

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

西村 正史・松浦 崇遠・高島 幸司・小林 裕之

Ecology and control of *Platypus quercivorus* causing mass mortality of two oak species, *Quercus crispula* and *Quercus serrata*, in Toyama prefecture

Masashi NISHIMURA, Takatoh MATSUURA, Koji TAKABATAKE, Hiroyuki KOBAYASHI

カシノナガキクイムシによるナラ類の集団枯損を防除するため、2002年から2005年にかけて被害の実態調査、カシノナガキクイムシの生態に関する調査並びに防除試験を行った。その結果、①被害を受けた林分では大径木が被害を受けやすく、枯損しやすいこと、②枯損木の発生はコナラよりミズナラで顕著であること、③樹幹下部から脱出する成虫は樹幹中部や上部よりも少ない傾向にあること、④成虫の大半は6月下旬から7月下旬にかけて脱出すること、⑤枯損木の大半は7月に発生すること、⑥NCS剤によるくん蒸処理が有効なこと、⑦秋に枯損木を1mの長さの丸太にして林内に放置しておくこと、翌年の成虫の脱出は非常に少なく、死亡率は99.5%であること、が判明した。

1. はじめに

ナラ類集団枯損は、主に日本海側の地域で発生している。この被害は、カシノナガキクイムシ（以後、カシナガ）が樹幹内に持ち込む不完全菌の一種、*Raffaelea quercivora* の病原性によることが明らかにされている^{1, 2)}。本県では、2002年に南砺市（旧福光町）才川七地内の二次林内でこの被害が初めて確認された。森林政策課によるカシナガの被害量に関する資料から本県における被害の拡大状況を見てみると、被害が初めて確認された2002年とその翌年の被害量は、それぞれ65m³と86m³であり、少なかった。ところが、2004年になると被害量は735m³へと急増し、2006年にはさらに増えて7,195m³に達した。この年には、ほぼ県下全域に被害が拡大したことが確認された。2005年には6,672m³と少し減少したものの、この被害は今後もこのレベルで続くものと予測されるので³⁾、早急に被害を防止するための対策が急務である。そのためには、本県における被害の実態とカシナガの生態等を明らかにするとともに被害防止対策を構築する必要がある。

そこで、2002年から2005年にかけて、ナラ類集団枯損が発生した林分における被害木の特徴、カシナ

ガの成虫が脱出する時期、被害を受けて枯損する立木が発生する時期、NCS剤による防除試験、枯損木の材内におけるカシナガの生存過程、等の調査を行ったので、その結果を報告する。

2. 集団枯損が発生した林分における被害木の特徴

カシナガの被害を受けた林分ではミズナラやコナラの大径木が被害を受けやすく、枯損しやすいことが報告されている^{3, 4)}。また、ミズナラはコナラよりも枯損する割合が高いことも知られている⁵⁾。そこで、この傾向が本県でも認められるか否かを確認するために、被害林分の実態調査を行った。

2.1 材料及び方法

本県で初めてナラ類集団枯損が確認された南砺市（旧福光町）才川七地内の二次林で、2002年に1箇所（調査面積は1ヘクタール）、2003年に1箇所（調査面積は3.5ヘクタール）、合計2箇所の林分で、被害の状況を調査した。これらの林分の標高は250~350mに位置しており、旧薪炭林である。

両林分では、すべてのミズナラとコナラを対象に被害の状況を調査するとともに胸高直径を測定した。被害状況については、表-1に示す方法で分類した。

ミズナラ及びコナラは萌芽更新により再生された林分であるため、同じ株から数本の幹が生育している場合が多いので、この調査では株から生育しているそれぞれの幹を1個体とみなした。

表-1 被害状況の分類

被害ランク	被害状況
健全木	穿入孔およびフラスが全く確認されないで生存している立木
生存被害木	穿入孔やフラスが確認されるものの生存している立木（葉が萎凋現象を起こして枯損している部分もあるが生存している立木も含まれる）
枯損被害木 (調査年に枯損)	穿入孔やフラスが確認され、葉が萎凋現象を起こし、枯損した立木
枯損被害木 (調査年よりも前に枯損)	フラスは確認されず、穿入孔が確認され、枯れ枝のみの状態で枯損した立木
衰弱による枯損木	穿入孔およびフラスが全く確認されないが、枯損した立木

2.2 結果及び考察

結果を表-2に示す。被害を受けた立木の胸高直径は健全木のそれよりも大きい傾向にあった。被害を受けた立木でも、ミズナラでは枯損被害木の胸高直径は生存被害木のそれよりも大きい傾向にあった。そこで、健全木、生存被害木、調査した年の枯損被害木の胸高直径に違いがあるか否かを分散分析で解析したところ、両林分とも1%レベルで胸高直径の大きさに有意な差が存在することが認められた（表-3、表-4）。さらに、TukeyのHSD検定で多重比較を行ったところ、2002年の調査林分のミズナラでは、枯損被害木（2002年に枯損）、生存被害木、健全木の順で胸高直径が5%レベルで有意に小さくなることが判明した。コナラでは、生存被害木と枯損被害木（2002年に枯損）の間では胸高直径に5%レベルで有意な差は認められなかったものの、これらは健全木よりも5%レベルで有意に大きいことが認められた。2003年の調査林分でも同様な解析を行ったところ、ミズナラでは枯損被害木（2002年に枯損）、

