

環 動 昆

報 文

- 内海与三郎・出口智也・西川 勝・亀井正治・林 晃史：
ヒドラメチルノン含有ベイト剤「シージ[®]ジェル」
のチャバネゴキブリに対する殺虫効力 …………… 1
- 夏原由博・三好 文・森本幸裕：水田放棄がカシミサンショ
ウウオの生息におよぼす影響と生息場所修復の可
能性 …………… 11

研究奨励賞受賞論文

- 大村和香子：蒸煮カラマツ心材抽出物を利用したイエシロア
リ防除への応用基礎研究 …………… 19
- 印象記 …………… 29
- 会 報 …………… 36
- 投稿規定 …………… 43

Vol. 13

1

2002

日本環境動物昆虫学会

ヒドラメチルノン含有ベイト剤「シージ®ジェル」の チャバネゴキブリに対する殺虫効力

内海与三郎¹⁾・出口智也¹⁾・西川 勝¹⁾・亀井正治¹⁾・林 晃史²⁾

1) アース・バイオケミカル株式会社

2) 東京医科歯科大学医学部

(受領 : 2001年9月9日 ; 受理 : 2001年11月20日)

Effects of a Bait Formulation of Hydramethylnon, SIEGE® GEL, on the German Cockroach. Yosaburo Utsumi¹⁾, Tomoyo Deguchi¹⁾, Masaru Nishikawa¹⁾, Masaharu Kamei¹⁾ and Akifumi Hayashi²⁾ (¹⁾Technical Research Department, Earth Biochemical Co., Ltd., Tokushima 771-0130, Japan, ²⁾Tokyo Medical and Dental University, Tokyo 113-0034, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **13** : 1-10 (2002)

A bait formulation of hydramethylnon, SIEGE® GEL (SG), for the German cockroach, *Blattella germanica* (L.), was evaluated in laboratory and field experiments. In a continuous-exposure test, SG caused a 100% knockdown of 20 adult females within five days, and all died within a week after treatment started. To evaluate the secondary insecticidal activity, 5 to 20 adult females exposed to SG in the bait for only 1 hour were put into a container together with 50 individuals each of first and fourth to fifth instar nymphs of *B. germanica*. Mortality of the first instar nymphs was higher than that of the older nymphs during the following 30 days. Field evaluations of SG were done at a rate of about 2 g/m² spread with a special syringe, at a restaurant and a delicatessen in Tokushima Prefecture. In each field test, the population density of *B. germanica* was less than 10 to 20% of the original level at 7 days after the treatment started, and the residual effect of SG lasted at least 2 months.

Key Words : Bait, Hydramethylnon, Special Syringe, *Blattella germanica*

ヒドラメチルノンを有効成分とするシージ®ジェル (SG) のチャバネゴキブリに対する殺虫効力を室内及び実地条件で評価した。SGを摂食した雌成虫は5日以内にノックダウンした後、7日後には確実に死亡することが基礎試験において明ら

かになった。次にSGを1時間摂食させた5ないし20個体の雌成虫を、1令および4、5令幼虫各々50個体が混在する容器内に放飼し30日間継続飼育した結果、幼虫が高率で死亡すること、その死亡率は若令期ほど高いことが判明した。チャバネゴキブリが生息する徳島県下の飲食店および惣菜店で、1m²あたり約2gのSGを専用のシリンジを用いて処理した結果、処理1週間後にゴキブリの生息密度が処理前の10ないし20%以下にまで低下し、その効果は2カ月以上持続した。

緒 言

防除専門業者がビル内、飲食施設あるいは一般家屋などで行うゴキブリ駆除方法としては、従来、有機リン系ならびにピレスロイド系の乳剤やULV剤といった液剤の処理が主流であった。しかし、処理後の異臭、べとつき、精密機器の故障、ゴキブリの薬剤に対する抵抗性問題さらにはユーザーの殺虫剤に対するアレルギー問題（安全性と残留に関する嫌悪意識等）の高まりなどから、一般的な薬剤散布が困難になっている。

近年、人畜に対する安全性が高く、環境への影響が小さく、かつ処理が比較的容易なゴキブリ駆除剤としてベイト剤が普及し、防除業者に使用されつつある。しかし、これらベイト剤を防除業者がより安全で効率的に使用する処理方法あるいは剤形別の処理量の確立が望まれていた。

アミジノヒドラゾン系化合物のヒドラメチルノンは昆虫細胞内のミトコンドリアに吸着され、その呼吸酵素を阻害することにより殺虫活性を発現することが知られている（Hollingshaus, 1987）。既に、このベイト剤はゴキブリやアリなどの各種害虫に対し高い殺虫効力と防除効果を示すことが知られており（Su *et al.*, 1980；Su *et al.*, 1982；釜田ら, 1985；林ら, 1986；Milio *et al.*, 1986）、市販されている製剤もある。また、本化合物を含有するベイト剤を摂食したチャバネゴキブリが排泄した糞を他個体が摂食することにより、二次的な殺虫効力を発現することが知られている（Silverman *et al.*, 1991）。

ベイト剤によるゴキブリ防除は、ベイト剤自体

の誘引性と喫食性を高め、ゴキブリに致死量以上の有効成分を摂食忌避させず取り込ませることは極めて重要な要素となっており、その誘引性と喫食性を高めるための研究がなされてきた（Tsujii and Ono, 1969；Rust and Reiersen, 1981；根岸ら, 1995；内海ら, 1995）。また、生息場所へのベイト剤の広範囲処理が、防除効果を高める上で極めて有効であることも報告されている（Tsujii and Ono, 1970）。ヒドラメチルノンのジェル状ベイト剤（シージ®ジェル）はゴキブリの好む糖分を含み、専用のシリンジを用いることにより、ゴキブリの潜伏する隙間や通り道などに容易に広範囲処理できる特長がある。

本稿ではシージ®ジェルベイト剤の本邦産チャバネゴキブリに対する基礎効力（殺虫活性と2次殺虫活性）を室内実験で調べると同時に、実用場面における処理方法ならびに処理量を確立する目的で、実地試験を行ったので報告する。

材料および方法

1. ヒドラメチルノンベイト剤の室内における基礎殺虫試験

1) 供試昆虫

室内試験に供した赤穂産チャバネゴキブリ *Blattella germanica* (L.) 雌成虫および幼虫は1984年にアース製薬(株)研究部より譲り受け、以後恒温室内（25±2℃，16L-8Dの明暗条件下）にて累代飼育している系統を用いた。

