

カーボンナノチューブによる水浄化繊維の開発

篠塚 雅子* 中野 睦子** 北村 仁***

1. はじめに

近年、カーボンナノチューブ（以下 CNT）の分散液が開発されたことによって、繊維への CNT 加工の可能性が広がっている。CNT には様々な機能性が期待されており、水浄化についても期待される機能の一つであるが、現在のところ浄化効果の有無については確認されていない。

CNT を一般的な繊維に加工して高い水浄化性能が確認されれば、水浄化に効果があるとして研究されているが難燃のため廃棄処分やリサイクルが難しいなどの問題点のあるカーボン繊維などに代わる、燃焼処理廃棄やリサイクルが可能な新たな素材としての期待できる。

そこで本研究では、まず繊維への CNT 加工方法について検討を行い、CNT 加工繊維の水浄化繊維としての機能の有無についての検証を行った。

2. 方法

2.1 各繊維への CNT 加工技術の検討

各繊維への CNT の加工性の確認及び加工性の向上を図るため、多織交織布を試験布とし、表 1 の条件により加工を行った。なお加工手順は、前処理→水洗→CNT 加工→水洗→乾燥とした。

2.2 水浄化実験

2.2.1 実験用 CNT 加工繊維の作製

水浄化実験の試料として、下記条件（表 2）により試作の作製を行った。

なお、試作に使用した繊維はアクリル（糸）、ウール/ナイロン（糸）、シルク（真綿）の 3 種とした。

2.2.2 水浄化実験

(1) 下水道水による水浄化実験

実験は 1 L ビーカー中で行った。試験用汚水は下水道流排水（那珂久慈流域下水道事務所採取）を用い、

試験用汚水 1L に対し表 2 の各 CNT 加工繊維、各未加工繊維をそれぞれ 10 g 投入した。実験中は市販の鑑賞魚用エアープンプ（日本動物薬品株式会社製）で曝気を行い、水流を発生させた。なお実験室内は 25℃ に調整した。浄化試験開始から 7 日間後、霞ヶ浦環境科学センターに依頼し水質分析を行った。

(2) 醤油添加水による水浄化実験

農業用水路（結城市内）から採取した試験水 1L に市販醤油（キッコーマン株式会社）を 10ml 加えたもの試験用汚水とした。実験に用いる CNT 試作繊維は A-1、W/N-1、S-1（表 2）及び各未加工繊維とし、2.2.2(1)の実験条件と同様に浄化実験を行った。実験開始から 14 日後に比色評価を行った。

(3) 染料液による浄化実験

水浄化における微生物の作用を確認するために、活性汚泥を用いた実験を行った。

蒸留水 1L あたり 0.01 g の酸性染料（カヤノール M グリーン 5GW）を溶解した染料液を作成し、さらに染料液 1 L に対し、それぞれ活性汚泥 100ml、蒸留水 100ml を加えたものをモデル排水とした。

実験に用いる CNT 試作繊維は、繊維自体に染料の吸着性が少ない A-1、A-2（表 2）及びアクリル未加工繊維とし、2.2.2(1)の実験条件と同様に浄化実験を行い、24 時間後に比色評価を実施した。

3. 結果

3.1 各繊維への CNT 加工結果

加工試験の結果を図 1、2 に示す。前処理を行わなかった試料は、繊維によっては CNT が僅かに付着しているのが認められたが、水での洗浄により殆どが脱落するため、CNT 加工は難しいことがわかった。また CNT 濃度を高くした場合でも、同様の結果であった。（図 1）

しかし、前処理を行うことで、いずれの種類の繊維

表 1 加工条件

	前処理		CNT 加工（試験液浴比、温度、時間）
	加工剤	処理方法（%o.w.f、浴比、温度、時間）	
①	未加工	—	CNT(2%)分散液 50%水溶液 } CNT(2%)分散液 20%水溶液 (1:20 60℃～放冷、20min)
②	未加工	—	
③	前処理剤 A	10%o.w.f、1:25、70℃、20min	
④	前処理剤 B	10%o.w.f、1:20、50℃～放冷、20min	

表 2 試作条件

	A-1	W/N-1	S-1	A-2	W/N-2	S-2
繊維	アクリル	ウールナイロン	シルク	アクリル	ウールナイロン	シルク
形状	糸	糸	真綿	糸	糸	真綿
前処理		前処理剤 A	20%o.w.f	浴比 1:20	温度 50℃～放冷	時間 20min
CNT 加工		CNT(2%)分散液	20%水溶液	浴比 1:20	温度 60℃～放冷	時間 20min
後処理	—	—	—	処理液 1 : 3		

維にも CNT 加工が可能であることがわかった。

なお前処理剤については、前処理剤 B の効果が高いことを確認した。(図 2)

