

# しろあり

Termite Journal

2016 1  
No.165



## 納得の 白蟻防除対策

株式会社児玉商會 薬剂製造 児玉化学工業株式会社

本社 〒107-0052 東京都港区赤坂7-6-25 Tel.03(3586)9171  
大阪営業部 〒542-0081 大阪市中央区南船場1-7-8 Tel.06(6262)0248  
福岡営業所 〒815-0082 福岡市南区大楠2-23-10 Tel.092(521)3131

### VOC対策シロアリ防除薬剤の決定版

ミケブロック<sup>®</sup>  
(土壌処理用)

日本しろあり対策協会 第3507号



ミケブロック<sup>®</sup> 乳剂  
(木部処理用)

日本しろあり対策協会 第7298号



### 三井化学アグロ株式会社

<http://www.mitsui-agro.com/>  
東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング

PPM (プロフェッショナル・ベスト・マネージメント) 事業部 TEL (03) 5290-2820



公益社団法人 日本しろあり対策協会  
Japan Termite Control Association

## 6. 結論

重金属を含有した従来型の木材保存剤の使用に対する社会的関心の高まり、そして広い生物活性スペクトルと高い効果を有する新しいタイプの製剤の開発を車の両輪として、ホウ酸塩の木材保存分野における使用は世界的に増加し続けている。ホウ素化合物を有効成分とする木材保存剤はほ乳類に対する毒性が非常に低く、木材腐朽菌類やほとんどすべての種類のシロアリに対して効果がある。もちろん、ホウ素化合物が屋外暴露され湿潤状態となった処理木材から容易に溶脱することは間違いのない事実ではあるが、屋内や乾燥状態で使用される場合には、シロアリによる食害に対して十分な阻止効力を持つ。

## 引用文献

- 1) Gentz, M.C., J. K. Grace (2009) : The response and recovery of the Formosan subterranean termite (*Coptotermes formosanus Shiraki*) from sublethal born exposures, *Int. J. Pest Manage.*, 55, 63-67.
- 2) Bhatia, T.K. (2002) : Use of borate-treated wood as part of an IPM approach for durable and sustainable construction, *Pro. 4<sup>th</sup> International Conference on Urban Pests, the USA, Charleston*, pp. 269-276.
- 3) Kartal, S.N. (2009) : Boron-based wood preservatives and their use. In "Handbook on Borates: Chemistry, Production and Applications" Ed. by M.P. Chung, Nova Science Publishers.
- 4) Llyod, J.D. (1998) : Borates and their biological applications, *International Research Group on Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP 98-30178*, Stockholm, Sweden, 25 pp.
- 5) Freeman, M. H., C. R. McIntyre, J. Jackson (2009) : A critical and comprehensive review of boron in wood preservation, *Proc. Amer. Wood Prot. Assoc.*, 105, 279-294.
- 6) Lebow, S., R. W. Anthony (2012) : Guide for use of wood preservatives in historic structures, *General Technical Report FPL-GTR-217*, Madison, WI, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, pp.59
- 7) American Wood Protection Association (2012)
- 8) Vinden, P., J. Romero (1997) : Developments in the application of organic boron compounds, *Proc. 2<sup>nd</sup> International Conference on Wood Protection*

with Diffusible Preservatives and Pesticides. Madison, WI, USA. *Proceedings No. 7284*, pp. 119-126.

- 9) De Groot, R.C., C. C. Felton, D. M. Crawford (2000) : Distribution of borates around point source injections in wood members exposed outside, *Research Note FPL-RN-0275*. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, pp.5
- 10) Ahmed, M.B., J. R. J. French, P. Vinden (2004) : Evaluation of borate formulations as wood preservatives to control subterranean termites in Australia, *Holzforschung*, 58, 446-454.
- 11) Su, N. Y., R. H. Scheffrahn (1991) : Laboratory evaluations of disodium octaborate tetrahydrate (Tim-Bor) as a wood preservative or a bait-toxicant against the Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae), *International Research Group on Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP/1513*, Stockholm, Sweden, pp.25
- 12) Tsunoda, K. (2001) : Preservative properties of vapor-boron-treated wood and wood-based composites, *J. Wood Sci.*, 47, 149-153.
- 13) Schoeman, M.W., J. D. Lloyd (1998) : International standardization: a hypothetical case study with stand-alone borate wood preservatives, *International Research Group on Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP 98-20147*, Stockholm, Sweden, pp.11
- 14) Kartal, S.N., Y. Imamura (2004) : The use of boron as wood preservative systems for wood and wood-based composites, *Proc. 2<sup>nd</sup> International Boron Symposium, Turkey, Eskisehir*, pp. 333-338.
- 15) Smith, W.R., Q. Wu (2005) : Durability improvement for structural wood composites - Current state of the art, *For. Prod. J.*, 52 (2), 8-17.
- 16) Morrell, J.J. (2002) : Wood-based composites: what have we learned? *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 49, 253-258.
- 17) Kirkpatrick, J.W., H. M. Barnes (2006) : Biocide treatments for wood composites—A Review. *The International Research Group on Wood Protection, Doc. No. IRG/WP 06 40323*, Stockholm, Sweden, pp.20