表-2 調査林分におけるミズナラとコナラの被害状況

2002年の結果

樹種	被害のランク	立木本数	割合	胸高直径 (cm)		
				平均値	±	標準偏差
ミズナラ (350本)	健全木	65	18.6%	17.6	±	7.2
	生存被害木	118	33.7%	21.3	±	6.4
	枯損被害木(2002年に枯損)	144	41.1%	25.0	±	8.5
	枯損被害木(2001年以前に枯損)	14	4.0%	23.5	±	7.0
	衰弱による枯損木	9	2.6%	—	—	—
コナラ (136本)	健全木	76	55.9%	18.9	±	6.8
	生存被害木	44	32.4%	24.2	±	6.7
	枯損被害木(2002年に枯損)	9	6.6%	24.0	±	5.8
	枯損被害木(2001年以前に枯損)	1	0.7%	17.0		
	衰弱による枯損木	6	4.4%	—	—	—

2003年の結果

樹種	被害のランク	立木本数	割合	胸高直径 (cm)		
				平均値	±	標準偏差
ミズナラ (1214本)	健全木	830	68.4%	18.2	±	8.0
	生存被害木	145	11.9%	21.1	±	9.0
	枯損被害木(2003年に枯損)	200	16.5%	25.3	±	8.9
	枯損被害木(2002年以前に枯損)	37	3.0%	20.0	±	6.2
	衰弱による枯損木	2	0.2%	—	—	—
コナラ (521本)	健全木	385	73.9%	17.2	±	6.5
	生存被害木	127	24.4%	22.4	±	6.9
	枯損被害木(2003年に枯損)	6	1.2%	23.2	±	9.8
	枯損被害木(2002年以前に枯損)	0	0.0%	—	—	—
	衰弱による枯損木	3	0.6%	—	—	—

表-3 被害ランク間で胸高直径の大きさに差があるか否かの分散分析の結果 (2002年調査林分)

ミズナラ				
要因	平方和	自由度	平均平方和	F 値
被害ランク	3564.8	2	1782.4	30.63 **
誤差	18864.3	324	58.2	
コナラ				
要因	平方和	自由度	平均平方和	F 値
被害ランク	851.6	2	425.8	9.46 **
誤差	5668.3	126	45.0	

** : 1%レベルで有意であることを示す。

表-4 被害ランク間で胸高直径の大きさに差があるか否かの分散分析の結果 (2003年調査林分)

ミズナラ				
要因	平方和	自由度	平均平方和	F 値
被害ランク	8345.7	2	4172.9	60.56 **
誤差	80752.9	1172	68.9	
コナラ				
要因	平方和	自由度	平均平方和	F 値
被害ランク	2578.6	1	2578.6	58.47 **
誤差	22512.6	510	44.1	

** : 1%レベルで有意であることを示す。

生存被害木、健全木の順で胸高直径が5%レベルで有意に小さくなることが判明した。コナラでは、健全木よりも生存被害木の胸高直径の方が5%レベルで有意に大きいことが認められた。したがって、カシナガは林内ではより大きな立木を選択して加害し枯損させること^{3, 4)}が本県でも認められた。なお、両林分とも調査の前年にナラ類集団枯損による枯損木の発生が認められたが、枯損年が異なるのでこの解析から除いた。

枯損木の割合をミズナラとコナラで比較すると、2002年の結果ではミズナラが45.1%、コナラが7.3%であった。2003年では、ミズナラが19.5%、コナラが1.2%であった。これまでの報告のように⁵⁾、本県でもミズナラと比べればコナラの枯損割合が極めて低いことが判明した。

なお、2002年の調査林分は本県で最初に被害が確認された林分であるので、本県におけるナラ類集団枯損被害は少なくとも2001年には発生していたと云える。

3. 成虫の脱出時期

カシナガの被害を受けて枯損した立木を対象に防除を実施する場合には、成虫が脱出する前までに処理する必要がある。石川県ではカシナガの成虫が本格的に脱出し始める時期は6月下旬である⁶⁾が、本県では不明であるので、成虫の脱出時期を調査した。

3.1 材料及び方法

南砺市(旧福光町)才川七地内の被害林分内において2004年と2005年に穿入孔からの成虫の脱出消長を調査した。なお、この調査地は前節において被害林分を解析した2002年の調査地に隣接している。2004年と2005年の調査林分の標高は、それぞれ350mと330mである。

両年とも調査の前年にカシナガの被害を受けて枯損したミズナラを2004年には5本、2005年には4本を選んで調査木とし、各調査木の地際から1.5m以下の樹幹に存在する穿入孔を対象に調査を行った。2004年では、4本の調査木については20個の穿入孔を、もう1本の調査木については30個の穿入孔を、2005年では4本の調査木とも10個の穿入孔を、それぞれ任意に選んだ。これらの穿入孔にカシナガの成虫を捕獲するためのトラップを取り付けた(図-1)。2004年は6月17日から9月1日までの間、2005年は6月17日から9月8日までの間、原則として1週間おきにトラップの容器内に成虫が脱出しているか否かを調べ、成虫が脱出していれば容器部分を取り外し、新しいものに取り替えた。取り外した容器は直ちにキャップで密閉して林業試験場に持ち帰り、冷蔵庫に保管した。その後、随時、冷蔵庫から容器を取り出し、成虫の雄雌を区別し、それぞれの個体数を数えた。2004年では9月1日に調査を終了したが、2005年では9月8日の調査の後、9月28日に最後の調査を行った。



