

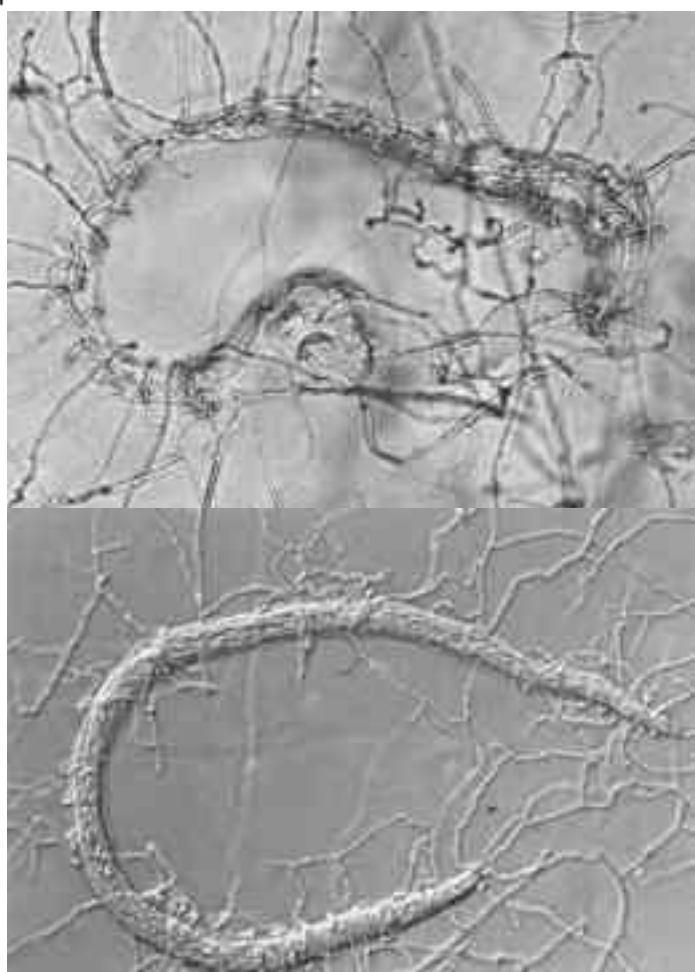
ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 210 12. 2014

一般社団法人

林業薬剤協会



目 次

マツ材線虫病研究の現状と展望.....	真宮 靖治	1
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	斉藤正一・岡田充弘・後藤秀章・近藤洋史	9
おとしぶみ通信 (12)		
土の中の虫たち 3		
空を飛ぶササラダニ	福山 研二	15
森林病虫害雑話 (その6)		
今は昔の物語		
——ファーンリス勧告の前後——	小林富士雄	19

● 表紙の写真 ●

ヒラタケ菌糸に捕食されたマツノザイセンチュウ

(ヒラタケ菌糸に接触して48時間後の状況：線虫の体内外に菌糸が蔓延している：1999年，玉川大学林学研究室にて撮影，下側はノマルスキー型微分干渉顕微鏡による撮影)

—真宮靖治氏提供—

マツ材線虫病研究の現状と展望

—真宮 靖治*

九州の一角で、「松くい虫」被害の発生が確認されてから1世紀以上が経過した。九州から広がった被害は本州の北端にまで及んでいる。自然景観を損ない、防災面や木材利用上の損失をもたらしたこれまでの被害は甚大であった。「松くい虫」は、マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) をマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) が媒介するマツの伝染病であることがわかって(1971年)、マツ材線虫病となった。さらに近年、日本から海を越えて被害がひろがったことから、Pine wilt disease の病名が国際的に通用するようになった。これまでに病気の伝播機構や樹体の発病・枯死経過などが、病原体と媒介者の相互関係において解明されてきた。また、被害拡大に対する実態解明が、林分単位での個別的、あるいは地域にまたがる広域的な視点で取り組まれた。これらの成果は防除や抵抗性育種事業推進などでのよりどころとされた。マツ材線虫病にかかわる研究では、近年発達の著しい分子生物学的手法が広くとりいれられて多方面にわたる研究が進展中であり、その成果が期待される。なかでも、主要な課題として取り組みがつつく発病機構解明での成果が待たれる。

本稿では、主に2000年代に入って得られた研究成果を概観することで、マツ材線虫病研究の現状把握につとめるとともに、今後の研究発展を展望する。

1. 被害の現状

国内の状況：九州，四国，そして本州に蔓延したマツ材線虫病は、いまなお年間60万㎡を超える

材積の被害をもたらしている。被害地の拡大は、岩手県や秋田県ですすみ、青森県への侵入も報じられるにいたった。各地方での被害量の推移をみると、被害発生の歴史的経過の反映が読み取れる。そのなかで、東北地方での近年になっての被害増加は特徴的である。寒冷地における被害拡大と被害量の増加は、これまで健全に推移してきた無被害マツ林への脅威である。寒冷地問題としての重点的な取り組みがなされている。これは、被害の高海拔地への拡大による被害量増加が顕著な長野県などにも通じる問題である。とくに温度条件の違いが被害発生・進展の時間的経過や媒介者の生態へ及ぼす影響などから、いわゆる「年越し枯れ」問題として、新しい知見にもとづく対応が求められている。

海外の状況：1982年に中国・南京での被害確認を端緒として、マツ材線虫病の発生は韓国、台湾と続き、1999年にはポルトガルでの発生へといたった。2011年にはスペインでの発生が報じられた。いずれの国でも、被害発生・拡大の経過からみて、病原体であるマツノザイセンチュウのそれぞれの地への導入（＝侵入）がその原因となっている。他の多くの植物病虫害にみられる外来性生物による侵入病虫害の例にもれない被害発生経過である。原因生物としてのマツノザイセンチュウについては、DNA解析などにより、各地で共通する素性や由来が明らかにされている。つまりオリジンを同じくする生物の移動と侵入の裏付けである。各国では原産のマツに大きな被害が生じている現状から、国家的な重要問題として取り組みがなされている。ポルトガル、スペインでの被害発生で、ヨーロッパ各地への拡大の恐れから、ヨーロッパ連合（EU）では域内全体の問題とし

* 1 元・玉川大学

MAMIYA Yasuharu

て被害阻止のためのプロジェクトを設定して対応している。なお、マツノザイセンチュウの原産地と目される北アメリカ大陸ではマツノザイセンチュウは広く生息分布しているが、原産の各種マツが抵抗性であり、外来種のマツ以外の原産種には被害発生もない。

2. マツノザイセンチュウの系統

マツノザイセンチュウを各地のマツ被害枯死木から分離して、糸状菌（多くの場合 *Botrytis cinerea* を使用）で培養した場合、それぞれを分離培養系統として維持できる。多数の分離培養系統については、マツに対する接種実験の結果から病原性に大きな変異のあることが明らかにされた。強い病原性を示す系統がある一方、中間的な病原性の段階からほとんど病原性を示さない系統にまで変異はひろがっている。このような系統は、地域単位、あるいは林分単位で存在しているだけでなく、同じ林分の枯死木単位でもみられることが示唆されている。このような変異の存在については、まだ十分な解明にいたっていない。いまは遺伝子レベルでの追及が行われているところで、その成果は被害拡大経過の跡付けを可能にし、また病原性そのものの解析から、発病機構解明へといたるべき道を与えるだろう。ポルトガルでは1999年の被害発生確認以後、国内に広く被害地は拡大した。2008年までの各地培養系統の遺伝子レベルでの解析では、単一系統の広がりが示されたが、それ以後発生した被害地からの培養系統では多様な遺伝子の変異がみられた。つまり、初期の被害地拡大は、アジアから侵入した単一系統だけによるものであったが、その後の被害にはオリジン（産地）を異にする複数の系統がかかわっていることを示唆していた。

病原性の変異に関しては、マツノザイセンチュウのゲノム解析が達成されたことから（後述）、そのメカニズム解明への道が開かれた。病原性変異の存在は、実験材料としてのマツノザイセン

チュウの培養系統をつねに明確にしておく必要性を示した。強病原性線虫、あるいは弱病原性線虫を供試することで、幅広い実験計画の確立が可能になった。弱病原性線虫を先に接種してマツ樹体に抵抗性を付与し、その後の強病原性線虫接種によっても発病にいたらないという現象、すなわち誘導抵抗性存在の可能性が明らかにされた。このことは、自然条件下でも同様な現象が起こっていることの予測を可能にしている。被害発生状況の推移との関連で興味深い問題提起である。マツ材線虫病における選抜育種では、自然条件下で生息分布するどのマツノザイセンチュウよりも強い病原性をもった系統を供試することが求められる。より強い病原性系統の探索もまた必要なのである。

マツノザイセンチュウの近縁種であるニセマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus mucronatus*) については、日本国内における広い分布とマツに対する病原性がきわめて弱いことから土着種として認識されている。ヨーロッパではマツノザイセンチュウの侵入を契機にその分布実態調査が広く実施された。その結果、ニセマツノザイセンチュウのヨーロッパでの広い分布が明らかにされた。さらに、シベリア、中国、韓国にまたがるユーラシア大陸での広い分布も明らかになった。北アメリカ大陸でもニセマツノザイセンチュウの分布は確認されている。このような広範な分布について、DeGuiran (1995) は、本種はもともとヨーロッパを原産地としていて、その後アメリカ大陸へ渡り、またシベリアを経て東アジアへも移動した種であるとの仮説をたてた。北アメリカ大陸において、本種はマツノザイセンチュウへと変異したとの想定である。最近の研究で、本種はヨーロッパに広く分布する系統 (*B. mucronatus kolymensis*) と、アジアに特有の系統 (*B. mucronatus mucronatus*) に分けて、それぞれを subspecies に位置づける提案がなされた (Braasch, 2011)。日本の種は、後者に属するが、一部前者

