

環 動 昆

報 文

- 中島照夫：エンペントリン含有防虫剤の実用場面における気中濃度とイガに対する防虫効力 ……………105
- 藤井義久・今村祐嗣・柴田叡式：スギカミキリの食害活動によるアコースティック・エミッション（AE）の検出 ……112
- 田中康順・松永忠功・伊藤高明・安部八洲男：ピレスロイド含有水性液剤の家庭用噴霧剤への応用
II. ゴキブリ用噴霧剤 ……………119

短 報

- 富樫一次：水田への航空防除の後に隣接する神社境内で回収された昆虫の死体 ……………125

解 説

- 今井長兵衛：都市における生き物とのつき合い方
2. みどりと生き物にあふれる街づくりのために ……128
- 清田 信：都市における生き物とのつき合い方
3. 緑地の環境緩和機能 ……………139

- 会 報 ……………145
- 会員動静
- 学会会議だより

Vol.6

3

日本環境動物昆虫学会

1994

エンペントリン含有防虫剤の実用場面における気中濃度と イガに対する防虫効力

中島 照夫

近畿大学豊岡短期大学生活情報学科

(受領：1994年2月10日；受理：1994年10月4日)

Aerial Concentration of Empenthrin and its Moth-proofing Efficacy against Casemaking Clothes Moth (*Tinea pellionella* L.) in Practical Use. Teruo NAKASHIMA (Department of Information for Daily Life, Kinki University Toyooka Junior College, 160 Tobera, Toyooka, Hyogo 668, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 6 : 105-111 (1994)

The aerial concentration of commercial products with empenthrin mothproofers that were placed in wardrobes was monitored in the rooms containing those wardrobes. Pieces of wool muslin were also placed for various times in those wardrobes for evaluating the efficacy of the empenthrin mothproofers that adhered to those pieces against larvae of *Tinea pellionella* L.. 1) When the doors of the wardrobes with the recommended amount of the mothproofers were opened for 1 minute every morning and evening, the aerial concentration of the empenthrin in the rooms containing those wardrobes did not exceed the minimum detectable level ($0.02 \text{ mg} / \text{m}^3$). However, when a two-fold amount was placed in the case the concentration was $0.05 \text{ mg} / \text{m}^3$, and decreased below the detectable level 60 minutes after closing the doors. 2) When the doors of the wardrobes were opened for 24 hours, the aerial concentrations was maximal 4 to 6 hours after opening the doors (14:00 to 16:00). 3) The larvae of *T. pellionella* were allowed to feed for one or two weeks in the wardrobes with mothproofers. The muslin pieces that were kept in the same wardrobes for various times, even muslin pieces kept with mothproofers for six months, were highly effective on those larvae.

Key Words : Empenthrin, Aerial concentration, *Tinea pellionella*, Moth-proofing efficacy, Amount of feeding

市販エンペントリン防虫剤の実用場面における気中濃度と布に対する付着量を測定し、さらにイガ (*Tinea pellionella* L.) 幼虫に対する食害試験を実施した。1) タンス内に

用法用量に準じて防虫剤を設置し、扉を朝夕各1分間ずつ開放しても、室内における気中濃度は、検出限界(0.02 mg/m³)を越えなかった。しかし、その2倍量を設置した場合には開放直後に最高0.05 mg/m³検出したが、60分後には検出限界以下になった。2) タンスの扉を24時間開放すると、室内の気中濃度は4~6時間後(14~16時頃)に最も高くなり、居室内の温度との関連が示唆された。3) タンス内に布およびイガ幼虫を入れ被害試験を行ったところ、6カ月間にわたり有効であった。

緒 言

繊維製品の防虫方法には、繊維を防虫剤で加工する方法とタンスやクローゼット内に揮散性防虫剤を収納する方法とがあり(辻井, 1975)、家庭では一般に後者が行われている。従来より用いられている揮散性防虫剤、樟脳、ナフタリン、パラジクロルベンゼン(前川, 1985)には、特異な臭いや安全性の問題があり(椋本, 1991; 飯倉, 1989, 1990)、代替品の開発が望まれてきた。一方、高い防虫活性を有するピレスロイド系化合物は、一般にこうした懸念が少ないものの、常温で揮散性が不十分であった(薬務公報, 1993)。こうした中、この揮散性を改善したエンペントリンが本用途に開発された(奥野ら, 1983)。本研究では、このエンペントリン防虫剤を一般住居内で使用した際の壁面や畳などへの付着量、および室内気中濃度を経時的に測定した。また、タンス内に設置したモスリン布へのエンペントリン付着量を調べるとともに、実用場面でのイガに対する防虫効力を検討した。

実験方法

1. 実験期間・場所

実験は1991年7月1日から同年12月16日の間に実施した。兵庫県養父郡養父町畑のN氏宅(木造2階建て)1階の和室4.5畳(試験1区:容積21.2 m³)、2階の和室8畳(試験2区:容積37.3 m³)およびクローゼット(試験3区:1.4 m³)で実験した。図1のように、1区に未加工和タンスA(W88×D40×H105 cm)と洋服タンスB(W88×D58×H71 cm)、2区にはエンペントリンで防虫加工された市販和タンスC(W106×D59×H189 cm)と洋服タンスD(W135×D59×H188 cm)を設置した。以下加工和タンスおよび加工洋服タンスと略す。

試験期間中の温湿度はアスマン通風乾湿計で、また室内換気率はJIS A 1406号(日本工業規格協会, 1974)に準じて測定した。

2. 衣服と防虫剤の設置

タンスおよびクローゼット内の衣服枚数は、図2のように1区(用法用量に準じて防虫剤を使用した)の和タンス各引き出し(A₁~A₆)に各5着、洋服タンス内(B₄)に10着、各引き出し(B₁~B₃)に各5着収納した。2区(用法用量の2倍量の防虫剤を設置した)の加工和タンス各引き出し(C₁~C₆)に各5着、加工洋服タンス内(D₄)に17着、各引き出し(D₁~D₃)に各5着収納した。3区(防虫剤設置量は2区と同じ)のクローゼット内には衣服20着を収納した。防虫剤は洋服タンス用および和タンス用市販品各6種を図2のように設置した。タンスおよびクローゼットの扉と引き出しは、気中濃度測定時に開放したほかに、毎朝夕1分間開放したもの、全く開放しなかったものからなる(図2)。

3. 気中濃度の測定

(1) 1分間開放実験

トラップ管(内径18 mm×180 mmのガラス管に60~80メッシュのクロマトグラフ用シリカゲル5 gを両端に脱脂綿を詰め充填)を部屋中央、タンス前またはクローゼット前の高さ30 cmと140 cmに設置し、居室内空気を吸引ポンプ(三基科学工業株式会社, SY式ピンホールサンプラー用ポンプ, MODEL DOA-0108-DB, 吸引量20 l/分, 計100 l)で1回につき5分間採取した。空気の採取は、防虫剤設置直後(7月2日)、1週間後(7月9日)、2週間後(7月15日)、1ヵ月後(7月31日)、2ヵ月(8月27日)、3ヵ月後(10月8日)、6ヵ月後(12月16日)に行った。これらの各時期に、タンスおよび引き出しの開放直前、1分間開放し閉鎖した直後、閉鎖20、40、60分後の計5回採取した。3区では、クローゼット内へトラップ管と吸引ポンプを扉を1分間開放している間に設置し、扉を閉じて5分後にクローゼット内の空気を100 l採取した。

