

ナラ類集団枯死被害防止技術と評価法の開発

岡田充弘・山内仁人・加賀谷悦子*・近藤道治

合成フェロモン製剤によるカシノナガキクイムシ捕獲試験で、透明トラップが既存の人エトラップに比べ捕獲効率が高かった。樹幹注入によるナラ枯損予防試験で、ベノミルの樹幹注入処理の枯損予防効果が認められた。飯山市、信濃町で殺菌剤樹幹注入処理木と合成フェロモンを組み合わせた「おとり木トラップ」による捕獲試験を実施し、合成フェロモン設置位置周辺の樹幹注入処理木へのカシノナガキクイムシの大量穿孔が確認できた。

キーワード ナラ枯れ、カシノナガキクイムシ、合成フェロモン、殺菌剤樹幹注入

1. 研究の背景

カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*, 以下、カシナガという) が病原菌 *Raffaëlea quercivora* (以下、ナラ菌, Kubono and Ito 2002) を媒介することで発生するナラ類集団枯損 (ブナ科樹木萎凋病) は、1980年代後半から被害が拡大し (伊藤ら 1998), 現在日本海側では秋田県から山口県まで、その他に鹿児島県, 和歌山県, 岐阜県, 愛知県, 福島県などを含めた 21 府県 (中村 2006) に、被害拡大が進んでいる。長野県においても平成 16 (2004) 年 8 月に飯山市, 信濃町で本被害が確認されて以降, 県北部 5 市町村と, 県南部の天龍村で被害が確認され (岡田ら 2006), 大きな問題となっている (図-1, 2)。

本被害の防除法は、これまで枯損木の単木的な防除方法 (齊藤ら 2000) が開発されているが、被害が急峻な尾根, 里山地域の広葉樹二次林などにあるナラ類の大径木に発生しやすいこと, 被害が急速に拡大することなどから, こうした単木的な防除のみでは被害の拡大を防ぐことが困難であり, 急傾斜地を含めた面的, かつ経済的負担の少ない防除技術の開発と普及が求められている。

また, 病原菌伝搬者であるカシナガは, 集合フェロモンでナラ立木に集中穿孔すること (Ueda and Kobayashi, 2001) が示唆され, このフェロモンに関する研究が進み, 2004 年に (独) 森林総合研究所がその主成分である (1S,4R)-p-menth-2-en-1-ol (以下, ケルキボロールという) の化学構造を明らかにした (中島ら 2005, Tokoro et al 2007)。

集合フェロモンは, カシナガ成虫の性別を問わず誘引する性質があることから, このフェロモンを利用した新たな防除技術を検討することを目的として, 以下の研究を行った。

- 1) 集合フェロモンと人工トラップの組み合わせによるカシノナガキクイムシ大量捕獲法の検討
- 2) 殺菌剤樹幹注入処理によるナラ枯れ予防技術の開発

* (独) 森林総合研究所

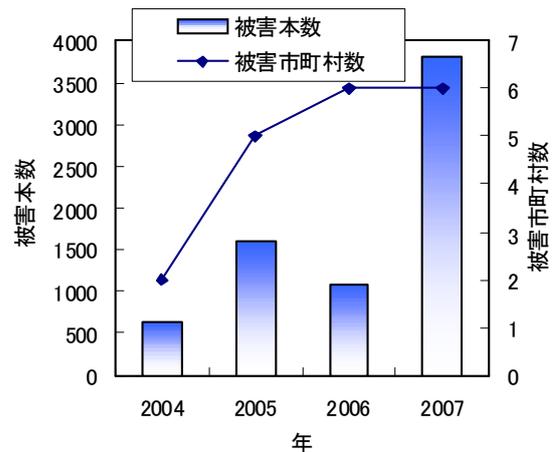


図-1. 長野県におけるナラ枯れ被害の状況

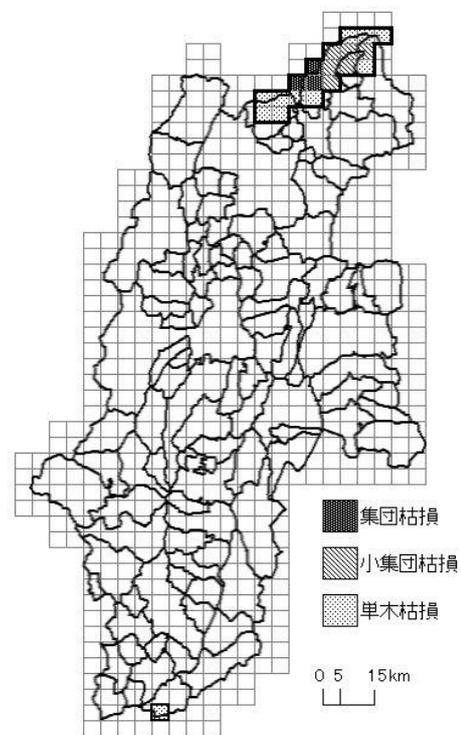


図-2. 長野県におけるナラ枯れ発生地域

(2004-2007 年)

