

論文

屋久島におけるカシノナガキクイムシによるマテバシイ集団枯損の記録*¹後藤秀章*²・所 雅彦*³・濱口京子*⁴

後藤秀章・所 雅彦・濱口京子：屋久島におけるカシノナガキクイムシによるマテバシイ集団枯損の記録 九州森林研究 69：47－52, 2016 2007年に初めてカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）による枯損被害が発見された屋久島において、マテバシイを主とした集団枯損を調査した。2007年夏の時点で100本程度の枯損木が見つかった。しかし、2008年4月の調査では、発見された枯損木は16本であった。これらの枯損木にはカシナガの穿入孔が見つかり、また枯損木からはカシナガ成虫が採集されたため、被害はカシナガの穿入によることが明らかであった。枯損木は2008年夏に9本、また2009年夏にも9本のみが見つかっただけで、被害は1年で終息した。枯損木に設置したトラップにより採集されたカシナガは少なく、穿入孔あたりの脱出数は0から0.43（平均0.14）個体と推定され、マテバシイ枯損木での低い増殖力が、今回の被害の急速な終息の原因の1つと考えられた。

キーワード：カシノナガキクイムシ、ブナ科樹木萎凋病、マテバシイ、屋久島

I. はじめに

カシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus*（以下、カシナガ）はブナ科樹木萎凋病菌 *Raffaelea quercivora* の媒介者である（Kinuura, 2002; Kubono and Ito, 2002）。本種による集団枯損は、一般的に「ナラ枯れ」と呼ばれる。本州では主にミズナラ、コナラ（松本, 1955; 斎藤, 1959）、九州ではマテバシイが多く、その他にアカガシ、ウラジロガシ（曾根ほか, 1995; 末吉, 1990）、また奄美大島ではスタジイ（後藤ほか, 2008）などで枯損を引き起こす。屋久島では2007年より前にカシナガの分布は記録されていたが（Murayama, 1955; 後藤, 2006）、被害は発生していなかった（後藤, 2006）。

その屋久島で2007年夏に、主としてマテバシイに枯損被害が発生し、またカシナガによると考えられる穿入孔が観察された（元鹿児島県森林技術総合センター 佐藤嘉一氏・元鹿児島県熊毛支庁屋久島事務所 新原修一氏、私信）。そこで穿入者の確認、被害状況の記録と被害原因の推定を目的とした調査を行ったので報告する。なお、調査にあたり被害発生および周辺状況について情報をいただいた上記の佐藤嘉一氏と聞き取り調査に協力いただいた新原修一氏に厚く御礼申し上げる。また森林総合研究所九州支所の中村明子氏には、条件の悪い試料からカシナガを見つけ出してもらった。ここに御礼申し上げる。調査にあたっては、屋久島森林管理署に届出、許可（20屋環1号、20屋環2号）を受けている。

II. 調査方法

1) 被害状況に関する聞き取り調査

2008年4月23日に現地において鹿児島県熊毛支庁農林普及課

林務係（当時）の新原修一氏に被害地を案内していただき、2009年の被害発生時の状況について説明を受けた。その後、2009年11月までの間に3回、新原氏より電子メールで2007年時の状況についての補足と2009年の被害状況についての聞き取りを行った。

