

新しい原理で 世界を一変させたい

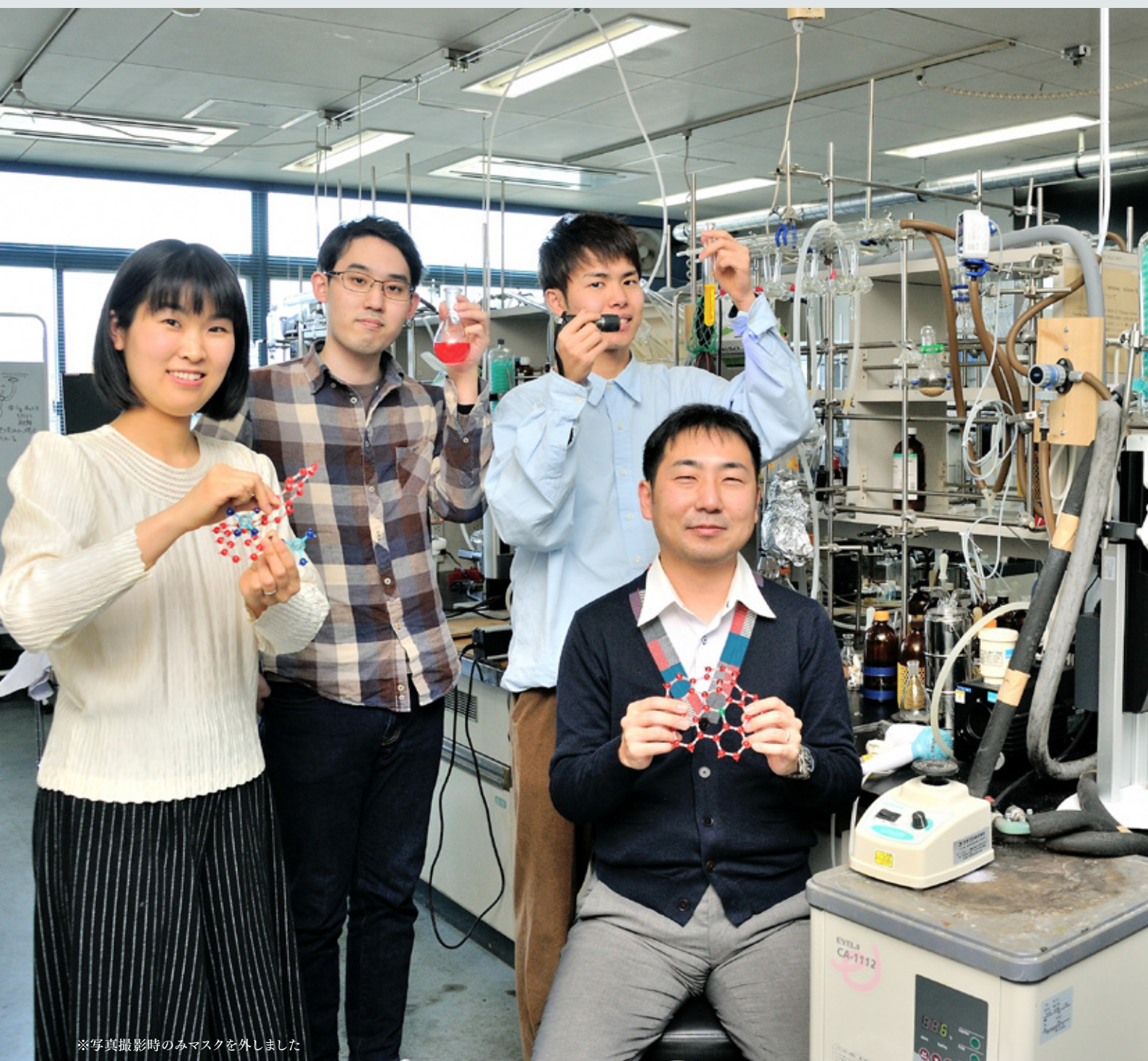
平面分子を曲面分子に一段階で変換できる反応を開発した廣戸聡さん。
論文がネイチャー姉妹誌に掲載されるなど輝かしい実績を上げている。

