

ナラ枯れの現場から ～山形県における防除システム～

山形県森林研究研修センター 上野 満・齊藤正一

本文の内容は、齊藤正一が執筆した「ナラ枯れ被害の総合的防除技術高度化調査事業報告書（林野庁編：2009.3）」の「3.2.1. 山形県における防除システム」から抜粋して上野満が編集した。

1. はじめに

8～10月にかけて広葉樹が急激に、集団的に枯損する現象が起こる。「ナラ枯れ」である。

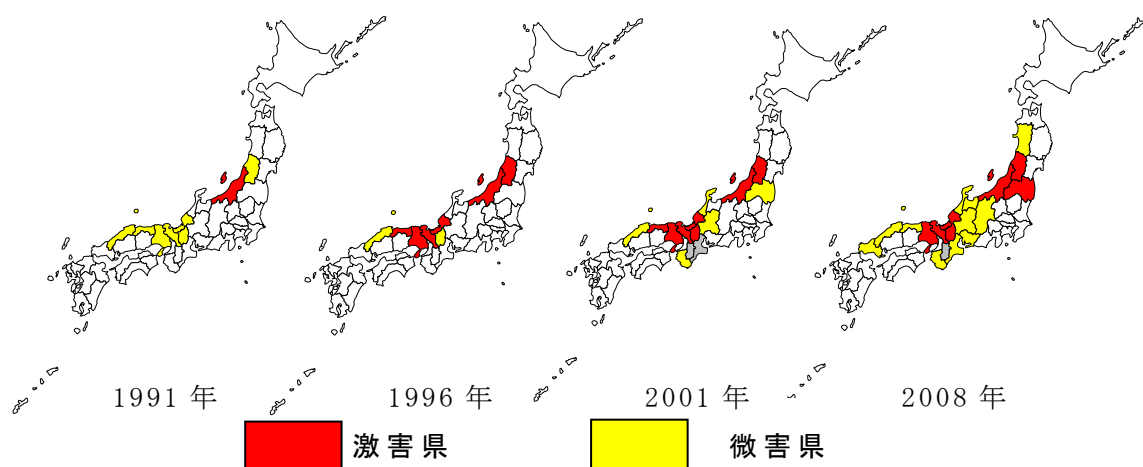
ナラ枯れは、「ブナ科樹木萎凋病」ともいわれ、ブナ科の中でもブナ属を除く全ての属（コナラ属・クリ属・シイ属・マテバシイ属）で被害が確認されている。特にミズナラ，コナラの被害は甚大である。

枯れのメカニズムは、*Raffaelea quercivora*（ラファエレア・クエルキボラ；以下ナラ菌）と言われる糸状菌が樹体内で繁殖することで起きる通道障害による。そして、このナラ菌の媒介者が *Platypus quercivorus*（カシノナガキクイムシ；以下カシナガ）である。

ナラ枯の被害地は、ミズナラ，コナラが多い日本海側を中心に 23 府県におよび、終息の目処は立っていない。最近になりナラ枯れが発生した地域では、一体どうしたらいいのか手をこまねいているのが実情ではないだろうか。

山形県のナラ枯れ被害は、全国でも比較的早く確認された。現在、その対策は、県行政，試験研究機関，国有林，市町村，地元住民との連携が確立されている。

本報告では、山形県のナラ枯れ被害に対する取り組みを紹介する。



全国におけるナラ枯れ被害府県の位置図

2. 山形県におけるナラ類集団枯損被害の発生

山形県で記録される、最初のナラ枯れ被害は、1959年日本海に面した温海町（現鶴岡市）の里山地域であった。被害が発生した場所は、伐採を繰り返して利用してきた民有の萌芽林ではなく、これに隣接した国有林であった。

