

科学の
峰々

86

取材日：2015年9月30日
 東京大学大学院
 工学系研究科 野崎研究室

東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻教授

野崎 京子 先生 に聞く

有機合成化学と
材料開発の可能性 上

聞き手：柴田 眞利 日本科学機器協会 広報委員長
 南 明則 同 広報副委員長
 鈴木 裕之 同 広報委員
 藏満 邦弘 同 専務理事
 岡田 康弘 同 事務局長
 (取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

野崎 京子 先生のプロフィール

〈経歴〉

11986年 京都大学工学部工業化学科卒業
 1988年 京都大学大学院工学研究科修士課程修了
 1988～1989年 カリフォルニア大学バークレー校交換留学生
 1990年 日本学術振興会特別研究員
 1991年 京都大学大学院工学研究科博士後期課程修了 工学博士学位取得
 1991年 京都大学工学部工業化学科助手
 1996年 京都大学大学院工学研究科材料化学専攻助手
 1999年 京都大学大学院工学研究科材料化学専攻助教授
 2000～2003年 科学技術振興事業団さきがけ21研究員(兼任)
 2002年 東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻助教授
 2003年 東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻教授
 2003～2012年 大阪大学客員助教授・東北大学客員教授・九州大学客員教授・
 岐阜大学客員教授・京都大学客員教授・ハルビン工程大学
 客座教授・奈良女子大学客員講師などを兼任

〈所属学会〉

日本化学会・有機合成化学協会・高分子学会・触媒学会・
 近畿化学協会・アメリカ化学会・イギリス王立化学会

〈社会活動〉

2011～2015年 科学技術・学術審議会臨時委員
 2011年～ 日本学術会議連携会員

〈専門分野〉

有機合成化学・均一系触媒化学・有機金属化学・高分子合成化学



環境問題などをきっかけに 高分子合成の研究へ

— 野崎先生のご専門は有機合成化学・均一系触媒化学・有機金属化学・高分子合成化学とお聞きしておりますが、まずは、先生の略歴と主にどのような研究をされてきたかをお聞かせいただけますでしょうか。

野崎 私は京都大学で1991年に博士号を取得し、その後、京都大学で助手、助教授として勤務していましたが、2002年にこちらの東京大学に参りました。

博士号を取得したときの専門は有機合成化学で、研究の中心は、基本的には医薬やファインケミカル合成のための反応開発でした。その後、京都大学でポジションを得てからは、均一系触媒化学の分野で研究を行うようになりました。

均一系触媒は、ほんのわずかな違いを精密に作り分けるのに適しています。たとえば、2001年ノーベル化学賞を受賞した野依良

治先生の「不合成触媒」。つまり、左手と右手のような、鏡に映したものの同志の一方だけを作るというのはいい例です。

京都大学では、かつて野依良治先生と一緒に研究をされていた高谷秀正教授の下で助手として働いていました。

当初は製薬メーカーと一緒に研究を行うことが多かったのですが、2000年ごろから新たに高分子合成の研究も行うようになりました。

— 野崎先生が高分子合成の研究を始めたきっかけは、何だったのでしょうか。

野崎 1990年代の終わりごろから「グリーンケミストリー」という言葉がさかんに使われ始めました。

「グリーンケミストリー」とは、有害な化合物をなるべく使わない、出さない物質や反応を設計し、有用な化学製品を作ることです。

薬に代表されるファインケミカルは多種にわたりますが、個々の生産量が少なく、ひとつのターゲットについて、いかに効率を上げた

しても、グリーンケミストリーへの貢献には限界があるのではないかと思いました。

そこで、自分の取り組んでいる研究や持っている技術が、環境やエネルギー問題などにおいて、もっと大きなスケールで化学が貢献できるのではないかと考えるようになりました。

