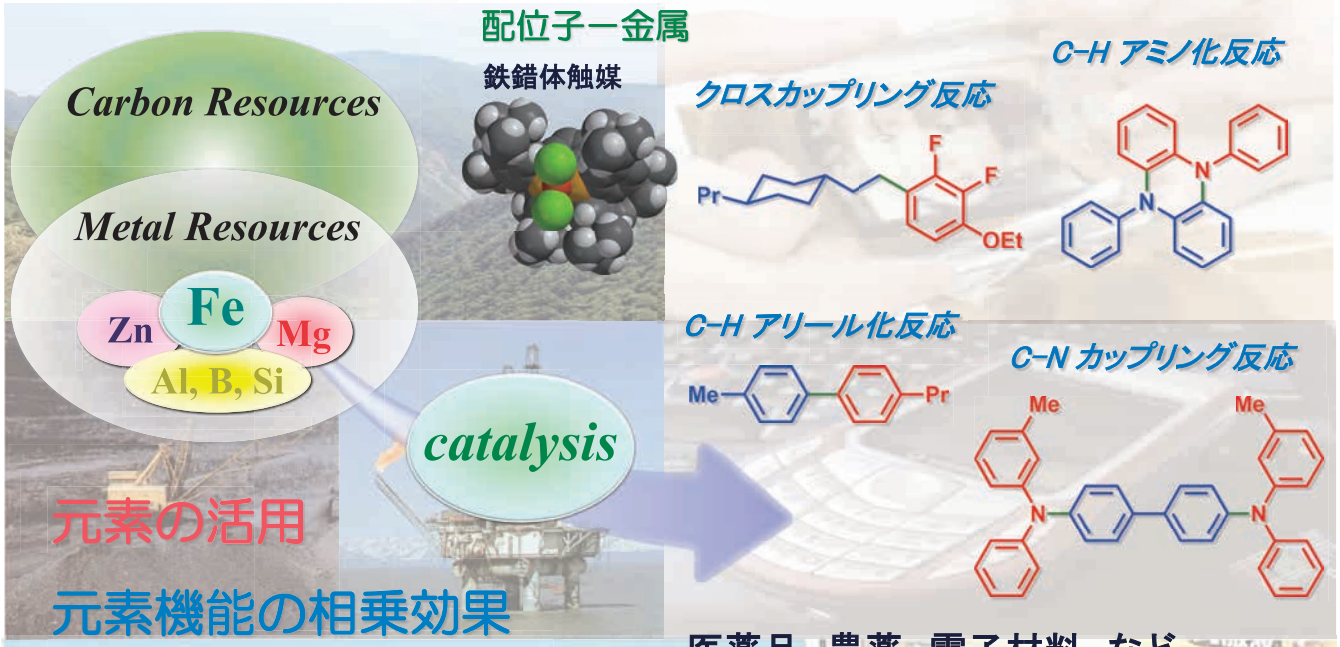
有機分子変換化学

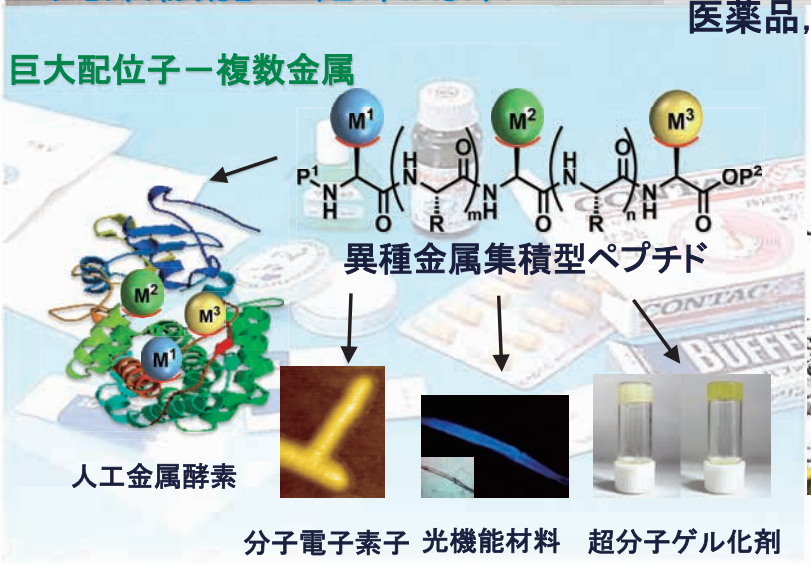
教授	中村 正治
准教授	高谷　光
助教	磯崎 勝弘
特定助教	岩本 貴寛
特定助教	ADAK, Laksmikanta

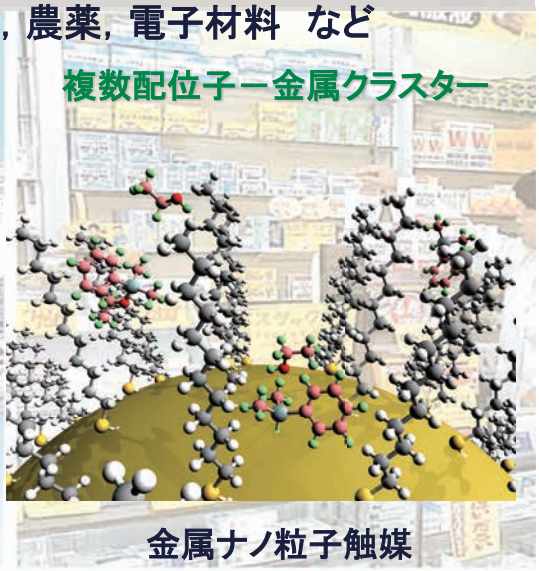
未活用化学資源の高度利用を可能とする機能性物質および触媒反応開発

“Toward the best synthesis for better society” 我々の研究室では，自然界に豊富に存在する普遍金属元素から，特異な反応性を持つ有機金属反応活性種や触媒活性種を創出し，有用物質の簡便かつ効率的な合成に応用しています。また，化石資源に変わる炭素資源の利活用法の開拓に取り組み，より良い社会の実現に向けて，最良の合成反応を探求しています。

有用分子の創製・生産基盤技術としての有機分子変換化学







元素科学国際研究センター

先端無機固体化学

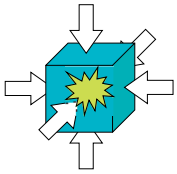
教授　島川 祐一
准教授　菅　大介
助教　齊藤 高志
技術職員　市川 能也

研究領域の特長

無機酸化物はその多彩な物性から、多くの新しい機能を実現する材料として期待されています。ナノスケールで原子配列を制御した無機酸化物の設計・合成・評価を通して、多彩な「物性」の起源である結晶構造や電子状態を解明し、新たな「機能材料」を探索・開発していくことを目標に研究を進めています。

高圧合成

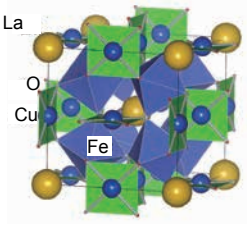
超高圧下では、物質はしばしば大気圧下とは異なった原子配列をします。したがって、超高圧を利用することで**大気圧下では合成が困難な物質**の作製が可能となります。最大で15万気圧、1500℃の高温高圧条件（黒鉛がダイヤモンドに変わる程の条件）を利用して、機能性酸化物の探索とその物性研究を進めています。



異常高原子価イオンを含む新物質の合成と新機能の発見

超高圧を利用することで、通常合成が困難な+4価の鉄(Fe^{4+})や+3価の銅(Cu^{3+})といった異常高原子価と呼ばれるイオンを含む新しい酸化物を幾つも合成することに成功しました。このような異常高原子価状態は、温度によってそのイオン価数が変化するという特異な振る舞いを示すことがあります。例えば、$LaCu_3Fe_4O_{12}$では、サイト間電荷移動によるイオン化数の変化は、負の熱膨張を引き起こすことを初めて見出しました。そのほか、室温よりもはるかに高い温度からハーフメタル（伝導電子のスピンが一方向に揃った状態）となる新物質$CaCu_3Fe_2Re_2O_{12}$なども見つけています。

$LaCu^{3+}{}_3Fe^{3+}{}_4O_{12}$
反強磁性絶縁体（約120℃以下）
↓ 負の熱膨張
$LaCu^{2+}{}_3Fe^{3.75+}{}_4O_{12}$
常磁性金属（約120℃以上）

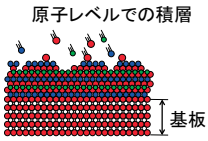


$LaCu_3Fe_4O_{12}$の結晶構造

発表論文
Nature 458, 60 (2009), Nature Comm. 5, 3909 (2014) など

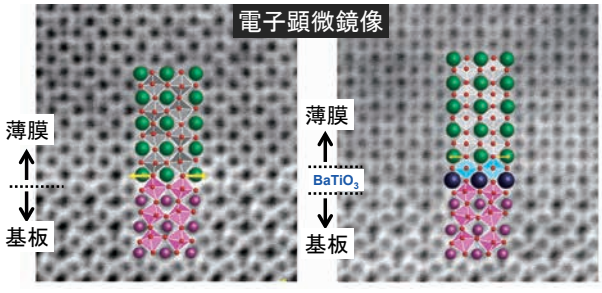
原子レベル薄膜作製

エピタキシャル薄膜成長技術を利用すると、原子レベルで平坦な基板の上に原子を一層ずつ積層していくことで、**自然界には存在しない人工超構造やヘテロ構造**を作り出すことができます。このような人工酸化物薄膜を使って、将来の新しいエレクトロニクスを生み出す基礎研究とその応用研究を展開しています。