(2) 終日開放実験

9月6日の午前10時から、1区のタンスの扉、引き出しおよび3区のクローゼットの扉を終日開放し、その直

エンペントリン防虫剤の気中濃度と防虫効力

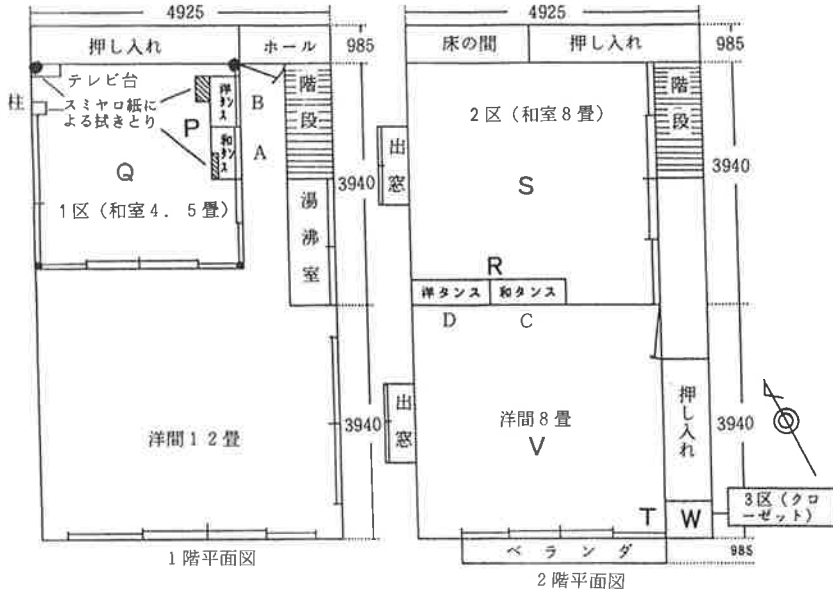


図1 実験に用いた家屋の見取り図 (長さの単位はmm)。

図中のアルファベットは試料採取場所を示す。

●：壁付着口紙の設置場所

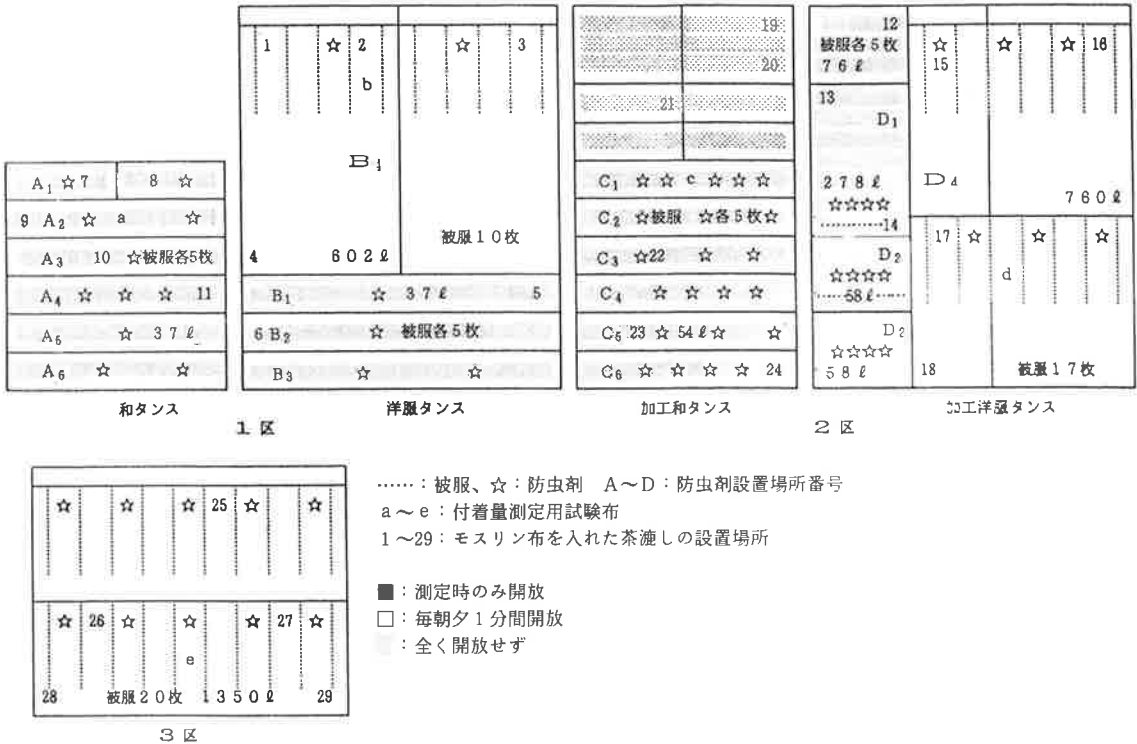


図2 供試したタンスおよびクローゼット内における防虫剤、被服などの設置状況。

後、2, 4, 6, 8, 24時間後にタンスあるいはクローゼット前および部屋中央でそれぞれ5分間空気採取した。

(3) 抽出および分析方法

空気採取したトラップ管を垂直に立て、アセトン75 ml (25 ml × 3回) でシリカゲルに吸着したエンベントリンを抽出した。この抽出液に内部標準物質として所定量の *n*-オクチルアルコールを添加し、浴温40°C以下で減圧濃縮した。濃縮残渣をアセトン1 mlに溶解後、ガスクロマトグラフ (機種: 島津GC-14A, カラム: 内径3 mm, 長さ2.0 mのガラス製, 充填剤: 2% DEGS 100~120メッシュ, Chromosorb W, AW, DMCS, ガスクロ工業株式会社, カラム温度: max. tem. 225°C, キャリアーガス60 ml/分流量) にて定量した。

4. 付着量の測定

図1のように、口紙 (東洋, 径11 cm, No. 2) を1区の四隅の柱の高さ140 cmと180 cmの位置に設置した。スミヤロ紙 (杓子型No. 63) で1区のタンスの前の量とテレビ台100 cm²を拭き取った。さらに図2のように、モスリン布 (100 cm²) を1区のと洋服タンスおよび2区の加工とタンスと加工洋服タンス内にそれぞれ1カ所、3区のクローゼット内に1カ所設置し、経時的に付着量を調べた。モスリン布の場合は防虫剤設置1週間後、1, 2, 3, 6ヵ月後、口紙の場合は防虫剤設置1, 3, 6ヵ月後、スミヤロ紙の場合は防虫剤設置前、設置1, 3, 6ヵ月後に分析した。これらモスリン布および口紙に付着したエンベントリンはアセトン25 mlで3回繰り返し抽出し、気中濃度測定と同様の方法で分析した。

5. 防虫効力試験

食害試験に用いたイガ (*Tinea pellionella* L.) は、奈良女子大学家政学部被服管理研究室で累代飼育した系統で、孵化後45日経過した幼虫ケース付きで (約4.1 mg/頭) であった。

防虫剤設置2週間、1, 3, 6ヵ月目に、茶漉しボールに入れたモスリン布9 cm²をタンス内に設置した (図2)。布設置1週間後にこの茶漉しボール内にイガ幼虫10頭を放し、1週間または2週間モスリン布をタンス内で食害させた。

食害量は、試験前後の布重量差から求めた。なお、布重量は21 ± 1°C, 65% RH下に24時間以上放置した後測定した。

結果と考察

1. 室内の換気率

各部屋の屋内換気率は、1区が0.87回/時間、2区が0.59回/時間、3区が0.51回/時間であった。

2. 気中濃度

(1) 1分間開放実験

1分間開放した後のエンベントリン気中濃度の経時変化の1例として、2区における防虫剤設置2週間後の結果を図3に示した。加工タンス前では、扉を閉めて直後の気中濃度は0.04~0.05 mg/m³に達し、その後時間の経過にともなって次第に減少し、60分後には検出限界以下になった。SHIRAISHI *et al.* (1991) は、エンベントリン防虫剤使用タンスを開放した直後には0.01~0.05 mg/m³が検出されたが、10分後には検出限界以下になると報告している。本実験では閉めた後、検出限界以下になるのに60分間を要した。この検出限界以下になる時間が異なった理由として、本実験では測定時の湿度が81~93%であったのに対し、SHIRAISHI *et al.* (1991) の場合には20~90%と湿度が大きく異なったこと、あるいは用いた部屋の換気率の違いなどが考えられる。なお、1区と3区では、扉を閉めた直後から検出限界以下であった。

一方、表1に防虫剤設置後各経過時間毎の1分間開放した直後のエンベントリン気中濃度を示した。ただし1区においては全試料採取期間を通じて、いずれの採取場所でも検出限界 (0.02 mg/m³) 以下であったので省略した。2区では、防虫剤設置2週間後 (7月15日) に0.04~0.05 mg/m³と最高値を示し、その後漸減した。採取場所S₁ (高さ140 cm) とS₂ (高さ30 cm) では3ヵ月後 (10月8日) から検出限界以下になったが、R₁とR₂では6ヵ月後 (12月16日) に検出限界以下となった。3区では気中濃度は、下部よりも上部の方が高い傾向にあった。クローゼット前 (T₁, T₂) の気中濃度は、1ヵ月後 (7月31日) の下部を除き、採取期間を通じてほぼ検出限界以下であった。

