

森林

FOREST PESTS

防疫



目次

論文

沖縄県の松くい虫防除戦略

—防除戦略の策定とGISを活用した戦術(既存防除技術の適用法)の構築—

[伊禮英毅・酒井康子・喜友名朝次・宮城 健・具志堅允一・吉田成章] 3

マツノマダラカミキリの放虫によるマツ枯れの再現

[小林正秀・野崎 愛] 10

サビマダラオオホソカタムシのマツノマダラカミキリ生物的防除への利用における展望

[浦野忠久・中村克典・牧本卓史] 23

技術情報

マツノマダラカミキリ成虫駆除のための微生物農薬「バイオリサ・マダラ」

[島津光明・樋口俊男] 32

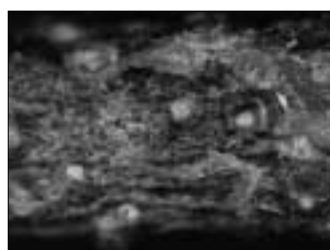
都道府県だより：岐阜県 39

新刊紹介：緑化樹木腐朽病害ハンドブック((社)ゴルファーの緑化促進協力会編) 41

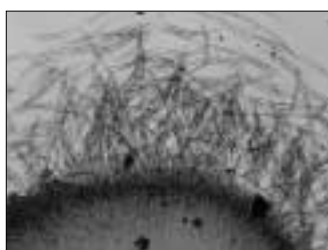
森林病虫獣害発生情報：平成19年8月・9月受理分 42

林野庁だより：人事異動 43

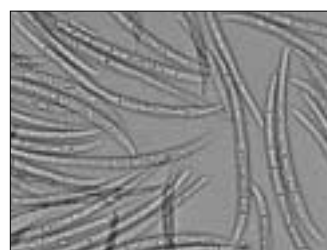
森林防疫ジャーナル：人事異動 43



A



B



C

[表紙写真] カツラマルカイガラムシに寄生したしょうこう(猩紅)病菌

写真A：しょうこう(猩紅)病菌に寄生されたカツラマルカイガラムシ。周囲に赤いスポロドキア(分生子座)が生じている。

(2006年10月、福島県郡山市コナラより福島県林業研究センター齋藤直彦氏採集)。

写真B：分生子を遊出しているしょうこう病菌のスポロドキア。

写真C：しょうこう病菌の分生子拡大図、棒線=5 μ m。

カツラマルカイガラムシ (*Comstockaspis macroporana*) はカツラ、クリ、ナラ類、その他各種の広葉樹を吸汁加害するカイガラムシで、被害がひどい場合には枯死に至る。しょうこう病菌類 (*Fusarium coccophilum*) はカイガラムシの寄生菌で、有性世代は *Nectria flammea* となる。接種実験の困難からカイガラムシへの病原性を疑問視する文献もみられるが、野外でのカイガラムシ大発生時における感染率は非常に高くなることもあり、天敵微生物としての重要性は間違いなさであろう。

((独) 森林総合研究所 島津光明)

論文

沖縄県の松くい虫防除戦略

—防除戦略の策定とGISを活用した戦術(既存防除技術の適用法)の構築—

伊禮英毅¹・酒井康子²・喜友名朝次³・宮城 健⁴・具志堅允一⁵・吉田成章⁶

1. はじめに

沖縄県では、1973年に松くい虫被害が侵入し（我如古・末吉，1976），県木であるリュウキュウマツ *Pinus luchuensis*（以下，マツという）の枯死被害が全島に拡大，被害は依然，高水準で推移している（図-1）。

本病の防除方法として，薬剤散布や樹幹注入，伐倒駆除など有効な技術が既に確立しており，これらを適期に確実に実施すれば，沖永良部島や宮古島のように松くい虫被害は終息に向かう（田實ら，2000；中村，2005）。

しかし，薬剤散布は広域松林の保全に有効であるが，環境への影響やポジティブリスト制度（日本植物防疫協会，2006）が導入され施用が制限される。樹幹注入は高価であり，巨木・銘木等の単木の保全に有効であるが，広域松林の保全には利用しがたい。

また，伐倒駆除は，罹病枯死木の探索，伐倒，処理に多大な労力と時間，費用を必要とする。県・市町村の財政が逼迫する現状を鑑みると，沖縄県全域の松林を保全することは困難であり，保全すべき松林（以下，保全対象松林という）を絞り込み，防除の重点化を図る必要があった。

沖縄県では，保安林等公益性の高い松林を中心に防除の重点化を図ったが，行政担当者はそれぞれの保全対象松林に対する防除の具体策に苦慮していた。そこで，沖縄県森林資源研究センターでは，選定された保全対象松林25地区を対象に，過去の防除効果の評価と効率的・効果的な松くい虫防除を実施するための防除戦略を2004年に策定し，行政へ提言した。

本稿では，防除戦略の策定手順，戦術の構築過程について，屋我地地区の保全対象松林を一つの事例として報告する。また，屋我地地区の2004年の防除

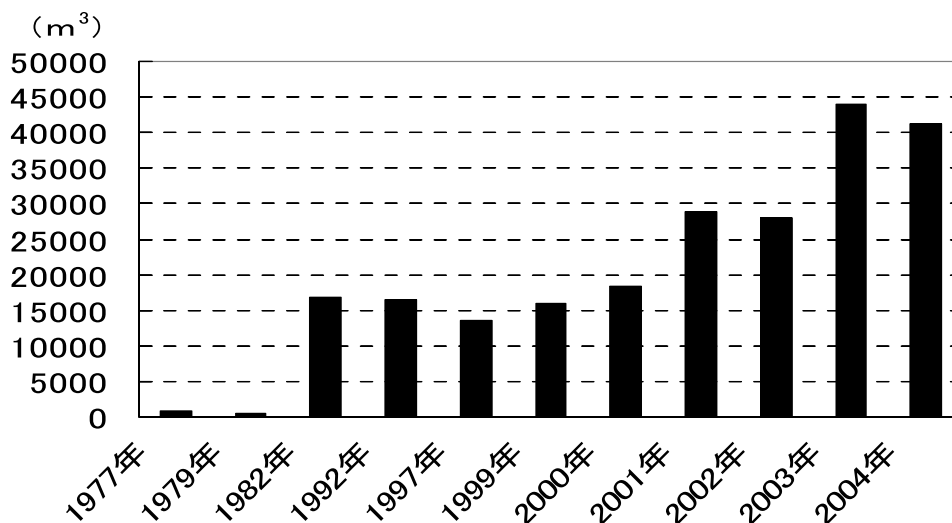


図-1 沖縄県の松くい虫被害量の推移(林野庁：2004)

効果を検証・評価するとともに、問題点を摘出し、戦術の改善方法を検討したので合わせて報告する。

2. 防除戦略の策定・戦術（既存防除技術の適用法）の構築方法

本研究では、既存防除技術で防除を実施することを前提とした。保全対象松林の実効ある防除を実施するには、(1)アクセスや傾斜など地理的、地形的条件で防除作業の難易が左右されること（以下、防除難易度という）、(2)当該林分の被害量には周辺林分からのマツノマダラカミキリ（以下、カミキリという）の飛び込みが大きく影響することから、当該林分と周辺（概ね2 km以内）一帯の、松林分布状況および本病被害推移状況を把握することが必須条件である。しかし、これらの要素を具体化したデータや科学的な解析手法がなかったので、新たな解析システムとして「松くい虫防除対象林地理情報管理システム」を開発（中平・谷島，2004）し、本研究に活用した。

1) 松くい虫防除対象林地理情報管理システム

松くい虫防除対象林地理情報管理システム（以下松くい虫GISという）とは、Geo Baseをシステムエンジンとし、基礎データである傾斜区分図（50mメッシュ）、松林分布図、林班図、河川集水域図等の地図情報や被害量等の統計情報をコンピューター上で重ね合わせ、情報を分析・解析し、松くい虫防除の具体策を視覚的に解りやすく表示するシステムである。松くい虫GISでは、防除難易度を路網からの距離（ここでは、伐倒枯死木の搬出が可能とされる200mを採用）とメッシュ内の平均傾斜角および、路網からメッシュに至るまでの平均傾斜角で演算することで、「容易」～「難」の5段階で評価できる。また、メッシュ内の被害本数を算出式に反映させることで、1本の被害木に対する防除労力が明らかとなり、メッシュ数を集計すれば当該地区の防除の効率性も解析できる。このほか、松くい虫GISには、任意の距離（ここでは、2 km）を入力すると、入力距離に対応してバッファリングを行い、カミキリの

飛び込みが懸念される範囲を一目で判断できる機能や、林班あるいは字ごとの被害量、防除量等に関する被害実績簿（Excel様式）を入力すると、被害動態の把握、データの管理を容易にする機能がある。

2) 防除戦略の策定

本研究でいう防除戦略とは、保全対象松林の防除方針を意味する。保全対象松林の防除戦略は、地形や立地条件、防除実態、松林の所有形態など様々な要因により決定されるべきものであるが、ここでは(1)防除難易度、(2)松林の分布、(3)被害の推移、を要素に保全対象松林を類型化し、松林の防除タイプごとに防除対策を決定した（図-2）。これが沖縄県における保全対象松林の防除戦略であり、04年（平成16年度）から一部の保全対象松林で防除戦略に即した防除が行われている。

保全対象松林の防除戦略を決定するには、まず防除難易度で分ける。防除難易度で「難」と分類された場所で、傾斜が険しく、路網の発達がない崖などは防除対象地域から除外する。次に、当該林分とその周辺の松林分布および被害推移に基づいて防除タイプを判定し、各タイプごとの防除対策が決定される。

防除タイプは、A～Dの4タイプあり、Aは離島など完全に孤立化した松林、Bは完全に孤立化はしていないが比較的孤立化が容易な松林、Cは孤立化しておらず周辺が激害の松林、Dは孤立化しておらず周辺が微害の松林である。防除タイプAとBの松林は、徹底した防除を実施することにより、松くい虫被害を微害あるいは根絶に誘導できる可能性がある。防除タイプCとDの松林は、周辺松林がマツ材線虫病で崩壊、あるいは積極的孤立化対策を実施することにより孤立化が図られるまでの間、集中的な防除努力を継続実施できなければ、保全の可能性は期待できない。

3) 戦術（既存防除技術の適用法）の構築

屋我地地区について具体的に説明する。この地区は、沖縄県名護市の羽地内海に面し、屋我地島（面

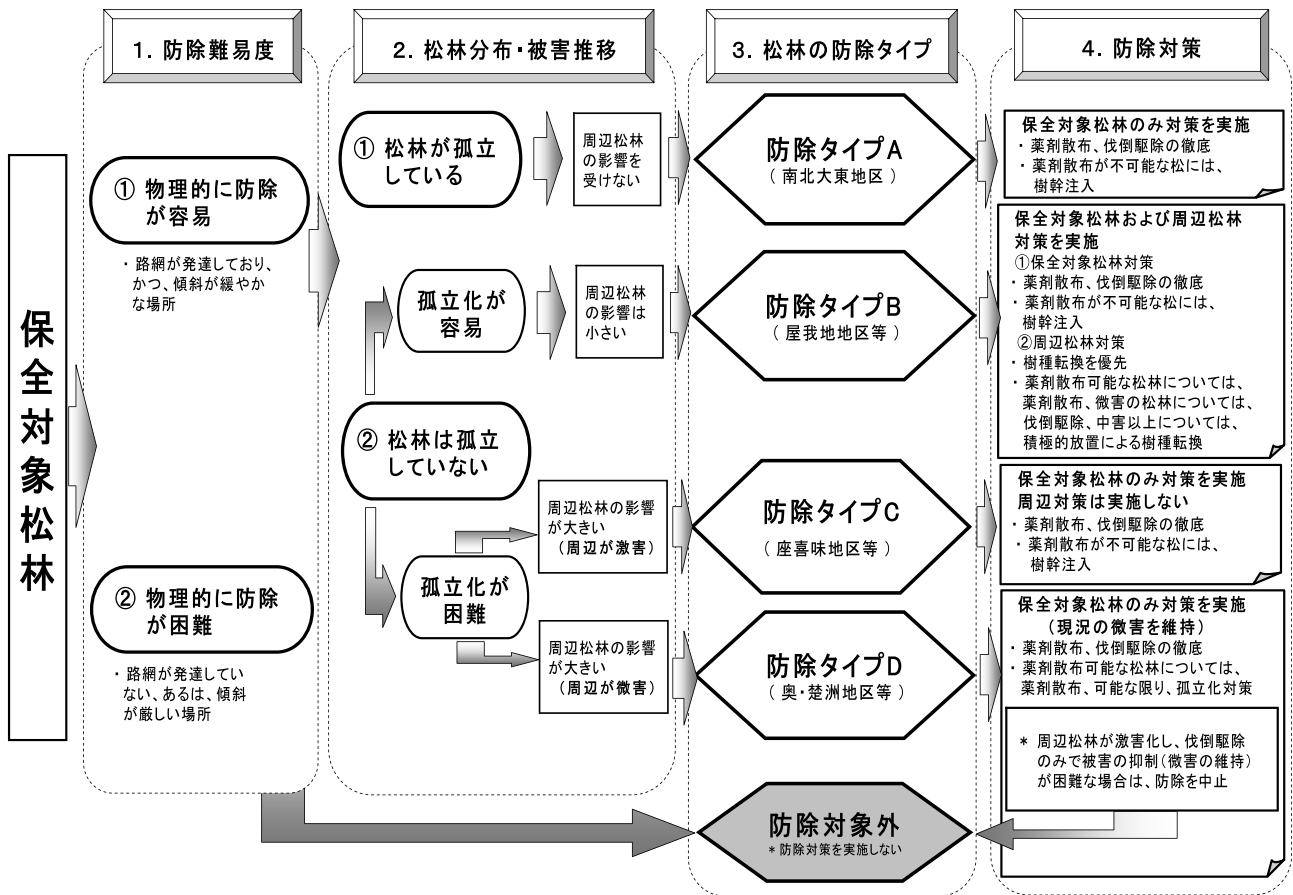


図-2 保全対象松林の防除タイプ判定法と防除対策

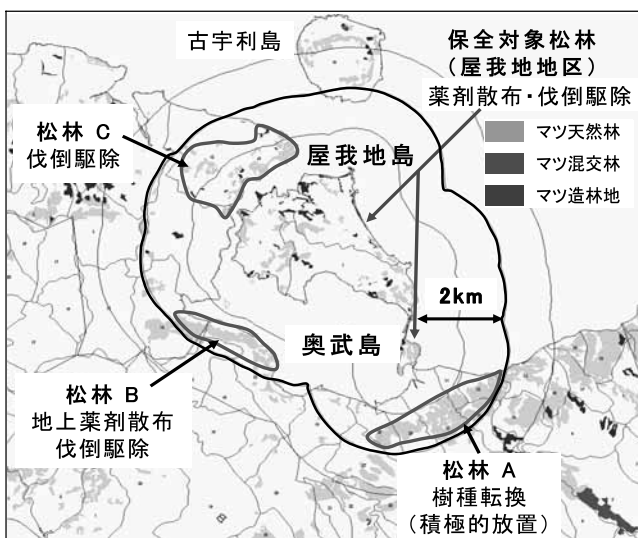


図-3 屋我地地区の松林分布と防除実態

積約77ha)と奥武島(面積約2.5ha)からなる。防風、風致景観として約50haが高度公益機能松林に指定されている。現在は、奥武橋と屋我地大橋により沖縄本島と陸続きになっているが、元々は周囲を海に囲まれた離島で、保全対象松林周辺には比較的松林は少ない。孤立化が容易な立地環境にあることから、防除タイプBに分類され、周辺には3つの松林が分布する(図-3)。

保全対象松林では、地上薬剤散布(指定松林面積に対し46.4%で実施)と全量伐倒駆除による防除が行われている。地上薬剤散布用薬剤は、02年まで有機リン系殺虫剤(MEP乳剤)が使用されてきたが、03年から環境への影響がより少ないとされるネオニコチノイド系殺虫剤(マツグリーン2)を使用している。

松林Aでは、03年まで伐倒駆除による防除が行われていたが、被害の増加と防除予算の減少等により、現在は防除を行わず、積極的放置による樹種転換が行われている。松林Bは羽地地区の、松林Cは今帰仁地区の保全対象松林に属し、松林Bでは地上薬剤散布と伐倒駆除が、松林Cでは伐倒駆除を主体とした防除が実施されている。

屋我地地区の防除難易度は「やや容易」が96%、「普通」が4%で地形条件は容易な地区であり、松林Cとともに防除対策を実施する上で有利な地形条

件である。松林AとBには、地形条件の険しい場所もある。特に、松林Aには、「やや難」～「難」に分類された場所が全体の21.9%あり、防除の効率性と継続性を考慮すると不利な地形条件である(表-1)。

06年の屋我地地区の被害量は、05年に対し減少しているものの、03から05年にかけては、横ばいから増加傾向にあった。松林Aでは02年頃から被害が増加し始め、06年は減少傾向にあるものの、周辺松林のなかで最も被害が多く、保全対象松林への影響が懸念される林分である。松林BとCは、被害が低率

表-1 屋我地地区の防除難易度

松林	容易	やや容易	普通	やや難	難	メッシュ数合計 (1メッシュ/50m)	面積 (ha)
屋我地地区	0	2459	101	0	0	2560	640
松林A	0	1137	715	428	91	2371	592.8
松林B	0	354	413	85	0	852	213
松林C	0	3069	1000	10	0	4079	1019.8

表-2 屋我地地区の林班別被害推移

地区	林班	2001年 (H13年)	2002年 (H14年)	2003年 (H15年)	2004年 (H16年)	2005年 (H17年)	2006年 (H18年)		
保全対象 松林	屋我地地区	ND	ND	60	201	44	67	23	
		19	17	0	3	6	10	16	
		27	24	114	164	63	131	51	
		28	25	55	69	20	25	7	
		29	58	57	176	44	72	20	
		松林A	30	69	107	374	218	156	35
			31	19	ND	54	9	ND	3
			32	39	50	60	27	2	10
			33	ND	37	164	55	32	12
		その他 松林	35	130	122	295	82	99	18
松林B	14		3	11	8	3	7	37	
	17		3	14	35	1	3	9	
松林C	12	ND	ND	6	0	2	0		
	13	ND	ND	1	3	2	24		

* 9月末被害本数(単位:本)

