

液晶性を活用して 先進的機能材料を開発

山田重之さんは、合成と材料両方の知見を活かし、2025年に「先進分子材料創成学」研究室を設立。新たな液晶分子の設計などで、従来にない機能を持った材料の開発に取り組んでいる。

京都工芸繊維大学
分子化学系教授

山田重之

やまだ・しげゆき 1980年、大阪府出身。京都工芸繊維大学工学部物質工学科卒業。同大学院工学部材料科学専攻博士課程修了。博士（工学）。ミュンヘン大学化学学生化学科、アレキサンダー・フォン・フンボルト財団博士研究員、京都大学大学院工学研究院博士研究員、東京農工大学大学院工学研究院産学官連携研究員、立命館大学生命科学部応用化学科特任助教などを経て、2016年、京都工芸繊維大学分子化学系助教に就任、その後、准教授となり、2025年4月より現職。趣味はネットサーフィンと「息子と家でゴロゴロ」すること。

[第39回 松籟科学技術振興財団研究助成受賞]

合成と材料の 知識を活かして

—先生の研究室には「先進分子材料創成学」という名前がついていますが、どのような研究をされているのでしょうか。

おおまかに言うと、新たな機能を持つ分子を創成する研究です。私は学生のときに官能基変換学講座（現在の有機フッ素化学研究室）に所属していて、有機合成によって世界初となるフッ素化合物を効率的に合成する研究をしていました。その後、立命館大学において材料化学の研究経験を重ね、昨年（2025年）4月に教授になったとき、これまでに培った合成化学と材料化学の知識を両方活かして研究室を立ち上げました。准教授までは本学の有機フッ素化学研究室に所属し、主にフッ素系材料の研究に注力してきましたが、独立した研究室を持つようになってからは、研究領域を拡張し、フッ

Molecules line up.
Changes Color.

liquid crystal...
Emission...
Creates new materials.

素に限らず多様な元素を対象とした先進分子材料の開発に取り組んでいます。

—具体的に研究の内容を教えてください。

フッ素化合物の選択合成法の開発、液体でも光るトラン型固体発光分子の創製などさまざまな研究をしていますが、現在力を入れているテーマの1つは、外部からエネルギーを与えたときに発光特性が変化する材料の開発です。ただ、発光材料を扱っている研究室は本学だけでもいくつかあるので、私は自分の研究を特徴づけるために液晶に注目した研究を展開しています。

新たな機能を持つ 液晶を開発

—液晶と聞くと、まずディスプレイが思い浮かびます。

そういう方が多いと思います。液晶は液体と固体（結晶）の両方の特性を持っており、分子配列にある程度の規則を持ちながら、外部からの刺激によって分子の配列を変える性質があります。液晶ディスプレイはこの性質を利用し、液晶層に電圧をかけ、液晶分子の並び方を電氣的に制御することで光の透過率をコントロールし、ディスプレイに画像を表示する仕組みになっています。

ディスプレイの場合は電氣的な刺激で液晶の分子配列を変えますが、熱を加えることでも変化を生じさせることができます。熱や電氣によって液晶の分子配列を可逆的に制御し、新たな機能を持った材料の開発に取り組んでいます。

—分子配列を変えることで光り方が変わりますか。

はい。分子の並び方が変わると、分子同士の距離や向きが変化し、

それに伴って分子同士の相互作用（電子のやり取りやエネルギー移動の仕方）が変わり、その結果、光の色や強さなどの光り方が変化します。そこで私たちは、発光性と液晶性の両方を備え、外部刺激によって可逆的に色が変わる発光材料の開発を進めています。まだそれほどダイナミックな変化は観測できていませんが、青色が水色に変化する材料はすでに開発に成功し、報告しています。

火災の熱を可視化する壁

——仮にそういう材料ができてディスプレイ化できるとしたら、どういう形で社会実装されるのでしょうか。

これはまだ机上の空論の域を出ませんが、例えば熱が加わると青から赤に色が変わる材料を使って壁をつくれば、火災が発生したときに壁の色が変化し、危険な状態が可視化できるようになるのではないかと考えています。そこまでダイナミックに色が変わるものはまだできていないので今の段

階では夢物語ですが、最終的にはそういうものを実現したいと考えています。

——先ほど発光性と液晶性を兼ね備えた材料とおっしゃいましたが、現状でそういう材料は世の中にはないのですか。

あります。しかし、現在報告されているものは発光性を示す分子と液晶性を示す分子を連結した構造で、分子量や分子のサイズも大型です。そのため、それぞれの分子を個別に設計・合成する必要があり、工程が複雑になります。それに対して、私たちが開発している材料はずっとコンパクトな分子構造で、合成プロセスも従来のものに比べて短工程化できます。こうした特性はもちろん、生産コストの低減につながります。

発光性と液晶性の両立が難点

——この研究でいちばんご苦労されているのはどのようなところですか。

やはり分子設計ですね。発光性と液晶性の両方を実現できるかどうかは、実際に合成してみなければ確認できません。一般的に温度が高くなると発光は弱くなるのですが、液晶性を保つにはある程度の温度が必要になります。このトレードオフの関係が壁になります。温度を上げても発光が強く、液晶性も現れる。そういう分子設計を今、研究しているところです。

