

## 【原著論文】

## ペルメトリン含有網戸ネットの飛翔性昆虫に対する停留、および侵入抑制効果

雨宮 陽介<sup>1)\*</sup>, 本島 信一<sup>1)</sup>, 小田 尚幸<sup>2)</sup>, 橋本 一浩<sup>2)</sup>, 川上 裕司<sup>2)</sup>, 中山 鶴雄<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup>株式会社NBCメッシュテック 〒191-0053 東京都日野市豊田 2-50-3

<sup>2)</sup>株式会社エフシージー総合研究所 〒135-0064 東京都江東区青海 1-1-20-6F

## Repelling flying insects using permethrin-containing window screen.

Yosuke AMEMIYA<sup>1)\*</sup>, Nobukazu MOTOJIMA<sup>1)</sup>, Hisayuki ODA<sup>2)</sup>, Kazuhiro HASHIMOTO<sup>2)</sup>,  
Yuji KAWAKAMI<sup>2)</sup> and Tsuruo NAKAYAMA<sup>1)\*w</sup>

<sup>1)</sup> R & D Department, NBC Meshtech inc., 2-50-3 Toyoda, Hino-shi, Toyo, 191-0053, Japan

<sup>2)</sup> Laboratory of Environmental Science, FCG Research Institute, Inc.,  
1-1-20-6F Aomi, Koto-ku, Tokyo, 135-0064, Japan

### 摘要

これまでの網戸ネットはその目合いによって昆虫の室内への侵入を物理的に制御するが、昆虫の網戸ネットへの停留を防ぐことはできない。ここではペルメトリンを練り込んだ網戸ネットを用いて、飛翔性昆虫に対する防虫効果（停留抑制効果、侵入抑制効果）を検証した。閉鎖空間と実使用環境での効果検証試験により、ペルメトリンを練り込んだ網戸ネットはヒトスジシマカ、ユスリカ、アザミウマに対して効果を示すことが明らかとなった。

### Abstract

A conventional window screen covers the window with a mesh that has openings smaller than the size of the insect, thereby preventing the insect from entering the room. However, a conventional window screen does not prevent insects from settling on the surface. In this study, we used closed boxes and actual-use environments to investigate the ability of permethrin-containing window screens to repel flying insects. The permethrin-mixed window screen prevented some adult insects (*Aedes albopictus*, chironomids, and thrips) from settling on the screen, and restricted their movement through the screen.

### はじめに

網戸ネットはプラスチック製のモノフィラメントからなる織物であり、窓からの空気の入替え時に、屋内への昆虫の侵入を防ぐための道具として日本中で使用されている。従来の網戸ネットはその目合いにより物理的に昆虫の侵入を制御するものであるが、室内灯等により誘引される飛翔性昆虫の網戸ネットへの降着、停留を防ぐことはできない。飛翔性昆虫の網戸ネットへの停留は景観を損ねるだけでなく、窓の開閉時における害虫の侵入機会を増大させる。ユスリカ科 Chironomidae などの飛翔性昆虫はその死骸がアレルギーとなることから（谷口・福富, 2014）、そのような昆虫の停留を抑制する網戸ネットの使用は有効なアレルギー対策となる可能性がある

る。

ピレスロイド系薬剤は広範囲の昆虫に対して高い殺虫効果を示すとともに、高い安全性を有する殺虫剤であるが、中でもペルメトリンやデルタメトリンは難蒸散性であることから残効性が高く、また蚊に対する強い忌避効果、およびノックダウン効果を有することから、繊維に薬剤を含有させたマラリア対策用防虫蚊帳が展開されている（WHO, 1990; Zaim et al., 2000）。ペルメトリン含有蚊帳はデルタメトリン含有蚊帳に比べて蚊に対する忌避効果が高く、致死率が低いことから、薬剤抵抗性の発生を抑制できる可能性があることが報告されている（川田, 2014）。そこで我々は、網戸ネットへの飛翔性昆虫の停留を抑制する手段として、ペルメトリンを練り込んだ網戸ネットを用い、その防虫効果（停留抑制効果、および侵入抑制効果）について検証を行った。

