

●防虫加工剤「ナインセクト MC-150」

新材料研究所 無機機能材料G 橘 美樹

1 はじめに

忌避剤きひざいとは、害虫や有害動物を寄せつけにくくさせる作用をもつ薬剤のことである。例えば虫よけスプレーは液状の有機系忌避剤を使用しているが、この成分は揮発することで飛来する蚊の嗅覚に作用し、忌避効果を発現する。このような特徴をもつ有機系忌避剤は、よく揮発するほど効果も高くなると期待できる一方で、すぐになくなるため持続性が低いというトレードオフの特徴をもつ。また、忌避剤を樹脂に練り込み加工したい場合、沸点の低い有機系忌避剤は加熱工程で発泡や揮発によるロスが生じるため不向きである。そこで、当研究所でこれまでに培われてきた有機/無機ハイブリッド化技術を活かし、忌避効果の持続性と樹脂加工に十分な耐熱性を兼ね備えた防虫加工剤「ナインセクトMC-150」を開発した。

2 ナインセクトの特長

ナインセクトMC-150は、有機系忌避剤を無機層状物質にインターカレートさせることにより、耐熱性や忌避効果持続性を向上させた製品である。インターカレートとは、無機層状物質の層間に異なる分子やイオンを挿入し担持させることである(図1)。有機系忌避剤が無機層状物質にインターカレートされた状態では、加熱による急激な揮発が抑制されるため、樹脂への練り込み加工にも耐え得るほどの耐熱性が発現する。一方で、有機系忌避剤が無機層状物質の端部から徐々に放出するという徐放性も持ち、忌避効果の持続性が高い。また、有機系忌避剤は溶剤に似た性質を持つためプラスチックや塗料などを侵食してしまうが、無機層状物質にインターカレートされた状態ではその問題が少ない(図2)。

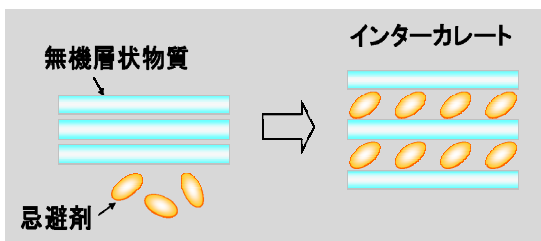


図1 インターカレートのイメージ図

有機系忌避剤		ナインセクト
<p>熱・光 ・揮発 ・変質、変色</p>	耐久性	<p>熱・光 安定</p>
<p>溶媒 流出</p>	効果持続性	<p>溶媒 徐々に放出</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・プラスチックを溶解、変形 ・塗料を溶解、変色 	浸食性	プラスチック、塗料を溶解しない

図2 インターカレートにより発現する効果

表1にナインセクトMC-150の一般特性を示す。MC-150の原料となる忌避剤は、ダニ、蚊、ノミなどの吸血害虫に対する忌避効果が期待できるものである。また、ヒトに対する毒性が低い忌避剤を使用しているため、皮膚が接触するような寝具やレジャー用品など幅広く応用できると期待する。

表1 ナインセクトMC-150の一般特性

外 観	白色粉末
平均粒径	約5 μ m
耐 熱 性	約250 $^{\circ}$ C

3 防ダニ効果

ナインセクトMC-150を練り込み加工した各種樹脂の防ダニ性能評価¹⁾を行った。試験片は、表2に示す樹脂のペレットとMC-150粉末20wt%の混合物を厚さ2mmの板状に射出成形し、 ϕ 38mmの円盤状に切り取ることにより作製した。樹脂の成形温度は200~240 $^{\circ}$ Cであり、揮発性の高い有機系忌避剤の場合は発泡して上手く成形できないが、MC-150の場合は発泡することなく成形でき、耐熱性は十分高いことが確認できた。

写真1のように、φ40mmシャーレに試験片とダニ誘引餌料を入れ、24時間後に周囲から侵入したダニの数を計測した。MC-150を添加していないブランクで対照試験を行い、式1から忌避率を求めることにより防ダニ性能を評価した。忌避率が高いほど防ダニ性能は高いことを意味する。

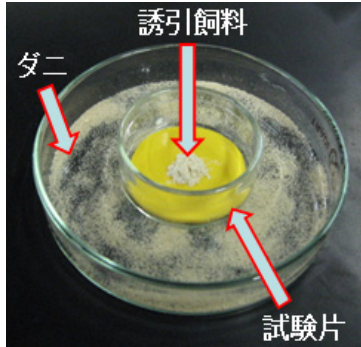


写真1 防ダニ性能評価

$$\text{忌避率}(\%) = \frac{B - S}{B} \times 100$$

B: ブランクのダニ侵入数
S: 防虫加工品のダニ侵入数

式1 忌避率の計算方法(ダニ)

結果を表2に示す。アクリル、ポリスチレン、ABS、ポリプロピレンでは、MC-150を練り込むことによりダニ侵入数がブランクよりも少なくなり、忌避率は80%以上となった。ポリウレタンやスチレン系エラストマーはもともとブランクのダニ侵入数が少ないが、MC-150を添加することでさらに防ダニ性能が向上することが確認できた。

