

【基盤研究（S）】

理工系（総合理工）



研究課題名 環動分子構造を利用した物質輸送膜システムの創成

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

いとう こうぞう
伊藤 耕三

研究分野： 高分子材料学、超分子化学、ソフトマター物理

キーワード： 高分子構造・物性、超分子化学、ナノ材料

【研究の背景・目的】

我々の研究室では、架橋点が自由に動く環動高分子を創成することに成功するとともに、この特異な分子構造に基づく環状分子の運動性（環動性）がもたらす物性やその応用について研究を行ってきた。その中でごく最近、この環動高分子ゲル膜について液体の透過量の圧力依存性を測定していたところ、従来の高分子ゲル膜ではまったく見られない顕著で可逆的な流速のオンオフ特性を発見した。これは、環動高分子ゲル膜中で圧力勾配がある閾値を起えると、流動場によってナノスケールの架橋点が移動してゲル膜に可逆的な構造変化が起こり、まったく新しい流路チャンネルが非平衡状態の散逸構造として膜内に形成されたためと解釈されている（図1）。本研究では、このような環動高分子独自の架橋構造に由来するオンオフ特性の機構解明と、本現象の基盤となっている環のエントロピーを分子レベルでの設計を通じて制御することで、様々な物質にオンオフ特性を示すデジタル物質輸送膜システムの創成を目標としている。

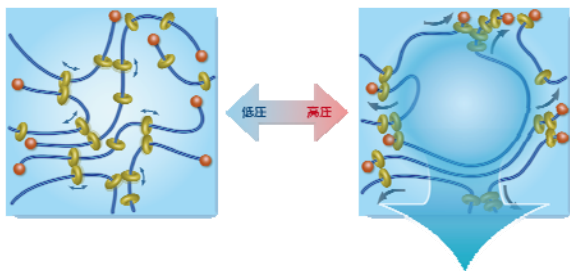


図1 圧力勾配による可逆的な流路チャンネルの形成

【研究の方法】

本研究目的を達成するために、圧力や濃度勾配下でのX線あるいは中性子小角散乱用の測定装置を試作し、環動ゲルの構造解析を行うことで、オンオフ特性の分子的機構を解明する。それと同時に、溶媒ではなく物質輸送のオンオフ特性についても検証を行う。ここでは透過する分子の大きさと網目サイズの間が重要なパラメータであり、これらを様々な変化させながら、ゲル膜内の拡散定数を測定する。また、物質透過におけるオンオフ特性を物理的・化学的に制御するために、環のエントロピー制御に必要な分子設計を行うとともに、実際に新しいポリロタキサンを合成する。さらに、通常の薬物徐放シス

テムと環動ゲル膜を組み合わせ、薬物を間欠的（デジタル的）に放出し、しかも放出量と間隔が自在に制御可能なデジタル特性を示す物質輸送膜システムを実際に作製することで、環動ゲル膜のオンオフ特性のシステム化を図る。これにより、本研究の新規性と有効性を実証するとともに、研究成果の速やかな普及を図る。

【期待される成果と意義】

本研究によって、アナログからデジタルへのパラダイムシフトが物質輸送膜の分野で起こることが期待される。また本研究を推進することによって、高分子科学の中に環状分子のエントロピーという研究分野が新たに誕生することになる。さらに、環のエントロピーに基づく新しい理論モデルの構築、各種の新規動的物性・構造形成の発見などを通じて、高分子や超分子に関連する学問分野の飛躍的発展に貢献できる。一方で応用面では、デジタル特性を示す分離膜という従来の高分子膜ではこれまで不可能な特性が実現できるため、たとえばDDSや分離膜の分野にイノベーションをもたらすことが予想される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- K. Kato and K. Ito, “Dynamic transition between rubber and sliding state attributed to slidable cross-links”, *Soft Matter*, **7**, 8737 (2011).
- A. Konda, K. Mayumi, K. Urayama, T. Takigawa, and K. Ito, “Influence of structural characteristics on stretching-driven swelling of polyrotaxane gels with movable cross links”, *Macromolecules*, **45**, 6733 (2012).
- K. Kato, T. Yasuda, and K. Ito, “Viscoelastic properties of slide-ring gels reflecting sliding dynamics of partial chains and entropy of ring components”, *Macromolecules*, **46**, 310 (2013).

【研究期間と研究経費】

平成25年度－29年度
160,700千円

【ホームページ等】

<http://www.molle.k.u-tokyo.ac.jp>