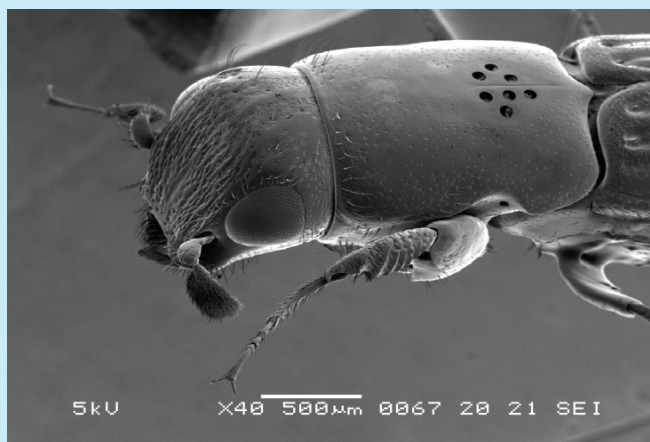


ナラ枯れに立ち向かう

— 被害予測と新しい防除法 —



このパンフレットについて

ミズナラやコナラなどが集団で枯れていくナラ枯れは、「第二の松くい虫」とも言われるほど大きな被害を日本の森林にもたらしています。被害はすでに北海道をのぞくほぼ日本全国で生じており、被害量も年々増加する傾向にあります。

被害拡大が目立ち始めた1980年代以降、行政・研究機関の森林保護関係者により、さまざまな対策が精力的に試みられてきました。しかし、従来の防除手法は単木的な処理にとどまることが多いため、より広域的で面的な対策が求められています。

私たちは、農林水産省による実用技術開発事業「ナラ類集団枯損の予測手法と環境低負荷型防除システムの開発（平成20～22年）」によって、面的なナラ枯れ対策に必要な「被害予測」と「林分単位でのカシノナガキクイムシ防除」についての研究を行ってきました。このパンフレットは、その研究成果を広く知って頂く目的で作成したものです。

ここでご紹介する防除技術は、まだ試験開発途上のものであり、防除資材のなかにはまだ一般には入手できなかったり使用できないものも含まれています。また、地域や林相の違いもあり、すべての場所での効果が保証されているものでもありません。私たちは今後の研究によって、これらの問題を克服し、有効なナラ枯れ防除法を実用化したいと願っています。

研究機関を代表して 独立行政法人 森林総合研究所

目次

I	樹木の伝染病「ナラ枯れ」	3
II	ナラ枯れと植生	4
III	ナラ枯れハザードマップ	5
IV	防除は微害のうちに	6
V	殺菌剤の樹幹注入（予防）	7
VI-1	おとり木トラップ法（駆除）	8
	2 おとり木トラップ法の施用法と効果	9
	3 おとり丸太法（駆除）	10
V	資料編	11

写真説明（表紙）

上 : 新潟県のナラ枯れ被害地

下左 : カシノナガキクイムシのメス成虫（背中に菌を入れる穴が見える）

下右 : 多量のフラスが積もったコナラ被害木の地際部

I 樹木の伝染病「ナラ枯れ」

被害の現状

ナラ枯れによるミズナラやコナラ等の集団枯損は、北海道など一部の地域を除きほぼ日本全土、29都道府県（2011年3月現在）で発生が確認されています。ナラ枯れと思われる被害は古くから各地で記録されており、決して新しい生物被害というわけではありません。しかし、被害が急激に拡大し始めたのは1980年代以降です。2010年の被害面積は全国で2511ha、枯損量は23万m³（林野庁）に及んでおり、わが国の天然広葉樹林にとって最悪の生物被害の一つとなっています。

ナラ枯れのしくみ

ナラ枯れは糸状菌（カビの仲間）の1種、*Raffaelea quercivora*という学名を持つ病原菌（通称「ナラ菌」）による伝染病です（図1）。この病原菌を木から木へ運ぶのがカシノナガキクイムシ（「カシナガ」）と呼ばれる甲虫

です。カシナガは樹幹の辺材部に深い孔道を掘りますが、このときナラ菌が木の内部に侵入します。カシナガの集中攻撃を受けた木では、葉がしおれて垂れ下がり、さらには赤褐色に変色します。これはナラ菌の作用によって道管での樹液流が停止し、「水切れ」を起こすからです。

被害の特徴

カシナガの集中攻撃を受けた木では、幹に爪楊枝ほどの直径の孔が多数あき、そこから大量のフラス（木くずと虫の排泄物が混じったもの）が排出され、根元に溜まります。ナラ枯れによる枯損は、一般に梅雨明け後、7月中旬から8月にかけて発生することが多いですが、個体や地域によっては9～10月に入ってから枯れることもあります。また、比較的稀ですが、穿孔を受けた翌年の開葉期に枯れる個体もあります。