* ND: データなし

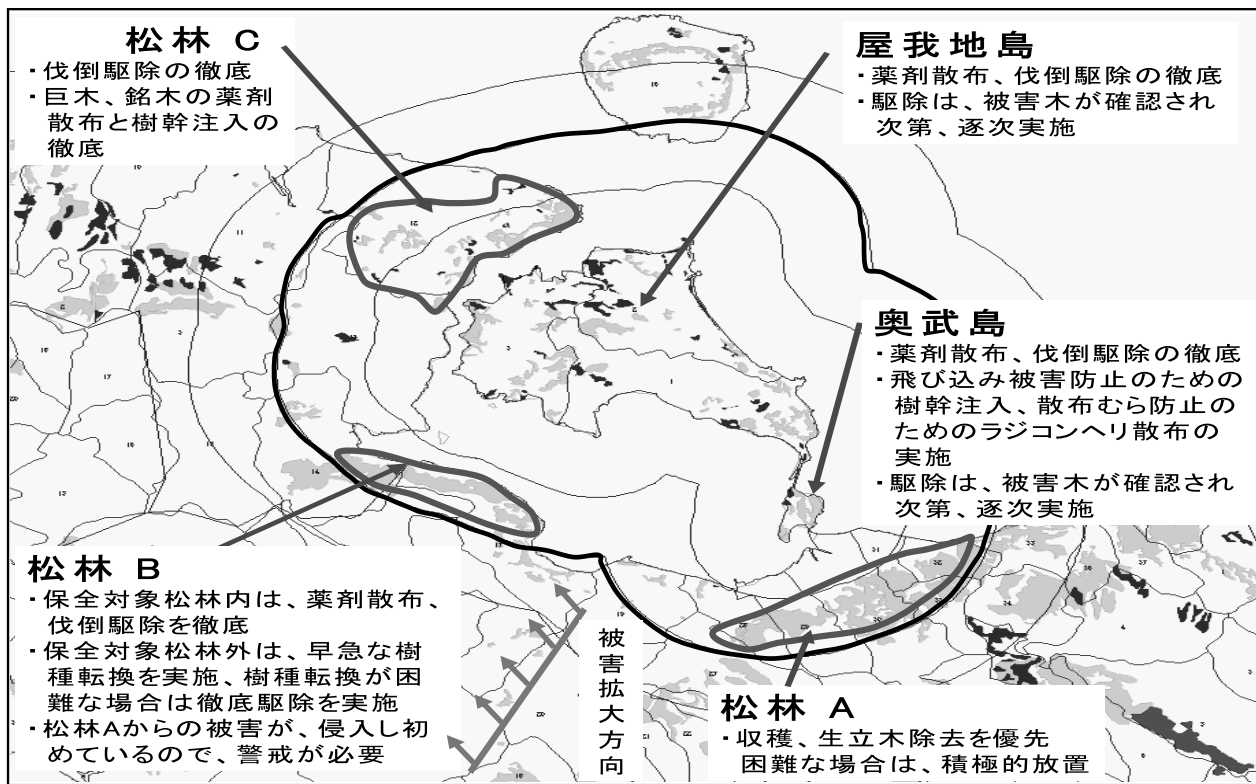


図-4 屋我地地区の戦術(既存防除技術の適用法)

で推移してきたが、近年は増加傾向にある(表-2)。

以上の要因を解析し、防除戦略に基づき、屋我地地区の戦略(既存防除技術の適用法)を立案した(図-4)。屋我地地区は、防除タイプBなので、戦術は、保全対象松林対策と周辺松林対策に大別した。

保全対象松林対策では、徹底防除(以下、断りがない限り、防除とは予防と駆除を示す)が不可欠である。

予防は、地上散布の継続と実施面積の拡大を図る必要がある。奥武島は、全体的な地形条件は容易だが、海岸線等の一部で急傾斜地があり、マツの樹高も高いので、散布むらがないよう地上散布を実施することが重要である。地上散布による散布むらの影響を回避できない場合は、松林Aが崩壊(あるいは収穫、生立木除去による積極的樹種転換)し、保全対象松林が孤立化するまでの間、樹幹注入や産業用ラジコンヘリコプター(以下、無人ヘリという)を利用した薬剤散布を実施する必要がある。駆除は、

一部の急傾斜地を除き地形条件は容易なことから、くん蒸処理は避け、可能な限り枯死木を林外へ搬出して、焼却あるいは破碎処理を行う。また、被害木の見落としや台風等による枝の飛散で駆除残しを防止するためにも、被害が確認され次第、逐次駆除が実施できる防除体制を整える必要がある。

周辺松林対策は、保全対象松林から約1.5kmの距離にある松林Aの樹種転換を推進する必要がある。特に、保全対象松林の被害量と相関(Spearman's test $1 \leq$ 相関係数rs)がある27, 29林班の樹種転換を早急に実施する必要がある。現行の積極的放置に加え、利用可能なマツは収穫するとともに、生立木除去による積極的な樹種転換対策を実施する。また、松林BとCは、屋我地地区の周辺松林であると同時に、羽地地区と今帰仁地区の保全対象松林でもあることから、保全対象松林では、屋我地地区同様、徹底防除を実施する。松林Bは、松林Aからの被害拡大の進行方向にあたり、2006年現在、被害量は少な

いものの、近年被害が増加傾向にあることから、特に警戒が必要である。松林Cには、蔡温松など文化的価値の高い巨木・名木があることから、地上散布と樹幹注入の継続実施が不可欠である。地上散布は散布むらがないよう、樹幹注入剤は薬剤期間切れがないよう十分注意することが重要である。駆除は、地形条件が容易なことから、枯死木を林外へ搬出し、焼却あるいは破碎処理する。

3. 防除効果の検証・評価, 問題点の抽出, 戦術の改善

1) 防除効果の検証・評価

04年と05年の9月末被害量で、防除効果を検証した。05年の屋我地地区全体の枯死本数は約150本程(ただし、1本当たり0.6㎡で換算)で、被害率は2.1%と中害に区分された。これは、屋我地地区同様、防除タイプBに分類される他の保全対象松林(羽地地区・伊野波地区・今帰仁地区)と比べ高く、十分な防除効果は得られていないものと考えられた(表-3)。

表-3 防除タイプBに区分された保全対象松林の被害率比較

	保全対象松林(防除タイプB)			
	屋我地地区	羽地地区	伊野波地区	今帰仁地区
2005年	2.1	0.6	0.9	0.3
2004年	2.7	0.4	0	0

* 年間被害率(単位: %)

表-4 屋我地島と奥武島の被害量

保全対象松林	2002年 (H14年)	2003年 (H15年)	2004年 (H16年)	2005年 (H17年)
屋我地島	10	27	20	20
奥武島	50	174	24	47

* 9月末被害量(単位: 本)

また、被害は、屋我地島より奥武島で多く発生する傾向があり(表-4)、当年枯死木50本(奥武島で29本、屋我地島21本)の線虫分離結果では両島から線虫が分離され、松くい虫被害が依然回避されていないことが明らかとなった。

2) 問題点の抽出

奥武島の被害は、マツの樹高が高いことによる薬剤の散布むらや、松林Aからの飛び込み被害の影響が考えられた。そこで、樹幹注入や無人ヘリによる防除を提言したが、防除費用等の問題で実施されなかった。屋我地島は、保全対象松林が比較的孤立化し、徹底防除が行われている。また、周辺松林B・Cの被害は微害であることを考慮すると、屋我地島の被害は、飛び込みの影響よりも、島内に発生源がある可能性が推察された。ただし、感染源からの距離とマツ材線虫病の発生確率は1kmで11.7%、2kmで1.4%、3kmで0.16%(吉田, 2006)あることから、周辺松林の被害発生との関連を検討する必要がある。特に、約2.2km離れた古宇利島では、マツの枯死被害が発生しているが線虫の有無は調査されておらず、今回は、古宇利島からの飛び込み被害の影響は評価していない。

3) 戦術の改善

奥武島の被害発生は、松林Aの被害推移と関連が高い。松林Aの被害は依然多いので、奥武島については、飛び込み被害の影響が依然回避されるまでの間、樹幹注入や無人ヘリによる薬剤散布を検討する必要がある。加えて松林Aの早急な樹種転換を推進するため、利用可能なマツの収穫と生立木除去を実施する。屋我地島については、散布むらがないよう予防対策を徹底する。また、被害木の見落としや台風等による枝の飛散、駆除残しがないよう、被害が確認され次第、逐次駆除を実施するとともに、空中写真を利用した被害木探査や検査を検討する。古宇利島については、松くい虫被害実態を調査し、保全対象松林へ飛び込み被害の影響評価を行い、必要に応じて防除を実施する。

4. まとめ・今後の課題

吉田 (2006) は、十分な強度の防除が実行可能な松林を特定し、防除により松林が崩壊しない低水準に被害量を維持することが、日本の大部分の地域で松林を守るためにとりうる唯一の方策であることを示した。

沖縄県で保全対象松林を選定し、防除の重点化を図ったことは、広義での防除戦略であったが、選定された個々の保全対象松林に対する防除の具体策がなく、行政担当者は苦慮していた。

本研究により、防除難易度、松林分布、被害推移を要素に松林を類型化し、各松林タイプごとの防除戦略を示し、行政へ提言することができた。また、松くい虫GISを活用し、科学的にデータを解析、視覚的にも解りやすく戦術（防除方法の具体策）を構築、立案することができた。マツ材線虫病防除において、研究サイドからこのような具体的な施策の提言を行った例は日本ではほとんどなかったと思われる。その意味で、本研究は先進的な試みであると自負している。

ただ、実際の防除現場では、防除事業を推進する上で、防除予算や制度、技術的問題等、様々な要因が複合的に絡み合い、必ずしも提言どおりの防除戦略や戦術が実施に移されるわけではない。例えば、薬剤散布は環境への影響が懸念されることから、養蜂や希少生物が生息する場所、水源地等では施用できない。また、樹種転換（収穫、生立木除去）は、木材価格が低迷するなかで採算性の問題や立木の財産・所有権等の問題があり、実施箇所が制約される。このように、構築した防除戦略や戦術の実施が困難

な地区においても、行政と連携を図り、本研究で解析し得なかった要因を究明し解析して、実効ある防除戦略と戦術に構築し直し、防除事業へ反映させる必要がある。そして、その防除効果を検証・評価し、問題点を摘出して、逐次防除戦略と戦術の改善改良を行い、保全対象松林の松くい虫被害の終息をより確実なものにしていくことが重要である。

本稿をまとめるにあたり、沖縄県森林緑地課、沖縄県北部林業事務所、沖縄県南部林業事務所、名護市農林水産課林務係から被害量データを提供頂いた。また、琉球大学農学部の亀山統一氏には、細部にわたる親切丁寧なご助言を頂いた。ここに深く感謝申し上げます。

引用文献

- 我如古光男・末吉幸満 (1976) 森林病虫害等防除に関する研究 (誘引剤によるマツノマダラカミキリ捕獲試験). 沖縄県林業試験場研究報告 19: 1~6.
- 中平康子・谷島 操 (2004) 松くい虫防除対象林地地理情報システム. 沖縄県林業試験場業務報告 15: 35~37.
- 中村克典 (2004) 宮古島におけるリュウキュウマツ材線虫病汚染状況の解明. 平成16年度森林総合研究所年報: 131.
- 田實秀信・吉元英樹・大迫康弘 (2000) 奄美におけるマツ材線虫病 (松くい虫) の防除に関する研究. 鹿児島県林業試験場研究報告 5: 32~38.
- 吉田成章 (2006) 研究者が取り組んだ松枯れ防除. 日本森林学会誌 88: 422~428.

(2007. 7. 10 受理)

論文

マツノマダラカミキリの放虫による マツ枯れの再現

小林正秀¹・野崎 愛²

1. はじめに

日本における激害型マツ枯れの大半の原因とされるマツ材線虫病は、病原体であるマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*, 以下ザイセンチュウ) を *Monochamus* 属カミキリが媒介することで発生する。この伝染病は、1978年に北米でも確認され (真宮, 1980), 中国や韓国などの東アジア諸国で拡大している他、欧州でもザイセンチュウの侵入が確認されている (Mota *et al.*, 1999)。このように、世界的な樹木病害であるマツ材線虫病は、ニレ立枯病、ゴヨウマツ類発疹さび病、クリ胴枯病と並んで4大流行病に名を連ねている (鈴木, 1999)。

マツ枯れを防ぐため、ザイセンチュウの主な媒介者であるマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*, 以下マダラカミキリ) の駆除を目的とした薬剤散布や伐倒くん蒸などが実施されてきた。徹底した防除を実施すれば、効果が得られる場合が多く (例えば、日高, 1954; 松原, 1995; 吉田, 2006), 京都府では天橋立がその好例である (中邑・池田, 2006)。しかし、全国的に見れば30年以上にわたる防除にもかかわらず、マツ枯れは依然として終息していないのが現状である (林野庁, 2007)。マツ材線虫病のような伝染病に対し、防除漏れは致命傷であるが、広大なマツ林 (林野庁の森林資源概況調査によれば、2002年の日本のマツ林面積は、1967年に比べて60.2%も減少しているが、それでも90万haを超えている) の全てで防除作業を実施することは困難であり、実際には90%以上のマツ林がほとんど無防除のまま放置されている (岸, 1988)。このように多くの枯死木が放置されていることが、被害が終息しない大きな原因となっている。ところが、『マツ材線虫病をマツ枯れの原因と想定してマダラ

カミキリを駆除しても被害が終息しないのは、マツ枯れの主因がマツ材線虫病ではないからだ』とする主張が繰り返し報道されてきた。

ザイセンチュウの発見とその病原性の確認は、緻密な研究の積み重ねによって成し遂げられ (清原, 2001; 真宮, 1992), その後の膨大な数の研究結果も、マツ材線虫病によって健全なマツが枯死することを支持している。しかし、『マツ枯れの主因は大気汚染である』とする見解を支持する報告も多い (石原, 1973; 松本, 1979; 中根, 2000; 中根・戎, 1995; 岡馬ら, 1999; 岡馬・中根, 2006; 吉岡・松本, 1975)。このような見解が、さも正しいことのように報道されたことから、防除現場に混乱が生じた。このような混乱を解消するためには、マツ材線虫病によって健全なマツが枯死することを、誰の目にも明らかな形で証明する必要がある。

ある微生物が特定の病気の病原体であることを証明するためには、次の条件を満たす必要がある (柴田・富樫, 2006)。

- ①その病気の病巣部から常に一定の微生物が検出される。
- ②分離して純粋培養したその微生物を健全な生物に感染させることで病徴が再現される。
- ③微生物に感染させて病徴を再現した生物の病巣部から同じ微生物が再分離される。

この原則の基礎は、19世紀末にドイツの細菌学者コッホによって示されたことから、コッホの原則と呼ばれている。はたして、ザイセンチュウはコッホの原則を満たしているであろうか。枯死したマツにザイセンチュウが普遍的に存在することについては、全国の森林保護関係研究者による数多くの調査事例があり (例えば、市村, 1976; 伊藤ら, 1979; 武田,

1981; 徳重・清原, 1969; 渡瀬, 1979), 第1条件は満たされている。また, 純粋培養したザイセンチュウを健全なマツに接種することで病徴が再現され, 接種によって枯死したマツからザイセンチュウが再分離されたことから(清原・徳重, 1971), 第2と第3の条件も満たされている。すなわち, ザイセンチュウが病原体であることは, すでに証明されている。

一方, 脚や翅を持たないザイセンチュウが次々にマツを枯死させるのは, マダラカミキリがマツ若枝を後食(羽化脱出した成虫が性的に成熟するために摂食する行動)する際に, マダラカミキリ虫体に潜り込んでいたザイセンチュウが健全なマツへと侵入するためとされている(森本・岩崎, 1972a)。このように, ある昆虫が病原体の媒介者(ベクター)であることを証明するためには, 次の4条件を満たす必要がある(Leach, 1940)。

- ①その昆虫が罹病植物に寄生する。
- ②その昆虫が健全な植物に飛来する。
- ③その昆虫の体表または体内から病原体が検出される。
- ④その昆虫を植物に飛来させることで病徴が再現される。

ここでは, この原則をリーチの原則と呼ぶことにする。はたして, マダラカミキリはリーチの原則を満たしているであろうか。マダラカミキリ幼虫はマツ材線虫病罹病木や被圧木などのマツ枯死木の樹皮下に生息していることから, 第1条件は満たされている。また, マダラカミキリは健全なマツに飛来して後食することから, 第2条件も満たされている。さらに, 多くの研究者によって, マダラカミキリからザイセンチュウが検出されていることから(例えば, 小林ら, 1971; Mamiya and Enda, 1972; 森本・岩崎, 1971), 第3条件も満たされている。第4条件については, 日本でのザイセンチュウ発見当初から, マダラカミキリを健全なマツに放虫することで, マツ枯れを再現する実験が実施されてきた(遠田・真宮, 1972; 森本・岩崎, 1972a)。しかし, 岡馬ら(1999)は, 『従来の放虫実験は現実にはあり得ない多数のマダラカミキリを放虫し, マツを丸坊主に

するほど後食させてマツ枯れを再現したものであり, それらの実験結果はマツ材線虫病がマツ枯れの原因とする根拠にはならない』と指摘した。そして, 中根・戎(1998)や岡馬ら(1999)は, 実際に野外のマツ生立木に少数のマダラカミキリを放虫した結果, マツ枯れが再現されなかったことから, 『健全なマツはザイセンチュウの侵入だけでは枯死しない』と結論した。昆虫が病原体の媒介者であることを証明するための原則を示したLeach(1940)も, 『昆虫を植物に飛来させて病徴を再現する実験は現実に近い条件下で実施する必要がある』としている。したがって, 現実にはあり得ない多数のマダラカミキリを放虫してマツ枯れを再現しても, リーチの原則は完全には満たされない。マツ材線虫病によって健全なマツが枯死することを誰の目にも明らかな形で証明するためには, 少数のマダラカミキリの放虫によってマツ枯れを再現する必要がある。そこで, 筆者らは少数のマダラカミキリを健全なアカマツに放虫してマツ枯れを再現する野外実験を実施した(野崎・小林, 2000, 2002)。本報ではこれらの実験の背景と概略を述べるとともに, これまでのマダラカミキリ放虫によるマツ枯れ再現実験の結果の解釈について論じる。

報告に先立ち, マダラカミキリを提供して下さった栃木県林業センターの野澤彰夫氏と鳥取県林業試験場の西 信介氏, ザイセンチュウを同定して下さった森林総合研究所の相川拓也博士, 文献を提供して下さった長野県林業総合センターの岡田充弘氏, 林野庁京都大阪森林管理事務所の村上幸一郎氏, 貴重な助言をいただいた京都府立大学の池田武文博士, 東京農工大学の岸 洋一博士, 広島県立総合技術研究所林業技術センターの軸丸祥大博士, 森林総合研究所の中村克典博士, 京都大学の二井一禎博士に厚くお礼申し上げる。

2. 方法

実験1. 防虫網で被覆したアカマツ生立木への放虫

1999年6月11日, 京丹波町に位置する京都府林業試験場構内の15年生アカマツ生立木の集団を防虫網



写真-1 アカマツ生立木全体の防虫網による被覆



写真-2 アカマツ枝の防虫網による被覆

表-1 放虫したマダラカミキリの触角内のザイセンチュウ数と推定保持数

供試虫No.	脱出日	ザイセンチュウ数	
		触角内	推定保持数
141	07/18	126	12,463
191	07/11	101	9,685
188	07/13	64	5,574
167	07/15	51	4,130
181	07/13	33	2,130
164	07/15	24	1,130
148	07/18	22	908
184	07/13	21	797
175	07/13	21	797
168	07/14	20	685
160	07/16	19	574

で被覆した(写真-1)。被覆は2箇所とし、一方はマダラカミキリを放虫する放虫区、他方は放虫しない非放虫区とした。放虫区の大きさは4.0m(幅)×3.0m(奥行き)×6.0m(高さ)、非放虫区の大きさは4.5m(幅)×3.0m(奥行き)×6.0m(高さ)で、両区間の距離は0.5m程度であった。各区内の供試本数は、放虫区が16本(平均樹高4.3m, 平均胸高直径4.7cm)、非放虫区が20本(平均樹高4.6m, 平均胸高直径4.3cm)であった。

