

# 広葉樹資源の有効利用を目指したナラ枯れの低コスト防除技術の開発

岡田充弘\*・清水香代・大矢信次郎

カシノナガクイムシが病原菌を媒介するブナ科樹木萎凋病によるナラ類枯損被害対策として、注入容器を使わない微量樹幹注入処理の被害予防効果および本処理による作業コスト低減効果等を検討した。その結果、1孔当たりの薬液施用量がこれまでの1/400で、従来の殺菌剤樹幹注入と同等の被害予防効果が確認された。また、従来の方法に比べて、資材の運搬労力が大幅に低減されるとともに、作業時間とコストが従来の1/2以下と大幅に低減された。人工フェロモン剤を利用したカシナガ駆除対策として開発されたおとり丸太による誘引技術の現地適応性について検討したところ、①おとり丸太での誘引は、ヒノキ人工林などの針葉樹林でも実施可能で、周辺木への被害防止のコストが不要になること、②2~3m<sup>3</sup>のおとり丸太では3,000孔/m<sup>3</sup>程度までの誘引が可能、③周辺の誘引物（伐根、傷ついた立木など）があると誘引効果に負の影響を与えること等が確認された。

キーワード：カシノナガクイムシ、微量樹幹注入、被害予防、防除技術

## 1 緒言

カシノナガクイムシ (*Platypus quercivorus*, 以下カシナガ) が媒介する病原菌 (*Raffaelea quercivora*, 以下ナラ菌) が引き起こすブナ科樹木萎凋病によるナラ類枯損(以下、ナラ枯れ)は、ナラ菌がブナ類を除くブナ科樹種の辺材部で繁殖することで通水阻害を起こし萎凋症状を呈し枯損する病害であり、これまでに31都府県に拡大している。本県においても、県北部と南部で被害が拡大するとともに、標高1,000mを超える高標高地域にも発生し始めている。本病害に対する対策としては、媒介昆虫のカシナガ、病原菌のナラ菌、ナラなどの被害樹種の三者のつながりの一部を遮断することが重要である。

そのため、カシナガを対象とした防除対策としては、被害木に穿孔寄生しているカシナガの駆除(斉藤ら 1999; 岡田ら 2007, 2010; 大橋 2012)や生立木への穿孔防止(小林・萩田 2003; 小林・吉井 2014, 斉藤ら 2003; 大橋 2007; 江崎 2008)のための方法が開発され、実用化されている。一方、病原菌であるナラ菌に焦点をあて、カシナガが穿孔時に持ち込んだナラ菌の辺材内での伸長を抑制し被害を予防する方法として、防カビ剤の樹幹注入処理法(斉藤ら 2006)が開発された。その発展形として、殺菌剤水溶液の樹幹注入処理法が開発され、薬剤の農薬登録も完了し実用化された(岡田ら 2008; 斉藤ら 2014a)。

これらの方法は、これまでのマツ材線虫病予防の樹幹注入処理(松浦 1984)と同様に、薬液を充填したノズル付注入容器を注入孔に挿し込んで処理する。そのため、森林内で被害予防の作業を行う際には、1か所あたりの経費が1,000円以上と高価であった。また現行処理は、カシナガの発生前に樹体内に成分を拡散させるため、展葉期に注入処理が行われている。しかし、この時期の処理は、予算や他の森林作業などとの関係で時間的・物理的な制約を受け実施が難しい。そのため、カシナガの穿孔と当年被害の発生が一段落する9月以降に、翌年に向けた処理ができれば、被害の発生状況にあわせた対策が可能となり、非常に有効である。

これらの問題点を解消できれば、省力的かつ安価で、廃棄物が少ない、より実用的な方法となる。本研究では、薬剤の有効成分濃度を高めて薬液量を大幅に少なくして、注入容器を使わずに樹幹注入する方法の開発を目的とし、微量樹幹注入処理の枯損予防効果、適切な処理時期、微量樹幹注入の特性を生かした処理方法、および本処理による作業コスト低減効果などについて検討した。

また、あわせて人工フェロモン剤を利用したカシナガ駆除対策として開発されたおとり丸太による誘引技術の現地適応性を検討することを目的とした。

なお、本研究は、農林水産業・食品産業科学技

\*現 木曾地方事務所林務課(前 林業総合センター育林部)

術研究推進事業「広葉樹資源の有効利用を目指したナラ枯れの低コスト防除技術の開発(24030)平成24-26年度)」及び、県単事業「カシノナガキクイムシ合成フェロモン活用防除技術検証事業(平成24-26年度)」により実施した。

なお成果の一部は、第123回日本森林学会、第124回日本森林学会、第125回日本森林学会で発表するとともに、森林防疫に報告した(岡田ら2013, 岡田ら2014a, 岡田ら2014b, 岡田ら2015)。

## 2 微量樹幹注入処理の実用化

ナラ枯れ防除薬剤として、既にトリホリン0.036%乳剤(商品名ウッドキング SP, 以下 SP)が農薬登録されている。以下の実験では SP の有効成分であるトリホリンの濃度を高めたトリホリン15%乳剤(以下 KW)を供試薬剤とした。また、対照薬剤としては SP を使用した。なお、KW は予備試験においてナラ類樹幹辺材部での有効成分トリホリンの垂直および水平方向への拡散が確認されている。