にだぶる系統の存在が指摘されている。ニセマツノザイセンチュウの世界的な広い分布をみると、近年北海道のトドマツ枯死木とそれから羽化脱出したシラフヨツボシヒゲナガカミキリに本種が確認されたことの意味は大きい。さらに、それがヨーロッパ系統とされていることは興味深い。

3. 発病機構の解明

マツノザイセンチュウの感染・侵入にともなってマツ樹体には様々な変化が起こり、それらは病状進展の経過として、発病から枯死にいたるまでを追跡できる。線虫の動態との関連でいえば、樹体侵入、樹体内移動、定着と増殖、媒介者便乗に向けての生態的対応と、それぞれの段階での樹体の変化をみることができる。マツノマダラカミキリにより健全なマツに運ばれたマツノザイセンチュウは、後食によるマツ枝の傷口から、露出した皮層、さらには放射組織、樹脂道へと樹体内への侵入を果たす。侵入部位では分散型4期幼虫がいちちやく成虫へと脱皮して次世代にすすむ。線虫は放射組織、樹脂道を主な経路として樹体内広く移動する。侵入・定着の場、そして移動経路において樹体組織は、とくに線虫の摂食活動の対象として直接的な影響を受ける。摂食による柔細胞の破壊など線虫の活動に対して樹体には抵抗性反応などの組織的変化が起こる。その詳細は未解明だが、こうした反応がきっかけとなって樹体生理の変調などがもたらされると考えられる。そのなかでも線虫侵入後の早い段階で、樹体内広く放射柔細胞の変性がみられることは病理現象の発現として注目されている。マツ材線虫病で特徴的な病徴とされる樹脂滲出の停止は、ある程度病状が進行した段階での病徴であり、そこにいたる病状進展の経緯や関連するメカニズムなどが追及されてきた。マツ材線虫病はマツの萎凋病と位置づけられていて、水分通導上の異常発現が発病経過の一環として研究対象となった。水分生理における異常発現の経過で水分通導阻害が引き起こされると

するキャビテーション説など、萎凋現象発現機構の解明はいろいろな観点からの取り組みがなされている。毒性物質関与の視点も発病機構解明の突破口とされている。細菌関与説でも、細菌の産生物質が毒素として働く可能性を前提として研究がすすめられている。発病機構に関しては、これまでにいろいろな仮説が提唱されてきたが、いずれも十分な立証にはいたっていない。分子生物学的レベルでの取り組みなどによる解明が期待される。

マツノザイセンチュウは病状の進展に伴って個体数が増加する。しかし、個体数増加を病状進展の直接的な起因とするという位置づけにはなっていない。ある程度病状が進んだ段階で線虫個体数が増加するというのが実態のようである。たとえば、全身的に樹脂滲出がとまった時期などで、線虫個体数の増加傾向が著しくなり、針葉からの蒸散停止、そして針葉の変色とすすむ経過で、いわゆる「爆発的な線虫数増加」へといたる。樹体内では、形成層、放射組織、樹脂道などの柔細胞がほぼすべて破壊されて、そこに増殖した線虫が生息している。なお、線虫は樹体内で仮道管を移動経路として利用するが、生息の場とはしていない(摂食や増殖活動をとまなう)。線虫による仮道管の破壊などもない。線虫増殖に先だつ病状進展のあることが想定されるこれまでの知見から、発病機構の解明は、線虫侵入と定着に対するマツ樹体の早い段階での病理的反応が鍵になると考えられる。

線虫増殖を支える食餌源はなにか。菌食線虫であるマツノザイセンチュウはマツ樹体内に繁殖する糸状菌を摂食して増殖すると考えられてきた。しかしながら、組織解剖学的な直接観察では、樹体内での食餌源となるような糸状菌の繁殖はむしろ否定的である。柔細胞を主とするマツ材組織が主要な食餌源になっているのではないかと想定される。樹体内における線虫の食餌源については、なお検討の余地がある。

マツ材線虫病防除のためには樹幹注入剤が有効である。線虫感染に対して注入薬剤が効果を発揮して発病を阻止する。その発病阻止機構については直接的な殺線虫効果によると結論づけられている。線虫の樹体への侵入・定着を阻止する効果については、薬剤の樹体への化学的、生理的影響をあわせて追及されている。そして、注入薬剤が治療的效果を発揮する可能性について検証する道を探っている。発病機構解明にもつながる方向といえる。

4. 細菌関与説

マツ材線虫病の発病機構が未解明のなか、マツ発病の直接的原因は細菌であるとの説が2000年代になって中国の研究者を中心に提唱された。日本でも1990年代に岡山大学の河津教授のグループが細菌原因説を報じる論文を出していて、この場合、マツは特定の細菌が産生する物質、フェニール酢酸の影響で発病にいたるとしている。中国の研究者はマツ枯死木材片やマツノザイセンチュウの体表から細菌を検出して、それらのマツ発病との関連性を検証した。被害各地で検出した細菌の種類は多種に及び、調査地間での共通した一定の傾向はみられていない。自然界での細菌の生息分布の実態は、よく知られているように普遍的で多様性も大である。マツを囲む環境条件のもと、その細菌相の多様性は予想されるところであり、ある細菌の働きを特定することの難しさがうかがわれる。特定の細菌の普遍的な役割、つまりマツ発病の病原体としての位置づけにまだいたっていないというのが現状である。無菌化したマツノザイセンチュウには病原性がないという細菌病原説の根拠となる実験結果についても、それを否定する、つまり無菌線虫がマツの発病を引き起こしたとする結果を示す論文が中国で最近公表されていて、細菌関与説の行方はまだ定まっていない。韓国やポルトガル、また日本でもマツ枯死木に関する細菌の検索が進められているが、状況は同じ

である。こうしたなか、マツ樹体やマツノザイセンチュウ体表に普遍的に生息分布する細菌について、マツ樹体の抵抗性反応に影響を及ぼすなどの線虫による病理的作用とのかかわりを想定する研究もあらわれた。線虫に付随する細菌がマツ樹体の過敏反応による酸化ストレスへの耐性を線虫に付与する、といった機能的役割である。それは、線虫そして細菌をはじめとする微生物を一体とするマイクロコミュニティの把握と、それらの発病との関連を探る方向を示す。細菌相の実態やその変化を追跡するに当たっては、マツノザイセンチュウの場合、その媒介者のかかわりも見逃せない。分散型4期幼虫の動態との関連で、マツノマダラカミキリに付随する細菌相の解明が進められている。これまでの観察結果によると、マツノマダラカミキリ体内の分散型4期幼虫に直接付随する細菌は確認できず、線虫保持の場である気管内にも細菌の繁殖と分布は認められていない。マツ樹体の細菌相と線虫伝播とのつながりが実証されていない状況では、発病枯死に直接かかわる特定の細菌の病原学的位置づけは難しい。

5. 年越し枯れ問題

おおまかにみて年平均気温が13℃以下の地域では、マツノザイセンチュウに感染したマツの病状進展経過は遅い。マツ材線虫病に特徴的な枯死経過では、初夏に感染したマツは盛夏に病状が進展して秋には針葉赤変して枯死にいたる。東北などの寒冷地では感染当年での枯死木発生は限られる。多くのマツが感染翌年になって針葉赤変して枯死にいたる。これは、病状進行の遅れによるもので、低い気温が影響している。地域によっては、このような年越し枯れ木は、年間枯死木全体の半数を超えることもある。樹体内でのマツノザイセンチュウの動態も影響を受けて、年内枯死の場合とは異なっている。線虫個体数の推移には、いわゆる爆発的な個体数の増加などといった現象は見られない。病状進展にともなう線虫個体数の消長

は当年枯れに比べて緩やかである。低密度での推移では、樹体内での線虫分布の偏りが顕在化して(樹体内での分布が一様でない)、枯死木からの線虫検出を困難にする。線虫検出の有無は、マツ材線虫病の診断にかかわる。より効率的な診断法としてマツノザイセンチュウの遺伝情報を利用する簡便な方法が開発された。マツ材片から DNA を抽出して、増幅し、反応液によりマツノザイセンチュウの DNA の有無を判定する。この方法のために作られた簡易診断キットは市販されていて、年越し枯れ木にかぎらず、ひろくマツ材線虫病被害木診断のために活用されている。

年越し枯れ木にかかわる媒介者マツノマダラカミキリの生態も気温の影響を受けて、枯死木からの羽化脱出、産卵の時期などで温暖な地域との違いが大きい。寒冷地での枯死木発生の経過では、感染年内での枯死、翌年冬から春にかけての枯死、初夏以降の枯死、と区分できる。いわば年間を通じての枯死木発生であるが、これらのうち、感染年内の枯死木と初夏以降発生の年越し枯れ木がマツノマダラカミキリの産卵対象となっている。年越し枯れ木の多くはマツノマダラカミキリの産卵対象から外れるので、感染源にはならない。防除の観点からは、無害といえる。寒冷地における、防除事業のむつかしさを示す問題点である。いわゆる秋田方式とされる防除対策ではこのような観点から、防除対象を限定するなど、より効率的で実効性のある方向を目指している。

寒冷地におけるマツ材線虫病対策として取り組まれた研究として、伝染源となる被害木の探査法の開発がある。被害木の早期発見とその除去は被害拡大を阻止するうえで欠かせない。そのために、GPS を活用した空中探査技術の開発が行われた。空中写真利用の有効性が実証されて、被害拡大が懸念される寒冷地での実用化がはじまっている。

