

殺虫剤の樹幹散布によるナラ類枯損被害の予防効果

松浦 崇遠*1・西村 正史*2

Preventive effect of spraying stem with insecticide
on oak mortal damage.

Takatoh MATSUURA*1, Masashi NISHIMURA*2

フェンチオン（MPP）油剤とフェニトロチオン（MEP）乳剤の樹幹散布によって、カシノナガキクイムシの穿入を抑制し、コナラとミズナラの枯損被害を予防する効果を検証した。これらの殺虫剤を6月下旬と7月下旬の2回散布した結果、処理木の穿入孔密度が無処理木の0～4割に低下した。さらに、フェンチオン油剤では枯損被害を予防する効果が認められなかったが、フェニトロチオン乳剤では枯損被害を軽減することが示された。しかしながら、フェニトロチオン乳剤が穿入を抑制する高い効果を及ぼす期間は3週間程度であり、カシノナガキクイムシ成虫の多くが脱出する6月下旬から8月下旬までの期間中に効果を持続させるためには、少なくとも3回散布する必要があると判断された。

1. はじめに

甲虫の一種カシノナガキクイムシ（*Platypus quercivorus*：以下、カシナガと表記）は病原性をもつ *Raffaella* 属の菌を媒介することが知られ（Kubono and Ito, 2002）、主としてブナ科樹木に穿入して、樹体の萎凋・枯死を引き起こす。日本海側の地域では主にナラ類が加害され（伊藤・山田, 1998）、集団的な枯損が発生している。富山県における森林の被害は2002年に初めて確認され、2005年には県内のほぼ全域に拡大した（富山県農林水産部, 2007）。また、その被害量は最近の数年に著しく増加している（富山県農林水産部, 2010）。

カシナガの成虫は樹幹の下部により多く穿入する（Hijii et al, 1991；中村ら, 1996；小林・野崎, 2003；西村ら, 2005；杉本, 2005）。また、樹幹表面の穿入孔密度が低いほど枯死に至る割合は低下する（江崎ら, 2002）。地上からの作業によってカシナガの穿入を抑制し、被害を予防する目的から、殺虫剤の樹幹散布が考案・試行され（中村ら, 1996；江崎, 2008a・2008b；杉本ら, 2009；杉本ら, 2010）、現在までに一定の効果が得られている。

本研究では、有機リン系殺虫剤の一種であり、長年使用された実績のあるフェンチオン（以下、MPPと表記）油剤とフェニトロチオン（以下、

MEPと表記）乳剤に着目した。MPP油剤には伐倒木への散布によるマツノマダラカミキリとゾウムシ類の防除に適用がある。MEP乳剤には立木への散布によるマツノマダラカミキリとゾウムシ類、およびキクイムシ類の防除に適用がある（日本植物防疫協会, 2009；林業薬剤協会, 2010）。これら2種類の殺虫剤を生存木の樹幹表面に散布し、被害を予防する効果について検証した。

2. 材料及び方法

2. 1. 試験地

富山県中新川郡立山町吉峰野開地内（試験地A）

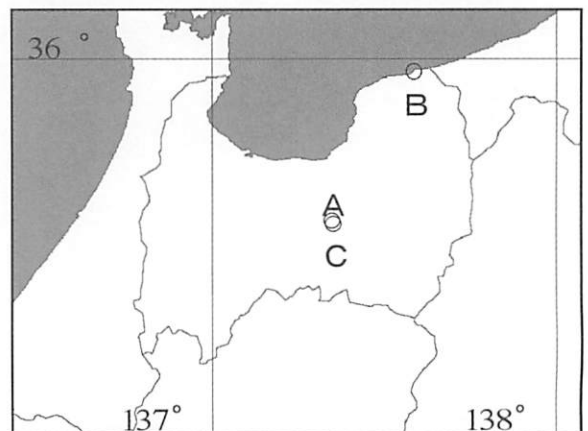


図-1 試験地の位置

図中のアルファベットは試験地A～Cの記号に対応する。

*1：森林研究所，*2：（財）花と緑の銀行

表一 試験木の処理別本数 (MPP油剤)

| 試験地 | 樹種 | 標高 | 調査年 | 予防効果試験 | | 薬害試験 |
|-----|------|------|------|---------|---------|-------|
| | | | | 処理木数 | 無処理木数 | 処理木数 |
| A | コナラ | 250m | 2005 | 15 (15) | 10 (10) | 5 (0) |
| B | ミズナラ | 240m | 2005 | 15 (15) | 10 (10) | 5 (0) |

()内の数字は粘着トラップを設置した試験木の内数を示す。

表二 試験木の処理別本数 (MEP乳剤)

| 試験地 | 樹種 | 標高 | 調査年 | 予防効果試験 | |
|-----|------|------|------|---------|---------|
| | | | | 処理木数 | 無処理木数 |
| A | コナラ | 250m | 2007 | 15 (15) | 40 (15) |
| | | | 2008 | 15 (15) | 34 (15) |
| C | ミズナラ | 330m | 2008 | 15 (15) | 44 (15) |

()内の数字は粘着トラップを設置した試験木の内数を示す。

と同県下新川郡朝日町宮崎地内 (試験地 B) に位置する林分 (図-1) において、2005年に MPP油剤の予防効果試験と薬害試験を実施した。試験地 A の林相はコナラが優占し、試験地 B の林相はミズナラが優占する二次林であった。

富山県中新川郡立山町吉峰野開地内 (試験地 A・C) に位置する 2 箇所の林分 (図-1) において、試験地 A では2007年と2008年に、試験地 C では2008年に、MEP乳剤の予防効果試験を実施した。試験地 C の林相は多数のコナラの中に少数のミズナラが混交する二次林であった。

試験地 A～C の周辺では、2004年以降、カシナガによって枯死した被害木が観察された。また、試験地 A～C において、各調査年の 6 月中旬には被害木は全くないか少ない状態であった。

2. 2. 試験木

胸高直径10cm以上のコナラあるいはミズナラから、地上高 (以下、地際からの樹幹長と同義) 1.5m以下の範囲の樹幹表面において、殺虫剤の散布の開始時期以前にカシナガが穿入した痕跡が認められなかった生存木を抽出し、試験木とした。このとき、MPP油剤の予防効果試験では試験地の標本調査を、MEP乳剤の予防効果試験では試験地の全数調査を実施した。これらの試験木を殺虫剤の処理木と無処理木に区分し、樹冠の被害形態を観察した。また、処理木の全部と無処理木の全部あるいは一部を対象に、樹幹に粘着トラップを設置した。試験地ごとの試験木の処理別本数を、MPP油剤に関して表-1に、MEP乳剤に関して表-2に示した。

試験地 A では、MPP油剤とMEP乳剤を散布

した区画がそれぞれ分かれている。また、試験地 A の各区画と試験地 B では、試験木は水平距離にして約50mの範囲に分布していた。試験地 C ではミズナラの本数密度が低かったため、試験木は約250mの範囲に散らばった状態であった。

処理木と無処理木を、それぞれの分布が偏らないように配置した。また、株立ち木に関しては、胸高以下で分岐している樹幹をそれぞれ1本として数えたが、ほとんどは地際で分岐していた。株立ち木から処理木と粘着トラップを設置する無処理木を選ぶ場合には、どちらか1本あるいはそれぞれ1本とした。株立ち木から粘着トラップを設置しない無処理木を選ぶ場合には、前述した条件を満たす本数の全部を対象とした。