そして、グリーンケミストリーを意識し始めた2000年ごろから、均一系触媒化学の出口としての、高分子合成にも手を出してみようかと考えるようになったのです。

それ以来、ポリオレフィン、ポリエチレン、ポリプロピレンなどの研究にも手を広げるようになっていきました。

実は大学時代、京都大学には工業化学科の研究室の隣に高分子合成の研究室がありました。しかし、そのころは自分にとって高分子合成は全く別の世界のことだと思っていました。こうして高分子合成の研究を始めてみると、それまで培ってきた均一系触媒化学の技術がかなり使えることに気づきました。



PPCポリプロピレンカルボナート。PPCは包装材料・繊維・文具・プラスチック部品・実験器具・容器・スピーカーコーンなど幅広い用途がある。



東京大学本郷キャンパス 工学部3号館

東京大学へ来てからは、グリーンケミストリーや地球環境、持続可能な社会を考えたとき、自分に何ができるかをより深く考えるようになりました。

研究内容を具体的に言うと、石油由来の原料に二酸化炭素を加えて、プラスチックを作る方法論の開発です。それとともに、最近ではバイオマスをどう使うかという研究も行っています。

石油由来原料と二酸化炭素を合成した新素材

— 先生が研究されている二酸化炭素の使用率が高いプラスチックがどのようなものか、簡単にご説明いただけますか。

野崎 まず、「PPC」についてお話ししましょう。PPCは、二酸化炭素と石油由来の原料であるエポキシドからできていて、重さの半分は二酸化炭素由来です。常温ではガラスのように固いのですが、ガラス転移点である摂氏40℃ぐらいに達すると、柔らかくなります。

この物質自体は1960年代から知られていますが、最近になって、より効率のいい作り方が次々と発見されてきています。私の研究もこの作り方に関わる部分です。

PPCは30℃ぐらいまではガラスのように固いのに、40℃を超えるとゴムのように柔らかくなってしまいうため、通常のプラスチックのように使うことはできません。また、他のプラスチックと混ぜて使う方法も試さ



有機合成用実験台で研究に取り組む学生さんと野崎先生

れていますが、物性的には二酸化炭素を混ぜないプラスチックの方が優れているようです。なんとかしてPPCの最適な使い道を探していきたいですね。

二酸化炭素を取り込んでいるということで、材料としての性能は落ちたとしても、会社のイメージアップのためにこの材料を使いたいという動きもあるようですが、やはり「この製品材料はPPC以外考えられない」という用途で使われて欲しいものです。

— 二酸化炭素を原料にするプラスチックで、すでに商品化されているものはあるのでしょうか。

野崎 プラスチックガラスとして使われている固く透明な材料（ポリカーボネート）があります。旭化成が技術開発し、製品化されていて、アジアの国々でもライセンスされています。

ただし、その材料に占める二

酸化炭素の割合は、わずか10%ほど。それに対して、PPCは、材料の約半分が二酸化炭素由来です。

石油資源の使用量を減らし回収した二酸化炭素を利用

— そもそも二酸化炭素を使った新素材の開発は、二酸化炭素を利用できるという環境問題からスタートしたものなのでしょうか。

野崎 環境問題はいろいろな要素が絡んでいますから、必ず環境問題に貢献できるとは限りません。それでも、石油由来の資源の使用を相対的に減らせるのではないかという観点から、資源問題に貢献する技術と考えています。

現在、排出された二酸化炭素を回収し、固体にして地下に埋める処理方法が考えられています。

どうせ埋めるのだったらその前に少しかPPCに使わせてほしい

産学官との連携

ですね。今後、PPCのように二酸化炭素を使用したプラスチックを製品化して広く利用できれば、環境問題にもわずかながら貢献できるのではないかと考えています。

— この材料を作るために使う二酸化炭素は、大気中のものを取り込むのでしょうか。

野崎 実験室レベルでは、ボンベに入っている二酸化炭素を使っています。製品に使う二酸化炭素は、植物のように、わざわざ大気中の薄い二酸化炭素を集めて取り込むわけではありません。例えば、火力発電所では、かなり高い濃度の二酸化炭素が排出されています。そこで、大気中に放出される場所の二酸化炭素を集めれば、有効活用できるのではないかと考えています。

