

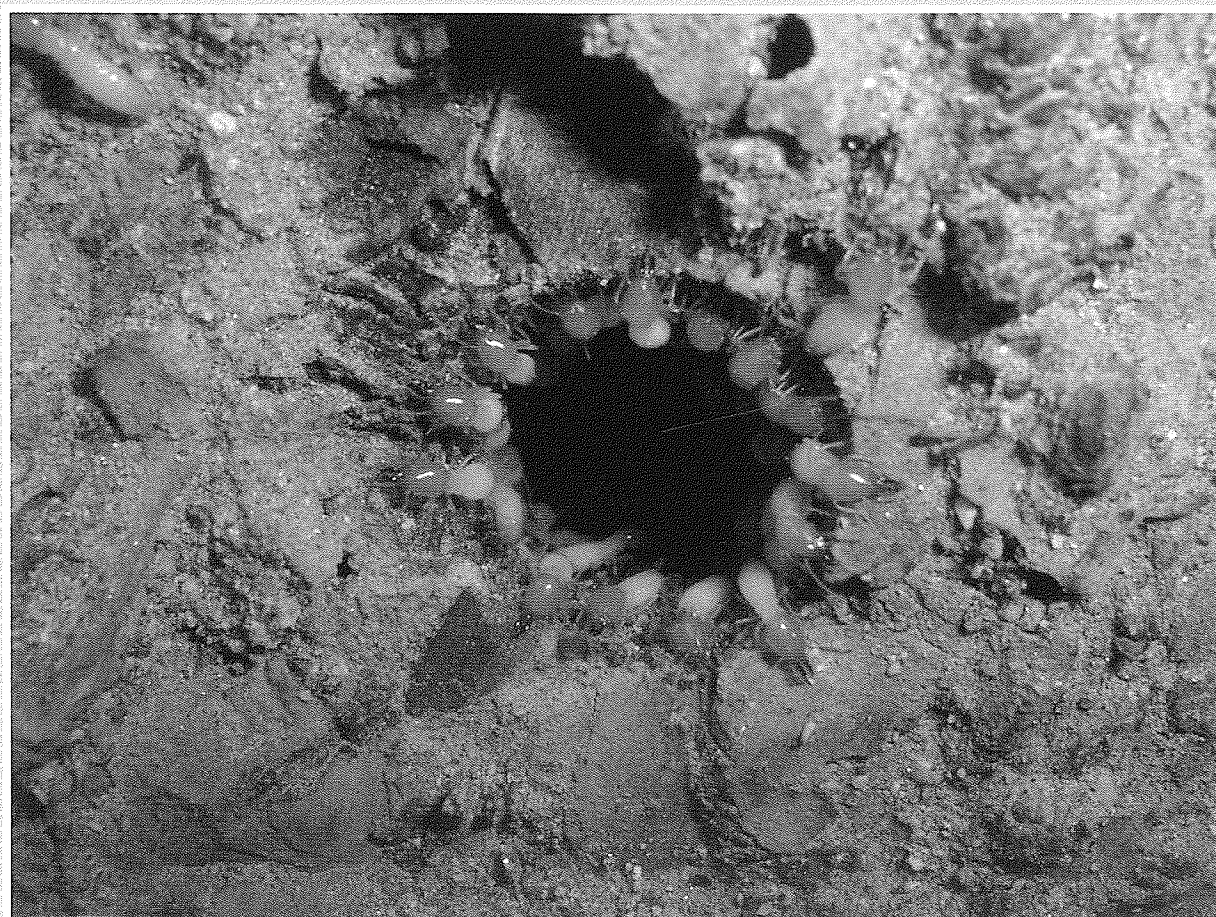
# しろあり

**7**

2006

**No.145**

JAPAN TERMITE CONTROL ASSOCIATION



## <広報・普及委員会よりのお知らせ>

### 研究発表会発表原稿募集のご案内

しろあり144号（2006年4月号）でお知らせしましたように、広報・普及委員会では、会員とりわけ登録施工業者会員の皆様に、日頃の創意工夫や、新工法などの開発や研鑽されている結果、あるいは防除施工現場での興味ある事例などを広く発表していただいて、会員相互の防除技術の向上に役立てることを目的に、討論、意見交換の場として、研究発表会を協会行事として開催することになりました。第1回研究会発表会は、ご担当の関西支部のご理解を得て、第49回全国大会において、開催されることになりました。

しろあり防除に関しましては、建築基準法の改正、品確法住宅性能表示制度など、住宅生産の様式（工法）の変化等に対応した、きめ細かい仕様書（施工マニュアル）が社会に向けて提案実施されなければならない時機にきています。協会としましては、仕様書委員会（現仕様書・薬剤認定委員会）はじめ関係各委員会において議論を進めておりますが、会員の皆さまのさまざまな工夫や取り組み、提案などをいただいて、実態に即した合理的な仕様書の改訂に努めたいと考えております。

#### 研究発表会応募要項

開催日時：平成18年11月17日（金）

午後3時から5時30分

開催場所：第49回社団法人日本しろあり対策協会  
全国大会

金沢全日空ホテル 3階鳳の間

石川県金沢市昭和町16番3号

Phone(076)224-6111

(JR金沢駅東口広場)

発表方法：1題20分（発表15分、質疑5分）

原稿：原稿1ページはA4版、2段組み 23字×43行（1,978字）を標準として、2ページから4ページ程度。図表は本文中に挿入する。体裁については機関誌「しろあり」をご参照ください。べた打ちしていただいてレイアウトを広報・普及委員会にお任せいただいても結構です。文体は「である」調でお願いいたします。

体裁：表題、著者名、本文の順とする。

例：べた基礎における土壌処理に関する一考察  
家白 馨朗，大和 有子（株式会社  
ハクタイキョウ）

発表申し込み締め切り：

平成18年8月10日（木）

題名、報告者を事務局までFAX、メール等でお知らせ下さい。

原稿締め切り：

平成18年9月28日（木）

送付先：〒160-0022

東京都新宿区新宿1丁目12-12

オスカカテリーナ 4F

(社)日本しろあり対策協会 研究発表会

WG 宛

電話 03-3354-9891

FAX 03-3354-8277

e-mail yamada@hakutaikyo.or.jp

なお、投稿多数の場合は、発表時間を短縮させていただく場合がございます。

皆様の積極的なご投稿・発表いただきますようお願い申し上げます。

ご報告については予稿集を作成して会員に配布するとともに、機関誌しろあり等に掲載させていただきます。

なお、規定に基づいて些少ではありますが原稿料をお支払いいたします。

03-3354-8277

社団法人日本しろあり対策協会 (FAX)

研究発表会申込み締切日 平成18年 8 月10日(木)  
研究発表会原稿締切日 平成18年 9 月28日(木) 厳守

申込日 平成18年 月 日

表 題	
フ お リ ガ ナ お 名 前	
会 社 名	
会社ご住所	
電 話	
F A X	
e-mail	

※ご不明な点がございましたら、社団法人日本しろあり対策協会事務局までお問い合わせ下さい。  
なお、原稿につきましては、メール送信またはCD、フロッピーでの送付をお願いします。

目 次

<巻頭言>

こんでええがやろか?しろあり対策

— 第49回全国大会によせて — ……榎 章郎・湯川豊弘…(1)

<報 文>

シロアリ兵隊における防衛物質の合成……………北條 優・三浦 徹…(3)

ヤマトシロアリにおける兵蟻の防衛メカニズムと性比:

なぜ兵蟻の性比は雌に偏るか……………松 浦 健 二…(9)

パプア (インドネシア共和国) でのシロアリ調査を終えて……………神 原 広 平…(17)

<工法・システムの紹介>

土壌処理剤インドキサカルブ製剤 (商標名アペリオン™) について…鈴木 厚 士…(22)

<会員のページ>

関東支部における蟻害・腐朽を対象とした床下実態調査の概要……………中 島 正 夫…(27)

ヴァイケーン™によるカンザイシロアリの燻蒸処理について……………松 岡 宏 明…(34)

街路樹のイエシロアリ被害についての考察……………山 本 伸 一…(40)

<ひろば>

最近の化学物質管理……………荊 尾 浩…(42)

<文献の紹介>

野外の採餌活動領域におけるベイト剤および非忌避性

シロアリ防除剤に対するイエシロアリの反応…ナンーヤオ・スー (訳:友清重孝)…(43)

<支部だより>

第49回全国大会開催に向けて……………関 西 支 部…(52)

東京都内のイエシロアリ防除……………関 東 支 部…(53)

<協会からのインフォメーション>

平成18年度しろあり防除施工士資格検定第1次 (学科) 試験の講評…土 居 修 一…(59)

第49回通常総会議事録……………(67)

編 集 後 記……………(68)

表紙写真:福岡市における街路樹のイエシロアリ被害 (写真提供:山本伸一, 本文40~41ページ)

しろあり 第145号 平成18年7月16日発行

発 行 者 吉 村 剛

発 行 所 社団法人 日本しろあり対策協会

〒160-0022 東京都新宿区新宿1丁目12-12 オスカカテリーナ (4F)

電話 03 (3354) 9891 FAX 03 (3354) 8277

http://www.hakutai-kyo.or.jp/

印 刷 所 東京都中央区八丁堀4-4-1 株式会社 白橋印刷所

振 込 先 りそな銀行新宿支店 普通預金 No.0111252

広報・普及委員会  
委員長 剛正明  
副委員長 洋雄  
委員 尚浩  
委員 志孝  
委員 伸子  
委員 与勝  
委員 高英芳  
委員 昌魁  
委員 重勝  
委員 康まさ  
委員 吉土須石飯伊今荆佐辰友山加山  
委員 村井貝井田藤瀬尾藤巳清野木田  
委員 山田  
事務局



---

# SHIROARI

---

(Termite)

No. 145, July 2006

---

## Contents

---

### [Foreword]

For the 49th National Convention..... Akio ENOKI and Toyohiro YUKAWA... (1)

### [Reports]

Biosynthesis of soldier defensive secretion in nasute termites  
..... Masaru HOJO and Toru MIURA... (3)

The defense mechanism and sex ratio of soldiers in *Reticulitermes speratus*  
(Isoptera : Rhinotermitidae) : Why soldier sex ratio is biased to female  
..... Kenji MATSUURA... (9)

Termite research in Papua, Republic of Indonesia ..... Kohei KAMBARA... (17)

### [Control Strategie and Systems]

Soil treatment termiticide "Indoxacarb (Aperion™)" ..... Atsushi SUZUKI... (22)

### [Contribution Sections of Members]

Outline of the survey on the termite and decay damage in crawl space of  
residential houses carried out by the Kanto Branch of JTCA..... Masao NAKAJIMA... (27)

Fumigation for dry wood termites using Vikane™..... Hiroaki MATSUOKA... (34)

Infestations of *Coptotermes formosanus* against street trees ..... Shinichi YAMAMOTO... (40)

### [Forum]

Recent chemical management..... Hiroshi KATARAO... (42)

### [Abstracts of Scientific Papers]

Response of the Formosan subterranean termites (Isoptera : Rhinotermitidae) to  
baits or nonrepellent termiticides in extended foraging arenas  
..... Nan-Yao Su (Translation : Shigetaka TOMOKIYO)... (43)

### [Communication from the Branches]

For the 49th National Convention..... Kansai Branch... (52)

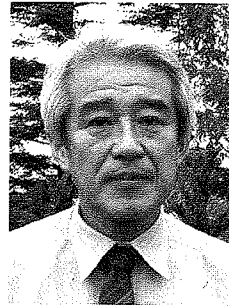
An infestation of *Coptotermes formosanus* in Tokyo Metropolis and its control  
..... Kanto Branch... (53)

[Information from the Association] ..... (59)

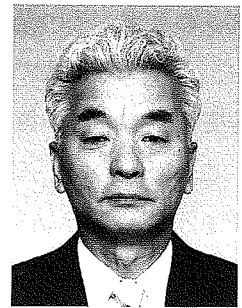
[Editor's Postscripts] ..... (68)

## &lt; 巻 頭 言 &gt;

こんでええがやろか？  
しろあり対策  
— 第49回全国大会によせて —



榎 章 郎



湯 川 豊 弘

第49回社団法人日本しろあり対策協会全国大会は、「こんでええがやろか？ しろあり対策」という大会スローガンで、平成18年11月17日(金)～18(土)に関西支部の担当で、金沢市で開催されます。17日は、全国大会式典(13:00～14:00)、檜垣当協会会長の基調講演(14:35～)、当協会広報・普及委員会主催による「研究発表会」(15:00～17:30)および懇親会(18:30～20:30)が金沢全日空ホテルで行われます。翌18日(土)には恒例の懇親ゴルフコンペを片山津カントリークラブで開催します。さらにオプションツアーとして、「能登方面1泊蟹ツアー」と「金沢市内観光とグルメツアー」を用意しました。なぜこのような大会スローガンで、このような日程が組まれたかについてお話しします。

昨年、本部理事会で、第49回全国大会は関西支部に担当させることが決定されると直ちに、関西支部は、大会実行委員会を結成しました。そしてこの実行委員会が中心になって、どこで、どのような大会にするかについて検討しました。開催地はまだ全国大会を開催したことのない関西支部所属の県で開くということになり、滋賀県と北陸支所が候補に上がりました。いろいろ検討した結果、今回は北陸支所で開くこと、次回全国大会を関西支部が担当する際は、滋賀県で開催することにしました。つぎに北陸支所(福井県、石川県、富山県のどこで開催するかを北陸支所で検討した結果、豊かな歴史があり、文化の香り高い金沢市で開催することになりました。例年2日間にわたって行われる協会主催の行事を例年通り2日間にわたって行くと、金沢の交通の便を考慮すると1日余分に宿泊せざるを得なくなる支部があるということで、本部主催の行事を1日に短縮することにし、本部理事会の了承を得ました。つぎにどのような大会にするかということで、支部幹事会、理事会で討議を重ねました。「物見遊山のような大会には貴重な時間とお金をかけて社員を参加させたくない。企業の仕事に役に立つものが得られるような大会にしてほしい」、「大会参加を機会に、普段、忙しい思いをさせている社員やほったらかしの家族の労をねぎらいたいし、わたし自身もたまには仕事も勉強も離れてのんびりくつろぎたい」、「長年しろあり防除施工士として、社員として、奮闘してきた人が大会会場まで足を運んで、表彰されるのであるから、表彰式はもっと厳かで重みのある式典にすべきである」、「日常のしろあり防除活動で、ぶつかる問題を発表して、討論する発表会をしたらよい」等々の意見がだされました。現在、大手住宅メーカーのしろあり防除施工に対する方針あるいは考え方と当協会登録施工業会員のそれが必ずしも一致せず、大手住宅メーカーの要求を積極的に受け入れる企業にどんどん仕事が流れる傾向があります。「あんな施工法はまったく意味がない。住宅メーカーを呼んできて、討論会を開くべきだ。徹底的に間違いを教えてやる」というしろあり防除企業の経営者の発言に、「おっしゃることはまったく同感です。ただ私には、そういう大手住宅メーカーを討論のテーブルにつかせる能力がありません。どなたか、住宅メーカーに出ていただいて、一緒に討論し、協力して、時代の要請に応える優れたしろあり防除方法・施工法の開発が可能となるような討論会を開ける良い案をおもちではないですか」とい

う支部長の発言。その発言により静まり返る幹事会あるいは理事会。少ししろあり事情に精通しているものなら誰でも、あんな施工法では絶対にしろあり被害は防げないことがわかる建築工法にもかかわらず、しろあり防除関連分野では有名な学識経験者の名前入りで、しろあり防除剤なしで10年保障をうたっている印刷物をかざしながら「こんなものでしろありは絶対に防げない。営業妨害だ。こんなことを許しておく協会は意味がない。なんとか手をうつべきだ」とつめよるしろあり防除企業と、同感だとうなずくしろあり防除製剤メーカーに対して、「しろあり防除に関する効力については全く同感です。こんなもので止まるなら苦労はしません。しかし相手の企業は会員でもないし、協会の認定もないし、どうしたらよいでしょう。そのうち大きな被害が絶対にでると思えますから、被害がでていないか全国的に目をひからしていきましょう」と困惑する支部長（事実この施工法ではすでにおおきな被害が報告されています）。支部長に詰め寄ってもなんにもならないと白ける幹事会・理事会。というような企業の日常活動に支障をきたすような問題でありながら協会として有効な手立てができなくていただつ場面が関西支部の理事会・幹事会・総会等で頻繁に繰り返されて、上記のような「関西支部担当の全国大会で日頃の事業活動で起きている問題、矛盾についての発表会を」という発言になりました。そういう趣旨の発表会なら、しろあり防除業会員であれ、製剤メーカー会員であれ、住宅メーカー会員であれ全ての参加者の企業活動に有益であるということで、研究発表会を行うことにしました。会員の減少対策と拡大活動、保障年限、施工方法、会員外への協会認定剤の販売等々について、会員各自の間で、登録施工業者会員、薬剤製造業者会員および学識経験者会員の間で考え方に大きな違いが存在します。これらの多様な問題意識をひとまとめにして、「これでええがやろか？ しろあり対策」という各会員、各業種間でとらえる意味がことなる大会スローガンになりました。関西支部の理事で、協会本部の広報・普及委員会で中心的なメンバーとして活躍している吉村氏（京都大学）と土井氏（大阪市立大学）の両氏から、「全国的な問題の発表会であるので、協会本部の広報・普及委員会の主催にしたほうが、より趣旨に沿う良い発表会になるので、広報・普及委員会主催が望ましい」という提案があり、お願いすることにしました。そうすると特別講演は基調講演的なもので、現在の当協会の抱えている問題、変化しつつある住宅生産の様式（工法）に対応したしろあり防除施工法の変化・動向等について、長期的視野で展望したものが望ましいということになりました。そうならば演者は必然的に檜垣会長しかいないということになり、基調講演を檜垣先生にお願いすることになりました。もう一つの要望、「普段は仕事で緊張した生活を送っているので、全国大会で、命の洗濯をしたい」という要望については、世間のしがらみからまったく解放されて、自分だけの命を洗濯したいという人については、由緒あるゴルフ場の片山津カントリークラブでゴルフ懇親会を、社員、同僚、競争相手の同業者や家族と一緒に命の洗濯をしたいという方達に対しては、長い歴史と伝統を誇り、文化の香り豊かな金沢の観光・グルメツアーを用意することになりました。わざわざ出席して表彰されるので、表彰式はもっと表彰される方々の当協会員として長年の奮闘・尽力をもっと称えるような式典にしてほしいという関西支部の申入れに対して、檜垣会長から「どのような形式にするかは時間の関係もありはっきりとは答えられないができるだけこの要望に沿ったものにした」というご返事を得ました。

現在関西支部は、49回全国大会を可能な限り全国大会に対する会員の皆様の要望に応えた意義あるものにしたと願い一生懸命取り組んでいます。全国会員の皆様、そのご家族、社員の皆様共々のご参加を関西支部会員一同心よりお待ちしております。

（榎 章郎 関西支部支部長・湯川豊弘 大会実行委員長）

## &lt;報 文&gt;

## シロアリ兵隊における防衛物質の合成

北條 優<sup>1)</sup>・三浦 徹<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

シロアリ（シロアリ目：Isoptera）が社会性昆虫であるという話は、一般の人々も耳にしたことはあるだろう。社会性昆虫の大きな特徴は、彼らの巣（コロニー）内にコロニー維持、発展のために労働の分担（分業）を行う階級（カースト）と呼ばれるさまざまなタイプの個体が存在することである。シロアリ以外の社会性昆虫の大きなグループとして、アリやミツバチなどの膜翅目昆虫（Hymenoptera）が有名である。これらの代表的な社会性昆虫のグループであるシロアリ目と膜翅目は系統的にまったく離れており、それぞれ独立に社会性を獲得したと考えられている。そして、両系統の社会性は収斂しており、いくつかの共通した特徴もみられるが、違った社会様式も見られる。例えば、完全変態昆虫である膜翅目の社会性昆虫では、幼虫はいも虫状であるため成虫になって初めて労働を行うことができるが、シロアリ目は不完全変態昆虫であり、ある程度成長した幼虫なら仕事をこなすことができる。また膜翅目の社会性昆虫では「兵隊」という確立したカーストは存在せず、便宜的に兵隊と言われているのは大型のワーカーであるのに対して、シロアリではほとんどすべての種で防衛活動に専念するために特殊化された不妊の兵隊カーストが存在する。

膜翅目昆虫の中でも、社会性を獲得しているのはアリ科（Formicidae）、スズメバチ科（Vespidae）、ミツバチ科（Apidae）などであり、その社会性の尺度もさまざまである。一方シロアリ目ではそのすべての種で、世代の重複、非繁殖カーストの存在、共同育児をするといった最も発達した社会性の程度である「真社会性」を示す<sup>1)</sup>。またシロアリは現生のキゴキブリ（Cryptocercidae）に似たゴキブリと共通の祖先から進化したと考えられており、そのゴキブリ目にはある期間子供の世話をする種がいるな

ど、社会性の発達段階においては不完全な状態である「亜社会性」を示すものもいる。小型かつほとんどの個体が盲目で体が柔らかいシロアリ類は、あらゆる外敵から身を守るために、ゴキブリとは違って巨大なコロニーを築き、防衛に専念する兵隊カーストを獲得してきたのであろう。

このようにシロアリ社会においては、兵隊カーストが自分を犠牲にしてまで天敵や寄生者からコロニーを防衛するのに大きな役割を担っており、この現象は昆虫の中でも特徴的である。そしてシロアリ社会における兵隊カーストの獲得は、その社会性を構築する上で非常に重要な役割を果たしてきたと考えられる。社会性の進化の過程で兵隊カーストは、あらゆる種類の外敵に適応しコロニーを守るためにさまざまな防衛様式を獲得してきたのである。

本稿ではこのように多様化したシロアリ兵隊の防衛方法について紹介した後、その中でも最も特殊化された防衛方法である、化学物質を噴射して防衛を行う兵隊シロアリについて、最近の分子生物学的な手法により行われたわれわれの研究例を紹介する。

## 2. シロアリ兵隊の防衛様式

まず、シロアリ兵隊の防衛方法は、物理的防衛と化学的防衛といった大きく2つに分けることができるであろう。物理的防衛は(1)頭部全体で巢の出入り口を塞ぎ敵の侵入を防ぐタイプ（侵入防止型）、(2)強力に発達した大顎を用いて敵をはさむタイプ（かみつぎ型）、(3)左右非対称に、あるいは長く発達した大顎を用いて敵を弾き飛ばすタイプなどがある（弾き飛ばし型）（図1上段）。一方化学的防衛には、大顎でかみついた後に捕食者に対して忌避反応をおこさせる唾液を分泌するものと、「額腺」といった兵隊特異的に発達した器官から物質を放出するものがある。後者の額腺は比較的派生的なグループであ

るノコギリシロアリ科 (Serritermitidae) やミゾガシラシロアリ科 (Rhinotermitidae), シロアリ科 (Termitidae) など獲得された器官であることから, 額腺を使った防衛は進化的にも新しい方法であろう。額腺を持ったシロアリの中でも, 防衛行動やそれに伴う頭部の形態は種により非常に多様で次のような3つのタイプに分けられる (図1下段); (1) 頭部中央に分泌物を放出するための孔があいており, 大顎でかみつくと同時に分泌物を出すタイプ (かみつき分泌型), (2) 開口部から頭部前方に向かって分泌物が流れるような溝があり, 上唇がブラシのように変形し分泌物を敵に塗り付けるタイプ (塗り付け型), (3) 開口部が銃身のように管状に突出し, 分泌物を噴射するタイプ (噴射型)。また額腺分泌物は外敵に対して毒性および刺激性があるだけでなく, フェロモン物質としても重要であると考えられている<sup>2)</sup>。

額腺を獲得したシロアリの中でも噴射型の種は,

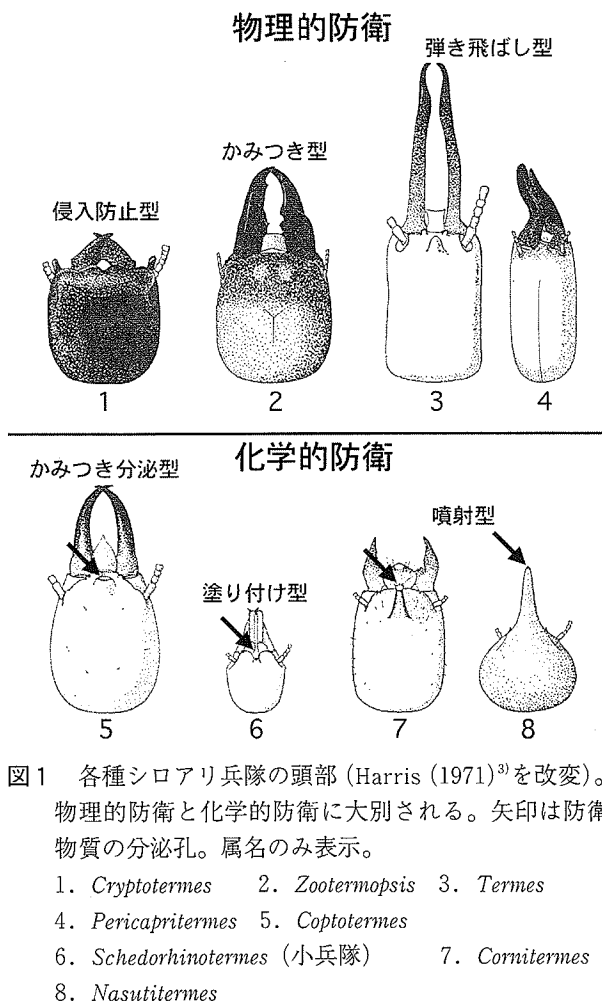


図1 各種シロアリ兵隊の頭部 (Harris (1971)<sup>3)</sup>を改変)。物理的防衛と化学的防衛に大別される。矢印は防衛物質の分泌孔。属名のみ表示。

1. *Cryptotermes*      2. *Zootermopsis*      3. *Termes*
4. *Pericapritermes*      5. *Coptotermes*
6. *Schedorhinotermes* (小兵隊)      7. *Cornitermes*
8. *Nasutitermes*

最も派生的なテングシロアリ亜科 (Nasutitermitinae) に属する。この突出構造はラテン語で鼻を意味する「nasus」と呼ばれている。このグループの額腺分泌物の貯蔵嚢は頭部に限定されており, 頭部後方につまった筋肉で貯蔵嚢を収縮させることにより, 防衛物質が勢い良く噴射される (図2)。この亜科は全シロアリ種の1/4を占めるほど多様化したグループで, 防衛方法も最も進化したものである。nasusからは揮発性の高いモノテルペンや粘着性のあるジテルペンなど, イソプレノイド炭化水素 (炭素数5個のイソプレノ単位を骨格に持つ) の混合物が分泌されることが知られているが, その量や構成成分は種や地域により非常に多様化している。これらの構成成分は, 兵隊自身によって合成されていることが示唆されているが<sup>4)</sup>, どのような酵素作用を経て合成されるかは未解明であった。

額腺を持つシロアリでは, 分泌物に含まれるタンパク質や分泌物の生合成に関わる酵素などの数多くのタンパク質が兵隊分化後も必要とされ, 兵隊特異的にさまざまな遺伝子が発現していると考えられる。われわれは, 八重山諸島に分布する日本で唯一のテングシロアリ亜科に属するシロアリであるタカサゴシロアリ (*Nasutitermes takasagoensis*) (図3) において, 近年発達してきた分子生物学的手法を用いることで, 兵隊カースト特異的に発現する遺伝子を特定し, 額腺分泌物の生合成に関する考察を行ってきた。

### 3. タカサゴシロアリの兵隊特異的タンパク質

これまでの研究で, テングシロアリ亜科に属するシロアリの分泌物から, 数多くのテルペン類が同定されてきた<sup>5)</sup>。では, 額腺の貯蔵嚢にはタンパク質は含まれていないのであろうか? もし貯蔵嚢にタンパク質が含まれているのであれば, それは兵隊の頭部に大量に含まれていると考えられる。このようなタンパク質は, 頭部から抽出した後, 電気泳動して分子量に応じて分離することにより, そのバンドを視覚化することができるであろう。そこで兵隊とワーカーの頭部から抽出したタンパク質の電気泳動パターンを比較することにより, 兵隊特異的に存在するタンパク質を探索してみることにした。

電気泳動の結果, 兵隊とワーカーでタンパク質のバンドパターンに若干の差が見られ, いくつかの兵

隊特異的なバンドも見つかった。これらのバンドのうち、最もシグナルの強かった分子量約2万6千のバンドは、タンパク質として兵隊頭部に大量に含まれていると推測できた。そこで、このタンパク質のアミノ末端側の部分アミノ酸配列を決定し、その配列をもとにこのタンパク質をコードする遺伝子の全長配列を決定した。この *Ntsp 1* と名付けられた遺伝子の配列からアミノ酸配列を予測し、データベース上にある相同性の高いタンパク質を検索した結果、*Ntsp 1* タンパク質は幼若ホルモンやカロテノイドなどのイソプレノイド炭化水素と特異的に結合し細胞外に分泌されるようなタンパク質と高い相同性を示した。さらに *Ntsp 1* 遺伝子は、額腺分泌物の貯蔵嚢を形成する腺細胞層（図2の矢印部分）で発現していることがみとめられた。タカサゴシロアリと近縁なシロアリである *Nasutitermes* 属シロアリの額腺分泌物には、モノテルペンやジテルペンなどの多くのイソプレノイド炭化水素が含まれており、タカサゴシロアリにおいても似たような物質が合成されていると考えられる。つまり、このタンパク質は額腺細胞で合成されるテルペン類と特異的に結合し、それらを細胞外の貯蔵嚢へ分泌するまでの輸送に使われているのではないかと考えられた。これはテング

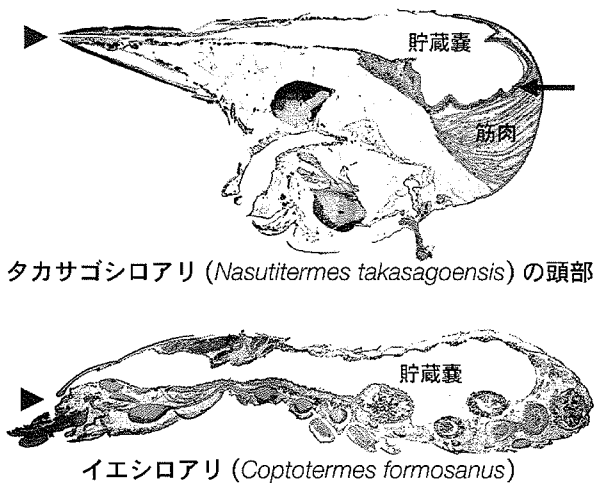


図2 シロアリ兵隊の断面図（パラフィン切片）。額腺分泌物の貯蔵嚢はテングシロアリ亜科のタカサゴシロアリでは頭部に限定されているが、ミゾガシラシロアリ科のイエシロアリでは腹部にまで伸長している。タカサゴシロアリの貯蔵嚢の周りには分泌物を合成する一層の腺細胞がみられる（矢印）。頭部後方には貯蔵嚢を収縮させるための筋肉が詰まっている。矢尻は防衛物質の分泌孔。

シロアリ亜科の兵隊防衛物質に含まれるタンパク質の初めての報告である<sup>6)</sup>。かみつき型のオオシロアリ (*Hodotermopsis sjostedti*) でも、カースト比の調節に関与していると考えられている分泌タンパク質 SOL1が兵隊の大顎腺から同定されており<sup>7)</sup>、シロアリにおける外分泌腺は、社会行動の進化に重要な役割を持っていると考えられる。

#### 4. タカサゴシロアリの兵隊特異的発現遺伝子

額腺分泌物の成分であるテルペン類の生合成過程で作用するような酵素などは、頭部全体に占めるタンパク質の割合としては少ないであろう。このような微量にしか存在しないタンパク質は、前述の方法でバンドとして視覚化するのは難しい。そこで、組織間で発現の異なる遺伝子を網羅的に探索する手法であるディファレンシャル・ディスプレイ (DD) 法を用いて、兵隊とワーカーの頭部で発現している遺伝子を比較してみることにした。DD法は、メッセンジャーRNAから逆転写反応により合成された相補DNAを鋳型として、任意のプライマーを用いてPCR (ポリメラーゼ連鎖反応) を行うことにより、大量に増幅させたDNA断片を電気泳動で分子量に応じて分離し、そのバンドパターンを比較するという方法である。

タカサゴシロアリの頭部を用いて行われたわれわれの結果では、兵隊とワーカーに共通して見られたバンド数のうち、約7%が兵隊特異的なバンドであった<sup>8)</sup>。これに対して三浦 (1999) は、かみつき型の物理的防衛を行うオオシロアリを用いて同様の実験を行っており、兵隊特異的なバンドの割合が約1%であるという結果を出していた<sup>9)</sup>。つまりこれらの結果は、タカサゴシロアリのような化学的防衛を行うシロアリでは、兵隊において分泌物の合成に関与する遺伝子が発現し続けなくてはならないため、オオシロアリのような物理的防衛を行うシロアリに比べて、兵隊における遺伝子発現の割合が高いということを示唆するものである<sup>8)</sup>。

兵隊特異的遺伝子の候補のうち、逆転写PCR法を利用して兵隊とワーカーの発現量を再比較した結果、2つの候補で特に明確な差が見られた。そのうちのひとつについて遺伝子の全長配列を決定し、予想されるアミノ酸配列を用いて相同性検索を行った結果、ショウジョウバエや哺乳類ですでに同定され



