

ナラ類の集団枯損に関する防除技術の開発

(県単課題 平成15年～19年度)

在原 登志男
松崎 明*
齋藤 直彦*
石井 洋二**

目 次

要 旨

I	はじめに	.....
II	カシノナガキクイムシの生態と防除	.....
1	ナラ類枯損木におけるカシノナガキクイムシの生息数、脱出成虫数および発生消長	.....
2	カシノナガキクイムシの穿入状況と枯損の発現	.....
3	カシノナガキクイムシの駆除	.....
III	ナラ類集団枯損の様相	.....
1	福島県におけるナラ類集団枯損の急速な拡大（初発後2004年までの被害）	..
2	海拔高500m未満の低海拔地帯でのナラ類集団枯損の年次別推移	.....
3	海拔高500m以上の高海拔地帯でのナラ類集団枯損の年次別推移	.....
4	小林分を対象としたナラ類集団枯損の動態	.....
IV	引用文献	.....

受付日 平成20年2月29日

受理日 平成21年3月10日

* 現相双農林事務所、** 元林業研究センター

要 旨

カシノナガキクイムシの生態と防除

1. ナラ類枯損木におけるカシノナガキクイムシの生息数、脱出成虫数および発生消長

- (1) ナラ枯れ木全体におけるカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）の総穿入孔数（Y）は、樹幹高0.75～1.0m間の穿入孔数/m²（X）で推定された。すなわち、90個以上の場合は $Y=8.57X-162.5$ で、また40個以上90個未満の場合は $Y=7.76X-104.8$ で推定され、さらに40個未満の場合は平均で141個と考えられた。
- (2) ナラ枯れ木におけるカシナガの穿入孔は、細い枯損木ほど樹幹下部における出現頻度が高まり、また穿入孔の穿たれる部位が細いものと推定された。
- (3) ナラ枯れ木の幹部における1穿入孔あたりの脱出成虫数は、枯損年の夏期の気象によって大きく変動するものと考えられた。しかし、根株は枯損年ごとの変化が少ないものと予想された。また、被害歴ごとの幹部における平均脱出数は、1年目で4、50頭、2年目で10数頭、3年目で10頭以下、5年目で数頭と被害歴が増すほど急激に少なくなる傾向にあるものと考えられた。
- (4) 日当たりのよい林分とうっ閉した林分では、前者の最高気温が後者と比べてかなり高くなることから、前者で2週間から1か月ほどカシナガの脱出期が早まるものと考えられた。また、日当たりのよい林分であっても、周囲が山林であるか畑や水田の開放地かによって局所的に気温の変化が生じ、山林の場合で1～2週間ほどカシナガの脱出期が遅れるものと推定された。なお、カシナガの発育零点を11℃とすると、日当たりのよい林分での初発日は 349 ± 46 （標準偏差、以下同様）℃、以下5%脱出期 412 ± 32 ℃、20%脱出期 471 ± 23 ℃、50%脱出期 579 ± 18 ℃そして90%脱出期は 796 ± 80 ℃と推定された。

2. カシノナガキクイムシの穿入状況と枯損の発現

- (1) 2004年におけるカシナガのミズナラに対する初期穿入（アタック）は、脱出後速やかに行われ、おおむね脱出20%期にピークを向かえ、脱出終了期まで続くものと考えられた。また、ミズナラの枯損は、初期穿入2週目（穿入から8～14日目の間）から始まって、4週目（穿入から22～28日目の間）にピークを向かえ、6週目（穿入から36～42日目の間）に終了した。なお、ミズナラの枯死と関係の深い穿孔部位は高さ0～0.50mの樹幹部であり、当該部位の穿入孔密度は少なく見積もっておおむね90個/m²を上回るものと考えられた。
- (2) 2005年のミズナラは、穿入孔から樹液の滲出が見られる個体であっても新たな穿入孔が数多く穿たれて枯損した。このため、萎凋・枯損時における高さ0～0.5mの樹幹部の穿入孔密度は、350個/m²以上となり、昨年の90個/m²の4倍近い密度となった。
- (3) ミズナラ、コナラおよびクリなどの生立木に傷を付与し、樹液の滲出状況を調査した。その結果、一部の傷口における樹液滲出は、傷付与後おおむね3週目（15～21日目）に始まり、おおむね5週目（29～35日目、一部の傷で樹液の滲出がみられてからおおむね2週後）に全ての傷口から滲出するものと推定された。なお、コナラはミズナラに比べ傷付与による樹液の滲出量がかなり多いと考えられた。

3. カシノナガキクイムシの駆除

- (1) ナラ枯れ木を秋期に伐倒して100（対照木）、50、40、30、20、10および5cmに玉切って、100cmは日当たりの良いナラ枯れ林の林床に直接、それ以外は直接林床に接さ

ないように枕木上に放置した。その結果、時間の経過とともに死亡虫率が高まり、羽化脱出期には長さ20cm以下の丸太で100%、また30cmで96.9%、40cmで99.6%とかなり高いまたはほぼ完全な死亡虫率を示した。さらに、50cmでも94.1%とかなりの死亡虫率を示した。なお、枕木上の放置はさほど含水率の低下（死亡虫率の上昇）をもたらさなかった。

(2) 被害丸太にチェーンソーで鋸目を入れ、被覆資材にMITCガス（NCS剤から発生するくん蒸活性成分）の保持性能に優れた高ガスバリア性シート（以下、ガスバリアシート）を使用してNCS剤および液化炭酸製剤で秋期および春期に2週間天幕くん蒸し、被害丸太から羽化脱出する成虫を採取してそれぞれ駆除効果を算出した。その結果、カシナガは秋期のNCS剤1 L/m³天幕くん蒸で完全に駆除され、春期でも99%以上とほぼ完全に駆除された。また、秋期にMITC（メチルイソチオシアネート）を液化炭酸ガスに30%溶解させた製剤180g/m³で天幕くん蒸すればカシナガは100%と完全に駆除され、春期でも同剤360g/m³で完全に駆除、同剤180g/m³で99%以上とほぼ完全に駆除された。

(3) 伐根上面にチェーンソーで深さ2 cmほどの井桁状の鋸目を入れて春期にNCS剤を投薬、被覆資材にガスバリアシートを用いて伐根を2週間天幕くん蒸し、伐根から羽化脱出する成虫を採取して駆除効果を算出した。その結果、カシナガはNCS剤1 L/m³天幕くん蒸で100%と完全に駆除され、また0.5L/m³天幕くん蒸で99%とほぼ完全に駆除された。

(4) 被覆資材をMITCガスの保持性能に乏しい、ポリ塩化ビニルシート（以下、非ガスバリアシート）を用いて、被害丸太および伐根に生息するカシナガに対するNCS剤の2週間天幕くん蒸を春期に行い、施用量と駆除効果をみた。その結果、非ガスバリアシートの使用はガスバリアシート使用よりも駆除効果が低下した。

ナラ類集団枯損の様相

1. 福島県におけるナラ枯れは2000年秋に初めて西会津町で確認され、以降2003年までの最大拡散距離の平均値は6.0±3.2kmであった。しかし、2004年は南東方向に新たな被害が連続して発生し、会津盆地の西山麓から35～45km離れた中通りでも新たな被害が認められた。被害が急速に拡大した原因の一つとして、6月22日に発生した台風6号による北西寄りの強い吹き返しに乗って、カシナガが南東方向に数十kmも大量に移動し、ナラ枯れを引き起こした可能性が高いと考えられた。
2. 福島県で初めてナラ枯れが確認された西会津町周辺の標高500m未満の低海拔地帯における被害状況を7年間調査し、各メッシュ（経度と緯度を1分ごとに区切った区画）における年次ごとの被害状況の推移を検討した。その結果、被害発生の遅れるメッシュほど隣接する林分から大量のカシナガが移入するためか、被害状況は発生当初から激甚をきわめ、被害の終息が早まった。
3. 猪苗代湖周辺の海拔高500m以上の高海拔地帯における被害状況を4年間調査し、各メッシュにおける年次ごとの被害状況の推移を検討した。その結果、被害発生年度の遅れたメッシュでも発生当初から被害の進んだ状況を呈することが少なく、また発生4年目であっても被害状況の激甚化がみられない。さらに、被害の消失するメッシュが多くみられたものの、一部では再度発生するものもあって、被害は止むことなく続くことが特徴と考えられた。

4. 0.2ha前後の固定調査林を標高500m未満の低海拔地帯に3か所設けて福島県におけるナラ枯れの動態を精査した。その結果、1年目にわずかに発生し、2年目に中規模に発生そして3年目に大量発生して終息するという新たな枯損パターンが確認された。また、本県におけるナラ枯れはミズナラで著しく胸高断面積合計で93%までも枯損し、林分によってはほぼ壊滅状況を呈するものと考えられた。これに対して、コナラやクリでは最大で10数%以下、通常数%以下の枯死に止まるものと推定された。

I はじめに

近年、日本海側の各地域でブナ科、特にミズナラやコナラ等の樹木の集団的な枯損が発生し、1980年代以降被害は拡大の傾向にある²⁰⁾。ナラ類の集団枯損は、ナラ菌 (*Raffaella quercivora* sp. nov.) を伝搬する体長4.5mmほどのカシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*(Murayama)) (以下、カシナガ) の集中加害 (mass attack) が原因とされている^{19), 43)}。このナラ類の集団的枯損 (以下、ナラ枯れ) が、2000年秋に新潟県と県境を接する会津地方の西会津町で初めて確認され¹⁸⁾、以降急速に蔓延して2004年秋の時点では、会津地方のみならず中通りの郡山市を含む旧18市町村 (新12市町村) に及んだ¹⁰⁾。ナラ菌は前年度のナラ枯れ木内で♀成虫の前胸背中央の孢子貯蔵器官 (mycangia) に取り込まれ、脱出してナラ類の生立木の辺材部に穿った孔道の壁に植え付けられる²⁴⁾。そして、ナラ菌に感染した孔道付近の辺材部ではチロースによる道管の閉塞が生じ、通水機能が停止してナラ類は萎凋・枯損する^{44), 72)}といわれている。

本研究では、福島県におけるナラ枯れの動態およびカシナガの穿入から枯損発現までの経過を明らかにするとともに、カシナガの効果的な防除法を解明するため、その生態の把握に努めた。

II カシノナガキクイムシの生態と防除

1 ナラ類枯損木におけるカシノナガキクイムシの生息数、脱出成虫数および発生消長

(1) ナラ類枯損木における穿入孔数の推定¹²⁾

① 調査目的

ナラ類集団枯損の防除法の一つとして、集合フェロモンを誘引剤として利用するカシナガの捕殺が考えられている^{23), 51), 55)}。カシナガの誘殺効果を判定するためには、枯損木におけるカシナガの総穿入孔数および脱出成虫数を推定する必要がある。ナラ枯れ木全体におけるカシナガの総穿入孔数は、現在のところ胸高直径から推定する方法が報告⁴⁹⁾され、また樹幹の高さ1m以下の総穿入孔数は、高さ0.8mから1m間の幅20cmの穿入孔数から推定する方法が報告²⁷⁾されているにすぎない。

本項では、マツ枯損木に対するマツノマダラカミキリの総穿入孔数がある高さの幹部における穿入孔密度 (個/m²) から推定した手法⁴⁾によって、地上および地下部におけるカシナガの総穿入孔数の推定を試みた。

② 調査材料と方法

ア 地上部における総穿入孔数の推定

調査木は、2002年秋に枯損したミズナラ4本、2003年秋に枯損したミズナラ8本および2006年秋に枯損したミズナラ4本とコナラ1本の計17本である。調査木は傾斜の

緩い林地での枯損木とし、特に根曲がりの少ないものを選定した（以下、同様）。胸高直径は16.2～42.6cm、また高さは10.5～22mの範囲にあった。調査木は、地上部における総穿入孔数推定のため、それぞれの秋に樹幹高0.5～0.75m、0.75～1.0m、1.0～1.25mおよび1.25～1.5m間の中央直径と穿入孔数を記録した。そして、地際部より伐倒してカシナガの全穿入孔数を調査した。残った地際部の穿入孔は、凹み内に存在することもあって調査が困難であったが、可能な限り計数した。また、枝条で穿入孔が認められた場合も、同様に計数した。

イ 地下部におけるカシナガ総穿入孔数の推定

調査木は、2006年秋に枯損したミズナラ8本と2007年秋に枯損したミズナラ8本の計16本である。胸高直径は11.8～40.2cm、また高さは14.0～24.0mの範囲にあった。調査木は、それぞれの秋に樹幹高0.75～1.0m間の中央直径と穿入孔数を記録後、樹幹最下部の地際部周辺をノコギリで傷つけた。そして、根際部の土壌を深さ30cmほど掘取り、地際部樹幹に付けたノコ目以下の部分すなわち地下根株の粗皮を剥いで（写真-1）、カシナガの全穿入孔数を調査した。なお、穿入孔は凹み内に存在することもあって調査が困難であったが、可能な限り計数した。



写真-1 地下根株におけるカシノナガクイムシの穿入孔数調査

③ 結果と考察

ア 地上部におけるカシナガ総穿入孔数の推定

調査木17本の胸高直径とカシナガの総穿入孔数の関係を図-1示す。両者は $p=0.22$ （Kendallの順位相関係数、以下同様）と全く相関が認められず、また $r^2=0.27$ （相関係数、以下同様）とかなりバラツキ、胸高直径によって総穿入孔数を推定することは困難であると思われた。単位面積あたりの穿入孔数（穿入密度）は、樹木へのカシナガの

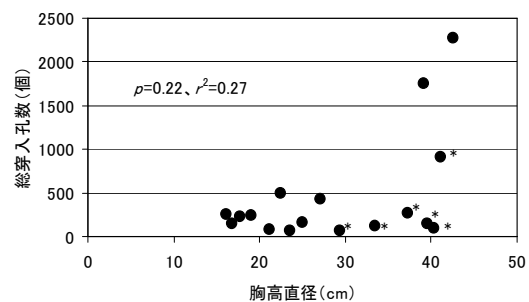


図-1 枯死木の胸高直径とカシノナガクイムシの地上部における総穿入孔数

攻撃（穿孔）時期の遅れや被害本数の増加によって低下すると報告⁷⁰⁾されており、図中の*印はこれらに相当したと考えられる。樹幹各部位の穿入孔数/m²と総穿入孔数の r^2 は、樹幹高0.5～0.75m間で0.958、以下0.75～1.0mで0.982、1.0～1.25mで0.914そして1.25～1.5mで0.827となって、0.75～1.0m間で最も高かった。樹幹高0.75～1.0m間のカシナガ穿入孔数/m²と総穿入孔数の関係は、図-2に示した。

両者は $p<0.001$ の相関にあり、 Y_1 （総穿入孔数、以下同様） $=7.36X$ （樹幹高0.75～1.0m間の穿入孔数/m²、以下同様） -60.3 の関係式（ $r^2=0.98$ ）が得られた。すなわち、カシナガの攻撃時期の遅れや被害本数の増加によって低下した穿入孔数は、胸高

直径の代わりに樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²を用いることによって、著しく関係式に適合した。このことから、地上部の総穿入孔数は、樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²によって推定できるものと考えられた。

ところで、樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²と総穿入孔数の相関は、おおむね40個/m²以上で直線の適合がよく、40個未満で適合しないように感じられた。そこで、二者を分けて検討した結果を図-3、4に示した。樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²が40個/m²以上での両者は $p < 0.001$ の相関にあり、 $Y_1 = 7.76X - 134$ の関係式 ($r^2 = 0.99$) が得られた (図-3)。しかし、40個未満での両者は $p = 0.45$ と全く相関が認められず、平均で 112 ± 37.0 (標準偏差、以下同様) 個の最低総穿入孔数を示した (図-4)。

以上から、ナラ枯れ木の地上部におけるカシナガの総穿入孔数は、樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²によって推定できるものと考えられた。すなわち、穿入孔数が40個/m²以上の場合は、 $Y_1 = 7.76X - 134$ で推定され、40個未満の場合は平均で 112 ± 37.0 個 (最低総穿入孔数) と考えられた。なお、枯損木には胸高直径が15cm以下の小径木も存在する⁴⁷⁾が、今回は出現せずに調査対象とならなかった。これら小径木における総穿入孔数の推定が、胸高直径16cm以上を対象とした今回の関係式や最低総穿入孔数に適合するか否かについては、今後とも調査・検討する必要がある。

イ 地下部における総穿入孔数の推定

調査木16本の樹幹高0.75~1.0m間のカシナガ穿入孔数/m²と地下根株における総穿入孔数の関係は、図-5に示した。両者は $p < 0.001$ の相関にあり、 $Y_2 = 0.76X - 19.4$ の関係式 ($r^2 = 0.89$) が得られた。

ところで、樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²と地下根株における総穿入孔

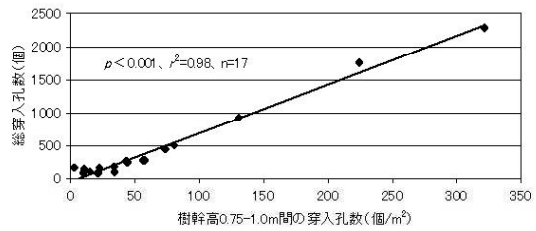


図-2 樹幹高0.75~1.0m間のカシノナガキクイムシ穿入孔数/m²と地上部における総穿入孔数

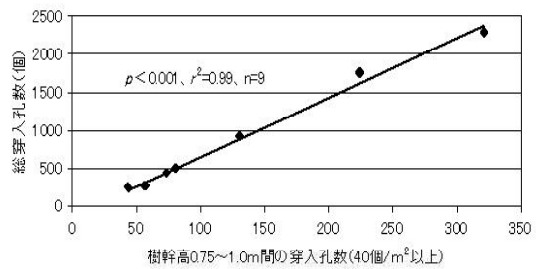


図-3 樹幹高0.75~1.0m間のカシノナガキクイムシ穿入孔数 (40個/m²以上) と地上部における総穿入孔数

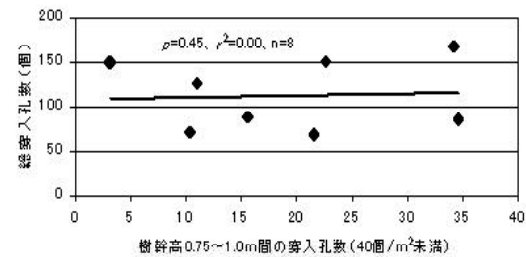


図-4 樹幹高0.75~1.0m間のカシノナガキクイムシ穿入孔数 (40個/m²未満) と地上部における総穿入孔数

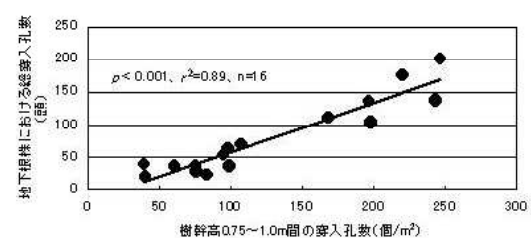


図-5 樹幹高0.75~1.0m間のカシノナガキクイムシ穿入孔数/m²と地下根株における総穿入孔数

数の相関は、おおむね90個/m²以上で直線の適合がよく、90個未満で適合しないように感じられた。そこで、二者を分けて検討した結果を図-6、7に示した。樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²が90個/m²以上での両者は $p=0.001$ の相関にあり、 $Y_2=0.81X-28.5$ の関係式($r^2=0.86$)が得られた(図-6)。しかし、90個未満(図-7)での両者間は $p=0.24$ と全く相関が認められず、平均で 29.2 ± 7.5 個の最低総穿入孔数を示した。なお、穿入孔は深さ20cmほどの地下根株まで認められた。

以上から、ナラ枯れ木の地下根株におけるカシナガの総穿入孔数は、樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²によって推定できるものと考えられた。すなわち、穿入孔数が90個/m²以上の場合は、 $Y_2=0.81X-28.5$ で推定され、90個未満の場合は平均で 29.2 ± 7.5 個(最低総穿入孔数)と考えられた。

ウ まとめ

地上部と地下部を含めたナラ枯れ木全体におけるカシナガの総穿入孔数(Y)は、樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²(X)が90個以上の場合は、 $Y=8.57X-162.5$ で、また穿入孔数/m²が40個以上90個未満の場合は $Y=7.76X-104.8$ で推定され、さらに40個未満の場合は総穿入孔数が平均で141個と考えられた。なお、今回は小径木(胸高直径15cm以下)の枯損がほとんど出現せず調査対象とならなかったため、小径木が今回の関係式や最低穿入孔数に適合するか否かについては、別途調査・検討する必要がある。

(2) ナラ類枯損木地上部における生息部位¹²⁾

① 調査目的

ナラ枯れ木におけるカシナガの生息数は、幹の直径に左右され¹⁶⁾、大径木ほど穿入孔数が多くかつ穿入密度が高い^{26, 39)}といわれている。また、高さごとの穿入孔数は、地上1m以下で約80%を占めたとの報告⁵³⁾や1m以下では40%しか占めなかったとの報告²⁷⁾、さらには2m以下でも30%しか占めなかったとの報告³⁵⁾もあり、幹の太さによって変化するものと推定されるが明らかではない。

本項では、地上部におけるカシナガの生息する高さおよび幹や枝の太さを定量的に把握した。

② 調査材料と方法

調査木は、2002年秋に枯損したミズナラ4本、2003年秋に枯損したミズナラ8本および2006年秋に枯損したミズナラ4本とコナラ1本の計17本である。調査木は、それぞれ

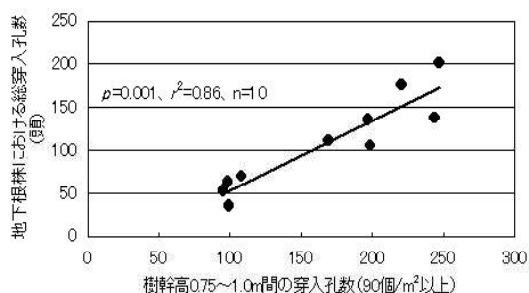


図-6 樹幹高0.75~1.0m間のカシナガキクイムシ穿入孔数(90個/m²以上)と地下根株における総穿入孔数

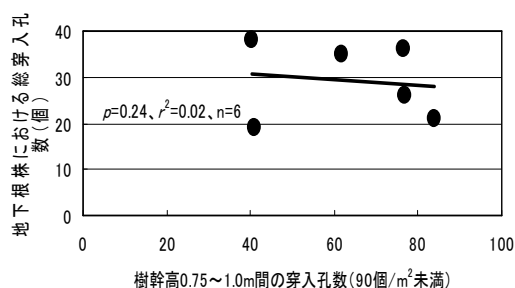


図-7 樹幹高0.75~1.0m間のカシナガキクイムシ穿入孔数(90個/m²未満)と地下根株における総穿入孔数

の秋に胸高直径および樹幹高0.75~1.0m間の中央直径と穿入孔数を記録した。その後、地際部より伐倒し長さ1mごとに玉切って、中央直径を計るとともにカシナガの穿入孔数を調査した。残った地際部の穿入孔は、凹み内に存在することもあって調査が困難であったが、可能な限り計数して最下の樹幹部（0~1m）に算入した。また、枝条で穿入孔が認められた場合は、付け根から1mごとに切断してその中央直径と穿入孔数を記録した。

③ 結果と考察

写真-2は、胸高直径36.0cm、高さ17.5mのミズナラ枯損木の様相を示した。このような太い枯損木では、高さ4m以上の樹幹部にもカシナガのフラスが多量に観察された。そこで、調査木を胸高直径ごと、すなわち15cm以上25cm未満（被害木Ⅰ）、25cm以上35cm未満（被害木Ⅱ）および35cm以上（被害木Ⅲ）に区分して、高さごとの生息状況を検討した。なお、穿入孔が枝条部で認められる場合は、枝の着生幹部に孔数を加えた。



写真-2
ミズナラ枯死木

調査木Ⅰ（7本）の高さ別穿入孔の出現状況は、樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²（以下、穿入密度）順に図-8に示した。各調査の穿入孔はいずれも樹幹下部で多く、上部になるに従って減少し、穿入密度による高さごとの出現状況に変化がみられなかった。すなわち、穿入密度が低い場合は全体的に穿入孔が少なく、高くなるに従って全体的に穿入孔が増す傾向にあった。

調査木Ⅱ（4本）の高さ別穿入孔の出現状況は、図-9に示した。穿入孔は、調査木Ⅰと同様で、いずれも樹幹下部で多く、上部になるに従って減少し、これも穿入密度による高さごとの出現状況に変化がみられなかった。

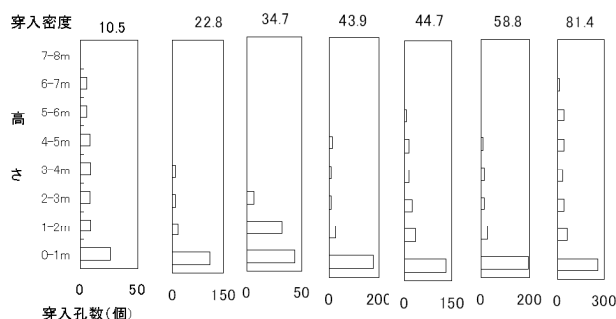


図-8 胸高直径15cm以上25cm未満の調査木
(Ⅰ)の高さ別穿入孔の出現状況
穿入密度：樹幹高0.75~1.0m間の穿入孔数/m²（以下、同様）

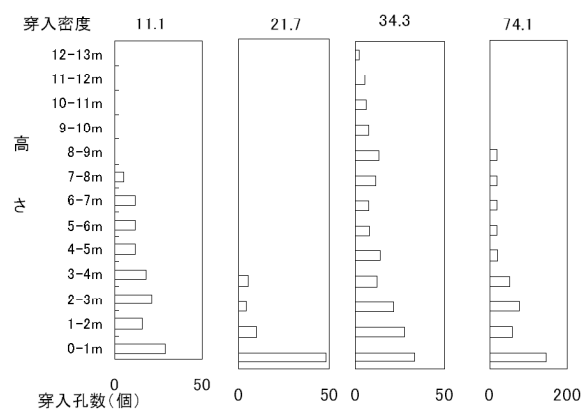


図-9 胸高直径25cm以上35cm未満の調査木
(Ⅱ)の高さ別穿入孔の出現状況

調査木Ⅲ（6本）の高さ別穿入孔の出現状況は図-10に示した。特にa、b、c、dは、穿入孔が樹幹上部に穿たれなかったようにもみえる。しかし、調査木の樹高と穿入孔の最上部位の高さの関係を見る（図-11）と、統計的に有意な関係が認められた（ $p=0.008$ ）。すなわち、a、b、c、dは胸高直径に対して樹高の低いうらごけ（梢殺）状態にあったため、樹幹上部に穿入できなかったものと考えられた。そして、穿入孔数は調査木Ⅰ・Ⅱと同様で、いずれも樹幹下部で多く、上部になるに従って減少し、穿入密度による高さごとの出現状況に変化がみられないようであった。

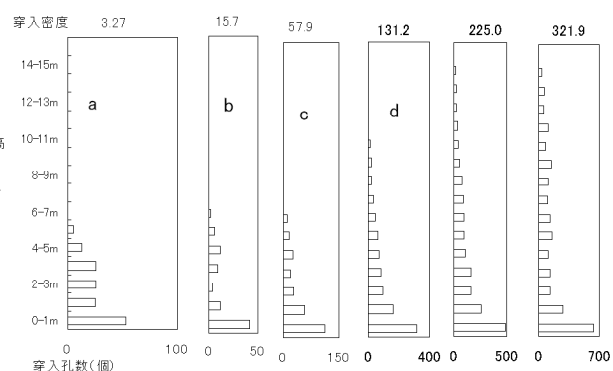


図-10 胸高直径35cm以上の調査木（Ⅲ）の高さ別穿入孔の出現状況

以上から、胸高直径区分ごとのカシナガの穿入孔は、枯損木の完満度によって高さごとの出現状況に差が生じるが、樹幹高0.75～1.0m間の穿入孔数/m²すなわち穿入密度によって高さごとの出現頻度に差がないものと考えられた。

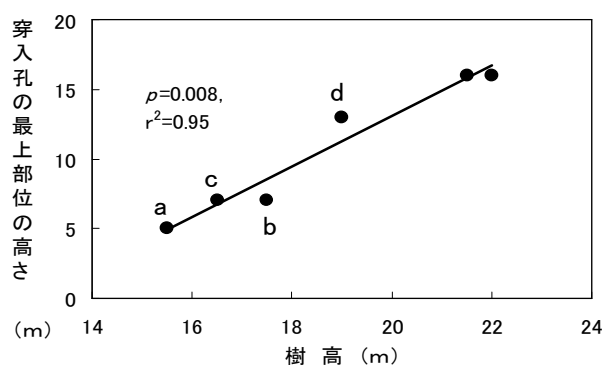


図-11 調査木Ⅲの樹高と穿入孔の最上部位の高さ

そこで、各区分ごとの調査木の穿入孔数を高さごとに集計し、胸高直径区分別高さごとの穿入孔累積出現頻度を算出した（図-12）。これによると、高さ1m以下の樹幹部における穿入孔の累積出現頻度は被害木Ⅰで61%、被害木Ⅱで33%および被害木Ⅲで31%、また高さ2m以下における累積出現頻度は、それぞれ75、47および46%となり、細いものほど樹幹下部における穿入孔の出現頻度が高まった。一方穿入孔数90%の出現する高さは、被害木Ⅰで地上4m、被害木Ⅱで7mおよび被害木Ⅲで10mとなり、穿入は太いものほど高い位置まで穿たれることが伺えた。

最後に、調査木17本の1m玉切り幹部または枝の中央径と穿入孔の胸高直径区分別累積出現頻度を図-13に示した。穿入孔の累積出現頻度は、玉切り幹部および枝の穿入孔数中央径ごとに集計して算出した。縦軸の丸太の中央径は1cm括約（少数点以下は四捨五入）とし、25cm以上のものは25cmに含めた。これによると、被害木Ⅰおよび被害木Ⅱでは穿入孔が10cmほの太さ⁴⁹⁾まで確認された。穿入孔の累積出現頻度は、太さ12cm以下の部位では、被害木Ⅰが2.9%、被害木Ⅱが0.8%および被害木Ⅲが0.1%であった。また、太さ15cm以下ではそれぞれ11.0%、3.3%および1.4%、さらに太さ18cm以下では53.1%、12.1%および4.6%となり、細い枯損ほど細い部位での累積出現頻度が高まった。なお、カシナガの防除に際しては、胸高直径が15cm以下の枯損木も存在する⁴⁷⁾ことから一般的に駆除対象とすべき部位の太さは10cm以上とする必要があると考えられた。

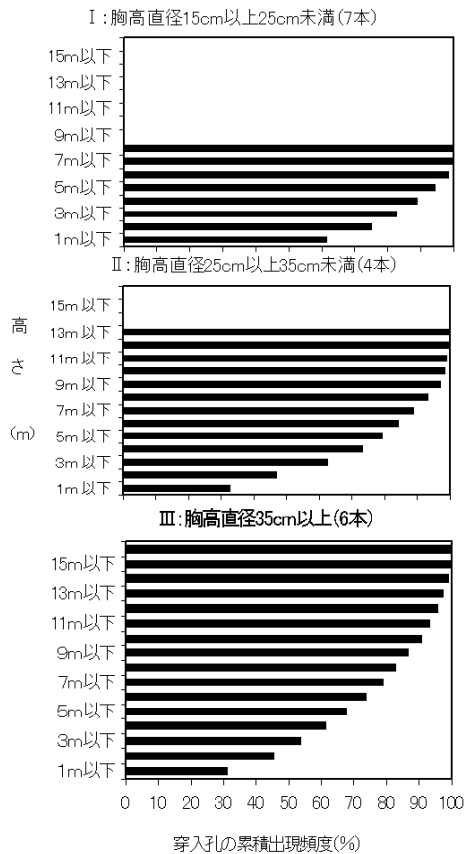


図-12 胸高直径区分別高さごとの穿入孔累積出現頻度

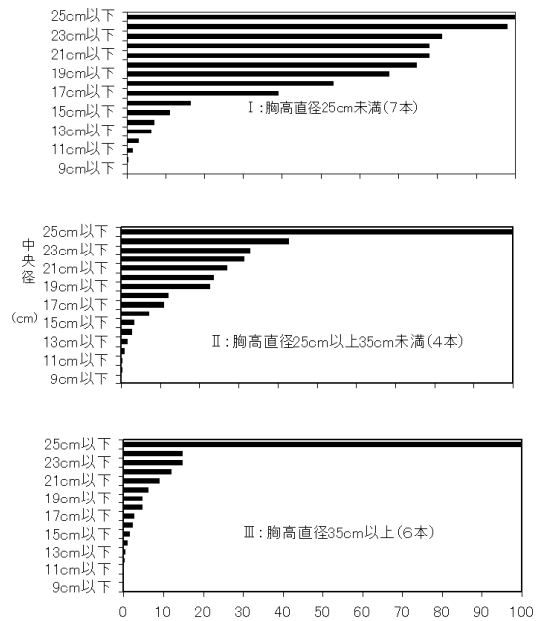


図-13 1 m玉切り幹部または枝の中央径と穿入孔数の胸高直径区分別累積出現頻度
(注) 丸太の中央径は小数点以下を四捨五入した。
また、中央径が25cm以上のものは25cmに含めた。