## 硼酸塩処理材に対する地下棲息性シロアリの行動

Behavior of the Formosan Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Response to Borate Treated Wood  
Cory E. Campora<sup>1</sup> and J. Kenneth Grace<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NAVFAC Pacific, Natural Resources Branch, 258 Makalapa Drive, Suite 100, Pearl Harbor, HI 96860, USA

<sup>2</sup>College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa, 3050 Maile Way, Honolulu, HI 96822, USA, kennethg@hawaii.edu  
*Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 2007 39: 127-137*

翻訳：京都大学生存圏研究所 藤本 いずみ

## 1. 要約

八ホウ酸二ナトリウム四水和物 (DOT) を注入 (平均吸収量1.77% BAE) したベイマツと無処理ベイマツを1/2ずつ両サイドに配置した2次元アリーナを用いて、イエシロアリの採餌探索行動を観察した。試験アリーナは室内と野外に設置した。初期のトンネル構築行動は、処理材による影響は受けなかった。処理材への忌避は3~5日経過後から認められた。死骸忌避行動による処理材への忌避は、認められなかった。処理材と無処理材の位置を入れ替えた場合の遅効的な忌避行動は、処理材を認識したもので無く処理材の位置に関係していることが示された。

## 2. 緒言

シロアリに対して、初めは忌避性を示さない遅効性薬剤が徐々に忌避反応を引き起こすことがある。これは採餌探索を行っているシロアリをスルフルアミド<sup>1)</sup>、ヒドrameチルノン<sup>2)</sup>、アバメクチン<sup>3)</sup>、硼酸塩<sup>4)</sup>に暴露した試験で報告されている。シロアリは八ホウ酸二ナトリウム四水和物 (DOT) 処理材を初めは摂食するが、表面をある程度摂食すると食べなくなる<sup>4, 5)</sup>。この遅効的な摂食忌避反応の理由は判っていない。

シロアリは死骸のあるエリアを避ける傾向があることが、一つの説明として挙げられるかもしれない。寒天を入れたシャーレでの穿孔行動の観察では、防蟻剤の暴露箇所まで致死がある程度速やかに起こったなら、次の採餌探索を行うシロアリはその場所を避ける<sup>6)</sup>とされている。結果として、防蟻剤自体は忌避性を示さないものでも、死骸が原因で処理エリアを忌避する。この行動は“necrophobia (死骸忌避)”と呼ばれ、非忌避性だが速効的なクロルピリフォスやクロルデンのような剤で見られる現象である<sup>2)</sup>。同じように、部分的な採餌行動の低下は、ある種の食毒剤の近くでも起こるとされている<sup>3)</sup>。

遅効性薬剤に致死量以下で暴露した時、学習によってシロアリが処理域を避ける可能性が、2番目の説明

として考えられる。理論上は、非忌避性薬剤に(死には至らない程度)暴露した個体は、不利益な経験と薬剤の存在を関連づけられるのかもしれない。Su<sup>1)</sup>らはこれを“associative learning”と述べ、“無駄な刺激と対応方法を関連づける能力”と定義している。同様に、Thorne and Breisch<sup>7)</sup>は、行動の“aversion”と呼び、“化合物と体調不良のような不利益な影響を経験的に関連付けて学習した反応”と説明している。associative learningやaversionにより、スルフルアミド<sup>8)</sup>やヒドrameチルノン<sup>6)</sup>のような非忌避性の食毒剤においても結果として摂食忌避が起こりうるとしている。

八ホウ酸二ナトリウム四水和物 (DOT) は非忌避性かつ遅効性とされている。DOT粉剤を混合した砂を用いた穿孔試験では、地下棲息性シロアリの穿孔行動は阻害されなかったが、死亡虫は多かった<sup>9)</sup>。DOT粉剤は土壌処理用の製剤としては使われていないが、木材や木質製品の予防や駆除処理に使われている<sup>10)</sup>。加圧注入処理もしくは拡散処理で保存剤処理した際に期待される効果は、摂食防止である。しかしながら、比較的高濃度のDOT処理でも、表面への少量の食害は起こりうる。Graceら<sup>5)</sup>は、目標吸収量1.02% BAEでDOTを加圧処理した木材を23週間イエシロアリの野外コロニーに設置すると、質量減少量は2.5%であったものの、ある程度的美観上のダメージは起こる事を示している。この“tasting”行動が繰り返され累積した場合の効果をもっと調べるために、Grace and Yamamoto<sup>4)</sup>は種々の高濃度DOT処理材を4個のイエシロアリコロニーに各々10週間ずつ設置した。過去の研究と同様に、40週間後の重量減少は最高濃度である2.52% BAE処理材では1%以下であったが、10週経過後にはいずれも表面への摂食が認められた。高濃度DOTでは、処理材のすぐ近くで死亡することにより他の採餌シロアリへの忌避が起こった、と著者らは推察している。

