

## ガス層流を用いた CNT 成長時に出現するヘアピン構造の起源

### Origin of hairpin structured CNT grown in gas laminar flow

筑波大数理<sup>1</sup>, 住友電工<sup>2</sup> ◯渡邊 健太郎<sup>1</sup>, 菊池 優<sup>1</sup>, 松尾 奏<sup>1</sup>, 岸部 義也<sup>1</sup>,  
藤森 利彦<sup>2</sup>, 日方 威<sup>2</sup>, 大久保 総一郎<sup>2</sup>, 増田 秀樹<sup>1</sup>, 伊藤 良一<sup>1</sup>, 藤田 淳一<sup>1</sup>

Univ. of Tsukuba<sup>1</sup>, Sumitomo Electric Industries, Ltd.<sup>2</sup> ◯Kentarō Watanabe<sup>1</sup>, Yu Kikuchi<sup>1</sup>,  
Kanade Matsuo<sup>1</sup>, Yoshiya Kishibe<sup>1</sup>, Toshihiko Fujimori<sup>2</sup>, Takeshi Hikata<sup>2</sup>, Soichiro Okubo<sup>2</sup>,  
Hideki Masuda<sup>1</sup>, Yoshikazu Ito<sup>1</sup>, Jun-ichi Fujita<sup>1</sup>

E-mail: s1920348@s.tsukuba.ac.jp

我々は、炭化水素ガスの高速層流を用いることで、高品質かつ長尺な CNT の合成が可能であることを報告してきた。触媒である鉄箔に CH<sub>4</sub> ガスの高速パルスインジェクション (Fig. 1(a)) を行うことで、酸化鉄微粒子が浸炭し、さらに CNT で架橋されたダンベル構造の浸炭鉄微粒子が飛翔する。このダンベル構造の浸炭鉄微粒子が基板に付着し、そこから高品質かつ長尺な CNT が成長する。さらに本合成手法では、特徴的なヘアピン構造 CNT も成長する (Fig. 1(b))。

本研究では、このような新奇な CNT 成長機構を検証すべく、ヘアピン構造 CNT に着目して成長解析を行ったので報告する。CH<sub>4</sub> を炭素原料、触媒に純度 99.99% の鉄箔を用いて SiO<sub>2</sub>/Si 基板の上に CNT を合成した。石英反応炉管を成長温度 (980 °C) まで加熱後、15 秒で約 2000 cc の大流量の CH<sub>4</sub> パージを行い、CNT 成長のトリガーとした。なお、光学顕微鏡下で CNT を可視化するため、CNT 成長後に 1050 °C でパイロリシス修飾を行った。

Fig. 1(b)の光学顕微鏡像に示すように、基板には、直線的な CNT とともに、ヘアピン構造 CNT が観察された。基板の上流端を起点とした飛翔距離を変数としてヘアピン構造 CNT の基部間隔の分布をプロットすると、Fig. 1(c)に示すように、飛翔距離に対して増加する強い一次相関がみられた。これは、酸化鉄微粒子の浸炭・分裂に伴い形成されたダンベル構造 CNT がガス層流中を飛翔している間に成長することで基部間隔が広がったためであると考えられる。このダンベル構造 CNT の両端がほぼ同時に基板に着地後、基部を固定点として剪断応力を受けながらヘアピン構造 CNT に成長すると考えられる。

謝辞：本研究成果は、NEDO エネルギー・環境技術先導研究プログラム「革新的次世代軽量高強度構造材の研究開発」の支援によって実施したものである。

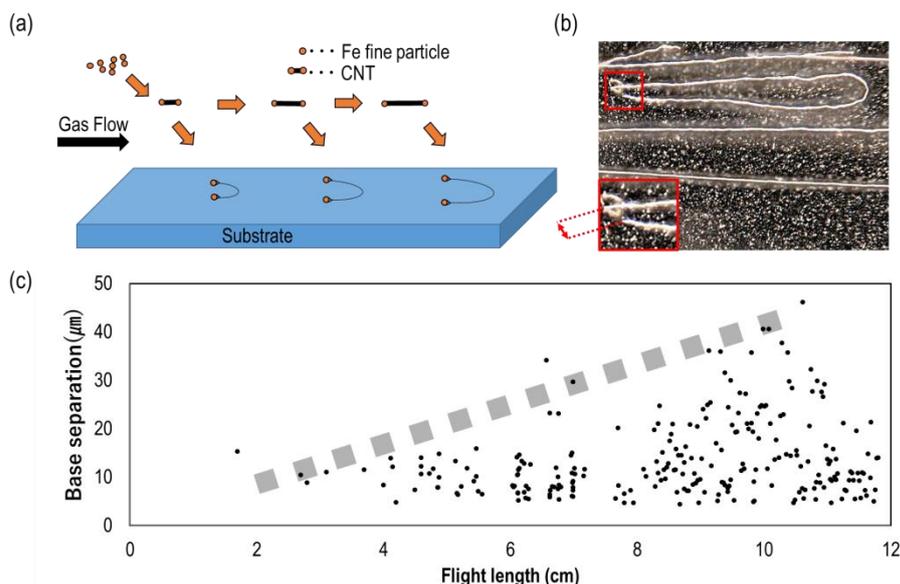


Fig. 1.

(a) CNT growth model in gas laminar flow.

(b) OM images of hairpin shaped CNTs.

(c) Relationship between base separation distance and flight length.