京都大学 大学院人間・環境学研究科 准教授

廣戸 聡

ひろと・さとる 1981年、島根県生まれ。京都大学理学部卒業。同大学大学院理学研究科化学専攻博士後期課程 修了。理学博士。日本学術振興会特別研究員、名古屋大学大学院工学研究科助教を経て、2018年4月より現職。中高は鹿児島県のラ・サール学園で6年間の寮生活。「ド田舎の寮生活で自由を満喫した」とか。「小さい頃から科学者になるのが夢であり、実験が好きだからこの業界を選んだ」そうで、今も自ら手を動かしているという。

「第32回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞」

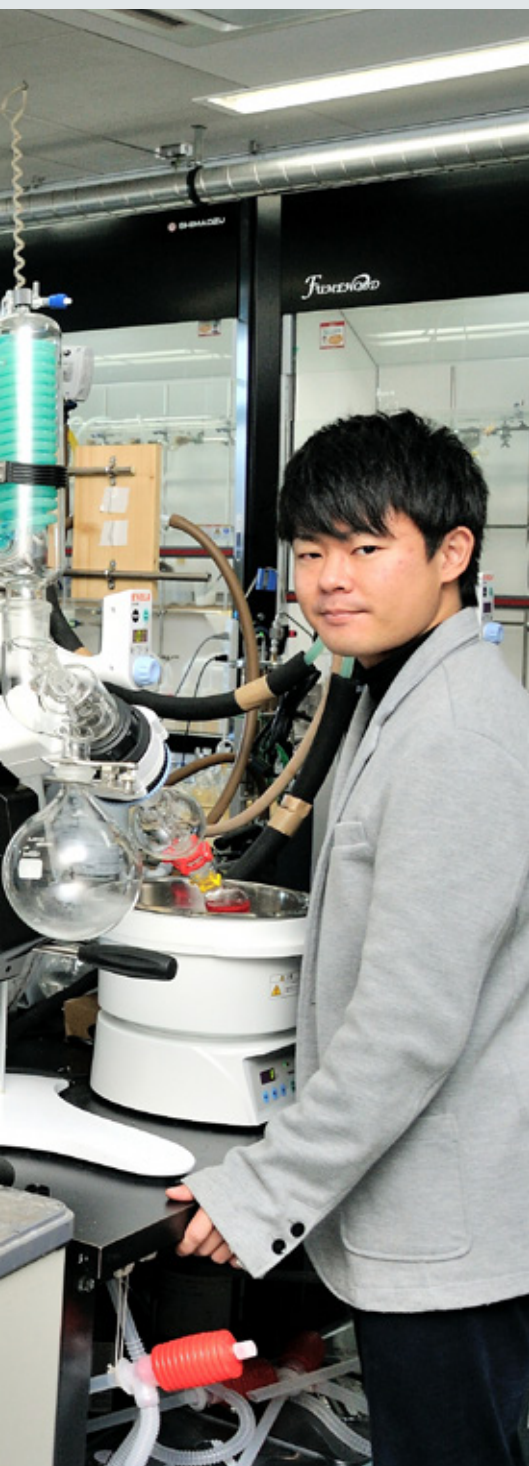


※写真撮影時のみマスクを外しました

誰でも簡単に できる反応がいい

—京都大学のホームページには、先生が「平面分子を曲面分子に変換できる手法を世界で初めて編み出した」との記述があります。これはいつのことですか。

論文を発表したのは2012年です。アントラセンという平面の化合物を



一段階で螺旋型の構造を持つ分子、アザヘリセンに変換できる反応を見つけたんです。もっともこれは偶然見つけた反応でした。

—偶然だったのですか。

もともとは平面分子を曲面分子に変換するのが目的ではありませんでした。芳香環の歪みについて研究するための材料としてよく使われるシクロファンという化合物があります。歪みを持つ化合物は一般的に安定ではなく、平面的な分子からつくるのは難しいとされていました。歪みを生じさせるためにはかなりのエネルギーが必要で、通常は高温で反応させなければなりませんでした。ところがシクロファンが普通の溶液中の有機合成の反応で、しかも一段階でできたため面白くて、条件を変えて、いろいろ試していたら、曲面的な構造に変化する反応が見つかったんです。