本研究の目的は、シロアリが処理材を見つける行動と、AWPAでの規定濃度<sup>11)</sup>処理した材への忌避がnecrophobiaやassociative learningによるものかどうか

かを調べることにある。処理材と無処理材を設置した2次元アリーナを用い、室内と野外にてシロアリの採餌活動を観察した。採餌シロアリの蟻道内での死亡箇所を確認する方法を確立し、処理材の有無と蟻道及び生存虫の分布の関係を検討した。

### 3. 材料と方法

#### 3.1 室内試験

アクリル樹脂製の2次元採餌アリーナ6個に、野外コロニーから24時間以内に採集されたシロアリ1,500頭(職蟻90%, 兵蟻10%)を放虫し<sup>12)</sup>、室内に静置した。アリーナはCampora and Grace<sup>13)</sup>の方法にて、湿らせた珪砂をアクリル樹脂板(75×75×0.25cm)で挟んで作成した。シロアリはアリーナの中央に接続した瓶に放虫し、採餌場所へ到達できるようにした。16ヶ所の採餌場所(アリーナに開けた穴にプラスチック瓶を接続し、各々に木片を設置)は、格子状に均等に配置した(図1)。処理区とした3反復では、採餌場所の片側半分(8ヶ所)のみに規定濃度のDOT(1.77% BAE)を加圧注入処理(US Borax社にて作製)したベイマツ(*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco)片を設置し、残り半分(8ヶ所)には無処理ベイマツ片を設置した(図2)。他3反復は無処理区とし、全ての採餌場所に無処理木片を設置した。シロアリを中央の瓶に放虫、14日間穿孔させた後、新しい木片に交換した。その際、処理区の処理木片と無処理木片の位置を入れ替えた(図2)。シロアリをさらに7日間穿孔させた後、アリーナを分解、生存虫をカウントし、木片は乾燥(90°C, 24時間)し重量測定した。

室内試験については、トンネルの分布、生存虫の分布、死亡虫の分布、木片上の採餌虫の有無、及び摂食量を調べた。トンネルの分布は24時間毎にデジタル撮影し、ArcView 3.2 GIS software (ESRI社製)を用いてアリーナの東サイドと西サイドのトンネルの表面積を測定した。採餌虫の分布は、5×5cm区画に分割して観察した。観察は毎日午後3時~5時に実施した。各区画内の職蟻及び兵蟻数をカウントし、6段階(0 = 0, 1 = 1, 2 = 2~12, 3 = 13~24, 4 = 25~50, 5 = 51以上)で示した。さらに同5×5cm区画を用いて死亡虫数を毎日カウントし、両サイドの総死亡虫数を比較した。木片上の虫数は木片毎に毎日観察し、シロアリにより木片が覆われた量をおおよそ10%単位で記録し、各サイド全体の推定被覆量を算出した。全ての木片は試験前に重量計測し、試験後の木片重量と比較して摂食量を算出した。

