



「切れない結合」を触媒で切る

さまざまな化学結合を切断する手法の開発に力を入れている大阪大学大学院工学研究科の髙巣守教授は、有機化学の常識では切れないとされていた非常に安定なシグマ結合を、新しい触媒を用いて切断することに成功した。これまでの常識を覆したこの論文は世界中で引用され、医薬品開発や機能性材料開発の分野に大きなインパクトを与えている。

とびす まもる
髙巣 守

大阪大学 大学院工学研究科 教授

2011年 大阪大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。米国マサチューセッツ工科大学、武田薬品工業化学研究所、大阪大学大学院工学研究科附属アトミックデザイン研究センター准教授などを経て、17年より現職。

化学結合の切断方法をもっと多様化させる

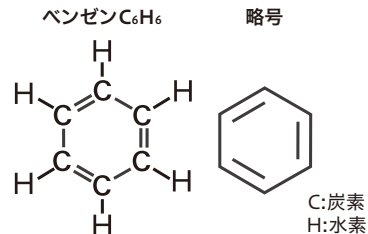
望みの有機化合物を化学反応によって生み出す有機合成は、結合の「切断」と「形成」からなる。しかし「結合の形成は研究が進んで成熟しているのに対して、切断のほうは軽視されがちでした」と髙巣さんは指摘する。確かに、形成できる結合は多数開発されているが、切断できる結合は、炭素とハロゲン(塩素など)の結合や炭素間の二重結合など、種類が限られている。そして、従来の有機合成反応は、これらの切れやすい結合に依存してきた。ここに一石を投じたのが髙巣さんである。「この依存から脱却するために、普通は切

ろうと思わない不活性な化学結合を切ろうと考えました。200~300度に加熱するような厳しい条件ではなく、実験室レベルの穏やかな条件で切断できる結合の種類を触媒技術の開発によって多様化しようと、メトキシ基(-OCH₃)やシアノ基(-C≡N)など、約15種類の結合の切断方法を研究しています。

日本人化学者の十八番 クロスカップリングに新方法論

医薬品や機能性材料などの開発では、有用な化合物を探索するため、なるべく多種類の化合物を効率よく作る必要がある。そこで便利なのが、金属系触媒を利用してベンゼン環(図1)同士を直接つなげ

図1 ベンゼン環の構造



るクロスカップリング反応だ。細かい工夫を得意とする日本人を中心に、約50年前から数々の反応が開発され、2010年には根岸英一博士と鈴木章博士がノーベル化学賞を受賞。しかし、どの方法にも有害なハロゲンを使って「切れやすい結合」を作る工程が入っていた。

図2

従来の方法

化学合成した原料しか使えない

ハロゲンを使う



煩雑な操作



切断



形成



取りやすい箇所から数段階かけて切る

新しい方法

天然原料が使える

この結合は切れないのが常識だった

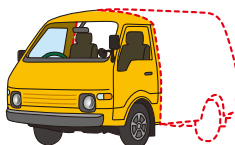


触媒の作用で安全・簡便な操作

ニッケル触媒カルベン配位子



切断



形成



切りたい箇所ですべて切れる

髙巣さんの開発した触媒を使うと、危険な試薬を用いて数段階かけていた複雑なプロセスが、1段階で安全かつ簡便に進む。

鳶巣さんはここにも新たな方法論を持ち込み、有機化学の常識では切ろうとも思わない「ベンゼン環とメトキシ基の間」を切ってみせた。有機合成として利用できるレベルでは世界初の成果で、ハロゲンを使わずに済む画期的かつ簡便な方法である(図2)。しかも、原料として使われる芳香族エーテルは天然由来の成分で、ハロゲンを使う場合に比べて環境負荷も小さい。この成果を発表した論文は多くの研究者に引用され、昨年のリサーチフロントアワードに選出された。米国のトムソン・ロイター(受賞当時)が、日本が世界をリードする先端研究領域で活躍し、貢献が認められた研究者を選出したもので、注目の高さがうかがえる。

有機化学は予想外の要因や理論が未確立の部分もまだ多く残されている。「実験を重ね、新たな仮説を立てていくのは大変です。でも、紙と鉛筆とフラスコ程度で、すぐに自分のアイデアを試せる手軽さ、自由度の高さが、有機化学の魅力です。しかも、成果が出れば社会に大きなインパ

クトを与えられます」。

理屈を超える努力と洞察力で セレンディピティを引き寄せる

「新しい発見の影には必ず努力がある」と語る鳶巣さん。「理屈は狭い範囲でしか成り立たないもの。新しい発見は理屈を超えたところにあるものです。例えば、理屈上は酸を入れるべき場合なら、塩基を入れる実験もしてみるなど、理屈と正反対のことも実験します」。少年時代、推理小説の中のあっと驚くような謎解きが大好きだったというもうなずける。

小学校5年生の時の担任の先生が、どんな質問にも答えてくれたことが今につながっているという鳶巣さんは、教育にも熱心だ。学生には、他人の研究テーマに興味を持ち、首を突っ込んで意見すること、もらった意見は、たとえ的外れに思えても、向き合って自分の糧とすることを勧めている。新たな発見を見逃さない洞察力はこうして養われるのかもしれない。「何でも自由に言い合える環境を作るのが私の仕

事だと思っています」。

社会とつながり、日本の 有機化学の未来を切り開く

ACT-Cでは専門的な面だけでなく、社会的な意味での気づきも多かったと鳶巣さん。「企業の研究部門トップが語られた産学連携の在り方から、大学でしかできない基礎研究の大事さを再認識しました」。若手のワークショップを通して、分野の壁を越える必要があることを痛感し、大阪大学の若手研究者を中心に月2回のランチミーティングも始めた。

4月から自分の研究室を主宰し、今後は具体的な出口として、有用な化合物の開発にも意欲を見せる。持続可能な社会のために、合成と反対の分解、つまり結合を切って原料に戻す研究にも強みが生かせるのではないかと考えている。「世界のトップに行く日本の有機化学の灯を私たちの世代が受け継いでいかなければ」と話す鳶巣さん。良い意味でのプレッシャーを感じながら、新たな挑戦を続けていく。



2つの三重結合が空間的に接近した構造をもつ
ねじれた分子の模型を手に。

新たな機能をデザインし 不可能を可能に

有機エレクトロニクス材料に用いられるパイ電子系と呼ばれる分子群は、分子自体の構造に加え、それらの並び方が性能を左右する重要な鍵となる。名古屋大学大学院理学研究科の深澤愛子准教授は、優れた機能性材料開発を視野にさまざまな新しい分子の設計と合成に挑戦している。

ふかざわ あいこ
深澤 愛子

名古屋大学 大学院理学研究科
准教授

2006年 京都大学大学院工学研究科博士後期課程中退。博士(理学)。名古屋大学大学院理学研究科助教、カルガリー大学(カナダ)訪問研究員などを経て、13年より現職。

新しい有機化合物の デザイナー

「昔から、どんな分子構造がどんな機能を発現するかということに興味がありました」

と話す名古屋大学の深澤愛子准教授。望みの機能をもつ分子をデザインするための、新たな分子設計の方法論を提示することにこだわってきた。「新たな分子のデザインは、学術的な壁を越える1つの鍵に