
六甲山系グリーンベルト整備事業

六甲山系におけるナラ枯れ被害と対策事例

～被害発生から収束まで～



令和 6 年 12 月

国土交通省 六甲砂防事務所

目 次

はじめに.....	1
1. ナラ枯れとは.....	2
(1) ナラ枯れ被害	2
(2) ナラ枯れ発生のおくみ	3
(3) 我が国でのナラ枯れ被害の歴史	11
(4) ナラ枯れが引き起こす問題.....	12
2. 六甲山系とその周辺で発生したナラ枯れ被害.....	13
(1) 兵庫県でのナラ枯れ被害	13
(2) 六甲山系とその周辺での被害推移の傾向	14
(3) GB整備事業用地での被害の特徴.....	18
3. 六甲山系でのナラ枯れ被害対策方針	22
(1) 対策の基本的考え方	22
(2) カシナガ及びナラ類の生活史に応じた対策実施.....	23
(3) ナラ枯れ被害対策の効果	27
(4) ナラ枯れに関するの学習活動.....	28
4. 今後の展望	28

はじめに

六甲山系は、地形・地質条件に加え、立地的に市街地に隣接しているため、土砂災害の危険性が高い山地です。

このため、六甲砂防事務所では、土砂災害防止を主目的とし、市街地に隣接する山腹斜面に樹林帯を保全育成する六甲山系グリーンベルト整備事業を推進してきました。

しかし近年、六甲山系では、ドングリ等が実る木の仲間であるナラ類に穿入し、これらの樹木を枯らすカシノナガキクイムシ(以下、カシナガと略記)という昆虫が大量発生し、グリーンベルトに位置づけている樹林帯でも多くのナラ類を枯死(ナラ枯れ)させました。

このようなナラ枯れが激害化すれば、土壌をつなぎとめている木の根が減少し、山腹斜面への影響が危惧されるとともに、六甲山系を訪れる登山者等への倒木等による被害を引き起こす可能性も危惧されました。

ナラ枯れを引き起こす原因となるカシナガは、全長 5mm 程度と小さな昆虫で、例年 6 月頃より対象となる樹木に穿入を開始し、8～9 月頃には穿入した木を枯らします。更に穿入した樹木内で越冬・繁殖活動を行い、翌年 5 月頃に繁殖した木から脱出するというサイクルを繰り返します。

ナラ枯れ対策は、安全を確保しつつ限られた期間に対応を実施することが必要ですが、急峻で複雑な地形の六甲山系では、ナラ枯れが激害化して大量発生した場合には、被害木全木に対して短期間に対策することは非常に困難になります。

そこで、六甲砂防事務所では、ナラ枯れ被害への効率的・効果的な対策を模索してきました。

取組み開始当時は、六甲山系のようなコナラが主体である植生での体系的な対策事例はほとんどなく、急峻な地形での対策についても事例が少ない状況でした。

このような中、六甲山系の地形や森林の状況を考慮した被害木対策や被害監視のための各種検討を、平成 25 年度から約 10 年間実践してきました。その結果、六甲山系では、一定のコントロールの下、ナラ枯れ被害の収束を迎えることができました。

本書は、10 年間の間に集積したナラ枯れ被害や対策に関する知見をとりまとめたものです。

ナラ枯れ被害の発生状況は樹種によって異なり、効果的な対策は地形やカシナガの DNA 型、予算等に応じて異なりますが、本書が六甲山系に限らず、今後ナラ枯れ被害が発生した際に対策を検討するための参考事例として、手助けとなれば幸いです。

六甲砂防事務所 事務所長

1. ナラ枯れとは

(1) ナラ枯れ被害

ナラ枯れ被害とは

ナラ枯れとは、ナラ類等の幹にカシノナガキクイムシ(*Platypus quercivorus*、以下、「カシナガ」と略記あり)という日本の在来甲虫が穿入(木に穴をあけて入り込むこと)し、媒介する菌類の影響で引き起こされる、主に夏季～秋季にナラ類が急速に枯れる伝染病です¹⁾。

一般的に、ナラ枯れとは、ナラ類がカシナガの穿入によって集団的に枯れる現象¹⁾とされていますが、本書では、集団的ではなく1本の枯れでもカシナガの穿入による被害があれば、「ナラ枯れ」とします。また、ナラ枯れ被害を受けた木は「ナラ枯れ被害木」とし、ナラ枯れで枯れた場合は「ナラ枯れ枯死木」、枯れなかった木は「ナラ枯れ被害生存木」と区別します。



写真 1-1 ナラ枯れによる枯死が多発した山林と枯死の状況(西宮市甲山)

ナラ枯れ被害を受ける樹種

カシナガはブナ科の樹種に穿入します。このうち枯死が多いのは、落葉広葉樹(落葉ナラ類)であり、特にミズナラやコナラ、カシワです。落葉ナラ類ほどではないものの、常緑広葉樹(シイ・カシ類)ではマテバシイとウバメガシが枯れやすいと言われています²⁾。

なお、枯死しやすい樹種は地域によって異なりますが²⁾、ブナ属のブナ、イヌブナは、カシナガの穿入があった場合でも、枯死は確認されていません³⁾。

表 1-1 ナラ枯れ被害を受ける樹種

属名	種名
コナラ属	アカガシ、クヌギ、ナラガシワ、アラカシ、ミズナラ、シラカシ、ウバメガシ、ウラジロガシ、コナラ、カシワ、アベマキ、イチイガシ、ハナガガシ、ツクバネガシ
クリ属	クリ
シイ属	ツブラジイ、スダジイ
マテバシイ属	マテバシイ
ブナ属	ブナ、イヌブナ

橙色文字: 落葉広葉樹
緑色文字: 常緑広葉樹

(2)ナラ枯れ発生のしくみ

ナラ枯れを引き起すカシノナガキクイムシ

カシナガは、雄が体長 4.5mm 程度、雌が 4.7mm 程度と小さな甲虫ですが、健全なナラ類に穴をあけて穿入します。カシナガの雌は菌類の胞子を貯蔵する器官(菌のう)をもち、餌となる菌(酵母類等)とともにナラ類材内の道管(水分を吸い上げる管)の通水を阻害する病原菌 *Raffaelea* 属菌(以下、「ナラ菌」と略記あり)を運び込みます²⁾。

カシナガは、「養菌性キクイムシ」と言われています。これは、カシナガが穿入した材そのものを食べるのではなく、雌が持ち込んだ菌類を孔道内(カシナガが繁殖するために掘り進んだトンネル:詳細は p.5 参照)で培養させてこれを食べるためです²⁾。繁殖も孔道内で行い、幼虫も成虫と同様に菌類を食べて成長します⁴⁾。

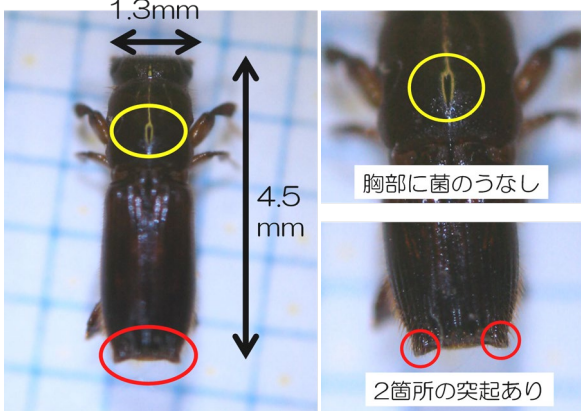
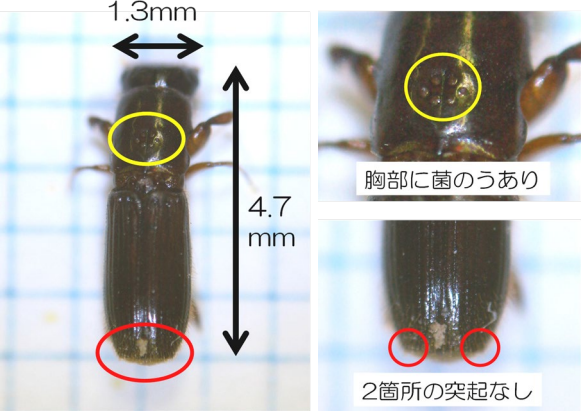
 1.3mm 4.5 mm 胸部に菌のうなし 2箇所の突起あり	 1.3mm 4.7 mm 胸部に菌のうあり 2箇所の突起なし
成虫(雄)	成虫(雌)
	
穿入孔から顔を出すカシナガ成虫	穿入孔から出てきたカシナガ成虫 (白い粉状のものはフラス)

写真 1-2 カシノナガキクイムシ

コラム:カシノナガキクイムシの日本海型と太平洋型

カシナガには、「日本海型」と「太平洋型」という、DNA 型が異なるタイプがあります。六甲山系では、この2つの DNA タイプのカシナガを確認しています。この2つのDNAタイプは、見た目が少し違うだけでなく、繁殖に関する特徴も異なる傾向があります。

●2つの DNA タイプの分布

カシナガの日本海型と太平洋型は、必ずしも名称通り日本海側と太平洋側に分布が分かれています。大まかには、本州では東日本や日本海側を含む広域に日本海型が、比較的南に位置する紀伊半島付近には太平洋型が分布しており、九州から沖縄では日本海型と太平洋型が入れ子状に分布していることが知られています。

六甲山系では、下図のように日本海型が分布していると考えられていましたが、令和4年度と令和5年度に捕獲したカシナガのDNAを解析したところ、日本海型と太平洋型の両方が生息していることがわかりました。



図 1-1 カシナガの日本海型と太平洋型の分布傾向

●見た目の違い

日本海型と太平洋型の見た目は、ほぼ同じです。太平洋型は日本海型に比べて全体的に体が太く、横からみると厚みがあります。上翅先端の突起部がより尖っているところ(p.3 写真 1-2 参照)も特徴です。両タイプを並べて比較すると違いがわかります。

日本海型は雌の菌のうの数が10個以下、太平洋型は11個以上と明らかに異なります。

●繁殖に関する特徴の違い

日本海型は集合フェロモンを用いて繁殖を行うため、人工的なフェロモン剤を用いたナラ枯れ対策に取り組んでいます。太平洋型では集合フェロモンが発見されていません。そのため、現状では太平洋型に対しては、人工的なフェロモン剤を使った対策ができません⁵⁾。



図 1-2 日本海型と太平洋型の菌のうの差

ナラ枯れ発生の仕組み

カシナガは、集団で集中的に穿入することで、孔道内にナラ菌を感染・繁殖させます。穿入された樹木自体がナラ菌に抵抗する物質を生成し、その抗菌作用が道管の水分(樹液)上昇を阻害してしまうことで、急速に枯死します。

ナラ菌が樹木内部の辺材部分(図 1-3、図 1-5 参照)に広がると、道管内の細胞(柔細胞)が防御反応を起こし、抵抗物質を放出します。この抵抗物質には抗菌作用がありますが、結果として水分(樹液)の上昇が阻害され、道管を通じた水分上昇ができなくなります⁶⁾。また、辺材部分が薄い茶色から濃い茶色に変色しますが、これは抵抗物質が酸化等することで起こります。

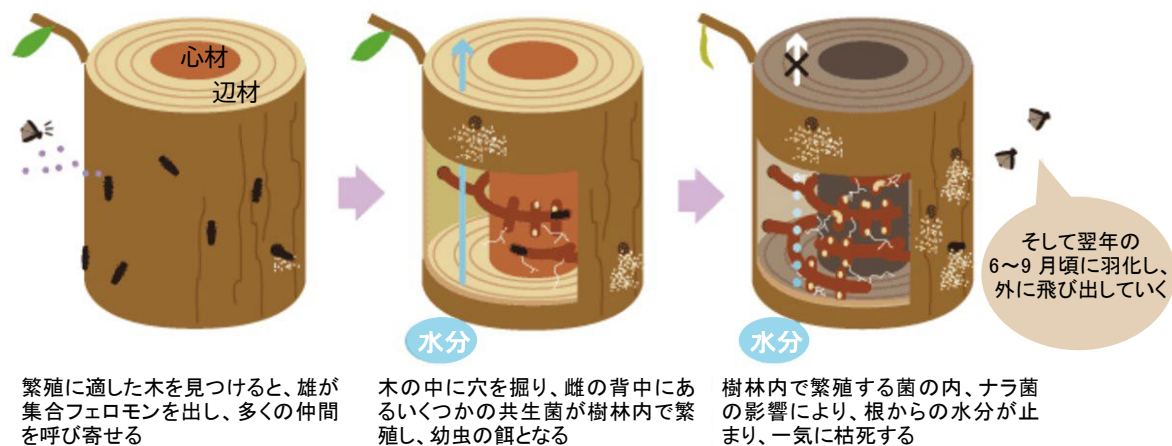


図 1-3 カシナガの穿入から枯死に至るイメージ

以下は、実際にナラ枯れ被害木を伐倒し、玉切りした丸太を薄く裁断しながらカシナガの孔道を把握し、その形状を再現したものです。知見通り穿入孔は辺材につくられており、幼虫室には幼虫もみられました。

