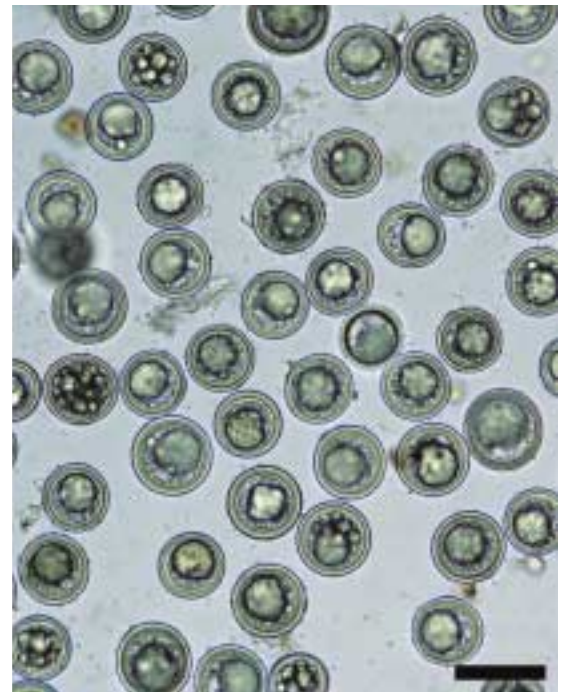


# 森林

FOREST PESTS

# 防疫



## 目次

### 総説

- キツキ類の保全のための森林管理 1. マツ材線虫病対策としてのアカゲラの保全のための森林管理  
[中村充博・鈴木祥悟・由井正敏] ..... 3

### 論文

- マツ材線虫病抵抗性クロマツの効率的な苗木生産方法を求めて  
—SMP処理, 弱病原性線虫の接種および挿し木技術を利用した苗木の抵抗性—  
[森 康浩・宮原文彦] ..... 13

### 在外研究報告

- フロリダ大学での熱帯線虫研究  
[神崎菜摘] ..... 25

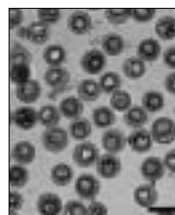
- 読者の広場：松くい虫被害との30数年の闘い(内海 健) ..... 29  
都道府県だより：山形県・福井県 ..... 33  
データベース紹介：一般公開された「日本植物病名データベース」(佐藤豊三) ..... 36  
森林病虫獣害発生情報：平成21年6月・7月受理分 ..... 37  
林野庁だより：平成20年度松くい虫被害について ..... 40



A



B



C

[表紙写真] マイマイガと天敵微生物疫病菌

写真A：マイマイガによるカラマツの被害。

写真B：マイマイガ疫病菌に感染して死亡したマイマイガ幼虫。

写真C：マイマイガ疫病菌の休眠胞子，棒線=50 $\mu$ m。

(A, Bは2008年7月16日, 岩手県岩手郡葛巻町にて。Cは同町で採集した死体中のもの。)

マイマイガ(*Lymantria dispar*)は幼虫がクリ, カンバ類, ハンノキなどの広葉樹やカラマツの葉を食害する代表的な食葉性の森林害虫。しばしば大発生するが, 天敵微生物の働きで大発生が終息することが多い。マイマイガ疫病菌(*Entomophaga maimaiga*)は, 核多角体病ウイルスと並ぶマイマイガの主要な天敵微生物で, 大発生を抑える働きをしている。重要な病原体ではあるが, 見た目の美しさはなく, この菌に感染したマイマイガの老齢幼虫は, 体内に休眠胞子を形成するので, 新鮮な死体の内部はドロドロに溶けて黒化し, 気持ち悪がられることが多い。昆虫病原菌の中でも, 見て楽しい冬虫夏草などはマニアに人気があるが, 疫病菌類が好きだという人は, かなりの通といえる。

((独) 森林総合研究所 島津光明)

## 総説

## キツツキ類の保全のための森林管理

## 1. マツ材線虫病対策としてのアカゲラの保全のための森林管理

中村充博<sup>1</sup>・鈴木祥悟<sup>2</sup>・由井正敏<sup>3</sup>

## はじめに

キツツキ類は、繁殖やねぐらのための巣穴を自ら掘ることができる一次樹洞営巣種であり、キツツキ類の掘った穴は、自分では巣穴を掘ることのできない他の多くの二次樹洞営巣種の動物によっても利用される（松岡・高田，1999）。このように群集内において特に多くの種との相互関係をもち、種間関係のかなめの役割を果たしていることから、中枢種またはキーストン種と呼ばれ（Paine, 1969; Mills *et al.*, 1993）、環境の物理的な状態を改変して生態系全体に影響を及ぼすために生態系エンジニアとも呼ばれる（Jones *et al.*, 1997）。また、キツツキ類は樹皮や木部に穿入して生活する昆虫の個体数を抑える働きにより、樹木の幹とその樹皮の健康維持に貢献している（Knight, 1967; Koplín, 1972; Symondson *et al.*, 2002）。キツツキ類が失われた場合、食物となっていたカミキリムシなどの幼虫が増加したり、キツツキ類が掘る巣穴を利用していた二次樹洞営巣種の動物が減少することが考えられ、このような種の増減はさらに別の種の増減を引き起こし、連鎖的に影響が広がっていくと予想される。また、大量の枯死木をつつき、分解者が利用しやすいようにしているという点では、樹木の分解の推進に貢献している。このように、森林生態系の多様性維持に重要な役割を果たしているキツツキ類については、特に重点的な保全が望まれている（樋口，1996）。

アカゲラ（*Dendrocopos major*）は、世界的にはアフリカ大陸北部、ユーラシアの中緯度地方、中国南部などに分布している。日本では四国や九州を除く本州以北に分布しており、東北地方では普通に見られる種である。一年を通じて同じ地域で生活する留鳥で、基本的に一夫一妻であるが、一妻多夫の

例も知られている（小高，1997；Gorman, 2004）。アカゲラの食物は昆虫類や樹木の実などであるが、樹木の材内に潜む穿孔虫を好んで食べる（Gorman, 2004）。マツ材線虫病の研究の中でも、野外に実験用として設置したマツノマダラカミキリの産卵したマツ材に、キツツキ類の捕食跡が見られ、アカゲラがマツノマダラカミキリ幼虫を捕食することが確認された（五十嵐，1980；加茂谷・藤岡，1981）。

マツ材線虫病は、マツノサイセンチュウ（*Bursaphelenchus xylophilus*）（以下センチュウ）という体長1mmほどの小さな線虫が原因で起こる病気である。そして、この線虫を被害木から健全木に運び、伝染病のように周囲に被害を広げるのがマツノマダラカミキリ（*Monochamus alternatus*）（以下マダラカミキリ）である。マダラカミキリは線虫によって弱ったマツ（アカマツ、クロマツなど）の樹皮下に産卵し、幼虫はマツの材を食べながら内部にもぐりこみ、蛹室を作って越冬する。蛹室でマダラカミキリが羽化した直後、その気門や気管に1万5千頭から20万頭ものセンチュウが入り込む。線虫を持ったマダラカミキリ成虫が蛹室から脱出し健全なマツを後食する時、そのかみ傷からセンチュウが樹体に侵入して健全木を枯らしていくというサイクルを繰り返す（真宮，1992）（図-1）。

国内のマツ材線虫病の被害は、センチュウの発見（清原ら，1971）および1977年制定の「松くい虫防除特別措置法」や1982年制定の「松くい虫被害対策特別措置法」による防除により1979年の約243万<sup>2</sup>㎡をピークに減少しており（全国森林病虫害防除協会（編），1997）、2003年には約80万<sup>2</sup>㎡となった。しかし、東北地方では、寒冷地に多く見られる年越し枯れなどにより被害対策が難しいこともあって被害地

