

北海道で発見された樹脂胴枯病

田端雅進*

農林水産省森林総合研究所森林生物部樹病研究室

写真は農林水産省森林総合研究所北海道支所(札幌市豊平区羊ヶ丘)内のローソンヒノキにみられた樹脂胴枯病である。この木は本病の典型的な病徴の一つである部分的な枝枯れを起こし、葉が落葉したり、褐変していた。

病組織から分離の結果、これまで九州～関東地方でしか見つかっていなかった本病病原菌 *Seiridium unicorne* が多数検出され、また接種試験によってこの菌の病原性が確められた。

1989年6月8日撮影。



* Masanobu TABATA

目次

シンポジウム「松くい虫問題はどこまで解明されたか」

- (1) 激害型マツ枯損病と毒素……………奥 八郎・白石友紀…2
- (2) 材線虫病に見る寄主・寄生者関係……………二井 一禎…8
- (3) マツ林における材線虫病の伝播機構……………富樫 一巳…12
- 福岡県におけるヒノキのならたけ病……………小河誠司・金子周平…17

シンポジウム

「松くい虫問題はどこまで解明されたか」

平成元年（1989年）1月26日，農林水産省森林総合研究所関西支所（京都市伏見区）において，関西地区林業試験機関連絡協議会保護部会の20周年記念事業準備委員会が主催するシンポジウム「松くい虫問題はどこまで解明されたか」が開催された。

保護部会は，関西・中国・四国地方に所在する国および府県の試験研究機関によって組織されており，昭和43年以来，12の共同研究班活動を続けてきている。本年は部会発足の20周年にあたることから，2日間の会期中に通常の総会と分科会（樹病・昆虫・獣害）のほかに，記念シンポジウムの開催と保護部会「20年のあゆみ」の小冊子発行が企画された。

この記念シンポジウムには18府県などから100名をこえる関係者が参加し，柴田毅式（奈良県林業試験場）の司会により，奥 八郎博士（岡山大学農学部），二井一禎博士（京都大学農学部）および富樫一巳博士（石川県林業試験場）の三氏による話題提供が行われたので以下に紹介する。（前森林総合研究所関西支所保護部長・農博 前田 満）

(1) 激害型マツ枯損病と毒素*

奥 八郎*・白石友紀**

岡山大学農学部・農博

同・農博

1 はじめに

マツはその経済的，環境的重要性以外に，長寿，永遠，幸福などの象徴として古くからわが国の文化，国民生活に深くかかわってきた。今世紀に入って発生し，一時猖獗を極めた激害型マツ枯損病は，そのような意味においても国民の一大関心事であった。

* 本研究は文部省科学研究補助金（Nos. 59560064, 59030025, 61304021）の交付を受けて行ったものである。

• Hachiro OKU

** Tomonori SHIRAISHI

国立林業試験場（現森林総合研究所）を中心としたプロジェクト研究によって，本病の主因がマツノザイセンチュウ（以下センチュウと略）によることが明らかにされ，その媒介昆虫を撲滅する防除法が開発されたことも原因となり，現在は被害状況がやや沈静の傾向にあるが，本病におけるマツの急激な枯損の機構については不明な点が多く残されている。

2 枯損について

暖地においては，樹齢数十年をかぞえる大木の多くが病原センチュウの感染を受けると1年以内に枯死する。

この枯損の原因については、樹体内に侵入したセンチュウが柔組織細胞やエピセリウム細胞を破壊するためとされた⁸⁾。しかし、真宮^{6,7)}、Ikeda and Suzaki⁹⁾はセンチュウが未だ侵入していない部位の細胞が変性していることを認めている。鈴木¹²⁾は野外におけるマツがセンチュウの侵入を受けると、一時水分の蒸散が著しく低下することを報告している。これらのことは、センチュウ感染によって生ずる何らかの物質が病徴発現に関与している可能性を示している。

3 毒素の検索

3年生クロマツあるいはアカマツに病原センチュウを接種し、病徴が現われ始めた頃、幹と枝を細かく切断して水で抽出、活性炭に吸着、溶脱後 TLC 上に展開し、*Cladosporium harbarum* の孢子懸濁液を少量の養分と共に噴霧して培養すると、*C. harbarum* の生育を阻止する部分が発見される。この部分をかきとり、溶出して3年生苗木の枝の切口から吸収させると、苗は2週間以内に枯死する¹⁰⁾。また、罹病苗の葉の抽出物を HPLC で分画すると、5種類以上の毒素が発見された(図-1)。Bolla ら^{1,2)}も病原センチュウを接種したヨーロッパアカマツ (*P. sylvestris*) に毒素が存在することを認めている。しかし、健全苗に毒素は存在しない。

4 毒素の抽出と同定

葉からの抽出・同定:天然に罹病したアカマツで、初期病徴を示す葉を70%メタノールで抽出し、実生苗に対する毒性を手掛かりにして、カラムクロマトグラフィーによる分画と精製をくりかえしたところ、2種類の結晶を得た。これらは、物理化学的性質から、安息香酸およびカテコールと推定されたので、試薬のそれらと比較したところ完全に一致し、それぞれ安息香酸、カテコールと同定された。

材からの抽出・同定:天然に罹病したアカマツ(初期病徴を示すもの)の枝をチップにして、70%メタノールで抽出し、カラムクロマトグラフィーによって分画し、毒性を示す部分を精製すると、2種類の結晶と1種類の油状物を得た。結晶の一つは安息香酸と同定された。他の2種類は、物理化学的性質を測定した結果、油状のものは8-hydroxycarvotanacetone (8-HCA)、結晶はdihydroconiferylalcohol (DCA) と考えられたので、それぞれを図-2、図-3の方法により、化学的に合成して比較したところ、両者とも完全に一致した。

なお Bolla^{1,2)}は天然に罹病した *P. sylvestris* をアルカリ性下でクロロフォルム抽出し、2種類の毒素を同定

している。その一つは筆者らの同定した8-HCA、他の一つは10-hydroxyverbenone (10-HV) であった。

5 他の毒性物質

Odani ら⁹⁾は病原センチュウが分泌するセルラーゼを萎凋原因物質として注目している。

筆者らは最近、3年生クロマツの苗木の皮層の内側にセンチュウを接種してしらべたところ、罹病性のクロマツに生成し、抵抗性のリキテーダマツには生成しない毒素を見出した(表-1)。活性物質をセファデックス LH-20によるゲル濾過で部分的に精製し、TLCにより上記のすでに同定された4毒素と比較した。その結果、Rfが8-HCAと類似していたので(図-4、左側)、両者の紫外外部吸収スペクトルを測定したところ8-HCAとは異なっていた(図-4、右側)。このものの化学的性質は未だ明らかではないが、罹病性のクロマツに特異的に生成する点注目される。

Kuroda et al⁹⁾と Kuroda⁴⁾はセンチュウ感染後に認められる水分蒸散低下の原因物質として、感染後過剰に生成するテルペン類、中でも α -、 β -ピネンの重要性について報告している。

6 毒素のマツに対する毒性

筆者らの同定した4種類の毒素の毒性を3年生クロマツの枝の切口あるいは主幹の切口から吸収させたところ、すべての物質が葉の萎凋、褐変をひきおこした(表-2)。安息香酸と8-HCAはセンチュウを接種したときにみられる病徴に大変よく似た症状を示した。

播種1か月後の実生苗に対するこれら4種類の毒素の毒性をしらべたところ、罹病性のクロマツは他の種の苗よりも低濃度で加害される傾向がみられた¹¹⁾。さらに、これらの化合物の間には毒性の協力作用がみられた。Bolla et al¹⁾の分離した10-HVも、単独では全く毒性を示さない罹病マツの異常代謝産物と混合した場合、その毒性が著しく増強される。また、Bolla et al²⁾がヨーロッパアカマツ (*P. sylvestris*) の実生苗を用いて行った実験によると、8-HCAのD-型異性体はL-型異性体よりも約10倍毒性が強かったが、筆者ら¹¹⁾のリギダマツ (*P. rigida*) を用いた実験では、毒性の差は2倍程度であった。

Odani et al⁹⁾は病原センチュウの生産するセルラーゼが宿主の細胞壁を加害し、初期病徴である樹脂の浸出停止をおこすこと、ニセマツノザイセンチュウと病原センチュウとはセルラーゼのアイソザイムが異なることなどを報告している。


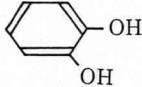
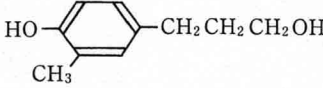
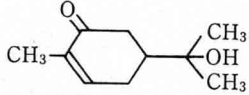
表-1 マツノサイセンチュウを接種した幹の内皮抽出物の根冠細胞(クロマツ)に対する毒性