- 3) 殺菌剤樹幹注入処理木と集合フェロモンを組み合わせた「おとり木」によるカシノナガキクイ

ムシ大量捕獲法の検討

なお本研究は、農林水産省高度化技術開発事業「広域ニーズ・シーズ型課題「ナラ類集団枯死被害防止技術と評価法の開発」(平成 17 (2005) 年度～19 (2007) 年度)」として実施し、第 117 回ならびに 119 日本森林学会大会、第 57 回日本森林学会中部支部大会、第 12 回樹木医学会大会で成果の一部を発表した(岡田ら 2006, 岡田ら 2008, 岡田ら 2008, 岡田ら 2008)。

2. 合成フェロモンを用いたカシノナガキクイムシ捕獲試験

合成フェロモンであるケルキボロールラセミ体(異性体を含む化合物)と人工トラップの組み合わせによる効果的な捕獲技術を検討するため、2005 年から 2007 年にかけて試験を行った。

2.1. 試験方法

2.1.1. 2005 年

2004 年にミズナラ 2 本の被害が確認された上水内郡信濃町古海の古海県有林のミズナラを主体とする広葉樹二次林分に試験地を設定した(以下、古海という、表-1)。

トラップは、Lindgren 式ファンネルトラップ(カナダ製: Pherotech inc., 12 連式、以下、ファンネルトラップという)を、誘引剤は、ケルキボロール

ラセミ体 70% 化合物を直径約 10mm のセラミック様ボールに 0.02ml 含浸させたもの(以下、ケルキボロール A という)を使用した。

誘引トラップは、ファンネルトラップにケルキボロール A を 2 個取り付け、試験地上部の作業道の林縁に 5 m 間隔で 5 器設置した(写真-1)。

誘引トラップは、6 月 21 日に設置し、1 週間置きにフェロモン製剤の交換とトラップ捕獲虫の回収を 8 月 23 日までに 10 回実施し、回収後捕獲虫の分類、同定を行った。

2.1.2. 2006 年

2005 年に新規に被害が確認された下水内郡栄村平滝(以下、栄村)のミズナラ、ブナを主体とする広葉樹二次林分に試験地を設定した(表-1)。トラップは、ファンネルトラップと改造ニトルアートラップ(日東電工(株)製、写真-2)を、誘引剤はケルキボロールラセミ体 70% 化合物を 500mg 注入した点眼ビンに接触させた不織布から揮散させるもの(以下、ケルキボロール B という)を使用した。

誘引トラップは、ファンネルトラップにケルキボロール B 1 本を取り付けたもの 3 器と改造ニトルアートラップにケルキボロール B 1 本を取り付けたもの 5 器とし、試験地内を 30m 格子で区画した格子点 8 箇所各 1 基設置し、1 週間ごとに位

表-1. 試験地の概要

試験地	場所	標高(m)	山腹傾斜(°)	傾斜方位	上層木			下層	
					樹種	立木密度(本/ha)	平均樹高(m)		平均胸高直径(cm)
古海	上水内郡信濃町古海	900	20-35	E	ミズナラ、イヤカエデ、スギ、ホノキ等	500	20	26	リウブ、ヤマウルシ、オオバクワジ等
栄村	下水内郡栄村平滝	700	20-30	SW	ミズナラ、ブナ等	860	12	20	ミネカエデ、リウブ、ヤマウルシ、マルバマンサク等



写真-1. ファンネルトラップ設置状況



写真-2. 改造ニトルアートラップ設置状況

置をローテーションし、調査した。

誘引トラップは、6月19日に設置し、1週間置きにトラップ捕獲虫を回収し9月13日まで、カシナガの捕獲状況を調査した。なお、誘引剤は点眼ビン内の液量を調査時に確認し、適宜交換した。

また、カシナガの脱出時期を確認するため、被害木5本に小林ら(2008)が開発したチューブトラップを各50器設置し(写真-3)、誘引トラップの回収に併せて、トラップへのカシナガ脱出状況を調査した。なお、カシナガの脱出が確認できたチューブトラップは取り外した。



写真-3. チューブトラップ設置状況

2.1.3. 2007年

2006年の捕獲試験と同一の林分を試験地とした。2005、2006年の捕獲試験結果を基に、捕獲効率を高める条件を明らかにするため、新たに開発した透明衝突板トラップと2種類の既存トラップによる捕獲比較試験、および揮散方法を変えた捕獲試験を実施した。

誘引剤は、ケルキボロールラセミ体96%化合物を2006年のケルキボロールBの揮散部分に液層分配濾紙を追加したもの(以下、ケルキボロールCという)を使用した。

2006年に誘引剤の揮散量が問題となった気温20°C、湿度90%以上の低温高湿度条件での揮散量を確認するため、試験地で気温と相対湿度を測定した。

① 黒色衝突板トラップと透明衝突板トラップによる捕獲試験

黒色サンケイ式昆虫誘引器(以下、黒色トラップという)と試作した透明サンケイ式昆虫誘引器

(以下、透明トラップという)を30m格子点8箇所にも各1基ずつ並べて設置し、両トラップの中間にケルキボロールC1本を設置し、誘引トラップとした(写真-4)。誘引トラップは、6月13日に設置し、1週間置きにトラップ捕獲虫を回収し、カシナガの捕獲状況を調査した(試験期間:2007年6月13日~7月5日)。

