

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	1-8-5. 環状ポリマー

概要（200字以内）

大環状構造を基本単位とするトポロジー高分子は、「かたち」に由来する新しい特性・機能を発現する次世代高分子素材として期待される。単環状高分子をはじめ環鎖ハイブリッド高分子や多環状高分子合成を合成する効率的なプロセスが次々に開発され、さらに、「かたち」に由来する高分子の新たな特性・機能開発を目的とする実験的・理論的（シミュレーションを含む）研究も急速に展開しつつある。（図1）。

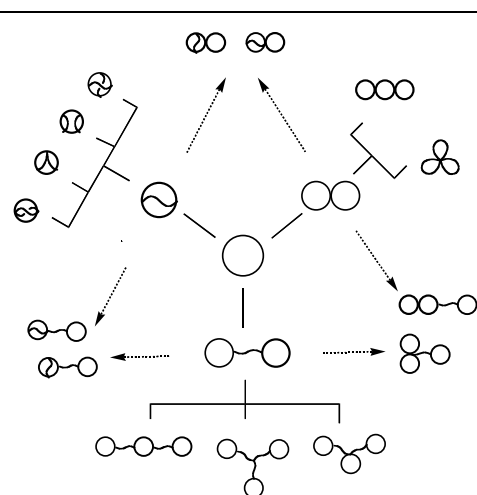


図1は、環状ポリマーの分類図を示しています。中心には一つの大きな円が描かれ、そこから複数の枝が伸びています。各枝の先には、異なる種類の環状構造や鎖状構造が示されています。例えば、左側の枝には複数の小さな円が並んでおり、右側の枝には二つの円が繋がった構造や、三つの円が繋がった構造が見えます。また、上部には無限の記号（∞）が描かれ、環状構造の連続性を示しているように見えます。全体的に、環状構造の多様性と、それらがどのように分類されているかが示されています。

図1 環状ポリマー分類図

現状と最前線

大環状構造を基本単位とする新奇トポロジー高分子群は、直鎖状・分岐状高分子とは異なる「かたち」に由来する新しい特性・機能を発現する次世代高分子素材として期待される。単環状高分子の合成法としては、両末端に反応性基を持つテレケリクス（末端反応性高分子）とこれと相補的な反応性を持つ2官能性カップリング試薬との高分子-低分子間二分子反応に加え、実用的合成プロセスの開発が進んでいる。リビング重合プロセスによって両末端に相補的な官能基を持つ非対称テレケリクスが合成され、これにより分子内高分子環化反応を行うと反応率は大きく向上する。

さらに、相補的な官能基の組み合わせとして「クリックケミストリー」や「メタセシス環化」の高分子反応への応用など選択的で簡便なプロセスの開発も進められている。また、テレケリクス末端に少数の重合性官能基を導入し、これを分子内架橋する方法や、環拡大リビング重合と連鎖移動反応を組み合わせた方法などの新手法も提案された。とりわけ、適度な環歪みを持つ環状オニウム塩を末端基とするテレケリクスを用い、イオン性末端基のクーロン引力による自己組織化と環状オニウム塩のカルボン酸対アニオンによる求核的開環反応を利用する共有

結合固定プロセスを組み合わせた2段階・逐次プロセス (Electrostatic Self-Assembly and Covalent Fixation) は、きわめて効率的な高分子環化反応プロセスとなることが示された。この方法によって、官能基を含む単環状高分子 (環状マクロモノマー、環状テレケリクス) や、環鎖ハイブリッド (おたまじゃくし型) 高分子も合成もされた。また、多環状高分子についても、二環状 (θ 型、手錠型、8の字型) 高分子、さらに複雑な三環状高分子のうち、スピロ型 (三つ葉型) および二重縮合型トポロジー高分子の合成も達成されている。こうした高分子合成のブレークスルーに触発され、「かたち」に由来する高分子の新たな特性・機能開発を目的とする実験的・理論的 (シミュレーションを含む) 研究も急速に展開している。今後、さらに高分子トポロジーの一般的かつ高効率な構築法が体系化され、「かたち」からはじめる高分子設計を実現する「高分子トポロジー化学」の確立が期待される。

(参考文献) 図解 高分子新素材のすべて 国武豊喜監修 (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
単環状高分子の効率的・実用的合成
種々の多環状高分子の合成プロセスの確立
環状トポロジーに基づく特異な性質の利用技術
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
「かたち」からはじめる「高分子トポロジー科学・工学」の体系化

キーワード

高分子トポロジー、環状高分子、リングポリマー

(執筆者: 手塚 育志)