

カシノナガキクイムシ等広葉樹類の昆虫被害防除技術に関する研究

—カシノナガキクイムシによるナラ類枯損被害—

岡田充弘・山内仁人・近藤道治・小山泰弘

長野県におけるナラ枯れ被害は、平成 22 年 3 月現在 13 市町村まで拡大した。被害は、急激に近接地で拡大していくとともに、その移動方向は被害区域から東方向への拡大速度が速かった。本県のカシノナガキクイムシ発生期間は、6 月中下旬から 10 月まであり、標高などの温度条件で発生開始時期が前後した。調査した被害林分では、成立していたナラ類立木の 7～8 割が枯損するとともに、下層植生の条件によっては、高木性樹種による回復が難しい場合があった。カーバム剤による被害木伐倒処理は、刃材部にチェーンソーによる有傷処理を行うことで、カシノナガキクイムシ材内幼虫に対する十分な殺虫効果が得られた。

キーワード ナラ枯れ、カシノナガキクイムシ、被害林分、伐倒処理

1. 研究の背景

カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*, 以下、カシナガという) が *Raffaelea quercivora* (以下、ナラ菌, Kubono and Ito 2002) を媒介することで発生するブナ科樹木萎凋病 (以下、ナラ枯れという) は、ミズナラを中心に被害が拡大し、被害地域は平成 22 (2010) 年 10 月現在 28 都府県に達している。長野県では、平成 16 (2004) 年 8 月に飯山市、信濃町で確認され (岡田ら 2006), 今後も被害拡大の危険性が高いと考えられるが、本県のような高標高地域のミズナラ林における被害に関する知見はほとんどない。

また、県内での被害確認以降、被害による枯損を予防する方法について、山形県などとともに研究をすすめる、殺菌剤樹幹注入による方法 (齊藤ら 2006, 岡田ら 2008, 岡田ら 2009) を開発するとともに、病原菌伝搬者であるカシナガの集合フェロモン (中島ら 2005, Tokoro. et. al 2007) を利用した新たな防除技術 (齊藤ら 2009, 岡田ら 2009) についても検討を進めてきている。

枯損した被害木は放置されると、翌年のカシナガの発生源となるだけでなく、時間の経過とともに、枝折れ、樹幹の倒伏などが発生し、道路、住宅周辺などでは生活安全上の問題となり、適切な被害木処理方法を開発する必要がある。

マツ材線虫病被害木処理で用いられるカーバム剤による伐倒くん蒸処理をそのままナラ枯れ被害木に用いても、材内の幼虫を殺虫しきれない (谷口ら 1996)。そのため、被害木を立木のままだりル穿孔して薬剤を投入してくん蒸する方法が開発された (齊藤ら 1999a 齊藤ら 1999 b, 齊藤ら 2000) が、処理部位が地際から地上高 2m 程度までに限定されてしまうなどの問題点もあげられている。

これらのことから、適切な被害木処理方法を検

討するとともに、本県におけるナラ枯れ被害の現況を把握し、今後の被害推移を予測することを目的として、以下の研究を行った。

- 1) 長野県におけるナラ枯れ被害の実態把握
- 2) ナラ枯れ被害の森林環境への影響
- 3) 被害防除技術の検討

なお本研究は、県単課題 (平成 17 (2005) 年度～21 (2009) 年度) として実施し、第 55 回、および第 58 回日本森林学会中部支部大会で成果の一部を発表した (岡田ら 2006, 岡田ら 2009)。

2. 長野県におけるナラ枯れ被害の実態把握

2.1. 被害発生状況の把握

長野県における被害の発生状況、および拡大状況を把握するため、本被害が飯山市、上水内郡信濃町で確認された平成 16 年 (2004 年) から平成 21 年 (2009 年) までの被害発生状況の推移を調査した。

2.1.2. 方法

病原菌伝搬者であるカシナガの発生前 (6 月) から発生終期 (10 月) までの間、県北部を中心として地上から被害木の本数、被害発生箇所を記録した。また、地上調査を補足するため、毎年 9 月にヘリコプターからの被害木調査を行った。

さらに、県下全域で、地方事務所林務課などから新規被害などの情報収集を行った。

2.2. 長野県におけるカシノナガキクイムシの生息状況

本県におけるカシナガの生息分布、および発生時期などを把握した。

2.2.1. 方法

県内のカシナガ生息状況を確認するため、表 1 に示した市町村でカシナガコールを誘引剤としてカシナガ捕獲調査、および被害木材内調査を行った。

表一 カシノナガキクイムシ
生息状況調査実施市町村と実施年

区分	市町村名	調査年
被害	信濃町	平成16年、平成17年、平成18年
	飯山市	平成18年、平成19年
	栄村	平成18年、平成19年、平成20年、平成21年
	野沢温泉村	平成20年
	天龍村	平成17年、平成18年、平成19年
	小谷村	平成21年
未被害	塩尻市	平成18年
	川上村	平成18年
	白馬村	平成21年

県北部の下水内郡栄村平滝、上水内郡信濃町古海の被害林分において、カシナガコールを誘引剤とし、誘引剤を設置した殺菌剤樹幹注入処理木に取り付けた粘着シート（カミキリホイホイ、アース製薬（株）製）への捕獲頭数を調査するとともに、処理木へのカシナガ穿孔状況などを調査した（調査期間：平成18年6月19日～9月13日）。

2.3. 結果と考察

2.3.1. 年別被害発生状況

1) 平成16年

平成16年8月に新潟県境の飯山市富倉で本被害による枯損木が確認された。そのため、周辺地域を調査した結果、飯山市戸狩、飯山市豊田、信濃町野尻湖、および信濃町古海でも被害が点在していることが確認された。