### 2.1 KW の樹幹注入処理による枯損予防効果

#### 2.1.1 試験地および試験区

試験地は、2011年には飯山市斑尾のミズナラ、ブナを主体とする二次林(標高950m, 以下斑尾)を、2012年は北安曇郡小谷村梅池のミズナラ、コナラを主体とする広葉樹二次壮齢林の被害林分(標高約780m, 2011年被害初確認, 以下梅池)とした(表-1)。

供試木は、カシナガの穿孔履歴がないミズナラ立木とし、斑尾は総供試本数59本、梅池は総供試本数42本とした(表-1)。

試験区は、斑尾が、KW区(注入量0.5ml/孔)、薬害の有無を確認するためのKW倍量区(注入量1.0ml/孔)、SP区(注入量200ml/孔)、対照区(注入無)の4区とし、梅池は、KW区、SP区、対照区の3区とし、各試験区の供試本数は5本以上とした。

#### 2.1.2 方法

##### (1) 処理方法

各処理区では、表-2に従って薬剤を注入した。

注入孔は、地上高20cmの樹幹に水平方向に対して下向きに30~45度となるように、充電式ドリルを使用して、深さ50~70mmの孔を開け作成した。

立木当たり注入孔数は、SPについては供試木の胸高直径を測定し、表-3に示した基準で決定し、注入は200ml注入ノズル付容器を用いて自然圧で注入した。KWは、1注入孔あたりのトリホリン量がSPと同量となる0.5mlに薬液量を決定し、注入には新たに開発した専用注入器具(写真-1, 以下器具)を用いた。KW倍量は1注入孔あたりをKWの倍量(1.0ml)を注入した。なお、KWとSPの注入はナラ類の展葉がほぼ完了した時期とし、斑尾は2011年6月15日に、梅池はKWを2012年5月30日に、SPを6月13日に実施した。



写真-1 専用注入器具

##### (2) 調査方法

調査は、薬液の注入状況、処理木の外観上の薬害の有無、萎凋状況、および地上高2mまでのカシナガ穿孔数について実施した。薬液の注入状況は、KWは注入孔内に薬液がみられなくなった時点で完了とし、SPは処理1週間後に容器内の薬液残量を測定して、注入予定量に対する注入済み量の比を注入成功率として算出した。薬害の有無は、注入1~4週後に樹冠を観察し、3段階(「正常」、「一部枯れ」、「半分枯れ」)に区分した。萎凋状況は、供試木の外観を「正常」、「異常」(樹冠の一部が萎凋あるいは変色)、「枯死」(樹冠の葉の全体が褐変)の3段階に区分して調査した。また、カシナガ穿孔数は、「無」、「穿孔少」(49孔以下)、「穿孔多」(50孔以上)の3段階に区分した。調査は、2011年は6月22日~10月14日、2012年は6月22日~10月14日に行った。

#### 2.1.3 結果と考察

斑尾では、KW区、KW倍量区の注入は、1週間後には注入孔に薬液は残っておらず、注入成功率は100%であった。SP区では平均94.1%(最高:100%、

最低：41.3%) であり、平均で 90%を上回る注入成功率であった。柵池では、KW 区は、注入当日に注入成功率 100%を達成し、SP 区においても、平均注入成功率は 93.3%であった (表-1)。登録薬剤であるベノミル水和剤 (有効成分ベノミル 50%) 500 倍液の樹幹注入処理では、注入成功率が低くなると成分が樹体内に十分に拡散せず、枯損予防効果が低くなる (齊藤ら 2014a) ことが指摘されている。今回の処理では、両区の比較に十分な薬剤が注入できたと考えられた。

また、薬液の注入による薬害の発生は認められ

ず、KW 区、KW 倍量区、SP 区ともに注入 1~4 週間まで、全ての供試木が正常であった (表-1)。

齊藤ら (2014b) も、KW を本試験の 1 孔あたりの注入量の倍量の注入を行い、供試木に薬害の発生がみられなかったことを報告している。これらのことから、本試験の KW 通常処理量の 2 倍量においても薬害は発生しないと判断された。

各試験区における供試木のカシナガ穿孔数、および萎凋状況を表-1 に示した。

斑尾では、KW 区では穿孔多 (50 孔以上) の供試木 11 本中 8 本が正常で、SP 区では穿孔多 (50

表-1 KW 樹幹注入処理による枯損予防試験結果 (飯山市斑尾 (2011), 小谷村柵池 (2012) )