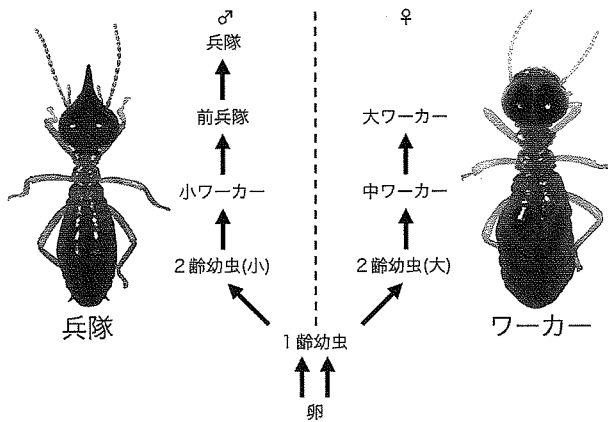


図3 タカサゴシロアリの不妊カーストの分化経路 (Hojo *et al.* 2004<sup>10)</sup>を改変)。兵隊とワーカー (小ワーカー以外)は一齢幼虫の後、違った分化経路をたどる。

ているゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素と非常に相関性が高かった。この酵素は植物や細菌ではカロテノイドやジテルペンの合成過程で前駆体として用いられるゲラニルゲラニルニリン酸を合成する酵素であるが、ほとんどの動物はジテルペンを合成しておらず、合成されたゲラニルゲラニルニリン酸は細胞増殖や分化、細胞骨格の形成などに重要なプレニル化タンパク質 (ゲラニルゲラニル化タンパク質) の合成に用いられている。タカサゴシロアリにおいて、この酵素が兵隊特異的に存在していたことから、兵隊において何か他に重要な役割を果たしていることが考えられる。そして *NtGGPPS1* と名付けられたこの遺伝子も、前述の *Ntsp1* 遺伝子と同様に額腺分泌物の貯蔵嚢を形成する腺細胞層 (図2の矢印部分) で発現していることがみとめられた。タカサゴシロアリと同属の *Nasutitermes* 属シロアリの額腺分泌物にはジテルペンが多く含まれており、それらは *NtGGPPS1* 遺伝子の発現がみとめられた額腺細胞で合成されると考えられてきた。また *Nasutitermes* 属シロアリのジテルペンは、すべてのイソプレノイド化合物の中間物質であるイソペンテニルニリン酸を経て合成されることから<sup>4)</sup>、*NtGGPPS1* 遺伝子がコードする酵素は額腺分泌物の合成に関与している可能性が非常に高い。これは動物におけるジテルペン合成に関わる遺伝子を初めて同定した報告であり、テングシロアリ亜科のシロアリにおいて、防衛物質に含まれるジテルペンが実際に額腺細胞層で合成されていることが初めて確かめられた (北條, 未発表)。

DD法で得られ、兵隊とワーカーでの発現量の差が顕著であったもう一つの候補については、現在その解析を行っているところであるが、この候補も額腺分泌物の合成に関与していることが期待されている。

## 5. シロアリ兵隊におけるジテルペン合成とその進化

化学的防衛を行うシロアリの中でも、最も進化した防衛を行うテングシロアリ亜科のシロアリ兵隊が額腺で合成している防衛物質は、炭素数10個のモノテルペンや15個のセスキテルペン、20個のジテルペンなどの混合物である<sup>5)</sup>。これらのイソプレノイドの中でもジテルペン類は単純な直鎖型の分子ではなく複雑に環化されたものもある。このような複雑な物質を合成できる昆虫はシロアリ以外に知られていない。しかし、昆虫でもカロテノイドやプレニル化タンパク質など、生存に必須なさまざまなイソプレノイド化合物が合成されている。

図4は、シロアリ兵隊において予想されるテルペン合成経路を示したものであり、次のような3つのステップに大きく分けることができる；(1)すべてのイソプレノイドの前駆物質である炭素数5個のイソペンテニルニリン酸 (IPP) は、3つのアセチル CoAからメバロン酸を経て合成される、(2)そのイソペンテニルニリン酸はジメチルアリルニリン酸と結合し、炭素数10個のゲラニルニリン酸 (GPP)、15個のファルネシルニリン酸 (FPP)、20個のゲラニルゲラニルニリン酸 (GGPP) にまで、それぞれゲラニルニリン酸合成酵素、ファルネシルニリン酸合成酵素、ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素により合成される、(3)モノテルペン、セスキテルペン、ジテルペンは、それぞれゲラニルニリン酸、ファルネシルニリン酸、ゲラニルゲラニルニリン酸からテルペン合成酵素により合成される。最初のステップは「メバロン酸経路」と呼ばれており、イソプレノイド化合物の合成において知られている経路であるが、シロアリ兵隊でもこの経路でテルペン類が合成されていることがわかっている<sup>4)</sup>。2番目のステップは、ほ乳類のゲラニルゲラニル化タンパク質合成や植物のジテルペン合成などで用いられるゲラニルゲラニルニリン酸を合成する経路として知られていたが、われわれの研究から、化学的防衛を行うシロアリ兵隊では、この合成経路を防衛物質の生産のた

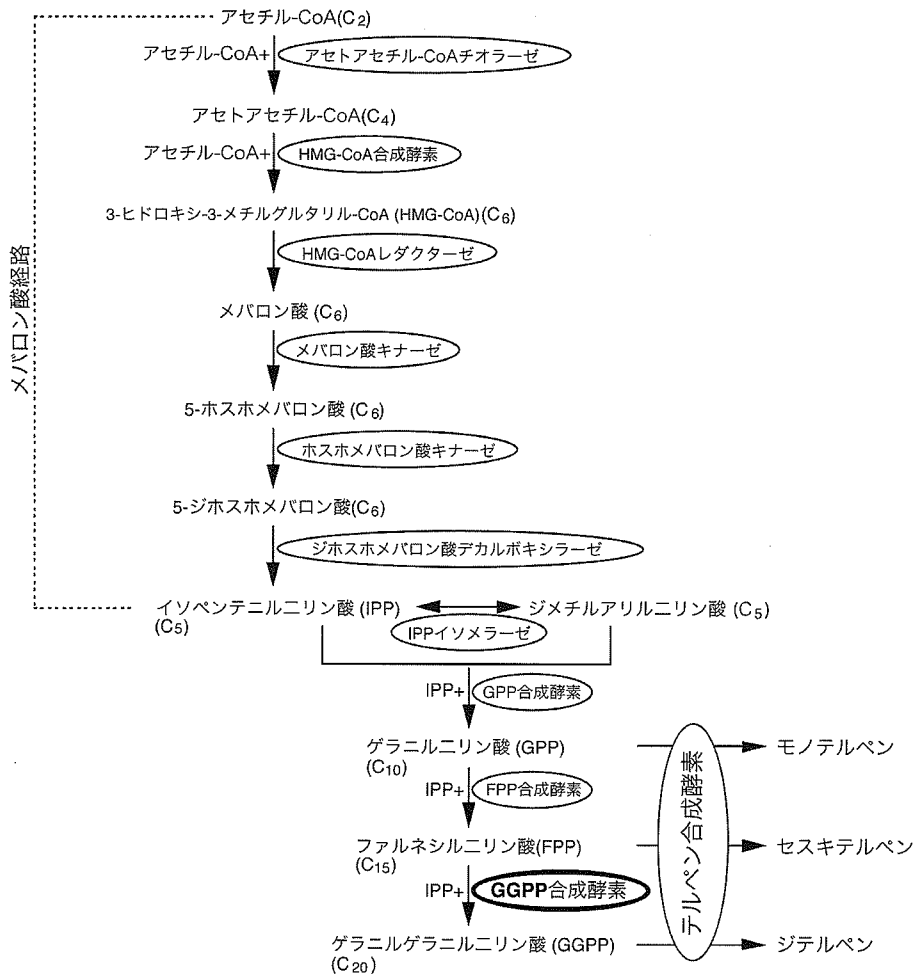


図4 予想されるシロアリ兵隊のテルペン合成経路。テルペン類を含むすべてのイソプレノイドは、イソペンテニルニリン酸 (IPP) を中間産物とする。シロアリでは、メバロン酸経路にてイソペンテニルニリン酸が合成される。ゲラニルゲラニルニリン酸 (GGPP) 合成酵素は、イソペンテニルニリン酸とファルネシルニリン酸から (FPP) ゲラニルゲラニルニリン酸を合成する。植物では、ジテルペンは先駆物質であるゲラニルゲラニルニリン酸からテルペン合成酵素により合成されることが知られている。

めに用いられていることが確かめられた。複雑なテルペン合成経路のうち、シロアリで今のところ解明されているのはここまでであるが、3番目のステップも、*Ntsp1* 遺伝子や *NtGGPPS1* 遺伝子が発現していた額腺細胞内でシロアリ兵隊自身により行われていることが推測され、今後のテルペン合成酵素などの同定に期待したい。

これらの合成経路に関わるさまざまな遺伝子は、化学的防衛を行わないシロアリではどうなっているのだろうか？おそらくゴキブリに似たシロアリの祖先と同じように、生命維持の上で重要な役割を果たすタンパク質を合成するために用いられているに違いない。しかし、シロアリが社会性を獲得すると

もに、防衛方法も多様化し進化させ、このような遺伝子が重複して一部のシロアリにおいて兵隊カーストのみで防衛のために使われるようになってきたと予想される。今後、他のシロアリにおけるこれらの遺伝子の発現および機能解析や、これらの遺伝子を用いて分子系統解析をすることで、シロアリの化学的防衛獲得の進化について考察できるであろう。

#### 引用文献

- 1) 松本忠夫(1983)：社会性昆虫の生態，培風館，東京。
- 2) Roisin, Y., C. Everaerts, J.M. Pasteels and O. Bonnard, (1990)：Caste-dependent reactions to soldier defensive secretion and chiral alarm/recruitment pher-

- omone in *Nasutitermes princeps*, J. Chem. Ecol., 16, 2865-2875.
- 3) Harris, W.V. (1971) : Termites, their recognition and control, Longman, London.
  - 4) Prestwich, G.D., R.W. Jones and M.S. Collins (1981) : Terpene biosynthesis by nasute termite soldiers (Isoptera : Nasutitermitinae), Insect Biochem., 11, 331-336.
  - 5) プレストウィッチ, G.D. (松本忠夫訳) (1983) : 化学物質で防衛するシロアリ, 日経サイエンス10月号, 66-77.
  - 6) Hojo, M., M. Morioka, T. Matsumoto and T. Miura, (2005) : Identification of soldier caste-specific protein in the frontal gland of nasute termite *Nasutitermes takasagoensis* (Isoptera : Termitidae), Insect Biochem. Mol. Biol., 35, 347-354.
  - 7) 三浦 徹 (2003) : シロアリの社会制御とカースト分化, 遺伝別冊, 16, 43-50.
  - 8) Hojo, M., S. Koshikawa, R. Cornette, T. Matsumoto, and T. Miura, (2005) : Identification of soldier-specific genes in the nasute termite *Nasutitermes takasagoensis* (Isoptera : Termitidae), Entomol. Sci., 8, 379-387.
  - 9) 三浦 徹 (1999) : 社会性昆虫におけるカースト分化の分子・生理的基盤, 日本生態学会誌, 49, 167-174.
  - 10) Hojo, M., S. Koshikawa, T. Matsumoto, and T. Miura, (2004) : Developmental pathways and plasticity of neuter castes in *Nasutitermes takasagoensis* (Isoptera : Termitidae), Sociobiol., 44, 433-441.

- (1) 玉川大学農学部
- (2) 北海道大学大学院地球環境科学研究院

# ヤマトシロアリにおける兵蟻の防衛メカニズムと性比： なぜ兵蟻の性比は雌に偏るか

松 浦 健 二

## 1. はじめに

シロアリのコロニーは移動性が低く、大量の個体を含んでいるため、捕食者からみると格好の餌となる<sup>1)</sup>。実際に節足動物から哺乳類まで、様々な生物がシロアリの餌としている。シロアリは進化の過程で高い捕食圧を受け、コロニー防衛のための様々な戦術を発達させている。一つの種についてみても、その防衛法は一通りではなく、巣の構造から個体の形態的、生理的、行動的適応まで、様々な要素の複合である。中でも注目されるのは、防衛に専門化したカースト、兵蟻の存在である。シロアリの兵蟻はあらゆる社会性昆虫の中で最も特殊化したカーストといつてよいだろう<sup>1)</sup>。兵蟻はコロニー防衛のために特殊化しており、ほとんどの種では、兵蟻は生殖、労働はおろか採餌すら自分ではできない。[生殖能力を有する兵蟻もわずかに知られている (*Zootermopsis*<sup>2)</sup>)]。兵蟻はワーカーからの給餌によって養われている。したがって、兵蟻はその生産と維持にかかるコストに見合うだけの働きを、コロニーの防衛において果たしていると考えられる。

しかし、ヤマトシロアリ属の兵蟻がコロニー防衛において果たす役割については長らく疑問視されてきた。Zalkowらはヤマトシロアリの兵蟻がミゾガシラシロアリ科に特有の額腺分泌物を防衛に使わないことや、兵蟻率が低いことなどから、兵蟻よりもむしろワーカーの方が防衛カーストであると述べている<sup>3)</sup>。WallerとLaFageはヤマトシロアリとイエシロアリの兵蟻の防衛効率を比較し、ヤマトシロアリの兵蟻がイエシロアリに比べて防衛能力が劣ることを報告している<sup>4)</sup>。ここで問題となるのは、兵蟻の防衛効率を測定する実験方法である。これまで行われてきた兵蟻の防衛に関する研究のほとんどでは、兵蟻を巣から取り出し、シャーレ内で天敵のア

リと対面させて反応をみるという、いわゆるアリーナテストで評価されてきた。しかし、巣から隔離されて行われるアリーナテストの状況は野外における防衛の状況とは大きく異なり、兵蟻の防衛能力を正しく評価できないという難点があった。

そこで、巣の構造と一体となった頭栓防衛の観点から、巣の構造を模した実験装置とシロアリの天敵であるオオハリアリ *Brachyponera chinensis* Emery を用いて、ヤマトシロアリの兵蟻の防衛戦術を再検証した。同じミゾガシラシロアリ科に属するイエシロアリの兵蟻が、巣を刺激すると一斉に出てきて攻撃行動を示すのに比べると、確かにヤマトシロアリの兵蟻は数も少数で一斉攻撃型ではない。しかし、ヤマトシロアリの兵蟻の防衛機能は巣と一体となって発揮されるものであり、その形態、行動、さらには少ない兵蟻比率や偏った兵蟻性比にも適応の合理性があることが明らかになった。本論文ではヤマトシロアリ属シロアリの兵蟻による防衛メカニズムや性比に関して行ってきた研究を紹介し、兵蟻の諸形質について進化生態学的見地から議論する。

## 2. ヤマトシロアリの兵蟻によるフラグモシス防衛

ヤマトシロアリの巣はいくつもの部屋が連結した構造になっており、部屋と部屋は一個体のシロアリが通過できる程度の小さな入口で繋がっている (図1)。このように巣が連結構造になっているために、部屋ごとに防衛することが可能になっている。もし巣の構造が一つの大きな部屋であったならば、一カ所から天敵の侵入を許せば、たちまちコロニー全体が破壊を受けることになる。野外でコロニーを採集すると、このような巣の構造が天敵の侵入に対して威力を発揮している場面をしばしば観察できる。ヤマトシロアリの巣の一部を壊すと、多くのアリが来

てシロアリのワーカーや幼虫をさらっていくが、兵蟻は部屋の入口に待機して、そこから先へアリが侵入するのを阻止する。部屋の入口に頭部で栓をする姿勢で位置し、大顎を外側に向けて侵入してくるアリを威嚇する。このように、ヤマトシロアリの兵蟻による防衛は、兵蟻が巣の構造と一体になって成し遂げられるものであることは野外観察からも明らかである。

フラグモシス、すなわち栓状の頭部で入口を塞ぐ防衛法は、アリとシロアリでよく知られている防衛戦術の一つである<sup>1,5,6)</sup>。*Cryptotermes* 属 (Kalotermitidae) の兵蟻のように典型的なフラグモシス型の兵蟻では、大顎が著しく退化し、円柱状の頭部はコルク栓のようになっている<sup>7)</sup>。Deligne らはシロアリの防衛法をまとめたレビューの中で、典型的なフラグモシス型の形態をもたない兵蟻であっても、多くの属の兵蟻がフラグモシスの機能を果たしているだろうと述べている<sup>1)</sup>。彼らはまた、シロアリの防衛における巣構造の重要性についても強調している。

まず、ヤマトシロアリの兵蟻の防衛能力を正確に評価するために、改良型ガラスセルを用いて巣の構造と一体となった兵蟻の防衛を実験室内で再現した<sup>8)</sup> (図2)。シロアリの重要な天敵として知られるオオハリアリ *Brachyponera chinensis* を天敵として導入し、これに対するヤマトシロアリの兵蟻の防衛行動を観察した。また、兵蟻が存在する場合と不在の場合で、アリにさらわれたワーカーの数を比較する実験を行った。

実験の結果、兵蟻存在区よりも、兵蟻不在区の方が有意に多くのワーカーをアリに捕食された (図3 a) 兵蟻が存在するグループでは、兵蟻が巣の入口



図1 ヤマトシロアリの巣の内部構造  
矢印で示す通路で部屋と部屋が繋がっている。

に位置して、近づいてくるアリに対して大顎で威嚇する行動が観察された (図3 b)。兵蟻は瞬間的に頭部を入口から突き出して、大顎でアリを攻撃し、アリを入口の周辺から遠ざけた。この行動は野外コロニーの採集時にみられる兵蟻の防衛行動と同じである。実験を行った24時間に関する限り、兵蟻はアリの侵入を完璧に防いでおり、兵蟻がアリに捕獲されることはまったくなかった。ただし、兵蟻存在区

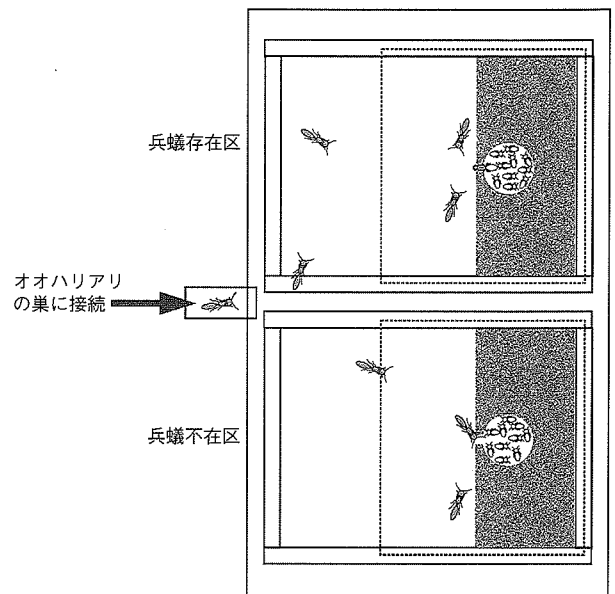


図2 改良型ガラスセルを用いた捕食実験装置。

オオハリアリの捕食に対する兵蟻の防衛行動を観察し、兵蟻存在区と兵蟻不在区で24時間後の捕食率を比較した (Matsuura (2002)<sup>8)</sup>)。

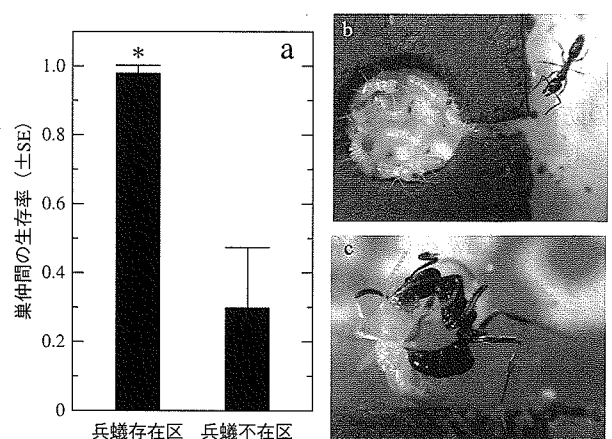


図3 兵蟻存在区と不在区でのワーカー生存率の比較。

- (a) 兵蟻存在区のワーカー生存率は不在区の生存率よりも有意に高かった (\* $p < 0.05$ , paired  $t$ -test)。
- (b) オオハリアリに対してフラグモシス防衛行動をとる兵蟻。
- (c) 兵蟻不在区でワーカーを捕獲し、針で刺すオオハリアリ。

でも、ごくわずかなワーカーが巣の外部に出た際にアリに捕獲されることはあった。兵蟻不在区では兵蟻に代わってワーカーが巣の入口を警護し、一時的にはある程度の防衛効果があったが、アリに入口の周囲を掘られて巣内に侵入され、ほとんどのワーカーが捕獲された (図 3c)。

シロアリの防衛法をまとめた Deligne らはシロアリの防衛における巣構造の重要性について強調している<sup>1)</sup>。本実験においては、人工的な巣構造の中ですら兵蟻はフラグモシス機能を果たし、効果的にコロニーを防衛した。逆に、巣の構造から離された状況において、ヤマトシロアリの兵蟻が有効にその防衛機能を果たさないのは当然とってよい。したがって、これまでアリーナテストで低く評価されてきたヤマトシロアリの兵蟻の防衛能力には明らかな誤りがある。シロアリの巣はコロニーにとって単なる空間を提供するだけのものではない。防衛はもとより、シロアリのほとんどの活動は巣の構造がなくてはじめて成り立つものである。従来、シロアリの行動に関するバイオアッセイには、アリーナテストが用いられてきた。この手法は簡便であり、性フェロモンやトレイルフェロモン、あるいは卵認識のようにシンプルな化学情報に関する研究には適している。しかし、ネストメイト認識やコロニー防衛のように、巣と切り離すことのできない行動の研究には明らかに不適であるので十分な注意が必要である。

ヤマトシロアリのコロニーにおける兵蟻の比率は  $3.59 \pm 2.50\%$  (mean  $\pm$  SD,  $n=108$  colonies) であった。これは、40%にも及ぶイエシロアリの兵蟻率と比べてかなり低い値である。しかし、イエシロアリの兵蟻による防衛が多勢での突撃型であるのに対し、ヤマトシロアリの兵蟻の防衛は巣に止まって天敵が侵入してくる通路を遮断するフラグモシス型であり、それほど多くの「栓」は必要とされない。このように実態に即して兵蟻の防衛機能を考えることにより、その比較的少ない兵蟻数にも進化生態学的に合理的な解釈が可能である。

### 3. 兵蟻の頭幅の安定化選択

フラグモシス型の防衛を行うためには、兵蟻の頭部が入口にぴったりと栓をする大きさであることが必要である。頭部が入口の大きさに対して小さすぎれば、隙間から天敵が侵入したり、攻撃の余地を与

えることになる。一方、頭部が大きすぎれば、兵蟻自らが入口を通過できなくなる。つまり、フラグモシス型の兵蟻では、他の部位よりも頭幅 (HW) に強い安定化選択がはたらくことが予測される。ヤマトシロアリの頭幅に安定化がはたらいっているかどうかを知るために、他の部位 (頭長 HL, 前胸背板幅 PW, 頭部体積 HV, 生重量 FW) と変動係数 (CV : coefficient of variation) を比較した。また、頭幅の安定化選択がコロニーレベルで作用しているのか、種レベルで作用しているのかを知るために、頭幅の相対成長に対するコロニーの効果を解析した。

ヤマトシロアリの兵蟻の生重量はコロニー間で有意に異なり、また雌雄間でも有意に異なっていた (sex :  $MS=2.64$ ,  $F=101.56$ ,  $P<0.0001$ , ANOVA)。すべてのコロニーで雌兵蟻は雄兵蟻よりも有意に大きかった ( $P<0.0001$ , Scheffe's post-hoc test)。それにもかかわらず、頭幅は雌雄ではほぼ同じ範囲に収まっていた (図 4)。ヤマトシロアリでは、予測通りに兵蟻の頭幅の変動係数が他の部位の変動係数よりも有意に小さかった (図 4)。安定化選択の強さを測る際、変動係数 CV の比較は有効な手段として用いられてきた。ヤマトシロアリの兵蟻では、頭幅の CV は他の部位の CV よりも有意に小さいことが明らかになったが、これは、頭幅に安定化選択がはたらいっていることを示唆する。

雌の兵蟻の生重量は雄よりも有意に大きかったが、これは生理的要因によるものだと考えられる。本来、生殖経路の個体 (ニンフ, 有翅虫) では雌の方が大きい。これは精巣よりも卵巣の発達により多くの資源を必要とするため、大きいことによる利益 (size advantage) が雌の方に多いことによって説明できる。兵蟻は生殖機能を痕跡的にしか持っていないが、発育過程で潜在的な体サイズの雌雄差があらわれたと考えられる。このように雌の兵蟻の方が大きいにも関わらず、雌雄の頭幅はほぼ同じ範囲に収まっていた。雌の方が体に対して相対的に頭幅が小さく、逆に雄は体に対して頭幅が大きかった。この雌雄間のプロポーションの違いにより、体サイズの異なる雌雄が同じ頭幅を持つように調整されていたのである。また、同じ性のなかでも、大きな個体は頭幅を相対的に小さく、小さな個体は頭幅を相対的に大きくすることにより、コロニー全体で頭幅が安定化されていた。



部屋の入口の直径はコロニー内ではほぼ一定であり、例えば本実験に用いたコロニーでは、 $1.23 \pm 0.03\text{mm}$  (mean  $\pm$  SD,  $n=20$ ) であった。兵蟻はコロニー内を移動し、防御する入口も一カ所に決まっているわけではない。したがって、コロニー内で兵蟻の頭幅が一定でなければならない。このように、ヤマトシロアリにおける頭幅の安定化は、フラグモシス防衛のための適応として解釈できる。

興味深いことに、HWとHLの相対関係はコロニーによって異なっており、これはコロニーレベルでHWとHLの比が調節され、頭幅が安定化されていることを意味する。一方、HWとPWの関係にはコロニー間で有意な差はみられなかった。これは頭部の縦横比の方が頭部と胴体部（胸部と腹部）の比よりもコロニーレベルで柔軟に調整できることを表す。頭部と胴体部の比は体全体のバランスに大きく関わるものであり、アンバランスなものは著しく機動性を失うことになる。したがって、頭部の縦横比よりも変えにくいのではないだろうか。コロニーレベルでHWを安定化するメカニズムに関しては、現時点では推測の域を出ることはできない。遺伝的なリンクが存在するのか、それとも発育、分化の過程で兵蟻の頭幅を一定にするメカニズムが存在するのか。これらの問題はコロニー融合実験など、さらに詳細な実験によって明らかになるだろう。

フラグモシス防衛への適応として、本種の兵蟻の頭幅が安定化されているならば、逆にフラグモシスとは異なる戦術の兵蟻では、頭幅に安定化選択がはたらかないことが予測される。そこで、ヤマトシロアリと同様に、イエシロアリ *Coptotermes formosanus* Shiraki とタカサゴシロアリ *Nasutitermes takasagoensis* Shiraki の兵蟻についても、形態計測を行い、部位間のCVを比較した。イエシロアリ属はヤマトシロアリ属とは近縁であり、同じミゾガシラシロアリ科 (Rhinotermitidae) に属するが、兵蟻の防衛戦術は異なる。したがって、この仮説を検証するための種間比較に適した材料といえる。ヤマトシロアリとは好対照で、イエシロアリの兵蟻は、侵入者を見つけると、大顎による攻撃と粘性のある乳白色の額腺分泌物によって侵入者を直接襲撃する<sup>9)</sup>。イエシロアリの頭部はヤマトシロアリと似た形態であるが、ヤマトシロアリの頭部がコルク栓のような円筒型であるのに対し、イエシロアリの頭部は前後に短く、

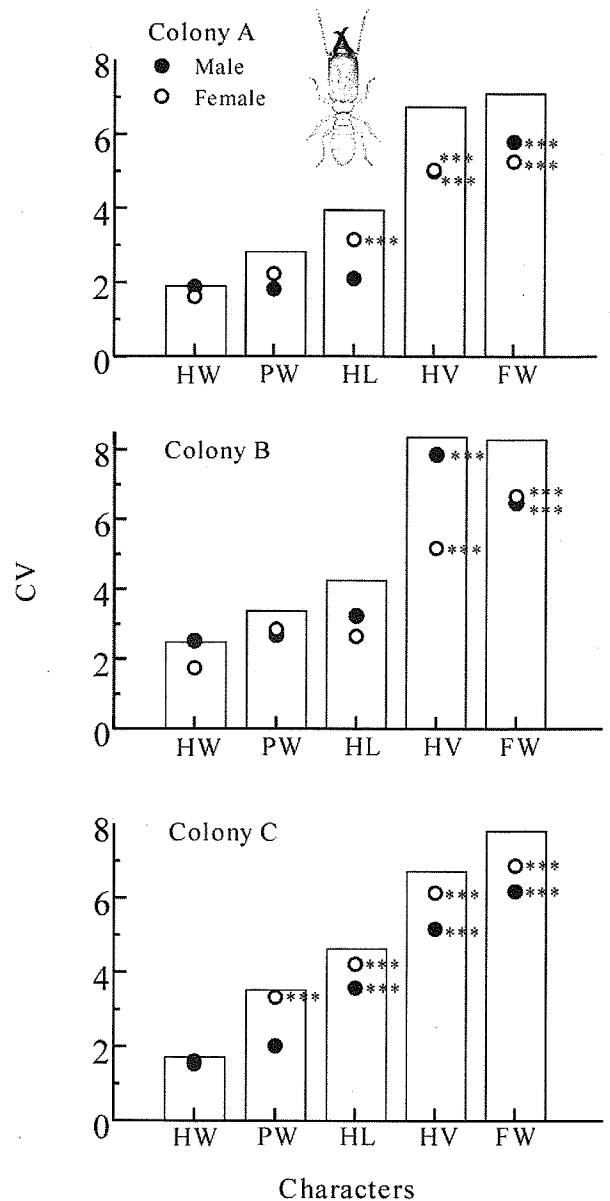


図4 ヤマトシロアリの兵蟻の頭幅と他の部位間での変動係数 (CV) 比較。HW; 頭幅, PW; 前胸背板幅, HL; 頭長, HV; 頭部体積, FW: 生重量。棒グラフは雌雄のデータをまとめた場合のCVを表す。灰棒と白棒の間で有意な差がある ( $p < 0.01$ , Bonferroni corrected)。\*\*\*;  $p < 0.001$ ,  $F$ -test。

先端が細い。

イエシロアリでは雌雄のサイズ差はほとんどなかった。また、どの部位のCVも比較的小さい値を示し、頭幅のCVは他の部位のCVとほぼ同じ値を示した。タカサゴシロアリでは頭幅のCVは頭長や前胸背板幅のCVと同程度か、それらよりも大きい値を示した。頭幅の安定化はフラグモシス防衛を行うヤマトシロアリにおいてのみ検出された。

#### 4. 兵蟻の性比

シロアリの兵蟻に関する大きな謎の一つが性比である。同属の種であっても兵蟻の性比は異なり、系統的類縁関係と兵蟻性比の違いは必ずしも一致しない。高等シロアリ（シロアリ科）の多くの種では兵蟻はどちらか一方の性のみからなり、両方の性を含む種の方が稀である<sup>10)</sup>。テングシロアリ亜科（Nasutitermitinae）では兵蟻はほとんど雄であり、シロアリ亜科（Termitinae）とキノコシロアリ亜科（Macrotermitinae）では雌である。下等シロアリのミゾガシラシロアリ科（Rhinotermitidae）では、種によって兵蟻の性比はまったく異なる。イエシロアリ属の *Coptotermes formosanus* では兵蟻性比は3：1で雄に偏っていると報告されているが<sup>11)</sup>、同属の *C. lacteus* Froggatt では兵蟻はすべて雌である<sup>12)</sup>。イエシロアリと同じミゾガシラシロアリ科のヤマトシロアリ属では、*Reticulitermes lucifugus* Rossi の兵蟻性比が1：4で雌に偏っているという報告がある<sup>13)</sup>。また、レイビシロアリ科（Kalotermitidae）の *Neotermes papua* Desneux では3：2で雄バイアス、*Incisitermes schwarzi* でも3：2で雄バイアス、*Pterotermes occidentis* ではほぼ1：1<sup>14)</sup>という報告がある。ただし、これらの兵蟻性比に関するデータは、サンプリングの仕方や調べたコロニーの数異なるため、注意が必要である。

いずれにしても、多くの種において兵蟻性比はどちらかの性に偏っており、等しい性比の種の方が稀

である。兵蟻性比の偏りの問題を解くためには、兵蟻の発育分化経路との関係を考慮しなければならない（例えば文献<sup>12)</sup>）。また、兵蟻の性比はコロニー全体での性配分の問題であり、生殖経路（ニンフ、有翅虫）や労働経路（ワーカー）の性比と一体で捉える必要がある。さらに、兵蟻がどのような防衛戦術をとるかによっても性比が影響を受ける可能性がある。ヤマトシロアリの兵蟻性比と、その偏りを説明する要因を明らかにするため、まず、野外コロニーをサンプリングして兵蟻の性比を調べた。兵蟻性比の偏りは、兵蟻に分化する時点での偏りによって生じる可能性と、兵蟻に分化した後の寿命の雌雄差によって生じる可能性がある。そこで、当年に新しく分化した兵蟻（presoldier および white soldier）と、分化してから時間が経った兵蟻に分けて性比を調べた。前兵蟻（presoldier）はその形態から区別でき、新しく分化した兵蟻（white soldier）も体色が薄いことから区別することができる。

