

理工学部応用化学科／分子物性化学研究室
分子物性化学

張 浩 徹 教授

【プロフィール】 張 浩徹(ちゃん ほちよる)▷1973年、京都府生まれ。1995年、朝鮮大学校理学部卒業。1998年、東京都立大学大学院理学研究科化学専攻博士前期課程を修了した後、2001年に京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻博士後期課程修了。同年、京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻合成化学講座機能化学分野・助手。2002年より、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業さきがけ・研究員(兼任)をはじめ、英国バース大学客員研究員、北海道大学大学院理学研究院化学部門錯体化学研究室・准教授などを経て、2013年より中央大学理工学部教授。



分子の個性と、 集団としての分子を見つめながら、 前例のない化学の世界を拓いていく。

「個と集団の化学」を研究テーマに掲げる張先生は、これまでの化学の研究が行ってきた領域とは全く異なる方向性を目指しています。この研究の方向性は、我々の人間集団にヒントを得ています。様々な個性をもった人が集団になって初めて多様な現象が生み出されるように、分子が1つ、2つ、3つと増えていく過程で、一体どんな集団現象が生まれ、どんな機能とつながって、それをどう理解すればよいのか。単なる足し算では説明できない人間の集団と同じように分子の集まりを捉えていく、その研究のゴールには、化学物質の集合体でもある生命体へのアプローチも見据えます。個としての分子、集団としての分子の変化を見つめていくプロセスに、強く引きつけられます。

溶かすだけで紫色から 緑色に変化する物質

水が凍って固体となった氷は、溶けても水のままですし、チョコレートの成分は、溶かしてもチョコレート色で成分も殆ど変わらないのだそうです。しかし、張先生は溶かすだけで性質が変わり紫色から緑色に色が変わる物質を既につくりあげています。

「結晶は、『個』としての分子と分子がお互いに三次元的に手をつないで『集団』となった状態です。例えばこの結晶に熱を加えて、つないだ手の強さを打ち破るのに必要なエネルギーを与えると、分子はバラバラに離れてしまいます。ただ、普通の物質では色の変化は見られないのです。しかし、手をつないでいる集団としての状態が個としての分子に影響を及ぼしていれば、分子が離れたときに色や状態が変わる可能性があります。

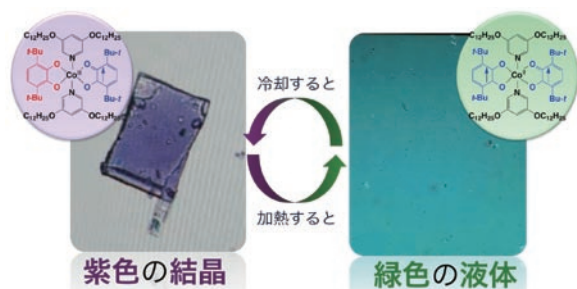
2008年に私のグループが見つけた物質は、個と集団の強さが拮抗しギリギリのバランスになるように設定しており、微妙な刺激により物質の状態が変わりやすくなっています。また、こうした分子の状態の変化を紫色から緑色への色変化だけではなく、溶ける・固まるという人間の目でも確かめられるように設計された初めての事例でもあります」

分子の世界における個性と 集団の効果を追う

分子が持つ個と集団という性質を理解し、利用する化学はまだ未熟です。

「これまでの化学では、目に見える程の大きさを持つ固まりとしての物質の性質に研究が注がれてきました。また、20世紀中盤から、どのような分子がどのような結晶(集団)を作るかという数多くの事例が得られ体系化されてきたといえます。一方、20世紀後半にナノサイエンスが発展して、分子一つの性質もだいぶ分り始めました。しかし、個性をもった分子が集団になったとき、またその逆の場合についての理解はまだ決定的に足りないのです。更に言うと、個と集団を動的に思うがままに動かし、制御する術はほとんど無いのが現状です。

私の研究室では、個が集団の影響をいかに受けているか、集団の性質が個性とどう関係しているか等を自分たちで新しい分子を作りながら、様々な測定を通して解析しています。溶かすと色が変わる物質は、集団の効果が強いときには紫色で、溶けて弱まると分子の個性が発現し緑色になりますが、個と集団の関係の強弱を変えていけば、溶けた後で紫色のままだったり、結晶のまま徐々に紫色から緑色に変化するケースなども可能になります」



▲溶けると緑色に変わり、冷えると再び元の状態に戻る結晶。ナノメートルサイズ(10⁻⁹ m)の分子の状態の変化が、目に見える巨視的な現象として現れる物質を新たに作り出しました。

