

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

1. 緒言

近年の温暖化に伴い、虫が媒介する危険な病気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8月に首都圏で約70年ぶりに国内感染者が確認されてから全国で相次いで感染が報告されている¹⁾。また、マダニが媒介する重症熱性血小板減少症候群は、2013年1月から西日本の13県で感染症の発症が報告されているが^{2a)}、症状が重篤化すると死亡することもある危険な感染症として知られている^{2b)}。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フィルター等に応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

樹脂はこれまでに実績のある量産性の高いポリウレタン(PU-A)、高強伸度が期待されるポリウレタン(PU-B)、ポリエーテルスルホン(PES)(BASF Japan Ltd.提供)を用いた。樹脂溶液用の溶剤及び添加剤として DMF、MEK、NMP、金属塩、及び界面活性剤等を用いた。防虫剤として和光純薬工業株式会社製のエトフェンプロックス(EFP)を用いた。

2.2 ナノファイバーシート(NFS)の作成

シートの作成は全て印加電圧 20 kV、ノズル先端からコレクターまでの距離 10 cm とし、シングルノズル式エレクトロスピンニング装置を用いて紡糸して行った。PU-B 及び PES については紡糸条件の改善を図るため樹脂溶液の調整を行った。以下に樹脂ごとの作成手順を記述する。

PU-A に EFP を樹脂質量に対して 0.1~10wt%添加し、よく攪拌してから紡糸した。

PU-B に DMF 及び MEK を加え、溶液全体で DMF/MEK=6/4、樹脂比率 15wt%となるように調整した。溶液調整の際、金属塩及び界面活性剤も加えた。樹脂溶液調整後、EFP を樹脂質量に対して 1~5wt%添加し、よく攪拌してから紡糸した。

PES に DMF 及び NMP を加え、100℃で 15 分間加熱し樹脂を溶解させ、溶液全体で樹脂比率 20wt%となるよう

に調整した。NMP は樹脂溶液の 5wt%を加えた。溶液調整の際、金属塩として塩化リチウムを加えよく攪拌してから紡糸した。

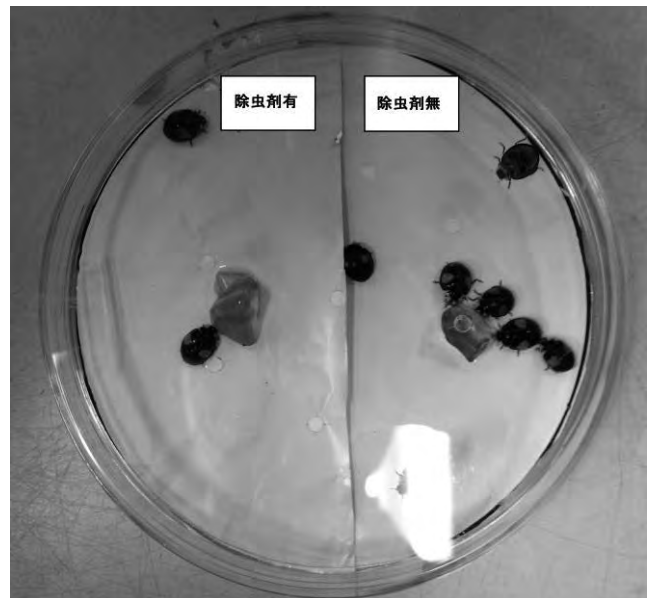


Fig. 1 Photo of 2 minutes after the start of insects test. Resin: PU-A. Insect repellent: 10wt%.

2.3 簡易防虫能評価試験

作成した防虫 NFS 及び除虫剤を添加していない NFS をシャーレに半分ずつ敷き、そこに飛翔不能てんとう虫 10 匹を放した。なお、それぞれの NFS の中央には誘引剤として昆虫ゼリーをセットした。放してから 2 分後及び 10 分後のてんとう虫の分布を観察し防虫効果の有無を調査した(Fig. 1)。

3. 実験結果および考察

PU-A を用いた場合、除虫剤を 10wt%まで添加しても、除虫剤を添加していない場合と比較してわずかに紡糸量は減少したが、安定した紡糸状況及び優れた紡糸速度を見せ、繊維径約 250 nm 程度の NFS を得ることができた(Fig. 2a)。また、この NFS は簡易防虫能評価試験においても、1~10wt%の除虫剤添加で接触忌避効果を確認することができた。次により低コストで高強伸度を持つ防虫 NFS の開発を目指し、PU-B を用いて実験を行った。調整した PU-B に除虫剤を添加した場合、添加量に比例し紡糸状況の不安定化が観察された。そこで、金属塩の添加量を通常の 2 倍量にすることによって、除虫剤を 5wt%まで添加しても紡糸状況及び得られるシートを良好なものとすることができた(Fig. 2b)。

