

殺虫剤研究班のしおり

第61号(1993年12月)

日本衛生動物学会殺虫剤研究班

事務局：財団法人 日本環境衛生センター環境生物部

〒210 神奈川県川崎市川崎区四谷上町10-6

TEL 044-288-4896 内線 401、402

郵便振替口座番号 横浜 7-72048

1993年度殺虫剤研究班大会

「忌避剤に関する諸問題」終了報告

日 時：平成5年4月1日(木) 12:40~15:00

会 場：愛知医科大学、学会B会場

内 容：忌避剤概論 武衛和雄(大阪製薬バイオサイエンス研究所)

ピレスロイドの忌避性 松永忠功(住友化学工業株式会社田宝塚研究所)

蚊とユスリカ駆除への音の 小川賢一(聖マリアンナ医科大学獣医学教室)
利用と展望

試験法、評価法等に関する問題点 座長 松崎沙和子

蚊	水谷 澄	
ハエ	林 晃史	
ゴキブリ	金山彰宏	林 晃史
ダニ	武藤敦彦	林 晃史

1993年度殺虫剤研究班大会は、4月1日愛知医科大学学会B会場で開催した。テーマは忌避剤に関する諸問題をとりあげ、上記に示した3題の講演と試験法、評価法についての討議を行った。年度替りの初日にもかかわらず100名近い参会者を得て盛会であった。

会場の設営、準備をして頂いた第44回日本衛生動物学会大会長金子清俊博士、ならびに愛知医科大学寄生虫学教室の皆様へ深謝致します。

1993年度殺虫剤研究班総会報告

1993年 4月 1日
於愛知医科大学

1. 班員数：個人班員 113名 団体班員 18名（92年 3月 2日現在）
111名 16名（93年 3月30日現在）
2. 活動報告： 1991年度
研究班大会 テーマ「最近の話題害虫に対する殺虫剤の効果の検証」
期日：1991年 4月 1日 会場：神戸国際会議場 401、402号会議室
話題提供者：4名 参加者：100名
1992年度
日本衛生動物学会50周年記念大会の支援
1)ワークショップ方式による一般講演の殺虫剤関連演題の取りまとめ
2)写真を中心とした展示会の開催 テーマ：「日本の衛生害虫防除」
期日：1992年 4月 8日、9日 会場：横浜市開港記念開館 2F6号室
「しおり」の発行 第59号（12月）第60号（93年 3月）
3. 指名委員の承認：皆川（吟）恵子（財団法人日本環境衛生センター）
4. 収支決算報告

1991年度（期間 910326～920325）

収 入		支 出	
90年度繰越金	¥ 334,586-	発送費	¥ 8,039-
年会費	¥ 290,000-		
利息	¥ 5,252-		
91年大会員外参加費	¥ 15,000-		
合 計	¥ 644,838-		¥ 8,039-
差引残高（92年度への繰越金）			¥ 636,799-

1992年度（期間 920326～930325）

収 入		支 出	
91年度繰越金	¥ 636,799-	発送費	¥ 41,760-
年会費	¥ 332,000-	印刷費（北代博）	¥ 28,750-
利息	¥ 7,633-		
合 計	¥ 976,432-		¥ 70,510-
差引残高（93年度への繰越金）			¥ 905,922-

殺虫剤研究班愛知大会要旨

忌避剤概論

武衛和雄（大阪製薬・
バイオサイエンス研究所）

1. 忌避剤

忌避剤とは昆虫の負の走化性を利用し、昆虫をその寄主から忌避させる薬剤をいう。忌避物質には昆虫の嗅覚に感応させるものと、味覚に感応させるものが知られている。

忌避剤として広く実用に供されているのは、蚊などによる吸血から防護することを目的とした蚊とり線香、蚊とりマットなどのピレスロイド製剤と、人の身体に直接処理して吸血刺咬から守るDeetであろう。

忌避剤の作用機構については、蚊を用いた触角の電気生理学的研究が行われ、神経細胞を刺激することによって吸血誘引の情報を攪乱させようというもので、Deetが触角上の嗅覚子に作用するとスパイクが発生し、情報が中枢に送られる結果、負の定位行動が生ずる^{1) 2)}。

蚊は空気中の炭酸ガス濃度の上昇を感知し、人体に接近する。すると人体から発生する暖かく湿った対流の流れにそって体に近づいていく。そのとき、リペレントの分子が吸着力によって蚊の湿度感覚器の穴をふさいでしまうため、蚊は水蒸気を感じ取る能力を阻害され、人に近づくことができなくなる³⁾。

ピレスロイドに対する昆虫の忌避性のメカニズムについては松永氏が報告されるので、ここでは省略する。

2. 忌避剤研究の現状

(1) 合成忌避剤(表1)

新しい忌避剤開発のため、これまで夥しい数の化合物について選抜試験が行われた。その結果、効果や安全性の点からDeet(1950年に上市された)は最も理想的なものとされ、実用化されるに至った。

DEPAはインドで開発され、その効果はDeetと同等である⁴⁾。Tabutrex, MGK R-11, MGK R-326 は、主としてサシバエなどに対する家畜用のリペレントとして使用され、p-Dichlorobenzene, Naphthalene, Champhorは衣類防虫用として古くから需要が多きく、また、ピレスロイドEmpenthrinはその高い蒸気圧を応用し、衣類防虫用として使われている。

表1. 合成忌避剤

Deet (N,N-diethyl-*m*-toluamide)
DMP (dimethyl phthalate)
DEPA (diethyl phenyl-acetamide)
Tabutrex, Tabatrex (di-*n*-buthyl succinate)
MGK R-11, レッパ-111 [2,3,4,5-bis(Δ^2 -buthylene)-tetra-
hydrofurfural]
MGK R-326, レッパ-333 (di-*n*-propyl isocinchomeronate)
p-Dichlorobenzene
Naphthalene
Camphor

(2) 天然忌避剤 (表2)

除虫菊の有効成分であるピレトリンが蚊やハエに対し、すぐれた忌避作用のあることは古くから知られており、蚊とり線香への応用は長い歴史をもつ。

シトロネラ油は、インドで人気のある天然の忌避剤であり、欧米でも数少ない天然物のひとつとして市販されている。しかし、Deetに比べると効力は劣る⁵⁾。シトロネラ油の主成分であるシトロネラールは、サシチョウバエと蚊に対し、Deetと同等の効力が認められている^{6, 7)}。

