

# 階層構造ポリマーフィルムの開発

DNAやタンパク質などの天然高分子にみられるように、一次構造が精密に制御された高分子は、分子の自発的な組織化が起こり、高次構造体が形成される。一次から高次にわたる階層的な構造形成は、全く新しい機能発現や物質が本来有している優れた性質を最大限に引き出せることが期待されており、分子設計から構造制御に至るまで横断的な研究が活発に行われている。

高分子における精密な高次構造制御に関する研究の一環として、我々はブロック共重合体を用い、分子レベル-ナノ-マイクロメートルレベルにおけるそれぞれの規則構造が、階層的に組織化されたポリマーフィルムの開発に成功した。ブロック共重合体の特徴のひとつに分子の自発的な集合による周期的なマイクロ相分離構造の形成がある。その周期はおよそ10~50ナノメートルの間隔で制御することもできる。また、それぞれのポリマーに剛直・柔軟性、親水・疎水性など、性質に大きな違いを持ったブロック成分を用いることで特異的な構造形成や異なる機能の組み合わせも実現できる。

図にポリマーの一次構造と自己組織化によって得られたポリマーフィルム中の階層構造を示す。ポリマーの一次構造は、ポリスチレンと剛

直な $\pi$ 共役系分子である液晶性オリゴチオフェンを側鎖に有した側鎖型ポリマーを鎖末端で共有結合したポリスチレン-b-側鎖型オリゴチオフェンブロック共重合体である(図1)。このポリマーの希薄溶液を用い、高湿度気流下でキャスト薄膜を作製したところ、マイクロメートル間隔でハニカム状に配列したポーラス構造中にポリスチレンとオリゴチオフェンポリマーのドメインがおおよそ25ナノメートル間隔で並んだ構造が形成された(図2)。オリゴチオフェンドメインはシリンダー状であり、興味深いことにそれらは基板に対して垂直方向に配列した構造であった。さらに、オリゴチオフェンポリマーのドメイン中では分子レベルの配列構造である液晶構造が形成していることもわかった。このように短時間で複雑な階層構造形成を実現できたことは、薄膜作製時の散逸過程で起こる特殊な組織化とポリマー分子の自己集合が効率良く作用した結果であると考えている。

このような階層構造は、それぞれの配列構造の周期スケールを反映した機能材料や異なる機能成分を規則構造的に融合したアクティブ材料として、情報通信やバイオ、エネルギー分野などにおける利用が期待される。

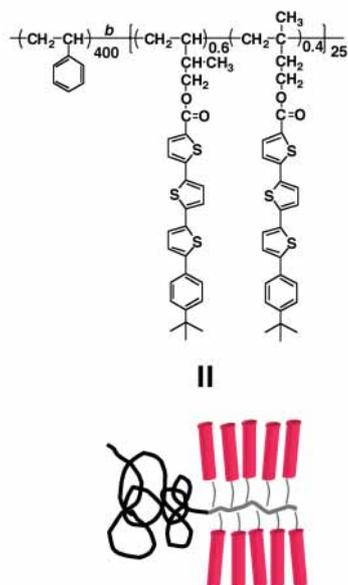


図1 ポリマーの一次構造とその模式図

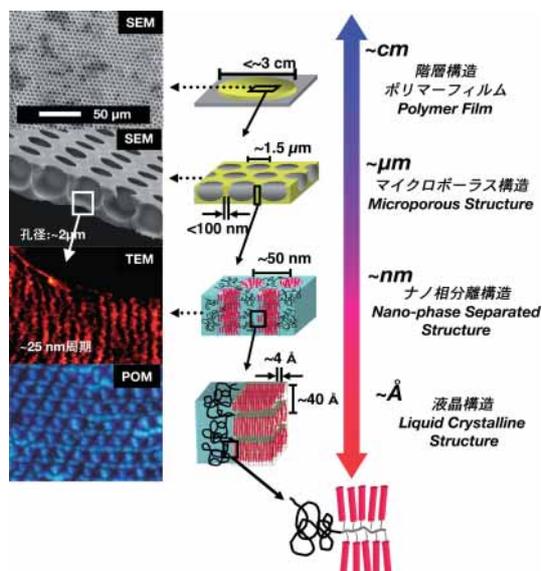
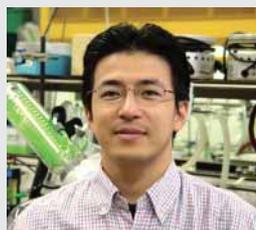


図2 ポリマーフィルム中に形成された階層構造

## 関連情報

- 共同研究者：堀内 伸（高分子基盤技術研究センター）。
- T. Hayakawa, S. Horiuchi : Angew. Chem. Int. Ed., Vol. 42, 2285-2289 (2003).
- 特願 2002-062836 「階層的規則構造を構築するブロックコポリマー」(早川晃鏡、堀内伸)。
- 本研究はNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託により平成13年度より開始した「精密高分子技術プロジェクト」で実施されたものである。

※ (現) 東京工業大学大学院理工学研究科有機・高分子物質専攻



はやかわてるあき  
早川晃鏡  
hayakawa@op.titech.ac.jp  
高分子基盤技術研究センター\*