また、二酸化炭素を回収するとき、二酸化炭素がSO_x（硫黄酸化物）やNO_x（窒素酸化物）などを不純物として含んでいると触

媒が働かなくなる恐れがあるので、それを防ぐことも大切です。SO_xやNO_xに耐性のある触媒を研究しているグループもあります。

塩化ビニールの代替が1つの可能性？

— この素材を拝見して思ったのですが、これが塩化ビニールの代替になることはありえないでしょうか。

野崎 塩化ビニールの代替は、この素材のアプリケーションの1つの可能性ではあります。

塩にもいろいろありますが、この材料は固いものにはならないので、柔らかい塩ビの代替になるのではないかと思います。ただ、柔らかいため、あまりハードな使い方をしないというのが前提になります。

この材料は柔らかいシートにはなりますが、これ自体が自律してしっかりとした膜にはなりません。混練するとか、層状にするとか、手

を加えることが必要になるでしょう。

— 塩化ビニールは焼却炉で燃やすと炉を傷めるといった欠点もあるようですが、これに変わる新たな素材は出てこないのでしょうか。

野崎 ダイオキシンが問題になったとき、塩化ビニールメーカーの方に、将来、塩ビがなくなる可能性はあるかと質問したことがあります。その問いに対して、「塩ビはなくなる」という答えが帰ってきました。塩ビがなくなると考える理由は2つありました。

まず、1つは、塩ビは材料としてたいへん優れているから。もう1つは、塩ビを作らないと、塩素の行き場がなくなってしまうから。食塩電気分解を行うことで、苛性ソーダと塩素ができます。その塩素を使って塩ビを製造しないと、塩素が溜まってしまい、危険を及ぼすことになり、むしろ地球環境によくないという見解でした。



空気中で不安定な化合物を扱うためのグローブボックス



グローボックスで作業する生徒さん

原料の転換が起こったときの 未来について考える

— 野崎先生がこれから挑もうとしている新たな研究テーマや取り組みがあれば、お聞かせいただけますか。

野崎 お話ししてきたプラスチックとは別の原料であるブタジエンと二酸化炭素を組み合わせたプラスチックについて、昨年、論文発表をしました。ブタジエンは先にお話したPPC以来、45年ぶりの新しい二酸化炭素由来の新材料を発見したことになります。

ブタジエンと二酸化炭素だけを混ぜて反応させてもブタジエンだけが反応して二酸化炭素は取り込まれません。そこで、触媒を使ってブタジエン2分子と二酸化炭素1分子を結合させてラクトンにしました。このラクトンを重合させることで合成に成功することができました。

ブタジエンと二酸化炭素を組み合わせたプラスチックは、ガラス転移点も高く、しっかりした材料に

なります。今後、こちらも材料としての用途や製品化の道を探っていきたいと思っています。

従来の石油化学体系とは異なる原料で、地球にたくさん存在していることは分かっているながら、世界中の化学者たちが、その有効な利用法を開発できていませんでした。将来、そのような原料の利用法が見つかり、原料の転換があった場合、化学産業はどう対応できるのか。そういうことも考えていきたいと思っています。

— 私たちは石油をこの先も利用し続けていけるのでしょうか。

野崎 石油がこの先、なくなるのかという議論をすると、話が尽きることはありません。私が学生時代に聞いた話では、今ごろ石油はなくなっているはずでした。

しかし、石油はなくなっていないし、アメリカではシェールオイルが出てきたりしています。おそらくアフリカあたりで石油を掘れば、まだまだ出てくるのではないのでしょうか。そう考えると、石油が完全に