図-1 脱出成虫捕獲用のトラップ

なお、成虫捕獲用のトラップは、50cc用の蓋付きポリビン容器の蓋の部分に径12mmの穴を開け、径13mmで長さ20cmのビニールチューブを差し込んだものである(図-1)。現場での穿入孔への取り付けを容易にするために、その先端をほぼ等間隔に4箇所、15~20mmの長さの切れ目を入れた。そして、設置の際は、切れ目を入れた部分を穿入孔の上に置き、できるだけ隙間がないように押さえて、4箇所をガンタッカーで固定した。しかし、成虫が逃げる可能性のある隙間があるので、付着部分をコーティング処理した。

3.2 結果及び考察

2004年と2005年の結果を図-2に示す。2005年では7月上旬頃に脱出数が少なくなる時期があったものの、両年とも6月下旬頃から7月下旬にかけて大半の成虫が脱出し、8月以降の成虫の脱出数は少なかった。性比を調査間隔毎に比較すると(表-5)、2004年では、脱出し始める時期は雄が有意に多かったが、その後雌が増加して雌の方が有意に多くなり、その後は有意な差は見られずほぼ同数であった。2005年では、6月下旬では雄が有意に多く、7月1日から14日までの間は雌雄の脱出数に有意な差はなかったが、その後の2週間は雌の方が有意に多く、基本的には2004年とほぼ同じであった。脱出成虫数の総数で性比を比較すると、両年とも性比は0.5よりも有意に低く、2004年では0.480、2005年では0.439であり、雌の脱出数よりも雄の脱出数の方が多いという結果になった。

穿入孔からの成虫の脱出活動は明け方の2時間程度である⁷⁾。この時の気温は最低気温に近い値であるので、調査地点の最低気温を以下のような方法で推定した。両調査地点の標高は330~350mであり、最寄りのアメダス観測地は南砺市高宮にあり、その

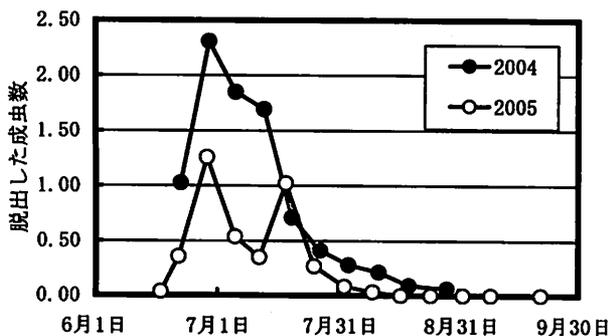


図-2 1穿入孔・1日あたりに換算した脱出成虫数の消長

表-5 調査間隔毎の性比の変化と総脱出数の性比

2004年の結果				
調査日~次回の調査日	♀	♂	♀/♂ (♀+♂)	χ^2 値
6月17日 ~ 6月25日	250	561	0.308	119.26 **
6月25日 ~ 7月1日	600	772	0.437	21.56 **
7月1日 ~ 7月8日	736	545	0.575	28.48 **
7月8日 ~ 7月15日	646	529	0.550	11.65 **
7月15日 ~ 7月22日	247	245	0.502	0.01
7月22日 ~ 7月29日	128	157	0.449	2.95
7月29日 ~ 8月5日	98	96	0.505	0.02
8月5日 ~ 8月13日	76	93	0.450	1.71
8月13日 ~ 8月20日	31	32	0.492	0.02
8月20日 ~ 9月1日	27	48	0.360	5.88 **
合計	2839	3078	0.480	9.654 **
2005年の結果				
調査日~次回の調査日	♀	♂	♀/♂ (♀+♂)	χ^2 値
6月15日 ~ 6月17日	3	0	1.000	3.00
6月17日 ~ 6月24日	11	89	0.110	60.84 **
6月24日 ~ 7月1日	117	234	0.333	39.00 **
7月1日 ~ 7月7日	75	76	0.497	0.01
7月7日 ~ 7月14日	47	51	0.480	0.16
7月14日 ~ 7月20日	141	104	0.576	5.59 *
7月20日 ~ 7月28日	58	28	0.674	10.47 **
7月28日 ~ 8月4日	11	12	0.478	0.04
8月4日 ~ 8月11日	5	4	0.556	0.11
合計	468	598	0.439	15.854 **

注) 自由度1で5%レベルの χ^2 値: 3.84, 自由度1で5%レベルの χ^2 値: 6.63. *: 5%レベルで有意, **: 1%レベルで有意。

表-6 調査地における最低気温の旬毎の推定値

	6月上旬	6月中旬	6月下旬	7月上旬	7月中旬
2004年	13.4	14.9	18.5	19.5	20.9
2005年	14.2	16.5	19.2	18.6	19.3