\* Corresponding authors: amemiya.yosuke@nisshin.com  
nakayama.tsuruo@nisshin.com

受付：2015年10月26日 (Received: 26 October, 2015)

受理：2016年5月18日 (Accepted: 18 May, 2016)

## 材料および方法

### 1. 材料

網戸ネットは、芯鞘構造ポリプロピレン糸の芯部にペルメトリンを練り込んだ 20 メッシュ品（開口 1.0 mm×1.0 mm）、または縦 22×横 20 メッシュ品（開口 1.0 mm×0.9 mm）（網戸から虫退散，株式会社 NBC ハイネット）のいずれかを用いた。ペルメトリンは、ポリプロピレンペレットに練り込まれたマスターバッチ品（SROPE，クラレリビング株式会社）を用いた。比較対照として、ペルメトリンを含まない単層構造ポリプロピレン糸の 18 メッシュ品（開口 1.2 mm×1.2 mm）、もしくは 20 メッシュ品（開口 1.0 mm×1.0 mm）（クリーンネット，株式会社 NBC ハイネット）を用いた。

### 2. ヒトスジシマカを用いた停留抑制効果検証

網戸ネットのヒトスジシマカ *Aedes albopictus* に対する停留抑制効果を評価するために、アクリルボックス（30 cm×30 cm×30 cm）内での試験を実施した。ヒトスジシマカは、2005 年 6 月に神奈川県川崎市浅生区にて採集後，有限会社モストップにて累代飼育された系統を用いた。誘引源としてヘアレスマウス（Hos:HR-1，株式会社星野試験動物飼育所）を用いた。マウスは金網（メッシュ開口：15 mm×15 mm，大きさ：8 cm ×10 cm 程度）で挟み込むことにより固定し，ペルメトリン含有，または非含有の 20 メッシュ品の網戸ネットで被覆した。網戸ネットで被覆したマウスをアクリルボックス内に設置し，20 頭のヒトスジシマカ雌成虫を

ボックス内に放ち，網戸ネットに約 5 秒以上停留したヒトスジシマカ頭数を計数した。計数時間は 1 回 30 秒とし，10 回連続して計数した。同一個体による複数回の停留は区別せず，停留総数として評価した。本試験は 6 回繰り返し実施した。

### 3. 実使用環境での網戸ネットの停留抑制効果評価

実使用環境での飛翔性昆虫に対する停留抑制効果を評価するために，ペルメトリン含有，縦 22×横 20 メッシュ品と非含有 20 メッシュ品をそれぞれ張り付けた網戸枠（ネット部分：70 cm × 210 cm）をサッシに取り付け（図 1），ネットに約 5 秒以上停留した昆虫数を目視計数した。本試験は 2015 年 3 月 17 日～4 月 6 日に，東京都日野市の株式会社 NBC メッシュテック敷地内にて実施した。11 時，および 15 時の時点で停留していた昆虫数を計数し，より停留数の多い値を日ごとの代表値として評価した。なお，場所の影響を判定するために 3 月 27 日にペルメトリン含有品と非含有品の設置場所を入れ替えた。3 月 26 日，および 4 月 6 日においては，ペルメトリン非含有品に停留した昆虫を捕獲し，実体顕微鏡観察により科を同定した。

### 4. ライトトラップを用いた網戸ネットの侵入抑制効果評価

網戸ネットの飛翔性昆虫に対する侵入抑制効果を評価するために，網戸ネットで被覆したライトトラップ型捕虫器（図 2）を用いて，誘引捕虫試験を実施した。ライトトラップ型捕虫器（MC-400，株式会

