

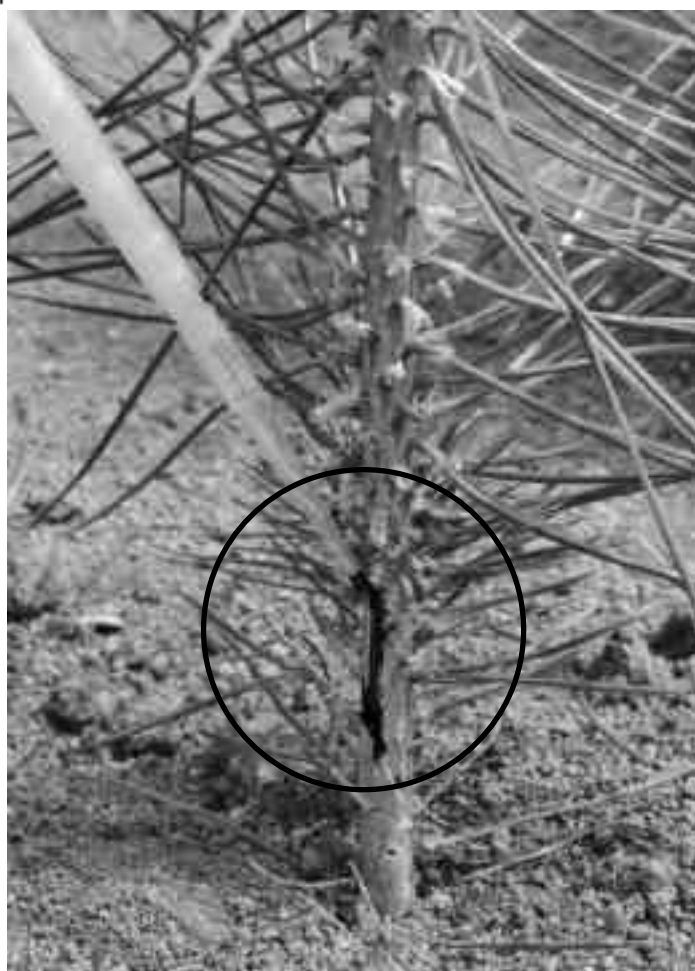
ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 213 9. 2015

一般社団法人

林業薬剤協会



目 次

スダジイへのナラ枯れ予防殺菌剤注入によるナラ枯菌伸長抑制効果の検討（Ⅱ）衣浦 晴生・所 雅彦・後藤 秀章	1
マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発 ——森林総合研究所林木育種センターの取り組み——星 比呂志・高橋 誠	7
松くい虫他森林病虫獣害試験研究の思い出（その１）.....山根 明臣	13
おとしぶみ通信（15） 土の中の虫たち 6 ヤスデ.....福山 研二	20

● 表紙の写真 ●

マツノザイセンチュウの人工接種

抵抗性品種の選抜のため、マツノザイセンチュウ
1万頭が入った液をマツの苗木に接種する（○印）。

平成27年（2015年）8月6日

林木育種センター構内にて

—大平峰子氏提供—

スダジイへのナラ枯れ予防殺菌剤注入による ナラ菌伸張抑制効果の検討（Ⅱ）

衣浦晴生^{*1}・所 雅彦^{*2}・後藤秀章^{*3}

1. はじめに

ブナ科樹木萎凋病によるナラ類の集団枯損被害（以下ナラ枯れ）は、1990年代以降急激に拡大し特にミズナラとコナラが多く分布する地域で被害が激化しているが⁷⁾、近年では落葉ナラ類のみならず、常緑樹のシイ類やカシ類にまで枯死被害が拡大している¹⁾。

これらのナラ枯れ被害に対する防除法の一つとして、殺菌剤の樹幹注入による未被害木の枯損予防^{5・6)}がある。これはナラ類などの健全木に対してカシナガキクイムシ（以下、カシナガ）の穿入前に殺菌剤を注入し、穿入に伴い感染するナラ菌の辺材内における伸張を抑制することで辺材部の健全性を維持して、処理木を枯死に至らないようにする方法である。本方法の効果判定は、基本的には野外の立木で注入処理木と無処理木とを比較することにより行われているが、^{4・8・9)}試験の対象木に穿入・枯死被害がでない場合には効果の判定ができない⁴⁾。そのためナラ菌を人工接種し辺材部の変色範囲等を無処理木と比較することで、予防効果を判定する方法が示されている¹⁰⁾。

前報（Ⅰ）では²⁾、カシナガ穿入加害によるスダジイの枯死被害が発生している八丈島（春注入・春接種）と三宅島（秋注入・秋接種）で事前に薬剤注入したスダジイ処理木と無処理木にナラ菌を接種し、辺材変色の発生状況を比較すること

でナラ菌の伸長抑制効果を検討し、薬剤樹幹注入法がスダジイの枯死予防に効果があることを報告した。今回は御蔵島において、スダジイに対して秋・冬季に薬剤注入、春季にナラ菌を接種する試験を行うことで枯死予防効果について調査し、さらにナラ菌接種の際に、接種位置における薬剤濃度を調査することで、薬剤の分散状況と変色面積との関係についても検討した。

2. 材料と方法

1) 試験地と処理区

試験はスダジイの枯死被害が2010年に発生した御蔵島の、スダジイを主体とする常緑樹林（北緯33.897°東経139.598°）で行った。供試薬剤には、ウッドキングSP、およびウッドキングDASH（前報における高濃度剤KW-06、両薬剤ともに有効成分トリホリン、サンケイ化学社製）とし、供試木は穿入履歴のないスダジイ立木とした。試験区は、ウッドキングSPを樹幹注入後にナラ菌を接種するSP区と、ウッドキングDASHを注入するDASH区、殺菌剤を注入せずにドリル孔のみを空けて後にナラ菌を接種する無処理区とした。各試験区の供試木は各試験区5本（合計15本）とした。（表－1）。

2) 殺菌剤注入方法

樹幹注入処理は、2013年11月26日に実施した。殺菌剤の注入方法は、ウッドキングSPでは供試木の地上高100cm前後の部位で4方向から径7mm、深さ40～50mm、上から斜め45度に充電式ドリルで注入孔をあけて、注入孔毎に1本のボ

*1 森林総合研究所関西支所 KINUURA Haruo
*2 森林総合研究所 TOKORO Masahiko
*3 森林総合研究所九州支所 GOTOH Hideaki

表－1 試験地および処理区概要

調査地	地域	処理区名	処理内容	供試本数	平均直径 (cm)
	里地区 (役場東)	無処理区	穴開け処理のみ	5	13.1
御蔵島	N 33° 53' 49"	SP 区	ウッドキング SP 注入 (通常量)	5	13.2
	E 139° 35' 49"	DASH 区	ウッドキング DASH 注入 (通常量)	5	12.6

トルを差し込んで薬液を注入した。ウッドキング DASH では、同様の高さに径 5 mm、深さ 30mm、の注入孔を 4 方向からあけて、メーカーからの指定の標準量である 1 孔あたり 0.5ml を注入した^{8・9)}。またウッドキング SP に関しては、ナラ菌接種時にボトルに残存している薬液の量から注入率調査した。

3) ナラ菌の接種およびドリル材片の採取

接種源のナラ菌には、御蔵島から得られたスダジイ被害木から分離し保存してある菌株を使用し、PDA 平板培地で 1 週間前培養した後に、おが屑ふすま混合培地へ移して 20℃ で約 2 週間培養した培地を接種用とした。

殺菌剤注入処理翌年春の 2014 年 5 月 20 日に、その殺菌剤注入位置の上方 50cm (地上高 150cm)、および下方 50cm (地上高 50cm) の位置に、径 8 mm、深さ 5 cm の接種孔を水平に充電式ドリルであけて、ナラ菌を培養した接種用培地を滅菌したガラス棒を用いてこの接種孔に詰めた。

その際、接種孔の穴空け処理によって排出されたドリル木屑について、同一試験木の同じ高さの 4 孔分を 1 サンプルとして採取し、各接種円板部分における実際のナラ菌接種位置における薬剤 (トリホリン) 濃度を調査した。また、雑菌の繁殖や他の昆虫類が接種孔から穿入するのを防ぐため、パラフィルムおよびガムテープを上から巻いた。

4) ナラ菌による辺材変色量調査

各試験区の供試木はナラ菌接種 9 週間 (7 月 24 日) に全て伐採し、ナラ菌を接種した樹幹の地上高 50cm と 150cm の部分を、接種部分を中心にして 20cm 程度の長さで採取し、森林総合研究所開

西支所に送付した。調査用円板試料は、採取した部分から伐倒 1 週間後にナラ菌接種部位を厚さ 2 ～ 3 cm 程度で切断し、木口面を平滑にしてから室内で 1 日放置した。これをスキャナーによって円板木口両面の画像を保存してプリント後、辺材全体の面積および辺材における菌接種部位を除いた変色部分の面積を測定した。

5) ナラ菌の検出

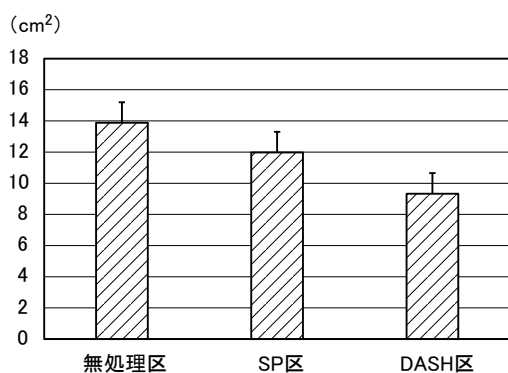
辺材変色量調査用の円板試料を採取する際に、同時に近接する厚さ 1.5 ～ 2 cm の円板を採取し、ナラ菌接種部位を避けて、4 箇所のナラ菌接種部付近の変色した各部位と、そこと近接する無変色部分から 5 mm 角の材片をそれぞれ 4 個切り出して、表面を 70% エチルアルコールと 1 % 次亜塩素酸ナトリウム水溶液で滅菌したのち、PDA 培地上にのせて 2 週間インキュベーター (設定温度 20℃) 内で静置した。培地上に発菌した菌類は、単離培養でナラ菌かそれ以外の種を同定した。

3. 結果と考察

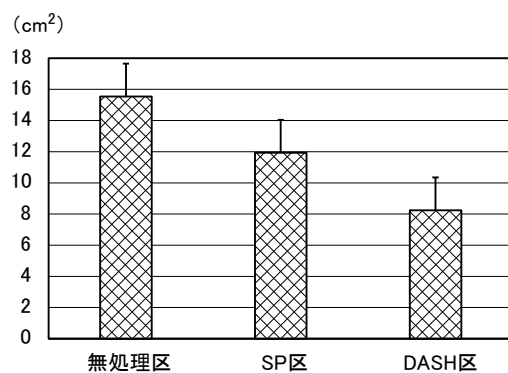
1) ナラ菌接種による辺材の変色

今回、ナラ菌接種時に残存の薬液は観察されず、薬剤注入率は 100% であった。

次に無処理区と、SP 区、DASH 区における、上方 (地上高 150cm) および下方 (地上高 50cm) のナラ菌接種部位における辺材の平均変色面積を図－1, 2 に、接種位置全体における変色面積率を表－2 に示す。無処理区における変色面積と比べて、全体として薬剤注入した SP 区と DASH 区における変色面積はいずれも小さくなっており、特に DASH 区では有意に無処理区よりも小さかった (t-test, $p < 0.05$) 処理区毎の無処理