マツの種類		毒 性*								
		接 種 後 日 数								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
クロマツ	接 種	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	+
	非接種	-	-	+	≡	-	+	-	-	-
リキテーダ	接 種	-	-	+	+	-	-	-	-	-
	非接種	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注) * 毒性は根冠細胞のfluoresceindiacetateによる蛍光染色性によってしらべた。その毒性の強さは次の基準で示してある。

+++ : 75-100%が染色性を失った場合
 ++ : 50-75% " "
 + : 25-50% " "
 - : 0-25% " "

表-2 天然罹病アカマツから抽出同定した有毒代謝産物の3年生アカマツ苗木に対する毒性

有毒代謝産物		毒性 (葉に褐変あるいは萎凋をひきおこす少量)	
		切断した幹より	切断した枝より
Benzoic acid		100 ppm	> 5mg *
Pyrocatechol		500 ppm	10 mg
Dihydroconiferyl-alcohol		実験せず	50 mg
8-Hydroxycarvotan-acetone		>100 ppm * *	10 mg

注) * Benzoic acid は水に難溶性であるので：この濃度以上を与えることはできなかった

* * サンプル量が少なかったため100 ppm以上の濃度の実験は行っていない

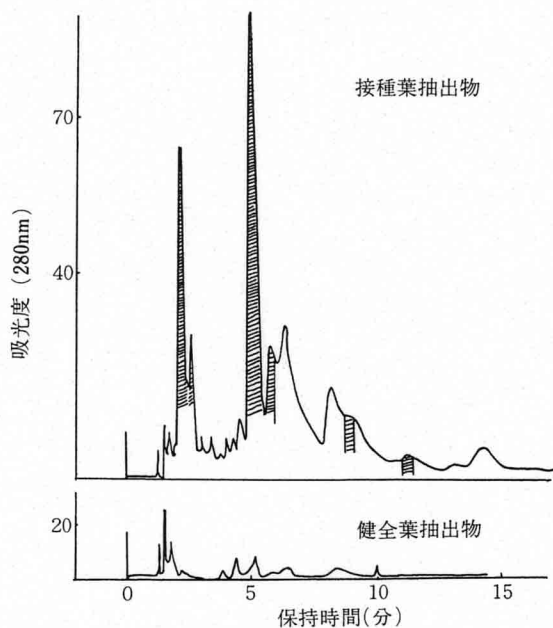


図-1 マツノザイセンチュウを接種した3年生クロマツの葉抽出物と健全葉抽出物との高速液クロによる比較—斜線を施したピークがマツ幼苗に毒性を示した—

Kuroda⁴⁾はセンチュウ感染の刺激によって、柔組織細胞が α -、 β -ピネンを主とするテルペノイドを過剰生産し、水に不溶のこれらが仮導管を閉塞して水流を阻害することが水分蒸散低下につながるとしている。

7 毒素の病原センチュウに対する作用

Bolla et al¹⁾は罹病した *P. sylvestris* の粗抽出物が病原センチュウの増殖を抑制することを見出した。筆者らの同定した4種類の毒素のうち、L-HCAは30ppmで、また、DCAは10ppmでセンチュウの増殖を抑制した¹⁾。これらはファイトアレキシンと考えることができる。

マツに対して強い毒性を示す安息香酸、カテコール、D-HCAは100ppmにおいてもセンチュウの増殖を抑制せず、マツに対する毒性とセンチュウに対する毒性が逆の関係にあることは、両者に対する作用機構が異なることを意味して興味深い。

なお、最近筆者らが発見した、罹病性のクロマツの内皮に接種したときに特異的に生成する毒性(上述)も病原センチュウの増殖を抑制する(図-5)。皮層内側に接種したセンチュウが一旦増殖した後、9日目頃から減少

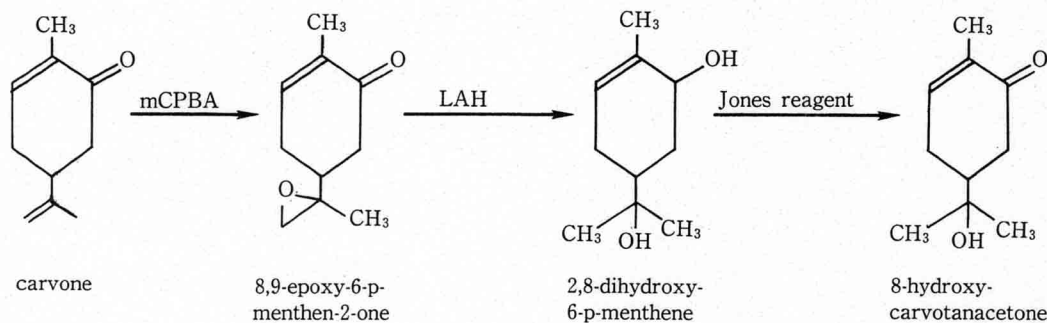


図-2 carvone から8-hydroxycarvotanacetone の合成

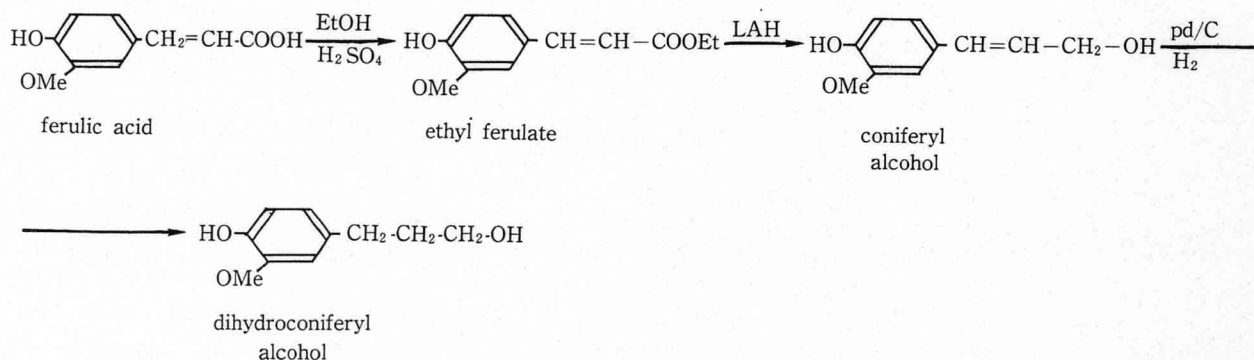


図-3 ferulic acid から dihydroconiferyl alcohol の合成

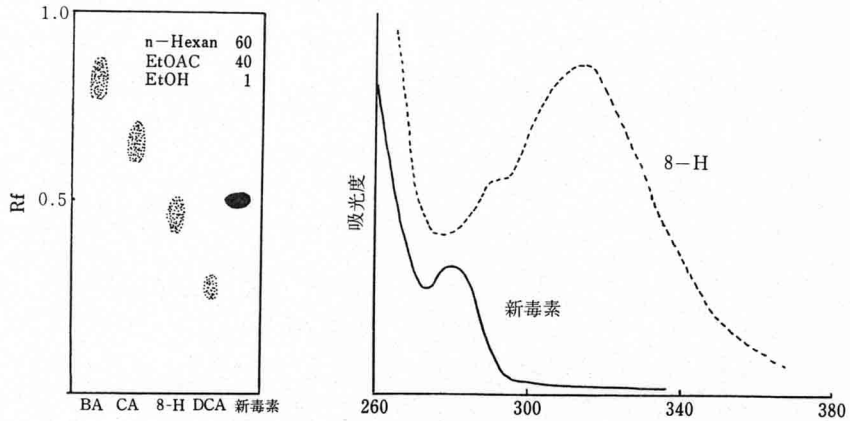


図-4 接種内皮より得た新しい毒素と既同定毒素の TLC、紫外外部吸収スペクトルによる比較
BA:Benzoic acid, CA:Catechol, 8-H:8-Hydroxycarvotanacetone
DCA:Dihydroconiferylalcohol