当時の国有林の広葉樹林施業は、一部の薪炭共有林などの慣行販売の森林以外では、用材収穫のための大径木生産を目指した育林形態であった。すなわち、民有林の広葉樹は小径の若い山、国有林の広葉樹は大径の壮老齢の山という構図であった。被害発生地区の住民は、枯死木の払い下げを即座に国有林に申し出た。その結果、枯死木は直ぐに伐採され燃料として利用された。当時は知らず知らずのうちに、ナラ菌の媒介者であるカシナガは、焼却という最高の駆除方法により殺虫されていたのである。1959年の同地区の被害は、周辺の民有林の一部に飛び火しながら数年続いたがやがて終息した。

当時は、住民がナラ類の枯死木を次々に伐倒して完全に燃料利用した事で、カシナガを殺虫する事ができ、結果として被害は終息に向かったと考えられる。里山の樹木が、薪炭材などとして地域住民やその他の用途で継続的に活用されていれば、現在の被害も減少あるいは終息していく可能性は十分にある。しかし、当時の被害林分周辺の民有林はその後放置されるようになり、ナラ類は成長し続け、45年を経たところで再び被害が発生してしまった。



山形県での最初被害発生場所
温海町（現鶴岡市）早田

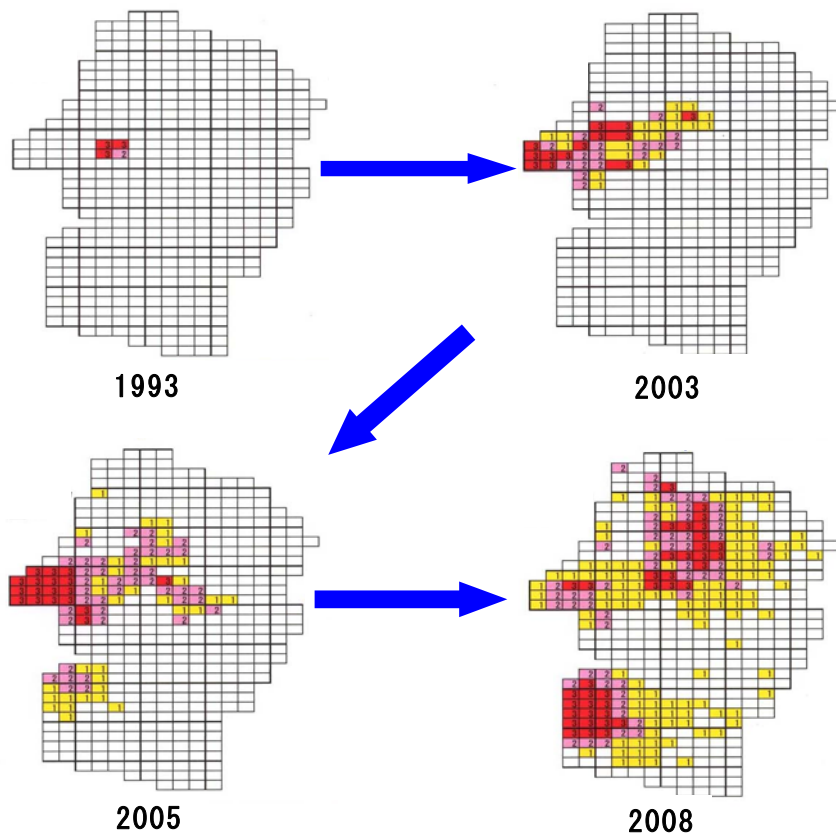


2004年における早田でのナラ枯れ

2. 山形県におけるナラ類集団枯損被害の拡大

1989年からのナラ枯れ被害は、朝日村（現鶴岡市）から始まり、新潟県からの激しい被害も加わって日本海側に面する庄内地方全域に拡大した。一方は北進して秋田県境に達し、他方は東進して県北部が2002年から被害地となり、新庄市を中心に全方位に拡大分散した。また、ナラ類などの広葉樹資源が多い県南部の新潟県境では、防除が手付かずで激害の新潟県の被害を受けて2006年から被害が始まり、2008年には米沢市を中心とする置賜地方全域に被害が及んだ。また、2007年からは山形県の最後の砦であった山形盆地内でも被害が発生し、山形盆地の北部・南部から中央を目指して被害が拡大している。ナラ枯れ被害は2008年には被害本数66,196本と過去最高となり、県内全域が被害地域となった。

