

社会実装を目指し 機能性色素を創出

刺激によって色が変わったりする機能性色素の研究に取り組む大山陽介さん。
社会実装してこそ価値があると考え、つねに実用化を視野に入れているという。

広島大学
大学院先進理工系科学研究科
先進理工系科学専攻
応用化学プログラム 教授

大山陽介

おおよま・ようすけ 1977年、香川県生まれ。高知大学理学部化学科卒業。同大学院理学研究科応用理学専攻博士後期課程修了、理学博士。修士課程修了後、1年間、民間企業に勤務した後、日本学術振興会特別研究員、広島大学大学院工学研究科助教、ドイツ・IFWドレスデン訪問研究員を経て、広島大学大学院工学研究科准教授に就任。2017年4月より現職。高知大学の学部生だった頃は「遊び倒した」というが、修士課程に進学すると後輩に質問される機会が増え、それがきっかけで勉強が楽しくなったという。今も平日は深夜0時ごろまで大学にすることが多い。

[第30,36回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞]

日本生まれの学術用語

——先生の研究室は機能性色素化学研究室という名称ですが、機能性色素とはどういうものでしょうか。

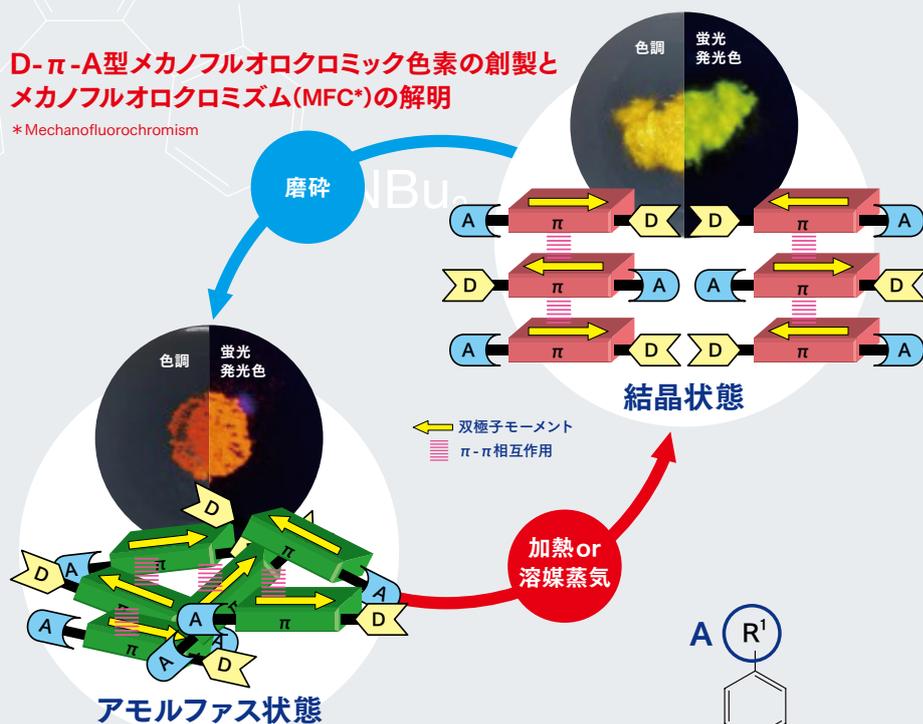
顔料とか染料のようにただ塗ったり染めたりするものとは違い、光とか熱、あるいは機械的な圧力や磨砕といった外部刺激を受けると、色が変わるなど、何らかの機能を発現する色素です。別の刺激を与えると元の色に戻るといった機能もあります。実用化されているものでは、温度の変化を受けて色が変わるサーモクロミック色素があります。有機ELディスプレイに使われている有機発光ダイオードも機能性色素の範疇に入ると考えられます。