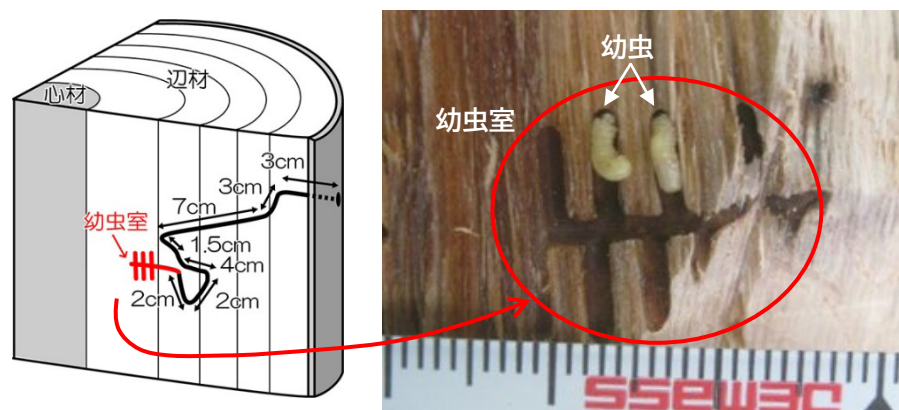


図 1-4 カシナガの孔道と幼虫

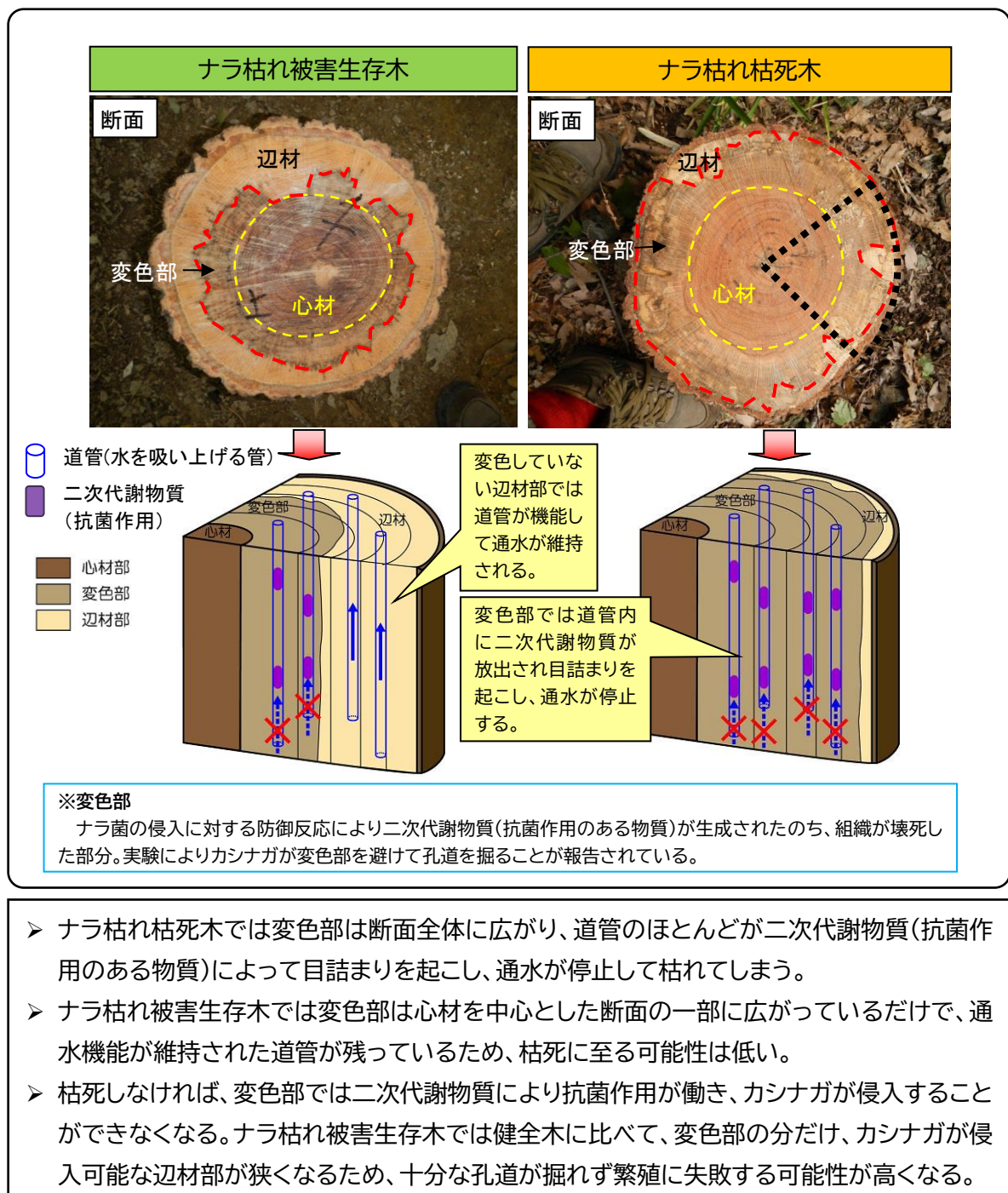


図 1-5 ナラ枯れ枯死木とナラ枯れ被害生存木の道管阻害のイメージ

ナラ枯れ発生のサイクル

カシナガは、6月～7月に、ナラ類に飛来して穿入し、孔道内にナラ菌を感染させます⁷⁾。まず穿入した雄が、ほかのカシナガを引き寄せる集合フェロモンを放出することで、雄や雌を誘引し、集団で穿入します。

集団で集中的に穿入(マスアタック)することで、ナラ菌を感染・繁殖させ、その菌類に抵抗する道管の水分上昇を妨げさせ、8月～9月頃に急速に枯死させます。なお、カシナガの脱出・穿入は10月を過ぎても続くことがあります¹⁾。

ナラ枯れで枯死した木には、数百～数千孔の穿入孔がみられ、翌年には1穿入孔あたり数十～数百個体のカシナガが羽化脱出し、1本の木からは数万個体が脱出することとも言われています⁸⁾。

このようにカシナガは多くの個体が1本の木に集中的に加害する性質があるため、大径木が被害を受けやすい傾向があります。さらに1本の木の中でも、より太い根元付近に多くの個体が穿入する傾向があります。全体に幹が太く、穿入する個体が多い場合は、地上から数メートルの高さでも比較的多く穿入する場合があります。その反対に、胸高直径が10cm程度以下の小径木ではカシナガはほとんど繁殖できないため、小径木はナラ枯れ被害に合いにくいと言われています⁸⁾。六甲山系でも、被害を受けているナラ類は8割以上が胸高直径30cm以上のナラ類です。

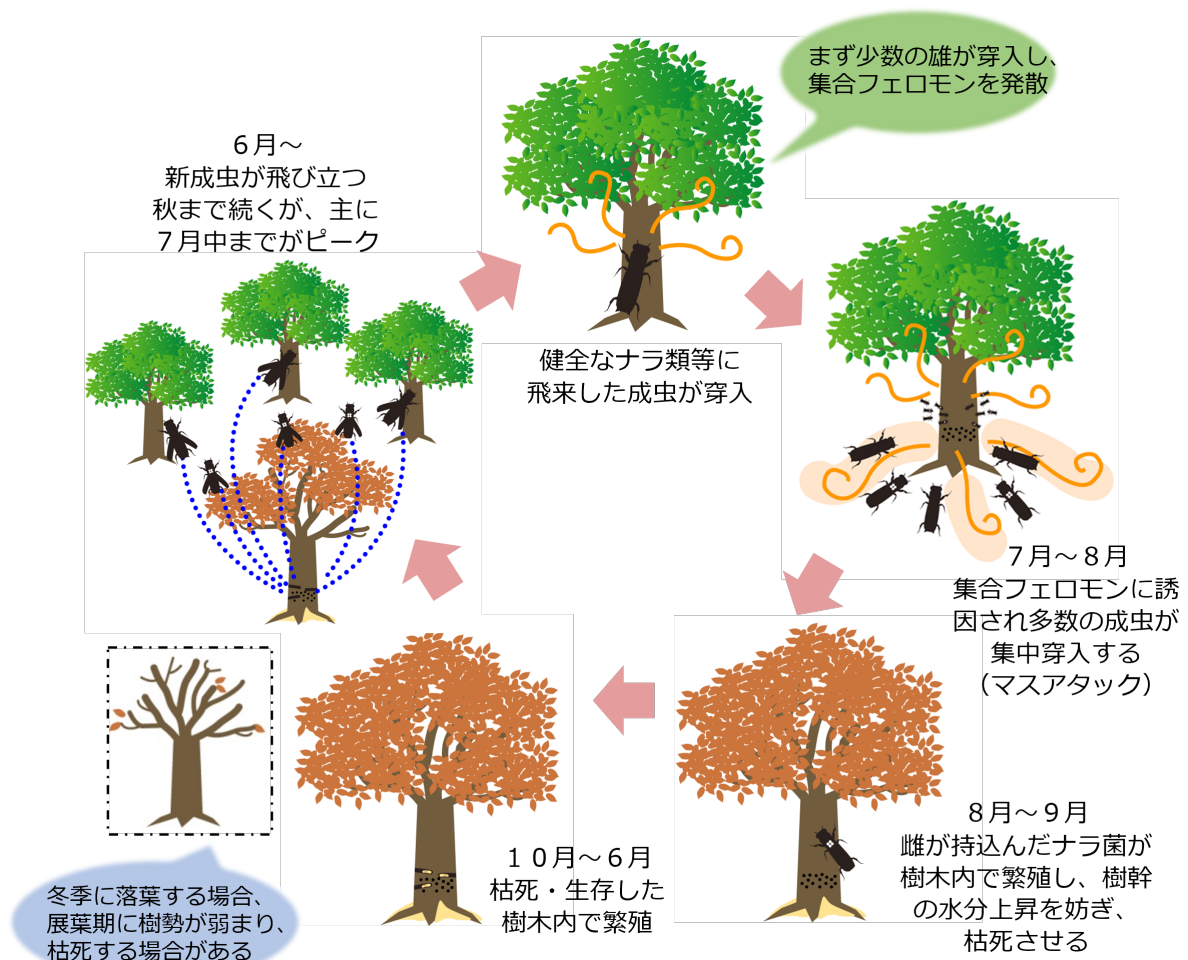


図 1-6 カシナガの生活史と被害状況

被害の特徴～ナラ枯れで枯死するのは一部のみ～

ナラ枯れと言っても、被害にあった全ての木が枯れるわけではありません。カシナガの加害を受けて、葉枯れして枯死する木の方が少なく、葉が変色せずに枯死しない木(ナラ枯れ被害生存木)の方が多くみられます。

GB整備事業用地※での調査では、ナラ枯れ被害木のうち枯死する割合は年によって異なり、平成 27 年度～平成 30 年度では13%～33%(平均 23%)でした(図 1-7 参照)。

