

環動昆

報 文

- 南手良裕・神崎 務・勝田純郎・西本孝一：新規シラネオファン
(Hoe-498)のシロアリ防除分野への適用 ……………117
- 武川 恒・高橋正三：ペリプラネタ属およびプラタ属6種ゴキブリ
の防御分泌物（英文） ……………123
- 篠田一孝・田中新二・吉田敏治・中筋房夫：ノシメマダラメイガ
Plodia interpunctella (HÜBNER) 幼虫の分散と包材へ
の穿孔 ……………128

短 報

- 藤本和義・山口 昇：奈良公園とその周辺地域のマダニ類の比較…133

講 演

- 松村武男：都市環境と健康—動物昆虫学的立場より—(総括) ……138
- 藤田泰男：西宮市におけるダニアレルギーモニター調査について…140
- 高田伸弘：ダニ類とその媒介疾患 ……………145
- 宇賀昭二：ペットと人畜共通寄生虫症 ……………149
- 米本申一：大阪市内の鼠とその外部寄生虫 ……………154
- 会 報 ……………159
- 会員動静

Vol. 2 1990

3

日本環境動物昆虫学会

新規シラネオファン(Hoe-498)のシロアリ防除分野への適用*

南手 良裕¹⁾・神崎 務¹⁾・勝田 純郎¹⁾・西本 孝一²⁾

1)大日本除虫菊(株)中央研究所

2)京都大学**

(受理:1990年6月1日)

Application of a Novel Silaneophane (Hoe-498) to Termiticides. Yoshihiro MINAMITE, Tsutomu KANZAKI, Yoshio KATSUDA (Research Laboratory, Dainihon Jochugiku Co. Ltd., Toyonaka, Osaka 561, Japan) and Koichi NISHIMOTO (Kyoto University) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 2: 117-122 (1990)

Hoe-498, an insecticide containing silicon, was invented by KATSUDA et al. in 1984, and has been developed for agricultural uses because of its high insecticidal activity, low mammalian toxicity, low fish toxicity, and chemical stability. Properties of Hoe-498 that make it suitable for use in anti-termitic building materials as well as for conventional oil-type and EC-based termiticides are reported here. For the assessment of basic efficacy against termites (*Coptotermes formosanus* SHIRAKI), some test compounds were applied topically and then examined according to the standardised wood-block test of the Japan Wood Preserving Association (JWPA). The blocks treated with Hoe-498 showed much higher anti-termitic effects than those treated with conventional pyrethroids such as permethrin, fenvalerate, and ethofenprox, although the termiticidal activity of Hoe-498 was only moderate when the compound was topically applied. Practical oil formulations containing Hoe-498 for timber treatment were completely effective against wood-decaying fungi and termites, meeting the performance requirements for each JWPA standardised test. In emulsion formulations for soil treatment, Hoe-498 in combination with octachlorodipropyl ether satisfactorily prevented termite penetration to the treated soil. Field tests of both Hoe-498 formulations have been successful, as no termite damage was found on any of the wood stakes in the Hoe-498 plots after a test of 2 years. Unlike organophosphorus and pyrethroid compounds, Hoe-498 is chemically stable against sunlight and in soil, and is also remarkably stable in alkaline environments, so it can be used for anti-termitic building materials.

Key Words: Hoe-498, Termiticide

* 本稿は、本学会第1回大会における一般講演の概要で、その一部は日本農薬学会第14回大会(南手ら, 1989)で発表した。

** 名誉教授

Hoe-498は、1984年、大日本除虫菊(株)の勝田らによって発明されたケイ素原子含有化合物で、高い殺虫活性、人畜に対する安全性、低魚毒性および安定性を兼備し、農業分野への開発が進められている。著者らは、シロアリ防除分野におけるHoe-498の木材表面処理用油剤、土壌処理用乳剤および各種建築用防蟻剤としての性能を検討したのでその結果を報告する。Hoe-498は、イエシロアリに対する微量滴下法では顕著な効果を示さなかったが、(株)日本木材保存協会規格第11号の総合試験では、ペルトメトリン、フェンバレレート、エトフェンプロックスなどのピレスロイド系化合物に優る防蟻効力を示した。Hoe-498を主体とした木材表面処理用油剤、土壌処理用乳剤等の製剤について、(株)日本木材保存協会規格に定める性能試験を実施し、性能基準を十分満足することを明らかとした。また、野外試験でも両製剤は2年経過後シロアリの食害を全く受けなかった。更に、Hoe-498は光安定性ならびに土壌中の安定性に優れるほか、特にアルカリ領域では従来の有機リン剤やピレスロイド系化合物が極めて不安定なのに対し、Hoe-498は化学的安定性が非常に高いことが認められ、アルカリ条件下での各種防蟻建築材料への適用が可能と考えられる。

緒 言

昭和61年クロルデンの使用が禁止されて以降、シロアリ防除剤としてはクロルピリホスやホキシムなどの有機リン剤が主流となっているが、シロアリ防除施工士への影響(アセチルコリンエステラーゼ活性値の低下)や効力の持続性等の点で種々の問題を有しており、より安全でかつ残効性の高い代替薬剤の開発が切望されている。

従来、ピレスロイド系化合物は速効性に優れ、安全性が高く、残留毒性がないなど多くの長所を有しているため、室内での衛生害虫や不fast害虫の防除には理想的な殺虫成分とされてきた。一方、農薬やシロアリ防除剤の土壌処理用などの分野では、化学的安定性や魚毒性の点からその適用には制約があった。

著者らは、ピレスロイド系化合物が有するこれらの問題点を補うべく種々の構造変換を行い、ケイ素原子の導入により極めて有用なシラネオファンを発見し、特許を出願した(勝田ら、1986)。Hoe-498はその一化合物で、昆虫に対する速効性や人畜に対する安全性といった従来のピレスロイドの特長のほか、化学的安定性、低魚毒性をも兼備し、農業用をはじめ種々の分野で実用化が進められている。

農薬に使用される薬剤の魚毒性は、たとえばコイに対する $TLM_{48}(LC_{50})$ 値から、Aランク($>10\text{ppm}$)、Bランク($0.5\sim 10\text{ppm}$)、B-sランク(Bランクの中で特に注意が必要なもの)、Cランク($<0.5\text{ppm}$)に区分されているが、ピレスロイド系化合物は、エトフェンプロックスおよびシクロプロトリンがBランクに該当する以外は全てCラ

ンクである。一方、Hoe-498はコイに対する LC_{50} 値が 100ppm 以上でAランクに該当し、その低魚毒性は大きな特長になっている。

著者らは、今回Hoe-498のシロアリ防除分野への適用を検討し、Hoe-498の特性が防蟻有効成分として極めて有効であることを見出すとともに、各種性能試験で高い評価を得たのでここに報告する。

実験方法

1. 基礎効力試験

Hoe-498自体のシロアリに対する殺虫効力、防蟻効力を他の化合物との比較のもとに評価した。

(1) 供試化合物

Hoe-498[(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。対照化合物としては、ペルトメトリン、フェンバレレート、エトフェンプロックス及びフルバリネート(以上ピレスロイド系化合物)、クロルピリホス(有機リン系化合物)を用いた。