放虫に用いたマダラカミキリは、栃木県で発生したアカマツ自然枯死木を伐倒した丸太から1999年7月11~19日の間に脱出した48頭から選んだ。これらのザイセンチュウ保持数を推定するため、小林・細田(1978)の方法を参考に、右触角の先端4節分を切り取って水中で解剖し、触角内に存在するザイセ

ンチュウ数を数えた。そして、触角からザイセンチュウが検出された11頭を7月29日に防虫網内に放虫した。表-1に、放虫したマダラカミキリの触角から検出されたザイセンチュウ数と、遠田・榎原(1982)の推定式($y = -1536.8 + 111.1x$)から求めたザイセンチュウ推定保持数を示す。

マダラカミキリ放虫後に供試木を観察し、一部の針葉が褐変したものを衰弱木、全ての針葉が褐変したものを枯死木、針葉の褐変が認められないものを健全木と記録した。11月1日には、10月に枯死した供試木(樹高4.95m, 胸高直径6.5cm)から材片を採取してベールマン法(水を満たしたロートに試料を沈め、遊出したセンチュウ類をロート下部に集めて分離する方法)によってザイセンチュウを分離した。また、小林・西村(1972)の方法を参考に、枝と幹の長さから中央直径から枝と幹の総面積を求め、後食痕の長さから中央幅から後食面積を求めた。

実験2. 防虫網で被覆したアカマツ生立木の枝への放虫

2001年6月20日と7月5日、京都府林業試験場構内の17年生アカマツ生立木15本(平均樹高5.2m, 平均胸高直径5.8cm)の地上高2~3m部位の枝各1本を防虫網(底部直径50cm×長さ110cm)で被覆した(写真-2)。

放虫に用いたマダラカミキリは、京都府木津町で発生したアカマツ自然枯死木を伐倒した丸太から2001年6月4日~7月13日の間に脱出した71頭から選ん

だ。これらがザイセンチュウを保持しているかどうかを確認するため、実験1と同じ方法で触角内のザイセンチュウ数を数えた。そして、6月20日～8月8日の間に、ザイセンチュウが検出された6頭と、検出されなかった9頭を防虫網内に1頭ずつ放虫した。

マダラカミキリ放虫後に供試木の針葉変色の経過を観察し、11月16日には、枯死木からベールマン法によってザイセンチュウを分離した。また、全ての供試木を対象に、実験1と同じ方法で、防虫網を被覆した枝の後食面積を求めた。さらに、野外に生息するマダラカミキリによるザイセンチュウ伝播の可能性を評価するため、枯死木3本と、それらに隣接する生存木3本を、それぞれ11月20日と12月4日に伐倒し、防虫網を被覆しなかった枝の後食面積を求めた。

3. 結果

実験1. 防虫網で被覆したアカマツ生立木への放虫

放虫区では、1999年10月に枯死木1本と衰弱木4本が発生し、4本の衰弱木も2000年1月までに枯死した。一方、非放虫区では、衰弱木と枯死木は発生しなかった(図-1, 写真-3)。

10月に枯死した1本の供試木からはベールマン法によってザイセンチュウが検出された。また、この枯死木は、全枝数704本のうち61本が後食を受けており、後食箇所数は150箇所、後食面積の合計値は、幹と枝の総面積(19,491cm²)の0.72%に相当する140cm²であった。

実験2. 防虫網で被覆したアカマツ生立木の枝への放虫

供試木の大きさ、後食面積および枯死を確認した日、放虫したマダラカミキリの性別、脱出日、放虫日および触角内のザイセンチュウ数を表-2に示す。マダラカミキリを放虫した供試木15本のうち、2001年8月に2本が衰弱し、2001年11月までに合計3本が枯死した(図-2)。枯死木3本のうち1本は、触角からザイセンチュウが検出されなかったマダラ

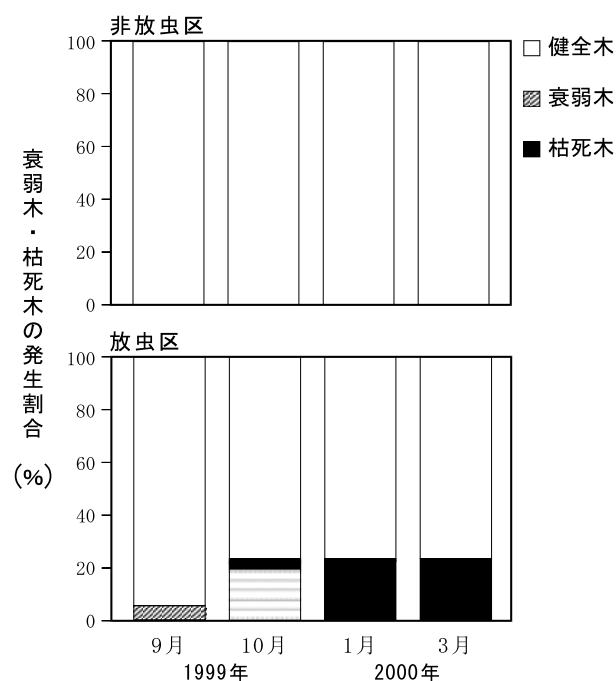


図-1 マダラカミキリ放虫後のアカマツの枯死経過



写真-3 マダラカミキリ放虫後のアカマツ枯死状況

カミキリを放虫した供試木であったが、この供試木も含めて、全ての枯死木からザイセンチュウが検出された。

枯死木3本とそれらに隣接する生存木3本の袋内と袋後の後食面積を図-3に示す。枯死木3本の袋内の後食面積は、袋後の後食面積よりも広く、この3本の後食面積の合計値は111~131cm²であった。

表-2 供試木の大きさ, 袋内の後食面積, 枯死確認日, 供試虫の性別, 脱出日, 放虫日および触角内のザイセンチュウ数

供試木No.	供試木				供試虫			
	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	袋内の後食面積 (cm ²)	枯死確認日	性別	脱出日	放虫日	触角内のザイセンチュウ数
1	5.3	5.6	22.6		♀	6/04	6/20	6
2	4.2	3.8	37.4		♀	6/04	6/20	0
3	5.7	5.2	48.7		♂	6/20	6/20	0
4	6.2	6.5	103.4	10/30	♂	6/20	6/20	32
5	6.3	6.8	83.6	11/16	♀	6/20	6/20	1
6	5.8	6.8	57.1		♀	6/20	6/20	0
7	4.6	4.5	0.0		♂	7/04	7/05	48
8	3.7	6.6	0.0		♂	7/04	7/05	0
9	6.7	7.7	64.0	11/16	♀	7/06	7/19	0
10	5.2	4.9	96.5		♀	7/06	7/19	8
11	4.4	4.8	0.0		♂	7/06	7/19	0
12	5.5	3.5	88.5		♀	7/11	7/19	0
13	5.4	6.8	0.0		♀	7/13	7/19	0
14	5.3	6.4	68.6		♀	6/18	8/08	0
15	4.2	6.6	78.7		♀	7/09	8/08	13

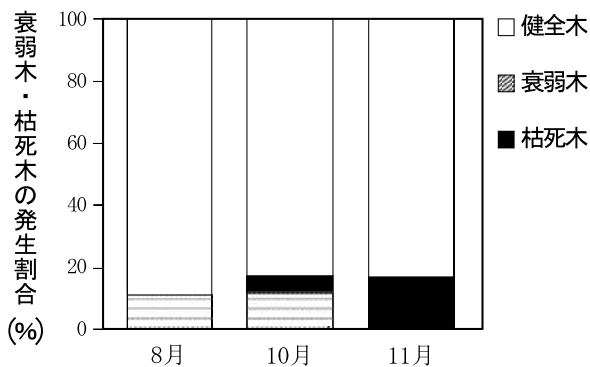


図-2 マダラカミキリ放虫後のアカマツの枯死経過

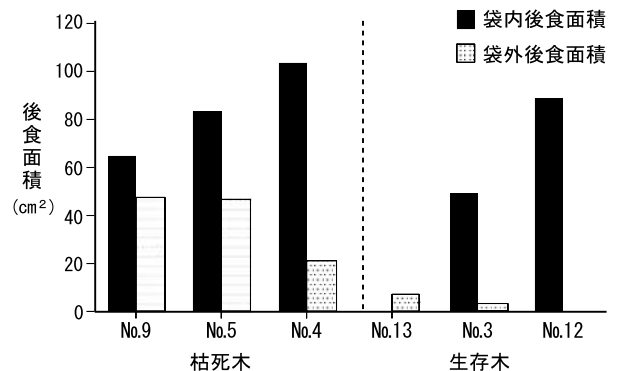


図-3 供試木の袋内と袋外の後食面積

4. 考察

1) マダラカミキリ放虫実験の問題点とその改善策

マダラカミキリのザイセンチュウ保持数は、個体によるばらつきが非常に大きく (遠田・楨原, 1982), 30万頭近くを保持していた記録 (松田, 1975) がある一方で、ザイセンチュウを保持しないマダラカミキリが半数以上を占めることも多い (岸, 1988)。とくに、枯死木からのザイセンチュウの持ち出しは、特定のマダラカミキリによって集中的におこなわれ (Togashi, 1989), 1,000頭以上のザイセンチュウを保持するマダラカミキリは全体の20%程度にすぎ

ないが、それらがザイセンチュウ全体の90%以上を保持している (細田ら, 1974; 小林ら, 1975)。一方、ザイセンチュウ保持数が少ないマダラカミキリはマツ枯れには関与せず (川畑・谷口, 1973), 目安として、保持数が1,000~10,000頭以上のマダラカミキリだけがマツ枯れを引き起こしていると考えられている (小林ら, 1975; Togashi, 1985)。したがって、マダラカミキリの放虫によってマツ枯れを再現するためには、ザイセンチュウを多数保持するマダラカミキリを放虫する必要がある。ところが、マダラカミキリのザイセンチュウ保持数を正確に把

握するためには、虫体を破碎してベールマン法によって計数するしかなく、保持数が明確なマダラカミキリを放虫することは不可能である。これまでの放虫実験では、同じ場所で捕獲したマダラカミキリの保持数をベールマン法によって求め、その平均値から放虫したマダラカミキリの保持数が推定されてきた。このような方法では、マツ樹体内に侵入させるザイセンチュウ数は制御できないことが、放虫実験の欠点となっている（岸，1988）。すなわち、無作為に選んだ1頭のマダラカミキリを放虫すれば、そのマダラカミキリがマツ枯れを引き起こす目安とされる1,000頭以上のザイセンチュウを保持している確率は20%以下にすぎず、ザイセンチュウをほとんど保持していないマダラカミキリを放虫することになりかねない。逆に、多数のマダラカミキリを放虫すれば、放虫したマダラカミキリの何頭かが多数のザイセンチュウを保持すると期待でき、マツ枯れは再現されるであろう。しかし、これでは、現実にはあり得ないほど多数のマダラカミキリを放虫することになりかねない。

中根・戎（1998）や岡馬ら（1999）の実験では、マダラカミキリのザイセンチュウ保持数が個体によって大きくばらつくことが考慮されていない。このため、これらの実験でマツ枯れが再現できなかったのは、ザイセンチュウをほとんど保持していないマダラカミキリを放虫したために、マツ樹体内に侵入したザイセンチュウ数が少なかったことが原因であると推察される。この推察が正しければ、多数のザイセンチュウを保持するマダラカミキリを供試すれば、少数の放虫でもマツ枯れが再現できるはずである。そこで、実験1では、触角からザイセンチュウを検出し、ザイセンチュウを確実に保持しているマダラカミキリだけを放虫した。その結果、16本の供試木のうち5本が枯死した。

2) 実験1の問題点とその改善策

実験1では、アカマツ生立木全体を防虫網で被覆し、その中にマダラカミキリをまとめて放虫したことから、放虫したマダラカミキリが特定の供試木だ

けを集中的に後食した可能性がある。そこで、実験2では、アカマツ生立木の枝を防虫網で被覆し、その中にマダラカミキリを1頭だけ放虫した。その結果、供試木15本のうち3本が枯死した。この実験では、袋内に放虫したマダラカミキリによる後食痕の他に、袋外の枝にも後食痕が認められたことから、供試虫以外の野外に生息するマダラカミキリによるザイセンチュウの伝播の可能性が疑われる。ただし、マツ材線虫病に罹病した衰弱木は、性成熟したマダラカミキリを誘引する揮発成分を発散するようになり（池田，1986）、そのような木は誘引された成虫により後食や産卵を受けることが多い。また、脱出直後のマダラカミキリは1～2年生枝を好んで後食するのに対し、性成熟したマダラカミキリは2～3年生の古い枝を好んで後食する（竹谷ら，1974）。実験2における枯死木はマダラカミキリの産卵を受けており、袋外の後食痕は3～4年生枝に多かった。これらのことから、枯死した供試木は袋内の後食によってザイセンチュウに感染して衰弱し、その後に揮発成分に誘引されて飛来した野外のマダラカミキリによって袋外の枝が後食されたと考えられる。いずれにしても、袋外の後食面積は、袋内の後食面積に比べて小さく、袋外の後食は供試木の枯死に大きく寄与していなかった。なお、触角からザイセンチュウが検出されなかったマダラカミキリを放虫した供試木1本が枯死したが、触角からザイセンチュウが検出されない場合でも、虫体にザイセンチュウが存在する場合があることから（遠田・楨原，1982）、この供試木も袋内のマダラカミキリの後食によってザイセンチュウに感染して枯死したと考えられる。

3) これまでのマダラカミキリ放虫実験との比較

リーチの原則の第4条件を満たすためには、現実に近い放虫数でマツ枯れを再現する必要がある。これまでのマダラカミキリの放虫実験はどうであったであろうか。表-3に、これまでの放虫実験の概要を示した。遠田・真宮（1972）の実験では、8年生クロマツの枝を防虫網で被覆し、その中にザイセンチュウを保持したマダラカミキリを放虫した結果、

表-3 マダラカミキリ放虫実験の概要

実験	実施年	実施場所	放虫方法*	マダラカミキリ放虫数(頭)	ザイセン**チュウ平均保持数(頭)	供試木					放虫数			
						樹種	樹齡(年)	本数(本)	平均樹高(m)	枯死本数(本)	枯死率(%)	木1本当たり(頭/本)	容積当たり(頭/m ³)	
遠田・真宮(1972)	1971	茨城県つくば市	枝	35	0	クロマツ	8	5	2.15	0	0	3~10	-	
				3	15,000	クロマツ	8	2	2.15	0	0	1~2	-	
				82	15,000	クロマツ	8	6	2.15	6	100	4~30	-	
			樹全体	28	15,000	アカマツ	4	10	0.54	8	80	1~5	-	
遠田(1973)	1972	東京都目黒	枝	35	0	クロマツ	9	7	3.0	0	0	5	-	
				枝	50	11,400	クロマツ	9	10	3.0	10	100	5	-
		千葉県君津市	枝	50	11,400	クロマツ	20	10	8.0	10	100	5	-	
森本・岩崎(1972a)	1971	熊本県熊本市	枝	50	不明	クロマツ	4	12	1.0~1.5	12	100	3~6	-	
				20	不明	アカマツ	15	2	不明	2	100	10	-	
滝沢(1975)	1973	長崎県諫早市	樹全体	15	不明	クロマツ	4	15	1.1	1	6.7	1	-	
				45	不明	クロマツ	4	15	1.1	4	26.7	3	-	
				90	不明	クロマツ	4	15	1.1	12	80.0	6	-	
松原(1979)	1978	千葉県山武町	枝	0	-	クロマツ	8	5	3.1	0	0	0	-	
				5	10,000	クロマツ	8	5	3.1	2	40	1	-	
				10	10,000	クロマツ	8	5	3.1	3	60	2	-	
				15	10,000	クロマツ	8	5	3.1	5	100	3	-	
				20	10,000	クロマツ	8	5	3.1	5	100	4	-	
阿部・岸(2001)	1997	茨城県下館市	樹全体	25	2,500	クロマツ	8	10	3.0	8	80	2.5	0.625	
	1998	茨城県下館市	樹全体	25	3,640	クロマツ	9	10	3.4	10	100	2.5	0.625	
	2000	茨城県下館市	樹全体	90	2,800	クロマツ	11	9	4.0	9	100	10	2.250	
中根・戎(1998)	1997	広島県東広島市	樹全体	6	2,200	アカマツ	5~8	51	0.6~2.6	0	0	0.12	0.080	
				0	-	アカマツ	5~8	16	2.23	0	0	0	0	
				6	6,949	アカマツ	5~8	16	2.00	0	0	0.38	0.080	
岡馬ら(1999)	1998	広島県福富町	樹全体	9	6,949	アカマツ	5~8	19	2.03	1	5.3	0.47	0.120	
				0	-	アカマツ	5~8	12	1.92	0	0	0	0	
				6	6,949	アカマツ	5~8	13	2.12	0	0	0.46	0.080	
実験1	1999	京都府京丹波町	樹全体	0	-	アカマツ	15	20	4.6	0	0	0	0	
				11	3,534	アカマツ	15	16	4.3	5	31.3	0.69	0.147	
				9	未検出	アカマツ	17	9	5.2	1	11.1	1	-	
実験2	2001	京都府京丹波町	枝	6	検出	アカマツ	17	6	5.3	2	33.3	1	-	

* 「樹全体」は、マツ全体を覆った網室または防虫網内への放虫。「枝」は、マツの枝を覆った防虫網内への放虫。

** 実験1は、触角から分離されたザイセンチュウ数による推定値。その他の実験は、同一場所で捕獲したマダラカミキリのザイセンチュウ保持数の平均値。

実験2は、触角からザイセンチュウが検出されなかったマダラカミキリ(未検出)と、検出されたマダラカミキリ(検出)を放虫した結果を分けて示した。

1本あたり1~2頭を放虫した供試木2本は枯死しなかったが、1本あたり4~30頭を放虫した供試木6本の全てが枯死した。また、4年生アカマツ全体を防虫網で被覆し、その中に1本あたり1~5頭を放虫した場合の枯死率は80%であった。遠田(1973)の実験では、9年生または20年生クロマツの枝を防虫網で被覆し、その中に1本あたり5頭を30日間放虫した結果、枯死率は100%であった。森本・岩崎(1972a)の実験でも、同じ方法で4年生アカマツに1本あたり3~6頭、または15年生クロマツに1本あたり10頭を放虫した結果、枯死率は100%であ

た。阿部・岸(2001)の実験では、野外の8~11年生クロマツ9~10本を網室で囲み、その中に25~90頭を放虫した結果、枯死率は80~100%であった。このように多数のマダラカミキリを放虫した実験では、供試木のほとんどが枯死している。しかし、滝沢(1975)の実験では、4年生クロマツ全体を防虫網で被覆し、その中に1本あたり1~6頭を1~6日間放虫した結果、枯死率は6.7~80%で、放虫数が少ないほど、また放虫期間が短いほど枯死率が低下した。松原(1979)の実験でも、同じ方法で8年生クロマツに1本あたり1~4頭を放虫した結果、

