



クロスカップリング反応を応用して 有機薄膜太陽電池の開発に邁進

たとえばスプレーで塗料を壁に吹き付けると、その壁が太陽電池になる。
そんな究極の目標を目指して西原さんは有機薄膜太陽電池開発に挑んでいる。
もともとの専門は有機合成における新反応の開発。
現在行っている太陽電池の研究でも反応開発が非常に重要だという。
まだ誰も使ったことのない反応で有機化合物を合成し、新しい機能を持たせる。
いつか自分が見出した反応が「西原反応」と呼ばれるようになるのが夢だ。

岡山大学大学院
自然科学研究科 教授

西原康師

[にしはら・やすし] 1968年生まれ(45歳)。広島県出身。広島大学理学部化学科卒業。同大大学院理学研究科化学専攻修了。1997年、総合研究大学院大学で博士号取得。その間に米ノートルダム大学と米アイオワ大学に留学。日本学術振興会特別研究員、東京工業大学資源化学研究所助手などを経て、2004年3月に岡山大学理学部化学科助教授に就任。2010年4月より現職。一女一男の父。休日は小2の長男と遊んでリフレッシュしている。

「第30回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞」

5年以内に変換効率15%の 達成が目標

—まず、現在の研究についてお話し
ください。

今は科学技術振興機構(JST)の「ACT-C」(先導的物質変換領域)というプロジェクトに参加しています。JSTが全国に公募し、50件の研究課題を採択したもので、私は岡山大学の他の先生方や企業にも入って

いただいた研究グループの研究代表者を務めています。このグループの研究には、有機超伝導、有機電界効果トランジスタ、有機薄膜太陽電池という三つの柱があります。私の研究室では、有機薄膜太陽電池の研究を中心に進めています。

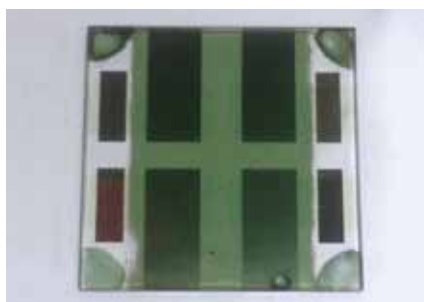
—それは普通の太陽電池とどう違う
のですか。

今普及している太陽電池はシリコ

ンを使っています。ただ、シリコンの単体を精製するためには大規模な設備や相当な投資が必要です。だから電池の価格も高くなってしまいます。最近は安くなったといわれますが、住宅の屋根に取り付けるタイプは120万円から200万円くらいします。10年か15年くらい使ってようやく初期費用の回収ができるという水準です。また、シリコンのもとになるケイ素は金属ではありませんが、炭素よりは重いので、屋根の上に設置するためには相当頑丈な梁を取り付けたりする必要があります。それに対して我々が目指しているのは、有機化合物で作った薄い膜からなる太陽電池です。有機化合物は有機溶媒に溶けるという特性があります。その特性を生かして、インクジェットプリンターのように紙やプラスチックなどに印刷できるタイプの電池を開発するのがひとつの目標です。極端な言い方をすれば、壁にスプレーで吹き付けて電極をつけると、壁全体が太陽電池になる。あるいは塗料に混ぜて自動車を塗装すると、自動車そのものが太陽電池になる、そんなイメージです。

——それは素晴らしい開発だと思いますが、実用化できるのですか。

ひとつの問題は、光電変換効率です。受けた太陽光をどれくらい電気に変換できるか、ということですね。今、有機薄膜太陽電池で世界最高の変換効率を達成しているのは日本企業が開発したもので約11%です。10年くらい前は2~4%でしたから、大きな進歩といえます。シリコン系の太陽電池は変換効率が20~25%ですが、先ほどお話ししたように価格や重量の問題がありますので、それを考慮すると有機薄膜太陽電池は15%の変換効率を実現できれば実用化できるといわれています。