2) 枯損木の探索

2008年4月23～25日および8月19～20日に枯損木（葉が茶色に変色した木。樹冠の一部が変色した「部分枯損木」を含む。）の探索を行った。なお4月の調査は2007年夏の、8月の調査は2008年夏のカシナガの穿入加害による被害状況の調査にあたる。調査は主に屋久島の周回道路である県道77（宮之浦港より東回りに安房、尾之間を經由して平内までの約40km）および78号線（宮之浦港より西回りに永田、西部林道を經由して平内までの約60km）上を車で走りながら、葉が茶色に変色した樹木を目視により探索した。4月23日には、上記新原氏の同行の下で調査を行った。また停車可能で林内に入ることが出来る場所からは、林内に入って探索した。発見した枯損木は、可能であれば樹下まで移動し、4月の調査では樹種、樹冠の被害程度（樹冠全体の葉が変色している（全枯損）か部分枯損）、胸高直径および地上高2mまでのカシナガによる穿入孔数と穿入孔から排出されるフラスの状態、過去の穿入による樹液の痕（以下、シミ）の有無を記録した。また8月の調査では樹種、胸高直径とフラスの状態およびシミの有無を記録した。穿入孔については、井上ほか（2003）を参考に判断した。つまり周辺に丸く固められた繊維状のフラスおよび白からクリーム色の顆粒状のフラスのいずれか、もしくは混在するものをカシナガによるものと判断した。またサイズについては、屋久島のカシナガは遺伝的に本州の個体群とは異なっており（Hamaguchi and Goto, 2010）、また頭幅の最大値で約0.15mm大型であることから（後藤, 2007）、穿入孔のサイズに

*¹ Goto, H., Tokoro, M. and Hamaguchi, K.: A record of mass mortality of *Lithocarpus edulis* by *Platypus quercivorus* (Coleoptera, Curculionidae, Platypodinae) on Yakushima Island.

*² 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan

*³ 森林総合研究所 For. & Forest Prod. Res. Inst., Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

*⁴ 森林総合研究所関西支所 Kansai Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Fushimi, Kyoto 612-0855, Japan

つについては1.4 mm～2.2 mm のものをカシナガによると判断した。フラスの状態は井上ほか(2003) および Tarno *et al.* (2011) にしたがひ、繊維状もしくは顆粒状と記録した。

3) 枯損木から脱出した成虫のトラップによる捕獲調査

2008年4月に調査した枯損木のうち、11本に対して2008年4月23～25日に巻き付け式羽化トラップ(後藤, 2007)を設置した(図-1)。羽化トラップは縦2 m×横1.5 mの1 mmメッシュの黒色の漁網(トヨネン(株)製TN-78)に樹脂製の回収容器を取り付けたもので、面テープで筒状に貼り合わせられる。これを枯損木の樹幹を巻くように貼り合わせ、できるだけ樹幹の下部を覆うように上下をロープと布テープで固定した(図-1)。羽化トラップが覆う範囲は、地上から高さ約1 mまでとした(図-1)。回収ボトルには、保存液としてプロピレングリコールを約300 ml入れた。回収は、2008年6月9～10日と8月19～20日の2回行った。回収されたサンプルからはカシナガを抜き取り、雌雄別の個体数を記録した。

4) マテバシイ生立木の穿入孔調査

2008年12月18日に、マテバシイ生立木に対するカシナガの穿入孔数について調査を行った。後藤(2006)で調査地としたのとはほぼ同じ場所、すなわち西部林道中央からやや永田よりの山側の約1 ha(中心の座標N 30° 21' 903" E 130° 23' 170")を調査地とし、その中のマテバシイ立木のすべてについて、胸高直径、地上高2 mまでのカシナガの穿入孔数と繁殖成功の有無を調査した。穿入孔がカシナガによるものかどうかは「2) 枯損木の探索」で示した基準で判断し、また繁殖成功の有無はフラスの排出状況によって判断した。穿入孔数については、今回とほぼ同じ場所、方法で調査した2005年1月(後藤, 2006)の結果と比較した。

5) 統計解析

統計解析にはGraph pad Prism 4 (Motulsky, 2005)を使用した。また、枯損木調査で得られた穿入孔数をよりトラップ内の実数にあわせるため、トラップを設置した範囲の穿入孔数を推定した。予めわかっている穿入孔の分布(後藤, 未発表データ)によると、樹幹上の穿入孔を地上から50 cm毎に計数した調査で、地上から50 cm以上の部分では、穿入孔はほぼ等しく分布し、50 cm以下では50 cm以上の2倍の個数が分布する。そこでトラップの覆っている地上から高さ約1 mまでの範囲の穿入孔数を、地上高2 mまでの60%として推定した。