表2 ナインセクトMC-150を練込んだ樹脂の防ダニ性能

樹脂種類	試験片		成型温度 (°C)	ダニ侵入数 (匹)	忌避率 (%)
	MC-150 添加				
アクリル	ブランク		240	888	-
	20wt%		240	125	86
ポリスチレン	ブランク		240	408	-
	20wt%		240	79	81
ABS	ブランク		240	435	-
	20wt%		240	29	93
ポリプロピレン	ブランク		220	398	-
	20wt%		220	61	85
ポリウレタン	ブランク		200	60	-
	20wt%		200	24	61
スチレン系エラストマー	ブランク		200	23	-
	20wt%		200	1	96

また、MC-150を練り込み加工したポリプロピレンを糸状に成形した場合の防ダニ性能を表3に示す。ブランクの糸(写真2)に対し、MC-150を20wt%練り込んだ糸(写真3)では、99%以上の高い忌避率で防虫効果が得られた。板状の試験片と比較して糸状の場合は、表面積の増加により忌避成分の揮発量が増加するため、忌避率が高くなったと考える。

表3 ナインセクトMC-150を練込んだ糸の防ダニ性能

	ダニ侵入数 (匹)	忌避率 (%)
ブランク	374	-
MC-150 練込み	2	>99

試験片 : ポリプロピレン糸 (成型温度 : 220°C)
MC-150添加量 : 20wt%

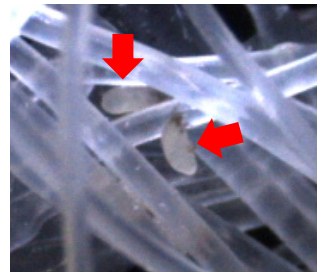


写真2 ブランクの糸

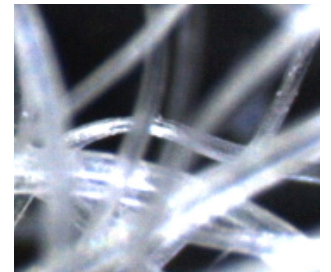


写真3 ナインセクトMC-150を練り込んだ糸

4 耐久性

有機系忌避剤を無機層状物質にインターカレートすることによる耐久性の向上効果を評価するため、ナインセクトMC-150を練込んだ樹脂の耐熱試験あるいは耐温水試験後の防ダニ性能を評価した。試験片は、ポリエチレン樹脂ペレットにMC-150を2wt%混合し、220°Cで射出成形することで2mm厚の板状に作製した。耐熱試験条件は、インテリアファブリックス協会における評価基準²⁾である81°C×48時間(3年の持続性に相当)とし、耐温水試験条件は80°C×60時間とした。

各試験前後の防ダニ性能評価結果を図3に示す。比較として、インターカレートしていない有機系忌避剤を練り込み加工した樹脂についても評価した。有機系忌避剤は樹脂成形中に発泡が見られた上、成形樹脂の防ダニ性は耐熱試験や耐温水試験により低下することが確認された。一方MC-150を練り込んだ樹脂は、耐熱/耐温水試験後も高い忌避効果が維持された。このことから、有機系忌避剤がインターカレートされたことにより、加熱による急激な揮発や温水による流出は抑制され、かつダニの忌避に必要な量は徐放されるという樹脂加工に適した特徴となったと言える。

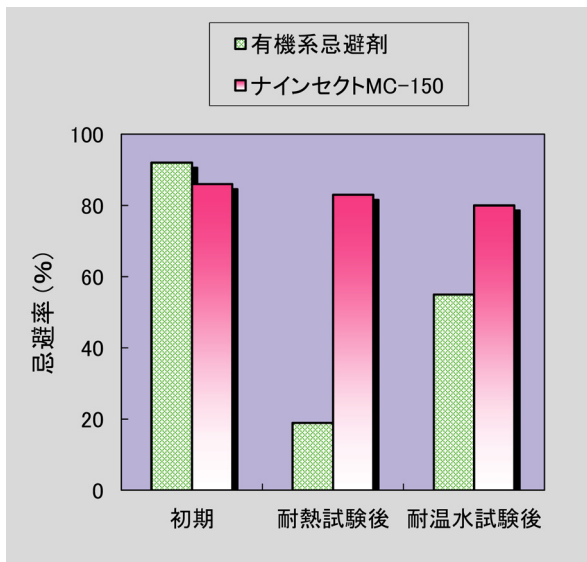


図3 耐熱試験および耐温水試験による防ダニ性能の変化

5 蚊忌避効果

ナインセクトMC-150を練り込み加工した樹脂成形品について、蚊に対する忌避効果を評価した。試験片は、ポリエチレン樹脂ペレットにMC-150を20wt%混合して220℃で射出成形した後、凍結粉碎した樹脂粉末とした。作製した樹脂粉末の蚊忌避効果は、ヒトスジシマカのマウスへの降着数と吸血数により評価した。具体的には、金網で固定されたマウスの表面と周囲にポリエチレン粉末をふりかけ、30cm×30cm×30cmの透明アクリル製容器に蚊20匹とともに入れ、10分間で降着した(飛来してマウスに止まった)蚊ののべ数および吸血した蚊の数を計測した。MC-150を含まないブランクの樹脂で対照試験を行い、それぞれ3回ずつ試験した結果の平均降着数と平均吸血数を算出し、式2により忌避率を求めた。

$$\text{忌避率}(\%) = \frac{B - S}{B} \times 100$$

B: ブランクの蚊吸血数
S: 防虫加工品の蚊吸血数

式2 忌避率の計算方法(蚊)