京都市左京区宝ヶ池、上賀茂、岩倉、亀岡市宮前町、および園部町にて、アカマツ腐朽材から計28のコロニーを採集した。採集を行った地域では、新しい兵蟻が分化するのは6月から9月にかけての期間に限られている。この時期に採集したコロニーについては、形態と体色に基づいて、当年に分化した兵蟻（new soldier）と以前から存在していた兵蟻（old soldier）を区別した。サンプル個体は腹部の外部形態に基づいて<sup>15)</sup>、雌雄に分けてカウントした。採集した23コロニーのうち、13コロニーについてはワーカーの性比も調べた。各コロニーからランダムに150mgのワーカーを選び、腹部の外部形態に基づいて性を判別し、性比を求めた。兵蟻と同様に性比の偏りの有意性を検定した。

調査の結果、ヤマトシロアリの兵蟻の性比は、雄比が $0.377 \pm 0.090SD$ で有意に雌に偏っていることが明らかになった（ $t = -7.029$ ,  $P < 0.001$ , two tailed  $t$ -test）。この偏りは有翅虫の性比（ $0.433 \pm 0.178SD$ ）よりもさらに雌に偏っている。有翅虫と兵蟻の性比が雌に偏っているため、残りのワーカーの性比は若干雄に偏っていた（ $0.529 \pm 0.040SD$ ）。ただし、有翅虫や兵蟻よりもワーカーの数の方が多いため、偏りの程度は小さかった。当年分化兵蟻の性比と旧兵蟻の性比に有意な差はなかった（ $df = 8$ ,  $t = 0.988$ ,  $P = 0.352$ , paired  $t$ -test）。つまり、兵蟻

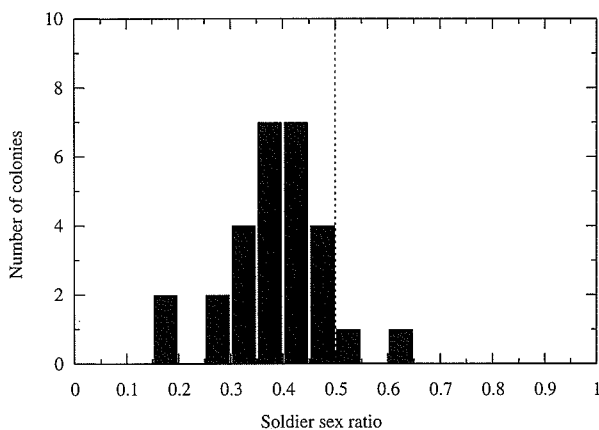


図5 ヤマトシロアリの兵蟻の個体数性比（雄比）。点線は1：1の性比を表す。兵蟻の性比は有意に雌に偏っている（ $N = 28$ ,  $t = -7.029$ ,  $p < 0.001$ , two tailed  $t$ -test）。

性比の偏りは兵蟻寿命の雌雄差によるものではなく、ワーカーから分化する時点で雌に偏ることが明らかになった。

## 5. 体サイズの雌雄差と兵蟻性比の関係

ヤマトシロアリの兵蟻はワーカーから分化するため、兵蟻性比の偏りを解明するためには、ワーカーの性比を明らかにすることが必要である。また、フラグモシス防衛を行うためには、頭部が十分な大きさである必要がある。雌雄で体サイズに差がある場合、兵蟻に分化可能な大きさを満たしている個体の性比に偏りがある可能性もある。したがって、ワーカーの体サイズと性比の関係を明らかにする必要がある。そこで、野外コロニーをサンプリングし、ワーカーのサイズと性比構造について調べた。京都市左京区上賀茂で採集した2つのコロニー(KA001106C, KA001106F)について、それぞれのコロニーからランダムに300mgのワーカーを選び、すべての個体について頭幅と前胸背板幅を測定し、腹部の外部形態に基づいて性を判別した。頭幅の順に個体を並べ、頭幅の境界値と、それ以上の頭幅を持つ個体集団の性比を算出した。

計測の結果、ワーカーの頭幅の上限は雌の方が高い値を示した。そのため、頭幅の大きい順に並べて、頭幅の境界値と、その境界値以上の頭幅を持つ個体集団の性比を求めたところ、上位の性比は雌に偏り、中間以降では1:1、または若干雄に偏る傾向があった(図6)つまり、兵蟻になるために必要な大きさの境界値が存在するとき、それを満たすワーカーの性比は雌に偏る。

ワーカーの頭幅成長は必ずしも断続的ではなく、高齢になるとほとんど齢間の境界が認められなくなる。これは、同性同齢のワーカーでも、生まれた時期によって栄養条件が異なり、体サイズに差が生じることが原因だと考えられる。女王の産卵は8月をピークに、6月から9月まで行われるが、卵密度の低い時期に生まれた個体と、卵密度の高い時期に生まれた個体では発育に差があるであろう。兵蟻に分化する際に問題となるのは、齢の制約よりも、むしろ体サイズの制約だと考えられる。このように、ヤマトシロアリの兵蟻性比の偏りは、体サイズの性的二型という発生上の制約と効率的なフラグモシス防衛のための頭幅の安定化の結果生じる現象であると

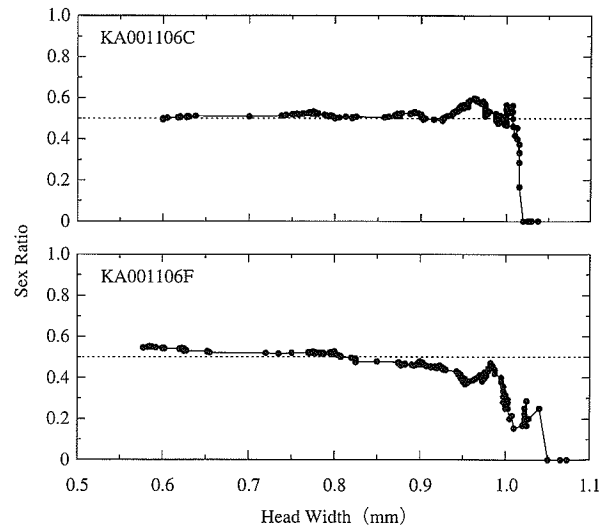


図6 ワーカーの頭幅の境界値と、それ以上の頭幅を持つ個体の性比(雄比)。横軸は頭幅の境界値を表し、縦軸はその境界値以上の頭幅を持つワーカー集団の性比を表す。

考えられる。実際にヤマトシロアリ属の種間比較では、性的二型が大きい種では兵蟻性比が雌に偏り、性的二型の小さい種では兵蟻性比にバイアスがないことも明らかになっている<sup>16)</sup>。

## 6. 兵蟻における性的形質の発現

ほとんどの種において兵蟻は不妊の最終カーストであり、兵蟻に分化することは自らの生殖活動を放棄することを意味する。そのため、ワーカーから兵蟻への分化において性的形質は退行するように思われるかも知れない。しかし、実際にはワーカーよりも兵蟻の方が性的分化は進んでいる。体サイズの性的二型の程度も兵蟻では大きく(ただし、頭幅には安定化がかかっており性差が小さい)、腹部の外部形態にも雌雄差が明確となる。さらに、雄の兵蟻では精巢の発達が確認される(図7)。

また、兵蟻と補充生殖虫の中間型が現れることも興味深い。ヤマトシロアリのワーカーは補充生殖虫に分化することもできる。ただし、高齢のニンフがいる場合にはニンフの方が優先的に補充生殖虫に分化する。生殖虫とニンフを除いた状態でコロニーを飼育すると、ワーカーから補充生殖虫が分化するが、稀に兵蟻と補充生殖虫の中間的な個体が生じる(図7)。この中間個体は兵蟻に似た頭部を持つが、大顎が兵蟻に比べて小さい。体色は補充生殖虫に似て暗色化し、腹部はやや肥大化している。また、腹部

を解剖したところ、卵巣の発達が確認されたが、卵細胞はほとんど有していなかった。つまり、兵蟻としても補充生殖虫としても不完全であり、どちらの機能も果たすことができない。このような中間カーストは、他種のシロアリでも報告されている。シロアリ科 (Termitidae) の *Nasutitermes lujae* と *N. columbicus* では、ニンフと兵蟻の中間カーストが見つかっている<sup>17)</sup>。ただし、*N. lujae* のニンフ—兵蟻中間カーストは小型ワーカーから分化するが、*N. columbicus* ではニンフから分化することが報告されている<sup>17)</sup>。また、同様にニンフ—兵蟻中間カーストが *Microcerotermes arboreus*, *Termes baculi*, *Drepanotermes perniger*, *N. guyanae*, *N. aquilinus* および *Tumulitermes* sp. でも報告されている。

兵蟻と生殖虫、あるいは兵蟻とニンフの中間カーストは、形態的にも機能的にも不完全であり、どちらのカーストとしても十分な働きをすることができ

ない。これは、遺伝子発現のレベル、あるいはホルモン作用のレベルで両立が不可能なためだと考えられる。しかし、オオシロアリ科 (Termopsidae) において生殖機能を有した兵蟻が観察されることを考えると<sup>2)</sup>、進化の初期段階には兵蟻と生殖カーストの機能を併せ持つものが存在していたとしても不思議ではない。利己的形質である生殖形質の発達と、利他的形質である防衛形質の発達が、フェロモンレベル、ホルモンレベル、そして遺伝子の発現レベルでどのように制御されているのか、大変興味深い。

### 引用文献

- 1) Deligne, J., A. Quennedey and M.S. Blum (1981) : The enemy and defense mechanism of termites, Social insects vol.2, Academic Press, New York, pp 1-76.
- 2) Myles, T.G. (1986) : Reproductive soldiers in the Termopsidae (Isoptera), Pan-Pacific Entomol., 62, 293-299.
- 3) Zalkow, L.H., R.W. Howard, L.T. Gelbaum, M.M. Gordon, H.M. Deutsch and M.S. Blum (1981) : Chemical ecology of *Reticulitermes flavipes* (Kollar) and *R. virginicus* (Banks) (Rhinotermitidae) : Chemistry of the soldier cephalic secretions, J. Chem. Ecol., 7, 717-731.
- 4) Waller, D.A. and J.P. LaFage (1986) : Fire ant predation on subterranean termites : relative effectiveness of *Reticulitermes* sp. and *Coptotermes formosanus* Shiraki defenses (Isoptera : Rhinotermitidae), Mater. Org., 21, 291-299.
- 5) Prestwich, G.D. (1984) : Defense mechanisms in termites, Ann. Rev. Entomol., 29, 201-232.
- 6) Hölldobler, B. and E.O. Wilson (1990) : The ants, Harvard University Press, Cambridge.
- 7) Scheffrahn, R.H., J. Krecek, N.-Y. Su, Y. Roisin, J.A. Chase and J.R. Mangold (1998) : Extreme mandible alternation and cephalic phragmosis in a drywood termite soldier (Isoptera: Kalotermitidae : *Cryptotermes*) from Jamaica, Florida Entomol., 81, 238-240.
- 8) Matsuura, K. (2002) : Colony-level stabilization of soldier head width for head-plug defense in the termite *Reticulitermes speratus* (Isoptera : Rhinotermitidae), Behav. Ecol. Sociobiol., 51, 172-179.
- 9) Waller, D.A. and J.P. LaFage (1987) : Unpalatability as a defense of *Coptotermes formosanus* Shiraki soldiers

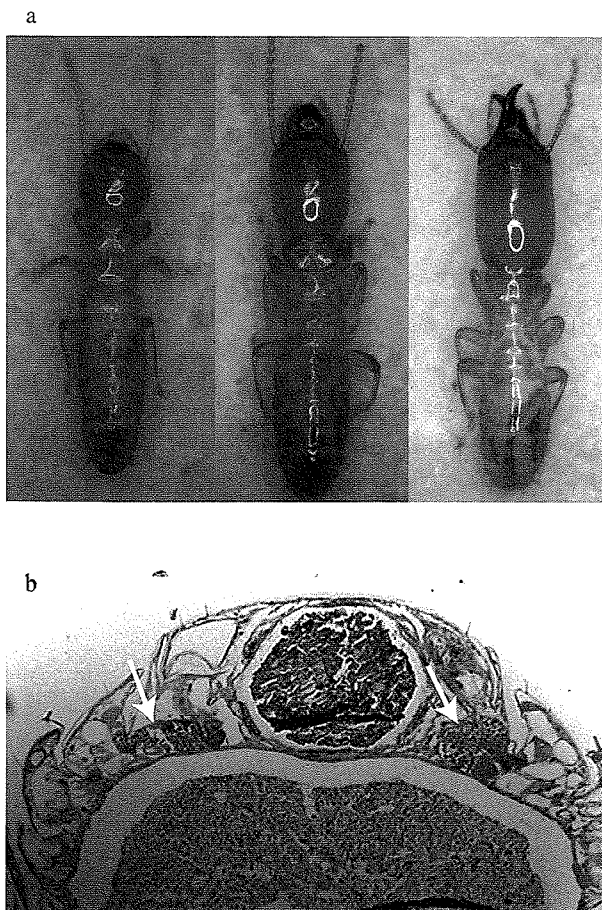


図7 (a) 左から職蟻型補充生殖虫、兵蟻と補充生殖虫の中間形態をもつ中間型、兵蟻。すべて雌個体。(b) ヤマトシロアリの雄兵蟻の精巣。生産された精子の核がヘマトキシリンによって濃青に染まる。

- against ant predation, J. Appl. Ent., 103, 148-153.
- 10) Brian, M.V. (1979) : Caste differentiation and division of labor, Social insects, vol.1., Academic Press, New York. pp. 121-222.
  - 11) Henderson, G. and K.S. Rao (1993) : Sexual dimorphism in soldier of Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae), Sociobiol., 21, 341-345.
  - 12) Roisin, Y. and M. Lenz (1999) : Caste developmental pathways in colonies of *Coptotermes lacteus* (Froggatt) headed by primary reproductives (Isoptera, Rhinotermitidae), Ins. Soc., 46 : 273-280.
  - 13) Herfs, A. (1951) : Der schwarmflug von *Reticulitermes lucifugus* Rossi, Zeitschrift für angewandte Entomologie, 33, 69-77.
  - 14) Jones, S.C., J.P. LaFage and R.W. Howard (1988) : Isopteran sex ratios : phylogenetic trends, Sociobiol., 14, 89-156.
  - 15) Zimet, M. and A.M. Stuart (1982) : Sexual dimorphism in the immature stages of the termite, *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae), Sociobiol., 7, 1-7.
  - 16) Matsuura, K. (2006) : A novel hypothesis for the origin of the sexual division of labor in termites : Which sex should be soldiers? Evol. Ecol., in press.
  - 17) Lefeuvre, P. and B.L. Thorne (1984) : Nymph-soldier intercastes in *Nasutitermes lujae* and *N. columbicus* (Isoptera : Termitidae), Can. J. Zool., 62, 959-964.

(岡山大学大学院環境学研究科)

## パプア（インドネシア共和国）でのシロアリ調査を終えて

神原 広平

### 1. はじめに

2005年8月29日より9月6日まで、インドネシア共和国を訪れた。その目的は、バリ島サヌールで開催された第6回IWSSでの研究発表、パプアにおけるシロアリ相の調査、そしてパプア大学でのシロアリ講演会である。

本稿では特にパプア（旧イリアンジャヤ）のジャヤプラおよびマノクワリで行ったシロアリ調査について報告する。

はじめに、インドネシアの地理について触れておく。インドネシアの国土は日本の約5倍で、地理的にはアジア大陸とオーストラリア大陸の間に東西5,150km、赤道をはさんで南北1,771kmに渡って広がっており、大スンダ列島（スマトラ・ジャワ・カリマンタン・スラウェシ、その他）、小スンダ列島（バリ島から東ティモール島までの島々）、マルク（モルッカ）諸島およびパプア島の4地域に分類される。主要な6島はスマトラ、カリマンタン、スラウェシ、パプア、ジャワ、そしてマドゥーラである。カリマンタンは旧ボルネオで、3分の1はマレーシア領とブルネイ領である。またティモール島の2分の1はティモールロロサエ領、パプアの2分の1はパプアニューギニア領になっている。

### 2. バリ島サヌールにて（2005年8月29日～9月1日）

2005年8月29日から9月1日までの4日間に亘って6th International Wood Science Symposium（第6回国際木質科学シンポジウム）が開催された（写真1, 2）。今年度の参加者は約200名であり、基調講演を含め約150件の研究発表が、Wood Material, Wood Biomass, Wood Bioscience & Environmental Scienceの3分野に分けられ行われた。さらに、研究発表最終日である8月30日の午後は一会場だけとなり、*Acacia mangium*に関する講演が行われた



写真1 シンポジウム会場

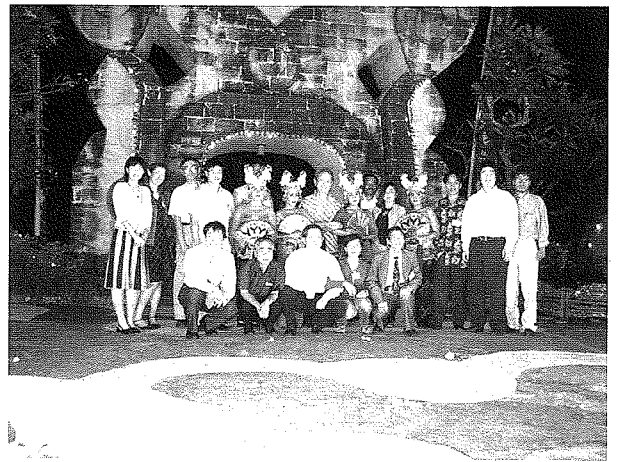


写真2 パンケットでの1コマ

（*Acacia mangium*とは、マメ科樹種の一つでオーストラリア、ニューギニア、モルッカ諸島を原産とし、熱帯各地で植林されている。材は主にパルプ材、用材などに用いられ、枝葉は飼料、街路樹としても用いられる）。

“木”を中心とした多種多様な研究発表が行われた本大会だが、やはりシロアリを用いた研究が私にとって最も興味深く、特に印象に残ったのはインドネシアの9樹種を用いたイエシロアリでの摂食試験で



あった。この場を借りて少し結果を紹介すると、9樹種の中で最も摂食量が少なかったのは、小笠原の5～6月を彩るムニンヒメツバキと同属のイジュ (*Schima wallichii*) であり、最も食べられたのはマツ属のメルクシマツ (*Pinus merkusii*) であった。

### 3. ジャヤプラにて (2005年9月2日～9月3日)

6th IWSSの後、バリ島のデンパサール空港よりガルーダインドネシア航空深夜2時半発のジャヤプラ行きに乗り込んだ。ジャヤプラはパプアの北東に位置し、パプアニューギニアとの国境近くにある都市である。

空港からジャヤプラ市街までの道中に見える山並みは、森林というより草原という方が適当であるように思えた。おそらく伐採後にプランテーションや植林といった人工林としなかったために、草原のような状態へと遷移していったのではないだろうか。

まず、ワエナ大学の構内でシロアリ分布調査を行った。大学構内にある倒木や生木の枯死部などは乾燥しており、シロアリは容易には見つからなかった。その中で最初に採集したシロアリは *Coptotermes* sp. (イエシロアリ属) であった。 *Coptotermes* sp. は、枯木から採集したのだが、内部はかなり被害されており、ジャヤプラにおいてもイエシロアリ属の高い加害能力を確認することができた。続いて2つのシロアリ塚を発見した。一つは *Microcerotermes* sp. が生息していた。 *Microcerotermes* 属はシロアリ科シロアリ亜科 (Termitidae, Termitinae) に属するシロアリで、東南アジアに広く分布する。兵蟻は、頭部が長方形で大顎の内縁がのこぎり状である形態的特徴を持つ。塚を見つけると上手に解体して女王を見つけないと思うのは性というもので、塚を慎重に解体し、女王を発見するに至った (写真3)。もう一つの塚は *Termes* sp. であった。 *Termes* 属もシロアリ科シロアリ亜科 (Termitidae, Termitinae) に属するシロアリである。この塚の大きさは先程の *Microcerotermes* sp. のものと同程度であった。ワエナ大学構内では6コロニー採集できたがすべてこの3種のシロアリであった。

次に、山地部に位置するワエナキャンプ場で採集を行った。ここでは日本のカタンシロアリ (*Glyptotermes fuscus*) やナカジマシロアリ (*Glyptotermes nakajimai*) 等と同属の *Glyptotermes* sp.

を採集した。 *Glyptotermes* sp. が生息していた場所は生木の枯枝であった。鋸を用い枝を切り落とすと、その断面には明瞭な食痕が観察された (写真4)。このワエナキャンプ場では、日本に分布するタカサゴシロアリ (*Nasutitermes takasagoensis*) の仲間である *Nasutitermes* sp. も確認できた。タカサゴシロアリ同様の樹上巣を作っていた。またワエナ大学構内と同様に、 *Microcerotermes* sp. も採集できた。

ジャヤプラ調査2日目は、市街地の木工所で行った。木工所に入ってすぐに板塀沿いに蟻道があり、注意深く蟻道を崩すと *Nasutitermes* sp. が発見された。さらに付近にあった廃材の一部分からは乾材シロアリに特徴的な顆粒状の糞を確認することができた。長く硬い材であったために、まず鋸で切断し注意深く解体しながら採集を行うと、この廃材からはダイコクシロアリ (*Cryptotermes domesticus*) と同属である *Cryptotermes* sp. が採集された (写真5)。廃材

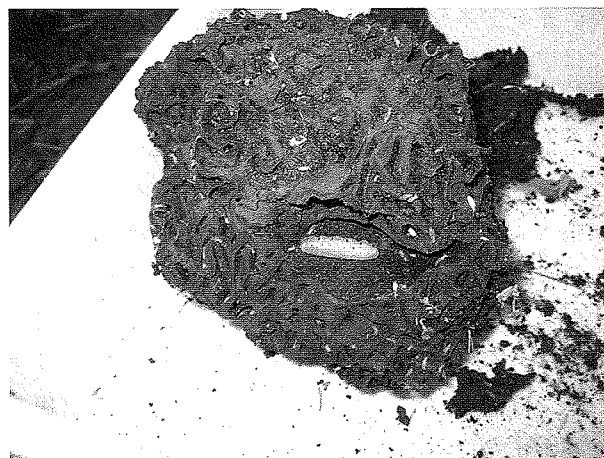


写真3 *Microcerotermes* sp. の塚 (中心部に女王)

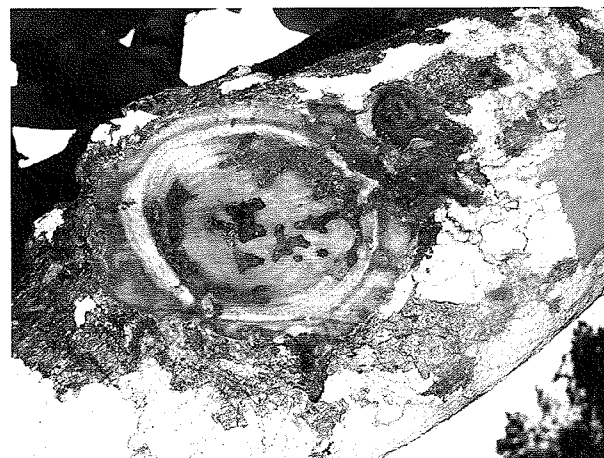


写真4 *Glyptotermes* sp. の食痕



写真5 *Cryptotermes* sp. の採集風景  
(写真左が筆者, 右は吉村 剛博士)

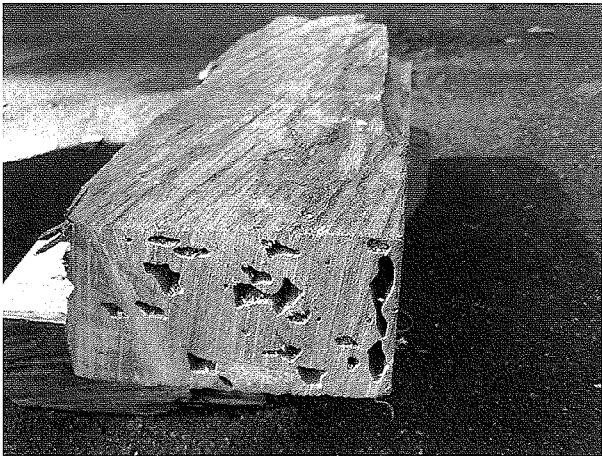


写真6 *Cryptotermes* sp. が生息していた腐材の断面写真

の断面は、ダイコクシロアリの加害痕に類似した、多数の食孔が確認された(写真6)(ダイコクシロアリの加害生態に関しては、本誌第142号、森本桂博士の「小笠原におけるダイコクシロアリの加害生態調査」を参照)。

ジャヤプラは、赤道直下の都市ではあるが熱帯特有の湿度が少なく比較的乾燥していると感じられた。そのため他の熱帯域での調査に比べて種数もそれほど多く採集されず、また乾材シロアリを確認できたのではないだろうか。

#### 4. マノクワリにて(2005年9月3日~9月5日)

ジャヤプラ調査を終えた後、次の調査地であるマノクワリに行くために、パタビア航空午後2時半発の飛行機に乗り込んだ。マノクワリはパプアの北西に位置し、わずかな差ではあるがジャヤプラよりも赤道に近い位置にある都市である。また、ここマノ

クワリには本調査において多大なるご助力を頂いたエレノア氏が所属されるパプア大学がある。

マノクワリにおける最初の採集地点は、パプア大学キャンパス内にある演習林とした。ここはジャヤプラと異なり湿度も高く、また野外でのシロアリ採集において煩わしい存在である蚊も多数生息している熱帯林であった。ここでは倒木から日本のイエシロアリ(*Coptotermes formosanus*)やヤマトシロアリ(*Reticulitermes speratus*)と同じミゾガシラシロアリ科(Rhinotermitidae)に属する*Coptotermes* sp., *Heterotermes* sp., *Schedorhinotermes* sp.の3種が採集できた。

*Heterotermes* sp.はHeterotermitinae亜科に属するシロアリで、日本で馴染みの深いヤマトシロアリに非常に良く似ている。*Heterotermes*属の兵蟻の形態は一見するとヤマトシロアリと同じように見えるが、ヤマトシロアリ属の上唇端は舌状であるのに対し、*Heterotermes*属は細長く突出しており、大顎についてもより細長い形態をしている(図1)。さらに、この2属は興味深いことに地理的に隔離されており同所的に生息することはほとんどないという分布を示している。*Schedorhinotermes* sp.の兵蟻には小型兵蟻と大型兵蟻の二型がある(写真7)。日本では見られない属だが、東南アジアの森林では比較的多く見られるグループである。この他に*Microcerotermes* sp.と*Nasutitermes* sp.が採集できた。これら5種のシロアリはすべて「wood-feeder」と呼ばれる木を食べるシロアリで、一般に熱帯域に多くみられるキノコシロアリ「fungus-feeder」や「Soil-feeder」と呼ばれる腐植食性のシロアリの生息は確認されなかった。また演習林とは道路を挟ん

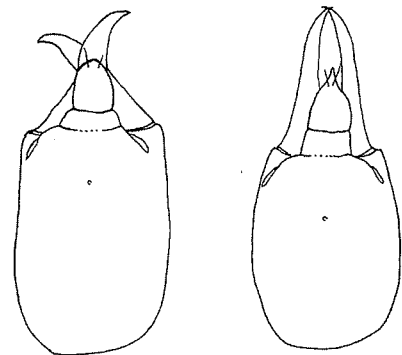


図1 Heterotermitinae 2属の頭部形態  
(左) *Reticulitermes speratus*, (右) *Heterotermes* sp.

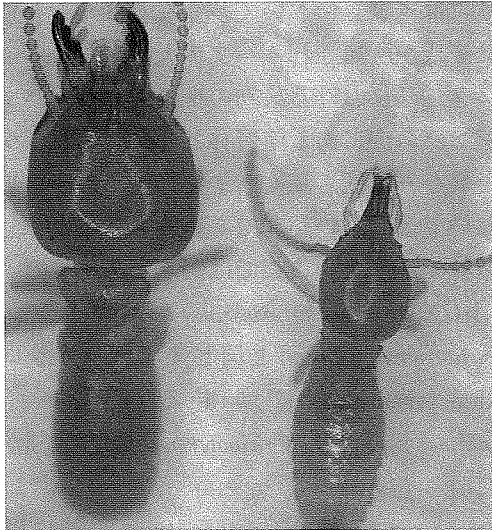


写真7 *Schedorhinotermes* sp. でみられる二型の兵蟻  
(左) 大型兵蟻, (右) 小型兵蟻

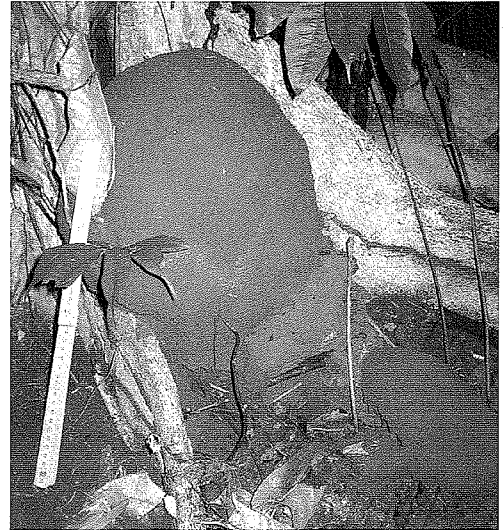


写真8 *Termes* sp. の塚

で隣接している二次林からは、これら5種に加え *Termes* sp. が採集できた。*Termes* sp. がこの地域で唯一採集されたSoil-feederで、木の根元に土でできた塚を構築していた(写真8)。

昼食後に調査地を変更し、家屋のシロアリ被害調査を行った。ここでは、調査家屋の庭にあった木製の物置が加害されていた。その物置は2種のシロアリが生息・加害しており、1種は午前の調査でも多く採集された *Microcerotermes* sp. であり、物置の上部に塚を構築していた(写真9)。もう1種は、ダイコクシロアリと同属である *Cryptotermes* sp. であり、物置の壁材から発見された。午前の演習林での調査では採集できなかった *Cryptotermes* sp. が採集できたのは、非常に興味深かった。さらに、付近の家屋からは、ナカジマシロアリ等同属である *Glyptotermes* sp. も採集された。

次に、テーブルマウンテンと呼ばれる二次林で調査を行った。ここは、パプア大学演習林と比べると、起伏もあり下草も多い場所であった。しかし、シロアリ相に大きな違いはなく、*Microcerotermes* sp., *Schedorhinotermes* sp. および *Nasutitermes* sp. が採集できた。しかし、午前の演習林調査においては採集されなかった *Glyptotermes* sp. を採集することができた。*Glyptotermes* sp. が生息していた部位の状態は、日本でのナカジマシロアリの加害状況と類似していた。マノクワリでの調査は、われわれ(スレイマン博士, 吉村博士, 竹松博士, 築瀬氏, 田代氏および

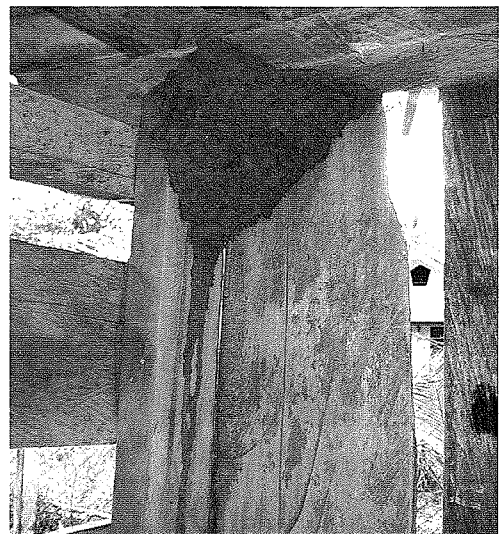


写真9 物置に構築された *Microcerotermes* sp. の塚

筆者)の他に、パプア大学のエレノア氏とその学生さん達の協力を得て行い、さらにフィールドワークを通して互いの親睦を深めることができた(写真10)。

## 5. パプア大学での講演会

最終日である9月5日はパプア大学においてシロアリに関する講演会が行われた。講演を行ったのは吉村 剛博士(京都大学生存圏研究所), 築瀬佳之氏(京都大学大学院農学研究科), 竹松葉子博士(山口大学農学部)である。

吉村博士は、日本における最近のシロアリ防除技術の講演を行った。講演では、日本における家屋害虫としてのシロアリ, またその被害状況, さらに建



写真10 マノクワリでの採集を終えて

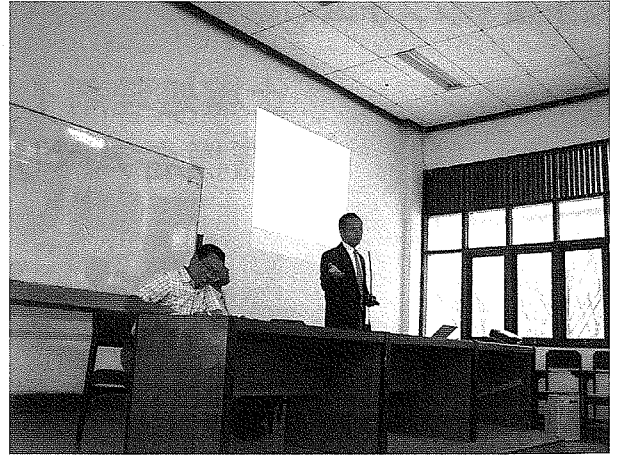


写真11 パプア大学で講演を行う吉村 剛博士

建築物の構造などの説明を含め現在行われているさまざまなシロアリ防除技術を紹介した。築瀬氏は、AE（アコースティック・エミッション）を用いたシロアリ被害探知についての講演を行った。講演では、実際にシロアリが木材を摂食している映像を流し、シロアリが木材を齧る時に発生している音について非常に分かりやすく紹介した。竹松博士は、まずシロアリの分類体系についての説明を行い、シロアリがいかに多様な昆虫種であるかを説明された後、シロアリの多様度を定量的に調査できるベルト・トランセクト法を紹介した。

