



## 新しい連結様式で 拡張型ポリアニリン誘導体を精密合成

連結様式を変えることで、物性が大きく変わるカルバゾールの構造。

その特性に注目して、今までになかった連結の高分子を合成し、  
有機半導体高分子として太陽電池などのデバイスへの応用を目指す。

と同時に、化学は面白い、実験は楽しいという経験を、学生にも共有させたいと強く願う。

准教授に就任して2年目、道信研究室は徐々にその個性を発揮し始めている。

東京工業大学

大学院理工学研究科 有機・高分子物質専攻  
准教授

### 道信剛志

〔みちのぶ・つよし〕1976年、広島県生まれの東京育ち。早稲田大学大学院理工学研究科応用化学専攻博士後期課程修了。スイス連邦工科大学チューリッヒ校博士研究員、東京農工大学大学院助教、東京工業大学グローバルエッジ研究院テニユア・トラック助教などを経て、2012年10月から現職。趣味はスポーツ観戦。広島に住んだことはないが、プロ野球はカープファン。

〔第31回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞〕

### 連結させる位置で 特性が変わる

——導電性の有機半導体高分子の開発がひとつの研究テーマだとお聞きしました。もう少し詳しく説明していただけますか。

最近ではポリアニリンの化学構造を少し変えた材料を使っています。そのひとつとしてベンゼン環2つと窒素

を含むカルバゾールという構造を利用して有機半導体高分子をつくらうとしています。

カルバゾールという構造には、連結させる位置の順番が1から9まであります。たとえば3番目と6番目を連結させたものは、ポリ(3,6-カルバゾール)と呼ばれます。面白いのは、連結させる位置で特性が大きく変わることです。たとえばポリ(2,7-カル

バズール)は導電性がとても高くなります。私は、ポリアニリンと同じように、窒素で連結させた高分子もつくりました。これはプラスの電荷を流しやすい特性があります。高分子材料は、任意の大きさと薄膜をつくることができ、製造コストが安いという利点があります。そういう安価な材料でつくった薄膜は、有機EL素子や有機メモリー素子の活性層として機能することを示しました。

—1から9まで、どこでも連結させることができるのですか。

連結させようとするれば、できないことはないと思います。ただ、4と5を連結させたという報告はまだどこからも来ていません。4と5を連結させようすると3次元の立体的な化学構造を設計する必要があり、難易度が高いからです。