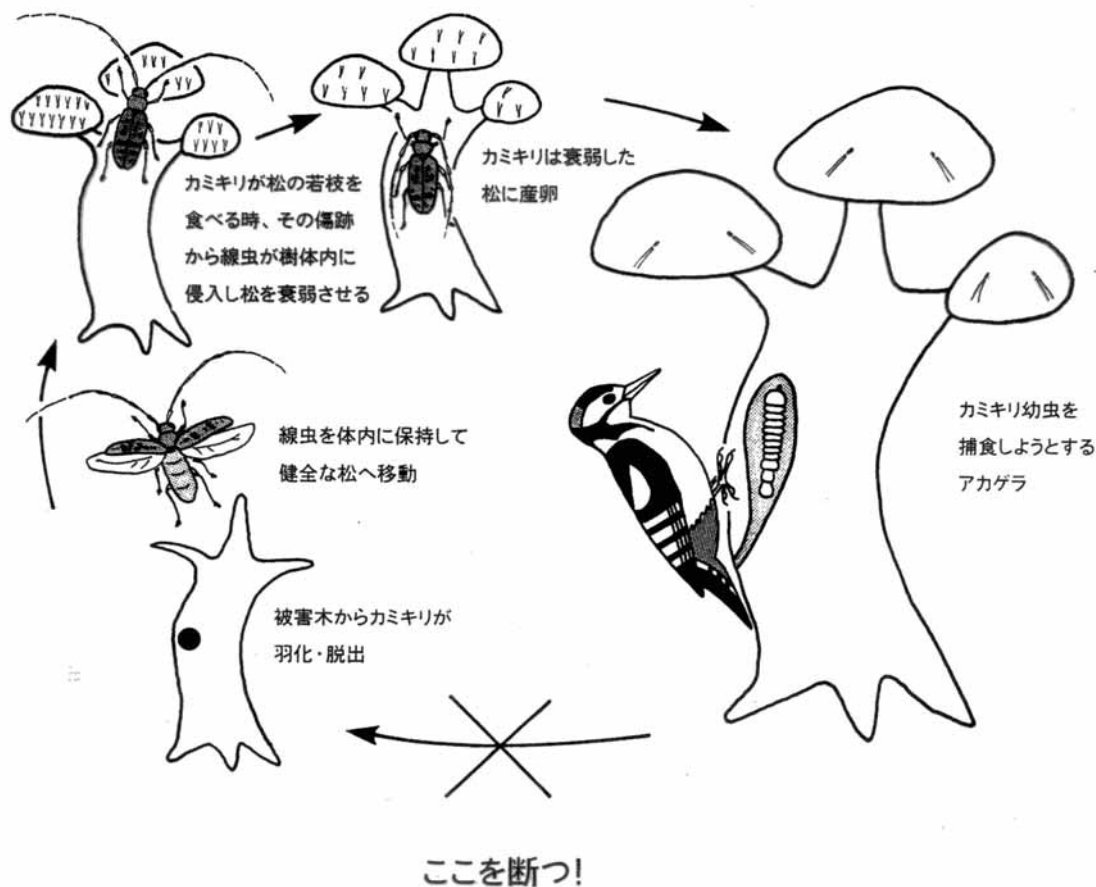


図-1 マツ材線虫病でマツが枯れる仕組み

の分布域が北上しており、さらなる被害の拡大が懸念されている（陣野ら，1987）。

マツ材線虫病の防除のためには、センチウの生活環をどこかで断ち切ることが必要である。一つの方法は、被害を拡大させるマダラカミキリの防除であり、これまでも被害木に潜む幼虫を駆除するための枯れたマツの伐倒焼却や燻蒸処理、成虫の羽化脱出を防ぐための薬剤散布などが行われてきた。しかし、薬剤散布は、多くの生物に直接的影響を与えたり、生態系のバランスを崩し他の病害虫を大発生させたりというような危険性も心配される（全国林業改良普及協会（編），1977；全国森林病虫害防除協会（編），1997）。そこで、生物的防除のひとつとして樹皮や木部に穿入して生活する昆虫を捕食するアカゲラをマダラカミキリの天敵として利用することを考え、アカゲラの捕食者としての役割を發揮させる

ための森林管理について考察する。

### アカゲラの捕食生態

マツ材線虫病対策に鳥類を利用する場合、どのような鳥が適しているかを見極めて対策を進める必要があるが、日本に生息する鳥類の6目14科33種がカミキリムシ類を捕食し（由井，1980）、網室内でのマツノマダラカミキリ成虫の付け加え実験では15種中14種の鳥類で捕食がみられた（井上，1986）。野外のマツノマダラカミキリ成虫の付け加え実験ではエナガ、シジュウカラ、ヒヨドリで捕食の可能性があり（池田，1986a）、ヒヨドリやイカルによる捕食の確認もされている（井上，1984b）が、キツキ類以外の鳥類では、偶然目の前に現れた成虫を捕食したに過ぎないと考えられる（由井，1980）。一方、マダラカミキリを人為的に材入させた丸太を用

いた野外実験の結果からは、材内の幼虫を捕食するのはキツツキ類に限られており（井上, 1984a; 池田, 1986b), アカゲラのほかコゲラ, アオゲラ, オオアカゲラでマダラカミキリの捕食が確認されている（山本, 1982; 由井, 1984)。しかし, コゲラは捕食率が低く（井上, 1984a; 池田, 1986b), アオゲラとオオアカゲラは, 高い捕食率を示す場合があると報告されている（井上, 1984a) が, アオゲラは樹幹, 葉上でアリやチョウ目幼虫を採餌することが多く, オオアカゲラは東北地方ではおもにブナ林域に生息するなど生息地域が限定されている。そのため, 九州と四国を除いて広く分布し, 硬い材を掘るのに適した嘴を持ち捕食実験でも高い捕食率を示した（井上, 1984a) アカゲラがマダラカミキリの有力な天敵になると考えられる。

アカゲラは木の中の昆虫を捕食する場合, まず木の表面を打診によって探索した後, 木の内部をくちばしで穿孔する。キリとスギへの穿孔について調査した結果, 穿孔の深さ（平均）は, キリで35.6mm, スギで48.6mmであり, その深さに穿入している昆虫を捕食する能力を持っている。また, キリの場合, 捕食に成功した穿孔の深さと捕食失敗の穿孔の深さとの間には有意な差はないため, 昆虫を発見できる深さの場合には他の要因も関連して捕食の成功が決まると考えられる。また, 残留昆虫の穿入の深さと捕食成功の穿孔の深さとの間に有意な差がみられたが, 昆虫が深く穿入するとアカゲラが昆虫の存在を認識することが困難になるからだと考えられ, その深さは58mm前後であった（中村ら, 1991)。一方, マダラカミキリ材内幼虫の穿入の深さは, 20~40mmくらい（安永, 1964), 蛹室から内樹皮までの最短距離は, 平均2.4~9.5mm（岸ら, 1982) であり, マダラカミキリ材内幼虫は, アカゲラが昆虫の存在を認識できなくなる58mm前後より浅くしか穿入しない。そのため, アカゲラはマツノマダラカミキリ材内幼虫を十分に探知して捕食できる能力があり, 捕食性天敵として有効であると考えられる。

実際に, アカゲラがマダラカミキリ幼虫を捕食したと考えられる事例についてまとめてみる。アカゲ

ラがマダラカミキリ幼虫を捕食するのは, 材入して蛹室内にいる時と材入前に樹皮下にいる時である。松枯れ被害木の調査では, 材内幼虫ステージでの捕食率は, 秋田県天王町, 秋田市では45.3~58.2%（加茂谷・藤岡, 1981), 宮城県や秋田県岩城町の調査では80%以上（由井ら, 1993) である。マダラカミキリを人為的に材入させた丸太を用いた野外実験では, 岩手県で41.4~89.2%（五十嵐, 1980), 山形県で9~52%（斉藤, 1995) という報告があり, 地域などによって捕食率に幅はあるが高い捕食率を示す場合があることがわかる。樹皮下幼虫のステージでは, アカゲラは幼虫孔道1カ所への穿孔で的確に捕食を行っており, その捕食率も平均63.2%と高かった。また, 樹皮下幼虫の発見率も平均68.0%と高く, 発見したときの捕食率は90%を超えていた。このため, 樹皮下幼虫のステージに対してもアカゲラは捕食者として十分に機能すると考えられる（中村ら, 1991)。さらに, 樹皮下幼虫のステージに捕食を逃れたとしても, 材内幼虫のステージで高い捕食圧を受けるため, 幼虫ステージ全体を通してのアカゲラの捕食効果は非常に大きなものになると考えられる。東北地方でのマダラカミキリの特徴として, 1年1世代のものもあるが, 2年1世代になるものの割合もかなり高い（五十嵐, 1984; 佐藤・作山, 1984; 加茂谷, 1986)。そのため, 樹皮下幼虫期間が他の温暖な地域よりも長いので, アカゲラによる防除効果がより期待できる。

### アカゲラの生息環境と森林管理

アカゲラは様々なタイプの森林に生息することができるが, アカゲラの生息密度が高い方がマダラカミキリ幼虫の捕食率が高いことから（由井ら, 1993; 長岐・富樫, 1996; 長岐, 2004), マツ材線虫病の防除に役立てるためには, 被害が予測される林分での生息密度を高める必要がある。

アカゲラがどのような林を好むかを明らかにするために, 岩手県内のアカゲラの生息状況と森林タイプの関係を解析したところ, 本種は幼齢林を除いて様々なタイプの森林に生息していることが明らかに

