

# 生命科学への貢献を 夢に、蛍光特性変化を 起こす分子を研究

相良剛光さんは、修士学生のとときに機械的刺激で蛍光色が変わる分子を発見。これを契機に、この分野一筋で研究に取り組んでいる。将来に見据えているのは、生命科学への貢献だ。

東京工業大学  
物質理工学院材料系 准教授

## 相良剛光

さがら・よしみつ 1981年、富山県生まれ、東京都育ち。東京大学工学部化学生命工学科卒業。同大学院工学系研究科化学生命工学専攻博士課程修了。工学博士。日本学術振興会特別研究員、東京大学大学院薬学系研究科特任研究員、北海道大学電子科学研究所スマート分子材料研究分野助教、JSTさきがけ研究者（兼任）を経て2020年4月より現職。その間の2013年から2年間、スイスのフリブール大学に留学。今年の5月に長女が生まれたばかり。休日にはミルクを飲ませたり、オムツ交換をしたりしているが「未知の生命体なので大変」という。  
[第37回 松籟科学技術振興財団研究助成受賞]

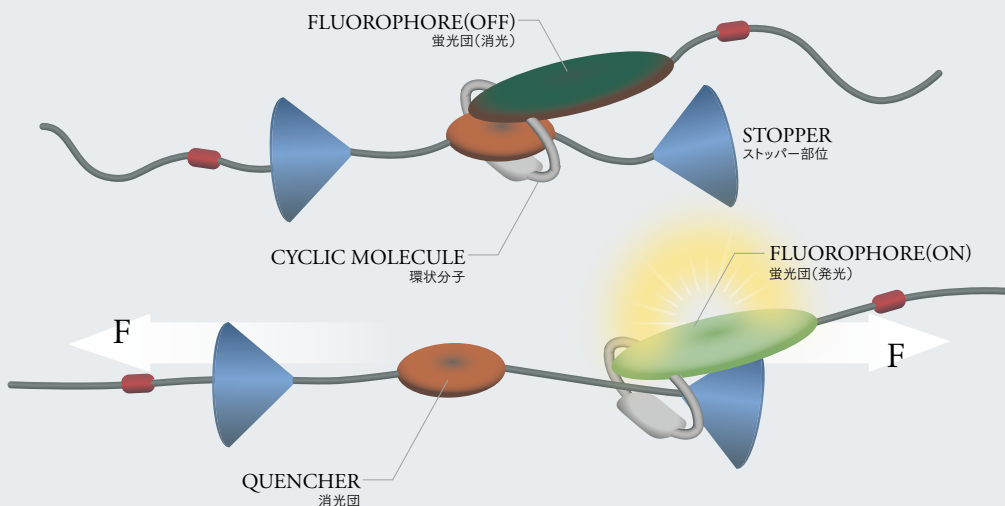
## 偶然の発見が導いた 研究者への道

——先生の研究内容について教えてくださいいただけますか。

こすったり引っ張ったりして機械的刺激を与えると蛍光特性が変化する有機材料を開発しています。元になる発見をしたのは2006年で、まだ東大の修士課程にいたときのことです。偶然、ある化合物をこすったら色が変わる現象を見つけました。最初は分子が壊れたのかと思いましたが、どうもそうではありません。しかも、こすった後に熱をかけると蛍光色が元に戻ったのです。

——熱で戻せるということは、分子の結合が切れていないということでしょうか。

そうですね。だからこすったときの圧力で色が変わるのではないかと考え、そういう現象を示す化合物があるのか調べてみたのです



が、海外でもほとんど報告がありませんでした。あのときのワクワク感は忘れられません。これが私の研究者人生の始まりです。それからは、この研究一筋。修士課程の終わり頃からは、先生から指示されたテーマはほとんど研究せずに自分の興味を赴くままに研究をしていました（苦笑）。理解のある先生ばかりで、運がよかったと思っています。

——どうしてそれほどこの研究にのめり込んだのでしょうか。

新しい未知のテーマで、大きな可能性があったからです。すでに研究室にあったテーマは先輩たちが取り組んでいましたし、それなら未知のテーマに取り組んだほうが面白いだろうと。そして、もしこういう化合物が開発できれば、力をセンシングする材料に応用できると考えました。もちろん、力をセンシングできる材料は世の中

にゴマンとあります。スマホのディスプレイなどにも、圧力をセンシングする材料が使われていますね。でも、そうしたものと競合しても仕方ありません。この研究が本当に役立つのは、おそらく生体応用だろうと考えています。ポスドクのとときに東大の薬学部の研究室に行き、腫瘍細胞の識別などに使われる蛍光プローブについての知見を得たのもそれが理由です。

## 可逆的に蛍光特性変化を 起こす分子骨格に挑戦

——現在取り組まれている研究テーマについてお話しいただけますか。

松籟科学技術振興財団の助成事業に申請したテーマは、ロタキサン型超分子メカノフォアの高機能化です。機械的刺激を与えると色変化などの応答を示す、メカノフォアという分子骨格があります。

しかし、メカノフォアは原子と原子を結び付ける共有結合を切断する必要があったため、可逆性に乏しいという問題がありました。

そこで私が目をつけたのが、ロタキサンです。ロタキサンは超分子化学の分野で長年研究されてきたインターロック分子の1つで、環状分子の輪の中を軸分子が貫通してできています。軸分子には比較的嵩の高いパーツが入っているため、輪の中から自然に抜けていくことはありません。このロタキサンを使うと、共有結合を切断することなく、導入したポリマーの伸縮に応じて可逆的に光が点いたり消えたりする超分子メカノフォアをつくることができます。