6. 媒介者との便乗関係

発病枯死したマツ樹体内で増殖したマツノザイセンチュウは、樹体内の環境条件の変化、たとえば材組織の乾燥や劣化などの生息環境の悪化により個体数が減少する。一方、樹体ではマツノマダラカミキリの幼虫が発育成長して、蛹室形成へとすすむ。線虫は生態上の次のステップとしてマツノマダラカミキリを媒介者として利用するため蛹室周辺へと移動する。温暖な地での標準的な経過として、2 月ごろから蛹室周辺への集中が顕著となり、集中した線虫は分散型 3 期幼虫となっている。カミキリが蛹化するのと時期を合わせるように分散型 4 期幼虫へと脱皮して、羽化した成虫に乗り移る。蛹室周辺への集中や分散型 3 期幼虫への移行、そして分散型 4 期幼虫への脱皮などの現象について関連するメカニズムの解明はまだ十分ではない。そのなかで、分散型 3 期幼虫が分散型 4 期幼虫へとすすむのにマツノマダラカミキリ成虫の存在がかかわっていることから、成虫の体表物質の関与などが探られている。今後、線虫の便乗機構は線虫と媒介者との相互関係のもとで明らかにされていくだろう。これらの研究は、線虫と媒介者の関係切断、媒介阻止の手段を生み出す成果へとつながるものである。

7. 分子生物学的研究

マツ材線虫病にかかわる研究において、分子生物学的手法はあらゆる場面で応用されてきている。たとえば、線虫の系統確認などでの DNA 解析はいまや不可欠の手段である。日進月歩の技術開発で、その応用の範囲はさらに広がりつつある。

Caenorhabditis elegans の全ゲノム解読 (1998 年) 以来、線虫類では 8 種のゲノムが解読された。その 1 種としてマツノザイセンチュウの全ゲノムの解読がなされた (2011 年)。日本の森林総研が主体となって、イギリスの研究機関などとの共同

でえられた成果である。ゲノム情報を手がかりに、マツノザイセンチュウとマツ樹体の宿主・寄生者関係のメカニズムなどを明らかにすることも可能であり、発病機構解明につながる情報が得られると期待される。マツノザイセンチュウには約18,000の遺伝子の存在が予測されている。ゲノム上には食物の消化およびストレス耐性に関する遺伝子が数多く存在することが明らかにされた。たとえば、マツノザイセンチュウがもつ特異的な細胞分解酵素が糸状菌やマツ組織細胞の分解に役立っているとされるが、これらの酵素遺伝子の存在もゲノムに確認された。今後は、線虫の寄生戦略の進化にかかわる遺伝子の特定など、ゲノム情報からのアプローチで発病機構解明に向けた研究は進展していくだろう。

分子生物学の知識と技術の飛躍的發展は生物学における研究に革命的变化をもたらした。マツ材線虫病研究も、いろいろな課題でその方向に沿った取り組みが行われている。新しい視点からのマツ材線虫病制御への道につながることが期待される。

8. マツノマダラカミキリにかかわる研究

マツ材線虫病の伝播、被害地拡大は媒介者マツノマダラカミキリの生態に左右される。これまでに被害拡大の経緯がマツノマダラカミキリの生態との関連で把握されてきた。気温や地理的位置などをもとにした被害発生予測に向けた取り組みが行われた。拡大した被害の実態に対応して、各地それぞれで算出したMB指数をもとに、被害発生の自然抑制域、自然抑制限界域といった仕分けの広域分布図が全国的な規模で作られた。国内広範にわたるアメダスデータの活用がその基礎になっている。寒冷地での被害拡大の予測、また山岳地での海拔高と被害発生の危険性の予知、といった現実的な問題への対応に役立てられている。

マツノマダラカミキリのDNA解析がすすめら

れ、地域個体群の系統関係解明が図られた。被害地拡大過程では、少数のマツノマダラカミキリが新たな被害地に侵入したあと、個体数が急増して地域個体群が形成される。たとえば、岩手県と秋田県における個体群については、遺伝子組成の異なる系統に分かれていることが明らかにされた。両県を隔てる奥羽山脈が地理的障壁となって、それぞれの侵入経路別の個体群を形成したとされている。マツノマダラカミキリの各地域個体群の系統関係を明らかにすることで、マツ材線虫病が国内広く急速に広がった経過を追うことができる。そのような研究成果が期待されている。

9. その他の研究成果

抵抗性育種：マツ材線虫病最近の研究としては、抵抗性育種関連の成果も見落とせない。これまでの地道な抵抗性個体の選抜や育成の作業はなおつづけられている。一方で、この分野でも分子生物学的な研究手法が取り入れられてきている。今後は、発病機構解明の研究成果などが抵抗性個体の選抜、あるいは抵抗性の付与などで生かされるようになることが期待される。

昆虫嗜好性線虫の分類・体系化：システマティックな分類は科学の基礎である。マツノザイセンチュウの近縁種を含む多くの昆虫嗜好性線虫の分類・体系化が進められてきた。その成果は、森林生態系におけるこれら線虫の役割解明へと発展する。

被害防除：いまだに沈静化しないマツ材線虫病に対しては、防除にかかわる研究が欠かせない。新薬剤の開発や、環境負荷の軽減をはかる施用法の確立などが急がれる。そのなかで、生物的防除法についても成果が待たれるが、防除剤として市販にいったものはまだ限られている。いくつかの対象生物について、試行錯誤の取り組みが続いている。

根系感染：融合した根系が線虫感染の経路となりうることが実証された。福岡市の海ノ中道海浜

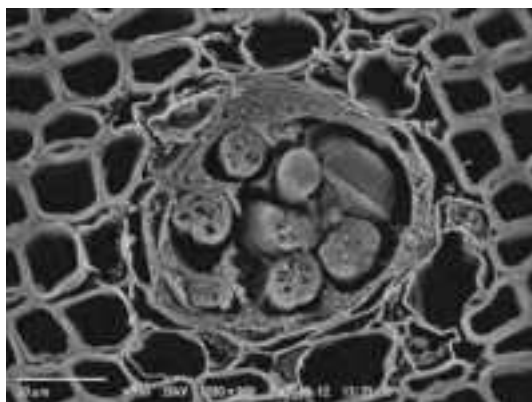


図1 樹脂道内のマツノザイセンチュウ（枯死木横断面：木口）：走査電顕写真

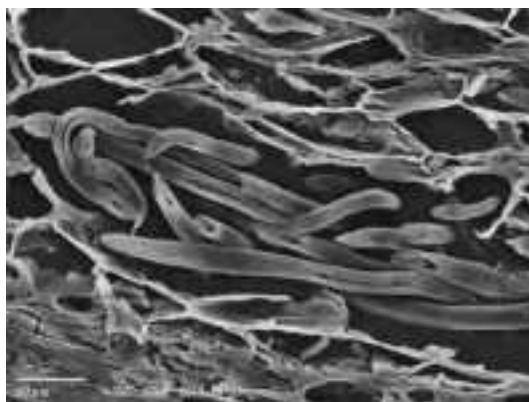


図2 樹脂道内のマツノザイセンチュウ（枯死木縦断面：柱目）：走査電顕写真



図3 マツノマダラカミキリ成虫気管内のマツノザイセンチュウ分散型4期幼虫：走査電顕写真



図4 マツノマダラカミキリ成虫気管内のマツノザイセンチュウ分散型4期幼虫：走査電顕写真

公園で取り組まれた地道な研究成果である。同公園におけるクロマツの小集団状枯死が根系融合による線虫感染の広がり の結果であることを立証した。防除対策として、薬剤の樹幹注入法が有効であることも実証された。

10. 研究の展望

マツ材線虫病におけるこれまでの研究成果、また取り組みの現状に基づいて、今後の研究の展望を私見としてまとめた。

疫学的解明

被害発生経過の解析：

マツノザイセンチュウの遺伝的多様性（系統）

と分布実態の解析

マツノマダラカミキリの行動と線虫伝播の実態解析

被害発生予測と対応：

MB 指数などを駆使して被害発生予測の精度向上を図る

被害発生初期における航空写真などを利用した被害枯死木探索技術の確立と防除への応用

病理学的解明

発病機構の解明：

マツノザイセンチュウの感染とマツ樹体反応の相互関係における分子生物学的解析

マツノザイセンチュウの病原力に関する要因の遺伝子レベルでの解析

発病機構におけるニセマツノザイセンチュウとの相互関連性

マツ樹体の発病にかかわるマイクロコミュニティの実態解明

防除法の開発

抵抗性育種：

選抜育種法の技術的進化

抵抗性発現機構の解明

化学的防除：

新しい素材の開発と施用技術の確立

生物的防除：

マツノザイセンチュウ，マツノマダラカミキリ，それぞれに対して有効な天敵生物の探索と防除素材としての実用化

11. 参考文献

1970年代に始まったマツ材線虫病の研究では、これまでに多数の報告や論文が国内外で発表されてきた。マツ材線虫病研究の前半をなす1990年代までには、本病の全体像がほぼ明らかにされた。2000年代に入ってから、分子生物学的手法の導

入もあって、飛躍的に研究内容が深化した。このような研究の成果をまとめた総論的著作を以下にあげる。

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

Kobayashi F., Yamane, A., Ikeda, T. (1984) The Japanese pine sawyer beetle as the vector of the pine wilt disease. Annual Review of Entomology 29 : 115-135.

Mamiya, Y. (1983) Pathology of the pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. Annual Review of Phytopathology 21 : 201-220.