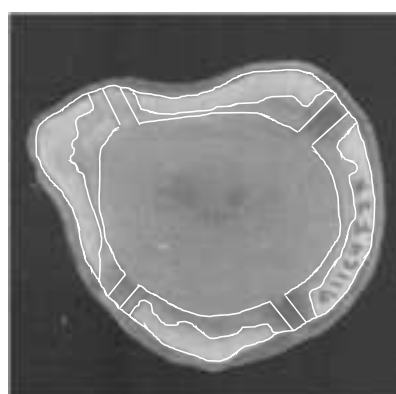
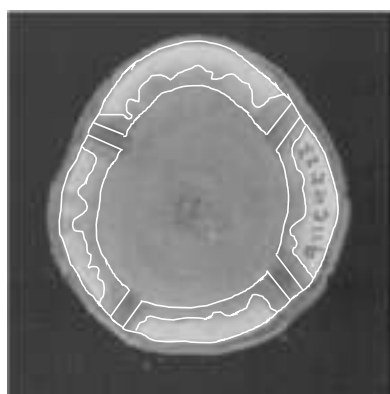
図－１ 処理区毎の辺材における変色面積
(接種位置上方)



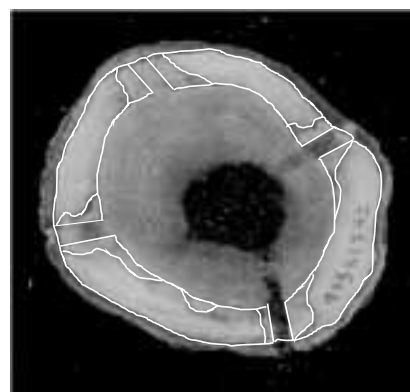
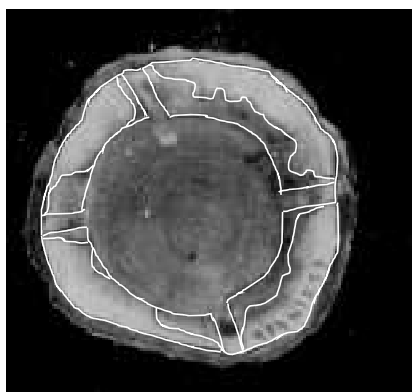
図－２ 処理区毎の辺材における変色面積
(接種位置下方)

表－２ 辺材の面積全体に対する変色面積の割合

	無処理区	SP 区	DASH 区
平均変色率	0.1448	0.1250	0.0973
抑制率	1.00	0.86	0.67



写真－１ ナラ菌を接種した部位の変色状況・・・無処理区（左：上方、右：下方）



写真－２ ナラ菌を接種した部位の変色状況・・・SP 区（左：上方、右：下方）

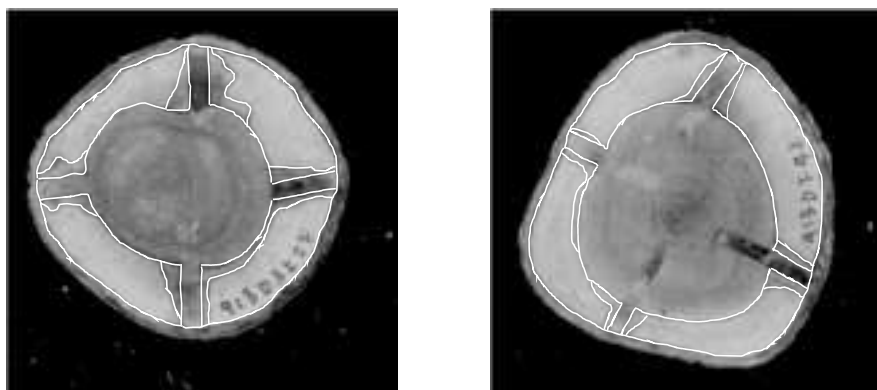


写真-3 ナラ菌を接種した部位の変色状況・・・DASH区（左：上方、右：下方）

区の変色面積に対する変色面積の割合を見ると、無処理区に対してSP区では上部（150cm）では14%，下部（50cm）では23%であり、DASH区では上部（150cm）では33%，下部（50cm）では47%と変色面積が抑制されていることから、無処理区に対してSP区では8割程度に、高濃度少量薬剤のDASH区では6割程度まで変色面積量を抑制していると判断された。また直径や辺材率の影響を排除するため、辺材の面積全体に対する変色面積の割合（ドリルによる変色を除く）を変色面積率として算出したが、実際の変色面積とほとんど傾向は変わらなかった。

2) ナラ菌の検出率

ナラ菌を接種した供試木の接種位置円盤から分離されたナラ菌の検出率について、図-3に示す。

ナラ菌の分離は、殺菌剤の注入しているSP区、DASH区と、無処理区とで傾向はあまり変わらず、変色辺材部からは無処理区では100%の分離率で、SP区、DASH区でも若干減少したが8割以上の分離率であった。また、無変色辺材部分からは、どの処理区でもナラ菌はほぼ5割の分離率であった。前報（I）において、無変色部分からは殺菌剤注入の有無に関わらずナラ菌は全く分離されなかった。この原因としては、前報において無変色部分は変色部分からある程度離れた位置から採取しているのに対して、今回の分離に供試した無変色部分は、変色部分に非常に近接した部分

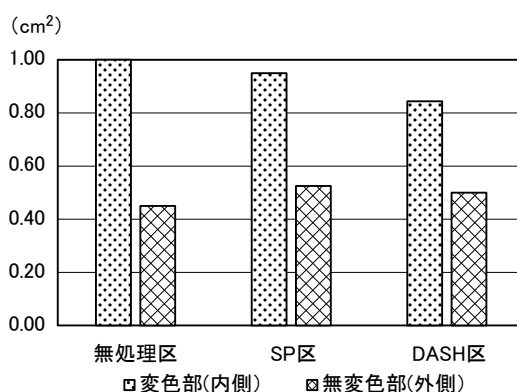
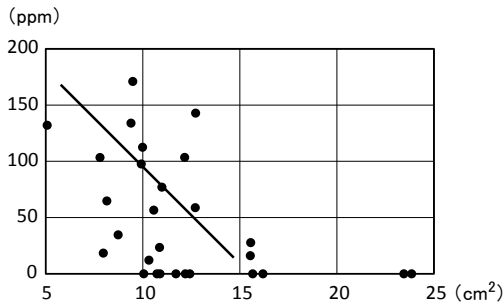


図-3 処理区毎のナラ菌分離率
(変色部と近接無変色部)

であったためと考えられた。

3) ナラ菌接種部位における薬剤検出状況

ナラ菌を接種した円板部分の薬剤成分であるトリホリン濃度を調査した結果、薬剤注入した試験木からはナラ菌の伸長抑制効果が確認されている10ppm以上²⁾のトリホリンが検出された。また、全ての試験木についてトリホリン濃度と各円板の変色面積との関係を見ると、両者に有意な負の相関が見られた（図-3）。即ち、円板におけるトリホリン濃度が高いほど、ナラ菌による変色面積が小さい傾向があったことから、注入された薬剤が樹体内に分散している部位ではナラ菌の拡大が抑制され、変色面積が小さいと考えられた。このことから、注入した薬剤が樹体内に分散することがナラ菌による変色面積を減少させるのに重要な



図－４ ナラ菌による辺材の変色面積と検出されたトリホリン濃度

ポイントであると判断された。

4. まとめ

前報（Ⅰ）において、常緑樹であるスダジイに対して春季（５月上旬：八丈島）と秋季（１０月上旬：三宅島）にナラ菌同様の試験設計で殺菌剤を樹幹注入し、その効果について検討した結果、薬剤注入を行った試験区の辺材変色面積は無処理区に比べて小さく、通水阻害部分の発生が抑制されており、またナラ菌の分離試験では、変色している辺材部分からは100%ナラ菌が分離されたことから、変色部分はナラ菌の蔓延による通水阻害部分であり、スダジイの場合も変色範囲を比較することで、簡便にナラ菌の樹体内の分布を推定し、殺菌剤の樹幹注入処理によるナラ菌伸長抑制効果の判断が可能と判断した。さらに、スダジイの枯死被害発生地域の枯死被害予防実証試験において薬剤注入の効果が確認されており、その際に枯死被害木や萎凋木を伐倒して材内の変色を調査した結果、樹幹注入による薬剤成分が辺材部に十分に分散している場合は、薬剤の効果で無処理区の80%以下、即ち２割以上の変色抑制効果が認められれば、ナラ菌の殺菌効果があると判断して良いと考えられた^{2・3)}。

今回は御蔵島においてナラ菌接種試験を行い、薬剤の注入時期を冬季に近い11月下旬として、さらにナラ菌の接種は実際のカシナガが活動を開始する５月下旬に行った。その結果、前報同様に薬

剤注入した処理区では辺材変色面積が２割以上小さく、通水阻害を抑制する効果が観察された。さらに、ナラ菌接種時に薬剤濃度を調査した結果、接種部位における薬剤成分がナラ菌の伸長抑制効果が確認されている10ppm以上検出され、トリホリン濃度が高い部分ほどナラ菌による変色面積が小さい傾向が見られた。これらの結果より、スダジイに対する薬剤の樹幹注入は春季から秋・冬季まで有効であることが明らかとなり、薬剤の効果を発揮するには樹体内の分散が重要と推察された。

ナラ類においては、効果が認められる期間は着葉期になっていることから、スダジイの場合、１年を通じて注入可能となる可能性があるが、常緑樹においても新葉の展開期、旧葉の落葉期などの樹木生理において季節性的変化があると考えられることから、四季を通じての薬剤注入の効果判定にはさらなる分析データを背景に判断することが重要と思われる。

また、スダジイ以外の常緑樹種については、ウバメガシ、およびマテバシイについて薬剤注入試験が行われ^{11・12)}、ウバメガシではナラ類と同等レベルの変色抑制効果が観察されたのに対し、マテバシイではスダジイに類似する程度の効果であった。これらのように常緑樹のシイ・カシ類に関する、薬剤の効果について徐々にデータが蓄積しつつあるが、今後も非常に多様な常緑樹というグループをひとまとめにして議論せず、新たな被害樹種については樹種ごとに変色比率の変更やナラ菌の検出率など、科学的な試験を通じて判定していく基準をそれぞれ加えていく必要があると思われる。

引用文献

- 1) 衣浦晴生・後藤秀章（2013）ナラだけではないナラ枯れ. JATAFF ジャーナル Vol. 1, No. 5, 14-18.
- 2) 衣浦晴生・所雅彦・後藤秀章（2014）スダジイへのナラ枯れ予防殺菌剤注入によるナラ菌伸長抑制効

- 果の検討. 林業と薬剤 No.207: 1-6.
- 3) 衣浦晴生・所雅彦・後藤秀章・栗生 剛 (2014) ブナ科樹木萎凋病に対するスダジイでの殺菌剤注入技術とその他の常緑樹への展開. 森林防疫63: 238-241.
- 4) 岡田充弘・臼井陽介 (2012) ウッドキング SP 秋季ナラ樹幹注入効果. 平成23年度林業薬剤等試験成績報告集: 105-112.
- 5) 斉藤正一・中村人史・中江純一郎・山本克哉 (2006) 防カビ剤の樹幹注入によるミズナラの枯損被害防止. 東北森林科学会誌11: 92-96.
- 6) 斉藤正一・野崎愛 (2008) 第7章被害形態別の防除方法. 林業普及双書157; 全国林業改良普及協会: 137-157.
- 7) 斉藤正一・柴田銃江 (2012) 山形県におけるナラ枯れ被害林分での森林構造と枯死木の動態. 日本森林学会誌94: 223-228.
- 8) 斉藤正一 (2012) ナラ枯れ予防剤に関する試験. 平成23年度林業薬剤等試験成績報告集: 93-104.
- 9) 斉藤正一 (2013) ナラ枯れ予防剤に関する試験. 平成24年度林業薬剤等試験成績報告集: 63-72.
- 10) 斉藤正一・中村人史 (2013) ナラ枯れ予防殺菌剤のナラ菌接種によるナラ菌伸張抑制効果判定の検討. 林業と薬剤 No.204: 1-5.
- 11) 斉藤正一・岡田充弘・後藤秀章・近藤洋史 (2014) 高濃度なトリホリンを注入したウバメガシでのナラ菌接種による変色面積比率とナラ菌の検出率および有効成分の検出量. 林業と薬剤 No.210: 9-14.
- 12) 斉藤正一・岡田充弘・後藤秀章・近藤洋史・北島博・吉崎 明 (2015) トリホリン乳剤試薬を注入したマテバシイ供試木でのナラ菌接種による円盤の変色面積比率とナラ菌の検出率の比較. 林業と薬剤 No.212: 1-6.



マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発 —森林総合研究所林木育種センターの取り組み—

星比呂志^{*1}・高橋 誠^{*2}

1. はじめに

森林総合研究所林木育種センターでは、関係府県、森林管理局と連携・協力して、昭和53年からマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発に取り組み、平成27年3月現在、アカマツ221品種、クロマツ154品種を開発しています¹⁰⁾。これらは、府県の採種園に導入され、平成25年には、アカマツ353千本、クロマツ721千本の苗木が生産されています⁸⁾。

今後も、様々な課題を克服しつつ、新品種の開発と普及に取り組み、これまでの薬剤防除等と併せて、より効果的な防除対策とこれらを通じた健全なマツ林整備に貢献したいと考えています

2. マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発は、林野庁が定めた「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業実施要領」により、西日本地域を対象に、昭和53年から開始されました。当時、それまでの先行研究により、マツ材線虫病の原因がマツノザイセンチュウであること、日本のマツにおいても抵抗性個体が存在する可能性があること、また、主として当時の国立林木育種場（現：森林総合研究所林木育種センターの各育種場）等により、マツノザイセンチュウの接種検定技術の開発が進めら

れ、事業実施の環境が整いつつありました。

開発の手順は、図－1のとおりで、基本的な考え方は、①被害林分で健全に生育している個体をマツノザイセンチュウに抵抗性を持つ可能性がある「抵抗性候補木」とし、②ここから穂を採取して、接ぎ木苗木を育成し、③この接ぎ木苗木に多数（10,000頭）のマツノザイセンチュウを人工接種して、健全に生存している個体を「抵抗性品種」として選抜するものです。検定は、府県が行う1次検定と、1次検定に合格した個体を九州と関西の各林木育種場に集めて行う2次検定の2回実施しました。

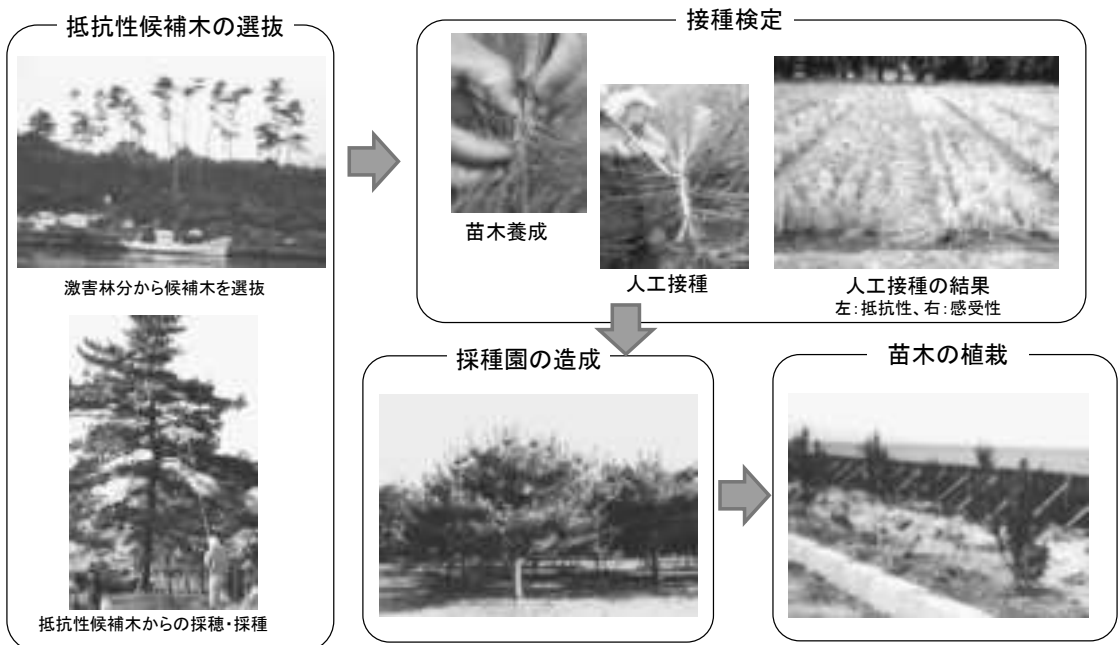
この事業により、昭和57年度から60年度にかけて、アカマツ92品種、クロマツ16品種が開発され、西日本地域の府県において採種園が整備され、抵抗性苗木の供給が開始されました。

一方で、マツノザイセンチュウによる松枯れは、関東地方、東北地方にも徐々に拡大していたため、林野庁では平成10年に、新たに「東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の実施について」を定め、東北地方等においても、マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発を進めることになりました。

この事業においては、それまで取り組まれてきた西日本地域における事業の成果等を踏まえ、①西日本地域で開発された抵抗性品種の花粉を交配に利用するといった新たな品種開発方法や、②一次検定合格木により採種園（暫定採種園）を造成して種苗を供給しながら、一次検定合格木の検定結果により採種園を改良していくという、早期普

*1 国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター
HOSHI Hiroshi

*2 同所
TAKAHASHI Makoto



図ー1 マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発と普及

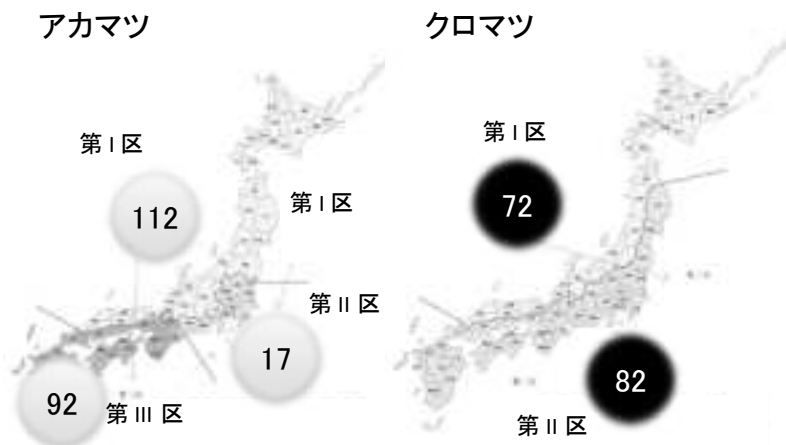
及のための方法が採用されています。

これらについては東北育種基本区（青森，岩手，宮城，秋田，山形及び新潟6県の地域）のいくつかの県で採用され，効果的に活用されています。

以上の二つの事業により，林木育種センターでは，平成27年3月現在，アカマツ221品種，クロマツ154品種を開発しています¹⁰⁾。

3. マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の成果

林業種苗法により，アカマツには3つの，クロマツには2つの配布区域が定められ，また，林野庁により，気候や林木の分布等を考慮して，北海道～九州まで5つの育種基本区が定められています。林木育種センターでは，それぞれの地域に適



図ー2 種苗配布区域ごとの品種開発数

した品種を開発しています（図－2）。

そして、開発した品種の原種苗木は、要請に応じて府県に配布され、府県が造成・管理する採種園に導入されます。これらの採種園で採取された種子により抵抗性の苗木が生産されます（図－3）。

平成25年度末現在、全国36府県に、68箇所（アカマツ33箇所、クロマツマツ35箇所）の採種園が造成されています⁸⁾。なお、府県ごとの採種園の設定状況等については、林木育種センターが発行している開発品種のパフレット¹⁰⁾にも、その問い合わせ先とともに掲載されています。

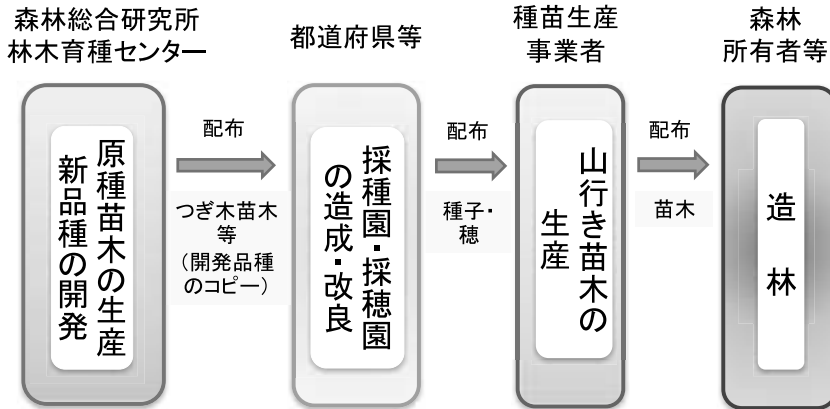
また、抵抗性採種園から生産された種苗のマツ

ノザイセンチュウ抵抗性については、図－4に示したように、従来の精英樹苗木に比べて明らかに向上しており、枯れにくくなっていることが分かります⁹⁾。この抵抗性マツの「枯れにくさ」を利用し、適切な薬剤の使用により、高い防除効果が得られると考えています。

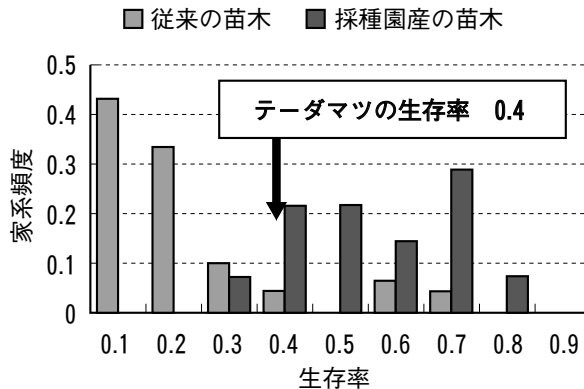
4. 今後に向けた取り組み

（1）より高い抵抗性を持つ品種の開発

図－4からは、抵抗性採種園産種子から育成した苗であっても枯れるものもあり、抵抗性とは「全く枯れない」と言うことではないことが分かります。対照としたテーダマツ（マツノザイセン



