

美しい構造の 分子を追い求めて

役に立たなくてもいいから、構造的に美しい分子の合成を目指す。
そんな研究もありとされるのが、
アカデミックの世界の懐の深さだと、雨夜徹さんはいう。

名古屋市立大学
大学院理学研究科 教授

雨夜 徹

あまや・とおる 1976年、愛知県生まれ。東京工業大学工学部化学工学科卒業。同大学院理工学研究科博士課程修了。博士（工学）。米国スクリプス研究所博士研究員、大阪大学大学院工学研究科応用化学専攻助手、助教、講師、准教授を経て2021年4月より現職。米国スクリプス研究所での経験から「研究は自己表現」と考えるようになった。「学生は学生のペースで研究を楽しむことが大事。研究を通して着実に成長できる、そんな場を提供したいですね」と語る。

[第36回 松籟科学技術振興財団研究助成受賞]

未知の分子を生み出す研究

——2021年に名古屋市立大学に
来られて研究室を立ち上げられま
したが、どういうテーマの研究をさ
れているのでしょうか。

私の専門は有機化学で、この世
にない新しい分子を設計・合成す
る「分子レベルのものづくり」に
取り組んでいます。テーマは2つ
あり、1つはユニークで面白い構
造の π 共役系分子の合成です。そ
してもう1つは導電性高分子の合
成で、こちらは企業と共同研究を
行っています。

私としては、今は面白い構造の
分子を合成する研究をメインに考
えています。これが最近でいちば
ん自慢の分子でして、スピロピフ
ルオレンという分子を3つつなが
た分子になります（そういいなが
ら右上の分子構造模型を見せる）。

有機化学の世界では、「構造美
に機能が宿る」というケースがよ
くあります。例えばサッカーボー
ルの形をしたフラーレンという分



S字型 *p*-オリゴフェニル分子
の模型。2本のS字鎖が互いに
支え合い構造を保っている

子は、ナノテク材料としてもは
やされていますが、もともとそう
いう機能を想定してつくられたの
ではなく、分子の形が面白いとい
うところから研究が始まっていま
す。つくれるようになって、その
後調べてみたら、さまざまな機能
が見つかった、という順番です。
この分子も今は、直接的に社会へ
の有用性がある機能は見つかって
いませんが、後から何らかの機能
が見つかる可能性はあります。

——いつ頃からそのようなテーマで研
究をされるようになったのですか。

博士課程の学生時代から自由に
研究させてもらっていたので、当
時から分子設計の可能性を感じて
いました。ただ、大きなきっかけ
となったのは、ポスドクとして
2003年にアメリカのスクリプス
研究所に留学したことでした。こ
の研究所は世界最大の民間の非営
利生物医学研究組織で、私はジュ
リアス・レバック先生の研究室に

所属していました。

レバック先生は、自己組織化分
子カプセルの研究で著名な方です。
外界から閉ざされたカプセルの中
では、普通では考えられないよう
な化学現象が起きることがありま
す。先生はそういうカプセルをい
ろいろ開発されていますが、そこ
で合成した分子はすぐに役に立つ
実用的なものではありません。

レバック先生はベンチャー企業
も立ち上げていて、そちらでは社
会に直接役立つものを研究開発さ
れていましたが、スクリプス研究
所での研究に関しては直接的な社
会への有用性ということあまり考
えられていないように見受けられ
ました。

「遊び」のような研究の魅力

——アメリカの研究所に留学した目
的は何だったのでしょうか。

大学院で博士号を取った後はアカデミアで働くことを決めていましたが、その前に有機化学に関する自分の力が海外でどれくらい通用するかを知りたかったんです。単純に海外への憧れもありましたが、

——それまでは何かの役に立つものを開発しようと言われていたのですか。

はい。学生時代のメインテーマは、グルコースがつながった糖鎖の有機合成によるライブラリー構築に関する研究でした。これが稲の「いもち病」に効く、環境にとってもやさしい農薬になるのではないかと期待があり、毎日取り組んでいたのです。

——そういう考え方が、レベック先生との出会いで変わったのですか。

はい。レベック先生から「アキラルな内部空間を持つカプセルの外側にキラルな側鎖を取り付けたらアキラルなゲストは非対称化されるはずだから、実験で証明してみろ」という課題を与えられたので、私はステロイドというキラル分子を使った実験をして非対称化することを実証して、論文を書きました。するとその論文が『Journal of the American Chemical Society (米国化学会誌)』に掲載されたんです。

