

しろあり

TERMITE JOURNAL

7

2011

No.156



社団法人 日本しろあり対策協会

JAPAN TERMITE CONTROL ASSOCIATION

目 次

<報 文>

シロアリ用薬剤施用がアリ 2種 (*Lasius japonicus* Santschi. *L. fuji* Radchenko) と
ワラジムシ (*Porelio scaber* Latreille) へ及ぼす影響……………青 山 修 三…(1)

ジョグジャカルタの王宮型および住居型ジョグロ建築の
シロアリ被害調査……………築瀬佳之・森 拓郎・土居修一…(7)

琉球大学における私たちのシロアリ研究……………徳 田 岳…(13)

日本のシロアリの様々な防衛方法……………北 條 優…(19)

南西諸島とその周辺におけるシロアリの分布……………山 田 明 徳…(28)

<文献の紹介>

東南アジアにおける多様なシロアリ種の管理に関して
Managing Subterrenian termites in South east Asia
……………Chow-Yang Lee, Charunee Vongkaluang & Michael Lenz
訳：名葉哲朗・大嶽讓治…(36)

<協会からのインフォメーション>

田辺信介氏紫綬褒章受章……………(42)

しろあり防除薬剤等認定一覧……………(43)

表紙写真：ジョグ・ジャカルタ王宮柱材の乾材シロアリによる被害
(写真提供：築瀬佳之 本文10ページ)

し ろ あ り 第156号 平成23年7月16日発行		広報・普及委員会	
発 行 者	吉 村 剛	委 員 長	吉 村 剛
発 行 所	社団法人 日本しろあり対策協会	副 委 員 長	大 坂 山 士 大 佐 片 木 山 吉 島 吉
	〒160-0002 東京都新宿区新宿1丁目12-12 オスカカテリーナ(4F)	委 員	村 嶽 本 山 井 村 藤 野 本 辺 野 袋 田
	電話 03(3354)9891 FAX 03(3354)8277		和 昌 春 正 利 弘 敏 邦
	http://www.hakutaikyo.or.jp/		剛 治 美 雄 正 子 司 夫 道 成 章 雄 博
印 刷 所	東京都中央区八丁堀4-4-1 株式会社 白 橋	事 務 局	
振 込 先	りそな銀行新宿支店 普通預金 No.0111252		

SHIROARI

(TERMITE JOURNAL)

No.156 July 2011

Contents

[Reports]

- The action of influence on 2 species ants (*Lasius japonicus* Santschi. *L. fuji* Radchenko) and
saw bugs (*Porelio scaber* Latreille) by termitecide applicationShuzo AOYAMA···(1)
- Investigation of Termite Attack to Sultan's Palace and House-style Joglo Buildings in
Yogyakarta, Indonesia..... Yoshiyuki YANASE, Takuro MORI and Shuichi DOI···(7)
- Our Recent Studies on Termites at the University of the Ryukyus.....Gaku TOKUDA···(13)
- Defense mechanisms of Japanese Termites Masaru HOJO···(19)
- Distribution of Termites in the Nansei Islands and its Neighboring Regions..... Akinori YAMADA···(28)

[Abstracts of scientific Papers]

- Managing Subterrenian termites in South east Asia
..... Chow-Yang LEE, Charunee VONGKALUANG and Michael LENZ
(Translation : Tetsuro NABA and Johji OHDAKE)···(36)

- [Information from the Association]** (42)

〈報 文〉

シロアリ用薬剤施用がアリ 2 種 (*Lasius japonicus* Santschi, *L. fuji* Radchenko) と ワラジムシ (*Porelio scaber* Latreille) へ及ぼす影響

青 山 修 三

1. はじめに

シロアリ用薬剤は当然ながら防除標的はシロアリである。ところが、特に土壌処理は大量に施用されるところから、本来の標的以外の非標的動物であるアリ類やワラジムシなど土表徘徊動物に多大な影響を与えている恐れがある。仮にこれらの動物を死に至らしめると、結果的に依頼されていない不快害虫まで退治をしていることになり、無用な殺生はすべきではないし、無意識のうちに自ら防除業務の生業範囲を狭めてはいまいかとの懸念もある。また、一方では用途外使用問題がある。北海道はシロアリ駆除需要が大変少ない地域である¹⁾にもかかわらず、いわゆるホームセンターではシロアリ防除剤が販売されている。したがって、一般市民が本剤をアリ類防除に卓効力有りとして誤解して転用している可能性が考えられ、我々防除専門家としては薬剤の用途外使用を諫めなければならないところである。他方のワラジムシは札幌市内の家屋周辺では、放置された建材の下や外基礎際の犬走りに敷いた砂利の間に潜み、本来の餌である落ち葉の他に生ゴミ中の肉、魚、野菜などを食べている夜行性の陸生甲殻類である²⁾。シロアリ防除の際にワラジムシの餌への薬剤汚染は充分考えられる。著者の腐葉土培地実験によって、かつてシロアリ用に用いられた有機塩素剤のディルドリンやリンデン、有機リン剤フォキシムなどともにピレスロイド系薬剤のワラジムシに対して殺虫力(即効力と残効力)があることが判明している³⁾ので、これらのシロアリ用薬剤施用がアリ類やワラジムシへ影響を与えていたと推定された。今日では、(社)日本しろあり対策協会の指導は出来るだけ地球環境にかかる負荷量が小さくなる方法で使用されなければならないとされている⁴⁾。環境汚染防止の意味から

も薬剤の過剰使用を避けるべきであり、非標的動物への負荷を軽くすることが理想である。しかし、市販シロアリ薬剤の土表徘徊動物に対する影響についての情報は少ない。本報告は土表徘徊動物に対する薬剤効果の評価が目的ではない。アリ類やワラジムシに対する影響を知った上で、シロアリ防除施工をしていただくのが著者の本意である。

2. 材料および方法

2.1 供試虫

トビイロケアリ (*Lasius japonicus* Santschi) とクロクサアリ (*L. fuji* Radchenko) はともに2006年7月15日に札幌市清田区内で採集し、10%砂糖水と湿らせたペーパータオルを与えたポリエチレンフタプレート製容器内で飼育(室温約25℃)したのちに供試した。ワラジムシ (*Porelio scaber* Latreille) は実験開始前1週間以内に札幌市清田区内の広葉樹人工林で採集した後、樹脂製バット(30×17×10mm)内で、ジャガイモ、煮干と湿度調節用に水を含んだペーパータオルを与え、室温20～25℃で飼育した個体のうち、体長8mm以上のものを供試した。

2.2 供試薬剤

市販されているシロアリ用土壌処理剤の中からピレスロイド系としてピフェントリン5%乳剤(ケミホルツ製)を、ネオニコチノイド系としてチアメトキサム25%水和性顆粒剤(シンジェンタ製)、イミダクロプリド20%乳剤(バイエルクロップサイエンス製)、クロチアニジン5%乳剤(日本エンバイロケミカルズ製)の3種を、有機ケイ素系としてシラフルオフェン15%乳剤(大日本除虫菊製)を供試した。これらと比較するために防疫用殺虫剤である有機リン系フェニトロチオン10%FL剤(シントーファ

イン製,ワラジムシに使用せず)も供試薬剤とした。

2.3 シロアリ用薬剤残渣面を通過したトビイロケアリとクロクサアリに対する影響

あらかじめ水で成分濃度を0.1%に調整した希釈液へ、長さ50mm直径5mmのポリプロピレン製ストローを1分間浸漬させた後、室内で24時間乾燥させた。2個の蓋のない直径30mm高さ50mmのポリエチレンフタレート製35mmフィルムケースの下端に直径5mmの穴を開け、殺虫剤処理済みのストローで連結して通路区とし、一方のケースに10%砂糖水約1.5mlを含ませた脱脂綿(0.5g)を置いて餌場区とし、他方のケースを入口区とした(図1)。無処理のストローは薬剤処理をしなかった。供試した2種のアリは、刺激によりパニック状態となり特有の揮発物質を発散するため、あらかじめ275mlのスチロール製樹脂カップに10個体ずつ入れて沈静化させた後、実験開始とともに2種の供試虫をそれぞれの装置の入口区へ手早く投入し、経過時間ごとの仰転個体数と試験装置の各区に滞留する個体数を記録した。仰転は供試虫が横転し、脚が痙攣して歩行困難となった状態とした。なお試験開始6時間後に供試虫を水で湿らせたろ紙を敷いた直径90mmのペトリ皿へ移し変えて、24時間後に完全に動かなくなった状態を死亡とみなした。フィルムケース、カップとペトリ皿の内側には登はん防止のタルクを塗布した。実験は各薬剤とも試験装置に直射日光が照射しないように窓をブラインドで遮光した室温25℃、湿度55%RHの室内で5反復ずつ行った。実験期間は2006年7月21日から7月29日までであった。

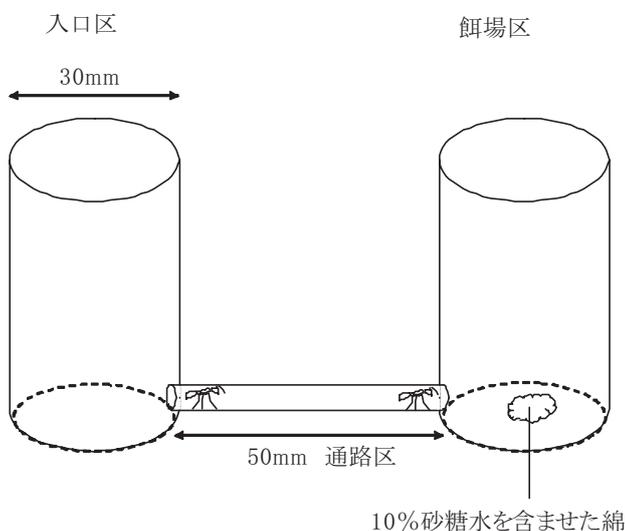


図1 残渣接触実験装置

2.4 ワラジムシのシロアリ用薬剤に浸漬した死骸に対する喫食の影響

供試薬剤を水で希釈し、有効成分濃度を0.1%に調整した。飼育中のワラジムシを希釈液へ瞬間浸漬(0.5秒以内)した後、供試薬剤および雌雄別に直径90mmのペトリ皿へ移し、24時間後に死亡を確認した上で、冷凍保存し、供試時に解凍して処理死骸として供試した。供試死骸は供試個体と同性の個体とした。対照区には飼育中に死亡した死骸を用いた。直径90mmのペトリ皿の底面に、ワラジムシが潜り込まない程度に水を含ませたろ紙を敷いて密着させ、中央に処理死骸を置いた。ワラジムシ雌または雄を10個体投入して逃亡防止のため蓋をし、5日間、死亡個体数と死骸の喫食状況を記録した。仰転せずに死亡する個体があるため、つまよう枝による刺激に対して全く反応せず、脚が動かない個体を死亡個体と見なした。実験は2009年8月8日から8月19日までの期間であり、5反復行った。室温は21~25℃であった。喫食程度の判定は①-:食痕跡なし、②+:触角や脚を食べた、③2+:体の一部を食べた、④3+:ほとんど食べた、の4段階とした。

3. 結果および考察

3.1 シロアリ用薬剤のトビイロケアリとクロクサアリに対する影響と忌避性

シロアリ用薬剤の残渣面を歩行させた影響として、表1にはトビイロケアリ、表2にはクロクサアリに対する仰転効果を経過時間ごとの仰転率と24時間後の死亡率、そしてそれぞれの表に、集計記録からエクセル上に経過時間—仰転個体数近似線を作成して得た KT_{50} 値を示した。無処理では両供試虫ともに6時間後以前の仰転率は0%で、24時間後の死亡率は2%であった。フェニトロチオンはトビイロケアリの方に速く効果があらわれ30分後28%、1時間後86%、2時間後100%の仰転率で、 KT_{50} 値が0.7時間であった。それに対しクロクサアリでは1時間後48%、2時間後98%の仰転率で、 KT_{50} 値が1.4時間であった。シロアリ用土壌処理剤では、ピレスロイド系ピフェントリンでは実験開始後ただちに供試個体がパニック状態となり、通路区を通過しない個体が観察されていたにもかかわらず、トビイロケアリで6時間後に100%、クロクサアリで54%の仰転率であった。また KT_{50} 値はトビイロケアリに対し

表1 トビイロケアリに対する仰転率と KT_{50} 値

薬剤名	1区の供試数	仰転率% (時間*)					KT_{50} 時間	24時間後の死亡率(%)
		0.5	1	2	3	6		
無処理	10	0	0	0	0	0	>360	2
フェニトロチオン	10	28	86	100	100	100	42	100
ピフェントリン	10	10	36	68	76	100	108	96
チアメトキサム	10	0	0	0	2	8	>360	92
イミダクロプリド	10	0	0	0	0	2	>360	48
クロチアニジン	10	0	0	0	0	0	>360	4
シラフルオフェン	10	0	0	2	94	96	>168	54

* 1区10個体5反復の平均値

表2 クロクサアリに対する仰転率と KT_{50} 値

薬剤名	1区の供試数	仰転率% (時間*)					KT_{50} 時間	24時間後の死亡率(%)
		0.5	1	2	3	6		
無処理	10	0	0	0	0	0	>360	2
フェニトロチオン	10	0	48	98	100	100	108	100
ピフェントリン	10	8	2	12	30	54	336	80
チアメトキサム	10	0	0	0	2	4	>360	54
イミダクロプリド	10	0	0	0	0	2	>360	62
クロチアニジン	10	0	0	0	0	0	>360	0
シラフルオフェン	10	0	0	0	70	100	168	86

* 1区10個体5反復の平均値

て1.8時間、クロクサアリに対して5.6時間であった。ネオニコチノイド系チアメトキサム、イミダクロプリド、クロチアニジン3種の6時間後までの仰転率はいずれも低く、3種薬剤とも0%に近く、即効力はなかった。24時間後の死亡率が両供試虫に対して50%を超えたのはチアメトキサムだけであり、イミダクロプリドはクロクサアリに対して62%であった。クロチアニジンは両供試虫に対してほとんど仰転効果が見られなかった。有機ケイ素系シラフルオフェンは効果の出現が遅く、6時間後でトビイロケアリに対して96%、クロクサアリに対して100%の仰転率であったが、24時間後の死亡率はそれぞれ54%と86%となり、蘇生する個体が確認された。

各区に滞留した供試虫の構成率の時間経過ともなう変化を図2に示した。無処理は両供試虫ともに投入後の混乱は全くなく、ただちに通路の往来を始め、30分以内にトビイロケアリは主に通路区に(写真1)、クロクサアリは通路区と餌場区に滞留してコロニーを形成し、以後の移動はわずかとなった。それに対して、フェニトロチオン、ピフェントリン

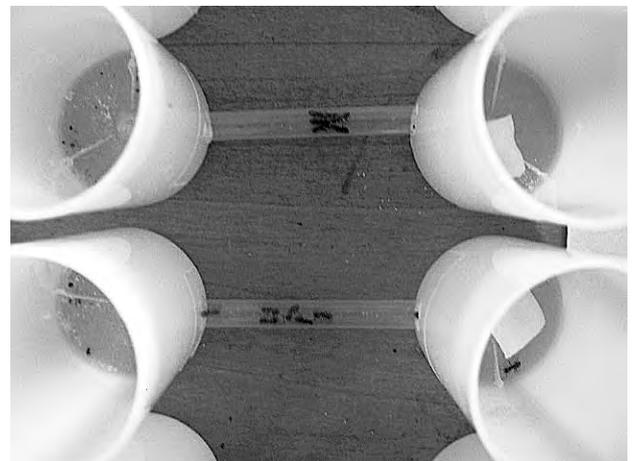


写真1 無処理通路区に集合するトビイロケアリ

とシラフルオフェンは両供試虫ともに終始活発に動きまわり、通路区に滞留することはなかった。特にピレスロイド系ピフェントリンに対する両供試虫の動きは激しくパニック状態であった。反対にネオニコチノイド系チアメトキサム、イミダクロプリドとクロチアニジンに対する両供試虫の動きは緩慢で、ほとんど無処理と変わらなかった。特に、イミダク

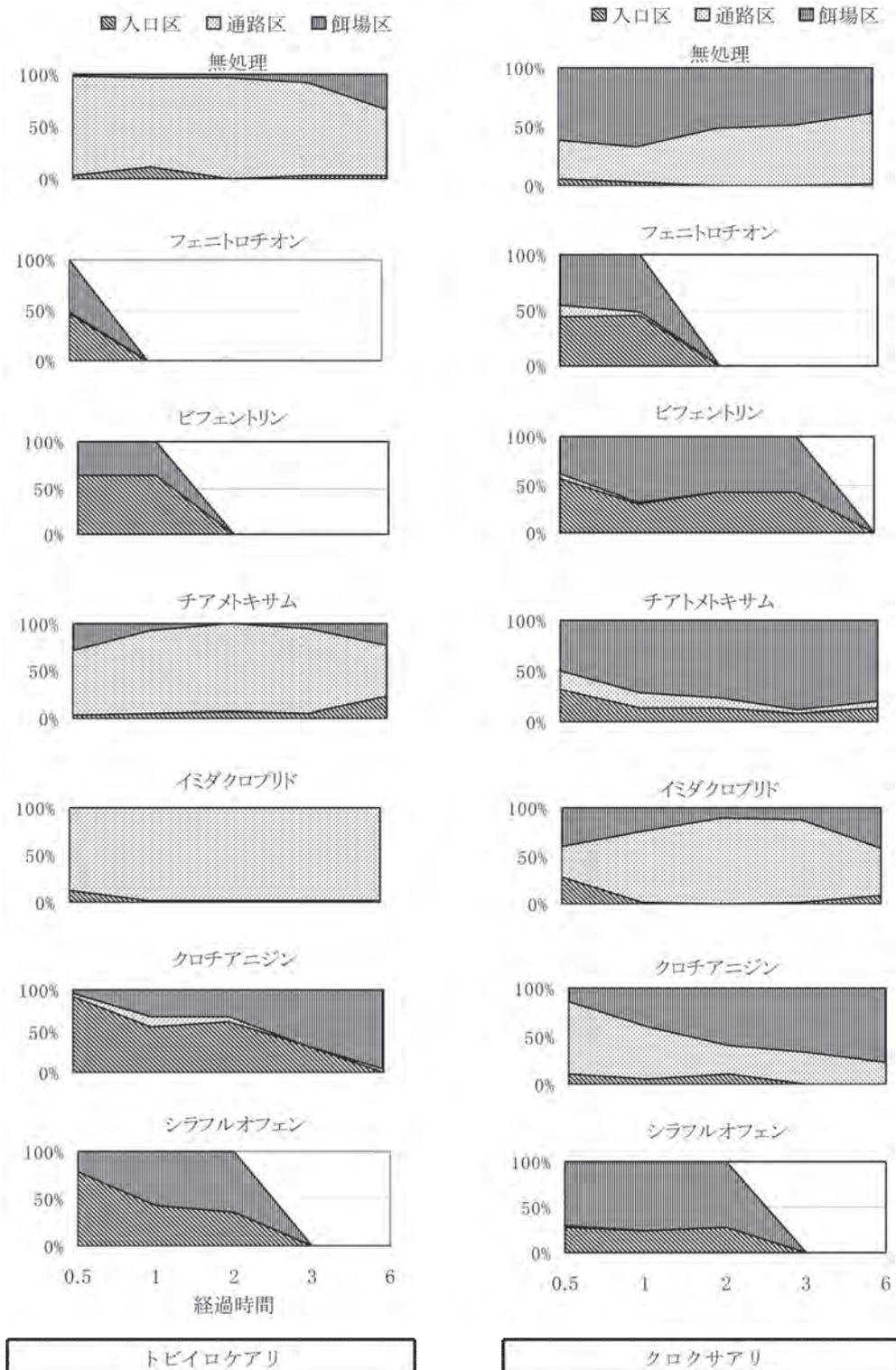


図2 各区健全固体の滞留比率 (KD 個体は除外した)

ロプリドは両供試虫とも、無処理同様に通路区に滞留した。したがって、実験に用いたいずれのシロアリ用土壌処理剤も防疫用フェニトロチオンより即効力、殺虫力ともに劣り、シロアリ用薬剤の中には、これら2種アリ駆除へ転用（用途外使用）しても効

果的ではない薬剤があることが実験的にも確かめられた。これらのうちで、ピフェントリン施用後の家屋に侵入したトビイロケアリとクロクサアリがパニック状態になると予想され、このことが侵入阻止効果を示すか、あるいはアリ類の難防除要因のい

表3 殺虫剤汚染死骸を与えたワラジムシの経日の死亡数*

実験用汚染死骸**	投与後の経過日数															5日後の死亡率 (%)		
	1日後			2日後			3日後			4日後			5日後					
供試薬剤	♀	♂	計	♀	♂	計	♀	♂	計	♀	♂	計	♀	♂	計	♀	♂	計
チアメトキサム	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	1	2	1	3	4	2	3
イミダクロプリド	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	2	2	2	2
クロチアニジン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	3	2	4	3
ピフェントリン	42	50	92	50	50	100	50	50	100	50	50	100	50	50	100	100	100	100
シラフルオフエン	1	3	4	3	3	6	3	3	6	7	3	10	9	4	13	18	8	13
対照***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* 10個体5反復の合計

** 供試薬剤の水による所定希釈液にワラジムシ生体を瞬間浸漬させ、24時間後に死亡を確認したもの

*** 飼育中に死亡した同性の死骸

れかになる可能性が考えられた。また、非忌避性を示した薬剤の原体はベイト剤など他の用途へのアリ用製剤への利用が望まれた。

3.2 シロアリ用薬剤汚染ワラジムシ死骸喫食の影響

供試薬剤に瞬間浸漬処理したワラジムシはすべて24時間以内に死亡し、処理死骸として供試することができた。投入後の死亡個体数を表3に、5日後の喫食状況を表4に示した。ワラジムシは対照区の無処理死骸をよく喫食し、死亡しなかった。ピフェントリン処理死骸に食跡は認められず、死骸の喫食はなかったが、雌が2日目に、雄が1日目に全個体が死亡した。それとは逆に、他の供試薬剤を処理した死骸に食痕が認められたにもかかわらず、いずれも5日後の死亡率は低かった。特にチアメトキサムとシラフルオフエンは雄で処理死骸の喫食程度が対照の無処理死骸のそれに近づいていた。ワラジムシに対してピフェントリンは大きな影響を与えたが、実験に用いた他の薬剤は処理死骸を喫食してもほとんど死亡しないことがわかった。

4. ま と め

シロアリ用薬剤の施用が土表徘徊動物であるトビイロケアリ、クロクサアリのアリ2種とワラジムシに対する影響を調べた。2種のアリは北海道に生息するヤマトシロアリ同様に、古木や古損木に営巣し、ワラジムシは札幌市内の家屋周辺に普通に見られる陸生甲殻類である。2種のアリはピレスロイド系ピフェントリン0.1%濃度希釈液の残渣面に接触せずともパニック状態となり死亡した。同様にピフェン

表4 ワラジムシの汚染死骸の喫食状況：5反復

実験用汚染死骸*	喫食量の程度にともなう反復数**							
	雌				雄			
供試薬剤	-	+	2+	3+	-	+	2+	3+
チアメトキサム	0	3	1	1	0	1	4	0
イミダクロプリド	3	2	0	0	1	1	2	1
クロチアニジン	0	3	1	1	2	3	0	0
ピフェントリン	4	1	0	0	5	0	0	0
シラフルオフエン	1	0	3	1	0	0	5	0
対照***	0	0	2	3	0	0	0	5

* 供試薬剤の水による所定希釈液にワラジムシ生体を瞬間浸漬させ、24時間後に死亡を確認したもの

** 喫食量 -：食痕跡がない，+：触角や脚を食べた，2+：体の一部を食べた，3+：ほとんど食べた

*** 飼育中に死亡した同性の死骸

トリン汚染ワラジムシ死骸を喫食しなくともワラジムシ生体はそれに接近するだけで死亡した。したがって、ピフェントリンの家屋での施用によって、これらの土表徘徊動物の生態を大いに混乱させる可能性が考えられた。ネオニコチノイド系チアメトキサム、イミダクロプリド、クロチアニジンに対して、2種のアリは残渣面に接触して24時間後に100%死亡に至らなかった。また非忌避性を示したことから、これらの薬剤施用範囲への営巣などの滞留によって、アリ2種対して時間経過とともに影響を与えると思われた。ネオニコチノイド系3薬剤の汚染死骸を喫食したワラジムシの死亡率は低かった。しかし、希釈液に浸漬したワラジムシは24時間以内に死亡するので、ワラジムシへの直接散布は影響あると

見なされ、シロアリ用薬剤散布の際には、不必要な場所への撒布や飛散に注意して防除を実施すべきであろう。

(本報告は著者が酪農大学大学院へ提出した博士(農学)取得のための論文(2011)の一部を抜粋して編集し、加筆したものである。)

引用文献

- 1) 青山修三(2005): 我国最北端にせまる北海道のシロアリ生息分布, 木材保存, 31(4), 152-161.
- 2) 青山修三(2009): 札幌市内で採集したワラジムシ

Porcellio scaber Latreille の習性に関する考察—蟻土喫食性, 日周行動, 糞への集合性および繁殖期間の推定—, ペストロジー, 24(2), 51-54.