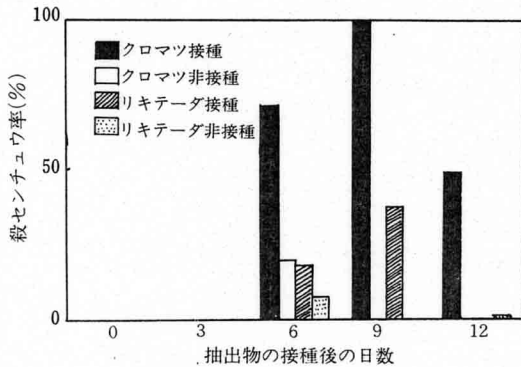


図-5 マツノザイセンチュウを接種した3年生マツ内皮抽出物の病原センチュウに対する毒性

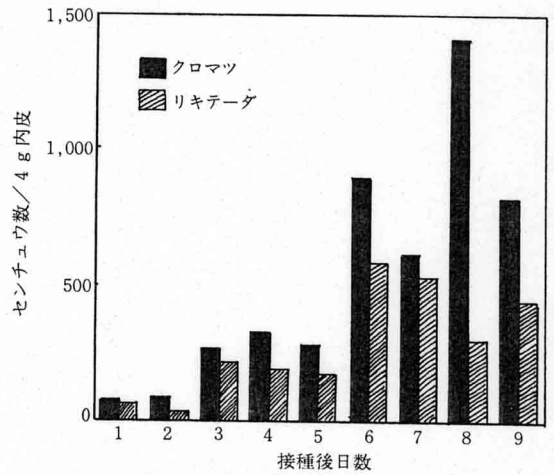


図-6 3年生マツ皮層内側におけるマツノザイセンチュウの増殖—最初の接種センチュウ数は約100頭—

する(図-6)のは、この物質の作用によるものと考えられる。

8 野外のマツに接種した場合の毒素の経時的蓄積

野外の15~25年生アカマツにセンチュウを接種し、筆者らの同定した4毒素につき、純品の標品をスタンダードとして HPLC を用いて経時的に蓄積の状態をしらべた。その結果は、マツの個体によって変動が大きかったが、安息香酸と8-HCA は接種20日後から検出された。安息香酸はその後増加し続けて、接種50日後には300 $\mu\text{g/g}$ 乾重に達した。他の物質については必ずしも一定の傾向を示さなかったが、いずれの化合物も接種20~50日後には生理活性を示す濃度となっていた¹¹⁾。

9 最後に

マツノザイセンチュウに感染したマツには種々の有毒代謝産物が蓄積し、マツに対しても、病原センチュウに対しても生理活性を示す濃度になるので、これらの物質が枯損の原因として関与しているものと考えられるが、何れが決定的な役割を果しているかは現在のところ特定できるまでに至っていないようである。病原センチュウの分泌するセルラーゼを除いて、分離された5種類の毒素も、仮導管を閉塞するテルペノイドも、また未同定のクロマツに特異的に生産される毒性も、宿主側の代謝産物や異常代謝産物と考えられ、これらの代謝異常に導く刺激が何であるかを明らかにすることが肝要であると思

われる。何れにしても、本病の真の枯損原因は大変複雑なようである。

謝 辞

本研究の遂行には多くの方々のご協力を得た。毒素の同定には三共株式会社農薬研究所、上田隆之氏、同（現生産技術研究所長）富田和雄博士の絶大な援助を得た。また、多くの本学学生、特に山元広海氏（現日本チバガイギー株式会社）、志和将一氏（現滋賀農試）の協力を得た。

これらの方々に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) Bolla, R., Shaheen, F. and Winter, R. E. K. : Phytotoxin production in *Bursaphelenchus xylophilus* infected *Pinus sylvestris*. Proceeding of the 1982 national pine wilt disease workshop. eds. J. E. Appledy and P. B. Malek pp. 11-30, 1982.
- 2) Bolla, R. I., Shaheen, F. and Winter, R. E. K. : Phytotoxins in *Bursaphelenchus xylophilus* induced pine wilt. Proc. U. S. - Japan Seminar "The Resistance Mechanism of Pine Against Pine Wilt Nematode" ed. V. Dropkin, pp. 119-127, 1984.
- 3) Ikeda, T. and Suzuki, T.: Influence of pine wood nematodes on hydraulic conductivity and water status in *Pinus thunbergii*. J. Jap. For. Soc. 66, 412-420, 1984.
- 4) Kuroda, K.: Terpenoids causing tracheid-cavitation in *Pinus thunbergii* infected by the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). Ann. Phytopath. Soc. Jpn 55, 170-178, 1989.
- 5) Kuroda, K., Yamada, T., Mineo, K. and Tamura, H.: Effect of cavitation on the development of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. Ann. Phytopath. Soc. Japan 54, 606-615, 1988.
- 6) 真宮靖治: 感染初期におけるマツ類樹体内でのマツノザイセンチュウの動態. 86回日林講 285-286, 1975.
- 7) 真宮靖治: マツノザイセンチュウその後の研究. 植物防疫 30, 109-113, 1976.
- 8) Mamiya, Y. and Kiyohara, T.: Description of *Bursaphelenchus lignicolus* n. sp. (Nematoda: Aphelenchoidaceae) from pine wood and histopathology of nematode-infested trees. Nematologica 18, 120-124, 1972.
- 9) Odani, K., Yamamoto, N., Nishiyama, Y. and Sasaki, S.: Action of nematode in the development of pine wilt disease. Proc. U.S.-Japan Seminar on "The Resistance Mechanism of Pine Against Pine Wilt Nematode" ed. V. Dropkin, pp. 128-140, 1984.
- 10) Oku, H., Shiraishi, T. and Kurozumi, S.: Participation of toxin in wilting of Japanese pines caused by a nematode. Naturwissenschaften 66, 210, 1979.
- 11) Oku, H., Yamamoto, H., Ohta, H. and Shiraishi, T.: Effect of abnormal metabolites isolated from nematode-infected pine on pine seedlings and pine wood nematodes. Ann. Phytopath. Soc. Japan 51, 303-311, 1985.
- 12) 鈴木和夫: マツノ材線虫病の発現機作. 森林防疫 28, 90-94, 1979.
- 13) Suzuki, K. and Kiyohara, T.: Influence of water stress on development of pine wilting disease caused by *Bursaphelenchus lignicolus*. Europ. J. Forest Pathology 8, 97-107, 1978.
- 14) Ueda, T., Oku, H., Tomita, K., Sato, K. and Shiraishi, T.: Isolation, identification and bioassay of toxic compounds from pine tree naturally infected by pine wood nematode. Ann. Phytopath. Soc. Japan 50, 166-175, 1984.

質疑応答

質 問

検出された異常代謝産物の産出をうながす「刺激」とはどのようなものでしょうか？ また、それらが真の毒素といえるものではないでしょうか？

答

確かに刺激が重要で、私が述べた毒素は全部宿主由来と思われるので、その刺激に反応してできたものと思う。だから刺激に反応してマツが自殺するような形になると思うのですが、それにこれらの毒素が関与しているということになるかと考えている。

質 問

小谷氏らのセルラーゼが発病の第一原因であるとする説についてどう思われますか？

答

セルラーゼは少なくともセンチウのマツに対する第一の刺激とは思わない。というのは、(1) マツノザイセンチュウとニセマツノザイセンチュウとはいずれもセルラーゼを分泌する。両者の生産するアイソザイムは異なる(小谷・佐々木)らしいが。しかし、商品のオノヅカセルラーゼでも枯れる。(2) 河津はザイセンチュウで枯れる場合には必ず感染初期に安息香酸とそのグルコースエステルができるのに、オノヅカセルラーゼで枯らした時にはそれらが生成しない。従って、枯れには関与しているが、枯れをおこす感染の刺激ではないと思う。

質問

二井先生から抵抗性の要因としてスーパーオキシドやタンニンの生成が大きな役割を果たすとの報告がありました。それらが生成される以前の問題として、線虫の

樹体内侵入による毒素の産出がありえると思いますが?

答

これは難しい問題です。私たちは二次代謝産物の仕事をやっているが、その前のシグナルの問題が難しいと思います。スーパーオキシドにしてもなぜ発生するのか問題で、イネではその発生が現在のところ否定されています。ジャガイモ疫病などではスーパーオキシドが抵抗性反応の引金と考えられている。スーパーオキシドやタンニン等がマツの枯れに関係しているかも知れないが、時間的な経過を追った研究が必要だと思います。病原性とは宿主の抵抗性を打ち破ることと考えています。これに打ち勝つとセンチウも増殖できるのではないのでしょうか。

(1989・8・3 受理)

シンポジウム

「松くい虫問題はどこまで解明されたか」

(2)材線虫病に見る寄主・寄生者関係

二井 一禎*

京都大学農学部・農博

1 はじめに

マツ材線虫病の研究は実に面白い。面白いといって不真面目だと思われるむきには、実に難しいとおこ。実は難しいから面白いのだといえ、大方の研究者にはこの意味を理解してもらえらう。それではこの病気の難しさはどこに原因があるのか。まず第一にこの病気の感染鎖を巡る生物の相互関係の複雑さが挙げられる。病原体—マツノザイセンチュウ、寄主—マツ属樹種、媒介者—マツノマダラカミキリ、そしてこのほかに、枯死木中で線虫の食餌源となっている糸状菌や他の微生物。これだけでも充分複雑なのに各々の生物に競争者や天敵が存在することは想像に難くない。このいずれの生物もが疾病の様態を左右する可能性がある。第二に、材線虫—マツ属樹種の間で繰り広げられる寄主・寄生者関係が実に多様である点を挙げておこ。第一に挙げた問題点

は、“生態学的”に興味ある様々なテーマを提示しており、これまでも多くの研究が成されてきたが、ここでは微生物の果たす役割についてまだ解くべき問題が残っていることを指摘するにとどめ、第二の問題点に焦点を当てて議論を進めることにする。