試験地	試験区	樹種	供試本数	胸高直径 (平均±SD)	注入成功率 (平均±SD)	薬害の有無			供試木の状態				
						樹冠の状態	1週間後	2週間後	4週間後	生死など区分	穿孔無 (0孔)	穿孔少 (49孔以下)	穿孔多 (50孔以上)
斑尾	KW区	ミズナラ	18	23.9±6.78cm	100.0±0.0%	一部枯れ				枯死			2
						半分枯れ				異常			1
						正常	18	18	18	正常	3	4	8
	KW倍量区	ミズナラ	6	14.8±2.15cm	100.0±0.0%	一部枯れ				枯死			
半分枯れ									異常				
正常						6	6	6	正常	2	4		
斑尾	SP区	ミズナラ	21	22.9±5.84cm	94.1±16.8%	一部枯れ				枯死			2
						半分枯れ				異常			2
						正常	21	21	21	正常	5	4	8
	対照区	ミズナラ	14	22.6±4.65cm	-	一部枯れ				枯死			8
					半分枯れ				異常				
					正常	14	14	14	正常	6			
柵池	KW区	ミズナラ	15	22.1±6.22cm	100.0±0.0%	一部枯れ				枯死			
						半分枯れ				異常			
						正常	15	15	15	正常	12	0	3
	SP区	ミズナラ	14	21.1±6.38cm	93.3±14.1%	一部枯れ				枯死			
半分枯れ									異常			2	
正常						14	14	14	正常	7	2	3	
対照区	ミズナラ	13	23.8±7.26cm	-	一部枯れ				枯死			3	
					半分枯れ				異常		1	3	
					正常	13	13	13	正常	6			

表-2 樹幹注入各処理区の注入方法の差異

試験区	注入孔当たり薬液注入量	注入孔ドリル径	注入方法
KW区	0.5ml	5mm	注入孔に1孔あたり0.5mlを自然圧で注入した。
KW倍量区	1.0ml	5mm	注入孔に1孔あたり1.0mlを自然圧で注入した。
SP区	200ml	7mm	注入孔に薬液入り注入容器のノズルを挿し込み自然圧で注入した。
無処理	-	-	無処理

表-3 薬剤樹幹注入孔数の基準

胸高直径	注入孔数
20cm未満	4孔
20~30cm	5~6孔
30~40cm	7~10孔
40~50cm	11~16孔

孔以上) の供試木 12 本中 8 本が正常であった。また枯死した供試木は、KW 区が 2 本、SP 区が 2 本、葉の減少などの異常がみられた供試木は、KW 区が 1 本、SP 区が 2 本であった。これに対して対照区では、穿孔多 (50 孔以上) の供試木 8 本すべてが枯死した。

柵池では、KW 区では穿孔多 (50 孔以上) の供試木 3 本全てが正常で、SP 区では 5 本中 3 本が正常であり、残りの 2 本は異常であった。これに対して対照区では、穿孔多の供試木 6 本中 3 本が枯死し、3 本が異常であった (表-1)。また、穿孔少の供試木 1 本も異常であった (表-1)。

穿孔多の供試木枯死率は、斑尾では、対照区の枯死率 100% であったのに対して、薬剤処理をした試験区の枯死率は、KW 区が 18.2%、SP 区が 16.7% となった。柵池では、対照区が 50% であったのに対して、KW 区、SP 区が 0% であるとともに、枯死を含む異常木の発生状況を比較すると、斑尾、柵池ともに対照区と KW 区では有意な差がみられた (Fisher の正確確率検定 斑尾:  $p=0.0021$  柵池:  $p=0.0119$ )。これらのことから、KW の少量樹幹注入処理は、SP と同等のナラ枯れ枯損予防効果が認められると考えられた。また、山形県で実施された枯損予防効果試験においても、KW 区の枯死率は、対照区の枯死率に対して低く、今回の結果を支持する結果であった (齊藤ら 2014a)。

## 2.2 微量樹幹注入処理の実施時期の検討

被害予防のための樹幹注入処理は、カシナガの

脱出前の展葉期に注入処理が行われているが、処理時期の拡大を図るため、秋期処理について検討した。

### 2.2.1 方法

試験は、2011 年は柵池で、2012 年は長野県北安曇郡小谷村蕨平のミズナラ、コナラを主体とする二次壮齡林の被害林分 (標高 820~850m、被害状況: 2012 年被害初確認、以下 蕨平) で実施した。

供試薬剤は KW とし、柵池ではミズナラ 26 本 (KW 区、対照区各 13 本)、蕨平ではミズナラ 30 本 (KW 区、対照区各 15 本) を供試木とした (表-4)。

薬剤注入処理を、前述の方法で紅葉が始まる前の秋期、すなわち柵池では 2011 年 10 月 4 日、蕨平では 2012 年 10 月 19 日に実施した。

注入処理後は、前述の方法で薬液の注入状況、処理木の外観上の薬害の有無、萎凋症状、および地上高 2m までのカシナガ穿孔数を処理翌年のカシナガ発生期に調査した。

### 2.2.2 結果と考察

各処理区における供試木のカシナガ穿孔数、および萎凋状況を表-4 に示した。柵池においては、KW 区では穿孔多の供試木 3 本全てが正常で、枯死木は発生しなかった。一方、対照区では 6 本中 3 本が枯死し、残る 3 本も異常であった。蕨平においては、KW 区では穿孔多の供試木 10 本中 7 本が正常、2 本が枯死、1 本が異常木であったが、対照区では、8 本中 6 本が枯死し、残る 2 本も異常であった。

これらの結果は、前述の枯損予防効果の結果と

表-4 KW 樹幹注入の秋期処理による枯損予防試験結果

(小谷村柵池 (2011), 小谷村蕨平 (2012) )

