

「ナラ枯れ」はその後どうなったのか？

森林環境課 中島 春樹 (p1-2, 7-8)
松浦 崇遠 (p3-6)

1. はじめに —ナラ枯れの多発した二次林—

ナラ枯れは、カシノナガキクイムシ(以下、カシナガ)がもたらすミズナラやコナラの枯死被害です。森林はその成因から、人が植えた「人工林」、原始的な「自然林」、伐採や山火事で森林が消失した後に自然に再生した「二次林」の3つに分けられますが、ナラ枯れはこのうち二次林で多発しました。富山県の二次林の多くは、かつて薪の採取や炭の生産のため利用されていた、コナラ、ミズナラ、ブナが優占する林です。富山県の二次林面積は961km²で、森林の36%、県土の23%を占め、平野部をとりまくように分布し(図1)、里山の主要な景観要素ともなっています。1960年代の燃料革命後、薪炭材生産には利用されなくなりましたが、現在でもオガ粉やパルプ材の生産のため利用されているほか、野生生物の生息地や人々の保健休養の場としても機能しています。このような様々な機能を持ち、

県内に広く分布する二次林に、ナラ枯れは大きなインパクトを与えました。

研究レポートNo.2では、ナラ枯れ被害の実態と防除や、被害跡地の森林更新についてまとめましたが、このレポートでは、被害の分布と推移、被害の沈静化の要因、枯死木の分解過程、被害による森林の変化について報告します。

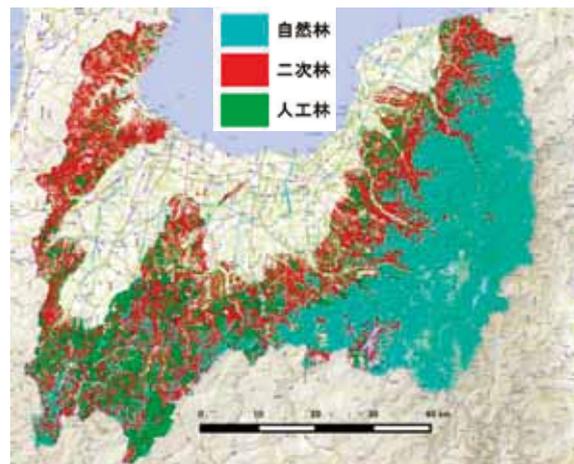


図1 富山県の自然林、二次林、人工林の分布
環境省植生図より作成

2. ナラ枯れ被害の分布と推移

民有林全域における被害調査

ナラ枯れした木の多くは、紅葉より早い時期に葉が赤褐色に変色するため、遠くから見ても目立ちます。そこで、富山県では、毎年夏期に車道からの目視によりナラ枯れ木の位置と本数を記録する調査を、農林振興センターで実施してきました。調査範囲は民有林の全域で、おお