実用場面における衣料用防虫剤の使用形態からみて、人体へのエンベントリン暴露経路は呼吸が重要であると考えられる。金子ら (1992) によるラットおよびマウスの急性吸入毒性試験によると、1,300~2,300 mg/m³以下では毒性症状が認められなかった。また、ラット亜急性吸入毒性試験では1ヵ月間で44.3 mg/m³ (燻蒸)、3ヵ月間では22~95 mg/m³ (ミスト) の濃度まで毒性が

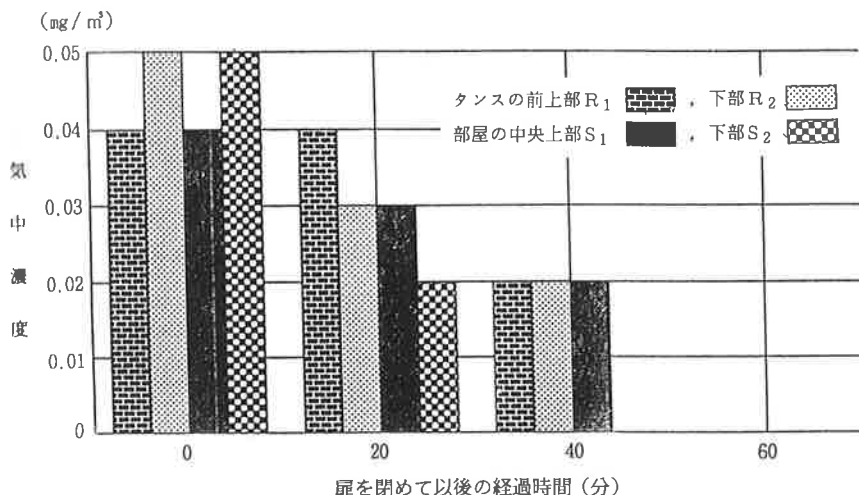


図3 2区の1分間開放実験（防虫剤設置14日後）における Empenthrin 気中濃度の経時変化。

表1 1分間開放実験における閉鎖後5分間に採取した試料中の Empenthrin 気中濃度 (mg/m³)

試験区	採取場所	試料の採取時期					
		設置直後	7日後	14日後	1カ月後	2カ月後	3カ月後
		7/2	7/9	7/15	7/31	8/27	10/8
	天気	晴れのち曇り	曇り	曇りのち晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
	温度	27.5~28.2°C	23.2~24.8°C	26.2~26.9°C	30.8~31.2°C	24.8~25.3°C	21.0~22.9°C
	湿度	81~82%	84~88%	86~93%	86~93%	81~84%	76~88%
2区	R ₁	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02
	R ₂	0.03	0.04	0.05	0.04	0.02	0.02
	S ₁	0.03	0.02	0.04	0.04	0.02	*
	S ₂	0.03	0.03	0.05	0.03	0.02	*
3区	W ₁	0.10	0.14	0.17	0.09	0.11	0.10
	W ₂	0.05	0.10	0.16	0.08	0.09	0.13

* : 検出限界値0.02 (mg/m³) 以下であることを示す。

R : タンスからの距離30 cm, S : 部屋の中央部, W : クローゼット内の中央部。

アルファベット下付き数字1, 2 : トラップ管をそれぞれ高さ140 cm, 30 cmに設置したことを示す。

1区のすべての採取場所および3区のクローゼット前(T)の気中濃度は、すべて検出限界以下であった。

また、6カ月後にはすべての場所で検出限界以下であった。これらはいずれも表示しなかった。

認められなかった。他方、本実験において、3区のように用法用量の2倍量使用しても気中濃度は検出限界(0.02 mg/m³)以下であったこと、2区のように2倍量+加工タンス使用でも、タンスの扉を閉めた後60分間経過すると検出限界以下になったことを勘案すると、一般家庭での通常使用時におけるエンベントリンの人体への影響はほとんどないと推測される。

(2) 終日開放実験

終日開放した時の気中濃度は、1区のタンス前で0.02~0.04 mg/m³で上部よりも下部の方がわずかに高かった(表2)。部屋の中央部では、始終検出限界以下であった。3区では、気中濃度はクローゼット前の方が隣接部屋の中央部よりも幾分高い傾向にあった。いずれの採取場所においても気中濃度は上部よりも下部の方がわずかに高い傾向があった。また、室内温度が高く湿度が低い時間帯に気中濃度が高まったので、タンスの扉を開放後、

4～6時間で最高濃度に達するという傾向は、居室内の温湿度と関係があるように思われた。

3. 布付着量

タンス内に設置した布に対するエンペントリン付着量は、いずれの試験区においても防虫剤設置1ヵ月後(7月31日)に最高値に達した(図4)。付着量は、防虫剤設置量に比例して(図2), 1区で最も少なく, 3区,

2区の順に増加した。奥野ら(1983)によると, エンペントリン付着量 $0.25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ のウール布のイガ幼虫に対する孵化阻害+殺幼虫率が100%となったが, 本実験において1区における付着量は3ヵ月以降ほとんど $0.25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以下であった。

4. 居室内付着量

1区和室4.5畳の四隅の柱に設置した口紙およびタン

表2 終日開放実験におけるEmpenthrin気中濃度 (mg/m^3) の経時変化

試験区	採取場所	試料の採取時期					
		開放直後 天気 温度 湿度	2時間後 晴れ	4時間後 晴れ	6時間後 晴れ	8時間後 晴れ	24時間後 晴れ
		21~22°C 75~82%	23~25°C 76~77%	27~28°C 71%	28~29°C 70~71%	25~26°C 74%	24°C 75~76%
1区	P ₁	*	*	0.02	0.02	*	*
	P ₂	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	*
3区	T ₁	0.02	0.02	0.04	0.04	0.02	*
	T ₂	0.03	0.05	0.07	0.08	0.05	0.03
洋間 8畳	V ₁	*	0.02	0.02	0.02	0.03	*
	V ₂	*	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02

*: 検出限界値 $0.02 (\text{mg}/\text{m}^3)$ 以下であることを示す。

P: タンスからの距離30 cm, V: 部屋の中央部, T: クローゼットからの距離30 cm.

アルファベット下付き数字1, 2: トラップ管をそれぞれ高さ140 cm, 30 cmに設置したことを示す。

1区Q₁, Q₂ではすべて検出限界以下であったので, 表示しなかった。

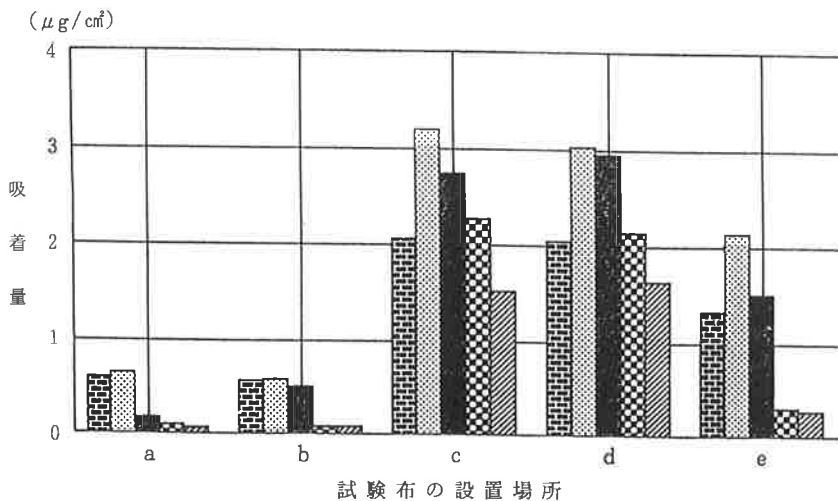


図4 モスリン布に吸着したEmpenthrin量の経時変化。

■: 7日後, □: 1ヵ月後, ●: 2ヵ月後, ▨: 3ヵ月後, ▩: 6ヵ月後

a: 1区の和タンスの中, b: 1区の洋服タンスの中, c: 2区の和タンスの中,
d: 2区の洋服タンスの中, e: 3区。

表3 布付着Empenthrinがイガ幼虫の食害量と死亡率に及ぼす影響

試験区	試験布の 設置場所	防虫剤設置後 の経過時間		2週間		1カ月		3カ月		6カ月	
		幼虫放飼期間		1週間		2週間		2週間		2週間	
		食害量 (mg)	死亡率 (%)	食害量 (mg)	死亡率 (%)	食害量 (mg)	死亡率 (%)	食害量 (mg)	死亡率 (%)	食害量 (mg)	死亡率 (%)
Control								36.0	0	36.0	0
1区	洋服タンス	0.0	90~100	0.0	100	0.0	100	0.0	80~100	0.0	60~90
	和タンス	0.0	70~90	6.4	20	0.0~0.4	100	0.4	100	0.0	90
2区	洋服タンス	0.0	70~90	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	90
	和タンス	0.0	90	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0	90
3区	クローゼット	0.0	60~100	0.0	90	0.0	100	0.0	90~100	0.0	60~100

