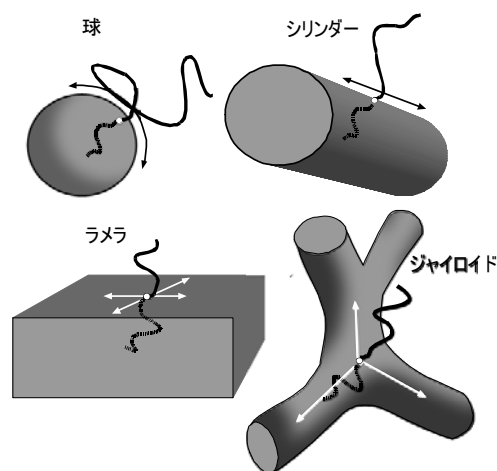


ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	1. 高分子の合成
中項目	1-8. 特殊構造ポリマー
小項目	1-8-1. ブロックコポリマー

概要（200字以内）

ブロックコポリマーとは複数のポリマーが一分子中で結合しているポリマーであり、様々なナノ構造を発現する自己組織化材料である。ジブロック（二つのブロックからなるブロックコポリマー）では、図のように球・シリンダー・ラメラそしてジャイロイドと呼ばれる構造が数十 nm の大きさに自発的に形成する。近年、この構造を鋳型（テンプレート）として利用する研究が盛んである。ブロックコポリマーにもう1成分加え、トリブロックとすることで、形成する構造の数は飛躍的に増加し、現在でも全てが確認されていない。



より多元のブロックコポリマーにすることで、出現する構造はさらに飛躍的に増加し、シークエンスの違いにより構造（機能）が異なる遺伝子情報類似機能が発現することが期待される。しかしながら、合成上の限界、また構造解析の限界があり、両分野の飛躍的な進歩が望まれている。

現状と最前線

ブロックコポリマーとは複数のポリマーが一分子中で結合しているポリマーのことを指す。一般的に異なるポリマー同士は混ざり合いにくいいため、ブロックコポリマーを構成する各ポリマー（ブロック）は相分離を起こす。しかしながら、分子内で結合しているため巨視的には相分離できず、分子の大きさ程度で相分離を起こすことは古くから知られ、マイクロ相分離と呼ばれてきた。近年では、その相分離による構造の大きさが数ナノメートルから数百ナノメートルにあるため、ナノ相分離と呼ばれることもある。

二成分からなる最も単純な線形のジブロックコポリマーについては、古くから研究され、球・シリンダー・ラメラの構造が発現することが知られていた。1990年代になって、第4の共連続構造の存在が示唆され、1990年後半にはジャイロイドと呼ばれる構造であることが明らかとなった。単純なジブロックの作る構造でさえ、最近まで完全には出現する構造が分からなかったのである。

その大きな理由は、与えられた構造のエネルギーは理論的に計算し比較できるけれども、最安定構造が何であるかは単純に予測できないことである。近年では、これに第三のブロックを加えたトリブロックコポリマーの研究も進んでいる。しかしながら、第三成分により形成する構造の数は飛躍的に増加し、現在でも全ての最安定構造が分かっていない。ゲノム配列には遠く及ばないが、ブロック数を増やすことで、そのシーケンスの違い（例えばABC、ACB）により膨大な数の異なる構造が現れることは容易に想像できるであろう。合成・解析いずれの分野も大きな進歩が必要ではあるが、完全な合成物で自然の情報記録（ゲノム）にどこまで迫れるのかは興味あるところである。

一方で、ブロックコポリマーの作る自己組織化構造を鋳型（テンプレート）として、第三成分の構造やパターンを制御する研究が近年非常に盛んである。例えば、金属微粒子をブロックコポリマーの構造の特定部分にのみ導入することでの位置制御の試み、逆に特定部分の分解やガスの選択的な導入によるナノ空孔の導入、ブロックコポリマーのパターンをリソグラフィとして転写することなどが挙げられる。これまで、工業的には限られた用途（熱可塑性エラストマー）でしか使われてこなかったブロックコポリマーを様々な新しい発想で使いこなそうとする研究が新しい技術として社会の役に立つことが期待される。

いずれの場合においても、自己組織化の問題点は、微視的には規則配列していても、巨視的には配向がそろっていないことである。巨視的な配向制御は外場を与えることにより、限られた条件下では達成されている。今後は長距離秩序が必要な機能を有するブロックコポリマーを効果的に配列制御することが必要であり、そのためには長距離秩序化の手法の更なる研究が不可欠である。

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

トリブロックコポリマーの構造と相分離構造の関係

ブロックコポリマーテンプレートを利用したアプリケーション

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

マルチブロックコポリマーの革新的な合成手法

マルチブロックの構造（シーケンス等）と形成する相分離構造の関係

ブロックコポリマーのブロックに機能性（例えば導電性）を付与し、長距離秩序構造を制御する。

キーワード

ブロックコポリマー、自己組織化、テンプレート、マイクロ相分離

（執筆者： 横山 英明）