

# 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

蚊は最も人を殺している生物とされており、その数は年間 725,000 人にも上るといわれる。そして、近年の地球温暖化やビジネスの国際化に伴い、蚊が媒介する危険な疾病の流行がますます懸念される。例えば、2014 年に首都圏を中心に感染者が続出したデング熱は高熱や頭痛などの重篤な症状が現れるがこの疾病に対するワクチンや治療薬は存在しない。また、2016 年にはジカウイルス感染症が熱帯地域で流行したが、この疾病に対しても有効なワクチンや治療薬は存在せず、対症的な治療法をとるほかない。加えて、この疾病は妊婦に感染することにより、小頭症児の原因になるとされている。

したがって、これらの疾病対策として感染自体を予防することが非常に重要である。そこで、本研究ではこのような社会的ニーズに対応するために、より高機能な害虫忌避製品へ応用可能なナノファイバーシートの開発を目指した。

## 2. 実験方法

### 2.1 使用材料

ナノファイバーの原料樹脂はポリウレタンを用いた。害虫忌避剤として *N,N*-ジエチル-3-メチルベンズアミド(東京化成工業社製)を用いた。

### 2.2 ナノファイバーシートの製造

シートの製造はマルチノズル式エレクトロスピンニング装置(Toptec 社製、Multi-function Nano Fiber System)を用いて行った。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、溶解しているポリウレタン樹脂の質量に対して *N,N*-ジエチル-3-メチルベンズアミド(DEET)を 10wt%添加し、よく攪拌したものを使用した。

### 2.3 含有 DEET の定量

製造したナノファイバーシート(NFS)に含まれる DEET の量を GC/MS(島津製作所製、GC/MS-QP2010Plus)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測定した。

### 2.4 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 DEET を添加した NFS を、右腕には DEET 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メスのヒトスジシマカ(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)。その様子を動画で撮影した。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

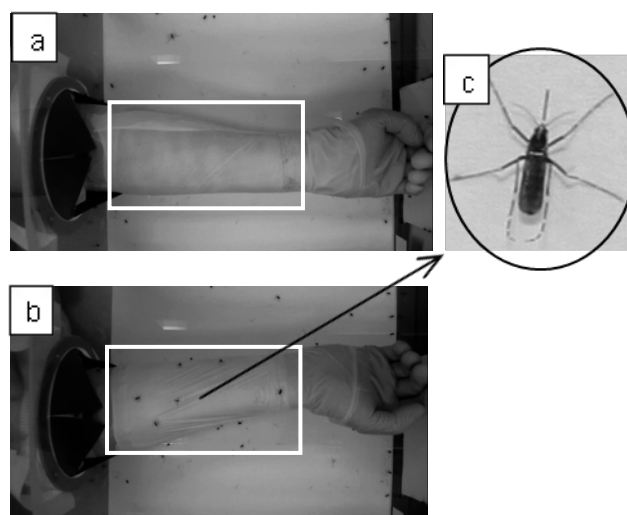


Fig. 1 メスのヒトスジシマカに対する忌避効果確認試験; a, DEET を含有した NFS; b, DEET を含まない NFS; c, メスのヒトスジシマカ

## 3. 実験結果および考察

ポリウレタンを原料樹脂として害虫忌避剤を含有したナノファイバー不織布を布幅 600 mm で製造することができた。このナノファイバー不織布が含有している害虫忌避剤は虫除けスプレーの主成分として世界中で広く使用されている DEET である。

通常、ナノファイバーの紡糸原料樹脂溶液に、医薬品等の異物を添加して紡糸すると、製造されるナノファイバーの繊維形状にフィルム化やビーズ化といった異常をきたすことが多い。しかしながら、この DEET は原料樹脂溶液中の溶剤成分である DMF と類似した分子骨格を

持つことから、紡糸原料溶液中のポリウレタン樹脂の質量に対して DEET を 10wt% 添加しても微細かつ均一な繊維形状を維持可能であることがわかった。このことに加えて、紡糸原料樹脂溶液中の DMF 量を減じて DEET 添加すると、その繊維形状は、より DEET を加えていないときの繊維形状に近づくことも明らかとなった(Fig. 2)。