(2) 供試虫

供試シロアリとして、京都大学木材研究所内の恒温室($26\pm 1^\circ\text{C}$)で飼育しているイエシロアリ(*Coptotermes*

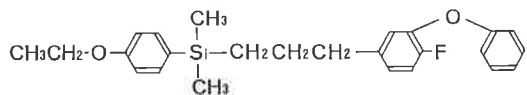


Fig. 1 Chemical structure of Hoe-498

Formosanus SHIRAKI) の成熟した個体を用いた。

(3) 試験方法

供試化合物のアセトン溶液をイエシロアリ職蟻の背部に施用する微量滴下法と、(社)日本木材保存協会規格(以下JWPA-Sと略)第11号(1)の総合試験方法に準じて行った。

2. 製剤の効力試験

(1) 供試製剤

試験に供した木材表面処理用油剤及び土壌処理用乳剤の組成は下記のとおりである。

A: 木材表面処理用油剤

防蟻有効成分	Hoe-498	0.15% (W/V)
共力剤	ビペロニルプロトキサイド	0.4% (W/V)
防腐有効成分	トロイザンポリフェースP-100	0.75% (W/V)
その他の成分	石油系溶剤	98.7% (W/V)

B: 土壌処理用乳剤

防蟻有効成分	Hoe-498	5.0% (W/W)
共力剤	S-421	10.0% (W/W)
その他の成分	乳化剤, 石油系溶剤	85.0% (W/W)

(2) 供試虫

基礎効力試験と同様、京都大学木材研究所で飼育しているイエシロアリの成熟した個体を用いた。

(3) 試験方法

防腐効力、防蟻効力、鉄腐蝕性、吸湿性、土壌処理等の試験については、JWPA-Sに規定されている方法に準じて行った。

3. 安定性試験

(1) 光安定性試験

各化合物の原体約10mgを面積9㎡のガラスシャーレに薄く展付、昭和64年1月～3月にかけて1日8時間ずつ12日間にわたり、大日本除虫菊(株)中央研究所の屋上で太陽光に曝露した。試料は経時的に採取し、ガスクロマトグラフで分析して、残存量を測定し残存率を求めた。

(2) 土壌中安定性試験

長崎県果樹試験場表層部から採取した火山岩を母材とする残積土(土性: 軽埴土, 有機物含量; 3.9%, 最大容水量: 51%, pH: 5.4)に、リン酸標準緩衝液(pH: 1.68)または炭酸ナトリウム水溶液を加えて混合風乾し土壌のpHを5.0, 6.5および9.5に調整した。pHの測定

は試料20gを蒸留水80mlに懸濁させ、攪拌5分後の上澄液について行った。容積約200mlの広口サンプル瓶に供試土壌40gを入れ、これに供試乳剤の所定希釈液10mlを添加混合した。25℃暗所にて所定期間保存後、供試土壌全量をアセトン200mlを用いて500ml共栓付三角フラスコに洗い込み30分間激しく振とうした。ろ過後ろ液を濃縮し、メタノール15mlで、飽和食塩水15mlと食塩5gを含む分液ロートに洗い出し、塩化メチレン200mlを用いて抽出した。塩化メチレン抽出液を脱水後その濃縮液につきガスクロマトグラフで分析し、各々乳剤の有効成分の残存率を求めて土壌中での安定性を評価した。

(3) モルタル中の安定性試験

市販モルタル(カテイ化学工業社製水硬性セメントモルタル, 水抽出液のpH; 13.5)20gを広口サンプル瓶に入れ、供試化合物原体のアセトン溶液及び水6ml, または供試乳剤の水希釈液6mlを加えて混合した。一日風乾後固化途中の試料をスパテルで砕き50℃で保存した。経日的に供試モルタルを乳鉢で粉碎し、アセトン60mlで200ml共栓付三角フラスコに洗い込み10分間振とうした。抽出液をろ紙(東洋ろ紙, No.5C)を用いてろ過し、ろ液につきガスクロマトグラフにより分析した。

結果及び考察

1. 基礎効力試験

Table 1に微量滴下法による試験結果を示す。Hoe-498のイエシロアリに対する殺蟻活性はエトフェンプロックスとほぼ同等で、フェンバレートに比べ約1/6のLD₅₀値を示したが、Hoe-498のLD₅₀値は、ベルメトリンやクロルピリホスに比べるとやや高かった。

Table 2は、各化合物油剤の0.1%, 0.2%, 0.4%及び1.0%における総合試験(JWPA-S第11号(1))の結果をまとめたものである。Hoe-498処理木片の重量減少率はTable 1 Termiticidal activity of Hoe-498 by topical application method

Compound	LD ₅₀ (μ g/termite)
Hoe-498	0.045
Permethrin	0.027
Fenvalerate	0.27
Ethofenprox	0.035
Chlorpyrifos	0.0125~0.025

Table 2 Anti-termite efficacy of Hoe-498 according to JWSA wood block test

Compound	Concentration (W/V%)	Mean weight loss of wood blocks (%)		Mean mortality of workers* (%)	
		Non-weathered	weathered**	Non-weathered	weathered**
Hoe-498	0.1	2.5	0.9	49.9	84.4
	0.2	0.3	0	72.9	91.7
	0.4	0	0	100	100
	1.0	0	0	100	100
Permethrin	0.1	3.8	3.5	39.8	48.9
	0.2	1.3	3.6	84.4	48.0
	0.4	0.6	0.9	100	84.9
	1.0	0.1	0.1	100	100
Fenvalerate	0.1	3.3	4.7	26.5	21.2
	0.2	1.3	1.6	28.7	22.1
	0.4	0.7	1.4	34.4	20.5
	1.0	0.1	0.9	39.1	73.3
Ethofenprox	0.1	6.7	7.3	14.8	10.5
	0.2	4.6	4.4	15.2	13.5
	0.4	1.0	1.6	43.9	40.3
	1.0	0.2	0.9	87.6	53.9
Untreated		21.1	22.6	8.5	2.9

- * 150 termite workers were used together with 15 soldiers in each test.
- ** Weathering treatment ; Wood blocks were immersed in non-running water for 30sec. before leaving them at 25°C for 4 hours (wet cycle) and were kept at 40°C for 20hours (dry cycle) and thereafter the cycle was repeated 9 times.

