

新谷 亮教授 (2列目中央) と研究グループの皆さん

# 新たな有機合成法の確立を目指す

これまでにない分子の変換法や合成法はできないか——。

新谷亮さんはそんな発想で、新たな有機分子の設計・合成法の確立を目指している。

大阪大学  
大学院基礎工学研究科 教授

## 新谷 亮

しんたに・りょう 1976年、広島県生まれ、兵庫県育ち。京都大学理学部化学教室卒業後、米国マサチューセッツ工科大学大学院に留学し、化学科博士課程を修了して博士号を取得。帰国後、京都大学大学院理学研究科化学専攻助手・助教、東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻准教授を経て2017年4月より現職。有機化学の研究について「狙っていたものと違うものができて、実はそっちのほうが面白いということがある。それが実験の醍醐味」と語る。教授になった現在も自分で実験をしている。広島カープファン。

[第35回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞]



## 有機合成の方法には まだ開拓の余地がある

——企業であれば一般には、まずターゲットとなる物質があり、それをつくるための合成法を研究しますが、先生の場合はその逆になるのでしょうか。

そうですね、こういうものをつくりたいということよりも、今までにない分子の変換の仕方とかつなげ方のほうに、より強い興味があります。有機化学、有機合成には100年以上の歴史があり、今さら新しい合成法が必要なのかと疑問に思う方もいらっしゃるかもしれません。しかし、ある物質が必要になったり欲しかったりしたときに、上手につくる方法がないということが意外にあります。既存の方法を組み合わせれば何とかその物質にたどり着くことはできるけれど、効率がとても悪いということもあるでしょう。どうやって分子を変換していくかという課題には、まだまだ開拓の余地があるのです。

——何をつくるかということより、どうつくるかということですか。

有機化学の教科書には載っていないような反応を開発できれば面白いじゃないですか。その結果として何かの役に立つ物質が初めてできることもあるかもしれません。ただ、私自身は、必ずしも役に立つということばかりを意識してはいません。

——世の中にないものをつくるのも難しいでしょうが、世の中にない合成法をつくるのも難しそうですね。

私自身はむしろそのほうが難しいと感じています。

——そうした研究の一環で、縫合反応という新しい反応も開発されました。資料によると、この反応でキノイド型縮環オリゴシロールの合成に初めて成功したとありますが、これは世界初ということですか。

はい、そうです。ただ、それまでなかったというのは、つくりたくてもつくるができなかったからな

のか、それとも誰もつくりたいと思わなかったからなのか、研究プロジェクトのテーマを考えると、そういうことは意識するようにはしていません。すでに存在するものを改良するのでもいいですが、やはり存在しないものを新しくつくるという視点で考えます。縫合反応も、それまで存在しなかった反応を新しく開発したものです。この反応でつくったものが役に立つかどうかはその先の話です。もちろん、だからと言ってつくっておしまいということではありません。できたものの性質などは当然、調べています。

## 布を縫い合わせる ように反応させる

——縫合というのは、縫い合わせることですが、どういう反応なのですか。

比較的合成が容易な2種類の化合物を前駆体として用い、遷移金属触媒によって反応させ、一気に複数の炭素—炭素結合を形成しながら架橋

型π共役分子を構築するというものです。おっしゃる通り、2枚の布を縫い合わせるように反応させるので、縫合反応と名付けました。最初に論文発表したのは2016年で、今はこのプロセスを繰り返すことで新しい構造の高分子化合物をつくれるのではないかという研究も進めています。ある程度成果は出つつあり、繰り返してどんどんつながるようなものがつくれるようになってきています。

—先ほど、つくって終わりではなく、物性なども調べると話されましたが、できたものにはどういう特徴があるのでしょうか。

これはケイ素でつながった構造体です（下図）。別の元素で似たような構造のものもありますが、性質は明らかに違います。有機化合物は、耐久性とか安定性の面で弱いことが多いとされています。例えば有機太陽電池の分野では、効率のよさを強調した論文はたくさんありますが、一方で耐久性に問題があったりすることが多いのです。ところが縫合反応でつくった構造体も有機化合物ですが、割と安定性が高いのです。したがってそれなりの使い道があるのではないかと考えています。今、東