② ファンネルトラップと透明衝突板トラップによる捕獲試験

①の試験で捕獲効率が高かった透明トラップと過去2カ年使用したファンネルトラップとの捕獲効率を比較するため、透明においてカシナガ捕獲数が多かった試験地内の30m格子点4箇所にもファンネル各1基ずつ並べて設置し試験を行った。なお、誘引剤は両トラップの中間に設置した(写真-5)。誘引トラップは、7月11日に設置し、1週間置きにトラップ捕獲虫を回収し、カシナガの捕獲状況を調査した(試験期間:2007年7月11日~8月21日)。なお、誘引剤は点眼ビン内の液量を調査時に確認し、適宜交換した。



写真-4. 黒色トラップと透明トラップ設置状況



写真-5. ファンネルトラップと透明トラップの設置状況

③ トラップ設置位置の光環境調査

光に対して走行性を持つカシナガ(Igeta et al,

2003)の好適な捕獲条件を検討するため、トラップ設置位置の開空度を調査した。

開空度は、Nikon Coolpix 4500にフィッシュアイコンバータ FC-E8を取り付けて、地上高1.2mに三脚で固定し、全天写真を撮影し、フリーソフトLIA32ver.0376β1を使用して、斜面方向の影響を排除するために、天頂から70°までの開空度を算出した。

2.2 結果と考察

2.2.1. 2005年

古海では、2005年7月29日に成虫2頭が捕獲されたのみであった。しかし、2005年9月に試験地のミズナラ被害木の発生状況を調査したところ、2004年の2本から2005年は15本に増加していた。

このことから、試験地では、カシナガが生息していたが、トラップに誘引されていなかったことが確認された。

カシナガが捕獲できなかった原因としては、誘引トラップの設置環境とケルキボロールAの性能に問題があると考えられた。

2005年9月に実施された山形県での追試、およびに森林総研を中心におこなわれたケルキボロールAの揮散量調査では、誘引剤の成分であるケルキボロールラセミ体の誘引効果は確認できたが、ケルキボロールAについては、成分含有量が0.02mgと少なく、設置直後に急激に成分が揮散するなどの問題(齋藤未発表, 猪野未発表)が確認され、ケルキボロールAはカシナガを誘引する能力が低かったと判断された。

また、カシナガは、粘着トラップでは林道脇の林縁で多く捕獲される(Igeta et al, 2004)ことなどから、捕獲位置を林縁の開放空間(作業路路側)にトラップを設置した。しかし、カシナガは、ほとんど捕獲できず、捕獲好適環境の確認はできなかった。

そのため、2006年5月までに室内試験を行い、誘引剤をケルキボロールAから、一定量(10mg/day)を持続的に揮発するケルキボロールBに改良した。

2.2.2 2006年

栄村のチューブトラップでは、7月26日から8月29日までカシナガの脱出が確認されたが、誘引トラップでは2006年8月8日1頭、8月15日2頭、9月5日1頭の計4頭しか捕獲されなかった。

誘引剤の交換時期確認のため、残量を調査したところ、残量が非常に多く、予定どおりの揮散量が確保されていない可能性があった。

揮散量が確保されない原因を明らかにするため、

製造委託したメーカーで複数の温湿度条件での室内試験などを行ったところ、低湿度条件(20°C, 20~30%程度)であれば適切に揮散していたが、カシナガ発生時期の活発な活動時間帯の高湿度条件(20°C, 80%以上)では、揮散が少なかった。

このことから、誘引剤の揮散が適切でなかったことが、捕獲できなかった原因の一つと考えられた。

なお、2006年は、2005年に比べて試験地を含む県北部の被害地域で、被害木の発生数が減少しており(図-1)、この傾向は、山形県、石川県などにおいても確認された(齋藤私信、江崎2007)。本被害は、カシナガが大量繁殖してミズナラなどの生立木を加害することで被害が発生する(小林2007)ことから、捕獲数が少なかった原因として、2006年のカシナガの発生数が少なかったことも考えられた。

カシナガの発生数が少なかった原因としては、2006年豪雪によって越冬中のカシナガ幼虫が長期間低温に曝され、越冬に失敗した(江崎2007)こと、およびカシナガ発生時期である7月中下旬に低温多雨であったことなどが考えられる。

2.2.3. 2007年

カシナガは、2007年6月27日から捕獲されはじめ、試験終了の8月21日まで捕獲が続き、ケルキボロールCのカシナガ誘引効果が認められた。

また、ケルキボロールCは、2006年に揮散量が問題となった気温20°C, 相対湿度90%以上の高湿度条件下においても、平均揮散量14.1mg/dayであり、予定揮散量10mg/day以上が確保されていた。

① 黒色衝突板トラップと透明衝突板トラップによる捕獲試験

黒色トラップと透明トラップによる捕獲状況は、カシナガ、およびキクイムシ類ともに、透明が黒色に比べよく捕獲された(図-3,4, 繰り返し測定の一元配置分散分析, $p<0.05$)。

② ファンネルトラップと透明衝突板トラップによる捕獲試験

ファンネルトラップと透明トラップによる捕獲状況では、2種類のトラップでカシナガ捕獲数に違いはみられなかった。しかし、衝突面積当たりの捕獲数で見ると、透明がファンネルに比べて捕獲効率が高かった(繰り返し測定の一元配置分散分析, $p<0.05$)。