本講演会には、パプア大学の教員および学生合わせて約100名が参加し、非常に関心の高い講演会であったようで、質疑応答が大変活発に行われた（写真11, 12）。

## 6. パプアでのシロアリ調査を終えて

ジャヤプラとマノクワリは南緯0度から5度の範囲に入り、赤道に近い都市である。しかし、両都市で採集されたシロアリは8種であり、熱帯域に特有のシロアリの多様性が高いという印象は受けなかった。特に多く採集できた *Microcerotermes* sp. は、森林から家屋まで生息していたことから、両都市（特にマノクワリ）において家屋害虫としても挙げられるシロアリ種であると考えられる。また、今回の調査で乾材シロアリである *Cryptotermes* sp. が採集できたことから、パプアにおいても日本と同様に材木を取り扱う上で注意すべきシロアリ種であると考えられる。

今回のパプア調査では、北側の地域のみ調査で

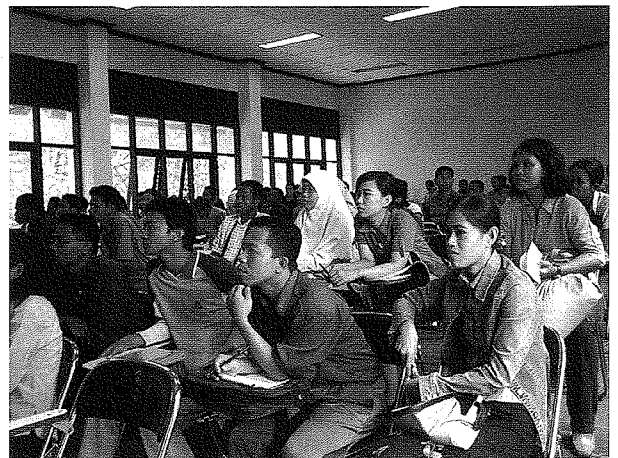


写真12 パプア大学での講演会の様子

あった。しかし、パプアには大山脈が東西に走り、その最高峰（ブン・チャックジャヤ）の標高は5,050mにも達し、頂上は万年雪に覆われている。そのため南北での動物相が分断されている可能性がある。さらにパプアの南側は、オーストラリア北部と地理的に近いことから、オーストラリアと共通の種が分布していると考えられる。もし再度パプア調査を行う機会があるならば、シロアリ相を調査比較する上からも南側での調査をしてみたいと思った。

さいごに、今回のパプア調査において多大なるご支援、ご助力を頂いたスレイマン・ユスフ博士（インドネシア科学院）、吉村 剛助教授（京都大学生存圏研究所）、竹松葉子助教授（山口大学農学部）、築瀬佳之助手（京都大学農学研究科）、田代 愛氏（京都大学生存圏研究所）、並びにマノクワリ調査においてご協力いただいたパプア大学の皆様に、この場を借りて深く感謝申し上げます。（山口大学農学部）

## <工法・システムの紹介>

# 土壌処理剤インドキサカルブ製剤 (商標名アペリオン™) について

鈴木 厚 士

### 1. はじめに

インドキサカルブ SC 製剤 (アペリオン™, 米国では APERION™) は, 米国 DuPont 社によって開発された新しいタイプの土壌処理用防蟻剤で, 平成18年2月2日に社団法人日本しろあり対策協会より認定を取得した。ここにアペリオン製剤および有効成分であるインドキサカルブの基礎データについて紹介する。

### 2. インドキサカルブの概要

フロアブルタイプの土壌処理用防蟻剤であるインドキサカルブ製剤 (アペリオン™) は, 社団法人日本しろあり対策協会および社団法人日本木材保存協会の認定薬剤であり, 組成および使用方法は, 表1に示したとおりである。

#### 2.1 インドキサカルブ

有効成分であるインドキサカルブは, オキサジアジン系化合物であり有機リン系・カーバメート系・合成ピレスロイド系等とは異なる作用機作を示す。インドキサカルブの昆虫に対する殺虫活性は神経への作用によりもたらされる。その機構は, 神経軸索中のNa (ナトリウム) チャンネルの正常な機能を阻害するNaチャンネルブロックである。インドキ

サカルブによるNaチャンネルブロックの働きの説明は図1に示した。この機構は極めて特異的で, 現在この作用機構を殺虫活性の主因とする殺虫剤はインドキサカルブのみである。インドキサカルブ原体の概要を表2に示した。

#### 2.2 インドキサカルブ (アペリオン™) 製剤の特徴

インドキサカルブ製剤の開発は, まずアメリカ合衆国において始められ, その後日本, オーストラリア, 南米, ヨーロッパなどの国々において開始された。インドキサカルブ製剤はイエシロアリおよびヤマトシロアリ等の主要なシロアリに優れた効果を発揮し, また忌避性がないことから, 建物内はもとよりその周囲のシロアリ密度を低下させることができる。インドキサカルブ製剤の特長としては次のように考えられる。

- (1) シロアリに対して遅効的に作用する。
- (2) シロアリに対して忌避性がない。
- (3) 殺シロアリ効果が高い薬剤である。
- (4) 安全性が高い薬剤である。(原体, 製剤ともに毒劇法上の分類では普通物に相当)
- (5) 有効成分の蒸気圧が低く, かつ, フロアブル製剤のため, 散布中・散布後の気中濃度が極めて低い薬剤である。
- (6) フロアブル製剤のため極めて臭いが少ない施工ができる。
- (7) 消防法上の危険物に該当しない。
- (8) 魚類に対する安全性が高い薬剤である。(A類相当)

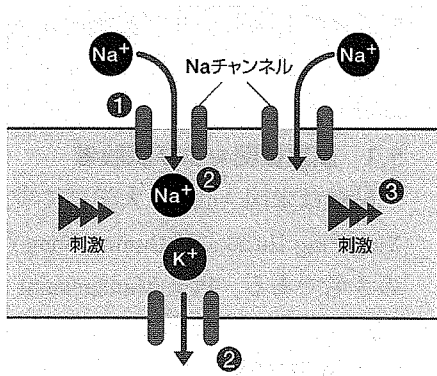
### 3. インドキサカルブ製剤の安全性

表3にインドキサカルブ製剤の安全性試験結果を示した。特徴にも述べたがインドキサカルブの原体

表1 インドキサカルブ製剤の組成および使用方法

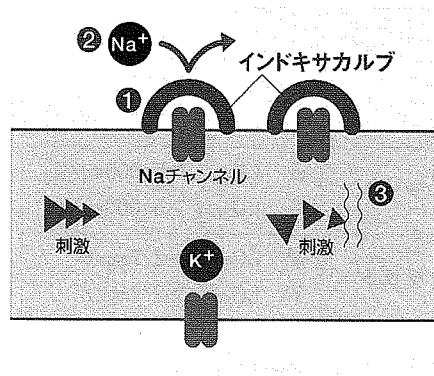
成分	インドキサカルブ 14.5% (w/w)
性状	フロアブル製剤
使用方法	水にて100倍希釈して使用 土壌全面処理 3 g/m <sup>2</sup> 土壌帯状処理 1 g/m <sup>2</sup> (20cm幅) * 施工に当たっては, (社)日本しろあり対策協会「防除施工標準仕様書」及び「しろあり防除施工における安全管理基準」に準じて使用する。

1. 平常時



- ① 軸索中で電気刺激により、Naチャンネルが開放
- ② Na<sup>+</sup>が軸索中に入り、続いてK<sup>+</sup>が軸索外に出る
- ③ これが次の電気刺激を生む

2. インドキサカルブ作用時



- ① インドキサカルブによって、Naチャンネルの閉状態が保持される
- ② 電気刺激によってNaチャンネルは開放されず、Na<sup>+</sup>は軸索内に入れない
- ③ 軸索内で電気刺激は伝達されず、虫は麻痺状態に陥り、死に至る

神経の単位であるニューロンは、神経細胞内で伝達する軸索と隣り合うニューロン同士の接触部であるシナプスで構成される。神経細胞内での情報伝達は、軸索においてナトリウムイオンやカリウムイオンが神経細胞内に入り出すことにより行われる。

インドキサカルブは、この神経軸索中のナトリウムチャンネルの働きをを阻害することにより、神経系での情報伝達を妨げる。そのため、インドキサカルブを体内に取り込んだ害虫は、神経麻痺の状態に陥り、正常な活動が速やかに阻害され、やがて死に至る。

図1 インドキサカルブの作用 (Naチャンネルブロックの働き)

表2 有効成分インドキサカルブの物理化学的性質

化学名	(S)-N-[7-クロロ-2,3,4a,5-テトラヒドロ-4a-(メトキシカルボニル)=インデノ[1,2-e][1,3,4]オキサジアジン-2-イルカルボニル]-4'-(トリフルオロメトキシ)カルバニリド酸メチル
構造式	
分子式	C <sub>22</sub> H <sub>17</sub> O <sub>7</sub> N <sub>3</sub> F <sub>3</sub> Cl
分子量	527.8
蒸気圧	9.8×10 <sup>-9</sup> Pa (20℃)

および製剤ともに普通物相当であるため安全性は高く、A類相当であるため魚類を始め環境に対する安全性も比較的高いといえる。

4. インドキサカルブ製剤の効力

インドキサカルブ製剤の防蟻効力については、室内および野外試験を実施し、その有効性は確認されている。

4.1 室内試験結果

東京農業大学および近畿大学にて、社団法人日本しろあり対策協会規格「土壌処理用防蟻剤等の防蟻試験方法および性能基準」並びに社団法人日本木材保存協会規格「土壌処理用防蟻剤等の防蟻試験方法および性能基準」に準じて室内試験を実施した。結果を表4および表5に示した。結果は使用濃度で十分な殺蟻効果を示した。



表3 インドキサカルブの安全性試験結果

項目	供試動物	結果
急性経口毒性 (製剤)	ラット	♂ LD <sub>50</sub> : 3,619mg/kg ♀ LD <sub>50</sub> : 751mg/kg
急性経皮毒性 (製剤)	ラット	♂ LD <sub>50</sub> : >5,000mg/kg ♀ LD <sub>50</sub> : >5,000mg/kg
急性吸入毒性 (製剤)	ラット	♂ LC <sub>50</sub> : >2.7mg/l ♀ LC <sub>50</sub> : >2.7mg/l
眼一次刺激性 (製剤)	ウサギ	刺激性なし
皮膚一次刺激性 (製剤)	ウサギ	軽度の刺激性
皮膚感作性 (製剤)	モルモット	弱い感作性
魚類急性毒性 (製剤)	ニジマス	LC <sub>50</sub> : >8.0ppm

#### 4.2 野外試験結果

東京農業大学にて、社団法人日本しろあり対策協会規格「土壤処理用防蟻剤等の防蟻試験方法および性能基準」並びに社団法人日本木材保存協会規格「土壤処理用防蟻剤等の防蟻試験方法および性能基準」に準じて野外試験を実施した。結果を表6に示した。結果は表にあるとおりに無処理土壌区と比較して処理区木材には食害はまったく見られなかった。

#### 5. インドキサカルブ製剤の伝播性

次の試験によりインドキサカルブ製剤の伝播性を確認した。

##### 5.1 試験機関および試験者

試験は米国 Auburn 大学にて実施され、試験者は Xing Ping Hu および Dunlun Song 並びに Clay Scherer の3名である。Pest Management Science 61:1209-1214(2005)に掲載された。

##### 5.2 試験方法

イエシロアリを供試虫とし、インドキサカルブの処理濃度を各虫体当たり20, 50, 100, 200 ngになるように処理した。写真1に示すようにナイルブルーで青色に染色した処理虫を無処理虫のシャーレに放虫し、合計頭数を100匹となるグループにした。このとき、処理虫と無処理虫の割合が1対1, 2対8, および1対9となるように調整した(写真2)。

##### 5.3 試験結果

表7に示した。グラフ中【青色】は処理虫、【黄色】は無処理虫を表す。

#### 6. 土壤散布後の気中濃度

インドキサカルブ製剤有効成分の家屋内における気中濃度を床下散布後に、床下および床上空間において測定し、濃度推移を確認した。

##### 6.1 実施場所

表4 室内試験

- (1) 試験方法 土壤貫通試験 (JWPA 規格第13号1987 3.1)
- (2) 試験機関 近畿大学
- (3) 対象虫 イエシロアリ
- (4) 希釈剤 水
- (5) 結果 下表に示した。

供試薬剤	処理濃度	穿孔距離(mm)	穿孔度	死虫率(%)	備考
アペリオン	100倍 (インドキサカルブ 0.145%)	(1) 15	2	100	5日以内に全匹死亡
		(2) 14	2	100	〃
		(3) 13	2	100	〃
		(4) 13	2	100	〃
		(5) 12	2	100	〃
無処理土壌		(1) 50	5	—	1日以内に貫通
		(2) 50	5	—	〃
		(3) 50	5	—	〃
		(4) 50	5	—	〃
		(5) 50	5	—	〃

表5 室内試験

- (1) 試験方法 土壌貫通試験 (JWPA 規格第13号1987 3.1)
- (2) 試験機関 東京農業大学
- (3) 対象虫 イエシロアリ
- (4) 希釈剤 水
- (5) 結果 下表に示した。

供試薬剤	処理濃度	穿孔距離(mm)	穿孔度	死虫率(%)	備考
アペリオン	100倍 (インドキサカルブ 0.145%)	(1) 0	0	96	
		(2) 1	1	100	
		(3) 0	0	94	
		(4) 0	0	100	
		(5) 4	1	98	
無処理土壌		(1) 50	5	20	24時間以内に穿孔度5
		(2) 50	5	17	〃
		(3) 50	5	14	〃
		(4) 50	5	10	〃
		(5) 50	5	16	〃

表6 野外試験

- (1) 試験場所 東京農業大学鹿児島試験地
- (2) 対象虫 イエシロアリ
- (3) 希釈剤 水
- (4) 散布量 3 l/m<sup>2</sup>
- (5) 結果 下表に示した。

供試薬剤	希釈倍率	木材片の食害の有無		備考
		1年度	2年度	
アペリオン	100倍 (インドキサカルブ 0.145%)	(1) なし (2) なし (3) なし (4) なし (5) なし	なし なし なし なし なし	無処理土壌区の木材片は、試験開始後6ヵ月目から食害が観察された。

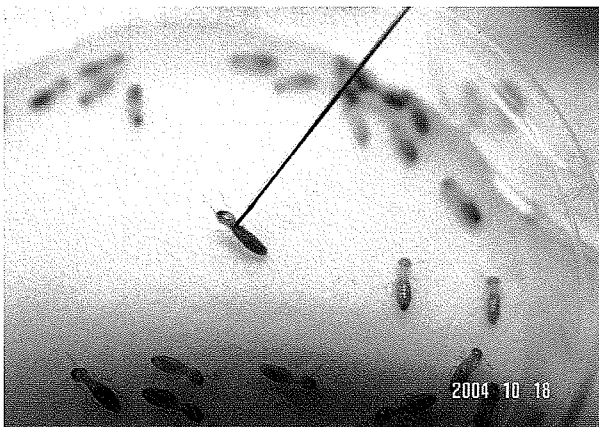
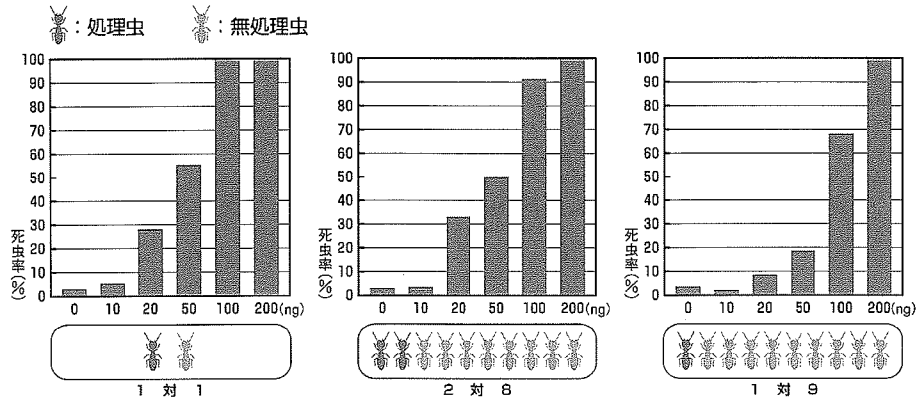


写真1 ナイルブルーにて青色に染色した処理虫



写真2 染色した処理虫を無処理虫の入っているシャーレに放虫

表7 インドキサカルブ伝播性試験



栃木県宇都宮市内平屋住宅

### 6.2 試験方法

1階室内の中央部床板を剥がし、散布機を用いて製剤の100倍希釈液(0.145%：実用濃度)120ℓを床下の土壌に3ℓ/m<sup>2</sup>の割合で均一に散布した。散布後、床を元の状態に復元し、各部屋を密閉して、床上の室内および床下地上30cmの空気試料を経時的に採取して気中濃度を測定した。

### 6.3 試験結果

各試料中の有効成分インドキサカルブの濃度は表8のとおりで、いずれの時点においても検出限界(2μg/m<sup>3</sup>)以下である。

## 7. 結 び

以上簡単ではあるが、弊社において実施した試験結果を主として、土壌処理剤インドキサカルブ製剤の概要を述べた。この他の特性を示す試験結果や、

表8 インドキサカルブ製剤家屋内における気中濃度

\*N.D.：検出限界以下

試料採取時期	気 中 濃 度			
	部屋A 床面積7.3m <sup>2</sup>		部屋B 床面積9.7m <sup>2</sup>	
	床上室内	床下	床上室内	床下
散布後1時間	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.
散布後4時間	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
散布後25時間	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
散布後1週間	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

実際の施工試験結果は、別の機会に譲ることとする。

(デュポン株式会社 生活環境部)

## <会員のページ>

# 関東支部における蟻害・腐朽を対象とした床下実態調査の概要

中 島 正 夫

## 1. はじめに

本格的な高齢化社の到来あるいは持続可能型社会、資源循環型社会の実現などのために、既存住宅の寿命を延ばして、わが国の住宅需要構造をフロー中心型の構造からストック活用型の構造にシフトさせていくことが、いま喫緊の課題になっています。

これに向けて、既存住宅保証制度あるいは既存住宅性能表示制度などの諸制度が整備され、木造を含めた住宅ストックのより良好な売買環境は整いつつありますし、また住宅の長寿命化に向けた各種指針や提案あるいは技術開発が、近年各方面で盛んになされ、木造住宅長寿命化へ向けての気運がいよいよ高まっていることも強く感じずにはられません。

ところで、住宅を中心とした木造建築物の長寿命化を考えた場合、構造体の物理的耐久性に関して最大の問題となる劣化現象に、シロアリ被害と腐朽被害とがあることは周知の通りです。これらの被害を未然に防ぐか、発生したとしてもその被害程度を小さく抑えることは、木造建築物の耐久性を向上させる上で非常に重要であることは論を待ちません。そのため、昭和20年代、30年代を中心に木造建物の生物劣化被害調査が盛んになされたことがありましたが、残念ながら近年の建物工法については、その被害の実態が十分明らかになっているとは必ずしも言い難い状況にあります。

(社)日本しろあり対策協会関東支部は、そのような木造を中心とした建物の生物劣化被害実態を知って建物の耐久性向上に貢献することが、今後の社会にとって重要であるとの認識から、かねてより床下を中心とした被害実態調査を進めて参りました。これは、関東地方を中心とした外壁下部や床下空間における生物劣化被害実態を調査し、建物構造、外壁工法、あるいは床下工法や地盤との関係を分析して、シロアリ被害や腐朽に対する今後の対策の指針を得ようとしたものです。調査は平成14年から始まり、

本年3月に最終報告書をまとめ上げました。本稿では、その調査概要について簡単に紹介したいと思います。

## 2. 調査概要

### 2.1 調査目的

本調査は、関東地方を中心とした木造住宅の外壁下部や床下空間における生物劣化被害の実態を調査し、建物構造、外壁工法、あるいは床下工法や地盤との関係を分析して、シロアリ被害や腐朽に対する今後の対策の方針を得ることを目的として実施したものです。

### 2.2 調査対象

東京、神奈川、埼玉、千葉、茨城、栃木、群馬、山梨、長野、新潟の1都9県を調査範囲とし、そこに所在する木造(在来軸組工法、枠組壁工法)、鉄筋コンクリート造、プレハブ(軽量鉄骨造、木造パネル工法)などによる戸建てを中心とする住宅を対象としました。

### 2.3 調査方法

調査は、上記地域において任意に抽出した建物を対象に、日本しろあり対策協会関東支部に属する施工業会員が各住戸を訪問し、表1に示す調査票をもとに目視およびヒアリングにより部材別の蟻害・腐朽状況を調査・記録しました。なお、調査対象のサンプリング方法は統計学的な意味での無作為抽出ではなく、各地域の施工業会員がそれぞれの日常業務の行動範囲内で極力無作為に対象を抽出したものであり、サンプル数も統計学的検討を経て決定したものではありません。

### 2.4 調査項目と内容

それぞれの調査項目とその内容を示せば、概略以下のとおりです。

#### 1) 建物概要

調査対象住宅の概要を知るため、住宅の所在地、

階数、外壁、建築工法、建築年数、浴室形式、建坪、基礎外周換気口の数などを目視およびヒアリングにより調査しています。

2) 床下状況

調査対象建物の床下状況を明らかにするために、間仕切基礎の通風口及び基礎ひび割れ、束石の沈み、基礎の構造、床下土壌の状態、床下結露の有無、床高さ、基礎立ち上がり高さ、床下土壌のカビ・キノコ・雑草の状態、モルタルたたきからの羽アリなどを目視および計測により調べています。

3) シロアリ対策状況

調査対象建物のシロアリ対策状況などを調べるために、予防工事の有無、定期的メンテナンスの状況、駆除処理履歴などを居住者へのヒアリングにより調査しています。

4) 蟻害・腐朽実態

部材別のシロアリ被害、腐朽被害の有無、程度を明らかにするため、ベランダ柱、風呂場を中心とし

た水まわり部材、土台、床束、大引、筋かい、玄関上がりがまちなど、外壁や床下部材を対象として、原則として目視観察によって被害の状態を調査しています。

5) 調査実施概要

後のフォローを可能とするために、調査を実地した日時や場所、調査対象者名のほか、調査を実際に担当した会社名、担当者名、連絡先などを記録しています。

2.5 調査期間

調査は平成14年6月から平成17年9月までの約3年間にわたって実施しました。

2.6 調査実施主体

調査は、(社)日本しろあり対策協会関東支部内に設置した「床下実態調査委員会」が担当することとし、調査票の作成のほか、各施工業会員への調査票の割り当て、調査票の回収、調査結果の集計・分析などを行いました。

表1 社団法人 日本しろあり対策協会 関東支部 シロアリ被害実態調査票  
該当する記号 a, b, c...に丸を, カッコ内にはその他の回答または数値を記入してください。

1	住宅の所在地	a. 東京都 b. 神奈川県 c. 埼玉県 d. 千葉県 e. 茨城県 f. 栃木県 g. 群馬県 h. 山梨県 i. 長野県 j. 新潟県
2	建築概要 (階数) (外壁)	a. 平屋 b. 二階建 c. 三階建 d. その他 ( ) a. モルタル b. サイディング c. その他 ( )
3	建築工法	a. 在来木材 b. プレハブ (軽鉄造) c. プレハブ (木造) d. ツーバイフォー e. RC f. その他 ( )
4	建築年数	建築後 ( ) 年経過 (不透明な場合はおよその年数)
5	浴室形式及び階数	a. ユニットバス b. 在来浴室 (現場施工の浴室) 浴室階 ( ) 階
6	建物の建坪 (1階床面積)	( ) 坪または ( ) m <sup>2</sup>
7	基礎外周換気口の数	( ) 個
8	間仕切基礎の通風口及び基礎ひび割れ	個数 ( ) ケ所 ひび割れ a. あり ( ) ケ所 b. なし
9	束石沈み	a. あり ( ) ケ所 b. なし
10	基礎の構造	a. 布基礎 b. ベタ基礎 c. 防湿基礎 (土間コン, 防湿シート敷きなど)
11	床下土壌の状態	a. 全体が湿っている b. 湿った部分がある c. 乾燥している
12	床下結露の有無	a. あり b. なし
13	床下高さ (床下地面から床仕上面までの高さ)	約 ( ) cm
14	基礎立ち上り高さ	約 ( ) cm
15	床下土壌のカビ・キノコ・雑草の状態	a. 生えている (カビ キノコ 雑草 その他 ) b. 生えていない
16	モルタルたたきからの羽あり	a. あり (玄関 勝手口 建物外周 ベランダ その他 ) b. なし
17	新築時のシロアリ対策状況	a. 予防工事をした b. 予防工事をしていない c. わからない
18	その後のシロアリ対策状況	a. 定期的に予防工事をしている b. シロアリの被害にあったので駆除工事をした c. シロアリ対策は何もしていない

18でbと答えた方のみ19, 20, 21の質問にお答えください。

19	どのようにして被害の確認をしましたか？	a. 業者が確認をした b. シロアリを見た c. シロアリらしいものを見た d. その他 ( )
20	どこの部材に被害がありましたか？	a. 土台 b. 床束 c. 大引 d. 筋かい e. その他 ( )
21	その際どのような対策をとりましたか？	a. 業者に工事をしてもらった b. 自分で工事を行った (どのように： c. その他 ( )

【シロアリ被害】

【腐朽・カビ】

22	ベランダの柱	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
23	浴室入口・敷居・柱	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
24	浴室窓・敷居・柱	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
25	その他水まわり被害 (部材名： )	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
26	土台	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
27	床束	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
28	大引	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
29	筋かい	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
30	柱脚	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
31	根太	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
32	玄関・勝手口の上りカマチ	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
33	野地板	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし
34	その他 ( )	a. 複数部材にあり b. 一部材にあり c. なし	d. 大 e. 少しあり f. なし

35 上記以外に何かお気づきの点がありましたらお聞かせください。

調査地区	都 県	市 区 町 村	調査対象者(苗字のみ)	様
調査日	平成 年 月 日 ( )	調査時間	AM PM	:
調査会社名(会員名)				
調査担当者名	TEL			

ご協力ありがとうございました。なお、調査結果は統計処理し、個人名が出ることはありません。

2.7 回収調査票数と有効調査票数

上記調査期間中に回収された調査票数は5,361件でしたが、そのうち記録内容に矛盾のあるもの、部材別蟻害・腐朽状況に一切記録のないものなどを無効とした結果、有効調査票数は4,944件となりました。

3. 調査対象建物の概要

3.1 所在地

図1は、有効調査建物数4,944件の所在地内訳を示したものです。神奈川県に所在する建物が最も多く906件(18.3%)となり、次いで東京都の850件(17.2%)、埼玉県の785件(15.9%)、千葉県の749件(15.1%)の順となっています。この4都県で3,290

件あり、全体の66.5%を占めています。

3.2 建土工法

図2は今回分析対象となった4,944件の工法別内訳を示し、図3はそれぞれの工法の築年数別内訳を示しています。これらから分かるように、在来工法による木造住宅が3,770件(76.3%)で最も多く、次いでプレハブ工法(木造以外に軽量鉄骨造を含む)468件(10.2%)、ツーバイフォー工法229件(4.6%)、RC造42件(0.8%)の順となっています。残りの409件は、その他の構造(38件)、記載なし(371件)となっています。

「住宅統計調査」によれば、今回対象とした1都9県の全ストック住宅に占める木造戸建て住宅の割合は約74%となっていますので、上記の数字はほぼ

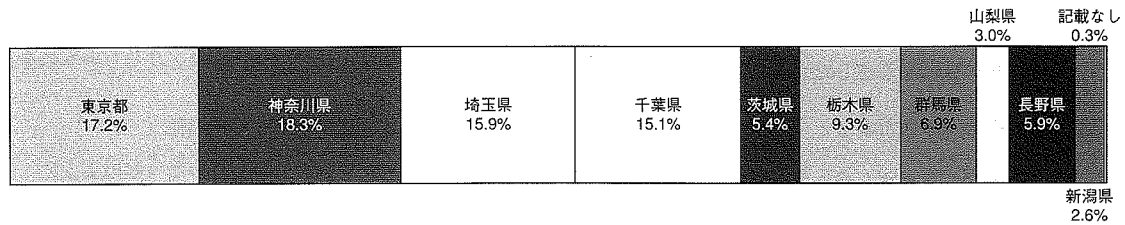


図1 調査対象建物数の所在地内訳



図2 調査対象建物の工法の内訳

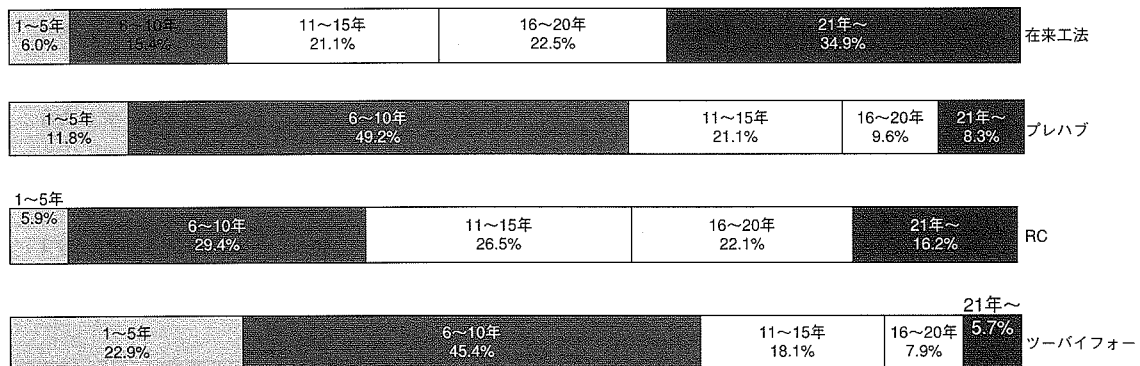


図3 工法別の築年数割合

その値に近く、サンプリングにそれほど大きな偏りはなかったと言えそうです。

また、図3から、調査対象となった在来工法による木造住宅には築年数の古い建物が多く、半数以上が築15年以上の建物となっていることがわかります。一方、プレハブ工法、ツーバイフォー工法による住宅に関しては、築10年以下の建物が6割以上を占めており、比較的新しい建物が多く含まれる結果となりました。

### 3.3 建坪（1階床面積）

建坪は、ほぼ建物の1階部分の大きさ、すなわち床下空間の大きさを示します。図4からも分かる通り、今回の調査対象住宅では10~20坪（33~66㎡）が最も多く、全体の48.7%を占めています。次いで20~30坪（66~100㎡）が多く、28.7%となっており、これら10~30坪の建物が全体の約8割を占めています。以上のことから、一部に小さな住宅や大きな住宅が含まれていますが、今回対象とした住宅の多くは、現代日本の戸建て住宅の平均的大きさにほぼ相

当すると考えられます。

### 3.4 建物階数

図5に示すように、建物の階数別では2階建てが4,393件（88.9%）と圧倒的に多くになっており、平屋は427件（8.6%）、3階建ては54件（1.1%）となっています。このことから今回調査対象となった建物のほとんどは戸建て専用住宅であることが推測されます。

### 3.5 築年数

図6に示すように、竣工後の経過年数では20年以上のものが最も多く、全体の約30%を占め、6~10年、11~15年、16~20年はそれぞれ20%程度となっています。1~5年の建物が比率的に低いものの、全体としては比較的偏りの少ないサンプリングとなっています。

### 3.6 外壁仕上げ

図7は、調査対象建物の外壁仕上げ別の内訳を示したものです。外壁仕上げは建物外周部材の耐久性に影響を及ぼす一要因と考えられますが、外壁仕上





図4 調査対象建物の建坪内訳

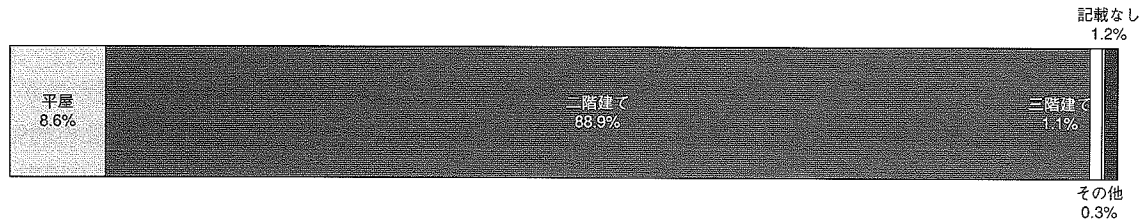


図5 調査対象建物の階数内訳

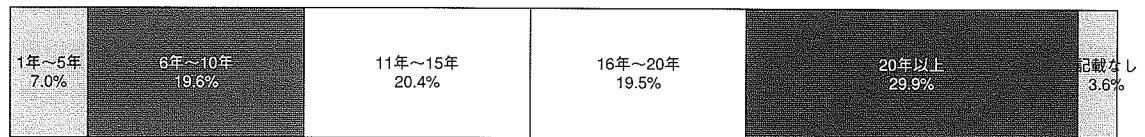


図6 調査対象建物の建築年数内訳

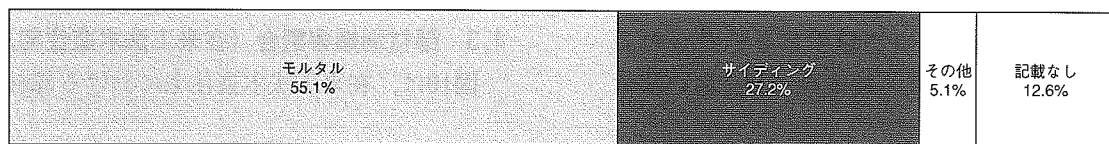


図7 調査対象建物の外壁仕上げ内訳

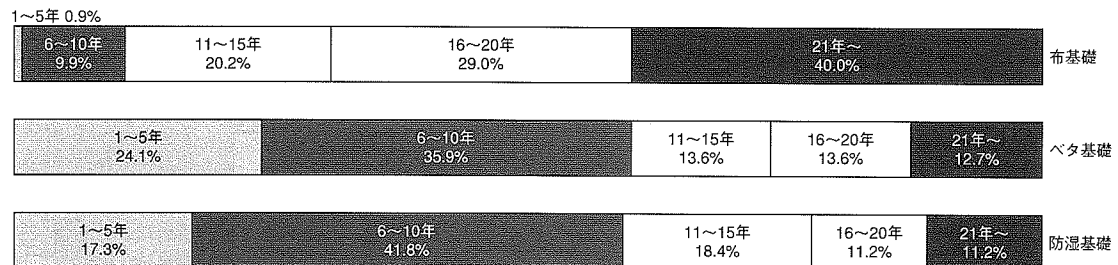


図8 在来工法木造住宅における基礎構造別の築年数内訳

げ材の種別で最も多いのはモルタル塗りで、全体の55%を占めており、次いでサイディング張り27.2%となっています。

### 3.7 在来工法木造住宅における基礎の構造種別築年数割合

調査対象建物全体の基礎構造種別は、布基礎が最も多く全体の63%、次いでベタ基礎21%、防湿基礎16%となっています。基礎構造は築年によってかなり変化しますが、図8は調査対象建物のうち、最も多数を占める在来工法による木造住宅の基礎構造種