- 3) 青山修三(2010): 市販殺虫剤のワラジムシに対する効果比較, 学位論文 [北海道における家屋害虫の生態と防除に関する研究], pp. 276-289, 酪農大学大学院.
- 4) 社)日本しろあり対策協会(2009): しろあり防除施工士登録更新研修テキスト防除薬剤等の現況, p. 29, 社)日本しろあり対策協会. 東京
(株)青山プリザーブ



<報 文>

ジョグジャカルタの王宮型および 住居型ジョグロ建築のシロアリ被害調査

築瀬 佳之¹⁾・森 拓郎²⁾・土居 修一³⁾

1. はじめに

世界中どの地域においても生存基盤として最も重要とされるもののひとつに「住」があげられる。これは、掘っ立て小屋からきちんと設計された住宅や集合住宅まで様々である。インドネシアでは、それほど多くの木造建築物があるわけではないが、今後の資源利用を考えると大いに発展する分野といえる。そこで、本調査では、インドネシアのジョグジャカルタで発達した「ジョグロ」といわれる形式の木造建築物を対象として、王宮及び住宅の建築を取り上げ、これら木造建築物における生物劣化被害について調査することを目的とした。ジョグロ建築は、インドネシアの伝統的建築物を支え、長年用いられてきた技術であるため、今後のインドネシアの建築を支える技術にも発展しうると考えてのことである。ただし、用いられている材料は耐久性が比較的高く、高価なチーク材であるため、一般住宅への

適用を考える上では、材料としてのさらなる検討が必要である。本調査では、5つの王宮の建築物、また6棟3軒の住宅、計11棟のジョグロ建築物を対象にシロアリおよび腐朽による生物劣化の調査を実施した。

2. 調査方法

写真1, 2に示すようなジョグロ建築を調査対象とした。ここで、ジョグロ建築について説明すると、王宮型のジョグロ建築(写真1)では大規模な建物が単体で建設されているのに対し、住宅型(写真2)では客間用のゲストハウスと実際に生活している母屋とが対になって建設されているところが大きく異なっている。また、住宅型の母屋については現在の住まい手に合わせて、土間がなくなっていたり、部材が完全にコンクリートで覆われていたりするものがあり、様々な状態になっていた。ただし、コンク



写真1 王宮型ジョグロ建築



写真2 住宅型ジョグロ建築（ゲストハウス）



写真3 含水率の計測（左）と超音波伝搬速度の計測（右）

リートで建て直されていた建屋以外では、規模が違
うだけですべて同様の形式で建築されていた。ちな
みに王宮の建築物は、約170年経過しており、住宅
型のものについては100年から200年ほど経過してい
るとのことであった。また、ジョグロ建築では、す
べての部材にチーク材が用いられている。これらの
部材について、断面寸法及び含水率（ケット社製、
HM530）などを計測した。建物の寸法についても
計測し、柱などの位置情報もデータとして収集した。
生物劣化調査では、目視によって生物劣化の程度を

把握した上で、部材の生物劣化診断などに用いら
れる超音波伝搬速度計測機器（秋田SKK社製、Dr.
Wood）によって、部材中の超音波伝搬速度を計測
した。写真3に、含水率計測と超音波伝搬速度計測
の様子を示す。また、シロアリ被害がある箇所につ
いては、被害材中でのシロアリ食害活動によって発
生するアコースティック・エミッション（AE）を
検出するためにAE検出器（丸和バイオケミカル社
製、AE DETECTOR 510）による調査も試みた。

3. 結果と考察

王宮型および住宅型ジョグロ、計11棟について、新築の王宮型1棟以外のジョグロ建築物でシロアリ被害が見られ、一部の柱や屋根部材で腐朽も観察された。本調査で得られたデータについて、王宮の建物、住宅でそれぞれ1つの計測結果の例を示す。

王宮型のジョグロについて、**図1**に建物(Srimanganti Hall)の柱配置図を、**表1**に計測した各柱の含水率と超音波伝搬速度(3回の測定の平均値)を示す。ここで、表中の「下部」と「中部」と「上部」は、柱の計測位置を示し、それぞれ脚部から約300mm, 1,200mm, 1,800mmの位置とした。本建築物は170年を経過した建物であり、同様の建築物で4年前に建築されたものが隣に建てられていた。超音波伝搬速度の計測については、E-1, E-5, F-1などで伝搬速度の低い部材がみられた。これらの部材については内部がシロアリ食害による空洞化、腐朽、割れ等によって伝搬速度が低下したと考えられるため、柱の強度が低下しているものと考えられる¹⁾。特に脚部近辺での被害が見られ、柱上部では伝搬速度の低下は計測されなかった。ただし、今回の調査では、柱高さ5m以上に対して、調査した高さが脚部から2m程度だったため、シロアリや腐朽被害が見られた屋根材の高さでの柱頭部では、生物劣化によって伝搬速度が低下している可能性もある(**写真4**)。多くの柱でシロアリ被害が観察されたが、それほど柱深くまで被害が進行している様子は観察さ

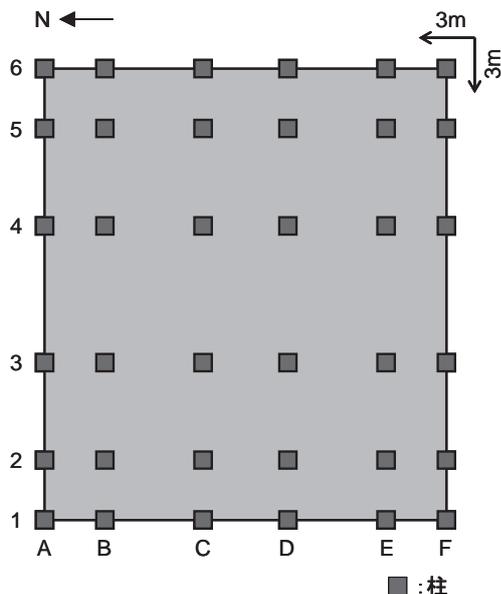


図1 王宮型ジョグロ (Srimanganti Hall) の柱配置図

表1 王宮型ジョグロの柱の含水率と超音波伝搬速度

柱番号	含水率 (%)			超音波伝搬速度 (m/s)		
	下部	中部	上部	下部	中部	上部
A-1	13.0	10.5	13.5	1,827	1,663	1,730
A-2	14.0	11.5	14.0	1,496	1,651	1,800
A-3	11.5	11.0	12.5	1,642	1,832	1,850
A-4	14.0	13.0	15.0	1,710	1,615	1,721
A-5	12.5	11.5	12.0	1,851	1,923	1,851
A-6	15.0	11.0	11.0	1,785	1,934	1,869
B-1	18.0	12.5	11.5	1,057	1,693	1,534
B-2	23.0	15.5	12.5	1,517	1,510	1,556
B-3	17.0	13.0	12.5	1,764	2,012	1,877
B-4	12.0	10.0	10.5	1,467	1,790	1,955
B-5	16.5	12.5	14.5	2,129	1,658	1,864
B-6	14.5	17.0	14.5	1,534	2,143	1,742
C-1	15.5	9.5	15.0	1,812	1,812	1,895
C-2	15.5	13.0	14.0	1,735	1,744	1,503
C-3	28.5	25.5	29.0	1,447	1,766	1,801
C-4	29.5	25.0	23.5	1,693	1,721	1,946
C-5	12.5	11.0	9.5	1,462	1,583	1,680
C-6	12.0	13.0	10.5	1,595	1,673	1,663
D-1	14.0	12.5	9.5	1,843	2,022	1,818
D-2	14.5	11.5	11.0	2,050	2,000	1,735
D-3	31.0	25.0	25.5	1,435	1,771	1,761
D-4	33.5	30.5	30.5	1,740	1,826	1,826
D-5	11.0	13.0	14.0	1,538	1,880	1,919
D-6	15.5	12.5	12.0	1,958	1,918	1,818
E-1	14.5	12.0	12.5	1,178	1,982	1,667
E-2	17.0	12.5	11.5	1,667	2,006	1,803
E-3	12.5	10.5	10.5	1,875	1,583	1,746
E-4	12.0	12.5	14.0	1,759	2,003	1,824
E-5	14.0	11.0	12.0	786	1,624	1,531
E-6	15.5	11.5	12.0	1,811	1,858	1,986
F-1	15.5	11.5	12.5	918	1,904	1,989
F-2	13.5	12.5	12.0	1,736	1,782	1,765
F-3	13.5	13.5	12.5	1,811	1,857	1,798
F-4	20.5	16.5	17.0	1,702	2,004	2,056
F-5	14.5	12.5	12.0	1,875	2,038	2,000
F-6	12.0	12.0	10.5	1,408	2,190	1,834

れなかった。また被害の激しい部分についてはAE計測を行ったが、ほとんどの計測点で、AEは検出されず、被害部位内部でのシロアリの食害活動は検出されなかった。次に、含水率については、含水率が高い部材もみられたが、外部に面している部分の部材の含水率が高いなどといった傾向はみられなかったものの、柱脚よりも柱頭部の含水率が低くなる傾向はみられた。また、含水率と超音波伝搬速度に



写真4 シロアリおよび腐朽による屋根材の被害



写真5 乾材シロアリによる柱の被害と虫糞の堆積

ついでに相関はみられなかった。4年前に新築された王宮型のジョグロでは、チーク材が十分乾燥されてなかったためか、比較的含水率の高い部材が散見された。しかし、シロアリや腐朽による被害はほとんどみられず、チークの耐久性の低下に伴ってこれらの被害が起こるのか、環境によって起こるのかについては判断できなかった。これらの課題については、今後検討していきたいと考えている。

本調査で確認されたシロアリ被害は、被害状況や虫糞の堆積から判断して乾材シロアリによるものであると推測したが(写真5)、調査対象の建築物内ではシロアリの生息を確認することはできなかったため、種の同定には至らなかった。王宮周辺の木材

中から、*Cryptotermes* 属であろう職蟻が数頭見つかかり、被害の傾向や虫糞から、おそらく王宮の被害もこの乾材シロアリによるものであると推測した。今回の調査全体を通して、王宮や住宅に使用される木材や周辺の樹木等で地下シロアリの被害や蟻道などは全く見られず、ジョグロ建築物に対するシロアリ被害は乾材シロアリによるものだけであった。

次に、住宅型のジョグロについて、図2に建物(Guest House)の柱配置図を、計測した各柱の含水率と超音波伝搬速度を表2に示す。ここで、表中の「下部」と「中部」と「上部」は、先ほどと同様に柱の計測位置を示し、それぞれ脚部から約300mm, 1,200mm, 1,800mmの位置とした。

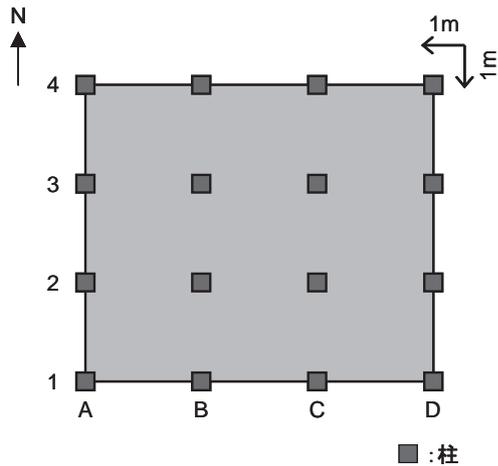


図2 住宅型ジョグロ (Guest House) の柱配置図

表2 住宅型ジョグロ (ゲストハウス) の柱の含水率と超音波伝搬速度

柱番号	含水率 (%)			超音波伝搬速度 (m/s)		
	下部	中部	上部	下部	中部	上部
A-1	21.0	12.5	12.0	1,500	1,358	1,440
A-2	20.5	12.5	7.0	1,812	1,850	1,859
A-3	25.0	10.5	6.5	1,761	1,587	1,595
A-4	15.0	11.0	10.5	1,552	1,572	1,446
B-1	—	15.5	13.5	1,765	1,739	1,827
B-2	19.0	8.5	11.5	1,601	2,004	1,963
B-3	18.0	10.5	9.5	2,000	1,841	1,780
B-4	16.5	9.5	9.0	1,821	1,664	1,694
C-1	—	12.5	10.0	1,603	1,950	1,581
C-2	14.5	9.5	10.0	1,684	1,905	1,905
C-3	22.0	12.5	15.5	1,818	1,839	1,818
C-4	19.0	12.0	13.5	1,595	1,603	1,546
D-1	16.5	11.0	11.0	1,943	1,875	1,705
D-2	28.5	13.0	13.5	1,779	1,833	1,681
D-3	24.5	10.0	10.5	1,614	1,818	1,690
D-4	17.5	13.0	11.5	2,033	1,842	1,888



写真6 乾材シロアリによる柱の被害 (左) と食害部位の補修 (右)

本建築物は200年を経過した建物である。超音波伝搬速度の計測については、乾材シロアリによる被害を受けている部材で1,500m/sを下回る値が得られ、これらの部材については強度が低下しているものと考えられる。また、乾材シロアリによる被害は柱脚というよりはむしろ柱頭部に多くみられた。被害がみられた箇所についてAEセンサによるシロアリの活性の調査を行ったが反応は見られず、シロアリの発見するには至らなかった。次に、含水率については、外回りの柱脚部で高い部材がみられた。雨

期の始まりに調査したため、外部と内部で含水率に大きな差がみられたと考える。また、前述と同様に含水率と超音波伝搬速度についての相関はみられなかった。王宮型のジョグロと異なり、柱は基本的に塗装などされておらず、乾材シロアリの被害が柱全体に見られるものもあり、中には被害箇所を樹脂のようなもので埋めている部分もあった(写真6)。

建物の規模および建築年数の若干異なる二つの建物(王宮型と住宅型)について比較すると、規模が小さいためか、Guest Houseの方が建物の状態が良

好であると見受けられた。王宮型については、その都度補修が行われているとのことであったが、補修方法が生物劣化を受けて空洞化した部分にコンクリートを詰めることや塗装をすることとなっており、これらの対応方法にも問題があると考えられる。また住宅型のジョグロについても王宮型ジョグロほど系統だった補修は行われていないが、コンクリートや樹脂等で空洞部分を補修している柱も見られた。ただし、用いているチーク材はかなり大断面であるため、生物劣化によって建物を支える強度が急速に低下するという印象は受けなかった。今後、これらの建築物について継続的な調査を行っていきたいと考えている。

4. おわりに

生物劣化の観点からほとんど調査されてこなかったジョグロ建築を対象に、王宮と住宅という異なるタイプについて、調査を行った。その結果、乾材シロアリによる被害がかなりみられ、これらの対応についても検討する必要があると考えられる。また、風通りの良い建築様式であるのに含水率が高い部材がみられ、腐朽の危険度が高い箇所が散見されることがわかった。今回行ったような調査によって、建築物の生物劣化による被害について検討可能であることがわかった。

今後、これらのデータをより詳細に精査すると共に、継続的調査を行うことで進行の度合いなどを評価していきたいと考えている。また、すでに300年

以上経たジョグロ建築が現存している都市があるため、これらの調査についても実施したいと考えている。併せて、建物に用いられているチーク材の産地別耐久性試験や抽出成分の試験、そして残存耐力評価などに発展させることによって、より安全で耐久性のあるジョグロ建築の維持に貢献できると考える。

5. 謝 辞

本調査を実施するにあたり、The Indonesian Institute of Sciences の Sulaeman Yusuf 博士および Maya Ismayati 氏、University of Gadjah Mada の Joko Sulistyio 博士および Ziyadatil Inayah 氏、京都大学生存圏研究所の Yulianto P Prihatmaji 氏に現地でのご助力いただきました。また、調査の調整にあたって、京都大学生存圏研究所 吉村 剛教授にご助力いただきました。ここに感謝の意を表します。本調査は、グローバル COE プログラム「生存基盤持続型の発展を目指す地域研究拠点」の次世代研究イニシアティブ研究助成のサポートによって行った。

引用文献

- 1) 森 拓郎・香東章博・築瀬佳之・小松幸平 (2010) : シロアリ食害材の強度特性と密度および超音波伝搬速度の関係, 材料, 59(4), 297-302.
- 1) 京都大学大学院農学研究科
- 2) 京都大学生存圏研究所
- 3) 筑波大学大学院生命環境科学研究科

<報 文>

琉球大学における私たちのシロアリ研究

徳 田 岳

1. はじめに

日本国内において沖縄は、種類・数のどちらにおいてももっともシロアリが豊富に分布する地域であると言っても良いだろう。シロアリの分布に関する詳細は後で山田によって述べられるが、このような中に琉球大学は立地している。油断すれば実験台すらシロアリの餌食となる琉球大学は、シロアリ研究者にとってはある意味（不謹慎ながら）天国といえるかもしれない（図1）。

琉球大学におけるシロアリ研究の歴史は古く、



図1 琉球大でイエシロアリの被害にあった実験台（上）とその引き出し（下）実験台はほぼ半壊であり、いくつかの引き出しの中はイエシロアリの巣材で埋め尽くされていた。

1950年代から60年代にかけて理学部の故池原貞雄先生（琉球大学第7代学長）によって精力的に分布や生態に関する研究が行われている。その詳細は他の報文¹⁾に譲るが、これらの研究が現在の琉球列島におけるシロアリ研究の礎となったことは間違いのない。1970年代になるとシロアリの生態学に関する研究は、新たに琉球大学理工学部へ赴任した故安部琢哉先生に引き継がれる。その後安部先生は京都大学に転勤されるが、2000年の事故で亡くなられるまで、日本（世界と言ってもいいかもしれない）におけるシロアリ研究のリーダー的役割を果たされることになる。また、1970年代から90年代はじめまで琉球大学では教養学部（後に理学部へ異動）の屋良和子先生によってシロアリ共生微生物に関する研究が行われた。70年代には農学部の当山清善先生によって、シロアリセルラーゼの研究が行われている。さらにシロアリ防除などに関する応用的な研究が70年代以降、農学部の屋我嗣良先生によって精力的に展開され、さらに90年代以降現在に至るまで同学部の金城一彦先生によってシロアリタケに関する研究が展開されている。

ちなみに、私は2000年3月に琉球大学理学部に着任した。ただ、理学部に在籍していたのはほんの一年半ほどで、現在では熱帯生物圏研究センター（分子生命科学施設（図2））という大学内の全国共同利用施設に在籍している（ちなみに、多くのシロアリ研究者が利用されている西表研究施設も熱帯生物圏研究センターの一施設である）。私たちの研究室の内容は後で述べるが、私の着任後も2004年にはシロアリ共生微生物研究に携わっておられる新里尚也先生が遺伝子実験センター（現：熱帯生物圏研究センター）で研究を開始された。さらには沖縄県内で高校教諭をしておられた杉尾幸司先生が2006年に教育学部に着任され、シロアリを用いた教育研究を展開しておられる。このように歴史的に見ても琉



図2 琉球大学熱帯生物圏研究センター分子生命科学研究所施設の外観。建物の裏手にはうっそうとした林があり、コウシュンシロアリがたくさん分布している。

琉球大学では多くの教員がシロアリに関係した研究に従事してきており、これまでに多くの学生・院生がシロアリに関係する研究を展開して巣立っている。また、本号の後のページを執筆された山田研究員や北條研究員に代表される博士研究員の方々も、琉球大学でそれぞれユニークな研究の足跡を残している。これらの状況から、いかに琉球大学がシロアリとゆかりが深いか理解していただけるだろう。

2. 私たちの研究室とシロアリ消化系研究

私たちの研究室は、遺伝子機能解析学分野と呼ばれている。近頃の大学は多くの場合、大講座制を採用していて一教員が一研究室を主宰することが多いが、ここで言う「分野」という言葉は小講座制とよく似たニュアンスを有する。つまり複数の教員でひとつの研究室を運営するような形をとるため、「私の研究室」ではない。私たちの研究室でシロアリを扱っている教員は私だけなので、研究室に所属する学生の研究範囲も幅広い。前述したが、私は2000年から10年あまり琉球大学に在籍している。かつて研究室の教授が植物研究者で私が助手の身分であった頃は、植物の研究を手伝ったり²⁾、果ては深海調査にまで出かけたこともあった^{3), 4)}。数年前から新しく着任された研究室の教授は、主にカイコを用いた研究を行っておられるので、研究室としての研究内容は昆虫を研究対象とするという意味ではこの頃少しとまってきた（ような気がする）。とりあえず、私がこれまでに行ってきたシロアリの消化研究に関

する内容についてはちょうど1年前の本誌に紹介させていただいたので、詳しくはそちらをご参照願いたい⁵⁾。また、シロアリ消化研究の内容についてもっと詳しく知りたい方は Springer からシロアリ研究の最近の進展をまとめた本が出版されているので、その第3章を読んでいただきたい⁶⁾。

研究室内での独自の研究活動に加えて、最近では昔からの協力関係があった(独)農業生物資源研究所の渡边上級研究員の研究室や、理化学研究所の守屋研究員（兼横浜市立大客員准教授）、菊地チームリーダー（同客員教授、名古屋大客員教授）、東京大学農学部の有岡准教授らとも協力してシロアリ消化系に関する共同研究を進めている。たとえば、かつては大腸菌でのタンパク質生産がうまくいかずに苦労していたシロアリ由来のセルラーゼも、有岡先生たちとの共同研究によって麹菌を用いた大量生産への道筋がついてきた^{7), 8)}。この研究自体は、シロアリセルロース消化系を応用してエネルギー利用を目指した効率的な木質分解系を構築しようという試みの一環であるが、最近ではこの麹菌によって生産されたシロアリセルラーゼを利用してさらにシロアリ消化系の謎に迫る基礎研究も行えるようになった（この内容も詳しく述べたいのだが、本稿執筆時はまだ投稿論文改訂中なので内容の詳細は差し控える⁹⁾。これからも、奥深いシロアリ消化系の秘密に迫ってみたいと考えている。

3. 研究室メンバーによる最近のシロアリ研究

実はシロアリの木材消化の研究は、あまり学生さんにやらせたことがない。そもそも研究室に入ってくる学生数が毎年少ないからと色々言い訳はあるのだが、一番の理由は内容や実験方法を伝えづらいためか、気がつくとなんだか別のテーマの方に興味を示されてしまう、ということのような気がする。噛み砕いて言うと、私の説明能力が未熟であるためであるということになるのかもしれない。そんな中で、現在農業生物資源研究所で博士研究員をしている荒川さんの研究は、私たちの研究室に在籍中にイエシロアリによるヘミセルロース分解に関する研究で学位をとった貴重な例である。簡単に彼の業績をまとめると、彼はイエシロアリから主要なヘミセルロース分解酵素であるキシラナーゼの精製に成功し、部分アミノ酸配列の情報に基づいてキシラナー

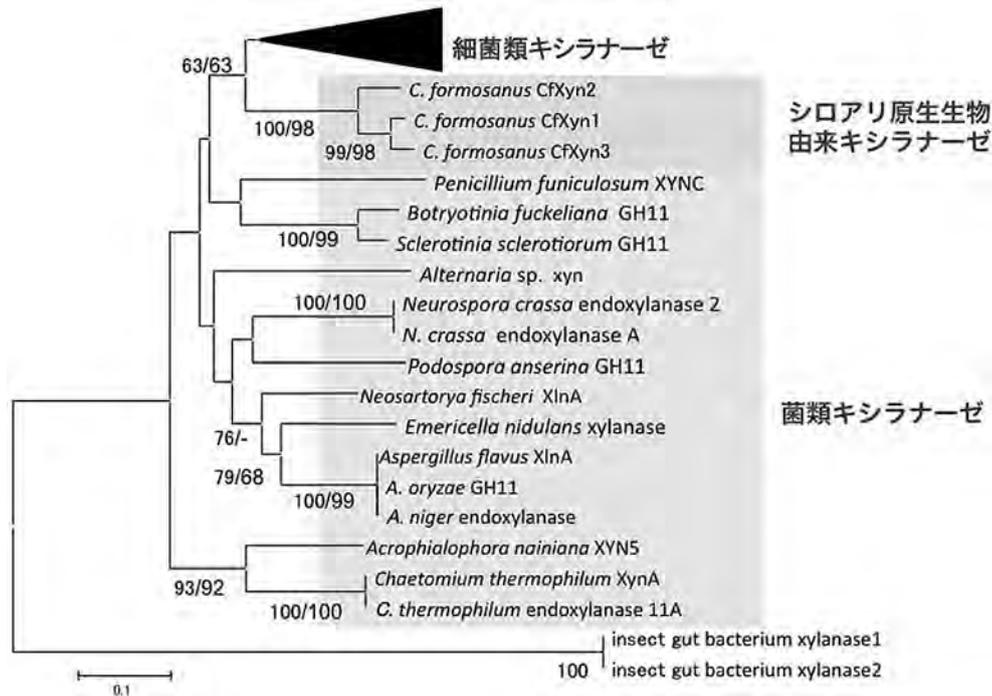


図3 イエシロアリキシラナーゼのアミノ酸配列に基づいた系統関係。イエシロアリより精製されたキシラナーゼは独特なクラスターを形成しており、シロアリ後腸の網羅的遺伝子解析によって得られたキシラナーゼは近縁なキシラナーゼの中に入っていない。図に示すキシラナーゼは糖質加水分解酵素ファミリー 11に属しており、シロアリ後腸の遺伝子解析によって得られるキシラナーゼはファミリー 10に属するものが多い。