(3) 被害歴や調査年度の異なるナラ類枯損木から脱出する成虫数

① 調査目的

ナラ類の集団枯損は、ほとんどが前年の枯損木から羽化脱出するカシナガ成虫によって引き起こされるが、枯損木の1穿入孔から脱出する成虫数は数頭から100頭ほどと、かなりの変動がみられている³⁷⁾。しかし、ナラ枯れの被害歴、すなわち被害発生経過年数や調査年度および枯損木における部位ごとの1穿入孔から脱出するカシナガの成虫数を系統的に調査した事例はない。

本項では、1穿入孔から脱出する成虫数が被害歴や調査年度および部位によって差違が生じるか検討した。

② 調査材料と方法

調査に供したナラ枯れ木は被害歴の明らかなもので、それぞれの玉切り幹部（以下、丸太）、伐根（以下、根株）および立木の概要は、表-1、2に示した。これらは、全て前年の秋に枯損したミズナラであり、丸太は春に胸高直径を測定後伐倒して高さ別に玉切って採取し、カシナガの穿入孔を数えた。また、根株は一定の高さに切りそろえ、周辺の土壌を20~30cmほど掘り下げて、地上と地下部に付けられた穿入孔を数えた。なお、立木は伐倒しない枯損木で、所定の高さの幹部の穿入孔を数えた。玉切り丸太の中央径は14cm以上で、長さは30~100cm、穿入孔数は最低5個以上であり、高さ0.5~15.0

mの部位に位置していた。また、根株切口面の直径は35cm以上で、穿入孔数は最低67個以上であった。さらに、立木は調査範囲が幅50cmで、高さ0.5~1.7mの幹部に位置し、穿入孔数は最低15個以上であった。

表-1 調査に供した幹部の概要

調査年度(年)	被害発生歴	被害発生市町村名	枯損木の		長さ(cm)	供試材料の			
			D _{1.2} (cm)	高さ(m)		形状(本、か所)	高さ(m)	中央直径(cm)(平均/範囲)	穿入孔数(個)(平均/範囲)
2003	2年目	西会津町	25	18.8	丸太(8)	50	1.5-10	20.3/16.4-25.1	9.3/5-16
	3年目	柳津町	27.1	17.6	丸太(6)(2)	50	1.0-8.5	22.3/16.6-27.5	22.0/8-42
			21.7	14.6			0.5-2.0	21.6/21.1-22.0	12.5/9-16
2004	2年目	会津坂下町	23.5	15.8	丸太(1)(1)	100	4.0-5.0	18.3	8
			33.4	12.2			6.0-7.0	19.2	12
	3年目	西会津町	28.3	13.5	立木(1)	50	0.5-1.0	32.0	15
			42.2	21.5	丸太(7)(7)	50	2.5-15.0	24.8/15.2-36.8	44.7/11-75
			39.1	22.0			2.3-14.5	28.8/18.2-37.2	28.1/12-39
			33.7	16.2	立木(2)	50	1.2-1.7	35.1/33.7-36.6	35.5/34-37
2005	1年目	会津若松市	33.7	16.2	立木(2)	50	1.2-1.7	35.1/33.7-36.6	35.5/34-37
	2年目	西会津町	18.5	10.2	丸太(3)(4)	50	0.5-4.5	16.3/14.1-18.5	37.7/17-48
2006	2年目	会津若松市	19.6	15.2	丸太(5)(6)	50	0.5-7.0	16.9/14.2-19.2	16.0/12-23
			22.5	18.5			0.5-7.0	20.5/17.5-24.1	18.7/12-27
			20.4	18.8	立木(1)(1)	50	0.5-9.5	16.5/13.8-21.0	9.8/5-12
			36.2	19.0			0.5-1.0	33.8	20
	6年目	柳津町	34.2	18.5	丸太(6)(4)	60	1.0-1.5	36.2	23
			28.5	16.0			0.5-8.0	24.2/16.4-30.0	27.5/5-49
2007	2年目	柳津町	27.4	15.9	立木(1)(1)	50	0.5-9.0	22.4/14.0-29.5	15.8/6-25
			29.7	17.5			0.8-1.3	30.2	31
			28.4	16.5	丸太(6)(4)	60	0.8-1.3	28.6	29
			25.9	16.7			0.8-1.3	26.5	43
	2年目	柳津町	23.4	18.6	丸太(8)	50-100	0.5-8.6	21.2/17.0-25.0	24.5/5-37
			22.7	17.9			1.0-6.6	22.8/18.5-24.0	28.8/19-39
2年目	柳津町	19.5	13.0	丸太(8)	50-100	2.0-6.0	15.6/13.5-17.5	20.9/15-31	

立木：伐倒しない枯損木で、所定の高さの幹部。

表-2 調査に供した根株の概要

調査年度(年)	被害発生歴	被害発生市町村名	供試した根株の			
			個数(個)	地上部の高さ(cm)	木口面の直径(cm)(平均/範囲)	穿入孔数(個)(平均/範囲)
2005	5年目	柳津町	3	30	42.1/34.7-51.4	196/150-271
2006	6年目	柳津町	2	20	55.0/44.7-65.3	184/168-200
			2	20	71.9/70.2-73.5	152/142-162
2007	2年目	柳津町	3	20	56.1/42.3-72.4	199/67-353

2003年の調査は、丸太をポリエステル製の糸で織った目の細かい網で包んで円筒状とし、その上下部口を紐で固く結び、羽化脱出して網内に閉じこめられた成虫を捕獲した。2004年以降は、丸太を袋状に仕立てたターポリンシート製の羽化トラップ（写真-8、以下、袋状羽化トラップ）におさめ、液浸で羽化脱出成虫を捕獲した。また、立木はカシナガがはい出ないように厚さ2cm幅5cmのスポンジを調査幹部の上、下部にガンカッターで固定し、全体を円筒状に仕立てたターポリンシート製の羽化トラップ（写真-3、以下、円筒状羽化トラップ）で被った後調査幹部の両端を紐で固く結び、前者と



写真-3 カシノナガキイムシ採取用の円筒状に仕立てたターポリンシート製羽化トラップ

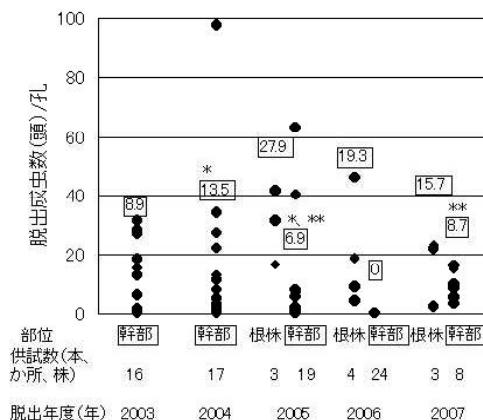
同様に液浸で羽化脱出成虫を捕獲した。さらに、根株は、三角錐状に仕立てたターポリンシート製の羽化トラップ（写真－6、以下、三角錐状羽化トラップ）を取り付け、同様に液浸で羽化脱出成虫を捕獲した。成虫数の捕獲期間はカシナガの羽化脱出が始まる6月上旬から羽化脱出がおおむね終了する9月下旬の間とし、週に一度ほど網内に閉じこめられた、またはアルコールを入れたポリビンを交換して羽化脱出成虫を数えた（以下、同様）。

③ 結果と考察

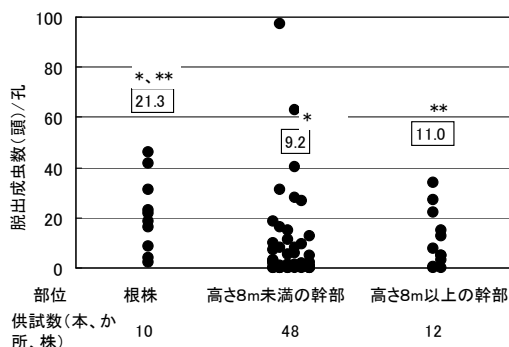
図－14は、幹部（丸太と立木）および根株における1穿入孔あたりのカシナガの脱出成虫数を調査年度ごとに示した。脱出成虫数は小林らが報告³⁷⁾したように、1穿入孔あたり0～100頭ほどとかなり変動がみられた。幹部における平均脱出成虫数は2003年が8.9頭/孔、以下2004年13.5頭/孔、2005年6.9頭/孔、2006年0頭/孔、2007年8.7頭/孔で、2006年はいずれの材料からも全く脱出が認められず、異常な値を呈した。また、2006年を除く各年度間の脱出成虫数は、2004年と2005年におおむね差がみられ（Mann - WhitneyのU検定、 $0.05 < p < 0.10$ 、以下同様）、さらに2005年と2007年に有意な差が見られた（ $p < 0.05$ ）。なお、その他では差が認められなかった。一方、根株における脱出成虫数は2005年が 29.7 ± 10.4 頭/孔（標準偏差、以下同様）、2006年が 19.3 ± 16.3 頭/孔および2007年が 15.7 ± 9.5 頭/孔となり、調査件数がそれぞれ3、4および3株と少なかったものの大差が見られなかった。すなわち、根株における脱出成虫数は、2006年を含めて年度間における差が少ないものと考えられた。

これらのことから、根株における脱出成虫数は年度間における差が少ないものと考えられ、幹部における脱出成虫数は年度によって大いに差があると推定された。ちなみに、2006年は夏期に降雨日が多くかつ日照不足であったため、地際部付近で通水機能が停止しても樹幹部では、蒸散によって失われる樹体内水分が少なく樹液滲出の機能がある程度保たれて、カシナガは繁殖に失敗したものと推定された。なお、2004年と2005年および2005年と2007年の間に多少とも差が生じた原因については、後で考察する。

図－15は、全調査期間における幹部を樹幹下部（高さ8m未満）と上部（8m以上）に二分し、根株とともに1穿入孔あ



図－14 幹部および根株における調査年ごとの1穿入孔あたりの脱出成虫数
□内は平均値、幹部：丸太と立木。*：両年の値におおむね差が認められる。**：両年の値に有意な差が認められる。



図－15 全調査期間を通した樹幹上、下部および根株における1穿入孔あたりの脱出成虫数
□内は平均値。*：両者の値に有意な差が認められる。**：両者の値におおむね差が認められる。

たりの脱出成虫数を示した。ただし、2006年に調査した幹部の脱出成虫数は、異常な値であったため除外した（以下、同様）。これによると、平均脱出成虫数は根株が21.3頭/孔、高さ8 m未満の幹部が9.2頭/孔および8 m以上の幹部が11.0頭/孔であり、根株と高さ8 m未満の幹部間で有意な差がみられ ($p < 0.05$)、また8 m以上の幹部間でおおむね差がみられた ($p = 0.10$)。しかし、樹幹下部と上部間には差が認められなかった。これらのことから、根株と幹部では脱出成虫数が異なることが考えられる。

図-16は、全調査期間における幹部および根株における1穿入孔あたりのカシナガ脱出成虫数をナラ枯れの発生歴ごとに示した。被害歴ごとの幹部における平均脱出成虫数は、1年目が51.6頭/孔、以下2年目13.1頭/孔、3年目5.0頭/孔、5年目1.8頭/孔であった。ナラ枯れ1年目の枯死木における脱出成虫数は、他三者との間に有意な差が認められた ($p \leq 0.05$) が、1年目の調査件数が2か所と少なかったため断定は出来ない。なお、丸太をオートクレーブで殺菌して健全な成虫を接種すると、1穿入孔あたりの脱出成虫

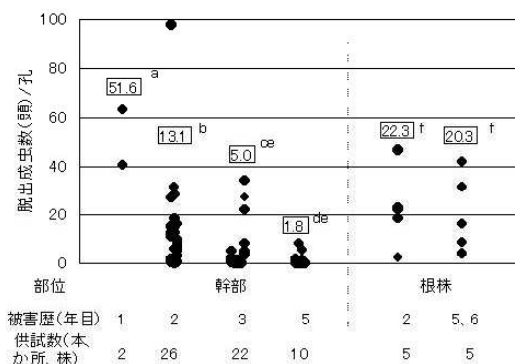


図-16 全調査期間を通した被害歴ごとの幹部および根株における1穿入孔あたりの脱出成虫数

□内は平均値。異なるアルファベットは、両者間に有意な差が認められる。

数は5、60頭前後になる（小林、私信）という。また、2年目は3年および5年目との間に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。しかし、3年目と5年目の間には差が認められなかった。これらのことから、被害歴ごとの幹部における1穿入孔あたりの脱出成虫数は被害1年目で多く、次いで2年目、そしてその後は急激に少なくなる傾向にあるものと推定される。ちなみに、被害歴1、2年目の平均脱出成虫数とその変動を求めると 15.8 ± 21.1 頭/孔となり、以下3年目 5.0 ± 9.4 頭/孔、5年目 1.8 ± 2.6 頭/孔となって、被害歴の増すほど脱出成虫が少なくなり、かつ変動も小さくなった。一方、根株における平均脱出成虫数は2年目が 22.3 ± 14.1 頭/孔、5、6年目が 20.3 ± 14.1 頭/孔となり、調査件数が少ないものの被害歴が増すほど成虫数の少なくなる傾向は認められなかった。

ところで、被害歴が増すほど幹部における脱出成虫数が低下する原因は、今後の調査によって明らかにしなければならない問題であるが、被害歴5年目における枯死木の幹部を春に割材したところ、ダニ類に寄生され衰弱した幼虫および成虫と、線虫類の生息が確認された幼虫の腐らん死体が大量に確認された。なお、枯損木には多種の線虫類が存在するものの、カシナガの天敵となるものはなかったと報告³²⁾されており、今後とも検討を要する課題である。また、幹部における調査年ごとの1穿入孔あたりの脱出成虫数（図-14）で、2005年と2004および2006年の間に多少とも差が生じたと述べたが、その原因の一つとして、2005年は1穿入孔あたりの脱出成虫が極めて少ない被害歴5年目の値が数多く含まれていることが上げられる。なお、本項では、カシナガの採取に丸太と立木を併せて用いたが、2005年の被害歴5年目柳津町の林分（表-1）での調査結果から、両者の採取成虫数に差がみられたかどうか検討すると、丸太8本の脱出成虫数

は1 穿入孔あたり2.1頭/0～7.9頭、立木2本は0.6頭/0.3～0.9頭となり、春に立木を切断して丸太で調査しても得られる成虫数は立木と大差がなかった。

以上述べたことから、ナラ枯れ木の幹部における1 穿入孔あたりの脱出成虫数は、枯損年の夏期の気象によって大きく変動するものと考えられる。しかし、根株では、枯損年ごとの変化が少ないものと予想された。そして、被害歴ごとの幹部における平均脱出数は、1年目で4、50頭、2年目で10数頭、3年目で10頭以下、5年目で数頭と被害歴が増すほど急激に少なくなる傾向にあるものと推定された。ただし、根株における脱出数は被害歴にさほど関わりなく、平均で数10頭と予想された。

(4) 調査材料や林分の枯損状況の違いによる発生長

① 調査目的

ナラ菌を伝搬するカシナガの発生は、地域および年度によって異なり、初発時期が5月下旬～6月中旬、最盛期が7～8月そして終了期が10～11月と報告^{21, 37)}されている。

本項では、本県におけるカシナガの発生長を調査するとともに、ナラ枯れが進み日当たりのよくなった林分に設置した玉切り丸太と枯損立木（調査材料の違い）、また同様に日当たりのよくなった林分に設置した玉切り丸太と枯れが始まったばかりでうっ閉林内にある枯損立木（林分の枯損状況の違い）による発生長の遅速を検討した。さらに、斉藤が提案したカシナガの発育零点を11℃³⁷⁾とする各累積羽化脱出期の有効積算温量を求めた。

② 調査材料と方法

2003年の調査材料は、前年の秋に柳津町細八地内および西会津町安座地内で枯損したミズナラ各2本（胸高直径は28.5cm（平均、以下同様）/21～41cm（範囲、以下同様）、高さは17.5/14～19m）で、4月上旬に伐倒してカシナガの生息する幹部を50cmの長さに玉切った丸太15本である。丸太は、西会津町の安座地内（海拔高220m、ナラ枯れが進み局所的に無立木状態になった日当たりのよい林分）に運んだ。そして、各丸太はポリエステル製の糸で織った目の細かい網で包み、縦方向の両網端を止めて円筒状とし、その上下部口を紐で固く結び、羽化脱出して網内に閉じこめられた成虫を捕獲、計数した。また、同地内で前年の秋に枯損したミズナラの立木2本（胸高直径が25および35cm、高さが15および16m）における高さ75cm以下の樹幹部を、5月下旬にゴム製のスカート型羽化トラップ¹³⁾で被い（写真－4）、液浸で回収した脱出成虫を計数した。



写真－4 カシノナガキクイムシ採取用の
ゴム製スカート型羽化トラップ

2004年の調査材料は、前年の秋に西会津町端村地内で枯損したミズナラ3本（胸高直径は41/39～43cm、高さは21/18～22m）で、5月上旬に伐倒してカシナガの生息する幹部を50cmの長さに玉切った丸太17本である。現地（海拔高210m、ナラ枯れが進み局所

的に無立木状態になった日当たりのよい林分)において、林床を平坦にならして丸太の木口面をすえて直立させ、それぞれを三角錐状羽化トラップで被い、羽化脱出した成虫を捕獲、計数した。また、西会津町安座地内(海拔高230m、ナラ枯れが始まったばかりでうっ閉した林分)において、前年の秋に枯損したミズナラの立木2本(胸高直径が23および33cm、高さが13および15m)における高さ75cm以下の樹幹部をゴムの代わりにターポリンシートを用いたスカート型羽化トラップで包み、脱出成虫を捕獲、計数した。なお、それぞれの林分内には高さ1.8mのか所に最高・最低温度計を7月上旬に取り付け、カシナガの採取時ごとに気温を記録した。

2005年の調査材料は、前年の秋に柳津町細八地内で枯損したミズナラの伐根9つ(木口直径が47/28~74cm、伐根の高さが30cm)である。5月下旬、現地(海拔高360m、ナラ枯れが進み局所的に無立木状態になった日当たりのよい林分)において、伐根全体を三角錐状羽化トラップで被い、2004年と同様に液浸で羽化脱出成虫を捕獲した。また、会津若松市河東地内(海拔高350m、会津盆地の山麓部に位置した畑や水田に囲まれたナラ枯れが始まったばかりの平坦な孤立した0.2haほどの林分)において、前年の秋に枯損した林縁近くにある比較の日当たりのよいミズナラ二股立木1本(胸高直径がおのおの33.7、36.4cm、高さが16m)における高さ1.2~1.7mの2か所の樹幹部に、円筒状羽化トラップを取り付けて、同様に液浸で脱出成虫を捕獲、計数した。

2006年の調査材料は、会津若松市河東地内(前出2005年の調査地、ナラ枯れが進み局所的に無立木状態になった日当たりのよい林分)において、前年の秋に枯損したミズナラの伐根2つ(木口直径が70および73cm、伐根の高さが20cm)である。6月上旬に伐根を三角錐状羽化トラップで被い、液浸で羽化脱出成虫を捕獲、計数した。

③ 結果と考察

2003年に調査した日当たりのよい林分における玉切り丸太(網で包む)と、枯損立木樹幹下部(ゴム製のスカート型羽化トラップ)から羽化脱出した成虫、それぞれ1,147頭、3,419頭の累積脱出率は図-17に示した。これによると、前者の5%脱出期は6月30日付近(以下、付近を省略)であり、後者は7月2日であった。また、20%脱出期はそれぞれ7月6日、7月8日で、さらに50%脱出期は7

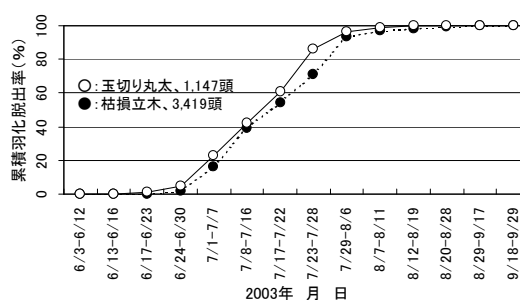


図-17 日当たりのよい山林(西会津町、海拔高220m)における玉切り丸太と、枯損立木樹幹下部からのカシナガクイムシの累積羽化脱出率

月18日、7月20日であり、そして90%脱出期は7月31日および8月4日であった。両者の脱出経過は5、20および50%脱出期で丸太が2日ほど早く、90%期で4日ほど早かったが、大差は認められなかった。このことから、網で包んだ玉切りした丸太とゴム製のスカート型羽化トラップで包んだ枯損立木樹幹部におけるカシナガの累積羽化脱出経過は、おおむね同様であったと考えられる。なお、成虫の累積脱出率は捕獲期間(月日)に対してS字曲線(脱出始めから累積5%期ほどまでは比較の日数を要するが、20%期から80%期ほどまでは安定的に脱出し、また80%期から終了期までは比較の日数を要する)を描く傾向が認められた(以下、同様)。図-18は、2004年に調査した日当たりの

よい林分に設置した丸太（三角錐状に仕立てたターポリンシート製の羽化トラップ）と、うっ閉した林分の枯損立木樹幹下部（ターポリンシート製のスカート型羽化トラップ）から羽化脱出した成虫、それぞれ4,000頭、187頭の累積脱出率を示した。これによると、前者の5%脱出期は6月23日、後者は7月8日であり、前者で2週間ほど早かった。また、20%脱出期はそれぞれ6月30日および7月26日であり、前者で1か月ほど早かった。

そして、日当たりのよい山林の丸太で脱出期が1か月ほど早まる現象は、50%脱出期および90%脱出期までも観察された。ところで、近隣の山林におけるナラ枯れは、林縁木等の日当たりのよい場所では7月上旬（日当たりのよい林分での調査で、おおむね50%脱出期に相当）から発生が認められ、そして7月下旬（日当たりのよい林分での調査で、おおむね80%脱出期に相当）には林内でも多数観察されるようになり、8月中・下旬に最盛期を向かえた。

日当たりのよい林分とうっ閉した林分における最高および最低気温と平均気温（最高+最低気温/2）の差を図-19に示した。これによると、最低気温は両者ともほぼ同じであったが、最高気温は日当たりのよい林分でかなり高かった。このため、平均気温は日当たりのよい山林で高く、7月下旬から9月中旬の間では両者の差が10℃近くにまで達した。この温度差がカシナガの発消長に影響を及ぼし、日当たりのよい林分の5%脱出期がうっ閉した林分と比べて2週間ほど早く、そして20%脱出期以降では1か月ほど早まったものと考えられた。

2005年に調査した日当たりのよい林分の伐根（柳津町、三角錐状羽化トラップ）と、会津盆地の山麓部にあって畑や水田に囲まれた平坦な孤立した林分の比較的日当たりのよい枯損立木樹幹下部（会津若松市河東、円筒状羽化トラップ）から羽化脱出した成虫、それぞれ33,523頭、3,699頭の累積羽化脱出率は図-20に示した。これによると、前者の5%脱出期は7月6

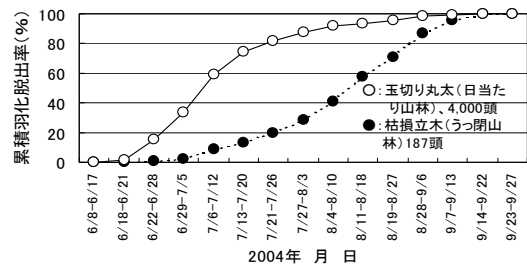


図-18 日当たりによる山林（西会津町端村、海拔高210m）における玉切り丸太と、うっ閉した山林（西会津町滝坂、海拔高230m）における枯損立木樹幹下部からのカシノナガキクイムシの累積羽化脱出率

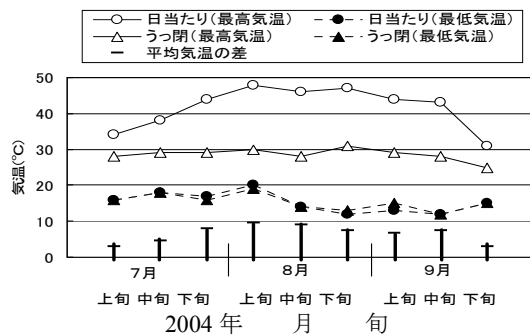


図-19 カシノナガキクイムシ羽化脱出期における日当たりのよい山林（西会津町端村、海拔高210m）と、うっ閉した山林（西会津町安座、海拔高230m）での最高および最低気温と平均気温の差

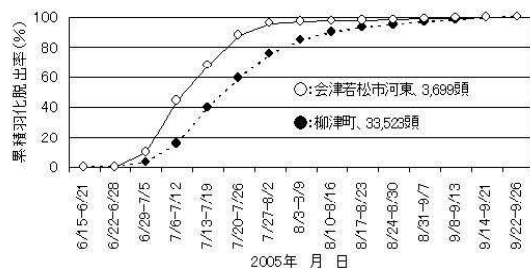


図-20 日当たりのよい山林（柳津町、海拔高360m）の伐根と畑や水田に囲まれた平坦な孤立した林分（会津若松市河東、海拔高350m）の比較的日当たりのよい枯損立木樹幹下部からのカシノナガキクイムシの累積羽化脱出率

日、後者は7月2日であり、柳津町で4日ほど遅かった。また、20%脱出期はそれぞれ7月13日および7月7日、さらに50%脱出期はそれぞれ7月23日および7月14日となり、いずれも柳津町で1週間ほど遅かった。そして、90%脱出期はそれぞれ8月16日および7月28日であり、柳津町で2週間ほど遅かった。両者はほぼ同じ海拔高に位置し、さらに日当たりのよいか所に位置したにも係わらず、柳津町で各羽化脱出期が1～2週間ほど会津若松市より遅かった。これは、前者が山林に、後者が畑や水田に囲まれた平坦な場所に位置したため、局所的に気温の変化が生じたものと考えられた。

最後に、2003年から2006年までの4か年間、日当たりのよい林分および比較的日当たりのよい周囲が畑や水田の林分に設置した供試材料（2003年西会津町の丸太（1つ目）と枯損立木（2つ目）。2004年西会津町の丸太（3つ目）。2005年柳津町の伐根（4つ目）と会津若松市河東の枯損立木（5つ目）。そして、2006年会津若松市河東の伐根（6つ目：羽化脱出総数10,094頭）から、カシナガの各羽化脱出期と温量の関係を検討する。カシナガの発育零点を11℃とした6データの羽化脱出初発日、5、20、50および90%羽化脱出期に相当する温量を表-3に示した。また、これらの温量と各羽化脱出期の関係を図-21に示した。なお、羽化脱出初発日は初めて脱出を確認した調査日とした。これによると、カシナガ累積羽化脱出率は積算温量によって推定できると考えられた（Kendallの順位相関係数： $p < 0.01$ 、相関係数： $r^2 = 0.91$ ）。

表-3 日当たりの良い山林におけるカシナガキクイムシの年次別累積羽化脱出経過と積算温量

調査年度	2003年		2004年		2005年		2005年		2006年			
場所	西会津町		西会津町		柳津町		会津若松市		会津若松市			
材料	丸太		立木		丸太		立木		伐根			
*	220m		220m		210m		360m		350m			
**	月/日	温量 (日度)	月/日	温量 (日度)	月/日	温量 (日度)	月/日	温量 (日度)	月/日	温量 (日度)		
初発日	6/16	284.7	6/30	419.7	6/21	331.1	6/28	305.0	6/28	379.3	6/28	375.1
5%期	6/30	419.8	7/2	437.0	6/23	355.6	7/6	384.3	7/2	429.9	7/4	447.8
20%期	7/6	454.1	7/8	489.7	6/30	435.2	7/13	447.1	7/7	480.9	7/9	499.0
50%期	7/18	582.7	7/20	603.6	7/10	571.6	7/23	557.2	7/14	559.6	7/18	597.9
90%期	7/31	713.3	8/4	770.0	8/7	940.2	8/16	891.8	7/28	743.0	8/1	745.0

*：材料設置場所の海拔高（m） **：カシナガキクイムシの累積羽化脱出経過
最寄りのアメダス設置場所：西会津町および柳津町は西会津（海拔高160m）、会津若松市は会津若松（海拔高210m）温量：積算温量。4月以降で、11℃を超える日平均気温から11℃を差し引いた残差の合計。海拔高による気温の補正は、高度100m上昇に伴う気温減率0.6℃を用いた。

しかし、カシナガの累積羽化脱出率は捕獲期間に対してS字曲線を描く傾向にあることから、図-21の関係式で各脱出時期の積算温量を推定するには無理がある。そこで、6データから初発日と累積脱出率5%期、以降10%ごとの脱出期、そして95%の脱出期に相当する平均積算温量とその標準偏差を図-22に示した。これによると、カシナガは初発日から累積脱出5%ほどまでは積算温量に対して緩やかに脱出するが、それ以降80%脱出期ほどまでは直線的に脱出した。そして、80%期以降はまた緩やかに脱出し、脱出経過はS字曲線で現された。また、カシナガの初発日の有効積算温量は 349 ± 46 （標準偏差、以下同様）℃、以下5%期で 412 ± 32 ℃、20%期で 471 ± 23 ℃、50%期で 579 ± 18 ℃そして90%期で7

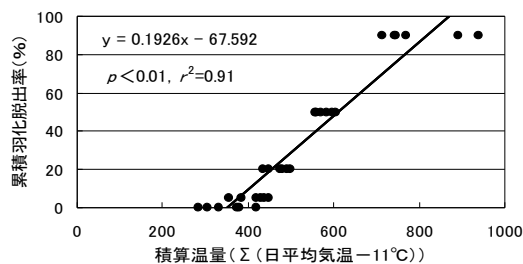


図-21 カシナガキクイムシの累積羽化脱出率と積算温量

96±80℃と算出された。なお、初発日の有効積算温量349℃は、斉藤³⁷⁾の報告値325℃におおむね一致した。

以上述べたことから、玉切り丸太と立木状態にある枯損木からのカシナガの脱出経過には、大差がないものと推定された。しかし、日当たりのよい林分とうっ閉した林分では、前者の最高気温が後者と比べてかなり高くなることから、前者で2

週間から1か月ほどカシナガの脱出期が早まるものと考えられた。また、日当たりのよい林分であっても、周囲が山林であるか畑や水田の開放地かによって局所的に気温の変化が生じ、山林の場合で1～2週間ほどカシナガの脱出期が遅れるものと推定された。さらに、カシナガの羽化脱出は、斉藤³⁷⁾が指摘するように、11℃を基準とする有効積算温量によって説明されるものと考えられ、日当たりのよい林分での初発日が349±46℃、5%脱出期が412±32℃、20%脱出期が471±23℃、50%脱出期が579±18℃そして90%脱出期が796±80℃と推定された。

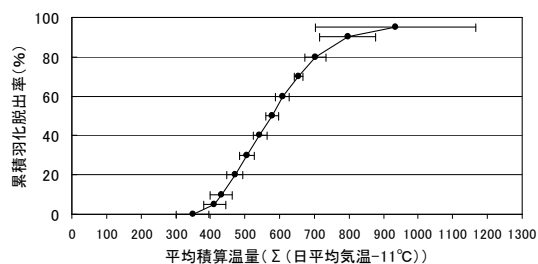


図-22 カシノナガキクイムシの累積羽化脱出経過と平均積算温量

2 カシノナガキクイムシの穿入状況と枯損の発現

(1) ミズナラ生立木に対する穿入状況と枯損の発現 (2004年の調査)

① 調査目的

ナラ類に対するカシナガの穿入から枯損に至る期間は、最も早いもので3週間⁷⁰⁾、通常は6週以降といわれている^{22, 61)}。本県におけるナラ枯れ木は主にミズナラであるが、一部にコナラ、クリおよびナラガシワが含まれる。なお、枯損したナラ類はカシナガの穿入孔から樹液の滲出がほとんどみられないが、生き残ったナラ類(穿入生存木)では穿入孔から樹液の滲出がかなりの頻度で見られると報告^{36, 45, 64)}されている。

