

ナラ類集団枯損の予測方法と環境低負荷型防除システムの開発

岡田充弘・小山泰弘・山内仁人

カシノナガキクイムシを合成フェロモン(ケルキボロールラセミ体)で誘引捕獲するための好適条件として、天頂方向からの光が樹冠層に遮蔽されて、横方向からの光が入るような林縁、ギャップ縁が望ましかった。カシノナガキクイムシを合成フェロモンで誘引捕獲する際に、協力物質としてエタノールを一定以上付加することで、誘引効果が高まることが明らかになった。また、トリホリン乳剤による樹幹注入処理は、既存薬剤と同等の枯損予防効果が得られた。

キーワード：カシノナガキクイムシ，フェロモン，樹幹注入処理，萎凋病

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 *Raffaelea quercivora* (以下、ナラ菌, Kubono and Ito 2002) を媒介するブナ科樹木萎凋病による集団枯損 (以下、ナラ枯れという) 被害は、平成 16 年 (2004 年) に県北部の飯山市、信濃町で確認されて、平成 17 年 (2005 年) に県南部の下伊那郡天龍村でもコナラ被害木が新たに発見された (岡田ら 2009)。その後は県北部を中心に被害地域が拡大してきている (岡田ら 2011)。

筆者らは、こうした被害に対応するため、これまで本県におけるナラ枯れ被害の現況把握と、今後の被害林分の推移予測を検討するとともに、カシナガの発生源となる被害木の伐倒くん蒸処理方法、および山形県などと共同で殺菌剤樹幹注入による枯損を予防する方法を開発した (齊藤ら 2006, 岡田ら 2009, 岡田ら 2009, 岡田ら 2010)。

しかし、これまでに開発されてきた単木的な対策では、被害拡大を防ぐには防除コストの負担が大きい。そのため、カシナガの集合フェロモンである (1S, 4R)-p-menth-2-en-1-ol (以下、ケルキボロールという, Ueda and Kobayashi 2001, 小林ら 2003, 中島ら 2005, Tokoro. et. al 2007) を利用した新たな防除技術についても検討を進めてきた。

カシナガの集合フェロモンは、カシナガ成虫の性別を問わず誘引する性質がある。しかし、化学合成された集合フェロモンでは、人工トラップでカシノナガキクイムシを大量捕獲し、生息密度を低減させることは困難であった (岡田ら 2009)。そ

こで、樹幹注入処理したナラ立木に合成集合フェロモンとカシナガ立木穿孔後に出される天然フェロモン、カイロモンを組み合わせるカシナガを捕獲する「おとり木トラップ」(齊藤 2008)を開発し、人工トラップでは難しかった大量捕獲が可能となることが示唆された (齊藤 2008, 齊藤ら 2009, 岡田ら 2009)。

そこで、独) 森林総合研究所を中核機関として、カシナガの個体数を減少させるための合成フェロモンを利用した「おとり木トラップ」などを組み合わせた効果的な防除システムを開発することを目的として共同研究に取り組み、当センターでは以下の研究を行った。

- 1) 合成フェロモンによるカシノナガキクイムシ誘引捕獲好適条件の検討
- 2) 合成フェロモンの誘引効果を高める協力物質の検討
- 3) 新規樹幹注入剤の防除効果試験
- 4) おとり木トラップの検討

なお、本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業研究「ナラ類集団枯損の予測方法と環境低負荷型防除システムの開発 (平成 20~22 年度)」として実施し、第 36 回長野県環境科学発表会、および第 120 回日本森林学会大会で成果の一部を発表した (岡田ら 2009, 岡田ら 2009)。

2 合成フェロモンによるカシノナガキクイムシ誘引捕獲好適条件の検討

2.1 目的

カシナガを効率的に誘引捕獲するには、捕獲効

率を高くする条件を明らかにすることが必要である。これまでの調査で透明衝突板トラップが捕獲効率が高く、設置環境による捕獲数に差がみられた(岡田ら 2009)。そのため、捕獲に適したトラップ設置条件を、透明衝突板トラップと合成フェロモンを用いて調査した。

2.2 調査地と調査方法

2.2.1 調査地

調査地は、長野県下水内郡栄村北信のブナ、ミズナラ、スギなどが混交する被害林分(斜面方位: W, 斜面傾斜 20°, 立木密度: 500 本/ha)で、調査地の中央付近には過去の倒木によるギャップ(20×30m)が存在する。

2.2.2 使用資材

トラップは、誘引剤にはケルキボロールラセミ体 96%化合物のカシナガコールHを、誘引器には透明サンケイ式昆虫誘引器(以下、透明トラップという)を、捕集液にはプロピレングリコールと 99%エタノール混合液(混合比 1:1)を用いた。

2.2.3 調査方法

調査地内のギャップ周辺の 5m 格子点 12 か所(A~J)を設定し、各か所にトラップ 1 基を設置し、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(図-1, 試験期間: 2008 年 6 月 13 日~8 月 19 日)