試験地	試験区	樹種	供試本数	胸高直径 (平均±SD)	注入成功率 (平均±SD)	薬害の有無			供試木の状態			
						樹冠の状態	1週間後	翌年6月	生死など区分	穿孔無 (0孔)	穿孔少 (49孔以下)	穿孔多 (50孔以上)
柵池 2011年 秋処理	KW区	ミズナラ	13	20.5±5.51cm	100.0±0.0%	一部枯れ 半分枯れ 正常	13	13	枯死 異常 正常	4	6	3
	対照区	ミズナラ	13	23.8±7.26cm	—	一部枯れ 半分枯れ 正常	—	—	枯死 異常 正常	—	1	3
蕨平 2012年 秋処理	KW区	ミズナラ	15	25.3±4.06cm	100.0±0.0%	一部枯れ 半分枯れ 正常	15	15	枯死 異常 正常	4	1	7
	対照区	ミズナラ	15	23.9±3.09cm	—	一部枯れ 半分枯れ 正常	—	—	枯死 異常 正常	4	—	3

ほぼ同様であり、対照区に対して明らかに枯損予防効果を示している。また、山形県で実施された秋期の注入処理においても、KW区では枯損木はなく、対照区の平均枯損率が29.0%であった(斉藤2014a)。これらのことから、秋期のKWによる少量注入処理は、春期処理と同等の枯損予防効果があることと判断できた。

### 2.3 根曲り木に対する微量注入による効果的な処理方法の検証

豪雪地域に多い根曲り木では、注入容器による従来の樹幹注入処理は、谷側の根元周辺に注入が難しく、枯損予防効果にバラツキが生じやすい。そのため、容器を用いない微量樹幹注入の特性を利用してこれまで難しかった谷側根元周辺に注入を行うことで、枯損予防効果の安定化を図ることを目的とした。

#### 2.3.1 方法

試験は、2014年に蔵平で実施し、供試木はミズナラ健全木30本(DBH:15cm(株立)~42.4cm)とし、

直立木区、根曲り木区、対照区の3区各10本とした。供試薬剤は、KWを用い、試験区は直立木区、根曲り木区、対照(無処理)区の3区各10本とした。供試木の薬剤注入量は、供試薬剤の基準に従い、供試木の胸高直径により決定した。

注入孔は、地上高20cm程度の位置とし、充電式ドリルで水平方向に対して下方に30~45度となるように環状に穿孔した。注入孔当たりの薬液量、及び注入方法は図-1、表-5に示したとおりとした(処理年月日:2014年5月27日)。

注入処理後は、前述の方法で薬液の注入状況、処理木の外観上の薬害の有無、萎凋症状、および地上高2mまでのカシナガ穿孔数を調査した。調査は、当年のナラ枯れ被害がほぼ収まった10月15日まで定期的に月2回以上行った。

#### 2.3.2 結果と考察

各試験区における供試木のカシナガ穿孔数、および萎凋状況をみると、根曲り木区、直立木区ともに、穿孔多(50孔以上)の供試木6本中4本が正常、残り2本が枯損を含む異常であった。これ

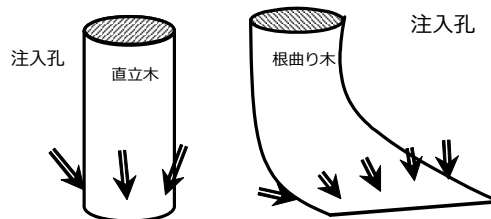


図-1 試験区別注入孔の配置例

表-5 KW 樹幹注入根曲り木処理の諸元

試験区	ドリル径	注入薬量	注入方法
根曲り木区	5mm	胸高直径換算の標準薬量	1孔当たり薬量を0.3mlとして、注入薬量から注入孔数(標準の1.5倍)を算出し、自然圧で注入した。谷側地際にも注入した。
直立木区			標準注入孔数で1孔あたり0.5mlを自然圧で注入した。

表-6 KW 樹幹注入の根曲り木処理による枯損予防試験結果(小谷村蔵平(2014))

試験区	樹種	供試本数	胸高直径(平均±SD)	注入成功率(平均±SD)	薬害の有無		供試木の状態			
					樹冠の状態	1週間後	4週間後	生死など区分	穿孔無(0孔)	穿孔少(49孔以下)
根曲り木区	ミズナラ	10	22.2±7.06cm	100.0±0.0%	一部枯れ			枯死		1
					半分枯れ			異常		1
					正常	10	10	正常	1	3
直立木区	ミズナラ	10	21.8±3.54cm	100.0±0.0%	一部枯れ			枯死		1
					半分枯れ			異常		1
					正常	10	10	正常	2	2
対照区	ミズナラ	10	20.2±7.62cm	-	一部枯れ			枯死		3
					半分枯れ			異常		3
					正常	10	10	正常	4	

に対して対照区では、穿孔多の供試木 6 本中 3 本が枯死し、3 本が異常であった(表-6)。カシナガの穿孔による異常木の発生には、根曲り木区と直立木区の間には差がみられなかったが、対照区とは差がみられ (Fisher の正確確率検定,  $p=0.0303$ ), 根曲り木の処理においても直立木と同等程度の枯損予防効果が確認された。

根曲り木区では、少量注入の特徴を生かし、従来处理が難しかった谷側地際への注入が可能になったことと、1 孔当たりの注入量を減量して、地際周囲長の増加に対応して注入孔を増やす方法 (図-1, 表-5) を用いたことで、樹体内に成分がより均等に拡散され効果が安定化する可能性が示唆された。