2) 平成17年

北信地域では、平成16年に比べ、北東、および東方向へ被害が拡大し、下水内郡栄村、野沢温泉村で新たな被害が確認された。また、放置薪炭林などの比較的標高の低いナラ類二次林での被害が目立ち、標高の高い林分への被害拡大はほとんどみられなかった。

10月に下伊那郡天龍村神原でコナラ大径木に被害が確認された。また近隣の阿南町、泰阜村でもカシナガ穿孔生存木が確認された。これら県南部の被害地は、平成16年までに確認された県内外の既被害地と200kmほど離れており、伝染経路は不明であった。

2) 平成18年

被害による枯損木は、8月中旬以降から発生し、前年に比べると発生が1週間程度遅かった。また、

被害発生箇所も平成17年の箇所とほぼ同位置であり、被害地域の大きな拡大はみられなかった。

3) 平成19年

北信地域の飯山市などでは、7月下旬からカシナガの穿孔を受けた立木に葉のしおれなどの衰弱症状がみられはじめ、8月上旬から被害による枯損木が発生し、8月中旬からそれが急増した。

また枯損木の発生時期は、平成18年に比べると1週間程度早く、平成16、17年とはほぼ同様であった。

4) 平成20年

既被害地域では、8月中旬から枯損木が急増し、既被害箇所周辺での被害の拡大、激害化がみられた。また、平成18年、19年には、新たな枯損木は発生しなかった南部の天龍村では、2年ぶりに枯損木1本が確認された。

10月に新潟県境に接する北安曇郡小谷村（県境から大字北小谷までの姫川の東側）で被害木が21本確認された。これらは、すべて単木被害であり、集団化した被害はみられず、新潟県側から侵入した新規被害と考えられた。

5) 平成21年

既被害地域の飯山市、栄村などでは、8月上旬から枯損木が発生した。その発生状況を見ると、栄村での被害の拡大、激害化がみられた。また、南部の天龍村では、被害木が増加した。

新たに北安曇郡白馬村、飯田市南信濃、下伊那郡阿南町、下高井郡木島平村、山ノ内町で被害が確認され、県北部地域で被害の南下がみられた。

2.3.2. 被害発生状況の推移

被害が発生した平成16年から21年までの当年の被害（枯損木）分布と被害量について、北信地域を対象として5kmメッシュで示した（図-1）。

平成16年から17年には、被害地域が大きく拡大したが、前年冬から夏にかけて低温であった平成18年は、被害の拡大、被害量の増加はみられなかった。平成19年は、被害地域は前年とほぼ同じであったが、被害量は急増した（図-1）。

被害の発生パターンをみると、北部では被害が点状に発生した後、小集団から面的被害に発展していく傾向がみられ、このことは山形県、新潟県などの被害拡大パターン（ナラ枯れ研究会2003）と同様であった。その移動方向は被害区域から東方向への拡大速度が速かった。

被害発生後4年程度経過すると、林分内のナラ類などの未被害木が減少し、被害が終息傾向となること（ナラ枯れ研究会2003、石川県林試2005）が知られており、平成16年に被害が初めて確認された飯山市富倉などでは、同様の傾向がみられたが、5kmメッシュ単位では被害減少傾向が判然

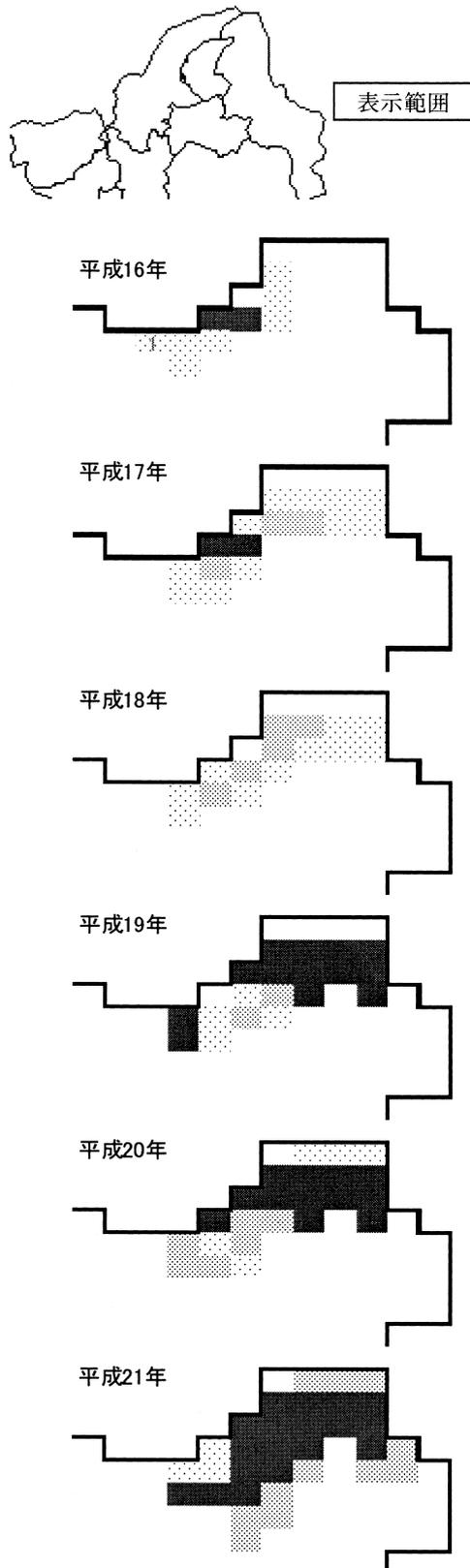


図-1 長野県北部の被害発生状況の推移
(平成16~21年, 5kmメッシュ)