作成した有機薄膜太陽電池

やってみないと分からない

——先生方が今、開発している有機薄膜太陽電池の変換効率はどれくらいですか。

最初にできたものを7月に評価したところ、1.7%でした。まだ、企業の開発している電池の足元にも及ばないレベルです。

——その結果に落胆されましたか。

そうでもありません。オリジナルの材料を使って初めてつくったものが1%を超えたので、自分たちの間では結構喜んでます。本当は喜んでいてはいけないうちかもしれませんが、これまでこういう開発をしたことのない人間が初めてつくって1%を超えたのだから、何とかなるんじ

ゃないかと（笑）。割と楽天的な性格なもので…。

——先生たちが開発した有機薄膜太陽電池の変換効率が15%にいく前に、その企業が15%を達成して実用化したら、先生たちの研究はどうなってしまうのですか。

その会社は、3年以内に実用化するのではないかと見えています。でもそれで僕たちの研究の意義が失われるわけではありません。その企業が実用化した電池よりもっと低コストでできるかもしれないし、変換効率ももっと高くすることができるかもしれませんから。

——この開発で一番難しいのはどういうところでしょうか。

こうすればいいという概念はすでに確立されています。でも、その概念に合致する材料をどうつくるかが課題です。やってみないと分からない、というところがありますから。有機薄膜太陽電池はITO（酸化インジウムスズ）の基板があり、ガラス基板があり、その上にある材料を塗り、そのあとに高分子材料を塗り、



さらにフラーレンという分子を載せていくという具合で、全部で5層くらいの構造になっています。その中でたとえば高分子は炭素1個がいいのか2個がいいのか、ベンゼン環どこに結合を持つのがいいのかといった組み合わせは、ほとんど無限大にあるわけです。だから自分たちのオリジナルの材料をつくっていくことが重要だと思っています。もちろんこれまでに世界中で蓄積されてきた知見もありますし、計算化学を使ってあたりをつけながら分子を設計していくのですが、それでも気の遠くなるような作業です。

去年、外国のあるベンチャー企業が倒産しました。ノーベル化学賞を受賞した米国の化学者が有機薄膜太陽電池を開発するためにつくった会社でしたが、とうとう結果が出ずに資金が足りなくなってしまったようです。

新たな反応開発が必要不可欠

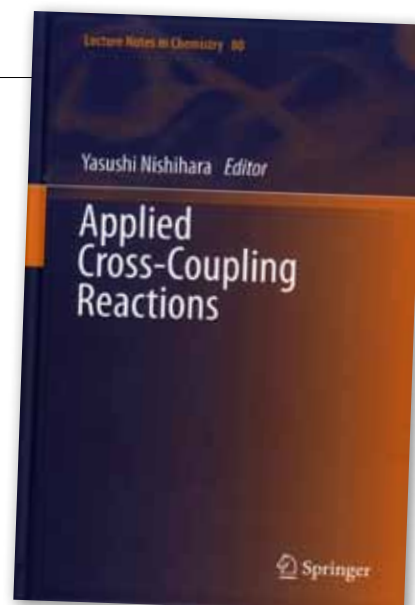
——有機薄膜太陽電池の材料となる有機化合物はどのようなつくり方をす

るのですか。

クロスカップリングという反応を使っています。従来の合成法では何段階もの反応が必要でした。たとえば、10段階の反応で目的物を合成するとしたら、各反応の収率が90%でも、10段階を経ると最後には10%以下の収率になってしまいます。

それを1ステップで一気につくってしまうのが「クロスカップリング」という反応です。最初にクロスカップリングが開発されたのは1972年で、以後、世界中の有機合成化学者の先生方がいろいろなものを使ったクロスカップリングを見出してきました。根岸英一先生、鈴木章先生などは、クロスカップリングの研究でノーベル化学賞を受賞されています。面白いことに発見したクロスカップリングが評価され普及すると、その研究者の名前が冠につくようになります。根岸カップリングとか鈴木カップリングというように。もちろん勝手に自分の名前をつけてもだめですよ。人がその名前と呼んでくれるようにならないと。