2. 3. 殺虫剤の樹幹散布

2. 3. 1. MPP油剤の処理

MPP油剤 (マウント T-7.5A 油剤, MPP 20% 含有, 井筒屋化学産業社製) に灯油を加えて20倍に希釈し (MPP 1%), 地上高 0～4 m の範囲の樹幹表面に500ml/m²を散布した。希釈倍数および使用量は、同剤の樹幹散布に関する使用基準に拠った。また、薬害試験では、同剤を10倍に希釈し (MPP 2%), 予防効果試験と等量を散布した。なお、樹幹の分岐や曲がり、地際の根張り付近には、やや多めに散布した。散布には動力噴霧器 (MS58SP-20, 丸山製作所社製) を用い、長尺の竿型ノズルを装着した。なお、これらの方法は江崎 (2008a) の試験に準じた。

石川県におけるカシナガ成虫の脱出・飛翔パ

表-3 試験木の胸高直径と被害形態別本数 (MPP油剤)

| 試験地 | 樹種 | 調査年 | 予防効果試験 | 総数 | 平均胸高直径 (標準偏差) | 被害形態 | | | | |
|-----|------|------|--------|----|------------------|-------|------|-------|---|------|
| | | | | | | 穿入あり | | | | 穿入なし |
| | | | | | | 枯死 | 一部枯死 | 生存 | 計 | |
| A | コナラ | 2005 | 処理木 | 15 | 26.3cm (±7.8) | 0 | 0 | 1 | 1 | 14 |
| | | | 無処理木 | 10 | 27.1cm (±6.4) | 0 | 0 | 2 | 2 | 8 |
| | | | p-値 | | 0.802 | NA | | 0.543 | | |
| B | ミズナラ | 2005 | 処理木 | 15 | 21.0cm (±4.6) | 1 | 4 | 0 | 5 | 10 |
| | | | 無処理木 | 10 | 25.0cm (±6.5) | 4 | 0 | 3 | 7 | 3 |
| | | | p-値 | | 0.119 | 0.121 | | 0.111 | | |

胸高直径の比較にはWelch testを、枯死および穿入ありの頻度の比較にはFisher's exact testを用いた。NAは該当する被害がなかったことを示す。

ターンから6月下旬に個体数が著しく増加したとの報告(加藤ら, 2001; Esaki et al, 2002)を参考にし、散布の開始時期は6月20日前後とした。また、散布の回数は2回とし、1回目の散布から約1ヶ月の間隔をおいて2回目の散布を行うこととした。

1回目と2回目の散布は、コナラについて2005年の6月21日と7月26日に、ミズナラについては同年の6月20日と8月3日に実施した。散布の前日と当日は雨天ではなく、散布直前の樹幹表面は乾いた状態であった。また、散布直後の数時間内に降雨は観測されなかった。

2. 3. 2. MEP乳剤の処理

MEP乳剤(スミバイン乳剤 80, MEP 80%含有, サンケイ化学社製)に水を加えて50倍に希釈し(MEP 1.6%), 地上高0~6mの範囲の樹幹表面に500ml/m²を散布した。散布には動力噴霧器(MS059D-20, 丸山製作所社製)を用い、薬液の到達距離が長い鉄砲型ノズルを装着した。

1回目と2回目の散布は、コナラについて2007年の6月20日と7月20日および2008年の6月20日と7月23日に、ミズナラについては2008年の6月20日と7月23日に実施した。散布に関するその他の条件は、前述したMPP油剤の予防効果試験と同様であった。

2. 4. 被害形態

試験木の被害形態を、地上高0~1.5mの範囲の樹幹表面における穿入の有無によって区分し、穿入孔が形成されたものを、樹冠全体が萎凋・変色した状態(枯死)、樹冠の一部(局部から大部分のものまでを含む)が萎凋・変色した状態(一部枯死)、樹冠に異常が発生していない

状態(生存)に再区分した。調査は、MPP油剤の予防効果試験と薬害試験では2005年8月18日と9月22日に、またMEP乳剤の予防効果試験では、コナラについて2007年11月15日と2008年12月10日に、ミズナラについては2008年12月3日に実施した。さらに、MEP乳剤の処理木の全部と粘着トラップを設置した無処理木について、2007年7月9日~8月27日と2008年7月7日~8月27日の期間中、2~3週間ごとに実施した。

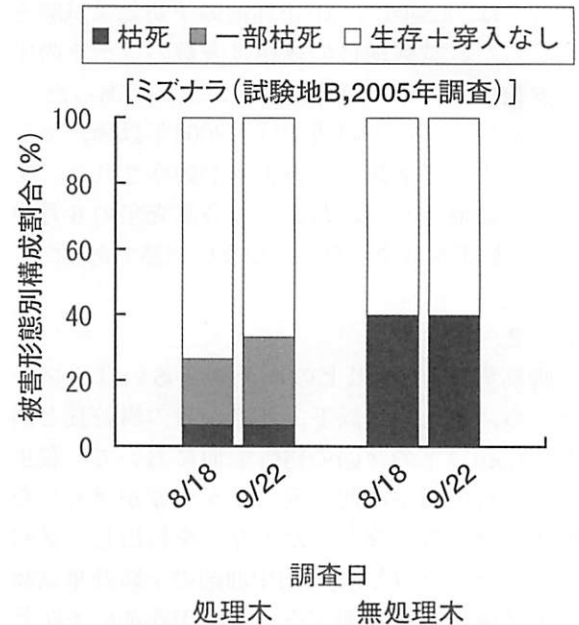


図-2 処理別にみた被害の推移 (MPP油剤)

8月18日には穿入の有無を調査しなかったため、生存と穿入なしを合わせて表記した。

2. 5. カシナガ成虫の個体数密度

試験木に飛来したカシナガ成虫の個体数を調査するために、粘着トラップを設置した。殺虫剤の散布から数時間以内に、薬液が樹幹表面に定着したことを確認し、接着剤を塗布した紙製

表-4 試験木の胸高直径と被害形態別本数 (MEP乳剤)

| 試験地 | 樹種 | 調査年 | 予防効果試験 | 総数 | 平均胸高直径 (標準偏差) | 被害形態 | | | | |
|-----|------|------|--------|----|------------------|-------|------|-------|----|------|
| | | | | | | 穿入あり | | | | 穿入なし |
| | | | | | | 枯死 | 一部枯死 | 生存 | 計 | |
| A | コナラ | 2007 | 処理木 | 15 | 26.1cm (±6.7) | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| | | | 無処理木 | 40 | 22.3cm (±7.5) | 0 | 0 | 8 | 8 | 32 |
| | | | p-値 | | 0.086 | NA | | 0.091 | | |
| A | コナラ | 2008 | 処理木 | 15 | 26.3cm (±6.8) | 0 | 0 | 1 | 1 | 14 |
| | | | 無処理木 | 34 | 22.2cm (±8.1) | 0 | 0 | 17 | 17 | 17 |
| | | | p-値 | | 0.078 | NA | | 0.004 | | |
| C | ミズナラ | 2008 | 処理木 | 15 | 26.2cm (±7.9) | 1 | 1 | 5 | 7 | 8 |
| | | | 無処理木 | 44 | 21.1cm (±6.0) | 17 | 3 | 5 | 25 | 19 |
| | | | p-値 | | 0.033 | 0.024 | | 0.558 | | |

胸高直径の比較にはWelch testを、枯死および穿入ありの頻度の比較にはFisher's exact testを用いた。NAは該当する被害がなかったことを示す。

