

環動昆

報 文

- 西 明紀・高橋敬一・仲嶺マチ子：奄美大島と沖縄本島の養
鶏・養豚施設における貯穀害虫およびその天敵相
..... 49

研究奨励賞受賞論文

- 松永忠功：家庭用殺虫剤の水溶性に関する研究..... 59

解 説

- 大場信義：ホタル類の光コミュニケーションと夜間照明..... 67
柴尾 学：光を利用した農業・園芸害虫の防除技術
－アザミウマ類の防除を例として－ 77

円卓カンファレンス

- 中村寛志：「チョウ類の群集生態学的研究の方向性」－序にかえて－
..... 83
中村寛志：チョウ類群集の研究について..... 85
吉田宗弘：都市環境指標としてのチョウ類群集の問題点 87
北原正彦：チョウ類の群集生態学的研究の幾つかの方向性に
ついて..... 93
石谷正宇：ゴミムシ群集の研究との比較..... 101
夏原由博：統計的手法の観点から..... 103
会 報 105
投稿規定 111

Vol. 13

2

2002

日本環境動物昆虫学会

奄美大島と沖縄本島の養鶏・養豚施設における 貯穀害虫およびその天敵相

西 明紀¹⁾・高橋敬一²⁾・仲嶺マチ子³⁾

1) 東京農工大学農学部

2) 独立行政法人食品総合研究所流通安全部

3) 沖縄県農林水産部家畜衛生試験場

(受領 : 2001年9月24日 ; 受理2002年2月6日)

Stored-Product Insects and Their Natural Enemies at Poultry Farms and Hoggeries in Amamioo-shimo and Okinawa Islands, Japan. Akinori Nishi¹⁾, Keiichi Takahashi²⁾ and Machiko Nakamine³⁾ (¹⁾Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan, ²⁾National Food Research Institute, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan, ³⁾Okinawa Prefectural Institute of Animal Health, 112 Kohagura, Naha, Okinawa 900-0024, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **13** : 49-57 (2002)

Stored-product insects and their natural enemies were investigated at poultry farms and hoggeries in Amamioo-shima and Okinawa Islands, Japan. Twenty-six species belonging to six orders were collected at poultry farms and 15 species belonging to five orders were collected at hoggeries. At both poultry farms and hoggeries, we found *Alphitobius diaperinus* (Panzer), *A. laevigatus* (Fabricius), *Tribolium castaneum* (Herbst), and *Palorus subdepressus* (Wollaston). *Carcinops pumilio* Erichson was the natural enemy found in most abundance.

Key words: Stored-product insect, Natural enemy, Poultry house, Hogger, Okinawa

奄美大島と沖縄本島の養鶏・養豚施設における貯穀害虫およびその天敵相を調査した。その結果、養鶏場（奄美大島および沖縄本島）では6目26種、養豚場（沖縄本島）では5目15種の昆虫類を採集した。これらの昆虫のうちガイマイゴミムシダマシ、ヒメゴミムシダマシ、コクヌストモドキ、コヒメコクヌストモドキのゴミムシダマシ類の貯穀害虫と天敵のクロチビエンマムシが奄美大島と沖縄本島の養鶏・養豚施設に共通してみられた。

はじめに

我が国における貯穀害虫の防除に対する調査を検討するため、貯穀害虫およびその天敵の調査を行ってきた。貯穀害虫は南方起源温暖な気候の方がその天敵も採集しやすいため、これまでに、小笠原諸島父島の穀物養鶏施設および南西諸島の沖縄本島おきなわ島の主に精米施設と穀物貯蔵施設で調査を行った(高橋ら, 2000)。

高橋・Romero (2001) の調査では、養鶏施設は対象から除かれていた。しかし、本調査では、養鶏施設は対象から除外されず、各所は精米施設と穀物貯蔵施設とは貯穀害虫の環境が異なり、従って、貯穀害虫相や天敵相も異なると考えられる。そこで今回、養鶏施設で貯穀害虫およびその天敵相について調査を行った。なお養鶏施設については奄美大島および沖縄本島の両島で、養豚施設については沖縄本島においてのみ調査を行った。

調査方法

養鶏施設における調査

奄美大島の笠利町、住用村、瀬戸内町、宇検村 (Fig. 1) ごとに1カ所の養鶏施設で、2001年3月15~17日に貯穀害虫およびその天敵の調査を行った。これらの養鶏施設のうち宇検村および瀬戸内町の施設はブロイラーを飼育する大規模養鶏場であり、住用村および名護市の施設は畑や庭先を利用した小規模なものであり、いずれの養鶏施設でもトウモロコシ主体の配合飼料を餌として用いていた。それぞれの調査において、目視で発見した貯穀害虫およびその天敵を採集した。あわせて施設内および周辺の飼料、糞、落ちていた羽毛を採集場所ごとに採取した。各サンプルを30℃, 70% RH, 1週間以内に保存し、羽化個体を得た後、同定した。沖縄県名護市、佐敷町、大宜見村 (Fig. 1) ごとに1カ所の養鶏施設を選び、2001年3月20~

22日に、貯穀害虫およびその天敵を前述と同様の方法で調査した。これらのうち名護市と佐敷町の施設はブロイラーを飼育する大規模養鶏場であり、大宜味村のそれは中規模な地鶏の放し飼い施設であった。奄美大島と同様にいずれの施設でもトウモロコシ主体の配合飼料を餌として用いていた。

2. 養豚施設における調査

沖縄本島の沖縄市、糸満市、南風原町、読谷村、名護市 (Fig. 1) ごとに1カ所の養豚施設を選び、2001年3月20~22日に養鶏施設と同様方法で調査した。このうち沖縄市の施設は大規模な養豚場が密集する養豚団地であり、名護市、糸満市、南風原町の施設は大規模な個別養豚場、また読谷村の施設は小規模の種豚場であった。なお、いずれの施設でもトウモロコシ主体の配合飼料を餌として用いていた。

結 果

1. 養鶏施設で採集した昆虫類

奄美大島の養鶏施設では、総計5目15種の昆虫を採集した (Table 1)。これらのうち貯穀害虫はコクヌストモドキ *Tribolium castaneum* (Herbst), ヒラタコクヌストモドキ *T. confusum* Jaquelin du Val, コヒメコクヌストモドキ *Palorus subdepressus* (Wollaston), ガイマイゴミムシ *Alphitobius diaperinus* (Panzer) およびヒメゴミムシ *A. laevigatus* (Fabricius) の5種であった。これらの貯穀害虫のうち、名護市と宇検村の施設ではガイマイゴミムシが、瀬戸内町の施設ではヒメゴミムシが優占していた。

