

「次世代放射光光源を用いた構造物性研究への期待」

有馬孝尚

東京大学新領域創成科学研究科
理化学研究所創発物性科学研究センター

・背景

物質の結晶構造・磁気構造・エネルギー準位構造の研究を通じて物性発現機構を微視的に解明する構造物性研究は、近年の大型放射光施設や中性子施設の発展と連動して、発展してきた。放射光施設では、放射光の波長可変性、指向性、偏光特性、パルス特性といった特徴を活かした精密構造解析・磁気散乱・共鳴X線散乱などの手法が盛んに行われている。

放射光測定技術の観点から観ると、構造物性研究は、結晶という並進対称性を有する散乱体の結晶構造解析から出発した。結晶構造解析は、測定する逆格子空間の範囲の広さと、散乱強度測定の精度の向上という方向で発展を続け、解析手法の発展と相まって、電子密度分布がわかるまでに至った。また、構成原子の吸収端近傍でのトムソン散乱以外の散乱項の共鳴増大を利用して、スピンや空間波動関数の情報を得る方法論も大きく発展した。共鳴散乱法の普及には、偏光状態の操作や検出といった技術の発展も大きく寄与した。

エネルギー準位構造については、高輝度放射光の利用や電子分光技術の向上によって光電子分光が物質の電子構造研究の最も重要なツールとなっている。また、非弾性散乱の分解能が非常に向上し、**meV** 分解能での格子振動モードの測定や、**100meV** 以下の分解能での電子励起の測定も可能になってきた。

・現在の問題点

東北放射光計画や SPring-8 II など次期放射光光源の議論が盛んに行われている。次世代の放射光源ではエミッタンスが下がるため、平行性が格段に高くなるほか、可干渉性も大きく向上するだろう。このとき、構造物性研究はどのように変わるかという、放射光構造物性研究の将来像が明確ではない。また、他のプローブとの相補利用も大きな話題となっているが、期待されるブレークスルーが明瞭に見えているという状況でもない。

・次世代放射光光源で期待される構造物性研究

完全な周期性を有する結晶の内部と比較して、表面、界面、あるいは、ソフトマターや生物等の結晶でない物質の構造の取り扱いは、極めて難しい。構造を記述する情報量の多さや構造を解析する難しさはもちろんのこと、そもそも何がその「もの」を特徴づけているのかという問題がある。これらの物質の構造を把握するためには、実空間情報が不可欠である。実際、生物の「構造」の基本は光学顕微鏡や電子顕微鏡で明らかになってきた。その上で、各「部分」の原子配列の情報を得ることが構造物性研究の課題であろう。

このような実空間ごとの原子配列情報は、結晶性の固体の場合でもあてはまることがある。触媒や素子の働きを左右する固体の表面・界面はその代表的な例である。さらに、これらの働きを理解するには、エネルギー構造やその時間依存性も重要である。理想的には、 r , k , ω , t の8次元情報を得ることが目標であり、次世代放射光光源は、その理想に近づくために重要な役割を果たすことが期待される。さらに、次世代光源以外のツールをうまく使いこなすことも必要となるだろう。