

# 環動昆

## 報 文

- 吉村 剛・角田邦夫・高橋旨象：イエシロアリ後腸における共生原生動物の分布（英文）…………… 115
- 田中康順・牧田光康・松永忠功・伊藤高明・安部八洲男・葉漢興：ピレスロイド含有水性殺虫液剤の家庭用噴霧剤への応用…………… 121
- 南手良裕・西川由美子・藤江真子・林 文夫・勝田純郎：防虫剤シラフルオフェン（Hoe-498）の羊毛布での付着と堅牢度…………… 128
- 亀井正治・石井 孝・浅野昌司：地下水槽に発生するチカイエカに対するAltosid<sup>®</sup> 10Fの防除効果……………137

## 解 説

- 小林繁男：熱帯林の破壊の現状…………… 144
- 小林富士雄：緑化樹木害虫とその防除—序論—…………… 152
- 南手良裕：新規シロアリ防除剤について…………… 156
- 泉 三朗：ゴキブリ防除について  
—ゴキブリのいない家の開発—…………… 161
- 会報 ……………167
- 会員動静
- 日本学術会議だより
- 第4回日本環境動物昆虫学会大会案内

Vol. 4 | 1992

3

日本環境動物昆虫学会

Distribution of the Symbiotic Protozoa in the Hindgut  
of *Coptotermes formosanus* SHIRAKI  
(Isoptera ; Rhinotermitidae)

Tsuyoshi YOSHIMURA, Kunio TSUNODA and Munezoh TAKAHASHI

Wood Research Institute, Kyoto University,  
Uji, Kyoto 611, Japan.

(Received: February 26, 1992)

イエシロアリ後腸における共生原生動物の分布 吉村 剛・角田邦夫・高橋旨象 (京都大学木質科学研究所)

職蟻後腸内に存在する3種の共生原生動物の分布を、イエシロアリの3室内飼育コロニーおよび1野外コロニーを用いて、木材摂食活性とともに検討した。最大型種である *Pseudotriconympha grassii* KOIDZUMI は最も存在数が少なく、後腸前部に偏った分布を示していた。中型の *Holomastigotoides hartmanni* KOIDZUMI の存在数は *P. grassii* よりも多く、後腸内に比較的均一に分布していた。最も小型の種である *Spirotrichonympha leidy* KOIDZUMI は、存在数が最も多く、*P. grassii* とは逆に後腸後部に偏在していた。野外コロニーでは、*S. leidy* の存在数には殆ど差はなかったが、室内飼育コロニーと比較して *P. grassii* および *H. hartmanni* の存在数が著しく少なく、木材摂食量も同様に少ないことが認められた。3種の共生原生動物の分布様式とシロアリの摂食活性との関係から、*P. grassii* および *H. hartmanni* がイエシロアリのセルロース分解に重要な役割を有している事が推察された。

Four colonies (three laboratory + one field) of *Coptotermes formosanus* SHIRAKI were used to investigate the abundance and distribution of three symbiotic protozoa in the hindgut of workers with a special reference to their wood-eating activity. *Pseudotriconympha grassii* KOIDZUMI, the largest species, was the smallest in number among three species and preferentially distributed in the anterior part of the hindgut. *Holomastigotoides hartmanni* KOIDZUMI was medial in both size and number, and their distribution was relatively uniform all through the hindgut. Most of *Spirotrichonympha leidy* KOIDZUMI, the smallest species and most abundant, were distributed in the posterior part. A characteristic localization of the symbionts thus was demonstrated. In a field colony, the population of *P. grassii* and *H. hartmanni* was much smaller than that of laboratory colonies, which may have decreased their wood-eating activity. These results seemed to support the idea that *P. grassii* and /or *H. hartmanni* played an important role in cellulose metabolism of *C. formosanus*.

Key Words : Symbiotic protozoa, Termite, Cellulose metabolism, *Coptotermes formosanus* SHIRAKI

## Introduction

Since CLEVELAND (1924) first postulated a significant role of the intestinal protozoa in the hindgut of lower termites in cellulose metabolism, a lot of research efforts had been made to account for the symbiotic relations, mainly by enzymatic approaches. It has been recognized that cellulolytic enzymes from symbiotic protozoa are definitely indispensable for cellulose metabolism of lower termites (BREZNAK, 1982; O'BRIEN and SLAYTOR, 1982).

Over 400 species of protozoa have been reported from lower termites, and in general the protozoan fauna of a termite species is very complex. For example, eleven flagellates species live in the hindgut of *Reticulitermes speratus* KOLBE which is found in all main islands of Japan, and their total population often reaches over  $10^6$  per termite.

Although some scientists have been deeply involved in the investigations on the artificial cultivation of termite protozoa (TRAGER, 1934; YAMIN, 1978, 1980, 1981; ODELSON and BREZNAK, 1985), the protozoan population in the hindgut (MANNESMANN, 1974; LAI *et al.*, 1983; YAMAOKA *et al.*, 1983) and the effects of various carbohydrates on the protozoan fauna under forced conditions (KANAI *et al.*, 1982; VEIVERS *et al.*, 1983), the role of each protozoan species still remains unsolved in terms of cellulose metabolism of termites.

*Coptotermes formosanus* SHIRAKI is the most important pest for wooden constructions in the southern parts of Japan and the United States, and has a relatively simple protozoan fauna consisting of three species (KOIDZUMI, 1921). These are *Pseudotrichonympha grassii* KOIDZUMI, *Holomastigotoides hartmanni* KOIDZUMI, and *Spirotrichonympha leidyi* KOIDZUMI (Fig. 1).

In this paper, the abundance and distribution of the three protozoa species in the hindgut of *C. formosanus* will be discussed with reference to



Fig. 1 Three symbiotic protozoa in the hindgut of *Coptotermes formosanus* SHIRAKI. P: *Pseudotrichonympha grassii* KOIDZUMI, H: *Holomastigotoides hartmanni* KOIDZUMI, S: *Spirotrichonympha leidyi* KOIDZUMI. Scale bar is 100  $\mu$ m.

the wood-attacking activity of termites.

## Materials and Methods

### Termites

Termites used in these investigations were externally undifferentiated mature larvae (= workers) and soldiers of *C. formosanus*. Those were obtained from three laboratory colonies and one field colony. Workers and soldiers collected from the field colony in Miyazaki City, Miyazaki Prefecture, in December 1991 were transported into the laboratory of the Wood Research Institute of Kyoto University and maintained at  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  with pieces of wood (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC) for one week before the experiment.