むね図1の二次林と人工林の分布域にあたります。

被害の分布と推移

被害は2002年に石川県境に位置する旧福光町の医王山で初めて発生が確認された後、県全域に拡散しました(図2,3)。県北東部への拡散速度は最大で46km/年

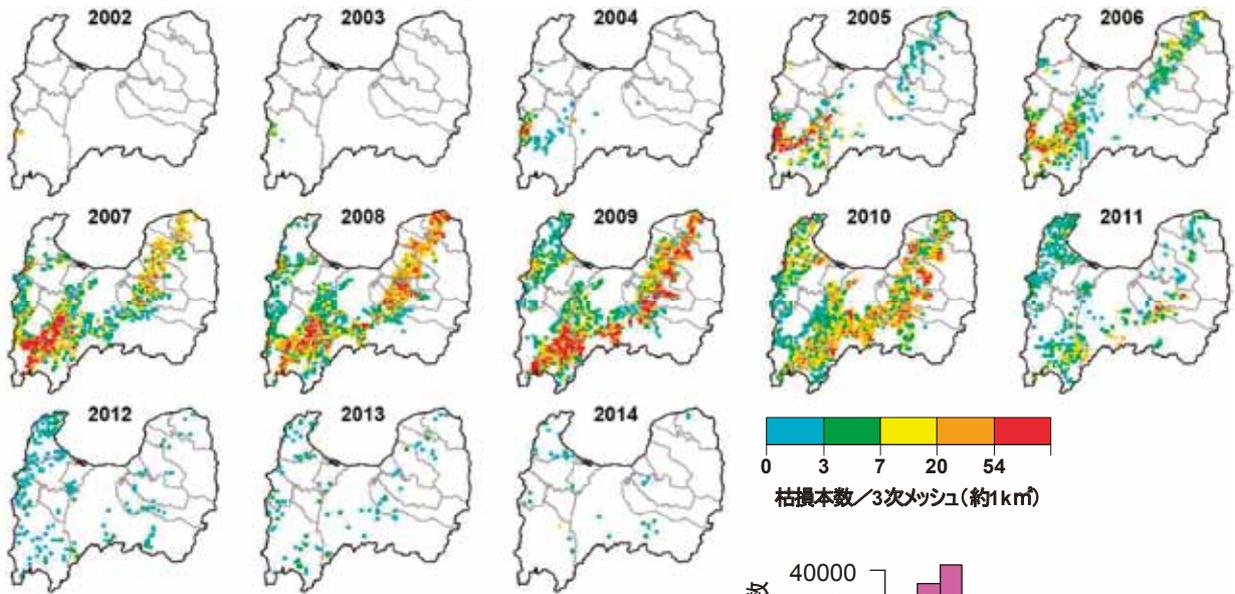


図2 ナラ枯れ被害分布の年次推移
3次メッシュ（約1km²）単位で集計

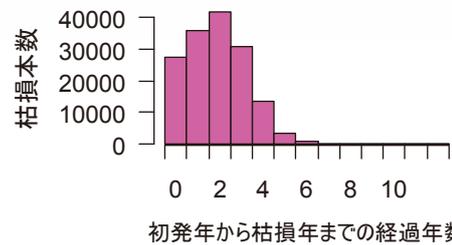


図4 3次メッシュ（約1km²）における被害の初発年からの経過年数別の枯損本数

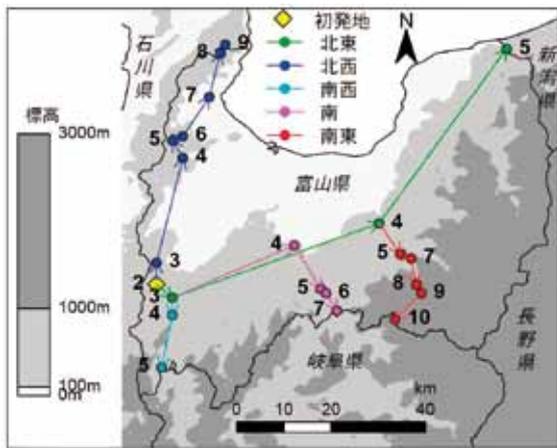


図3 ナラ枯れ被害の拡散過程
添え数字の2～10は西暦2002～2010年を表す

と速く、2005年に朝日町の新潟県境へ達しました。県北西部へは2009年に氷見市北端の石川県境に、県南西部（庄川流域）へは2005年に旧上平村の岐阜県境に、県南部（神通川流域）へは2007年に旧大沢野町の岐阜県境に達しました。県南東部の標高1000mを超える有峰地区を経て岐阜県境に達したのは2010年で、この年までに新たな地域への被害の拡散はほぼ終了しました。

被害の激しい地域（図2の赤いメッシュ）は、県南西部の初発地点からより遠

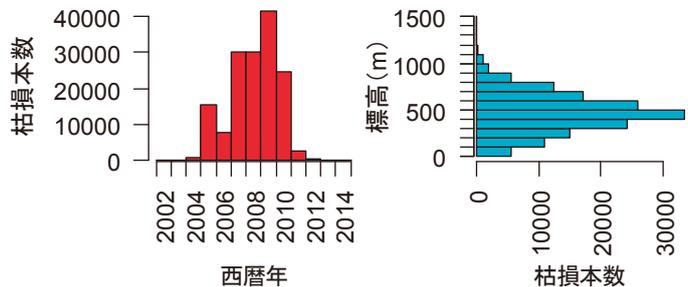


図5 枯損本数の年次推移(左)と標高分布(右)

