

ナラ枯れの被害をどう減らすか

—— 里山林を守るために ——



独立行政法人 森林総合研究所 関西支所

目次

森林の健康低下	1
ナラ枯れとは何か	2
ナラ枯れとカシノナガキクイムシの関係	5
ナラ枯れの病原菌 <i>Raffaelea quercivora</i>	9
感染樹木が枯れる仕組み	10
ナラ枯れと森林管理	12
変容する里山のコナラ林	14
ナラ枯れの防除法	17

製作：森林総合研究所関西支所「ナラ枯れ」パンフレット製作委員会

関西支所	地域研究監	黒田 慶子 p.1, 10-11, 12-13（共著）, 17-20（共著）
〃	生物被害研究グループ長	衣浦 晴生 p.5-8, 21
〃	森林生態研究グループ	大住 克博 p.12-13（共著）, 14-16
九州支所	森林微生物管理研究グループ	高畑 義啓 p.2-4, 9, 17-20（共著）

森林の健康低下



↓ 滋賀県高島市朽木の30年生二次林
(旧薪炭林)

↑ 滋賀県大津市志賀の二次林



ミズナラ



「健康な森林」の条件は樹木が持続的に成長し、森林として維持されることである。健康低下の主要因は、微生物や昆虫などの加害、大きな気象変動などで、微生物と気象との複合現象や、遺伝、老齢化が関わる現象もある。里山林では1970年代後半からマツ枯れが激増した。1980年代からコナラ、ミズナラなどの集団枯死（通称ナラ枯れ）が目立つようになり、毎年被害地域が拡大している。どちらも微生物による流行病であるが、発病のメカニズムや被害増大の要因が明らかになるにつれて、これらの病気の蔓延には共通の背景があり、森林と人間との関わり方が重要な要因であることが浮かび上がってきた。

ナラ枯れの被害を減らすには、まず、病原体と媒介昆虫と樹木の関係に人間の活動がどのように絡み合っているのか理解することが重要である。そのうえで、有効な対応策を被害地域ごとに考え、計画的に取り組む必要がある。ここでは、ナラ枯れの概要と被害増加の背景および防除法について解説する。

ナラ枯れとは何か



図1 ナラ枯れが発生した森林（滋賀県高島市マキノ町）

ナラ枯れとは何か

1980年代末以降、日本各地でナラ類やシイ・カシ類の樹木の大量枯死が発生している（表紙、図1、2）。この大量枯死の特徴は、樹幹にカシノナガキクイムシ（*Platypus quercivorus*、以下カシナガと略記）という甲虫の多量の穿孔をとまなうことである。この現象は森林・林業関係者の間で「ナラ枯れ」「ナラ類集団枯損」「ナラ類集団枯死」などと呼ばれているが、ここでは、この大量枯死のことを「ナラ枯れ」と呼ぶことにする。

ナラ枯れは長い間虫害とされてきた。しかし近年の研究により、ナラ枯れで樹木が枯れる直接の原因は菌類であること、および、病原菌をカシナガが運んでいることが明らかになった。すなわち、ナラ枯れとは、「カシノナガキクイムシが病原菌を伝播することによって起こる、樹木の伝染病の流行」なのである。



図2 ナラ枯れによって枯死したミズナラ

ナラ枯れの発生地域

ナラ枯れの被害面積は2005年の約2,000haをピークとしてその後やや減少したものの、現在も1,000haを超える水準にある（図3）。

2009年までにナラ枯れ、または生立^{せいりゅう}木^{ぼく}へのカシナガの穿孔が確認された地域は、宮城、秋田、山形、福島、新潟、富山、石川、福井、長野、愛知、岐阜、三重、滋賀、京都、大阪、奈良、和歌山、兵庫、鳥取、島根、岡山、広島、山口、高知、宮崎、鹿児島の26府県に及ぶ（図4）。ただし高知県では1950年代の報告があるのみで、現在は被害報告がない。

以前からの発生県に加え、比較的最近になって宮城、秋田、大阪、岡山、広島、山口の各県で被害が発生するなど、依然としてナラ枯れの発生地域は拡大傾向にある。

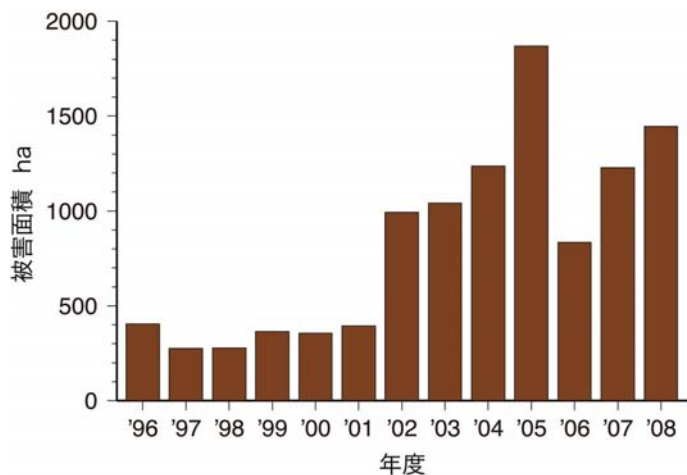


図3 ナラ枯れの被害面積
(林野庁資料による)

被害の発生時期

ナラ枯れの被害は梅雨明け後、7月中旬から8月にかけて発生するが、個体によっては9～10月に枯れることがある。また、比較的稀ではあるが、穿孔を受けた翌年の展葉期に枯れる個体もある。

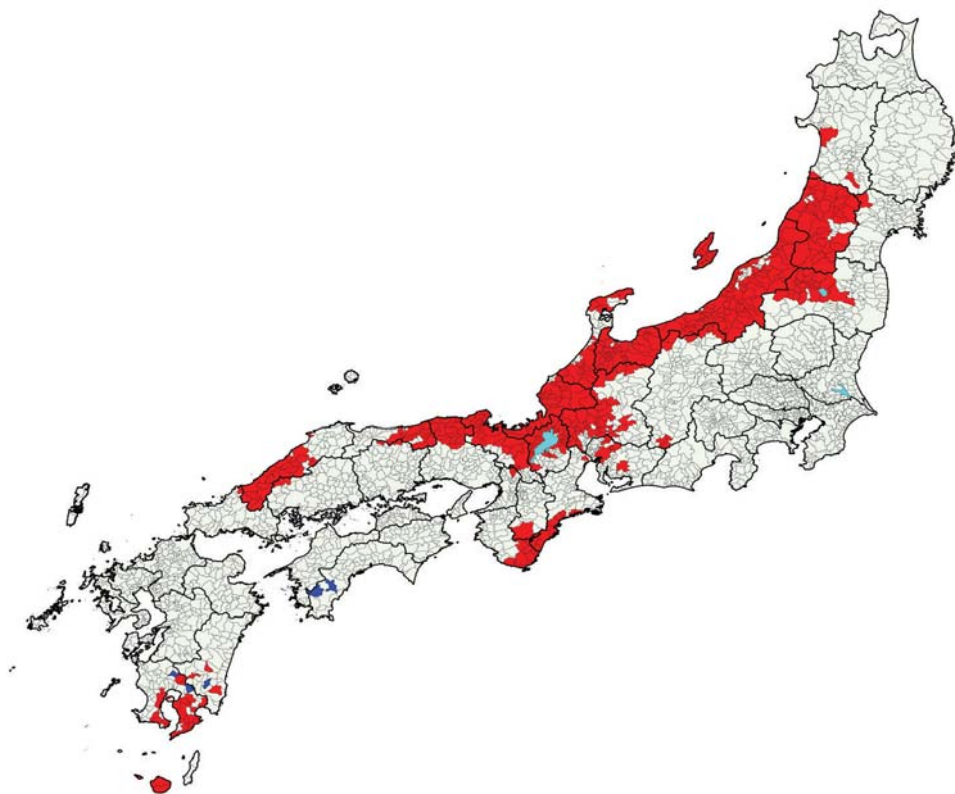


図4 これまでにナラ枯れが発生した市町村の分布
赤い部分は1980年代以降にナラ枯れまたはシイ・カシ・ナラ類に対するカシナガの穿孔が確認された市町村。青い部分はナラ枯れの報告はあるが1980年代以降には報告がない市町村。