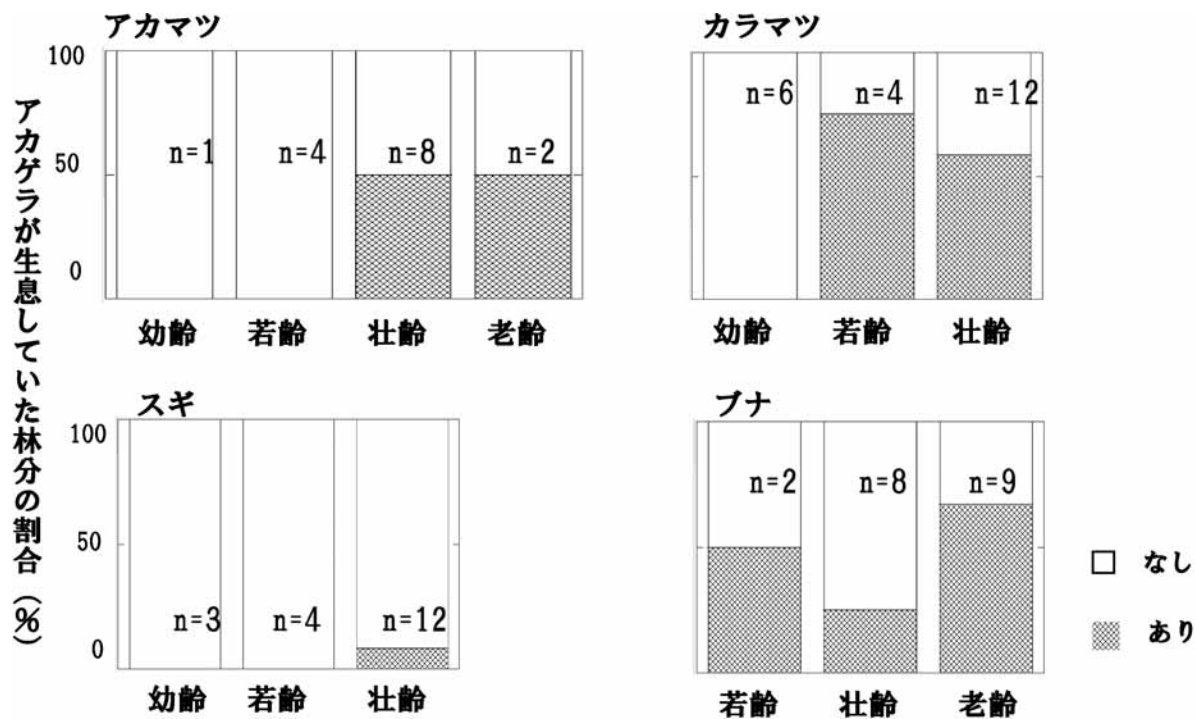


図-2 アカゲラが生息する森林タイプ (樹種, 樹齢別)  
カラマツ, スギでは老齢林が, ブナでは幼齢林の調査林分がなかった

なった (図-2)。また, 生息密度は, 特定の樹種や樹齢で高いということにはなかったが, 林の上層あるいは上層と中層の構造が重要であると考えられ, アカゲラの生息密度を最も高める森林タイプは針広混交林で中層に広葉樹がある場合であった。そのため, アカゲラをマツ材線虫病の防除に役立てるためには, 単純針葉樹林型の林の場合, 中層に広葉樹を混入させるとともに, 上層にも広葉樹が混交するような林型の林分へと育成していく必要がある (中村ら, 2007)。アカゲラの生息には, 営巣やねぐらのための穴を掘ることのできる太い木が必要であるが, 岩手県滝沢試験地でのアカゲラ営巣木の調査では, この試験地の主林木であるアカマツやその枯死木よりも広葉樹の方が圧倒的に好まれており, 他の調査例でもその85%は広葉樹の高木であったので (由井, 1988), この点からも, マツ林内に広葉樹を混交していくことが大切である。ただし, 尾根筋や岩盤砂礫地など土壌条件の脊悪な乾燥地に適応しているマツ林の場合, 他樹種が混交して林地が肥沃に

なると種間競争により樹勢が衰えてかえってマツ材線虫病にも侵されやすくなることも考えられるため (由井, 1992), こうした危険性にも留意して誘導する方法を選定する必要がある。

以上から, マツ林以外へと誘導が可能な林では, アカゲラの生息密度を一番高める上層及び中層に広葉樹が混交するような針広混交林へ誘導することがマツ材線虫病防除の点で有効であると考えられる。一方, マツ林以外への誘導が不可能な林については, 中層に広葉樹を導入していくことがアカゲラの生息密度を高めることになるだろう。ただし, 広葉樹の導入が好ましくないマツ林では, 周辺に太い広葉樹を配置するように誘導する方法がよいと考えられる (由井, 1992)。

### アカゲラの誘致法

アカゲラにマダラカミキリ幼虫を捕食させることによりマツ材線虫病の防除に役立てるために, 森林管理によりアカゲラの生息密度を高める方法を示した。



図-3 アカゲラによる底無し型巣箱の利用

しかし、マツ材線虫病が発生しているマツ類の単純林では、アカゲラの生息密度が低くマダラカミキリの捕食率も低いと考えられている（由井ら，1993）。富樫（1991）は、マツ材線虫病の防除をマツ材線虫病の初期発生林において殺虫剤の予防散布を行わずに枯死木の伐倒駆除だけによって行うためには、マダラカミキリ死亡率が80%以上あることが必要としている。ここで、伐倒駆除とともにアカゲラ誘致を組み合わせれば、アカゲラが5 haあたり1羽生息すると、成虫の発生数100~1,000頭/ha程度の初期発生林では、制御可能水準に抑えられると考えられる（由井ら，1993）ことから、マツ材線虫病の発生が懸念されるマツ林に早期にアカゲラを誘致することが重要である。

キツツキ類の保全の手段として、キツツキ類専用の合成樹脂製のねぐら用巣箱の架設が行われている（Peterson and Grubb, 1983；鈴木ら，1986）。また、アカゲラが箱形巣箱をねぐらに利用した例の報告もある（Matsuoka and Kojima, 1979；Cramp, S. (ed.), 1985）が、これらの巣箱では他の樹洞営巣性種との競合が考えられる。そのため、アカゲラが巣穴の中の側壁にしがみついて寝る習性を利用し、

従来型の巣箱から底の部分を取り払いねぐら専用の巣箱である底無し型巣箱を考案した（Nakamura *et al.*, 1995）。この巣箱は、底の部分を取り払うことで他の鳥と競合しない、天敵からの逃避箇所が上部入口と底の2カ所あるというような利点をもっている。架設実験を行った結果、新たに開発した底無し型巣箱は、アカゲラに継続的に利用されていることから有効であることがわかった（中村ら，1995：図-3）。また、繁殖期に2つがいがなわばりを維持している岩手県盛岡市の森林総合研究所東北支所（以下東北支所）の林で冬期には最大6羽のアカゲラが底無し型巣箱をねぐらとして利用したことから、この巣箱はアカゲラにとって自然のねぐらと同様に適していると考えられる。また、巣穴の形状については、角入口でも利用されるものの丸入口の方が多く利用されることから丸入口が適していると考えられる。底無し型巣箱のアカゲラによる月別の利用状況は次のとおりである。4、5月は営巣期でありオスは営巣穴で夜を過ごすため巣箱の利用数が減少する。6、7月はオスや巣立った幼鳥もねぐらとして利用するため巣箱の利用数が増加する。8月は幼鳥の分散期にあたり一時的に底無し型巣箱の利用数が

減少するが、9月以降はなわぼりが解かれ他の地域からの分散個体も移入してくるため利用数が増加する。2, 3月になると再びなわぼりが形成されはじめるため巣箱の利用数やや減少する。マツ材線虫病の蔓延を抑制するための1つの手段としてのアカゲラの誘致のためのねぐらの供与は、他の地域の分散個体も移入する9月から2月の間の巣箱の供与が重要であり、マダラカミキリの幼虫期間が長い東北地方では冬期のアカゲラによる捕食が効果的であることも考え合わせると、この期間に定着個体を増加させることが必要であると考えられる。

繁殖期にもアカゲラに定着してもらうためには、繁殖用の巣丸太の供与が考えられる。これまでも、直径20cm長さ45cm程の丸太の側面上部に入口として直径5cm深さ5cmの穴だけを掘り込んだ入口式巣丸太の架設実験は各地で行われており、繁殖目的の利用のほかねぐらとしての利用も確認されている(舟越・小林, 1988; 藤岡・富樫, 1992, 大泉・佐藤, 1993; 齊藤・大泉, 1994)。また、他のキツツキ類でも、アオゲラで巣丸太の利用が報告されている(井上, 2004)。東北支所構内で行った架設実験においても、アカゲラによって繁殖用として利用された。東北支所構内には以前からアカゲラが生息し、カスミザクラなどの大木に穴を掘って繁殖しているが、巣穴を掘ることができる自然木がある状況下でも人為的に供与した丸太が利用されるということは、巣丸太がアカゲラにとって魅力的な営巣のための資材であり、また、アカゲラがそのような丸太を利用する適応性があることを示している(由井ら, 1985)。しかし、使用された入口式巣丸太は数kgという重量があり、架設するのに労力を要する。また、アカゲラは広葉樹への営巣選好性が高く、東北支所周辺ではサクラ類に巣穴を掘ることが多いが、人工巣丸太では、カンバ類がよく利用されている。これは、キツツキ類の営巣木の特徴として辺材部が健全でかつ心材部が腐朽しているような木を選択することが多いことから(Conner *et al.*, 1976)、心材部の腐朽のしやすさなどが影響したと考えられる(中村ら, 1995)。そのため、架設の労力を少しでも軽

減し、しかもキツツキ類の営巣木の特徴を再現した中空式分割型巣丸太と中空式穴開け型巣丸太を考案した。入口式と中空式の巣丸太の架設実験の結果、両方の巣丸太でつつき跡などの反応がみられたが、中空式の方で多かったことから、入口式よりも中空式の方がよいと考えられる(中村ら, 1998)。中空式のうち分割型ではつつき跡の反応が多くみられたが、それ以降の営巣行動である入口掘りあまりみられず、採餌痕のように開けられる場合が多く、また、架設後に丸太を合わせていた部分が開いてしまうということもあった。一方、中空式穴開け型では、反応なしの丸太もみられたが、反応があった場合すべて営巣行動である入口掘りにまで進み、かつ繁殖成功もみられた。また、カンバ類の巣丸太でアカゲラの反応が起こるまでの期間では、入口式は中空式分割型や中空式穴開け型よりもアカゲラが繁殖に使用できる条件である辺材部が健全でかつ心材部が腐朽しているような状態になるのにより多くの時間を要すると思われる。これまで行われてきた入口式巣丸太の架設実験では、アカゲラが繁殖に利用したのは、架設後3繁殖シーズン目であったが、今回使用した巣丸太のうち、中空式穴開け型では、架設した次の繁殖シーズンには利用され、巣立ちまで確認された(図-4)。アカゲラの自然状態での巣穴の構造は、入口直径5~6cm、深さ25~35cm、内径11~12cm(Cramp, S.(ed.), 1985)や巣の入り口の直径4~6cmぐらい、入り口から水平にうがった後に垂直になり、産座までの深さ22.5~45cmぐらい(清棲, 1978)などである。今回、繁殖に成功した巣丸太では、入口直径5cm、深さ23.5cm、内径10cmであり、巣穴としては小さかったが、これ以外の巣穴が完成した巣丸太では、入口直径5cm、深さ34cm、内径11cmで、自然状態の巣穴の最大の大きさに近いものであった。このため、アカゲラの繁殖のためには、これまで架設してきた巣丸太の大きさが十分であると考えられる。また、巣丸太の架設高は3~4mと、自然木での巣穴の高さの平均である6.3mより低かったが、実際に繁殖に利用されていることや架設時の安全性を考えると妥当であると思われる。また、架