トラップ設置位置の光環境を開空度により評価することを目的として、Nikon Coolpix 4500 にフィッシュアイコンバータ FC-E8 を取り付けたも

のを、地上高 1.2m に三脚で固定して全天写真を撮影し、フリーソフト LIA32ver. 0376 β 1 により開空度を算出した。

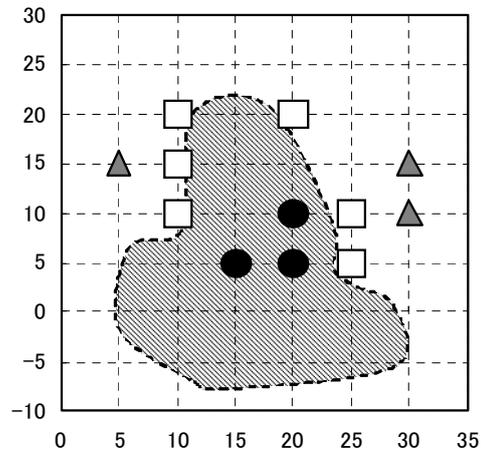


図-1 誘引トラップの設置模式図

●ギャップ内(開放) □林縁 ▲林内
 ■ギャップ

2.3 結果と考察

2.3.1 カシナガ捕獲状況

トラップ設置位置別の捕獲数をみると、ギャップ内(開放)、および林内に位置したトラップでの捕獲数が少なく、林縁が多い(図-2)。

今回の調査では、設置位置の環境以外はトラップの誘引剤などの条件はすべて同一であることから、この捕獲数の差はトラップ設置環境の違いによるものと考えられた。

そこで、各設置位置で撮影した全天写真から斜

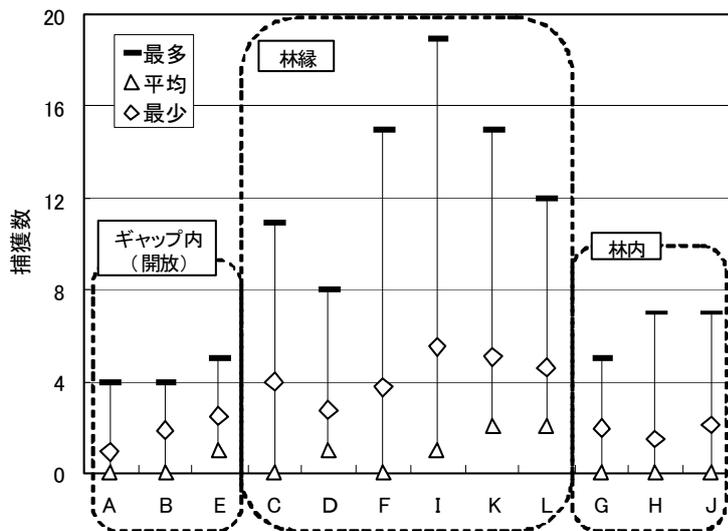


図-2 トラップ設置位置別カシナガキウムシ捕獲数

面影響がない天頂から 60° までの開空度と捕獲数の関係をみたところ、相関がみられず、林縁（ギャップ縁）、開放（ギャップ内）などの天頂からの光環境の違いが評価できなかった（図-3）。

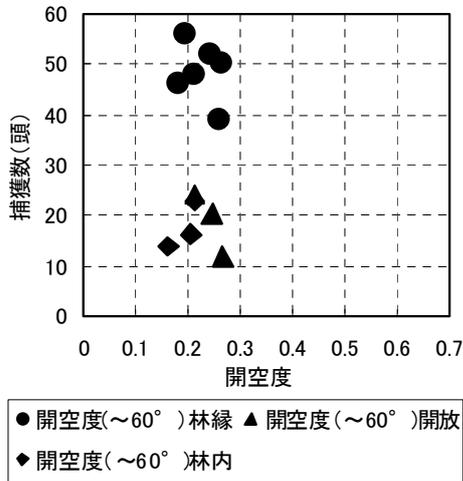


図-3 カシナガ総捕獲数と開空度の関係 (2008栄村)

そのため、天頂からの光環境として、開空度を天頂から 20° までの範囲に測定角度を絞って検討した。その結果、捕獲数は、天頂の開空度が高い開放と全体に開空度が低い林内が少なく、開空度にバラつきのある林縁で捕獲数が多い傾向があった（図-4）。

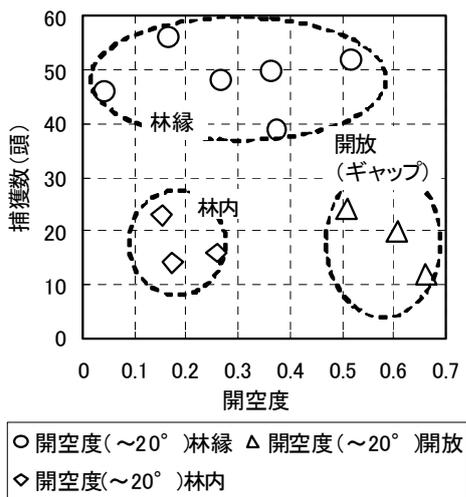


図-4 カシナガ総捕獲数と天頂周辺の開空度の関係(2008栄村)