ヨモギの精油の忌避活性成分中、terpinen-4-ol は DMPと同等の忌避効力のあることが知られている⁸⁾。

レモンユーカリは蚊に対しすぐれた忌避活性のあることが知られ、中国では“quwenling”の名称で市販されて以来、本製品が DMPと大きく入れ替ったということである。活性成分として

p-menthane-3,8-diol が単離された。中国での実地テストによると、ヒトスジシマカに対し、レモンユーカリを20%含有するアルコール液では 3.3時間、30%では 5.5時間の持続効果を示す⁵⁾。

中国産の野性ハッカ *Mentha haplocalyx* から抽出した精油は、種々の蚊に対し忌避活性のあることが知られ、野外テストにおいて、ヒトスジシマカとネッタイエカに対し、4~5時間の持続性が認められた⁵⁾。日本ハッカとスペアミントの精油は、チャバネゴキブリに対し嗅覚忌避活性が認められ、4%添加した昇華製剤では、約1か月間顕著な忌避効果を示した⁹⁾。

eastern red cedar (シダーウッド)はその芳香が珍重がられ、またその香気は衣類防虫へと利用されている。シダーウッドの削り屑は、チャバネゴキブリに対し忌避効果があり、シダーウッドのボードが屋内のゴキブリの総合防除に利用できるだろうといわれる¹⁰⁾。

中国に自生する *Clausena Kwangsiensis* (ミカン科)の葉および茎から抽出した精油は、蚊に対し忌避効果が認められ、その活性成分は、*p*-menthane-3,8-diol の異性体である⁵⁾。

表2. 天然忌避剤

除虫菊	————	カ、ハエ
シトロネラ油	———	カ
セイロンシトロネラソウ (イネ科)		<i>Cymbopogon nardus</i>
ジャバシトロネラソウ		<i>C. winterianus</i>
レモンユーカリ油 (商品名: Quwenling)	————	カ
		<i>Eucalyptus maculata citriodon</i>
薄荷油	———	ゴキブリ、カ
		<i>mentha arvensis piperascens</i> (日本ハッカ)
		<i>M. spicata tenuis</i> (スペアーマント)
		<i>M. haplocalyx</i>
シダーウッド (精油、ボード)	———	ゴキブリ、イガ
		<i>Juniperus virginiana</i>
ヨモギ	———	カ <i>Artemisia vulgaris</i>
ワンピ油 (ミカン科)	———	カ <i>Clausena kwangsiensis</i>
レモン油 (ブッシュカン)		サシチョウバエ <i>Citrus medica</i>

ベネズエラでは、リーシユマニア症の媒介種サシチョウバエの刺咬防止には、*Citrus medica* (ブッシュカン) の葉から抽出した精油が、Deetやシトロネラ油に比べて効果が高かったと報告されている¹¹⁾。

3. 忌避剤の試験法

(1) 蚊

蚊に対する効力試験は、実用上からもよく検討されている。普通に行われているのはヒトの腕を供試する方法で、一定量の薬剤を手甲部や上腕部に塗布またはスプレーし、蚊 (アカイエカ、ヒトスジシマカ、ネッタイシマカなど) を入れた籠の中に挿入して、一定時間内に吸血した蚊の個体数を数える。ヒトのかわりに、マウス、ラット、ウサギなどを供試できる。

本試験で問題なのは、効果に個人差が出ることで、試験例がある程度多い方がデータの信頼性が高くなる。

(2) イエバエ

a. T型嗅覚計¹²⁾

供試薬剤のアセトン溶液を濾紙に吸着、乾燥後薬剤飽和瓶に入れる。イエバエ20匹を嗅覚計の投入口に接続させ、臭いの疏通 (流速1800ml/時) 開始より10分後にハエを反応管に導入する。ハエの管内における移動が、正常な気流側に入った数と、検体の気流側に入った数とを、投入直後より10分間隔で3回観

察記録する。

b. 摂食法¹³⁾

ガラス円筒（径25、高さ15cm）の試験器の中央に、薬剤処理および無処理の濾紙を配置し、その上に秤量した乳糖ペレットをのせる。上部の孔よりイエバエ20匹を放ち、暗室に保つ。20時間後にペレットを取除き、消費量をはかる。

c. 嗅覚試験¹²⁾

30×30×25cmの網籠の中に、誘引剤としてイソプロピルアルコール1%液を入れた捕虫瓶2個を配置し、この中に薬剤処理および無処理の濾紙を瓶の内側に貼りつける。籠の中にイエバエ100匹を放ち、5-18時間暴露後、各瓶に捕獲されたハエ個体数を記録する。

(3) ゴキブリ

a. 摂食法¹⁴⁾

暗箱（60×30×15cm）の床面に、濾紙（処理および無処理紙）を同心円上に3cmの間隔で配置する。濾紙の中央に砂糖500mgをのせ、実験開始より20時間後に砂糖を取り除き、消費量を計る。

b. シェルター法¹⁵⁾

120×120×20cmの容器に、10cm角のベニヤ板を3枚重ねたシェルターを、周辺部8か所に等間隔に配置する。その半数に薬剤を処理し、潜伏場所として利用するゴキブリ数を観察する。観察は4日後、ベニヤ板に潜伏する数を記録し、これを数か月続けて残効性をみる。供試虫数はチャバネでは100♂、100♀、クロでは30♂、30♀、30ニフが適当。

c. Choice box法¹⁶⁾

明（無処理区）、暗（処理区）2室（1室が15×30cm）よりなる試験箱の仕切りに、径10mmの穴があけてあり、放飼したゴキブリはこの穴を通して自由に移動できるようになっている。（図1）

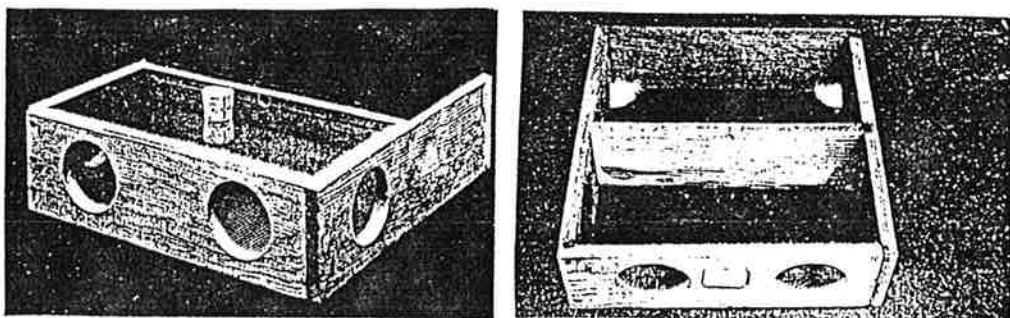


図1. Choice box法 (Ebeling, 1966)