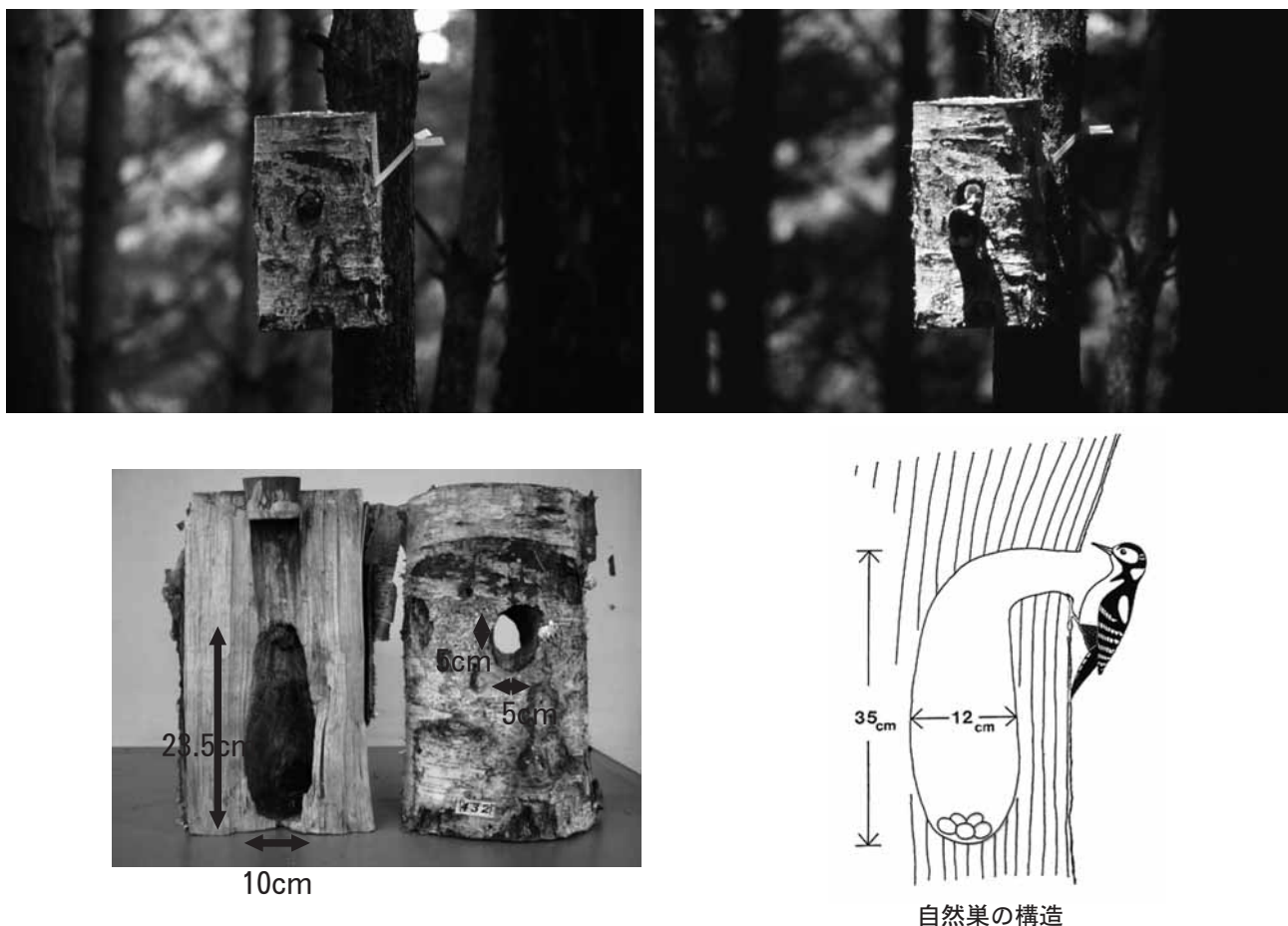


図-4 アカゲラによる巣丸太での繁殖例

設方位については、選好性がみられなかったが、アカゲラが巣穴に出入りしやすいように前方が開けている方向に架設するのがよいと考えられる（中村ら，2007）。アカゲラをマツ単純林へ誘致し増殖するための方法として、ねぐら用には底無し型巣箱，繁殖用には巣丸太が有効であり，架設方法としては架設時に巣丸太が前傾するようにし，樹木の高さ3～4mの位置の前方が開けた向きに架設する。巣丸太としては，直径約20cm，長さ約45cmのカンパ類が適しており，上部から円筒の空洞にした中空式の穴開け型が，入口式よりも空洞の部分だけ軽くなること，アカゲラによる営巣利用までの期間が短いことなどから適していると考えられる。

以上から，マツ材線虫病対策としてアカゲラの生息密度を高めるための森林管理として，長期的には，

アカゲラの生息密度を一番高める上層及び中層に広葉樹が混交するような林型である針広混交林へ誘導するか，または中層に広葉樹を導入していくことが有効である。また，広葉樹の導入が好ましくないマツ林では，周辺に太い広葉樹を配置するように誘導する方法がよいと考えられる（由井，1992）。短期的には，底無し型巣箱や中空式巣丸太を架設してアカゲラを誘致することが考えられる。その場合，アカゲラの生息密度が15haあたり3羽以上で捕食率がほぼ100%になることや伐倒駆除とともにアカゲラ誘致を組み合わせた場合にも，同じような密度で，成虫の発生数100～1,000頭/ha程度の初期発生林では制御可能水準に抑えられると考えられる（由井ら，1993）ことから，10haに1つがい以上を誘致することが望ましいため，底無し型巣箱は10haに最低

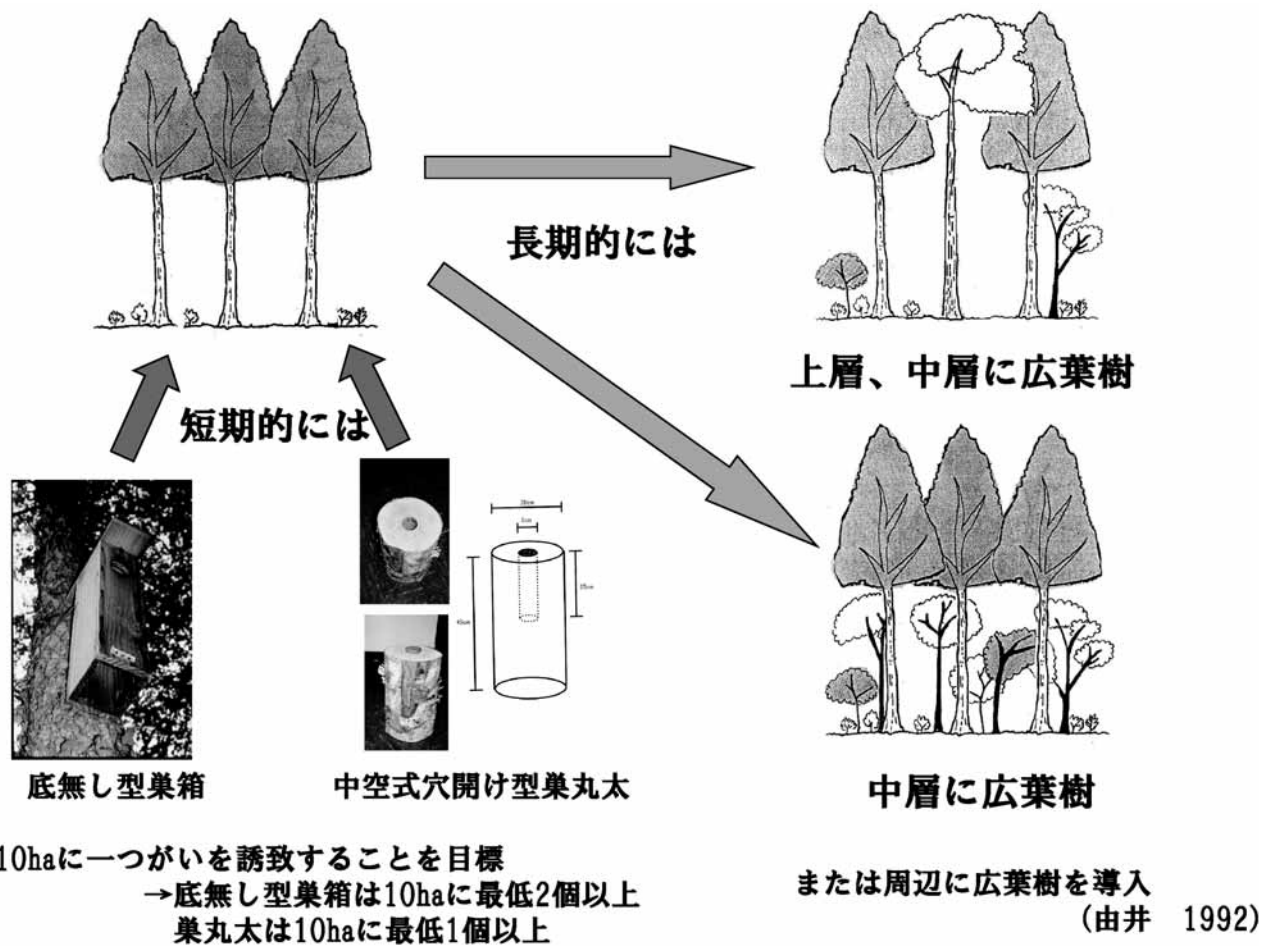


図-5 マツ材線虫病対策としてのアカゲラの保全のための森林管理

2個以上、巣丸太は10haに最低1個以上架設するのがよいと考えられる(図-5)。

### 引用文献

Conner, R.N., Miller, O. K. and Adkisson, C. S. (1976) Woodpecker dependence on trees infected by fungal heart rots. *The Wilson Bulletin* 88: 575~581.

Cramp, S. (ed.) (1985) "Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa, IV". Oxford University Press, 960p, New York.

藤岡 浩・富樫 均 (1992) キツツキ類によるクロマツ林における巣材丸太の利用状況. *日林東北支誌* 44: 167~168.

船越日出夫・小林光憲 (1988) 岩手県種市町にお

るアカゲラによる人工巣の利用例. *日林東北支誌* 40: 221~222.