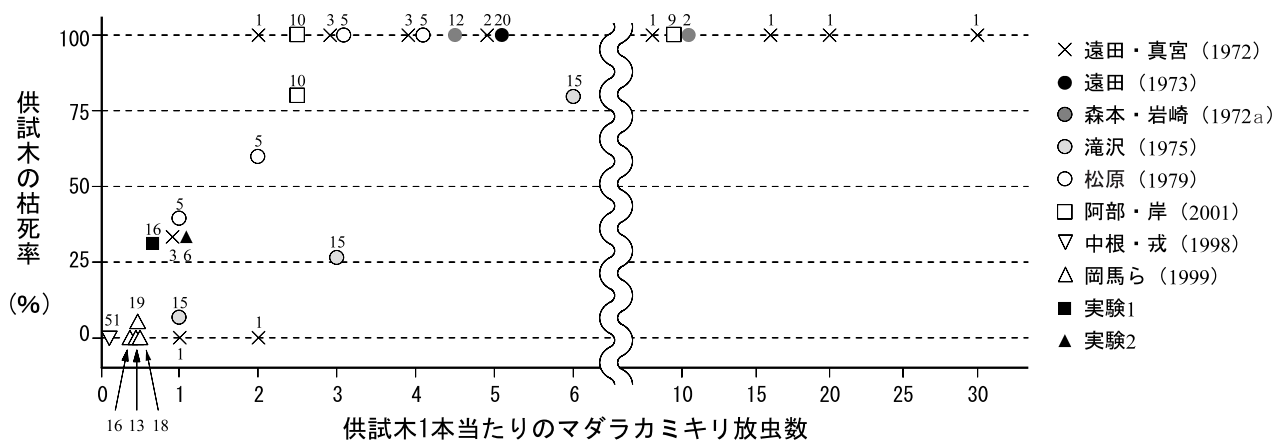
枯死率は40~100%で、放虫数が少ないほど枯死率が低下した。これらの実験では、放虫数が少ない場合は枯死率が低かったが、いずれもマツ枯れは再現されている。ところが、中根・戎(1998)と岡馬ら(1999)の実験では、野外の5~8年生アカマツを網室で囲み、その中に6~9頭を放虫した結果、枯死木は1本しか発生しなかった。しかも、この枯死木からザイセンチュウが検出できなかったことから(中根、私信)、『通常の健全なマツは、マダラカミキリの侵入を受けても枯れることはない』と結論された(岡馬ら、1999)。そして、『従来の放虫実験でマツが枯死したのは、多数のマダラカミキリを放虫し、現実にはまず見られないほど激しく後食させたことが原因である』と断定された(岡馬・中根、2006)。しかし、阿部・岸(2001)の実験は、野外のマツ生立木1本当たり3~8頭のマダラカミキリが後食していることを確認した上で、供試木1本当たり2.5頭を放虫していることから、現実により得ない多数のマダラカミキリを放虫した実験には該当しない。実験1と実験2の放虫数は、阿部・岸(2001)の実験よりもさらに少なく、実験1における供試木1本当たりの放虫数(0.69頭/本)と、放虫した防虫網の容積当たりの放虫数(0.15頭/m³)は、岡馬ら(1999)の実験と同程度であった(表-3)。

これまでのマダラカミキリ放虫実験における供試木

1本当たりの放虫数と供試木の枯死率の関係を図-4に示す。放虫期間が1~6日と短かった滝沢(1975)の実験を除くと、供試木1本当たり3頭以上を長期間放虫した場合は、全ての供試木が枯死している。一方、供試木1本当たりの放虫数が3頭未満の場合や放虫期間が短い場合(滝沢、1975)は、放虫数が少ないほど枯死率が低下している。これらのことは、健全なマツは、ザイセンチュウの侵入や増殖を抑制する機構を有しており(二井、1987)、少数のザイセンチュウがマツ樹体内に侵入した場合は、その増殖が抑えられ、枯死に至らないケースがあるが、多数のザイセンチュウがマツ樹体内に侵入した場合は、増殖を抑制する機構が役立たないことを示している。中根・戎(1998)と岡馬ら(1999)の実験でマツ枯れが再現できなかったのは、ザイセンチュウ保持数が少ないマダラカミキリだけを放虫したため、マツ樹体内に侵入したザイセンチュウ数が少なかったことが原因であると考えれば、他の実験結果となんら矛盾しない。中根・戎(1998)と岡馬ら(1999)の実験結果だけから、マツ材線虫病だけでは健全なマツは枯死しないと結論するのは早計である。

4) マダラカミキリの後食がマツ枯れに与える影響

遠田・真宮(1972)は、8年生クロマツの枝を防虫網で被覆し、その中にザイセンチュウを保持してい



注1) 各点の上部または下部の数値は、供試木数を示す。
 注2) 滝沢(1975)の実験は、放虫期間が1~6日間と短かった。
 注3) 実験2の枯死率は、触角からザイセンチュウが検出されたマダラカミキリを放虫した供試木の枯死率を示す。

図-4 マツノマダラカミキリ放虫実験における供試木1本当たりの放虫数と供試木の枯死率

ないマダラカミキリ（被害が軽微な地域で採取した個体）を1本当たり3～10頭放虫した結果、供試木5本の全てが枯死しなかった（表-3）。奥田（1972）も、サイセンチュウを保持していないマダラカミキリ（殺菌したマツの木屑で幼虫を飼育することで得た個体）雌雄3頭と、サイセンチュウを保持しているマダラカミキリ雌雄3頭を、それぞれ4年生クロマツ2本に放虫した結果、サイセンチュウを保持しているマダラカミキリを放虫した供試木2本は枯死したが、サイセンチュウを保持していないマダラカミキリを放虫した2本は枯死しなかった。これらの実験結果は、マダラカミキリによる後食だけではマツは枯死することはなく、後食を受けたマツの枯死にはサイセンチュウの侵入が不可欠であることを示している。実験1では、最も激しく後食された枯死木における後食面積は140cm²で、この値は幹や枝の総面積のわずか0.72%にすぎなかった。また、実験2における枯死木3本の後食面積も131cm²以下であった。これらの枯死木が受けた後食によるダメージは、放虫数が多かった遠田・真宮（1972）や奥田（1972）の実験における供試木よりも少なかったはずであり、枯死の原因を後食に求めることはできない。中根・戎（1998）と岡馬ら（1999）の実験では、マダラカミキリを放虫した供試木の全てが丸坊主になるほど激しく後食され、供試木1本が枯死したのは後食によるダメージが影響したと推察されている（中根、私信）。しかし、岡馬ら（1999）の実験における枯死木の後食箇所数は55箇所、後食面積は72cm²であり、これらの値は実験1や実験2における枯死木の値よりも小さく、森本・岩崎（1972b）が、3箇所の被害地で調査した野外のマツ枯死木1本当たりの後食箇所数（61～238箇所）よりも少ない。これらのことから、岡馬ら（1999）の実験における枯死木は、丸坊主になるほどの後食を受けていたとは考えられない。マダラカミキリが後食の際に針葉を切除するため、丸坊主というのは針葉の減少を意味しているのかもしれない。しかし、マツカレハなどの食葉性昆虫による食害を想定した針葉の摘葉試験では、90%以上の針葉が失われた場合は成長が著しく減退し

て枯死する場合もあったが、摘葉率が60%以下であれば成長のわずかな減退は認められても枯死することはなかった（古野，1965）。これらのことから、マダラカミキリの後食のみでマツが枯死することはあり得ない。

岡馬ら（1999）の実験における枯死木からサイセンチュウが検出されなかったことをもって、マツ材線虫病以外の原因（この実験の場合はマダラカミキリによる後食）で枯死した根拠とされている（中根、私信）。しかし、サイセンチュウの樹体内の分布のばらつきや、枯死後の経過日数などの要因により、ベールマン法によってサイセンチュウが検出できない場合があることから（小島・奥村，1987）、サイセンチュウが検出されないことは、マツ材線虫病以外の原因で枯死した根拠にはならない。岡馬ら（1999）の実験における枯死木も、サイセンチュウに感染して枯死したと考えるのが妥当である。

5) 結論

実験1と実験2による枯死木には、被圧やならたけ病といった他の死亡要因は認められなかった。また、京都府林業試験場構内に生育している約80本のマツ生立木のうち、放虫実験に用いた供試木の他は、実験期間中に枯死や衰弱などの異常は認められなかった。さらに、放虫した供試木は非放虫の供試木と隣接しており、放虫した供試木だけに大気汚染などが影響した可能性もない。実験1と実験2におけるマダラカミキリの放虫数は、現実により得ないほど多数ではなかった。このため、後食面積は狭く、後食は枯死の原因とは考えられなかった。さらに、放虫によって枯死した供試木からサイセンチュウが検出された。以上のことから、実験1と実験2は、リーチの原則の第4条件を満たしており、マツ材線虫病によって健全なマツが枯死することを、誰の目にも明らかな形で証明している。

5. おわりに

岡馬・中根（2006）は、マツ材線虫病をマツ枯れの主因とする根拠の問題点を次のように指摘してい

る。『ザイセンチュウをマツ枯れの主因とする根拠は、多数の枯死木からザイセンチュウが検出され、健康なマツでもザイセンチュウを接種すれば、かなりの頻度で枯れるという実験結果にある（岸，1988）。ところが、マツ枯れの原因とされるザイセンチュウを現実にはあり得ないほど多数（何千，何万頭）を人為的に穴をあけたマツに接種したり，また，ザイセンチュウを保持している多数（数万頭/ha）のマダラカミキリを放虫したり，少数でも枝にくくりつけ，野外ではまず見られないほどマツを激しく後食させ，その食害によってマツ枯れを再現したのが従来の実験であったとも言える（例：遠田・真宮，1972；野崎・小林，2000，2002）。しかも，以上の実験報告においては，どのようなマツをどのような生育条件で行った結果なのか，明かでない場合がほとんどである。すなわち，野外のマツ枯れの原因がマダラカミキリの後食に伴うザイセンチュウの侵入と増殖であるとの実証はされていなかったと言える』。この記述中に引用されている野崎・小林（2000，2002）の実験は，ここで紹介した実験1と実験2である。実験1は、『多数のマダラカミキリを放虫することでマツ枯れを再現しても，マツ材線虫病がマツ枯れの主因であることは証明できない』との岡馬ら（1999）の指摘に賛同して実施した。このため，マダラカミキリの放虫数は，岡馬ら（1999）の実験と同程度になるように工夫した。実験2では，さらに少ない放虫数でマツ枯れを再現した。このような実験を，現実にはあり得ない多数のマダラカミキリを放虫し，激しく後食させてマツ枯れを再現した実験例として引用するのは誤認である。

この他にも，岡馬・中根（2006）の報告には疑問点が多い。例えば，広島県の山陽道沿いの10年生以下のアカマツを調査した結果，枯死木の70%以上からザイセンチュウが検出できなかったことから，『マツ材線虫病がマツ枯れの主因とは言えない』と結論している。この調査では，調査本数18,446本のうち枯死木はわずか58本（枯死率0.31%）であった。マツ材線虫病は激害型マツ枯れの主な原因とされていることから，被害がほとんど発生していない林分

の調査結果を基に，マツ材線虫病とマツ枯れの因果関係を考察すること自体が不可解である。マツ材線虫病以外の原因によってマツが枯死する場合は当然であり，例えば，茨城県のマツ材線虫病無被害地では，被圧による枯死率が毎年1.0～8.7%に達している（岸，1988）。岡馬・中根（2006）の調査は，アカマツを上層木とする林分内の10年生以下の中・下層のアカマツを調査対象としていることから，被圧による枯死が生じていたはずであるが，被圧の影響については言及されていない。それどころか，枯死木58本の約3分の1からザイセンチュウが検出されている一方で，大気汚染で枯死した証拠を提示しないまま，『枯死にはザイセンチュウの感染が有意に影響したとは言えず，大気汚染などによって衰弱し，やがて枯死するマツがザイセンチュウに感染したに過ぎないという評価も可能である』と記述し，マツ枯れの根本原因を大気汚染等によるマツの衰弱に求めている。

樹木にとどまらず，病気による被害の原因は，主因，誘因，素因に分けて考えるべきであり（浅田ら，1996），そうすることで，マツ枯れの原因をめぐる意見の対立も，少しは緩和されると思われる。例えば，日本人の死因のトップとされる胃ガンでは，主因はガン細胞であっても，誘因として喫煙や精神的ストレスがあったかもしれないし，素因として胃ガンになりやすい体質であったかもしれない。マツ枯れで言うなら，主因はマツ材線虫病であっても，誘因として大気汚染などの環境要因が影響したかもしれないし，素因としてマツ材線虫病に対する抵抗性が弱い系統であったかもしれない。『マツ枯れの原因はマツ材線虫病ではなく，大気汚染である』という主張は，『死因はガンではなく，喫煙である』という主張と同じで，正確ではない。一方，マツ側に不利に働く大気汚染やマツ林地の富栄養化などの環境要因は，マツ材線虫病の誘因になりうる。なぜなら，亜硫酸ガスや酸性雨を暴露されたマツは，マツ材線虫病の病徴進展が早まることが認められており（二井，2003；田中，1975），マツ林地の富栄養化が進行しにくい尾根筋のマツが枯死しにくい傾向も認

められている（二井，2003；藤原，2007；中越ら，2000）。このため、『サイセンチュウが樹体内に侵入すれば、マツの健康度とは無関係に必ず枯死する』という主張は、『死因はガン細胞であり、喫煙は無関係である』という主張と同じで、間違いであろう。ただし、マダラカミキリの放虫実験の結果（図-4）は、サイセンチュウを保持する3頭以上のマダラカミキリの後食を長期間受けたクロマツまたはアカマツは、枯死を免れることができないことを示している。岸（1988）が、『大気汚染はマツ枯れの誘因としての役割すらほとんど持たない』と推察したのは、マダラカミキリの個体数密度が高い激害林では、大気汚染のような環境要因が、誘因として作用する余地すらないためであろう。マダラカミキリの放虫実験の結果（図-4）と岸（1988）の推察は、抵抗性マツの導入や、マツ林地の富栄養化を防ぐ目的で実施される地掻き作業などの素因や誘因の軽減策は、伐倒駆除などを徹底してマダラカミキリの個体数密度を低くした状態でなければ功を奏しないことを示唆している。

岡馬・中根（2006）は、『①マツ枯れの主因がマダラカミキリの伝播するサイセンチュウによるものなのか、②大気汚染などの環境要因によるものなのか、③サイセンチュウと他の要因との兼ね合いなのか、どれが正しいのかを検討する必要がある』と指摘している。このうち、①と②は主因が何であるかという議論であり、①が正しいことについては、既に十分な証拠を示した。一方、②は大気汚染がマツ枯れの主因であると主張するものであり、そのような立場をとる報告も多い（石原，1973；松本，1979；中根，2000；中根・戎，1995；岡馬ら，1999；吉岡・松本，1975）。しかし、大気汚染によるマツ枯れを再現した実験的証明はなく、大気汚染の影響が少ない地域でマツ枯れが発生しないことも示されていない。したがって、現時点では大気汚染を主因と主張することには論拠がない。③のように、マツ枯れには主因の他に誘因や素因が関わっていると考えるのが妥当であり、場合によっては大気汚染が誘因として重要な役割を果たす可能性は否定しない。しかし、

『マツ枯れの主因は大気汚染であり、マツ材線虫病は無関係である』という主張は間違いである。このような間違った主張を繰り返すのは、大気汚染などの環境問題に対する思い入れが強すぎるためかもしれない。大気汚染などの環境問題が、人類が抱える最大の問題であることは間違いない。しかし、このことを訴えたいばかりに、既存の科学論文を軽視または無視し、真の原因を見失うことは、科学に対する不信感を招き、結果として環境問題の解決にとってもマイナスであろう。少なくとも、マツ枯れ対策にはとっては大きなマイナスになってきた。

ある研究者が間違った主張を繰り返す場合、それを是正することができるのは、共同研究者だけかもしれない。『マツ材線虫病はマツ枯れとは無関係である』と主張する研究グループの中から、ここに書いた内容に反論しようとする人が現れることに期待する。なぜなら、反論するためには、サイセンチュウ保持数が多いマダラカミキリを放虫してもマツ枯れが再現されないことを示す必要があり、そのような実験を実施すれば、マツ材線虫病によってマツが枯死しているという現実を目の当たりにすることになるからである。

引用文献

- 阿部 豊・岸 洋一（2001）マツノマダラカミキリ
の後食による網室内クロマツの枯損。第112回日
林学術講：316。
- 浅田泰治・井上忠男・後藤正夫・久能均（1996）最
新植物病理学概論。295pp.，養賢堂，東京。
- 遠田暢男（1973）マツノマダラカミキリの後食がマ
ツの枯死に及ぼす影響(II)－9年生および20年生ク
ロマツの摂食試験－。第84回日林講：319～321。
- 遠田暢男・榎原 寛（1982）マツノマダラカミキリ
の触角から保線虫数を推定する方法。第34回日林
関東支論：145～146。
- 遠田暢男・真宮靖治（1972）マツノマダラカミキリ
の後食がマツの枯死におよぼす影響。日林論 83：
320～322。
- 古野東洲（1965）摘葉によるマツカレハ被害の模型

- 試験. 日林誌 46:52~59.
- 二井一禎 (1987) マツノザイセンチュウと寄主との関係. 森林防疫 36:155~159.
- 二井一禎 (2003) マツ枯れは森の感染症. 222pp., 文一総合出版, 東京.
- 日高国男 (1954) 宮崎県におけるマツクイムシ駆除の経緯. 森林防疫ニュース 25:264~265.
- 藤原末沙子 (2007) 宝ヶ池周辺丘陵地でのエコトープ分析. 印刷中, 京都府立大学農学部卒業論文, 京都.
- 細田隆治・奥田素男・竹谷昭彦・小林一三 (1974) 激害終期マツ林の枯損木から羽化したマツノマダラカミキリのマツノザイセンチュウ保持数. 第85回日林講:231~233.
- 市村禎一郎 (1976) 山口県防府林業事務所管内におけるマツ類の枯損とマツノザイセンチュウの分布実態. 森林防疫 25:73~78.
- 池田俊弥 (1986) マツノマダラカミキリの誘引物質とその利用. 森林防疫 35:95~100.
- 石原 保 (1973) マツクイムシとその蔓延の要因. 昆虫と自然 8:23~25.
- 伊藤弘康・横溝康志・高久健一 (1979) 栃木県におけるマツノザイセンチュウの分布とその被害状況. 森林防疫 28:103~107.
- 川畑克巳・谷口 明 (1973) マツ枯損とマツノマダラカミキリの後食との関係. 鹿児島林試業報 21:10~13.
- 岸 洋一 (1988) マツ材線虫病—松くい虫—精説. 292pp., トーマス・カンパニー, 東京.
- 清原友也 (2001) 松くい虫研究余話①マツノザイセンチュウの発見と病原の確定. 森林防疫 50:86~88.
- 清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験. 日林誌 53:210~218.
- 小林富士雄・細田隆治・奥田素男・竹谷昭彦 (1971) 各種穿孔虫からのマツ材線虫の分離. 日林関西支講要 22:137~139.
- 小林富士雄・西村正史 (1972) マツノマダラカミキリの後食面積および枝の表面積の測定法. 日林論 83:331~332.
- 小林一三・細田隆治 (1978) マツノマダラカミキリを生かしたまま保線虫数を推定する方法. 日林論 89:301~302.
- 小林一三・竹谷昭彦・細田隆治・奥田素男・武田丈夫・井戸規雄 (1975) マツノマダラカミキリ成虫の材線虫保持数—和歌山県潮岬における1974年の結果—. 日林論 87:313~314.
- 小島耕一郎・奥村俊介 (1987) 寒冷地方におけるアカマツ枯損動態に関する研究. 長野県林業指導所研報 2:21~36.
- Leach, J. G. (1940) Insect transmission of plant disease. 651pp., McGraw-Hill, New York.
- 真宮靖治 (1980) アメリカ合衆国におけるマツノザイセンチュウの発見. 森林防疫 29:54~58.
- 真宮靖治 (1992) 森林保護学. 262pp., 文永堂, 東京.
- Mamiya, Y. and Enda, N. (1972) Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). Nematologica 18:159~162.
- 松原 功 (1979) マツノマダラカミキリ放虫数とマツの枯死との関係(I). 日林関東支講要 31:32.
- 松原 功 (1995) 松くい虫被害木除去による被害まん延防止効果. 千葉林試研報 8:26~35.
- 松田正治 (1975) マツノザイセンチュウ・マツノマダラカミキリの実態調査. 愛媛県林試研報 1:35~62.
- 松本文雄 (1979) 松枯れと大気汚染. 自然保護 205:8~9.
- 森本 桂・岩崎 厚 (1971) マツノマダラカミキリによるマツノザイセンチュウの伝播. 日林九州支研論 25:165~166.
- 森本 桂・岩崎 厚 (1972a) マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割. 日林誌 54:177~183.
- 森本 桂・岩崎 厚 (1972b) マツノマダラカミキリの後食数とマツ枯損の関係. 第83回日林講:327