2) 供試薬剤

ヒドラメチルノン2.15%含有製剤〔シージ®ジェル（以下SGと略す）、日本サイアナミッド(株)製〕

を供試した。

3) 試験方法

雌成虫に対する基礎殺虫試験

内部壁面に炭酸カルシウムを塗布したプラスチック製試験容器（縦17cm×横29cm×高さ10cm）の底面に含水脱脂綿および濾紙製シェルターを設置した後、試験容器内に雌成虫を20個体放し、固形飼料（オリエンタル酵母MF）を与えて2日間馴化させた。試験区では固形飼料を取り除いた後、約0.5gの供試薬剤を入れたプラスチック製容器（直径2.5cm、高さ1.1cm）を試験容器の底に設置し、供試虫に任意に摂食させ経時的にノックダウン個体を数えた。無処理区としては薬剤処理区と同様の試験装置を用い無毒の固形飼料のみを与えて飼育した。試験は全て25±2℃、16L-8Dの明暗条件の恒温室内で行い、2反復した。

幼虫に対する二次殺虫試験

プラスチック製飼育カップ（直径10cm、高さ5.5cm）の内部壁面にゴキブリの逃亡を防止する目的で炭酸カルシウムを塗布し、容器底部に含水脱脂綿および濾紙製シェルターを設置した後、飼育カップ内に卵鞘非保持の雌成虫を20個体放飼して48時間絶食させた。次に、この飼育カップの底に

約0.5gの供試薬剤（SG）を入れたプラスチック製容器（直径2.5cm、高さ1.1cm）を設置し、雌成虫に1時間任意に摂食させた。その後、Fig. 1に示すように、前もって1令幼虫と4、5令幼虫各50個体をプラスチック製試験容器（縦28cm×横37cm×高さ25cm）に収容し、2日間馴化させておいた個体群の中に、上記飼育カップより取り出した5ないし20個体の薬剤摂食雌成虫を放った。なお、試験容器は内部壁面に炭酸カルシウムを塗布し、餌としてオリエンタル酵母MFの固形飼料と給水用の含水脱脂綿を設置した。以後、25±2℃、16L-8Dの明暗条件下で30日間にわたって継続飼育し、飼育期間中に致死した個体を記録した。無処理区としては薬剤処理区と同様の試験装置を用い、固形飼料摂食雌成虫を20個体放して試験を継続した。なお、死亡した雌成虫と幼虫は試験容器から取り出さず、試験終了時まで放置した。試験は各試験区につき2反復した。

2. 実地効力試験

1) 実施場所および対象害虫

試験は1997年10月6日から1998年1月6日にかけて実施した。実施場所である徳島県下の飲食店と惣菜店の概要をFig. 2およびFig. 3に示す。飲

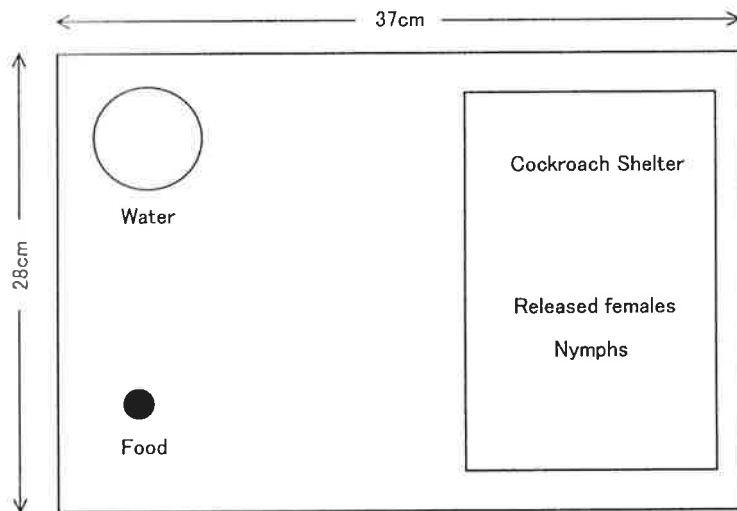


Fig. 1 Container for secondary insecticidal test under laboratory condition.

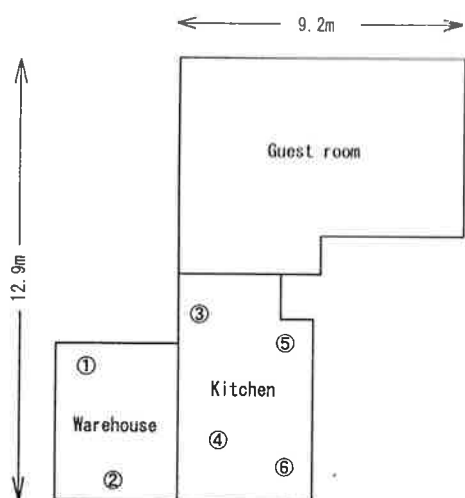


Fig. 2 Sketch-map of the restaurant tested. ①-⑥ show the sticky trap points.

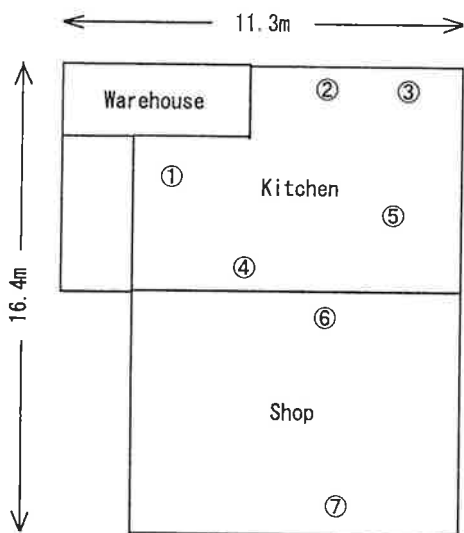


Fig. 3 Sketch-map of the delicatessen tested. ①-⑦ show the sticky trap points.

食店はうどん、丼物などを扱っており、総床面積が約90㎡で、客室、厨房および倉庫の3つに分かれ、それぞれの部屋間に仕切りがなく、チャバネゴキブリは各部屋を自由に入出りできた。チャバ

ネゴキブリは厨房と食材を保管している倉庫に多数生息しており、客室にはほとんどみられなかった。本試験地の温度条件は、ビル全体が空調管理されているため、冬期においても最低気温が20℃以下になることはなかった。したがって、1年を通してゴキブリ類が発生し問題となっていた。また、Fig. 3に示すように、郊外にある一軒家の惣菜店は厨房、元店舗および倉庫の3つに分かれており、総床面積が約170㎡であり、チャバネゴキブリは倉庫以外で多数生息していた。本試験地の特徴は調理機器等の熱源が多く、室内温度が閉店後でも極端に低下せず、例年冬期にも本害虫の出現があることであった。

2) 供試薬剤

ヒドラメチルノンを含む2.15%含有する薬剤(SG, 日本サイアナムド(株)製)を供試した。

3) 試験方法

薬剤処理

薬剤処理に当たっては専用のシリンジを用い、飲食店では1997年10月14日に厨房と倉庫に、惣菜店では10月14日に厨房と元店舗の調理台の下、流し台の下、機械類の後方や周辺ならびに壁の隙間や裂け目など水がかかりにくい場所に、数10mgの薬剤をスポット状または線状に1㎡あたり1ないし2gを目安として処理した。なお、1㎡あたりの処理量は総床面積で換算した場合、飲食店で約1.8g、惣菜店で約2.0gであった。また、1㎡あたりの平均処理箇所数は飲食店で23、惣菜店で11であった。