本項では、ミズナラを対象として樹幹下部への穿入状況と樹冠の変色経過をおおむね週に一度調べ、枯損の発現と穿入を受けても生き残る個体の実態を調査するとともに、枯損発現時の樹幹下部における穿入孔密度を検討した。

② 調査材料と方法

調査地は、西会津町滝坂および安座地内の2か所で、海拔高220～230mほどに位置するナラ枯れ発生2年目のうっ閉した広葉樹林である。2004年6月上旬、両林分においてカシナガの穿入生存木を除くミズナラ生立木43本(胸高直径: 22.2/14.0～45.0cm)を選定し、高さ0.75および0.25mの直径を記録した。そして、2004年6月下旬から10月中旬の間に計16回おおむね週に一度、カシナガのミズナラ生立木に対する穿入孔数(高さ0.5～1.0mの幹部)と穿入孔からの樹液滲出の有無、および樹冠の変色状況(健全: 変色なし、萎凋: 樹冠の萎れが始まる、枯損: 樹冠の過半以上が褐変)を調査した。さらに、カシナガの初期穿入(アタック開始)期および萎凋・枯損時などには、樹幹下部(0～0.5m)の穿孔数も調査した。地際部の穿入孔は、凹み内に存在することもあって調査が困難であったが、可能な限り計数した。また、安座調査林では、前年の秋に枯損したミズナラの立木2本(胸高直径23および33cm)の高さ0.75m以下の樹幹部をターポリ

ンシート製のスカート型羽化トラップで被い、脱出成虫を捕獲、計数した。

③ 結果と考察

カシナガは2003年の枯損木から総数187頭羽化脱出した(図-23)。これによると、カシナガの累積羽化脱出率は7月上旬で数%、同下旬で20%ほど、また8月中旬で50%ほど、さらに9月上旬で90%ほどであり、脱出は9月下旬まで続いた。

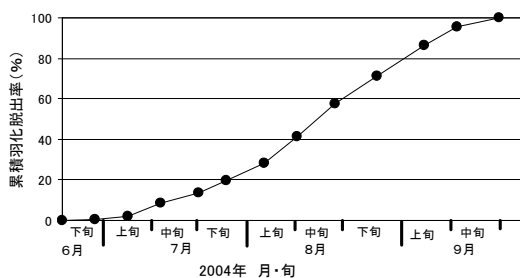


図-23 カシノナガキクイムシの羽化脱出経過

ミズナラに対するカシナガの穿入は、計16本(選定木の37.2%)でみられた。16本の高さ0.5~1.0m樹幹部におけるカシナガの総穿入孔数は486個であり、その出現経過を図-24に示す。これによると、カシナガの穿入孔累積出現割合は7月上旬で数%、同下旬で20%ほど、また8月中旬で40%ほど、さらに9月上旬で70%ほどであり、穿入孔は10月中旬まで穿たれた。ミズナラに対するカシナガの初期穿入期は、各月を上・中・下旬に3区分して図-25に示した。これによると、初期穿入は7月上旬から始まり、7月下旬にピークを迎え、脱出終了期に相当する9月下旬まで続いた。

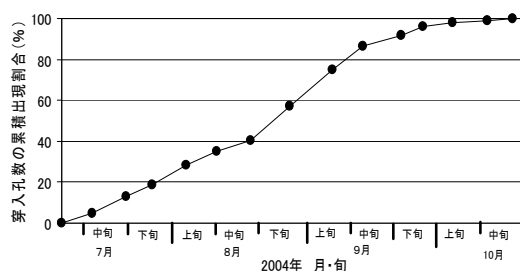


図-24 高さ0.5~1.0mの樹幹部におけるカシノナガキクイムシの穿入経過

カシナガの穿入を受けた16本のミズナラ(胸高直径:27.1/17.5~45.0cm)は、7月中旬に初期穿入を受けた胸高直径が17.5cmと最も細いものと、9月下旬に穿入を受けた25.2cmの2本を除き、14本が枯損した。枯損時期は、各月を上・中・下旬に3区分して図-26に示した。ミズナラの枯死は7月下旬から始まり、8月下旬にピークを迎え、9月中旬まで続いた。

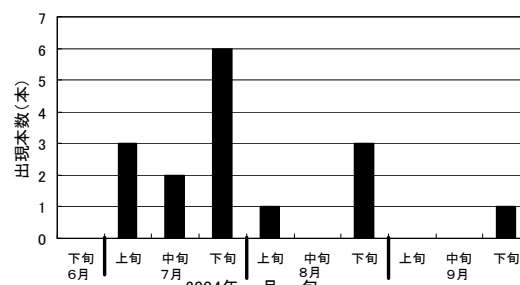


図-25 ミズナラに対するカシノナガキクイムシの初期穿入期

枯損したミズナラ14本のカシナガの初期穿入から枯損までの経過週数を図-27に、また萎凋から枯損までの経過週数を表-4に示した。図-27によると、初期穿入2週目すなわちアタック開始から8~14日目の間に枯損したものが1本みられた。枯損の最盛期は穿入4週目(穿入から22~28日目の間)であり、6週目(穿

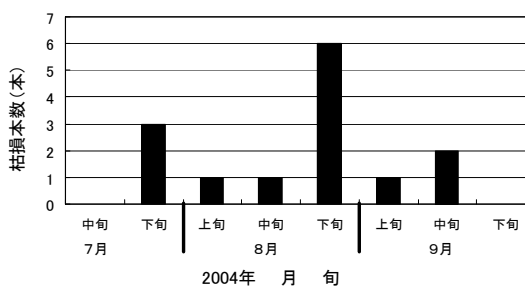


図-26 ミズナラの枯損時期

入から36～42日目の間)で枯損したのも1本認められた。また、萎凋から枯損までの期間は、調査前週に萎凋の発現がなく突如枯死(0週後)したものが5本、萎凋の翌週に枯死したものが7本、翌々週に枯死したものが2本であった(表-4)。

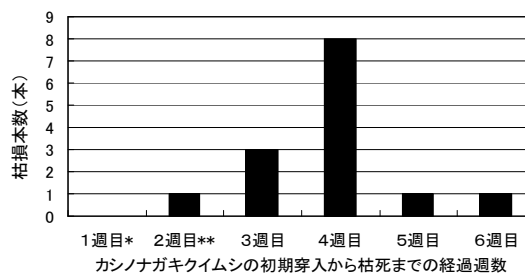


図-27 カシナガキクイムシの初期穿入から枯損までの経過週数

*: 初期穿入1～7日目 **: 初期穿入8～14日目

ここで、調査月旬ごとのカシナガ累積羽化脱出率、高さ0.5～1.0mの樹幹部におけるカシナガ穿入孔の累積出現割合および穿入を受けたミズナラ16本の初期穿入累積本数率の相互関係を検討する(表-5)。

これによると、カシナガの攻撃は脱出後速やかに行われ、おおむね脱出20%期に相当する7月下旬には初期穿入本数率が約70%とピークに達した。また、カシナガの羽化脱出率と穿入孔数の出現割合はおおむね脱出30%期に相当する8月上旬まではほぼ一致したが、それ以降は後者で若干遅れた。この原因の一つとして、今回の穿入孔数調査部位の高さが0.5～1.0mの幹部であり、8月中旬以降に羽化脱出したカシナガは樹幹下部の穿孔密度が高まったために樹幹上部へ穿孔し、カウントされなかったことも考えられる。

表-4 萎凋から枯損までの経過週数

経過週数	0週後*	1週後	2週後
枯損本数(本)	5	7	2

*: 前週に萎凋の発現がなく、突如枯損

表-5 調査月旬ごとのカシナガキクイムシ累積羽化脱出率と穿入孔累積出現割合および選定木16本の初期穿入累積出現本数率

	6月		7月		8月		9月			
	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬		
*1	脱出開始	数%	約10%	約20%	約30%	約50%	約70%	約90%	約95%	100%
*2		数%	約10%	約20%	約30%	約40%	約60%	約70%	約90%	約95%
*3			約20%	約30%	約70%	約75%	約95%			100%

*1: カシナガキクイムシの累積羽化脱出率

*2: 高さ0.5-1.0mの幹部におけるカシナガキクイムシ穿入孔の累積出現割合

*3: ミズナラ選定木16本の初期穿入累積出現本数率

枯損したミズナラにおける高さ0.5～1.0mおよび0～0.5mの樹幹部に対する、カシナガ初期穿入期および萎凋・枯損時の穿入孔密度(穿入孔数(個)/材表面積(m²))は、図-28、29に示した。なお、穿入孔からはいずれも樹液の滲出が確認されなかった。図-28によると、高さ0.5～1.0mの樹幹部における穿入孔密度は、カシナガの初期穿入期(以下、前者)で2.1～48.4個/m²とかなりのバラツキが認めら

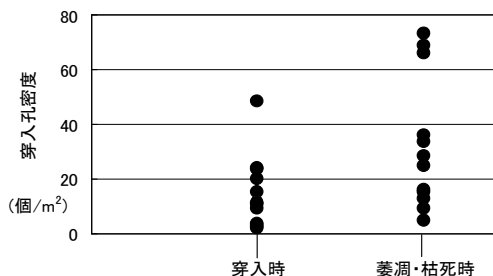


図-28 高さ0.50～1.0mの樹幹部における初期穿入時および萎凋・枯損時のカシナガキクイムシ穿入孔密度

れた。また、萎凋・枯損時（以下、後者）においても4.6～73.1個/m²とかなりのバラツキが認められ、前者と後者では最低密度に大差がみられなかった。ちなみに、穿入孔数は前者で1～19個、後者で3～28個であった。一方、高さ0～0.50mの樹幹部における穿入孔密度（図-29）は、前者で7.7～115個/m²であったが、後者ではいずれもおおむね90個/m²を上回った。ちなみに、穿入孔数は前者で4～56個、

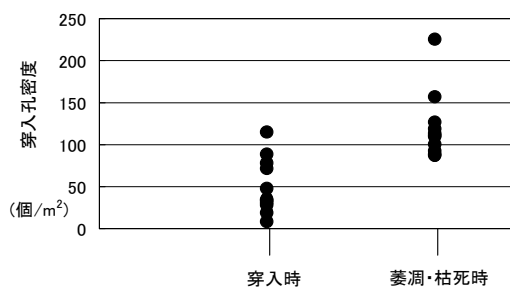


図-29 高さ0～0.50mの樹幹部における初期穿入時および萎凋・枯損時のカシナガキクイムシ穿入孔密度

後者で41～86個（0～1.0mの樹幹部における穿入孔数は93/48～110個）であった。なお、地際部の穿入孔の計数には、前述したように調査漏れもあると考えられる。これらのことから、ミズナラの萎凋・枯損には高さ0.5m以下の幹部におけるカシナガの穿入が大きく係わり、萎凋・枯損時の穿入孔密度は少なく見積もっておおむね90個/m²以上と考えられた。

カシナガ穿入木16本のうち2本（初期穿入期が7月中旬と9月下旬）が、最終調査日の10月中旬まで生存した。これら2本の観察結果を表-6に示す。

表-6 カシナガキクイムシの穿入を受けても枯損しなかったミズナラ

No.	D1.2 (cm)	初期 穿入期	穿入1週目			穿入2週目			穿入3週目			穿入4週目			…	最終調査週*		
			*1	*2	*3	*1	*2	*3	*1	*2	*3	*1	*2	*3		*1	*2	*3
1	17.5	7月中旬	4	10	無	13	—	無	13	15	有	13	—	有	…	13	15	有
2	25.2	9月下旬	3	1	無	3	—	無	3	—	無					3	1	無

*1：高さ0.5～1.0mの樹幹部におけるカシナガキクイムシの穿入孔数

*2：高さ0～0.5mの樹幹部におけるカシナガキクイムシの穿入孔数

3：穿入孔からの樹液滲出の有無、最終調査週：10月中旬、—：未調査

No. 1はカシナガの初期穿入最盛期直前の穿入木であり、穿入1週目の高さ0.50～1.0mの樹幹部におけるカシナガの穿入孔数は4個（穿入孔密度：12.7個/m²、以下同様）、0～0.5mでは10個（27.8個/m²）であり、2週目において0.50～1.0mの樹幹部で13個（41.4個/m²）と穿入密度が若干高まった。また、3週目には0～0.5mの樹幹部におけるカシナガの穿入孔数は、2個増えて15個（41.7個/m²）となったものの、穿入孔から樹液の滲出が認められた（写真-5）。その後、両樹幹部で新たな穿入がなく、14週目の最終調査日まで生存した。樹液の滲出が確認された穿入3週目は、初期の穿入から14～22日目に相当する。ところで、ミズナラ生立木に傷を付与し傷跡からの樹液の滲出経過を調査したところ、傷付与後おおむね3週（15～21日）目から滲出が始まり、ほぼ5週（29～35日）を経過した時点で全ての傷跡から樹液が



写真-5 穿入孔から樹液の滲出がみられた生存木No. 1（穿入孔で成虫の出入りが観察されたが、動きづらそうであった。）

滲出した。このことから、初期穿入3週目においてNo. 1はカシナガの穿入によるダメージが少なく、正常な生理活動を有していたと思われる。そして、樹液の滲出があったためか、その後新たな穿入がなく生存したものと考えられた。カシナガが穿入して枯死する個体は、穿入2週目以降新たな穿入孔が大きく増加するが、穿入しても生き残る個体は新たな穿入孔が少ない個体であると報告²²⁾されており、当該木はこれに相当したものと考えられた。一方、No. 2はカシナガの脱出終了間際の穿入木であり、穿入1週目の高さ0.50～1.0mの樹幹部におけるカシナガの穿入孔数は3個(6.4個/m²)、0～0.5mでは1個(1.8個/m²)であった。その後、カシナガの穿入終期を向かえ、新たな穿入がなく最終調査日まで生存した。ところで、当該木は穿入3週目においても穿入孔から樹液の滲出が認められなかったが、9月中旬以降の傷付与では全く樹液の滲出が認められなかった。

以上述べたことから、カシナガのミズナラに対する初期穿入は、脱出後速やかに行われ⁶¹⁾、おおむね脱出20%期にピークを向かえ、脱出終了期まで続くものと考えられた。また、今回ミズナラの枯損は、初期穿入2週目(穿入から8～14日目の間)から始まって、4週目(穿入から22～28日目の間)にピークを向かえ、6週目(穿入から36～42日目の間)に終了した。そして、萎凋から枯損までの期間はおおむね1週間と考えられた。カシナガの初期穿入から枯損に至る期間は、最も早いのもで3週間と報告⁷⁰⁾されているが、本報では穿入2週目であり、かなり早い事例を観察したことになる。初期穿入から枯損に至る期間も、通常6週以降^{22, 61)}と報告されているが、本報では穿入4週目にピークを向かえたことから、2004年西会津町におけるミズナラの枯損はかなり急激であったことが伺える。さらに、ミズナラの枯死と関係の深い穿孔部位は高さ0～0.5mの樹幹部であり、当該部位の穿入孔密度は少なく見積もっておおむね90個/m²を上回るものと考えられた。ところで、枯死を免れる個体には二つのパターンが考えられた。一つ目は、カシナガの穿入によるダメージが少なく、穿入3週目(穿入から14～22日目の間)においても正常な生理活動を有して穿入孔から樹液を滲出する個体である。当該木は、樹液滲出のため、カシナガの穿入孔密度が高まらずに生存できた。二つ目は穿入時期が9月下旬と遅く、新たに穿入される機会の少ない個体であった。なお、カシナガの穿入孔密度と萎凋・枯損の関係については、調査件数をさらに増やして域値を検討する必要がある。

(2) ミズナラおよびコナラ生立木に対する穿入状況と枯損の発現(2005年の調査)

① 調査目的

本項では、ミズナラの他にコナラをも対象としてカシナガの穿入状況と枯損発現を再度調査し、年度間における差を検討するとともに、これらの個体から翌年に羽化脱出する成虫数を調査した。

② 調査材料と方法

調査地は、会津若松市河東地内で海拔高350mほどに位置するナラ枯れ発生2年目の広葉樹林(会津盆地の東山麓部に位置し、周囲を畑や水田に囲まれた平坦な孤立した0.2haほどの比較的明るい林分)である。2005年6月上旬、カシナガの穿入生存木を除くミズナラ生立木5本(胸高直径:22.2/18.4～26.9cm)とコナラ生立木17本(25.7/16.5～42.4cm)の計22本を選定し、高さ0.75および0.25mの直径を記録した。そして、6月下

旬から10月上旬間で計14回おおむね週に一度（8月下旬に1週欠測）、カシナガの生立木における穿入孔数（高さ0～0.5および0.5～1.0mの幹部）と穿入孔からの樹液滲出の有無、および樹冠の変色状況（健全：変色なし、萎凋：樹冠の萎れが始まる、枯損：樹冠の過半以上が褐変）を調査した。地際部の穿入孔は、凹み内に存在することもあって調査が困難であったが、可能な限り計数した。また、前年の秋に枯損した林縁近くにある比較的日当たりのよいミズナラ二股木1本（胸高直径がおのおの33.7、残りが36.4 cm）における高さ1.2～1.7mの2か所の樹幹部（総穿入孔数71個）に円筒状羽化トラップを取り付けて、脱出成虫を捕獲、計数した。

さらに、当年の秋に枯損したミズナラ2本を翌年5月上旬に伐倒し、伐根の高さを20 cmに切りそろえて地際部より下部の根株および高さ20cmの地上部の穿入孔を計数後、全体を三角錐状羽化トラップで被い、脱出成虫を捕獲・計数した。また、伐倒木については、高さ0.5～8 mの間でそれぞれ3か所の樹幹部から50cmの丸太を採取して穿入孔を計数後、袋状羽化トラップにおさめ、脱出成虫を捕獲・計数した。なお、カシナガ穿入生存木のコナラ5本についても、高さ0.7～1.2mの樹幹部の穿入孔数と樹液滲出の有無を調査後、円筒状羽化トラップを取り付けて、脱出成虫を捕獲・計数した。

③ 結果と考察

カシナガは2004年の枯損木から総数3,699頭（52.1頭/孔）羽化脱出した（図-30）。これによると、カシナガの累積羽化脱出率は7月上旬で20%ほど、同中旬で50%ほど、同下旬で90%ほどであり、脱出は9月下旬まで続いた。

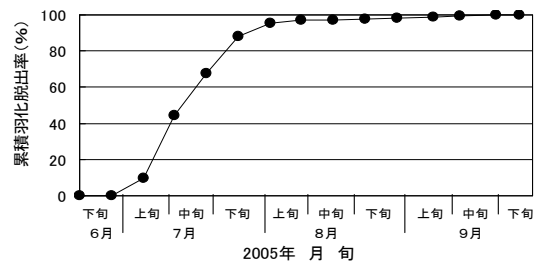


図-30 カシノナガキクイムシの羽化脱出経過

ミズナラに対するカシナガの穿入は4本（選定木の80%、胸高直径：22.5/18.4～26.9cm）、またコナラは16本（選定木の94.1%、胸高直径：26.2/19.6～42.4cm）でみられた。高さ0～1.0m樹幹部におけるカシナガの総穿入孔数はそれぞれ895個および4,940個であり、その出現経過を図-31に示す。これによると、カシナガの穿入孔累積出現割合は、7月上旬でミズナラが20%ほど、コナラが10%ほどであった。また、同中旬ではそれぞれ50%ほどおよび30%ほどであり、ミズナラが若干早めにアタックを受けた。しかし、これ以降は両者間に差が認められなくなり、7月下旬で両者とも70%ほどまた8月上旬で90%ほどとなり、穿入孔はミズナラで8月下旬、コナラで9月下旬まで穿たれた。

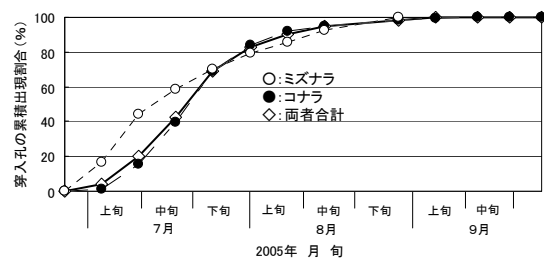


図-31 コナラ、ミズナラおよび両者合計のカシノナガキクイムシ穿入経過

ミズナラおよびコナラに対するカシナガの初期穿入期は、各月を上・中・下旬に3区分して図-32に示した。これによると、初期穿入は6月下旬から始まり、7月上旬にピークを迎え計15本（全体の75%）となり、おおむねカシナガの脱出終了期に相当する7

月下旬まで続いた。また、ミズナラに対する初期穿入期は、コナラより早い傾向にあったが、本数がミズナラの16本に比べ5本と少なかったことから、明確なことはいえない。

カシナガの穿入を受けたミズナラ4本は全て枯損した。初期穿入から枯損までの経過は表-7に示した。カシナガの穿入を受けた4本の内、No. 1は穿入2~7週目に、No. 2は穿入3週目の萎凋時に穿入孔の数10%から樹液の滲出が見られたが、残り2本では確認されなかった。そして、穿入3~9週目に萎凋し、翌週に枯損した。枯損は7月下旬から9月上旬の間に発現した。

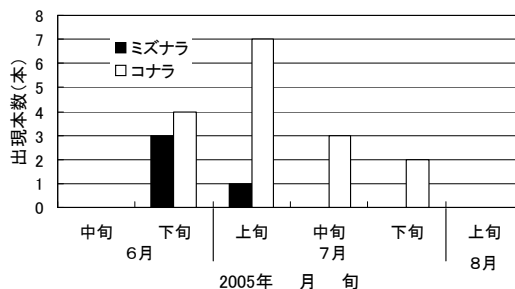


図-32 カシノナガキクイムシの初期穿入期

表-7 ミズナラにおけるカシノナガキクイムシ初期穿入から枯損までの経過

供試木No.	樹液の滲出*1	萎凋期**2	枯損発現時期**2
1	初期穿孔2~7週目にあり	8週目	9週目(8月下旬)
2	初期穿孔3週目にあり	3週目	4週目(7月下旬)
3	未確認	9週目	10週目(9月上旬)
4	未確認	4週目	5週目(8月上旬)

*1: カシノナガキクイムシ穿入孔の数10%から樹液の滲出が見られた。 **2: 初期穿孔期からの経過週

一方、カシナガの穿入を受けたコナラ16本は、ほとんどの穿入孔から樹液の滲出がみられて全て穿入生存木となった。初期穿入期から樹液滲出までの経過週数は図-33に示した。これによると、穿入孔からの樹液滲出は、初期穿入2週(8~14日)目から5週(29~35日)目にみられ、ピークは3、4週目に現れた。これは、ナラ類生立木に傷を付与し傷跡からの樹液の滲出経過、すなわち傷付与後おおむね3週(15~21日)目から滲出が始まり、ほぼ5週(29~35日)を経過した時点で全ての傷跡から樹液が滲出した結果におおむね一致することから、コナラはカシナガの穿入を受けてもほぼ正常な生理活動を有していたものと推定される。なお、コナラはミズナラに比べ、カシナガの穿入を受けても枯損しにくい樹種といわれている^{15, 21, 45, 63)}。

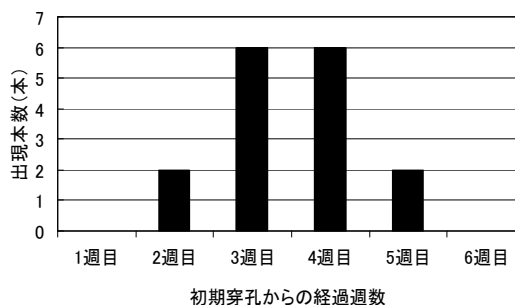


図-33 コナラにおけるカシノナガキクイムシ穿入孔からの樹液滲出状況

次に、調査月旬ごとのカシナガ累積羽化脱出率、高さ0~1.0mの樹幹部におけるカシナガ穿入孔数の累積出現割合およびナラ類に対するカシナガの初期穿入累積本数率の相互関係を検討する(表-8)。これによると、ナラ類に対するカシナガの攻撃は脱出後速やかに行われ、おおむね脱出20%期に相当する7月上旬に初期穿入本数率が75%とピークに達した。また、カシナガの羽化脱出率と穿入孔数の出現割合は、ミズナラにおいてはおおむね脱出50%期に相当する7月中旬まではほぼ合致したが、それ以降は後者で若干遅れた。一方、コナラにおける穿入孔数の出現は、いずれもカシナガの羽化

脱出状況より遅れた。

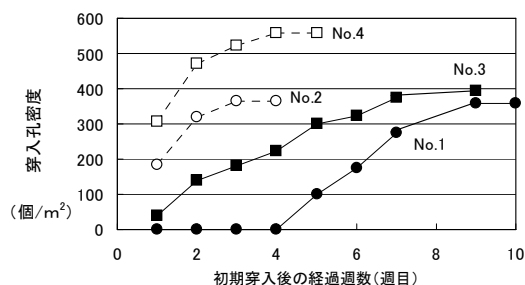
表－8 調査月旬ごとのカシノナガキクイムシ累積羽化脱出率と穿入孔累積出現割合
およびミズナラおよびコナラの初期穿入累積出現本数率

	6月	7月			8月			9月		
	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
羽化脱出	脱出開始	約20%	約50%	約90%						100%
ミズナラ	穿入初め	約20%	約50%	約70%	約90%		100%			
コナラ		約10%	数30%	約70%	約90%					100%
初期穿入	35%	75%	90%	100%						

羽化脱出：カシノナガキクイムシの累積羽化脱出率
ミズナラ：ミズナラにおける高さ0 - 1.0mの幹部における穿入孔の累積出現割合
コナラ：コナラにおける高さ0 - 1.0mの幹部における穿入孔の累積出現割合
初期穿入：ミズナラおよびコナラ20本の初期穿入累積出現本数率

ここで、カシナガの羽化脱出とナラ類へのアタック状況およびその後の枯損経過等について、昨年すなわち2004年と今年すなわち2005年の結果を比較する。カシナガの脱出開始は両年ともおおむね同様で6月下旬であったが、2004年の脱出50%期は8月中旬であったのに対して、2005年は7月中旬とおおむね1か月ほど早まった。また、2004年の脱出90%期は9月中旬であったのに対して、2005年は7月下旬と1か月以上早まった。2004年の調査はうっ閉した林内で行ったが、2005年は周囲を畑や水田に囲まれた平坦な孤立した比較的明るい林分で行ったため、カシナガの脱出期が早まったものと考えられる。しかし、カシナガのナラ類に対するアタックは、両年とも脱出後速やかに行われて一致し、またカシナガの初期穿入累積本数率のピークも、両年ともおおむね脱出20%期であり一致した。さらに、ミズナラにあっては高さ0～1.0mの樹幹部における穿入孔数の累積出現割合が2004年はカシナガ脱出30%期まで、2005年は脱出50%期まで一致した。すなわち、両年ともカシナガの脱出前半で羽化脱出率と穿入孔数の累積出現割合が一致し、それ以降は後方で若干遅れる現象もみられた。ところで、カシナガが穿入し枯損したミズナラは、2004年では穿入孔から樹液の滲出が全くみられなかったのに対して、2005年は4本中2本でみられ1本目が穿入2～7週目の萎凋時直前まで、2本目が穿入3週目の萎凋時に数10%の穿入孔から樹液の滲出が見られたこと。また、初期穿入から枯損に至った期間は、2004年が初期穿入4週目/2～6週目であったが、今年7週目/4～10週目となり、昨年よりかなり遅れたことが異なった。なお、萎凋から枯死までの期間はおおむね1週間と両年とも同様であった。

枯損したミズナラ4本の高さ0～0.5mの樹幹部におけるカシナガの初期穿入から萎凋・枯損時までの穿入孔密度（穿入孔数（個）/材表面積（m²））は、図－34に示した。これによると、No. 1（穿入2～7週目に数10%の穿入孔から樹液が滲出）は、穿入1週目に上部の0.5～1.0mの部位で穿入孔が認められたものの、0～0.5mの部位では5週目に初めて認められ（穿入孔密度100個/m²；総穿入孔数50個、以下同様）、その後密度が増加して10週目（35



図－34 高さ0～0.5mのミズナラ樹幹部におけるカシノナガキクイムシ初期穿入から枯損までの穿入孔密度

9個/m²；179個)に枯損した。また、No. 3は1週目に0～0.5mの部位で穿入孔が認められ(38.6個/m²；16個)、その後密度が増加して9週目(394個/m²；163個)に枯損した。そして、No. 2(穿入3週目の萎凋時に数10%の穿入孔から樹液が滲出)および4も1週目に0～0.5mの部位で穿入孔が認められ(それぞれ184個/m²；99個、308個/m²；112個)、その後密度が増加して前者は4週目(363個/m²；195個)に、後者は5週目(558個/m²；203個)に枯損した。そのため、ミズナラ枯損時の高さ0～0.5mの樹幹部におけるカシナガの穿入孔密度は、350個/m²以上となった。

全てがカシナガの穿入生存木となったコナラの高さ0～0.5mの幹部における初期穿入から穿入終了期までの穿入孔密度は、図-35に示した。なお、図中には穿入生存木16本の内、穿入孔密度が最高および最低値と中間の6個体の計8本のデータを示した。これによると、初期穿入期から穿入孔密度(15.5個/m²、5個)が全く高まらず、穿入10週目を向かえたものが1本みられた。しかし、その他ではいずれも穿入2週目以降かなり高まり、

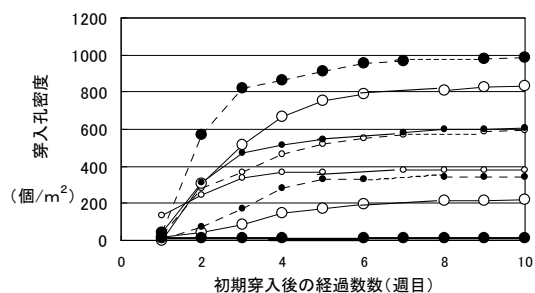


図-35 高さ0～0.5mのコナラ樹幹部におけるカシナガキクイムシ初期穿入から穿入終了期までの穿入孔密度

穿入10週目において最低で219個/m²、68個、最高で989個/m²、607個とカシナガの猛烈なアタックを受けた。カシナガが穿入しても生き残った2004年のミズナラは、穿入2週目以降に新たな穿入孔がさほど穿たれなかった個体²²⁾であったのに対して、2005年コナラは2週目以降もかなり穿たれた。

No. 2、3のミズナラ枯損木を2006年の5月上旬に伐倒し、根株(地際下部の根株と高さ20cmの地上部)と幹部から高さごとに採取した丸太から羽化脱出したカシナガの成虫数は表-9に示した。これによると、根株からそれぞれ18.4および46.2頭/孔の成虫が脱出した。しかし、両者とも樹幹部からの脱出は皆無であった。なお、No. 2は穿入3週目の萎凋時に、数10%の穿入孔から樹液の滲出が見られたが、No. 3では確認できなかった。ちなみに、同じ調査地内で昨年の秋に枯損したものでは穿入孔からの樹液滲出が全く認められず、樹幹部から52.1頭/孔と大量にカシナガの脱出が認められている。

表-9 ミズナラ枯損木からのカシナガキクイムシ脱出成虫数

供試木 No.	樹幹部の高さ(m)							
	根株	0.5-1.0	1.5-2.0	3.5-4.0	5.5-6.0	6.5-7.0	7.5-8.0	
	b/a *	b/a *	b/a *	b/a *	b/a *	b/a *	b/a *	
2	2616/142 18.4		0/49 0		0/29 0		0/17 0	
3	7478/162 46.2	0/87 0		0/61 0		0/15 0		

a: 総穿入孔数(個)、b: 総脱出成虫数(頭)、*: 1穿入孔あたりの脱出成虫数(頭/孔)

表-10は、コナラ穿入生存木からのカシナガ羽化脱出成虫数を示した。これによると、樹液滲出の有無に係わらず5本全ての個体の穿入孔からカシナガの脱出は認められなかった。多くの穿入孔で樹液が滲出したためか、カシナガは樹幹部での繁殖に失敗したものと推定された^{36、40、58)}。

ここで、ナラ枯れ発生1年目の2004年に枯損したミズナラの樹幹部から大量にカシナガが羽化脱出したのに対して、発生2年目の2005年に枯損したミズナラでは根株からかなりの脱出がみられたにもかかわらず、樹幹部からの脱出が全く認められなかった原因を最寄りのアメダスの夏期の気象値（表-11）から検討する。