貯穀害虫および双翅目昆虫の天敵類では捕食性であるマルマメエンマムシ *Gnathoncus nanus* (Scriba), オオマメエンマムシ *Dendrophilus xavieri* Marseul およびクロチビエンマムシ *Carcinops pumilio* Erichson の3種のエンマムシ (大原, 1998) の他、双翅目昆虫に寄生するアカアシブトコバチ *Brachymeria fonscolombi* Dufour (Masuda, 1964) および同じく双翅目昆虫に寄生するコガネコバチ科の一種 *Spalangia* sp. (Herting, 1978) の5

種を採集した。名護市と宇検村の施設では、*Gnathoncus* 3種ともがみられた。宇検村の施設では、*Gnathoncus* が優占していた。住用村の施設では、*Gnathoncus* と *Spalangia* がみられ、宇検村の施設では、*Spalangia* がみられた。

以上の他にマルマメエンマムシ科の *Anisolabididae* sp., *Palorus celus surinamensis* および *Periplaneta americana*

Amamioo-shima Island



Okinawa Island

Fig. 1 Survey sites of stored-product insects and their natural enemies in Amamioo-shima (upper) and Okinawa (lower) Islands.

種を採集した。名瀬市の施設では前述のエンマムシ3種ともがみられたが、オオマメエンマムシが優占していた。住用村、宇検村の施設ではクロチビエンマムシが、瀬戸内町の施設ではオオマメエンマムシがみられ、アカアシフトコバチは宇検村の施設で、*Spalangia* sp. は笠利町の施設でそれぞれみられた。

以上の他にマルムネハサミムシ科の一種 *Anisolabididae* sp., オガサワラゴキブリ *Pycnoscelus surinamensis* (L.), ワモンゴキブリ *Periplaneta americana* (L.), アメリカミズアブ

Hermetia illucens (L.) および *Fannia* sp. を採集した。奄美大島の養鶏施設で採集した昆虫は全て、施設内の飼料屑、鶏糞、羽毛などが混ざった残渣から得られた。

沖縄本島の養鶏施設では、総計6目17種の昆虫を採集した (Table 2)。これらうち貯穀害虫はハラジロカツオブシムシ *Dermestes maculatus* Degeer, コクヌスト *Tenebroides mauritanicus* (L.), コメノケシキスイ *Carpophilus pilosellus* (Motschulsky), ノコギリヒラタムシ *Oryzaephilus surinamensis* (L.), コクヌストモドキ, コヒメコ

Table 1 Insects collected at the poultry farms in Amami-o-shima Island during March 15-17, 2001

Order	Species	Survey sites				
		SUMIYOU	SETOUCHI	KASARI	NAZE	UKEN
<Stored-product insects>						
Coleoptera	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	—	—	—	—	○
	<i>T. confusum</i> Jaquelin du Val	—	○	—	—	—
	<i>Palorus subdepressus</i> (Wollaston)	—	—	—	—	○
	<i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer)	—	—	—	○	○
	<i>A. laevigatus</i> (Fabricius)	—	○	—	—	—
<Natural enemies>						
Coleoptera	<i>Gnathoncus nanus</i> (Scriba)	—	—	—	○	—
	<i>Dendrophilus xavieri</i> Marseul	—	○	—	○	—
	<i>Carcinops pumilio</i> Erichson	○	—	—	○	○
Hymenoptera	<i>Brachymeria fonscolombi</i> Dufour	—	—	—	—	○
	<i>Spalangia</i> sp.	—	—	○	—	—
<Other insects>						
Dermaptera	<i>Anisobasis</i> sp.	—	—	—	○	—
Blattaria	<i>Pycnoscelus surinamensis</i> (L.)	—	○	—	○	—
	<i>Periplaneta americana</i> (L.)	—	○	—	—	—
Diptera	<i>Hermetia illucens</i> (L.)	—	—	—	—	○
	<i>Fannia</i> sp.	○	○	○	○	—

クヌストモドキ, ガイマイゴミムシダマシ, ヒメゴミムシダマシの8種が, 名護市, 大宜味村の施設でそれぞれ採集された。大宜味村の施設ではヒメゴミムシダマシ, 名護市の施設ではハラジロカツオブシムシが優占していた。コメノケシキスイ, コクヌストモドキ, ノコギリヒラタムシは大宜味村の施設周辺に保管されていた米糠にみられ, コメノケシキスイが優占していた。その他の貯穀害虫は全て養鶏施設内の飼料屑, 鶏糞, 羽毛などが混ざった残渣より採集した。

貯穀害虫および双翅目昆虫の天敵類では捕食性のコヒゲジロハサミムシ *Eudorellia annulipes* (Lucas) (El-Husseini and Tawfik, 1971), コクヌストモドキの天敵であるフトオビアトキリゴミムシ *Somotrichus unifasciatus* (Dejean) (土生, 1954), コセスジハバビロガムシ *Dactylosternum abdominale* (Fabricius), クロチビエンマムシ, 双

翅目昆虫に寄生する コガネコバチ科の一種 *Pachycrepoides vindemmiae* (Rondani) (Herting, 1978) の5種を採集した。大宜味村の施設では施設内に設置されたドラム缶下の湿った場所でコヒゲジロハサミムシ, フトオビアトキリゴミムシ, コセスジハバビロガムシおよびクロチビエンマムシの4種を採集した。名護市の施設ではコガネコバチ科の一種 *P. vindemmiae* (Rondani) を飼料屑, 鶏糞, 羽毛などが混ざった残渣より採集した。

以上の他にツチカメゴキブリ *Holocompsa debilis* Walker, アメリカミズアブ, *Milichiidae* gen. sp., メイガ科の一種 *Pyralis* sp. を施設内の飼料屑, 鶏糞, 羽毛などが混ざった残渣より採集した。

2. 養豚施設で採集した昆虫類

沖縄本島の養豚施設では, 総計5目15種の昆虫を採集した (Table 3)。これらのうち貯穀害虫は

Table 2 Insects collected at the poultry farms in Okinawa Island during March 20-22, 2001