電子をいかに制御するかが変化を導くための鍵

個と集団という人間社会にも見られる関係が、分子の世界にも現れる。そこに化学のもつ神秘を感じます。

「人間が複数人集まったら今日、明日、明後日に起きることは想像もできないほど無限のバリエーションがあるはずですが。したがって、一つひとつの分子の個性と、そのつながりが新しい化学を拓くうえで非常に重要と考えています。例えば蛍は、発光を自らオン・オフする機能をもっていますが、集団をつくると同時に光り出す興味深い現象が知られています。分子の世界でこのような現象が起きるか。わくわくしますね。」

張先生の研究室では、分子の個性に着目しながら様々な集合体をつくり、新たな原理を追求しています。

「研究は全て新しい分子を合成することからスタートしますが、うちの研究室では特に、刺激に対して応答して変化しやすい分子をつくっています。作り上げた分子を制御できる様々な環境下において多様な刺激(光、熱等)を与えてその変化を追う研究を展開しています。」

変化しやすい分子を研究室でつくりあげるとき、キーになるのが、化学で扱える最少単位としての電子です。電子は、色・構造・磁性・電荷・反応性など様々な性質を司るので、電子が1つ動いただけで、個でも集団でも分子の性質は一挙に変化します。したがって、電子をいかに上手にコントロールして分子の性質や構造を制御するかが重要になります。我々の研究では、熱や光などの外部刺激を与えることで、電子を動かし様々な変化を導いていきます。

さきほどの紫色から緑色に変化する分子も、たった1つの電子が移動しています。またその電子の移動が、融解や結晶化という分子自身の動きとシンクロしているところが面白い点です。電子が移動しやすい物質づくりが、まず研究の入口になります」

意志を持った物質を目指して

電子を活発に動かすために張先生が用いるのが「レドックス活性配位子」です。

『レドックス(Redox)』とは、還元(Reduction)と酸化(Oxidation)の頭文字をとった造語で、電子(e⁻)の出入りが起き、外部刺激に対して敏感に変化し得るようになります。『配位子』は金属に結びつくユニットを指しますが、『レドックス活性配位子』を活用することで、酸化還元を通じた分子の変化が促されるのです(右図参照)。

化学変化には、このように電子(e⁻)が移動して起こる酸化還元反応の他に、水素イオン(H⁺)が移動して起こる酸塩基反応があります。

「水素イオン(H⁺)は、最も軽くて動かしやすいプラスの電荷で『プロトン(陽子)』とも呼ばれます。研究室では、プロトンを制御し変化を起こす実験もスタートさせています」

こうして「個と集団の化学」をテーマに様々なアプローチを試み続ける張先生が、研究の先に見据えている目標があります。それは“考える分子”や“意志を持った物質”を化学の力で作り上げることです。

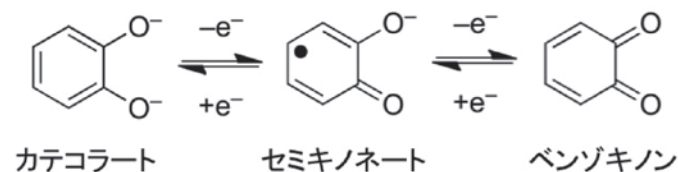


「生命体は全て化学物質できていて、私たちが研究室でフラスコの中で扱う化学物質という意味では変わりがないのに、現在の化学がつくれるのは、生命体と比べれば極めて初歩的な物質にすぎません。生命体と非生命体の最大の違いは“一点に止まらず自らを変化させる”ことです。同じ化学物質でつくられているのに、秩序を保って生命活動を維持している。化学者には大きなチャレンジが残っていると思います。」

「個と集団の化学」は、未開拓の化学の研究領域であることと同時に、化学者としての張先生が、研究を通して生命体に近づくための重要な入口でもあるのです。

「入れては出し、使っては動いて、というサイクルを回し続ける生命体にとって、相互作用は重要です。そこで、まず分子における個を理解し、個と集団の間で相互に生じる現象の研究を究めたいと思っています」

個と集団という人間社会にも見られる関係から化学を捉える張先生の研究は、深遠なゴールを見つめながら着々と進んでいます。



▶電子を動かすことができる有機骨格の変化。左端の電子をため込んだ状態(カテコラート型)から電子を1つ取るとセミキノネート型に酸化され、さらに1電子を酸化すると最終的にベンゾキノン型(右端)へと酸化され、全体として2電子が入り出す。

Message ~受験生に向けて~

皆さんには、就きたい仕事について、やりたいことができ、社会の役に立って充実感を覚える、そんな人生を送ってほしいと思います。そのためには、先人たちの努力の結晶である知識を学ぶと同時に、そこから創作に結びつける個々のオリジナリティが大事になります。もちろん、どちらも欠かせないのですが、私の研究室では一人ひとりの個性を伸ばしていきたいです。自分のオリジナリティを開花させて、個性を爆発させたい方はぜひ来てほしいですね。