別にみた築年数内訳を示したものです。これから、布基礎は築21年以上を経過した古い建物に多く、それに対してベタ基礎、防湿基礎は新しい建物に多く採用されていたことが分かります。

以上、今回分析対象とした建物の規模、構造などに関する概要に関しては、1階床面積、階数、構法、築年数などのいずれの数字を見ても、現在の日本の戸建て住宅の平均的なものであり、偏った特殊な標本についての調査ではなかったと言えます。

#### 4. 調査結果の概要

##### 4.1 集計・分析項目のあらまし

今回の調査結果に関する集計・分析項目は大きく分けて以下の6つになります。

- 1) 地域別蟻害・腐朽発生率
  - 2) 各建物工法別の部材別蟻害・腐朽発生率
  - 3) 築年数別の蟻害・腐朽発生率
  - 4) シロアリ対策の有無と蟻害・腐朽発生率との関係
  - 5) 床下土壌状態と蟻害・腐朽発生率との関係
  - 6) 外壁種類, 床下換気口数, 床高, 基礎高, 浴室形式などの各部工法と蟻害・腐朽発生率との関係
- 以上の各項目ごとの集計・分析に加えて, さらにお互いをクロスさせた集計・分析をしていますから, 最終的な分析項目数は全部で100項目に近くなっています。

ここでは, そのうちの2, 3の項目について結果の概要を紹介したいと思います。

##### 4.2 地域別蟻害・腐朽発生率

図9は都県別に蟻害・腐朽発生率を見たものです。ここで蟻害発生率とは, 被害数(調査票の部材

別蟻害記入欄の, シロアリ食害が「複数部材にあり」「一部材にあり」のどれかに記入があったもの)を回答総数で除したものです。最も蟻害発生率が高かったのは長野県で75.3%, 最も低かったのは神奈川県で37.3%でした。また, 1都9県の平均蟻害発生率は約53%程度でした。

一方, 腐朽被害率は腐朽被害発生数に関して上記と同様の計算により算出したものですが, 最も高い値を示したのは山梨県で74.7%, 最も低かったのが東京都で49.5%でした。全体の平均は約59%でした。長野県, 新潟県以外は, 腐朽発生率が蟻害発生率を上回る結果となりました。

蟻害発生率が最大となった長野県と最低となった神奈川県について, シロアリ対策の有無の割合と蟻害・腐朽発生率を見てみますと, 神奈川県では新築時のシロアリ予防工事のほかに定期的シロアリ予防工事の割合が長野県に比べて数倍高く, それが両県において蟻害発生率に大きな差が生まれている一つの背景と考えられます。

##### 4.3 部材別蟻害割合(在来工法木造住宅)

図10は, 在来工法木造住宅における部材別蟻害割

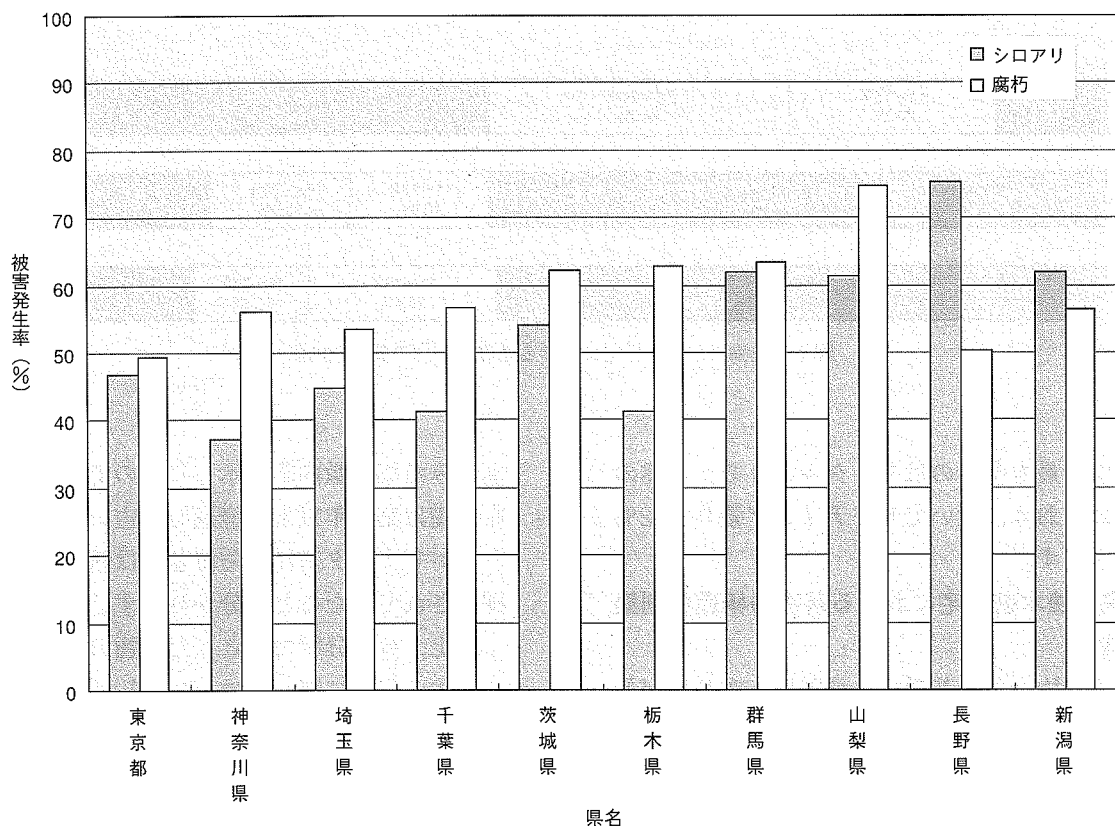


図9 地域別蟻害腐朽発生率

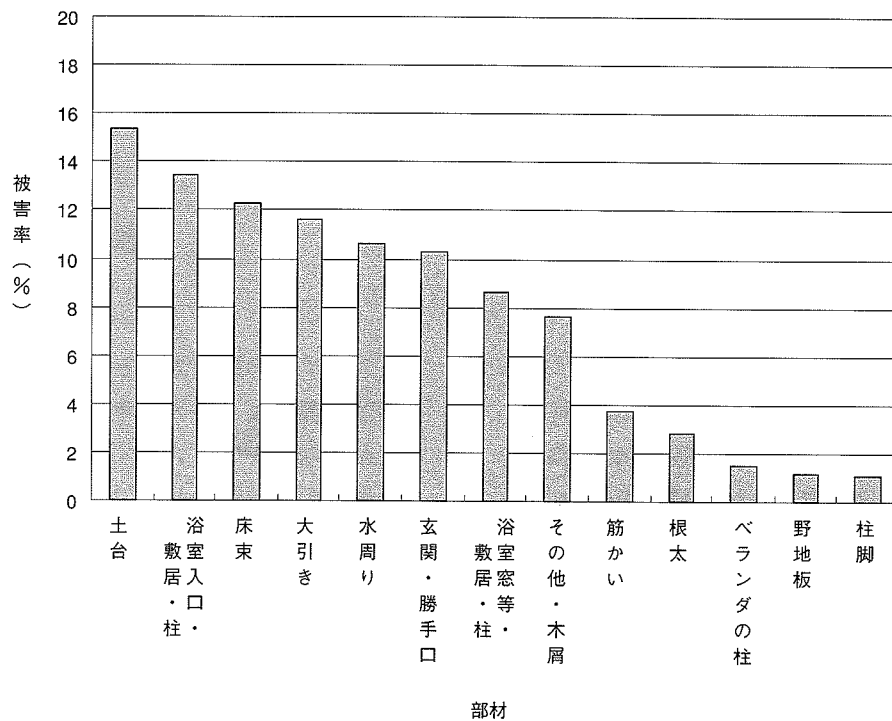


図10 在来工法木造住宅における部材別蟻害割合

合を示したものです。蟻害割合は、

$$\text{蟻害割合} = \frac{\text{部材別の蟻害発生数}}{\text{部材別の総蟻害発生数}} \times 100$$

で計算したものです。

ここで、「部材別の蟻害発生数」とは、各部材単位にみて「複数部材に喰害あり」もしくは「一部材に喰害あり」に記入があったものの数であり、「部材別の総蟻害発生数」は、在来工法における全部材の蟻害発生数をすべて足したもので、その数は6,595件になります。

図を見ると在来工法では、土台、浴室開口周り部材のほか、床束、大引、水周り部材等に被害が多く、一方、筋かい、根太、ベランダ柱、野地板、柱脚などの被害率は相対的に低い傾向にあります。また、近年の傾向として、ベタ基礎が増えているにも関わらず、玄関周り部材の被害が増えていることが気になります。これは玄関周りにおける基礎構造のほか、玄関上がり框の材質などが原因していると思われます。なお、土台は言うまでもありませんが、筋かい、柱脚などは被害率が低くても、耐震性に与える影響は大きい部材なので注意しなければなりません。

## 5. おわりに

本稿では、(社)日本しろあり対策協会関東支部が平成14年から平成17年にかけて実施した蟻害、腐朽を対象とした床下実態調査結果について、その目的、方法、調査対象概要を明らかにするとともに、調査結果の一部について簡単に紹介しました。本調査研究は、調査期間もさることながら、調査内容が工法、部材の細部にわたりつつも調査件数が5,000件におよぶ大きな規模となっている点が最大の特徴と言えます。これらの結果を分析することによって建物の各部工法と劣化発生率との関係が詳細に把握できつつありますが、これは今後のシロアリ対策を建築的に考える場合の有力な資料になりうるものと考えています。以上の調査結果の詳細については、別途関東支部において研修会などを開くことによりご報告をしていく予定です。

なお、本調査を実施するにあたっては関東支部施工業会員の方々に多大なるご協力とご支援を賜りました。ここに調査実施主体である「床下実態調査委員会」に代わりまして、心からの深甚なる謝意を表したいと思います。

(関東学院大学工学部建築学科)

# ヴァイケーン™によるカンザイシロアリの燻蒸処理について

松岡宏明

## 1. はじめに

現在、沖縄から仙台市に至るまで、広い範囲にわたってアメリカカンザイシロアリの被害例が確認されており、日本における定着地域の増加が懸念されています<sup>1)</sup>。カンザイシロアリの被害が多いアメリカでは、建物全体をシートで包み込み、ガス状の殺虫剤であるヴァイケーン（フッ化スルフリル）を充満させて駆除を行う「天幕燻蒸」、「被覆燻蒸」などといわれる方法（写真1～4）が、一般的なカンザ

イシロアリの駆除方法とされていますが、日本でも燻蒸処理により、カンザイシロア리를駆除する例が次第に増えてきています。

建物の燻蒸剤としては、従来、ヴァイケーンの他に、臭化メチルが用いられることも多く、日本に於いても社団法人日本しろあり対策協会が1973年に制定した「しろあり燻蒸処理関係規定」では、使用薬剤は、臭化メチルと規定されています。しかし、臭化メチルは「オゾン層を破壊する物質に関するモン

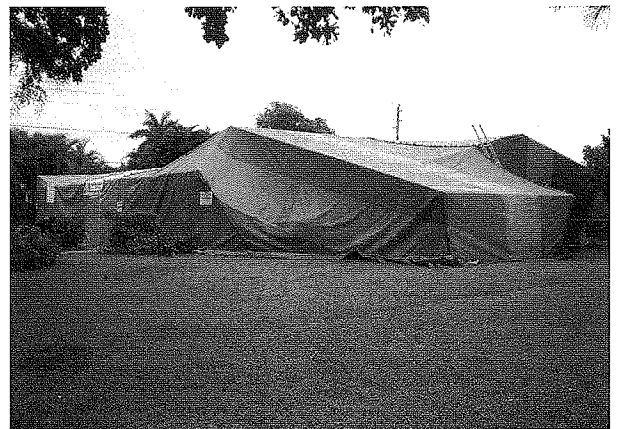
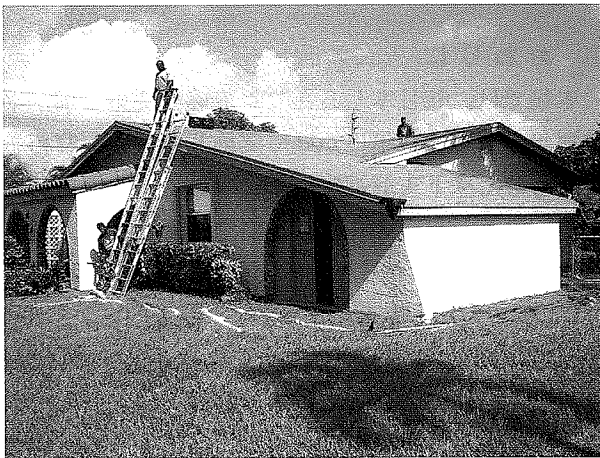


写真1, 2 アメリカでの天幕燻蒸例

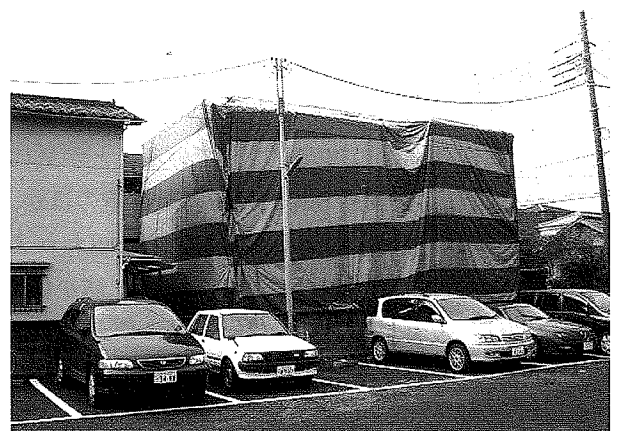


写真3, 4 日本での天幕燻蒸例

トリオール議定書締結国会議」により、先進国では2005年1月より、検疫用途などを除き、製品の製造販売が禁止となっており、すでに建物燻蒸用途では使用できなくなっているため、現在、アメリカにおける燻蒸は、ほとんどがヴァイケーンによるものです（ただし、アメリカでは、臭化メチルの規制が始まる以前から、カンザイシロアリ駆除のため、建物燻蒸を行う場合、臭化メチルよりも、ヴァイケーンを使用することが一般的であり、1996年においても、すでに85%のシェアがあったとされています<sup>2)</sup>）。

本稿では、今後、日本において、カンザイシロアリ駆除用途としての需要が急増するものと予想される、ヴァイケーンによる燻蒸（天幕燻蒸）の概要を述べます。

## 2. ヴァイケーンについて

ヴァイケーンはダウ・アグロサイエンス（本社：米国インディアナ州）が開発した燻蒸剤です。

アメリカでは1961年に上市され、主にカンザイシロアリの駆除を目的とし、一般家屋を中心に、美術館、歴史的建造物、政府施設等、広範囲な建物の燻蒸に使用されており、使用件数は百万件以上にのぼっています<sup>2)</sup>。また、フッ化スルフリル燻蒸剤は、近年、臭化メチルの代替品として、他用途でも研究開発が行われ、2004年1月に、ProFume™の商品名で貯穀害虫等の燻蒸剤として、EPA（環境保護庁）に登録されています。ProFumeは、当初は穀物、

ドライフルーツ、ナッツ等の燻蒸剤として登録されていましたが、2005年の7月には、食品加工工場、ペットフード工場、倉庫、輸送コンテナ等について使用可能というように、使用場面が拡大されています（現在、スイス、イタリア、イギリス、ドイツ、ベルギー等においても、食品加工工場等での使用が許可されています）。

日本においては、ヴァイケーンは、昭和30年代後半より燻蒸剤として使用されており、財団法人文化財虫害研究所の認定薬剤（登録番号第6号）として、主に各種美術館・博物館の文化財や、日光、鎌倉、京都、奈良の社寺建物等の燻蒸用途で実績を有しています。また、フッ化スルフリル燻蒸剤が、カミキリムシ類、キクイムシ類、ゾウムシ類に有効であることが試験により確かめられ、2002年に「バイケーン」の商品名で、農薬登録（農林水産省登録第20782号）されており、木材用燻蒸剤として使用可能となっています。

他国では、文化財・建物燻蒸用途としては、ドイツにおいて、教会等に対しヴァイケーンが使用されているとの報告があります。主要な駆除対象虫は、カミキリムシ（Old House Borers）、カツオブシムシ（Dermestids）等です<sup>3)</sup>。

ヴァイケーンの製品概要を表1に、その内容成分であるフッ化スルフリルの物理化学性および安全性を表2に示します。

表1 ヴァイケーン製品概要

製品名	ヴァイケーン
販売会社	三共ライフテック株式会社
成分	フッ化スルフリル 99.8%（不活性物質0.2%）
包装	高圧ガス用ボンベ（内容量56.7kg）
適用法令	毒物および劇物取締法：毒物 高圧ガス保安法、一般高圧ガス保安規則：毒性ガス *消防法上の危険物には該当しない（爆発性がなく、400℃まで安定）。
特長	① 殺虫効力が高い（但し、残効性・予防効果はない） ② 気化後は、一般的な燻蒸対象物に対し、腐食性・反応性がない（400℃以上の高温、あるいは、高アルカリ物質等によって分解された場合を除く） ③ 密封しやすいため、安全性の確保が比較的容易である ④ 使用后、大気中で急速に拡散後分解されるため環境を汚染しない ⑤ 吸着性が低いため、排気時間が短く、長期残留することがない ⑥ 変異原性、発ガン性は認められていない

表2 フッ化スルフリルの物理化学性および安全性

分子量	102.07
沸点	-55.2℃ (1013hPa)
外観	無色のガス
臭気	無臭
融点	-136.7℃
気体密度	3.52 (空気=1)
溶解性	水: 0.075g/100g (25℃) 通常の有機溶剤および植物油に僅溶
蒸気圧	1.78×106Pa (25℃)
曝露限界	許容濃度: 勧告なし (日本産業衛生学会) TLV-TWA: 5ppm TLV-STEL: 10ppm (ACGIH)
有害性	急性毒性: 経口ラット(♂♀) LD <sub>50</sub> 100 mg/kg 経皮ラット(♂♀): LC <sub>50</sub> >9,599ppm 吸入ラット: LC <sub>50</sub> : 1,122ppm(♂) 991ppm(♀) 変異原性: 陰性

### 3. 天幕燻蒸の方法

日本におけるヴァイケーンによる天幕燻蒸の方法は表3のようになります。燻蒸時間(燻蒸ガスを充填させる時間)を20時間程度とし、表中①~④までを1日目、⑤を2日目、⑥~⑨までを3日目とし、3日間の工程とするのが標準的です。

なお、日本での使用法は、アメリカでEPAが認可した使用方法に準拠していますが、アメリカで用いられる「警告剤」は使用していません(アメリカでは、催涙ガスとして知られるクロルピクリンを、ヴァイケーンと同時に使用し、燻蒸域内に人、動物等が進入することを防いでいます)。

アメリカの仕様では、作業員が燻蒸現場に居るのは、①準備・ガス導入時、②ガス排気時、③浄化確認時となっており、作業員がいない時間が非常に長いので、クロルピクリンの使用、および、施錠を徹底することが重要とされています。

一方、日本では、作業員が常駐し、事故の発生を防いでいることから、通常警告剤は使用していません。

### 4. ヴァイケーンの濃度設定

ヴァイケーンの濃度設定は、密閉度、燻蒸容積、

気温、燻蒸時間、対象害虫、等を考慮して決定する必要があります。建物の場合は、さらに風速、建物底部の土質等を考慮する必要があります。薬量算定用計算尺「Fumiguide B」(写真7)と、濃度補正算定用計算尺「Fumiguide Y」(写真8)を用い、適切な投薬量を決定しています。

#### Fumiguide BおよびYの使用による投薬量の決定方法

- ①初期投薬量の決定: 被覆シートの状態、密閉度、風速、建物底部の土質、建物容積をFumiguide Bに入力し、ガスの半消失期(A)を見積もり、Fumiguide Yを用いて、半消失期(A)および曝露時間と気温から、必要ガス量(B)を見積もる。さらに、Fumiguide Bを用いて、必要ガス量(B)から、燻蒸対象建物へ投薬する量を見積もる。
- ②追加投薬量の決定: 投薬1時間後および4時間後にFumiscope(濃度測定器)を用いて建物内のガス濃度を測定し、Fumiguide Yを用いて残存率を読み、さらに残存率と測定時間間隔(3時間)から半消失期②(C)を読み取る。その半消失期②(C)により、残りの曝露時間に必要な薬量をFumiguide Yを用いて算出する。

### 5. ヴァイケーンの使用に関する法的規制

ヴァイケーンは非常に有用な燻蒸剤ですが、毒物および劇物取締法上の「毒物」に該当し、高圧ガス保安法、一般高圧ガス保安規則では「毒性ガス」とされます。幸い、日本では、多数の使用実績がありながら、これまで重篤な事故につながった例はないものの、適切な使用を行わない場合、大きな事故が生じる可能性があることは否定できません。

したがって、燻蒸は、専門業者が、上記の法令および、ラベルに記載された使用上の注意を充分に守って、細心の注意を払った上で使用する必要がありますが、ヴァイケーンを扱う際に必要とされる、登録、許可、届出、資格者の必要の有無を列挙すると、表5のようになります。

表3 天幕燻蒸の手順と作業内容・注意点等

手 順	作業内容・注意点等
①養生	屋根上のテレビアンテナ等は撤去する。屋根の棟廻り、軒先や金具の突出部等で、被覆シートに触れるおそれが有る箇所は毛布や粘着テープ等を用いてパッティングをし、シートの破損を防止する。戸棚、半密閉空間となるような個所は、できるだけ開放する。配管や配線用の管などは密閉する。
②搬出作業	ヴァイケーンは気化している場合、反応性(変質・悪臭発生等)はほとんどなく、また、拡散性が良いので残留性もないが、表4にあるものは、燻蒸の前に搬出、あるいは保護する。
③薬剤導入チューブ、ガス循環用ファン等の設置	薬剤導入チューブを、ガスが拡散しやすいよう、建物構造を考慮し設置する。チューブは内径3mm、長さ30mのものが推奨される(液状のヴァイケーンはチューブ内で気化する)。
④被覆シート(天幕)の設置	被覆シート同士を巻き込み、クランプ等で接合し、建物全体をシートで被覆する。シートの裾はガス漏れがないよう、専用のスネークホース(重し)や土砂等で確実に押さえる。
⑤燻蒸ガスの導入・濃度測定及び現場管理	ヴァイケーンのボンベ口金に、専用の接合金具を付けた薬剤導入チューブを接合し、ガスを導入する。燻蒸中のガス濃度の均一化および、有効濃度維持確認のため、一定の時間毎に専用の高濃度時測定器 Fumiscop (写真5) 等により、残留ガス量を測定し、ガス量を管理する。
⑥燻蒸ガスの排気および被覆シートの撤去	所定時間経過後、ダクトホースとファンによる強制排気等により、立ち入り禁止とした区域内にガスを大気放出し拡散させる。ヴァイケーンは1~3時間程度の時間をかけて、ゆっくりと排気した場合、高濃度のガスが長期間外部に滞留することはない。しかし、排気時は専用の高感度濃度測定器 Interscan (写真6) 等により、暴露限界濃度(5ppm)以上のヴァイケーンが、立ち入り禁止域外に漏洩することがないように厳重に注意する。
⑦養生撤去	被覆シートの除去後、毛布、粘着テープ等の養生を撤去し、ファン、チューブ類も撤去する。
⑧(液剤による予防施工)	(建物周囲にカンザイシロアリが棲息し、最侵入の可能性が高い場合実施)
⑨引渡し	引渡しは、ガス排気開始から、6時間(16g/m <sup>3</sup> 以下の濃度での燻蒸時)あるいは8時間(16g/m <sup>3</sup> を超えた濃度での燻蒸時)経過してから行われる。

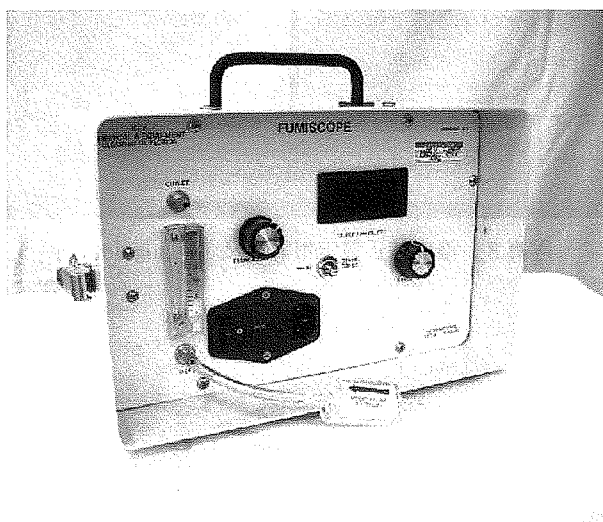


写真5 高濃度時測定器 Fumiscop

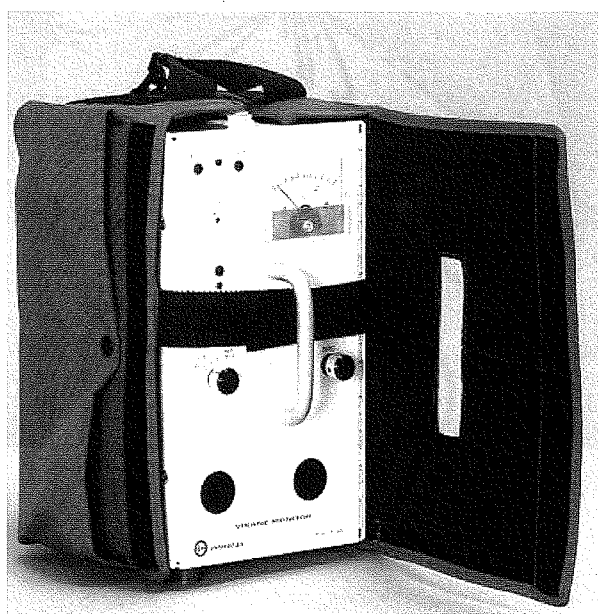


写真6 高感度濃度測定器 Interscan



表4 ヴァイケーンによる燻蒸の前に搬出、あるいは保護する必要があるもの

燻蒸前に搬出・保護*が必要なもの		備 考
生き物	ペット（魚を含む）、家畜、観葉植物	ヴァイケーンはあらゆる生き物に影響
食品・飼料・薬品等	食品、飲料、家畜・ペットの餌、薬、薬用品（練り歯みがき等）、コルクで栓をしているワインボトル	冷蔵庫、冷凍庫にあるものについても処置を行う
ガスが滞留しやすいもの	合成樹脂でカバーされたマットレス、枕	カバーが脱着可能ならば外す。ウォーターベッドは問題ない（水にはほとんど溶けない）
強アルカリの物質	写真現像液等	ヴァイケーンが加水分解して反応性が生じるおそれがある
裸火及び400℃以上の高温	熱源・発火源（ヒーター、オープン、湯沸かし器の種火等）	ヴァイケーンは400℃以上になると分解し、反応性が生じる可能性があるため、スイッチを切る等の処置をする

\*食品・薬品等については、未開封の容器に入っている場合でも、基本的には搬出する。

搬出できないような場合には、2重にした、指定のナイロン製袋（ダウ・アグロサイエンス製 Nylofume<sup>®</sup>）の中に入れる（図1）。

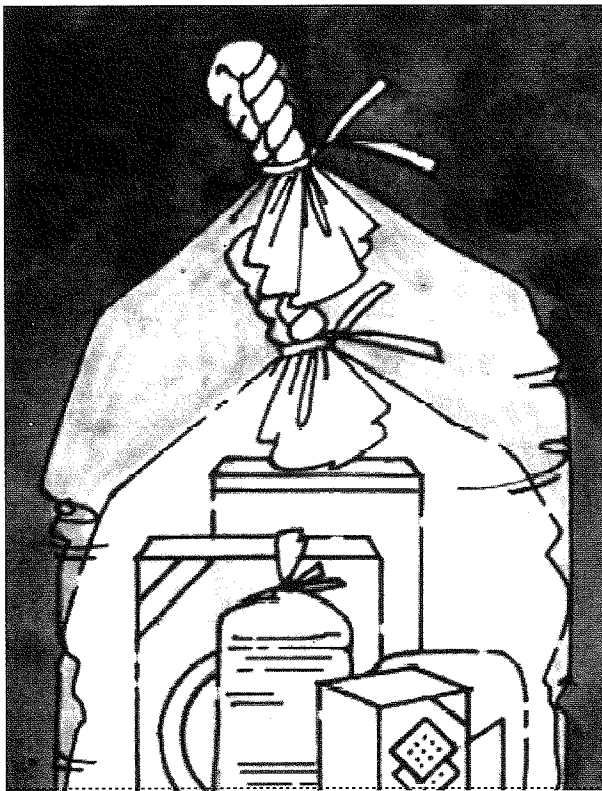


図1 二重にしたNylofume

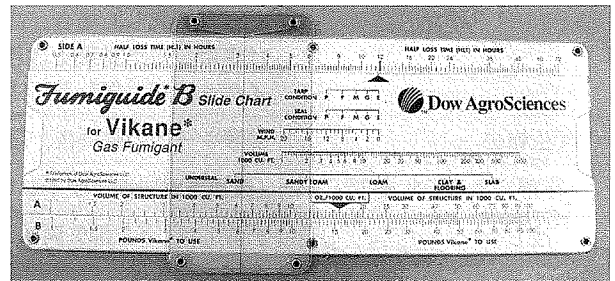


写真7 薬量算定用計算尺「Fumiguide B」

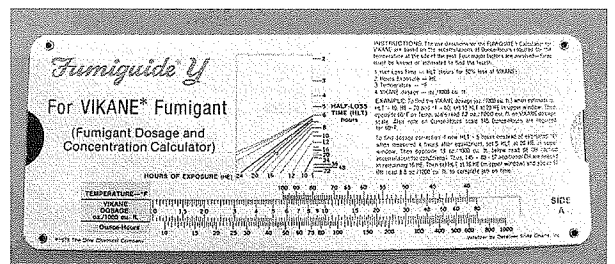


写真8 濃度補正算定用計算尺「Fumiguide Y」

表5 ヴァイケーンの使用と毒物および劇物取締法および高圧ガス保安法

	毒物および劇物取締法	高圧ガス保安法，一般高圧ガス保安規則
ヴァイケーンの区分	毒物	毒性ガス
販売	① 登録：必要 ② 資格者：必要（毒物劇物取扱責任者）	① 許可・届出：届出が必要（数量によらない） ② 資格者（販売主任者）：不必要
移動	① 登録：運輸業者は必要，それ以外は不必要 ② 届出：5 t 以上を輸送する場合届出が必要	① 許可・届出：不必要 ② 資格者（高圧ガス移動監視者※）：1 t 以上の場合必要 ※製造保安責任者の資格者，あるいは高圧ガス保安協会の当該検定合格者
保管	① 届出：不必要 ② 資格者：不必要 （「業務上取扱者（燻蒸業者）」の場合。 但し，保管設備を有し，施設・漏洩防止の処置等を取ることが必要）	① 許可・届出：3 t 以上保管の場合には必要 ② 資格者：不必要
消費（燻蒸処理） 廃棄（大気放出）	① 届出：不必要 ② 資格者：不必要	① 許可・届出：不必要 ② 資格者：不必要

## 6. おわりに

以上のように，カンザイシロアリの燻蒸については，アメリカにおいて多くの実績があり，効力，安全性の確保に関し，ヴァイケーンによる燻蒸方法は確立されていると言えます。また，数々の日本での施工例より，日本の法律を遵守しながら，問題なくヴァイケーンを使用できることが分かっています。

現在のところ，燻蒸は，実質，アメリカカンザイシロアリに対して確実な駆除を行える唯一の方法です。今後，アメリカカンザイシロアリの被害拡大を防ぐためには，燻蒸に関する認知度を高め，適切に燻蒸が行えるような体制の整備を行っていく必要があるものと思われます。

\* TM,®：ダウアグロサイエンス・エル・エルシー  
(Dow Agrosiences LLC) 商標

## 引用文献

- 1) 森本 桂(2005)：乾材シロアリの防除をめぐるその後の情報，しろあり，No. 139, 15-17.
- 2) EPA (1996)：Methyl Bromide Alternatives Case Studies, Volume 2 : <http://www.epa.gov/Ozonebr/casestudies/volume2/index.html>
- 3) Fleurat-Lessard F., P. Fields and Le Torc'h, J (1996)："METHYL BROMIDE ALTERNATIVES：A EUROPEAN PERSPECTIVE. "Presented at Workshop on Alternatives to Methyl Bromide, Toronto Canada, 83-90.