図1 ナラ枯れに関わる3種の生物

Ⅱ ナラ枯れと植生

被害樹種

これまでの各地の被害履歴から、被害の発生しやすさと様々な環境要因との関係を調べた結果、植生が被害と最も良く対応していることがわかりました。ナラ枯れの被害を最も受けやすいのは、ブナ科コナラ属（*Quercus*）に属するミズナラやコナラです。また一般に大径木ほどカシナガが穿入しやすく、枯死しやすい傾向がみられます。

こうした条件にかなう森林は、たとえ今は被害が無くても、将来的には被害を警戒しておかなくてはなりません。

なお、落葉樹であるミズナラ、コナラ以外にも、アベマキやクリ、あるいは常緑のスタジイやマテバシイなど常緑のブナ科樹木での被害も知られていますが、本書ではミズナラ、コナラを中心に扱います。

被害発生警戒マップ

ナラ枯れ被害は、ミズナラやコナラを中心とする森林で被害の発生しやすいことから、環境省自然環境情報GISの植生情報を土台にして、ナラ枯れ被害が発生する可能性が高い地域を抽出することが可能になりました。図2は本州全土について、植生を色分けし、ナラ枯れが発生しやすいミズナラやコナラを主体とする森林がある場所をわかりやすく示したもので、被害の発生する可能性の高い地域を示す「被害発生警戒マップ」と考えることができます。

このマップから、ミズナラ林は青森県から京都府までの広い範囲にわたって分布していることがわかります。また中国地方の中央部にも存在しており、そのミズナラ林の周辺には、コナラ林が存在しています。実際、これらのミズナラ林・コナラ林で、ナラ枯れ被害が発生しています。

