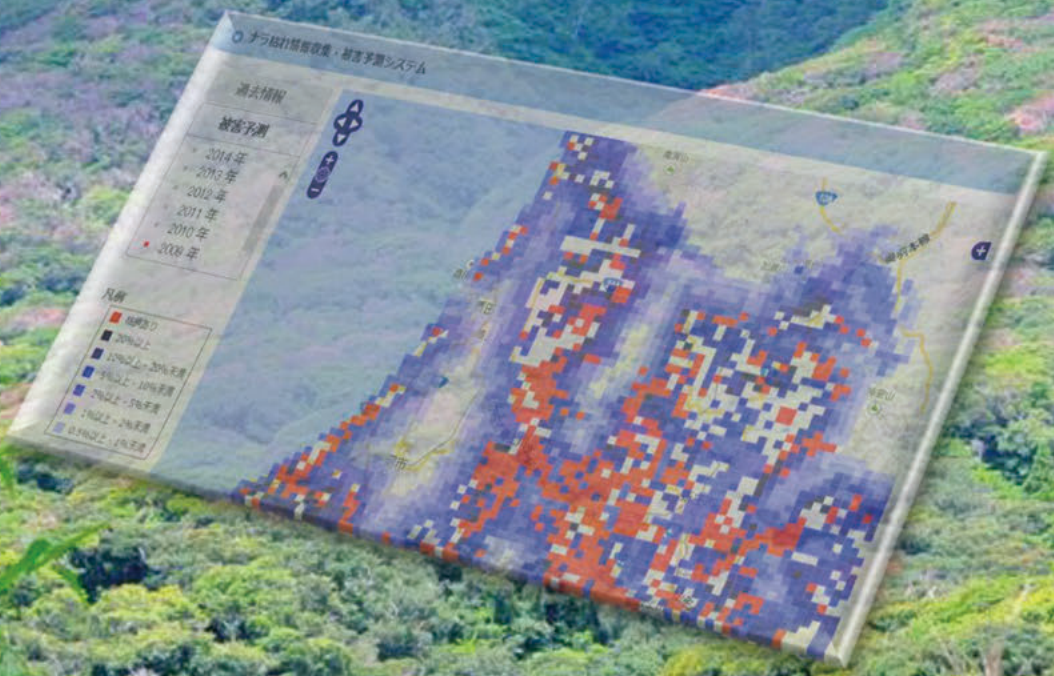
ISBN 978-4-905304-48-7

ナラ枯れ防除の新展開

－面的な管理に向けて－



独立行政法人　森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

森林総合研究所 第3期中期計画成果26（森林機能発揮－17）

はじめに

ナラ枯れは、カシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）によって病原菌（以下、ナラ菌）が媒介される樹木の伝染病であり、ナラ類に大量の枯損被害を引き起こしてきました。被害量は、平成22年に30都府県で約33万㎥と最大になりました。近年、激しい枯損は減少していますが、これまで被害の少なかった関東等への被害拡大が懸念されています。また、常緑のシイ・カシ類でも各地で集団枯損が発生するようになり、屋久島や熊野古道などの世界遺産地域等の景観へ影響を及ぼしているほか、地域の財産である巨樹や備長炭資源の保全も懸念されています。

これまでのナラ枯れ防除は、立木1本ずつを枯死予防する単木的な処理の積み重ねでした。しかし、広域な森林へのナラ枯れの拡大を防ぐためには面的な対策が必要です。このため、「被害予測」と「林分単位でのカシナガ防除」による面的防除法に関する技術開発を行いました。

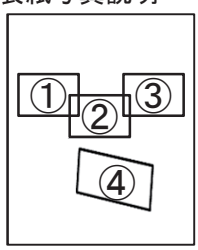
全国レベルでの被害発生予測について、落葉ナラ類に加え、シイ・カシ類についても組み込んだ、被害警戒マップを作成しました。さらに、地域的なレベルでは、被害情報の収集から予測までの手間と時間を短縮し、防除戦略の迅速な立案を可能にする、ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムを開発しました。

林分単位の防除では、殺菌剤樹幹注入法は枯死予防に効果的な手法ですが、コストが高いのが課題でした。このため、“殺菌剤微量注入法”を開発して、コストを半減させました。また、従来の小規模なおとり丸太では林分内のカシナガ密度の低下に限界があり、被害材の有効利用法もありませんでした。このため、伐倒丸太を大量集積することで、カシナガの駆除効果を向上させるとともに、チップとしての利用と広葉樹林の更新も可能な、面的防除のための大量集積型おとり丸太法を開発しました。

本研究は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（農林水産省農林水産技術会議事務局）、課題番号24030「広葉樹資源の有効利用を目指したナラ枯れ低コスト防除技術の開発（平成24～26年度）」によって行いました。この小冊子を、ナラ枯れ防除に携わる皆さんに現場で活用していただければ幸いです。

平成27年2月　研究参画機関を代表して　（独）森林総合研究所　所　雅彦

表紙写真説明



背景：東京都八丈島のスダジイ枯損状況（2010年8月）
① 微量注入器による新たな殺菌剤“微量注入用ウッドキングDASH”の樹幹注入（8-9ページ）
② 大量集積型おとり丸太の集積例（10-11ページ）
③ スダジイ巨樹へのボトル型殺菌剤の樹幹注入（12-13ページ）
④ ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムの閲覧画面例（6-7ページ）

ナラ枯れ防除の新展開－面的な管理に向けて－

【被害発生予測技術】

1．シイ・カシ類にも対応した被害発生警戒マップ　・・・・・・・・・・・・・・・・４ページ

被害発生を予測するハザードマップは、落葉ナラ類だけが対象でした。このため、落葉ナラ類に加え、シイ・カシ類にも対応した被害発生警戒マップを作成しました。

2．ナラ枯れ被害発生予測マップのリアルタイム生成　・・・・・・・・・・・・・・６ページ

被害情報の収集から予測まで手間と時間がかかり、防除戦略の迅速な立案が困難でした。このため、被害の現状と予測マップのリアルタイム生成と閲覧が可能な、ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムを開発しました。

【林分単位でのカシナガ防除技術】

3．殺菌剤樹幹注入のコストを１／２に削減　・・・・・・・・・・・・・・・・・・８ページ

殺菌剤樹幹注入法は枯死予防に効果的な手法ですが、コストが高いのが課題でした。このため、“殺菌剤微量注入法”を開発して、コストを半減させました。

4．カシナガ駆除と広葉樹林の利用・更新を三位一体で実施　・・・・・・・・・10ページ

従来の小規模なおとり丸太では林分内のカシナガ密度の低下に限界があり、被害材の有効利用法もありませんでした。このため、伐倒丸太を大量集積することで、カシナガの駆除効果を向上させるとともに、チップとしての利用と広葉樹林の更新も可能な、大量集積型おとり丸太法を開発しました。

5．シイ・カシ類を殺菌剤樹幹注入で枯死予防　・・・・・・・・・・・・・・・・・12ページ

殺菌剤樹幹注入法は、農薬登録上シイ・カシ類に施用できませんでした。このため、シイ・カシ類への適用拡大を行いました。

6．備長炭資源保全のためのナラ枯れ管理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14ページ

備長炭用のカシ林をナラ枯れから守る、効率的な方法がありませんでした。このため、ウバメガシにおけるカシナガの繁殖生態を解明するとともに、ウバメガシ特有の駆除方法を開発しました。

7．ナラ枯れの面的管理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・16ページ

都府県境や民有林と国有林をまたいで拡大するナラ枯れ被害に対応するために、ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムによる面的なナラ枯れ管理を提言しました。

【防除担当者の実務の参考として】

8．資料編　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18ページ

１）微量注入用ウッドキングDASH処理の施工例

２）大量集積型おとり丸太の施工例

３）山形県におけるナラ枯れに対する面的森林管理事例

参考文献　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・23ページ

1. シイ･カシ類にも対応した被害発生警戒マップ

◎ 落葉ナラ類に加え、新たに発生しているシイ・カシ類について、全国レベルでの被害発生警戒マップを作成
◎ 新規被害発生地のモニタリングが重要

1)シイ･カシ類を含めたナラ枯れ被害発生リスク

ナラ枯れは、ミズナラやコナラなどの落葉ナラ類だけでなく、スダジイやウバメガシなどの常緑のシイ・カシ類でも発生します（写真１）。これらの樹種が生育している地域では、現在被害が無くても、被害の発生を警戒し、微害のうちに対処できるように準備しておく必要があります。

ナラ枯れによる樹種別の枯損リスクについては、複数の研究報告があります。これらを用い、枯損リスクが高い順に、落葉ナラ類ではミズナラ＞コナラ、シイ・カシ類ではスダジイ＞マテバシイ＞備長炭原木（ウバメガシやアラカシなどのカシ類）としました。コナラの枯損リスクは、スダジイより高い順序としました。この順序に従い、環境省が整備・管理している自然環境情報基礎調査の植生調査データを用いて、全国レベルでのナラ枯れ被害発生警戒マップを作成しました（図１）。