のトラップ（「カミキリホイホイ」、アース・バイオケミカル社製）図-2 処理別にみた被害の推移（MPP油剤）を、塗布面を外側に向けて、地上高約1.0mの樹幹に巻き付けた。トラップは幹周とほぼ同じ長さに調節し、輪になるよう両端をステーブルで綴じ合わせた。調査はMPP油剤の予防効果試験における試験木の全部、およびMEP乳剤の予防効果試験における処理木の全部と、処理木と近接するように再抽出した無処理木の一部を対象に実施した（表-1・表-2）。トラップは、MPP油剤の予防効果試験では、コナラについて2005年6月21日～9月15日に、ミズナラについて同年6月20日～9月22日に、またMEP乳剤の予防効果試験では、コナラについて2007年6月20日～8月27日と2008年6月20日～8月27日に、ミズナラについて2008年6月20日～8月27日の期間に設置した。調査は2～5週間ごとに実施し、古いトラップを取り外して新しいトラップに交換した後、古いトラップは回収して捕獲されたカシナガ成虫の個体数を数えた。成虫の個体数をトラップの面積で除することによって、樹幹表面の個体数密度を求めた。

2. 6. 穿入孔密度

試験木の樹幹表面に形成された、カシナガの穿入孔を数えた。調査は、MPP油剤の予防効果試験では2005年9月22日に、またMEP乳剤の予防効果試験では、コナラについて2007年11月15日と2008年12月10日に、ミズナラについて2008年12月3日に、地上高0.5～1.5mの範囲に

において実施した。さらに、MEP乳剤の試験木のうち、2008年に粘着トラップを設置した処理木・無処理木については、前述した被害形態に関する調査と同時に、地上高0～0.5m および0.5～1.5mの範囲において実施した。樹幹を地上高0.25mおよび1.0mの部位の直径をもつ円筒形と見なし、穿入孔数を樹幹の面積で除することによって、樹幹表面の穿入孔密度を求めた。なお、密度の算出には粘着トラップに覆われていた面積を予め差し引いている。

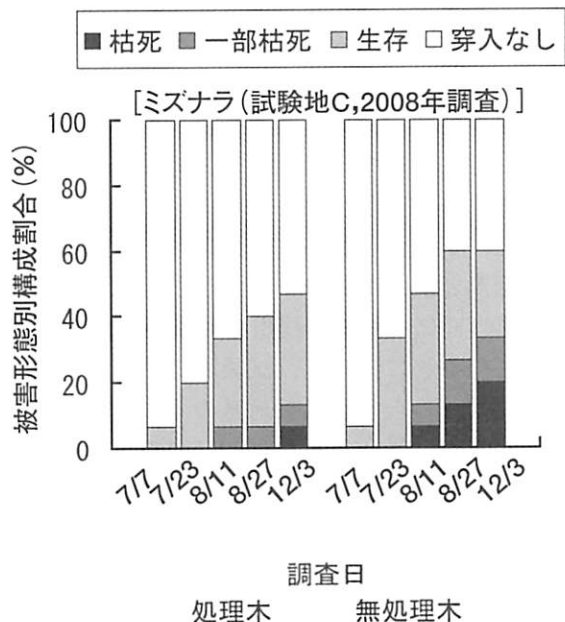


図-3 処理別にみた被害の推移 (MEP乳剤)

表一5 カシナガ成虫の個体数密度と飛来別本数 (MPP油剤)

| 試験地 | 樹種 | 調査年 | 予防効果試験 | 総数 | 成虫の飛来 | | 成虫の平均個体数密度 (標準偏差) |
|-----|------|------|--------|----|-------|------|--------------------------------|
| | | | | | 捕獲あり | 捕獲なし | |
| B | ミズナラ | 2005 | 処理木 | 15 | 10 | 5 | 529頭/m ² (±900) |
| | | | 無処理木 | 10 | 9 | 1 | 1,372頭/m ² (±1,442) |
| | | | p-値 | | 0.345 | | 0.122 |

個体数密度の比較にはWelch testを,捕獲ありの頻度の比較にはFisher's exact testを用いた。

2. 7. 統計解析

試験木の胸高直径, カシナガ成虫の個体数密度と穿入孔密度に関する処理間の違いを, ウェルチの検定 (Welch test) によって解析した。

また, 被害形態などによって区分された試験木数の頻度に関する処理間の違いを, フィッシャーの正確検定 (Fisher's exact test) によって解析した。相関を求めた関係式には自由度調整済みの相関係数を記した。なお, 穿入孔の形成が確認されなかったにもかかわらず, 枯死・一部枯死が発生した試験木は解析から除外した。また, 統計解析プログラムにはSPSS 16.0 (SPSS Inc., 2007) を用いた。

3. 結果

3. 1. 被害形態

3. 1. 1. MPP油剤の処理と被害形態

被害形態に関して, MPP油剤の予防効果試験の結果を表一3に示した。

試験地Aのコナラについて, 処理木・無処理木ともに被害がほとんど発生せず, 処理間の違いは見出されなかった。

試験地Bのミズナラについては, 処理木に穿入および枯死が認められた割合が低かった。しかし, 5%水準では無処理木との間に有意差が検出されなかった。

また, 試験木の胸高直径に関して, 試験地Aのコナラと試験地Bのミズナラともに, 5%水準で処理間に有意差は検出されなかった。

被害の推移に関して, 試験木に枯死および一部枯死が認められた試験地Bのミズナラにおける, 2005年8月18日と9月22日の被害形態に, 変化はあまり認められなかった (図一2)。

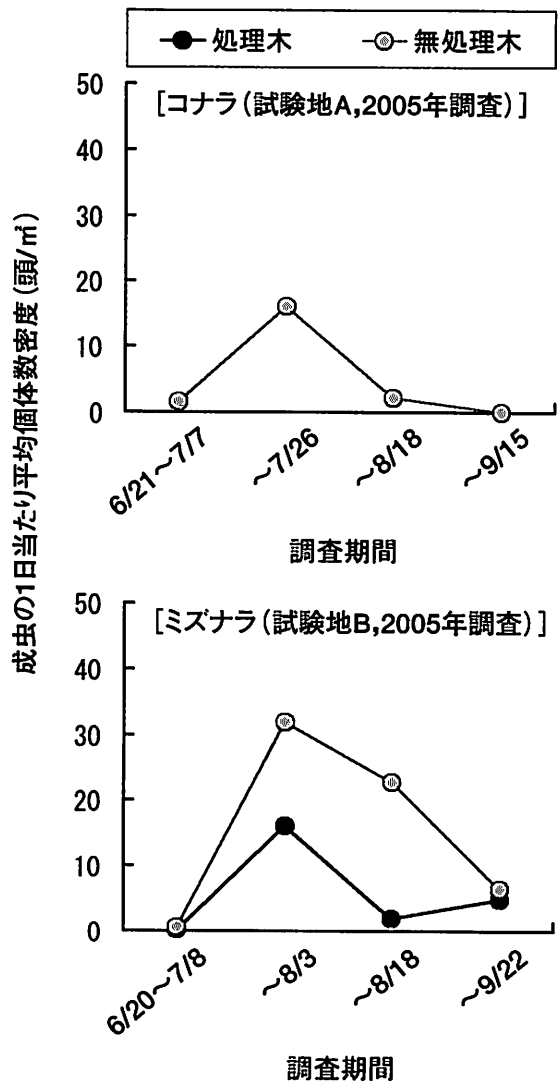
3. 1. 2. MEP乳剤の処理と被害形態

被害形態に関して, MEP乳剤の予防効果試験の結果を表一4に示した。

試験地Aのコナラについて, 2007年には処理木・無処理木ともに被害がほとんど発生せず,

処理間の違いは見出されなかった。2008年には処理木・無処理木ともに枯死は発生しなかったものの, 処理木の穿入された割合は低く, 1%水準で無処理木との間に有意差が検出された。

試験地Cのミズナラについて, 処理木の枯死した割合は低く, 無処理木との間に5%水準で有意差が検出された。しかし, 穿入の有無に関して, 処理間の違いは見出されなかった。