くへと、図3の拡散過程を追うように2004年から2010年にかけて移動していきました。各地域での被害推移を表す、被害のあった1km²メッシュそれぞれにおける初発年からの経過年数別の枯損本数を見ると(図4)、2年後に最も多くなり、6年後にほぼなくなっていました。

枯損本数の全県値は、2005年に急増し、2009年に最大に達して、2011年に激減し沈静化しました(図5左)。枯損が多かったのは、標高500m前後のミズナラの優占度が高い標高帯でした(図5右)。

3. 低標高域におけるナラ枯れの沈静化

カシナガの穿入履歴と被害の推移

標高の低い地域において、被害が沈静化した林分（標高 280m）を対象に、被害の発生から沈静化までの期間中、ナラの生死とカシナガの穿入孔の有無を調べました（図 6）。

被害が沈静化するまでに、ほぼ全てのナラが穿入されていました。しかも、穿入された年は1年に限らず、多くのナラが複数年にわたって穿入されていました。ところが、このようにほぼ全てのナラがカシナガに穿入され、さらには生き残ったナラも再度の攻撃を受けるようになったとき（図 6 の 2010～2011 年）を境にして、穿入孔数はみるみる減少し、枯死木の本数も次第に頭打ちとなりました。

具体的に、穿入 1 年目・2 年目・3 年目……と攻撃されたその年数（穿入年数）ごとに抽出したナラの穿入孔数と枯死率を比較したところ（図 7）、穿入年数が 2 年目以降になると、同じくらい穿入されているにもかかわらず枯れにくいことがわかりました。

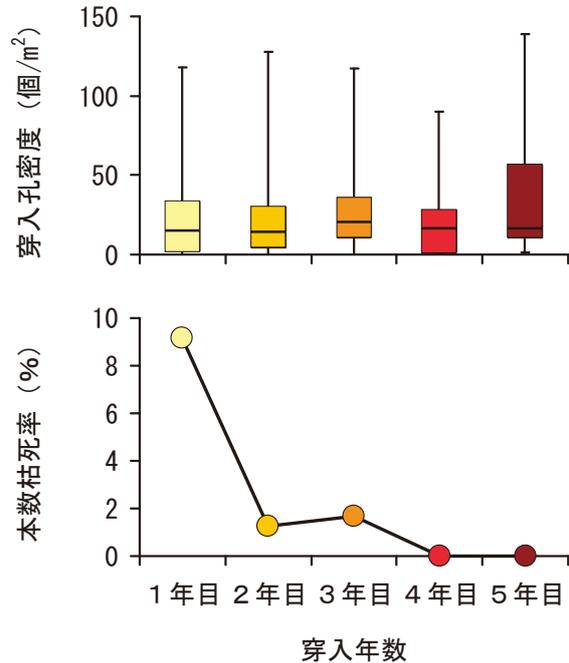


図 7 カシナガの穿入年数とコナラ穿入木の穿入孔密度および本数枯死率

胸高直径 10cm 以上の穿入木を調査。穿入孔密度は地上高 0.5～1.5m の範囲が対象。穿入孔密度のバーの上端と下端は最大値と最小値、ボックスの上端と下端は第 3 および第 1 四分位数、ボックス内の仕切りは中央値を示す。本数枯死率には、穿入された年の翌年以降に遅れて枯死したもの（年越し枯れ）は含まない。