効力評価

効力評価は処理前後のゴキブリ捕獲個体数を比較して行った。各試験地の所定場所(Fig. 2, Fig. 3)にゴキブリ用粘着トラップ(粘着部の面積約143cm²)を24時間設置し、捕獲されたゴキブリの総数を記録した。なお、粘着トラップの設置個数は飲食店で6個、惣菜店で7個とし、設置場所としては食器棚の中ならびに流しの下など、水がかかりにくい場所を選んだ。

結果および考察

1. 雌成虫に対する基礎殺虫試験

SGのチャバネゴキブリ雌成虫に対するノックダウン効果をFig. 4に示した。試験容器内に本剤を設置し摂食状況を観察したところ、雌成虫は本剤を忌避せず、継続的な摂食行動が観察された。しかし、処理1日後には正常に歩行できない個体が出現し、摂食行動は著しく低下した。その後、処理2日後に移動能力の全くない個体が出現し、それらの個体は仰向けにしても自力で起き上がることができなかつたことからノックダウン個体とみなした。以後、日数の経過と共にノックダウン率は上昇し、処理5日後には100%に達した。なお、ノックダウン個体の蘇生はみられず、数日以内に確実に致死した。一方、無処理区では5日後においても致死個体は認められなかつた。

Milioら(1986)は、野外試験地より回収したヒドラメチルノンの1.65%固形ベイト剤と1.90%ペーストベイト剤をチャバネゴキブリ雌雄成虫に与えた結果、いずれの薬剤も7日以内に100%の

死亡率が得られたと報告している。また、森川ら(1986)は、ヒドラメチルノン1.8%含有製剤をチャバネゴキブリに与えた結果、優れた食毒効果が得られたと報告している。今回供試した赤穂産チャバネゴキブリに対するSGの効力はそれらとほぼ同様の結果であった。

以上の結果より、従来のベイト剤と同様に、糖成分を主体としたSGがチャバネゴキブリに忌避性を示すことなく摂食されること、SGを摂食したチャバネゴキブリは従来使用されている有機リン剤に比べてやや遅効的ではあるものの、確実に致死することが明らかになった。

2. 幼虫に対する二次殺虫試験

SGのチャバネゴキブリ各令期の幼虫に対する二次殺虫効力をFig. 5およびFig. 6に示した。48時間絶食させた雌成虫に本剤を投与したところ激しい摂食行動が観察され、投与30分後にはその行動はほぼ終息した。投与前および投与1時間後に薬剤入り容器の重量を測定することにより摂食量を算出した結果、雌成虫1個体あたりの平均摂食量は約3.5mgであった。薬剤投与1時間後に雌成

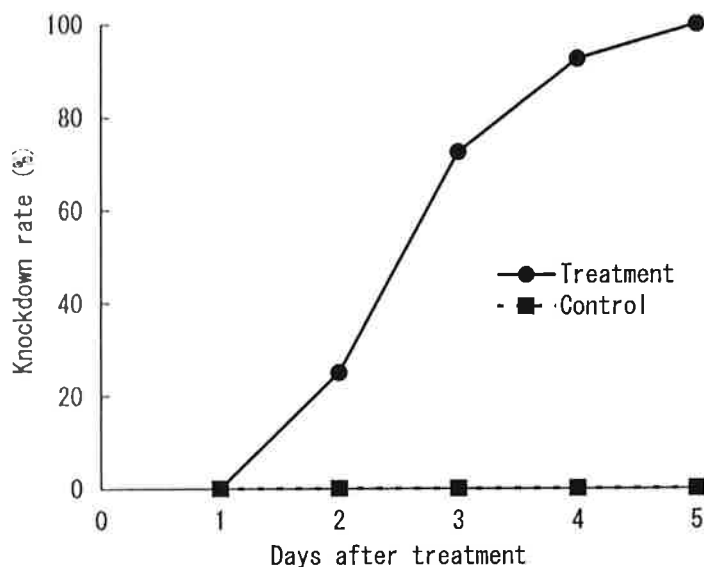


Fig. 4 Knockdown activity of SG against female adults of German cockroach in the continuous exposure test.

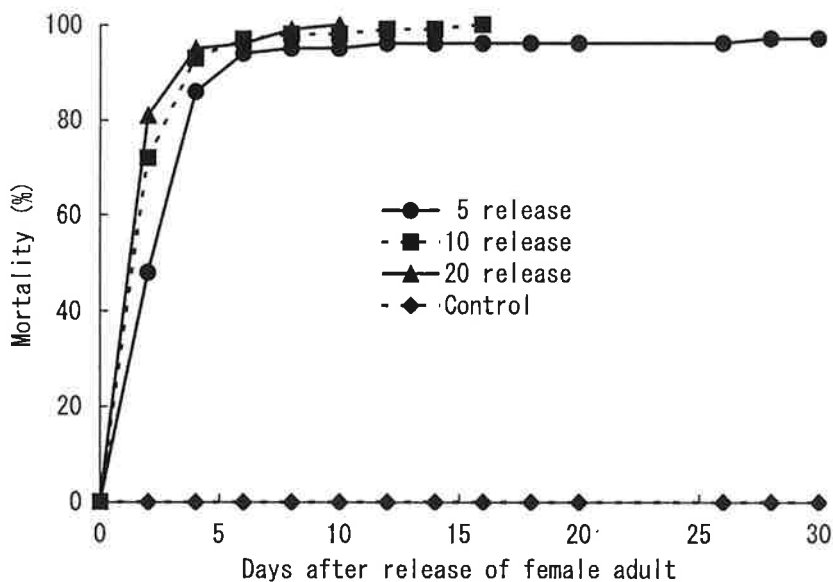


Fig. 5 Secondary insecticidal activity of SG against 1st instar nymphs of German cockroach.

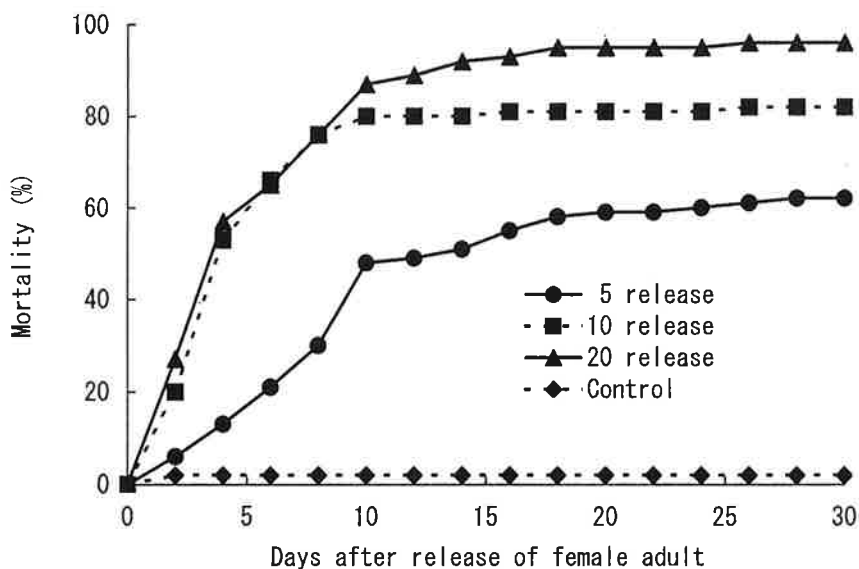


Fig. 6 Secondary insecticidal activity of SG against 4th-5th instar nymphs of German cockroach.

