

## 中 裕美子 研究室

理学部第二部 化学科 准教授

なか ゆ み こ  
中 裕美子 先生



研究室メンバー

## 新機能・高性能化を目指し 高分子の分子設計・合成を行う

中裕美子先生は、高分子化学・光化学を基軸として機能性材料の研究を行っている。機能性材料とは、光応答性、撥水性などの何らかの機能を持つ素材のことであり、研究室では新機能の発現・高性能化を目指し、低分子や高分子の分子設計・合成から物性評価までを一貫して行う。

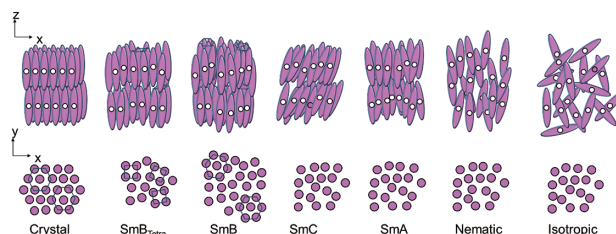
この分子設計・合成においては、分子の化学構造からその物性を予測することは難しく、予想とは異なる性質を示すこともあるが、中先生は「予想外の結果にこそ価値があり、新しい研究の可能性が秘められているのです」と話す。

### 低次の液晶相を示すビオロゲンを開発

中先生が進める研究の一つに、液晶性ビオロゲンの開発がある。

液晶は、結晶のような規則性と液体のような流動性を併せ持つ物質であり、電圧や磁力などにより簡単に分子が動き、光の通し方が変化するという特性から、ディスプレイのスイッチング材料として使用されている。一方、ビオロゲンは電界印加で誘発される酸化還元反応によって色相変化する分子として知られ、調光材料や太陽電池などに使用されている。

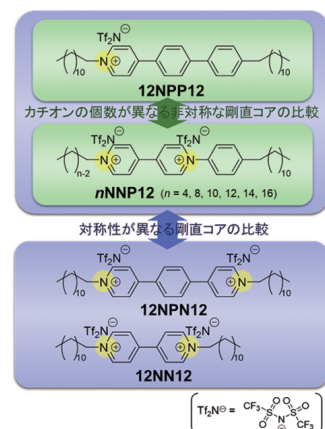
一般的な液晶分子は非イオン性分子であり、イオン性分子であるビオロゲンは必ずしも液晶相を形成しやすい分子ではないが、ビオロゲンに液晶性を付与することができれば、ホログラム材料などへの応用展開が期待できる。また、ビオロゲンの液晶性に関する報告はいくつかあるが、そのほとんどが規則性の高い液晶



【図1】液晶相の分類

相で、発現温度も高いものであった。

中先生らは、室温で規則性の低い液晶相を示すビオロゲンを開発することに成功。イオン結合部位の個数と導入位置による剛直なコア部分の非対称性が、液晶相の種類と温度に大きく影響を与えていることを明らかにした。

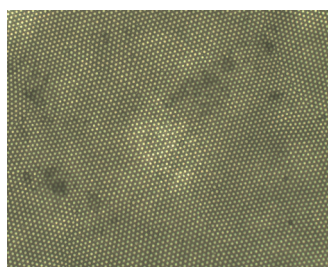


【図2】低次液晶相を示すビオロゲンの開発の研究で合成したビオロゲンの化学構造

### 偶然から生まれた規則性の高い多孔質フィルム

もう一つの研究が、液晶性高分子がつくる規則的多孔質フィルムの研究である。

多孔質フィルムを作製する方法の一つに、Breath figure 法という手法がある。これは、水と混ざりにくい有機溶媒に高分子を溶解し、高湿度下でフィルムを作製する方法で、この手法で作製されたフィルムには、



【図3】規則性の高い多孔質フィルム

水滴が鋳型となることで表面に数  $\mu\text{m}$  レベルの空孔が規則的に並ぶ構造が形成される。

多孔質フィルムは、作製方法は極めて簡単であるが、そのメカニズムは複雑で、高分子

溶液、温度、湿度などの条件が常に影響する。また、高分子の化学構造が変われば溶液の性質も変化するため、どんな高分子でも規則性の高いフィルムが得られるというわけではない。中研究室で、ある液晶性高分子が規則性の高い多孔質フィルムを形成することを発見したのは偶然の出来事だった。