—そのときは、世界で初めてという認識はありましたか。

世界初ということまでは知りませんでしたが、これはすごいと思いました。

—そういうときは何回も繰り返して再現性を確認するのですか。

そこは細心の注意を払って確認しました。私は自分が合成した化合物を皆さんにも使ってもらいたいと思っていて、そのために誰にでもできるような反応を開発すべきだということを信条としています。特殊な操作など必要のない、誰でも簡単につくれる反応を見つけられたらいいと思っていたところにこの反応を見つけたので、うれしかったですね。

バッキーボウルの 合成にも成功

—どうして一段階でできたのでしょうか。

そこがまだに謎なんです。ただ、この反応は、ほかの一般的な π 共役分子でも再現できるのが特徴で、この研究の1つのキーにもなっています。これまでの π 共役分子はよく光るとか電気を通すといった物性が確認されているので、いろいろな材料に使われています。そのような π 共役分子を曲面にして構造的なファクターを付け加えることで、もともとある物性と構造的なファクターが融合して新しい物質ができ、それを既存の材料プロセスに載せることができれば、いろいろな材料展開ができるのではないかと考えています。

—論文を発表されたのが2012年ということですが、その研究はだいぶ進んだのでしょうか。

先程述べたように、この反応がいろいろな π 共役分子に適用できることがわかってきました。例えば、ポルフィリンに使うとねじれた構造を持つ分子ができました。しかもそのねじれは世界最大で、いまだにワールドレコードです。さらに合成した曲面分子がこれまでの平面構造を持つ分子には見られなかった機能性を示すことも見だし、機能材料への応用を目指して研究を進めています。

—資料によれば、世界初のバッキーボウルの合成にも成功されたとありますが。

2015年に『ネイチャーコミュニケーションズ』に発表したアザバッキーボウルのことですね。ボウル構造を持つ π 共役分子のバッキーボウルは、フラーレンやカーボンナノチューブ合成のカギとなる出発物質で、通常は全部、炭素でできています。ところが、私たちが開発したアザバッキーボウルはほぼ真ん中に窒素元素が存在しています。だから窒素元

素の性質と曲面構造の両方を併せ持ち、フラーレンと強く相互作用する特性があります。その特性を利用して、超分子ポリマーの形成や二光子吸収特性を発現することも確認しています。

—このときは偶然ではなかったのですか。

(苦笑しながら) そうですね、これは狙ってつくりました。窒素という元素は反応性が高く、それまでこういう合成物は不可能と考えられていました。私たちの合成戦略を使うことによってそれが初めて可能となったのです。しかも歪みをどんどん大きくしていくことで、それぞれの反応のエネルギーが小さくなり、通常は1,000°Cくらいの高温が必要だ

ったのに、常温でも反応するようになりました。

分子サイズのコイルが可能になるかも

—この研究を発展させると最終的には何か新しい材料ができたりするのですか。

π 共役分子は電気を通す性質があり、ヘリセンという分子はもともとコイルの材料として注目されていました。だからアザヘリセンを重ねていくと螺旋型の電気を通す導線、つまりコイルのような性質が実現できるのではないかと考えています。アザヘリセンという化合物自体がつくりにくく、しかも合成に多段階の反応が必要とされていたため大量につ

くるのが難しいことから、まったく実現できていませんでした。ですが私たちの反応なら一段階でつくることができるので、大量につくことも容易です。どんどんつなげていけば分子サイズの小さなコイルができるのではないかと考えています。今、つなげていくとどのような性質が出るのかを知るための基礎的な研究を進めているところです。