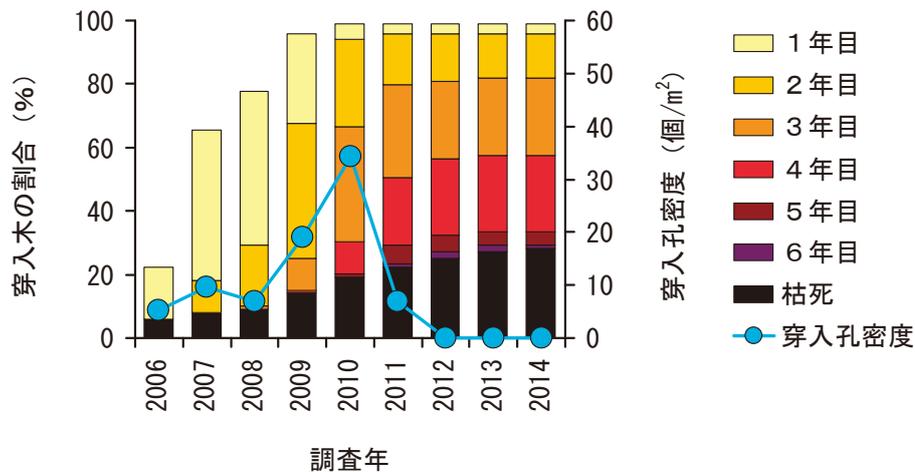


図 6 コナラ穿入木の生死とカシナガの穿入年数および穿入孔密度の推移

胸高直径 10cm 以上の立木を調査。穿入孔の有無は地上高 0～2m、穿入孔密度は地上高 0.5～1.5m の範囲が対象。

被害が沈静化する過程において、ナラとカシナガの寄主・寄生者関係に、どのような変化が生じたのでしょうか。

カシナガの穿入履歴と繁殖

木の中で羽化したカシナガの成虫は、その親が空けた穿入孔を通して、木の外へ脱出します。したがって、穿入孔に餌を仕掛けて、脱出した成虫を捕獲すれば、雌雄のつがいから次世代の成虫がどのくらい繁殖したかがわかります。

2箇所の林分（標高 160m・280m）において、ある年に被害を受けて枯死したナラと生き残ったナラから、翌年に脱出した成虫を調べたところ（図 8）、どちらの林分でも枯死木からは多くの成虫が脱出しましたが、生存木からは少なく、とりわけ穿入年数が 2 年目以降になる生存木からはほとんど脱出ませんでした。

これらの結果から、標高の低い地域では、ほぼ全てのナラが穿入された状態になり、生き残ったナラはカシナガの攻撃を受けても枯れにくく、カシナガの繁殖にも適さなくなると推察されました。カシナガは古くなった枯死木でも繁殖で

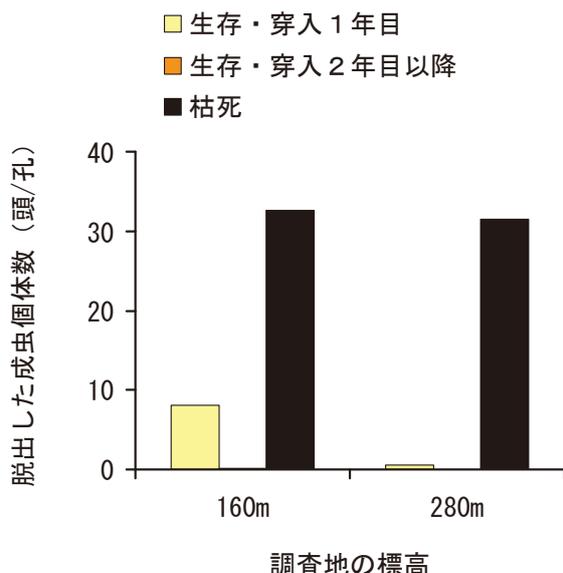


図 8 コナラ穿入木の生死およびカシナガの穿入年数と穿入木から脱出した 1 穿入孔当たりのカシナガ成虫個体数

胸高直径 10cm 以上の穿入木を調査。被害の発生後 4 年が経過した調査地において、地上高 0.5~1.5m の範囲にある穿入孔各 10 個に羽化トラップを設置。

きないため、個体数が減少し、被害は沈静化したと考えられました。被害を受けて生き残ったナラではカシナガの繁殖が困難な理由として、新たに巣作りできる場所が少なく、餌となる菌もうまく育たないためとされています。

4. 高標高域におけるナラ枯れの沈静化

被害地の標高と被害の推移

被害はさらに高い地域へと拡大し、標高 1,000m を超える林分まで広がりました。このような地域においても、被害が沈静化した林分（標高 610~1,160m）を対象に、被害の推移を調べたところ（図 9）、標高が高くなるにつれて、カシナガに穿入されていない、すなわち無被害のナラの割合が大きく、逆に枯死木の割合は小さくなり、被害は減少しました。こ

のことは、「ほぼ全てのナラが穿入された状態になると、被害が沈静化する」という、標高の低い地域での説明に当てはまりません。カシナガの繁殖に適した無被害木が残存していたにもかかわらず、被害はどうして沈静化したのでしょうか。

