

強相関係系層状有機物質における縦電界制御による新電子相の探索

Search for novel electronic phase in strongly correlated layered organics controlled by transverse electric field

プロジェクト代表者：谷口弘三（理学部・助教授）

Hiromi Taniguchi

近年、我々は、強相関係系有機絶縁体に圧力を印加し、そこで現れる新現象の探索を行ってきた。その結果、有機物質における転移温度世界記録の超伝導の出現を観測した。このように、この研究においては、一定の成果が得られたが、次なる研究は、有機絶縁体を金属化する圧力以外の方法の確立である。圧力印加は、絶縁体中のキャリアのバンド幅を広げ（運動エネルギーを上昇させ）、クーロン斥力エネルギーに打ち勝つようにし、局在していたキャリアを遍歴させる、すなわち金属化するというのがコンセプトである。一方で、絶縁体を金属化する手法の中で、半導体分野や銅酸化物超伝導体で見られるような、キャリアをドーピングするという有力な手法が存在する。ただし、我々が扱っている、有機伝導体においては、価数の異なる原子を置換することによるドーピングは、合成上、極めて困難である。したがって、本研究で提案するような、新たな手法の確立が待ち望まれていたわけである。そこで、我々は、有機物質へ縦電場や光を印加することによって、キャリアをドーピングするという手法についての基礎研究を行った。

幸い、我々は、有機絶縁体に圧力を印加するという研究を行っていたため、様々な、興味深い有機絶縁体の合成手法に関するノウハウを蓄積していた。したがって、本研究の出発点である、興味深い強相関係系有機絶縁体の合成は、問題なく遂行できた。ちなみに、その合成研究の中で、50mg級の電荷移動錯体単結晶の合成技術の確立に成功し、論文を投稿した (H. Taniguchi et al., Submitted to J. Low temp. Phys.)。ここで合成したの49mgの単結晶は、我々の知る限り、この物質系では世界最大である。図に合成したものの中でも、最大の単結晶の写真を示す。このように、合成研究そのものにおいても、研究成果が得られているが、このような大きな単結晶は、縦電場印加を上での結晶面上の電極などの形成に大変便利である。

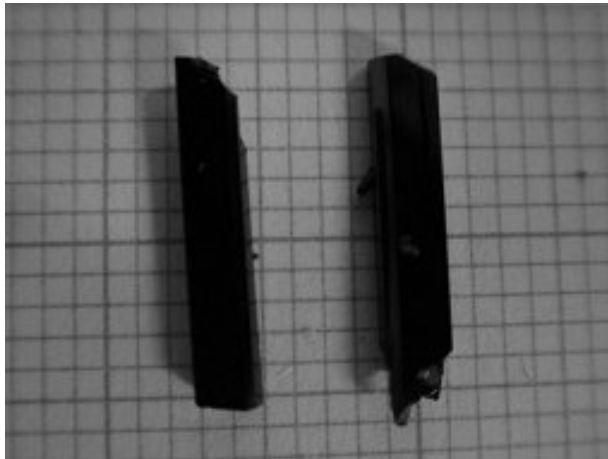


図 1. 世界最大級電荷移動錯体単結晶
(左46mg, 右49mg)

このような結晶を用いて、現在、縦電場印加のための基礎研究をおこなっている。最近、TCNQという有機分子（上述した物質の構成分子でもあるが）が、非常に簡単な真空蒸着で、有機単結晶上にきれいな絶縁膜を形成させ得ることが判明した。我々が、考えている基本的な構造は図3のとおりである。このような構造を形成し、低温に冷却し、縦電場を印加することをおこなっている。現在、この研究は、途中であるため、明確な成果は得られていないが、絶縁膜の形成は、技術的にハードルが高かったため、（実際、我々が取り扱う有機単結晶は熱に弱く、低温で絶縁膜を形成させなければならないという制約があるため、困難であった）研究は頓挫しかけたが、この問題をクリアした現在においては、さらなる進展が期待される。

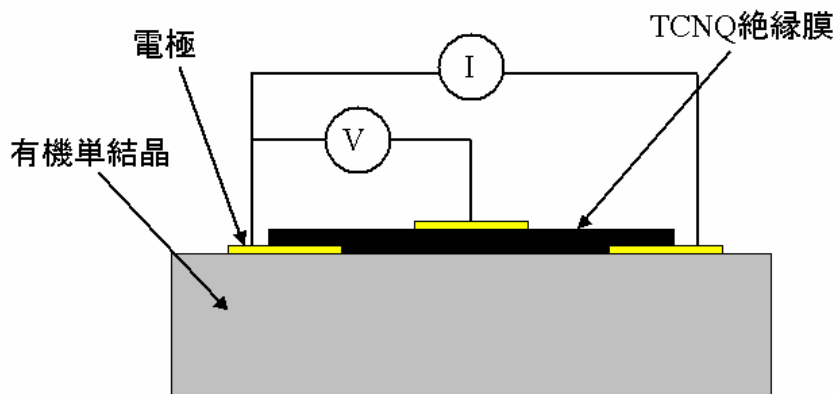


図 3. 有機単結晶への縦電場によるキャリア注入. FETと同様の構造をしている。

最後に本研究に関連する最近の成果（論文、学会発表など）について記載しておく。

物理学会発表

1. β' -(BEDT-TTF)₂ICl₂の大型単結晶育成とその評価、谷口弘三、佐藤亮介、佐藤一彦（以上埼玉大学）、他4名
2. (BEDT-TTF)(TCNQ)の圧力誘起異常金属相、佐藤亮介、内山賢一、谷口弘三（以上埼玉大学）、田嶋直也、加藤礼三（理研）

国際会議発表

1. Photoconductivity in Organic Conductors, BEDT-TTF salts (International Conference on Luminescence), 藤沢潤一、田嶋尚也、加藤礼三、(以上理研)、谷口弘三、他一名
2. Crystal Growth of 50mg-class single crystals of β' -(BEDT-TTF)₂ICl₂ and crystal evaluation of them (ISCOM 2005) 谷口弘三他6名

論文投稿

1. Submitted to J.Low Temp. Phys. “Crystal Growth of 50mg-class single crystals of β' -(BEDT-TTF)₂ICl₂ and crystal evaluation of them” 谷口弘三他6名