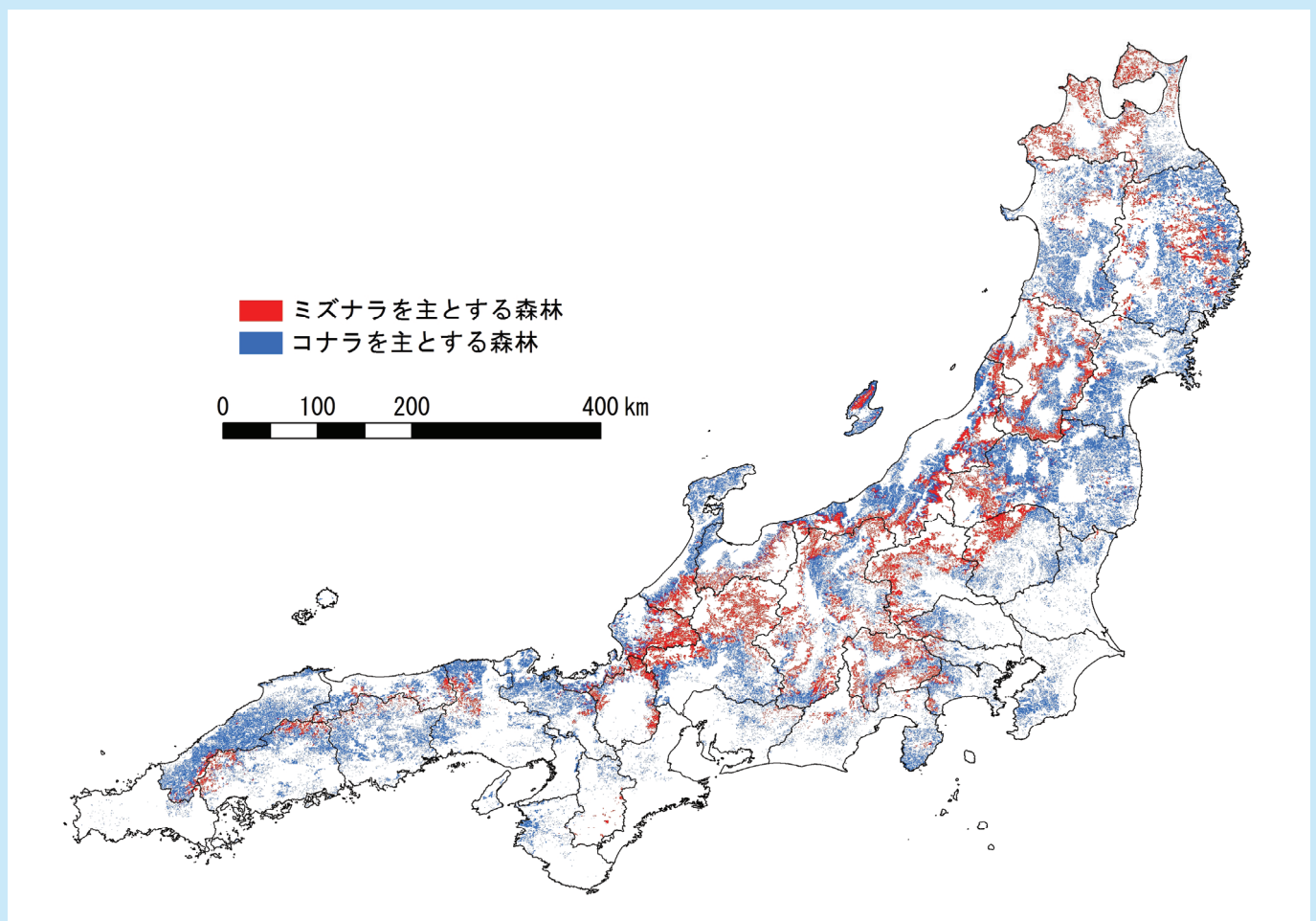


図2 ナラ枯れ被害に対応した、本州の植生分布マップ（被害発生警戒マップ）

Ⅲ ナラ枯れハザードマップ

ナラ枯れの予測

松枯れ同様、ナラ枯れも激害化すると防除は非常に難しいので、被害状況を迅速に把握し初期段階で防除を行うことが大切です。そのためには、被害地を予測することが必要です。しかし前ページの「被害発生警戒マップ」では、具体的な被害発生場所を予測することはできません。そこで、植生のデータに加え、今までの被害拡大のデータを用いて図3のような「ナラ類枯損予測モデル」を作りました。これによって1kmメッシュごとに翌年の被害発生確率を計算することができます。

ハザードマップ

山形県を例に、予測された翌年の被害地と実際の被害地とを比べたところ、被害予測はかなり精度が高いことがわかりました（図3）。福島県でも結果は同様でした。したがってこのモデルは各県に広く応用できると考えられます（図4）。

さらに、東北地方のいろいろな被害地間でカシナガの遺伝的な組成の違いを調べたところ、約50km離れると遺伝的に別のまとまりとなっていることがわかりました。被害箇所間のカシナガはこの距離を超えて行き来しない

と考えられるので、もとの被害地から50 km以上を虫が飛んで突然被害が広がることはまずないでしょう。

この被害発生予測マップ（ハザードマップ）で新しい被害地を予測し、微害段階での防除が可能になります。

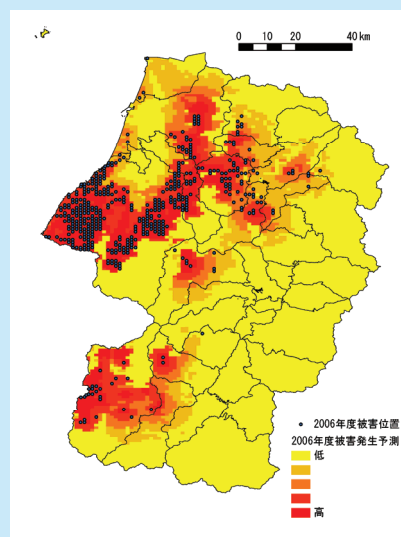
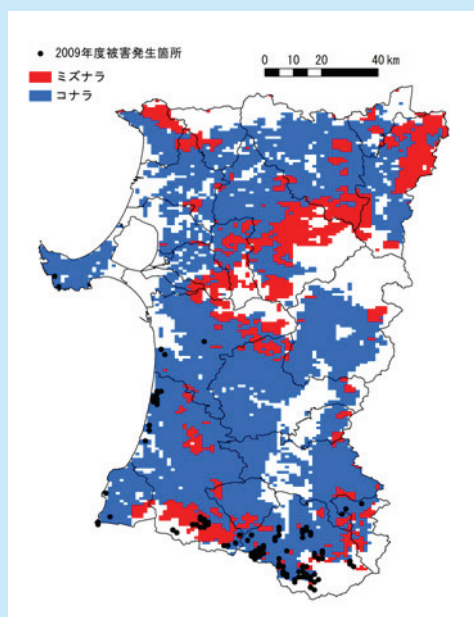
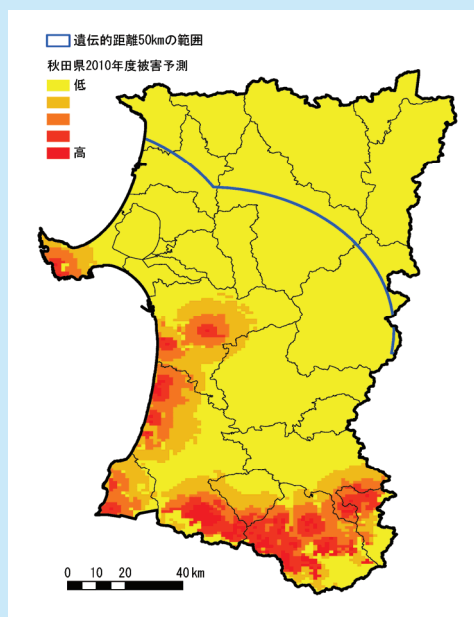