被害の発生は、標高が高くなると遅れる傾向が見られますが、被害の沈静化は同時期（図 9 の 2012 年以降）であることに注目しました。

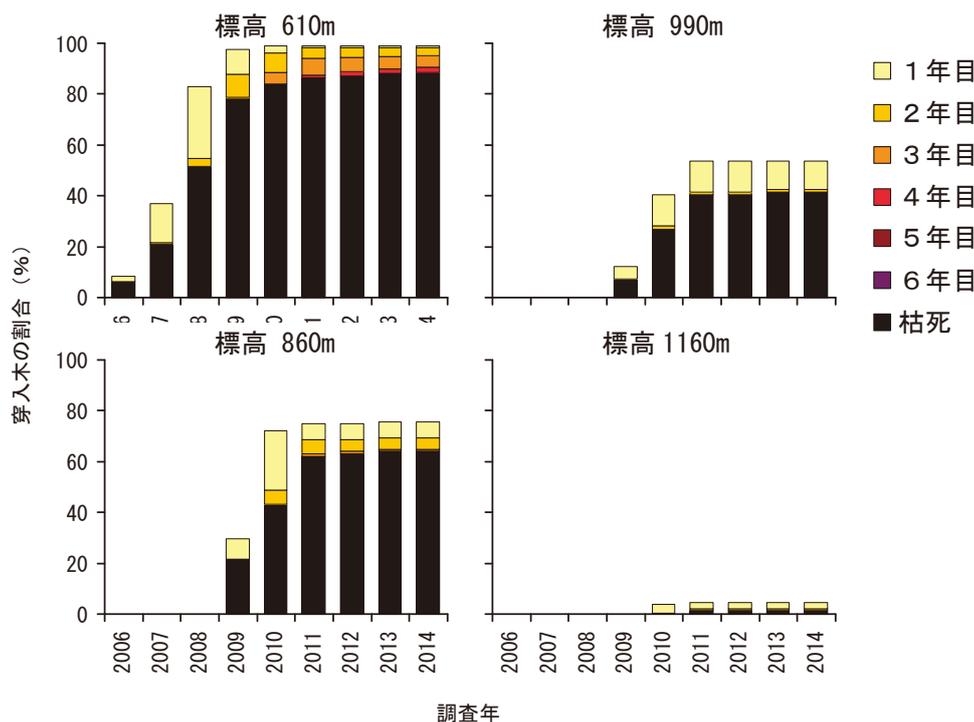


図9 ミズナラ穿入木の生死とカシナガの穿入年数の推移
胸高直径 10cm 以上の立木を調査.

被害地の標高とカシナガの繁殖

同じ河川の流域で標高が異なる林分（標高 330~1,160m）において、枯死したナラから脱出した成虫を調べたところ（図 10）、標高 860m の地点ではわずかし、990m 以上の地点では全く脱出させませんでした。標高が高くなると、気温は低下し、冬には長い間雪に閉ざされるため、厳しい自然環境がカシナガの繁殖を抑制していると考えられました。

これらの結果から、繁殖していなかった標高の高い地域でも被害が発生したのは、標高の低い地域で繁殖したカシナガが標高の高い地域へと移動したからであり、標高が高くなるほど遠くまで移動しなければならず、被害が減少したと推察されました。その後、標高の低い地域では、ほぼ全てのナラがカシナガに穿入され、カシナガの繁殖が困難となったため、標高の高い地域への移動が途絶えて、標

高の低い地域と高い地域が同時期に沈静化したと考えられました。

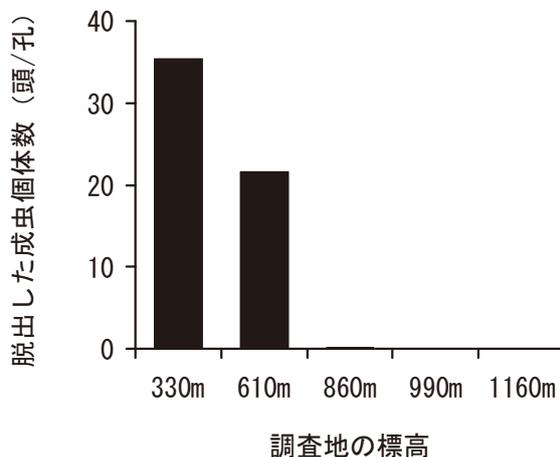


図 10 林分の標高とミズナラ枯死木から脱出した 1 穿入孔当たりのカシナガ成虫個体数

胸高直径 10cm 以上の穿入木を調査。地上高 0.5~1.5m の範囲にある穿入孔各 10 個に羽化トラップを設置。330・610m の調査地は 2009 年と 2010 年、860・990m の調査地は 2009~2011 年、1160m の調査地は 2010 年と 2011 年の平均値。