——実際に手を動かしている学生さんたちも、毎日悩みながら取り組んでいるという感じですか。

そうですね、そうあってほしいと思います。

——研究の進み具合をもう少しスピードアップさせようとしたら、必要なのは資金ですか、人材ですか。

やはり人です。学生とか研究員とか、とにかく人手が足りません。もちろん資金的にも不足していますが…。

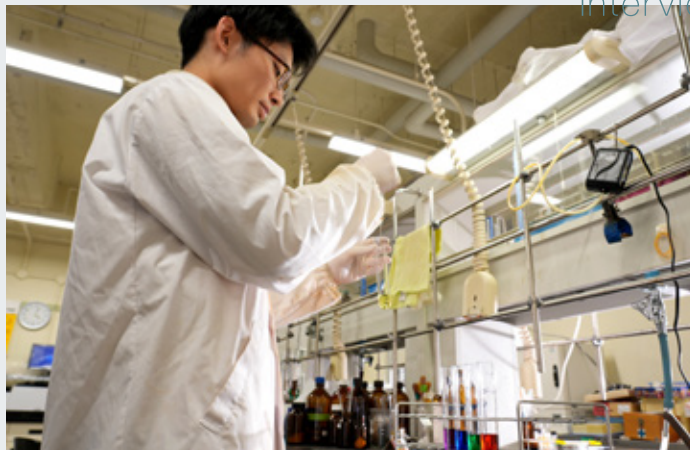
——分子設計でも、上手、下手の違い



山田重之教授（写真中央、左から4番目）と研究室の皆さん



偏光顕微鏡を用いて液晶相の配列状態を観察し、得られた画像を見ながら学生と議論することも



合成した色素化合物がどのような色を示すかを確認する

はあるのですか。

あると思います。ただそれはテクニックの差ではなく、経験の差だと思います。合成や分子設計には長い歴史があり、教科書に書いてあるとおりにやればある程度のことはできます。しかし、私たちがつくろうとしているのはまだ世の中になくもので、教科書どおりにやっても進まない状況のほうが圧倒的に多いわけです。そこで、自分が経験で得たノウハウが効いてきます。

想定外の結果も歓迎

——その経験とは、成功と失敗、どちらが大事でしょうか。

そうですね。失敗の経験はとても大事です。こういうことをしたら失敗するということがわかるのは、大きな進歩です。また、私たちの研究では、考えていたものと全然違うものが得られても、それが面白い機能を持っていたり、意外な使い方ができるということがあります。そういう意味でも、失敗を失敗と捉えるのではなく、得られた結果を丁寧に考察する姿勢がとても大事です。学生にも、たくさん実験をして、そのような経験を重ねると言っています。

——先生ご自身も、予想外にできたものに意外な有用性があったという

経験がおありですか。

はい。私は学位を取るまでは反応開発に取り組んでいて、結果として得られた化合物の材料特性にはあまり関心がありませんでした。反応の効率や生成物の構造、反応機構ばかりに目が向いていたんですね。ところが、材料化学の研究に触れたことで視点が変わり、改めて思い返してみると、当時得られていた化合物が材料として役に立ちそうだということに気がついたんです。

——どんなことに役に立ちそうだったのですか。

アゾ色素に代表されるように固体状態で着色した化合物ができ、染料などに活用できそうだと思います。これがきっかけでその研究も手がけるようになり、最近、論文にしています。

興味が探究心につながる

——ご自分の研究室を持つようになって1年が経過しましたが、どのような方針で運営されているのですか。

研究については、学生ができる限り自由に研究に取り組める環境づくりを重視しています。あまり大きな声では言えませんが、個人的にはアングラ研究もどんどんやってほしいと思っています。自分が本当に興味のあることなら探求

心につながるので、一生懸命取り組むようになるでしょうし、一生懸命取り組んだらますます面白くなるはずです。

——先生ご自身は専門以外のことだと何に興味がおありですか。

私はこれまで、液晶の中でも主に化学的な側面に着目して研究を進めてきましたが、液晶には物理的・光学的側面などさまざまな側面があります。実は私、これまで物理にはさほど興味がなかったのですが、液晶材料の研究に取り組むようになったおかげで物理にも興味を持つようになりました。今、近隣の大学の物理を専門にされている先生とも、液晶について一緒に仕事をしています。

——先生は、液晶研究の面白さをどのようなところに感じていますか。

液晶分子の並び方にはさまざまな種類があり、同じ方向に並んでいるものもあれば、分子が層状になっているものもあります。そして、その並び方は、温度や濃度などで可逆的にコントロールすることができます。つまり、ある程度自由に分子の並び方をコントロールでき、それが機能にどう結びつくのか知るところに一つの面白さがあると思います。その結果、優れた機能を持つ材料を自由に制御できるようになればハッピーです。