山形県では、こうした被害の実態に対して、被害を最大限軽減するために取り組んだ。被害先端地では、開発が済んで実用化された防除技術の事業実施により、枯死木の駆除作業が懸命に行われており、隣接県への被害を最小限にとどめている。



※ 1メッシュは、5万分の1地形図の1/16の大きさ

集团的被害
 小集团的被害
 単木的被害

山形県におけるナラ枯れ被害地の推移

山形県のみならず，日本各地のナラ枯れ被害が発生している広葉樹林では，住民が里山の樹木を利用することはなく，足を運ぶことすらなくなっている。枯死木を燃料に利用しないばかりか，枯死木を伐倒すること自体に経費がかかり，枯死木が放置される事態に陥っている。ここが，被害が終息していた昔と，被害が終息しなくなった現在との大きな違いである。日本の山林には所有者がいて保全管理する事になっているが，萌芽更新して生育した森林は燃料革命以降はただ放置され、そこを中心に被害が発生している。また，奥地林の国有林も標高が高く，この病気で枯死しやすいミズナラが多く分布していることから，被害が発生しやすい。

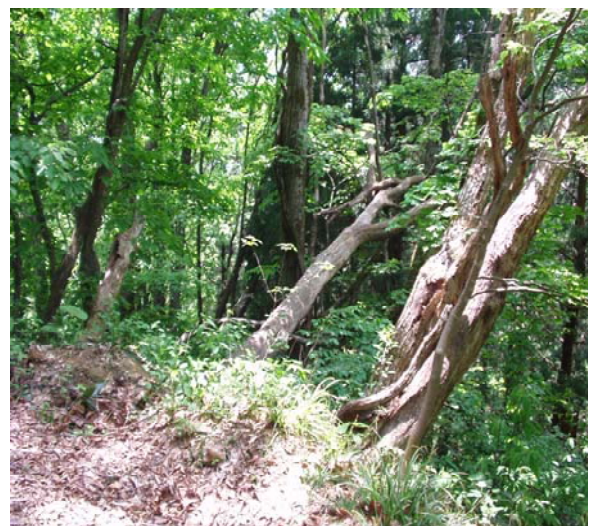
3. 山形県におけるナラ枯れ被害林分の現状

山形県の場合，被害はミズナラの附存量が多い林分で，枯死被害が多く発生する。そのためミズナラで構成される高木層は消失する恐れがある。また，ミズナラ林の林床には，耐陰性の高いユキツバキ，エゾユズリハ，ヒメアオキなどが優占する。被害林では，林冠の疎開により常緑広葉樹の拡大に加えて，マルバマンサクなどの低木類の進入が顕著である。残存木から供給された堅果類・種子は，生育が難しく高木性広葉樹の天然更新の可能性は困難な状況にある。

被害で枯死した立木は，約 5 年以降から倒伏を起すことが多く，主要道や電線などのライフラインにかかわる被害を起す可能性が高いため，道路付近などの枯死木の伐倒が必要になる。



高木層の消失と常緑低木の発達



枯死してから7年経過した
ミズナラの倒伏

4. 山形県におけるナラ枯れ防除システムの概要

林野庁は、2004年にナラ枯れの原因となる菌を媒介するカシナガを森林病害虫等防除法における法定害虫と位置づけ、松くい虫（マツ材線虫病）におけるマツノマダラカミキリと同等の防除体制によって被害対策を進める態勢を整えた。ナラ枯れ被害の防止あるいは軽減のためには、法定害虫に対する対策を立てて防除をしていく必要がある。