しかし、2014 年はカシナガの穿孔数が少ない状況であり、安定した効果についてはカシナガの発生が多い条件でのさらなる検討も重要と考えられる。

## 2.4 KW と SP の処理作業の比較

### 2.4.1 方法

調査は蕨平で 2013 年に実施し、供試木はミズナラ 35 本とした (表-7)。

薬剤注入処理を、前述の方法で 2013 年 5 月 15

日に実施した。作業者ごとに処理作業をデジタルビデオで撮影し、作業を①作業者の移動、②注入容器などの資材運搬、③ドリル穿孔による注入孔の作成、④薬剤注入に分けて、それぞれの作業時間を計測した。

薬剤注入後は、前述の方法で薬液の注入状況、処理木の外観上の薬害の有無、萎凋状況、および地上高 2m までのカシナガ穿孔数について調査した。

### 2.4.2 結果と考察

KW 区と SP 区の 1 孔あたりの処理時間 (ドリル穿孔+薬剤注入) を比較すると、KW 区が平均 21.7 秒に対して、SP 区は平均 51.7 秒であり、KW 区では SP 区の 1/2 以下に処理時間が短縮された (図-2)。また、KW は器具の操作が容易なため、処理時間のバラつきが小さいが、SP は注入孔へのノズル挿入に手間取る場合があり、バラつきが大きかった (図-2)。山形県での調査でも同様に、KW の処理時間は SP の処理時間の 1/2 以下に短縮されたことから (斉藤 私信), KW を使用することにより、作業時間は半減すると考えられた。また、KW は注入処理が処理当日に完了したが、SP は 1 週間後に注入容器の回収で 10 分程度の時間を必要とした。

KW は、1 孔あたりの注入量が 0.5ml と SP の注

表-7 KW 樹幹注入処理による枯損予防試験結果 (2013 年 小谷村蕨平)

試験区	樹種	供試本数	胸高直径 (平均±SD)	注入成功率 (平均±SD)	薬害の有無			生死など区分	供試木の状態			
					樹冠の状態	1週間後	2週間後		4週間後	穿孔無 (0孔)	穿孔少 (49孔以下)	穿孔多 (50孔以上)
KW区	ミズナラ	10	25.3±5.37cm	100.0±0.0%	一部枯れ 半分枯れ 正常	10	10	10	枯死 異常 正常		4	6
SP区	ミズナラ	10	20.4±2.07cm	100.0±0.0%	一部枯れ 半分枯れ 正常	10	10	10	枯死 異常 正常	1	2	4
対照区	ミズナラ	15	23.9±3.09cm	—	一部枯れ 半分枯れ 正常	15	15	15	枯死 異常 正常	4		3

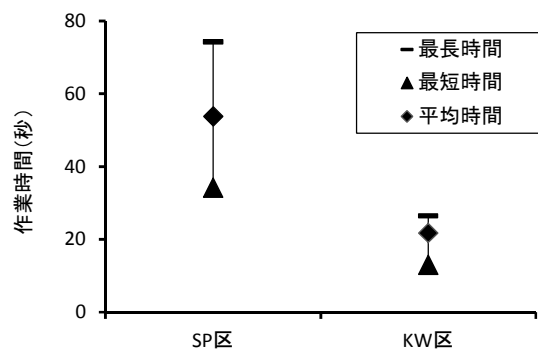


図-2 KW 区と SP 区の注入孔あたりの平均作業時間 (ドリル穿孔+薬剤注入) の比較

入量の1/400であることから、注入器に装着した50ml入容器ですべての処理が可能であった。これに対して、SPは、45本の注入容器(9kg以上)の運搬が必要であった。つまり、KWは現行処理に比べ作業時間だけでなく、資材の運搬面でも大幅に作業が軽減された。

なお、各処理区のカシナガ穿孔数、および萎凋状況をみると、梅池同様にKWの高い枯損予防効果が確認された(表-7)。

これらのことから、KWの少量樹幹注入処理は、高い枯損予防効果と処理時間が大幅に短縮できる高い作業性の両方を兼ね備えていると考えられた。

### 2.4.3 微量注入処理によるコスト削減効果の検討

KWとSPの1孔あたりの処理時間の結果を用いて、両者のコストを計算し、コスト削減効果を検証した。コスト計算の条件は、以下のとおりである。

薬剤価格：KW50ml(100孔分) 39,800円(税抜)

SP200ml(1孔分) 880円(税抜)

労務単価：普通作業員 15,700円/日

標準処理木：ナラ類(DBH40cm, 注入孔数11孔)

作業員の1日作業時間：6時間

これらの条件で試算すると、KWは標準処理木1本あたり約6,190円であるのに対して、SPは13,920円であった(図-3)。

このコストの低下は、有効成分の高濃度化による薬液の少量化、注入容器への充填の不要化などで、薬剤価格が大幅に低下したことに加え、作業の省力化と作業時間の減少、それらに伴う作業員人工の減少によるものであった。