虫を取り出し試験容器内に5, 10または20個体を放飼した結果, 同試験容器内の幼虫は雌成虫の排泄した糞を摂食して死亡した. 2日後の1令幼虫

の死亡率は, 放飼雌成虫が5, 10および20個体区で, それぞれ48.0%, 72.0%および81.0%を示した. 4, 5令幼虫の死亡率は, 1令幼虫に比べ

低かったが2日後から死亡個体がみられ、5個体放飼区で6.0%、10個体放飼区で20.0%、20個体放飼区で27.0%の死亡率を示した。ちなみに、薬剤を摂食した雌成虫は7日以内に死亡した。なお、積極的ではないものの、幼虫が死亡雌成虫を摂食することを観察した。1令および4、5令幼虫は脱皮して次の令期に発育した個体も死亡する現象がみられ死亡率は上昇した。また、1令幼虫の死亡率は、雌成虫の5個体放飼区で8日後に95.0%、30日後に97.0%を示し、10個体放飼区では16日後に、20個体放飼区では10日後に、それぞれ100%を示した。さらに、2週間目以降の観察結果では、4、5令幼虫の死亡率は5個体、10個体および20個体放飼区でそれぞれ50%以上、80%以上および90%以上を示した。しかし、試験期間中に正常羽化する個体もみられた。

一方、無処理区における幼虫死亡率は30日間の調査において1令および4、5令幼虫の場合、それぞれ0%と2.0%であった。チャバネゴキブリがヒドラメチルノン製剤を摂食した場合、一部のヒドラメチルノンは体内に吸収された後に代謝されるが、その多くは吸収、代謝されずにそのまま排泄され、それを他個体が摂食することにより二次殺虫効果が発現することが既に知られている (Silverman *et al.*, 1991)。また、1ないし3令期の若令幼虫に対する二次殺虫効果は、成虫が排泄した糞のみを供試した場合より、成虫と幼虫を共存させた場合の方が高いことが報告されており、若令幼虫の活動範囲の狭さが、その要因の一つとして言及されている (Ross *et al.*, 1984; Bret and Ross, 1985)。しかし、ジェル剤を摂食させた場合についての報告はない。

本試験では2日間馴化させた幼虫を入れた試験容器内に本剤を食べさせた雌成虫を放飼する方法で実験を行ったが、雌成虫を放飼する前には既にシェルターは糞で汚染されており、ゴキブリの潜伏場所として条件付けされていた。このため、放飼された雌成虫もシェルター内に潜伏する個体が多く、したがって、シェルター内部やその周辺で

の排便が多かった。本試験において若令幼虫の死亡率が高かった要因としては、幼虫令期の違いによる薬剤に対する感受性差が考えられるものの、活動範囲が狭く、シェルター内で潜伏することの多い若令幼虫が、餌として与えた固形飼料よりも身近にある雌成虫の排出した糞を餌として摂食する割合が高かったことも、その一因であると推察された。

以上の結果より、SGはチャバネゴキブリに対し高い二次殺虫効力を示すことが明らかとなったが、実際の生息場所では本剤を摂食した全ての個体がヒドラメチルノンの伝搬者となることから、その効力はさらに高まるものと推察された。

3. 実地効力試験

SGの飲食店および惣菜店に生息するチャバネゴキブリに対する防除効果をFig. 7およびFig. 8に示した。いずれの試験区とも2回にわたり行った処理前調査の結果、捕獲個体数は飲食店が86~74個体、惣菜店が154~160個体で、若干変動はあったものの比較的安定した密度を保持していた。薬剤処理は第2回目の処理前調査終了直後に行い、その後処理現場を毎日観察した結果、1日後から正常に歩行できない幼虫および成虫の出現がみられ、2日後には幼虫の死亡個体が認められた。さらに、処理1週間後には幼虫および成虫の捕獲個体数は激減し、ゴキブリ密度は処理前と比較すると、飲食店で20%以下、惣菜店で10%以下にまで、それぞれ低下した。その後、両試験地とも捕獲個体数に若干増減が認められたものの、処理21日目以降のゴキブリ密度は処理前の10%以下に抑えられ、その効果は2カ月以上持続した。

本剤の有効成分であるヒドラメチルノンは腸管で吸収され、エネルギー代謝に関与するため遅効性であることが知られている (Hollingshaus, 1987)。このため、ヒドラメチルノン含有製剤を摂食したゴキブリは、一旦仲間が集合している潜伏場所に帰ることから、そこで排糞することにより他個体に対する二次殺虫効果が発現するものと推察される。

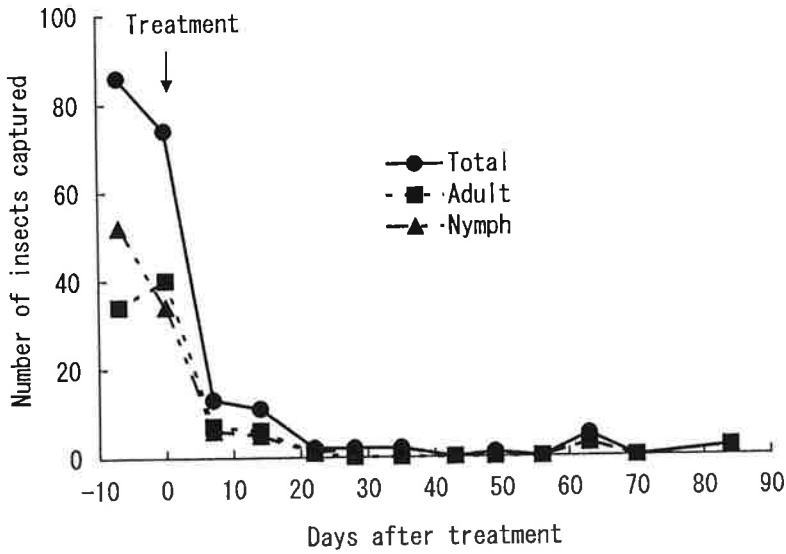


Fig. 7 Effectiveness of SG against German cockroaches in a restaurant.