山形県森林研究研修センターと県庁森林課では、研究からの知見、行政・現場からの要望をもとに、ナラ枯れ防除に関する考え方を整理し、効率的かつ実用的な防除システムの構築を目指してきた。「新しい知見」と「行政・現場からのフィードバック」の融合により、民有林・国有林を問わず発生するナラ枯れ被害を同一の土俵で協議・連携して、被害軽減に向けた方向性を話し合う検討会を立ち上げるに至った。

防除の基本的な考え方は、短期的には、ナラ枯れ被害の軽減や終息を目ざし、殺虫を基本とした防除を実施する事である。長期的には、被害が発生しにくい里山二次林の管理育成手法を整える事である。

5. 山形県のナラ枯れ防除に対する理念

その① 先端的な初期被害地の着実な防除

先端的な被害地を初期に防除すれば、被害の拡大を確実に遅くさせる事ができる。しかし、初期被害を受けた市町村には防除を実施する予算は無い。これまで山形県では、予算が無い市町村の被害に対しては、林務の普及指導職員と山形県森林研究研修センターの研究員が協力して関係市町村や森林組合職員に対して、防除研修会を開き、被害にあっている市町村とともに、自力で防除活動をしてきた。これまでの努力の結果、山形県では平成20年度からは初期被害地での防除のための予算が執行されるようになり、初期被害に対する防除体制が整えられている。

その② 海岸林での被害は撲滅する

日本海に面する海岸林内に点在するミズナラやカシワを宿主とするナラ枯れ被害は、北上のスピードが極めて速い。そこで海岸林での被害は、全量駆除に努め、秋田県への被害の伝播を最低限にする事を心がけている。

その③ 民有林・国有林が連携したナラ枯れ被害に対する認識を持つ

ナラ枯れ被害に民有林・国有林の区分はない。ナラ枯れ被害対策の目標は、民有林・国有林ともに被害軽減により、健全な森林を維持する事である。

民有林と国有林の連携については、県レベルでは山形県庁森林課と東北森林管理局、地域レベルでは県の総合支庁森林整備課・関係市町村と森林管理署および森林組合が、被害の情報交換を行い、可能な限り先端的な初期被害地での被害軽減や効果的な防除のあり方と実施に関して話し合い、現実的な対策を相互に取り合っ様々な問題を相互の力で解決していく場を持つ事が大切である。

その④ 最先端の防除技術は積極的に試す

ナラ枯れ研究で最先端の技術は山形県森林研究研修センターから発信される。それをいち早く応用できるか、研究と行政が連携して直ぐに実証試験を実施し現場で使える技術に仕上げていく事をめざしている。

その⑤ 人と人のつながりを大切にして、いつも森林の将来を議論する

ナラ枯れ被害は悲惨である。ナラ林がナラ林として更新していかない可能性が高い。カシナガは森林病虫害等防除法における法定害虫であるが、「ナラ木が枯れても誰も困らない」という人が案外多い。山形県ではナラ林は、県の森林の約 30%を占めるほど面積が多く、炭酸ガスの吸収源としても大切な事は明白である。また、ナラ類は木材そのものとしての利用やホダ木など多様な林産物として利用されており、資源の消失は避ける必要がある。私たち研究員や森林行政の職員は、このナラ林を健全な森林として維持していく必要性について、粘り強く話し合いながら、ナラ林の行く末がどうあるべきかを常に考える機会を作っている。

6. 山形県の防除システムを支えるアイテム

その① 民有林・国有林連携の「ナラ枯れ被害防止対策検討会」

山形県では、平成 19 年度から「ナラ枯れ被害防止対策検討会」が開催された。この検討会は、民有林と国有林の代表、そして民間の団体が集まり、ナラ枯れ被害の意味や発生地、被害拡大傾向の情報を共有し、防除に関する現状と課題、被害対策の連携の方法と実施について協議をする場となっている。また、最先端の防除技術を民有林と国有林が連携して活用する事も大切な事案となっており、現在はカシナガ合成フェロモンを利用した面的防除法の実証試験の実施についても話し合われ、この会議を経て実証試験が県内合計 45 箇所で行われている。