表-10 コナラ穿入生存木からのカシノナガクイムシ脱出成虫数

供試木 No.	胸高直 径(cm)	穿入孔からの樹液滲出			脱出成虫	
		なし	あり	計(a)	数(b, 頭)	b/a
1	34.2	0	49	49	0	0
2	30.2	0	24	24	0	0
3	23.4	7	17	24	0	0
4	23.4	2	12	14	0	0
5	19.2	3	15	18	0	0

b/a：1 穿入孔あたりの脱出成虫数（頭/孔）

表-11 2004年および2005年の若松気象台における夏期の気象

気象値	年次	6月	7月	8月	7、8月
平均気温 (°C)	平年値*	19.8 ±1.0	23.4 ±1.3	24.8 ±1.3	24.1 ^a ±1.1
	2004年**	21.2 (+1.4)	25.1(+1.7)	23.9(-0.9)	24.5 ^a (+0.4)
	2005年	21.9 (+2.1)	23.4(±0)	25.3(+0.5)	24.4 ^a (+0.3)
日照時間 (時間)	平年値*	165.9±32.8	177.0±42.7	207.5±47.0	384.5 ^b ±74.7
	2004年**	182.5 (+16.6)	203.8 (+26.8)	195.1 (-12.4)	398.9 ^b (+14.4)
	2005年	168.9 (+3.0)	128.0 (-49.0)	162.7 (-44.8)	290.7 ^b (-93.8)
1mm以上の 降雨日数 と降水量	平年値* (日)	11.2 ±2.9	11.9 ±4.1	9.7 ±4.2	21.6 ^b ±6.6
	(mm)	115.7 ±51.5	160.1 ±74.3	131.0 ±92.8	291.4 ^b ±133.1
	2004年** (日)	11 (-0.2)	11 (-0.9)	10 (+0.3)	21 ^b (-0.6)
1mm以上10 mm未満の 降雨日数 と降水量	(mm)	78.0(-37.7)	297.5(+137.4)	61.0(-70.0)	358.5 ^b (+67.1)
	2005年 (日)	8 (-3.2)	15 (+3.1)	16 (+6.3)	31 ^b (+9.4)
	(mm)	89.5(-26.2)	90.5(-69.6)	231.0(+100.0)	321.5 ^b (+30.1)
10mm以上 の降雨日 数と降水 量	平年値* (日)	7.5 ±2.5	6.5 ±2.6	5.6 ±2.2	12.1 ^b ±3.8
	(mm)	31.6 ±14.3	29.3 ±15.4	22.7 ±11.6	52.0 ^b ±21.3
	2004年** (日)	7 (-0.5)	6 (-0.5)	8 (+2.4)	14 ^b (+1.9)
10mm以上 の降雨日 数と降水 量	(mm)	25.0(-6.6)	28.5(-0.8)	35.5(+12.8)	64 ^b (+12.0)
	2005年 (日)	5 (-2.5)	12 (+5.5)	9 (+3.4)	21 ^b (+8.9)
	(mm)	19.0(-12.6)	37.0(+7.7)	42.5(+19.8)	79.5 ^b (+27.2)
10mm以上 の降雨日 数と降水 量	平年値* (日)	3.7 ±1.4	5.4 ±2.8	4.1 ±3.1	9.5 ^b ±4.7
	(mm)	84.1 ±50.9	130.8 ±72.1	108.3 ±99.1	239.4 ^b ±130.2
	2004年** (日)	4 (+0.3)	5 (-0.4)	2 (-2.1)	7 ^b (-2.5)
10mm以上 の降雨日 数と降水 量	(mm)	53.0(-31.1)	269.0 (+138.2)	25.5(-82.8)	294.5 ^b (+55.1)
	2005年 (日)	3 (-0.7)	3 (-2.4)	7 (+2.9)	10 ^b (+0.5)
	(mm)	70.5(-13.6)	53.5(-77.3)	188.5(+80.2)	242 ^b (+2.6)

平年値*±：1971～2000年（30年）の平均値と標準偏差、2004年**：会津若松市でナラ枯れ初発、
（日）：日数、（mm）：降水量、（ ）は平年値に対する増減、a：平均値、b：総量。

これによると、当該地区でナラ枯れの初発を見た2004年は、6、7および8月の平均気温が平年値と比べ（以下、同様）それぞれ+1.4、+1.7および-0.9℃であり、カシナガの羽化脱出初期にあたる6月と羽化脱出および発病最盛期にあたる7月はかなり（標準偏差を超える。以下、同様）高く、ナラ枯れの発現期にあたる8月は若干低いもののほぼ平年並であった。そして、羽化脱出最盛期から発病期そしてナラ枯れの発現期に相当する7、8月の平均気温は0.4℃で、若干高いもののほぼ平年並となった。日照時間は6月が+16.6時間、7月が+26.8時間で若干多く、8月が-12.4時間で若干少ないもののほぼ平年並であった。そして、7、8月の日照時間は+14.4時間で、若干多いもののほぼ平年並となった。一方、2005年の6、7および8月の平均気温はそれぞれ+

2.1、±0および+0.5℃であり、6月はかなり高かったものの、7、8月の平均気温は+0.3℃で、若干高いもののほぼ平年並となった。日照時間は6月が+3.0時間で若干多かったものの、7月が-49.0時間でかなり少なく、さらに8月も-44.8時間で少なかった。そして、7、8月の日照時間は-93.8時間でかなり少ない値となった。

また、2004年6、7および8月の1mm以上の降雨日は、それぞれ-0.2、-0.9および+0.3日でほぼ平年並であった。それぞれの月の降水量は-37.7mm、+137.4mm、-70.0mmで、6、8月が若干少ない傾向にあったものの、7月はかなり多かった。これは、1日あたり10mm以上の降水量が平年値より138.2mmも増えたためである。7月の10mm以上の降水日は、-0.4日でおおむね平年並みであったことから、短期間に集中的な降雨があったことを意味する。そして、7、8月の1mm以上の降雨日および降水量は-0.6日および+67.1mmで、前者で若干少なくまた後者で若干多いもののほぼ平年並となった。一方、2005年のそれぞれ月の1mm以上の降雨日は、-3.2、+3.1および+6.3日で、6月がかなり少なく、7月が多く、8月がかなり多かった。それぞれの月の降水量は-26.2、-69.6および+100.0mmで、6、7月が若干少なかったものの、8月はかなり多かった。6月で1mm以上の降雨日が少なく、かつ降水量が減った原因は1mm以上10mm未満(以下、10mm未満)の降雨日が-2.5日でかなり少なく、それに伴って降水量が減ったためである。また、7月で1mm以上の降雨日が多かったにもかかわらず降水量が減った原因は、10mm未満の降雨日が+5.5日とかなり多かったものの、10mm以上の降水日が-2.4日と少なく、それに従って降水量が77.3mmも減少したためである。さらに、8月で1mm以上の降雨日が多くかつ降水量が増えた原因は、10mm未満の降雨日が+3.4日とかなり多く、また10mm以上の降雨日が+2.9と多く、それに伴って降水量がかなり増加したためである。そして、7、8月の1mm以上の降雨日は+9.4日で、かなり多く期間の半分を占めた。なお、降水量は+30.1mmで、若干多いもののほぼ平年並となった。

前述のとおり、ナラ枯れ発生2年目の2005年に枯損し、カシナガの脱出をみたミズナラ2本は、根株からかなりの脱出がみられた。このことは、カシナガは地際部以下の部位で繁殖に成功したことを意味する。すなわち、樹体の通水機能がほとんど停止し、地際部以下の部位では樹体内水分に欠乏が生じて樹液の滲出がなかったものと考えられる。樹体の通水機能がほとんど停止していたにもかかわらず、カシナガの脱出を調べたミズナラ2本のうちの1本では樹幹部の数10%の穿入孔から樹液が滲出し、カシナガの脱出が認められなかった。さらに、残り1本も穿入孔から樹液滲出が確認できなかったものの、カシナガは樹幹部での繁殖に失敗し脱出が認められなかった。これに対して、ナラ枯れ発生1年目の2004年に枯損したミズナラでは樹幹部の繁殖に成功し、大量にカシナガが羽化脱出した。カシナガの羽化脱出最盛期から発病期そしてナラ枯れの発現期にあたる7、8月の気温、降水量、1mm以上の降雨日および日照時間は、2004年にはほぼ平年並みであった。しかし、2005年は気温および降水量がほぼ平年並みであったものの、1mm以上の降雨日はかなり多く期間の半分を占めた。また、日照時間は、かなり少なく平年値より2～3割ほど減少した。ところで、マツノザイセンチュウによるマツ枯れの場合、夏期に樹幹下部で通水機能が停止して樹脂の滲出がみられなくとも、含水率の低下が認められない上部樹幹部は、内樹皮が生々しくかつ樹脂の滲出がみられた。その後、樹体内水分は蒸散によって徐々に失われて、上部樹幹部でも含水率が低下して樹脂

滲出の機能を失い、樹冠の褐変に至った⁷⁾。すなわち、2005年のカシナガの羽化脱出最盛期から発病期そしてナラ枯れの発現期にあたる7、8月は降雨日が多くかつ日照時間が少なかったため、ミズナラ樹体の通水機能がほとんど停止して地際部以下の部位で樹体内水分に欠乏が生じて樹液の滲出がみられなくとも、蒸散によって失われる樹体内水分が少なく、樹幹部では樹液滲出の機能がある程度保たれて、カシナガは樹幹部での繁殖に失敗したものと考えられた。

以上述べたことから、カシナガのナラ類に対するアタックは脱出後速やかに行われ⁶⁾、おおむね脱出20%期に初期穿入期のピークを迎え、脱出終了期まで続くことが再確認できた。ところで、カシナガが穿入しても生き残る個体は、穿入2週目以降の新たな穿入孔が大きく減少する個体であると報告²²⁾されている。しかし、今回のコナラは、穿入2週目以降においてほとんどの穿入孔から樹液の滲出が見られた個体であっても、新たな穿入孔が数多く穿たれて穿入生存木となった。そして、翌年すなわち2006年夏にカシナガの脱出が全く認められず、樹液滲出のためか繁殖に失敗したものと考えられた。なぜ、2005年は穿入孔からの樹液の滲出する個体であっても、新たな穿入孔が数多く穿たれたのだろうか。その一つの理由として、調査林が孤立した小規模なコナラの多い林分であったため、林内で脱出したカシナガはミズナラへの穿孔のみならずコナラをも攻撃対象とせざるを得なかったことが考えられるが、これについては今後とも検討が必要である。

一方、カシナガの穿入を受けたミズナラ4本は全て枯損したが、2本では穿入孔の数10%から樹液の滲出が見られ、残り2本では確認できなかった。そして、樹液滲出の有無にかかわらず、コナラと同様に新たな穿入孔が数多く穿たれた。このため、萎凋・枯損時における高さ0～0.5mの樹幹部の穿入孔密度は、350個/m²以上となり、2004年のおおむね90個/m²の4倍近い密度となった。また、カシナガの初期穿入後枯損発現に至るまでの期間は初期穿入7週目/4～10週目となり、2004年の初期穿入4週目/2～6週目と比べおおむね2倍を要した。さらに、枯損木の根株からは2006年夏に多量のカシナガが脱出したにもかかわらず、樹幹部からの脱出は皆無であった。つまり、樹幹部ではコナラと同様に繁殖に失敗したと考えられた。そこで、2004年と2005年のカシナガの羽化脱出最盛期から発病期そしてナラ枯れの発現期にあたる7、8月の気象の特徴を調べたところ、2004年は気温、降水量、1mm以上の降雨日および日照時間がほぼ平年並みであった。これに対して、2005年は気温および降水量がほぼ平年並みであったものの、1mm以上の降雨日はかなり多く期間の半分を占め、また日照時間もかなり少なく平年値より2～3割ほど減少した。すなわち、ミズナラ樹体の通水機能がほとんど停止し、地際部以下の部位で樹体内水分に欠乏が生じて樹液の滲出がみられなくとも、蒸散によって失われる樹体内水分が少なく、樹幹部では樹液滲出の機能がある程度保たれて、カシナガは樹幹部での繁殖に失敗したものと考えられた。なお、カシナガの羽化脱出最盛期から発病期から枯損の発現期にかけての長雨や日照不足がナラ枯れにどのような影響を与え、そしてカシナガの繁殖成功率に係わりを持つかは、今後とも検討を要する課題である。ともあれ、ミズナラが枯損に至る高さ0～0.5mの樹幹部における穿入孔密度、初期穿入から枯損発現に至る期間およびカシナガの繁殖成功率等は、年によって大きく変動するものと考えられた。さらに、2005年にカシナガの穿入が致命的な影響を与えた部位は地際部以下の部位、すなわち地下根株であり、当該部位の穿入孔密度が枯損に多いに関

与するものと考えられた。

(3) ナラ類に対する傷付与から樹液滲出までの期間および樹種別の樹液滲出量の相違

① 調査目的

ナラ枯れ木は、通常カシナガの穿入孔から樹液の滲出がみられないが、生き残ったナラ類（穿入生存木）では樹液の滲出がかなりの頻度で見られる。また、ナラ類に対するカシナガの穿入から枯損に至る期間は、年度によって異なるが早いもので2週目、そして遅いもので10週目であった。

本項では、本県における主な被害樹種であるミズナラ、コナラおよびクリなどの生立木に傷を付与し、正常な生理活動を有する個体の樹液滲出経過を調査し、カシナガによって伝搬されたナラ菌による通水阻害⁴⁴⁾に起因すると予想される樹液滲出機能の消失時期を検討した。

② 調査材料と方法

まず、コナラを用いて傷付与の方法と樹液の滲出経過および時期を調査した。調査場所は、海拔高260mに位置する郡山市安積町の広葉樹林である。供試したコナラは、胸高直径が20、25、28、33、36、39、40、55cmの中・大径木8本で、2003年5月から10月間の各月の中旬に傷を与えた。傷の付与は、直径10mmのポンチ、もみ切りおよび千枚通しの3種とし、供試木の粗皮が厚い場合は粗皮をある程度ナタで削り落として材部に達する傷を与えた。傷の付与部位は樹幹下部で、各月の傷付与か所数は供試木1本あたりポンチで1か所、もみ切りおよび千枚通しでそれぞれ2か所とした。傷付与後の樹液滲出状況の調査は、8月一杯までが週に一、二度、そして9月以降が週または2週に一度行った。

次に、本県における主な被害樹種であるミズナラ、コナラ、クリの3種とクヌギを加えた4樹種を対象として、傷付与から樹液滲出までの期間を調査した。調査場所は海拔高200mに位置する西会津町滝坂の広葉樹林、および海拔高400mに位置する郡山市逢瀬町の広葉樹林である。西会津町ではミズナラ、コナラ、クリの3種、そして郡山はコナラとクヌギの2種を供試した。供試木の本数と胸高直径は、西会津町がミズナラ18本で19/14～27cmであり、以下コナラ4本、27/25～27cm、クリ6本、16/10～22cmであった。また、郡山市はコナラ5本、18/12～25cm、クヌギ5本、16/12～19cmである。傷の付与部位は樹幹下部で供試木1本あたり3か所、もみ切りを用いて材部に達する傷を2004年6月下旬に与えた。傷付与後の樹液滲出状況調査は週に一度行った。

さらに、ミズナラとコナラの樹液滲出量の相違は、海拔高340mに位置する会津若松市河東の広葉樹林で調査した。供試本数はそれぞれ5本で、胸高直径はミズナラが23/18～26cm、コナラが22/18～25cmであった。傷の付与部位は樹幹下部で供試木1本あたり3か所、千枚通しを用いて材部に達する傷を2006年7月上旬に与え、樹液の滲出量は傷付与後5週目に調査した。なお、樹液の滲出量は傷から樹幹上に流出する長さで表し、傷口内に止まっている状態を0cmとした。

③ 結果と考察

コナラを用いて2003年に行った月ごとの三種器具による傷付与後の樹液の滲出状況は、胸高直径ごとに遅速が認められなかった。そこで、図-36には8本の供試木をまとめ各器具による樹液滲出経過を示した。5月中旬（新葉の展開完了直後期）の傷付与後

の樹液滲出状況（Ⅰ）をみると、1か月を経過した時点においても、樹液の滲出は全く認められなかった。傷口の一部で滲出が認められたのは、三者とも傷付与後33～36日目であった。そして、もみ切りによる傷は、傷付与後44～47日目に全てで滲出が認められた。また、ポンチおよび千枚通しでは、傷付与後48～54日目に全ての傷で滲出が認められた。樹液の滲出開始期は三者とも同一時期であったが、全ての傷からの樹液滲出はもみ切りで若干早かった。

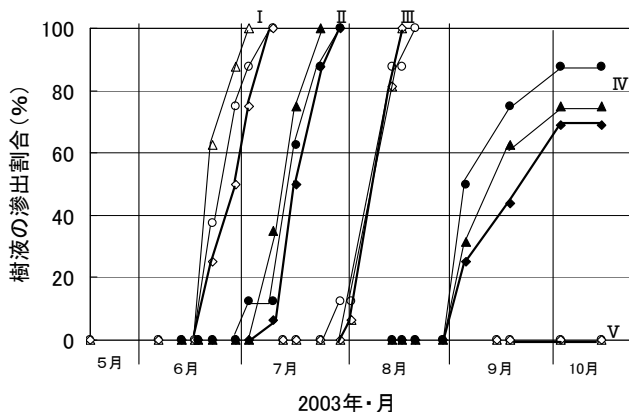


図-36 ポンチ、もみ切り、千枚通しによる傷口における樹液滲出経過
 I：5月中旬傷付与、II：6月中旬傷付与、III：7月中旬傷付与、IV：8月中旬傷付与、V：9月中旬傷付与。
 ○、●：ポンチによる傷（計8か所）、△、▲：もみ切りによる傷（計16か所）

6月中旬の傷付与後の樹液滲出状況（Ⅱ）をみると、ポンチは傷付与後17～20日目に一部の傷口で滲出が認められ、もみ切りおよび千枚通しは傷付与後21～27日目に認められた。全ての傷で樹液の滲出が認められたのは、もみ切りが傷付与後35～41日目、千枚通しおよびポンチが傷付与後42～47日目であった。樹液の滲出開始期はポンチが若干早く、また全ての傷からの滲出はもみ切りで若干早かった。

7月中旬の傷付与後の樹液滲出状況（Ⅲ）をみると、ポンチは傷付与後12～17日目に一部の傷口で滲出が認められ、もみ切りおよび千枚通しは傷付与後18～20日目に認められた。全ての傷で樹液の滲出が認められたのは、もみ切りおよび千枚通しが傷付与後33～35日目、ポンチが傷付与後36～39日目であった。樹液の滲出開始期はポンチで若干早く、また全ての傷からの滲出はポンチで若干遅れた。

8月中旬の傷付与後の樹液滲出状況（Ⅳ）をみると、三者とも傷付与後16～22日目に一部の傷口で滲出が認められた。しかし、9月中旬以降は滲出割合の増加が鈍り、10月に入ると新たな滲出は認められなかった。そして、9月中旬の傷付与では三者とも付与後19～31日目であっても、全く樹液の滲出が認められなかった（樹液滲出状況（Ⅴ））。

以上のように、ポンチ・もみ切り・千枚通し三種による傷付与は全て樹液が滲出したことから、いずれの器具を用いても樹液の調査は可能であると考えられた。また、三種器具による樹液滲出の状況は、傷付与時期ごとに一定の遅速がみられずかつ遅速そのものも小さかったことから、ほとんど差がないのもと考えられた。また、傷付与から樹液滲出開始までの期間は6月中旬が傷付与後17～27日目、7月中旬が傷付与後12～20日目、8月中旬が傷付与後16～22日目の間であり、傷付与後おおむね3週目（15～21日目）か

ら一部の傷口で樹液が滲出するものと考えられた。そして、全ての傷からの樹液の滲出は6月中旬が傷付与後35～47日目、7月中旬が傷付与後33～39日目の間であり、傷付与後おおむね5週目(29～35日目、一部の傷で樹液の滲出がみられてからおおむね2週後)において全ての傷から樹液が滲出するものと考えられた。ところで、5月中旬は傷付与後33～36日目(6月中旬)に初めて一部で樹液の滲出が認められ、44～54日目(7月上旬)において全ての傷から樹液の滲出が観察された。すなわち、傷付与後樹液滲出開始まではおおむね5週を要したが、全ての傷からの樹液の滲出は一部で樹液の滲出がみられてからおおむね2週後であり、6、7月中旬の傷付与結果と一致した。このことから、傷を付与した5月中旬は樹体の樹液滲出機能が未熟の状態にあったものと考えられ、樹液滲出の機能は6月に入ってから始まるものと考えられた。また、8月中旬の傷付与では9月中旬以降樹液滲出の機能が弱まり、10月では新たな滲出が認められず、かつ9月中旬の傷付与では全く樹液の滲出が認められなかったことから、コナラの樹液滲出期間は6月初めから9月一杯までの4か月間と考えられた。

本県の主要なナラ枯れ被害樹種を用いて2004年に行った傷付与後の樹液の滲出経過は、図-37に示した。西会津町をみると、ミズナラ、コナラ、クリとも傷付与後15～22日目(おおむね3週目)に、一部の傷口で樹液の滲出が認められた。そして、全ての傷からの樹液滲出は三者とも傷付与後23～28日目(おおむね4週目)であった。また、郡山市ではコナラおよびクスギとも、傷付与後15～22日目(おおむね3週目)に一部の傷口で樹液滲出が認められた。そして、全ての傷からの樹液滲出は三者とも傷付与後29～36日目(おおむね5週目)であった。すなわち、全ての傷からの樹液滲出は西会津町で若干早かったものの、4樹種ともおおむね同様な樹脂滲出経過を示した。傷付与から樹液滲出開始までの期間は、2003年の結果と同様で、おおむね3週目であり、そして全ての傷からの樹液の滲出は傷付与後おおむね5週目と考えられた。

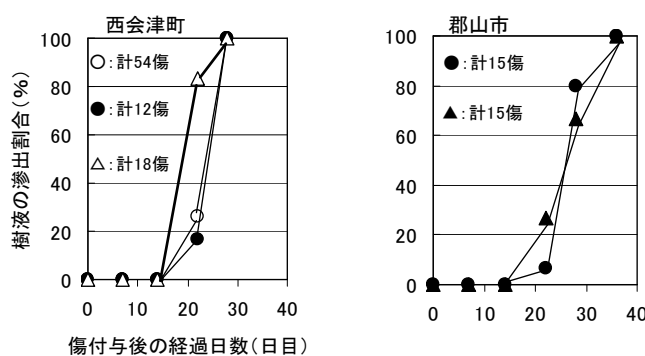


図-37 ミズナラ、コナラ、クリ、クスギの傷口における樹液滲出経過
○:ミズナラ、●:コナラ、△:クリ、▲:クスギ

生立木に対するカシナガの穿入から枯損に至るまで期間は早いもので2週目、または3週目⁷⁰⁾、通常は6週目以降^{22, 61)}といわれている。ミズナラ、コナラおよびクリは傷付与後おおむね3週目から一部で樹液の滲出が始まり、おおむね5週目で全ての傷口から樹液が滲出した。これらから、カシナガの穿入孔から全く樹液の滲出がみられない枯損

木は、初期穿孔2週目（8～14日目）から3週目（15～21日目）までに樹液を滲出する機能を失うものと推定される。また、一部の穿孔孔で樹液の滲出がみられる枯損木は、初期穿孔4週目（22～28日目）から5週目（29～35日目）までに樹体の一部で樹液を滲出する機能を失うものと考えられる。

ミズナラとコナラを用いて2006年に行った傷付与5週目における樹液の流出長は、表-12に示した。ミズナラは15傷とも 全て傷口内の滲出に止まり0 cmであった。一方、コナラは15傷の内傷口内の滲出に止まったものが6傷であり、残り9傷からは樹液が流出した。そして、流出長が 4.5 ± 4.1 cmとなった。これらから、コナラはミズナラに比べ傷付与による樹液の滲出量がかなり多いものと考えられた。ちなみに、カシナガが穿孔したものの生き残った穿孔生存木では、穿孔孔からの樹液の流出がミズナラよりコナラで多い傾向が認められており^{31, 45)}、またカシナガの穿孔による枯損率は、ミズナラよりコナラで低い現象が各地で観察されている^{15, 21, 38, 45, 63)}。すなわち、ミズナラは傷付与による樹液滲出量の少なさがカシナガの穿孔を容易なものとし枯損し易く、一方コナラは滲出量の多さがカシナガの穿孔を阻止するために枯損し難いという報告^{36, 64, 71)}を裏付けた。

表-12 傷付与5週目におけるミズナラおよびコナラの樹液流出長

	流出長 (cm)			流出長 (cm) 注)		
	ミズナラ	コナラ	カシナガ	ミズナラ	コナラ	カシナガ
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	4	0	0
3	0	0	0	0	9	10
4	0	0	0	5	7	9
5	0	0	0	8	4	11

注) 樹液の滲出量は傷から樹幹上に流出する長さで表し、傷口内に止まっている状態を0 cmとした。

以上述べたことから、ナラ類における樹液の滲出調査はポンチ・もみ切り・千枚通しのいずれの器具を用いても可能であり、樹液滲出は傷付与後おおむね3週目（15～21日目）に一部の傷口で始まり、おおむね5週目（29～35日目、一部の傷で樹液の滲出がみられてからおおむね2週後）に全てから滲出するものと推定された。これらから、カシナガの穿孔孔から全く樹液の滲出がみられない枯損木は、初期穿孔2週目（8～14日目）から3週目（15～21日目）までに樹液を滲出する機能を失い、また一部の穿孔孔で樹液の滲出がみられる枯損木は、初期穿孔4週目（22～28日目）から5週目（29～35日目）までに樹体の一部で樹液を滲出する機能を失うと考えられた。さらに、コナラはミズナラに比べ傷付与による樹液の滲出量がかなり多いと推定され、樹液滲出量の多さがカシナガの穿孔を阻止するために枯損し難いという説を裏付けた。なお、樹液滲出の期間は6月初めから9月一杯までの4か月間と考えられた。

3 カシノナガキクイムシの駆除

(1) 被害丸太の玉切り放置による駆除^{6, 9)}

① 調査目的

薬剤を使用しない物理的なナラ枯れの防除法としてナラ菌の媒介者であるカシナガを林内へ飛び出させない方法、すなわちポリ塩化ビニルシート^{33, 56)}による枯損立木の被覆が報告されている。また、完全な防除は困難であるが、枯損木を伐倒・玉切りし、きの

このほど木として利用する方法³⁴⁾も考案されている。さらに、カシナガは養菌性キクイムシであり²⁴⁾、材の乾燥等によりナラ菌の繁茂条件が悪化し、材の含水率が40%を下回ると生息できない²¹⁾といわれている。また、秋に被害木を1 mに玉切って林内に放置したところ、翌年成虫の脱出が非常に少なくなったと報告⁴⁸⁾されている。

本項では、ナラ枯れの物理的な防除の一つとして、被害木を長さ（幅）別に玉切りしてナラ枯れの発生林すなわち郡山市では一部広葉樹が混入するアカマツ壮齢林、また柳津町では広葉樹林に放置し、カシナガの死亡効果を検討した。

② 調査材料と方法

ア アカマツ・広葉樹林に放置

2003年10月中旬会津坂下町において、当年度に枯損したミズナラ7本を伐倒した。伐倒木は郡山市に運び、カシナガの穿入孔を計数後、長さまたは幅50、30、10、5、3および1 cmに玉切って供試材料とした。そして、郡山市におけるナラ枯れの発生か所である積雪の少ない被害歴1年目の一部広葉樹が混入するアカマツ壮齢林（アカマツが本数率で9割以上を占める）に、供試材料がお互いに重ならないように放置した。その後、11月中旬（近隣の郡山アメダス：平均気温8.4℃）に材料の一部を回収・割材し、放置約1か月後におけるカシナガ幼虫、蛹、成虫ごとの生死状況を調査した。調査に際して、長さ50cmの材料は中央部から30cmほどを採取し、幅5 cm前後に玉切って割材にあてた（以下、同様）。なお、11月はカシナガの活動が停止状態にあったので、25℃の恒温器内に材料を一昼夜据え置いて割材調査を行った。また、2004年4月中旬に再度材料の一部を回収・割材し、放置約6か月後におけるカシナガの生死状況を調査した。各割材時期に供試した材料の本（枚）数と中央径は表-13および14に示すとおりで、割材に供した各供試材料の長さはトータルで30cm以上とし、その中央径は11～44cmであった。

残った材料は2004年5月中旬西会津町のナラ枯れ林に運び、三角錐状に仕立てたターポリンシート（厚さ0.3mmほどの土足用室内シート）で被った後裾を土でおさえ、上部にカシナガの採集口を開けてペットボトルを取り付け、受け口部にアルコールを入れたポリビンセットし、羽化脱出した成虫を液浸で回収する羽化トラップ（写真-6）を作成して羽化脱出成虫を捕獲、計数した。各供試材料の本（枚）数と中央径、そして穿入孔数は表-15に示すとおりで、中央径は12～39cmであり、穿入孔数は44.3/29～73個で、各供試材料ごとのトラップ数は1器とした。



写真-6 カシノナガキクイムシ採取用の三角錐状ターポリンシート製羽化トラップ

イ ナラ枯れ発生2年目の広葉樹林で林床に接しないように放置

2006年11月上旬柳津町において、当年度に枯損したミズナラ5本を伐倒した。伐倒木はカシナガの穿入孔を計数後、長さ100、50、40、30、20、10および5 cmに玉切って供試材料とした。そして、柳津町におけるナラ枯れの発生か所である積雪の多い被

害歴2年目の日当たりのよい広葉樹林に放置した(写真-7)。材料の放置方法は、長さ100cmの場合にあっては林床への直接放置とし供試材料がお互いに重ならないように配置した。残り50cm以下の材料は丸太の含水率を低下させるため、直接林床に接さないように枕木を敷いて、かつお互いに重ならないように放置した。その後、12月上旬(近隣の西会津アメダス:平均気温2.9℃)に材料の一部を回収・割材し、2003年と同様に、放置約1か月後のカシナガの生死状況を調査するとともに、丸太の中央部の辺材3か所から材片を採取し、含水率(水分/乾重×100)を測定した。また、2007年5月上旬に再度材料の一部を回収し、長さ30cm以上の丸太は木口(切断)面から中央部に向かって部位ごとに幅5cm前後に玉切って割材にあて、放置約6か月後における



写真-7 玉切り丸太の林内放置状況



写真-8 カシノナガキイムシ採取用の袋状ターポリンシート製羽化トラップ

丸太の部位ごとに生死状況を調査するとともに、含水率を測定した。各割材時期に供試した材料の本(枚)数と中央径は表-16および17に示すとおりで、割材に供した各供試材料の長さはトータルで20cm以上とし、その中央径は10~27cmであった。残った材料は2007年5月下旬現地において、袋状羽化トラップ(写真-8)におさめ、羽化脱出成虫を液浸で捕獲、計数した。各供試材料の本(枚)数と中央径、そして穿入孔数は表-18に示すとおりで、中央径は15~35cmであり、各供試材料ごとの穿入孔数は41.7/23~59個で、トラップ数は2または3器とした。

③ 結果と考察

ア アカマツ・広葉樹林に放置

各供試材料の放置約1か月後の割材結果は表-13に示した。放置約1か月後の11月中旬の死亡虫率は、長さ50cmの材料を基準(死亡虫率を0%に補正、以下同様)とすると、幅1cmで30.9%を示したが、その他では対照区と同様に低い値に止まった。

表-13 各供試材料の放置約1か月後におけるカシノナガキイムシの生死状況

供試材料の長さ(幅)		玉切り		調査数		生存虫(A,頭)		死亡虫(B,頭)		合計	死亡虫率(%)			
長さ(cm)	中央径(cm)	調査数(本,枚)	成虫	蛹	幼虫	成虫	蛹	幼虫	合計(A+B)	(C=)	生値*1	補正值*2		
(対照)	50	30	1	4	0	254	258	0	0	4	4	262	1.5	0
	30	39	1	3	0	156	159	0	0	1	1	160	0.6	0
	10	16~37	4	3	0	161	164	0	0	15	15	179	8.4	7.0
	5	15~41	10	5	0	182	187	0	0	6	6	193	3.1	1.6
	3	15~40	15	11	0	150	161	0	0	8	8	169	4.7	3.2
	1	11~44	31	8	0	39	47	0	0	22	22	69	31.9	30.9