Gorman, G (2004) *Woodpeckers of Europe, A Study of the European Picidae*. 192pp. Bruce coleman Books, UK.

樋口広芳(編) (1996) 保全生物学. 東京.

五十嵐正俊 (1980) キツツキ類によるマツノマダラカミキリ越冬幼虫の捕食. *91回日林論*: 363~364.

五十嵐正俊 (1984) 東北地方におけるマツノマダラカミキリの生態(Ⅳ) -産卵時期と2年1世代中の出現割合-. *日林東北支誌* 36: 222~223.

池田浩一 (1986a) マツノマダラカミキリの天敵野鳥に関する研究(Ⅲ) -成虫捕食について-. *日林九支研論集* 39: 163~164.

池田浩一 (1986b) マツノマダラカミキリ天敵野鳥

- に関する研究(Ⅳ)－樹体内生息期間の被捕食量－。  
日林九支研論集 39: 165～166.
- 井上牧雄 (1984a) 付け加えたマツノマダラカミキリの野鳥による被捕食量調査 (I, 幼虫の被捕食量). 日林関西支講 35: 170～173.
- 井上牧雄 (1984b) 付け加えたマツノマダラカミキリの野鳥による被捕食量調査 (II, 成虫の被捕食量). 日林関西支講 35: 174～176.
- 井上牧雄 (1986) 捕獲した野鳥に対する松喰い虫の給餌試験. 第37回日林関西支講: 225～228.
- 井上牧雄 (2004) 松くい虫の天敵アオゲラ. 鳥取県林業試験場研究情報 No.13.
- 陣野好之・滝沢幸雄・佐藤平典 (1987) 寒冷・高地地方におけるマツ材線虫病の特徴と防除法. わかりやすい林業研究解説シリーズ86, 林業科学技術振興所, 東京.
- Jones, C. G., Lawton, J. H. and Shachak, M. (1997) Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* 78: 1946～1957.
- 加茂谷常雄 (1986) 秋田県におけるマツノマダラカミキリー成虫の羽化脱出時期及び餌木の設置時期と2年1化虫の発生－. 日林東北支誌 32: 203～205.
- 加茂谷常雄・藤岡 浩 (1981) 秋田県におけるマツノマダラカミキリーキツツキ類による越冬幼虫の捕食－. 日林東北支誌 33: 187～189.
- 岸 洋一・早坂義雄・横溝康志・武田丈夫 (1982) マツノマダラカミキリー蛹室の深さの変異. 日林誌 64: 239～241.
- 清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する *Bursaphelenchus* sp. の接種試験. 日林誌 53: 210～218.
- 清棲幸保 (1978) 日本鳥類大図鑑 I. 講談社, 東京.
- Knight, J. R. (1967) The effects of woodpeckers on population of the Engelmann spruce beetle. *Journal of Economic Entomology* 51(5): 603～607.
- 小高信彦 (1997) 都市緑地に生息するアカゲラの繁殖生態. 第44回日本生態学会大会講演要旨集.
- Koplin, J. R. (1972) Measuring predator impact of woodpeckers on spruce beetles. *Journal of Wildlife Management* 36(2): 308～320.
- 真宮靖治 (1992) 森林保護学. 文永堂出版. 262pp., 東京.
- Matsuoka, S. and K. Kojima (1979) Winter food habits of Grey-headed Woodpeckers *Picus canus*. *Tori* 28: 107～116.
- 松岡茂・高田由紀子 (1999) キツツキ類にとっての立枯れ木と森林管理における立枯れ木の扱い. 日本鳥学会誌 47: 33～48.
- Mills, L. S., M. E. Soule and D.F. Doak (1993) The keystone-species concept in ecology and conservation. *BioScience* 43: 219～224.
- 長岐昭彦 (2004) アカゲラの巣箱利用によるマツノマダラカミキリーの捕食効果. 秋田県森技研報 12: 7～32.
- 長岐昭彦・富樫 均 (1996) 天敵鳥類のアカゲラを用いたマツノマダラカミキリーの駆除. 東北森林科学会誌 1: 59～61.
- 中村充博 (1991) キツツキ類の穿孔実態. 森林総合研究所東北支所たより 355: 1～3.
- 中村充博 (1998) アカゲラの繁殖用巣丸太. 森林総合研究所東北支所たより 443: 1～4.
- 中村充博・五十嵐豊・藤岡 浩・加茂谷常雄 (1991) キツツキ類による捕食のための穿孔実態. 森林防疫 40(8): 14～16.
- 中村充博・鈴木祥悟 (2007) アカゲラの誘致のための人工巣丸太の架設実験. 総合政策 9(1): 49～58.
- 中村充博・鈴木祥悟・由井正敏 (1992) 人工林におけるアカゲラの生息密度と環境. 日林東北支誌 44: 165～166.
- 中村充博・鈴木祥悟・由井正敏 (2007) 岩手県におけるアカゲラの生息密度と森林タイプの関係. 東北森林科学会誌 12(2): 77～80.
- Nakamura, M., Suzuki, Y. and Yui, M. (1995) Artificial wooden boxes for roosting woodpecker. *Wildlife Society Bull.* 23(1): 78～79.
- 中村充博・由井正敏・鈴木祥悟 (1991) アカゲラに

- よるマツノマダラカミキリ樹皮下幼虫の捕食について. 日林東北支誌 43: 159~160.
- 中村充博・由井正敏・鈴木祥悟 (1995) アカゲラによる底無型巣箱の利用状況. 日林東北支誌 47: 103~104.
- 中村充博・由井正敏・鈴木祥悟・舟越日出夫 (1995) アカゲラによる人工巣と自然巣の利用状況. 日林東北支誌 42: 193~194.
- 大泉雅春・佐藤千恵子 (1993) キツツキ類によるマツノマダラカミキリの捕食(III)ー営巣用丸太とねぐら用巣箱の利用状況ー. 日林東北支誌 45: 105~106.
- Paine, R. T. (1969) A note on trophic complexity and community stability. *Amer. Natur.* 103: 91~93.
- Peterson, A. W. and Grubb, Jr. T. C. (1983) Artificial trees as a cavity substitute for woodpeckers. *J. Wild. Manage* 47: 790~798.
- 斉藤正一 (1995) キツツキ類によるマツノマダラカミキリの生物的防除法. 山形県立林業試験場研究報告 25: 17~33.
- 斉藤正一・大泉雅春 (1994) キツツキ類によるマツノマダラカミキリの捕食(III)ー営巣用丸太と改良型ねぐら用巣箱の利用状況ー. 日林東北支誌 46: 53~54.
- 佐藤平典・作山 健 (1984) 岩手県におけるマツノマダラカミキリの2年1世代の出現及び線虫保持数. 95回日林論: 461~462.
- 鈴木祥悟・由井正敏 (1986) キツツキ類による人工巣の利用. 林業試験場東北支場たより 299: 1~4.
- 鈴木祥悟・由井正敏・青山一郎 (1986) 鳥類による合成樹脂製巣箱の利用例. 日林東北支誌 38: 218~129.
- Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D. and Greenstone, M.H. (2002) Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology* 47: 561~594.
- 富樫一巳 (1991) シミュレーションによるマツ材線虫病防除技術の評価. 林業と薬剤 116: 1~10.
- 山本栄治 (1982) マツの穿孔虫を捕食するキツツキ類. 森林防疫 31(12): 8~10.
- 安永邦輔 (1964) 松くい虫の分類と天敵の手引き, pp123, 熊本林野共済会.
- 由井正敏 (1980) マツノマダラカミキリを捕食する鳥類. 森林防疫 29(2): 34~36.
- 由井正敏 (1984) マツノマダラカミキリの天敵としてのキツツキ類の捕食実態と保護対策. 昭和59年度林業試験場東北支場研究発表会記録: 116~119.
- 由井正敏 (1988) 森に棲む野鳥の生態学. 東京.
- 由井正敏 (1992) 海岸林に生息する野鳥の保護対策 (日本の海岸林ー多面的な環境機能とその活用. 村井宏ほか編, ソフトサイエンス社, 東京), 349~351.
- 由井正敏・鈴木一生・山家敏雄・五十嵐正俊 (1985) キツツキ類の生息密度とマツノマダラカミキリの捕食率. 96回日林論: 525~526.
- 由井正敏・鈴木祥悟・青山一郎 (1985) キツツキ営巣用丸太の利用例. 日林東北支誌 37: 202~204.
- 由井正敏・鈴木祥悟・中村充博 (1993) キツツキ類によるマツノマダラカミキリ捕食実態と保護対策. 森林防疫 42: 105~109.
- 全国林業普及協会(編) (1977) 松くい虫と防除薬剤 その使い方と安全性. 東京.
- 全国森林病虫害防除協会(編) (1997) 松くい虫 (マツ材線虫病)ー沿革と最近の研究ー. 東京.