写真１　シイ･カシ類のナラ枯れ被害
（鹿児島県内、2007年7月撮影）

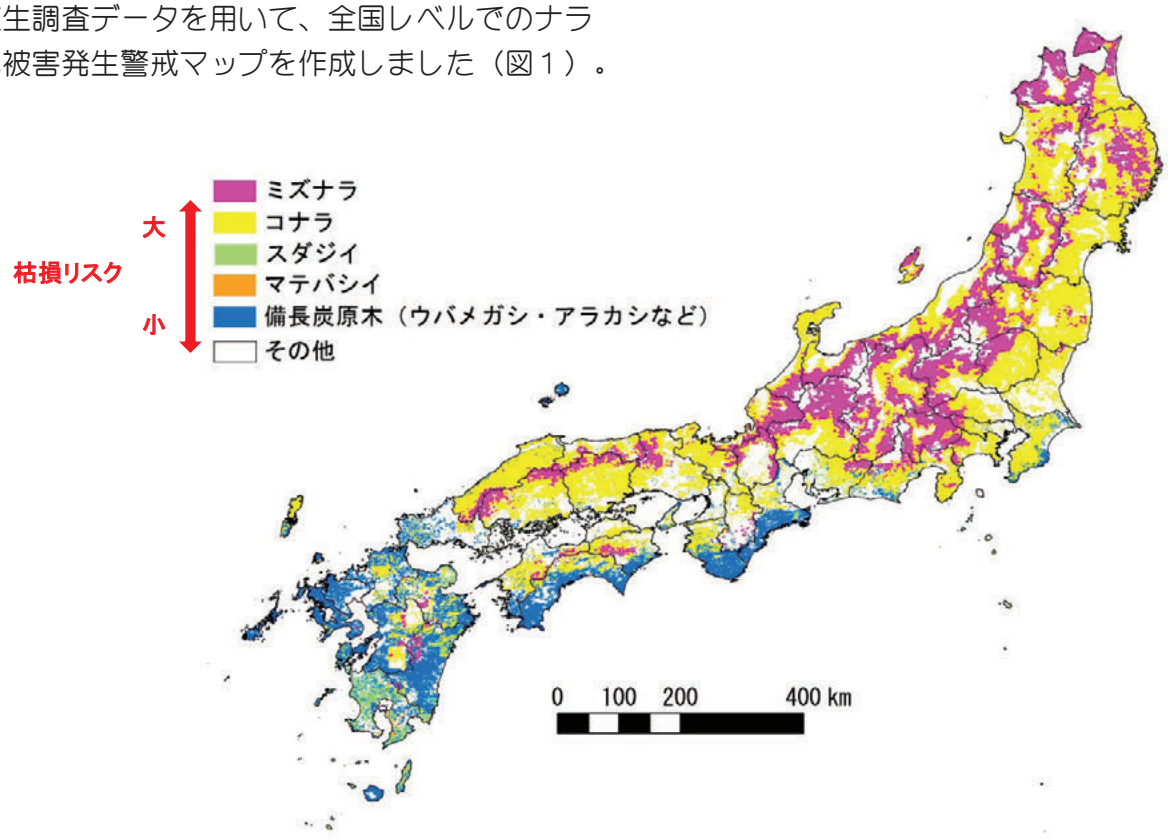


図１　ナラ枯れ被害発生警戒マップ（植生分布から見たナラ枯れによる枯損リスク）

2)ナラ枯れ被害発生警戒マップの活用で新規被害地発生をモニタリング

この警戒マップに、これまでの被害の拡大状況を重ねてみました（図２）。ナラ枯れ被害が1979年以前に記録されている県には、ミズナラやスダジイなど被害を受けやすい樹種が分布しています。1980～1996年にかけては、これらの県に加え、その周辺の県でも被害が見られるようになりました。ところが、1997年以降になると、青森から山口までの多くの府県に加え、屋久島や対馬、伊豆諸島などの島嶼でも被害が発生しました。既存被害地から離れた地域での発生や、コナラ、ウバメガシ、アラカシなど、枯損リスクが比較的低い樹種の被害が増加してきたことが特徴です。このように被害が拡大してきたのは、我が国に昔から生息していたカシナガが、人間によって放置された薪炭林などに存在する繁殖材料（大径木、衰弱木、倒木等）を使って増えてしまったこと（ナラ枯れ被害対策マニュアル（2012）日本森林技術協会）が一因とされています。

現在、被害が発生していないのは、関東、四国、九州北部です。しかし、これらの地域でもコナラ、ウバメガシ、アラカシが分布しており、かつ被害地と接している県もあります。今後、森林ばかりではなく、公園や街路樹（写真２）を含めたモニタリングを継続して実施する必要があります。

写真2　マテバシイ街路樹のナラ枯れ被害
（鹿児島県内、2012年7月撮影）

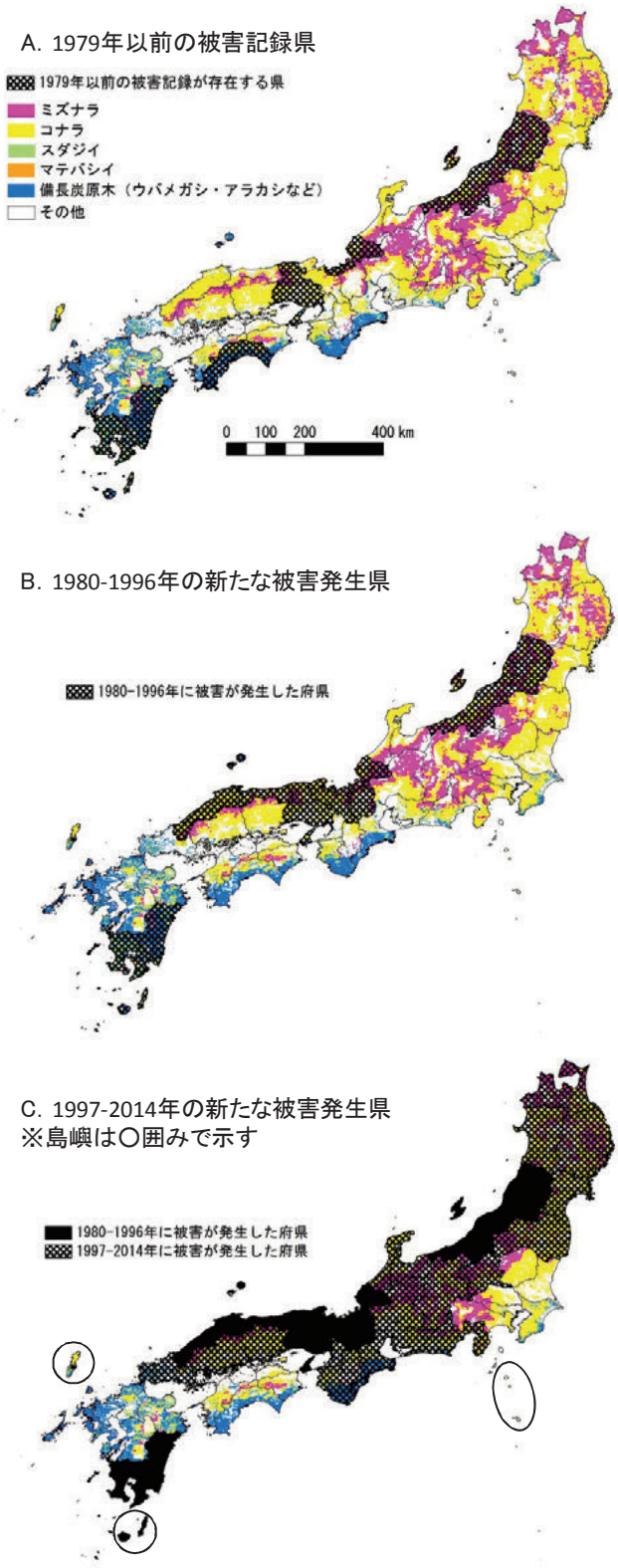


図2　ナラ枯れ被害の拡大

2. ナラ枯れ被害発生予測マップのリアルタイム生成

◎ 地域レベルでの被害の現状と予測マップの生成と閲覧が可能なシステム
◎ 迅速な施策立案・防除事業を可能にするツール
◎ 携帯電話による被害写真の送付で情報の収集と更新

1)ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システム

面的な被害防除の遂行には、迅速な被害状況の地図化が不可欠です。これまでは、被害調査時に発生地点を地図上に落とし、それらの情報をGIS等で解析して地図化していました。そのため、被害状況や拡大予測の地図化が遅れ、迅速な防除が困難でした。

そこで、携帯電話で撮影した被害写真を送付するだけで、被害情報の収集、解析、地図化を自動で行い、閲覧も可能な“ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システム”を開発しました。

このシステムの概念図を、図３に示しました。

「被害調査担当者」は、ナラ枯れ専用のメールアドレスへ被害地点の写真を添付して送信（アップロード）します。このメールをシステム内のメールサーバが受信し、送信者情報、写真画像、および撮影位置や日時が被害データベース（DB）サーバへ格納されます。

予測モデルは、統計開発環境R（Ver 2.13.0 CRAN）上で実行されます。日本全土を1×1 kmメッシュ（3次メッシュ）で分割し、各メッシュにおける被害発生確率の予測確率を求めます。すなわち、被害情報、過去の被害拡大に関する情報、植生、気象等のデータを用いて、ロジスティック回帰モデルによって被害発生確率を解析します。その解析結果を、次年度の「被害発生予測マップ」として自動生成します。このマップは１日おきに生成されるので、Webサーバからは最新の予測マップが常時配信されます。

「被害発生予測マップ」や被害データは、国土地理院提供の日本白地図などと重ね合わせて表示することが可能で、マップのPDF形式でのダウンロード機能も持っています。

「被害発生予測マップ」の閲覧や被害データの編集は、各県の「被害調査担当者」や「防除担当者」など、ログイン認証で許可を与えられた利用者だけが、汎用のインターネットブラウザで利用できます。

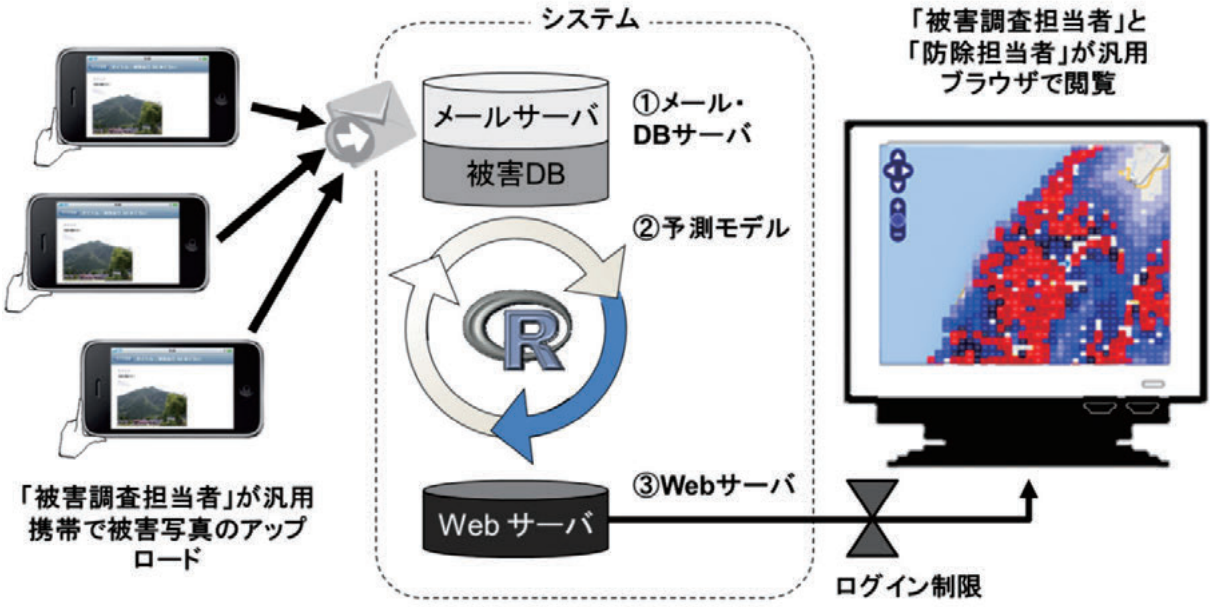


図3 ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムの構成

2)システムの操作

このシステムでは、サーバーにログインした「被害調査担当者」と「防除担当者」が、サーバー上のソフトウエアを操作します。図４に、操作手順を示しました。

「被害調査担当者」は、被害情報の送付に加え、先にアップロードした被害情報の編集もできます。まず、システムにログイン後に、全登録データにアクセスできる「登録データ検索ページ」に入ります。このページで、すでにアップロードした被害情報の編集データを特定します。続いて、このページから、「ナラ枯れ枯損数表示ページ」、「ナラ枯れ枯損数入力ページ」に入ります。「ナラ枯れ枯損数入力ページ」では、「被害データ修正画面」において、枯損本数を入力したり、被害位置を写真撮影位置から実際の被害位置へ移動させたりできます。さらに、写真の無い新規被害情報を入力することもできます。

