

サブテーマ名：Ⅱ－１ 高配向カーボンナノチューブのサンプル製造 小テーマ名：Ⅱ－１－３ 高配向長尺カーボンナノチューブの成長技術の開発
サブテーマリーダー：大陽日酸(株) 研究員 長坂 岳志 研究従事者：(財)大阪科学技術センター 雇用研究員 岡崎 信治・Dr. Supriya Chakrabarti 研究補助員 柳瀬 公嗣・近藤 正樹
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要</p> <p>The research on the synthesis of vertically aligned long carbon nanotubes (CNTs) is becoming a challenge. Though some partial successes have been achieved but still many limitations to the synthesis of very long aligned CNTs remain. Very long CNTs can be spun into ropes/fibers that are much stronger than any current structural materials. This will allow revolutionary advances in lightweight and high strength applications.</p> <p>(高配向長尺CNTの研究はある程度の成功が収められたが、CNT合成にはまだまだいくつかの課題が残されている。長尺CNTはロープやファイバーを作製でき、しかも現行の同等のものより強靱であるので、軽量かつ高強度の応用に革命的な進歩をもたらすと思われる。)</p> <p>②研究の独自性・新規性</p> <p>The unique part of this research is to find out the optimum condition for the synthesis of very long aligned CNTs with high reproducibility, which is a big challenge in the field of CNT research. The catalyst assisted chemical vapor deposition of CNTs is one of the most accepted techniques for the synthesis of CNTs in large scale, though this process is struggling a lot due to many limitations. To increase the life time of the catalyst and the growth rate are main problems to be solved which need lot of original ideas.</p> <p>(この研究では、再現性よく高配向長尺CNTを作製できる最適条件を見出すことを目指している。熱CVD法によりCNTを大量合成することは、多くの制約があり一筋縄ではいかないが、最もよく使われる方法の一つである。如何に触媒の寿命とCNTの成長効率を高めるかが主なポイントであり、その解決には独創的なアイデアが求められる。)</p> <p>③研究の目標</p> <p>フェーズⅠ</p> <p>The objective of my research by the end of phase 1 is the synthesis of 8 mm long aligned brush like CNTs with controlled number of walls from single-walled to multi-walled (10 layers).</p> <p>(長さ8mmの高配向長尺CNTの合成とCNTの層数の制御 (1から10層))</p> <p>フェーズⅡ</p> <p>The synthesis of very long aligned CNTs in large scale with high speed.</p> <p>(高配向長尺CNTの高速、大面積合成)</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>The following steps have been undertaken to get success in my research.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 The modification of chemical vapor deposition (CVD) system by adding a water introduction system. 2 The choice of substrate, Al₂O₃ buffer layer, source gas, deposition temperature and addition of H₂ with the carrier gas. 3 Optimization of CVD parameters to increase the catalyst activity for very long time. <p>(1 水導入できる CVD システムの改造 2 基板の選択、アルミナバッファ層の採用、原料ガスの選択、成長温度の設定、水素の添加。 3 長時間に渡す触媒の活性を維持するための CVD パラメータの最適化。)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 The water introduction system was attached with CVD system which is working very accurately and the water vapor concentration can be controlled from 50 to 500 ppm with very low fluctuation. The little amount of water acts as a weak oxidizer and helps to increase to lifetime of the catalyst. 2 The optimum conditions have been found out by which the growth of very long CNTs can be achieved. 3 The successful synthesis of very long aligned CNTs with high reproducibility by using the optimized CVD conditions. <p>(1 正確に水を導入できるシステムを構築した。水蒸気の濃度を 50～500 ppm で安定に制御できた。微量水分が酸化剤として働き、触媒の活性を向上する役割をする。 2 長尺 CNT 成長の最適条件を見出した。</p>

3 高配向長尺 CNT を再現性よく合成することに成功した。)

主な成果

- 1 Super long (7 mm) aligned high-density CNTs were synthesized with high reproducibility using CVD technique.
 - 2 The catalyst activity has been achieved for very long time (ca. 12h).
 - 3 The well controlled synthesis of mm long SWNTs, DWNTs and MWNTs (3 to 6 layers) with a high percentage (~ 80%) has been achieved by varying the catalyst thickness.
- (1 CVD 法により長さ 7mm の高配向 CNT を再現性よく合成できた。
 2 触媒の活性時間を 12 時間まで延ばすことができた。
 3 触媒膜厚の変化により、単層・二層・多層の CNT (3~6 層) を高純度(~ 80%) で合成することができた。)

特許件数：1件 論文数：5件 口頭発表件数：2件

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

The best reported result was published by Sumio Iijima group in the Journal Science. The reference is K. Hata et al. Science, Vol. 306 (2004) p. 1362. They reported 2.5 mm long aligned very pure single walled CNTs (SWNTs). After that some groups reported 4 mm long CNTs. In my case, I got 7 mm long aligned CNTs, which was best result in the world till May/June, 2006 (飯島グループの報告では (is K. Hata et al. Science, Vol. 306 (2004) p. 1362.) 長さ 2.5mm の長尺単層 CNT の合成ができた。その後、長さ 4mm の長尺 CNT が合成されたが、我々の場合、長さ 7mm という世界最高記録の高配向長尺 CNT の合成が 2006 年 5 月/6 月に成功した。

2 実用化に向けた波及効果

The result, I achieved in my research will surely advance the future nanotechnology based on long CNTs.

(この研究で得られた成果は、長尺 CNT に基づくナノテクノロジー技術の進歩に貢献できる。)

残された課題と対応方針について

The growth rate of CNTs is still very low, which has to be increased to grow very long carbon nanotubes in short time.

(CNTの成長効率が依然として低い。短時間でCNTを合成するにはさらなる効率化が必要である。)

1 Trial with different source gasses.

2 Use of bi-layer catalyst for getting higher growth rate of CNTs.

3 Adjustment of different CVD parameters more precisely to obtain higher growth rate.

(1 異なる原料ガスを試す。

2 高成長レートを達成するため、二層触媒の使用を検討。

3 CVDパラメータの更なる微調整を行う。)

	J S T 負担分 (千円)				地域負担分 (千円)				合 計
	16 年度	17 年度	18 年度	小 計	16 年度	17 年度	18 年度	小 計	
人件費	418	9,453	3,140	13,011	0	0	0	0	13,011
設備費	4,060	67,793	0	71,853	0	0	0	0	71,853
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	3,461	8,575	5,096	17,132	0	0	0	0	17,132
旅費	14	76	45	135	0	0	0	0	135
その他	23	414	232	669	0	0	0	0	669
小 計	7,976	86,311	8,513	102,800	0	0	0	0	102,800

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T 負担による設備：配向CNT高速合成装置、超高分解能走査型電子顕微鏡、配向CNT高速合成用基板搬送装置

地域負担による設備：

※複数の研究課題に共通した経費については按分する