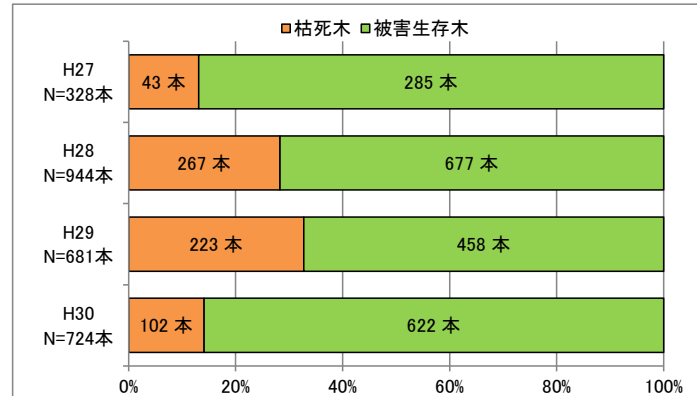


図 1-7 ナラ枯れで枯死する割合

※「GB整備事業用地」

本書では、六甲山系グリーンベルト整備事業の事業対象区域(下図の黒枠範囲)のうち、用地を取得している範囲を「GB整備事業用地」としています。

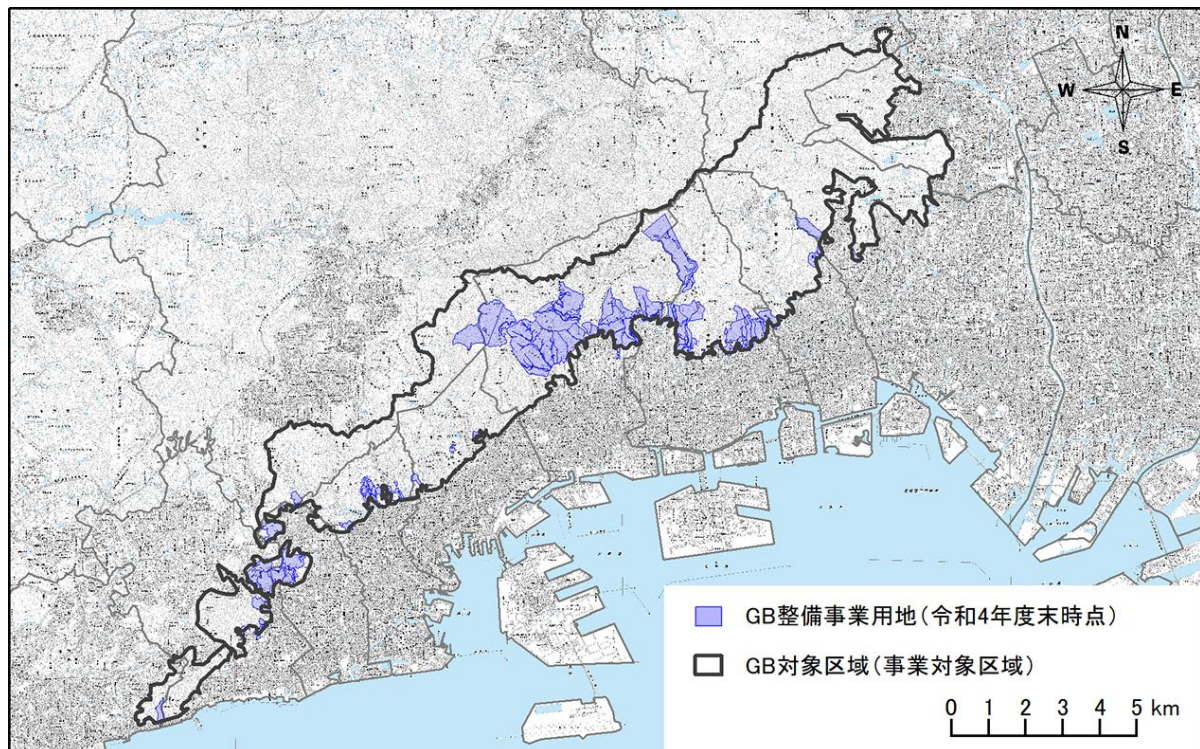


図 1-8 GB 整備事業用地と事業対象区域

コラム: 枯死しやすさを左右する降水量

年によって枯死する割合は変動します。ナラ枯れ被害を受けた被害木が枯死するかどうかは、カシナガの穿入の多さや、元々の木の健康状態等の要因がありますが、その一つが降水量です。

夏季の降水量が少ないと枯死率が上昇します。これに加え、展葉期に降水量が多いと枯死率はさらに上昇する傾向があります。

被害木のうち枯死木の占める割合が多いと、カシナガの勢力が増大している可能性があります。降水量の影響も加味して判断することが望ましく、GB整備事業用地では現地調査によるナラ枯れ枯死木の占める割合と降水量を比較してカシナガの勢力が低下しているのか、

増大しているのかを考える際の参考としています。実際、枯死率が高かった平成28年度は8月の降水量が少なく、5月の降水量が多い傾向がありました。

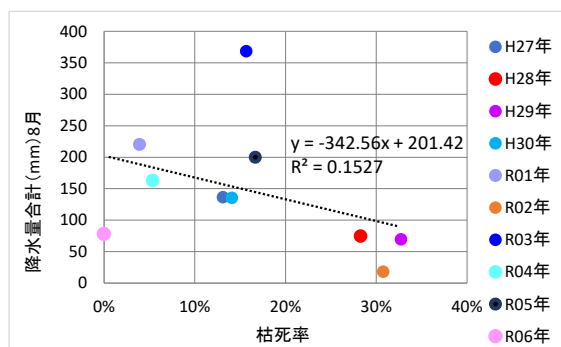


図 1-9 8月の降水量と枯死率の関係

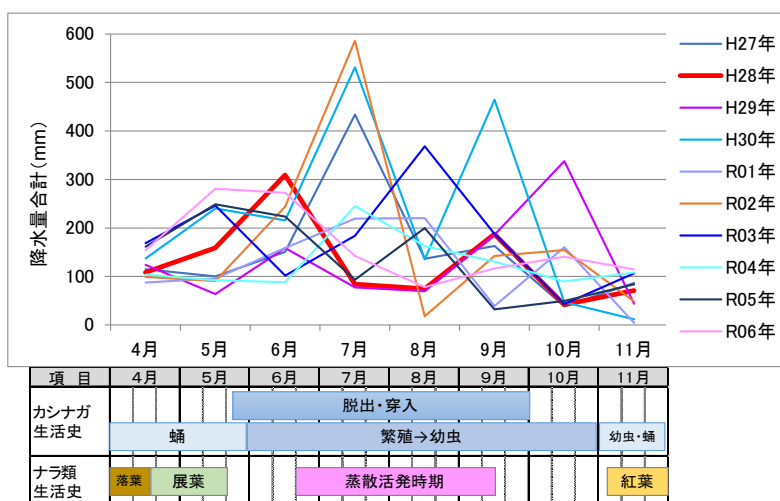


図 1-10 神戸管区気象台の降水量とカシナガ生活史

被害の特徴～カシナガの穿入の証拠～

ナラ枯れ被害木の特徴としては、カシナガが幹に孔をあけて入った穿入孔(直径 1.5～2.0mm)が幹や根元にみられ、穿入孔付近や根元にはフラス(木くずと虫の排泄物が混じったもの)がみられます。ナラ枯れ被害生存木は、このフラスや穿入孔があることで、ナラ枯れ被害木だと見分けられます。

カシナガは、木に穿入する際等にフラスを排出します。フラスは繁殖段階によって形状が異なり、最初に雄成虫が穿入する時は繊維状、交尾後に雌成虫と孔道を掘る時は団子状、幼虫が排出する際には粉末状となり、フラスをみると、繁殖段階がわかります(写真 1-3 参照)。



写真 1-3 カシナガのフラスと穿入孔

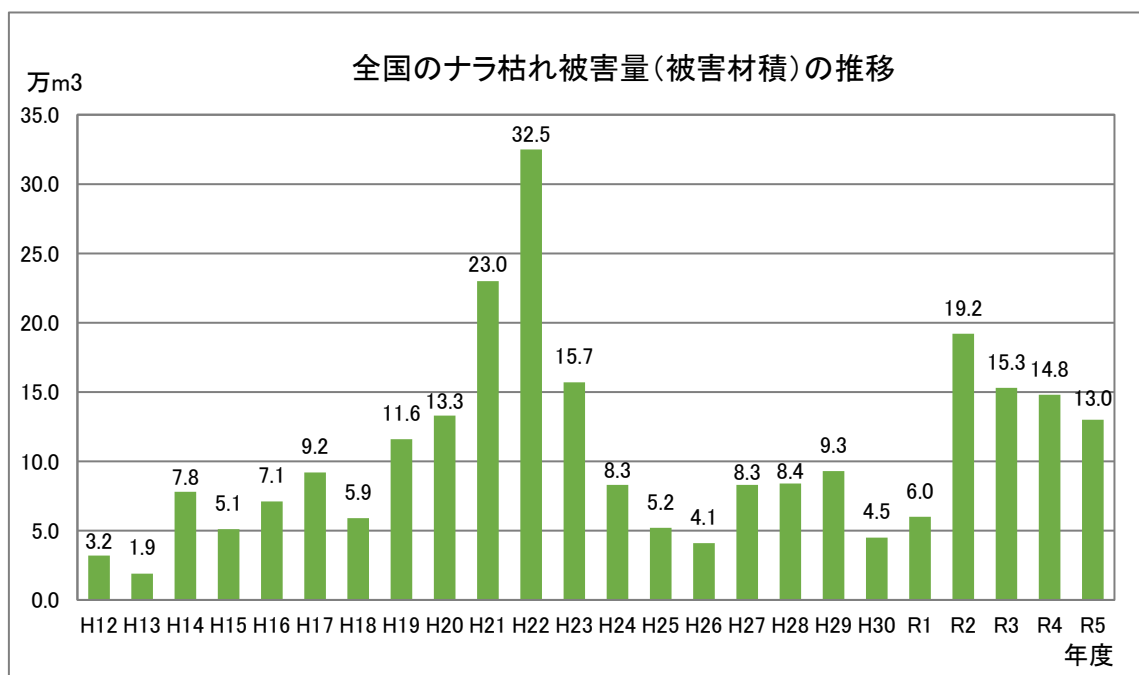
(3) 我が国でのナラ枯れ被害の歴史

ナラ枯れ被害は、昭和初期(1930 年代)に宮崎県と鹿児島県で、その後昭和 20 年代(1950 年代)に山形県、兵庫県の城崎郡(現、豊岡市城崎町)等の一部地域での被害報告がありました⁹⁾。さらにその後、昭和 50 年代(1980 年代)以降になると日本海側を中心に広がり、平成になって太平洋側にも被害が拡大するようになりました。

昭和初期、昭和 20 年代頃のナラ枯れ被害は数年で収束していました。それは、ナラ類やシイ・カシ類が薪炭林として活用されて大径木になることがなかったためと考えられています。しかし、高度経済成長により薪炭林としての利用が大幅に減少した昭和50 年代以降は、日本海側を中心に主にミズナラの被害が継続・拡大し、大規模な被害となりました。

近年では、関東地方や近畿地方南部、中国地方、さらに四国、九州でも被害が発生し、増減を繰り返しながら各地で被害が継続しています(図 1-11 参照)。

なお、城崎郡(現：豊岡市城崎町)での被害は、昭和 22 年～昭和 37 年(1947～1962 年)まで継続し、その後昭和 63 年(1988 年代)に再度被害が発生しました⁸⁾。現在でも被害は継続しています。



注1 林野庁ホームページ情報より作成した。

2 民有林(林野庁所管以外の国有林含む。)については、都道府県からの報告による。

3 国有林(官行造林地を含む。)については、森林管理局からの報告による。

4 小数点以下第二位を四捨五入した。

5 四捨五入により、「都道府県別ナラ枯れ被害量(被害材積)の推移(総数)」の合計値と一致しない場合がある。

図 1-11 全国でのナラ枯れ被害の推移

(4) ナラ枯れが引き起こす問題

カエンタケ

ナラ枯れ枯死木の根元に発生しやすい毒キノコです。触るだけでも発熱や手足のしびれ等を発症し、死亡事故も発生しています。



写真 1-4 カエンタケ

倒木・落枝

ナラ枯れ被害木は、材内でナラ菌等の菌類が繁殖しているため、幹や根が腐朽しやすい状態となります。

そのため、被害により枯死したり樹勢が弱まったりすると、早期に根元から倒れたり、枝が落ちたりすることがあり、危険です。過去にはナラ枯れ枯死木が倒木したことによる死亡事故等（長野県）がありました。

