

201305005A

厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

トコジラミの効果的な防除法並びに調査法の開発に関する研究

平成25年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 武藤敦彦

平成26（2014）年3月



## 目 次

I. 総括研究報告書	
トコジラミの効果的防除法並びに調査法の開発に関する研究	
武藤敦彦	1
II. 研究分担報告書	
1. 各地で採集したトコジラミに対する各種殺虫剤の効力評評価に関する 基礎的検討	
数間亨、水谷澄	7
2. トコジラミの薬剤抵抗性レベルを判定するための簡易キットの検討	
皆川恵子	19
3. 各種トラップのトコジラミに対する捕獲性能の評価	
皆川恵子、足立雅也	25
4. イミプロトリンとメトキサジアゾンを含むエアゾール製剤を用いた トコジラミに対する実地試験結果	
皆川恵子、佐藤英毅、水谷澄	33
5. プロポクスルを含むエアゾール製剤を用いたトコジラミに対する 実地試験結果	
皆川恵子、佐藤英毅	39
6. トコジラミの吸血行動に対するディートの忌避効力	
橋本知幸	44
7. 洗濯洗剤のトコジラミに対する致死効果の評価	
皆川恵子	51
8. 温度条件の違いによるトコジラミの産卵数並びに孵化数の変動	
永廣香菜	56
資料. 一般住民向けブックレット案	61
「トコジラミ (ナンキンムシ) に気をつけましょう！」	

厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）

（H25－特別－指定－008）

総括研究報告書

## トコジラミの効果的な防除法並びに調査法の開発に関する研究

研究代表者 武藤 敦彦 一般財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 部長

### 研究要旨

欧米では以前から問題となっていたトコジラミが、わが国でも宿泊施設や一般家庭で問題化しつつある。しかし、わが国では長年に渡り問題にならなかったことによる知識不足、強い殺虫剤抵抗性の獲得などにより、対応に苦慮しているのが現状である。

この現状を踏まえて、本研究では、わが国各地で採集したトコジラミについて、各種殺虫剤に対する薬剤感受性を調べ、抵抗性集団に対する種々の薬剤等の効力や、対策の評価等に使用するための各種トラップの捕集性能、薬剤によらない防除法等の総合的な評価を行い、最終的には一般住民でも行える、現時点で実施可能な対処法を確立し、迅速な初期対応が行える手法を広く情報発信することを目的として各種の研究を実施した。

殺虫剤抵抗性に関しては、日本各地の10カ所から採集したトコジラミについて感受性試験を行い、多くの地域でピレスロイド剤に対する強い抵抗性が発達していることが明らかとなった。これらのほとんどの集団に対しては有機リン剤やカーバメート剤が有効であることを確認したが、一部地域では有機リン剤やカーバメート剤に対しても抵抗性を示す集団の存在が確認され、それらに対してはネオニコチノイド系の薬剤が有効であることが明らかとなった。また、現場で抵抗性獲得の有無の判断が可能な簡易キットを試作して評価し、実際に判定が可能であることを確認した。

ピレスロイド剤抵抗性トコジラミが多数発生している現場において、一般人が入手しやすい家庭用エアゾール剤の実地における効力評価を実施し、メトキサジアゾンやプロポクスル（カーバメート系）を有効成分として含有する家庭用エアゾール剤が有効であることを確認した。また、吸血昆虫用忌避剤の有効成分であるディートは、トコジラミに対しても吸血抑制効果があること、処理エリア内への侵入を防ぐ効果があることを確認した。

現場での評価や基礎試験の結果から、各種のトコジラミ用やゴキブリ用トラップは、製品により差は認められるが、調査や駆除効果の判定に利用できると判断した。

薬剤処理によらない方法としては、洗濯洗剤の致死効果や温度による増殖性の違いについて評価を行い、通常の使用量による洗濯洗剤の効果は低いこと、15℃を下回る温度下ではかなり増殖が抑制されるであろうことが明らかにした。

以上の結果や既知の情報を基に、一般家庭向けの平易な文章による小冊子案を作成した。

### 研究分担者：

橋本 知幸（一般財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 課長）  
皆川 恵子（一般財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 係長）  
數間 亨（一般財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 技師）  
永廣 香菜（一般財団法人日本環境衛生センター 環境生物部 技術員）

## A. 研究目的

欧米では以前から問題となっていたトコジラミが、わが国でも宿泊施設や一般家庭で問題化しつつある。しかし、わが国では長年にわたり問題にならなかったことによる知識不足、強い殺虫剤抵抗性の獲得などにより、対応に苦慮しているのが現状である。近年になって急激に問題意識が高まり、日本衛生動物学会や日本ペストロジー学会を中心に、学会大会での報告や報文が増加してきている。

現在わが国で問題となっているトコジラミは、ペルメトリンなどのピレスロイド系の殺虫剤に対して強い抵抗性を示す集団が多く、一般の人々が入手可能な家庭用殺虫剤のほとんどで効力が望めない状態にあると言える。これまでの報告によれば、遺伝子解析の結果、わが国で現在問題となっているトコジラミの80%以上の集団がピレスロイド剤に強い抵抗性を示すと考えられ、さらに有機リン剤(フェントロチオンやプロペタンホス)やカーバメート剤(プロポクスル)にも抵抗性を示す集団の存在が当方で実施した試験により明らかとなったが、それらの全国的な分布状況は明らかではない。また、防除を行う上で重要なトラップを用いての調査法(効果判定法)が確立されていない。