ゼ cDNA 配列を決定し、この酵素が共生原生生物の一種から由来することを突き止めた¹⁰⁾。彼の研究で得られた腸内で機能的に働くキシラナーゼは、遺伝子解析のみに基づいてシロアリで頻繁に得られるキシラナーゼとは異なるグループに属するものであり(図3)、ある意味、最近流行の網羅的な遺伝子解析に一石を投じる結果であった。

学生に与える研究テーマは多くの場合直接シロアリの木材消化には関係しないのだが、間接的には関係しているものが多い。たとえば修士課程を修了した院生の一人には、農業生物資源研究所の渡辺さんとの共同研究としてゴキブリ細胞内共生細菌プラタバクテリウム(図4)の単離・精製とゲノムサイズの同定に挑戦してもらった¹¹⁾。プラタバクテリウムは宿主が窒素分に乏しい餌を食べているときに、脂肪体内の尿酸を溶かしだして宿主に窒素源として供給していると長らく考えられてきた。同じ細菌は最も原始的なシロアリである、ムカシシロアリにも共生している。ただ、ムカシシロアリはオーストラリア北部のみに分布しており採集が容易ではないので、この院生には手始めとしてシロアリ同様木材を

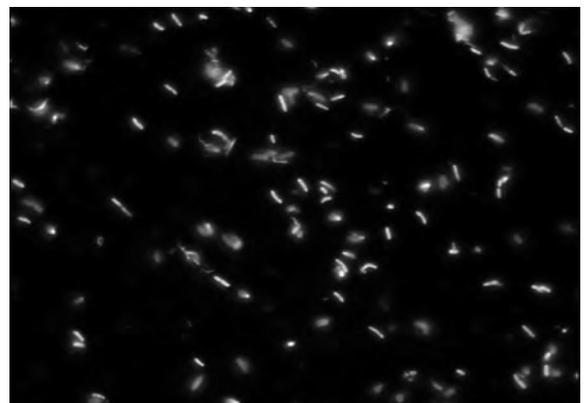


図4 オオゴキブリの脂肪体から精製したプラタバクテリウム。ゴキブリ以外にムカシシロアリ(Mastotermes darwiniensis)の脂肪体細胞内にも共生している。宿主にとって必要不可欠な細菌で、宿主の細胞の外では生きていくことができない。

主食としているオオゴキブリを材料にしてもらった。結果として脂肪体組織内に分布する細胞内共生細菌の精製はかなりの困難を極めた。また、苦労の末に共生細菌のDNAを精製した後、当時最新鋭だった次世代DNAシーケンサーによるシーケンスを委託したのだが、私たちが委託先も未熟であったため、

その解析にも困難を極めた。昨年度になって琉球大学熱帯生物圏研究センターにも次世代シーケンサーである454 GS Jr. が導入され、研究室の博士研究員や学生の皆さんたちの活躍でバラバラだった配列をようやく1本にすることができたのだが、すでに現在では2種類のゴキブリからブラタバクテリウムのゲノム配列が報告されている。結果として、これまでのところ尿酸の分解に関与すると考えられた酵素の遺伝子はいずれのゴキブリの共生細菌からも見つかっておらず、どうやら細菌の役割は当初の予想とは異なっているようであった。

ところで前述のように、私たちの研究室には北條さんと山田さんという二人のシロアリ研究に携わる博士研究員がいる。北條さんは、主にシロアリの化学的防衛機能の発達について研究を行っている。北條さんの研究紹介は過去の本誌¹²⁾に掲載されているのでそちらを参照していただくとして、ここでは簡単な概要にとどめる。本号の誌面でこの後紹介されているように、シロアリには物理的な防衛と化学的な防衛を行う種がいる。シロアリによる化学的防衛というとタカサゴシロアリのようなテングシロアリ亜科の兵隊カーストによる防衛行動を想像するが、実はこれに類する形質が大顎による物理的防衛のみを行うと思われていたシロアリの一部にも備わっているようだ。現在、シロアリは特殊化したゴキブリの一グループと考えられているが、防衛カーストという階級は社会性の進化に伴ってゴキブリの中でもシロアリの仲間だけに発達してきた機能であり、さまざまなシロアリで物理的・化学的防衛機能の双方が発達・維持されてきているということは、生態系の中であまり目立たないシロアリと他の生物との間に、実際には何らかの複雑な相互作用が潜在的に存在しているということを示しているのかもしれない。また、化学的防衛機構がシロアリの進化の中でどのように備わってきたかという問題は、昆虫の社会性の進化を考える上でも非常に興味深いし、また害虫防除などの応用的な観点からも何らかの示唆を与えてくれるかもしれない。このように化学的防衛に関する研究は、シロアリに独特な特徴をとらえたユニークな研究であり、今後の展開が大いに期待される研究分野のひとつであるといえるだろう。

山田さんは、主にシロアリの生態学を得意としており、しばしばタイの熱帯雨林などに出かけて調査

をしている。また、微生物や分子進化に特化した研究なども行った経歴があり、非常に幅広い研究を展開している。山田さんは過去にも本誌にタイでの研究の話を書かせているし¹³⁾、文頭で申し上げたように、本号にもこの後沖縄のシロアリ分布について詳しい紹介記事を書いているのでぜひそちらもご参照いただきたい。実は山田さんは2005～2006年にも21世紀 COE 研究員として琉球大学に在籍されており、その当時は共同で前述の深海調査研究なども行った^{3), 4)}。当時彼が中心になって行ったタイワンシロアリの分布調査に関する話題も過去の本誌に掲載されているので、ぜひご覧いただきたい¹⁴⁾。また、その他にも私たちの研究室の修士課程の学生とシロアリにおけるメタン生成古細菌の獲得と維持に関する研究¹⁵⁾を行うなど、大いに活躍していただいた。その後、一旦彼は母校である京都大学で日本学術振興会(学振)の博士研究員を経たのち、現在再び琉球大学に籍を置いている。最近でも山田さんはヨシノボリやサルモネラなどを用いた手広い研究を行う一方で、幅広い地域のイエシロアリ集団についてミトコンドリアハプロタイプ分析や巢内のハネカクシの有無に基づいたイエシロアリの起源や移入に関する研究を推進している¹⁶⁾。

ちなみに山田さんとの共同研究中に気がついたのだが、実はイエシロアリのミトコンドリア DNA には非常に種内変異が少ないらしい。特によく集団遺伝学的な研究に用いられる COII や12SrRNA 遺伝子と呼ばれる領域も大変変異が少ないということがわかったので、それではどこか変異が高くてもっと解析に向いている領域がないのかと沖縄島、宮古島、西表島より採集したイエシロアリを用いて、全ミトコンドリアゲノム配列の解読を昨年度の卒論テーマとして行ってみた(図5)¹⁷⁾。その結果、ミトコンドリアゲノムの配列は驚くほどよく保存されており、全長約16,000塩基対のうち、島嶼間で変異が入っていたのはたった6塩基のみであった。このことで何か沖縄のイエシロアリの起源や移入経路について結論めいたことが言えるわけではないのだが、今回イエシロアリミトコンドリア DNA の全長配列が明らかになったことで、一般的に種内でも比較的保存性が低いとされるミトコンドリア調節領域の塩基配列も明らかになり、今後イエシロアリや近縁なシロアリにおける集団遺伝学的な解析を行うにあたって

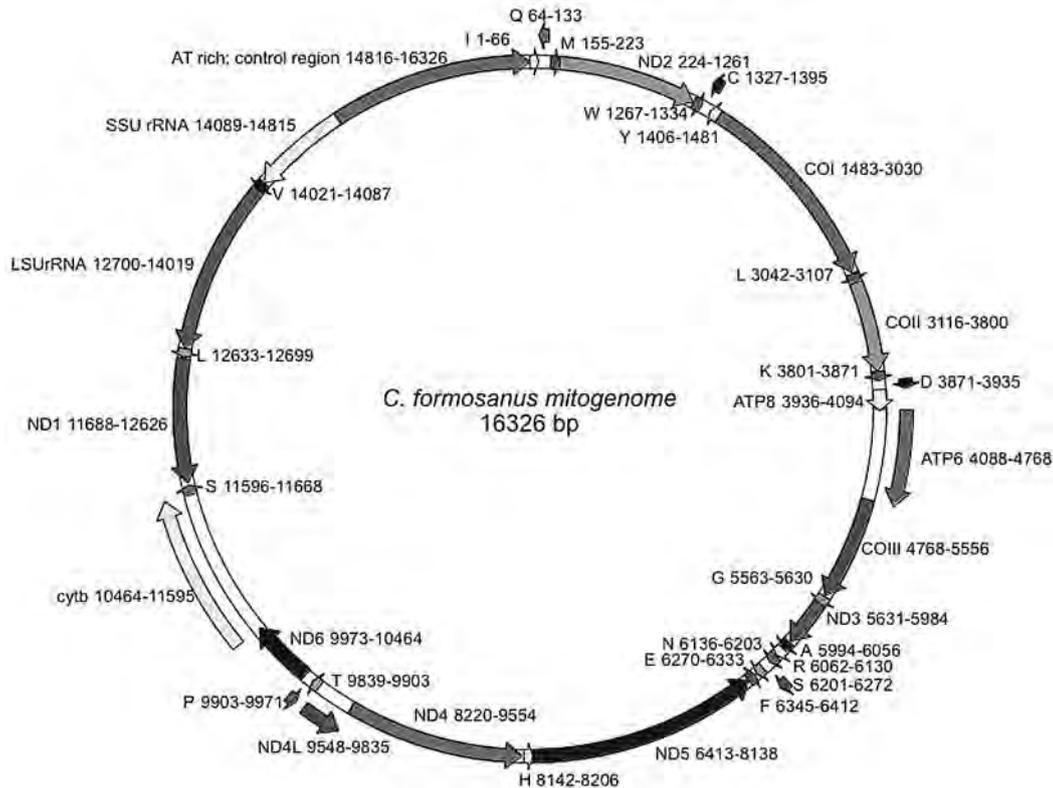


図5 イエシロアリのミトコンドリアゲノム。図は沖縄島および宮古島のイエシロアリから決定されたミトコンドリアゲノムの遺伝子配置を示している。西表島のイエシロアリのミトコンドリアゲノムは16,324bpであるが、遺伝子の並び方は全く同じであった。一文字記号は tRNA 遺伝子の位置で、対応するアミノ酸を示す。詳しい配列情報が必要な方は、アクセス番号 AB626145 (沖縄島サンプル), AB626146 (宮古島サンプル), AB626147 (西表島サンプル) を利用して GenBank や DDBJ データベースを検索願いたい。

新しい分子マーカーのデザインが可能になるものと期待される。

4. 大学院生募集中！

私たちの研究室は、大学院理工学研究科海洋環境学専攻(博士後期課程)および海洋自然科学専攻(博士前期課程。いずれも熱帯生物科学講座)に属している。いつでも学生募集中なので、ぜひ、沖縄の恵まれた亜熱帯環境を活かしたシロアリの研究を推進してみたいという進学希望者はメール (tokuda@comb.u-ryukyu.ac.jp) などで相談してほしい。本当は卒研究生にも来て欲しいのだけど公的な受付窓口はないので、もし希望をしてくれる方がいらっしゃったら、まずは直属の先生に相談して、そのあと私に個人的に相談してほしい。もちろん、学振などでポスドクに来たいという相談も大歓迎である。

5. 国際シンポジウム

実は今年10月6日(木)~7日(金)に、琉球大学でシロアリ消化系に関するミニ国際シンポジウムを企画している。海外からは、David Bignell さん, Nathan Lo さん, Andreas Brune さんを招待して開催する運びである。ぜひ、読者の中でも興味がある方がいらっしゃったら、参加していただくと嬉しい。本シンポジウムについては内容紹介と参加申し込みを兼ねたホームページを開設する予定であるが、少々準備が遅れているのでもしご質問等がある方は前述のメールアドレスまでご一報願いたい。

6. おわりに

本稿では簡単に琉球大学におけるシロアリ研究の歴史と私たちの研究室で行われている最近の研究を概説した。私たちは、今後とも琉球大学の特性を生かしたシロアリ研究を進めていければと考えていると同時に、志を同じくする仲間がもっと増えてくれ

たらと願っている。また、本稿を読んで興味を持たれた読者の方、ぜひ沖縄にいらっしゃる際にはお気軽に私たちの研究室に立ち寄っていただけると幸いです。なお、当施設へのアクセス方法やその他の研究室の研究内容については、熱帯生物圏研究センターのホームページをご参照願いたい¹⁸⁾。

7. 謝 辞

本研究の一部は生研センターイノベーション創出事業、公益法人宇流麻学術助成基金助成金ならびに日本学術振興会科学研究費補助金 (No.20380037, 22658018) の支援により行われました。またこれらの研究は、多くの関係者や卒業生の皆様のご協力によって行われました。ここに深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 杉尾幸司 (2009) : 琉球列島におけるシロアリ研究の系譜 —池原貞雄博士の研究業績とその意義—, 琉球大学教育学部紀要, 75, 49-57.
- 2) 徳田 岳・有田奈央・山崎秀雄 (2006) : 一酸化窒素 (NO) 発生の蛍光試薬による生体観察法, 沖縄生物学会誌 44, 45-52.
- 3) Tokuda, G., A. Yamada, K. Nakano, N. Arita and H. Yamasaki (2006) : Occurrence and recent long-distance dispersal of deep-sea hydrothermal vent shrimps, *Biol. Lett.*, 2, 257-260.
- 4) Tokuda, G., A. Yamada, K. Nakano, N. O. Arita and H. Yamasaki (2008) : Colonization of *Sulfurovum* sp. on the gill surface of *Alvinocaris longirostris*, a deep-sea hydrothermal vent shrimp, *Mar. Ecol.*, 29, 106-114.
- 5) 徳田 岳 (2010) : タカサゴシロアリによるセルロース消化について, しろあり, No.154, 37-39.
- 6) Lo, N., G. Tokuda and H. Watanabe (2011) : Evolution and function of endogenous termite cellulases. In : *Biology of Termites: a Modern Synthesis* (Bignell, D.E., N. Lo and Y. Roisin, eds.), Springer, pp. 51-67.
- 7) Hirayama, K., H. Watanabe, G. Tokuda, K. Kitamoto and M. Arioka (2010) : Purification and characterization of termite endogenous β -1,4-endoglucanases produced in *Aspergillus oryzae*, *Biosci., Biotechnol., Biochem.*, 74, 1680-1686.
- 8) Uchima, C. A., G. Tokuda, H. Watanabe, K. Kitamoto and M. Arioka (2011) : Heterologous expression and characterization of a glucose-stimulated β -glucosidase from the termite *Neotermes koshunensis* in *Aspergillus oryzae*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 89, 1761-1771.
- 9) Tokuda, G., H. Watanabe, M. Hojo, A. Fujita, H. Makiya, M. Miyagi, G. Arakawa and M. Arioka (2011) : Cellulolytic environment in the midgut of the wood-feeding termite *Nasutitermes takasagoensis*. (in revision).
- 10) Arakawa, G., H. Watanabe, H. Yamasaki, H. Maekawa and G. Tokuda (2009) : Purification and molecular cloning of xylanases from the wood-feeding termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki, *Biosci., Biotechnol., Biochem.*, 73, 710-718.
- 11) Tokuda, G., N. Lo, A. Takase, A. Yamada, Y. Hayashi and H. Watanabe (2008) : Purification and partial genome characterization of the bacterial endosymbiont *Blattabacterium cuenoti* from the fat bodies of cockroaches, *BMC Res. Notes*, 1, 118.
- 12) 北條 優・三浦 徹 (2006) : シロアリ兵隊における防衛物質の合成, しろあり, No.145, 3-8.
- 13) 山田明德 (2009) : タイ東北部のスミオオキノコシロアリの塚の構造と内部環境, しろあり, No.152, 37-39.
- 14) 山田明德 (2009) : 琉球列島におけるタイワンシロアリの隔離分布について, しろあり, No.152, 40-42.
- 15) Fukuyo, K. and A. Yamada (2007) : Inter-colony transmission and environmental acquisition of symbiotic methanogenic microbes by the termites, *Neotermes koshunensis*. Proceedings of the Fourth Conference of the Pacific Rim Termite Research Group, 36-40.
- 16) Yamada, A., S. Saitoh, G. Tokuda, S. Fujii, N. Endo, E. Ueshima, Y. Tawa, M. Miyagi, H. Makiya, N. Shinzato, C.-Y. Lee and K. Tsunoda (2010) : Genetic diversity of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki in relation to the distribution of staphylinid termitophiles, Proceedings of the Seventh Conference of the Pacific Rim Termite Research Group, 89-94.
- 17) Tokuda, G., H. Isagawa and K. Sugio (2011) : The complete mitogenome of the Formosan termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki, *Insect. Soc.*, in press.
- 18) <http://www.tbc.u-ryukyu.ac.jp/>
(琉球大学熱帯生物圏研究センター)

<報 文>

日本のシロアリの様々な防衛方法

北 條 優

1. はじめに

アリやミツバチ、シロアリなどの社会性昆虫は、進化の過程で巢内の労働を分担する様々な「カースト」を生み出してきた。特にシロアリの巢内には、防衛を専門に行う兵隊カーストが存在することが、他の社会性昆虫には見られない特徴の一つである。シロアリの兵隊の頭部や大顎は防衛に適した形態を示し、多種多様な防衛方法が見られる。例えば、強大に発達した大顎を用いて果敢にかみつくといった直接攻撃で敵に大きなダメージを与えたり、シロアリ特有の「額腺」という外分泌器官で合成したジテルペンなどの粘着物質を放出して、敵に触れることなく撃退するというものもある¹⁾。このような防衛に特化した兵隊の形態は属ごとに大きく異なっており、種を特定する重要な形質の一つでもある。

主に熱帯域において繁栄してきたシロアリ類であるが、日本には4科12属22種の生息が確認されている²⁾。そのほとんどの4科11属19種が、南西諸島に広がる亜熱帯の森林地帯に生息しており³⁻⁵⁾、この地域が日本においてシロアリの多様性に富んだ地域であることがわかる。当研究室では、南西諸島に生息する様々な系統のシロアリを主に用い、兵隊の額腺や大顎の発生における分子メカニズムの解析、ジテルペンなどの防衛物質の生合成に関与する遺伝子の分子進化の解析などから、シロアリの防衛行動の多様性進化、延いてはシロアリの社会性進化の究極要因の解明を目指して研究している。本稿では、日本に生息するシロアリの兵隊を属ごとに、特に南西諸島に生息する種を例にあげて紹介し、それらの防衛方法を解説する。

2. オオシロアリ科の防衛方法

大型で原始的なオオシロアリ科の仲間は主に照葉樹林などに生息しており、日本にはオオシロアリ *Hodotermopsis sjostedti* とネバダオオシロアリ

Zootermopsis nevadensis の2属2種が分布している。オオシロアリは屋久島や奄美大島など南西諸島の北部地域にも生息しているが⁵⁾、ネバダオオシロアリはアメリカからの移入種で、兵庫県などの野外に定着しているものの、これまでに南西諸島からの記録はない。

両属ともに強大に発達した大顎を用いて単純に敵にかみつくといい「かみつき型」の物理的防衛を行う(図1)。大顎の形態は *Zootermopsis* 属に比べて *Hodotermopsis* 属の方が内側にややカーブしており、しかも先端が鋭くなっている(図2)。オオシロアリ兵隊の大顎や口器の形態、大顎開閉の仕組みを詳しく調べた結果から、それらが防衛に特化した構造に発達していることがわかった⁶⁾。またネバダオオシロアリの兵隊が人間の100倍ほどの咬合力を持っていることが確かめられた⁷⁾。これまでの著者らの観察から、ネバダオオシロアリに比べてオオシロアリの方がより果敢に攻撃行動を行うことが確かめられた。また、兵隊は巢内で常に高い攻撃性を維持していることがオオシロアリを用いた実験で確かめられた⁸⁾。



図1 オオシロアリの攻撃。強大に発達した大顎を用いて攻撃する。大きな頭部には大顎を動かすための筋肉がたくさん詰まっている⁸⁾。

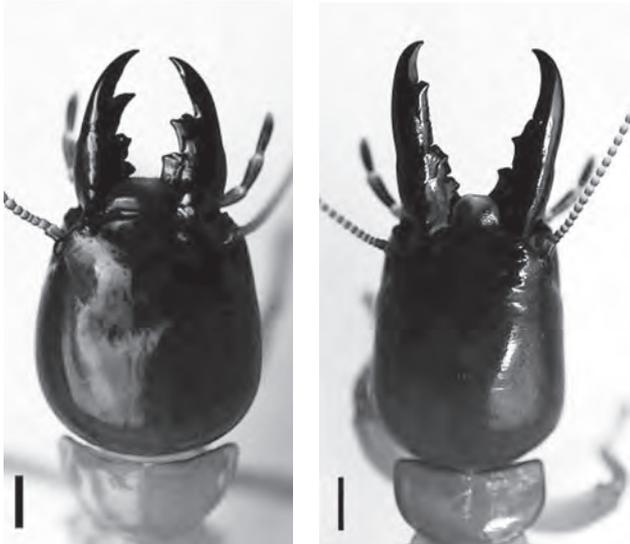


図2 オオシロアリ科の兵隊頭部。*Hodotermopsis* 属（オオシロアリ：左）の大顎の方が *Zootermopsis* 属（ネバダオオシロアリ：右）よりも鋭く内側にカーブしているため、挟まれると非常に痛い。スケールバーは1 mm。

3. レイビシロアリ科の防衛方法

主に熱帯・亜熱帯域に広く分布しているレイビシロアリ科のシロアリは、日本には4属7種が生息しており、そのすべての種が南西諸島にも生息している⁵⁾。コウシュンシロアリなどの *Neotermes* 属、アメリカカンザイシロアリなどの *Incisitermes* 属、サツマシロアリなどの *Glyptotermes* 属およびダイコクシロアリなどの *Cryptotermes* 属である。

Neotermes 属、*Incisitermes* 属、および *Glyptotermes* 属の兵隊は、オオシロアリ科の兵隊と同様、堅く発達した大顎を用いて、かみつきの物理的防衛を行う（図3, 4）。しかし、レイビシロアリ科の仲間は動きが非常に鈍く、オオシロアリ科の兵隊に比べて攻撃性（果敢さ）は弱い。そもそもレイビシロアリ科の仲間は、それほど腐朽の進んでいない乾燥した堅い材の中で細かい蟻道を造りながら生息しているため^{9, 10)}、外敵の進入も少ないと考えられる。

Cryptotermes 属の兵隊は前述の3属とは大きく異なり、全面が非常に堅くなった頭部を用いて、巢の出入口にぴったりと取まり敵の巢内への侵入を防ぐ



図3 コウシュンシロアリの攻撃。敵に対して大顎を使ってかみついて攻撃する。攻撃性（果敢さ）はオオシロアリ科に比べて弱い。



図4 かみつきのレイビシロアリ科の兵隊頭部。かみつきのレイビシロアリ科である *Neotermes* 属（コウシュンシロアリ：左）、*Incisitermes* 属（アメリカカンザイシロアリ：中央）および *Glyptotermes* 属（サツマシロアリ：右）の兵隊の大顎は、オオシロアリ科と同様に堅く発達している。スケールバーは1 mm。

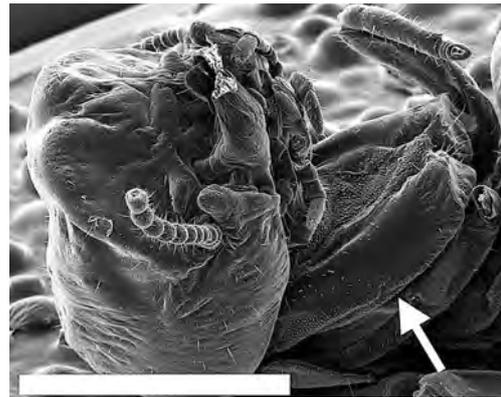
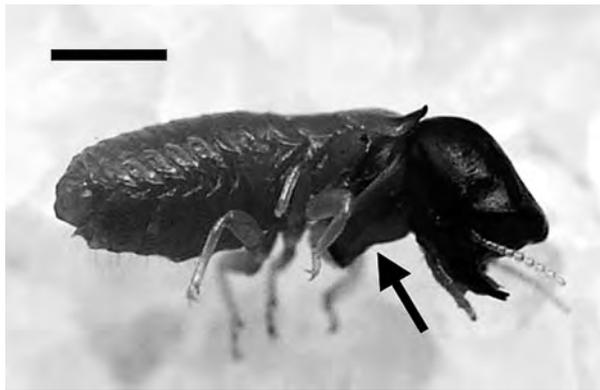