実験で合成した分子は実用性のないものでしたし、証明した内容もすぐに何かの役に立つようなものではありません。しかし、そんな論文が世界最高峰のジャーナル

で評価されたことに、アカデミックの世界の懐の深さを感じました。また、このように分子を合成して「遊ぶ」かのような研究を、心から楽しんでいる自分に気づいたのです。

難易度の高い合成に挑戦

——留学の後は東京工業大学から大阪大学に移られましたね。

大阪大学ではいろいろな研究をさせてもらいましたが、その1つがサッカーボール型のフラレンの部分構造で示されるお椀型分子「スマネン」の研究です。これはもともとインドの研究者が名付けた分子ですが、世界で初めてその合成に成功したのは大阪大学の平尾俊一研究室で当時准教授をされていた櫻井英博先生です。このときは先生の論文が『Science (科学雑誌)』誌に掲載されました。すごい快挙ですが、実はこのスマネンもすぐに何かに使えるというものではありません。

——スマネンの構造美には機能が宿っていなかったということですか。

私は櫻井先生から引き継ぐ形でスマネンの研究をさせていただきました。スマネンの面白い特徴をいくつも見つけることはできたものの、社会に直接的に役立つ機能はまだ見つけられていません。しかし、こういうインパクトのある分子が合成されたら世界中が巻き

込まれて1つの分野が築かれていくことがよくわかりました。

——スマネンのこういった点が「インパクト」を与えたのでしょうか。

いろいろな視点があると思いますが、私は有機合成化学者なので、合成の難しさを1つのポイントと考えています。スマネンはベンゼン環が歪んでいるため合成がとても難しく、そこがチャレンジングなのです。しかし、合成法を工夫すれば合成できるとわかったことで、この分野の研究が大いに進みました。

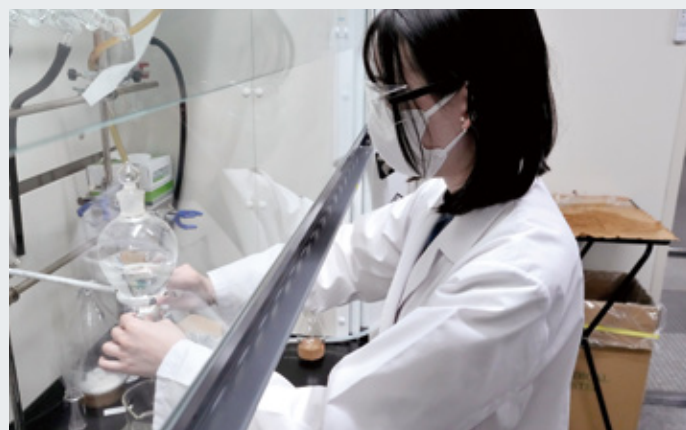
私の出世作の1つになったS字型分子も、合成が非常に難しいと予想される高ひずみ分子でした。ベンゼン環をつなげてS字型にした分子です。ベンゼン環をつなげたものをS字型に曲げるのは容易ではないので、これを合成するために、スピロビフルオレンというX字型のユニットを連結させることを考えました。そうすると2本のS字型構造を持つものができます。この2本の鎖は歪んでいますが、互いに支え合う形で構造を保つことができるのです。このX字型のユニットをどんどんくっつけていけば面白いものがザクザク出てくることに気づいたため、今はこの研究に注力しています。

——実際、ザクザク出てきているのですか。

出てきていますよ。例えば、スピロビフルオレンを環状に連結し



圧力調整器付きのロータリーエバポレーターを使って溶媒を留去している



合成実験室にて、分液漏斗を使った抽出実験を行う

た分子も合成しましたが、このような構造の分子はそれまで報告例がなかったものです。そのほかにもありますが、まだ発表していないものが多いので、ここで話することは控えます。

企業との研究で社会貢献

—しかし、スマネンも今のところ、社会貢献という観点においては特別な機能は見つかっていないんですね。合成が難しい新しい分子をつくっても、それが何の役にも立たないということがありうるわけですか。