以上を踏まえて、本研究では、わが国各地で採集したトコジラミについて薬剤感受性を調べ、抵抗性集団に対する種々の薬剤等の効力、各種トラップの捕集性能および薬剤によらない防除法等を総合的に評価することを目的として一連の研究を実施した。また、これらの評価結果等を基に、一般でも行える対処法を確立し、迅速な初期対応が行える手法を広く情報発信することを目的として、トコジラミの生態や防除法などの啓発に利用するための一般向けブックレット案を作成した。

## B. 研究方法

本研究は、総括研究者 武藤、分担研究

者4名(数間、皆川、橋本、永廣)が実施した。

数間は、各地で採集されたトコジラミ集団の各種薬剤に対する感受性調査、皆川は、実地における殺虫剤の効果、抵抗性評価のための簡易キット、調査に用いる各種トラップの有用性および洗濯洗剤の効果、橋本は、忌避剤のトコジラミに対する効果を、永廣は温度と増殖性の関連についての検証を担当した。武藤は、研究の総括と今回の研究で得られた結果等を基に、これまで明らかとなっていなかった情報も含めて一般向けトコジラミ対策ブックレット案の作成を行った。

一連の研究には、日本各地で採集し、当方で増殖させたトコジラミ集団と当方で従来から累代飼育している薬剤感受性集団を使用した。

### (倫理面への配慮)

一連の研究に使用するトコジラミ集団の維持のための吸血源として、また、忌避効力試験における誘引源としてマウスを使用したが、この場合にはできる限り苦痛を与えないよう動物愛護上の最大限の配慮を行い、トコジラミの取扱いに当たっては、研究等実施者に対する被害や試験場所の薬剤汚染が起こらないよう配慮した。

## C. 研究結果

### 1) 各地で採集したトコジラミに対する

#### 各種殺虫剤の効力に関する基礎的検討

トコジラミに使用可能な各種殺虫剤の各地の発生現場で採集したトコジラミ集団に対する効果を、残渣接触試験および円筒直撃試験で確認した。さらに、それらのトコジラミに対して、原体を用いた微量滴下試験を行い、殺虫成分の基礎的効力を評価した。

ペルメトリン水性乳剤およびフェントロチオン乳剤のトコジラミ8系統に対する残渣接触試験を行ったところ、ペルメトリンでは、8系統中7系統が用量通りに処理しても致死効果が低く、フェントロチオンでは、8系統中1系統の致死効

果が低かった。フェニトロチオン乳剤での致死効果が低かった系統に対して6種の製剤を用いて同様の残渣接触試験を行ったところ、共力剤であるS-421を含んだエトフェンプロックス5%水性乳剤において、3日後の致死率は70%程度と比較的高い値が得られた。

薬局などで入手しやすい、医薬品および医薬部外品の市販エアゾール4種を用いた円筒直撃試験を行った結果、有効成分にメトキサジアゾンを含んだエアゾールで多くの集団に対する高い致死効果が認められた。

ピレスロイド系殺虫剤2種(ペルメトリン、イミプロトリン)、有機リン系殺虫剤1種(フェニトロチオン)、ネオニコチノイド系殺虫剤1種(ジノテフラン)の計4種の殺虫原体を用いた微量滴下試験を行ったところ、ペルメトリンについては、9系統中7系統の抵抗性比が1,000倍以上、1系統が100倍程度であった。フェニトロチオンについては、9系統中8系統の抵抗性が10倍程度、1系統が100倍程度であった。イミプロトリンについては、試験を行った4系統全てで、ペルメトリンとほぼ同程度の致死率であった。ジノテフランについては、1 $\mu$ g処理することによって全ての集団の致死率が80%以上となり一定の致死効果が確認された。

## 2) 抵抗性トコジラミの薬剤抵抗性レベル判定のための簡易キットの検討

発生現場において短時間で薬剤抵抗性発達の有無を判定するための簡易キットを試作し、その有用性を評価した。

感受性とピレスロイド抵抗性の2系統のトコジラミを供試して、ペルメトリンおよびフェニトロチオンを0.159g/m<sup>2</sup>相当量を処理したスクリー管で作製した簡易キットについて評価したところ、2時間以内でこれら薬剤に対する抵抗性発達の有無を判定できることが確認された。

## 3) 各種トラップのトコジラミに対する捕獲性能の評価

トコジラミに対する対策を行った場合の効果判定のためのトラップの有用性について検討を行った。

トコジラミ用として市販されている4種類とゴキブリ用1種類のトラップについて基礎試験および発生現場で捕獲性能の評価を行った結果、トコジラミ用として市販されている2製品の捕獲性が高く、ゴキブリ用トラップでもある程度捕獲できることが確認された。また、これらの結果は、目視により確認された生息数とも関連が認められた。

## 4) メトキサジアゾンまたはプロボクスルを有効成分として含有するエアゾール剤によるトコジラミに対する実地試験結果

ピレスロイド剤に対して抵抗性を示すトコジラミが生息する簡易宿舎においてエアゾール剤の実地試験を実施した。

メトキサジアゾン(オキサジアゾール系)を含有するエアゾール剤を用いて駆除を行った結果、薬剤処理前はトラップでの捕獲指数が1.32(合計捕獲数103匹)であったが、処理4週間後には指数が0.09(8匹)となり、駆除率は93.2%を示した。その後、16週間まで駆除率は90%以上、最高で98.8%を示し、使用したエアゾール剤はトコジラミに対して高い駆除効果を示すと判断された。また、プロボクスル(カーバメート系)を含有するエアゾール剤では、処理前のトラップでの捕獲指数が10.8(合計捕獲数65匹)であったが、指数は処理1週間後で0.6(4匹)、処理4~20週間後は、8週間後の0.1を除いて0となり、1週間後の時点で駆除率は94.4%、4週間以降はほぼ100%となった。

