

電子、分子、外部刺激の協奏で 新たな物質の創成へ

有機物と無機物が分子レベルで融合した金属錯体を活用することで、張浩徹さんは新しい物質や物質の制御方法を開発しようとしている。またその一方では金属錯体とその骨格を活用した新しい触媒の開発にも挑んでいる。この触媒が開発できれば、エネルギー問題の解決に向けた新しいアプローチを提案できると期待している。「あらゆるものを分子スケールに置き換えて考える」という張さんは、金属錯体化学の領域で新たな道を切り開こうとしている。

北海道大学大学院
理学研究院化学部門 准教授

張 浩徹

[ちゃん・ほちよる]1973年、京都生まれ。京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻修了。博士(工学)。同大学院助手・助教を経て、2008年11月から現職。その間、科学技術振興機構さきがけ研究「秩序と物性」領域研究員、理化学研究所空間秩序研究チーム客員研究員も経験し、2008年には英国バース大学で半年間客員研究員を務めた。現在、北海道に単身赴任中。1歳になる長女と会うことが楽しみだという。

「第29回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞」

有機物でもあり、 無機物でもある？

—先生は、錯体化学研究室に所属しておられるようですが、錯体とは何でしょうか。

錯体を英語で言えば、Complexです。一言でいうと、複雑で正体がよく分からないもの、ということでしょう。化学では有機物と無機物という二つの大きな物質の分け方がありますが、錯体というのはその両者の性質を含んでいるのです。無機物で

ある金属と、炭素や窒素を含む有機物が結合した構造を持つものを金属錯体といいます。日本は伝統的にこの分野が強く、世界の無機化学の教科書ではたいてい日本の研究者の研究成果が掲載されています。

—有機物と無機物のどちらでもない、ということですか。

ネガティブな言い方をすればそうですが、ポジティブに言えば、どちらでもあるということです。両方の性質を持っている。だから分子レベ

ルで錯体の持つハイブリッドな構造とか性質をうまく活用すれば、有機物単独、あるいは無機物単独では発現しない性質を出すことができます。

——もともと自然界にあるものなのでしょうか。

たとえば葉緑素のクロロフィルには骨格の中心にマグネシウム錯体があり、ヘモグロビンには鉄錯体があります。人体には10数種の金属がいずれも金属錯体の形で入っています。ヘモグロビンの場合、酸素と鉄がくっついて、血液中で酸素を運搬し、必要に応じて放すという役割を担っています。また工業的に窒素を固定しようとしたら、高温高压の環境で鉄触媒を使わないといけません。植物に含まれている酵素の活性中心には錯体が存在し、室温、1気圧という条件でいとも簡単に窒素を固定してしまいます。抗がん剤としてよく知られているシスプラチンも白金の金属錯体です。

電子の出入りで性質が変わる

——その錯体分野でどういう研究をされているのでしょうか。

僕が着目しているのは、化学屋が扱える一番小さいユニットの電子です。電子というのは、色、構造、磁性、電荷、反応性などを司る最小単

位ですので、それをいかにうまくコントロールして、物質の性質や構造を制御するかということ。それから分子単独では発現しない集団現象にも着目しています(図1)。分子集合体の中で電子を制御すれば多様な現象や物性が得られる可能性があるからです。そしてもうひとつは、電子を動かすための外部エネルギーとして熱や光等の外部刺激を使うこと。

外部刺激を与えることで、安定なところにとどまっている電子を動かしていろいろな現象を導こうと考えています。つまり、電子、分子、外部刺激が協奏する物質の創成というのが僕の研究のコンセプトです。

このときキーワードになるのは、レドックス (Redox) 活性配位子です。レドックスというのは還元 (Reduction) と酸化 (Oxidation) を意味する造語で、電子がアクティブに出たり入ったりすることを示しています。配位子というのは金属に結合するユニットのことですね。1個の電子が出たり入ったり隣のユニットに移ったりすることでカメレオンのように変化する性質を示す分子の開発について、ずっと研究しています (図2)。

