

論文

# 集合フェロモン剤を利用したナラ枯れ防除

林 晋平・福井 修二

Controlling of Japanese Oak Wilt Using Aggregation Pheromone Agent

HAYASHI Shinpei and FUKUI Shuji

## 要 旨

2008～2010年、島根県内で0.03～0.2haのコナラを主体とする8林分において、おとり木トラップによるカシノナガキクイムシの誘引試験を実施した。おとり木は0.1ha当たり4本とし、集合フェロモン剤を設置したおとり木と、周辺のブナ科樹木にはドリル穿孔によるカイロモン発生処理と殺菌剤の樹幹注入を施した。その結果、カシノナガキクイムシを1,000～37,000頭/0.1ha誘引した。樹幹注入を施したブナ科樹木の平均枯死率は4%であり、高い枯損防止効果を認めた。コナラ丸太に集合フェロモン剤を設置したカシノナガキクイムシの誘引試験を実施し、平均238頭/m<sup>3</sup>を誘引した。また、集合フェロモン剤の協力物質としてエタノールを使用したトラップ試験を実施し、揮散量1.0mg/day以上で高い誘引効果を認めた。キーワード：カシノナガキクイムシ、集合フェロモン剤、おとり木、エタノール、殺菌剤樹幹注入

## I 目的

カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*) (以下「カシナガ」と略記) が病原菌 *Raffaelea quercivora* (以下「ナラ菌」と略記) を媒介して感染するブナ科樹木萎凋病 (以下「ナラ枯れ」と略記) は、島根県内では1986年に県西部の益田市美都町で初めて確認された (周藤, 2001)。その後、被害は2000年代に入って急速に拡大し、2007年の新たな被害発生木は2,316本にまで増えて、被害発生地域も県中央部にまで拡大した (福井, 2008)。これまで、ナラ枯れ対策として開発されてきた防除方法は単木的方法が主で、急速に拡大する被害に対処はできていない。斉藤 (2008) は集合フェロモン剤による面的防除の可能性について示唆した。また、岡田ら (2009) は殺菌剤の樹幹注入と集合フェロモン剤を組み合わせたおとり木トラップによる捕獲試験によって、カシナガの高い誘引効果を確認した。おとり木トラップとは、ナラ菌阻害剤を注入したナラ類の生立木に集合フェロモン剤を設置し、効率的にカシナガを誘引して捕殺する防除方

法で、森林総合研究所を中心に特許出願 (公開: 2008年9月25日, 2008-220234) がなされている。しかし、岡田ら (2009) はこのおとり木トラップによる防除の実用化には、林内のおとり木の適切な配置や集合フェロモン剤の協力物質の探索の必要性を指摘した。そこで、効果的な防除を可能にするため、より効率的にカシナガを誘引できる方法として、おとり木トラップの配置試験と集合フェロモン剤の協力物質としてのエタノールの有効性を明らかにするための試験を行った。

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)」として実施した。

## II 方法

### 1. おとり木トラップによるカシナガの誘引試験

2008～2010年にナラ枯れ被害木が確認された島根県内のコナラを主体とする8林分で、おとり木トラップを

表1 試験地の概況と処理日

試験地 No.	試験年	所在場所	標高 (m)	傾斜 (°)	斜面 方位	面積 (ha)	おとり木 本数	処理月日		
								殺菌剤	カイロモン	フェロモン
1	2008	飯南町来島	410	31	S	0.03	1	5月16日	6月4日	6月10日
2	2008	邑南町日和	520	10	S	0.03	1	5月15日	6月4日	6月10日
3	2009	飯南町上来島	440	30	W	0.10	4	5月19日	6月3日	6月3日
4	2009	飯南町上来島	410	31	S	0.10	4	5月19日	6月3日	6月3日
5	2009	川本町	210	29	N	0.10	4	5月18日	6月3日	6月3日
6	2009	浜田市弥栄村	740	35	S	0.10	4	5月18日	6月3日	6月3日
7	2010	飯南町上来島	440	30	W	0.20	8	6月8日	6月8日	6月8日
8	2010	飯南町上来島	410	31	S	0.15	6	6月17日	6月17日	6月17日