(三共ライフテック(株) 開発部)

## 街路樹のイエシロアリ被害についての考察

山 本 伸 一

平成17年 9月、福岡市東区において一般住宅の調査依頼があり、調査した結果1階床組の一部及び小屋組にイエシロアリによる被害が発生しておりました。弊社で駆除施工を実施することになりましたが、約30坪・築16年の木造2階建てで、築6年目に弊社が予防処理を実施している建物でした。前回施工の保証が切れる築11年目に検査をしましたがその際には、特に異常は認められませんでした。今回建物内部の壁からやや小さめの営巣を摘出して駆除施工は終わりましたが、なにぶんにもイエシロアリの被害が発生していましたから、念のため、建物周囲の状況も見て回りました。その際に発見したのが、建物から約20m離れた場所にある街路樹の被害でした。

施工前には、お施主様から「特にご近所にはシロアリ被害の発生は伏せてほしい」旨の再三の依頼を受けております。以前ご近所で「〇〇邸でシロアリ被害が発生している。お宅もすぐにシロアリ工事をしなければ大変なことになる」と売上至上主義？の営業マンが触れて回り、大問題となったことがあったそうです。従いまして、邸名や間取り、地域を特定できるような資料は一切出せませんので、念のため申し添えておきます。

この樹木被害に話は戻りますが、地上1.5mのところの蟻土があり、蟻土を剥ぎ取ったら兵蟻が見る見るうちにガードを固めたという状況です(写真1～3)。依頼建物の敷地内庭木であれば、何らかの措置を講じなくてはいけないところではありますが、街路樹は、福岡市の管轄となりますので、弊社としては手を出すわけにはいきません。弊社工事主任は今回の建物被害との関係は薄い(同一のイエシロアリ集団ではない)と判断しました。従いまして、弊社にできることとしてはこの街路樹のイエシロアリ集団が今回駆除を依頼された建物に今後影響を及ぼさないように建物に充分な予防処理を実施することです。

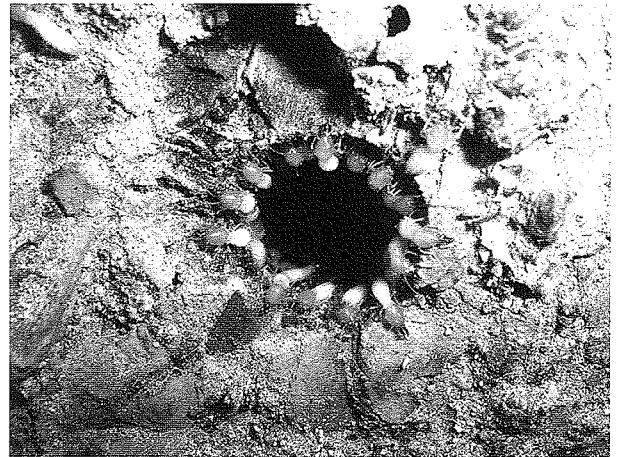


写真1

当地、福岡県内でもイエシロアリが街路樹や近隣公園の樹木に営巣を構築し、直近の建物に加害が及んでいるケースはしばしばあることです。

今回は、前述のように樹木のイエシロアリ集団と建物に加害している集団とは別と判断できましたから安心しましたが、この街路樹から最も近い建物には何らかの影響を与えている可能性は否定できません。台風や地震災害により、イエシロアリが加害している樹木が倒れたケースも多々あります。大きな樹木が倒れると、車道を塞ぎ避難路が寸断されたり、建物や車輛に倒れ掛かり損害を与える可能性もあるわけです。

建物に影響を与える様なイエシロアリ集団が樹木等に生息しているとすれば、適切な処置を講じることは必要と思われます。我々シロアリ駆除業者の立場としては、建物のシロアリ駆除施工の延長線上で、イエシロアリ被害を受けている樹木には何らかのシロアリ対策をしなければなりません。樹木のイエシロアリ被害を知っておきながら、放っておくわけにはいきません。かといって、所有者や管轄がちがう場所の樹木等は手出しできない場合があります。もし、駆除依頼者の所有地であったとしても、シロア

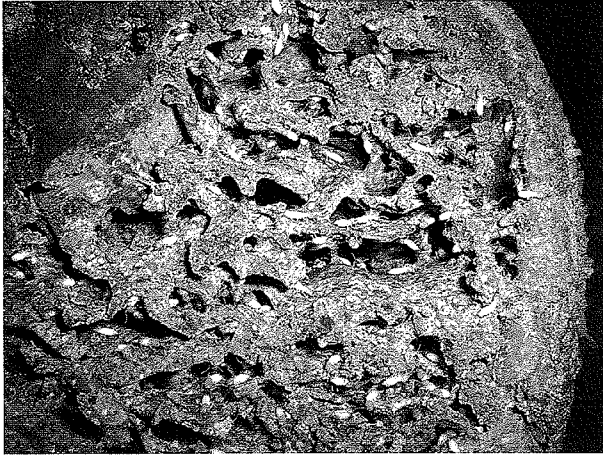


写真2

り用の薬剤を樹木に使用して樹木が枯れるようなことになれば最悪です。

樹木のイエシロアリ駆除においては、樹木には傷をつけずにイエシロアリの営巣のみ除去できれば理想的ではありますが、現実問題としてはなかなか難しい点多々あります。可能であれば、ベイト工法のように樹木周辺に寄木や餌木を埋めて、シロアリを誘引した後、ベイト剤等で駆除するような方法がよいのではないのでしょうか。

ここでいえるのは、相手が樹木である場合には、施工方法や薬剤の選定などに充分配慮する必要がある



写真3

るということです。決して建物の薬剤処理と同じように被害程度や被害があるなしを問わずに㎡あたり何リットルという感覚で薬剤処理することだけは絶対にしてはならないと思います。場合によっては、樹木医や公園・街路樹を管轄している行政庁と十分な連携をとって、被害樹木1本1本に対してそれぞれどんな方法で駆除するか、どんな薬剤を使用するのかなどの事前の駆除計画、駆除設計が必要となるのではないのでしょうか。

(株)吉野白蟻研究所 工事部長)

## &lt;ひろば&gt;

## 最近の化学物質管理

荊 尾 浩

シロアリ防除薬剤の仕事に従事して早や30年、この業界に入った昭和52年は有機塩素系のドリン剤、クロルデンがシロアリ防除剤として使用されていた頃です。薬剤の安全性に関連した問い合わせ、相談、クレームも無く、今から思えば化学物質管理の楽な時代でした。

1972年ストックホルム国連人間環境会議で国際化学物質安全計画が決議され、人の健康と環境への影響の総合評価、急性毒性の分類等が進められるようになりましたが、化学物質に関する管理・規制は現在ほど厳しくなく、薬剤の廃棄についても難しい問題はありませんでした。クロルデンの環境汚染が社会問題化した1980年代から化学物質の管理・規制が厳しくなってきたように思います。1992年リオデジャネイロの国連環境開発会議で「持続可能な開発のための人類の行動計画（アジェンダ21）」が採択されると、産業界は「化学物質を製造し、取り扱う事業者による、化学物質の開発から製造・流通・使用を経て廃棄に至るまで、その全てのライフサイクルにわたって人の安全と健康及び環境の保護を確保することを経営方針において公約し、環境・安全・健康面の対策を実行し、改善を図っていく自己決定、自己責任の原則に基づく自主管理活動」のレスポンシブル・ケア（化学物質総合安全管理）推進に取り組みました。

化学物質の管理・規制に関連する法律も改正、新規策定など数多くなされ、2000年3月30日から施行された「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の促進に関する法律」はPRTR制度の導入、MSDSの交付等が開始されました。PRTRでは届出外排出量の推定で「殺虫剤に係る排出量」に「シロアリ防除剤」が第3回公表から新たに推計されて

います。1973年に施行された「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」は1986年以来の大幅な改正が2003年に行われ、2004年4月1日から施行され、従来は人の健康被害防止の観点から化学物質の審査・規制が行われましたが、改正後は環境中の動植物への被害防止の観点からも審査・規制が行われるようになりました。水道水質基準、大気環境基準、土壤環境基準等も改正されて対象化学物質が追加され、化学物質管理に厳格性が要求されるようになりました。

シロアリ防除に係る法改正、ガイドライン策定等は、厚生労働省により1997年から始まった「化学物質の室内濃度の指針値」策定、2003年の建築基準法の改正によるクロルピリホスの使用規制等があり、シロアリ防除を行う際に安全対策の徹底が必要になってきています。

今年は、2月ドバイで開催された国際化学物質管理会議でSAICM(国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ)が取り纏められ、2020年までに化学物質の製造と使用による人の健康と環境への悪影響の最小化を目指すことが承認されました。5月29日からは食品衛生法の改正による「残留農薬等ポジティブリスト制度」が導入・施行され、シロアリ防除施工に際して、薬剤の近隣への飛散防止や公共水系、地下水への混入防止に配慮することが求められます。

シロアリ防除剤を取巻く環境は、今後も法改正や新しい制度の採択・導入が進められて化学物質管理は更に複雑化が予想されます。情報提供としてこれからの法改正や新しい制度を紹介したいと考えています。

(児玉化学工業(株))

## <文献の紹介>

# 野外の採餌活動領域におけるベイト剤および非忌避性シロアリ防除剤に対するイエシロアリの反応

### 抄 訳

この抄訳はスー博士の論文Response of the Formosan Subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae) to Baits or Nonrepellent Termiticides in Extended Foraging Arenas を訳したもので、序文はスー博士にお願いして、特別に書いていただきました。

ナンーヤオ・スー (フロリダ大学昆虫学教授)  
訳: 友 清 重 孝 (株友清白蟻)

## 1. 序 文

地下生息シロアリは多くの陸上動物とは異なっており、地下に生息する昆虫で、しかも最大の特徴は桁(けた)外れに大きな巣を構築していることである。このことから、多くの研究者はシロアリの生態学や巣の構造に関する調査研究の努力を避けてきたので、この研究領域はブラックボックスのままであった。とはいえ研究が途絶えていたわけではない。巣の発掘調査による研究、そして1960年代と1970年代に行われた放射性同位元素あるいは色素を用いた標識による研究によって、地下生息シロアリは野外の広い範囲に地下の蟻道を構築していることが立証された。

しかしながら、その大きさを直接測る方法はないので、やむなく研究者はシロアリのコロニーの大きさを十分に反映しない小型装置で室内試験検査を行ってきた。

そのような中で、私は野外のシロアリのコロニーにおける薬剤による距離の影響を研究するために、小型の装置を開発し、試験を行った。

この試験の当初の目的は、野外の広い範囲に張り巡らされた地下の蟻道の中をシロアリがどのように移動するかということだったが、試験の過程で図らずも、ある薬剤に対するコロニー反応を観察することができた。

試験結果は致死時間が薬剤摂取量に左右されないキチン合成阻害剤は致死作用を長い距離に拡散することができる。一方、非忌避殺虫剤の作用は致死時

間が服用に依存する投与量依存型であるので拡散距離は2~3mであった。

読者の皆様はこの試験の結果をご自身並びにご自分の仕事に反映されますことを期待いたします。

## 2. 試験の目的

薬剤の忌避性、遅効性並びに伝播に関する研究は、野外で採集したシロアリを用い、試験管を用いた土壌処理による室内試験で、シロアリの個体あるいは小グループの反応を評価するのが通例である。ところが、この方法はシロアリ防除剤による障壁(バリア)効果を試験するように設計されているため、地下生息性シロアリの野外コロニーにおける50~100mといった移動距離での採餌行動を評価するには不適當である。近年、非忌避性で遅効性の薬剤が広範囲に使用され始めたことから、これらの薬剤に関する野外での広範囲な伝播試験をコロニーレベルで行う必要性が生じてきた。そこで、本研究では、イエシロアリの野外コロニーにおける50m以下の直線的な採餌距離で起こる薬剤の伝播について、室内試験装置により検討した。

## 3. 室内試験装置

### 3.1 室内試験装置

11個の小型の飼育容器(以下飼育容器)を直径0.6cm、長さ5mの軟質プラスチックチューブで直列に連結し、合計50m(飼育容器の長さは除外する)の採餌距離を作った(図1A)。飼育容器の大きさ

は厚さ1.4cm, 縦横が24cmで, 軟質プラスチックチューブは丸く束ね, 11個の飼育容器は図1 Aの左側から-5 m, 0 m, 5 m, 10 m, ……45 mと命名した。

### 3.2 飼育容器

飼育容器は, 厚さ0.6cm, 幅24cm×24cmの2枚の透明なプラスチックガラスで構成し, 厚さ0.2cmのプラスチックガラス・ラミネート板を用いて, 天板と底面の間に0.2cmの隙間を設けた。ふるい(150~500 μmのふるい)にかけた約60gの砂を, 0.2cmの隙間へ挿入し, 約15 mlの脱イオン水で湿らせた(図1 B)。

### 3.3 リリース・チャンバー

各飼育容器の天板の一つのコーナーに直径0.5cmの開口部を設け, 直径4.5cm×高さ3cmの蓋付きのプラスチックガラス・カップを取り付けた(図1 B)。

### 3.4 餌木チャンバー

透明なプラスチックチューブ(直径4.5cm×長さ3cm)を用いて, 餌木を与えるためのチャンバーを3箇所作製し, 11個の飼育容器の中心部と両端に取り付けた(図1 A)。

### 3.5 処理チャンバー

第2番目の飼育容器から30cm離れた箇所に, 軟質

プラスチックチューブで作製したベイト剤用チャンバー(直径4.5cm×長さ3cm)を取り付けた。

ノビフルムロンの場合はベイト剤を投与し, フィプロニルとチアメトキサムの場合は上層と下層を1cm厚さの無処置の砂, そして, 中層にシロアリ防除剤で処理した厚さ2cmの砂を入れた3層構造とした(図1 A)。

### 3.6 コントロール(対照)

無処置の砂を充填した11個の飼育容器をコントロールとした。

### 3.7 試験の開始と前処理

餌木チャンバーに湿らせたトウヒ木片(長さ2.5cm×直径0.5cm)を入れ, 採集したシロアリ(職蟻1万頭と兵蟻1,500頭)を採取場所毎に11のグループに分け, 各々のリリース・チャンバーを通して飼育容器に放した。そして, 各飼育容器の間を軟質プラスチックチューブを通してシロアリが自由に移動できるように25℃の暗室に1週間置いた後に, 10週間の試験を開始した。

### 3.8 計測

試験開始後, 10週間に亘り毎週デジタル画像を撮影し, 生存および死亡職蟻の数をモニターの画像から飼育容器毎に計測した。ほとんどの死体は腐敗しデジタル画像から消失したが, 一部の死体は分解さ

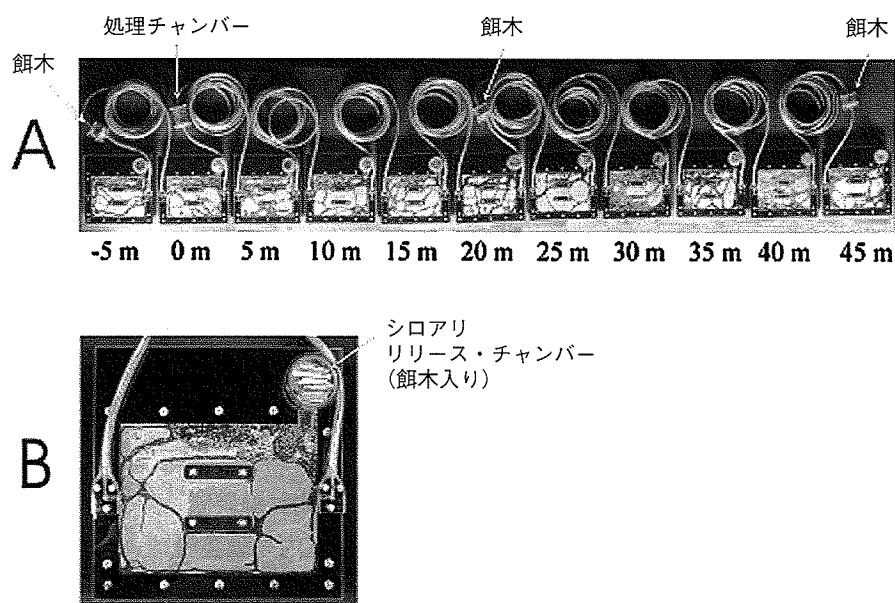


図1 11個の飼育容器を5mの軟質プラスチック(丸めた輪)で直列に連結し50mの採餌距離を作った(A)

飼育容器は2枚の透明なプラスチックガラスで構成し湿らせた砂を入れた(B)



れず、計測時にカウントされた死亡個体にはその週に新たに死んだ個体の他に、前の週に死亡したシロアリも含まれていた。10週間の試験期間終了後、飼育容器を解体して、飼育容器毎の生き残っている職蟻と兵蟻を数えた。

### 3.9 供試薬剤

キチン合成阻害剤であるノビフルムロンと非忌避性で遅効性の薬剤であるフィプロニルとチアメトキサムを試験に供した。

### 3.10 供試虫

3つの異なった野外コロニーから採取したイエシロアリを供試虫として用い、試験は3反復実施した。

## 4. 試験結果

### 4.1 ノビフルムロン試験

処理チャンバーに0.5%のノビフルムロンを含浸させたセルロース基剤のベイト剤を挿入した。シロアリは直ぐにそのチャンバーに入り、ベイト剤を食

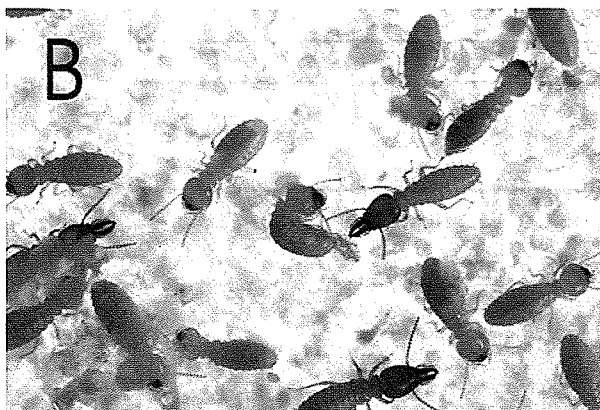
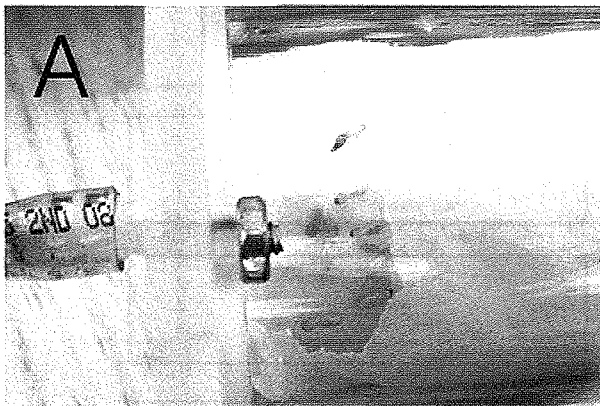


図2 -5m, 0m, 5m, 10mで7週目に100%の死亡率になるまで、ノビフルムロン・ベイト剤を摂食した(A)

キチン合成阻害剤の影響を受けた職蟻(B)

べ始めた(図2A)。1週間後、ほとんどの飼育容器で、脱皮が完成せずに剥脱表皮をかぶった職蟻が観察されたものの、死亡しているシロアリは1頭も見つからなかった(図4)。2週目になると一部のシロアリは黒ずんだ壊死病斑を示すようになり、その後死に始めた(図3)。3週目には、薬剤の影響によって職蟻の数は減少した、最も多くの死亡個体が存在する飼育容器は1週目の-5mから2週目には5mへと移った。そして、さらに3週目には処理チャンバーからかなり離れた25m~30mの飼育容器の方へそのピークが移った(図3)。4週経過後死虫率は増加し、すべての飼育容器で50%~90%の死虫率が記録されているにもかかわらず、シロアリはベイト剤を摂食し続けた。6~7週目に飼育容器の死虫率レベルは-5m~10mでほぼ100%に達し、続いて20mで増加した。7週間後にはベイト剤を摂食するシロアリは発見されなかったが、その時までには、飼育容器全体にわたってシロアリは直接あるいは間接的に栄養交換を通して致死量のノビフルムロンを摂取していた。そして、10週目で、生き残っているシロアリは、すべての飼育容器で見つからなかった(図2A)。

### 4.2 フィプロニル試験

フィプロニルは0.06%に希釈した乳剤を1㎡当たり4.07%の処理量(浸透長2cm)で砂に混和し、一晚乾かした後処理チャンバーに挿入した(処理濃度:80.8ppm(wt:wt))。1~2日後に、フィプロニル処理した砂で死亡個体が発見された(図5A)。1週間経過後、一部の死体が腐敗すると、生存しているシロアリは処理した砂に入らなくなった。そして、0mの飼育容器でほとんどすべてのシロアリが死亡あるいは瀕死状態にあった(図6)。瀕死状態のシロアリはすべての肢を折りたたんだ恰好で仰向けまたは横向きに倒れていた(図5B)。そして、死亡個体は、多くの場合砂でおおわれていた。5mの飼育容器では1週間までは死亡個体が確認されたが、それ以降は死亡したシロアリは観察されなくなった。直接フィプロニルに暴露されたか、あるいは仲間とのグルーミングによる接触によってフィプロニルに暴露されたシロアリは、死ぬ前に5mの飼育容器にまで移動した。このことはフィプロニルの“水平伝播”が行われたことを示している。30mの飼育容器で死亡個体が時々見つかったが、大部分の

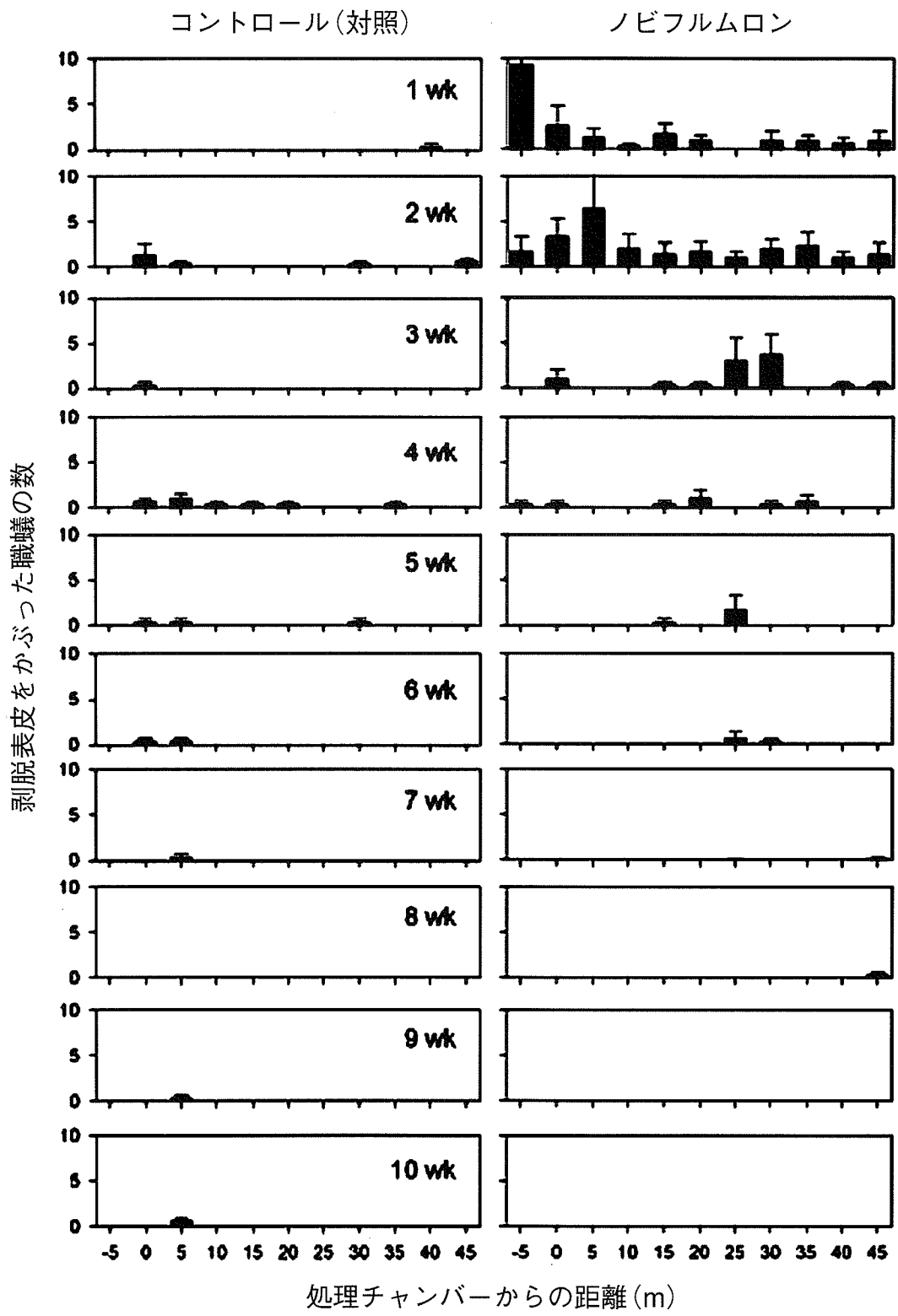


図3 全試験期間における剥脱表皮をかぶった職蟻の数

死亡個体は、10週間のテスト期間を通して、-5 m, 0 m, 5 mの3つの飼育容器で観察された(図6)。この結果、10,000頭の職蟻(プラス1,500頭の兵蟻)の最初の個体群は独立した2つのグループに分けら

れた。

#### 4.3 チアメトキサム試験

チアメトキサムは0.1%に希釈した乳剤を用いてフィプロニルの場合と同様に処理を行った(処理濃

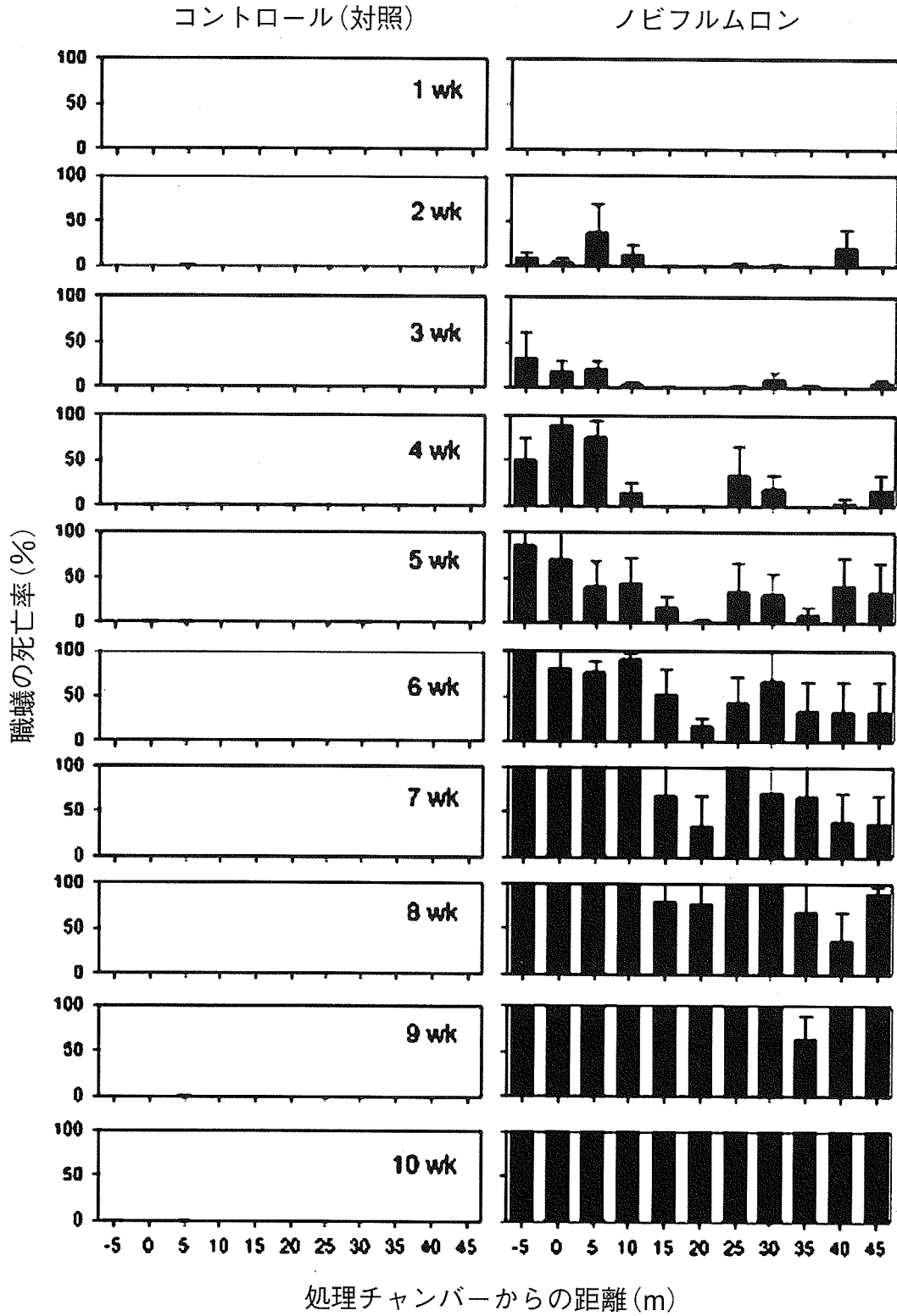


図4 全試験期間における職蟻の死亡率

度：135.8ppm)。実験開始から数日後にチアメトキサム処理した砂の中で死亡個体が見つかった。1週間後には死体は腐敗し、その結果、生存個体は処理した砂に入って行かなくなった。1週間後に0mの飼

育容器で約30%の死虫率が、2週間後に20mと25mの飼育容器で5%の死虫率が観察された。8週間目に0mの飼育容器で死亡個体の大部分(30%~50%の死虫率)が発見された(図6)。9週間後に、-5m

と5 mの飼育容器で30%の死虫率が記録されたが、10週間後には死亡個体は0 mの飼育容器だけで見つかった。1週目から10週目の間で、多少の生存個体が0 mの飼育容器で見つかった。一方、多くの死亡

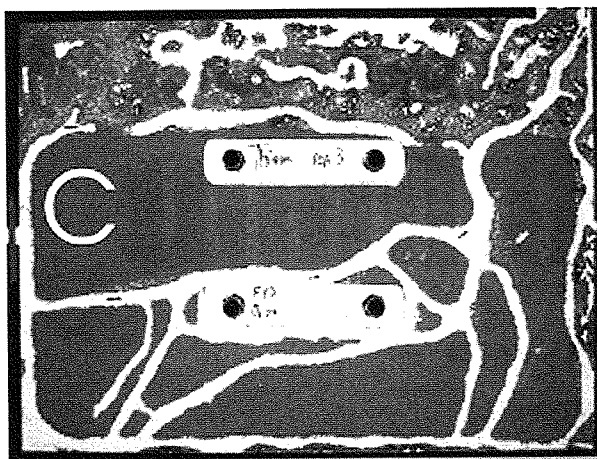
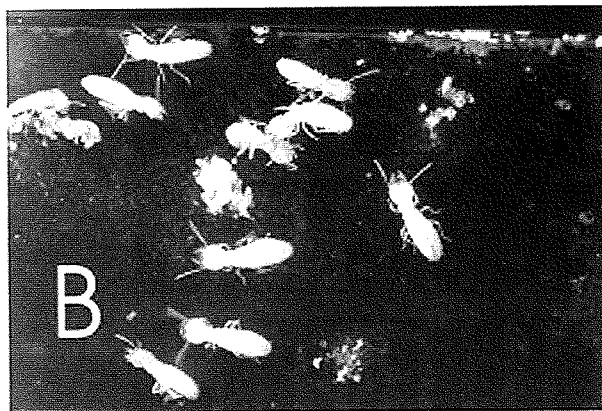


図5 試験開始から1～2日後にフィプロニル処理した砂の中で見られる死亡したシロアリ(A)及び1週間後死にかけたあるいは死亡したシロアリ(B)。

チアメトキサムの場合、砂に埋められて生きているシロアリから分離された(C)。

個体は砂に埋められて、生きているシロアリから分離された(図5C)。生存個体は2週間後には処理した砂に1頭も入らなくなった。10週間のテスト期間を通して、5 mの飼育容器では僅かな健全個体が発見されたが、処理した砂への進入はなかった(図6)。フィプロニルの場合と同様に、試験装置に残ったシロアリは、独立した2つのグループに分けられた。

#### 4.4 コントロール

10週間の試験期間を通して、死亡している職蟻はコントロールのどの飼育容器でも観察されなかった。しかし、最終的な平均職蟻死虫率は17.6%であった。

職蟻の平均死虫率が17.6%であるにもかかわらず死亡している職蟻が観察されなかったのは職蟻の死体数が不足している。このことは、死亡した職蟻が共食いされた、取り除かれた、或いは、一部の職蟻が脱皮して、兵蟻階級へ変わったのかも知れないことを示唆している。