これまでの研究成果では、カシナガは、開放地（ギャップ内）で捕獲されにくく、林縁で捕獲されやすいこと（岡田ら 2009）、粘着トラップでは林

道脇の林縁で多く捕獲されること（Igeta et al, 2004）が指摘されている。

また、井下田(2006)は、カシナガが林縁種であると指摘するとともに、林内では光に向かって飛ぶ正の走光性を示すが、林外にでると林内の暗い環境を目指して飛ぶ負の走光性を示すことを観察している。2007年の栄村の捕獲調査結果（岡田ら 2009）を同じように検討すると、開空度がバラつく林縁での捕獲数が多かった。

これらのことから、カシナガの誘引捕獲を行う条件として、トラップ設置位置は、天頂方向からの光が遮蔽されて、横方向からの光が入るような林縁、ギャップ縁が適切と考えられた。

3 合成フェロモンの誘引効果をもつ協力物質の検討

おとり木、生息状況調査で利用する合成フェロモンは、単体の施用に比べ、立木をドリル穿孔するなどして発生させるカイロモンを併せることで、誘引効果が高くなること指摘されている（斉藤ら 2008）。しかし、立木にドリルによる穿孔を行うことは、立木への負担が少なくない。そのため、ナラ類揮発成分などから誘引効果をもつ物質が特定できれば、立木へのドリル穿孔といった立木への負担を減少させるとともに、人工トラップを用いた生息状況調査での誘引力の向上につながる。そのため、カシナガの触角による反応を利用した GC-EAD 法で反応が見られた物質を集合フェロモンの誘引効果をもつ協力候補物質として野外選定試験を行った。また、協力物質を付加したおとり木誘引試験、および協力物質の混合物による影響試験を実施した。

3.1 方法

3.1.1 協力候補物質付加試験

①試験地 試験地は、下水内郡栄村北信のブナ、ミズナラ、スギなどが混交する被害林分（以下、北信という）、および下水内郡栄村平滝のブナ、ミズナラなどが混交する被害林分（以下、平滝という）とした（表-1）。

②試験方法 トラップは、透明サンケイ式昆虫誘引器に、誘引剤（カシナガコールL、成分：ケルキボロールラセミ体 75%、以下、PL という）1本を使用した。試験区は、①PL、②PL+エタノール（エタノール 88.4%、以下、E という）、③PL+ユー

表-1 協力候補物質試験地の概要

| 試験地 | 場所 | 標高 (m) | 山腹 傾斜(°) | 傾斜 方位 | 上層木 | | | |
|-----|----------|-----------|-------------|----------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| | | | | | 樹種 | 立木密度 (本/ha) | 平均樹高 (m) | 平均胸高 直径(cm) |
| 北信 | 下水内郡栄村北信 | 900 | 5-20 | W | ブナ、ミナ スギ等 | 500 | 22 | 26 |
| 平滝 | 下水内郡栄村平滝 | 700 | 20-30 | SW | ミナス、ブナ 等 | 860 | 12 | 20 |

カリプトール(以下、Yという)、④PL+メチルフェニルアセテート(以下、Cという)+Y、⑤PL+ベンズアルデヒド(以下、Dという)+Y、⑥コントロール(誘引物質無以下、Cont.という)の6区の3回繰り返しとした。トラップは、供試試験地内の林縁に約5m間隔で各1基設置し、1週間置きにトラップ捕獲虫の回収と試験区のローテーションを行い、カシノナガキクイムシの捕獲状況を調査した。(試験期間:2009年6月18日~8月19日)。

3.1.2 エタノール種類別効果試験

協力物質として選択されたエタノールは、その純度、濃度で価格が大きく異なるが、純度や不純物の有無で効果に差がみられなければ、低価格のエタノールが利用可能となり防除コストが下がる。そのため、価格の異なる3種類のエタノールについて試験を実施した。

①試験地 試験は、平滝で実施した。

②試験方法 トラップは、透明サンケイ式昆虫誘引器を、誘引剤はPLを、捕集液はプロピレングリコールを用いた。試験区は、①PL、②PL+エタノールa(エタノール99%揮散量:0.5g/day、以下、Eaという)、③PL+エタノールb(エタノール83.2%、揮散量:0.5g/day、以下、Ebという)、④PL+エタノールc(エタノール80%:揮散量:0.5g/day、以下、Ecという)、⑤コントロール(誘引剤無:以下、Cont.という)の5区の3回繰り返しとした。トラップは、約5m間隔で各1基設置し、1週間置きにトラップ捕獲虫の回収と試験区のローテーションを行い、カシナガの捕獲状況を調査した(調査期;2010年8月18日~9月22日)。

