

マツ材線虫病発病木の非破壊的診断技術開発の試み

松浦邦昭 (元森林総研)・中北理 (森林総研)・小林一三 (前秋田県立大学)
 ・太田和誠 (秋田県立大学)・白鳥世明 (慶応大学理工学部)

要旨：寒冷地での防除を的確に進めるに当たり、マツノマダラカミキリの発病木探索実態を知る必要がある。発病木からは、いくつかの揮散性の物質が発生すると、報告されている。本報告では、発病を従来の樹脂流出により追跡するとともに、マツノザイセンチュウ接種木幹部からのエチレンガスおよびエタノールの発生について、追跡した。エチレンガスについては、ガス検知管および果物の熟度を簡易に判定するために開発された食べ頃紙により、エタノールについては、ガス検知管により追跡した。その結果、エチレンガスの発生について、食べ頃紙では検知できなかったが、ガス検知管では発病、マツノマダラカミキリの産卵との関係を示唆する測定結果が得られた。エタノールについては、無接種対照木でも検知され、発病との関係は得られなかった。発病の経過調査では、8月後半にアカマツの樹脂流出の回復が見られた。これは試験地である秋田地方が8月、9月に多雨であったことの影響と考えられ、これがマツ材線虫病の進行を抑制し、8月後半での揮散性物質の発生の低下につながったと考えられた。

キーワード：マツ材線虫病，エチレンガス，非破壊的診断

I はじめに

マツ材線虫病は病原生物であるマツノザイセンチュウによって起こる病気であり、媒介者であるマツノマダラカミキリによってその被害が伝播・拡大している。

寒冷地のマツノマダラカミキリの羽化は温暖地に比べ遅いため感染時期が遅い上に、高温日数が少なく、マツ材線虫病の進展がしにくい。本種はマツ枝を後食することで性成熟し産卵可能になるが、羽化が遅い一方、秋には寒冷気候に遭遇し、早期に死亡する。そのため、マツノマダラカミキリの産卵活動可能期間は温暖地に比べて極めて短い。本種はその期間内において発生する限られた数の発病木だけを探知し、産卵しなければ次世代の繁殖につなげられない。これらのことから、寒冷地はマツ材線虫病伝播の連環を形成するのに不利な条件にあるといえる。しかし、激しいマツ材線虫病被害は、この地においても温暖地と変わらず発生している。これは、マツノマダラカミキリが、産卵活動期間内において、産卵に適する木を効率的に探索する能力を備えている

からと考えられる。

マツノマダラカミキリによる発病木の探索に関しては、揮散性の物質の関わりが報告されている(1)。また、発病木ではエチレンガスの発生が見られるとの報告もある(4)。発病木を早い段階で探知するには、付け傷からの樹脂流出の有無をみる方法が一般的に行われているが、非破壊的に、省力的に探知する方法があれば、産卵の可能性のある木を早期に識別でき、効率的に駆除を行えると考えられる。本報告では、梨の熟度をエチレンガスの発生から判定するために開発された食べ頃紙を用いる方法を試みた。また、ガス検知管により接種木樹幹からのエタノールとエチレンガス発生の検出を試みた。それらの結果について報告する。

II 材料と方法

1. 供試木： 供試木は秋田県立大学(秋田市下新城)構内のアカマツ、クロマツ混交林から接種区としてアカマツ(平均DBH=16.2cm)、クロマツ(平均DBH=14.2cm)各5本と、無接種区としてアカマツ5本を選んだ。

Kuniaki MATSUURA(Formerly, For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687), Osamu NAKAKITA, (For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687), Kazumi KOBAYASHI (Formerly, Akita Prefectural University, Akita 010-0195), Kazumasa OHTA(Akita Prefectural University, Akita 010-0195), Seimei SHIRATORI(Keio University, Tokyo 223-8522)

Trial on the development of non-destructive detecting technique for the pine tree infected with pine wilt disease.