「防除担当者」は、「ナラ枯れ枯損数表示ページ」、「ナラ枯れ被害予測ページ」を閲覧することができますが、「登録データ検索ページ」や「ナラ枯れ枯損数入力ページ」は閲覧できないため、被害データの編集や入力はできません。

「ナラ枯れ被害予測ページ」では、閲覧区域を自由に拡大・縮小して、サーバー内のすべての情報を閲覧できます。また、前年の被害と今年度の被害予測を見比べることもできます。各マップの閲覧だけでなく、Excel形式の生データがダウンロードできるので、収集されたデータを担当者自身で解析したり、独自に結果を配信したりもできます。

3)システムの利用方法

このシステムは、現在、山形、長野、和歌山の各県で運用されています。「被害調査担当者」はナラ枯れに精通している必要があるので、利用者は都道府県や国有林の森林保護担当者に限定しています。これらの方でご利用を希望される方は、以下の連絡先までお願いします。なお、現時点では、システムの利用に経費はかかりません。

連絡先：近藤洋史
(独)森林総合研究所九州支所
http://www.ffpri.affrc.go.jp/kys/

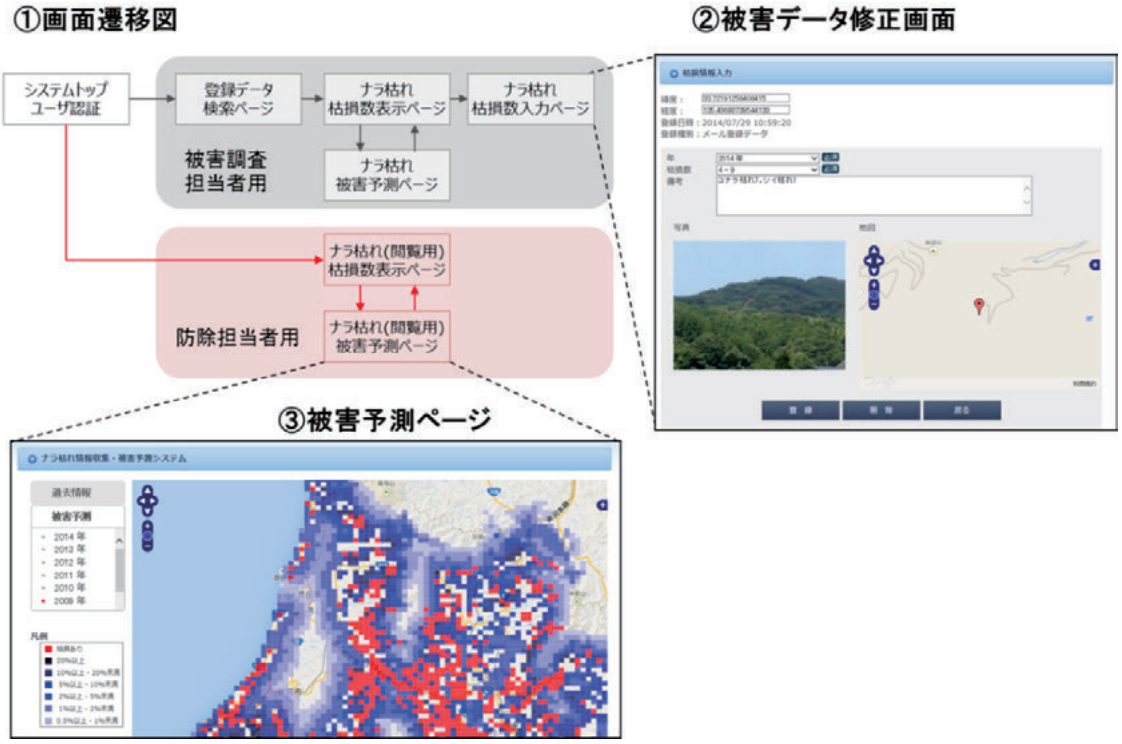


図4　ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムの操作手順

3. 殺菌剤樹幹注入のコストを1／2に削減

◎ 施用量が従来の１／４００の“殺菌剤微量注入法”で高い枯死予防効果
◎ 資材の運搬労力が大幅に低減、微量注入器で作業時間も１／２以下
◎ 全作業コストを１／２以下に削減

1）新たな“殺菌剤微量注入方法”

ナラ林の枯死を予防するには、殺菌剤樹幹注入は効果的な手法です。しかし、従来のボトル型殺菌剤では、胸高直径35cmの立木に対して200mlボトルを8本（計1600ml）注入しました（写真３）。さらに、注入終了後にボトルを回収する手間も必要で、立木１本あたり１万円以上のコストがかかりました。このため、面的な対策に用いるには、コストの削減が必要でした。

そこで、従来の薬剤の１／４００の施用量（0.5ml／注入孔）で十分な効果が得られる新たな薬剤を開発しました。さらに、微量注入器を開発し、薬剤連続注入とボトル回収不要も実現しました（写真５）。これにより、多くの立木への容易な処理が可能となり、コストも１／２以下で、林分単位の保全ができるようになりました。

この殺菌剤は、2013年7月10日に “微量注入用ウッドキングDASH（農林水産省第23301号）” として農薬登録され、落葉ナラ類の枯死予防に使用できるようになりました。具体的には、以下のように施工します。

①処理木の選定

カシナガの穿孔を受けていない健全木を対象とします。

②殺菌剤注入孔数の決定

胸高直径を測定して、立木あたりの注入孔数を決定します。

③殺菌剤注入孔の作成

樹幹の地上高20cm程度の位置に、充電式ドリルなどで均等に径5mm、深さ50～70mmの注入孔を、斜め30～45° 下方に開けます（写真４）。

④殺菌剤の注入

注入器のチューブ先端を差し込んで薬液を注入します（写真４）。

⑤効果の持続性

樹体内の薬剤成分は２年間は維持されており、枯死予防効果が持続します。

なお、詳しい施工方法や事業単価表の例は、資料編８－１）を参照してください。

2）微量注入用ウッドキングDASHのメリット

微量注入用ウッドキングDASHには、従来のボトル型殺菌剤と比べて、安定した効果（図5）、省力化（写真5、図6）などのメリットもあり、これらによって低コスト化が実現できました（図7）。

写真3　従来のボトルによる殺菌剤注入

写真4　微量注入器による殺菌剤樹幹注入

微量注入用ウッドキングDASHのメリット

その１：安定した効果

微量注入用ウッドキングDASHの枯死予防効果は、従来の薬剤と同等です（図５）。

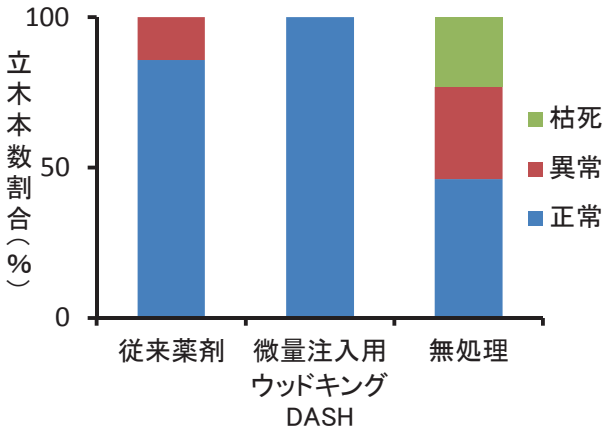


図5　殺菌剤樹幹注入処理後のミズナラ被害状況

その２：運搬労力が低減

微量注入用ウッドキングDASHでは、100注入孔分の薬液１瓶（50ml）を、微量注入器に装着して使用します。従来の薬剤では、20kg以上（200ml×100本）の薬液の運搬が必要であったことに比べて、大幅に軽量化できました（写真５）。

写真5　注入孔100個の処理に必要な薬剤量の比較
左：従来薬剤、右：微量注入用ウッドキングDASH

その３：作業時間が短縮

微量注入用ウッドキングDASHでは、注入孔あたりの処理時間を現行の1／2以下に短縮できます（図６）。

微量注入器は操作が簡単で、処理時間のバラつきが小さいこともわかりました。

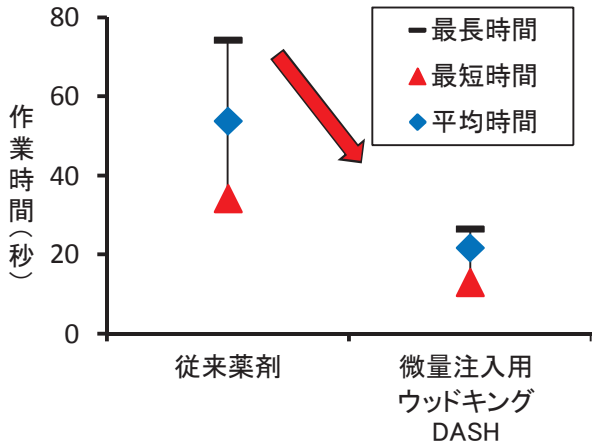


図6　殺菌剤1孔注入あたりの平均作業時間

その４：作業コストの大幅低減

殺菌剤の微量化やボトルレスによって、薬剤価格が大幅に低下しました。さらに、省力化と時間短縮で、注入孔１個あたりの費用は、従来の1／2以下となる、約560円となりました（図７）。