耐候操作の有無にかかわらず小さく、濃度0.1%で性能基準(3%以下)に合格したのに対し、ペルメトリンやエトフェンプロックスは0.4%以上、フェンバレレートが0.2%以上を必要とし、Hoe-498が最も高い防蟻効力を示した。また、Hoe-498処理木片での3週間後の死虫率はペルメトリンより高く、微量滴下法の試験結果と異なる傾向を示した。

Kernら(1990)は、ピレスロイド化合物の殺虫作用が主として接触毒であるのに対し、Hoe-498は接触毒としてだけでなく強い食毒剤としても作用することを報告している。総合試験におけるHoe-498の高い殺蟻活性もこの食毒作用が反映しているものと考えられる。

2. 製剤の効力試験

(1) 木材表面処理用油剤

吉村ら(1988)のフルバリネット油剤の検討結果を参考にして、製剤の成分配合を考えた。

Table 3 Anti-termite efficacy of Hoe-498 oil formulation according to JWSA wood block test

Concentration of Hoe -498 (W/V%)	Mean weight loss of wood blocks(%)		Mean mortality of workers*(%)	
	Non-weathered	weathered**	Non-weathered	weathered**
0.1	0	0.4	89.5	76.8
0.15	0	0	81.5	81.5
0.2	0	0	93.3	81.9
Untreated	21.8	—	3.7	—

- * 150 termite workers were used together with 15 soldiers in each test.
- ** Weathering treatment ; Wood blocks were immersed in non-running water for 30 sec. before leaving them at 25°C for 4 hours (wet cycle) and were kept at 40°C for 20 hours (dry cycle), and thereafter the cycle was repeated 9 times.

Table 3は防蟻効力試験結果を示す。0.1~0.2%濃度での木片の重量減少率はほとんど0で死虫率も高く、Table 2のHoe-498単体と比較すると、Hoe-498の防蟻効力は共力剤ならびに防腐剤を配合することによって更に向上することが明らかとなった。

Table 4にその他の性能試験の結果をまとめて示す。どの性能試験においてもJWSAの性能基準を十分に満足し、木材表面処理用防腐・防蟻剤として実用にたえる効力を示した。なお、防腐試験については、JWSA-S第1号の試験方法の改正にともない、新たに試験を実施中である。

また、鹿児島県吹上浜で実施の野外防蟻効力試験の結果は、2年経過後、無処理木片の食害が甚大であったのに対し、Hoe-498油剤0.1%、0.15%、及び0.20%処理木片は全く食害を受けていなかった。

(2) 土壌処理用乳剤

吉村ら(1988)のフルバリネット乳剤の検討結果、土壌処理用乳剤に共力剤のS-421を配合することが極めて有効であることが明らかとなったので、本製剤の成分配合もこれに準じた。Table 5の土壌貫通試験に示すように、Hoe-498乳剤ならびにフルバリネット乳剤は、0.1%、0.25%及び0.5%において、いずれも貫通距離が10mm未満で、JWSAの基準に合格した。また、宮崎県で実施した野外試験の結果、Hoe-498乳剤0.1~0.5%処理区のいずれの試験体についても2年後全く食害が認められなかった。

Table 4 Wood preserving performances of Hoe-498 oil formulation at indoor tests

Kind of test			Value obtained	
Anti-fungal efficacy test (JWPA-S NO. 1)	Value of efficacy (%)	TYP*	Weathered**	Non-weathered
		COV*	94	94(25.5)***
		SEL*	96	99(30.7)***
			97	97(31.6)***
Anti-termitic efficacy test (JWPA-S NO. 11(1))	Mean weight loss of wood block (%)	Weathered**	Non-weathered	
		0	0(21.8)***	
Iron corrosiveness test (JWPA-S NO. 5)	Ratio of corrosiveness	1.30		
Hygroscopicity test (JWPA-S NO. 6)	Ratio of hygroscopicity	0.98		

* TYP; *Tyromyces palustris* (Berkeley & Curtis) MURRILL FPRI 0507

COV; *Coriolus versicolor* (Linnaeus ex Fries) QUÉLET FPRI 1030

SEL; *Serpula lacrymans* (Wulfen ex Fries) SCHROETER FPRI 0739

** Weathering treatment; Wood blocks were immersed in non-running water for 30 sec. before leaving them at 25°C for 4 hours (wet cycle) and were kept at 40°C for 20 hours (dry cycle), and thereafter the cycle was repeated 9 times.

***; Value of mean weight loss of untreated wood blocks.

Table 5 Anti-termitic efficacy of Hoe-498 E.C.* formulation according to JWPA soil penetration test

Compound	Concentration (w/w%)	Mean penetration in the test tube (mm)	
		Non-weathered	Weathered**
Hoe-498	0.1	2.5	0
	0.25	0	3.5
	0.5	0	0
Fluvalinate	0.1	6.3	9.3
	0.25	3.7	4.0
	0.5	0	1.0
Untreated		50	50

* E.C.: Emulsifiable Concentrate

** Weathering treatment; The treated soil was kept at 40°C for 4 weeks.

3. 安定性試験

各化合物原体をフィルム状にして太陽光(1月~3月)に約100時間曝露した時の残存率は、Fig. 2に示すように、Hoe-498とクロルピリホスが約95%、エトフェンプロックスが約35%、ベルメトリンが約20%で、Hoe-498の光安定性が極めて高いことが明らかとなった。

Fig. 3は土壤中での安定性試験の結果を示す。乳剤の処理濃度は実用濃度を想定してHoe-498は0.1%ならびに0.25%、クロルピリホスは1.0%としたが、1年経過後クロルピリホスはpH9.5の土壤で回収率が70%、pH5.0及び6.5の土壤で80%であったのに対し、Hoe-498はクロルピリホスの1/10の濃度でも、土壤のpH(5.0~9.5)

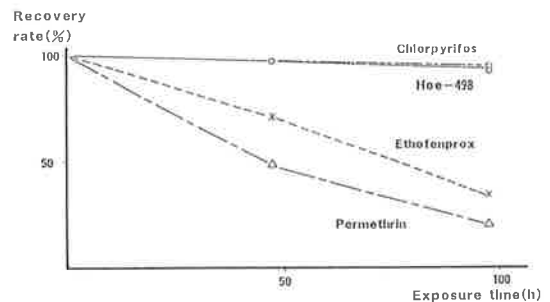


Fig. 2 Photostability of Hoe-498. Note; 10mg of the compound per Petri dish (9cm²) was exposed to sunlight(Jan.~Mar.).

にかかわらず85%以上の回収率を示した。

モルタル中での安定性試験の結果(Fig. 4), 5日後クロルピリホスの回収率が約5%, ベルメトリンが約40%であったのに対し、Hoe-498は原体、乳剤ともほぼ100%の回収率を示し、更に3ヶ月後においても85%以上の回収率で、他剤に比べて顕著な差が認められた。

このようにHoe-498のアルカリ領域での高い安定性は、ピレスロイドや有機リン剤に比べ極めて特徴的であり、コンクリート、モルタル建材や、合板の接着剤への混入処理用途など新しい分野への適用が可能と考えられる。

4. 結論

Table 6は、Hoe-498を有効成分とするシロアリ防除剤の特徴をまとめたものである。Hoe-498は防蟻効力、安全性、光、土壤、温度等に対する化学的安定性に優れる

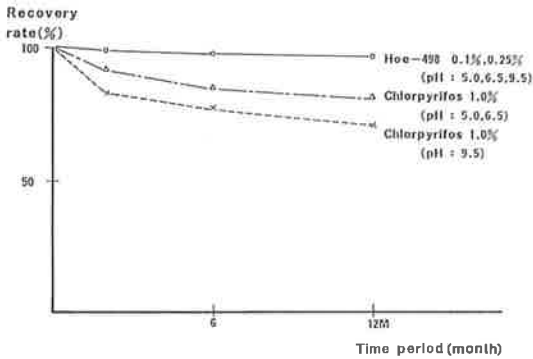


Fig. 3 Stability of Hoe-498 in the soil. Note; A dilution (10g) of emulsifiable concentrate was mixed with the soil (40g) of the different pH values of 5.0, 6.5, and 9.5, and was conditioned at 25°C for 12 months.