——機能性色素という学術用語は日本で生まれたそうですね。

はい、1970年代に大阪府立大

D- π -A型メカノフルオロクロミック色素の創製とメカノフルオロクロミズム(MFC*)の解明

*Mechanofluorochromism

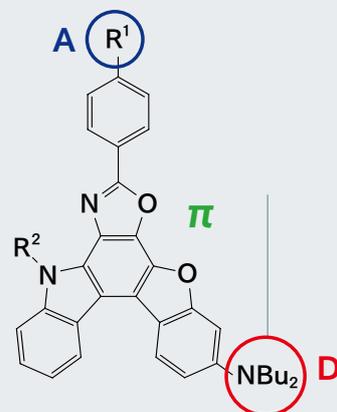


学の北尾梯次郎先生たちが機能性色素という学術用語を用いるようになり、今「Functional Dye」という言葉は世界中で通用します。第1回の機能性色素の国際会議も日本で開かれました。日本がリードして発展してきた学問領域といってもいいでしょう。

——機能性色素について研究されるようになったきっかけは？

高知大学の学部生だったときの指導教員の影響です。その方が北尾先生のお弟子さんだったことから私も興味を持つようになりました。今も北尾先生の弟子筋にあたる大阪府大の八木繁幸先生と親しくさせていただいています。2人で機能性色素を盛り上げようと、

- 1a: R¹=CN, R²=H
- 1b: R¹=CN, R²=n-butyl
- 1c: R¹=CN, R²=benzyl
- 1d: R¹=CN, R²=5-nonyl
- 2a: R¹=COOMe, R²=H
- 3a: R¹=COOH, R²=H
- 4a: R¹=H, R²=H
- 5a: R¹=t-Bu, R²=H



最近「Progress in the Science of Functional Dyes」を共編で出版したところです。

偶然発見したもの

——研究室のホームページには「新しい機能性色素を創出するのがミッション」と記されています。これまでどんな機能性色素を創出されてきましたか。

松籟財団の助成をいただいたと



合成した蛍光性色素のUVランプ照射下での発光特性



新しい機能性色素の合成方法について学生とディスカッション

きの研究テーマだったメカノフルオロクロミック色素は私が開発した機能性色素です。メカノは機械的な刺激、フルオロは蛍光、クロミックは色が変わるという意味です。ちょっとした力でこすると、蛍光発光色の色が変わります。一定の温度で加熱すると元の色に戻るので、何度でも繰り返し使うことができます。この機能を利用すると、例えばペンのようなもので表面をこすればそこだけ色が変わるので、文字や絵を描くことができます。そのあと熱をかければ元の色に戻りますから、書き込み消去型のディスプレイなどに使えるかもしれません。元の色をゼロとし、刺激を与えて変わった色を1とすれば、デジタル信号としての用途でも使える可能性があります。でも実はこれ、偶然見つけたものなんです。

——いつ頃のことですか。

2005年にこの大学に赴任したときのことです。ある学生がよく光る色素を合成して純度を上げ、きれいな結晶を作成しました。ところがその結晶を薬さじで集めて瓶に移そうとしたとき、薬さじが当たったところだけ色が変わったんです。その学生は有機化学の知識があまりなかったので、化合物が壊れたと思ってもう1回つくりなおすと私にいいました。でも、その程度のことです。

は切れたりしませんから、これはクロミック現象だと考えて熱をかけてみたら、元の色に戻ったんですよ。それでなぜそういう現象が起きるのか調べ、機械的な刺激を与えるときれいに並んでいる結晶がアモルファス（無秩序）状態になることがわかりました。しかも熱をかけると分子の配列が変わって元の色に戻る。それで分子の双極子モーメントに一定の値を持たせてやれば同じ現象が発現することを突き止めたんです。

——その学生さんのミス(?)から新しい機能性色素として発表するまで、どれくらいの時間がかかりましたか。

その頃は毎日夜中の2時、3時まで研究していましたが、それでも1年ちょっとはかかりました。

アンテナを張って嗅覚を養う

——新しい機能性色素はどういう方法で創出するのでしょうか。

世の中にない骨格でつくるということを前提に、まず私がデザインして「こんなものをつくりたい」と学生に伝えて合成方法を指示します。でもたいていはうまくいきません。なかなかうまくいかない自分です。いろいろと調べる学生もいます。

私はディスカッションを重視していて、学生とはよく話し合いま

すが、そのあとしばらくは放っておきます。それは「学生自身からアイデアが出るように」と思っているからです。

——それは研究のためであると同時に教育のためでもあるということですか。

そうですね。あとは、私一人のアイデアでは限られていると思うからです。学生は時々とんでもなく面白いアイデアを出してくる場合があります。実際は100回に1回くらいですが、それを見逃さないようにすることが大事だと思っています。