注：殺菌剤は注入日，カイロモンは発生処理日，フェロモンは集合フェロモン剤の設置日を示す

配置した試験地を設定した。試験地の概要を表1に示す。なお、全ての試験地の優占種はコナラで、他のブナ科樹種はアベマキ、ミズナラ、クリ、スダジイも確認した。各試験地には4本/0.1haのおとり木を設置した。試験地1,2では半径10mの円形プロットの中心におとり木を配置し、他の試験地では4~8本のおとり木を林分内へ均等に配置した。おとり木には、集合フェロモン剤としてケルキボロールラセミ体75%（商品名：カシナガコールL）を地上1.2mの樹幹へ2個ずつ取り付けた（写真1）。おとり木とおとり木から半径10m内にある全てのブナ科樹木の樹幹へは殺菌剤を注入し、またカイロモンの発生処理を施した。殺菌剤は試験地1~6にはベノミル水和剤（商品名：ケルスケット）を、試験地7,8にはトリホリン乳剤（商品名：ウッドキングSP）を胸高直径に応じて、使用基準に定められたアンブル本数を地上20~30cmの樹幹部にドリル穿孔した孔に差し込んで自然圧で注入した（写真2）。カイロモンの発生処理は、地上高1.2mの樹幹周囲に10cm間隔となるように、直径10mmのドリルで深さ3cm程度の穿孔を行った。ただし、試験地8は、おとり木6本のうち3本はカイロモンの発生処理を行わずにエタノールを揮発させるカップを樹幹の地上高1.2mへ取り付けた。かつ、おとり木周辺木への樹幹注入とカイロモンの発生処理は行わなかった。そして、6月上旬~9月下旬に各試験地の全てのブナ科樹木について、地上2mまでのカシナガ穿孔数を計数してカシナガの誘引数を調査した。また、殺菌剤を注入した試験木は9~10月に樹木の枯死や葉の萎凋などの様態を観察して、殺菌剤の効果を調査した。

## 2. おとり丸太によるカシナガの誘引試験

生立木に加害させない方法として、コナラの健全木から採取したおとり丸太に集合フェロモン剤を設置してカシナガを誘引する試験を行った。試験は2008~2010年、おとり木トラップ試験を実施した8林分から50~100m離れた各林道沿いで行った。丸太は5月に健全なコナラを伐倒し、直径19~29cmの部位を1mに玉切ったものを用いた。丸太4本を井桁状に組んだもの2組を作成し、うち1組には集合フェロモン剤を丸太の上部に1個設置した（写真3）。6月上旬にこの2組の丸太を1試験地当たり3箇所、各50~100m離して設置した。そして、10月に丸太へのカシナガ穿孔数を計数し、カシナガの誘引効果について調査した。

## 3. エタノール揮散量の違いによるカシナガの誘引試験

集合フェロモン剤の協力物質としてエタノールを用いたカシナガの誘引試験を実施した。2010年に飯南町上来島のコナラを主体とする1林分で、捕虫トラップに設置する集合フェロモン剤の種類、個数およびエタノールの揮散量を変えた試験を行った。なお、試験地内のナラ類にはカシナガが穿孔した痕跡を認めたが、1年以内に枯死した被害木は発生していなかった。捕虫トラップは、サンケイ化学社製の昆虫誘引器（透明型）を使用し、地面に打設した支柱に地上から1.2mの高さへ吊して、捕虫部にプロピレングリコールを満たした（写真4）。試験は、①カシナガコールL（以下「L」という）1個、②L+エタノール揮散量0.3（mg/day）（以下「e0.3」という）、③ケルキボロールラセミ体96%のカシナガコールH（以下「H」という）+e0.3、④L×2個+e0.3、⑤

表2 おとり木トラップ法による試験地別のカシナガキクイムシの誘引数

試験地No.	面積 (ha) (A)	本数 (B)	平均胸高直径 (cm) (C)	総穿孔数 (D)	平均穿孔数 (孔/本) (D/B)	誘引数 (頭/0.1ha) (D*2/A/10)
1	0.03	8	24.2	963	120.4	6,420
2	0.03	16	28.4	5,633	352.1	37,553
3	0.10	150	17.2	575	3.8	1,150
4	0.10	49	19.1	656	13.4	1,312
5	0.10	24	28.3	5,242	218.4	10,484
6	0.10	38	26.8	2,685	70.7	5,370
7	0.20	187	16.6	2,536	13.6	2,536
8	0.15	71	17.5	5,752	81.0	7,669