2 抵抗性の多様性

マツノザイセンチュウの感染を受けた場合、寄主の示す反応は感受性から抵抗性まで様々であるが、議論が混乱しないよう、ここでは“個体”以下のレベルで発揮される抵抗性の話に議論を絞ることにする¹⁰⁾。

ある寄主個体が本病に対して抵抗性であるか感受性であるかは、直接、病原線虫を接種して判断されることが多いが、この接種実験の条件が実験者により異なるため、出てきた結果を同列に比較できない恨みがある。供試木の樹齢、接種線虫密度、接種後の温度、光、水等の条件、供試木が年間の季節生長リズムのどの時期にあるか等、

* Kazuyoshi FUTAI

そのいずれもが寄主の反応に大きく、あるいは微妙に、影響をあたえるから、報告された接種試験の結果は慎重に吟味されねばならない。

しかしこのような接種条件をすべて同一にしてもマツ属の側に、種内⁹⁾、種間^{11,20)}の抵抗性に差異があることは疑いない。たとえばテーダマツ、スラッシュマツ、リギダマツ等は少々の密度の線虫を接種しても外見的病徴の現れない抵抗性樹種だが、これらのマツ類も高い割合で枯れたと報告されることがある。この場合、先に述べた実験条件や、種内変異をよく考慮する必要がある。特にヨーロッパアカマツ (*Pinus sylvestris*) のように広い分布域を持つ寄主の場合、マツノザイセンチュウに対する抵抗性を初めとする遺伝形質は種内に大きな変異が予想される。日本国内で外国産の樹種の本病に対する抵抗性が云々される場合、そこで供試された寄主個体が限られた少数のシード・ロットに由来することが多く、接種試験の結果に偏りが生じ易い点も念頭におく必要がある(表-1)。

また、同一の樹種に対する抵抗性/感受性の判断が、日本での結果と北米での結果で異なる場合、接種源として用いられた線虫のバソタイプの違いにも注意を払わねばならない(バソタイプについては後述する)。次にバンクスマツで知られている一例を示す(表-2)。

それでは種間や、種内に存在するこのような抵抗性の差はどのように説明されるのであろうか。接種実験により抵抗性/感受性を判断しているのだから、ここでは媒介者—マツノダグラカミキリの寄主選好性は除外して考

えられる。一つの可能性は侵入の時点にある。事実、筆者がかつて行った実験結果⁹⁾によると、抵抗性樹種の組織への線虫侵入は感受性樹種のそれに対するより難しいようで、しかもここで興味深いことは、そのような侵入行動が、寄主の特定の成分によって制御されているらしい点である。また、侵入の難易は侵入の場における線虫密度によっても左右され、その様式が樹種によって異なる⁹⁾のだから始末に悪い。それではこのような侵入行動を制御している寄主成分とはどのようなものだろうか。*in vitro* の実験系から、それは親水性の物質であろうと考えているが、抵抗性の樹種、テーダマツにはこの分面に線虫忌避的な作用が認められる⁹⁾。Bentley 等¹¹⁾もテーダマツに、感受性のアカマツより高い線虫活動阻害因子を認めており、この因子も親水性であるという。

一方、愛媛大学の渡辺等のグループ¹⁵⁾は寄主樹体中のβ-ミルセン含量が寄主の示す感受性と正の相関関係があることを示し、この物質が媒介者カミキリから樹体への線虫の乗り移りに果たす役割を示唆したが、その後この物質が線虫増殖に促進作用を持つことを明らかにし¹⁴⁾、寄主感受性にさらに大きな役割を演じていることを提示した。現在ミズリー大学の Bolla 等も抵抗性決定因子を探索しており、種間、種内の抵抗性の多様性が明快に説明される日もそう遠くないと信じる。

3 線虫病原性の多様性

マツの集団萎凋病の病原体がマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) であることが明らかに

表-1 フィンランドの異なった場所(Province)のシード・ロットに由来する
ロジボールパイン(*Pinus contorta*)の、マツノザイセンチュウ接種による枯死率
(J.R. Sutherland等、私信)

線虫系統	シード・ロット			
	1	2	3	4
r-タイプ (Canada)	40	20	40	40
MPS-4 (USA)	80	60	20	0

表-2 バンクスマツのマツノザイセンチュウ抵抗性
(研究者により接種試験の結果がくい違っている例)

実験者	接種密度	枯死木/接種木	枯死率 %	樹齢	線虫採取地
二井・古野 Dropkin	2,000	2/19	10.5	7-8	茨城
	2,000	4/10	40.0	2	佐賀
	2,000	3/10	30.0	2	ミズーリー
Linit・Tamura	25,000	1/15	6.7	20	ミズーリー
	-34,000				
Bedker	10,000	39/52	75.0	11	? (USA)

されたのは1970年ころだが、間もなく、1972年にはこの線虫と同属で非病原性のニセマツノザイセンチュウ (*B. mucronatus*) が見つかった¹⁸⁾。後者の非病原性はいくつかの接種試験で明らかにされているが、その違いは寄主樹体内での増殖性と平行関係にあるようである⁷⁾。そしてこの非病原性種も、例外的に寄主体内で増殖することがあり、その場合にはその寄主は枯死症状を示した(寄主の枯死と線虫の樹体内増殖のどちらかが原因で、どちらが結果なのかは不明)。また、田中²¹⁾は亜硫酸ガスにさらされたクロマツは、本来、非病原性のニセマツノザイセンチュウの接種によっても枯死するようになると報告しており、両線虫の病原性を考えると、この点は留意すべきであろう。

病原性のマツノザイセンチュウに限っても、その病原性には大きな変異があることが知られており^{13, 16)}、なかでも清原が収集した多数の系統の中には、ほとんど病原性のないものが見つかっていて、本線虫の病原性が同一種内に限っても変異に富むことを物語っている。

ではこの病原性とは何なのか。小谷等¹⁹⁾は本病の発病因子として、線虫が寄主体内に分泌するセルラーゼを提示した。また黒田は¹⁷⁾この線虫がペクチナーゼや蛋白分解酵素を分泌することを報告しており、これら酵素作用が病原力の実態である可能性があるが、この場合、非病原性のニセマツノザイセンチュウやマツノザイセンチュウの非病原性系統が分泌する酵素作用との違いを合理的に説明する必要がある。

病原性マツノザイセンチュウと非病原性線虫の違いとしては、この他に両線虫の卵の表面特性に関する報告もある⁴⁾。両線虫の間でこのほかにも違いが見つかる可能性があるが、いずれにしても重要なのはその違いが発病のメカニズムと結びつく、両者の病原力の違いとして説明されねばならない点である。この点に関して興味深いのは、Bolla 等³⁾が報告している炭水化物の最終代謝産物(すなわちそれにいたる代謝経路)の両線虫間での違いである。ここで病原性との関係で特に関心を引くのは、本来の非病原性種、ニセマツノザイセンチュウと、マツノザイセンチュウの非病原性系統が“種”の違いを越えて最終代謝産物を同じくしている点である。

4 パソタイプの問題

さて、本病の複雑な一面についてはここまで述べてきた話で十分に理解していただけたであろう。しかしさらにこの話を複雑にしているのは北米における、マツノザイセンチュウのパソタイプの存在である。Wingfield 等²²⁾はミネソタ州でバルサムファーから分離されたマ

ツノザイセンチュウがバルサムファーに対しては病原性があるが、ヨーロッパアカマツやレジノーサマツには病原性がないことを明らかにした。Bolla 等²⁾もヨーロッパアカマツから分離したマツノザイセンチュウはこのマツを枯らすがストローブマツは枯らさず、一方、ストローブマツから分離された系統はストローブマツだけを枯らすことを見出している。

カナダにおいても各地からマツノザイセンチュウが分離されているが、その尾端形状により大きく、r-タイプ(メス成虫尾端が丸い)と、m-タイプ(同尾端に突起がある)にわけられている。そして前者は主としてマツ類から分離されることが多く、後者はトウヒ類からの発見が多いという(しかし筆者が実際にクロトウヒやヨーロッパアカマツに対して行った接種試験の結果¹²⁾は、Wingfield のそのように明瞭なものではなかった。)

このような、ある寄主に特異的な病原性の存在をどのように説明すれば良いのか。これは上に述べた、寄主側の抵抗性の多様性とも、あるいは線虫側の病原性の多様性とも違った、いわば、線虫と寄主マツ類の関係そのものの多様性を示している。一つの可能な説明としては、病原性発現以前に、線虫の増殖の可否が寄主種間で異なることが考えられるが、Bolla 等の実験では、程度の差こそあれ、いずれの寄主体内でも各線虫は増殖したという。

このようにマツ材線虫病には今も未解決の難しい問題がたくさん残っていて、多くの研究者を悩ませ、そしてその好奇心をかき立てている。

引用文献

- 1) Bentley, M. D. *et al.*: Factors in *Pinus* species affecting the mobility of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, Ann. Phytopath. Soc. Jpn, **51**, 556-561, 1985.
- 2) Bolla, R. I. *et al.*: Pathotypes of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, J. Nematol, **18**, 230-238, 1986.
- 3) Bolla, R. I. *et al.*: Characterization of a nonparasitic isolate of *Bursaphelenchus xylophilus*, J. Nematol, **19**, 304-310, 1987.
- 4) Fukushige, H. and K. Futai: Characteristics of egg shells and the morphology of female tail-tips of *Bursaphelenchus xylophilus*, *B. mucronatus* and some strains of related species from France. JpnJ. Nematol, **15**, 49-54, 1985.