Ⅲ. 結果

1) 被害状況に関する聞き取り調査

聞き取り調査の結果は以下の通りであった。a) 2007年より前に夏に枯損が発生した事例を聞いたことはない。b) 2007年の春から造林検査等で山に入ったところ、カシナガがマテバシイに入っているのをほぼ屋久島全島の低山地で見た。c) 2007年8月23日に島を1周して調査したところ、大川の滝～永田10号橋までの西部林道沿い(直線で約20キロ、ほぼ全域が世界遺産エリア)で枯損木が見られた。ほとんどがマテバシイで、ごくわずかにスタジイが入っていた。見届けた範囲と枯損木の本数は、いずれも車道からの概数で300ヘクタール・100本程度であった。d) 2009年には車からの遠望で9本の枯損木が観察された。これら



図-1. 羽化トラップ

はすべてマテバシイであった。

2) 枯損木の探索

枯損木の探索の結果、4月の調査ではカシナガの穿入孔がある枯損木が16本発見された(表-1)。これらは全てマテバシイであり、1本を除き全枯損であった。全枯損以外の1本(No.15)は、樹冠全体に葉の落ちた細枝や茶色の枯れ葉が付いており、同時に周りのマテバシイと比較して極端に小さな葉を、これも樹冠の大部分に付けていた。胸高直径が大きいほど穿入孔数が多く、この関係は統計的に有意であった(Pearson $r = 0.507$, $n = 16$, $p = 0.045$)(図-2)。フラスの状態はフラス無か、顆粒状のフラスが排出されているものに分かれた。そこでこの2群に分け、穿入孔数/胸高直径の値を比較したところ、顆粒状フラスの排出が見られた被害木ではフラス無の被害木と比較して、有意に穿入孔数が多かった(Mann-Whitney test, $p = 0.0003$)(図-3)。シミについては、樹液が染み出しているシミがわずかに見られるのみで、古い乾燥したシミはほとんど観察されなかった。

8月の調査では当年の被害と考えられる9本の枯損木を発見した(表-2)。このうち2本(枯損木B, I)については足場が悪く、接近しての調査ができなかった。残りの7本のうち、3本がマテバシイ、4本がスタジイであった。マテバシイの2本とスタジイの1本は全枯損であった。一方残りのマテバシイ1本とスタジイ3本は部分枯損であった。フラスは全枯損のマテバシイ2本のうち、1本(枯損木H)ではまったく出ていなかった。もう1本では顆粒状のフラスが出ていた(枯損木A)。全枯損のスタジイ(枯損木C)では顆粒状のフラスはごくわずかで、ほとんどは繊維状のフラスであった。部分枯損の木では、マテバシイ1本(枯損木F)は顆粒状のフラスを、スタジイの1本(枯損木C)がほとんど繊維状のフラス、1本(枯損木D)が繊維状のフラス、1本(枯損木G)が顆粒状のフラスを排出していた。以上のように被害の程度(全枯損、部分枯損)とフラスの状態の関係は認められなかった。

3) 枯損木から脱出した成虫のトラップによる捕獲調査

表-1. 2008年4月の調査で見つかった枯損木

枯損木 No.	樹種	被害程度	胸高直径 (cm)	穿入孔数 (個) *	フラスの有無 (状態)	シミの有無
1	マテバシイ	全枯損	29	50	無	有
2	マテバシイ	全枯損	38	193	有 (顆粒状)	有
3	マテバシイ	全枯損	27	231	有 (顆粒状)	無
4	マテバシイ	全枯損	24	47	無	無
5	マテバシイ	全枯損	18	148	有 (顆粒状)	無
6	マテバシイ	全枯損	25	106	無	有
7	マテバシイ	全枯損	28	204	有 (顆粒状)	無
8	マテバシイ	全枯損	17	30	無	無
9	マテバシイ	全枯損	23	45	無	無
10	マテバシイ	全枯損	25	46	無	有
11	マテバシイ	全枯損	25	12	無	無
12	マテバシイ	全枯損	22	117	有 (顆粒状)	有
13	マテバシイ	全枯損	29	83	有 (顆粒状)	無
14	マテバシイ	全枯損	22	30	無	無
15**	マテバシイ	樹勢回復?	31	257	有 (顆粒状)	無
16	マテバシイ	全枯損	29	146	有 (顆粒状)	有

