

分子性結晶における構造物性研究 —外場下における物性と構造— Structural studies of molecular crystals under extreme conditions

中尾朗子・KEK・IMSS・CMRC

近年、分子性物質の研究では、圧力、電場、磁場などの外場応答として、圧力誘起超伝導、巨大非線形伝導、サイリスタ効果、巨大磁気抵抗効果など興味深い現象が注目されている。さらに、近年急速に発展している有機エレクトロニクス研究においては、機能性分子開発を根幹とし、新規物性の探索は、学術的な重要性のみならず、応用面での期待も高い。分子性結晶の新規物質・物性開拓において、分子の自由度(配列・軌道・構造)を制御し、これらをパラメータとして電子状態を理解することは重要な研究課題である。本S型課題は、外場(低温、圧力、電場、磁場)下での、構造解析、共鳴X線散乱などの放射光ならではの実験手法を相補的に用い、分子の自由度が生み出す電荷・スピン・格子といった自由度がどのように結びつき秩序化を起こすのか明らかにし、物性発現機構の解明に繋げることを目的としている。

いくつかの2次元有機導体で、圧力-温度電子相図において、電荷秩序相に隣接して超伝導相が広がっていることが明らかになり、理論的に電荷揺らぎが直接超伝導に寄与している可能性が示唆されている。 β -(meso-DMBEDT-TTF)₂PF₆は、チェッカーボード型の短距離電荷秩序の成長で90 Kで金属-絶縁化し、70 Kで格子変形を伴い長距離化する。圧力下での電気抵抗は、温度低下すると67 Kで抵抗極小をとり、いったん上昇した後、僅か0.6 kbarで超伝導転移を示す。我々は、超伝導圧力領域での結晶構造の検証と短距離電荷秩序による散漫散乱の観測を試みるための予備実験を行った。

また、上述の物質は、70 K以下で負性抵抗が観測され、55 Kでは、わずか4 Vの印加で3桁抵抗率が減少する巨大非線形伝導が観測される。さらに特徴的な電場応答として、2段階ステップでの電荷秩序融解が観測され、電場誘起準安定状態が見出された。本研究では、10msオーダーの回転式X-rayシャッターとパルス電場の同期を行い、準安定相の結晶構造解析を目指している。