

芦生の森と‘ナラ枯れ’ 報告書



京都大学フィールド科学教育研究センター

芦生の森と“ナラ枯れ”報告書の発行にあたって

わが国の国土の 70% 近くは森林に覆われ、豊かな自然の源となっています。森は人々の生活にとって空気や水のようになくてはならない存在ですが、これまでは、都会に暮らしていると日頃その重みを忘れがちな存在でもありました。

近年、私達の身の回りには様々な地球規模の問題が噴出し、誰もがこのままでよいのだろうかと問いかけながら出口を模索している状態にあると思われます。私達が直面しています様々な問題の中で、環境問題は私達自身と次世代の生存基盤に関わる最も根元的な問題と考えられ、森林の存在やその果たす役割への関心はかつてないほど高まっています。

芦生の森は、京都・大阪・神戸の大都市圏に近接する今では数少なくなった原生的天然林として大変貴重な自然でもあります。これまで京都大学演習林が地元美山町と協力しながら、森の仕組みやその保存に関する研究を進めてきました。今、この豊かな森の将来を脅かしかねない異変が生じています。ミズナラやコナラなどのナラ類の大木が急に枯死し始めています。このような現象は 80 年以上にわたる研究の中で、これまで経験したことがありません。京都大学では、緊急に研究チームを作り、一昨年よりその実態の把握、原因の究明ならびに防除対策に関する調査研究を進めています。

わが国の暖温帯を構成する最も重要な樹木はブナ科であり、ナラ類やシイ・カシ類はとりわけ重要な存在です。ブナ科樹木の衰退や枯死は、ヨーロッパやアメリカでは古くより問題になってきましたが、わが国では 1980 年以降に急速に顕在化し、ナラ類の枯死は今では山形県から島根県に至る日本海側の各府県に広がっています。わが国で発生しているブナ科の枯死は、カシノナガキクイムシと呼ばれる甲虫類の一種とそれに共生する菌が直接の原因と考えられています。しかし、多様な環境変化、とりわけ人為的な環境ストレスが近年におけるナラ枯れ多発の基本的な背景となっている可能性も十分に推定されます。

京都大学では、1990 年代後半より地球環境問題を 21 世紀の最重要課題の一つと位置づけ、その解決に対応できる体系的な教育研究体制の整備が進められてきました。昨年 4 月に発足しましたフィールド科学教育研究センターは、それまでの農学研究科附属演習林や理学研究科附属瀬戸臨海実験所等の 4 施設を統合し、森から海までをつなぐ研究と教育の展開を目的に設置されました。ナラ枯れは、単に森林生態系のみの問題ではなく、最終的には沿岸海洋域にも影響を及ぼす可能性も考えられます。

平成 15 年 9 月 26 日に、ナラ枯れ問題の現場や研究の第一線で御活躍の皆様をお迎えして、公開シンポジウム「芦生の森とナラ枯れ」を開き、被害の実態、研究の現状、防除対策、ナラ枯れ問題の所在、木と昆虫と菌の微妙な関係、人と森の関わりなどについて幅広く議論をいただきました。本報告書はこのシンポジウムの成果をまとめるとともに、フィールド科学教育研究センターと農学研究科の研究者が協力して取り組んでいます「芦生研究林における被害調査及び防除作業」の研究経過と成果をまとめたものです。今後のナラ枯れ研究の進展と防除対策の開発の一助になれば幸いです。

平成 16 年 2 月 20 日

京都大学フィールド科学教育研究センター長 田中 克

目 次

はじめに

フィールド科学教育研究センターシンポジウム「芦生の森と‘ナラ枯れ’」

シンポジウム開催概要（写真集）	3
芦生研究林における森林保全と“ナラ枯れ”（中島皇）	7
京都府におけるナラ類集団枯死被害の実態とその対策（小林正秀）	15
カシノナガキクイムシの生態とナラ類集団枯損の拡大様式（鎌田直人）	25
ブナ科樹木の枯死被害に関連する菌類（伊藤進一郎）	33
芦生研究林における“ナラ枯れ”防除の取り組み（山崎理正）	41
パネルディスカッション「ナラ枯れ ー木と虫と菌の複雑な関わりー」	47
アンケートおよび結果.....	61

芦生研究林における被害調査・防除対策・試験研究

被害調査および防除対策.....	67
被害木位置図	71
被害状況と対策の概要（写真集）	77
試験研究概要	87
カシノナガキクイムシの穿孔様式と辺材成分の変化（岩竹淳裕他）	88
ナラ枯れ宿主木の生理学的研究（竹内友二他）	90
拮抗菌を用いた“ナラ枯れ”防除の試み（二井一禎他）	92

あとがき

フィールド科学教育研究センターシンポジウム

「芦生の森と‘ナラ枯れ’」

京都大学フィールド科学教育研究センターシンポジウム

芦生の森と‘ナラ枯れ’

シンポジウム

日時：平成15年9月27日(土)
13:00～16:30

場所：京都市国際交流会館

講演

「芦生研究林における森林保全と“ナラ枯れ”」

中島 皇
(京都大学フィールド科学教育研究センター)

「京都府におけるナラ類集団枯死被害の実態とその対策」

小林 正秀 (京都府林業試験場)

「カシノナガキイムシの生態とナラ類集団枯損の拡大様式」

鎌田 直人 (金沢大学自然科学研究科)

「ブナ科樹木の枯死被害に関連する菌類」

伊藤進一郎 (三重大学生物資源学部)

「芦生研究林における“ナラ枯れ”防除の取り組み」

山崎 理正 (京都大学農学研究科)

パネルディスカッション

ナラ枯れ

—木と虫と菌の複雑な関わり—

石井 晃 (朝日新聞大阪本社)

伊藤進一郎 (三重大学生物資源学部)

鎌田 直人 (金沢大学自然科学研究科)

小林 正秀 (京都府林業試験場)

主原 憲司 (芦生の自然を守り生かす会)

中島 皇 (京都大学フィールド科学教育研究センター)

松下 正徳 (京都府森林保全課)

山崎 理正 (京都大学農学研究科)

総司会

大畠 誠一

(京都大学フィールド科学教育研究センター)

来聴歓迎
入場無料

問
い
申
込
み
合
わ
せ

芦生研究林事務所 〒601-0703 京都府北桑田郡美山町芦生

TEL.0771-77-0321 FAX.0771-77-0323

E-mail: asi321@blue.ocn.ne.jp <http://fserc.kais.kyoto-u.ac.jp/>



京都大学フィールド科学教育研究センターシンポジウム



プログラム

開会の辞：
13:05～13:15 田中 浩（京都大学フィールド科学教育研究センター長）

講 演：
 13:15～13:30 「芦生研究林における森林保全と「ナラ枯れ」」
 中島 晃（京都大学フィールド科学教育研究センター）
 13:30～14:00 「京都府におけるナラ枯れ被害の現状と今後の対策」
 小林 正秀（京都府林業振興課）
 14:00～14:30 「カシノミカキタイムの発生とナラ枯れ被害の拡大様式」
 鎌田 直人（京都大学農学研究所）
 14:30～14:45 休 憩
 14:45～15:15 「ブナ科樹木の枯死被害に関連する要因」
 伊藤 浩一郎（三重大学生物資源学）
 15:15～15:30 「芦生研究林における「ナラ枯れ」防除の取り組み」
 山崎 理正（京都大学農学研究所）

パネルディスカッション：
15:30～16:00 「ナラ枯れー木と虫と人の複雑な関わりー」

ハネラー 石井 晃（総合人間学専攻）
 伊藤 浩一郎（三重大学生物資源学）
 鎌田 直人（京都大学農学研究所）
 小林 正秀（京都府林業振興課）
 中島 晃（京都大学フィールド科学教育研究センター）
 山崎 理正（京都大学農学研究所）

総合司会： 佐内 典之（京都大学フィールド科学教育研究センター）

芦生の森と‘ナラ枯れ’

平成 15 年 9 月 27 日（土）13:00～16:30

於：京都市国際交流会館

当日配布パンフレット表紙



京都市国際交流会館



受付風景



田中センター長挨拶



講演



パネルディスカッション



会 場



参加者からの質問

芦生研究林における森林保全と“ナラ枯れ”

京都大学フィールド科学教育研究センター 中島 皇

はじめに

芦生研究林は、原生的な自然を維持している森とその中につくられた人工的な森を教育・研究に活用可能なフィールドとして、学生、教官、研究者に貴重な調査地や実験材料を提供している。過去には奥山の事業所として伐採・搬出・造林・保育・製炭・林産物生産の事業を行い、地域経済に活力を与えた歴史もある。同時に周辺地域や由良川の下流域に対しては「良好な環境」を維持する源であり、地域住民や一般市民には森林教育・森林リクリエーションの場として利用され、公益的な役割を果たしている。

芦生研究林は京都府の北東部、福井・滋賀両県と境を接し、面積はおよそ4,200 ha（方形とすれば東西6km×南北7km）、大正10年(1921年)に旧知井村の九ヶ字共有林の一部に学術研究および実地演習の目的をもって京都大学が99ヶ年の地上権を設定し、創設された。契約が切れるまで残すところ17年である。全国の27の大学に81の「大学の森」(演習林、研究林等)があるが、その中でも極めて特殊な事情を持った演習林(研究林)である。日本海型と太平洋型の各気候帯の移行帯に位置し、森林帯区分の上からも、暖温帯林と冷温帯林の移行帯にあたることから、天然林はさまざまな要素の種から構成され、植物の種類数の多いことがこの森林の特徴となっている。著名な分類学者の中井猛之進博士が「植物ヲ學ブモノハ一度ハ京大ノ芦生演習林ヲ見ルベシ(1941)」と書いた森林である。動物も貴重なものが数多く記録され、多くの種が生息している。林内の原生的な部分を含む天然林は、大規模に残された森林として西日本では有数である(地理・植生・動物については芦生研究林概要(芦生研究林HP)参照)。

森林利用の変遷

研究林の森林は演習林設定以前からかなり利用されてきた。江戸時代から明治時代にかけては林内に木地師や製炭をする人が住んでいた記録がある。森林の取り扱いについて詳しい記録はないが、明治から大正にかけてスギ(丸太)やクリ(枕木)の伐採の記録がある。また、野田畑周辺では火入れが行われ、茅場として利用されたり、中山周辺の上谷・下谷では天然スギの保育のために広葉樹の巻枯しが

行われたと記録されている。

演習林設定直後には、スギの伐採により一部に林相の悪化がみられたために伐採を中止した。戦前期から戦後までは、軌道が開設された由良川本流沿いで椎茸生産、製炭事業などの林産物生産が主に行われ、跡地にはスギ林が造成された。昭和20年代後半からは奥地林開発のための林道が開設され始め、昭和30年代には伐採量はピークをむかえている。天然林の伐採跡地は、比較的大きな面積のスギ人工林や天然更新地として二次林になった。昭和50年代に入って施業に再検討がなされ、森林の公益的機能を維持しつつ、森林の質的・量的生産性を高めるため天然林施業が進められた。昭和60年代までに、林道も幹線がほぼ整備され、総延長は34.2kmである。平成に入ってから、伐採はほとんど行われず、拡大造林期に造成されたスギ人工林の保育、天然更新補助作業、広葉樹人工林の造成等が試験的に行われている。

現在、芦生研究林の全面積（約4,200ha）の約半分は、地上権の設定以降、人手が加えられていない天然林である。この天然林の中に、森林の成立以降大きな人為が殆ど加わっていないと考えられる原生的な部分も含まれている。また、約1,800haが天然林の伐採跡地に再生した天然林（二次林）である。他に、スギを主とした人工林も約250ha造成されている。

教育利用

本研究林では、センターが行う全学向けの教育プログラムや農学部森林科学科やその他の学科、理学部や総合人間学部等や学内の各研究科の実習・実験・演習、また他大学（大阪大学・京都造形芸術大学等）の実習・実験・演習など多くの教育プログラムが実施されている。この他、研究林を利用しての卒業論文、修士論文、博士論文の作成は、大学の施設ならではの研究教育プログラムとなっている。また、本研究林では社会教育にも力を注いでおり、一般市民を対象にした公開講座は今年で13回目を数え、地域の親子を対象とした開放事業、研修・見学等の受け入れなど、毎年多くの利用申請を受け付けている。

研究利用

演習林設定以来、多くの森林に関する研究が行われてきている。その主なもの

は、動・植物の生態や分類に関するもの、林業や林産業に関するもの、気象や地形など自然環境に関するものなど多岐にわたっている。また、教育のところにも挙げられているが学生による卒業論文、修士論文、博士論文のための研究も教官の指導のもとに数多く行われている。この他に学内外の研究者が研究林と行う共同研究やそれぞれの研究が進められている。その詳細は「京大演習林で行われた試験研究目録 第1号(1968) 第2号(1980) 第3号(1990) 第4号(2000)」を参照頂きたい。

芦生研究林では以下に挙げるような研究に取り組んでいる。

(1) 天然林の再生機構と林分構造の発達および維持機構に関する研究

天然林の利用や保全などの森林管理法を確立するためには、天然林の更新や林分構造の発達・維持機構を明らかにする必要がある。そのため、様々な天然林に多くの固定調査地を設定し、長期にわたり森林の動態調査を続け、資料の解析を進めている。

(2) 森林の環境保全機能に関する研究

芦生は由良川の最源流部に位置し、森林集水域研究が可能な地形を有している。この地の利を活かして、世界的にみても数少なくなった温帯の原生的な天然林における水土保全、物質循環をはじめとする環境保全機能を長期的にモニタリングし、解析・評価する。

(3) 森林の生物的要因や気象要因による被害の解析とその防除法に関する研究

シカ、ツキノワグマなどの大型動物による食害などの生物的被害や台風、豪雨、積雪による気象害は、林業において回避できない被害であり、森林に多大な影響を及ぼす。これらの被害の発生状況、発生機構の調査・解析を行い、その防除法等について検討を行っている。2002年には林内でカシノナガキクイムシによる森林被害が発生し、その対策と防除法の研究が進められている。

(4) 人工林の育成および収穫技術に関する研究

木材資源の効率的かつ安定的な供給を確保するためには、それぞれの地域の自然条件や社会的条件に適応した生産システム・利用システムの確立が必要になる。そのため、生産目標の設定から造林、保育、収穫までの基礎的および応用的試験を行っている。

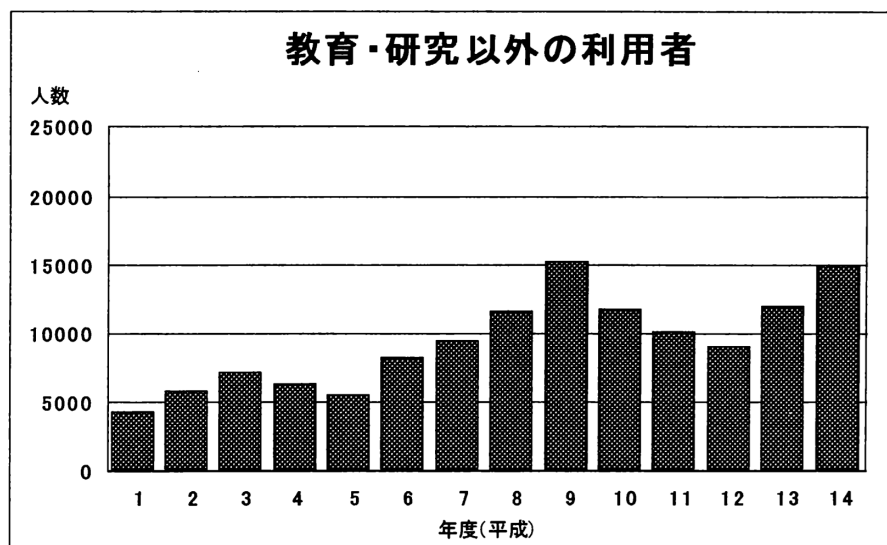
(5) 森林の多目的利用と森林情報処理に関する研究

森林が持つ多様な機能の活用とその保続を考慮した森林管理計画を立案するためには、森林についての様々な情報を正確かつ効率的に活用できる体制の確立が必要になる。森林情報の収集処理システム、人間の利用による原生的な自然への影響評価法、森林の適切な管理計画の確立を目指した研究を行っている。

センターの森林系ステーションでは、2003年度より研究プロジェクトを立ち上げ、共通の研究課題について研究を進めている。これらは、森林生態系・森林環境系・森林資源共存系の3つの部門からなり、それぞれの大課題について、中課題、小課題が設定され、芦生研究林においても具体的な研究が始められている。

一般利用

10数年前から、芦生にもツアー(観光客)が来るようになった。当時はまだ一般利用者の数は少なく、芦生といえば知る人ぞ知る森であった。釣り人や山の好きな人たちが少人数でパーティを組んで山を楽しんでいた時代である。このツアー



は地元と旅行会社が提携して始められたもので、一般利用の様子が変わってきた。この変化は芦生の森がマスメディアによって有名になってきた頃と重なり、また社会的にはバブル景気がはじけて手軽な余暇が求められていた頃に重なる。この時期から演習林にも種々のタイプの見学要請が寄せられ、従来にはなかった利用形態も出てき始めた。最近では、「環境ブーム」によって拍車がかけられ、利用者の増加後の安定と多様化が著しい。

図は芦生研究林の教育・研究以外の利用者数(一部業務関係を含む)を示した。平成元年～5年の利用者数と平成9年～14年の利用者数を比べれば、約2～3倍(約9,000～15,000人)となっており、ここ数年、以下に挙げるような様々な問題が起こっている。

問題点

- 無許可入林
- 原生的な自然に対するインパクト
- トイレ・ゴミ問題
- 調査・研究に対する支障
- 歩道の維持管理(拡大)
- 団体利用の増加
- 利用の集中(場所・時間)
- 事故・迷い込み

このような問題点を少しでも解決するために研究林では利用規程を明示し、その徹底をはかっている。特に入林区分の「10人以上の団体について」に対しては、以下のお願い文を配布している。

芦生研究(演習)林は教育・研究のためにあり、利用もその目的に従って受けいれています。利用するためには許可が必要で、ルールに従わない利用はできません。この点で国立公園等とは大きく性格が異なります。しかし、京都大学フィールド科学教育研究センター(演習林)は、従来から利用のルールが守れる人にはオープンです。近年、一般利用者の中にはこのルールを無視した利用が多く見受けられるようになりました。また、原生的な天然林においての教育・研究がメインとなっている芦生研究(演習)林では、多くの人の入林は原生的な天然林そのものの保全に悪影響を及ぼしています。

以上のような観点から、団体の入林は極力控えていただくようお願いしています。

ナラ枯れ

この森で昨年、ナラ枯れが確認された(生物・気象要因による森林被害研究(芦生研究林HP)参照)。日本海側で発生していた被害が京都府北部に入り、年々広がってきた。林内では事務所構内(33林班)、内杉谷(5林班)、由良川本流沿い(8・9・10林班)でそれぞれ24本、43本、30本(尾根部のみ確認)の葉が茶色になった木の地

際にフラス(木屑と虫糞の混じったもの)が確認された。

樹 種	1992年調査		1998年調査	
	本 数	胸高断面積合計	本 数	胸高断面積合計
スギ	2,419	164.140	2,356	176.319
ブナ	532	57.334	516	57.306
ソゴ	427	9.510	391	8.707
アカシ	305	11.160	295	10.996
ウラジロガシ	237	20.655	230	20.931
アオハダ	226	5.330	229	5.452
イヌブナ	193	13.996	189	14.361
ネジキ	181	4.451	181	4.413
タムシバ	171	3.350	160	3.366
タリウ	169	2.458	160	2.360
コハシ	161	8.335	151	8.073
コシ	140	4.874	131	4.598
マズマ	109	1.235	110	1.250
ミズナラ	103	17.846	100	16.828
イヌシ	96	5.583	97	5.879
ミズメ	80	10.098	80	10.587
クリ	77	7.539	73	7.789
クマシ	65	2.064	67	2.147
タカ	64	1.795	56	1.697
アハ	63	1.394	56	1.208
アハ	37	0.845	34	0.804
アズナ	31	1.117	26	0.991
イタ	30	3.844	28	3.406
エノ	29	0.345	34	0.433
オオ	25	0.837	20	0.651
マル	24	0.388	20	0.279
ナツ	21	0.725	20	0.692
アセ	18	0.255	21	0.292
ホミ	18	0.843	16	0.884
ミズ	13	1.092	14	1.109
ヤマ	13	0.188	6	0.075
クマ	12	0.609	9	0.550
ケ	10	0.926	9	0.951
トチ	10	2.707	12	2.679
ハリ	10	1.214	9	1.179
ウ	10	0.240	8	0.203
エ	9	0.104	4	0.046
ク	8	0.220	8	0.229
カ	8	0.383	6	0.350
ウ	7	0.371	7	0.375
ヒ	7	0.445	7	0.476
ヤ	7	0.361	7	0.386
サ	5	0.640	5	0.671
サ	5	0.129	5	0.125
ツ	4	0.174	4	0.181
テ	4	0.062	4	0.097
ノ	4	0.153	5	0.163
ウ	3	0.117	2	0.100
ケ	3	0.077	2	0.057
チ	3	0.044	2	0.027
ハ	3	0.042	3	0.044
オ	2	0.118	2	0.137
カ	2	2.467	2	2.586
タ	2	0.051	3	0.060
ク	1	0.010	1	0.013
コ	1	0.009	1	0.012
ナ	1	0.008	1	0.010
ス	1	0.010	0	0.000
フ	1	0.015	1	0.019
ヤ	1	0.008	1	0.008
ユ	1	0.040	0	0.000
ス	1	0.008	3	0.027
フ	0	0.000	2	0.034
合 計	6,223	375.390	6,002	385.679

幽仙谷集水域天然林研究区の毎木調査結果

葉が茶色になった木はコナラ・ウラジロガシなども含まれるが、ほとんどがミズナラである。表は幽仙谷集水域天然林研究区(約8ha)の毎木調査結果である。芦生の代表的な針広混交の天然林を調べてみるとミズナラは本数で6,000本に100本程度、胸高断面積で380m²に対して17m²程度であるが、冷温帯林の代表的樹種である。芦生研究林では、

- ①森林被害の長期的なモニタリング
- ②現在、有効と考えられている防除法の実施
- ③ナラ枯れ(カシノナガキクイムシの生態やナラ菌の影響)の原因究明
- ④予防・防除法の確立

の4つのテーマを設定し、調査・研究・防除に取り組んでいる。

急を要する防除法の実施については、原始的な森・水源の森である芦生で多量の薬剤の使用は好ましくない。森全体を大きなネットで覆うのは現実的には困難である。カシノナガキクイムシは普通に野山にいる虫である。これらの条件を考え合わせて、現在有効とされている防除法のうち、芦生の森に最もインパクトが少ないと考えられる方法を採用した。すなわち、椎茸菌を枯れ木(被害木)に打ち込み、カシノナガキクイムシを兵糧責めにする方法を実施している。

森林保全

芦生の森を森林保全の立場から考える。台風(強風、洪水、土砂害)、雪害、落雷などの天災(気象害)、ツキノワグマがスギの樹皮を剥ぐ「クマハギ」やシカによる下層植生の被食や樹皮食い等の動物害、マツ枯れやスギカミキリやクリタマバチなどによる病虫害、山火事や人の過剰な入り込み、過度の伐採などの人間による直接的なインパクト、かつて社会問題として大きく取り上げられた酸性雨・酸性霧に代表される環境汚染(公害)等の人間活動の影響などが、芦生の森に係る問題点として挙げられる。「はじめに」でも述べたように、この森林が持つ多くの機能を保つためには天然林を主とした森林そのものを「良好な状態」で維持する必要がある。今回のナラ枯れが、かつてのナラ枯れのように自然現象であれば、自然の営みの一つとしてそれを受け入れ、ミズナラ等の樹木のうち重要なものを選んで守れば、被害はそのうち治まって行くであろう。

一方で多くの人々が心配し、気付き始めている「環境問題」は、まさに我々、人間活動(しわざ)が原因なのである。そして、病虫害や動物害は言うまでもなく、上述した天災と呼ばれる気象害までも人間活動の影響が指摘されている。今や人間活動は、地球そのもののメカニズムにまで影響を及ぼし始めている。人間が自然を保護しなければならない時代になってしまうのであろうか。そんなものは自然でも何でもないのであるが……。そして、それだけなら良いのであるが……。

おわりに

今年の4月1日に「芦生演習林」は82年の長い歴史を持つ名前を芦生研究林と変え、所属も従来の農学部附属からフィールド科学教育研究センター(全学利用)になった。これは、従来の機能も保ちつつ、他学部(農学部以外)や他大学からの利用を積極的に受け入れ、また他の領域(森林を主体としている教育・研究領域以外)と交流・連携を深めて行くことを意味している。名前が変わり、組織が多少変更になっても、森そのものが急激に変わるわけではない。本来の目的である、教育利用・研究利用に加えて、社会教育利用にも力を注ぐことになる。

21世紀を迎えた今日、森林の持つ諸機能への期待は大きくなる一方である。森林は、生産財としてのみならず、環境財・文化財としての価値も含んだ森林の総合的な価値評価と森林の「賢明な利用法」を確立することが大切だと思われる。

30年前であれば、『京都の秘境・芦生』のキャッチフレーズに無理はなかったであろう。しかし、この間にチェーンソーが開発され、自動車の性能は飛躍的にアップし、道路が整備されて、日本の山は大きく変わった。今では、「秘境」や「原生林」の森は少なくなったが、芦生の森はまだ随所にその面影が残しているといえる。芦生演習林は全国の大学演習林の中でも極めて特殊な事情を持った演習林ある。この特殊性を良い意味で十分に活用し、温帯林の教育・研究の拠点として充実、発展させ、原始的な自然から文化を引き継ぐ発想を確立していくことが芦生研究林の使命であると考えている。

引用文献・参考文献

芦生演習林，幽仙谷天然林における樹木調査－結果とプロットの設定・維持コスト－(2002)大橋健太・細見純嗣・岡部芳彦・中島 皇，京大演習林試験研究年報 2001, pp9-13

京都の秘境・芦生(1970)：渡辺弘之，ナカニシヤ出版

京都帝国大学農学部附属演習林概要(1928)

京都帝国大学芦生演習林(1932)

京都大学農学部附属演習林芦生演習林(1987)

京都大学農学部附属演習林芦生演習林(1992)

京都大学農学部附属演習林芦生演習林(1997)

森へゆこう－大学の森へのいざない－(1996)：全国大学演習林協議会，丸善ブックス

京の北山ものがたり(1992)：斉藤清明，京都文庫2，松籟社

「京都府におけるナラ類集団枯死被害の実態とその対策」

京都府林業試験場 小林正秀

カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus* (Murayama)) (以下、カシナガ) の穿入に伴う広葉樹の集団枯死被害が全国各地で発生している。ここでは、京都府における被害実態とその対策について報告する。

I カシノナガキクイムシの概要

クイムシは、甲虫目ゾウムシ上科に属する甲虫の中で最も進化した一群で、枯死木の樹皮などに産卵していたゾウムシのうち、雌が樹木内に穿入して孔道づくりと卵の世話を、雄が交尾相手の防衛を行うようになったものが起源と考えられている (Kirkendall, 1983)。クイムシは、立木や木材に経済的な被害を与える害虫として扱われることが多い。しかし、一方で、衰弱木を早く枯死させたり、腐りにくい倒木の木質部を早く分解腐朽させることで物質流転の速度を早めるという重要な役割を担っている (中島, 1999)。クイムシは、形態的にクイムシ科とこれから派生したナガキクイムシ科に分類されている (Wood, 1993)。また、食性や生息場所から樹皮下クイムシと養菌性クイムシに大別されている (野淵, 1974)。樹皮下クイムシは、内樹皮を摂食し、一部の種では健全木の樹体内に病原菌を持ち込んで枯死させる。一方、養菌性クイムシは、衰弱木や倒木の材質部奥深くまで穿入し、マイカンギア (胞子貯蔵器官) によって孔道内に運び込んだア