——どうしてそれまでの研究とは異なる発想ができたのでしょうか。

薬学部時代、水中で機械的刺激を受けて蛍光色が変わる、15個から20個程度の両親媒性分子で構成されるミセルの研究をしていました。しかし細胞に印加される力を検出できなかつたので、構成分子数を極限まで少なくすればいいと考え、2つの分子が

つながったロタキサンに行きつきました。このときの知見が、メカノフォアの研究に活かしています。

——最初に色が変わる現象を発見してから10年以上が経過しました。ここまでの成果はいかがですか。

何をもって成果というのかは評価が分かれると思いますが、こうした現象を見つけたこと自体が大きな成果ですし、スケールをどんどん落としていることも、ポリマーに適用したことも成果になると考えています。

——有名なジャーナルに論文がずいぶん掲載されているそうですね。

2007年の最初の論文、2014年のミセルの論文、そして2018年のロタキサンの最初の論文が『Journal of the American Chemical Society (米国化学会誌)』に掲載されました。ネイチャー系のジャーナルや材料科学の学術誌『Advanced Materials』で当該分野の解説記事・総説を執筆したこともあります。

——まだわかっていないことを挙げるとすれば、どんなことがありますか。

どれくらいの力で発光特性を変化させているのかが、まだ明確に

は計測できていないんです。1つの環状分子を動かすのに必要な力がどれくらいなのか、わかっていないということです。

## ピコニュートンオーダーの力を可視化したい

——その力というのはどれくらいの強さのものなのでしょうか。

ピコニュートンオーダーです。1ピコニュートンは1兆分の1ニュートンですから、非常に微細な力ということになります。両手にリンゴを1個ずつ持ったときにも、その間には引力がピコニュートンオーダーで働いています。当然、人間が知覚できるレベルではありません。人体を構成している細胞の中には、膜貫通たんぱく質があります。このたんぱく質が1分子レベルで出す力もピコニュートンオーダーで、その力を見たいと考えています。

——どういう方法で測定するのでしょうか。

今は原子間力顕微鏡を使っていますが、なかなかきれいなデータ



相良教授（前列右から2人目）と研究室の皆さん



有機合成反応が進行しているかの確認



有機化合物を反応させた後に、溶媒を留去するためのエバポレーター

が得られていません。もっと別の新しいツールを使う必要があるかもしれません。

——そうした極小の力を測ろうとすると、環境が重要になりそうですね。

エアコンの空気の動きでも影響が出てしまうくらいで、振動があったら計測不能になってしまいます。そのため除振台を用意し、その上に防音ボックスを設置して測定装置などをその中に入れます。それでも建物のほかの部屋にある機械などが動いていると、その振動を拾ってしまうことがあります。ですから、ほかの研究室に誰もいない土日に測定すると割ときれいなデータが取れますね。

——この研究が成功したら最終的にどのような成果が得られるのでしょうか。また、どのような形で社会実装されるのですか。

例えば、材料が受ける微細なダメージを正確に評価できるようになりますから、ゴムなどの材料の劣化の分析に役立つと思います。しかし私が一番メインに考えているのは、生体応用の分野です。まだお話できないのですが、生命科学の基礎研究に応用できるものの可能性を本気で考えています。

## この学問分野を 人類に役立つレベルに

——それが実現するとしたらいつ頃に

なりそうですね。

そうですね……あと10年はかかると思います。

——この研究で一番面白いと感じられるのはどういったところでしょうか。

自分で手を動かして光の変化が見られるのが、とても面白いですね。先日、高校生向けに行ったオープンキャンパスでも、色が変わるところを見せたらすごく興味を持ってもらえました。変化が見えるということは、とても大切なことだと考えています。

——挫折のようなものはあったのでしょうか。

結果が出ないことを挫折というのであれば、確かに今までに挫折もありました。しかし、最終的に結果が出れば良いと考えています。3年間ノーデータであっても、それを挫折とは思わないにしようと考えながら研究を続けています。

——ご経歴を拝見しましたが、2013年7月から2年間、スイスのフリブール大学に留学されていますね。

はい、フリブール大学のAdolphe Merkle Instituteという研究所に日本学術振興会の海外特別研究員の身分で行きました。新しくできたその研究所のヘッドに知り合いの先生が就任していて、研究内容も近い部分があったので、博士課程時の指導教官の紹介もあり、アポを取ってネゴシエーションしました。お互い研究内容がよ

くわかっていたので、「君ならいいよ」と受け入れてもらえました。——フリブール大学での2年間はどうか。

楽しかったですね。もちろん異文化に戸惑うこともありましたが、日本の大学の研究室とはシステムがまるで異なっていて、17時にはほとんど人がいなくなり、18時には無人になってしまうのです。実験も研究も短期集中型なのです。私はダラダラやるほうなので戸惑いました。

——東京工業大学に赴任して初めて独立した研究室を持たれたそうですが、研究室の運営で心掛けていることはありますか。

とにかくお金を切らさないことです。この研究室には教授も助教もいません。だから私が科研費を切らしてしまうと、研究がストップしかねません。そういう意味でも、松籟財団の助成が決まったときはうれしかったです。

——これからのキャリアプランはどう描いていますか。

どうなるかはまだわかりませんが、好きな研究を続けていきたいと考えています。でも、准教授だと助教を採用できませんが(笑)。

——これからの目標を教えてください。

実用的なメカノセンサーをつくることです。人類に役立つレベルまでこの学問分野を押し上げることが自分の使命だと思っています。