*1: B/C×100、*2: ABBOT補正值、補正致死率=(q₀-q)/q₀×100、q₀: 50cm丸太の生存虫率、q: 各玉切り丸太の生存虫率

一方、放置約6か月後の4月中旬の死亡虫率（表-14）は、幅1cmの材料で100%、以下3cmで99.1%、5cmで86.5%、10cmで98.7%、そして長さ30cmで34.6%と放置約1か月後に比べて上昇し、死亡虫の出現数は玉切りの長さが短くなるほど増加した（ χ^2 検定（2×6分割表）： $p < 0.01$ ）。各供試材料の羽化脱出成虫の調査結果は表-15に示した。これによると、幅5cm以下では全く羽化脱出が認められず、100%の死亡虫率を示した。また、10cmは98.4%とほぼ完全な死亡虫率を示した。しかし、30cmの死亡虫率は4月中旬の34.6%より若干上昇したものの57.5%に止まった。ここで、玉切り50、30、10および5cmの材料の穿入孔に対する脱出成虫の出現数をみると、玉切りの長さが短くなるほど脱出成虫数の減少が認められ（ χ^2 検定（2×4分割表）： $p < 0.01$ ）、また玉切り長さ1と1穿入孔あたりの脱出成虫数には、0.98（相関係数、 r^2 ）の相関が認められた。

表-14 各供試材料の放置約6か月後におけるカシノナガキクイムシの生死状況

長さ(幅) (cm)	中央径 (cm)	調査数 (本、枚)	玉切り放置後約6か月後の割材調査				合計 (C=A+B)	死亡虫率(%)					
			生存虫(A、頭)		死亡虫(B、頭)			生値*1	補正値*2				
			成虫	幼虫	成虫	幼虫							
(対照)50	30	1	1	0	188	189	2	0	13	15	204	7.4	0
30	29	1	12	0	107	119	0	0	77	77	196	39.3	34.6
10	17~35	3	2	0	0	2	4	0	162	166	168	98.8	98.7
5	16~40	6	2	0	24	26	4	0	178	182	208	87.5	86.5
3	15~31	15	0	0	1	1	0	0	114	124	125	99.2	99.1
1	11~42	30	0	0	0	0	5	0	27	32	32	100	100

*1：B/C×100、*2：ABBOT補正值、補正致死率=($q_0 - q$)/ $q_0 \times 100$ 、 q_0 ：50cm丸太の生存虫率、 q ：各玉切り丸太の生存虫率

表-15 各供試材料のカシノナガキクイムシ穿入孔数と羽化脱出成虫数および死亡虫率

長さ(幅) (cm)	中央径 (cm)	調査数 (本、枚)	穿入孔数		脱出成虫数		死亡虫率* (%)
			(個)	a	数(頭)	b	
(対照)50	37	1	29	29	846	29.2	0
30	16~38	2	73	73	897	12.4	57.5
10	17~35	9	36	36	17	0.47	98.4
5	16~39	20	42	42	0	0	100
3	19~32	20	51	51	0	0	100
1	12~38	30	35	35	0	0	100

*：(50cm丸太のA-各玉切り丸太のA) / (50cm丸太のA) × 100

以上から、ナラ枯れ木を秋期に伐倒して50、30、10、5、3および1cmに玉切って一部広葉樹が混入するアカマツ壮齢林の林床に放置すると、短く玉切ったものほど材内におけるカシナガの生息環境が悪化するためか、時間の経過とともに死亡虫率が高まると考えられた。そして、翌年度の羽化脱出時期では、幅5cm以下の材料で脱出成虫が全く認められず、また10cmでは、98.4%とほぼ完全な死亡虫率を示した。しかし、30cmの場合は死亡虫率が57.5%に止まった。すなわち、秋期にナラ枯れ木を伐倒・玉切りし一部広葉樹が混入するアカマツ壮齢林に放置することでカシナガをほぼ完全に駆除するためには、10cm以下の幅に玉切る必要があると考えられ、駆除法としては実用性に乏しい結果となった。

イ ナラ枯れ発生2年目の広葉樹林で林床に接しないように放置

各供試材料の放置約1か月後の割材結果は表-16に示した。放置約1か月後の12月中旬の死亡虫率は、長さ100cmの丸太を対照（死亡虫率を0%に補正、以下同様）とすると、いずれも大差がなかった。これは、2003年のアカマツ・広葉樹林の林床放置と同様な結果であり、晩秋から初冬にかけての1か月放置では、カシナガの死亡は得

られないことが示唆された。

表-16 各供試材料の放置約1か月後におけるカシノナガキクイムシの生死状況

長さ (cm)	中央径 (cm)	調査数 (本、枚)	生存虫(A、頭)				死亡虫(B、頭)				合計 (C= A+B)	死亡虫率(%)	
			成虫	蛹	幼虫	小計	成虫	蛹	幼虫	小計		生値*1	補正 値*2
100*	13	1	6	0	196	202	0	0	0	0	202	0	0
50	10~16	3	3	0	222	225	0	0	0	0	225	0	0
40	17	1	7	0	203	210	1	0	0	1	211	0.5	0.5
30	15	1	10	0	193	203	0	0	1	1	204	0.5	0.5
20	17~20	3	4	0	212	216	0	0	0	0	216	0	0
10	15~21	3	13	0	212	225	0	0	2	2	227	0.9	0.9
5	17~27	5	12	0	215	227	0	0	1	1	228	0.4	0.4

*: 対照、 *1: B/C×100、 *2: ABBOT補正值、 補正致死率=(q₀-q)/q₀×100、
q₀: 100cm丸太の生存虫率、 q: 各玉切り丸太の生存虫率

一方、放置約6か月後の5月中旬の死亡虫率(表-17)は、長さ5cmの材料は100%、以下10cmで99.5%、20cmで79.8%、30cmで67.2%、40cmで93.5%、そして50cmで59.4%となり、今回も放置約1か月後に比べて上昇した。今回の結果を前回のアカマツを主体とする広葉樹林の林床放置結果と比較すると、幅10cm以下の材料はおおむね同様な死亡虫率であったが、30cmでは34.6%から67.2%と大幅に上昇、さらに40および50cmでもかなりの死亡が認められたことになる。また、死亡虫の出現数は玉切り長さが短くなるほど増加する(χ²検定(2×7分割表): p<0.01)ことが再度確認された。

表-17 各供試材料の放置約6か月後におけるカシノナガキクイムシの生死状況

長さ (cm)	中央径 (cm)	調査数 (本、枚)	生存虫(A、頭)				死亡虫(B、頭)				合計 (C= A+B)	死亡虫率(%)	
			成虫	蛹	幼虫	小計	成虫	蛹	幼虫	小計		生値*1	補正 値*2
100*	16	1	10	0	273	283	1	0	57	58	341	17.0	0
50	16	1	4	0	74	78	10	0	119	129	207	62.3	59.4
40	15	1	0	0	9	9	8	0	151	159	168	94.6	93.5
30	15	1	0	0	65	65	4	0	170	174	239	72.8	67.2
20	19	1	3	0	44	47	3	0	229	232	279	83.2	79.8
10	16~20	5	0	0	1	1	15	0	207	222	223	99.6	99.5
5	14~23	4	0	0	0	0	19	0	228	247	247	100	100

*: 対照、 *1: B/C×100、 *2: ABBOT補正值、 補正致死率=(q₀-q)/q₀×100、
q₀: 100cm丸太の生存虫率、 q: 各玉切り丸太の生存虫率

長さ30cm以上の供試材料について、木口(切断)面から中央部に向かって部位ごとのカシナガの死亡状況を図-38に示す。これによると、長さ100、40および30cmの丸太では、カシナガは切断面から中央部に生息するものほど死亡が減少する傾向がみられたが、長さ50cmの丸太ではこの傾向が判然としなかった。カシナガは丸太の辺材部より心材部近くに生息するものほど、死亡が少ない傾向もみられたことから、死亡はこれらの因子やその他の要因が複雑に絡み合って発現するものと考えられた。

各供試材料の林内放置約1および6か月後の含水率は、図-39に示した。放置約1か月後(12月上旬)の含水率は、幅5cmから長さ30cmの材料ではおおむね40%から60%ほどと長くなるほど高い傾向がみられたが、30cm以上ではほとんど変わらずおおむね60%ほどを示した。また、放置約6か月後(翌

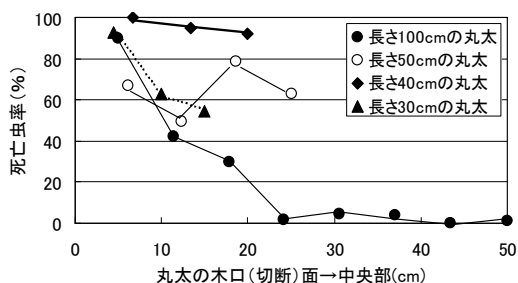


図-38 放置6か月後の供試丸太における木口面から中央部に向かってのカシノナガキクイムシの死亡状況

年5月上旬)の含水率は、おおむね短い材料で低くそして長い材料で高く、放置約1か月後の含水率と同様な傾向にあった。しかし、個別にみると幅5cmの材料の含水率は放置約1か月後より10ポイントほど高く、これに対して10cmは8ポイントほど低かった。さらに、長さ40および50cmの材料は9～14ポイントほど高い値を示したが、残り20、30および100cmの丸太では12月上旬と変

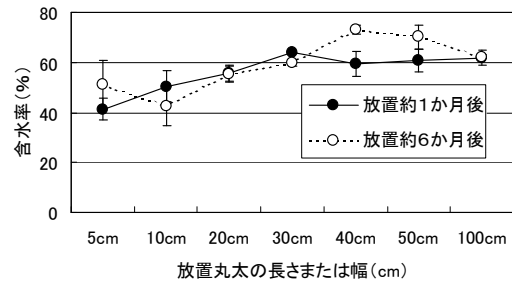


図-39 各供試丸太の放置1および6か月後の含水率 注：縦棒は標準偏差。

わらない値を示した。長さ50cm以下の丸太は含水率を低下させるために枕木上に放置したが、30～50cmの丸太の含水率をみると、林床に直接放置した100cmの丸太の含水率と大差のない値を示した。このことから、ナラ枯れ丸太の枕木上の放置は含水率の低下をさほどもたらさなかったものと推定された。

一般に、林内に長期間放置された丸太の含水率は、樹種、長さおよび太さごとに降雨や湿度の影響を受けて変化すると予想される。ちなみに、針葉樹の長さ1mのマツ枯れ丸太の場合で辺材部の含水率は60～80%を保ち³⁾、またスギの葉枯らしによる丸太でも60～80%を保ったと報告⁶⁷⁾されている。これらの値は、今回の長さ30cm以上のミズナラ丸太と同様であった。ところで、放置約6か月後の各材料におけるカシナガの死亡虫率は玉切りの長さが短いほど高く、30cmで67%、40cmで94%そして50cmでも59%を示した。すなわち、含水率が40%を下回らなくとも短く玉切るほど、材内における生息環境が悪化し、カシナガは死亡したものと考えられた。なお、生息環境の悪化が何によりもたらされたかについては今後の検討課題であり、また含水率とカシナガの死亡状況を精査するためには、降雨の影響を受けない屋内での調査が必要であろう。

各供試材料の羽化脱出成虫の調査結果は表-18に示した。これによると、長さ20cm以下の材料では全く羽化脱出が認められず、100%の死亡虫率を示した。また、30cmは1穿孔あたり脱出成虫数が0.34頭で96.9%とかなり高い、40cmでは1孔あたりの脱出数が0.04頭で99.6%とほぼ完全な死亡虫率を示した。さらに、50cmでも1孔あたりの脱出数が0.64頭で94.1%とかなりの死亡虫率を示した。ここで、玉切り100、50、40、30および20cmの材料の穿孔に対する脱出成虫の出現数をみると、玉切りの長さが短くなるほど脱出成虫数の減少が認められ (χ^2 検定 (2×5分割表) : $p < 0.01$)、また玉切り長さとも穿孔数あたりの脱出成虫数には、0.94 (相関係数、 r^2) の相関が認められた。

西村ら⁴⁸⁾は、ナラ枯れ木を11月中旬に伐倒して1mに玉切り林床に放置したところ、翌年の6月上旬すなわちカシナガの羽化脱出直前期において、枯損立木に生息するものと比べて生存虫数が5%ほどに減少したとしている。そして、死亡が増加した原因は、丸太が冬期間雪に埋まったためと考えた。今回供試材料を放置した柳津町は多雪地帯として知られており、2007年1～3月の積雪深は60～70cm (近隣の金山アメダス) であり、同様に冬期間丸太は雪に埋まった状態にあった。ところで、ナラ枯れ木の1

穿入孔数あたりの脱出成虫数は20頭前後^{30, 37)}とされており、対照とした長さ1 mの丸太からの1穿入孔数あたりの脱出成虫数8.2~14.9頭は、丸太の切断面付近でカシナガが死んだことを考慮すれば極端に低い値ではなく、冬期間雪に埋まった影響はほとんどなかったと考えられた。

表-18 各供試材料のカシノナガキクイムシ穿入孔数と羽化脱出成虫数および死亡率

* 2 2 2 3 2 2 3	供試材料の			穿入孔数 (個) a	脱出成虫 数(頭) b	脱出成虫数 /穿入孔数 (頭)A=b/a	死亡虫 率** (%)
	長さ (cm)	中央径 (cm)	調査数 (本, 枚)				
(対照)100	15~16	2	51	552	10.82	0	
50	15~16	2	33	21	0.64	94.1	
40	16~17	2	23	1	0.04	99.6	
30	17~21	3	50	17	0.34	96.9	
20	16~30	4	59	0	0	100	
10	15~33	6	31	0	0	100	
5	15~35	13	45	0	0	100	

* : トラップ数、** : (100cm丸太のA-各玉切り丸太のA) / (100cm丸太のA) ×100

(2) くん蒸による枯損木幹部の駆除 (ガスバリアシート)¹⁴⁾

① 調査目的

カシナガの駆除薬剤として、現在農薬登録されているものはNCS剤 (カーバム、50%)のみであり、その使用法は枯損立木の状態で、主にカシナガの生息する樹幹下部にドリルで穴をあけて薬剤を注入する方法⁵⁷⁾である。ところで、カシナガの駆除方法としてカシナガの生息する被害木を伐倒・玉切り・集積してNCS剤で天幕くん蒸する方法^{17, 25, 68, 69)}、そして木材検疫用に開発されたNCS剤から発生する殺虫成分MITC (メチルイソチオシアネート) を液化炭酸ガスに30%溶解させた製剤 (以下、液化炭酸製剤) で天幕くん蒸する方法⁵⁴⁾が報告されている。しかし、これらの駆除事例はカシナガの生存率等の低さによる効果判定不能^{25, 52, 68)}を除き、大部分のものが施用後短期間に丸太の割材を行って算出されており、駆除効果についての見解がまちまちである^{17, 78, 69)}。なお、薬剤による材内に生息する穿孔虫類の駆除効果は、気温の上昇とともに増加する^{5, 46, 66)}ことが知られている。

そこで本項では、NCS剤および液化炭酸製剤で秋期および春期に天幕くん蒸した被害丸太を、夏を経過させてカシナガの羽化脱出終了期の秋まで保管して羽化脱出成虫を採取し、1穿入孔あたりの脱出成虫数からそれぞれ駆除効果を算出した。

② 調査材料と方法

2004年10月中旬柳津町において、当年度枯損したミズナラ10本を伐倒し、カシナガの生息する樹幹部を1 mに玉切った。玉切った丸太の直径が30cm未満の場合は、樹幹側面の1方向にチェーンソーで3か所深さ3~4 cmの鋸目を入れ、また30cm以上の場合は、樹幹側面の2方向に3か所の鋸目を入れて供試材料とした。供試材料はい積し、体積が1~2 m³となる区を8つ設けた。そのうちの4区については、全体をガスバリアシートで被い、ガス漏れを防ぐためにシートの裾を土でおさえた。シートで被覆した4区のうち2区については、シートに約3 cmの切れ目を入れて液化炭酸製剤の投薬口とし、定量を注入後、布テープで塞いだ。液化炭酸製剤の投薬量は、180g/m³および360g/m³とした。また、1区についてはシートの一部を開けてNCS剤を1 L/m³投薬後、シートを閉じて土を埋め戻した。残り1区は対照区とした。そして、投薬2週間後の10月下旬に、4区のシートを開放した (秋期くん蒸丸太)。供試した丸太の中央径は表-19に示すとお

り、16～38cmであった。なお、被覆期間内の外気温は、最寄りのアメダス値を用いた。

残り4つのはい積については、2005年5月中旬に全体をガスバリアシートで被い、同様に液化炭酸製剤180g/m³、360g/m³投薬区、NCS剤1L/m³投薬区および対照区を設け、投薬2週間後の5月下旬にシートを開放した（春期くん蒸丸太）。供試した丸太の中央径は表-20に示すとおりで、15～39cmであった。なお、被覆期間内の外気温は、最寄りのアメダス値を用いた。

表-19 供試木の形状（秋期くん蒸丸太）

処理区	本数 (本)	中央径 (cm)	合計材 積(m ³)	体積 (m ³)
対照 ₃	20	16～28	0.70	
180g/m ³ *	26	20～38	1.17	2.40
360g/m ³ *	27	16～35	0.98	2.14
NCS剤1L/m ³	14	16～34	0.56	0.94

*：30%MITC液化炭酸製剤

表-20 供試木の形状（春期くん蒸丸太）

処理区	本数 (本)	中央径 (cm)	合計材 積(m ³)	体積 (m ³)
対照 ₃	20	16～30	0.70	
180g/m ³ *	14	15～39	0.44	1.43
360g/m ³ *	14	15～31	0.54	1.77
NCS剤1L/m ³	15	15～30	0.37	0.94

*：30%MITC液化炭酸製剤

秋期くん蒸丸太は、投薬5か月後の2005年4月中・下旬に、それぞれはい積の上、中、下段から各1本の丸太を任意に選び、中央部付近から30cmほどの割材用丸太を採取し、さらに3～4玉に玉切って割材調査を行った。割材調査で得られたカシナガは、幼虫、蛹、成虫ごとに生死を記録した。

春期くん蒸丸太は、投薬3週間後の2005年6月上旬に、それぞれはい積上、中、下段から各3本計9本の丸太を任意に選び、各段計3本については秋期くん蒸と同様に、割材用丸太を採取して割材調査を行った。残ったそれぞれ6本計24本の丸太は、カシナガの穿入孔が数多く見られる部位を50cmに玉切って穿入孔を数えた後、それぞれ袋状羽化トラップにおさめ、羽化脱出成虫を捕獲、計数した。

③ 結果と考察

秋期くん蒸丸太の投薬5か月後に行った割材調査結果は表-21に示した。これによると、対照丸太での死亡虫率は13%であったが、液化炭酸製剤180g/m³、同360g/m³およびNCS剤1L/m³天幕くん蒸とも、いずれも100%の死亡虫率であった。

秋期くん蒸における投薬当日そして翌日の最高気温は15.3および16.1℃であり、20℃には達せず、平均気温は12.5および10.8℃であった。また、期間の平均値では最高気温が16.1℃、平均気温が11.3℃であった

秋期に被害丸太を非ガスバリア性生分解性シートで被覆して液化炭酸製剤で2週間天幕くん蒸後、7か月後に割材してカシナガの死亡状況を調査した事例⁵⁴⁾では、180g/m³で76.7%、そして360g/m³以上で100%の駆除効果であったとしている。液化炭酸製剤180g/m³天幕くん蒸は本試験で100%の死亡虫率が得られたのに対して、報告では76.7%に止まった。その理由として考えられるのは、被覆シートの違いと丸太への鋸目の付与である。本試験で採用したシートはガスバリアシートであり、報告では非ガスバリアシートを用いている。非ガスバリアシートは、かなりガス漏れが発生すると考えられている（阿部、私信）が、シートの違いと駆除効果の関連は今後の課題であろう。また、丸太への鋸目の付与と駆除効果についても、今後の検討課題である。

春期くん蒸丸太の投薬3週間後に行った割材調査結果は表-22に示した。これによると、補正したカシナガの死亡虫率は、液化炭酸製剤180g（MITC量、54g）/m³で85.5%お

よび同360g (MITC量、108g) /m³で79.0%となっておおむね80%以上の値が得られた。これに対して、NCS剤1L (発生予想MITC量、約500g) /m³では54.6%となつて前二者より若干低い値に止まった。このことから、カーバムからMITCへの変換は早期に行われないうことなども予想され、殺虫効力をもつMITCそのものの使用で高い駆除効果が得られたものと考えられた。なお、カシナガは、特に繊維によじれの生じたアテ材の内側に生息するものほど死亡しにくい傾向を感じた。

春期くん蒸における投薬当日そして翌日の最高気温は12.1および18.7℃であり、20℃には達せず、平均気温は9.4および11.8℃であった。また、期間の平均値では最高気温が19.7℃、平均気温が13.5℃であった。

表-21 秋期くん蒸丸太の投薬5か月後におけるカシノナガキイムシの死亡状況

処理区	丸太の採取位置		生存虫 (A)				死亡虫 (B)				合計 (C = A+B)	死亡率*1 (%)
	中央径 (cm)	採取位置	成虫	蛹	幼虫	小計	成虫	蛹	幼虫	小計		
対照	22~24	上~下部	19	0	504	523	6	0	72	78	601	13.0
A	24~26	上~下部	0	0	0	0	27	0	600	627	627	100
B	23~25	上~下部	0	0	0	0	22	0	665	687	687	100
C	17~27	上~下部	0	0	0	0	17	0	695	712	712	100

A: 30%MITC液化炭酸製剤 (液化炭酸製剤) 180g/m³ 天幕くん蒸
B: 液化炭酸製剤360g/m³ 天幕くん蒸、C: NCS剤1L/m³ 天幕くん蒸、*1: B/C×100

表-22 春秋くん蒸の投薬3週間後におけるカシノナガキイムシの死亡状況

処理区	丸太の採取位置		生存虫 (A)				死亡虫 (B)				合計 (C = A+B)	死亡率 (%)	
	中央径 (cm)	採取位置	成虫	蛹	幼虫	小計	成虫	蛹	幼虫	小計		生値*1	補正値*2
対照	18~20	上~下部	39	0	622	661	7	0	20	27	688	3.9	0
A	16~24	上~下部	1	0	50	51	35	0	282	317	368	86.1	85.
B	16~20	上~下部	4	0	133	137	3	0	538	541	678	79.8	79.
C	16~21	上~下部	14	0	358	372	11	0	470	481	853	56.4	54.

A: 30%MITC液化炭酸製剤 (液化炭酸製剤) 180g/m³ 天幕くん蒸
B: 液化炭酸製剤360g/m³ 天幕くん蒸、C: NCS剤1L/m³ 天幕くん蒸、*1: B/C×100、*2: ABBOT補正値、補正致死率=(q₀-q)/q₀×100、q₀: 対照区の生存虫率、q: 処理区の生存虫率

表-23 春期くん蒸丸太におけるカシノナガキイムシの穿入孔数と羽化脱出成虫数および死亡率

処理区	丸太の採取位置		調査本数 (本)	穿入孔数 (個) a	脱出成虫数 (頭) b	脱出成虫数/穿入孔数 (頭) A=b/a	死亡率* (%)
	中央径 (cm)	採取位置					
対照	18~22	上~下部	6	56	333	5.95	0
A	13~20	上~下部	6	74	4	0.05	99.1
B	16~23	上~下部	6	115	0	0	100
C	16~20	上~下部	6	63	1	0.02	99.7

A: 30%MITC液化炭酸製剤 (液化炭酸製剤) 180g/m³ 天幕くん蒸
B: 液化炭酸製剤360g/m³ 天幕くん蒸、C: NCS剤1L/m³ 天幕くん蒸、* : 死亡率=(対照のA-散布濃度ごとのA) / (対照のA) ×100

表-23には、春期くん蒸丸太における各処理ごとの穿入孔数と脱出成虫数および死亡率等を示す。また、表中のそれぞれの1穿入孔あたりの脱出成虫数を図-40に示した。これによると、対照丸太6本における1穿入孔あたりの脱出成虫数は平均で5.95頭であったが、かなりのバラツキ (標準偏差4.63頭) がみられた。しかし、液化炭酸製剤180g/m³では、前者が0.05頭および後者が0.10頭、以下同360g/m³で両者とも0頭、NCS1L/m³で0.02頭および0.02頭と、くん蒸丸太で脱出成虫数およびバラツキが少なくなり、平均死亡率は99%以上となった (表-23)。

秋期における液化炭酸製剤180g/m³、同360g/m³およびNCS剤1L/m³天幕くん蒸とも、翌年の春には100%の死亡率が得られた。また、春期における液化炭酸製剤180g/m³、同

360g/m³およびNCS剤 1 L/m³天幕燻蒸は燻蒸直後では85%以下の死亡虫率であったものの、カシナガの羽化脱出期にかなりの死亡が発生したと考えられ、1 穿入孔あたりの脱出成虫数から算出した死亡虫率は99%以上であった。

カシナガの薬剤による駆除試験は、①気温の上昇とともに高まる（割材時期と関連する）ことが予想され、また②材内における生息位置によってはバラツキが生じることも考えられた。さらに、③カ

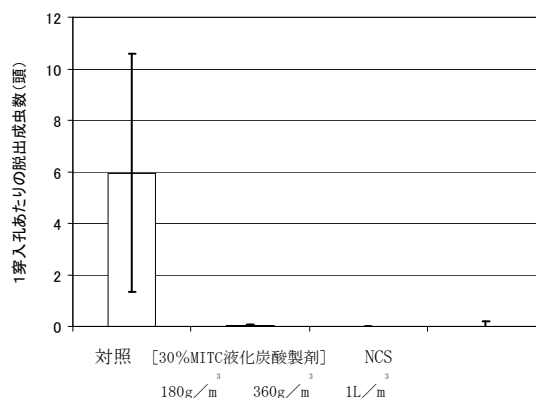


図-40 春期燻蒸丸太における1 穿入孔あたりの脱出成虫数

シナガの繁殖成功率⁴¹⁾ および生存率等によっては、効果判定そのものが不能となると考えられる。なお、この他にも、気温と死亡虫の発現に係わるくん蒸時期や薬剤の残留に係わるくん蒸期間、さらには被覆資材がガスバリアの機能を有するか否かなどの因子が、カシナガの駆除効果の判定に影響を及ぼすものと考えられる。今回の調査は、1 穿入孔あたりの脱出成虫数から基本的に死亡虫率を算出していることから、①の要件を満たす。さらに、対照丸太における1 穿入孔あたりの脱出成虫数が少なくなかったことから、③にはあてはまらない。残る問題は②であるが、谷口・片野田⁶⁹⁾によれば、シート解放1 か月後の割材結果としている。NCS剤から発生する殺虫成分MITCは、その大部分がカシナガの生息する丸太の材表面部に吸着すると予想される（阿部、私信）。このことから、割材時にMITCの浸透しなかったアテ材の内側や太い丸太に生息するカシナガは、材表面への移動の際にMITCに触れて死亡する可能性が十分考えられる。さらには、くん蒸後の日数が経過するほど、駆除効果が高まることも予想される。ちなみに、秋期くん蒸丸太の投薬5 か月後における径25cmから27cmの丸太、液化炭酸製剤180g/m³天幕くん蒸の2本、同360g/m³天幕くん蒸の1本およびNCS剤 1 L/m³天幕くん蒸の2本での死亡率は、全て100%であった（表-21）。

今回実施した被害丸太にチェンソーで鋸目を入れ、被覆資材にガスバリアシートを使用する液化炭酸製剤180g/m³、360g/m³およびNCS剤 1 L/m³の天幕くん蒸は、調査要件①を満たして③にはあてはまらず、ほぼ完全にカシナガを駆除したことから、②の材におけるカシナガの生息位置に対する駆除効果という問題が多少残るものの、実用性の高い駆除法と考えられた。

(3) くん蒸による枯損木伐根の駆除（ガスバリアシート）⁹⁾

① 調査目的

本項では、枯損木の伐根に生息するカシナガに対するNCS剤による駆除試験を行った。

② 調査材料と方法

2006年5月中旬柳津町および会津若松市河東町において、それぞれ昨年度枯損したミズナラ6本、計12本を伐倒した。伐根は再度切り直し、高さを20cmに統一し、土壌を20～30cmほど掘り下げて地上と地下部に付けられたカシナガの穿入孔数を調査した。そして、伐根上面の長径と短径を5cm単位で計測し、穿入孔の付着高を40cm（カシナガは地下部20cmほどまで付着すると想定。伐根の高さは20cm）とし、伐根の体積を求めた。NC

S剤の施用量は、体積1 m³あたり0.5Lおよび1Lの2処理とし、各試験地において2回の繰り返し区を設け、処理ごと4区を作成した。各試験地の残り計4株の伐根は対照区とした。NCS剤の施用にあつては、薬液の流出防止のため伐根上面にチェーンソーで深さ2 cmほどの井桁状の鋸目を入れ



写真-9 伐根上面に付けた井桁状の鋸目

(写真-9)、伐根全体をガスバリアシートで被った後、土を埋め戻してシートの裾をおさえた。そして、シートの一部を開けて規定量のNCS剤を伐根上面に投薬後、シートを閉じて裾をおさえた。シートの開放は投薬2週間後の6月上旬で、開放後直ちに三角錐状羽化トラップで伐根を被いシートの裾を土でおさえて、液浸で羽化脱出成虫を捕獲、計数した。なお、供試した伐根の上面の長径は65/40~80cm、短径は55/40~70cmであり、カシナガの穿入孔数は102.1/48~200個であった(表-24)。

③ 結果と考察

調査結果は表-24に示した。これによると、NCS剤1 L/m³投薬区は100%の駆除効果を示した。また、0.5L/m³の投薬区は柳津町の1区で0.26頭/孔、会津若松市の1区で0.58頭/孔の脱出成虫が見られたが、残り2区は脱出成虫がなく、平均の駆除効果が98.9%とほぼ完全な効果を示した。

表-24 高さ20cmの伐根におけるNCS剤天幕くん蒸によるカシノナガキクイムシの羽化脱出成虫数と駆除効果

処理区	試験地 (供試伐根 数)	伐根の長径 と短径 (m)	伐根の 体積*1 (m ³)	NCS剤 施用量 (ml)	穿入孔 数(個) a	脱出成虫 数(頭) b	脱出成虫数 /穿入孔数 A=b/a	駆除 効果*2 (%)
対照	柳津町、会津 若松市(4株)	0.7~0.8 0.5~0.7	0.16~ 0.21	0	672	12504	18.61	0
1 L/m ³	柳津町、会津 若松市(4株)	0.5~0.7 0.4~0.6	0.08~ 0.168	64~168	250	0	0	100
0.5L/m ³	柳津町、会津 若松市(4株)	0.6~0.75 0.4~0.65	0.102~ 0.195	52~98	303	64	0.21	98.9

*1: (長径m) × (短径m) × (高さ0.4m)、*2: (対照区のA-処理区のA) / (対照区のA) × 100

以上述べたことから、伐根の高さを20cmほどに切りそろえ、伐根上面の長径と短径を測定してこれに高さ40cmを乗じて体積を算出し、投薬量を決定する。そして、伐根上面にチェーンソーで井桁状の鋸目を入れて投薬し、全体をガスバリアシートで被って2週間くん蒸することにより、1 L/m³で完全に、また0.5L/m³でほぼ完全にカシナガは駆除できるものと推定された。

(4) くん蒸による枯損木幹部および伐根の駆除 (非ガスバリアシート)

① 調査目的

本項では、被覆資材に非ガスバリアシートを用いて春期にくん蒸し、NCS剤の施用量と被覆資材による駆除効果の差違を検討した。

② 調査材料と方法

2007年5月上旬柳津町において、前年度枯損したミズナラ9本を伐倒し、カシナガの生息する樹幹部を50cmに玉切って供試材料とした。供試材料ははい積し、体積が0.25m³

ほどとなる区を3つ設けた(表-25)。供試した丸太の中央径は10~25cmで、今回は樹幹側面にチェーンソーの鋸目を入れなかった。各区は全体を非ガスバリアシートで被い、シートの裾を土でおさえた。そのうちの2区については、シートの一部を開けてNCS剤を1および2L/m³投薬後、シートを閉じて土を埋め戻した。残り1区は対照区とした。そして、投薬2週間後の5月中旬に、3区のシートを開放した。開放後のはい積丸太は、上、中、下段から各2本計6本を任意に選び、穿入孔を数えた後それぞれ袋状羽化トラップにおさめ、液浸で羽化脱出成虫を捕獲、計数した。

表-25 供試木の形状等

処理区	本数 (本)	中央径 (cm)	合計材 積(m ³)	体積 (m ³)
対照	14	10~25	0.16	0.24
NCS剤1L/m ³	13	11~25	0.17	0.25
NCS剤2L/m ³	14	10~22	0.14	0.23