3.2 結果と考察

3.2.1 協力候補物質付加試験

カシナガの捕獲数は、誘引物質(合成フェロモン、協力候補物質)の組合せごとに違いがみられ(繰り返し測定のアモヴァ:対数変換:ln(x+1),

p=0.00112)、北信、および平滝ともにPL+Eの組み合わせの捕獲数が多い傾向がみられた(図-5)。

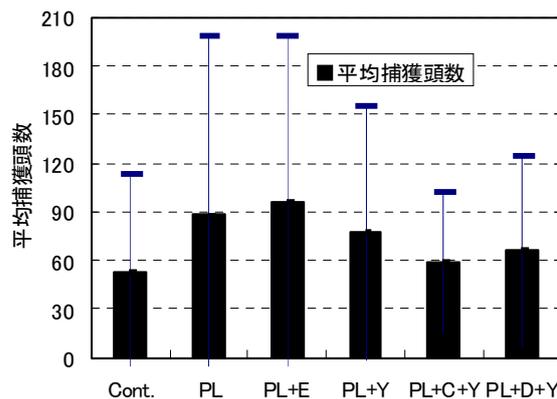


図-5 合成フェロモン処理別カシナガ平均捕獲頭数(栄村平滝)

また、山形県、滋賀県などで実施された試験でも、本県同様にPL+Eの組合せで捕獲数が多かった(所ら2010)。そのため、エタノールを協力物質の候補として試験を実施することとした。

しかし、週ごとのトラップごとの捕獲数をみると、誘引物質の組合せにかかわらず、特定位置(ブナ立木隣接)のトラップで捕獲数が多い傾向があった(図-6)。

トラップ設置位置ごとの捕獲数などについて解析を行ったところ、ブナ立木隣接トラップと他の位置のトラップで差がみられ(繰り返し測定のアモヴァ:対数変換:ln(x+1), p<0.0001)、ブナ立木が捕獲数に強い影響を与えていると考えられた。

なお、ブナ立木にかなり強いカシナガ誘引効果がみられる可能性があることについては、今後調査の中で検討していく。

3.2.3 エタノール種類別効果試験

カシナガの捕獲頭数をみると、3種類の組合せ(PL+Ea, PL+Eb, PL+Ec)は、Cont.とPLに比べ、捕獲数が増加した。

また、回収ごとのPL+Ea, PL+Eb, PL+Ecの捕獲数について、多重比較による検定を行ったが、

組み合わせたエタノールの違いによる有意差はみられなかった(図-7)。これらのことから、フェロモンに組み合わせるエタノールについては、イソプロピルアルコールなどの副成分を付加したエタノールであっても、協力物質の効果が変わらないと判断された。

これらの結果から、合成フェロモンに一定以上のエタノールを付加することで、フェロモン単独に比べ、カシナガの誘引効果を高めることができることが明らかになった。

4 新規樹幹注入剤の防除効果試験

既存登録薬剤であるベノミル水和剤は、薬剤を

水に溶解させる必要があるとともに、残渣が残ったり、カシナガの穿孔履歴があると、薬液注入がうまくいかず、効果が期待しにくくなることから、新たにトリホリン乳剤の枯損予防効果を検討した。

4.1 方法

4.1.1 試験地

試験は、2008年に栄村当部(以下、当部という)および飯山市柄山(以下、柄山という)の2か所のナラ枯れ被害林分、2009年は栄村平滝(以下、平滝2)のナラ枯れ被害林分で実施した(表-2)。

当部は、道路、針葉樹林に囲まれた面積0.2ha(40×50m)の林分を試験地とし、柄山はミズナラが多く分布する面積0.04ha(20×20m)3区画

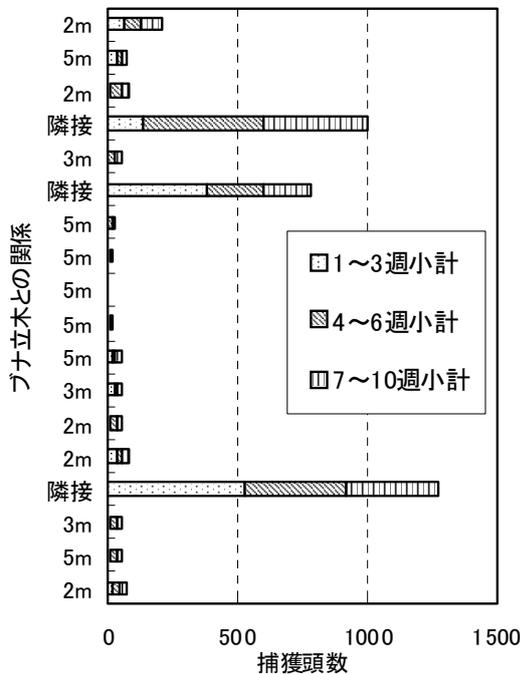


図-6. トラップ設置箇所別カシナガ捕獲頭数(栄村平滝)

