

研 究 成 果

中テーマ名：1-2 ナノ粒子の界面制御技術の開発	
小テーマ名：1-2-4 機能性フィルターの開発	【18年度研究終了テーマ】
中テーマリーダー(所属、役職、氏名) 研究統括 中前 勝彦	
研究従事者(所属、役職、氏名) 京都工芸繊維大学工芸科学研究科 教授 木村 照夫	
研究の概要、新規性及び目標	
<p>①研究の概要</p> <p>現在、焼却可能な素材から成り、高い捕集効率を保持したまま低圧力損失を実現するエネルギー消費の小さいフィルターの開発が待ち望まれている。そこで、フィルターの素材に高分子ナノファイバーを用いることを検討した。ファイバーをナノサイズ化することで比表面積が飛躍的に増大し、これにより高捕集効率化が望まれる。ナノファイバーには環境対策が必要な有機溶媒を必要としないポリビニルアルコール (PVA) を素材に用いた。</p> <p>さらに、目詰まりを防ぎながら高捕集効率、低圧力損失を両立させるために、繊維径を傾斜させた構造を持つナノファイバーフィルターを作製した。傾斜構造を持たせることで、フィルター上層の繊維径の太い部分で粒子径が大きい塵を捕集し、下層に進むに連れて徐々に繊維径を細くしていくことで粒子径の小さい塵を順に捕集していく、いわば分別収集が期待できる。この捕集方法によって、単一フィルターに比べてフィルター上層での目詰まりを起りにくくし、フィルターのライフを伸ばすことが可能になると考えられる。</p>	
<p>②研究の独自性・新規性</p> <p>高分子ナノファイバーのフィルターへの応用を目的として、特に、繊維径を傾斜させた構造を持つナノファイバーフィルターを作製し、フィルターの上層から下層に向けて段階的に粒子径の小さい大気塵を集める研究を行った例はこれまでになく、最も新規性のある点といえる。</p>	
<p>③研究の目標(フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に)</p> <p>フェーズI:繊維径の異なるナノファイバーを複合・積層化する際に必要となる、成形条件(成形時の供給流量、印可電圧)とナノファイバーの成形性、繊維径のサイズなどの相関性を調べる。フェーズII:各繊維径におけるフィルターの捕集効率を調べる。フェーズIII:繊維径を傾斜させた構造をもつナノファイバーを作製して、その捕集効率、圧力損失を明らかにしてライフの長いフィルターの可能性について検討する。</p>	
研究の進め方及び進捗状況(目標と対比して)	
<p>PVA を蒸留水で溶解して 5、10、15、20wt% の水溶液を調製した。なお、20wt% よりも濃度の高い溶液も作製したが、粘度が高すぎるため、エレクトロスピンニング装置のノズルで溶液を吸い上げることが不可能であったため、20wt% までの溶液を実験の対象とした。これらの溶液についてエレクトロスピンニング法により紡糸したところ、印加電圧と平均繊維径との間に明確な関係性は見られなかったが、PVA の溶液濃度に関しては濃度が小さいほど繊維径は細くなった。</p> <p>濃度 5wt% の溶液では、繊維状部分の直径は 30nm 程度の非常に細いナノファイバーが得られたが、粒子状の塊も同時に形成されており、ナノファイバー化が良好とは言えない結果となった。溶液濃度 10、15、20wt% ではナノファイバー化が良好で、印可電圧に関わらず、それぞれ繊維径が約 100nm、200nm、400nm のナノファイバーが得られた。</p> <p>次に、ナノファイバーの繊維径が重要な捕集効率および圧力損失におよぼす影響を検討するため、大気塵によるフィルター性能試験装置を用いて測定を行った。フィルターはスパンボンド不織布 (30g/m²) 上に PVA ナノファイバーを紡糸し、その上にカバー材としてスパンボンド不織布 (12g/m²) をかぶせた。</p> <p>溶液濃度各 5wt%、10wt%、15wt%、20wt%、つまり繊維径約 30nm、100nm、200nm、400nm における、捕集効率と圧力損失の関係を調べたところ、すべての溶液濃度において、目付け量が多くなるほど捕集効率、圧力損失ともに増加する傾向が見られた。ただし、その増加量はそれぞれの濃度で異なる量となった。ナノファイバー化が良好であった繊維径約 100nm、200nm、400nm の 3 種においてはいずれの場合も、繊維径の細かい方が捕集効率が高く、圧力損失も大きくなった。また、全サンプルとも、目付け量が多くなるほど捕集効率、圧力損失ともに増加する傾向が見られたが、目付け量がある一定の値を超えると、本研究では 0.3g/m² より多くなると、捕集効率はほとんど上がらずに圧力損失のみ上昇した。以上の結果から、ナノファイバーフィルターとして用いるには目付け量 0.3g/m² のサンプルが適していると思われる。</p>	