L+エタノール揮散量 1.0 (mg/day) (以下「e1.0」という), ⑥L+エタノール揮散量 10 (mg/day) (以下「e10」という), ⑦L+エタノール揮散量 20 (mg/day) (以下「e20」という), ⑧誘引器のみ (以下「無処理」という) の 8 区として 3 回繰り返した。各試験区間の距離は 5m 程度とし, 使用したエタノールの純度は 80% とした。トラップの設置後は, 1 週間間隔で捕虫されたカシナガを回収して捕獲状況を調査した。8 試験区は, 捕獲虫の回収後に設置場所をずらして, 8 週間で 1 巡回するローテーションとした。

### III 結果と考察

#### 1. おとり木トラップによるカシナガの誘引試験

各試験地のカシナガの誘引数を表 2 に示した。試験地別の地上 2m までの穿孔数は, 1 本当たりの平均で 3.8~352.1 頭と差が大きかった。おとり木 1 本当たりの平均穿孔数も 100.3~696.0 頭と差が大きかった。カシナガは 1 孔に雄雌各 1 頭が穿入するため, 穿孔数から試算すると 0.1ha 当たり少なくとも 1,000 頭以上が誘引できたと考えられる。本試験では 37,000 頭ものカシナガを誘引できた試験地もあった。しかし, 誘引数が 10,000 頭未満であった試験地ではカシナガの穿孔を認めない立木も多数あり, また試験地周辺で枯死した被害木も発生しなかったことからカシナガの生息密度は低かったと考えられる。カシナガの生息密度が高ければ多くの誘引を期待できると考える。

試験地 8 では, 集合フェロモン剤の協力物質としてドリル穿孔によるカイロモンの発生とエタノールの揮散処理の有効性を試験したが, 地上 2m までの平均穿孔数を表 3 に示す。穿孔数はカイロモン発生処理が 415~500

表3 おとり木の処理別カシナガキクイムシの穿孔数

処理区	胸高直径 (cm)	穿孔数
カイロモン発生処理	26	415
	21	547
	27	500
平均	25	487
エタノール	26	678
	23	717
	33	1,018
平均	27	804

孔, エタノール揮散処理が 678~1,018 孔であり, エタノール処理木にやや多く誘引された。ただし, 両者に有意な差は無かった (t 検定,  $p > 0.05$ ) ので, エタノールを揮散させるだけでもカイロモンの発生処理と同等の誘引効果があると判断された。

殺菌剤を樹幹注入した試験木は, 穿孔を受けても枯死したものはわずかであった (表 4)。試験地 6 では, ベノミル剤が注入できず, その後トリホリン剤を注入したものが 7 本あったが, いずれも枯死・異常はなかった。試験地 8 では, 枯死率が 37.5% と高かったが, これはおとり木の穿孔数が周辺木より多かったことや, 注入が 6 月 17 日と遅くて薬液が樹体に広く分散する前にカシナガのマスアタックを受けたことなどが影響したと考えられる。しかし, 全体で見ると枯死率は 4% と低く, 齊藤ら (2006) の結果と同様に, ベノミル剤, トリホリン剤のいずれも高い枯損防止効果があったと考えられる。

#### 2. おとり丸太によるカシナガの誘引試験

試験地別にカシナガ穿孔数をみると, フェロモン剤設置区は無処理区に比べて, 誘引個体数は多い傾向があった (表 5)。しかし, フェロモン剤設置では 8~356 頭, 無処理では 0~679 頭と差が大きく, またフェロモン剤設

表4 殺菌剤の樹幹注入木の枯死状況

試験地No.	注入日	樹幹注入本数	穿孔数			枯死本数	異常本数	枯死率 (%)
			平均	最大	最小			
1	2008/5/15	8	120.4	469	2	0	0	0.0
2	2008/5/16	16	351.3	696	84	2	1	12.5
3	2009/5/18	18	104.0	200	41	0	0	0.0
4	2009/5/18	13	64.3	196	20	0	0	0.0
5	2009/5/19	11	350.4	605	14	0	1	0.0
6	2009/5/19	18	196.0	701	20	0	0	0.0
7	2010/6/8	32	121.6	253	7	0	1	0.0
8	2010/6/17	8	377.3	717	104	3	2	37.5
合計		124				5	5	4.0