- ～329.
- Mota, M. M., Braasch, H., Bravo, M. A., Penas, A.C., Burgermeister, W., Metge, K., and Sousa, H. (1999) First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. *Nematology* 1: 727～734.
- 中越信和・白築治枝・根本玲子 (2000) 東広島における松枯れと森林動態. 第111回日林学術講: 206～207.
- 中邑 勝・池田武文 (2006) 天橋立のマツ枯れ対策とマツ林の保全. *森林防疫* 55: 250～254.
- 中根周歩 (2000) 山陽道沿いの若齢アカマツ林のマツノマダラカミキリ後食, マツノザイセンチュウ検出, マツ枯死率. 第111回日林学術講: 276～277.
- 中根周歩・戎 晃司 (1995) 樹木活力剤の効果実験(2)ークロマツ苗木へのマツノザイセンチュウ接種の影響ー. 第106回日林講: 94.
- 中根周歩・戎 晃司 (1998) マツノマダラカミキリ摂食影響評価(2)アカマツ若齢自然林について. 第109回日林講: 320.
- 野崎 愛・小林正秀 (2000) マツノザイセンチュウを保持したマツノマダラカミキリの野外放虫実験. *森林応用研究* 9(2): 83～86.
- 野崎 愛・小林正秀 (2002) マツノザイセンチュウを保持したマツノマダラカミキリの少数放虫実験. *森林応用研究* 11(1): 69～71.
- 岡馬裕人・中根周歩 (2006) 広島県山陽道沿い若齢マツ林の枯れへのマツノザイセンチュウ関与の実態とマツ枯れ要因. *環境情報科学論文集* 20: 65～70.
- 岡馬裕人・中根周歩・富井利安・戎 晃司 (1999) マツノマダラカミキリ放虫実験(3)生育環境の異なる若齢アカマツ自然林ー. 第110回日林学術講: 657～658.
- 奥田素男 (1972) 無線虫マツノマダラカミキリの後食が松の生育に与える影響. *昭和47年度林試関西支報* 14: 40.
- 林野庁 (2007) 平成19年度版 森林・林業白書. 243 pp., 日本林業協会, 東京.
- 柴田叡弼・富樫一巳 (2006) 樹の中の虫の不思議な生活. 290pp., 東海大学出版会, 神奈川.
- 鈴木和夫 (1999) 樹木医学. 325pp., 朝倉書店, 東京.
- 武田丈夫 (1981) 和歌山県におけるマツの枯損とマツノザイセンチュウの分布. *森林防疫* 30: 26～30.
- 滝沢幸雄 (1975) マツノマダラカミキリの接種数とマツ枯損. *日林九州支研論* 28: 155～156.
- 竹谷昭彦・細田隆治・奥田素男 (1974) マツノマダラカミキリ成虫の行動に関するモデル実験Ⅲー後食量ー. *日林関西支講要* 25: 302～305.
- 田中 潔 (1975) マツ材線虫病の発生に及ぼすSO₂の影響. 第86回日林講: 287～289.
- Togashi, K. (1985) Transmission curves of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) from its vector, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), to pine trees with reference to population performance. *Appl. Ent. Zool.* 20: 246～251.
- Togashi, K. (1989) Factors affecting the number of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) carried by newly emerged adults of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Appl. Ent. Zool.* 24: 379～386.
- 徳重陽山・清原友也 (1969) マツ枯死木に生息する線虫 *Bursaphelenchus* sp.. *日林誌* 51: 193～195.
- 渡瀬 彰 (1979) 山梨県におけるマツノザイセンチュウの分布とその被害状況. *森林防疫* 28: 167～168.
- 吉田成章 (2006) 研究者が取り組んだマツ枯れ防除ーマツ材線虫病防除戦略の提案とその適用事例ー. *日林誌* 88: 422～428.
- 吉岡金市・松本文雄 (1975) 松枯一斉調査と年輪解析報告. *公害研究* 4: 70～74.

(2007. 7. 24 受理)

論文

サビマダラオオホソカタムシのマツノマダラ カミキリ生物的防除への利用における展望

浦野忠久¹・中村克典²・牧本卓史³

1. はじめに

マツ材線虫病は、寒冷地を除く全国のマツ林で依然として深刻な枯損被害をもたらしている。これまでにさまざまな防除法が開発されているが、実際に行われている手法は、病原体であるマツノザイセンチュウを運搬するマツノマダラカミキリ（以下マダラカミキリ）を対象とした薬剤予防散布と伐倒駆除が主体となっている（吉田ら，1997）。一方薬剤に比べ環境への負荷が小さい天敵生物を利用したマダラカミキリ防除への要請は強く、このための研究も古くから行われており、昆虫、微生物を含めた在来天敵のリストアップは既に行われている（岸，1988）。天敵昆虫が他の防除法に比べて優れている点は、自力で移動分散して増殖することと、一旦定着すればその後はコストをかけずに効果を持続できる点である。しかし実際には、これまで防除に利用できる天敵昆虫は発見されなかった。在来種であるマダラカミキリは元々希少な種であったが、マツノザイセンチュウの北米からの侵入以降急速に分布拡大し、国内での生息密度が上昇したものと考えられている（富樫，2006）。一方在来の天敵昆虫にはマダラカミキリに対し特異的に捕食、寄生し、かつマダラカミキリに匹敵するほどの増殖、分散能力を持つものは存在しないため、マダラカミキリの分布拡大を抑制できなかったものと考えられる。

サビマダラオオホソカタムシ（*Dastarcus helophoroides* (Fairmaire)）は鞘翅目ムキヒゲホソカタムシ科（Bothrideridae）に属する捕食寄生性昆虫である。寄主はおもにカミキリムシ類の幼虫および蛹である。本種は1年1化で7～9月に羽化し、成虫で越冬した後、翌年4月頃から枯死木の樹皮亀裂内等に産卵する。孵化幼虫は

樹幹の寄主孔道内に侵入し、寄主を麻痺させた後、蛆虫型の2齢幼虫へと脱皮し、寄主を外部から摂食する。寄主がマダラカミキリの場合、1個体の寄主に寄生するホソカタムシ幼虫の数は1、2個体の場合が多いが、最大10個体前後まで寄生していることがある。成熟した幼虫は繭を作ってその中で蛹化し、成虫が羽化する（図-1）。

本種は1980年前後に広島、岡山両県でマダラカミキリへの寄生が初確認された（竹常，1982；井上，1993）。この当時天敵としての有効性はあまり議論されなかったが、約20年を経て岡本（1999）は岡山県和気町のマツ林内で本種が枯死木樹幹内のマダラカミキリに50%以上という高率で寄生していることを確認した。また同じ時期に中国でポプラなどの緑化木を食害するツヤハダゴマダラカミキリの防除にホソカタムシが利用され、人工飼料を用いた大量増殖法の開発が進んだ（Ogura et al., 1999；小倉，2000a）。これを受けて森林総合研究所では交付金プロジェクト研究「サビマダラオオホソカタムシを用いたマツノマダラカミキリ防除技術の開発」（平成14～18年度）が行われた。

マダラカミキリはマツの直接加害者ではなく病原体の運搬者であることから、単に増殖した天敵を林内放飼しても、それによるマダラカミキリの殺虫率は枯損被害の減少率とは必ずしも結びつかない。すなわちある林分内で80%のマダラカミキリを防除できたとしても、生き残った20%の個体が高い線虫伝搬能力を持っていれば翌年の被害は減少しないであろう。また当該林分が周囲の被害林からある程度隔離されていないければ、周囲から飛来したマダラカミキリによる被害が発生する。したがって天敵生物のみで被害を抑えるには、マダラカミキリをほぼ絶滅

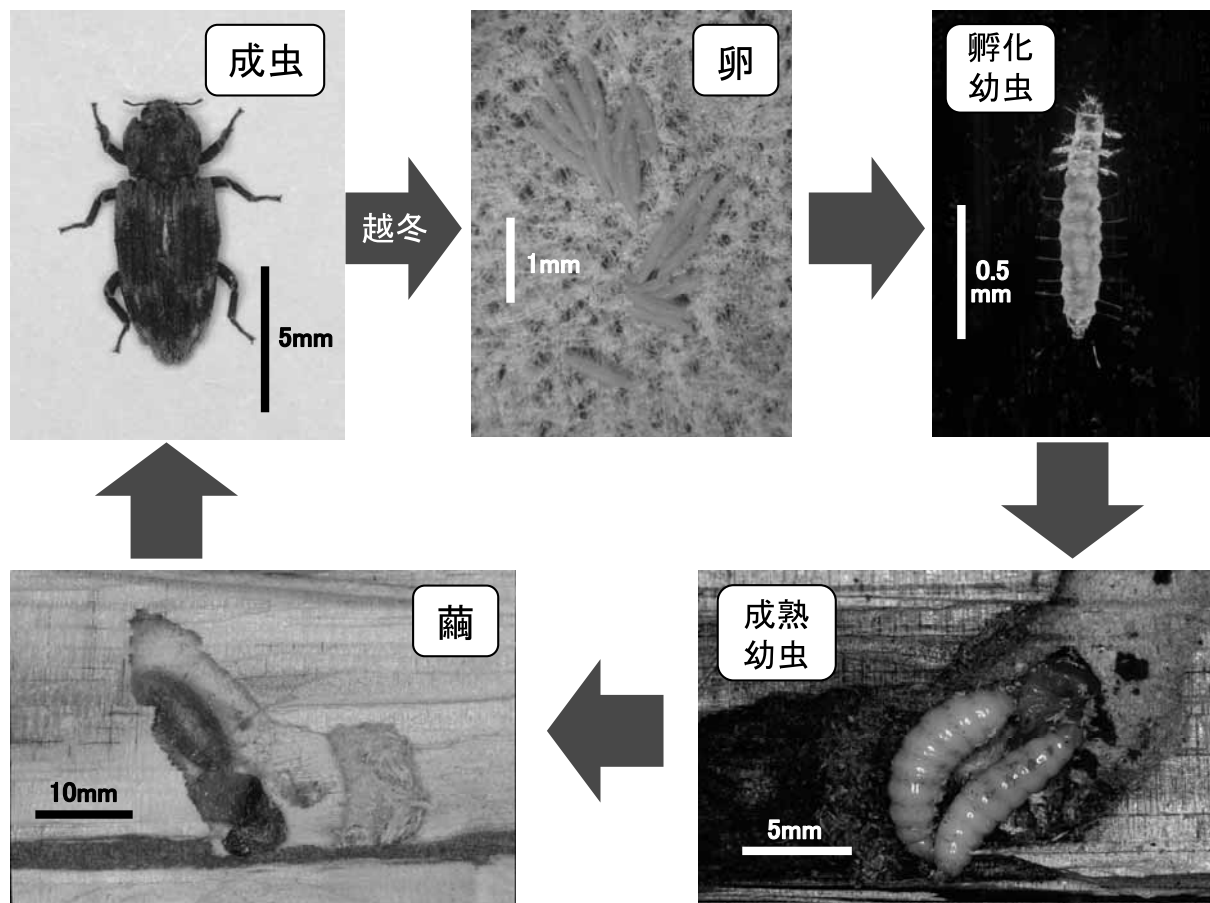


図-1 サビマダラオオホソカタムシの发育ステージ

させるほどの捕食・寄生能力を持った生物が必要になる(吉田, 2006)。しかしホソカタムシの土着地域である岡山県における最近30年間のマツ枯損被害量は、全国の被害量推移と比較してもとくに減少傾向にはない(岡山県松くい虫等森林病虫害防除連絡協議会, 2007) ことから、土着個体群が上記のような能力を持つとは言い難い。したがってすでに枯損率の上昇し始めた林分において、単独で被害拡大をくい止めるような能力は期待できないため、予防薬剤散布のような現行防除法で被害が低レベルに抑えられている場所での利用法を考えるべきである。本稿では上記研究課題の内容である材線虫病被害林分内における放飼試験(Urano, 2006)、ホソカタムシの分散能力、および現行防除の行われているマツ林内の被害木発生パターンについての調査結果を示

し、マダラカミキリ防除体系の中でホソカタムシをどのように生かすべきかを考察する。

なお、滋賀県内での調査にご協力いただいた滋賀県森林センターの増田信之氏(現大津林業事務所)および滋賀県希望ヶ丘文化公園の若杉 出氏、川内海岸林での調査にご協力いただいた鹿児島県林業試験場の佐藤嘉一、川口エリ子、白井陽介、田代 卓の各氏に厚くお礼申し上げる。

2. 材線虫病被害林分における放飼試験

試験地は2002~2005年は滋賀県野洲市(近江富士花緑公園および希望ヶ丘文化公園内)、2006年は滋賀県野洲市および岡山県笠岡市のアカマツ林を使用した。滋賀県の試験地ではホソカタムシ土着個体の生息は確認されなかったが、岡山県の試験地内では

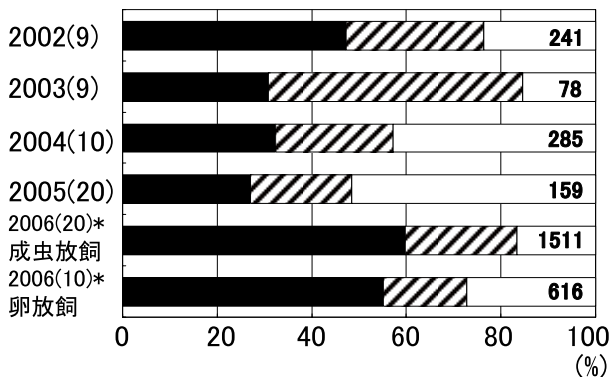
土着個体が採集された。

4月下旬～5月上旬に前年の枯死木にホソカタムシ成虫または卵を放飼した。成虫放飼は2002～2005年に滋賀県野洲市，2006年には岡山県笠岡市の試験地で実施し，2003年は供試木1本あたりの放飼成虫数を50，100，200頭の3通りとし，2004年は20，40，80頭の3通りとした。それ以外の年は1本あたり40～60頭を放飼した。卵放飼は2006年岡山県笠岡市の試験地で行った。室内飼育成虫の産下卵を集め，5月上旬に供試木1本あたり約5000卵を放飼した。6～7月に供試木を割材調査し，寄生率およびマダラカミキリ死亡率を調査した。2004年放飼樹幹から採集したマダラカミキリ不明死亡120頭を保存し，KOHで処理して実体顕微鏡下で解剖した。供試木の一部は無放飼区（対照区）とし，放飼試験と平行して放飼成虫の立木間における移動分散を，無放飼木における寄生の有無によって調査した。

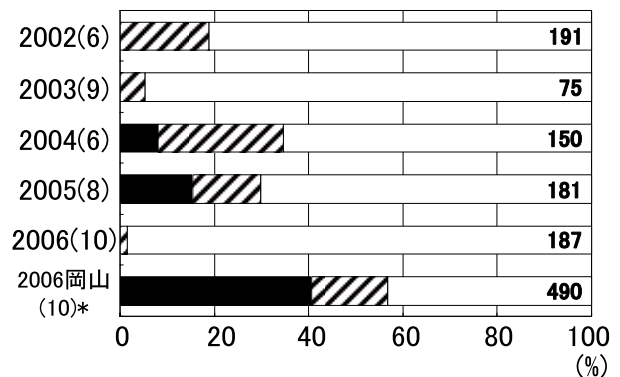
放飼試験の結果を図-2に示した。材内蛹室には(A)マダラカミキリ生存個体（含脱出孔），(B)ホソカタムシによる被寄生死亡個体，(C)原因不明死亡個体および(D)オオコクヌストおよびキツツキの捕食による死亡個体が認められた。(B)の個体数を(A)+(B)+(C)

の個体数で除した数値をホソカタムシによる寄生率，(B)+(C)を(A)+(B)+(C)で除した値をマダラカミキリの死亡率とした。ホソカタムシの寄生によって樹幹内のマダラカミキリの27～60%が死亡し，原因不明の死亡を加えるとマダラカミキリの死亡率は48～85%に達した（図-2a）。寄生率および死亡率を無放飼区（図-2b）と比較した結果，どちらの値もすべての年の放飼区で無放飼区より有意に大きかったことから，防除効果は認められたものと考えられる。2003年および2005年にはオオコクヌストおよびキツツキによる捕食の痕跡が数多く認められ，捕食により死亡したマダラカミキリ蛹室数を加えて死亡率を再計算すると，両者の捕食による放飼木でのマダラカミキリ死亡率は2003年には46.9%，2005年は68.0%に達した。したがってホソカタムシの放飼以前にこれらの捕食により，材内のマダラカミキリ密度が低下したものと考えられる。原因不明死亡率は無放飼区に比べ放飼区で明らかに高いことから，の中には寄生を受けた後，何らかの原因でホソカタムシが死亡したものが含まれる可能性が高い。不明死亡120個体を検鏡した結果，10個体でホソカタムシの孵化幼虫等の死骸が確認され，不明死亡個体の中に

a. 放飼木



b. 無放飼木



■ 寄生 ▨ 不明死亡 □ 生存(羽化)

図-2 2002～2006年の放飼試験における放飼木および無放飼木材内でのマツノマダラカミキリ各死亡要因の占める割合。括弧内の数字は供試木の木数，グラフ上の数字は各試験区における合計個体数を示す。寄生はサビマダラオオホソカタムシによる。*印は岡山県笠岡市，その他は滋賀県野洲市を試験地とした。

実際に寄生を受けたものが含まれることが明らかになった。供試木1本あたりの放飼頭数を3通りとした結果、2003年は捕食者による高い死亡率が原因で放飼成虫数と寄生率の間には明らかな関係は認められなかった。2004年には20頭放飼の場合は、40および80頭放飼の場合に比べマダラカミキリ死亡率が低くなった。