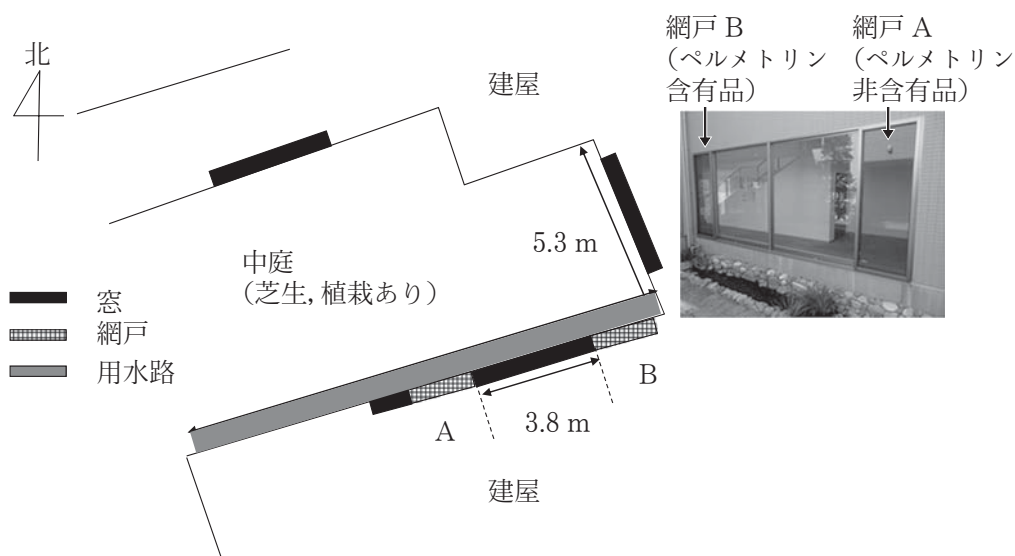


図 1 実使用環境での停留抑制効果評価のための網戸ネット設置場所模式図



図2 網戸ネットを被覆したライトトラップ型捕虫器

社石崎電機製作所)に粘着トラップ(NN38000, パナソニック株式会社)を装着して網戸ネットを通過した昆虫を捕獲した。なお、誘引灯として白色蛍光灯(18 W)を使用した。網戸ネットは、ペルメトリン含有、非含有の20メッシュ品をそれぞれ用いた。本試験は2014年8月29日, 9月2日, 9月

10日に東京都日野市の株式会社NBCメッシュテック敷地内にて実施した。ライトトラップは地面から40 cm離れた机面上に設置し(図3), 日の入り時間以降に蛍光灯を点灯し, 試験を開始した。1時間後に消灯し, 粘着トラップを回収後, 新しい粘着トラップを設置して試験を行い, 3日間で計6回試験を行った。粘着トラップにより捕獲した昆虫数を実体顕微鏡観察により種ごとに計数した。

### 5. 実使用環境における網戸ネットの侵入抑制効果の評価

東京都多摩川近辺の一般住宅5軒において, 網戸ネットの飛翔性昆虫に対する侵入抑制効果検証実験を実施した。試験実施地は多摩川から直線距離で500 m以内の一般住宅を選択した(表1)。網戸ネッ