六甲山系では、事故はないものの、枯死してから 1 年目で倒木した事例もありました。

ナラ枯れ被害木には近づかない、触らないようにすることが重要です。

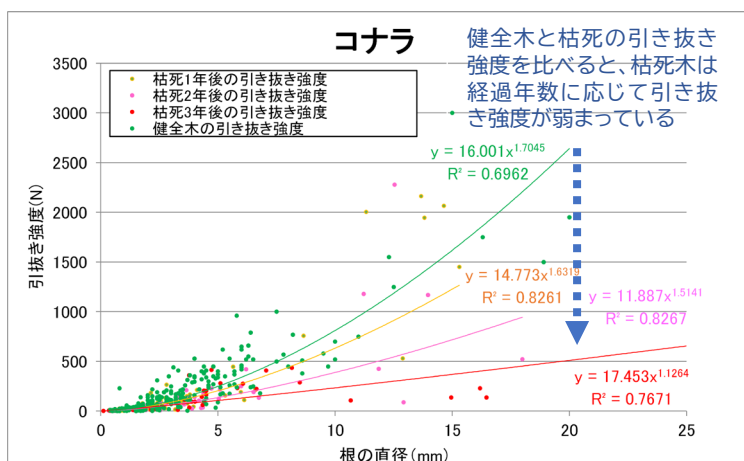


写真 1-5 ナラ枯れ枯死木の倒木
(神戸市東灘区)

図 1-12 ナラ枯れ枯死木と健全木の根茎引抜き強度

表土の流出

ナラ枯れの増加により、地表面の表層が流出しやすくなる可能性があります。

ナラ枯れの増加によって林冠を形成する樹木が減少することで、雨が地表面の落葉等のリター層やその下層の A0 層(地表面の落葉等が腐朽物からなる部分)等の流出を誘引すると考えられます。一方、複層林では土砂移動が比較的緩やかな可能性があります。

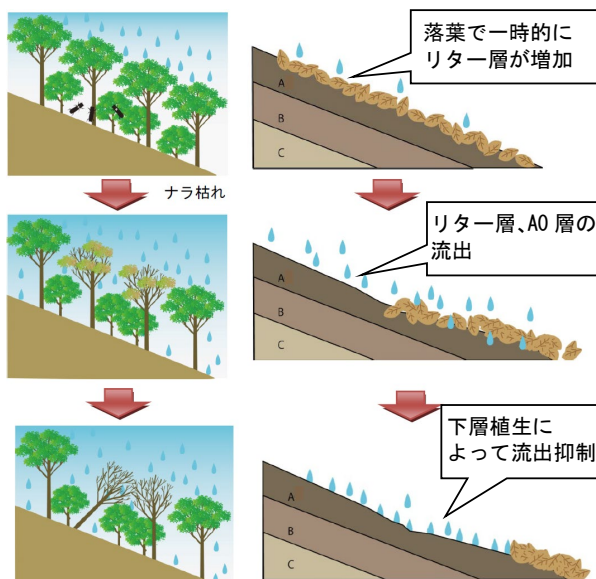


図 1-13 ナラ枯れによる表層への影響(イメージ)

2. 六甲山系とその周辺で発生したナラ枯れ被害



(1) 兵庫県でのナラ枯れ被害

兵庫県では、以前から日本海側での被害がみられており、平成の時代になっても日本海側では被害が継続して発生しています。その後、被害は南下しますが、京都府、大阪府方向からの被害拡大があり、神戸市等の阪神地域にも被害が拡大しました。

平成 22 年度には現在の朝来市、丹波市付近で被害が拡大し、被害は南下傾向となります。京都府や大阪府での被害も多く発生し、京都府に接する丹波地方の三田市等で被害は広がり、平成 28 年度には東部の川西市、西宮市や芦屋市で被害が拡大しました。平成 29 年度には、東部からの被害は神戸市へ拡大したほか、県北部からの被害は、播磨地域まで南下し、被害地域を拡大してきました。その後、令和2年度から東側地域の被害は減少傾向となり、さらに令和5年度には被害が大幅に減少しました。ただし、豊岡市等の日本海側では継続して被害が発生しています。また、たつの市では増加し、但馬地域では被害が再増加しています。

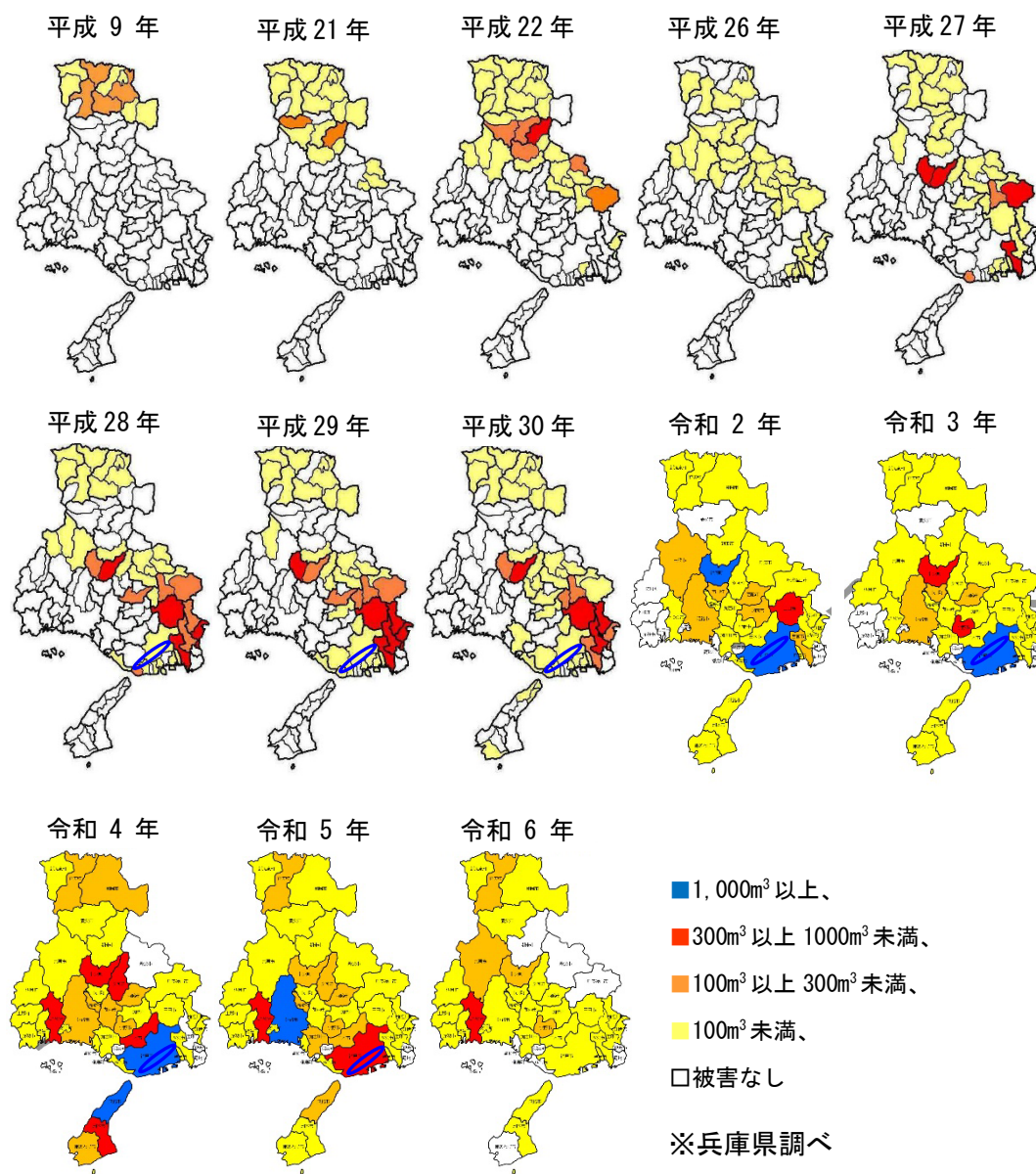


図 2-1 兵庫県でのナラ枯れ被害発生推移

(2) 六甲山系とその周辺での被害推移の傾向

六甲山系とその周辺での被害の広がり

六甲山系では、平成 22 年の坊主山地区(神戸市灘区)での被害が初めての確認でしたが、その後、平成 24 年には宝塚市、西宮市、芦屋市、神戸市東灘区で被害を確認しました。特に六甲山系東部の宝塚市や西宮市では被害が激害化し、六甲山系での被害は東部地域から拡大し始めました。

六甲山系での被害の初確認は、平成 22 年にGB整備事業用地の坊主山地区(神戸市灘区)で、数本の被害木を確認しました。確認した被害木には対策を施しており、その後の被害拡大はありませんでしたが、平成 24 年になって、保久良地区(神戸市東灘区)や芦屋市、西宮市、宝塚市で被害が発生しました。特に、西宮市、宝塚市の被害は急激に拡大しました。

カシナガは 1 年に 1km~6km 程度の距離を移動すると言われているため、六甲山系での被害発生が、京都府や大阪府からの伝播である可能性があります。しかし、在来種でもあるため、その場で生息密度が上昇して被害が顕在化した可能性もあり、伝播か生息密度の上昇によるものか、またその両方かは、判断できません。

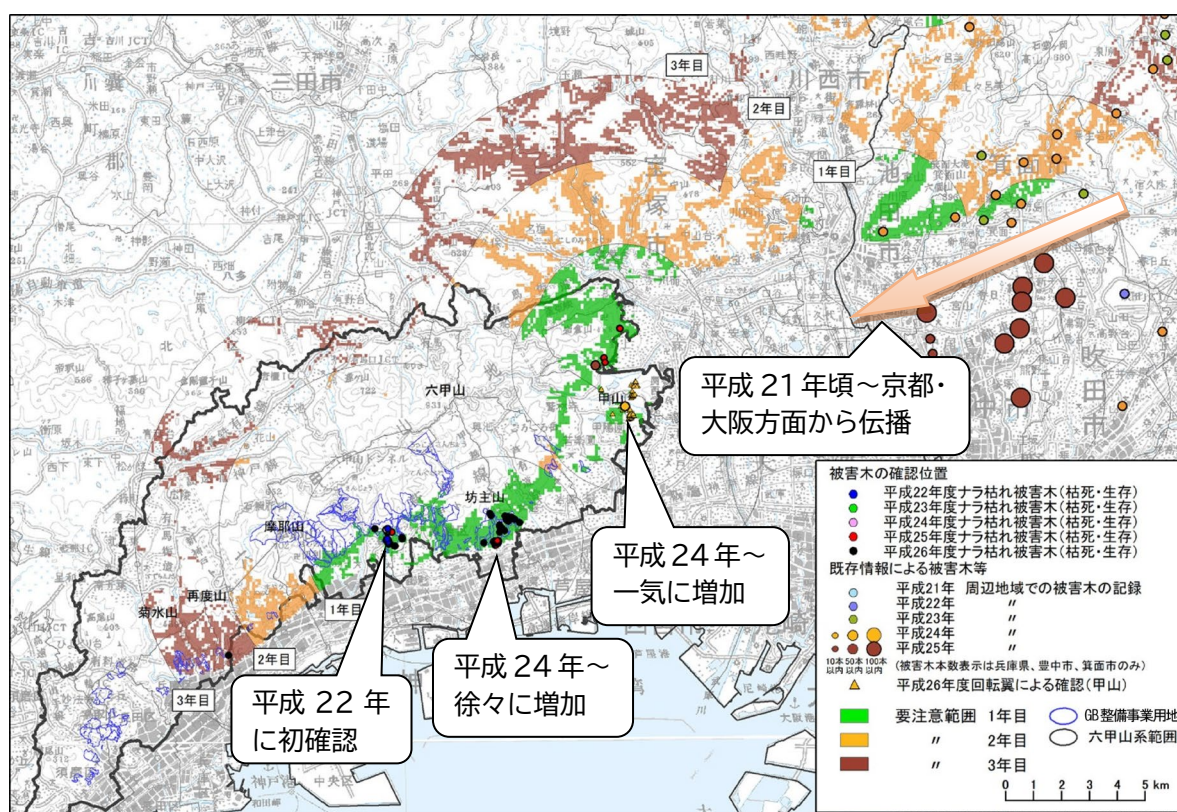


図 2-2 平成 26 年時点の六甲山系とその周辺での被害状況

六甲山系における被害の推移

ナラ枯れ被害は急速に増加すると言われています。GB整備事業用地とその周辺でのナラ枯れ枯死木の発生状況を調べたところ、平成 22 年度にナラ枯れ被害生存木が数本発生し、平成 25 年度にナラ枯れ枯死木が 5 本発見されましたが、翌年には 100 本を超えて急速に増え、5 年目には 5,000 本近くまで増加し、六甲でも急速な拡大がみられました。