### Measurement of the protozoan population

A worker termite was dissected with fine forceps to take a gut sample out of the body by gentle pulling at the posterior end. Dissected parts were placed in a hole of a slide glass filled with 50  $\mu$ l of Trager U solution (TRAGER, 1934) so that protozoa could easily move by themselves for a few hours. The gut was cut into three sections with fine forceps as shown in Fig. 2, and the sections were kept in separate holes. In order to expose the protozoa for measure-

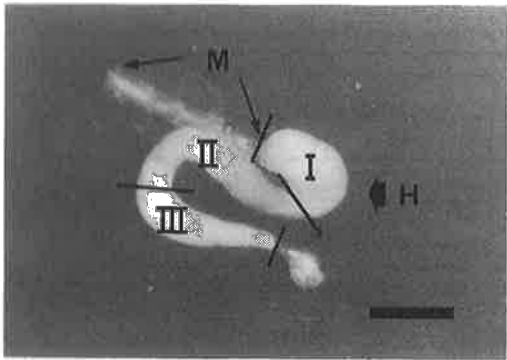


Fig. 2 Digestive system of workers of *Coptotermes formosanus* SHIRAKI. M : Midgut, H : Hindgut, I : Anterior portion, II : Middle portion, III : Posterior portion. Scale bar is 1 mm.

ment of population, the sections were gently macerated in the hole.

A 2- $\mu$ l sample of the suspension was taken randomly from each hole with a microsyringe and transferred onto a clean slide glass without a coverslip. The sample was examined under a phase-contrast microscope to count the number of each protozoan species. For each termite colony, the process was repeated 10 times in total. The total protozoan number was calculated simply by multiplication on the basis of the volume tasted.

#### Wood-attacking test

A force-feeding test was done using sapwood blocks of *P. densiflora* (10 mm $\times$ 10 mm $\times$ 20 mm). A wood block was weighed and placed on the center of the plaster bottom of an acrylic test cylinder (8 cm in diameter and 6 cm in height) with 150 workers and 15 soldiers of each termite colony. All the assembled test containers then were set on damp cotton pads so that the wood blocks were kept moist by taking up water from the cotton pads through the plaster bottom. The containers were maintained in the dark at  $28 \pm 2$  °C for 3 weeks. After 3 weeks the wood blocks were recovered, water-washed, dried, and re-

weighed to calculate the weight loss caused by termites. Five replicates were done for each colony.

## Results and Discussion

### Protozoan population

Average numbers of protozoa in the hindgut of workers from 4 different colonies of *C. formosanus* are summarized in Table 1. The number of all protozoa amounted to 6,000-7,200 per worker, and no significant difference in number was noticeable among the three laboratory colonies. In addition, the proportion of each protozoan was relatively constant in the three laboratory colonies. The numbers counted were 700-800 for *P. grassii*, 1,800-2,300 for *H. hartmanni*, and 3,500-4,100 for *S. leidy*.

In the case of the field colony from Miyazaki, the total number of *P. grassii* and *H. hartmanni* was much smaller than those of three laboratory colonies, while *S. leidy* showed a similar level of abundance to the laboratory colonies. This numerical difference might be caused by the fluctuating activity of termites through the year. Laboratory colonies have been maintained at constant temperature and humidity for about 10 years. On the contrary, the termite workers from a field colony actually were collected in December when the termites were supposed to be less active in feeding behavior.

LAI *et al.* (1983) who worked on three field colonies of *C. formosanus* in Hawaii reported the following average numbers of protozoa per an individual worker : 860 for *P. grassii*, 1,360 for *H. hartmanni* and 780 for *S. leidy*.

The results clearly indicated that the number of *P. grassii* and *H. hartmanni* in workers was as many as that of our laboratory colonies, and that the number of *S. leidy* in Hawaiian workers was much smaller. Moreover, Hawaiian workers seem to have the same level of activity in feeding behavior as compared to that of our laboratory

Table 1 Average number of protozoa in the hindgut of workers of *Coptotermes formosanus* SHIRAKI from 3 laboratory and a field colonies.

Colony	Protozoa*	Portion			Total	Total protozoa per worker	
		I	II	III			
Laboratory	A	P	280	470	30	780	7,190
		H	90	790	1,430	2,310	
		S	0	940	3,160	4,100	
	B	P	330	390	30	750	6,140
		H	50	1,010	790	1,850	
		S	20	1,980	1,540	3,540	
	C	P	230	360	90	680	6,470
		H	70	750	990	1,810	
		S	10	1,380	2,590	3,980	
Field (Miyazaki)	P	20	140	80	240	4,210	
	H	60	380	260	700		
	S	20	1,450	1,800	3,270		

\* : P- *Pseudotrichonympha grassii* KOIDZUMI  
H- *Holomastigotoides hartmanni* KOIDZUMI  
S- *Spirotrichonympha leidy* KOIDZUMI

colonies because of the warm climate in Hawaii through the year. Therefore, although the reason for the great difference in the number of *S. leidy* between Hawaiian workers and our laboratory workers is not clear, it might be possible that the two protozoa, *P. grassii* and *H. hartmanni*, play an important role in the nutritional supply of *C. formosanus*.

#### Wood-attacking activity

Wood-attacking activity of the four tested colonies is shown in Table 2. Workers of the three laboratory colonies consumed approximately 150-240 mg of *P. densiflora* blocks in three weeks, while mean wood consumption of the field colony was only 57 mg. There was no significant difference in weight of workers among four tested colonies. On the basis of these results, it appears that the abundance of *P. grassii* and *H. hartmanni* is directly related to the wood-attacking ability of the test termite species.

#### Distribution of protozoa

Table 2 Average weight losses of wood blocks after 3 weeks' exposure to *Coptotermes formosanus* SHIRAKI and average weights of the worker.

Colony	Lab. A	Lab. B	Lab. C	Field
Weight loss(mg)	180.2	240.6	156.4	56.8
Weight of the worker (mg)	3.39	3.62	3.69	3.43

We found a conspicuous localization of protozoan fauna in the hindgut. Figure 3 shows the proportional abundance of each protozoan species in different portions of the workers' hindgut. In the anterior portion (I) *P. grassii* was most abundant, followed by *H. hartmanni*. Few *S. leidy* were observed in this part. In the middle (II) and posterior (III) portions the order of abundance were *S. leidy* > *H. hartmanni* > *P. grassii* and *S. leidy* > *H. hartmanni* > *P. grassii*, respectively.

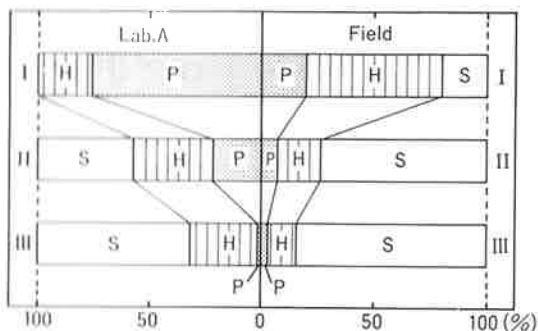


FIG. 3 Proportion of protozoan fauna in the three parts of the hindgut of workers of *Coptotermes formosanus* SHIRAKI. Abbreviations are the same as for Table 1.

The population gradient of *P. grassii* was greatly reduced towards the anus. *P. grassii* was hardly found in the posterior portion. *H. hartmanni*, on the other hand, was more uniformly distributed in the hindgut than any other protozoan species. Distribution patterns of *S. leidyi* were just the opposite of those of *P. grassii*, and its population tended to increase towards the anus.

LAI *et al.* (1983) stated that the distribution of the protozoa of Hawaiian *C. formosanus* showed a specific niche of each protozoan in the hindgut. Our observation strongly supported his idea. The specific distribution additionally would contribute to a specific function of each protozoan species in terms of cellulose metabolism.