図一4 処理別にみたカシナガ成虫の1日当たり平均個体数密度の推移 (MPP油剤)

コナラの処理木では粘着トラップの多くが脱落したため, 表記から除外した。

また、試験木の胸高直径に関して、試験地Aのコナラには、5%水準で処理間に有意差は検出されなかった。試験地Cのミズナラについては、処理木の胸高直径は無処理木よりも大きく、5%水準で有意差が検出された。

被害の推移に関して、試験木に枯死および一部枯死が認められた試験地Cのミズナラにおける樹冠の萎凋・変色は、2008年8月11日に初めて発生し、調査期間を通して増加する傾向を示した。新たな枯死は8月27日より遅い時期にも発生した(図-3)。

3. 2. カシナガ成虫の個体数密度

3. 2. 1. MPP油剤の処理と

成虫の個体数密度

粘着トラップに捕獲されたカシナガ成虫の個体数密度に関して、MPP油剤の予防効果試験の結果を表-5に示した。なお、試験地Aのコナラでは、試験木に設置した粘着トラップの約半数が動物の剥ぎ取りによって脱落し欠測が生じたため、処理別の比較を行うことができなかった。

試験地Bのミズナラについては、試験木の多くに成虫の飛来が確認された。また、処理木の成虫が飛来した割合は無処理木よりも低かったが、処理間に有意差は検出されなかった。処理木における成虫の平均個体数密度は無処理木の約4割と低かったが、試験木間のばらつきが大きく、処理間に有意差は検出されなかった。

試験地Aのコナラについて、欠測が比較的少なかった無処理木8本の、調査期間を1日当たりに換算した平均個体数密度は、7月8~26日の期間に最も高かった。試験地Bのミズナラに

ついても、無処理木の平均個体数密度がおよそ同期間に最も高かったが、処理木の平均個体数密度は2回目の散布直後に当たる8月4日~8月18日に大きく低下し、無処理木とは異なるパターンが得られた(図-4)。

3. 2. 2. MEP乳剤の処理と

成虫の個体数密度

粘着トラップに捕獲されたカシナガ成虫の個体数密度に関して、MEP乳剤の予防効果試験の結果を表-6に示した。

試験地Aのコナラでは、2007年には成虫がほとんど捕獲されず、処理間の違いは見出されなかった。2008年には試験木の多くに成虫の飛来が確認された。成虫が飛来した試験木数の割合に関して、処理間に有意差は検出されなかったが、成虫の個体数密度に関しては、処理木では非常に低く、5%水準で無処理木との間に有意差が検出された。

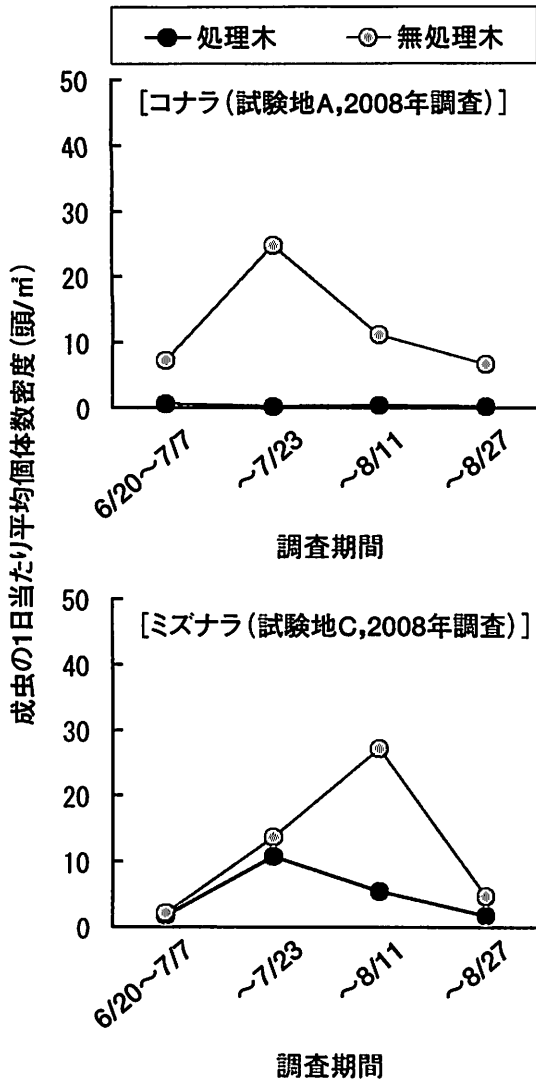
試験地Cのミズナラについては、試験木の多くに成虫の飛来が確認された。また、処理木に成虫が飛来した割合は無処理木よりも低かったが、処理間に有意差は検出されなかった。処理木における成虫の平均個体数密度は、試験地Bのミズナラと同じく、無処理木の約4割と低かったが、試験木間のばらつきが大きく、処理間に有意差は検出されなかった。

粘着トラップを設置した多くの無処理木に成虫が飛来した、2008年の試験地Aのコナラについて、無処理木の調査期間を1日当たりに換算した平均個体数密度は、7月8~23日の期間に最も高かったが、処理木では調査期間を通して非常に低かった。試験地Cのミズナラについて

表-6 カシナガ成虫の個体数密度と飛来別本数(MEP乳剤)

| 試験地 | 樹種 | 調査年 | 予防効果試験 | 総数 | 成虫の飛来 | | 成虫の平均個体数密度 (標準偏差) | |
|-----|------|------|--------|----|-------|------|-----------------------|----------|
| | | | | | 捕獲あり | 捕獲なし | | |
| A | コナラ | 2007 | 処理木 | 15 | 1 | 14 | 14頭/m ² | (±53) |
| | | | 無処理木 | 15 | 3 | 12 | 12頭/m ² | (±33) |
| | | | p-値 | | 0.598 | | 0.937 | |
| A | コナラ | 2008 | 処理木 | 15 | 9 | 6 | 32頭/m ² | (±39) |
| | | | 無処理木 | 15 | 13 | 2 | 1,084頭/m ² | (±1,668) |
| | | | p-値 | | 0.215 | | 0.028 | |
| C | ミズナラ | 2008 | 処理木 | 15 | 11 | 4 | 426頭/m ² | (±831) |
| | | | 無処理木 | 15 | 13 | 2 | 1,092頭/m ² | (±1,757) |
| | | | p-値 | | 0.651 | | 0.200 | |

個体数密度の比較にはWelch testを、捕獲ありの頻度の比較にはFisher's exact testを用いた。



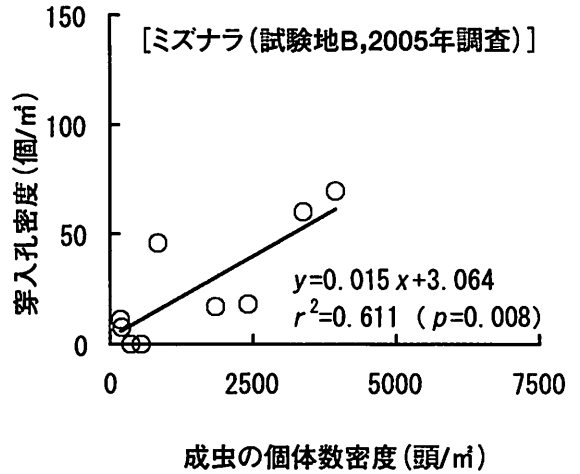
図一五 処理別にみたカシナガ成虫の1日当たり平均個体数密度の推移 (MEP乳剤)

は、無処理木の平均個体数密度は7月24日～8月11日の期間に最も高かったが、処理木では7月8～23日に最も高くなり、2回目の散布直後に当たる7月24日～8月11日には低下に転じた (図一五)。