図－3 開発品種の普及の流れ



図－4 抵抗性採種園産苗木のマツノザイセンチュウに対する抵抗性

チュウの原産地である北米東部に天然分布し、マツノザイセンチュウに高い抵抗性を有する)でさえ、大量のマツノザイセンチュウを接種されると半数以上が枯れてしまいます。このことから、もともとマツ属はマツノザイセンチュウに対して完全な抵抗性を有している訳ではないことが推察されます。その一方で、育種の世界では、たとえ自然の進化に任せた状態では不十分にしか発揮されない形質でも、育種により人がその性質をかなり高めた実績もあります。例えば、熱帯・亜熱帯性作物であったイネですが、現在では北海道のような寒冷地でも栽培・収穫ができるようになりました。これは栽培技術の発展と併せ、北海道の冷涼で、開花～結実に適した生育期間が短い気候条件に適した品種を、優良品種同士の交配等の品種改良によって育成し、野生種や従来品種には十分には備わっていなかった性質を付与したからです。マツノザイセンチュウ抵抗性においても、優れた抵抗性品種同士の交配によって、さらに抵抗性が強い品種を育成できる可能性があると考えられます。このため、九州育種場では、強い抵抗性クロマツ品種同士を交配して、さらに抵抗性が高い、第2世代の抵抗性クロマツの開発に取り組ん

でいます。これまでのところ、7品種を開発してきましたが、これらの抵抗性は図-5に示すように第1世代に比べて高く⁶⁾、育種により抵抗性が高められることを示しています。林木育種センターでは九州育種場を始めとして、センター・各育種場において抵抗性品種同士を交配して、第2世代の抵抗性がより高い品種の開発に取り組んでいます。

(2) 抵抗性メカニズムの解明

マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業は開始から、35年以上が経過していますが、マツノザイセンチュウがどのようにして松を枯らすのか、また、抵抗性はどのように発揮されているのか、そのメカニズムについては、実のところ、まだよく分かっていません。しかし、個体によって抵抗性が強いものと弱いものがあり(=形質に個体間に変異がある)、強い個体の子供はやはり強いということであれば(=形質が遺伝する)、強さのメカニズムが分からなくても育種を行うことはできます。林木育種センターでは、マツノザイセンチュウ抵抗性品種開発の緊急性に鑑み、品種開発を最優先にして取り組んできました。しかし、今後、抵抗性が高い品種を短期間に効率よく開発す

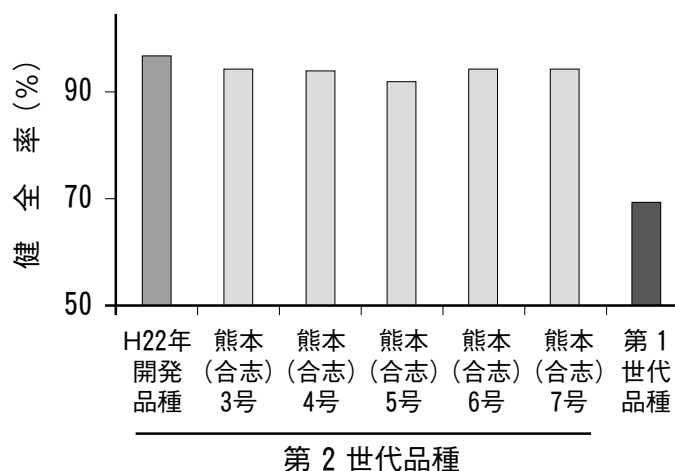
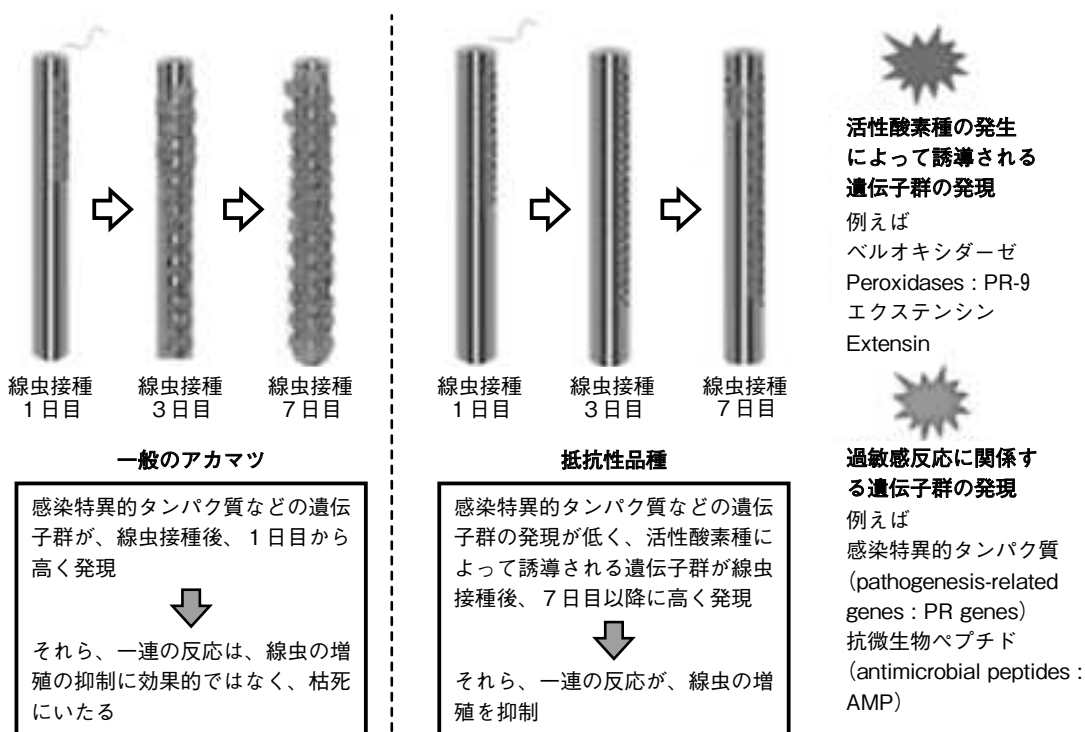


図-5 第2世代抵抗性品種にマツノザイセンチュウを人工接種した場合の健全率(健全な苗木の割合;つぎ木クローン検定の結果に基づく推定値)



図ー6 線虫接種後に起こる抵抗性品種及び一般のアカマツの生体防御反応（イメージ）

るには、抵抗性メカニズムの解明が重要になってきます。このことから、林木育種センターでは遺伝子発現解析（細胞中でタンパク質等の合成に寄与している遺伝子の様子を調べること）の観点からメカニズムの解明に取り組んでいます。その結果、マツノサイセンチュウに抵抗性がある品種とない品種では、発現する遺伝子の種類や時期が異なり、このことが抵抗性が無い個体は枯れ、抵抗性がある個体は生き残ることに関わっていると考えられます。具体的には、図ー6に示した様に、抵抗性が無い一般のマツでは、線虫の接種後1日目から感染時に特異的なタンパク質が強く発現し、これらは線虫の増殖の抑制には有効ではなく、その後枯れが進行してしまうのに対し、抵抗性マツでは、感染時に特異的なタンパク質の発現は顕著ではなく、数種が1週間後に発現し、2週間後になって細胞壁に関する遺伝子が中程度に発現する程度であり、このような個体では枯死に至らず、線虫の増殖も抑えられているようでし

た⁵⁾。今後、この研究をさらに進めメカニズムの解明を進めていく予定です。

（3）東日本大震災で被害を受けた海岸林マツ 林再生への貢献

東日本大震災では、太平洋側の主として東北地方北部から関東地方にかけての広域で大きな津波が発生し、海岸防災林が甚大な被害を受けました。その被害面積は約1,718haと報告されています¹⁾。海岸防災林においては、特に海岸に近い前線部ではクロマツ苗の植栽が必要不可欠ですが、宮城県の試算では、宮城県内で今後10年間に500～700万本が必要であり²⁾、また、林野庁によれば、全国では今後10年間で約1,000万本の追加的な供給が必要とされています⁴⁾。震災前（平成22年度）の状況では、全国のクロマツ抵抗性苗の生産本数は38万本程度⁷⁾ですので、大幅な増産が可能になるような技術の開発とその実用化が喫緊の課題です。

林木育種センター東北育種場では、関係各県及

び苗木生産組合と研究コンソーシアムを組んで、農林水産省農林水産技術会議の競争的資金「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」を得て平成25年度から3年間の計画で「東北地方海岸林再生に向けたマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ種苗生産の飛躍的向上」を実施しています³⁾。これは、抵抗性クロマツ種子生産の飛躍的向上、抵抗性クロマツのさし木増殖技術の開発、苗木の大量生産の実証試験などから構成され、具体的な目標として、優良種子の生産量を2～3倍に、さし木苗の得苗率を50%にすること等を目指しています。研究開発は順調に進んでおり、平成26年度から民間企業の参加も得て組織培養による大量増殖技術の開発も加わりました。これらにより、今後大量に必要と予想される苗木供給量の向上に貢献していきたい考えです。

引用文献

- 1) 東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会2012. 今後における海岸防災林の再生について、林野庁, 25pp.
- 2) 河野裕2013. 宮城県における海岸防災林の再生に向けた取り組み.
<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/sinrin/kai-ganbousairin.html>
- 3) 農林水産技術会議2012. 平成25年度「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」における新規研究課題の概要について(実用技術開発ステージ). 25084C 東北地方海岸林再生に向けたマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ種苗生産の飛躍的向上.
<http://www.s.affrc.go.jp/docs/gaiyou/index3.htm>
- 4) 林野庁2013. 平成24年度森林・林業白書.
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyosyo/24hakusyosyo/index.html>
- 5) 森林総合研究所2012 平成24年版研究成果選集, 森林総合研究所, 70pp.
- 6) 森林総合研究所2013 平成25年版研究成果選集, 森林総合研究所, 68pp.
- 7) 森林総合研究所林木育種センター2011. 平成23年版 林木育種の実施状況及び統計, 森林総合研究所林木育種センター, 83pp.
- 8) 森林総合研究所林木育種センター2014. 平成26年版 林木育種の実施状況及び統計, 森林総合研究所林木育種センター, 86pp.
- 9) 森林総合研究所林木育種センター2015. 林木育種センターのパンフレット「マツノザイセンチュウ抵抗性品種を開発」.
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/kankoubutu.html#panfu>
- 10) 森林総合研究所林木育種センター2015. 林業種苗における開発品種の最新情報.
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/kankoubutu.html>



松くい虫他森林病虫獣害試験研究の思い出（その1）

山根 明臣*

1. はじめに

本誌 No.208の「私の松くい虫研究前史（小林，2015）」のなかで「激害型松枯れの前に樹脂分泌異常が起こっていることが明らかにされたことはそれまでの研究の成果であり歴史的ともいえる。これらの試験調査について詳細な報告が待たれる」との記述がある。昭和30年代後半に農林省林業試験場（現森林総合研究所，以下林試）昆虫科昆虫第二研究室（以下昆二研）でこの調査研究に参画していたのは林試昆虫科日塔科長，同科昆二研小田室長，室員は野淵，加藤，遠田，山根，少し遅れて古田が加わったが在室期間は短かった。現在，上記のうち存命しているのは古田さんと筆者だけで，小林さんのご要望に応え得るのは筆者だけとなり関係者に代わって記録を残す責務を果たしたい。

1) 松くい虫被害と研究対応の変遷

松枯れ被害について矢野報文には現在の材線虫病と同一の病徴が記録されているため我が国における侵入病害発生の極めて貴重な記録となった。この報文には材線虫病と考えられる長崎県下の枯損被害の他にキクイムシ科穿孔虫類によると考えられる被害についても記録がある。福岡県の海岸防風林で明治36年（1903）頃から，鹿児島県吹上浜防潮砂防クロマツ林でも集団的に，いずれも数千本に及ぶ枯損被害が発生し，矢野はその原因としてマツノコキイムシをあげ防除法として伐倒剥皮・焼却を勧めている。

