

守破離

いまだ・ひろし

2004年東京工業大学理学部物理学科卒、2010年同大学大学院理工学研究科物性物理学専攻修了、博士（理学）。2010年から2024年まで理化学研究所Kim表面界面科学研究室にて、特別研究員、協力研究員、研究員、上級研究員。2024年9月から2026年4月まで韓国のGIST（光州科学技術院）のDepartment of ChemistryでAssociate professor。2026年5月より現職。専門はプローブ顕微鏡、ナノ光学、分子分光、表面科学。

私はこれまで、表面科学を基盤に、走査トンネル顕微鏡（STM）にレーザ一分光・ナノ光学を融合した単一分子科学に取り組んできた。東京工業大学で物性研究を学び、理化学研究所では、探針直下の一個の分子が放つ光を捉え、その励起状態、エネルギー移動、電子移動、スピン状態を原子スケールで可視化する研究を進めた。プローブ顕微鏡を単に「見る」装置にとどめず、分子内部の量子過程を読み解く装置へと発展させてきた。

その後、韓国のGIST（Gwangju Institute of Science and Technology、光州科学技術院）化学科に准教授として着任した。在籍期間は短く、自身の研究を十分に展開するところまでは至らなかったが、量子科学研究拠点IBS-QCRの立ち上げに携わった。研究拠点の構想が形となり、人が集まり、組織として動き始める過程を内側から経験できたことは、今後、自ら研究室をつくる上でも大きな財産になる。GISTでは温かく迎えていただき、多くの研究者との関係を築いた。韓国のダイナミズムに触れたことも、自分の視野を広げてくれた。今後もGIST、IBS-QCRとの協力を続けたい。

研究者としての歩みを振り返ると、「守破離」という言葉が浮かぶ。ただし、私の「守」は決して完成されたもので

はなかった。誰か一人から技術や研究姿勢を体系的に教わり、その型を徹底して身につけたわけではない。早い段階から自己流で装置をつくり、壁にぶつかるたびに学び直してきた。そのため遠回りも多く、基礎をもっと深く身につけておくべきだったと反省することもある。一方で、決まった型を十分に与えられなかったからこそ、自ら問いを立て、方法を探し、簡単には諦めない姿勢が培われたのかもしれない。

「破」にあたる時期には、既存の手法や分野の境界を越え、プローブ顕微鏡と光学技術を本格的に融合することに挑んだ。単一分子の発光、吸収、励起状態、超高速ダイナミクスを原子スケールで調べるという、当初は実現が容易ではなかった課題に取り組んだ。装置を自ら組み上げ、方法論を開拓し、何度も失敗しながら、誰も見たことのない現象を捉えることを目指してきた。振り返れば、十五年ほどの間、研究室全体の運営や将来に責任を負わない立場で、目の前の研究に没頭し、ただひたすら高いところを目指してきた。

その後の数年間は、いわば脱皮のための時間であった。慣れた環境を離れ、あえてリスクを取りながら、自分がどこで、何を、どのように研究するべきかを探してきた。その過程で、自分の強みだけでなく、足りないものや、こ

れから引き受けるべき責任も見えてきた。

若い頃は、自分にPIが務まるとは思っていなかった。人を率い、研究室を運営する能力もないと考えていた。率直に言えば、PIにはならず、一研究者として研究そのものに没頭する道も考えていた。ところが、そうは問屋が卸さなかった。多くの方々に背中を押していただき、分子科学研究所で研究室を率いる機会を得ることになった。

そして今、本当の意味での「離」が始まる。PIとして今後は、人材、設備、資金、安全、研究室の持続性を考え、その責任を引き受けた上で挑戦しなければならない。リスクを避けるのではなく、どのリスクを取るべきかを判断し、研究室のメンバーが大胆に挑戦できる環境をつくることが求められる。

分子研ではまず、単一分子が持つ「量子的な個性」を理解したい。同じ化学構造を持つ分子でも、置かれた環境や分子構造、電子状態、振動、スピンのわずかな違いによって、その振る舞いは一つ一つ異なる。平均化された測定では失われてしまうこの個性を、光と電子を用いて実空間・実時間で明らかにする。

さらに、理解した分子を原子精度で組み合わせ、ほかの方法では実現できない有用な機能を生み出したい。探針



によって分子を選び、動かし、励起し、結合させる「創るための顕微鏡」を実現し、励起子、電荷、スピン、光が相互作用する人工量子ネットワークへと発展させる。単一光子源、量子センシング、量子メモリなどにおいて、従来の手法では到達できない性能や機能を実現し、そのために必要となる複雑な量子系の基礎学理を切り拓きたい。