——その研究が最終的にもたらす成果としては、どのようなものが想定できますか。

分子スイッチとして使えるとかメ

モリーに使えるという人もいますが、僕自身はそういうところよりあくまでも原理的なところに関心があります。どんな材料にしても小さな要素を集めて使うというのは共通した側面ですが、個と集団がどういう関係で影響を及ぼし合うのかということを化学的に理解し、制御する学問は、まだ確立されていません。その原理を押さえないのです。ただもちろん、ミリ、マイクロ、ナノ、そして分子、原子、電子というように階層的に制御することはとても重要です。そこで一番小さいユニットの電子が上の階層に対してどういう影響を与えるのか、分子が分子集合体にどう影響を与えるのかという原理を解明すれば、いろいろなところで実社会にも役に立つはずですよ。

貴金属フリー触媒のプロジェクト

——その研究は京都大学の頃から続けておられるんですね。

そうです。こちら (北海道大学) に来てからはもうひとつ、エネルギー問題を解決する化学もやろうということで、加藤昌子教授と一緒に研究しているテーマがあります。東日本大震災後、再生エネルギー、クリーンエネルギーという課題が社会的に大きな注目を集めていますが、僕

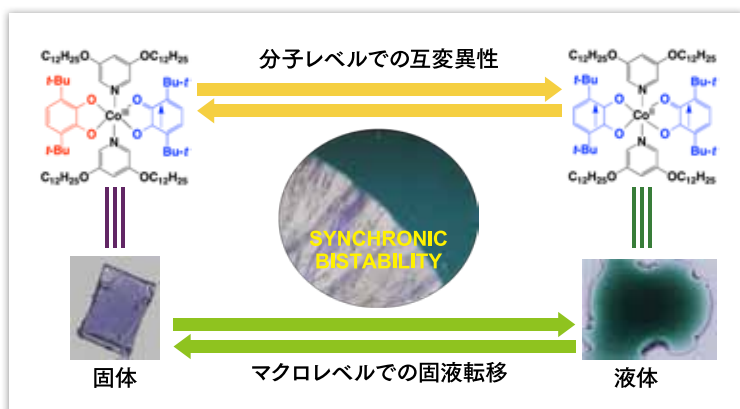


図1: 紫色結晶中に存在する左上の分子は加熱により電子移動を生じ右上の分子に変換されると同時に、緑色液体へと変化する。電子と分子が同期して変化する初めての例。

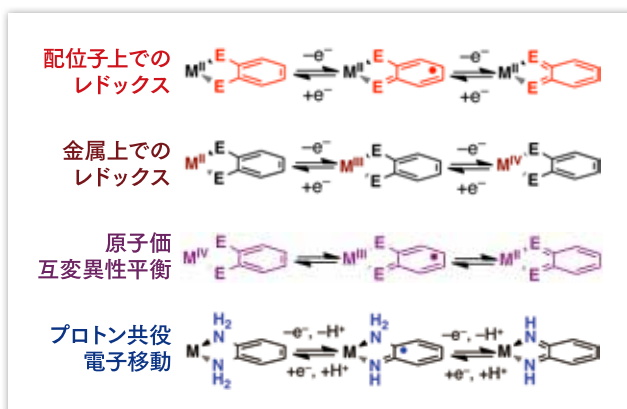


図2: レドックス活性な配位子と金属からなる金属錯体ユニット。シンプルな骨格から多様な電子・プロトン移動が生じる。

私たちは中でたとえば水から酸素や水素を取り出す触媒の創成をひとつのテーマに設定しています。金属錯体が水を酸素と水素に分解する触媒として活性を示すことはずっと前から知られていますし、そういう研究も盛んに行われています。ただ今のところ、水素を発生させる触媒には、世界的に見ても白金などの貴金属がその主流として使われています。

そこを僕たちは、地殻に豊富に含まれる鉄などのユビキタス元素、安価で大量にあるもので活性を出そうという取り組みをしています。そんなことは無謀だという人もいますが、僕のグループでは高価な金属は一切使わないことにしています。貴金属フリーのプロジェクトです。

—その研究は現在、どこまで進んでいるのですか。

近々論文を発表する予定なので詳しいことはお話しできないのですが、我々が使っている有機骨格は電子を動かすのが得意なので、それを利用して触媒をつくれなかつたといろいろトライしています(図3)。最近、非常に面白い現象を発見しました。金属だけで反応させるという固定観念から脱却し、金属をあくまでもサポ

ート役として位置づけ、有機骨格をうまく使ってやるとこれまでになかった新しい反応系を設計できることを証明しつつあります。

—水の分解がターゲットなのですか。

そこに絞り込んでいるわけではありません。燃料電池や光エネルギー変換などの研究も進めています。水を分解して水素、酸素を出すのは、その中のひとつのターゲットということです。安価な金属を使い、自然界にあるような有機骨格をモデルにして協奏的に反応を駆動する。そういうやさしい触媒が開発できればと思って日々研究しているところです。