- 5) 古野東洲他:マツ枯れ激害地—白浜試験地における天然生アカマツ, クロマツの枯損と生存木について. 京大演報 56, 32-47, 1984.
- 6) Futai, K.:Responses of two species of *Bursaphelenchus* to the extracts from pine segments and to the segments immersed in different solvents, Jpn. J. Nematol, 9, 54-59, 1979.
- 7) Futai, K, Population dynamics of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda:Aphelenchoididae) and *B.mucronatus* in pine seedlings, Appl, Ent, Zool, 15 458-464, 1980.
- 8) Futai, K.:Factors determining the affinity between pine wood nematodes and their host pines, III, . Host specific aggregation and invasion of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda:Aphelenchoididae) and *B. mucronatus*, .Mem,Coll,Agric.,Kyoto,Univ, 126, 35-43, 1985.
- 9) Futai,K:Factors determining the affinity between pine wood nematodes and their host pines, IV,.Host resistances shown at the time of pine wood nematode invasion, Mem, Coll, Agric.,Kyoto Univ.,126,45-53, 1985.
- 10) 二井一禎:マツノザイセンチュウと寄主との関係について, 森林防疫 36, 155-159, 1987.
- 11) 二井一禎・古野東洲:マツノザイセンチュウに対するマツ属の抵抗性. 京大演報 51, 23-36, 1979.
- 12) Futai, K. and J. R. Sutherland:Can, J. For. Res. (投稿中).
- 13) 茨木 等:マツノザイセンチュウ23系統のクロマツ苗木に対する病原性のちがひ. 日林九支研論31, 211-212, 1978.
- 14) Ishikawa, M, *et al.*:Bio-organic chemical studies on pine withering caused by pine wood nematode,*Bursaphelenchus lignicolus*, Abstracts of symposium on "Biomimetic chemistry" at Kyushu University, 9-12, 1984.
- 15) Ishikawa, M, *et al.*: β -Myrcene, a potent attractant component of pine wood for the pine wood nematode,*Bursapherenchus xylophilus*. Agric, Biol, Chem, 50, 1863-1866, 1986.
- 16) 清原友也:マツノザイセンチュウ系統間の増殖及び病原性の比較. 日林九支研論 30. 241-242, 1977.
- 17) 黒田慶子:マツノザイセンチュウの生産する酵素とその性質—多糖及び蛋白分解酵素—, 98回日林大会 講要集 128, 1987.
- 18) 真宮靖治・遠田暢男:マツノザイセンチュウの近似種, ニセマツノザイセンチュウ(仮称), 84回日林講 328-330, 1973.
- 19) Odani,K,*et al.*:.Early symptom development of the pine wilt disease by hydrolytic enzymes produced by the pine wood nematodes—cellulase as a possible candidate of the pathogen. J. Jpn. For. Soc: 67, 366-372, 1985.
- 20) 大庭喜八郎:マツノザイセンチュウの抵抗性育種. 林木の育種 99, 1-6, 1976.
- 21) 田中 潔:マツの材線虫病の発生に及ぼす SO₂の影響. 86回日林講 287-290, 1975.
- 22) Wingfield, M. *et al.*:.Comparison of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* from pine and balsam fir. European J.For,Path, 13, 360-372, 1983.

質疑応答

質問

バンクスマツに対する接種試験結果にかなりの差異がみられたが, 供試された樹齢はどうか?

答

樹齢ははっきり覚えていませんが, 7年ぐらいであったのではと思います。

質問

レクチンは何を用いられていますか?

答

マツのレクチンではなく, コンカナバリン A と小麦胚芽レクチン (WGA) を用いています。

質問

「侵入」と定義された現象は, 病原菌が葉表面から組織内に侵入する場合と異なって, かなり材組織内部に達するまでの状態であり, その抵抗性を考える場合, 病原体—宿主間の相互作用の面から検討すべきだと思いますか?

答

「侵入」という用語についてですが, マツノザイセンチュウの場合, 傷い組織 (後食痕) からの侵入であり, その運動速度も併せ考えますと, 明らかに糸状菌等で用いられている「侵入」とは意味が異なります。ザイセンチュウ感染後の宿主—病原体相互作用の結果抵抗性物質が生産され, それにより樹種間で見られたザイセンチュウの侵入率の違いを説明するとしますと, これは非常に速い寄主反応を想定しなくてはなりません。むしろ感染前にすでに存在した成分の違いに説明を求めたほうが妥当であるように思えます。 (1989・8・3 受理)

シンポジウム

「松くい虫問題はどこまで解明されたか」

(3) マツ林における材線虫病の伝播機構

富樫 一巳*

石川県林業試験場・農博

1 はじめに

「松くい虫問題」は短い年月の間に大量のマツが枯れるために起こり、それはマツノマダラカミキリ（以後カミキリと略す）、マツノザイセンチュウ（以後センチュウと略す）、マツの3種の相互作用の結果生じることが定性的にわかっている^{2,4,5)}。このため、3種間の相互作用が分子から種個体群までの様々のレベルで定量的に明らかになれば、「松くい虫問題」の理解がより進み、解決への道が開かれるものと思われる。

マツ林における枯損の広がる過程（材線虫病罹病木の時間的・空間的な分布形成過程）を明らかにすることは、「松くい虫問題」解決のための重要な側面であり、そのためには、林内における3種個体群の相互作用を明らかにしなければならない。このような研究には、まず同一の林で3種個体群の時間的、空間的分布を調査し、各種および種間の相互関係の特徴を明らかにする必要がある。しかし、これまでは各種個体群の研究があっただけで、上記のような観点から行われた野外研究はなかった。一方、野外における種間の相互関係の特徴を理解するために、各種の生理・生態的性質および3種の相互作用の様式とその関数関係を、網室や室内において実験的に明らかにする必要もある。このような研究と野外研究の結果を総合することによって、林内における3種個体群の相互作用を理解できると思われる。しかし、この方面の研究は不十分である。

このような訳で、ここでは筆者の未発表資料を多数使った。それらは、石川県の海岸クロマツ林での野外調査と石川県林業試験場でのカミキリの飼育によって得られたものであり、初めにそれらを示した。次に、それらに基づいて材線虫病罹病木の時間的・空間的分布の形成過程を推論した結果を述べる。最後に、今後に残された問題点に少しふれる。なお、ここでは被害材の移動など人

為の影響は省いた。これによって「松くい虫問題」の理解がいささかでも進めば幸いである。

2 林内におけるカミキリ成虫の時間的・空間的分布

本種成虫の個体群密度は6月上、中旬から増加し始め、7月上旬にピークに達した後、約1か月間安定し、8月中、下旬から減少した（図-1）⁸⁾。

成虫の行動は日齢によって異なった。枯死木から脱出直後の成虫はランダムに分散した。林分密度は脱出直後の成虫の分散に影響を与えた。すなわち、うっ閉した林の場合、単位時間あたり、木あたりの成虫の停留率は高かった。また、成虫は歩行と飛翔によって分散したが、単位時間あたりの平均移動距離は短いと推定された。うっ閉していない林では、成虫の停留率は低く、成虫は飛翔によって遠くまで分散した。この時の成虫の週あたりの平均移動距離は7.1~37.8mと推定された。

分散後性成熟するまで、成虫は衰弱木と独立に分布した。しかし、性成熟後の成虫は衰弱木に反応して、衰弱木とその周辺の健全木に集中的に分布することが示された。両者の分布の重なりは、桝サイズ16~36m²の場合に大きくなった。衰弱木に対する反応だけでなく、成虫の活動性も性成熟前後で異なった。すなわち、成虫の定着性は脱出直後から性成熟前までだんだん低下するが、性成熟すると高まることが示された。

3 カミキリ成虫とセンチュウの相互関係

成虫のセンチュウ初期保持数（脱出直後の成虫のセンチュウ保持数）には、0頭から150,000頭までの変異があった。野外の成虫のセンチュウ保持数は、季節が進むにつれて減少した。

カミキリ成虫はセンチュウを伝播する^{4,5)}が、両者の相互関係はそれだけではなかった。成虫に保持されたセンチュウは、成虫の寿命とセンチュウ伝播率（単位時間あたりのセンチュウ伝播数）とに影響を与えた。すなわち、

