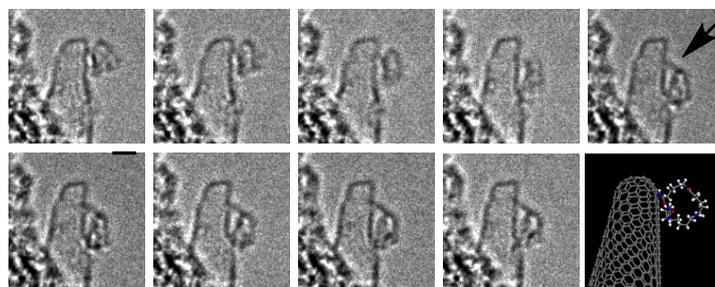
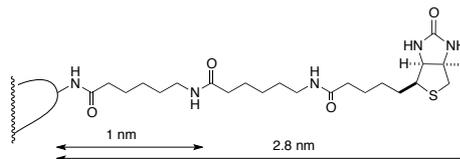


単分子実時間電子顕微鏡イメージングで見た分子運動と化学反応
(東大院理) 中村栄一

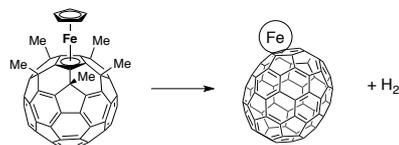
【序】我々は2004年から2010年にかけて行った科学技術振興機構の「中村活性炭素クラスター」ERATO研究プロジェクトにおいて、有機分子一分子の動きや振る舞いを電子顕微鏡でつぶさに実時間観察する手法 (Single-molecule, Real-time TEM Imaging) を世界で初めて開発し、分子の映像と共に発表した。分子をナノチューブの試験管に入れて、一つ一つその挙動と反応を研究するという、新しい科学のフロンティアが出現した。その後、ナノチューブの外側に付けたアミド、ペプチドの配座変換や金属の1原子の引き起こす触媒反応の映像化にも成功した。

【SMRT-TEM イメージング法による分子映像】

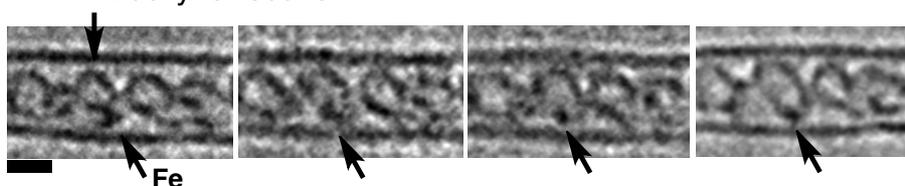
下に示す9枚の画像はカーボンナノチューブ上にアミド結合で結合したビオチン分子の配座変化を捉えた映像の一部である。黒い矢印で示した部分は分子の付け根の1ナノメートルの長さの部分構造にあたる。



下の4枚の画像はバッキーフェロセンの分解反応である。おそらく電子線照射によって生じたラジカルカチオンの反応であり、鉄1原子が周辺のC-C結合などを切断して、C60分子をよりひずみの少ないC70様の分子へと変換する様子が捉えられている。Fischer-Tropsch反応やカーボンナノチューブ・グラフェン生成反応における鉄原子の触媒反応において、単一の鉄原子だけで結合の再配列が触媒されうることを初めて示した実験事実である。



Bucky ferrocene



人々にとって長年、一分子というものは想像上の存在であった。また科学者も集団での分子の挙動を調べ、そこから分子の挙動を想像することが多かった。その意味で計算化学は単分子の挙動を解き明かすための重要なツールであるが、ここに単一分子の動きや反応を研究するあたり実験手法が生まれたことになる。ナノチューブへの接続により分子運動を極端に遅くしたことがこのような観察を実現できたことの鍵である。

M. Koshino, T. Tanaka, N. Solin, K. Suenaga, H. Isobe, and E. Nakamura, *Science*, **316**, 853 (2007) (Originally published in *Science Express* on 22 February 2007).
 N. Solin, M. Koshino, T. Tanaka, S. Takenaga, H. Kataura, H. Isobe and E. Nakamura, *Chem. Lett.*, **36**, 1208-1209 (2007).
 M. Koshino, N. Solin, T. Tanaka, H. Isobe, and E. Nakamura, *Nat. Nanotechnol.*, **3**, 595-597 (2008).
 E. Nakamura, M. Koshino, T. Tanaka, Y. Niimi, K. Harano, Y. Nakamura, and H. Isobe, *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 7808-7809 (2008).
 K. Koshino, Y. Niimi, E. Nakamura, H. Kataura, T. Okazaki, K. Suenaga, S. Iijima, *Nat. Chem.*, **2**, 117-124 (2010).
 E. Nakamura, M. Koshino, T. Saito, Y. Niimi, K. Suenaga, Y. Matsuo, *J. Am. Chem. Soc.*, **133**, 14151-14153 (2011).