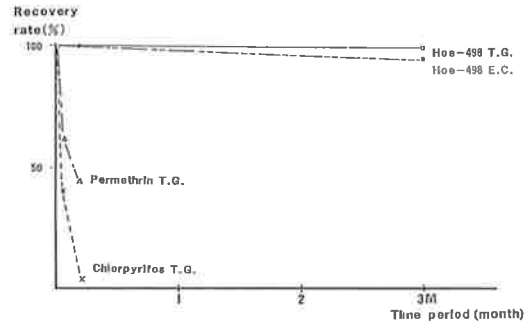


Fig. 4 Stability of Hoe-498 in mortar materials. Note; 10mg of T. G. (Technical Grade) plus 6ml of water, or 6ml of an E. C. (Emulsifiable Concentrate) dilution were mixed with 20g of mortar material.

Table 6 Characteristics of Hoe-498 termiticides

Compound	Oil and emulsion type formulations					Alkaline building materials	
	Anti-termitic efficacy	Safety to operators	Stability			Fish toxicity (Carp; TLM ₄₈ , LC ₅₀)	Stability
			Sunlight	Soil	Temperature		
Hoe-498	○	○	○	○	○	○ (>100 ppm)	○
Permethrin (Pyrethroid)	○	○	△	△	○	× (<0.5 ppm)	×
Chlorpyrifos (Organophosphorus comp.)	○	×	○	△	△~○	× (<0.5 ppm)	×

○;Excellent △; Moderate ×; Not good

ほか、魚毒性が非常に低いため河川等の水系付近での使用も可能であることが明らかとなった。

また、Hoe-498はアルカリ性の建材に使用可能な化合物で、従来の適用範囲を超えた新しいシロアリ防除システムを提供するものとして期待される。

引用文献

勝田純郎・広部肇・南手良裕 (1986) 日本公開特許公報: 昭61-87687.

KERN, M., W. BOSSALLER, H. GRÖTSCH, H. -M,

KELLNER, W. KNAUF, and U. SCHACHT (1990)

Insecticidal mode of action of the Silaneophane

Hoe 084498. 日本農薬学会第15回大会講演要旨: p49.

南手良裕・神崎務・勝田純郎 (1989) Hoe-498の白アリならびに繊維害虫防除分野への適用. 日本農薬学会第14回大会講演要旨: p58.

吉村剛・南手良裕・勝田純郎・西本孝一 (1988) フルバリネットの木材保存分野への応用. 木材保存14(6): 13-22.

Allomonal Secretions in Six Species of the Genera *Periplaneta* and *Blatta* (Dictyoptera: Blattidae)

Hisashi TAKEGAWA¹⁾ and Shozo TAKAHASHI²⁾

Pesticide Research Institute, Faculty of Agriculture,
Kyoto University, Kyoto 606, Japan

(Received: June 28, 1990)

ペリプラネタ属およびブラタ属6種ゴキブリの防御分泌物 武川 恒・高橋正三 (京都大学農学部農薬研究施設)

ペリプラネタ属およびブラタ属ゴキブリの腹部第6節と第7節間に開口する腹板腺から分泌される防御分泌物を分析した。ワモンゴキブリの防御分泌物からはアセトイン、*p*-クレゾール、*p*-エチルフェノール、*p*-ビニルフェノール、インドールが検出され、トビイロゴキブリの分泌物中にも*p*-ビニルフェノールおよびインドールが同定された。一方、コワモンゴキブリ、クロゴキブリ、トウヨウゴキブリの3種からは主成分として2-ウンデセン-1-オールが確認された。

From a pair of ventral glands located between the 6th and 7th abdominal sternites, *Periplaneta americana* discharges an allomonal secretion which contains acetoin, *p*-cresol, *p*-ethylphenol, *p*-vinylphenol and indole. Confirmation of 2-undecen-1-ol in secretions of *P. australasiae*, *P. fuliginosa* and *Blatta orientalis* is described.

Key Words: Allomone, *Periplaneta*, *Blatta*, Cockroach secretion, Ventral gland

Introduction

Most cockroach species belonging to the Blattidae have a pair of exocrine glands between the 6th and 7th ventral sternites. Chemical composition of the secretion was studied in Polyzosterinae (WATERHOUSE and WALLBANK, 1967; WALLBANK and WATERHOUSE, 1970) and Blaberinae (ROTH *et al.*, 1956; ROTH and STAY, 1958; DATEO and ROTH, 1967; BROSSUT *et al.*, 1975). Three phenols and acetoin were identified in the extracts of the American cockroach ventral secretion (TAKAHASHI and KITAMURA,

1972; FUKUSIMA *et al.*, 1987). FUKUSHIMA *et al.* (1987) claimed that the characteristic odor of the secretion was due to acetoin. BROSSUT (1983) analyzed the chemical composition of the tergal and sternal gland secretions and a allomonal functions of the secretions in ten species of cockroaches belonging to Blaberinae, Polyzosterinae and Blattinae against natural enemies.

In this work we reanalyzed the ventral secretion of *Periplaneta americana* L. and compared its composition with those from four more *Periplaneta* species and with *Blatta*

1) Present address: Research Laboratory, Dainihon Jochugiku Co. Ltd., Toyonaka, Osaka 561, Japan

2) To whom correspondence should be addressed.

orientalis L. from a chemotaxonomical aspect.

Materials and Methods

Insects

Colonies of *Periplaneta americana* L., *P. japonica* KARNY, *P. australasiae* FABRICIUS, *P. brunnea* BURMEISTER, *P. fuliginosa* SERVILLE and *Blatta orientalis* L. were fed on mouse food MF (Oriental Yeast Co.) and water, and maintained in a light cycle of 12L-12D at 25°C.

Collection of Secretion

The secretion was collected directly from the gland opening with a capillary tube and dissolved in acetone. Supernatant used for analyses was obtained after centrifugation (3,000 rpm for 15min at 15°C).

Gas Liquid Chromatography (GLC)

GLC was carried out with a Shimadzu GC-14A using Gasukuro Kogyo Carbowax 20M (25m × 0.25mm I.D.) at 50°C for 1 min, followed by a 10°C/min programmed temperature gradient from 50°C to 220°C with He carrier at 1 psi.

Gas Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (GLC/MS)

GLC/MS spectra were measured on a Hitachi M-80 GLC/mass spectrometer at 70 eV with a Shimadzu CBP20 (25m × 0.25mm I.D.) column at 80°C for 1min followed by a 20°C/min programmed temperature gradient from 80°C to 220°C with He carrier at 1 psi.

Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

¹H-NMR of the major component obtained from the secretion of *P. australasiae*, *P. fuliginosa* and *Blatta orientalis* was measured with a JEOL FX 90Q spectrometer using CDCl₃ as a solvent.