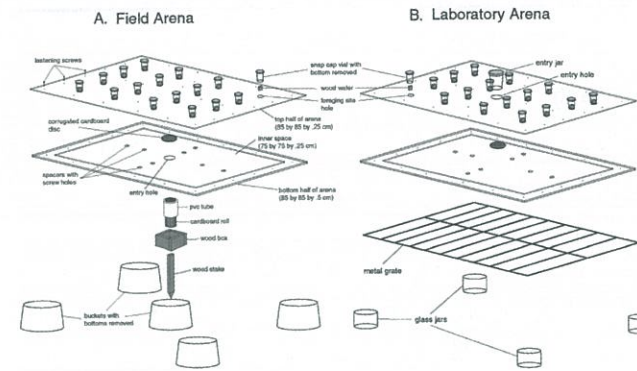


図1 野外試験(A)と室内試験(B)で用いたシロアリ採餌アリーナ

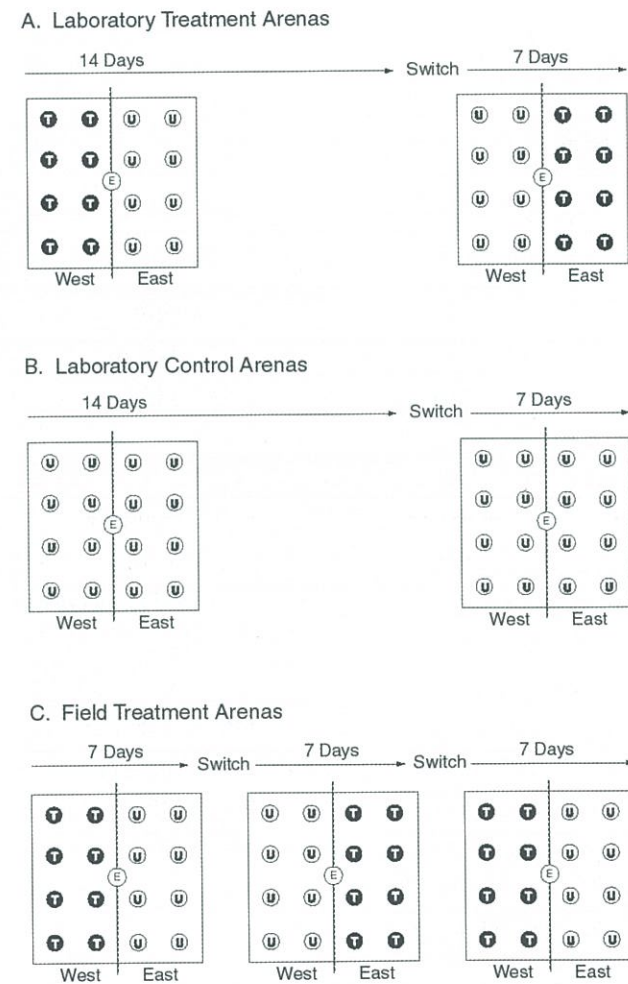


図2 処理木片と無処理木片の位置及び交換スケジュール；室内試験・処理(A)、室内試験・無処理(B)、野外試験(C)

#### 3.2 野外試験

ハワイ大学ワイマナロ研究センターにて実施した。室内試験と同様のアリーナをプラスチック土台に乗せてイエシロアリコロニーの上に設置した。各アリーナは、採餌シロアリがアリーナと地下の蟻道と往復できるようにアリーナの中央で丸めた段ボールを入れたプラスチック管で地上と接続した(図1)。室内試験と同量のDOTで加圧注入処理した8個の木片と無処理木片をアリーナの半分ずつに設置した。採餌シロアリがアリーナに侵入してから7日後に、新しい木片に交換し、処理木片と無処理木片の配置を入れ替えた。更に7日後、新しい木片を最初の位置に戻して設置した。野外アリーナについては、トンネルの分布、死亡虫の分布、及び摂食量について測定した。

#### 3.3 統計分析

室内試験結果は、経過日毎のアリーナの各観察項目の両サイドの差を分散分析(ANOVA, General Linear Model, Minitab 2003)<sup>14)</sup>により検定した。野外試験のアリーナの両サイドの平均トンネルの分布と、室内試験と野外試験での平均摂食量は、分散分析(PROC GLM, SAS Institute 1999)<sup>15)</sup>を用い、平均の比較はTukeyのHSD検定を実施した。

### 4. 結果

#### 4.1 一般的な行動

室内試験では、シロアリの行動はおおまかには以下の4パターンであった；1) 元気に木材を摂食、2) 蟻道内を往復し、蟻道構築時は積極的に砂を穿孔しアリーナ内の所定の場所に運搬、3) 確たる目的場所も無く蟻道内を単独で徘徊、4) 蟻道内の特定箇所にて大多数で休止。最初の数日間は、アリーナ内で確認される大部分のシロアリは穿孔活動を行い、残りのシロアリはアリーナ中央の投入瓶内及びその周辺に留まった。1週間後には穿孔活動が徐々に減少し、大部分のシロアリが休止グループか木片周辺に居た。休止グループは投入瓶の周辺に居る傾向があったが、太い蟻道内に居ることもあった。1週間後には穿孔活動は散発的となり、少数の職蟻グループによって局所的に行われていた。両サイドの蟻道量に有意差は認められず(図3, 4)、DOT処理木片は近辺の砂へのシロアリの穿孔を妨げるものではないことを示している。

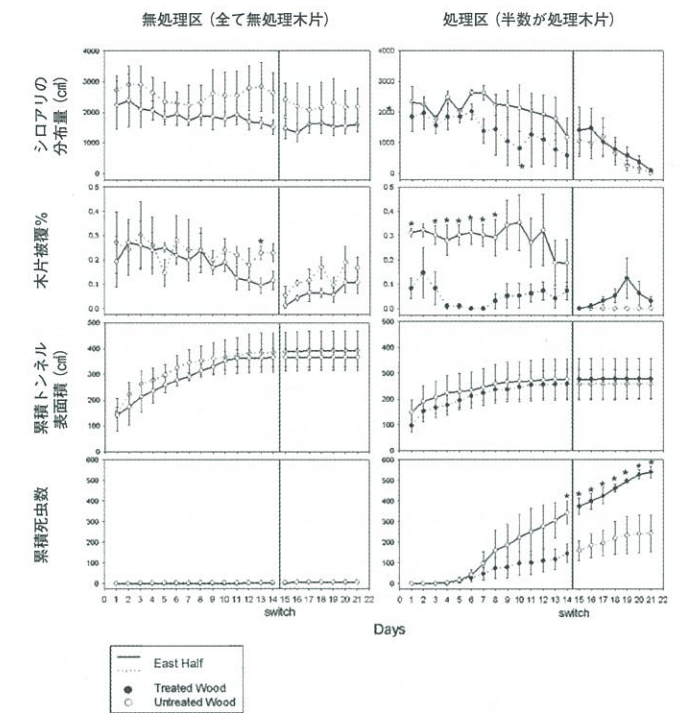


図3 採餌アリーナの東サイドと西サイドにおけるシロアリ、採餌、穿孔、死虫の分布の比較(ANOVA, GLM, \* $p < 0.05$ .)