また、9つの伐根は再度切り直し、高さを20cmに統一し、土壌を20~30cmほど掘り下げて地上と地下部に付けられたカシナガの穿入孔数を調査した。そして、伐根上面の長径と短径を5cm単位で計測し、穿入孔の付着高を40cmとし、伐根の体積を求めた。NCS剤の施用量は、体積1m³あたり1Lおよび2Lの2処理とし、3回の繰り返し区を設けた。残り計3株の伐根は対照区とした。NCS剤の施用にあつては、薬液の流出防止のため伐根上面にチェーンソーで深さ2cmほどの井桁状の鋸目を入れ、伐根全体を非ガスバリアシートで被った後、土を埋め戻してシートの裾をおさえた。そして、シートの一部を開けて規定量のNCS剤を伐根上面に投薬し、シートを閉じて裾をおさえた。シートの開放は投薬2週間後の5月中旬で、解放後直ちに三角錐状羽化トラップで伐根を被い、シートの裾を土でおさえて、液浸で羽化脱出成虫を捕獲、計数した。なお、供試した伐根の上面の長径は70/55~90cm、短径は50/30~70cmであり、カシナガの穿入孔数は144/43~353個であった(表-27)。

③ 結果と考察

各処理ごとの被害丸太における穿入孔数と脱出成虫数および死亡虫率等は表-26に示した。これによると、カシナガの死亡虫率はNCS剤1L/m³で97.7%とかなり高い、また2L/m³で99.8%とほぼ完全な駆除効果を示した。

NCS剤を伐根上面に投薬し天幕くん蒸した結果は表-27に示した。これによると、NCS剤1L/m³投薬区は、90.0%の駆除効果に止まったが、2L/m³の投薬区では96.1%とかなり高い効果を示した。

今回とⅡの3の(2)(3)の結果、そして斉藤ら⁵⁴⁾の報告を基に、被覆資材ごとのカシナガに対するくん蒸剤の駆除効果を検討する(表-28)。これによると、ガスバリアシートを用いた被害丸太の春期NCS剤1L/m³くん蒸は、99.7%とほぼ完全な駆除効果を示した。また、非ガスバリアシートの場合は同量のくん蒸で97.7%とかなり高い効果を示し、倍量の2L/m³くん蒸で99.8%とほぼ完全な効果が認められた。そして、ガスバリアシートを用いた被害丸太の秋期液化炭酸製剤(NCS剤から発生する殺虫成分MITC(メチルイソチオシアネート)を液化炭酸ガスに30%溶解させたもの)180g/m³くん蒸は、100%と完全な駆除を示した。しかし、非ガスバリアシートの場合は同量のくん蒸では7

6.7%と低い効果に止まり、倍量の360g/m³くん蒸で100%と完全な効果が認められた。さらに、ガスバリアシートを用いた伐根の春期NCS剤1L/m³くん蒸は、100%と完全な効果を示した。しかし、非ガスバリアシートの場合は同量のくん蒸では90%と低い効果に止まり、倍量の2L/m³くん蒸で96.1%とかなり高い効果を示した。これらのことから、ガスバリアシートの使用はくん蒸剤が大気中に拡散しないためか、非ガスバリアシートを使用するよりもかなり高い効果が得られるものと考えられた。

表-26 被害丸太におけるカシノナガキクイムシの穿入孔数と羽化脱出成虫数および死亡虫率

処理区	丸太の採取位置		調査本数(本)	穿入孔数(個)	脱出成虫数(頭)	脱出成虫数/穿入孔数	死亡虫率*
	中央径(cm)	上~下部		a	b	A=b/a(頭)	
対照	14	18	6	116	862	7.43	0
A	18	24	6	144	25	0.17	97.7
B	14	21	6	82	1	0.012	99.8

A: NCS剤1L/m³天幕くん蒸、B: NCS剤2L/m³天幕くん蒸

*: 死亡虫率= (対照のA-散布濃度ごとのA) / (対照のA) × 100

表-27 伐根におけるNCS剤天幕くん蒸によるカシノナガキクイムシの羽化脱出成虫数等と駆除効果

処理区	供試伐根(株)	伐根の長径と短径(m)	伐根の体積*1(m ³)	NCS剤施用量(l)	穿入孔数(個)a	脱出成虫数(頭)b	脱出成虫数/穿入孔数A=b/a	駆除効果*2(%)
対照	3	0.60~0.85 0.45~0.70	0.108~ 0.238	0	597	12986	21.75	0
1L/m ³	3	0.55~0.90 0.40~0.60	0.088~ 0.216	90~220	519	1133	2.18	90.0
2L/m ³	3	0.70~0.80 0.30~0.55	0.096~ 0.175	195~ 350	177	148	0.84	96.1

*1: (長径m) × (短径m) × (高さ0.4m)、*2: (対照区のA-処理区A) / (対照区A) × 100

表-28 被覆資材をガスバリアシートまたは非ガスバリアシートとした場合のカシノナガキクイムシに対するくん蒸剤の駆除効果

供試材料	くん蒸時期	被覆材料	くん蒸剤の施用量(/m ³)	駆除効果(%)	備考
被害丸太	春期	ガスバリアシート	NCS剤 1L	99.7	本章3(2)
		非ガスバリア(ポリ塩化ビニル)シート	NCS剤 1L	97.7	今回の結果
	秋期	ガスバリアシート	NCS剤 2L	99.8	
		炭酸製剤180g	炭酸製剤360g	100	本章3(2)
伐根	春期	非ガスバリア(生分解性)シート	炭酸製剤180g	76.7	斉藤ら ⁵⁾
		炭酸製剤360g	100		
	非ガスバリア(ポリ塩化ビニル)シート	NCS剤 0.5L	98.9	本章3(3)	
		NCS剤 1L	100		
		非ガスバリア(ポリ塩化ビニル)シート	NCS剤 1L	90.0	今回の結果
			NCS剤 2L	96.1	

Ⅲ ナラ類集団枯損の様相

1 福島県におけるナラ類集団枯損の急速な拡大（初発後2004年までの被害）¹⁰⁾

(1) 調査目的

福島県におけるナラ枯れは2000年秋に初めて西会津町で確認され¹⁸⁾、以降急速に蔓延して2004年秋の時点では、会津地方のみならず中通りの郡山市を含む旧18市町村（現12市町村）に及んだ。

本節では、2000年のナラ枯れ初発から急速に蔓延した2004年までの被害状況の広がり概況を報告するとともに、急速な被害拡大の要因を検討した。

(2) 調査材料と方法

2000年と2001年のナラ枯れ分布域は、会津農林事務所が作成した分布図（1/50,000の地形図で、ナラ枯れの位置とおおよその被害本数が記入）を引用した。また、2002年の分布域は2003年5月に同事務所の分布図を参考に、より広域的な目視調査を実施して調査漏れをカバーするとともに、ナラ枯れの位置とおおよその被害本数を1/25,000の地形図に記録した。2003年の分布域調査は同年9月に、また2004年の分布域調査も同年9月に前者に準じて行った。

各年次におけるナラ枯れの分布は、経度と緯度を1分ごとに区切った地形図のメッシュ（東西方向約1.47km、南北方向約1.85km）を単位として整理した。また、各年次ごとの被害域の拡大距離は、被害が各メッシュの中央部に位置すると想定し、新規発生メッシュと既発生メッシュ間の最短距離を当てた。そして、被害発生か所の最寄りのアメダスの気象値から、急速な被害拡大の要因を検討した。

(3) 結果と考察

① ナラ枯れの急速な拡大

各年次ごとのナラ枯れの新規発生分布は図-41に示した。被害は、初発をみた会津地方の西会津町から、主に南東から東方向に、特に2004年においては急速に拡大して、中通りの郡山市までにも及んだ。発生初年の2000年における新規発生メッシュ数は7メッシュ、以下2001年は11メッシュ、2002年は16メッシュ、2003年は48メッシュであり、そして被害域の急速な拡大をみた2004年は160メッシュで、計242メッシュで被害の発生が認められた。なお、2003年までに被害の発生した計82メッシュにおいては、2004年時点で被害の終息したか所はみられず、被害は継続的に発生した。

各年次ごとのナラ枯れ新規発生メッシュと既発生メッシュ間の距離を表-29に示す。これによると、既発生メッシュから最も遠い新規発生5メッシュの距離は、2001年が10～15km離れた2メッシュの14.3、11.7km、5～10km離れた2メッシュの7.4、5.9kmおよび2～5km離れた1メッシュの2.4kmであった。また、2002年は5～10km離れた1メッシュの5.6kmおよび2～5km離れた4メッシュの4.0、3.5、2.9、2.9kmであった。そして、2003年は5～10km離れた3メッシュの7.4、6.3、6.1kmおよび2～5km離れた2メッシュの4.8、4.8km地点で新たな被害が発生し、会津盆地中央部の西山麓まで達した（図-41）。ところが、2004年は南東方向に新たな被害が連続して発生し、会津盆地の西山麓から25～35km離れた20メッシュ、さらには35～45km離れた中通りの6メッシュ（既発生メッシュからの距離が44.8、42.6、42.6、39.7、36.8、35.3km）でも新たな被害が認められ、過去3か年間における拡大様相と大いに異なって被害域が著しく拡大した。

ちなみに、2001年から2003年の3か年間における既発生メッシュから最も遠い新規発生各5メッシュの距離、すなわち1年間における被害域の最大拡散距離の平均値を求めると、 6.0 ± 3.2 (標準偏差) kmとなる。

ナラ枯れは同一林分内で数年間発生し、林分内のナラ類の過半数が枯死する^{42, 45)}といわれている。そして、ナラ枯れは前年の被害地に近いほど発生しやすく、半径500m付近以内で8～9割の枯損が発生すると報告⁶²⁾されている。一方、布川ら⁵⁰⁾によると、1年間における被害域の最大拡散距離は6kmほどとしており、福島県でみられた2001年から2003年の最大拡散平均距離6.0kmに符合した。

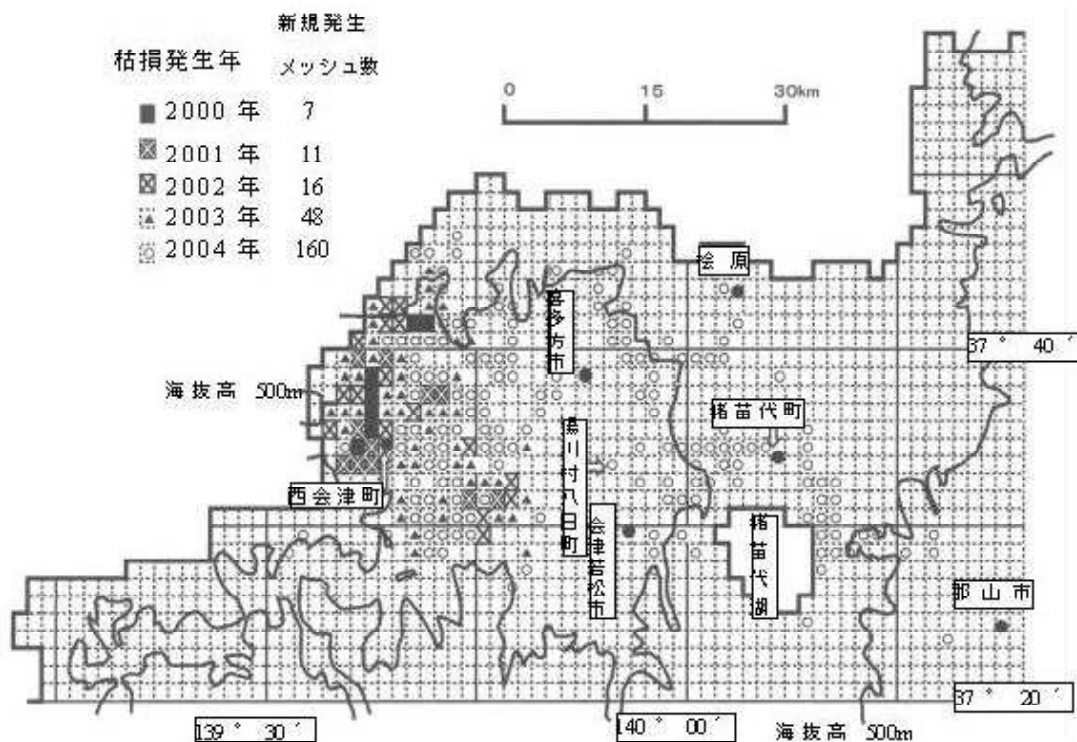


図-41 福島県におけるナラ枯れの年次別新規発生メッシュ

表-29 ナラ類集団枯損の新規発生メッシュと既発生メッシュ間の距離

距離 (km)	新規発生メッシュ (か所)			
	2001年	2002年	2003年	2004年
< 2	3 (27.2)	6 (37.5)	26 (54.1)	51 (31.8)
2 ≤ < 5	4 (36.4)	9 (56.3)	19 (39.6)	23 (14.4)
5 ≤ < 10	2 (18.2)	1 (6.2)	3 (6.3)	9 (5.6)
10 ≤ < 15	2 (18.2)			18 (11.3)
15 ≤ < 25				33 (20.6)
25 ≤ < 35				20 (12.5)
35 ≤ < 45				6 (3.8)
計	11 (100)	16 (100)	48 (100)	160 (100)

() は計を100とした場合の値

② 被害拡大要因

ア 気温

各年次ごとのナラ枯れ発生メッシュにおける枯損発生か所の最高海拔高を表-30に示した。これによると、2000年は海拔高350m未満の地域で全ての被害が発生した。

2001年は海拔高が若干上昇して350m以上450m未満の地域（5メッシュ、全体の28%）、また2002年も若干上昇して450m以上550m未満の地域（1メッシュ、全体の3%）で発生した。そして、2003年は前年と同様で450m以上550m未満の地域（6メッシュ、全体の7%）で発生した。ところが、2004年は550m以上の地域（計45メッシュ、全体の19%）にも発生が確認され、被害は850m以上950m未満の地域までも及んだ。すなわち、過去4か年間と比べてかなりの高海拔地までにも被害が発生した。

福島県におけるカシナガの羽化脱出は6月中旬頃から始まり、7月下旬頃におおむね90%が脱出する。また、ナラ類（主にミズナラ）の集団枯損は、おおむね7月下旬から9月中旬頃にかけて発生する。すなわち、6、7月はカシナガの羽化脱出期とナラ類のナラ菌感染・発病初期にあたる。そこで、ナラ枯れが発生した地域の最寄りのアメダスにおける被害発生年の6、7月の平均気温を表-31に示した。これによると、2004年の値はいずれの地域でも平年値と比べてかなり高かった。そして、会津若松市を除く5地域では、アメダス観測以来の最高値を記録し、猪苗代町の値21.5℃は、会津若松市の平年値21.7℃に相当した。また、北会津村桧原の値19.5℃は、平年値17.2℃より2.3℃も高い気温を記録した。このため、2004年は過去4か年間と比べてかなりの高海拔地でも被害が発生したものと推定される。隣接する県でナラ枯れが継続的かつ多量に発生している海拔高は、山形県で500m未満の地域⁶²⁾、また新潟県では550mを越えると被害量が極端に低下する⁵⁰⁾としている。現在のところ、福島県での被害の継続的な発生か所は、2003年までに被害の発生した計82メッシュ、すなわち海拔高が450～550mの会津地域であるが、おおむね500mを超える高海拔地で被害が継続して発生するかは今後の検討課題である。

表-30 ナラ類集団枯損発生地メッシュ内における枯損木発現か所の最高海拔高

最高海拔高 (m)	被害発生メッシュ (か所)				
	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
<350	7(100)	13(72.2)	23(67.7)	49(59.8)	104(43.0)
350≤<450		5(27.8)	10(29.4)	27(32.9)	70(28.9)
450≤<550			1(2.9)	6(7.3)	23(9.5)
550≤<650					26(10.7)
650≤<750					10(4.1)
750≤<850					4(1.7)
850≤<950					5(2.1)
計	7(100)	18(100)	34(100)	82(100)	242(100)

() は計を100とした場合の値

表-31 ナラ類集団枯損発生地における6、7月の平均気温(℃)

市町村名	西会津町	会津若松市	喜多方市	北会津村桧原	猪苗代町	郡山市
海拔高**	160	210	220	840	520	240
2004年	22.4*	23.2	22.8*	19.5*	21.5*	23.2*
2003年	20.2	—	—	—	—	—
2002年	21.4	—	—	—	—	—
2001年	22.0	—	—	—	—	—
2000年	21.6	—	—	—	—	—
平年値***	20.8	21.7	21.3	17.2	19.3	21.0

*: アメダス観測以来の最高値

** : アメダス設置箇所の海拔高 (m)

*** : アメダス観測の始まった1979年から2004年 (26年間) の平均値

イ 風

2004年におけるナラ枯れ被害域の拡大状況は、過去4年間の様相と全く異なり、南東から東方向に連続して数多くの新たなメッシュで発生し、最大拡散距離が40km以上を記録した。被害域の拡大は3通りの方法が考えられる。第1は、カシナガが風に乗って大量に移動し、その年にナラ枯れを引き起こす。第2は、風に乗って少量が移動し、その年はナラ枯れを引き起こすことなくナラ類に穿入する。そして、次年度以降に急激に個体群密度が上昇し、ナラ枯れを引き起こす。第3は、被害地から十数km離れた無被害地で飛び火的に被害が発生する場合で、無被害地に低密度で生息していたカシナガの個体群密度が、何らかの理由によって急激に上昇して、ナラ枯れを引き起こす⁴¹⁾例である。

まず、第3の拡大法を検討してみる。2004年の被害拡大状況は、既被害地から25km以上離れた地点の発生は26メッシュにもおよび、かつ図-41から明らかなように、飛び火的に被害が発生したのではなく、被害は蔓延状況を呈していた。さらに、このような広い範囲で、6、7月の気温がかなり高かったにせよカシナガの個体群密度が急激に上昇したとは通常考えにくい。

被害発生が5か年間見られた西会津町および1年目の会津若松市における2000年から2004年までの6月後半から7月一杯（カシナガの初発からおおむね90%羽化脱出期で、ナラ枯れの初発期）にかけての最大風速（10分間の平均）の風向の発生頻度を図-42に示した。この時期で最も頻度の高い風向、すなわち常風は西会津町が北西および南南東寄りの風で、会津若松市が北西寄りの風であった。ちなみに、会津若松市では2004年も同様の傾向にあった。すなわち、西会津町および会津若松市におけるカシナガ発生期の常風は北西寄りの風であり、かつナラ枯れの拡大も全期間を通して主に南東から東方向であったことから、カシナガは主に北西寄りの風に乗って移動し、被害域が拡大したものと考えられる。すなわち、被害域の拡大は、第1あるいは第2の方法によった可能性が高いものと考えられた。

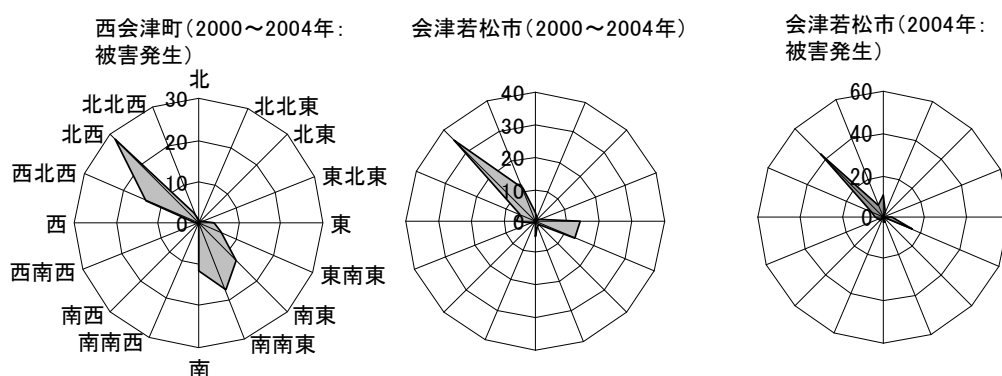


図-42 2000年から2004年までの西会津町と会津若松市、および2004年の会津若松市における6月後半から7月一杯にかけての最大風速の風向発生頻度

ウ 2004年の特異な要因

2000年から2004年までの6月後半から7月一杯にかけての西会津町および会津若松市における最大風速（10分間の平均）の発生頻度を図-43に示した。最大風速の発生

頻度は、西会津町で4 m/s以下の風が全体の93%を占めた。これに対して、会津若松市では4 m/s以下の風が全体の35%しか占めず、6 m/s以下の風が82%を占めて、西会津町と比べかなり風速が強い傾向にあった。ちなみに、会津若松市では2004年も同様の傾向にあった。すなわち、カシナガ発生期の北西寄りの風は西会津町で弱く、会津若松市で強いと考えられた。このことから、2003年に会津盆地中央部の西山麓まで達したカシナガは、2004年においてはこれまでの被害域の最大拡散平均距離6.0±3.2kmよりもさらに拡大できる可能性があったと考えられた。

2004年のナラ枯れ被害域の著しい拡大は、第1の方法（カシナガが風に乗って大量に移動し、その年にナラ枯れを引き起こす）によったのか。あるいは第2の方法（風に乗って少量が移動し、その年はナラ枯れを引き起こすことなくナラ類に穿入する。そして、次年度以降に急激に個体群密度が上昇し、ナラ枯れを引き起こす）によったのか。

衣浦ら²⁸⁾によると、カシナガの穿入生存木1穿入孔あたりの平均成虫脱出数はコナラで1.2~2.2頭、ミズナラで3.

6~8.5頭としている。また、小林ら³⁶⁾は、穿入生存木であってもカシナガのマスアタックによって材内に通水機能を失った部位が発生し、その部位に孔道が構築された場合は、枯死木と同様に繁殖できるが、マスアタックが生じない部位ではほとんど繁殖が出来ないとし、1穿入孔あたりの平均成虫脱出数はコナラで1.3頭、ミズナラで10.5頭としている。すなわち、コナラの穿入生存木のみでの林分では、次年におけるカシナガの個体群密度は同じかあるいは低下するものと考えられる。一方、ミズナラの穿入生存木では、個体群密度が上昇する可能性も否定できない。しかし、2004年の被害新規発生メッシュの一部ではコナラ林のコナラも枯れていた。2003年以前に常風に乗って2004年の新規発生160メッシュ全体に移動した少量のカシナガが、穿入木を枯死させることなく樹体内で生存し、2004年にコナラ、ミズナラ林を問わず、急激な個体群密度の増加が起こって、ナラ枯れを引き起こしたのであろうか。

ナラ枯れが発生するためには、樹幹下部に百数十個以上の穿入孔が穿たれる必要があるが、2004年において広範囲な被害新規発生メッシュ全体に大量のカシナガが移動し、ナラ枯れを引き起こすことが可能であったか。被害が新たに発生した2004年の会津若松市において、最大風速が6 mを超えた8日（図-43）について、1時間ごとの気象値から風向と降水量を勘案し、大量のカシナガが東から南東方向へ移動できる可能性のある日時を求めた。その結果、6月15日と6月22日の両日は、降雨がなくかつ強い北西寄りの風が10時間以上も吹き、該当することが分かった。ところで、6月15日は会津若松市で11時から20時にかけて北西寄りの風が1時間平均で最大7.3m/s、最小3.3m/s、平均で4.9m/sを記録したが、この時点におけるカシナガの累積羽化脱出率は、0%（カシナガの発育零点を11℃とする有効積算温量が会津若松で274.2℃。カシナ

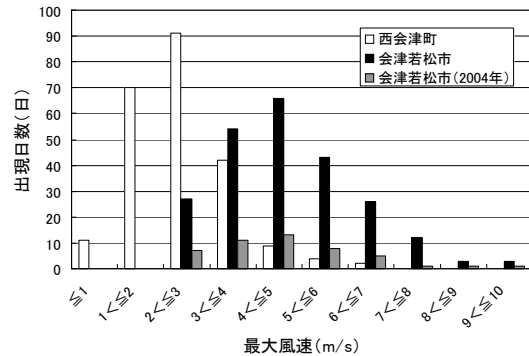


図-43 2000年から2004年までの西会津町と会津若松市および2004年の会津若松市における6月後半から7月一杯にかけての最大風速の発生頻度

ガの初発日は $349 \pm 46^\circ\text{C}$) であり、カシナガは羽化脱出していなかった。一方、6月22日は西会津町および郡山市においても、降雨がなくかつ6時から17時にかけて、北西寄りの風がそれぞれ1時間平均で最大4、7m/s、最小2、4m/s、平均で2.6、5.5m/sと強い風が記録されている。注目すべきは、会津地方全体が2004年6月21日にナラ枯れ発生以来かつて遭遇したことのない暴風（最大瞬間風速が24.7m/s）に見まわれた。これは、台風6号による暴風であり、6月22日の北西寄りの風は台風の吹き返しであった。

会津若松地方気象台の記録から、台風6号の経時的な風向、風速および降水量を図-44に示した。これによると、会津若松市では6月21日の1時から8時の間の風向は一定せず、また1時間平均の風速が平均で0.75m/sと弱かった。しかし、同日の9時から翌日の1時にかけて東南東寄りの風が強くなり、1時間平均の風速は最大で9.4m/s、平均でも6.0m/sを記録した。この時、降水量は記録されなかった。そして、22日の2時から8時にかけて北寄りの風と風向が一変し、1時間平均の風速は平均で2.4m/sと若干弱まった。ところが、22日の9時から20時にかけて北西寄りの風が1時間平均で最大5.3m/s、平均でも4.0m/sと、降雨をともなわず強く吹き返した。その後、同日の21時から24時にかけては、風向は一定せずかつ風速も弱まった。

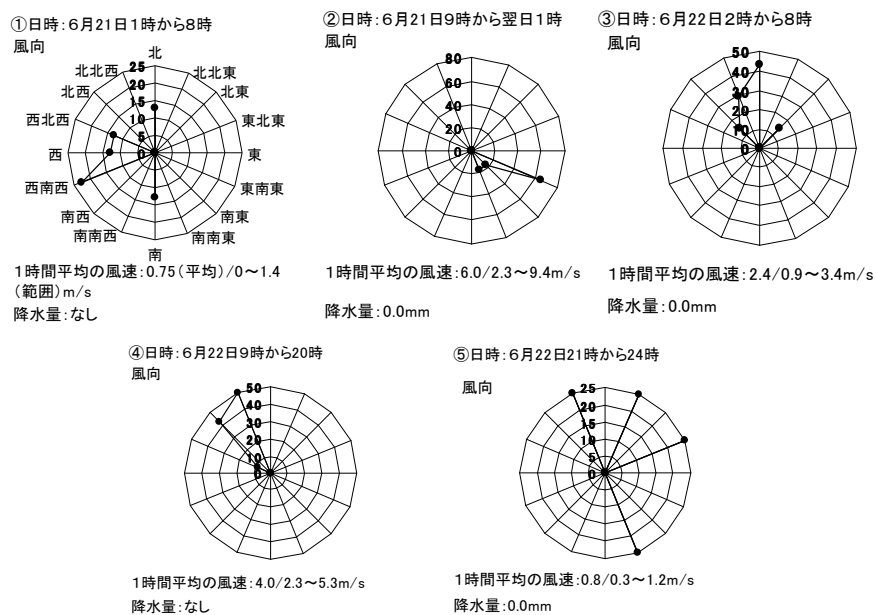


図-44 2004年における台風6号の接近から通過までの気象値（会津若松市）

カシナガの羽化脱出は、気温が 18°C 以上の日の出直後から始まって2、3時間のうちに終了する²⁹⁾。そして、成虫は気温が 20°C で飛翔し始め、 24°C 以上で大量に飛翔する^{21, 29)}といわれている。台風6号の吹き返しがあった6月22日の最低および最高気温は、被害が継続的に発生している西会津町（海拔高160m）で 19.7 、 30.5°C 、以下被害が新しく発生した会津若松市（海拔高210m）で 21.3 、 28.6°C 、猪苗代町（海拔高520m）で 19.4 、 25.7°C そして高海拔地の北会津村桧原（海拔高840m）で 18.0 、 22.8°C であり、いずれもカシナガが十分に活動が出来る気温にあった。また、この時期は

カシナガの羽化脱出初期に相当（カシナガの発育零点を11℃とする有効積算温量が会津若松で393.1℃）し、安定的に羽化脱出する時期であった。なお、2003年のナラ枯れ被害は、西会津町から会津盆地中央部の西山山麓にかけて激害（枯損木が百本近いまとまりとなって発生）が12メッシュ、中害（枯損木が数十本のまとまりとなって発生）が16メッシュおよび弱害（枯損木が散見される）が54メッシュであり、万本単位で枯損木が発生していた。すなわち、カシナガは北よりの風で風速の弱まった状況下で、降雨もなく活発に活動できる気温もとで羽化脱出し、その後西会津町から会津若松市そして郡山市にかけて吹き荒れた降雨を伴わない北西寄りの台風の強い吹き返しに乗って、南東方向に数十kmも大量に移動し、ナラ枯れを引き起こした可能性も否定できない。ちなみに、図-41中の湯川村八日町は、2003年に被害の見られた西山麓から9kmほど東寄りで会津盆地の中央部に位置し、山林のない水田と畑の広がる地域である（図-45）。

被害は屋敷林の1本のコナラ（胸高直径42cm、高さ13m）で発生した。八日町において被害を受けたコナラ以外でブナ科の樹種はクリとクヌギのみであり、前者はカシナガの穿入を受けず、また後者はカシナガの穿入を受けたものの枯損には至らなかった。少なくとも当地においては、2004年にカシナガ個体群密度の急激な増加あったとは考えられず、大量に移動し

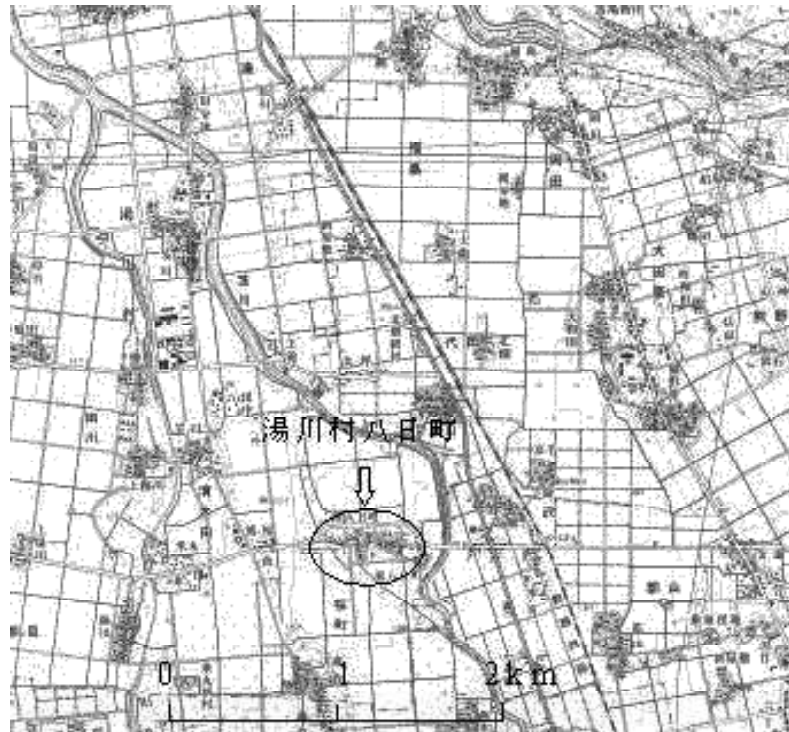


図-45 湯川村八日町地内の位置図

たカシナガがナラ枯れを引き起こした可能性が高いと考えられた。

以上から、2004年の急速なナラ枯れ被害の拡大は、記録的な夏の暑さに加えてカシナガが台風6号の強い吹き返し、すなわち北西寄りの風に乗って移動して引き起こされた可能性が高いものと考えられた。しかし、2004年6月22日の台風6号による強い吹き返しにより大量に移動して、広い範囲でナラ枯れが引き起こされたのか、それとも2003年以前に北西寄りの常風によって少量ずつの移動があり、それが引き金となって2004年に広い範囲でナラ枯れが引き起こされたのか、あるいは両者が複雑に絡み合って生じた現象なのかを明らかにするためには、さらに詳細な検討が必要であろう。

最後に、2005年以降におけるナラ枯れの新規発生分布を図-46に示した。2005年から2007年の間に計113メッシュで新規発生が認められたが、いずれも既発生メッシュ