■ 集団被害, ▨ 小集団被害, ▩ 単木被害
— 県境

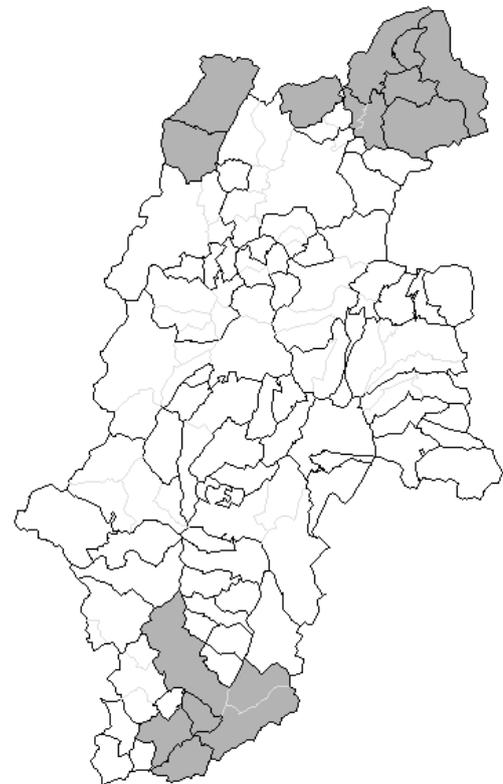
としなかった(図-1)。

これに対して、県南部の天龍村周辺では、被害

確認当年に穿孔生存木を含めた被害木の伐倒処理が実施されたこと、平成17年冬から平成18年春にかけての低温と平成18年梅雨期の低温長雨がカシナガの発生に影響したこと(江崎2007, 斉藤私信)、および被害対象樹種がミズナラに比べ枯損しにくいとされるコナラ(小林2006)であったことなどが影響し、被害拡大が緩慢になったと考えられた。

このことから、カシナガ被害は、他の病害虫被害同様に点から面に拡大するといえ、初期の点在する被害を的確に把握し防除することが、被害拡大防止を図る上で重要なことが明らかになった。

平成22年3月における本県の被害発生市町村は、図-2に示したとおり、13市町村となった。



■ 被害市町村

図-2 被害発生市町村(2009年まで)

2.3.3. 長野県におけるカシノナガキクイムシの生息状況

1) カシノナガキクイムシの生息分布

県内の既被害市町村では、カシナガの生息が確認できた。また未被害市町村のうち被害市町村に隣接した白馬村ではカシナガが捕獲されたが、隣接しない塩尻市、川上村ではカシナガは捕獲できなかった。

カシナガ捕獲個体のDNA解析を森林総研との共同調査を行った結果では、天龍村で捕獲されたカシナガは、大きくは日本海側地域を含めた地域に分

布する系統（日本海型）であったが、長野県北部、および新潟県内の個体群とはDNAのタイプが異なっていた（Hamaguchi and Goto 2010）。また、全国各地のカシナガを含めた解析でも、県北部の個体群とは異なる集団として古くから生息していた可能性が示唆された（Shoda-Kagaya et al 2010）。

また、平成16年、17年に実施した天龍村での現地調査では、被害が発生した箇所周辺のシイタケなどのキノコ栽培用ほだ木などには、カシナガの穿孔は認められず、他地域からのキノコ栽培用原木の移入がないとの聞き取り結果が得られ、他の被害地域からの被害木の移入の可能性は非常に低いと考えられた。

平成21年にカシナガが捕獲された白馬村の調査地は、調査前には未被害箇所であり、調査前年の小谷村の被害箇所から20 km以上離れた箇所でカシナガの自然移動の可能性も低いことから、低密度で白馬村に以前から生息していたカシナガを捕獲した可能性が示唆された。

これらのことから、天龍村、白馬村での被害は、被害材などの持ち込みや、カシナガの自然移動などの移入個体による被害ではなく、該当地域に以前から分布していたカシナガが何らかの原因で個体数が増加したことで発生した被害である可能性も高いと考えられた。

今回の捕獲調査では、未調査の地域が多いものの、県内には以前からカシナガが生息しており、被害は隣接被害県からの流入、被害材の持ち込みなどの要因だけでなく、県内に元々生息していたカシナガが、何らかの原因で生息密度を高め、被害を引き起こす可能性があることが明らかになった。

2) カシノナガキクイムシの発生時期と活動期間

県北部を中心とした生息調査では、カシナガの発生開始時期は、飯山市柄山（標高550m）、および栄村平滝（標高700m）では6月下旬、信濃町古海（標高900m）では7月下旬であった。

齋藤らは、5月末までの平均気温を用いたカシノナガキクイムシ発生開始時期を算出する推定式を作成している（齋藤2008）。

$$y = -0.1273x + 107.72 \quad (R^2 = 0.849)$$

y：4月1日から初発日までの日数

x：有効温量（日平均気温-10℃）の4月、5月積算温量

生息調査で確認した発生開始時期と齋藤らの推定式で算出された発生開始時期はほぼ一致し、本県においてもこの推定式が利用可能と判断できた。

また、成虫は10月上旬まで捕獲され、県内のカシナガ成虫の活動期間は、6月下旬から10月上旬ま

でと考えられた。

穿孔木の観察では、オスの穿孔後、集合フェロモンに誘引されたカシナガ成虫の大量穿孔が起これ、早いもので大量穿孔後2週間程度経過するとしおれ症状を呈した。この時期には、穿入孔から木粉状のフラスが排出されはじめ、幼虫の活動が進んでいることが示唆された。

3. ナラ枯れ被害の森林環境への影響

3.1. 方法

平成16年8月に被害が初めて確認された飯山市富倉のミズナラ激害林分に2調査区（30×30m方形区）を設けて、上木の被害状況、胸高直径などの毎木調査を行った（平成19年8月20日）。

また、平成21年9月から10月に県北部の飯山市、野沢温泉村、栄村のナラ枯れ被害12林分で調査区（30×30m方形区）を設けて、下層植生の種別の植被率、草丈などを調査した。