#### 5) トコジラミの吸血行動に対するディートの忌避効力

吸血昆虫用忌避剤の有効成分として使用されているディート（ジエチルトルアミド）のトコジラミに対する忌避効力を2種類の室内試験法により評価した。

マウスの周囲にディートを処理したろ紙を敷き、処理部分を通過しないと吸血できないように設定して、トコジラミを2日間、自由に行動させた結果、薬量を0.1~10g/m<sup>2</sup>とした場合、薬量が増加するにつれてトコジラミの平均吸血率は低下した。特に10g/m<sup>2</sup>の処理量では高い吸血阻止効果が得られたが、1日後にはその効果は若干低減した。エタノールで5~20% (v/v)に希釈して1 mL/100cm<sup>2</sup>の割合で直接噴霧処理したマウスからの吸血率からみた吸血阻止効果も、濃度依存的に高まり、5%処理区では対照区とほぼ変わらない吸血率であった一方、20%処理区では高い吸血阻止効果が得られ、10%処理区ではそれらの中間的な傾向を示した。

#### 6) 洗濯洗剤のトコジラミに対する致死効果の評価

洗濯によるトコジラミに対する致死効果を確認するために、市販の洗濯洗剤および洗剤の主成分であるポリオキシエチレン(23)ラウリルエーテルを用いて浸漬試験を実施した。

用量通りに希釈した洗濯洗剤水にトコジラミを浸漬した場合、2時間後に80%、6時間後に100%の致死率であり、ポリオキシエチレン(23)ラウリルエーテルではそれぞれ20%、100%であった。洗濯洗剤水およびポリオキシエチレン(23)ラウリルエーテルにのLC<sub>50</sub>値(50%の供試虫が致死する濃度)は前者が2,360ppm(30

分間浸漬)であり、後者が13,400ppm(120分間浸漬)であった。

#### 7) 温度条件の違いによるトコジラミの産卵数ならびに孵化数の変動

温度条件の違いによるトコジラミの産卵数ならびに孵化数の変動を、異なる温度下においたトコジラミ成虫の日数経過に伴う産卵数とその孵化状況を観察することで評価した。

温度は、温度勾配機により15、18、22、26、30℃の5段階に設定し、継続的に観察した結果、1個体あたりの総産卵数の平均は15℃から順に8.8、9.6、8.8、10.8、14.4個となり、温度による大きな差はみられなかった。しかし、トコジラミが吸血後に産卵するまでに要する平均日数は、15℃で11.8日、18℃で6.2日、22℃で4.9日、26℃で4.0日、30℃で3.3日となり、15℃と18℃以上の間に明らかな日数の延長がみられた。また、卵から幼虫が孵化するまでの平均日数は、15℃で30日以上、18℃で17.1日、22℃で9.9日、26℃で6.8日、30℃で5.0日となった。これらの結果から、異なる温度条件においても、トコジラミ1個体の産卵総数に違いは認められないが、産卵までの日数、および、それぞれの卵から幼虫が孵化するまでの日数は、温度の低下に伴い長期間必要になることが明らかとなった。

#### 8) 一般向けのトコジラミ対策ブックレット案の作成

上記の研究や既知の情報を基に、一般住民でも理解し易いと考えられるブックレット案を作成した。ブックレット案は巻末に「資料」として添付した。

#### D. 考察

日本各地の発生現場から採集したトコジラミや、当方の飼育系統である薬剤感

受性のトコジラミを用いて、その対策に関係する各種の調査や実験を行った。

その結果、多くの発生現場のトコジラミ集団において、特にピレスロイド剤に対する強い抵抗性の発達が確認され、ピレスロイド剤を用いた防除は失敗する可能性が強く示唆された。

これらのピレスロイド剤抵抗性集団に対しても、有機リン剤やカーバメート剤などの作用点が異なる薬剤は有効であろうことが基礎試験で確認された。実際にメトキサジアゾン（オキサジアゾール系）やプロポクスル（カーバメート系）を有効成分として含有するエアゾール剤を用いたピレスロイド剤抵抗性集団が多数生息する宿舎での実地試験により、実地での効力も確認された。これらエアゾール剤は薬局で入手できるため、防除業者や自治体向けの乳剤等に比べて一般住民が入手しやすく、一般家庭や各種施設での初期対応に有効に利用できると考えられた。しかし、一部地域で有機リン剤やカーバメート剤に対しても抵抗性を示す集団も認められ、これら集団の完全駆除、分散防止などの慎重な対応や、ネオニコチノイド系など、異なる作用機序を有する製剤の開発や評価、承認が急務と考えられた。なお、これらの対策における抵抗性レベルの評価に、試作した簡易キットが利用できることが明らかとなり、現場で簡易に抵抗性発達の有無の確認に使用できると判断された。また、効果判定は、目視による確認が確実な方法であると考えられるが、トコジラミ専用トラップだけでなく、市販のゴキブリ用トラップでもある程度可能であると思われた。しかし、トラップによって現場での捕集数に差が認められ、現場の状況に応じた使い分けが必要であると思われた。

エアゾール剤の利用以外に、一般家庭

でも実施できる対処方法として、ディートを有効成分とする忌避剤のトコジラミに対する忌避効果や洗濯洗剤の致死効果について検討した結果、忌避剤は、皮膚に処理した場合、処理薬量にもよるが数時間はトコジラミによる吸血を阻止することができると考えられた。また、侵入されたくないエリアを取り囲むように処理したり、衣類に処理したりすることにより、処理エリア内への侵入や衣類への付着を防ぐことができると思われた。洗濯洗剤の致死効果に関しては、通常の使用量では1時間浸漬しても致死効果は低く、洗濯によりトコジラミを致死させることは難しいと考えられ、乾燥機による加熱乾燥を併用することが望ましいと判断された。

