

軟 X 線発光分光測定を用いたプラズマ表面改質カーボンナノチューブが水分子の電子状態に与える影響の解明

Investigation of electronic state of water molecules on plasma surface modified carbon nanotubes by soft X-ray emission spectroscopy

東大新領域¹, 産総研 OIL², 東大物性研³, [○]榊原 教貴^{1,2}, 井上 健一^{1,2}, 高橋 史音¹, 後藤 拓^{1,2}, 伊藤 剛仁^{1,2}, 赤田 圭史³, 宮脇 淳^{1,3}, 伯田 幸也², 寺嶋 和夫^{1,2}, 原田 慈久^{1,2,3}
UTokyo¹, AIST², ISSP³, [○]Noritaka Sakakibara^{1,2}, Kenichi Inoue^{1,2}, Shion Takahashi^{1,2}, Taku Goto^{1,2}, Tsuyohito Ito^{1,2}, Keishi Akada³, Jun Miyawaki^{1,3}, Yukiya Hakuta², Kazuo Terashima^{1,2}, Yoshihisa Harada^{1,2,3}

E-mail: Sakakibara.n.ab@m.titech.ac.jp

【背景・目的】カーボンナノチューブ (CNT) は優れた電気伝導性や光学特性、機械的特性を持つため、多様な応用展開が期待されている。しかし、強い分子間力ゆえに溶媒 (例えば水) 中での分散性や高分子材料との親和性が著しく乏しいため、CNT の応用において大きなボトルネックとなっている[1]。CNT の分散性や親和性を改善する手法のひとつとしてプラズマ表面改質が注目を集めており、ヒドロキシ基やカルボキシ基、アミノ基の CNT 表面への付与が分散性や親和性の改善に寄与していると報告されている[2]。しかしながら、プラズマ表面改質した CNT 表面における溶媒分子や高分子の状態については未解明のままである。本研究では、水分子の電子状態を直接観測可能な軟 X 線発光分光を用いることで、プラズマ表面改質 CNT 表面が水分子に与える影響の解明を目指した。

【実験方法】1wt%の多層カーボンナノチューブ (MWCNT) を懸濁させたヒドロキノン溶液中で液中プラズマを生成し MWCNT の表面改質を行った。高輝度放射光施設 Spring-8 内のビームライン BL07LSU にて、1wt%のプラズマ表面改質 MWCNT を水中に懸濁させ 550 eV の軟 X 線を照射することで O 1s の発光スペクトルを取得した[3]。

【結果】515–530 eV の積分値で規格化した純水および 1wt%プラズマ表面改質 MWCNT 懸濁液の O 1s X 線発光スペクトル、および両者の差スペクトルを Fig. 1 に示す。水素結合様式の指標である 1b₁' と 1b₁'' ピークの強度変化の相対的な比較から、プラズマ表面改質 MWCNT 上での四面体構造を持つ水素結合の割合の増大が示唆された。また、3a₁ ピーク付近において幅広く強度の増大が観測された。詳細は当日の発表に譲るが、プラズマ表面改質 MWCNT 上の酸素官能基が水分子の酸素と混成軌道を形成すると仮定することで、本スペクトル変化を説明し得ることが分かった[3]。

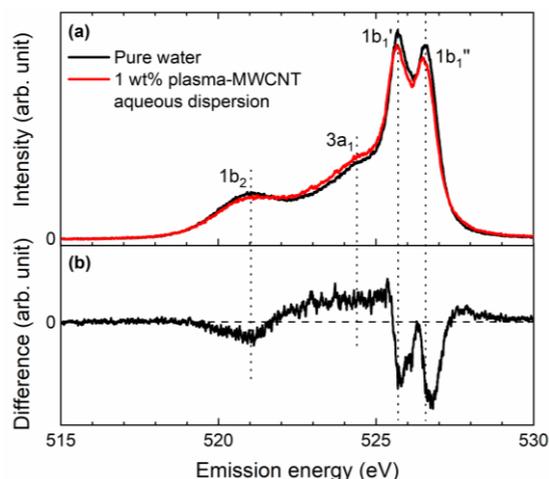


Fig. 1 (a) 水 (黒線) および 1wt%プラズマ表面改質 MWCNT 懸濁液 (赤線) の O 1s 発光スペクトル。(b) 両者の差スペクトル [3]

[1] L. A. Girifalco et al, *Phys. Rev. B: Condens. Matter Mater. Phys.*, **62**, 13104 (2000). [2] C. Chen, M. Nagatsu et al, *Appl. Phys. Lett.*, **96**, 131504 (2010). [3] N. Sakakibara et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.* **23**, 10468 (2021).