——見逃さないようにするコツはあるのでしょうか。

嗅覚が大事だと思っています。そして嗅覚は養うことができるとも思っています。いろいろなところにアンテナを張り、自分とは異なる研究分野の情報も知っておく。そうすると、これは面白そうだと鼻が利くようになってきます。

——先生はどんなところにアンテナを張っているのですか。

美術館に行って絵や彫刻を見て、分子のイメージを考えたりすることもあります。化学とはまったく関係ないものにも関心を持ち、化学的な視点で見るともありません。あるときは、水を見分けたいと思ったことがきっかけで、ある色素を開発できたこともありました。有機溶媒をはじめとして、液体に

は無色透明なものが多いですね。だから複数の液体があったとき、どれが水なのか見ただけではわかりません。どうすればわかるようになるだろうと考えて、水だけに反応する色素を開発したらいいのでは、というアイデアから生まれました。

——**蛍光性水センサーのことですね。それは社会実装されるとしたらどんな用途が考えられますか。**

くしゃみをしたときに出る飛沫は、約90%が水分です。だからこの水センサーをテーブルや壁に塗っておけば、ブラックライトを当てると、くしゃみの飛沫がどこに飛んだか確実にわかり、そこだけ集中的に除菌することができますようになります。すでに、フィルム化することで水が当たった瞬間に光り、繰り返し使えるいいものがあります。例えば、紙おむつにこの色素を練り込んでおけば、尿が出ているかを外からみただけで判断できるようになります。建築物やトンネルの壁に塗っておけば、水漏れの位置が正確にわかるようになるでしょう。

医療用色素も研究

——**病気の治療に使える色素も研究していらっしゃるそうですね。**

すでに皮膚がんの治療などにはポルフィリンという色素が使われています。しかしこの色素は代謝が悪く、体内に長く滞留していると正常な細胞にも害を与える問題があります。なので、これに代わる治療用の色素が望まれています。私もそれを研究していますが、医療用の色素の開発はハードルが高く苦戦しています。私たちは今、失敗したデータを集めて、他の研究者の方々に向けて発信しています。失敗したという経験は一つの成果だと思います。そういう意味では、研究に失敗はないともいえ

ます。

——**最近SDGs（持続可能な開発目標）に資する機能性色素の開発にも力を入れておられるそうですね。**

人生100年時代といわれていますが、100歳まで長生きするのなら健康な状態で生きていきたいですよね。そういう方向で色素を役に立てたいと考えています。がん治療用の色素もそうした発想から取り組み始めたものです。機能性色素は社会実装されてこそ価値があるものです。基礎をしっかりと研究したうえで世の中に具現化していくことが重要です。

先細りが懸念される研究環境

——**研究室を立ち上げたときはいろいろな分野の人を集めたとお聞きしていますが、それはなぜですか。**

一つは先ほどお話しした、いろいろなところにアンテナを張るのが目的です。だから准教授には熱電変換のデバイス系が専門の人、助教には高分子が専門の人を迎えました。実は、私は高分子の知識がまったくないんです（笑）。高知大学の理学部には高分子の講義がなかったんですよ。これもい

ろいろな分野の人を集めた理由の一つです。水センサーをフィルム化するには高分子の知見が欠かせませんからね。

——**今後の目標やプランはいかがですか。**

非常に悩ましいご質問ですね（笑）。定年までの20年足らずで何ができるのか、模索しています。機能性色素の基礎的な研究はしっかりやらなければいけません、一方で社会実装も実現したい。でも、少子化でこれからは学生の数も減っていくでしょうし、教員もスタッフもどんどん減っています。そういう意味で研究環境は先細りしていますから、何かを捨てなければいけないのかなと思い悩んでいます。

——**研究環境ということであれば、コロナ禍の影響はいかがですか。**

学生とのコミュニケーションが減ってしまいました。飲み会ができなくなったのは致命的ですね（笑）。今の学部2年生は友達ができないといっていますし、メンタルをやられる学生もけっこういます。ただ、学部の授業はもう90%以上対面に戻っています。でも大学院は今もオンライン授業がメインです。院生には、オンラインのほうがわかりやすいと好評です。



大山陽介教授（右から6番目）と研究室の皆さん ※写真撮影時のみマスクを外しました