付近の発生に止まった。

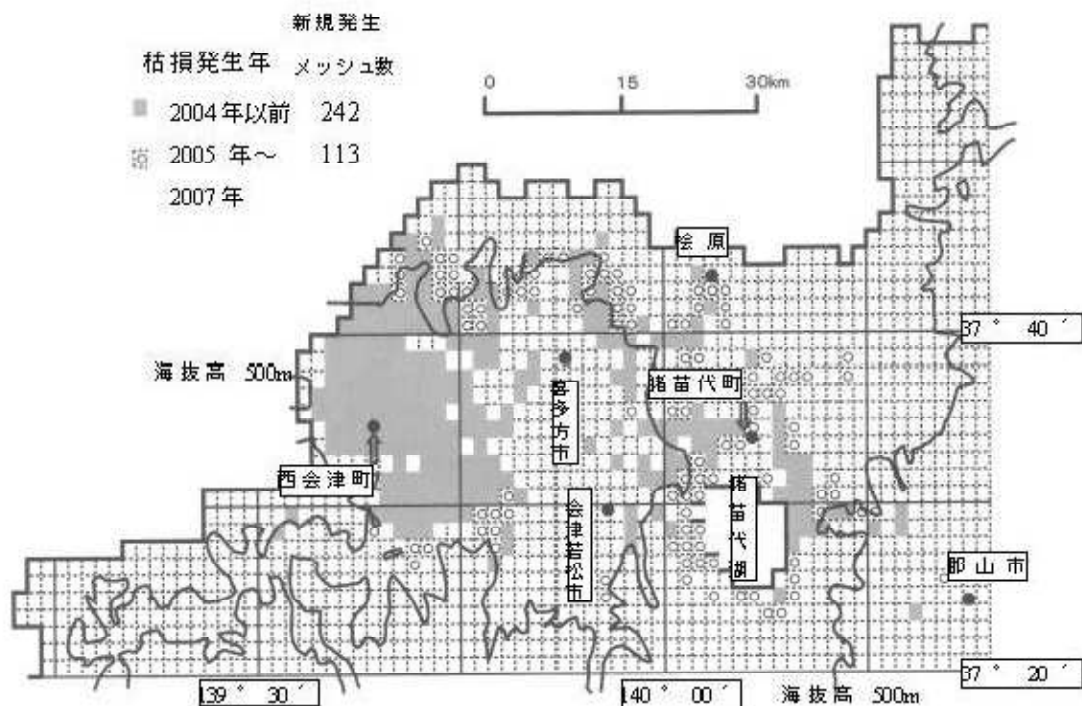


図-46 福島県における2005年以降のナラ枯れ新規発生メッシュ

2 海拔高500m未満の低海拔地帯でのナラ類集団枯損の年次別推移

(1) 調査目的

本節では、2000年秋に福島県で初めてナラ枯れが確認された西会津町周辺の海拔高500m未満の低海拔地帯における被害状況を2006年まで調査し、各メッシュにおける年次ごとの被害状況の推移を検討した。

(2) 調査材料と方法

調査対象林分は主に西会津町における海拔高500m未満の林分であり、この他に同町に隣接する喜多方市、会津坂下町および会津美里町の一部を加え、総面積が約160km²であった。これらは、2003年秋までにナラ枯れの発生をみた林分である。2000年と2001年の被害は、会津農林事務所が作成した分布図（1/50,000の地形図で、ナラ枯れの位置とおおよその被害本数が記入）を引用した。また、2002年の被害は2003年5月に同事務所の分布図を参考に、より広域的な目視調査を実施して調査漏れをカバーするとともに、ナラ枯れの位置とおおよその被害本数を1/25,000の地形図に記録した。2003、2004および2006年の被害状況は同年の9月中・下旬に目視調査を行い、同様に1/25,000の地形図に記録した。なお、2005年は調査を行わなかった。

各年次におけるナラ枯れの被害は、経度と緯度を1分ごとに区切った地形図のメッシュ（東西方向約1.47km、南北方向約1.85km、面積約270ha）を単位として現し、被害は小林・荻原³¹⁾の分類によって以下の通り区分した。無被害：メッシュ内の林分にカシナガによる枯損木がない。弱害：枯損木が散見される。中害：枯損木が数十本のまとまり

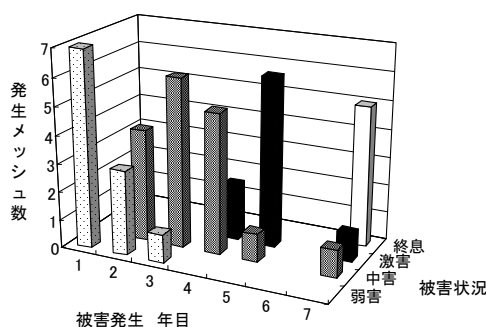
となって発生し、集団化が始まる。激害：枯損木が百本近いまとまりとなり、集団化する。ちなみに、メッシュ境界付近で被害が発生し枯損木が両メッシュに重なる場合は、両メッシュの被害状況として取り扱った。また、メッシュ内の被害が激害を向かえてその後終息する過程は、終息：過去の被害木が集団的に認められるが、新規枯損木は見あたらない状況とした。

(3) 結果と考察

2000年から2003年間のナラ枯れ新規発生メッシュ数は表一32に示した。

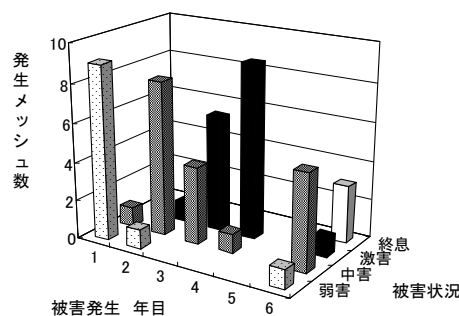
年	2000	2001	2002	2003	計
メッシュ数	7	10	13	28	68

2000年にナラ枯れの初発を見た7メッシュにおける2006年（被害発生7年目）までの被害状況の推移は、図一47に示した。これによると、被害発生1年目は全て弱害であった。中害は被害発生3年目で6メッシュ（86%。被害発生メッシュにおける発生頻度、以下同様）、激害は発生5年目で6メッシュ（86%）とピークを向かえた。終息は被害発生6年目が未調査のため不明であるが、7年目に5メッシュ（71%）を占めた。ちなみに、被害発生5年目以降の各メッシュの被害状況の推移をみると、5年目は1メッシュが中害、残り6メッシュは激害を呈していた。7年目になると激害6メッシュは5メッシュで終息を向かえ、1メッシュが激害に止まった。また、中害の1メッシュも中害に止まった。



図一47 2000年ナラ枯れ発生7メッシュにおける被害状況の推移

2001年にナラ枯れの発生をみた10メッシュにおける2006年（被害発生6年目）までの被害状況の推移は、図一48に示した。これによると、被害発生1年目は弱害の発生状況が9メッシュ（90%）、中害が1メッシュ（10%）であった。中害は発生2年目で8メッシュ（80%）、激害は4年目で9メッシュ（90%）とピークを向かえた。終息は被害発生5年目が未調査のため不明であるが、6年目に3メッシュ



図一48 2001年ナラ枯れ発生10メッシュにおける被害状況の推移

（30%）を占めた。ちなみに、被害発生4年目以降の各メッシュの被害状況の推移をみると、4年目は1メッシュが中害、残り9メッシュは激害を呈していた。6年目になると、激害9メッシュは3メッシュで終息を向かえ、1メッシュが激害に止まり、残り5メッシュは中害へと被害状況が軽減した。また、中害の1メッシュも弱害へと被害が軽減した。

2002年にナラ枯れの発生を見た13メッシュにおける2006年（被害発生5年目）までの被害状況の推移は、図-49に示した。これによると、被害発生1年目は弱害の発生状況が12メッシュ（92%）、中害が1メッシュ（8%）であった。中害は被害発生2年目で9メッシュ（69%）、激害は発生3年目で8メッシュ（62%）とピークを向かえた。終息は被害発生4年目が未調査のため不明であるが、5年目には5メッシュ（39%）を占めた。ちなみに、被害発生3年目以降の各メッシュの被害状況の推移をみると、3年目は2メッシュが弱害、3メッシュが中害そして残り8メッシュが激害を呈していた。5年目になると、激害8メッシュは5メッシュで終息を向かえ、1メッシュが激害に止まり、残り2メッシュは中害へと被害状況が軽減した。また、中害3メッシュは激害へと進むもの、中害に止まるもの、弱害へと被害が軽減するものと多様であった。そして、弱害2メッシュは中害へと進むもの、弱害に止まるものがみられた。

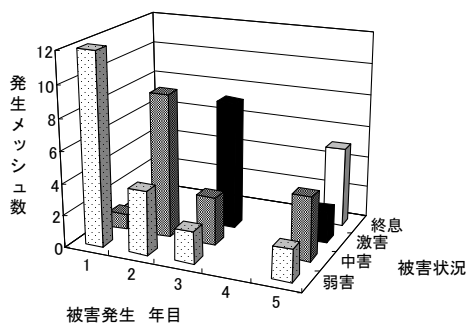


図-49 2002年ナラ枯れ発生13メッシュにおける被害状況の推移

2003年にナラ枯れの発生をみた28メッシュにおける2006年（被害発生4年目）までの被害状況の推移は、図-50に示した。これによると、被害発生1年目は弱害の発生状況が15メッシュ（53%）、中害が12メッシュ（43%で発生のピーク）、激害が1メッシュ（4%）であった。激害は発生2年目で16メッシュ（57%）とピークを向かえた。終息は被害発生3年目が未調査のため不明であるが、4年目に10メッシュ（36%）を占めた。ちなみに、被害発生2年目以降の各メッシュの被害状況の推移をみると、2年目は5メッシュが弱害、7メッシュが中害そして残り16メッシュが激害を呈していた。4年目になると、激害16メッシュは10メッシュで終息を向かえ、2メッシュが激害に止まり、残り4メッシュは中害へと被害状況が軽減した。また、中害7メッシュは4メッシュで中害に止まり、残り3メッシュは弱害へと被害が軽減した。そして、弱害5メッシュは1メッシュで中害へと進み、残り4メッシュは弱害に止まった。

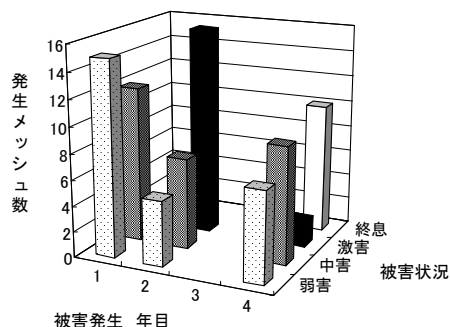


図-50 2003年ナラ枯れ発生28メッシュにおける被害状況の推移

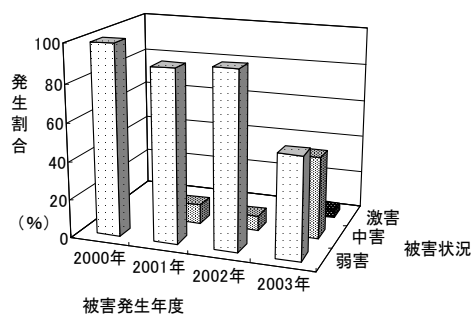


図-51 被害発生年度ごとの発生1年目におけるナラ枯れ被害状況

ここで、ナラ枯れ発生年度ごとの被害の発生状況を検討する。被害発生1年目におけるナラ枯れの状況は、被害発生年度ごとに図-51に示した。ナラ枯れの初発がみられた

2000年は、全てのメッシュで弱害であった。しかし、2001および2002年は発生当初から中害を呈するメッシュがみられ、2003年は当初から激害を呈するものもみられた。図-52には、発生2年目におけるナラ枯れの状況を示した。2000年に発生したメッシュでは、中害がみられ始めた。これに対して、2001年は激害がみられ始め、2003年では57%を占めた。すなわち、被害発生年度の遅れたメッシュほど発生当初から被害の進んだ状況を呈した。新規発生であっても、隣接する既発生メッシュから大量のカシナガが移入するため、被害が早期に激甚化したものと考えられた。

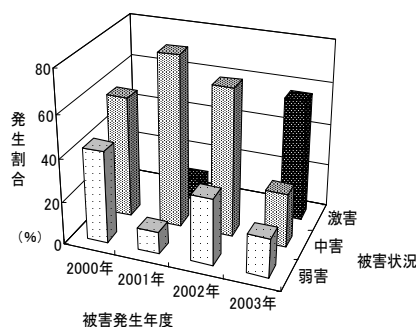


図-52 被害発生年度ごとの発生2年目におけるナラ枯れ被害状況

図-53は、各年度に発生したナラ枯れが一部のメッシュで被害の終息を向かえ始めた時期における被害の様相を示した。前述のとおり、2000年に発生した被害は弱害から中害、そして激害へと移行し、そして被害発生7年目に終息が出現した。2001年に発生した被害は、発生4年目の激害の一部が6年目に終息となったものの、一部は中害へと被害が軽減するものがみられた。また、中害は弱害へと被害が軽減した。2002年に発生した被害は、発生3年目の激害の一部が6年目に終息となったものの、一部は中害へと被害が軽減した。また、中害でも被害が軽減するものがみられた。2003年に発生した被害は、発生2年目の激害の一部が4年目に終息となったものの、一部は中害へと被害が軽減した。また、中害でも被害が軽減するものがみられた。これらから、被害発生年度の遅れたメッシュほど被害が早期に激甚化するため、被害の終息する時期が早まったものと考えられる。なお、被害は弱害から中害、そして激害へと移行して終息を向かえる前に、被害状況の軽減するメッシュがかなりみられた。

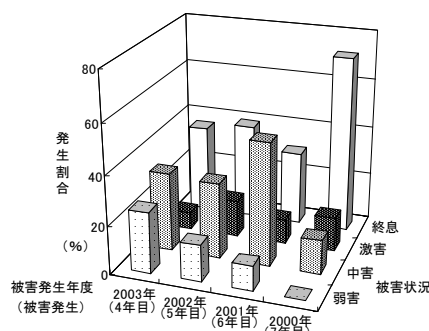


図-53 各年度に発生したナラ枯れが一部のメッシュで終息を迎え始めた時期における被害の様相

各メッシュは緯度と経度を単に1分ごとに区切った単なる区画であり、それぞれ森林面積が異なりかつ林分の構成樹種も異なる。また、ナラ類が主要な樹種であっても、ミズナラやコナラなどの出現割合や太さがそれぞれに異なる。コナラはミズナラと比べて、カシナガの穿孔を受けても枯損しにくい樹種^{15, 21, 38, 45, 63)}であり、かつミズナラであっても胸高直径が10数cm以下のものは穿孔対象になりにくい^{2, 65)}。これらのことから、ミズナラの大径木が多いメッシュでは被害が急激に進み、一気に被害の終息へ向かうものと考えられる。一方、ミズナラの大径木が少なくコナラなどの多いメッシュでは、中害から弱害または激害から中害へと被害の軽減することも予想される。すなわち、各メッシュは林分を構成する樹種やその太さ等によって、様々な枯損経過をたどるものと推定される。

以上述べたことから、西会津町周辺の海拔高500m未満の低海拔地帯においてナラ枯れの初発を受けたメッシュでは、枯損木が散見される状況（弱害）から数十本のまとまりとなって枯損の集団化が始まり（中害）、次いで百本近いまとまりとなって枯損が集団化し（激害）、そして発生7年目付近で新規枯損木のない状況（終息）になるものと考えられた。また、周囲の林分において被害が多発している状況下で新規の発生をみたメッシュでは、新規発生の遅れるものほど隣接する林分から大量のカシナガが移入するためか、被害状況は発生当初から激甚をきわめるものと考えられた。このため、被害の終息は新規発生の遅れたメッシュほど早まり、発生4、5年目付近から出現するものと予想された。なお、メッシュ内の林分の面積や構成樹種およびその太さに起因すると考えられるが、激害を経て被害の終息を向かえる前に被害が軽減するメッシュもあると推定された。ところで、0.6ha以下の小規模な林分を設定して林内のナラ枯れ推移を調査すると、発生後おおむね2、3年で終息すると報告^{14, 45, 47, 63)}されている。しかし、被害は隣接する林分に拡大するため、数km四方の範囲の被害は5年以上経過しないと終息しないと報告³⁷⁾されており、本結果とおおむね符合した。

3 海拔高500m以上の高海拔地帯でのナラ類集団枯損の年次別推移

(1) 調査目的

本節では、2004年秋以降に被害の確認された東経140度以東に位置する猪苗代湖周辺の主に海拔高500m以上の高海拔地帯における被害状況を2007年まで調査し、各メッシュにおける年次ごとの被害状況の推移を検討した。

(2) 調査材料と方法

調査対象林分は、東経140度以東に位置する主に猪苗代湖周辺の海拔高500m以上の高海拔地帯の林分であり、一部に会津盆地の東山麓や郡山市周辺の500m未満の低海拔地帯の林分を含んだ。包含された市町村数は郡山市、会津若松市、北塩原村および磐梯町の一部と猪苗代町の五つである。ナラ枯れの初発をみた2004年は、同年の9月中・下旬に目視調査を行い、1/25,000の地形図にナラ枯れの位置とおおよその被害本数を記録した。また、2005年から2007年の調査も各年の9月中・下旬に目視調査を行い、1/50,000の地形図にナラ枯れの位置とおおよその被害本数を記録した。

各年次におけるナラ枯れの被害は、本章2に準じた。さらに、メッシュ内の被害が激害を向かえる前に被害の停止した状況を、被害消失とした。

(3) 結果と考察

各年度におけるカシナガの被害状況は、図-54に示した。これによると、2004年は海拔高500m以上の地帯において弱害が40メッシュ、また500m未満の地帯において弱害が8メッシュで発生した。2005年は被害域の拡大がみられ、500m以上の地帯において弱害が65メッシュおよび中害が19メッシュで発生し、500m未満の地帯において弱害が8メッシュおよび中害が2メッシュで発生した。2006年は前年より被害域の縮小がみられ、500m以上の地帯において弱害が39メッシュ、また500m未満の地帯において弱害が4メッシュに止まった。そして、2007年は前年より被害域の拡大がみられ、500m以上の地帯において弱害が54メッシュ、また500m未満の地帯において弱害が4メッシュで発生した。なお、2005年の新規発生メッシュ数は、500m以上の地帯で49メッシュ、500m未

満の地帯で3メッシュであり、また2006および2007年は500m以上の地帯のみで、それぞれ3および7メッシュであった。

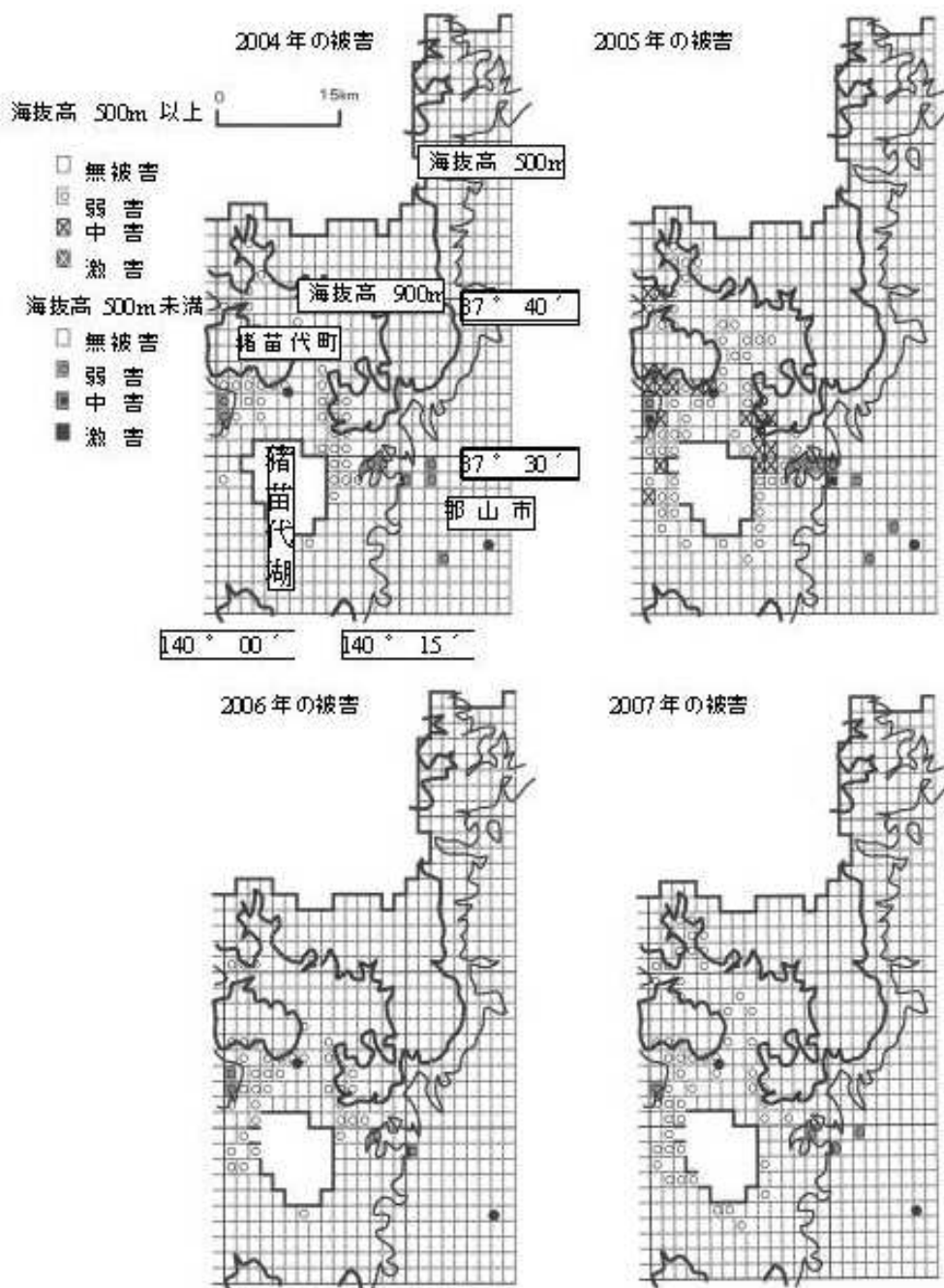


図-54 各調査年度におけるカシノナガキイムシの被害状況

猪苗代町における各調査年度の7、8月の気象を表-33に示す。ナラ枯れ初発の2004年の平均気温は平年値より1℃も高くかなり暑かった。降水量は平年値の1.4倍ほどみられたものの、日照時間および降雨日はほぼ平年並みであった。2005年はおおむね平年並みの暑さであったが、降雨日が期間の過半以上を占めて日照時間が平年値の1/2ほどとかなり少なかった。2006年はおおむね平年並みの暑さであり、降水量が平年値の1.6

倍ほどみられたものの、日照時間および降雨日はほぼ平年並みであった。また、2007年はおおむね平年並みの暑さであり、降雨日が期間の過半を占めて多かったものの、日照時間はほぼ平年並みであった。カシナガの被害域は2006年で前年より縮小の傾向がみられたが、これは2005年の長雨と日照不足が原因と推定される。すなわち、2005年はカシナガの穿入により樹体の通水機能がほとんど停止し、地際部以下の部位で樹体内水分に欠乏が生じて樹液の滲出がみられない状態にあっても、蒸散によって失われる樹体内水分が少なく、樹幹部では樹液滲出の機能がある程度保たれて、カシナガは樹幹部での繁殖に失敗し、その結果2006年の脱出数が極端に減少したと推定され、被害域が縮小したと考えられた。

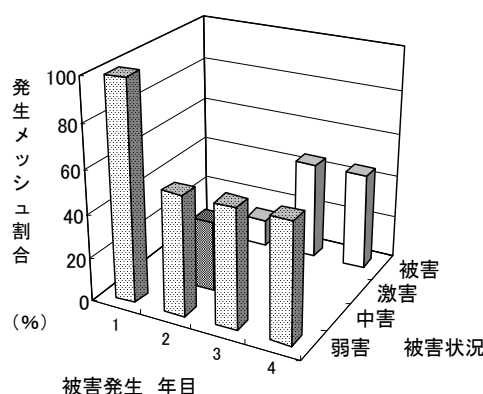
表一33 猪苗代町における各調査年度の7、8月の気象

	平年値	2004年	2005年	2006年	2007年
平均気温 (°C)	21.6*	22.6(+1.0)	22.0(+0.4)	21.8(+0.2)	21.5(-0.1)
総日照時間 (時)	341.4**	304.4(-37.0)	190.9(-150.5)	298.1(-43.3)	319.7(-21.7)
総降雨日数 (日)	23.3**	25(+1.7)	34(+10.7)	25(+1.7)	32(+8.7)
総降水量 (mm)	351.4**	490(+138.6)	326(-25.4)	561(+209.6)	286(-65.4)

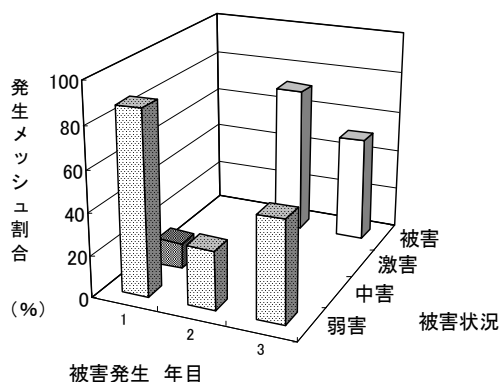
*: 1979年～2000年、**: 1986年～2000年、() は平年値に対する増減。

2004年に海拔高500m以上の地帯においてナラ枯れの初発生をみた40メッシュにおける2007年（被害発生4年目）までの被害状況の推移は、図一55に示した。これによると、被害発生1年目は全て弱害であった。2年目は弱害が55%（22メッシュ）で、中害が32.5%（13メッシュ）そして被害消失が12.5%（5メッシュ）であった。また、3、4年目は弱害が55%（22メッシュ）で、被害消失が45%（18メッシュ）であった。ちなみに、2年目に被害の消失した5メッシュのうち3メッシュは、3年目に再度被害がみられ、また1、2年目と連続して被害の認められた35メッシュのうち16メッシュは3年目に被害が消失したが、そのうちの7メッシュでは4年目に再度被害がみられた。

2005年に海拔高500m以上の地帯においてナラ枯れの初発生をみた49メッシュにおける2007年（被害発生3年目）までの被害状況の推移は、図一56に示した。これによると、被害発生1年目は弱害の発生状況が87.8%（43メッシュ）、中害が12.4%（6メッシュ）であり、発生当初から



図一55 海拔高500m以上の地域での2004年ナラ枯れ発生40メッシュにおけるその後の被害状況の推移



図一56 海拔高500m以上の地域での2005年ナラ枯れ発生49メッシュにおけるその後の被害状況の推移

被害の集団化が始まる林分が若干みられた。2年目は弱害が28.6%（14メッシュ）そして被害消失が71.4%（35メッシュ）であった。また、3年目は弱害が49%（24メッシュ）で、被害消失が51%（25メッシュ）であった。ちなみに、2年目に被害の消失した35メッシュのうち11メッシュは、3年目に再度被害がみられた。なお、2006年にナラ枯れの初発生をみた3メッシュは当初全て弱害であり、2年目は弱害が1メッシュで、被害消失が2メッシュであった。また、2007年にナラ枯れの初発生をみた7メッシュは当初全て弱害であった。

ここで、海拔高500m以上の地帯においてナラ枯れ発生年度ごとの被害の発生状況を検討する。被害発生1年目におけるナラ枯れの状況は、被害発生年度ごとに図-57に示した。ナラ枯れの初発がみられた2004年は、全てのメッシュで弱害であった。そして、2005年は発生当初から中害を呈するメッシュが若干みられた。しかし、2006および2007年は全て弱害であった。図-58には、発生2年目におけるナラ枯れの状況を示した。2004年に発生したメッシュでは中害がみられたものの、被害の消失するメッシュもみられた。また、2005および2006年は弱害に止まり、かつ被害の消失するメッシュも多数現れた。なお、発生3年目におけるナラ枯れの状況は、2004および2005年に発生したメッシュともおおむね半数が弱害に止まり、半数が被害消失の状況にあった。さらに、2004年に初発がみられた発生4年目におけるナラ枯れの状況も、おおむね半数が弱害に止まり、半数が被害消失の状況にあった。

東経140度以東に位置する海拔高500m未満の地帯においてナラ枯れ初発生をみた2004年の8メッシュにおける2007年（被害発生4年目）までの被害状況の推移は、図-59に示した。これによると、被害発生1年目は全て弱害であった。2年目は弱害が62.5%（5

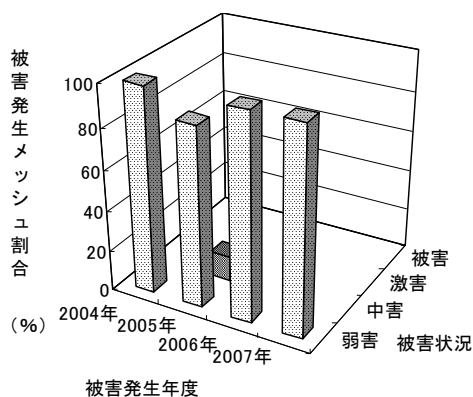


図-57 海拔高500m以上の地域での被害発生年度ごとの発生1年目におけるナラ枯れ被害状況

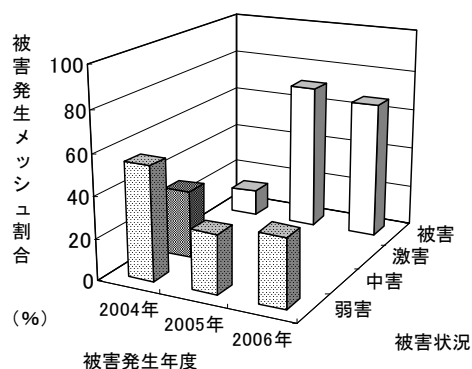


図-58 海拔高500m以上の地域での被害発生年度ごとの発生2年目におけるナラ枯れ被害状況

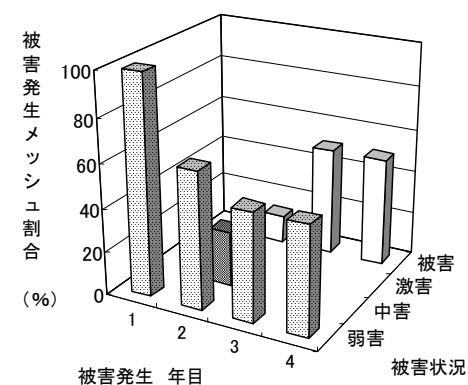


図-59 海拔高500m未満の地域での2004年ナラ枯れ発生8メッシュにおけるその後の被害状況の推移

メッシュ)で、中害が25.0% (2メッシュ)そして被害消失が12.5% (1メッシュ)であった。また、3、4年目は弱害が50.0% (4メッシュ)で、被害消失が50.0% (5メッシュ)であった。また、2005年に初発生をみた3メッシュは翌年以降被害はみられなかった。会津盆地の東山麓や郡山市周辺の500m未満の低海拔地帯の広葉樹林では、ミズナラが少なくコナラの多い林況にあり、ミズナラのない林分ではコナラが枯損したものの、翌年の被害拡大が認められなかった。コナラはミズナラと比べて、カシナガの穿孔を受けても枯損しにくい樹種^{15、21、38、45、63)}であり、このため被害の拡大がみられなかったものと考えられた。

以上述べたことから、海拔高500m以上の地帯におけるナラ枯れは、500m未満の地帯とは異なり、被害発生年度の遅れたメッシュでも発生当初から被害の進んだ状況(中害または激害)を呈することが少なく、また発生4年目であっても被害状況の激甚化がみられない。さらに、被害の消失するメッシュが多くみられたものの、一部では再度発生するものもあって、被害は止むことなく続くことが特徴と考えられた。なお、福島県の隣県である山形および新潟県におけるナラ枯れは高海拔地帯でも被害が認められるが、海拔高400~450m以下の地点で多発すると報告⁵⁰⁾されており、本結果と符合した。

4 小林分を対象としたナラ類集団枯損の動態

(1) 調査目的

面積が0.6ha以下の固定調査林を設けてナラ枯れの動態を調査した報告^{14、31、42、45、47、63)}によれば、単木または集団的に発生した被害は、その後おおむね2、3年で林内におけるナラ類の半数程度が枯損し、終息するとされている。

本節では、0.2ha前後の固定調査林を3か所に設けて福島県におけるナラ枯れの動態を精査し、今までの報告と相違があるかどうか確かめるとともに、ナラ枯れによって林分内の蓄積がどの程度消失するか検討した。

(2) 調査材料と方法

固定調査林は、2003年秋に西会津町の安座地内(標高230m、調査林分面積0.25haの広葉樹林、以下同様)および同町滝坂地内(220m、0.25ha)、また2004年秋に会津若松市河東漆沢地内(350m、0.16ha)地内の3か所に設けた。これら3か所の調査林は、設定時に半径1kmの範囲において、初めて被害の確認された地域である。各調査林において、設定年から2007年の秋までに枯損した樹種名と胸高直径は、それぞれの年の秋に記録した。そして、調査終了時に、各調査林における胸高直径10cm以上の生存木(ナラ類にあっては穿孔の有無を調査)の樹種名(ナラ類以外では科名)と胸高直径を調べた。

