

有機フッ素化学 研究室

フッ素の特性を
最大限に活用し
新たな機能材料の
創製を目指す



山田重之 準教授
[分子化学系]

[経歴]
2008年09月-
ミュンヘン大学 アレキサンダー・フォン・
ブンボルトフェロー

2010年09月-
京都大学 博士研究員

2011年04月-
東京農工大学 産学官連携研究員

2014年04月-
立命館大学 特任助教

2016年04月-
京都工芸繊維大学 助教

2019年01月-
京都工芸繊維大学 準教授

[研究分野]
有機フッ素分子、液晶、フォトルミネッセンス、
エレクトロルミネッセンス、発光性高分子



[研究概要]
全元素で最大の電気陰性度を持ち、
強いC-F結合を形成するフッ素原子。
そのフッ素原子を機能分子に導入することで、
高い熱安定性や化学安定性を付与した
新規な機能材料の創製に貢献できます。
本研究ではフッ素原子の性質を活用し、
電子密度と分子凝集構造の精密制御に起因する
高機能分子の創製を目指しています。

元素記号F、原子番号9の元素である「フッ素」。

歯磨き粉のパッケージなどでもよく目にする

なじみのある元素ですが、まだまだ未知数の可能性を秘めた

非常に魅力的な研究対象であると山田重之先生は言います。

どのようなフッ素化学研究が行われているのか、お話を伺いました。

他の元素にはない特徴を持つ

「フッ素」の魅力と重要性

「有機フッ素化学に特化した近畿圏内唯一の国立大研究室」。それが、今回紹介する有機フッ素化学研究室のキャッチコピーです。いつたいどのような研究に取り組んでいるのか、山田重之先生にお話を伺いました。そもそも、先生が着目されているフッ素とは、どのような元素なのでしょうか。山田先生は次のように教えてくれました。「私たちは有機フッ素化合物を研究対象として扱っているのですが、それはなぜかというと、数ある原子の中でも、フッ素は他の原子にはない特徴を持っているからです。有機化合物をつくるにあたり、炭素・水素・酸素・硫黄・リンなど、他の原子を使っても出せない性質を付与できるのがフッ素なのです。例えば、フッ素原子は全ての原子の中で最大の電気陰性度を持ち、電子を引っ張る力が最も強くなっています。そして、原子サイズが水素原子に次いで小さい点も特徴です。その性質は薬品開発などに生かされています。薬にフッ素を組み込むと、通常は代謝されてしまうものが、体が水素とフッ素を見分けることができず、代謝を阻害するという効果があります。他にもフッ素の特徴を利用した画期的なものとして、テフロン加工として知られていますが、焦げないフライパンが挙げられます。建物の外壁塗装に用い、雨風の汚れを防止することも可能です。このようにサイズや電気陰性度など、他の原子と比べて特異な性質を持つことから、フッ素は材料や薬品への応用が期待されており、非常に重要な研究分野であるといえます」

有機フッ素化合物を用いて
さまざまな機能材料を開発

すでにさまざまな用途で活用されているフッ素化合物。そのさらなる可能性を見いだそうと、山田先生たちは研究を展開しています。研究室の活動内容について伺うと、次のように説明してくれました。「私は大学時代もこの研究室に所属しており、当時は有機合成における合成反応の開発について研究していました。実は、フッ素の入った化合物というのは、自然界には

ほんの10種類あるかないかというほど希少なもの。つまり、今までに開発してきたフッ素の薬品やテフロン加工も、まずはフッ素の入った化合物の合成法が確立された上で、その応用から生まれてきたものなのです。そこで、以前からの研究室の軸として『フッ素化合物の合成法の開発』があり、このテーマについては今野勉先生が中心に担当されています。一方で、私は2016年に教員としてこの研究室に戻ってきてから、実際の化合物の合成とその応用、機能材料の創製を主な研究テーマとしています。これら二つの軸で、有機フッ素化学研究室は活動を行っています」