表-1 生立木に穿入するナガキクイムシ類の事例

種 類	被害発生地域	穿入樹種
称される共生菌を 培養して摂食する (梶村, 2002a)。	<i>Platypus apicalis</i> , <i>Platypus caviceps</i> , <i>Platypus gracilis</i>	ニュージーランド ナンキョクブナ (<i>Nothofagus cunninghamii</i>) , ユーカリ類 (<i>Eucalyptus</i> spp.) , カマヒ (<i>Weinmannia racemosa</i>) , ラジアータバイン (<i>Pinus radiata</i>) など
カシナガが属す るナガキクイムシ 科は、ほぼ全種が 養菌性クイムシ であり (Beaver, 1989)、例外的に生 立木に穿入する事	<i>Platypus subgranosus</i>	オーストラリア ナンキョクブナ, ユーカリ類など
	<i>Platypus cylindrus</i>	南ヨーロッパ コナラ属 (<i>Quercus</i> spp.) , ヨーロッパブナ (<i>Fagus sylvatica</i>) , ヨーロッパクリ (<i>Castanea sativa</i>) , <i>Prunus avium</i> など
	<i>Platypus flavicornis</i>	アメリカ南東部, メキシコ クイムシ (<i>Dendroctonus frontalis</i>) が穿入したマツ類 (<i>Pinus</i> spp.)
	<i>Platypus gerstaecheri</i> , <i>Crossotarsus externedentatus</i>	フィジー, サモア マホガニー (<i>Swietenia macrophylla</i>) 造林木, リンバ (<i>Terminalia superba</i>) , ユーカリ類など
	<i>Platypus sulcatus</i>	アルゼンチン 不明
	<i>Austroplatypus incompertus</i>	オーストラリア ユーカリ類
	<i>Dendroplatypus impar</i>	マレーシア レッドメランティ類 (<i>Shorea</i> spp.)
	<i>Doliopygus dubius</i>	ナイジェリア, ニュージーランド リンバ
	<i>Trachyostus ghanaensis</i>	ガーナ オベチェ (<i>Triplochiton scleroxylon</i>) , ココア (<i>Theobroma cacao</i>) 栽培木

例はあるが（表-1）、病原菌を持ち込んで健全な生立木を枯死させていることが証明された事例はない。このように、カシナガの穿入に伴う広葉樹の集団枯死被害は、これまでの「常識」にはない現象であり、世界的に注目されている（梶村, 2002b）。

カシナガ成虫の体長は 4 ～ 5mm 程度で、雄の上翅端は強く突出し、雌の前胸背に 5 ～ 10 個の黒線で囲まれた円孔（マイカンギア）が存在する（野淵, 1993）（図-1）。カシナガは、一夫一妻性の亜社会生活（親が子供の世話をする家族生活）を営んでおり（Kirkendall, 1983）、九州では部分 2 化とされているが（Soné et al., 1998）、基本的には 1 年 1 化である。繁殖木を見つけた雄は、辺材部を心材方向に向かって数 cm の穿入母孔を掘り（Kobayashi et al., 2001）、雌雄を誘

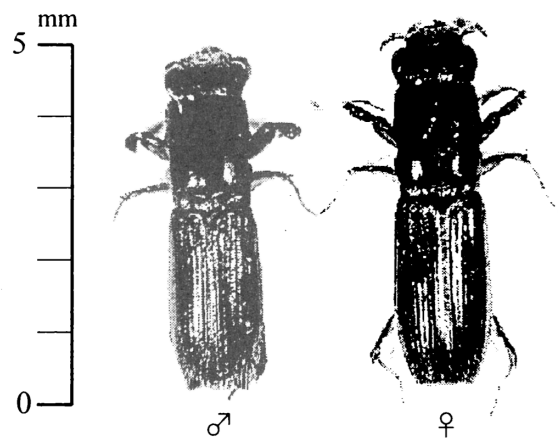


図-1 カシノナガキクイムシ成虫

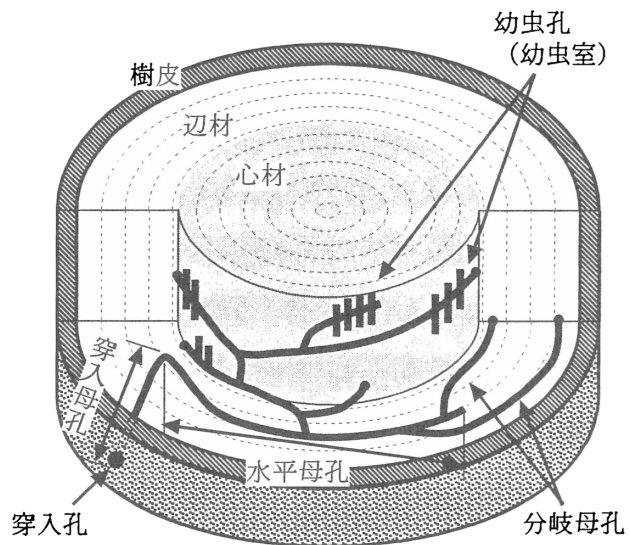


図-2 カシノナガキクイムシの孔道
衣浦(1994)の図を許可を得て改変。

引するために集合フェロモンを発散する（Ueda and Kobayashi, 2001）。雌が飛来すると、雄は一旦外に出て雌と交尾し、雌が先に孔道内に入る（Ooya and Kinuura, 2001；Kobayashi and Ueda, 2001）。交尾後の雌は水平母孔を掘り進み、水平母孔から分岐孔を延長させると考えられている。このようにして形成される孔道は長梯子型と呼ばれ、長くて複雑である（加辺, 1960a）（図-2）。このため、材内生態は未解明の部分が多い。最近になって、人工飼育が可能となり（梶村ら, 2002；Kitajima and Goto, 2003）、これまでの常識（先入観）を覆す生態が明らかになりつつある。とくに、成虫が孔道の掘削と菌の培養を行っていると考えられてきたが、早くに生まれた幼虫がその役割を担っている可能性が示唆されている（野崎ら, 2003）。このように、カシナガは、健全木を枯死させる世界でも珍しい養菌性キクイムシであるだけでなく、生態学的にも非常に興味深い昆虫である。

Ⅱ 被害発生経過と被害の問題点

日本で最も古い被害記録は、1934 年の南九州のシイ・カシ類の被害で、ナラ類で最も古い被害記録は、兵庫県で 1947 年頃から発生した被害である。その後、特定の地域で断続的に発生していたが、1980 年代以降に被害地域が拡大し、2002 年までに 1 府 17 県で被害が確認されている（図-3）。

京都府では、1991 年の久美浜町での被害が最初で、1993 年に大江山で大規模な被害が発生した後、1999 年までに北部一帯に拡大した。2000 年以降は、中部の美山町や京北町でも確認され、京都市への拡大が危惧されている（図-4）。

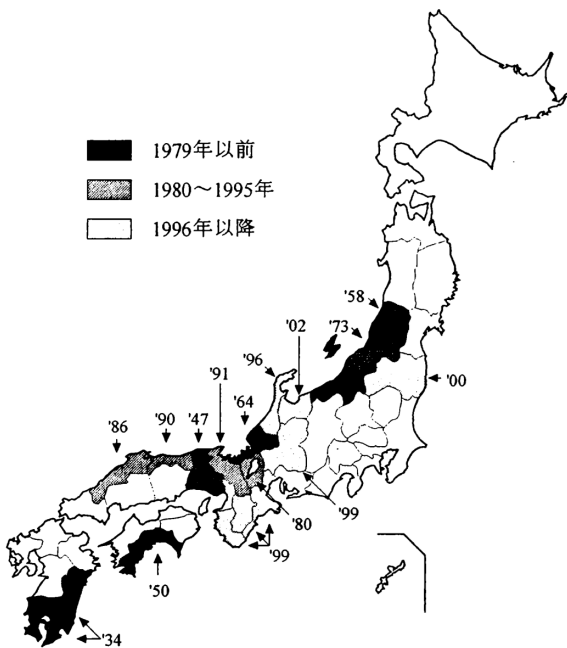


図-3 都道府県別の初めて被害が確認された時期

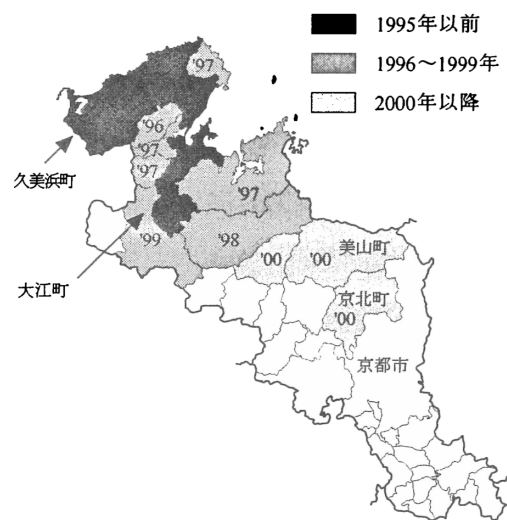


図-4 市町村別の初めて被害が確認された時期

被害の問題点としては、以下のことが挙げられる。

- ①林冠を構成する大径木の半数が、わずか数年のうちに失われるため、用材、シイタケ原木およびパルプ原料などの資源が失われる。
- ②被害が急峻な水源地帯で多発するため、林地保全機能や水源かん養機能が低下する。
- ③枯死木の葉が夏期に赤褐色に急変するため、景観が悪化する。
- ④被害地に生息する動植物に与える影響は大きく、ミズナラ堅果を重要な食料とするツキノワグマに与える影響は無視できない。
- ⑤史跡などにおける貴重木が枯死する場合がある。

以上の点から、早急な被害回避策の開発が求められている。

Ⅲ 被害発生要因

被害回避策を開発するためには、被害発生要因を知る必要がある。健全木にカシナガ成虫を接種することで、枯死の再現に成功したため（衣浦・小林，未発表）、主因はカシナガが運ぶ病原菌で間違いのないであろう。しかし、1980年代以前には、突発的に発生していた被害が、1990年代以降になって恒常的に発生して拡大している要因は不明である。Paine et al. (1997) は、キクイムシを侵害力によって3つのタイプに分類している。1つ目は、健全木に穿入するタイプ、2つ目は、本来は衰弱木に穿入するが、個体数が増加すると健全木にも穿入するタイプ、3つ目は、枯死木のみ穿入するタイプである。カシナガは、伐倒木や風倒木に好んで穿入して繁殖するため（小林ら，2000）、2つ目のタイプに該当すると考えられる。このことから、個体数増加をもたらす要因を解明する必要がある。これまでに、個体数増加の要因として、①ナラタケ病、②雪の影響、③温暖化の影響、④風倒木の発生、⑤伐採の影響、⑥樹の老齢化などが指摘されている。そこで、京都府内における被害実態調査などから、これら6つの要因について考察した。

①のナラタケ病について、野淵（1993）は、被害木の根部にナラタケ菌を認め、ナラタケ病に罹病したナラ樹にカシナガが穿入している可能性を指摘した。しかし、被害発生前に子実体の採取調査を実施した結果、ナラタケ子実体の採取数はわずかで、ナラタケ病が被害に先行しているとは考えられなかった（小林，1996）。他にも、ナラタケ病は被害発生要因ではないとする報告は多い（布川，1993；Kinuura and Yamada，1994；伊藤，1998）。

②の雪の影響について、末国ら（1995）は、地形解析の結果、被害地の斜面方位が残雪の多い北～東に偏っていたため、被害発生要因に雪が関与していると考えた。そして、小川（1996）は、残雪中に濃縮された酸性物質による根の衰弱と菌根菌の消失が被害発生要因だと主張した。しかし、枯死木は、樹幹上部が萎凋した後も、地際から萌芽することがあり、根の障害で枯死したとは考えられない（黒田・山田，1996）。被害地の斜面方位が北～東に偏るのは、ナラ林自体の斜面方位が北～東に偏っているためと推察された。そこで、京都府内の被害地の地形解析を行った。解析は、被害地を含む京都府北部全域、ナラ林、被害地のそれぞれについて、標高・傾斜角・斜面方位を約50m四方（0.26ha）ごとに算出して比較した。標高の解析結果を図-5に示す。北部全域は、低地から高地に向かって面積が漸減している。コナラは標高500m以下に多いが、ミズナラは500m以上に多い。ただし、ミズナラは200m以下の低地にも分布している。被害地は、ミズナラ分布の最下部である標高300m前後に多く、徐々に低地へと拡大する傾向が認められた。斜面方位の

解析結果を図-6 に示す。北部全域の斜面方位は、東西方向に偏っており、ミズナラ林は、南に偏る傾向が認められた。被害地は、被害当初は北東に偏っており、末国ら（1995）の結果と一致した。しかし、被害は低地のミズナラ林で発生しやすい。そこで、標高 300 m 以下の低地のミズナラ林の斜面方位を解析した。その結果、低地のミズナラ林の斜面方位は東に偏っていた（図-7）。実際に、綾部市において標高 300 m 前後のミズナラが優占する林分で大規模な被害が発生したが、ここの地形は、北東斜面であった。これらのこと

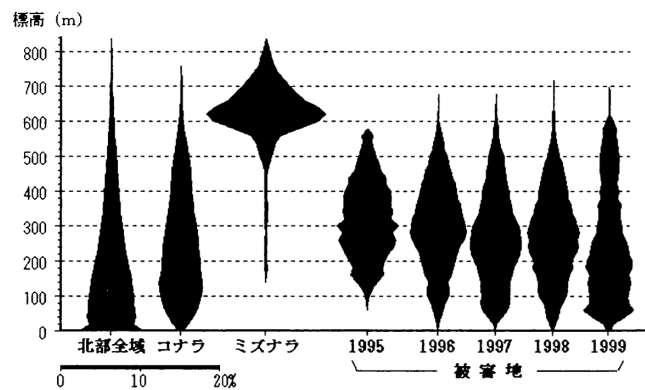


図-5 ナラ林および被害地の標高20mごとの面積割合（%）

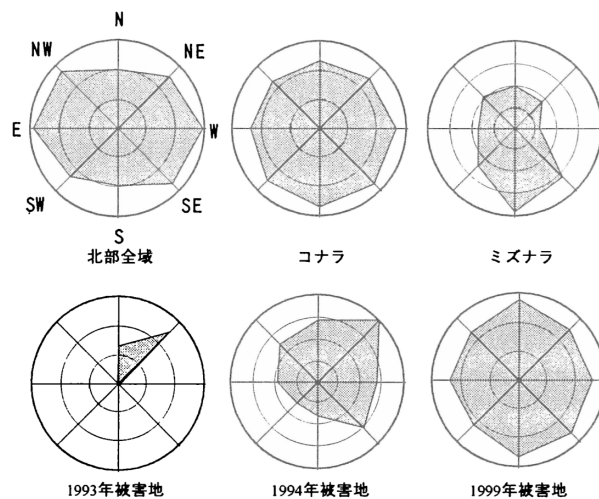


図-6 ナラ林および被害地の斜面方位

から、被害地の斜面方位が北～東に偏るのは、単に低地のミズナラ林の斜面方位が北～東に偏っているためであると考えられる。その他に、被害は雪の影響がない本州の太平洋側でも発生しており、雪の影響は被害発生要因ではないと考えられる。

③の温暖化の影響について、Kamata et al. (2002) は、温暖化によってカシナガの分布域が北方や高標高に押し上げられ、病原菌に対して抵抗力のないミズナラとカシナガ

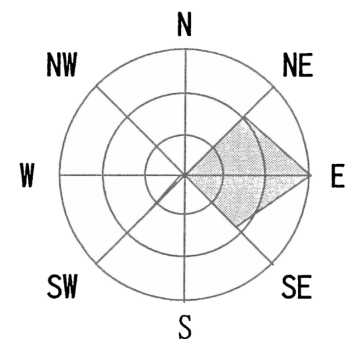


図-7 標高300m以下のミズナラ林の斜面方位

が出会ってしまったことが被害発生要因であると主張した。この他に、気温は高地よりも低地のほうが高いことから、温暖化によって、低地のミズナラが耐えられる以上の高温に曝されて衰弱している可能性もある。また、温暖化によって病徴の進展が促進される影響も大きいと考えられる。いずれにしても、被害が低地のミズナラ林で発生しやすいという地形解析の結果は、温暖化の影響が大きいことを支持している。ただし、温暖化は 1960

年代に始まった燃料革命以降の現象であるが、燃料革命以前にも兵庫県で大規模な被害が発生している。また、カシナガは 1938 年にミズナラが多く分布する京都府芦生で採取されている（加辺 1960b）。これらのことから、温暖化の影響がなくても被害は発生するといえる。温暖化以前と現在との違いは、現在では被害が次々に拡大することであり、温暖化は被害発生に大きく関与しているのではなく、被害拡大に大きく関与していると考えられる。

④の風倒木の影響について、牧野ら（1995）は、風倒木がカシナガによる高密度の穿入を受けた事例を確認している。京都府でも、綾部市における最初の被害地には風倒木が存在していた。調査の結果、薪炭林の放置によって老齢大径化したナラ樹が、地上部と根のバランスを失って倒れ、風倒木を利用して繁殖したカシナガが周辺の健全木に穿入していた（小林ら、2000）。そして、この被害は、次々に周辺林分に拡大した（小林・上田、2002）。

⑤の伐採の影響について、熊本営林局（1941）は、伐採時期、伐採方法、伐採跡の処理方法によっては、周辺林分に多大の被害が及ぶことを指摘しており、松本（1995）は、伐採によって生じた根株や枝条がカシナガの繁殖源になる危険性を指摘している。また、斎藤（1959）は、択伐後に残されたミズナラが枯死するのを確認しており、布川（1993）は、森林公園整備、拡大造林の伐採や林道工事などによる環境変化が被害発生の引き金になったと考えられる事例があることを報告している。京都府でも、最初の大規模な被害例である大江山の被害は、本数調整伐（劣性木を間伐し大径木を残す施業）を実施した場所で発生した。また、1997 年に舞鶴市で初めて確認された被害も、公園として整備するために本数調整伐を実施した場所で発生した（小林・萩田、2000；小林・柴田、2001）。さらに、2000 年に和知町と京北町で初めて被害が確認されたが、和知町の被害地は、ナラ類の巻き枯らしや小面積皆伐による造林および本数調整伐が実施されており、京北町の調査地でも、水源森林総合整備事業に伴う本数調整伐が実施されていた（小林・上田、2001）。

多くの被害実態調査は、被害発生から 2 年以上が経過した激害地で行われてきた。そして、そこから得られたデータによって被害発生要因が考察されてきた。これでは、出火原因の解明に不可欠である火元調査を行わずに、今まさに燃えている場所を調査しているのと同じである。そこで、周辺に被害がない地域で突如として被害が発生した場所に出向いて、被害発生直後の実態を調査してきた。その結果、被害発生初期林では、上記のように被害に先行して風倒木、伐採木、巻き枯らし木のいずれかが存在していた。このことから、伐採木や風倒木などの倒木の発生が被害発生の引き金になると推察された。そこで、倒木

の発生が被害に与える影響を明らかにするため、被害地内に伐採木を放置し、倒木と周辺立木へのカシナガの穿入状況や倒木での繁殖状況を調査した（小林, 2000；小林ら, 2000）。また、伐採地の微気候や伐採地周辺における被害木の分布状況を調査した（小林・柴田, 2001）。その結果、倒木の発生が被害の引き金になる要因として以下のことが推察された。

- ①カシナガは倒木に好んで穿入し、穿入した雄が集合フェロモンを発散して多くの成虫を誘引し、誘引された成虫が周辺立木にも穿入して新たな誘引源となる。
- ②倒木自体がカシナガの繁殖源になり、カシナガ個体数が増加する。
- ③倒木の発生によって林冠の閉鎖が破られた場所では、温度変化が激しくなるなどの微気候の変化があり、残されたナラ樹が影響を受ける。
- ④カシナガは明るい場所を好むため（Igeta et al., 2003）、林冠の閉鎖が破られた明るい場所に集中する。

しかし、倒木が発生すると被害が必ず発生するわけではない。半世紀前に兵庫県で大規模な被害が発生した際、松本（1955）は、「薪炭林として伐採すべきものを放置したため、林分が老齢過熟となり、被害が発生した」と推察している。燃料革命以前の薪炭林は、定期的に伐採が繰り返されていたが、燃料革命以降は放置されている。つまり、燃料革命以降に放置された現在の広葉樹林は、半世紀前の兵庫県における被害林分と同じように老齢過熟となっている。このことから⑥の樹の老齢化が被害の根本原因だと考える。実際に、被害発生初期林では、大径木ほどカシナガの穿入密度が高く、最初に枯死するのは大径木であった（小林・上田, 2001）。このように、カシナガが老齢大径木に好んで穿入し、大径木ほど枯死しやすいことは、樹の老齢化が被害の根本原因であることを支持している。

IV 被害対策

カシナガによる被害を山火事に例えるなら、老齢大径化した広葉樹が多い状態が燃えやすいものが多い状態であり、これが被害の根本原因である。そして、風倒木、伐採木、巻き枯らし木が火種（引き金）となり、これを繁殖源として増加したカシナガが、火種が周辺の燃えやすいものに引火するように、周辺の老齢大径化した広葉樹に穿入して最初の枯死木が発生する。温暖化や酸性雨の影響は、山火事において強風や高温乾燥による火の拡大と同様に、被害の拡大要因と考えられる。このように考えると、対策として何が重要であるかが見えてくる。火災の場合、火を消すことも重要であるが、それ以上に火を出さない予防が重要である。温暖化や薪炭林の放置は、いずれも燃料革命がもたらした現象で、早急に解決することは困難である。残された予防法は、火種を出さないことであり、大径

木を残す施業について真剣に議論されることが望まれる。

京都府林業試験場では、地方振興局、市町村、多くの研究機関と共同して様々な防除法を検討し、現場で実施している。立木の幹をビニールシートで被覆する方法は、立木の枯死を防止することができるため貴重木の保護に有効である（小林ら，2001；小林・萩田，2003）。また、被害木をドリル穿孔して NCS 剤を注入する方法は、カシナガの完全な殺虫が可能である（小林，1999；斉藤ら，1999）。しかし、樹幹上部にもカシナガが穿入しているため（小林・野崎，2003）、これらの方法で完全に防除するためには、危険な伐倒作業が必要である。さらに、餌木にカシナガを誘引して餌木ごと消却する方法も有効であるが、この方法も伐倒作業などの重労働を伴う（小林ら，2003）。その他、食用きのこを被害木に植菌して、被害木の有効利用とカシナガ駆除の両方を目指した試験研究も行っている。その結果、枯死立木に種駒を植菌することでナメコやシイタケが収穫できることが判ったが、カシナガの駆除効果は、薬剤ほどは高くなかった（小林・野崎，2001；野崎ら，2001；野崎ら，2003）。どの防除法を採用するかは、状況によって様々であるが、被害発生初期林でなければ十分な効果は期待できない。被害を早期に発見し、早期に対策を立てて実行することが何より重要である。

V おわりに

ナラ類の集団枯死被害は、便利さを追い求めた現代生活がもたらした樹の老齢化や温暖化が根本原因である可能性が高い。そして、この被害を防除するためには、大径木を伐倒する必要がある、作業者の生命の危険さえ伴う。京都府内には、少数ながら山仕事のベテランがおられ、困難な防除事業が実施可能である。森林は、人類が生きていく上で欠くことのできない存在であり、それを構成する大径木もまた人類にとって不可欠なものといえる。数百年もの歳月を、風雪に曝されながら生き長らえてきた大径木が、ゴマ粒のような虫によって次々に、しかもあっけなく枯れていくナラ類の集団枯死被害は、まさに異様である。私には、この被害が、便利さだけを追求する現代社会の危うさと、森林を守り育てる杣人（そまびと）育成の重要性を声高に訴えているように思える。

VI 引用文献

- Beaver, R. A. (1989) Insect fungus relationship in the bark and ambrosia beetles. In *Insect fungus Interactions* (Eds. Wilding, N., Collins, N. M., Hammond, P. M., and Webber, J. f., eds.). p121-143, Academic Press, New York and London.
- Igeta, Y., Esaki, K., Kato, K. and Kamata, N. (2003) Influence of light condition on the stand-level distribution and movement of the ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera : Platypodidae). App. Entomol. Zool. 38 : 167-175.

- 伊藤進一郎 (1998) ナラ類の集団枯死被害とそれに関連する菌類. 林業と薬剤 145 : 7-14.
- 加辺正明 (1960a) 日本産キクイムシ類の食痕の研究. 153pp, 前橋営林局, 前橋.
- 加辺正明 (1960b) 日本産キクイムシ類の加害樹種と分布. 176pp, 前橋営林局, 前橋.
- 梶村 恒 (2002a) 養菌性キクイムシの生態と森林被害. ナラ類の集団枯死の原因究明と枯死機構の解明 (伊藤進一郎). 平成 11 ~ 13 年度科研費研報 : 13-15.
- 梶村 恒 (2002b) カシノナガキクイムシの特徴とその生態. ナラ類の集団枯死の原因究明と枯死機構の解明 (伊藤進一郎). 平成 11 ~ 13 年度科研費研報 : 16-17.
- 梶村 恒・水野孝彦・小林正秀・笹本 彩・伊藤進一郎 (2002) 人工飼料を利用したカシノナガキクイムシの飼育の試み. 中部森林研究 50 : 89-92.
- Kamata, N., Esaki, K., Kato, K., Igeta, Y. and Wada, K. (2002) Potential impact of global warming on deciduous oak dieback caused by ambrosia fungus *Raffaelea* sp. carried by ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Coleoptera : Platypodidae) in Japan. Bulletin of Entomological Research 92 : 119-126.
- Kinuura, H. and Yamada, T. (1994) Mass mortalities of oak trees in Japan and related ambrosia beetles. Proceedings of the Second International Symposium of the Mycological Society of Japan : 49-53.
- Kirkendall, L. R. (1983) The evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera : Scolytidae and Platypodidae). Zoological Journal of the Linnean Society 77 : 293-352.
- Kitajima, H. and Goto, H. (2003) Rearing technique for the oak platypodid beetle, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera : Platypodidae), on soaked logs of deciduous oak tree, *Quercus serrata* Thunb. ex Murray. App. Entomol. Zool. 39 : 印刷中.
- 小林正秀 (1996) ナラ類の集団枯損原因の解明と防除法の開発に関する研究 (I). 平成 8 年京林試報 : 44-50.
- 小林正秀 (1999) カシノナガキクイムシの防除 (くん蒸) 試験. 平成 10 年度病害虫等防除薬剤試験成績報告集 : 37-41.
- 小林正秀 (2000) カシノナガキクイムシの各種広葉樹丸太への穿孔. 森林応用研究 9 (2) : 99-103.
- 小林正秀・萩田 実 (2000) ナラ類集団枯死の発生経過とカシノナガキクイムシの捕獲. 森林応用研究 9 (1) : 133-140.
- 小林正秀・萩田 実 (2003) カシノナガキクイムシのビニールシート被覆による防除法. 森林防疫 52 : 137-147.
- 小林正秀・萩田 実・春日隆史・牧之瀬照久・柴田 繁 (2001) ナラ類集団枯損のビニールシート被覆による防除. 日林誌 83 : 328-333.
- 小林正秀・野崎 愛 (2001) 食用きのこによるナラ類病原性未同定菌の菌糸伸長阻害. 森林応用研究 10 (2) : 67-71.
- 小林正秀・野崎 愛 (2003) ミズナラにおける地上高別のカシノナガキクイムシの穿孔孔数と成虫脱出数. 森林応用研究 12 (2) : 印刷中.
- 小林正秀・柴田 繁 (2001) ナラ類集団枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿孔と立木の被害状況 (I) - 京都府舞鶴市における調査結果 -. 森林応用研究 10 (2) : 73-78.
- 小林正秀・上田明良 (2001) ナラ類集団枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿孔と立木の被害状況 (II) - 京都府和知町と京北町における調査結果 -. 森林応用研究 10 (2) : 79-84.
- Kobayashi, M., Ueda, A. and Takahata, Y. (2001) Inducing infection of oak logs by a pathogenic fungus carried by *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera : Platypodidae). Journal of Forest Research 6 : 153-156.
- 小林正秀・上田明良 (2002) 京都府におけるナラ類集団枯損の発生要因解析. 森林防疫 51

: 62-71.