KANAI *et al.* (1982) who investigated the changes of protozoan fauna when termites were fed with various carbohydrates suggested that especially *P. grassii* was an important agent for decomposing native wood cellulose. Acetylated wood also induced the rapid disappearance of *P. grassii* in *C. formosanus* workers under forced-feeding situations (IMAMURA and NISHIMOTO, 1986). These findings seem to confirm the important role of *P. grassii* and/or *H. hartmanni* in cellulose metabolism as mentioned above.

Further detailed experiments are needed in relation to the transfer of the cellulosic materials

among the three protozoa species in the hindgut for better understanding of the exact role of each protozoan species in cellulose metabolism.

#### Acknowledgements

We express our gratitude to Mr. Jun-ichi KODAMA for his help in collecting test termites in Miyazaki City, Miyazaki Pref. This work was supported in part by Grant-in Aid No. 03760113 for Scientific Research from the Ministry of Education, Science and Culture of Japan.

#### References

- BREZNAK, J. A. (1982) Intestinal microbicta of termites and other xylophagous insects. *Ann. Rev. Microbiol.* **36** : 323-343.
- CLEVELAND, L. R. (1924) The physiological and symbiotic relationships between the intestinal protozoa of termites and their host with special reference to *Reticulitermes flavipes* KOLLAR. *Biol. Bull. Biol. Woods Hole* **48** : 177-227.
- IMAMURA, Y. and K. NISHIMOTO (1986) Resistance of acetylated wood to attack by subterranean termites. *Wood Res.* **72** : 37-44.
- KANAI, K., J. AZUMA and K. NISHIMOTO (1982) Studies on digestive system of termites I. Digestion of carbohydrates by termite *Coptotermes formosanus* SHIRAKI. *Wood Res.* **68** : 47-57.
- KOIZUMI, M. (1921) Studies on the intestinal protozoa found in the termites in Japan. *Parasitology* **13** : 235-309.
- LAI, P. Y., M. TAMASHIRO and J. K. FUJII (1983) Abundance and distribution of the three species of protozoa in the hindgut of *Coptotermes formosanus* (Isoptera : Rhinotermitidae). *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.* **24** : 271-276.
- MANNESMANN, V. R. (1974) Qualitative und quantitative Untersuchung der darmfaunen mehrerer Populationen von *Reticulitermes* (Isopt., Rhinotermitidae). *Z. Angew. Entomol.* **76** : 86-97.
- O'BRIEN, R. W. and M. SLAYTOR (1982) Role of

- microorganisms in the metabolism of termites. *Aust. J. Biol. Sci.* **35** : 239-262.
- O'DELSON, D. A. and J. A. BREZNAK (1985) Cellulase and other polymer-hydrolyzing activities of *Trichomitopsis termopsidis*, a symbiotic protozoa from termites. *Appl. Environ. Microbiol.* **49**(3) : 622-626.
- TRAGER, W. (1934) The cultivation of a cellulose-digesting flagellate, *Trichomonas termopsidis*, and of certain other termite protozoa. *Biol. Bull.* **66** : 182-190.
- VEIVERS, P. C., R. W. O'BRIEN and M. SLAYTOR (1983) Selective defaunation of *Mastotermes darwiniensis* and its effect on cellulose and starch metabolism. *Insect Biochem.* **13**(1) : 95-101.
- YAMAOKA, I., H. IDEOKA, K. SASABE and Y. NAGATANI (1983) Distribution of the intestinal flagellates in the hindgut of the termite, *Reticulitermes speratus* (KOLBE). *Ann. Entomol.* **1** : 45-50.
- YAMIN, M. A. (1978) Axenic cultivation of the cellulolytic flagellate *Trichomitopsis termopsidis* (CLEVELAND) from the termite *Zootermopsis*. *J. Protozool.* **25**(4) : 535-538.
- YAMIN, M. A. (1980) Cellulose metabolism by the termite flagellate *Trichomitopsis termopsidis*. *Appl. Environ. Microbiol.* **39**(4) : 859-863.
- YAMIN, M. A. (1981) Cellulose metabolism by the flagellate *Trichonympha* from a termite is independent of endosymbiotic bacteria. *Science* **211** : 58-59.

## ピレスロイド含有水性殺虫液剤の家庭用噴霧剤への応用\*

田中康順<sup>1)</sup>・牧田光康<sup>1)</sup>・松永忠功<sup>1)</sup>  
 伊藤高明<sup>1)</sup>・安部八洲男<sup>1)</sup>・葉漢興<sup>2)</sup>

1) 住友化学工業(株)宝塚総合研究所農業科学研究所

2) マレーシア理科大学

(受理: 1992年4月10日)

Application of Aqueous Formulation Containing Pyrethroid Insecticides with Air-Compressed Sprayers for Household Use. Yasuyori TANAKA, Mitsuyasu MAKITA, Tadahiro MATSUNAGA, Takaaki ITOH and Yasuo ABE (Agricultural Science Research Laboratory, Takarazuka Research Center, Sumitomo Chemical Co. Ltd., Takarazuka, Hyogo 665, Japan) and Han HENG Yap (Department of Biology, University Sains Malaysia, 11800 Penang, Malaysia) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 4 : 121-127 (1992)

To comply with the recent demand to minimize the emission of volatile organic solvents in to the environment, the improvement of insecticide spray systems was studied for household use. The aim was achieved by the combination of an oil-in-water microemulsion and an air-compressed hand sprayer. A stable, transparent emulsion containing the pyrethroids, *d*-allethrin and *d*-phenothrin, was obtained with a minimum of nonionic / anionic surfactants and a polar solvent. Biological effectiveness was measured against mosquitoes and houseflies. The distributions of the diameters of sprayed particles were closely related to the efficacy. An air-compressed hand sprayer that could deliver particles smaller than 35  $\mu$ m gave the best efficacy.

Key Words : Aqueous formulation, Microemulsion, *d*-Allethrin, *d*-Phenothrin, Particle size, Sprayer

近年、環境中への揮発性有機溶媒の放出を極力抑えようとの要望がある。家庭用殺虫噴霧剤にこの課題をあてはめて検討を行い、o/w型マイクロエマルジョンと手動空気圧搾式噴霧器とを組み合わせたシステムの確立に至った。噴霧液は少量のノニオン系/アニオン系界面活性剤および極性溶媒の配合によって、*d*-アレスリン、*d*-フェノトリンを安定に水中に可溶化させた系である。ハエ、カに対する効力を評価したところ、噴霧粒子系分布と効力には強い相関性が認められ、35  $\mu$ m以下の粒子を分布密度高く放出できる噴霧器では優れた効力を示した。