## 3 おとり丸太のカシナガ誘引効果調査

ナラ枯れの被害対策である人工フェロモンを活用したおとり丸太を用いたカシナガ誘引防除法は、カシナガの大量誘引後のおとり丸太を活用できる利点がある(斉藤ら 2015)。そのため、長野県においても現地試験を行い、誘引効果と適用方法の検討を目的とした。

### 3.1 調査地

調査地は、下伊那郡売木村白樺高原(以下売木)のコナラ、ミズナラ等広葉

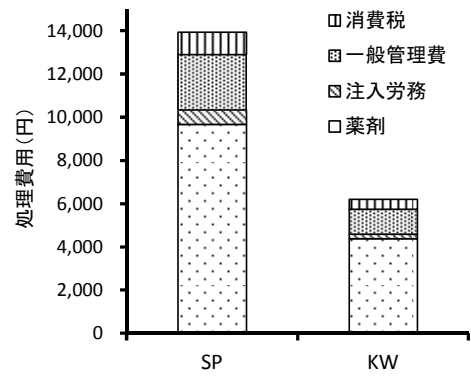


図-3 処理別1本(標準処理木)あたりの処理費用試算

樹二次林、ヒノキ人工林(標高：970~1,100m)、及び木曾郡南木曾町読書沼田(以下南木曾)のコナラ等広葉樹二次林、ヒノキ人工林(標高：420~430m)とした。

### 3.2 方法

供試材は、健全なナラ類丸太を設置日に伐採した後、1~2.0m程度に玉切り、道路沿いの森林内に集積し、人工フェロモン剤(カシナガコール：有効成分ケルキボロールラセミ体75%)とエタノールチューブを1集積当たり2組装着しておとり丸太とした。おとり丸太は、売木では、2012年、2013年はコナラ等の広葉樹二次林に1箇所、ヒノキ林に1箇所、2014年はコナラ等の広葉樹二次林に1箇所とし、南木曾では、2012年はコナラ等の広葉樹二次林に2箇所、ヒノキ林に1箇所、2013年はコナラ等の広葉樹二次林に2箇所に設置した(表-8)。

なお、おとり丸太設置箇所周辺の30m範囲にある健全なナラ類立木には、殺菌剤樹幹注入による

表-8 おとり丸太試験区の状況

試験地	実施年度	試験区	供試本数(材積)	設置月日	剥皮調査
売木	2012	広葉樹二次林	19本(0.30m <sup>3</sup> )	6月28日	11月15日
		ヒノキ人工林	16本(0.66m <sup>3</sup> )		
	2013	広葉樹二次林	58本(3.05m <sup>3</sup> )	6月20日	11月27日
		ヒノキ人工林	149本(2.86m <sup>3</sup> )		
南木曾	2012	広葉樹二次林	111本(2.62m <sup>3</sup> )	6月24日	11月16日
		広葉樹二次林	23本(0.28m <sup>3</sup> )		
	2012	広葉樹二次林	34本(0.31m <sup>3</sup> )	6月26日	11月21日
		ヒノキ人工林	29本(0.51m <sup>3</sup> )		
	2013	広葉樹二次林	78本(1.60m <sup>3</sup> )	6月26日	10月4日
		広葉樹二次林	85本(2.60m <sup>3</sup> )		

枯損防止処理を実施した。

調査は、おとり丸太設置後2週間に1回の間隔で供試材と周辺健全木を外観して、穿孔数を測定するとともに、カシナガの発生が終了した10月以降に供試木ごとに穿孔数を測定した(表-8)。

なお、調査は売木では2012年から2014年までの3ヶ年、南木曾では2012年から2013年の2ヶ年連続して実施した。

### 3.3 結果と考察

#### 3.3.1 おとり丸太への穿孔経過

おとり丸太へのカシナガの穿孔は、南木曾、売木ともに初回の調査(おとり丸太設置2週間後)で確認され、その後穿孔数は増加した。

南木曾では、おとり丸太設置2週間後には広葉樹二次林、ヒノキ林ともに穿孔が確認されたのに対して、売木では、まず広葉樹二次林のみで穿孔がみられたが、その後ヒノキ林でも穿孔が認められた。その後は、両調査地ともにカシナガの穿孔数は増加した。

山形県の大規模おとり丸太においても、スギ林でのカシナガの誘引ができていないことと一致した(斉藤2014b)

#### 3.3.2 おとり丸太への穿孔状況

総穿孔数は、売木では広葉樹二次林に設置したおとり丸太で穿孔数が多く、ヒノキ林で少なかった。また、2012年に比べ、2013年に設置する丸太の材積を増加させたことで、総穿孔数が大幅に増加した(表-9)。南木曾でも、総穿孔数が大幅に増加するとともに、材積1m<sup>3</sup>当たりの穿孔数も増加した(表-9)。しかし、材積当たり穿孔数では、3,000孔/m<sup>3</sup>を超えたところで頭打ち傾向もみられた(表-9)。

山形県のおとり丸太によるカシナガ誘引試験(斉藤ら2014b)においても、1ヶ所の集積量が1m<sup>3</sup>程度では約1,000孔/m<sup>3</sup>であり、今回の結果と一致していた。

これらのことから、おとり丸太による誘引捕殺では、集積する丸太材積を増やすことが効率的な捕獲につながると考えられた。しかし、材積あたりの穿孔数が3,000孔程度で頭