(2009. 6. 23 受理)

## 論文

# マツ材線虫病抵抗性クロマツの効率的な苗木生産方法を求めて

—SMP処理, 弱病原性線虫の接種および挿し木技術を利用した苗木の抵抗性—

森 康浩<sup>1</sup>・宮原文彦<sup>2</sup>

## 1. はじめに

マツ材線虫病（松くい虫被害）は、マツノサイセンチュウ（*Bursaphelenchus xylophilus*, 以下、材線虫とする）が引き起こすマツの萎凋病である。日本で初めての被害報告は1905年とされているが（二井, 2003）、100年以上たった今でも依然として日本のマツにとって脅威である。韓国や中国など東アジアでの被害も大きく（Sun 1982; La *et al.*, 1998; Kishi, 1995; 遠田, 2009）、1999年にヨーロッパで初めて確認されたポルトガルの被害（Mota *et al.*, 1999）も拡大しつつある（真宮, 2008）。現在、本病は世界中の森林生態系の脅威となっている（Working Party 7.02.10 IUFRO, 2009）。

マツを本病から守るには、材線虫の媒介者であるマツノマダラカミキリ（*Monochamus alternatus*）を薬剤散布により防除する方法が効果的である。しかし、農薬の効果は永続するわけではないので、毎年多額の費用をかけて散布を繰り返す必要がある。また、環境問題に敏感な現代社会においては、今後大規模な農薬散布は社会的に受容されにくくなることも予想される。そこで根本的な対策として、マツ材線虫病抵抗性（以下、抵抗性とする）の苗木を生産し、これを被害跡地に植栽していく事業が全国的に展開されている。

現在、各地で抵抗性のクロマツ（*Pinus thunbergii*）やアカマツ（*P. densiflora*）の採種園が造成され、採取した種子で実生苗が育成されている。採種園産実生苗は、一般の実生苗に比べて材線虫を接種した後の生存率が高く（宮原ら, 1994; 戸田, 1996; 後藤ら, 2002）、抵抗性が高いと考えられる。しかし、

実生苗は個体ごとの遺伝的ばらつきが大きく、採種園産のすべてが高い抵抗性をもつわけではない。このため、特に九州地方のクロマツの苗木生産現場などでは採種園産実生苗をそのまま出荷するのではなく、材線虫の接種検定を行い、発病しなかった検定合格苗だけを出荷するようにしている。しかし、採種園産実生苗のうち検定合格苗は30～60%程度しか得られず、苗木生産手法としては効率が悪い。歩留まりが低い上に、接種検定の手間賃が含まれるため、例えば福岡県産の2年生検定合格苗「筑前スーパーくろまつ」の単価は640円と、一般のクロマツ実生苗よりも約10倍高い。そのため、海岸林などへ大量の苗木を植栽する際はネックとなる。

このような背景から、抵抗性の高いマツだけを高い確率で供給し、接種検定を省略してコストを抑えることが抵抗性苗木生産の課題となった。抵抗性採種園には、複数の抵抗性クローンが植栽されているが、得られる実生苗は一部の種子多産性クローンの家系が優占する。種子多産性クローンの田辺ク-54号や額娃ク-425号（川内, 2000）は実生後代の抵抗性が低いため（宮原ら, 1994; 九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会, 1999; 後藤・宮原, 2000）、このことが採種園産実生苗全体の接種検定合格率を低下させている要因の一つと考えられる。しかし、抵抗性の低い家系であっても抵抗性の高いクローンの花粉を受粉した場合、抵抗性が高まることが示唆されている（後藤ら, 2002）。海外では、このような交配による採種園産実生苗の遺伝的改良を図る策の一つとして、Supplemental Mass Pollination（以下、SMP処理とする）が行われている（森口ら,

2005)。SMP処理は、予め採集した花粉を雌花に直接散布するため、通常の人工交配で必須の袋かけ、除雄、除袋という行程が不要である。したがって、SMP処理して得られた実生苗が接種検定を不要とするほど高い抵抗性をもつなら、低コストで苗木を生産できると考えられる。

また、個体そのものの抵抗性を高める手段の一つとして、誘導抵抗性が考えられる。誘導抵抗性とは清原（1981）により初めて報告された現象で、弱病原性の材線虫（以下、弱線虫）をマツに予め接種（以下、前接種）しておく、その後接種（以下、後接種）した強病原性の材線虫（以下、強線虫）によりダメージを受けるマツの割合が前接種のない場合に比べて低くなるというものである。これは弱線虫の接種によりマツに抵抗性が誘導されたと解釈されている。われわれはクロマツの遺伝的要因を考慮して実験をすると、弱線虫を接種しても発病率や枯死率は対照区よりも低く抑えられないことを報告した（森ら，2007）。しかし、誘導抵抗性の現象が確認できたとする報告は数多く（清原，1989；清原・山田，1996；小坂ら，2004；Takeuchi *et al.*，2006；酒井ら，2007），抵抗性の低い個体でも抵抗性を付与できる可能性は苗木生産の低コスト化を図る上で非常に魅力的である。

一方、われわれはこれまで、接種検定に合格したクロマツから挿し木により苗木を増殖する研究を行ってきた（森ら，2004；森ら，2006a；Mori *et al.*，2006）。挿し木苗は実生苗と異なり、親木と遺伝子が同じクローンである。したがって、接種検定で高い抵抗性を確認した個体から挿し木を行えば、接種検定を省略化でき、効率よく抵抗性の苗木が得られると考えられる。実際に、強線虫による接種検定で抵抗性の高い個体を選抜すると、その挿し木クローンに接種しても発病率は2.3%と非常に抵抗性が高く（森ら，2006a；Mori *et al.*，2006），接種検定は不要と判断される。しかし、これは2年生の挿し木苗に特定の強線虫1系統を接種した場合の結果である。材線虫の病原力の変異が大きい（Kiyohara and Bolla，1990；Aikawa *et al.*，2003；Aikawa

and Kikuchi，2007）ことや苗木の成長につれて抵抗性発現の程度が変化する可能性（黒田ら，2007）を考えると、他系統の強線虫を接種した場合や苗木が成長した場合の抵抗性を確かめておく必要がある。さらに、マツは実生繁殖が一般的で、挿し木増殖したマツが実際に現地で成長するかどうかも確認すべきである。

以上のことから本研究では、まず抵抗性の高いクローンの花粉を抵抗性の低い種子多産性クローンにSMP処理することで、抵抗性の高い実生苗が効率よく得られるかを検討した。次に、人工気象室で誘導抵抗性の検証を行うとともに、弱線虫の前接種を行った個体から挿し木増殖すれば、抵抗性の高い苗木を効率よく得られるどうかを検討した。さらに、強線虫の接種検定で選抜した個体の挿し木クローンは種々の強線虫系統に対しても抵抗性が高いのか、さらに成長してもその抵抗性レベルは維持されるのかを確かめるとともに、現地植栽した挿し木クローンの成長経過も調べた。

## 2. 材料および方法

### 1) SMP処理が採種園産実生苗の抵抗性に及ぼす効果

本試験では、SMP処理により抵抗性の高いクローンの花粉を抵抗性の低いクローンに受粉させ、得られた実生苗の抵抗性を調べた。種子親として、福岡県営抵抗性クロマツ採種園（以下、抵抗性採種園とする）にある種子多産性クローンの田辺ク-54号および穎娃ク-425号（川内，2000）を2ラメートずつ試験に供した。花粉親として、実生後代の抵抗性が最も高い波方ク-73号（九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会，1999）を用いた。2003年4月16～17日に波方ク-73号から花粉を採取し、デシケータに保存した。同年4月18日と4月22日に、種子親1ラメートあたり5本の枝を処理枝とし、着生したすべての雌花に、市販の耳かきの梵天を用いて授粉を行った。一方、処理枝から十分離れた5本の枝を未処理枝とし、園内を飛散する空中花粉により自然交配を行わせた。2004年9月下旬に各個体とも処理

枝ならびに未処理枝から球果を採取し、実生苗を育成した。1年生になった2006年7月下旬に、処理枝由来の189個体（田辺ク-54号家系96個体、穎娃ク-425号家系93個体）と未処理枝由来の160個体（田辺ク-54号家系78個体、穎娃ク-425号家系82個体）に、強線虫の島原個体群（藤本ら，1989）を苗木1個体あたり5000頭ずつ接種した。なお、本研究で行った接種はすべて改良剥皮接種法（藤本ら，1989）にて苗木の主軸地際に行った。同年11月下旬に、両グループの苗木を健全、部分枯れ、枯死に分類し、病徴を比較した。

## 2) 人工気象室内での誘導抵抗性の検証

本試験では、苗木の遺伝的要因や環境要因を考慮して誘導抵抗性を検証した。抵抗性採種園にある川内ク-290号と園外の一般のクロマツ2個体からそれぞれ種子を採取して、3家系の実生苗を育成した。1年生時の2005年12月中旬に野外の苗畑から直径14cmのポットに鉢上げし、2週間直射日光の当たらない屋外で養生させた。その後、ガラス温室で2週間、人工気象室内において温度20℃、12時間日長（明：暗＝12時間：12時間）、相対湿度70%の条件で1週間、次いで温度28℃、14時間日長（明：暗＝14時間：10時間）、相対湿度70%の条件で1週間養生した。試験区は、①前接種に弱線虫OKD-1（Kawazu *et al.*, 1996；Aikawa *et al.*, 2003；Aikawa and Kikuchi, 2007）、後接種に強線虫Ka-4（Aikawa *et al.*, 2003；Aikawa and Kikuchi, 2007）を用いたグループ（以下、弱→強）、②前接種に滅菌蒸留水、後接種にKa-4を用いたグループ（以下、水→強）、③前接種にOKD-1、後接種に滅菌蒸留水を用いたグループ（以下、弱→水）の3つを設けた。グループ間で苗木の家系が偏らないよう、各家系とも弱→強と水→強に8～9個体、弱→水に3～4個体ずつ苗木を配分した。いずれのグループも苗木1個体あたり、OKD-1は30000頭/50 $\mu$ l、Ka-4は10000頭/50 $\mu$ l、滅菌蒸留水は50 $\mu$ lを接種した。前接種は2006年1月中旬に、後接種はその29日後に行った。前接種以降も引き続き、温度28℃、14時間日長（明：暗＝14時間：10時間）、相対湿度70%の条件に保ち、5～6

日おきに苗木1個体あたり300ml（降水量約2mmに相当）の灌水を行った。後接種25日後から65日後まで、6～9日おきに苗木の病徴を観察し、各グループの苗木の発病率（部分枯れおよび枯死した苗木の本数割合）と枯死率（枯死した苗木の本数割合）を経時的に調査した。