被害を受ける樹種

とくに枯死被害が大きい樹種はミズナラとコナラで、とりわけミズナラが枯死しやすい。下記の通り、ブナ属を除く日本産ブナ科の全ての属で枯死が見られる。

コナラ属	コナラ亜属	ウバメガシ節	ウバメガシ <i>Quercus phillyraeoides</i>
		クヌギ節	クヌギ <i>Q. acutissima</i> 、アベマキ <i>Q. variabilis</i>
		コナラ節	カシワ <i>Q. dentata</i> 、ミズナラ <i>Q. crispula</i> 、 コナラ <i>Q. serrata</i>
	アカガシ亜属	イチイガシ <i>Q. gilva</i> 、アカガシ <i>Q. acuta</i> 、アラカシ <i>Q. glauca</i> 、 ウラジロガシ <i>Q. salicina</i> 、シラカシ <i>Q. myrsinifolia</i>	
クリ属		クリ <i>Castanea crenata</i>	
シイ属		スタジイ <i>Castanopsis sieboldii</i> 、ツブラジイ <i>C. cuspidata</i>	
マテバシイ属		マテバシイ <i>Lithocarpus edulis</i>	

外国産のナラ類やシイ・カシ類がナラ枯れで枯死被害を受けるかどうかについては、まだよく分かっていない。しかし中にはローレルガシ *Q. laurifolia* のように枯死が知られている種類もあり、植物園や庭園、公園などでは注意が必要である。

被害を受ける森林の特徴

ナラ枯れは比較的高齢で大径の樹木が多い広葉樹二次林（旧薪炭林など）で発生することが多く、特にミズナラが優占する森林で被害が激甚となりやすい。また、比較的低標高の森林での被害報告が多い。被害の発生と気候条件、地形、斜面方位、土壤環境などとの関係については、明確なことはわかっていない。

気象条件の影響

まだ詳細な検討はなされていないが、被害発生のピークはその年の気温や降水量によって変化するとされる。また、高温小雨の年には被害量も多く、逆に低温多雨の年には被害量も少ない傾向があると思われる。

ナラ枯れの歴史

ナラ枯れの歴史は古く、文献で確認できる最古の被害は1930年代の宮崎、鹿児島両県の被害である。その後、1980年代までの間、散発的に山形、新潟、福井、滋賀、兵庫、高知、宮崎、鹿児島の各県で被害が報告されている。

この頃の被害は比較的短期間で終息することが多く、また地域的にも現在のように広域への拡大が生じることはなかった。現在のような被害の拡大が継続するようになったのは、1980年代末以降のことである。

しかし比較的林齢が高く大径木の多い森林で発生する傾向は過去においても同様で、1950年代の報告でも、被害が発生した森林が「樹齢50～120年の老齢過熟林分」と記述されていたり、被害木は「40～50年生以上の大径木に多く」と述べられている。

ナラ枯れとカシノナガキクイムシの関係

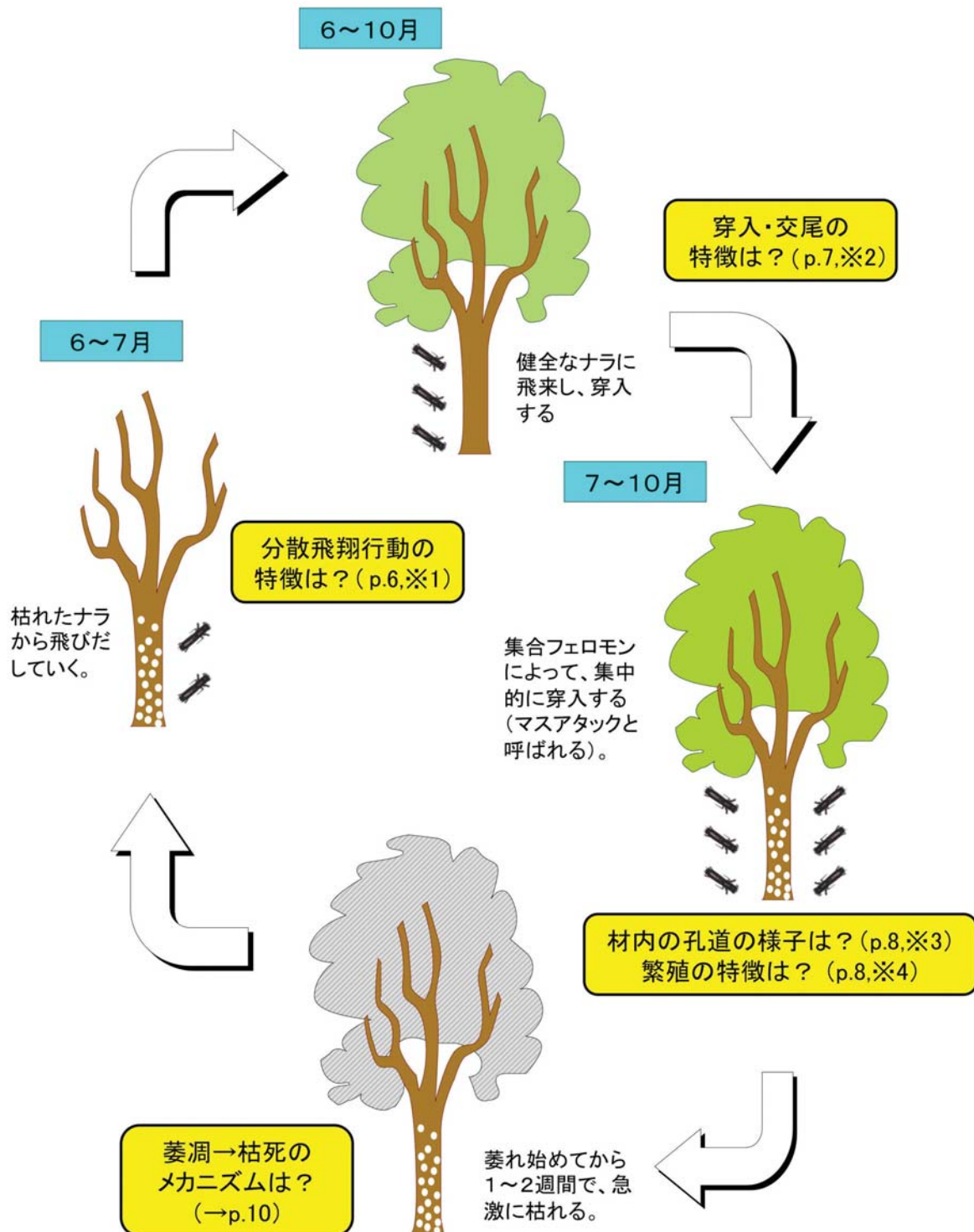


図5 ナラ枯損サイクルとカシノナガキクイムシの生態

カシノナガキクイムシの概要

- a. 分布：日本、台湾、インド、ジャワ、ニューギニア等の東南アジアに広く分布している。雄が最初に穿入し孔道を創設する一夫一妻。
- b. 形態：雄の体長が4.5mm前後、雌が4.7mm前後と若干雌が大きく、色は光沢のある茶～暗褐色で、細長い円筒形をしている（図6）。雌の前胸背の中央線周辺には5～10個程度の円孔をそなえており、これがMycangia（胞子貯蔵器官）と考えられ（図7、四角内）、アンブロシア菌と総称される共生菌を運搬しており、食料となる酵母類やナラ菌がいる。



図6 メス成虫とオス成虫

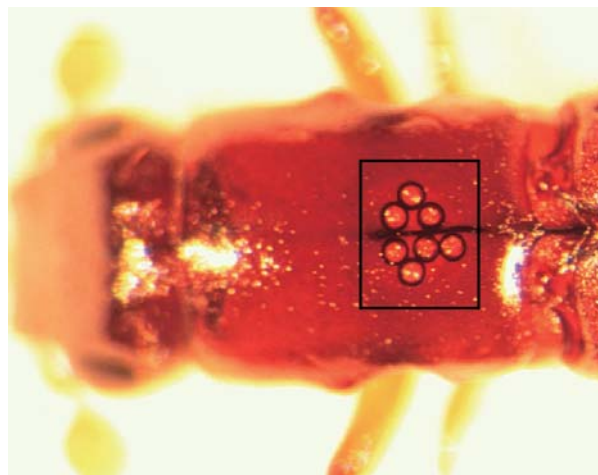


図7 カシナガメス成虫の前胸背のMycangia

分散飛翔行動の特徴（※1）

新成虫の分散飛翔の開始時期は地域・年によって変動するが、およそ6月上～下旬に始まる。最盛期は一般に7月から8月の間にあるが、10月をすぎても発生は終わらず脱出はかなり長期にわたる。ただし年度によっては明確な発生のピークを持たないこともあり、これらの違いは気候や地域など大きな環境の相違に加え、単木の立地条件によって同一林分内でも起きる。飛翔時間帯は一般に早朝、夜明け後から約2時間までの間であるが、温度や日照にも強く影響を受ける（図8）。

