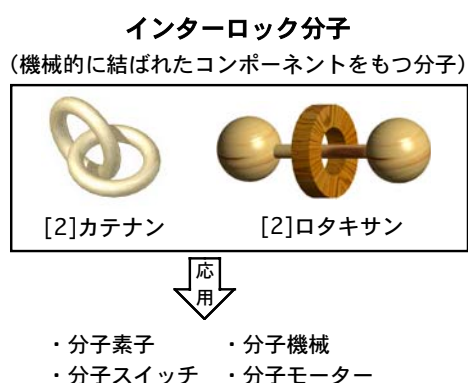


ディビジョン番号	6
ディビジョン名	有機化学

大項目	13. 有機化合物の構造と物性
中項目	13-2. 分子認識・超分子化学
小項目	13-2-4. カテナン、ロタキサン

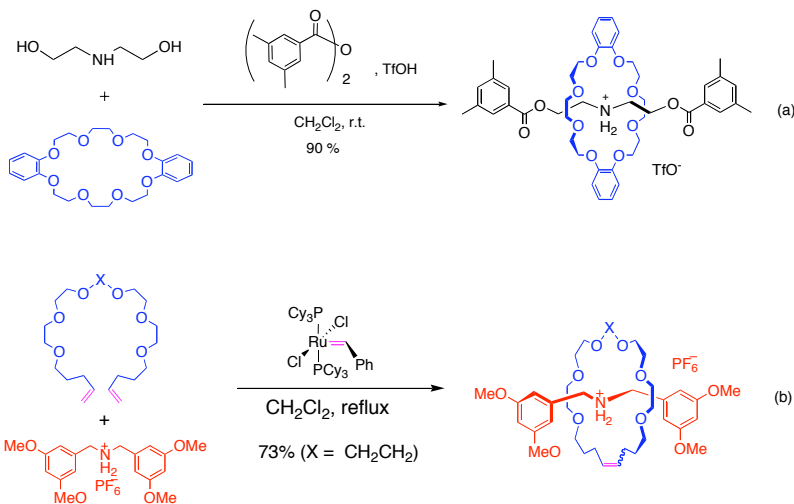
### 概要（200字以内）

カテナンやロタキサンは、化学結合ではなく機械的な結合で結ばれたコンポーネントを含む分子で、インターロック分子と総称される。1980年代から高収率の合成手法が種々開発されてきており、近年は機能開発に焦点が移りつつある。その特異な絡み合い構造とコンポーネントの高い運動性に基づいて、従来の共有結合分子にはみられない特徴が認められており、分子素子や分子スイッチ、分子モーター、高分子材料などへの応用研究が盛んである。



### 現状と最前線

カテナン、ロタキサン、ノットなど、互いに化学結合ではなく機械的な結合で結ばれたコンポーネントを含む分子は、インターロック分子と総称される[1]。機械的（空間的）に連結されたコンポーネントからなる構造のため、当初は偶然貫通構造をとることを利用した統計的合成法が利用された。その後インターロック構造を積極的に合成する手法が検討され、1980年前半にはホストゲスト相互作用や金属への配位を利用した戦略的な合成法によって収率よく合成する方法が発表された。今日では有機合成化学と超分子科学の進歩により様々な合成法が開発され、望む構造のインターロック分子を得ることはそれほど困難でなくなっている。事前組織化によって必要なコンポーネントをあらかじめ集合させ、インターロック構造



を構築するのが一般的である。最も代表的なロタキサン合成法としては、輪成分中を貫通した軸成分末端を嵩高いグループで封鎖する末端封鎖法がある（式(a), (b)）。カテナン合成は大員環への環化反応を含むため今日でもやや困難な場合が多いが、オレフィンメタセシスなど動的共有結合化学に基づく平衡反応を活用する方法で収率よく合成できる。

近年インターロック分子の構造特性を活かした機能素子・素材の開発が盛んである[2]。ロタキサンを例にとると、軸成分を固定して考えた場合、輪成分は高い並進と回転の自由度をもつため、この並進の自由度を利用して分子スイッチを構築することができる。ロタキサンやカテナンのような閉鎖系を巧みに利用した分子モーター(図1)や分子エレベーター(図2)などへのアプローチも検討されている。特異な物性が期待される高分子材料の鍵構造としてもロタキサンやカテナン構造が用いられており、今後実用的な素子・素材の開発が期待される状況となっている。

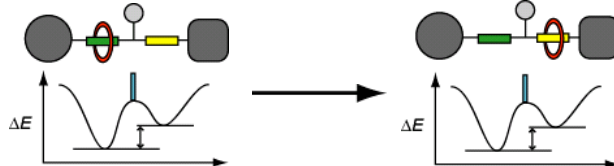


図1 リニア分子モーターの基本動作（輪成分の能動輸送）

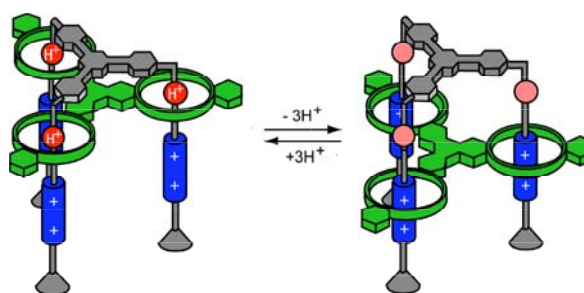


図2 酸-塩基処理により駆動する分子エレベーター

参考文献 [1]例えば、中嶋直敏編著, 超分子科学, 化学同人, 2004年。 [2]例えば、高田十志和, 現代化学, [409], 32 ~ 36 (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

- ・ 輪成分の連結構造のみからなるポリカテナン（[n]カテナン）の合成
- ・ ロタキサンまたはカテナンを用いた効率100%の分子モーターの開発
- ・ 応力分散、リサイクル性などの特性を持つポリロタキサン、ポリカテナンの実用化

##### ○10年後までに解決・実現が望まれる課題

- ・ ロタキサンを利用した分子モーターのうち、比較的速い速度で直線上を一方方向に動くリニア分子モーターの開発
- ・ ロタキサンまたはカテナンを用いた分子スイッチを心臓部に持つ分子素子の実用化

#### キーワード

- ・ ロタキサン ・ カテナン ・ インターロック分子 ・ 分子素子 ・ 分子機械

(執筆者： 高田十志和 )