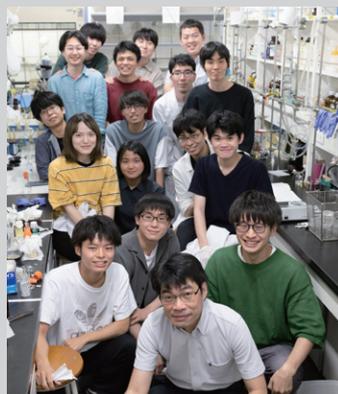


私たちの研究室

河合 英敏 研究室

理学部第一部 化学科 教授

かわい ひでとし
河合 英敏 先生



研究室のメンバーと／最前列中央が河合先生、最後列右端が土戸先生

超分子で自分だけの新しい分子をつくり、革新的な研究をしよう

「超分子」とはなんだろうか。「高分子」はプラスチック類のように私たちの生活にも多く利用されているが「分解できない」というデメリットも存在する。しかし、河合英敏先生が研究する「超分子」は化合物の中でも非共有結合性相互作用や動的共有結合と呼ばれる可逆な力で分子を組み立てるものである。具体的には、ホスト分子が輪のような形をして、そこにゲスト分子がすっぽりとはまり、ゆるやかにつながる構造となるため比較的簡単に分解できるのだ。

超分子は生活の中では、食べ物の香りを保つ成分などにも利用されている。例えば香料は揮発性の成分であり、放っておくとすぐなくなり、風味が落ちてしまうものだが、シクロデキストリンというオリゴ糖の環の中に入ることによって安定化するという。身近なところではガムなどに使われたり、最近は消臭芳香剤で匂いを閉じ込める作用に利用されたり、体内の脂肪分を取り込んで排出する機能性表示食品にも活かされている。

「このような生命現象にも似た機能を人工でつくり出すればとても大変なのですが、この超分子の性質を利用すれば、何か新しい機能として活用できる場面がたくさんあると思うのです」と河合先生は言う。

新しい構造を持つ分子は革新的な研究へのチャンス

本研究室の助教を務める土戸良高先生は、ベンゼンを輪の形にした分子であるシクロパラフェニレンを合成する研究で新しい世界を開拓しつつある。炭素が6

つ連結した六角形状の分子であるベンゼンは、平面がとても安定なので、それを曲げて輪のような形につなぐことはかつて不可能と言われていたが、約20年前にその常識を覆して合成に成功したという逸話が存在する物質だ。これまでに3つの合成法が開発されているが、十数回のステップを踏む工程が必要だった。そのため、耳かき1杯が5万円くらいという高価なものだ。土戸先生はそれを2段階で合成できる手法を開発したという。ステップが減れば同量の原料からより多くの製品をつくり、コストを格段に下げることが可能になる。さらに土戸先生は研究を進展させて、これまで世界になかった新しい分子構造のシクロパラフェニレンの合成にも成功している。先頃、修士2年の丹治洋平さんが行った実験をまとめた論文が、科学雑誌に掲載され表紙を飾ったところである。

「大学の研究者はやはり成果を上げなければ生き残れません。私も助教時代にある発見をすることができ、『これで生きていけるかな』と思ったことがありました。土戸先生の研究はまさに革新的な手法であり、本当にすごいものだと思います」と河合先生は言う。

自分の発想で研究にトライし続ける

河合先生は構造有機化学からこの道に入った。

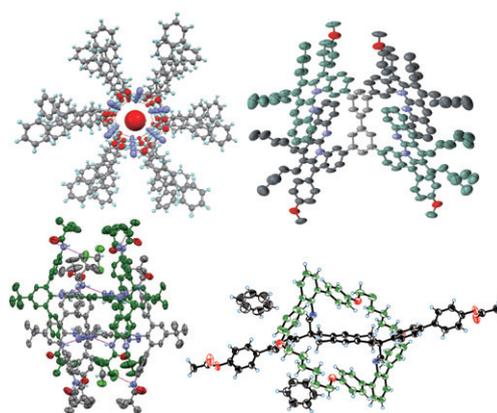
「この分野は普通にはない分子をつくり、他にはない機能を見出すことを目指します。自分自身の新しい分子をつくりたいという思いがモチベーションになります。近年はそこに超分子が加わりました。構造有機