「夏の蒸し暑い日に、ある高分子溶液をガラス基板上に滴下して乾燥させ、フィルムをつくらうとしました。完成したフィルムを少し斜めから見ると虹色に見えたのです。これは光が波長ごとに分かれていることを意味します。つまり、フィルムの中にサブ  $\mu\text{m}$  単位（可視光の波長）の規則的な周期があるということです。そこで、顕微鏡で見てみると、規則性の高い構造が形成されていました」と中先生は振り返る。

この偶然からスタートした研究では、Breath figure 法で規則構造を形成することが分かっている液晶性高分子を軸として、系統的に分子を合成した。そして、極性部位を有する疎水性高分子が適していることを突き止めたのである。

### 強靱な高分子のメカニズムを 物理学との共同により追究

今、中先生が最も力を入れているのは、強靱な高分子のメカニズムの解明である。この高分子も、光応答性材料の開発を進める中で期せずして見つかった。

「ある日、学生が気泡だらけで一見失敗作に見えるフィルムを持って来ました。すぐに裂けてしまうだろうと思いながら引っ張ってみると、意外なほどよく伸びたのです」と中先生。

偶然の発見からスタートしたこの研究は現在、物理学の専門家との共同研究により、この高分子内の分子の動きを詳細に観察し、なぜ優れた強靱性を示すのかを解明しようとしている。

### 高分子化学の難しさとその魅力

高分子化学には、低分子とは異なる複雑さがある。

薬学などで扱われる低分子化合物の場合、特定の化学構造が特定の効果を示すという比較的明確な関係があるが、高分子の世界では、同じ繰り返し単位を持つ分子であってもその長さや分岐の度合い、分子間の絡み合いによって、硬さや軟らかさなどといった物性が大きく変わってしまう。さらに、高分子の合成においては分子量の制御が難しく、100 個の繰り返し単位を目標にしたとしても、実際には様々な長さの高分子が混在して生成される。加えて、合成の過程で意図しない分岐が生じることもあり、これらの要因全てが組み合わさって、最終的な物性が決まるのである。

こうした、物性を予測できないという難しさがある一方で、中先生は「予想外の結果は、過去に類似の事象がなかったことを意味しており、それゆえに科学的価値が高いのです。予想通りの結果が出ないことで落ち込んで相談にくる学生もいるのですが、そういう時は『儲けもんだよ!』と伝えています」と話す。

偶然の発見を見逃さず新しい研究に発展させる力にこそ大きな意味があり、そうした中先生の思いは学生にも確実に伝わっている。

### コミュニケーションの絶えない中研究室

中研究室が発足したのは 2016 年。現在は修士 2 年が 4 名、修士 1 年が 4 名、学部 4 年が 6 名所属している。毎週実施しているゼミでは、それぞれの学生が研究の進捗を報告し、意見交換を行う。

修士 2 年の伊藤航平さんは、「私は液晶高分子をデザインして作る研究をしていて、将来は書き換えができるホログラムを作りたいと考えています。お札のホログラムは偽造防止のために書き換えできませんが、私が目指すのは、例えば 3D テレビのように映像が切り替えられるホログラムです。そういったものに应用できる高分子を作り出そうとしています」と説明する。

また、学部 4 年の松林佑佳さんは研究の面白さについて「未知のものを扱うので、失敗も成功も、その原因が分かりません。しかし、分からないというのは、これまでの常識を覆すかもしれないということ。常識とされていたことが実は間違っているかもしれない。研究を通してその真偽が分かるという点が魅力です」と話す。

伊藤さんと松林さんは、「中研究室はコミュニケーションが絶えない研究室です。先生との距離感も近く、気軽に相談ができ、どんな相談事にも真摯に答えてくれます」と声を揃えた。

井手 真梨子（株式会社ジェイクリエイト）