Order	Species	Survey sites		
		SASHIKI	NAGO	OOGIMI
◀Stored-product insects▶				
Coleoptera	<i>Dermestes maculatus</i> Degeer	—	○	—
	<i>Tenebroides mauritanicus</i> (L.)	—	—	○
	<i>Carpophilus pilosellus</i> (Motschulsky)	—	—	○
	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	—	—	○
	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	—	—	○
	<i>Palorus subdepressus</i> (Wollaston)	—	○	○
	<i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer)	—	○	—
	<i>A. laevigatus</i> (Fabricius)	—	—	○
◀Natural enemies▶				
Dermoptera	<i>Eudorellia annulipes</i> (Lucas)	—	—	○
Coleoptera	<i>Somotrichus unifasciatus</i> (Dejean)	—	—	○
	<i>Dactylosternum abdominale</i> (Fabricius)	—	—	○
	<i>Carcinops pumilio</i> Erichson	—	○	○
Hymenoptera	<i>Pachycrepoides vindemmiae</i> (Rondani)	—	○	—
◀Other insects▶				
Hemiptera	<i>Holocompsa debilis</i> Walker	—	○	—
Diptera	<i>Hermetia illucens</i> (L.)	—	○	—
	Milichiidae gen. sp.	○	—	—
Lepidoptera	<i>Pyralis</i> sp.	—	○	—

アカアシホシカムシ *Necrobia rufipes* (Degeer), ムネミゾコヌストモドキ *Coelopalorus foveicollis* (Blair), コクヌストモドキ, コヒメコクヌストモドキ, ガイマイゴミムシダマシ, ヒメゴミムシダマシの6種で沖縄市, 糸満市, 南風原町, 名護市の施設より採集した。沖縄市ではガイマイゴミムシダマシ, 糸満市ではコクヌストモドキが優占していた。アカアシホシカムシはミルクを混ぜた飼料より採集し, その他の貯穀害虫は飼料や豚糞の残渣より採集した。

貯穀害虫および双翅目昆虫の天敵類ではコヒゲジロハサミムシ *Euborellia annulipes* (Lucas), クロチビエンマムシおよびコクヌストモドキ類の天敵であるアリガタバチ科の一種 *Holepyris sylvanidis* (Brethes) (Anonymous, 1996) の3種

をそれぞれ読谷村, 沖縄市および糸満市の施設内の飼料や豚糞の残渣より採集した。

以上の他にカツオブシムシ科の一種 *Orphinus formosanus* (Pic), メイガ科の一種 *Pyralis* sp., アメリカミズアブ, *Drosophilidae* gen. sp., *Milichiidae* gen. sp., *Muscidae* gen. sp. を飼料や豚糞の残渣より採集した。

考 察

川波・伊良波 (1974) は沖縄本島・宮古群島・八重山群島の飼料工場, 穀類加工工場, 穀類保管倉庫, 農協倉庫および穀類販売店等42カ所で夏期および冬期に貯穀害虫の調査を行った。その結果, 鞘翅目および鱗翅目に属する17科32種を採集した。各調査場所における種構成は類似しており, いず

Table 3 Insects collected at the hoggeries in Okinawa Island during March 20-22, 2001

Order	Species	Survey sites				
		OKINAWA	ITOMAN	HAEBARU	YOMITAN	NAGO
<Stored-product insects>						
Coleoptera	<i>Necrobia rufipes</i> (Degeer)	○	—	—	—	—
	<i>Coelopalorus foveicollis</i> (Blair)	—	○	—	—	—
	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	—	○	—	—	—
	<i>Palorus subdepressus</i> (Wollaston)	—	○	○	—	○
	<i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer)	○	○	—	—	—
	<i>A. laevigatus</i> (Fabricius)	—	—	—	—	○
<Natural enemies>						
Dermaptera	<i>Eudorellia annulipes</i> (Lucas)	—	—	—	○	—
Coleoptera	<i>Carcinops pumilio</i> Erichson	○	—	—	—	—
Hymenoptera	<i>Holepyris sylvanidis</i> (Brethes)	—	○	—	—	—
<Other insects>						
Coleoptera	<i>Orphinus formosanus</i> (Pic)	—	○	—	—	—
Diptera	<i>Hermetia illucens</i> (L.)	—	—	—	—	○
	Drosophilidae gen. sp.	—	○	—	—	—
	Milichiidae gen. sp.	—	○	—	—	—
	Muscidae gen. sp.	—	○	—	—	—
Lepidoptera	<i>Pyralis</i> sp.	—	—	—	—	○

れの調査場所においてもコクゾウムシ *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), コクヌストモドキ, コナナガシクイ *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), ヒラタヒメコクヌストモドキ(コヒメコクヌストモドキ), ガイマイゴミムシダマシ, サビカクムネヒラタムシ *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), スジマダラメイガ *Ephestia cautella* (Walker) などが優占していた。高橋・Romero (2001) による沖縄本島および石垣島の精米施設および飼料工場等の調査ではコクゾウムシ, コクヌストモドキ, ガイマイゴミムシダマシが広範囲で観察されている。今回の沖縄本島の養鶏施設および養豚施設, 奄美大島の養鶏施設での調査において確認された貯穀害虫では, ガイマイゴミムシダマシ, ヒメゴミムシダマシ, コクヌストモドキおよびコヒメコクヌストモドキなどのゴミムシダマシ類が優占していた。これらの種は高橋・Romero (2001) の

調査においても確認され, 川波・伊良波 (1974) の調査でもヒメゴミムシダマシを除き確認されていた。これらは食粉性で製粉工場等で見られる。また, ガイマイゴミムシダマシは近年, 養鶏施設での大発生が問題となっており (田原, 1979; 一瀬ら, 1980), 今回の調査では3カ所の養鶏施設から採集された。

今回の調査で採集した貯穀害虫のうち, ムネミゾコクヌストモドキを除けばすべて沖縄以外の日本国内においてもみられる種であった。ムネミゾコクヌストモドキは1973年に沖縄県下の飼料・原料倉庫の穀類ダスト中から多数採集され, わが国での定着が確認された (川波・伊良波, 1974) が, 沖縄県以外からの記録はない。コクヌストモドキとヒラタコクヌストモドキの分布を比較した場合, 沖縄県内においてはコクヌストモドキが優占種であることが知られており (井村, 1987), 本土で普

通に見られるヒラタコクヌストモドキは奄美大島の養鶏場で1頭が確認されただけであった。これはヒラタコクヌストモドキの方が低温に適応しており(井村, 1989), より冷涼な地域に分布の中心を持つためであると考えられた。