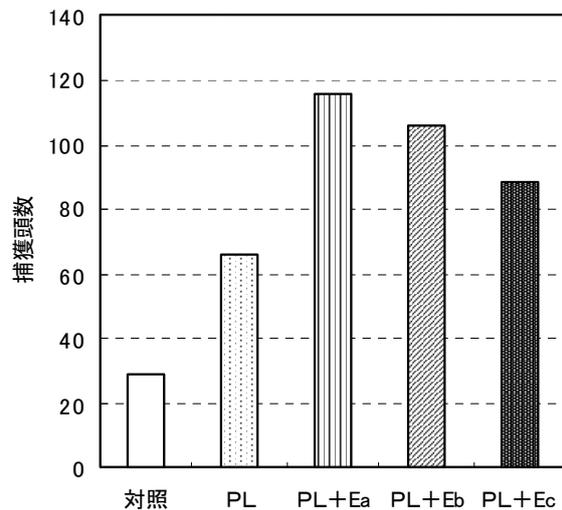


図-7 エタノール種類別捕獲試験におけるカシナガ総捕獲数(栄村2010)

表-2 樹幹注入試験地の概況

| 試験地 | 場所 | 実施年度 | 標高(m) | 林況 | 平均胸高直径(cm) | 平均樹高(m) | 供試薬剤 | 試験内容 |
|-----|----------|------|-------|------------------|------------|---------|--------------------|------------------------------|
| 柄山 | 飯山市柄山 | 2008 | 540 | ミズナラ、ブナを主体とする二次林 | 26.7 | 17 | トリホリン乳剤 ベノミル水和剤 | トリホリンとベノミルの効果比較 |
| 当部 | 下水内郡栄村当部 | 2008 | 540 | ミズナラ、ブナを主体とする二次林 | 24.1 | 20 | トリホリン乳剤 | 穿孔履歴のある立木のトリホリンの効果 |
| 平滝2 | 下水内郡栄村当部 | 2009 | 750 | ミズナラ、ブナを主体とする二次林 | 24 | 15 | トリホリン乳剤 ベノミル水和剤 | トリホリンとベノミルの効果比較 注入処理時期の検討 |

を試験地とした。

平滝2は、連続する広葉樹二次林のナラ枯れ被害が発生している0.2haを試験地とした。

4.1.2 供試薬剤

供試薬剤は、トリホリン乳剤(成分:トリホリン0.036%,以下トリホリンという)とした。また、2008年の当部、2009年の平滝2では、対照薬剤としては、登録薬剤であるベノミル水和剤(成分:ベノミル50%)500倍液(以下、ベノミルという)を使用した。

4.1.3 試験方法

①供試木

2008年は、当部では、ミズナラ健全木87本を供試木とし、トリホリンを49本、ベノミルを28本、無処理(対照)10本とした。柄山では、穿孔履歴のあるミズナラ健全木36本を供試木とし、トリホリン26本、無処理(対照)10本とした。

既存薬剤の処理時期は、新葉の展葉期からカシナガ発生1ヶ月前とされているため、施用期間が短いという問題がある。そのため、平滝2では、カシナガの穿孔が少なくなった9月後半から紅葉期までの期間にも施用可能かどうかを確認するため、ミズナラ健全木21本を供試木とし、トリホリン15本、ベノミル6本に、秋の注入処理(以下、秋処理という)を落葉前の2008年10月に行い、秋注入処理の効果と比較するため、ミズナラ健全木45本を供試木とし、トリホリン35本、無処理(対照)10本に、春の注入処理(以下、春処理という)を2009年5月に行った。

② 樹幹注入処理

供試木の胸高直径を測定後、表-3に示した基準(斉藤ら2006)で注入量を決定した。トリホリンは、サンケイ科学(株)から提供された200mlボトルを使用し、ベノミルは500倍に溶解した薬液200mlを注入した専用ボトルを使用した。

注入位置は、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5cm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、

春の注入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(当部2008年6月3日、柄山2008年5月29日、平滝2009年5月26日)とした。秋の注入処理は、供試木の紅葉前(平滝2008年10月7日、10月15日)とした。

④効果調査

供試木へのカシナガの穿孔状況(地上高2mまで)、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10月まで調査した。なお、目視調査における区分は、「健全」、「異常」、「枯死」とした。

表-3 薬剤樹幹注入量(200mlボトル換算)の基準

| 胸高直径 | 本数換算 |
|--------|--------------------------------------|
| 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)} |

斉藤ら(2006)に準拠

4.2 結果と考察

4.2.1 薬液注入状況

当部でのトリホリンとベノミルの平均薬液注入率をみると、当部では約93%、約98%と差はみられなかった。また、柄山では、穿孔履歴のある立木にトリホリンを注入したが、その平均薬液注入率は、約87%であり、2007年に行った柄山の穿孔履歴のある立木にベノミル処理を行った場合の約73%(岡田ら2009)に比べ、注入率が高くばらつきも少なかった。

2008年に秋処理、2009年に春処理を行った平滝では、秋処理のトリホリンが約100%、ベノミルが約97%、春処理のトリホリンが約94%であり、秋処理でも問題なく注入可能であった。