無処理区（明）のボックスに水と餌を置く。実験開始前にチャバネゴキブリを無処理区に放す。観察は毎日14日間継続し、無処理区と処理区に潜伏している個体数を記録する。

d. Standing card 法¹⁷⁾

20×30×20cmの透明プラ容器にチャバネゴキブリを2000匹用意する。7.5×12.5cmのカードに供試薬剤 5g/100mlアセトン溶液に浸漬し、一晚乾燥させる。翌朝、カードを25度の傾斜をもたせて容器にたてかける。1時間後に、カードに這いあがっている個体数を記録する。1回の実験に、無処理区1、処理区4まで可能。

林ら¹⁸⁾によれば、ゴキブリの試験方法間の差異を比較検討したところ、力価に差異が認められることから、厳しい評価の出る方法で試験することが、よい忌避剤の開発を助長することになるだろうと記している。

(4) 屋内塵ダニ¹⁹⁾

濾紙の一点に、供試薬剤のアセトン希釈液50 μ lを滴下し、風乾後、ゴキブリ用粘着シートに設置する。ダニの餌（エビオス：粉末飼料=1：1）約10mgを、薬剤処理部分の上（強制法）または無処理部分（非強制法）におく。供試ダニ20頭を濾紙上に接種し、48時間後にダニの位置を記録する。

実験によると、ピレスロイドではダニが濾紙の周辺の粘着シートに多く付着することから、忌避効果によるものと考えた。

文 献

- 1) McIver, S. B. (1981) : A model for the mechanism of action of the repellent Deet on *Aedes aegypti*. J. Med. Ent. 18, 357-361.
- 2) Davis, E. E. (1985) : Insect repellent : Concepts of their mode of action relative to potential sensory mechanisms in mosquitoes. J. Med. Ent. 22, 237-243.
- 3) ライト, R. H. (1975) : 蚊よけのメカニズム(池田可敏明訳). サイエンス 5(9), 94-100.
- 4) Curtis, C. F. (1992) : Personal protection methods against vectors of disease. Rev. Med. Vet. Ent. 80, 543-553.
- 5) Curtis, C. F. et al. (1990) : Natural and synthetic repellents <In Appropriate technology in vector control, Ed., C. F. Curtis, pp. 233, CRC Press, Inc., Florida, USA>. 75-92
- 6) Buescher, M. D. et al. (1982) : Laboratory tests of repellents against *Lutzomyia longipalpis*. J. Med. Ent., 19, 276-280
- 7) Rutledge, L. C. et al. (1983) : Comparative sensitivity of representative mosquitoes to repellents. J. Med. Ent., 20, 506.
- 8) Hwang, Y. S. et al. (1985) : Isolation and identification of mosquito repellents in *Artemisia vulgaris*. J. Chem. Ecol., 11, 1297-1306.

- 9) 稲塚新一(1982) : 新しいゴキブリ忌避効力評価法および天然精油のチャバネゴキブリに対する忌避性. 日本農業学会誌. 7, 133-143.
- 10) Appel, A. G. et al. (1989) : Repellency of milled aromatic eastern red cedar to domiciliary cockroaches. J. Econ. Ent. 82, 152-155.
- 11) Rojas, E. et al. (1991) : The use of lemon essential oil as a sandfly repellent. Trans. Roy. Soc. Trop. Med. & Hyg. 85, 803.
- 12) 池田安之助 (1961) : イエバエの誘薬剤に対する行動反応に関する研究. 京都府医大誌 70, 625-665.
- 13) 池田安之助 (1958) : ピレトリン及びアレスリンに対する家蠅の忌避性. 忌避剤・誘引剤について 第2報, 防虫化学 23, 33-36.
- 14) 池田安之助 (1961) : 数種忌避剤のチャバネゴキブリに対する効果とその効力試験法. 防虫化学 26, 112-115.
- 15) Komiyama, M. et al. (1981) : Laboratory evaluations on the repellency of deet against two cockroach species *Blattella germanica* and *Periplaneta fuliginosa*. 三環セソキ No. 8, 88-90.
- 16) Ebeling, W. et al. (1966) : Influence of repellency on the efficacy of blatticides. 1. Learned modification of behavior of the German cockroach. J. Econ. Ent. 59, 1374-1388.
- 17) Goodhue, L. D. (1960) : New techniques for screening cockroach repellents. J. Econ. Ent. 53, 805-810.
- 18) 坂本 亮夫・石川六郎 (1974) 家庭用殺虫剤学概論. pp. 214, 北隆館. 東京.
- 19) 斎藤三郎 (1988) : 殺虫剤研究のしおり 54号, 12-14.

ピレスロイドの忌避性

松永忠功（住友化学工業(株)宝塚総研）

1. ピレスロイド剤の忌避効果についての報告例

ピレスロイド剤は、衛生害虫・農業害虫・ミツバチ・シロアリ等種々の昆虫に副次的作用として忌避作用を有することが報告されている（表1）。その内容を以下に要約する。ベルメトリンに薬剤耐性となったノセシバニ (*Haematobia irritans*) の行動を感受性系統と比較した結果、ベルメトリン塗布区への休止行動が著しく減少したことが分かった。Quisenberryら (1984) は、このノセシバニはベルメトリンを刺激物質として感知しており、ベルメトリンの作用を *irritancy/repellency* と定義している。植物表面に残留しているベルメトリンは、花粉や蜜を採集するミツバチ (*Apis mellifera*) の停留を阻害する。Atkins (1981) , Riethら (1988) は *repellency* の作用であると述べている。Buescherら (1987) はマダニ (*Ornithodoros parkeri*)、シシガメ (*Rhodnius prolixus*) でベルメトリンを忌避剤デイトと比較したところベルメトリンの方が忌避活性が高いと述べており、またSuら (1990) はベルメトリンを含む9種類のピレスロイド剤をシロアリ (*C. formosanus*, *Reticulitermes flavipes*) に試験を行い、ピレスロイド剤処理土壌は蟻道構築を妨げる作用があることを示しているが、いずれも接触忌避作用 (*contact-repellency*) と論じている。