ガイマイゴミムシダマシ, アカアシホシカムシは貯穀害虫である一方で, イエバエ *Musca domestica* (L.) を捕食する (Despins *et al.*, 1988; Wang *et al.*, 1990). 今回調査した養豚・養鶏施設において用いている飼料はトウモロコシ主体の粉状飼料であり, また糞などに大量の双翅目昆虫が発生していたことから, これらの貯穀害虫は飼料と双翅目昆虫の幼虫の両方を食していたと思われる。ガイマイゴミムシダマシおよびヒメゴミムシダマシいずれかの個体数の多い場所では, 高橋・Romero (2001) の調査結果と同様, 両種が混生していることはなかった。この理由として両種の成虫は低湿度条件を好むが, ヒメゴミムシダマシ幼虫はガイマイゴミムシダマシ幼虫より高湿度条件を好み (Victor and Ogonor, 1987), 養鶏・養豚施設でも両種が利用する生息環境が異なることが考えられる。コクヌストは貯穀害虫であるが, 他の貯穀害虫を捕食する捕食性の面もあり (吉田ら, 1989), 飼料と貯穀害虫や双翅目昆虫の両方を食していたと思われる。

アメリカミズアブおよび *Fannia* sp. を含む多くの双翅目昆虫は腐食性であり (鳥, 1997) 今回の調査場所で鶏や豚の糞などを餌としていたと考えられた。またツチカメゴキブリは我が国では従来, 奄美大島からのみ知られており (朝比奈, 1991), 沖縄本島からは今回が初記録となる。メイガ科の一種 *Pyralis* sp. は保存していた飼料残渣より羽化したことより, これを食していたと思われる。

今回の調査において発見された天敵類のうちコセスジハバヒロガムシはバナナの害虫であるバショウオサゾウムシ *Cosmopolites sordidus* (Germar) の天敵であるが (Koppenhofer, 1993), 今回, 本種が養鶏施設で貯穀害虫を捕食していたかは不明である。コヒゲジロハサミムシ, クロチビエンマ

ムシは高橋ら (2000), 高橋・Romero (2001) の沖縄本島の精米施設等の調査においても採集されている。コヒゲジロハサミムシは世界中に広く分布し, 貯穀中の作物や植物の根の他, 鱗翅目幼虫 (El-Husseini and Tawfik, 1971) やイエバエの卵や幼虫を捕食すること (Propp and Morgan, 1985) が知られており, 小笠原諸島父島においても鶏舎の餌場から発見されている (高橋・Romero, 2001)。しかし, その食性から貯穀害虫の天敵としての有効性は未知である。寄生蜂類ではアリガタバチ科の一種 *Holepyris sylvanidis* (Brethes) はコクヌストモドキ類に寄生し (Anonymous, 1996), 天敵として働いていたと考えられる。その他の寄生蜂は双翅目昆虫に寄生する種であった。クロチビエンマムシは幼虫と成虫がダニや昆虫を捕食し (吉田ら, 1989), また, イエバエの卵及び幼虫を捕食する (Propp and Morgan, 1985)。本種は今回の調査で6箇所の施設から採集され, 養鶏・養豚施設で双翅目昆虫を捕食すると共に貯穀害虫も捕食し, これらの天敵として働いていたと考えられた。またオオマメエンマムシ, マルマメエンマムシは双翅目昆虫の幼虫を捕食し (Geden, 1988; 大原, 1998), 天敵として働いていたと考えられた。

今回の調査ではスジマダラメイガなどの鱗翅目の貯穀害虫や生息が予想されたタバコシバムシ *Lasioderma serricorne* (Fabricius) は採集されなかった。その理由の1つとして, 目視とサンプリングによる採集であったことが考えられる。そのため今後の調査ではリポントラップやフェロモントラップ, ベイトトラップ等を用いた採集方法も検討する必要がある。

謝 辞

本研究に際し, 採集の便宜を図っていただいた奄美大島および沖縄本島の養鶏・養豚施設の関係者各位ならびに, 沖縄県農林水産部北部家畜保健衛生所の又吉正直主任技師に心より御礼申し上げます。また東京都在住の黒佐和義博士, 国際農林水産業研究センターの大桃定洋博士および河野勝行

主任研究官, 農業研究機構北海道農業研究センターの小西和彦主任研究官, 北海道在住の上条一昭博士, 森林総合研究所の後藤忠男博士, 沖縄県在住の杉本雅志氏には同定ならびに文献のご教示を賜った。記して感謝申し上げる。

引用文献

- Anonymous (1996) Using natural enemies to control beetle pests in stored products. *Plant Protect. News* 46 : 7-9.
- 朝比奈正二郎 (1991) 日本産ゴキブリ類. 中山書店, 東京.
- Despins, J. L. Vaughan, J. A. and Turner, E. C. Jr. (1988) Role of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera Tenebrionidae), as a predator of the house fly, *Musca domestica* L. (Diptera Muscidae), in poultry houses. *Coleopterist Bull.* 42 : 211-216.
- El-Husseini, M. M. and Tawfik, M. F. S. (1971) The nutritional effect of animal and plant diets on the development and fecundity of *Eudorellia annulipes* (Lucas). *Bull. Soc. entomol. Egypte* 55 : 219-229.
- Geden, C. J. (1988) Predation by predators of the house fly in poultry manure: effects of predator density, feeding history, interspecific interference, and field conditions. *Environ. Entomol.* 17 : 320-329.
- 土生昶申 (1954) 沖縄で採集された *Somotrichus unitasciatus* Dejean. 農業技術研究報告, series C 4 : 229-231.
- Herting, B. (1978) Neuroptera, Diptera, Siphonaptera. In "A catalogue of parasites and predators of terrestrial arthropods, Section A, Host or Prey / Enemy", Commonwealth Agricultural Bureaux, Commonwealth Institute of Biological Control, Farnham Royal, U. K.
- 一瀬太良・柴崎史郎・太田正義 (1980) プロイラー鶏舎の害虫ガイマイゴミムシダマシ *Alphitobius diaperinus* の生態と加害機構に関する研究. 応動昆 24 : 167-174.
- 井村 治 (1987) 貯穀害虫群集の構造と多様性. 「日本の昆虫群集」木元新作・武田博清編, pp.116-123, 東海大学出版会, 東京.
- 井村 治 (1989) 貯穀(貯蔵食品)害虫の飼育法 (2) 飼育の実際. 家屋害虫 11 (2) : 140-164.
- 川波敬一郎・伊良波幸仁 (1974) 沖縄県内製粉・飼料工場等における貯穀害虫調査(中間報告). 那覇植物防疫情報 13 : 87-88.
- Koppenhofer, A. M. (1993) *Dactylosternum abdominale* (F.) (Coleoptera: Hydrophilidae) : a predator of the banana weevil. *Biocontrol Sci. Technol.* 3 : 141-147.
- Masuda, R. (1964) Studies on the parasitic enemy of flies in the rural district of Tokyo. (Report 1) On the parasitic Hymenoptera of overwintering fly pupae in Ohme city and Chofu city. *Jap. J. Sanit. Zool.* 15 : 145-149.
- 大原昌宏 (1998) エンマムシ上科. 「日本動物大百科」10 昆虫. 日高敏隆監修, pp. 98-99, 平凡社, 東京.
- Propp, G. D. and Morgan, P. B. (1985) Mortality of eggs and first-stage larvae of house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), in poultry manure. *J. Kans. Entomol. Soc.* 58 : 442-447.
- 嵐 洪 (1997) イエバエ上科とヒツジバエ上科. 「日本動物大百科」9 昆虫. 日高敏隆監修, pp. 149-150, 平凡社, 東京.
- 田原雄一郎 (1979) 断熱材食害虫・ゴミムシダマシの生態と防除. 鶏の研究 54 (12) : 28-29.
- 高橋敬一・大林隆司・宗田奈保子 (2000) 小笠原諸島父島における貯穀害虫およびその天敵相. *Jpn. J. Ent. (N. S.)* 3 : 97-103.
- 高橋敬一・Romero, V. M. (2001) 沖縄本島および石垣島における貯穀害虫およびその天敵相. *Jpn. J. Ent. (N. S.)* 4 : 91-97.
- Victor, J. R. and Ogonor, P. S. (1987) Humidity reactions in two species of tenebrionid beetles