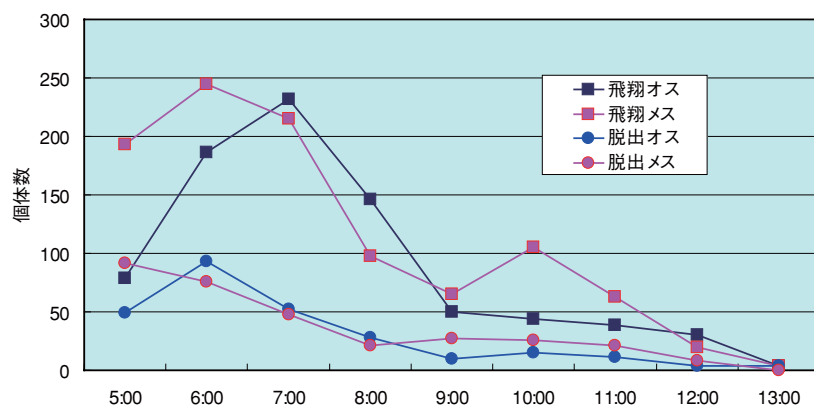


図8 孔道からの脱出及び飛翔する時間帯

6月下旬、網室内の穿入丸太から脱出・飛翔しているカシナガの1時間毎の捕獲数の変化（合計）

穿入・交尾の特徴（※2）

穿入：雄成虫は育った孔道から飛び立ち、新たな穿入木を見つけて粉状で褐色の木屑を排出し穿入する。この際、集合フェロモンを放出し集中加害（マスアタック）の原因になると考えられる。また小径木よりも大径木を好み（図9）、単木的にも樹幹上部よりも地際の太い部分に集中して穿入する。

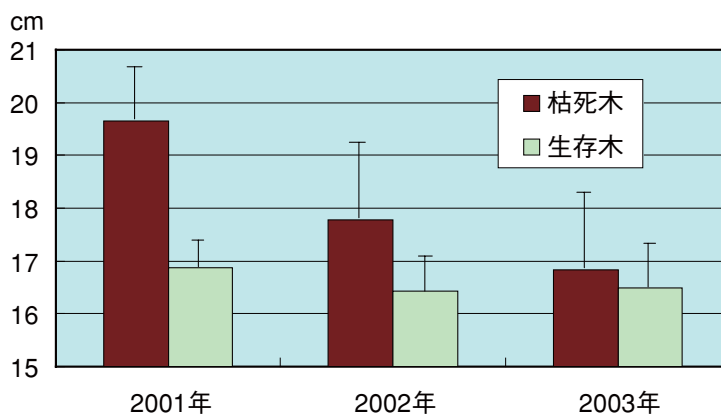


図9 被害地におけるナラ類の直径の推移

年々被害木の平均直径が減っていく
＝大きな樹木に穿入しやすい

交尾・産卵：雄が穿入している孔道に雌が飛来すると、雄は一旦外

に出て雌を自分の掘った孔道に導く。このとき、左翅鞘と腹部第7背板との摩擦音が、雌雄間のコミュニケーションに関係している（図10）。穿入孔で交尾後、再び雌雄とも孔道に入り、辺材部を掘り進む（図11）。孔道は水平方向または垂直に数回分岐する。孔道型成中、雌成虫はMycangiaに入れて持ち込んだ共生菌を孔道内壁に接種し、続いて産卵を行う。

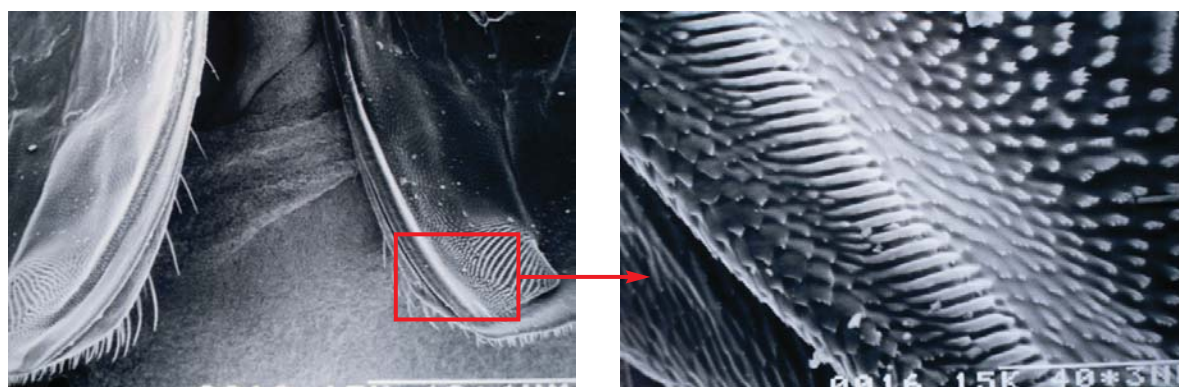


図10 左右の翅鞘裏面と発音のためのヤスリ状部分

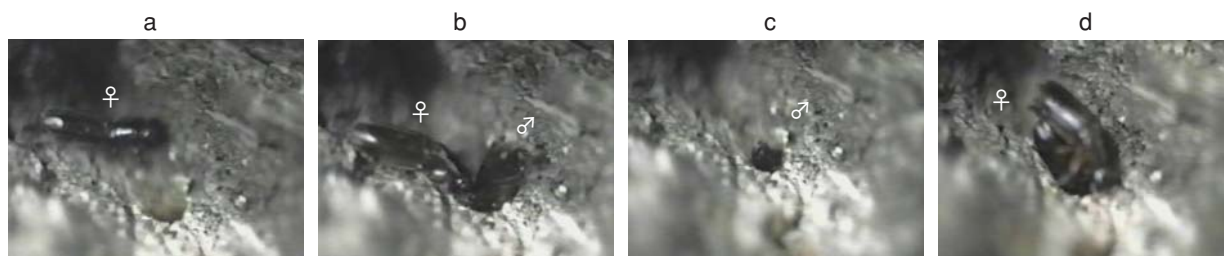


図11 メス接近から交尾に至るまでのビデオ映像のキャプチャー画像

- a：メス接近（断続音発生中）。
- b：メスいったん中に入った後、連続音を発生させて外に出る。オスも外に出てくる。
- c：メス先に穴に入りオスが続けて入る（オス断続音発生中）。
- d：オス外に出る。メス腹部のみ外に出して交尾。

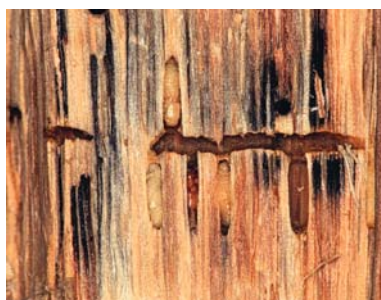
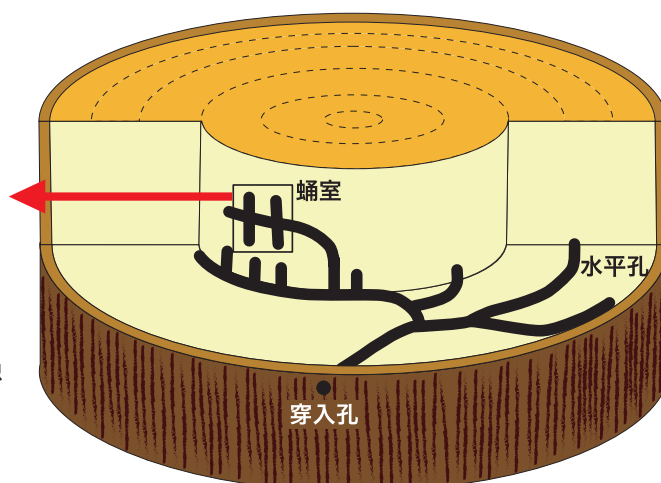


図12 幼虫室（蛹室）内の蛹・新成虫



材内の孔道の様子（※3）

幼虫・蛹・新成虫：卵から孵った幼虫は孔道内で生育して短期間で終齢幼虫（5 齢）になり、その後垂直方向に幼虫室（個室）を形成する（図12）。幼虫室内で羽化した新成虫は、翌年の6～9月に親成虫が掘った孔道を逆戻りして脱出する。一部の個体は、終齢幼虫で越冬するが、秋までに羽化して分散飛翔を行うか、もしくは成虫越冬する場合もある。そのため部分2化と考えられる。