Results and Discussion

Preliminary analyses of the secretion from males and females of the six species showed a similarity in peak composition. Average amount per head of the secretion was about 1 to 2μl in males and 5 to 10μl in the females. GLC analyses

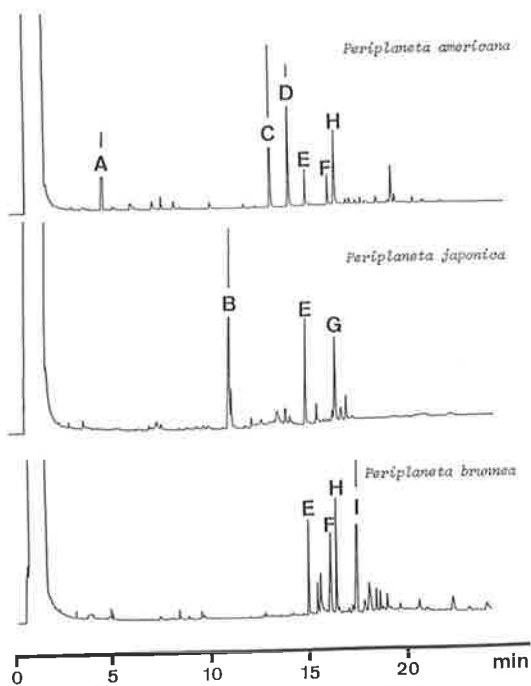


Fig. 1 Gas liquid chromatogram of the acetone extract from *P. americana*, *P. japonica* and *P. brunnea*. Capillary column: Gaskuro Kogyo Carbowax 20M (25m × 0.25 I.D.) at 50°C for 1 min, 50-220° at 10°C/min.

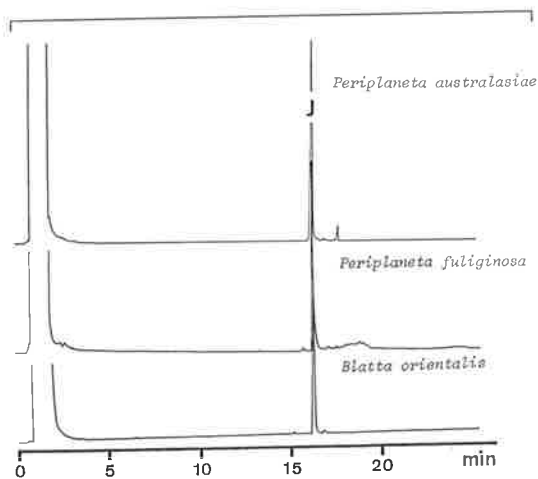


Fig. 2 Gas liquid chromatogram of the acetone extract from *P. australasiae*, *P. fuliginosa* and *B. orientalis*. Analytical conditions same as in Fig. 1.

of the secretions from six species of *Periplaneta* and *Blatta* are shown in Figures 1 and 2. Most peaks in *P. americana* secretion were identified

earlier as acetoin (A), *p*-cresol (C), *p*-ethylphenol (D) and *p*-vinylphenol (F) (TAKAHASHI and KITAMURA, 1972; FUKUSHIMA *et al.*, 1987), and these were confirmed by GLC and GLC/MS measurement (Fig. 3). Mass spectrum of peak H gave a molecular ion at *m/e* 117 and was identical to that of indole. The GLC retention times of peak H and indole were completely congruent.

Indole in insect secretions was found in *Pycnopsycha scabripennis* MACLACHLAN (Trichoptera: Limnephilidae) (DUFFIELD *et al.*, 1977) and

Lygus lineolaris (BEAUVOIS) (Hemiptera: Miridae) (GUELDNER and PARROTT, 1978), but not in Blattaria. The presence of indole was also confirmed in the secretion of *P. brunnea*. Peak E showing M^+ 144 appeared in *P. americana*, *P. japonica* and *P. brunnea* but the structure was not identified. A characteristic peak found only in *P. japonica* secretion was peak B whose structure was also unidentified. Although not all peaks were identified, secretions from the three species, *P. americana*, *P. japonica* and *P. brunnea*, showed a similarity in composition.

Contrary to the results obtained from the secretion of the above three species, a single peak on GLC was detected from the extracts of *P. australasiae*, *P. fuliginosa* and *Blatta orientalis*. GLC/MS of peak J gave M^+ 170, and it was found to be an alcohol as it showed *m/e* 152 (M^+ -18) (Fig. 4). $^1\text{H-NMR}$ analysis showed the following signals: δ 0.88ppm (3H, triplet), 1.26ppm (12H, broad singlet), 2.02ppm (2H, multiplet), 3.05ppm (1H, broad), 4.32ppm (2H, broad), 5.56ppm (2H, multiplet $J=18\text{Hz}$). A signal at 4.32ppm indicates the presence of a methylene group between a double bond and a hydroxyl group; consequently, the alcohol was postulated to be 2-undecen-1-ol ($\text{C}_{11}\text{H}_{22}\text{O}$). Due to a small coupling constant of 18Hz, geometry of the double bond was thought to be *cis*. From the data peak J was identified as *cis*-2-undecen-1-ol. Decen-1-ol has been identified in the cephalic secretion of the solitary wasp,

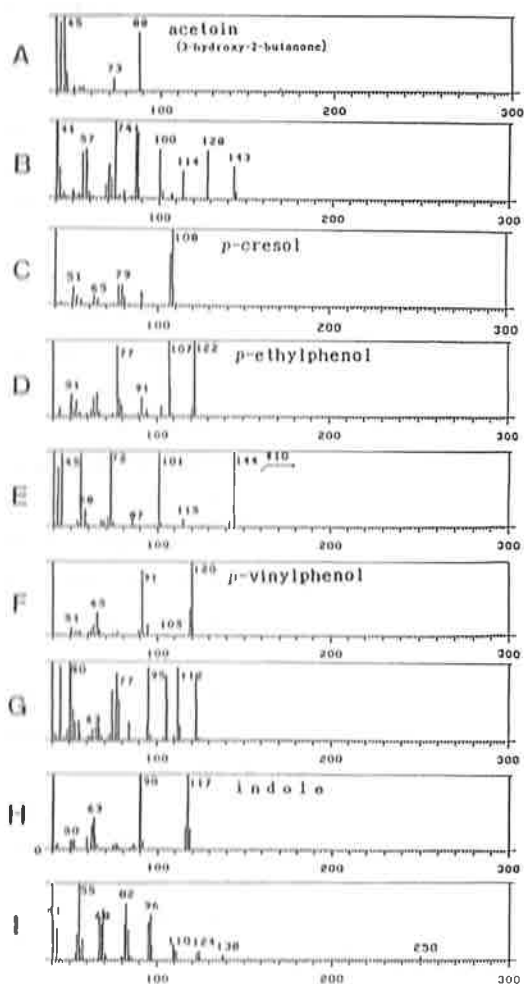


Fig. 3 GLC/Mass spectra of compounds from *P. americana*, *P. japonica* and *P. brunnea* secretions. Hitachi M 80 GLC/MS at 70eV with a Shimadzu CBP20 (25m \times 0.25mm I.D.) column.