界面エンジニアリングによる薄膜機能特性制御の実証

$GdScO_3$基板上に$SrRuO_3$薄膜を成長させる際に、その接合界面に、わずか**一原子層**厚さの$BaTiO_3$を挟むだけで、酸素原子の位置を薄膜全体にわたって僅かに変化させ、薄膜全体の構造や磁性・電気伝導性を変化させることに成功しました。このように界面を原子レベルで制御する界面エンジニアリングにより、酸化物薄膜全体の機能特性を制御することで、新しいエレクトロニクスやスピントロニクスへの応用できるデバイスの開発につながります。



$GdScO_3$基板と$SrRuO_3$薄膜の間に一原子層の$BaTiO_3$を挟むことで薄膜構造が変化

発表論文　Sci. Rep. 3, 2214 (2013), Nature Materials 15, 432 (2016) など

元素科学国際研究センター

錯体触媒変換化学

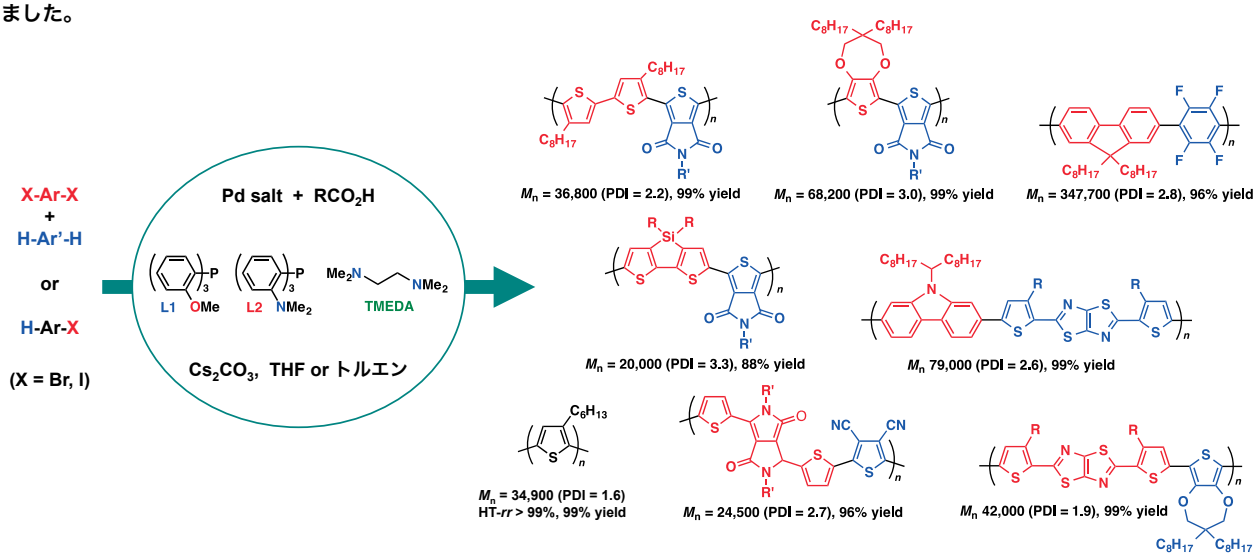
教授 小澤 文幸
助教 脇岡 正幸
助教 竹内 勝彦

研究領域の特長

当研究室では、環境負荷の軽減や機能性高分子の短工程合成に必要な高効率錯体触媒の開発を進めています。有機遷移金属錯体に関する我々独自の研究知見を活用し、触媒を錯体分子レベルで高性能化するための新概念や新手法の発見を目指して研究を展開しています。

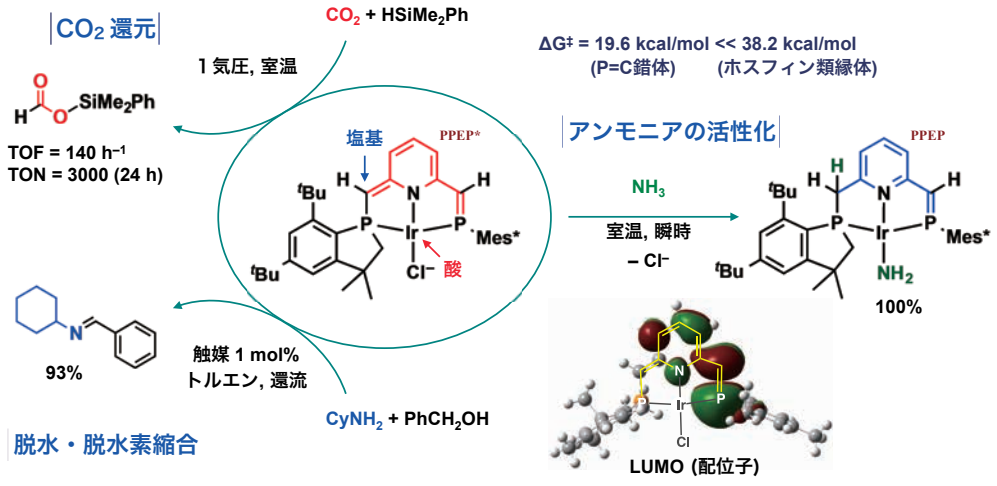
直接的アリール化重合 (DArP) 触媒

C–H 結合の活性化を経由する新型クロスカップリング反応 (直接的アリール化反応) を用いて、有機太陽電池などに使用されるポリマー半導体を簡便に合成するための新重合反応を開発しました。シンプルな触媒構成により、世界最高の触媒活性と重合精度を達成しました。



PNPピンサー型ホスファアルケン錯体の触媒機能

ピリジンの2,6位にP=C二重結合をもつピンサー型配位子 (BPEP, PPEP, PPEP*) は、遷移金属との間に極めて効果的な π (d–p) 相互作用を起こし、反応性と安定性とを兼ね備えた錯体を形成します。当研究室では、それらの錯体を用いて、既存の錯体系を凌ぐ高活性触媒を開発しています。



元素科学国際研究センター

光ナノ量子物性科学

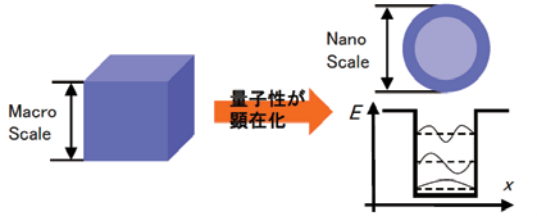
教授　金光 義彦
助教　井原 章之
助教　田原 弘量

研究領域の特長

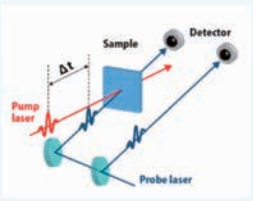
我々のグループでは、ナノメートルスケールの半導体材料に現れる新しい物性や量子現象を、超高速レーザー分光や単一顕微分光など最先端のレーザー分光法を駆使して研究しています。新しい光機能を有するナノ材料・太陽電池材料の開拓と設計、新しい光エネルギー変換過程の探索を目指しています。

ナノ構造物質

ナノスケールの物質や構造では、電子の量子性が顕著に現れ、マクロスケールの物質とは異なる量子物性が発現します。それを利用した新しい光機能の実現を目指しています。



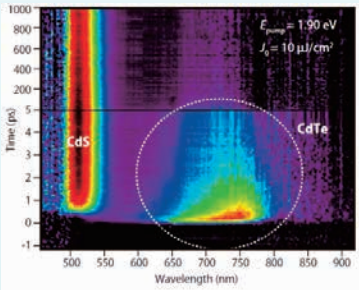
超高速レーザー分光（キャリアの超高速現象）





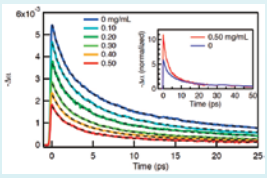
Ultrafast Pump-Probe System

超短パルス光（パルス幅＝100フェムト秒）を用いて時間分解分光を行い、超高速領域におけるキャリアの振舞いを研究しています。



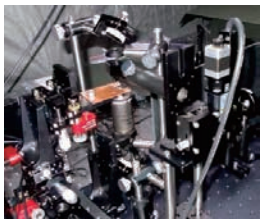
白色ポンププローブ(ヘテロ構造ナノ粒子)

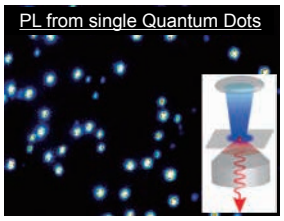




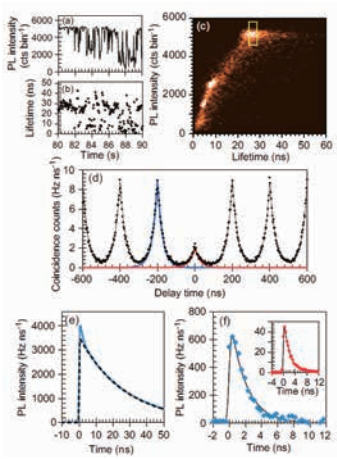
この手法を用いて半導体中の高密度キャリア間に働く多体現象や量子ドット間のエネルギー移動過程などを明らかにすることが出来ます。