標高は91mである。気温は標高が100m上昇するに伴い0.6℃減少する。アメダスの観測地と試験地の標高差は240~270mであるので、標高差はほぼ250mである。アメダス観測地の最低気温から1.5℃引いた値を調査地点の最低気温として、6月上旬から7月中旬までの旬毎の最低気温の推定値を表-6に示した。2005年では6月15日から17日の2日間に3頭の成虫が脱出した。この調査地では、高さ別の脱出数の調査(第4節)も実施した。この調査では6月6日から行っており、6月17日までに脱出した成虫は全く観察されなかった。したがって、この調査地における成虫の本格的な脱出の開始時期は6月17日以降の6月下旬であると判断される。この期間の最低気温は19.2℃であった。2004年では調査開始時点ですでに多くの成虫が脱出しており、成虫が脱出し始める時期を特定することはできなかった。しかし、2004年の最低気温は2005年よりも低く推移しており、2005年よりも早まることはないと考えられる。さら

表-7 2mの丸太の直径と穿入孔当たりの総脱出数

調査木	丸太位置	丸太の直径 (c m)				穿入孔当たりの総脱出数		
		上端	中央部	下端	平均値	平均値	±	標準偏差
No. 1	上層	12.3	13.0	17.0	14.1	43.5	±	45.9
	中層	16.9	19.3	18.5	18.2	52.2	±	39.3
	下層	24.8	26.0	26.5	25.8	36.1	±	22.0
No. 2	上層	13.4	14.3	16.4	14.7	43.0	±	23.8
	中層	18.3	18.7	19.4	18.8	44.7	±	35.4
	下層	22.1	21.9	23.4	22.5	19.3	±	19.1
No. 3	上層	15.0	12.1	16.2	14.4	64.5	±	54.1
	中層	17.0	18.0	19.0	18.0	83.1	±	47.4
	下層	20.6	20.5	23.1	21.4	39.1	±	42.9

に、図-6の両年の成虫の脱出消長の傾向をみれば、脱出数の多さを別にしてほぼ同じように急激に増加している。したがって、2004年における成虫の脱出開始時期も6月下旬であったと考えられる。この時期の最低気温は18.5℃であった。

なお、2004年の調査ではトラップの不備による脱落が各調査木で1～3個の脱落があったので、解析に用いたトラップは99個であった。

4. 被害を受けて枯損した立木における高さ別の脱出成虫数

カシナガの被害を受けて枯損した立木における穿入孔は地際付近に多く、地際からの部位が高くなるにしたがって穿入孔数は減少し、幹の直径が10cm以下になると穿入孔が認められなくなる⁸⁾。地際から比較的高いところの部位では穿入孔数が少ないものの、穿入孔から脱出する成虫の個体数が多ければ、防除の対象から除くことはできない。そこで、樹内の高さによって脱出する成虫数に違いがあるか否かの調査を行った。

4.1 材料及び方法

前節における成虫の脱出時期を2005年に調査した林分(標高330mのミズナラ林)において、2004年に被害を受けて枯損したミズナラ3本を2005年6月3日に伐採した。それぞれの伐採木について、地際付近から穿入孔が存在する直径10cmまでの幹を上層、中層、下層に区分し、それぞれの層から2mの長さの丸太を採取し、丸太の上端部、中央部、下端部の直径を測定した。その後、個々の丸太毎に10個の穿入孔を選び、図-1に示す成虫捕獲用のトラップを2005年6月6日に設置した。

なお、調査間隔、捕獲容器の取り替えと保管の方法並びに個体数の計測方法は前節と同じである。

表-8 樹内の高さによって脱出数に違いがあるか否かの分散分析の結果

要因	平方和	自由度	平均平方和	F値
樹間	1109.0	2	554.5	8.93 *
高さ	1260.4	2	630.2	10.15 *
誤差	248.5	4	62.1	

*: 5%レベルで有意であることを示す。

4.2 結果及び考察

調査に用いた2mの丸太の直径及び穿入孔当たりの総脱出数の平均値と標準偏差を表-7に示す。総脱出数は樹内の高さによって異なる傾向が見られたので、分散分析を行ったところ、高さや樹間の両方に有意な差が認められた(表-8)。高さについてTukeyのHSD検定で多重比較を行ったところ、上層と中層間、上層と下層間には5%レベルで有意な差は認められなかったが、下層は中層よりも5%レベルで有意に少ないことが明らかになった。上層と下層の間では有意な差はみとめられなかったものの、上層の穿入孔からの脱出数の平均値は43～65であり、下層の19～40に比較すれば多かった。被害を受けて枯損した立木における上層部位の穿入数は少ないものの⁸⁾、防除の対象から除くことはできないと考えられる。

5. 枯損木の発生時期

カシナガの被害を受けて枯損した立木には多数の穿入孔があり⁸⁾、その穿入孔からは第3節及び第4節で示したように多数の成虫が脱出することが判明した。防除を実施する場合、本県では冬期間は積雪のため防除を実施することが困難であり、秋あるいは翌年の春に実施しなければならない。枯損木の発生時期が明らかになれば、防除の計画を効率的に立案しやすいので、枯損木が発生する時期を調査した。