あえてニッチなところを開拓

—先生は1と8を連結させた高分子もつくられたそうですね。

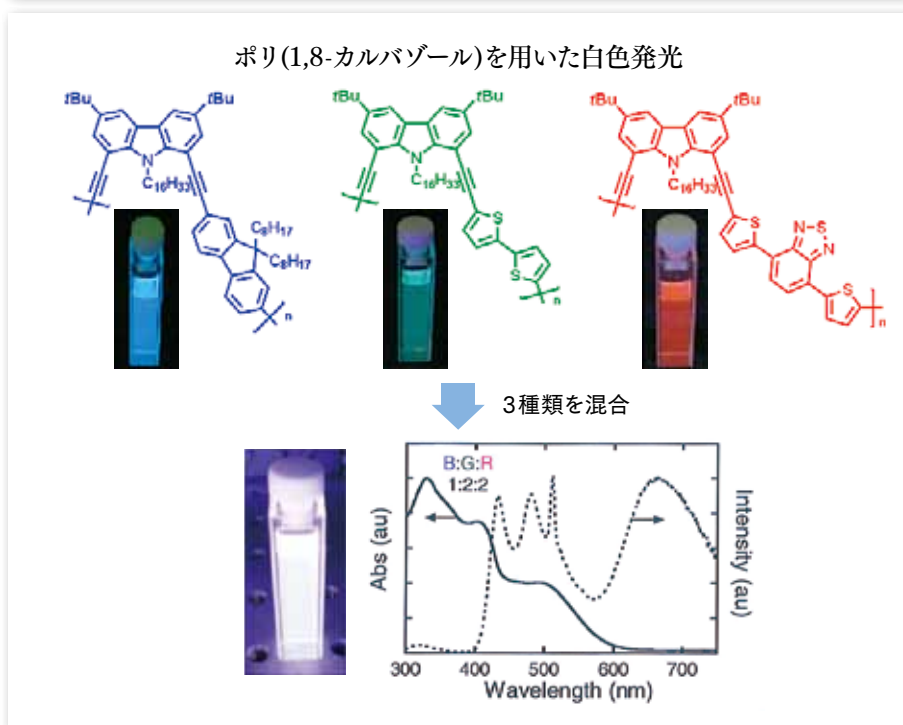
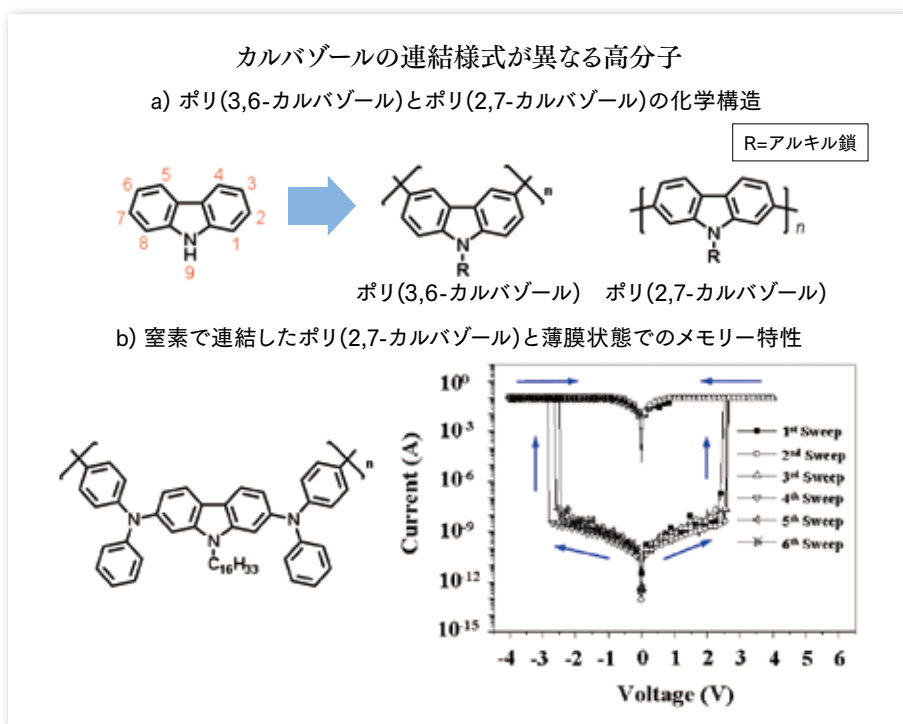
ポリ(1,8-カルバズール)のことでですね。これは連結させること自体はそれほど難しくないのですが、誰もつくったことがないものだったので、ニッチなところを開拓しようと考えたのです。この材料の特徴は、溶液中でも固体状態で凝集したときでも特性が変わらないところにあります。溶液中でも固体でも物性が変わらずに安定しているのです。

また、このポリ(1,8-カルバズール)は、共重合する化学構造を変えると、青色から緑色、赤色と、すべての基本となる発光色をつくりだすことができます。したがって適度な成分比で混ぜ合わせると、白色発光の材料をつくることもできます。ただ、溶液中ではRGB(赤・緑・青)をおおむね同じ比率で混ぜればいい

のですが、固体だと青色をかなり多く入れないと白色になりません。そこはうまく調節してやる必要がありますが、白色発光する固体薄膜もつくれるということを証明したのはひとつの成果だと考えています。

—松籟財団の助成を受けているのはどういう研究ですか。

最初に扱っていたポリアニリンに立ち返り、それをカルバズールでつくってみようというコンセプトの研究です。ポリアニリンは連結されたベンゼン環の間に窒素原子(N)が入っている形です。これをカルバズールの高分子でつくろうとすると、ポリ(3,9-カルバズール)という新しいポリアニリン誘導体になります。