関東地方でも大正元年（1912）千葉県一宮海岸のクロマツ老木が枯れその原因として根際を埋め

たため衰弱しマツノコキイムシが大発生し付近の生立木をも加害するようになったと推測された。

この種のキクイムシは産卵好適木に産卵加害して母孔を作り出すと，松は樹脂を分泌して抵抗する，それでも成虫が穿孔を続けると松脂分泌は続きピッチチューブと呼ばれる樹脂が固まった中空のチューブ状のものが幹から突き出た状態になる。マツの樹脂分泌能力が強いと成虫は押し出されるが，弱いと生き残って内樹皮に母孔を完成して産卵，ふ化幼虫は内樹皮被害をはじめめる。

乾燥や火災などの影響を受けて一時的，部分的に衰弱したマツに穿孔し樹脂に打ち克って穿孔，母孔形成に成功すると引き続いてふ化幼虫による食害が始まり内樹皮が破壊されて枯死を決定づける，このような経過で松くい虫加害が枯損にまで至る重大な結果をもたらすと考えられてきた。かつては春先林床の下草が野火で焼かれてマツに一時的，局所的な衰弱が生じ，地際部にキクイムシの穿孔によるピッチチューブの形成を見ることがよくあった。

北海道での被害記録として札幌市内円山公園でほぼ全滅に近いアカマツの枯損被害があり，主因は気象条件の悪さと高樹齢による樹勢衰退がマツノキクイムシ，マツキボシゾウムシ，マツノシラホシゾウムシの加害を誘発し両者相まって枯損を促進したと考察している（原田，1925）。

山陽地方では兵庫県下で大正3年（1914）に初めて被害が発生して以来かなりの被害が引き続き発生している。昭和10年代の被害は九州，山陽に限られていた。日高（1943）は九州各地の枯損木を調べそこに見られる穿孔性甲虫類のうちマツノコキイムシを除けばすべて二次性でありマツの

*元日本大学生物資源科学部教授

衰弱を引き起こす何らかの要因が必要であるが害虫が大発生すると本来加害しない健全木にも加害するようになって考えていた。

林野庁による全国松くい虫被害統計は1932（昭和7）年から記録され始めているがそれによると被害はこの頃から徐々に増え始めている。被害の増大に応じて国や都道府県で対策協議会を開いている。“松くい虫”という呼び名は1941（昭和16）年兵庫県で開かれた「松樹虫害対策研究委員会現地協議会」を報道した新聞記事に登場したのが初めてといわれている。当時頻繁に現れたマツノコキイムシなどキイムシ科害虫の名称にマツを食い荒らす害虫というイメージがよく表れており、また枯損の主因となる害虫の種類が特定できず包括的な表現が便利で専門用語として広く用いられるようになったと考えられている（日塔, 1967）。だが、これより前の1932年の病虫害雑誌で「松喰虫」の使用例が既にあるとの指摘がある（岸, 1988）

このように猛威を振るう被害は侵入病虫害によるものではないかという疑問はこの頃にもあった。被害の歴史を見ると始まりはいずれも造船所のある港町からであるので外材輸入に伴う害虫の侵入の可能性はないかとの問いに対して、小島（当時東大農学部講師）は上記害虫はすべて在来種でありその可能性はないと説明している（近藤, 1941；小島, 1942）。

昭和22年（1947）に林野局造林課内に「松喰虫防除係」が設けられ、同23年（1948）にはパンフレット「松喰虫の駆除法」が発行されている。戦中戦後の混乱の中であって被害対策は徹底できず被害は増大した。遂に昭和23年（1948）には初めて130万 m³に達する記録的な量に達した。GHQは米国より専門家を呼び対策を検討した。二度にわたって来日調査したロバート・ファーンリス氏による勧告を契機に防除技術はもとより法令整備に至るまで全般的な対策を見直し、国は補助金制度、防除法の制定等の体制を整備した。昭和20年

代後半にかけて被害は沈静化に向かい30万 m³の水準で小康を保っている。

ファーンリス勧告では餌木誘致法や巣箱の設置は有効ではないとしたが中野（1950）はこれに反論し井上（1950）もこれを支持した。ファーンリス勧告に関して日塔はファーンリス氏と直接会って説明を受けたことが記されている他、小林による詳細な紹介がある（小林（富）, 2015）。小林さんは1964年3月ポートランドで当時57歳の氏に会っている。筆者は1966年秋ファーンリス氏の退官記念パーティに列席することができたが、浅学のため貴重な体験談を伺うことがなかったのが惜しまれた。職員からの退官記念品はニコン望遠レンズであったと記憶している。

2) 枯損型と被害型

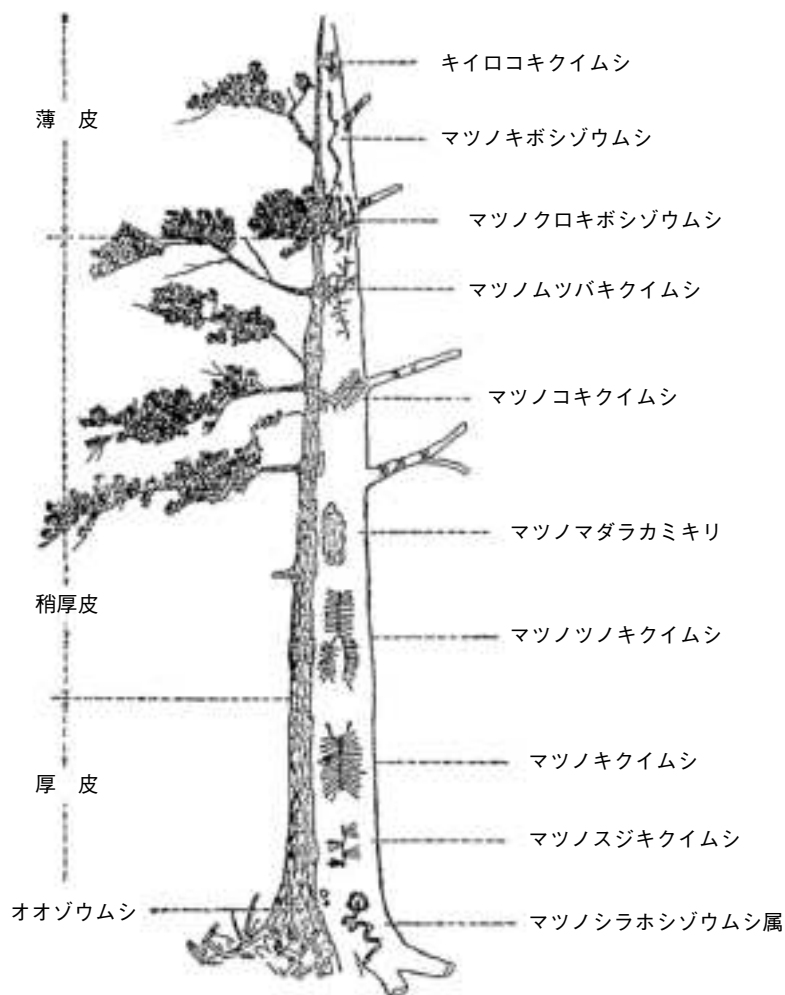
昭和35年（1960）頃から被害は更に増大し始め、昭和36年（1961）に林野庁で開催された森林病虫害等発消長調査打ち合わせ会で「枯損型」が取り上げられた。「枯損型」は枯損の発生する時期、関連する松くい虫の種類を考慮した被害区分であり（日塔ら, 1959）、既に日高（1945）、小島（1942）、中野（1950）らが枯損時期と松くい虫加害種を組み合わせで枯損をタイプ分けしたものと内容はほぼ同じである。これに対し「被害型」は被害発生状況による区分で恒常発生源、風害跡地型、微害型、激害型に4区分された。表1にこの二型の関係と関連する松くい虫種類の組み合わせを示した。種類ごとの加害部位は図1の通りである。

昭和40年代（1965）に入り被害は更に増加の兆しを見せ始めた。この時の様子を日塔（1965）は「帰ってきた松食い虫」として改めてこれが重要課題となってきたことを指摘している。

日塔ら（1960）は固定試験地における長期にわたる定期調査や時折発生する台風跡地調査などにより枯損型や被害型を克明に記録解析した。マツ林では生長に伴って樹冠がうっ閉すると被圧木や枝の枯れ上がりが生じて常に少量ながら餌が供給

表ー１ 松枯損のタイプ分け（枯損型と被害型）（小田，1970ほかより）

被害型	枯損型	関係する主な種類	主な発生地
恒常発生型	秋 秋・春	クロキボシゾウムシ，ムナクボサビカミキリ クロキボシゾウムシ，マツノキクイムシ，マツノコキクイムシ	各地の老齢過熟林
微害型	秋・春 春	ムナクボサビカミキリ，マツノキクイムシ，マツノコキクイムシ マツノキクイムシ，マツノコキクイムシ，マツキボシゾウムシ	東北
風害跡地型	秋 秋・春 春	クロキボシゾウムシ，ムナクボサビカミキリ クロキボシゾウムシ，マツノキクイムシ，マツノコキクイムシ，マツキボシゾウムシ マツノキクイムシ，マツノコキクイムシ，マツキボシゾウムシ	各地
激害型	夏 夏・秋	シラホシゾウムシ，マツノマダラカミキリ，ムナクボサビカミキリ シラホシゾウムシ，マツノマダラカミキリ，ムナクボサビカミキリ，クロキボシゾウムシ	青森県を除く本州以西
キイロコキクイムシは各型に共通			



図ー１ 松くい虫各種の産卵加害部位（井上1943を改変）

されるため恒常発生型や微害型枯損が発生する。こうして密度が高まることがあっても夏や夏・秋に急激に大量の被害が発生する激害型とは様相が異なる。夏、夏・秋型では何らかの異常が樹木に発生している可能性がある。

台風跡地型では台風による風倒被害木の他に挫折木、寝返り木などを穿孔虫類が加害するため害虫密度が増大し残された生立木（すべてが健全ではなく台風によって何らかの損傷を受けている可能性がある）にまで加害が及ぶ被害である。世界各地で多くの針葉樹がこの種の被害を受けており、我が国でもこの型の被害は多く枯損原因について説明できる。

これらの疫学的解析によって関東以西で激発している枯損は時期的には夏から秋に、関係する松くい虫種類はマツノシラホシゾウムシとマツノマダラカミキリが主なものであることが明確に示された。だがこれらは二次性である。

日塔（1960, 1964）は北米の *Dendroctonus* 属キクイムシのようにどちらかと言えば一次性的強い害虫とは異なる松くい虫（一部に例外はあるが）が短期間に集団発生し枯損被害をもたらすには大量の立木に衰弱を起こす原因があり、またそれ以前に害虫密度の増大が必要で、気象因子の他に何か未知の衰弱要因がありマツの生理的条件の把握が一義的に重要であろうと考えていた。そのためにはマツ衰弱の現象を客観的、数量的に的確に把握し変化の実態を追跡できる手法が必要である。

3) 密度抑制の試み、農薬空中散布

一般に害虫が大発生して被害を及ぼすのは害虫密度を増大させる要因があり、二次性穿孔性害虫の密度上昇の主な要因には餌の大量供給や気象条件がある。餌量や気象条件のコントロールは難しくとも害虫密度そのものを何らかの方法で抑制することはできないか。四国支場保護研究室の越智、片桐らは高知営林局と共同で松くい虫被害低減のため害虫密度の抑制を試みた。害虫の密度管