Infesting poultry and food storage house in
Nigeria. *Reved de Zoologie Africaine* 101 (3) :
423-430.

Wang S. Q., Zhang W. Z., Xiao A. and Zhang G. Y.
(1990) Predatory insects of fly larvae and their

predatory efficiency. *Yixue Dongwu Fangzhi* 6
: 15-18.

吉田敏治・渡辺 直・尊田望之 (1989) 図説 貯
蔵食品の害虫. 全国農村教育協会, 東京.

研究奨励賞受賞論文

家庭用殺虫剤の水溶性に関する研究^{1,2)}

松永忠功

住友化学工業農業化学品研究所

Studies on Water-Based Sprays for Household Insecticides. Tadahiro Matsunaga (Agricultural Chemicals Research Laboratory, Sumitomo Chemical Co., Ltd., Takarazuka, Hyogo 665-8555, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **13** : 59-66 (2002)

In these days of concern about the environment, water-based aerosols (WBAs) offer advantages. Their use would help to lower the emission of volatile organic compounds. Insecticidal WBAs containing hydrophobic active ingredients for household use are of three kind when classified by the kind of propellant. One kind, propelled by compressed gas, typically has an oil-in-water microemulsion for the liquid phase and gas or gas mixture such as nitrogen or air for the gas phase. Another kind, propelled by dimethyl ether, has a pressurized liquid phase composed of water, alcohol, and dimethyl ether. These components are miscible, and insecticides can be uniformly dissolved in the mixture without an emulsifier. The third kind, propelled by liquefied petroleum gas, has two liquid layers, the upper is rich in liquefied petroleum gas and the lower being a water-in-oil emulsion. Most of the insecticides is in the upper layer, so the container must be shaken well before use. These environmental-friendly formulations were rated as having excellent insecticidal performance by experiments is formulation technology.

Key words : Water based aerosol, Insecticide, Volatile organic compounds

近年、環境への配慮の高まる中、揮発性有機化合物 (VOCs) の放出を極力抑えよとの社会的な要望がある。家庭用殺虫噴霧剤にこの課題をあてはめると、水性化が一つの方向となり得る。疎水性の殺虫剤を水性エアゾール化する場合、以下の3つの種類に分類されるであろう。1. マイクロエマルジョンスプレー (噴射剤に圧縮ガスを用いる) : O/W型の透明なマイクロエマルジョンを作り、空気や窒素ガスな

1) 本稿は、第13回年次大会における研究奨励賞受賞講演 (2001年11月17日 : 大阪府立大学農学部) の概要である。
2) The Society Award Study.

どの圧縮ガスで噴霧する。2. 一液型水性エアゾール（噴射剤にジメチルエーテルを用いる）：互いに混ざりあう、水、ジメチルエーテル、アルコールを用い、この中に殺虫剤を溶解させて用いる。3. 二液型水性エアゾール（噴射剤に液化石油ガスを用いる）：乳化剤を用いてW/O型エマルションを作るが、液部は液化石油ガス主体の上層とエマルションの下層の二層に分かれている。殺虫剤は主に上層に分布しているため、使用前に良く振って均一にしてから噴霧する必要がある。これ等環境にやさしいエアゾールは、製剤に一定の工夫を与えれば、優れた性能を発揮させることができる。

はじめに

地球環境保全が世界のなすべき課題としてクローズアップされている。さまざまな学問分野、産業分野で地球環境をよくしようとする取り組みが行われているが、筆者は家庭用殺虫噴霧剤について有機溶剤等VOCs（揮発性有機化合物）の削減はどこまで可能かに取り組んだ。噴霧剤には殺虫成分は零コンマ数パーセント含有されているが、残部は増量剤と噴射剤で構成される。VOCs削減には、増量剤として水を使うのが理想である。この水性噴霧剤を作るには以下の方法がある。

1. マイクロエマルションスプレー

噴霧される殺虫液は分離せず、また乳白色ではなく透明なマイクロエマルションが好ましい。これを空気、窒素、炭酸ガスなどの圧縮ガスで噴射するようにすれば原理的にVOCsを最小にすることができる。

2. 一液型水性エアゾール

噴射剤に親水性のジメチルエーテル（DME）を用いる。水で増量し、必要に応じてエタノールやイソプロパノールなど水と混ざる溶剤を加え、これに殺虫成分を溶解させる。

3. 二液型水性エアゾール

噴射剤に液化石油ガス（LPG）を用い、殺虫成分、溶剤、乳化剤、水を加えてW/O型エマルションにする。使用前にはサラダドレッシングのようによく振ってから噴霧する必要がある。

それぞれのタイプのスプレーは、一定の工夫を

加えれば優れた性能を発揮することができる。

マイクロエマルションスプレー

マイクロエマルションは液滴が0.0025~0.15 μm の透明なエマルションである。

家庭用殺虫剤では、殺虫成分として安全で速効性のあるピレスロイド剤の使用が一般的である。また、ピレスロイド剤は弱酸性のエマルションでは安定で、分解して異臭を発生することもない。

温度変化に耐えて透明溶状を維持するには、非イオン系乳化剤（POEスチレン化フェノールエーテルなど）と陰イオン系乳化剤（ドデシルベンゼンスルホン酸カルシウムなど）、さらに親水性物質（プロピレングリコールなど）を補助乳化剤として加えると有効である（表1）。