繁殖の特徴（※4）

正確な産卵数の把握は困難であるが、数百頭以上の次世代が発生する孔道があることから、非常に高い繁殖能力を持つと考えられる。新成虫の繁殖成功率（次世代脱出頭数）は、穿入する樹種、直径、過去の穿入歴（前年までに既に穿入を受けているか）などが問題となる。特に穿入した樹木の生死に影響を受け、樹木が生きている場合は繁殖成功率は非常に低くなるが、穿入した木が枯死すると多くの次世代が発生する（図13）。性比はほぼ1：1である。

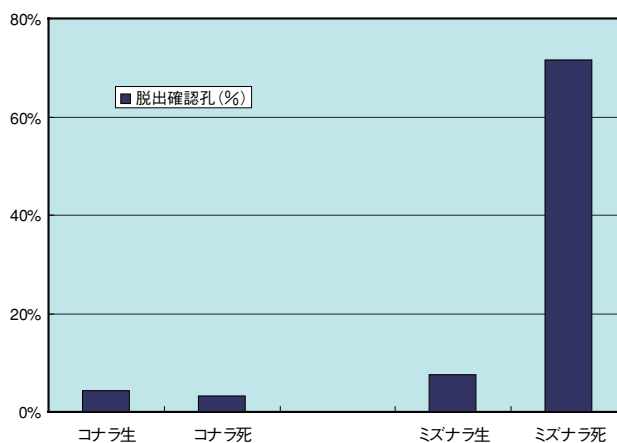


図13 樹種および生死別のカシノナガキクイムシの繁殖成功率
ミズナラの場合、穿入生存木よりも穿入枯死木における繁殖成功率が圧倒的に高く、コナラの枯死木と比較しても、同様である。

ナラ枯れの病原菌 *Raffaelea quercivora*

ナラ枯れにおいて樹木を枯らしている病原菌は *Raffaelea quercivora* (ラファエレア・クエルキボーラ) という学名*1を持つ糸状菌、いわゆるカビである(図14、15)。現在のところ、この菌には定まった和名がないので、以下では学名で呼ぶことにする。

R. quercivora の病原性

R. quercivora はナラ枯れで枯死した樹木の組織から高い頻度で分離される。この菌を純粋培養して健康なナラ類樹木に接種すると、ナラ枯れで観察されるのと同様な状態でナラ類樹木が枯死することが、複数の研究者によって確認されている。また、その枯死木からは、再びこの菌を純粋な状態で分離することができる。

これらの実験結果から、*R. quercivora* はナラ類樹木を枯死させる病原菌であることが確認されている。

R. quercivora とカシナガとの関係

一方、*R. quercivora* は樹木から脱出してきたカシナガキクイムシ(以下、カシナガと略記)の体からも分離される。また、健全なナラ類樹木に対してカシナガを人工的に大量に穿孔させてやると、やはりナラ枯れで観察されるのと同様に樹木が枯死し、枯死木からはこの菌が純粋な状態で分離されることが確認されている。

これらのことから、*R. quercivora* はカシナガによって枯死木から持ち出され、健全な樹木の組織の中に持ち込まれることが明らかになっている。すなわち、ナラ枯れにおいてカシナガは病原菌を伝播するベクター

の役割を果たしている。一方、カシナガの繁殖成功度は生存木より枯死木の方がはるかに高く、*R. quercivora* は木を枯死させることでカシナガにとって好適な環境を作り出していると考えられる。このことから、*R. quercivora* とカシナガとは相利共生の関係にあるものと考えられる。

酵母類とカシナガとの関係

カシナガの体や孔道からは複数種の酵母類も分離されている。これらの酵母類は、カシナガの消化管から *R. quercivora* よりも高い頻度で分離されることなどから、カシナガの餌として *R. quercivora* より重要ではないかと考えられている。一方、酵母類と *R. quercivora* との関係については、まだよく分かっていない。

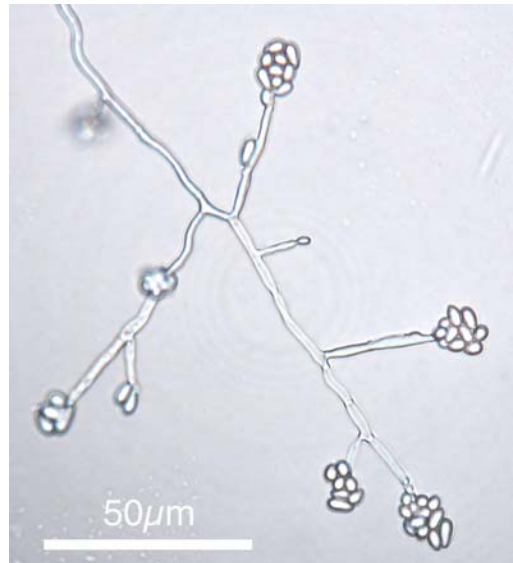


図14 *R. quercivora* の光学顕微鏡写真

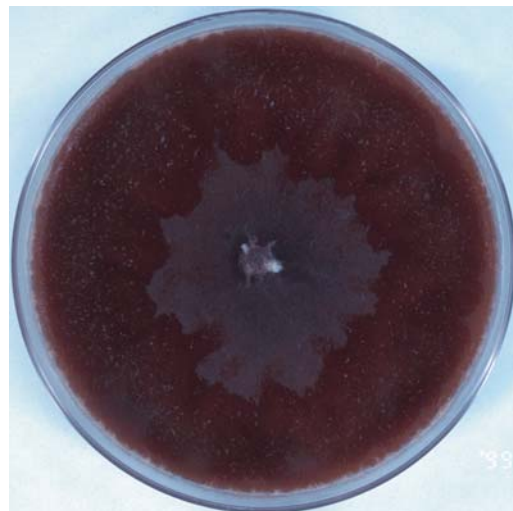


図15 ジャガイモブドウ糖寒天培地上の *R. quercivora* コロニー

* 国際的な取り決めにに基づく世界共通の名称。

感染樹木が枯れる仕組み

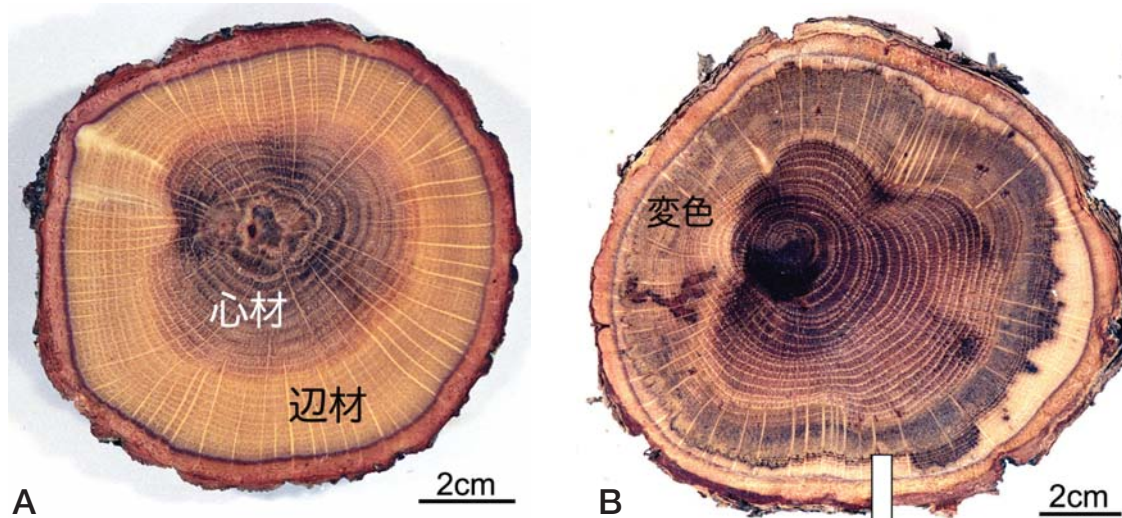


図16 コナラの断面
A：健康なコナラ、B：カシノナガキクイムシ穿入木

生きている細胞に菌が侵入

病原菌 (*Raffaelea quercivora*) は雌のカシノナガキクイムシ (以下カシナガと略記) の *Mycangia* (孢子貯蔵器官、p.7参照) に入った状態でコナラやミズナラの樹幹内に持ち込まれる。辺材部 (図16A) にカシナガの孔道が密に形成されると、菌糸は孔道を伝って迅速に広がる。辺材木部の組織 (図17) では、病原菌の菌糸が道管の中から生きている柔細胞の中に侵入している様子が観察される。