事実、最終の計測で最初に飼育容器に投入した1,500頭の兵蟻よりも多い1,505頭と1,537頭の兵蟻が2つのコントロール飼育容器で見つかった。それは、職蟻から兵蟻への変態を示した。一方、兵蟻の死虫率はコントロールとフィプロニルとチアメトキサムの間には有意差はなかった

#### 4.5 最終的な死虫率と生存個体の存在場所

10週間の試験期間を通して、死亡している職蟻はコントロールのどの飼育容器でも観察されなかった、しかし、最終的な平均職蟻死虫率は17.6%であった(図4)。職蟻の平均死虫率が17.6%であるにもかかわらず死亡している職蟻が観察されなかったのは、死亡した職蟻が共食いされた、取り除かれた、あるいは、一部の職蟻が脱皮して兵蟻階級へ変わったことを示唆している。事実、最初に飼育容器に投入した1,500頭の兵蟻よりも多い1,505頭と1,537頭の兵蟻が2つのコントロール飼育容器で最終の計測で見つかった。これは、職蟻から兵蟻への転換を意味している。一方、兵蟻の死虫率はコントロールとフィプロニルとチアメトキサムの間で有意差はなかった。

ノビフルムロン飼育容器で毎週撮影したデジタル画像では、3回行ったすべての試験で職蟻と兵蟻の両階級共に100%の死虫率であり、すべての飼育容

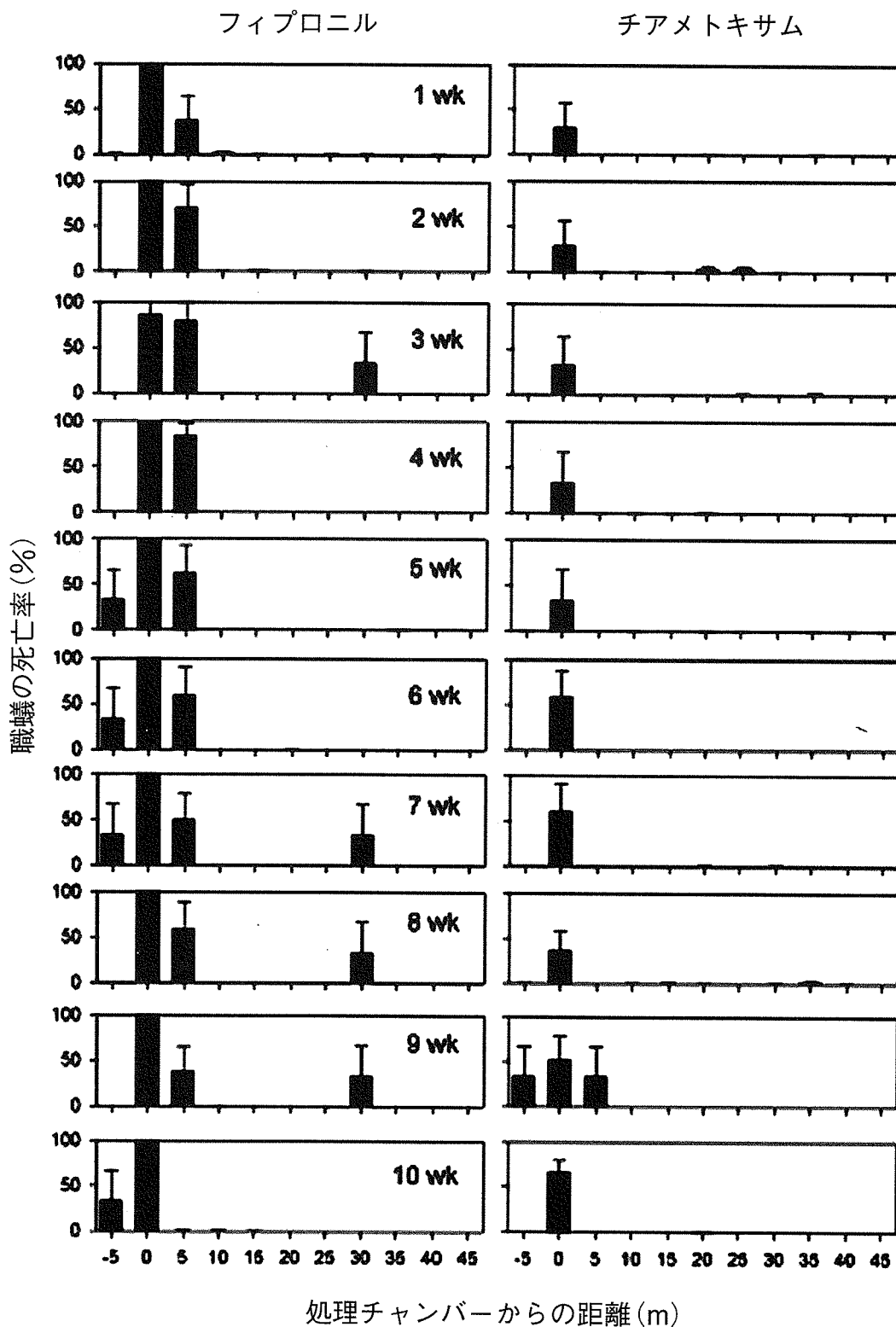


図6 10週間の試験期間終了後の職蟻の死亡率

器で生きているシロアリは見つからなかった。職蟻の平均死虫率はフィプロニル処理では43.0%，チアメトキサム処理では48.4%であった。コントロールの平均死虫率である17.6%を考慮すれば，10,000頭

の職蟻の25%~30%が非忌避剤のシロアリ防除剤で殺されたことになる。フィプロニルとチアメトキサムのいずれの場合も，-5 mの飼育容器の中，餌木チェンバーの中，および0 mの飼育容器と結ばれた

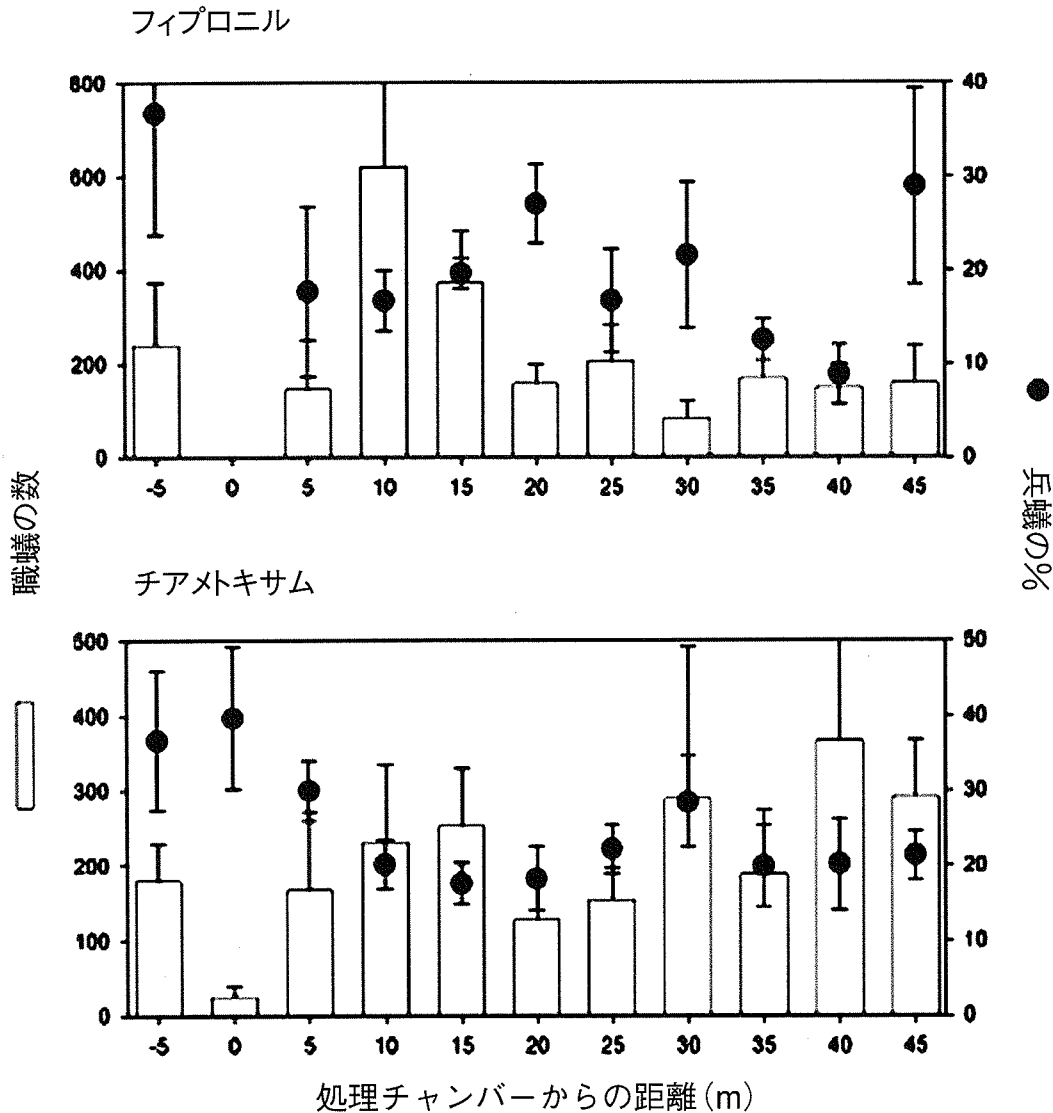


図7 10週間の試験期間終了後の生き残った職蟻の数を兵蟻のパーセンテージ

チューブの中にいた独立した200頭の職蟻グループは、10週間後には40%の兵蟻を含んでいた(図7)。5,000~5,500頭の職蟻のグループが5mから45mの間の飼育容器、チューブと餌木のチェンバーで見つかった。フィプロニルの場合、処理した砂から5m離れた飼育容器における兵蟻の割合は、10%~30%であった。そして、最大の兵蟻数(600頭)は10mの飼育容器とそこから15mの飼育容器につながっているチューブの中にいた。チアメトキサムの場合、25頭の職蟻と17頭の兵蟻が0mの飼育容器で見つかったが、彼らは砂に埋められた死亡個体から隔離された蟻道の中にいた(図5C)。残りの多くの職蟻は処理箇所からより離れた5mの飼育容器で見つかった。しかし、比較的多くの兵蟻がチアメトキサ

ム処理した砂の近くで見られた。死亡個体は0mの飼育容器で見られた(図7)。

## 5. 考 察

### 5.1 採餌距離と水平伝播距離

ノビフルムロンは50mの連結した飼育容器の中で10,000頭のイエシロアリ職蟻(プラス1,500頭の兵蟻)のすべてを10週間の試験期間で絶滅させ、致死作用量のノビフルムロンが個体群に影響を及ぼす採餌距離は50mであった。フィプロニル80.8ppm処理の場合は、直接、あるいは汚染された個体によるグルーミングを通して高濃度に暴露されたシロアリが、5mの距離を移動することが示された。すなわち、他の個体に致死量を伝播する水平伝達距離は

5 mである。一方、チアメトキサム135.8ppm処理の場合、その伝播距離はフィプロニルより短かった。

## 5.2 忌避行動

シロアリの忌避行動としては、薬剤そのものに対するもののほか、シロアリの死体が腐敗したときにその死体を埋葬する行動、または腐敗した死体に近づかないで他の場所で生存するという行動がある。試験開始時、フィプロニル（処理濃度：80.8ppm）、あるいはチアメトキサム（処理濃度：135.8ppm）で処理された砂の中にシロアリは侵入し、いずれの濃度においても忌避性はなかった。したがって、忌避行動の発現は死亡個体または腐敗している死体への逃避反応であったと推察され、処理箇所の近くで発生した死亡個体というものが、他の正常なシロアリへ忌避効果を発現したと考えられる。すなわち、非忌避性薬剤による高い死虫率によって引き起こされるシロアリの忌避行動は、二次的に発生する忌避性であると言える。

## 5.3 独立した個体群の出現

ノビフルムロンの場合は集団が全滅してしまうが、フィプロニルとチアメトキサムの場合は、高濃度の薬剤で処理した土壤に暴露されたシロアリは短期間で死亡する一方、致死に至らない低濃度の薬剤処理した土壤に暴露されたシロアリは生き残る。そして、その中間の濃度の処理土壤に暴露されたシロアリは死ぬ前に処理土壤から移動することができる。その結果、職蟻の死虫率は25～35%であり、生き残ったシロアリのコロニーは2つの独立した個体群に分けられた。

## 5.4 ベイト剤の概念と投与量依存型

摂取薬剤量に対して致死時間（致死量暴露後に死にいたるまでの時間）が変化する薬剤を投与量依存

型薬剤と言う。一方、ベイト剤に求められるものは遅効性で摂取薬剤量に対する致死時間の変動がないことである。ノビフルムロンの場合、シロアリは直接あるいは間接的に栄養交換を通して致死量のノビフルムロンを7週間摂取していたにもかかわらず集団のすべては死滅せず、すべてのシロアリが死滅するのは10週目であり、ベイト剤の必要条件を満たした。一方、フィプロニルとチアメトキサムの場合は、致死濃度以上ではあるものの比較的low濃度の薬剤に暴露された個体は処理箇所から移動することができるが、薬剤処理砂中の蟻道に繰り返し入ったり、あるいはその中で蟻道を掘ったりして高濃度の薬剤に暴露されたシロアリは、処理箇所内あるいはその近辺で短期間で死亡する。すなわち、非忌避性のシロアリ防除剤であるフィプロニルとチアメトキサムは、摂取薬剤量に対して致死時間が変化するものであり、ベイト剤に必要とされる概念とは異なる投与量依存型の薬剤である。

## 翻訳者から

私がこの論文を目にしたときに目を見張ったのは、野外のシロアリの行動を小型の室内試験装置を作ることによって再現したことでありました。この試験方法でイエシロアリは直線距離にして50mを採餌行動の目的で移動することが分かりました。そして、薬剤の持つ特性も理解できました。また、この論文には独立した個体群の出現が述べられています。これは何故再発するかに対する答えの一つであります。今年2月発行の防虫・防腐用語事典で私が担当した63ページ「再発」と65ページ「残蟻」をご参照ください。



## <支部だより>

# 第49回全国大会開催に向けて

## 関 西 支 部

昨年度の第48回大会は環境交流会として愛・地球博の見学を設定されましたので、9月開催と例年より早く開催されました。第49回大会は例年に倣って11月開催となりましたので、ルネッサンス岐阜ホテルでの引き継ぎ時点では余裕をもって準備に当たれるものと思っておりました。しかしながら、早くも2回目のご案内をし、9月には開催案内状の発送等日程を前にして身が引き締まる思いです。

関西支部といえども2府4県と北陸支所（3県）で広域にわたっております。まず、開催場所について議論いたしました。その結果、全国大会を開催していない地域ということで北陸支所をお願いすることになりました。全国各地から会員の皆様をお招きするという交通の便、会場施設、観光施設や気候環境などを吟味しました。結局、遠路の航空機利用を考慮して、小松空港に近い金沢市を開催場所に決定しました。

ご承知のように金沢市は北陸文化の中心都市であり、加賀藩祖の前田利家公が金沢城に入城して以来およそ四百二十年余り、一度も戦災に遭っていない、日本でもまれな町です。古きよき伝統とともに、近代的な21世紀美術館に見られますように、新しい文化の創造と新たなまちの賑わいを創出しようと取り組んでおられます。

2008年の日本しろあり対策協会の設立50周年を迎えるにあたり、しろあり144号（平成18年4月号）でお話しましたように、協会は今日の建築工法の変化、社会環境の変化に対応するため、改革とともに更なる飛躍が求められております。そのために研究発表会を創設して、会員皆様の研鑽と技術の向上を図ることになりました。その第1回研究発表会を伝統と革新の金沢で開催することは協会の今後の姿を占う意味でも大変意義深いものがあると確信しております。

大会は研鑽の場であるとともに、懇親を深め、ま



金沢全日空ホテルからみた金沢駅東口

た、大会後の観光を通じて会員各位やご家族、社員の皆様のリフレッシュの機会でもあります。その点でも、金沢市周辺には著名な温泉や素晴らしいゴルフ場なども数多く、懇親ゴルフコンペ、温泉1泊ツアーや有名料亭での昼食付金沢市内観光なども準備しております。大会開催時にはズワイガニも解禁を迎えておりますので、加賀の味覚も堪能いただければと思います。

気候的には冷たい時雨の頃になりますが、会場の金沢全日空ホテルはJR金沢駅東口広場に面しており、濡れることなくホテルに入ることができます。

最後になりましたが、関西支部の全国大会実行委員会は大会委員長の榎 章郎支部長、湯川豊弘実行委員長、押田秀夫、末廣多賀男両副実行委員長、飯田高雄、栗崎 宏、筒井伸男、土井 正、藤井寛治、宮本幸一、渡辺栄治郎委員の11人で構成されております。

平成18年11月17日（金）、金沢全日空ホテルに全国の皆様方をお迎えできますよう、実行委員会を中心に関西支部が一丸となって準備に勤めておりますので、多数のご参加をいただきますようお願い申し上げます。

# 東京都内のイエシロアリ防除

## 関東支部

### 1. はじめに

本物件は、平成16年7月に(株)日本しろあり対策協会に消費者の方よりイエシロアリについての問い合わせがあり、関東支部として本件を担当することとなった。以下問い合わせから処理終了までの状況を報告する。

### 2. 問い合わせと調査依頼

平成16年7月13日、東京都世田谷区等々力にお住まいのS様より、イエシロアリについての問い合わせがあった。

#### 2.1 問い合わせ内容

平成11年頃より羽アリ発生があり、平成13年に業者によるシロアリ防除を実施した。その後、毎年羽アリが発生したが、保証期間内のため施工業者がその都度薬剤処理を実施してくれた。

#### 2.2 調査依頼

平成13年にシロアリ防除工事を実施したが、羽アリの発生が止まらないため、羽アリを送付するのでヤマトシロアリかイエシロアリか確認してほしい、とのことで早速羽アリを送ってもらい、確認の結果イエシロアリと判明した。

### 3. 現地調査からシロアリ防除および補修までの経過

#### 3.1 現地調査

平成16年7月25日(日)吉元関東支部長、石井理事(株)リプラ工営、野村(ナギ産業(株))の3人による現地調査を実施した。

調査の結果、建物の構造が特殊であり、床下および屋根裏への侵入が不可能なため、また、業者による薬剤処理が2~3度繰り返されていることなどから、ベイト工法による処理を検討し、実施することとした。

#### 3.2 処理費用

調査および処理費用は関東支部研修扱いとし、ナギ産業(株)、(株)リプラ工営の協力によりすべて研修施工(無料)とした。

#### 3.3 防除処理経過

##### 3.3.1 平成16年7月25日(日)

担当 吉元、石井、野村

建物全体調査実施

- 被害状況→図面および写真により被害状況を説明

- ベイトステーション

- 一部薬剤処理→コロニーバスター散布

(No.1~18までの写真)



写真1 勝手口

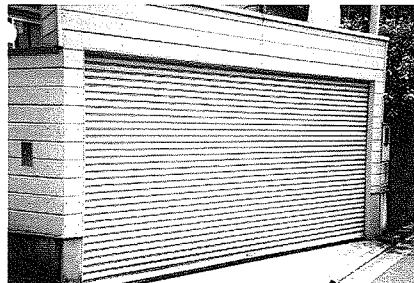


写真2 車庫



写真3 2階シロアリの喰害(柱)  
この柱から羽アリ発生



写真4 柱にドリル穿孔して薬剤の処理の後がうかがえる



写真5 1階クロス壁のヒビは2階の柱につながる



写真6 花壇周辺蟻害があちこちにみられる



写真7 花壇周辺被害にあってから土は掘り起こしてある

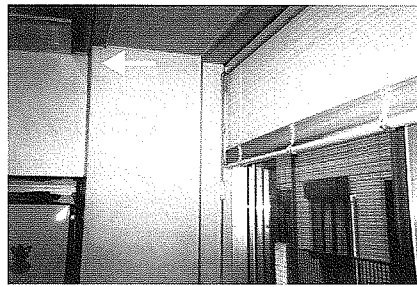


写真8 1階リビングクロスに亀裂あり

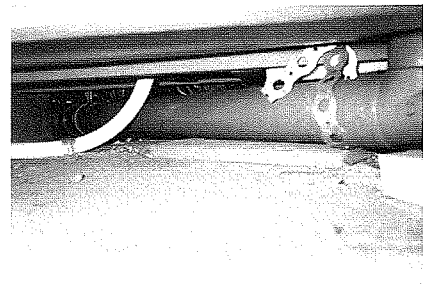


写真9 床下配管床暖房等で被害確認とれず



写真10 1階床下収納庫箱が入るだけのスペース



写真11 1階駐車場の奥、角に蟻道がみられる。(ヤマトシロアリ)

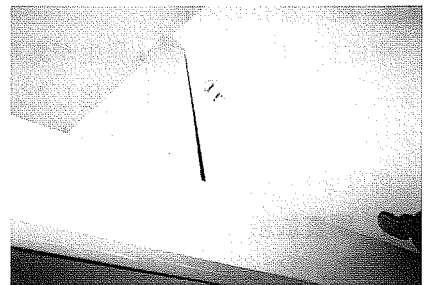


写真12 3階 天井むき出しの小屋組。被害なし

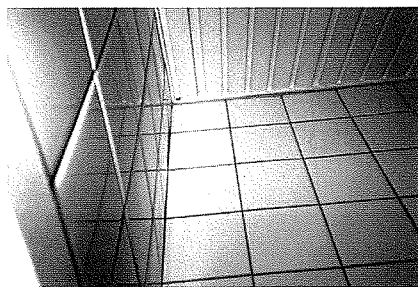


写真13 浴室 天井隅のところは気になったが異常なし



写真14 外排水マンホール兵蟻を見つける(イエシロアリ)



写真15 外 散水栓兵蟻がいた右側の隅を点検

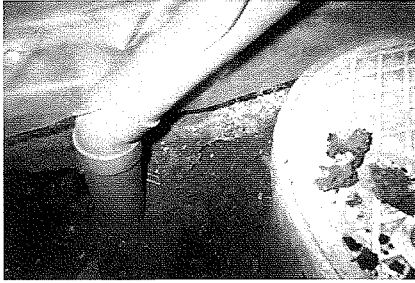


写真16 兵蟻がいた排水ホール近く

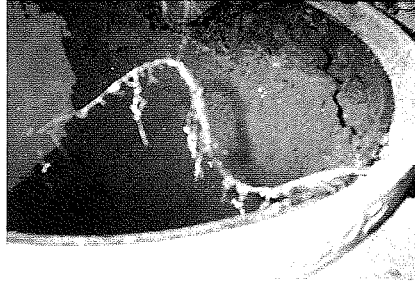


写真17 排水槽の中に水取りの巣があり、兵蟻数十匹確認

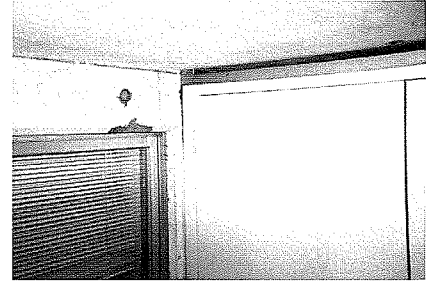


写真18 物置の蟻道

3.3.2 平成16年 8月22日 (日)

担当 石井, 野村

- ステーション確認の結果シロアリは生息活動し

ていた

- ベイト剤を投与し、一部コロニーバスター散布 (No.19~24までの写真)



写真19 ベイトステーションとエサ木、職蟻、兵蟻確認

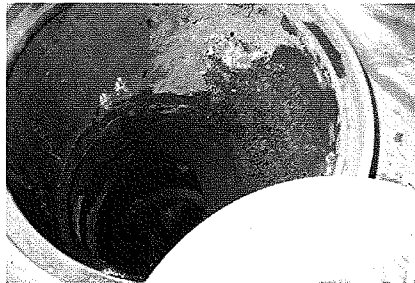


写真20 マンホールの中  
今回は多くの兵蟻をみる

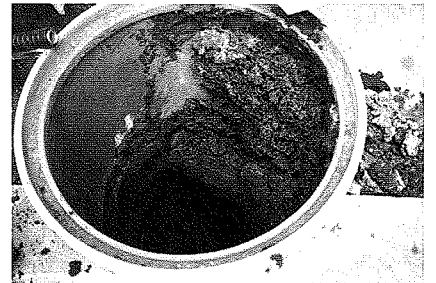


写真21 マンホールつなぎめをみる



写真22 マンホールの中 拡大写真



写真23 収納庫の下 コンクリートを  
ハツって土を確認



写真24 エサ木を入れて土をかぶせる

### 3.3.3 平成16年9月23日（日）

担当 石井，野村

- ステーション確認の結果ベイト剤はほぼ完全に食べつくしていた



写真25 エサ木を入れる



写真27 今回は水取りの蟻道の中に入れる

- ベイト剤を再投与し，一部コロニーバスター散布  
(No.25～28までの写真)



写真26 コロニーバスター処理



写真28 処理後

### 3.3.4 平成16年10月17日（日）

担当 石井，野村

- ステーション内ベイト剤喰害なし
- 餌木設置

- マンホールにおける分巢に，従来から生息していたシロアリが生息していなかった  
(No.29～30までの写真)



写真29 収納庫下のエサ木確認 喰害なし



写真30 様子を伺う 再度エサ木を設置

3.3.5 平成17年4月17日（日）

担当 石井，野村

- ステーション内バイト剤喰害なし

- 餌木喰害なし

- マンホールにおける分巢にシロアリ生息なし  
(No.31～33までの写真)



写真31 マンホールの中

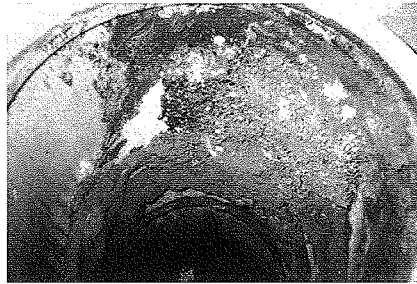


写真32 シロアリ生息なし

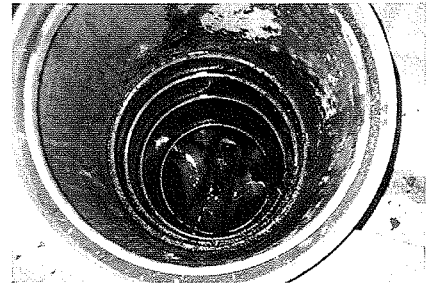


写真33 巣を除去して水で洗う

3.3.6 平成17年6月19日（日）

担当 野村

- ステーション内バイト剤喰害なし
- マンホールにおける分巢にシロアリ生息なし
- 餌木喰害なし
- 羽アリシーズンにつき，羽アリ捕獲用としてバケツに水をはり設置する

- シロアリ防除処理後の補修が開始される  
(No.35～36までの写真)

(No.34の写真)



写真36 被害箇所解体

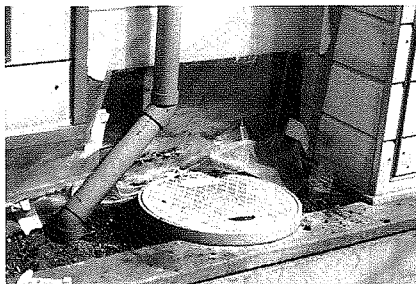
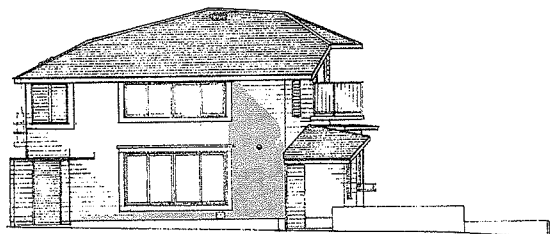


写真34 建物周囲にバケツを用意して水をはる

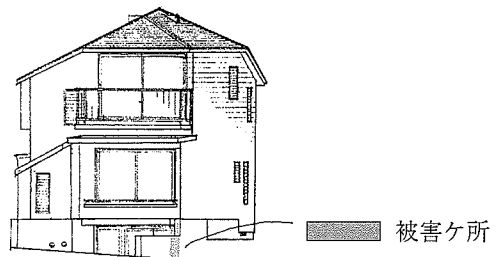


西立面図 →被害ヶ所

図1

3.3.7 平成17年7月11日（月）

- ステーション，マンホール，餌木すべてシロアリの生息なし
- 羽アリ発生なし



南立面図

被害ヶ所

図2



写真35 建物の補修



7月11日現地確認をもって、S邸イエシロアリの  
ベイト工法による防除処理を完了とした。

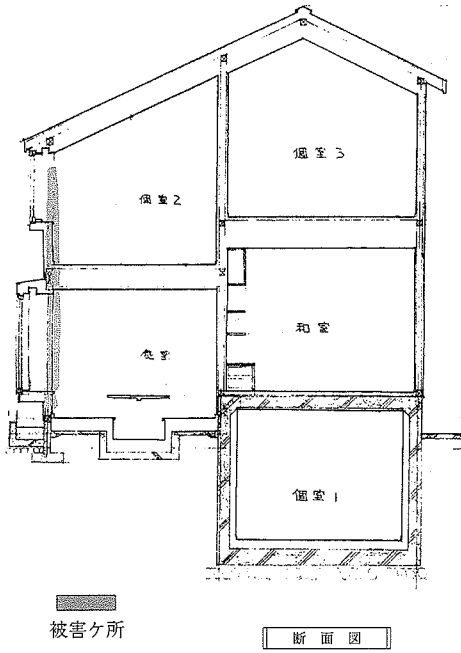


図3

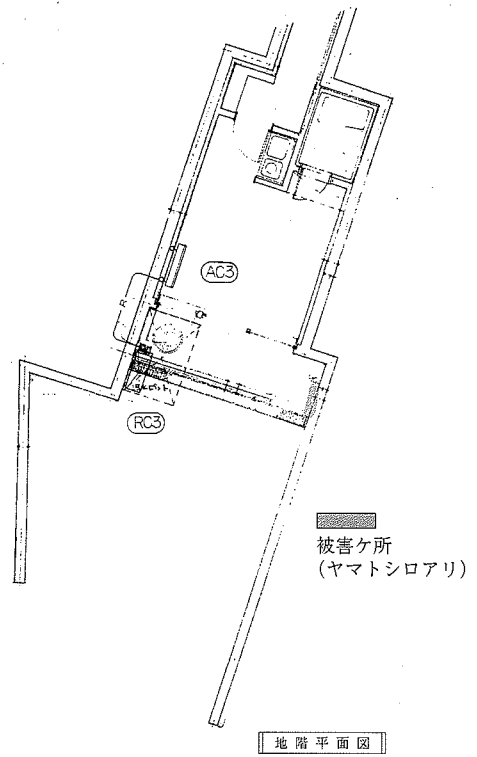


図4

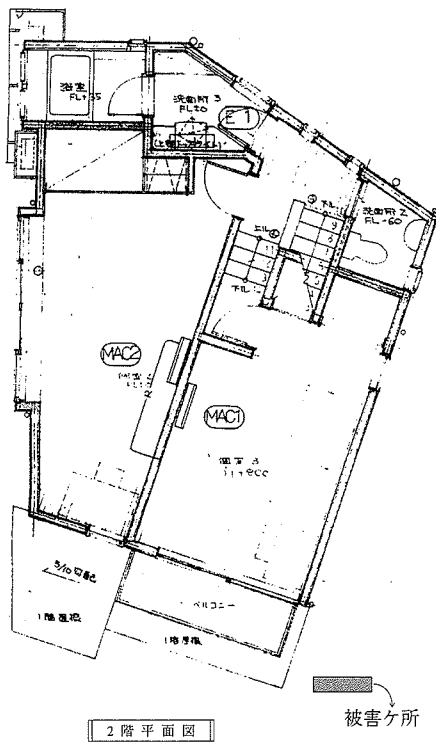


図5

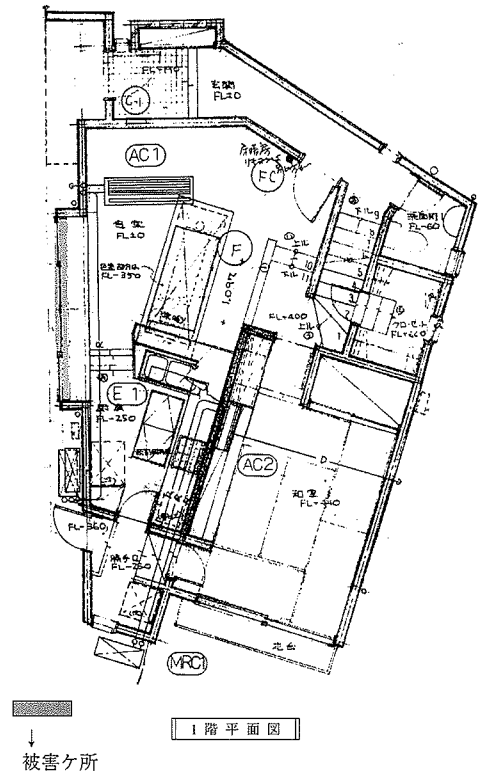


図6

<協会からのインフォメーション>

平成18年度しろあり防除施工士資格検定  
第1次(学科)試験の講評

土 居 修 一

1. 概 要

平成18年度しろあり防除施工士資格第1次(学科)指定講習会を平成18年1月26~27日東京, 1月19~20日大阪, 1月30~31日福岡で開催した。これに引き続き, 試験を3月8日午後1時30分~3時30分に東京会場(飯田橋レインボービル), 大阪会場(大阪YMCA国際文化センター), 福岡会場(福岡建設会館), 沖縄会場(メルパルク沖縄)の4会場で一斉に行った。試験は例年通り「シロアリに関する知識」, 「腐朽に関する知識」, 「防除薬剤に関する知識」, 「防除処理に関する知識」, 「建築に関する知識」の5科目であった。各科目5問, 合計25問を出題し, 配点は各問10点で各科目50点満点, 合計250点満点とした。出題と採点は資格検定委員会委員が担当した。