* Katsumi TOGASHI

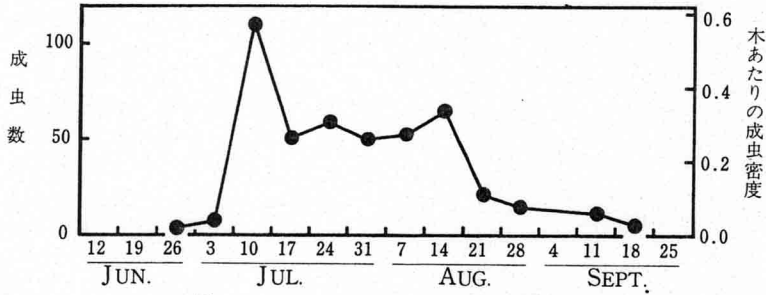


図-1 マツノマダラカミキリ成虫の個体群密度の季節的変動 (1981)

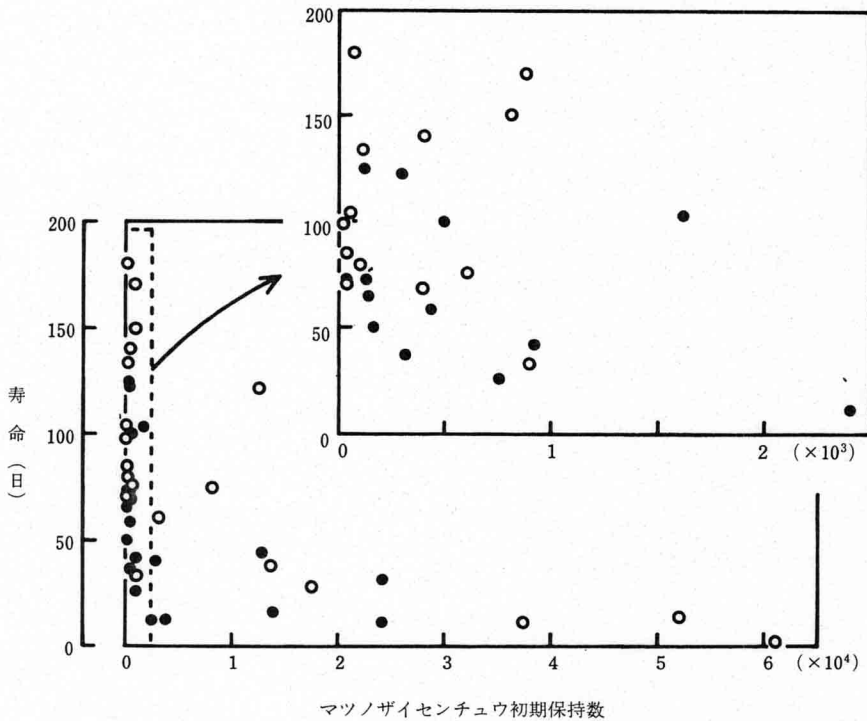


図-2 マツノマダラカミキリ成虫の寿命とマツノザイセンチュウ初期保持数の関係
-白丸と黒丸はそれぞれ雌と雄を示す-

成虫の寿命は、センチュウ初期保持数が多くなるにつれて平均的に短くなった (図-2)⁹⁾。また、成虫のセンチュウ伝播率は成虫の日齢によって変化し、1山型になるが、そのピーク時の伝播率はセンチュウ初期保持数が多いほど高かった (図-3)⁷⁾。

これらのことに加えて、材線虫病の発病には、数百頭以上のセンチュウの接種が必要であること¹⁾、マツ上における成虫の平均滞在日数が数日であること⁹⁾および衰弱木に対する成虫の反応を考え合わせると、カミキリの繁殖に及ぼすセンチュウの影響が推論され^{7,9)}た。すなわち、初期保持数の多い成虫は、単独でシーズン初めの材

線虫病罹病木を発生させるが、短命であるために繁殖に参加できない。初期保持数が中程度である成虫は、単独ではマツを発病させることができないが、産卵や交尾のために、罹病木とその周囲の健全木に集まることによって二次的に罹病木を発生させ、また自種の繁殖に寄与する。初期保持数の少ない成虫は、集合しても健全木を発病させることは難しく、自種の繁殖のみに寄与する。このように、成虫個体群はセンチュウの存在によって機能の異なる三つのグループ——子孫の食物生産のみに寄与しうるもの、子孫の食物生産と自種の繁殖の両方に寄与しうるものおよび自種の繁殖のみに寄与しうるもの——

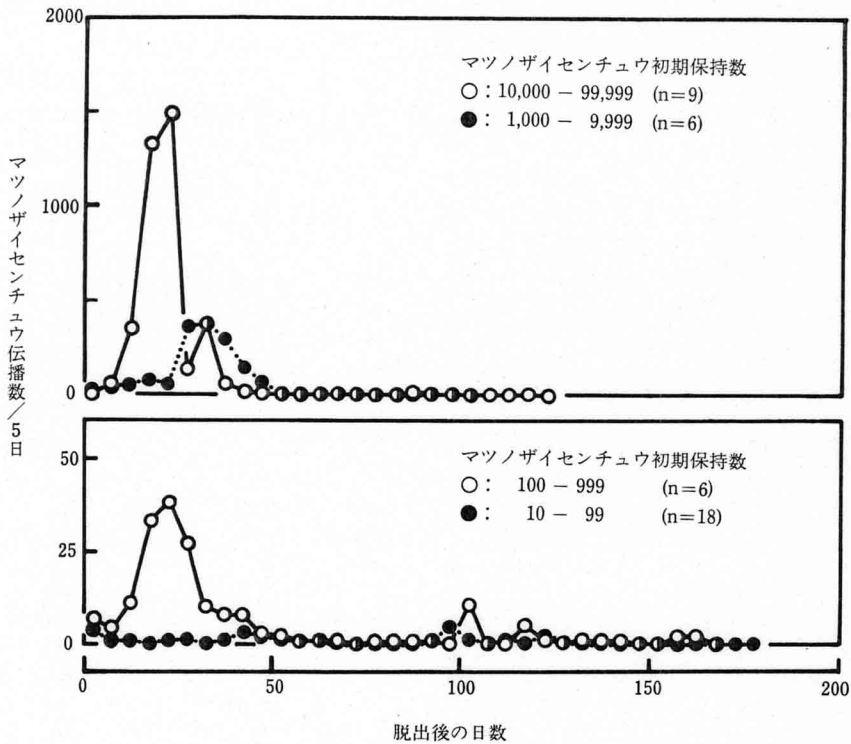


図-3 マツノマダラカミキリ成虫のマツノ
ザイセンチュウ伝播曲線に及ぼす初期保持
数の影響

に分割されると考えられた。

4 材線虫病罹病木の時間的・空間的分布

材線虫病罹病木は林内で集団的に発生することが多く、それらの集団はランダムに分布していた(図-4)。集団は平均3本の衰弱木から成り、16~49m²(平均的には25m²)の面積を占めた。この面積はカミキリ成虫と罹病木の分布重なり度の高まる枠サイズの面積にほぼ一致することから、罹病木の発生に成虫個体群の行動が大きく関係することが示唆された。

罹病木の空間分布の季節的变化は、マツ林の被害歴に依存して異なった。被害初期の数年間、罹病木は常に集中分布を示したが、その分布集中度は6、7月に高く、8~10月に低かった。被害が出てから4、5年後の6、7月には、罹病木は一様に分布し、8月以後集中分布に変わった。罹病木の分布集中度のこのような季節的变化は、6、7月に発生した罹病木の周辺で、8月以後に新しい罹病木が発生するために生じた。罹病木の発生には前年の影響が見られ、たとえ前年の枯死木を除去しても、つまり、枯死木から分散する成虫を排除しても、前年に罹病木が集団発生した場所で、当年の6、7月に罹病木

が発生しやすかった。このような関係で発生する罹病木は、前年の罹病木の発生位置を含む25m²の面積内で発生することが多かった。これは、履歴効果とも呼ぶべきものである。

5 マツ林における材線虫病の伝播機構

カミキリ成虫個体群と罹病木の時間的・空間的分布の特徴、カミキリ成虫の行動およびカミキリ成虫とセンチュウの相互関係から、材線虫病罹病木の時間的・空間的分布は四つの過程を通して形成されると考えられる。その第一は脱出直後のカミキリ成虫によるものである。枯死木から脱出後、成虫はランダムに分散する。このため、1年を通してみると、枯死木に隣接した健全木に多数の成虫がいたことになる。脱出直後の成虫は少数しかセンチュウを伝播しないが、それらが多数いたことによって、枯死木周囲の健全木は多数のセンチュウを伝播され発病することになる。それ故、これによる罹病木の発生は脱出成虫の数と分散速度に依存していると考えられる。第二は分散後性成熟するまでのカミキリ成虫によるものである。枯死木から分散後性成熟するまで、成虫は衰弱木と無関係に行動して後食を行って集合しない。この時

