

光学顕微鏡下での片持ち梁カーボンナノチューブを用いた動的分子間力分光法

Dynamic force spectroscopy using a carbon nanotube cantilever under optical microscopy

大阪府大院工, [○]寺田有希, 畔柳俊紀, 秋田成司, 有江隆之Osaka Pref. Univ., [○]Y. Terada, T. Kuroyanagi, S. Akita, T. Arie

E-mail: terada-4@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに カーボンナノチューブ(CNT)は高いアスペクト比、弾性力、極めて軽い質量などという特性から、超高感度な質量・力計測器としての応用が期待されている。生体分子の質量計測に向けて、これまで水中での片持ち梁 CNT の共振を報告した[1]。前回我々は生体分子の力計測として、CNT の静的な変位から抗原-抗体間の相互作用力を測定することに成功した[2]。この方法の最大の利点は、原子間力顕微鏡を用いる方法と比較して、光学顕微鏡下でリアルタイム観測が可能であるという点である。本研究では、生体分子間の結合が解離する際の外力の加重速度を制御しながら破断力を測定し、動的分子間力分光法(DFS: Dynamic Force Spectroscopy)を用いることで 2 分子間の相互作用を詳細に調べた。

実験 大気中でCVD法により合成したCNTの先端を、半導体レーザー(波長660nm、出力約10mW)で照射し酸化することで先端を開端しカルボキシル基を生成した。次にCNTの先端をクロスリンカー溶液(EDC(1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl)carbodi-imide HCl), sulfo-NHS(sulfo-N-hydroxysuccinimide), MES緩衝液(0.1M,pH=5.3)の混合物)を介し免疫グロブリンG(IgG)を共有結合させた。一方ガラス針の先端にシランカップリング剤とglutaraldehydeを介してIgGに対する抗体を結合させた。光学顕微鏡下で観察しながらCNT先端とガラス針を作用させ、加重速度を変化させて解離させることで、CNTに結合された抗原(IgG)とガラス針に接着した抗体間の相互作用を測定した。使用したCNTのばね定数は 1.1×10^{-3} N/m、ヤング率は320GPaである。

結果と検討 ガラス針とCNTを接触させた後、様々な加重速度でCNTからガラス針を離していくと、CNT先端に結合している抗原と、ガラス針に接着された抗体の相互作用によって、CNTがガラス針の方に撓んだ(図1)。解離したときのCNTの変位から、抗原-抗体間の相互作用力を見積り、加重速度に対してプロットしたものが図2である。グラフの傾きはポテンシャル障壁の位置(結合の深さ)を表す。障壁の位置は0.13nmと0.01nmとなり、抗原抗体間の深いサイトと浅いサイトのポテンシャル障壁を得ることができた。得られた2分子間相互作用のポテンシャル曲線から、CNTの生体分子測定における優位性について検討する。

参考文献

[1] S. Sawano, T. Arie, and S. Akita, *Nano Lett.* **10**, 3395 (2010).

[2] 第73回応用物理学会学術講演会11p-C2-28

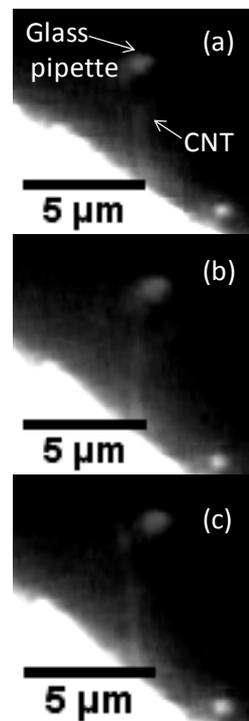


図 1 光学顕微鏡下での相互作用力測定(a)作用中(b)測定中(c)解離後

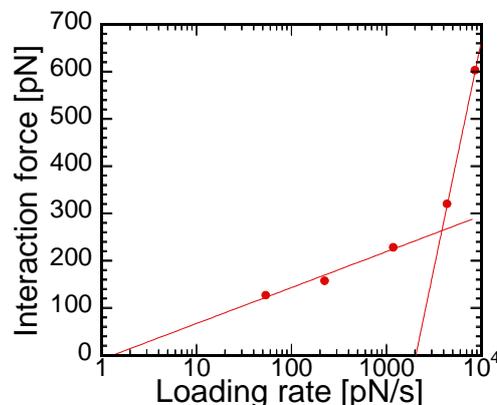


図 2 相互作用力と加重速度の関係