

世界初・合成高分子モノレールの働きをビデオ撮影

ポリマー1分子の直視：
らせん高分子鎖一本に沿って物質が輸送される分子モーター動態イメージング
(JAIST) ○篠原 健一、巻田 優、大橋 崇志

[2C16]

連絡先（篠原）電話: 090-2838-4295 または 0761-51-1601
電子メール: shinoken@jaist.ac.jp

国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学(JAIST) マテリアルサイエンス研究科の篠原健一 准教授らの研究グループは、紐状の高分子鎖一本をレールとして物質が輸送される合成高分子からなるモノレール機能を世界で初めて発見し、その動作の一部始終をナノメートルスケールでビデオ撮影することに成功した。

生体高分子に目を向けると、筋肉にアクチンとミオシンと呼ばれるモータータンパク質分子があり、これが機能して動力となり我々は運動ができる。一方、人工の合成分子では未だに有用な分子モーターは実現していない。本研究は、生体高分子に匹敵する高性能な分子モーター創製へ向けての第一歩となる長距離長時間の物質輸送を達成した画期的な成果である。

合成高分子モノレールによる物質輸送機能のビデオ撮影には、原子間力顕微鏡 (AFM) を高速連続走査モードで使用した。実験では、試料溶液濃度などの種々の条件を最適化することによってレールとなる紐状構造体が観測され、そのサイズから高分子鎖一本であることが確認された。



モノレール (東京モノレール HP より)

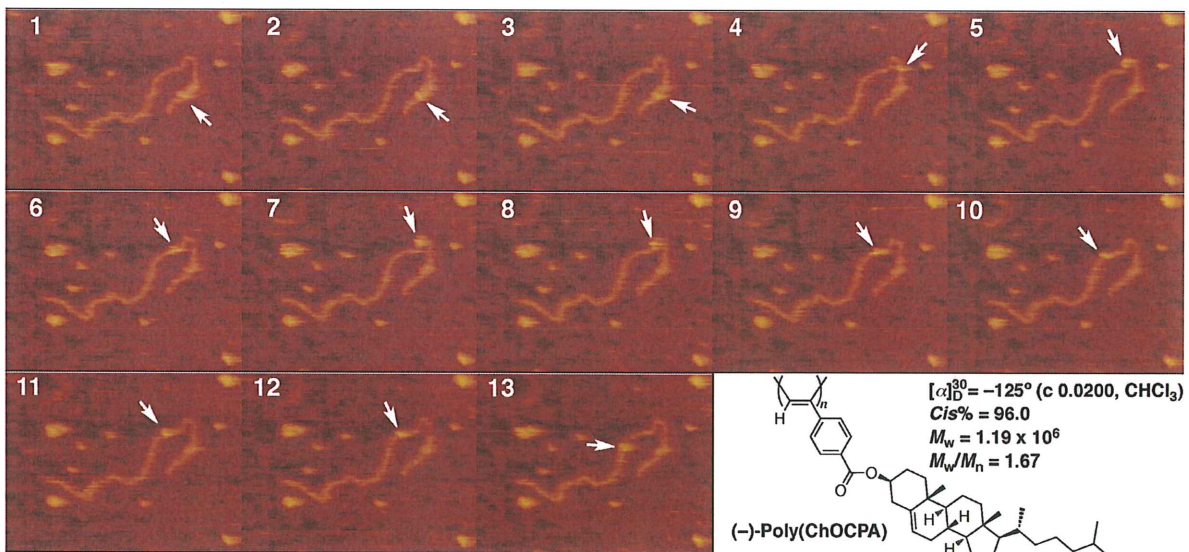
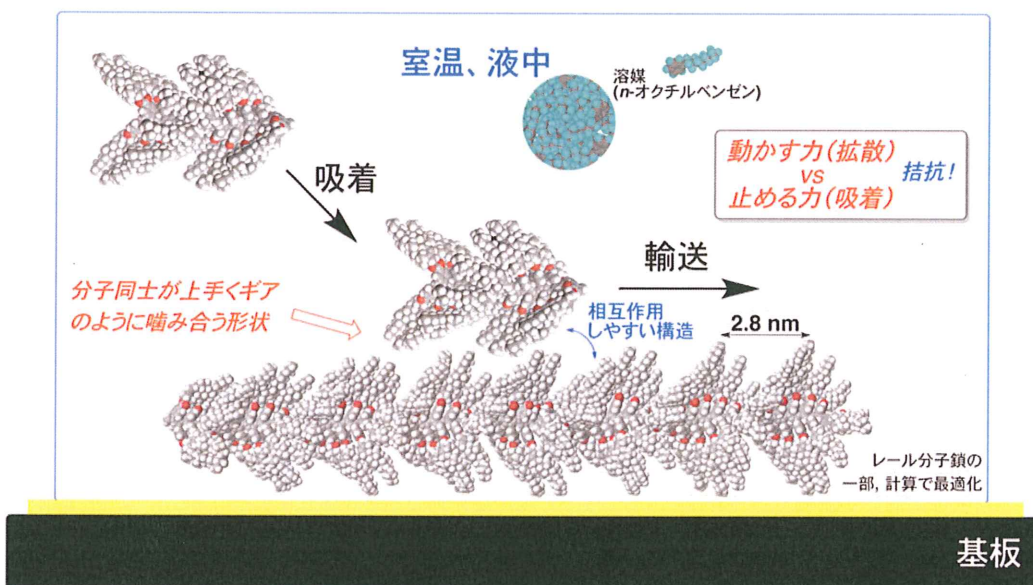


図 1. 高分子モノレールの物質輸送を連続記録した顕微鏡像 (AFM, 室温液中イメージング). 溶媒: *n*-オクチルベンゼン, フレームレート: 5.0 fps. 横縦サイズ: 250 nm x 188 nm. 高さ: 8.4 nm. 矢印は、レール高分子鎖に沿って輸送される物質. 右下はレール高分子の化学構造.

高分子モノレールの輸送原理とメカニズム



そして、このレール高分子鎖に吸着した物質（分子、前頁図1の矢印）がレール沿って輸送されるモノレール機能をビデオ撮影（ビデオレート：5 フレーム毎秒）することに成功した。この輸送は100 ナノメートル以上の長距離に渡り、かつ4分以上の長時間継続して観測された。また輸送の瞬間速度は、秒速100 ナノメートルに到達した。特に、前頁図1のフレーム3から6にかけて、レールが著しく屈曲している領域においても、物質が脱線することなくレール高分子鎖に沿って正しく輸送されたことは特筆に値する。

この合成高分子からなるモノレール機能は、上図の原理で発現しているものと考えている。すなわち、物質（分子）は、レール高分子鎖に吸着して固定される一方、周囲の溶媒分子からの衝突によって拡散する可能性があるが、この吸着と拡散のエネルギーが拮抗する絶妙な状態にある時にのみ、初めて物質はレールから脱線することなくモノレール輸送が達成される。本研究では、高分子の表面形状や分子構造、使用した溶媒や基板の組み合わせによって、まさしく、このエネルギーバランスが実現された為に、世界で初めての合成高分子からなるモノレール機能が発見されたものと考えている。

将来、この輸送原理をデバイス創製に応用できれば、室温の熱エネルギーで駆動する「究極の動力」が実現する。

<適用分野> 分子機械、分子モーター、省エネルギー、ナノテクノロジー、高分子構造動態解析、機能性高分子設計