スの前の量とテレビ台のガラスをスミヤロ紙で100cm²拭き取った時のエンペントリン付着量は、防虫剤設置1週間~6カ月後にわたりいずれの採取時期にもすべて終始検出限界(0.02μg/cm²)以下であった。したがって、用法用量に従って防虫剤を使用すれば、室内の壁面に付着する量はいずれも検出限界以下となり、皮膚への接触による影響は無いものと考えられた。

5. 防虫効力

表3に、タンス内で行ったイガの食害試験の結果を示した。全試験期間を通じて食害が認められたのは、1区和タンスにおいて防虫剤設置後1カ月および3カ月経過した時のみであった。幼虫の死亡率は、防虫剤設置後、一部例外(1区和タンスの設置1カ月後)を除き、経過期間とともに高くなったが、6カ月後に多少低下した。このことから市販エンペントリン製剤の有効期間は、6カ月程度は持続するものと考えられる。奥野ら(1983)は、エンペントリンのイガ幼虫に対する最低有効薬量は0.25μg/cm²と報告した。本実験において得た付着量はこれよりも少なかったが(図4)、それにもかかわらず高い効果が得られた。その理由として、彼らがエンペントリンを直接布に処理して効力試験を行ったのに対し、本実験では防虫剤を設置した部屋の大気中で行ったためと考えられる。すなわち、本実験ではエンペントリンのガス効果も関与したと考えられた。

引用文献

飯倉洋治(1989) 防虫剤(パラジクロルベンゼン)の生体に及ぼす影響。第38回日本アレルギー学会総会、

pp. 1-6.

飯倉洋治(1990) 生活環境中の低濃度汚染が人体に及ぼす影響。第91回小児科学総会学術集会総会、pp. 1-6.

榎本 隆(1991) ダイオキシン関連物質の環境及び人体汚染。防菌防黴 19: 473-480.

金子秀雄・川口 忍・三崎義則・小山雄一郎・中山厚美・川崎 一・広橋敦子・吉武 彬・山田宏彦(1992) ピレスロイド系殺虫剤Empenthrin(Vaporthrin, S-2852F)の哺乳動物毒性。J. Toxicol. Sci. 17: 313-334.

前川清子(1985) 衣料用防虫剤の使用実態について。家政学研究 31: 164-168.

日本工業規格協会(1974) 屋内換気量測定方法(炭酸ガス法)。JIS A 1406, 1-10.

奥野吉俊・松尾昌季・北村重義(1983) 新規揮散性ピレスロイド・ペーパーズリン-衣料防虫剤分野への開発-。住友化学, pp. 12-26.

SHIRAIISHI M., M. HORIBA, G. SHINJO and Y. ABE (1991) Measurement of aerial concentration of empenthrin during the use of empenthrin mothproofers. Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. 3: 140-147.

辻井康子(1975) イガ幼虫に対する防虫加工織物の防虫効果および実用濃度の検討。防虫科学 40: 138-143.

薬務公報(1993) 第1581号薬事法施行規則等の一部改正について, p. 43.

スギカミキリの食害活動による アコースティック・エミッション (AE) の検出

藤井 義久¹⁾・今村 祐嗣²⁾・柴田 叡弼³⁾

- 1) 京都大学農学部
- 2) 京都大学木質科学研究所
- 3) 名古屋大学農学部

(受領: 1994年7月20日; 受理: 1994年10月3日)

Detection of Acoustic Emission (AE) Generated by the Feeding Activity of *Semanotus japonicus* LACORDAIRE. Yoshihisa FUJII¹⁾, Yuji IMAMURA²⁾ and Ei'ichi SHIBATA³⁾ (¹⁾Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606-01, Japan; ²⁾Wood Research Institute, Kyoto University, Uji 611, Japan; ³⁾School of Agriculture, Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 6: 112-118 (1994)

Acoustic emission (AE) was detected from young logs of Japanese cedar (Sugi in Japanese) inhabited by a larva of the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* LACORDAIRE. This AE generation is attributable to the feeding or some other activities of the larva, boring galleries in the sapwood of the log. From the attenuation of artificial AE waves in the log and the relationships between the detected AEs and the sensor position from the larva, the feasible monitoring area of a sensor is discussed.

Key Words: Acoustic Emission (AE), Nondestructive test, Sugi bark borer

スギカミキリの幼虫を接種したスギ丸太からアコースティック・エミッション (AE) を検出した。このAEは辺材部を穿孔しながら移動する幼虫の、食害活動をはじめとする何らかの活動に起因すると考えられた。また疑似AE波の木材中での減衰や、幼虫に対するセンサの位置と検出されるAE波との関係を検討した結果から、今回用いたセンサによるスギカミキリ幼虫の活動の監視可能範囲を明らかにした。

緒 言

アコースティック・エミッション (AE) は、固体材料の破壊にともなって発生する弾性波で、一般に微弱な超音波領域の振動として材料内を伝搬する。AEを圧電

素子などのセンサで検出することによって、材料内の欠点やそこで進行する破壊の過程を非破壊的に知ることができる。著者らは、これまでシロアリの職蟻食害活動により生じる木材内部の微小な破壊にともなって発生するAEを検出し、これによるシロアリ食害材の検出の可能

性を明らかにしてきた (FUJII *et al.*, 1990; NOGUCHI *et al.*, 1992).

スギカミキリ (*Semanotus japonicus* LACORDAIRE) はスギやヒノキの樹幹を食害する穿孔性の害虫で、樹木の生育不全や丸太の材質低下をひきおこし、いわゆる「はちかみ」被害の原因となっている。スギカミキリの成虫は春に樹皮の間に産卵し、ふ化した幼虫は樹皮下の新しい木部組織を移動しながら食害し、成長する。本研究では、スギカミキリ幼虫の、食害活動をはじめとする孔道内での活動によって生じるAEを非破壊的に検出することを試みた。

材料と方法

1. 試料

1991年5月10日に奈良市内のスギ人工林から採取した8本のスギ (*Cryptomeria japonica* D. DON, 樹齢13年) から調整した長さ1mの丸太35本のうち28本にスギカミキリの幼虫を接種し、残りの7本は対照試料として用いた。奈良県吉野郡吉野町内にあったスギカミキリ被害木 (6年生) から同年3月13日に越冬中の雌雄成虫を採取し、4月15日から16日にかけて交尾させ、5月8日に産卵した卵から5月22、23日にふ化した幼虫を用いた。幼虫は5月24日に丸太1本につき1頭ずつ接種した。接種にあたって、樹皮をカッターナイフで薄くそぎ込み、湿らせた面相筆の先につけた幼虫を剥いだ部分に挿入し、再び樹皮を粘着テープで軽くとめた。接種後、丸太は他の成虫の産卵を防ぐため網袋内に保存した。全丸太のうち接種に成功したものは13本であった。なお、丸太の平均含水率は約140%であった。

