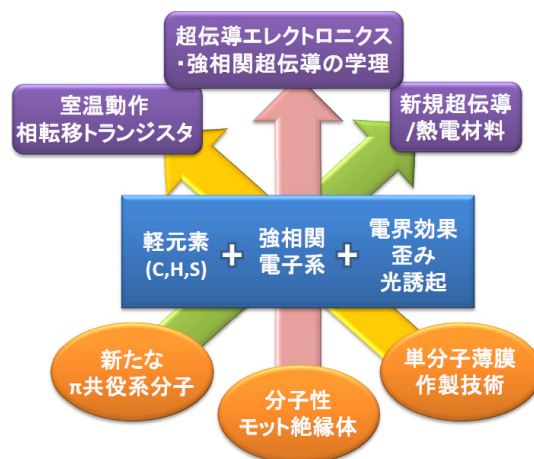


軽元素材料による超伝導デバイス開発

山本浩史：分子研

我々は有機分子を用いた超伝導デバイスの開発を行っている。有機分子は軽量でフレキシブルであるのみならず、軽元素で構成されるため供給が安定しており、新たな電子材料として注目されている。我々が扱う「有機モット絶縁体」は強相関電子系材料でありその特徴は、超伝導転移を含めた様々な相転移を示すことから外場による相転移制御を利用したデバイス開発が可能である、という点にある。また、モット絶縁体とその相転移に関する学理は、銅酸化物高温超伝導体における超伝導の発現機構とも密接に関連するため、デバイス動作を通じた物性物理学の探求が可能である。

より具体的には、 κ 型 BEDT-TTF 塩(BEDT-TTF = bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene) や、 A_3C_{60} (A = K, Cs, Rb)等を用いた電界効果トランジスタを開発し、その超伝導の ON/OFF 制御を電場、力学的歪み、あるいは光で行う。分子性材料は無機材料に比べてキャリア密度が低いため、電界効果によるバンドフィリングの変調がより自在にできる[1]。また、低温においても一定の柔軟性を有しているため、歪みの制御によってバンド幅を自由に制御できる[2]。さらには光応答性の分子を組み合わせることによって、超伝導の光による制御が可能となる[3]。こうしたデバイスの開発により、(1) 超伝導を用いた量子計算機や単一光子センサー・歪みセンサーなどへの展開が考えられる。電界効果トランジスタは入力と出力の切り分けが得意なので、ジョセフソン素子を用いた電子デバイスと相補的な役割も期待できる。(2) 電界効果によって有機材料のフィリングを制御し、新しい超伝導物質や新しい(強相関)熱電材料の探索を行うことができる。とりわけ、強相関電子系では擬ギャップと呼ばれる状態密度の急峻な勾配がフェルミ準位付近に期待できるので、熱電材料として適している可能性がある。(3) モット転移そのものは室温付近でも見られる現象なので、これを利用した電界効果トランジスタを開発できる。単分子薄膜作製技術と組み合わせることによって、室温動作を可能とする。(右図)といった成果が期待できる。これに加えて、有機モット絶縁体のバンド幅とバンドフィリングを同時に変化させた場合の超伝導相図の詳細を解明することができれば、モット絶縁体に由来する高温超伝導の発現機構解明につながる可能性がある。このような研究は、格子が固くてキャリア密度が高い銅酸化物超伝導体では不可能であったことである。



図：本課題の概念図

参考文献

- [1] H. M. Yamamoto, et al; Nature Commun. **4**, 2379 (2013).
- [2] M. Suda, et al; Adv. Mater., **26**, 3490 (2014).
- [3] M. Suda, et al; Science, **347**, 743 (2015).

関連 web

<https://www.ims.ac.jp/research/group/yamamoto/>