理が重要視されていた時代にあって農業害虫で多用されていた農薬の空中散布を試みている（片桐ら、1965）。当時農薬登録のあった BHC を使用して一定の成果を得ている。片桐氏は北海道の洞爺丸台風跡地のキクイムシ被害調査で日塔先生を手伝った経験があり穿孔性害虫の知識も豊かであった。

中原・小林ら（1966）も同様な目的で兵庫県、神戸市と協力して六甲山において農薬の空中散布を実施した。現在のマツノマダラカミキリ後食防止を目的とした空中薬剤散布とは異なって対象とする害虫種が多く、従って施用時期を絞ることも難しく枯損被害低減には至らなかった。幸運にも小林さんの配慮により筆者もこの数少ない事業を見学する機会を戴いた。

4) 松の健康診断

西口は①松くい虫の寄生性（加害性）、②マツの衰弱現象の実態把握とその原因の解明が必要と考えていた。①に関してはマツキボシゾウムシについて佐藤（1969）、西口ら（1968）、シラホシゾウムシ及びマツノマダラカミキリについては川畑ら（1969）、田呂丸ら（1970）、岩埼ら（1971）が二次性を確認している。②に関しては樹脂流出圧や樹脂流出量の測定の試みがある（西口1967、西口ら1968, 1970）。

二次性の松くい虫が大発生するには産卵対象となる樹木が生理的に異常となることが前提となる。マツ健康診断の方法として当時考案されていたものに樹脂流出圧測定があった。欧米でキクイムシ科害虫の加害対象木を明らかにする手法として試験されていた。西口は自ら工夫した樹脂圧測定法を詳しく解説した他、樹脂流出量測定法によりストロープマツ幼木を用いて実験をおこなっている。J. P. Vite, や J. A. Rudinsky らによって試みられた樹脂流出圧測定では樹指流出圧を OEP (oleoregin exudation pressure) としているので、樹脂流出量は OEQ (oleoregin exudation quantity) と名付けることにする。残念な

ことに西口さんのこれらの測定は実際に松くい虫被害地で行われることはなかったのが惜しまれる。

5) マツ生立木の糖、水分含量

内樹皮や辺材部の水分、糖類の含有率を健全木と被害木で比較する試みもいくつかある。筆者らも戸崎試験地で健全木、加害初期木から内樹皮、辺材を採取し、熱アルコールで前処理して実験室に持ち帰り分析した。可溶性糖類、水分含量について両者の間に差はあったが簡便な指標にできるほどではなかった(日塔ら, 1966)。

6) 生立木辺材水分計

日塔は取り扱いの簡便な立木辺材水分計の試作を(株)ケット木材水分計製作所に依頼した。既存の木材水分計では高い含水率の立木では計測できない。立木の地際で粗皮と内樹皮(篩部)をポンチで打ち抜き直径約2cmの円筒形の測定部を辺材表面に接触させ、中心部の突起と円周部を電極としてこの間に高周波電流を流して抵抗値を測定する。測定値は更正表・図を使って水分含有率に読み替える。

1964, 1965(昭和39, 40)年戸崎試験地(2.4ha, 約50年生)で約1,400本のマツを対象に年に数回測定を繰り返した。辺材水分含量を的確に測定できたか否かは必ずしも明らかではなかったが、この結果は1966年春京大で開催の第77回日本林学会大会時に予報として講演発表を予定した。だが担当した筆者が海外出張したため小田室長が代わって発表することにしたが明確な結論は得られず発表は取りやめとなった(日塔ら, 1966未発表)。筆者は昭和40年度科技庁長期在外研究員として米国オレゴン州立大学理学部昆虫学科森林昆虫研究室 Rudinsky 教授のもとに遊学することになったのである。

7) 厚み計による直径の微変動測定の試み

ミクロン単位で厚みを測定できるゲージを用いると幹の直径の微細な日周変化や日間変動を測定することができるこの報告があった。樹木の

生理的活動の異常を検出することができないかと考えて直径のミクロな変動を測定することを企画した。正常な光合成活動をしている場合と異常な場合とでは直径の変化にミクロな違いが予想された。小田室長に測定を命じられてゲージを20個購入したものの、供試木の選定、ゲージの装着法等を考ええている間にシーズンが過ぎてしまった。このゲージは林試の移転に際して筑波に運び倉庫に収めた記憶があるがその後如何相成ったことか。

8) 皆伐調査

この頃固定試験地における年に数回の定期調査では発生した枯損木をその都度伐倒して樹全体(幹、枝、旧葉、新葉、冬芽など)の状態、また剥皮して内樹皮や辺材について産卵の有無、変色等の異常、ふ化幼虫の食害状況等の加害状況とその種類を記録した。地上から見て枯損と判断する場合主に新旧針葉の変色・褪色を指標としていたが、地上からの観察では樹高20m近い樹冠部或いは樹皮下の極く初期の微細な変化は観察できない。

1965(昭和40)年戸崎試験地内に約0.25ha(約50m四方)の小区画を3区設け7, 9, 10月にその1区画内の立木、それぞれ126, 170, 173本を皆伐しすべての木について外見上や樹皮下の変化を精査した。外見上に変化は認められないが既に松くい虫の産卵加害、ふ化幼虫の内樹皮食害が始まっている被害初期木がありその伐根の切り口からの樹脂分泌は無いが少ない。枯損木と認めて伐採した木の樹脂分泌異常は同様に顕著で幼虫の食害が始まっていることが多かったが、時に幼虫食害は認められず内樹皮が固着したような状態のものもあった。これまでも枯損木に害虫が認められないものが時に存在することが記録されているので全く新しい現象ではない。

これらに対し松くい虫加害の全くない健全木では樹脂流出量は極めて多く切り口一面に樹脂が盛り上がるほどであった。松くい虫の産卵加害、更にその後の枯損は樹脂流出量異常木にだけ生じて

いる、マツには産卵加害の前に既に何らかの生理的異常が発生しそれは樹脂分泌異常として現れることが確認できた。遂に松くい虫が二次性であることを客観的・数量的に示すことができたのである（日塔ら1966）。

千葉県安房郡に設定した南三原（みなみはら）試験地（約0.5ha、17年生）は本数枯損率1964年15%（21/144本）、1965年31%（38/123）、うち夏型の占める割合はそれぞれ62%、55%の典型的な激害型被害地である。1966（昭和41年）この試験地で0.1haの区画を4区設け8、9、10、11月の4回に分けて皆伐調査を行った。ここでは隣接地の32本について伐倒する前に穴開けによるOEQ測定を行い伐根の切り口との比較を試みた。その結果は前年の戸崎試験地での調査と同様穴開け法によるOEQと伐根切り口からのOEQは一致しており、枯損被害はOEQ異常木から発生していることが明らかであった（日塔ら1961、日塔ら1961）。

9）穴開け調査法の確立と全国的な衰弱原因の追究

マツ生立木健康診断の方法としてOEQ測定法は十分に機能することが明らかになった。伐採した伐根切り口の観察による健康診断ではその後の変化を継続的に追跡できない。戸崎試験地では前

年行った「ケット立木辺材水分計」による調査で開けた穴が根元付近に残されていた。搬出された被害木に関しても地際に開けた穴は残されており伐った時の樹脂流出状態が観察できた。伐倒調査は破壊検査であるが穴開け調査は樹木に決定的なダメージを与えずに継続調査が可能である。

この穴あけ法は森林防疫に小田が詳しく公表したため「小田式孔開け法」と呼ばれるようになった（小田、1968他）。その後直ちに特別研究「マツ類の穿孔中防除に関する研究、1966-1967、昭和41-42」の中心課題として全国的に追試された。その結果松くい虫の加害は樹木に樹脂分泌異常が生じた後に発生しマツには樹脂分泌異常を起こさせる何らかの異変が既に発生していることが確実となった（図-2）。小田科長はこの業績により農林大臣賞を授与されている。

この小さな穴開けがマツの生育に影響を及ぼすことはほとんど考えられないが、部位によってはマツに傷をつけことが問題である。特に庭木では幹に開けた穴から松やにが流れ出ているなど許されない。これを避けるため関西支場では目につきにくい部位にガンタッカーで針を打ち込み樹脂分泌量を観察する更に簡便な方法を考案し同様に良好な結果を得ている。

異常なし		異常あり		
卅	卄	+	-	○
				
樹脂がたまり時間がたつと流れ下る。	(卅) よりやや少ないと思われるもの。	部分的に粒出する程度。	微粒が若干あるが、樹脂気があるもの。	樹脂気なく乾燥気味。

図-2 小田氏穴あけによる樹脂分泌量のクラス分け（小田68他より）

10) 原因究明のための特別研究「松くい虫による
松類の枯損防止に関する研究, 昭和43-46年」
とマツノザイセンチュウの発見

コッホの4原則の忠実な実行が病原生物の新発見に導いたがその経緯について解説したものは多い(伊藤, 1975; 他)。

1970(昭和45)九州支場構内の庭園木のクロマツにまさか病原性があるとは考えずに接種したところ, 想定外のことが発生した。この木が枯れたのである。接種した樹病研究室の清原さんは大目玉をくったが, 松くい虫関係者にとっては大変な宝物の発見であった。

この報を受けて本場伊藤一雄保護部長は線虫専門の真宮さんを九州支場に派遣した。真宮さんは土壌線虫を専門に林学に新しい分野を開拓してきたが, このとき再び新しい材線虫の分野を開拓す

る使命が生じたのである。昆2研の遠田さんは自ら志願して熊本に長期出張した。遠田さんにとって線虫は初めての研究対象ではない, すでにキクイムシ科昆虫の卵巣に寄生する線虫について野淵さんと共同で研究を始めていたのである。

11) 媒介昆虫の探索

材線虫の強い病原性が明らかにされると同時に開始されたのが媒介昆虫の探索であった。土壌中の移動, 空中飛散はどちらも不可能, すぐに思いついたのは松枯損に深く関わっている松くい虫である。各地で探索が行われ九州支場, 関西支場, 本場の昆虫研究室で相次いでマツノマダラカミキリ成虫からマツノザイセンチュウが検出され, 早いものはその年の秋の学会, 林学会支部大会等で公表された。(続く)



おとしぶみ通信 (15)

土の中の虫たち 6

ヤスデ

福山 研二*

ヤスデとムカデの違い

ヤスデという生き物がおります。お察しの通り、土の中にいる土壌動物で、やたらに足の数が多いので、ムカデなどとともに多足類という仲間に入れられています。今回は、このヤスデについてお話ししましょう。

一般には、ムカデと混同されていることが多いのですが、ムカデの仲間が、すべて肉食なのに対して、ヤスデは、すべて腐植食、つまり枯れた植物を食べるのです。体の構造で最も違うところは、1つの節から、2対、つまり4本の足が出ていることでしょう。ムカデは、1つの節から1対、2本の足が出ているのです。かといって、捕まえてよく見ないことには、1つの節から出ている足の数なんかわかりにくいですよ。おおまかな、見分け方としては、ムカデの類は全体に平べったいのに対して、ヤスデの仲間は、断面が丸かったり、ずんぐりしているものが多い。また、ムカデは、歩くとき体を蛇のようにくねらせるのに対して、ヤスデは、足を波打たせるように整然と歩いて行きます。また、突っつかれると体を丸くするのもヤスデの仲間の特徴です。肉食のムカデは、大きなあごと、毒をもっているものが多いのに対して、武器を持たないヤスデは、体を丸めて身を守るのです。もっとも、ムカデも自分の卵を守るときは体を丸めるのですが、その場合もヤスデのように、お腹を内側にしてお腹を丸めるのではなく、蛇のとぐろのように、横の丸くなるのです。これ

