エネルギー輸送の違いから見たカーボンナノチューブの通電加熱の効果

Effects of Joule heating of carbon nanotubes from the perspective of energy transport

°中條大樹 [1]，井上寛隆 [1]，黒田泰平 [1]，森本大我 [1]，林拓磨 [1]，徳永知春 [2]，池田直 [1]，
横谷尚睦 [1]，藤森和博 [1]，羽田真毅 [1]，西川亘 [1]，山下善文 [1]，紀和利彦 [1]，林靖彦 [1]
（岡大院自然 [1]，名古屋大院工 [2]）
°D. Chujo[1], H. Inoue[1], T. Kuroda[1], T. Morimoto[1], T. Hayashi[1], T. Tokunaga[2], N. Ikeda[1], T. Yokoya[1],
K. Fujimori[1], M. Hada[1], T. Nishikawa[1], Y. Yamashita[1], T. Kiwa[1] , Y. Hayashi[1]
(Okayama Univ. [1], Nagoya Univ.[2])
E-mail: hayashi.yasuhiko@okayama-u.ac.jp

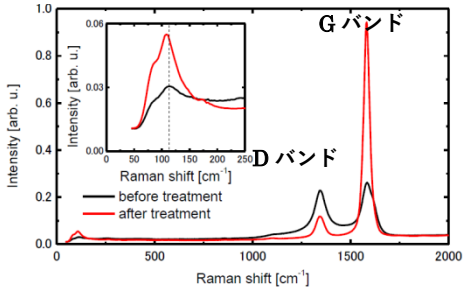

Fig. 1 Raman spectra of the CNT yarns before and after Joule heating

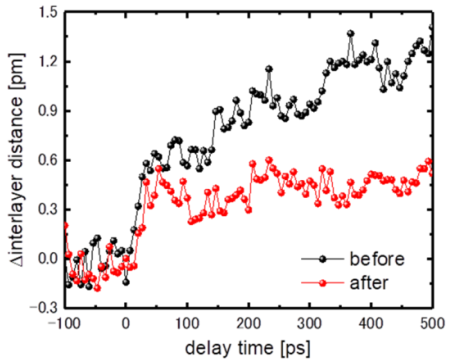

Fig. 2 The time evolution of the interlayer distance of CNTs followed by UV photoexcitation

カーボンナノチューブ（CNT）は機械強度，電気伝導性，熱伝導性に優れており，様々なバルクスケールのデバイスへの応用が期待されている．

しかし，バルクスケールのデバイスに応用したときに CNT の優れた特性が失われてしまう．この原因として CNT を合成する際に生じるアモルファスカーボン（α-C）や CNT 中の欠陥などが考えられる．

本研究では，α-C や CNT の欠陥がエネルギー輸送にどのように作用しているかを調べるために，時間分解電子線回折法を用いて光照射による CNT の構造変化を直接観測した．

まず，CNT が長尺・高密度で基板に垂直配向した CNT アレイから，CNT を引き出す乾式紡績法により，多数の CNT が一方向に配向した CNT ウェブを作製する．この CNT ウェブに高真空下で電流を流し加熱する通電加熱処理を施した．Fig. 1 に通電加熱後のラマン分光スペクトルを示す． CNT の結晶性に由来する G バンドと，欠陥に由来する D バンドの比，GD 比が処理前に比べ処理後のものは約 8 倍向上していることから，通電加熱処理により CNT の結晶性が向上した，もしくは α-C が除去されたと考えられる．また Fig. 2 に時間分解電子線回折法によって得られた CNT の層間の時間発展を示す．用いた励起光の波長は 266 nm である．照射された光は CNT に吸収され，CNT の径方向の振動を誘起し 10 ps の時間スケールで瞬間的に層間が広がる．さらに通電加熱処理前の CNT は 100 ps の時間でも層間が広がり続けることが分かった．これは CNT 中の欠陥や，α-C によりエネルギーが拡散されないため，振動エネルギーへ変化し層間が広がり続けるためと考えられる．しかし処理後の CNT の層間にはこのような現象が見受けられなかった．これは CNT の結晶性が向上した，あるいは α-C が除去されたため，エネルギーが CNT 中を伝わりやすくなり，エネルギーが層間の変化に作用しなかったため，すなわち通電加熱処理によってエネルギー輸送は向上していると考えられる．発表では，熱特性および電気特性の評価からこれらのエネルギーがどのような形で輸送されているのかを含めて議論する．