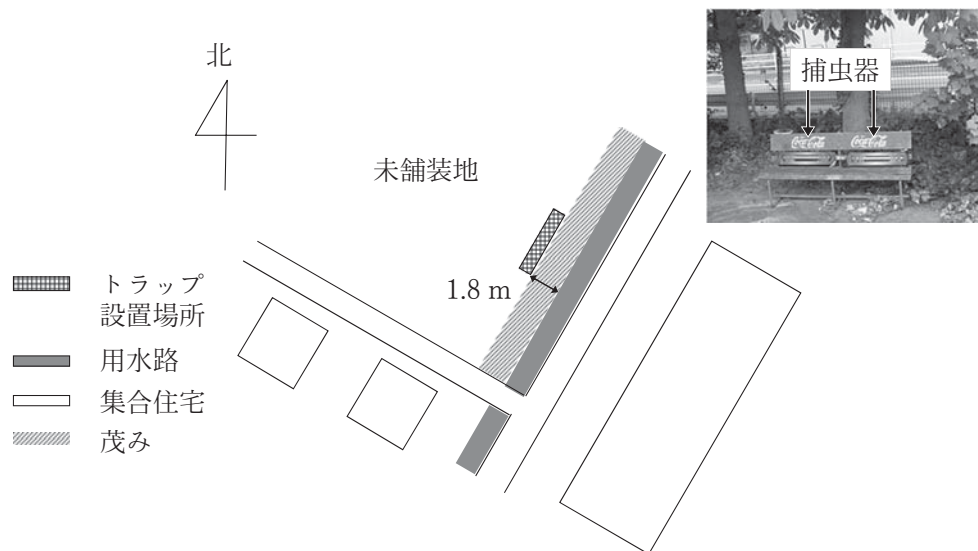


図3 ライトトラップ型捕虫器の設置場所模式図

表1 実使用環境(一般住宅)での侵入抑制効果評価のための網戸ネット設置環境

No	居住エリア	住宅形態	網戸設置場所	網戸の方角	多摩川までの距離
1	大田区 田園調布	集合住宅	2F	南東	約300 m
2	狛江市 猪方	一戸建て	2F	南西	約250 m
3	日野市 西平山	一戸建て	1F	南東	約100 m
4	調布市 染地	一戸建て	1F	北	約350 m
5	調布市 多摩川	一戸建て	1F (ペルメトリン 含有品) 2F (ペルメトリン 非含有品)	南西	約100 m



図4 実試用環境（一般住宅）での侵入抑制効果評価における網戸設置状況

トは、ペルメトリン含有縦22×横20メッシュ品と、比較対照にはペルメトリン非含有の18メッシュ品を用い、各住宅にそれぞれ設置した。網戸ネットを通過した昆虫を捕獲するために、網戸ネットを取り付けた網戸枠の内側に粘着トラップ（サンケイ化学株式会社，SEトラップ用粘着板，粘着部サイズ：257 mm×198 mm）を設置した（図4）。なお、網戸ネットと粘着シート片の間には2～3 mm程度の空間を設けた。捕虫試験は2015年4月末週～5月末週の期間実施し、粘着トラップは1週間ごとに回収、交換し、計5回実施した。粘着トラップに捕獲された昆虫は、実体顕微鏡観察により科の同定を行い、捕獲数を計数した。捕獲数は昆虫種別の試験対象5軒分の総数とトラップごとの平均値を評価した。

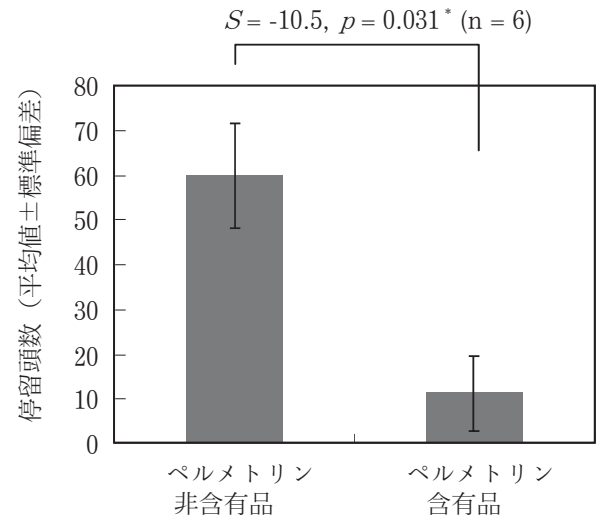
## 6. 統計解析

全ての統計解析はJMP version12 (SAS Institute Inc.) を用いて行った。2群間の比較はWilcoxon符号付順位和検定を適用し、有意水準を0.05とした。

## 結 果

### 1. ヒトスジシマカ雌成虫に対する停留抑制効果評価

ペルメトリン非含有品を用いた場合、マウスに誘引されたヒトスジシマカがネット上に停留する行動が多く個体で観察された。一方で、ペルメトリン含有品では、マウスに誘引されるものの、ネットに



\* 2群間の比較はWilcoxon符号付順位和検定を適用した。

図5 網戸ネットで被覆したマウスへ5秒以上停留したヒトスジシマカ頭数

接触後直ちにネットから離れる行動が数多く観察された。その結果、停留総数は、ペルメトリン含有品では非含有品と比べて有意に少なかった ( $S = -10.5$ ,  $p = 0.031$ ; 図5)。このことから、ペルメトリン含有網戸ネットはヒトスジシマカに対して高い停留抑制効果を示した。なお、本測定においては、ペルメトリン含有網戸ネットのヒトスジシマカに対するノックダウン効果は確認できなかった。