被害発生と標高との関係を検討するため、平成20年11月4日、平成21年10月15日に被害木調査を実施した。

調査は、自動車で低速で移動しながら、枯損木を目視で確認し、その位置はハンディGPS（ガーミンGPSMAP60csx）で記録するとともに、被害木本数を調べた。

3.2. 結果と考察

3.2.1. 被害林分の上木の変化

被害林分の2調査区ともに被害発生前はミズナラを主体とした広葉樹林であった（図-3）。ミズナラ枯損木の発生状況をみると、調査区1では70%（7本）、調査区2では73%（8本）が枯損し、亜高木層以下からの新規加入木はなく、高木層の立木密度が減少するとともに、調査区2では優占種がミズナラからイタヤカエデに交代した。

2006年の枯損木は調査区1の1本のみで、被害発生3年目でミズナラの枯損本数が大きく減少し、他県の被害状況（石川県林試2005、在原ら2009）とほぼ同様の傾向を示していた。

3.2.2. ナラ枯れ被害林分の下層植生タイプ

ナラ枯れ被害12林分の下層植生は、高木性木本タイプ、リョウブ優占タイプ、ユキツバキ優占タイプ、ササ優占タイプの4タイプに区別された（表-2）。

高木性木本タイプには、ナラ類の稚樹が占める割合が被度3~45%であり、他の高木性樹種が占める割合が多い箇所もあった。

このタイプでは、再度ナラ林に移行するかは不明であるが、高木林に回復することが予測さ

れた。

リョウブ優占タイプでは、高木性樹種の稚樹が少ない上に、リョウブ、ヤマウルシにその生育を抑えられていた。また、ユキツバキ優占タイプ、ササ優占タイプにおいても同様のことが考えられる。

ナラ枯れ被害林分では、図-3に示したとおり、ナラ類の7~8割が枯損するため、下層の光環境は改善するが、高木性木本タイプ以外の3タイプ

では、低木類、ササなどの繁茂により、高木性木本類の更新が阻害されることが予測された。

そのため、被害林分の更新を進めるには、下層の状態によっては、高木性樹種の刈り出し施業(小山ら2006)などの更新補助を行う必要があると判断された。

3.2.3. 被害発生と標高との関係

図-4に示した栄村平滝の標高別の被害本数をみると、平成20年と平成21年では、平成21

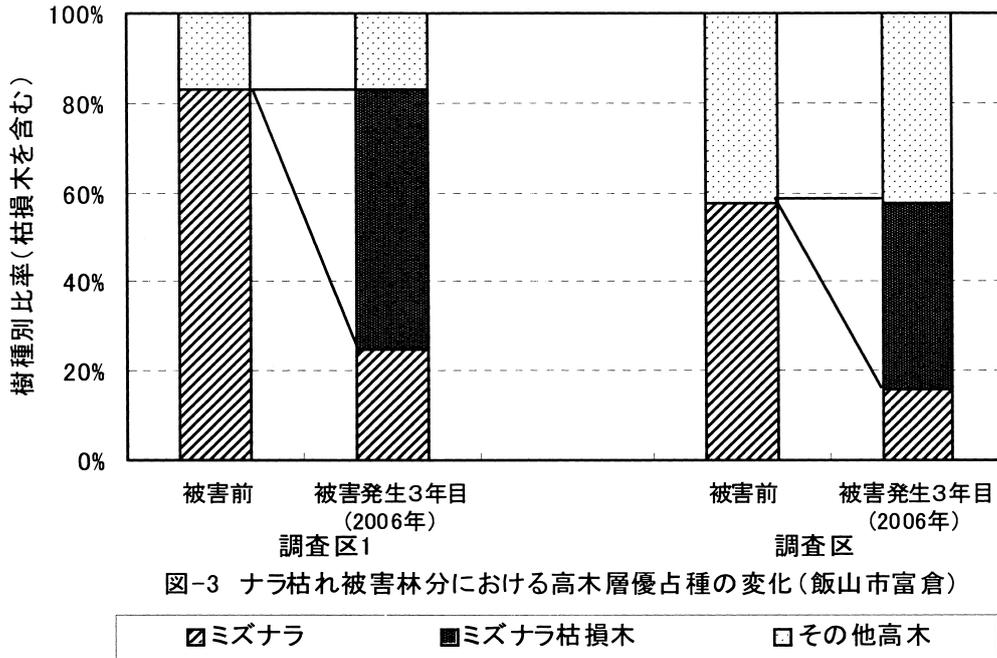


図-3 ナラ枯れ被害林分における高木層優占種の変化(飯山市富倉)

表-2 ナラ枯れ被害林分の下層植生タイプ

分類区分	タイプ	高木性木本				高木性木本とリョウブ優占の中間	リョウブ優占				ユキツバキ優占		ササ優占															
		調査区No. 1		調査区No. 2			調査区No. 3		調査区No. 4		調査区No. 5		調査区No. 6		調査区No. 7													
		H*	C*	H	C		H	C	H	C	H	C	H	C	H	C												
高木性樹種	カエデ類	120	31	150	35	30	+			100	5	100	11	70	10	100	+	150	7	200	7							
	ナラ類	120	8	80	3	40	40	80	45	80	3	80	6	90	5	70	+	120	1	20	1	60	5					
	ブナ	100	1	120	+																							
	コシアブラ			120	10	65	5	80	5	80	+																	
	クリ			80	2	35	10	30	15	120	+			70	1	80	+	200	1									
その他	80	2	120	4	50	10	60	18	100	3	100	1		90	2	100	+	100	+									
	リョウブ	200	25	120	10					200	25	180	50	160	50	80	50	120	15	200	10	220	25	120	1			
	ユキツバキ																											
	ササ類					60	5																					
低木性樹種	ヤマウルシ	100	3	100	+					100	15	130	25	130	5		5				100	+	200	10				
	オオバクロモジ	150	10			30	3	40	5	200	5										150	+	80	+	100	3	120	15
	ハイヌツゲ	50	10	100	2	20	5	20	5	80	3																	
	マルバマンサク	60	+	60	1					100	2																	
	ヤマツツジ							30	2					100	5	30	5											
その他			100	1	50	3																						
	草本類	80	20	100	1	60	1	40	5																			