2. 接種： 森林総研主任研究員相川拓也博士より供与され、*Botrytis cinerea* を餌として培養したマツノザイセンチュウ（強病原性系統Ka-4）を、当試験地での調査（5）においてマツノマダラカミキリの発生最盛期に当たる7月19日に、地上高4mの樹幹に3箇所（3箇所の穴を開け、各穴2万頭計6万頭）を各供試木に接種した。

3. 樹脂流出量調査： 発病の有無をみるため、接種前の6月13日、接種日の7月19日、接種後の8月1日、8月8日、8月15日、8月22日、9月5日に、直径12mmのポンチを用い、形成層に達する穴をあけ、樹脂流出量の調査（6）を行った。

4. 食べ頃紙による調査： 食べ頃紙はエチレンガスが酸化される反応を最終的にモリブデンが黄色から青に変色させる反応に置換・利用する（2）。これを内部にセットした紙コップを樹幹に1週間固定し、その間での変色の程度からエチレンガスの発生の有無を判定した。測定は8月8日、8月15日、8月22日の3回行った。

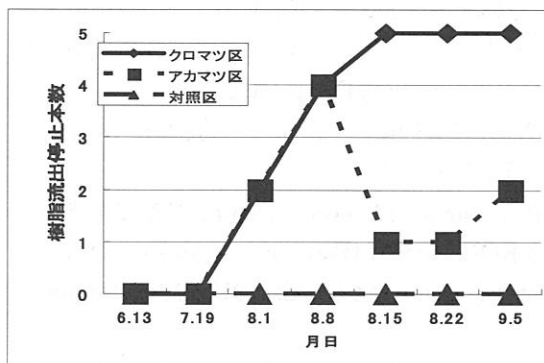
5. 検知管による調査： マツ材線虫病の発病に関係して揮散するガスを捕集するため、地上130～170cmの樹幹に（株）MKVプラテック製ビニールシート（ダイヤスター15VGOT）を帯状に巻きつけ、その上下をガムテープで塞ぎ、密閉空間を設けた。そして、密閉空間に（株）ガステック製ガス検知管（112L, 172L）を挿入して、エタノール（1）およびエチレンガス（3）を検出した。

6. マツノマダラカミキリの産卵痕調査

樹脂流出の調査とともに、地上で観察できる範囲の樹幹粗皮表面について、マツノマダラカミキリの産卵痕の有無を調査した。

III 結果

1. 接種木の樹脂流出停止：7月19日の線虫接種



図一 試験区別樹脂流出停止木本数の変化

後の試験区別樹脂流出停止木本数の変化を図一に、調査日別樹脂流出停止木個体番号を表一に示す。これによると、各区5本の供試木が8月8日にアカマツ区、クロマツ区ともに4本の樹脂流出停止木が

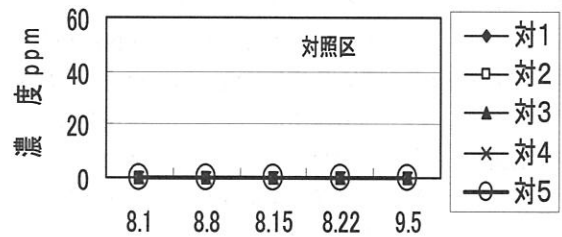
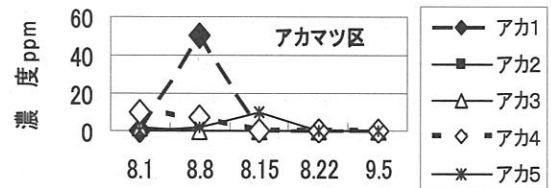
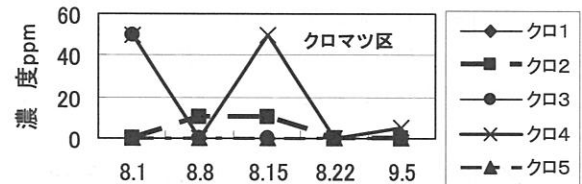
表一 調査日別樹脂流出停止木個体番号

	8/1	8/8	8/15	8/22	9/5
アカマツ区	1,3	1,3,4,5	3	3	1,3
クロマツ区	3,4	1,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5

あったが、その後クロマツでは樹脂流出停止木本数が1本増加し、アカマツでは3本減少した。

2. 食べ頃紙でのエチレンの判定： 食べ頃紙でのエチレンの測定によれば、8月8日、8月15日、8月22日のいずれの測定においても、いずれの試験区でもこの方法でエチレンが検出された供試木はなかった。