蚊に対するピレスロイド剤の忌避作用の報告例はとりわけて豊富である。Chadwick (1975) はピレスロイド剤含有蚊取線香の効能について分析している（表2）。殺虫活性の発現であるノックダウンおよび致死に至る前段階で、蚊の室内への侵入回避、室外への放逐、吸血行動の阻害といった行動を攪乱・阻害する作用があり、これらはピレスロイド剤の忌避性によるものであるとしている。

2. 電氣的測定法によるネッタイシマカ吸血阻害の調査

EMIF（昆虫吸汁行動電氣的測定法）はアブラムシ・ヨコバイ・ウンカの植

物の吸汁行動研究に開発された手法である (McLean and Kinsey (1969), 河部ら (1980))。これをネッタイシマカの人体吸血の調査に応用した。蚊の口器と皮膚との間の接触状態の変化を一つの可変抵抗器に見立てて電流変動を測定すると、吸血行動の詳細 (図1) を定量的に把握することができる。ディート、プラレトリン (ピレスロイド剤) のエタノール液を前腕部に塗布し、強制接触させて比較した。薬剤濃度を $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ から濃度を下げてゆくと、口針を刺入する個体、吸血する個体が出現する。ディートでは、一旦口針を刺入した個体は吸血まで完了する。一方プラレトリンでは、口針を刺入した個体で吸血を完了することなく途中で逃避行動を示す個体が多い (表3)。行動時間でその内容を比べると、ディートでは口針刺入に至るまでの時間、吸血体勢保持時間 (口針を刺入している時間)、口針刺入から吸血するまでの時間、吸血している時間、吸血ポンプ作動周波数 (筋肉の動き) は薬剤無処理と差がない。一方プラレトリンでは吸血体勢保持時間が短縮されている。 $0.078 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ の濃度では、吸血開始にまでは至ったものの吸血を中断したことによる (表4)。ピレスロイドでは蚊が接触してから吸血行動を中断して逃避行動に移るまでの時間は濃度に反比例する (区2)。なお他のピレスロイド剤でも活性の強弱はあるが同様の現象を生ずる (区3)。このように明らかにディートとピレスロイド剤では忌避性発現のメカニズムは異なり、ピレスロイド剤では接触による抹消神経系への蓄積から刺激作用によって忌避性が発現するのであろう。

3. ピレスロイド剤のネッタイシマカ化学感覚毛に対する作用

皮膚にとまったとき接触するのは足肢でとりわけtarsiが密着する。tarsusには種々の抹消神経が分布しているが、薬剤が虫体に最も早く侵入できるのは形態的にみて孔口を有する化学感覚毛 (味覚器) であろう。ネッタイシマカ雌成虫のtarsusにおける化学感覚毛の分布は前肢・中肢の第4、第5 tarsomereに集中する (図4)。この化学感覚毛に対するプラレトリンの生理的作用について、tip-recording法を応用し電気生理学的に調査を行った (図5)。塩化ナトリウム、シュクロースには水溶液モル濃度 $0.01 \sim 0.1$ 以上でスパイクが発生する。電解質および刺激物質として塩化ナトリウムを脱イオン水に溶解させ 0.1 M 水溶

液とし、さらにプラレトリンのエタノール液を添加してプラレトリン 10^{-7} ~ 10^{-4} M の所定濃度に調節し、この溶液をガラス微小電極に充填した。化学感覚毛一本ずつにかぶせてスパイクの発生を調べた。 10^{-6} M ではコントロール（塩化ナトリウム 0.1 M、エタノール 2% (V/V) の水溶液）と比較してスパイク頻度は著しく減少した（図 6）。 10^{-4} M では振幅の小さい短連の異常スパイクが反復して出現し、接触後 10 秒後から振幅の大きなスパイクの連鎖が出現した（図 7）。後者すなわち振幅の大きなスパイクの連鎖は、ピレスロイド剤の神経軸索 Na チャネル閉口抑制によって生ずる活動電位反復射出に相当するものであろう。前者すなわち振幅の小さい短連の異常スパイクは化学感覚毛のより先端の樹状突起・感覚細胞の部位への作用で生じた現象で、これが忌避行動と関連するものと推定された（池田司敏明、1993）。

4. まとめと考察

ネッタイシマカがピレスロイド剤を塗布した直にとまった時の接触忌避性的行動を絞って調べたが、虫体全体に拡散して考えてみると、化学感覚毛は antenna, palp, proboscis, tarsus に分布し、忌避性発現の一次作用部位は tarsus に限定されるものではない（図 8）。ピレスロイド剤含有蚊取線香の忌避作用は、ピレスロイド剤が煙とともに空間を浮遊するとき蚊の化学感覚器に付着することによって生ずる作用ではないだろうか。

忌避剤ディートは、蚊に本来備わった嗅覚機能、具体的には触角に分布する嗅覚子を通じて作用する（McIver (1981), Davis (1985)）。神経系に作用するピレスロイド剤では、ノックダウンや致死が生ずる薬剤取り込み量以下の亜致死薬量（sublethal dose）において副次的に発現する行動攪乱・障害の作用であろう。発現メカニズムは異なるが、行動観察からは結果的に忌避作用として観察される（図 9）。

参考文献

- Quisenberry, S. S., Lockwood, J. A., Byford, R. A., Wilson, H. K. and Sparks, T. C. 1984. Pyrethroid resistance in the horn fly, *Haematobia irritans*(L.) (Diptera: Muscidae). J. Econ. Entomol. 77(5):1095-1098.
- Atkins, E. L. 1981. Repellents reduce insecticidal kills of honey bees. Proc. 28th Int. Con. of Agr. pp.305-310. Apimondia Publishing House, Bucharest, Romania.
- Rieth, J. P. and Levin, M. D. 1988. The repellent effect of two pyrethroid insecticides on the honey bee. Physical. Entomol. 13:213-218.
- Buescher, M. D., Rutledge, L. C. and Wirtz, R. A. 1987. Studies on the comparative effectiveness of permethrin and deet against bloodsucking arthropods. Pestic. Sci. 21:165-173.
- Su, N. Y. and Scheffrahn, R. H. 1990. Comparison of eleven soil termiticide against the Formosan subterranean termite and eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). J. Econ. Entomol. 83(5):1918-1924.
- Chadwick, P. R. 1975. The activity of some pyrethroids, DDT and lindane in smoke from coils for biting inhibition, knockdown and kill of mosquitoes (Diptera, Culicidae). Bull. ent. Res. 65:97-107.
- McLean, D. L. and Kinsey, M. G. 1969. Probing behavior of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. IV. Effects of starvation on certain probing activities. Ann. Entomol. Soc. Amer. 62(5):987-994.
- Kawabe, S. and McLean, D. L. 1980. Electronic measurement of probing acti-

vities of the green leafhopper of rice. Ent.exp. & appl. 27:77-82.