\* 本論文の一部は、第7回国際農業学会(1990年8月、ハンブルグ)及び本学会第2回年次大会(1990年11月、東京農業大学)で発表



## はじめに

近年、米国を中心として噴霧剤における有機溶剤の削減が議論されてきているが、これを突き詰めて考えてみると、殺虫噴霧剤では、噴霧液は有効成分と水とから成り、噴射するための圧力は空気を利用するシステムが一案として浮上する。このような考えから、ピレスロイド系殺虫剤を用いた家庭用噴霧剤の検討を行った。*d*-アレスリンおよび*d*-フェノトリンは水に不溶であるため、少量の界面活性剤を用いて可溶化の検討を行ったところ、透明で安定なマイクロエマルジョンを得ることができた。次に、この水性殺虫液剤を手動空気圧搾式噴霧器で散布したときのハエ、カに対する効力および噴霧粒子径との関係を調査した。

これら一連の検討結果を報告する。

## 材料および方法

### 1. 可溶化

*d*-アレスリン (Allethronyl *d*-*cis*, *trans*-chrysanthemate, 純度92.6%, 住友化学工業社製) 及び*d*-フェノトリン (3-Phenoxybenzyl *d*-*cis*, *trans*-chrysanthemate, 純度94.0%, 住友化学工業社製) を水に可溶化させる検討を行った。ドデシルベンゼンスルホン酸カルシウム塩と、ポリオキシエチレンスチレン化フェノールエーテル及びプロピレングリコールとを適量ずつ配合したときに、透明で均一な溶状の水性殺虫液剤 (マイクロエマルジョン) が得られた (松永・堂原, 1990)。表1に水性液剤の組成を示す。

表1 水性液剤組成

<i>d</i> -アレスリン	0.25%w/w
<i>d</i> -フェノトリン	0.25
ノニオン/アニオン界面活性剤*	1.58
プロピレングリコール	2.87
水	残部
計	100%w/w

\* 松本油脂製薬社製

噴霧剤として実用化するためには溶状の安定性が必要である。そこで、このマイクロエマルジョンの各温度下における物理的安定性を調査した。得られた水性液剤をガラス瓶に詰め、 $-20^{\circ}\text{C}$ から $60^{\circ}\text{C}$ までの各温度で3ヶ月間保存し、溶状を観察した。

### 2. 有効成分の安定性

#### (1) 有効成分安定性の改良

表1に示される水性液剤組成を20ml容バイアル瓶に充填し、 $60^{\circ}\text{C}$  1ヶ月間保存の加速劣化試験により有効成分の安定性を調査した。また、スミライザーBHT®(2,6-*di*-*tert*-butyl-4-methylphenol, 住友化学工業社製) を0.05重量%添加した組成も同様に実験を行い、比較した。なお、有効成分はガスクロマトグラフィーにて定量分析を行った。分析諸条件を表2に示す。

表2 有効成分のガスクロマトグラフィー分析条件

カラム	: DEGS 2% on クロモソルブーW, AW, DMCS 60/80メッシュ, 3mm $\phi$ ×1m, ガラス
カラム温度	: $180^{\circ}\text{C}$
注入部温度	: $250^{\circ}\text{C}$
キャリアガス	: 窒素 50ml/分
検出器	: FID
装置	: 島津ガスクロマトグラフィーGC-7A (島津製作所)

#### (2) 溶存酸素と有効成分の安定性

有効成分*d*-アレスリン、*d*-フェノトリンを各々0.2重量%ずつ含有する水性液剤で、BHT0.04重量%添加したものと、無添加のものとを調製した。次に、この2種類の水性液剤各々について、窒素ガスを液中に吹き込むことにより、溶存酸素(DO)値を極力低くしたサンプルと、逆に、空気を液中に吹き込むことにより、DO値を高くしたサンプルとを用意した。これら4種類のサンプルのうち、窒素ガスを吹き込んだ水性液剤については、窒素気流下において20ml容ガラスアンプルに、16g封入し、一方、空気吹き込みを行った水性液剤については、空気存在下で同様にアンプル封入した。 $60^{\circ}\text{C}$ で2週間保存した後、有効成分の残存量をガスクロマトグラフィーにて定量分析した。

#### (3) 各種樹脂容器を用いた安定性試験

スミライザーBHTを0.05重量%含む水性液剤 (*d*-アレスリン、*d*-フェノトリン含量はともに、0.25重量%) を各種樹脂容器中に容量の8割程度充填し、 $40^{\circ}\text{C}$ で6ヶ月間保存し有効成分の残存量をガスクロマトグラフィーにて定量した。供試した樹脂容器は以下の4種類である。

①PET: ポリエチレンテレフタレート容器 (日本ユニベット社製, 550ml容)

②NYLON/PE: ナイロンコートポリエチレン容器

(多層ボトル, サンプラスチック社製, 500ml容)

③PVC: ポリ塩化ビニル容器 (三井東圧社製, 100ml容)

④PET: ポリエチレン容器 (昭和電工社製, 500ml容)

### 3. 生物効力試験

#### (1) 噴霧器

以下に示した3種の噴霧器を用いて水性液剤の生物効力試験を実施した。

①ノンガススプレーヤー: ファインミストロン (キャニオン社製)

②トリガースプレーヤー: TR-7700 (キャニオン社製)

③試験用噴霧器: IWATA-RG 2 (岩田塗装工業社製)

#### (2) 基礎効力試験 (TSUDA *et al.* 1972)

一群20頭のアカイエカ *Culex pipiens pallens*, COQUILLETT (御所系) 雌成虫, または一群10頭のイエバエ *Musca domestica*, LINNAEUS (CSMA系) 雌雄成虫を, ガラス箱 (70cm×70cm×70cm) に放ち, 供試水性液剤を1.4g (約1.4ml), 噴霧用の小窓より噴霧した。噴霧は前述の噴霧器3種を用いて行った。

噴霧直後から継続して10分, ノックダウン虫数を記録した。10分後, 全ての供試昆虫を餌と水の入ったカップに回収し, 24時間後の死虫数を観察した。

各試験は4-5反復行い, 経過時間に対する平均ノックダウン率からFINNEYの図解法によって,  $KT_{50}$ 値 (分) を求めた (FINNEY, 1971)。なお, 対照薬剤の標準油剤 (ピレトリン0.1%) を試験用噴霧器で0.7ml噴霧を行った。

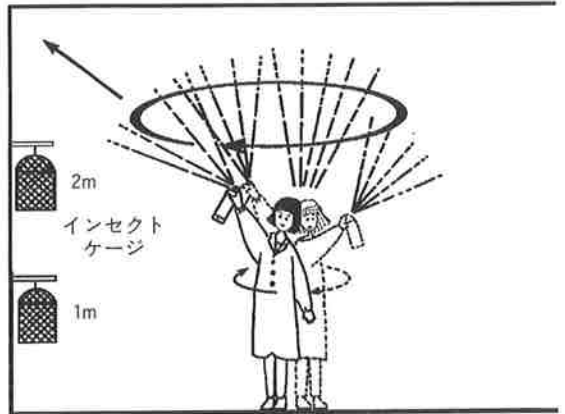
#### (3) 準実地効力試験

マレーシア国ペナン市において, 24戸の居間 (30-50 $m^2$ ) で実施した。図1に示したように, 供試昆虫を放ったケージ (布製メッシュ, 直径10cm, 高さ15cm円柱状) を, 床から高さ1m及び2mとなるように吊した。試験者が部屋の中央に立ち, 壁と天井との境界に向けて, 噴霧器を, ゆっくり一回転するように水性液剤 (有効成分濃度: *d*-アレスリン/*d*-フェノトリン=0.2/0.2重量%) を10g/30 $m^3$ の割合で, 家庭用噴霧器2種類 (トリガースプレーヤーおよびノンガススプレーヤー) を用いて噴霧した。供試昆虫はペナン市野外採集のネッタイシマカ *Aedes aegypti* LINNAEUS, ネッタイエカ *Culex quinquefasciatus* およびイエバエを用い, 2種のカについては一群20頭の雌成虫を, イエバエは雌雄10頭ずつを