図3 山形県のナラ枯れ被害の発生予測と実際の被害地。2006年の被害地（黒点）は、赤色の濃い地域（発生確率が高いと予測された地域）に集中しており、予測が当たっていることがわかる。



1kmメッシュを単位とした
被害発生警戒マップ



被害発生予測マップ
（ハザードマップ）

図4 秋田県を例としたナラ枯れ被害発生予測マップ

Ⅳ 防除は微害のうちに

初期防除の重要性

松枯れと同じように、ナラ枯れも放置すれば被害は拡大する一方です。したがって、できるだけ早く防除しなければなりません。1ha当たりの被害本数が1～10本未満の微害であれば、林分全体を守る面的防除を目指すことができます（図5）。

微害の段階ですみやかに防除するには、前ページで示した被害予測が役に立ちます。被害が数十km以内に迫ってきたら、監視を強化し、翌年の被害地を「ナラ類枯損予測モデル」で予測し、迅速な防除体制作りが必要です。

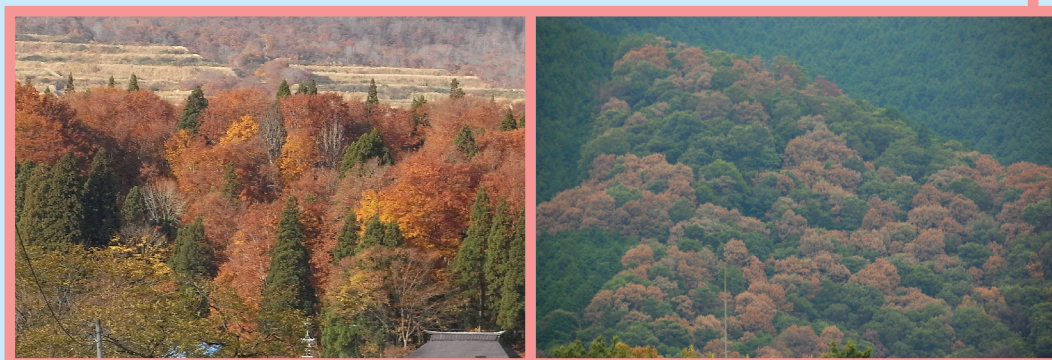
具体的な防除技術

これまでに、駆除方法としてはNCSによる燻蒸処理、伐倒焼却、チップ化処理等が、また予防法としては、シート被覆、樹幹塗布剤・殺虫剤の塗布などが行われてきました。これらの個別技術については、11ページの参考文献等をご覧ください。

ここでは初期被害地（微害地）防除を念頭に置き、①殺菌剤の樹幹注入法、②カシナガの合成フェロモン剤を利用した「おとり木トラップ法」、および③おとり丸太法によるカシナガの駆除・低密度化について、ご紹介します。



区分*	被害本数のめやす* (1ha当たり)	対処方針
未被害地	無し	被害が数十km以内に接近したら監視を強化。
微害地	1～10本未満	枯損木の徹底処理や、殺菌剤の注入などによる予防、おとり木トラップなどの面的防除を行う。
中・激害地	10本以上	防除が困難な場合が多く、殺菌剤の樹幹注入等による守りたい木の単木処理が中心となる。激害化すると、被害木の利用やナラ枯れ後の管理も視野に入れる。



* この被害区分や本数のめやすは絶対的なものではありません。林況や立木密度によっては10本未満でも中・激害と見なすべき場合もあります。被害がわずかでも発生したらただちに対処することが大切です。

図5 ナラ枯れ被害区分と対処方針

V 殺菌剤の樹幹注入（予防）

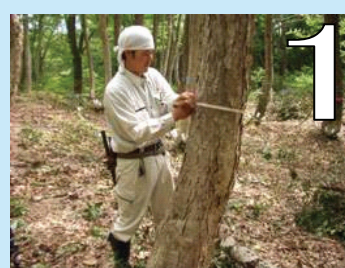
ナラ枯れでは菌類が大きな役割を果たしています。病原菌であるナラ菌はもちろんですが、カシナガは「養菌性キクイムシ」の仲間なので、孔道で特殊な菌類を育て、幼虫も成虫もそれを餌にして生きています。