池庄司敏明(1993): 5.3 忌避剂, 蚊, 东京大学出版会, pp.158-159.

McIver, S. B. 1981. A model for the mechanism of action of the repellent deet on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 18(5):357-361.

Davis, E. E. 1985. Insect repellents: concepts of their mode of action relative to potential sensory mechanisms in mosquitoes (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 22(3):237-243.

表1. ビレスロイド剤の忌避作用報告例

〔衛生害虫〕 人体吸血 ダニ、サシガメ、カ、ノミ、サシチョウバエ ツエツエバエ	Repellent
衣料 イガ、カツオブシムシ	Antifeedant
その他 ショウジョウバエ ノサンバエ	Antifeedant Repellent/ Irritant
〔農業害虫〕 ワタミゾウムシ ハダニ	Repellent Repellent/ Locomotory
ミツバテ	Repellent
シロアリ	Contact- repellent

表2. 蚊に対する作用の分類

室内侵入回避 (Deterreny*)	Repellency
室外忌避 (Expellency)	
寄主発見阻止、 吸血忌避 (Interference in host findings ; Bite inhibition)	
落下作用 (Knockdown)	Toxicity
致死 (Kill)	

*P. R. Chadwick, 1975

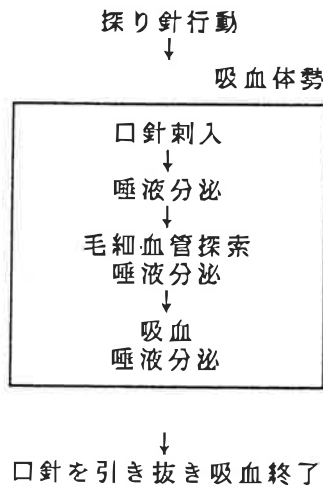


図1. 蚊の吸血行動

表3. 前腕部薬剤塗布時のネットイシマカ吸血率

Compound	No. Trials#	Dose ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)							
		10	5.0	2.5	1.3	0.63	0.31	0.16	0.078
Prallethrin	3	-	-	0 * (0)**	33 (0)	42 (0)	50 (17)	67 (25)	83 (67)
Deet	1	0 (0)	25 (25)	50 (50)	100 (100)	-	-	-	-
Control	8					91 (88)			

* % Biting attitude
** (% blood feeding)

4 Females/Trial

表4. 吸血行動詳細の比較

Item	prallethrin (0.078 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		deet (2.5, 5.0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	
	N	X \pm SE	N	X \pm SE
Base time (sec.) ¹⁾	10	7 \pm 1	3	25 \pm 8
Biting attitude (sec.) ²⁾	10	69 \pm 10*	3	260 \pm 65
Time before blood feeding (sec.) ³⁾	8	30 \pm 5	3	83 \pm 45
Blood feeding (sec.)	8	46 \pm 10*	3	143 \pm 36
Frequency of pharyngeal valve opening (times/sec.) ⁴⁾	8	10.1 \pm 0.5	3	9.0 \pm 0.9

* Highly significant (P<0.01), in comparison with the control by Mann-Whitney's U-Test.

- 1) 蚊を強制接触させて口針を刺入するまでの時間
- 2) 吸血体勢保持時間 (口針が皮膚に刺入された状態)
- 3) 口針を刺入してから吸血を始めるまでの時間
- 4) 吸血ポンプの作動頻度