3. 3. 穿入孔密度

3. 3. 1. MPP油剤の処理と穿入孔密度

MPP油剤の試験木には、成虫の飛来や穿入孔の形成が確認されなかったものが少なからず含まれていた (表一三・表一五)。穿入孔の形成には一定個体数以上の成虫の飛来が条件になると推定し、多くの無処理木に成虫が飛来した試験地Bのミズナラについて、これらの無処理木を抽出し、9月22日の時点での成虫の個体数密度と地上高0.5～1.5mの範囲における穿入孔密度



図一六 無処理木におけるカシナガ成虫の個体数密度と穿入孔密度との関係 (MPP油剤)

との関係を求めた (図一六)。

成虫の個体数密度と穿入孔密度は正の相関を示し、原点付近を通る直線で回帰された。この結果から、1頭以上の成虫の飛来が確認されたものは穿入される可能性があったとして、この条件を満たす試験木を抽出し、穿入孔密度に関して処理別の比較を行った (表一七)。なお、これらの試験木に、成虫の飛来が確認されたにもかかわらず、穿入されなかったものは含まれていなかった。

処理木の平均穿入孔密度は無処理木の2割未満と低く、5%水準で処理間に有意差が検出された。胸高直径に関して、5%水準で処理間に有意差は検出されなかった。

3. 3. 2. MEP乳剤の処理と穿入孔密度

比較的多くの無処理木が穿入された2008年の試験地Aのコナラと試験地Cのミズナラについて、これらの無処理木を抽出し、12月3日あるいは10日の時点での地上高0.5～1.5mの範囲における穿入孔密度の頻度分布と被害形態を示した (図一七)。

試験地Aのコナラについて、穿入孔密度が200個/m²以下の全部に枯死は認められなかった。試験地Cのミズナラについては、穿入孔密度が50個/m²以下の一部に枯死が発生し、その密度を超えるとほとんどが枯死に至っていた。

MEP乳剤の試験木にもまた、成虫の飛来や穿入孔の形成が確認されなかったものが含まれていたことから (表一四・表一六)、多くの無処理木に成虫が飛来した2008年の試験地Aのコナ

表-7 試験木の穿入孔密度 (MPP油剤)

| 試験地 | 樹種 | 調査年 | 予防効果 試験 | 総数 | 平均胸高直径 (標準偏差) | 平均穿入孔密度 (標準偏差) |
|-----|------|------|-------------|----|------------------|------------------------------|
| | | | | | | 地上高 0.5~1.5m |
| B | ミズナラ | 2005 | 処理木 | 10 | 22.4cm (±4.1) | 4.4個/m ² (±5.2) |
| | | | 無処理木 | 9 | 25.2cm (±6.9) | 25.6個/m ² (±26.2) |
| | | | <i>p</i> -値 | | 0.293 | 0.043 |

胸高直径と穿入孔密度の比較にはWelch testを用いた。

ラと試験地Cのミズナラについて、これらの無処理木を抽出し8月27日の時点での成虫の個体数密度と地上高0.5~1.5mの範囲における穿入孔密度との関係を求めた(図-8)。

それぞれの試験地に共通して、成虫の個体数

密度と穿入孔密度は正の相関を示し、原点付近を通る直線で回帰された。これらの結果から、1頭以上の成虫の飛来が確認された試験木を抽出し、穿入孔密度に関して処理別の比較を行った(表-8)。なお、これらの試験木に、成虫の飛来が確認されたにもかかわらず、穿入されなかったものや、穿入孔が地上高0.5~1.5mの範囲になく、0~0.5mの範囲にあったものは含まれていなかった。

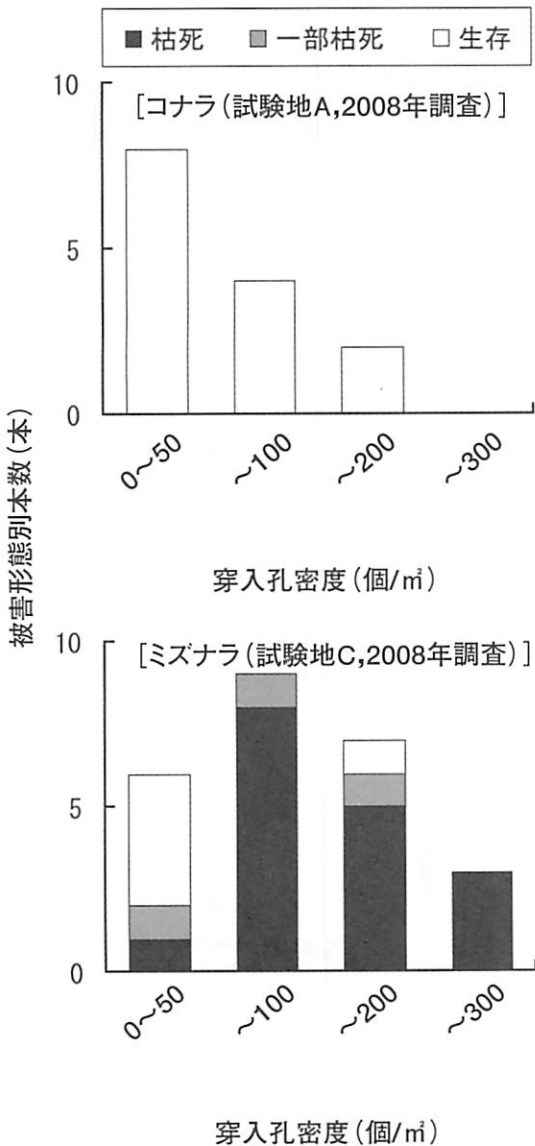


図-7 穿入された無処理木における穿入孔密度の頻度分布と被害形態(MEP乳剤)

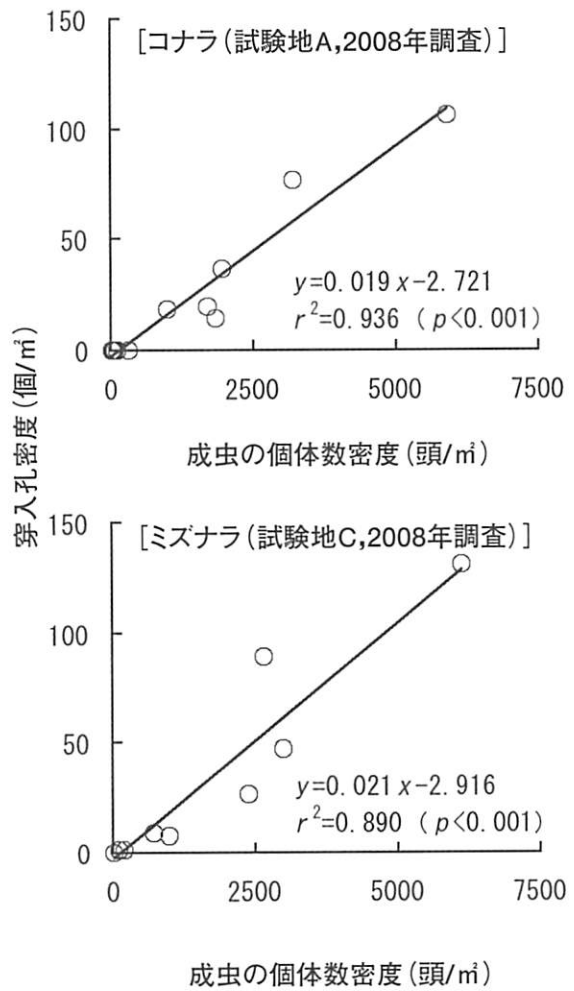


図-8 無処理木におけるカシナガ成虫の個体数密度と穿入孔密度との関係(MEP乳剤)