無放飼区においては、2002年と2003年には寄生は認められず、マダラカミキリの生存率は高かった(図-2b)。各無放飼木の最も近い放飼木からの距離は最小1.4m、最大660mであったが、供試木間の成虫の移動はなかったと考えられる。2004年と2005年にそれぞれ無放飼木1本においてホソカタムシの寄生が認められた。2004年の木は最も近い放飼木から265m、2005年はそれ以上離れていたため、前年あるいは前々年の放飼残存成虫およびその次世代による寄生の可能性もある。両年とも他の無放飼木では寄生が認められなかった。以上のことから放飼個体が試験地内で繁殖している可能性は高いものの、かなり局在するものと考えられた。2006年には滋賀県の試験地内で放飼は行わなかったが、アカマツ枯死木10本に寄生は認められなかった。2003年放飼試験後の試験地内で、放置されたアカマツ枯死伐倒木樹幹と切り株の樹皮下より、11月12日および21日に当年放飼の残留個体と思われる成虫2頭を採集した。これにより、放飼成虫の一部は少なくともその年の冬までは林内で生き残ることが確認された。本種の試験地内での定着を確認するためには、さらなる調査を必要とするものと考えられる。

3. サビマダラオオホソカタムシ成虫の野外網室内における分散能力

(1) 春季分散試験

ホソカタムシ成虫の越冬後(春季)における野外での分散行動を明らかにするための試験を、以下の方法で行った。2005年7~8月に羽化後、室内飼育した成虫100頭をマーキングし、長さ30cm、直径10cm前後のアカマツ丸太の内部をくりぬき、脱出用の穴を空けたもの(放飼用丸太)4本に25頭ずつ入れ



写真-1 春季分散試験における網室内の状況。中央は放飼用丸太に網箱を被せたもの。左奥は北東隅に設置した5本のアカマツ丸太。

た。2006年3月9日、これを野外網室(6m×6m×高さ2m)の中央に置き、網箱(縦50cm×横45cm×高さ35cm、ホソカタムシ成虫は網目を通過可能)をかぶせた。網室の北東と南西の隅にはマダラカミキリ穿入アカマツ丸太(長さ1m)を5本ずつ置き、北西と南東の隅には伐倒後約3年経過したヒノキ丸太(長さ1m)を5本ずつ置いた(写真-1)。5月15日の観察後に北西と南東のヒノキを交換した。5月25日まで2~6日おきに網室内を調べ、ホソカタムシの分散状況を調査した。アカマツ丸太は4月26日に剥皮し、樹皮下の成虫数を調べた後、新たなアカマツ丸太10本を網室内に設置し、これらは5月25日に剥皮した。

試験開始後4月10日まで、90頭以上が放飼用丸太内と表面、および網箱内に見られた。この数はその後徐々に減少し、4月24日には72頭となったが、それ以外の場所で成虫は確認されなかった。4月26日に網室隅に設置したアカマツ丸太を剥皮したところ、12頭の成虫が採集された。この時期に分散した成虫は樹皮下などの隙間に入り込む傾向が強いものと考えられた。5月に入ると網箱内の成虫数はさらに減少し、網室四隅の丸太上で見られる成虫数が増加し、とくに南東隅のヒノキ樹幹上に多く集まる傾向があった。これは網室の設置場所が東と南方向が開けて明るかったために、明るさおよび温度に対する走性が働いたためと推測された。5月25日には網箱内の成

虫数は8頭まで減った。同日アカマツ丸太10本を剥皮した結果、成虫12頭が採集された。以上の結果から、この時期における分散行動は、4月終わりあるいは5月初め頃から活発化するものと推定された。また成虫がマダラカミキリの穿入丸太に誘引される傾向は強くないものと考えられた。

5月15日の観察後に北西と南東のヒノキを交換したところ、3日後にはほとんど変化がなかったが、7日後には4カ所の丸太上個体数がほぼ同数になり、10日後には再び南東側が最も多くなった(図-3)。この推移から、ホソカタムシ成虫は北西から南東のヒノキへ直接移動したというより、網室の側面上を

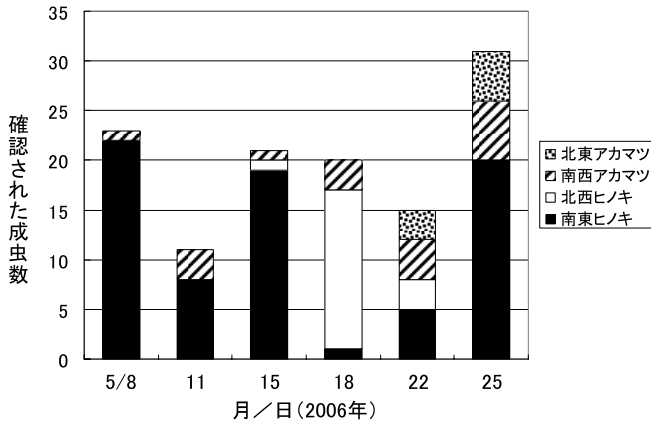


図-3 網室四隅の丸太表面に見られたサビマダラオオホソカタムシ成虫の推移。5月15日の観察後に北西ヒノキと南東ヒノキを交換した。



写真-2 秋季分散試験における網室内の状況。手前はマツノマダラカミキリ穿入および脱出後のアカマツ丸太に網箱を被せたもの。中央奥は網室隅の台上に設置した放飼用丸太。

歩行し、アカマツ丸太を中継点にしながら数日間かけて移動したものと推定される。

(2) 秋季分散試験

ホソカタムシ成虫の野外での分散は、越冬後に加えて羽化脱出時期(秋季)にも活発化することが推定される。よってこの時期の分散行動を明らかにするための試験を以下の方法で行った。2006年7~8月羽化の成虫100頭を個体識別できるようにマーキングし、春季試験と同じ放飼用丸太4本に入れた。網室中央に長さ120cm×幅50cm×高さ50cm、春季試験と同じ素材の網箱2器を並べて置き、一方の網箱にはマダラカミキリ穿入アカマツ丸太(長さ1m)8本を、もう一方には2006年夏にマダラカミキリが脱出し終えたアカマツ丸太(長さ1m)8本を入れた。2006年9月4日15時、網室の四隅に高さ1mの台を置き、この上にホソカタムシ幼虫の入った丸太を1本ずつ置いた(写真-2)。設置当日の夕方から11月30日まで週に1~4回、朝9時台と日没後(17時から19時台)に網室内を調べてホソカタムシ成虫の分散状況(発見した個体の番号と確認位置)を記録した。

試験の結果、開始当日日没後の18時45分頃から成虫が丸太外にほぼ一斉に出現し始め、一部の個体は飛翔するのが見られた。開始後4日間にわたって網室内で20~30頭台の成虫が確認されたが、活発な動きが見られたのは初日のみで、その後は徐々に確認数が減少した。朝よりは日没後の観察で確認される成虫数の方が多かった。分散した成虫は、春季試験と同様網室の南東側面に集中する傾向があった。10月中旬までほとんどの成虫は網室の側面および上面で確認されたが、その後は網箱内の丸太表面で確認された。網箱内で見られた成虫は最大で10頭であったが、マダラカミキリ穿入丸太より古い丸太の表面で多く確認された。試験期間を通じて観察された成虫84頭の網室内での移動距離は平均11.5m、最大36.9mであった(図-4)。以上の結果から、成虫は薄暮活動性であり、野外で秋期に分散した成虫は10月中旬までは移動を行うが、それ以降は枯死木樹幹等

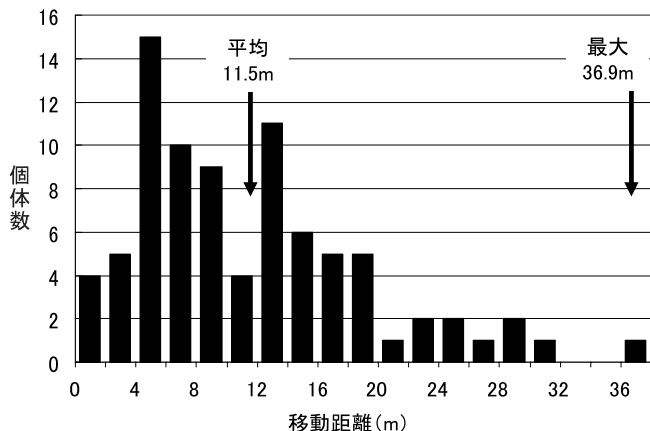


図-4 網室内におけるサビマダラオオホソカタムシ移動距離による個体数の分布 (n=84). 移動距離は調査期間中に各個体が確認された網室上の位置間の直線距離を合計した数値.

に留まる傾向があること、春季試験と同じくマダラカミキリの穿入丸太に誘引される傾向は低いことが明らかになった。

4. 微害化林分におけるマツ枯損およびマツノマダラカミキリ発生状況の調査

先にも述べたとおり、ホソカタムシは予防薬剤散布のような現行防除法で枯損が低レベルに抑えられている場所（微害化林分）で低密度に発生する枯死木や、伐倒駆除における枝などの「駆除残し」を防ぐために利用するのが現実的と考えられる。そしてそのようなマツ林にホソカタムシを定着させる、あるいは継続的に放飼することによって、低い枯損率を維持し続けることが目標となる。ここで問題となるのは、①予防散布によって被害の抑えられている林分において、直ちに散布を中止して天敵放飼に切り替えることができるか、および②放飼したホソカタムシが微害化林分内で発生する枯死木を利用し、移動分散することによって個体群を維持することができるか、の2点である。そこで天敵放飼の前提となる微害化林分の成立条件を明らかにするため、2002～2005年にかけて、佐賀県虹の松原および鹿児島県川内海岸林で枯損木探査を実施し、発生箇所の測位とマツノサイセンチュウの検出を行った。いずれの

マツ林においても予防散布（薬剤空中散布）が行われており、発生した枯損木に関しては虹の松原では伐倒焼却、川内海岸林では伐倒駆除（燻蒸および薬剤散布）が行われている。川内海岸林の5地点には誘引捕獲器を設置し、マダラカミキリの捕獲消長と線虫保持状況を調査した。虹の松原については、マツ枯損木（被圧枯死木等を含む）の最近接個体間距離を測定、解析した。

(1) 試験地における被害発生状況および防除停止してもマツ林が維持できる可能性

虹の松原、川内海岸林とも調査開始段階で、予防散布により被害が著しく減少したマツ林と認識されていた。虹の松原での枯損木探査により、2002～2005年にそれぞれ46本、114本、216本、98本の枯損木を確認した。マダラカミキリやその天敵昆虫が主に利用するであろう夏～秋に発生する枯損木数は調査期間を通じ38～88本であった。枯損木からのマツノサイセンチュウ（以下線虫）検出確認数は年あたり0～6本と少なく、検出されないマツの枯損原因は被圧や加齢による衰弱などと考えられた。よって虹の松原では材線虫病の発生が抑制され、被害は終息しつつあることが判明した。一方で、2004年に一旦線虫検出木が消失したにもかかわらず翌年には少数の検出木が出現したことから、今なお線虫をもったマダラカミキリが低密度ながら飛来しているものと推測される。このことは十分に被害が抑制されている虹の松原でも、直ちに予防散布を停止できる状況にはないことを意味する。川内海岸林における被害木数は2002年の123本から翌年には350本を越え、以後も増加傾向を示した。枯損木の大半は優勢木で多くから線虫が検出された。したがって川内海岸林は虹の松原とは異なり、材線虫病被害が十分に抑制された状態にはないと判断された。このような状況下でマツ林を維持しようとするれば、予防散布を停止できないのは自明である。川内海岸林で12～15基の誘引器を用いたマダラカミキリ捕獲調査の結果、1シーズンの捕獲数は16～58頭と多くはなかったが、この地域でマダラカミキリが着実に発生ないし飛来して

いる状況が確認された。また、捕獲成虫の11~38%が線虫を保持していた。このように、捕獲成虫数や線虫保持率は低レベルでも現実に材線虫被害は終息しておらず、材線虫病被害を終息させるにはマダラカミキリの誘引捕獲数をほぼゼロにする強度の防除が必要であることを示している。このような状況は少なくとも西南日本のマツ林の多くで共通していると考えられるので、マツ枯損被害低減へ向けた天敵昆虫の放飼、定着技術は、現行の防除手法と共存するものとせざるを得ないであろう。

(2)材線虫病被害が抑制されたマツ林での枯損木の分布

虹の松原に発生した夏-秋枯損木の最近接個体間距離は、50~70mを平均値とする非正規的な分布を示した。2003年には最近接個体間距離の中央値は30mであった。すなわち、枯損木の半数以上で30m以内に最近接個体が存在したことになる。しかし2004年と2005年には同中央値は約60mとなった。2003年および2004年に発生した枯損木から翌年発生した最近接枯損木までの距離はさらに遠くなり、中央値が90m (2003~2004年) および75m (2004~2005年)、平均では107m (2003~2004年) および81m (2004~2005年) となった。マダラカミキリの天敵昆虫がマツ林内に定着して個体群を維持するには、マダラカミキリ (あるいはその代替となる餌昆虫) の生息する枯損木が適当な密度で存在する必要がある。上で得られた結果は、虹の松原レベルの枯損抑制状況下で天敵昆虫が個体群を維持するには半径50~100m程度の移動、探索能力が必要であることを示している。

5. サビマダラオオホソカタムシ放飼技術の現行防除体系への組み込み案

ここまで示した試験調査の結果、ホソカタムシの寄生、分散能力に関しては、マツ枯死木樹幹に直接放飼した場合は樹幹内のマダラカミキリに対し高率の死亡をもたらすことができるが、飛翔はあまり行わず、分散能力は高くないことが明らかになった。

移動分散能力の低さは、鞘翅目の捕食寄生者に共通した特徴である (Eggleton and Belshaw, 1993)。微害化林分に関する調査では、かなり徹底した防除が行われているマツ林においても、現行の予防散布が直ちに中止できる状態にはないことが明らかになった。このことからホソカタムシ放飼は現行の防除法と併用し、補完する形での利用が望ましい。

ホソカタムシ放飼と予防薬剤散布の併用の可能性について考察すると、両者の実施時期を比較した場合、ホソカタムシの効果的な放飼時期が4月下旬~5月上旬であるのに対し、予防散布は通常5月下旬~6月上旬と、6月下旬~7月上旬の2回行われることが多い。ホソカタムシの放飼次世代の羽化脱出は7月中旬に始まると推定されるため、5月下旬~7月上旬は幼虫の発育~蛹の時期に相当し、この時期のホソカタムシは材内に存在するため、薬剤の影響を回避することが可能と考えられる。

微害化林分内における枯損木分布調査の結果は、虹の松原のような被害が十分に抑制された林内でホソカタムシが個体群を維持するには半径50~100mの移動分散能力が必要であることを示した。放飼および分散試験の結果から考えると、ホソカタムシ成虫が羽化脱出から翌年の産卵までの間にこの程度の距離を容易に移動できるとは言い難い。したがってホソカタムシの餌資源である枯死木がまばらにしか発生しない微害化林分内において放飼個体を定着させるには、ある程度継続的な放飼が必要と考えられる。ホソカタムシをマツ林内に定着させるための放飼技術として、小倉 (2002) は天敵保全箱 (写真-3) を考案した。これは200cm×165cm×高さ85cmの金網製カバーで伐倒、玉切りした枯死木を覆い、この中にホソカタムシ卵を放飼して枯死木内のマダラカミキリを寄主として増殖させるもので、金網の一部にエキスパンドメタルを用いることにより、ホソカタムシ成虫はここを通過して林内に分散可能であるが、マダラカミキリ成虫は脱出できない仕組みになっている。ホソカタムシのみでなく、在来の捕食性昆虫として最も有力なオオコクヌストも分散可能である。

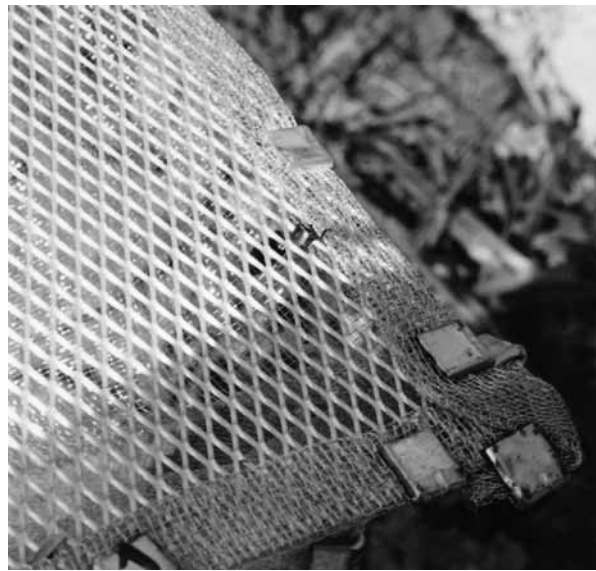


写真-3 (左)天敵保全箱. (右)上面に使用されているエキスパンドメタル. 網目の大きさは10×5mm.
(小倉信夫 原図)

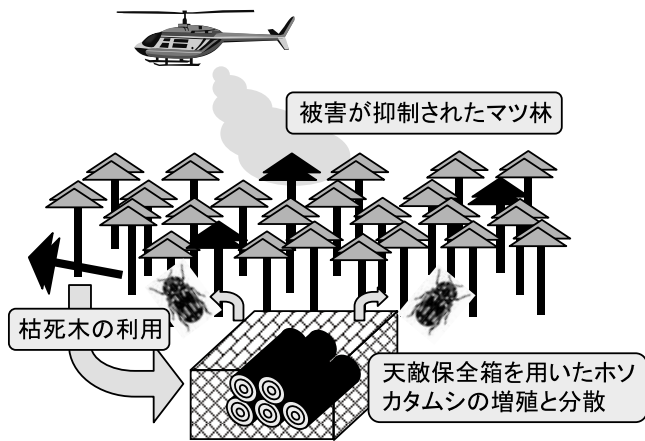


図-5 サビマダラオオホソカタムシのマツノマダラカミキリ防除体系への組み込み案

以上をまとめて、ホソカタムシのマダラカミキリ防除体系への組み込みの具体案を示す(図-5)。ホソカタムシの放飼は、予防散布等の現行防除が行われている微害化林分で行うものとする。林分内に低密度で発生する枯死木は通常伐倒駆除の対象となるが、この中からマダラカミキリの穿入しているものを選んで伐倒後天敵保全箱で覆い、4月下旬から5月中旬にかけてホソカタムシ(成虫あるいは卵)を放飼する。対象木の枯損原因が材線虫病ではなく

被圧等である場合は、羽化したマダラカミキリが感染源とはなりにくいので、保全箱を使う必要はないと考えられる。翌年発生する枯死木に関しても同様の処理を行うが、保全箱には耐久性があるので、前年使用したものをそのまま使うことができる。この作業を数年間繰り返すことにより、ホソカタムシの林内生息密度を上昇させることができるであろう。ホソカタムシ成虫の移動能力を考えると、林内定着にはかなり時間のかかることが予想されるが、成虫は寿命が長く生涯産卵数も多いため(井上, 1993; 小倉, 2000b), 枯死木に到達することができれば、自力で繁殖可能と考えられる。以上の手順でこれまで人力に頼っていた伐倒駆除のコストを軽減し、林内のマダラカミキリ発生数を抑えることが当面の目標となる。

6. おわりに

本稿で示した手法は1つの防除案の段階であるため、今後は条件にあった試験地を設定した上での実証試験が必要である。ホソカタムシはカミキリムシ類に広く寄生する種であり、実際に中国でゴマダラカミキリの防除に使われたことから、マダラカミキリ以外にも果樹、緑化木および乾材の害虫として知

られるカミキリムシの防除に利用できる可能性が高い。また、現在ホソカタムシのマツ林内における生息が確認されているのは岡山、広島、鳥取の3県のみであるため、他地域での採集が困難な場合は、農薬登録申請のための試験も必要となるであろう。

引用文献

- Eggleton, P. and Belshaw, R. (1993) Comparisons of dipteran, hymenopteran and coleopteran parasitoids: Provisional phylogenetic explanations. *Biological Journal of Linnean Society* 48: 213-226.
- 井上悦甫 (1993) マツノマダラカミキリの天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシについて. *森林防疫* 42: 171~175.
- 岸 洋一 (1988) マツ材線虫病—松くい虫—精説. トーマス・カンパニー, 東京.
- 小倉信夫 (2000a) 中国寧夏でのツヤハダゴマダラカミキリとサビマダラオオホソカタムシの飼育. *森林防疫* 49: 51~54.
- 小倉信夫 (2000b) 砂漠の緑を守る天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシ. *研究ジャーナル* 23: 25~27.
- 小倉信夫 (2002) 天敵昆虫の利用. *森林をまもる—森林防疫研究50年の成果と今後の展望—*, pp.13~18, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, 東京.
- Ogura, N., Tabata, K. and Wang, W. (1999) Rearing of the colydiid beetle predator, *Dastarcus helophoroides*, on artificial diet. *BioControl* 44: 291~299.
- 岡本安順 (1999) マツノマダラカミキリの天敵サビマダラオオホソカタムシの寄生状況と生態調査. *森林応用研究* 8: 229~232.
- 岡山県松くい虫等森林病害虫防除連絡協議会 (2007) 松くい虫被害状況および被害対策について. 岡山県林政課ホームページ (<http://www.pref.okayama.jp/norin/rinsei/rinsei.html>) 2007.6.1ダウンロード.
- 竹常明仁 (1982) マツノマダラカミキリの天敵サビマダラオオホソカタムシ. *森林防疫* 31: 228~230.
- 富樫一巳 (2006) マツノマダラカミキリの生活. 樹の中の虫の不思議な生活 (柴田叡弼・富樫一巳編), pp. 83~106, 東海大学出版会, 神奈川.
- Urano, T. (2006) Experimental release of adult *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothridiidae) in a pine stand damaged by pine wilt disease: Effects on *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute* 5: 257~263.
- 吉田成章 (2006) 研究者が取り組んだマツ枯れ防除—マツ材線虫病防除戦略の提案とその適用事例—. *日林誌* 88: 422~428.
- 吉田成章・中村克典・埜田 宏 (1997) 実用化された防除手法の評価とマツを取り巻く環境等の検証. 松くい虫 (マツ材線虫病)—沿革と最近の研究—, pp.95~121, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, 東京.