5. ナラ枯れ枯死木の分解過程

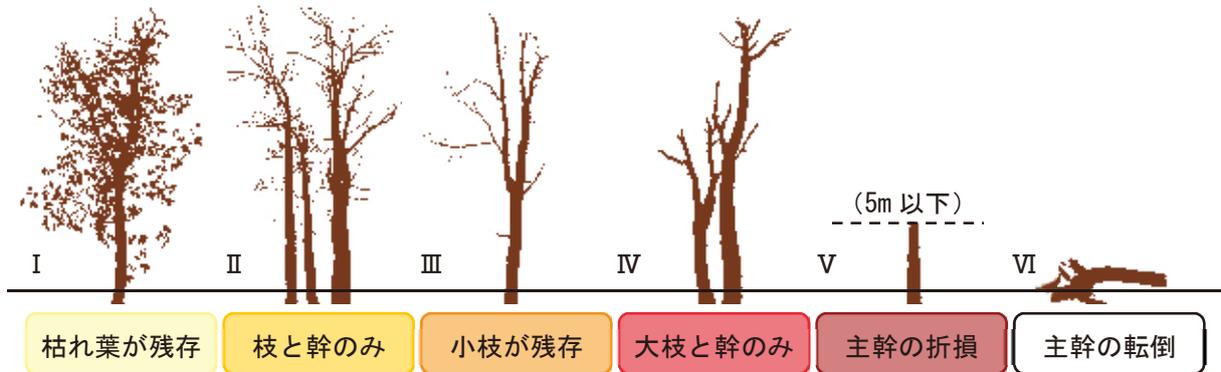


図 11 枯死木の残存形態の区分

枯死木の危険性

被害地では、ナラの枯死木が多数発生しました。カシナガが枯死木の中で繁殖する期間は、枯れた年の翌年までですが、枯死木はその後にも他の昆虫や木材腐朽菌など、分解者の侵入にさらされます。これらの枯死木を立木のまま放置すると、折損・転倒して周辺を通行する人や車に危険を及ぼす心配があります。

12)、枯死後 1～2 年が経過すると、小枝が全て脱落した IV の形態が出現するようになり、危険の大きな主幹の折損は早ければ 2 年後から、主幹の転倒は 4～6 年後から出現していました。

これらの結果から、樹下の安全を十分に考慮すると、枯死木は 2 年以内に伐倒することが望ましいと考えられました。

枯死木が分解される過程

枯死木を残存形態の違いによって I～VI に区分し（図 11）、枯死後の経過年数が異なる枯死木を比較して、分解の過程を調べました。枯れた年には枯れ葉が枝に残っていますが（I）、年を越すと脱落して枝と幹のみとなり（II）、次に小枝が脱落し始め（III）、やがては大枝と幹のみとなります（IV）。年数がさらに経過すると、主幹が折れたり（V）根元から転倒したり（VI）します。