表-8 試験木の穿入孔密度 (MEP乳剤)

| 試験地 | 樹種 | 調査年 | 予防効果 試験 | 総数 | 平均胸高直径 (標準偏差) | 平均穿入孔密度 (標準偏差) | |
|-----|------|------|------------|----|------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | | | | 地上高 0.5~1.5m | 地上高 0~0.5m |
| A | コナラ | 2008 | 処理木 | 9 | 24.9cm (±7.8) | 0.0個/m ² (±0.0) | 0.3個/m ² (±0.9) |
| | | | 無処理木 | 13 | 26.6cm (±7.5) | 20.9個/m ² (±33.9) | 49.6個/m ² (±59.1) |
| | | | p-値 | | 0.614 | 0.046 | 0.011 |
| C | ミズナラ | 2008 | 処理木 | 11 | 26.6cm (±9.2) | 6.0個/m ² (±16.3) | 17.0個/m ² (±31.7) |
| | | | 無処理木 | 13 | 26.0cm (±5.8) | 24.1個/m ² (±41.5) | 41.7個/m ² (±54.5) |
| | | | p-値 | | 0.849 | 0.169 | 0.183 |

胸高直径と穿入孔密度の比較にはWelch testを用いた。

試験地Aのコナラについて、処理木の平均穿入孔密度は非常に低く、5%水準で処理間に有意差が検出された。試験地Cのミズナラについては、抽出された処理木の平均穿入孔密度は無

処理木の3~4割程度に相当し、地上高0.5~1.5mの範囲における平均穿入孔密度は50個/m²よりも十分に低かったが、処理間に有意差は検

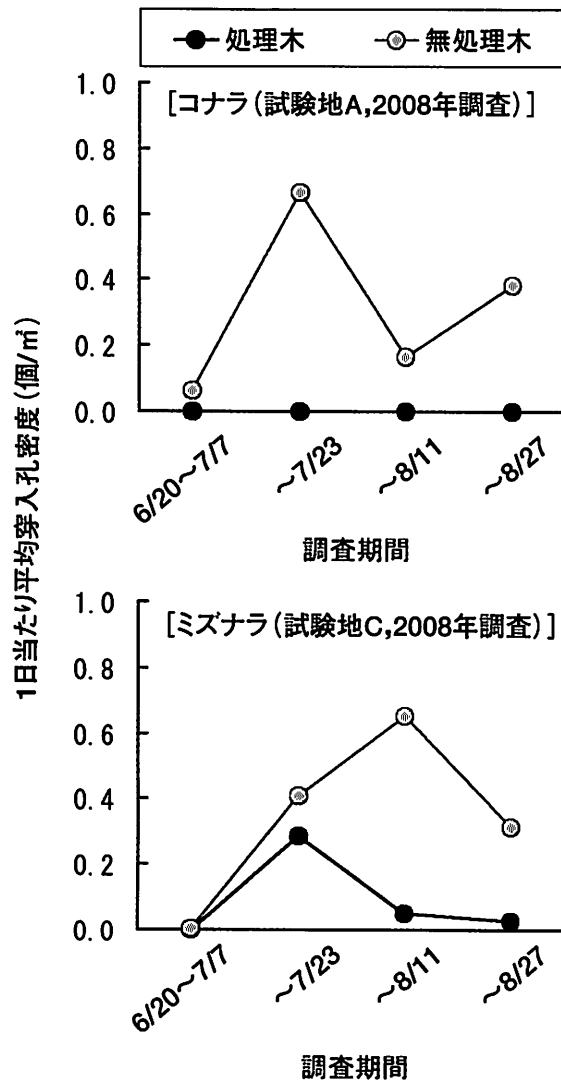


図-9 処理別にみた1日当たり平均穿入孔密度の増加数の推移 (MEP乳剤)

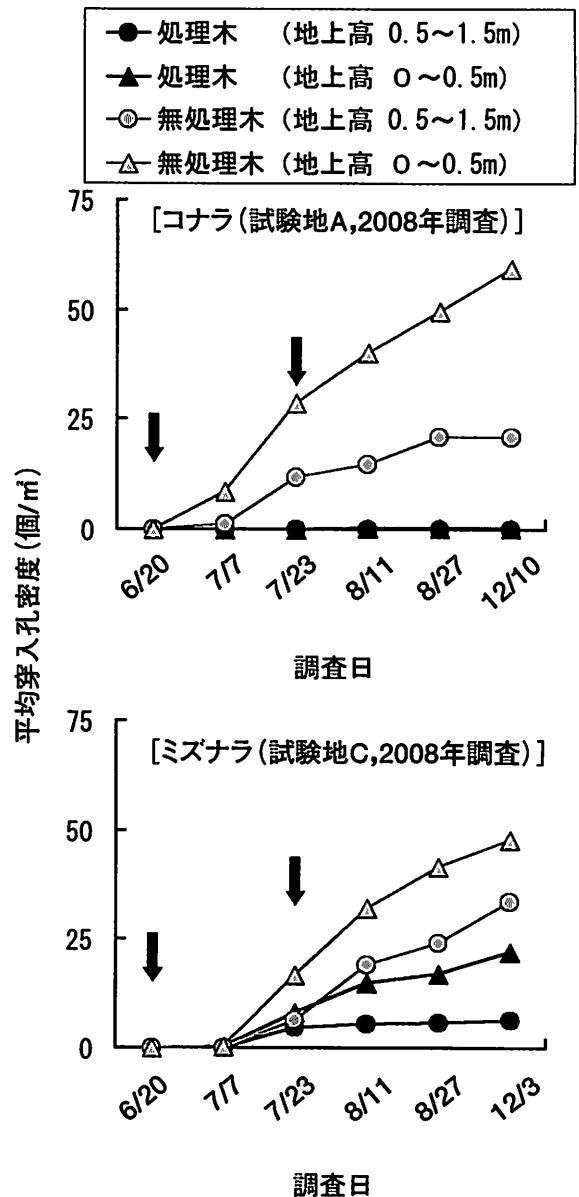


図-10 処理別にみた平均穿入孔密度の累積数の推移 (MEP乳剤)
図中の矢印は殺虫剤の散布日を示す。

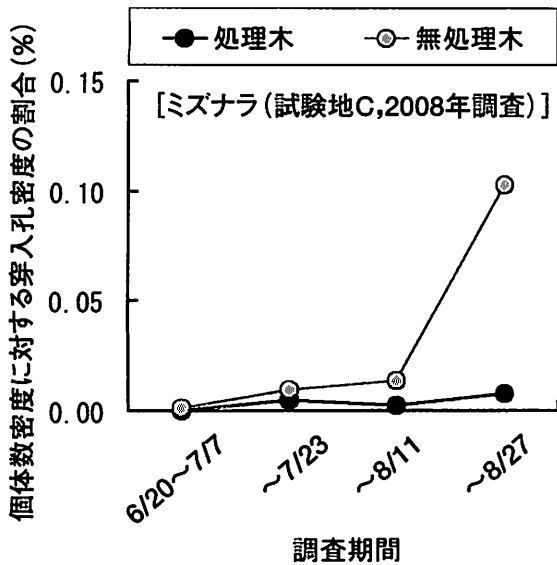


図-11 処理別にみたカシナガ成虫の個体数密度に対する穿入孔密度の割合の平均値の推移 (MEP乳剤)

出されなかった。コナラの処理木の平均穿入孔密度はミズナラの処理木よりも低かったが、無処理木では樹種間の違いは明瞭でなかった。また、それぞれの試験地に共通して、地上高0～0.5mの範囲の平均穿入孔密度は0.5～1.5mの範囲よりも高い傾向が認められた。胸高直径に関して、5%水準で処理間に有意差は検出されなかった。