Mamiya, Y. (1984) The pine wood nematode. In Plant and Nematode, pp. 589-626, Marcel Dekker, New York and Basel

全国森林病虫獣害防除協会編 (1997) 松くい虫 (マツ材線虫病) —沿革と最近の研究—。全国森林病虫獣害防除協会，東京

Zhao, B. G., Futai, K., Sutherland, J. R. and Takeuchi, Y. (2008) Pine Wilt Disease. Springer, Berlin, New York, Tokyo



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

齊藤正一^{*1}・岡田充弘^{*2}・後藤秀章^{*3}・近藤洋史^{*4}

1. はじめに

ブナ科樹木萎凋病（以下、ナラ枯れ）は、ミズナラやコナラを主としたナラ類とスダジイやマテバシイ、ウバメガシなど多くのシイ・カシ類で枯損被害が発生する¹⁾。ナラ類の被害は、ミズナラで著しく短期間のうちに林分内で枯死木が多数発生する特徴がある²⁾。しかし、シイ・カシ類での被害は、これまで単木あるいは小集団での被害が中心で被害は発生するものの^{3,4)}、ナラ類ほど激しい被害にはならないことから、確実な防除がなされなかった。2006年に奄美大島でスダジイが集団的に枯損したのをはじめとして⁵⁾、2010年は東京都伊豆島嶼部の三宅島・御蔵島・八丈島でスダジイが⁶⁾、鹿児島県屋久島ではスダジイとマテバシイが数百本単位で集団的に枯損あるいは部分的に枯損する被害が発生した⁷⁾。また、和歌山県ではコナラを主として被害が発生していたナラ枯れ被害が、ウバメガシにも確実に被害が拡大している⁸⁾。これらの地域のシイ・カシ類は、スダジイにあっては八丈島では伝統的地域産物の織物＝黄八丈の染料であり、御蔵島では胸高直径4～5mを超える巨樹は貴重な自然として観光資源、ウバメガシは和歌山県の備長炭の原料になっている。こうした樹種が集団的に枯損あるいは穿孔被害をうけることは、森林資源利用や景観保全等の様々な問題が発生するため、被害軽減に向けた実用的

な防除法の開発が望まれている。

このため、スダジイに対する予防方法として東京都島嶼部における予防用殺菌剤の実証試験により、平成26年7月23日にウッドキング DASH および SP の適応拡大登録がなされた。適応拡大にあたって、スダジイでは殺菌剤注入供試木にナラ菌を接種した際に、*Raffaelea quercivora*（以下：ナラ菌）による接種部位付近の変色面積が、落葉ナラ類に対して比較的大きくなることを確認していた。このため、ナラ類で適応していた、処理供試木の変色面積が無処理と比較して変色面積比10%以下の場合をナラ菌進展抑制効果があるとしていたが⁹⁾、スダジイの場合は、変色面積比70%以下ならナラ菌進展抑制効果があるとした基準が作成された¹⁰⁾。

今回は、シイ・カシ類のうち、緊急な防除対策が望まれているウバメガシについて、供試木に高濃度殺菌剤ウッドキング DASH 等の注入処理木へのナラ菌を接種した場合の進展抑制効果、樹幹内での有効成分の分散状況などを調査し、ウッドキング DASH 等のナラ菌進展抑制効果を検討したので報告する。

なお、この試験は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「広葉樹資源の有効利用を目指したナラ枯れ低コスト防除技術の開発（課題番号24030、平成24～26年度）」において実施した。また、有効成分の分析は、サンケイ化学株式会社の猪野正明氏・吉濱健氏、廣田智美氏の協力を得たので感謝する。

*1 山形県森林研究研修センター SAITO Shoichi
*2 長野県林業総合センター OKADA Mitsuhiro
*3 森林総合研究所九州支所 GOTOH Hideaki
*4 森林総合研究所九州支所 KONDOH Hiroshi

2. 材料と方法

1) 試験地と材料

試験地は、森林総合研究所九州支所立田山実験林に生育する20～30年生のウバメガシ15本（平均胸高直径13.5cm，平均樹高6.2m）を供試木とした。

2) 試験区

薬剤は、ナラ類・スダジイで登録のあるサンケイ化学(株)製ウッドキングDASH（有効成分トリホリン15%，以下DASH）と，DASHの溶媒を現行の15%から33%程度に増量した製剤（以下SSP）の2種類とした。

試験区は、注入孔1孔当たりの注入量を呼称として、DASHの登録標準量0.5mlを注入する区（DASH 0.5区）、4倍量の2.0mlを注入する区（DASH 2.0区）、SSPを0.5ml注入する区（SSP 0.5区）、SSPを2.0ml注入する区（SSP 2.0区）、無処理区の5区とし、供試木は各3本とした。

3) 薬剤注入

薬剤注入やナラ菌の接種・効果の判定については、スダジイでのナラ菌接種による殺菌剤の効果判定方法¹⁰⁾を参考にした。

薬剤の注入は、DASHでの農薬登録の要件も参考にして、平成25年12月16日に供試木の地上0.8mの位置に、斜め45度で直径5mmの注入孔をあけることとし、深さは0.5ml/孔注入の場合は50mm、2.0ml/孔注入では辺材の接線方向に150mmの孔を電動ドリルであけて、薬剤は目盛付き注入器具で注入した。

4) ナラ菌の接種

接種に使用したナラ菌は、鹿児島県の被害木から採取してナラ菌を単離・培養して、オガ粉培地に接種して増殖したものを用いた。ナラ菌の接種は、判定基準¹⁰⁾に基づいて平成26年6月5日に、全ての供試木の地上30cmと130cmの部位に8mm径で50mmの深さの接種孔をあけて、オガ粉培地のナラ菌を詰め込むようにして接種し、

接種孔は通気性を考えてゴース布で被覆した。

5) ナラ菌接種供試木の伐採とナラ菌接種部位の円盤採取

ナラ菌接種6週後にあたる平成26年7月18日に、供試木全てを伐採し、ナラ菌接種部位の地上30cm、130cmの位置から接種部位を挟むようにして厚さ3～5cmの円盤を採取した。

6) ナラ菌による変色面積の測定と評価

円盤は採取後、各円盤において、接種部位の外側に広がった変色面積を測定した。面積の測定は、4つの接種孔別に測定した。ナラ菌接種部位の変色面積は、ナラ菌を実際に接種した部位の面積を変色した全体の面積から控除して求め、ナラ菌による変色面積とした。

スダジイにおける変色面積の比率は、試験区の変色面積が無処理区と比較して70%以下である場合に、殺菌剤はナラ菌の進展を抑制する効果があるという基準¹⁰⁾があるのでこれを採用した。

各試験では円盤の下部と上部、そしてその合計が計算されるので、各試験区においてこの平均値をとり、無処理区と比較して、試験区の変色面積が無処理区の面積の約70%以下なら殺菌剤はナラ菌の進展を抑制する効果があると判断した。

7) 供試木内の有効成分の動態調査

ナラ菌接種供試木伐倒の際に、各試験区で供試木1本を任意に選び、ナラ菌接種下部の0.3m、薬剤注入部位の0.8m、ナラ菌接種上部の1.3mより円盤を採取して、有効成分のトリホリンの濃度について高速液体クロマトグラフィーにより分析して濃度を求めた。

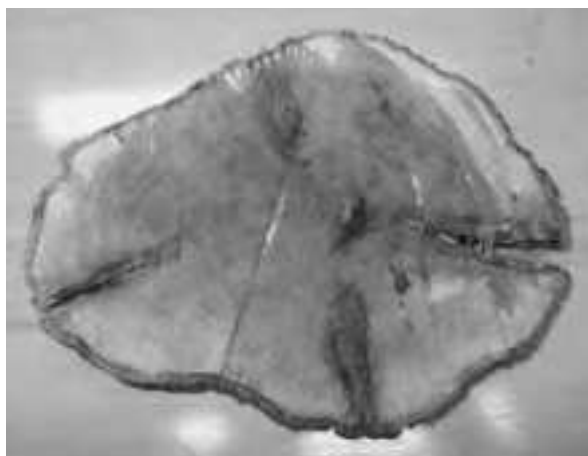
3. 結果と考察

1) ナラ菌を接種した供試木から採取した円盤の変色面積とナラ菌の検出率

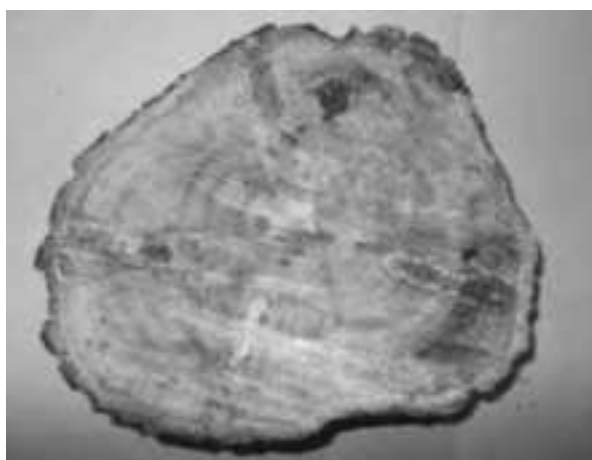
供試木への薬剤注入は少量注入なので、注入孔へは薬剤を100%確実に注入できた。また、注入2週・4週・8週後において、葉の萎れや褐変などの異常は見られなかった。



