

# ナノファイバー不織布に包含された機能性薬剤の 基布等への移行性に関する研究

生活資材開発課 吉田 巧、藤牧寛城

## 1. 緒言

当センターではこれまでに、害虫忌避剤や保湿剤、着色剤など様々な機能性薬剤を繊維中に包含したナノファイバー(NF)不織布の開発に取り組んできた<sup>1, 2)</sup>。これらの研究において、包含薬剤がNF不織布から製造、保管、移送時などにNFと常に接触しているコレクター離型シートへ移行している可能性があることが分かった。このような離型シートへの移行は、薬剤包含NFの効果持続時間の減少や、製造コストの増加を招くと予想される。また、NFはその機械的強度の低さから基布や基材と貼合せて使用する場合が多く、その基布、基材に対しても薬剤の移行が懸念される。

そこで本研究では、機能性薬剤として殺虫剤を添加したNFを作製し、作製したNFから離型シートや基布の素材として使用されることが多い6種類の材料への殺虫剤の移行性を評価した。

## 2. 実験方法

### 2.1 NF不織布の作製

市販のポリウレタン(PU)又はポリフッ化ビニリデン(PVDF)を有機溶剤(DMF/MEK)に溶解し、それぞれの溶液にピレスロイド系殺虫剤を添加した紡糸溶液を調整した。これらの紡糸溶液を自作したシングルノズルエレクトロスピンニング装置を用いて紡糸し、NF不織布(PU: 繊維径約250nm、厚さ20 $\mu$ m、PVDF: 繊維径約250nm、厚さ35 $\mu$ m)を得た。

### 2.2 移行試験

2.1で作製したNF不織布(100 $\times$ 100mm)とTable 1に掲げる樹脂フィルム又は生地を、Fig. 1に示すように接触させた。おもりの大きさは100 $\times$ 100 $\times$ 40mm、重量は3.14kgfであり、ガラス板の大きさは100 $\times$ 100 $\times$ 3mmである。この接触試験は温度20 $^{\circ}$ C、湿度65%RHの環境下で行った。接触試験を開始してから3日後および6日後にフィルム又は生地の50cm<sup>2</sup>を回収し、約1.5cm角に裁断後、40 $^{\circ}$ Cの恒温槽中でヘキサン(10mL)を用いて24時間かけて殺虫剤を抽出した。これらの抽出液を10mLにメスアップした後、GCMS(島津製作所GCMSQP2010Plus)を用いて絶対検量線法による定量を行った。

Table 1 フィルム又は生地

フィルム又は生地	厚さ(mm)	メーカー
66ナイロンシート (PA)	0.3	(株)コクゴ
アクリルシート(PMMA)	0.3	アズワン(株)
ポリエチレンテレフタレートシート(PET)	0.3	サインネット(株)
ポリプロピレンシート(PP)	0.3	(株)ジョーホク
ポリウレタンシート硬度90 $^{\circ}$ (PU)	0.3	会津ゴム工業(株)
JIS染色堅ろう度試験用添付白布(綿)	0.23	日本規格協会



Fig. 1 移行性試験

## 3. 実験結果および考察

殺虫剤を包含したPUナノファイバー不織布を作製し、そのNFとPA、PMMA、PET、PP、PUフィルム又は綿織物を接触させ、フィルム又は生地中に移行した殺虫剤量を測定することにより移行量を評価した(Fig. 2)。その結果、PUへの移行量が最も多く、次いでPUの半量程度で綿、さらに次いで綿の3割程度でPPへの移行量が多かった。PA、PMMA、PETに関してはPPよりも更に移行量が少なく、これらのフィルム間に移行量の差はほとんどなかった。

Knappeらの研究によると可塑化PVCどうしでの可塑剤移行量 $\Delta m$ は次式(1)によって示される<sup>3)</sup>。

$$\Delta m = F \cdot \Delta C \cdot \sqrt{D \cdot t / \pi} \quad (1)$$

ここで、 $F$ :表面積、 $\Delta C$ :両相の可塑剤濃度差、 $D$ :拡散係数、 $t$ :時間である。本実験では、NFとフィルム間において、 $F$ 、 $\Delta C$ 、 $t$ は等しく、環境温度、圧力も一定である。したがって、フィルム間の移行性の差は $D$ に由来すると推定できる。また、NF及び殺虫剤は試料間で共通であることから、NF内の分子拡散は等しく、フィルム内における拡散性の差が移行量の差として表れたと考えられる。