これはクロスカップリングの反応を使って確実につくることができます。これからはこの高分子の半導体特性や、固体状態でも安定に青色の発光を保てるかということなどを調べていき、発光素子、太陽電池、メモリーなどに応用していくことがテーマになります。

## トライ&エラーの繰り返し

—この研究でご苦労されているのは、**どういうところですか。**

やはりデバイスに応用したときの安定性ですね。導電性のデバイスの場合、電圧をかけるわけですが、有機材料は電圧をかけると少しずつ壊れてしまうという問題があります。その壊れ方をどれだけ少なくするかということが、デバイスとしての寿命に関わってきます。化学構造を調整することでそこを解決するのが一番難しい点です。

—そこは**トライ&エラーの繰り返し**ということになるのでしょうか。

そうですね。この構造だと安定性が不十分なので、新しい位置に置換基を入れてみるとか、置換基の種類を変える、あるいは連結様式を大き

く変えてみるなど、いろいろ試す必要があります。まさしく試行錯誤の連続です。

—この研究がうまくいくと、**どういう成果が得られるのでしょうか。**

ポリアニリンよりベンゼン環がひとつ余分についている化学構造から予想できることとしては、より多くの $\pi$ 電子を持っていることで、伝導性が高い可能性もありますし、 $\pi$ 電子の広がりが大きくなると、吸収波長が長波長まで広がっていくことも考えられます。そうすると太陽光の長波長領域が、より効率よく吸収できるような材料になる可能性もあります。

—それが**工業材料**に応用されるようになったら、**最終的にどのような成果物が期待できるのでしょうか。**

有機材料の一番の利点は、軽いということ、そしてフレキシブルなデバイスがつけるところにあります。貴金属を使わないといけない分野の場合は、それが有機材料に代替できるようになれば、レアメタルなどを輸入しなくてもいいようになるので、為替変動の影響を受けず、安く安定的に供給できるようになる。究極的

にはそういう成果が得られます。

## 2つの側面がある大学の仕事

—この研究の**最終的なゴールは、****どういうところになるのでしょうか。**

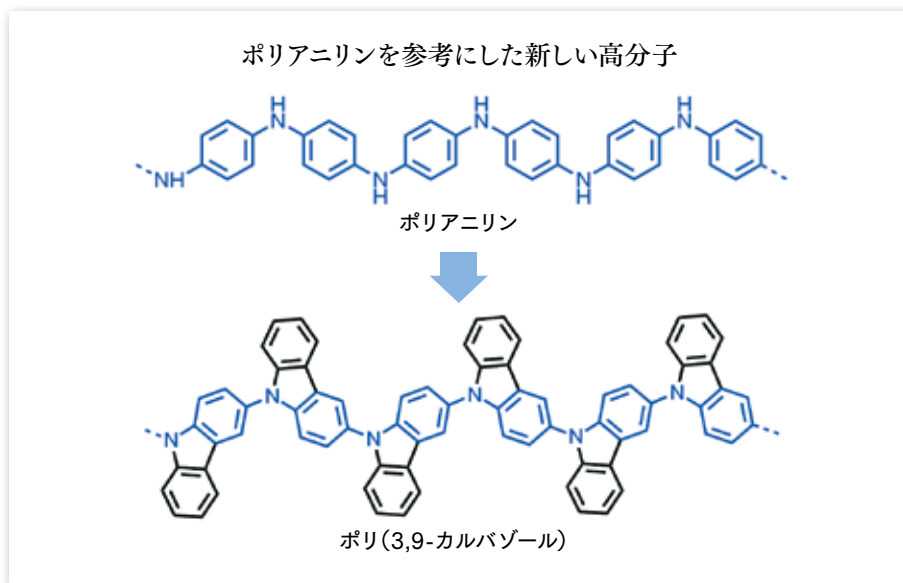
世界最高のトランジスタをつくるとか、最高の光電変換効率を示す太陽電池をつくる、といったことが実現できればもちろんいいのですが、私個人としてはそこまで求めていません。大学での研究ですから、学生が設計して、実験をし、うまくいくプロセスを勉強し、成功体験を得て社会に出て産業界で大きな成功をする。そういうことにつながればいいと思います。