温度とトコジラミの産卵数や孵化率に関する検討では、15℃でも期間はかかるが増殖が可能であることが示唆され、一般住宅でも1年を通じて発生を繰り返す可能性が考えられた。

以上のような結果と既知の情報を基に一般向けの平易な文章によるトコジラミに関するブックレット案を作成した。本ブックレットが自治体などを通じて一般住民に配布されれば、トコジラミについての啓発につながり、また、住民自らの初期対応に役立つと思われる。

## E. 結論

日本各地の発生現場から採集したトコジラミを用いて、その対策に関係する各種の調査や実験を行った結果、日本各地から採集したトコジラミ集団において、特にピレスロイド剤に対する強い抵抗性の発達が確認されたが、これらの集団に対しても有機リン系やカーバメート系薬剤などは効果が認められ、実際の発生現場におけるエアゾール剤を用いた実地試

験でもその効果が確認された。しかし、これらの薬剤に対しても抵抗性を示す集団が発見され、今後、これらに対する異なる作用機序を持つ製剤の開発や評価が必要である。

試作した抵抗性レベル確認のための簡易キットは、現場で簡単に抵抗性発達の有無を評価できることが確認された。また、市販の各種トラップは、トコジラミの生息状況調査や効果判定に利用できることが確認された。

ディートを有効成分とする忌避剤のトコジラミに対する忌避効果や洗濯洗剤の致死効果について検討した結果、忌避剤は、トコジラミによる吸血や処理エリアへの侵入を阻止することができることが確認された。洗濯洗剤に関しては、通常の使用量では1時間浸漬しても致死効果は低く、洗濯によりトコジラミを致死させることは難しいと考えられた。

温度とトコジラミの産卵数や孵化率に関する検討により、15℃でも期間はかかるが増殖が可能であることが示唆された。

以上のような結果と既知の情報を基に一般住民へのトコジラミに関する啓発や初期対応に役立てられることを期待して一般向けブックレット案を作成した。

## F. 健康危険情報

特になし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

・橋本知幸：ディートによるトコジラミの吸血行動の阻止効果. ペストロジー 28(2):113-115, 2013

### 2. 学会発表

・皆川恵子：洗濯によるトコジラミへの効果とトコジラミの水中での生存時間. 第65回日本衛生動物学会東日本支部大会,

川口市, 2013年10月

・皆川恵子、佐藤英毅、數間亨、武藤敦彦、阿南鋭三郎、野崎耕作、新幹彦、野村美治、イミプロトリンとメトキサジアゾンを含んだエアゾール製剤のトコジラミに対する実地試験結果、第66回日本衛生動物学会大会、岐阜市, 2014年3月

## H. 知的財産権の出願・登録状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし



厚生労働科学研究費補助金（厚生労働科学特別研究事業）

（H25－特別－指定－008）

分担研究報告書

## 各地で採集したトコジラミに対する各種殺虫剤の効力評価に関する基礎的検討

研究分担者 数間 亨 一般財団法人日本環境衛生センター 環境生物部

研究協力者 水谷 澄 一般財団法人日本環境衛生センター

### 研究要旨

トコジラミに対する効能・効果が承認されている各種殺虫剤の各地の発生現場で採集したトコジラミ集団に対する致死効果等を、残渣接触試験および円筒直撃試験で確認した。さらに、それらのトコジラミに対して、原体を用いた微量滴下試験を行い、殺虫成分の基礎的効力を評価した。ペルメトリン水性乳剤およびフェニトロチオン乳剤のトコジラミ8系統に対する残渣接触試験を行ったところ、ペルメトリンでは、8系統中7系統が用量通りに処理しても致死効果が低く、フェニトロチオンでは、8系統中1系統の致死効果が低かった。フェニトロチオン乳剤に対して致死効果が低かった系統に対して6種の製剤を用いて同様の残渣接触試験を行ったところ、共力剤であるS-421を含んだエトフェンプロックス5%水性乳剤において、3日後の致死率が70%程度と比較的高い値が得られた。薬局などで入手しやすい、医薬品および医薬部外品の市販エアゾール4種を用いた円筒直撃試験を行った結果、有効成分にメトキサジアゾンを含んだエアゾールで多くの集団に対する高い致死効果が認められた。ピレスロイド系殺虫剤2種（ペルメトリン、イミプロトリン）、有機リン系殺虫剤1種（フェニトロチオン）、ネオニコチノイド系殺虫剤1種（ジノテフラン）の計4種の殺虫原体を用いた微量滴下試験を行ったところ、ペルメトリンについては、9系統中7系統の抵抗性比が1000倍以上、1系統が100倍程度であった。フェニトロチオンについては、9系統中8系統の抵抗性が10倍程度、1系統が100倍程度であった。イミプロトリンについては、試験を行った4系統中全てが、ペルメトリンとほぼ同程度の致死率であった。ジノテフランについては、1 $\mu$ g処理することによって全ての集団に対して致死率が80%以上となり一定の致死効果が確認された。

### A. 研究目的

トコジラミに対する効能・効果が薬事法により承認されている医薬品および医薬部外品の殺虫剤は多数が市販され、広く使用されている。現在は、医薬品および医薬部外品の承認を受けるために、トコジラミを実際に試験に用いて、申請する製剤に見合った効力試験が実施され

ている。しかし、市販されている多くの製剤は、現在のようにトコジラミが問題になる前に承認を受けたものが多く、ゴキブリで効果が確認されれば、トコジラミに対しても効果があるとされ、承認されていた。また、承認申請の際に提出する効力試験データについては、感受性の昆虫に対しての結果のみで承認を受けた