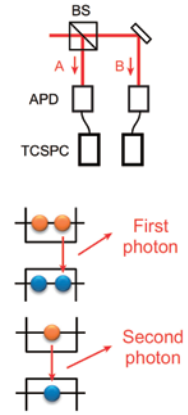
単一顕微分光（単一粒子の量子光物性）





数nmスケールの粒子1個の発光特性を精密に検証





顕微分光を用いて量子現象を直接観測可能

顕微分光により単一の量子ドットやナノ構造物質を調べ、集団測定では隠れてしまう現象や、様々な環境下における発光特性について研究を行っています。

バイオインフォマティクスセンター

化学生命科学研究領域

数理生物情報研究領域

生命知識工学研究領域

ゲノムネット推進室

Bioinformatics Center

Chemical Life Science

Mathematical Bioinformatics

Bio-knowledge Engineering

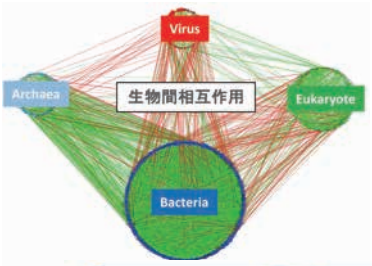
GenomeNet Project Management Office

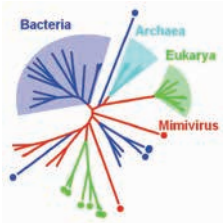
バイオインフォマティクスセンター

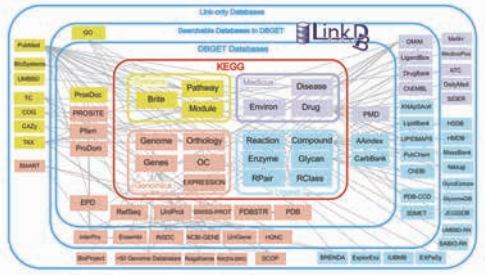
生命の設計図といわれるゲノムからそのはたらきや有用性を解読するには、高度な情報技術と優秀な人材が必要です。本センターでは、ゲノムから生命システムの構築原理を理解する基礎研究、創薬・医療への応用技術開発研究、ゲノム解読の国際的なデータベース構築、若手人材育成等を推進しています。

化学生命科学 理 薬
数理生物情報 情
生命知識工学 薬

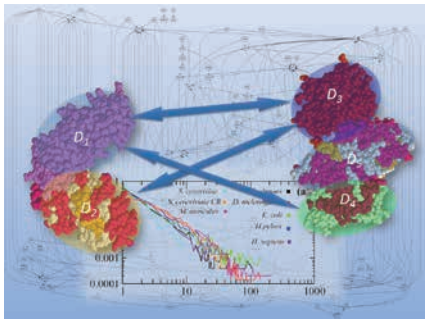
ビックデータから生命の謎を解く
化学生命科学



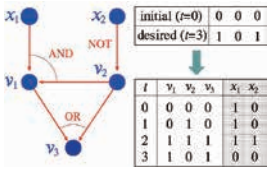




生命の数理モデルと数理解析
数理生物情報





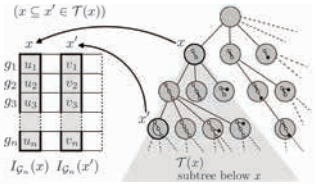


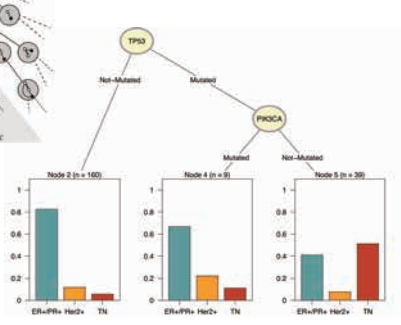
遺伝子やタンパク質のなすネットワークの解析や制御、化合物の設計支援手法などの研究を行っています。流行のテーマはなるべく避け、問題の定式化から始めて理論的保証のある解析手法を開発するという研究スタイルにこだわりと特徴があります。

計算機による生命科学知識の蓄積・獲得

機械学習・マイニング技術の創製
生命知識工学







ゲノムネット推進室

化学研究所の計算資源である超並列計算サーバ等による計算サービス、および様々な生命科学情報を統合したデータベースであるゲノムネット（http://www.genome.jp/）、この 2 つを安定提供するための管理を行っています。既存の複数の組織を統合して平成 23 年度よりバイオインフォマティクスセンター内に設置されました。





バイオインフォマティクスセンター

化学生命科学

教授　緒方 博之
准教授　五斗　進
助教　BLANC-MATHIEU, Romain

研究領域の特長

私たちは、分子から地球環境までの視点で、生命の多様性・機能・進化を理解したいと考えています。具体的には、遺伝学的データの解析を柱として、（1）ウイルスのゲノム解析、（2）微生物生態系と環境の相互作用、そして、（3）生命科学・医療への応用を目指した情報技術開発を進めています。

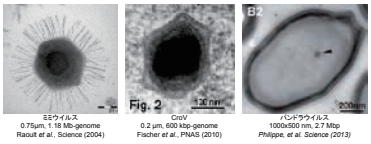


教員3名と秘書1名、研究員3名、修士課程2名、学部生3名、研究生1名が在籍しています。

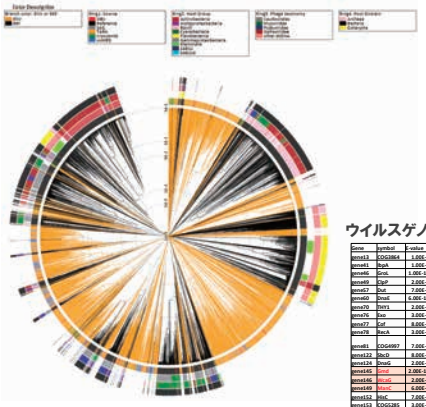
ウイルスゲノムの機能と進化

自然界はウイルスで充ち溢れています。また、近年では、細胞のサイズに匹敵する巨大ウイルスが発見され、ウイルスの多様性・機能・進化は謎に満ちています。当研究室では、ゲノム解析を基盤として、ウイルスの謎を紐解いています。

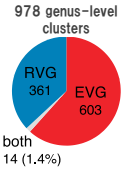
核細胞質性巨大DNAウイルスの多様性と進化



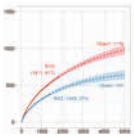
環境ウイルス（小型ウイルス）のゲノム多様性



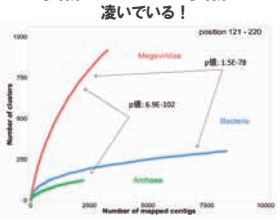
海洋には新規のウイルスが大量に存在していた！



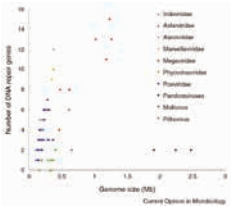
Rarefaction curves



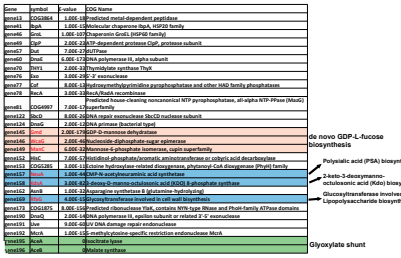
メガウイルス科巨大ウイルスの多様性はバクテリアの多様性を凌いでいる！



巨大ウイルスはDNA修復酵素を進化の初期から保持していた！



ウイルスゲノムにも細胞性生物と同じ代謝遺伝子があった！



微生物生態系の解析

微生物群集やプランクトン群集は、海洋環境、腸内環境など、様々な環境に適応し、機能的な単位として外界と相互作用し「環境」形成に寄与しています。私たちは、メタゲノムデータの解析を介して、微視的な世界と、巨視的な世界を結び付け、究極的には微生物遺伝子から生態機能を説明し、地球環境変動を予測することを目指しています。

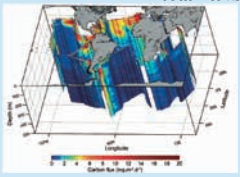
帆船TARA号



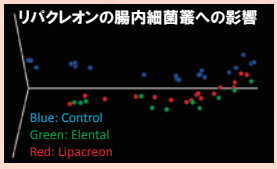
TARA海洋プランクトン探査



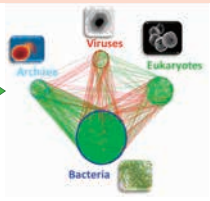
バイオロジカルポンプと生物相互作用



リバクレオンの腸内細菌叢への影響



生物相互作用の解明



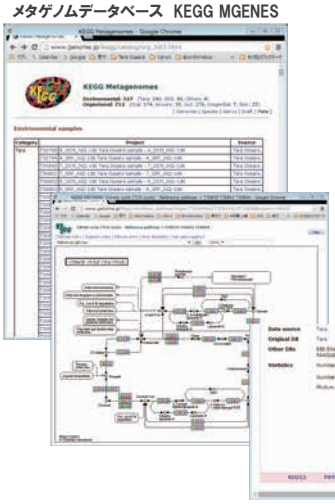
緒方研究室の詳しい情報はこちら：
http://cls.kuicr.kyoto-u.ac.jp/index_J.html

情報統合化

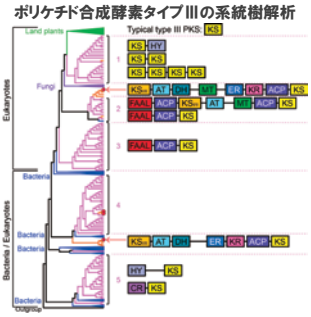
ーバイオインフォマティクスの重要課題

ハイスループット実験技術の進歩により、様々なタイプの大規模データが蓄積しています。データ間の横の繋がりをいかに築くか、それが「統合化」です。私たちは、生物情報を統合し、生物学・医科学に役立つための実用的なツールの開発をしています。