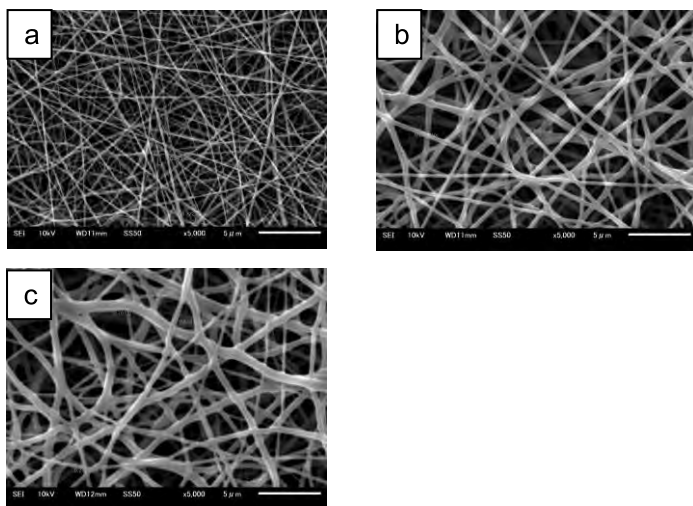


Fig. 2 WET-SEM image of nanofibers. a, PU-A; b, PU-B; c, PES. Scale bar = 5 μm .

この得られたシートは、繊維径が約 300 nm 程度でありながら、紡糸時間 90 分のもので、最大引張強さ 2.71 N、伸び率 117 % という優れた値を与えた (JIS L1096 準拠 試験片の幅; 25 mm、長さ; 150 mm、掴み間隔; 100 mm、引張速度; 100 mm/min)。しかしながら、このシートを用いて簡易防虫能評価試験を行ったところ、重要な効果は確認できなかった。これは、PU-A と比較して同時間内の紡糸量が少なかったため、それに伴いシート中に含まれる除虫剤の量も減少したからであると考えられる。今後、紡糸時間の延長及び紡糸量の改善が必要である。

一方、PU 樹脂は一般に抗張力や耐摩耗性、耐油性に優れるが耐熱性や耐水性は他の合成ゴムに比べて低いことが知られている³⁾。そこで、耐熱性、耐薬品性、難燃性等の優れた性質を持つエンジニアプラスチックである PES³⁾を用いた防虫 NFS の作成を目指し実験を行った。

樹脂比率、塩化リチウム及び界面活性剤の添加量を種々検討した結果、繊維径約 500 nm 程度の NFS を得ることができた (Table. 1 Ently 5 and Fig. 2c)。

しかしながら、この樹脂は紡糸開始後 45 分の時点で

ノズル先端が凝固し以後の紡糸が不可能となった。加えて、紡糸状況も不安定であったことから、除虫剤を添加しての紡糸実験は行わなかった。今後、紡糸状況の改善が必要である。

Table. 1 Investigation of optimum spinning conditions of PES.

Ently	Resin rate (wt%)	LiCl (wt%)	Surfactant (wt%)	Spinning	NFS
1	15	-	-	divison	beads
2	15	0.05	-	divison	many beads
3	15	0.1	0.1	droplet	many beads
4	20	-	-	unstable	many beads
5	20	0.05	-	unstable	good
6	20	0.075	-	unstable	beads
7	20	0.1	-	unstable	slightly beads
8	20	0.075	0.1	unstable	beads
9	25	0.1	0.1	no spray	-

resin: PES, solvent: DMF/NMP(5wt%), voltage: 20 kV, distance: 100 mm. Nanofiber sheets was observed with WET-SEM.

4. 結言

除虫剤 EFP を樹脂質量に対して 10wt%まで添加した NFS を作成することができた。この NFS は除虫剤添加量 1~10wt%のとき接触忌避効果を持つことが確認された。今後は、紡糸状況を改善してスケールアップ研究及びフィールドテストに進む予定である。

参考文献

- 1)国立感染症研究所:国内感染事例発生時の対応・対策の手引き(地方公共団体向け), **1**(2014)1.
- 2)a)厚生労働省健康局結核感染症課;重症熱性血小板減少症候群(SFTS)の国内での発生について, **別添2**(2013)1
b) 厚生労働省健康局結核感染症課; 重症熱性血小板減少症候群(SFTS)ウイルスの国内分布調査結果(第二報)について(情報提供), **1**(2014)1
- 3)「プラスチック・機能性高分子材料辞典」編集委員会; プラスチック・機能性高分子材料辞典,(2004)352,429

キーワード: ナノファイバー、エレクトロスピニング、防虫

Development of Mothproof Nanofiber Sheet

Production Technology Section; Takumi YOSHIDA, Ryoji KANAMARU and Toshihiro NOJIRI

We studied the development of mothproof nanofiber sheets that could apply to high-performance clothing materials or filters. We obtained the nanofiber sheet that had been contained insect repellent up to 10wt%. It was confirmed that the nanofiber sheet which contains insect repellents 1-10wt% indicates the contact repellent effect.