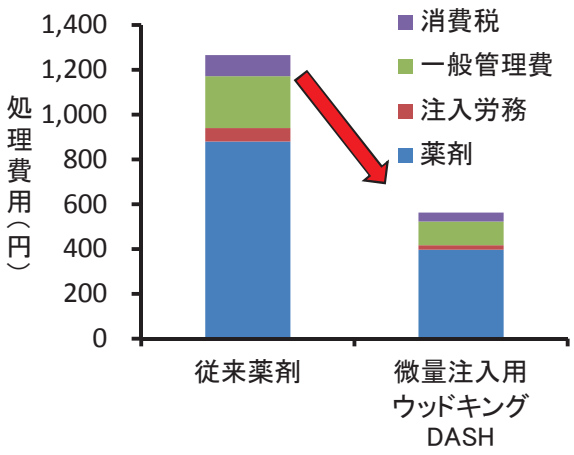


図7　殺菌剤1孔注入あたりの処理費用

4. カシナガ駆除と広葉樹林の利用･更新を三位一体で実施

◎ ナラ林を伐倒し、丸太を被害地周辺のスギ林脇などに大量集積して、カシナガを大量捕殺（大量集積型おとり丸太法）
◎ カシナガを丸太ごとチップ化して殺虫、チップは燃料用・製紙用で利用
◎ 伐倒したナラ林は、多様な樹種からなる広葉樹林に更新

1）大量集積型おとり丸太法の施工方法

丸太を1～2㎥程度集積する従来のおとり丸太法の駆除効果（約千個体／㎥）を向上させるため、おとり丸太を20㎥以上に大量集積することで、従来の約10倍のカシナガを誘引・駆除して面的な対策に使える、大量集積型おとり丸太法を開発しました。伐倒丸太を、広葉樹チップとして活用できる地域で実施します。具体的には以下のように施工します。

①丸太の採取

ミズナラ、コナラを伐採し、樹幹部を末口径12㎝以上、長さ1～2mに玉切りします。この作業は、4月～5月末までに実施します。

※支障木として伐倒したブナの丸太も利用可能です。

②大量集積

林道の待避所、土場跡などに、高さ1～2m、幅4～25m程度に集積します（写真６）。尾根や平坦地で、激～中害ナラ林から80m程度離れたスギ林などの周辺が適しています（図８）。また、木口面は午前中に日光があたる方位に向けます。早めに成虫を誘引するために、集合フェロモン剤（サンケイ化学（株）製、カシナガコール）を１集積当たり２個設置します。

③チップ化

おとり丸太に穿孔したカシナガを確実に殺虫するために、丸太を11月～翌年3月までにはチップ化します。厚さ10㎜以下のチップにすれば、材内の全てのカシナガを殺虫できます。

詳しい施工方法や事業単価表の例は、資料編８－２）を参照してください。

写真6　大量集積型おとり丸太の集積と集合フェロモン剤（白枠）の設置例

2）大量集積型おとり丸太法のメリット

大量集積型おとり丸太法には、従来のおとり丸太法と比べて、駆除数増加による枯死予防効果、低コスト、広葉樹林の更新などのメリットがあります（図9～11）。

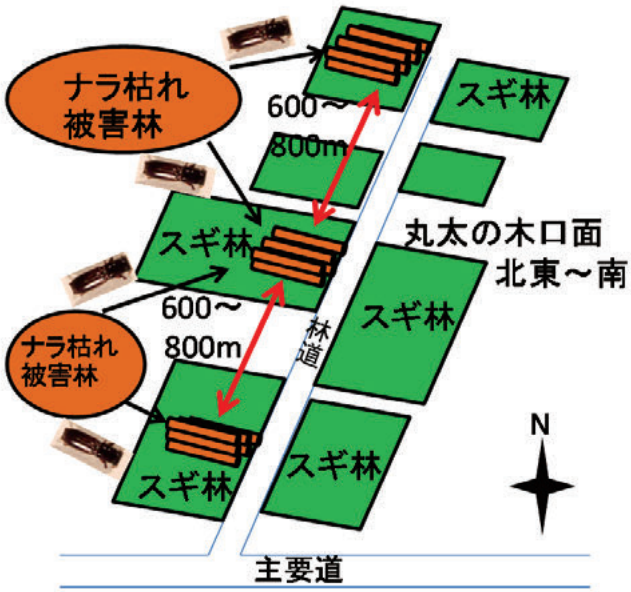


図8　大量集積型おとり丸太の配置例

大量集積型おとり丸太法のメリット

その１：殺虫による枯死予防効果

大量集積型おとり丸太１㎥には、激害林分で約18,000個体、微害林分でも約11,000個体の成虫が穿孔するため（図９）、おとり丸太20㎥で約30万個体以上の成虫を駆除できます。

ミズナラ1本に約1,000個体の成虫が穿孔すると枯死することから、おとり丸太20㎥ではミズナラ300本分の枯死を防げることになります。

※枯死木数での被害区分：激害100本/ha以上、中害10～99本/ha、微害10本/ha未満

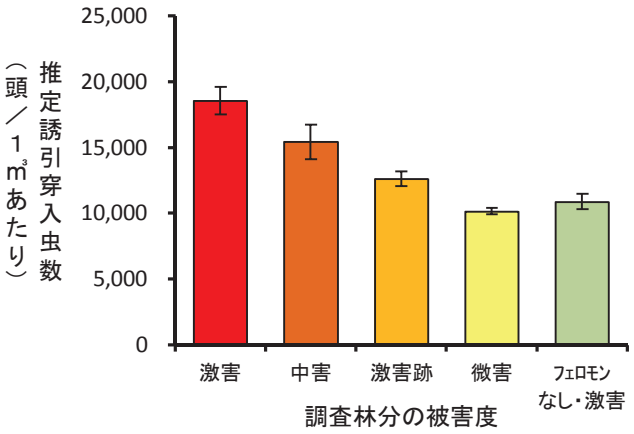
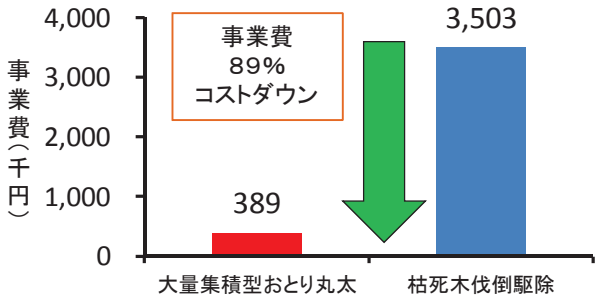


図9　大量集積型おとり丸太へのカシノナガキクイムシ推定穿入虫数

その２：低コスト化で事業推進

山形県における試算では、おとり丸太20㎥の設置経費は約39万円です。しかし、放置した場合には300本の枯死木が発生する可能性があり、その伐倒駆除経費は約350万円となります（図10）。したがって、大量集積型おとり丸太法は、伐倒駆除の1／9 の経費で枯死を防ぐことができます。

そのうえ、チップの販売代金（8,700円/㎥）も入るので、低コストで防除事業を推進できます。



事業数量	健全丸太20㎥	枯死木300本（114㎥）
事業費単価	22,075円/㎥	30,727円/㎥
チップ販売	8,700円/㎥	ー

図10　大量集積型おとり丸太法と伐倒駆除の経費の比較

その３：ナラ林を多様な広葉樹林に更新

山形県の調査では、おとり丸太作成のために皆伐したナラ林跡地に、ホオノキ、イタヤカエデ、コナラ、ミズナラ、オオヤマザクラなどの将来の林冠構成樹種や、亜高木性のコシアブラ、ウワミズザクラなどの天然更新が多数観察されました。これらは、同県の広葉樹林更新管理基準（高さ30cm以上の高木性広葉樹が5,000本/ha以上成立する）を満たしており（図11）、多様な樹種で広葉樹林として再生していく可能性が非常に高いことが明らかになりました。

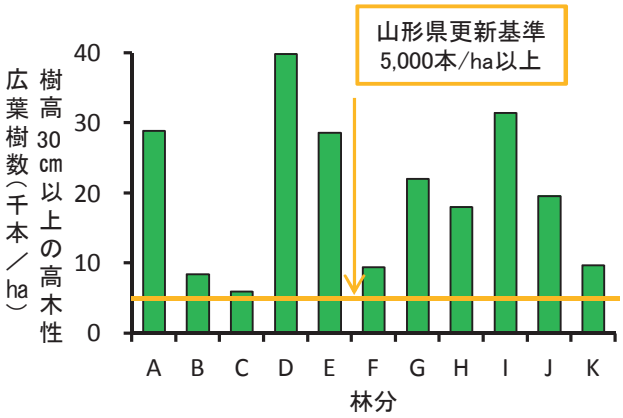


図11　丸太等の材料を採取した11林分の広葉樹林における高木性広葉樹の稚樹の成立本数

5. シイ･カシ類を殺菌剤樹幹注入で枯死予防

◎ 殺菌剤樹幹注入法はスダジイに使用可能、ウバメガシにも効果あり
◎ 従来の薬剤でも今回開発の微量注入用ウッドキングDASHでも効果は同等
◎ 殺菌剤の樹幹注入時期は、落葉ナラ類と異なるので注意が必要

1)シイ･カシ類にも殺菌剤樹幹注入

樹幹注入殺菌剤は、農薬登録上、落葉ナラ類でしか使用できませんでした。このため、シイ・カシ類への適用拡大を目指しました。

シイ・カシ類は、ナラ類に比べて、カシナガが穿孔しても枯れにくい（以下、穿入生存木）ことが知られていました。樹木は、カシナガの穿孔によるナラ菌の侵入により、木部が変色して通水機能を失います。この変色面積が広いと、枯死に至ります。スダジイの枯死木と生存木の樹幹断面を見比べると、枯死木の変色面積より２割程度少ないだけで枯死に至らないことがわかりました（写真７）。すなわち、殺菌剤で変色の発生を２割減らせれば、枯死予防が可能と考えられます（参考文献、衣浦ほか(2014)）。

2)スダジイにおける殺菌剤樹幹注入効果

スダジイにおいて、殺菌剤を注入した木と、していない木に、人工的にナラ菌を接種して、変色面積を測ってみました。その結果、従来の薬剤（ボトル型ウッドキングSP）でも、微量注入用ウッドキングDASHでも、変色面積を減らす効果が同等に見られました（図12、写真８）。このため、殺菌剤樹幹注入は、スダジイに対して枯死予防効果があることがわかりました。

写真7　カシノナガキクイムシの穿孔を受けたスダジイ枯死木(左)と生存木(右)の樹幹断面
黒線内部がナラ菌による変色部分

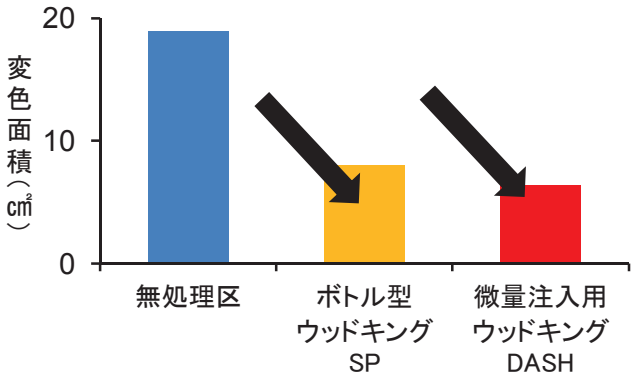


図12　殺菌剤を注入したスダジイにナラ菌を人工接種した時の変色面積

無処理区

従来薬剤(ボトル型ウッドキングSP)