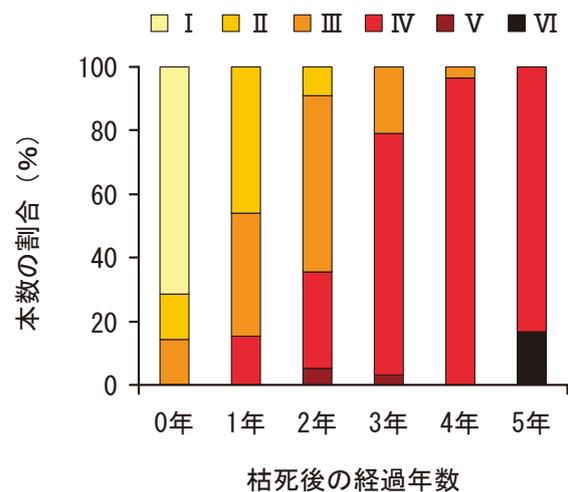


図 12 ミズナラ枯死木の枯死後の経過年数と残存形態

胸高直径 10cm 以上の枯死木を調査。被害の発生後 5 年が経過した調査地において、枯死後の経過年数別に抽出。

枯死木が分解されるまでの期間

被害地にある複数の林分（コナラ 4 箇所・ミズナラ 4 箇所）を調べたところ（図

6. ナラ枯れによる森林の変化

森林の変化を固定調査区で捉える

森林の資源量や樹種組成が、ナラ枯れでどのように変化したか明らかにするため、1987～1990年に県内全域に設定した16の固定調査区における、20年間以上にわたる林分動態を解析しました。調査区は、ブナ、ミズナラ、コナラのうち1種または2種が優占する二次林で、コナラは0～400m、ミズナラは400～800m、ブナは800m以上の標高帯で優占していました（図13）。胸高直径5cm以上の木について、毎木調査を数年間隔で2013年まで繰り返しました。

れ前」と「ナラ枯れ中」に分けて、調査区ごとに年あたり本数枯死率を算出しました（図14）。ナラ枯れ前にも枯死する木は年に2%前後ありましたが、樹種による差はありませんでした。これらは、主に下層の被圧木の枯死でした。一方、ナラ枯れ中は、ミズナラはコナラやブナより枯死率が高くなりました。図14は年あたりの枯死率ですが、ナラ枯れ中の期間を通しての枯死率は、ブナ27%、ミズナラ79%、コナラ36%であり、ミズナラは大部分の木が枯れてしまいました。ミズナラはコナラよりもナラ枯れしやすいことは、普遍的な傾向として知られています。

枯死率

県内でナラ枯れが初めて確認された2002年を境として、調査期間を「ナラ枯

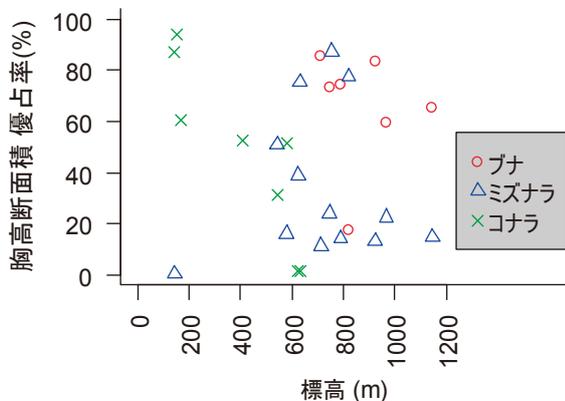


図13 標高と優占率（調査開始時）の関係

資源量

ナラ枯れ前の期間にもある程度の枯死率があったこと（図14）からもわかるように、二次林ではナラ枯れが無くとも被圧木の枯死により本数は減少していきます。一方で、残存木は成長して太くなっていきます。そこで、ここでは資源量の指標として、本数と幹の太さにより決まる胸高断面積合計を用います。