—それはマイクロロボットなどにもつながるものですか。

そうですね……。そうなればうれしいですが、かなり先のことになるでしょうけど。100年後とか200年後とか。

—先ほど、ネイチャーの名前が出ましたが、先生の研究は多くの有名なジャーナルの表紙を飾っています。すごいことをしているという意識はありますか。

つねにすごいことをしたいという意識はあります。また、ジャーナルに掲載できたということは、その結果が認められたということかなという喜びもあります。

—表紙になった回数ほどのくらいですか。

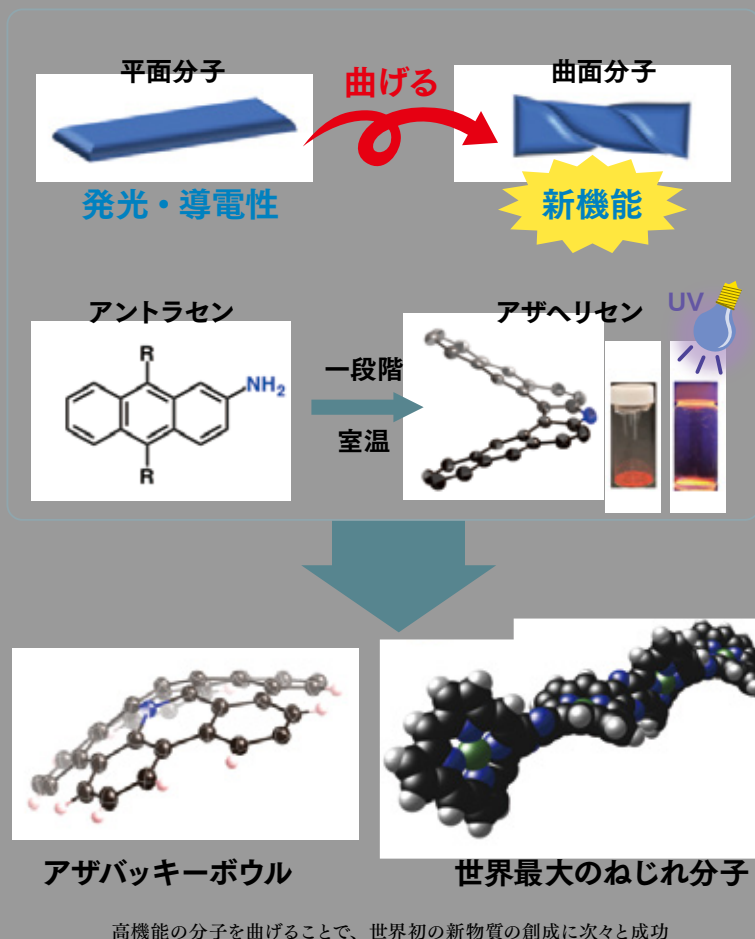
たしか10回以上だったと思います。

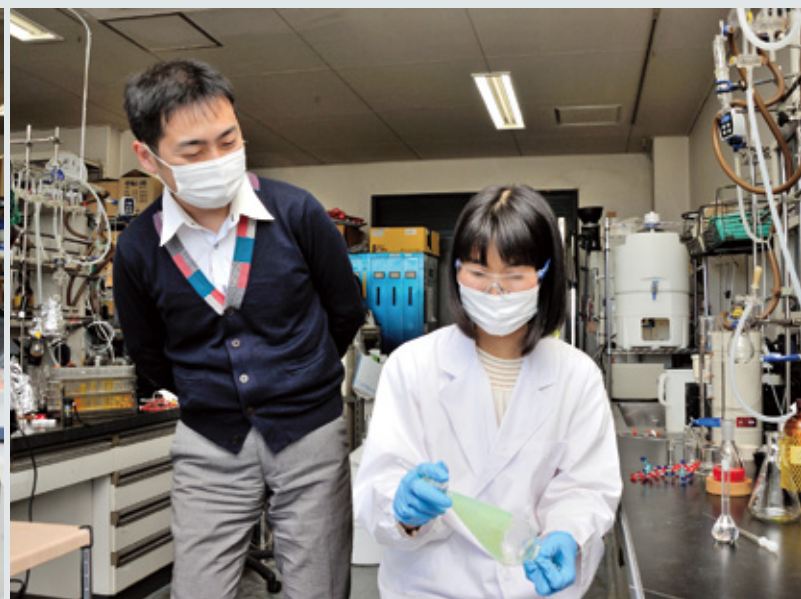
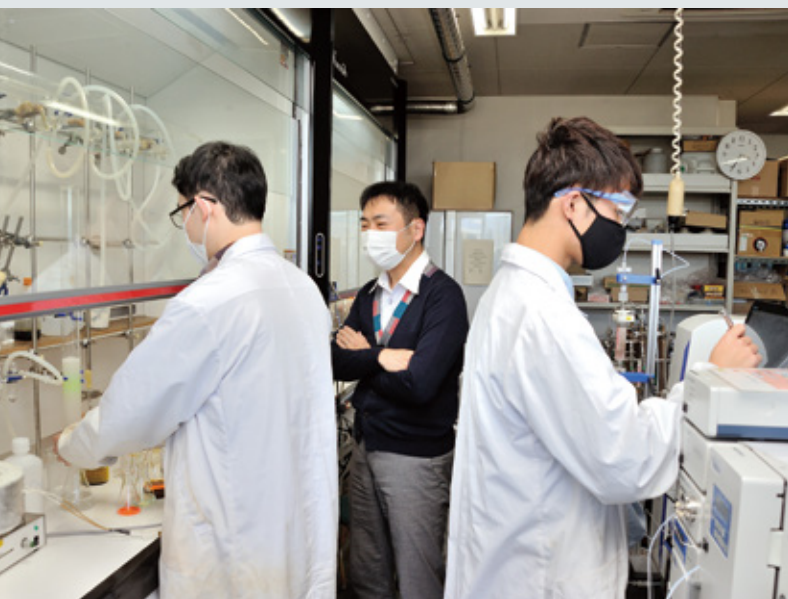
現実味を帯びた『ミクロの決死圏』