*地上高2mまでの穿入孔数。

**葉の落ちた細枝、枯葉と極端に小さな健全葉が同時に付いている。

トラップ調査の結果、雄 69 個体、雌 48 個体が採集された (表-3)。トラップ No. は表-1 の枯損木 No. と対応している。このうち6月の回収では11基のトラップのうち6基が、8月の回収では4基が回収容器の落下などによって、試料の回収ができなかった (表-3)。これらの落下は不自然で、回収容器がトラップ本体の近くに中身が出ない形で置かれている物がほとんどであった。そのため、6月の1基のトラップ (No.7) では容器が本体からはずれていたものの、虫が保存液とともに入っており、中にカシナガの雄が3個体入っていた (表-3)。6月の回収では、無事に回収できたトラップでカシナガが採集されたものはなかった。一方で8月には回収できたトラップ7基のうち、4基のトラップでカシナガが捕獲された。トラップ内の穿入孔数を推定したところ、7.2から138.6孔と推定された (表-3)。また6月9-10日に回収された試料では確実に捕獲された個体が0であったことから、6月9-10日から8月19-10日の間に捕獲され

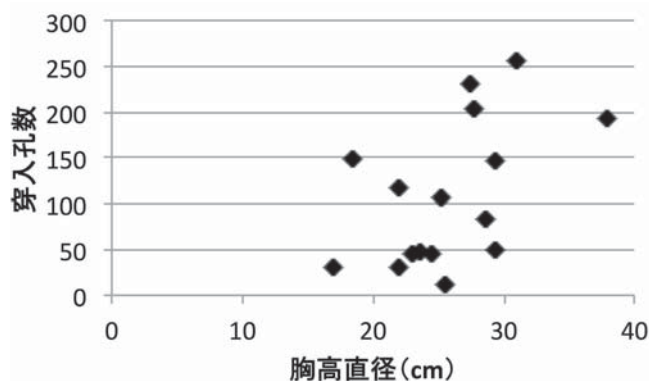


図-2. 2008年4月の調査で見つかった枯損木の胸高直径と穿入孔数

た個体数を用いて、トラップ内の推定穿入孔数あたりのカシナガの捕獲数を求めたところ、0から0.43 (平均±標準誤差 = 0.14 ± 0.06) 個体であった (表-3)。

4) マテバシイ生立木の穿入孔調査

生存しているマテバシイの穿入孔数調査では、調査対象地域内にマテバシイ 139 本が存在した。マテバシイの胸高直径の分布を図-4に示す。胸高直径は15~20 cmのものが最も多く、その前後では徐々に減少した (図-4)。また穿入孔のあった木の割合は、胸高直径が大きくなるほど増加する傾向にあった (図-5)。穿入孔があった木についての平均穿入孔数は、胸高直径が大きくなるほど多くなった (図-6)。後藤 (2006) の2005年1月の調査との比較では、調査木の本数は今回の調査が約50本多かった