ブナは全期間を通じて増加傾向で、7調査区すべてで調査開始年より2013年

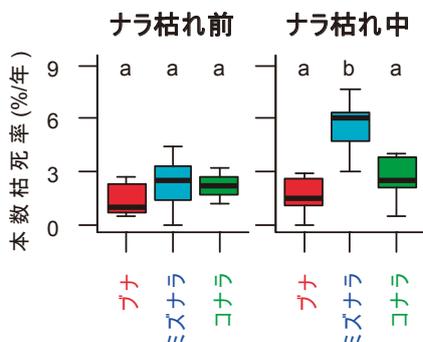


図14 年あたり本数枯死率

同じアルファベットには5%水準で有意差がないことを示す

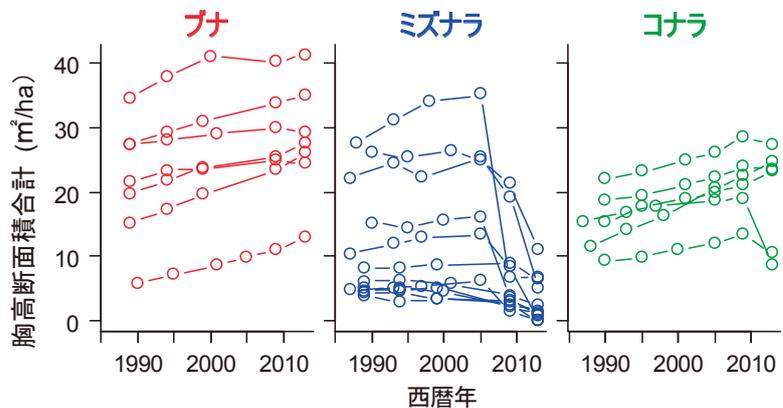


図15 胸高断面積合計の推移

の方が多く、平均で 1.43 倍になりました（図 15）。一方、ミズナラは 2005 年以降にナラ枯れの影響を受けて顕著に減少し、12 調査区すべてで開始年より少なくなり、平均で 0.25 倍まで激減しました。このことは、ナラ枯れはミズナラの資源量に地域レベルで大きな影響を与えたことを意味します。コナラは一部の調査区で 2009 年以降にナラ枯れの影響で減少しましたが、開始年と比較すると 6 調査区中 5 調査区で多くなり、平均で 1.31 倍になりました。コナラについては、全体としてみると、ナラ枯れによる枯損量を上回る成長量があったため、資源量へのナラ枯れの影響は大きくなかったと言えます。

ナラ枯れ後の森林

ナラ枯れ木の下には、コハウチワカエデ、ブナ、コシアブラ、ウワミズザクラといった暗い林内でも成育できるタイプの高木樹種が生えていました（表 1）。これらは、枯死木にかわり上層木へと成長

することが期待されます。一方、ミズナラやコナラの幼木は、暗い林内では成育できないため、あまり生えていませんでした。従って、ナラ枯れ被害が激しかった林では、多様な樹種が混交する林に変化していくと推察されます。ただし、マルバマンサクなどの斜立した樹形にしかない小高木樹種が繁茂している場合もあり（表 1）、高木樹種による更新が進みにくいこともあるでしょう。

ナラ枯れ被害が大きかったのは、ミズナラの優占度が高かった標高 400~800m（図 13）の二次林なので、今後は特にこの標高帯における森林の変化を注意深く見守っていく必要があります。

表 1 ナラ枯れ木の下に生えていた木

樹種	生活形	出現頻度 (調査区数)	幹数	胸高直径
				(平均±標準偏差)
				(cm)
コハウチワカエデ	高木	6	18	11.5 ± 4.5
ブナ	高木	5	10	13.0 ± 2.4
コシアブラ	高木	4	8	11.4 ± 6.0
マルバマンサク	小高木	3	23	7.1 ± 1.4
ウワミズザクラ	高木	3	5	13.4 ± 6.1
タムシバ	小高木	3	4	6.6 ± 1.2
アズキナシ	高木	3	3	16.6 ± 3.9
その他8種			23	

関連成果

- 松浦崇遠・中島春樹 (2011) ナラ枯れ Q & A. 富山森研 研究レポート No.2
 松浦崇遠・中島春樹 (2012) カシノナガキクイムシの穿入や繁殖に影響を及ぼす寄主サイズと旧薪炭林の年齢構成—富山県のコナラ林を事例とした被害要因の一考察—. 中部森林研究 60:143-146
 松浦崇遠・中島春樹 (2015) カシノナガキクイムシによって発生した枯死木の残存形態の経年変化. 中部森林研究 63:印刷中
 中島春樹 (2013) ナラ枯れ跡地の森林再生—更新方法検討に向けて. 現代林業 568:40-44
 中島春樹・小林裕之 (2014) 富山県における植生図から区分した森林タイプ別および民有林と国有林別の森林分布. 富山森研研報 6:1-12
 Nakajima H, Ishida M (2014) Decline of *Quercus crispula* in abandoned coppice forests caused by secondary succession and Japanese oak wilt disease: Stand dynamics over twenty years. For. Ecol. Manage. 334:18-27

研究レポート No.10

平成27(2015)年3月13日発行

編集 富山県農林水産総合技術センター森林研究所
 〒930-1362 富山県中新川郡立山町吉峰3
 電話 076-483-1511 FAX 076-483-1512
 HP: <http://www.fes.pref.toyama.jp/>