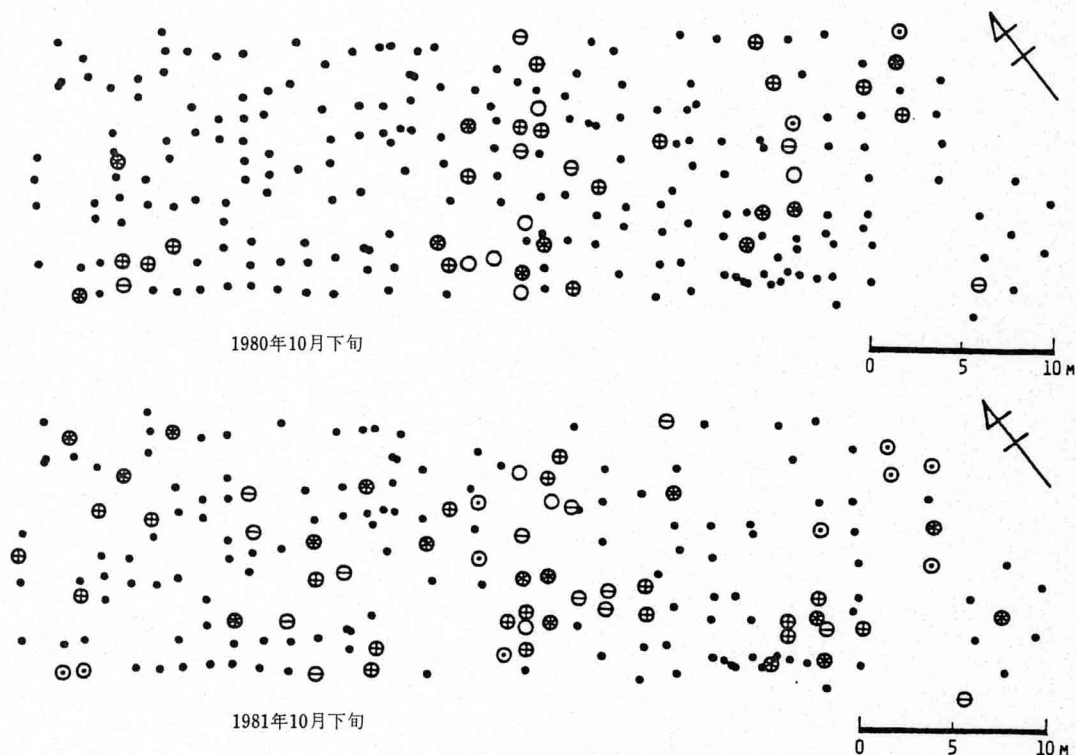


図-4 クロマツの1林分における材線虫病罹病木の発生位置図
 一罹病木は発病時期によって区別した(○:6月、◐:
 7月、◑:8月、◒:9月、⊗:10月)。黒丸は健全木

センチュウ初期保持数の多い成虫によって罹病木が発生する。それ故、このような成虫は無被害林での罹病木の発生に関係し、本病発生の地域的な拡大に大きな役割を果たしていると考えられる。第三は性成熟後のカミキリ成虫によるものである。性成熟した成虫は罹病木とその周囲の健全木に集まる。これは罹病木の樹脂滲出機能が停止し³⁾衰弱木になるためである。センチュウ初期保持数の多い成虫は短命なので、集合した多くの成虫のセンチュウ初期保持数は多くなかったと思われる。これらの成虫のうち、初期保持数が中程度である成虫は、脱出の30~35日後に伝播のピークがある。このため、そのような成虫の集中分布によって、罹病木周囲の健全木が新たに罹病することになる。第四は材線虫病の履歴効果によるものである。すなわち、前年に罹病木が集団的に発生した場所で、当年の6、7月に罹病木が発生しやすいという履歴効果によって罹病木が発生する。枯死木が除去されない場合、この過程による罹病木の発生は第一の過程によるものと複合して起こるのであろう。

これら四つの過程はすべて野外で起こっていると考えられる。カミキリ成虫は6、7月に枯死木から出現し、9月末にはいなくなるので、四つの過程のうち、第一、

第二および第四の過程によってシーズン初期の罹病木が発生すると考えられる。そして、シーズン初めの罹病木発生に対する三つの過程の相対的な重要性は、林の被害歴によって変化すると思われる。これに対して、シーズン後半の罹病木は主に第三の過程によって発生すると考えられる。この結果、マツ林の被害歴にかかわらず、罹病木が8月以降集団的に発生するのであろう。

6 今後に残された問題

カミキリ成虫の時間的・空間的分布の研究では、本種成虫の枯死木からの分散様式と性成熟した成虫の衰弱木への到達の様式および二つの行動に関する様々な要因がまだ解明されずに残っている。また、カミキリとセンチュウの相互関係も定量的には「センチュウ→カミキリ」の一部が分かっているだけで、「カミキリ→センチュウ」の部分は全く分かっていない。この相互関係にはセンチュウ保持数レベルが関係すると考えられる。そのため、既知の数のセンチュウをカミキリ成虫につける技術が開発できれば、研究が大きく進展すると思われる。

次に新しい視点に立った研究についてふれる。これまでの防除技術は、今存在しているマツ林を如何にして守

るかという観点から開発されており、研究もこの線に沿って行われている。しかし、センチュウが国外から日本へ侵入後まだ間もないとすれば、将来センチュウがマツ林を破壊することなく、カミキリおよびマツと安定的に共存するものと考えられる。その時には殺虫剤の空中散布も不用になると思われる。このため、センチュウが共存していく過程を推論し、その速度を早める防除法の研究が今後必要になると考える。

引用文献

- 1) 橋本平一・讚井孝義:マツ樹体内におけるマツノザイセンチュウの行動とマツの異常経過 (IV). 85回日林講 251-253, 1974.
- 2) 清原友也・徳重陽山:マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験. 日林誌 53, 210-218, 1971.
- 3) Mamiya, Y. :Pathology of the pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. Ann. Rev. Phytopathol. 21, 201-220, 1983.
- 4) Mamiya, Y. and N. Enda:Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda:Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera:Cerambycidae). Nematologica 18, 159-162, 1972.
- 5) 森本 桂・岩崎 厚: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, 1972.
- 6) 森本 桂・岩崎 厚・谷口 明:マツノマダラカミキリに関する研究 XIV 一停留率と温度の関係一. 日林九支研論 28, 199-200, 1975
- 7) Togashi, K. :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, 1985.
- 8) Togashi, K. :Population density of *Monochamus alternatus* adults (Coleoptera:Cerambycidae) and incidence of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda:Aphelenchoididae). Res. Popul. Ecol. 30, 177-192, 1988.
- 9) Togashi, K. and H. Sekizuka:Influence of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda:Aphelenchoididae), on longevity of its vector, *Monochamus alternatus* (Coleoptera:Cerambycidae). Appl. Ent. Zool. 17, 160-165, 1982.

質疑応答

質問

枯死木から脱出したマツノマダラカミキリの線虫保持パターン (どれ程のカミキリがどの程度の線虫を保持しているか) によって、枯死木の発生様相は大きく異なってくると思いませんか?

答

そのとおりだと思います。

質問

枯れの履歴効果についてお聞きしたい。調査地の周囲林からマツノマダラカミキリの飛び込みによるもの、あるいは前年にセンチュウが低密度であっても感染しているものなどによる枯死木は除外してありますか?

答

マツノマダラカミキリ成虫の飛び込みによって発生した枯死木は含まれています。また、前年に伝播されたマツノザイセンチュウが樹体の一部で生存していて、それが当年になってそのマツを発病させたという場合 (庄司・陳野, 1985) も含まれています。

(1989・8・3 受理)

福岡県におけるヒノキのならたけ病

小河 誠司*・金子 周平**

福岡県林業試験場

同

1 はじめに

ヒノキのならたけ病 (ナラタケ: *Armillariella mellea*) に関しては、昭和58~60年度林野庁・メニュー課題「ヒノキ若齢木の材質劣化を伴う各種病害の発生生態とその原因究明に関する研究」の結果をとりまとめた村本 (1988)¹⁾に詳しい。福岡県におけるヒノキのならたけ病は橋本ら (1970) が朝倉郡把木町で記録して以来、筆者らも確認 (子実体確認) した個所は、図-1のように全県下8箇所になっており、いずれも拡大造林林分である。

ヒノキのならたけ病が前生樹の伐根からヒノキに伝染し、ヒノキ枯死木からさらにヒノキ健全木へ感染することを村本 (1988)¹⁾も示唆しているが、今回被害地の根系を調査した結果、その可能性が非常に高いことが判明したので報告する。

2 調査地および被害の拡がり

調査地および被害木の拡がりは図-2のとおりである。また、図-2の中のトラップ (クヌギ生木枝—50cm長) は1987年12月10日現地に打ち込み、1988年11月11日に本置きに回収して、ナラタケ菌の感染の状態を調査した。