打ちしている傾向もみられたことから、おとり丸太の乾燥などの影響でカシナガの穿孔が少なくなっていったことが考えられた。

#### 3.3.3 おとり丸太周辺の立木への影響

##### (1) 売木

①2012年 おとり丸太設置箇所の広葉樹二次林、及びヒノキ林周辺ともに、カシナガの穿孔は確認されなかった。

②2013年 ヒノキ林周辺の供試材の採取伐根、及び100m程度離れた樹幹注入未処理のミズナラ立木2本が穿孔され枯損した。

またヒノキ林では、ヒノキ立木へのカシナガの穿孔はみられなかった。

④2014年 おとり丸太周辺の樹幹注入処理をしたミズナラ立木10本、および20m離れた樹幹注入未処理のミズナラ4本に穿孔がみられ、樹幹注入未処理の穿孔木4本が枯損した。

##### (2) 南木曾

①2012年 設置2週間後の調査からおとり丸太周辺のナラ類立木に穿孔がみられ、9月第4週の調査では、穿孔木45本が確認された。供試材伐採の際に損傷し、樹幹注入処理ができなかったコナラ立木3本は穿孔後発病して枯損したが、樹幹注入処理を行った立木では枯損木は発生しなかった。

またヒノキ林では、ヒノキ立木へのカシナガの穿孔はみられなかった。

表-9 おとり丸太のカシナガキクイムシ穿孔状況

調査地	調査年	設置箇所	供試木数	平均中央径(cm)	総材積(m <sup>3</sup> )	総穿孔数	材積あたり穿孔数(孔/m <sup>3</sup> )
売木	2012	広葉樹二次林	19	17.2 7.5-27.1	0.30	1,207	3,916
		ヒノキ人工林	16	15.2 8.9-32.8	0.66	2,202	3,319
	2013	広葉樹二次林	58	22.7 8.9-57.1	3.05	4,605	1,510
		ヒノキ人工林	149	14.9 8.2-36.6	2.86	1,632	571
	2014	広葉樹二次林	58	24.5 4.8-45.0	2.62	5,300	2,810
	南木曾	2012	広葉樹二次林	23	11 4.6-21.2	0.28	477
広葉樹二次林			34	15.4 9.4-23.9	0.31	578	1,888
ヒノキ人工林		29	22.2 13.7-27.8	0.51	616	1,210	
2013		広葉樹二次林	23	15.4 8.0-25.0	1.60	4,920	3,075
		広葉樹二次林	34	14.9 8.2-36.6	2.60	6,687	2,572



②2013年 おとり丸太設置2週間後の調査からおとり丸太周辺のナラ類立木に穿孔がみられ、9月第4週の調査では、穿孔木20本が確認されたが、樹幹注入処理を行った立木では枯損木は発生せず、2012年同様に供試材伐採採取の際に損傷し、樹幹注入処理ができなかった穿孔木が1本枯損した。

これらのことから、おとり丸太に誘引されたカシナガは、ヒノキ等の針葉樹林では立木への穿孔がなく、広葉樹二次林では周辺のナラ立木が穿孔され、樹幹注入処理などを行わないと被害により枯損する場合があることが確認された。

### 3.3.4 調査地周辺の被害状況

#### (1) 売木

2012年は試験地周辺で枯損木の発生はみられず、2013年は試験地から100m程度離れた箇所のミズナラが1本枯損し、2014年は20m離れたミズナラ穿孔木4本が枯損したのみで、それ以外の新規被害木は発生しなかった。

#### (2) 南木曾

おとり丸太周辺の伐採時の損傷により衰弱していたために、樹幹注入処理ができなかったコナラ立木が2012年に3本、2013年に1本が被害により枯損したが、樹幹注入処理を実施した立木には枯損は発生しなかったが、調査地から500m以上離れた箇所では未処理の林分では2012年に10本、2013年に15本以上のナラ枯れ被害木が発生していたことに比べ、調査地周辺でのナラ枯れ被害が少なかった。

これらのことから、売木、南木曾ともにおとり丸太と周辺の樹幹注入処理木でカシノナガキクイムシを誘引したことで調査地周辺ではナラ枯れ被害発生が軽減されたことが示唆された。

### 3.3.5 おとり丸太によるカシナガ誘引の課題

おとり丸太へのカシナガの誘引は、売木、南木曾ともに、広葉樹二次林だけでなく、ヒノキ林でも穿孔が認められ、山形県同様に針葉樹林でも実施可能であることが確認された(斉藤ら2014b)。

また、一か所あたりのおとり丸太集積量を増やすことで、カシナガの穿孔数が増加した。しかし、山形県の先行事例(斉藤ら2014b)である大規模おとり丸太に比べ、丸太への穿孔数が頭打ちになる傾向があったことから、効果的なおとり丸太の誘引には、広葉樹林の更新などに合わせてより大

規模な設置が必要と考えられた。

また、売木、南木曾ともに、おとり丸太設置周辺のナラ立木に穿孔があり、樹幹注入処理などの忌被害防止をしていない衰弱木、剥皮木が加害されると枯損する場合があった。またおとり丸太以外に周辺の誘引物(伐根、傷ついて衰弱した木など)への穿孔が多くなるケースがあった。

