



# 高分子水溶液中におけるシリカナノ粒子のリング状自己集合

高橋倫太郎  
名古屋大学

キーワード：シリカナノ粒子、自己集合

## 1. 背景と研究目的

天然の物質は負の屈折率を示すことがない。ところが、2001年に Shelby らによって、ナノメートルからマイクロメートルスケールの構造をデザインすることで負の屈折率をもつ物質を生み出した [Shelby et al., Science (2001).]。このような自然界にはない光学的性質を持つ物質はメタマテリアルと呼ばれる。最近ではこの種の技術が様々に展開され、例えば放射冷却を自在に操れる物質など、これまでにない性質を持った物質が開発されている [Zhai et al., Science (2017).]。メタマテリアルを作成するための典型的な方法は、無機材料をナノメートルスケールのリング状あるいは分割リング状に加工し、媒質に分散させるというものである。しかしながら、この場合、リソグラフィなどの煩雑な方法でなければ作成できない。

最近申請者らのグループでは、シリカナノ粒子 (SNP) (あるいは金ナノ粒子) と両親媒性ブロック共重合体 (ポリエチレンオキシド-*b*-ポリプロピレンオキシド (PEO-PPO)) を水溶液中で混合することによってシリカナノ粒子が自己集合し、リング状あるいは分割リング状に自己集合することを走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察によって発見した。この我々が見出した簡便な方法 (単に液中で混合するだけ) でナノリングあるいは分割ナノリング状構造をつくることできるという知見は応用上、非常に重要である。しかしながら、なぜこのような構造ができるのかという起源やメカニズムに関しては全く不明である。

本研究では、小角 X 線散乱を用いて、溶液状態での構造解析を行った。また、シリカ粒子のサイズ、PEO-PPO との混合比などを系統的に変化させ、ナノリング (あるいは分割ナノリング) 状の自己集合体ができる条件を明確にすることを目的とした。

## 2. 実験内容

SAXS (カメラ長 4 m) 測定を BL8S3 ビームラインにおいて、入射 X 線波長 0.15 nm で、PILATUS 2M を用いて行なった。

## 3. 結果および考察

代表的な SAXS プロファイルを Figure 1 に示す。青色の点は SNP のみを水に分散させた場合の結果で、典型的なサイズのそろった球状粒子からの散乱プロファイルであると言える。一方、赤色の点は SNP と PEO-PPO の混合物に対する結果で、SNP のみの場合とは  $q < 0.3 \text{ nm}^{-1}$  の領域で大きく異なる。小  $q$  極限での散乱強度が増加していることからシリカナノ粒子が集合していると考えられる、また、 $q \sim 0.2 \text{ nm}^{-1}$  に極小が見られた。これはリング状構造によるものであると考える。今後、リング状構造の理論散乱関数と比較するなどの解析を進める予定である。

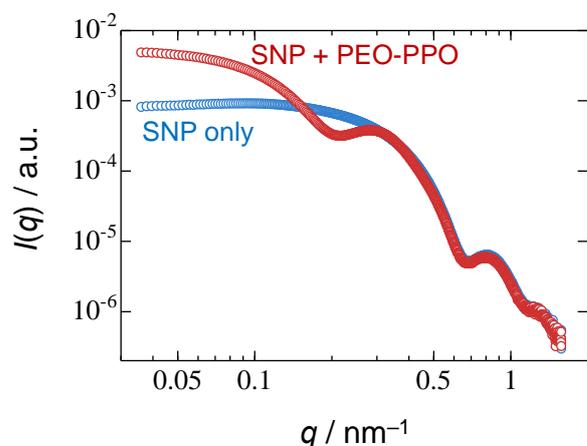


Figure 1. SAXS profiles of silica nanoparticles (SNP) only (blue symbol) and mixture of silica nanoparticles and poly(ethylene oxide)-*b*-poly(propylene oxide) in aqueous dispersions at 45 °C.