数学から化学への転身

—そうした研究で一番重要視されているのはどういうところですか。

人、ですね。実験などは学生諸君がやってくれているので、チームワークの取れたグループづくりが一番大事です。また新しいことにチャレンジするには若い人の行動力や斬新なアイデア、怖いもの知らず的な勢いが大事です。

—先生もまだ若いじゃないですか。

もう行動力や勢いはありませんか。そう言われなかつたように一応踏ん張ってはいますが(苦笑)。

—ご自身も学生のときは斬新な発想をされていましたか。

僕がいた京都大学の研究室は新しいことにトライする雰囲気にあふれ

ていました。だから常時10個くらいのテーマが進められていたものです。大したアイデアではなくても、とにかくやってみようという感じで。自由な環境で育ったので、苦勞もしましたが、今、指導する立場になつても、そういうところを最大限生かすことが大事だと考えています。エスタブリッシュされた分野をコピー&ペースト的にやらせることも可能でしょうが、僕的にはそれはあまり面白くない。学生が、4月に入ってきたときには考えもしなかつたことが、1年後の3月にはできていたというのが面白いじゃないですか。

—4年前に京都大学から北海道大学に移られてきたわけですが、環境を変えたことでプラスになったことは?

研究分野について言えば、触媒の研究に携わるチャンスをいただいたことは、僕にとって大きかつたですね。学生や研究員などと一から話し合い、一つひとつ手づくりで研究を進めてきました。場所や人が変わると、新しいことをやってみようという気持ちになりやすいのでしょうか。

—まさに心機一転、というわけですね。

研究者にとっては、違う環境に身を置くことがときどき必要になると。適応力とかストレス耐性を養うという意味でも、それは必要なのではないですか。

—化学に興味を持つようになったのはいつ頃からですか。

実は僕は大学に入ったときは数学科だったんです。ところが学部2年生のときに有機化学の講義を聴いて感銘を受け、そこからスイッチが入ったんです。炭素は手が4本ありますが、ひとつ、二つと増やしていくと、四つ目からはいろいろな枝分かれ構造が出てきて、成分は同じだ

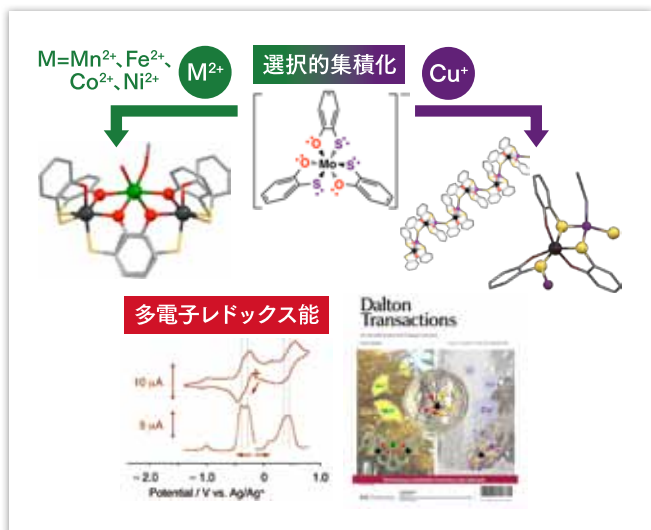
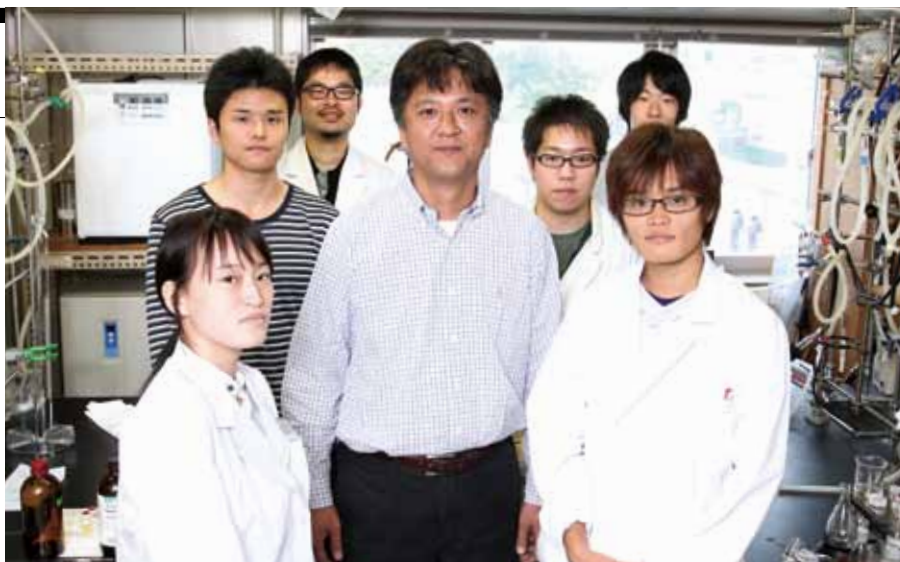