2. 試験結果

本年度の第1次試験受験者数, 各問題の平均点, 合格率を表1に示す。受験者数は603名, 合格者数

467名, 不合格者数136名, 合格率は77.4%, 250点満点で平均186点(100点満点に換算すると74.4点)であった。昨年と比較すると平均点で20点, 合格率で13%も高くなっている。特に東京会場と大阪会場では80%以上の合格率であり, 事前学習が徹底していたことが伺える。その反面, 九州, 沖縄会場では合格率, 平均点とも全国平均に及ばず, 今後の奮起が求められる。

3. 講 評

問題科目別及び合計得点のヒストグラムを図1に示した。この図から明らかなように, 「生態」, 「腐朽」, 「防除処理」, 「建築」の4科目では右上がりの得点分布となっている。また, 「生態」, 「腐朽」, 「防除処理」の3科目では満点取得者数が最も多くなっている。これに対し, 「薬剤」では33点, 「建築」では47点を頂点とした分布を示した。なお, 科目別最低点は「生態」3点「腐朽」0点, 「薬剤」4点「防除処理」3点, 「建築」3点であった。総

表1 平成18年度しろあり防除施工士第1次(学科)試験の平均点と合格率

会場	受験者数	平均点						合格者数	不合格者数	合格率
		生態	腐朽	薬剤	防除処理	建築	計			
東京会場	214	43.5	38.6	34.0	40.4	38.7	195.2	183	31	85.5%
大阪会場	216	40.5	40.4	35.6	39.6	36.9	193.0	173	43	80.1%
福岡会場	162	36.4	31.5	28.2	36.5	34.7	167.3	106	56	65.4%
沖縄会場	11	36.6	28.5	25.8	35.9	27.6	154.5	5	6	45.5%
計	603	39.3	34.7	30.9	38.1	34.5	186.2	467	136	77.4%

備考 最高得点 249点 平成17年度 最高得点 247点(満点250点)  
最低得点 46点 最低得点 18点  
平均得点 166.9点  
合格率 64.3%



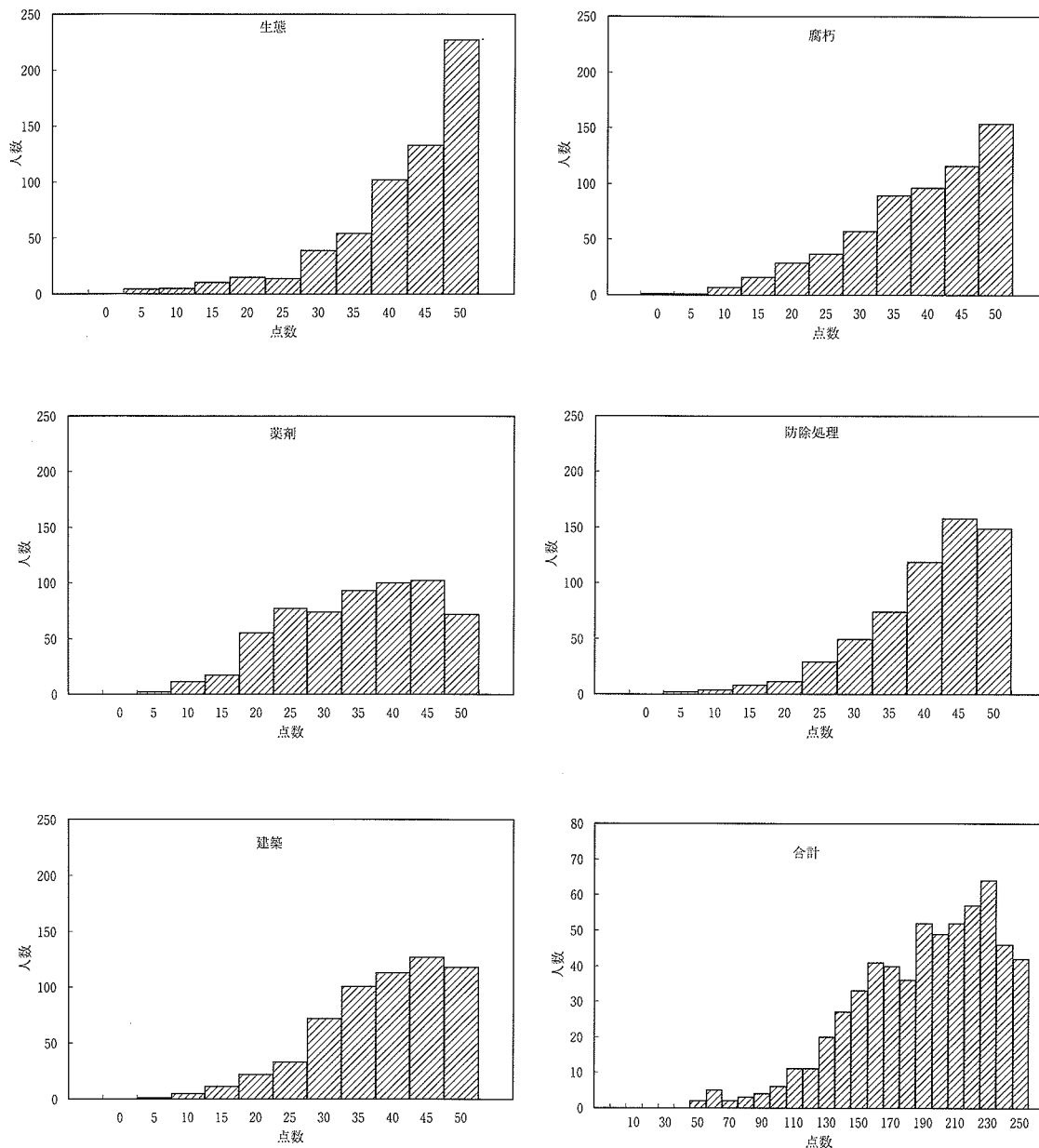


図1 科目別得点および合計得点の分布

例えば20点のバーに含まれる点数は15点をこえて20点以下まで、25点のバーに含まれる点数は20点をこえて25点以下まで、という意味である。

得点でも、最高249点と満点近くから最低46点と大きな差が認められ、事前学習の有無あるいは程度の差が如実に現れていると見ることができる。

合格の判定には、例年通り、各科目と合計点に合格の最低点を定め、これ以上の得点者を合格とした。したがって、全分野についての万遍ない知識が要求された。

試験の第一義的な目的は「防除施工士」の資格取得である。しかしながら、最終的に資格を取得した後は各々の知識と能力で責任を持って「防除施工」

を行うことが要求される。防除対象の建物と環境などが物件ごとに異なるので、マニュアル的知識が基礎にはなるが、現場の状況に応じて施工を工夫できる素養と技術も必要になってくる。「テキスト」や今回の指定講習会の講習内容は「防除施工士」として必要な最低限の基礎知識の習得を意図したものである。

合格した皆さん、おめでとう。9月には実務的知識を重視する第2次試験を控えているので、今から十分に勉強して「防除施工士」資格を取得されるこ

とを期待している。

今回合格できなかった方々は、来年度の試験に向け学習に励んでほしい。テキストを熟読しつつ過去問題を出来るだけ多く解くことによって、問題の傾向や重点を知ることが可能である。不明な点や理解の難しい点を残さぬよう職場の先輩に聞くなどして学んでいただきたい。道は自ら開かれる。

(資格検定委員会委員長)

#### 4. 試験問題と正解

##### 問題1

問1 つぎの文のうち、シロアリの特徴や生態を示すものに○をつけなさい。

- (1) 有翅虫は、4枚の翅を別々に動かして飛んでいた。
- (2) 有翅虫では、前翅が後翅よりはるかに大きかった。
- (3) 巣の中には女王だけがいて、王はいなかった。
- (4) 巣の中には、蛹がいた。
- (5) 触角は数珠状で、腹部の基部は胸部と同じ幅をしていた。

正解 (1) (5)

問2 日本産主要シロアリに関するつぎの文のうち、正しいものに○をつけなさい。

- (1) ヤマトシロアリ属は、地下シロアリの仲間です。8～9月の昼間に群飛をする。
- (2) イエシロアリは、地下シロアリの仲間です。6～7月の夕方から夜にかけて群飛をする。
- (3) ヤマトシロアリ属は、北海道の一部を除く日本全土に分布している。
- (4) ダイコクシロアリは、乾材シロアリの仲間です。7～9月の昼間に群飛をする。
- (5) イエシロアリは、沖縄から本州北部まで分布している。

正解 (2) (3)

問3 つぎの文のうち、ヤマトシロアリに該当するものに○をつけなさい。

- (1) 生殖虫を駆除すると、コロニーはやがて消滅する。
- (2) 特別に加工した塊状の大きな巣をつくり、

内部に王室がある。

- (3) 多少とも湿った材を加害するので、被害部は腐朽と共存することが多い。
- (4) 水取蟻道を通して水を運ぶ能力があり、湿しながら加害する。
- (5) 活動の好適温度は12～30℃で、33℃以上では共生原虫が死んでしまう。

正解 (3) (5)

問4 つぎの文の(ア)～(オ)に当てはまる語句を解答欄に記入しなさい。

有翅虫が群飛した後で対になった雌雄が(ア)で、胸部に2対の(イ)が残っている。外敵からの防衛に当たる(ウ)階級では、(エ)が大きく、強く角質化している。(オ)階級は、コロニー構成員の90～95%を占める。

正解

	語句
ア	生殖虫又は第1次生殖虫
イ	翅根部
ウ	兵蟻
エ	頭部, 大顎
オ	職蟻

問5 つぎの文の(ア)～(オ)に当てはまる語句を解答欄に記入しなさい。

シロアリの餌であるセルロースの消化には、消化酵素(ア)が必要である。ほとんどの動物はこの消化酵素を分泌する能力がなく、多くのシロアリでは、(イ)の部分に多数の(ウ)が共生しており、消化を助けている。

シロアリの(イ)の内側は(エ)に保たれており、(ウ)が共生するのに適した状態になっている。

(オ)直後には、(ウ)は(イ)からいなくなるために、肛門からだす排泄物を通して他個体から受け取る。

ア	イ	ウ	エ	オ
セルラーゼ	後腸	原虫	嫌気状態	脱皮

**正解**

**問題 2**

問 1 つぎの文のうち正しいものに○をつけなさい。

- (1) 木材を腐朽する主な菌類は接合菌類であり、一般にカビと呼ばれる。
- (2) 木材を腐朽する菌類のうち子実体が褐色の担子菌を褐色腐朽菌という。
- (3) 軟腐朽菌類とはキクラゲのような軟らかい菌類のことである。
- (4) 木材変色菌類では木材の強度減少を伴う腐朽は生じない。
- (5) 白色腐朽菌はセルロースだけでなく、リグニンも分解する。

**正解** (4) (5)

問 2 つぎの文の (ア) ~ (オ) にあてはまる語句を解答欄に記入しなさい。

木材腐朽菌類が生育するためには、栄養源である木材成分の他、(ア)と(イ)および適当な(ウ)が必要である。木材細胞壁が結合水で満たされた状態を(エ)と言い、これ以上の(ア)がなければ木材腐朽は生じない。なお、細胞内腔が(ア)で満たされてしまうと(イ)が不足するので、この場合も腐朽は生じない。この他に木材の(オ)も腐朽菌類の生育に影響をおよぼすことが知られている。

**正解**

ア	イ	ウ	エ	オ
水分	空気	温度	繊維飽和点	pH

問 3 木材の主要成分はセルロースとヘミセルロース、リグニンの3つである。これらを鉄筋コンクリートにたとえることができる。この場合、鉄筋コンクリートのどの部分に3主要成分が相当するか解答欄に書きなさい。

**正解**

鉄筋コンクリートの部分	相当する木材の主要成分
鉄筋	セルロース
鉄筋を繋ぐ針金	ヘミセルロース
コンクリート	リグニン

問 4 各種心材の耐朽性に関するつぎの文のうち、正しいものに○をつけなさい。

- (1) 国産材ヒバやヒノキは耐朽性区分大であるが、ツガやエゾマツは耐朽性区分中である。
- (2) 国産材スギやクリは耐朽性区分中であるが、ケヤキやトウヒは耐朽性区分小である。
- (3) 国産材ナラやカシは耐朽性区分中であるが、アカマツやクロマツは耐朽性区分小である。
- (4) 米産材ベイヒヤベイヒバは耐朽性区分大であるが、スプルスやベイツガは耐朽性区分小である。
- (5) 南洋産材タイワンヒノキ(タイヒ)とチークは耐朽性区分大であるが、ラミンとアンペロイは耐朽性区分小である。

**正解** (3) (4) (5)

問 5 A, B, Cの3カ所より木材片を取り出し直ちに質量を測定した後、全乾状態にまで乾燥させ質量を再び測定したところ、表に示す結果を得た。A, B, C 3カ所の木材の含水率は、いくらになるか解答欄に数値を書きなさい。また3カ所の中で、腐朽の危険性が予測されるのはどこか、採取箇所の記事を解答欄に書きなさい。

採取箇所	採取直後の質量 (g)	全乾状態の質量 (g)
A	11.0	10.0
B	12.0	10.0
C	14.0	10.0

**正解**

採取箇所	採取直後の質量 (g)	全乾状態の質量 (g)	含水率 (%)
A	11.0	10.0	10.0
B	12.0	10.0	20.0
C	14.0	10.0	40.0
最も腐朽の危険性が高いと思われる箇所の記号			C

**問題3**

**問 1** (社)日本しろあり対策協会はその使用目的によって薬剤を4種類に分類している。それらの名称と使用目的を書きなさい。

**正解** **駆除剤** すでに木材等に侵入しているシロアリに対して、その殺虫を目的とし、残効性は短期間でもよい薬剤である。ガス化する薬剤によりシロア리를駆除することを目的とする燻蒸剤もこれに含まれる。

**予防剤** 木部に用い、長期間にわたりシロアリや腐朽の被害を予防することを目的とする薬剤である。

**予防駆除剤** 木部に用い、駆除と予防の両者の性能を具備した薬剤であり、一般に2種以上の薬剤の混合物である。

**土壌処理剤** 建築物の床下部分などの土壌処理に用いられる薬剤で、シロアリの防除に効力を発揮する。

**問 2** 薬剤の対象生物による分類に関するつぎの文の ( a ) ~ ( e ) に当てはまる語句を解答欄に記入しなさい。

- (1) 防虫剤：( a ) , ナガシクイムシ, シバンムシのような ( b ) 害虫の防除を目的とする薬剤である。広義には防蟻薬剤も含まれる。
- (2) 防蟻剤：( c ) の防除を目的とする薬剤である。
- (3) 防腐剤：( d ) の発育の予防および腐朽阻止を目的とする薬剤である。
- (4) 防腐防蟻剤：( d ) の発育と ( c )

による食害を防止する薬剤で、一般に防腐剤と防蟻剤の混合物である。

(5) 防黴剤：( e ) 類の発生を防止する薬剤である。

**正解**

a	b	c	d	e
ヒラタキクイムシ	乾材	シロアリ	木材腐朽菌	カビ

**問 3** つぎの文のうち、正しいものに○をつけなさい。

- (1) 可溶化剤は、有効成分を溶剤に溶かし、これに界面活性剤を加えて均質な液状にしたもので、使用時は水で希釈して乳濁液にする。
- (2) 水和剤は、有効成分に増量剤および補助剤を加え、均質に混合、粉碎した微細な粉末製剤。使用時は水で希釈し、懸濁させて用いる。
- (3) 油剤は有効成分を溶剤に溶かし、均質な液状としたもので、希釈せずそのまま用いる。
- (4) 粉剤は、有効成分に増量剤を加え、粉碎した48メッシュ以上 (300 μm 以下) の均質な粉末 (粒径：0.01~0.03mm) とした製剤。そのまま用いる。
- (5) 燻蒸剤は、有効成分に燃焼剤を加え、耐熱容器に入れた製剤。使用時は点火して燻煙状にする。

**正解** (2) (4)

**問 4** つぎの ( a ) ~ ( e ) の用語と最も関係のある語句または文を下欄 (ア)~(コ) から選んで、記号で解答欄に記入しなさい。

- (a) 魚毒性C類
  - (b) 劇物
  - (c) ADI
  - (d) エームステスト
  - (e) LD<sub>50</sub>
- (ア) 急性毒性試験より求められる50%致死量
  - (イ) 亜急性毒性試験より求められる50%致死量
  - (ウ) 1日当たりの摂取許容量
  - (エ) 長期間の実験から、なんらの影響の現れない最大投与量
  - (オ) コイに対する48時間後のTLmが0.5~10ppmの薬剤
  - (カ) コイに対する48時間後のTLmが0.5ppm以

下の薬剤

- (キ) マウス急性毒性LD<sub>50</sub>が経口で50mg/kg以下の薬剤
- (ク) マウス急性毒性LD<sub>50</sub>が経口で50～300mg/kgの薬剤
- (ケ) 細菌を用いた復帰突然変異試験
- (コ) 催奇形成試験

正解

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
カ	ク	ウ	ケ	ア

問5 つぎの文(1)～(5)の下線の部分が正しいものに○をつけなさい。

- (1) ジノテフラン、クロチアニジンおよびイミダクロプリドの水(20℃)に対する溶解性は、それぞれ40g/l, 327ppm, 510mg/lである。したがって、床下土壌から水により最も溶脱しやすいのはイミダクロプリドで、最も溶脱しにくいのはジノテフランである。
- (2) チアメトキサムのマウス経口LD<sub>50</sub>は雄で783mg/kg, 雌で964mg/kgである。またシラフルオフェンのそれらは5,000mg/kg以上である。したがって、これらの値によれば、チアメトキサムとシラフルオフェンはともに普通物である。
- (3) エトフェンプロックスのコイに対するTLm(96時間)は0.72ppmである。また、ペルメトリンのそれ(48時間)は0.043ppmである。したがって、この値によれば、エトフェンプロックスとペルメトリンの魚毒性はそれぞれBとCである。
- (4) ビフェントリン、フェノバルブおよびトラロメトリンの蒸気圧はそれぞれ $1.8 \times 10^{-7}$ mmHg(25℃),  $1.2 \times 10^{-5}$ mmHg(20℃),  $1.3 \times 10^{-13}$ mmHg(25℃)である。したがって、床下土壌から最も蒸発しやすいのはフェノバルブで、最も蒸発しにくいのはトラロメトリンである。
- (5) クロチアニジン、ビフェントリンおよびホキシムのADI値はそれぞれ0.078mg/kg/日, 0.02mg/kg/日, 0.01mg/kg/日である。したがって、この値によれば、これらの薬剤で床下土

壌を処理する際に、作業者に対する安全性が最も高いと考えられるのはホキシムで、安全性が最も低いと考えられるのはクロチアニジンである。

正解 (2) (3) (4)

問題4

問1 つぎの文の(1)～(5)に当てはまる語句を解答欄に記入しなさい。

- (1) 木材の横断面を見たとき、中心部分に(1)があり、一般に亜寒帯や温帯域の木材の場合、その周りに同心円がいくつも見られ、これを生長輪といい、日本の木のように1年に1つ作られる場合は(2)という。
- (2) 木材の横断面の外周部分は色が淡く、その内側は濃色をしている。色が淡い部分を(3)、木材の横断面の色が淡い部分の内側で、通常外側より色が濃い部分を(4)という。
- (3) 木材には、繊維方向、接線方向、放射方向の3つの方向があり、木材を繊維方向と直角に切断した面を(5)面という。

正解

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
髓	年輪	辺材	心材	木口

問2 つぎの文のうち正しいものに○をつけなさい。

- (1) 木材の両端部のうち、根元に近い端部を元口、樹木の先端に近い部分を末口といい、柱は末口を下にして建てられる。
- (2) 生材が乾燥し始めると、まず結合水が蒸発し始め、その後に自由水が蒸発する。
- (3) 繊維飽和点以上では、含水率が変化しても木材の曲げ強度は変化しない。
- (4) 木材を乾燥する目的には、収縮・干割れの防止、狂いの防止、菌類発生の防止などがあげられる。
- (5) 木の生長は春から夏にかけて極めて盛んなため、この時期に形成された細胞は比較的大きく細胞壁も厚い。

正解 (3) (4)

問3 建築基準法・同施行令に関するつぎの文のうち、正しいものに○をつけなさい。

- (1) 建築基準法は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関して必要な基準を定めているので、定められた基準を越える仕様を付加することはできない。
- (2) 敷地内の排水に支障がない場合又は建築物の用途により防湿の必要がない場合を除き、建築物の地盤面は、これに接する道の境より高ければ、建築物の周囲の土地と同じ高さでよい。
- (3) 湿潤な土地、出水のおそれの多い土地に建築物を建築する場合においては、盛土、地盤の改良その他安全上必要な措置を講じなければならない。
- (4) 最下階の居室の床が木造である場合における床の高さは、直下の地面からその床の上面まで45cm以上とする。
- (5) 外壁の床下部分には、壁の長さ5m以下ごとに、面積200cm<sup>2</sup>以上の換気孔を設け、これにねずみの侵入を防ぐための設備をする。

正解 (3) (4)

問4 つぎの文は液剤による土壌処理を説明したものである。□(1)□～□(5)□にあてはまる語句または数字を解答欄に記入しなさい。

帯状散布法は、床下土壌表面に液状の土壌処理剤を帯状に散布する方法で、基礎の内側および束石の周囲、配管などの立ち上がり部分の土壌に対して、壁際から帯状に□(1)□cm幅で薬剤を処理する。薬剤の散布量は処理長1m当り□(2)□ℓとする。

面状散布法は、土壌の表面に乳剤を均一に散布する方法で、散布量は1m<sup>2</sup>あたり□(3)□ℓとする。5m以内に□(4)□がある場合には、薬剤の□(5)□及び処理の方法を選定しなければならない。

正解

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
20	1	3	井戸	剤形

問5 木部処理に関するつぎの文のうち、正しいものに○をつけなさい。

- (1) 2回吹付けまたは塗布したときの薬液付着量は30分の浸漬と同程度である。
- (2) 塗布した場合と吹付けした場合とを同じ木材で比較した場合、塗布は吹付けに比べて、薬液消費量は1.5～2倍になる。
- (3) 心材の薬液吸収量は辺材の約2倍になる。
- (4) 仕上げしてある面(滑面)の薬液吸収量は、仕上げしてない面(粗面)の約2倍である。
- (5) 木材の木口面とまさ目面とを比較すると、薬液吸収量は木口面の方が大きい。

正解 (1) (5)

問題5

問1 つぎの工作物のうち、建築基準法上の建築物として正しいものに○をつけなさい。

- (1) 運動会でのテント小屋
- (2) 四阿(あずまや)
- (3) 鉄道の線路敷地内のプラットフォーム
- (4) 建築物に付属する門
- (5) 野球場のスタンド

正解 (2) (4) (5)

問2 木造住宅の防水性・雨仕舞に関するつぎの文のうち、正しいものに○をつけなさい。

- (1) 防水性とは、防水材料を用いて隙間のない面を造り、その面より内部に水蒸気を侵入させないことである。
- (2) 雨仕舞とは、材料の構成の仕方、接合の仕方によって、雨水を建物外へ排出することである。
- (3) 瓦屋根では、瓦と瓦の間に隙間はあっても、屋根勾配があるため、基本的に雨水は瓦の面を伝わって流れ、隙間から侵入しない雨仕舞になっている。
- (4) 屋根下地は、アスファルトルーフィングやアスファルトフェルトなどを用いた下ぶきを必ず行い防水性を高めている。
- (5) 左官仕上げの壁でも、下地板の外側には必ず防水紙を貼り、その継ぎ目は30mm以上の重ね貼りをすることにより防水性を高めている。

正解 (2) (3) (4)

問3 地震力・風圧力に耐える機構について、つぎの文の(1)～(5)の空欄に当てはまる語句を解答欄に記入しなさい。

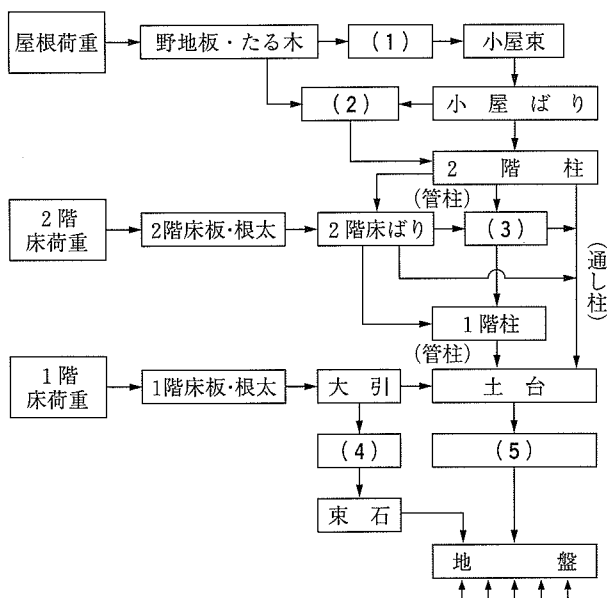
地震や台風に対して建物が変形したり、倒壊しないためには、床や壁がひし形に変形しないようにすればよい。木造建物では、四角形を変形させないように各種の方法がとられている。

壁の場合は四角形の対角線上に入れた部材を(1)といい、外壁に対してつかえ棒となるものを(2)、隅を固めるものを(3)という。また、小屋梁面ならびに2階床梁面には(4)、1階床面には(5)をいれて固めるが、水平トラスや面材を使用することもある。

正解

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
筋かい	控柱	方づえ	火打梁	火打土台

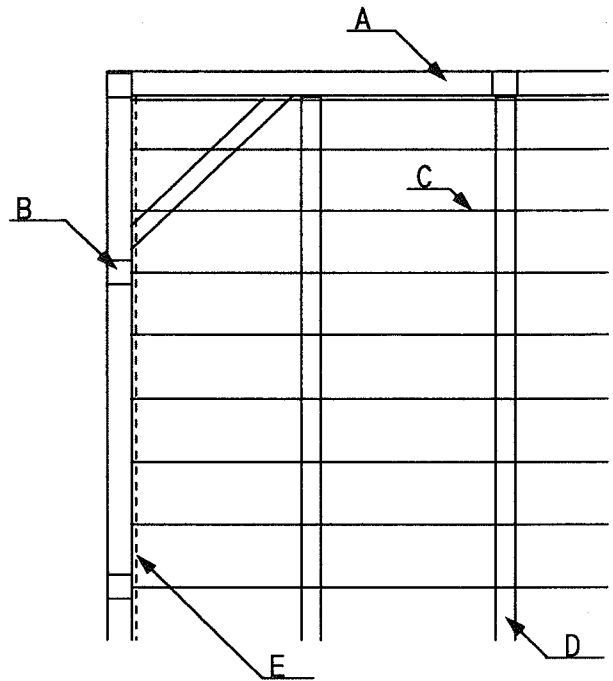
問4 つぎの図は軸組構法における荷重の流れを示したものである。図中の(1)～(5)に当てはまる語句を解答欄に記入しなさい。



正解

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
もや	けた	胴差	床束	布基礎

問5 つぎに示す図は木造住宅の1階の床伏図の一部である。図中のAからEで示された各部材の名称を解答欄に記入しなさい。



正解

A	B	C	D	E
土台	柱	根太	大引	根太掛

## 社団法人 日本しろあり対策協会 第49回通常総会報告

- 日 時 平成18年2月24日(金)  
午後2時～3時
- 場 所 東京厚生年金会館
- 正会員総数 920名
- 出席正会員数 550名(内訳:出席者47名,委任  
状出席503名)
- 定刻に至り司会者が開会を宣し,本日の通常総会  
は定足数を満たし有効に成立した旨を告げた後,  
檜垣宮都会長から開会挨拶があった。
- 次いで司会者が議長の選任について諮ったと  
ころ,司会者に一任との発言があり,司会者から鈴  
木誠至郎氏の指名があり,全員異議なく,鈴木誠  
至郎氏が議長に選任され議長席に着いた後,議事  
録署名人に吉村 剛氏及び宮田賢三氏を選出し,  
議案の審議に入った。
- 議事経過  
第1号議案 平成17年度会務及び事業実施報告に  
ついて  
森本桂副会長より議案の説明があったのち,異  
議なく承認された。  
第2号議案 平成17年度収支決算承認について

事務局より平成17年度収支決算報告の説明,引  
続き,広瀬博宣監事より監査報告があったのち,  
異議なく承認された。

第3号議案 平成18年度事業計画(案)の承認に  
ついて

有富榮一郎副会長より平成18年度事業計画(案)  
の説明があったのち,異議なく承認された。

第4号議案 平成18年度収支予算(案)の承認に  
ついて

事務局より平成18年度収支予算(案)の説明が  
あったのち,異議なく承認された。

以上を以って第49回通常総会の議案の審議を終了  
し,閉会を宣し解散した。

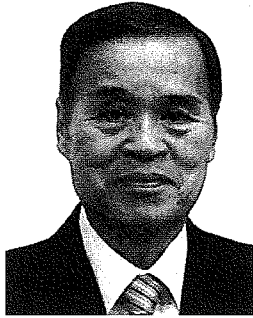
上記の議決を証するため,議長及び議事録署名人  
がつぎに記名押印する。

平成18年2月24日

議 長	鈴木 誠至郎	㊟
議事録署名人	吉 村 剛	㊟
議事録署名人	宮 田 賢 三	㊟



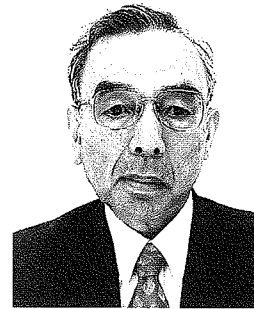
## 吉元敏郎先生 黄綬褒章受章



このたび本協会・副会長，ナギ産業(株)代表取締役吉元敏郎先生は，建築物管理業に精励するとともに関係団体役員として業界の発展に寄与された長年のご功績により，黄綬褒章を受章されました。

皆様とともにお慶び申し上げます。

## 森本 桂先生 国土交通大臣表彰受賞



このたび本協会副会長，九州大学名誉教授森本桂先生は，建築物管理業に精励するとともに関係団体役員として業界の発展に寄与されたご功績により，平成18年度建設事業関係功労者等国土交通大臣表彰を受賞されました。

皆様とともにお祝い申し上げます。

### 編集後記

● 本号と一緒に，第49回全国大会（於：金沢市）における行事の一環として開催される研究発表会の申込書を皆様にお届けいたしました。初めての試みでもあり，正直言いまして不安な部分もありますが，委員会としては会員の皆様，特に現場で実務に携わっておられる登録施工業者会員の皆様のホットな話題提供を切に期待しております。奮ってお申し込み下さい。

● 本号は私が委員長として発行した5冊目の「しろあり」誌となります。研究者の端くれとして，日本の若手研究者の新しい研究内容をできるだけ紹介したい，という気持ちで編集してまいりました。皆様いかがでしょうか？本号でも，玉川大学の北條さん，岡山大学の松浦先生，山口大学の神原さんの大変興味深い報文をお届けすることができました。日本のシロアリ研究は世界に誇るレベルを持っていると自負しております。

● さて，本「しろあり」誌は，次号No.146をもって現在の年4回の発行を終了し，①学術的な報文中心で現在の雑誌名を引き継ぐ「しろあり」（年2回発行予定）と，②肩のこらないニュース誌（仮称

JTCAニュース：年4回発行予定）の2つに分離・再編集を行うことになりました。その内容については現在ワーキンググループにおいて鋭意検討を進めております。ご意見等ございましたら是非お寄せ下さい。

● 先日，「建築工法の変化とこれからのシロアリ防除施工について」，と題しまして，登録施工業者会員，薬剤メーカー会員，学識経験者（一般）会員から計7名の方にお集まりいただき，座談会を行いました。その内容については次号に掲載する予定ですが，参加された方々の発言からは，「住宅工法の変化を後追いしているだけではダメである。シロアリ防除に携わる日本で唯一の専門家集団として，積極的に社会に向けて発信しなければならない。」という熱い想いがヒシヒシと感じられました。協会の広報・普及に責任を持つ者として，身の引き締まる思いがいたしました。

● 最後に，協会の広報・普及活動に対して益々のご助言とご協力を賜りますようお願いいたします。（吉村 記）

# 出版のご案内

## 社団法人 日本しろあり対策協会発行物一覧

図 書 名	価格(税込)	会員価格	送 料	
シロアリと防除対策	3,150円	—	340円	
試験問題集 (2006年版)	3,500円	—	290円	
しろあり及び腐朽防除施工の基礎知識 (防除施工士受験用テキスト・2006年版)	2,500円	—	290円	
木造建築物の腐朽診断と補修方法	2,000円	1,500円	210円	
防虫・防腐用語事典 (改訂版)	1,500円	1,000円	210円	
防除施工標準仕様書	300円	—	180円	
しろあり防除施工における安全管理基準	500円	—	210円	
しろあり防除 (予防・駆除) 薬剤の安全性	会員のみ 頒布	2,000円	210円	
パンフレット (被害・生態・探知)	会員のみ 頒布	150円	別 途	50部 以上
〃 ( 〃 ) A4版	会員のみ 頒布	200円	別 途	
安全手帳	会員のみ 頒布	500円	140円	
機関誌「しろあり」	1,000円	—	210円	

※ご注文の場合は、現金書留または振込でお願いします。

銀行振込口座      りそな銀行新宿支店 普通預金 No.0111252  
 郵便振替口座      00190—3—34569  
 口 座 名          (社)日本しろあり対策協会