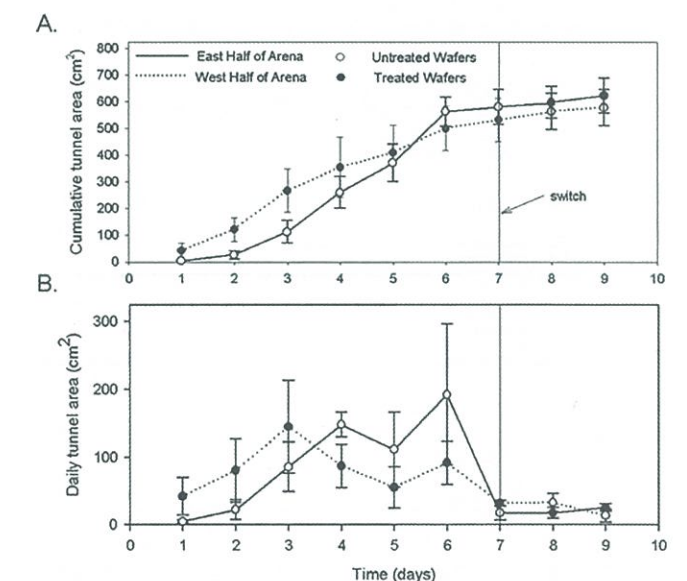


図4 野外試験での各サイドのトンネル平均累積面積と経日面積  
A: 累積トンネル面積 (cm<sup>2</sup>)  
B: 経日トンネル面積 (cm<sup>2</sup>)

#### 4.2 シロアリの分布

初めは、採餌虫は蟻道中に分散しつつアリーナの中央に集まっていた。3～5日経過すると、処理木片設置サイドの蟻道では殆ど採餌行動をせず、アリーナの無処理木片設置サイドへ集まる傾向が認められた(図3)。しかしこの傾向に有意性は無く、恐らく中央の投入瓶のある箇所と重なる処理木片設置サイド(西)の一部に多数のシロアリがいた為と考えられ、処理木片に到達していない処理木片設置サイドでは引き続き蟻道構築を行うシロアリがいた。

#### 4.3 採餌虫の分布

木片直近でのシロアリ分布は均一では無かった(図3)。処理木片を設置した室内試験アリーナでは、試験開始後8日間のうち7日間は、無処理木片に多く集まった。一般的には、シロアリは処理木片に到達後約3～5日で放棄したが、到達までの時間は反復で異なった。このことは図3に示されている9～14日の間に処理木材への摂食が見かけ上復活している理由を説明している。また、同じように見える木片の間で明らかかな嗜好性の違いが認められた。これは、無処理アリーナでも認められ、13日後ではアリーナの西サイドの方が東サイドより有意に摂食が多かった。図3に示すように、処理区で無処理木片から処理木片に入れ替えると、初めは処理木片を摂食する傾向がある点は興味深い。反復数が少なくアリーナ間での摂食差があった為、入れ替え後の両サイドのシロアリ頭数に有意差は認められなかった。

#### 4.4 死亡虫の分布

死亡虫はアリーナの両サイドで観察され(図3)、処理材の直近では認められなかった。生存虫は、死亡虫を隔離し、死亡虫が堆積した箇所を避けていた。しかしながら、殆どのシロアリが死亡し死骸を移動できる健全なコロニーメンバーが残っていないとなった実験最終日まで、これらの箇所は処理木片の有無とは関連が無かった。DOTは遅効性薬剤であり、暴露虫は蟻道内を移動するので、必ずしも処理木片の近くで死亡しなくても不思議ではない。実際、試験最終週には最初に無処理木片を設置していたサイドでの死亡虫が有意に多かった。

#### 4.5 摂食量

室内試験の無処理区において、試験開始後2週間及び試験終了までの1週間での木片摂食量は両サイドでの有意差は認められなかった。しかしながら、処理区では試験開始後2週間は無処理木片を多く摂食し( $F = 9.75; df = 1, 4; P = 0.0355$ )、処理木片への摂食は極

表面的であった(図5)。試験終了までの1週間に極少量の摂食が認められたが、両サイドでの有意差は認められなかった(図5)。

野外試験での両サイドの摂食量を比較すると、試験開始後1週間では東サイドの無処理木片側が西サイド(処理木片側)より有意に多かった( $F = 5.06; df = 2, 6; P = 0.0515$ ) (図5)。2週目と3週目では、両サイドで摂食量に有意差は認められなかった(図5)。処理木片の摂食量は2週目が最も多かったが、3週目との比較でのみ有意差が認められた( $F = 5.70; df = 2, 6; P = 0.0411$ )。無処理木片の2週目と3週目の摂食量に有意差は認められなかった(図5)。

