

ATS 散乱の最近の進展

國分 淳 東京理科大学 理工学部 物理学科

ATS とは、Anisotropy of Tensor of Susceptibility の略で、X線における電気感受率テンソルの異方性を意味する。これは、X線の吸収や散乱における偏光依存性などによって観測され、光学では二色性、複屈折としてよく知られた現象である。しかし、X線におけるこのような異方性の効果は極めて小さく、放射光の利用によってはじめて観測されるようになった。この ATS は、当初電氣的共鳴散乱(異常散乱)を想定して考え出されたもので、基本的には電子状態の共鳴に起因しており、吸収端近傍において共鳴原子の非占有電子状態の異方性を反映する。つまり、ATS 散乱は、結晶中の原子が周囲の環境の影響によって非等方的な電子状態をつくることに起因している。

この ATS 散乱の原理的な特徴は、結晶中の原子、サイトの選択性、X線の偏向による方向感性であり、局所的な電子状態を知るための有効な手段となり得る。このため、最近では電子軌道秩序の観測にも応用されており、一般にも知られるようになった。一方、この散乱の現象面での特徴は、従来のブラッグ反射の禁制則を破ること、偏光異常を起こすことなどである。このため、その散乱強度は通常のトムソン散乱に比べて1万分の1程度と小さいが、禁制反射を利用するなどして、顕著なかたちで測定することが可能となる。

さて、ATS は言い換えれば異常散乱因子(異常分散項)の異方性であるが、当初一番粗い近似である双極子近似で取り扱われてきた。実際の実験でも、ATS 散乱の性質の大部分は双極子近似で十分に説明がなされた。しかし、最近では多くの物質で双極子近似では説明のつかない現象が観測されており、四重極子遷移の効果と考えられている。四重極子遷移は、X線の偏光、波動ベクトルの両方に依存し複雑ではあるが、その分、電子軌道に関する多くの情報が期待できる。

一方、双極子近似で説明できない現象が全て多重極子遷移に帰するわけではなく、熱振動から誘起される ATS 散乱が存在することが指摘されている。これは、実際にゲルマニウムにおける禁制反射の温度依存性の実験によって確かめられた。また、ATS 散乱はその性質上、X線磁気散乱とも密接な関わりがある。磁性物質に関しては、共鳴、非共鳴磁気散乱の可能性も考えられ、これらを区別することは非常に重要であると考えられる。

これらのことなど、ここでは ATS 散乱に関する比較的新しい実験結果を中心に、その幾つかを紹介する。特に、四重極子効果の例として黄鉄鉱(FeS_2)、熱振動効果の例としてゲルマニウム、磁性物質の例として反強磁性ヘマタイト(Fe_2O_3)などについて紹介する。