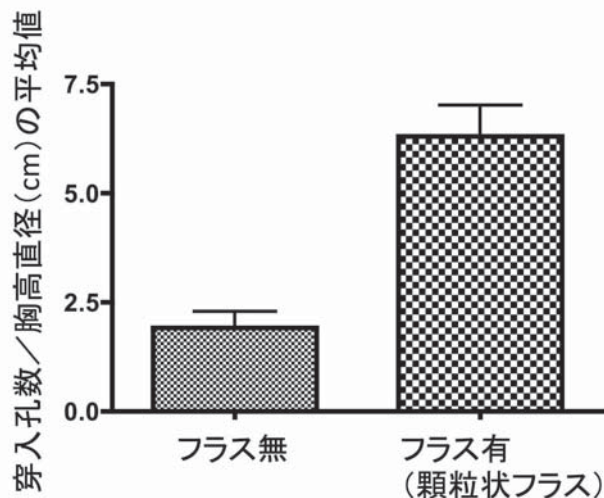


図-3. 2008年4月のフラスの有無と穿入孔数/胸高直径の平均値との関係 (バーは標準誤差を示す)

が(図-4)、穿入孔のある木の割合は、今回と2005年1月の結果はほぼ同じであった(図-5)。平均穿入孔数では、今回の結果では胸高直径20cmを超える大きさのマテバシイでは、2005年1月のほぼ2倍の穿入孔が観察された(図-6)。また調査対象木に枯損は発生しておらず、見つかった穿入孔はすべて過去の穿入によるシミかもしくは繊維状フラスのみが排出されており、繁殖に成功していると考えられるものは見つからなかった。

IV. 考察

1) 屋久島でのナラ枯れの確認とその要因

記録されている限りでは、2007年より前に屋久島ではカシナガによる枯損被害は発生していなかった(後藤, 2006)。また、聞き取り調査でも2007年より前に夏期の枯損は見つかっていなかった。一方で2008年4月の時点で見つかった枯損木にはすべてカシナガによると考えられる穿入孔が見つかり、さらにトラップでは全てのトラップからではないものの、枯損木から脱出したカシナガが採集された。以上のことから、2007年に屋久島で発生した集団枯損はカシナガに媒介されたブナ科樹木萎凋病であり、

これは屋久島で発生したナラ枯れの初の記録と考えられる。また2007年の8月に約100本の被害木が突然発見され、前年に被害が見つかっていない(聞き取り調査結果a)。このことから今回の被害は、被害木でカシナガが増殖したことによって発生したのではないことがわかる。カシナガは屋久島において、被害発生時以外は倒木などを利用して繁殖しており(後藤, 2006)、こうした倒木など通常の発生源のみでも、突然に大きな被害が発生することが明らかとなった。小林・萩田(2000)は、集団枯損の原因として、風倒や伐採などによるカシナガ個体数の増大をあげている。今回の集団枯損では、周辺で風倒、伐採などによりカシナガの繁殖に適した倒木などが特別に増加した形跡は見つかっておらず、カシナガの発生源および個体群の増加が理由とは考えられない。衣浦・後藤(2013)では、2010年に隔離された複数の地域で発生した集団枯損の原因を気象条件に求めている。また小林ら(2014)は冬期の高温や春期の降水量の増加を枯損量増大の原因としている。今後、今回のような突然の集団枯損の発生について、気象による樹木の衰退の影響などについて検討する必要がある。

2) 被害の終息要因

1980年以降に発生したカシナガによる本州のナラ類の被害では、

表-2. 2008年の調査で見つかった枯損木

被害木	樹種	被害程度	胸高直径 (cm)	フラスの有無(状態)
A	マテバシイ	全枯損	22	有(顆粒状)
B*	-	-	-	-
C	スダジイ	全枯損	62	有(ほとんど繊維状, 顆粒状は少ない)
D	スダジイ	部分枯損	43	有(繊維状)
E	スダジイ	部分枯損	47	有(ほとんど繊維状, 顆粒状は少ない)
F	マテバシイ	部分枯損	8	有(顆粒状)
G	スダジイ	部分枯損	53	有(顆粒状)
H	マテバシイ	全枯損	42	無
I*	-	-	-	-