* 凡例 H=草丈 (cm)、C=植被率(%)

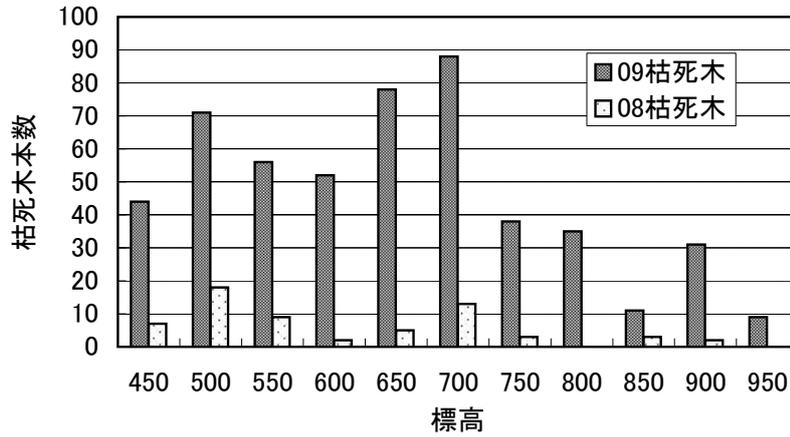


図-4 標高と枯死木発生本数の関係 (栄村平滝)

年に被害木が急増した。

同一標高域における被害木の増加は、4～10倍であり、小林ら(2006)が示した枯損木の平均胸高直径などを用いた次年度枯損木の推定式で求めた京都府内の事例では、4～7倍であった結果とほぼ一致していた。なお、被害木の多くはミズナラであった。

枯損木の発生標高をみると、平成21年の標高960m地点が最も標高の高い位置であり、前年に比べると枯損木の発生の最高標高が上昇していた。なお、調査地周辺は、標高が上がるにつれて、ミズナラ混交林からブナ林に移行しており、標高1,000m以上はブナ林になっており、被害を受けるナラ類がみられなかった。

これらのことから、ナラ枯れ被害は、被害の激化とともに、標高1000m以上に被害が達する可能性が示唆され、県内のマツ材線虫病被害よりも標高の高い地域まで影響を及ぼすことが考えられた。

4. 被害防除技術の検討

4.1. 被害木の処理

被害木の適切な処理方法を確立するため、被害木くん蒸処理を中心に4種類の試験を実施した。

4.1.1. 被害木立木くん蒸処理試験

試験地は、県北部の信濃町縦ヶ崎県有林のミズナラとコナラを主体とする広葉樹二次林(標高:700m)とした。この林分では、平成16年8月に被害が確認されていた。

試験木は、コナラ枯損木(DBH:41.5cm, H:21.5m)とミズナラ枯損木(DBH:35.2cm, H:21.2m)各1本とした。

処理は、齋藤らの方法(齋藤ら2000)に基づき、立ち枯れた状態の立木に直径9mm、深さ約5cmの孔を背負い式動力ドリルでやや下向きに穿孔し、林業用NCS(カーバムアンモニウム塩50%,以下NCSという)を1孔当たり約5ml注入した(平成

16年11月実施)。

注入孔の配置は、カシナガの穿孔が多い地際から地上高0.5mまでは10cm間隔の千鳥状とし、地上高0.5～1.5mまでは15cm間隔の千鳥状とした。

平成17年5月に、試験木を伐倒して樹幹上の地上高別穿孔密度を調べた。また、一部を割材してカシナガの成虫および幼虫の死亡状況を調査した。

カシナガ成虫の発生を確認するために、地上高3,6,9mの部分で、円板状に切断して20℃の恒温器内に静置した。

4.1.2. MITC 炭酸ガス製剤による伐倒くん蒸処理

マツ材線虫病被害木で行われているカーバム剤であるNCSによる被覆くん蒸処理は、効果にばらつきがでる(谷口ら1994)とされていることから、材部への吸着性が高いとされているNCSの有効成分であるメチルイソチオシアネートを主成分とするMITC液化炭酸ガス製剤(有効成分メチルイソチオシアネート:30%,以下MITCという)によるくん蒸処理を実施した。

試験地は、下水内郡栄村平滝のブナとミズナラを主体とする二次林(標高:670m)とした。この林分では、平成17年9月に被害が確認されていた。

ミズナラ枯損木2本を伐倒して材長1mに玉切り、試験材37本を作成した。

試験材37本のうち15本の材(直径:7.7～68.5cm,平均28.3cm)は、約20cm間隔で円周方向に心材に達する傷をチェーンソーで付けた(以下、有傷区という)。残りの22本の材(直径:14.0～50.0cm,平均25.8cm)は、対照とした(以下、無傷区という)。

区ごとにはい積みし、ポリエチレン複層シートで天幕被覆した。この中にMITCを被覆容積1m³当たり360g導入し、くん蒸を行った。

処理は、平成17年11月11日に実施した。

11月18日(処理一週間後)に、各区から3本ずつ無作為に抽出し、材中央部から円板試料(厚さ:5cm以上)を採取して、カシナガの死亡状況などを調査した。

4.1.3. カーバム剤による伐倒くん蒸処理

MITCは、効果が高いものの、薬剤がボンベに封入されており、実際の防除現場では、使用が煩雑になることや、薬剤が劇物扱いであることから、より使用が簡易な普通物であるNCSなどのカーバム剤などによるくん蒸処理が望ましいと考えられる。しかし、カーバム剤は、過去の試験(谷口ら1996)で殺虫効果にばらつきがみられている。そのため、殺虫効果を高めることを目的として、チェーンソーによる前処理を行った上で、カーバム剤による伐倒くん蒸処理を行った。