3. 検知管でのエチレンガスの検出： エチレンガスの検出結果を図二に示す。

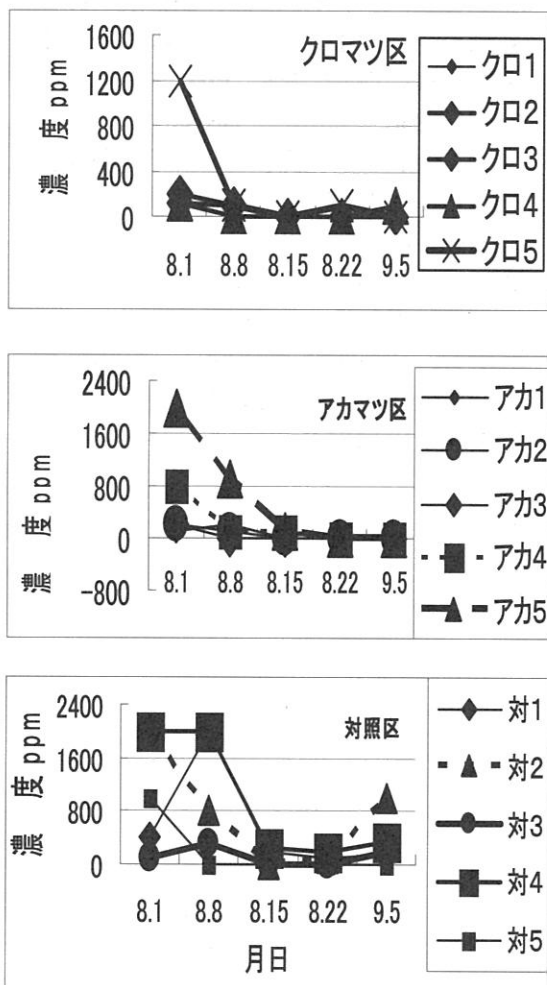


図二 試験木別エチレンガスの検出濃度の経日変化

図二によりエチレンガスの各個体での発生量の

変化をみると、クロマツ区No.4 (クロ 4), (以後、
 図中、文章中で区名と試験木番号をこのように略記
 する)では8月1日、および8月15日に50ppm
 が、9月5日に微量が検出された。クロ2では8月
 8日と8月15日に10ppmが検出された。しかし、
 樹脂流出停止のあった他の供試木ではいずれの調査
 時においても検出されなかった。アカマツ区では樹
 脂流出の停止したアカ1で8月8日に50ppmが検
 出されたが、その後の検出はなかった。樹脂流出の
 停止がみられた供試木のうち、アカ4では8月1、8
 日に10ppmが検出された。アカ5では8月15日
 に10ppmが検出された。しかし、アカ3では、エ
 チレンの検出はみられなかった。無接種対照区にお
 いては、いずれの供試木からもエチレンガスの検出
 はみられなかった。

4. 検知管でのエタノールの検出：エタノールの検
 出結果を図一3に示す。



図一3. 試験木別エタノールの検出濃度 (ppm)
 の経日変化

これによると、クロマツ区、アカマツ区ともに、
 8月1日に2,000ppmを示すものがみられたが、8
 月8日には減少し、8月15日以後には検出されて
 いない。ところが、無接種対照区においては、8月
 1日だけではなく、8月8日にも2,000ppmを示す
 ものがあり、その後も検出されている。

5. マツノマダラカミキリの産卵

マツノマダラカミキリの産卵痕の有無を調査した
 ところ、9月5日にクロ4の地上1.5~1.8m高の樹
 皮上に12個の産卵痕が見られたが、他の接種木で
 は産卵痕は観察されなかった。

IV 考察

エチレンガス発生検出木とマツノマダラカミキ
 リの産卵：マツノマダラカミキリは産卵に適した発
 病木を短期間に、的確に探知し、発病木だけを選び
 産卵しなければ次世代につながらない。マツノマダ
 ラカミキリは何を指標として発病木を探知している
 のであろうか。本報告においては樹脂流出による発
 病診断とともに、発病時に発生しているとの報告の
 あるエタノール (1) およびエチレンガス (4) の
 マツノザイセンチュウ接種後の樹幹からの発生量を
 検知管により測定した。この二種の揮散物質のうち、
 エタノールは、線虫無接種区において発生がみられ
 ており、発病と関係なく発生するものと考えられた
 が、エチレンガスについては、線虫無接種区におい
 ての発生がみられない一方、マツノザイセンチュウ
 接種木ではクロ1、2、4、5および、アカ1、4、
 5で検出がみられ、それらでは樹脂流出の停止があ
 った。そのうち、8月1日、15日に50ppm、9月
 5日に5ppmの発生のみられたクロ4においてその
 樹幹粗皮上に、マツノマダラカミキリの産卵痕がみ
 られた。そのことから、エチレンガス発生が樹脂
 流出の停止や産卵と関連している可能性が示唆され
 た。