- Kobayashi, M. and Ueda, K. (2002) Preliminary study of mate choice of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). App. Entomol. Zool. 37: 451-457.
- 小林正秀・上田明良・野崎 愛 (2000) 倒木がナラ類集団枯死発生に与える影響. 森林応用研究 9 (2): 87-92.
- 小林正秀・上田明良・野崎 愛 (2003) カシノナガキクイムシの飛来・穿入・繁殖に及ぼす餌木の含水率の影響. 日林誌 85: 100-107.
- 熊本営林局 (1941) カシ類のシロスジカミキリ及カシノナガキクイムシの豫防驅除試験の概要. 51 pp, 熊本営林局, 熊本.
- 黒田慶子・山田利博 (1996) ナラ類の集団枯損にみられる辺材の変色と通水機能の低下. 日林誌 78: 84-88.
- 牧野俊一・岡部貴美子・佐藤重穂・真鳥克典・小泉 透 (1995) 常緑広葉樹林におけるカシノナガキクイムシの発生と被害木の分布. 平成7年森総研九州支所報: 14-15.
- 松本孝介 (1955) カシノナガキクイムシの発生と防除状況—兵庫県城崎郡西気村—. 森林防疫ニュース 4: 10-11.
- 中島敏夫 (1999) 図説養菌性クイムシ類の生態を探る—ブナ材の中のこの小さな住民たち—. 90pp, 学会出版センター, 東京.
- 野淵 輝 (1974) キクイムシ類の生活型の進化. 植物防疫 28: 75-81.
- 野淵 輝 (1993) カシノナガキクイムシの被害とナガキクイムシ科の概要 (I). 森林防疫 42: 85-89.
- 野崎 愛・小林正秀・藤田博美・芦田 暢・江浪敏夫・柴田 繁 (2001) 集団枯損したミズナラに対する食用きのこ植菌. 森林応用研究 10 (2): 61-66.
- 野崎 愛・小林正秀・藤田博美・芦田 暢 (2003) 丸太と立木へのシイタケ植菌によるカシノナガキクイムシ防除の予備的調査. 森林応用研究 12 (2): 印刷中.
- 野崎 愛・小林正秀・梶村 恒・上田明良・北島 博・後藤秀章 (2003) カシノナガキクイムシの人工飼育. 第114回日林講演集: 329.
- 布川耕市 (1993) 新潟県におけるカシノナガキクイムシの被害とその分布について. 森林防疫 42: 210-213.
- 小川 眞 (1996) 広葉樹が枯れてゆく. 現代林業 352: 32-37.
- Ohya, E. and Kinuura, H. (2001) Close range communications of the oak platypodid beetle *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). App. Entomol. Zool. 36: 317-321.
- Paine, T. D., Raffa, K. F. and Harrington, T. C. (1997) Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. Annual Review of Entomology 42: 179-206.
- 斎藤孝蔵 (1959) カシノナガキクイムシの大発生について. 森林防疫ニュース 8: 9-10.
- 斉藤正一・中村人史・三浦直美・小野瀬浩司 (1999) ナラ類集団枯損被害の薬剤防除法. 森林防疫 48: 2-12.
- Soné, K., Mori T., and Ide, M. (1998) Life history of the oak borer, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). App. Entomol. Zool. 33: 67-75.
- 末国次朗・小川 眞・川本邦男 (1995) 広葉樹集団枯損と立地要因の解析—リモートセンシングとGISの利用による—. 日本リモセン学会第19回講演会論文集: 73-74.
- Ueda, A. and Kobayashi, M. (2001) Aggregation of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) on oak logs bored by males of the species. Journal of Forest Research 6: 173-179.
- Wood, S. L. (1993) Revision of the genera of Platypodidae (Coleoptera). Great Basin Naturalist 53: 259-281.

カシノナガキクイムシの生態とナラ類集団枯損の拡大様式

鎌田 直人（金沢大学大学院自然科学研究科）

1. はじめに

本州日本海側の各地を中心に発生しているナラ類の枯死や、九州で発生しているシイ・カシ類の枯死は、古くは 1950 年代から報告がみられた。しかし、1980 年代後半からは被害地が拡大を続け、被害量も急激に増えている。枯死の原因として、これまでにナラタケ説や酸性雪による acid shock 説（積雪の中の SOX や NOX が冬の間下方へ移動し、雪解け時に濃縮され、その結果菌根菌や根がダメージを受けるという説。濃縮によって濃度が 7 倍になったという報告もある。）などが取りざたされてきた。その一方で、枯死木や、枯死木近くの生存木には、カシノナガキクイムシ（以下、「カシナガ」）が多数穿孔していることから、以前よりカシナガが枯死に関係しているものと推測されていたが、最近になってカシナガに随伴する菌 *Raffaelea quercivora* によって木が枯れることが証明された。日本のナラ枯れは、アンプロシアキクイムシの共生菌であるアンプロシア菌が寄主木を枯死させる世界でも初めての例として注目を集めている。

2. カシノナガキクイムシ成虫の飛翔分散行動とナラ枯れの分布拡大パターン

他種のキクイムシ類では、光・重力・風・化学物質などの要因が、羽化脱出してきた成虫の移動分散行動に関係しているという報告がある。カシナガ成虫の移動分散についても、近年、知見が蓄積されつつある。

キクイムシ類が出すフラスの中には同種他個体を誘引する効果があることが、多くの種で知られており、種によっては性フェロモンあるいは集合フェロモン、カイロモン物質が同定・人工合成されている。カシナガでも、成虫が穿入するときに排出するフラスに、同種他個体を誘引する効果があることが知られているが、有効成分はまだ同定されていない。

キクイムシ類の多くは林縁部で飛翔する成虫の密度が高い林縁種であることが知られており、衰弱木や枯死木が林縁部で多く発生することがその究極要因と推測されている。カシナガも林縁部の樹冠下で飛翔成虫の密度が高くなる。相対照度が 0.2 付近の位置でもっとも密度が高くなることから、光環境が至近要因としてはたらいっているものと推測される。

傾斜地では、成虫は斜面の上方に向かって移動する性質を持っている。樹幹の山側面よりも谷側面で穿孔数が多いことや、ギャップの斜面下方に位置する立木に穿孔が多いこと

が報告されているが、これらの現象も、成虫の斜面上方へ向かって移動する性質と関係しているものと推測される。カシナガ成虫の正の走光性が斜面上方への移動を引き起こす直接的な要因となっているようである。

多くのカシナガ成虫が風に流される方向に飛翔する個体が多いという報告がある。地域レベルでナラ枯れの分布拡大過程を解析すると、西方向よりも東方向への拡大速度が大きい、これは、中緯度地方では西風が卓越することに関係していると推測される。他のキクイムシでは、条件によって風に対して異なる反応を示すことが知られている。あるキクイムシでは、フェロモンが介在する場合は、フェロモンが風に流されるために風上方向に向かって飛翔し、フェロモンが介在しない場合には風に流されて風下方向に移動するという報告がある。また別の種では、風が弱いときには風上に定位するが、風が強い場合には風に流されて風下側に移動するという報告もある。また、風に流されて飛翔していても、フェロモンを感知すると翅を閉じて地上に落下し、その後フェロモン方向へ向かって飛翔するという報告もある。カシナガの飛翔行動と風向きとの関係を明らかにするためには、フェロモンなど匂い物質の有無や、風速によって、細かく風向きと移動方向の関係を調べる必要がある。

カシナガは、高さ2 m くらいまでの低い位置を飛翔する成虫が多い。カシナガ成虫の樹幹への穿孔も低い位置ほど多いことが知られている。養菌性キクイムシの場合、樹幹の含水率が40%以下になると生存できないといわれ、木が枯死した際に、低い位置ほど材が乾燥しにくいことが、低い位置への穿孔が多く、また、低い位置を飛翔する成虫が多い究極要因と推測される。

地域レベル（市町村単位）におけるナラ枯れ被害地の拡大の様子を示したものである。最初の被害地から同心円状に被害が広がる傾向が認められる。最も近い既存の被害地から数10km離れた場所に突如として被害が起こることがある。このように、地域レベルでは平均すると年間数km～10km程度の速度で被害が拡大していく。林分レベルでは、100m以内の短距離の拡散と、500m程度の中距離移動が組み合わさって、被害が拡大していく。したがって、長距離（数km）、中距離（約500m）、短距離（100m以内）という3つの異なるスケールの分散が組み合わさった階層的拡散過程によって、被害が拡大していく。100m以内の短距離分散は、繁殖木周辺の適当な寄主木に穿孔するものである。中距離拡散は、カシナガが飛翔して分散することにより、長距離分散は風にのって運ばれるのではないかと推測されるが、ほとんど研究されていない。

林分レベルでのナラ枯れの被害拡大パターンを詳細に述べる。飛び火的に枯死木が発生すると、翌年にはその周辺に被害が広がる「階層的拡散」のパターンが林分レベルでも認められる。枯死木の発生は、最初、尾根沿いや道路沿いに広がり、その後は、各林分で斜面下方へ広がっていく。尾根沿いや道路沿いで最初に被害が発生するのは、カシナガ成虫は斜面上方に移動する性質を持ち、道路やギャップなど明るい場所の周辺で密度が高くなることに関係している。カシナガ成虫の斜面上方に移動する性質の結果、毎年、斜面上方で成虫の密度が高くなるが、前年までに穿孔を受けたことのある木は繁殖には不適なため、オスはいったん穿孔してもすぐに逃げ出してしまう。このような木では、マスアタック（大量の個体が穿孔すること）ばかりか、メスの穿入はほとんど起こらない。そのため、斜面下方の穿孔歴のない木が次第に穿孔を受けるようになる。枯れる木のほとんどが穿孔歴のない木のため、カシナガ成虫の移動方向とは逆に、枯死木の発生は斜面上を年ごとに下方に広がっていく。

カシナガの被害は、道路沿いや台風で発生した風倒木の周りで最初に発生するという報告がある。また、近年、天然広葉樹林で有用樹種以外の中下層木を刈り払う広葉樹施業が行われるようになったが、広葉樹施業を行った場所で最初に被害が発生したという事例もある。風倒木や伐倒木は、林内に放置されるとこれらが誘引源になっている可能性もある。また、ギャップや道路周辺など明るい場所の周りの林内や広葉樹林施業を行った林内へ、正の走光性をもったカシナガの成虫が集まることも原因と考えられる。カシナガの被害が発生している場所の近くでは、広葉樹施業がカシナガの被害の誘因になりうることに注意する必要がある。

3. 共進化とナラ枯れ

石川県では 1997 年に最初のナラ枯れ被害が発見された。調査の結果、その 1～2 年前にカシナガの穿孔が始まっていたものと推測されている。石川県では、それ以前にはカシナガの採集記録はない。石川県の被害地では、常緑のシイ・カシ類と落葉性のナラ類が混生している全国的にも珍しい被害地である。ミズナラ・コナラ・クリ・アカガシ・ウラジロガシ・スダジイと、常緑・落葉合わせて 6 種のブナ科植物が自生している。これら 6 種はすべてカシナガの穿孔を受けているが、枯れているのはミズナラがほとんどで、ほかにはアカガシと・コナラがごく少数枯れているだけである。他の地域の報告でも、ミズナラがもっとも枯れやすいという点では共通している。

Raffaelea 菌による枯れやすさに加えて、これらの樹種間で、カシナガの繁殖成功度と樹種選好性を比較すると興味深い事実がわかった。ミズナラでは、カシナガの繁殖成功度が最も高いにもかかわらず、カシナガの選好性が最も低かった。一般に、感染力・病原力がともに強い性質を併せもつ性質は、進化的に安定な戦略となりえない。なぜなら、自らの寄主を絶滅させてしまうか、もしくは寄主は抵抗性の個体が選抜されるため、長い共進化の過程では残りにくい性質であるからだ。世界の4大流行樹木病害（ニレの立ち枯れ病、クリ胴枯れ病、マツの発疹さび病、マツの材線虫病）といわれるものは、すべて元来生息していなかった場所へ侵入した生物であり、これらの病原菌のもともとの生息地では、健全な寄主が病原菌によって簡単に枯れるようなことはない。これは、長い時間をかけた共進化（2種以上が互いに影響し合う進化）の結果、安定的な共存関係が成立しているためである。しかし、新たにめぐり合った寄主は、病原菌との間に共進化の歴史がないために、病原菌に対してきわめて感受性が高い場合がある。ナラ菌がミズナラに高い死亡率を引き起こすのは、侵入生物と同じく、これまでに両者が共進化を起こすのに十分な時間出会うことがなかったためであると推測される。ナラ枯れの分布拡大は、同心円状に広がっていく典型的な侵入生物の分布拡大パターンを示しており、ナラ菌（とカシナガ）がナラ枯れの被害地への侵入生物であるという仮説を支持している。カシナガが属するナガキクイムシ科の昆虫は、熱帯・亜熱帯を中心に繁栄している。カシナガの世界的な分布は、ニューギニア・ジャワ・インド・台湾・日本といわれており、日本は分布の北限である。日本では、本州・九州・四国・沖縄に分布している。南九州では分布に関する報告が比較的多いが、本州での採集記録はきわめて限られており、1938年の京都府（モンゴリナラ）、1954年の山口県（アラカシ）、1952年の愛媛県（ウラジログシ）での採集報告を除くと、すべてナラ類の枯死に関連して採集されたものばかりである。このように、現在ナラ枯れが発生している地域は、世界的にもカシナガの分布の北限である。また、ミズナラは、これまで枯死が報告されているブナ科樹種の中ではもっとも冷涼な気候を好む北方系の樹種である。ミズナラの分布域の中では比較的暖かい場所で被害が発生している。繁殖にはもっとも好適な樹種であるにもかかわらず、カシナガがミズナラに対する選好性が低いことも、両者の共進化の歴史が短いことを示唆している。ナラ枯れは、1980年以降、特に1980年代後半以降、急速に広がったが、温暖化によってカシナガとミズナラと分布が重なるようになったことも、原因のひとつとして挙げられている。

カシナガに穿孔された寄主木が枯れるのはナラ菌の侵入によって辺材の細胞が壊死し、

水分通道が停止するためである。カシナガはこの壊死変色部には穿孔できないため、1年目のカシナガの穿孔で生き残っても、穿孔2年目には、辺材部にはカシナガが繁殖に利用できる十分なスペースが残っていないため、2年目以降はほとんど繁殖に利用できない。このように、カシナガからみても、ミズナラは、最初に穿孔した年こそ高い繁殖率可以实现できるものの、2年目以降は繁殖に利用できず、安定的な資源とはなり得ない。ただし、最初の穿孔から7～8年たつと、肥大成長によってカシナガの繁殖に十分な辺材スペースができるため再び繁殖に利用できるようになる。実際、山形県や新潟県では、いったん被害が終息した林分で、7～8年年後に再び被害が発生することが報告されている。

一方、ミズナラ以外の樹種が枯れることは少なく、ナラ菌—カシナガと共存できるように適応している。これらの樹種では、最初に寄生した年でも、ミズナラに比べるとカシナガの繁殖率が低い。ナラ菌が侵入しても辺材部の変色壊死が広がりにくいいためである。したがって、穿孔2年目以降にもカシナガが繁殖に利用できる十分なスペースが残っていて、少なくとも数年間はカシナガが繁殖に利用できる。これらの樹種は、カシナガの穿孔を受けても、枯れることなく、なおかつ適度にカシナガの繁殖を低く抑えながら、樹木—菌—昆虫が共存できるシステムが作り上げられている。しかも、石川県に初めてカシナガが侵入した場合でも、ミズナラ以外の樹種はほとんど枯れなかった。このことは、ミズナラ以外の樹種とナラ菌の関係が、長い進化的な時間をかけて共進化によって作り上げられたものであり、ナラ菌に対して感受性の高い寄主個体が短期間に一方的に淘汰されたものではないことを示している。

ミズナラの本数割合が低い林分では、カシナガのミズナラへの選好性が低いため、より選好性の高い他の樹種に先に穿孔する。これらの樹種では繁殖率が低いため、林分内の成虫密度は低く抑えられる。その結果、ミズナラへの穿孔はなかなか広がらず、穿孔密度も低いためミズナラの枯死率も低い。しかし、ミズナラの割合が高い林分に、いったんカシナガが侵入すると、ミズナラでは繁殖率が高いため、林分内の成虫密度が急激に増加する。その結果、木への穿孔密度も高くなり、ミズナラに高い死亡率を引き起こす。このように、ミズナラの割合の高い林分では、正のフィードバック作用が働く結果、林分の樹種構成に急激に変化を引き起こす。石川県の調査例をあげると、毎年、初めて穿孔を受けたミズナラのうち、約40%の個体が枯死した。侵入後3年でブナ科のすべての木が穿孔を受け、その結果、ミズナラの約65%の個体が枯死し、林分の種構成が大きく変化した。このような急激な植生の変化は、生息する生物相全体に影響をおよぼすものと推測される。

4. 環境に優しい防除とその実現の可能性

カシナガに穿孔された寄主木が枯れるのはナラ菌の侵入によって辺材の細胞が壊死し、水分通道が停止するためである。前の年に壊死した部分は、翌年には褐色に変色する。カシナガはこの変色部には穿孔しないため、1年目のカシナガの穿孔で生き残ったミズナラでは、穿孔2年目には、カシナガの雄がイニシャルアタックしても、すぐに逃げ出してしまい、マスアタックは起こらない。そのため、カシナガの穿孔数は減少してほとんど枯死しなくなる。穿孔したカシナガの繁殖率も低い。この壊死変色は、樹木の誘導防御反応と考えられている。この性質を防除に利用できないだろうか？木が枯れない程度にカシナガや菌を人工接種することによって、あらかじめ人工的に防御反応を誘導することができれば、寄主木を守ることができるのではないかと考えられる。

カシナガが壊死変色部に穿孔しないひとつの原因は、変色部にカシナガの穿孔を阻害する物質が含まれているためである。ナラ菌によって辺材部の細胞が壊死してから変色が起こるまでには、時間的なずれがあるが、この変色の過程で、さまざまなタンニン関連物質が生成される。これらのうち、ガロ酸とエラグ酸という2種類のタンニン酸がカシナガの坑道構築を阻害する効果を持っている。これらの物質を直接利用してカシナガの穿孔を防止する方法についても現在研究している。

参考文献

- 伊藤進一郎・山田利博(1998)ナラ類集団枯損被害の分布と拡大. 日林誌 80: 229-232.
- Kamata, N., Esaki, K., Kato, K., Igeta, Y. and Wada, K. (2002) Potential impact of global warming on deciduous oak dieback caused by ambrosia fungus carried by ambrosia beetle in Japan. Bull. Ent. Res. 92 (in press)
- 加藤賢隆・江崎功二郎・井下田寛・鎌田直人(2001)カシノナガキクイムシのブナ科樹種 4 種における繁殖成功度の比較(予報). 中部森林研究 49: 81-84.
- 衣浦晴生(1994)カシノナガキクイムシ. 林業と薬剤 130: 11-20.
- 小林正秀(2000)カシノナガキクイムシの各種広葉樹丸太への穿孔. 森林応用研究 9: 99-103.
- 小林正秀・上田明良・野崎 愛(2000)倒木がナラ類集団枯損発生に与える影響. 森林応用研究 9: 87-92.
- 黒田慶子・山田利博(1996) ナラ類の集団枯損にみられる辺材の変色と通水機能の低下. 日林誌 78: 84-88.
- Jeda, A. and Kobayashi, M. (2001) Aggregation of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) on oak logs bored by males of the species. J. For. Res. 6: 173-179.

ブナ科樹木の枯死被害に関連する菌類

伊藤進一郎（三重大学生物資源学部）

はじめに

世界の森林で、ブナ科樹木とくにナラ・カシ類（コナラ属 *Quercus* spp. を指し、落葉樹をナラ、常緑樹をカシと総称する）に衰退や枯死が発生し、大きな問題となっている。ヨーロッパでは 20 世紀初頭から気象環境、昆虫、菌類などによる複合病害と考えられるナラ類の衰退（oak decline）、米国では 1940 年以降ナラ・カシ類萎凋病（oak wilt, *Ceratocystis fagacearum*）と 1995 年以降カシ類突然死（sudden oak death, *Phytophthora ramorum*）が発生している。

日本では、1980 年以降ナラ・カシ類に萎凋枯死被害が発生し問題となっている。本州日本海側の地域では、ナラ類（主にコナラとミズナラ）が集団的に枯死する被害が発生し、被害は現在も拡大傾向を続けている。また、宮崎県と鹿児島県ではシイ・カシ類（マテバシイ、ウラジロガシなど）に、さらに 1999 年には本州太平洋側では初めて、紀伊半島（三重県、奈良県、和歌山県の県境）でナラ類とシイ・カシ類の両方に被害が確認された。

被害発生地では、枯死木に例外なくナガキイムシ科の甲虫カシノナガキイムシ（*Platypus quercivora*）が穿入、加害しているため、被害の発生にはこの甲虫が密接に関係していると考えられてきた。しかし、この甲虫は一般的には衰弱木を加害するとされ、この甲虫の穿入、加害のみで樹木に枯死が発生するとの解釈には疑問が投げかけられた。そこで、日本で発生しているナラ類の萎凋枯死被害について、被害の発生に関連する要因、特に菌類の関与について、今までに明らかにされたことについて報告する。

被害の特徴

6 月下旬から 7 月上旬（年度や地域によって異なる）にかけて、前年度枯死した木からカシノナガキイムシ（図－1）の新成虫が短期間（2 週間程度）に脱出し、健全木に穿入を始める。穿入が始まってから 1 ヶ月程度で樹木に萎凋（しおれ）症状が現れ、7 月から 9 月にかけて全葉が褐変して枯死に至る（図－2）。特に地上 2 m 以下の樹幹部にはこの甲虫が多数穿孔するため、枯死した木の地際部にはその坑道から排出された多量のフラス（木屑と昆虫の糞の混合物、図－3）が認められるようになる。しかし、カシノナガキイムシの穿入を受けた木がすべて枯死するわけではない。

カシノナガキクイムシが穿入を始めると、辺材部には坑道に沿って不規則な暗褐色の変色域が形成される（図－４）。また枯死した木では、カシノナガキクイムシの激しいアタックを受けた辺材全面に、虫の坑道から広がった変色域がみられるようになる。

過去の病虫害に関する被害記録を調べた結果、1980 年以前にもカシノナガキクイムシの加害によるとされる類似被害が記録に残されていた。当時の被害記録から判断して、現在の被害と同一のものと考えられるが、当時の詳しい被害状況や原因に関する調査結果は残されていない。一番古い被害は、1934 年に宮崎県と鹿児島県でシイ・カシ類に発生したものである。またナラ類の被害で一番古いのは、1952 年に兵庫県で発生した記録である。その後、鹿児島県（1945 年）、高知県（1950 年）、兵庫県（1954 年）、山形県（1958 年）、福井県（1964 年）、新潟県（1973 年）でも被害記録が残されている。山形県の被害記録から推測して、被害は 1900 年頃から発生していたのではないかと考えられる。これら 1980 年以前の被害地域では、被害は発生後数年で終息し、その後 10 年以上経過してから再度ほぼ同じ地域で繰り返し被害が発生する傾向にあった。しかし 1980 年以降は、被害は 10 年以上継続して発生している。1980 年以降の被害については、それ以前に比べて詳しい情報が得られており、現在までに被害が確認されている地域は、九州で 2 県、本州日本海側では山形県から島根県にわたる 1 府 11 県、太平洋側では紀伊半島で 3 県の、計 1 府 16 県である（図－５）。

カシノナガキクイムシは、本州、四国、九州から東南アジアまで広く分布していることが知られており、日本では 17 科 27 属 45 種の樹木に加害することが報告されている。その中で、九州と紀伊半島での被害樹種は、アカガシ、アラカシ、イチイガシ、ウラジロガシ、ツクバネガシなどコナラ属（*Quercus*）の中のカシ類、ツブラジイ、スダジイなどシイ属（*Castanopsis*）、マテバシイ属（*Pasania*）で、いずれもブナ科（*Fagaceae*）の常緑樹である。一方日本海側の地域では、コナラ、ミズナラ、クヌギなどコナラ属（*Quercus*）、クリ属（*Castanea*）、ブナ属（*Fagus*）などブナ科の落葉樹が加害の対象となっている。萎凋枯死被害は、本州日本海側の地域ではナラ類、特にコナラとミズナラなどに集団的に発生し、一方、九州ではシイ類とカシ類（マテバシイ、ウラジロガシ）などに散発的に発生し、日本海側のような集団的な枯死の発生はみられない。また紀伊半島では、コナラに集団的な、シイ・カシ類に散発的な枯死被害が発生しており、いずれの地域でも、萎凋枯死被害はブナ科の樹木に限定されている（表－１）。

被害に関連する要因

ナガキクイムシ科に近縁のクイムシ科の昆虫は病原菌を伝播し、欧米では樹木の枯死に関与する例が幾つか知られている。1918年にオランダで発見され、現在も欧米で問題となっているニレ立枯病 (Dutch elm disease, *Ophiostoma ulmi*) がその代表である。一方ナガキクイムシ科の甲虫は、一般的には衰弱木あるいは枯死木に穿入・加害するとされ、ピンホールと呼ばれる小さな穴をあけ、そこから材を腐らせる菌類が侵入するために丸太の材質劣化害虫として問題にされてきた。しかしながら、熱帯地域では成立木に穿入する種も知られており、フィジーやガーナでは林業上重要な樹種に、また南ヨーロッパでは、健全なナラ類の樹木に穿入する例も確認され、さらにオーストラリアでは、ナンキョクブナ属 (*Nothofagus*) の樹木に穿入する例も知られている。しかしながら、これらいずれの被害も、ナガキクイムシ科甲虫の穿入のみで枯死することはなく、ナラ類に枯死が発生する場合には菌類が関与していることが示唆されている。

被害発生地では、枯死木に例外なくカシノナガキクイムシが穿入しているが、カシノナガキクイムシの穿入を受けた木がすべて枯死するわけではなく、また上に述べたように、この昆虫は一般的には衰弱木や枯死木を加害するとされてきた。そこで、カシノナガキクイムシが加害する前提条件として、何らかの環境要因が関与している可能性について検討した。その結果、一部の被害地では、被害発生の前年あるいは数年前に高温少雨などの乾燥条件が続いた事例が指摘されているが、すべての被害地に共通する被害発生と関係する環境要因は明らかにされていない。また生物ストレスとして、ならたけ病などの土壤病害、葉枯、枝枯、胴枯性の病害などを引き起こす被害がみられたが、各被害地に共通して認められる病害の発生はなかった。さらに、食葉性昆虫の加害など、被害地に共通する他の生物ストレスも確認されていない。

そこで、カシノナガキクイムシが菌類を伝播している可能性について検討するため、菌類の分離試験を行った結果、内樹皮の褐変部位、辺材部の変色域、カシノナガキクイムシの坑道壁などから、*Raffaelea* 属の菌が優占的に分離されることがわかった。また、カシノナガキクイムシの穿入が始まった頃には辺材部には変色の形成はほとんど認められず、カシノナガキクイムシの坑道壁から *Raffaelea* sp. が低率で分離されるのみであるが、8月以降辺材部の坑道周辺に変色域が拡大するようになると、*Raffaelea* sp. が高率で検出され、10月になって変色域がさらに拡大すると、分離率はさらに高率となる。これらの結果から、カシノナガキクイムシが材に穿入すると変色が発生し、変色の拡大とともに、菌が材の中で

進展していることが示された。また、枯死木に生育するカシノナガキクイムシの幼虫や成虫の体表面からも *Raffaelea* sp. が分離された。さらに、雌成虫の菌のう（菌を貯蔵する器官）にも、この菌が存在することが明らかになっている。

その後、各地の被害地から集められた枯死木の変色域やカシノナガキクイムシからも同様に菌類の分離を行い、いずれの被害地においても、*Raffaelea* sp. が普遍的に存在することが明らかになった。分離された菌株を培地上で比較検討した結果、各被害地の菌株間で温度特性に多少の差が認められたが、その他培地上での諸性質や形態的特徴から、いずれの地域のものも同一の菌と判断された。

枯死機構

Raffaelea sp. の病原性を明らかにするため、健全なミズナラに対して接種試験を行った。被害地におけるナラ類の枯死過程でみられるように、接種後1～2週間でわずかに葉の萎凋症状が認められ、その後急激に全葉が赤変し、接種約1ヵ月後には枯死することが確認された。その後各地で、ミズナラやコナラに対する *Raffaelea* sp. の接種試験が行われ、同様に枯死が発生することが確認されたことから、*Raffaelea* sp. はナラ類に対して病原性があることが明らかとなった。前に述べた通り、集団的な枯死被害が発生しているのはブナ科樹木の中でも主にコナラとミズナラであるが、ブナ科の他の樹種にもカシノナガキクイムシは加害し、単木的な枯死が発生している。そこで、ブナ科樹木6樹種の苗木を使った接種試験によって、この菌に対する樹種間の反応の差異を調べた。その結果、接種試験によって枯死が確認されたのはコナラとミズナラだけであった。すなわち、ナラ類の枯死の原因と考えられる *Raffaelea* sp. に対して、ブナ科樹木の樹種間で感受性に差異があることが明らかになった。

カシノナガキクイムシが穿入した後、辺材部にはその坑道周辺から暗褐色の変色が形成され、その部位から *Raffaelea* sp. が優占的に分離される。また、カシノナガキクイムシの幼虫、蛹、成虫の体表、菌のうでもこの菌の存在が確認され、さらに、*Raffaelea* sp. を健全なナラ類に接種すると萎凋枯死することが確認されたことから、この菌はナラ類に対して病原性を持っていることが証明された。このような幾つかの実験結果から、カシノナガキクイムシが *Raffaelea* sp. を伝播し、材部に穿入する過程で、伝播された菌はナラ類の樹体内で繁殖し、それがナラ類の萎凋枯死に結びついているものと考えられる。