そこで、カシナガが穿入する前に、殺菌効果の高い薬剤を樹幹に注入しておくことで、カシナガが穿入しても材内の菌類が死滅、もしくはその繁殖が抑制されるため、木を枯損から守ることができます。この方法は、守りたい地域・樹木を効果的に枯死から防ぐ方法と言えます。現在、ナラ枯れ用に農薬登録された殺菌剤が2社から販売されています。

実際の施用方法は図6に示すとおりですが、以下のような注意点があります。

- ①殺菌剤の注入は開葉期からカシナガ初発の2、3週間を目安に行う。
- ②腐れ・節等、殺菌剤が注入されにくい場所を避けて幹に穴を開ける。
- ③注入後のボトルには空気孔を開ける
- ④根曲がり木等では樹幹内での薬液の拡散・浸透がよくないため、効果が無い場合がある。

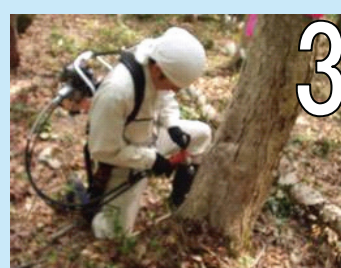
殺菌剤の樹幹注入は時期や接種方法等を正しく行えば、ナラ類に対して高い防除効果が期待できますが、この方法はあくまで、未被害の健全木を守るためのものなので、被害を受けた後から施用しても効果がありません。



生立木の胸高直径(cm)を測定



テープに注入箇所を記入。本数は使用説明書に従い胸高直径から算出



樹幹の地上20～30cmに注入孔を開ける



薬剤ボトルを5回振る



キャップをはずしてノズル装着



注入孔にノズルを回して挿入



ボトル側面下部に目打ちで穴あけ



ボトルを2～3回もみ空気を抜く



1週間後にボトルを撤去して回収

図6 殺菌剤の樹幹注入の手順（例として「ウッドキングSP」をミズナラに施用する場合）

Ⅵ-1 おとり木トラップ法（駆除）

カシナガの大量誘殺

おとり木トラップ法は、前ページの殺菌剤を含む、次の三つを組み合わせる、新しいカシナガ防除法です。

- ①殺菌剤
- ②カシナガの集合フェロモン
- ③樹木から出る匂い

おとり木であるナラ類にカシナガを大量におびき寄せることで、ナラ類を守りながらカシナガも同時に駆除する方法で、カシナガ密度の低い地域で特に効果が期待できます（図7）。

おとり木トラップの原理

カシナガが仲間を呼び集める集合フェロモンは、人工的に合成が可能です。しかし、樹木から出る匂い成分とフェロモンとを組み合わせると、格段に誘引効果が高まります。

そこで、集合フェロモンを装着したナラ類（おとり木）にドリルで穴を開けて樹木の匂い

成分も同時に発散するようにします。これによって相当数のカシナガがおとり木に穿孔します。いったん誘引されたカシナガは、自分たちでも集合フェロモンを放出するので、誘引数はさらに高まります。おとり木そのものがカシナガのトラップになるわけです。

おとり木にはあらかじめ殺菌剤を注入し（前ページ参照）、カシナガが穿孔しても木が枯れないようにしておきます。また穿孔したカシナガの多くも繁殖できず、個体数を増やすことができません。

このように、おとり木を複数設けることによって、林内のカシナガの数を減らし、枯損本数も減らすのが「おとり木トラップ法」の原理です。ただし、集合フェロモンはまだ農薬登録されていないため、一般にはまだ使えません（2011年3月現在）。ここではおとり木トラップ法の開発を目的に、実証試験的に使用しています。また「おとり木トラップ法」は特許申請中です。