(2007. 7. 28 受理)

技術情報

マツノマダラカミキリ成虫駆除のための微生物農薬「バイオリサ・マダラ」

島津光明¹・樋口俊男²

1. はじめに

平成19年2月21日付でマツ枯死木処理のための殺虫剤として「バイオリサ・マダラ」と「ボーベリアン」が農薬登録された（農林水産省登録番号 第21905号および第21906号）。この両者は実際には同一のもので、*Beauveria bassiana*という昆虫寄生菌を利用した微生物農薬である。

マツ材線虫病の防除には、予防散布や樹幹注入など健全マツを保護すること同時に、既に枯死してしまったマツに生息するマツノマダラカミキリを駆除して、伝染源を断つことが重要である。枯死木の確実な駆除処理のためには、焼却やチップ化といった方法もあるが、つちくらげ病や山火事の懸念などの問題から、実際には枯死木の駆除処理には薬剤が多用されてきた。使用する薬剤は、かつてはスミバークなどの油剤が主流であったが、多量に散布しないと効果が十分ではなく、また有効成分のMEPに内分泌攪乱の可能性があることなどから（Tamura et al., 2001; Sohoni et al., 2001）、最近ではこれに代わってNCS、キルパーなどの燻蒸剤が主に使われている。これらの燻蒸剤の効果は高いが、被害材をシートで被覆して周囲を土に埋めて密閉する必要があり、手間がかかるとともに、急斜面などでは適用できないこともある。さらに、社会的には環境負荷の低い防除方法が求められる中、化学薬剤が使用できない場合に対応するためにも、生物的手法の開発が望まれていた。

今回登録になった「バイオリサ・マダラ」は、*B. bassiana*を不織布上に培養したもので、本剤に直接接触したマツノマダラカミキリ成虫は、比較的短時間のうちに高率で死亡する。効果が高く環境にも優しい本剤は、脱出成虫の処理に有効であると考え

られ、マツ材線虫病防除のための新たなツールの一つとして期待できる。そこで、この新薬剤について紹介したい。なお、この「バイオリサ・マダラ」は、日東電工株式会社で開発されたが、出光興産株式会社に譲渡され、当社で製造販売されることになった。

2. 開発の経緯

農林水産省林業試験場（現、独立行政法人森林総合研究所）では、1980年代初めから、マツノマダラカミキリの微生物的防除法を開発するため、公立林業試験研究機関の協力を得て全国から死体を集め、病原菌を分離した。その中からマツノマダラカミキリに対する病原力がとくに強く、分生子形成も豊富な*B. bassiana* F-263株を選抜した。

当初は、量産した胞子を懸濁して、そのまま噴霧器で散布して、被害木の樹皮下に生息する幼虫の駆除、被害木から脱出する成虫の駆除、および、健全木を後食する成虫の殺虫を試みた（島津・串田，1980；島津ら，1982，1983）。いずれの野外試験でもマツノマダラカミキリに感染させて死亡することはできたが、材線虫病防除のためには殺虫率は十分ではなかった。

そこでねらいを幼虫に絞り、樹皮下に生息する幼虫に接触する菌濃度を上げて殺虫率を向上させるため、菌の懸濁液の代わりに培養した胞子をそのまま施用することを試みた。その方法として、ゴマダラカミキリ等を対象として開発されていた*Beauveria brongniartii*製剤「バイオリサ・カミキリ」（堤・山中，1996）同様、不織布に本*B. bassiana*を培養した製剤を使用することを考案した。ちなみに、この*B. brongniartii*は、マツノマダラカミキリに対する病原力は弱く、マツノマダラカミキリ防除に利

用することはできなかった (Shimazu, 1994, 島津 1997)。

不織布培養物を使用することで、樹皮下に生息するマツノマダラカミキリの幼虫に対して、約90%という高い殺虫効果が得られた (Shimazu et al., 1995; Shimazu and Sato, 2003)。今のところ、マツノマダラカミキリ幼虫を*B. bassiana*を用いて駆除するには、この方法が最もよいと考えられている。この方法の問題点としては、幼虫の材入後は効果が低いため、夏に枯死木を見つけて、できるだけ早期に施用しなければならないことである。

一方、マツノマダラカミキリ成虫に対しては、*B. bassiana*を通常の方法で接種（懸濁液に浸漬）した場合、病原力が弱く、また死亡までの時間も長くかかるため、はじめは成虫を対象とすべきではないと考えていた。しかし、その後、幼虫用に開発された*B. bassiana*の不織布培養物の上を成虫に直接歩行させると、短い潜伏期間で高い死亡率をもたらすことが発見された (岡部ら, 2001, 興津ら, 2000)。そこで、森林総合研究所、公立林業研究機関、大学、および製造会社による共同研究、「昆虫病原菌を利用したマツノマダラカミキリ成虫駆除法の確立」(先端技術を活用した農林水産研究高度化事業1550)が行われた。その成果として、使用する菌株の培養適温と高温耐性が判明し、最適な液体培地と不織布製剤用の培地、製剤の生物検定法などが開発され、各地の野外試験で羽化脱出成虫を14日以内にほとんど殺虫することや、感染虫は摂食量が減少し、死亡数日前からほとんど後食しなくなることが解明され、農薬登録申請に至った。

3. 有効成分の特性および生物活性

(1)微生物の名称および分類学上の位置

一般名：ボーベリア・バシアーナ

学名：*Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin
Bull. Soc. bot. Fr. 59:40 (1912) 11,

和名：白きょう病菌, 黄きょう病菌, ボーベリア菌
系統：F-263株

(2)製剤の組成



写真-1 *Beauveria bassiana*の不織布製剤、バイオリサ・マダラ

有効成分：ボーベリア・バシアーナ 2×10^7 CFU/cm² (規格値), $2 \sim 20 \times 10^7$ CFU/cm² (レンジ (通常値))。

その他成分：パルプ不織布, 培地残渣

製剤の形態は、パルプ不織布の表面にボーベリア・バシアーナの菌糸体が覆われたもの。したがって、その外観はその菌糸体そのもので、色は乳白色 (写真-1)。

4. 安全性

(1)ヒトに対する安全性の総合評価

本菌の単回経口投与毒性試験、単回経気道投与毒性試験で病原性は認められず、文献検索結果等により、本菌のヒトに対する感染性、病原性、生残性はないものと考えられた。ただ、他の類似菌と同様に、皮膚感作性を有することが試験結果で判明し、また、文献情報等から固形異物による眼刺激性の発現が予想されるため、使用に当たっては、保護具の着用や衣服の交換等の注意喚起を要した (表-1)。

(2)環境生物に対する影響

本菌の淡水魚影響試験、淡水無脊椎動物影響試験では、コイに対する最大無作用量 (30日) が 10^8 CF

表-1 注意事項

効果・薬害等の注意
<p>(1) 開封後は早めに使いきる。</p> <p>(2) NCS剤やカーバムナトリウム塩剤など殺菌作用のある薬剤との混用は避ける。</p> <p>(3) 本剤によるマツノマダラカミキリ成虫防除は駆除を目的とするものであり、成虫の羽化脱出前までに時期を失しないように枯損木を処理するとともに、以下の項目を守る。</p> <p>① 枯損木から羽化脱出したマツノマダラカミキリ成虫が接触しやすい部位（集材した枯損木の上段部や切断部付近、丸太の隙間など）に本剤を設置する。なお、使用量は枯損木 1 m²当たり不織布製剤2,500cm²から10,000cm²とし、使用する枯損木の状態によって適宜加減する。</p> <p>② 本剤は生菌を含むため、できるだけ直射日光が当たらない場所で使用する。直射日光が長時間当たる場所で使用する場合は、被覆するシート等は遮光性のあるものを使用することが望ましい。</p> <p>(4) 蚕に対して影響があるので、桑園周辺では使用しない。</p> <p>(5) 蜜蜂に対して影響があるので、蜜蜂の巣箱周辺では使用しない。</p> <p>(6) クモ類に対して影響を与えるとの報告があるので、被覆するビニールシート等は風等で飛ばされないようにし、本製剤や除去したビニールシート等は適切に処理する。</p> <p>(7) 空容器、空袋等は焼却等により環境に影響を与えないように適切に処理する。</p> <p>(8) 本剤の使用に当たっては、使用量、使用時期、使用方法を誤らないように注意し、特に初めて使用する場合には、林業技術者等の指導を受けることが望ましい。</p>
使用上の注意
<p>(1) 眼に対して刺激性があるので、眼に入らないように注意する。眼に入った場合には、直ちに水洗し眼科医の手当を受ける。</p> <p>(2) 使用の際は農薬用マスク、手袋、不浸透性防除衣などを着用するとともに保護クリームを使用する。作業後は直ちに身体を洗い流し、うがいをするとともに衣服を交換する。</p> <p>(3) 作業時に着用していた衣服等は他のものとは分けて洗濯する。</p> <p>(4) かぶれやすい体質の人は作業に従事しないようにし、施用した作物等との接触を避ける。</p> <p>(5) 夏期高温時の使用を避ける。</p>

U/L、オオミジンコに対する最大無作用量（21日）が10⁸CFU/Lで、極端な高濃度でないかぎり影響はみられなかった。しかし、容器を河川で洗ったり、誤って流したりすることがないように、製品の注意事項として、容器等は環境に影響を与えないよう適切に処理する旨を記載して注意を促した（表-1）。また、文献情報等から、本菌の鳥類への影響はないと考えられた。

本菌の植物や土壌微生物に対する影響は認められなかったが、標的外昆虫に対しては、病原性が認められた。しかし、その病原性はマツノマダラカミキリに対するより低く、また、野外に設置した不織布製剤から飛散する菌量は、50m以上離れると自然の大気中に含まれるポーベリア・バッシアナの菌量と

同じレベルとなった（Shimazu et al., 2002）。このレベルであれば他の昆虫に対する影響はないと考えられたので、これについても製品の注意事項の記載により対応することとした（表-1）。

5. 使い方とマツ枯損防止への効果

本剤は、マツノマダラカミキリの成虫の駆除を対象としている（表-2）。使い方としては燻蒸剤に似ており、マツノマダラカミキリの生息する枯死木を伐倒集材した上に、枯死木の材積 1 m³当り2,500 cm²～10,000 cm²の不織布製剤（25×500mmの製剤で20～80本）を設置し、遮光性のビニールシート等で被覆する（写真-2）。しかし燻蒸のように土を掘ってシートの周囲を埋めたり、シートの上に枯損木を

表-2 適用病害虫の範囲及び使用方法

作物名	適用病害虫名	使用量	使用時期	使用回数	使用方法
まつ (枯損木)	マツノマダラカミキリ	枯損木 1 m ³ 当たり 不織布製剤2,500 cm ² から10,000cm ²	成虫羽化脱出前	-*	伐倒, 集材した枯損木に 所定量の不織布製剤を設 置しビニールシート等で 被覆する

*使用回数は特に定めない



写真-2 バイオリサ・マダラの施用風景。集積した枯死木に設置し、ビニールシートで被覆する

表-3 野外条件での成虫駆除試験結果の一例
(羽化脱出成虫の羽化後15日以内の死亡率)

実施場所	2003	2004	2005
熊本	95	88	-
鹿児島	52	61	-
滋賀(1)	94	95	100
滋賀(2)	97	83	71
神奈川	92	71	-
東京	96	100	98
秋田	99	89	91

載せて周囲を密閉する必要はないので、シートの周囲は石や丸太で押さえるか、ガンタッカーなどで固定するだけでよい。また、枝葉でシートに孔が開いても問題ないので、シートを傷つけないように枝葉を落とす必要もなく、切断した枯損木に合わせてシートをかけるだけで、シートが不足する場合は、重ね

掛けでよい。このように、作業性は燻蒸剤よりも軽減される。

脱出した成虫は本剤に接触して感染する。成虫は趨向性で、シート内では光を目指して上方に歩くので、製剤は、満遍なく適当に集材した上段部や木口近くや、丸太の隙間などに設置すればよい。

農林水産研究高度化事業1550では、脱出してきた成虫を捕捉して飼育する実験を各地で行った。その結果、ほとんどの成虫は、脱出後15日で90%以上の死亡率であった(表-3)。本事業外でも福岡県、佐賀県、山口県、島根県や宮城県でも実証されている。マツノマダラカミキリ成虫の後食最盛期と産卵前期間は脱出から2~3週間後なので(在原, 1979, 遠田・野淵, 1970), これらの殺虫率と殺虫時間は、マツノザイセンチュウの媒介およびマツノマダラカミキリの産卵を防止するのに有効だと考えられた。本剤に接触させたマツノマダラカミキリ成虫を産卵木とともに野外網室に置き、実際に産卵するかどうかを調査したところ、対照区は次世代の成虫が羽化脱出してきたのに対し、製剤に接触させた区では産卵痕は見られたものの実産卵痕は非常に少なく、そこから成虫は羽化しなかった(岡部ら, 2002)。また、本剤が線虫媒介防止に実際に役立つかどうかを確認するため、この本剤を歩行したマツノマダラカミキリの後食量とマツノザイセンチュウの伝播数を調査したところ、接種区の成虫は、対照区より後食量が少なく、死亡数日前には摂食しなくなった(図-1, Maehara et al., 2007)。また接種区の成虫のあるものは線虫離脱以前に死亡し、線虫離脱まで生存していた成虫も後食を停止したので、マツの枝に

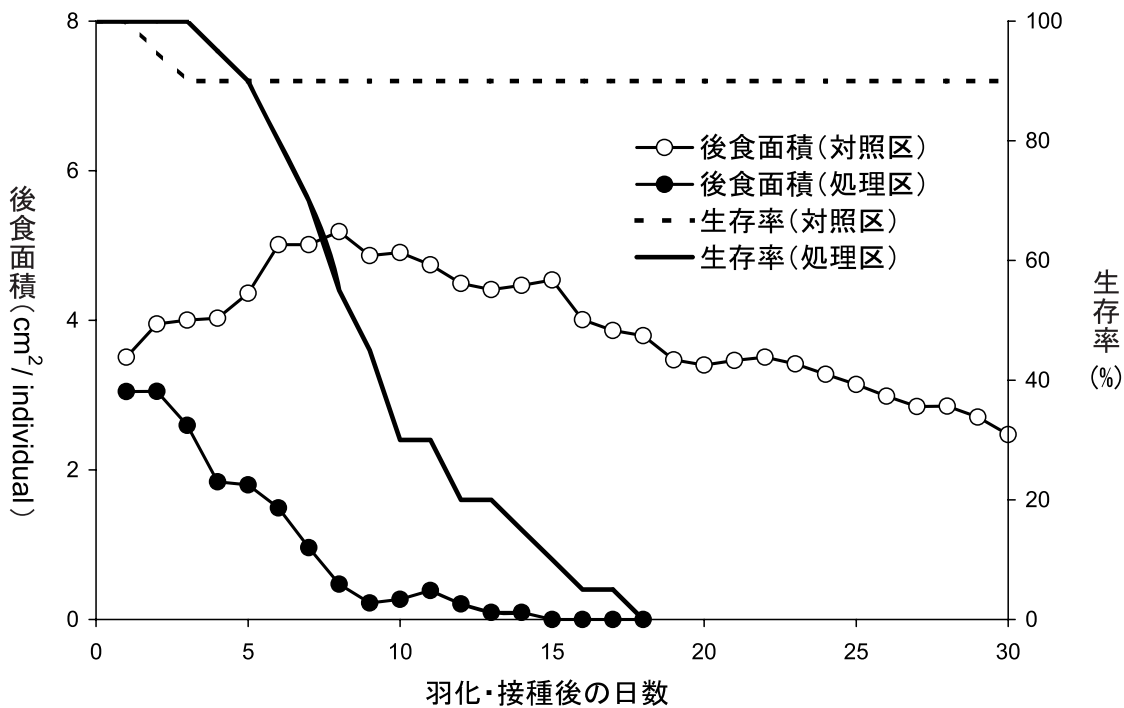


図-1 *Beauveria bassiana*を接種されたマツノマダラカミキリ成虫の生存率と後食量 (Maehara et al., 2007を改変)

線虫は侵入しなかった (Maehara et al., 2007)。したがって、この方法で *B. bassiana* に感染すれば、成虫がたとえ逃げても、マツノサイセンチュウを移す可能性と産卵する可能性は低く、防除手段として有効であると考えられる。

マツ材線虫病の防除には、枯死木の駆除だけでなく、周囲からの隔離と予防散布も重要である。実際に予防散布と駆除を徹底することにより、鹿児島県沖永良部島ではマツ材線虫病の根絶に成功し、予防散布も不要になった (Muramoto, 1998)。この他にも防除成功例はあるが (吉田, 2006)、化学薬剤による予防散布を排除することはできず、駆除についても「効果の高い」方法を併用する必要があることが強調されている。