表 2-1 で示す枯死木の本数は、ヘリコプター等で上空からナラ枯れ枯死木を調査した結果です。年によっては撮影範囲が異なるため、毎年撮影していた範囲を GB 整備事業用地とその周辺として、経年比較範囲(図 2-3 参照)に設定し、本数を比較しました。なお、GB 整備事業用地でのナラ枯れ枯死木は表 2-2 に、各年の撮影範囲でのナラ枯れ枯死木位置図は、図 2-4 に示します。

ナラ枯れ枯死木の推移を各市区でみると、5 年前後でピークとなり、その後減少傾向となっています。被害は東から西側地域へ移りながら、令和 5 年度から合計本数は 2 桁台と大きく減少してきました。



写真 2-1 ヘリコプターでの撮影

表 2-1 上空監視によるGB整備事業用地とその周辺のナラ枯れ枯死木の経年変化

市区名		ナラ枯れ枯死木本数 (GB整備事業用地とその周辺での判読結果)											
		H25	H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03	R04	R05	R06
宝塚市		3	22	168	1,319	2,000	2,000	33	0	14	6	2	0
西宮市		(2)※	56	174	1,152	2,000	2,000	125	65	36	11	0	3
芦屋市		0	9	14	263	336	180	75	106	38	8	1	1
神戸市	東灘区	0	12	30	177	291	322	176	256	66	31	2	3
	灘区	0	4	9	40	93	128	259	828	556	175	9	10
	中央区	0	0	3	18	20	24	61	296	129	22	6	1
	兵庫区	0	0	3	10	28	7	19	182	123	100	11	3
	長田区	0	1	1	3	16	27	33	291	307	104	12	12
	須磨区	0	0	3	10	48	99	288	709	702	303	11	5
	垂水区	0	0	0	1	3	0	14	118	185	27	10	9
	北区	0	0	0	6	0	11	9	71	127	84	4	9
計		0	17	49	265	499	618	859	2,751	2,195	846	65	52
合計		3	104	405	2,999	4,835	4,798	1,092	2,922	2,283	871	68	56

増加傾向を示す。
減少傾向を示す。

※撮影時には伐倒済みだったが、兵庫県の報告で2本のナラ枯れ被害木があったため、参考値として記載した。
注1) 宝塚市と西宮市は、H29年の被害量が非常に多かったため、GB整備事業用地内のみを判読した。そのため、各2,000本として推計した。

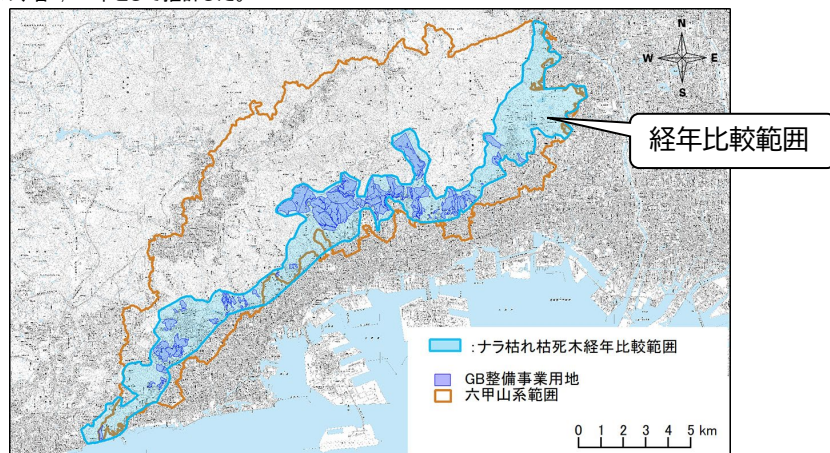
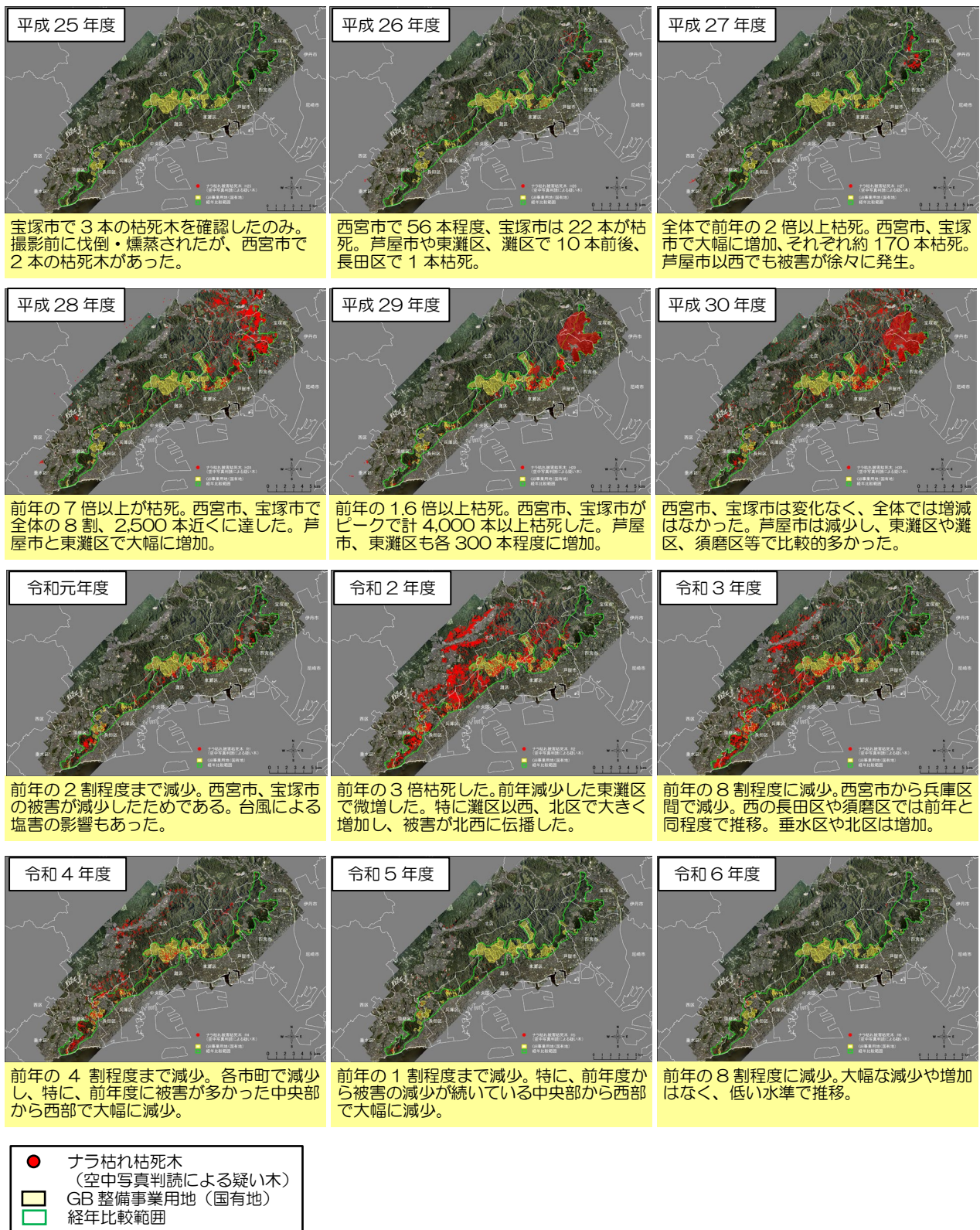


図 2-3 ナラ枯れ枯死木の経年比較範囲

表 2-2 GB整備事業用地のナラ枯れ枯死木の経年変化

市区名	地区名	ナラ枯れ枯死木本数 (GB整備事業用地での判読結果)										
		H26	H27	H28	H29	H30	R01	R02	R03	R04	R05	R06
西宮市	角石				4	5	3	1				
	苦楽園			11	18	11	17	5	5			
芦屋市	劔谷		2	55	53	13	1	1	2			1
	三条	4	10	26	14	1	2	4	2	1	1	
神戸市	東灘区	森	2		14	22	12	4	11	2	2	
		中野	15	20	28	14	24	14	5	1	1	1
		保久良	3	1	12	14	31	4	12	4	2	
		岡本		2	5	5	1	3	3	2		
		住吉・野寄	1	5	15	65	64	43	76	18	9	1
		北六甲	1		6	8	17	29	29	2	2	
		西谷山			1	11	19	31	85	45	14	
	灘区	坊主山	10	5	14	36	40	77	150	72	21	3
		大月山		3		1		3	41	33	16	
		篠原	2				2	8	31	24	5	
		東山ノ内					1	15	5	6		1
		南六甲					1	6	37	9	2	1
		長峰山	1		1	3	4	6	78	88	59	1
		摩耶山町	1		1			2	4	5		
		中一里山					1	3	26	8	2	2
	中央区	葦合			1	4	2	3	7		1	
		桜谷					1	2	6			
		諏訪山					1	3	4	2		
	兵庫区	平野東				1	1	1	14	14	5	
		平野	1		2	4	2	1	21	20	23	5
		烏原				2			12	2	5	
	長田区	一里山			1		1	2	24	44	13	4
		高取	2		1	9	19	25	221	173	66	1
	須磨区	板宿						1	34	41	14	
		火ノ谷東				3	5	9	25	14	1	
		火ノ谷中			1			1	11	6		
		火ノ谷西						2	12	3	2	
	垂水区	鉢伏山			1	2		3	13	23	23	4
	北区	下谷上					1	5	7	1	6	
		鵜中			1		6	1	11	47	29	2
		鵜西					2		6	18	4	2
計		43	48	197	293	287	316	1,051	739	334	28	29

※赤色カラーバーは、各地区及び年度、合計値でそれぞれ本数の多さを示す。



※背景の空中写真は、平成 30 年 7 月撮影のもの。

図 2-4 上空監視によるナラ枯れ被害の経年変化

(3) GB整備事業用地での被害の特徴

ナラ枯れ被害発生の特徴

ナラ枯れはブナ科の木が被害にあうため、当然ながら、ブナ科の木が主に分布する群落到被害が多く発生していますが、植生が遷移してナラ類が増えていたと思われる群落においても被害が多く発生していました。また、カシナガは飛翔能力が弱いこと、光に向かう習性があることから、下層植生がまばらで、適度に明るい林床やそのような環境を好みます。

●ナラ枯れが発生しやすい立地特性

- 植生：ブナ科の群落として、GB整備事業用地では、コナラ-アベマキ群落とアラカシ群落到被害が多く、ナラ枯れ枯死木の65%が集中しています。また、残り35%のうち70%程度がアカマツ-モチツツジ群集、ニセアカシア群落です。植生遷移が進み、混生するコナラ等が被害にあっていると考えられます。その他、様々な植生に一部混生したコナラ等が被害にあっています。

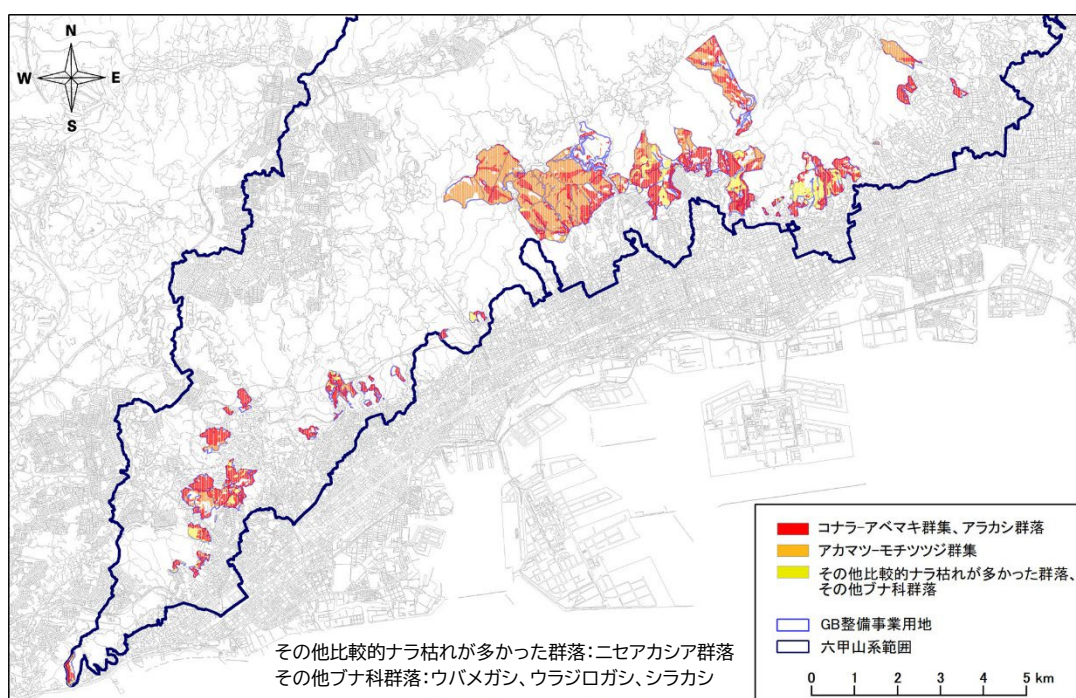


図 2-5 ナラ枯れ被害が発生しやすい植生の分布(GB 整備事業用地)