ただし、今後もプローブ顕微鏡や分子だけに固執するつもりはない。必要であれば、メゾスコピック物理、電子顕微鏡、テラヘルツ技術、機械学習、さらには現在の専門から離れた手法や考え方も大胆に取り込む。これまで培った原子レベルの物質観と、局所計

測、分光、操作の技術を出発点としながら、その枠から思い切って飛び出し、独自であると同時に、本当に意味のある研究を展開したい。それが、私にとっての「離」である。

日本でPIを務める研究者からは、さまざまな業務に追われ、研究時間の確保が難しいという話を聞いてきた。実験の成功も失敗も、自然からの応答としてデータに表れる。研究者として、その応答を自らの感覚で受け止め、自然と向き合い続けることを何より大切にしてきた。PIとして多くの責任を担う中で、そのための時間を十分に確保できるのかという不安は、今も残っている。だからこそ、この機会を、忙し

さや環境への言い訳の中で消費したくはない。研究室全体で知恵を絞り、仕組みをつくり、若い研究者が失敗を恐れず、自らの問いに夢中になれる場をつくりたい。

守り、破り、そして離れる。十五年間の没頭と、その後の数年間の模索を通して、技術、経験、問い、そして人とのつながりを蓄えてきた。分子研という最高の場所で、いまこそ、それらを一気に解放したい。妥協するつもりはない。研究者としての真価は、これから生み出す研究成果によって示す。その覚悟と気概を持って、分子研から世界を先導する研究を打ち出していく。

New Lab

研究室紹介

吉田 朋子

極端紫外光研究施設 光物性測定器開発研究部門 教授（クロスアポイントメント）

放射光分光分析を基盤とした 光触媒の機能発現機構解明と合理的設計

よしだ・ともこ

1996年 京都大学大学院工学研究科博士後期課程修了（工学博士）
1996年 名古屋大学工学部助手
2003年 名古屋大学大学院工学研究科助教授
2009年 名古屋大学エコトピア科学研究所准教授
2015年 大阪公立大学複合先端研究機構教授・人工光合成センター副所長
2024年～現在 名古屋大学大学院工学研究科総合エネルギー工学専攻 教授
2026年 分子科学研究所 教授（クロスアポイントメント）

2026年1月より、名古屋大学大学院工学研究科総合エネルギー工学専攻とのクロスアポイントメントの教授として着任致しました。1996年に京都大学大学院工学研究科で博士号を取得した後、同年に名古屋大学工学研究科の助手として着任し、名古屋大学の准教授を経て2015年から大阪公立大学で教授を務めておりましたが、縁あって2024年4月より名古屋大学に戻っ

てきました。新しい所属先に移るたびに、多くの研究テーマや研究者との出会いがあり、それら全てが私の研究の幅を広げてくれました。実は分子科学研究所と私の出会いは1991年に遡り、当時修士1年の私は、UVSOR放射光施設で、特に軟X線領域のX線吸収微細構造スペクトル（X-ray Absorption Fine Structure : XAFS）の測定法や解析法を学び始め、その時から現在に至



るまでUVSORや分子科学研究所の先生方やスタッフの方々に温かく支えられ育てて頂きました。この度、大好きな分子科学研究所でクロスアポイントメントの貴重な機会を頂けて、大変嬉しく、幸せ者だと思っています。

私は、触媒化学・放射光分光学を基軸とした固体化学・物性分析化学を専門としており、特に人工光合成（水からの水素生成反応や二酸化炭素還元反

応)を実現する高機能光触媒の開発に関する基礎的・応用的研究を推進しています。これまでに、ガリウム酸化物(Ga_2O_3)に銀助触媒を担持した光触媒($\text{Ag}/\text{Ga}_2\text{O}_3$)を調製し、これを用いて二酸化炭素還元反応を進行させることに成功しています。反応中に CO_2 分子や銀助触媒の化学状態・構造が変化する過程を追跡し、銀助触媒のナノメートルオーダーのサイズによって二酸化炭素還元反応メカニズムが劇的に変化することや、最適な銀助触媒担持状態を示すと共に数nm程度の銀クラスターを Ga_2O_3 に担持した光触媒を開発することで、二酸化炭素から CO が高効率・高選択的に生成することを実証しました(図)。

