



物質の電気抵抗を測る



有機化合物を攪拌



分液操作



研究対象となる物質

新たな物質への、飽くなき挑戦 広がり続ける有機半導体の可能性

超薄型テレビや折りたたみスマートフォンの登場を支える技術の一つに、有機半導体の進化があります。この分野は、ノーベル化学賞受賞者を生んだ日本が世界的に強みをもつ「伝導性有機化合物」の研究領域と深く結びついています。その最前線で研究に情熱を注ぐのが、理工学部機能分子化学科の角屋助教です。研究室を訪ねてお話を伺いました。



理工学部 機能分子化学科 助教
かどや ともみ
角屋 智史
※2026年度より理工学部 物質化学科

東京工業大学大学院理工学研究科有機・高分子物質専攻博士課程修了 博士(工学)。日本学術振興会特別研究員、兵庫県立大学大学院物質理学研究科、同大学院理学研究科を経て、2022年4月より現職。日本化学会、応用物理学会、分子科学会所属。専門分野は機能物性化学、有機機能材料、有機エレクトロニクス。

電気を通す有機物、

「有機半導体」と「有機伝導体」

高校までの化学では、「有機物は電気を通さない」と学んだ方が多いと思います。電気コードを包むビニールや自動車のタイヤ(ゴム)などは有機物ですが、いずれも電気や熱を通さないため、絶縁体として用いられています。

しかし、私が研究している有機半導体・伝導体は、その常識にあてはまらない存在です。いずれも大きく括れば「機能性有機化合物」に属します。ここでいう「機能性」とは、電気を通す、光る、磁気を発するなど、物質が示す特別な性質のことです。

機能性有機化合物の研究自体は、決して新しい分野ではありません。2000年にノーベル化学賞を受賞した白川英樹

多くの研究者が挑戦を続けるその先には、超伝導体を実現する未来像を思い描くことができるでしょう。

学生とともに挑戦する

機能性有機化合物の最前線

物質科学の世界では、先行研究にわずかな工夫や視点の違いを加えることで、大きな成果につながることがあります。機能性有機化合物の分野は、その特性が顕著で、多様なアプローチが新しい発見を生む研究領域といえます。先に挙げた白川先生や赤松先生の成果も、各国の研究者が独自の発想を加えて発展させ、新たな成果を積み重ねてきました。誰かの研究が次のブレイクスルーのきっかけとなる可能性は、常に開かれています。

私の研究室でも、学生たちは自らの研究を論文としてまとめ、発表することをめざしています。思い通りにいかないことの方が多いですが、学生たちの取り組んだ成果を学術誌に発表できる状態まで昇華することが私の仕事です。こういった研究発表を通して、私も学生たちも、日々、機能性有機化合物の可能性に挑戦し続けています。

先生の「導電性高分子の発見」は広く知られていますが、その原点をさらにさかのぼると、1954年に赤松秀雄先生がその根本原理を見だし、世界に先駆けて発表しています。こうした先人たちの研究の流れは脈々と受け継がれており、私もその一端を担う研究者として、積み重ねられた知見を、未来へつないでいきたいと考えています。

分子を組み合わせる、 電子素子に組み込むことで 機能性をしゅくりだす

私の研究室では、機能性有機化合物の「材料開発」と「物性測定」を一貫して行っている点が大きな特徴です。

最初に取り組む材料開発では、先行研究や分子軌道計算の結果を参考にし、分子をデザインします。標準的な有機合成実験を行い、目的の分子を合成します。この時点では、伝導性を示すための電荷キャリアが存在しないので、電気を流しづらい半導体としての性質をもちます。この分子に対して、別の分子・原子をドーピングして伝導キャリアをもつ物質として作製されたものが有機伝導体です。分子ドーピングではなく、電気素子の活性層に使用することで有機半導体デバイスとなります。私は特に電界効果で伝導キャリアを



実体顕微鏡で拡大した有機伝導体

有機半導体の中に注入する有機トランジスタというデバイスを研究対象としています。

続く物性研究では、自分が作り出した物質・デバイスがどのような機能を示すのか詳しく調べます。導電性や磁性がどの程度あるのかを測定しますが、極低温まで冷却してはじめて見えてくる性質もあります。一つの物質を、導電率や磁化率など多角的に評価することで、ありふれた物質のようであっても、思いもよらない優れた特性を発揮する可能性があります。自らイメージした分子を自分の手でデザインし、新しい物質を生み出すこと。そして多様な物性測定を行い、得られた結果をもとに次の研究へつなげていくこと。このサイクルを一貫して続けられるのが、この研究の魅力でもあります。

有機半導体もたらす イノベーションの可能性

シリコンなどの無機半導体に比べて、有機半導体は柔らかく、加工もしやすいため、折りたためるスマホの実現につながりました。家電売場で見かける薄型の有機ELテレビも、有機半導体を実装したものです。

有機半導体は溶剤で溶かすことでインクのように扱えるため、印刷によって回路を形成できるという特長があります。フィルムや紙に回路を印刷できれば、薄くて軽い電子素子を低コストで製造できる可能性が広がります。たとえば、有機半導

体の中には優れた熱電変換特性を示すものもあります。その熱電変換化合物などを材料としてフィルム状の電子素子とすることで、身体に貼りつけて利用することも考えられます。すなわち、熱を電気に変換する性質を生かし、体温によって発電するデバイスとしての応用も期待されます。

有機半導体を用いた三大デバイスのうち、有機ELはすでに実装が進んでいます。一方、残る二つの有機薄膜太陽電池と有機電界効果トランジスタについては、現在も世界各国で基礎研究が進められています。これらの技術が実用化されれば、産業分野から日常生活まで、多方面に大きな変革をもたらすことが期待されます。

有機半導体から構成される有機伝導体には低温にすることで電気抵抗がゼロになる「超伝導」を示すものもあります。残念ながら、その転移温度は無機材料に比べるととても低いです。私たちが生活している室温付近で超伝導を示す材料が有機・無機に限らず社会実装できれば、産業構造が変化するほどのイノベーションが起こると考えられています。電気抵抗がゼロということとは、たとえば北海道から沖縄まで送電したとしても電気抵抗によるロスがまったく生じず、距離に関係なく、電気エネルギーを送ることが可能になります。

しかし現時点では、超伝導を実現するには有機・無機に限らず低温設備が必要であり、広く社会に実装するにはまだまだ大きな課題が残っています。それでも、