2008年の試験地Aのコナラについて、抽出された試験木のうち、無処理木の調査期間を1日当たりに換算した平均穿入孔密度は、7月8～23日の期間に最も増加したが、処理木では調査期間を通してほとんど増加しなかった。試験地Cのミズナラについては、無処理木の平均穿入孔密度は7月24日～8月11日の期間に最も増加したが、処理木では7月8～23日に最も増加した後、2回目の散布直後に当たる7月24日～8月11日にはわずかな増加にとどまった(図-9)。

2008年の試験地Aのコナラと試験地Cのミズナラについて、抽出された試験木のうち、無処理木の平均穿入孔密度は調査期間を通して増加する傾向を示した。また、試験地Cのミズナラについては、処理木の地上高0.5～1.5mの範囲における平均穿入孔密度は、7月23日を過ぎてほとんど増加しなかったが、0～0.5mの範囲における平均穿入孔密度は無処理木と同様に増加する傾向を示した(図-10)。

比較的多くの処理木が穿入された試験地Cの

ミズナラについて、抽出された処理木と無処理木の、粘着トラップに捕獲されたカシナガ成虫の個体数密度に対する穿入孔密度の割合の平均値を求めた(図-11)。

無処理木の個体数密度に対する穿入孔密度の割合は8月11日を過ぎて急激に増加した。処理木の個体数密度に対する穿入孔密度の割合は、無処理木よりも低い値にとどまり続けたが、殺虫剤の散布直後に当たる6月20日～7月7日と7月24日～8月11日の期間にはさらに低い値を示した。

3. 4. 薬害

3. 4. 1. MPP油剤の処理と薬害

MPP油剤の予防効果試験では、処理木の樹皮が黒ずみ、薬液が飛散した範囲において葉の萎凋・変色が認められた。しかし、幹や枝に薬害による枯損は発生しなかった。使用基準よりも高濃度の薬液を散布した薬害試験でも、結果は同様であった。また、林床の低木には薬害による枯損が発生した。

3. 4. 2. MEP乳剤の処理と薬害

MEP乳剤の予防効果試験では、処理木に薬害による枯損は発生しなかった。また、林床の低木にも薬害による枯損は発生しなかった。しかし、処理木の樹皮に着生した蘚苔類に、薬害による枯損が発生した。

4. 考察

MPP油剤の予防効果試験から、同剤にはカシナガの穿入を抑制する効果は認められたが、枯損被害を予防する効果は認められなかった。また、MEP乳剤の予防効果試験から、同剤には穿入を抑制する効果、および枯損被害を予防する効果が認められた。

MPP油剤の予防効果試験では、試験木数がMEP乳剤の予防効果試験と比較して少なかったため、被害形態に処理間の違いが検出されなかった可能性がある。また、樹幹散布の方法に関して、中村ら(1996)は地上高0～4mの範囲では効果が十分でなかったことを報告している。MPP油剤をMEP乳剤と同じく、地上高0～6mの範囲に散布していれば、枯損被害が軽減された可能性が指摘された。

MEP乳剤の予防効果試験では、処理木の平均

胸高直径は無処理木よりも大きく、試験地Cのミズナラについては明瞭な違いが認められた(表-4)。コナラやミズナラの直径サイズが大きくなるほど、穿入孔密度は増加することから、被害を受けやすいと考えられている(布川, 1993; 小林・上田, 2001; 西村ら, 2005)。したがって、MEP乳剤の予防効果試験では、枯損被害を予防する効果が過小に評価された可能性がある。

MPP油剤とMEP乳剤の予防効果試験では、試験地B・試験地Cのミズナラの処理木に枯死が発生した(表-3・表-4)。杉本ら(2009)もMEP乳剤を同様の方法によって散布したところ、ミズナラの処理木に枯死が少なからず発生したことを報告している。ミズナラの被害に対する感受性はコナラよりも高いことが知られており(小林・萩田, 2000)、本研究の結果(図-7)はこれを支持している。感受性の高いミズナラの被害を十分に予防するためには、殺虫剤の効果をさらに高める必要がある。

MEP乳剤に穿入を抑制する効果が認められたこと(表-7・表-8)は、江崎(2008a)や杉本ら(2010)の報告と一致した。また、ミズナラの処理木の穿入孔密度がコナラの処理木よりも高かったこと(表-8)は、江崎(2008a)の報告とは異なり、杉本ら(2009)および杉本ら(2010)の報告と同様の傾向を示した。MEP乳剤の予防効果試験において、ミズナラの処理木の穿入孔密度が高く、またコナラとは異なり処理別の違いが検出されなかったのは、ミズナラの樹皮には間隙が多く、薬液の散布むらが多かったためと推定された。

また、試験地Cのミズナラの処理木では、地上高0~0.5mの範囲における穿入孔密度は0.5~1.5mの範囲における穿入孔密度と比較して、無処理木に対する割合がやや高く(表-8)、かつ調査期間を通して増加する傾向が明瞭であった(図-10)。これらの結果から、地際の根張り付近の形状が複雑なため、薬液の散布むらが多かった可能性が指摘された。樹幹の下部に殺虫剤を散布する際には、薬液が隅々まで浸透するよう注意を払う必要がある。

カシナガ成虫の飛来が確認された試験木数の頻度に処理間の違いが検出されなかったことから(表-5・表-6)、MPP油剤とMEP乳剤が成虫の飛来を抑制する、忌避の効果は明瞭でなかった。成虫の個体数密度に処理別の違いが

検出されたのは、処理木では穿入が失敗し、マスタックが発生しにくかったためと推定された。

無処理木では、成虫の個体数密度(図-5)と穿入孔密度の増加数(図-9)のパターンはよく対応しており、成虫の飛来と穿入が同じ時期に起こったことを表している。試験地B・試験地Cのミズナラにおいて、成虫の個体数密度や穿入孔密度の増加数に関する処理間の違いを、殺虫剤の2回目の散布前後の期間で比較すると、処理木では散布直前の期間にそれぞれの値が相対的に高くなり、散布直後の期間には低くなった(図-4・図-5・図-9)。また、MEP乳剤の処理木における成虫の個体数密度に対する穿入孔密度の割合は、散布直後の期間に非常に低くなった(図-11)。これらの結果は、殺虫剤の効果が散布前後の期間に変化したことを表しており、その効果が散布時からの時間の経過にともなって低下したことを示唆している。なお、図-11のミズナラの無処理木において成虫の個体数密度に対する穿入孔密度の割合が急激に増加したのは、マスタックが高い頻度で起こったためと推定された。

MEP乳剤を散布した直後の期間、17日および19日間に処理木の穿入孔密度の増加数が少なかったこと(図-9)は、同剤の高い効果が3週間持続したことを示した江崎(2008a)の報告と、およそ一致した。したがって、同剤を散布する間隔は3週間程度がよいと判断された。

西村ら(2007)は、富山県におけるカシナガ成虫の脱出が6月下旬から始まり、8月下旬にはほぼ終わったことを報告している。したがって、この期間中は殺虫剤の効果を持続させる必要がある。散布ごとに前述した3週間の間隔をおく場合、この期間に対応した散布の回数は少なくとも3回になる。

その一方、試験地Aのコナラと試験地Cのミズナラについては、穿入孔密度が8月下旬を過ぎても増加した(図-10)。杉本ら(2010)は、福井県における粘着トラップに捕獲された成虫の個体数が、9月中旬に再び増加したことを報告している。試験地Cのミズナラについて、8月下旬を過ぎてから形成された穿入孔は、遅い時期に発生した枯死の原因になった可能性が指摘された(図-3)。成虫の発生・飛翔パターンには変動があると推定されるが、被害を確実に