表4に示すように、ブランクと比較してMC-150を練り込んだ樹脂は蚊の降着数が著しく減少することがわかった。その結果として吸血した蚊の数も減少し、忌避率は100%と高い値となった。

表4 MC-150を練り込んだ樹脂の蚊忌避効果

	平均のべ降着数	平均吸血数	忌避率(%)
ブランク	77	9	-
MC-150 練込み	1	0	100

試験片 : ポリエチレン粉末(0.6g)
MC-150添加量 : 20wt%
試験体 : 雌性ヘアレスマウス
供試虫 : ヒトスジシマカ未吸血メス成虫 20匹
試験時間 : 10分間 (降着数は30秒ごとに記録)

ナインセクトMC-150はバインダーを用いた展着加工も可能である。MC-150を1g/m²または4g/m²展着したガーゼを袋状に縫製したものを試験片とし、マウスをガーゼで包んで前述同様の蚊忌避効果を評価した。図4にガーゼへの展着量と蚊の忌避効果の変化を示す。MC-150を4g/m²展着することで蚊の降着数はブランクの3分の1程度となり、忌避率約90%の高い忌避効果が得られた。

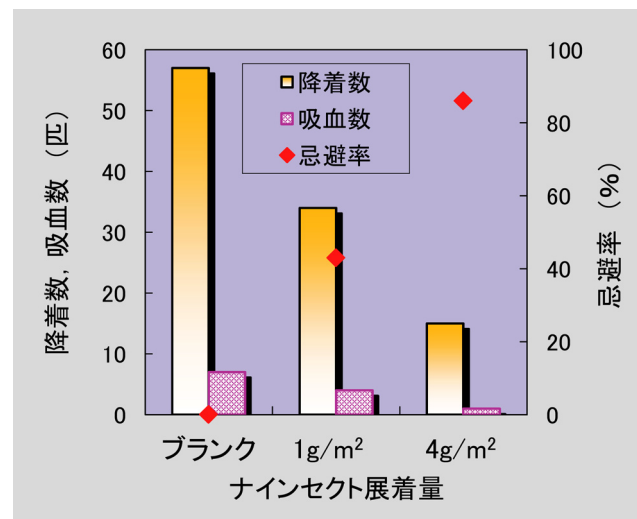


図4 ガーゼへの展着と蚊忌避効果

6 安全性

ナインセクトMC-150の安全性を確認するため、皮膚刺激性、皮膚感作性、変異原性の評価試験を行った。その結果(表5)、いずれにおいても毒性がなく、人接触用途の利用にも支障がないことが示唆された。また、MC-150を20wt%練り込んだポリエチレン樹脂を皮膚に24時間接触させるヒトパッチテストを行ったところ、被験者20人全員に腫れ・紅斑などの刺激症状は見られなかった。ナインセクトMC-150は製品そのもののみならず、加熱工程を経た成形加工品でも安全性が高いことが確認できた。

表5 ナインセクトの安全性

安全性試験	被験物質	判定
皮膚刺激性(OECD404)	MC-150粉末	刺激性なし
皮膚感作性(OECD406)	MC-150粉末	感作性なし
変異原性(OECD471)	MC-150粉末	変異原性なし
ヒトパッチテスト	MC-150 20wt%練込み PPプレート	被験者全員に 刺激症状なし

7 おわりに

日本の住宅は昔に比べて気密性が高く、室温もコントロールされているため、ダニにとっては生息しやすくなったと言われている³⁾。また、近年の気候は温暖化傾向にあり、蚊にとって繁殖しやすい環境となっている⁴⁾。このような害虫に好都合な環境の変化に対し、これまで様々な防虫加工製品が開発され、人間にとって快適な環境の維持・向上が図られてきた。ここで紹介したナインセクトは従来にない耐熱性のほか、持続性、安全性を兼ね備える新しい防虫加工剤である。様々な製品に応用されることで、より安全快適な住環境を提供する一助となれば幸いである。

8 引用文献

- 1) JIS L 1920, 繊維製品の防ダニ性能試験方法 (2007).
- 2) 「防ダニ加工製品自主基準の概要」, インテリアファブリックス性能評価協議会<<http://www.interior-seino.gr.jp/voc/boudani01.html>>
- 3) 中島照夫, 加工技術, Vol.32, No.11 (1997).
- 4) 「地球温暖化と感染症～いま何がわかっているのか?～」, 環境省<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/pamph_infection/full.pdf>