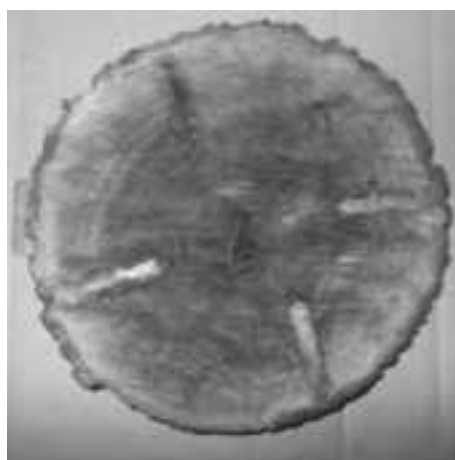
DASH 0.5区



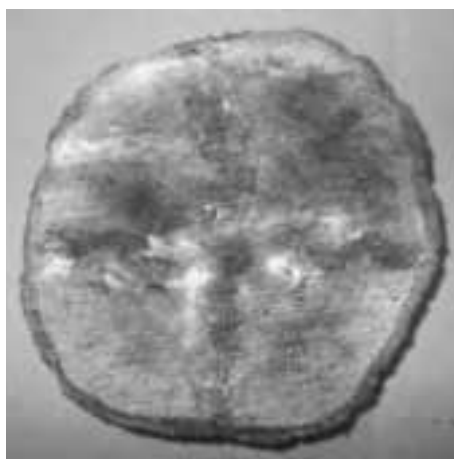
DASH 2.0区



SSP 0.5区



SSP 2.0区



無処理区

写真 試薬注入後にナラ菌を接種した部位の円盤の状況（無処理区で明らかに変色面積が大きい）

表1 高濃度殺菌剤樹幹注入後にナラ菌接種した供試木から採取した円盤における変色面積と変色比率

処理区	円盤 No.	円盤の部位		
		下部	上部	計
DASH 0.5	1	299.8	417.9	717.7
	2	296.2	382.9	679.1
	3	341.5	403.6	745.1
	計	937.5	1,204.4	2,141.9
	平均	312.5	401.5	714.0
無処理区との 変色面積比率 (%)		19.7	29.2	24.1
DASH 2.0	1	357.9	353.1	711.0
	2	416.7	381.1	797.8
	3	401.2	256.4	657.6
	計	1,175.8	990.6	2,166.4
	平均	391.9	330.2	722.1
無処理区との 変色面積比率 (%)		24.7	24.0	24.4
無処理区	1	1,892.1	1,630.7	3,522.8
	2	1,284.5	1,163.3	2,447.8
	3	1,576.4	1,331.0	2,907.4
	計	4,753.0	4,125.0	8,878.0
	平均	1,584.3	1,375.0	2,959.3

処理区	円盤 No.	円盤の部位		
		下部	上部	計
SSP 0.5	1	263.4	284.8	548.2
	2	387.2	236.0	623.2
	3	320.3	240.1	560.4
	計	970.9	760.9	1,731.8
	平均	323.6	253.6	577.3
無処理区との 変色面積比率 (%)		20.4	18.4	19.5
SSP 2.0	1	259.3	175.4	434.7
	2	298.6	558.4	857.0
	3	324.1	210.1	534.2
	計	882.0	943.9	1,825.9
	平均	294.0	314.6	608.6
無処理区との 変色面積比率 (%)		18.6	22.9	20.6

平成26年7月18日に供試木を全て伐採し、各試験区の円盤での変色面積を測定した。その面積と試験区を込にした平均変色面積と無処理区の平均変色面積の比率を表1に示す。また、採取した各円盤におけるナラ菌の検出率を表2に示す。

写真で明らかなように、処理区での変色面積は少なく、処理区は無処理区の変色面積に対して、円盤下部は18.6～24.7％、円盤上部が18.4～29.2％、円盤の上下合計では19.5～24.4％であり、スダジイにおいて殺菌剤によりナラ菌進展抑制効果があるとする70％以内になった。また、ナラ菌の検出率は、円盤下部は16.7～25.0％、円盤上部が8.3～16.7％、円盤の上下合計では12.5～20.8％と低いものに対して無処理区では100％と全ての円盤でナラ菌が検出された。

殺菌剤のナラ菌進展抑制に関する指標である、変色面積比率とナラ菌の検出率は処理区間では有意差がないため（Fisherの直接確率検定； $p > 0.05$ ）、現在ナラ類とスダジイで登録されているDASHを1孔あたり0.5ml注入する方法で、ウバメガシでもナラ菌の進展の抑制は可能と考えられた。

2) 各供試木における有効成分の検出状況

表3に薬剤を注入した各供試木の地上30cm、80cm、130cmにおける有効成分トリホリンの検出量を示す。

有効成分の濃度は、地上30cm（ナラ菌接種下部）で32.47～82.19ppm、地上80cm（薬液注入部位）で36.33～64.17ppm、地上130cm（ナラ菌接種上部）は36.04～64.04ppmであった。検出量は

表2 高濃度殺菌剤樹幹注入後にナラ菌接種した供試木から採取した円盤におけるナラ菌の検出率

処理区	円盤 No.	下部			上部			合計		
		検体数	検出数	検出率 (%)	検体数	検出数	検出率 (%)	検体数	検出数	検出率 (%)
DASH 0.5	1	4	1	25.0	4	0	0.0	8	1	12.5
	2	4	1	25.0	4	1	25.0	8	2	25.0
	3	4	1	25.0	4	1	25.0	8	2	25.0
	計	12	3		12	2		24	5	
	平均	4.0	1.0	25.0	4.0	0.7	16.7	8.0	1.7	20.8
DASH 2.0	1	4	1	25.0	4	1	25.0	8	2	25.0
	2	4	1	25.0	4	0	0.0	8	1	12.5
	3	4	1	25.0	4	1	25.0	8	2	25.0
	計	12	3		12	2		24	5	
	平均	4.0	1.0	25.0	4.0	0.7	16.7	8.0	1.7	20.8
SSP 0.5	1	4	0	0.0	4	1	25.0	8	1	12.5
	2	4	1	25.0	4	0	0.0	8	1	12.5
	3	4	1	25.0	4	0	0.0	8	1	12.5
	計	12	2		12	1		24	3	
	平均	4.0	0.7	16.7	4.0	0.3	8.3	8.0	1.0	12.5
SSP 2.0	1	4	1	25.0	4	0	0.0	8	1	12.5
	2	4	1	25.0	4	1	25.0	8	2	25.0
	3	4	1	25.0	4	1	25.0	8	2	25.0
	計	12	3		12	2		24	5	
	平均	4.0	1.0	25.0	4.0	0.7	16.7	8.0	1.7	20.8
無処理	1	4	4	100.0	4	4	100.0	8	8	100.0
	2	4	4	100.0	4	4	100.0	8	8	100.0
	3	4	4	100.0	4	4	100.0	8	8	100.0
	計	12	12		12	12		24	24	
	平均	4.0	4.0	100.0	4.0	4.0	100.0	8.0	8.0	100.0

表3 高濃度殺菌剤樹幹注入後にナラ菌接種した供試木から採取した円盤における有効成分の検出量

単位：ppm

処理区	ナラ菌接種下部 地上30cm	薬剤注入 地上80cm	ナラ菌接種下部 地上130cm
DASH 0.5	86.19	69.47	55.24
DASH 2.0	33.83	50.58	36.04
SSP 0.5	55.38	48.11	55.89
SSP 2.0	32.47	36.33	63.05

ばらつくものの、薬液は種類や濃度に関係なく注入部位から上下に分散して、ナラ菌に対して殺菌効果が認められる 2 ppm を上回る濃度になっている。

薬剤処理区と無処理区で変色面積とナラ菌の検出率の違いは、樹幹に分散した有効成分が、ナラ菌の進展を抑制したものと考えられた。

4. まとめと課題

ウバメガシにおいて、12月にトリホリン乳剤を主成分とする殺菌剤を注入し、翌年6月にナラ菌を接種し、その6週後に伐採しナラ菌接種部付近の円盤を採取してナラ菌の進展抑制効果を観察した。

その結果、使用した薬剤、①登録薬剤である DASH 0.5ml/ 孔注入、② DASH の溶媒を増量した SSP 0.5ml/ 孔注入、③ DASH 2.0ml/ 孔注入、④ SSP 2.0ml/ 孔注入、いずれの処理においても注入部位から薬剤が樹幹内に分散し、ナラ菌接種部において30ppm 以上も検出された。このため、有効成分の殺菌効果により、ナラ菌による変色面積の比率は無処理と比較して低く、ナラ菌の検出率も低かった。また、各処理間で変色面積の比率などに差がない事も明らかになった。

よって、ウバメガシにおける有効成分をトリホリン15%のウッドキング DASH をナラ類やスタジイで登録されている方法と同様に、1孔あたり0.5ml 樹幹注入すればナラ菌の進展抑制効果が得られるものと考えられた。

シイ・カシ類に対するナラ枯れ予防用殺菌剤の樹幹注入の有効性を確認できたのは、スタジイに次いでウバメガシが2樹種目である。シイ・カシ類においては、ナラ菌接種による変色面積はナラ類よりも大きい傾向にあるものの、ナラ菌の検出

率は低い。このため、殺菌剤の樹幹注入によるナラ菌の進展抑制効果は認められるため、今後は被害が確認されているシイ・カシ類での殺菌剤の有効性について順次確認していき、より多くの樹種で殺菌剤の樹幹注入による予防方法の適用範囲を拡大していく必要がある。

引用文献

- 1) 伊藤進一郎・山田利博(1998) ナラ類集団枯損被害の分布と拡大. 日本林学会誌80: 229-232.
- 2) 齊藤正一・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.
- 3) 佐藤嘉一(2003) 桜島におけるカシノナガキクイムシ被害. 九州森林研究56: 95-100.
- 4) 法眼利幸(2008) 和歌山県におけるカシノナガキクイムシ被害と調査. 林業と薬剤183: 1-7.
- 5) 後藤秀章・住吉博和・穂山浩平(2008) 奄美大島におけるカシノナガキクイムシによるスタジイの集団枯損の記録. 九州森林研究61: 96-98.
- 6) 所雅彦・衣浦晴生・後藤秀章・濱口京子・加賀谷悦子・新井一司・中村健一・竹内純(2012) 伊豆諸島のスタジイ被害とカシノナガキクイムシについて. 第123回日本森林学会大会講演集 CD-ROM; Pb172
- 7) 九州森林管理局(2011) 平成22年度森林生態系保護地域におけるナラ枯れ被害等影響調査業務報告書. 144pp.
- 8) 栗生剛・衣浦晴生・長谷川絵里・中森由美子(2012) 紀伊半島におけるウバメガシ林におけるカシノナガキクイムシの被害と発生消長. 第123回日本森林学会大会講演集 CD-ROM; Pb171
- 9) 齊藤正一・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204: 1-5.
- 10) 衣浦晴生・所雅彦・後藤秀章(2014) スタ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. 林業と薬剤207: 1-6.