土戸先生の研究が科学誌の表紙を飾る



研究室のキー化合物ヒドリダセンの合成実験



研究室で合成した超分子のX線構造

化学を超分子に落とし込むことで、これまで誰も試みていない新しい分子をつくれる可能性があるのです。私が今取り組む、生物が持つ特有の機能を人工的に再現しようとする研究では、アロステリック効果という、1+1が4にも10にも増幅する現象を、人工分子で再現し応用する課題に挑戦しています。また、『分子マシン』もつくってみたい。生物は栄養を獲得しながらモーターを動かし、細胞に物質を送っている『生物マシン』とも言えるものです。それを人工でやってみたい。最初は細胞より小さい、タンパクサイズの分子マシンをイメージしています。小さな一歩かもしれませんが、ひ孫の時代に使われるようになるかもしれない、そんな研究なのです」と語ってくれた。

河合先生は「私は高校の時に結合を組み替えるだけで様々な異性体ができることを知り、これは凄いぞ、パズルみたいだ、と思いました。大学で専門を決めるときに、『ベンゼン環を曲げる』という常識を超えた研究を行っている辻孝先生の研究室を見つけ、『ここだ』と思いました」。

土戸先生は「化学反応式は、イコールではなく矢印で示されます。これはフラスコの中の分子が100%同じ反応を起こすわけではなく、一定の割合で違う反応が進むことがあるからです。化学反応は何が起こるか分からない。そんな創造の余地があることが面白いと思いました」と話す。

有機化学はハードだがやりがいのある取り組み

河合研究室では「雑誌会」と呼ばれる論文紹介の場が研究分野を深く学ぶ重要な機会となっている。大学4年から博士課程まで、全員が1人ずつ発表を行うものだ。学生は現在20人なので、20週に1度順番が回ってくる。1人で1本の論文を、データを網羅しな

がらより詳しくレポートにまとめて発表するため、発表自体に3時間かかるのが通例で、準備にもかなり時間を要するそうだ。

「とても大変な作業ですが、学生はみな節目ごとに研究論文を書くこととなります。さまざまな研究について、見識を増やすだけでなく、定期的にレポートを作成することで、研究目的の設定や論文の構成、フォーマット、ストーリー展開などのよいトレーニングになるのです。卒論や修士・博士論文の作成に備える練習になっています」と河合先生は話す。

研究生活について修士2年の松村虎太郎さんは、「研究では、新しい現象を見つけたいと思った時に、まず、どんな分子なら新しいことが起きるのだろうかと考えて分子設計を始めます。分子構造をコンピュータも使いながら試行実験などを行ってターゲットを絞り、思いを形にまとめていきます。分子設計がまとまったら、合成ルートを考え、実際に合成していきます。この研究室に入ってからターゲット分子は10種くらい、合成実験は360くらい行ってきました。1つのターゲット化合物を合成するのにかかる時間は1ヶ月ほどから、もっと長くかかるものまであります。化学科は実験が中心なので、気がつくや遅くなっていたということもしばしばですね」と笑う。

丹治さんは、「手を動かして研究するのが好きで有機化学を選びました。複数の分子が環状につながるカテナンという分子集合体に興味を持ったのも1つの理由になりました。河合先生はとても優しく、同級生から『授業でつまづいていたときに、先生の方からアドバイスの連絡をもらったことがある』と聞きました。最終的には厳しいのかもしれませんが、その前で誰にでもサポートの手を伸ばしてくれる方だと思います」と話してくれた。

太田 正人 (ジェイクリエイト)