

ナノサイズの水の共鳴トンネリング現象 ～変幻自在な水の振る舞い～



SCIENCE PLAZA 2010

Motivation

どんな問題に取り組むのか？

水は普遍的なありふれた物質ですが、ナノサイズの大きさでは、通常では考えられない不思議な振る舞いを示すことが分かってきています。例えば、原子間力顕微鏡(AFM)の下で、電場により水から氷への相転移を起こしたり、誘電率が大きく減少したり、粘性が7桁も大きくなったりします。ここでは、導電性AFMを用いてグラファイト上の水がどのように振る舞うのかを調べました。

Originality

得られた結果はどう新しいのか？

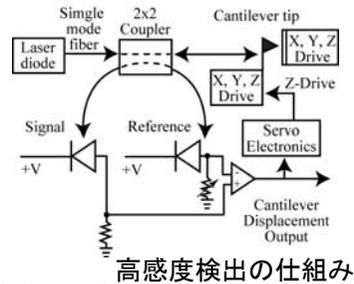
導電性AFMに微小な電圧バイアスを加えた場合、表面近傍での電気伝導で量子化コンダクタンスピークを初めて観測しました。理論解析により、このピークは水クラスタの準位を介した共鳴トンネリングによることが明らかになりました。すなわちグラファイトの表面では、水はクラスタを形成して、通常の水分子の状態とかけ離れた秩序を持った構造になっているのです。



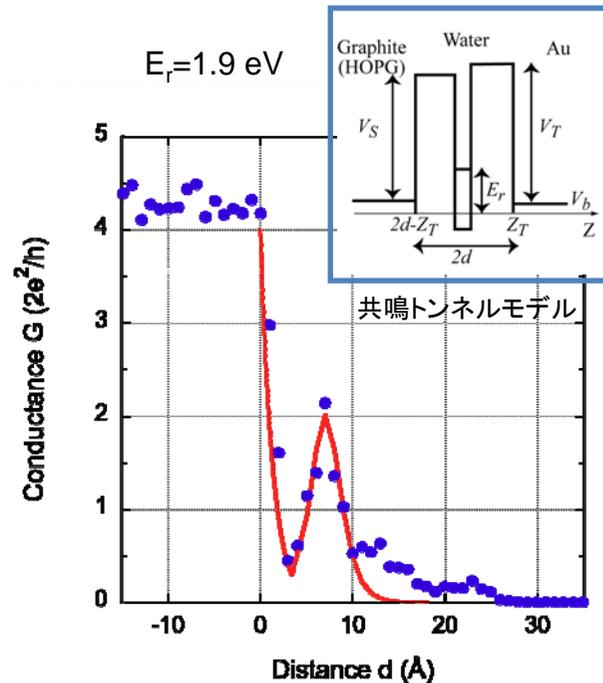
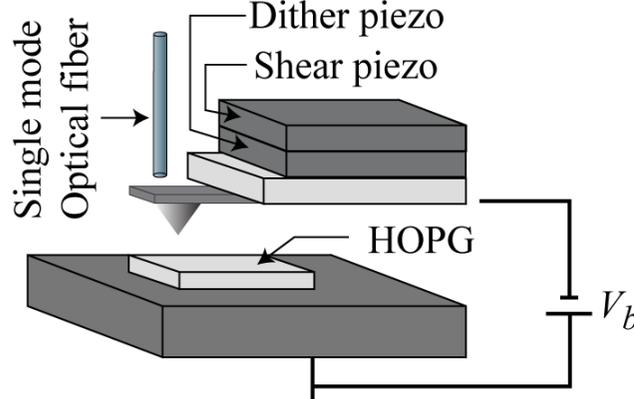
Impact この研究が成功した場合のインパクトは？

水はあらゆる場所に存在しますので、固体表面での水がクラスタを形成していると考え、様々な現象を新しく解釈出来るかもしれません。例えば、生体中のタンパク質構造変移やその電気伝導が水クラスタの変移に基づいていたり、雷の放電現象が水クラスタを介して発生したり、濡れた路面での滑りを緩和させたりと、身近の自然現象を新しく見直すことになるかもしれません。

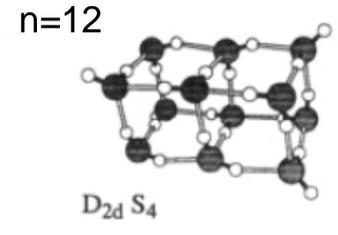
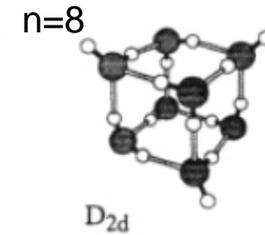
< AFM測定条件 >
Amplitude: 0.5 Å
Resolution: 0.01 Å
Frequency: 416 Hz



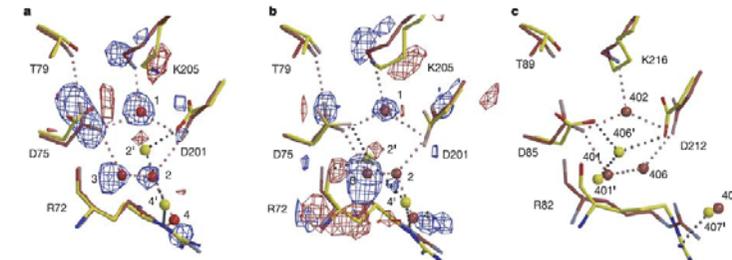
高感度検出の仕組み



観測された電流ピークと理論計算値(赤線)。電流をコンダクタンスで表すと量子化($N=2$)されていることが分かります。共鳴トンネルモデルを用いると、 $E_r=1.9\text{eV}$ という仮定ですべての測定値と良い一致を示します。



$E_r=1.9\text{eV}$ は、水クラスタ分子(H_2O) $_n$ ($n=8\sim 20$)の束縛準位に相当しています。すなわち、観測された量子化コンダクタンスは、水クラスタを介した電気伝導であることを示しています。典型的な水クラスタの構造は上の図のようになります。



タンパク質を取り囲む水クラスタの構造が変わることで、タンパク質自体が構造変移を起こすことを表しています。このように水クラスタの構造に依存するさまざまな現象が見つかっています。