カシナガは、雄成虫の穿孔により集合フェロモンが発散されているミズナラなどの立木にマスアタックする際、樹幹周辺をホバーリングして、立木に着地すること(小林未発表)から、カシナガは立木を何らかの方法で認識していると考えられ

る。

これらのことから、着色されているこれまでのトラップに比べ、透明トラップの捕獲効率が上がった原因は、カシナガは、着色されていない透明を認識しにくいためと考えられた。

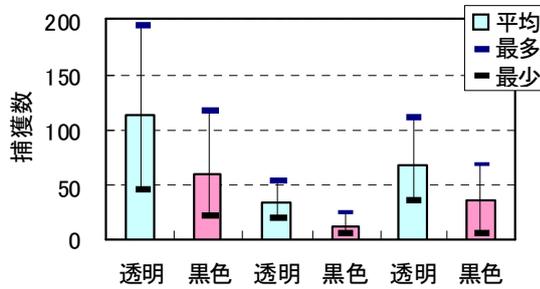


図-3. 黒色サンケイトラップと透明サンケイトラップによるクイムシ類捕獲数

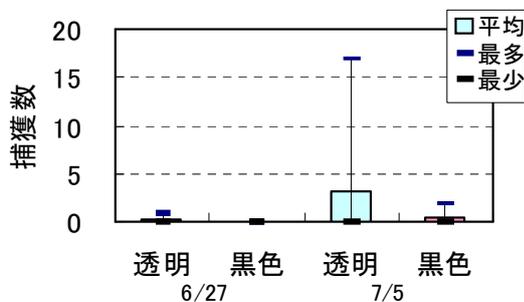


図-4. 黒色サンケイトラップと透明サンケイトラップによるカシナガクイムシ捕獲数

③ トラップ設置位置の光環境調査

設置位置ごとの開空度と透明トラップ、ファンネルトラップの総捕獲数の関係を見ると、開空度により捕獲数が異なっていた(図-5、繰り返し測定の方分散分析, $p < 0.001$)。

また、透明トラップでは、尾根に設置したトラップを除き、開空度の低い箇所では捕獲数が多い傾向がみられた。

井下田(2006)は、カシナガの行動が光環境で変化が生じることを指摘しており、合成フェロモンでカシナガを誘引捕獲する場合も、トラップ設置位置が捕獲効率に影響を与えることが示唆された。

3ヶ年の試験結果から、新たに開発した透明トラップとケルキボロールCの組み合わせでは、これまでのトラップに比べてカシナガがより効果的に誘引捕獲できることが明らかになった。

しかし、試験期間を通じたすべてのトラップでの総捕獲数は271頭で、防除対策に有効な捕獲数とはいえない。そのため、透明トラップによる捕獲は、カシナガの生息状況の把握などのモニタリ

ングでの使用にとどまると考えられた。

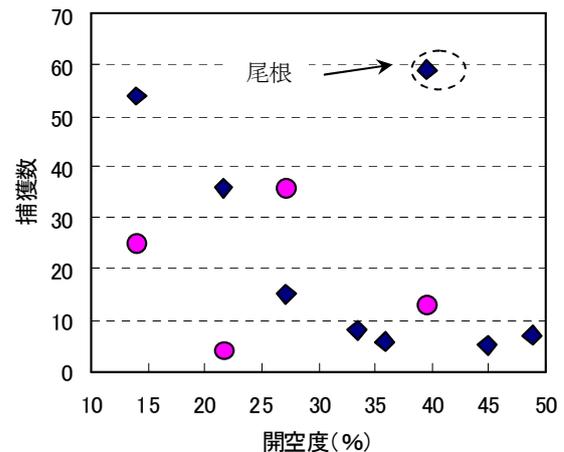


図-5. 開空度と捕獲総数(栄村)



*開空度は、天頂から70°までの範囲とした。

3. 薬剤樹幹注入によるナラ枯損予防試験

カシナガは、ミズナラなどの大径木に好んで穿孔して被害を発生させ(小林 2007)、集落の家屋裏など伐倒処理が困難な場合がある。

また合成フェロモンを利用する場合には、フェロモンに誘引されたカシナガが、周辺の立木を有害し、新たな被害を発生させる危険性がある。

このため、被害発生後の処理だけでなく、枯損予防方法の開発が必要であり、山形県では、健全木にナラ用活性剤 MSY-104 (以下、MSY という)を樹幹注入処理し、病原菌の辺材部での蔓延を阻止し、枯損を予防する方法を開発した(齋藤ら 2006)。しかし、MSY は農薬登録されていない資材で林野庁の補助対象とならないこと、資材単価が高いなどの問題があり、より安価で登録農薬を用いた同等の予防効果を持つ方法の開発が必要である。

そのため、既存の殺菌剤樹幹注入による枯損予防効果について、2005年から2007年にかけて試験を行った。

3.1. 方法

3.1.1. 試験地

試験地は、2005年は長野県飯山市富倉(以下、富倉という)のミズナラ激害林分、2006年はカシナガ捕獲試験を実施した古海のミズナラ被害林分、2007年は2005年に被害が確認された飯山市柄山なべくら高原(以下、柄山という)のミズナラ・ブナラなどの広葉樹二次林分とした。各試験地は、前年に被害が発生しており、柄山では被害木 27