図3：触媒設計に向けた設計。多くの電子をプールすることが可能な錯体ユニットを合理的に集積化し電子移動を制御できる。

けど異性体がたくさん出てくる。それをどんどん増やしていくと恐ろしいほどの多様性が生まれる。そういうシンプルなものから多様性が生まれ、人間の身体が構成されて生命体をつくっているのだというような講義でした。難解な数学の問題を解くよりもそっちの方が魅力的に感じ、それから化学の勉強を始めました。



集中するとオーラを発散

——化学に転じてから、数学の知識は役に立ちましたか。

普通は、数学が嫌いな学生が化学に来るんですけどね(笑)。数式を見て怖がる人間と怖がらない人間がいると思いますが、どちらかというと僕は後者です。化学をやる上でも数式は使いますから、そこはメリットとして作用していると思います。それに今は研究も分業の時代です。

僕は物理の先生などとも共同研究していますが、専門分野のことはそれぞれのプロに任せればいいのではないですか。垣根を越えてそれぞれのプロと手を組めば、その分仕事も早く進みます。化学屋は分野外のことを理解するセンスを持ちながら、ものづくりの面で貢献すればいい。考えをリフレッシュする意味でも、他の分野の専門家と手を組むことは重要ですね。

——それ以降はひたすら化学に打ち込んできたのですか。

ええ。たまには飲みに行ったりもしましたが(笑)。大学のときは朝から晩まで集中して勉強しましたし、成績も悪くなかったですよ。でも成績と研究はあまり関係ないですよ。

研究は知識×個性だと思うので、知識の塊が小さければアウトプットも小さくなるでしょうけれど、直結しているとは思いません。

——割と集中するタイプですか。

そうだと思います。集中しているときはオーラが出ているみたいですよ。誰も寄ってこなくなりますから(笑)。

オリジナリティは研究者の命

——研究で壁にぶち当たったときの対処法は？

食べる、飲む、ですね。思考回路がシンプルにできていて、できるかできないか、やりたいかやりたくないかでたいていのことを決めていきますから。あまり悩んだりはしなくてすね。

——学生さんにもそういうのですか。

いや、思考パターンまでは押しつけないですよ。

——英国のバース大学で研究員をされていたこともあるのですね。

ずっと同じところにいたこともあり、半年強ほど行っていました。向こうは夕方5時になると皆さっさと研究室を出てパブに行きます。それでちゃんと実績は上げているんです。クオリティ・オブ・ライフということを考えさせられましたね。

——そういうことを日本ではなぜできないのでしょうか。

そのためには研究のプランをしっ

かり立てて、きちんと自分をマネジメントしないといけません。それはなかなか難しいのですが、今の研究室はそれをやろうとしていますし、学生諸君も頑張ってくれています。

僕も週に何度かは早めに帰るようにしています。ただ、家で仕事していますが(苦笑)。

——ご自身の今後のキャリアプランはいかがですか。

いい研究をたくさんやる。基本はそれしかありません。人と違うことを考え、実行しているという点については自信がありますし、これを続けていけば誰も追いつけないところまでたどり着けるという確信を持って研究しています。自分の研究室を持つというのもひとつの大きな目標です。数年以内には持ちたいと思っています。

——研究者にとって、人と違うことは大事ですか。

僕はあらゆるものを分子スケールに置き換えて考えるようにしています。街を歩いているときもそうしています。あまりやりすぎると変な人だと思われるかもしれませんが、自分本来の個性を発揮できる力を日ごろから育てていけば、同じものを人と違う観点で見ることができると思います。オリジナリティは研究者の命ですよ。