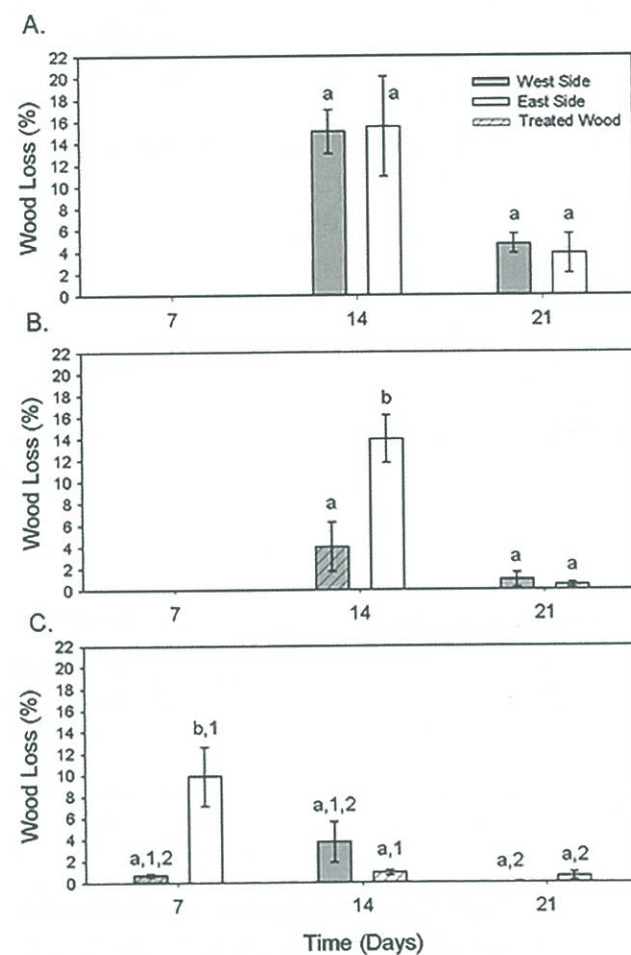


図5 両エリア木片の平均摂食率：室内試験・無処理(A)、室内試験・処理(B)、野外試験(C)  
アルファベット：各期間内での東西サイドの有意差の有無  
数字：処理 or 無処理での経時的な有意差の有無

#### 5. 考察

イエシロアリのDOT処理木片への忌避は、処理木片周辺での死骸の堆積によるものではないことを本試験結果は示している。野外試験では死亡虫は観察されず、室内試験では一般的に死亡虫が出現する前に処理木片の摂食は中止された。さらに、室内試験では初期の死亡虫は一般的には処理木片の周辺では認められなかった。この現象は、初期にはシロアリがアリーナ全体に均等に広がり、処理木片と無処理木片の両方に分布した室内試験において明らかに認められた(図3)。約3日後に、シロアリは処理木片の摂食を中止したが、アリーナ内での死亡虫は5日後まで観察されなかった。死亡虫が出現し始めると、アリーナ内での分布は生存虫及び死亡虫とも東サイドか無処理サイドへ移動した。イエシロアリが0.1571% BAEのDOT含有木材に暴露された場合、効力発現まで3日間のラグタイムがあることをMaistrelloら<sup>16)</sup>は報告している。

木片が交換され、処理木片と無処理木片の位置が入れ替えられた場合、シロアリはそれまでに最も摂食していた位置(入れ替え前には無処理木片があった箇所)へ戻った。全ての場合、新たに設置された処理木片への摂食はごく表面的なものであり、DOTを認識していないことが示された。野外試験では、交換前には無処理木片が設置されていたサイドの処理木片の平均摂食量は2週目に多かった。反復間での摂食量に差があり、摂食量の増加に有意差は認められなかった。このことは、シロアリはかつて致死量未満で暴露したとしてもDOT処理木材を避けてはいないことを示している。よって、処理木片の位置と忌避行動との関連は、薬剤の存在との関連と比較して、より強いことが明らかである。

この点についての説明として、シロアリの摂食活動を利用した薬剤によるリクルートシステムがある。地下シロアリは腹板腺から出す道しるべフェロモンを使って蟻道内を移動する<sup>17)</sup>。道しるべフェロモンは特定のエリアで摂食する為の方向を採餌個体に示す為に重要な役割を持つ<sup>18)</sup>。道しるべフェロモンは残効性の短いrecruiting成分とより安定なorientation成分から成ることが示されている<sup>19)</sup>。残効性の短い成分の強さとその後のrecruitingは、餌源の質によって補強されたり削減されたりする<sup>20)</sup>。それ故、もしシグナルが強いなら、多くのシロアリの餌場へ誘引でき、シグナルが弱いなら誘引できない可能性がある。もし処理材を摂食した採餌集団が弱ってその後死亡したなら、残効性