本中 20 本の伐倒処理が行われた。

3.1.2. 供試薬剤

供試薬剤として、2005 年は、山形県の室内試験でナラ菌の増殖抑制効果が認められたベノミル水和剤（成分：ベノミル 50%）500 倍液（以下、ベノミルという）、イミノクタジン酢酸塩液剤（成分：イミノクタジン酢酸塩 25%）500 倍液（以下、イミノクタジンという）を使用した。

2006 年は、ベノミルと山形県での試験で枯損予防効果が確認されているナラ用活性剤 MSY-104（以下、MSY という）を、2007 年はベノミルのみを使用した。

3.1.3. 試験方法

① 供試木

2005 年は、ミズナラ、クリ健全木 12 本（胸高直径 17～55cm，樹高 16～20m）を供試木とし、ベノミルを 7 本に、およびイミノクタジンを 5 本に樹幹注入処理した。

2006 年は、ミズナラ健全木 18 本（胸高直径：16～30cm，樹高：19～22m）を供試木とし、ベノミル、MSY を各 9 本に樹幹注入処理した。

2007 年は、ミズナラ健全木 20 本（胸高直径：19～42cm，樹高：17～19m）を供試木とし、ベノミルを樹幹注入処理した。

② 樹幹注入処理

供試木の胸高直径を測定後、表-2 に示した基準で注入量を決定した。

ベノミル、イミノクタジンは、よく洗浄したグリーンガード・エイト®（ファイザー製薬(株)）使用済容器に 200ml 注入して使用し、MSY については、市販品の 200ml ボトルを使用した。

注入位置は、2005 年は、各供試木の胸高部（地上高約 120cm）とし、2006 年、2007 年は、2005 年の結果を基に、地上高 20cm 程度の位置とした。

注入は、注入位置に水平方向に対して 30 度となるように充電式ドリル（ドリル径 7mm）で、環状に深さ 25mm 程度で穿孔し、ノズルを取り付けた容器を差し込んで行った。

注入容器は、処理 1 週間後に回収し、供試木ごとの薬液注入量を測定した。

処理時期は、薬剤の樹幹内への拡散を図るため、処理は供試木の展葉が終わり、カシナガが発生する約 1 ヶ月前（富倉 2005 年 6 月 22 日、古海 2006 年 6 月 14 日、柄山 2007 年 6 月 6 日）とした。

③ 効果調査

供試木へのカシナガの穿孔状況、および目視による供試木の変化について、処理後から各年の 9 月下旬まで調査した。なお、目視調査における区分は、「健全」、「異常」、「枯死」とした。

3.2. 結果と考察

3.2.1. 2005 年

富倉では、供試木への薬液注入率は、ベノミル

表-2. 薬剤樹幹注入量の基準

胸高直径	本数換算式
20cm未満	4本
20cm以上	本数 = 0.2 × 胸高直径 (cm)
40cm以上	本数 = 1.6226 × 1.0486 ^ 胸高直径 (cm)

齋藤ら(2006)に準拠

表-3.富倉における殺菌剤樹幹注入処理試験結果

殺菌剤名	供試木 No.	樹種	胸高直径 (cm)	注入本数	立木の状況	生枯
イミノクタジン	1	クリ	53	10	根曲がり	生
	2	ミズナラ	54	10	根曲がり	枯
	3	ミズナラ	35	8	根曲がり	枯
	4	ミズナラ	52	10	根曲がり	枯
	5	ミズナラ	42	8	根曲がり	生
ベノミル	6	ミズナラ	32	8		生
	7	ミズナラ	17	4		生
	8	ミズナラ	35	8		生
	9	ミズナラ	31	8		生
	10	ミズナラ	52	10		生
	11	ミズナラ	45	10	根曲がり	生
	12	ミズナラ	55	10		生

が約5～8割、イミノクタジンが約7～8割で全量が完全には注入されていなかった。

2005年8月調査では、すべての供試木でカシナガの穿孔が確認され、イミノクタジンでは5本中3本が枯損したが、ベンレートは7本すべてが枯損しなかった(表-3)。また、枯損しなかった供試木では、穿入孔からのフラスの排出が停止しており、2006年10月の調査でも枯損していなかった。

なお、2005年には試験地周辺100m範囲内の無処理木で、50本以上の枯損木が発生していた。

また、枯損した供試木をみると、カシナガの穿孔、フラスの排出が多かった部分は、注入箇所から離れた根曲がり(最大2m)の根元部分であり、注入箇所より下方(根元方向)への薬剤成分の分散が悪かったことが、処理効果がでなかった原因の一つと考えられた。

2006年以降は、注入位置を地上高約20cmに変更するとともに、殺菌剤をベノミルに絞って試験を進めた。

3.2.2. 2006年, 2007年

供試木への薬剤注入率(注入量/設定薬剤量)を表-4に示した。薬剤注入率は、ベノミルがMSYに比べ、古海、柄山ともにバラツキがみられ、柄山では有意に低かった(一元配置分散分析, $p<0.05$)。注入率が低かった供試木には、前年のカシナガの穿孔跡がみられた。

表-4. 薬液注入状況

試験地	処理	供試木本数	薬液注入率(%)
古海	ベノミル	9	82.4 ± 19.6 50.0-100.0
	MSY	9	98.6 ± 4.2 87.5-100.0
飯山	ベノミル	20	73.0 ± 24.3 * 31.0-100.0

