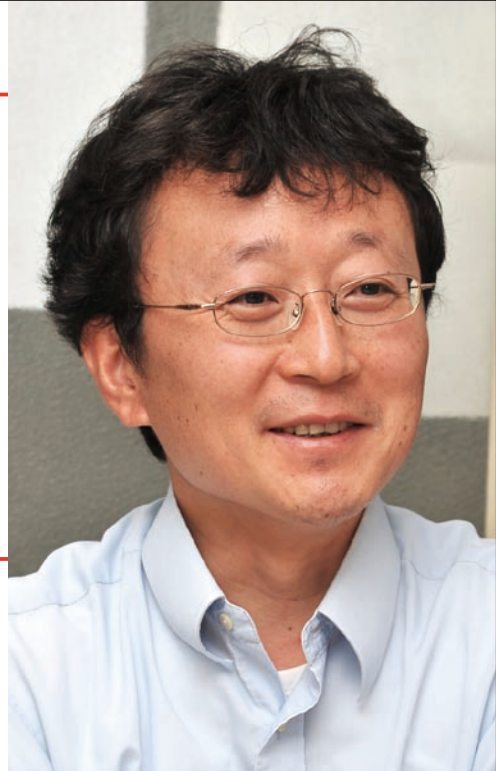


理工学部応用化学科／ナノ物理化学研究室
ナノ粒子、クラスター科学

田中 秀樹 教授

【プロフィール】 田中 秀樹 (たなか ひでき) ▶ 1969年、岐阜県生まれ。1992年、東京大学理学部化学科卒業。1994年、同大学大学院理学系研究科化学専攻修士課程修了。1997年、同大学大学院理学系研究科化学専攻博士課程修了。1997～2004年、独立行政法人理化学研究所 研究員。2004～11年、中央大学理工学部応用化学科助教授 (途中名称変更で准教授)。2011年より同大学理工学部応用化学科教授。研究テーマは、2004年からの「フラージェンを用いたサイズ選択的な新規ナノ物質の創製」「ナノメートルレベルでのサイズ選抜技術」、2007年からの「銀三角形ナノプレート」「ナノ粒子クラスター」とナノサイズの世界に特化されている。



偶然の結果から生まれた正三角形の結晶や、無機の物質に生まれる生命現象など、ナノサイズの世界で独創的な発見を続けていく

「ナノ物理化学」という名がついた田中先生の研究室は、文字通りナノサイズ (100 万分の 1mm) の物質を対象にした研究を行っています。なかでも、いま最も力を入れているのが「銀三角形ナノプレート」。本当に不思議なほど美しい正三角形の形をした銀の結晶です。しかも、それが実験の過程で偶然の結果から生まれたという事実、さらに興味がそそられます。もともと半導体のダウンサイジングという時代の動きも視野に入れながら、ナノサイズの研究領域に足を踏み入れた田中先生。研究成果を通した社会貢献という視点からのお話伺いながら、どこまでも未知の可能性が広がるナノのフィールドへ、皆さんをご案内しましょう。

酸化触媒の実験の過程で偶然生まれた、正三角形の結晶

実験から生まれたとは思えない可愛い三角の形。「銀三角形ナノプレート」は、そもそも銀の酸化触媒反応に使われる銀ナノコロイド (銀ナノ微粒子) を合成する過程で偶然生まれました。

「まず驚いたのは、作った液体の色がインクのようにきれいな青色だったことです。銀は黄色というのが物理化学の常識なのですが、この色を見て何かあると思って調べたところ、三角形の結晶がたくさん出てきたのです」

三角形ナノプレートには、先行例がなかったわけではありません。ただ、田中先生の合成方法にはそれらを凌ぐ優れたポイントがありました。

「従来の方法では、ここまで角がシャープできれいな三角形にはなりません。結晶全体に対する三角形の割合も、これまで 3～4 割しかなかったのが 7～8 割まで高められ、最近の実験ではほぼ 10 割まで到達しています。また試薬についても、今回の方法では、PVP (ポリビニルピロリドン) という高分子化合物を入れているだけで、その後の合成の過程にはほとんど影響がありません。一方、従来は特殊で過激な試薬が使われていましたが、これらは、その後に触媒反応や光学材料に使う際に邪魔になるため除去する必要が生じてしまいます」