図5 ダイコクシロアリの兵隊。*Cryptotermes* 属（ダイコクシロアリ）の兵隊は、巣の出入り口を防ぐために、頭部全体が非常に堅く、しかも大顎は退縮し頭部前面が平らになっている。走査型電子顕微鏡写真（右）では、頭部前面が上に向いている。前胸側板（矢印）が角質化していることがわかる。大顎は非常に小さい。スケールバーは1mm。

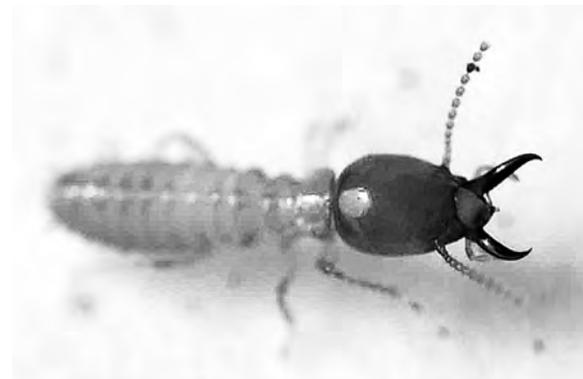


図6 かみつき分泌型のミゾガシラシロアリ科の攻撃。敵に向けてかみつこうとしているところ。*Reticulitermes* 属（ヤマトシロアリ：左）の兵隊の額腺分泌物は揮発性が高いため見ることができないが、*Coptotermes* 属（イエシロアリ：右）の兵隊では、大顎の付け根の上唇の上に白い分泌物が溜まっているのが見える。

という「侵入防止型」の物理的防衛を行う（図5）。*Cryptotermes* 属の兵隊の頭幅と巣の中の蟻道のサイズは一致しており、敵の侵入を防ぐのに効率よく形作られている¹¹⁾。*Cryptotermes* 属の兵隊の前胸側板は強固に角質化しており（図5：右）、簡単には敵に引き出されないようになっている³⁾。また *Cryptotermes* 属の兵隊の大顎は退縮しており、攻撃にはほとんど機能していないと考えられる。

4. ミゾガシラシロアリ科の防衛方法

温帯から熱帯域において繁栄したミゾガシラシロアリ科の仲間、日本には2属9種が分布している²⁾。日本においては最も馴染み深く、家屋害虫としても悪名高いヤマトシロアリなどの *Reticulitermes* 属とイエシロアリなどの *Coptotermes* 属である。南西諸島には *Reticulitermes* 属が6種、*Coptotermes* 属が1種生

息している⁵⁾。

両属とも鋭く発達した大顎を持っており、大顎でかみつつつ額腺からの分泌物を敵に向けて放出するという「かみつき分泌型」の防衛を行う（図6）。ミゾガシラシロアリ科の兵隊は、その名の通り頭部に溝が通っているものが多い（図7）。これは額腺孔から出した分泌物を上唇付近まで流し、敵にあびせるのに適した構造になっている¹²⁾。額腺分泌物の成分は *Reticulitermes* 属と *Coptotermes* 属では大きく違っている^{12~16)}。*Reticulitermes* 属では揮発性の高いテルペン類が主要成分であるが、*Coptotermes* 属は長鎖型アルカンやムコ多糖類、遊離脂肪酸などが含まれている。*Reticulitermes* 属の額腺分泌物の貯蔵嚢は、頭部から胸部にかけて限定されており、貯蔵量は少ない。一方 *Coptotermes* 属の貯蔵嚢は腹部全体にまで広がっており、大量の分泌液を貯蔵している（図

8)。しかし、これらの分泌物が防衛においてどのような役割を果たしているかは、はっきりとはわかっていない。揮発性成分は敵に対して忌避的な効

果があり、粘着性の成分は敵を動けなくさせるのに効果があるなどと考えられている¹⁵⁾。また額腺分泌物は、捕食者にとって苦み(毒)成分として働いて

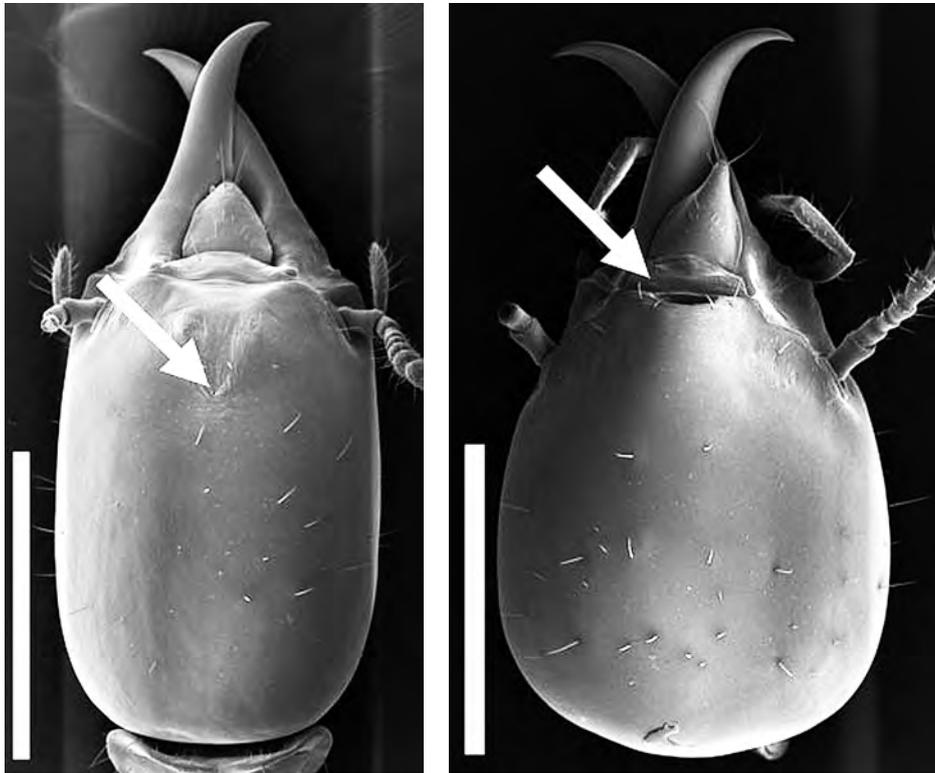


図7 走査型電子顕微鏡によるミゾガシラシロアリ科の兵隊頭部。*Reticulitermes* 属(ヤマトシロアリ:左)も *Coptotermes* 属(イエシロアリ:右)も、分泌物を放出するための孔(額腺孔:矢印)が開いている。両属とも鋭い大顎を持っている。ヤマトシロアリでは、額腺孔から前方に分泌物を流すための溝が見える。スケールバーは1mm。

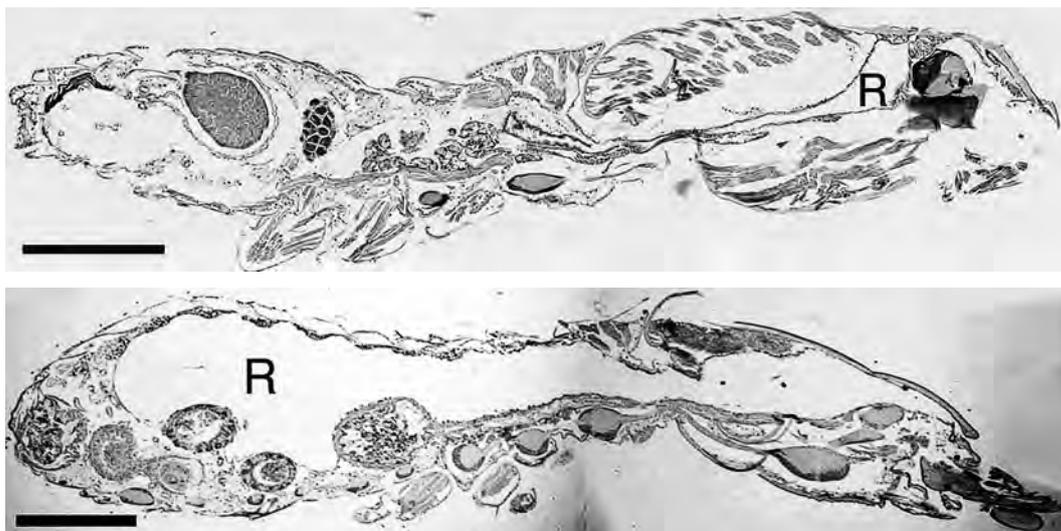


図8 パラフィン切片によるヤマトシロアリとイエシロアリの兵隊の断面。*Reticulitermes* 属(ヤマトシロアリ:上)の兵隊の額腺貯蔵囊(R)は頭部から胸部に限定している。*Coptotermes* 属(イエシロアリ:下)では、額腺貯蔵囊(R)は腹部全体にまで広がっている。写真の右側が頭部。スケールバーは0.5mm。

いるとも考えられている¹⁷⁾。*Reticulitermes* 属の兵隊は大顎や額腺分泌物を用いた防衛の他に、頭部全体で巣の出入りを塞ぐといった侵入防止型の物理的防衛も行っている¹⁸⁾。

5. シロアリ科の防衛方法

地球上で最も繁栄し多様化したグループであるシロアリ科のシロアリは、熱帯域を中心に1,900種ほど分布している¹⁹⁾。温帯気候が国土のほとんどを占める日本には *Odontotermes* 属のタイワンシロアリ、*Pericapritermes* 属のニトベシロアリ、*Sinocapritermes* 属のムシャシロアリ、および *Nasutitermes* 属のタカサゴシロアリの4属4種のみが分布しており、しかもそのすべてが八重山諸島のみ（タイワンシロアリが沖縄島の一部地域に生息しているのを除いて）に生息している⁵⁾。

シロアリ科のシロアリは、兵隊の防衛方法も非常に多様化しており、*Odontotermes* 属では、発達した大顎でかみつくと同時に、唾液腺からの分泌液を傷口に向けて放出するというかみつき分泌型の防衛を行う（図9）。しかし、*Odontotermes* 属の兵隊には、ミゾガシラシロアリ科のかみつき分泌型の兵隊で見られる額腺孔は見られない（図10）。*Odontotermes* 属の兵隊の唾液腺の分泌液はベンゾキノンやタンパク質などである^{12~16)}。これは敵に対して忌避効果があ

るようであるが¹⁰⁾、詳しくは調べられていない。

シロアリ科の中でも進化したグループである *Pericapritermes* 属と *Sinocapritermes* 属の兵隊は、左右非対称に発達した大顎を巧みに用いて、敵を弾き飛ばすという「弾き飛ばし型」の物理的防衛を行う（図11）。両属とも、左の大顎が顕著に曲がっているが、その曲がり具合は *Pericapritermes* 属の方が極端である（図12）。*Pericapritermes* 属では、逆「く」の字型に曲がった左の大顎に右の大顎を巧みに引っ掛けて



図9 タイワンシロアリの攻撃。濾紙を噛ませたところ。*Odontotermes* 属（タイワンシロアリ）の兵隊は、大顎で挟むと同時に唾液腺からの分泌液を放出する。濾紙の先端が分泌液で汚れているのがわかる。

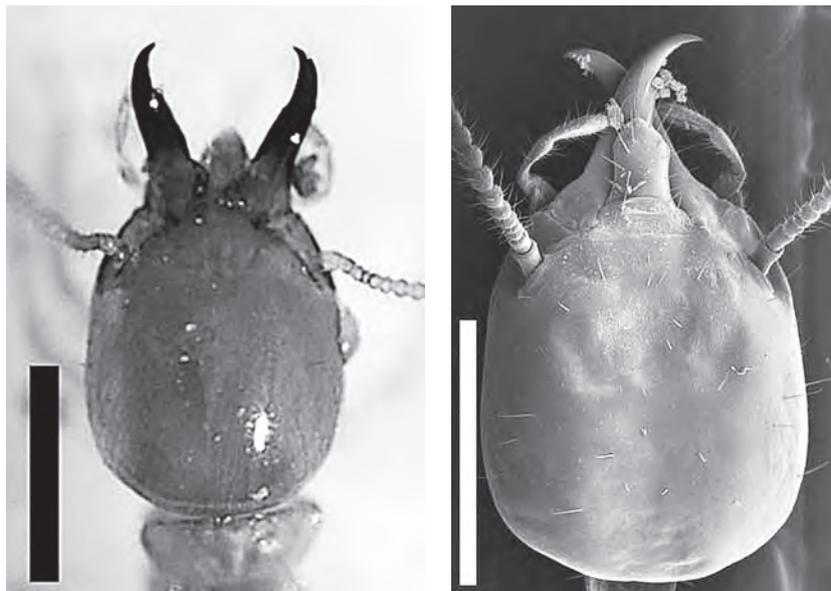


図10 タイワンシロアリの兵隊頭部。*Odontotermes* 属（タイワンシロアリ）の大顎は鋭く発達しているが、走査型電子顕微鏡写真（右）でも額腺の分泌孔は確認できない。スケールバーは1 mm。



図11 ニトベシロアリの攻撃。*Pericapritermes* 属（ニトベシロアリ）の兵隊は、右の大顎を左の大顎の先端の凹みに引っ掛けて折り曲げる（中央）。右の大顎がある程度のところまで行くと引っ掛かりが外れて、左の大顎が元に伸びる（右）。

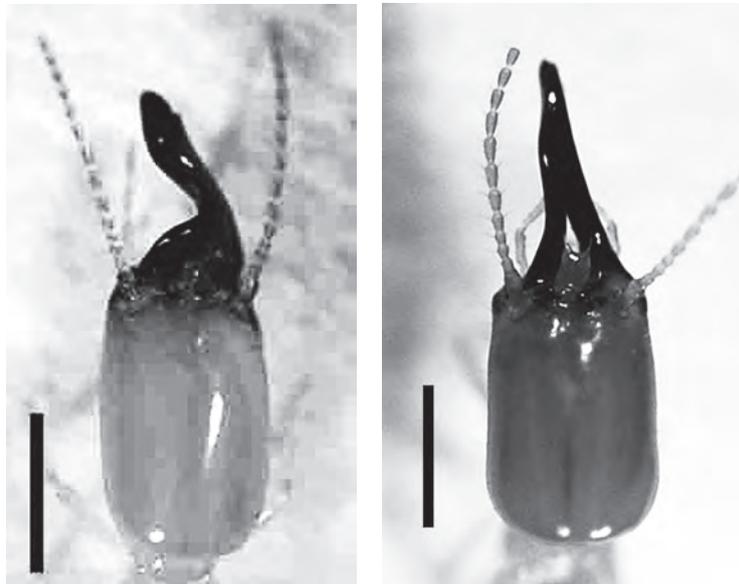


図12 弾き飛ばし型のシロアリの兵隊頭部。*Pericapritermes* 属（ニトベシロアリ：左）の左大顎の方が *Sinocapritermes* 属（ムシャシロアリ：右）の左大顎より極端に曲がっている。スケールバーは1 mm。



図13 ニトベシロアリの額腺孔と貯蔵嚢。*Pericapritermes* 属（ニトベシロアリ）の左の大顎は大きく逆「く」の字に大きく曲がっている。走査型電子顕微鏡写真（左）では額腺の分泌孔が確認できる（矢印）。パラフィン切片写真（右）では、発達した貯蔵嚢（R）が見られる。写真の右側が頭部前面。スケールバーは1 mm。

折り曲げ、右の大顎の引っ掛かりが外れた時に、左の大顎が元に戻ろうとして勢い良く敵を弾き飛ばすことができる(図11:中央,右)。*Pericapritermes* 属よりは左の大顎の曲がり具合が緩い *Sinocapritermes* 属の兵隊であるが、著者らの観察により、ほぼ同じようなやり方で弾き飛ばすことがわかった。*Pericapritermes* 属や *Sinocapritermes* 属と同様に弾き飛ばし型の兵隊である *Termes* 属の兵隊の大顎の弾く力は、小さなアリや他のシロアリ類なら一撃必殺の威力を持っているようである²⁰⁾。これらの属の兵隊は、大顎を用いた物理的防衛のみを行っていると考えられてきたが、最近の著者らの研究により、これらの兵隊にも額腺孔や貯蔵嚢が発達していることがわかってきた(北條ら 未発表)(図13)。額腺分泌物が防衛において何らかの役割を果たしているのかもしれない。

シロアリ科の中でも、最も繁栄し多様化したグループであるのがテングシロアリ亜科である。日本にも唯一 *Nasutitermes* 属のタカサゴシロアリが一部の八重山諸島に生息している⁵⁾。テングシロアリ類の兵隊は、頭部前方に「nagus」と呼ばれる突起構造が伸びており、その先端から額腺で合成された防衛物質を敵に向けて噴射するという「噴射型」の化学的防衛を行う(図14)。テングシロアリ亜科の中でも *Nasutitermes* 属は最も派生的な属の一つで、物理的防衛の武器である大顎は完全に退化しており、額腺の貯蔵嚢は分泌物を勢いよく噴射させるために頭部に限定されている(図15)。「nagus」の先端には敵の位置を把握するのに重要な役割を果たしている

と考えられている4本の剛毛が生えている²¹⁾。また *Nasutitermes* 属の額腺分泌物には、揮発性の高いモノテルペンや粘性の高いジテルペンが含まれている^{12~16)}。モノテルペンは敵に嫌な臭い物質として働くだけでなくジテルペンの溶媒としての役割を果たしており、ジテルペンが噴射孔を塞いでしまうのを防いでいる¹²⁾。これは防衛方法が究極に進化したシステムと言えるだろう。これらの兵隊が合成するジテルペン類は大環状型の複雑な構造をもっており、ほとんどの動物はこのような化合物を合成することができない。最も派生的なシロアリ類のみにおいて、防衛方法の多様化に伴って特殊な二次代謝経路を進化させてきたことが考えられる。著者らはタカサゴ



図14 タカサゴシロアリの攻撃。タカサゴシロアリなど *Nasutitermes* 属の兵隊は完全に大顎が退化しており、発達した *nagus* の先端からジテルペンなどの粘着物質を放出して化学的防衛のみを行う。

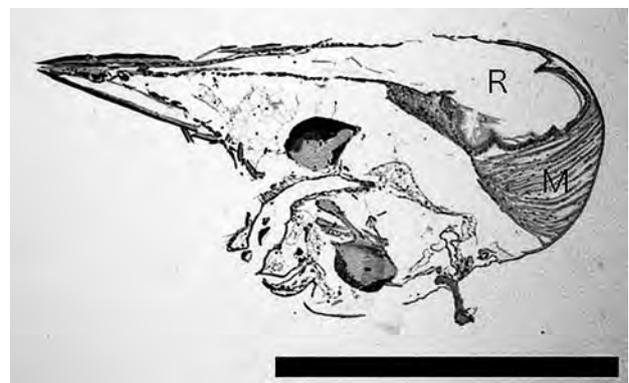
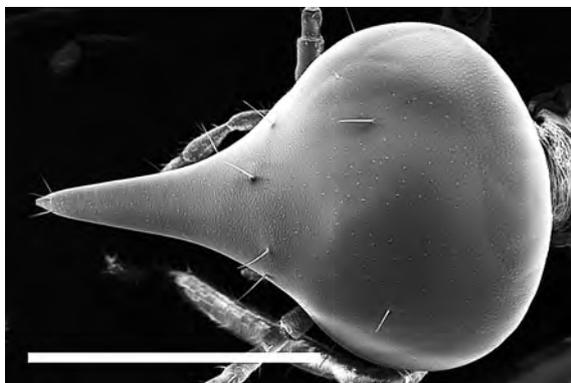


図15 タカサゴシロアリの兵隊頭部。走査型電子顕微鏡写真(左)でも大顎は見られない。「nagus」の先端に見える剛毛により、敵の位置を把握していると考えられている²¹⁾。パラフィン切片写真(右)では、額腺の貯蔵嚢(R)は頭部に限定されているのがわかる。貯蔵嚢の後方に、分泌物を勢いよく噴出させる筋肉(M)が詰まっている。スケールバーは1mm。

引用文献

シロアリの兵隊において、ジテルペン合成に関わる遺伝子を探索してきた^{1, 22)}。しかしこれまでの研究では、ジテルペン合成経路に関わる一部の酵素が特定されたのみである。現在著者らは、次世代シーケンサーを用いて、タカサゴシロアリの兵隊の額腺で発現する遺伝子を網羅的に解析しており、その中にジテルペン合成に関わる各種酵素の遺伝子が含まれているのではないかと期待している。シロアリにおけるジテルペン合成経路の全容解明が行われるのも時間の問題かもしれない。

6. おわりに

日本においては木造家屋を食い荒らす害虫としての悪いイメージがあるシロアリであるが、熱帯森林地域においては朽木や落ち葉などの植物遺体を食べる分解者として生態系に重要な役割を果たしている²³⁾。しかしシロアリが生活している朽木中や土壌中には、シロア리를餌とする様々な昆虫類（特にアリ類）や小動物も潜んでいる。またシロアリの現存量が多い熱帯地域では、シロアリ同士のニッチを巡る競争も激しく生じてきたであろう。このような環境におけるシロアリの繁栄には、社会性の進化において獲得した不妊のカースト、特に兵隊カーストによる防衛方法の進化が重要な鍵を握ってきたと考えられる。

これまで説明したように、現在の兵隊の防衛方法は物理的な方法から化学的な方法まで多岐にわたるが、最も派生的なグループであるテングシロアリ類に見られる、額腺で合成したジテルペンを噴射して防衛する方法が最も進化的であると考えられている²⁴⁾。実はこの額腺は、兵隊だけでなく羽アリ（成虫）にも見られる種がいることから²⁵⁾、プライマーフェロモンなどの合成に用いられていた器官から進化した可能性も考えられる。では兵隊の額腺はどのように防衛物質の合成器官へと進化したのであろうか？もし、もともと個体間相互作用に関わる化学物質の合成器官として機能していた外分泌腺が、種間相互作用に関わる化学物質の合成器官へと進化したのであれば、その経緯を探ることは熱帯生態系の生物間相互作用の成り立ちを理解する上でも重要であり、社会性進化の究極要因の解明にも迫れるのではないだろうか。

- 1) 北條 優・三浦 徹 (2006) : シロアリ兵隊における防衛物質の合成, しろあり, No.145, 3-8.
- 2) 竹松葉子 (2006) : 日本産シロアリ類の分類の現状, 家屋害虫, 28, 29-35.
- 3) 森本 桂 (2000) : 第1章 シロアリ, 『シロアリと防除対策』, シロアリと防除対策編集委員会編, 日本しろあり対策協会, 東京, pp.1-126.
- 4) 安田いち子・仲宗根幸男・金城一彦・屋我嗣良 (2000) : 琉球諸島および南・北大東島におけるシロアリの形態と分布, 昆虫ニューシリーズ, 3, 139-156.
- 5) 山田明徳 (2011) : 南西諸島とその周辺におけるシロアリの分布, しろあり, No.156, 28-35.
- 6) Koshikawa, S., T. Matsumoto and T. Miura (2002) : Morphometric changes during soldier differentiation of the damp-wood termite *Hodotermopsis japonica* (Isoptera, Termopsidae, Insectes Soc., 49, 245-250.
- 7) 鈴木養樹・大村和香子・吉村 剛 (2009) : シロアリ口器の力学的性質—強度と咬合力測定の試み—, 材料, 58, 424-429.
- 8) 石川由希 (2011) : ソルジャーにおける神経改変, 『シロアリの事典(仮題)』, 吉村 剛 (編), 海青社, 天津, 印刷中.
- 9) 安部琢哉 (1989) : シロアリの生態 —熱帯の生態学入門—, 東京大学出版会, 東京.
- 10) 松本忠夫 (1983) : 社会性昆虫の生態 シロアリとアリの生態学, 培風館, 東京.
- 11) Roux, E. A., M. Roux and J. Korb (2009) : Selection on defensive traits in a sterile caste—caste evolution : a mechanism to overcome life-history trade-offs?, *Evol. Dev.*, 11, 80-87.
- 12) Deligne, J., A. Quennedey and M. S. Blum (1981) : The enemies and defense mechanisms of termites. In : *Social insects, vol. 2* (Hermann, H. R., ed.), Academic Press, New York, pp.1-76.
- 13) Prestwich, G. D. (1979) : Chemical defense by termite soldiers, *J. Chem. Ecol.*, 5, 459-480.
- 14) Prestwich, G. D. (1983) : Chemical systematics of termite exocrine secretions, *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 14, 287-311.
- 15) Prestwich, G. D. (1984) : Defense mechanisms of termites, *Ann. Rev. Entomol.*, 29, 201-232.