注)上段(平均値±標準偏差), 下段(最小-最大).
*はMSY区と有意差(ANOVA, $p<0.05$)

2007年8月15日にカシナガ捕獲試験を実施した栄村でカシナガの穿孔履歴がないミズナラ生立木4本と穿孔履歴のあるミズナラ生立木5本を供試木として、樹幹注入処理と同様の方法で水200mlの注入処理を行い、8月21日に注入量を調査し、穿孔履歴による注入阻害の有無を調査した。その結果、穿孔の有無では注入率に差がみられなかったが、前年の穿孔の有無で分けると有意な差がみられた(一元配置分散分析 $p<0.05$)。

このことから、前年に穿孔履歴がある立木では、

樹幹内の通水異常が生じており、注入率が低くなって処理に適さないことが示唆された。

供試木のカシナガ穿孔状況と立木の状況を表-5に示した。古海では、ベノミルの全供試木にカシナガの穿孔がみられ、穿孔数の多い4本のうち1本が枯損し、MSYでは9本中5本に穿孔がみられ、穿孔数の多い2本のうち1本が枯損した。しかし無処理木では、2006年のカシナガ発生数が少なかったため、少数の穿孔が10本中2本でみられたのみで枯損木は発生しなかった。

このように古海では、処理間で穿孔状況が異な

表-5. カシナガ穿孔状況と立木の状況

試験地	処理	供試本数	立木状況	カシナガ穿孔状況			
				無	少	有	多
古海	ベノミル	9	健全	0	0	5	3
			枯死	0	0	0	1
	MSY	9	健全	4	1	2	1
			枯死	0	0	0	1
	無処理	10	健全	8	2	0	0
			枯死	0	0	0	0
柄山	ベノミル	20	健全	2	3	7	6
			枯死	0	0	0	2
	無処理	10	健全	3	0	0	0
			枯死	0	0	0	7

注) 穿孔状況、無は穿孔なし、少は20孔未満、有は50孔未満、多は50孔以上

り、予防効果を比較できなかったため、山形県でのMSYの結果(齋藤ら, 2006)と比較した。山形県でのMSYの枯損予防効果は90%以上で(齋藤ら, 2006)、古海におけるベノミルの枯損予防効果はそれに比べ75%とやや低いものの、MSYと比べ枯損予防率が高かった。

このことから、ベノミルはMSYと同等以上の枯損予防効果があると判断した。

また、柄山では、供試木20本中18本に穿孔がみられ、穿孔数の多い8本中2本が枯損しただけであったが、無処理木では、多数の穿孔を受けた7本すべてが枯損した。

飯山、古海ともに、無処理木では枯損に至るほどの多数の穿孔を受けてもベノミル処理木の75%は枯死せず、高い枯死予防効果があると判断された。

カシナガの穿孔で枯死した供試木では、穿入孔から穿孔フラスは排出されたが、幼虫フラスの停止または減少がみられた。このことから、枯死木においてもナラ菌などの共生菌の増殖が抑えられ、カシナガ幼虫の生育が進まなくなっていることが推定された。

4. 樹幹注入処理木と誘引剤を組み合わせたおとり木によるカシナガキクイムシ誘引試験

合成フェロモンとトラップの組み合わせでは、カシナガの大量捕獲が難しかった。

しかし、殺菌剤樹幹注入処理試験の結果、処理木では、カシナガが多く穿孔しても、枯損が極めて少なくできることが明らかになった。

そのため、殺菌剤樹幹注入処理木を「おとり木」として、合成フェロモンを利用してカシナガを誘引すれば、大量捕獲が可能ではないかと考え、試験を実施した。

4.1 方法

4.1.1. 試験地

試験地は、殺菌剤樹幹注入処理による枯損予防試験地を利用し、2006年は古海で、2007年は柄山とした。

4.1.2. 試験方法

① 2006年

古海では、ベノミル樹幹注入処理、およびMSY樹幹注入処理を行ったミズナラ健全木各4本（胸高直径：20.4cm、樹高：18～22m）にケルキボロールB2本を地上高50cmに設置し、カシナガの誘引を行った（設置日 2006年6月14日）。

② 2007年

柄山では、複数のおとり木による誘引捕獲の可能性を調査するため、ベノミル樹幹注入処理を行ったミズナラ健全木4区20本（各区立木数5～8本、胸高直径：19～42cm、樹高：17～19m）を供試木とした。また、各区のほぼ中央にケルキボロールC1本を設置し、供試木へカシナガを誘引した（設

置日 2007年6月15日）。

なお、それぞれの試験地において無処理木10本を対照木とした。

4.1.3. 調査方法

供試木へのカシナガの穿孔状況、および目視による供試木の変化について、処理後から各年の9月下旬まで調査した。また、古海では、供試木の地上0.5、1.0、1.5、2.0mの位置に粘着トラップとしてカミキリホイホイ(アース製薬(株)製)を設置して、誘引剤設置後から1週間置きにカシナガ捕獲数を記録するとともに、供試木へのカシナガ穿孔数を調査した。