メタゲノムデータベース　KEGG MGENES



ポリケチド合成酵素タイプIIIの系統樹解析



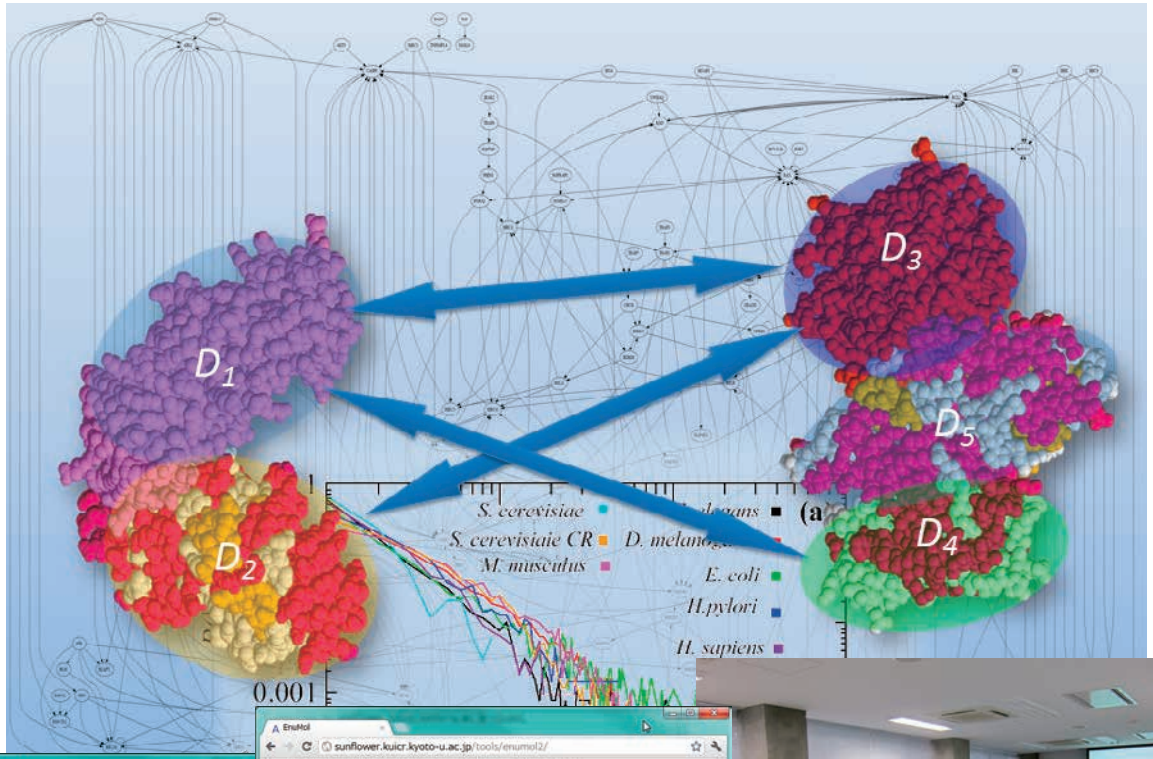
バイオインフォマティクスセンター

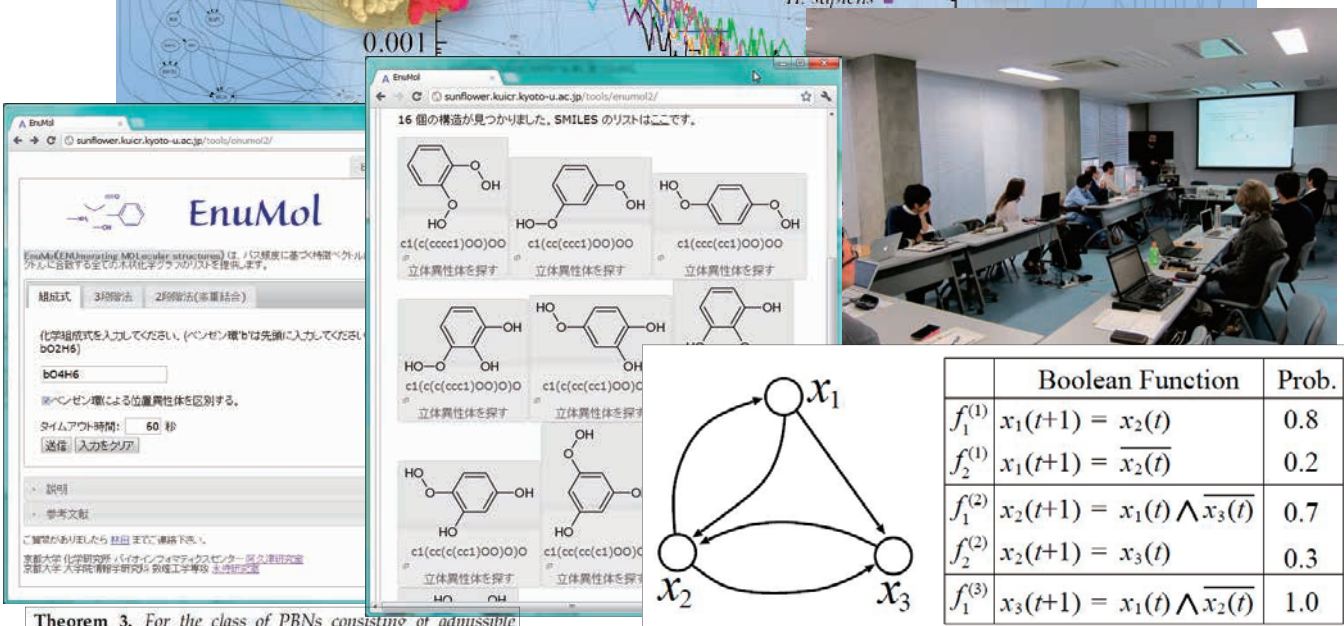
数理生物情報

教授　阿久津 達也
助教　林田 守広
助教　田村 武幸

研究領域の特長

生命の構築原理の数理的解明と、数理的原理に基づく生命情報データ解析手法の開発を目的に研究しています。具体的には、遺伝子やタンパク質のなすネットワークの解析や制御、RNAやタンパク質の立体構造の解析や推定、遺伝子配列・発現データの解析、化合物の設計支援手法などの研究を行っています。





Theorem 3. *For the class of PBNs consisting of admissible AND/OR pairs of degree K (resp., complementary canalyzing pairs of degree K), if $O(2^{4K+1}(4K+\alpha)\log n)$ samples are given uniformly at random, the correct PBN can be uniquely identified with probability at least $1-\frac{1}{n^{\alpha}}$ under PIM (resp., FIM).*

	Boolean Function	Prob.
$f_1^{(1)}$	$x_1(t+1) = x_2(t)$	0.8
$f_2^{(1)}$	$x_1(t+1) = \overline{x_2(t)}$	0.2
$f_1^{(2)}$	$x_2(t+1) = x_1(t) \wedge \overline{x_3(t)}$	0.7
$f_2^{(2)}$	$x_2(t+1) = x_3(t)$	0.3
$f_1^{(3)}$	$x_3(t+1) = x_1(t) \wedge \overline{x_2(t)}$	1.0

Theorem 3. *For graphs of bounded degree d and bounded treewidth, MCCIS can be solved in $O((2^{d+1}-1)^{n/(d^2+1)} \cdot 2^{n(1-(d+1)/(d^2+1))} poly(n_1, n_2))$ time where $n = \min(n_1, n_2)$.*

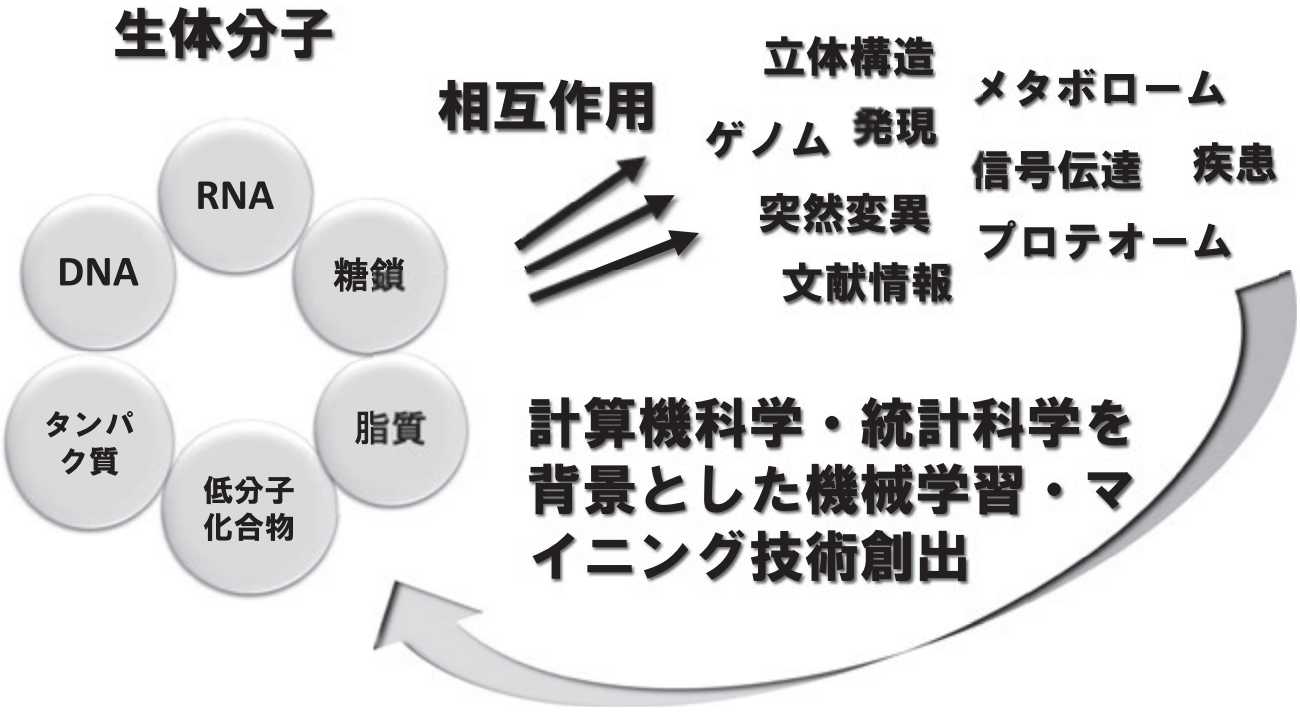
バイオインフォマティクスセンター

生命知識工学

教授　馬見塚 拓
助教　NGUYEN, Hao Canh
助教　山田　誠

研究領域の特長

実験技術の進歩や大規模プロジェクトの進展により生命現象に関連する大量で多様なデータが蓄積されつつあります。生命現象のメカニズムの解明を目的に、これらデータに内在する規則やパターンを計算機により効率的に抽出する新しい技術を、計算機科学と統計科学を背景に創出しています。