——西原カップリングが生まれる可能



西原さんが最近発刊したクロスカップリング反応を応用した研究例に関する本

性はいかがですか。

死ぬまでには見つけたいですね(笑)。

——この研究ではどういった目標を設定されていますか。

「ACT-C」は5年半のプロジェクトです。ですからこれから5年以内に変換効率を15%まで向上させ、実用化のレベルまでいくのが目標です。

——このプロジェクトに参加される前はどのような研究をされていたのですか。

まだ知られていない反応の開発が主な研究テーマでした。新しいタイプのクロスカップリングの開発もその範疇に入ります。反応開発のために使うのが遷移金属触媒で、私たちの研究室ではパラジウムやロジウム、ルテニウムなどを使って新しい反応を見出そうとしています。今は分析機器が発達しているので、わずかな量でもそれがどういう性質を持った化合物なのか分析することができます。だから実験室レベルでは、100ミリグラム程度の量をつくれれば十分です。ところが太陽電池の材料をつくる場合は、たくさんの量が必要になります。不純物が入っているとよい数値が得られないので、精製をしつ



かりやらなくてはならず、だから量が必要になるのです。そのため収率の高い反応でないといけないわけで、反応開発がすごく大事になります。つまりもともと私がテーマにしていた研究がこのプロジェクト研究でも必要不可欠だということです。

国内外の多くの研究者と交流を深める

——反応開発の面白さはどういうところにあるのでしょうか。

どのルートをとって山頂まで行くかという点で、登山と同じですよ。同じ化合物でもそれをつくる方法にはいろいろなアプローチがあります。まだ誰も使ったことのない反応で、収率が上がるとか、短工程で合成できるようになるとか、安い材料でつくれるようになるとか。そしてその反応を他の化学者が使ってくれるのを見るのが楽しいんです。

——研究過程で国内外の多くの研究者と交流を深めながら、研究生活を楽しまたいと考えていらっしゃるそうですね。

いろいろな研究者と友人になり、化学の話で盛り上がり、考え方や価値観の違いなどを知り、それを共有できるのはとても素晴らしいことだと思います。大学の教員というのは、基本的に教職者ですから、人材育成を第一義的な目的に据えています。実は僕はもともと高校の化学の教師になりたくて、広島大学の理学部に入ったんです。小学校の高学年の頃から実験が好きで、その頃から化学が好きになりました。身の周りの現象は、ほとんどが化学の現象ですよ。そういうと物理の先生が怒るかもしれませんが(笑)。でも、人体が有機化合物でできていることを考えたら、体の中で起こっていること



のほとんどが化学現象ですよ。そういう身近な学問である化学を高校生に面白く教えたい、化学に興味を持ってもらいたいと考えていたんです。

——それがなぜ大学教員に？

学部4年生のとき、研究室の指導教員が大学院への進学を勧めてくれました。そのときはまだ高校教員になるつもりだったので、2年くらい遠回りしてもいいかと考え、進学したのですが、ちょうどその頃、広島大学に来たアメリカ人の先生の講演を聞きました。しかし英語がさっぱり分からず、悔しくてその夜は眠れないほどでした。そこから一念発起

して毎日NHKのラジオ講座で英会話の勉強をしたのですが、それを見ていた指導教員が今度はアメリカへの留学を勧めてくれたんです。そして運よくノートルダム大学の先生が留学資金を出してくれることになりました。ただ、修士の2年のときに約1年間留学したので、就活ができなくなりました。それで、それなら高校ではなく大学でより専門的なことを教える教育の道に進もうと考えたようになったのです。

——結果としてその選択はどうでしたか。

これは天職ですよ。大学教授、一度やったら止められません(笑)。