この菌はこのような生きた細胞から栄養を吸収することができる。死んだ組織から栄養を吸収する腐生的な菌ではない。菌が感染した部分では細胞は死に、材は褐色に変色する (図16B)。変色した木部組織は傷害心材とも呼ばれ、その部分では樹液は上昇できない。

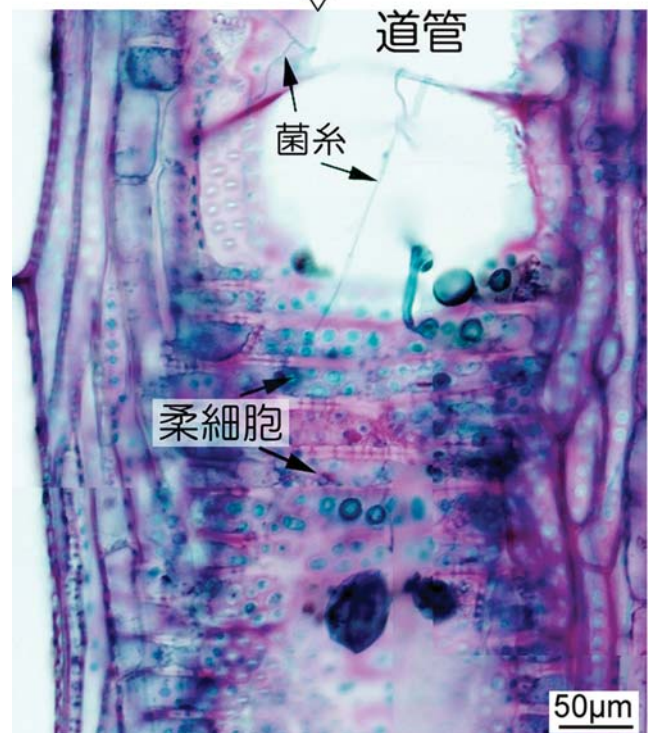


図17 コナラ組織の縦断面 (顕微鏡写真、サフラニン・ファストグリーン染色)

R. quercivora の菌糸が柔細胞に侵入しているのが見える

健康な樹木の樹液の移動

落葉ナラ類の木部には、直径 $300\mu\text{m}$ (0.3mm) 程度の太い道管があり、ミズナラ、コナラでは年輪に沿って同心円状に配列する (環孔材)。道管は根から吸った水を梢端まで運ぶためのルートで、この水は「木部樹液」と呼ばれる。大径道管は大量の樹液を運ぶことができるが、水の流れは途切れやすい。その他に直径が $30-50\mu\text{m}$ の細い道管が多数あり、樹液を梢まで運んでいる (図18A)。

樹液流動の停止

病原菌に感染した樹木の内部では、柔細胞（生きている細胞、図18B）が菌の侵入に反応して、二次代謝物質と総称されるいろいろな成分を生産し（防御反応）、その後に壊死する。二次代謝物質は周囲の道管などに漏れだし、顕微鏡では淡い褐色に見える。この成分には油状の性質もあるため、道管内の水の流れは妨げられる。大径道管では通導停止後に風船状のチロースが形成されることもある。

通導組織である道管が目詰まりを起こすために梢端部への水の供給は著しく減少する。樹幹断面の、肉眼で褐色に見える部分（正常な心材と変色部）とその周辺では、樹液の上昇は完全に停止するため、感染木は梅雨明け後の蒸散の活発な時期に（7月下旬ごろから）水不足で枯死する。

通導停止はカシナガの孔道形成が最も密な部位（樹幹下部）で起こりやすく、それより下では組織内の水分が保たれるため、地際部からの萌芽がよく見られる。ただし、樹木の枯死後にこの萌芽が生き残るケースは少ない。

被害木から樹液漏出

樹幹の一部で樹液上昇が妨げられた段階で、まだ根から水が吸い上げられていると、カシナガの孔道の開口部から樹液がしみ出すことがある。やや若い被害木（穿孔のある個体）でよく観察される。この樹液は褐色を示すが、変色した材の中を通ったことによる現象である。樹木が防御反応によって樹液を出すという解釈は妥当ではない。

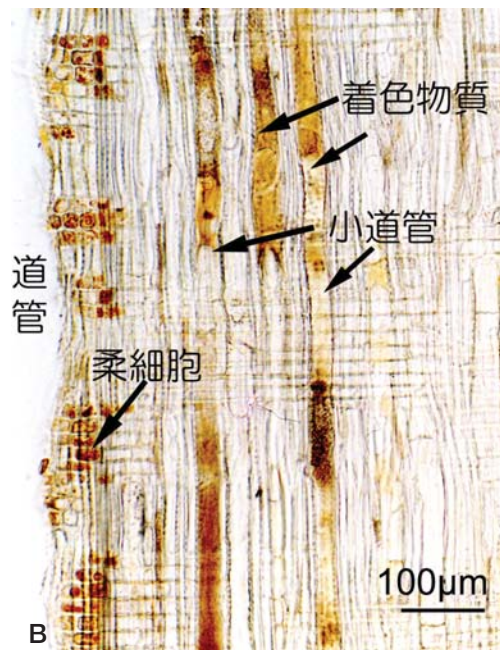


図18 コナラの変色部の顕微鏡写真
(A：横断面、B：縦断面、無染色)



図19 カシノナガキクイムシの穿入を受けたアラカシの横断面

孔道形成の範囲と変色の樹種による違い

落葉ナラ類（コナラ・ミズナラなど）では、カシナガの孔道は辺材に形成されるが、カシ類（図19）では幹の中心部まで形成される傾向がある。シイ・カシ類の変色はコナラ・ミズナラほど濃くならないことが多い。感染に対して生産される物質の種類や量が樹種により異なるためと考えられる。

ナラ枯れと森林管理



図20 株立ちしているミズナラ

大径木が被害を受けやすい

今までの調査事例を通して、被害木は樹齢が40～70年、直径の大きい幹が3～5本の株立ち（図20）になっている事例が多かった。株立ちであるのは、萌芽により更新したことを示している。これらは林齢から判断して、放置された薪炭林だろう。

カシノナガキクイムシは高齢の大径木で好んで繁殖し、1930～1950年代の報告にも、「50年生以上の老齢樹に被害が出た」と書かれている。まだ被害が無い地域でも、今後里山林の高齢化、大径木化は、この甲虫の繁殖に適した状態をつくり出すことになるので、警戒が必要である。

ナラ枯れには社会的要因が大きい

このように、近年のナラ枯れ増加は、人間の生活様式の変化に伴い里山林も変化する中で引き起こされた現象であるようだ。地球温暖化現象の影響も指摘されることがあるが、社会的要因を無視して環境要因のみを強調すると、「被害を減らすのは不可能」という結論に陥ってしまう。ナラ枯れが里山林の変化を引き起こしているのであれば、その防止や抑制のためには、里山林の管理から対応策を考える必要があるだろう。

里山林の放置は危険

最近の里山林管理では、上層のコナラなどの落葉広葉樹を残して中下層の常緑樹やササを除去するという公園型整備が主流である。中下層の小径木の伐採やササの刈り払いであれば、大きな上木の伐採に比べて容易かつ安全であるため、市民活動などでも扱いやすい。また、林内の明るさが改善されるので、里山の生物多様性の保全や、野外活動による空間利用にも役立つ。しかしこのような森林管理は、放置された場合と同様に、大径木が残ること、そして下層の処理により明るく暖かくなった林内がカシノナガキクイムシの行動を活発化させることなどから、ナラ枯れを誘引する危険性をはらんでいる。

それを避けるためには、もう一度萌芽更新により、若い小径木から構成される低林に戻していくことが一番良い。ところが、ここでも問題がある。放置されて高齢化、大径化したコナラは、すでに萌芽能力が低下し更新に失敗するケースが多いのだ（図21）。他方、種子更新についても、種子や実生に対するノネズミやシカ、イノシシなどの食害の激しさ、実生と他の下層植生との競合などにより、どこでも確実に成功するわけではないことが知られている。放置され高林化した里山のコナラ林を維持していくためには、種子更新を含めた新たな更新技術の開発が必要である。