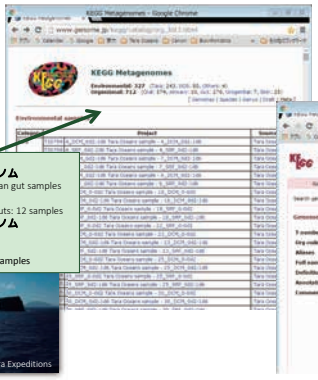
ゲノムネット

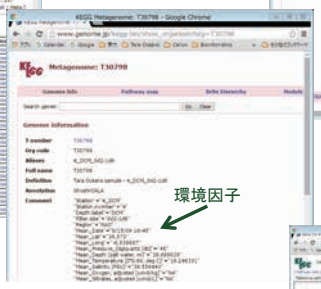
京都大学化学研究所バイオインフォマティクスセンター

ゲノムネット(http://www.genome.jp/)は、京都大学化学研究所バイオインフォマティクスセンターが提供する、バイオインフォマティクスリソースのポータルサイトです。化学研究所で開発されているKyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG)をはじめ、GenBank、Swiss-Prot、PDBなどの様々なデータベースを、統合データベース検索システムDBGETを用いて検索することができます。その他にも様々な解析ツールを提供しています。



MGENES (http://www.genome.jp/mgenes/) は、タラ海洋探査をはじめとした大規模環境研究によって得られた遺伝子配列のデータベースです。配列データとアノテーションは、公開されたリソースから、近年開発されたGhostKOALAを用いて得られています。MGENESは配列と機能、および環境因子の情報を統合し、KEGGのパスウェイデータベースに基づいてサンプル間の比較も行うことができます。さらにMGENESでは、メタゲノムから得られたリファレンス遺伝子データベースも公開しています。MGENESのデータはftp://ftp.genome.jp/pub/db/mgenes/からダウンロードできます。

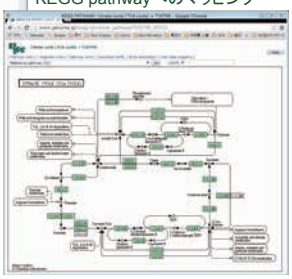




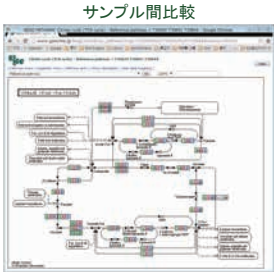
生物種分類のアノテーション

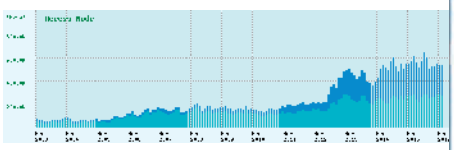


KEGG pathwayへのマッピング



サンプル間比較





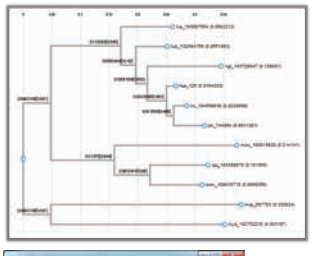


ゲノムネットへのアクセス（KEGGを含む）
- 約500,000ユニークノード／月
- 約 30,000ユニークノード／日

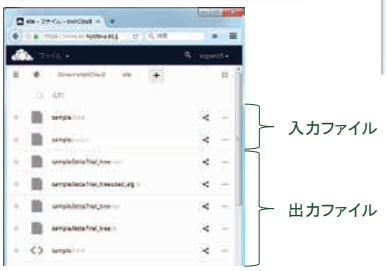
Phylogenetic analysis pipeline by ETE3 (http://www.genome.jp/tools/ete/) は、ウェブ上で系統解析ができるツールです。FASTA形式で配列情報を入力すると、自動でアライメントと系統解析を行います。解析にはPythonの系統解析フレームワークであるETE3を利用しています。



生成された系統樹



また、*GenomeNet ownCloud計算サービス* (http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/Appli/#oc) を利用すると、クラウド上のフォルダにFASTAファイルをアップロードすることで、そのファイルの持つ配列に対して同様の解析が自動的に行われ、解析が終了すると同じフォルダに結果ファイルが作成されます。



Virus-Host Database (http://www.genome.jp/virushostdb/) では、RefSeqおよびGenBankに全ゲノムが登録されているウイルスとその宿主との情報を、NCBI Taxonomy IDのペアとして提供しています。これらの情報は複数のデータベースから抽出されたのち、手作業でチェックされています。また、新規情報も手作業で登録されています。

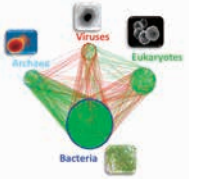


ウイルス−宿主相互作用





宿主の予測



化学研究所の歴史

HISTORY

京都大学化学研究所
沿革

1915 (大正4) 京都帝国大学理科大学(現在の京都大学大学院理学研究科)に化学特別研究所を設置

1926 (大正15) 化学研究所官制が公布される
「化学に関する特殊事項の学理及び応用の研究」を開始

1929 (昭和4) 大阪府高槻市に研究所本館の竣工



1931 (昭和6) 実験工場棟の竣工

1933 (昭和8) 工作室、膠質薬品実験工場、栄養化学実験工場の竣工

1935 (昭和10) 特殊ガラス研究室、繊維実験工場の竣工

1936 (昭和11) 電気化学実験室、変電室の竣工
樺太敷香町にツンドラ実験工場の竣工

1937 (昭和12) 合成石油試験工場の竣工

1938 (昭和13) 「除虫菊に関する研究」を農林省より委託される(武居三吉ら)

1939 (昭和14) 医療用「サヴィオール(サルバルサン)」製造の新研究室が竣工
「二浴緊張固定紡糸法」の開発により人造繊維レーヨンの高強度化に成功(堀尾正雄ら)
国内初の合成繊維「合成一号」(ビニロン)の開発(櫻田一郎ら)
(2012年「ビニロンに関する資料」が化学遺産認定※)



1940 (昭和15) 窯業化学実験工場、合成ゴム実験工場の竣工

1941 (昭和16) 膠質化学実験工場の竣工
フィッシャー・トロプシュ法による人造石油(合成石油)の工業化試験に成功(喜多源逸ら)
(2013年「人造石油に関する資料」が化学遺産認定※)

1942 (昭和17) 「合成一号」(ビニロン)の中間試験場が竣工

1949 (昭和24) 化学研究所が京都大学に附置され「京都大学化学研究所」と呼称される
中間子の存在を予言した湯川秀樹がノーベル物理学賞を受賞

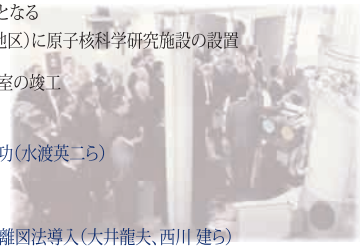
1953 (昭和28) ポリエチレン高圧重合の工業化試験に成功(児玉信次郎ら)
(2016年「高圧法ポリエチレン工業の発祥を示す資料」が化学遺産認定※)

1955 (昭和30) 京都市より旧蹴上発電所建物を貸与され再建に取り組んでいたサイクロトロンが完成

1959 (昭和34) 結晶化ガラスなど特殊セラミックスの開発研究が始まる(田代 仁ら)

1962 (昭和37) 文部省通達により大学院学生の受入れが制度化される

1964 (昭和39) 研究所が部門制により19研究部門となる
京都市左京区粟田口鳥居町(蹴上地区)に原子核科学研究施設の設置



1968 (昭和43) 宇治市五ケ庄に超高圧電子顕微鏡室の竣工
化学研究所が統合移転

1970 (昭和45) 電子顕微鏡で有機分子の撮影に成功(水渡英二ら)

1971 (昭和46) 極低温物性化学実験室の竣工

1972 (昭和47) 蛋白質立体構造解析への二次元距離図法導入(大井龍夫、西川 建ら)
小田良平、近代工業化学の礎を築く種々の研究の功績により紫綬褒章を受章

1974 (昭和49) 極低温超高分解能電子顕微鏡が完成(小林恵之助ら)
「フェライト沈殿法による重金属イオン除去法」の実用化(高田利夫ら)

1975 (昭和50) 微生物培養実験室、中央電子計算機室の設置

1978 (昭和53) 大腸菌バクテリオファージfdゲノムの全構造の解明(高浪 満、椙崎弘幸ら)

1979 (昭和54) 多波合成法による有機分子構成原子像の撮影に成功(植田 夏ら)

1980 (昭和55) DNA実験室の竣工

1981 (昭和56) 核酸情報解析施設の設置

1982 (昭和57) 結晶化ガラス人工骨の開発(小久保 正、作花済夫ら)

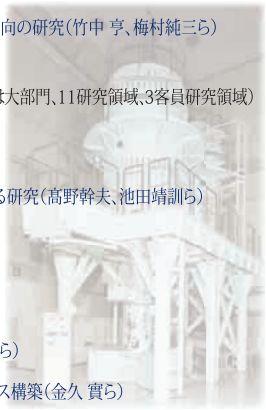
1983 (昭和58) 核酸情報解析棟の竣工

1985 (昭和60) 生物工学ラボラトリーの設置
ラジカル共重合機構の解明(稲垣 博、福田 猛ら)