京工業大学の真島豊教授と共同で、導電性の単分子デバイスの研究をしています。微小な電極の間隙にフィットする有機分子を導入することで導電性のナノデバイスを作製しています。安定して動作することはすでに確認できていて、面白い現象もいくつか見つかっています。

### こんな合成ができないか考える

—なぜ縫合反応を開発することになったのですか。

合成が好きなんです。だからこんな合成ができないかということをよく考えています。あるとき、2つのもを縫い合わせるような反応ができたなら面白いなと思いつきました。そういう思いつきが最初にあったわけですから。そこからどういう分子ならできそうかということを考えていきました。その結果、こういう構造の分子が描けたわけですが、そういう分子がすでに世の中にたくさんあり、作り方も簡単であればわざわざ研究する必要はありません。ですからこういう構造が知られているかどうか調べました。有機合成というのは、1つの反応で1カ所ずつつなげてい

くのが基本になっています。2カ所、3カ所くらいなら一気につなぐ方法もあったりしますが、異なる分子の間で縫合反応のようなつなげ方ができる反応はありませんでした。

—その反応を開発するうえで難しかったのはどのような点ですか。

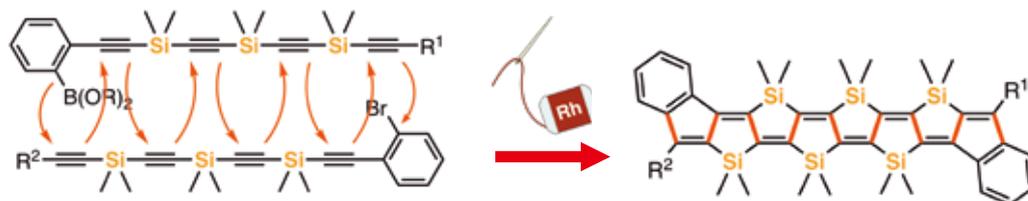
けっこういろいろありました。とくにどんな触媒を使えば縫い続けてくれるのか、というところは試行錯誤しました。文献や経験でロジウムが一番よさそうだとわかりましたが、もちろんほかの触媒金属も検討しました。ロジウムに決めてからも、いろいろ修飾すると触媒としてのパフォーマンスが変わりますから、期待通りのパフォーマンスを発現させるのにも時間がかかりました。縫い合わせる最初のところがきちんと合っていないとうまくいかないので、そこは分子のデザインも必要でした。

—そこは何度も実験を繰り返すしかないのでしょうか。

と言っても、闇雲にやるわけではありません。このプロジェクト以外にも反応をデザインする研究はいくつか手がけていますが、研究を進める際は、その実験は何を目的にする

### 縫合反応の形式とその応用

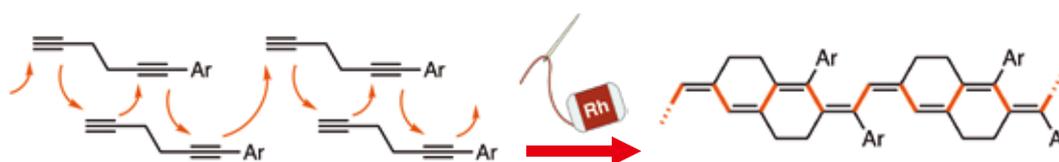
#### ロジウム触媒により2つの分子を縫い合わせて架橋型π共役化合物を一挙に合成