*足場が悪く近づけなかったため、調査できなかった。

表-3. トラップによる捕獲調査の結果

トラップ No.	6月9-10日回収		8月19-20日回収		トラップ内推定 穿入孔数	穿入孔あたりの 捕獲数**
	回収状況	捕獲数	回収状況	捕獲数		
1	可	0	可	0	30.0	0
2	不可	-	可	24♂19♀	115.8	0.35
3	不可	-	不可	-	138.6	-
4	可	0	不可	-	28.2	-
5	可	0	可	5♂4♀	88.8	0.10
6	不可	-	可	6♂3♀	63.6	0.14
7	不可	-(3♂*)	可	31♂22♀	122.4	0.43
8	不可	-	可	0	18.0	0
9	不可	-	可	0	27.0	0
10	可	0	不可	-	27.6	-
11	可	0	不可	-	7.2	-

*落下したトラップから回収された個体。

**6月9-10日から8月19-20日の捕獲個体数より推定。

被害は10年以上継続して発生している(伊藤・山田, 1998)。一方で、鹿児島県桜島において1999年に発生したマテバシイの被害では、2001年までに被害はほぼ終息し(佐藤ほか, 2003), また2006年に奄美大島で発生したスタジイの被害は翌年には終息した(後藤ほか, 2008)。今回の調査では2007年8月に約100本が見つかった枯損木は、翌2008年には9本、さらに2009年にも9本が見つかったのみであり、また2008年の被害木のうち、樹冠全体が枯損したものは3本にすぎず、被害は急速に終息に向かった。2010年には再度屋久島で被害が発生した他、南九州の広い地域や伊豆諸島の三宅島、御蔵島、八丈島でもスタジイ、マテバシイ、コジイなどに大きな被害が発生したが、いずれも1~2年で被害は終息している(後藤, 未発表データ)。このように被害発生から短期間で被害が終息することは、常緑ブナ科のナラ枯れの特徴と言える(衣浦・後藤, 2013)。被害終息の理由として、今回の被害ではマテバシイ被害木上での繁殖失敗があげられる。今回の調査では、トラップ内の穿入孔数あたりのカシナガの捕獲数は0から0.43個体であり、穿入個体数(=2個体)と比較して個体数を減少させていた。これは屋久島のマテバシイ倒木からの脱出個体数(後藤, 2006)や、これまで知られている被害地での穿入孔あたりの脱出個体数(衣浦, 2002)と比較しても顕著に少ない。以上より、マテバシイの枯損木はカシナガの繁殖に不適である可能性があり、このことが今回の被害終息の原因と考えられる。今回の結果はマテバシイを中心とした被害調査の結果であり、常緑ブナ科全体の終息原因を考えるためには、他の樹種でも今後同様の調査が必要である。さらに気象、気候、植物側の生理などを含めて調査していく必要がある。

3) マテバシイ・スタジイの被害で被害発生直後の枯損木数が過大に評価されている可能性

聞き取り調査では、2007年8月の時点で100本程度の枯損木が見つかった。しかし、2008年4月の調査では、前年の被害状況を見た新原氏が同行し、さらに遠望だけでなく林内まで入って調査したにも関わらず、16本の枯損木しか見つけることが出来なかった。この極端な枯損木の減少は、この期間に枯損木に何らかの変化があったためと考えられる。可能性としては、樹勢の回復と枯損部分の消失の2つが考えられる。樹勢の回復とは、2007年8月時点で枯損したように見えた木が実際には枯損しておらず、その後2008年4月までに芽吹き、樹勢を回復することである。実際、カシナガの穿入孔が多数あり、顆粒状のフラスが排出していたマテバシイの1本は、周りの同じマテバシイと比較して極端に葉が小さく、葉の落ちた細枝や枯れ葉もついており、樹勢の回復が考えられる状態であった。もう1つの枯損部分の消失は、部分枯損の木が、その枯損箇所が小さく、強風などで枯れた葉を落とすことで見つけられなくなった可能性である。2008年4月の調査で見つかった枯損木は、No. 15を除く全ての木で樹冠が完全に枯損していたのに対して、2008年8月の調査では、調査することの出来た枯損木の半数以上が部分枯損であった。これは夏から翌年の春までの間に、部分枯損の木が見つけれなくなること示唆している。以上のことから、マテバシイ・スタジイの枯損被害においては、発生直後に見つかる枯損木の中に、その後樹勢を回復する木や部分枯損の木が多く含まれており、被害を過大に評価する可能性があると考えられる。