4.2.2 樹幹注入処理による枯損予防効果

①2008年

当部の供試木の状況は、トリホリンでは穿孔数の多かった24本中6本が、ベノミルでは14本中7本が枯損したが、同様の穿孔を受けた無処理木では7本すべてが枯損した(表-4)。柄山では、穿孔数が最多で120孔と少なかったこともあり、穿孔を受けた処理木はすべて健全であった。しかし、無処理の穿孔木は5本枯損していた。

これらのことからトリホリンは、既存薬剤のベ

表-4 各試験地における処理別カシナガ穿入状況と供試木の状況

| 試験地 | 県名 市町村名 | 注入 年度 | 試験区 | 供試 本数 | 立木 状況 | カシナガ穿入状況 | | |
|-----|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----|----|
| | | | | | | 無 | 少 | 多 |
| 当部 | 長野県 下水内郡 栄村 | 2008 | トリホリン | 49 | 健全 | 14 | 11 | 16 |
| | | | | | 異常 | 0 | 0 | 2 |
| | | | | | 枯死 | 0 | 0 | 6 |
| | | | ベニミル | 28 | 健全 | 5 | 9 | 7 |
| | | | | | 異常 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 枯死 | 0 | 0 | 7 |
| 無処理 | 10 | 健全 | 3 | 0 | 0 | | | |
| | | 異常 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | | 枯死 | 0 | 0 | 7 | | | |
| 柄山 | 長野県 飯山市 | 2008 | FF002 | 26 | 健全 | 15 | 4 | 7 |
| | | | | | 異常 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 枯死 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 無処理 | 10 | 健全 | 5 | 0 | 0 |
| | | | | | 異常 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 枯死 | 0 | 0 | 5 |
| 平滝2 | 長野県 下水内郡 栄村 | 2009 | トリホリン春注入 | 35 | 健全 | 9 | 4 | 3 |
| | | | | | 異常 | 0 | 0 | 4 |
| | | | | | 枯死 | 0 | 0 | 15 |
| | | | トリホリン秋注入 | 15 | 健全 | 2 | 0 | 3 |
| | | | | | 異常 | 0 | 0 | 2 |
| | | | | | 枯死 | 0 | 0 | 8 |
| | | | ベニミル秋注入 | 6 | 健全 | 1 | 0 | 1 |
| | | | | | 異常 | 0 | 0 | 1 |
| | | | | | 枯死 | 0 | 0 | 3 |
| | | | 無処理 | 10 | 健全 | 3 | 0 | 0 |
| | | | | | 異常 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 枯死 | 0 | 0 | 7 |

注) 穿孔状況 無:穿入無し、少:穿入数1以上50未満、多:穿入数50以上

表-5 樹幹注入処理と根曲りの有無との関係(栄村平滝 2009)

| 薬剤 | 根曲りの 有無 | 供試 本数 | 穿孔木 本数 | 穿孔木の状態 | | | |
|-------|------------|----------|-----------|--------|----|----|-------|
| | | | | 生存 | 異常 | 枯死 | 生残率 |
| トリホリン | 有 | 30 | 24 | 3 | 2 | 19 | 20.8% |
| | 無 | 20 | 14 | 7 | 4 | 3 | 78.6% |

ノミルと同様程度の枯損予防効果があると判断された。

②2009年

平滝の供試木の状況をみると、トリホリン春注入、トリホリン秋注入、ベニミルのすべての処理で50%を超える枯死率で、これまでの樹幹注入と全く異なった結果となった(表-4)。平滝2は、国内有数の豪雪地帯に位置し、根曲がりした立木が多く、枯損した処理木では根曲がりが多くみられたことから、トリホリン処理木を根曲がりと直立に分類すると、根曲がり30本、直立が20本であった。そのうち、それぞれの穿孔木の生残率は、根曲がり20.8%に対して、直立が78.6%であり、根曲がりの処理木で効果が低かった(表-5)。

広葉樹の根曲がりでは、山側に「引っ張りあて材」が直立した立木に比べ、厚く広い年輪幅で形

成される。そのため、通常の注入孔では薬液の分散が悪くなった可能性と考えられた。

5 おとり木トラップの検討

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」は、「おとり木トラップ」とその周辺木にカシナガを誘引穿孔させて大量捕獲できる可能性が示唆された(斉藤2008, 岡田ら2009)ことから、林分規模でのおとり木トラップでの誘引捕獲効果を検討した。

また「おとり木トラップ」では、合成フェロモンの誘引効果を高めるためにドリルで孔を開けてカイロモン物質を発生させる方法が検討され、その効果が示唆された(斉藤ら2008)。しかし、カイロモン物質発生のためのドリル穿孔は、立木への負担が大きいことから、今回協力物質として選

