

<p>サブテーマ名：Ⅱ－２ 紡糸・燃糸技術開発 小テーマ名：Ⅱ－２－５ カーボンナノチューブ糸、ナノチューブシートの開発</p>
<p>サブテマリーダー： 大阪府立産業技術総合研究所 総括研究員 赤井 智幸 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・堀 博伸</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要 高密度高配向カーボンナノチューブ(CNT)基板よりCNTを引き出すことにより、広幅に水平配向したCNTを得ることができる。この水平配向したシート状集合体の安定的な作成方法、得られたCNT集合体の樹脂との複合化方法及び、複合体の各物性の測定・評価を行う。</p> <p>②研究の独自性・新規性 CNT/樹脂複合体はCB等の既存の物と樹脂との複合体と比較して添加量が少量で同等の導電性を付与できる可能性があり、CB等との複合体よりも透明性を有したシートの作製が可能となる。さらに、水平引き出しを用いて樹脂との複合化を行う場合、既存の界面活性剤や超音波等を用いた分散法と比較して、容易にCNTを水平配向させたシート状とすることが出来る。このため、CNTの有する異方的な物性を活用することが可能となり、このような特質を活かしたCNTと樹脂とのシート状複合体を作製することが出来る。</p> <p>③研究の目標 フェーズⅠにおいて、水平配向したシート状集合体の作製、及び複合化のための樹脂の選定と複合化方法の探究を行う。樹脂としてはPSやPET、PMMA等の熱可塑性樹脂を用い、膜厚300μm以下のシートの作製を行う。併せて、得られた複合体の電気抵抗と光透過度についての測定・評価を行う。各物性の数値目標として電気抵抗の異方性が10倍のシートの作製を目指す。光透過度の数値目標としては光透過度60%以上のシートを目指す。併せて透明な導電性シートとして用いた場合のさらなる薄膜化の必要性・可能性についての検討も行う。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>平成17年度において、引き出し前に、高密度高配向CNT基板に前処理としてプラズマ照射することでCNTの引き出しがより安定的、連続的になるという知見が得られた。このプラズマ照射と引き出し性の関連性について調べ、さらなる引き出し性の向上について知見を得ることを目標とした。</p> <p>まず、走査型電子顕微鏡(SEM)を使って、プラズマ照射によってCNT基板の表面では局所的にCNT同士が集合し、ひび割れのようなパターンが形成されていたことが分かった。このパターンはプラズマの照射強度や照射時間に依存していた。次にエネルギー分散型X線分光(EDS)測定で、プラズマ照射後に基板上CNTの元素比(O/C)の増加が見られた。照射後のO/Cは垂直配向CNTの長軸方向で異なった値であった。すなわちSi基板側のCNT先端付近は小さく、反対の先端である表面に行くにしたがいO/Cが大きくなった。また、ラマン測定によりグラフェンシートに関連した格子欠陥の変化について調べた結果、Dバンドのピーク強度とGバンドのピーク強度の比(D/G)はプラズマ照射により増加しており、欠陥が増加していることを示した。D/GのCNT長軸方向での場所依存性に関しては、Si基板付近よりも基板表面付近先端でのD/Gが大きな値となった。</p> <p>これらの結果及びX線光電子分析装置(ESCA)の結果から、プラズマ照射により、垂直配向したCNTの集合状態の変化(CNT同士の接触、不純物のたい積等)が引き起こされていること、CNTのグラフェンシートへの欠陥と酸素を含む置換基の導入が見られること、これらの変化は垂直配向したCNTの基板表面側先端付近でより多く引き起こされていると結論できる。これらは、CNT同士の結合力の変化に結びつくものであり、引出しメカニズムとして次のように考えられる。まずCNT基板より一部のCNTをつまみ出すことで、隣接CNT同士の側面が離れ、垂直配向状態が壊される。しかし、ある部分ではCNTが結合しており、そのためCNTは途切れることなく引き出される。加えて引き出し方向の引張力により引き出し方向にCNTが再配向することで、水平配向したシート状CNT集合体となる。このようなメカニズムを考えた場合、プラズマ照射により、隣接CNT間の一部により強い結合力を生じさせ、CNT同士が引き出し時に途切れることを防ぎ、連続・安定的な引き出しに寄与しているものと推察できる。</p> <p>平成18年度は、CNT基板より引き出した水平配向シート状CNT集合体と樹脂との複合体を作製した。複合化に使用する樹脂としては膜厚70μmの熱可塑性ウレタン樹脂フィルムでラミネート化する方法を用いたところ、膜厚300μm以下でCNTの水平配向状態を保持したままで、樹脂と複</p>

合化することに成功した。次に物性の測定・評価として、電気抵抗の異方性では3倍の異方性という結果が得られた。光透過度の測定は、可視紫外分光光度計を用い透過法により行った結果、ウレタンのみシートで80%以上、複合体に関しては70%以上の透過度が得られた。また、複合体においても偏光特性を有することが確認できた。

主な成果
 具体的な成果内容：
 平成17年度のプラズマ照射によるCNT基板への影響の調査等を元に、他機関と連携して特許出願を完了した。
 特許件数：1件 論文数：4件 口頭発表件数：4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
 米国のテキサス大学のグループは、本研究より高い値である水平配向した3.4cm幅でメートルオーダーのシート状の引き出しに成功している。シート状サンプルの物性の比較では光透過度は本研究と比較して高い値となっているが、本研究での透過度はウレタン複合体での値であり、さらに高い透過性を有した樹脂と複合化を行えば透過度の向上は可能である。電気抵抗に関しては、本研究では異方性を評価しているため単純な比較はできないが、本研究で使用している樹脂は容易に変形させることが出来ることから、CNTとの複合化後、変形などによるCNTのさらなる配向性向上が可能と考えており、その点ではこちらの手法が優れていると考える。
 2 実用化に向けた波及効果
 CNTが持つ電氣的・光学的な特性やその異方性を活かしたフレキシブルな導電性フィルムや光学素子等への応用や、樹脂内にCNTを固定化することによりCNTの大気環境中への飛散を抑える効果が考えられる。

残された課題と対応方針について
 シート状水平配向シートと樹脂との複合化に関しては、現状ではCNTの分布が均一なシートではなく、縞状に分布したものである。このため、より均一な状態を得るため、引き出し方法や複合化方法の改良が必要である。また透過度に関連し、複合体の用途として可視光領域以外の波長域を考える場合には、それに対応可能な樹脂を選択する必要がある。

	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	282	3,072	3,583	6,937	0	0	0	0	6,937
設備費	4,060	0	5,500	9,560	0	0	0	0	9,560
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	1,861	3,029	4,395	9,285	0	0	0	0	9,285
旅費	14	82	200	296	0	0	0	0	296
その他	23	224	353	600	0	0	0	0	600
小 計	6,240	6,407	14,031	26,678	0	0	0	0	26,678

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：自動荷重試験装置、システム実体顕微鏡
 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