製品も多くあると思われる。

国内におけるトコジラミの発生現場からは、ピレスロイド系殺虫剤に対して抵抗性を示すトコジラミの存在も数多く報告されている。

このことから、各地で発生した現場からトコジラミを採集して、研究室で増殖させ、代表的な殺虫剤で残渣接触試験、薬局などで入手しやすいエアゾール剤での円筒直撃試験、殺虫原体を用いた微量滴下試験を行い、有効な薬剤の選定を行うことを目的として基礎研究を行った。

## B. 試験方法

### 供試虫

供試虫として、下記試験1では、累代飼育している帝京大系統（有機リン・ピレスロイド感受性系統）と発生現場で採集し、累代飼育して増殖させた8系統（千葉、大分、滋賀、成田、大阪、防府、京都、浜名湖）を用いた。試験2では帝京大、千葉、滋賀、大阪、京都、浜名湖に加え、川崎の7系統を用いた。試験3では、上記の9系統全てを用いた。

### 試験方法

#### 試験1 残渣接触試験①

10cm×10cmのベニヤ板に2種薬剤（フェニトロチオン10%乳剤およびペルメトリン5%水性乳剤）を用法・用量に従い脱塩素水で10倍に希釈したものを0.5ml滴下処理し、一昼夜日風乾させた（A. I：フェニトロチオン500mg/m<sup>2</sup>、ペルメトリン250mg/m<sup>2</sup>）。

翌日、処理板上に、内壁に逃亡防止用にバターを薄く塗布したガラスリング

（内径8.5cm、高さ4cm）を置き、供試虫を10匹放し、処理面に強制的に接触させ、時間経過毎のノックダウン数を観察した。接触24時間後に4cm角のろ紙が入った清潔な容器に回収し、72時間後の致死状況を観察した。

観察では、供試虫を刺激した際に、動作が緩慢または仰転しているが脚を大きく動かす個体を苦悶（ノックダウン）虫、脚や触角を僅かに動かすのみで、いずれ致死が見込まれる個体を瀕死虫とし、体を全く動かさない個体を致死虫と判断した。なお、水のみを処理した区を対照区とした。

反復は試験区ごとに2～3回とした。ノックダウン数からノックダウン率を求め、プロビット法により各供試薬剤のKT<sub>50</sub>（50%ノックダウン時間）値を算出し、致死効力および速効性を評価した。

#### 試験2 残渣接触試験②

試験1の結果から、フェニトロチオン10%乳剤に対して致死効果の低かった防府系統を用いて、殺虫剤の種類を増やして試験1と同様な試験を行った。なお、試験には、帝京大、千葉および防府系統を用いた。

殺虫剤としては、ペルメトリン5%水性乳剤、エトフェンプロックス7%水性乳剤、エトフェンプロックス5%乳剤（S-421：11%混合）、フェノトリン5%水性乳剤、プロペタンホス3%水性乳剤、プロペタンホス20%マイクロカプセル剤、プロボクスル1%エアゾール剤を用いた。エアゾール剤以外の薬剤は、用法・容量通りに脱塩素水で希釈したものをを用いて

試験1と同様に処理した。エアゾール剤についても、容量通りにベニヤ板に処理したものを供試した。

なお、反復、供試虫数は試験1と同様とした。

### 試験3 円筒直撃試験

高さ30 cmの台上に、内径20 cm、高さ43 cmのガラス製円筒を置き、円筒の上部は直径5 cmの円孔をもつガラス板で蓋をした。台の下部には、底部にろ紙を敷き、供試虫10匹を入れたガラスポット（内径13.5 cm、深さ17 cm）を取り付けた。円筒上部の円孔からガラスポットの底部中央に向けて、定量噴射装置を用いて、所定量（2段階：1および2 g）の各種エアゾール製剤（検体①：d-T80-フタルスリン（0.375w/v%）およびd-T80-レスメトリン（0.050w/v%）の混合エアゾール剤、検体②：d-T80-フタルスリン（0.465w/v%）およびフェノトリン（0.17w/v%）の混合エアゾール剤、検体③：イミプロトリン（0.5g/450mL）およびメトキサジアゾン（0.41g/450mL）の混合エアゾール剤、検体④：イミプロトリン（0.4445w/v%）エアゾール剤）を噴射処理した。噴射直後から時間経過にともなう供試虫のノックダウン虫を数えた。

暴露時間は15分間とし、暴露後の供試虫は、4 cm角のろ紙の入った清潔な容器に移し、24時間後および72時間後に致死、ノックダウンおよび瀕死虫数を記録した。

反復は2回実施し、その合計ノックダウン虫数および致死虫数から、各経過時間におけるノックダウン率を求め、Litchfield&Wilcoxon法により、 $KT_{50}$ 値を算出するとともに、72時間後の致死率

を算出した。

### 試験4 微量滴下試験

各供試原体（フェニトロチオン、ペルメトリン、イミプロトリン、ジノテフラン）の所定濃度のアセトン希釈液を下記の通り調製した。

#### ①フェニトロチオン原体

- ・帝京大用：0.002%および0.02%
- ・防府用：0.2%および2%
- ・その他系統用：0.02%および0.2%

#### ②ペルメトリン原体

- ・帝京大用：0.0002%および0.002%
- ・防府用：0.02%、0.2%および2%
- ・その他系統用：0.2%および2%

#### ③イミプロトリン原体

- ・その他系統用：0.2%および2%

#### ④ジノテフラン原体

- ・防府用：0.02%、0.2%および2%
- ・帝京大およびその他系統用：0.02%および0.2%

供試虫をジエチルエーテルで麻酔し、微量滴下装置を用いて、その胸部腹面に0.5  $\mu$ Lのアセトン希釈液を滴下処理した。対照区はアセトンのみを処理した区とした。