1986 (昭和61) FTIR-ATRによるステアリン酸1-9層LB膜の分子配向の研究(竹中 亨、梅村純三ら)

1987 (昭和62) 大部門制導入
19研究部門2附属施設となる(このうち3研究部門は大部門、11研究領域、3客員研究領域)

1988 (昭和63) 原子核科学研究施設が宇治市五ケ庄に移転
イオン線形加速器実験棟の竣工
ビスマス系銅酸化物高温超伝導体の合成に関する研究(高野幹夫、池田靖訓ら)



1989 (平成元) 電子線分光型超高分解能電子顕微鏡の完成

1992 (平成4) 9研究大部門2附属施設に改組
スーパーコンピューター・ラボラトリーの設置

1994 (平成6) 不斉記憶による非天然型アミノ酸の合成(冨士 薫ら)

1995 (平成7) バイオインフォマティクス研究とKEGGデータベース構築(金久 實ら)

1996 (平成8) 作花済夫、ゾル-ゲル低温合成研究の功績により紫綬褒章を受章

1997 (平成9) ダンベル型フラーレン二量体の合成(小松紘一ら)
左右田健次、生体触媒研究の功績により紫綬褒章を受章

1999 (平成11) 共同研究棟の竣工

2000 (平成12) 事務部が宇治地区事務部に統合
新庄輝也、磁性体物性学研究の功績により紫綬褒章を受章

2001 (平成13) バイオインフォマティクスセンターの設置

2002 (平成14) 寄附研究部門プロテオームインフォマティクス(日本SGI)研究部門の設置
バイオインフォマティクスセンターゲノム情報科学研究教育機構の設置

2003 (平成15) 9研究大部門3附属施設となる
元素科学国際研究センターの設置



2004 (平成16) 5研究系3センター体制に改組
先端ビームナノ科学センターの設置
総合研究実験棟の竣工
玉尾皓平、有機金属化学研究の功績により紫綬褒章を受章

2005 (平成17) レーザー科学棟の竣工

2007 (平成19) 「碧水会」(同窓会)の発足
研究所本館耐震改修工事開始

2009 (平成21) 寄附研究部門水化学エネルギー(AGC)研究部門の設置

2010 (平成22) 第一期「化学関連分野の深化・連携を基軸とする先端・学際研究拠点」が活動開始
研究所本館耐震改修工事完了
多目的超高磁場核磁気共鳴装置を導入
多目的高精度質量分析計を導入

2011 (平成23) 寄附研究部門ナノ界面光機能(住友電工グループ社会貢献基金)研究部門の設置
バイオインフォマティクスセンターを改組

2013 (平成25) モノクロメータ搭載原子分解能分析電子顕微鏡を導入

2016 (平成28) 第二期「化学関連分野の深化・連携を基軸とする先端・学際研究拠点」が活動開始
元素科学国際研究センターを改組

※青文字の項目は、化学研究所の代表的な研究成果です。但し、全ての研究成果を挙げているわけではありません。
※化学遺産とは、公益社団法人日本化学会が化学分野の歴史資料の中でも特に貴重な資料を遺産として認定したものです。

代表的研究の歴史

～創立期の化研～
産業界の要請に応えるベンチャーラボラトリーとして

1915（大正4）年、京都帝国大学理科大学（現在の京都大学大学院理学研究科）に化学特別研究所が設置され、医療用サヴィオール（サルバルサン）などの医療品の研究・製造が開始されました。これを母体として1926（大正15）年、現在の化学研究所が発足しました。創立期の化学研究所では、世の中の要求に応え、産業界での応用に役立つ製品の開発研究が活発に行われていました。開発された製品によって得られた利益で研究所の運営を支える、いわゆるベンチャーラボラトリーのような存在でした。

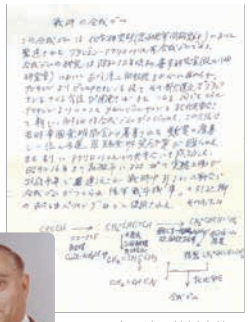
創立期の研究

分類	旧研究項目※
原子核科学	原子核物理学（1939）
物理化学	膠質医薬・船底塗料（1933）
	液体燃料（1937）
	ガス爆発反応（1941）
	電気材料（1944）
無機化学	工芸用合金（1929）
	特殊ガラス（1939）
有機合成化学	サヴィオールの製造（1926）
	有機資源（1943）
	除虫菊・薄荷油（1944）
高分子化学	人造羊毛（1937）
	人造ゴム及び樹脂（1939）
	合成繊維（1943）
生物化学	栄養化学（1929）
	細菌及び糸状菌（1929）
	ツンドラの利用（1933）
	特殊発酵（1944）

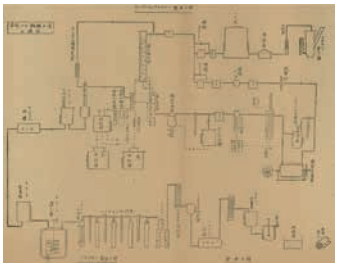
※1945（昭和20）年末以前に予算の認められた研究で括弧内の数は開始の年を示す。

合成ゴム　1937年～

1937（昭和12）年頃から喜多研究室において古川淳二助教授（当時）を中心に研究が行われ、モノビニルアセチレン（MVA）還元法によるブタジエン製造技術を完成し、合成ゴムが開発されました。1940（昭和15）年には、高槻市に300m²の合成ゴム実験工場が竣工し、戦時中月1トンの割合で合成ゴムを製造、耐油パッキンなどに使用されました。


古川淳二教授直筆の合成ゴム製造に関する説明


高槻市に建設された合成ゴム実験工場


合成ゴム製造工程図

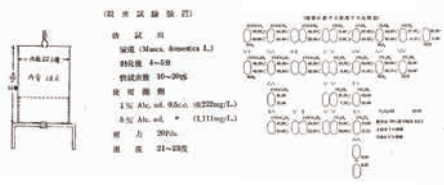

古川淳二教授

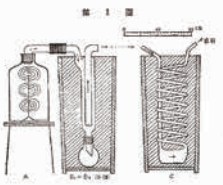

合成ゴム試作品

除虫菊　1944年

武居三吉教授を中心に除虫菊有効成分のピレトリン類の合成、立体構造と殺虫効力、化学的定量法、生物学的検定法など広範囲にわたる研究が行われ、除虫菊工業の化学的基礎となっています。


武居三吉教授


芳香族エーテル類及びエステル類の昆虫に対する生理作用とその構造に関する研究（化学研究所講演集第16号より）


蚊取線香の燻焼法（化学研究所講演集第13号より）


化学研究所本館（高槻）
1929（昭和4）年に大阪府高槻市に本館が竣工しました。京都の「学」と大阪の「産」との連携をめざして設置されました。以来、1968（昭和43）年に京都府宇治市五ケ庄へ移転するまで約40年間、社会の需要に応える活発な研究活動がこの地で行われました。


1930年代には樺太ツンドラ地帯のさまざまな利用法が探求されました。


1932（昭和7）年に開催された、第四回発明博覧会での化学研究所紹介展示。

代表的研究の歴史

世界を牽引する化研へ

1949(昭和24)年、化学研究所が京都大学に附置され、1968(昭和43)年には宇治キャンパスに拠点を移しました。現在では、5研究系3附属センター体制になり、個々・相互連携による先端研究を展開しています。

結晶化ガラスの研究から人工骨の研究へ

1959(昭和34)年、田代 仁教授の研究グループが、結晶化ガラスに関する基礎研究を開始しました。その研究成果は、日本電気硝子から超耐熱結晶化ガラス(ネオセラム)として商品化され、暖房器具や調理器具など、現在でも幅広く用いられています。また、この研究は1980年代初めの小久保 正教授らによるバイオセラミックス製の人工骨の開発へと展開していきました。


耐熱性結晶化ガラス


人工骨用結晶化ガラス

DNA研究のささがけとして

1975(昭和50)年、高浪 満教授らの研究チームが、DNA塩基配列を解析する方法をいち早く導入し、それらの解析を系統的に行うことのできる日本で最初の研究室となりました。その後、*1981*(昭和56)年には遺伝子組換え実験を専門とする日本で最初の核酸情報解析施設(現核酸情報解析棟)が設置されました。




核酸情報解析施設
(P3遺伝子組換え実験室)

酸化物微粒子に関する研究の開始

1963(昭和38)年、高田利夫教授の研究チームが、酸化鉄微粒子に関する研究を開始しました。中心テーマは「サイズとかたちの制御」と「無公害性」でした。その成果は学術的であると同時に大きな産業的価値をもつものであり、化粧品、ビデオテープ、磁気ヘッド、重金属排水処理システムなどが実用化されました。以来、現在に至るまで対象物質と合成法、解析法のいずれについても多彩化と精密化が進められ、化学研究所は基礎研究から応用に至るさまざまな分野で世界をリードし続けています。

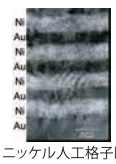




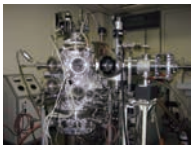
「化学研究所」の文字を
緋襷で表した備前焼

巨大磁気抵抗(GMR)効果を示す人工格子の作製に成功

化学研究所では世界に先駆けて、金属・酸化物などにおいて原子層スケールで制御された人工格子を生み出し、磁性、超伝導などの分野で学問的に興味深く、応用上も重要な機能の開発を行ってきました。1982(昭和57)年には金属で、1984(昭和59)年には酸化物で世界初の人工格子の作製に成功し、*1990*(平成2)年には、新庄輝也教授らによって、巨大磁気抵抗(GMR)効果を示す人工格子の作製に成功しています。