そこで、上記の実験で得られた結果をもとに、フィルターの上層から下層にかけて繊維径約 100nm、200nm、400nm の順で紡糸した傾斜構造フィルターを作製した。得られたフィルターの圧力損失および捕集効率を図 1 に示す。大気塵を捕集した後のフィルターを SEM により観測すると、繊維径約 400nm の上層部では粒子径が 1 μ m よりも大きいものからそれ以下のものまで、大小様々な大気塵を捕集していた。繊維径約 200nm の中層部では粒子径が 0.5 μ m 以下の大気塵のみを捕集していた。繊維径約 100nm の下層部ではさらに粒子径の小さい大気塵を捕集していた。このように、傾斜構造によって粒子径の異なる大気塵をいわば分別収集することで、フィルター表面での目詰まりを起りにくくし、それによってライフの長いフィルターを作製できる可能性が示唆された。

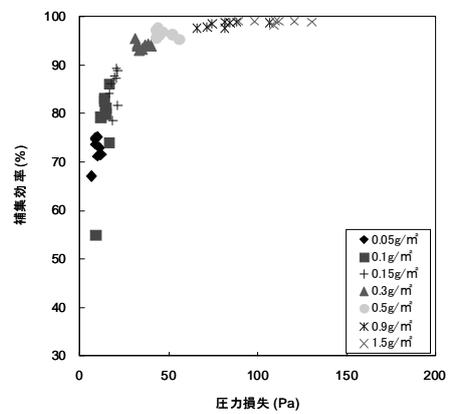


図 1 フィルター性能 (PVA 10wt% + 15wt% + 20wt%)

主な成果

具体的な成果内容：

1. PVA ナノファイバーを紡糸し、印加電圧と平均繊維径との間に明確な関係性は見られなかったが、PVA の溶液濃度が小さいほど繊維径は細くなることを明らかにした。
2. 繊維径の細かい方が捕集効率が高く、圧力損失も大きくなることを示した。また、目付け量が多くなるほど捕集効率、圧力損失ともに増加する傾向が見られたが、目付け量がある一定の値を超えると、捕集効率はほとんど上がらずに圧力損失のみ上昇することを明らかにした。
3. 傾斜構造によって粒子径の異なる大気塵を分別収集することで、フィルター表面での目詰まりを起りにくくし、それによってライフの長いフィルターを作製できる可能性を示した。

特許件数：

論文数：

口頭発表件数：

(2007年日本繊維機械学会年次大会においてポスター発表済)

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

ナノファイバーの繊維径と溶液濃度の関係については他の研究でも同様の結果が得られている。傾斜構造フィルターの捕集効率、圧力損失については他に行われている研究はなく、ライフの長いフィルターを作るうえできわめて有用な結果である。

2 実用化に向けた波及効果

ナノファイバーフィルターを作製する上で、傾斜構造をとるようにすることでよりライフを長くすることが可能となり、資源、エネルギーの節約ができる。また、フィルター形状を小さくすることもでき、製品形状に変革を及ぼすことが期待される。

残された課題と対応方針について

今回は傾斜構造のパターンを1通りしか作っておらず、今回の構造が最適かどうかは判断できない。そこで今後異なるパターンについて検討を予定している。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計
	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	小計	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	小計	
人件費			0	0			0			0	0			0	0
設備費			0	0			0			0	0			0	0
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)			500	300			800			0	0			0	800
旅費			0	0			0			0	0			0	0
その他			0	0			0			0	0			0	0
小計			500	300			800			0	0			0	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：

地域負担による設備：