

有機トランジスタで超伝導の条件を探る
—電圧とひずみで試料の超伝導を制御—

理化学研究所（理研）、自然科学研究機構分子科学研究所、名古屋大学大学院、東邦大学らの共同研究グループは、強相関物質を用いて柔軟な有機トランジスタを作製し、一つの試料で電子の「数」と「動きやすさ」を同時に制御することで、超伝導の発現条件を明らかにしました。

銅酸化物高温超伝導体などの強相関物質では電子同士が強く反発しており、電子の数と動きやすさを変えることで、絶縁体の状態から超伝導状態まで幅広く性質が変わることが知られています。強相関物質における超伝導のメカニズムを理解するため、これまでさまざまな物質で研究が行われてきました。しかし、一つの物質で電子の数と動きやすさを同時に変えて、広い範囲で超伝導を調べる手法はありませんでした。

共同研究グループは、BEDT-TTF（ビスエチレンジチオーテトラチアフルバレン）という有機分子からなる強相関物質を材料として、電気二重層トランジスタを作製しました（図 1）。このデバイスでは、試料表面にゲート電圧と呼ばれる電圧（0.5V 程度）をかけることで、自在に電子を増やしたり（電子ドーピング）、減らしたり（正孔ドーピング）することができます。また、有機物を用いているため曲げることができ、曲げると有機物中の電子の動きやすさも変えることができます。今回、この二つを細かく変化させることで、一つの試料の中で超伝導状態を制御出来るかを調べました。

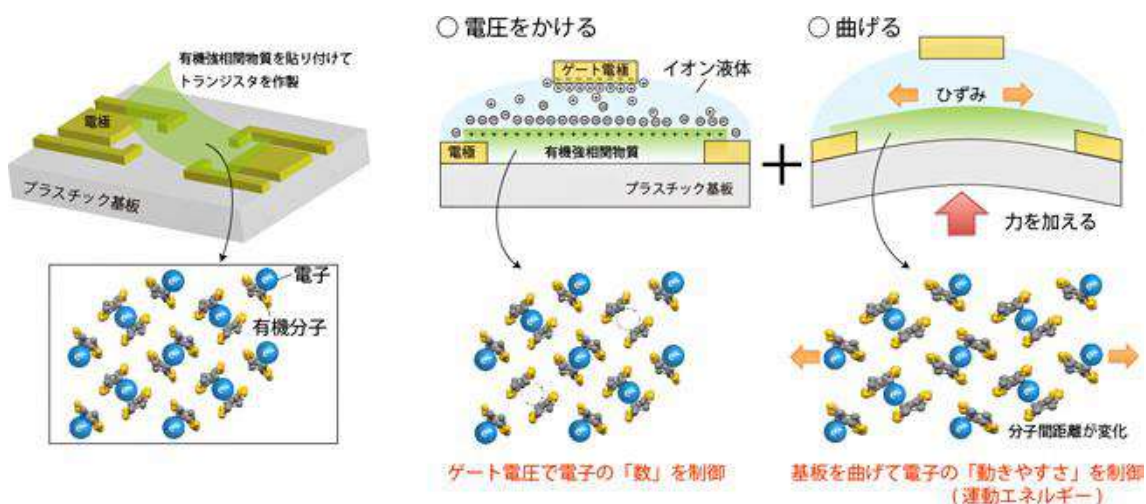


図 1 本研究で用いた有機トランジスタデバイスの模式図

図 2 は、超伝導が現れる条件を示しています。横軸はゲート電圧で、電子の数に対応します。縦軸は試料を曲げることで生じたひずみを表しており、下にいくほど電子の運動エネルギー

ギーが上がり、動きやすくなります。この図から、超伝導状態（青）が絶縁体の状態（赤）を取り囲んでいること、そして、左右の超伝導領域の形が異なることが分かりました。特に、電子を増やしたとき（図2、ゲート電圧が正の領域）の超伝導状態は特徴的で、絶縁体の状態からわずか数%電子を増やしただけで急激に現れ、さらに加えるとすぐに消えてしまうことが分かりました。

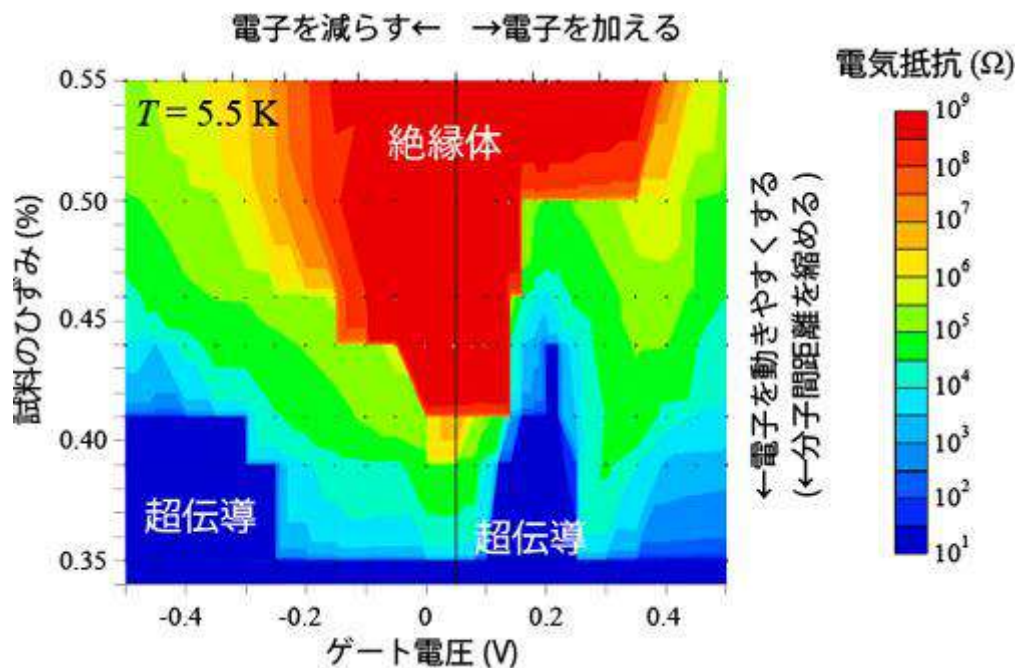


図2 試料の電気抵抗のゲート電圧・ひずみ依存性

つまり、絶縁体の状態から電子を増やしたときも減らしたときも超伝導状態が現れますが、それぞれの場合で超伝導の発現条件には本質的な違いがあるといえます。このように、従来は複数の異なる物質の実験結果から類推されていた超伝導領域の分布を、本研究では一つの試料で描くことに成功しました。この結果は、同じ試料で制御を行っているため、試料ごとの結晶構造の違いや不純物効果などの影響を受けにくい本質的なものであると考えられます。

本研究は、2019年5月11日に米国のオンライン科学雑誌『Science Advances』に掲載された。(日文发布全文 http://www.riken.jp/pr/press/2019/20190511_1/)