被害発生地においては、ナラ類は急激に萎凋、枯死することが観察されている。このよ

うな急激な萎凋現象は、マツの材線虫病に見られる被害の進展と類似している。そこで、カシノナガキクイムシが加害を始めてからナラ類の症状が進展する過程における水ポテンシャル値の変化を調べた結果、穿孔が増加して枯死にいたる過程で、水ポテンシャルの値が急激に低下することがわかった。これは、樹木の通水組織に異常が発生していることが原因と考えられる。接種後の水ポテンシャル値の変化は、落葉性のミズナラやコナラの苗木を使った実験から、菌を接種後早い個体では1週間で急激に低下し、その後萎凋、枯死することが明らかとなった（図-6）。一方、常緑性のウバメガシやスダジイなどに対する接種試験では、菌を接種後水ポテンシャル値にはほとんど異常は認められず、苗木は枯死に至らなかった。このように、菌を接種後水ポテンシャルが急激に低下して萎凋症状を示すことから、辺材部に形成された変色域において通水組織の水の移動が阻止されているものと考えられる。

Raffaelea 属菌には、現在世界で10種が報告されている。マレーシアから報告された1種を除くと、その他の種はブナ科樹木あるいはナガキクイムシ科の甲虫の坑道から検出された種である。今回病原性が明らかにされた *Raffaelea* sp. は、世界で今までに報告された10種と比較、検討した結果、形態的に明らかに異なることから、新種 *R. quercivora* kubono et Shin.Ito, sp. nov. と同定された。今までに報告された *Raffaelea* 属菌は、樹木を枯死させる病原性はない菌類とされてきた。しかし最近、この *Raffaelea* 属菌の中の8種について遺伝子解析が行われ、その中の7種がニレ立枯病を引き起こす病原菌と遺伝的に近いことが示された。今回病原性が明らかにされた *R. quercivora* とその他の種との類縁関係については不明であるが、興味深い問題であり今後明らかにすべき課題である。また今回ナラ類の枯死の病原菌と考えられる *R. quercivora* の生態についてはまだほとんど調べられていないため、不明な点が多数残されている。

おわりに

日本で発生しているナラ類の枯死被害について、過去と現在の被害地域を重ねると、被害はほぼ同じ地域で繰り返し発生してきた。また被害は、一度発生するとほぼ同じ地域で3年から5年程度連続して発生した後終息する傾向にあり、被害地域はマツの材線虫病のように急激に拡大することはなかった。しかしながら、1980年以降は、被害は10年以上継続して発生している。また、特に1995年以降は、今まで未発生の地域に被害が拡大する傾向にあり、過去の被害事例とはやや異なった様相を呈している。

今までの知見を総合すると、*R. quercivora* はカシノナガキクイムシによって伝播され、この菌がナラ類の萎凋枯死被害の原因と考えられる。日本で発生したブナ科樹木の枯死被害は、養菌性のカシノナガキクイムシとその共生菌と考えられる *Raffaelea* 属菌が関与した今まで世界に例のない森林被害である。しかし、カシノナガキクイムシが加害する前提条件として、他の環境ストレスが存在するかどうか、また病原菌は日本が原産かどうかなど、日本で発生したブナ科樹木の萎凋枯死被害に関しては、まだ解明しなければならない点が多く残されている。

参考文献

- 伊藤進一郎 (1998) ナラ類の集団枯死被害とそれに関連する菌類. 林業と薬剤 145:7-14.
- 伊藤進一郎 (2000) 森林生態系を脅かす"微生物-昆虫連合軍". 森林微生物生態学(二井一禎・肘井直樹編著), p257-269, 朝倉書店.
- 伊藤進一郎・山田利博 (1998) 日本海側に発生するナラ類集団枯死被害の分布. 森林防疫 47 : 222-229.
- 伊藤進一郎・窪野高德・佐橋憲生・山田利博(1998) ナラ類集団枯損被害に関連する菌類. 日林誌 80: 170-175.
- 伊藤進一郎・奥田章子・吉橋秀典・万木 豊・武田明正(2000) ナラ類の集団枯損に関する研究-分離菌接種後の水ポテンシャルの変化. 中森研 48 : 161-162.
- Kubono T. & Ito S. (2002) *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). Mycoscience 43: 255-260.



図-1. カシノナガキクイムシ(雌)



図-2. 萎凋枯死が発生した被害林分



図-3. 坑道から排出されたフラス

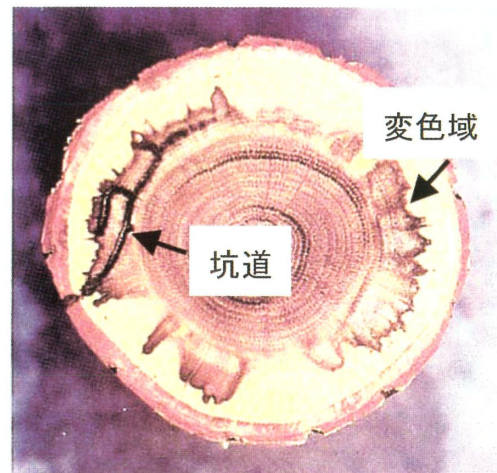


図-4. カシノナガキクイムシの
坑道と変色域

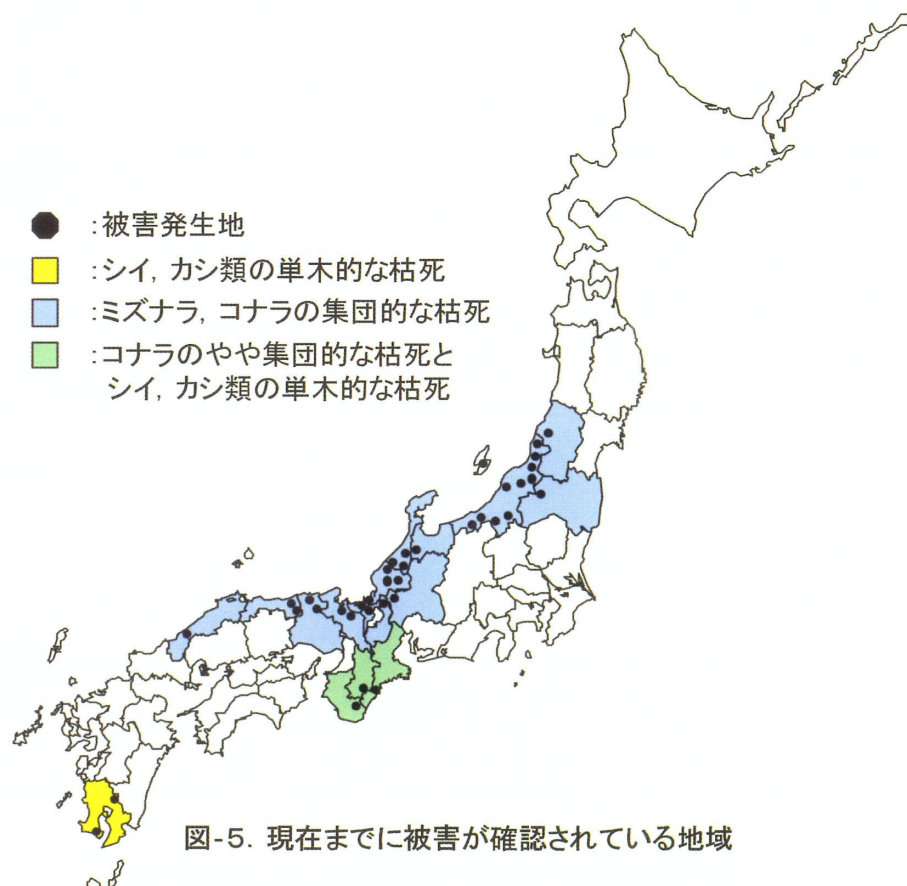


図-5. 現在までに被害が確認されている地域

表-1. カシノナガキクイムシによって被害を受けた樹種

属名	種名	山形	新潟	石川	福井	滋賀	京都	鳥取	島根	三重	奈良	和歌山	鹿児島	宮崎
ブナ	ブナ	△	△				△	△						
コナラ	ミズナラ	○	○	○	○	○	○	○	○	△				
	コナラ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	カシワ	○												
	クヌギ						○	△	△	△		○		
	アベマキ						○	○	○					
クリ	クリ	○					○	○	○					
シイ	スダジイ			△			○	△	△	○	○	○		
	ツブラジイ													
コナラ	ウバメガシ											○		
	イチイガシ											△		
	アカガシ			△			○						○	△
	アラカシ						△	○	△	△	○	○	△	
	シラカシ			○					△	○				△
	ウラジログシ						△		△				○	△
マテバシイ	マテバシイ												○	△

○：枯死 △：穿入のみ

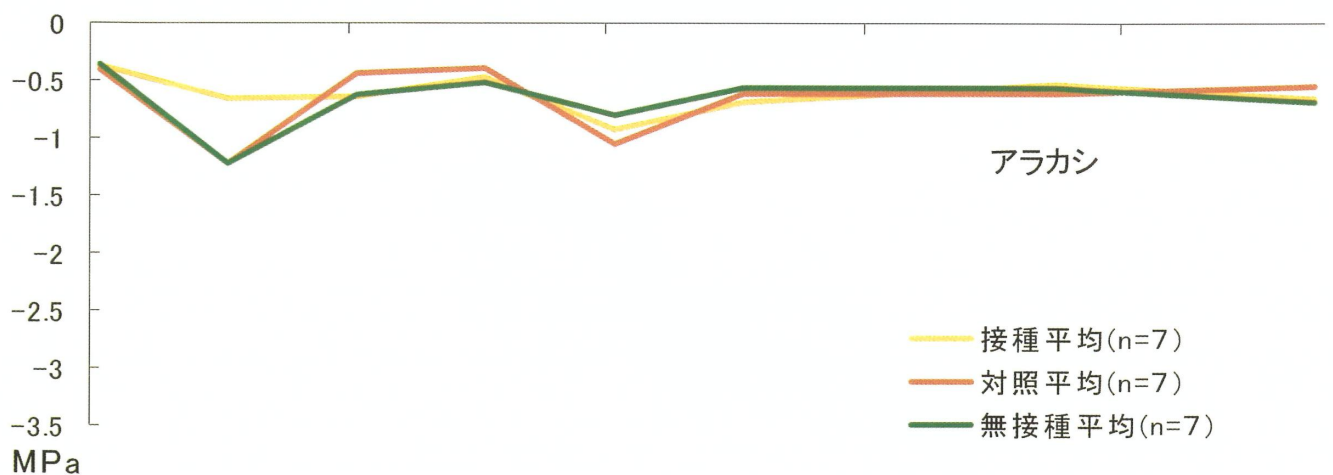
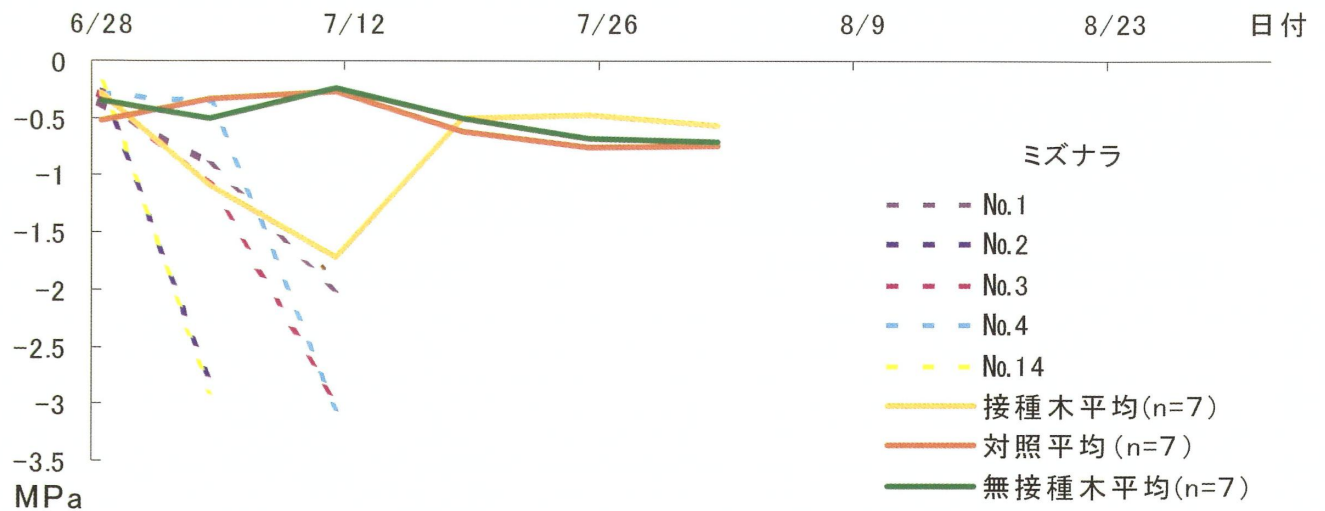


図-6. 接種後の苗木の水ポテンシャル値の変化

芦生研究林における“ナラ枯れ”防除の取り組み

山崎 理正（京都大学農学研究科）

平成 14 年夏、芦生研究林内でミズナラの枯損が広範囲にわたって確認された。被害木では例外なくカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）の穿入が見受けられ、本州日本海側を中心に被害が拡大しているいわゆる“ナラ枯れ”と診断された。被害木を放置すると次年度以降の大幅な被害拡大が予想されたので、その被害を最小限に食い止めるべく防除作業を計画した。

芦生研究林は由良川の源流域に位置するので、薬剤を用いる防除は下流域に及ぼす影響を考慮すると実施が難しい。また、同研究林では急斜面など現場に行き着くことさえ危険な場所も多いので、被害木の伐倒は難しい。また、たとえ伐倒できたとしても麓まで搬出するのは困難きわまりない。そこで、枯死木を伐倒せずに立木のままで処理する方法として、本病の病原菌の拮抗菌として候補に挙がっているシイタケ菌を枯死立木に打ち込む作業を行った。この処理の効果をみるため、処理木の一部の樹幹をネットで覆い、翌年のカシナガの羽化消長を調査した。また、シイタケ菌以外の新たな生物防除の可能性を探るため、現場から搬出できた一部枯死材丸太を用いて各種候補菌の接種試験を行い、翌年のカシナガの羽化脱出数を比較した。

シイタケ種駒を用いた防除作業（平成 14 年）

防除は被害が顕著な林分のうち、作業時の安全性確保を最優先に考え、作業可能と判断した林分で行った。すなわち、5 林班林道西側の斜面、8・9 林班境界尾根、9・10 林班境界尾根、33 林班の 4 ヶ所である（図 1、77 ページ写真参照）。8・9・10 林班は、トラック軌道を歩いている際北側に見える斜面である。

防除作業には背負い式ドリルを用い、対象木の胸高部・地際部・その中間に 1 つの升目が 2.5cm のガイドネット（幅 30cm）をあて、10cm 間隔で穴を開けた。開けた穴のうち 10 箇に 1 箇の割合でシイタケ菌の種駒を打ち込んだ（80－82 ページ写真参照）。平成 14 年の 1 月中旬から 12 月にかけて作業を行い、処理木は 5 林班で 60 本、8・9 林班境界尾根で 3 本、9・10 林班境界尾根で 38 本、33 林班で 6 本となった（67 ページ参照）。

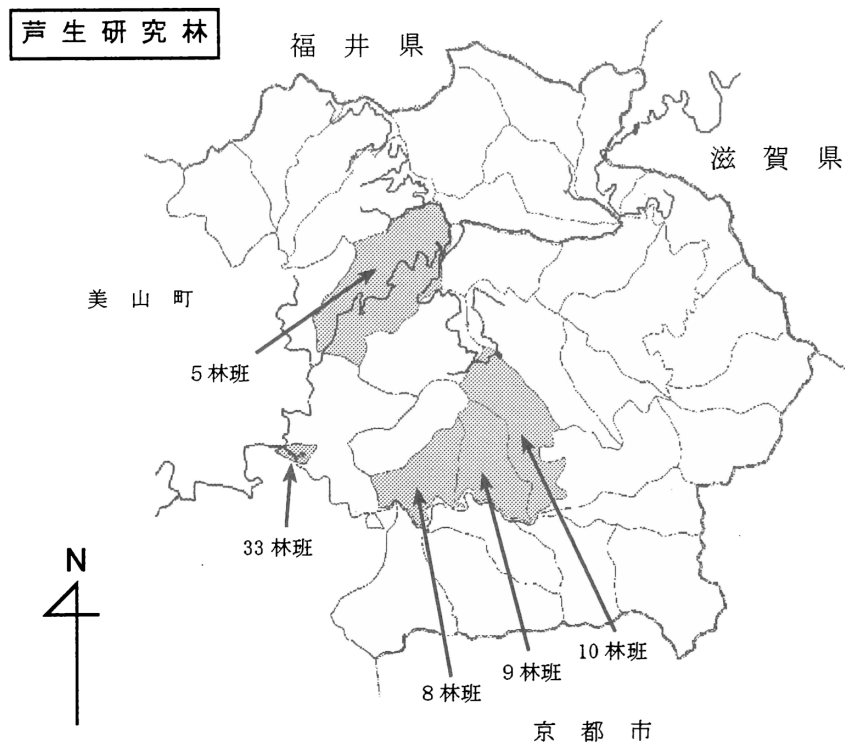


図1 防除処理を行った林班位置図

カシノナガキクイムシの羽化消長（平成15年）

14年度の防除処理の効果を調べるために、防除処理木の一部について羽化トラップを設置し、トラップに捕捉されたカシナガを平成15年の7月から9月にかけて週1回収することで、カシナガの羽化消長を記録した。

羽化トラップは5林班で14本、8・9林班境界尾根で6本、9・10林班境界尾根で17本、33林班で9本のミズナラに設置した。このうち33林班の9本は、14年度に防除を行わなかった3本、ドリルで穴を開けただけの3本、ドリルで穴を開けシイタケ種駒を打ち込んだ防除処理木3本である。また、9・10林班の17本には、急傾斜地のため防除処理ができず無処理で放置した1本を含んでいる。

羽化トラップは以下のようにして平成15年6月に取り付けた（86ページ写真参照）。まず、対象木樹幹の下部に短冊状に切ったポリウレタンを巻き、ガンタッカーで固定した。このポリウレタンの上にマジックテープを付けるなどあらかじめ加工したネットを紐で縛り付け、上部も同様にして樹幹に固定した。樹皮の裂け目などの隙間は粘着テープで塞いだ。このトラップに捕捉されたカシナガを、7月から9月にかけて週1回、携帯用の小型

掃除機で回収した。回収したカシナガは研究室に持ち帰り、雌雄を判別して羽化脱出数を計数した。尚、以下のグラフ等では、8・9林班境界尾根と9・10林班境界尾根のデータは、まとめて9林班のデータとして扱っている。

各林班におけるカシナガの累積羽化個体数の変化を図2に示す。どの林班においても7月中旬から下旬にかけて雌雄共に羽化脱出数のピークがみられ、この期間の羽化脱出数は総期間の脱出数の50%以上となっていた(図2)。また、雄の方が若干雌より羽化が早い傾向がどの林班でも認められた(図2)。

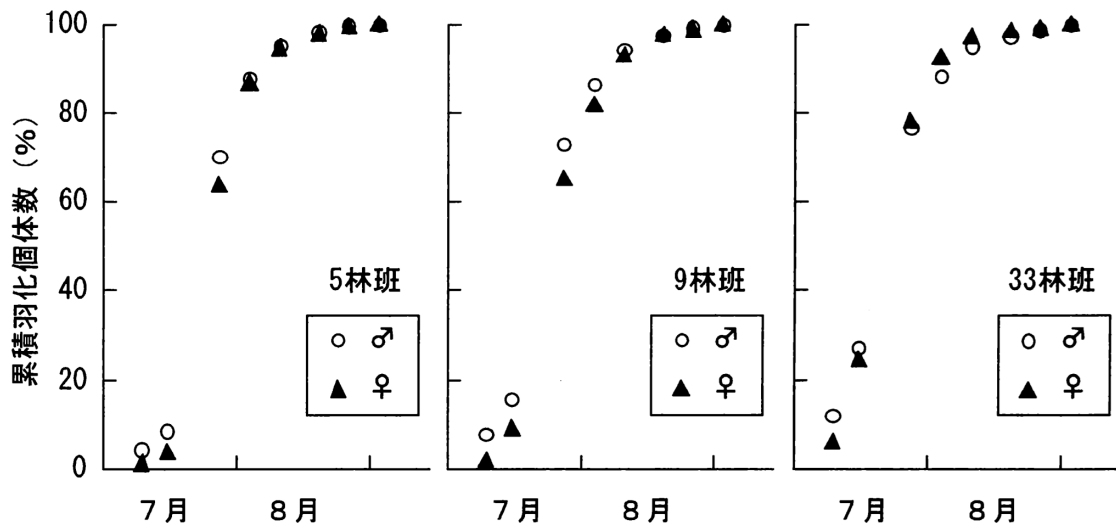


図2 各林班におけるカシノナガキクイムシの羽化消長

次に、9林班のミズナラ23本について、個体別のカシナガの羽化総数を頻度分布で図3に示す。シイタケ種駒処理を行わなかった無処理木からのカシナガの羽化総数は、雄も雌も23本中最も多かった(図3)。これに対し、シイタケ種駒処理を行ったミズナラでは、カシナガの雄の羽化総数が50頭以下に抑えられている個体が50%以上を占めた(図3)。同様に、カシナガの雌の羽化総数が30頭以下に抑えられている個体も全体の50%以上を占めた(図3)。無処理木のデータが1本分しかなく、また、調査対象木においてカシナガの穿孔数を調査していないので何とも言えないが、種駒処理の効果が窺える。

表1は33林班の無処理木3本、ドリルで穴を開けただけの3本、防除処理を行った3本について、それぞれカシナガの羽化総数の平均値を雌雄別に示したものである。ドリルで穴を開けただけの区ではばらつきが非常に大きくなっているが、無処理区に比べて防除処理区ではカシナガの羽化総数が雌雄共に抑えられているのが分かる(表1)。

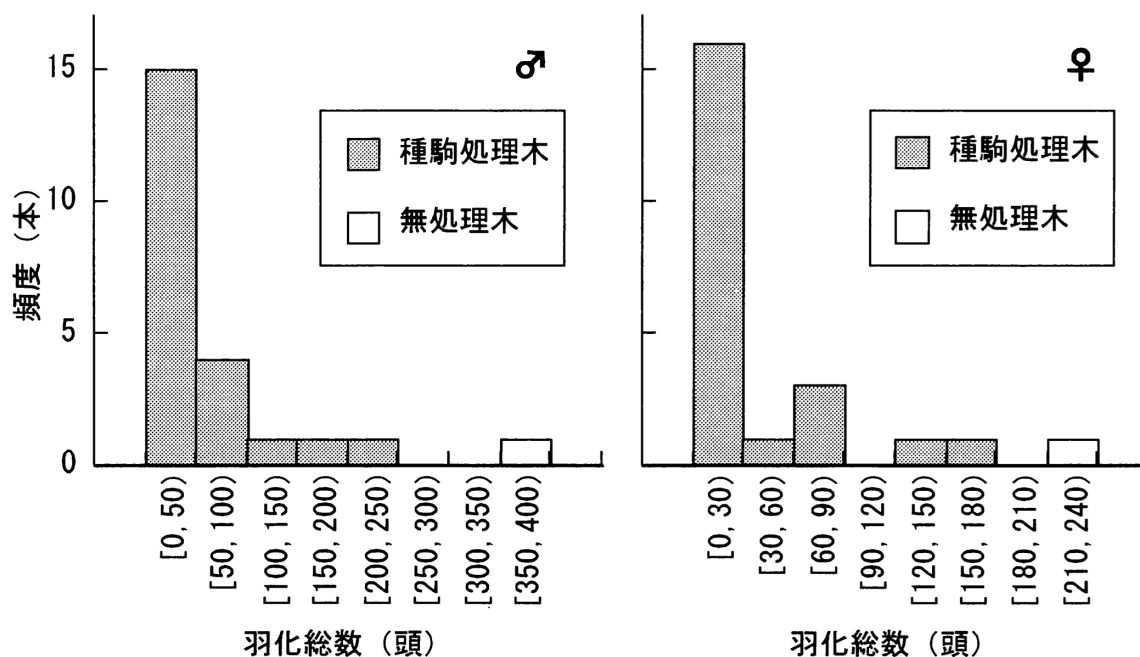


図3 9林班ミズナラの個体別カシノナガキクイムシ羽化総数

表1 ミズナラ1本あたりのカシノナガキクイムシの羽化総数 (33林班)

	羽化総数 (♂)	羽化総数 (♀)
無処理	128 ± 13	73 ± 17
ドリル穿孔のみ	651 ± 539	534 ± 448
ドリル穿孔+シイタケ種駒	30 ± 16	24 ± 14

平均値 ± 標準誤差 (n = 3)

丸太を用いた各種菌類の接種試験 (平成14-15年)

シイタケ菌以外の新たな生物防除の可能性を探るため、現場から搬出したミズナラ・コナラの枯死材丸太を用いて各種候補菌の接種試験を行った。

平成14年12月、枯死材を長さ30cmに切り分けてドリルで穴を開け、それぞれ9種の菌を生長させた種駒および無菌の種駒を打ち込んだ(84ページ写真参照)。切断面はパラフィンで閉じ、乾燥を防いだ。用いた菌株は、*Armillaria tabescens*, *Beauveria bassiana*,

Lampteromyces japonicus, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus* 1, *Pleurotus ostreatus* 2, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma strain* 2, *Trichoderma strain* 3、以上 9 種である。接種後の丸太は室内に設置した。

平成 15 年 6 月、上記丸太を黒いビニールで覆ってから羽化トラップを取り付け、8 月にかけて週 1 回、トラップに捕捉されたカシナガを雌雄別に計数した (84 ページ写真参照)。カシナガの羽化脱出が終息した 9 月に各丸太の樹皮を剥ぎ、カシナガが穿孔してその後繁殖に成功した穴を特定して計数した (85 ページ写真参照)。

表 2 は、各種菌類を接種した丸太から羽化脱出してきたカシナガ成虫の頭数を、穿孔穴あたりで割った値の平均値を雌雄別に示したものである。Control (無菌種駒) 区の雄 7.64 頭／穴、雌 5.01 頭／穴に対し、各種菌類を接種した丸太では一様に羽化脱出数が抑えられていた (表 2)。中でも *Trichoderma strain* 2、*Lentinula edodes* (シイタケ)、*Beauveria bassiana* (昆虫寄生菌) の 3 種の接種区では羽化脱出数がよく抑えられており、特に *B. bassiana* 接種区では羽化脱出数は雄 1.33 頭／穴、雌 0.96 頭／穴と非常に少なくなっていた (表 2)。この *B. bassiana* と *Trichoderma strain* 2 が、シイタケ菌同様生物防除に利用できるのではないかと考えられた。

表 2 穿孔穴あたりのカシノナガキクイムシの羽化脱出数

接種菌類	♂	♀
Control	7.64 ± 3.87	5.01 ± 2.51
<i>Armillaria tabescens</i>	6.54 ± 1.63	3.58 ± 0.88
<i>Pleurotus ostreatus</i> 1	5.83 ± 1.30	3.90 ± 1.05
<i>Trichoderma harzianum</i>	5.48 ± 1.68	4.13 ± 1.44
<i>Pleurotus ostreatus</i> 2	4.34 ± 1.97	2.44 ± 0.92
<i>Trichoderma strain</i> 3	4.16 ± 1.31	2.27 ± 0.65
<i>Lampteromyces japonicus</i>	3.40 ± 0.96	2.63 ± 0.89
<i>Trichoderma strain</i> 2	2.72 ± 0.90	1.65 ± 0.73
<i>Lentinula edodes</i>	2.32 ± 0.68	2.02 ± 0.59
<i>Beauveria bassiana</i>	1.33 ± 0.49	0.96 ± 0.54

平均値 ± 標準誤差 (n = 10 - 11)

おわりに

ナラ枯れの被害は芦生研究林の隣接区域で既におこっていたので、研究林における発生も予想はされていたものの、いざ対応するとなると問題が多かった。一番大きな問題は、やはり急峻な地形である。研究や調査で山に入ると、ドリルやチェーンソーを背負って山に入るのでは話が違う。今回何度か防除作業に同行して痛感した。