処理後の供試虫は1群（10匹）ずつ、ろ紙の入ったプラスチック容器に入れ、原則1および3日後（遅効性のジノテフランは18日後まで観察）に致死状況を観察した。

試験は1濃度について2回行い、3～18日後の致死数から、各供試原体の致死率を算出した。

## C. 結果

### 試験1 残渣接触試験

表1に各試験検体処理面に接触させたトコジラミの $KT_{50}$ 値および3日後のノックダウン虫を含んだ致死率を示した。ペルメトリン5%水性乳剤で $KT_{50}$ 値が得られた供試系統は、帝京大および成田のみで、それぞれ32.2分、76.5分であり、それらの3日後の致死率は、100%、90.0%であった。それ以外の系統では、観察時間中に $KT_{50}$ 値を得ることはできず、3日後の致死率も大分の53.2%を除いて、6.7%以下と低い値であった。

フェニトロチオン10%乳剤では、防府系統以外の系統で、観察時間内に $KT_{50}$ 値が得られ、3日後の致死率も全て100%であったが、防府の3日後の致死率は15.0%であった。

なお、水のみ処理した区の致死率は0%であった。

### 試験2 残渣接触試験②

表2に7種殺虫剤処理面に接触させたトコジラミの $KT_{50}$ 値および3日後のノックダウン虫を含んだ致死率を示した。

ピレスロイド系殺虫成分を含んだ4製剤において、 $KT_{50}$ 値が得られたのは帝京大系統のみであり、その値はそれぞれ、ペルメトリン5%水性乳剤で63.7分、フェノトリン5%水性乳剤で60.1分、エトフェンプロックス7%水性乳剤で94.8分、エトフェンプロックス5%乳剤で83.5分であった。なお、帝京大系統の3日後の致死率は全て100%であった。千葉系統では、エトフェンプロックス5%乳剤で43.3%であり、それ以外のピレスロイド

系殺虫剤では30%以下であった。防府系統では、エトフェンプロックス5%乳剤で70.0%、エトフェンプロックス7%水性乳剤で40.0%あり、ペルメトリン5%水性乳剤およびフェノトリン5%水性乳剤では、10%以下であった。

有機リン剤およびカーバメート剤を含んだ3製剤は、帝京大および千葉系統に対して効果を示し、それらの3日後の致死率は全て100%であったが、防府系統の致死率は15%以下であった。

### 試験3 円筒直撃試験

表3に直接噴霧処理した各トコジラミの $KT_{50}$ 値および3日後の致死率を示した。帝京大系統に対して、全てのエアゾール剤の3日後の致死率は100%であった。他の系統に対して致死効果の高かったエアゾール剤は、イミプロトリンおよびメトキサジアゾン混合エアゾール剤の2g処理区であり、滋賀系統を除いた系統で3日後の致死率は85%以上であった。

### 試験4 微量滴下試験

表4から7に各試験原体をトコジラミに $0.5\mu\text{g}$ 処理した3日目、ジノテフランは18日目の致死率を示した。ペルメトリン原体の各トコジラミに対する3日後の致死率は、帝京大系統は $0.01\mu\text{g}$ 処理で100%、防府および成田系統は $10\mu\text{g}$ 処理で100%、他の系統では $10\mu\text{g}$ 処理でも50%以下であった。

フェニトロチオン原体の各トコジラミに対する3日後の致死率は、帝京大系統は $0.1\mu\text{g}$ 処理で100%、防府以外の系統については、 $1.0\mu\text{g}$ 処理で80%以上、防



府系統では  $10\mu\text{g}$  処理でも 90%であった。

イミプロトリン原体の各トコジラミに対する3日後の致死率は、浜名湖、大阪、京都、滋賀系統は  $10\mu\text{g}$  処理でも 25%以下であった。

ジノテフラン原体の各トコジラミに対する18日後の致死率は、全ての系統の  $1.0\mu\text{g}$  処理で 80%以上であった。

#### D. 考察

試験1の残渣接触試験の結果から、ピレスロイド剤の代表的殺虫剤であるペルメトリン5%水性乳剤は、発生現場で採集したトコジラミに対して7系統中6系統で致死効果が低かった。これは、実際の発生現場で、同薬剤を残留処理した場合、駆除に失敗することを示唆している。なお、防府市内で採集されたトコジラミについては、他の系統と異なり有機リン剤の代表的な殺虫剤であるフェントロチオンを有効成分とする乳剤での致死率が低く、有機リン剤に対して低感受性が示唆された。

さらに、他の殺虫製剤を供試した防府系に対する残渣接触試験の結果から、カーバメート系の有効成分であるプロポクスルや対称型有機リン剤抵抗性昆虫にも効果が認められるとされる非対称型の化学構造を有するプロペタンホスの製剤においても致死効果は低かった。なお、ピレスロイド様有効成分であるエトフェンプロックスの水性乳剤および乳剤においては、一定の致死効果が見られた。エトフェンプロックス乳剤の防府系トコジラミの致死率が A. I. の高い同水性乳剤よりも高い理由は、乳剤に混合されている共

力剤 S-421 の効果が示唆された。今後、防府系トコジラミに対する各共力剤を用いた試験が必要と考えられる。

薬局などで比較的入手し易いエアゾール剤のトコジラミに対する円筒直撃試験の結果から、d-T80-フタルスリン (0.465w/v%) およびフェノトリン (0.17w/v%) の混合エアゾール剤を除き、処理量を増やすことでピレスロイド抵抗性トコジラミに対しても一定の致死効果が確認された。また、有効成分にメトキサジアゾンを含んだエアゾールに関しては、1系統を除き、高い致死効果が得られたことから、エアゾール剤についても、ピレスロイド剤以外の有効成分を含んだものを使用することによって、より高い効果が得られることが示唆された。なお、ピレスロイド系殺虫剤であるイミプロトリンのエアゾール剤2g処理の各トコジラミの致死率が50%以上であることについては、有効成分の効果よりは、エアゾール剤に含まれるクロシンなどの溶剤による可能性が示唆された。