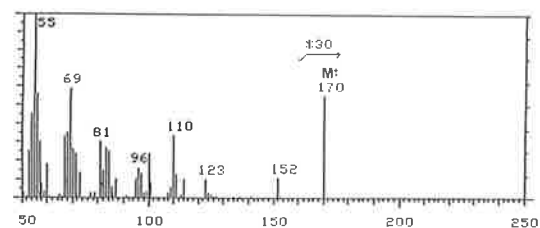


Fig. 4 GLC/MS spectra of compound J from *P. australasiae*, *P. fuliginosa* and *B. orientalis* secretions. Conditions of measurement same as in Fig. 3

Sceliphron caementarius (DRURY) (Hymenoptera: Sphelcidae) but undecenol has not previously been known to be present in insect defensive secretion (HEFETZ and BATRA, 1979). The ventral secretions from the three species having *cis*-2-undecen-1-ol as the major volatile compound are different in odor. There must be a minor volatile compound(s) or an aqueous layer which is concerned with this species specific odor.

In our present analyses no phenols were identified in the ventral secretions of *P. fuliginosa*, *P. brunnea* or *B. orientalis*. *p*-Vinylphenol together with indole and a compound of m/e 144 (M^+) was found in *P. americana* and *P. brunnea* secretion. Acetone extraction followed by centrifugation is a good means of analysis of volatile compounds in insect defensive secretions. From the analytical results we divide six species of *Periplaneta* and *Blatta* into two groups based on their secretion composition. Our chemotaxonomical studies on cuticular wax hydrocarbons of the several species of the Blattaria revealed that *P. americana*, *P. japonica* and *P. brunnea* contain major hydrocarbon constituents from C_{25} to C_{29} , whereas *P. australasiae* and *P. fuliginosa* contain C_{23} to C_{25} (TAKEGAWA and TAKAHASHI, 1990). Periplanone-B, a major compound of *P. americana* sex pheromone, stimulates not only conspecific males but also males of *P. japonica* and *P. brunnea* (TAKAHASHI *et al.*, 1988). From these observations we believe that *P. americana*, *P. japonica* and *P. brunnea* form a group and the other three species, *P. australasiae*, *P. fuliginosa* and *B. orientalis* form another group closely related in species evolution of the Blattinae. Further chemotaxonomical investigation of pheromones, allomones and constituents of other products by the Blattinae is needed to verify this.

Acknowledgements

We express our gratitude to Dr. Ryohei YAMAOKA, Kyoto Institute of Technology, for GLC/MS measurement and for his helpful discussion on the identification of compounds.

References

- BROSSUT, R. (1983) Allomonal secretions in cockroaches. *J. Chem. Ecol.* **9**: 143-158.
- BROSSUT, R., P. DUBOIS, J. RIGAUD and L. SRENG (1975) Etude biochimique de la secretion des glandes chez les blattes. *J. Insect Biochem.* **5**: 719-732.
- DATEO, G. P. and L. M. ROTH (1967) Occurrence of gluconic acid and 2-hexenal in the defensive secretions of three species of *Eurycotis* (Blattaria: Blattidae) *Ann. Entomol. Soc. Am.* **60**: 1025-1030.
- DUFFIELD, R. M., M. S. BLUM, J. B. WALLACE, H. A. LLOYD and F. E. REGNIER (1977) Chemistry of the defensive secretion of the caddisfly *Pycnopsyche scabripennis* (Trichoptera: Limnephilidae). *J. Chem. Ecol.* **3**: 649-656.
- FUKUSHIMA, J., T. SUZUKI and Y. KUWAHARA (1987) Occurrence of acetoin and *p*-vinylphenol in the ventral glands of the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.) (Orthoptera; Blattidae). *Agric. Biol. Chem.* **51**: 2005-2006.
- GUELDNER, R. C. and W. L. PARROTT (1978) Volatile constituents of the tarnished plant bug. *Insect Biochem.* **8**: 389-391.
- HEFETZ, A. and S. W. T. BATRA (1979) Geranyl acetate and 2-decen-1-ol in the cephalic secretion of the solitary wasp *Sceliphron caementarius* (Sphelcidae: Hymenoptera). *Experientia* **35**: 1138-1139.
- ROTH, L. M., W. D. NIEGISCHE and W. H. STAHL (1956) Occurrence of 2-hexenal in the cockroach *Eurycotis floridana*. *Science* **123**: 670-671.

- ROTH, L. M. and B. STAY (1958) The occurrence of paraquinones in some arthropods, with emphasis on the quinone-secreting tracheal glands of *Diploptera punctata* (Blattaria). *J. Insect Physiol.* **1**: 305-308.
- TAKAHASHI, S. and C. KITAMURA (1972) Occurrence of phenols in the ventral glands of the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.) (Orthoptera: Blattidae). *Appl. Ent. Zool.* **7**: 199-206.
- TAKAHASHI, S., H. TAKEGAWA, J. TAKABAYASHI, M. ABDULLAH, A.S. FATIMAH and M. MOHAMMAD (1988) Sex pheromone activity of synthetic periplanone-B in male cockroaches of the genera *Periplaneta* and *Blatta*. *J. Pesticide Sci.* **13**: 125-127.
- TAKEGAWA, H. and S. TAKAHASHI (1990) Chemotaxonomical studies of cuticular wax composition of the Blattaria. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **2**: 31-38.
- WALLBANK, B.E. and D.F. WATERHOUSE (1970) The defensive secretions of *Polyzosteria* and related cockroaches. *J. Insect Physiol.* **16**: 2081-2096.
- WATERHOUSE, D.F. and B.E. WALLBANK (1967) 2-Methylenebutanal and related compounds in the defensive scent of *Platyzosteria* cockroaches (Blattidae: Polyzosterinae). *J. Insect Physiol.* **13**: 1657-1669.

ノシメダグラメイガ *Plodia interpunctella* (HÜBNER) 幼虫の分散と包材への穿孔

篠田 一孝¹⁾・田中 新二²⁾・吉田 敏治^{2)*}・中筋 房夫²⁾

1) 東洋産業(株)虫害研究室

2) 岡山大学農学部応用昆虫学教室

(受理: 1990年8月29日)

Penetration of Polyethylene Film for Packaging by Larvae of Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella* (HÜBNER) (Lepidoptera: Piralidae) and Their Dispersal. Kazutaka SHINODA (Laboratory of Pest Control, Toyo Sangyo Co. Ltd., Okayama 700, Japan), Shinji TANAKA, Toshiharu YOSHIDA** and Fusao NAKASUJI (Laboratory of Applied Entomology, Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama 700, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 2: 128-132 (1990)

Penetration of polyethylene film for packaging by larvae of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (HÜBNER) and the dispersal of the larvae were analyzed. Both 4th and 5th instar larvae penetrated film 0.03 mm thick, but the percentage of 5th instar larvae that penetrated the film was significantly higher than that of the 4th instar larvae. Fifth instar larvae that needed to feed before pupation penetrated the film, but fully grown individuals did not. Larvae penetrated the film when all available food was inside the package. They never penetrated empty packages. When larvae of the 3rd, 4th, and 5th instars were put into a plastic case together with a package containing food, 5th instar larvae penetrated first into the package and thereafter the other larvae passed through the hole. Most left by the same hole and pupated outside of the package. The percentage of larvae dispersing from their stock culture increased as the initial egg density increased. Fifth instar larvae that needed to feed dispersed most actively and density-dependently. Thus, 5th instar larvae with the highest dispersal activity penetrated packages to feed and younger larvae followed them.

