

防虫ナノファイバーシートの開発

生産システム課 吉田 巧 野尻智弘 金丸亮二 ものづくり研究開発センター 成瀬大輔

1. 緒言

近年の地球温暖化やビジネスの国際化に伴い、虫が媒介する疾病の流行が懸念されている。特に、蚊が媒介するデング熱は 2014 年に東京を中心に感染者が続出し、2016 年初頭からはジカウイルス感染症の熱帯地域での流行と、それに伴う小頭症児の多発が問題となった¹⁾。また、マダニが媒介する重症熱性血小板減少症候群は、西日本で近年多くの発症が報告されているが、症状が重篤化すると死亡することもある感染症として知られている²⁾。しかしながら、我々の知る限り、これらの疾病には有効な薬剤やワクチンが存在せず、いずれも対症的な治療法をとるほかない。したがって、これらの疾病対策として感染を予防することが非常に重要である。そこで、本研究では防虫効果を持つ高機能衣料材料や各種資材等に应用可能な防虫ナノファイバーシート(NFS)の開発を目指す。

2. 実験方法

2.1 使用材料

樹脂は優れた紡糸速度を持つポリウレタン(PU-A)及び優れた紡糸速度を持ち、尚且つ NFS と生地との接着が容易なホットメルト系ポリウレタン(PU-B)を用いた。紡糸する樹脂溶液用の溶剤及び添加剤として DMF、MEK、金属塩及び界面活性剤等を用いた。防虫剤としてエトフェンプロックス(EFP : Ark Pharm 社)及び揮発性の高い防虫剤 A を用いた。

2.2 ナノファイバーシート(NFS)の作成

シートの作成はシングルノズル式エレクトロスピンニング(S.E.S.)装置及びマルチノズル式エレクトロスピンニング(M.E.S.)装置を用いて行った。S.E.S 装置を用いた場合の紡糸条件は、印加電圧 20 kV、ノズル先端からコレクターまでの距離 100 mm、紡糸時間 60 min とした。M.E.S 装置は PU-A に防虫剤 A を添加した樹脂に対してのみ使用し、その紡糸条件は印加電圧 30 kV、ノズル先端からコレクターまでの距離 100 mm、コレクター送り速度 30 mm/min とした。紡糸する樹脂溶液は、溶解している樹脂の質量に対して防虫剤を 10wt% 添加し、よく攪拌したものを使用した。

2.3 含有薬物の定量

作成した NFS に含まれる添加薬物量を GC/MS を用い

た絶対検量線法によって定量した。NFS の 0.1 g を細かく裁断し、10 ml のアセトンで 24 h 抽出したサンプルを次の条件で測定した。

Equipment	: SHIMADZU GC/MS-QP2010Plus
Column	: InertCap 1MS 0.25 mmI.D×30 m df= 0.25 μm
Column Temp.	: 50°C(1 min)→17°C/min→300°C(5 min)
Carrier Gas	: He 100.1 kPa
Injection	: Split 1:10 1.0 μL
Detection	: MS Scan

2.3 忌避効果確認試験

左腕または右腕の手首を起点として、肘の付け根までの間に NFS を巻き付けた。左腕には防虫剤を添加した NFS を、右腕には防虫剤を添加していない NFS をそれぞれ巻き付けた。その他の腕部及び手首から指先は刺されないように保護した。350×350×400 mm のワークボックスに無菌の雌のヒトスジシマカ(フマキラー株式会社提供)を放した系を用意し、NFS を巻き付けた腕を肘まで挿入してそのまま 5 分間放置した(Fig. 1)。その様子は動画で撮影した。5 分経過後、腕をワークボックスから引き抜き、動画から NFS を巻き付けた部分に蚊が止まり、探索した数をカウントした。忌避率は次式で算出した。

忌避率(%)=(非防虫試料の蚊数-防虫試料の蚊数)÷非防虫試料の蚊数×100

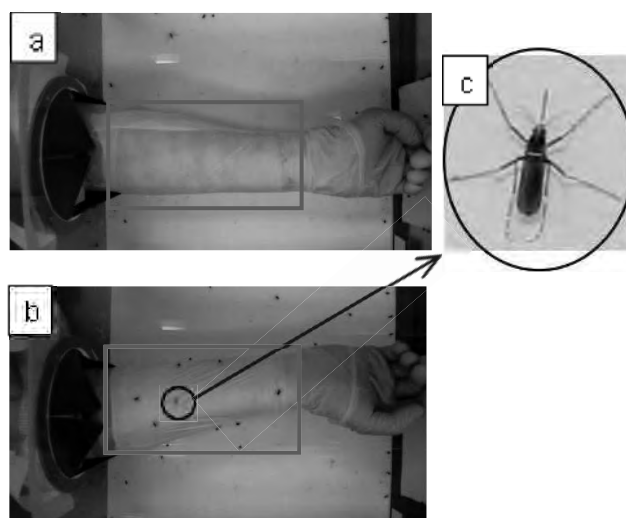


Fig. 1 雌のヒトスジシマカに対する忌避効果確認試験 ; a,防虫剤 A を含有した NFS; b,防虫剤を含まない NFS; c,雌のヒトスジシマカ.