金・ニッケル人工格子断面
の透過電子顕微鏡写真


人工格子作製のための
超高真空蒸着装置

塩素化した銅フタロシアニン結晶の構成原子像を撮影

1968(昭和43)年、宇治キャンパスに超高圧電子顕微鏡が設置されました。その後、1974(昭和49)年には、極低温超高分解能電子顕微鏡が、1989(平成元)年には電子線分光型超高分解能電子顕微鏡が世界に先駆けて建設され、電子顕微鏡の開発をリードする成果を世に送り出しました。*1979*(昭和54)年には、植田 夏教授らが世界で初めて塩素化した銅フタロシアニン結晶の構成原子像の撮影に成功しました。


塩素化した銅フタロシアニン
結晶の構造原子像


極低温超高分解能
電子顕微鏡
(1974年設置 500 kV)

スーパーコンピューターの設置

1992(平成4)年、スーパーコンピューター・ラボラトリーが設置されました。それに伴い、インターネットを通じた生物学・医学関連データベースの検索・解析サービスであるゲノムネットの運用や、データベースKEGGの構築などが、金久 實教授らによって開始されました。2001(平成13)年にはバイオインフォマティクスセンターが設置され、世界をリードする研究拠点となっています。


1992(平成4)年当時の
スーパーコンピューター


現在の超並列計算サーバー

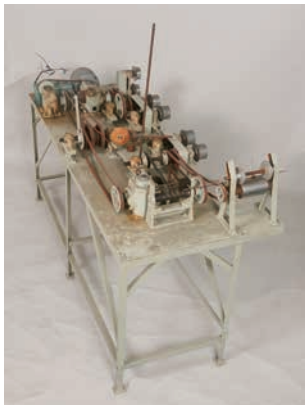
化研所有の
化学遺産
file.01

2012年3月　第3回化学遺産認定
「日本のビニロン工業の発祥を示す資料」



「羊毛様合成―号製造工場計画書」
1942年に作成されたビニロンを工業化するための計画書。表紙の文字は櫻田一郎教授の直筆。

ビニロンは国内技術で初めて作られたポリビニルアルコールを主体とする合成繊維で、櫻田一郎教授（当時京都帝国大学工学部、化学研究所兼任）らによって発明されました。その基礎研究は当時大阪府高槻町（現高槻市）にあった京都帝国大学化学研究所において行われ**1939**（昭和14）年に完成しました。さらに、工業化に向けた研究が1941（昭和16）年に化学研究所内に設置された財団法人日本合成繊維研究協会高槻中間試験場で開始され、1943（昭和18）年には連続生産をするまでになりました。この成果は戦後に引き継がれ、1948（昭和23）年、産官学の協力のもと合成一号公社の設立によって高槻中間試験場で工業化研究が再開されました。1949（昭和24）年には、この公社は大日本紡績株式会社（通称ニチボー、現ユニチカ株式会社）に吸収合併され工業生産が開始されました。化学研究所からは写真の「計画書」や「実験装置」等が化学遺産に認定され、またユニチカ（株）所蔵の工業化試験記録資料153点と試作糸試料5点も同時に認定されました。ニチボーとほぼ同時期に倉敷レイヨン株式会社（現株式会社クラレ）も櫻田教授の協力を得てビニロン繊維の大規模な工業生産を開始し、我が国最大のビニロン生産メーカーになりました。同社が所蔵する日本で最初に工業化された初期の糸（トウ）も化学遺産に認定されました。



ビニロン紡糸実験装置



実際に使用されていた頃のビニロン紡糸実験装置

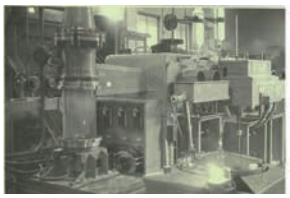




高槻中間試験場



櫻田 一郎（1904-1986）
京都府生まれ。京都帝国大学工学部工業化学科卒業。ビニロンの発明をはじめ、X線解析法を用いた高分子結晶の構造解析、高分子溶液の粘性に関する研究、重合反応に関する研究など、高分子物理化学や高分子合成の基礎研究において多くの業績を残しました。



紡糸の様子
紡糸原液は濃厚芒硝水溶液を含んだ、縦型紡糸棟の下部からノズルを通じて押し出し、紡糸され、上部のローラーから下部の２浴延伸槽に導かれます。



ビニロンのサンプル生地
（ユニチカ株式会社提供）

ビニロンは、工業生産されて制服等の衣服用途で用いられた後、現在は丈夫で薬品に強い特性を生かし、ロープやホース、コンクリート補強材など、産業用途を中心に世界で使用されています。

化学遺産とは・・・

公益社団法人日本化学会が「世界に誇る我が国の化学関連の文化遺産」として認定したものです。化学研究所からは、2016年現在、３件が登録されています。

第1回化学遺産認定
- 第001号　『杏雨書屋蔵　宇田川榕菴化学関係資料』
- 第002号　『上中啓三　アドレナリン実験ノート』
- 第003号　『具留多味酸　試料』
- 第004号　『ルブラン法炭酸ソーダ製造装置塩酸吸収塔』
- 第005号　『ビスコース法レーヨン工業の発祥を示す資料』
- 第006号　『カザレー式アンモニア合成装置および関連資料』

第2回化学遺産認定
- 第007号　『日本最初の化学講義録―朋百舎密書（ポンペ化学書）』
- 第008号　『日本学士院蔵　川本幸民化学関係資料』
- 第009号　『日本のセルロイド工業の発祥を示す建物および資料』
- 第010号　『日本の板ガラス工業の発祥を示す資料』

第3回化学遺産認定
- 第011号　『眞島利行ウルシオール研究関連資料』
- 第012号　『田丸節郎資料(写真および書簡類)』
- 第013号　『鈴木梅太郎ビタミンＢ1発見関係資料』
- 第014号　『日本の合成染料工業発祥に関するベンゼン精製装置』
- 第015号　『日本初期の塩化ビニル樹脂成形加工品』
- **第016号　『日本のビニロン工業の発祥を示す資料』**
- 第017号　『日本のセメント産業の発祥を示す資料』　化研所有の化学遺産
- 第018号　『小川正孝のニッポニウム研究資料』
- 第019号　『女性化学者のさきがけ　黒田チカの天然色素研究関連資料』

第4回化学遺産認定
- 第020号　『フィッシャー・トロプシュ法による人造石油製造に関わる資料』　化研所有の化学遺産
- 第021号　『国産技術によるアンモニア合成（東工試法）の開発とその企業化に関する資料』
- 第022号　『日本における塩素酸カリウム電解工業の発祥を示す資料』

第5回化学遺産認定
- 第023号　『日本の近代化学の礎を築いた櫻井錠二に関する資料』
- 第024号　『エフェドリンの発見および女子教育に貢献のあった長井長義関連資料』
- 第025号　『旧第五高等学校化学実験場および旧第四高等学校物理化学教室』
- 第026号　『化学技術者の先駆け 宇都宮三郎資料』
- 第027号　『日本のプラスチック産業の発展を支えたIsoma射出成形機および金型』
- 第028号　『日本初のアルミニウム生産の工業化に関わる資料』

第6回化学遺産認定
- 第029号　『早稲田大学蔵　宇田川榕菴化学関係資料』
- 第030号　『工業用高圧油脂分解器（オートクレーブ）』
- 第031号　『日本の工業用アルコール産業の発祥を示す資料』
- 第032号　『日本の塗料工業の発祥を示す資料』
- 第033号　『日本のナイロン工業の発祥を示す資料』

第7回化学遺産認定
- 第034号　『日本の写真化学の始祖「上野彦馬」関連資料』
- 第035号　『明治期日本の化学の先駆者・化学会初代会長　久原躬弦関係資料』
- 第036号　『野副鐵男の化学遺産―非ベンゼン系芳香族化合物資料と化学者サイン帳』
- **第037号　『日本の高圧法ポリエチレン工業の発祥を示す資料』**　化研所有の化学遺産
- 第038号　『日本の近代的陶磁器産業の発展に貢献したG. ワグネル関係資料』

化研所有の
化学遺産
file.02

2013年3月　第4回化学遺産認定
「フィッシャー・トロプシュ法による人造石油製造に関わる資料」

認定された資料は、戦前・戦中の京都帝国大学におけるフィッシャー・トロプシュ法（FT法）による人造石油の研究、および北海道人造石油株式会社滝川工場での、その実用化に関わる資料・試料類です。

人造石油に関する研究と工業化は、戦前・戦中の日本での石油不足を解消するために国策として進められました。京都帝国大学の喜多源逸研究室では、1927（昭和2）年から、児玉信次郎らによりFT法触媒の基礎的研究が開始され、入手容易で安価な鉄系触媒を開発しました。***1941***（昭和16）年の化学研究所での中間工業試験、1942（昭和17）年の北海道人造石油の留萌研究所での加圧式による工業試験の成功を経て、1944（昭和19）年8月、北海道滝川で鉄触媒本格炉の試運転が始まりましたが、まもなく終戦を迎えました。これは戦後の石油化学工業につながる事業であり、京大では燃料化学科の設立、ならびに学界・産業界に多数の有為な人材を送り出したことに繋がります。