安全性を重視し、二次災害が起こらないよう無理のない作業予定を組むことと、限られた時間の中でできる限り多くの被害木に防除処理を行うことは、両立しない課題である。そんな中、研究林のスタッフや森林組合の方々にご尽力いただき、事故もなく作業を進めることができた。今後も被害実態の把握と防除対策を行い、それと同時により効果的な防除方法の探索に努める予定である。

今回芦生研究林で行ったシイタケ菌を利用する防除作業や、試験研究における羽化トラップの作成等について、京都府林業試験場には全面的にご協力頂いた。ここに記して、感謝の意を表す。

パネルディスカッション 「ナラ枯れ ―木と虫と菌の複雑な関わり―」

竹内 それでは、パネルディスカッションに入りたいと思います。5人の先生方に被害の実態、研究の現状、防除対策等についてご講演をいただきました。今回の「ナラ枯れ」については、いくつか問題点があるのだと思います。まず、発生の機構として、寄主である樹木、そして昆虫としてのカシナガ、菌としてのナラ菌の間の微妙な関係あるいは相互関係によって発生している被害であるという話を小林先生、鎌田先生、伊藤先生はじめ、先生方からお伺いした。それが単に林の中で細々と起こっているのではなくて、ナラ枯れそのものの被害が極めて社会性を帯びたものである。

ということは、その寄主であるブナ科の樹木が日本の温帯林の主要樹種であって、しかも高木層あるいは林冠層を形成する主流な樹種である。大発生が生態系にどのようなインパクトを与えるのか、あるいは今も言いましたように、いまだに問題になっています松枯れの里山の松と同じように、いわゆる日本の温帯林の景観そのものを構成している構成種であることから、環境問題あるいは社会問題へと発展しているというお話があったと思います。

更に、その被害が今後、森林と人とのかかわり、あるいは人為によることによって被害の拡大の危険性をもはらんでいるといった問題点の提起がありました。それらを踏まえて、今後どのような防除体制を確立、強化していくのかというのが大きな問題なのだろうと、全くの素人でほとんど知識のない私ですけれども、私なりに取りまとめてみました。

これからパネルディスカッションに入るわけですが、今ご講演いただいた先生方のこの問題に対するスタンスというのは大体会場の皆様はお分かりになったと思いますので、新たにパネラーとして加わっていただきました3人の先生方の簡単なご紹介をしまして、自己紹介などをまず承りたいと思います。

まず、朝日新聞社の石井さんです。石井さんは現在、関西の社会事象全般を対象としたお仕事をなさっていて、「グリーン・パワー」の2001年の1月号から2003年4月号までの時評を連載されてこれました。できるだけ簡単に少し自己紹介をお願いします。

石井 朝日新聞の編集委員をしております石井と申します。このナラ枯れの問題については全くの素人で門外漢なのです。先程センター長の田中先生のほうから「場違いなやつが場違いな議論をする」というのも議論を活性化するためには必要である」というお話がありました。その場違いな人間の1人でございます。

このナラ枯れについては全く知らないのですが、森林保全ということに関しましてはそれなりに関心を持っておりまして、自身も森林ボランティアとしてボランティア活動をやって、山へ行ったら木を切ったり枝をはつたりということをやったり、それから先程話ありましたけれども、森林文化協会と言う財団法人が発行しております「グリーン・パワー」に環境保全のことに関しまして2年4カ月ずっと連載を、それも素人の立場から書いてきたわけです。

そういうことで、「日本の山が衰退していくということは、実は都市が衰退していくことにもなるのだ。森が危機を迎えているというのは、人間が危機を迎えているのだ」という観点で問題意識を持っておりまして、それを救うためには山と都市とをもっと仲良くさせなければいけないとか、関心を互いに持ち合わなければいけないという観点でものごとを見ていく必要があるのではないかと。

今日お見えになっている方も、ほとんどが皆、森林のことについて専門の方が多いと思うのですが、やはり日本の今、人口はほとんどが都市に住んでおりまして、例えば税金の使い道一つ取っ

ても、都市の人たちの賛同がなければことが進まない。

そういう中で、こういう山で今起きている問題、実はこれは人間にとって非常に大きな問題なのですけれども、そのことが山の人たち、森林に関係する人たちだけの危機意識になって、都会に住む人間にとっては全くの無関心という状況になっている。それはさすがに具合が悪かろう。もう少しその間をつなぐことがいろいろなかたちで必要になってくるのではないか。そういう意味で、このシンポジウムは非常に意味のあることだ。そのように思いまして参加させてもらいました。よろしくお願いします。

竹内 ありがとうございます。(拍手) 続きまして「芦生の自然を守り生かす会」を代表しまして主原さんをお願いしております。主原さんは現在「芦生の自然を守り生かす会」の副会長、「北山の自然と文化を守る会」の幹事等をなさしまして、丹波山地域の自然保護運動を中心に自然保護活動に精力的にかかわっていらっしゃる方です。では、簡単に自己紹介をお願いします。

主原 私は、今回のカシノナガキクイムシのナラ枯れ病の動向は、生物的な意味合いとまた地域の生活、将来、この病気が芦生にとどまらず、丹波山地または少ししたら日本中に拡大していく可能性があるというかたちで、特にこの病気に対しては関心を持っています。

その中で、例えばこの芦生域で一番の原因になっているミズナラという木は特に芦生及び丹波山地の冷温帯、中間温帯から冷温帯にかけての所に割と生えているわけですが、その樹種を失っていくと種の多様性を非常に失う。強いてはもっと大きく言えば、生物で言えばツキノワグマ、今日は小林さんもおっしゃっていましたが、ツキノワグマも将来は丹波山地から消えてしまうのではないか。それは、この病気が1991年に入った丹後半島、ツキノワグマのあの動向を見てもミズナラを失うことによってツキノワグマが里に下りてくるともひょっとしたらその関連性があるのではないか。

そういうわけで、この病気が丹波山地全体に波及すれば、将来先行っている地域ですけれども、石川県とか福井県とかの状況を見ますと、今ほとんどが約60パーセントから70パーセントのミズナラを失って治水という意味合いにおいても今重要な大変な大きな被害になっています。

そういうわけで、今日はここへ集まっていただきました。今日の一つのテーマの中にはこの病気を今後どうやっていくか、防除していくか、そしてもし防除ができないのであればどうやってこの大きな被害地、将来的にはギャップが開いてくると思います。そこをどういうかたちで自然に回復させていく、または人工的に回復させていく、今日はそういう視点も少し皆さんとお話しできたらいいなと思っています。

竹内 ありがとうございます。(拍手) 続きまして京都府森林保全課の松下さんです。松下さんは現在森林保全課長をなさっております、今回行政的な立場からの視点でということで参加をいただいております。よろしくお願いします。

松下 失礼します。今日は京都府から林業試験場と、私は行政のほうの担当をしています森林保全課のほうから参加させてもらっています。いわゆる行政の立場で今日は呼ばれていると思いますので、現在までカシナガの被害に対する防除対策とか、そして民有林でどういうことをやっているか、そういうお話をさせてもらえればということで参加させてもらっています。

今、主原さんからもありましたように、このミズナラが減ってきますと生態系にかなり影響がある

ということで、私ども課の仕事として鳥獣行政もやっております。鹿とか熊とかイノシシ、猿、そういった農林業被害がかなり出ているわけですが、今回はこの熊についてミズナラが減少としていくとなると非常に影響が心配される。

片や被害はあるわけですが、いろいろな堅果類を食物にしている動物たちがやはりまだ里に下りてくる、なおまた被害もひどくなっていくのか。そのようなことも心配もしております。いろいろな防除方法を今やっているわけなのですが、やはり効果的で本当に被害が拡大しないという方策があれば一番いいのですが、今日いろいろな先生がお見えになっておりますのでまたその辺りのヒントも得て、勉強もしていきたいということでお邪魔していますのでよろしくお願いします。(拍手)

竹内 ありがとうございます。これからどんなふうに進めていくかというあれはあるのですが、突拍しですので、申し訳ないですが私のほうから興味ある点をまず一つお伺いして、きっかけにしたいと思います。先程も言いましたように、被害発生の機構の部分のところで、極めて面白い、いいお話を鎌田先生から提起されました。

要するに、ミズナラに非常に被害が出ているのは、木と昆虫と菌の間の先程言いました関係、要するに共進化を進めていく中で取り残されていたとか、はじき出されたミズナラに昆虫と菌が出合ったことによって今回の大発生が生じたというお話があったと私はとらえているのです。その辺に対して、例えば、同じように昆虫側から見ておられる小林先生、あるいは菌のほうから見ておられる伊藤先生のほうから何らかのコメントはございませんでしょうか。

小林 温暖化によってカシナガの分布域が拡大して、今までカシナガが出合っなかったミズナラと遭遇したことが被害発生原因ではないかという共進化の説については、非常に理論的で私は否定するつもりはないのですが、主原さんもその考え方は賛成です。私は2人に挟まれて少しやりにくいのですが。

私はそれを否定するつもりはないのですが、そればかりが独り歩きしますと防除とか山で働く人たちが、そういうことが少しおそろしくなる点があるのではないかとということで、薪炭林の放棄ということも大きい原因の一つではないでしょうかということを一貫して訴えているわけです。これは非常に、証明するのはどっちが正しいとかそういうレベルの問題ではなくて、やはり複合的な要素で発生していると思いますので、そういうこともあるのではないのでしょうかということを訴えているわけです。以上です。

竹内 ありがとうございます。

伊藤 菌の側から言いますと、今お話しさせていただいたように *Raffaella* というのは今まで日本で記載がありません。それから、病原性としての記載も海外にございません。この菌がいったい普段どこにいるのか、あるいはもしかするとどこから入ってきたものなのか、その辺をこれから少し、今実はやっているのですが、その辺をまず押さえてみたい。そうすると、鎌田先生の言われるようなことともリンクしてくるのではないかと考えております。

竹内 その辺で、ほかの先生方で何かご意見ございませんでしょうか。

鎌田 よろしいですか。私がきっかけになっているようですので多少補足させていただきますと、とりあえず共進化の問題と温暖化の問題は必ずしもリンクしなくてもいいのではないのか。だからまず一番重要なのは、ミズナラはきつともとの寄主でなかった。そこにカシナガがミズナラと出合ったということが現在の一つの大発生の根本原因であろう。そこを強調しておきたいと思います。そのうえで、温暖化というのが一役買っている可能性が高いということ。更に言えば、世界じゅうにアンブrosiaキクイムシ、養菌性キクイムシというのは多数あるわけですが、今後新しい寄主と出合うようなことがあったときには似たようなことが起こる可能性もあるだろうということを指摘しておきたいと思います。

竹内 ありがとうございます。例えば、この発生の機構等に関しまして会場のほうから何かご質問等ございましたら。一番隅の方。

参加者A 木というのは人間が生きていくためにみんな平等にあるものです。空気を作る、新しく作り替えるという機能があります。人間が空気を汚したせいで木がものすごく疲れていると思うのです。そのせいで菌に負けてしまったというようなことはありませんか。空気をきれいにすれば、木も元気になると思うのです。それを専門家の人にもっと言ってほしいと思うのです。私の考えは間違っているかもしれませんが、原因があって結果があるのですから、原因をまず探してそれを取り除くことが一番大事だと思うのです。そうではないでしょうか。

竹内 まとめますと、要するに樹木の疲労が・・・。

参加者A 木というのは、人間にみんな平等に空気を与えるという大事な役目があると思うのです。それを疲労させて菌に負けてしまったという原因ではないかと、門外漢ですがどうしてもそういうような気がするのです。そうではないでしょうかということを知りたいと思ひまして、寄せてもらったのですけれども。

竹内 どなたか、だれがいいか。

伊藤 お話は多分大気汚染みたいな、空気の汚れのことをおっしゃっているのだと思います。確かに、燃料革命以降大気汚染の問題というのは世界じゅうで問題になっております。外からは分からないけれども木は弱っているという可能性はあると思います。ただ、私どもがやりました、ある人たちは小林さんが言われたように酸性雨だとか、酸性雪が誘因になっているのだということを言われたものですから、われわれは根っこをずっと全部調べてきました。

根っこにはブナ科樹木というのは菌根菌が付いております。その菌根菌がそういう状態ですと減っていくことがあるのですが、少なくとも今回被害が出ている所、あるいはその周辺で菌根菌の比較をしたのですが、それらには全く差は出ておりませんでした。ですから多少ご指摘のように、われわれが生活をより良くするために空気を汚しているという面はあると思いますけれども、この病気のこれに関しては、直接今のところそれを大気汚染が原因だということを証明するようなデータは今のところ出ていないと思います。

竹内 よろしいでしょうか。もう1、2点もしありましたら。どうぞ前の方。

参加者B すいません。先程鎌田先生が冗談でおっしゃられたと思うのですが、「私が石川県にカシナガを連れてきたのではないかと。その通りだと思っているのですが。笑い」というのは少数の虫を体に付けて移動したぐらいではそういった被害は広がらないではないかと思うのですが、一方で被害の状況を見ても、いわゆる西から東にずっとこう被害が広がってきているというよりも、各地域で何らかの原因があってそこから同心円状に広がっていると私には見えるのです。もともとカシナガという虫は少数ではあるけれども、日本全国にいたと考えたらよろしいのでしょうか。それともやはり虫が徐々に移動することによって被害が広がっていると考えたらよろしいのでしょうか。少しその辺りお伺いしたいと思ったのですが。

鎌田 まず最初のご指摘で、同心円状に見えるけれども各地域ではじわじわと発生しているように見えるという話ですが、それは私が航空写真で解析したことと同じことではないかと多分思うのです。ああいうミクロ、かなり狭い林分ぐらいのスケールで見ますと、今おっしゃったようなことはあるのですが、それが階層的に組み合わさって全体としてあのような同心円状の広がりが起こっていると考えます。

二つ目の問題として、もともといたものが増えているだけではないか、だから虫自体が分布を拡大しているのではないかということですが、これに関しては非常に証明するのが難しいです。ただ言えることは、先程のような枯れ木の広がり方を解析する限りでは、私は広がっているものだと考えます。ただ、証明は非常に難しいです。証拠から推測するとそういうふうと考えられるということです。

ですから、その問題を解決するためには、今全然被害が出ていない所に本当にいるのかということを確認することが一番先決です。それをやっぱ日本全国で集めて見たときに、今DNAとかそういう手法がありますので、遺伝的な地理変異の解析などをして、それをほかの外国のインドとか東南アジアとかそういう所と比較してみると、そういうことをすることによって初めて、もともと日本にいたものなのか、それとも外国から入ってきたのか、それも入ってきたとしたら1回だけ入ってきたのか、それとも数回にわたって入ってきたのか、違う所から入ってきたのか、同じ所から入ってきたのかという議論が初めて可能になると考えております。

竹内 よろしいでしょうか。

小林 ここは、鎌田さんと全く意見が同一なわけではありません。やはり私は、もともとは無被害地にもいる昆虫だと思います。それは、講演の中でも言いましたが、この虫の仲間はもともと倒れた木とか衰弱木、そういった所で繁殖はできます。ですから、そういう木が全く無被害地では存在していないわけではなくて、倒木とかは現実にあります。そういう所では繁殖していると思います。

それを示す事実として、1938年に無被害地で捕れているのです。完全に無被害地かどうかは証明できませんが、それが捕れている記録が何と芦生なのです。そういう事実があります。それと、森林総合研究所の方が筑波山で捕っているというデータがあります。それから私、これは主原さんに怒られたのですが、丸太に雄だけを入れて、雄を入れますと集合フェロモンを出します。それが驚くほど、被害地ではその丸太を置くと周りに丸太の中に入れた虫が逃げないように網をかぶせて周りにトラップを付けます。そうすると、むちゃくちゃに集まってくるのです。これでもしかして無被害地に置いたら採れるのではないかと考えてやってみたのです。そうすると、1週間後に五十何匹捕れて、慌てて回収して、それを主原さんに怒られました。そんな危険な仕事をしては駄目だ。

その結果を見た時に、これは無被害地で少ないごくごく限られた倒木とか、そういう資源を利用するために、そういう集合フェロモンというものを使っているのだろうと私は考えています。

鎌田 それをやるときに一番重要なのはスケールだと思うのです。だから、無被害地と言っても、既被害地からどのくらい離れているかということがまず一つ大きい問題になって、例えば、全く京都の市町村単位で出てない所ぐらいだったら、もしかしたらいる可能性はあるのではないかと思います。

それはどうしてかといったら、例えば話変わりますけれども、松枯れの原因である、マツノザイセンチュウとマダラカミキリ、あれは明らかに一応皆さん、進入病害だと認められているのです。それが東北のほうでは徐々に分布を北のほうに広げている。枯れが出る5年ぐらい前から、媒介者であるカミキリムシがトラップで捕れ始める。そうすると、5年ぐらいたつとそこで枯れが出始める。だから、虫がいるからすぐ枯れが起こるのではないわけです。虫も広がっているし、材線虫という病原菌も広がっているのだけれども、虫が捕れ始めて、遅れて枯れが出るようになる。

ですから、もし同じようなことが起こっているとすれば、現実には例えば石川県で1997年に初めて枯れが出た時に、周囲の木には2年ぐらい前からの穿孔が認められているわけです。そういう現象は、大体どこで初めて発見された時にも似たようなことが起こっている。だから、そのとらえ方を「もともといたのではないか」というふうにとらえるか、今、マツノマダラカミキリの話をししましたけれども、そういうふう分布の拡大に伴って、最初に媒介者が捕れて、しばらくすると媒介者の密度が上がるから枯れも出るのだというふうにまずとらえるのか。非常に難しいところだと思います。

主原 小林氏が今お話しあったわけですが、その年にはもう小林氏が実験された年に、もうそこにはカシナガの被害がその周辺部で起こっていましたので、少し補足的に付けたいと思っています。

小林 これだけで1時間終わってしまうと思うので、最後に一つだけ鎌田さんにお尋ねしたいのは、1938年のそのカシナガが芦生で捕れたというのは、それは周辺に枯死木があったとお考えなのですか。

鎌田 例えば筑波山の話をしましたけれども、それは私が途中で話したように上昇気流で舞い上がって飛ばされたものが捕れるとか。そういういわゆる迷蝶（めいちょう）的な迷蝶と言っても皆さん、昆虫屋でないのでご存じないかもしれませんが、「迷い込んだ蝶」と書くのですけれども、迷蝶的なものが風に飛ばされて捕れたのではないかと、それは全くの推測です。

芦生の場合にも、1938年捕れたということなのですが、一番古い九州での被害が193何年ですか。ですから、進入昆虫、進入生物が初めて入ってきて定着するまでの期間というのは、いわゆる潜伏期と言うのですけれども、潜伏期があってそれから急激に増え始めるわけです。ですから、そういう持ち込みというのが何回かにわたってあった可能性もあると思います。

竹内 すいません。まだ、議論の余地はあると思うのですが、どう言うか、私が知っている範囲でも点々と古い時代から全くなかったわけではない。その辺との関連性が、先程出ましたDNAの問題もあって、地域差等、今後詰めなければ見えてこない部分というのがたくさんあると思いますけれども、あまりこれにこだわっていると前へ行けませんので、少し先へ進めさせていただきます。

やはり、ナラ枯れがすごく大きな問題だというのは、やはりブナ科の樹木、特にミズナラ、コナラは日本の温帯林の主要樹木であって、景観そのものを構成しているような樹種であることからさまざ

まな問題が出てきたのだらうという気がするのです。その辺で例えば、行政側としましてその被害拡大の危険性等についてはどう押さえておられるのでしょうか。

松下 私ども京都府林業試験場が先程の発表でありましたように、平成4年5年の被害を受けまして、平成6年辺りから、被害の状況の調査から、また防除方法とかカシナガの生態とか精力的にやっていたので、その成果を受けまして平成12年度からですが、そういう研究成果を国にも説明し、また理解を得て、当時はメニューとしてなかったのですが、要求した中で一定のその予算も認められました。

平成12年度以降、その被害の実態も丹後地域からだんだん南のほうに水平的にはこう下がってきている。垂直分布はいろいろあると思うのですが、現在京北美山町まで来ております。

当初平成12年度には、綾部市のほうでこれも試験場の指導等もあって、ビニール巻き等を行いました。数百本行いました。その後も京北美山町のほうで3カ年、13、14、15年と3カ年連続で集落を中心に効果的にできる所、非常に作業困難な所はできていませんけれども、行って効果的な場所について伐倒して駆除を先程ありましたようにNC S薫蒸したり、そういったことで被害の防止に努めている。やはり京都市に向いて来ておりますので、何とかその辺りで常に最先端地で効果的なところで防除を実施している。そういうところが現在の京都府のやっている内容でございます。

竹内 その辺に対して、研究者側から何か提案等ございますでしょうか。

主原 今回は芦生のほうのカシナガなのですけれども、京都大学のエリアだけではなくて今おっしゃった府、民有林レベルの防除をするためにはやはり一緒にやっておかないと、片方でいくら防除しても片方がしなければ本当に効果のあることではありません。そういうわけで今日は府のほうも、昨年私たちもカシナガの防除をやりましたけれども、行った時には千本を超えたらもうしないとかいう話が一度ありましたので、千本、1万本というかたちではなくて、できるだけやはりできるようなかたちです。

京都大学のほうも、一緒にやって、やはり芦生の森、貴重な森ですので失いたくありません。ですから、1千万、2千万というかたち。例えば1千万以下というかたちが今まで多かったのですけれども、京都府、その時に実は去年ぐらいまでは京都府レベルという考えがあったのです。今年の発生動向を見ていると、滋賀県側・福井県側にもこの病気が発生していますので、できたらやはり京都府ではなくて、国レベルの何らかのカシノナガキクイムシに対して、防除的なかたちの援助が必要ではないかと今思っています。

竹内 先程も言いましたように、被害がどんどん拡大してきているそのような状況の中で、どう取り組み、しかもある種の環境問題としてとらえるときに、1950年代以後のように一斉に薬剤で処理できるといった背景はなくなっている。そのような中でどれだけの努力ができるか、努力をしてどれだけの成果を上げられるかということが問われているのだらうと思います。その辺に対していくつか提案があったわけですが、山崎先生のほうでシイタケ菌が非常に効果がありそうだというのが出てきたわけですが、その辺が今後どういうふうに展開できるのかというめどはありますか。

山崎 先程示したデータだけでは非常に効くというのはまだ言えないと思うのです。だから、ほかシイタケ以外にも可能性のある菌を探索していくことが必要だと思います。

竹内 今年の計画というのは、

山崎 今年の計画は、先程グラフに出しました昆虫寄生菌のボーベリアバッシアーナですか、あれを併用して使えればいいかというのは考えていたのです。今のところまだ詳しくは詰めていないです。

竹内 会場のほうからその辺の問題、例えば環境問題だにとらえれば、先程も出ていましたけれども、やはり下流の問題でもあるわけですが、その辺からこの問題に対して何かご発言・ご意見……。まず、石井さんのほうから。

石井 考えておいてください。このことに関して少し僕も先程鎌田先生の話の中にあつた、これが一応防除に成功したとしても、また新しい寄主と出合ったときに新たなものが起こる可能性があるという、なかなか恐ろしい発言があつたのです。実は、僕もそのようなことを思っています。例えば先程の松食い虫の話もそうだし、あるいは人間のほうの側から言うと、例えばスギ花粉症などというものそれに似たようなことで起きているのではないかという気がするのです、これはひとつ虫とかミズナラとかだけではなくて、もう少し大きいレベルの環境汚染の中で、こういうことが一つの現象としてにきびみたいな吹き出物みtainなかたちで出てきているのではないかという気がしてならないのです。

それで、やはりこういう問題を、今議論はかなり専門的な部分で白熱しているのですけれども、それはそれとして一生懸命やらなければいけないのです。僕らのような専門外の人間にとってもこの問題に関心を持つためには、もう少し山のことに関心を持たなければいけないのではないかと。先程小林先生でしたか、薪炭林として山を利用しなくなってから、こういう問題がいろいろ起きてきているのだというご指摘もあつたのです。そういう意味でやはりこの30年ほどの間、人間が山を放置してきたことの付けが、ぼつぼつ自然界のほうから取り立てを始めているのではないかという気がするわけです。

そういうふうにと考えると、専門家の人たちには懸命に当面する問題をやらしてもらわなければならないのですけれども、それよりももう少し離れた遠巻きにしている人間も、もう少し山に関心を持って山には入らなければいけないし、あるいは山のことに對して税金を使うことに對して、もっと寛容にならなければいけないということをおねがひするわけです。

なぜそのように思うかという、僕らがやはり山から受けている恩恵というのはものすごいものがありまして、水もそうだし、空気もそうだし、あるいは治山・治水といいますが、快適に生きるために生命を守って生きるということにおいても山から恩恵を受けている。

最近、長野県とか徳島県とかあちこちで「緑のダム」構想がよく言われております。そういう緑のダムということが言えるのも、山にやっぱり保水力があつて森林が健全に保たれているからこそ、そういうことが言えるわけで、最近のように人工林を放置したままで、戦後一斉に造林してそれをそのまま放置したままの山では緑のダムというようなことはできないわけです。

そういう意味から考えましても、もっと都市住民が山に関心を持ち、山のために何かできることという観点から問題を立てていかないと、このカシナガ一つを駆除したところで新たなカシナガが出てきて、ミズナラは大丈夫だけど、次はヒノキだ、杉だということで、もう松が西日本でほとんど全滅したようなかたちで、次から次へと自然界が難題を吹っ掛けてくるのではないかと思うのです。少し話を拡散させてしまいすいませんでした。

中島 いいお話を石井さんからいただきました。芦生にはあまり来ないようにしていただきたいと、

山にはたくさん行っていただいたらいいのですが、芦生は人が余るぐらい来ていますので、ぜひとも石井さんのほうで手入れのいっていない山、そういう所に入ってみようと、でも原生林のほうは時々来ていただくというような情報を流していただければ非常にありがたいのですけれども。すいません。

竹内 少し宿題として石井さんのほうからあれしたのですけれども、会場のほうでもう少しこの辺の問題で、せっかくのチャンスですので、聞いておきたいということがあれば、真ん中の後ろのほうの方どうぞ。

参加者C 私この10年来芦生にずっと入っているのですけれども、やはりミズナラが芦生の森からなくなるというのは、非常に景観の点で大きな特徴をなくすことになるのだと思っています。そのために、今この芦生の森の中でミズナラをどう守っていくのか。今、被害は主に3カ所ぐらいだと思うのですけれども、その部分から広めない。そういう対策をどう打っていかれるのか、また聞いている範囲では、まだまだ有効な対策ではないと思うのです、シイタケ菌のことにしろ。

手が付けられている部分というか、今それほど広がっていない、確かに由良川の源流域はひどい状態ですけれども、それ以外の所で今食い止める大きなチャンスだと思うのです。今年の場合、こういう不順な気候ということもあって、広がりが去年に比べて少ないように思うのですけれども、今のうちにぜひ有効な手立てを打っていただいて、この森をこれ以上ひどくしてほしくない、そういうことで努力してほしいということと、それと、枯れて駄目になって森が開いた部分を今後どうするのかということについても何かお考えがあれば聞かせてほしいなと思います。

鎌田 すいません。振って申し訳ないのですけれども、西村さんよろしいですか。実は富山県に去年入ったのです。石川県は実は石川県の人が聞いていたら怒られるかもしれないですが、ほとんど対策できないまま蔓延してしまったのですけれども、富山県は去年入って、従来の松食い虫の手法とほとんど同じ、薬剤を使った伐倒駆除をやっていたらしゃると聞いていますのでその成果がどのくらい上がってるものなのか紹介していただけないでしょうか。

西村 富山の西村ですけれども、実は去年入りましてある石川県境に近いスキー場の近くです。最初は30本ぐらいという話だったのですけれども、実際は150-160本被害がありまして、それをすべて伐採しまして、50センチぐらいの玉切りをして、松食い虫と同じような方法で処理をしたのですけれども、それがどの程度効果があったか、どれだけ殺虫効果があったかというところまではやっていません。

ただ、今年の被害を見ていると、やはりその地域には広がっております。今そのすぐ近くで、2ヘクタールぐらい今全数調査をしているのですけれども、けっこう被害は出ております。先生にも見ていただいております、伊藤先生にも見ていただいております。その周辺にもざっと見たところ、東西に3キロぐらい、南北に4キロぐらい広がっております。そういう状況です。

ですから今後うちのほうでもなかなか予算、さっき松下さんもお話ありましたけれども、予算化するというのは非常に難しいです。行政のほうでは、やはりすぐきちんとしたそういういい方法、効果のある方法がないとなかなか予算化までは結び付かない。そうすると、「いや、このぐらいの程度だったらちょっとね」というような所があるものですから、その辺非常に難しいです。それから、伐採までは何かできるのですけれども、そのあとの予算化は市町村何かだったら、いいことが分かっているてもそこまで予算化できないという面がありまして、いつも被害を見ながらいつも悩んでおります。

