

サブテーマ名：Ⅱ－２ 紡糸・撚糸技術開発
小テーマ名：Ⅱ－２－２ CNT糸の高強度化技術開発

サブテマリーダー：

大阪府立産業技術総合研究所 化学環境部 総括研究員 赤井 智幸

研究従事者：

東洋紡績(株) 総合研究所 コーポレート研究所長 大田 康雄
総合研究所 コーポレート研究所 トライアルグループ
部長 名合 聡、井戸 祥記
リーダー 小林 久人
谷口 信志、阿部 幸浩、山口 信輔

研究の概要、新規性及び目標

①研究の概要

シリコン基板上にブラシ上に成長した高配向・高密度カーボンナノチューブを原料としたカーボンナノチューブ (CNT) 繊維の製糸技術開発、および該繊維を応用した複合糸開発を行う。

②研究の独自性・新規性

CNT100%繊維の例は世界的に見ても非常に少なく、それ自体が独自性・新規性を有すると考えられる。

③研究の目標

フェーズⅠ：

安定的に長尺のナノチューブ糸を引き出す紡糸技術の開発

- (1) 10mの紡糸長さと0.5m/sの紡糸速度。
- (2) 複合化に用いる各種材料との適正条件の把握。

フェーズⅡ：

撚糸強度2GPa以上を目指して技術開発を行う。

研究の進め方及び進捗状況

フェーズⅠではCNT撚糸を連続的かつ安定的に製糸できる技術開発に主眼を置いた。主な内容は、(1)CNT繊維を引き出すための端緒作り、及びその端緒を効果的に把持する方法の開発、(2)CNT繊維を連続引き出し可能とする条件の探索、(3)それらの知見を元にした製糸装置のプロトタイプ開発、である。本研究は目的を同一にする他機関と共同で検討項目を分担しながら開発を行ってきた。

a) CNT基板からCNT繊維を引き出し、同時に撚りを印加して連続的に巻き取ることができる製糸装置 (CNT連続撚糸製造装置) のプロトタイプを開発した。本装置の仕様 (基板回転数、巻き取り速度等) は、手作業・半自動化作業の製糸実験に基づいて決定した。本装置は(1)通糸用マイクロジグ (CNT繊維の端緒を効果的に把持可能)、(2)巻き取りボビン、(3)引き出したCNT繊維に撚りを付加する基板回転装置、から構成され、通糸から巻き取りの作業を自動化できた。

b) 製糸装置を用いて、製糸条件と撚糸長の関係について検討を行った。その結果、(1)均質に撚りが印加された撚糸を安定的に製造するには少なくとも40,000T/m以上の撚り数が必要であること、(2)巻き取り速度が小さいほど (~0.1m/min) 安定的に撚糸を製造可能なこと、が判った。約10mの連続製糸作製に成功した。フェーズⅠのもう一つの目標である紡糸速度0.5m/sの達成に関しては、安定な製糸には強撚が必要であり、例えば、40,000T/mの撚糸を製造するのに1,200,000rpmの基板回転数が必要となる。しかし、このような高回転モーターは開発不可能あることから、現時点で該目標値の達成は極めて難しい。今後は、製造装置の多連化を図るなど、生産性向上に繋がる他の方法を検討する。

c) 製糸装置で作製したCNT撚糸の力学物性を測定し、力学物性と撚糸の表面撚り角度との相関を把握することができた。

d) CNT撚糸の樹脂含浸を検討し、一部の樹脂系について含浸液濃度が力学物性変化に与える影響について調べた。

e) CNT撚糸を安定的に製造可能とする、CNT基板の前処理方法を検討した。また前処理によるCNTの物性変化を解析し、CNT撚糸を製造可能なパラメータの検討を行った。

フェーズⅡでは、撚糸への樹脂含浸、化学処理による撚糸強度の向上を計画した。

主な成果

具体的な成果内容：

- (1) CNT連続撚糸製造装置のプロトタイプを開発し、製糸作業の自動化が可能となった。本装置を用いることで、約10mの紡糸長に成功した。
- (2) 力学物性と表面撚り角度（及び撚り数）の相関を把握し、おおよそ20～30°が望ましい撚り角度であることを明らかにした。
- (3) 安定的にCNT撚糸を引き出せるCNTの必要な物質特性として、Raman測定 of G/D比、ESCA測定 of 酸素／炭素原子数比が重要であることがわかった。またこれらを制御する基板処理法として、プラズマ処理が有効であることを明らかにした。

特許件数：7件 口頭発表件数：10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

国際学会（NT06）発表資料によると、豪州CSIROのCNT撚糸は、通常の強伸度測定による力学物性は我々と同等レベルである。製糸技術に関する詳細は不明であるが、m単位での撚糸作製に成功した証拠は示されていない。

また、本技術は、平成21年度日本繊維機械学会賞を受賞した。

2 実用化に向けた波及効果

安定的にカーボンナノチューブ繊維を作製可能になったことで、力学・電気その他の各種撚糸物性を分析できるようになってきた。これらの解析を通じて、実用化に向けた方策を展開することが可能となってくる。

残された課題と対応方針について

- ・実用化に向けた用途開発が必要である。用途探索を行って必要物性を明確し、それに対応した各種処理（表面処理・含浸樹脂・撚り構造等）の検討を行う。
- ・撚糸製造技術確立に向けた技術改良を行う。
- ・撚糸力学物性向上のための各種検討（撚り構造最適化等）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	19年度	20年度	21年度	小計	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	小計	
人件費	0	0	0	0	0	0	0	568	6,041	6,636	7,055	7,559	0	27,859	27,859
設備費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他研究費 （消耗品費、 材料費等）	0	0	0	0	0	0	0	0	290	4	283	1	0	578	578
旅費	0	0	0	0	0	0	0	8	353	97	211	118	0	787	787
その他	0	0	0	0	0	0	0	168	789	757	423	234	0	2,371	2,371
小計	0	0	0	0	0	0	0	744	7,473	7,494	7,972	7,912	0	31,595	31,595

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：

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