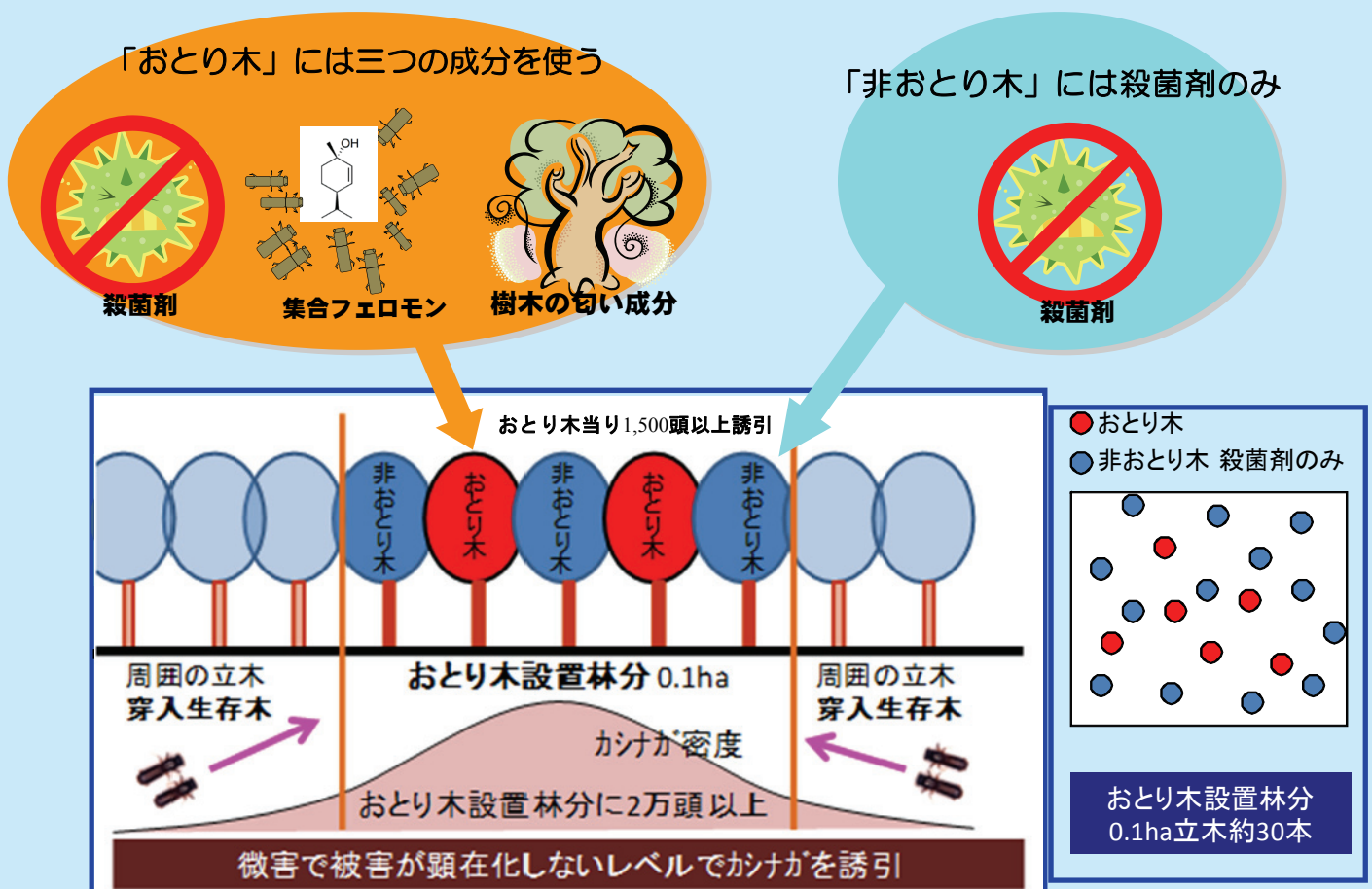


図7 おとり木トラップ法によるナラ枯れ防止の原理

Ⅵー2 おとり木トラップ法の施用法と効果

おとり木トラップの施用例

実証試験の結果に基づき、現段階での標準的な施用法について示します（図8）。

①施工単位：コナラやミズナラを主とした約0.1haを1単位とする。

②おとり木の本数：1施工単位内に生育する健全なナラ（ミズナラとコナラの混交林であればコナラ）4本程度を「おとり木」とする。

③処理方法： おとり木には殺菌剤注入処理＋ドリル穿孔処理＋集合フェロモン剤を装着。それ以外の立木は殺菌剤注入処理のみをした「非おとり木」とする（図7）。

なお、ドリル処理の代わりにエタノールを樹幹に装着しても誘引効果を上げる事ができる。

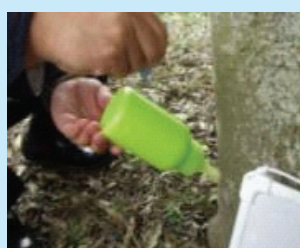
④処理時期

殺菌剤注入は開葉期からカシナガ発生の2～3週前、ドリル穿孔はカシナガ初発の1～2週前、フェロモン剤装着はカシナガ初発の1週前をめどに行う。

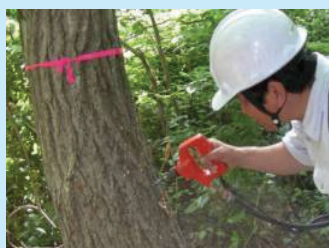
枯損防止効果

おとり木トラップを施工した0.1haの1単位あたり、カシナガは3万頭以上誘引されます（図9）。