すいません。

竹内 どうもありがとうございました。

小林 同じようなことを私も経験しているのですけれども、今、主原さんからもっとお金をかけて防除しろということだったと思うのですけれども、やはり、それには石井さんがおっしゃったように都会の人の理解も得てそういう予算が潤沢に回ってくるというのがまず第一だと思います。

私が一番初めに研究した時に、これは酸性雨だとやはり思っていたのです。次に、温暖化とかそういうことばかりが先行してしまうと、実際そういう都会の人が本当に動くのだろうかと思っています。実際に山で防除する時に、かなり命懸けの仕事です。でも私、現場で見ていてそういう人の仕事を見ていて尊敬の念を抱きます。そういう山を利用してやってきた人たち、それから防除をする人たち、こういう人にまず目を向けさせる。それがこういう被害の防除するときのまず一番重要な点ではないかと思って、私はそういう方向で研究をやっているわけです。

竹内 どうぞ、左側の。

杉原 京都市内の杉原と申します。私の山も鞍馬の二の瀬の山の上のヨナキ峠に3ヘクタールほどあるのです。大昔、昭和21年ごろにDDTをまかれたのです。それで松の木が枯れまして、その時分は大きなマツタケがたくさん採れましたけれども、最近マツタケが出ません。もちろん下刈りしていませんので、山に上がる手間もないので。そういうことから、どうしたらいいかと。

しばを売りに来た大昔の昭和16、7年ごろの、ごめんなさい。昭和13年生まれですから。1938年です、65歳。昔はうちの家まで「しばを持ってきたえ」と言ってきたおじいさん、おばあさんがいましたけれども、もうそのしばを刈る人がないです。しばを刈るにも手間が要るし、お金が要るし。そして昭和21年ごろの終戦後のDDTのおかげで、また松の木が枯れましてマツタケが出なくなりまして。その辺はどういうふうにと考えたらいいのか、民有地として松下先生はどういうふうなご処置をお考えになっているか、ご意見あったら聞かせてください。

松下 100パーセント答えられる知識はありませんけれども、現実には先程来、燃料革命の話もあって、昔はしばとか炭とか、それを求めてみんな山に入っていた。大昔の話をわれわれも最近本などで見ますと、京都府の周辺林はもうアカマツ、尾根筋だけにあったと言われているアカマツがもう里山のほうまである。コナラもあった。クヌギもある。そういうようなもので、それが平安の昔から、高木ではなくて低木だった。それだけ、しばとか炭とかその周辺の人間というのは非常に大切に活用していたと思います。

ところが、先程来小林くんの話もありますように、人がもう入らなくなっている。という中で、マツタケの生態についてもやはり山が富栄養化してしまいますと、もうマツタケの菌糸そのものが非常にほかの雑菌にやられて育たない。そういうような状況になってきているのが事実だと思います。やはり、人間の生活を30年前40年前に戻せばそれで解決かということにもなりますけれども、なかなかそれは急にハンドルを切るわけにはいかないと思います。答えにはあまりなっていませんけれども、人間が入っていないということがやはり原因の一つかなと思います。

竹内 ほかにありましたら。ほかに。どうぞ。

参加者D すいません。今日はいろいろ勉強になることをたくさん聞かせていただいて、私としては非常にありがたいつもりだったのですが、芦生とあとはナラ枯れということで先程来から話を出していますように、防除の重要性というのは重々理解致しました。今後も、どんどんこれに関する研究は必要なのは理解するのですが、その一方で既に枯れてしまった所を一過性の病気のように、通り過ぎた所は忘れるというような風潮がかなりあるように感じます。松枯れでも何かそのような風潮があったように思いますし、そういう中でその枯れてしまった所はどうするのかという話がどうしても大事だろうと考えます。

それと、先程の鎌田先生のお話の中では、実は壊滅状態になるのではなくて、7、8割は枯れるけれども、全部が枯れるわけではないというお話がございました。これは私の中では非常に大事なことでないかというふうに感じました。それから、木の側からの情報として私が今日知りたいと思っていました一つが、壊滅ではない、それからどんなサイズの個体もいわれてしまうのかどうか。つまり、稚樹とかそのようなところまで全部消えてしまうのかみたいな話が全然示されなかった。

そういうところら辺を少し木の側からの情報としていただけないかと。それがあれば、たとえ防除に失敗しても、切ってしまうても、その後を考えるうえで一つの大きな情報になるのではないかと思います。すいませんが、どなたか、お願いできますでしょうか。

主原 まず最初の防除の所から言いますけれども、実際問題私も昨年5月、芦生の民有林サイトで抜倒処理をやってきましたけれども、本当に芦生の木は大きすぎて命懸けの仕事なのです。その斜面も急である、急峻な地形であるので、まず私も最初は小林さんに「絶対防除せよ」と言った。現場は自分もかわって、これは命懸けの仕事でそう簡単にできるものではない。

そしてもう一つ、今お話があったその防除ができなければ、当然死んだ木など、大きな将来的にギャップが開きます。そのあとに、やはり今、新しく、失った木の樹種を対象とした植林もやっていいのではと思っています。

そのときに、実はその植物の種子を採取するというのは当然失った地域の遺伝子を返してほしいわけですが。ほかの地域の遺伝子ではまず意味がないわけです。ですから、簡単に考えれば新しいギャップができた。そこに植林をしていこう。ところが、実は今、芦生及び北山ではその考え方ができない事態になっています。それはなぜかといいますと、鹿の食害が非常に進行して、それともう一つ丹波山中でササ枯れ、一斉開花というかたちが、下のほうの種類、チュウゴクザサで起こっています。芦生ではチシマザサなのですけれども、それは今鹿によってほぼ食いつくされ、またいろいろなかたちの低木層、草本層という貴重なかたちもほぼ食べられています。

そういうわけで、植林をしていくときに、鹿の食害というかたちが一つのテーマになっていくわけです。今年、鹿の食害が入ったギャップに植林または自然に生えてくると思うのですが、鹿という問題を抜きにしては次の対策を考えられないわけです。そのようなもので、演習林及びいろいろなかたちで京都府も協議してほしいと思っています。

竹内 少しいいですか。いま会場からの質問に対してもう一つ答えが出ていないと思うのですけれども。芦生では大径木がやられていると。だから、いったい被害が出ているサイズの問題というのに対して・・・。

鎌田 大体どこの地域でも大径木がやられます。胸高直径15センチ未満の木がほとんど穿孔が少なく、ほとんど枯れません。ですから、若い木は必然的に残ることになります。それはかなりオブチ

ミステイック面が一つと、悲観的なこととしては、3割とか生き残るのですけれども、それはそれで終息するのです。終息するのはどうしてかといったら、さっき写真で見せたように健全な辺材部がごくわずかになるから繁殖できなくなる、それで密度が下がるのですけれども、実はその歴史が古い山形県では7、8年すると今度は太ります。太ったらまた今度は被害が回帰してくるということがまた報告されていて、そうするとまた今度残ったものの7割が枯れるということになります。それがちょっと悲観的なところ。だからそこら辺を自然に任せたときにどういうふうに林が回っていくかというところがこの課題になるのではないかと思います。

竹内 少しお待ちください。挙手をお願いできますか。恐らく時間的には最後だと思うのですけれども。

参加者E ミズナラの今の質問と関連していて、ミズナラはよく萌芽するのが特徴だと思うのですが、主幹のほうに、一番大きい幹のほうにカシナガが入って枯れたとして、主幹から萌芽している萌芽幹も枯れてしまうのですか、それとも萌芽幹は残るのでしょうか。

主原 今の・・・。

伊藤 先程ご説明しましたように、これはあるどこかの幹全面に変色が入りますと、そこでもう水が止まってしまいます。ところが、下のほうはまだみずみずしくて萌芽が出ます。ただ、翌年にはその萌芽枝も枯れてしまいます。ですから、地上部が枯れたものについては、萌芽枝部は出てきません。

参加者E では、もうその個体が駄目になるということですか。

鎌田 少しもう少し聞きたかったのだと思うのですが、萌芽してて、2、3本株立ちしているようなのがあると、1本枯れてもほかの2本が残るようなことはあります。ただ、伊藤先生がご説明なさったのは、枯れて萌芽が出たときに、若く新しく萌芽したのはほとんど枯れます。それでよろしいですか。

参加者E 根の部分というのはどうなっているのでしょうか。根の部分は生き残っている状態なのですか。

伊藤 先程言いましたように、そこで止まるのですけれども、一つの幹でそうなったものの萌芽枝というのは全部駄目で根っこも駄目になってしまいます。ところが、3本立てぐらいで1本が枯れてもあとの2本が残るということがあります。

参加者E ありがとうございます。

竹内 ほかにたくさん質問等があると思うのですけれども、残念ながら時間16時半を過ぎてしまいました。全く不勉強な者が司会をしたばかりになかなかうまく進まなかったことをおわびして、とりあえず今回こちら辺でディスカッションを閉めさせていただきたいと思います。どうもありがとうございました。(拍手)

それで、進行側からのお願いなのですが、今日の袋の中にアンケートが入っております。一応この会場を5時まで借りております。もしご記入いただきましたら受付に回収箱を用意しておりますのでアンケートのほうをよろしくお願い致します。どうも先生方ありがとうございました。(拍手)

(終了)

アンケートに御協力下さい。受付に回収箱を準備しています。

芦生の森と‘ナラ枯れ’シンポジウムについてのアンケート

1. このシンポジウムを何(情報源)で知りましたか。

- 1.ポスター(場所:) 2.新聞(新聞名:)
3.芦生研究林HP 4.知人から 5.その他()

2. 芦生の森のことを以前から知っていましたか。

- 1.よく知っている 2.ある程度知っている 3.聞いたことはある 4.今回初めて知った

3. 芦生の森に行ったことがありますか。

- 1.ある(10回以上) 2.ある(4～9回) 3.ある(3回以下) 4.ない

4. ナラ枯れについて知っていましたか。

- 1.知っていた 2.知らなかった

5. ナラ枯れ(現物)を見たことがありますか。

- 1.ある 2.ない

6. 今回のシンポジウムに参加して良かった点をお書き下さい。

7. 今回のシンポジウムで不十分、期待はずれだと思われた点をお書き下さい。

8. フィールド科学教育研究センター及び芦生研究林に対するご意見をお願いします。

シンポジウム終了後、会場は 17:00 に閉まります。
ロビーでお書き頂くか、後ほど fax または e-mail でお送り頂ければ幸いです。

fax : 0 7 7 1 - 7 7 - 0 3 2 3、e-mail : asiu321@blue.ocn.ne.jp

シンポジウムについてのアンケート結果

参加者 103 名のうちおよそ半数の 51 名の方々から回答を頂いた。御協力頂いた皆さんに心からお礼を申し上げます。簡単な集計結果を公表し、頂いた意見は今後の参考にさせて頂きます。有り難うございました。

1. このシンポジウムを何(情報源)で知りましたか。

1.ポスター	1 2
2.新聞	9
3.芦生研究林HP	6
4.知人から	1 0
5.その他	1 3

2. 芦生の森のことを以前から知っていましたか。

1.よく知っている	2 1
2.ある程度知っている	2 4
3.聞いたことはある	5
4.今回初めて知った	1

3. 芦生の森に行ったことがありますか。

1.ある(10回以上)	2 0
2.ある(4～9回)	1 2
3.ある(3回以下)	7
4.ない	1 2

4. ナラ枯れについて知っていましたか。

1.知っていた	4 6
2.知らなかった	5

5. ナラ枯れ(現物)を見たことがありますか。

1.ある	4 0
2.ない	1 1

6. 今回のシンポジウムに参加して良かった点をお書き下さい。(複数回答)

- ・ 専門家から詳しい話が聞けた、実態、研究結果、問題点がよくわかった。 3 0
- ・ 様々な観点からのナラ枯れに関する最近の情報が聞けた。 1 4
- ・ 研究者以外のパネリスト、市民の意見が聞けた。
- ・ 研究者のスタンスが伝わってきた。
- ・ タンニン酸の効果が発見されたプロセスが聞けた。
- ・ 適度の伐採が必要であることがわかった。
- ・ 酸性雪等の影響との伝聞を知っていたので以外だった。
- ・ ボランティアで森へ行こうと思った。
- ・ 地球環境問題について考えさせられた。

7. 今回のシンポジウムで不十分、期待はずれだと思われた点をお書き下さい。
(複数回答)

- ・ 現場の状況、防除対策をもっと詳しく知りたかった。 1 0
- ・ パネルディスカッションの時間がもっとほしかった。 9
- ・ 研究成果が上がっているのに防除が出来ないのは何故か。 3
- ・ 専門家、当事者、市民の問題としている点にギャップがあった。 2
- ・ 行政、マスコミからの話をもっと詳しく聞きたかった。 2
- ・ 議論が尽くされなかった感じが残る。
- ・ 近隣の府県にも行政機関を通じてシンポの情報を伝えてほしい。
- ・ 薬剤による防除法の説明もあれば良かった。
- ・ 芦生の森のミズナラの位置づけや天然林の今後の更新への影響などの観点が必要。
- ・ 大学研究者の講演・パネルディスカッションの数が多すぎる。
- ・ 「森と人」のような森との接し方の議論があれば良かった。
- ・ 京都市に及んだ場合の予測等。

8. フィールド科学教育研究センター及び芦生研究林に対するご意見を願います。(複数回答)

- ・ 一般に向けて、どんどん情報発信を期待する。 5
- ・ 防除の努力を続けてほしい。 3
- ・ 貴重な原生林、生物資源の宝庫を保全すべく益々活発な研究活動を期待する。 3
- ・ 野外フィールドでの活動の発展を期待する。 2
- ・ 防除のための資金獲得に努力すべきである。
- ・ 芦生での現地セミナーの開催を希望する。
- ・ 昔からある風景が一変してしまわないように研究を期待する。
- ・ 芦生の現場での取り組みを早急に進めるように切望する。
- ・ 森林を利用し、山や自然の関心を高めることを大切にしたい。
- ・ 自然保護の立場からナラ枯れ防除を訴えるのに疑問有り、防除による弊害はないのか。
- ・ 閉鎖的でなく、大らかに開放を。
- ・ 出来ることは協力したい。
- ・ 水源ということで大胆なアプローチは無理かもしれないが、いろいろな角度から挑戦する必要がある。
- ・ good
- ・ 地上権の契約期限後の構想、話し合いが必要。
- ・ 個人の山の利用について良い知恵があれば知りたい。
- ・ センターの主要な研究テーマであり、有意義な企画であった。
- ・ 人の手の介入を拒むことで、芦生の森がダメにならないか。

京都大学フィールド科学教育研究センターシンポジウム

芦生の森と‘ナラ枯れ’

日 時 : 平成 15 年 9 月 27 日 (土) 13:00~16:30

場 所 : 京都市国際交流会館 イベントホール



来 聴 歡 迎
入 場 無 料

申込締切:

平成 15 年 9 月 22 日 (月)

定員: 200 名 (先着順)

申し込み・問い合わせ:

芦生研究林事務所
Tel: 0771-77-0321
Fax: 0771-77-0323
E-mail: asiu321@blue.ocn.ne.jp
<http://fserc.kais.kyoto-u.ac.jp>

参加お申し込みの際は、裏面に必要事項をご記入の上、芦生研究林事務所に FAX または E-mail 願います。

総合司会

大 島 誠一 (京都大学フィールド科学教育研究センター)

講 演

「芦生研究林における森林保全と“ナラ枯れ”」

中 島 皇 (京都大学フィールド科学教育研究センター)

「京都府におけるナラ類集団枯死被害の実態とその対策」

小 林 正秀 (京都府林業試験場)

「カシノナガキクイムシの生態とナラ類集団枯損の拡大様式」

鎌 田 直人 (金沢大学自然科学研究科)

「ブナ科樹木の枯死被害に関連する菌類」

伊 藤 進一郎 (三重大学生物資源学部)

「芦生研究林における“ナラ枯れ”防除の取り組み」

山 崎 理正 (京都大学農学研究科)

パネルディスカッション

「ナラ枯れー木と虫と菌の複雑な関わりー」

石 井 晃 (朝日新聞大阪本社)

伊 藤 進一郎 (三重大学生物資源学部)

鎌 田 直人 (金沢大学自然科学研究科)

小 林 正秀 (京都府林業試験場)

主 原 憲司 (芦生の自然を守り生かす会)

中 島 皇 (京都大学フィールド科学教育研究センター)

松 下 正徳 (京都府森林保全課)

山 崎 理正 (京都大学農学研究科)

参加申込用チラシ

芦生研究林における

被害調査・防除対策・試験研究

H.14年度 被害調査および防除作業

● 調査および防除作業人工数

場所	調査人工数	作業人工数
5林班	10	18(7)
8,9林班	2	2(1)
9,10林班	2	12(5)
18林班		4(1)
33林班	5	6(2)
計	19	42(16)

● 被害木調査本数

樹種／場所	5林班	8,9林班	9,10林班	18林班	33林班	計
ミズナラ	67	8	38	1	29	143
ウラジログシ	8					8
コナラ	2				12	14
クリ	2					2
ブナ	1					1
不明	2					2
計	82	8	38	1	41	170

● 防除作業本数

樹種／場所	5林班	8,9林班	9,10林班	18林班	33林班	計
ミズナラ	56	8	38	1	6	109
ウラジログシ	3					3
コナラ	1					1
クリ						0
ブナ						0
不明						0
計	60	8	38	1	6	113

H.15年度 被害調査および防除作業

● 調査・防除および回収作業人工数

場所	調査	防除	回収
5林班	20	20(4)	9(2)
8,9林班	8	14(7)	13(2)
9,10林班	10	16(4)	14(2)
17,18林班		6(2)	
33林班	4	4(1)	9(2)
計	42	60(18)	45(8)

● 被害木調査本数(カッコ内は枯死本数)

樹種／調査地	5林班	8,9林班	9,10林班	18林班	33林班	計
ミズナラ	73(70)	71(66)	100(89)	5(5)	14(10)	263(240)
ウラジロガシ	74(42)	18(17)	6(4)			98(63)
コナラ	3(1)	8(5)			61(2)	72(8)
クリ	17(17)	1(1)	41(32)		2(2)	61(52)
ブナ	3(2)		1(1)			4(3)
ツクバネガシ		2(0)				2(0)
計	170(132)	100(89)	148(126)	5(5)	77(14)	500(366)

● 防除作業本数 (全てシイタケ駒)

樹種／場所	5林班	8,9林班	9,10林班	17,18林班	33林班	計
ミズナラ	26	31	93	6	9	165
ウラジロガシ	21	11	3			35
コナラ		4			1	5
クリ	10	1	35		1	47
計	57	47	131	6	11	252

H.14年度 被害および防除作業調査野帳（例） 5林班

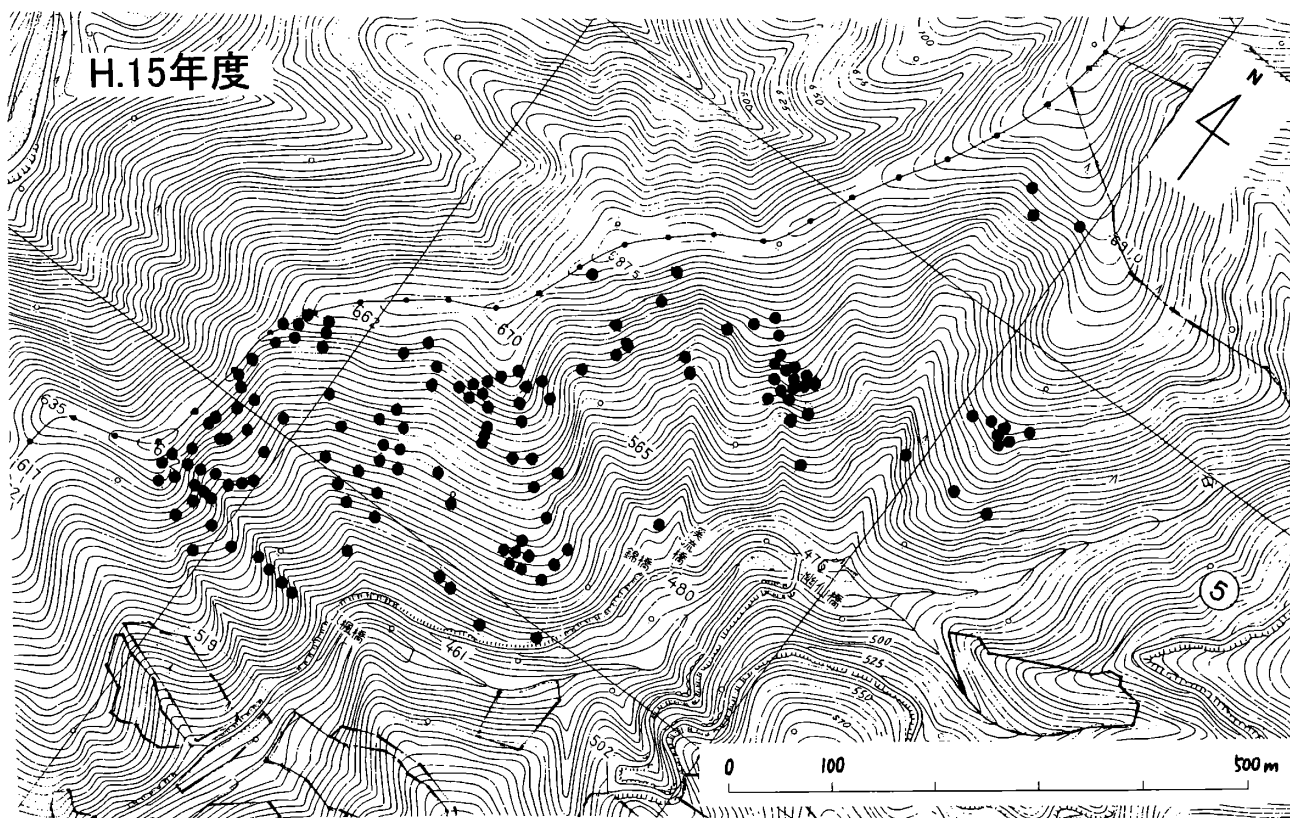
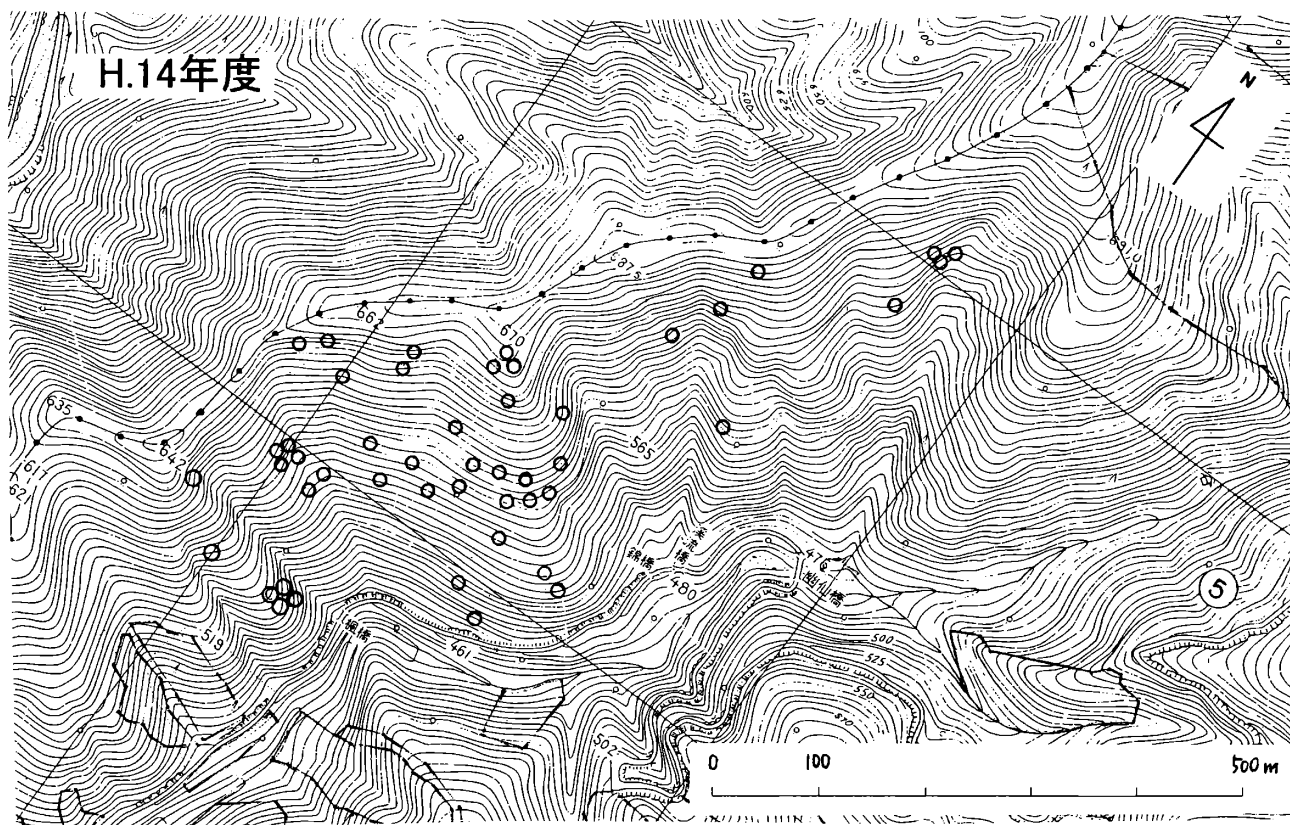
No	樹種	DBH(1.3m) (cm)	変色 (%)	フラス	処理	備考
1	ミズナラ	94.5	100	有	○	
2	ミズナラ	94.2	0	有	○	
3	ミズナラ	79.5	100	有	○	
4	ウラジログシ	55.9	0	有	—	葉生き
5	ミズナラ	66.5	0	有	○	伐倒
6	ミズナラ	70.5	100	有	○	
7	ミズナラ	73.7	—	有	○	葉落ちる
8	ミズナラ	71.8	100	有	○	
9	ミズナラ	57.5	100	有	○	
10	ミズナラ	116.4	100	有	○	
11	クリ	55.5	100	有	○	
12	ミズナラ	57.8	100	有	○	
13	ミズナラ	43.8	100	有	○	
14	ミズナラ	18.0	100	有	○	
15	ミズナラ	28.5	100	有	○	
16	ブナ	68.4	100	無		
17	ウラジログシ	50.2	20	無		カシナガキイムシが原因か不明
18	ウラジログシ	44.1	15	無		カシナガキイムシが原因か不明
19	ミズナラ	20.0	20	無		カシナガキイムシが原因か不明
20	ミズナラ	104.6	20	有	○	
21	ミズナラ	31.5	100	有	○	
22	ミズナラ	89.6	80	有	○	
23	ミズナラ	46.5	100	有	○	23・24同株
24	ミズナラ	47.3	100	有	○	23・24同株
25	ミズナラ	63.0	100	有	○	
26	ミズナラ	55.5	100	有	○	やや倒れ
27	ミズナラ	68.3	100	有	○	3mより上、二股
28	ミズナラ・クリ?	41.6	100	有	—	葉生き
29	ウラジログシ	59.0	100	有	○	
30	ミズナラ	69.0	100	無	○	葉が少、No46の横
31	ミズナラ	36.0	100	有		D区白No60、青No19(被圧スキ)の下
32	ミズナラ	39.6	100	有		D区白No89、青No270(アズキナシ)の左
33	ミズナラ	12.1	100	有		D区白No90、No32の上
34	ミズナラ	90.8	10-20	有		E区オレンジNo271、二又
35	ミズナラ	16.7	100	有	○	伐倒
36	ミズナラ	29.5	100	有		
37	ミズナラ	67.5	100	有	○	
38	ミズナラ	62.5	0	有	○	
39	ミズナラ	44.7	100	有	○	
40	ミズナラ	70.9	100	有	○	
41	ミズナラ	59.2	10-20	有	○	
42	ミズナラ	25.9	100	有	○	
43	ミズナラ	70.5	100	有	○	
44	ミズナラ	51.2	100	有	○	
45	ミズナラ	30.9	100	有	○	
46	ミズナラ	52.0	100	有	○	二又、右手に枯1本フラス無
47	ミズナラ	75.1	100	有	○	
48	ミズナラ	67.2	100	有	○	
49	ミズナラ	39.4			○	
50	ミズナラ	19.8			○	
51	ミズナラ	24.8			○	

H.15年度 被害および防除作業調査野帳 (例) 8,9林班(一部)