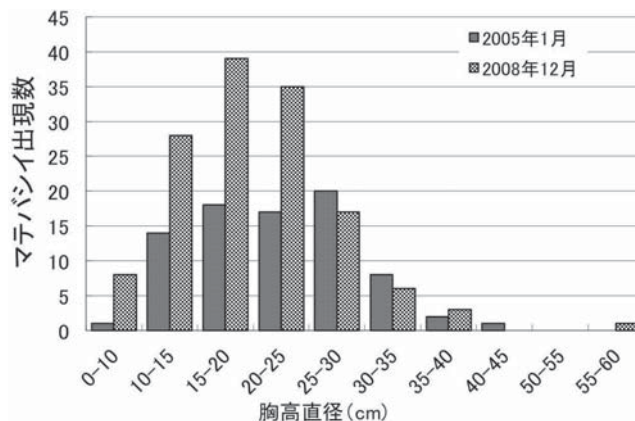


図-4. 毎木調査で出現したマテバシイのサイズ分布
2005年1月は後藤(2006)を改変。

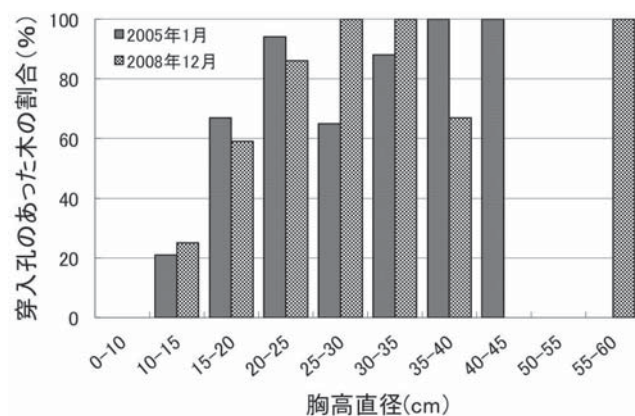


図-5. 毎木調査のマテバシイでのサイズ別穿孔率。
2005年1月は後藤(2006)を改変。胸高直径
0-10 cmは穿孔孔数0、他の0値は対象木なし。

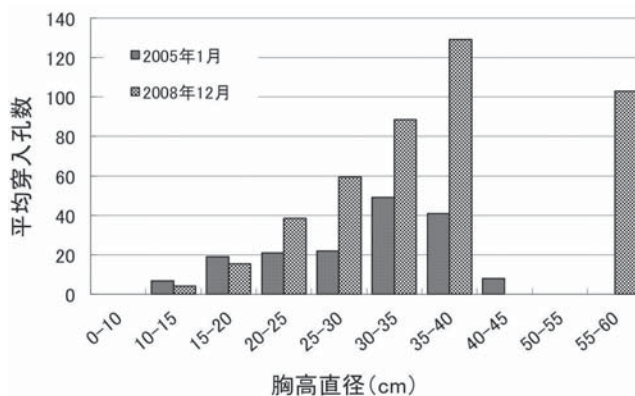


図-6. カシナガに穿入されたマテバシイでの平均穿孔孔数
2005年1月は後藤(2006)を改変。胸高直径0-10
cmは0%, 他の0値は対象木なし。

4) 穿入履歴と枯損の関係

2008年の胸高直径20 cmを超えるマテバシイの穿孔率が2005年の同径の穿孔率とほぼ同じであったことから、2008年の穿孔木の多くは2005年にはすでに穿孔を受けていたと考えられる。2005年と2008年のマテバシイ生立木への穿孔孔数を比較したと