- 16) Prestwich, G. D. (1988) : The chemicals of termite societies (Isoptera), *Sociobiology*, 14, 175-191.
- 17) Waller, D. A. and J. P. LaFage (1987) : Unpalatability as a passive defense of *Coptotermes formosanus* Shiraki soldiers against ant predation, *J. Appl. Entomol.*, 103, 148-153.
- 18) 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.
- 19) Kambhampati, S. and P. Eggleton (2000) : Taxonomy and phylogeny of termites. In : *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology* (Abe, T., D. E. Bignell and M. Higashi, eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.1-23.
- 20) Seid, M. A., R. H. Scheffrahn and J. E. Niven (2008) : The rapid mandible strike of a termite soldier, *Curr. Biol.*, 18, R1049-R1050.
- 21) Quennedey, A. (1984) : Morphology and ultrastructure of termite defence glands. In : *Defensive Mechanism in Social Insects* (Hermann, H. R., ed.), Praeger Publishers, New York, pp.151-200.
- 22) Hojo, M., T. Matsumoto and T. Miura (2007) : Cloning and expression of a geranylgeranyl diphosphate synthase gene: insights into the synthesis of termite defense secretion, *Insect Mol. Biol.*, 16, 121-131.
- 23) Yamada, A., T. Inoue, D. Wiwatwitaya, M. Ohkuma, T. Kudo, T. Abe and A. Sugimoto (2005) : Carbon mineralization by termites in tropical forests, with emphasis on fungus-combs, *Eco. Res.*, 20, 453-460.
- 24) Šobotník, J., A. Jirošová and R. Hanus (2010) : Chemical warfare in termites, *J. Insect Physiol.*, 56, 1012-1021.
- 25) Šobotník, J., T. Bourguignon, R. Hanus, D. Sillam-Dussès, J. Pfliegerová, F. Weyda, K. Kutalová, B. Vytisková and Y. Roisin (2010) : Not only soldiers have weapons: evolution of the frontal gland in imagoes of the termite families Rhinotermitidae and Serritermitidae, *PLoS ONE* 5, e15761.

(琉球大学熱帯生物圏研究センター)

表1 南西諸島に分布するシロアリ（竹松¹¹⁾などによる）

種名	和名
Termopisidae	オオシロアリ科
<i>Hodotermopsis sjostedti</i> Holmgren, 1912	オオシロアリ
Kalotermitidae	レイビシロアリ科
<i>Neotermes koshunensis</i> (Shiraki, 1909)	コウシュンシロアリ
<i>Glyptotermes satsumensis</i> (Matsumura, 1907)	サツマシロアリ
<i>Glyptotermes fuscus</i> Oshima, 1912	カタンシロアリ
<i>Glyptotermes nakajimai</i> Morimoro, 1973	ナカジマシロアリ
<i>Cryptotermes domesticus</i> (Haviland, 1898)	ダイコクシロアリ
<i>Incisitermes minor</i> (Hagen, 1858)	アメリカカンザイシロアリ
<i>Incisitermes immigrans</i> (Snyder, 1922)	ハワイシロアリ
Rhinotermitidae	ミゾガシラシロアリ科
<i>Reticulitermes speratus kyushuensis</i> Morimoto, 1968	ヤマトシロアリ九州亜種
<i>Reticulitermes amamianus</i> Morimoto, 1968	アマミシロアリ
<i>Reticulitermes miyatakei</i> Morimoto, 1968	ミヤタケシロアリ
<i>Reticulitermes okinawanus</i> Morimoto, 1968	オキナワシロアリ
<i>Reticulitermes yaeyamanus</i> Morimoto, 1968	ヤエヤマシロアリ
<i>Reticulitermes flaviceps</i> (Oshima, 1908)	キアシシロアリ
<i>Coptotermes formosanus</i> Shiraki, 1905	イエシロアリ
Termitidae	シロアリ科
Macrotermitinae	キノコシロアリ亜科
<i>Odontotermes formosanus</i> (Shiraki, 1909)	タイワンシロアリ
Nasutitermitinae	テングシロアリ亜科
<i>Nasutitermes takasagoensis</i> (Shiraki, 1911)	タカサゴシロアリ
Termitinae	シロアリ亜科
<i>Pericapritermes nitobei</i> (Shiraki, 1909)	ニトベシロアリ
<i>Sinocapritermes mushae</i> (Oshima et Maki, 1919)	ムシャシロアリ

ら数百倍ものシロアリが生息していると言える。このように豊富なシロアリ相を背景に、これまで琉球大学はもとより日本各地の大学や研究機関で南西諸島のシロアリに関する数々の研究が行われてきた（詳しくは岩田¹²⁾、徳田の稿を参照のこと）。そこで本稿では、今後のシロアリ研究の一助となるよう、南西諸島とその周辺におけるシロアリの分布について概説する（表2）。また、ヤマトシロアリ属（*Reticulitermes*）7種については遺伝子配列の比較からそれぞれの種の分布を検討する。

2. オオシロアリ科

オオシロアリは大隅諸島から奄美群島で採集されており、徳之島の井之川岳²⁾、丹発山²⁴⁾、三京岳²⁴⁾、奄美大島の浦上²⁾、大勝²⁾、古仁屋²⁾、知名瀬²⁴⁾、宇検²⁴⁾、さらに中之島^{4, 24)}、屋久島の小杉谷³⁾、宮之浦³⁾、一湊³⁾、永田³⁾、永田岳²⁴⁾、尾之間²⁴⁾、愛子岳²⁴⁾、種子島の古田³⁾、広掛³⁾、鬼ヶ沢（種子島牧場北）²⁴⁾で記録がある。1900年代初頭には高知県足摺岬、鹿児島県佐多岬でも採集されたようであるが^{5, 25)}、その後の調査では見つかっておらず、恐らくすでに絶滅し

たものと思われる。近年は、著者も含め多くのシロアリ研究者が屋久島の尾之間で集中的に採集を行っており、そこでの個体数減少が危惧される。

3. レイビシロアリ科

コウシュンシロアリ、ダイコクシロアリ、カタンシロアリについては Ikehara¹⁻⁵⁾ と安田ら^{8, 10)} によってよく調査されている。コウシュンシロアリは沖縄島中南部と宮古・八重山諸島に広く分布しており、ダイコクシロアリは徳之島以南に、カタンシロアリは和歌山県や九州南部から南西諸島全体に渡って分布している。このうちダイコクシロアリは家屋や家財を食害するので、駆除業者などの記録を調べれば有人島におけるより詳細な分布が明らかになるだろう。

カタンシロアリと同属のサツマシロアリは中之島⁴⁾、屋久島²⁰⁾の他、1900年頃に石垣島（現在の中央運動公園付近）で採集されたとの記録も残っているが⁵⁾、その後の調査では見つかっていない。カタンシロアリと形態的によく似たナカジマシロアリは Morimoto²⁶⁾ によって記載され、これまでに奄美大

表2 南西諸島とその周辺におけるシロアリ分布^{1~10, 13~23)}

表中「-」は調査が行われた記録がないもの、「?」については本文を参照のこと。

シロアリ種		地域																				
		オオシロアリ	コウシュンシロアリ	サンマシロアリ	カタシロアリ	ナカジマシロアリ	ダイコクシロアリ	アメリカカンザイシロアリ	ハワイシロアリ	ヤマトシロアリ属	ヤマトシロアリ九州亜種	アマミシロアリ	ミヤタケシロアリ	オキナワシロアリ	ヤエヤマシロアリ	ギアシロアリ	イエシロアリ	タイワンシロアリ	タカサゴシロアリ	ニトベシロアリ	ムシヤシロアリ	
韓国																						
九州		?	○	○	○		○		○	○							○					
大隅諸島	種子島	○							○	○							○					
	屋久島	○	○	○					○	○							○					
	硫黄島								○	○							○					
	黒島								○	○							○					
	口之永良部島								○	○							○					
トカラ列島	口之島								○	○							○					
	中之島	○	○	○					○	○							○					
	諏訪之瀬島								○	○							○					
奄美群島	奄美大島	○		○	○				○	○		○	○				○					
	喜界島								○	○							○					
	加計呂麻島	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
	請島	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
	徳之島	○		○	○	○			○	○		?	○			?	○					
	沖永良部島			○	○	○			○	○							○					
	与論島					○	○		○	○			○				○					
大東諸島	北大東島						○		○	○						?						
	南大東島						○	○		○												
沖縄諸島	沖縄島		○	○	○	○	○		○	○			?	○	?		○	○				
	久米島			○	○	○	○		○	○				?	?		○	○				
	伊江島					○	○		○	○				?	?		○	○				
	伊平屋島				○	○	○		○	○				?	?		○	○				
	伊是名島					○	○		○	○				?	?		○	○				
	渡嘉敷島			○	○	○	○		○	○				?	?		○	○				
宮古諸島	宮古島		○			○	○		○	○						?	○	?				
	伊良部島		○			○	○		○	○						○	○					
	多良間島		○			○	○		○	○						○	○					
八重山諸島	石垣島	○	?	○	○	○	○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
	黒島	○			○	○	○		○	○					○	○	○	○	○	○	○	○
	西表島	○		○	○	○	○		○	○				○	?	○	○	○	○	○	○	○
	波照間島	○		○	○	○	○		○	○						○	○	?	?			
	与那国島	○		○	○	○	○		○	○						○	○	?	?			
尖閣諸島		-	-	-	-	-	-	-	-	-												
台湾	台湾島	○	○	○	○	○	○		○	○						○	○	○	○	○	○	○
	蘭嶼	○				○	○		○	○					?	?	○	○	○	○	○	○
中国		○	○	○	○	○	○		○	○						○	○	○	○	○	○	○

島¹⁵⁾、沖縄島の沖縄市知花⁸⁾、伊平屋島⁸⁾などで採集されている。ちなみに、クシモトシロアリ (*G. kushimensis*)、コダマシロアリ (*G. kodamai*) はナカジマシロアリのジュニアシノニムである¹⁵⁾。

レイビシロアリ科には外来種である *Incisitermes* 属 2種が含まれており、アメリカカンザイシロアリは沖縄西原町⁹⁾、さらに森本²⁷⁾によれば沖縄市から那覇市にかけて連続的に見つかるようだ。近年 Takematsu²⁸⁾によって日本ではじめて報告されたハワイシロアリは、南西諸島では南大東島の数カ所のみから採集されている⁸⁾。

4. ミゾガシラシロアリ科

Ikehara^{1~5)}が調査を行っていた頃には1種 (*R. speratus*) とされていた日本のヤマトシロアリ属は、Morimoto⁶⁾による再検討、Takematsu and Yamaoka²⁹⁾、Takematsu^{7, 30)}による体表炭化水素分析と比較形態分析により、現在では7種3亜種とされ、そのうち6種1亜種が南西諸島に分布している。比較形態分析によりそれぞれの種の形態的特徴が示されたとは言え、これらの種の形態は非常によく似ている。ヤマトシロアリ属のシロアリは南西諸島全域で採集された記録があるものの、本稿では森本や竹松らによって検討がなされた標本の採集地をそれぞれの種

および亜種の確実な分布域として挙げることにする。アマミシロアリについては、奄美大島の湯湾岳^{6,7)}、油井岳⁷⁾、金作原⁷⁾、ミヤタケシロアリについては奄美大島の三太郎峠⁶⁾、湯湾岳⁷⁾、徳之島の大原⁶⁾、ヤマトシロアリ九州亜種については屋久島⁷⁾、中之島⁷⁾ (採集記録は明記されていないものの種子島とトカラ列島も分布地としてある⁷⁾)、オキナワシロアリについては沖縄島の首里⁶⁾、与那⁶⁾、呉我山⁶⁾、与那覇岳⁷⁾、国頭⁷⁾、今帰仁⁷⁾、Sata-Utaki⁷⁾ (該当する地名が見つからなかったため、原文のまま)、ヤエヤマシロアリについては西表島の波照間森⁶⁾、白浜⁶⁾、石垣島の吉原⁶⁾、於茂登岳^{6,7)}、バンナ岳⁷⁾、キアシシロアリについては与那国島⁷⁾、石垣島⁷⁾ である。

安田ら^{8, 10)} はオキナワシロアリを沖縄島全域、久米島、伊江島、伊平屋島、伊是名島などから、ヤエヤマシロアリを沖縄島の北中城村、伊平屋島、北大東島から、キアシシロアリを宮古島、西表島などから、ミヤタケシロアリを沖縄島数カ所から採集しているが、上述の理由から本稿ではあくまで参考記録とする (表2参照)。また、Xing et al.²¹⁾ はキアシシロアリを徳之島から、Li et al.¹⁹⁾ は同種を蘭嶼から採集したとしている。これについては後述する。

ヤマトシロアリ属に限らず生物全般において形態形質による種同定は決して容易なことではない。さらに、実際の同定作業はタイプ標本や近縁種との詳細な比較など、高度な専門技術と知識が必要とされ

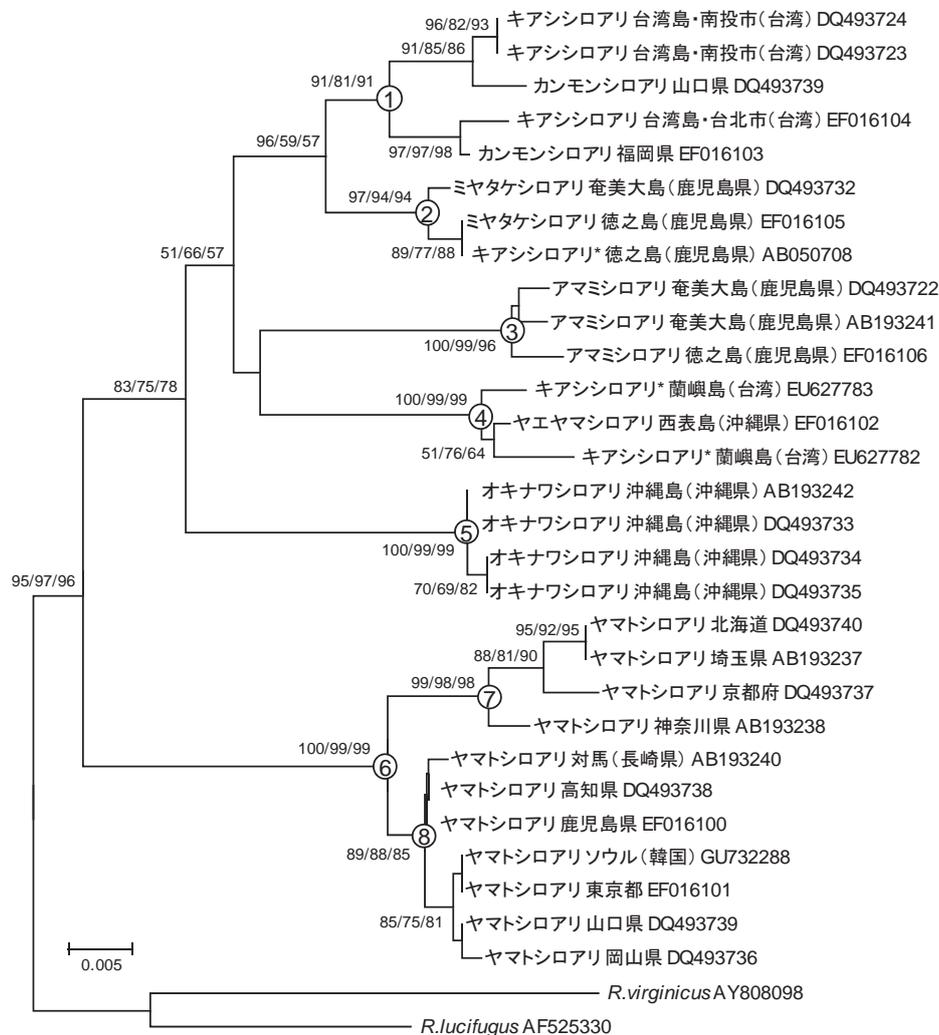


図2 ヤマトシロアリ属のミトコンドリア COII 遺伝子配列 (677塩基座) を用いて構築した系統樹 Yashiro and Matsuura²²⁾ のデータに、採集地が明確なデータ^{19, 21, 33, 34)} を加えて近隣結合法によって系統樹を構築した。節点の数字はブートストラップ値 (1,000回試行) を示し、左側から近隣結合法、最節約法、最尤法によるものである。ブートストラップ値は3つの方法すべてにおいて50以上になった節点にのみ表示している。系統樹の構築とブートストラップ値の計算には MEGA5³⁵⁾ を用いた (設定はすべて初期設定のまま)。節点の丸囲みの数字、種名に付した「*」については本文参照のこと。

る上に、そのような技術や知識を持つ分類学者は年々減っている。そこで近年、Hebert et al.^{31,32)}によって提唱されたDNAによる同定手法(DNAバーコーディング)が普及しつつある。DNAバーコーディングでは、DNA配列には種内と種間の変異幅が一般的に異なっていることから、分類学者によって記載・同定された標本のDNA配列と未同定標本のDNA配列を比較することで種同定を行う。DNA配列の比較は一般的に系統樹を書くことでなされ、種としてのまとめり具合や種間の離れ具合を検討する。

ヤマトシロアリ属については、Yashiro and Matsuura²²⁾がミトコンドリアのCOII遺伝子配列を用いて系統樹を作成している。そこで、これに上述のXing et al.²¹⁾、Li et al.¹⁹⁾らによって得られた配列などを合わせて、系統樹を再構築した(図2)。ただし、上述の理由から図中の種名は確定的なものではないことに注意されたい。この系統樹からは、①台湾島産キアシシロアリ—カンモンシロアリ(*R. kanmonensis*)の複合グループ、②ミヤタケシロアリ—徳之島産キアシシロアリグループ、③アマミシロアリグループ、④ヤエヤマシロアリ—蘭嶼産キアシシロアリグループ、⑤オキナワシロアリグループ、⑥ヤマトシロアリ種群(*R. speratus*)グループに分けられること、さらに⑥は⑦と⑧の2つのサブグループに分けられることが示された。

系統樹内での配列のまとめり具合と採集地から判断して、②に含まれる徳之島産キアシシロアリ(AB050708)²¹⁾はミヤタケシロアリのことではないかと思われる。④の蘭嶼産キアシシロアリ(EU627782, EU627783)¹⁹⁾については、Takematsu⁷⁾が「台北市と蘭嶼の“キアシシロアリ”は別種であり、台北市のものが本当のキアシシロアリである」と記述していることから、ヤエヤマシロアリのことではないかと思われる(ただし、もしヤエヤマシロアリ(EF016102)²²⁾が間違っただけで同定されていた場合、別の種が両島に分布していることになる)。

ヤマトシロアリ種群(系統樹内の⑥)については、北海道にはヤマトシロアリ(*R. speratus speratus*)が、韓国と九州にはヤマトシロアリ九州亜種(*R. speratus kyushuensis*)が、そして四国にはヤマトシロアリ中四国亜種(*R. speratus leptolabralis*)が分布するとされているので⁷⁾、⑦がヤマトシロアリ、⑧がヤマト

シロアリ九州亜種とヤマトシロアリ中四国亜種を示しているだろう。ヤマトシロアリ九州亜種と中四国亜種は系統的にはっきりと分かれていないが、ヤマトシロアリ中四国亜種については、ミトコンドリアのCOIIとCOIII遺伝子配列を解析したPark et al.³⁶⁾も系統的な位置づけが不明瞭だと言っている。

イエシロアリは約300年前に中国から日本へ持ち込まれた外来種であると長い間考えられてきたが^{37, 38)}、少なくとも南西諸島には大陸中国や台湾と陸続きだった頃から分布していたのではないかとする報告もある³⁹⁾。Ikehara¹⁻⁵⁾や安田ら^{8,10)}によれば、イエシロアリは海洋島である南北大東島を除く全域で採集されている。ただし、このシロアリは貿易船などによって北米に移入された経緯もあり⁴⁰⁾、仮に南北大東島にはもともと分布していなかったとしても、遅かれ早かれ移入される可能性がある。また、Takematsu and Yamaoka⁴¹⁾は与那国島と九州の福岡県からコウシュンイエシロアリ(*C. guangzhouensis*)の分布を報告しているが、後にイエシロアリと同一種とされている¹¹⁾。

5. シロアリ科

シロアリ科のシロアリは熱帯地域を中心に分布する。台湾と中国にはより多くの種が分布しており、南西諸島に分布する4種も両地域に分布する。台湾シロアリの分布域は沖縄島の首里、宮古島、石垣島、西表島、与那国島など^{1,5)}とされていたが、その後の調査^{8, 10, 23)}では宮古島と与那国島における分布は確認されていない。また、著者らは石垣・西表島と宮古島の間位置する多良間島においても調査を行ったが発見されなかった²³⁾。沖縄島における詳細な分布については安田ら⁸⁾、山田²³⁾を参照されたい。また、少なくとも今のところ台湾シロアリが八重山諸島と沖縄島という隔離分布をする理由については、山田²³⁾によって議論されているのでここでは触れないこととする。

タカサゴシロアリは八重山諸島以南に分布し、García et al.^{16, 17)}は石垣島、黒島、西表島、波照間島などから採集している。Ikehara⁵⁾は与那国島からも採集しているが、García et al.^{16, 17)}や安田ら^{8, 10)}、著者らのその後の調査では見つかっていない。ニトベシロアリとムシャシロアリも八重山諸島以南にのみ分布し、石垣島と西表島で採集されている^{1, 5, 14, 42)}。

6. おわりに

本稿では、出来るだけ実際の採集記録に基づいて南西諸島のシロアリの分布を概説した。研究者による採集場所が集中しているオオシロアリ、各種の分布域があまりはっきりしておらず種同定が困難なヤマトシロアリ属については過去の採集場所を明記したので、本稿が今度の採集の参考になれば幸いである。それでもなお、ヤマトシロアリ属では複数種が同所的に生息しており、採集場所だけでは種同定の参考にならないこともあるだろう。種は形態形質によって記載されるので形態形質から同定することが決定的であるとは言え、近頃は多くの大学や研究機関がDNA配列を決定するための設備を持つようになってきており、本稿で示したようにDNA配列を比較することも種同定のために有用である。

引用文献

- 1) Ikehara, S. (1957) : The termite fauna of the Ryukyu Islands and its economic significance (I) (The Yaeyama-gunto & the Okinawa-gunto), Bull. Arts & Sci. Div. Ryukyu Univ. (Mat. & Nat. Sci.), 1, 44-61.
- 2) Ikehara, S. (1958) : The termite fauna of the Ryukyu Islands and its economic significance (II) (Amami-gunto), Bull. Arts & Sci. Div. Ryukyu Univ. (Mat. & Nat. Sci.), 2, 24-34.
- 3) Ikehara, S. (1959) : The termite fauna of the Ryukyu Islands and its economic significance (III) (Satsunan-shoto), Bull. Arts & Sci. Div. Ryukyu Univ. (Mat. & Nat. Sci.), 3, 31-41.
- 4) Ikehara, S. (1959) : The termite fauna of the Ryukyu Islands and its economic significance (IV) (Tokararetto), Bull. Arts & Sci. Div. Ryukyu Univ. (Mat. & Nat. Sci.), 3, 43-51.
- 5) Ikehara, S. (1966) : Distribution of termites in the Ryukyu Archipelago, Bull. Arts & Sci. Div. Ryukyu Univ. (Mat. & Nat. Sci.), 9, 49-178.
- 6) Morimoto, K. (1968) : Termites of the genus *Reticulitermes* of Japan and Taiwan, Bull. Gov. Forest. Exp. St., 217, 43-73.
- 7) Takematsu, Y. (1999) : The genus *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Japan, with description of a new species, Entomol. Sci., 2, 231-243.
- 8) 安田いち子・仲宗根幸男・金城一彦・屋我嗣良 (2000) : 琉球諸島および南・北大東島におけるシロアリの形態と分布, 昆虫ニューシリーズ, 3, 139-156.
- 9) 安田いち子・金城一彦・屋我嗣良 (2003) : 沖縄島から初めて発見された *Incisitermes minor* (Hagen) アメリカカンザイシロアリ, 昆虫ニューシリーズ, 6, 103-104.
- 10) 安田いち子 (2004) : 琉球諸島および南・北大東島におけるシロアリの形態と分布, 鹿児島大学大学院連合農学研究科学位論文 (鹿児島大学).
- 11) 竹松葉子 (2006) : 日本産シロアリ類の分類の現状, 家屋害虫, 28, 29-35.
- 12) 岩田隆太郎 (2006) : 日本のシロアリ研究最前線, 家屋害虫, 28 : 1-27.
- 13) 森本 桂 (2001) : 中国と日本のシロアリ, しろあり, 126, 3-8.
- 14) Takematsu, Y. (1994) : First record of *Sinocapritermes mushae* (Oshima and Maki) (Isoptera, Termitidae, Termitinae) from Japan, with redescription of soldier and worker castes, Jpn. J. Entomol., 62, 719-722.
- 15) Takematsu, Y. and R. Yamaoka (1997) : Taxonomy of *Glyptotermes* (Isoptera: Kalotermitidae) in Japan with reference to cuticular hydrocarbon analysis as chemotaxonomic characters, Esakia, 37, 1-14.
- 16) García, J., K. Maekawa, T. Miura and T. Matsumoto (2002) : Population structure and genetic diversity in insular populations of *Nasutitermes takasagoensis* (Isoptera: Termitidae) analyzed by AFLP markers, Zool. Sci., 19, 1141-1146.
- 17) García, J., K. Maekawa, T. Miura and T. Matsumoto (2004) : Genetic distance between *Nasutitermes takasagoensis* (Isoptera: Termitidae) populations in Taiwan and the Yaeyama Islands, analyzed by amplified fragment length polymorphism markers, Entomol. Sci., 7, 245-249.
- 18) Huang, F., G. Li and S. Zhu (1989) : The Taxonomy and Biology of Chinese Termites, Tianze Press (Beijing) (in Chinese).
- 19) Li, H.-F., R. H. Scheffrahn, N.-Y. Su, N. Kanzaki and R.-L. Yang (2008) : Survey of the termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae) of Lanyu Island, Taiwan, Florida Entomol., 91, 472-473.
- 20) Lo, N., O. Kitade, T. Miura, R. Constantino and T.