先述のように本剤は駆除剤として有望であると考えられるが、一般的に生物農薬は、化学農薬と比較してコスト高である。農作物用の微生物農薬は、剤が化学農薬より高くても、IPM (総合的害虫管理)

の普及と共に使用されるようになってきている。IPM では、作業性もコスト計算され、全体で見ると高くないとの判断から普及に至っている。本剤の場合も、剤自体のコスト高は避けられないが、燻蒸剤よりも作業が軽減できることから、同様な考え方でコスト問題は小さくなる。また、最近では消費者の食の安全についての関心が高く、有機栽培された農作物は多少高価についても、逆にブランド化、差別化することで価値を生み出している。本剤も、「松くい防除したいが化学薬剤は絶対に使いたくない」、という地域で使用できることが最大の価値だといえる。さらに、伐倒以外の本剤の施用は誰でもできることから、これからの松枯れ防除は、専門家に任すだけではなく、地域住民の理解あるボランティアも含めた防除が期待できる。

6. 今後の展望と応用の可能性

前述のとおり、本剤はマツノマダラカミキリの成

虫だけでなく、幼虫にも病原性がある。むしろ幼虫に対する病原力の方が、成虫に対するよりはるかに強い。幼虫を対象にするには、枯死後時間が経って、幼虫が材入すると殺虫効果が低くなるため、時期が限定されるものの、早期に施用できれば効果は大きい。そこで今後は、まずマツノマダラカミキリの幼虫に登録を拡大するのがよいであろう。

*B. bassiana*は昆虫病原菌の中では宿主域が広い菌である。そのため、マツノマダラカミキリ以外の感受性の昆虫にも利用できる可能性がある。本剤は、バンド状であるため、この形状を活かすなら、樹幹に巻いて粗皮の下などで越冬する昆虫を対象にするのがよい。かつて、片桐ら(1983)は、マツカレハが巻き藁の中で越冬することを利用し、藁や巻き段ボールに*B. bassiana*を培養し、それをマツの樹幹に巻いて越冬するマツカレハに感染させることに成功した。これと同様にバイオリサ・マダラをマツの樹幹に巻けば、その中でマツカレハに越冬させて感染させることが期待できる。さらに、バンド状であることにこだわらず、剤形を不織布以外にまで拡大すれば、利用の可能性はかなり広がる。

一方、マツノマダラカミキリを微生物を用いて防除することに話題を限ると、現在手持ちの技術では、予防散布的に使える物が欠けている。昆虫病原糸状菌に一般的に共通する特徴であるが、今まで天敵微生物として収集した菌の中で、マツノマダラカミキリに対して即効的に殺虫する力をもつものは、いまだに発見されていない。現状ではこの*B. bassiana*が最も期待できる素材であるが、それでも成虫が死亡するまでには平均で1週間近くを要する。そのため、どうしても予防散布的な使い方はできず、用途が駆除に限られてしまう。ここで*B. bassiana*を離れてあえて夢を書くなれば、予防散布に使える微生物がほしい。もし、即効的な殺虫効果のある微生物が発見できれば、枝葉に散布しておき、後食に来るマツノマダラカミキリの成虫の防除に、予防的な使い方ができるはずである。糸状菌の特徴からして、接種から1日以内に殺虫効果のあるような菌を見つけ出すことは無理であろうが、*Bacillus thuringiensis*

(BT)のように、食毒性の物質を産生する微生物で、マツノマダラカミキリの成虫に有効なものが発見されれば、有望であろう。

引用文献

- 在原登志男(1979) 東北地方におけるマツノマダラカミキリ有効産卵期間とマツの材線虫病. 日林東北支誌 31:158~161.
- 片桐一正・島津光明・串田保(1983) *B. bassiana*の孢子直接散布によらないマツカレハ類防除の試み. 94回日林講要:165.
- Maehara, N., He, X. and Shimazu, M. (2007) Maturation feeding and transmission of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Parasitaphelenchidae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) inoculated with *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). J. Econ. Entomol. 100: 49~53.
- 農林水産省(1997) 微生物農薬の登録申請に係る安全性評価に関する試験成績の取り扱いについて. 9農産第5060号農林水産省農産園芸局長通知.
- 岡部武治・中嶋清明・高井一也・鈴木敏雄・樋口俊男(2001) *Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布製剤によるマツノマダラカミキリ成虫駆除. 日林九支研論文集 54:115~116.
- 岡部武治・高井一也・鈴木敏雄・樋口俊男(2002) *Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布製剤によるマツノマダラカミキリ成虫駆除(II)―雌成虫の産卵におよぼす影響―. 九州森林研究 55:73~74.
- 興津真行・岸 洋一・高木よし子(2000) *Beauveria bassiana*を培養したシート型不織布帯の施用によるマツノマダラカミキリ成虫の制御. 日林誌 82:276~280.
- 島津光明(1997) 寄生菌を利用したマツノマダラカミキリの防除法と安全性に関する最近の研究. 森林防疫 46:107~114.
- Shimazu, M. (1994) Potential of the cerambycid-parasitic type of *Beauveria brongniartii* (De-

- uteromycotina: Hyphomycetes) for microbial control of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). Appl. Entomol. Zool. 29: 127~130.
- 島津光明・串田 保 (1980) 天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験—被害材の処理—. 32回日林関東支論: 93~94.
- 島津光明・串田 保・片桐一正 (1982) 天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験—脱出直前の被害材の処理—. 93回日林論: 399~400.
- 島津光明・串田 保・片桐一正 (1983) 天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験—成虫後食期の散布—. 94回日林論: 485~486.
- Shimazu, M., Sato, H. (2003) Effects of larval age on mortality of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) after application of nonwoven fabric strips with *Beauveria bassiana*. Appl. Entomol. Zool. 38: 1~5.
- Shimazu, M., Sato, H. Maehara, N. (2002) Density of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in forest air and soil. Appl. Entomol. Zool. 37: 19~26.
- Shimazu, M., Tsuchiya, D., Sato, H., Kushida, T. (1995) Microbial control of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) by application of nonwoven fabric strips with *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on infested tree trunks. Appl. Entomol. Zool. 30: 207~213.
- Sohoni, P, Lefevre, P. A., Ashby, J., Sumpter, J. P. (2001) Possible androgenic/anti-androgenic activity of the insecticide fenitrothion. J. Appl. Toxicol. 21: 173~178.
- Tamura, H., Maness, S. C., Reischmann, K., Dorman, D. C., Gray, L. E., Gaido, K. W. (2001) Androgen receptor antagonism by the organophosphate insecticide fenitrothion. Toxicol. Sci. 60: 56~62.
- 堤 隆文・山中正博 (1996) 昆虫病原性糸状菌 *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch GSES株を培養した不織布シートのキボシカミキリ成虫に対する殺虫効果. 応動昆 40: 145~151.
- 吉田成章 (2006) 研究者が取り組んだマツ枯れ防除—マツ材線虫病防除戦略の提案とその適用事例—. 日林誌 88: 422~428.

(2007. 7. 30 受理)

都道府県だより

岐阜県のカシノナガキクイムシ被害防除について

○岐阜県内の被害推移について

岐阜県におけるカシノナガキクイムシ（以下カシナガと称す）によるナラ類の集団枯死被害は、平成10年度に岐阜県西部、滋賀県境に接する、揖斐川町（旧揖斐郡坂内村）で確認されてから、本年夏までに図-1のように被害が拡大しています。特に、本

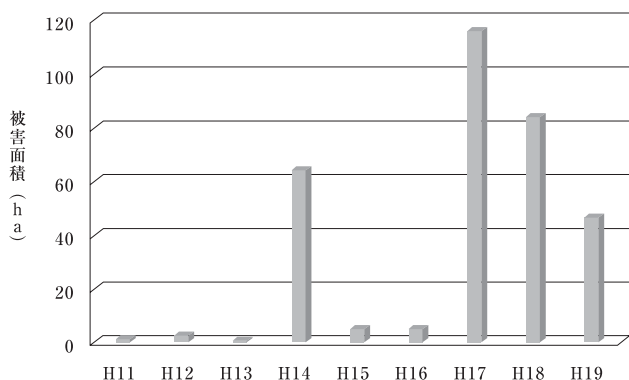


図-1 岐阜県における被害面積



図-2 岐阜県における被害発生状況

年は県中西部で福井県境に接する郡上市、県北部の富山県境に接する白川村で被害が顕著に表れています。また、同じ県北部の飛騨市や県中東部の飛騨川周辺で被害が新たに発生し、図-2のように県南部では東へ、また北部では南へ被害地域が拡大しています。

被害の拡大とともに近年、被害を受ける樹種にも変化がみられます。ミズナラが最も枯れやすいことには変わりはありませんが、コナラの枯死が目立つようになっています。また、低山地ではミズナラに替わって、アベマキ、アラカシ、ツブラジイに被害がみられるようになりました。

○防除対策の取り組み

岐阜県では、NCSくん蒸剤でカシナガを殺虫する従来の駆除法を実施しながら、平成16年度から、粘着剤を使ってナラ枯れを予防する研究に取り組み、今年度から事業化しましたのでここに紹介します。

粘着剤で被害を防ぐ

粘着剤で被害防除と聞くと、幹に粘着剤がベタベタと塗られ、虫がびっしりくっついているとイメージされるかもしれませんが、それほどまでに強力にする必要はなく、水で薄めた粘着剤を幹に散布して表面をベタベタにすることで、カシナガがこれを嫌って穿孔しなくなる、ということをおこなうものです。

また、殺虫剤と同時に吹き付けることによって、粘着剤が殺虫剤の流亡を防ぎ、長い期間殺虫効果を発揮することも期待できます。

防除の方法

カシナガ成虫が発生する直前にあたる6月に、健全木の幹に地際から地上高3mまでの範囲に散布します。

除草剤などを散布する既存の噴霧器を2台用意し、1台はキクイムシの殺虫剤として農薬登録のあるスミパイン乳剤の50倍液を、もう1台は断熱材や建築部材の接着に使用されている水性のアクリルエマル



写真-1 粘着剤散布の様子

ジョン系の接着剤を有効成分が50%になるよう水で薄め、それぞれ散布します(写真-1)。

高い予防効果

試験結果は図-3のとおりです。対照区では、カシナガの穿孔を受け枯死した木(枯死木)が18%、カシナガの穿孔を受けたが枯死しなかった木(穿孔木)が8%、健全木が74%でした。これに対し、処理区では、穿孔木が3%発生したが、枯死木は全くみられませんでした。このことから、粘着剤の塗布

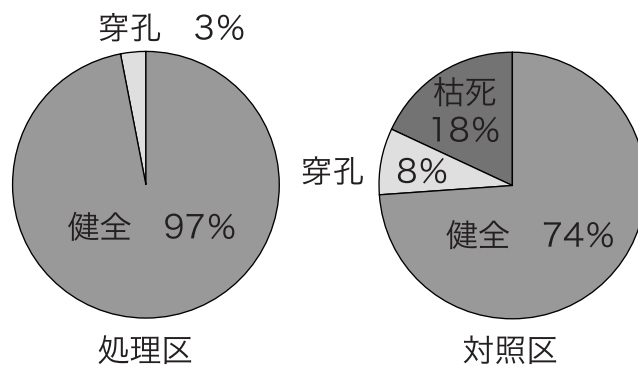


図-3 予防効果

で高い予防効果を得られることが実証されました。

ただし、この方法は単木的な防除のため、広大な森林で実施することは容易ではありません。しかし、何もせずに、ただ被害が出たと大騒ぎしているだけでは、どんどん被害は拡大していくだけです。

新たに被害が確認された林分で調査した結果、被害が発生して2~3年は、数本のレベルで被害が推移することがわかりました。この時期であれば、単木的な手法であっても実施は可能で、効果も期待できると思います。

そのために岐阜県では、被害の先端地域で監視体制を整えておくことを重視しています。ナラ枯れの発生を発見したら、枯死木に対してはNCSくん蒸処理を、その周辺の生存木には粘着剤による予防処理を実施する。当面はこれを徹底することで被害の拡大を食い止めたいと思います。

(岐阜県林政部森林整備課)

新刊紹介

緑化樹木腐朽病害ハンドブック－木材腐朽菌の見分け方とその診断

(社)ゴルファーの緑化促進協会編

B 5 版 192ページ

発行：(財)日本緑化センター，2007年8月発行

ISBN：4-931085-41-5

定価 5,000円（税込）

本書は「ゴルファーの緑化促進協会」創立30周年特別記念事業の一環として発刊されたものであり、カラー写真を多く用いたビジュアルなページ構成によって、緑化樹木の腐朽病害について極めて見やすくまとめられている。

本書の構成は、大きくⅠ、木材腐朽菌図鑑と、Ⅱ、緑化樹木腐朽病害の診断と対策に分けられている。木材腐朽菌図鑑の部では、木材腐朽菌全体の概説に続き、主な木材腐朽菌の簡易検索表がもうけられている。これは、菌について知識のない実務者にとっても非常にわかり易い検索表になっている。そのあとに、主な木材腐朽菌65種についてきのこの特徴の解説とともに、カラーによる被害部、子実体の倍率を変えた写真、一部の種類は培養菌そう、孢子などの顕微鏡写真がのせられている。きのこの色は表現しにくいものが多いが、実際の色サンプルも示されており、腐朽部位の図示とともに、まさにビジュアルなのが面白い。そのあとには、主な分類群とそれらの特徴や用語解説とともに、木材腐朽菌類の生活環や感染方法なども解説されている。Ⅱの緑化樹木腐朽病害の診断と対策の部では、腐朽病害についての概説、腐朽病害の見分け方、そして機器による外部からの診断方法の実際が、回転ドリルに対する抵抗の大小を測定するレジストグラフ、 γ 線を用いる診断器、音波を用いるピカスとインパルスハンマーについて解説されている。その項では、腐朽病害診断の課題として機器の欠点や、現在では難しい根株



腐朽の診断技術の開発の必要性などについてもふれられており、今後機器の利用を考えている者にとっても非常に参考になるだろう。Ⅱの後半部では、緑化樹木腐朽病害の対策の項で、全国の樹木医の協力による緑化樹木腐朽病害実態調査に基づいた全国の腐朽病害の現状、被害対策の基本的考え方、処置の例、いろいろな地域での古木などへの対策事例がカラー写真とともに記載されている。最後にある資料編では、調査要領や被害部の写真撮影方法なども細かく解説されており、これらも実務者にとっては大いに参考になろう。以上のように、本書は緑化樹木腐朽病害全体について非常にわかり易く解説しており、緑地管理等の実務に従事している方はもちろん、都道府県や国の病虫害担当者の方々にとっても、手元においておくと非常に便利な本としてお勧めしたい。

(金子 繁)

森林病虫獣害発生情報：平成19年 8 月受理分

虫害

〔マツカレハ…大分県 宇佐市〕

5～10年生クロマツ人工林，2007年6月8日発見，
被害本数50本（室雅道）

〔マツカレハ…大分県 大分市〕

30年生クロマツ庭木，2007年6月9日発見，被害本
数1本（室雅道）

（森林総合研究所 阿部恭久／牧野俊一／小泉 透）

森林病虫獣害発生情報：平成19年 9 月受理分

病害

〔ツツジペスタロチア病…鹿児島県 日置市〕

ツツジ緑化樹，2007年5月28日発見，被害本数約10
本（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔サツキもち病…鹿児島県 日置市〕

サツキ緑化樹，2007年5月28日発見（林業科学技術
振興所・小林享夫）

〔アセビ褐斑病…鹿児島県 南さつま市〕

サツキ緑化樹，2007年5月28日発見，被害本数5本
（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔アオキ斑点病…鹿児島県 始良郡〕

アオキ天然木，2007年5月29日発見，被害本数10本
（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔ユズリハ裏すす病…鹿児島県 始良郡〕

ユズリハ天然木，2007年5月29日発見，被害本数約
10本（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔スギ赤枯病…鹿児島県 始良郡〕

スギ苗木，2007年5月29日発見，被害本数数本（林
業科学技術振興所・小林享夫）

〔アオキ炭疽病…鹿児島県 始良郡〕

アオキ天然木，2007年5月29日発見，被害本数約10
本（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔ユーカリ黒粉斑点病…鹿児島県 西之表市〕

ユーカリ緑化樹，2007年5月30日発見，被害本数約
5本（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔ケラマツツジ葉斑病…鹿児島県 西之表市〕

ケラマツツジ緑化樹，2007年5月30日発見，被害株

数3株（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔コバノナンヨウスギ褐色葉枯病…鹿児島県 熊毛郡〕

コバノナンヨウスギ緑化樹，2007年5月30日発見，
被害本数2本（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔コバノランタナうどんこ病（分生子世代のみ）…鹿
児島県 西之表市〕

コバノランタナ緑化樹，2007年5月30日発見，被害
本数20本（林業科学技術振興所・小林享夫）

〔ビワ灰斑病…鹿児島県 熊毛郡〕

ビワ庭木，2007年5月30日発見，被害本数2本（林
業科学技術振興所・小林享夫）

〔べっこうたけ病…宮城県 仙台市〕

壮齡ケヤキ緑化樹，2007年9月24日発見，被害本数
1本（宮城県樹木医会・早坂義雄）

〔灰色こうやく病…宮城県 仙台市〕

壮齡ケヤキ緑化樹，2007年9月24日発見，被害本数
2本（宮城県樹木医会・早坂義雄）

虫害

〔モミジワタカイガラムシ…宮城県 仙台市〕

壮齡トウカエデ緑化樹，2007年9月4日発見，被害
本数20本（宮城県樹木医会・早坂義雄）

〔ウンモンズズメ…宮城県 仙台市〕

壮齡ケヤキ緑化樹，2007年9月24日発見，被害本数
1本（宮城県樹木医会・早坂義雄）

（森林総合研究所 阿部恭久／牧野俊一／小泉 透）

林野庁だより

人事異動（平成19年10月1日付け）

本島政治（林野庁国有林野部 福利厚生室 災害補償専門官）

→ 林野庁森林整備部 研究・保全課 森林保護

対策室 防除技術専門官

玉木泰政（林野庁森林整備部 研究・保全課 森林保護対策室 防除技術専門官）

→ 林野庁関東森林管理局 塩那森林管理署次長

森林防疫ジャーナル

④森林総合研究所生物関連人事異動

配置換（平成19年10月1日付け）

前原紀敏（森林昆虫研究領域 昆虫管理研究室 主任研究員）

→ 東北支所 生物被害研究グループ 主任研究員

松本和馬（多摩森林科学園 教育的資源研究グループ長）

→ 森林昆虫研究領域 昆虫管理研究室長

編集からのお知らせ

森林防疫年間総目次印刷の廃止について

前巻までは、その巻の1～12号までの発行終了後、年間の総目次を印刷しておりましたが、今巻から総目次の印刷を行いませんのでご了解下さい。年間の総目次は、ホームページの総目次に順次加えていく予定ですのご利用下さい。

森林防疫 第56巻第6号(通巻第663号)
平成19年11月25日 発行(隔月刊25日発行)

編集・発行人 國井常夫
印刷所 松尾印刷株式会社
東京都港区虎ノ門 5-8-12
☎ (03) 3432-1321

定価 1,302円(送料共)
年間購読料 6,510円(送料共)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会
National Federation of Forest Pests Management
Association, Japan

〒101-0047 東京都千代田区
内神田 1-1-12(コープビル)
☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726
振替 00180-9-89156
E-mail shinrinboeki@zenmori.org
<http://bojyokyokai.hp.infoseek.co.jp/>