各ケージに入れて試験に供した。観察は, 基礎効力試験法と同様にして行い,  $KT_{50}$ 値を求め, 回収した供試昆虫の24時間後の死虫数を調べた。

なお, 対照薬剤は標準エアゾール (OTA, ピレトリン/PBO=0.2/1.6重量%) を行い, 5g/30 $m^3$ の割合にて同様に噴霧し, 観察を行った。

居 間(43-51 $m^3$ )



部屋中央

図1 準実地効力試験概略図

#### (4) 噴霧粒子径の測定

効力試験で用いた噴霧器, すなわちノンガススプレーヤー及びトリガースプレーヤーの噴霧粒子径と粒径分布とを, 位相ドップラー式レーザー粒子分析計 (PDPA, トランスミッター型式XMT-1100, モーターコントローラー型式MCB-7100, レシーバー型式RCV-2100, シグナルプロセッサー型式PDR-3100, データー処理システム型式DMS-4000-5, エアロメトリック社製) を用いて計測した (BACHALO and HOUSER 1984)。噴霧粒子の平均粒子径はRosin-Rammlerの分布 (ROSIN and RAMMLER, 1933) におけるパラメータ $\bar{X}$ 値として求めた。

### 結果および考察

#### 1. マイクロエマルジョンの物理的安定性及び有効成分の安定性

ピレスロイド剤 (*d*-アレスリンおよび*d*-フェノトリン) を少量の界面活性剤で水に可溶化させる検討を行ったところ, ノニオン界面活性剤としてポリオキシスチレン化フェノール, アニオン界面活性剤としてドデシルベンゼ

ンスルホン酸塩、さらにプロピレングリコールを配合して成る組成の選定に至った(表1)。安定なマイクロエマルジョンを得るために、イオン性界面活性剤とco-surfactantとしてアルコール類の併用が有効なことが知られている(TADROS, 1989)。本組成では、プロピレングリコールがco-surfactantとして作用し、可溶化系を安定化させているものと考えられる。その結果、有機物質量は極小化され、しかも-20℃から60℃までの広い温度範囲で長時間透明均一の溶状を維持する水性殺虫液剤噴霧液組成を得ることができた(表3)。

表3 水性液剤を各温度で3ヶ月間保存したときの溶状

有効成分濃度	1.0%	0.5%	0.2%
-20℃*	均一透明	均一透明	均一透明
10℃	均一透明	均一透明	均一透明
25℃	均一透明	均一透明	均一透明
40℃	均一透明	均一透明	均一透明
60℃	均一透明	均一透明	均一透明

\* 室温にて解凍したときの溶状

一方、水性液剤中の有効成分は、保存中に残存率の低下が見られた。そこで、有効成分の安定化を図るために、フェノール系酸化防止剤スミライザーBHT®を有効成分の1/10倍量添加したところ、残存率低下を防止できることが明らかとなった(表4)。このBHT添加による安定化効果の機構を解明するために、有効成分に対する溶存酸素(DO)の影響とBHTの添加効果について検討した。表5に示したように、水性液剤中及び気相中に酸素がほとんど存在しない窒素ガス吹き込みアンブル保存条件においては、BHTの添加、無添加に関係無く有効成分は安定に存在した。一方、液剤中のDO値を大きくし、かつ気相中にも酸素が存在するアンブル保存条件では、BHT無添加では有効成分は8割程度に残存率が低下し

た。これに対して、BHTを添加した場合の残存率は、ほぼ100%を示した。以上のことから、水性液剤中の有効成分は溶存酸素により酸化分解を受けるが、酸化防止剤BHTを添加することで、有効成分の分解が抑えられることが示された。また、有効成分の残存率低下の原因として加水分解も考えられたが、水性液剤のpHが5前後であり、中性～弱酸性の領域では、水性エアゾールで両有効成分とも加水分解は少なく安定であることが示されており(DOHARA *et al.*, 1991)、主に酸化分解が支配していると考えられた。

表4 抗酸化剤の添加効果(60℃, 1ヶ月保存)

BHT添加濃度 (%w/w)	有効成分の残存率(%)	
	d-アレスリン*	d-フェノトリン*
無添加	89	96
0.05	98	100

\* 水性液剤中の初期含量: 0.25%w/w

次に、BHTを添加した水性液剤を各種樹脂容器中で保存したときの有効成分の安定性について調査した。表6に示したように、このうちポリエチレンテレフタレート(PET)及びナイロンコートポリエチレン(Nylon/PE)が40℃で6ヶ月間保存後でも高い有効成分の残存率を示した。汎用樹脂ポリエチレン(PE)容器中での残存率はやや低いが、Nylon/PEやPETと比較し樹脂のガスバリアー性の違いによるものと考えられた。また、ポリ塩化ビニル(PVC)については、材質中への有効成分の移行があることも考えられる。

## 2. 水性液剤の噴霧粒子径と生物効力との関係

ガラス箱効力試験におけるアカイエカ及びイエバエに対する直接噴霧効果を表7に示した。ノンガスプレーヤーを用いた方がトリガスプレーヤーよりも速効性が優れた。また、ノンガスプレーヤーでは、標準油剤と

表5 BHTおよび溶存酸素の有効成分安定性への影響(60℃ 2週間保存)

	有効成分残存率			
	窒素ガス吹き込み*		空気吹き込み**	
	d-アレスリン	d-フェノトリン	d-アレスリン	d-フェノトリン
BHT無添加	100%	100%	81%	84%
BHT添加	100%	100%	98%	100%

\* DO値: 0.4ppm

\*\* DO値: 6.8ppm

表6 各種樹脂器中での有効成分安定性  
(40°C 6ヶ月保存)

器 器	有効成分残存率 (%)	
	d-アレスリン*	d-フェノトリン*
PET	98	99
Metlon/PET	99	100
PC	92	92
PE	94	92

\* 水性液剤中の初期含量：0.20%w/w

比較しても速効性に関して十分に実用性があることが示された。致死効果はいずれの場合でもほぼ100%であった。

また、表8に示したように、準実地効力試験においても、ネットアイシマカ、ネットアイエカ、イエバエいずれに対しても、ノンガススプレーヤーの方がトリガースプレーヤーよりも著しく効力が優れた。標準エアゾール(油性)と比較しても、ノンガススプレーヤーによる水性液剤の噴霧効果の実用性は十分であると考えられた。