—それは、**研究者というより教育者**としての考えですか。

大学の仕事には2つの側面があります。ひとつは研究者として一番いいものを世の中に送り出すとか、新しい発見をするという仕事です。多分、それをモチベーションにしている先生は多いと思います。ただ、大学の研究者は教育者でもあるわけです。したがって、どれだけいい学生を育てるかということも大事になります。そのためには自分がやりたい研究だけをしてはダメで、考えるプロセスを学生に学ばせなければいけません。教育と研究は、相反するところがあると思います。そこをうまく組み合わせ、バランスを取りながら取り組んでいくような研究室をつくりたいと考えています。まだ始めたばかりですが、その難しさを今、ひしひしと感じているところです。

—**どういうところが難しいのですか。**

やはり研究の面白さを学生に分かってもらうところですね。東工大の場合、学部4年生になると卒業研究





から入った人は、高分子の合成をあまりやりたがらないところがあるように感じます。高分子は分子量が異なる分子の混合物なので、なんとなく汚い材料のようなイメージを持っているのかもしれませんが。私たちのように高分子から入ると、そういう悪いイメージを持っていないので、低分子の合成法を使って高分子をつくることにも抵抗がありません。

——チューリッヒ校を留学先に選んだのは、他では

やっていない低分子の研究をしていたからですか。

それもありません。その研究室のホームページを見て、面白そうだなと思ってメールを送ったのですが、人気のある研究室でしたから、何で自分が入れたのかなと思います。そこはいまだに不思議です(笑)。

——昨年からご自分の研究室をお持ちになったわけですが、どういう研究室づくりを目指していますか。

去年は時間をかけて研究室のルールを整備してきました。実験ノートは、カーボンコピーできるものを特注しています。コピーの方を学生が保管し、オリジナルは研究室で保管することにしています。細かいところまできちんとするのが好きな性格なので…。でも、やはり研究は面白い、化学は楽しいと学生が思えるような研究室を目指すのが基本です。私自身は今、デスクワークが多くなり、自分で実験することはほとんどなくなりましたが、やれば楽しいのは分かっています。学生もきっと楽しんでいてと思いますよ。

をするために研究室配属されますが、1年間卒業研究をして、「研究って面白い」と思って大学院に進学する学生をどれだけ増やせるか。卒業研究をして、なかなかうまくいかなくてもその困難を乗り越え、研究は面白いと感じるようなテーマを提供したり、環境をつくるのがとても重要になります。ところが難しいのです。

——先生ご自身は、研究は面白いと感じていらっしゃいますか。  
もちろん(笑)。

——どういうところが面白いのですか。  
化学が好きだということが根本にあります。化学の中でも有機合成とか高分子合成という分野は、世の中にない新しいものをつくり出すという、ものづくりの面白さがあります。

## 独自の化学を確立したい

——「新しい有機材料は分子設計によって無限につくりだせる」「独自の化学を確立したい」とおっしゃっていますね。スイス連邦工科大学チューリッヒ

校に留学していたときのことで。事情があって約2年で急に帰国することになってしまいました。こういふとき、日本だと事務的な手続きなどで忙しくなるイメージがありますが、私がいた研究室の先生は「私の化学を楽しんだか？」と聞いてきたのです。スイスでしていた研究はうまくいかなかった部分もかなりありましたし、きれいにまとめることができなかつた部分もありました。それでも、世界中でその研究室しかやっていない研究内容で、困難を乗り越えるために毎日考え、手を動かして新しいものをつくる作業は、確かに楽しいものでした。私の研究室の学生にも、そういう楽しさを感じて欲しいものです。

——帰国されてからは高分子材料の研究をされていますが、スイスでは低分子の合成を研究されていたそうですね。

学生のときは高分子の材料を扱っていましたが、元に戻ったということでしょうね。有機合成ができれば低分子の合成も高分子の合成もできるのですが、最初に低分子の合成