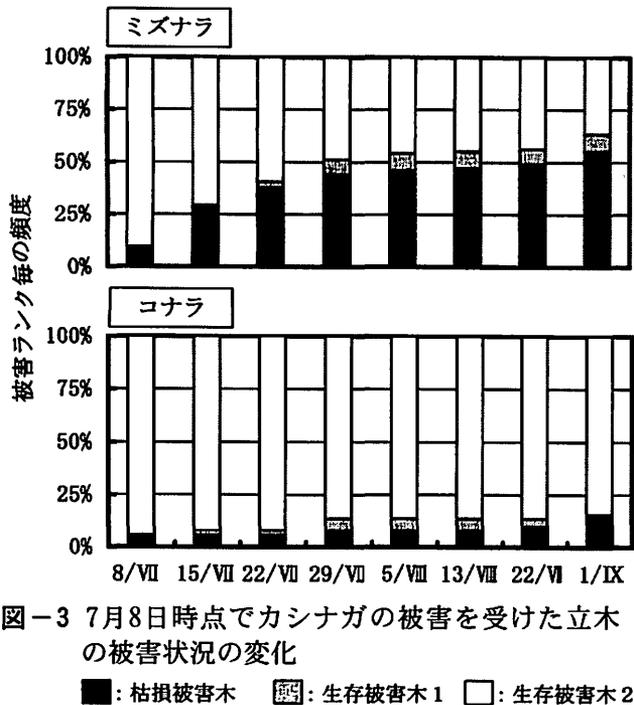


図-3 7月8日時点でカシナガの被害を受けた立木の被害状況の変化

■: 枯損被害木 □: 生存被害木1 □: 生存被害木2

5.1 材料及び方法

2004年に成虫の脱出時期を調査していた際、7月1日の時点でカシナガによるミズナラとコナラの加害を確認した。そこで、2003年に被害林分の解析を行った調査林分（第2節）において、7月8日にカシナガの被害を受けて穿入孔からフラスが排出されているコナラを54本、ミズナラを96本選び、調査木とした。

これらの調査木の変化の状況を、9月1日までほぼ1週間おきに、表-1にしたがって区別した。ただし、生存被害木については、一部に葉の萎凋ないしは赤変現象が認められたものの生存している立木を生存被害木1とし、葉の萎凋ないしは赤変現象が全く認められず、葉が健全である立木を生存被害木2とした。

5.2 結果及び考察

7月8日の時点でカシナガの被害を受けていたミズナラとコナラの調査木の被害状況を調査日毎に示したのが図-3である。ミズナラでは、調査開始時点で既に枯損木が発生していたが、枯損木の発生は調査最終日の9月1日まで観察され、その割合は55%に達した。枯損木の大半は7月に発生し、8月に発生する枯損木は少なかった。

コナラでは、枯損木の発生は極めて少なく、8本が枯損しただけであり、ミズナラに比べれば非常に少なかった。これは第2節の結果とも一致しており、コナラはカシナガの被害を受けても、枯損する割合

は極めて低いことが再確認された。しかし、枯損木の発生数が少なく、しかもだらだらと発生したため、ミズナラのような明確な発生時期を明かにすることはできなかった。今後、調査木数を増やし再調査する必要がある。

6. NCS 剤による防除試験

カシナガの穿入孔数は樹幹下部に集中しているため、樹高1.5m以下の樹幹にドリルで注入孔を開け、NCSくん蒸剤を注入する方法が開発され⁹⁾、農業登録されている。しかし、カシナガは樹幹上部にもかなり分布しており、直径10cmの幹まで穿入孔が存在している⁸⁾。そのような部位の穿入孔からの成虫の脱出数も第4節で示したように多いことが判明している。したがって、カシナガの成虫の脱出を阻止するためには、枯損木を伐採し、直径10cm以上の幹や枝をすべて防除の対象にする必要がある。そこで、NCS剤を利用した枯損丸太のくん蒸処理試験を行った。

6.1 材料及び方法

高岡市石堤地内のミズナラ林内で発生したナラ類集団枯損木を2本、2004年10月29日に伐採し、地際50cm付近から幹や枝の直径が10cmまでの幹や枝を対象に、チェーンソーを用いて切断し、1mの長さの丸太を採取した。その後、各丸太の中央部の直径を測定し、防除試験の材料とした。

この試験では、4つの処理区を設定した。1つ目は、NCSくん蒸剤で丸太を処理した区である（以後、NCS処理区）。2つ目は、丸太にチェーンソーの幅程度の切れ目を20cm間隔で入れ、それが終了するとその丸太を180度回転させて、反対側に同じように20cm間隔で切れ目を入れ、NCSくん蒸剤で処理した区である（以後、NCS+切れ目処理区）。3つ目は、丸太にNCS+切れ目区と同じように切れ目のみを入れた区である（以後、切れ目処理区）。4つ目は、丸太に何らの処理も施さなかった区である（以後、無処理区）。

各処理区では、最初に生分解シートを敷き、その上に試験材料である丸太を7本積んだ。NCS処理区とNCS+切れ目区ではNCSくん蒸剤を1㎡あたりに換算して1㍓を散布し、直ちに生分解シートで包み込み、ガムテープで密閉した。切れ目処理区と無処理区では、NCSくん蒸剤の代わりに1㎡あたりに換算して1㍓の水を散布し、その後はNCS処