## 3) 弱線虫を接種した個体から挿し木増殖したクローンの抵抗性

本試験では、弱線虫を接種した個体から挿し木増殖を行うと、同じ個体から接種前に挿し木増殖した場合に比べて抵抗性が高まるかどうかを調べた。抵抗性採種園産の2年生実生苗11家系18個体を挿し木の母樹とし、2005年7月下旬に森ら（2004）の手法で挿し木を行った。挿し付けから5日後に、母樹の主軸に弱線虫OKD-1を30,000頭接種した。弱線虫接種によって最も高い確率で抵抗性が誘導された30日後（清原，1989）に、同じ母樹から同様に挿し木を行った。得られた挿し木クローンは2006年春に野外に移植し、育成した。挿し木後2年生になった2007年8月初旬に、各クローンとも弱線虫接種前に増殖したものと接種30日後に増殖したものとを同数（18クローン75個体）ずつ分けて、苗木1個体あたり島原個体群5000頭を接種した。同年10月下旬に、両グループの病徴を比較した。

## 4) 強線虫の接種検定で選抜した挿し木クローンの抵抗性

本試験では、森ら（2006a）が強線虫の島原個体群、Ka-4、唐津3（秋庭ら，2002）を3年間に毎年1系統ずつ接種して選抜した個体の挿し木クローンが、唐津3以外の強線虫に対しても抵抗性が高いかどうかを検証した。2003年2月に選抜個体の中から無作為に6個体を選んで挿し木を行い、挿し木クローンを16個体得た。2年生になった2005年7月下旬に苗木1個体あたり島原個体群を5000頭接種し、同年11月下旬に病徴を観察した。また、2004年2月に上記の選抜個体の中から再度無作為に8個体を選んで挿し木を行い、挿し木クローンを28個体得た。2年生になった2006年8月初旬に苗木1個体あたりKa-4を5000頭接種し、同年11月下旬に病徴を観察

した。

### 5) 挿し木クローンの2年生時と5年生時の発病率の相関

本試験では、挿し木クローンの2年生時点での抵抗性がその後の成長によって変化するかどうかを調べるため、同一個体から2年生と5年生の挿し木クローンを育成し、接種後の発病率について両年齢間の相関を調べた。1998年2月と2001年2月に同じ14個体の母樹から挿し木を行い、それぞれ32個体と78個体の挿し木クローンを得た。これらが5年生と2年生になった2003年7月下旬に苗木1個体あたり島原個体群5000頭を接種した。同年12月中旬に病徴を観察し、両年齢ともクローンごとに発病率を求め、年齢間の相関係数を求めた。なお、各年齢において、いずれのクローンも複数のラメートが得られたものだけを供試した。

### 6) 挿し木クローンの成長調査

本試験では、挿し木クローンが沿岸部で活着し、成長するかどうかを調べた。接種検定で発病しなかった3年生挿し木クローン68個体(20クローン)を、2003年2月中旬に福岡県遠賀郡岡垣町にある国有林内に植栽した。植穴には苗木1個体あたり1ℓのパーク堆肥を投入した。さらに、植栽直後に苗木の周囲に1個体あたり60gの固形肥料まるやま1号(日本林業肥料株式会社製)を施肥した。植栽は、縦横1m間隔の正方形植え(10000本/ha)で行い、長さ1.5mの竹支柱1本で苗木を支えた。これら苗木の樹高について、現地植栽の7ヵ月前にあたる2002年7月中旬、植栽1年後の2004年2月中旬、2年後の2005年3月初旬、3年後の2006年2月下旬、4年後の2007年2月初旬、6年後の2009年2月中旬に測定を行った。

## 3. 結果と考察

九州地方の抵抗性クロマツの苗木生産現場では、自然交配で得られた抵抗性採種園産実生苗に対して強線虫の島原個体群による接種検定を行い、発病しなかった個体を出荷している。福岡県での接種検定合格率は2002年が約33%、2003年が約42%、2004年

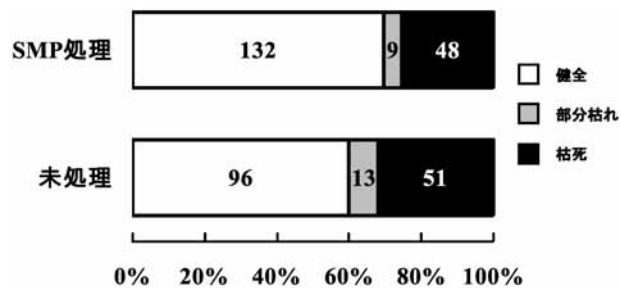


図-1 SMP処理が実生苗の抵抗性に及ぼす効果

バー内の数字は、各病徴を示した苗木の個体数を示す。両グループ間で病徴の本数割合に有意差が認められた( $\chi^2$ 検定,  $p < 0.01$ )。

が約55%、2005年が約60%、2006年が約57%、2007年が約62%、2008年が約48%である(福岡県樹苗農業協同組合、私信)。また、苗木生産者が採種した抵抗性採種園産種子を譲り受け、われわれが育苗し、2000年7月に接種検定した結果では51.1%であった(宮原・森、未発表)。このように、九州地方での現行の抵抗性クロマツの接種検定合格率はおおむね30~60%、つまり発病率は40~70%であった。SMP試験の未処理グループは現行の生産方法で得られたものとはほぼ同等と考えてよいが、やはり発病率は約40%であった(図-1)。一方、採種園のクローンの中で最も抵抗性が高いとされる波方ク-73号(九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会、1999)の花粉をSMP処理して得られた実生苗は、未処理のものに比べて健全、部分枯れ、枯死の構成割合が有意に異なり(図-1,  $\chi^2$ 検定,  $p < 0.01$ )、発病が抑えられていた。SMP処理はマツ属の採種園でも試みられており(Eriksson *et al.*, 1995, Stoehr *et al.*, 2006)、例えば、自然交配に比べて16%も目的花粉の受粉成功率が向上している(Stoehr *et al.*, 2006)。本試験では、海外のSMP研究でみられるように、DNA分子マーカーなどを利用してSMP処理由来の実生苗のうち目的花粉を受粉したものがどの程度得られたかは評価していない。したがって、未処理に比べて抵抗性の高い花粉親が交配に多数寄与したことが、実生苗全体の抵抗性の向上に影響したと直接言及できない。SMPの成功率は採種園間や、受粉側のクローン間でも変動することも指摘されており(Eriksson *et al.*, 1995)、今後はもっ



と多くのクローンでSMPの成功率や費用対効果を評価しながら検討を重ねる必要がある。

誘導抵抗性は、植物の病原体に対する保護戦略の一つとして注目されている。マツ以外の植物でも、マツの場合と同様に非病原性の生物を予め植物に接種すると、病原性をもつ生物に対する抵抗性が高まることが知られている (Heil and Bostock, 2002)。例えば、ブロッコリー (*Brassica oleracea*) の芽生えにブロッコリーべと病菌 (*Peronospora parasitica*) の弱病原性系統を予め接種すると抵抗性が誘導され、子葉における強病原性系統の孢子形成が49~70%ほど抑制される (Monot *et al.*, 2002)。また、非病原性のバクテリアを予め植物体に接種しておくことで、植物寄生性線虫の感染や正常な生殖が抑えられる (Aalten *et al.*, 1998; Reitz *et al.*, 2000; Kempster *et al.*, 2001; Siddiqui and Shaukat, 2004)。しかし、木本植物において、病原体に対する抵抗性を同種の弱病原性系統の前接種によって高めるといふ報告は極めて少ない。その点ではマツ材線虫病の誘導抵抗性は特異な例と考えられるが、わが国では誘導抵抗性の観察例は多い (清原, 1989; 清原・山田, 1996; 小坂ら, 2004; Takeuchi *et al.*, 2006; 酒井ら, 2007)。これらの報告では、弱線虫を前接種した場合に後接種でダメージを受けた苗木の割合が対照区に比べて明らかに少ないときに誘導抵抗性がみられたと判断されている。われわれは先行研究において、マツが家系あるいは個体ごとに抵抗性が異なる (九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会, 1999; 森, 2005) ことに着目し、弱線虫接種区と対照区との間でマツの家系差や個体差など遺伝的差異ができるだけ同じになるように苗木を配分した上で、誘導抵抗性の検証を行った。その結果、材線虫の系統やマツの家系を数種類ずつ変えて試しても、弱線虫を前接種しておくことで明らかに発病率が低くなるという現象は観察できなかった (森ら, 2007)。福田・鈴木 (1993) は誘導抵抗性が発現するためには、樹体にストレスのかからない気象条件が必要であると考えている。これを考慮すると、野外で夏期に行った森ら (2007) の実験は樹体

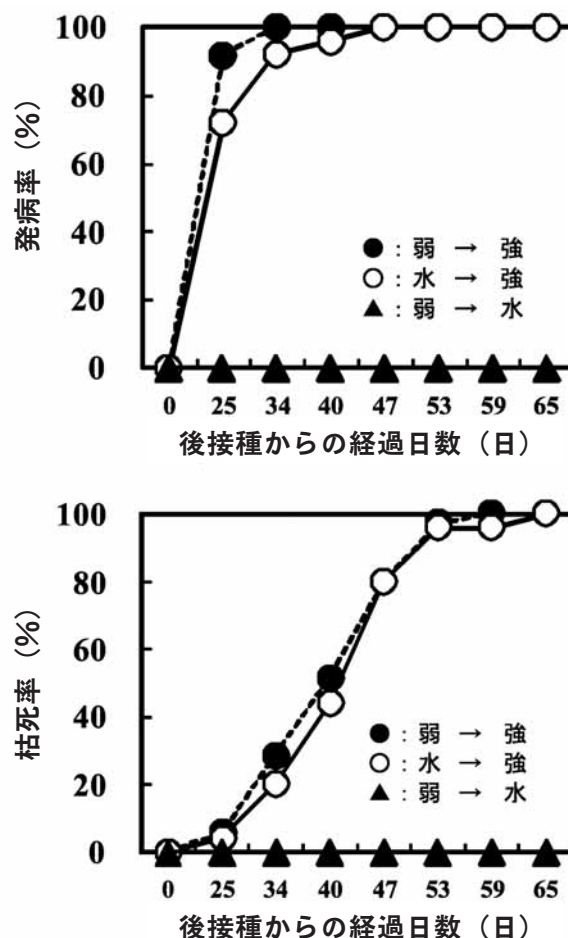


図-2 弱線虫の前接種が発病率(上)と枯死率(下)に及ぼす影響

苗木は、弱→強と水→強に3家系25個体、弱→水に3家系10個体を供試した。前接種から後接種までの間隔は29日間とした。

に大きなストレスのかかる条件で行われたため、誘導抵抗性が発現しなかったとも考えられる。そこで本研究では、人工気象室内で定期的な灌水を行いながら、温湿度条件を制御し、かつ試験区間でマツの遺伝的差異も小さくした上で実験を行った。その結果、ネガティブコントロールの弱→水ではまったく発病しなかったのに対し、強線虫を後接種したグループは弱線虫の前接種の有無に関わらず、同じような速度で発病し、すべて枯死に至った (図-2)。

