

## カーボンナノチューブアンジップのメカニズムについての考察

### Consideration of Unzipping Mechanism of Carbon Nanotube

阪大院理<sup>1</sup>, 九工大院生命体工<sup>2</sup> ◦福森 稔<sup>1</sup>, 原 慎之助<sup>2</sup>, 田中 啓文<sup>2\*</sup>, 小川 琢治<sup>1</sup>

Osaka Univ.<sup>1</sup>, Kyushu Inst. Tech.<sup>2</sup>

◦Minoru Fukumori<sup>1</sup>, Shinnosuke Hara<sup>2</sup>, Hirofumi Tanaka<sup>2\*</sup>, and Takuji Ogawa<sup>1</sup>,

\*E-mail: tanaka@brain.kyutech.ac.jp

単層のグラフェンの電子移動度はシリコンに比べて約 100 倍高く、次世代のエレクトロニクス材料として期待されている。短冊状のグラフェンはグラフェンナノリボン(GNR)と呼ばれ、その電気物性にはエッジ状態が大きく影響し、興味深い。Jiao らが報告したカーボンナノチューブを熱処理ののち超音波で長軸方向に切り開く(アンジップ)手法<sup>1</sup>は GNR 作製に広く使われており、我々はこれを応用し、二層(DWNT)<sup>2</sup>および単層カーボンナノチューブ<sup>3</sup>をアンジップすることで大量の単層 GNR 作製に成功した。しかし、この方法によるアンジップのメカニズムは詳しく分かっておらず、また、分散剤ポリマーは高価で実用的でない。アンジップのメカニズムは次のように考えられている (Fig.1)。まず、①熱処理によってナノチューブの一部に欠陥ができ、②超音波処理の刺激によって欠陥を起点としてナノチューブが切り開かれ、アンジップされるというものである。このうち②について、一部が切り開かれた CNT は自然に切り開く前の状態に戻るといったシミュレーションによる報告<sup>4</sup>があり、不明点が多い。我々は超音波処理時に存在する分散剤 poly(m-phenylenevinylene-co-2,5-dioctoxy-p-phenylenevinylene) (PmPV) がラジカルとなって、切れた C-C 結合部分に付加し、不可逆反応になっていると考えた。そこで PmPV の部分構造である、4-methoxyphenol、trans-stilbene を PmPV の代わりに使用し、各々アンジップが進行するかを調べた。その結果、両者で DWNT のアンジップが進行し、GNR が作製された。(Fig.2)

また、分散液中にラジカルが存在すればアンジップが進行するとも考え、代表的なラジカル源である 2,2'-azobis[2-(2-imidazolin-2-yl)propane] dihydrochloride (AIPH)を用い、同様に DWNT のアンジップを試みた。その結果、AIPH がアンジップに有効であることが分かった。(Fig. 3) 今回得られた結果は、超音波を用いたアンジップのメカニズムの解明に大きく寄与できると期待される。発表当日はアンジップに対する溶媒の効果、ほかのラジカル源によるアンジップの結果なども併せて報告する。

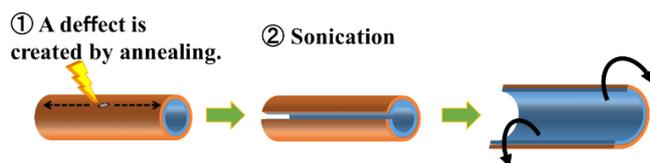


Fig. 1 Procedure for obtaining GNRs from double-walled carbon nanotubes (DWNTs).

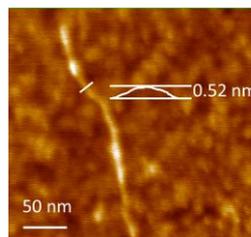


Fig. 2 AFM image of obtained GNR by 4-methoxyphenol

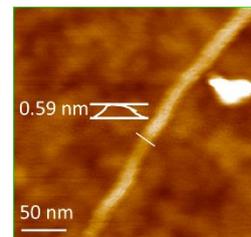


Fig. 3 AFM image of obtained GNR by AIPH

[1] L Jiao et al., Nat. Nanotechnol. 5, 321 (2010). [2] H. Tanaka et al., Sci. Rep. 5, 12341 (2015).

[3] M. Fukumori et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 06GG12 (2017). [4] C. Tang et al., Phys. Rev. B 83, 075410 (2011)