

二酸化炭素を資源とする グリーンケミストリー研究

持続可能な化学工業の発展を目指す

グリーンケミストリー

「化学物質」という言葉にどういったイメージを持つでしょうか。「毒」「危険」といったイメージを持つ方が多いかもしれません。このネガティブな印象は、一九五〇年代に化学工業がもたらした公害問題から来ていると言っている方もおられます。しかし、「化学物質」は、豊かな生活を築く上で欠かすことのできないものであり、身の回りにあふれています。例えば、くすりや衣類、プラスチック製品などの日用品の多くは化学物質です。また、有機ELなどの機能性材料も化学物質といえます。つまり、化学物質の製造をつかさどる化学工業は、現代社会の営みにおいて欠かすことのできない産業です。しかしながら、化学工業が人々の生活に害をもたらすようなことがあってはなりません。近代の化学界では、化学物質が生態系に与える影響を十分に考慮し、持続可能な化学工業の発展を目指す取り組みが広く進められており、このような取り組みを「グリーンケ

ミストリー」と呼んでいます。グリーンケミストリーは、産業界だけでなく学術界にも広く浸透しており、これを志向した最先端研究が、世界中の研究機関で活発に繰り返されています。

私の専門分野は有機合成化学です。この世にまだ存在しない世界初の有機分子をデザイン・創製し、その機能を生かした新しい合成手法の開拓を目指して研究に取り組んでいます。長崎大学に着任する以前は、国内外のさまざまな大学および学部在籍し、分子レベルで自在にものづくりができるという強みを生かした研究を行ってきました。もちろん、有機分子を合成する過程で、環境に配慮するよう心掛けた手法の開発に取り組んできましたが、今とは少し心持ちが違っていました。二〇一四年に長崎大学へ異動した際、これまでとは異なる新たな学部で研究を再スタートするにあたり、私自身が培ってきた研究の強みを生かしながら、新しくチャレンジする研究テーマとして、グリーンケミストリーを強く意識した研究を行おうと考えました。

地球温暖化の元凶 二酸化炭素を資源に

言うは易く行うは難し、グリーンケミストリー研究を始めようと決意したものの、長崎大学で研究を開始した当初は明確な方向性が定まらず、常に迷いながら研究を進めていたように思います。そんな中でも、環境科学部に在籍していると、さまざまな観点から環境研究を展開している先生方が周囲におり、これまでとは少し違った視点で物事を見渡すようになりました。そのような状況で、これに取り組んでみようと考えたテーマが、二酸化炭素(CO_2)を炭素資源として活用した有機合成反応の開発です。近年、地球温暖化問題が深刻化していく中で、温室効果ガスの一種である二酸化炭素の排出量の削減は喫緊の課題であるといわれています。もちろん、二酸化炭素の排出量削減は必ず行わなければならない対策ですが、化学的観点から二酸化炭素を眺めることで、資源としての側面を引き出せないかと考えました。このアイデアに至ったのは、植物の光合成について化学的に見直したことがきっかけでした。

植物は二酸化炭素を吸収して酸素を放出するというのが広く知られています。しかしこれは、光合成のほんの一面にすぎません。二酸化炭素分子の炭素に注目して光合成を眺めると、二酸化炭素はデンプンや糖類などの炭水化物に変換されていることに気が付きます。つまり、植物は二酸化炭素を炭素資源として、重要な化合物を作り出しているわけです。

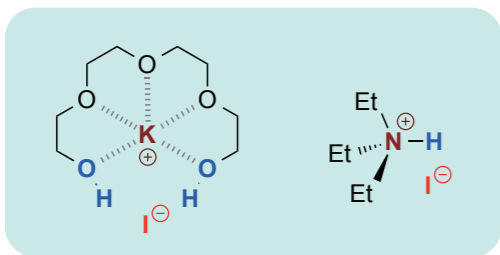
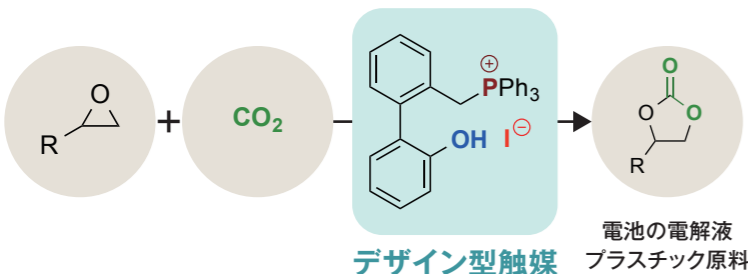
二酸化炭素の資源としての側面を人工的に引き出すため、エポキシドとの反応により環状カーボネートを生産する化学

反応に着目しました。環状カーボネートは、高分子材料であるポリカーボネートの原料として、またリチウムイオン電池の電解液として使われるなど、その有用性が広く知られています。つまり、二酸化炭素を原材料として、有用な物質が化学合成できるわけです。本反応は我々が着手する以前から研究されていました。が、これまでの方法では高温・高圧条件が必要であり、大量のエネルギーを消費してしまおうという大きな問題を抱えていました。そこで、本反応を温和な条件下で効率的に促進する、環境調和型触媒の

設計に取り掛かりました。文献調査および検討実験から、本反応を効果的に促進するには、ヨウ化物イオン触媒と酸触媒の二つが必要であるということ突き止めた。しかし、二つの触媒を単に混ぜ合わせて使うだけでは、まだまだ十分な効果を示しません。そこで、これまで培ってきた分子デザイン技術を活用し、二つの触媒機能を一つの分子内に組み込んだ触媒を生み出しました。新たに開発したデザイン型触媒を用いることで、効果が格段に向上し、二酸化炭素を活用した温和な条件下での環状カーボネート合成を実現することができました。さらに、前述の分子設計で得た知見を生かし、市販の試薬から容易に調製可能な第二世代型の実用的触媒を見いだすことにも成功しました。第二世代型の触媒は、一見すると初期型の触媒とは全く異なる構造を持つ化合物ですが、触媒デザインの本質的な部分は同じです。分子の本質を深く理解することで生まれた触媒デザインだといえます。

二酸化炭素を資源として活用した有機合成

温室効果ガスとして負のイメージが強い二酸化炭素
化学的な視点で見ると安全・安価・豊富に存在する資源



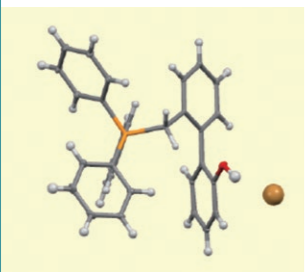
第二世代の実用的触媒

安全・安価
リサイクル可能

人類が地球環境に悪影響を与えてきた事例は、数えきれないほどあります。地球環境の未来が危ぶまれる今こそ、人類は英知を振り絞り、その解決法を模索していく必要があると感じています。そのために、科学技術のさらなる発展は必要不可欠であり、その小さな一歩として貢献できればと、日々研究に取り組んでいます。

分子デザイン技術を応用して 第二世代型の触媒を発見

Text by Seiji SHIRAKAWA



独自の「デザイン型触媒」
(上の図)の三次元構造



白川誠司 准教授

長崎大学大学院水産環境科学総合研究科(環境科学領域)准教授。日本大学生産工学部卒業。京都大学大学院理学研究科博士後期課程修了。博士(理学)取得。コロンビア大学化学科博士研究員、東京大学大学院薬学系研究科博士研究員、日本大学生産工学部助教、京都大学大学院理学研究科特定准教授を経て、二〇一四年より現職。専門は有機合成化学、グリーンケミストリー。