は、ヤスデが、柔らかいお腹を守らなければならないのに対して、ムカデでは、卵を的から守ったり、嘗め回してカビから守ったりするためだと思われれます。それから、色が、ダイダイや青、黄色、まだらなど、カラフルであることもヤスデの特徴かもしれません。けっこうおしゃれなのですね。

なぜヤスデというのか

ムカデは漢字で百足と書くことから、足が多いことから来ていることは容易に想像できますね。では、ヤスデはどうでしょうか。ヤスデの漢字は馬陸と表すことが多いのですが、皆さんはあまり見かけたことはないでしょうね。もともと、中国でこのように書いていたものに、日本のヤスデを当てたものでしょう。詳細はわかりませんが、おそらく、八十手の意味で、ヤソデからヤスデになったのであろうと言われています。ということは、ムカデより20本足が少ないのでしょうか。ところが、実際には、ヤスデの足の方がムカデよりも多いものが多いのです。これは、体節1節から2つ出でていることから容易に想像できますよね。ムカデを百足と書くのは、中国のやり方であり、ムカデは実際は六十手だという説もあることから、まああなたが昔の人はいい加減に観察していたわけではないようです。古代の日本では、数が多いことは八で表すことが多いので、納得という感じはしますね。

ちなみに、陸上動物で最も足の数が多いのがこのヤスデの仲間、なんとカリフォルニアにいるギボウシヤスデのなかまでは、750本、という膨大な数の足を持つものがあります。そして、節足動

* (独) 森林総合研究所フェロー FUKUYAMA Kenji

物の仲間で、最も早く陸上にあがってきたのもヤスデの仲間だと言われており、約4.5億年前のシルル紀には、化石が残されており、約3億年までの石炭域の頃には、地上を闊歩していたようです。もっとも、足が多いので、「闊歩」と言うより、「ぞろぞろ」でしょうか。そのころ、陸上は、シダ類が大繁殖しており、地上には大量の有機物が堆積していたに違いなく、ヤスデにとっては、天国のような所だったことでしょう。その後、両生類やハ虫類が、陸上に現れ、楽園は崩壊したのですが。

ちなみに、攻撃する武器を持っていないヤスデたちは、次々と陸上に現れた捕食者達から身を守るため、いろいろの工夫をしています。

まずは、すでに述べましたが、体を丸くすることです。その前に、丈夫な表皮も獲得しました。単に分厚いだけでなく、カルシウムも取り入れて頑丈に作り上げています。さらに、トゲなどもはやして、ステゴザウルスのようなものまでいます。この丈夫な外皮を盾にして、比較的柔らかい腹側を守るのです。また、丸まることによって、見つけにくくなったり、捕まえようとする、転がってしまうことも逃げ延びるのには有利ですね。ヤスデの中には、タマヤスデという仲間がいて、ダンゴムシにそっくりな者もあります（写真1）。

それから、丈夫な体の他には、厭な匂いや有毒



図1 キシャヤスデ成体

な成分を分泌する技を持った者も多いのです。例えば、後ほど出てくるキシャヤスデは、青酸化合物を臭腺と肛門から分泌し、そのため、ニワトリやガマガエルなども、嫌がって食べないそうです（図1）。もちろん、ムカデのように牙に毒を持っているわけではないので、かまれて毒が入るようなことはありません。でも、捕まえようとする、体を曲げて毒を吹き付けるそうで、小動物や小鳥なら撃退できるのでしょうか。そのため、ヤスデの仲間は、派手な色が多く、私を食べたらまずいわよ、という警戒色であると言われてい

ヤスデの体

ヤスデは、その体の構造や、食性から見ても、原始的なグループだと言うことがわかります。触角と頭部の口などをのぞけば、ほとんど同じ構造のものが沢山つながっているだけのものなので、設計図も簡単であり、作り方も至ってシンプルにできるわけです。これに対して、私ども昆虫などは、単純な体節が合体して、口も複雑であり、敏捷に動く足や羽を持ち様々な行動がとれるようになっています。まあ、別に自慢している訳じゃありませんがね。もっとも、土の中を移動するには、このような単純な構造の方が有利であることは間違いないでしょう。そうそう、おもしろいことに、あのやたら足が多いヤスデなども、卵からかえってすぐのときは、私ども昆虫と同じく、足は3対しかないのですよ。ですから、昆虫の幼虫に間違われることもあり、昆虫類は、ヤスデの仲間の幼形成熟により進化したという説もあるくらいで



写真1 中国の雲南で見つけた親指ほどもある
タマヤスデの一種

す。次に脱皮すると、急に体節が増え、1体節から2対の足ができてくるのです。

ヤスデは、すでに述べましたように、ほとんどが植物の枯れたもの、つまり腐植を食べております。ですから、固いものをかみ砕くために、丈夫な歯を盛っているのです。特に、奥歯は、臼のような構造をしており、固いセルロースを細かくすりつぶすのに適しているのです。まあ、栄養価は低いけれども、いくらでも木から降ってくるので、細く長く生きるのには適しているのです。

ヤスデも雄と雌がおり、ちゃんと交尾をして卵を産みます。特に雄は、成熟すると、体節の一つの足が小さく特殊化し、生殖肢（交尾器）になります。

汽車をとめたヤスデ

ヤスデは、都会化された現在では、ほとんど人と関わることはないのですが、時々とんでもない騒ぎを巻き起こして、ニュースのネタになることがあります。それが、キシヤヤスデです。

キシヤヤスデとは、「汽車ヤスデ」の意味であり、大量に発生して汽車を止めたことからその名がついたそうです。汽車と言ってもいまの人にはちょっと想像ができないかもしれませんが、SLと言ったら、ははーと思われる方も多いでしょう。そう、蒸気機関車のことです。かつて、日本でもっとも標高の高い駅である野辺山駅の周辺は、緑に囲まれた田園地帯であり、カラマツ林やミズナラ林などが多くありました。ここを走る小海線は、標高差が激しく、急勾配をあえぎながら走ることで有名でした。当時のSLは、機関車だけが動力を持っていたため、ちょっとしたことで、スリップしやすく難渋したものです。そうした中で、大量のヤスデが、線路の上を歩き回ったため、ただでさえ滑りやすいところ、完全にストップさせてしまったわけです。1976年頃ですから、いまから30年も前になります。

では、なぜ突然に、こんなに大量のヤスデが発

生し、しかも線路の上などを歩き回ったのでしょうか。この謎に取り組んだのが、当時林業試験場にいた新島さんという人でした。

はじめの謎は、すこしずつ数が増えるならわかるが、なぜある年だけ突然に増えるのだろうか。そこで、飼育をして、どのような生活史を営んでいるかを調べることにするとともに、現地の土を掘って、調べてみました。すると、驚いたことに、大発生した次の年は、現地には、まったくヤスデが見あたりません。そこで、土を掘ってみると、土の中に小さな1齢幼虫がいたのです。そして、次の年には、2齢となり、1年で1齢ずつ増えているようなのです。室内飼育でも、なんと1年で1齢ずつしか成長しないのです。餌は沢山与え、温度も十分にしても、決して2度3度と脱皮して成長を早めようとはしないのです。飼育をしている方としては、困ったものです。これでは、何年飼育を続ければよいのか予想もつきません。それでも根気よく飼育を続けた結果、なんと8年目にしようやく親になったのです。そして、現地でも親が沢山現れたのです。こうして、キシヤヤスデは8年で親になり、そのため、8年周期で大発生することがわかったのです。これがわかってからは、その地域での、次の大発生の時期も予想できるようなったわけです。その後、別の人の研究で、キシヤヤスデは、1度寒冷な状態にならないと、齢が進まないという休眠をすることがわかってきました。

それにしても、いくら8年で親になると言っても、時期をずらせば、毎年、親が出てきても良さそうなものではないでしょうか。そこで、考えられるのが、捕食者飽食仮説です。これは、ヤスデの天敵がいる場合、毎年、成虫が表に出てくるとそれを狙って、天敵も増えてしまうが、7年間まったく表に出なければ、その間にヤスデの天敵は餌がなくなるので、数が減るか、別のものを食べざるを得ない。そこで、どっと大量に出てくれば、天敵がいくら食べようとしても間に合わず、

多くの個体が生き延びて子孫を残すことができます。というものです。さらに、成長が遅いものでは、雄と雌がであう確率が高いほど子孫を残せるので、同じ時期に多数出てくる個体群が多く子孫を残すようになり、長い期間の間に、同じ周期を持つ1個体群がその地域で優先するようになるということのようです。さらに、幼虫の間はそれほど餌は食べないので、その間に落ち葉が貯金され、親になったときに一斉に食べて子孫を残すためにも、そろった方が良いでしょう。それにしても、このように長期間かけて親になるというのは、餌などの生息環境が長期に安定しており、天敵にも狙われない場合に可能なのであり、すべての生き物で有利というわけではありません。同じような例としては、土の中で17年も過ごす17年ゼミの例が有名です。ちなみに、セミの場合は、周期年が重なりにくい素数になっていることで様々な論争が行われていますが、ヤスデでは、2でも

4でも割ることができる8年という周期であり、セミに比べるとややのんびりしているところがあるかなよろしい。

キシヤスデが8年間たまった落ち葉を食べ尽くすように、ヤスデたちは、森林の枯れ葉や枯れ枝などの有機物を分解、攪拌し、豊かな土壌を形成する役割も果たしているのです。確かに、見かけは気味悪い虫ではありますが、ほとんどのものは、森の土の中でしずかに土を食べながら暮らしているわけです。まあ、温かい目で見てあげて欲しいものです。

今年は、信濃川の上流地域で大発生がある年だそうです。列車の性能が悪くなったせいで、列車が止まることは少なくなったものの、道路や側溝を埋め尽くす、ヤスデの行軍に度肝を抜かれる人も多いことでしょう。怖いもの見たさに、出かけてみては如何でしょうか。

禁 転 載

林 業 と 薬 剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成 27 年 9 月 20 日 発行

編集・発行／一般社団法人 林 業 薬 剤 協 会

〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-6-5 神田北爪ビル 2 階

電話 03 (3851) 5331 FAX 03 (3851) 5332 振替番号 東京00140-5-41930

E-mail : rinyakukyo@wing.ocn.ne.jp

URL : <http://www.rinyaku.server-shared.com/>

印刷／株式会社 スキルプリネット

定価 540 円



7年先の確かな未来を

確かな効果

豊富なデータが裏付ける確かな効果で
皆様の信頼に应运てきた
グリングード・NEOは
7年間の薬効期間という
新たな時代の夜明けを
迎えました。

松枯れ防止樹幹注入剤

グリングード®・NEO

Greenguard® NEO

農林水産省登録：第22028号

グリングードホームページ

www.greenguard.jp/



タケを枯らせます!