3. 実験結果および考察

以前の研究²⁾にしたがって、PU-A に EFP を 10wt% 添加した樹脂を用いて NFS を作成した。この NFS の EFP 含有量を GC/MS を用いて測定したところ、EFP を 7.7wt% 含有していることが分かった。次に、この NFS に対して簡易的なヒトスジシマカに対する忌避効果確認試験を実施したが、期待した忌避効果を示さなかった。

その原因を調査したところ、EFP は殺虫効果は高いが、空間忌避性が低く、本研究の目的にはそぐわない可能性があることが分かった。そこで、より大気中への蒸散性の高い防虫剤 A を添加して NFS を作成することにした。この防虫剤 A は液状であり、また揮発性も非常に高いことから紡糸時の防虫剤の蒸散や繊維形状の維持等を考慮すると NFS の作成は困難であることが予想された。

実際に、PU-B に防虫剤 A を添加して紡糸したところ、繊維形状は大きく変形し、得られた NFS はフィルム状となってしまった(Fig. 2)。次に、防虫剤 A の含有量を GC/MS を用いて測定した結果、含有量 9.2wt% と優れた値を示した。しかしながら、この NFS に対して忌避効果確認試験を行ったところ、期待する効果は得られなかった。これは、NFS がフィルム状となってしまったため、防虫剤の蒸散性が損なわれてしまったためであると考えられる。

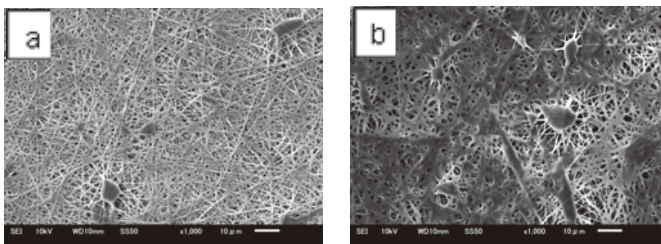


Fig. 2 樹脂 PU-B を用いた NFS の SEM 写真。
a, PU-B 防虫剤無添加; b, PU-B に防虫剤 A を添加
Scale bar = 10 μm .

一方、PU-A に防虫剤 A を添加して紡糸したところ、

繊維形状の変形は見られるもののナノファイバーとしての形状を損なうことなく不織布シートを得ることができた。さらに、この防虫剤 A を含んだ樹脂溶液は M.E.S. 装置においても紡糸が可能であった(Fig. 3)。この得られた NFS に対して、防虫剤 A の定量試験を行ったところ、含有量は 7.0wt% であった。また、100 匹の雌のヒトスジシマカを封入した系において忌避効果確認試験を行ったところ、忌避率 93% という優れた値を示した。現在、忌避効果の継続時間を調査中である。

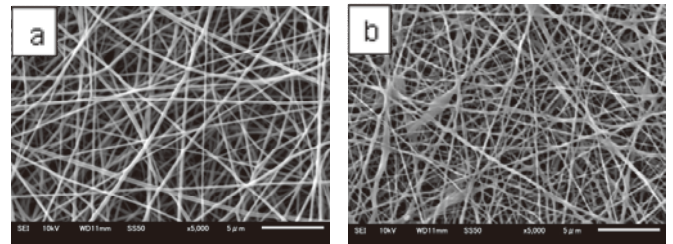


Fig. 3 樹脂 PU-A を用いた NFS の SEM 写真。
a, PU-A 防虫剤無添加; b, PU-A に防虫剤 A を添加
Scale bar = 5 μm .

4. 結言

防虫剤 A を樹脂質量に対して 7.0wt% まで含有した NFS を作成することができた。この NFS は雌のヒトスジシマカに対して 93% 以上の忌避効果を持つことが確認された。今後は、効果時間の延長及び蒸散性の制御を目指す予定である。

謝辞

終わりに、本研究推進にあたり数多くご指導を頂いたフマキラー(株)開発研究部の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 繊維学会誌, **72**(2016)148-155
- 2) 富山県工業技術センター研究報告書, **29**(2015)80-81

キーワード：ナノファイバー、エレクトロスピンニング、防虫、防蚊

Development of Mothproof Nanofiber Sheet

Production Technology Section; Takumi YOSHIDA, Ryoji KANAMARU and Toshihiro NOJIRI
Monozukuri Research and Development Center; Daisuke NARUSE

We studied the development of mothproof nanofiber sheets that could apply to high-performance clothing or industrial materials. It was confirmed that the nanofiber sheet contains 7.0wt% insect repellents. We obtained the nanofiber sheet with 93% or more the repellent effect for *Aedes albopictus*.