

# カーボンナノチューブ・窒化ホウ素ナノチューブヘテロ接合に 生じる超高速エネルギー移動

## Ultrafast Energy Transfer in the Heterojunction between Carbon Nanotubes and Boron Nitride Nanotubes

筑波大数理<sup>1</sup>, 岡大院自然<sup>2</sup>, 広工大工<sup>3</sup> ◦四方 諒<sup>1</sup>, 岸淵 美咲<sup>2</sup>, 矢嶋 渉<sup>1</sup>,  
鈴木 弘朗<sup>2</sup>, 大村 訓史<sup>3</sup>, 林 靖彦<sup>2</sup>, 羽田 真毅<sup>1</sup>

Univ. Tsukuba<sup>1</sup>, Okayama Univ.<sup>2</sup>, Hiroshima Inst. Tech.<sup>3</sup> ◦Ryo Shikata<sup>1</sup>, Misaki Kishibuchi<sup>2</sup>,  
Wataru Yajima<sup>1</sup>, Hiroo Suzuki<sup>2</sup>, Satoshi Ohmura<sup>3</sup>, Yasuhiko Hayashi<sup>2</sup>, Masaki Hada<sup>1</sup>

E-mail: hada.masaki.fm@u.tsukuba.ac.jp

原子・分子間やナノ構造体間に生じるエネルギー移動は、太陽電池・光触媒、人工光合成などのエネルギー変換デバイスの動作に極めて重要な物理現象である。エネルギー移動の様子を直接観測することは、これらの現象を理解するうえで不可欠である。我々は、超高速時間分解電子線回折法 [1] により、光を吸収する物質と吸収しない物質から構成される系を評価することで、その接合界面で生じるエネルギー移動の様子を直接的に観測した。本研究では、可視光をよく吸収するカーボンナノチューブ (CNT) 表面に、可視光を吸収しない窒化ホウ素ナノチューブ (BNNT) を被膜することで CNT-BNNT ヘテロ接合構造を作製した (Fig. 1 (a)) [2]。この CNT-BNNT ヘテロ接合構造に超高速時間分解電子線回折法を適用することで、その層間の変化から CNT から BNNT へのエネルギー移動の様子を観測した。Fig. 1 (b)に CNT-BNNT ヘテロ接合構造の電子線回折像を示す。電子線回折像に見られる 2 つのスポット状の回折点の位置の時間変化を追うことで、CNT-BNNT ヘテロ接合構造の平均の層間距離の時間変化を観測した。CNT-BNNT 接合構造中の CNT のみを光励起すると、CNT と BNNT 両方の径方向のフォノンが生じ Fig. 1 (c)のように CNT, CNT・BNNT あるいは BNNT の層間距離の拡大が起こる。光照射直後の層間距離の変化を見てみると、CNT 単体では  $10 \pm 1$  ps で変化するのに対し、CNT-BNNT ヘテロ接合構造は  $7 \pm 1$  ps とより高速で層間距離が変化することを見いだした (Fig. 1 (d))。通常は CNT から BNNT に振動エネルギーが移動することでエネルギー移動が生じるにも関わらず、つまり CNT のみの方が速い応答が生じると期待されるが、BNNT を被膜するとそれよりも高速にエネルギーが輸送されている。このエネルギー移動がどのようなメカニズムで生じているのかを、現在理論計算を用いて解析中である。本発表では、CNT-BNNT ヘテロ接合で生じる超高速構造ダイナミクスを詳細に述べる。

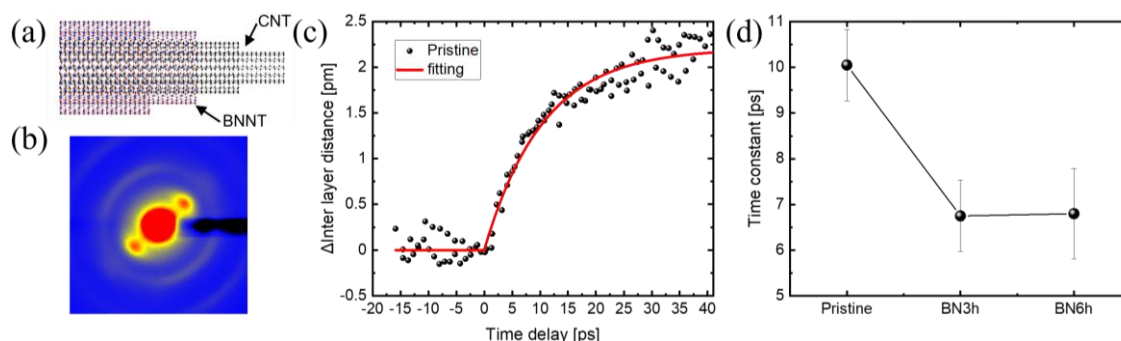


Fig. 1 (a) CNT-BNNT heterojunction (b) Electron diffraction pattern from a CNT-BNNT sheet (c) Time-evolution of inter layer distance of CNTs followed by photoexcitation (d) Time constants of phonon excitation of a MWCNT sheet and CNT-BNNT sheets

[1] M. Hada et al., *Acc. Chem. Res.* **54**, 731–743 (2021).

[2] H. Suzuki, M. Kishibuchi et al., *ACS Appl. Electron. Mater.* **3**, 3555-3566 (2021).