- Matsumoto (2004) : Molecular phylogeny of the Rhinotermitidae, *Insect. Soc.*, 51, 365-371.
- 21) Xing, L., K. Maekawa, T. Miura, O. Kitade and T. Matsumoto (2001) : A reexamination of the taxonomic position of Chinese *Heterotermes aculabialis* (Isoptera: Rhinotermitidae) based on the mitochondrial cytochrome oxidase II gene, *Entomol. Sci.*, 4, 53-58.
- 22) Yashiro, T. and K. Matsuura (2007) : Distribution and phylogenetic analysis of termite egg-mimicking fungi "termite balls" in *Reticulitermes* termites, *Ann. Entomol. Soc. America*, 100, 532-538.
- 23) 山田明徳 (2009) : 琉球列島におけるタイワンシロアリの隔離分布について, しろあり, No.152, 40-42.
- 24) Maekawa, K., T. Miura, O. Kitade and T. Matsumoto (1998) : Genetic variation and molecular phylogeny based on the mitochondrial genes of the damp wood termite *Hodotermopsis japonica* (Isoptera: Termopsidae), *Entomol. Sci.*, 1, 561-571.
- 25) 松本忠夫・広野善幸・王家駒 (1990) : 日本および中国のオオシロアリ属 (*Hodotermopsis*) に関する最近の研究—地理的分布を中心として—, しろあり, No.80, 3-12.
- 26) Morimoto, K. (1973) : *Glyptotermes nakajimai*, a new termite from Japan. *Kontyû*, 41, 470-474.
- 27) 森本 桂 (2009) : アメリカカンザイシロアリの生態と防除法, 木材保存, 35, 44-51.
- 28) Takematsu, Y. (1997) : New record of *Incisitermes immigrans* from Japan (Isoptera, Kalotermitidae), *Jpn. J. Entomol.*, 65, 634.
- 29) Takematsu, Y. and R. Yamaoka (1999) : Cuticular hydrocarbons of *Reticulitermes* (Isoptera : Rhinotermitidae) in Japan and neighboring countries as chemotaxonomic characters, *Appl. Entomol. Zool.*, 34, 179-188.
- 30) Takematsu, Y. (1990) : Discovery of the winged form of *Reticulitermes miyatakei* Morimoto, *Esakia* (Special Issue), 1, 1-4.
- 31) Hebert, P. D. N., A. Cywinska, S. L. Ball and J. R. de Waard (2003) : Biological identifications through DNA barcodes, *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 270, 313-321.
- 32) Hebert, P. D., S. Ratnasingham and J. R. deWaard (2003) : Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species, *Proc. R. Soc. Lond. B (Suppl.)*, 270, S96-99.
- 33) Hongoh, Y., P. Deevong, T. Inoue, S. Moriya, S. Trakulnaleamsai, M. Ohkuma, C. Vongkaluang, N. Noparatnaraporn and T. Kudo (2005) : Intra- and interspecific comparisons of bacterial diversity and community structure support coevolution of gut microbiota and termite host, *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 6590-6599.
- 34) Kim, T.-J., M. Cho and Y.-S. Kim (2010) : *Reticulitermes speratus* isolated from the Bukhan Mountain in Seoul, Korea, GenBank, GU732288.
- 35) Tamura, K., D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei and S. Kumar (2011) : MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods, *Mol. Biol. Evol.*, in press.
- 36) Park, Y. C., O. Kitade, M. Schwarz, J. P. Jim and W. Kim (2006) : Intraspecific molecular phylogeny, genetic variation and phylogeography of *Reticulitermes speratus* (Isoptera: Rhinotermitidae), *Mol. Cells*, 21, 89-103.
- 37) Su, N.-Y. and M. Tamashiro (1987) : An overview of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in the world. In : *Biology and Control of the Formosan Subterranean Termite* (Tamashiro, M. and N.-Y. Su, eds.), Research Extension Series 083. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, pp. 3-15.
- 38) Su, N.-Y. (2003) : Overview of the global distribution and control of the Formosan subterranean termite, *Sociobiology*, 41, 7-16.
- 39) Yamada, A., S. Saitoh, G. Tokuda, S. Fujii, N. Endo, E. Ueshima, Y. Tawa, M. Miyagi, H. Makiya, N. Shinzato, C.-Y. Lee and K. Tsunoda (2010) : Genetic diversity of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki in relation to the distribution of staphylinid termitophiles, *Proceedings of the Seventh Conference of the Pacific Rim Termite Research Group*, 89-94.
- 40) Austin, J. W., A. L. Szalanski, R. H. Scheffrahn, M. T. Messenger, J. A. McKern and R. E. Gold (2006) : Genetic evidence for two introductions of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae), to the United States, *Florida Entomol.*

89, 183-193.

- 41) Takematsu, Y. and R. Yamaoka (1993) : A new record of *Coptotermes guangzhouensis* (Isoptera, Rhinotermitidae) from Japan, Jpn. J. Entomol., 61, 250.

- 42) 牧 幸司・上江州いち子・安部琢哉 (1982) : 西表島から発見された日本未記録のシロアリ *Procapritermes* sp., 沖縄生物学会誌, 20, 31.

(琉球大学熱帯生物圏研究センター)



<文献の紹介>

東南アジアにおける多様なシロアリ種の管理に関して Managing Subterrenian termites in South east Asia

Chow-Yang Lee¹⁾ · Charunee Vongkaluang²⁾ · Michael Lenz³⁾

- 1) Urban Entomology Laboratory, Vector Control Research Unit, School of Biological Sciences, Universiti Sains Malaysia, 11800 Penang, Malaysia. E-mail: chowyang@usm.my.
- 2) Forest Products Research Division, Royal Forest Department, Bangkok 10900, Thailand.
- 3) CSIRO Entomology, GPO Box 1700, Canberra ACT 2601, Australia.

訳：名葉哲朗・大嶽譲治

訳に寄せて：

東南アジア地域はシロアリ生息に適した環境が多く、その分布している種も多様です。そんな中、本研究においては、駆除後（特にベイト工法での処理）に別種が進入してくる例などが紹介されています。日本でも、イエシロアリ根絶後のヤマトシロアリ進入、又は同種の別コロニーなどの事例が、時に見られると聞き及びます。興味のないシロアリ自体の生態とともに、各国における、多様種の進入パターンが紹介されていますので、ぜひご参考にお読み頂ければ幸いです。

要 約

亜熱帯を有するアジアパシフィック地域において、シロアリは重要害虫の一つである。この地域においては、多岐にわたる種が生息し、一定のエリア内で複数の別種が見つかることもしばしばであり、建物被害においても複数種のシロアリが同時に進入しているケースがよく見られる。マレーシアとシンガポールにおいては、7属 (*Coptitermes*, *Macrotermes*, *Microtermes*, *Globitermes*, *Odontotermes*, *Schedorhinotermes*, *Microcerotermes*)、12種のシロアリが建築物外、中、ともによく見られ、特に郊外から地方のエリアにおいて顕著に見られる。同様の生息状況は、タイ国の都市部から郊外にかけて *Coptitermes*, *Microtermes*, *Macrotermes*, *Hypotermes*, *Odontotermes* 属が見られる。オーストラリア北部の亜熱帯地域においては、3～6属のシロアリ (*Mastotermes*, *Coptotermes*, *Schedorhinotermes*, *Heterotermes*, *Nasutitermes* and *Microcerotermes*) が建物害虫として、同地域に高い密度で生息している。

シロアリ用ベイト工法が、マレーシアにも紹介されて以来、異なるシロアリの再進入が問題になってきている。最初のコロニー（主に *Coptitermes* 属）が根絶された後、*Macrotermes* 属や *Schedorhinotermes* 属が、数ヶ月後に同じ建物に侵入、被害を及ぼしているのも珍しくない。これらのシロアリは、紙を基材とするシロアリ用ベイトへの嗜好性が鈍いと考えられる。ここでは、亜熱帯における、これらを含めた複数のシロアリ種に対する対策を議論することとしたいと思う。

Key words : Termite management, multi-genera, control strategies, Malaysia, Singapore, Thailand, Australia.

1. はじめに

シロアリは都市環境においては重要な昆虫である (Su & Scheffahn 2000 ; Lee 2002a)。

サウスハンプシャー（その他ヨーロッパおよび日本）ではシロアリの管理は *Rhinotermitidae* (Pearce 1997) に属する僅かなシロアリ属がしばしば物議を

かもす。これら *Rhinotermitids* は *Reticulitermes*, *Coptotermes*, *Heterotermes* を含む。通常この地域では建物に侵入する種は2種であり、それ以上見かけることは稀である。様々なシロアリ管理システムの中で、ベイトが *rhinotermitids* に対して比較的効果を挙げている。しかし、赤道地域やサウスハンプシャーでは *rhinotermitids* と *non-rhinotermitids* 両方からなるシロアリ属が広範囲に生息している。多くの事例において、複数個体あるいは複数種の生物から連続的に侵入、攻撃されるケースがある (Lee 2002a)。

ベイトの最新技術は、これら地域においては *non-rhinotermitids* に対する一定の効果を挙げている。さらにベイトにより *Coptotermes* 同様、*rhinotermitids* の密度を下げる事が出来た場合、通常顕在化していない有害生物や無害と考えられている生物が問題となり、屋内に侵入することとなる (Lee 2002a ; Lee 2002b ; Kirton & Azmi 2005)。

ここではマレーシア、シンガポール、タイやオーストラリアの状況をもとにした種類の有害生物の生息する国でのシロアリ管理事例について議論する。

2. マレーシア、シンガポールにおける、一般的な生物とシロアリ侵入

マレーシアとシンガポールでは建物の中で見られ

るシロアリ種として *Coptotermes*, *Schedorhinotermes*, *Macrotermes*, *Nasutitermes*, *Globitermes* (Ngee & Lee 2002 ; Lee et al 2003), *Odontotermes* が生息している。これらの種では *Coptotermes* による侵入が全体の85%を占める (表1, 図1)。

Coptotermes gestroi は建物や建造物における最も一般的なシロアリ種である (Kirton & Brown 2003)。その他の *Coptotermes* *C. curvignathus* がかつて農地だった土地あるいは農園に建てられた家屋で見かけるかもしれない。特にゴム、パームオイル、ココナッツ農園地域等で見かけられる。

加えて、その他のシロアリの複数種が同時に侵入している家屋を見かけることもよくある。

表1 マレーシアのノースペンシユラの被害家屋で見つかったシロアリ種

(n = 132)

Species	Percentage (%)
<i>Coptotermes</i> spp.	84.1
<i>Macrotermes gilvus</i>	6.0
<i>Schedorhinotermes medioobscurus</i>	3.8
<i>Microcerotermes crassus</i>	2.3
<i>Nasutitermes javanicus</i>	2.2
<i>Odontotermes</i> sp.	0.8
<i>Globitermes sulphureus</i>	0.8

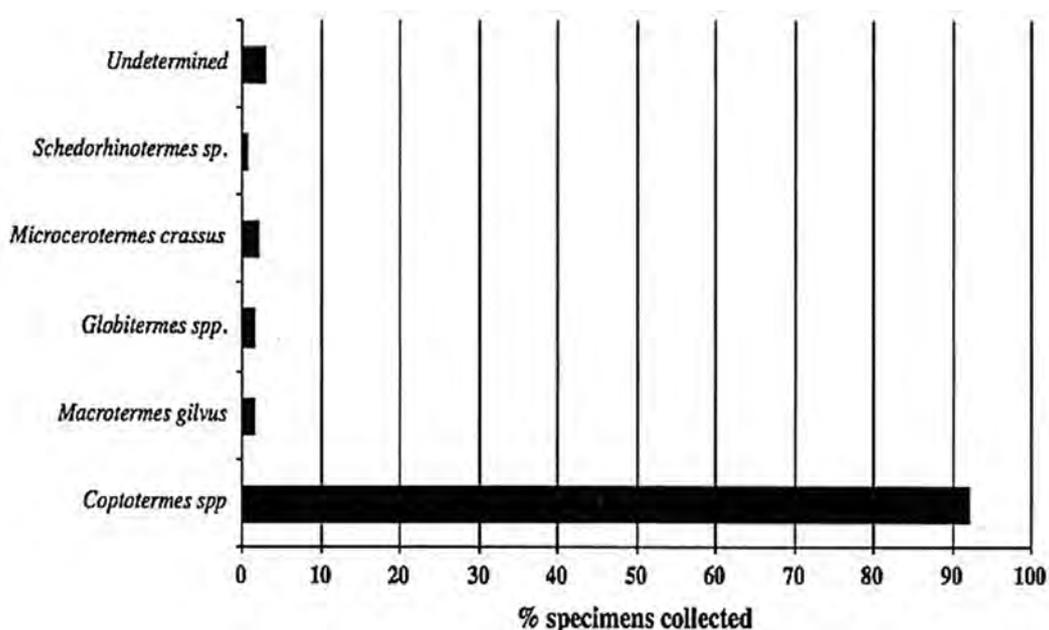


図1 シンガポール島の被害家屋で見つかったシロアリ種

3. タイにおける共通種とシロアリ侵入

タイではマレーシアと似たようなことが普通に見られる。表2はタイの農村部と都市部の被害住宅で発見されたシロアリ種を示す。この研究では *Rhinotermitids* (5種類) と *Termitidae* (8種類) に属する全13種が確認された。

都市部では *C. gestroi* (Sornnuwat *et al.* 1996a, 1996b, 1996c) による侵入が最も多い。一方、農村部の住宅は主に *Microcerotermescrassus* (Sornnuwat *et al.* 1996a) に侵入されている。

タイでも複数種のシロアリが同時に侵入することがある(図2, 3)。このことから農村部でのシロアリ種生息の様相は、高い多様性で成りたっていることが分かる。

4. オーストラリアにおける一般的な生物とシロアリ侵入

オーストラリアでは建造物への侵入例では全7種のシロアリが見られる(Watson & Abby 1990, Lenz 2002, Australian Atandaed 2000)。頻出種である *Coptotermes* と *Schedorhinotermes* はオーストラリア本土の外へも広がった。一方、*Mastotermes* はオーストラリアの熱帯地域の優先種となっている。

5. 多様化する生物相管理の試み

多種にわたるシロアリ属管理の重要な試みでは、特にシロアリベイトを使用した場合に *Rhinotermitids* が排除・抑制された後によりその他多くのシロアリ侵入を許してしまう。ゆえに先に述べたとおり、ベイトを使って、これら *non-rhinotermitids* 管理することは不可能と思われる。以前 Lee (2002b) が予めベイトを仕掛けた住居に侵入した *M. gilvus* を管理する難しさを報告している。*Coptotermes* が淘汰される2ヶ月前に *M. gilvus* は発見されている。

表4はベイトを使って駆除した後のシロアリ属の変遷を示す。*Coptotermes* の再侵入は比較的高く(ほぼ85%)、ベイトは *Coptotermes* と *Schedorhinotermes* にしか効果が無いとは言いがたいと分かる。PCOがこれら *non-rhinotermitids* 忌避させるために化学薬剤散布をせざるを得なかった事例がマレーシアには多くある。しかし、その場合でもほんの短い時間内に住居内の他の場所でシロアリの再発が確認されることからそれは一時的な策に見える。

表2 タイの被害家屋で見つかったシロアリ種

Table 2. Termite pest species found in infested houses in Thailand (n = 200) (Sornnuwat *et al.* 1996a)

Species	Urban	Roural
<i>Coptotermes gestroi</i>	90	22
<i>Coptotermes kalshoveni</i>	3	—
<i>Coptotermes premasmii</i>	1	1
<i>Coptotermes travians</i> [haviglandi]	4	—
<i>Schedorhinotermes medioobscurus</i>	2	1
<i>Globitermes sulpbureus</i>	—	7
<i>Macrotermes gilvus</i>	—	4
<i>Microcerotermes pakistanicus</i>	—	2
<i>Microcerotermes anandi</i>	—	2
<i>Microcerotermes crassus</i>	—	42
<i>Odontotermes proformosanus</i>	—	8
<i>Odontotermes longignatbus</i>	—	6

表3 オーストラリアの建物、建築物における有害なシロアリ

属 (有害生物数)	分 布
<i>Mactotermes</i> (1)	冬至線の南部熱帯地域、多数生息
(4)	殆どのオーストラリア本土
<i>Schedorhinotermes</i> (5)	最南部を除くオーストラリア本土全域(主に東海岸と熱帯地域) 東海岸では一番の家屋害虫として <i>Coptotermes</i> に置き換わっている地域では一般的になってきている。
<i>Heterotermes</i> (10)	広く分布している。熱帯地域に3種類。
<i>Microcerotermes</i> (数種)	<i>Coptotermes</i> が淘汰された後のベイトステーション内に地域特有な害虫が現れることがある。
<i>Nasutitermes</i> (3)	東海岸における2種の樹木加害生物 南部地域に1種のツカツクリ
<i>Porotermes</i> (1)	南東部に地域特有な害虫 一定の需要

表4 マレーシアにおけるベイトによる *Coptotermes* 淘汰後に入れ替わるシロアリ種 (2001~2004) (n = 82 premises)

Species	Percentage (%)
<i>Coptotermes</i>	83.0
<i>Schedorhinotermes</i>	7.3
<i>Macrotermes</i>	4.9
<i>Globitermes</i>	1.2
<i>Nasutitermes</i>	1.2
<i>Microcerotermes</i>	2.4

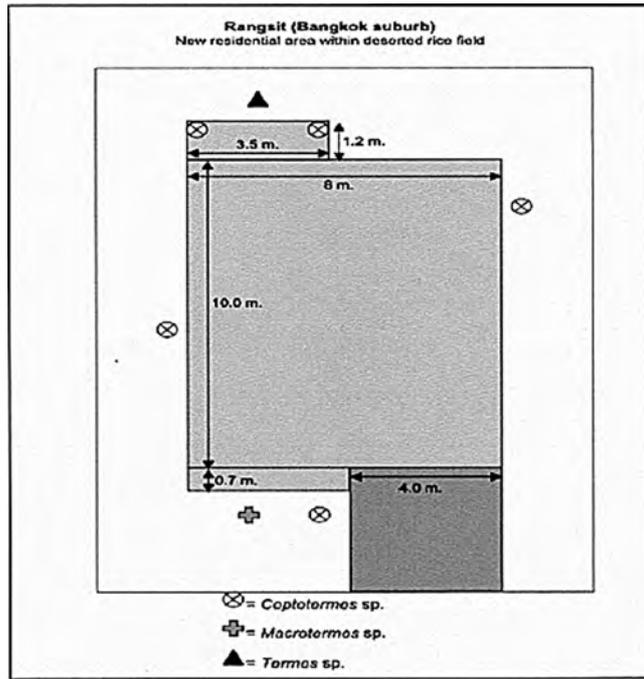


図2 タイ バンコク Rangsit の住宅地のシロアリ

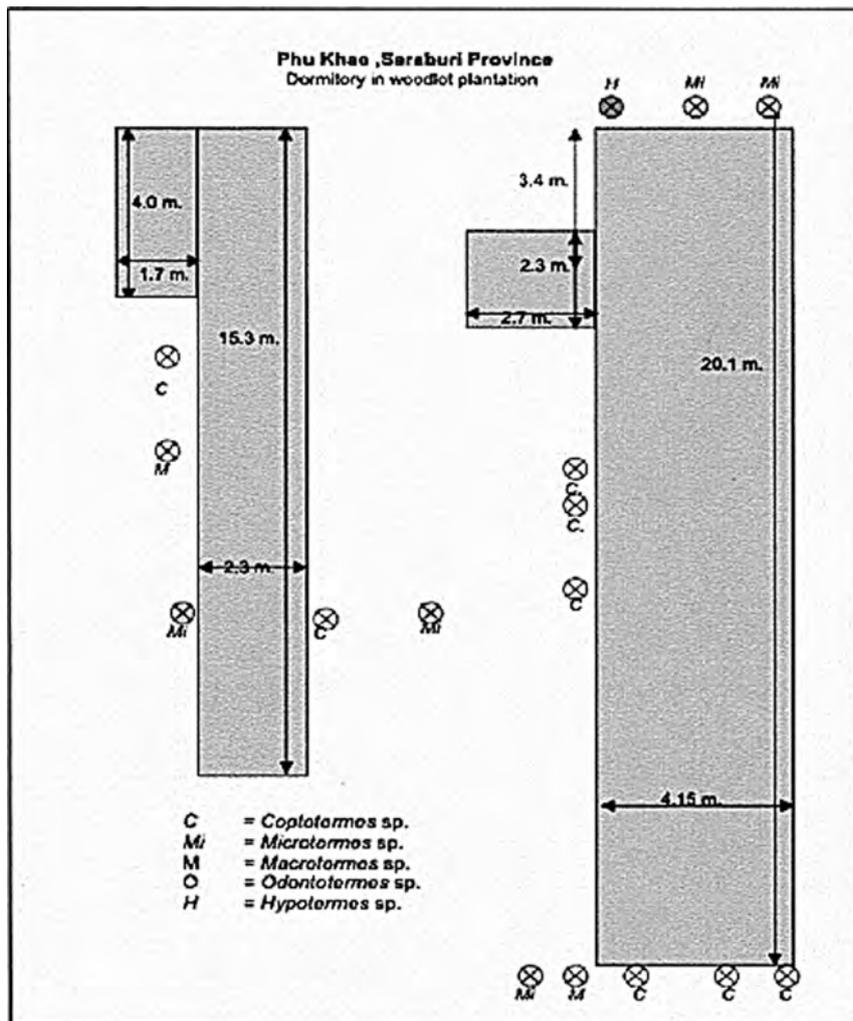


図3 タイ Saraburi の多様なシロアリ侵入

6. 多様なシロアリ属の管理戦略

現在のシロアリベイトは *Coptotermes* と *Schedorhinotermes* に最も効果的だ。しかし、マレーシアでは、例えば *Coptotermes* のコロニーを淘汰するのに最低1ヶ月、*Schedorhinotermes* のコロニーを淘汰するのに最低6ヶ月掛かる。

ベイトは *Macrotermes*, *Globitermes*, *Microtermes* のような *non-rhinotermitids* には全般的に効果が無い。このため、マレーシアのPCOは *Coptotermes* の管理にのみベイトでの契約をする。*non-rhinotermitids* (優先種シロアリ) が見られた場合はいつでも、大抵化学薬剤による土壌処理が行われる。

最も一般的に用いられるシロアリ剤はクロロピリホスとフィプロニルとイミダクロプリド (マレーシア・シンガポール)、イミダクロプリドとクロルフェナピルとフェノキシカルブとフェンバルレート (タイ)、ビフェントリンとフィプロニルとイミダクロプリド (オーストラリア) である。オーストラリアの熱帯地域での *Mastotermes* 管理では標準的な化学薬剤散布において高い料金を必要とする。オーストラリアの熱帯地域における全てのシロアリ管理システムは、国内の熱帯地域以外に生息する *Coptotermes* に対する評価だけでなく、*Coptotermes* と *Mastotermes* に対する評価も得る必要がある (Lenz 2002)。

侵入が盛んなオーストラリアの熱帯地域では、他の剤からフィプロニル剤に置き換えられている。しかし、異なる有害生物駆除のために営巣場所を取り囲むように集中処理しなければならない。例えば植物が生えている場所、木の幹 (*Coptotermes* 対策)、巣 (*Microcerotermes* 対策) などである。

マレーシア、シンガポール、タイでは *Coptotermes* が排除される前に家屋に侵入しているこれらの生物を減らすためベイトの仕掛けられた家屋周囲に沿ってシロアリによる盛り土を取り除く必要がある。

先端研究領域においては、優先種に対するキチン合成阻害剤を利用したベイト基剤の効果不足の裏に隠された理由を明らかにする必要がある。コロニーに対して明らかなダメージを被ることなくベイトを喫食する *non-rhinotermitids* がいることが分かっているからである (Ngee *et al.* 2004)。加えて *M. gilvus* 用の紙製ベイト基材による効果不足は東南アジアの

PCO にとっても大きな問題となっている。これら事例が緊急調査対象であることは当然のことだと思われる。

7. 要約と結論

多様化する有害シロアリ種はマレーシア、シンガポール、オーストラリアでは異常なことではない。1生物の淘汰は結果として、同様の生物または代わりに蔓延の後任生物 (種) による再侵入に繋がるかもしれない。これはベイトによる *Coptotermes* 淘汰においては特に明白である。総じて、熱帯地域の多様化するシロアリ種を管理することは、異なる対象生物に注意し、複数の管理戦略を調整することで最善となる。

謝 辞

Janette Lenz, Pooi-Yen Loke, Say-Piau Lim, Su-Yee Lim により原稿案を校正いただいたことに感謝する。

引用文献

- Australian Standard (2000) : Protection of buildings from subterranean termites : Part I : New Buildings. AS 3660.1. Standards Australia, Sydney, Australia.
- Kirton, L.G. & V.K. Brown (2003) : The taxonomic status of pest species of *Coptotermes* in Southeast Asia : Resolving the paradox in the pest status of the termites, *Coptotermes gestroi*, *C. havilandii* and *C. travians* (Isoptera : Rhinotermitidae) . *Sociobiology* 42 : 43-63.
- Kirton, L.G. & M. Azmi (2005) : Patterns in the relative incidence of subterranean termite species infesting buildings in Peninsular Malaysia. *Sociobiology* 46 : 1-15.
- Lee, C.Y. (2002a) : Control of foraging colonies of subterranean termites, *Coptotermes travians* (Isoptera : Rhinotermitidae) in Malaysia using hexaflumuron baits. *Sociobiology* 39 : 411-416.
- Lee, C.Y. (2002b) : Subterranean termite pests and their control in the urban environment in Malaysia. *Sociobiology* 40 : 3-9.
- Lee, C.Y., J. Yap, P.S. Ngee & Z. Jaal (2003) : Foraging colonies of a higher mound-building subterranean termite, *Globitermes sulphureus* (Haviland) in Malaysia. *Jap. J. Environ. Entomol. Zool.* 14 : 105-112.
- Lenz, M. (2002) : Termite problem species and management of termite problems in Australia. *Sociobiology* 40 : 11-12.