試験は、平成18年と平成20年に実施した。

平成18年の試験地は、飯山市柄山のミズナラ被害林分とした。この林分では、平成17年9月に被害が確認されていた。

平成18年11月にミズナラ枯損木を伐倒して長さ1mに玉切り試験材とし、供試薬剤はNCSとした。

チェーンソーによる前処理は、試験材の円周方向に末口径30cm未満の場合は半周、30cm以上は全周にチェーンソーで心材に達する傷をつけ、はい積みした後、生分解性シートで被覆した。被覆後NCSを被覆容積1m³当たり1L投薬し、くん蒸処理を行った。また、対照として、無処理材をはい積みした(処理年月日:平成18年11月7日)

11月20日(処理2週間後)に処理区から各3本、無処理区から1本の試験材を抽出し、材中央部から円板試料(厚さ:5cm以上)を採取して、カシナガの死亡状況などを調査した。

平成20年の試験地は、4.1.2と同一の栄村の被害林分とした。

平成20年10月にミズナラ枯損木を伐倒して長さ1mに玉切り試験材とした。供試薬剤は、キルパー40(成分:カーバムナトリウム塩40%、以下キルパーという)とし、対照薬剤はNCSとした。

試験材は、平成18年と同様にチェーンソーによる前処理を実施し、はい積みした後、生分解性シートで被覆した。被覆後NCSは被覆内容積1m³当たり1L、キルパーは750ml投薬し、くん蒸処理を行った。また、対照として無処理材をはい積みして設置した(処理年月日:平成20年10月16日)。

平成20年11月4日(処理18日後)に処理区から各3本、無処理材から5本の試験材を抽出し、材中央部から円板試料(厚さ:5cm以上)を採取して、カシナガの死亡状況などを調査した。

4.1.4. 被害木伐倒処理

在原ら(2009)は、福島県において被害木の伐倒玉切りのみでカシナガの殺虫効果が得られたと報告した。本県においても、薬剤を用いない被害木の伐倒玉切り処理によるカシナガ殺虫効果を検証した。

試験地は、4.1.2.と同一の栄村の被害林分とした。

平成20年は、ミズナラ枯損木を伐倒し、長さ1mに玉切り試験材とし、開放地にはい積みした。一冬経過後に5本を抽出し、材中央部から円板試料(厚さ:5cm以上)を採取して、カシナガの死亡状況などを調査した。(処理年月日:平成20年10月16日,調査年月日:平成21年5月19日)。

また、平成21年には、被害木を0.3m、および0.5mに玉切った材を試験材として、同様の調査を行った(処理年月日:平成21年10月16日,調査年月日:平成21年5月19日)。

4.2. 結果と考察

4.2.1. 被害木立木くん蒸処理

コナラでは、地上高6m以上の樹幹には穿入孔がみられなかったが、一方、ミズナラでは、地上高12m(直径22cm)まで穿入孔が認められ、地上高9mにおける密度(2.5孔/100cm²)は地際の次に高かった(表-3)。孔道内のカシナガ成虫および幼虫は、コナラ、ミズナラともに、地上高2.5m(注入部より1m上部)までの樹幹で死亡していたが、地上高3m以上の樹幹では生存していた(表-3)。また、地上高3,6,9mから採取したすべての円板から、カシナガ成虫が羽化した。したがって、樹幹の高い位置までカシナガが穿孔している場合、注入部から離れた部位における立木くん蒸処理の殺虫効果は不十分であるものと考えられた。

4.2.2. MITC 炭酸ガス製剤による伐倒くん蒸処理

有傷区、無傷区ともに、すべての試験材で高い殺虫効果が得られた(表-4)。幼虫の殺虫率は87%以上、成虫では80%以上であった。同様(直径25cm以上)の被害材に対して、NCSくん蒸処理を行なった場合、その殺虫率はかなり低いことが報告されている(谷口ら1994)。今回の試験では、被害材への傷つけ処理の有無に関係なく、殺虫率が高いことから、MITCの高い吸着性による殺虫効果が実証されたものと判断された。

4.2.3. カーバム剤による伐倒くん蒸処理

平成18年のNCSを用いた試験では、処理による平均幼虫殺虫率は87%であり、平成20年の

NCS, キルパーを用いた試験では, 100%であった(表-5, 6)。

4.2.2. で示した MITC による伐倒くん蒸試験では, 処理後1週間の平均幼虫殺虫率は90%以上であり, 今回の試験でもほぼ同等の殺虫効果

がみられ, 齊藤ら(2009), 在原ら(2009)の結果とも同等であった。

過去のNCSなどのカーバム剤の伐倒くん蒸処理で幼虫殺虫率が低かった直径25cm以上の被害材(谷口ら1994)でも, チェーンソーでの前

表-3 立木くん蒸処理試験結果(信濃町平成17年)

地上高	コナラ		ミズナラ	
	平均穿孔密度 (孔/100cm ²)	材内生存幼虫の有無	平均穿孔密度 (孔/100cm ²)	材内生存幼虫の有無
地際	2.8	無	4.4	無
1m	1.0	無	1.5	無
2m	0.3	無	0.5	無
2.5m	0.5	無	0.5	無
3m	0.5	有	0.5	有
6m	0.0	—	1.0	有
7m	0.0	—	1.8	有
9m	—	—	2.5	有
12m	—	—	1.6	有

表-4 伐倒MITCくん蒸処理試験結果(栄村平成17年)

前処理区	No.	試料寸法			殺虫数/供試虫数 (殺虫率%)		
		長径 (cm)	短径 (cm)	平均厚さ (cm)	幼虫		
有傷区	1	42.0	37.5	5.5	4/4 (100)	105/112 (94)	
	2	30.4	25.5	7.5	4/5 (80)	87/95 (92)	
	3	26.0	24.0	7.0	4/5 (80)	84/90 (90)	
無傷区	1	20.4	19.5	8.5	3/3 (100)	40/46 (87)	
	2 [#]	28.4	18.9	6.5	—	26/27 (96)	
	3	34.3	28.5	8.4	2/2 (100)	145/159 (91)	

