

サブテーマ名：Ⅱ－２ 紡糸・撚糸技術開発 小テーマ名：Ⅱ－２－１ CNT糸の高品質化技術開発
サブテーマリーダー： 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： 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 主任研究員 喜多 幸司 研究員 西村 正樹
研究の概要、新規性及び目標 ①研究の概要 長さ120 μ m以上、嵩密度30mg/cm ³ 以上の高密度高配向カーボンナノチューブ(CNT)に関し、CNT基板から直接CNT撚糸を製造する製糸方法の開発を行う。すなわち、CNT基板からのCNT引き出し、撚り掛け、巻き取りを連続化した製糸システムの開発（CNT引き出しに最適なジグ開発、CNT撚糸連続製造装置開発）、ならびにその製糸システムによる応用製糸技術開発（糸の均斉化技術、高品質化技術、超極細撚糸作製技術等）から構成される。 ②研究の独自性・新規性 CNT糸の製品化を考えた場合、当然のことながら糸として機能し得る「長さ」が必要である。十分な長さの糸を製造するには、製糸工程上は「巻き取り」工程が必要不可欠になる。しかし、従来のCNT製糸に関わる研究開発において巻き取りを実現した報告は見当たらない。そこで、本開発では、CNT基板からのCNT引き出し、撚り掛け、巻き取りを連続化したCNT撚糸の作製システムを開発する。このような巻き取り工程まで含めたCNTの製糸システム開発は前例がない。また、この製糸システムを用いて、均斉で高品質な直径1 μ mレベルの超極細糸を作製する。実現すれば、糸としては世界最細レベルとなる。 ③研究の目標 フェーズⅠ：(1)効率的にCNTを引き出す基板前処理技術と最適CNT引き出しジグ開発。(2)上述の製糸システム開発。(3)製糸システムによる長さ10mのCNT撚糸作製。フェーズⅡ：(4)糸の均斉化（超極細撚糸作製）、高品質化により直径1 μ m、引張り強度1GPa他の力学特性、電気特性に係る所定の目標数値を設定し、これを達成する。
研究の進め方及び進捗状況 目標(1)に関し、まず、引き出し性を向上させる前処理技術としてプラズマ処理を考案し、その効果は、プラズマ処理によるCNT同士の相互作用の増加に起因していることを明らかにした。次に、先端形状がドリルタイプの微小回転型マイクロジグがCNT引き出しに最適であることを見出した。また、このジグによる糸端緒作製条件の最適化を図り、安定的にCNT基板からCNT撚糸端緒を作製する技術を確立し、目標(1)を達成した。 次に目標(2)に関し、製糸工程の機械化、システム化を図りCNT撚糸を連続的に製造するCNT製糸システムの開発を行った。その結果、目標(1)で述べた微小回転型マイクロジグを活用した「自動撚糸端緒作製機構」を組み込んだCNT撚糸連続製造装置の開発に成功し、目標(2)を達成した。目標(3)に関し、この装置により10mの連続製糸に成功した。目標(4)は、撚糸直径に影響を与える引き出し幅を一定化するために基板微細パターンニングによる糸径制御技術を開発し、最小直径0.8 μ mの均斉な超極細CNT撚糸を製糸する技術を開発した。また、引張り強度1.2GPaを始め、力学特性、電気特性に係る全ての目標数値を達成した。
主な成果 具体的な成果内容： <ul style="list-style-type: none"> ・CNTの引き出し性を向上させる基板前処理技術の開発 ・引き出し、撚り掛け、巻き取り工程を連続化したCNT撚糸連続製造装置の開発 ・CNT撚糸連続製造装置による長さ10mのCNT撚糸作製 ・世界最細レベルの直径0.8μmの均斉な超極細CNT撚糸の作製 ・引張り強度1.2GPa他の力学特性、電気特性に係る目標数値を達成。 特許件数：9件、 口頭発表件数：14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

CNT撚糸の作製については、テキサス大学、産総研、CSIROの報告があるが、いずれも引き出し、撚り掛け、巻き取りを連続化したより実用化に近い製糸システムによるCNT撚糸作製の報告はない。

NEDO技術開発機構が21年度実施した「カーボンナノチューブの電線材等への適合性調査」報告（古河テクノロジーサーチ、2009.7）では、基板紡糸法によるCNT長尺化技術の内、テキサス大学グループと並ぶ代表的な技術として位置付けられている。また、開発した本技術は、平成21年度日本繊維機械学会賞技術賞（カーボンナノチューブ製糸技術）を受賞した。

2 実用化に向けた波及効果

CNTを糸、すなわち細くて長い集合体に成形できたことで、ハンドリング性が飛躍的に向上した。得られた成果は、細く、柔軟性に優れる特性を活かしたCNT撚糸自体の線状材料としての利用、さらに、糸から例えば、織物にすることで面状材料としての利用に活用できる。

残された課題と対応方針について

CNT撚糸の性能向上には、ムラを最小化する必要がある。その達成には製糸技術のみならず、CNT基板の一層の安定化、均質化、高度化が重要である。今後、製糸技術情報を基板製造技術にフィードバックして基板の性能向上を支援しつつ、撚糸の均質化を図るべく製糸技術の一層の高度化を図る。

	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	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	1,507	8,525	9,485	10,608	9,677	0	39,802	39,802
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	0	0	0	0	0	0	0
旅費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	0	0	0	0	0	1,507	8,525	9,485	10,608	9,677	0	39,802	39,802

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 : CNT連続撚糸製造装置、デジタルマイクロスコープ

※複数の研究課題に共通した経費については按分してください。