ただし、イエバエに対する致死効果は、いずれの噴霧方法によっても低いものであったが、実際に昆虫が自由に飛翔している場合は、ケージ内よりもより多くの浮遊噴霧粒子に接触すると考えられ、効果は高くなるものと思われる。本方法は異なった剤の効果の比較では適した方法と思われるが、実用性の評価に関しては、噴霧方法や暴露時間等さらに検討を要するであろう。

噴霧の平均粒子径(Rosin-Rammler $\bar{X}$ 値)はノンガススプレーヤーが75 $\mu$ m、トリガースプレーヤーが92 $\mu$ mであった。油性エアゾールでは飛翔昆虫に対するノックダウン効果は、噴霧粒子径に大きく関係し、効果が最良となる適切な粒子径範囲があることが知られている

(津田, 1991)。アカイエカではKT<sub>50</sub>値に対する平均噴霧粒子径(Rosin-Rammler $\bar{X}$ 値)の最適値は20から30 $\mu$ mであり、またイエバエでは約30 $\mu$ mとされており、これを越える平均粒子径では粒子径が大きくなるほど速効性、致死効果とも低下する。したがって、平均粒子径からみて、水性液剤の噴霧効果が、ノンガスエアゾールがトリガースプレーヤーに優れる結果となったと解釈されよう。

しかし、平均粒子径値だけでなく、噴霧粒子の粒子径分布との関連で考察する必要もある。ここで、図2および図3に、位相ドップラー式分子分析計によって測定した両噴霧器の噴霧粒子径分布グラフを示した。ノンガススプレーヤーの噴霧平均粒子は75 $\mu$ mであるが、噴霧粒子分布グラフを見ると、粒径10 $\mu$ mから35 $\mu$ m程度の細かい粒子に分布が集中しており、径の大きな粒子の数が少ないことがわかる。これに対して、トリガースプレーヤーの粒子径分布においては、80 $\mu$ m程度までの粒子が巾広く存在している。両噴霧器の飛翔昆虫に対する効力差は、噴霧粒子全体における35 $\mu$ m以下の粒子の占める割合の差によるものであり、この割合が高い噴霧器ほど効力が優れると考えられる。ただし、35 $\mu$ m以下のどのレンジが最も有効かは今後さらに検討を要する。

準実地試験においては、ノンガススプレーヤー噴霧では2種いずれのカに対しても、カの入ったケージの高さの違いによりKT<sub>50</sub>値に大差はないが、トリガースプレーヤー噴霧では、ケージの高さ2mの方が1mのときよりもKT<sub>50</sub>値が劣る結果となった。この結果についても、両噴霧器の噴霧粒子分布の違いによるものと考えられる。すなわち、トリガースプレーヤー噴霧の場合、径の大きい粒子の占める割合が高いため、空中で浮遊する時間が

表7 ガラス箱法による効力試験

噴 霧 器	有効成分濃度 (%w/w)	液剤噴霧量 (gr)	KT <sub>50</sub> 値 (分)	24時間後の死虫率(%)
	(d-アレスリン/d-フェノトリン)			
アカイエカ ( <i>Culex pipiens pallens</i> ) 雌成虫				
ノンガススプレーヤー	0.2/0.2	1.4	2.8	100
トリガースプレーヤー	0.2/0.2	1.4	4.3	100
試験用噴霧器	OTI*	0.7(ml)	4.0	100
イエバエ ( <i>Musca domestica</i> ) 成虫				
ノンガススプレーヤー	0.2/0.2	1.4	2.7	100
トリガースプレーヤー	0.2/0.2	1.4	5.5	99
試験用噴霧器	OTI*	0.7(ml)	3.0	72

\* 標準油剤：ピレトリン0.1%

表8 準実地効力試験

噴霧器	ケージの高さ	有効成分濃度 (%w/w) ( <i>d</i> -アレスリン/ <i>d</i> -フェノトリン)	液剤噴霧量(g/30m <sup>3</sup> )	KT <sub>50</sub> 値(分)	24時間後の死虫率(%)
ネッタイシマカ ( <i>Aedes aegypti</i> ) 雌成虫 (20頭×3ゲージ/居間)					
ノンガスブレイヤー	2 m	0.2/0.2	10	2.4	100
	1 m	0.2/0.2	10	2.2	100
トリガスブレイヤー	2 m	0.2/0.2	10	19.5	91
	1 m	0.2/0.2	10	13.0	91
OTA*	2 m		5	5.6	96
	1 m		5	6.4	99
ネッタイエカ ( <i>Culex quiquefascitus</i> ) 雌成虫 (20頭×3ゲージ/居間)					
ノンガスブレイヤー	2 m	0.2/0.2	10	3.6	95
	1 m	0.2/0.2	10	3.3	95
トリガスブレイヤー	2 m	0.2/0.2	10	>60	46
	1 m	0.2/0.2	10	44.3	59
OTA*	2 m		5	11.1	83
	1 m		5	17.4	74
イエバエ ( <i>Musca domestica</i> ) 成虫 (雌雄各10頭×3ゲージ/居間)					
ノンガスブレイヤー	2 m	0.2/0.2	10	20.3	46
	1 m	0.2/0.2	10	11.2	42
トリガスブレイヤー	2 m	0.2/0.2	10	>60	17
	1 m	0.2/0.2	10	>60	10
OTA*	2 m		5	42.7	27
	1 m		5	24.0	33