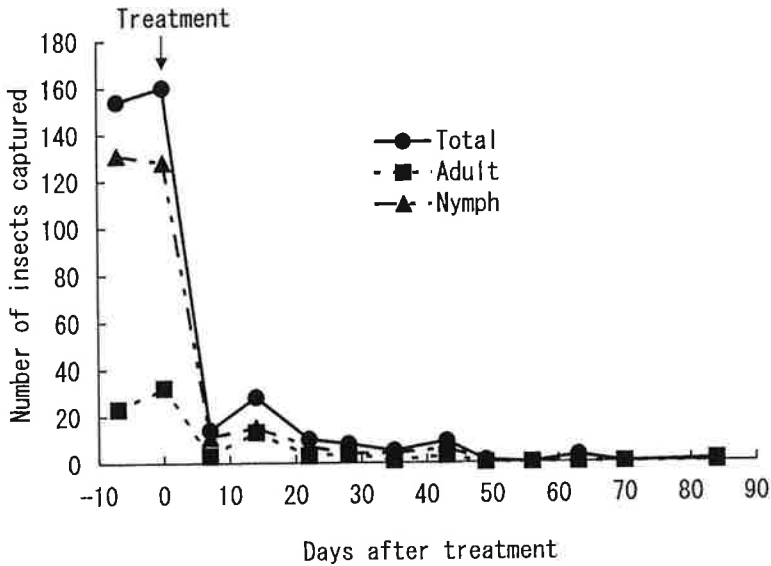


Fig. 8 Effectiveness of SG against German cockroaches in a delicatessen.

以上のことから、数十 mgの本剤をスポット状または線状に1㎡あたり10から20箇所程度処理することで、本害虫を効率的に防除できることが示唆された。防除効果の持続性評価では、処理後2カ月を経過しても、処理された薬剤の大半が食べ

尽くされずに残存したことを考慮すると、ゴキブリ密度が高くなければ、1㎡あたり2g程度の処理量で本害虫の防除が可能であると考えられた。なお、本試験では1㎡あたり10から20箇所程度の薬剤を処理したが、専用のシリンジを用いること

により、処理作業は容易であった。また、飲食店厨房などに固形ベイト剤を使用する場合、設置場所は調理台や食品の保存場所、あるいは流し台の下などとなるが、厨房作業者の邪魔になることもあり、設置場所の選定が難しいのが実状である。一方、本薬剤はスポット状または線状に処理できるため、調理台や流し台の下、機械類の後方や周辺ならびにゴキブリの潜伏場所となっている壁の隙間や裂け目などに的確に処理できる利点がある。なお、本薬剤は処理後徐々に硬化したものの処理後2カ月を経過しても腐敗せず、カビの発生も認められなかった。これらのことから、本剤はチャバネゴキブリの増殖しやすい飲食店厨房や食品生産現場向き優れた防除処理剤であると判断された。

謝 辞

本試験を実施するにあたり日本サイアナミッド(株)上妻三朗氏、村井繁夫氏および関係各氏には種々御協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Bret, B. L. and M. H. Ross (1985) A laboratory study of German cockroach dispersal (Dictyoptera: Blattellidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 87: 448-455.
- 林 晃史・松崎沙和子・松永信一・井口辰興・山口 洋・津田 清 (1986) ヒドラメチルノン毒餌のゴキブリ類に対する効果について (第3報) 試作製剤の实地における効果. 日本衛生動物学会第38回大会講演要旨集, p. 37.
- Hollingshaus, J. G. (1987) Inhibition of mitochondrial electron transport by hydramethylnon; a new amidinohydrazone insecticide. *Pestic. Biochem. Physiol.* 27: 61-70.
- 釜田 壹・根岸 務・亀井正治・松崎沙和子 (1985) 数種アリ類に対する新規顆粒状ベイト剤「アリの巣コロリ」の防除効果. 日本衛生動物学会第37回大会講演要旨集, p. 33.
- Milio, J. F., P. G. Koehler and R. S. Patterson (1986) Laboratory and field evaluations of hydramethylnon bait formulations for control of American and German cockroaches (Orthoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 79: 1280 - 1286.
- 森川 修・川合開司・山口 洋 (1986) ヒドラメチルノン毒餌のゴキブリ類に対する効果 (第1報) 基礎殺虫力及び毒性. 日本衛生動物学会第38回大会講演要旨集, p. 37.
- 根岸 務・内海与三郎・釜田 壹・亀井正治 (1995) ゴキブリ用毒餌剤に関する検討ーI. 室内飼育虫と野外虫の餌に対する嗜好性. 日本応用動物昆虫学会第39回大会講演要旨集, p. 95.
- Ross, M. H., B. L. Bret and C. B. Keil (1984) Population growth and behavior of *Blattella germanica* (L.) (Orthoptera: Blattellidae) in experimentally established shipboard infestations. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 740-752.
- Rust M. K. and D. A. Reiersen (1981) Attraction and performance of insecticidal baits for German cockroach control. *Int. Pest Control* 23: 106 - 109.
- Silverman, J., G. I. Vitale and T. J. Shapas (1991) Hydramethylnon uptake by *Blattella germanica* (Orthoptera: Blattellidae) by coprophagy. *J. Econ. Entomol.* 84: 176 - 180.
- Su, N. Y., M. Tamashiro, J. R. Yates and M. I. Haverty (1982) Effect of behavior on the evaluation of insecticides for prevention of or remedial control of the Formosan subterranean termite. *J. Econ. Entomol.* 75: 188-193.
- Su, T. S., J. W. Beardsley and F. L. McEwen (1980) AC-217, 300, a promising new insecticide for use in baits for control of the big-headed ant in pineapple. *J. Econ. Entomol.* 73: 755 - 756.
- Tsuji, H. and S. Ono (1969) Laboratory evaluation of several bait factors against German cock-

- roaches, *Blattella germanica* (L.). *Jap. J. Sanit. Zool.* 20 : 240 - 247.
- Tsuji, H. and S. Ono (1970) Wide application of baits against field populations of the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Jap. J. Sanit. Zool.* 21 : 36 - 40.
- 内海与三郎・根岸 務・亀井正治 (1995) ゴキブリ用毒餌剤に関する検討—II. 餌の種類と嗜好性変化. 日本応用動物昆虫学会第39回大会講演要旨集, p. 95.

水田放棄がカスミサンショウウオの生息におよぼす 影響と生息場所修復の可能性

夏原由博・三好 文・森本幸裕*

大阪府立大学大学院農学生命科学研究科

(受領 : 2001年11月13日 ; 受理 : 2002年1月5日)

The Effect of Abandonment of Paddy Cultivation on the Distribution of the Clouded Salamander, *Hynobius nebulosus* and Preliminary Test of the Habitat Restoration.
Yoshihiro Natuhara, Fumi Miyoshi and Yukihiro Morimoto (Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 599-8531, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 13 : 11-17 (2002)

We investigated the distribution of egg clusters of the clouded salamander, *Hynobius nebulosus* on a hill (area 200 ha) in Shiga Prefecture, western Japan, to identify potential habitats for this species. We also dug shallow pools in abandoned paddies to examine the possibilities of habitat restoration for this species. Suitable oviposition sites were cultivated paddies within 10 m of a forest or abandoned paddy in a second- or third-order valley. The density of egg clusters in cultivated paddies was 10 times that in abandoned ones. We found egg clusters in 9 of 20 potential habitats and did not find any in isolated habitats. Egg clusters were found at three of five pools suggested that oviposition sites are in short supply for the species. The survival rate from egg to subadult in an artificial pool was 2.7% in 2000 and 10.1% in 2001. These rates were as high as the rate in natural populations of *H. tokyoensis*. These results suggested that extensive management including digging temporary pools in abandoned paddies would be effective for conservation of *H. nebulosus*.