これにより、微害の場合は、枯死木の発生が抑えられ、無処理の場合の1割程度しか枯死しない事がわかっています（図9）。



殺菌剤の樹幹注入



穿孔処理



集合フェロモン剤装着



おとり木の外観

図8 おとり木トラップの試験的施用例

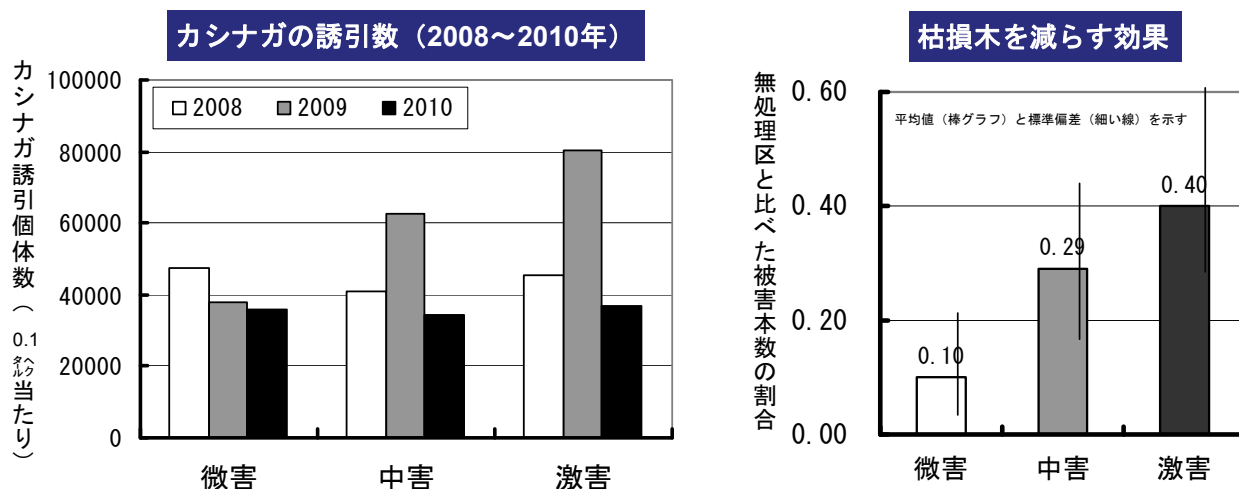


図9 おとり木トラップ法の効果

Ⅳ－３ おとり丸太法（駆除）

おとり丸太法

この方法は、健全なナラの木を切って丸太を作り、木口から発生する木の匂いと、集合フェロモン剤を利用してカシナガを誘引する方法です。殺菌剤は使いません。

初期被害が発生した場合に、ナラ林へのカシナガの拡大を避けたい場合は、隣接するスギ林など被害を受けない林分内におとり丸太をおいてカシナガを誘引する事ができます（図10）。丸太を林道付近に集積しておけば、設置と回収時の手間が少なくて済みます。

カシナガを誘引した丸太は、新成虫の羽化前にチップ（必ず厚さ10mm以下にする）などに粉碎すれば完全に殺虫できるうえ、燃料などの資源としても活用できます。ただし未被害地へ被害丸太の移動は厳禁です。

方法

おとり丸太法も集合フェロモンを用いるので、まだ試験的にしか使用できません（8ページを参照）が、以下の方法で施用するとカシナガの誘引効果が高いことがわかっています。