### 2. 実使用環境での網戸ネットの停留抑制効果評価

サッシに取り付けた網戸ネットへの飛翔性昆虫の停留数を計数した結果、ペルメトリン含有品は非含有品に比べて有意に少ない停留数を示した ( $S = 18$ ,  $p = 0.008$ ; 表2)。3月26日の計数後にペルメトリン含有品と非含有品の網戸枠を入れ替えたが、場所の違いによる停留数の変化はほとんど見られなかった。このことから、ペルメトリン含有品で観測された飛翔性昆虫の停留数の減少は設置場所の影響ではなく、ペルメトリンの効果であることが示された。3月26日、および4月6日において、ペルメトリン非含有品に停留した昆虫を捕獲し、実体顕微鏡観察による種同定を行った結果、9割以上がユスリカ科であった。また、停留数計数時の目視観察からも本試験期間中に網戸ネットに停留した虫の大半がユスリカであることを確認した。このことから、ペルメトリン含有網戸ネットがユスリカに対して高い停留抑制効果を有することが示された。

表2 実使用環境での停留抑制効果評価において観測された網戸ネットへ停留した昆虫数

調査日 (2015年)	3/17	3/20	3/23	3/26*	3/27	3/30	4/2	4/6	平均値 ± 標準偏差	S値**	p値**
ペルメトリン 非含有品	20	43	25	108	55	36	28	16	41.4 ± 29.8	18	0.008
ペルメトリン 含有品	0	1	0	2	4	2	1	1	1.4 ± 1.3		

\* 計測後に網戸の場所を入れ替えた。

\*\* 2群間の比較は Wilcoxon 符号付順位和検定を適用した。

### 3. ライトトラップを用いた網戸ネットの侵入抑制効果評価

網戸ネットを被覆したライトトラップ型捕虫器により捕獲された昆虫数を比較した結果、ペルメトリン含有品での捕獲数は非含有品と比べて有意に少なかった ( $S = -10.5$ ,  $p = 0.031$ ; 表3)。このことから、ペルメトリン含有品が飛翔性昆虫に対する侵入抑制効果を有することが示された。

表3 網戸ネット被覆ライトトラップにより捕獲された昆虫数

調査日時 (2014年)	捕獲数	
	ペルメトリン 非含有品	ペルメトリン 含有品
8月29日 18:40-19:40	32	17
8月29日 20:10-21:10	15	10
9月2日 18:10-19:10	222	140
9月2日 20:00-21:00	66	28
9月10日 18:10-19:10	49	15
9月10日 19:35-20:35	33	9
平均値±標準偏差	69.5±76.7	36.5±51.2
S値*	-10.5	
p値*	0.031	

\* 2群間の比較は Wilcoxon 符号付順位和検定を適用した。

### 4. 実使用環境における網戸ネットの侵入抑制効果の評価

網戸ネットを通過し粘着トラップに捕獲された昆虫総数とトラップごとの平均値、ペルメトリン含有品または非含有品のどちらかにて10頭以上確認された主要昆虫(ユスリカ科 Chironomidae, アザミウマ目 Thysanoptera, クロバネキノコバエ科 Sciaridae)の捕獲数と平均値を表4に示す。ペルメトリン含有品では、捕獲された全昆虫種、ユスリカ、およびアザミウマの捕獲数が非含有品よりも有意に少なかった(全種:  $S = 103.5$ ,  $p = 0.001$ ; ユスリカ:  $S = 88$ ,  $p = 0.005$ ; アザミウマ:  $S = 67.5$ ,  $p = 0.031$ )。一方でクロバネキノコバエにおいては有意差がなく ( $S = 9$ ,  $p = 0.783$ )、侵入抑制効果は確認されなかった。

### 考 察

本研究では、アクリルボックス内閉鎖環境と実使用環境において、ペルメトリン含有網戸ネットの防虫効果(停留抑制効果, 侵入抑制効果)を検証し、ヒトスジシマカ, ユスリカ, およびアザミウマに対して、その効果が確認された。ペルメトリンは難蒸散性であるため(WHO, 1990), ペルメトリン含有