Key words : *Hynobius nebulosus*, Habitat suitability, Potential habitat, Restoration ecology, Abandoned paddy

* 現所属 : 京都大学大学院農学研究科

* Present address : Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan.

Table 1 Number of egg clusters in cultivated paddies and abandoned paddies located close to forests (<10m)

| Stream order | Area (m ²) | | Number of egg clusters | | Egg clusters/ha | |
|--------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Cultivated paddy | Abandoned paddy | Cultivated paddy | Abandoned paddy | Cultivated paddy | Abandoned paddy |
| 1 | 2447 | 127957 | 3 | 0 | 12.3 | 0.0 |
| 2 | 10176 | 104374 | 10 | 34 | 9.8 | 3.3 |
| 3 | 502 | 65285 | 3 | 12 | 59.8 | 1.8 |
| 4 | 5233 | 49503 | 10 | 0 | 19.1 | 0.0 |
| Total | 18358 | 347119 | 26 | 46 | 14.2 | 1.3 |

と考えられる。水位変動は谷戸の回数によって異なっており、1次谷戸では細流の水量が少なく、5月以後は1週間程度降雨が途絶えることによって、水面がなくなる放棄水田もみられた。一方、4次谷戸では、流れる水量は多いものの、水田面より1mから数m低い水面を持つ川となり、放棄水田は乾燥していた。それに対して、2次3次谷戸は、比較的継続して狭い水面を持つ湿田状態が維持されていた。

放棄水田における卵のうの分布は耕作水田の近くに限られており、耕作水田から最も遠い産卵地点が約420mであったことから、耕作水田の周縁から450m以内と以遠とに分けて次数別谷戸面積と卵塊数を比較した (Table 2)。450m以遠では以内とくらべて、3次谷戸の面積が小さかったが、2次谷戸面積はほぼ同じであるにもかかわらず、卵のうの分布は450m以内に限られていた。

以上のように、水田の耕作放棄や乾田化の影響が大きいことが示された。カスミサンショウウオと同様な環境に生息するニホンアカガエルでも圃場整備による乾燥化と耕作放棄が個体数減少を引き起こしているという報告 (長谷川, 1996; 大澤・勝野, 1997) は、推定結果を支持するものである。しかし今回、実際の水位の変動は測定していないため、この仮説の真偽は今後の調査にゆだねられる。

また、1対卵のうあたり卵数は 104.5 ± 27.2 (SD) 個であった。近縁のトウキョウサンショウ

Table 2 Area of abandoned paddies and number of egg clusters in those classified by the distance from cultivated paddies

| Stream order | Area (m ²) | | Number of egg clusters | |
|--------------|------------------------|---------------|------------------------|----------|
| | ≤450m ¹⁾ | >450m | ≤450m | >450m |
| 1 | 72626 | 55321 | 0 | 0 |
| 2 | 50430 | 53944 | 34 | 0 |
| 3 | 56118 | 9167 | 12 | 0 |
| 4 | 27350 | 22153 | 0 | 0 |
| Total | 206533 | 138589 | 0 | 0 |

1) Distance from cultivated paddy.

ウオでは、卵数が地理的に変異をもつことが知られているが (草野・早瀬, 1990), 多摩丘陵の5個体群の各平均が61.5から98.0個 (草野, 1999) であるのと比べると多いといえる。

2. ハビタット適合性評価

前記の結果から、10m以内で森林と接する耕作水田および2次または3次谷戸にあり10m以内で森林と接する放棄水田を潜在生育適地 (産卵場所) とし、潜在生育適地のうち、10m以内で隣接するものどうしを結合して、潜在生育適地のパッチとした (Fig. 2)。耕作水田を含む5パッチのすべてで実際に卵のうが発見され、放棄水田のみのパッチでは卵のう発見率が低かった (4/15) (Table 3)。パッチ面積と卵のう数の間には、相関は認められなかった。卵のうが発見されたパッチは耕作

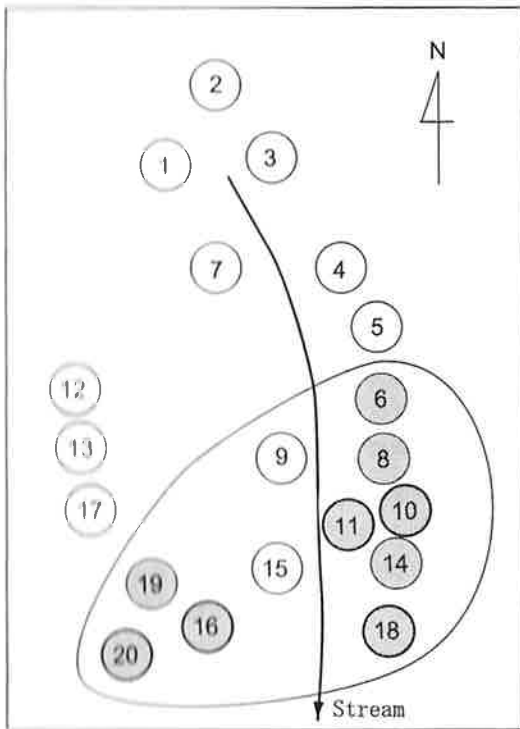


Fig. 2 A map of the potential habitat (circle) for *H. nebulosus* in the study site. Circles with thick circumference are the habitat including cultivating paddies and others are ones consist of only abandoned paddies. Circles with shadow are habitats where eggs were found. Habitat patches are enclosed within 300 m buffer from the edge of patch with cultivated paddies. The area is about 1200 m x 2500 m. The stream runs in the center of the area from north to south.

