

## 研究ノート

## 電界紡糸法による抗菌性を有するナノファイバーシートの開発

安田篤司\*<sup>1</sup>、小林孝行\*<sup>1</sup>、真鍋薫平\*<sup>2</sup>、鳥居貴佳\*<sup>3</sup>、近藤温子\*<sup>3</sup>Development of antibacterial nanofiber sheets  
by means of the electrospinning methodAtsushi YASUDA\*<sup>1</sup>, Takayuki KOBAYASHI, Kunpei MANABE\*<sup>2</sup> Takayoshi TORII\*<sup>2</sup>,  
Atsuko KONDO\*<sup>2</sup>Mikawa Textile Research Center \*<sup>1\*2</sup>, Food Research Center\*<sup>3</sup>

二重ノズルを用いた電界紡糸法により、芯の紡糸液をポリアクリロニトリル (PAN) のみ、鞘の紡糸液を PAN と銀ナノ粒子を混合したものを用いて、鞘部のみ銀ナノ粒子を高分散担持した芯鞘構造のナノファイバー (NF) を紡糸した。その NF を既存のマスク基布に吹き付け、作製したフィルターについて、通気抵抗・抗菌性・微小粒子捕集効率 (PFE)、圧力損失を評価した。その結果、約 150ppm の銀ナノ粒子を含んだ NF を用いたフィルターで抗菌性の発現を確認した。また PFE については 10 分間の NF 吹き付け処理で、99.9%以上となることを確認した。

## 1. はじめに

近年 PM2.5 のような微小粒子状物質、ウイルス、放射性物質などの有害粒子の飛来が深刻化しており、市場ではこれらを捕集でき、且つ雑菌の繁殖による臭い等が発生しない快適なマスクが求められている。臭いを防ぐため抗菌加工を施したマスクが上市されているが、抗菌剤の成分を表示していないものもあり、抗菌マスクを使用しても口のまわりがかぶれ、アレルギーを引き起こした事例もある。そこで抗菌材料として比較的アレルギーが少ないとされている銀粒子を用い、電解紡糸法で NF シートを形成する際、繊維表面にのみ銀粒子を配置することで、少ない銀量で効果的に抗菌性が発現し、マスクフィルターとして使用できる NF シートの開発を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 二重ノズルを用いた紡糸条件の検討

二重ノズルを用いた電界紡糸のイメージを図 1 に示す。二重ノズル(芯内径 0.24mm、芯外径 0.46mm、鞘内径 0.58mm)で、芯側の紡糸液として、アクリル添付白布 (以下添付白布) を原料に用い、これを 9~10%wt の濃度でジメチルホルムアミド (以下 DMF) に溶解し溶液とした。また、鞘側には、添付白布を 4~8% の濃度に溶解した DMF 溶液を用いた。抗菌剤は日本イオン (株) 製ナノシルバ分散液 TX-EB14H (濃度 10,000mg/L、粒子径 7nm~10nm、以下分散液) を用

い、アクリル質量に対して 500ppm~1%の濃度となる銀ナノ粒子量に対応する分散液量を DMF 溶液に添加することで調整し、鞘側の紡糸液のみに用いた。電界紡糸機は中部マシン (株) 製 ESP-001 を用いた。電界紡糸条件は印加電圧: 20kV、シリンジ押出量: 1.5mL/min、使用針: 22G (内径 0.7mm)、コレクタ回転数 74~254rpm (コレクタ径 200mm)、ノズル・コレクタ間距離を 130mm とした。なお、紡糸は室温 30°C の環境下で行った。また、紡糸状態を電子顕微鏡 JSM5310LV (日本電子 (株) 製) により観察した。

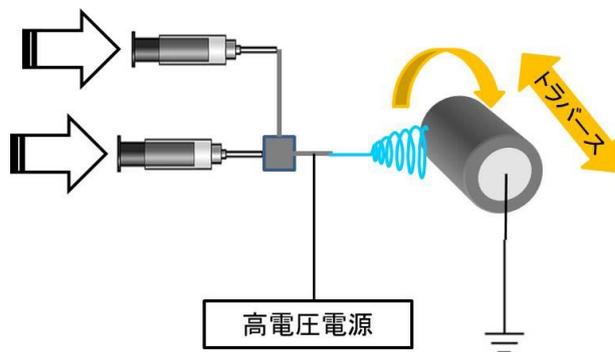


図 1 二重ノズルを用いた電界紡糸のイメージ

## 2.2 NF シートの通気性評価

NF シートについて KES-F8 通気度試験機 (カトーテック (株) 製) を用いて、通気抵抗を求めた。

\*<sup>1</sup> 三河繊維技術センター 製品開発室 \*<sup>2</sup> 三河繊維技術センター 製品開発室 (退職) \*<sup>3</sup> 食品工業技術センター 保蔵包装技術室

