

2006S2-005 「軌道放射光を用いた強相関電子材料の構造解析による物性発現機構の解明」

実験組織

研究代表者 熊井 玲児(産業技術総合研究所 強相関電子技術研究センター(CERC))
産総研・CERC(長谷川、堀内、高橋、平岡)、ERATO-SSS(徳永)、東大・工(十倉、井口、後藤、藤岡、山崎、安江、関、酒井)

課題有効期間 2006年4月～2009年3月

研究目的

有機物、遷移金属酸化物など、強相関電子系物質を用い、種々の新規物性の開拓を行う上で、これらの物質の種々の条件下(低温、高温、高圧、低温高圧)での分子構造、電子構造を明らかにする。また、構造物性的見地から、これらの物質における物性発現機構を解明するとともに、新規物質開発へのフィードバックを行う。

実験ステーション BL-1A, BL-4C

2006年の研究進捗状況

主に BL-1A に設置されたイメージングプレート回折計を用いて、強相関電子材料の構造解析を行っている。He 吹きつけ型クライオスタットを利用した温度可変装置により、従来の He 循環型冷凍機を用いたシステムに比べ、より S/N の高いデータが得られるようになり、電子密度の小さな水素原子の座標の特定など物性発現機構の解明に関する解析結果を得ることができた。以下にいくつかの例を記す。

1) 水素結合型有機誘電体の構造解析

変位型有機強誘電体であるフェナジン-クロラニル酸、ブロマニル酸の強誘電相における構造解析を行い、低温では中性を保ちつつ、2カ所の水素結合部位がわずかに非対称性を示すことが分極発現の鍵となることが明らかになった。一方、水素移動型の強誘電体、5,5'-ジメチル-2,2'-ビピリジン-ヨウダニル酸では、低温でイオン性の $\text{NH}^+\dots\text{O}^-$ 型と、中性の $\text{N}\dots\text{OH}$ 型の2種類の水素結合部位が明確に区別され、これらが整列することによって秩序-無秩序型の強誘電体となることが明らかになった。

さらに、強誘電ドメインの制御を行う目的で、結晶に電場を印可しての構造解析も試みている。

2) 強誘電的軌道・電荷整列相を示すマンガン酸化物の結晶構造

層状ペロブスカイト型マンガン酸化物 $\text{Pr}(\text{Sr}_x\text{Ca}_{1-x})_2\text{Mn}_2\text{O}_7$ は、室温よりも高い温度で2種類の電荷整列による転移を示す。これらのうち $x=0.1$ の化合物について、電荷整列相が出現する $T < T_{\text{CO1}} (= 370 \text{ K})$ の温度範囲のうち、 $T_{\text{CO1}} > T > T_{\text{CO2}} (= 315 \text{ K})$ と $T < T_{\text{CO2}}$ で電荷・軌道整列によって形成されるストライプのパターンが面内で90度回転する様子が明確に観測された。また、 $T < T_{\text{CO2}}$ でのみ分極が発生することが第二高調波の測定から示され、この温度域でのみ反転対称のない空間群(A_m2m)をとること、および、マンガン-酸素結合の異方性によって分極が発生することが明らかになった。