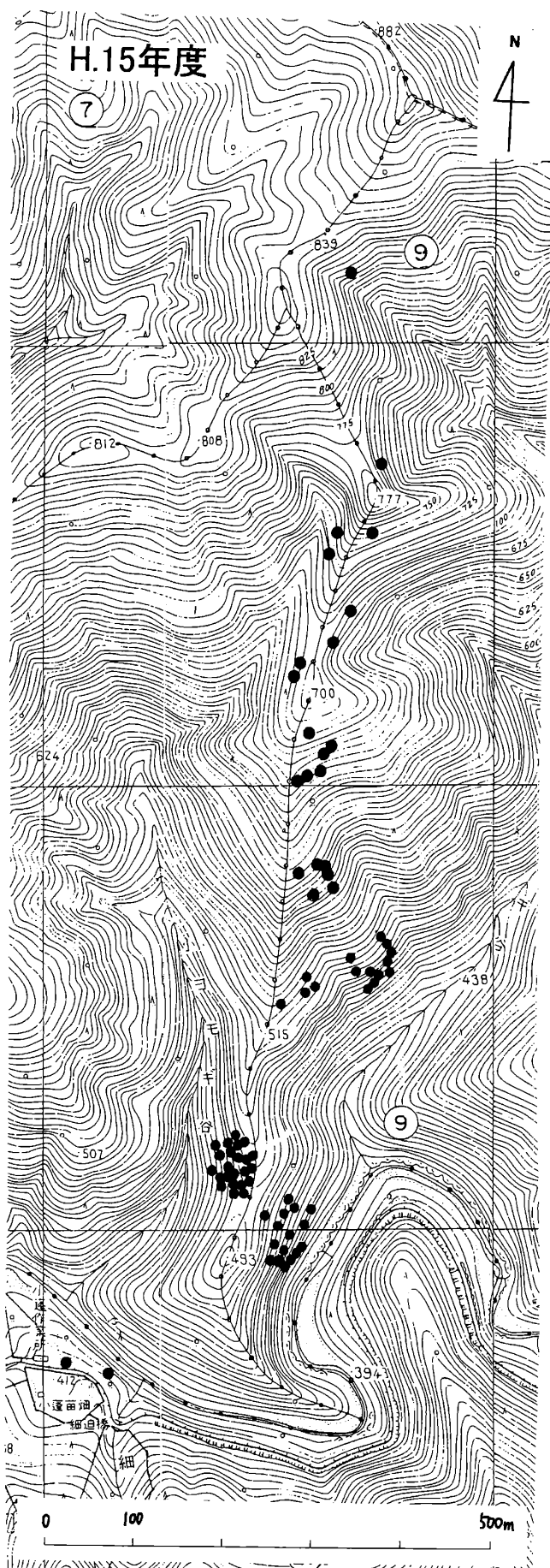
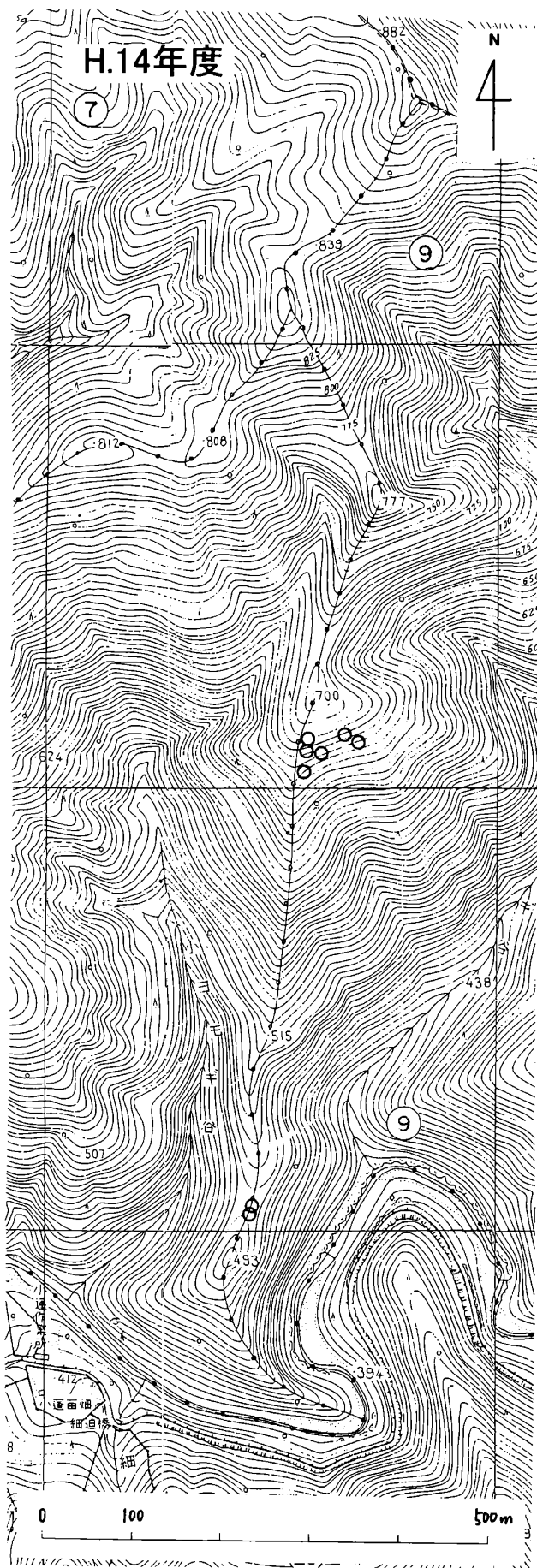
No.	樹種	DBH(1.3m) (cm)	変色 (%)	フラス	備考1	防除処理	備考2
101	ミズナラ	39.0	枯	中		○	
102	ミズナラ	47.5	枯	多		○	
103	ミズナラ	41.5	枯	少		○	
104	ミズナラ	77.3	半枯	極少		○	
105	ミズナラ	58.7	枯	多	防除困難	○	
106	ウラジロガシ	47.8	枯	少	同株	○	
107	ウラジロガシ	28.8	枯	少	同株	○	
108	ミズナラ	60.7	枯	少	109と2又	○	
109	ミズナラ	122.5	8割枯	中	防除困難	—	作業困難
110	ミズナラ	66.0	枯	少	防除困難	○	作業困難、上面だけ実行
111	ウラジロガシ	78.5	半枯	少		○	
112	クリ	32.0	8割枯	極少		○	
113	ミズナラ	32.5	枯	中	2又	○	
114	ウラジロガシ	49.8	3割枯	少	同株	—	生木のため
115	ウラジロガシ	39.5	3割枯	少	同株	—	生木のため
116	ウラジロガシ	63.5	半枯	少	同株	○	
117	ウラジロガシ	33.4	8割枯	少		○	
118	ミズナラ	28.5	枯	中		○	
119	ツクバネガシ	40.5	生	中	120と2又	—	生木のため
120	ツクバネガシ	53.0	生	中		—	生木のため
121	ミズナラ	53.5	枯	多		○	
122	ウラジロガシ	44.2	半枯	少		○	
123	ミズナラ	42.7	枯	極多		○	
124	ウラジロガシ	31.4	半枯	少		○	
125	ミズナラ	40.1	枯	中		○	
126	ミズナラ	34.0	2割枯	少		○	
127	ミズナラ	51.2	枯	少		○	
128	ミズナラ	23.5	枯	多		○	
129	コナラ	50.8	枯	多	以下9/19調査	—	場所不明
130	コナラ	22.0	枯	少		○	
131	コナラ	30.1	枯	少		○	
132	コナラ	37.9	枯	多	つる巻き込み	○	
133	ミズナラ	30.2	8割枯	多		○	
134	ミズナラ	39.7	一部枯	多		○	
135	ミズナラ	45.5	8割枯	多		○	
136	コナラ	35.5	生	多		—	生木のため
137	コナラ	28.2	生	少		—	生木のため
138	ミズナラ	26.9	枯	多		○	
139	コナラ	24.9	1割枯	少		○	
140	ミズナラ	24.0	生	多		○	
141	ミズナラ	25.5	生	多		—	生木のため
142	ミズナラ	21.8	生	多		—	生木のため
143	ミズナラ	20.6	1割枯	多		—	生木のため
144	ミズナラ	10.8	枯	少		○	
145	ミズナラ	12.7	半枯	少		—	生木のため
146	ミズナラ	24.1	生	少		—	生木のため
147	コナラ	17.2	生	極少		—	生木のため
148	ミズナラ	34.2	生	少	2又	—	生木のため
149	ミズナラ	67.2	枯	中	以下10/8調査、防除困難	○	
150	ミズナラ	59.9	枯	大	防除困難	○	
151	ウラジロガシ	30.1	8割枯	大	152と2又	○	

被害木位置図

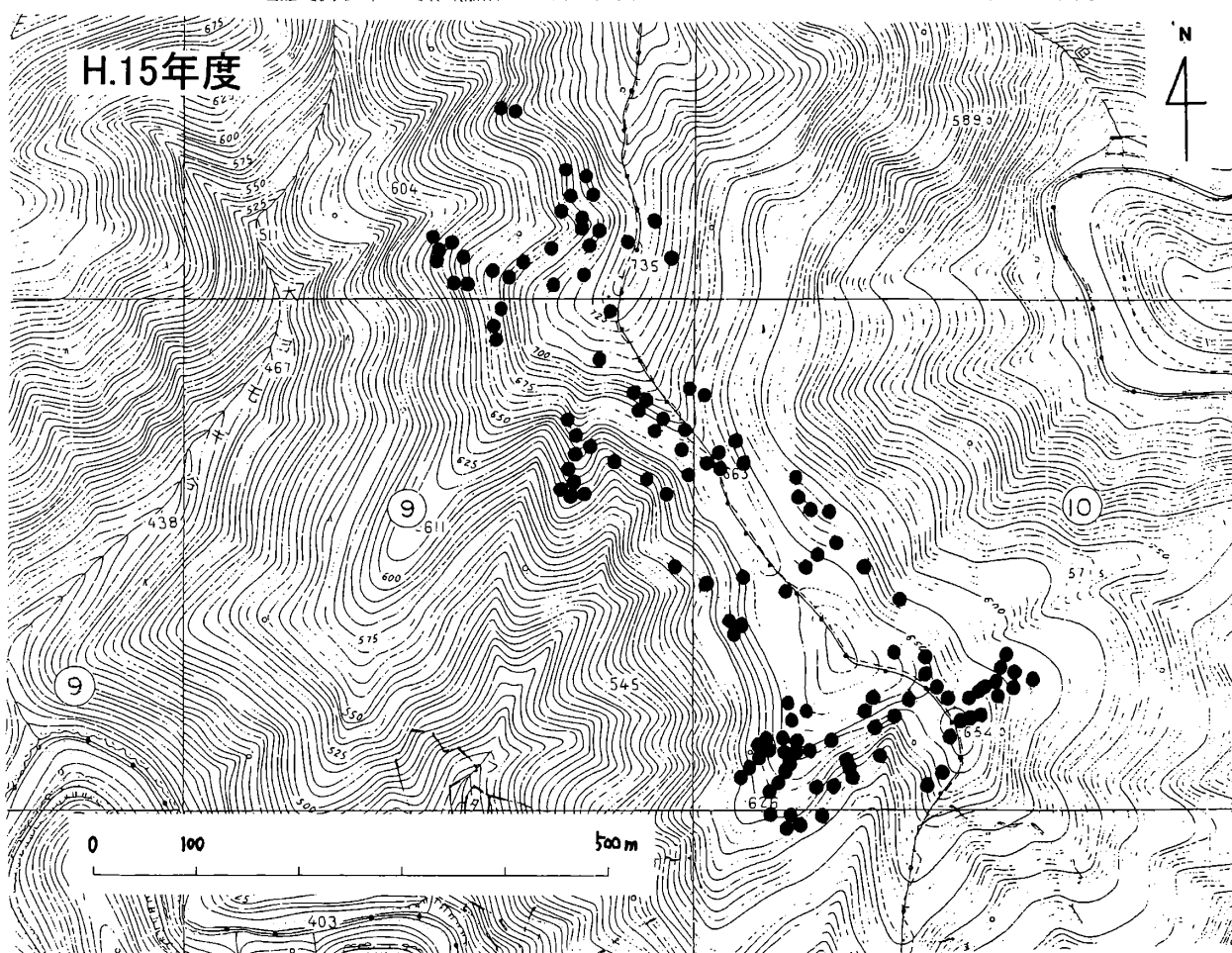
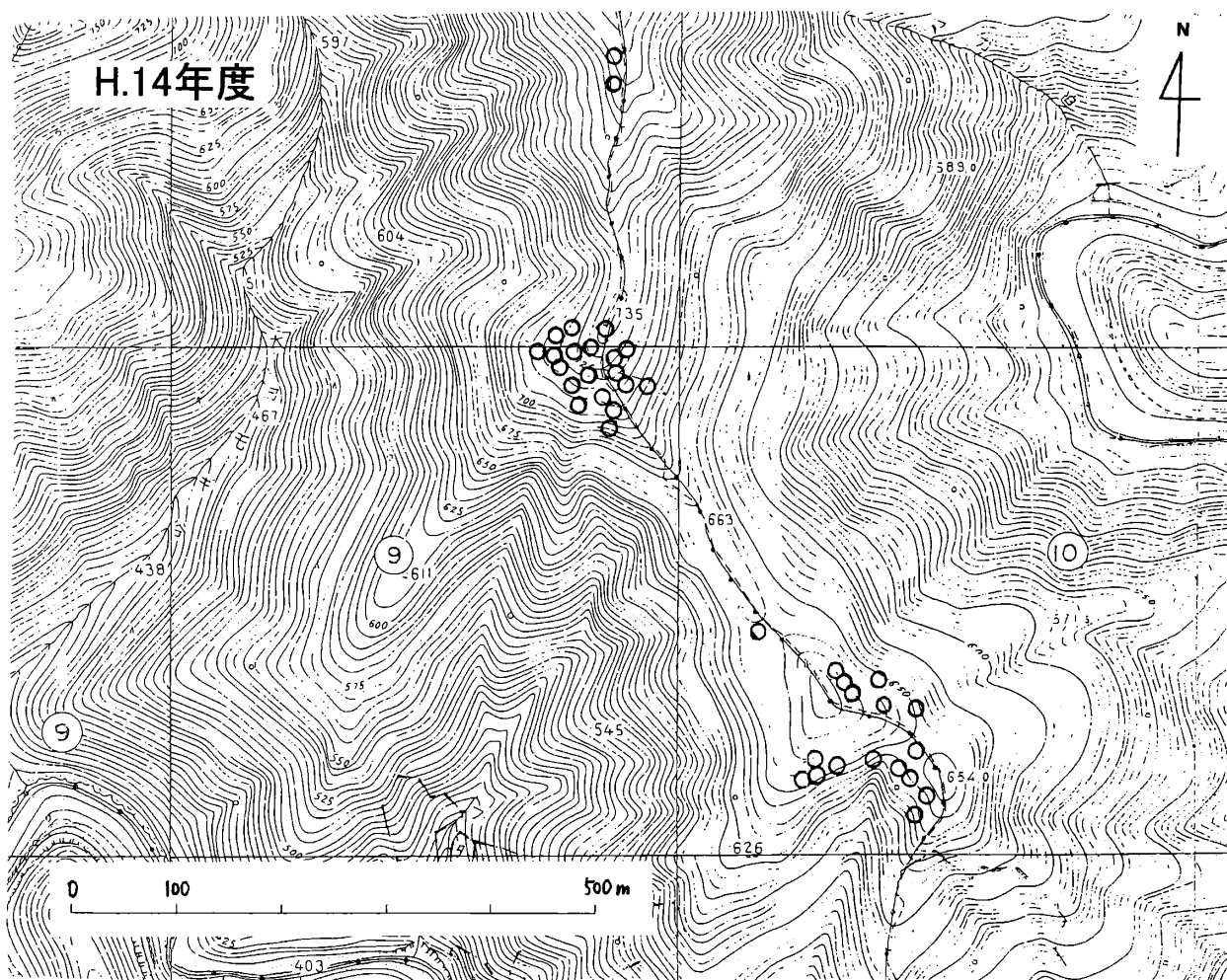
毎木調査時に地形から目測によって、大まかな位置関係をおさえた。



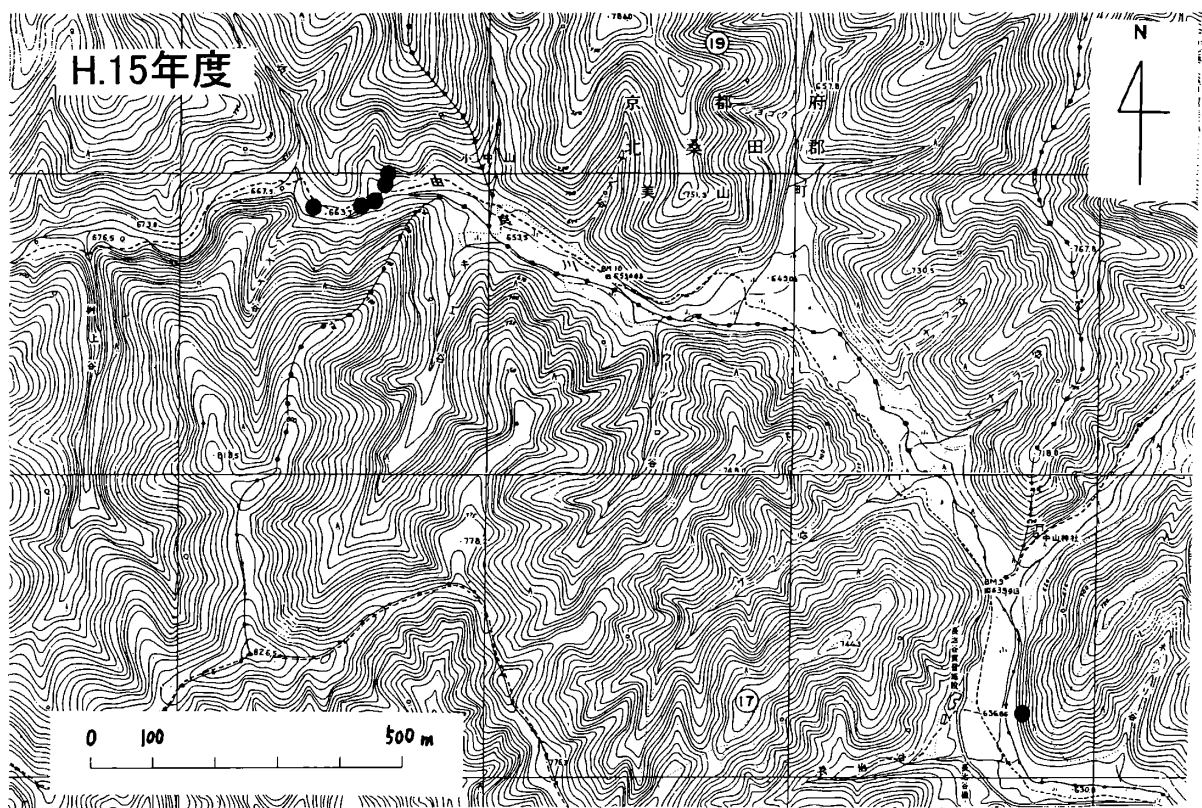
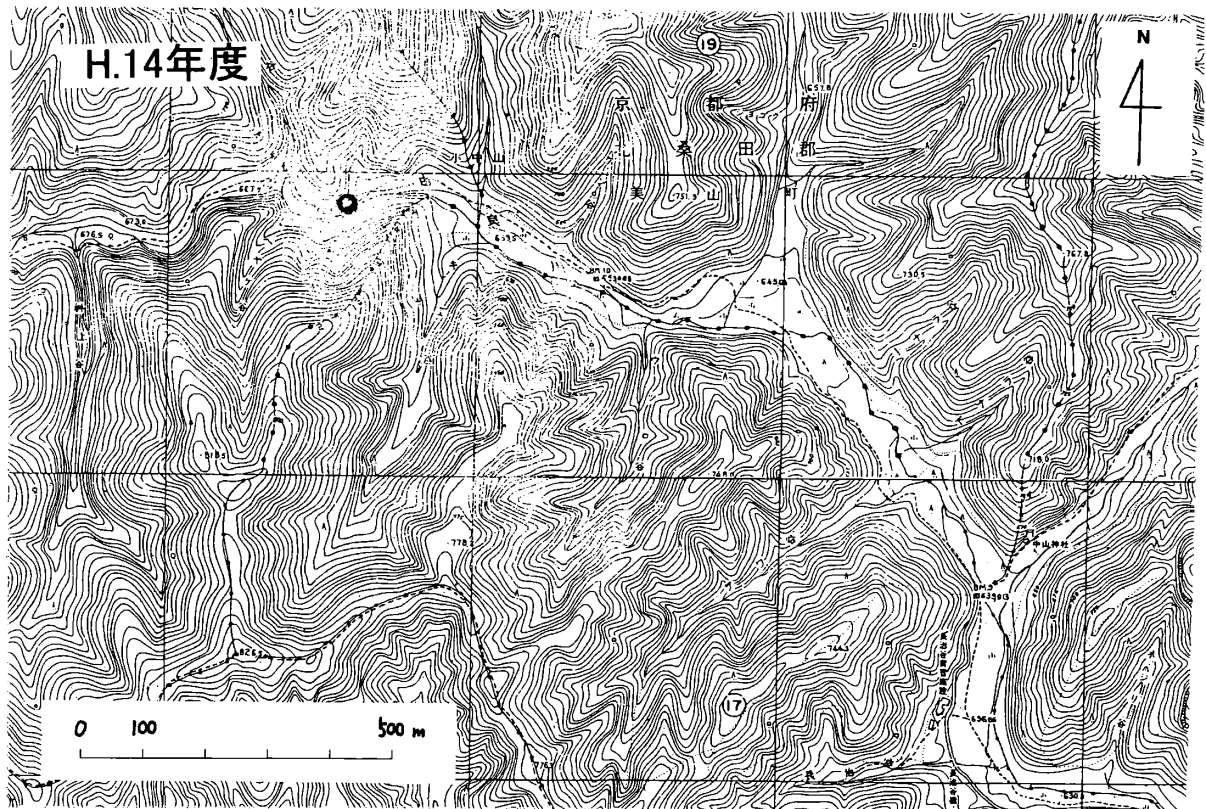
被害木位置図(5林班)



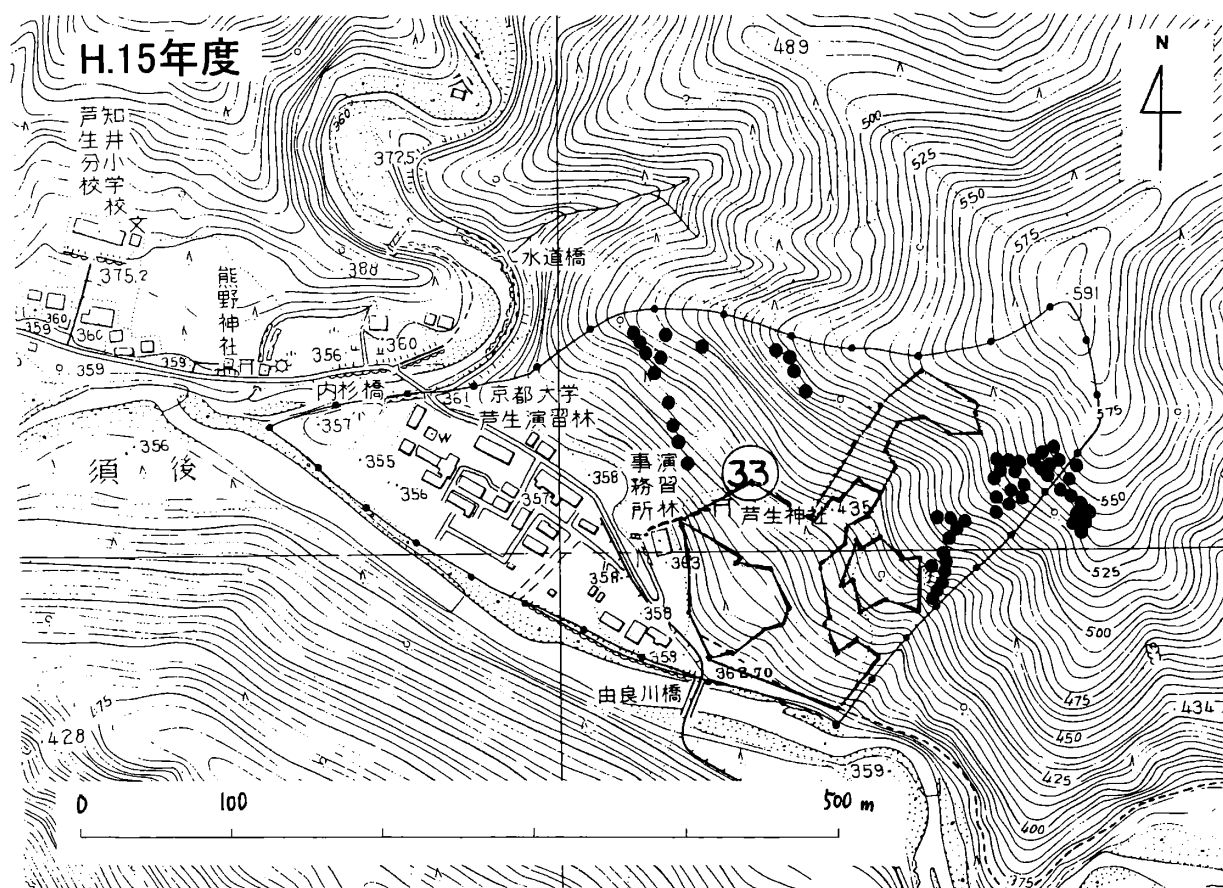
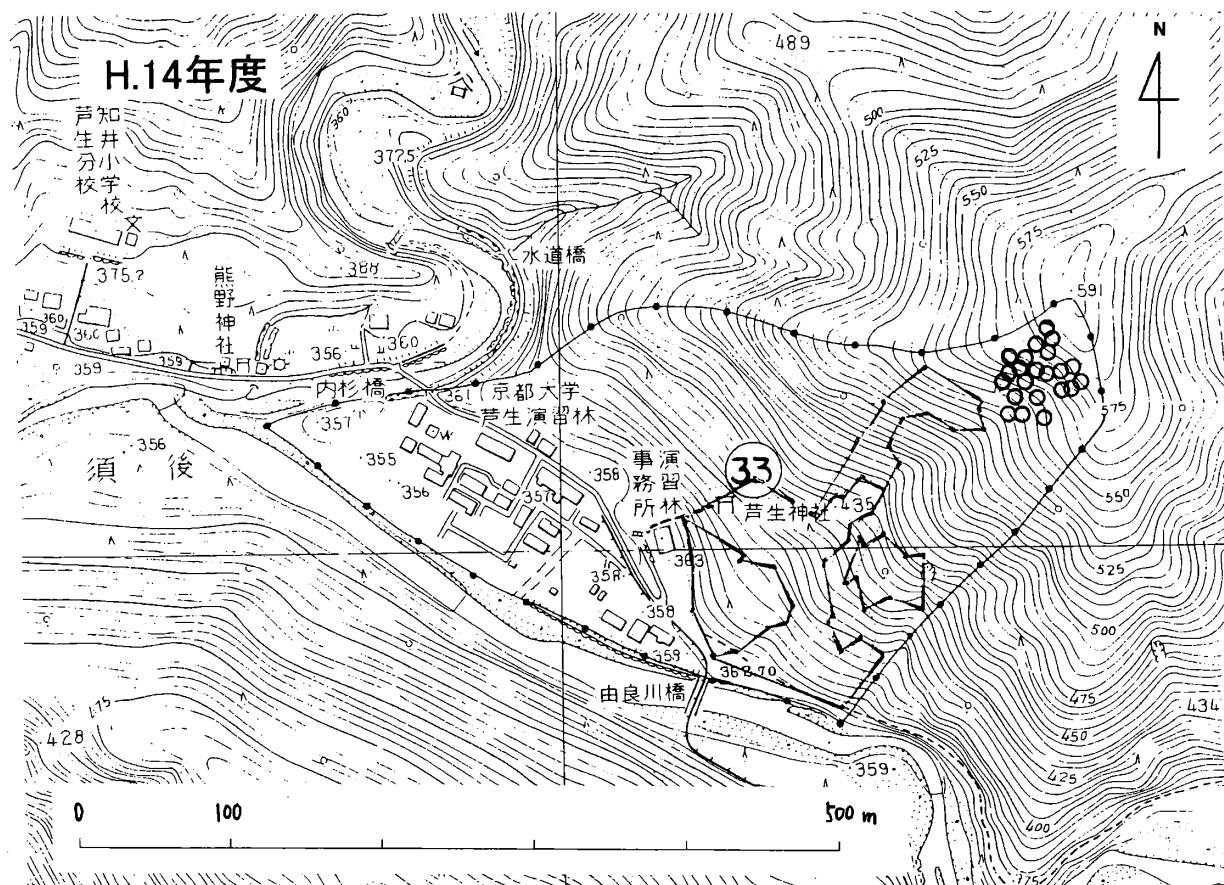
被害木位置図(8・9林班)