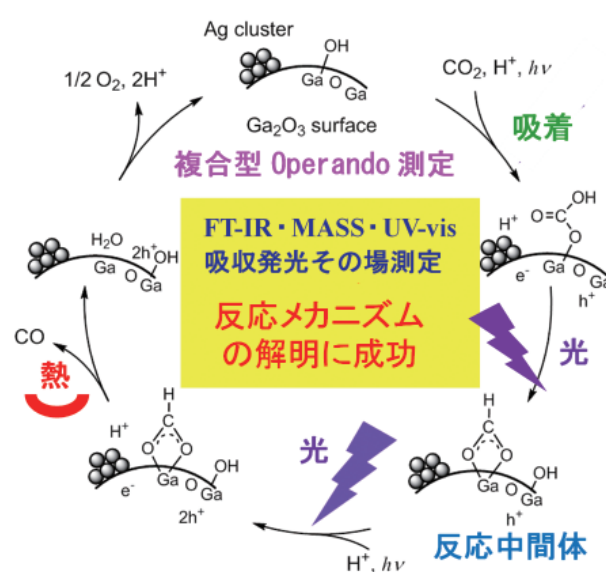
一方、人工光合成を促進する光触媒の高性能化のためには、触媒に添加した助触媒等の、機能の本質に関わる原子・分子サイズの「活性サイト」を同定すると共に、助触媒と光触媒の接合状態や、反応中の助触媒の状態変化を理解し、合理的に触媒を設計することが重要です。これまで、私は触媒中の活性サイトを対象としたキャラクタリゼーションを進展させるため、様々な分光分析法や、「その場」分析測定システムの開発を続けてきました。今後は、様々な局所構造が混在している固体触媒から、活性サイトだけの原子構造を同定・定量し可視化すると共に、助触媒/光触媒界面の結合状態や、反応中の助触媒の原子・電子構造変化を理解するための新しい計測分析法を構築したいと思っています。具体的には、元素選択的なX線吸収分光法(XAFS)に対して、X線発光分光を組み合わせたサイト選択的測定法や定量的解析法を独自に開発することにより、活性サイトの原子配列・電子状態を抽出する分析法を構築すると共に、XAFS分析手法を、

電子顕微鏡を利用する電子エネルギー損失分光法(EELS)に応用することにより、触媒中の活性サイトを1 nm以下の高空間分解能で可視化する手法へと発展させることを考えています。触媒機能を発現するために活性サイトの原子配列・電子状態をどのように制御したら良いか、触媒中

のどの空間領域に活性サイトを形成させれば良いかの指針を与える手法として具現化することを目指しています。

分子科学研究所で推進する研究

分子科学研究所では、触媒などの材料界面を対象とした計測法の開発を進めていきたいと思っています。助触媒担持型光触媒において機能を司る活性サイトは、主に助触媒と光触媒担体の界面であると考えられています。界面には異種元素が結合した特異な局所構造が形成され、これが活性点を構成すると推定されることから、私は、化学結合状態に敏感なX線光電子分光と、局所構造を反映するX線吸収分光を組み合わせた界面計測分析をUVSORにおいて構築することを考えています。具体的には半球型エネルギー分析器を備えたBL5U等のビームラインにおいて、ナノ助触媒担持半導体光触媒(助触媒/半導体光触媒)について、助触媒と光触媒担体との結合に由来するXPSピーク(光電子)を検出し、このピーク強度の入射X線エネルギー依存性をプロットすることにより、機能を発現する助触媒/光触媒界面の局所構造・電子構造を反映するXAFSが測定でき



るのではないのでしょうか?この測定により、光触媒中で生成する光励起電子や正孔の助触媒への移動による界面の局所構造・電子状態の変化を捉えることができれば、反応機構・機能発現機構等の光触媒の本質を理解することが可能になります。

一方、助触媒担持型光触媒においては、反応分子の吸脱着や光照射によって、光触媒表面に担持された助触媒の構造・電子状態が分子スケールで変化することで反応が進行すると考えられています。そこで私は、UVSORのBL3Uで開発されてきたin-situ XAFS測定セルの設計コンセプトに基づき、同様の測定セルをBL4B、BL2Aにおいても構築し、光触媒の助触媒に対して、水や CO_2 ガスを導入し光照射しながらXAFS測定を行うことを計画しています。また可能なら、上記ビームラインにおいて質量分析システムも構築し、反応に伴う助触媒の原子・電子構造変化と光触媒活性との相関についても詳しく調べたいと思っています。このように、分子科学研究所での貴重なクロスアポイントメントを通して、研究を存分に楽しみたいと思っています。皆様、どうぞ宜しくお願い致します。