①丸太の規格

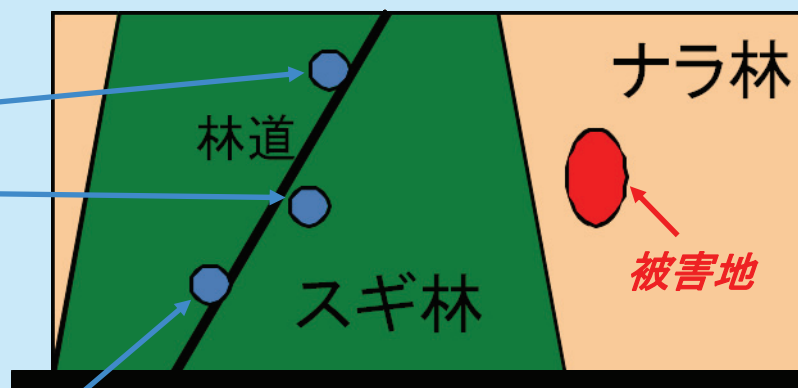
健全なナラ類を5～6月に伐採して1～2mにし、末口10cm以上の丸太を使用。

②設置デザイン

井桁組か、はい積とし、そこにフェロモン剤を装着。

③設置箇所

スギ林などの林床を利用するなど、なるべく陽光が直接あたらないような場所で丸太の乾燥を防ぎ林道等の周辺に配置して処理しやすくする。



おとり丸太のカシナガ誘引効果の例

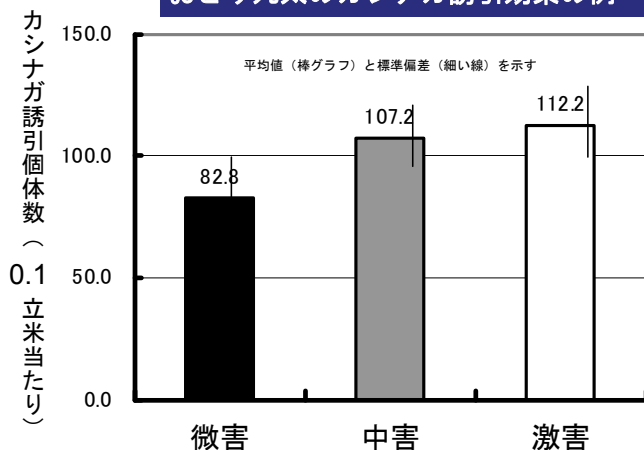


図10 おとり丸太法の設置（上）と効果（左下）およびチップ工場（右下）

V 資料編

作業のコスト

おとり木トラップ法（8ページ）とおとり丸太法（10ページ）を事業として行うには、そのコストが問題となります。役務の費用は地域や林相によって異なるうえ、集合フェロモンの店頭価格が未定なため、正確なコスト計算はできません。下記の歩掛かり表は山形県での試験的防除事業で得られたデータに基づく試算です。

おとり木トラップ法の歩掛りの例

作業種	0.1ha・日	単位	適応単価
直接経費			
①調査	0.26	人	軽作業員
②刈払い	0.46	人	造林作業員
③注入孔穿孔	0.09	人	造林作業員
④薬剤注入	0.40	人	軽作業員
⑤ボトル回収	0.08	人	軽作業員
⑥加圧発生トリプル穿孔	0.04	人	造林作業員
⑦フェロモン装着	0.03	人	軽作業員
⑧フェロモン回収	0.02	人	軽作業員
⑨機械損料	0.61	日	
⑩燃料	1.21	リットル	
⑪雑材料	0.05	×燃料	
⑫殺菌剤	276	本	
⑬フェロモン2本1組 (カシナガコールL)	4	組	
間接経費			
⑭労務厚生費	0.2043 × Σ ①～⑧		
⑮現場管理費等	0.1 × Σ ①～⑬		
消費税相当額	0.05 × Σ ①～⑮		

おとり丸太の歩掛りの例

作業種	1m ³ 当たり	単位	適応単価
直接経費			
①伐倒・集積・玉切り	0.37	人	普通作業員
②集材	0.31	人	普通作業員
③積込・積卸	0.12	人	造林作業員
④運搬車	0.13	台	8t車 ～10km
⑤フェロモン 2本1組 (カシナガコールL)	0.05	組	2本1組/20m ³
⑥機械損料	0.37	日	フェンソ-60cc
⑦燃料	1.49	リットル	混合油20:1
⑧チェーンオイル	0.75	リットル	生分解性
⑨雑材料	0.10	×燃料	
間接経費			
⑩労務厚生費 伐木造材	0.06		①+②の金額
⑪ // その他	0.06		③の金額
⑫現場管理費等	0.10 × Σ ①～⑪		
消費税相当額	0.05 × Σ ①～⑫		

参考文献

ナラ枯れについては多くの文献や資料が出版されていますが、ここではこのパンフレット作成に参画した機関が発行した資料を中心にをご紹介します。

- ・ナラ枯れの被害をどう減らすかー里山林を守るためにー 独立行政法人 森林総合研究所関西支所 2010.3
(http://www.fsm.affrc.go.jp/Nenpou/other/nara-fsm_201003.pdf)
- ・ナラ枯れ被害対策マニュアル（暫定版）社団法人日本森林技術協会 2011.3
- ・ナラ枯れ被害を防ぐために 岐阜県森林研究所 2010.3
- ・山のナラ枯れ「Q & A」新潟県農林水産部治山課 2010.1 (http://www.pref.niigata.lg.jp/HTML_Simple/527/467/naragare2010.pdf)

ナラ枯れに立ち向かう ―被害予測と新しい防除法―

このパンフレットは、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（農林水産省農林水産技術会議事務局）、課題番号No.2022「ナラ類集団枯損の予測手法と環境低負荷型防除システムの開発（H20～22年）」の研究成果に基づいています。この事業の参加機関は以下の通りです。独立行政法人森林総合研究所（中核機関）、独立行政法人農業環境技術研究所、山形県森林研究研修センター、新潟県森林研究所、長野県林業総合センター、岐阜県森林研究所、島根県中山間地域研究センター、静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター、福島県林業研究センター、サンケイ化学株式会社

発行 2011年3月

編集・発行 独立行政法人 森林総合研究所

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

電話 029-873-3211（代表）FAX 029-874-3720



独立行政法人 森林総合研究所