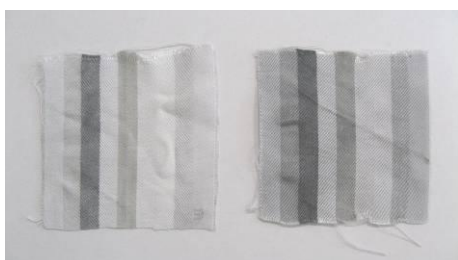
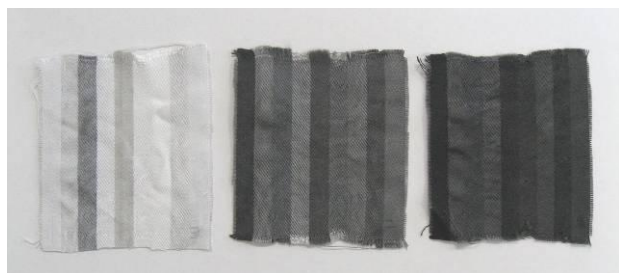


図 1 未加工布 (左 CNT20%, 右 50%水溶液加工)

(多織交織布繊維名:左から 木綿 ナイロン ビニロン アセテート ウール レーヨン アクリル シルク ポリエステル)



①前処理なし ②前処理剤 A ③前処理剤 B

図 2 前処理剤比較

3.2 水浄化実験結果

(1) 下水道水による水浄化実験

実験後の SS (浮遊物質), P04-P (リン酸態リン) の測定結果を図 3, 4 に示す。なお今回の実験では、各試料を比較して測定数値が低いものについて水浄化効果があると判断した。

SS については、A-1, S-2 の数値が減少した。W/N 未加工, W/N-1 の測定値は他と比較して高い結果となったが、これは W/N の維長が短いため、水中で毛羽等が脱落したためではないかと考えられる。また

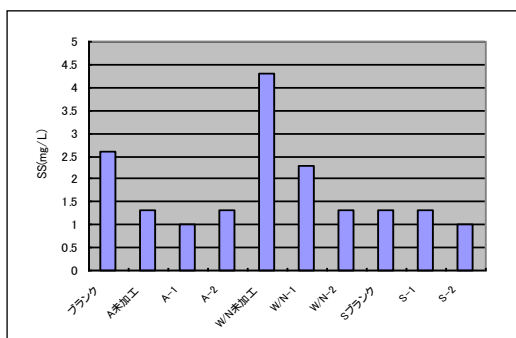


図 3 SS 測定結果

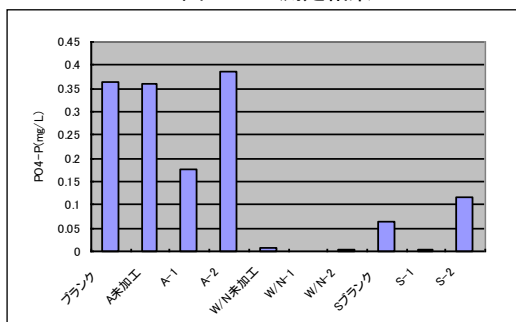


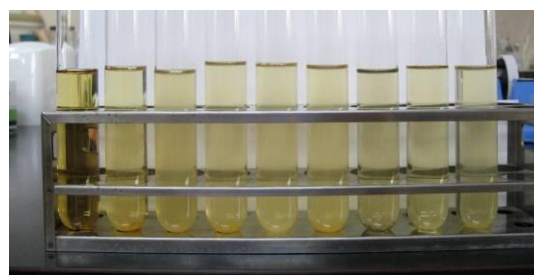
図 4 P04-P 測定結果

P04-P については、W/N 未加工, W/N-1, W/N-2, S-1 で P04-P 濃度が減少され、特に W/N-1, S-1 では著しく減少する結果となった。

この結果から、SS, P04-P の項目等において CNT 未加工繊維よりも CNT 加工繊維に水浄化の効果がみられることが確認できた。

(2) 醤油水浄化実験

実験の結果を図 5 に示す。3 種類の CNT 加工繊維と未加工繊維ともに色味に大きな差はなかった。しかし、未加工繊維には澱の沈殿があったが、CNT 加工繊維にはほとんど見られなかった。このことから抗菌性などの何らかの作用が影響している可能性があると考えられる。



左から 原液 曝気なしブランク 曝気ありブランク A未加工 S未加工 W/N未加工 A-1 S-1 W/N-1

図 5 醤油水による水浄化試験結果

(3) 染料液による浄化実験

実験開始から 2 4 時間後の比色試験では、CNT 加工繊維を投入した染料液は活性汚泥あり、活性汚泥なし (図 6) とともに透明度が向上し、高い水浄化効果を確認できた。

一般に水浄化に効果があるとされている炭素繊維は、微生物を活性化させることで浄化力を高めるとされていることから、CNT 加工繊維にも同様の作用があるか検討したが、今回の実験では微生物活性の影響を確認することはできなかった。



24h 後 活性汚泥あり 24h 後 活性汚泥なし
左から A-2 A-1 ブランク 原液

図 6 染料液による浄化試験結果

4. 今後の課題

今回の実験では、各繊維への CNT 加工性の向上を図ることができ、また水浄化実験においても、水浄化繊維としての可能性を確認することができた。

しかし、実用化に向けては更なる水浄化実験が必要であることから、今後、製品仕様も含めて企業側で検討していく予定となっている。また当所も継続して実用化支援を行っていく予定である。