ナラ枯れを避けるために、里山コナラ林を更新していくことが効果的であるとしても、更新方法が開発されていない現状では、残念ながら確実な管理手法は示すことができない。更新を目的に伐採した場合、更新状況を定期的に確認し、不十分な場合は植栽を行うなどの対策を講じていくことが大切である。

放置里山林

高齢のナラ林内に植生が繁茂
カシノナガキクイムシの繁殖に好適



近年の公園型整備

高齢のナラ類を残し林内植生を刈り払う
カシノナガキクイムシの繁殖に好適



薪炭林施業

伐採して若齢林に戻し低林管理を行う
カシノナガキクイムシの繁殖に不適



里山林を健全に維持するために

里山林を若返らせ健全に管理していくためには伐採が重要であるが、現代社会ではその動機が失われてしまっている。伐採が価値を生むような、何らかの資源利用を考えていく必要があるだろう。欧州では、二次林の樹木から生産した薪やチップ、ペレットを熱源として利用することが軌道に乗り、里山の再生が進んでいる国もある。日本ではコストが壁になっているが、「地球環境保全」という視点からもエネルギーとしての利用推進は望ましい。里山の老齢ナラ林を増やさないため薪炭林施業をどのように再開していくのか、今後の課題である。

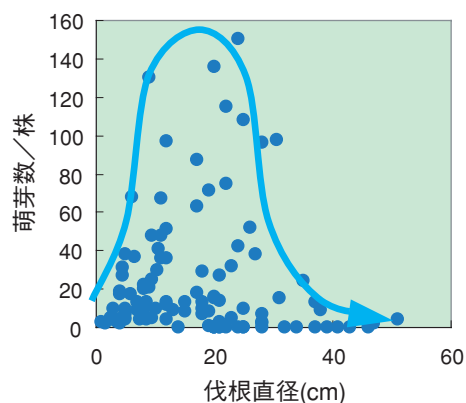


図21 コナラの伐根の直径と萌芽数
コナラは約30cmを超えると、急速に萌芽本数が減少する。

変容する里山のコナラ林 —ナラ類の集団枯損の背景

ナラ類の集団枯損の発生は、里山林が放置されてコナラ類が大径化することで促進されている可能性が示唆されている。それでは、近年、里山では何が起きているのだろうか？

コナラ林の成り立ち

まず里山のコナラ林の起源から考えてみたい。里山のコナラ林は大きく分けて、三つのタイプに分けられるだろう。いずれも人の森林管理やその変化にともなって成立してきた。

1. 旧薪炭林由来のもの

1960年代の燃料革命により化石燃料が行き渡る以前は、人々は燃料の多くを里山から生産される薪炭に頼ってきた。薪炭林は、通常15～30年間隔で地際から伐採され、主に伐根からの萌芽更新により再生する。コナラは旺盛に萌芽を発生する。そのような萌芽は、伐根に残された養分を利用することもあり成長が速い。加えてコナラは、実生や萌芽が成長して種子生産を開始するまでの年数が短く、頻繁に伐採されるような条件下でも種子生産が可能である。これらの性質により、コナラは薪炭林として管理される中で他の高木種よりも有利に更新し、その優占度を高めてきたのだろう。

2. アカマツ林由来のもの

第二のタイプは、以前は里山林を代表する植生であったアカマツ林が、マツ材線虫病で消滅した後、下層木のコナラが成長して成立したものである。かつてのアカマツ林では、林内の雑木やネザサは柴として刈り取られ、林床が明るく保たれていたため、コナラがよく更新し、刈り払いにも萌芽で耐えて生存していた。西日本では1970代以降、マツ枯れの拡大と共に、アカマツ林からコナラの多い広葉樹林への転換が急速に進んだ（図23）。

3. その他に由来するもの

他にも、放牧地や茅場などの採草地に進入し、それらの利用が放棄された後、コナラ林化する例



図22 若いコナラ萌芽林

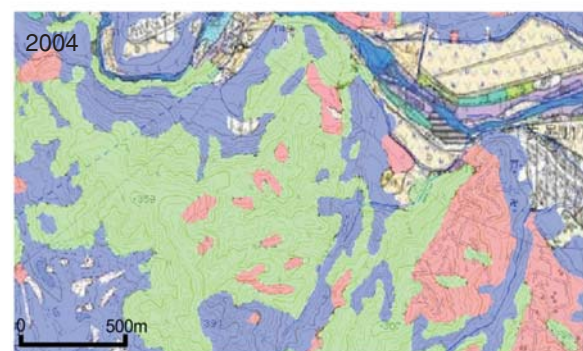
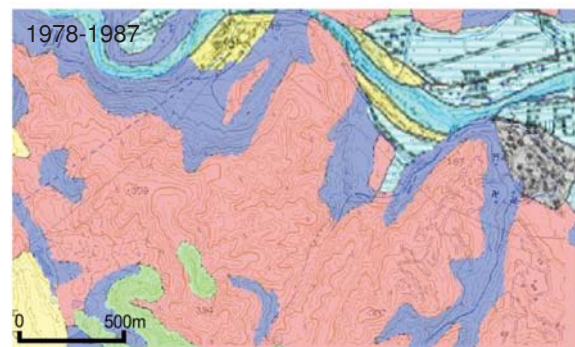


図23 マツ材線虫病によるアカマツ林の衰退とコナラ林の増加（滋賀県旧朽木村、環境省現存植生図より描く）

■ アカマツ林、■ コナラの優占する広葉樹林、
■ スギ・ヒノキ人工林

がしばしば観察される。しかし、これらの三つのタイプのうち一般的なのは前二者であろう。

社会の変化とコナラ林の放置

里山のコナラ林の伝統的な薪炭林管理は、戦後の高度経済成長が本格化する1960年代以降、消失していく（図24）。化石燃料の使用が地方の農山村にも普及するとともに、薪や柴、木炭の消費は激減し、旧薪炭林はもはや伐採されることも無く、放置されていった。

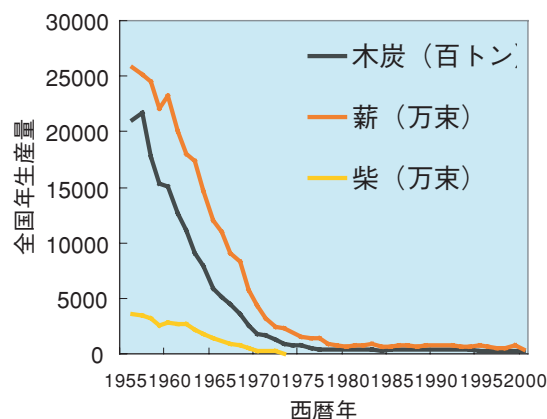


図24 木質燃料採取の衰退

放置されたコナラ林の変化—遷移の進行

1960年代以降、コナラ林は一斉に放置されたことにより変化し始める。薪炭林管理下のコナラ林は、短い間隔で繰り返される伐採により、二つの意味で林分の発達を抑えられていた（図25）。一つは植生遷移の抑制である。西日本の暖温帯地域では、遷移の進行とともにコナラ林はより耐陰性の強い常緑のカシ類やシイなどの林に変化していく。コナラ林内の下層に、アラカシなどの常緑樹が進入する様子は、極めて普通に観察される（図26）。しかし、繰り返す伐採により遷移はリセットされるため、それらの常緑樹よりも成長が早いコナラが常に優占し続けてきた。そして薪炭林としての伐採が止んだ現在、常緑樹林化など、ふたたび遷移による変化が始まっている。



図25 萌芽更新、落ち葉掻きにより管理されているコナラ林（栃木県2002年）

放置されたコナラ林の変化—高齢化・高林化・大径木化

薪炭利用のための伐採は、もう一つ、林分が成長し高齢化することも抑制していた。15～30年間隔で伐採されるため、常にこれらのコナラ林は細く高さも低い森林に留まっていた。ちなみに、林業用語でこのような短伐期の萌芽林管理を「低林施業*」という。里山コナラ林は、放置と共に急速に成長し高齢化した（図27）。2007年現在、多くは林齢40～60年生に達し、一本一本のコナラも大径化しつつある。