\*標準エアゾール: Official Test Aerosol; ビレトリン/PBO=0.2/1.6%w/w

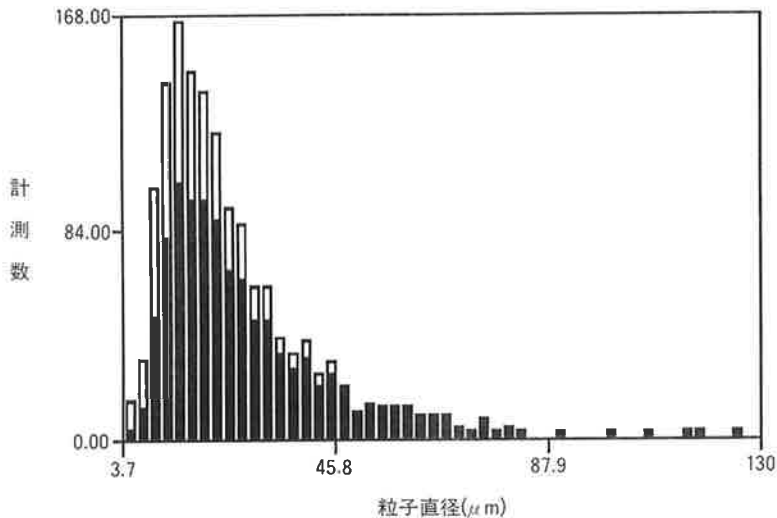


図2 ノンガスブレイヤー噴霧粒子径分布グラフ

\* 白地の部分は粒子速度の影響を排するように計算補正(空間分布処理)したカウントを示す

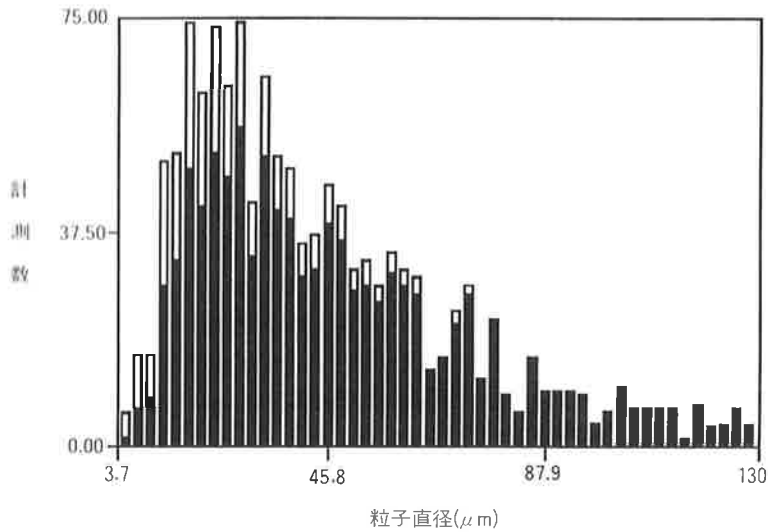


図3 トリガースプレーヤー噴霧粒子径分布グラフ

\* 白地の部分は粒子速度の影響を排するように計算補正(空間分布処理)したカウントを示す

近く比較的早く落下するので、高所における浮遊粒子の密度が低くなり、2mのケージの供試虫のノックダウン効果が効果が1mのケージの効果よりも低くなったと考えられる。これに対して、ノンガースプレーヤー噴霧粒子は効力に寄与する細かい粒子の割合が高く空気中に浮遊する時間も長くなるため、2mと1mのいずれのケージにおいても、噴霧粒子の密度はかわらないためにノックダウン効果に大差がなかったと考えられる。以上により、水性液剤の生物効力を向上させるには、ノンガースプレーヤーのような、最適粒子径範囲に噴霧粒子が高い割合を占める特性を有する噴霧器を用いることが実用上望ましいと結論された。

### 謝 辞

ノンガースプレーヤーのサンプルをご提供いただいたキャニオン社に感謝致します。

また、水性液剤の界面活性剤の検討に際して御協力いただいた松本油脂製薬工業(株) 今井房佳、小笹博美両氏に深く感謝致します。

### 引用文献

BACHALO, W. D. and M. J. HOUSER (1984) Phase/doppler spray analyzer for simultaneous

measurements of drop size and velocity distributions. *Optical Engineering*. 23 : 583-590.

DOHARA, K., S. SENBO, T. MATSUNAGA, T. ITO, G. SHINJO and Y. ABE (1991) Water-based aerosol insecticides containing dimethyl ether as a propellant. *J. Pesticide Sci.* 16 : 615-622.

FINNY, D. J. (1971) Probit analysis. Third edition, 8-80, Cambridge University Press, Cambridge.

松永忠功・堂原一伸 (1990) 殺虫性水性液剤 特開平-2-138203.

ROSIN, P. and E. RAMMLER (1933) The laws governing the fineness of powdered coal. *J. Institute of Fuel*. 7 : 29-36.

TADROS, Th. F. (1989) Colloidal aspects of pesticidal and pharmaceutical formulations-an overview. *Pestic. Sci.* 26 : 51-77.

TSUDA, K., Y. ABE and Y. FUJITA (1972) Comparative activity of Pyrethrins I, Prethrins II and other synthetic pyrethroidal compounds. *Botyu-kagaku*. 37 : 48-56.

津田重典 (1991) エアゾール製剤の物理特性と殺虫効力. 日本農薬学会誌. 16 : 533-543.

## 防虫剤シラフルオフェン(Hoe-498)の羊毛布での付着と堅牢度

南手良裕・西川由美子・藤江真子・林 文夫・勝田純郎

大日本除虫菊(株)中央研究所  
(受理 : 1992年9月7日)

Adsorption and Fastness of Silafluofen (Hoe-498) as a Moth-proofing Agent on Wool. Yoshihiro MINAMITE, Yumiko NISHIKAWA, Mako FUJIE, Fumio HAYASHI, and Yoshio KATSUDA (Research Laboratory, Dainihon Jochugiku Co. Ltd., Toyonaka, Osaka 561, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 4 : 128-136 (1992)

Silafluofen has been developed for use in agrochemicals and termiticides due to its high insecticidal activity, low mammalian and fish toxicity, and high chemical stability. We have done practical tests of silafluofen as a moth-proofing agent, and the results are reported here. When wool cloths were treated with an E. C. formulation of silafluofen in the dye bath, the residual rate of silafluofen in the bath solutions decreased drastically along with time and a rise in the solution temperature, showing a high adsorption rate of the agent to wool cloths. Variations in the amount of silafluofen on the treated cloths were small. The minimum levels of adsorbed silafluofen required to display sufficient anti-feeding efficacy were found to be O. W. W. 0.015% against casemaking clothes moths, *Tinea translucens* MEYRICK, and O. W. W. 0.01% against black carpet beetles, *Attagenus piceus* OLIV, respectively. In the fastness tests, however, cloths treated with O. W. W. 0.02% silafluofen were used from a practical viewpoint. All the silafluofen-treated cloths suffered no or minimal loss of the agent and maintained sufficient efficacy after they were washed, exposed to light, rubbed, or tested with perspiration. Especially their fastness to light was superior to that of commercially available Mitin AL. Unlike pyrethroid compounds including permethrin, which had a tendency to be less effective against carpet beetles than against clothes moths, silafluofen was found to show high antifeeding efficacy against the both types of textile pests. Because of the abovementioned favorable properties and the extremely low mammalian toxicity, silafluofen-based products are considered to be promising alternatives to conventional moth-proofing agents.

Key Words : Silafluofen, Moth-proofing, Anti-feeding, Fastness.

シラフルオフェンは、高い殺虫活性、人畜に対する安全性、低魚毒性、および化学的安全性を兼ね備え、農業分野ならびにシロアリ防除分野で開発が進められている。本化合物は、繊維処理剤用途としても有望であり、その実用化検討を行ったので報告する。シラフルオフェン製剤を浴槽中で羊毛布に吸着処理したところ、時間経過と溶液温度の上昇とともに浴液中のシラフルオフェン残存量が低下し、高い吸着効率を示した。また、処理布におけるシラフルオフェンの吸着量のバラツキも小さかった。シラフルオフェン処理布のイガ、ならびにヒメカツオブシムシに対する最低食害防止付着量は、前者がO. W. W. (対繊維重量) 0.015%, 後者がO. W. W. 0.01%であったが、実用的な見地からO. W. W. 0.02%処理布について各種堅牢度試験を実施した。その結果、洗濯、日光、摩擦、ならびに汗に対するいずれの試験においても、実用上問題のない堅牢性を示し、特に、日光に対する堅牢性では、市販のミチンAL製剤と比べて明らかにすぐれていた。一般に、ベルメトリンをはじめとするピレスロイド化合物はイガ類に対して高い食害防止効力を示すものの、カツオブシムシ類に対しては効力が劣る傾向があるが、シラフルオフェンは両害虫類に有効であり、しかも、安全性が非常に高いので、これを有効成分とする繊維処理剤の実用性は極めて高いと考えられる。