微量注入用ウッドキングDASH

写真8　殺菌剤を注入したスダジイにナラ菌を人工接種した時の樹幹断面の変色
ナラ菌接種部(赤線)の周囲に変色部(黒線)が広がる

3）シイ・カシ類へは注入時期に留意して使用

落葉ナラ類では、盛夏を除く着葉期に樹幹注入すると、殺菌剤が樹体内に拡散します。しかし、スダジイでは春期～秋期、ウバメガシでは秋期～冬期に樹幹注入した時に、殺菌剤の樹体内での拡散が見られました（図13）。

この結果から、スダジイでは注入時期に注意することで、ボトル型ウッドキングSP、微量注入用ウッドキングDASHともに適用拡大が承認されました（平成26年7月23日）。微量注入用ウッドキングDASHの施用では、低コストでの林分単位の枯死予防も可能になります。

4）伊豆諸島におけるスダジイ巨樹への施用

シイ・カシ類では古木となった貴重な巨樹が多く見られますが、古木ではすでに部分的に腐朽するなど、通水機能が低下していることも多いため、事前に腐朽部を確認し、的確な場所への薬剤注入が必要です（写真９）。

5）殺菌剤のウバメガシへの効果

殺菌剤には、ウバメガシにおいても変色面積を減らす効果がありました（図14）。今後、適用拡大へ向けた研究を進めていきます。

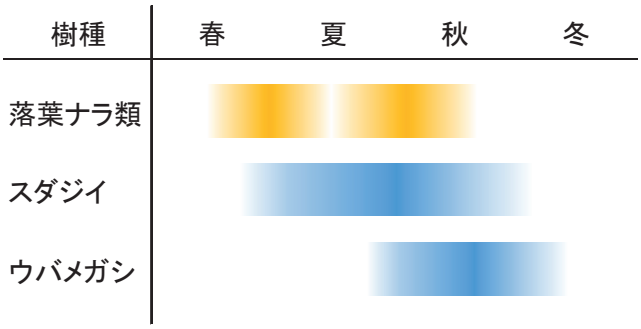


図13　樹種別の樹幹注入に適した時期

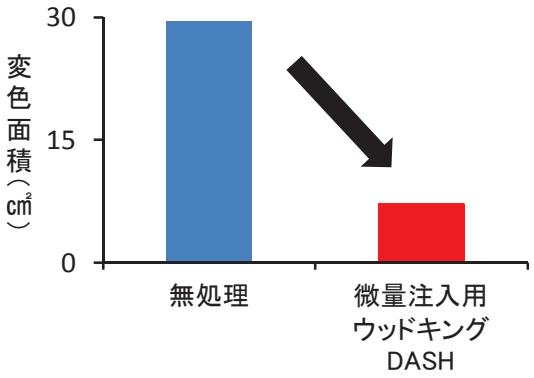


図14　ウバメガシに対するナラ菌接種木辺材の平均変色面積

写真9　スダジイ巨木に対するボトル型ウッドキングSPの樹幹注入処理（上：御蔵島、下：三宅島）

6. 備長炭資源保全のためのナラ枯れ管理

◎ ウバメガシでは、枯死木に加え、穿入生存木を処分することが重要
◎ ウバメガシの穿入生存木は、被害を受けた翌年４月までに伐倒し、残置するだけで成虫の発生数を大幅に減らすことが可能
◎ 製炭として利用用途の低いコジイをおとり丸太に利用し、カシナガの成虫密度の低減を図ることで、備長炭原木林を守る

1）ウバメガシの穿入生存木は積極的に処分

ウバメガシの穿入生存木はコナラより、多くの成虫が長い期間にわたって脱出することがわかりました（図15）。したがって、ウバメガシ林での成虫密度の低減には、ウバメガシ枯死木だけでなく、穿入生存木の処分も重要となります。

2）小径被害木の処分も重要

カシナガの繁殖は、落葉ナラ類では直径が大きい木の方が良いことが知られています。

ところが、ウバメガシでは小径木でも大径木と同等に繁殖できることがわかりました（図16、写真10）。このため、ウバメガシの穿入生存木は、小径木でも処分する必要があります。

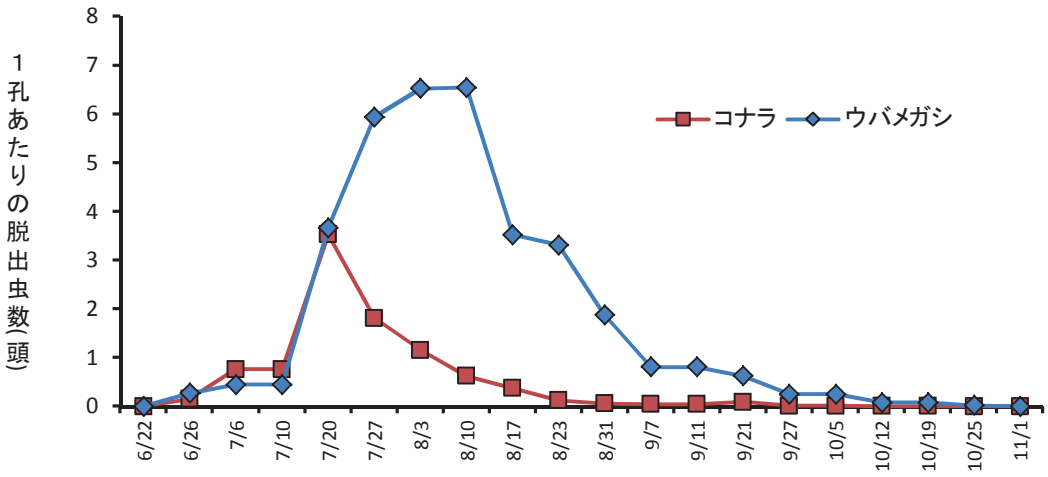


図15 コナラとウバメガシの穿入生存木からの太平洋型カシノナガキクイムシ成虫発生消長（2012年調査）

写真10 ウバメガシ小径木と大径木の胸高直径目安

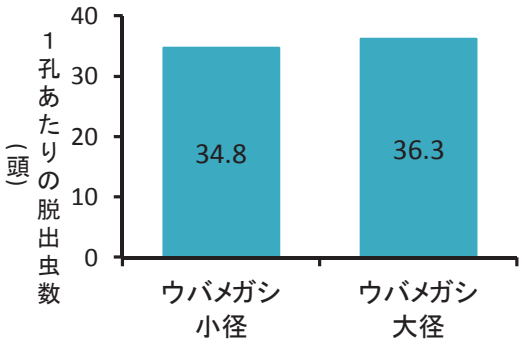


図16 ウバメガシの径級別太平洋型カシノナガキクイムシ脱出虫数

3）ウバメガシ穿入生存木は伐倒・残置で駆除

通常、被害木の伐倒駆除は、伐倒後に破砕や燻蒸等の処分が必要です。ところが、和歌山県におけるウバメガシ穿入生存木では、穿孔を受けた翌年の4月までに伐倒し、そのまま残置するだけで、脱出する成虫数を大幅に減らせることがわかりました（図17）。伐倒・残置したウバメガシでは樹幹部含水率の低下が早く、カシナガの生息環境が悪化するためと考えられます。伐倒位置が高い切株（高伐り根株部）からは、生立木よりも多くの成虫が脱出するので、できるだけ地際から伐倒します（写真11）。

この手法は、伐倒木の玉切り・燻蒸や、運搬・チップ化にかかる労力やコストを軽減できます。このため、林分単位を対象に施用できる実用的なものです。しかし、コナラでは、ウバメガシほど高い駆除効果が得られないので（図18）、伐倒木の適切な処分が必要です。

4）シイ・ナラを利用したおとり丸太で成虫密度を減らし、備長炭原木林を守る

コジイやコナラを使って、カシナガ発生初期に従来のおとり丸太法を実施しても、１㎥あたり約1,000頭前後の成虫を駆除できます（図19）。製炭として利用用途の低いコジイをおとり丸太法に利用することで、カシナガの成虫密度を低減させ、備長炭原木林を守ります。

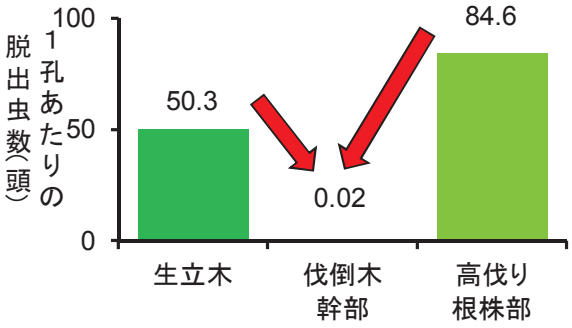


図17　ウバメガシの穿入生存木からの処理区別太平洋型カシノナガキクイムシ脱出虫数

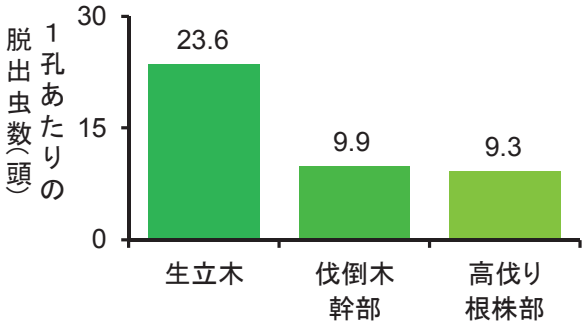


図18　コナラの穿入生存木からの処理区別太平洋型カシノナガキクイムシ脱出虫数

写真11　ウバメガシの適切な伐倒（左）と不適切な伐倒（右）

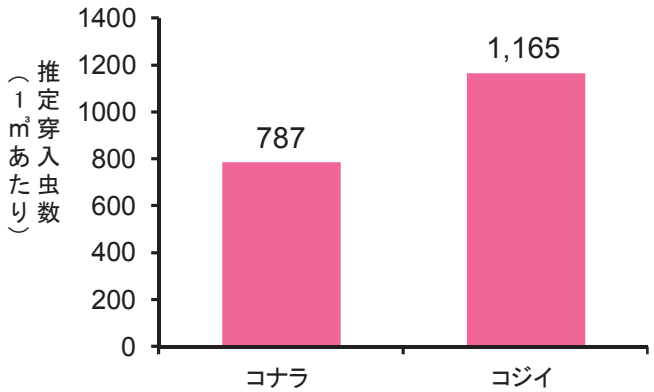


図19　コナラとコジイを使ったおとり丸太法（6月下旬設置）による太平洋型カシノナガキクイムシ推定穿入虫数

7. ナラ枯れの面的管理

◎ ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムで面的管理を遂行
◎ ナラ枯れ防除法選択のための系統図を提示