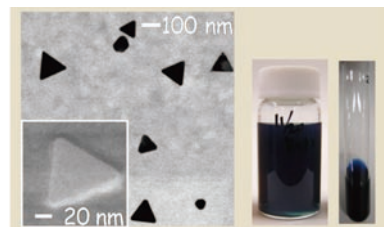
田中先生が発見したこの正三角形の結晶には、さらに興味深い特色が用意されていました。

『銀三角形ナノプレート』の表面には PVP 分子がきれいに安定化して貼りついているのですが、例えばペニシリンを分解したペニシラミンという分子を入れると、そっくりその分子と入れ替わるのです。こうした自由度の高さは、『光学活性』と呼ばれる現象につながることも分かりました」

この「光学活性」はノーベル化学賞を受賞した野依良治博士の研究にも登場するテーマですが、特定の方向に振動している光を透した際に、その光を右または左に回転させる性質を指します。聞き慣れない用語かもしれませんが、実は生体分子の殆どがこの性質を持っているのだそうです。

「銀三角形ナノプレート自体は無機質なのに、ペニシラミン分子が表面に貼りついただけで、いわば生命現象とも言える光学活性が表れるのです。ただ、種々雑多な天然物と比較すると異なるレスポンスが見られます。したがって将来的には、この正三角形に反応する特定の有機分子検出するバイオセンサーへの活用などが考えられます」

さらに、触媒としての利用など、PVP を入れた段階の深い青色の液体の用途にも、数多くの可能性が広がっています。



◀ 「銀三角形ナノプレート」は、ほぼ完全な形の正三角形で、表面は平坦で約 15nm (ナノメートル) と極めて薄い構造。

無機質に生まれる生命現象 バイオセンサーへの応用も

銀ナノ粒子とクラスターの融合で 発見された「ナノ粒子クラスター」

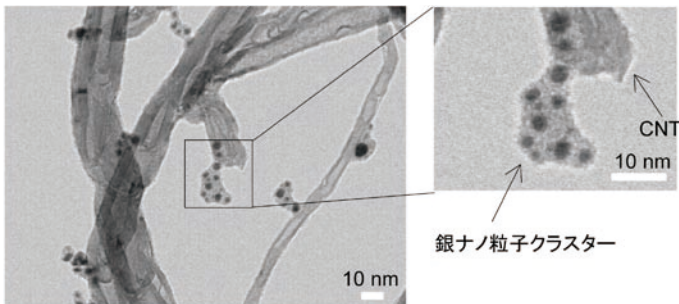
田中先生のもう一つの研究領域に「ナノ粒子クラスター」があります。実はこれも、実験の過程で偶然に生まれたものでした。

『クラスター』とは、1個、2個と数えられる原子集団を意味します。多くの場合は2個あるいは3個以上、10個くらいまで集まったものを指します。下の写真が、銀ナノ粒子とクラスターの融合の過程で見つかった『ナノ粒子クラスター』です。クラスターが、原子の代わりにナノ粒子によって形成されていて、フラーレンという分子でゆるく結合されているのが分かると思います」

ここでも銀ナノ粒子が登場しますが、銀は抗菌剤に使われているように人体に影響が少ないため産業利用に有効で発展性が大いに期待できるそうです。比較的安定している割には化学反応性があるため基礎的な研究にも適している、という点も田中先生の研究でよく使われる理由です。

「特に注目される特長は、粒子の大きさが1nm変わっただけで、色も性質も一変してしまう点です。

例えばある種のDNAやタンパク質などに色を付けて識別する際のラベリング剤などにおいて、通常、色を変える場合は化学物質を変えるのですが、毒性がない物質同士を選ぶなど難しい問題が発生します。『ナノ粒子クラスター』はその必要がなく、1種類で何でもできるため、障壁は格段に低くなり将来の実用化にも大きく寄与します」