ピレスロイド系薬剤であるペルメトリン原体およびイミプロトリン原体、有機リン系薬剤であるフェントロチオン原体、ネオニコチノイド系薬剤であるジノテフラン原体の各トコジラミに対する基礎的な致死効力を微量滴下試験で調べた結果、ペルメトリン原体については、薬剤感受性系統である帝京大系統に比べて、防府系統は100倍程度、成田系統を除くすべての系統が1000倍以上の抵抗性比を有すると考えられた。大分系統については、ペルメトリン水性乳剤の残渣接触試験の結果に反して、ペルメトリン原体に高い

抵抗性を示しているが、これは大分系統の抵抗性遺伝子が不均一であることによる可能性が考えられる。

イミプロトリン原体については、試験を行った4系統は、ペルメトリン原体とほぼ同等の結果となり、イミプロトリンに対しても非常に高い抵抗性を示すことがわかった。この結果から、イミプロトリンエアゾールの2g処理区について致死率が高くなった原因の一つが、エアゾールに含まれる溶剤の影響によるものと示唆された。

有機リン系薬剤のフェニトロチオン原体については、帝京大に比べて、防府系統は100倍程度、他の系統は10倍程度の抵抗性比と推測された。この結果と乳剤希釈液での残渣接触試験の結果から原体レベルで100倍以上の抵抗性比が示された場合は、その原体を使用した製剤での駆除は難しいことが示唆された。

近年、衛生害虫用製剤への使用が始まったジノテフラン原体については、完全に致死するまでに長期間を有するものの、1 $\mu$ g処理することですべての系統において致死率が80%以上となり、ピレスロイド系および有機リン系に対して抵抗性を示す系統に対しても一定の致死効果が確認された。なお、ジノテフラン原体の致死日数が他の原体よりも長いのは本薬剤の特徴と考えられる。致死率の判定は通常3日後であるが、ジノテフランに関しては、3日後の時点では、通常個体とノックダウン個体の中間のような個体が目立った。正常な個体は光を嫌うため、紙の下に潜り込む傾向がみられるが、これらの中間の個体は隠れずに静止してい

た。ピンセットで刺激すると若干は動くものの、通常個体のように動き回りはなかった。なお、皮膚上にこれらの個体を乗せても、吸血行動は起こさなかった。

現在、ジノテフランのようなネオニコチノイド系の有効成分を含んだ殺虫製剤は、ゴキブリ用のベイト剤のみであり、現在使用可能な殺虫製剤に対して抵抗性を示す防府系統のようなトコジラミに対する、駆除は物理的な防除主体で行わざるを得ないと考えられる。そのため、本薬剤のように、トコジラミに対して現在使用されている薬剤とは異なる作用を示す有効成分を含む製剤の早期の開発が望まれる。

## E. 結論

1. ペルメトリン5%水性乳剤の野外採取トコジラミに対する残渣接触試験の結果、7系統中6系統の致死率は低かったが、フェニトロチオン10%乳剤では、1系統のみ致死率が低かった。
2. フェニトロチオン10%乳剤に対して低感受性を示す防府系統について、エトフェンプロックス2製剤、フェノトリン製剤、プロボクスルエアゾールを用いて1.と同様に残渣接触試験を行った結果、共力剤であるS-421を含んだエトフェンプロックス5%乳剤で70%以上の致死率が得られた。
3. ピレスロイド系エアゾール3種とメトキサジアゾンを含むエアゾール1種の現場採集トコジラミに対する直撃試験の結果から、メトキサジアゾンを含むエアゾールを2g処理した場

合、1系統を除く系統に対して高い致死率が得られた。なお、イミプロトリンエアゾールは2g処理することにより、残渣接触試験でペルメトリン5%水性乳剤に対して致死率が低かった系統に対しても高い致死率が得られているが、有効成分による効果より溶剤による致死効果が示唆された。

4. ペルメトリン、イミプロトリン、フェニトロチオンおよびジノテフラン原体の野外採取トコジラミに対する微量滴下試験を行った。ペルメトリンについては、防府系統は、感受性系統の約100倍、成田系統を除く、その他の系統は1000倍以上の抵抗性を示した。フェニトロチオンについては、防府系統は感受性系統の100倍程度、その他の系統は、10倍程度を示した。ジノテフランについては、致死するまでに時間がかかるものの、全て系統で感受性系統と比べて10倍程度の抵抗性レベルにとどまるものと判断された。

3. その他  
なし

#### F. 健康危険情報

特になし

#### G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

表1 試験1 2種の殺虫製剤のトコジラミ9系統に対する残渣接触試験結果

試験区	剤型	AI (mg/m <sup>2</sup> )	系統	KT <sub>50</sub> (分)	3日後の 致死率 (%)
ペルメトリン	水性乳剤	250	帝京大	32.2	100
			成田	76.5	90.0
			大分	>480	53.2
			千葉	>480	6.7
			大阪	>480	6.7
			京都*	>480	6.7
			滋賀	>480	3.3
			浜名湖	>480	3.3
			防府	>480	3.3
スミチオン	乳剤	500	帝京大	79.6	100
			大分	80.6	100
			成田	83.4	100
			千葉	130	100
			大阪	184	100
			滋賀	196	100
			京都*	348	100
			浜名湖	375	100
			防府*	>480	15.0