被害木は図-2から広葉樹伐根の周辺に発生していることが知られる。1987年調査当時には広葉樹伐根にナラタケ子実体が発生していたが、1988年の子実体形成時期には、広葉樹根株上に部分的にわずかに認められたのみで、腐朽根や材には認められず、第一次伝染源としての役割は1987年時に終わっていたものと考えられる。

3 ヒノキ枯死木周辺部の掘り取り調査

1988年11月2日、枯死木周辺部の根系を調査する目的で掘り取りを行った。掘り取り時には枯死木周辺にナラ

タケ子実体が密生して足の踏み場が無い状態であり、根際部の腐朽部およびそこから伸長し腐朽根上にも子実体の形成が認められた。

掘り取り調査結果は図-2, 3のとおりである。図-2に示す広葉樹伐根4株の中でシイ類の2株にはわずかな萌芽があり、この株にはナラタケが確認されたが、他の *Quercus* 類2株の伐根には萌芽が無く、1株の一部にナラタケがわずかに認められたにすぎない。

図-3のキダチニドウの部分的な腐朽根 (黒色部) にはナラタケの発生が3箇所で確認されたのであるが、その腐朽部にはヒノキ枯死木の腐朽根が接触しており、腐朽根上にもナラタケの発生が認められた。これは、ヒノキの腐朽根からキダチニドウ健全根に本病が感染した可能性を示唆している。

図-2, -3のナラタケが発生している腐朽根はキダチニドウを除き、全てヒノキの腐朽根であること、ヒノキの根は互いに交錯し、健全木周辺にもナラタケを発生している腐朽根があることおよび枝条部が健全なヒノキの地際部にナラタケが発生し、そこから伸長している太根にもナラタケが発生していることから、ヒノキ相互の根の接触によって本病が感染する可能性は高いと考えられる (写真-1)。

4 クヌギ枝トラップへのナラタケ菌の感染状況

クヌギの枝を用いたトラップ上に形成されたナラタケ菌の扇状菌糸膜、子実体原基および子実体の形成状況は表-1のとおりである。

使用トラップは全部で36本、抜きとりは18本で、その中の10本を抜きとり当日調査し、他の8本はビニール袋に入れて室内に保存、1989年4月18日に調査した。抜きとり当日調査の10本で扇状菌糸膜が明瞭に確認されたものが7本、他の1本にもわずかにこれが認められた。7本の中の4本には子実体の原基が、またその中の1本には子実体が形成されていた。なお、7本の中の2本に

* Seiji OGAWA

** Shuhei KANEKO

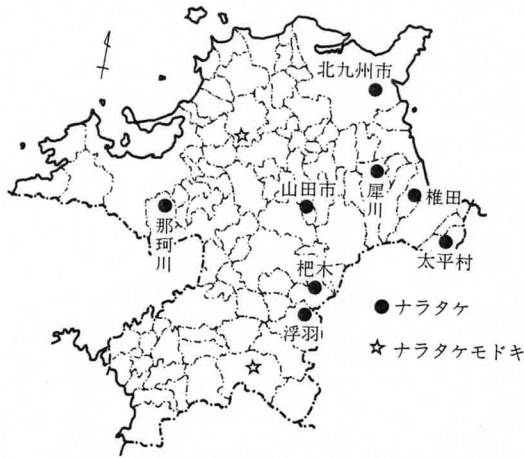


図-1 ならたけ病・ならたけもどき病の発生地



写真-1 ヒノキ根株に形成されたならたけ子実体

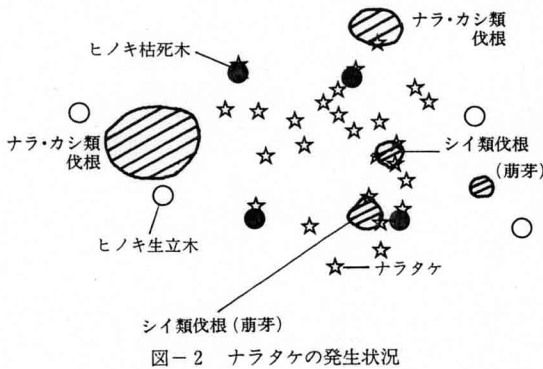


図-2 ならたけの発生状況



写真-2 クヌギ枝トラップ上のならたけ根状菌糸束

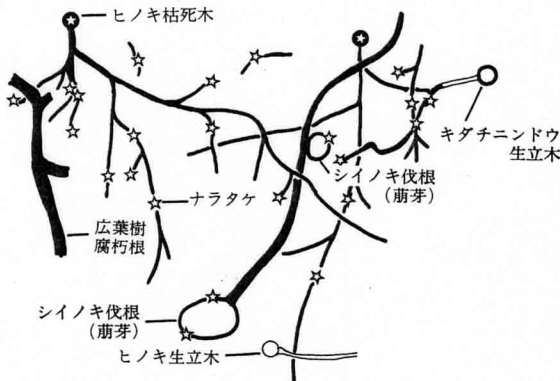


図-3 広葉樹・ヒノキの根系とならたけの発生状況

は根状菌糸束らしきものが認められた。

室内に保存された8本のトラップでは、うち6本に扇状菌糸膜が、1本に子実体原基が、そして3本には根状菌糸束が絡まっていた(写真-2)。このように、樹枝トラップによって林分全体にならたけ菌が検出された。なお、九州では根状菌糸束が確認されにくいといわれてい

るが、掘り取り直後のトラップに根状菌糸束らしきものが認められたことや、ビニール袋に入れて室内に保存されたトラップに明瞭な根状菌糸束が形成されていたことから、福岡県では、何らかの条件が整えば、林分内でも根状菌糸束が形成されるものと考えられる。

表-1 クヌギ枝トラップに対するナラタケ菌の感染状況

調査 月日	調査 本数	扇状菌糸膜 形成本数	根状菌糸束 形成本数	子実体原基 形成本数	子実体 形成本数
1988・11・11	10	8	2	4	1
1989・4・18*	8	6	3	1	0
計	18	14	5	5	1

注) 1) トラップ抜きとり月日 : 1988年11月11日。

2) * 調査日までビニール袋に入れ室内保存。

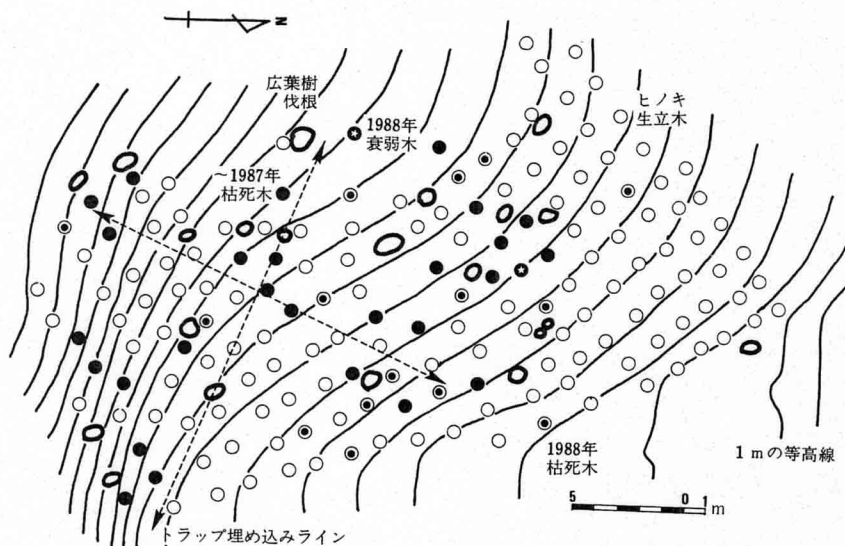


図-4 広葉樹の伐根とヒノキの枯死状況

引用文献

1) 村正博 (1988). ヒノキならたけ病の発生実態.
森林防疫 37 (4), 65~70.

(1989・8・14 受理)

研), 泉 (防除協会), 伊藤 (防除協会), 西堀 (防除協会), 桑山 (防除協会)

協会記事

森林防疫編集委員会

1 年月日 平成2年5月7日(月)

2 議題

- (1) 森林防疫第39巻第6~8号の編集
- (2) その他

3 出席者 山下 (林野庁), 大江 (林野庁), 鈴木 (林野庁), 加藤 (林野庁), 田村 (森林総研), 野淵 (森林総研), 竹谷 (森林総研), 金子 (森林総研), 桑畑 (森林総

森林防疫 第39巻第6号 (通巻第459号)

平成2年6月25日 発行 (毎月1回25日発行)

編集・発行人 堀 格太郎

印刷所 松尾印刷株式会社

東京都港区虎の門 5-8-12 ☎(03)432-1321

定価 600円 (送料共)

年間購読料 6,000円 (送料共)

発行所

〒101 東京都千代田区内神田1-1-12(コープビル)

全国森林病虫獣害防除協会

電話 東京 (03) 294-9719番

振替 東京 8-89156番