幼虫接種後3週間目の6月14日から7月23日にかけて接種に成功した試料13本と対照試料とした無接種の丸太3本についてAE測定を行った。測定後幼虫を採取し、材内部の食害状況や幼虫の位置等を調べた。13本の試料のうち幼虫を採取できたものは10本であった。残りのうち、2本についてはAE測定が終了した時点で既に幼虫が材内部に侵入していたため採取できなかった (残る1本の幼虫は採取中に消失した)。

2. AE測定

試料から発生するAEは圧電素子 (PZT) を用いたAEセンサ (NF社製, AE-901S, 受圧面直径12mm, 共振周波数150kHz) を用いて検出した (図1)。検出波はシャ断周波数100kHzのハイパスフィルタでろ波し、

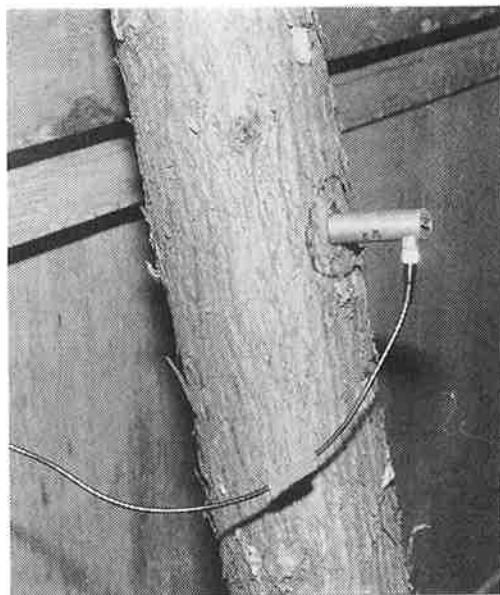


Fig. 1 AE sensor attached to the log surface.

66dB増幅した後、しきい値0.1Vを越えたものを1つのAE事象として認識し、これをイベントパルス信号に変換したが、これらの信号処理はポータブル型AE測定器 (NF社製, AE9501) で行った。さらに、イベントパルス信号をカウンタで計数し、D/A変換回路を通してAE事象総数をペンレコーダに記録した。さらに得られた記録からAEの発生率 (AE事象率) も求めた。また、オシロスコープ (横河社製, DL1200) を用いてAE波の波形の監視を行うとともに、AE波の振幅の測定も一部の条件において行った。なお、AEセンサはホットメルトタイプの接着剤で丸太に接着したが、その際、センサ取付部分の樹皮は剥し、辺材表面にセンサをとりつけるようにした。また、センサ取付に際して辺材表面からの木材の乾燥によるAEの影響をなくすため、樹皮はセンサ取付部分のみ剥すようにした。さらに、丸太木口面からの乾燥を防ぐために両木口面を酢酸ビニル系接着剤でシールした。

結果と考察

1. スギ辺材部の食害状況

図2に樹皮直下に穿孔して辺材部を食害しているスギカミキリ幼虫の様子を示す。AE計測後、丸太を剥皮、乾燥した後、辺材部の表面に溝状に現われた食害による孔道をシリコン充填剤で埋め、使用した充填剤の量から

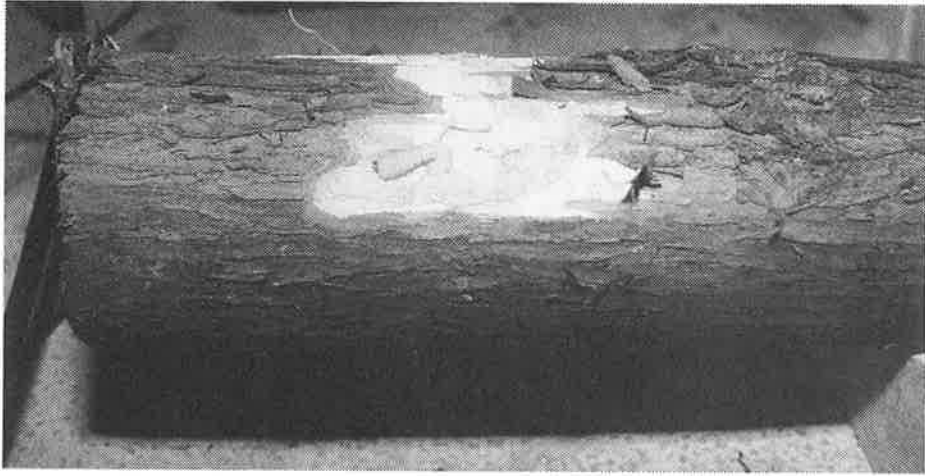


Fig. 2 Larva attacking sapwood of Sugi (50 days after inoculation).

幼虫の木部食害体積を推定した。その結果、接種後25日までに1頭の幼虫が食下した木部体積は1.0 cm³、30日で3.4 cm³、40日で約5.2 cm³、50日で約7.7 cm³であった。ま

た、図3は辺材部表面に印判用朱肉を塗り、丸太に巻き付けた紙に写し取った非食害部分の型で、図から接種後の幼虫の成長とそれともなって、食害部分が拡大して

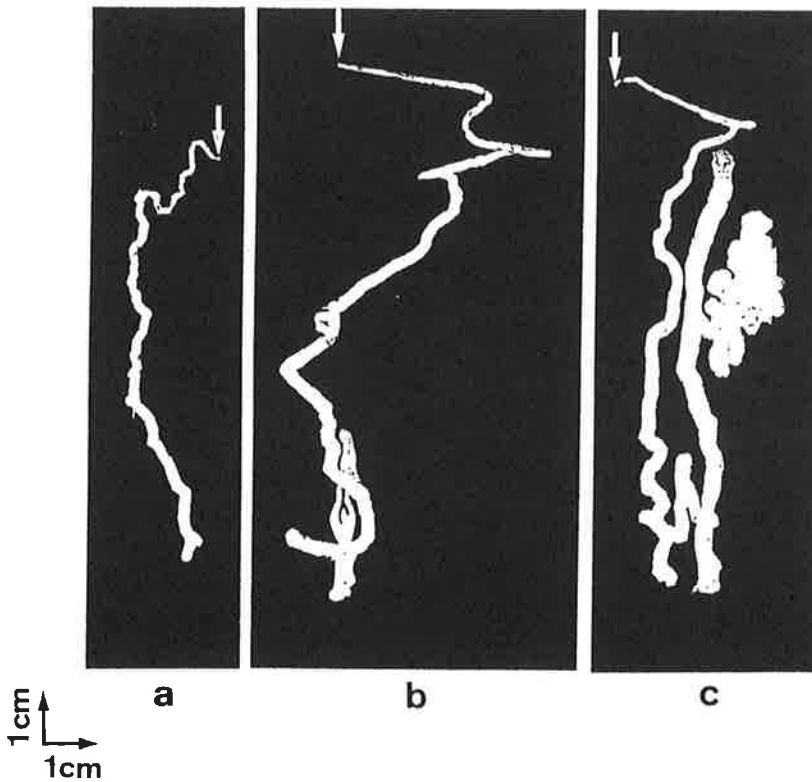


Fig. 3 Silhouette of the gallery bored by a larva.
a : 25 days after inoculation, b ; on 30 days, c ; on 43 days.
White arrows denote the inoculation point.