表4 実使用環境(一般住宅)での侵入抑制効果評価において捕獲された昆虫数

	全種		ユスリカ		アザミウマ		クロバネキノコバエ	
	ペルメトリン		ペルメトリン		ペルメトリン		ペルメトリン	
	非含有品	含有品	非含有品	含有品	非含有品	含有品	非含有品	含有品
総捕獲数	104	61	42	18	27	11	12	11
平均捕獲数±標準偏差 (n = 24)	4.3±3.3	2.5±1.9	1.8±1.7	0.8±0.7	1.1±1.8	0.5±0.8	0.5±0.7	0.5±0.8
S値*	103.5		88		67.5		9	
p値*	0.001		0.005		0.031		0.783	

\* 2群間の比較は Wilcoxon 符号付順位和検定を適用した。

網戸ネットは昆虫がネット表面の薬剤に接触することにより忌避行動を示し、停留抑制効果、並びに侵入抑制効果が生じると考えられる。これらの効果は独立に発現するものではなく、同時に発現していると考えられる。本研究ではヒトスジシマカに対しては停留抑制効果のみが(図5)、アザミウマに対しては侵入抑制効果のみが示されているが(表4)、双方に対して停留抑制効果と侵入抑制効果の両方が発現すると考えられる。そのため、ペルメトリン含有網戸ネットを設置することにより、これら昆虫の網戸ネットへの停留による景観の悪化、および屋内への侵入被害を抑制することができると考えられる。

ペルメトリン含有網戸ネットの使用は、死骸がアレルゲンとなるユスリカの網戸への停留、および屋内への侵入を抑制可能であったことから(表2, 4)、有効なアレルゲン対策となる可能性がある。しかし、本研究においてはペルメトリン非含有の網戸ネット周辺においてもユスリカの死骸はほとんど観察されておらず、アレルゲン対策としてのペルメトリン含有網戸ネットの有効性については更なる検証が必要である。

ペルメトリン含有網戸ネットのヒトスジシマカに対する停留抑制効果はボックス内試験にて確認されたが(図5)、実使用環境での試験においては、ヒトスジシマカの発生ピークから離れた3~4月に実施したため、効果検証が行えなかった。ヒトスジシマカは主に草むらや、やぶでヒトを刺すことが多いが、屋内にも侵入するため(新井, 2012)、ヒトスジシマカの屋内侵入の予防策として、網戸ネットの使用は重要であると考えられ、ペルメトリン含有網戸ネットの有効性が期待される。

ペルメトリンは広い防虫スペクトルを有するため、ペルメトリン含有網戸ネットは上記ヒトスジシマカ、ユスリカ、アザミウマ以外の虫に対しても効果を示すことが期待される。一方で、クロバネキノコバエに対しては、ペルメトリン含有網戸ネットは侵入抑制効果を示さなかった。クロバネキノコバエは、ヒトスジシマカと比べてペルメトリンの半数致死濃度(LC50)が高いことが報告されている(Wan-Norafikah et al, 2013; Bartlett and Keil, 1996)。今回用いた網戸ネットに含まれるペルメトリン濃度では、クロバネキノコバエに対する侵入抑制効果を得るためには不十分であった可能性が示唆された。また、一般住宅での網戸ネットの侵入抑制効果検証試験では、ペルメトリン非含有品を通過して捕獲さ

れた昆虫として、ヒトスジシマカ、ユスリカ、アザミウマ、およびクロバネキノコバエ以外の昆虫も複数種確認されたが、これらの捕獲数は少なく、効果の検証には更なる検討が必要である。辻(2004)によると、屋外から屋内に侵入する代表的な飛翔性昆虫として、チョウバエ、タマバエ、ユスリカ、クロバネキノコバエが挙げられている。クロバネキノコバエに関しては上記の通りペルメトリン含有網戸ネットの効果は確認できなかったが、ユスリカに対しての停留、および侵入抑制効果は確認できた。また、チョウバエとタマバエに関しても高い停留抑制効果を示すことが確認されており(未発表)、飛翔性昆虫の屋内への侵入防止策として、ペルメトリン含有網戸ネットの有効性は高いと考えられる。