の短いrecruiting成分は増強されずに消失する。ほとんどのシロアリがその場所へ移動しないので、フェロモンは少なくなり、安定なorientation成分のみが残っている間の食物運搬も徐々に減少する。Rickli and Leuthold<sup>21)</sup>は、収穫シロアリの*Trinivitemes geminatus*に対して、道しるべフェロモンの情報は、ネットワーク内の行くべき場所を選択し、さらにネットワーク内での仕事量にも顕著な影響を及ぼすとしている。このことは、本研究でDOT処理材のある場所への採餌活動を経時的に中止するが、以前は無処理材があった場所へ処理材が移動すると摂食を再開する理由を説明しているかもしれない。

イエシロアリの採餌集団による初期の蟻道構築は、DOT処理材への到達によって影響されないと考えている。しかしながら、到達後は採餌テリトリー全体に拡散するので、長期的なコロニー全体への影響は明確ではない。更に、イエシロアリの採餌個体は、死骸忌避や処理木片への学習によってDOT処理木片を忌避する訳ではないことが判った。遅効性薬剤への忌避作用は、むしろ、採餌集団の死亡による道しるべフェロモンの減少により生じる行動であろう。アリーナ内での無処理木片がある部分でのシロアリの経時的な集合と、処理木片と無処理木片を入れ替えた際、処理木片があった場所への再侵入の遅れは、蟻道内の資源をシロアリがマッピングしていることを示している。シロアリは、有害物質自体の性質を認識しているというより、寧ろ有害な資源のある場所を避けるということである。このマッピングは、死亡虫や致死量以下の暴露による影響により、道しるべフェロモン(あるいは他のchemical cues)が減少したことや有害な資源の近くに堆積することにより生じた、蟻道内の通行の変化の結果である。

#### 引用文献

- 1) Su, N-Y., R. H. Scheffrahn and P. M. Ban (1995) : Effects of sulfuramid treated bait blocks on field colonies of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae), *J. Econ. Entomol.*, 88, 1343-1348.
- 2) Su, N-Y. (1982) : An ethological approach to the remedial control of the Formosan subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. PhD Dissertation, University of Hawaii at Manoa, pp.124.

- 3) Forschler, B.T. (1996) : Baiting *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) field colonies with abamectin and zinc borate-treated cellulose in Georgia, *Sociobiology*, 28, 459-483.
- 4) Grace, J.K. and R.T. Yamamoto (1994) : Simulation of remedial borate treatments intended to reduce attack on Douglas-fir lumber by the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae), *J. Econ. Entomol.*, 87, 1547-1554.
- 5) Grace, J.K., R.T. Yamamoto and M. Tamashiro (1992) : Resistance of borate treated Douglas-fir to the Formosan subterranean termite. *For. Prod. J.*, 42(2), 61-65.
- 6) Su, N-Y., M Tamashiro, J. R. Yates and M. I. Haverty (1982) : Effect of behavior on the evaluation of insecticides for the prevention of or remedial control of the Formosan subterranean termite, *J. Econ. Entomol.*, 75, 188-193.
- 7) Thorne, B. L. and N. L. Breisch (2001) : Effects of sublethal exposure to imidacloprid on subsequent behavior of subterranean termite *Reticulitermes virginicus* (Isoptera: Rhinotermitidae), *J. Econ. Entomol.* 94, 492-498.
- 8) Su, N-Y. and R. H. Scheffrahn (1991) : Laboratory evaluations of disodium octaborate tetrahydrate (Tim-Bor) as a wood preservative or a bait-toxicant against the Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae), *International Research Group on Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP/1513*, Stockholm, Sweden, pp.25
- 9) Grace, J. K. (1991) : Response of Eastern and Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) to borate dust and soil treatments, *J. Econ. Entomol.*, 84, 1753-1757.
- 10) Grace, J. K. (1997) : Review of recent research on the use of borates for termite prevention. *Second International Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives. Proceedings 7284*, Forest Prod. Soc., Madison, WI. Pages 85-92.
- 11) American Wood-Preservers' Association. (2005) : *Book of standards. AWP Standard P5*.
- 12) Tamashiro, M., J. K. Fujii and P.-Y. Lai (1973) : A simple method to trap and prepare large numbers of subterranean termites for laboratory and field experiments, *Enviro. Entomol.* 2, 721-722.
- 13) Campora, C.E., and J.K. Grace (2001) : Tunnel orientation and search pattern sequence of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae), *J. Econ. Entomol.* 94, 1193-1199.
- 14) Minitab (2003) : *Release 14*, State College, PA.
- 15) SAS Institute (1999) : *SAS user's guide: version 8*. SAS Institute, Cary, N. C.
- 16) Maistrello, L., G. Henderson and R. A. Laine (2001) : Effects of nookatone and a borate compound on Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) and its symbiont protozoa, *J. Entomol., Sci.*, 36, 229-236.
- 17) Luscher M. and B. Muller (1960) : Ein spurbilendes Sekret bei Termiten, *Naturwissenschaften*, 21, 503.
- 18) Tschinkel, W. R., and P. G. Close (1973) : The trail-pheromone of the termite *Trinervitermes trinervoides*, *J. Insect Physio.*, 19, 707-721.
- 19) Hall, P., and J. F. A. Traniello (1985) : Behavioral bioassays of termite trail pheromones. Recruitment and orientation effects of cembrene-A in *Nasutitermes costalis* (Isoptera: Termitidae) and discussion of factors affecting termite response in experimental contexts, *J. Chem. Eco.*, 11, 1503-1573.
- 20) Traniello, J. F. A. and R. H. Leuthold (2000) : Behavior and ecology of foraging in termites, In "Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology" Eds. by T. Abe, D.E.Bignell, M. Higashi, Kluwer Academic Publishers, PP. 141-168
- 21) Rickli, M. and R. H. Leuthold (1987) : Spacial organisation during exploration and foraging in the harvester termite, *Trinervitermes geminatus*. *Revue Suisse Zoologic*, 94, 545-551.