ころ、2008年に2005年のほぼ2倍の穿入孔が観察されたことは、2005年より後2008年までにさらに穿入を受けたことを示す。しかし、枯損したマテバシイだけでなく、繁殖に成功していると考えられるような穿入孔も見つからなかった。また、枯損木の探索で見つかった2007年の穿入による枯損木では、過去の穿入によるシミのないものが多く、シミのあるものも観察時に樹液が染み出していたことから新しい穿入によるものと考えられた。このように過去の穿入の有無と枯損被害の間に関連はなく、むしろ穿入加害のないマテバシイに枯損が発生していた。これらのことから、マテバシイについて、過去の穿入が被害発生の原因である、もしくは被害を助長する、とは言えなかった。

5) 繁殖の成功と穿入孔数および被害程度の関係

穿入孔からフラスが排出されない木と顆粒状のフラスが排出された木の間では、穿入孔数に有意な差があった。顆粒状のフラスは終齢幼虫が出ることがわかっており (Tarno *et al.*, 2011)、繁殖に成功していると考えられる。以上のことから、穿入個体数が多くなるほど、少なくとも終齢幼虫が出現する時点までは、穿入個体中の繁殖に成功する個体数は増加すると考えられる。2008年8月の調査では、被害の程度とフラスの状態の間には関係が見られなかった。つまり全枯損と部分枯損の木のいずれにも、繁殖に成功した顆粒状のフラスを排出している木と、失敗した繊維状のフラスの多い木が存在しており、被害の程度と繁殖の成功には関連が見られなかった。以上のことから、より多くの個体が穿孔することは繁殖の成功につながるが、樹木が完全に枯損するかどうかは繁殖の成功には関係がないと考えられた。今回の調査では対象となる枯損木の数が少なく、また調査が枯損木を対象としているため、穿入を受けて萎凋などの症状を示さなかった木については調査できていない。今後試料数を増やして調査する必要がある。

引用文献

- 後藤秀章 (2006) 九州森林研究 59: 87-89.
 後藤秀章 (2007) 九州森林研究 60: 92-94.
 後藤秀章ほか (2008) 九州森林研究 61: 96-98.
 井上牧雄ほか (2003) 鳥取林試研報 40: 1-21.
 伊藤進一郎・山田利博 (1998) 日林誌 80: 229-232.
 Hamaguchi H and Goto H (2010) Appl Entomol Zool 45: 319-328.
 Kinuura H (2002) J For Res 7: 7-12.
 衣浦晴生・後藤秀章 (2013) JATAF ジャーナル 1: 14-18.
 衣浦晴生 (2002) カシノナガキクイムシの分布、発生生態、および防除対策 (森林を守る - 森林防疫研究 50 年の成果と今後の展望, 493 pp, 全国森林病虫獣害防除協会, 東京) 75-86.
 小林正秀・萩田実 (2000) 森林応用研究 9: 133-140.
 小林正秀ほか (2014) 樹木医学研究 18: 95-104.
 Kubono T and Ito S (2002) Mycoscience 43: 255-260.
 齋藤孝蔵 (1959) 森林防疫ニュース 8: 101-102.
 佐藤嘉一ほか (2003) 九州森林研究 56: 95-100.
 曾根晃一ほか (1995) 鹿大学演研報 23: 11-22.
 末吉正秋 (1990) 森林防疫 39: 58-61.
 松本孝介 (1955) 森林防疫ニュース 4: 74-75.
 Motulsky H (2005) GraphPad Prism Version 4.0 Statistics Guide, 144 pp, GraphPad Software Inc, San Diego
 Murayama J (1955) Bull Fac Agr Yamaguchi Univ 6: 81-106.
 Tarno T *et al.* (2011) J For Res 16: 68-75.
 (2015年11月19日受付; 2016年2月3日受理)