## 2.3 NF シートの抗菌性評価

JIS Z 2801.2010「抗菌加工製品－抗菌性試験方法・抗菌効果」による試験を行い、抗菌活性値を求めた。

## 2.4 NF シートのマスクフィルター性能の評価

マスクフィルターの性能規格として、ASTM-F2100 に医療従事者が着用するフェイスマスク用途のフィルターの性能区分が示されている。それを表 1 に示す。開発した NF シートがこの性能区分に該当するかどうか確かめるため、微小粒子捕集効率 (PFE) 及び圧力損失について評価を行った。PFE については ASTM-F2299「医療用フェイスマスク素材のポリスチレンラテックス球による初期捕集効率試験方法」に基づきポリスチレンラテックス球を除電しないまま評価を行った。また、圧力損失については MIL-M-36954C「マスクの圧力損失試験」に基づき評価した。

表 1 ASTM F 2100 の性能区分<sup>1)</sup>

用途：医療従事者が着用フェイスマスク

性 試験項目	特 性 レベル 1	パリア 性 レベル 2	パリア 性 レベル 3
バクテリアバリア性 (BFE) (%)	≥95	≥98	≥98
圧力損失 (mmH <sub>2</sub> O/cm <sup>2</sup> )	<4.0	<5.0	<5.0
微小粒子捕集効率(PFE)(%)	≥95	≥98	≥98
人工血液バリア性(mmHg)	80	120	160
燃焼速度	Class1	Class1	Class1

## 3. 結果及び考察

### 3.1 二重ノズルを用いた紡糸条件と通気抵抗の関係

電界紡糸時間を変えた場合、時間が短い方が薄くなり、通気抵抗は低いと考えられるが、取り扱いが困難となる。

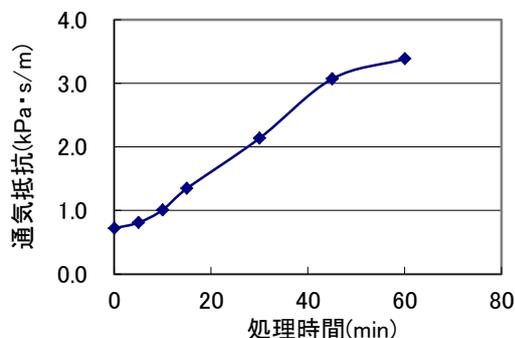


図 2 基布への処理時間と通気抵抗値

そこで、コレクタにポリエステル製のマスク基布（以下基布）を巻き付け、極薄い NF シートを直接形成することで取り扱いが容易な方法により作製することとした。NF の吹き付け時間と通気抵抗の関係を図 2 に示す。通気抵抗の目標値は 1kPa·s/m 程度とした場合、10 分間以内で処理を終える必要があった。

### 3.3 NF シートの抗菌性評価

基布上に直接形成したシートについては、完全に有機溶剤を取り除くため 6 時間以上 160℃ の環境においた後、抗菌性試験を行った。その結果、抗菌活性値 2.0 の値を示した。抗菌活性値は 2.0 以上で抗菌性があると判断でき<sup>1)</sup>、銀ナノ粒子による抗菌性が確認できた。

### 3.5 NF シートのマスクフィルター性能の評価

二重ノズルを用い、鞘に銀粒子が 500ppm になるように調整した PAN8% 紡糸液を、芯に PAN9% の紡糸液を使用して紡糸した NF を 10 分間ポリエステル基布に吹き付けたものについて、PFE、圧力損失の評価を行った。その結果、PFE については 99.9% 以上の性能を示したものの、圧力損失は 5.9mmH<sub>2</sub>O/cm<sup>2</sup> と目標数値は達成できなかったが、通気抵抗と吹き付け処理時間の関係から、処理時間を短くすることで圧力損失は低くなり、ASTM-F2100 で規定されているバリア性レベル 2 のマスクの規格は達成できると思われる。

## 4. 結び

本研究では二重ノズルを用いた電界紡糸法により、鞘部分に銀ナノ粒子を選択配置した芯鞘構造の NF を紡糸し、その NF を既存の基布に吹き付け、作製したフィルターについて、NF の形状及び特性、抗菌性、フィルター性能の評価をおこなった。この NF を基布に紡糸したフィルターについて、抗菌性・PFE・圧力損失を測定したところ、銀ナノ粒子による抗菌性を確認し、0.1 μm の粒子を用いた PFE 試験で 99.9% 以上の微小粒子捕集効果があることを確認したが、圧力損失は高い物となり、マスク規格は達成できなかった。しかし、通気抵抗と紡糸時間の関係から、紡糸時間を短くすることで圧力損失は低くできることが想定できた。このことによりマスク基材に NF を紡糸することで、通常のマスク基布が高性能フィルターとして使用できるよう、今後の研究で銀粒子の粒径の選択並びに NF の紡糸に係る最適条件の探索を続けて行く予定である。

## 文献

- 1) [http://www.kaken.or.jp/\\_images/kakeninfo/kaken%20Info\\_PFE\\_20130208.pdf](http://www.kaken.or.jp/_images/kakeninfo/kaken%20Info_PFE_20130208.pdf)
- 2) JIS Z 2801.2010「抗菌加工製品－抗菌性試験方法・抗菌効果