*逆に柱材や板材を採るために、伐期を長くしより大径で樹高の高い森林に育てる管理を「高林施業」という。

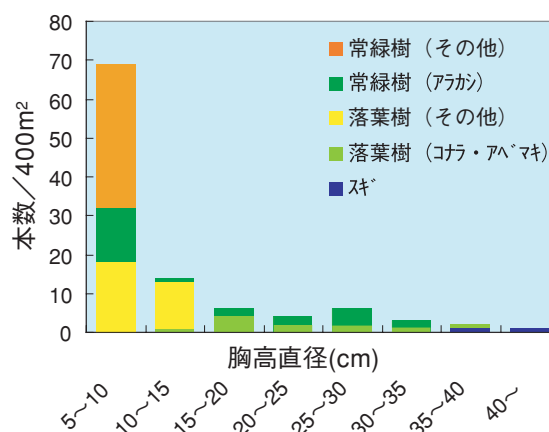


図26 下層に常緑樹が進入したコナラ林の構造

未知の段階に突入しつつある里山コナラ林

里山のコナラ林は、現在どこでも当たり前に見られる。しかし、このような成長して大径化したコナラの林が一面に広がるという状況は、かつての里山の姿とは大きく異なっている（図28）。そして、このことがナラ類の集団枯損発生を促進する一因となっているようだ。さらに利用の消失とともに、かつてであれば燃料用などにただちに回収されたであろう被害木が林内に放置されていることも、被害の拡大を助長している。

近畿地方の里山林では、1970年代以降のマツ材線虫病の大発生に続いて、近年のナラ類の集団枯死、さらにはマンサクの集団枯死などが発生している。放置され管理利用が消滅した里山林は、必ずしも高い健全性、安定性を持っているとは言えないようだ。今後も、様々な予測しがたい事象が起きる可能性があることを、承知しておく必要があるだろう。

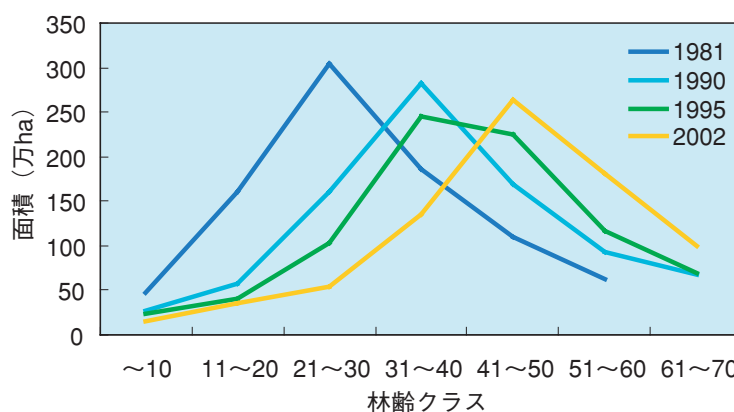


図27 全国の若齢天然林の齢級別面積の変化（林業統計書より作図）
若齢天然林の多くは旧薪炭林と考えられ、昭和30年前後に最後の伐採を受け、その後に更新した薪炭林団塊世代のピークが調査年が新しくなるとともに高齢林化しつつあることがわかる。

図28 短伐期の萌芽更新で低林として管理されているコナラ薪炭林（下）と、放置され高林化した薪炭林（右）



ナラ枯れの防除法

ナラ枯れの防除では、被害の発生を迅速に把握し、初期の段階で防除を行うことが最も重要である。被害発生初期での防除は比較的容易であるが、極めて多数の被害が発生した後では、人的・資金的な問題から、有効な防除を行うことは難しい。

また、防除を実行後ただちに被害が無くなるとは限らない。近隣の被害地から飛来したり、防除しきれなかった部位から脱出したカシナガの存在により、翌年以降の被害発生はある程度避けられない。ナラ枯れの防除を実行するか否かは、少なくとも数年間は毎年数本～十数本の枯死木の防除を行うか、被害が数十本、数百本に拡大していくに任せるか、という選択であると考えべきである。

被害地別の対策

被害の発生状況に応じて防除指針は異なる。ここではナラ枯れが発生した、または発生しうる広葉樹林を被害の程度に応じて4種類に分け（図29）、それぞれについて防除における基本的な考え方を述べる。

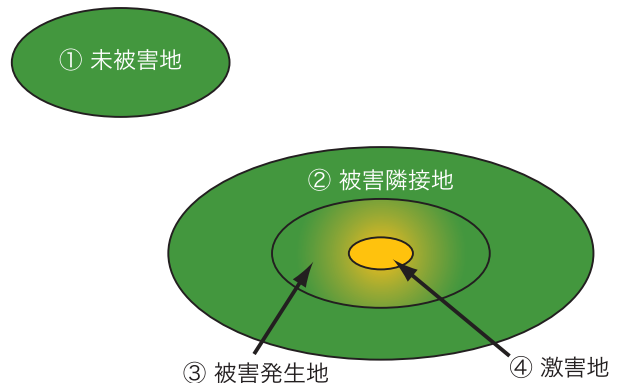


図29 被害地の区分の概念図

1. 未被害地

被害が見られず、その周囲数十km以内に被害地も存在しない森林では、以下のことに留意する。

- ・森林の整備については、ナラ枯れ発生の危険性に留意して手法を検討する。
- ・とくに、里山整備に見られるアメニティ重視の整備（下草の刈り払いと高林管理＝高木層の維持・中下層木の伐採）は、ナラ枯れ発生のリスクを高めることに注意する。
- ・シイタケのほだ木などとして被害材が持ち込まれないよう注意を喚起する。

2. 被害隣接地

周囲数十km以内にナラ枯れ被害地が存在する森林では、初期の対応で被害量を低く抑えられれば以後の防除費が変わることを認識し、以下のことに留意する（p.18--19を参照）。

- ・ナラ枯れ発生への警戒を強め、早期発見に努める。
- ・周囲30km以内に被害が発生した場合は特に気をつける。
- ・健康なナラ・カシ類の伐採（本数調整伐など）は、伐採した木がカシナガの餌木になる恐れがあるので控える。
- ・被害発生の把握には、地域住民の協力が重要である。情報収集の手だてを考える。

3. 被害発生地

被害が発生した初期の森林では、以下のことに留意する（p.20を参照）。

- ・翌春のカシナガの羽化より前に防除を行い、被害が増えないようにする。
- ・被害材を被害地域から持ち出さない。できるかぎり燃料などとして使うよう努力する。

- ・健康なナラ類、シイ・カシ類の伐倒（本数調整伐など）は控える。
- ・防除の先端地の担当者に防除のコツを学ぶ、隣接する自治体に連絡するなど、周辺自治体との連携が非常に重要である。
- ・文化財的価値のある樹木については、ビニール被覆など、重点的防除を行う。

4. 激害地

数百本以上の被害が発生した森林では、防除は非常に困難となる。ナラ枯れ後の森林をどのように管理してゆくのかを考える必要がある。

- ・植生が全く変わってしまうおそれがあるので、里山林としてナラ林を維持する必要があるなら、枯死したナラ類と同じ樹種を育成するなど、早急に対策が必要。
- ・萌芽更新が難しい場合は、実生から育てる。

被害発生 の 把握

遠望による一斉調査や遠隔探査の調査は、9月から紅葉が始まるまでの間に実施する。9月以降には当年の枯死木の発生がほぼなくなるが、紅葉が始まると枯死木の樹冠を生立木の樹冠から区別することが困難になるからである。あるいは、枯死木

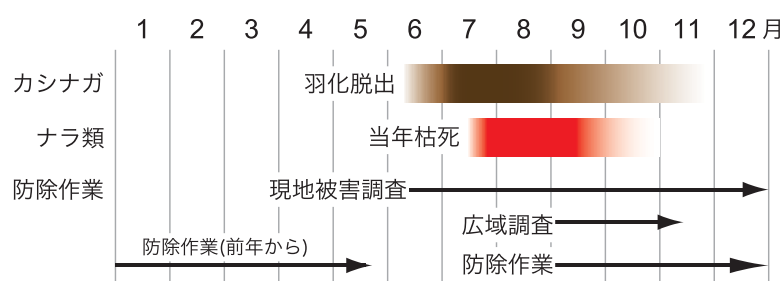


図30 ナラ枯れの防除スケジュールの概念図

と生存木とを区別しやすい展葉期に行うことも考えられる。遠望や遠隔探査、または個別の枯死の発見を受けての現地調査は、随時、あるいは情報が出揃った時点でまとめて行えばよい。ただし、調査時期があまり遅くなると排出されたフラスが風雨で流されてしまい、調査に支障をきたす場合がある。

1. 広域調査

被害状況を広域にわたって調査する際には、自動車道路に沿って踏査し、肉眼または双眼鏡などで枯死木を探す場合が多い。しかしこれには多大な労力を要し、道路から死角になる林分があるなどの問題がある。