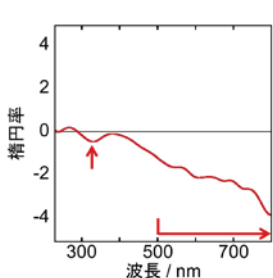


▲カーボンナノチューブ (CNT) に銀ナノ粒子が付着した状態。クラスターが変形しているに関わらず、銀ナノ粒子 (黒く見える点) の間隔は保持され個性が保たれている。

光学活性に関わる謎を中心に 未知の分野へチャレンジ

銀ナノコロイドの合成から生まれた「銀三角形ナノプレート」ですが、光学活性は普通の球形の銀ナノコロイドでは表れず、正三角形だけが持つ特性なのだそうです。

「下のグラフは、『銀三角形ナノプレート』にグルタチオン分子を加えた場合の光学活性効果を評価したもので、波長330nmと700nmに観測されています。グルタチオン分子は、この波長領域に光学活性効果を示さないことから、銀三角形ナノプレートに付



加することで新たに光学活性効果が生まれたことが分かります」

◀ヘニシラミンの代わりにグルタチオン分子を加えた場合の「銀三角形ナノプレート」の負のコットン効果 (光学活性) がグラフ上のピークの表れ方で分かる。

ただ、このような実験結果を得ながらも、なぜそうなるのかは未知の領域として残されています。

「銀三角形ナノプレートだけに光学活性が生まれる理由はまだ解明されていません。表面が荒れている球形の銀ナノコロイドに対し、正三角形の方は表面がきれいでフラットなので、そこにグルタチオン分子が秩序だって並ぶことで、無機質なのに生体に特有な光学発現が表れるのでは、と思っていますが、推測の域を出ません。

銀ナノ粒子に渦巻いているであろう電流の巻き方の違いが原因だとする説もあるのですが、これも、なぜ渦電流が流れるのかなど、説明できない部分が多く意味が通るものではありません。確かに、全く想像がつかないところも多いのですが、せっかくここまできちんとした正三角形として反応する結果を見出すことができたので、やはり基本的な原理は追求していきたいと思っています」

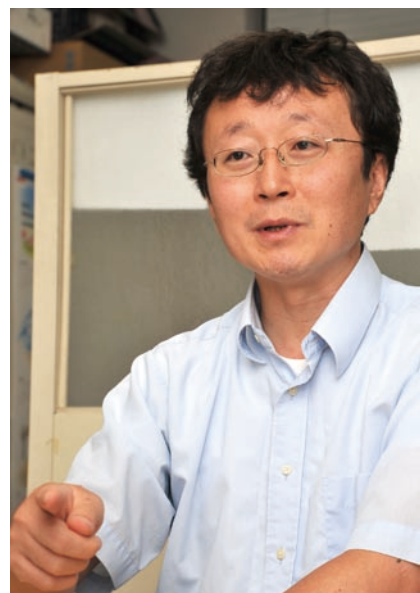
未知の領域にあるのは、もちろん今後の研究の展開も同じです。

「銀三角形ナノプレートの表面に PVP 分子やグルタチオン分子が貼りついて光学活性が生まれますが、ある種の秩序だった特定のパターンが有機分子のような特徴に表れるプロセスは、薬理作用と言っていいと思います。したがって、新薬研究にもつながる可能性もあります。

また、普通のナノ粒子に鮭の精子の DNA を入れると、驚くほど多くのナノ粒子が貼りついてきます。これは、DNA の破壊ともいえ、最近騒がれているナノ材料の環境や健康への影響を分析するうえで役立てられるのではないかと思います。

これらの研究は、社会的にも期待される分野だと思いましたが、実用化のヒントになるような成果を導きだしていきたいと思っています」

ナノサイズの世界で新たな発見を続ける田中先生の独創的な研究は、社会へのさらなる貢献を期待させます。



Message ~受験生に向けて~

とにかくいろいろ試してみることが大切です。そのなかで失敗もありますが、どんな結果にも意味があるはず。意に反した結果が出たとしても、おもしろい発見が隠されているかもしれませんし、よく考えて次につなげることが大事ですね。受験勉強にしても何種類もの問題集を試すと、さまざまな傾向が分かったり、奥の深い問題に出合ったり。きちんと基礎を学ぶことが、新しい発見に気付く能力を養うことにつながると思います。