

## <記者用説明文>

### 一本の高分子鎖を表面上で操作することにより摩擦現象の測定に成功

物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクtonix 川井茂樹

学会発表番号 1F20

#### <研究成果のポイント>

- 原子間力顕微鏡を用いて、界面での摩擦現象を解明した。
- 分子の構造によって摩擦が著しく減少することを解明した。

#### <研究成果の概要>

我々の身边には、衣類や日常雑貨やスポーツ用品、更に車まで様々なプラスチックを使用したものがあります。それらは高分子で構成されており、耐熱性・耐腐食性・機械特性など様々な研究が行われています。そのなかで“一本の高分子鎖の機械特性”を精密に測定することはできませんでした。本研究では、金属表面で起こる化学反応を利用して一本の高分子鎖をその場で生成しました。更に、原子間力顕微鏡の探針で操作することにより、基板との間に発生する摩擦現象について解明しました。その結果、炭素薄膜がリボン状になったグラフェンナノリボンと金表面の界面では殆ど摩擦がなくなることがわかりました。本研究結果は、スケールアップすることにより、摩擦を抑えたコーティング材の実現を示唆しています。

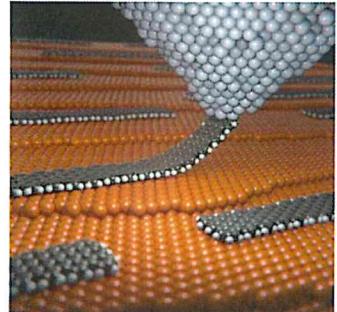


図1 原子間力顕微鏡の探針でグラフェンナノリボンを操作している様子

## <研究成果解説文>

### 一本の高分子鎖の機械特性の測定に成功

Science, 351 Issue 6276, 2016 957-961

著者名：川井茂樹<sup>1,2</sup>

#### 著者所属

1. 物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクtonix
  2. JST さきがけ
- \* E-mail: KAWAI.Shigeki@nims.go.jp

一本の高分子鎖の機械特性を精密に測定するためには、清浄な基板上に孤立した試料を作成する必要があります。しかし、分子量が大きくなるにつれて小分子に通常用いられる加熱による昇華・蒸着を行うことが困難になります。そこで、前駆体分子にハロゲンを導入して、金表面での加熱による表面化学反応を利用して、その場で高分子鎖を生成しました。高分子鎖の構造や吸着位置を同定したのち、原子間力顕微鏡の探針を用いて引っ張り上げたり、引き摺りすることにより、金属表面上での機械特性を測定しました。一重結合で結ばれたフルオレン高分子鎖を引き上げた場合、そのユニットごとに表面から順次離脱する様子を詳細に検出することができました。また、表面の残りのユニットは、引き上げられるのに伴って、基板上を滑っていることがわかりました。即ち、ユニットが表面から離脱する位置はあまり変わりません。また、フルオレン高分子鎖と金基板上の摩擦は小さいことがわかりました。この低摩擦現象は、フルオレンのユニット間距離と基板の格子間距離が一致しないこと

(incommensurability) に起因していることがわかりました。しかし、フルオレン高分子鎖は一重結合で結ばれており、比較的簡単に回転や角度を変化するため、incommensurability はそれほど高くありません。そこで、より横方向に剛性の高いグラフェンナノリボンを用いて摩擦現象を測定したところ、たった数 100 ピコニュートンの力で長さ 25 ナノメートルのリボンを動かせることがわかりました。因みに、身の回りのスケールに変換しますと、幅 10m 長さ 2.5km の巨大なカーペットを元気なカブトムシが引き摺ることができる程度の摩擦力です。ナノ領域のスケール則を単純に変換することはできませんが、いずれにせよ低摩擦です。さて、様々な長さのリボンを測定したところ、長くなるにつれて、単位長さ当たりの摩擦力が小さくなることがわかりました。これは、構造による超潤滑現象です。このように、高分子と原子間力顕微鏡を融合することにより、面白い物理現象を測定することができます。