広域での被害把握にはヘリコプターによる調査が最も有効であろう。これは簡単にできるものではないが、実施している自治体では大きな成果を挙げている。ヘリ調査には特別な技術が必要というわけではないが、被害発生初期の林分を発見するのはやや難しい。調査者には遠望で枯死木を探査した経験があることが望ましいだろう。

2. 現地調査

広域調査や一般市民からの通報で枯死木を認識しても、それがナラ枯れかその他の要因によるものかは現地で確認するまで断定できない。広域調査には、それを補完するものとして現地調査が必須である。現地調査の際にチェックすべきポイントは以下の通りである。

(1) 穿孔の有無

樹幹に直径 2 mm 弱のほぼ円形の孔が空いており、孔からフラスが出ていたり（図31）、根元にフラス*が堆積（図32）していないか確認する。ただし、厳密には穿孔だけから虫の種類を判定することはできない。穿入している虫を採取し、専門家による同定を行う必要がある。とくに初めて被害が確認された地域では必ず確認するべきである。



(2) 枯れている木の種類・サイズ

枯死した樹木の種類を確認する。その際、葉が採取できるならば持ち帰って標本にするのが望ましい。個体変異や雑種などで種類を誤る場合があり、第三者にも確認可能にしておいた方がよいからである。また、可能ならば胸高直径も計測することが望ましい。



図31 カシナガの穿入孔とフラス
上：ミズナラ、下：コナラ

(3) 被害量

被害を受けている樹木の本数を、樹種、被害状況（穿孔を受けて枯死、穿孔はあるが生残）ごとに数える。その際、余裕があれば穿孔の概数を計数しておくといよい。たとえば、地際から胸高程度までの数ヶ所に折れ尺や巻き尺などで10～数10 cm四方の範囲を取り、その中の穿孔の数を数えるとよい。



図32 地際に堆積したフラス

(4) 森林のタイプ

枯死が発生したのはどのような森林か記録する。林相を記録するだけでなく、所有者や管理者を確認できた場合には、施業履歴や利用形態を聞き取っておくのが望ましい。

(5) 被害地の位置情報

被害地の位置を記録する。その際には地名だけでなく経緯度情報も取得することが望ましい。地名は位置情報としては曖昧で、情報を集約・解析するには不便であり、また長期的には変容・消滅が避けられないからである。近年は比較的安価にハンディなGPS測器を購入できるので、それを利用するのが簡便であろう。機器の利用が難しければ、国土地理院の2万5千分の1地形図などに被害地を記入するのもよいだろう。

* 木屑やカシナガの糞などの混合物。

防除方法

現在のところ、ナラ枯れ防除には個々の樹木に適用する方法しか存在しない。林分全体での防除方法としては、集合フェロモン等の利用によるカシナガの誘引捕殺が研究されているが、現時点では全国的な実用化に至っていない。現在実用化されている方法には、それぞれ得失があるので、被害が多い地域については、複数の方法を組み合わせて実施する必要がある。実際の防除に関しては、自治体（府県・市町村）の防除事業担当者に相談し、防除経験者に細かな留意事項を指導してもらうのが望ましい。

なお、薬剤による防除については、現在は対象病虫害・適用手法ごとに農薬登録がなされている。使用の際に不明確な点があれば、自治体などの農薬担当部門に相談するのが安全である。

1. 駆除方法

(1) 薬剤によるカシナガの防除

枯死木を伐倒・玉切りして天幕被覆しNCS剤を用いて処理する方法が農薬登録され、使用可能である。伐倒が困難な場合は、立木のまま樹幹にドリルで穴を開けて、NCS剤を注入する方法がとられている。これにより穿入しているカシナガは死滅し、同時にナラ菌も死滅することが確かめられ、防除効果が確認されている。

なお、カシナガは樹幹だけでなく伐根にも穿入して繁殖するので、被害木を伐倒した場合、必ず伐根の処理も行う必要がある。使用が許可されている薬剤であっても、住宅付近での施用では、安全性についての説明をするなど、住民への配慮が望ましい。

(2) 枯死木の伐倒処理

枯死木は林外に持ち出して薪などに利用したくなるかも知れないが、持ち出した材からカシナガが脱出すると被害地域を拡大させることになる。どのような処理を施した場合でも、被害木の林外への持ち出し、他地域への移動は慎まなければならない。

2. 予防方法

(1) シートによる樹幹の被覆

保護したい生立木の樹幹を合成樹脂製のシートやフィルムで覆い、カシナガの穿孔を防ぐ方法である。枯死木の樹幹をシートで覆い、翌年にカシナガが羽化脱出するのを防止する目的でも行なわれる。被覆範囲、被覆方法、シートの材質などについては、被覆の目的とカシナガの生態とを充分考慮した上で決定する必要がある。

(2) 樹幹塗布剤

シートによる樹幹の被覆と同様の効果を狙った塗布剤が開発されており、その効果について検討がなされているところである。

(3) 殺菌剤の樹幹注入

カシナガが穿入する前に殺菌剤を自然圧によって注入することで、カシナガが穿入しても材内でのナラ菌の繁殖を防ぎ、枯死することを防ぐ方法が開発されている。

(4) 殺虫剤の樹幹塗布

殺虫剤の樹幹塗布に、カシナガの穿入防止効果があると報告されている。

穿入生存木（カシノナガキクイムシの穿入を受けても生き残った木）は処理すべきか？

穿入生存木から出てくるカシナガ次世代発生数は、カシノナガキクイムシの穿入によって枯死した木（穿入枯死木）からの発生数よりも圧倒的に少ない。しかし、僅かながら次世代が発生している（図13、p.8）ため、防除の際には、穿入生存木も対象にしなければならないという意見もある。これについては、穿入生存木の本数は穿入枯死木よりも多く、発見が困難で、全て処理することが不可能であるという現実に加えて、以下の観点から、穿入生存木は原則的に伐倒処理をすべきではないと考える。

1. 伐採による環境変化が被害を助長することが指摘されていること。
2. 一度枯死を免れた木は、次年度以降再度カシナガの加害を受けても枯死する確率が低く、樹体内の環境の悪化によって穿入したカシナガも繁殖に失敗する。このために、残しておいた方がカシナガ個体数低下に寄与すると考えられること。



図33 樹液を流出しているコナラ穿入生存木

ただし、生存木でも穿入孔からの樹液流出量が少なく、地際部に多量のフラスが堆積している木からは、かなりのカシナガが発生する場合がある。そのため穿入生存木の伐倒駆除を行う際は、上記のような次世代数が多く発生すると予測される木のみを伐採する、伐倒駆除以外の方法を使うなどの工夫が必要と考える。

このパンフレットは、ナラ枯れについて、技術者から一般の方にまでわかりやすく解説することを目指したものです。最新の知見を提供するために、公立試験研究機関や大学、自治体、国有林の担当者の方々からの情報も参照して作成しました。また、カシナガの穿入生存木の扱いについては、関西のナラ枯れ関係者メーリングリスト [oak-kyoto] での議論を参考にしてまとめています。ナラ枯れに関する研究は、現在も日々進行しておりますので、常に新しい情報を確認して、対策にあたってくださいようお願いします。

● 一般の森林所有者・管理者、市民の方々へ ●

● ナラ枯れ被害の発生を素早く捉え、効果的に防除を行っていくには、行政機関 ●
● の森林保護担当者だけでは充分ではありません。 ●

● 一般の方々、とりわけ、森林所有者や管理者、社寺林の所有・管理者、樹木医、 ●
● 森林の保全に取り組んでいらっしゃる市民の方々、森林をよく散策されている ●
● 方々などの御協力が不可欠です。 ●

● ナラ類やシイ・カシ類が6～9月に枯死しているのを発見された場合には、穿 ●
● 孔の有無や木屑のようなものの堆積を確認して、ナラ枯れかもしれないと感じら ●
● れた場合には、都道府県あるいは市町村の担当部局、または森林組合などに連絡 ●
● していただくようお願いします。 ●

ナラ枯れの被害をどう減らすか 一里山林を守るために―

2007年3月30日 発行

2008年2月1日 第2刷

2010年3月30日 改訂

発行所 独立行政法人 森林総合研究所 関西支所

〒612-0855 京都市伏見区桃山町永井久太郎68番地

TEL 075-611-1201 FAX 075-611-1207

URL <http://www.fsm.affrc.go.jp/>

ISBN 978-4-902606-32-4

印刷所 株式会社 田中プリント

