

PNO

(Precise Neutron Optics)

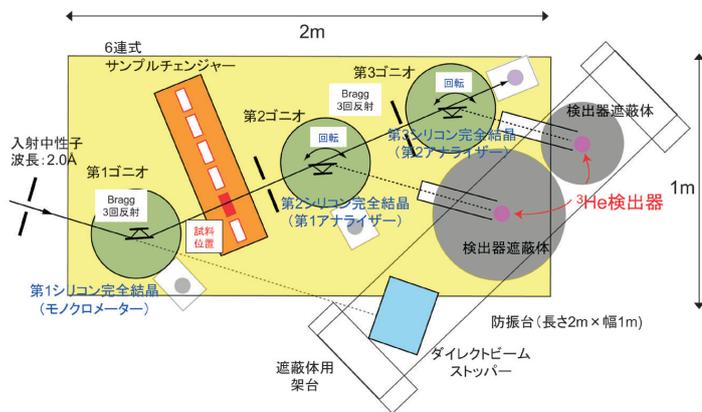
精密中性子光学装置

精密中性子光学の研究及び超小角中性子散乱実験による物質の階層構造決定

概要

PNO は、精密中性子光学の知見をもとに、完全結晶の動力的回折を利用して完成させた、物質の静的な階層構造を μm のスケールで調べる事に威力を発揮する、Bonse-Hart 型熱中性子超小角散乱装置です。研究対象は、ソフトマター（生体物質やゲル）からハードマター（合金や磁気構造）へと多岐にわたります。一体のシリコン完全結晶から2枚の反射面を平行に削り出し、この面間で散乱中性子を3回反射させることで超小角散乱を精密に検出するため、現存する小角散乱装置群の中で最高の角度分解能を実現しています。

PNO の利用においては、SANS-J-II ($3 \times 10^{-4} < q \text{ (}\text{\AA}^{-1}\text{)}$) との相補性を重視し、測定波数領域を ($3 \times 10^{-5} < q < 3 \times 10^{-4} \text{ (}\text{\AA}^{-1}\text{)}$) に限定することで、測定時間を大幅に短縮させました。また、ブラッグの反射条件を満たさずに結晶の背面に抜ける散乱波を漏らさずに検出するため、結晶を直列に配列する「タンデム結晶光学系」を世界で初めて導入し、2倍の高効率化にも成功しました。試料セルやオートサンプルチェンジャーの仕様を SANS-J-II と共通化し、両装置をシステムティックに併用できる体制を強化しています。



波長範囲	0.0075 ~ 0.35 nm (平面 PG 二枚使用)
使用コリメータ	2.5', 10', 30'
中性子強度	~ 4 × 10 ² neutrons/cm ² /sec (試料位置)
バックグラウンド	0.0003cps 程度 (シャッター閉時)
温度精度	室温 ± 0.005°C / 24hr 程度
防振実験台	空気バネ式、面積 1 × 2mm ²
ゴニオメーター	1 軸 (1° / 100) 2 軸 (1° / 1000, 1" / 200, 1" / 20000) 3 軸 (1° / 1000, 1" / 200)
可変スリット	開口面積 (1 × 1 (μm ²) ~ 16 × 40 (mm ²))
検出器	³ He 型、直径 1 インチ、縦保持 遮蔽体に入れてゴニオメーターの腕に設置可

利用研究例

物質の階層構造を超小角散乱により解析した例として、SSBR (タイヤ素材として使用される高分子材料) 中に分散したシリカ微粒子を示します。

図 1 は、PNO と SANS-J-II を併用して、nm から 10 μm の空間スケールで、シリカ微粒子の凝集状態を観察した散乱プロファイルです。1 次凝集体と 2 次凝集体の 2 つの階層から成り、2 次凝集体のサイズとフラクタル次元が SSBR 中に分散された場合と粉体の状態で空気中に存在している場合とで大きく異なることが、PNO の観測波数で顕著に現れています。

図 2 は、シリカ微粒子を末端の性質が異なる 2 種類の SSBR (末端変性と未変性のもの) 中に分散させた状態の散乱観測結果を、模式的に示したものです。SSBR の末端を官能基で修飾することにより、シリカ微粒子の 1 次凝集体・2 次凝集体の分散状態が共に大きく変化していることが、広い波数範囲を切れ目なく観察することで明らかにされました。この結果は、SSBR の末端を改質することでタイヤの物性値が向上したことに対する構造上の裏付けとして、貴重な情報を提供するものです。

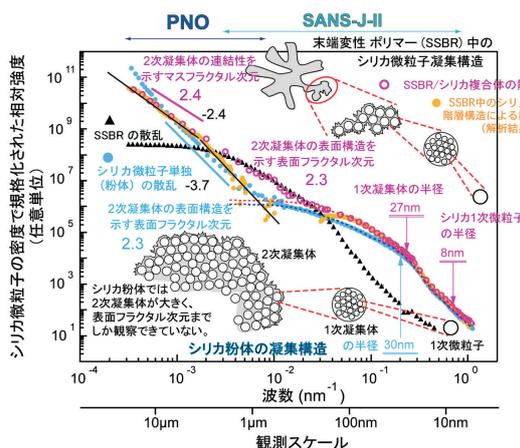


図1 シリカ微粒子の階層構造の散乱プロファイル: タイヤ材料 (SSBR) 中に分散された状態と粉体として凝集している状態の比較

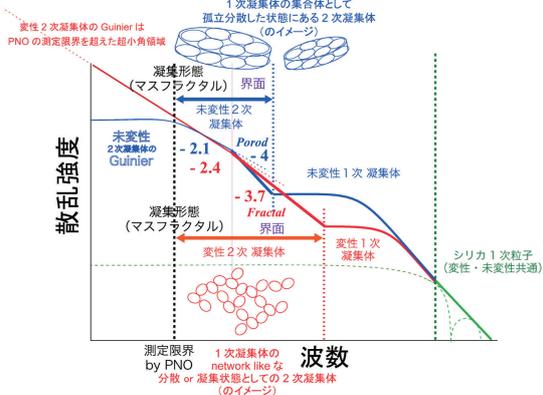


図2 SSBRの末端改変によるシリカ微粒子凝集状態の変化の模式図