表-9 各処理区における丸太の直径とカシナガの生存数と死亡数

試験区	丸太の直径 (cm)	幼虫数		成虫数		総数 (E)	死亡率 (B+D)/E
		生存数 (A)	死亡数 (B)	生存数 (C)	死亡数 (D)		
NCS処理区	15	0	0	0	0	0	
	16	78	136	1	3	218	0.638
	17	0	0	0	0	0	
	22	118	152	2	0	272	0.559
	26	338	22	4	2	366	0.066
	28	687	225	10	9	931	0.251
	32	713	275	4	7	999	0.282
NCS+切れ目処理区	13	0	0	0	0	0	
	15	0	10	0	1	11	1.000
	16	0	116	0	0	116	1.000
	18	17	198	0	2	217	0.922
	22	25	200	0	2	227	0.890
	28	90	548	0	7	645	0.860
	33	257	303	0	5	565	0.545
切れ目処理区	12	0	0	0	0	0	
	14	2	0	0	0	2	0.000
	16	68	1	3	0	72	0.014
	18	232	1	8	0	241	0.004
	23	573	0	8	0	581	0.000
	23	470	3	12	0	485	0.006
	29	1245	1	13	0	1259	0.001
無処理区	14	29	0	0	0	29	0.000
	16	92	0	3	0	95	0.000
	17	348	0	1	0	349	0.000
	19	170	0	1	0	171	0.000
	23	228	2	1	0	231	0.009
	24	415	0	1	0	416	0.000
	29	945	1	16	0	962	0.001

理区と NCS+切れ目処理区と同様な処理を行った。なお、各処理毎の丸太の直径が特定の処理区に偏らないように配慮した。

ほぼ3週間が経過した11月19日に試験地に出かけて、生分解シートを取り外し、各丸太の中央部付近から20cmの長さのサンプルを1つ採取し、試験場に持ち帰った。試験場では、20cmの長さのサンプルを割材し、カシナガの生存数と死亡数を計測した。

6.2 結果及び考察

割材調査したサンプル内の生存数、死亡数並びに死亡率等を表-9に示す。直径が小さい丸太のいくつかのサンプルではカシナガが全く観察されなかったため、以下の解析ではカシナガが存在していたサンプルのみを用いた。

処理毎の死亡率を示したのが図-4である。無処理区と切れ目処理区の平均死亡率はほぼ0に近い値

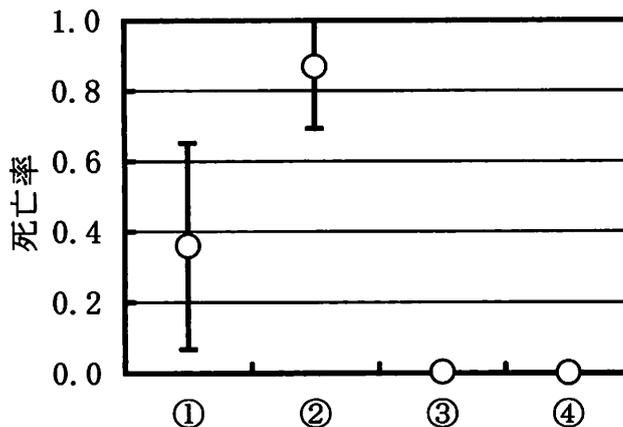


図-4 各処理区におけるカシナガの死亡率
○：平均値，縦棒：95%の信頼限界，
①：NCS 処理区，②：NCS+切れ目処理区，
③：切れ目処理区，④：無処理区

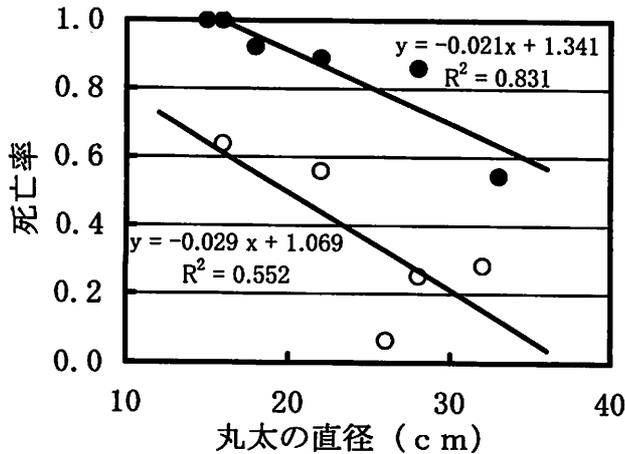


図-5 丸太の直径と死亡率との関係
 ●：NCS+切れ目処理区,
 ○：NCS処理区

であったのに対して、NCS処理区とNCS+切れ目処理区の平均死亡率はそれぞれ36%、87%であった。効果は認められたものの、100%に近い死亡率は得られなかった。しかし、それぞれの平均死亡率の95%信頼限界の幅をみると、かなり大きい。これは丸太の太さや切れ目の有無が影響しているのではないかと考えられるので、横軸に丸太の直径を、縦軸に丸太から採取した20cmのサンプルの死亡率をとって、両者の関係を処理区毎に図-5に示す。NCS処理区では、サンプルの直径が大きくなるにしたがって死亡率が低下する傾向を示したものの、5%レベルで有意な相関関係は認められなかった。しかし、NCS+切れ目処理区では、5%レベルで有意な相関関係が認められた。直径が15cm前後ではほぼ100%の死亡率であり、直径が大きくなるに伴って死亡率は減少していくが、直径25cm程度までは90%の死亡率であることが判明した。さらに、どのサイズで比較してもNCS処理区よりも明らかに死亡率が高いことが認められ、切れ目を入れることによって、くん蒸処理の効果が促進されたものと推測された。