あて材

表-5 伐倒くん蒸処理試験結果(飯山市平成18年)

供試薬剤	No.	試料寸法			殺虫数/供試虫数 (殺虫率%)	
		長径(cm)	短径(cm)	平均厚さ (cm)	幼虫	
NCS 1L/m ³	1	18.5	18.5	6.9	38/44	(86)
	2	28.5	25.5	5.3	45/50	(90)
	3	28.0	29.0	6.5	47/55	(85)
対照 (無処理)	1	33.0	32.0	7.7	10/63	(16)

注) 調査試料は, 試験材中央部から採取した円板

* くん蒸処理の前処理としてチェーンソーによる傷つけ処理を行った。

表-6 伐倒くん蒸処理試験結果(栄村平成20年)

供試薬剤	No.	試料寸法			殺虫数/供試虫数 (殺虫率%)		
		長径 (cm)	短径 (cm)	平均厚さ (cm)	幼虫		
NCS	1	50.0	42.0	5	—	26/26 (100)	
	2	24.0	21.2	5	—	16/16 (100)	
	3	25.0	23.0	4.8	—	60/60 (100)	
キルパー 40	1	26.5	25.5	5.7	2/2 (100)	109/109 (100)	
	2	25.7	21.5	4.8	1/1 (100)	58/58 (100)	
	3	31.0	16.0	5	1/1 (100)	63/63 (100)	
対照 (無処理)	1	24.0	20.0	4	0/1 (0)	0/82 (0)	
	2	31.0	29.5	4	0/3 (0)	2/151 (1)	
	3	26.5	25.8	5	—	5/73 (7)	
	4	29.0	29.0	5	0/2 (0)	10/65 (15)	
	5	29.5	29.6	5	0/3 (0)	2/161 (1)	

注) 調査試料は, 試験材中央部から採取した円板

* くん蒸処理の前処理としてチェーンソーによる傷つけ処理を行った。

処理を実施することで、安定した殺虫効果が得られた。この要因としては、チェーンソーによる前処理で、被害材辺材部への有効成分の接触面積が増え、成分の浸透性が高くなったことが考えられた。

平成18年と平成20年の結果を比較すると、10月に処理した平成20年の方が、11月に処理した平成18年に比べて、殺虫効果が高い傾向があった。各年の被覆処理期間（処理日から調査日まで）の平均気温を近接する野沢温泉村の気象庁観測データで比較すると、平成18年は10℃以上に達した日が2日と低温であったが、平成20年は13日であり、処理期間の気温が高かった。

寒冷な時期のマツ材線虫病被害木くん蒸処理では、殺虫効果を安定させるために、処理期間を長くすることがメーカーから推奨されている。

これらのことから、本処理の効果を高めるには、処理期間の温度条件が高い方が望ましいと考えられる。

なお、NCSは、平成20年に農薬登録の適用拡大が行われ、利用可能となり、キルパーも適用拡大に向けた取り組みが行われている。

4.2.4. 被害木伐倒処理

一冬経過後の被害材におけるカシナガ幼虫の殺虫率は、表-7、8に示した。材長別の殺虫率は、1mでは8～84%とバラツキが大きく、

合計の幼虫死亡率は38%と低く、50cmでは、35～82%、30cmでは63～93%で、材長が短くなるにつれて殺虫率が上昇した。

このことは、在原ら(2009)のアカマツ-広葉樹林での試験結果と同様であり、材長を短くすることで材体積に対する木口の比率が高くなり、乾燥が進むことで、被害材内の環境がカシナガの生活環境として適さなくなったと考えられた。しかし、すべての材でカシナガ幼虫の生存がみられ、在原ら(2009)の実験で材長20cmに玉切った被害材でも、カシナガ幼虫が生存していたことと一致した。

これらのことから、被害木の玉切り処理のみで材内すべてのカシナガを殺虫することは困難であると判断された。

5. まとめ

本県のナラ枯れ被害は、県北部を中心に拡大している。その拡大も南方向へ進み始めている。これらのことから、今後よりより県中央部へと被害が進行していく可能性は高い。

被害林分の調査から、ナラ類の枯損後、高木性樹種による更新する林分があるものの、ササ類、リョウブなどの低木類の繁茂により更新が妨げられる可能性がある林分も確認された。

本病害の被害対策としては、マツ材線虫病被害同様に①被害木処理による感染源の除去、②

表-7 被害木伐倒処理試験結果(栄村平成21年)

No.	試料寸法				殺虫数/供試虫数 (殺虫率%)			
	材長	長径	短径	平均厚さ	成虫		幼虫	
	(m)	(cm)	(cm)	(cm)				
1	1m	36.0	35.0	6.0	0/3	(0)	17/199	(9)
2	1m	32.0	27.0	6.5	-	-	15/28	(54)
3	1m	35.5	31.0	5.5	-	-	17/52	(33)
4	1m	30.5	26.5	7.5	-	-	49/58	(84)
5	1m	29.0	25.0	5.0	-	-	56/69	(81)

注) 調査試料は、試験材中央部から採取した円板

表-8 被害木伐倒処理試験結果(栄村平成22年)

No.	試料寸法				殺虫数/供試虫数 (殺虫率%)			
	材長	長径	短径	平均厚さ	成虫		幼虫	
	(m)	(cm)	(cm)	(cm)				
1	0.3m	51.2	35.0	7.0			25/30	(93)
2	0.3m	44.4	36.4	7.0			20/21	(95)
3	0.3m	42.2	34.0	7.0			61/70	(87)
4	0.3m	28.6	23.7	5.5	1/1	(100)	19/30	(63)
5	0.5m	35.4	34.6	7.3	1/1	(100)	45/128	(35)
6	0.5m	34.4	32.7	6.2			61/74	(82)
7	0.5m	32.4	30.8	6.5	1/1	(100)	59/111	(53)
8	0.5m	18.4	16.0	5.0			15/40	(38)