いく様子がわかる。

2. スギ丸太のAEの伝搬特性

実験では生材の丸太を使用した。生材では内部摩擦によるAE波の距離減衰が気乾材のそれに比べて大きいことが知られており (OKUMURA *et al.*, 1988), 気乾材を用いるシロアリの検出に比べてAE波の測定が困難であると考えられる。そこで、幼虫を接種した試料のAE測定に先だて、疑似AE波を用いて丸太内のAE波の伝搬特性を検討した。

AEセンサを辺材表面に取付け、これに発信器からの電気信号 (0.5 V, 20 Hzの矩形波) を与えて振動発振子として用い、これを疑似AE源とみた。この疑似AE波を別の位置にとりつけたセンサで検出して疑似AE波の距離減衰を検討した。図4は気乾材 (平均含水率15%) および生材 (14%) について、各々繊維方向および接線方向のAE波の減衰を示す。図に示すように、発振子から発生したAE波は距離と共に急激に減衰し、両方向とも伝搬距離が10倍になると振幅はおよそ50分の1から100分の1になった。接線方向では、AE波の回り込みによって発振子近傍よりも少し離れたところのほうが減衰が小さい場合もあったが、センサ近傍では繊維方向よりもAE波の減衰が大きいことがわかった。また、繊維方向の測定において減衰への樹皮の影響も検討した

結果、樹皮に直接検出用センサを取り付けると辺材部表面にセンサをとりつけた場合に比べて、振幅は約3分の1になることがわかった。

以上のように、生材丸太中を伝搬するAE波は距離によって大きく減衰することが明らかとなった。後述するが、幼虫の近傍で測定したAE波の最大振幅の最頻値がおよそ100から150 mVの範囲にあること等から、1個のAEセンサのAE検出範囲は今回の測定条件では繊維方向に長径約6 cm、接線方向に短径3 cm程度の楕円形状であると推定された。

3. スギカミキリ幼虫の活動によるAE

図5は幼虫接種後30日目の試料1について幼虫の近傍で検出されたAE波の例を示す。検出されたAE波には、図5-aのようにAEセンサの共振周波数を基本周期とする典型的な突発型AE波の他に、AE波の原因となる振動刺激の性質や木材中のAE波の減衰特性等の影響を受けたと考えられるような時間変化を示す波形 (図5-b, c) が認められた。今回のAE測定はしきい値を越えたこれらの一連の電圧の変動が1個のAE事象に対応しているものとみなして、その発生数や発生率を求めた。

図6は6月22日から25日にかけて試料1および対照試料C1についてのAE事象総数の変化を示す。試料1ではあらかじめ少し樹皮を剥いで幼虫の位置を探査し、幼

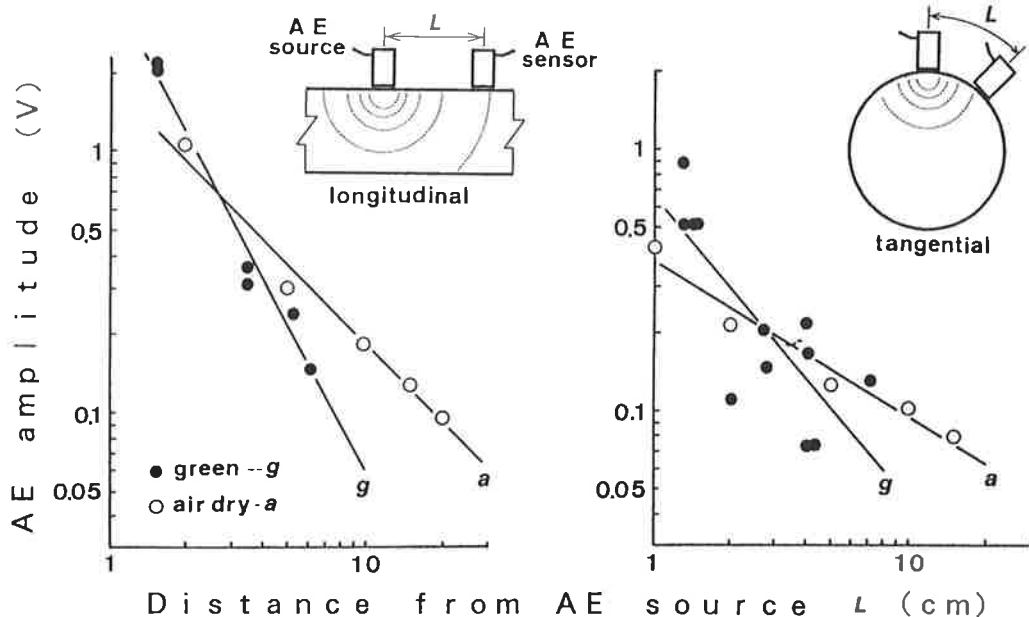


Fig. 4 Attenuation of artificial AE waves in the longitudinal (left) and in the tangential direction (right) of a log .

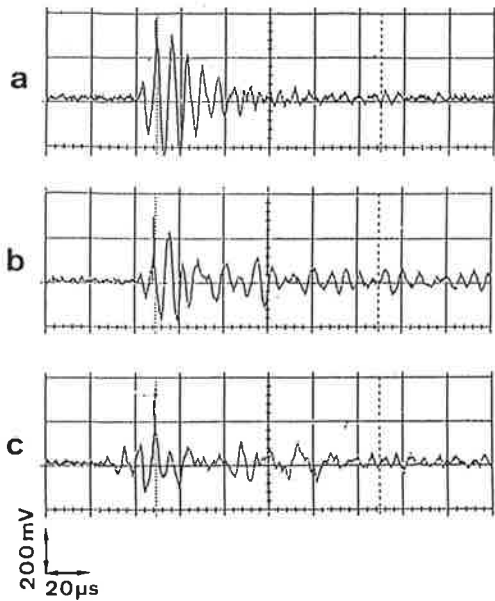


Fig. 5 Examples of AE waves detected from the log inhabited by a larva.

虫の近く(約15 mmの範囲内)にAEセンサを取り付け、試料C1では丸太のほぼ中央にセンサを取り付けた。図から明らかなように、幼虫のいる試料では測定開始とともにAEは増加し続け(約8事象/10分間)、60時間後に急増した(約120事象/10分間)。一方、対照試料からのAE発生はわずかで、10分間に1事象程度であった。測定期間中に幼虫は図中の模式図のように移動したが、検出されたAEは幼虫の活動に起因するものと考えられる。また、幼虫によるAEの増加の仕方は一定ではなく、時間とともに変化することもわかったが、その変化の周期性は明らかでない。

試料1で検出されたAE波の振幅分布を調べた結果、ほとんどのAE波の振幅値はしきい値0.1Vから0.3Vまでの値をとったが、まれに0.5V以上の比較的大きな振幅を持つものもあった。これらのAEはその振幅の大きさ故に前節で推定したセンサの監視領域を越えて伝搬する可能性があり、これらを有効に検出することによって幼虫の検出性能を幾分改善し得る。

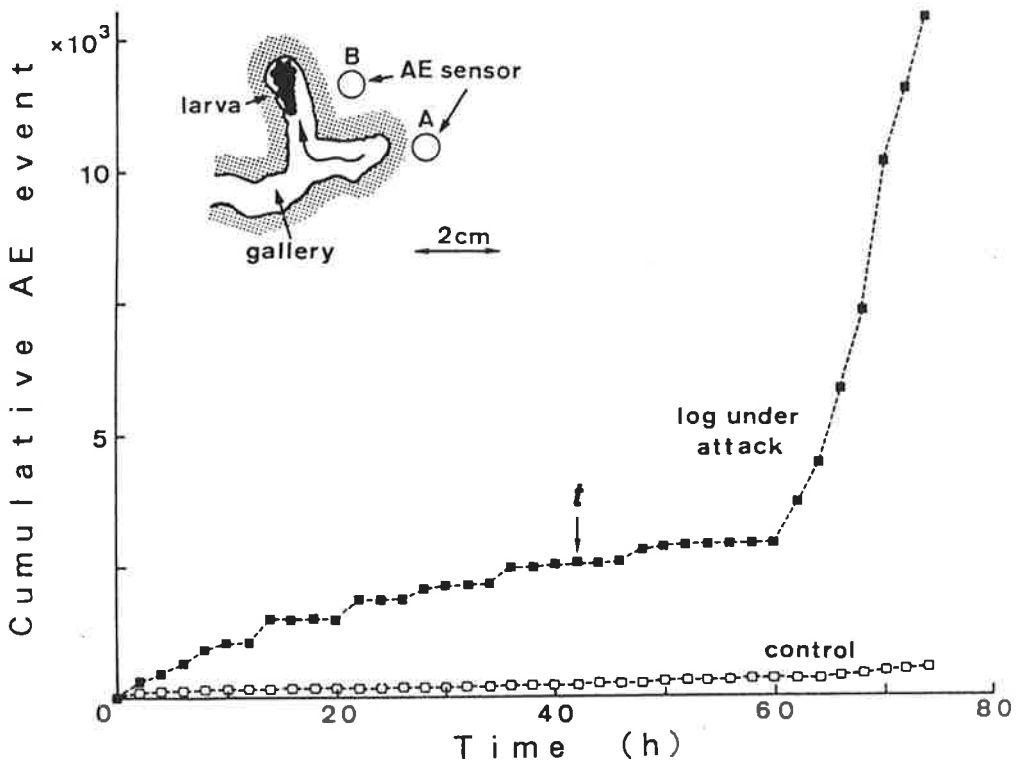


Fig. 6 AE generation from the log inhabited by a larva. At the time denoted by "t", AE sensor was shifted from position A to B.