表1 マイクロエマルション殺虫噴霧液の組成（松永ら、1994）

成 分	配合量 (%W/W)
ピレスロイド、ノックダウン剤 ¹⁾	0.1~0.2
ピレスロイド、キル剤 ²⁾	0.2
乳化剤	1~2
プロピレングリコール	0.2~2
BHT	0.03~0.05
防菌・防黴剤	0.1
精製水	残部

1) d-allethrin（ピナミンフォルテ[®]）、prallethrin（エトック[®]）など。

2) d-phenothrin（スミスリン[®]）、d-cyphenothrin（ゴキラート[®]）など。

スプレー液を噴霧するには、手動式ポンプスプレーと耐圧缶に充填し圧縮ガスで噴霧するエアゾールがある(松永ら, 1994)。

1. ポンプスプレー

プラスチック容器に充填し、手動で圧縮空気で放出するが、有効成分が酸化されやすいので、分解抑制にBHTなど抗酸化剤を添加するのが良い。プラスチック容器にはポリエチレンテレフタレート(PET)、内面ナイロンコートポリエチレン(Nylon/PE)が殺虫成分の吸着や透過酸素による分解を最小にする好ましい材質である。

害虫に対する効力を効率良く発揮するには、噴霧器の性質が重要である。

ハエや蚊に対しては噴霧する霧の物理的性状が大きく影響する。噴霧器AとB、2種類の差異を表2、図1に示す。表2はアカイエカ(*Culex pipiens pallens*)雌成虫とイエバエ(*Musca domestica*)雌雄成虫に対するガラスチャンバー(70×70×70 cm)試験法による駆除効果の比較である。噴霧器Aの速効性が優れる。これは噴霧粒子、系分布の相違による。図1は、位相ドップラー式レーザー粒子分布分析計(エアロメトロック社製)で計測した結果であるが、噴霧器Aは10~35 μmの細かい粒子に分布が集中している。ハエや蚊に対して

表2 ガラスチャンバー試験法による室内効力試験¹⁾(松永ら, 1994)

噴霧器の種類	KT ₅₀ 値 ²⁾ (分)	死虫率(%)
アカイエカ		
噴霧器 A	2.8	100
噴霧器 B	4.3	100
イエバエ		
噴霧器 A	2.7	100
噴霧器 B	5.5	99

- 1) 噴霧液中の濃度: ピナミンフォルテ[®], 0.2/ スミスリン[®], 0.2 (%W/W)。
- 2) 速効性の指標: 供試虫の50%がノックダウンするまでの時間を統計処理で求めた値(数値が小さいほど速効性が大)。

は、この範囲の粒子が有効で、これ等飛翔害虫へ付着性と粒子の空間滞留性による。

実地の効力試験によって確認を行った。実施場所はマレーシア国ペナン市である。ペナン市で採集したネッタイシマカ(*Aedes aegypti*)、ネッタイエカ(*Culex quinquefasciatus*)、イエバエをそれぞれケージに入れて、居間(容積26~50 m³)の床から1 mと2 mの高さに吊るした。噴霧者は居間の中央に立ち、斜め上方、壁と天井の境界に向けて一回りするよう10 mlを噴霧した(図2)。実地試験においても噴霧器Aの効果が高く、実用

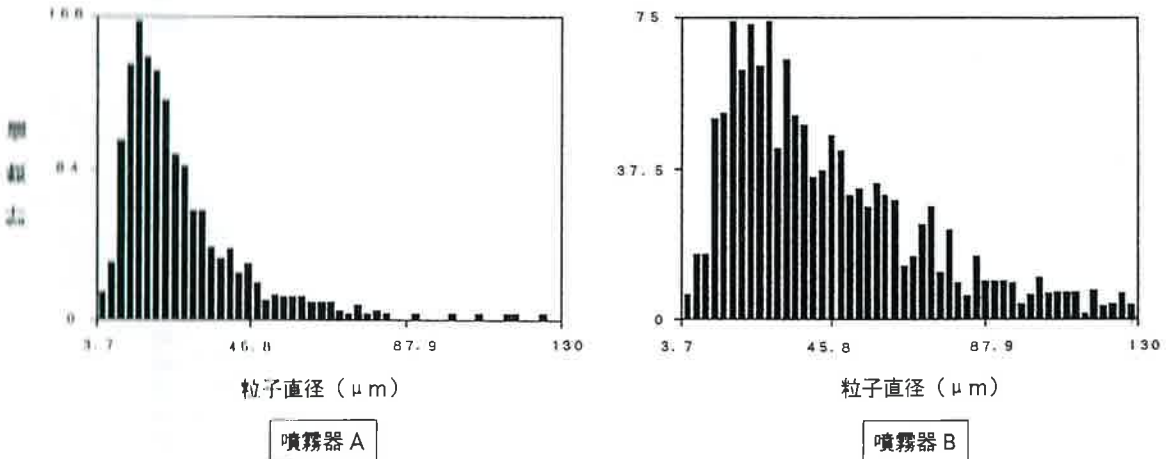


図1 ポンプ式噴霧器の噴霧粒子径分布(松永ら, 1994)。

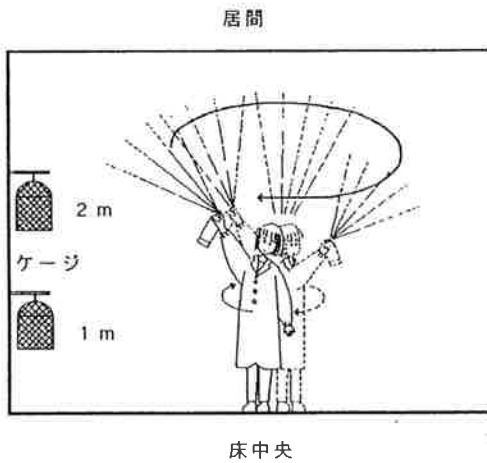


図2 実地試験法 (松永ら, 1994).

性は十分であった (表3) (松永ら, 1994; 田中ら, 1992).

2. エアゾール

液化ガスを用いず, 窒素ガス (圧縮ガス) を噴

射剤とするエアゾールを作製した. 近年, 化粧品用を中心に圧縮ガス用ボタンが開発されている. 圧縮ガスの欠点は, エアゾールを使っていくうちに缶の中の空間容積が増えてくるが, それでつれて圧力が急減することで, 液化ガス用のボタンでは噴射速度も急減する. 圧縮ガス用ボタンでは, レギュレータ機構が備わっているため, 最後まで一定の噴霧性状が維持できる. ただし, 細かな霧は得られないので, 空間噴霧には適さないが (図3), 直撃型ゴキブリスプレーには機能する. 水が97%のエアゾールであっても, 市販されるタイプの油性エアゾールや水性エアゾールに匹敵する効力が得られる (表4) (松永ら, 1994; 田中ら, 1994).