注：異常本数は一部の枝枯れや葉の変色した個体数を示す

表5 おとり丸太によるカシノナガキクイムシの誘引数

調査年	調査地 No.	試験地	丸太組 No.	フェロモン設置			無処理		
				材積 (m <sup>3</sup> )	穿孔数	1m <sup>3</sup> 当り穿孔数	材積 (m <sup>3</sup> )	穿孔数	1m <sup>3</sup> 当り穿孔数
2008	1	飯南町上来島	1	0.28	24	86.4	0.29	17	58.0
			2	0.51	8	15.5	0.42	11	26.0
			3	0.41	16	39.4	0.70	15	21.4
	2	邑南町日和	1	0.40	278	695.7	0.35	0	0.0
			2	0.44	59	135.1	0.40	4	10.0
			3	0.56	271	479.7	0.49	28	57.3
2009	3	飯南町上来島	1	0.77	98	127.9	0.70	35	49.7
			2	0.66	49	73.9	0.70	24	34.4
			3	0.64	26	40.6	0.57	5	8.8
	4	邑南町日和	1	0.65	110	168.1	0.67	63	94.4
			2	0.71	81	114.5	0.76	78	102.4
			3	0.76	143	188.5	0.80	82	102.3
	5	浜田市弥栄	1	0.63	171	270.1	0.61	82	134.6
			2	0.71	245	346.4	0.77	131	169.8
			3	0.62	27	43.4	0.65	25	38.3
2010	6	飯南町上来島	1	0.75	294	391.6	0.91	482	530.2
			2	0.70	356	505.0	0.71	383	542.3
			3	0.69	288	415.0	0.80	679	853.9
	7	飯南町上来島	1	0.65	171	262.5	0.66	195	297.5
			2	0.65	283	434.0	0.69	97	140.8
			3	0.78	110	141.3	0.57	118	205.6
	8	飯南町上来島	1	0.60	141	233.7	0.60	185	306.8
			2	0.67	198	293.9	0.63	165	261.6
			3	0.70	157	223.6	0.63	111	175.6
最大値					356	695.73		679	853.93
最小値					8	15.541		0	0
平均					150	238.58		126	175.91

置よりも無処理丸太に多数のカシナガを誘引した丸太組もあった。これは、フェロモン剤を設置した丸太組と無処理の丸太組の配置を数m間隔で行ったため、フェロモン剤に誘引されたカシナガが無処理丸太へ穿孔した可能性がある。1 m<sup>3</sup>当たりの誘引数は、フェロモン剤を設置した丸太組で平均 238 頭であった。斎藤ら (2011) は、被害地域においてコナラ、ミズナラ丸太で 879 頭/m<sup>3</sup>を誘

引しており、本試験の結果は誘引数としては多くはなかった。コナラ丸太はミズナラ丸太よりカシナガ穿孔が少ないことが知られている (小林, 2000)。斎藤ら (2011) は、4 本の丸太組でコナラに加えてミズナラも用いており、また 2m の丸太も使用していた。これに対して、本試験では全ての丸太をコナラの 1m 材としたことで、材積も少なく、誘引数が少なかった要因と考える。また、

齊藤ら(2011)は、丸太を平均 29.8 m<sup>3</sup>と大量に集積することで2万頭/m<sup>3</sup>以上のカシナガを捕獲した。小林(2003)は、被害木1本から1~5万頭のカシナガが脱出する場合もあるとしているので、近隣に被害木がある場合は、設置する丸太の量を増やす必要があると考える。また、今回はコナラ丸太を利用したが、可能であればミズナラ丸太の利用が良いと考える。

### 3. エタノール揮散量の違いによるカシナガの誘引試験

試験区別のカシナガ平均捕虫数は、L+e20が78頭と最も多く、無処理は7頭と最も少なかった(図1)。e1.0, e10, e20を使用した試験区で捕虫数は多く、e0.3ではフェロモン剤の個数、種類に関わらず少なかった。齊藤(2008)は、集合フェロモン剤のみとエタノール揮散量10mg/dayを併用したものでカシナガ誘引試験を行って、後者で高い誘引効果を得た。本試験でも同様の結果であったが、さらに低い揮散量1.0mg/dayでも高い誘引効果があることを確認した。なお、揮散量が0.3mg/dayでは誘引効果が低かったため、エタノールを集合フェロモンの協力物質として使用する場合は1.0mg/day以上の揮散量に調整する必要があると考える。