Key Words: *Plodia interpunctella*, Penetration, Polyethylene film, Dispersal

ノシメダグラメイガ幼虫が包材へ穿孔する要因と分散との関連について調べた。実験は香気の透過性が高く、穿孔されやすい0.03mm厚のポリエチレンフィルムを用いて作った袋内に米ヌカを封入し、この袋を発育ステージの異なる本種幼虫に穿孔させて行なった。あわせて、初期卵密度を変えて設定したストックカルチャーから分散した幼虫の令を調べ、分散と穿孔

* 現在 岡山理科大学

** Present address: Okayama Science College, Okayama 700, Japan

能力との関係を考察した。4令及び5令幼虫ともに穿孔したが、3令幼虫は穿孔しなかった。5令幼虫の穿孔率は4令幼虫のそれより明らかに高かった。5令幼虫のうち包材に穿孔したのは体重の軽い5令前期の個体で、十分发育した5令後期の個体は穿孔することなしに蛹化した。3令、4令及び5令幼虫からなる個体群では5令幼虫が穿孔した1個の孔から他個体が袋内に侵入した。しかし、これらの個体のほとんどは一定期間摂食したのち、同じ孔を通して袋外に脱出し、袋外で蛹化した。ストックカルチャーから分散した個体は摂食しなければ蛹化できない5令前期以下の幼虫がほとんどで、密度依存的な分散傾向を示した。とくに、5令前期の幼虫の分散が最も活発であった。分散した5令後期の幼虫は摂食することなしに蛹化した。以上のことから、5令前期幼虫が穿孔するのは摂食するためで、穿孔能力を持たないか低い4令以下の幼虫は5令幼虫が穿孔した孔を利用して袋に侵入することが明らかとなった。さらに、穿孔能力の最も高い5令前期幼虫の分散が最も活発であることから5令前期幼虫の分散には適応的意義があることが明らかとなった。

結 言

ノシメマダラメイガ *Plodia interpunctella* (Hübner) をはじめとする数種の貯蔵害虫が包材に穿孔する事実は古くから注目されてきた (ESSING *et al.*, 1943; CHENARD and LINDGREN, 1954)。その後、包材の種類と穿孔との関係について三井・中北 (1969) や CHEN (1978) が詳細な研究を行なっている。さらに、吉田・花井 (1979) はノシメマダラメイガの穿孔行動について報告した。しかし、本種幼虫の各令ごとの穿孔能力、穿孔行動を引き起こす要因に関する詳細な研究はない。さらに、穿孔行動に先立っておこる分散と穿孔との関係も解明されていない。

そこで、本研究では第一に本種の令別穿孔能力を明らかにし、第二に穿孔行動を引き起こす要因の1つと考えられる餌の存在が穿孔行動に及ぼす影響を調べた。第三に穿孔能力を持つ個体とそうでない個体が同時に存在する場合、これらの個体間で袋内部への侵入行動に差が見られるかを調べた。さらに、第四に穿孔能力を持つ個体とそうでない個体との間で、分散行動に差があると考え、幼虫の令と分散との関係を調べた。

材料および方法

実験に用いたノシメマダラメイガは次のようにして飼育した。羽化後48時間以内の成虫6対を米ヌカ50gとともにプラスチック容器 (29×19×7 cm) に導入し、24時間産卵させた後、成虫を取り除いた。その後、一定日令を経過した幼虫を実験に用いた。ただし、採卵を行なう場合は米ヌカに代えて市販薄力粉を用い、前述と同様に

して産卵させたのち、90メッシュのふるいで採卵した。本種の飼育及び実験はすべて恒温室 (30±1℃, 64±3% RH)、全暗条件下で行なった。

実験1：令別穿孔能力

産卵後16、20及び24日を経過した3令、4令及び5令幼虫各1頭を米ヌカ5gを封入した袋 (0.03mm厚のポリエチレンフィルムを用いて作成した6×6cmの袋：以下単に袋と称す) とともにプラスチック容器 (直径10cm, 高さ4cm) に導入した。その後、24時間ごとに穿孔の有無を調べた。穿孔が確認された場合、直ちに袋から幼虫を取り出しその頭幅を測定した。あわせて、その幼虫が穿孔した袋上の位置も記録した。なお、実験に用いた全ての幼虫について、実験開始直前にその体重を測定した。

実験2：穿孔行動に及ぼす餌の影響

まず、米ヌカ5gを封入した前述と同様の袋及びこれと形状が同じになるように空気を封入した袋を作成した。次にこれらの袋を導入する容器としてプラスチック容器 (直径10cm, 高さ4cm) に米ヌカ5gを配置したものとそうでないものを準備した。これらを組合せて (a) 袋の内外に餌がある場合、(b) 袋内部にしか餌がない場合、(c) 袋の外にしか餌がない場合及び (d) 袋の内外に餌がない場合の4つの実験区を設定した。次に、実験1で袋に穿孔した5令の幼虫2頭づつを各実験区にそれぞれ導入し、24時間ごとに穿孔の有無を調べた。あわせて、袋上の幼虫個体数も記録した。実験は幼虫が穿孔、蛹化又は死亡するまで続けた。さらに、穿孔能力を持たない幼虫であっても穿孔行動を行なうか否かを明らかにするため、実験1で穿孔能力を持たなかった3令の幼虫を用いて同様の実験を行なった。

実験3：穿孔能力が異なる個体が同時に存在する場合にみられる侵入行動の個体間比較

15から24日令の幼虫各2頭の合計20頭からなる集団を米ヌカ100gを封入した袋とともにプラスチック容器(29×19×7cm)に導入したのち、24時間ごとに袋外の幼虫個体数及び穿孔数を記録した。本実験の繰り返しは3回であった。

実験4：初期密度が幼虫の分散に与える影響

産卵後24時間以内の卵1, 2, 4, 8, 16, 32及び64個をそれぞれ米ヌカ1gを入れたシャーレ(直径9cm, 高さ2cm)に導入し、このシャーレをプラスチック容器(直径11cm, 高さ5cm)に配置した。その後、シャーレから離脱した幼虫を分散個体とみなし、その個体数を24時間ごとに記録した。あわせて、分散個体の頭幅を測定し、分散時点における幼虫の令を調べた。

結 果

各令ごとの穿孔率をTable 1に示す。4令及び5令幼虫ともに袋に穿孔した。しかし、5令幼虫の穿孔率は4令幼虫のそれに比べると明らかに高かった。3令幼虫は全く穿孔しなかった。最も穿孔率の高い5令幼虫でも袋に穿孔したのは実験に用いた50個体のうちの37.5%にすぎず、その他の62.5%の個体は穿孔することなしに袋外で蛹化した。

