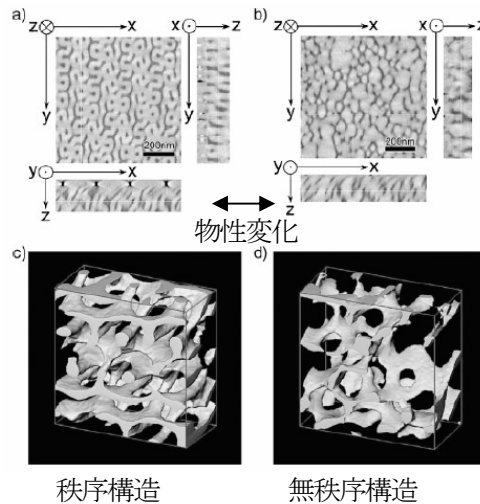


ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	2. 高分子の構造と物性
中項目	2-4. ポリマーアロイ
小項目	2-4-1. 高次構造・マイクロ相分離

概要（200字以内）

高次構造・マイクロ相分離構造は、高分子の物性を支配する重要な因子である。現状では、三次元電子線トモグラフィー法によるモルフォロジーの3次元可視化や、固体 NMR 法による分子間力や分子の空間的な配置の測定が可能になっている。また、シンクロトロン放射光を用いた時分割 X 線散乱法により構造形成過程が追跡されている。これらの方法を組み合わせることにより、構造と物性や機能との関係が総合的に解明できるようになると思われる。



現状と最前線

高次構造・マイクロ相分離構造は、高分子の物性を支配する重要な因子である。したがって、これらの構造を精密に制御し、形成された構造を精緻に解析し、物性との関係を明らかにすることが望まれている。具体的には、ナノ、サブミクロン、ミクロンオーダーで構造の *in-situ* 多次元可視化を実現し、得られる知見に基づいて各々のオーダーで包括的に構造制御を行い、物性との関係を総合的に解明する必要がある。

高次構造・マイクロ相分離構造は、1990年代までの研究により、高分子の一次構造や分子間力と密接な関係があることが検証された。とりわけ、ブロック共重合体やグラフト共重合体につ

いて形成されるマイクロ相分離構造では、分子間力、組成および分子量に応じて海島構造、シリンダー構造、ジャイロイド構造、ラメラ構造、ジャイロイド構造、ラ

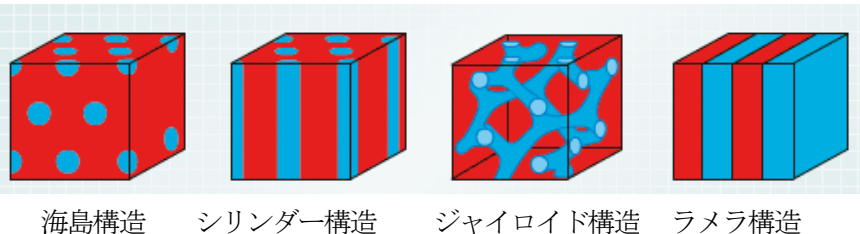


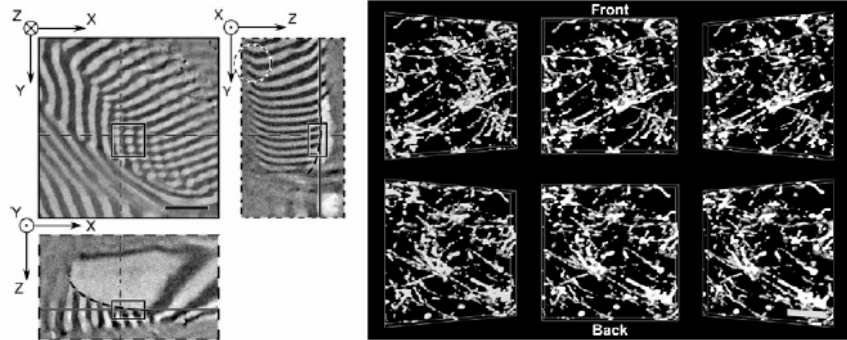
図1 ミクロ相分離構造の模式図

メラ構造が形成されることが明らかにされ、モザイク荷電膜などの機能性高分子やフォトレジスト材料などが作製された。さらに、ブロック共重合体にポリマーをブレンドした場合、ミク

ロ相分離構造はポリマーの分子量や分子間力に依存することが見出された。一方、高分子多成分系における高次構造では、特定の分子間力や組成で二重球晶、スパイラル球晶、相互侵入球晶が形成されることが明らかにされ、最近では結晶性ポリマーや液晶性ポリマーを成分とするブロック共重合体におけるマイクロ相分離構造と結晶・液晶構造との相関によって形成される階層構造が検討されるにいたっている。また、平衡構造に関する研究が進展する過程で、オニオン構造やナノマトリックス構造等の非平衡構造を凍結する研究も盛んに行われている。

これらの高次構造やマイクロ相分離構造は透過型電子顕微鏡観察 (TEM)、小角や広角 X 線散乱実験および光散乱実験により検討されてきたが、TEM では局部に焦点を当ててモルフォロジーが観察され、散乱実験では構造因子の設定によりデータの解釈が異なることが問題とされた。この問題を解決するために三次元電子線トモグラフィー法が開発され、マイクロ相分離構造における欠陥やナノコンポジットにおける充填剤のナノ分散構造が実験的に解析できるようになった (図2)。

最近では、収束イオンビームを用いた三次元電子線トモグラフィー法も行なわれており、ナノやサブミクロンオーダーのみならず、ミクロンオー



ダーでもモルフォロジーの3次元画像が得られるようになっている。一方、固体核磁気共鳴 (NMR) 法では分子間力や分子の空間的な配置が測定されるようになり、多次元的な解析が行われるようになっている。したがって、三次元電子線トモグラフィー法により得られる3次元画像と多次元固体 NMR 法を組み合わせることにより、分子間力とモルフォロジーとの関係を実証的に明らかにできるようになっている。

(参考文献) 高分子ナノ材料 西敏夫、中嶋健著 共立出版 (2005)

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

ナノオーダーでの高次構造・マイクロ相分離構造の精密制御

ナノ、サブミクロン、ミクロンオーダーでの構造の *in-situ* 多次元可視化とその経時変化観察

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

ナノ、サブミクロン、ミクロンオーダーでの包括的な構造制御

高次構造・マイクロ相分離構造と物性や機能との関係の総合的解明

キーワード

マイクロ相分離構造、高次構造、3次元トモグラフィー、固体核磁気共鳴法、

(執筆者： 河原 成元)