おとしぶみ通信 (12)

土の中の虫たち 3

空を飛ぶササラダニ

福山 研二*

ササラダニとは

ササラダニというのは、昆虫ではなく、クモやサソリに近い、ダニ目に属しています。一般にダニと言えば、山が好きな人は、食いついたら離れない、マダニのイメージが強いでしょうし、農業関係の人は、果樹などをだめにするハダニが思い浮かぶと思います。また、衛生や医療関係の人では、ぜんそくやアトピーの原因となる、コナダニなどが有名ですね。しかし、ササラダニというのは、それらとは違って通常は、ほとんど人間に関わりなく生きているのです。その住み場所は、大部分が土の中ですが樹上にも、水の中に住んでいるものもいます。

大きさは、1ミリ以下で、大部分は0.5～0.2ミリほどで、ほとんど目には見えません。しかし、その数は大変に多く、通常の温帯林の土の中には1㎡に数万頭のササラダニが住んでいると言われています。これは、森を歩いた場合、片足の下に約1000頭のササラダニを踏んづけている勘定になるのです(図1)。さらに種類も多く、日本だけでも800種ほどがいるだろうと言われています。形も大変に奇妙なものが多く、甲虫類のように、頑丈な皮膚に覆われたもの(写真1)や、体を守るための翼のような突起を持ったもの(写真2)、団扇のような毛を持っているものなど(写真3)がいて、見ていて飽きません。

彼らの食べ物は、ほとんどが、落ち葉や腐った

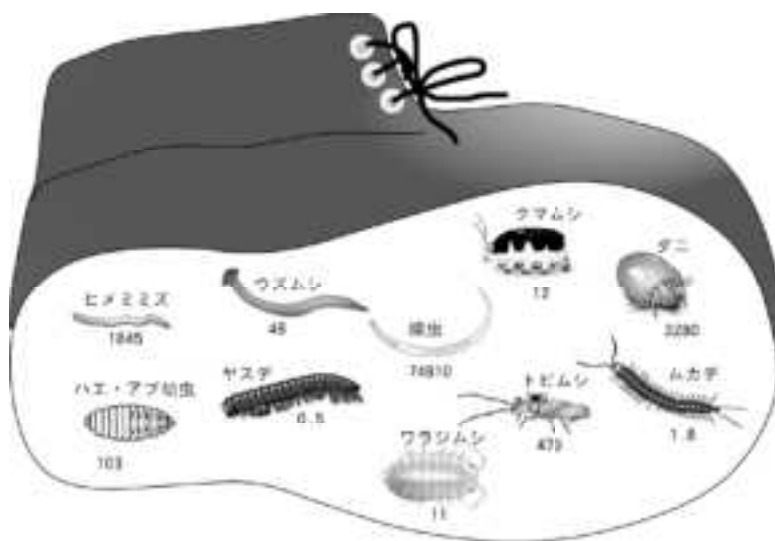


図1 片足の下に生息する土壌動物の数(明治神宮)ここでダニはササラダニ以外のものも含まれる)

* (独) 森林総合研究所フェロー FUKUYAMA Kenji

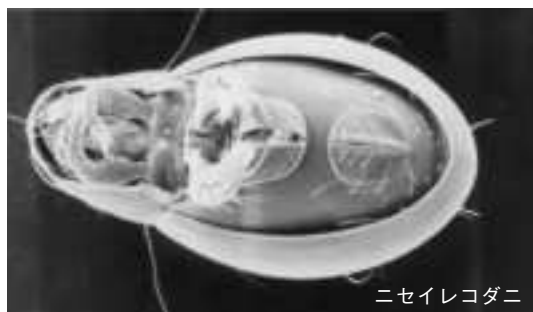


写真1 鎧のように頑丈な皮膚につつまれたニセイレコダニ



写真4 スギの落ち葉の中で天国のように暮らすヨロイイレコダニ（黒い粒は糞）



写真2 ゾウの耳のような翼状突起を持つフリソデダニモドキ



写真3 網目状の団扇のような毛を持つマイコダニ

木の枝，菌類などの微生物です。ですから，落ち葉が降り積もった，森の土は，彼らにとっては，食べ物と住み場所に囲まれた天国ということになります。ヘンゼルとグレーテルは，お菓子のお家で狂喜したわけですが，ササラダニたちは，棚からぼた餅，樹木から落ち葉，ということで，まことに幸せな暮らしをしているようです。もっとも，ご本人たちは，案外その幸せが分かっていないかも知れませんが（写真4）。

ササラダニの悩み

彼らにとっても，実は悩みがあるのです。それは，体が小さいことと，体が頑丈なので，あまり機敏に動けないし，昆虫のように羽を持たないので，長距離の移動ができないことです。動物というのは，動く物ですから，移動できるということは，大きな利点です。たしかに，豊かな土壌という恵まれた環境に暮らしていれば，それほどよそに移る必要は無いかも知れませんが，それでは子孫の繁栄が図れません。新しい天地に飛躍していくことも大切なのです。

しかし，長距離移動が苦手なはずのササラダニたちが，陸から遠く離れは離島に沢山住んでいることも分かっています。例えば，北海道の渡島半島の西側に，渡島大島という無人島があるのです

が、ここは、火山でできた比較的新しい島で、島内には、樹木がほとんど生えていないほどです。しかし、ここには多くの種類のササラダニが住んでいることが調査で分かっています。彼らは、どうやってこの島にたどりついたのでしょうか。渡島大島に生えている植物はそれほど種類が多くありませんが、風に種子が運ばれる、イネ科草本は比較的多く、それ以外では、マイズルソウなど赤い実がなって、鳥が食べてくれるような植物が多いようです。これは、鳥によって種が運ばれているためでしょう。島に風に運んでもらうには、相当な幸運が必要でしょうが、鳥に運んでもらえば、かなりの確率で島に到着できるわけです。それが証拠に、数少ない木本植物は、ニワトコとイチイなのですが、どちらもおいしい実がなって鳥が運んでくれるわけです。ちなみに、競争相手がいないせいでしょうか、本土では、林床植物として小さな体で生きているマイズルソウが、渡島大島では、20cm 以上にも大きくなり、大群落を作っているのには、びっくりさせられたものです。また、東洋のガラパゴスとして最近世界遺産になった、小笠原諸島は、一度も大陸とつながったことがないため、偶然たどり着いた、数少ない生き物が、独自の進化を遂げて固有種が多いことで有名なのですが、ここでもササラダニは、普通に生息しているのです。

では、これらの離島に住んでいる、ササラダニはどうやって移動してきたのでしょうか。これはご本人に聞いてみるのが一番ですが、そういうわけにもいきません。やはり、風でしょうか。規模は小さいのですが、このようなことに疑問を持った研究者がいました。彼は、ビルの屋上にもササラダニが沢山生息していることに気がつき、彼らがどうやってたどり着くのかを調べてみたのです。まず、屋上に、新しい土を入れた植木鉢を置いて、それにどのようにササラダニが増えてくるかを調べてみると、設置すると、少しずつ数や種類が増え、それらは、近くの樹木にいるようなサ

サラダニが多いことが分かりました。このように、近い距離なら、風で十分に移動できる物がいるようです。しかし、離島となるとどうでしょうか。

スバルバル諸島

今年の夏、祇園祭のさなかに、京都で「国際ダニ学会」というものが開催されました。え、冗談だろうって。いえ、本当に、国際ダニ学会という世界中のダニ学者が集まる会合があるのです。まったく、研究者というのは、変わり者が多いですよ。実は、そのなかで大変おもしろい発表があったのです。

それは、ロシアから参加した女性の研究者で、ナタリア・レヴェドワという人の発表だったのですが、北極海に浮かぶスバルバル諸島のササラダニについての発表だったのです。スバルバル諸島というのは、スカンジナビア半島の北にあり、緯度がグリーンランドの北部と同じくらい的位置にあり、1万年間は氷に覆われた世界だったそうです。ところが、温暖化の影響で、北極海の氷が急速に溶け始めました。そして、それまで、氷世界だったスバルバル諸島に地面が現れるようになったのです。つまり、生態学的に見れば、まったく新しい島が出現したのと同じような状況になったわけです。そこで、この新世界にどのような生き物が定着していくのかを調べることにしたわけです。同じような例としては、火山島で有名なインドネシアのクラカトワ島の例があります。クラカトワの場合は、火山による新世界の出現だったのですが。

さて、調査を始めてびっくり。想像したよりも早く、土壌動物が増えてきたのだそうです。これは、どうしたわけだ。スバルバル諸島は、大陸から少なくとも、400km 離れているのです。まあ、人間が住んでいるところもあるので、人間が持ち込んだのかも知れませんが、それにしても、増え方が早すぎるのです。そこで、ひょっとしたら、

渡り鳥によって運ばれているのではないかという仮説が立てられたわけです。

そこで、さっそく鳥に渡ってくる渡り鳥を捕獲して調べてみることにしたのです。対象にしたのは、大型のガンの仲間のカオジロガン (*Branta leucopsis*) と小型のユキホオジロ (*Plectrophenax nivalis*) の2種類。まず、渡ってくるガンやホオジロをできるだけ渡ってきてすぐに捕まえます。そのため、調査は早春に行われました。つぎに、その鳥たちを、首だけ出して、袋の中に入れるわけです。そうして、袋の中に殺虫剤を噴霧して、落ちてくる虫を集めるということを行いました。