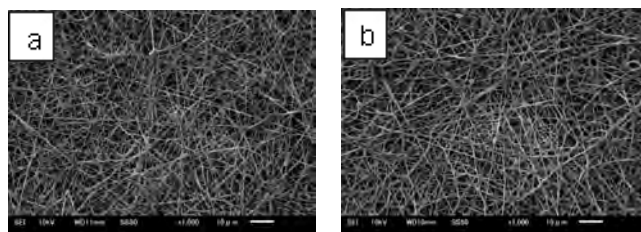


Fig. 2 製造した NFS の SEM 写真  
a, DEET 無添加; b, DMF を減じて DEET を添加  
Scale bar = 10  $\mu$ m

次に、DEET を 10wt% 添加して製造した NFS の DEET 含有量の経時変化とメスのヒトスジシマカに対する忌避率との関係を調査した(Fig. 3)。

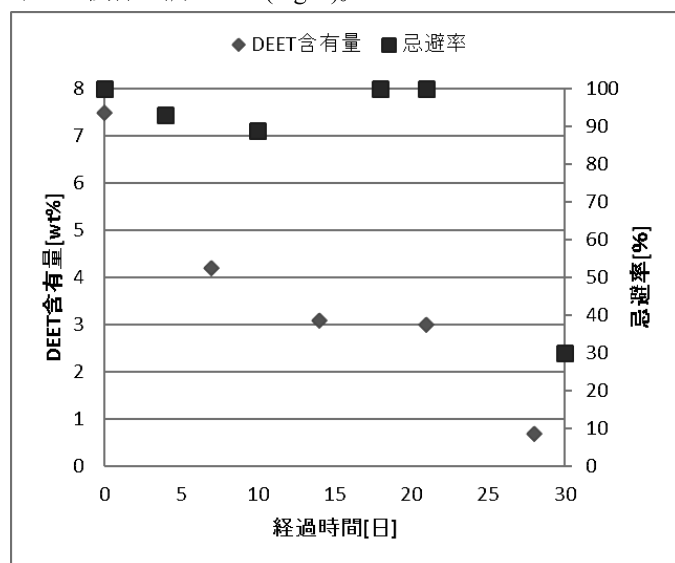


Fig. 3 DEET 含有量の経時変化と忌避率との関係

Fig. 3 から DEET 含有量の線形を考えると、その含有量は製造した日から 1 日に約 0.2wt% のペースで徐々に減少していることがわかった。一方、忌避率は製造から 21 日後までは約 90% 以上を維持するが、その後 1 週間で 30% まで急激に低下することが明らかとなった。

このことから、本実験で製造した NFS には約 3wt% 以上の DEET が含まれていれば、ヒトスジシマカに対して優れた忌避効果を示すことがわかった。

これは、ナノファイバーの極細の繊維径に由来する表面積効果によって、わずかな DEET の含有量でも優れた忌避効果を発揮したものと考えられる。

また、通常、DEET を虫除けスプレーとして使用した場合、その効果持続時間は数時間程度であるが、本研究で製造した NFS では 3 週間程度の効果の持続が確認された。これは繊維内に DEET を内包することにより、DEET の蒸散を抑制すると共に、内包した DEET を極細の繊維径であることによって効率的に消費したことによるものと考えられる。

#### 4. 結言

ポリウレタンを原料樹脂として害虫忌避剤 DEET を含有した NFS を製造することができ、この NFS は日本において伝染病の媒介を行うメスのヒトスジシマカに対して、約 90% 以上の忌避効果を 3 週間持続することができた。

#### 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

キーワード : ナノファイバー、エレクトロスピニング、害虫忌避、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. We obtained the nanofiber sheet with 90% or more of the repellent effect for *Aedes albopictus*. It was confirmed that the repellent effect for *Aedes albopictus* of the nanofiber sheet lasted for 3 weeks.