被害木位置図(9・10林班)



被害木位置図(18・20林班)



被害木位置図(33林班)

被害状況



9・10林班 (2002.9)



5 林班 (2003.8)

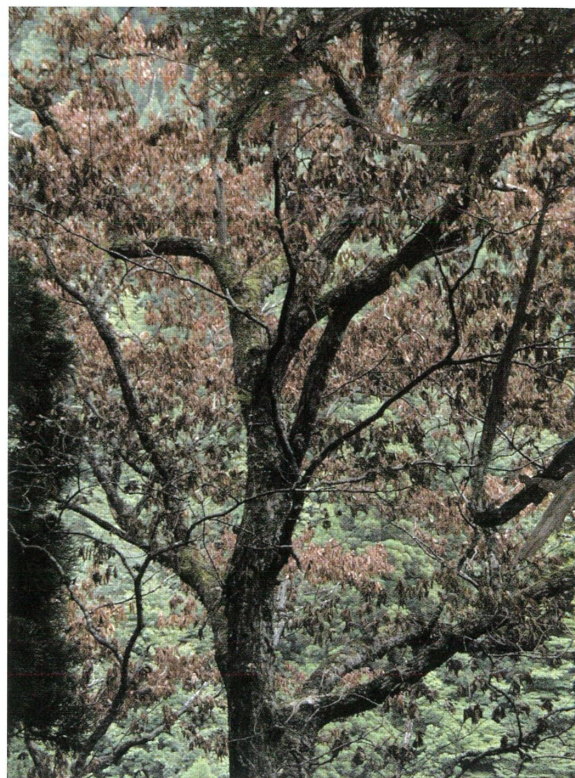


33林班 (2002.8)

被害木



9・10林班 (2003.10)



5林班 (2002.8)



地際にたまったフラス (2002.8)

枯損木の伐倒（2002.11）



チェーンソーにて伐倒



辺材部断面

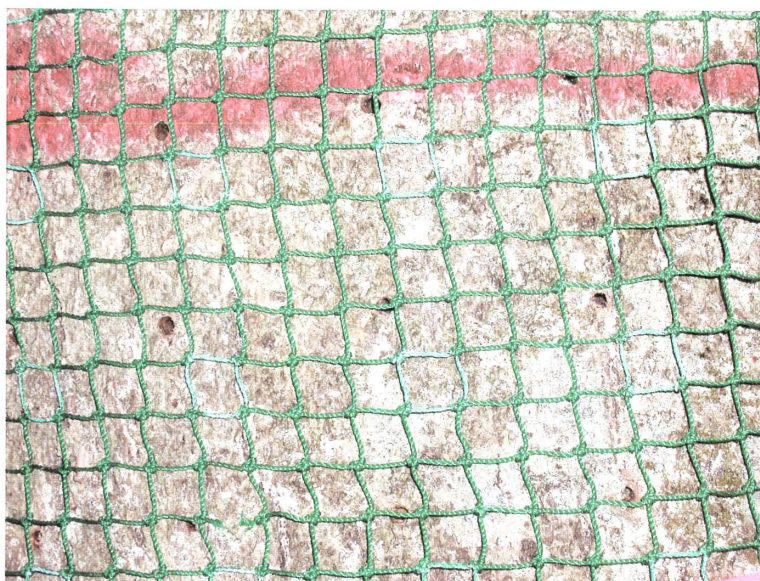


伐根

防除作業（2002.11）



背負い式ドリルによる穿孔



ガイドネットとドリルによる穿孔穴



シイタケ種駒の打ち込み

防除作業（2002.11）



被害木を伐倒・玉切して主幹部を搬出（18林班）



積雪時の防除作業（33林班）



急傾斜地での作業（8・9林班）

防除用の機器・材料



背負い式ドリル



シイタケ種駒

被害調査 (2002.11)



調査方法の説明



カシノナガキクイムシによる穿孔の特定



急傾斜地での調査

丸太を用いた接種試験 (2002.12～2003.9)



各種菌類の接種



ビニールによる被覆・羽化トラップの取り付け



トラップ取り付け後室内に設置

丸太を用いた接種試験 (2002.12～2003.9)



丸太の樹皮剥ぎ



カシノナガキクイムシによる穿孔穴をピンを刺して計数



計数終了後の丸太

防除処理木からの羽化脱出数調査 (2003.7～2003.9)



羽化トラップネットの設置



設置終了後の防除処理木



トラップされたカシノナガキクイムシの回収

試験研究概要

芦生研究林で“ナラ枯れ”被害が確認された平成 14 年度より、京都大学では研究チームを組織し、被害の実態把握及び有効な防除法の確立に向けての研究を行っている。以下はその概要である。

(1) カシノナガキクイムシの穿孔様式

被害発生地においてミズナラ及びウラジロガシを対象に、カシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）の飛来数と穿孔数を継続調査した。その結果、枯死に至った被害木と生き残った被害木ではカシナガの飛来数に差は認められず、飛来したカシナガのうち穿孔する割合（穿孔率）が異なっていることが明らかとなった。従来の研究では最終的なカシナガの穿孔密度を被害程度の指標としていたが、本研究はその穿孔密度の高低を決定する要因として穿孔率が大きく関与していることを示唆するものである。

(2) 感染に対する宿主樹木の応答の動的解析

ミズナラ及びコナラの苗木を使用して、*Raffaelea* 菌接種後の樹体内における菌の進展及びフェノール類物質の変化を比較した。菌の材内進展速度は樹種間で差が見られなかった。また、いずれの樹種でも菌接種後トータルフェノール量が増加し、その後減少する傾向が見られたが、樹種間で応答速度が異なることがわかった。樹種間で認められる被害程度の差の一要因として、この応答速度の違いが考えられる。

(3) 拮抗菌を用いた防除方法の開発

“ナラ枯れ”の病原菌、*Raffaelea quercivora* の生長を抑制するような拮抗菌を探索するために、8 菌株を用いて PDA 培地状において対峙培養を行った。また、枯損木の丸太を用いて接種試験を行い、これらの菌類の有効性を検証した。その結果、丸太を用いた試験において、ボーベリア菌とトリコデルマ sp.2 菌にカシナガの羽化脱出数を抑える効果が認められた。

(1) については、平成 16 年度以降も芦生研究林において継続調査予定である。(2) については、今後枯死過程に関わる成分を更に特定して、液体クロマトグラフィーによる分析を行う予定である。また、芦生研究林における平成 15 年度の防除作業の一部は、(3) の結果を踏まえて行われた。

尚、上記の研究成果は、平成 16 年 4 月に東京大学にて開催される第 115 回日本林学会大会においてそれぞれ発表予定である。各発表の講演要旨を次頁以降に掲載する。

カシノナガキクイムシの穿孔様式と辺材成分の変化

○岩竹淳裕・二井一禎・山崎理正（京大・農）

1. はじめに

近年、日本海側を中心としてナラ類の集団枯損が報告されている。この枯損被害の特徴はカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）という養菌性キクイムシが健全木に多数穿入すること、さらには被害個体の辺材部においてこのカシナガの共生菌が繁殖することで通水機能に影響をもたらし、被害個体が萎凋・枯死する事である。

これまでに大径木やミズナラで枯損被害が著しいことがいわれているが、その原因は大径木やミズナラへのカシナガの飛来数が多いからなのか、それとも飛来したカシナガのうち穿孔する割合（穿孔率）が高いからなのかははっきりしていない。そこで、これを検討するため穿孔率に着目して野外調査を行った。

さらに、この野外調査とあわせてカシナガ穿入後の辺材成分の変化についても調査した。カシナガは辺材部に穿孔し、穿孔によりこの部位に影響を与えることが知られているが、穿孔と辺材成分の変化の関係についてはほとんど報告されていない。この変化を知ることは、穿孔に対する樹木側の反応を知る上で重要な手がかりになると思われる。そこで、枯損の割合が異なるミズナラとウラジログシとでこの反応を比較し、被害過程と合わせて検討した。

2. 材料と方法

調査は京都府美山町に位置する芦生研究林第5林班にて行った。被害発生の初期過程を詳しく見るため、平成14年度の被害林分に隣接する未被害の林分を選び、50m×50mのプロットを設置して、プロット内のミズナラ20本及びウラジログシ10本についてカシナガの飛来数と穿孔数を3~5日おきに調査した。飛来数は、カミキリホイホイ（アースケミカル社製）8cm×25cmを粘着面が外側になるように調査対象木の地際部50cm部位の山側・谷側に設置し、トラップされたカシナガをカウントすることで調査した。穿孔数は150cm以下について、全ての穿入孔のそばに押しピンを刺してカウントした。

辺材成分の分析は、7月下旬から8月中旬にかけて、カシナガによって穿孔されたミズナラ2本、ウラジログシ1本について、また、9月上旬から10月下旬にかけて、ミズナラ4本、ウラジログシ4本（それぞれ被害木2本・健全木2本ずつ）について辺材試料を採取した。採取は分析対象木の穿孔部周辺から径1cmのドリルで深さ1.5cmまで削り、木屑を得た。得られた木屑を凍結乾燥・粉碎後50%メタノールで抽出し、Price and Butler methodにより総フェノール量（以下、TP）を、Bate-Smith methodによりエラグタンニン量（以下、ET）をそれぞれ定量した。

3. 結果と考察

被害木はミズナラ 7 本、ウラジログシ 3 本であった。被害木の穿孔率を比較すると、ミズナラ枯死木とミズナラ生存木、ミズナラとウラジログシで穿孔率が異なり、それぞれ前者の方が有意に穿孔率が高かった。さらに単位面積あたりの飛来数と穿孔密度には相関が見られなかったが、穿孔率と穿孔密度に正の相関が見られた（図-1）。穿孔密度と枯損に関係が見られるという報告があり、実際今回の調査でも穿孔密度が高い個体で枯死が観察された。

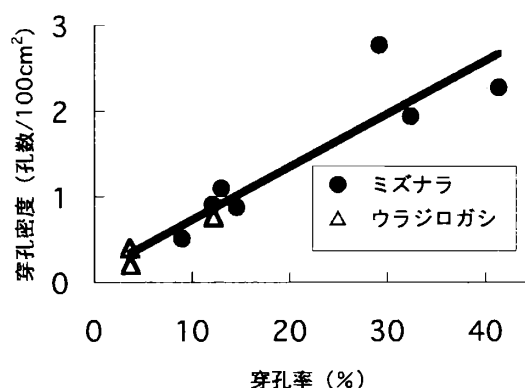


図-1 穿孔率と穿孔密度

以上から、カシナガは穿孔の際に寄主を識別していると考えられ、穿孔率の高い寄主（カシナガの嗜好度の高い樹木）では穿孔密度が高くなり損傷程度が大きくなると考えられる。

分析を行った辺材成分について大きな変動が見られたのは穿孔率が高い時期であり、穿孔によって辺材成分が変化することが示唆された。具体的には、カシナガの初期穿孔後各成分は徐々に上昇し、その後急激に穿孔率が高くなると、各成分の値が減少する傾向が見られた（図-2）。その際、ミズナラの方が減少程度が大きく、ウラジログシでは TP はほとんど減少しなかった。

ミズナラとウラジログシの枯損の割合の違いには、カシナガの穿孔率の違いやこのような成分変化の違いが関係しているのかも知れない。

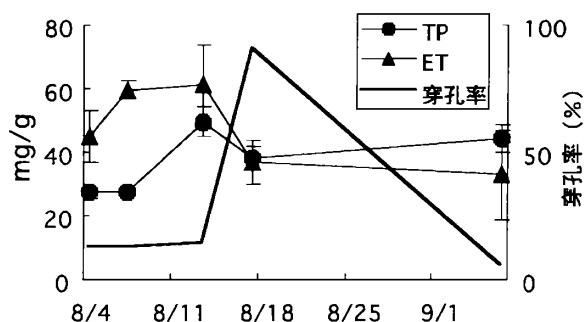


図-2 ウラジログシ被害木における各成分と穿孔率の変化

ナラ枯れ宿主木の生理学的研究

○竹内友二・竹本周平・山崎理正・二井一禎（京大・農）

1. 目的

ナガキクイムシ科穿孔性昆虫の1種であるカシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*) の穿入によってナラ類が大量に枯死する被害が、1980 年頃から日本海側を中心に問題になっている。これらの被害木からは例外なく *Raffaelea quercivora* が高頻度で分離されている。本研究では本菌の主な宿主木であるミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) とコナラ (*Quercus serrata*) の3年生苗に対して *R. quercivora* を接種し、その後本菌の材内進展の様子と、それに伴う材の抽出成分の変化を時間的・空間的に解析することを目的とし、*R. quercivora* の再分離と材の抽出成分の定量を行い、その結果を両樹種間で比較した。

2. 材料と方法

1) *Raffaelea quercivora* の接種

2003 年の7月上旬に、苗の地表から垂直上向きに約 10 cm の部位にドリルを用いて直径 1.2 mm・深さ 4 mm の穿孔3点を施し、その穿孔に爪楊枝に繁殖させた *R. quercivora* を接種した。また非接種区（対照区）の穿孔には無菌の爪楊枝のみを接種した。

2) サンプルング

接種後 1、2、3 および 4 週間目に接種部位を含む垂直上向きに 18 cm の主軸を採取した。この主軸を 3 cm 毎の 6 つのセグメントに剪定バサミで分割し、各セグメントの下部数 mm を菌の再分離に、残りを抽出成分の定量に用いた。処理区としてはミズナラ・コナラともに接種区と対照区、さらに接種後 1 週間毎に 4 週間目までの合計 16 処理区を設け、各区につき 7 本の苗を供試した。

3) *Raffaelea quercivora* の再分離

各試料を 0.5 % アンチホルミン溶液で 5 分間表面殺菌した後滅菌水で 3 回洗浄し、PDA 平板培地に置いた。その後 20 °C の暗室に約 1 週間静置し観察した。

4) 材抽出成分の定量

各試料を凍結乾燥させ、剪定バサミで数 mm 角に刻んだ後、ボールミルにより粉碎し、粉末状にした。この試料を 50 % メタノールで 24 時間抽出し、その抽出液からトータルフェノール、縮合型タンニン、エラグタンニンを比色法によりそれぞれ定量した。

3. 結果

1) *Raffaelea quercivora* の再分離

Raffaelea quercivora の各部位における分離率については、ミズナラ・コナラ両樹種とも接種点で最も高く、接種点から離れるにしたがって減少していた。ミズナラ・コナラ間で *R. quercivora* の分離率および分離部位に大きな違いは見られなかった。

Raffaelea quercivora 接種区の試料では、ミズナラ・コナラ両樹種とも対照区より明らかに大きな辺材変色域の形成が認められた。接種区では、ミズナラ・コナラ両樹種とも変色域の形成は接種部位付近に留まっていたが、*R. quercivora* は変色域から離れた部位からも分離された。

2) 材抽出成分の定量

ミズナラ・コナラ両樹種とも各抽出成分量が一度ピークに達し、その後減少した。しかし、ピークに達したのはミズナラが接種後3週間目であったのに対し、コナラは接種後2週間目であった（図1）。一方、対照区の各抽出成分はミズナラ・コナラ両樹種ともに、接種後時間が経過しても大きな変動は認められなかった。

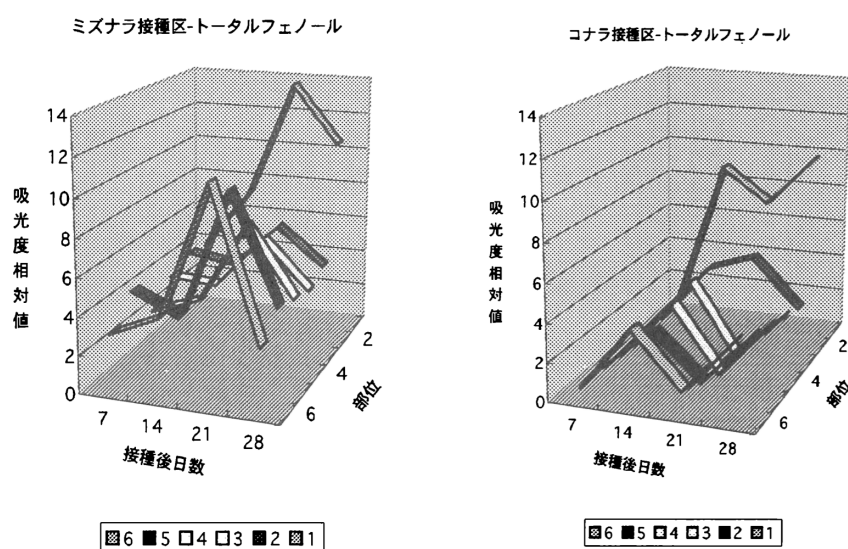


図1：ミズナラ・コナラの *Raffaelea quercivora* 接種区におけるトータルフェノール量の変化

4. 考察

材抽出成分の定量実験の結果、材抽出成分量の時間的な変動様式においてはミズナラ・コナラ間で差が見られた。一方、*R. quercivora* の再分離試験では両樹種間に差は見られなかった。これらのことから、ナラ枯れ被害の程度は本菌の材内進展の程度によるものではなく、それぞれの樹種が菌の感染に対して引き起こす生理的防御反応の応答速度の違いによるものである可能性が示唆された。

拮抗菌を用いた“ナラ枯れ”防除の試み

○ 二井一禎・竹本周平・神崎菜摘・山崎理正（京大・農）
小林正秀・野崎愛（京都府・林試）

1. 目 的

ミズナラをはじめとするナラ属樹木が集団的に枯死するいわゆる“ナラ枯れ”が各地で問題になっている。この森林病害はこれまで日本海側を中心に被害地域を拡大してきたが、最近では内陸部に被害が進展し、平成 14 年の夏には京都府の内陸部に位置する京都大学フィールドセンター、芦生研究林にまでその被害がおよぶようになった。そこで、この被害実態を調査し、有効な防除法を確立するために研究チームを組織し、調査・研究を開始した。これまでにこのチームが実施した調査・研究は大別して 3 つの部分からなる。その一つは、被害地における枯死木の発生状況の調査で、第二の課題は感染に対する宿主樹木の応答の動的解析である。これらの課題についてはチームの他のメンバーによって別に発表されるのでここでは省略する。第三の課題は、病原菌を媒介し、被害の流行の原因となっているカシノナガキクイの密度を拮抗菌を用いることにより制御する方法の開発である。この考えは既にメンバーの一員である小林や野崎により、シイタケ菌を用いた防除法として発表されているが、より有効な菌を見いだすためにこの調査・研究が実施された。ここではその結果を紹介する。

2. 材料と方法

- (1) 拮抗菌の探索： “ナラ枯れ”の病原菌、*Raffaelea quercivora* に対し 8 株の菌類を供試して対峙培養を行い、基質上で示される *R. quercivora* と各供試菌の生長反応を解析し、拮抗力を判定した。用いた菌株はシイタケ、ツキヨタケ、ヒラタケ 2 株、トリコデルマ 4 菌株の合計 8 菌株である。これらの菌を PDA 培地上で 9 日間 25℃ で前培養後、これら供試菌のいずれか 1 種と *R. quercivora* を直径 6 mm のディスクとして抜き取り、内径 84 mm のシャーレに用意した培地上に互いに 3 cm 隔てて対峙させ、25℃ の恒温条件下で生長を観察した。いずれの組み合わせについても繰り返しにはシャーレ 10 枚を用いた。
- (2) 枯損木丸太を用いた拮抗力試験： カシナガが多数穿孔している枯死木を伐倒し、虫の多数潜入している部位を 30 cm の長さに切り分け、これを材料とした。接種に先立ち、切断後の丸太の乾燥を防ぐため、両端をパラフィンで封じた。拮抗菌としては、シイタケ、ヒラタケ、トリコデルマ 3 系統、木材腐朽菌 3 系統、ボーベリアの合計 9 菌株と、孔をあけただけで、菌を接種しない対照区の合計 10 処理区とした。各処理区につき、7 反復をとった。したがって、用いた丸太の数は 70 本である。接種後、丸太は風通しの良い

屋内に放置し、翌年初夏に防虫ネットで被覆し、羽化昆虫を定期的に採取し、カシナガについては雌雄別に、他の昆虫については種類別、あるいはグループ別にカウントした。

- (3) 野外枯損木への接種試験： 枯損木から周辺健全木への被害の拡大を最小限に抑えるため、拮抗作用があきらかになっているシイタケ菌を枯損木に接種した。用いた菌株はキノックス社の S-10 株である。接種に当たっては背負い式ドリルで、地際、胸高、その中間の 3 つの高さについて穿孔した。孔の間隔は、ガイドネット（幅が 30 cm、格子間隔が 10 cm のネット）を用い、10 cm 間隔で穿孔した。穿孔した孔のうち、十分の一のものに、拮抗菌のタネ駒をできるだけ均等に打ち込んだ。この時、孔の深さは 5 cm とし、タネ駒は 2 cm より深くに埋め込んだ。翌年 7 月初旬より 1 週間に 1 度の頻度で 2 ヶ月間、羽化昆虫をトラップ内から採取し、その数を (2) に準じて選り分け、カウントした。

3. 結果

- (1) 拮抗菌の探索： 供試した 8 菌株のうち *R. quercivora* の生長が抑制されるのは、シイタケ菌、ツキヨタケ菌、トリコデルマ・ハルティアーム菌、ヒラタケ菌の 2 株などであったが、トリコデルマの sp.2 や sp.3 は生長が早く、その効果判定ができなかった (図 1)。
- (2) 枯損木丸太を用いた拮抗力試験： 供試した 8 菌株のうち、菌を接種せず穴だけを空けた対照区より有効であったのはボーベリア菌と、トリコデルマ sp.2 菌だけであった (図 2)。

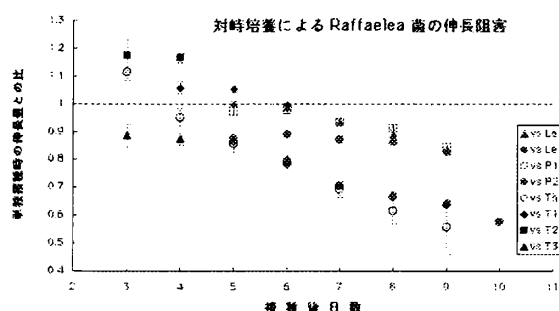


図 1 対峙培養による *Raffaelea* 菌の生長阻害。この図では *Raffaelea* 菌の生長は対峙菌が無い状態の時の生長を 1 としたときの相対値で表現している。

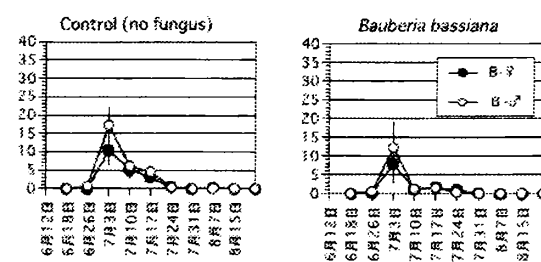


図 2 丸太を用いた拮抗力試験の結果。ボーベリア菌を接種した丸太からのカシナガの羽化脱出数はやや減少している。

4. 考察

病原菌を制御したり、カシナガの羽化個体数を制御するために、いくつかの菌類の拮抗力を試験したが、野外における実施結果はまだ出ていない。病原菌やその伝搬者に対して拮抗力を判定するためには、さらに多面的な調査が必要である。

あとがき

日本では数年前より、主に日本海側の森で問題になっていたナラ枯れが、我々の京都大学フィールド科学教育研究センターの芦生研究林内に発生した。由良川中流域での発生を知ったのが、ほぼ1年前である。これほど急速な伝搬を予想もしておらず、職員からの報告で褐変したミズナラの葉を見て、驚いた。マツ枯れと同様の症状であり、大木が枯死していた。

しかし、フィールド科学教育研究センターには、まだこの分野の専門家がいなかった。この分野に詳しい地域環境科学専攻の二井一禎教授、森林科学専攻の山崎理正助手に、ご指導とご協力をお願いし、センターの芦生研究林長、中島皇講師が現場の責任者として対応した。また、芦生研究林の看板とも言える原生森林からミズナラが消えることをご心配いただき、大学本部からも急遽予算をいただいた。この一年間の成果、被害の現状、原因となる「ナラ枯れ」の研究領域からの現状を市民、地元に報告すべく、9月27日に「芦生の森とナラ枯れ」と題したシンポジウムを京都市国際交流会館において開催した。5名の方々に各分野の専門の講演をしていただき、講演者も含めて8名でパネルディスカッションを企画した。

森林に対するこの種の生物害としてマツノマダラカミキリとマツノザイセンチュウによるマツ枯れ害があった。センター組織のひとつ上賀茂試験地では、発生個体の伐倒、消毒など、十数年間に渡り防除に努めたが、天然性のマツはほとんど消えてしまった。研究は進み、より詳しい現象を理解できても、マツ枯れは未だに進行し、弱い個体が選別されている現状である。貴重なマツ個体に関しては、薬剤注入による方法が見いだされ、特別な費用をかけると防除効果があるとの研究段階まで進んだ。

現在までの研究から、日本に在来昆虫カシノナガキクイムシは、雄がブナ科樹木の下部の幹に穿道を掘り、雌に共生する *Raffaelea* 属の共生菌によって幹内に菌を繁殖させて、それをエサとする養菌性昆虫であることが明らかにされている。ただし、樹木と昆虫と菌とが複雑に関係するナラ枯れの集団発生の原因究明、被害防除法の確立は困難であること予想される。昆虫が幹の孔道で繁殖するために、外部からの薬剤では効果が薄い。確実に防除を実行できる伐倒処理とその後の対策法は、膨大な人手と費用がかかり、芦生の山々の急峻な地形を考慮すると大変危険な作業となる。

「芦生の森とナラ枯れ」に関する、時を得たシンポジウムの開催によって、芦生研究林およびその周囲の森での動向が明らかとなり、それを市民や地元の方々にに対して報告できた。また、専門家同士でのやり取りから、今後の方向についての示唆も得られ、103名の参加者によって盛会のうちに終了した。

最後になりましたが、芦生研究林におけるナラ枯れに対して調査・研究・防除のための予算措置にご配慮頂いた前総長の長尾眞先生、前副学長(現総長)の尾池和夫先生に心からお礼を申し上げます。前農学研究科長の松野隆一先生には農学研究科附属演習林のためにいろいろとお骨折り頂き、心から感謝致します。また、小川清四郎企画調整官をはじめとする事務局の皆さんには、

現地でナラ枯れの実態を視察頂き、農学研究科やフィールド科学教育研究センターのみならず京都大学全体としてのバックアップ体制を取って頂きました。我々としては大層心強く、調査・研究・防除に専念できたことは感謝に堪えません。芦生研究林周辺のナラ枯れに関する情報を提供頂いた京都府・滋賀県・福井県の担当部署の方々、シンポジウムの講演やパネラーを快くお引き受け下さった皆さんにもお礼を申し上げます。ナラ枯れのシンポジウムではセンター事務を中心に農学部等事務部の皆さん、調査や防除の最前線では芦生研究林職員の皆さんの努力と貢献が非常に大きかったことを付け加えておきます。シンポジウム当日は、当方が体調不良でご迷惑をおかけしました。この機会に司会を代わって頂いたセンターの竹内典之教授をはじめ、関係の皆様にお詫び致します。

平成 16 年 2 月 20 日

京都大学フィールド科学教育研究センター

上賀茂試験地長 大畠 誠一

芦生の森とナラ枯れ検討会（シンポジウム実行委員会）

大畠 誠一	フィールド科学教育研究センター	教授（委員長）
竹内 典之	フィールド科学教育研究センター	教授
二井 一禎	農学研究科地域環境科学専攻	教授
芝 正巳	フィールド科学教育研究センター	助教授
中島 皇	フィールド科学教育研究センター	講師
山崎 理正	農学研究科森林科学専攻	助手

平成 16 年 2 月 20 日 発行

平成 16 年 11 月 17 日 増刷

発 行 京都大学フィールド科学教育研究センター
京都市左京区北白川追分町

印 刷 有限会社紀書房
京都市左京区田中大堰町 129