Ngee, P.S. & C.Y. Lee (2002) : Colony characterization of a mound-building subterranean termite, *Globitermes sulphureus* (Isoptera : Termitidae) using modified single-mark recapture technique. *Sociobiology* 40 : 525-532.

Ngee, P.S., T. Yoshimura & C.Y. Lee (2004) : Foraging populations and control strategies of subterranean termites in the urban environment, with special reference to baiting. *Jpn.*

J. Environ. Entomol. Zool. 15 : 197-215.

Pearce, M.J. (1997) : *Termites-Biology and Pest Management*. CAB International, London : 172.

Sornnuwat, Y., C. Vongkaluang, M. Takahashi, K. Tsunoda & T. Yoshimura (1996a) : Survey and observation on damaged houses and causal termite species in Thailand. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 7 : 191-200.

今回、本論文を快く寄稿、そして翻訳に関してお任せいただいた著者 Chow-Yang Lee, Charunee Vongkaluang & Michael Lenz 諸氏に御礼を申し上げます。

(バイエルクロップサイエンス株)



<協会からのインフォメーション>

田辺信介氏紫綬褒章受章



当協会の理事並びに四国支部長で愛媛大学沿岸環境科学研究センター教授並びに同大学グローバルCOEプログラム拠点リーダーそして環境省中央環境審議会化学物質審査小委員会委員の田辺信介農学博士は、「環境化学」という学問分野の確立と発展の功績により平成23年度春の叙勲において紫綬褒章を受章されました。田辺博士の今後の目標は、今までの化学物質に加えて、東日本大震災で発生した放射性物質による海の汚染実態も明らかにしたいとのこと。

紫綬褒章の受章を衷心よりお祝い申し上げますと共に、益々のご活躍をご祈念申し上げます。



しろあり防除薬剤等認定一覧

(土壌処理剤)

平成23年7月16日現在

認定No.	商品名	希釈倍率	主成分の組成	会社名
3285	ケミホルツターマイト TM-720	水20倍	BDPCP、オクタクロジプロピルエーテル、界面活性剤(アニオン及びノニオン系)、合成炭化水素	オーシカケミテック(株)
3305	メトロフェン乳剤	水40倍	エトフェンブロックス、オクタクロジプロピルエーテル、乳化剤(アニオン・ノニオン系)、脂肪族系溶剤	三井化学アグロ(株)
3307	メトロフェン乳剤「AC」	水40倍	エトフェンブロックス、オクタクロジプロピルエーテル、乳化剤(アニオン・ノニオン系)、脂肪族系溶剤	三井化学アグロ(株)
3311	ケミホルツメトロフェン乳剤	水40倍	エトフェンブロックス、オクタクロジプロピルエーテル、界面活性剤(アニオン及びノニオン系)、石油鎖状系溶剤	オーシカケミテック(株)
3332	ホルサー乳剤	水40倍	ベルメトリン、MGK264、アニオン・ノニオン系界面活性剤、石油鎖状系溶剤	住友化学(株)
3334	ホルサー乳剤「ES」	水40倍	ベルメトリン、MGK264、アニオン・ノニオン系界面活性剤、石油鎖状系溶剤	住化エンビロサイエンス(株)
3337	フマキラーホルサー乳剤	水40倍	ベルメトリン、MGK264、アニオン・ノニオン系界面活性剤、石油鎖状系溶剤	フマキラー(株)
3340	金鳥シロネン乳剤S	水30倍	シラフルオフェン、オクタクロジプロピルエーテル、アニオン・ノニオン系界面活性剤、石油鎖状系溶剤	大日本除虫菊(株)
3341	ケミホルツトップエース乳剤	水30倍	シラフルオフェン、オクタクロジプロピルエーテル、ノニオン系界面活性剤、石油鎖状系溶剤	オーシカケミテック(株)
3346	バクトップMC	水20倍	フェノブカルブ、ポリエチレン系樹脂(カプセル皮膜)、天然系分散剤、無機系増粘剤、チアゾリン系防腐剤(安定化剤)、エステル系溶剤、精製水	住友化学(株)
3348	フマキラーバクトップMC	水20倍	フェノブカルブ、ポリエチレン系樹脂(カプセル皮膜)、天然系分散剤、無機系増粘剤、チアゾリン系防腐剤(安定化剤)、エステル系溶剤、精製水	フマキラー(株)
3349	バクトップMC「ES」	水20倍	フェノブカルブ、ポリエチレン系樹脂(カプセル皮膜)、天然系分散剤、無機系増粘剤、チアゾリン系防腐剤(安定化剤)、エステル系溶剤、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
3350	コダマバクトップMC	水20倍	フェノブカルブ、ポリエチレン系樹脂(カプセル皮膜)、天然系分散剤、無機系増粘剤、チアゾリン系防腐剤(安定化剤)、エステル系溶剤、精製水	児玉化学工業(株)
3352	ケミプロシロネン乳剤S	水30倍	シラフルオフェン、オクタクロジプロピルエーテル、アニオン・ノニオン系界面活性剤、石油鎖状系溶剤	ケミプロ化成(株)
3359	ハチクサンFL	水200倍	イミダクロプリド、凍結防止剤(プロピレングリコール)、アニオン・ノニオン系界面活性剤、水	バイエルクロップサイエンス(株)
3360	アリピレス乳剤	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、グリコールエーテル系溶剤	エフエムシー・ケミカルズ(株)
3361	ニチノーアリピレス乳剤	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、グリコールエーテル系溶剤	日本農薬(株)
3362	ケミホルツアリピレス乳剤	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、グリコールエーテル系溶剤	オーシカケミテック(株)
3363	コシイアリピレス乳剤	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、グリコールエーテル系溶剤	(株)コシイプレザービング
3364	ケミプロアリピレス乳剤	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、グリコールエーテル系溶剤	ケミプロ化成(株)
3366	サンヨーアリピレス乳剤	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、グリコールエーテル系溶剤	(株)ザイエンス
3367	モクボーアリピレス乳剤	水100倍	ビフェントリン、乳化剤(アニオン・ノニオン系界面活性剤)、高沸点芳香族系溶剤、グリコールエーテル系溶剤	大日本木材防腐(株)
3369	アリピレス乳剤「ES」	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、グリコールエーテル系溶剤	住化エンビロサイエンス(株)
3370	ホルサーEW	水40倍	ベルメトリン、MGK264、非イオン系界面活性剤、精製水	住友化学(株)
3375	フマキラーホルサーEW	水40倍	ベルメトリン、MGK264、非イオン系界面活性剤、精製水	フマキラー(株)
3378	明治メトロフェン乳剤	水40倍	エトフェンブロックス、オクタクロジプロピルエーテル、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、石油鎖状系溶剤	アリスライフサイエンスアグリマート(株)
3389	エコロフェン乳剤	水75倍	エトフェンブロックス、界面活性剤(アニオン・ノニオン混合)、芳香族系溶剤(ジイソプロピルナフタリン)	三井化学アグロ(株)
3390	サンヨーエコロフェン乳剤	水75倍	エトフェンブロックス、界面活性剤(アニオン・ノニオン混合)、芳香族系溶剤(ジイソプロピルナフタリン)	(株)ザイエンス
3391	フマキラーエコロフェン乳剤	水75倍	エトフェンブロックス、界面活性剤(アニオン・ノニオン混合)、芳香族系溶剤(ジイソプロピルナフタリン)	フマキラー(株)
3393	ピレス乳剤250	水250倍	ビフェントリン、ノニオン・アニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、石油鎖状系溶剤	ケミプロ化成(株)
3394	白アリスーパートップエース乳剤	水30倍	シラフルオフェン、オクタクロジプロピルエーテル、ノニオン系界面活性剤、石油イソバラ系溶剤	(株)吉田製油所
3396	アリピレスNB乳剤「ES」	水100倍	ビフェントリン、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、溶剤(芳香族系・グリコールエーテル系)、水(精製水)	住化エンビロサイエンス(株)
3397	アリピレスME	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、着色剤(食用色素)、水(精製水)	エフエムシー・ケミカルズ(株)
3398	ニチノーアリピレスME	水100倍	ビフェントリン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤、着色剤(食用色素)、水(精製水)	日本農薬(株)
3408	サイゴー乳剤「ES」	水50倍	ベルメトリン、界面活性剤(アニオン・ノニオン系混合)、天然香料、石油系溶剤(芳香族系、飽和炭化水素系)	住化エンビロサイエンス(株)

3409	アリピレスME2	水40倍	ビフェントリン、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、高沸点芳香族系溶剤、グリコール系溶剤、着色剤(食用色素)、苦味催吐剤、水	エフエムシー・ケミカルズ(株)
3410	ニチノーアリピレスME2	水40倍	ビフェントリン、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、高沸点芳香族系溶剤、グリコール系溶剤、着色剤(食用色素)、苦味催吐剤、水	日本農薬(株)
3411	ドルガードS粒剤	原粒	ビフェントリン、ノニオン・アニオン系界面活性剤、芳香族溶剤、鉍物質粒基剤	日本農薬(株)
3412	コシイシロネン乳剤A	水100倍	シラフルオフェン、アニオン系及びノニオン系界面活性剤、長鎖グリコール系溶剤、水	(株)コシイプレザービング
3416	フマキラーシロアリ乳剤PM	水50倍	ベルメリン、アニオン系及びノニオン系界面活性剤、天然香料、芳香族系及び飽和水素系溶剤	フマキラー(株)
3418	ララップMC	水100倍	d-d-T-シフェノリン、膜物質(ポリウレタン系樹脂)、増粘剤(有機および無機系)、防腐剤(チアゾリン系)、精製水	住友化学(株)
3419	ケミホルツララップMC	水100倍	d-d-T-シフェノリン、膜物質(ポリウレタン系樹脂)、増粘剤(有機および無機系)、防腐剤(チアゾリン系)、精製水	オーシカケミテック(株)
3421	ララップMC「AC」	水100倍	d-d-T-シフェノリン、膜物質(ポリウレタン系樹脂)、増粘剤(有機および無機系)、防腐剤(チアゾリン系)、精製水	三井化学アグロ(株)
3423	フマキラーララップMC	水100倍	d-d-T-シフェノリン、膜物質(ポリウレタン系樹脂)、増粘剤(有機および無機系)、防腐剤(チアゾリン系)、精製水	フマキラー(株)
3424	コダマララップMC	水100倍	d-d-T-シフェノリン、膜物質(ポリウレタン系樹脂)、増粘剤(有機および無機系)、防腐剤(チアゾリン系)、精製水	児玉化学工業(株)
3425	ララップMC「ES」	水100倍	d-d-T-シフェノリン、膜物質(ポリウレタン系樹脂)、増粘剤(有機および無機系)、防腐剤(チアゾリン系)、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
3427	アリピレスFL	水150倍	ビフェントリン、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、増粘剤(天然ガム類)、凍結防止剤(グリコール系)、消泡剤(シリコン系)、水	エフエムシー・ケミカルズ(株)
3438	トラッカーEW「ES」	水100倍	トラロメリン、芳香族系溶剤、アニオン及びノニオン系界面活性剤、ノニオン系界面活性剤、凍結防止剤(プロピレングリコール)、酸化防止剤(BHT)、香料、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
3446	ピレス粒剤	原粒	ビフェントリン、溶剤(石油系炭化水素)、着色剤、天然鉍物質(天然小粒軽石)	ケミプロ化成(株)
3447	ターミダン粒剤	原粒	ビフェントリン、溶剤(石油系炭化水素)、着色剤、天然鉍物質(天然小粒軽石)	エフエムシー・ケミカルズ(株)
3449	グレネードMC	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	バイエルクロップサイエンス(株)
3451	住友グレネードMC	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	住友化学(株)
3452	フマキラーグレネードMC	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	フマキラー・トータルシステム(株)
3453	コダマグレネードMC	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	児玉化学工業(株)
3454	ニチノーグレネードMC	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	日本農薬(株)
3456	グレネードMC「AC」	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	三井化学アグロ(株)
3457	グレネードMC「ES」	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
3458	ケミホルツグレネードMC	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	オーシカケミテック(株)
3459	コシイグレネードMC	水125倍	フィブロニル、ブラレトリン、天然多糖類(増粘剤)、エステル系溶剤、尿素系溶剤(カプセル皮膜)、その他(防腐剤等)、精製水	(株)コシイプレザービング
3460	キシラモンMC	水50倍	クロチアニジン、カプセル皮膜(合成樹脂)、アルコール系分散剤、天然系増粘剤、溶剤(グリコール系及び高沸点炭化水素)、精製水	日本エンバイロケミカルズ(株)
3462	フマキラーシロアリ粒剤PM	原粒	ベルメリン、展着剤(界面活性剤、石油系樹脂)、石油系溶剤(低臭芳香族系)、緑色染料(アジノフタロシアニン系)、多孔質天然鉍物(硬質軽石)	フマキラー(株)
3463	パラタック粒剤	原粒	ベルメリン、展着剤(界面活性剤、石油系樹脂)、石油系溶剤(低臭芳香族系)、緑色染料(アジノフタロシアニン系)、多孔質天然鉍物(硬質軽石)	児玉化学工業(株)
3464	サイゴ一粒剤「ES」	原粒	ベルメリン、展着剤(界面活性剤、石油系樹脂)、石油系溶剤(低臭芳香族系)、緑色染料(アジノフタロシアニン系)、多孔質天然鉍物(硬質軽石)	住化エンビロサイエンス(株)
3470	ステルスSC	水200倍	クロルフェナビル、凍結防止剤(グリコール系)、増粘剤(天然系)、分散剤等(アニオン系ノニオン系界面活性剤、水)	BASFジャパン(株)
3471	金鳥シロネン乳剤A	水100倍	シラフルオフェン、ノニオン系界面活性剤、グリコールエーテル、水	大日本除虫菊(株)
3475	ミケブロック	水100倍	ジノテフラン、アニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、鉍物類、有機塩類、食用青色系色素、天然物系増量剤	三井化学アグロ(株)
3476	天然ピレトリンMC「ES」	水100倍	ピレトリン(防蟻成分)、不活性抽出物、カプセル皮膜、分散剤(天然植物樹脂類)、増粘剤(天然高分子類・天然鉍物類)、安定化剤(チアゾリン系防腐剤)、エステル系溶剤、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
3477	タケロックMC50E	水50倍	クロチアニジン、カプセル皮膜(合成樹脂)、アルコール系分散剤、天然系増粘剤、グリコール系溶剤、高沸点芳香族溶剤、精製水	日本エンバイロケミカルズ(株)
3478	オブティガードLT	水250倍	チアメキサム、アニオン系界面活性剤、ポリビニル系結合剤、天然系増量剤(植物系及び鉍物系)	シンジェンタジャパン(株)
3479	ケミプロオブティガードLT	水250倍	チアメキサム、アニオン系界面活性剤、ポリビニル系結合剤、天然系増量剤(植物系及び鉍物系)	ケミプロ化成(株)
3480	ケミホルツオブティガードLT	水250倍	チアメキサム、アニオン系界面活性剤、ポリビニル系結合剤、天然系増量剤(植物系及び鉍物系)	オーシカケミテック(株)

3482	オブティガードLT「ES」	水250倍	チアマトキサム、アニオン系界面活性剤、ポリビニル系結合剤、天然系増量剤(植物系及び鉱物系)	住化エンビロサイエンス(株)
3483	サンヨー オブティガードLT	水250倍	チアマトキサム、アニオン系界面活性剤、ポリビニル系結合剤、天然系増量剤(植物系及び鉱物系)	(株)ザイエンス
3484	モクボー オブティガードLT	水250倍	チアマトキサム、アニオン系界面活性剤、ポリビニル系結合剤、天然系増量剤(植物系及び鉱物系)	大日本木材防腐(株)
3485	キクトップMC	水200倍	プラレトリン、カプセル皮膜、分散剤(水溶性高分子)、増粘剤(天然物)、安定化剤(イソチアゾリン系防腐剤)、エステル系溶剤、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
3486	アジェンダSC	水300倍	フィブロンル、分散剤(天然物系・アニオン系)、消泡剤(ポリマー系)、保存剤(イソチアゾリン系及びクエン酸)、界面活性剤(アルコール系・アニオン系)、増量剤(ゴム系)、水	バイエルクロップサイエンス(株)
3488	オブティガードSS	水200倍	チアマトキサム、グリコール系溶剤、安定化剤(フラン系)、展着・固着剤(アクリル樹脂系)、界面活性剤(アニオン系)、無機系スライムコントロール剤、水	シンジェンタジャパン(株)
3489	ザモックス	水200倍	チアマトキサム、グリコール系溶剤、安定化剤(フラン系)、展着・固着剤(アクリル樹脂系)、界面活性剤(アニオン系)、無機系スライムコントロール剤、水	ケミプロ化成(株)
3490	オブティガード粒剤	原粒	チアマトキサム、着色剤、天然鉱物	シンジェンタジャパン(株)
3491	ケミプロ オブティガード粒剤	原粒	チアマトキサム、着色剤、天然鉱物	ケミプロ化成(株)
3492	ケミホルツ オブティガード粒剤	原粒	チアマトキサム、着色剤、天然鉱物	オーシカケミテック(株)
3494	オブティガードZT	水200倍	チアマトキサム、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、凍結防止剤(グリコール系)、消泡剤(シリコン系)、増粘剤(天然「植物」系)、防ばい剤(イソチアゾリン系)、pH調整剤(弱酸性水)、水	シンジェンタジャパン(株)
3495	ケミプロ オブティガードZT	水200倍	チアマトキサム、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、凍結防止剤(グリコール系)、消泡剤(シリコン系)、増粘剤(天然「植物」系)、防ばい剤(イソチアゾリン系)、pH調整剤(弱酸性水)、水	ケミプロ化成(株)
3496	ケミホルツ オブティガードZT	水200倍	チアマトキサム、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、凍結防止剤(グリコール系)、消泡剤(シリコン系)、増粘剤(天然「植物」系)、防ばい剤(イソチアゾリン系)、pH調整剤(弱酸性水)、水	オーシカケミテック(株)
3497	オブティガードZT「ES」	水200倍	チアマトキサム、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、凍結防止剤(グリコール系)、消泡剤(シリコン系)、増粘剤(天然「植物」系)、防ばい剤(イソチアゾリン系)、pH調整剤(弱酸性水)、水	住化エンビロサイエンス(株)
3498	タケロックMCブロック	原粒	クロチアニジン、無機系鉱物(マイクロカプセル原料含む)	日本エンバイロケミカルズ(株)
3499	デュボンアペリオン	水100倍	インドキサカルブ(主成分)、主成分の光学異性体、粘度調節剤(シロカ)、大豆系増量剤、ノニオン系界面活性剤、アニオン系界面活性剤	デュボン(株)
3500	アペリオン「AC」	水100倍	インドキサカルブ(主成分)、主成分の光学異性体、粘度調節剤(シロカ)、大豆系増量剤、ノニオン系界面活性剤、アニオン系界面活性剤	三井化学アグロ(株)
3501	アペリオン「ES」	水100倍	インドキサカルブ(主成分)、主成分の光学異性体、粘度調節剤(シロカ)、大豆系増量剤、ノニオン系界面活性剤、アニオン系界面活性剤	住化エンビロサイエンス(株)
3505	ハチクサン水和顆粒	水700倍	イミダクロプリド、リグニンスルホン酸塩	バイエルクロップサイエンス(株)
3507	ミケブロック	水100倍	ジノテフラン、アニオン系界面活性剤、鉱物質、食用青色系色素、天然物系増量剤	三井化学アグロ(株)
3508	ケミプロアリピレスFL	水150倍	ピフェントリン、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、増粘剤(天然ガム類)、凍結防止剤(グリコール系)、消泡剤(シリコン系)、水	ケミプロ化成(株)
3509	アジェンダMC	水100倍	フィブロンル、エステル系溶剤、水溶性高分子分散剤、膜原料・増粘剤、精製水	バイエルクロップサイエンス(株)
3510	アジェンダMC-S	水100倍	フィブロンル、エステル系溶剤、水溶性高分子分散剤、膜原料・増粘剤、精製水	住友化学(株)
3511	ハチクサンMC	水150倍	イミダクロプリド(防蟻成分)、ポリウレタ系高分子(MC膜質)、高分子系分散剤、天然系増粘剤、エステル系溶剤、炭化水素系溶剤、チアゾリン系防腐剤(安定化剤)、水	バイエルクロップサイエンス(株)
3512	タケロックMC50 スーパー	水50倍	クロチアニジン、カプセル皮膜(合成樹脂)、水溶性高分子分散剤、グリコール系溶剤、天然物系増粘剤、高沸点炭化水素系溶剤、精製水	日本エンバイロケミカルズ(株)
3513	TMカウンター	水800倍	イミダクロプリド原体(純度98%以上)、リグニンスルホン酸ナトリウム、ラウリル硫酸ナトリウム、乳糖(ラクトース、モノハイドレート)	日本化薬(株)
3514	シロネン乳剤F	水100倍	シラフルオフェン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、プロモントロアルコール、アセチレン系消泡剤、グリコール系溶剤、テルペノイド系溶剤、水	大日本除虫菊(株)
3515	ケミプロシロネン乳剤F	水100倍	シラフルオフェン、アニオン・ノニオン系界面活性剤、プロモントロアルコール、アセチレン系消泡剤、グリコール系溶剤、テルペノイド系溶剤、水	ケミプロ化成(株)
3516	ミケブロック70WP	水350倍	ジノテフラン、界面活性剤(アニオン系界面活性剤)、賦形剤	三井化学アグロ(株)
3517	クロスガードSC	水40倍	メタフルミジン、アセタミプリド、アニオン・ノニオン系界面活性剤(含グリコール系溶剤)、グリコール系溶剤、無機系増粘剤、消泡剤(シリコン系)、防腐剤(銀系[銀アミノ酸錯体])、水	日本農薬(株)
3518	アルトリセット	水100倍	クロラントラニプロール、分散剤(フェノール系)、沈降防止剤、消泡剤(シリコン系)、消泡剤、乳化剤、界面活性剤(ノニオン系及びアニオン系)、乳化安定剤(グリコール系)、保護コロイド(ピロリドン系)、グリコール系溶剤、増粘剤、増粘剤(天然系増粘剤)防腐剤、水(イオン交換水)	デュボン(株)