一液型水性エアゾール

液化噴射剤としてジメチルエーテルを用い, 水と親水性溶剤を加えて均質な溶液を作り, この中

表3 ペナン市での実地効力試験 (松永ら, 1994; 田中ら, 1992より作成)

噴霧器の種類	噴霧量 (g/30m ³)	ケージの高さ (m)	KT ₅₀ 値 (分)	死虫率 (%)
ネットイシマカ				
噴霧器 A	10	2	2.4	100
		1	2.2	100
噴霧器 B	10	2	19.5	91
		1	13.0	91
対照エアゾール ¹⁾	5	2	5.6	96
		1	6.4	99
ネットイイエカ				
噴霧器 A	10	2	3.6	95
		1	3.3	95
噴霧器 B	10	2	> 60	46
		1	44.3	59
対照エアゾール ¹⁾	5	2	11.1	83
		1	17.4	74
イエバエ				
噴霧器 A	10	2	20.3	46
		1	11.2	42
噴霧器 B	10	2	>60	17
		1	>60	10
対照エアゾール ¹⁾	5	2	42.7	27
		1	24.0	33

1) OTA (Official test aerosol, CSMA) : pyrethrin 0.2/PBO 1.6 (%W/W).

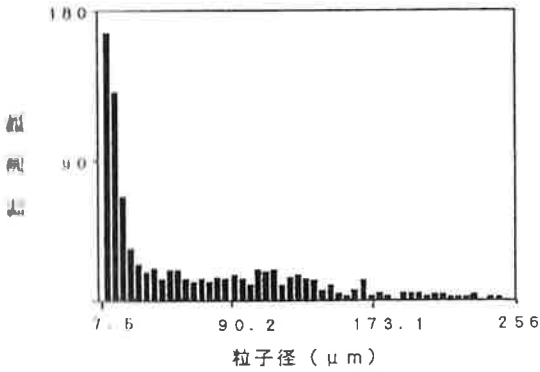


図3 供試マイクロエマルジョンエアゾールの粒子径分布 (松永ら, 1994).

に殺虫成分を溶解するエアゾールである。水が多量に含まれる溶液であるから、充填するエアゾール缶が腐食されない配慮が必要となる。殺虫エアゾールの場合、一般に安価なブリキ缶が用いられているが、ブリキの腐食を回避するためには液性をアルカリ性にすることが有効である。pHを9程度にするが、この条件で加水分解されない殺虫成分を選択する。図4に、本タイプのエアゾール中での各種殺虫成分の45℃、3ヵ月保存後の残存率を示した。一例として、安定な殺虫成分を用いたエアゾール処方を表5に示した。ハエ、蚊駆除などの空間噴霧には実用性がある。しかし、ゴキ

表5 一液型水性エアゾール (Dohara et al., 1991より作成)

組成	含量 (%W/W)
d-allethrin (ビナミンフォルテ®)	0.4
d-phenothrin (スミスリン®)	0.1
イソプロピルアルコール	バランス
安息香酸アンモニウム/ アンモニア水溶液 (pH 9.5)	30.0
ジメチルエーテル	45.0

ブリには十分な効力を発揮しない (Dohara et al., 1991).

二液型水性エアゾール

米国では元来ハエ、蚊用に二液型水性エアゾールが使われている。資材としての水は、安価で入手の利便性が高いからであった。近年は、VOCs削減の意図が積極的に加わり、米国カリフォルニア州ではスプレーのカテゴリー毎にVOCs含量が規制される。殺虫スプレーの場合について、表6に示した。

二液型水性エアゾールは、W/O型乳化剤を用いて、油層が連続相となるエマルジョンで構成される。エアゾール缶への腐蝕の影響は、溶解型やO/W型エマルジョン型に比して軽減されるので、

表4 マイクロエマルジョンエアゾールのゴキブリ直接噴霧試験 (松永ら, 1994より作成)¹⁾

エアゾール剤型	KT ₅₀ 値 (分)	死虫率 (%)
チャバネゴキブリ ²⁾		
マイクロエマルジョンエアゾール	4.9	100
二液型水性エアゾール	7.9	100
油性エアゾール	4.2	100
ワモンゴキブリ ³⁾		
マイクロエマルジョンエアゾール	6.1	100
二液型水性エアゾール	7.4	100
油性エアゾール	6.0	100

1) エアゾール中の濃度: エトック®, 0.1 / ゴキラート®, 0.2 (%W/W).

2) *Blattella germanica*: 噴霧量 0.4 g.

3) *Periplaneta americana*: 噴霧量 2 g.

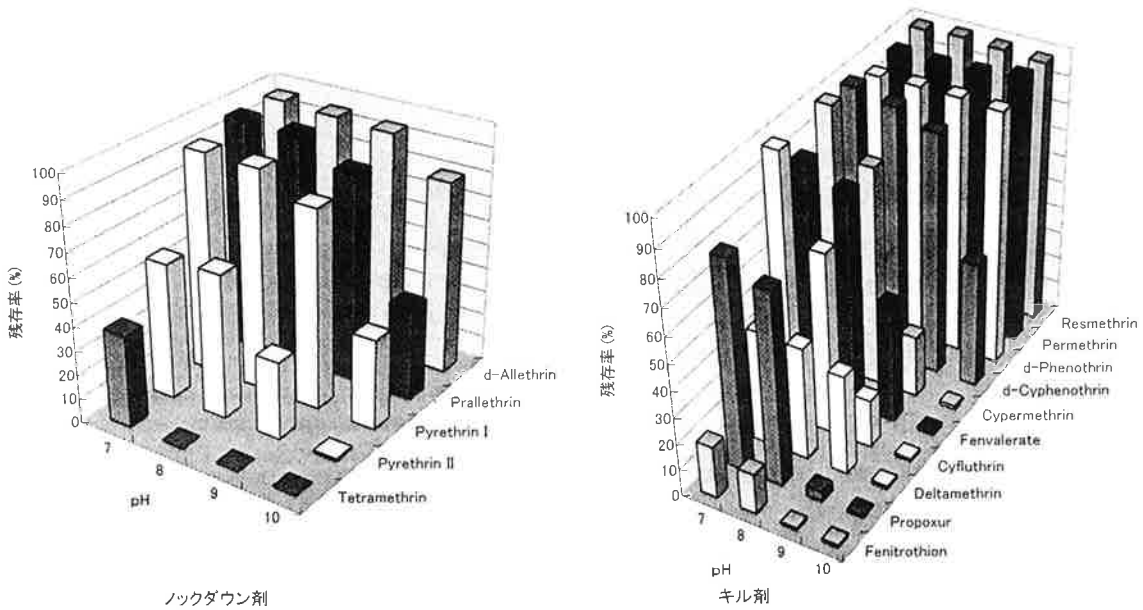


図4 各種殺虫成分の一液型水性エアゾール中安定性 (Dohara *et al.*, 1991より作成).