—分子コイルというお話が出ましたが、それ以外にはどんな材料に結び付きそうですか。

こういう歪みのある分子は、安定の構造に戻ろうとして、圧力など外部からのいろいろな刺激に应答して構造を変化させようとする性質があります。私たちが最近、注目しているのは、その構造を変化させようとするときのエネルギーを電気に変換

π 共役平面を「曲げる」反応





させることはできないかということです。それができれば圧電センサーの素子にすることが可能になるかもしれません。今の圧電素子は無機物が主流で、鉛を使ったものもたくさんあります。ここはまだ有機材料が踏み込んでいない領域ですが、有機物でつくることができれば生体適合性があり、より変換効率のいいものにできる可能性があります。

——それは例えばウェアラブルデバイスの動力源とかですか。

実は高分子を使った圧電材料をウェアラブルデバイスの動力源にするという研究をしている先生はすでいらっしゃいます。でも、高分子は効率あまりよくありません。分子レベルの圧電素子ができれば、血管の中に入れるような分子ロボットの動力源にできるかもしれません。

——昔の映画『ミクロの決死圏』のような……。

そうですね（笑）。

——2014年に松籟財団の助成を受けた研究はその後、どうなりましたか。

ソレノイドをつくらうという研究のことですね。この研究自体、さら

に発展させようとしていますし、この研究がその後、バッキーボウルの研究につながった面もあります。

——助成金はやはりプラスでしたか。

もちろんです。助成をいただいたことは単に資金的なことだけでなく、自分の提案が採択され「この提案は価値がある」と認めていただいたことになりしますので、採択されたこと自体がモチベーションになりましたよ。

ナンバーワンと同時に オンリーワンの研究を

——先生が学生を指導するにあたり気をつけていることはありますか。

ディスカッションする機会や時間を多くとるようにしています。2015年に米ヴァージニア大学に半年間、客員研究員として滞在したとき、学生はもちろん実験もしますが、ディスカッションが非常に多いことに驚きました。1回に3～4時間は話し合いに時間をかけていましたから。また、アメリカでは学部生の有機化学の講義を行うという貴重な経験もさせていただきましたが、学生が講義中に積極的に質問をし、講義後も内容についてのディスカッションをしにくることが印象的でした。私の研

究室でもディスカッションの時間を十分にとるように心がけています。研究を進めるうえで、1人で悩んでも解決しない問題はたくさんありますし、実験していると何がわからないのか、何が問題なのかも見えなくなってしまうことがあります。そういうときに時間をかけてじっくりと話し合うことで、新しい視点や考え方に気づくことも多く、より効率的に研究が進められるのではないかと考えています。

——そういうディスカッションでは、先生が学生に気づかされることもあったりしませんか。

ありますし、むしろそのほうがうれしいですね。学生には自分で考え、自分で提案できる力を身に付けてほしいと思っていますから。

——今後の目標はいかがですか。

世の中を一変させるような研究をしたいとは常々思っています。モノづくりでというより、新しいものをつくることによって新しい原理や原則を生み出し、それが世の中の構造を変える、そういう研究を目指しています。ナンバーワンであると同時に、オンリーワンでもありたい、それが目標です。