したがって、カシナガによって枯損した被害木を伐採し1m程度に玉切りして、NCSくん蒸剤でくん蒸処理すれば高い死亡率が得られることが判明した。しかし、直径30cmを超えると死亡率は70%以下になるので、直径の大きい丸太の防除対策が課題となる。

7. 材内におけるカシナガの生存過程

前節ではNCS剤によるくん蒸処理が有効である

ことを明らかにした。しかし、この薬剤はカシナガの防除農薬として登録されているものの、前節のような方法で使用する場合は登録はとれていないので、実際の現場で使用することは困難である。この方法は農薬登録が取得されたとしても、被害丸太を集積してビニールシートで覆う作業は非常に重労働であり、現場での適用は困難を伴うことが予想され、さらに前節で明らかにしたように直径が30cmを超えるような幹や枝では薬剤効果が低下するので、省力的な新たな防除法の開発が望まれる。

その方法の一つとしてシイタケ菌を用いた防除法は有効であるとの報告¹⁰⁾があるので、2003年の秋に被害を受けて枯損した立木を1mの長さの丸太に玉切りし、シイタケ菌を植菌した。その効果を翌年に調査したが、無処理区からも処理区からも成虫の脱出はほとんど確認されず、シイタケ菌による防除効果を明らかにすることができなかった。しかし、成虫の脱出がほとんどなかったので、1mの長さの丸太にして秋から翌年の春まで林内に放置したことが何らかの影響を及ぼしていたのではないかと考え、2004年から2005年にかけて被害丸太の林内放置試験を実施した。

7.1 材料及び方法

2004年10月17日に、南砺市(旧福光町)才川七の被害林分においてカシナガの被害を受けて枯損した立木15本を伐採し、1mの長さの丸太に切断し、直径が10cm以上の60本の試験丸太を得た。これらの丸太を、その後のカシナガの生存状況の調査のために、伐採した場所の林床に放置した。この試験丸太を採取する際に、伐採時点のカシナガの生存状況を調べるために、伐採した被害木や幹あるいは枝の大きさに偏らないように21個の10cmの長さの円盤を採取した。これらの円盤を試験場に持ち帰って、割材調査によりカシナガの生存数を調査した。

林内に放置された試験丸太は、第4節で示したようにカシナガの穿孔孔数が被害木や立木の高さによって異なることを考慮し(表-7)、60本の試験丸太を、伐採した被害木や丸太の大きさによって偏りがないように1グループ20本からなる3つのグループに分けた。その後、2004年11月22日、2005年5月10日、2005年6月9日に、各グループの丸太の中央部分から10cmの長さの円盤を採取した。

それぞれの調査の際に、放置処理との比較のため、被害を受けた立木4本を伐採して、地際付近から直

表-10 放置した丸太と立木から採取した10cmの長さの円盤当たりのカシナガ生存数

	2005年10月17日		2005年11月22日		2006年5月10日		2006年6月9日	
	平均値	± 標準偏差	平均値	± 標準偏差	平均値	± 標準偏差	平均値	± 標準偏差
立木区	173.8	± 111.2	156.5	± 72.1	38.2	± 37.5	19.0	± 36.1
放置区			87.3	± 58.8	18.9	± 22.8	0.9	± 3.6

径が10cm までの幹あるいは枝を対象に、ほぼ 1 m 間隔で10cm の長さの円盤を、直径のサイズが偏らないように20個採取した。このようにして得られた40個の円盤を試験場に持ち帰り、2004年10月17日に採取した円盤と同じ方法で割材し、生存数を調査した。

2005年6月9日に採取した円盤は割材しないで、6月17日に大型の蓋付きポリエチレン容器に入れ、脱出してくる成虫数を8月11日の時点で調査した。第3節で示したように本県における成虫の大半は6月下旬から7月下旬であるので、6月17日から8月11日まで脱出した成虫数はこれらの円盤から脱出する総数であると判断される。本報告では、この値を2005年6月9日時点のカシナガの生存数とした。なお、大型容器の蓋の部分には10cm×10cm の空気穴を開け、成虫が逃げ出さないように NBC 株式会社製のポリエチレン製ニップ強力網の50合目(407 μ m)で密閉した。