- 標高:100~350mの範囲に多いです。ただし、被害の増加に伴い、もう少し高い標高にも一部被害が拡大しています。これは、既往知見とも同様の傾向です。
- 斜面傾斜:傾斜 10~40°の範囲、特に 20~30°に多い傾向があります。
- 明るい環境:登山道等の道路や森林ギャップ、林内が疎な明るい環境とそれらからの距離が 20mまでの立地に多いです。

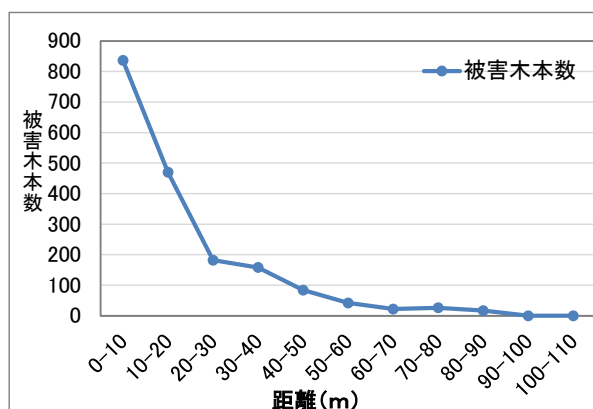


図 2-6 ナラ枯れ被害木と明るい環境からの距離(H27~H30)

●ナラ枯れが発生しやすいナラ類の特徴

- 樹種：ナラ枯れ被害はコナラが最多で、枯死もコナラが最多です。次いでアベマキ、クヌギと落葉広葉樹の被害が多く、常緑広葉樹ではアラカシが多い傾向がありました。既往研究でもミズナラ(六甲山系にはほとんどない)やコナラに多く発生すると言われています。
- 胸高直径：大径木が被害を受けやすく胸高直径 20cm 以上での被害がほとんどであり、特に 30～40cm に被害が多くありました。枯死も大径木に多い傾向です。一方、10cm 未満の細い樹木での被害確認はありませんでした。

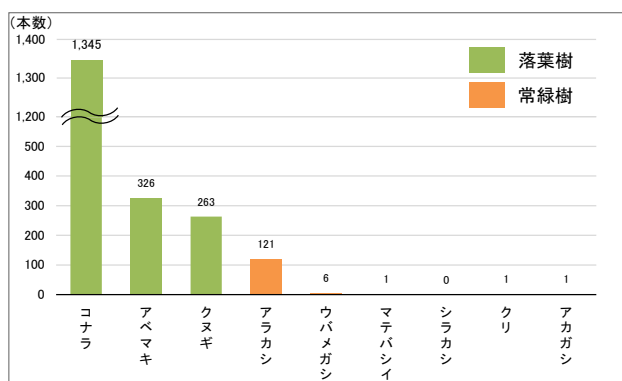


図 2-7 樹種別のナラ枯れ被害木(H25～H29)

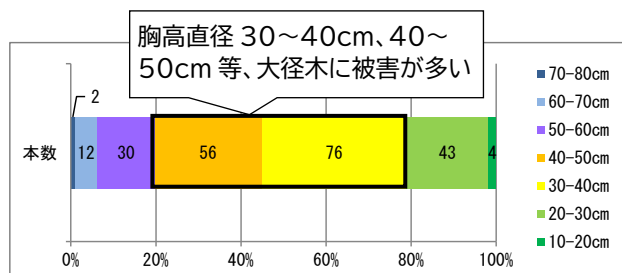


図 2-8 ナラ枯れ被害木の胸高直径(H29)

コラム：小径木のナラ類への穿入

カシナガは集団でナラ類に穿入する習性があるため大径木が被害を受けやすいと書きましたが、小径木しかない公園のような場所では、小径木のナラ類にも穿入します。

尼崎市の海沿いにある兵庫県立尼崎の森中央緑地には、植栽された胸高直径 15 cm 以下のナラ類の樹林がありますが、その多くがカシナガの穿入被害にあいました。枯死した木は 1 本のみでしたが、小径木の林でも、カシナガの被害を受ける可能性があります。



小径木のナラ類の林。ナラ枯れへの対策のため白いビニールが巻かれている。

写真 2-2 兵庫県立尼崎の森中央緑地のナラ類

被害発生しやすいさを予想(被害発生ポテンシャル)

GB整備事業用地では、把握したナラ枯れ被害発生の特徴から、ナラ枯れ被害が発生しやすい場所を抽出し、重点的にナラ枯れ被害を監視、予防措置等の対策を実施する範囲として、「ナラ枯れ被害ポテンシャルマップ」を作成しました。

●ナラ枯れ被害ポテンシャルマップ

ナラ枯れ被害ポテンシャルマップとは

文献情報や現地調査結果からナラ枯れ被害の発生しやすい条件を整理して、それらを基にナラ枯れ被害の発生しやすいさを 10m メッシュ単位で得点化して表現した地図です。ポテンシャルマップの構成要素とポテンシャルの計算事例を以下に示します。

【ポテンシャルの計算方法】

基礎点	ナラ類がある	被害を受けるナラ類が優占する群集
	1 点……コナラ-アベマキ群集、アラカシ群落 0.05 点……アカマツ-モチツツジ群集 0 点……上記以外の植生	ナラ類が混在する群集等。点数は混在率を参考に算出(H23 調査による) 上記以外の被害を受けにくい、もしくは受けない植生
評価点	評価要素の項目数	
	3 点……②・③・④のすべてに該当する 2 点……②・③・④のいずれか 2 つに該当する 1 点……②・③・④のいずれか 1 つに該当する 0 点……②・③・④のいずれにも該当なし	

$$\text{ポテンシャル得点} = \text{基礎点} + (\text{基礎点} \times \text{評価点})$$

図 2-9 ナラ枯れ被害ポテンシャルマップの計算方法

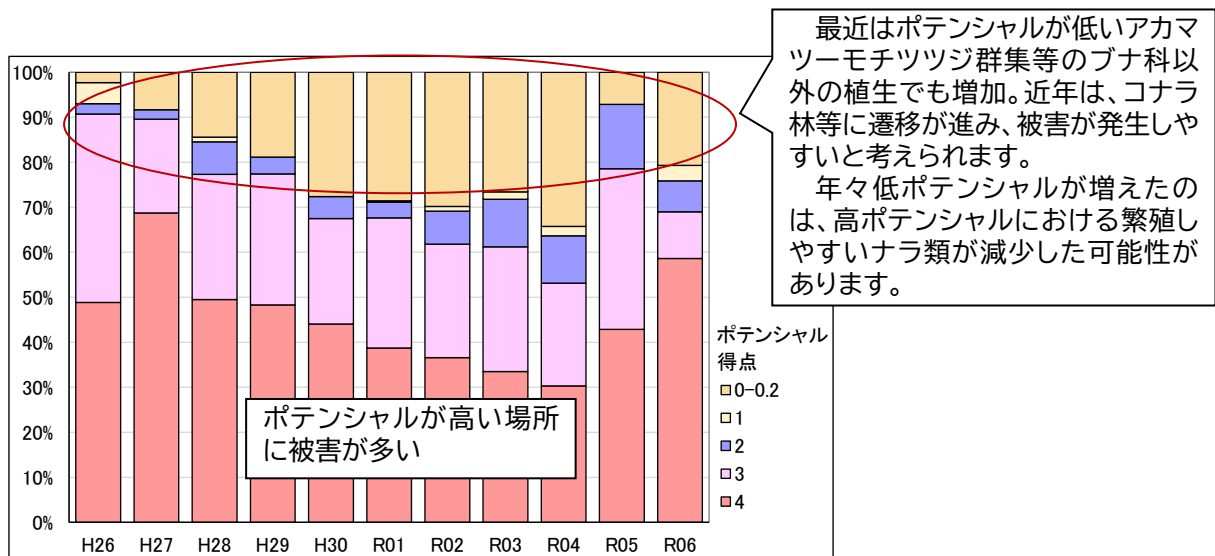


図 2-10 ナラ枯れ被害ポテンシャル毎のナラ枯れ枯死木発生割合

再度被害の発生

ナラ枯れ被害生存木は、カシナガが繁殖する空間である健全な辺材部が狭まっているため、次に辺材部が拡大するまでカシナガがマスアタックすることは少ないと言われています。その一方、健全な辺材部が残存していれば、カシナガは同じ木にも何度も穿入するという知見もあります¹⁰⁾。

GB整備事業用地では、数年にわたり調査を行った被害木 180 本のうち、再度被害を受けた木は 20%で、さらにそのうちの 17%が 3 回目の被害にあっていました。なお、再度被害を受けた被害木は胸高直径が大きい傾向があります。

GB整備事業用地における再度被害は、激害化傾向にある時期に発生しており、激害化傾向が収まると、再度被害も発生しなくなりました。再度被害は、初回被害の翌年に受けていることが多く、比較的短期間で被害を受ける傾向にあることがわかりました。3回被害を受けた被害木の傾向としては、胸高直径が大きい傾向がありました。これは、カシナガが繁殖する辺材部分が大きいため、被害を受けても繁殖可能な空間が比較的多く残っていて、再度被害を受けやすいものと考えられます。

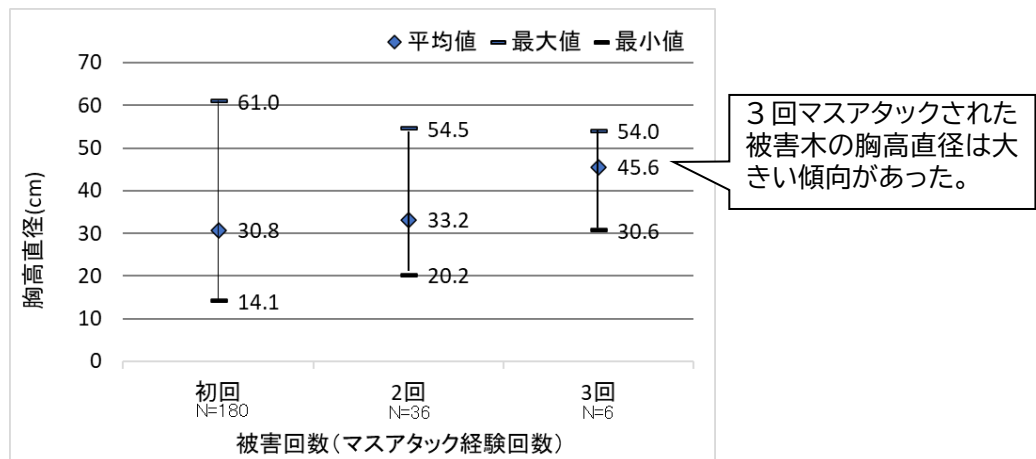


図 2-11 再度被害発生木の被害回数別胸高直径

ナラ枯れ被害生存木の枯死

ナラ枯れ被害生存木は、そのまま生存し続ける場合と、被害を受けた翌年以降に樹勢が弱まり枯死する場合があります。

GB 整備事業用地では、ナラ枯れ被害生存木のうち枯死に至ったのは 8%程度でした。多くはないものの、被害生存木も枯死する場合があるため、注意が必要です。

被害生存木が枯死に至った年数は、被害の翌年が最も多く 38%、2～6年目は 10%前後で、それ以降はごく少ない状態でした(図 2-12 参照)。なお、枯死に至る被害生存木の特徴としては、マスアタックを受けた被害木が中心です。