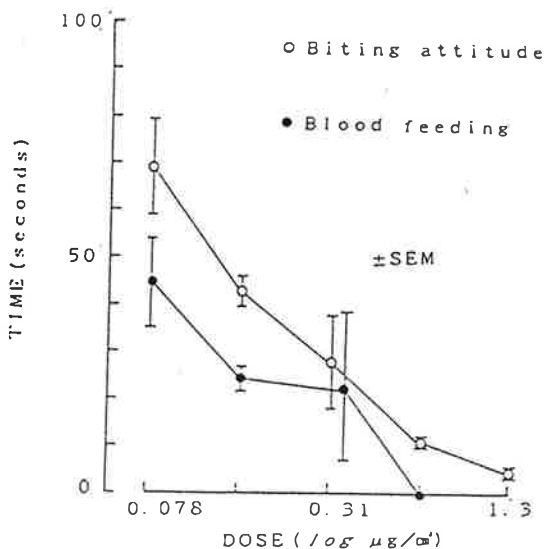


図2. プラレトリン塗布時の吸血行動時間の変化

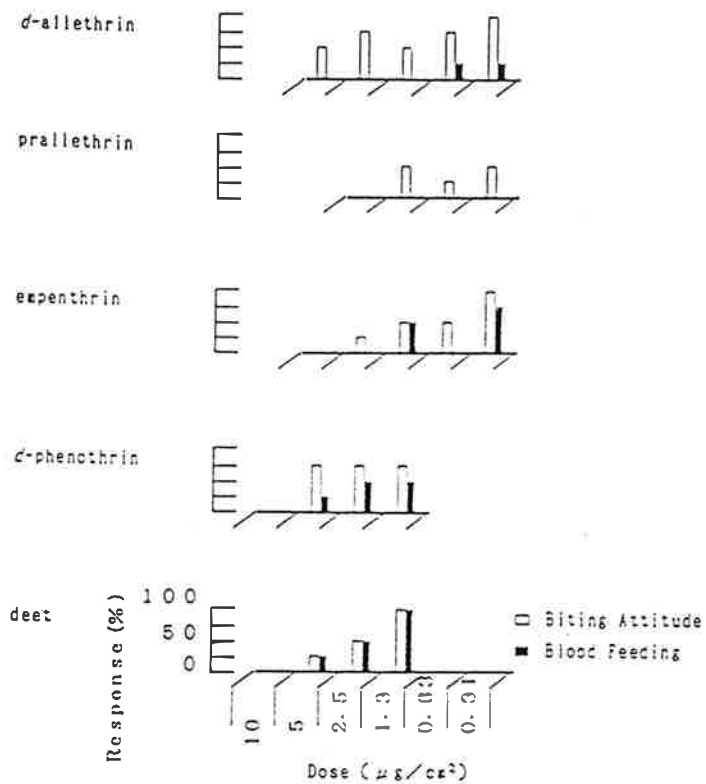


図3. 各種ピレスロイド剤の吸血阻害

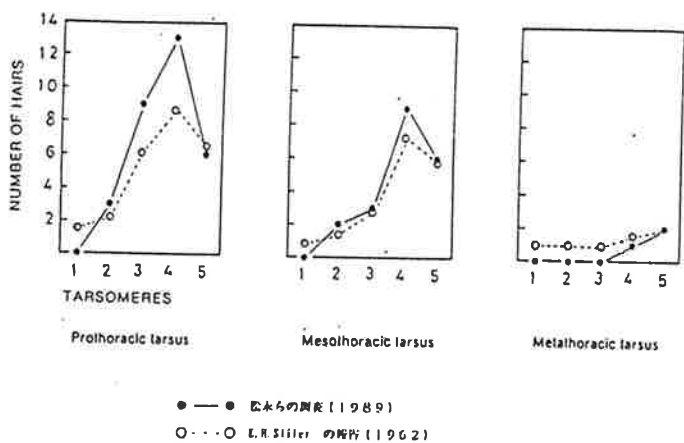


図4. ネットアイシマカの tarsus における化学感覚毛の分布

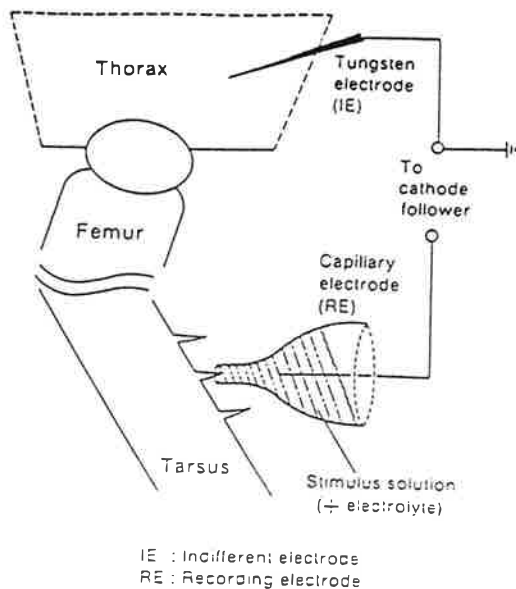


図 5. Tip-recording法

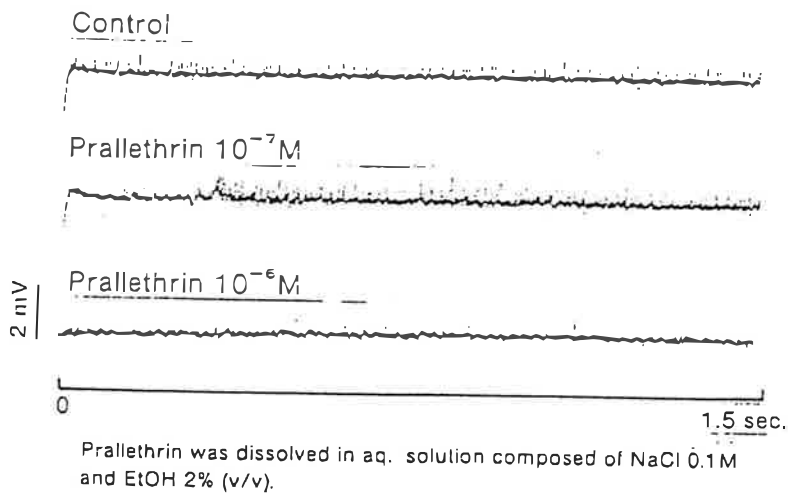
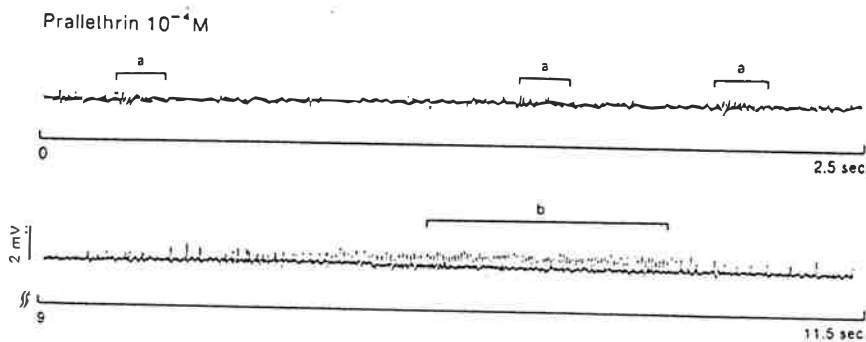


図 6. プラレトリンの化学感覚毛に対する生理的作用 - 1



- a. A short train of spikes.
- b. Repetitive discharges of large amplitude.