に予防するためには、殺虫剤の効果を持続させる期間を、8月下旬より遅い時期まで延長した方がよいと判断された。

試験地の周辺では調査年の前年に枯死した被害木が観察されたことから、調査年には試験地内での被害の拡大が予想された。しかしながら、2007年の試験地Aのコナラにおける調査ではカシナガが侵入した痕跡がほとんど認められず(表-6)、殺虫剤を散布するタイミングを判断することが困難な事例を示した。被害を確実に予防するためには、被害を予測する方法についても検討する必要がある。

MPP油剤とMEP乳剤の樹幹散布によって、コナラやミズナラが枯死に至ることはなかったが、周辺の植生に薬害が発生して美観を損ねる恐れがある。園地などに使用する場合には、散布時に林床をビニールシートで覆うなどの対策を施すべきである。

MPP油剤に関しては適用樹種が限られており、他の樹種に散布するには試験を追加する必要がある。MEP乳剤に関しては適用樹種が多く、カシ類がこれらに含まれている(日本植物防疫協会, 2009)。また、江崎(2008b)はMEP乳剤に関して高濃度の薬液を散布した薬害試験を実施しており、コナラとその他のブナ科樹種3種に異常が見られなかったことを報告している。したがって、適用樹種に関しては、MEP乳剤が被害の予防に適している。

殺虫剤の樹幹散布には、樹体を傷付けることなく使用できる利点がある。また、カシナガの成虫に直接作用するため、殺菌剤の樹幹注入に比べて即効性があり、成虫の飛来を確認してからの使用も可能である。

反面、樹幹散布の作業時には薬液に触れやすく、既に開発されている殺菌剤の樹幹注入よりも安全性に劣る。また、大量の薬液を予防の対象となる箇所まで運搬あるいは導出する必要があり、殺菌剤の樹幹注入よりも可搬性に劣る。さらに、殺虫剤が樹幹表面に残留するため、周辺の昆虫相に影響を及ぼす可能性も指摘される。

カシナガによる被害の拡大を背景に、効果的な予防方法の開発に対する要求は、今後さらに高まると予想される。本研究の結果は、殺虫剤の樹幹散布に関して、散布の時期や回数に改良すべき点を含んでいるものの、被害の予防が可能な選択肢を提示している。

5. 謝辞

本研究の遂行に当たり、石川県林業試験場の江崎功二郎博士には、殺虫剤の選定と樹幹散布、被害の予防効果の評価方法に関する様々な御指示をいただいた。福井県総合グリーンセンターの杉本孝司氏には、被害の予防に関する有益な情報を御提供いただいた。また、富山県魚津農地林務事務所(当時)の酒井 肇氏と富山県森林研究所(当時)の安田 洋氏には、試験地の設定に御尽力いただいた。同研究所の岡本敏光氏には、樹幹散布の作業に多くの労を賜った。さらに、同研究所の各位には調査への御助言や御助力をいただいた。ここに記して厚く感謝の意を表す。

引用文献

- 江崎功二郎：フェニトロチオン乳剤の樹幹散布によるカシノナガキクイムシの穿入防止効果，日林誌 90：391-396 (2008a)
- 江崎功二郎：MEP乳剤によるナラ枯損被害防止効果と薬害試験，林業と薬剤 186：9-12 (2008b)
- Esaki, K., Kamata, N. and Kato, K. : A Sticky screen trap for surveying aerial populations of the ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae), Appl. Entomol. Zool. 37 : 27-35 (2002)
- 江崎功二郎・鎌田直人・加藤賢隆・井下田寛：カシノナガキクイムシの穿入と枯損木拡大経過，森林防疫 51 : 131-135 (2002)
- Hijii, N., Kajimura, H., Urano, T., Kinuura, H., and Itami, H. : The mass mortality of oak trees induced by *Platypus quercivorus* (Murayama) and *Platypus calamus* Blandford (Coleoptera: Platypodidae) - Density and spatial distribution of attack by the beetles -, Jpn. For. Soc. 73 : 471-476, (1991)
- 伊藤進一郎・山田利博：ナラ類集団枯損被害の分布と拡大，日林誌 80 : 229-232 (1998)
- 加藤賢隆・江崎功二郎・井下田寛・鎌田直人：カシノナガキクイムシのブナ科樹種4種における繁殖成功度の比較(予報)，中森研49 : 81-84 (2001)
- 小林正秀・萩田 実：ナラ類集団枯損の発生経過とカシノナガキクイムシの捕獲，森林応用研究 9 : 133-140 (2000)

- 小林正秀・野崎 愛：ミズナラにおける地上高別のカシノナガキクイムシの穿入孔数と成虫脱出数，森林応用研究 12：143-149 (2003)
- 小林正秀・上田明良：ナラ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 10：79-84 (2001)
- Kubono, T. and Ito, S. : *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*) , *Mycoscience* 43 : 255-260 (2002)
- 中村人史・斉藤正一・三浦直美・三河孝一・小野瀬浩司：ナラ類集団枯損被害におけるカシノナガキクイムシの加害特性と防除に関する一考察，山形県林試研報 26：9-13 (1996)
- 日本植物防疫協会：作物別適用のある病害虫防除剤表・樹木類（木本植物） 他，農業適用一覧表 2009年版：660-689 (2009)
- 西村正史・松浦崇遠・高島幸司・小林裕之：ナラ類集団枯損を引き起こすカシノナガキクイムシの富山県における生態と防除，富山県林技セ研報 20：1-10 (2007)
- 西村正史・森 靖弘・成田英隆：ミズナラ枯損木の丸太の大きさに伴うカシノナガキクイムシの穿入孔数の違い，富山県林技セ研報 18：1-4 (2005)
- 布川耕市：新潟県におけるカシノナガキクイムシの被害とその分布について，森林防疫 42：6-9 (1993)
- 林業薬剤協会：緑化木の病害虫 - 見分け方と防除薬剤 - 第3版，145pp (2010)
- 斉藤正一・中村人史：殺虫剤と接着剤によるナラ類集団枯損被害の防除法，公立林業試験研究機関研究成果選集 2：19-20 (2005)
- 杉本孝司：ナラ枯れの防止試験から - 穿孔防止対策の高さと穿孔数の検討 - ，若越の林業 575：7 (2005)
- 杉本孝司・谷口 道・橋本哲夫：薬剤を用いたカシノナガキクイムシによるナラ類枯損防止法の開発（Ⅰ），福井県総合グリーンセ林業報 47：9-10 (2009)
- 杉本孝司・谷口 道・川端秀治：薬剤を用いたカシノナガキクイムシによるナラ類枯損防止法の開発（Ⅱ），福井県総合グリーンセ林業報 48：3-4 (2010)
- 富山県農林水産部：森林被害 (1) 森林病害虫等防除実績，平成17年度富山県林業統計書：108 (2007)
- 富山県農林水産部：森林被害 (1) 森林病害虫等防除実績，平成20年度富山県森林・林業統計書：117 (2010)

Summary

In this study, preventive effects of spraying stem surface with two kinds of insecticides, fenthion oil solution and fenitrothion emulsion on oak (*Quercus serrata* and *Q. crispula*) mortal damage were investigated by boring control of ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). In the case of spraying with these insecticides two times, late in June and July, the entrance hole density of sprayed trees decreased to the level with 0 to 40 percent of non-sprayed trees. Moreover, the results showed mortal damage of trees was not preventable by fenthion oil solution and was reduced by fenitrothion emulsion. However, the boring control by fenitrothion emulsion was sufficiently effective about three weeks after spraying, therefore it was concluded that this insecticide were required spraying at least three times to keep the effectiveness during the period from late in June to late in August when most of *P. quercivorus* adults emerged.