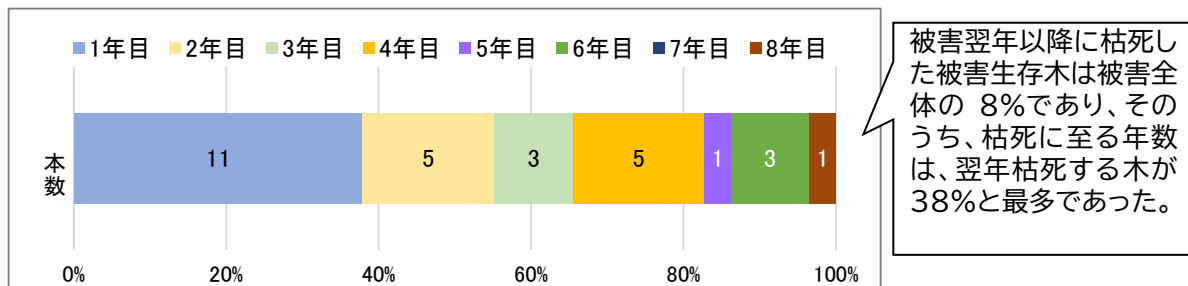


図 2-12 ナラ枯れ被害翌年以降に枯死に至った被害木

3. 六甲山系でのナラ枯れ被害対策方針



(1) 対策の基本的考え方

ナラ枯れ被害への対応を考えるにあたっては、樹林整備を行う上でナラ類等を積極的に増やさないという根本的対策も重要ですが、ナラ類等も生物多様性を構成する植生であるため、人の手でなくすことはできません。そのため、GB整備事業用地では、六甲山系グリーンベルト整備事業との整合性及び登山道等の利用者や財産への安全確保に配慮しつつ、カシナガやナラ類等の生態や生活史を考慮したナラ枯れ枯死木の発生を抑制する効率的・効果的なナラ枯れ被害防止対策を実行してきました。

●対策の基本的考え方設定の観点

- ナラ枯れ被害への対策は、カシナガやナラ類等の生態や生活史を考慮した時期に実施しなければ、対策効果が得られず、これらを考慮した対策が必要です。
- 「樹林整備マニュアル」での樹林整備の基本方針は「様々な高さの木や下草がバランスよく生え、いろいろな樹齢・樹種により構成された樹林の形成・保全」とされ、落葉広葉樹林がその目安となっています(図 3-1 参照)。しかし、ナラ枯れが激害化すると、コナラやアバマキといった落葉性のナラ類が減って、激害化した場所では常緑広葉樹林等への遷移が懸念されることから、ナラ枯れ対策が重要です。
- 六甲山系には多くの登山道や広場、建造物等が分布しています。ナラ枯れによる枯死木は根茎も含めて腐朽しやすく、倒伏や落枝による利用者や財産への影響が懸念されます。また、ナラ枯れ被害木付近には毒キノコであるカエンタケが発生しやすくなるため、利用者等の安全を考慮して登山道等付近のナラ枯れ対策が必要となります。
- ナラ枯れ枯死木ではカシナガが繁殖を成功させやすく、被害が急増します。そのような状態になると、対策が適期に十分行えず、さらに被害の拡大が懸念されます。また、被害生存木ではカシナガが繁殖しにくくなると言われています。このため、枯死木を急増させない対策を行うことが重要となります。



図 3-1 樹林整備マニュアルより、望ましい樹林イメージ

(2) カシナガ及びナラ類の生活史に応じた対策実施

カシナガの生活史に応じた対策実施時期を図 3-2 に示します。カシナガの穿入期前での殺菌剤樹幹注入やおとり木トラップ等の実施が有効です。また、伐倒・燻蒸や粘着シート内向き対策はカシナガが材内に穿入した後に行います。

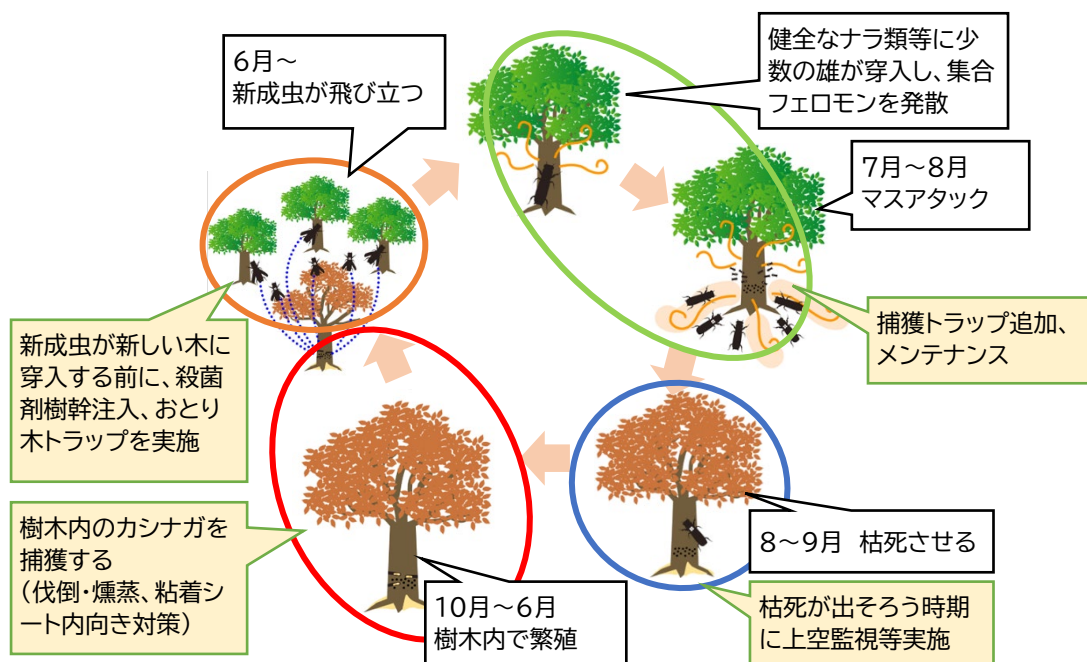


図 3-2 カシナガの生活史とナラ枯れ被害対策のタイミング

ナラ枯れの監視

GB整備事業用地でのナラ枯れ枯死木の把握は、上空からの監視を中心に行ってきました。ヘリコプターにナラ枯れ判読に詳しい技術者が同乗し、ナラ枯れ枯死木の分布を確認しながら適切なルート等で斜め写真を撮影し、判読するよう工夫して精度を確保しています。

また、現地調査も行っています。撫育作業等による巡視・通報及び上空監視の結果を踏まえたナラ枯れ枯死木と被害生存木の確認を行い、対策の必要性やその手法を検討、実施しています。

現在の監視手法を確立するまでには、航空機による垂直写真撮影や衛星画像を用いたナチュラルカラー(通常のカラ写真)だけでなく、近赤外画像等による判読も試行しました。また、今後の新しい監視方法として、ドローン撮影や衛星画像でのAI判読も試行しています。

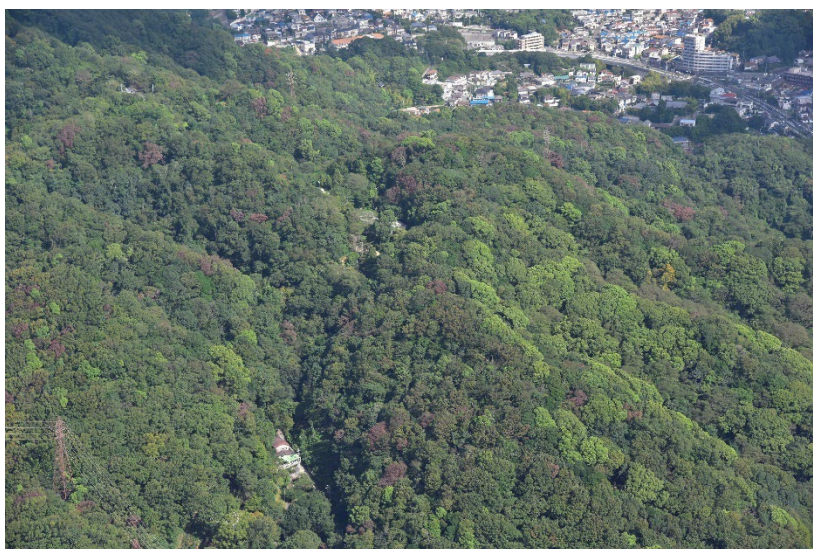


写真 3-1 ヘリコプターから撮影した斜め写真

ナラ枯れの被害対策メニュー

被害拡大時として、令和 5 年度までは重点的な対策を実施することとし、表 3-1 に示す①～⑤の対策を実施してきました。今後、被害収束時には①～③を行います。被害が再拡大した場合は必要に応じて①～⑤の対策を再開します。

表 3-1 対策メニュー

	対策メニュー	特徴
常時	① 伐倒・燻蒸	(目的)カシナガ駆除 (対象)ナラ枯れ枯死木やナラ枯れ被害生存木、過年度に枯死したナラ枯れ枯死木も対象。 (方法)ナラ枯れ枯死木及びマスアタックによる被害生存木を対象として、伐倒後、玉切りにして、密封し、殺虫剤にて燻蒸処理する。 
	② 殺菌剤樹幹注入	(目的)枯死防止(ナラ菌の増殖抑制)、カシナガ個体数抑制(酵母菌増殖抑制) (対象)ナラ枯れ被害を受けていない、もしくは微被害程度のナラ類。 (方法)ナラ類の展葉期において、根元部にドリルで穴をあけ、殺菌剤を専用注入器により注入する。 
	③ 粘着シート内向き対策	(目的)カシナガ個体数抑制 (対象)カシナガのマスアタックを受けた被害木、もしくは当年枯死木のうち伐倒・燻蒸を行わない被害木。 (方法)マスアタックによる被害生存木や伐倒・燻蒸できないナラ枯れ枯死木を対象として、カシナガ捕獲用の粘着シートの粘着面を内側に設置して脱出してくるカシナガを捕獲する。 
被害拡大時	④ おとり木トラップ	(目的)カシナガ個体数抑制、被害誘導 (対象)登山道に近い大径木のナラ類のような、ナラ枯れ被害を発生させたくないナラ類から少し離れた位置のナラ類。 (方法)人工フェロモンやアルコール類等の誘引剤を用いてカシナガを集めてトラップで捕獲する。おとり木への被害を防止するため、誘引剤の設置前に殺菌剤を通常より多く樹幹注入する。  アルコール類 人工フェロモン剤
	⑤ 捕獲トラップ ・ペットボトルトラップ ・クリアファイルトラップ	(目的)カシナガ個体数抑制 (対象)カシナガの穿入を抑制したいナラ類。 (方法)ペットボトルを繋げた捕獲トラップもしくはクリアファイルを加工した捕獲トラップをナラ類に設置しておき、穿入のため、飛翔してきたカシナガを捕獲する。   ペットボトルトラップ クリアファイルトラップ

ナラ枯れ被害対策の実績

GB 整備事業用地でのナラ枯れ被害対策は、ナラ枯れ被害を初めて確認した平成 22 年度から、被害が収束となった令和6年度までにナラ枯れ被害対策を行ってきました。主な対策は木の中にいるカシナガを殺虫する「伐倒・燻蒸」、カシナガの餌となる菌類を殺菌し繁殖を抑制する「殺菌剤の樹幹注入」、木の中から脱出するカシナガ新成虫を捕獲する「粘着シート内向き対策」、飛来してきたカシナガを捕獲する「おとり木トラップ」等の各種トラップです。

なお、最近は「伐倒のみ」を行う事例が多くなっています。これは、過去にナラ枯れ被害を受けたナラ枯れ被害木が枯死して腐朽し、倒木や枝折れして登山道等へ影響を及ぼすと考えられた事例が増えたためです。このような過去の被害による枯死木には、すでに木の中にカシナガがいないため、燻蒸は行わず「伐倒」のみ行っています。

