

読者の広場

Q&A

Q:「有機分子の鎖状配列からなる微小の超電導体が作製されたと聞きましたが、どのような材料でどのような応用が予想されるのでしょうか？」

A: まず材料について説明します。一般的には有機分子の結晶は電気の不導体ですが、平面 π 共役構造を持つ有機分子を積層させ、酸化還元・電荷移動などで伝導キャリアを作ってやることで、高伝導性の有機分子結晶を作ることができます。今回用いた有機分子 **bis (ethylenedithio) tetraselenafulvalene (BETS)** は分子内に硫黄やセレンを含有し、周りの分子とより大きな電子的相互作用をすることができる分子です。BETS は様々なアニオンと組み合わせて高伝導性の結晶を作ることができますが、中でも四塩化ガリウムアニオン、 GaCl_4^- と組み合わせてできる「 λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$ 」と呼ばれる結晶は 6-7K の低温で超伝導転移を示すことが知られています。我々はこの λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$ を精密な温度コントロールによる真空蒸着により揮発させ、再び銀基板上に堆積させることで、元の λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$ の分子配列構造にきわめて類似した、様々な長さ（数分子～数十分子）の孤立した鎖状分子配列を基板上に作ることに成功しました。この微小分子配列を **Scanning Probe Spectroscopy (SPS)** で測定することにより、僅か 4 ユニット ($(\text{BETS})_2\text{GaCl}_4$ を 1 ユニットとするので、4 ユニットは BETS が 8 分子並んでいることを意味する)、長さにして約 3.5 nm の分子配列において超伝導に起因すると思われるディップが観測されることを確認しました。元の物質が超伝導体でありその分子配列構造に類似していること、転移温度も元物質と等しいことからこの現象は超伝導であると考えられますが、より厳密には今後のゼロ抵抗や磁場効果の確認等が必要と考えています。

さて応用についてですが、近年、高性能デバイスの開発においてより高密度化を進めた電子素子の開発の一環として、単一分子素子をはじめとする微小素子の研究が進められています。このような分子ひとつひとつにトランジスタやワイヤのような機能を持たせようという研究分野を分子エレクトロニクスと呼んでいます。このような微小な領域においては配線が小さくなればなるほど、通電の際に抵抗から生じる発熱が無視できなくなり、ナノサイズの素子では配線の抵抗発熱で素子が焼き付いてしまうという問題が発生します。その解決策のひとつとしてナノサイズの超伝導物質を配線材料として用いることが考えられています。我々の材料について超伝導が確認されたとしても、転移温度が低いこと、実際に電子材料として分子配線をいかに設置していくかなど課題は多く残りますが、今後の分子エレクトロニクスの進展の一步となることを期待しています。

回答者：独立行政法人産業技術総合研究所ナノシステム研究部門

主任研究員 Abdou Hassanien 様、主任研究員 田中 寿 様

[超電導 Web21 トップページ](#)