おとり丸太を広葉樹二次林周辺で設置した場合、林内のナラ類立木への被害防止の樹幹注入処理を行う必要があり、前述の微量注入処理でコストが低減されたものの、多くの立木を処理するには経済的な負担が大きい。

これらのことから、おとり丸太の設置箇所は、枯損予防処理などの必要がない被害地に近接するすぎ、ヒノキなどの針葉樹林が望ましいと考えられる。このことは、斉藤(2015)のおとり丸太設置箇所と一致した。

また、カシナガ誘引後のおとり丸太の焼却、破碎などの確実な殺虫処理を利用に合わせて行うことも必要であった。

## 4. おわりに

高濃度薬剤KWを用いた微量樹幹注入処理は、現行の処理と同等以上の枯損防止効果が認められることが明らかになった。また、KWとその少量注入器具の開発により、現行の処理に比べて、作業時間、作業コストともに大幅に軽減できること、注入容器を不要とすることで、廃棄物を大幅に削減できることが明らかになった。さらに、KWは、秋季処理の有効性が先に確認されたSP(斉藤2013)同様に、秋季も処理が可能であった。今回の試験を含む試験結果を基に、KWは2013年7月10日に微量注入用ウッドキングDASH(農林水産省第23301号)として農薬登録され、実用化された。

今後は、薬剤の効果持続性を検討するとともに、有効成分を樹体内に効率的に拡散させるために、現状では多数の注入孔が必要である点などを改良し、より効果が安定する手法の検討が望まれる。

おとり丸太によるカシナガの誘引は、長野県においても可能であったが、効果的に大量に誘引するには、広葉樹二次林などの更新施業に組み合わせ、大規模なおとり丸太の集積を行うことが望ましいことが確認された。

本研究を進めるにあたり、サンケイ化学株式会

社, 長野県林務部森林づくり推進課, 下伊那地方事務所林務課, 木曾地方事務所林務課, 北安曇郡小谷村の関係各位には, 現地調査ならびに技術的な御協力をいただいた。この場を借りて深謝する。

#### 引用文献

江崎功二郎 (2008) 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

伊藤進一郎・窪野高徳・佐橋憲生・山田利博(1998) ナラ類集団枯損被害に関する菌類. 日林誌 80 : 170-175

小林正秀・萩田実 (2003) カシノナガキクイムシのビニールシート被覆による防除法. 森林防疫 52 : 137-147

小林正秀・吉井優 (2014) ブナ科樹木萎凋病 (ナラ枯れ) の防除法. 森林防疫 63 : 52-66

Kubono T, Ito S (2002) *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). Mycoscience 43 : 255-260

松浦邦昭 (1984) 樹幹注入法によるマツ材線虫病の防除. 植物防疫 38(1) : 27-31

布川耕一 (1993) 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 : 210-213

大橋章博 (2007) 接着剤を利用したナラ類集団枯損被害の防除. 第 118 回日林講要 : PB076

大橋章博 (2012) ナラ枯れ被害木の割材によるカシノナガキクイムシの駆除. 中森研 60 : 151-152

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・小山泰弘・山内仁人(2007)カシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害木の薬剤処理

方法の検討. 中森研 55 : 57-58

岡田充弘・武田芳夫・山内仁人(2010)カシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害木の薬剤処理方法の検討 (II). 中森研 58 : 11-12

岡田充弘・猪野正明・斉藤正一・衣浦晴生・所雅彦 (2013) 殺菌剤少量注入処理によるナラ枯れ予防方法の検討. 第 124 日林大会講演集 : 230

岡田充弘・猪野正明・齊藤正一・吉濱健・大矢信次郎・所雅彦 (2014a) 殺菌剤少量注入処理によるナラ枯れ予防方法の検討 II - 注入処理の省力化 -. 第 125 日林大会講演集 : 269

岡田充弘・齊藤正一・猪野正明・吉濱健・所雅彦 (2014 b) 少量樹幹注入処理によるナラ枯れ枯損予防方法の開発. 森林防疫 63 : 232-237

岡田充弘・齊藤正一・鈴木直人・三沢晃彦・山田直紀・福島哲也 (2015) 長野県におけるおとり丸太によるナラ枯れ防除の検討. 第 126 日林大会講演集 : 288

斉藤正一・中村人史・三浦直美・小野瀬浩司(1999) ナラ類集団枯損の薬剤防除法. 森林防疫 48 : 84-94.

斉藤正一・中村人史・三浦直美 (2003) 薬剤と接着剤によるナラ類集団枯損被害における枯死木の新たな防除の試み (I). 林業と薬剤 166 : 18-24

斉藤正一・中村人史・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 : 92-96

斉藤正一(2013)萎凋病防除薬剤試験(ナラ枯れ予防剤に関する試験) (樹幹注入). 平成 24 年度林業薬剤等試験成績報告集 : 68-74

斉藤正一・岡田充弘・鶴田英人・猪野正明(2014a) 高濃度トリホリン乳剤の樹幹注入によるナラ枯れの予防. 東北森林科学会誌 19 : 12-17

斉藤正一・岡田充弘・箕口秀夫 (2014b) 大量集積型おとり丸太によるナラ枯れ防除法. 森林防疫 63 : 242-248