水田から300m以内のものに限られていた (Fig. 2)。このことから、耕作放棄と孤立化が本種にとって、負の影響をおよぼしているものと考えられる。このような両生類の生息場所の孤立化に伴う局所的生息率の低下はニホンアカガエル (夏原・神原, 2001) やヨーロッパのpool frog (Sjögren, 1991) などでも報告されている。

3. 産卵場所の修復

2001年に造成した素掘りの4池のうち、3池で産卵が確認された (Table 4)。現在の分布範囲内のこれらの改修場所に高い頻度で産卵されている

Table 3 Area and type of the potential-habitat patch, and number of egg clusters

| No. | Area (m ²) | Paddy type | Number of egg clusters |
|-----|------------------------|------------|------------------------|
| 1 | 7441 | Abandoned | 0 |
| 2 | 6433 | Abandoned | 0 |
| 3 | 13979 | Abandoned | 0 |
| 4 | 1898 | Abandoned | 0 |
| 5 | 15450 | Abandoned | 0 |
| 6 | 8638 | Abandoned | 17 |
| 7 | 2651 | Abandoned | 0 |
| 8 | 13180 | Abandoned | 3 |
| 9 | 7942 | Abandoned | 0 |
| 10 | 6679 | Mix | 15 |
| 11 | 5798 | Cultivated | 10 |
| 12 | 2576 | Abandoned | 0 |
| 13 | 5062 | Abandoned | 0 |
| 14 | 1087 | Abandoned | 4 |
| 15 | 29875 | Abandoned | 0 |
| 16 | 21095 | Mix | 3 |
| 17 | 3374 | Abandoned | 0 |
| 18 | 1817 | Cultivated | 3 |
| 19 | 24180 | Abandoned | 15 |
| 20 | 8624 | Mix | 2 |

Table 4 Presence (+) / absence (-) of eggs at pools dug in

| | Location | Stream order | Presence of eggs |
|---|---------------------------|--------------|------------------|
| 1 | upper of #3 ¹⁾ | 2 | - |
| 2 | upper of #5 | 1 | - |
| 3 | upper of #6 | 3 | + |
| 4 | lower of #6 | 3 | + |
| 5 | upper of #8 | 2 | + |

1) Patch number in Figure 1 and Table 3.

ことは、本種にとっての産卵場所が容易に復元あるいは創出できることを示唆するものである。そして、耕作放棄水田の一部に素掘りの人工湿地をつくることによって、産卵可能な場所が増加するために、産卵場所探索時間を短縮され、探索中に高まるかもしれない死亡率を低下させることも考えられる。

Table 5 Survivorship of *H. nebulosus* from egg to metamorphosis in an artificial pool

| Year | Number of eggs | Number of sub-adults | Survivorship |
|------|----------------|----------------------|--------------|
| 2000 | 748 | 20 | 0.0267 |
| 2001 | 621 | 63 | 0.101 |

次に2000年に放棄水田に造成した人工湿地における卵から上陸までの生存率は、2000年が0.0267、2001年が0.101であった (Table 5)。これは東京都多摩におけるトウキョウサンショウウオの平均値0.055 (SD 0.111) (草野, 1999) とほぼ等しい水準である。前述のように調査地におけるカスミサンショウウオの一腹卵数がトウキョウサンショウウオより多いことはカスミサンショウウオの生存率は本来トウキョウサンショウウオより低いことを示唆するものであり、このことから、対象地域内では、人口湿地であっても幼生期の生存率は低下しないものと考えられる。

本調査地においては、現在の生息範囲の北側の谷を中心にこうした粗放的生息場所修復を実施することによって調査地全体に生息範囲を拡大し、個体群の存続可能性を高めることができるものと予想される。パッチ間移動率のデータはないが、成体は繁殖期以外の時期に産卵場所から200m以内で観察されており (草野, 1999)、最大移動距離はこの2倍程度だと考えられる。したがって、200から400m以内の間隔で産卵場所が造成されることが望ましい。

両生類の産卵場所修復による保護は、欧米を中心に試みられており、例えば、EUのThe Pond Life Projectでは、農民や地方自治体に生物多様性にとってのため池の重要性を普及するとともに、ため池の改修や新しいため池づくりのワークショップを開催している (Hull *et al.*, 1997)。近畿地方のカスミサンショウウオ生息地においても、こうした取り組みが本種のみならず谷戸生態系の修復と保全にとって有効であり、その実行可能性を探る試みが必要である。

ま と め

調査地におけるカスミサンショウウオの産卵適地は、森林から10m以内の耕作水田か2次または3次の谷にある放棄水田であり、前者は後者の10倍の卵の密度であった。また、孤立した潜在産卵適地には産卵されていなかった。生息範囲内の耕作放棄田に掘った人工池に産卵したことから、本種の産卵場所が容易に創出できることが示唆された。そして、人工池における卵・幼生の生存率は十分高く、粗放的な産卵場所造成が、本種の保護に役立つものと推測された。

謝 辞

本研究をすすめるにあたって、栗本技術士事務所の栗本修滋、市川貴美代両氏にお世話になった。また、京都府立鳥羽高等学校の村田章氏、梅花大学の辻広志博士、大阪府立大学大学院の柏原一凡、橋本啓史両氏には調査に協力していただいた。記して謝意を表す。

引用文献

- 長谷川雅美 (1996) 千葉市の両生類・爬虫類。「千葉市野生動物植物の生息状況及び生態系調査報告書」千葉自然環境調査会編, pp. 505-521, 千葉県環境衛生局環境部。
- Hull, A., Boothby, J. and Marshall, I. (1997) The Pond Life Project - a European Union funded community-based project providing opportunities for Amphibians. In "Opportunities for Amphibians and Reptiles in the Designed Landscape" (Bray, R. and T. Gent, eds.), pp. 50-52, English Nature, London.

- 草野 保 (1999) トウキョウサンショウウオはどんな生物? 「トウキョウサンショウウオは生き残れるか?」草野 保・川上洋一 編 pp. 7-17, トウキョウサンショウウオ研究会, あきるの市.
- 草野 保・早瀬長利 (1990) トウキョウサンショウウオの卵サイズの地理的変異. 個体群生態学会会報 46 : 5-12.
- 橋井正文 (2000) 京都・大阪地域のカスミサンショウウオ. 「レッドデータブック両生類, 爬虫類」http://www.blodlc.go.jp/rdb/rdb_f.html, 環境省
- 鷹原山博 (2001) 両生類・は虫類. 「ミティゲーション」森本和裕・龜山 章編, pp. 205-221, ソフトサイエンス社, 東京.
- 夏原由博・神原 恵 (2001) ニホンアカガエルの大阪府南部における生育適地と連結性の推定. ランドスケープ研究 64 : 617-620.
- 大黒俊哉 (2000) 休耕田・放棄水田を活用した生物多様性の保全. 「農山漁村と生物多様性」宇田川武俊編, pp. 172-188, 家の光協会, 東京.
- 大澤啓志・勝野武彦 (1997) カエル類を用いた都市域谷戸田の環境分析・評価. 環境情報科学論文集 11 : 237-242.
- Sjögren, P. (1991) Extinction and isolation gradients in metapopulations: the case of the pool frog (*Rana lessonae*). *Biol. J. Linn. Soc.* 42 : 135-147.