(3) 結果と考察

各調査林におけるナラ類の年次別枯損本数および胸高断面積は、表-34に示した。

各調査林における被害発生経過年数ごとの枯損木の出現状況(図-60)をみると、安座調査林では被害発生3年目に全体の60%が、また滝坂および漆沢調査林は発生2年目に全体のほぼ60~80%が枯損し、被害のピークは発生2年目と3年目に現れた。

小規模な林分におけるナラ枯れの枯損動態には、2つのパターンがあると報告⁶³⁾されている。1つ目は1年目にわずかに発生し、2年目に大量発生そして3年目以降わずか

に発生して終息するパターン。2つ目は1年目に大量発生し、その後2、3年目にわずかに発生して終息するパターンである。1つ目のパターンは、山形県でも報告⁴⁷⁾されており、また2つ目のパターンは、石川県でも認められている¹⁴⁾。今回の調査は、ナラ枯れの枯損動態にもう1つのパターンがあることを示唆した。すなわち、3つ目として、1年目にわずかに発生し、2年目に中規模の発生そして3年目に大量発生して終息するパターンである。なお、2つ目のパターンは、近隣の被害林から大量のカシナガが移入することにより起こるものと考えられる。

表-34 各調査林におけるナラ類の年次別枯損本数および胸高断面積

年次 (年)	樹種名	安座調査林		滝坂調査林		漆沢調査林	
		本数	断面積	本数	断面積	本数	断面積
2003	ミズナラ	5	0.718	4	0.192	—	—
	コナラ	0	0	0	0	—	—
	クリ	0	0	0	0	—	—
	計	5	0.718	4	0.192	—	—
2004	ミズナラ	11	0.772	18	0.892	1	0.193
	コナラ	0	0	0	0	0	0
	クリ	0	0	1	0.051	0	0
	計	11	0.772	19	0.943	1	0.193
2005	ミズナラ	21	1.045	11	0.495	10	0.468
	コナラ	1	0.057	0	0	0	0
	クリ	2	0.184	0	0	0	0
	計	24	1.286	11	0.495	10	0.468
2006	ミズナラ	0	0	0	0	1	0.037
	コナラ	0	0	0	0	1	0.059
	クリ	0	0	0	0	0	0
	計	0	0	0	0	2	0.096
2007	ミズナラ	0	0	0	0	0	0
	コナラ	0	0	0	0	0	0
	クリ	0	0	0	0	0	0
	計	0	0	0	0	0	0
合計	ミズナラ	37	2.535	33	1.579	12	0.698
	コナラ	1	0.057	0	0	1	0.059
	クリ	2	0.184	1	0.051	0	0
	合計	40	2.776	34	1.630	13	0.757

本数：枯損本数（本）、断面積：枯損木の胸高断面積（m²）

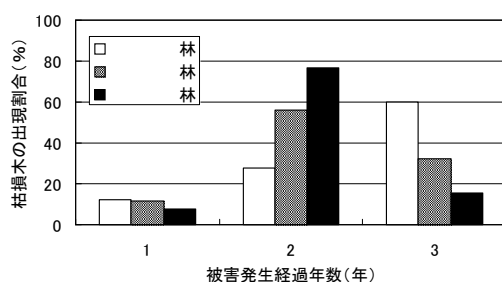


図-60 被害発生経過年数と枯損木の出現割合

各調査林における生存樹種の本数とその胸高断面積は、表-35に示した。また、図-61は、表-35の各調査林における生存および表-34中の枯損木の胸高断面積合計と本数を示した。これによると、安座調査林は胸高断面積合計で28.5%に相当するナラ類が、

以下滝坂調査林で26.9%、漆沢調査林で16.5%が枯損した。また、本数では安座で21.1%、滝坂で17.5%、漆沢で10.7%のナラ類が枯損した。

表-35 各調査林における生存樹種(科)の本数と胸高断面積

残存樹種(種および科名)	安座調査林		滝坂調査林		漆沢調査林	
	本数	断面積	本数	断面積	本数	断面積
カバノキ科	1	0.011	20	0.649	—	—
モクレン科	7	0.320	27	0.631	24	0.751
カエデ科	44	0.752	17	0.376	—	—
ウコギ科	36	0.773	2	0.025	2	0.127
モチノキ科	1	0.015	2	0.023	3	0.049
バラ科	7	0.489	11	0.219	13	0.412
ミズキ科	1	0.045	2	0.016	—	—
エゴノキ科	—	—	7	0.130	—	—
トチノキ科	—	—	1	0.008	—	—
スギ科	1	0.038	3	0.120	6	0.297
コナラ(穿)	31	3.142	8	0.552	28	1.581
コナラ(未穿)	—	—	—	—	7	0.103
ミズナラ(穿)	3	0.118	22	0.614	12	0.311
ミズナラ(未穿)	4	0.085	4	0.084	5	0.061
クリ(穿)	10	0.819	24	0.787	—	—
クリ(未穿)	4	0.347	10	0.188	9	0.136
計	146	6.607	150	4.234	100	3.692

本数：生存本数(本)、断面積：生存木の胸高断面積(m²)、(穿)：穿入生存木、(未穿)：未穿入生存

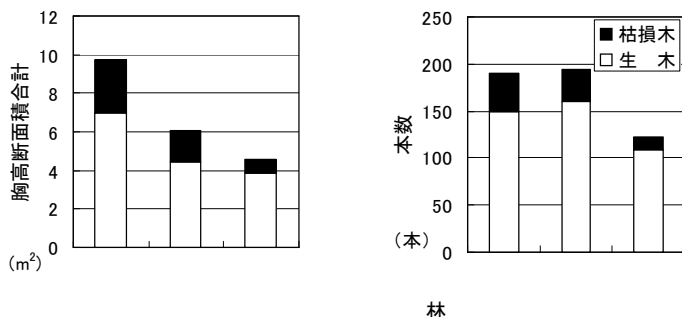


図-61 各調査林における生存および枯損木の胸高断面積合計と本数

各調査林におけるナラ類の生存(カシナガ穿入生存木と未穿入生存木)および枯損木の胸高断面積合計は図-62に、またナラ類の生存および枯損本数は図-63に示した。これらによると、安座調査林のミズナラは胸高断面積合計で92.6%、本数で84.1%が枯損、以下滝坂調査林でそれぞれ69.3%、55.9%、漆沢調査林でそれぞれ65.2%、41.4%が枯損した。枯損を免れた生存木のうち、安座調査林では胸高断面積の58.1%、本数の42.9%でカシナガの穿入が認められ、以下滝坂調査林でそれ

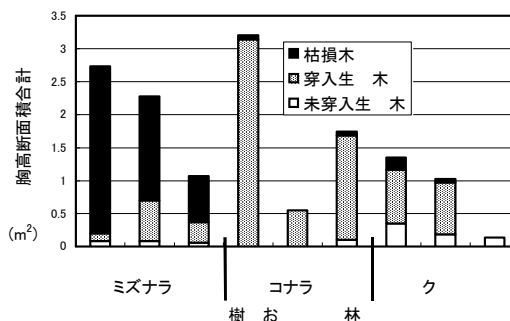


図-62 各調査林におけるナラ類の生存および枯損木の胸高断面積合計

ぞれ88.0%、84.6%、漆沢調査林で83.6%、70.6%で穿入が認められた。一方、コナラは3調査林とも胸高断面積合計および本数で数%以下の枯死に止まった。ただし、枯損を免れた生存木胸高断面積の93.9~100%で、また生存本数の80.0~100%で穿入が認められた。そして、クリは安座調査林で胸高断面積合計および本数で10数%の枯損が見られたが、滝坂調査林では数%以下の枯損に止まった。

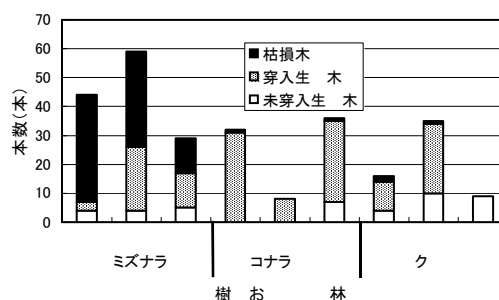


図-63 各調査林におけるナラ類の生存および枯損本数

ただし、両調査林とも枯損を免れた生存木胸高断面積の70.2、80.7%で、また生存本数の70.6、71.4%で穿入が認められた。なお、漆沢調査林では、クリに対するカシナガの穿入は全く認められなかった。

ナラ枯れ研究会の報告⁶³⁾によると、山形、福井、岐阜の3県そしてより南西に位置する滋賀、京都、鳥取の3府県においては、ミズナラは30~70%が枯損し、コナラは前者で数%、後方で20~30%が枯損したとしている。また、いずれもナラ類の穿入生存木を数多く記録している。本県におけるナラ枯れはミズナラで著しく、胸高断面積合計で65~93%ほどが枯損し、林分によってはほぼ壊滅状況を呈した。これに対して、コナラやクリでは最大で10数%以下、通常数%以下の枯損に止まるものと推定された。しかし、枯損を免れた生存木でも胸高断面積の60~100%、本数の40~100%と樹種によって多少の差が認められるが、かなり割合でカシナガの穿入を受けていた。これらのことから、本県のナラ枯れはコナラの枯損率がさほど高くない山形、福井および岐阜県の動態に相当すると考えられる。

次に、枯損本数の多かったミズナラを対象として、各調査林における被害発生経過年数ごとの胸高直径を図-64に示す。安座調査林では被害発生1年目5本の枯損木の平均胸高直径（以下、平均）が39.4cm、2年目11本が平均28.8cm、3年目21本が平均24.2cmであった。滝坂調査林では1年目4本が平均23.7cm、2年目18本が平均24.7cm、3年目11本が平均22.4cmであった。そして、漆沢調査林では1年目1本が49.6cm、2年目10本が平均23.8cm、3年目1本が22.0cmであった。3調査林の枯損木の計を用いて被害発生経過年数ごとの枯死木の直径の相違をMann-WhitneyのU検定で検討すると、1年目（平均34.1cm）と2年目（平均25.6cm）間におおむね差が見られ（ $0.05 < p < 0.1$ ）、1年目と3年目（平均23.5cm）間には有意な差が認められた（ $p < 0.05$ ）。さらに、2年目と3年目間にも若干違いが認められた（ $p \approx 0.2$ ）。すなわち、ミズナラはおおむね被害発生年の早いものほど太い、言い換えるとおおむね太い個体から先に被害を受けて枯損する傾向にある

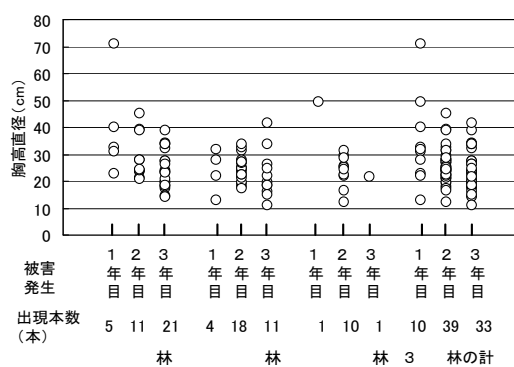


図-64 各調査林におけるミズナラ枯損木の被害発生経過年数ごとの胸高直径

と推定される。

各調査林のミズナラにおけるカシナガの穿入枯損木（以下、穿枯れ）、穿入生存木（以下、穿生き）および未穿入生存木（以下、未穿）の胸高直径は、図-65に示した。安座調査林は穿枯れが37本（平均27.4cm）、穿生きが3本（平均22.3cm）および未穿が4本（平均16.0cm）であった。滝坂調査林は穿枯れが33本（平均23.9cm）、穿生きが22本（平均18.2cm）および未穿が4本（平均16.3cm）であった。そして、漆沢調査林は穿枯れが12本（平均26.0cm）、穿生きが12本（平均17.1cm）および未穿が5本（平均12.4cm）であった。3調査林の合計を用いてそれぞれの直径の相違をU検定で検討すると、穿枯れ（平均25.8cm）は穿生き（平均18.2cm）と未穿（平均14.7cm）の間に有意な差が見られ（各 $p < 0.001$ ）、また穿生きと未穿間にはおおむね差が認められた（ $0.05 < p < 0.1$ ）。すなわち、ミズナラの胸高直径はおおむね未穿・穿生き・穿枯れの順に太い傾向にあったと推定される。ところで、未穿すなわちカシナガの穿入を受けなかった個体には、穿枯れおよび穿生き、すなわち穿入を受けた個体と同程度の太さを有するものが存在した。穿入を受けない個体が存在するにも係わらず被害の終息する現象は、単なる偶然かそれとも何らかの理由によるものかについては今後の検討課題であるが、カシナガは林分の被害が3年を超えると1穿入孔あたりの脱出成虫数が極端に低下する傾向が観察されている。

各調査林のコナラにおける穿枯れ、穿生きおよび未穿の胸高直径は、図-66に示した。安座調査林は穿枯れが1本（26.9cm）、穿生きが31本（平均33.8cm）であり、未穿はなかった。滝坂調査林は穿生きの8本（平均28.6cm）のみで、漆沢調査林は穿枯れが1本（27.4cm）、穿生きが28本（平均25.9cm）および未穿が7本（平均13.3cm）であった。3調査林の合計を用いてそれぞれの直径の相違をU検定で検討すると、穿枯れ（平均27.2cm）と穿生き（平均29.9cm）間には有意な差が認められなかった（ $p > 0.5$ ）ものの、穿生きと未穿（平均13.3cm）間には有意な差が見られた（ $p < 0.001$ ）。すなわち、コナラの胸高直径は、カシナガの穿入を受けた

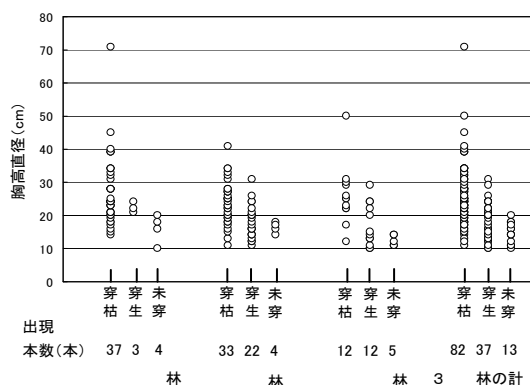


図-65 各調査林のミズナラにおけるカシノナガキクイムシ穿入枯損木、穿入生存木および未穿入生存木の胸高直径

穿枯れ：穿入枯損木、穿生き：穿入生存木、未穿：未穿入生存木

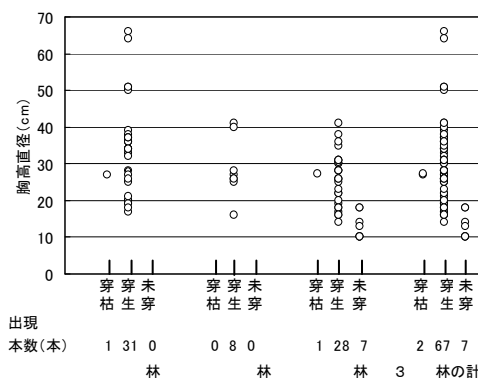


図-66 各調査林のコナラにおけるカシノナガキクイムシ穿入枯損木、穿入生存木および未穿入生存木の胸高直径

個体と受けなかった個体間では、受けた個体で太い傾向にあったと推定されるが、穿入を受けた個体の生死については太さの差が認められなかった。

最後に、各調査林のクリにおける穿枯れ、穿生きおよび未穿の胸高直径は、図-67に示した。安座調査林は穿枯れが2本（平均34.5cm）、穿生きが10本（平均31.6cm）および未穿が4本（平均32.0cm）であった。滝坂調査林は穿枯れが1本（25.5cm）、穿生きが24本（平均20.2cm）および未穿が10本（平均15.1cm）であった。

そして、漆沢調査林は未穿の9本（平均13.6cm）のみであった。3調査林の合計を用いてそれぞれの直径の相違をU検定で検討すると、穿枯れ（平均31.5cm）は穿生き（平均23.6cm）と未穿（平均17.4cm）間に有意な差が見られ（ $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ ）、また穿生きと未穿間にも有意な差が見られた（ $p < 0.001$ ）。すなわち、クリの胸高直径はミズナラと同様で、未穿・穿生き・穿枯れの順に太い傾向にあったと推定される。

以上述べたことから、小規模な林分におけるナラ枯れの枯損動態には既に報告された2つのパターンの他に、もう1つのパターンがあると考えられた。すなわち、3つ目のパターンであり、被害は1年目にわずかに発生し、2年目に中規模に発生そして3年目に大量発生して終息するパターンである。また、本県におけるナラ枯れはミズナラで著しく胸高断面積合計で65～93%ほどが枯損し、ほぼ壊滅状況を呈するものと考えられた。これに対して、コナラやクリでは最大で10数%以下、通常数%以下の枯死に止まるものと推定された。そして、生き残った個体では樹種によって多少の差違が認められるが、かなり割合でカシナガの穿入を受けるものと考えられた。ところで、ナラ枯れによって失われる胸高断面積合計は、設定した調査林では全体の15～30%ほどであった。しかし、これは林分を構成するナラ類の多少、種類や太さによって大きく変化するものと考えられる。すなわち、林分がミズナラの純林に近く、かつ太いほど壊滅的な被害を被ると危惧される。さらに、ミズナラはおおむね太い個体から先に被害を受けて枯損する傾向にあると考えられた。そして、おおむね未穿入生存木・穿入生存木・穿入枯損木の順に胸高直径が太い傾向にあるものと予想された。さらに、クリもミズナラと同様で、未穿入生存木・穿入生存木・穿入枯死木の順に太いと推定された。なお、コナラは太い個体ほどカシナガの穿入を受け易いと推定されたが、より太い個体が枯損するとは限らないものと考えられた。

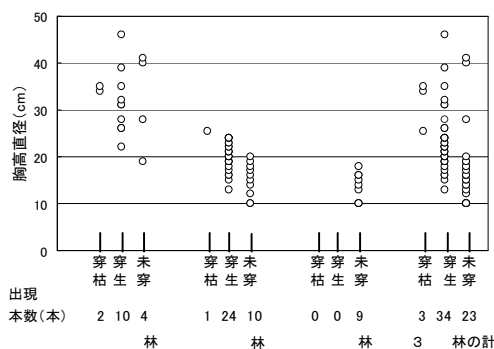


図-67 各調査林のクリにおけるカシノナガキクイムシ穿入枯損木、穿入生存木および未穿入生存木の胸高直径

IV 引用文献

- 1) 阿部豊 (2000) ナラ類枯損立木へのNCS注入によるカシノナガキクイムシとナラ菌の防除. 林業と薬剤 151: 1-8.
- 2) 赤石大輔・鎌田直人・中村浩二 (2006) コナラ・アベマキ二次林におけるカシノナガキクイムシの初期加害状況. 日本林学会誌88: 274-278.

- 3) 在原登志男 (1986) 福島県における松類材線虫病に関する (I). 福島県林業試験場研究報告19号 : 59 - 98.
- 4) 在原登志男 (1987) 福島県におけるマツの枯損動態に関する研究 (III) — 枯損動態調査林の設定、材線虫病の感染源および被害材内におけるマツノザイセンチュウの消長に関連した研究一. 福島県林業試験場研究報告20号 : 65 - 103.
- 5) 在原登志男 (1989) 福島県における松類材線虫病に関する研究 (II) — マツノマダラカミキリの駆除に関連した研究一. 福島県林業試験場研究報告22号 : 63 - 100.
- 6) 在原登志男・松崎 明・齋藤直彦 (2008) 被害丸太の玉切りナラ枯れ林内放置によるカシノナガキクイムシの駆除. 第119回日本森林学会大会学術講演集.
- 7) 在原登志男・齋藤勝男 (1986) 福島県におけるマツの枯損動態に関する研究 I. 福島県林業試験場研究報告19号 : 43 - 58.
- 8) 在原登志男・齋藤直彦 (2006) 被害丸太の玉切りによるカシノナガキクイムシの駆除 (積雪の少ない郡山市における事例). 東北森林科学会第11回大会講演要旨集 : 70.
- 9) 在原登志男・齋藤直彦 (2007) くん蒸剤によるナラ枯れ伐根に生息するカシノナガキクイムシの駆除. 東北森林科学会第12回大会講演要旨集 : 49.
- 10) 在原登志男・齋藤直彦・石井洋二 (2006) 福島県におけるナラ類集団個損の急速な拡大. 第117回日本森林学会大会学術講演集.
- 11) 在原登志男・齋藤直彦・石井洋二 (2006) MEP油剤およびくん蒸剤によるカシノナガキクイムシの駆除. 林業と薬剤 176 : 13 - 23.
- 12) 在原登志男・齋藤直彦・石井洋二 (2007) ナラ類集団枯損木におけるカシノナガキクイムシの穿入孔数の推定と生息する高さ. 第118回日本森林学会大会学術講演集.
- 13) 江崎功二郎 (2002) スカート型トラップによる食材性甲虫類の調査法. 昆虫と自然37 (4) : 24 - 25
- 14) 江崎功二郎・加藤賢隆・井下田寛・鎌田直人 (2002) 林分内におけるナラ枯れとカシノナガキクイムシ個体群の時間的空間的動態. X. ミズナラ立木の枯損動態と穿入率の推移. 第113回日本林学会大会学術講演集 : 278.
- 15) 舟尾規子・池田武文・中島友弘・高畑義啓 (2003) ナラ類集団枯損林分の植生の変化. 第114回日本林学会大会学術講演集 : 568.
- 16) Hiji, N., Kajimura, H., Urano, T., Kinuura, H., and Itami, H. (1991) The mass mortality of oak trees induced by *Platypus quercivorus* (Murayama) and *Platypus calamus* (Blandford) (Coleoptera: Platypodidae): The density and spatial distribution of attack by the beetles. J. Jpn. For. Soc. 73 : 471 - 476.
- 17) 石山新一朗 (1993) 山形県朝日村におけるナラ類の枯損実態について. 森林防疫 42 : 236 - 242.
- 18) 伊藤進一郎 (2002) 現在問題となっているブナ科樹木の衰退、枯死. 森林科学35 : 4 - 9.
- 19) 伊藤進一郎・窪野高德・佐橋憲生・山田利博 (1998) ナラ類集団枯損被害に関連する菌類. 日本林学会誌80 : 170 - 175.
- 20) 伊藤進一郎・山田利博 (1998) ナラ類集団枯損被害の分布と拡大. 日本林学会誌80 : 229 - 232.
- 21) 鎌田直人 (2002) カシノナガキクイムシの生態. 森林科学35 : 26 - 34.
- 22) 鎌田直人・江崎功二郎・加藤賢隆 (2000) 林分内におけるナラ枯れとカシノナガキクイムシ個体群の時間的空間的動態. III. 立木枯死に関する要因の解析. 第111回日本林学会大会学術講演集 : 307 - 308.
- 23) 鎌田直人・江崎功二郎・森 謙治・竹本裕之・本田 洋・光永 徹 (2007) カシノナガキクイムシの合成フェロモンの誘引試験—主成分の濃度と異性体が捕獲数に及ぼす影響—. 第118回日本森林学会大会学術講演集.
- 24) 樫村 恒 (2002) 要菌性クイムシ類の生態と森林被害. 森林科学35 : 17 - 25.

- 25) 片野田逸朗 (1995) カシノナガキクイムシ駆除試験 (くん蒸). 林薬協平成7年度病害虫等防除薬剤試験成績報告書: 65 - 68.
- 26) 衣浦晴生 (1994) 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103: 11 - 20.
- 27) 衣浦晴生・後藤秀章 (2002) カシノナガキクイムシの個体群密度推定. 第113回日本林学会大会学術講演集: 276.
- 28) 衣浦晴生・小林正秀・野崎愛 (2006) カシノナガキクイムシの繁殖成功率—穿入生存木と穿入枯損木—. 第117回日本森林学会大会学術講演集.
- 29) 衣浦晴生・大谷英児・後藤忠男 (2002) 第1章 集団枯損に関連する菌類・昆虫類の生理・生態的特性の解明. 1. 枯損に関連するキクイムシ類の生態的特性の解明 (ナラ類の集団枯損機構の解明と枯損防止時術の開発. 研究成果400、90pp、農林水産技術会議事務局): 11 - 17.
- 30) 北島博・後藤秀章 (2002) 第1章 集団枯損に関連する菌類・昆虫類の生理・生態的特性の解明. 3. ナラ枯損におけるカシノナガキクイムシと菌類の相互作用の解明 (ナラ類の集団枯損機構の解明と枯損防止時術の開発. 研究成果400、90pp、農林水産技術会議事務局): 32 - 39.
- 31) 小林正秀・萩田実 (2000) 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.
- 32) 小林正秀・伊藤進一郎・野崎愛 (2003b) カシノナガキクイムシに伴随するセンチウについて. 第114回日本林学会大会学術講演集: 303.
- 33) 小林正秀・萩原実・春日隆史・牧之瀬照久・柴田繁 (2000) ナラ類集団枯損のシート被覆による防除法. 第111回日本林学会大会学術講演集: 354 - 355.
- 34) 小林正秀・野崎愛 (2001) カシノナガキクイムシ被害木によるキノコ栽培試験. 菌蕈2001(10): 16 - 22.
- 35) 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入孔数と成虫脱出数. 森林応用研究12: 143 - 149.
- 36) 小林正秀・野崎愛・衣浦晴生 (2004) 樹液がカシノナガキクイムシの繁殖に及ぼす影響. 森林応用研究13(2): 155 - 159.
- 37) 小林正秀・斉藤正一・布川耕市・三浦洋由・大橋章博・小島永裕・塩見晋一・井上牧雄 (2003) 第4章 虫の分布・生態及び菌との関係 (「ナラ類集団枯死原因の解明と防除法開発に関する調査」事業完了報告. 平成8~11年度林業情報システム化活動事業、97pp、ナラ枯れ研究会): 48 - 64.
- 38) 小林正秀・柴田繁 (2001) 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 (I) —京都府舞鶴市における調査結果—. 森林応用研究10: 73 - 78.
- 39) 小林正秀・上田明良 (2001) 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.
- 40) 小林正秀・上田明良 (2003) カシノナガキクイムシによるマスアタックの観察とその再現. 応動昆47: 53 - 60.
- 41) 小林正秀・上田明良 (2005) カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死—被害発生要因の解明を目指して—. 日本森林学会誌87: 435 - 450.
- 42) 小林正秀・上田明良・野崎愛 (2003) カシノナガキクイムシの飛来・穿入・繁殖に及ぼす餌木の含水率の影響. 日本林学会誌85: 100 - 107.
- 43) Kubono, T. and Ito, S. (2002) *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*) Mycoscience 43: 255 - 260.
- 44) 黒田慶子・山田利博 (1996) ナラ類の集団枯損にみられる辺材の変色と通水機能の低下. 日本林学会誌78: 84 - 88.

- 45) 三浦直美・斉藤正一・三河孝一・小野瀬浩司・中村人史・森川東太 (2001) ナラ類集団枯損林分の特性と分離菌の病原性—分離菌の接種による枯損木の再現—. 山形県森林研究センター研究報告29 : 1 - 10.
- 46) 長島茂雄・林洋二 (1973) 松くい虫駆除薬剤の施用時期とその効果. 森林防疫22 : 144 - 149.
- 47) 中村人史・斉藤正一・三浦直美・三河孝一・小野瀬浩司 (1996) ナラ類集団枯損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. 山形県立林業試験場研究報告第26号 : 9 - 13.
- 48) 西村正史・松浦崇遠・高島幸司・小林裕之 (2007) 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. 富山県林業技術センター研究報告 No. 20 : 1 - 10.
- 49) 西村正史・森靖弘・成田英隆 (2005) 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. 富山県林業技術センター研究報告No. 18 : 1 - 4.
- 50) 布川耕市・三浦直美・三浦由洋・大橋章博・小島永裕・小林正秀・塩見晋一・井上牧雄 (2003) 第1章被害の分布・推移 (「ナラ類集団枯損原因の解明と防除法開発に関する調査」事業完了報告書. 平成8~11年度林業情報システム化活動事業, 97pp, ナラ枯れ研究会) : 3 - 14.
- 51) 布川耕市・中島忠一・猪野正明 (2007) 発揮量の異なるフェロモンがカシノナガキクイムシの行動に与えた影響. 第118回日本森林学会大会学術講演集.
- 52) 斉藤正一 (1995) カシノナガキクイムシ駆除試験 (くん蒸). 林業協平成7年度病害虫等防除薬剤試験成績報告書 : 59 - 64.
- 53) 斉藤正一 (2002) ナラ枯れ被害の防除法. 森林科学35 : 41 - 47.
- 54) 斉藤正一・阿部豊・田畑勝洋 (2005) 液化炭酸製剤によるナラ類枯死木の伐倒駆除方法. 東北森林科学会第10回大会講演要旨集 : 45.
- 55) 斉藤正一・小林正秀・中島忠一・衣浦晴生・布川耕市 (2006) 合成フェロモンによるカシノナガキクイムシ大量捕殺法の検討. 第117回日本森林学会大会学術講演集.
- 56) 斉藤正一・中村人史・小林正秀・塩見晋一・小島永裕 (2003) 第5章虫の駆除と予防 (「ナラ類集団枯死原因の解明と防除法開発に関する調査」事業完了報告. 平成8~11年度林業情報システム化活動事業, 97pp, ナラ枯れ研究会) : 65 - 85.
- 57) 斉藤正一・中村人史・三浦直美 (2000) ナラ類集団枯損立木へのNCS注入によるカシノナガキクイムシとナラ菌の防除法の改良. 林業と薬剤No. 152 : 1 - 11.
- 58) 斉藤正一・中村人史・三浦直美 (2001) ナラ類集団枯損立木へのNCS注入によるカシノナガキクイムシとナラ菌の防除法の改良. 山形県森林研究研修センター研究報告 29 : 11 - 19.
- 59) 斉藤正一・中村人史・三浦直美 (2003b) 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 (1). 林業と薬剤No. 166 : 18 - 24.
- 60) 斉藤正一・中村人史・三浦直美 (2004) 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 (2). 林業と薬剤No. 167 : 8 - 11.
- 61) 斉藤正一・中村人史・三浦直美・三河孝一・小野瀬浩司 (2001) ナラ類の集団枯損被害の枯死経過と被害に関するカシノナガキクイムシおよび特定の菌類との関係. 日本林学会誌83 : 58 - 61.
- 62) 佐藤明・野堀嘉裕・高橋教夫・斉藤正一 (2004) GISを用いた山形県朝日村におけるナラ類集団枯損の地理的特徴解析. 東北森林科学会誌9 : 13 - 21.
- 63) 塩見晋一・尾崎真也・三浦直美・斉藤正一・布川耕市・三浦由洋・井上重紀・小島永裕・大橋章博・小林正秀・井上牧雄 (2003) 第3章森林・林木に対する加害特性 (「ナラ類集団枯死原因の解明と防除法開発に関する調査」事業完了報告. 平成8~11年度林業情報システム化活動事業, 97pp, ナラ枯れ研究会) : 32 - 47.
- 64) Soné, K., Mori, T. and Ide, M. (1998) Life history of the oak borer, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). Appl. Entomol. Zool. 33 : 67 - 75.

- 64) 末吉政秋 (1990) 広葉樹に発生したカシノナガキクイムシ被害 (第2報). 森林防疫 39 : 242 - 245.
- 66) 田畑勝洋 (1976) 被害丸太に対する駆除効果. 森林防疫25 : 203 - 206.
- 67) 多田野修 (2006) チップボイラー燃料利用のための木材の自然乾燥 (その2) 丸太の管理条件別の含水率変化. 岩手県林業技術センター研究成果速報No. 221 : 1.
- 68) 谷口明 (1993) カシノナガキクイムシ駆除試験 (くん蒸剤). 林業協平成5年度病虫害等防除薬剤試験成績報告書 : 77 - 81.
- 69) 谷口明・片野田逸朗 (1994) くん蒸剤によるカシノナガキクイムシの駆除試験. 林業協平成6年度病虫害等防除薬剤試験成績報告書 : 80 - 81.
- 70) 上田明良 (2003) カシノナガキクイムシの集中攻撃システムの解明. 京都府立大学大学院農学研究科博士論文, 105pp.
- 71) Urano, T. (2000) Relationships between mass mortality of two oak species (*Quercus mongolica* Turcz. var *grosseserrata* Rehd. et Wils. and *Q. serrata* Thunb.) and infestation by and reproduction of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). J. For. Res. 5:187 - 193.
- 72) 大和万里子・山田利博・鈴木和夫 (2001) ナラ類の萎凋枯死と通水阻害. 東京大学農学部演習林報告106 : 69 - 76.