択されたエタノールで代替できるかを検討した。

5.1 おとり木トラップの被害林分で設置効果

5.1.1 方法

試験は、2008年に4.新規樹幹注入剤の防除効果試験を実施した栄村当部で併せて実施した(表-2)。なお当部では、樹幹注入処理効果試験のため、カシナガの加害を受けにくい胸高直径10cm以下のナラ類にはすべて樹幹注入処理を実施した。

おとり木トラップの設置は、斉藤ら(2009)に準拠し0.1haに1か所とし、立木間を30m離れた樹幹注入木2本にPLを各2本設置し、おとり木とした。

なお、おとり木の設置日は、樹幹注入した薬液が樹体内に分散した処理20日後で、カシナガの発生開始時期の平成20年(2008年)6月23日とした。

調査は、4.1.3の④の効果調査にあわせてカシナガの穿孔数などを調査した。

5.1.2 結果と考察

当部では、誘引剤設置1週間後の7月2日から誘引剤設置木周辺の5本に穿孔がみられ、そのうち誘引剤設置木が30孔と穿孔数が最も多かった(図-8)。

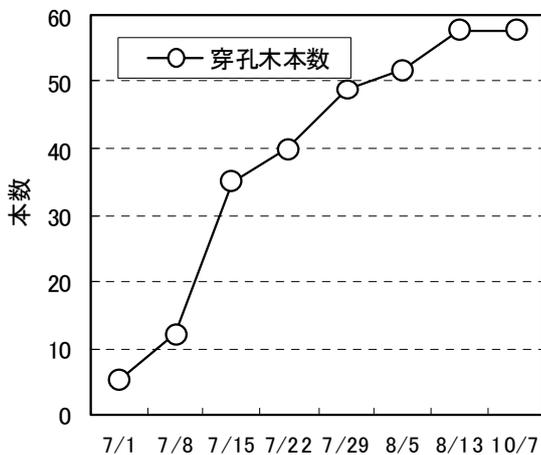


図-8 おとり木試験地におけるカシナガ穿孔木の推移(栄村当部2008)

その後誘引剤設置木を中心に穿孔木は8月13日まで増加し、2007年に実施した飯山市柄山での結果(岡田ら2009)と一致していた(表-3, 図-8)。

また10月13日の調査では穿孔木58本の地上高2mまでの総穿孔数は5,599孔で、1孔当たり雌雄各1頭であることから、本試験地で少なくとも11,000頭を超えるカシナガを誘引したと考え

られた。同様の方法で山形県、滋賀県などで行われた試験におけるカシナガの誘引状況(斉藤ら2009, 衣浦ら2011)と一致した。これらのことから、樹幹注入処理と合成フェロモンを組み合わせることで、合成フェロモンを引き金として、カシナガ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が相乗され、樹幹注入処理木に多くのカシナガを誘引できると判断された。

当部では、試験地からスギ林を挟んで100m程度離れたか所では約50本が枯損したが、道路を挟んだ隣接する広葉樹林分では被害がほとんどみられなかった。このことは、試験地内にカシナガを誘引したことによる被害抑止効果とも考えられるが、試験地周辺ではナラ枯れが急激に激害化しており、その効果は限定的と考えられた。この結果は、山形県の激害化地での試験でのおとり木の効果が限定的であったこと(斉藤ら2010)と一致していた。

そのため、おとり木によるカシナガ密度低減による被害軽減効果は、被害先端地域などの地域全体で被害量が少ない林分で発揮されると考えられる。

5.2 おとり木トラップ協力物質付加効果試験

5.2.1 方法

試験は、2009年に3.1.1協力候補物質付加試験を実施した平滝で実施した。

供試木は、トリホリンを樹幹注入処理し1ヶ月が経過したミズナラ9本とした。試験区は、①PL+E(エタノール:88.4%,揮散量:1g/day),②PL+ドリル穿孔(カイロモン発生処理:樹幹地上高1mに3列30孔の穿孔),③PLのみの3種類とし、各3本ずつとした。PL,Eは地上高50cmに被覆針金で取り付けられた。

処理木は、約1週間間隔でカシナガ穿孔状況を調査した(調査期間:平成22年(2010年)6月21日~7月20日)。

5.2.2 結果と考察

供試木へのカシナガキクイムシ穿孔数は、PL+Eの組合せが、PL+ドリル穿孔処理、PLのみに比べ、試験当初から穿孔数が増加し、カシナガの活動期間後期の9月15日でも他の処理に比べ、穿孔数が多かった(図-9)。この結果は、山形県、滋賀県などで実施された試験結果(所ら2011)とほ