さて、結果ですが、でましたでました、結構沢山のササラダニがとれたのです。種数としては10以上。その量からいっても、偶然にくっついてしまったという段階を通り越しており、明らかに、意図的に、鳥の体に乗移っているとしか思えないのです。

出てきたササラダニとしては、*Diapterobates notatus* (コバネダニの仲間) が最も多く、*Oppia* (ツブダニの仲間) や *Caleremaeus* (日本にはいない属) などが鳥の羽毛から採取されました。コバネダニの仲間は、実は、日本アルプスや中央アルプスの標高が高い地域で多く生息していることが知られており、その意味でもこれらにササラダニが鳥に便乗して高緯度地方に旅行していることは大いにあり得ることだと思われました。

今回の調査で対象にした、カオジロガンとユキホオジロは、南西ヨーロッパやスコットランドで越冬し、スバルバル諸島に早秋に渡ってきて、繁殖をしているそうです。つまり、ヨーロッパやスコットランドから、ガンやホオジロをヒッチハイクして、延々1000キロあまりを旅している可能性があるわけです。風で飛ばされる場合は、上空の冷氣や乾燥によって死滅してしまう確率が高いが、暖かい羽毛に包まれておれば、まことにの快



図2 コバネダニの仲間の外観

適な旅行といわねばなるまい。こうしてみると、高山に特有なササラダニなども、鳥によって移動している可能性が浮かんできたわけです。

ところで、こうやって無事に新天地にたどり着いたとしても、一度にそれほど多数の同じ種類のササラダニが移動するわけではないので、もしも結婚する相手がまだいなかったら、困ってしまわないのでしょうか。実は、そういうこともあろうかと、ササラダニの多くの種類は、メスしかなくて、交尾をせずに単為生殖をして子孫を残すことができるのです。これなら、新天地に移動しても、たった1頭から、数を増やしていけるわけですね。まあ、それにしてもちょっと味気ない気がします。

これらの、ササラダニがどのようなタイミングでどのようにして鳥に乗移り、また地上に戻るのかについては、さらなる研究が待たれるわけですが、近年は、渡り鳥によるインフルエンザの伝搬なども取りざたされており、自然界のグローバル化も加速するのかも知れませんね。

今年も、北の国からハクチョウの飛来や渡り鳥のたよりが届くようになりました。それらに乗って、どんな生き物が便乗して旅行しているのか、秋空を眺めながら思う今日この頃です。

森林病虫害雑話（その6）

今は昔の物語

— ファーニス勧告の前後 —

— 小林富士雄*

「今は昔」とは、平安時代末期の「^{こんじやく}今昔物語」の有名な書き出しの言葉である。前報（その5）で報じたように、マツノザイセンチュウの発見を機に特別措置法が成立し、森林病虫害対策の行政が大きく転換することになる。

今回はこれを機に一休みし、「今昔物語」の時代ほど古い話ではないが、今からほぼ1世紀の時間を遡り、第二次大戦前から戦後のファーニス勧告（1950, 1951）に至る松枯れとその時代背景に触れてみることにしたい。日本のマツの激害型枯損の主因が解明されファーニス勧告は無意味になったかのように受け取られ易いが、日本の森林病虫害防疫史におけるこの勧告の意義は依然として重要であると思うからである。

勧告の内容については、岸洋一氏にはGHQ勧告の原文紹介など貴重な資料に基づく報文^{文獻2)}があり、中村毅氏が行政サイドから^{文獻5)}、私が研究サイドから「森林防疫制度史」に解説しているので^{文獻3, 4)}、勧告の内容はこれらに譲り、勧告までに至る時代背景やファーニス兄弟のことなど、「雑話」に相応しい内容を書き残すことにする。

勧告の背景—大戦前後の松枯れ事情

「雑話（1）」で述べた明治末の長崎市周辺の集団枯れは適切な処理のお蔭で収まり、そのご暫く発生の記録がない状態が続いたが、大正14年の長崎県佐世保の発生を核に周辺各地に被害が多発するようになる。佐世保湾は水深が深い天然の良

港であるため、明治20年前後に鎮守府（日本海軍の根拠地）が設置され、海軍の重要軍港として一般の立ち入りが禁止されていた。この場所が核となり被害が佐賀県にも広がり、一方、昭和14年頃以降宮崎県飫肥や熊本県八代のパルプ工場から周辺に拡大した。

これら九州の例とほぼ同時期か、これに僅かに遅れて兵庫県、続いて岡山県の瀬戸内沿いの各地に被害が発生した。この瀬戸内の発生を機に1941年、山林局内に対策委員会が設置され、西日本各地で国・府県の研究者が集まり意見交換が盛んに行われ、被害対策としては「餌木法」と「耐害林」が盛んに取り上げられた^{文獻3)}。

「餌木法」は林内の松くい虫成虫を伐採直後の松丸太に誘殺しようというもので、「耐害林」の内容は針広混交林、多樹脂マツ、外国産樹種までを含むものである。そのほか漢方薬、施肥などもあり、百花繚乱ともいふべき議論百出状態が続いたが、国の総力を挙げての太平洋戦争（1941-45）に突入する頃から戦後の混乱期に至る暫くの間、松枯れ問題はほとんど顧みられる余裕がなかった。

この頃の研究、行政上の対応や世論については、拙文「松くい虫」（「主要害虫獣害の生態と防除法『森林防疫制度史』」）を参照されたい。

ファーニスと小島俊文先生

筆者が森林病虫害研究の卒業論文にとりかかる頃と記憶するが、当時非常勤であった小島俊文先生と初めてお会いした。先生は1930年代当時の森

* 元農林水産省森林総合研究所
現大日本山林会名誉会長

KOBAYASHI Fujio

林昆虫学分野のトップにあったミュンヘン大学のエッシェリッヒ Escherich 教授のもとで森林昆虫研究に従事され優れた論文を残された方であるが、日本に戻ってからは会社経営という家業のため東大は非常勤のままであった。大学では僅か数人の学生相手にエルトン著「Animal Ecology」輪読を担当され、お蔭で私も貴重な体験をした。

先生はドイツ語ばかりでなく英語も堪能のため、大戦後の占領軍民生部林業課対応のほか、東京裁判では通訳としても活躍されたと耳にした。東京裁判のことはご自分からは一切口にされなかったが、占領軍民生部からはかなり頼りにされ、とく米国本土から民生部林業課に派遣されたファーニスからは、高い専門知識と英語力で非常に頼りにされたという。

その様子は後述する実弟マルコムの記事にも次のように引用されている。「小島博士は楽しい仲間であり、林業にも詳しい完璧な森林昆虫学者である」これに続いて「小島博士のような人物は日本人には珍しい」とある。この文章は GHQ 民生部林業課長のドナルドソンの依頼によって書いたファーニスの正式報告文の一部である。

大学院修士課程卒後の私は、林業試験場（今の森林総研）に採用してもらえる^{つもり}心算でいたところ、今年から採用には国家公務員試験が必須になったと聞かされ、^に俄か仕立ての勉強にかかった。当時の試験想定問答のなかに「ファーニス勧告」があった。この名は日塔、小島両先生の口から耳にしたことがあったけれど、就職のためこの勧告文に目を通すことになるとは思いませんでした。

ファーニス兄弟のこと

「ファーニス勧告」を書いた Robert L. Furniss (1907-1980) は、1931年に林学の名門シラキューズ大学を卒業している。その卒業論文は、当時乾燥ストレスのため高山帯のポデローサ松を広範囲に枯らした *Dendroctonus brevicornis* というキク

イムシである。引き続いて就職したバークレーの北東林試では、著名な森林昆虫研究者 John Miller のもとで研究し、1934年にはポートランドにある同林試の森林昆虫研究所に転勤した。ここでダグラスファー（トガサワラ属、通称ベイヤツ、米国西部の重要樹種）のキクイムシなどの害虫研究に専念し、1942年 Paul Keen（『米国西部の森林昆虫』の著者）の後任として所長になる。彼はこの頃から米国北西部における森林害虫研究者を代表する人物の一人となっており、GHQ から推薦依頼を受けた米国林野局の意向によって1950年日本に赴くことになる。

1964年3月、私は1年間留学したミシガン大学からの帰途、ファーニスをオレゴン州ポートランドに訪ねた。その時の年齢は彼57歳（写真1）、私32歳であり、しかもファーニスの名は、日本の森林病虫害の関係者にとっては既に伝説中の人物になりつつあったため、気遣いしながら訪ねた私が恐縮するほど彼は丁寧に研究所を案内し、食事



写真1 R. ファーニス
(ポートランドにて、1964/3、57歳)

をともにしながら滞日時の思い出を熱心に語り、最後は自動車で空港まで送ってくれた。写真1はその時のものである。

18歳年下の弟マルコム Malcolm は兄ロバート Robert を尊敬し兄と同じ職業である森林昆虫研究者になった。主として勤務したフィールドは、兄がオレゴン州（北東林試）、弟は主としてワシントン州（Intermountain 林試）という違いこそあれ、合衆国政府の林試（森林研究所）で森林昆虫研究に従事した。仲のよい兄弟らしく月刊誌 Canadian Entomologist (1972) には、弟・兄の連名で夫々の主な勤務地であるオレゴン・ワシントン州の冷涼高山帯キクイムシの報文が載っている。

季刊誌 American Entomologist (1972) にはファーニス勧告に関する弟 Malcolm の紹介文がのっており、この文脈からは兄に対する敬愛の念が垣間見られ微笑ましい^{文献1)}。この報文は8ページに及ぶ詳細なもので、その内容はファ勧告そのものより、兄が持ち帰った記録、写真などの資料に価値がある。ファーニスの身分はGHQ（占領軍天然資源局）の Visiting Expert つまり占領軍軍属であり、彼の上司は当時日本の林政を指導したGHQ 林業部長ドナルドソン Harold Donaldson である。GHQ から派遣申請を受けた米国林野庁がファーニスを推薦したものである。報告文中の日本人としては、小島俊文（東京大学農学部）、村山醸造（山口大学農学部）、河合慎二（林野庁）などの名があがっており、このうち小島博士については、英語で会話できる森林昆虫学者として特記されている。なおファーニスが日本で集めた資料は、弟 Malcolm が卒業したアイダホ大学資料館に特別収蔵品として保存されている。