## はじめに

繊維、特に羊毛を加害する衣料害虫の防除方法としては、昇華性または蒸散性防虫剤（パラジクロルベンゼン、ナフタレン、樟腦、エムベントリン、DDVPなど）をクランプ等に収納する方法と、繊維に直接、防虫剤を処理する2つの方法が用いられてきた。

しかしながら、前者の方法は、繊維、衣類の収納空間を介してその防虫効果を発揮するため、収納空間の密閉度や、防虫剤の設置場所など使用条件によって防虫効果が変動しやすく、加えて通常半年～1年毎に防虫剤を取り替えなければならぬ不便さを有している。一方、後者の防虫加工方法は、繊維全体に薬剤を施用するため前者の方法よりも有効な手段といえるが、有効成分の選定にあたっては、安全性、効力の残効性、使用性等の点で制約が多い。

従来、後者の防虫加工用の薬剤としては、ディルドリンなどの有機塩素系の化合物が多く用いられたが、近年それらが有する人畜ならびに魚類に対する毒性や、環境汚染への懸念から使用が禁止された。替わって、比較的毒性が低いピレスロイド系の化合物、例えばベルメトリンやシフルトリンを含有する繊維処理剤（WIMBUSH, 1990）が一般的に使用されるようになったが、魚毒性が高いなどのいくつかの問題点を有している。

著者らは、1984年に勝田らによって発明されたケイ素原子含有化合物シラフルオフェン（ISO申請中、コード

名 Hoe-498）の各分野への適用研究を進める過程で、本化合物が繊維処理剤として極めて有効であり、しかも、市販のベルメトリン系繊維処理剤（ミチンAL）に比べて同等以上の食害防止効力を示すことを報告した（南手ら、1992）。

今回更に、シラフルオフェン製剤について、羊毛布への処理条件を検討し、処理布におけるシラフルオフェンの最低食害防止付着量を求めるとともに、実用的な面から、処理布の洗濯、日光、摩擦、ならびに汗に対する堅牢性を評価したのでその結果を報告する。

## 材料及び方法

### 1. 材料

#### (1) 供試製剤

試験に供した繊維処理剤の組成は下記のとおりである。なお、シラフルオフェン {(4-エトキシフェニル) [3-(4-フルオロ-3-フェノキシフェニル)プロピル] (ジメチル) シラン} はFig. 1の構造を有する化合物で、Hoechst AG から提供されたものである。また、H. H. P. はヘキサヒドロピリミジン誘導体の略称でFig. 2に示す構造を有している。

A : シラフルオフェン乳剤

防虫有効成分	シラフルオフェン	20%w/w
	その他の成分	乳化剤、溶剤

B : ミチンAL乳剤（市販品、チバガイギー社製）



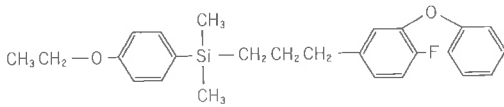


Fig. 1 Chemical structure of silafluofen

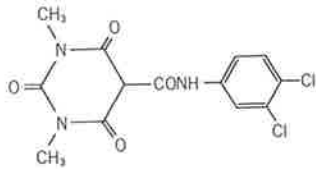


Fig. 2 Chemical structure of H.H.P.

{ 防虫有効成分	{	ベルメトリン	5%w/w
		H.H.P.	5%w/w
{ その他の成分			90%w/w

(2)供試羊毛布

谷頭商店から入手した重さが約250g/m<sup>2</sup>のウールサーズを用いた。

(3)供試虫

供試衣料害虫として、大日本除虫菊(株)中央研究所内の恒温室(25±1℃)で飼育しているイガ(Casemaking clothes moth, *Tinea translucens* MEYRICK)の35~40日齢幼虫のうち平均体重が1.9~2.1mgのもの、ならびに室温飼育のヒメカツオブシムシ(Black Carpet beetle, *Attagenus piceus* OLIV)の幼虫で平均体重が1.9~2.1mgのものを用いた。

2. 羊毛布への薬剤の処理方法

(1)シラフルオフエン製剤

CARTER and DUFFIELD (1977)の報告に準じて処理した。すなわち、浴槽に水300mlを入れ、0.5N酢酸を添加してpHを4.5に調整した後、所定量のシラフルオフエン製剤を加えた。20×20cmで重さが約10gの布(浴比1:30)を入れ、30分間かけて浴液の温度を80℃に上昇させ、更に1時間加熱を続けた。浴液から処理布を取り出し、すすぎ液が中性(pH6.0~6.5)になるまで流水ですすいだ後、処理布を自然乾燥した。なお、後に述べる摩擦に対する堅牢度試験には、30×30cmで重さが約23gの布を用いたが、浴比を同じ1:30として同様に処理した。

(2)ミチンAL

ミチンALの標準使用方法に準じた。浴槽に2%の酢酸240mlを入れ、ミチンALの約100倍希釈液2mlを添

加したのち、水を加えて300mlの浴液を調製した。布(浴比1:30)を入れ、浴液の温度を45~60℃に上昇させて20~30分間処理した。浴液から処理布を取り出し、すすぎ液が中性(pH6.0~6.5)になるまで流水ですすいだ後、処理布を自然乾燥した。

3. 食害防止効力試験

IWS TM 25(International Wool Secretariat Test Method 25)に準じて行った。供試羊毛布を直径4.0±0.2cmの円形(約0.3g)に切り取り、この羊毛布一枚を供試虫各15頭とともに、直径4.5cm、深さ1cmのシャーレに入れ、蓋をして25±1℃の暗所に保存した。2週間後に布重量を測定し、試験開始時との差から食害量を算出した。更に、布の状態を観察して食害の程度をTable 1に示すIWS TM 25の判定基準に従って判定した。また、供試虫の生死を判別して死亡率の算出も行った。

Table 1 Visual assessment of moth-proofing agents according to IWS-TM25

Item	Symbol	Level of damage
Cropping	1	No detectable damage
	2	Very slight visible cropping
	3	Moderate cropping
	4	Very heavy cropping
Holes	A	No detectable damage
	B	Yarn or fibers partially severed
	C	A few small holes ; yarn or fibers severed
	D	Several large holes

4. 化学分析

(1)シラフルオフエン処理布の分析

IWS TM 27に準じて行った。羊毛布を、4.5×4.5cm(約0.5g)に切り、22℃、60~80%RHに一晩放置した後、重量を正確に測定した。これを、0.5cm角ほどに細かく切り、メタノール5mlと共にねじ口試験管に入れ、蓋をシールテープでシールした後、50℃の超音波槽に60分間静置して、羊毛布に吸着されたシラフルオフエンを抽出した。放冷したのち、抽出液に内部標準物質としてトリフェニルベンゼンを加え、Corning社のシリンジフィルター(PTFE 13mm, 0.5μm)を用いてろ過し、ろ液につき下記の条件で高速液体クロマトグラフィ(H. P. L. C.)により分析した。

H. P. L. C. 条件

機種: 島津 LC-10A