その② 全県あげての被害量調査と被害本数表・被害位置図の作成

山形県では、山形県森林研究研修センターと行政機関が連携して、1989年から、ナラ枯れ被害の位置図と被害本数についての実態調査を実施している。調査班は、地元役場職員、森林組合、県職員、国有林職員など、防除計画と作業に実際に関わるメンバーで構成されている。被害を実際に見ながら行動することで、今後の防除作業の展開が共通認識として出来上あがってゆく。9月中に県内全域で実施して、被害位置図と被害本数について公開している。

その③ 主要樹種の植生図

山形県森林研究研修センターでは、環境省の自然環境GISの植生図をもとにしてMicrosoft社のExcelのBookファイルを利用した主要6樹種の植生図を作成した。ナラ枯れ被害は、ミズナラが多く生育する地域で多く発生するので、市町村単位の被害の予測に活用できる。この植生図は、Excelのデータなので、誰でも気軽に、植生情報を共有でき、市町村の森林整備計画などにも利用できる。

その④ カシナガの羽化脱出予報

齊藤ら（2003）が開発した定点（山形県旧朝日村上名川）における4月と5月10℃以上の積算気温を利用した推定式により、県内の被害市町村に対して標高別にカシナガの羽化初発日の情報提供を2000年から実施している。

その⑤ 豊富な先端防除技術と研究・行政の連携

山形県は、山形県森林研究研修センターが森林総研や全国の府県林試と開発する先端的で有効な防除技術を直ぐに取り入れ、実証試験で検証し実現可能な技術に仕上げ、事業実施を可能にする研究スキルと行政の協力体制がある。

7. 山形県のナラ枯れ防除システムを支える主要な技術

その① 被害地の予測

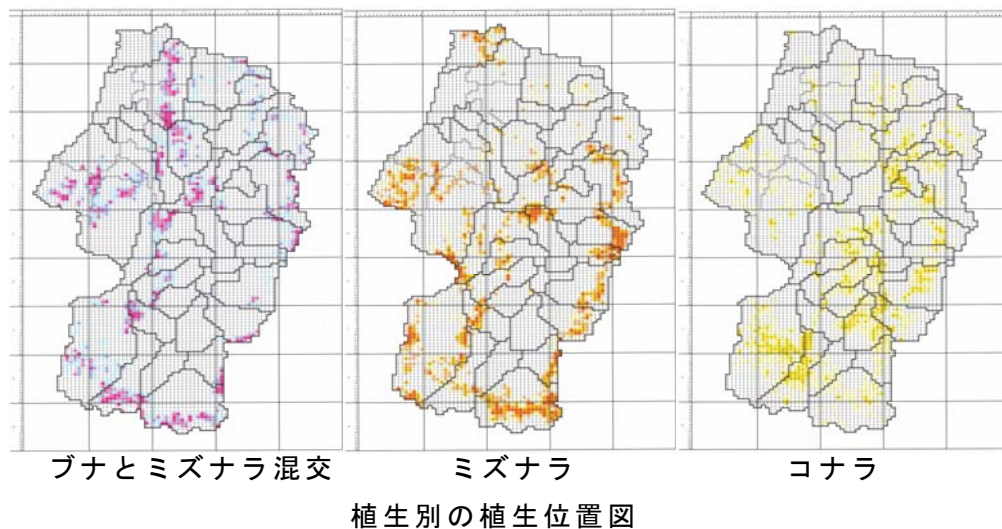
ナラ枯れ被害は、ミズナラの付存量が多い森林で被害が激化する。被害を最小限に留めるには、被害を早く発見し、駆除する事が必要になる。このためには、今年または来年被害がどの地域で発生するか予測できれば有効な対策をとれる。