ファーニス勧告

太平洋戦争後の占領軍最高司令部 General Headquarter（略称 GHQ）の天然資源局 Natural Resources Service (NRS) は1949年、米本国

に対し森林害虫の専門家を派遣するよう要請した。

GHQ 占領軍のなかには民生部という大きな組織があり、様々な専門家を軍属として抱えていたが、戦後日本の激しい松枯れは民生安定上の重要問題であるとの見地から本国への派遣要請となったものであろう。GHQ の要請を受けた米国農務省林野局はファーニスを推薦することになるが、その経緯^{いきさつ}について、弟マルコムは上記報文で「専門的知識だけでなく、兄は協働こそ力という信念をもち、公私を問わず専門家集団の指導者であった」という米国の業界紙の評価を引用している。

兄ファーニスは戦後混乱期の1949年11月来日し、山陽、四国、九州の激害地を精力的に歩きまわり、翌年1月、日本政府に対する形の勧告（「第一次ファーニス勧告」、1950）を発して帰国した。その1年後にあたる1950年11月に再来日し、激害地の西日本各地に加え微害地の山梨、長野、新潟、群馬の各県を視察し、其の結果をまとめ「第二次勧告」（1951）を残し1月に帰米した。この二つの勧告は夫々3か月という短期滞在ながら、いまだ混乱期にあった日本各地の地方現場に赴き、自らの調査と防除関係者との意見交換をもとに作成されたものである。以下に順不同で勧告の骨子を簡単に紹介する。

彼が当時現地で耳にした防除方法や防除手段は次の9項である。

- （1）伐倒剥皮焼却（2）水中浸漬（3）殺虫剤（4）丸太剥皮（5）皆伐（6）被害木搬出利用（7）餌木法（8）鳥類巣箱設置（9）庇陰樹・景觀樹害虫

上記の防除法のなかには国や地方組織からの補助金目当てのものもあったため、反対や混乱が少なからずあったと前置きし、上記9項目夫々について、利害得失、実行可能性などの観点から詳細な検討を加え、実際に行われている防除の一部には国や地方組織からの補助金めあてもあると痛烈な批判も加えている。

勧告の内容は次の7項目からなる。

1. 森林病虫害防除組織, 2. 松くい虫被害調査, 3. 松くい虫の直接防除, 4. 森林病虫害防除補助金, 5. 防除法規, 6. 間接的防除, 7. 専門家の必要性

1では防除組織が複雑であることを指摘し、政府の責任において組織の立て直しを勧告。2では今まで森林所有者に任されていた被害報告は専門知識をもった「被害調査班」に任せ、今後は航空機調査も検討すること。3は勧告の骨子をなす部分（直接防除）である。4, 5は森林害虫防除の補助金は国家的に重要な目的に限って支出すべきことのほか、防除主体の問題に触れている。6は森林害虫防除の最終目的は森林施業による長期的平衡を目指すものという原則論を述べたものである。7は森林病虫害の専門家の必要性を強調したもので、日本の林学教育の問題にも触れている。

上記したファーニス勧告の骨子は、現況下で実行可能な「直接防除」（伐倒剥皮焼却）が最善であると強調したことである。技術的に不明瞭な方

法を廃し、戦後の混乱期にあって唯一徹底できる伐倒剥皮焼却という一点に絞ったことに重要な意味があった。松枯れ対策としての伐倒剥皮焼却の必要性の認識や成功例も古くからあったが（例えば「雑話」その1に述べた矢野報告）、これら過去の技術成果も第二次大戦等を挟む時代の混乱のなかに没してしまい、大戦後の全国的被害に至ったものである。

本勧告は比較的忠実に実行された結果、1949年128万㎡あった被害が5年後には30万㎡台となった。この成果は、占領軍地方軍政部の力を背景にしたとはいえ、日本各地の森林関係者の努力によって成り立った成果である。

ファーニス勧告から半世紀、関係者の努力に関わらず日本列島の松枯れは、いまや列島各地に定着し、四季報のごとく「時の話題」を提供する存在となり了った。

本文で述べたように占領軍という強権的組織のもととはいえ、戦後の限定された経済の状況下でも



図1 (A) ポスター「松くい虫を退治しよう」
(B) 枯れ木処理写真 (Malcom Furniss 2006より)



伐倒焼却という手段のみで、数十年にわたる松枯れを一旦は沈静化することに成功した。今も各地で衰えを見せない森林被害に対しては、当時のような強権的手法は望むべくもないが、近年発展した各種の個別技術に加え、本勧告のように組織にとられない広域管理手法に学ぶことが多い。

文献

- 1) Furniss, Malcolm M (2006) Reorganization of forest pest control in Japan: An account of Robert Livingston Furniss' socio-entomological experiences during assignment in 1949 and 1950. American Entomologist. 104(9)
- 2) 岸 洋一 (2008) 「ファーニス勧告をめぐる話題」 森林防疫57(4)19-24
- 3) 小林富士雄 (1978) 「主要病虫獣害の生態と防除法：松くい虫」『森林防疫制度史』133-151, 森林病虫獣害防除協会
- 4) Kobayashi, Fujio (1978) Pine bark beetle Problem in Japan, referring to the discovery of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus* (Mamiya & Kiyohara), Anz. Schaedlingskunde, Umweltschutz 51, 76-79
- 5) 中村 毅 (1978) 「森林病虫害等防除法の制定：連合軍最高司令部 (GHQ) の森林害虫駆除の関する勧告」『森林防疫制度史』19-25, 上記3)



禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成 26 年 12 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://www4.ocn.ne.jp/~rinyaku/>

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
皆様の信頼に応えてきた
グリーンガード・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

グリーンガード®・NEO

Greenguard® NEO

農林水産省登録：第22028号

グリーンガードホームページ

www.greenguard.jp/



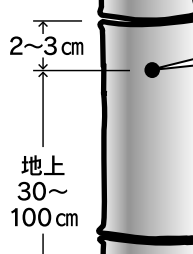
タケを枯らせます!

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	

夏期がチャンスです!
(もっとも早く枯れます)

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	全卵粉末を含む農業の総使用回数
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

東京都中央区日本橋 3-14-5 祥ビル

松枯れ予防
樹幹注入剤

マツケンジー

農林水産省登録 第22571号

有効成分：塩酸レバミゾール…50.0%
その他成分：水等…50.0% 【医薬用外劇物】

新登場



専用注入器でこんなに便利!!

- 作業が簡単!
- 注入容器をマツに装着しない!
- 作業現場への運搬が便利で
廃棄物の発生も少ない!
- 水溶解度が高く、分散が早い!

■適用病害虫名および使用方法

(有効期間：約1年)

作物名	適用害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	農業の総使用回数
まつ (生立木)	マツノザイセンチュウ	原液	1孔当り 1mℓ	マツノマダラ カミキリ成虫 発生前まで	1回	樹幹部に8~10cm間隔で注入孔をあけ、注入器の先端を押し込み樹幹注入する	1回
			1孔当り 2mℓ			樹幹部におおよそ15cm間隔で注入孔をあけ、注入器の先端を押し込み樹幹注入する	

大地のめぐみ、まっすぐ人へ
SCC GROUP
住友化学アグログループ



株式会社日本グリーンアンドガーデン

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町10番11号 TEL:03-3669-5888
http://www.nihongreenandgarden.co.jp FAX:03-3669-5889

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

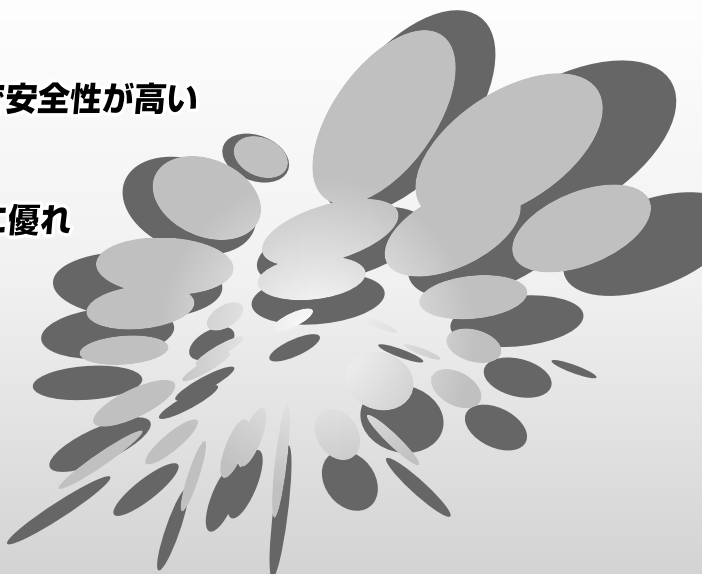
殺虫剤 **モリエート[®]sc**

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！



作物名/
すぎ・ひのき
適用場所・使用目的/
林地 放置竹林
適用雑草名/
竹 類

《竹類・ササ類なら》

クレートS (粒剤)

農林水産省 第11912号

《開墾地・地ごしらえなら》

クレートSL (水溶剤)

農林水産省 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 **イセアイバイオテック**

〒103-0004 東京都中央区東日本橋1丁目1番5号

販 売



丸善薬品産業株式会社

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町2丁目9番12号

TEL: 03-3256-5561 FAX: 03-3256-5570

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う通称。



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	名古屋市北区中島町4丁目15-3	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



三井化学
グループ