1）新たな技術の連携で面的管理を遂行

ナラ枯れに立ち向かうために、面的な対策として、被害発生予測と林分単位でのカシナガ防除技術を開発してきました。面的な対策を効率的に遂行するには、これらの技術を連携させ、警戒・予測から防除までを一貫して行うことが重要です。

しかし、ナラ枯れは都府県境だけでなく、民有林と国有林をまたいで拡大を続けています。このため、ナラ枯れを抱える地域が一体となって、対策を進める必要があります（実施事例としては、資料編８－３）を参照してください）。

ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムは、都府県や民有林、国有林の区別なく、被害状況や拡大予測を一元的に把握して利用できます。このため、今後はこのシステムを活用し、複数機関のナラ枯れ防除担当者が共同して行う、面的なナラ枯れ管理の遂行が必要です（図20）。

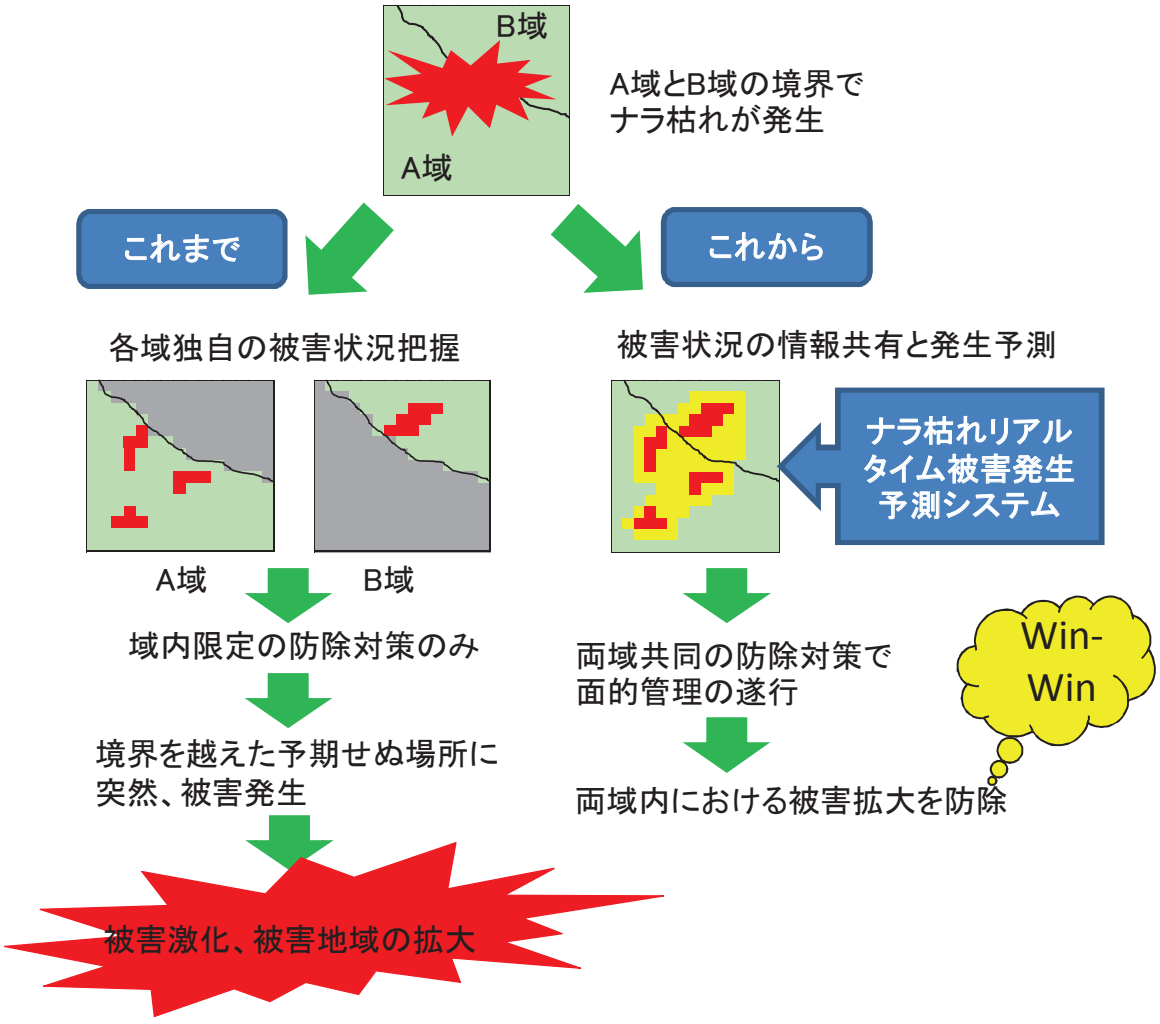


図20　被害状況と発生予測の共有によるナラ枯れ面的管理の遂行

2）ナラ枯れ防除法の選択

ナラ枯れ被害は、広域な森林だけでなく都市部の公園や街路樹にも発生します。このため、面的な対策だけでなく、被害現場に適した対応も必要です。

ナラ枯れ被害の警戒から防除法選択までの系統図を、図21に示しました。これまでにも、様々な防除法が開発されています。今回開発した新たな技術は、赤文字で示されています。

被害の警戒と早期発見は、ナラ枯れの拡大阻止に必要不可欠です。そのうえで、被害が発生した時には、最適な防除法を選択します。特に、防除の単位が単木的か面的か、薬剤の使用が可能か否かの判断においては、被害現場の環境、防除目的、コストや労力、さらには地域住民の意見等を考慮することが大切です。すなわち、被害現場に合わせて防除法を選択する柔軟性が求められると言えます。

ナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムは、これらの判断に必要な被害地域の把握と拡大予測の情報を瞬時に提供できます。

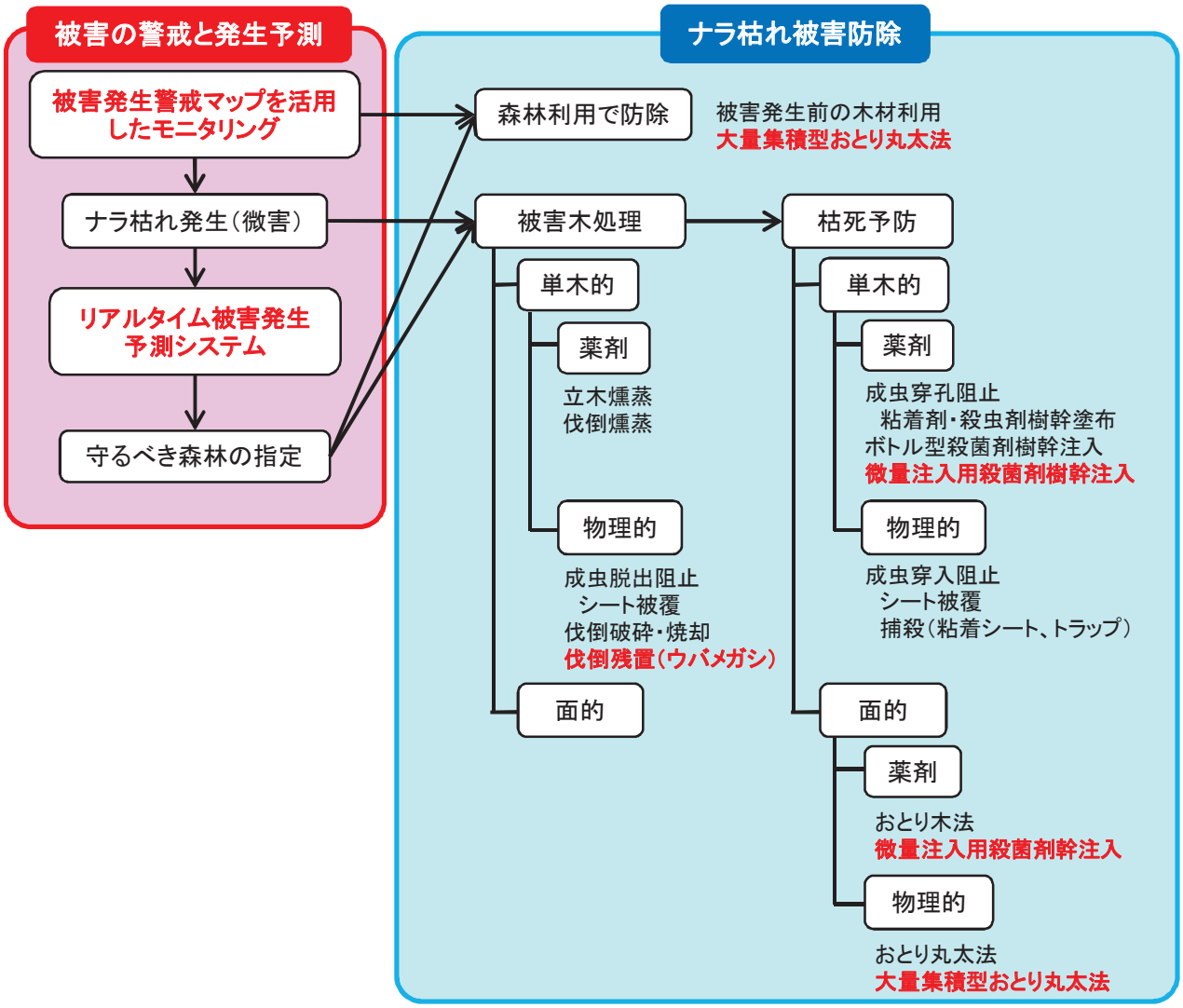


図21　ナラ枯れの警戒から防除法選択までの系統図（新たな技術は赤文字で表記）

8. 資料編

1）微量注入用ウッドキングDASH処理の施工例

1．注入時期

ナラ類着葉期（開葉時期：5～6月、落葉前:9月～10月、盛夏は避ける）

2．処理対象木

カシノナガキクイムシの穿孔を受けていない健全木

3．使用器材

充電式ドリル*（バッテリー容量14.4V以上）、木工用ドリルビット（径5㎜ミドルビット）、
輪尺または直径巻尺、ビニールテープ、薬剤一式、目印用テープ、ガンタッカー