4. AEセンサの位置の影響

図7は幼虫接種後25日目の試料2について、連続して約60時間AE計測を行った結果を示す。この測定では、測定期間中にセンサの位置を変え、丸太表面の5カ所で

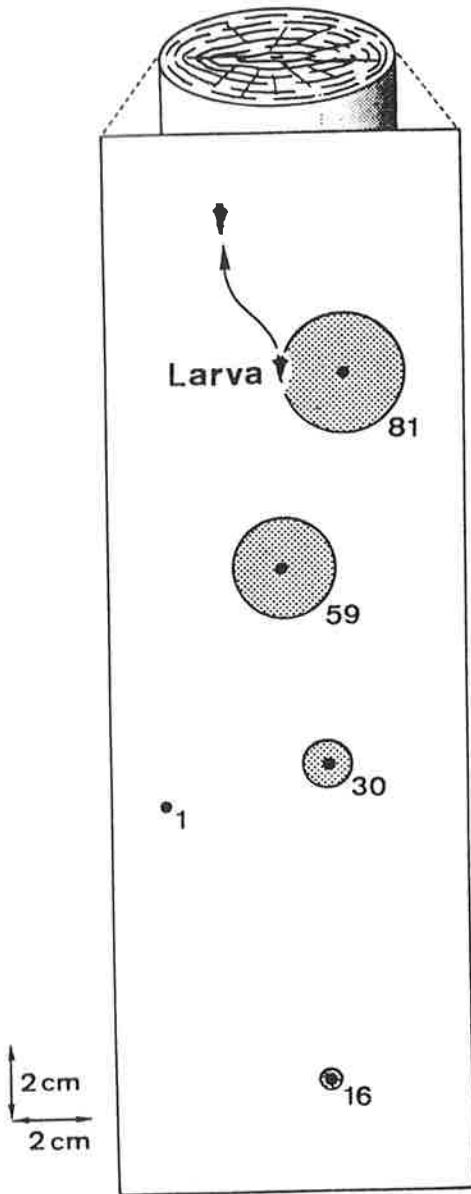


Fig. 7 The relationship between the position of a larva and AE event rate at each sensor position. Radius and number denote AE event rate per minute.

AE計測を行ったが、図中の黒丸はセンサ位置を、影付き円と数字は各位置でのAE事象率を示す。また、計測中に数回、部分的に樹皮をわずかに剥して幼虫の位置を確認しながらAE計測を行った。その結果、図に示すように幼虫は計測中に約4 cm移動したが、概ね幼虫に近い測定点ではAE事象率が高くなっていることがわかる。しかし、前節で推定したセンサ監視領域から幼虫の位置がはずれている場合でも、比較的高いAE事象率でAEが測定される場合があった。これらのAEは幼虫の食害活動等によって生じたAEのうち、前節で述べたように、振幅が大きいものが検出されたものと考えられる。

5. 幼虫の移動とAEの変化

図8は幼虫接種後40日目の試料3について、繊維方向の3カ所にAEセンサを配置した場合のAE測定結果を示す。測定開始後50時間の間に幼虫は繊維方向に沿ってセンサAの近傍からセンサCに向かって約6 cm移動した。測定されたAE事象率の時間変化から、各センサともある時刻に事象率のピークが訪れるが、その時刻は幼虫の移動にほぼ対応してセンサAから順にずれていることがわかる。また、他の試料についても同様の検討を行った結果、センサに対する幼虫の位置変化に対応してAE事象率も変化することが確認できた。また、3個のAEセンサから検出されたAE事象率は時間経過とともに増減したが、この変動と食害活動の周期性との関係については、より詳しい検討が必要である。

マツノマダラカミキリの幼虫の可聴域の行動音を測定した研究によると (IZUMI *et al.*, 1990), 幼虫の行動音は大腮を孔道壁面に押しあてる際に発生する音であるとしている。今回検出されたAEの発生源としては、このような幼虫の器官と木材との摩擦の他、幼虫の食害による木材の微小破壊にもなって発生する弾性波が考えられる。しかし、どちらの影響がより大きいかは、明らかではない。スギカミキリの幼虫の大腮は、シロアリの職蟻のそれに比べて大きいため、食害時には相当大的な振幅レベルのAEが発生すると推定できるが、今後AE波の振幅と幼虫の大きさや活動との関係等について検討を加え、AE波の発生の機構を明らかにする必要がある。

ちなみに、AE計測では木材内を伝搬する超音波領域の振動を検出するが、これまでに試みられてきたような可聴音を対象とする計測に比べて、センサを立木に取り付ける手間や木材内でのAE波の減衰の問題はあるもの

の、周囲からの雑音の影響を非常に受けにくいため、AEによる食害材検出の可能性は、さらに検討するに値すると考えられる。

結 論

今回の実験から、スギカミキリの幼虫の活動によってAEが発生したこと、制約された測定条件の下とはいえ、そのAEを検出可能であることが明らかとなった。しかし、生材丸太中を伝搬するAE波の減衰のために、今回用いたAE測定系では効率よく検出することはできなかった。さらに、AEは、木材の乾燥などの外乱によるノイズ、センサの取り付け方法、幼虫の移動や木材の異方性によるAE波の伝搬特性によって影響されることも明らかとなった。

スギカミキリによって食害された木材や、糞となって孔内に蓄積された木粉の量から推測すると、かなりの量の木材の微小破壊が発生し、それにともない多くのAEが発生したと考えられる。さらに、シロアリに比べ食害虫がかなり大きいことから、発生するAEのレベルも高いのではないかと想像できる。しかし、AE計測の手法を用いてスギカミキリ被害木を検出するためには、上述

のような測定方法上の問題点を解決する必要がある。

引用文献

FUJII, Y., M. NOGUCHI, Y. IMAMURA and M. TOKORO (1990) Using acoustic emission monitoring to detect termite activities in wood. *For. Prod. J.* 40 : 34-36.
 IZUMI, S., T. ICHIKAWA and H. OKAMOTO (1990) The character of larval sounds of the Japanese sawyer, *Monochamus alternatus* HOPE. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 34 : 15-19.
 NOGUCHI, M., Y. FUJII, M. OWADA, Y. IMAMURA and M. TOKORO (1992) AE monitoring to detect termite attack on wood of commercial dimension and posts. *For. Prod. J.* 41 : 32-36.
 OKUMURA, S., S. KAWAMOTO, M. TOYOTA and M. NOGUCHI (1988) Propagation properties of AE Waves in Wood. *Bull. Kyoto Univ. Forests* (60) : 299-309.

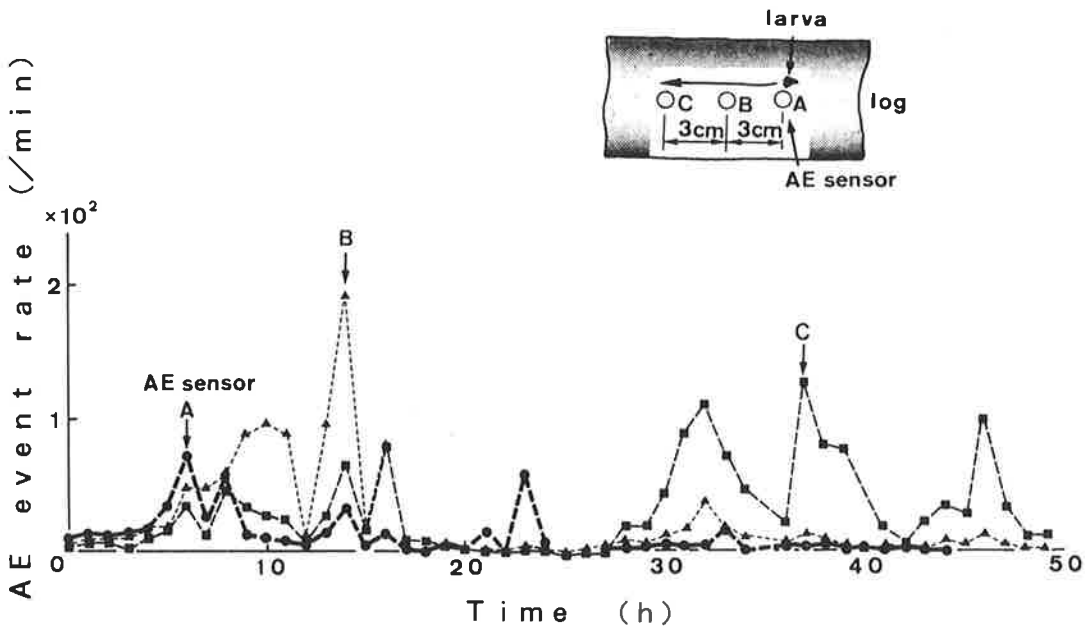


Fig. 8 Changes of AE event rate, as a larva moved from near the sensor position A to C via B in the log.