#### 得られる新しい有機分子

- ・ 特異な電子的性質により、分子長が伸びても高い安定性が保たれる
- ・ 単分子導電性素子として安定に動作するナノデバイスの作製も可能

#### 縫合反応を用いた高分子合成プロセス「縫合重合」



#### 従来法ではアクセスできない新しいポリマー



のかということも明確に設定して、結果はどうだったのか、仮説は正しかったのかと1つひとつ検証したうえで、次は何をすべきかを考える、そういう進め方をしています。

## 単分子レベルでの 電子的特性の発現に貢献

——新しい反応でできた分子自体、面白いものだったのですか。

こういう形の分子は、長さが長くなっていくと不安定になることが多いのですが、これは長くなっても不安定化しません。そこはほかの分子と非常に異なっていて、この分子の強みであると考えています。例えば一定の長さのある導電性の有機化合物をつくりたいと思ったとき、通常は長くなると酸化されたり、低温下でないと動作しなくなったりということがありますが、この分子はそういうことがあまりありません。長さを決めてつくることもでき、ナノメートルオーダーの単分子デバイスの有機物としても、ニーズに応じて長さが変えられるなどの特性があります。

——「ナノサイズの分子デバイス構築に必須の単分子レベルでの電子的特性の発現・制御に関する研究が大きく前進する」と資料に記してありましたが、そういうことですか。

化合物の長さとか構造をチューニングしながらつくり、東工大の物理の先生に測定してもらい、その結果についてディスカッションしてという形でやっていますから、短期間で一気に進むわけではありません。でも、最近、共同論文を1報発表しましたし、これからも何報かの論文を出せるくらいの現象がいろいろ見つかっています。縫合反応で何でも解決できるわけではありませんが、今までにないつくり方を提案して実現

するということでの学び、あるいはそこでできたものの性質を知ることでもたまたま何かしら別のアプローチで違う分子構造が作れるのではないかと、そういうところに広がっていくことは期待できると思います。私たちが全部対応するのではなく、私たちの論文を読んだ人がそこからヒントを得て、「それならこういうこともできるのではないかと」アプローチする、そういう展開もいいですね。

——これまでに開発してきた反応の中に、縫合反応以外にも将来有望というものはありますか。

いくつかありますね。金属触媒の中には、転位反応といって、分子内の離れたところに金属がスッと移れるものがあります。そういう転位反応を組み合わせた反応もあります。こういう反応を使うと、従来の合成ルートでは思いつかないような分子変換が可能となります。

## 面白いと感じたことを きちんと掘り下げていく

——なぜ合成がお好きなのでしょう。

化学に興味を持つようになったのは高校生の頃だと思います。熱心に教えてくださる先生の影響もあったような気がします。高校ですから大した実験をするわけではありませんが、それでも色が変わるとか単純なことが面白く感じました。新しいものを自分でつくり出すことができるというのが化学の強みであり面白さではないでしょうか。そうした化学のものづくりの基本になるのが合成です。

——京都大学理学部を卒業されてからマサチューセッツ工科大学（MIT）の大学院に留学されましたね。

MITに行くのが夢でした、というわけではなく、中高校生のときに英

語に興味を持ち、いつか英語圏で暮らしてみたいと思うようになりました。そういう下地があったうえで、有機合成はアメリカが進んでいる分野ですから行く価値があると考え、学部の3年生のときに大学院はアメリカに、と意思を決めました。4年生のときに入った研究室でアメリカの事情をよく知っていた小笠原正道助手（現徳島大学教授）に相談したら、「行くならトップの大学院を狙ったほうがいい」とアドバイスをもらい、MITに行くことにしました。

——留学では何を学びましたか。

一番大きかったのは、いろいろな人と知り合ったことでしょう。今でもコンタクトを取っている人が何人もいます。日本を外から客観的に見ることができたのも大きかったですね。

——これからの抱負をお聞かせください。

大学の研究者として、流行りすたりに振り回されず、自分が学問的に面白いと感じたことをきちんと掘り下げていきたいですね。研究の予算を取ろうと思うと、こんな応用ができますとか、こんな使い道がありますということに特化しがちですが、私自身としては企業の下請けのようなことをしたいとは思いません。すぐには役に立たないかもしれない、役に立つのは100年後かもしれない、そういう面白い研究をし続けたいですし、学生にもそういうマインドを持って取り組んでほしいですね。