ば同様であり、おとり木トラップへのE付加は、ドリル穿孔によるカイロモン発生処理に比べ、カシナガ発生初期の誘引効果が高いと考えられた。

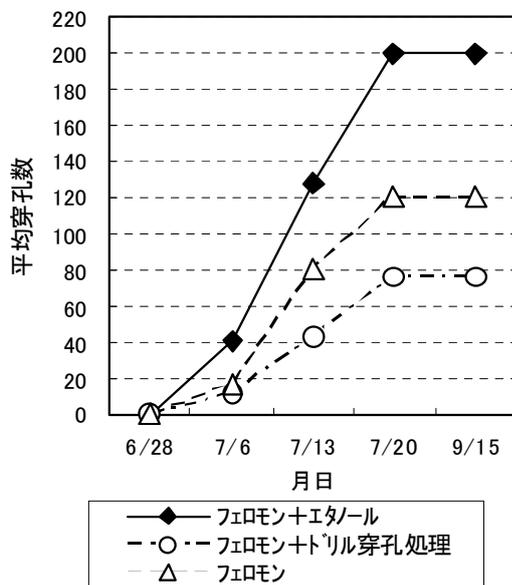


図-9 おとり木エタノール付加試験におけるカシナガ平均穿孔数(平滝2010)

6. まとめ

合成フェロモンと薬剤散布を伴わない環境負荷の少ない樹幹注入処理を組み合わせた防除システムについて検討した。

合成フェロモンでカシナガを誘引するための好適条件として、天頂方向からの光が樹冠層に遮蔽されて、横方向からの光が入るような林縁、ギャップ縁がよく、こうした位置におとり木トラップなどの誘引トラップを設置することで、カシナガを効率的に捕獲できると考えられた。

合成フェロモンの誘引効果を高める協力物質として、人工トラップ、おとり木トラップともにエタノールの効果が確認された。

また、既存薬剤であるベノミルに比べ、注入しやすいトリホリンによる樹幹注入処理は、山形県、岐阜県などの共同機関と試験でも既存薬剤と同等の枯損予防効果が認められたことから、2009年5月に農薬登録された。

しかし、本県のような豪雪地域で多い根曲り木に対する樹幹注入処理では、樹幹山側に形成される引っ張りあて材部分の影響で、薬剤がうまく分散せず、十分な枯損予防効果が得られない可能性が考えられた。根曲り木は、あて材の影響以外に

も、谷側の湾曲部への注入が難しいことなど、現行の樹幹注入方法をより改良し、こうした立木でも十分な枯損予防効果が得られるようにすることが必要である。

おとり木トラップの試験では、多くのカシナガを誘引捕獲したが、被害抑止効果は試験地周辺に限定され、被害量が少ない地域で適用する方法と考えられ、他の方法との組合せが必要であった。

本研究を進めるに当たり、御指導、御助言および現地調査に協力いただいた(独)森林総合研究所所雅彦博士、(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)森林総合研究所九州支所 近藤洋史博士、サンケイ化学(株)の猪野正明氏、鶴田英人氏、本郷正明氏、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、現地調査にご協力いただいた長野県林業総合センター、北信地方事務所林務課普及林産係の方々、栄村役場産業課、栄村森林組合、北信州森林組合、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保安林係の方々に深謝いたします。

引用文献

- 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.
- 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.
- 小林正秀・上田明良 (2003) カシノナガキクイムシによるマスアタックの観察とその再現. *応動昆* 47 : 53-60.
- 衣浦晴生・斎藤正一・所雅彦・岡田充弘 (2011) 滋賀県湖西地域におけるおとり木トラップ法によるナラ枯損防除の試み, 第122回日林学術講 CD-ROM
- 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ャー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・山内仁人・加賀谷悦子・近藤道治(2009)ナラ類集団枯死被害防止技術と評価法の開発. 長野県林総セ研報 23 : 27-36.
- 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・山内仁人・小山泰弘・橋爪丈夫・齋藤正一・大里昌直・武田芳夫 (2009) 長野県におけるナラ枯れ被害と被害対策の検討,第 36 回長野県環境科学研講演要旨集 : 21-22.
- 岡田充弘・山内仁人・近藤道治・小山泰弘 (2011)カシノナガキクイムシ等広葉樹類の昆虫被害防除技術に関する研究—カシノナガキクイムシによるナラ類枯損被害—. 長野県林総セ研報 25 : 17-27.
- 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.
- 齋藤正一 (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.
- 齋藤正一・衣浦晴生・岡田充弘・所雅彦 (2010) 東北地方におけるナラ類おとり木トラップによるカシノナガキクイムシの誘殺効果, 第 121 回日林学術講 CD-ROM
- 齋藤正一・中村人史・衣浦晴生・所雅彦・岡田充弘 (2009) ケルキボロールを装着したナラ類立木トラップによるカシノナガキクイムシの大量誘殺, 第 120 回日林学術講 CD-ROM
- 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.
- 所雅彦・岡田充弘・壽田智久・蛭田利秀・衣浦晴生・齋藤正一・福井修二・大橋章博・布川耕市 (2010)・カシノナガキクイムシ集合フェロモンの誘引効果に対するナラ類揮発性成分の影響, 第 121 回日林学術講 CD-ROM
- 所雅彦・岡田充弘・衣浦晴生・齋藤正一・壽田智久・蛭田利秀・大橋章博・林晋平・布川耕市・猪野正明 (2011) エタノールによるカシノナガキクイムシの誘引効率の向上, 第 122 回日林学術講 CD-ROM
- 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.