検討した。蒸煮・未蒸煮カラマツ心材抽出成分の構造及びそれらのシロアリに対する摂食活性を比較・研究した結果、蒸煮処理によりカラマツ心材中のフラボノイド類などの摂食阻害物質が分解・減少し、これと併行して、アラビノガラクトサンやヘミセルロースが一部変性を受けて新たな摂食促進物質が形成されることにより、結果的に蒸煮材がシロアリにより嗜好されると考えられた。さらに蒸煮カラマツ心材抽出物とホウ酸との混合物がイエシロアリの摂食量に及ぼす影響を検討し、0.1%以下のホウ酸濃度では蒸煮カラマツ心材抽出物の混合によりホウ酸を単独で投与した場合よりも摂食量や致死率が増加することを明らかにし、蒸煮カラマツ心材抽出物がシロアリ防除薬剤への添加物として有用であることを明らかにした。

はじめに

木造建築物をシロアリの被害から守るため、これまで薬剤による木部処理、床下及び周辺土壌への薬剤散布が主として行われてきた。しかし、過剰な処理・散布による薬剤の環境への悪影響が懸念され、人体には影響が少なく、シロアリ（昆虫）に対して特異的に作用する薬剤の使用、天然物の利用、昆虫寄生性線虫・ダニ・菌の利用、小石やステンレスメッシュによる物理的防除等が進められている。また、薬剤の効率的な施用のために、非破壊検出等によるシロアリの加害場所の特定やシロアリの誘殺に有効な誘引・摂食促進物質に対する需要が高まっている。

さて、蒸煮処理は木材の注入性改善や調色に利用される熱処理の一つであるが、この蒸煮処理を施したカラマツ心材を内装材として用いたところ、シロアリによる選択的な被害が生じた（土居ら、1995；Doi *et al.*, 1998）。著者らのグループはこの現象に興味を持ち、蒸煮カラマツ心材中のシロアリ摂食促進物質の検索と本物質を利用したシロアリの誘殺を検討してきた。そこで本論文では、(1)蒸煮処理によるカラマツ心材成分の変化とシロアリに対する摂食活性との相関および(2)蒸煮カラマツ心材抽出物とホウ酸との混合物がイエシロアリの摂食量に及ぼす影響についての研究を紹介し、シロアリが蒸煮カラマツ心材を嗜好する理由とそのシロアリ防除への応用の可能性について述べる。

蒸煮処理の特徴

蒸煮処理は、水分存在下での高温（・高圧）処理であり、身近なところでは曲げ木のための軟化処理がこれにあたる。蒸煮処理を施すと材色の特に明度が低下し、視覚的には「落ち着いた」「シックな」材色に変わる。木材の調色は一般に染料や酸等の化学処理により行われているが、この蒸煮処理により木材に対して広義の“調色”を行うことが可能である。また、蒸煮処理により木材への薬液等の注入性が改善されることも知られている。一方、木材は熱処理温度が高いほど曲げ強度が低下するが、木材腐朽菌オオウズラタケに対する耐性は向上することが報告されている（松岡、1986）。

蒸煮処理すると食われやすくなる樹種は？

このような事例から、蒸煮処理の過程で木材は化学的、物理的に変化することが判っているわけであるが、蒸煮処理を行うことによるシロアリの嗜好性の向上は、どの樹種においてもあてはまることなのだろうか？

シロアリの局所的被害が最初に報告された樹種はカラマツであった（Doi *et al.*, 1999）。そこで日本の代表的な構造用材であるスギ、アカマツ、エゾマツ、トドマツ、ヒバ、ブナ、そしてカラマツ（心材）の計7種を選定し、蒸煮処理した材と蒸煮処理しない材のイエシロアリに対する摂食量を比較した。方法としては各材から調製した試験片

イエシロアリの飼育槽の上にランダムに配置、その周囲をアカマツ辺材の枠で固定してイエシロアリに対して選択摂食させ、その嗜好性を調べた。その結果、全樹種において蒸煮処理すると摂食量が増加した。そして樹種別ではカラマツの摂食量が最も多く、さらに蒸煮処理前後における摂食量の差も大きいことが明らかとなった(表1)。

表1 シロアリに対する樹種別(心材)嗜好性試験(Doi et al., 1999)

| 樹種名 | 重量減少率(%) ¹⁾ | |
|------|------------------------|-------------------|
| | 未蒸煮 | 蒸 煮 ²⁾ |
| スギ | 0.6 (1.1) | 2.6 (0.7) |
| アカマツ | 0.0 | 12.9 (2.0) |
| カラマツ | 2.9 (0.7) | 64.0 (37.0) |
| エゾマツ | 1.0 (0.9) | 8.8 (3.7) |
| トドマツ | 0.3 (0.2) | 5.5 (0.5) |
| ヒノキ | 0.0 | 1.0 (0.2) |
| ゾウ | 5.9 (2.1) | 27.9 (14.0) |

1) () 内は標準偏差。

2) 蒸煮条件: 170℃, 60分処理。

では、なぜ食われやすくなるのか?

シロアリの摂食量に影響を及ぼす要因として、物理的要因と化学的要因とが考えられる。前者は木材の硬さ(密度)、後者は抽出成分の種類と量

であるが、抽出成分の量は木材の密度にも影響する。蒸煮処理すると摂食量が増加するという現象がカラマツで非常に顕著であることから、この時点でカラマツに特徴的な物理的・化学的性質の何かがこの現象に大きく貢献していることが推察された。

Doiら(1998)は処理温度を一定とし、処理時間を変えた蒸煮材の表面硬さ及びシロアリの食害率を計測したところ、表面硬さは90分間処理までは処理時間が長いほど減少するが、それ以上の処理時間では変化しないこと、シロアリの食害率は60分間処理で最も大きく、それ以上の処理時間では減少することを明らかにした(表2)。このことから蒸煮材に対するシロアリの選択的食害は材の表面硬さとは相関がない、つまり材の軟化がその原因ではないと判断された。

一方、化学的性質についてであるが、抽出成分は樹種を特徴づける要因の一つである。カラマツ心材の特徴的な抽出成分としてフラボノイド類(図1a)と細胞内こう多糖であるアラビノガラクトタン(図1b)が挙げられる(Côté et al., 1966; 笹谷ら, 1970)。フラボノイド類は植物界に広く存在する化合物群でその構造は多岐に及び、生物・生理活性も抗酸化能、抗菌性や昆虫に対する摂食阻害活性、産卵刺激活性など多様である(Elliger et al., 1980; Malterud et al., 1985; 本

表2 蒸煮カラマツ心材の表面硬さ、イエシロアリによる食害率の処理温度による相違(Doi et al., 1998)

| 処理時間(分) ¹⁾ | シロアリの食害による重量減少率(%) ²⁾ | 表面硬さ(Pa) | |
|-----------------------|----------------------------------|----------|------|
| | | 早材部 | 晩材部 |
| 0 | 4.5 (1.5) | 7.65 | 21.2 |
| 60 | 90.1 (2.5) | 4.61 | 12.6 |
| 90 | 56.1 (12.7) | 4.22 | 9.32 |
| 150 | 34.0 (22.7) | 4.02 | 9.12 |
| 240 | 21.4 (9.2) | 4.22 | 9.03 |

1) 蒸煮条件: 170℃, 60分処理。

2) () 内は標準偏差。