7.2 結果及び考察

4回の調査時点におけるカシナガの生存数を表-10に示す。調査開始時点の10月17日における10cm の長さの円盤当たりの生存数の平均値は173頭であった。しかし、その後の生存数は減少し、翌年の6月9日の生存数は、立木区では19頭、放置区では0.9頭であった。両者の生存数を比較したところ、放置区の脱出数の方が有意に少なかった (Mann-Whitney 検定, P=0.05)。2005年10月17日の生存数を100とした場合の脱出数の推移を比較したところ (図-6)、立木区では10.9、放置区では0.5であり、前者ではほぼ90%が、後者では99.5%が、それぞれ死亡したことになる。このことは、丸太を林内の林床下に放置したことにより死亡率がさらに増加したことを示している。また、立木区では約半数の円盤に成虫の脱出が認められたが、放置区では90%に相当する円盤で成虫の脱出が認められなかった (図-7) ので、放置区では脱出数が少ないだけでなく、全く脱出しない円盤が多かったことも注目される。

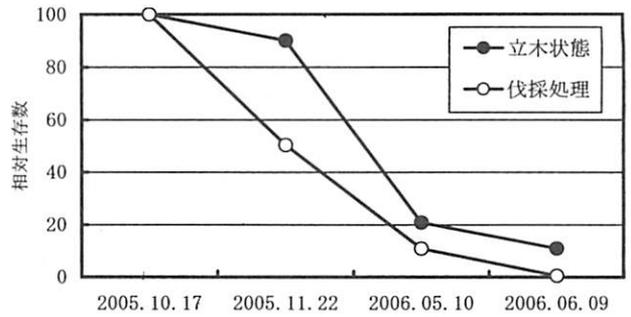


図-6 2005年10月17日の生存数を100とした時の生存数の推移

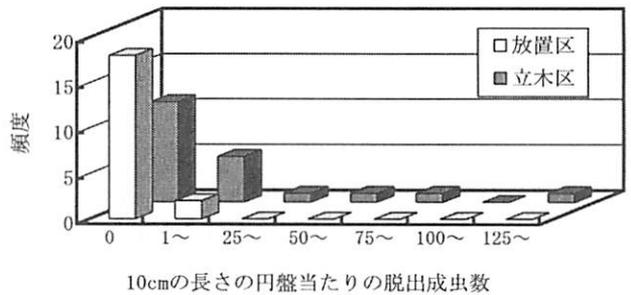


図-7 10cm の長さの円盤から脱出した成虫数の頻度分布

立木区と放置区の大きな違いは、前者は立木の状態であるので、当然ながら雪の中に埋雪することはないのに対して、後者は冬の間雪の中に埋雪されていることである。この埋雪が、丸太の中のカシナガの死亡要因に深く関与しているものと推測される。埋雪下では、融雪水が丸太に浸透し、丸太内は水分で充満し、呼吸困難となって死亡するのではないかと推測される。今後の死亡要因の解明が必要であるが、2003年から2004年にかけてのシイタケ菌の植菌による防除試験でも成虫の脱出がほとんどなかったことを考えれば、この処理方法は有望な防除対策の一つになるものと期待される。

引用文献

- 1) 伊藤進一郎, 窪野高徳, 佐橋憲生, 山田利博 ナラ類集団枯損被害に関する菌類, 日林誌80: 170-175 (1998)
- 2) Kubono, T. and Ito, S. *Raffaelea quericivora*

- sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience* 43:255-260 (2002)
- 3) 小林正秀 カシノナガキクイムシの穿入に伴うブナ科樹木集団枯死被害の発生機構. 京都府林業試験場研究報告 No.7 : 1-139 (2004)
 - 4) 衣浦晴生 ナラ類の集団枯損とカシノナガキクイムシの生態. 林業と薬剤 No.130 : 11-20 (2004)
 - 5) 衣浦晴生 3. ナラ・カシル類の集団枯損 1) カシノナガキクイムシの分布, 発生生態, 及び防除対策—森林をまもる— (全国森林病虫害獣防除協会 編集・発行). 75-86 (2002)
 - 6) 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 No.49 : 81-84 (2001)
 - 7) 吉田成章, 布川耕市 新潟県柏崎市におけるカシノナガキクイムシ成虫の寄生生態. 日林論105 : 441-442 (1994)
 - 8) 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. 富山林技セ研報 No.18 : 1-4 (2005)
 - 9) 斎藤正一, 中村人史, 三浦直美 ナラ類集団枯損被害の薬剤防除法. 森林防疫48 : 84-94 (1999)
 - 10) 小林正秀, 野崎愛 カシノナガキクイムシ被害木によるきのか栽培試験. 菌茸2001.10 : 16-22 (2001)

Summary

We conducted some investigations on the ecology and control of ambrosia beetles, *Platypus quercivorus*, from 2002 to 2005, for the purpose of controlling the beetles which are causing the mass mortality of two oak species, *Quercus crispula* and *Quercus serrata*, in Toyama prefecture. Large oak trees were easily infested and killed by the beetles and mortality of *Quercus crispula* trees was higher than that of *Quercus serrata* in the same stands. Most of the adult beetles were observed from late June to late July. Most of the dead oak trees were infested by the beetles in July. Fumigation by NCS medicine was effective, but not when tree trunks were larger than 30 cm in diameter. The mortality of the beetles was 99.5% in the treatment where dead oak trees infested by the beetles were felled; the logs cut in 100 cm sections and left on the ground from autumn to spring.