\*:2反復で試験



表2 試験2 7種の殺虫製剤のトコジラミ3系統に対する残渣接触試験結果

供試薬剤	剤型	AI (mg/m <sup>2</sup> )	系統	KT <sub>50</sub> (分)	3日後の 致死率 (%)
ペルメトリン	水性乳剤	250	帝京大	63.7	100
			千葉	>480	20.0
			防府	>480	3.3
フェノトリン	水性乳剤	250	帝京大	60.1	100
			千葉	>480	30.0
			防府	>480	10.0
エトフェンプロックス	水性乳剤	350	帝京大	94.8	100
			千葉	>480	20.0
			防府	>480	40.0
	乳剤	125	帝京大	83.5	100
			千葉	>480	43.3
			防府	>480	70.0
プロボクスル	エアゾール剤	-	帝京大	15.9	100
			千葉	21.9	100
			防府	>480	0
プロペタンホス*	水性乳剤	150	帝京大	238	100
			千葉	204	100
			防府	>480	10.0
	マイクロ カプセル剤	250	帝京大	340	100
			千葉	>480	100
			防府	>480	15.0

\*: 2反復で実施

表3 試験3 4種エアゾールのトコジラミ7系統に対する円筒直撃試験結果

試験区	処理量	系統	KT <sub>50</sub> * (分)	3日後の 致死率 (%)
d-T80-フタルスリン (0.375w/v%)、 d-T80-レスメトリン (0.050w/v%)	1g	帝京大	8.46	100
		千葉	>15	25.0
		滋賀	>15	5.0
		大阪	>15	10.0
		京都	>15	0
		浜名湖	>15	70.0
		川崎	>15	15.0
	2g	帝京大	6.96	100
		千葉	>15	35.0
		滋賀	>15	45.0
		大阪	>15	40.0
		京都	>15	40.0
		浜名湖	>15	65.0
		川崎	>15	40.0
d-T80-フタルスリン (0.465w/v%) フェノトリン (0.17w/v%)	1g	帝京大	7.83	100
		千葉	>15	10.0
		滋賀	>15	0
		大阪	>15	0
		京都	>15	10.0
		浜名湖	>15	0
		川崎	>15	5.0
	2g	帝京大	7.33	100
		千葉	>15	10.0
		滋賀	>15	5.0
		大阪	>15	0
		京都	>15	0
		浜名湖	>15	30.0
		川崎	>15	0
イミプロトリン (0.5g/450mL) メトキサジアゾン (0.41g/450mL)	1g	帝京大	0.624	100
		千葉	>15	75.0
		滋賀	>15	30.0
		大阪	>15	75.0
		京都	>15	100
		浜名湖	>15	30.0
		川崎	>15	45.0
	2g	帝京大	0.598	100
		千葉	>15	100
		滋賀	>15	55.0
		大阪	>15	95.0
		京都	13.7	100
		浜名湖	>15	85.0
		川崎	>15	85.0
イミプロトリン (0.4445w/v%)	1g	帝京大	1.05	100
		千葉	10.3	45.0
		滋賀	>15	25.0
		大阪	>15	10.0
		京都	>15	10.0
		浜名湖	>15	10.0
		川崎	>15	10.0
	2g	帝京大	0.862	100
		千葉	9.62	95.0
		滋賀	>15	50.0
		大阪	>15	50.0
		京都	7.67	75.0
		浜名湖	12.7	95.0
		川崎	12.7	75.0

表4 試験4 ペルメトリン原体のトコジラミ10系統に対する微量滴下試験結果

供試原体	系統	処理薬量				
		0.001	0.01	0.1	1.0	10(μg)
ペルメトリン	帝京大	45.0	100	-	-	-
	防府	-	-	5.0	87.5	100
	成田	-	-	-	100	100
	千葉	-	-	-	25.0	45.0
	京都	-	-	-	25.0	50.0
	大阪	-	-	-	5.0	30.0
	大分	-	-	-	0	10.0
	浜名湖	-	-	-	0	15.0
	川崎	-	-	-	0	5.0
	滋賀	-	-	-	0	0

表5 試験4 フェニトロチオン原体のトコジラミ10系統に対する微量滴下試験結果

供試原体	系統	処理薬量				
		0.001	0.01	0.1	1.0	10(μg)
フェニトロチオン	帝京大	-	80.0	100	-	-
	千葉	-	-	85.0	100	-
	大阪	-	-	80.0	100	-
	川崎	-	-	80.0	100	-
	成田	-	-	75.0	100	-
	京都	-	-	40.0	95.0	-
	大分	-	-	20.0	85.0	-
	滋賀	-	-	10.0	90.0	-
	浜名湖	-	-	5.0	80.0	-
	防府	-	-	-	5.0	90.0

表6 試験4 イミプロトリン原体のトコジラミ4系統に対する微量滴下試験結果

供試原体	系統	処理薬量			
		0.001	0.01	1.0	10(μg)
イミプロトリン	浜名湖	-	-	10.0	25.0
	大阪	-	-	10.0	15.0
	京都	-	-	0	15.0
	滋賀	-	-	0	5.0

表7 試験4 ジノテフラン原体のトコジラミ10系統に対する微量滴下試験結果

供試原体	系統	処理薬量			
		0.01	0.1	1.0	10(μg)
ジノテフラン	帝京大	-	100	100	-
	千葉	-	100	100	-
	成田	-	85.0	100	-
	大阪	-	75.0	100	-
	滋賀	-	30.0	90.0	-
	防府	-	75.0	80.0	100
	川崎	-	70.0	85.0	-
	京都	-	80.0	100	-
	大分	-	95.0	95.0	-
	浜名湖	-	60.0	80.0	-