(予防駆除剤)

認定No.	商品名	稀釈倍率	主成分の組成	会社名
7096	コダマカレート油剤	原液	ベルメリン、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、特殊溶剤(グリコール系溶剤)、石油鎖状系溶剤	児玉化学工業(株)
7097	ケミホルツカレート油剤	原液	ベルメリン、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、特殊溶剤(グリコール系溶剤)、石油鎖状系溶剤	オーシカケミテック(株)
7098	カレート油剤	原液	ベルメリン、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、特殊溶剤(グリコール系溶剤)、石油鎖状系溶剤	住友化学(株)
7122	メトロフェン油剤	原液	エトフェンブロックス、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、SS-50(特殊溶剤)、高沸点芳香族系溶剤	三井化学アグロ(株)
7124	メトロフェン油剤「AC」	原液	エトフェンブロックス、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、SS-50(特殊溶剤)、高沸点芳香族系溶剤	三井化学アグロ(株)
7125	コシイシロネン油剤	原液	シラフルオフェン、サンブラス、オクタクロジプロピルエーテル、SS-50(グリコール系溶剤)、石油鎖状系溶剤	(株)コシイブレザービング
7134	ケミホルツメトロフェン油剤	原液	エトフェンブロックス、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、アルキレングリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	オーシカケミテック(株)
7136	ケミホルツヘキサイドH油剤	原液	BDPCP、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、アルキレングリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	オーシカケミテック(株)
7142	アリダンヘキサイドH乳剤	水9倍	BDPCP、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、特殊溶剤(SS-50)、アニオン・ノニオン系界面活性剤、高級アルコール系溶剤	フクビ化学工業(株)本社
7147	ケミホルツトッピエース油剤	原液	シラフルオフェン、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、特殊溶剤(SS-50)、ノニオン系界面活性剤、石油鎖状系溶剤	オーシカケミテック(株)
7150	ホルサー油剤	原液	ベルメリン、IPBC、MGK264(共力剤)、グリコール系石油鎖状系溶剤	住友化学(株)
7154	フマキラーホルサー油剤	原液	ベルメリン、IPBC、MGK264(共力剤)、グリコール系石油鎖状系溶剤	フマキラー(株)
7155	ホルサー油剤「ES」	原液	ベルメリン、IPBC、MGK264(共力剤)、グリコール系石油鎖状系溶剤	住化エンビロサイエンス(株)
7159	ニチノーアリピレス油剤	原液	ビフェントリン、IPBC、グリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	日本農薬(株)
7160	ケミプロアリピレス油剤	原液	ビフェントリン、IPBC、グリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	ケミプロ化成(株)
7161	ケミホルツアリピレス油剤	原液	ビフェントリン、IPBC、グリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	オーシカケミテック(株)
7162	コシイアリピレス油剤	原液	ビフェントリン、IPBC、グリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	(株)コシイブレザービング
7164	アリピレス油剤「ES」	原液	ビフェントリン、IPBC、グリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	住化エンビロサイエンス(株)
7165	サンヨーアリピレス油剤	原液	ビフェントリン、IPBC、グリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	(株)ザイエンス
7166	モクボーアリピレス油剤	原液	ビフェントリン、IPBC、グリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	大日本木材防腐(株)
7169	ケミホルツヘキサイドH乳剤	水10倍	BDPCP、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、特殊溶剤(アルキレン・グリコールエーテル系)、石油鎖状系溶剤	オーシカケミテック(株)
7175	明治メトロフェン油剤	原液	エトフェンブロックス、オクタクロジプロピルエーテル、サンブラス、アルキレングリコール系溶剤、石油鎖状系溶剤	アリストライフサイエンスアグリマート(株)
7189	フマキラーエコロフェン油剤	原液	エトフェンブロックス、IPBC、特殊溶剤(ノニルフェノール)、石油系溶剤	フマキラー(株)
7197	フマキラーエコロフェンW	水10倍	エトフェンブロックス、IPBC、水性アルキッド樹脂、非イオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、水	フマキラー(株)
7199	エコロフェンW	水10倍	エトフェンブロックス、IPBC、水性アルキッド樹脂、非イオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、水	三井化学アグロ(株)
7201	ハチクサン20WE/AC	水20倍	イミダクロプリド、シプロコナゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、アルキッド樹脂系固着安定剤、グリコール系溶剤、高沸点芳香族石油系溶剤	バイエルクロップサイエンス(株)
7202	ハチクサン20WE/TC	水20倍	イミダクロプリド、シプロコナゾール、アルキッド樹脂系固着安定剤、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、高沸点芳香族系溶剤	ケミプロ化成(株)
7203	ピレス30WE	水30倍	ビフェントリン、シプロコナゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、アルキッド樹脂系固着安定剤、グリコール系溶剤、高沸点芳香族系溶剤	ケミプロ化成(株)
7204	アリピレス30WE	水30倍	ビフェントリン、シプロコナゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、アルキッド樹脂系固着安定剤、グリコール系溶剤、高沸点芳香族系溶剤	エフエムシー・ケミカルズ(株)
7206	フマキラーエコロフェン油剤A	原液	エトフェンブロックス、IPBC、固着剤(アルキッド樹脂系)、脂肪族系石油系溶剤	フマキラー(株)
7207	エコロフェン油剤IP	原液	エトフェンブロックス、IPBC、シリコン変性アルキッド樹脂、石油系溶剤(脂肪族炭化水素)	三井化学アグロ(株)
7211	ピレス油剤	原液	ビフェントリン、シプロコナゾール、アルキッド樹脂系固着安定剤、石油鎖状系溶剤、高沸点芳香族系溶剤	ケミプロ化成(株)
7218	サンヨーエコロフェン油剤C	原液	エトフェンブロックス、シプロコナゾール、固着剤(アルキッド樹脂系)、脂肪族系石油系溶剤	(株)ザイエンス
7219	サンヨーエコロフェンCW	水30倍	エトフェンブロックス、シプロコナゾール、固着剤(アルキッド樹脂系)、ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤	(株)ザイエンス
7226	エコロフェン油剤	原液	エトフェンブロックス、シプロコナゾール、固着剤(アルキッド樹脂系)、石油脂肪系溶剤	三井化学アグロ(株)
7227	エコロフェンCW	水30倍	エトフェンブロックス、シプロコナゾール、固着剤(アルキッド樹脂系)、ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤	三井化学アグロ(株)
7229	コシイシロネン油剤A	原液	シラフルオフェン、IPBC、グリコール系溶剤(安定・固着剤)、石油鎖状系溶剤	(株)コシイブレザービング

7241	フマキラー エコロフェン油剤C	原液	エトフェンブロックス、シプロコナゾール、固着剤(アルキッド樹脂系)、脂肪族系石油溶剤	フマキラー(株)
7242	フマキラー エコロフェンCW	水30倍	エトフェンブロックス、シプロコナゾール、固着剤(アルキッド樹脂系)、ノニオン系界面活性剤、高沸点芳香族系溶剤	フマキラー(株)
7245	白アリバランチNS	原液	エトフェンブロックス、IBTE、シプロコナゾール、脂肪族系溶剤	泉商事(株)
7246	ハチクサンSL	水20倍	イミダクロプリド、シプロコナゾール、イソチアゾリン、アクリル系モノマー安定・固着剤、アルコール系および窒素含有系溶剤、ノニオン系界面活性剤	バイエルクロップサイエンス(株)
7247	JCハチクサンSL	水20倍	イミダクロプリド、シプロコナゾール、イソチアゾリン、アクリル系モノマー安定・固着剤、アルコール系および窒素含有系溶剤、ノニオン系界面活性剤	日本カーリット(株)
7250	アリゾールCS	原液	シラフルオフェン、シプロコナゾール、高級脂肪酸エステル系石油樹脂、溶剤(グリコール系・石油系)	大日本木材防腐(株)
7253	白アリスーパー21	原液	シラフルオフェン、シプロコナゾール、安定剤・固着剤(高級脂肪酸エステル系石油樹脂)、グリコール系溶剤・鎖状石油系溶剤	(株)吉田製油所
7254	金鳥シロネン油剤C	原液	シラフルオフェン、シプロコナゾール、安定剤・固着剤(高級脂肪酸エステル系石油樹脂)、グリコール系溶剤・鎖状石油系溶剤	大日本除虫菊(株)
7259	ケミホルツ トップエース油剤P	原液	シラフルオフェン、IPBC、安定化剤・固着剤(高級脂肪酸エステル系アクリル樹脂)、グリコール系溶剤・脂肪族炭化水素系溶剤	オーシカケミテック(株)
7260	金鳥シロネン油剤P	原液	シラフルオフェン、IPBC、安定化剤・固着剤(高級脂肪酸エステル系アクリル樹脂)、グリコール系溶剤・脂肪族炭化水素系溶剤	大日本除虫菊(株)
7261	マレニット トップエース油剤C	原液	シラフルオフェン、シプロコナゾール、高級脂肪酸エステル系アクリル樹脂、グリコール系溶剤・石油系溶剤	日本マレニット(株)
7262	エバーウッド乳剤 PC30W	水30倍	ペルメリン、シプロコナゾール、アルキッド樹脂(固着剤)、ノニオン系界面活性剤(乳化剤)、グリコール系溶剤(溶剤1)、アルコール系溶剤(溶剤2)	住化エンビロサイエンス(株)
7265	ケミプロ シロネン油剤C	原液	シラフルオフェン、シプロコナゾール、安定剤・固着剤(高級脂肪酸エステル・石油系樹脂)、グリコール系溶剤、脂肪族炭化水素系溶剤	ケミプロ化成(株)
7267	白アリバイオサイド	原液	エトフェンブロックス、IPBC、固着剤(アルキッド樹脂系)、脂肪族系石油系溶剤	(株)吉田製油所
7268	エクスマン 木部処理乳剤C	水30倍	ペルメリン、シプロコナゾール、固着剤(アルキッド系樹脂)、乳化剤(ノニオン系界面活性剤)、溶剤(グリコール系)、溶剤(アルコール系)	住友化学(株)
7270	水性キシラモン3W	水3倍	クロチアニジン、プロピコナゾール、IPBC、ノニオン系界面活性剤、植物油系、溶剤(グリコール系高沸点炭化水素及び高沸点アルコール)	日本エンバイロケミカルズ(株)
7271	キシラモントラッド	原液	クロチアニジン、プロピコナゾール、テブコナゾール、固着剤(合成樹脂)、溶剤(グリコール系及び高沸点炭化水素系)	日本エンバイロケミカルズ(株)
7273	トラッカー50EW-A	水50倍	トラロメトリンMUP(トラロメトリンとして2.5%)、シプロコナゾール(防腐剤)、アクリル系樹脂エマルジョン(固着剤)、ノニオン系界面活性剤(分散剤)、香料、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
7274	アリンコス油剤C	原液	シラフルオフェン、シプロコナゾール、高級脂肪酸エステル系石油樹脂、グリコール系溶剤、石油系溶剤	泉商事(株)
7276	アクアアリゾール	水18倍	トラロメトリン、シプロコナゾール、カチオン系界面活性剤、ノニオン系界面活性剤、ソルフィット(溶剤)、水	大日本木材防腐(株)
7277	水性白アリスーパー	水18倍	トラロメトリン、シプロコナゾール、カチオン系界面活性剤、ノニオン系界面活性剤、ソルフィット(溶剤)、水	(株)吉田製油所
7279	コシマックスBF20乳剤	水20倍	ピフェントリン、テブコナゾール、プロピコナゾール、ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤A、グリコール系溶剤B、水	(株)コシイブレザービング
7280	アリピレス木部乳剤20	水20倍	ピフェントリン、テブコナゾール、IPBC、ノニオン・アニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、水	エフエムシー・ケミカルズ(株)
7281	ニチノーアリピレス 木部乳剤20	水20倍	ピフェントリン、テブコナゾール、IPBC、ノニオン・アニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、水	日本農薬(株)
7283	アリピレス木部乳剤20 「ES」	水20倍	ピフェントリン、テブコナゾール、IPBC、ノニオン・アニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、水	住化エンビロサイエンス(株)
7285	ケミホルツアリピレス 木部乳剤20	水20倍	ピフェントリン、テブコナゾール、IPBC、ノニオン・アニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、水	オーシカケミテック(株)
7287	オブティガード20EC	水20倍	チアムキサム、シプロコナゾール、チアベンダゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤	シンジェンタジャパン(株)
7288	ケミプロ オブティガード20EC	水20倍	チアムキサム、シプロコナゾール、チアベンダゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤	ケミプロ化成(株)
7289	ケミホルツ オブティガード20EC	水20倍	チアムキサム、シプロコナゾール、チアベンダゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤	オーシカケミテック(株)
7291	オブティガード 20EC「ES」	水20倍	チアムキサム、シプロコナゾール、チアベンダゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤	住化エンビロサイエンス(株)
7292	サンヨー オブティガード20EC	水20倍	チアムキサム、シプロコナゾール、チアベンダゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤	(株)ザイエンス
7293	モクボー オブティガード20EC	水20倍	チアムキサム、シプロコナゾール、チアベンダゾール、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤	大日本木材防腐(株)
7296	木部用天然ピレトリン MC「ES」	水20倍	ピレトリン(防蟻成分)、ヘキサコナゾール(防腐成分)、不活性抽出物(シロバナムシヨケギク)、カプセル皮膜(ポリウレタン系樹脂)、分散剤、増粘剤(天然系/無機系増粘剤)、安定化剤(チアゾリン系防腐剤)、エステル系溶剤、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
7297	ミケブロック乳剤 (木部処理用)「AC」	水50倍	ジノテフラン、F-69、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、石油環状系溶剤、脂肪族系溶剤	三井化学アグロ(株)

7298	ミケブロック乳剤 (木部処理用)	水50倍	ジノテフラン、F-69、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、石油環状系溶剤、脂肪族系溶剤	三井化学アグロ(株)
7299	AGMミケブロック 乳剤(木部処理用)	水50倍	ジノテフラン、F-69、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、石油環状系溶剤、脂肪族系溶剤	アリストライフサイエンス アグリマート(株)
7301	白アリミケブロック (木部処理用)	水50倍	ジノテフラン、F-69、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、石油環状系溶剤、脂肪族系溶剤	(株)吉田製油所
7302	ラロール乳剤「ES」	水20倍	ジノテフラン(防蟻成分)、ヘキサコナゾール(防腐成分)、脂肪族系溶剤(溶剤1)、グリコール系溶剤(溶剤2)、含窒素環状溶剤(溶剤3)、精製水(溶剤4)、ノニオン系界面活性剤(乳化剤)	住化エンビロサイエンス(株)
7304	ラップMC 木部処理剤	水50倍	d-d-T-シフェノトリンマイクロカプセル(ラップマイクロカプセル)、シプロコナゾール、アクリル系樹脂エマルジョン(固着剤)、ノニオン系界面活性剤(分散剤)、香料、精製水	住友化学(株)
7305	アリピレス20WSE	水20倍	ピフェントリン、ヘキサコナゾール、高沸点芳香族系溶剤、アニオン・ノニオン系界面活性剤、増粘剤、水	エフエムシー・ケミカルズ(株)
7306	ニチノー アリピレス20WSE	水20倍	ピフェントリン、ヘキサコナゾール、高沸点芳香族系溶剤、アニオン・ノニオン系界面活性剤、増粘剤、水	日本農薬(株)
7308	木部用キクトップMC	水20倍	プラレトリン、ヘキサコナゾール、カプセル被膜(ポリウレタン系樹脂)、分散剤(水溶性高分子)、増粘剤(天然系増粘剤)、安定化剤(チアゾリン系防腐剤)、精製水	住化エンビロサイエンス(株)
7309	シロネン 木部用水性乳剤	水20倍	防蟻成分シラフルオフェン、防腐成分シプロコナゾール、防黴成分IF-NR、乳化剤アニオン・ノニオン系グリコール系溶剤、安定化剤・固着剤アクリル系樹脂、消泡剤・鈹油系消泡剤、水	大日本除蟲菊(株)
7310	ケミプロシロネン 木部用水性乳剤	水20倍	防蟻成分シラフルオフェン、防腐成分シプロコナゾール、防黴成分IF-NR、乳化剤アニオン・ノニオン系グリコール系溶剤、安定化剤・固着剤アクリル系樹脂、消泡剤・鈹油系消泡剤、水	ケミプロ化成(株)
7312	FTSラップMC 木部処理剤	水50倍	d-d-T-シフェノトリンマイクロカプセル(ラップマイクロカプセル)、シプロコナゾール、アクリル系樹脂エマルジョン(固着剤)、ノニオン系界面活性剤(分散剤)、香料、精製水	フマキラー・トータルシステム(株)
7313	タケロックSP20W	水20倍	クロチアニジンのマイクロカプセル、IPBC、プロピコナゾール、ノニオン系界面活性剤、アクリルシリコン系水性樹脂、ポリアクリル酸系増粘剤、精製水	日本エンバイロケミカルズ(株)
7314	アクアアリゾールTC	水18倍	(防蟻成分)チアトキシサム、(防腐成分)シプロコナゾール、(防腐成分)IPBC、乳化剤(カチオン及びノニオン系界面活性剤、(溶剤)グリコール系溶剤、水	大日本木材防腐(株)
7315	ザモックス20WE	水20倍	(防蟻成分)チアトキシサム、(防腐成分)シプロコナゾール、(防腐成分)IPBC、(展着剤)アクリル系樹脂系展着・固着剤、(分散剤)非イオン界面活性剤、鈹物油系消泡剤、グリコール系溶剤	シンジェンタジャパン(株)
7316	ケミプロ ザモックス20WE	水20倍	(防蟻成分)チアトキシサム、(防腐成分)シプロコナゾール、(防腐成分)IPBC、(展着剤)アクリル系樹脂系展着・固着剤、(分散剤)非イオン界面活性剤、鈹物油系消泡剤、グリコール系溶剤	ケミプロ化成(株)
7317	エバーウッド乳剤 HP30	水30倍	(防蟻成分)ベルメトリン、(防腐成分)ヘキサコナゾール、(溶剤1)グリコール系、(溶剤2)グリコール系、(溶剤3)含窒素環状溶剤、(乳化剤)ノニオン系界面活性剤	住化エンビロサイエンス(株)
7318	ハチクサンME	水20倍	イミダクロプリド、シプロコナゾール、IF-NR、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、水	バイエルクロップサイエンス(株)
7319	ハチクサンME/cp	水20倍	イミダクロプリド、シプロコナゾール、IF-NR、アニオン・ノニオン系界面活性剤、グリコール系溶剤、水	ケミプロ化成(株)
7320	水性白アリスーパーEx	水18倍	(防蟻成分)チアトキシサム、(防腐成分)シプロコナゾール、(防腐成分)IPBC、(乳化剤)カチオン及びノニオン系界面活性剤、(溶剤)グリコール系溶剤、水	(株)吉田製油所
7321	エバーウッド乳剤PH20W	水20倍	ベルメトリン、ヘキサコナゾール、IPBC、グリコール系溶剤、アニオン・ノニオン系界面活性剤、安定剤、水	住化エンビロサイエンス(株)

乾材シロアリ用駆除薬剤登録一覧

登録No.	商品名	希釈倍率	主成分の組成	会社名
第1号	アリピレスFL	水150倍	ピフェントリン、界面活性剤(ノニオン・アニオン系)、増粘剤(天然ガム類)、凍結防止剤(グリコール系)、消泡剤(シリコン系)、水	エフエムシー・ケミカルズ(株)
第2号	ハチクサンFL	水200倍	イミダクロプリド、凍結防止剤(プロピレングリコール)、アニオン・ノニオン系界面活性剤、水	バイエルクロップサイエンス(株)
第3号	ステルスSC	水200倍	クロルフェナピル、凍結防止剤(グリコール系)、増粘剤(天然系)、水、分散剤等(アニオン系ノニオン系界面活性剤)	BASFジャパン(株)
第4号	ミケブロック	水100倍	ジノテフラン、アニオン系界面活性剤、鉍物質、食用青色系色素、天然物系増量剤	三井化学アグロ(株)
第5号	ミケブロック乳剤(木部処理用)	水50倍	ジノテフラン、F-69、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、石油環状系溶剤、脂肪族系溶剤	三井化学アグロ(株)
第6号	オブティガードZT	水200倍	チアマトキサム、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、凍結防止剤(グリコール系)、消泡剤(シリコン系)、増粘剤(天然[植物]系)、防ばい剤(イソチアゾリン系)、pH調整剤(弱酸性水)、水	シンジェンタジャパン(株)
第7号	白アリミケブロック(木部処理用)	水50倍	ジノテフラン、F-69、界面活性剤(アニオン・ノニオン系)、石油環状系溶剤、脂肪族系溶剤	(株)吉田製油所
第8号	タケロックMC50スーパー	水50倍	クロチアニジン、カプセル皮膜(合成樹脂)、水溶性高分子分散剤、グリコール系溶剤、天然物系増粘剤、高沸点炭化水素系溶剤、精製水	日本エンバイロケミカルズ(株)
第9号	タケロックSP20W	水20倍	クロチアニジンのマイクロカプセル、IPBC、プロピコナゾール、ノニオン系界面活性剤、アクリルシリコン系水性樹脂、ポリアクリル酸系増粘剤、精製水	日本エンバイロケミカルズ(株)
第10号	キンラモントラッド	原液	クロチアニジン、プロピコナゾール、テブコナゾール、固着剤(合成樹脂)、溶剤(グリコール系及び高沸点炭化水素系)	日本エンバイロケミカルズ(株)

防蟻材料および施工認定一覧

認定No.	工法名	商品名	含有する成分	会社名
第7号	発泡施工法	アリピレスME・アリピレスME2	ピフェントリン	日本農薬(株)
第8号	発泡施工法	メトロフェン乳剤	エトフェンブロックス	三井化学アグロ(株)
第13号	土壌表面シート敷設工法	アリダンSV工法II	シラフルオフエン	フクビ化学工業(株)
第14号	土壌表面シート敷設工法	アリダンSV-C工法II	シラフルオフエン	フクビ化学工業(株)
第15号	土壌表面シート敷設・コンクリート打設工法	ターミダンシート	ピフェントリン	エフエムシー・ケミカルズ(株)
第16号	土壌表面シート敷設工法	ターミダンシート「ES」	ピフェントリン	住化エンビロサイエンス(株)
第17号	土壌表面シート敷設工法	コシイ ターミダンシート	ピフェントリン	(株)コシイプレザービング
第20号	土壌表面皮膜形成工法	新クリーンバリヤ	イミダクロプリド、クロルフェナピル	(株)日本衛生センター
第21号	土壌表面シート敷設・コンクリート打設工法	ターミダンシートL	ピフェントリン	エフエムシー・ケミカルズ(株)

床下調湿材料登録一覧

登録No.	商品名	製品の形状	標準使用量	会社名
第1号	ヘルスグレイン	稚内珪藻頁岩不織布・防湿シート袋詰	12袋/3.3㎡	オーシカケミテック(株)
第4号	オパールライト	稚内珪藻頁岩粒状20kg袋入り	23.1kg/3.3㎡/施工厚10mm以上	オーシカケミテック(株)
第5号	グレートバリヤ	天然鉱石ゼオライト粒状10kg袋入り	39.6kg/3.3㎡/施工厚15mm	(株)日本衛生センター
第9号	ニチノストーン	天然鉱石ゼオライト粒状10kg袋入り	33kg/3.3㎡/施工厚15mm	日本農薬(株)
第10号	セピトール(マット)	天然鉱物セピオライト不織布・防湿シート袋詰	14~16袋/3.3㎡	紅大貿易(株)
第11号	セピトール(バック)	天然鉱物セピオライト粒状10kg袋入り	20~30kg/3.3㎡/施工厚15mm	紅大貿易(株)
第12号	オパールライトMT	稚内珪藻頁岩不織布・防湿シート袋詰	12袋/3.3㎡	オーシカケミテック(株)

ベイト工法登録一覧

登録No.	商品名	製品の形状	対象とするシロアリの種類	会社名
第1号	エクステラ	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	エンシステックス・ジャパン(有)
第2号	ファーストライン	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	エフエムシー・ケミカルズ(株)
第3号	サブステック	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	住化エンビロサイエンス(株)
第4号	バイオスAS	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	ジオファーム(株)
第5号	スミケア	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	住友化学(株)
第6号	セントリコン・システム(リクルートII)	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	ダウ・ケミカル日本(株)
第7号	サブステックミニ	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	住化エンビロサイエンス(株)
第8号	C&Fベイトシステム	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	(株)バックアップ
第9号	セントリコン・システム(リクルートIV)	維持管理型シロアリ防除システム	ヤマトシロアリ・イエシロアリ	ダウ・ケミカル日本(株)