ペルメトリン含有網戸ネットの昆虫侵入抑制効果は、薬剤の忌避効果に加えて、ネットの開口サイズの影響を受ける。一般住宅での侵入抑制効果検証試験において、ペルメトリン含有網戸ネットは縦22×横20メッシュ(開口:1.0 mm×0.9 mm)、非含有品は18メッシュ(開口:1.2 mm×1.2 mm)のものを用いた。本実験により侵入抑制効果が示されたユスリカとアザミウマの全長は目合いと同様の1 mm 前後もしくはそれ以下であり、体の厚みが1 mm よりも細く、18メッシュ、22×20メッシュの両方ともに容易に通過可能なサイズであった。このことから、本実験により侵入抑制効果が示されたユスリカとアザミウマは、網戸ネットの通過に際して使用した網戸ネットのメッシュ数の違いによる影響はほとんどなかったと考えられる。また、同実験において、ペルメトリン含有網戸ネットの使用による侵入昆虫数の減少率は約42%(ペルメトリン非含有品平均:4.3頭、ペルメトリン含有品平均2.5頭、表4)であった。この値は、網戸ネット被覆ライトトラップを用いた捕虫実験における、ペルメトリン含有品の使用による捕獲数の減少率(48%; ペルメトリン非含有品平均:69.5頭、ペルメトリン含有品平均:36.5頭、表2)とほぼ同等であり、今回のペルメトリン含有網戸ネット(22×20メッシュ)では全ての虫の侵入を防止することはできないことを示している。より効果的に昆虫の侵入を抑制するためには、目合いをより小さくすることが有効である。現在ペルメトリンを含有するより目合いの小さい網戸ネットの効果を検討中である。

本研究において、昆虫がペルメトリン含有網戸ネットに停留することによって、ノックダウン症状を示

した個体, または致死に至った個体は確認されなかった。これは, 糸表面に露出するペルメトリン濃度が低く, これらの症状に至る前に昆虫が網戸ネットから脱離した結果であると考えられる。本研究で使用したペルメトリン含有網戸ネットは, 芯鞘構造の糸と徐放効果の高いペルメトリンマスターバッチの効果により, ペルメトリンが糸の内部から徐々に糸表面に染み出る機構を採用している。そのため, 糸表面に露出するペルメトリンは極微量であり, 効果持続性, および安全性に優れている (未発表)。このような忌避効果のある網戸ネットの使用は, 薬剤抵抗性種の発生を抑制できる可能性があり (川田, 2014), 屋外からの微小昆虫類の侵入を防ぐために有用な手段の一つになると期待される。

#### 参考文献

- 1) 谷口正実・福富友馬 (2014) 吸入性アレルギーの同定と対策. 64 pp. メディカルレビュー社, 東京.
- 2) WHO (1990) Permethrin (Environmental Health Criteria 94), *International Programme on Chemical Safety*, World Health Organization, Geneva
- 3) Zaim, M., Aitio, A. and Nakashima, N. (2000) Safety of pyrethroid-treated mosquito nets. *Medical and Veterinary Entomology* 14: 1–5.
- 4) 川田均 (2014) 殺虫剤抵抗性疾病媒介蚊に対する新しい防除法の試み. *衛生動物* 65: 45–59.
- 5) 新井明治 (2012) 日本における感染症媒介蚊. *モダンメディア* 58: 199–203.
- 6) Wan-Norafikah, O., Nazni, W. A., Lee, H. L., Zainol-Arifin, P. and Sofian-Azirun, M. (2013) Susceptibility of *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) to permethrin in Kuala Lumpur, Malaysia. *Asian Biomedicine* 7: 51–62
- 7) Bartlett, G.R. and Keil, C.B.O., (1996) Permethrin Resistance in *Lycoriella mali*. (Diptera: Sciaridae) Populations from *Agaricus*. *Mushroom Farms, Mushroom biology and mushroom products: proceedings of the 2nd International Conference*, 459–470, Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- 8) 辻英明 (2004) 屋外からの飛来侵入虫について—微小昆虫の侵入条件に関する研究—. *家屋害虫* 26: 11–20.