ピレスロイド含有水性液剤の家庭用噴霧剤への応用

II. ゴキブリ用噴霧剤

田中 康順・松永 忠功・伊藤 高明・安部八洲男

住友化学工業(株)農業化学品研究所

(受領: 1994年8月17日; 受理: 1994年10月20日)

Application of Aqueous Formulations Containing Pyrethroid Insecticides with Air-Compressed Sprayers for Household Use II. Cockroach Spray.
Yasuyori TANAKA, Tadahiro MATSUNAGA, Takaaki ITO and Yasuo ABE
(Agricultural Chemicals Research Laboratory, Sumitomo Chemical Co. Ltd., Takarazuka, Hyogo 665, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 6 : 119-124 (1994)

Stable microemulsion formulations containing *d*-T80-allethrin / *d*-80-cyphenothrin and *d*·*d*-T80-prallethrin / *d*-T80-cyphenothrin have been developed. The formulations were evaluated as cockroach sprays, and they performed well against the German cockroach (*Blattella germanica*), when directly sprayed with an air-compressed hand sprayer. Two sprayers were tested; the results indicated that the particles of sprayed mists with diameters larger than 100 μm were important to obtain quick efficacy. Further, the microemulsion formulation was compared with the diluent of an ordinary emulsifiable concentrate for biological efficacy, and it is considered that the better performance of the former formulation is due to the higher adhesion of sprayed particles to the German cockroaches.

Key Words : Microemulsion, *d*-T80-Allethrin, *d*·*d*-T80-Prallethrin, *d*-T80-Cyphenothrin, Air-compressed hand sprayer, Efficacy

2種類の*d*-T80-アレスリン/*d*-T80-シフェノトリンおよび*d*·*d*-T80-プラレトリン/*d*-T80-シフェノトリンを含有する安定なマイクロエマルジョン製剤のゴキブリ用噴霧剤としての性能を評価した。手動式空気圧搾噴霧器でチャバネゴキブリに直接噴霧を行ったところ、高い効果が得られることを確認した。2種類の噴霧器で試験を行ったが、直径100 μm以上200 μmまでの噴霧粒子が薬剤の速効性に重要な役割を果たしていることが分かった。さらに、一般的な乳剤を希釈した製剤と本製剤の効力を比較した結果から、本製剤の高い効力は、チャバネゴキブリ虫体への噴霧粒子の高い付着効率によるものと考えられた。

はじめに

揮発性有機化合物 (VOC) の環境への放出を抑制するため、家庭用噴霧剤の分野においても、欧米でのVOC含量規制に呼応して、噴霧剤中のVOC含量をいっそう減ずる工夫が求められている。著者らは前報(田中ら, 1992)において、VOC含量を噴霧剤組成中2~3%としたマイクロエマルジョン製剤と手動式空気圧噴霧器を用いる方法について報告した。このものは*d*-T80-アレスリンと*d*-T80-フェノトリンを殺虫成分とするもので、ハエ・蚊駆除にも卓効を示した。今回は、それに改良を加えてゴキブリ駆除にも卓効を示すマイクロエマルジョン製剤を開発したので、この製剤について報告する。本製剤は、ゴキブリに高い致死活性を有する*d*-T80-シフェノトリンと、ノックダウン剤である*d*-T80-アレスリンまたは*d*・*d*-T80-プラレトリンの混合剤であり、ゴキブリ用噴霧剤としての実用性について評価を行った。

材料と方法

1. マイクロエマルジョン製剤の調製

d-T80-シフェノトリン (α -cyano-3-phenoxybenzyl *d*-*cis*, *trans*-chrysanthemate, 純度94.0%, 住友化学工業(株)製), *d*-T80-アレスリン (allethronyl *d*-*cis*, *trans*-chrysanthemate, 純度92.6%, 住友化学工業(株)製) および*d*・*d*-T80-プラレトリン ((*S*)-2-methyl-4-oxo-3-(2-propynyl) cyclopent-2-enyl *d*-*cis*, *trans*-chrysanthemate, 純度94.0%, 住友化学工業(株)製)の3種ピレスロイドを殺虫成分に用いた(図1に各化学構造式を示した)。具体的には、*d*-T80-アレスリン/*d*-T80-シフェノトリンおよび*d*・*d*-T80-プラレトリン/*d*-T80-シフェノトリンの2種混合剤の可溶化検討を行った。界面活性剤として、前報(田中ら, 1992)と同様、ポリオキシエチレンステレン化フェノールエーテルとドデシルベンゼンスルホン酸カルシウム塩を用いた。ただし、界面活性剤の配合量と配合比、さらにポリオキシエチレンステレン化フェノールエーテルのHLB値は混合剤ごとに調整して最適化をはかる必要があった。マイクロエマルジョンの調製は、上記のピレスロイド、界面活性剤、プロピレングリコールおよび酸化防止剤(スマライザー-BHT, 住友化学工業(株)製)を予め加温して混合し、その所定量を脱イオン水に攪拌混合して可溶化させることにより行った。表1にその組織を示した。

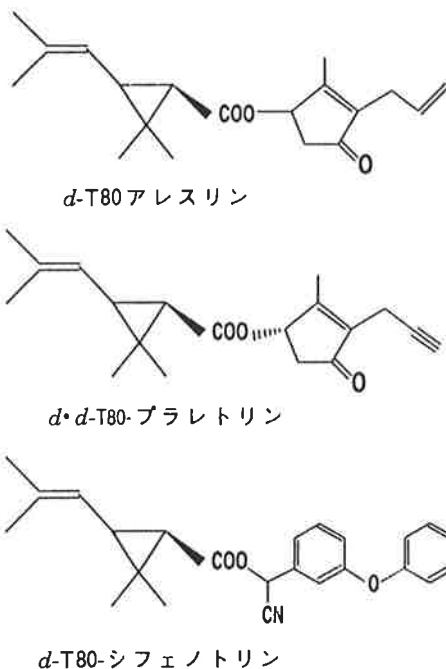


図1 マイクロエマルジョン製剤中の殺虫有効成分

表1 ゴキブリ用マイクロエマルジョン製剤の組成

(1) *d*-T80-アレスリン/*d*-T80-シフェノトリン混合剤

<i>d</i> -T80-アレスリン	0.1~0.2 %W/W
<i>d</i> -T80-シフェノトリン	0.1~0.6
界面活性剤	0.8~3.2
BHT*	0.02~0.08
プロピレングリコール	1.0~4.0
水	残部

(2) *d*・*d*-T80-プラレトリン/*d*-T80-シフェノトリン混合剤

<i>d</i> ・ <i>d</i> -T80-プラレトリン	0.05~0.1 %W/W
<i>d</i> -T80-シフェノトリン	0.1~0.3
界面活性剤	0.6~1.6
BHT*	0.02~0.04
プロピレングリコール	1.5~2.7
水	残部

*スマライザー-BHT (2,6-di-*tert*-butyl-4-methylphenol).

2. 溶状と殺虫成分の安定性

(1) 溶状安定性

表1に示したマイクロエマルジョンを20ml容ガラスアンプルに封入し、-5℃, 室温(15~25℃), 40℃, 60