そこで、5令幼虫について穿孔した個体と穿孔しなかった個体の体重をもとに、体の大きさと穿孔能力との関係を調べた。その結果、袋に穿孔した個体の体重は穿孔しなかった個体のそれに比べ有意に軽かった(Table 2)。この事実は体重の重い個体は摂食することなしに蛹化できる5令後期の幼虫であるのにたいして、体重の軽い個体は蛹化のために摂食を必要とする5令前期の幼虫であることを示唆している。このことから、体重の軽い5令前期の個体は袋内の餌の存在を察知して穿孔するものと考えられる。

そこで、袋内外の餌の存在と穿孔の有無について、4令後期から5令前期の幼虫につき調べた結果をTable 3に示す。これらの幼虫が穿孔したのは袋内のみ餌がある場合だけであった。袋外に餌がある場合、袋内の餌の有無に関わらず幼虫は穿孔しなかった。袋の内外に餌がない場合も幼虫は穿孔しなかった。

穿孔能力を持たない3令幼虫が穿孔行動を行なうか否かを調べた結果をTable 4に示す。袋上で幼虫を発見し

た頻度は袋内に餌がない場合に比べ、袋内に餌がある場合の方が有意に高かった。このことから穿孔能力をもたない3令幼虫であっても、餌を封入した袋に積極的に集まるという穿孔の初期行動をとると解釈できよう。

穿孔能力を持つ個体とそれを持たない個体が同時に存在する場合、幼虫はどのような侵入行動を行なうかを明らかにした結果をFig. 1に示す。放飼後24時間以内に

Table 1 Age specific ability of larvae to penetrate packaging polyethylene film

Instar	No. of larvae used	Percentage of larvae penetrating
3rd	50	0.0
4th	50	5.6
5th	50	37.5

Table 2 Mean weight of 5th instar larvae in relation to their penetrating ability

Larvae	n ^{a)}	Mean weight ± SE(mg)
Penetrating	27	8.34 ± 0.55
Not penetrating	23	10.70 ± 0.78 ^{b)}

a) n indicates the number of larvae used.

b) Significant difference is shown with Duncan's multiple range test at 0.05.

Table 3 Effect of food in and outside the package on penetrating behavior of 5th instar larvae

		In Package	
		No food	Food
Out	No food	—	+
Package	Food	—	—

+ and — shows that 5th instar larvae could and could not penetrate, respectively.

Table 4 Effects of the presence of food in the package on frequency of 3rd instar larvae being found on the package

Package contents	Total observations ^{a)}	Frequency ^{b)}
Food	45	11
No food	40	4 ^{c)}

a) Test was repeated 15 times. Observations were done once a day over a three-day period. When the two larvae used in each test died, observations stopped.

b) Total times at least one larva was observed on the package.

c) Significant by χ^2 test at 0.05

6令幼虫の1頭が袋の折りに1カ所穿孔し、袋内に侵入した。以後、この孔を通して他の個体が袋内部に侵入した。袋内部の幼虫個体数は放飼後4日目まで急激に増加した。その後、袋内に侵入した幼虫がこの孔から再び脱出したため、袋内の幼虫個体数はしだいに減少した。袋から脱出した個体は袋外で蛹化した。袋内部に侵入しそこで蛹化した個体は実験に用いた60個体のうちの6.6%にすぎなかった。

包装材料への穿孔は本種の生息場所からの分散の後に起こると考えられる。これまで示した本研究結果から、穿孔能力を持つ5令幼虫が最初に分散し、その後他の若令幼虫が分散すれば穿孔能力を持たない個体も袋内に侵入できると考えられる。この点を明らかにするために初

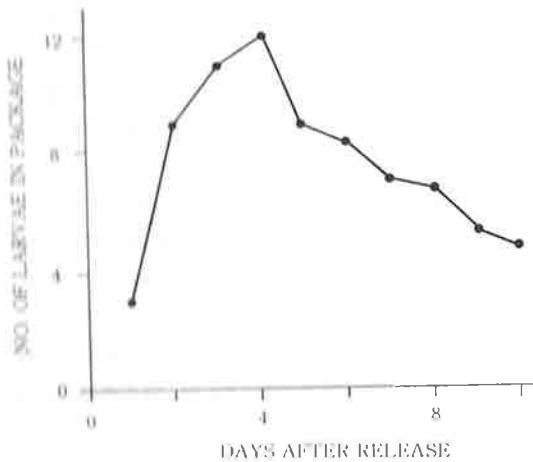


Fig. 1 Changes in the number of larvae creeping into the package made of polyethylene film (0.05mm thick)

Table 3 Percentage of larvae dispersing from their stock cultures with different initial densities

Initial density	n ^{a)}	Percentage of larvae dispersed					
		Larval instar					Total
		1st	2nd	3rd	4th	5th ^{b)}	
1	24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0
2	24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0(0.0)	0.0
4	16	0.0	0.0	1.6	1.6	0.0(0.0)	3.2
8	12	0.0	0.0	1.0	2.1	14.6(4.2)	17.7
16	12	0.5	0.5	3.1	4.1	22.0(4.1)	30.2
32	6	0.0	0.5	2.5	4.7	22.9(7.3)	30.1
64	7	0.2	2.2	2.5	5.1	17.6(3.3)	27.3

a) n shows replication.

b) Values shown in () present percentage of fully grown 5th instar larvae dispersing from each stock culture.

期卵密度を変えて本種の分散を調べた結果をTable 5に示す。初期卵密度が1及び2の場合、幼虫は分散せず、シャーレの中で羽化した。初期卵密度が4の場合、3及び4令の個体の一部が分散したが、この個体は蛹化せず死亡した。初期卵密度が8を超えると、4令以下の若令幼虫期に分散した個体もわずかに見られたが、分散した個体の60%以上は5令幼虫に達した個体であった。ただし、分散した5令幼虫のうち蛹化した5令後期の個体はその1/3以下であった。

考 察

ノシメマダラメイカ幼虫の穿孔能力に関する研究のほとんどは幼虫の令別穿孔能力を取り扱ったものではなく、せいぜい幼虫の大小を区別するか (CLINE, 1978)、特定の令を対象にしたもの (三井・中北, 1968) であった。それに対して、本研究では4令幼虫の一部と5令幼虫が穿孔能力を持つことを明らかにした。ただし、5令幼虫の全てが穿孔したわけではなく、本実験条件下では発育の十分でない5令前期の幼虫のみが穿孔した。さらに、5令前期の幼虫でも袋内部に餌がある場合のみ穿孔したことから (Table 3)、5令前期の幼虫が袋に穿孔するのは、CLINE (1978) が推察したように、餌を得るためであることは明らかである。従って、5令幼虫に比べると発育の未熟な4令幼虫も餌を得るために穿孔すると推察される。著者等の別の実験で4令幼虫は0.05mmのポリエチレンフィルムに穿孔できなかったことを考慮すると、4令幼虫の穿孔能力は5令幼虫の穿孔能力に比べると劣ると考えられる。

本研究で使用したポリエチレンフィルムはガス透過性