山形県では、1993年からの調査結果をもとに、ナラ枯れ被害の予測に必要な情

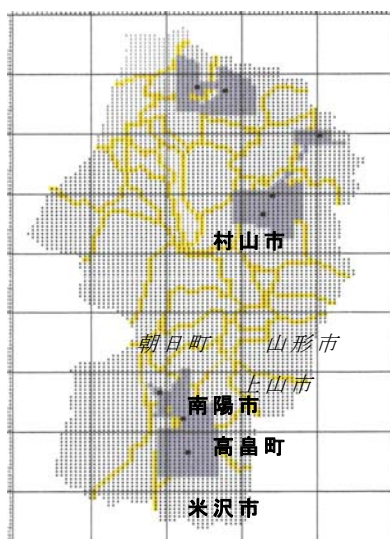
報を次の通り整理して，2007 年から次年度の被害予測を県内全域の市町村に伝えている。その手法は次のとおりである。

ナラ類を中心に考えた植生図を環境省が配付する自然環境 GIS の植生図を編集して作成し，これを Excel のワークシートに作り直して，被害が発生するミズナラなどナラ類が多く生息する位置の情報を整理した。

次に，新規の先端被害地から，飛び火的に拡大する被害の拡大距離のデータを整理して，被害の最大拡大する範囲を想定し，それをメッシュ図に書き入れ，市町村単位で被害地に関するコメントを加えるという手順を踏んでいる。



2007 年の結果をもとに 2008 年の被害地の予測を市町村単位で行ったが，新たな被害地になると予測したのが，村山市，米沢市，南陽市，高畠町であった。2008 年の新規被害発生市町村は，予測した村山市・米沢市・南陽市・高畠町に加えて，朝日町・上山市・山形市が被害地となった。



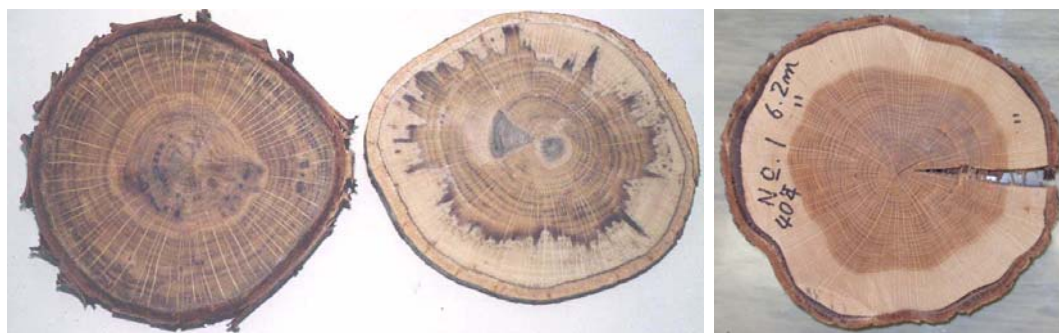
- ・ 黒丸が 2007 年の新規被害地
- 予測
- ・ 灰色部分が 2008 年の新規被害予測地域
- 結果
- ・ 太字は予測が的中
 - ・ 斜字は予測外で発生

2007年の新規被害地と2008年の新規被害地の予測図

予測の的中率は、 $4/7=57.1\%$ である。しかし、上山市では標高1000mを越える蔵王山系のキャンプ場、山形市は県庁に隣接し住宅が密集する千歳山で発生しており、これまでの自然発生的な原因とは別の事情で被害が発生したと考えられる。この2例を除けば、 $4/5=80\%$ であり自然条件での新たな被害地の発生は予測できる確率は高いものと考えられる。