表 3-2 GB 整備事業用地でのナラ枯れ被害対策実績

	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6	計
伐倒・燻蒸	22	42	38	9	71	89	59	23	46	87	52	18	556
立木燻蒸、簡易燻蒸							10	27	2	7	12	3	61
その他燻蒸	73	1	13	6	2	17	22	4	1				139
伐木のみ							5	8	33	36	122	44	248
殺菌剤の樹幹注入	123	425	450	105	531	509	292	253	459	222	88	28	3,485
粘着シート(外向き)対策	60												60
粘着シート(内向き)対策		14	32	224	173	169	154	211	199	134	26	3	1,339
保護剤塗布		295											295
ビニール被覆	435				2					92			529
おとり木トラップ				64	80	40	16		24	24	4		252
ペットボトルトラップ						11	31		11				53
クリアファイルトラップ									43	20	5		68
計	713	777	533	344	779	784	542	526	740	578	300	96	7,085

効率的・効果的なナラ枯れ被害対策の工夫

各種対策を実施するにあたっては、六甲山系で効率的、効果的に活用しやすいよう試験施工を行い、最適な対策の実施方法を確認するよう、様々な工夫や試行を行いましたので、その一部を紹介します。

●粘着シートの設置高さ

- 粘着シートを設置する適切な高さについての知見や基準がありませんでした。カシナガの穿入孔は3mを超すようなところにもあったため、これらに全て対応する場合は高所作業となっていました。急傾斜地も多い中、作業の安全性の確保が困難で、作業時間も長時間になるという問題が生じていました。
- このため、カシナガの穿入孔があった6.2mまで粘着シートを設置し、捕獲したカシナガを高さ別に計数したところ、高所作業が必要ではない2mの高さで80%以上のカシナガが捕獲できました。この結果から、GB整備事業用地では、粘着シートの設置高さを2mまでと決定し、カシナガの捕獲及び安全性等の両立を図りました。

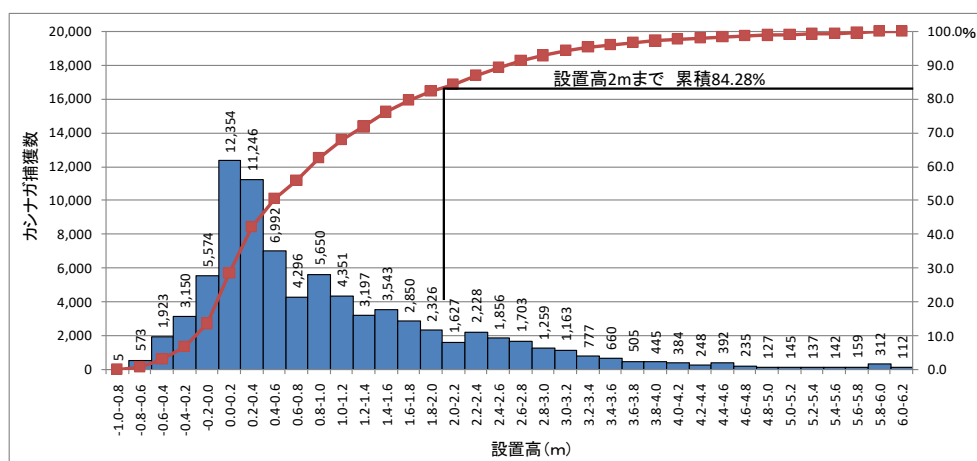


図 3-3 粘着シートの設置高さの検討(設置高さ別の捕獲数)

●おとり木トラップの設置方法

- おとり木トラップは、既往知見では、生きた立木へカシナガを誘引する(下写真左側)ことを避け、丸太タイプ(下写真右側)が推奨されていました。しかし、GB整備事業用地では丸太タイプを配置する場所が少ないため、小さめの丸太タイプと立木に誘引剤を設置し、おとり木としての効果について試行しました。
- おとり木となる立木には捕獲トラップを設置し、枯死を防止するため殺菌剤を通常より1.5倍多く注入し枯死は避けられました。一方、丸太トラップは、小規模であったため乾燥してしまい、カシナガの穿入は立木よりも少ない結果となりました。このため、六甲では立木のおとりトラップを導入することとしました。



写真 3-2 おとり木トラップの種類(左:立木タイプ、右:丸太タイプ)

(3) ナラ枯れ被害対策の効果

カシナガが増加し、ナラ枯れ枯死木が急増すると、多数のナラ枯れ被害木に対し短期間で被害対策を行うことが困難となる可能性があったため、GB整備事業用地では、登山道等の利用者や財産に影響がないように注力し、ナラ枯れ被害に関する調査・対策を実施してきました。

その結果、人の利用が多い場所等において、ナラ枯れ枯死木の急増を抑制するという効果が得られました。

- 粘着シートでは、ナラ枯れ被害木 1 本あたり最多で約6万個体のカシナガを捕獲しました。また、おとり木トラップではペットボトルトラップにより1本のおとり木に1万個体以上、1年で約32万個体を捕獲する等、多くのカシナガを捕獲しました。



写真 3-3 トラップ 1 本分で捕獲したカシナガ

- ナラ枯れ被害対策を実施したところでは、枯死木や激害地の発生を抑制することができました。周辺の被害を低下させるために実施したおとり木トラップでは、その周辺の枯死木や被害生存木の発生を抑えることができました。

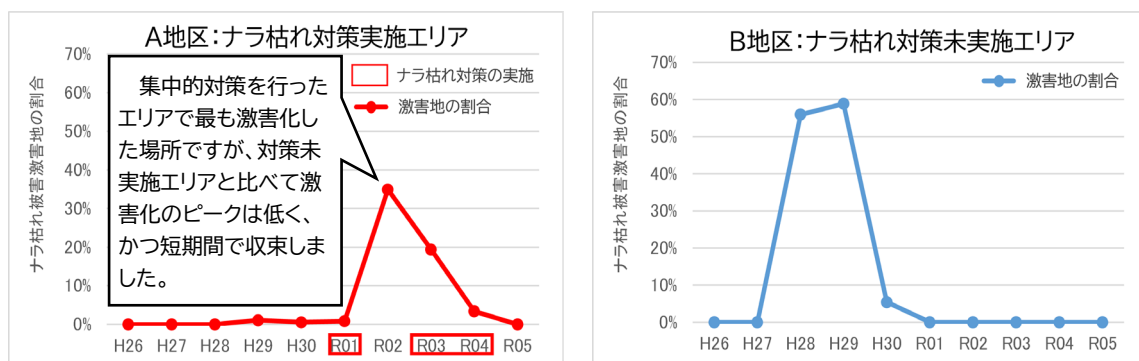


図 3-4 ナラ枯れ対策実施エリアと未実施エリアの激害地の割合

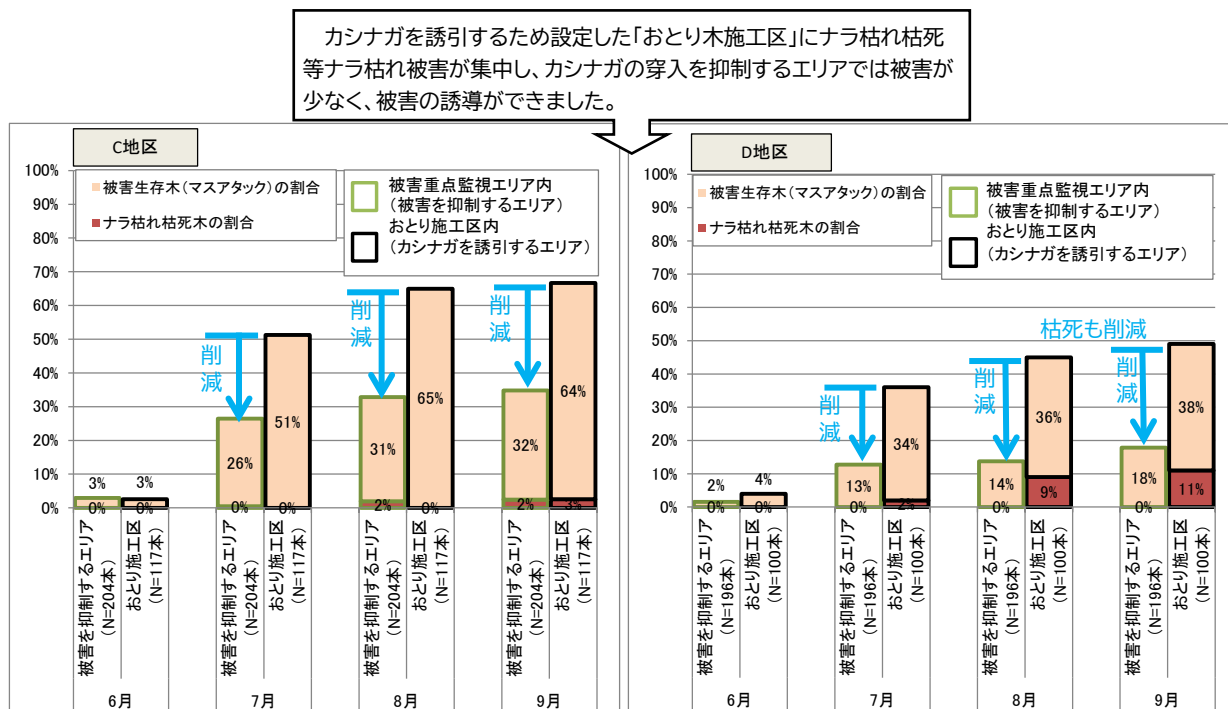


図 3-5 おとり木施工区と隣接する重点監視区間での被害発生状況

(4) ナラ枯れに関する学習活動

六甲山系では、ハイキング等での利用が多く、ナラ枯れによる倒木等の危険性やナラ枯れ対策を知っていただくため、また森の整備活動を行っている「森の世話人」等には、活動の参考としていただくため、ナラ枯れ被害やナラ枯れ被害対策、その効果等について学習活動を行ってきました。



森の世話人等へのナラ枯れの特徴や対策等の説明



職員向けナラ枯れ対策の実演



森の世話人向けハンドブック



ナラ枯れ枯死木の分布や植生図等が投影される
プロジェクションマップ

写真 3-4 ナラ枯れに関する学習

4. 今後の展望

既往知見によると、ナラ枯れ被害は同じ地域で何度も繰り返し発生することが知られており、六甲山系でも再度被害が拡大することが予想されます。六甲山系でのナラ枯れの大規模な発生は、今回が初めての経験であったため、ナラ枯れ激害化後の樹林が今後どのように変化していくのか、今後どのような間隔でどのように被害が再拡大するのか等、不確実な部分が多くあります。

六甲山系では、次に被害が拡大した際に、対策が適切に実施できるよう監視を続けるとともに、最新の知見や技術を用いて、遅れなく集中的な対策を再開します。

引用・参考文献

- 1) 森林総合研究所関西支所：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, 2012
- 2) 衣浦晴生：ナラ枯れの基礎知識, 森林技術, №985, p.4～7, 2024
- 3) 黒田慶子：ナラ枯れの発生原因と対策, 植物防疫, 65 巻 3 月号, p.28～31, 2011
- 4) 森林総合研究所：森林生物カシノナガキクイムシ,
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/seibut/bcg/bcg00039.html>, 参照
2024-9-24
- 5) 所雅彦, カシノナガキクイムシ太平洋型と日本海型の化学生態学的な面からの比較, 2013
- 6) 黒田慶子・大住克博・衣浦晴生他, ナラ枯れと里山の健康, 全国林業改良普及協会, 2008
- 7) 鎌田直人, カシノナガキクイムシの生態, 森林科学, №35, p26～34, 2002
- 8) 日本森林技術協会：ナラ枯被害対策マニュアル, 2012 年 3 月
- 9) 伊藤進一郎・山田利博, ナラ類集団枯損被害の分布と拡大, 1998
- 10) 「ナラ枯れ」はその後どうなったのか？ 中島春樹、松浦崇遠, 2008



六甲山系グリーンベルト整備事業
六甲山系におけるナラ枯れ被害と対策事例
～被害発生から収束まで～

2024 年 12 月発行

編集・発行 国土交通省 六甲砂防事務所

〒658-0052

神戸市東灘区住吉東町 3 丁目 13-15

TEL:078-851-0535

<https://www.kkr.mlit.go.jp/rokko/>