図 7. プラレトリンの化学感覚毛に対する生理的作用 - 2

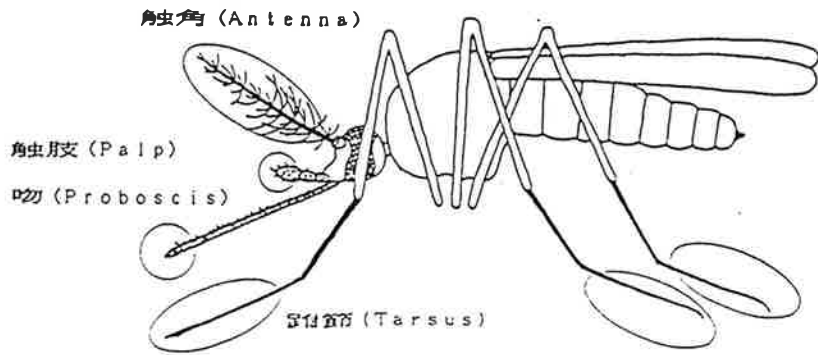


図8. 化学感覚器の存在部位

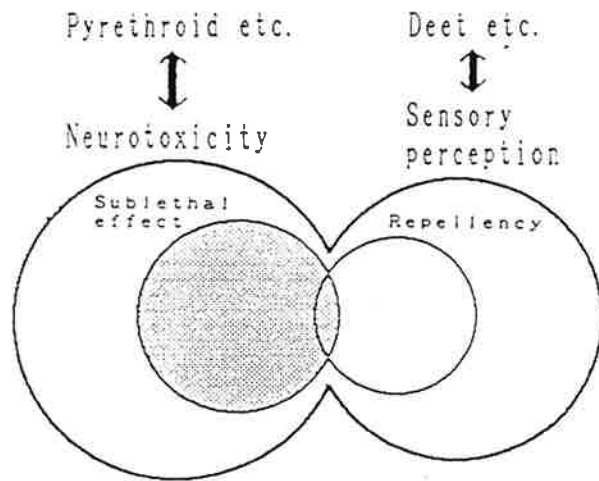


図9. ピレスロイド剤とディート忌避性の比較

蚊およびユスリカ類駆除への 音の利用と展望

聖マリアンナ医科大学 小川賢一

蚊やユスリカなどの衛生昆虫駆除は殺虫剤が主役である。しかし、殺虫剤の多用によりこれらの昆虫に殺虫剤抵抗性や耐性が生じたり、環境生態系への悪影響等の問題が生じている。これに対応するため、衛生昆虫駆除に発想を異にした新たな駆除法を構築する必要があると痛感している。

昆虫類は同種あるいは異種間で音によるコミュニケーションを少なからず行なっていると考えられる。蚊やユスリカにおいてもswarmingしている雄が同種の雌の羽音を感知して雌に誘引されるように、配偶行動の過程で羽音が重要な役割を果たしている。この雄の音響行動の特性を駆除に利用するため、音響トラップを考案・作製して、雌が応答・誘引される周波数の音響をこの音響トラップから発信することで、大量の雌を誘引・捕獲する試みが近年行なわれている。その具体的事例として、マレーシアにおけるマレーフィリアの媒介蚊 *Mansonia* 属、日本およびタイにおける日本脳炎媒介蚊 *Culex tritaeniorhynchus* の雄を音響と動物臭および炭酸ガスの併用によって大量に捕獲する野外実験が挙げられる。また、雄蚊の大量捕獲だけでは次世代以降への個体群密度への影響が少ないという欠点があるが、トラップを改良することによって雄蚊だけでなく雌蚊も大量に捕獲できるようになった。一方、化学不妊剤と音響トラップとの組み合わせ、すなわちトラップに塗った化学不妊剤に音響に誘引された雄蚊が接触したのち、野外の健全な雌と交尾すると、交尾雌が化学不妊剤で不妊化されるため、産下された卵の孵化率が低下する結果、次世代の個体群密度が減少することを明らかにした室内および野外実験が報告されている。これは既述の

欠点を補うため誘引音と音以外の駆除法を組み合わせた応用例として興味深く、より一層の研究が望まれる。化学不妊剤の替わりに殺虫剤を利用すれば、殺虫剤の使用量を減らせるとともに使用範囲を極めて限定することができるため、環境生態系への悪影響を軽減することが可能と思われる。

ユスリカ類昆虫は大量発生することから不快昆虫としてだけでなく、ユスリカアレルギーの抗原となっている。その対策として抗原の回避あるいは除去は重要な対策である。そこで、大気中へのユスリカ抗原の飛散をできるだけ抑えるため、羽化したユスリカ雄成虫を誘引音によって音響トラップで誘引し大量捕獲するための野外実験が行なわれ、有望な成果を挙げている。

以上述べた疾病媒介蚊やユスリカ類における誘引音の利用を含めて、将来、衛生昆虫駆除分野に種々の音の導入と実用化が考えられる。すなわち、①誘引音②忌避音③交信攪乱音④殺虫・発育阻止音等の音の利用が可能である。誘引音は大量誘引捕獲あるいは殺虫剤や化学不妊剤などとの併用だけでなく、人匠法に替わるマラリア媒介蚊の発生消長のモニタリングに利用でき、従事者がマラリア感染の危険から回避できるため有用性が高い。他の音については現在のところ研究例や報告例に乏しい。しかし、昆虫行動学あるいは音響生理学、音響生態学といった分野の研究が未開拓である現在、これらの研究が進展するのに伴って、衛生昆虫駆除への音の利用も併せて発展するものと確信している。その一方で、これらの音の多用によって音に非感受性の系統を選抜する危険性があり、殺虫剤と同じ道を歩まないよう十分な注意が必要である。

試験法、評価法に関する問題点

1. 蚊

(財)日本環境衛生センター
環境生物部 水谷 澄

蚊を対象とした忌避試験は、基礎効力試験と実地効力試験に分けられる。誘引源は従来からボランティアの腕や脚を用いてきたが、基礎試験ではマウスで代用することも出来る。

試験法の概略を以下に示す。

1-1 基礎効力試験

1-1-1 人の腕を誘引源とする試験

袖口のついた金網カゴを5～6個用意して、この中にヒトスジシマカ又はアカイエカ雌成虫を50頭程放す。供試薬剤を一方の腕の前膊部に処理し、(0.5～2ml)もう一方の腕は無処理とする。薬剤処理後、所定時間毎に(例 処理直後2、4、6、8時間後)ヤブカ対象の場合は5分間、イエカ対象の場合は15～30分間程度それぞれのカゴに腕を挿入し、刺咬数を記録する。ヤブカ対象の場合は露出部分を限定した方がよい。

金網カゴの代わりに、直径5～6cm、長さ15cm程のガラスリングに、ヒトスジシマカ雌成虫を15頭程度入れて、両面をガーゼと輪ゴムで留めたものを必要数用意しておき、薬剤処理後所定時間毎に、これを肌に5～10分間密着させて刺咬数を記録する方法もある。この場合も常に無処理区を置く。

なお、アカイエカを使用する場合、昼間は吸血率が低いので夜間行うこと。またボランティアは少なくとも3人必要である。

効果判定は処理区と無処理区の刺咬数の相对比较で行い、忌避指数を計算する。評価の目安は無処理区と比較して少なくとも6時間程度差のある効力を有することが望まれる。

deetを2～3%以上含む供試薬剤に触れた蚊は、中毒作用のためノックダウンしたり致死することがあるので、供試虫は常に健全なものを使用する様注意すること。

1-1-2 マウスを誘引源とする試験

人の腕の代わりに金網で固定したマウスを使用する。供試薬剤の0.5~1mlを、クロマトグラフ用噴霧器等で20cm程離れたところから均一に噴霧処理する。

これを供試虫（アカイエカ雌成虫）を用意したカゴに入れて、時間経過にともなう吸血蚊数をカゴを通して視察記録する。最終観察時（20又は40時間後）に供試虫を殺して吸血数又は率を観察する。無処理区と比較して忌避指数を求める。

