

ナノメートルサイズの柔らかな球が配列して作る 準結晶格子の発見



SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

準結晶とは結晶を定義付ける並進移動を伴う周期性を持たず、原子配列に高い秩序性を有する準周期性を持った物質である。一般的には金属の合金などで観察されている。近年分子集合体であるメソスケールのソフトマターでも発見され始めている。ソフトマターでは分子集合体からなるナノメートルオーダーの大きさであり、オングストロームオーダーの原子レベルで配列する金属系とは空間スケールが二桁程度異なるにも関わらず準結晶を形成することは非常に興味深い。

種類の異なる高分子鎖の末端同士が結合した高分子化合物をブロック共重合体と呼ぶ。異種高分子鎖間に斥力が働くと、分子鎖の末端が連結しているため水と油のようなマクロな相分離は起きず、分子鎖の広がり程度の大きさを持ったナノメートルオーダーの秩序構造を形成する。この構造をマイクロ相分離構造と呼び、ラメラ状やシリンダー状など様々なマイクロ構造を形成する。異種高分子鎖の組成の非対称性が大きくなると、球状のミセル構造を形成する。一般的なブロック共重合体では球状の構造が集まって体心立方(BCC)格子を形成する。

ブロック共重合体にその片方の構成成分のみから成るホモポリマーをブレンドすると、ブレンドするホモポリマーの大きさによってその分布状況が異なることが知られている。我々の研究グループはブロック共重合体とホモポリマーブレンドに注目し、放射光X線小角散乱法を用いて構造解析を行ってきた。

■ 活動内容

1. 柔らかな球が形成する様々な格子の発見

我々の研究グループが使用している試料は Polybutadiene-poly(ϵ -caprolactone) ブロック共重合体であり、マイクロ相分離構造を形成する温度領域では両成分ともゴム状態であり、柔らかい球状の構造である。このブロック共重合体に Polybutadiene ホモポリマーをブレンドし、ホモポリマーの分子量やブレンド量を変化させると、どのような構造を形成するか調査した。その結果、それまでに観察されていた BCC 格子以外にも面心立方(FCC)格子や最密充(HCP)充填格子状に球が配列することが分かった。

2. 準結晶型格子の発見

さらにあるブレンド条件では、準結晶の近似結晶と呼ばれる格子を発見した(図1a)。合金などの系では、近似結晶

のすぐ近くに準結晶が存在することが経験的に知られている。そこで加熱昇温実験を詳細に行ったところ、近似結晶のすぐ低温側に12回の対称性を持つ準結晶を発見した(図1b)。これまで準結晶が発見されたソフトマターの系は高度に分子設計された高分子であったことと比較すると、非常に簡易な方法で準結晶を出現させることに成功した。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

第2回繊維学会奨励賞受賞

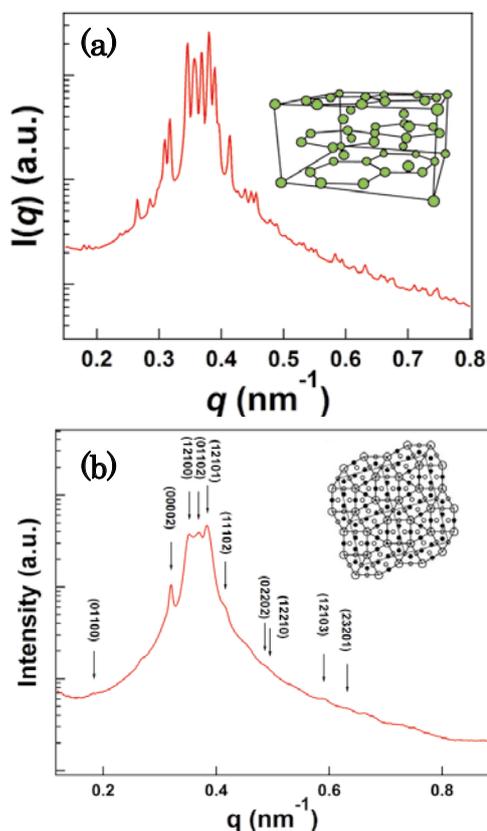


図1 (a)準結晶の近似結晶の SAXS プロファイル及び構造の模式図。(b) 12 回対称性を持つ準結晶の SAXS プロファイル及び構造の模式図。

代表発表者 高木 秀彰 (たかぎ ひであき)
 所属 高エネルギー加速器研究機構
 物質構造科学研究所 放射光科学研究施設
 問合せ先 〒305-0801 つくば市大穂1-1
 TEL:029-864-5299 FAX:029-864-2801
 メールアドレス:takagih@post.kek.jp

■キーワード: (1)ソフトマター
 (2)自己組織化
 (3)準結晶