人造石油製造の心臓部といえる反応塔。映っているのは喜多研究室の村田義夫講師。鉄系触媒開発の中心的役割を担っていました。


代々引き継がれ、化学研究所に保管されてきた人造石油の試料と触媒。1940（昭和15）年には昭和天皇が京都御所にてこの試料を見学されました。


中間試験場内に並ぶ人造石油の試料（当時のアルバムより）



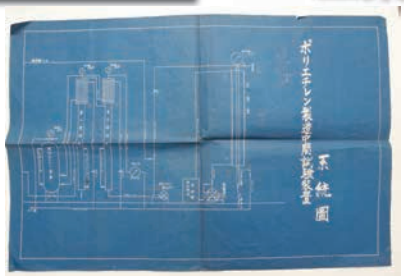
喜多 源逸（1983-1952）
奈良県生まれ。東京帝国大学工科大学応用化学科卒。1930（昭和５）年から12年間化学研究所所長を務めました。応用化学においても基礎研究を重視する学風を植え付け、工業化学の学問的水準を飛躍的に向上させました。櫻田一郎、児玉信次郎、古川淳二、福井謙一をはじめ第一線で活躍する学者を多数養成しました。喜多源逸が所長を務めた当時は戦前・戦中を通じて国防上重要な物資を自給自足するため、国策としての研究に重点が置かれました。化学研究所で行われた繊維、人造石油、合成ゴムの研究は、政府の支出金以外に産業界から多額の寄付金を受け、基礎から工業化へ大規模に展開しました。いずれも本格的生産に入る前に終戦を迎えましたが、その研究成果は今日の日本にさまざまな形で受け継がれています。



児玉 信次郎（1906-1996）
京都府生まれ。京都帝国大学工学部工業化学科卒。喜多研究室の学生として人造石油の合成に携わりました。第２次世界大戦後の1951（昭和26）年にはポリエチレンの高圧合成に成功し、日本の化学工業の礎を築きました。喜多イズムを受け継ぎ、理論化学の意義を重んじ、ノーベル化学賞受賞者の福井謙一に大きな影響を与えたといわれます。福井謙一は喜多源逸の遠縁にあたります。「数学が好きなら化学をやれ」という喜多の助言をきっかけに京都帝国大学工学部工業化学科に入学しました。在学中の1939（昭和14）年に工学部燃料化学科が創設され、福井は喜多の勧めを受けて燃料化学科に大学院生として入り、児玉のもとで学んでいます。

化研所有の
化学遺産
file.03

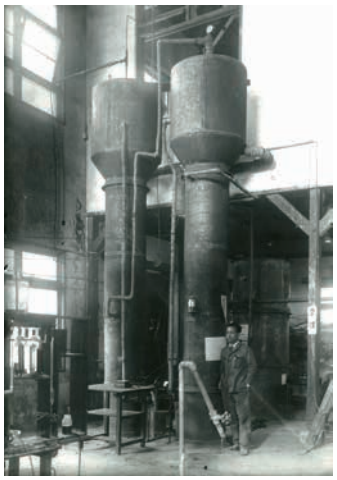
2016年3月　第7回化学遺産認定
「日本の高圧法ポリエチレン工業の発祥を示す資料」


ポリエチレン製造中間試験装置系統図

認定された資料は、第二次世界大戦中に京都帝国大学化学研究所で児玉信次郎教授らにより開始され、戦後再開された高圧法ポリエチレン製造の中間試験に関わる設計図・研究ノート・研究報告書です。

ポリエチレンの一種である高圧法低密度ポリエチレンは、優れた高周波絶縁性能をもち、第二次世界大戦中はレーダー製造に不可欠な材料でした。日本でも、1943（昭和18）年から海軍の委託を受けて、野口研究所―日本窒素肥料、京都帝国大学―住友化学工業、大阪帝国大学―三井化学工業の３グループで研究されました。1945（昭和20）年1月には、日本窒素肥料水俣工場で小規模に工業化されましたが、同年５月、空爆により設備が完全に破壊されました。戦後、京都大学で研究が再開され、1951（昭和26）年から***1953***（昭和28）年に連続中間試験が行われました。その後、この研究を基礎に、英国のICI社から導入した技術をもとに住友化学工業株式会社が工業化試験設備を建設し、稼働させました。これは、日本での本格的な石油化学工業開始の一つとなりました。


谷口五十二「ポリエチレンの製造に関する研究」および別冊として設備設計図。谷口五十二は京大と共同研究を進めていた住友化学工業の研究者。


液化エチレン精留塔。写真に映っているのは研究に参画した湯浅幸雄氏。

研究部門と施設の変遷

旧研究項目	旧部門・施設	中間経過	部門・施設／大学院研究科
1939　原子核物理学	原子核反応研究部門 1964　原子核科学研究施設	原子核科学研究施設	原子核科学研究施設／理
1941　ガス爆発反応	粉体化学研究部門 1956　核放射線研究部門 1965　高分子結晶学研究部門		構造解析基礎研究部門／理・工
1933　膠質医薬・船底塗料 1944　電気材料	界面化学研究部門 電気材料研究部門 1956　放射化学研究部門		界面物性研究部門／理
1929　工芸用合金 1939　特殊ガラス	磁性体化学研究部門 窯業化学研究部門	新機能材料研究大部門	無機素材化学研究部門／理・工
1939　人造ゴム及び樹脂 1943　合成繊維	高分子構造研究部門 繊維化学研究部門	材料物性基礎研究大部門	材料物性基礎研究部門／工 2003 元素科学国際研究センター／理・工
1937　人造羊毛 1937　液体燃料	高分子分離学研究部門 高圧化学研究部門		有機材料化学研究部門／工
	1958　石油化学研究部門		有機合成基礎研究部門／工・薬
1926　サヴィオールの製造	生理活性研究部門	抗癌医薬開発研究大部門	生体反応設計研究部門／理・薬・医
1943　有機資源	有機単位反応研究部門		
1944　除虫菊・薄荷油 1933　ツンドラの利用	植物化学研究部門 微生物化学研究部門		生体分子機能研究部門／農
1929　栄養化学 1929　細菌及び糸状菌 1944　特殊発酵	酵素化学研究部門 分子生物学研究部門	1985　生理機能設計研究部門	生体分子情報研究部門／理
		1981　核酸情報解析施設	2001 バイオインフォマティクスセンター／理・情
		1992年4月改組	2002　寄附研究部門 プロテオームインフォマティクス （日本SGI）研究部門
			2002 バイオインフォマティクスセンター ゲノム情報科学研究教育機構

2004年改組（下図参照）

歴代所長

初代	近重　真澄	1927 — 1930
第2代	喜多　源逸	1930 — 1942
第3代	堀場　信吉	1942 — 1945
第4代	近藤　金助	1945 — 1946
第5代	野津　竜三郎	1946 — 1948
第6代	内野　仙治	1948 — 1953
第7代	堀尾　正雄	1953 — 1956
第8代	武居　三吉	1956 — 1959
第9代	中井　利三郎	1959 — 1961
第10代	後藤　廉平	1961 — 1964
第11代	國近　三吾	1964 — 1967
第12代	辻　和一郎	1967 — 1970
第13代	國近　三吾	1970 — 1972
第14代	水渡　英二	1972 — 1974
第15代	竹崎　嘉真	1974 — 1976
第16代	重松　恒信	1976 — 1978
第17代	田代　仁	1978 — 1980
第18代	高田　利夫	1980 — 1982
第19代	藤田　栄一	1982 — 1984
第20代	稲垣　博	1984 — 1986
第21代	倉田　道夫	1986 — 1988
第22代	高浪　満	1988 — 1990
第23代	作花　済夫	1990 — 1992
第24代	小田　順一	1992 — 1994
第25代	宮本　武明	1994 — 1996
第26代	新庄　輝也	1996 — 1998
第27代	杉浦　幸雄	1998 — 2000
第28代	玉尾　皓平	2000 — 2002
第29代	高野　幹夫	2002 — 2005
第30代	江崎　信芳	2005 — 2008
第31代	時任　宣博	2008 — 2012
第32代	佐藤　直樹	2012 — 2014
第33代	時任　宣博	2014 —

5研究系・3センター体制へ

研究系

- 物質創製化学研究系
- 材料機能化学研究系
- 生体機能化学研究系
- 環境物質化学研究系
- 複合基盤化学研究系

センター

- 先端ビームナノ科学センター
- 元素科学国際研究センター（2016年4月改組）
- バイオインフォマティクスセンター（2011年4月改組）

客員研究領域

- スーパーコンピュータシステム
- 極低温物性化学実験室



90周年記念事業実行委員会

時任 宣博　青山 卓史　辻井 敬亘
川端 猛夫　緒方 博之　倉田 博基　栗原 達夫
島川 祐一　寺西 利治　中村 正治　長谷川 健
二木 史朗　村田 靖次郎　山子　茂

化研担当事務室

岡田 修一　岡本 重人　大槻　薫　八代 幸造　宮本 真理子　安村 純子

化研広報室

井上 純子　武平 時代　中村 かおり　中野 友佳子

発行　京都大学化学研究所
〒611-0011　京都府宇治市五ケ庄
Tel 0774-38-3344　Fax 0774-38-3014
URL http://www.kuicr.kyoto-u.ac.jp
E-mail koho@scl.kyoto-u.ac.jp

京都大学化学研究所創立90周年記念行事

日 時 ： 平成 28 年 11 月 11 日（金）
場 所 ： 京都大学百周年時計台記念館

記念展示会

10 : 00 ～ 16 : 00　国際交流ホール III

記念講演会

13 : 00 ～ 16 : 15　百周年記念ホール

13：00 ～ 13：10	挨拶	教授　川端 猛夫
13：10 ～ 13：50	所長講演 「化研の化学 ― 過去、現在、未来 ―」	所長　時任 宣博
13：50 ～ 14：20	学術講演 「海洋微生物多様性 ― 遺伝子から見る地球環境」	教授　緒方 博之
14：40 ～ 15：10	学術講演 「機能性酸化物材料：原子レベル制御の新物質開発」	教授　島川 祐一
15：10 ～ 15：40	学術講演 「もっと光を！ 高強度レーザーが拓く科学」	教授　阪部 周二
15：40 ～ 16：10	学術講演 「合成化学：未来を創る科学技術」	教授　山子　茂
16：10 ～ 16：15	閉会の辞	教授　中村 正治

記念式典

16 : 30 ～ 17 : 00　百周年記念ホール

記念祝賀会

17 : 20 ～ 19 : 30　国際交流ホール