現在、力を入れている研究内容についても教えていただきました。「一つは、有機フッ素化合物を用いた発光材料の開発です。将来的には、例えれば有機ELディスプレイに使えるような発光材料をつくり出したいと考えています」と山田先生。「発光材料とは、何かエネルギーを与えられた時に、光を放出する機能を持った材料のこと。分子がエネルギーを受け取ると活性化された状態（励起状態）になり、余分なエネルギーを光として放出して元の状態に戻る、これが発光の仕組みです。そこで重要なのが分子構造で、詳しく言うと二重結合のπ電子をたくさん持った分子をつくってあげれば、光らせることができます。私たちがフッ素を導入することで分子の並び方をコントロールし、より優れた発光特性を持つ材料の創出を目指しています」。これまでの研究では、光エネルギーを与えて発光させることに成功。次は電気エネルギーによる発光に向けて、さらなる研究を進めていくといいます。有機フッ素化合物を用いた発光材料が実現した場合、どのようなメリットがあるのでしょうか。「現状利用されている発光材料には希少金属（レアメタル）が使われており、中には毒性を持ったものもあります。私たちが提案する材料ではそれらを排除できるので、そこが一つのアドバンテージといえます。安全性の向上・製造コストの低減には期待が持てると思います」

他に注力するテーマとして、先生は液晶材料の研究についても紹介してくれました。「液晶と聞くと液晶ディスプレイがまず頭に浮かぶと思いますが、その仕組みはご存知でしょうか。画面の後ろから光が放出されていて、その手前



Fig.1——指導においては、学生たちの思考の過程を重視



Fig.2——偏光顕微鏡による液晶の観察

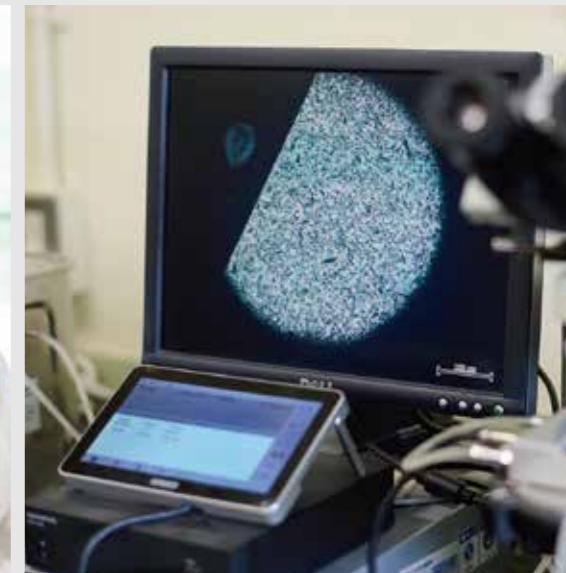


Fig.3——画面に映し出された液晶分子

にある液晶分子の並び方を電気信号で制御し、光の通り方をコントロールすることで、ディスプレイの表面に映像を投影しているのです。一言で言うと、液晶分子は分子の並び方を外部刺激によってコントロールできる点に特徴があります。先ほど、発光材料の発光特性を決めるポイントは分子の並び方だとお話ししましたが、

その分子の並び方を変化させるための道具として液晶に興味を持っています。今は、液晶と発光という両方の性質を併せ持つ複合機能材料の開発にも挑戦中です」

また、さらなる展開として「色素」にも着目していると先生はいいます。「色もまた、分子の

並び方によって変わってきます。液晶の性質と色素の性質を併存させることで、与えるエネルギー量によって窓の色が変わる調光ガラスなどを実現できるのではと考えています」

この研究室ならではの強みを生かし
誰もが驚く成果を発信していきたい

フッ素という魅力ある元素を題材に、どんどんと広がり続ける山田先生の研究。最後に、この研究の妙味と、今後の展望について語っていました。

「自分たちの望み通りに分子を設計してつくる

テクニックは、何物にも代えがたい貴重なもので、それはこの研究室だけでなく、分子化学デザインコース、物質合成化学専攻全般にいえる醍醐味だと思います。あとは、分子にフッ素を入れると化学反応の反応性が大きく変わるので、通常の有機合成の化学者が『簡単にできるだろう』と思う化合物でも、なかなかうまくいかないパターンは多々あります。その点、この研究室にはこれまでの独自の蓄積があり、フッ素の入った化合物を自在につくれる強みがあります。この場所でもっと研究を重ね、フッ素を使うからこそ実現できる、誰もがあつと驚くようなものをつくり出していくたいと思います」