*バッテリー容量が小さいと、注入孔を正しく作成しにくく、バッテリーの消耗も激しいので、できる限り大容量、高電圧の機種をもちいる。

4．注入孔

1）注入孔位置：樹幹の地上高20～30㎝の位置（根張りを避ける）

2）注入孔形状：径5㎜で斜め下方30～45°に深さ50～70㎜

3）注入孔数：処理木の胸高直径（地上高1.3m）から、下表に基づき決定

胸高直径を基準とした注入孔数

胸高直径(cm)	注入孔数	胸高直径(cm)	注入孔数	胸高直径(cm)	注入孔数
15～20cm未満	4	40～42cm未満	11	52～54cm未満	20
20～25cm未満	5	42～44cm未満	12	54～56cm未満	22
25～30cm未満	6	46～48cm未満	15	56～58cm未満	24
30～35cm未満	7	48～50cm未満	17	58～60cm未満	25
35～40cm未満	8	50～52cm未満	18	60～62cm未満	26

※胸高直径60㎝以上の巨木で樹形、根張りに特徴があるもの、古木で腐朽が存在するものは次のとおりとする。
①注入孔の間隔を12㎝程度として、マーキングし、木槌などで樹幹表面を打診して腐朽部位を確認する。
②腐朽していた場合は、その箇所を避けて注入孔を形成する。

参考　事業単価表の例（100孔当たり）

区分 費目	細分	数量	単価（円）	金額（円）	摘要
薬剤費*	薬剤購入費	100 孔	398	39,800	
注入作業費	穿孔作業費	0.093 人	15,700	1,460	穿孔作業　1080孔/日、100/1080≒0.093人
	注入作業費	0.029 人	15,700	455	薬剤注入　3450孔/日、100/3483≒0.029人
	小　計			1,915	
計				41,715	
事業雑費	諸経費		25%以内	10,428	41,715×0.25=10,429（器材損料などを含む）
計				52,143	
消費税額			8%	4,171	
合　計				56,300	≒56,314

*農薬登録されているもので、ナラ枯れ予防対策の樹幹注入用として適した薬剤を使用する。
※上記の単価は参考例であり、事業実施にあたっては事業主体の単価を使用してください。

5．処理手順

1) 処理木の外観をみて、カシノナガキクイムシの穿孔の有無を確認し、対象木を決定する。

※穿孔履歴のある立木は、樹幹内に通水阻害部があるため、薬液が樹幹全体に拡散しない。

2) 処理木の周囲を刈り払う。胸高直径（地上高1.3m）を測定する(写真１)。

3) ガンタッカーで目印テープを樹幹に打ち付け、テープに胸高直径と注入孔数を記入する。

4) 樹幹の注入孔作成予定部位を、木槌などで打診するなどして、腐朽していないか確認する。

※腐朽部位に注入しても薬剤が拡散しない。
※株立ち、双幹の場合は、幹同士が接触し、樹皮が縦筋状に見える箇所には注入孔を作らない。

5) テープの注入孔数を確認して、地上高20㎝程度の樹幹周囲に均等に配置するように、注入孔（径5㎜、深さ50～70㎜、斜め下方30～45°）を開ける（写真２）。

※ドリルを押すと注入孔が曲がるため、支えるように穿孔する。
※充電ドリルを引き抜く際は、正回転のまま行う。逆回転で引き抜くと注入孔に木くずが残るため注意が必要。

6) 注入孔に目印（竹串）を差し込む（写真３）。

※注入孔の位置と薬液未注入の確認を容易に行うことができる。

7) 微量注入器に薬剤ビンを取り付け、注入器のシリンジ部分に薬液を充填する。その後、シリンジのダイヤルを回して、注入量を0.5mlに設定する。

※注入器の設定は、取扱い説明書をよく読んでから行う。

8) 目印を引き抜いて、注入器先端のチューブを注入孔に差し込む。

9) 注入器のレバーを１回握って薬液を注入し、レバーを握ったまま先端を引き抜く（写真４）。

※チューブを注入孔に入れたままレバーを離すと、注入した薬液の再吸い上げなどのトラブルを起こす場合がある。

10) 注入器のシリンジ部分に薬液が充填されていることを確認する。

写真1 胸高直径の測定

写真2 注入孔の作成

写真3 目印の差し込み

写真4 薬液の注入

2）大量集積型おとり丸太の施工例

Ⅰ．事業仕様書（例）

1．総則

（1）丸太の大量集積を前提としたおとり丸太トラップ法は、登録農薬であるカシノナガキクイムシ（以下：カシナガ）の合成フェロモン剤（有効成分：ケルキボロール、商品名：カシナガコール、サンケイ化学（株）製）を活用した、おとり丸太によるカシナガの駆除法の実施に適用する。

（2）このおとり丸太トラップ法の実施にあたっては、人工林や天然生林などの周囲の森林の状況を勘案するとともに、主に近隣でナラ枯れ被害が発生している地域において実施することとする。

2．準備

（1）本用法では、健全なコナラやミズナラの立木（かつての穿入生存木の利用も可能）から採取した、末口径約12cm 以上、長さ1～2m の丸太を使用する。

（2）丸太の集積場所として、丸太を運搬・撤収する都合もあるので、林道などの待避所や土捨て場など、道路から近く、比較的広い場所を設定する。また、カシナガを効率的に誘引するには、丸太の乾燥を防ぐ必要があることから、午後に直射日光があたるような場所は可能な限り避けた方がよい。

3．伐採・運搬

（1）おとり丸太として使用する立木の伐採に当たっては、安全な作業に努め、伐採による事故、かかり木の放置、他の立木、構造物への被害の防止に努めなければならない。

（2）伐採後は、おとり丸太の規格にあった寸法に玉切りを行い、試験地まで安全に運搬するものとする。

（3）おとり丸太は、運搬の際、可能な限り傷つけないようにし、外皮が剥がれないように注意することとする。

（4）あらかじめ伐採されたものをおとり丸太として使用する場合は、伐採後1 ヶ月以内のものを使用する。

4．丸太集積作業

（1）コナラ、ミズナラ、ブナなどの生立木を春季に伐採して、1～2m に玉切りしたのち、林道脇などの集積場所に、カシナガの羽化脱出前までに次の方法で設置する。

（2）大量の丸太をはい積みするには、林道など道路に丸太の木口面を向けて、幅約5～10m、高さ約1～2mの範囲で倒壊しないように注意して集積する。

約50m³の大量集積おとり丸太

標準的な大量集積おとり丸太（約20m³）

丸太に装着した合成フェロモン剤

(3)監督職員は、おとり丸太の設置箇所に第三者が近づかないよう、危険防止に努めなければならない。

(4)おとり丸太への合成フェロモン剤の設置は、1集積単位に合成フェロモン剤2個を、集積した丸太の木口の任意の場所にヒモなどを使いつり下げる。また、エタノールチューブ(サンケイ化学(株)製)の併用も効果的である。

5.おとり丸太の処理

(1)おとり丸太で誘引したカシナガについては、焼却処理又は破砕処理を行うものとする。なお、焼却処理又は破砕処理によりがたい場合は、薬剤によるくん蒸処理を必ず行うものとする。

(2)上記以外の方法で処理する場合は、事前に監督職員と協議するものとする。

おとり丸太をチップ工場へ

丸太を粉砕

厚さ10mm以下ならカシナガは死亡

【 おとり丸太実施にあたっての留意点 】

1. おとり丸太施工時の伐採面積 ： チップ生産に見合う5ha程度が標準。その一部をおとり丸太に活用。
2. 集積量と成虫誘引数との関係 ： 集積量は20m^{3}以上50m^{3}程度が目安。20m^{3}未満では誘引数は減少。
3. 設置箇所からの有効範囲 ： カシナガの誘引範囲は中害～激害で半径300～400m。集積量を50m^{3}以上にしても有効範囲は大きく変わることはない。
4. 伐採時期 ： カシナガの羽化脱出時に乾燥していないよう、5～6月上旬に伐採・集積。
5. チップ化の時期 ： カシナガ新成虫の羽化前に必ずチップ化する。寒冷地では積雪前に工場で処理。

II. 大量集積型おとり丸太法の事業単価表の例

おとり丸太 設置・運搬作業経費 の一例 (ただし運搬距離10km以内の概算)

1m^{3}当り

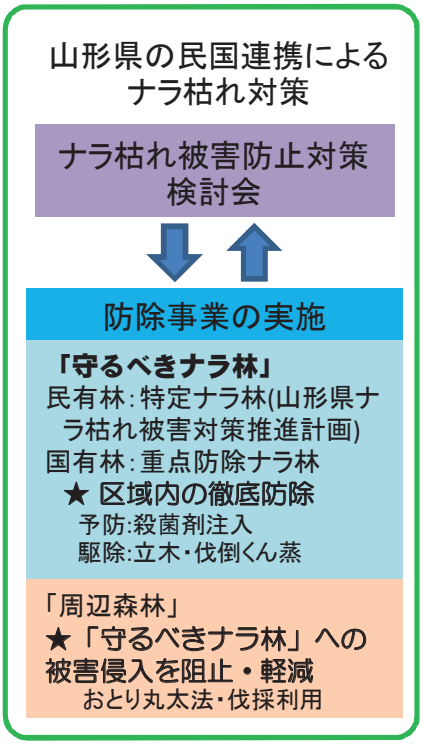
※ 下表で使用した単価は参考例です。実際の事業実施にあたっては事業主体の単価を使用してください。

名称	形状・寸法	数量	単位	単価	金額	摘要
伐倒・枝払い・玉切り	普通作業員	0.37	人	14,400	5,328	1日2.68m^3
集材	普通作業員	0.31	人	14,400	4,464	1日3.23m^3
積込・運搬	普通作業員	0.12	人	14,400	1,728	8t車1台
運搬車	8t車 ～10km	0.13	台	16,731	2,175	8t車1台 1.43人÷11.0m^3
合成フェロモン	2本1組/20m^3	0.05	組	14,000	700	
事業雑費						
機械損料	ﾁｪｰﾝｿｰ 60cc	0.37	日	1,800	666	1日÷2.68m^3
燃料	混合油 20:1	1.49	ﾘｯﾄﾙ	150	224	4ﾘｯﾄﾙ÷2.68m^3
チェーンオイル	生分解性	0.75	ﾘｯﾄﾙ	380	285	2ﾘｯﾄﾙ÷2.68m^3
雑材料	燃料に対して	10	%	232	2,320	
保険料	伐木造材	9,792	円	60/1000	588	
	その他	1,728	円	60/1000	104	
諸雑費	現場管理費等	18,582	円	10%	1,858	
計					20,440	
消費税		8	%		1,635	
合計					22,075	
		20m^{3}の おとり丸太で			441,500	2014年現在

3）山形県におけるナラ枯れに対する面的森林管理事例

山形県では、拡大し続けるナラ枯れ被害に対して、民有林と国有林が連携した防除体制を作りました。民国連携により、所有者を超えた広域な森林を管理できます。その骨子は以下の通りです。