例外となった上山市と山形市の新規被害の発生が、被害地の枯死木や穿入生存木から採取された丸太を元にした材料を未被害地に持ち込まれたのだとすれば、カシナガは法定害虫に指定されているので、今後は人為的な被害材の移動を制限して被害の未然防止に努める必要がある。また、山形県では、ホダ木の販売所に対して、辺材に変色した部位が木口面にある被害材がないか、また、カシナガのフラス(木屑)が出ている被害材がないかを確認してきた。こうした、行政指導も人為的な被害拡大には重要な方法である。

具体的には、法的な移動制限や被害地におけるナラ類丸太の取扱いに関するガイドラインの制定が必要になる。山形県では、ナラ枯れ被害材の有効活用の推進と被害軽減を目的に「ナラ枯れ被害材の利用に関するガイドライン」を策定した。



枯死木

穿入を受けた生存木

未被害木

カシナガの穿入の有無で異なるミズナラの木口面の様子

その② カシナガ新成虫の初発日の予測

カシナガの新成虫は、山形県ではほぼ6月中旬から羽化脱出する事を確認している。枯死木の駆除を新成虫の羽化脱出前までに完了していれば、被害の軽減には大変に役に立つ。

山形県では 1992～2000 年の 9 年間に於けるカシナガの初発日の調査から山形県内におけるカシナガの初発日を予測し、市町村に対して 2000 年から広報できるようになった。

カシナガの初発日はおよそ 6 月 20 日ころだが、樹幹内でカシナガの幼虫が生育するのに必要な期間は、温度がある程度上昇する 4～5 月の月平均気温を説明変数とすることにして、基準温度を設定し初発日との間の回帰式を計算した。カシナガは飼育が非常に難しく、まだ基準温度が決まっていなから、回帰式へのあてはまりが一番いい温度を仮に基準温度とすると 10℃と決める事ができた。

回帰式の目的変数としての初発日は、4～5 月の日平均気温で基準温度 10℃を超える日の温度を累計した説明変数を次式に代入すると、計算結果として出てくる y は 4 月 1 日から数えて何日目かという事になる。

初発日の予報は、山形県森林研究研修センターが 6 月 1 日に県庁森林課に市町村単位の予報を伝え、即日、県内関係市町村に電子メールで連絡されるシステムを構築している。市町村では、この予報をもとに春季の駆除作業の終了予定日を作業委託先の森林組合などに伝えて、効率的な活用をしている。

$$Y = -0.1273 \times X + 107.7170 \quad r^2 = 0.8491 \quad (n=9)$$

Y : 初発日 : 4 月 1 日からの日数, X : 10℃を越える 4～5 月の日平均気温の累計

※ 気象データの観測点 : 国土交通省国道 112 号線上名川観測点

北緯 : 38 度 35 分, 東経 : 139 度 51 分, 標高 130m

その③ 被害量の予測

被害は、冬季や夏季の天候の違いが、カシナガの生育条件やナラ類の生理状態に多少なりとも変化をもたらし、それが被害量の年度別の違いにもつながっている可能性は高い。

山形県では、1991 年から毎年被害本数の調査を継続しているが、冬季間の気象条件の違いが、カシナガの生育状態の違いをもたらしている可能性が高いという仮説のもとに、日平均気温と積雪量のタイプ分けを 3 区分にして夏季における被害量のとりまとめを行った。

冬季のタイプが、多雪寒冷または平年並みの時は夏の枯死本数は前年の 1.5 倍未満にとどまり、少雪暖冬のタイプの場合はカシナガの生育期間が長くなって夏の枯死本数は前年の 1.5 倍を越える事がわかった (χ^2 test $p < 0.05$)。こうした長年のデータをもとに山形県では、予想される凡その被害量に見合った防除体制を整えつつある。