評価の目安として、無処理区と比較して少なくとも20時間程度差のある効力を有することが必要である。

1-2 実地効力試験

片腕又は片脚に忌避剤を処理して、（腕に1ml、脚には2ml程度処理）もう一方の腕と脚は無処理とする。ヤブカ類等が多数生息している野外で両手、両脚を露出して吸血にくる蚊を待つ。蚊が係留して吸血を開始したら吸血管に吸取るか、たたいて殺し、その数を腕と脚、処理区無処理区に分けて記録する。

処理直後~1時間、3~4時間、5~6時間、必要なら7~8時間後に試験を行う。10人程度の総計値から忌避指数を求め、この結果から供試薬剤の効力や持続性を検討する。

評価の目安は、無処理区と比較して少なくとも6時間程度差のある効力を有することが必要である。

1-3 試験例解説

上述した方法で試験した例を下記に示す。

試験例1はガラスリングに供試虫を12頭ずつ入れ、対照区と処理区に筒先を押し当てて5分間自由に吸血させた結果である。

供試薬剤は市販されている製剤とほぼ近似した処方である。

時間経過に伴い処理区の吸血率が上昇していき、6時間後には忌避指数が50%以下となった。この辺までは明らかに対照区と差が出ているが、それ以降効果はさらに低減する。

試験例2はアカイエカを入れたケージ内に検体を処理、または無処理のマウスを用いた試験である。Deetを含む製剤の場合、処理後20時間まではほとんど吸血しない。この例では同時に行ったオクタジオールは低いといえる。

試験例1 基礎効力試験（ガラスリング法）

供試薬剤 Deet8%7ルコ-ル碱
 吸血源 人の腕
 供試虫 ヒトスジシマカ

被験者	処理後（時間）							
	2		4		6		8	
	対照	処理	対照	処理	対照	処理	対照	処理
M. A.	8	0	9	2	9	11	7	6
T. I.	7	0	6	1	11	2	8	5
M. K.	4	0	11	2	9	2	6	4
計	19	0	26	5	29	15	21	15
忌避指数	100		80.8		48.3		28.6	

注) 表中の数字は吸血数 薬量 1 ml / 上膊部

試験例2 基礎効力試験（ケージ法）

吸血源 マウス
 供試虫 アカイエカ

供試薬剤	処理後（時間）			
	2	4	6	15
製剤 T*	0 (100)	0 (100)	0 (100)	1.1 (98.5)
製剤 S*	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)
2%オクタジオール	2.6(84.2)	23.5(46.7)	28.7(53.9)	50.4 (32.3)
対 照	16.5	44.1	62.2	74.5

注) 表中左側数字は吸血率、()内の数字は忌避指数を示す。
 薬量 金網に固定したマウスに1 ml処理 *有効成分 Deet

試験例3 基礎効力試験（ケージ法）

吸血源 マウス 供試虫 アカイエカ

供試薬剤	処理後（時間）				
	2	4	7	9	20
5%ソノネオイル	0 (100)	3.7(84.6)	7.4(79.4)	18.5(53.8)	35.2(37.1)
20%ソノネオイル		0 (100)	3.7(89.7)	13.0(67.5)	33.3(40.5)
対 照	8.0	24.0	36.0	40.0	56.0

注) 表中の数字は左側が吸血数 () 内は忌避指数を示す

試験例4 実地効力試験（吸血飛来数と忌避指数）

供試薬剤 Deet10%除虫剤

被験者	年齢	性別	直後～1時間		3～4時間		6～7時間		平均飛来数 1時間
			T	U	T	U	T	U	
A	54	M *	5	31	8	33	18	45	23.3
B	54	M *	4	67	2	20	3	41	22.8
C	29	F	2	13	0	5	0	8	9.3
D	25	M *	2	34	3	33	11	29	18.7
E	25	F	0	42	0	5	2	15	21.3
F	24	M	0	5	5	14	6	15	15.0
G	46	M	0	28	1	17	2	35	27.7
H	45	M	0	10	1	12	3	11	12.3
I	55	M	1	7	4	16	7	24	19.7
J	47	M	0	12	0	12	7	11	14.0
Total			14	249	24	167	59	234	(9.3～27.7)
忌避指数			94.4		85.6		74.8		

注) 処理部位は下肢部 2ml * 2試験の合計飛来数 Tは煙区 Uは対照

試験例3も同じ方法で行ったシトロネラオイルの結果である。本剤は対照区とは差があるものの本質的な忌避効力は高くないのがわかる。

試験法4は被験者10人で行った実地試験結果である。時間の経過に伴い効力は低減するが、そのスピードは緩やかで良好な成績を示している。

被験者への平均飛来数は実施場所の蚊の密度によるが、被験者一人当りの飛来数に個体差が生じる。この例では最小9.3、最大27.7で3倍の開きに留まっているが、10倍以上の開きが生じることも珍しくない。蚊に好かれる人、嫌られる人は常に明確な数字で示される。

以上をまとめて、忌避効力試験各方法を項目別に比較検討したのが、表1である。

表1 忌避効力試験法まとめ

項 目	基礎効力試験			実地効力試験
	ガラスリング法	ケージ法		人の腕・脚
	人の腕・脚	人の腕	マウス	
供試種(蚊種)	ヒスツマカ	ヒスツマカ	アカエカ	野外生息種
供試虫数目安	15頭/リング	30頭/ケージ	50頭/ケージ	
被験数	3例以上	3例以上	2例で可	6例以上
試験時間	8時間	8時間	20~72時間	8時間
1回の吸血時間	5~10分	3~5分	継続	60分以内
観察方法	肌の腫張数	同左	吸血蚊数	係留数
吸血嗜好性	個体差あり	個体差あり	個体差少	あり
供試虫の保持	問題なし	悪い	良い	—
人との感受性差	なし	なし	あり	なし
効力の目安				
対照区との差	4~6時間要	4~6時間要	20時間要	6時間要
その他		露出部分(20cm程度)以外を覆う		風のある日は試験不可

以 上