4.2. 結果と考察

4.2.1 2006年

古海での供試木への穿孔、ならびに粘着トラップへのカシナガ捕獲状況を表-6、7に示した。供試木への穿孔、ならびに粘着トラップでの捕獲は、8月2日に確認され、その後時間の経過とともに増加した。粘着トラップでの捕獲位置は、初期は、誘引剤に近い50cm高、1m高であったが、その後は高さに関わらず捕獲され、誘引剤のカシナガ誘引効果が認められた。9月25日の調査では、地上高2mまでで100孔以上の穿孔がMSYで2本みられ、ベノミルでも50孔以上の穿孔が1本で認められた（表-7）。2006年の栄村でのファンネルの捕獲数に比べて、効率的に捕獲できていた。

4.2.2 2007年

柄山での合成フェロモンの設置位置と供試木の

表-6. おとり木でのカミキリホイホイによるカシナガキクイムシ捕獲状況

処理	供試木 No.	カシナガキクイムシ捕獲数						
		6/20	6/27	7/10	8/2	8/15	8/30	9/25
ベノミル	11	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	3	13	10
	13	0	0	0	0	0	0	2
	14	0	0	0	0	0	0	0
MSY	1	0	0	0	2	119	99	2
	2	0	0	0	0	1	7	1
	3	0	0	0	0	1	1	0
	4	0	0	0	0	0	0	1

表-7. おとり木へのカシナガキクイムシ累積穿孔状況

処理	供試木 No.	カシナガキクイムシ穿孔数						
		6/20	6/27	7/10	8/2	8/15	8/30	9/25
ベノミル	11	0	0	0	1	1	1	3
	12	0	0	0	0	8	27	50以上
	13	0	0	0	0	2	2	10
	14	0	0	0	0	0	0	0
MSY	1	0	0	0	2	30	56	100以上
	2	0	0	0	1	10	50	100以上
	3	0	0	0	0	0	5	2
	4	0	0	0	0	0	0	2

距離の関係、および供試木の穿孔数の推移を図-6に示した。供試木へのカシナガの穿孔は、7月4日に1本で確認されて以降、2週間目までは誘引剤の設置位置から3m以内であったが、その後穿孔木は3m以上で多くなり、穿孔孔数も急激に増加した。

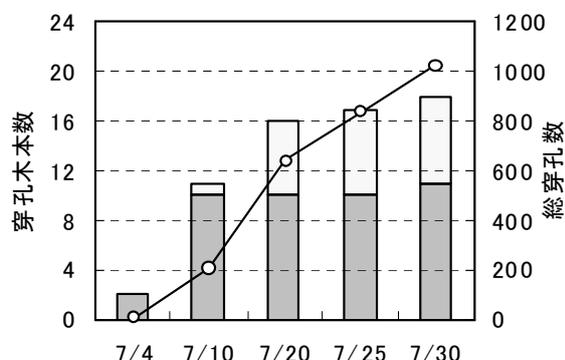


図-6. おとり木トラップ試験の穿孔木本数と総穿孔数の推移(飯山市柄山)

□ フェロモン剤からの距離3m以上の穿孔木
 ■ フェロモン剤からの距離3m未満の穿孔木
 ○— 総穿孔数

このことは、供試木への穿孔初期は、カシナガが合成フェロモンに誘引されたことを示しているとともに、穿孔後は、穿孔したカシナガによる天然フェロモンと穿孔木由来のカイロモン成分により誘引効果が増大したことを示唆している。

また、供試木ごとの穿孔数では、地上高2m以下で穿孔数が200孔以上となった供試木が6本、50孔以上が6本で、これらの供試木では地上高2m以上にも穿孔が認められた。

カシナガは、寄主の探索にミズナラなどの寄主植物から出される揮発物質(カイロモン)を利用するとともに、雄成虫が穿孔する際に排出するフラスに含まれる集合フェロモンにより、寄主への集中攻撃(マスアタック)を起こす(小林2007)。

「おとり木」では、合成フェロモンを引き金として、穿孔後に出される天然フェロモン、カイロモンなどの効果とともに、大きな樹体そのものがトラップとなることで、人工トラップでは難しかった大量捕獲が可能となると判断された。

5. まとめ

カシナガの合成フェロモンを利用した新たな防除対策を検討した。

殺菌剤樹幹注入による枯損予防処理では、ベノミルの効果が高いことが確認され、これらの試験結果を基にナラ枯れ枯損予防薬剤として2008年3

月に農薬登録がなされた。しかし、本防除法については、枯損予防効果の持続期間の確認や、注入が難しい前年の穿入生存木の処理に適した薬剤などの検討を進める必要がある。

また、合成フェロモンとトラップの組み合わせでは、カシナガの大量捕獲はできなかったが、新たに開発した透明トラップを用いることでカシナガの捕獲効率が高くなり、カシナガの発生初期から捕獲でき、合成フェロモンの生息状況調査などのモニタリングに利用が可能となった。

殺菌剤樹幹注入処理木と合成フェロモンを組み合わせた「おとり木」によるカシナガの大量捕獲法の顕著な誘引効果が認められ、合成フェロモンによる防除方法として、森林総研を中心に特許出願(特許公開年月日:2008年9月25日,特許公開番号2008-220234)がなされた。

なお、これまでの研究結果からカシナガの捕獲でナラ枯れ被害を低減するためには、被害地域でのカシナガの50%以上を捕獲する必要がある(小林ら,2006,齋藤2008)ことから、「おとり木」による防除の実用化には、おとり木の林内での適切な配置などのさらなる研究が必要である。また、本方法の効果が十分に発揮される被害レベルなどの検討も必要である。