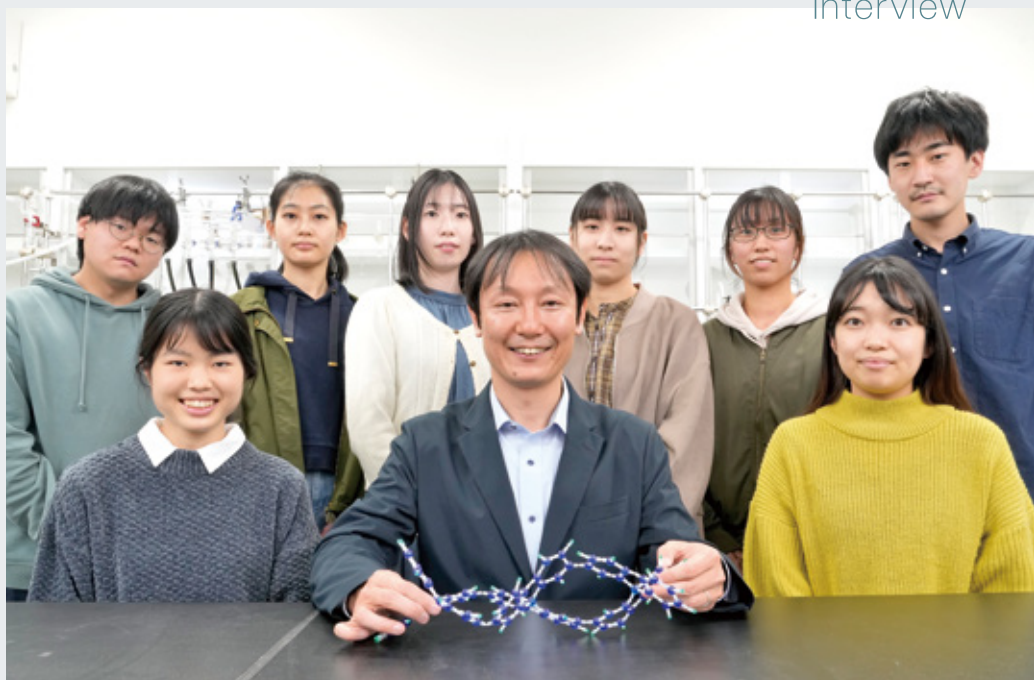
もちろん、あります。でも、私はそういう研究を受け入れるアカデミックの世界の空気感がとても好きです。

—近年はアカデミックな基礎研究にも、社会的な還元を求める風潮が強くなっています。

自分のつくった化合物が社会の役に立ったらうれしいという気持ちは、私の中にもあります。導電性高分子の研究はそうしたモチベーションで取り組んでいるもので、松籟財団の助成をいただいた「n型導電性高分子を指向したロタキサン型ポリアニリンの開発」もその1つです。

—その研究は現在も続けておられるのでしょうか。

今はストップしています。というのも、名古屋市立大学に来て自分の研究室を立ち上げたときは、私と学生1人しかいなかったんです。日本の大学の研究室は、教授のほかに准教授や助教もいるのが一般的ですが、本学の理学研究科はアメリカンスタイル（Principal Investigator制）で私の研究室には准教授や助教がいません。だから戦力が整うまでは研究テーマを絞らざるをえませんでした。今は学生が8人いますが、もう少し戦力が整ったらその研究もできるだ



雨夜教授（前列中央）と研究室の皆さん ※写真撮影時のみマスクを外しました

け早く再開したいと考えています。

—導電性高分子については企業との共同研究ということでしたが、共同研究の難しさはありますか。

本当は成果が出たら学会などでどんどん発表したいのですが、知的財産の問題があるため、難しいところがあります。だから学生を付けた思い切った研究がしにくい点が悩みです。しかし自分の分子が世に出て社会に貢献するという夢を実現するためには、やはり企業との共同研究が必要だと考えています。

刺激多い他分野との交流

—名古屋市立大学の研究環境についてはどう評価されますか。

名古屋市立大学の総合生命理学部は、生命という名前がついていますが、化学のほかに数学、物理学、生物学、地学、情報学を学べる理学部系の学部です。しかし、1学年の学生数はわずか43人。理学部系学部としてはたぶん、日本でいちばん小さいと思います。けれどもこの規模で、それぞれに専門の先生がいらっしゃるので、これまではほとんど交流のなかった

分野の先生方や学生たちと密に話せる機会が多く、エキサイティングな状況です。小さいことはよいことだ、ですよ。ここに来て本当によかったと思っています。これから、他分野の先生方とダイナミックな共同研究をやっていきたいと考えています。

—どのような考えで研究室を運営されていますか。

私自身がそうでしたが、研究を楽しむことが学生の成長につながると信じています。だから学生が主体的に研究できる雰囲気を大切に、自分で考えて取り組める研究室にしたいと考えています。

ただ、研究を存分に楽しむためには基礎知識が欠かせません。学生には、実験だけでなく基礎的な勉強をしっかりするようにいつもいっていて、年間を通して毎週欠かさず勉強会を開いています。そのため、私の研究室は、決して楽に乗り切れるところではないかもしれません。しかし、せっかく大学に入ったのだから思い切り研究したいという学生も確実に存在します。そういう学生を伸ばすことも私たちの大事な仕事だと思っています。