その④ 多様な防除技術

山形県森林研究研修センターは、全国に先駆けて防除法の研究にとりくんだ。枯死立木の樹幹下部に注入孔を多数あけてNCSを注入し、カシナガを殺虫する駆除方法を開発した。その後、接着剤と殺虫剤による健全木の予防法、殺菌剤による健全木の予防法等の開発に成功した。全国でも様々な防除法の開発が進み完全ではないものの、短木的な駆除と予防の方法はかなり整ってきた。

山形県では、これらの防除技術を現場に合せて使用できるように、代価表を定めて現場での防除事業ができるようにしている。一つの防除方法にとらわれず、現場の状況と被害の特徴に合わせた防除方法を実施している点が大きな特徴である。

山形県でナラ枯れ防除事業で実施している作業方法(2009年現在)

防除区分	現場	条件	方法	利点	欠点
駆除	山地	全般	枯死立木NCS注入法	伐倒を伴わず多数処理	樹幹上部の殺虫が不可能
	山地	緩斜面	枯死木伐倒駆除NCS被覆法	ノコ目を入れれば殺虫率高い	伐倒の危険性と事業費高い
	海岸林	全般	伐根NCS注入・樹幹部焼却法	伐根は薬剤で確実に殺虫処理	焼却のために樹幹の運搬必要
	海岸林	全般	伐根NCS注入・樹幹部現地チップ法	伐根は薬剤で確実に殺虫処理	大径木はチップ処理不能
予防	山地	公園・巨木	殺菌剤樹幹注入法	枯死率低く、約3年間効果持続	薬剤が高価で多数処理不可能
	山地	緩斜面	ビニール被覆法	非常に安価で処理が比較的楽	地際や株立ち木の処理が難しい

8. 防除システムを一般化させるために

ナラ枯れ防除システム構築のために必要な骨子は、組織と人のネットワーク作りと技術を取り揃える事にある。

第1に、組織と人のネットワーク作りについては、ナラ枯れ被害には民有林と国有林の区分は無い事を前提とした協議会などの組織化が必要である。ナラ枯れの総合的な防除システムを構築するにあたって最も大切なのは、民有林と国有林の協力体制を築き上げることである。

被害位置や被害本数といった基本的な情報の共有化をはじめとして、組織的・段階的な防除エリアの設定には民有林と国有林の連携は欠かせないのは明らかである。そして、それぞれの事情に応じた被害軽減のための防除計画や事業実施へと展開するべきである。

第2に、山形県が構築したナラ枯れ防除システムのうち、他地域において技術的にクリアすべき事案が数点ある。

- 1) 植生配置は地域によって異なる。特にミズナラの生育配置に応じた植生図を完成させ、これを被害予測に積極的に利用すること。

- 2) 毎年の被害位置を 1/5000 の図面か最低でも 1/50,000 の図面に記録して、可能な限り、1/50,000 を 16 等分した程度のメッシュ図を作成すること。
- 3) カシナガの初発日の予測は防除の基盤となる事から、山形県以外の各地で初発日が予測できる数式を導き出す必要があること。
- 4) 行政と研究機関が常に協力し合い、よりよい防除技術の創造と実用化につとめ改善の手を緩めないこと。
- 5) 多数開発が進んだ防除技術を各地の現場に合せた形で、実施可能なパターンを提示してメニュー化すること。
- 6) 長期的には、被害を受けている森林やこれから被害を受ける可能性がある森林の林分構造や植生に応じた更新方法や森林復旧の方法について育林分野の研究者といっしょに検討すること。

ナラ類を主とするかつての薪炭林は、30cm を越える大径木が生育する二次林として変化し、かつて体験したこと無い林分構造になっており、その健全性と持続性を保つためにはこれまでの薪炭林として扱ってきた常識は通じないのである。「ナラが枯れて、いった誰が困るのか？」と声を荒げたり、鼻で笑う人に対して、私たち森林行政に携わる職員は、粘り強く健全な森林の持続が必要であり、次代の子孫のために、今、私たちが一つ一つ解決していかなければならない事を強い信念を持ってあたる必要がある。