ラウンドアップ マックスロードなら
竹稈注入処理で



使い方[注入処理方法]

処理適期：6～8月

2～3 cm

地上
30～
100 cm

- ①節から2～3 cm下に開けます。
- ②原液 10mℓ を穴から注入します。
- ③穴をガムテープ等でしっかりと蓋をします。

⚠ 注意事項: 処理竹から15m以内に発生した竹の子を食用に供さないこと。
また、縄囲いや立て札により、竹の子が採取されないようにすること。

処理時期	完全落葉までの期間 (モウソウチク)
夏処理 (6～8月)	3ヵ月
秋処理 (9～11月)	6ヵ月
原液をタケ1本ごとに10mℓ	



完全落葉^{*}すれば、その後 処理竹の根まで枯れます。

^{*} 竹の葉が全て落ちた状態、この時期であれば伐採可能です。

農林水産省登録：適用の範囲及び使用方法

適用場所	適用雑草名	使用時期	希釈倍数	使用量	使用方法
林地、放置竹林、畑地	竹類	夏～秋期	原液	5～10mℓ / 本	竹稈注入処理

ラウンドアップ マックスロード®

THE NEXT TECHNOLOGY TO YOU



防除法について、詳しくは下記窓口までお問合せください。

★ **日産化学工業株式会社**
〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3丁目7番地1

ラウンドアップ
お客様相談窓口

0120-209374



樹木をニホンジカの食害から守ります。

有効成分
全卵粉末
80%
新登場

ニホンジカ専用忌避剤

農林水産省登録 第22312号

ランテクター®

全卵粉末水和剤

ランテクターは人畜、環境にやさしい製品です。

- ①ランテクターの有効成分(80%)は全卵粉末を使用しています。
- ②ランテクターは環境にやさしい製品なので、年間の使用回数に制限がありません。被害の発生状況に合わせて使用できます。
- ③広葉樹、針葉樹を問わず広く「樹木類」に使用できます。

■有効成分

全卵粉末	鉱物質微粉 等
80.0%	20.0%

■適用範囲及び使用方法

作物名	使用目的	希釈倍数	使用液量
樹木類	ニホンジカによる食害防止	10倍	1本当り10～50mℓ
使用時期	本剤の使用回数	使用方法	全卵粉末を含む農薬の総使用回数
食害発生前	—	散布	—

※スギ・ヒノキを始め広葉樹への散布も可能です。(広葉樹の新芽が枯損するなどの心配がありません)

販 売

DDS 大同商事株式会社

本 社 〒105-0013 東京都港区浜松町1丁目10番8号(野田ビル5F)
TEL:03-5470-8491 FAX:03-5470-8495

製 造



保土谷アグロテック株式会社

〒104-0028 東京都中央区八重洲2-4-1

**松枯れ予防
樹幹注入剤**

マツケンジー®

農 林 水 産 省 登 録
第 2 2 5 7 1 号

医薬用外劇物

有効成分：塩酸レバミゾール…50.0% その他成分：水等…50.0%
性状：赤色澄明水溶性液体



専用注入器でこんなに便利!!

① 作業が簡単!

孔をあける

1mℓ(8～10cm間隔)、または
2mℓ(15cm間隔)を注入

直後に
穴をふさぐ

② 注入容器をマツに装着しない!

注入・チェック・回収などで、現場を何度も回らずOK。

③ 作業現場への運搬が便利で、廃棄物の発生も少ない!

250mℓの容器1本で20～25本のマツの処理が可能(φ30cmの場合)
しかもジャバラ容器の使用により使用後の容器容積が小さくなる。

④ 水溶解度が高く、分散が早い!

作業時期が、マツノマダラカミキリ成虫の発生期近くまで広がる。

保土谷アグロテック株式会社 東京都中央区八重洲二丁目4番1号 Tel.03-5299-8225

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤 林野庁補助対象薬剤

農林水産省登録第20330号

マツグリーン[®]液剤

- ① マツノマダラカミキリ成虫に低薬量で長期間優れた効果。
- ② 樹木害虫にも優れた効果を発揮。
- ③ 新枝への浸透性に優れ、効果が安定。

農林水産省登録第20838号

普通物

マツグリーン[®]液剤2

- ④ 車の塗装や、墓石の変色・汚染がほとんどない。
- ⑤ 環境への影響が少ない。
- ⑥ 周辺作物に被害の心配がほとんどない。

剪定・整枝後の傷口ゆ合促進用塗布剤

農林水産省登録第13411号

トップジンM[®]
ペースト

作物名	適用病害名・使用目的
樹木類	切り口及び傷口のゆ合促進
きり	腐らん病
さくら	てんぐ巣病
ぶな(伐倒木)	クワイカビ類による木材腐朽



株式会社 ニッソーグリーン

本社 〒110-0005 東京都台東区上野3-1-2
☎03-5816-4351 <http://www.ns-green.com/>

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤

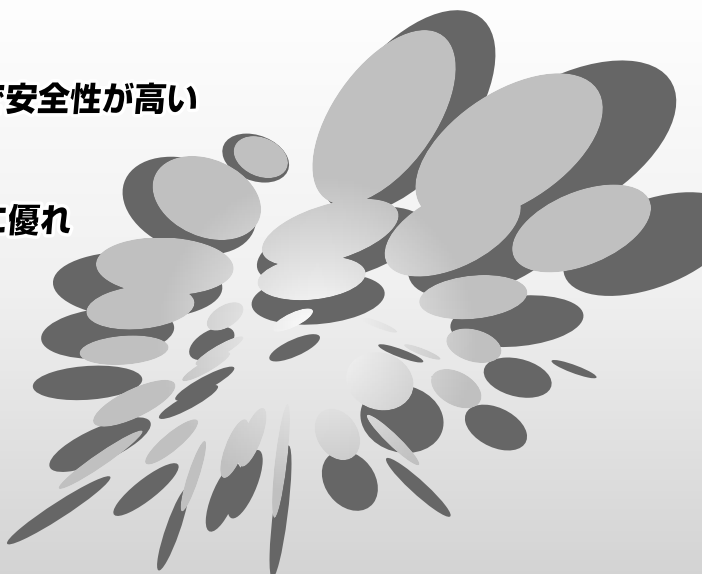
殺虫剤 **モリエート[®]sc**

農林水産省登録 第21267号

有効成分は普通物・A類で安全性が高い
(クロチアニジン水和剤 30.0%)

**1,000倍使用で希釈性に優れ
使いやすい**
(水ベースの液剤タイプ)

低薬量で優れた殺虫効果と
後食防止効果を示し、
松枯れを防止します。



製 造：住友化学株式会社

販 売：サンケイ化学株式会社 住化グリーン株式会社

計画散布で雑草、竹類・ササ類を適切に防除しましょう!



題 名
放置竹林から里山を守る!

信頼のブランド

《竹類・ササ類なら》

コロートS (粒剤)

農林水産省登録 第11912号

《開墾地・地ごしらえなら》

コロートSL (水溶剤)

農林水産省登録 第12991号

※すぎ、ひのき、まつ、ぶなの
地ごしらえ、又は下刈りの雑草防除
でも使えます。

〈製造〉



株式会社 **イセダイイス バイオテック**
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5 COI東日本橋ビル
TEL.03(5825)5522 FAX.03(5825)5501

〈販売〉



丸善薬品産業株式会社

東京 東京都千代田区鍛冶町2-9-12(神田徳力ビル) ☎03-3256-5561
大阪 大阪市中央区道修町2-4-7 ☎06-6206-5531
福岡 福岡市博多区奈良屋町1-4-18 ☎092-281-6650
札幌 札幌市中央区大通西8-2-38(ストーク大通ビル) ☎11-261-9024
仙台 仙台市青葉区大町1-1-8(第3青葉ビル) ☎022-222-2790
名古屋 名古屋市中区丸の内1-5-28(伊藤忠丸の内ビル) ☎052-209-5661

松くい虫防除／地上散布・空中散布・無人ヘリ散布剤

エコワン3
フロアブル

【普通物】〈チアクロプリド 3.0%〉

- ◆低薬量で高い効果が長期間持続します。
- ◆不快な臭いがありません。
- ◆自動車塗装にも影響がありません。



松くい虫防除／樹幹注入剤

ショットワン・ツリー 液剤

【普通物】〈エマメクチン安息香酸塩 2.0%〉

マツガード

【普通物】〈ミルベメクチン 2.0%〉

- ◆防除効果が長期間持続します。
- ◆基本注入量が60mlと少ないため、作業性に優れています。



緑化樹害虫防除／樹幹注入剤

アトラック 液剤

【普通物】〈チアメキサム 4.0%〉

- ◆ケムシ等の害虫を駆除することができます。
- ◆薬剤が飛散する心配がなく、公園や住宅地でも安心して使用できます。



※「普通物」とは、毒物及び劇物取締法に規定している毒物にも劇物にも該当しないものを指している通称。



井筒屋化学産業株式会社

〒860-0072 熊本県熊本市西区花園1丁目11番30号
TEL (096)352-8121 FAX (096)353-5083

多目的使用(空中散布・地上散布)が出来る

スミバイン® 乳剤

樹幹注入剤 **グリーンガード®・エイト**
メガトップ 液剤

伐倒木用くん蒸処理剤

キルパー40®

マツノマダラカミキリ誘引剤

マダラコール

頼れる松枯れ防止用散布剤

モリエート®SC

スギノアカネトラカミキリ誘引剤

アカネコール



サンケイ化学株式会社

〈説明書進呈〉

本社	TEL 03-6837-0122	埼玉県市南第3ビル9	TEL 03-6837-0122
東京本社	TEL 03-6837-0122	東京都台東区上野3丁目6-11 第3ビル	TEL 03-6837-0122
大阪営業所	TEL 06-6305-5871	大阪市淀川区西長崎4丁目3-1 第3ビル	TEL 06-6305-5871
名古屋営業所	TEL 052-211-0025	名古屋市北区中津川町1152-3	TEL 052-211-3808

大切な日本の松を守る
松くい虫予防散布薬剤

○ネオニコチノイド系殺虫剤
ヤシマモリエートマイクログラブセル
モリエートSC (ナリタアコロン殺虫剤)
マツグリーン液剤 (アセチルグリッド殺虫剤)
マツグリーン液剤2

☆有機リン系殺虫剤
ヤシマスミバイン乳剤
スミバインMC

松くい虫駆除剤

パークサイドF、オイル(油剤)
ヤシマNCS(くん蒸剤)

ハチの駆除剤

ハチノックL(巣退治用)
ハチノックS(携帯用)

野生獣類から大切な植栽木を守る

ヤシマレント

ヤマビル剤

マリックスター(殺菌剤)/ヒルノック・エコ(追肥剤)

住化グリーンの
林業薬剤

緑に学び、緑と共に生きる

わたしたちは、人と自然との調和を
考えながら、より良い緑の環境づく
りを目指しています

樹幹注入剤

○マツノサイセンチュウ
グリーンガードファミリー剤
メガトップ
マツガード
マッケンジー
○ナラ枯れ
ケルスケツト

くん蒸用生分解性シート

くん蒸ヤシマ与作シート



住化グリーン株式会社

本社 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町1番8号 TEL 03-6837-9422 FAX 03-6837-9423

少薬量と殺センチュウ活性で 松をガード。

少薬量の注入で効果を発揮
防除効果が6年間持続

60mlそのまま
自然圧で注入

60ml(ノズルなし)・180ml
加圧容器に移し替え、ガス加圧で注入。



自然圧注入用



移し替え専用



移し替え専用

有効成分のミルベメクチンは微生物由来の天然物で普通物
「有機JAS」(有機農産物の日本農林規格 農林水産省)で使用が認められた成分です

松枯れ防止樹幹注入剤

マツガード®

農林水産省登録 第20403号

○有効成分：ミルベメクチン・・・・・・・・・・ 2.0%

○60mL×10×8 ○180mL×20×2

○60mL×10×8(ノズルなし移し替え専用) 容量×入数

マツガードは三井化学アグロ(株)の登録商標です。



株式会社 エムシー緑化

