

3P088

グラファイト-液体界面に集積したペプチドナノチューブの構造

(神戸大院・理) ○杉原 知紀, 林 逸歩, 木村 建次郎, 田村 厚夫, 大西 洋

【序】ペプチドナノチューブ(PNT: Peptide Nanotube)は直径数 nm~数十 nm の繊維状タンパク質であり、環状ペプチドが自己集合的に会合し形成される。環状ペプチドのアミノ酸側鎖を部分的に環内部に向かせることで、PNT 内部に金属イオンを配位させることが可能である[1]。そのため様々な機能を備えさせる自由度を持ち、ナノワイヤーやバイオセンサーなど幅広い分野への応用が期待されている。本研究では、大気中・液中にて原子分子分解能を有する周波数変調方式の原子間力顕微鏡(FM-AFM: Frequency Modulation Atomic Force Microscopy)[2]を用いて、作製した PNT の構造解析を行い、階層的な規則構造形成の有無を確認する。

【実験】アミノ酸 12 分子からなる環状ペプチド cyclic A 及び cyclic B は固相合成法に基づきペプチド合成機で合成を行い、C₁₈分析カラムにより精製したものをを用いた。環状ペプチドを 45%メタノール、5 mM HEPES 緩衝溶液中に加えて溶かし、PNT を作製した。試料濃度はペプチド濃度が総量 65 μM となるよう調製した。また、この試料に 50 μM CuCl₂を加えることで銅イオンを配位させた PNT を作製した。試料濃度は 32.5 μM となるよう調製した。PNT は図 1 に示すように 2 種類の環状ペプチドが交互に集積し、形成される。FM-AFM 観察試料として、PNT 溶液を高配向性黒鉛(HOPG)基板に滴下し、過度の PNT の凝集を防ぐため、複数回純水を用いてリンスした。FM-AFM 観察は、純水中にて行った。カンチレバーは、NCH(Nanoworld 社製、ばね定数典型値 40 N/m, 水溶液中での共振周波数 140 kHz)を用いた。共振 Q 値は 10、装置由来ノイズは 20 fm/√Hz であった。測定は、室温にて行った。

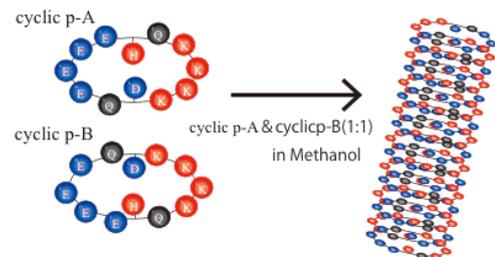


図 1 : PNT 分子モデル

【結果・考察】金属イオンを配位させていない PNT の観察結果を図 2 に示す。図 2(a)より、HOPG 基板上に、長さ数百 nm の繊維状に形成された PNT が吸着していることを確認した。図の繊維状構造物の基板からの高さは 2 nm~3 nm であり、この値は PNT 一本分の幅の値に相当することから、PNT のシングルファイバーであることがわかった。PNT 表面を拡大して撮像した結果を図 2(b)に示す。PNT の長軸方向に周期構造が存在することを確認した。この周期間隔は 2 nm 程度であり、これは環状ペプチド 2 個分の大きさに相当する。側鎖間に作用する静電相互作用により環状ペプチド 2 分子が強く結合し、ユニットを形成したと考えられる。

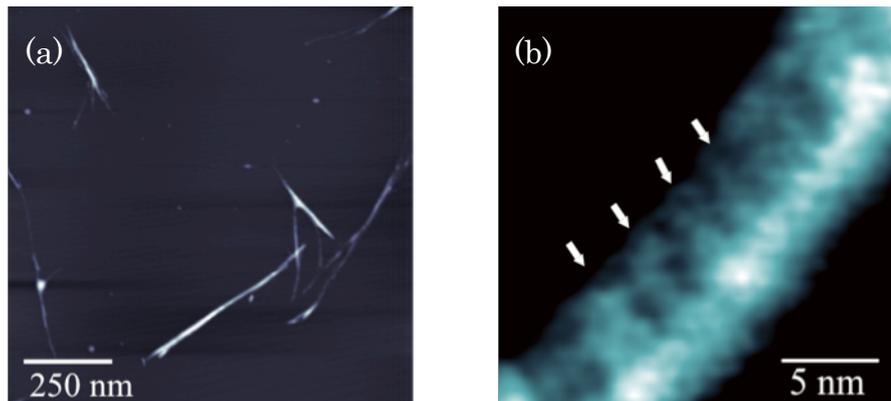


図 2 : グラファイト基板上に吸着した PNT の FM-AFM 像

PNT は側面に疎水性部位を持つ。そのため、HOPG 基板上の水溶液中に PNT が分散している場合、PNT は疎水的な HOPG 基板の表面に選択的に吸着する。図 3(a)に HOPG 基板上に規則的に配列した、銅イオン内包 PNT の観察結果を示す。規則的に配列している繊維状構造物が明瞭に観察されており、その繊維幅は約 4 nm であった。この値は PNT 一本分に相当する。図 3(b)に PNT 周辺の HOPG 面に垂直な平面内において、探針に加わる力の空間分布(力分布)を測定した結果を示す。PNT4 本周辺の力分布が観測されており、白点線にて囲んだ PNT1 本に相当する力分布コントラストの中心近傍にて、PNT が窪んでいることが分かる(図中赤矢印)。このコントラストは、探針が環状 PNT を圧縮、弾性変形させた結果、環内部の低密度領域を反映した可能性がある。ポスターでは、FM-AFM による一連の PNT 観察結果について、その詳細を述べる。

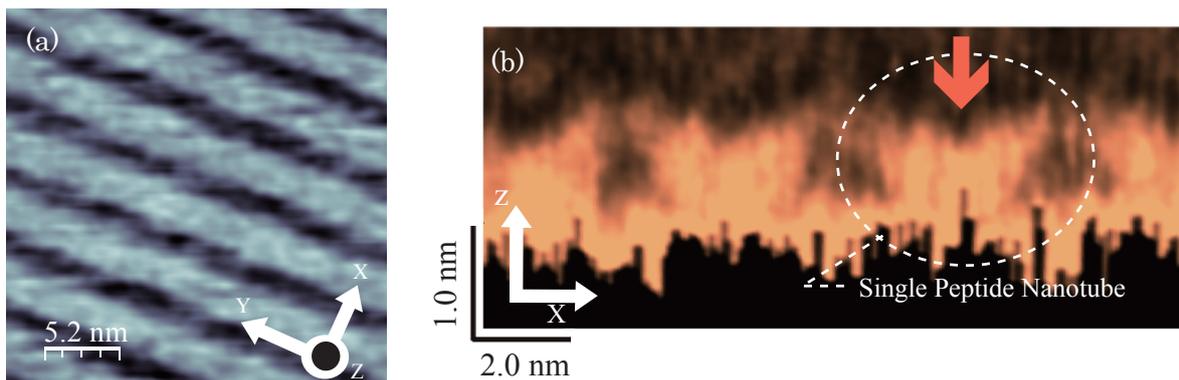


図 3 : (a) グラファイト基板に配向した PNT の FM-AFM 像 (b) PNT 上の力分布像

【参考文献】

- [1] 田村厚夫、田中修平、木戸脇彩、特願2006-053253.
- [2] T. Fukuma et al., Appl. Phys. Lett. 86, 193108 (2005).