また、合成フェロモンについても、カイロモン成分などの協力剤の探索などを行うことで、誘引効果を高くすることが必要である。

本研究を進めるにあたり、御指導、助言および現地調査に協力いただいた(独)森林総合研究所関西支所 衣浦晴生博士、濱口京子博士、(独)森林総合研究所 所雅彦博士、研究方法などで御指導、御助言をいただいた山形県森林研究研修センター 森林環境部長 齋藤正一氏、京都府林業試験場(現京都府立大学大学院生命環境科学研究科) 小林正秀博士、野崎 愛氏、石川県林業試験場 江崎功二郎博士、現地調査にご協力いただいた北信地方事務所林務課普及林産係、長野地方事務所林務課普及係、ならびに林産係の方々、飯山市なべくら森の家の方々、長野県林務部森づくり推進課県営林係、ならびに保安林係の方々、サンケイ化学(株)の猪野正明氏、本郷正明氏に深謝いたします。

引用文献

江崎功二郎(2007)2006年豪雪はナラ集団枯損被害減少の原因となったか?。第118回日森学講集:P2h21.

Igeta, Y., Esaki, K., Kato, K., and Kamata, N. (2003) Influence of light condition on the stand-level distribution and movement of the ambrosia beetle

- Platypus quercivorus (Coleoptera : Platypodidae). Appl. Entomol. Zool. 38 : 167-175.
- Igeta, Y., Kato, K., Kamata, N. and Esaki, K.(2004) Spatial distribution of a flying ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae) at the stand level Appl. Entomol. Zool. 39 : 583-589.
- 井下田寛 (2006) カシノナガキクイムシの移動と分布に影響を及ぼす要因の解明. 31pp.金沢大学博士論文,金沢.
- 伊藤進一郎・山田利博(1998)ナラ類集団枯損被害の分布と拡大.日林誌 80:170-175.
- 小林正秀・上田明良 (2001) ナラ類集団枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿入と立木の被害状況 (II) -京都府和知町と京北町における調査結果-. 森林応用研究 10 (2) : 79-84.
- 小林正秀・野崎愛 (2006) ナラ枯れ被害のモデル. 森林防疫 52(11) : 137-147.
- 小林正秀・上田明良 (2003) カシノナガキクイムシによるマサタツクの観察とその再現. 応動昆 47 : 53-60.
- 小林正秀 (2006) ブナ科樹木萎凋病を媒介するカシノナガキクイムシ. 187-212. (樹の中の虫の不思議な生活. 柴田叡弼・富樫一巳編著), 290pp. 東海大学出版会, 東京.
- 小林正秀・野崎愛・細井直樹・村上幸一郎(2008) カシノナガキクイムシ穿入生存木の役割とその取り扱い方.森林防疫 57(5) : 166-181.
- Kubono, T. and Ito, S.(2002)*Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). Mycoscience 43 : 255-260.
- 中村克典 (2007) ナラ枯れ, 秋田県に侵入. 樹木医学研究 11 : 101
- 中島忠一・齋藤正一・小林正秀・衣浦晴生・所雅彦(2005)ナラ類集団枯死回避へのチャレンジ カシノナガキクイムシ集合フェロモンの構造と誘引活性一.Aroma Research6(4) : 348-351.
- 岡田充弘・濱口京子・升屋勇人・加賀谷悦子 (2006) 長野県におけるカシノナガキクイムシによるナラ枯損被害. 第 117 回日森学講集 : A29.
- 岡田充弘, 山内仁人, 小山泰弘, 加賀谷悦子, 濱口京子, 所雅彦, 齊藤正一(2008) 各種トラップを用いた合成フェロモンによるカシノナガキクイムシ捕獲試験. 第 119 回日森学講集 : P2E12.
- 岡田充弘, 近藤道治, 小山泰弘, 山内仁人, 尾崎伸行, 芳沢雅行, 松尾一穂, 河野恵里, 武田芳夫 (2008)カシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害予防方法の検討.中森研 56 : 63-64.
- 岡田充弘・齊藤正一・衣浦晴生・野崎愛・山内仁人・小山泰弘・近藤道治・小林正秀(2008) カシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害対策の検討. 樹木医学研究 12 : 129-130.
- 齊藤正一・中村人史・三浦直美 (2000) ナラ類集団枯損被害立木への NCS 注入によるカシノナガキクイムシとナラ菌の防除法の改良. 林業と薬剤 152 : 1-11.
- 齋藤正一・中村人司・中江純一郎・山本克哉(2006) 防カビ剤の樹幹注入によるミズナラの枯損被害防止. 東北森林科学会誌 11(2):92-96.
- 齊藤正一 (2008) テーマ別セッション「ナラ枯れ被害で分かってきた事, これからする事」. 東北森科誌 13(1) : 16-20.
- Tokoro,et.al(2007)Novel aggregation pheromone (1S,4R)-p-menth-2-en-1-ol,of the ambrosia beetle, *Platypus quercivorus*(Coleoptera:platypodidae) . Bulletin of FFPRI 6(1):49-57.
- Ueda A. and Kobayashi M. (2001) Aggregation of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera : Platypodidae) on oak logs bored by males of the species. J .For.Res.6:173-179.