表6 米国カリフォルニア州 VOCs 含量規制

(カリフォルニア州政府インターネットホームページ掲載情報より作成)

Product Category	VOCs ¹⁾ by Weight
Insecticides	
Crawling Bug	20
Flea and Tick	25
Flying Bug	35
Foggers	45
Lawn and Garden	20

1) Non-reportable VOC : vapor pressure < 0.1 mmHg at 20°C.

表7 ゴキブリ用水性エアゾールの処方 (平野ら, 1998より作成)

組 成	含 量 (%W/W)
imiprothrin (プララル [®] T) および他 ピレスロイド剤	所定量
乳化剤	0.5~1.25
溶解助剤	0.5~6.0
精製鉱物油	20~25
精製水	55~60
液化石油ガス	20

例えば一液型水性エアゾールのように液性をアルカリ性とする必要はないため、液性を弱酸性とし、アルカリ性では使用できない殺虫成分も使用できる。

表7にVOCs削減のゴキブリ用水性エアゾールの処方を示した。速効性を表現するのに、ゴキブリにエアゾールを噴霧してからノックダウンするまでにゴキブリがどのくらいの距離を移動できるかを示すダーツ試験法により評価した (図5)

(Senbo *et al.*, 1995; 平野ら, 1998). 統計処理した数値、すなわち半数のゴキブリがノックダウンして動けなくなるまでに移動した距離 MD₅₀値 (moving distance of 50% insects) で比較すると、対照の市販品油性エアゾール (海外) と比べて、プララル[®]T含有水性エアゾールの速効性は明らかに優れ、水性であっても製剤の工夫で油性エアゾールに勝るゴキブリ用スプレーを処方することができる (表8) (平野ら, 1998).

おわりに

エアゾール製品の消費量は年間一人あたりに換算すると米国の12.3本、ヨーロッパ10.5本、日本5.5本となっている（日本エアゾール協会技術委員会, 1998）。エアゾールの消費量の多い米国やヨーロッパでは、VOCs削減水性化の嗜好が特に

高い。

世界の動向をも見ながら今後の製品開発には、消費者のニーズに合った使いがってのよさや、性能、経済性の座標軸はたいへんに重要なことであるが、これまでも増して環境にやさしいという座標軸を加えて研究することが望まれているのではないかと考える。

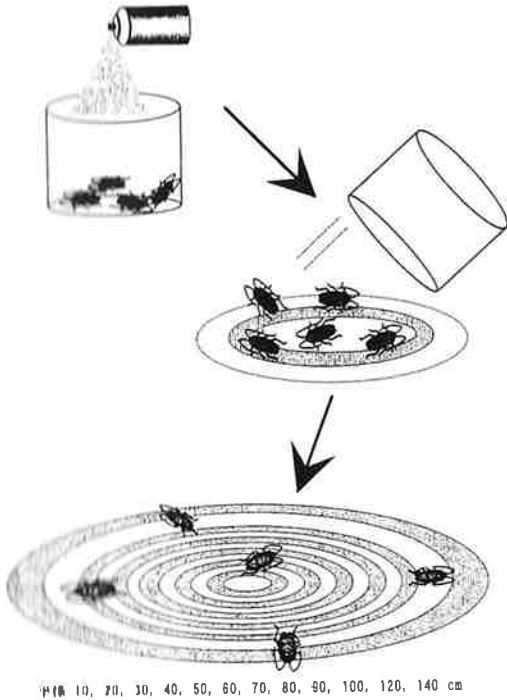


図5 グーツ試験法（平野ら, 1998）.

引用文献

Dohara, K., S. Senbo, T. Matsunaga, T. Ito, G. Shinjo and Y. Abe (1991) Water-based aerosol insecticides containing dimethyl ether as a propellent. *J. Pesticide Sci.* 16 : 615-622.

平野雅親・松永忠功・金子秀雄・古田リツ子・横井重喜 (1998) 高ノックダウン活性を有する新規ピレスロイド“プラル®”の開発. 住友化学技術誌 1998-I : 4-15.

松永忠功・田中康順・安部八洲男 (1994) 家庭用殺虫剤の水性液化. 家屋害虫 16 (2) : 100-107.

日本エアゾール協会技術委員会・東洋エアゾール工業研究部 (1998) エアゾール包装技術. エアゾール産業新聞社, 東京.

Senbo, S., M. Makita, T. Yano, Y. Abe, T. Itoh and M. Hirano (1995) Characteristics of insecticidal activity of a new synthetic pyrethroid, imiprothrin, against household insect pests.

表 8 ゴキブリ用水性エアゾールの効力（平野ら, 1998より作成）

供試エアゾール	含量 (%W/W)	チャバネゴキブリ ¹⁾		ワモンゴキブリ ²⁾	
		MD ₅₀ (cm)	死虫率 (%)	MD ₅₀ (cm)	死虫率 (%)
水性: imiprothrin (プラル®T) / d-(S)-cyphenothrin (ゴキラート®S)	0.1 / 0.1	16.7	100	32.2	100
油性 (対照): dichlorvos / tetramethrin / propoxur / cyfluthrin	0.5 / 0.3 / 1.0 / 0.025	82.7	100	> 140	100

1) 1g噴霧.
2) 4g噴霧.

Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. 7(2) : 79-86.
田中康順・牧田光康・松永忠功・伊藤高明・安部
八洲男・葉漢興 (1992) 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. 環動昆
4(3) : 121-127.

田中康順・松永忠功・伊藤高明・安部八洲男
(1994) 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. ゴキブリ用噴霧剤. 環
動昆 6(3) : 119-124.

復行
コミュ
習性、
く反噴
に誘引
有であ
1984)、
夜間飛
乱して
で発生
いると
類に
に検
b)、こ
光パ
光感
ホタ
帳減

ホ
性で

- 1) 本
- 2) F
- 3) C