

カーボンナノチューブ-蛋白質複合体内の超高速振動エネルギー移動

Ultrafast vibrational energy transfer from photoexcited carbon nanotubes to proteins

筑波大院数理¹, 産総研ナノ材料² ○中山 智仁¹, 吉澤 俊祐¹, 平野 篤²,

田中 文士², 白木 賢太郎¹, 長谷 宗明¹,

Univ. of Tsukuba¹, AIST², ○Tomohito Nakayama¹, Shunsuke Yoshizawa¹, Atsushi Hirano²,

Takeshi Tanaka², Kentaro Shiraki¹, Muneaki Hase¹

E-mail: s1720384@s.tsukuba.ac.jp

【はじめに】単層カーボンナノチューブ (Single-wall Carbon Nanotube: SWCNT) は、優れた光学的・化学的特性を持つことから多くの分野への応用が期待されている。近年、蛋白質の一種である抗体で修飾した SWCNT のドラッグデリバリーやバイオセンサーの開発が盛んに行われている。一方で、蛋白質と SWCNT の複合体の微視的かつ超高速時間領域における物性、特にフォノン物性についての知見は少ない。たとえば、フォノン物性を観察する手法としてコヒーレントフォノン分光があるが、低分子と SWCNT の複合体に関する知見に留まっている^[1]。本講演では、フェムト秒レーザーで観察した蛋白質と SWCNT の複合体のコヒーレントフォノンの緩和ダイナミクスを報告し、蛋白質と SWCNT の相互作用を議論する。

【実験方法】本研究では、(I)低分子界面活性剤(Sodium dodecyl sulfate: SDS)、(II)疎水部と親水部を持ち SWCNT との親和性が報告されている蛋白質^[2](Hen egg-white lysozyme: LYZ)、(III)ポリペプチド(Poly-L-Arginine: PLA)の各分子を用いて SWCNT を分散させた3種類のサンプル溶液(SWCNT-SDS、SWCNT-LYZ、SWCNT-PLA)を作成した。これらのサンプル溶液中の SWCNT のコヒーレントフォノンを、チタン・サファイアレーザーを用いて、パルス幅 25 fs、中心波長 830 nm、繰り返し周期 80 MHz の条件で測定した。

【結果・考察】得られたコヒーレントフォノン信号を FIG.1-a に示す。これをフーリエ解析することで得られたフォノンの周波数分布を FIG.1-b に示す。FIG.1-b の代表的なピーク周波数の減衰調和振動関数を重ね合わせた関数を

コヒーレントフォノン信号にフィッティングすることで緩和時間を決定した。その結果、サンプル間で、フォノンの緩和時間に有意な差があることが明らかになった。この緩和時間の差は、SWCNT 表面に吸着した分子のフォノンの状態密度(Phonon Density of State: PDOS)のピーク周波数と SWCNT のコヒーレントフォノンの周波数の重なり度合い(エネルギー移動のしやすさ)に起因すると考えられる(FIG.2)。

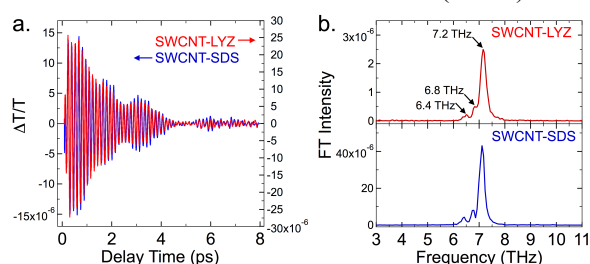


FIG.1: The results of coherent phonon spectroscopy. (a) Coherent phonon spectra of SWCNT-SDS (Red) and SWCNT-LYZ (Blue). (b) Fourier transformed spectra obtained from the experimental data in (a).

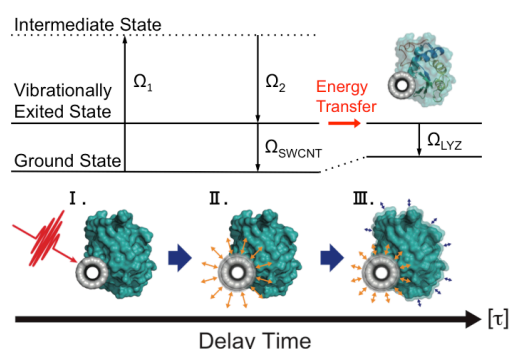


FIG.2: Schematic dynamics of vibrational energy transfer from SWCNT to LYZ at 7.2 THz.

【参考文献】

- [1] K. Makino *et al.*, *Phys. Rev. B*, Vol. **80**, 245428 (2009).
- [2] A. Hirano *et al.*, *Chem. Eur. J.*, Vol. **20**, 4922-4930 (2014).
- [3] T. Nakayama *et al.*, *Appl. Phys. Exp.* Vol. **10**, 125101 (2017).