樹脂流出の有無による線虫接種木の発病状況：付
 け傷からの樹脂の流出によるマツノザイセンチュウ
 接種木の発病状況調査では、クロマツ区では樹脂流
 出停止木本数が8月8日以後増加し、アカマツでは
 減少した。これはクロマツでは温暖地同様に、発病
 から枯死に不可逆的に進展 (3) する一方、アカマ
 ツでは異なるものであった。これは、寒冷地におけ
 る発病経過の多様性を示す一例であり、さらに寒冷
 地においてはマツノマダラカミキリの発生が遅い一
 方、マツ材線虫病の進行を促進させるに十分な高温
 日が多くないこと、マツノマダラカミキリの産卵行

動可能期間が短いこととあわせ、温暖地に比べ発病と産卵の同期が困難な条件にあるといえる。

マツ材線虫病の進展と降雨：本報告で、線虫を接種し、供試木からの揮散物質の測定を実施した8月、9月において、この地方では、表—2に示すように、

表—2 試験地周辺の平均気温、降水量*

	2006年		2007年	
	平均気温	降水量	平均気温	降水量
6月	19.0	83.0	20.6	143.5
7月	21.8	211.4	21.9	133.5
8月	26.1	90.4	24.9	192.2
9月	20.4	93.5	22.1	312.9

*秋田気象台発表

前年に比べ、平均気温はあまり変わらなかったが降水量は多かった。降水は、マツ材線虫病の進展を抑制する(7, 8)のに働かき、それが、特にアカマツの樹脂流出の回復やエチレングスの発生量の減少に働いたものとも考えられる。

揮散物質検出による非破壊的診断技術開発：マツノマダラカミキリは発病木を探知するため揮散物質を何らかの指標としていると考えられる。本研究では、エチレングスによるマツ材線虫病の簡易診断技術として梨の熟度をエチレングスの発生で判定する食べ頃紙を試みたが、それについては、良好な結果は得られなかった。その原因については、この資材のエチレングスに対する感度が十分発揮されなかったことが考えられるので、設置方法を改善したり、この資材の感度をより高めたりする必要がある。また、非破壊的な診断技術を開発するため、揮散物質の捕集を地上の樹幹で行なったが、エチレングスは、樹冠からも発散していることも考えられるので、簡易な方法を開発することとは反するが、今後は樹冠部での捕集も考えたい。それとは別に、マツ材線虫病にもなって揮散する物質として、モノテルペン(1)のあることが報告されている。これについても簡易な検出手法を検討したい。

*本研究は、農林水産省研究プロジェクト「先端技術を活用した研究高度化事業」により行った。

引用文献

- (1) Ikeda, T & Oda, K.(1980) The occurrence of attractiveness for *Monochamus alternatus* HOPE(Coleoptera:Cerambycidae) in nematode-infected pine tree. J. Jpn. For. Soc. 62(11):432-4.
- (2) Kim, Jin-Ho & Shiratori, S.(2006) Fabrication of color changeable film to detect ethylene gas. Jpn. J. of Applied Physics 45(5A) : 4274-4278.
- (3) 清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp.の接種試験. 日林誌 53:210-218.
- (4) 森徳典・井上敬雄 (1986) マツノザイセンチュウによるマツ樹幹のエチレン生成とその誘導因子としてのセルラーゼ. 日林誌 68(2): 43-50.
- (5) 小原祐太・小林一三 (2007) 夕日の松原におけるマツノマダラカミキリの脱出消長と材線虫保持数. (「平成 17~18 年度科研費補助金研究成果報告書, 研究代表者 小林一三, 秋田県立大学, 163pp., 秋田市」):46-83.
- (6) 小田久五 (1967) 松くい虫の加害対象木とその判定法について. 森林防疫ニュース 18 : 263-266.
- (7) 鈴木和夫 (1984) マツの水分生理状態と材線虫病の進展. 林試研報 325 : 97-126.
- (8) 鈴木和夫・仁多見俊夫・熊谷洋一 (1987) マツ類材線虫病の発現と気象要因. 東京大学演習林報告 76 : 163-175.