## 外来木材害虫アフリカヒラタキクイムシの集合フェロモン

京都大学生存圏研究所 Titik Kartika

### 1. はじめに

海外からの木材輸入が丸太から製品へと大きくシフトし続ける中、乾燥木材害虫の侵入・拡大リスクが高まりつつある。特にヒラタキクイムシ類とナガシクイ類は、世界的にも経済的な重要性が高い害虫である。これらは熱帯に多くの種類が分布し、辺材を含む熱帯産広葉樹材製品によって持ち込まれる可能性がある。事実、西日本では、従来最重要種であると考えられていたヒラタキクイムシからアフリカを原産とするアフリカヒラタキクイムシへの種の変化が生じつつあることが知られている<sup>1)</sup>。

タバコシバンムシなど多くの家屋害虫では、フェロモンを用いたモニタリング技術が確立している。しかしながら、ヒラタキクイムシ類などの乾材害虫においては、今だモニタリングによるリスク評価と予防的取り組みは行われていない。一方、アフリカヒラタキクイムシの観察から、集合フェロモンの存在を示唆する行動が観察された。

本研究では、外来木材害虫アフリカヒラタキクイムシにおけるモニタリング技術の開発を目指し、集合フェロモンの同定を試みた<sup>2)</sup>。

### 2. 実験方法

#### 2.1 供試虫

京都大学生存圏研究所・居住圏劣化生物飼育棟(DOL)において継代飼育中のアフリカヒラタキクイムシ (*Lyctus africanus* Lesne) 成虫を使用した。実験には羽化直後の雌雄の新成虫を用いた。

#### 2.2 集合フェロモンの抽出と集合フェロモン活性の評価

集合フェロモンの抽出は、雌雄新成虫をヘキサンに浸せきすることにより行った。こうして得られた粗抽出物の集合フェロモン活性を、2択選択試験によって評価した。

直径9cmのガラスシャーレにろ紙を敷き、図1に示す様に2個の抗生物質検定用ペーパーディスクをセットした。この2個のディスクについて、雌雄成虫の粗抽

出物による処理とヘキサンのみによる処理を行い、下部中央のマーク位置に雌雄成虫20個体を放虫して、その行動を観察した。評価は、放虫15分後にディスクへ集合した個体数を測定することによって行った。

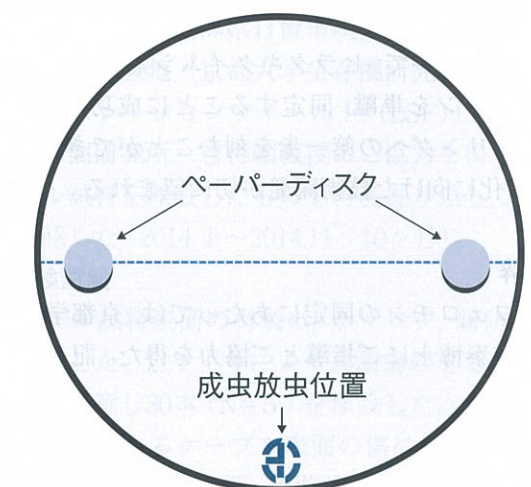


図1 ペーパーディスクを用いた2択選択試験による集合フェロモン活性の評価。

### 2.3 集合フェロモンの同定

雌雄成虫ヘキサ粗抽出物を用い、ガスクロマトグラフィー-マススペクトルメトリー (GC-MS) による活性物質の同定を行った。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 粗抽出物の集合フェロモン活性

2択選択試験の結果、雄成虫ヘキサ粗抽出物が、雌雄成虫に対して明瞭な集合フェロモン活性を示すことが明らかとなった。

#### 3.2 集合フェロモンの同定

雄成虫ヘキサ抽出物のGC-MS分析の結果、3種(図2の①~③)のエステル化合物が特異的に存在することが明らかになった。合成した標品のマススペクトルとの比較により、これらの化合物は以下の通り同定された。なお、化合物②については、天然物としては