注) 調査試料は、試験材中央部から採取した円板

被害予防処理, ③被害を受けにくい森林への転換があげられ, 早期に被害を発見し, 被害木の適切な処理, 健全木への予防処理を実施しながら, 利用できる立木を適切に利用し, 被害が出にくい大径木の少ない林分に誘導していくことが考えられる。

しかし, 実際の森林では, 急峻な地形などの立地条件, 処理にかかるコストなどの経済的条件などから, 被害対策の実施が困難な場合も多いと想定される。

そのため, 被害木の倒伏などによるライフラインへの影響といった被害回避を優先した上で, 地域で保全が必要とする森林について各種対策を適切に組み合わせて実施していくことが重要と考えられた。

本研究を進めるに当たり, 御指導, 助言および現地調査に協力いただいた(独)森林総合研究所関西支所 衣浦晴生博士, 濱口京子博士, (独)森林総合研究所 所雅彦博士, 加賀谷悦子博士, 研究方法などで御助言をいただいた山形県森林研究研修センター森林環境部長 齋藤正一氏, 京都府森林技術センター小林正秀博士, 前京都府林業試験場(現京都府南丹広域振興局)野崎 愛氏, 石川県林業試験場 江崎功二郎博士, ならびに現地調査に御協力いただいた北信地方事務所林務課普及林産係, 長野地方事務所林務課普及係, 林産係, 下伊那地方事務所林務課普及係, 同林産係, 飯山市なべくら森の家の方々, 長野県林務部森林づくり推進課県営林係, および同保安林係の方々に深謝いたします。

引用文献

在原登志男・松崎明・齋藤直彦・石井洋二(2009) ナラ類の集団枯損に関する防除技術の開発. 福島県林研セ研報 41 : 47-116.
江崎功二郎(2007) 2006年豪雪はナラ集団枯損被害減少の原因となったか?. 第118回日森学講集 : P2h21.
Etsuko Shoda-Kagaya et al(2010) Genetic structure of the oak wilt vector beetle *Platypus quercivorus*: inferences toward the process of damaged area expansion. *BMC Ecology*10:21.
Hamaguchi k. and Goto h(2010) Genetic variation among Japanese populations of *Platypus quercivorus*(Coleoptera : Platypodidae), an insect vector of Japanese oak wilt disease, based on partial sequence of nuclear 28S rDNA. *Appl. Entomol. Zool.* 45 (2): 319-328
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. *日林誌* 80:170-175.
石川県林業試験場(2005)よくわかる石川の森林・林業技術No.4 ナラ集団枯損被害と森林の変化. 15pp.
小林正秀・野崎愛(2006)ナラ枯れ被害のモデル. *森林防疫* 52(11) : 137-147.
小林正秀(2006)ブナ科樹木萎凋病を媒介するカシノナガキクイムシ. 187-212. (樹の中の虫の不思議な生活. 柴田叡弌・富樫一巳編著), 290pp. 東海大学出版会, 東京.
小山泰弘・岡田充弘・古川仁(2006)ブナを主体とする広葉樹林の造成管理技術の開発ー多様な広葉樹林の育成管理技術の開発ー. *長野県林総セ研報* 20 : 1-20.
Kubono, T. and Ito, S. (2002)*Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience* 43 : 255-260.
中島忠一・齋藤正一・小林正秀・衣浦晴生・所雅彦(2005)ナラ類集団枯死回避へのチャレンジャーカシノナガキクイムシ集合フェロモンの構造と誘引活性ー. *Aroma Research*6(4) : 348-351.
ナラ枯れ研究会(2003)平成8~11年度林業情報システム化活動事業「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. 97pp
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, *富山林技研報* 20 : 1-10.
岡田充弘・濱口京子・升屋勇人・加賀谷悦子(2006)長野県におけるカシノナガキクイムシによるナラ枯損病害. 第117回日森学講集 : A29.
岡田充弘・小山泰弘・山内仁人(2007)カシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害木の薬剤処理方法の検討. *中森研* 55 : 57-58.
岡田充弘・武田芳夫・山内仁人(2010)カシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害木の薬剤処理方法の検討(Ⅱ). *中森研* 58 : 11-12.
岡田充弘・山内仁人・加賀谷悦子・近藤道治(2009)ナラ類集団枯死被害防止技術と評価法の開発. *長野県林総セ研報* 23 : 27-36.
齋藤正一(2008)テーマ別セッション「ナラ枯れ被害で分かってきた事, これからする事」. *東北森科誌* 13(1) : 16-20.
齋藤正一・小林正秀・小島永祐(1999a)カシノナガキクイムシ駆除試験(くん蒸). 平成10年度病害虫等防除薬剤試験成績報告書 : 25-41.
齋藤正一・中村人史・三浦直美・小野瀬浩司(1999b)ナラ類集団枯損の薬剤防除法. *森林防疫* 48 : 84-94.

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. 平成6年度病害虫等防除薬剤試験成績報告書:77-81.

齋藤正一・中村人史・三浦直美(2000)ナラ類集団枯損被害立木への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 152:1-11.

齋藤正一・中村人司・阿部 豊・田畑勝洋(2009)

メチルイソシアネート液化炭酸製剤によるカシノナガキクイムシの駆除方法. 山形県森研セ研報 31:15-23.

Tokoro. et. al(2007) Novel aggregation pheromone (1S, 4R)-p-menth-2-en-1-ol, of the ambrosia beetle, *Platypus quercivorus* (Coleoptera: platypodidae). Bulletin of FFPRI 6(1):49-57.