その他に考慮すべき因子として、殺虫剤の樹脂及び繊維への吸着性があると考えられる。PPは完全な炭化水素から成り、その親油性の高さから油吸着材にも使用される樹脂である。そして、今回実験に使用した殺虫剤も水に溶けにくい油性の化学物質である。したがって、PPは殺虫剤に対して吸着力があるため、比較的多い移行量であったと推測する。一方、綿繊維はセルロースに由来する水酸基を豊富に持ち、カルボニル基を持つ化合物などと水素結合が可能である。今回使用した殺虫剤もカルボニル基を持つため、水素結合による吸着が発生し、その結果として高い移行性を示したと考えられる。また、繊維であることからNFと接触していた面積はフィルムに比べて大きかったと推量する。この接触面積の大きさは式(1)の要素(表面積)であり、移行性に影響を与えたと考えられる。

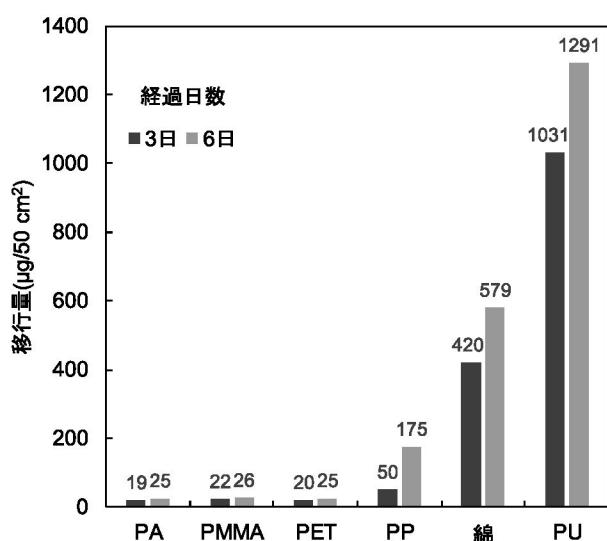


Fig. 2 PU-NF を用いた移行量の評価

また、NFの素材をPVDFに変更し、同様にPP、綿、PUに対する移行実験を行った(Fig. 3)。この実験においても、PU、綿、PPの順に移行量が多いという結果であり、本実験系において、NFの原料樹脂の差異は移行量に影響

しないということが判明した。

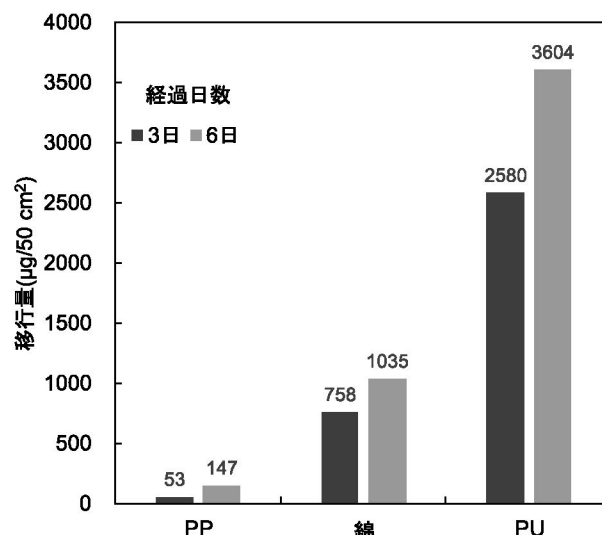


Fig. 3 PVDF-NF を用いた移行量の評価

#### 4. 結言

本研究により、薬剤含有NFと接触させる素材の違いにより、大きく移行性が異なることが明らかとなった。この移行性の差異は接触素材中の薬剤の拡散係数への依存が大きいと考えられる。本研究結果を踏まえて、移行性が小さい材料を基布として選定することにより、薬剤包含NFの効果時間を延長することが可能となる。また、移行量の大きい素材を基布として用いることにより、一時的に薬剤の効果を高める製品へ応用できると考える。

#### 参考文献

- 1)吉田巧ほか:富山県産業技術研究開発センター研究報告, **33**, 59 (2019)
- 2)吉田巧ほか:富山県産業技術研究開発センター研究報告, **34**, 71 (2020)
- 3)W. Knappe: *Kunststoff.*, **52**, 387 (1962)

キーワード: ナノファイバー、不織布、殺虫剤、移行性

### Study on Migratory of Functional Agents Contained in Nanofiber Non-Woven Fabrics

Life Materials Development Section; Takumi YOSHIDA and Hiroki FUJIMAKI

A nanofiber non-woven fabric (NF) containing an insecticide was prepared, and the NF was contacted with PA, PMMA, PET, PP, PU films or a cotton fabric. The amount of migration was evaluated by quantifying the amount of insecticide in the film or fabric by GC/MS. As a result, it was found that the migration differentials greatly depending on the material to be contacted with the drug-containing NF. The difference in migration ability is considered to depend on the diffusion coefficient of the drug in the contact material.