## IV まとめ

本試験では、おとり木の設置林分では、0.1haで1,000頭以上が誘引され、またおとり丸太では1m<sup>3</sup>当たり238頭が誘引された。これらの捕獲頭数は、枯死木から発生するカシナガの個体数から考えると、多くはなかった。

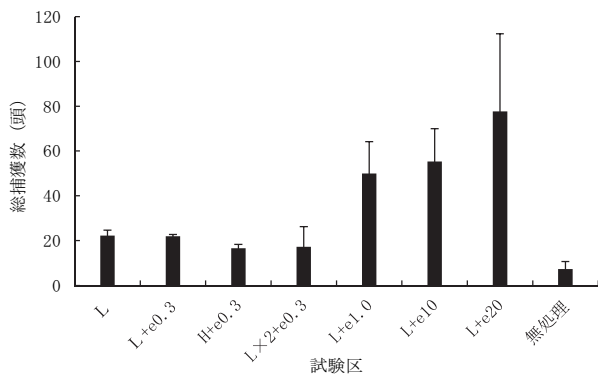


図1 フェロモン剤の協力物質別のカシナガキクイムシの誘引数

しかし、いずれの試験地も周囲1ha当たりの枯死木は1~5本と少ない微害地であり、カシナガの生息密度は低かったと考えられる。このような微害地では捕獲頭数が少なくても、捕獲率は高かったと考えられ、枯死木の発生予防には有効であったといえよう。また、カイロモン発生処理に代わる協力物質としてエタノールの有効性を確認した。そのため、エタノールを使うことによって、樹木を傷つけずに、より簡単におとり木を設置することが可能になる。

今後、おとり丸太の大量集積などの改良によって、さらに誘引効果を上げる必要があると考える。殺菌剤は、ベノミル剤、トリホリン剤のいずれも高い枯損防止効果を認めたので、おとり木トラップにも利用できると考えられる。しかし、おとり木トラップには多くの殺菌剤を使用するため、実用化へ向けては薬剤の軽量化や低価格化などが必要と考えられる。

本研究を進めるに当たって、ご助言をいただいた共同研究機関の関係各位、とくに試験地設定でご指導頂いた(独)森林総合研究所 所雅彦博士と(独)森林総合研究所 関西支所 衣浦晴生博士に深く感謝いたします。

## 引用文献

- 福井修二・周藤成次・井ノ上二郎・古瀬寛(2008) 島根県におけるナラ類集団枯損被害の拡大. 島根中山間七研報4:71-73.
- 小林正秀(2000) カシノナガキクイムシの各種広葉樹丸太への穿孔. 森林応用研究9:99-103.
- 小林正秀・野崎愛(2003) 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孔孔数と成虫脱出数. 森林応用研究12:143-149.
- 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方法の開発. 長野県林総セ研報23:27-36.
- 齊藤正一・中村人史・中江純一郎・山本克哉(2006) 防かび剤の樹幹注入によるミズナラの枯損被害防止. 東北森科学誌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」. 東北森科学誌13(1):16-20.
- 齊藤正一・市原優・衣浦晴生・猪野正明(2008) 集合フ



フェロモン剤および共力剤の併用によるカシノナガキクイムシの誘引. 東北森科学誌 13(2):1-4.

斉藤正一・岡田充弘・衣浦晴生・所雅彦 (2011) 集合フェロモン剤と大量丸太によるカシノナガキクイムシ

の誘引. 第 122 回日本森林学術講

周藤成次・富川康之・扇大輔 (2001) 島根県におけるコナラの集団枯死被害とカシノナガキクイムシの寄生・脱出. 島根林技研報 52:1-10.



写真 1 集合フェロモン剤を設置したおとり木



写真 2 殺菌剤の樹幹注入



写真 3 集合フェロモン剤を設置したおとり丸太



写真 4 捕虫トラップ試験