なくなるのはかなり先のことになりそうですが、石油が枯渇し、採掘が難しくなればコストは上がっていくでしょうね。

なかったものを作り出す それが有機合成化学の魅力

— 有機合成化学という学問についてお聞きしたいのですが、有機合成化学の魅力とは、どのようなものだとお考えでしょうか。

野崎 有機合成化学の魅力は、これまで世の中になかった全く新しいものを、人間の手で作りに出せるということでしょうか。私は「石油化学の体系を多様化したい」と思っています。

もともと日本は資源が少ないわけですから、ひとつの資源に頼ることは大きなリスクになります。そうしたリスクに備えるために、それまでの主要な資源がなくなったときに、いろいろな技術や可能性を持っていることは国としての強みになります。

その時代にはマーケットには出なかったとしても、仮に石油が枯渇したとしても、それに替わる技術で技術で対処していくための技術をストックしておくことも大切です。

そういった意味でも、この分野の研究に大きなやりがいを感じています。

— いろいろな技術を持っていることが国としての強みにもなるというお話でしたが、国や大学、あるいは企業は、どのような取り



生徒と語る野崎先生

産学官との連携

組みをしていくべきでしょうか。

野崎 スタンダードになった化学合成は、産業の拠点を日本から海外へ移すことになるでしょう。

一例を挙げると、住友化学はポリエチレン合成を日本からサウジアラビアへ持っていき、現地で製品にして輸出しています。

合成するときに使うエチレンは、石油を掘っている地域にたくさんありますから、それを使えば、わざわざ日本に持ってくるより効率もよいわけです。

産業の拠点が移ることで我が国では、基礎から研究開発をやっていくことがより重要になってくるはずですよ。

企業が知財をしっかりと持つことが国益につながるとは思います。特許は20年しかもちません。20年ではお金にならなくとも、長い目で見れば、その後、重要な産業に育っていく分野があると思います。

そういった研究を産学連携で細々とでも続けていけば、やがてそれが市場に出てお金を生むとき、日本は優位なスタートダッシュを切ることができます。

産学が連携し、意志や考え方を交換しながら、基礎をしっかりと築いて、未来へのタネを蒔いておく。それが大切だと思います。

— 野崎先生は産学連携での共同研究を何社くらいと進めているのでしょうか。

野崎 現在、企業との共同研究は2件、3社と進めています。

私の専門はモノを作ることです。しかし、そこへ至るには、物性を調べ、それをもとに開発し、マーケットに結びつけるという長い道のりがあります。その道のりを1人で歩むことできないので、企業の方々と協力しながら進めることになります。

— 先生のご経験から、企業との共同研究で障害になるものや問題点はございましたでしょうか？ また、よりよい産学連携を行うには、双方ともどのような努力が必要でしょうか？

野崎 製品が市場に出るということを目的にするのであれば、大学側がシーズを提供して、これで「何

か始めてください」と企業に持ち込む形では、なかなかうまくいかないように思います。企業側が「あまり期待していないが可能性はあるから一応乗っておこう」という姿勢だと、学の側の独りよがりの研究になりがちです。一方で、企業側に、どうしてもこのプロジェクトを成功させたいという強い気持ちの研究者がいて、最適のチームを組めると強いですね。最終的に企業化へのゴーサインを出すのは企業の側なので、「先生とおつきあい」だけでは決して企業化には至りません。

その一方で、企業化にはすぐには結び付かないが、重要な基礎技術を産学共同で開発するのであれば、学の側の強いリーダーシップで進めるのがいいと思います。いずれにしても、企業のニーズを大学側がしっかりと理解することが必須だと思いますので、早めの段階で秘密保持契約を結び、腹を割って話し合うことが大切だと思います。

— ここまで、野崎先生が開発された新しい材料を中心に話をお聞きしてきました。後半となる次号で、野崎先生の研究室の様子や日本の理科教育についてのご意見なども伺っていきたいと思います。

次号の「科学の峰々」では、野崎京子先生
有機合成化学と材料開発の可能性(下)
において続きをお話いただけます。



野崎研究室にて、左から柴田広報委員長、野崎先生、岡田事務局長・南副広報委員長、鈴木広報委員、藏満専務理事