◎ 民有林と国有林が一体化したナラ枯れ被害防止対策検討会の実施
◎ 民有林と国有林がナラ枯れ被害対策推進計画を策定
◎ 民国連携の防除事業の継続的な実施で被害量が減少



1）山形県ナラ枯れ被害防止対策検討会

★民有林・国有林が連携して被害情報を交換し、有効な被害対策の策定と実施を検討します。

① 検討委員
- 座長：山形大学農学部教授
- 委員：山形県林業振興課長、山形県森林研究研修センター所長および研究主幹、山形県森林組合連合会理事長、森林総合研究所昆虫管理研究室長、東北森林管理局森林整備部長、山形森林管理署長の計８名

② 検討事項
- 年度別の被害量と被害位置図の提示
- 当年度の防除事業の実績と効果
- 来年度の防除事業の実施計画とねらい
- 開発された新技術の紹介と事業化の検討

2）山形県でのナラ枯れ被害対策推進計画

★民有林・国有林が「守るべきナラ林」を指定して、区域内の徹底防除を実施します。

① 民有林：山形県ナラ枯れ被害対策推進計画　第1期 平成22～24年度、第2期 平成25～27年度
- 特定ナラ林（徹底した防除エリア）3,495haの指定、防除事業実施の基本計画を提示

② 国有林：重点防除ナラ林 224haの選定、防除事業実施の基本方針を提示

3）山形県でのナラ枯れ被害対策事業の実施状況

実施主体	経費負担	防除種	実施年度 20	21	22	23	24	25	26	備考
山形県内の民・国有林合計 枯死本数(千本)			66.2	170.5	212.2	140.4	57.5	25.0	9.2	
山形県	国庫	駆除								
		立木くん蒸	○	○	○	○	○	○	○	
		伐倒くん蒸					○	○	○	
	県単独	伐倒粉砕	○	○	○	○	○	○	○	
	国庫	予防								
		殺菌剤注入			○	○	○	○	○	
	県単独	総合								
		伐採更新	○	○	○	○	○	○	○	
		危険木伐採		○	○	○	○	○	○	
		市町村交付（駆除・予防）		○	○	○	○	○	○	
		面的防除								
		おとり木	○	○	○	○	○	○	○	22年度まで実証事業
		おとり丸太	○	○	○	○	○	○	○	26年度まで実証事業
東北森林管理局（山形県内）	業務	駆除								
		立木くん蒸	○	○	○	○	○	○	○	
		伐倒くん蒸					○	○	○	
		予防								
		殺菌剤注入			○	○	○	○	○	
		総合								
		面的防除								
		おとり木	○	○	○					22年度まで実証事業
		おとり丸太	○	○	○	○	○	○	○	26年度まで実証事業

参考文献

ナラ枯れ防除については多くの文献や資料が出版されています。ここでは、このパンフレットに関連のあるものをご紹介します。

研究データが掲載された文献

・高濃度トリホリン乳剤の樹幹注入によるナラ枯れ予防．斉藤正一・岡田充弘・鶴田英人・猪野正明、東北森林科学会誌19：12-17（2014）
・ナラ枯れ被害発生ポテンシャルの広域空間分布．近藤洋史・加賀谷悦子、森林防疫63：221-224（2014）
・大量集積型おとり丸太によるナラ枯れ防除法．斉藤正一・岡田充弘・箕口秀夫、森林防疫63：242-248（2014）
・少量樹幹注入処理によるナラ枯れ枯損予防方法の開発．岡田充弘・斉藤正一・猪野正明・吉濱健・所　雅彦、森林防疫63：232-237（2014）
・ブナ科樹木萎凋病に対するスダジイでの殺菌剤注入技術とその他常緑樹への展開．衣浦晴生・所雅彦・後藤秀章・栗生　剛、森林防疫63：238-241（2014）
・カシノナガキクイムシによるウバメガシの穿孔被害と被害軽減対策の開発．大谷栄徳・山下由美子・栗生　剛・衣浦晴生・長谷川絵里、森林防疫63：249-252（2014）
・最新ICTを活用したナラ枯れリアルタイム被害発生予測システムの開発．山中武彦・近藤洋史、森林防疫63：253-256（2014）

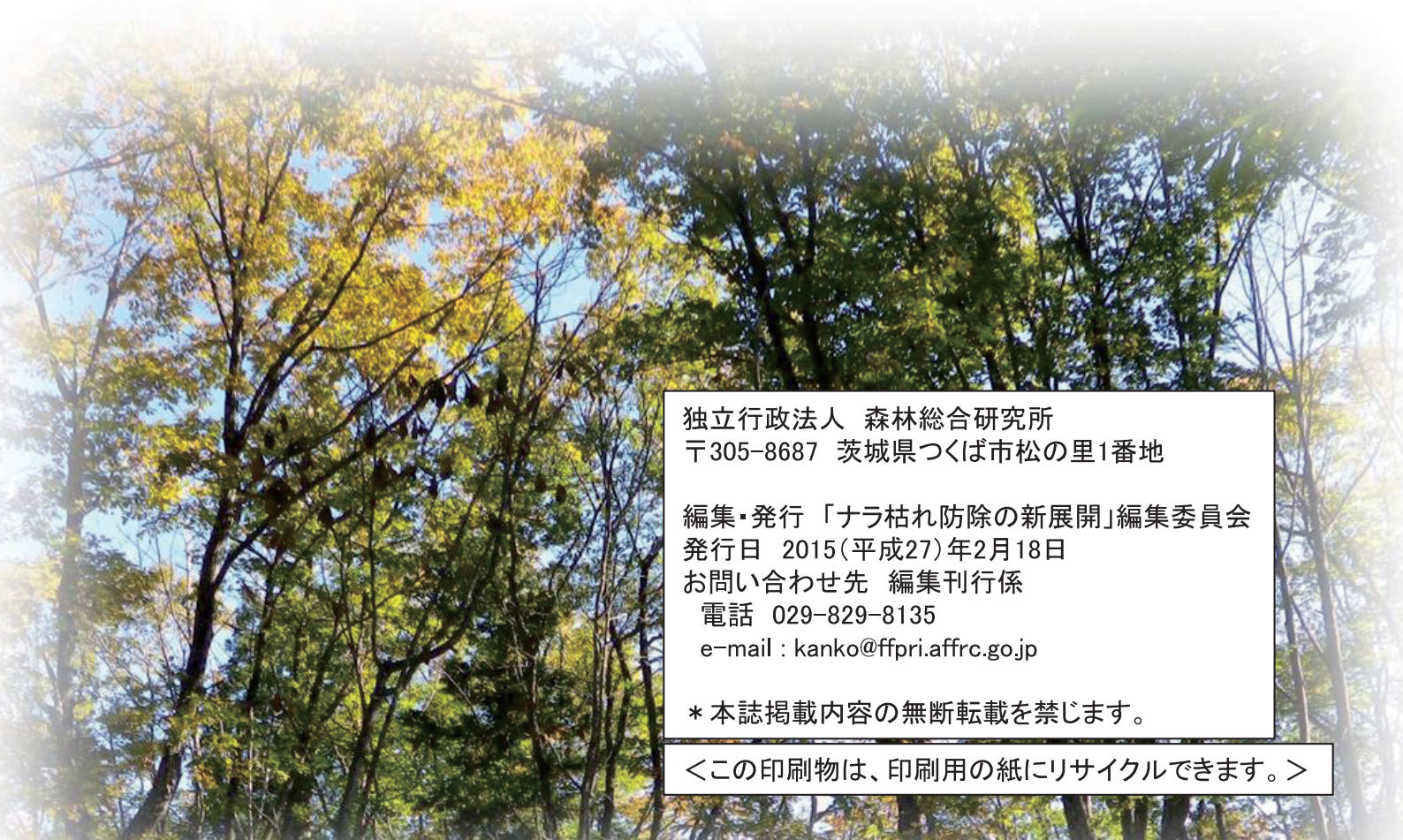
研究知見をとりまとめた小冊子

・ナラ枯れ被害対策マニュアル ―被害対策の体制づくりから実行まで．一般社団法人日本森林技術協会、2012年3月
http://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/pdf/manuals.pdf
・山形県のナラ枯れ被害と防除．山形県農林水産部森林課・山形県森林研究研修センター、2011年11月
http://www.pref.yamagata.jp/ou/norinsuisan/140023/naragaretext/01hajimeni-sinrinsigenP1-P3.pdf
https://www.pref.yamagata.jp/ou/norinsuisan/140023/naragaretext/02naragarehigai01P4-P8.pdf
http://www.pref.yamagata.jp/ou/norinsuisan/140023/naragaretext/02naragarehigai02P9-P14.pdf
http://www.pref.yamagata.jp/ou/norinsuisan/140023/naragaretext/05kanmatu.pdf
・ナラ枯れに立ち向かう－被害予測と新しい防除法－．独立行政法人森林総合研究所、2011年3月
http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/2nd-chukiseika19.pdf

＊URLは2015年２月現在のものです。

この小冊子は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（農林水産省農林水産技術会議事務局）、課題番号24030「広葉樹資源の有効利用を目指したナラ枯れ低コスト防除技術の開発（平成24～26年度）」の研究成果に基づいています。この事業の全参画者によって形成された、「ナラ枯れ防除の新展開」編集委員会（委員は以下の通り）において、ナラ枯れ被害防除事業の計画立案と実施に資することを目的に編集されたものです。

「ナラ枯れ防除の新展開」編集委員会委員
後藤　秀章　　（独）森林総合研究所九州支所
廣田　智美　　サンケイ化学株式会社
猪野　正明　　サンケイ化学株式会社
加賀谷　悦子　（独）森林総合研究所
衣浦　晴生　　（独）森林総合研究所関西支所　（12-13）
北島　博　　（独）森林総合研究所　（16-17）
近藤　洋史　　（独）森林総合研究所九州支所　（4-5）
栗生　剛　　和歌山県林業試験場（現在：和歌山県農林水産部）　（14-15）
岡田　充弘　　長野県林業総合センター　（8-9、18-19）
大谷　栄徳　　和歌山県林業試験場　（14-15）
齊藤　正一　　山形県森林研究研修センター　（10-11、20-22）
所　雅彦　　（独）森林総合研究所　（2）
山中　武彦　　（独）農業環境技術研究所　（6-7）
吉濱　健　　サンケイ化学株式会社
鶴田　英人　　サンケイ化学株式会社
※アルファベット順。（　）内は責任執筆ページ。



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番地

編集・発行　「ナラ枯れ防除の新展開」編集委員会
発行日　2015（平成27）年2月18日
お問い合わせ先　編集刊行係
電話　029-829-8135
e-mail : kanko@ffpri.affrc.go.jp

＊本誌掲載内容の無断転載を禁じます。

＜この印刷物は、印刷用の紙にリサイクルできます。＞