

有機・高分子材料と放射光小角 X 線散乱

山本勝宏

名古屋工業大学 大学院工学研究科 物質工学専攻

高分子材料をはじめとしたソフトマテリアルの研究分野において、構造解析の手段として、小角散乱 (small angle Scattering) 実験が非常によく行われている。高分子は名の如く分子サイズが大きい(数 10nm) ため、X 線や中性子線など波長が数オングストロームの光を用いて、構造を観察する場合、小さな散乱角領域の散乱強度から構造決定に有効な情報を得ることになる。歴史的には、X 線散乱 (中性子散乱も含め) とともに合成高分子、天然高分子 (タンパク質) の希薄溶液中の孤立分子の広がり、局所的な構造から界面活性剤、共重合体などがつくるミセル構造およびその集合体、さらには準希薄溶液、濃厚溶液からバルク材料にいたる全ての濃度範囲の構造解析に適応されている。

ここでは、特に合成高分子と小角散乱を中心に有機材料 (高分子材料) と小角散乱のかかわりについて簡単に紹介する。代表的な例としては、結晶性高分子のラメラ長周期やブロック共重合体のマイクロ相分離構造が小角散乱を用いた実験の対象になってきた。例えば 10~100nm 程度の大きな規則構造をブラッグ回折条件から求める手法である。放射光の超強力 X 線源を用いることで、時々刻々と変わる構造の時間変化も追うことがもはや一般的な手法となっている。いわゆるその場観察の手法で、反応過程で形成する構造、高分子材料の成形加工中の構造変化、高分子材料のマクロな変形過程に伴うマイクロな構造変化の追跡などに利用されている。また高輝度 X 線を利用できる放射光実験ではコントラストの弱い試料や微量 (極低濃度) の試料、超薄膜 (微小角入射小角 X 線散乱法 GISAXS)、マイクロビームによる局所領域の構造解析に応用されている。それとともに複数プローブ (赤外、ラマン、熱分析、広角回折 etc) による同時測定もしばしば行われる手法である。

そのほか、放射光の特徴の一つとして、X 線の波長を連続的に変化させることができるので、X 線の異常散乱現象を利用した高分子の構造解析にも応用されている。有機材料には臭素原子が含まれること (あるいは含ませることが可能) が多々あり、臭素の吸収端近傍の X 線を使用し詳細な構造解析を可能とする試みが検討されている。