次に、誘導抵抗性が局所的ではなく全身的に誘導され (清原, 1985)、かつそれがもしも生涯免疫のように持続するとしたら、弱線虫を接種した個体から挿し木をして得られたクローンは抵抗性が高い可

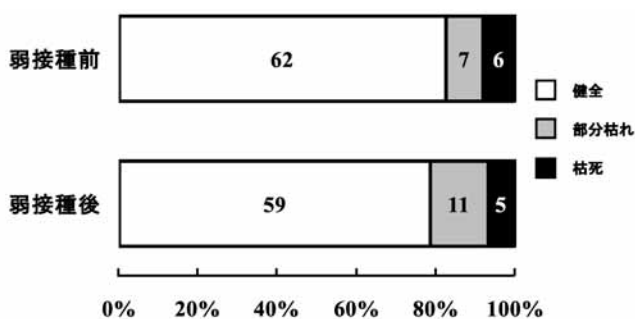


図-3 弱線虫の接種が挿し木増殖した苗木の抵抗性に及ぼす影響

バー内の数字は、各病徴を示した苗木の個体数を示す。両グループ間で病徴の本数割合に有意差は認められなかった ( $\chi^2$ 検定,  $p=0.59$ )。

能性がある。本研究ではこれを確かめるため、同じ個体から弱線虫接種前と接種後にそれぞれ挿し木増殖を行い、両グループの苗木に同時に強線虫を接種した。病徴を比較した結果、健全、部分枯れ、枯死の構成割合に両者で有意差は認められず (図-3,  $\chi^2$ 検定,  $p=0.59$ )、むしろ弱線虫接種前に増殖したクローンの方が発病率は低く抑えられていた。したがって、たとえ弱線虫接種後に全身的に抵抗性が誘導されたとしても、それは枝を分離したり、挿し木や成長の過程で失われる一過性のもと考えられた。以上のことから、例えば抵抗性採種園産実生苗に弱線虫を接種する方法や、弱線虫を接種した個体から挿し木クローンを生産する方法では、現行法よりも効率よく抵抗性の高い苗木を得ることは難しいと考えられた。

次に、われわれが過去の研究で主張してきたように (森ら, 2004; 森ら, 2006a; Mori *et al.*, 2006)、接種検定で発病しない個体から挿し木増殖を行う手法が本当に有効かどうか、再検証した。これまでの問題点として、1回だけの接種検定で合格した個体から挿し木を行うと、本来抵抗性が低くても偶然発病しなかった合格個体をクローン増殖する恐れがある (森ら, 2004; 森ら, 2006a; Mori *et al.*, 2006)。先行研究では、島原個体群, Ka-4, 唐津3の強線虫3系統を用いた3回の接種検定で発病しなかった個体を選抜し、それらから挿し木増殖を行った結果、これらの挿し木クローンは3系統のうち最も病原性

が高いと考えられる唐津3を接種しても発病率は2.3%と低く抑えられた (森ら, 2006a; Mori *et al.*, 2006)。今回、これら選抜個体の挿し木クローンに2系統の材線虫をそれぞれ別個に接種した。その結果、2系統のうち病原性の劣る島原個体群 (佐々木ら, 2002; 蓬田, 2009) に対しては発病率0%, Ka-4に対しても枯死したものは2個体にとどまり、発病率は7.1%であった (表-1)。このように、複数回の接種検定で抵抗性の極めて高い母樹を選抜すれば、そのクローンは少なくとも母樹へ接種した系統のもつ病原性レベルに対しては高い抵抗性を示すことが示唆された。一方、これら挿し木クローンの抵抗性の評価は、クローン苗が2年生の時点で行ってきた。しかし、苗木の成長につれて抵抗性発現の程度が変化する可能性もあるため (黒田ら, 2007)、2年生時に評価した挿し木クローンの抵抗性が持続するかどうかを明らかにする必要があった。本研究では、クローンごとに発病率は異なるものの、同じクローンであれば2年生時と5年生時の発病率 (逆正弦変換値) の相関係数は0.74と有意に高い正の相関が得られた (図-4,  $p<0.01$ )。したがって、同じクローンであれば抵抗性レベルの高低は2年生時点でも5年生時点でも大きくは変化しないと考えられた。特に、2年生時点で発病しなかった2つのクローンは5年生時点でも発病しなかった。今後、より多くのクローンを用いてさらに成長した場合の抵抗性を確認していく必要があるが、2年生時点で評価したクローンの抵抗性レベルは苗木が成長しても持続する可能性が認められた。

クロマツの苗木は、一般に沿岸部の比較的厳しい環境下に植栽される。また、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の場合、挿し木苗が枝性を発現することがあるため (戸田, 1990)、クロマツの挿し木苗が実際に沿岸部で順調に成長するかを実証する必要があった。現地植栽の結果、今のところ枝性を発現して水平方向に成長するといった個体は認められず、平均で毎年50cm程度ずつ垂直方向に伸長成長していた (図-5, 写真-1)。本試験では、実生苗との成長比較を行っていないため、両者の違いを直接議

表-1 選抜クローンの2種の材線虫系統に対する抵抗性

材線虫系統	母樹			供試数 (個体)	接種結果			発病率 (%)
	母樹の 個体番号	母親	× 父親		健全 (個体)	部分枯れ (個体)	枯死 (個体)	
島原個体群	No.1	津屋崎ク-50	× 三崎ク-90	1	1	0	0	0
	No.2	夜須ク-37	× 津屋崎ク-50	1	1	0	0	0
	No.3	津屋崎ク-50	× 波方ク-73	2	2	0	0	0
	No.4	川内ク-290	× 三崎ク-90	3	3	0	0	0
	No.5	志摩ク-64	× 三崎ク-90	4	4	0	0	0
	No.6	夜須ク-37	× 津屋崎ク-50	5	5	0	0	0
	計			16	16	0	0	0.0
Ka-4	No.1	津屋崎ク-50	× 三崎ク-90	1	1	0	0	0
	No.6	夜須ク-37	× 津屋崎ク-50	2	1	0	1	50
	No.7	吉田ク-02	× 波方ク-37	2	2	0	0	0
	No.8	大瀬戸ク-12	× 波方ク-73	3	3	0	0	0
	No.9	波方ク-37	× 津屋崎ク-50	3	3	0	0	0
	No.10	志摩ク-64	× 波方ク-73	3	3	0	0	0
	No.3	津屋崎ク-50	× 波方ク-73	7	7	0	0	0
	No.4	川内ク-290	× 三崎ク-90	7	6	0	1	14
	計			28	26	0	2	7.1

母樹の両親鑑定は、後藤ら (2002) による。

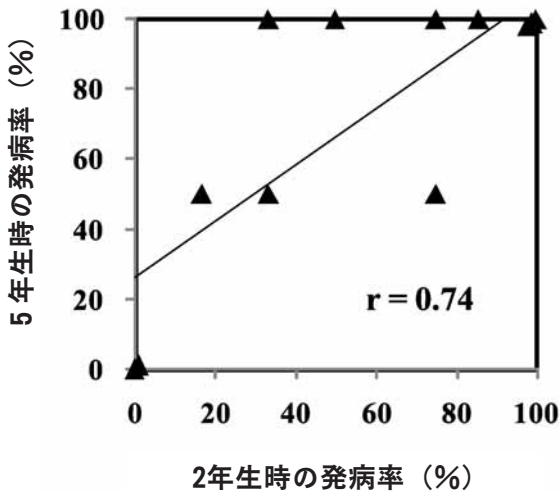


図-4 各クローンにおける2年生時と5年生時の発病率の相関

両年齢において、各クローンとも2~8ラメートずつを供試し、クローンごとに発病率を算出した。全14クローンの発病率(逆正弦変換値)について、両年齢間の相関係数は0.74となった ( $p < 0.01$ )。

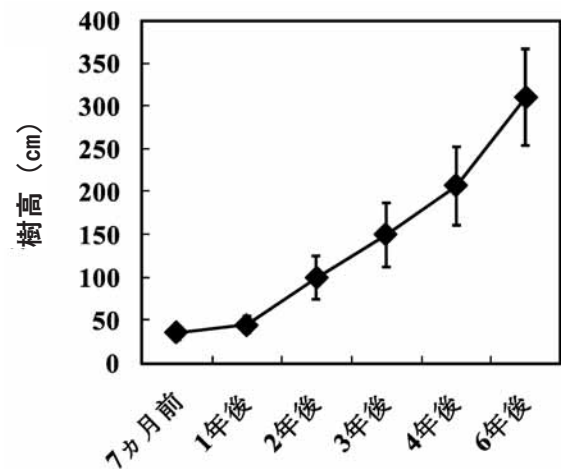


図-5 沿岸部に植栽した挿し木クローンの樹高成長

植栽7ヶ月前から植栽6年後までの樹高(平均±標準偏差)のタイムコースを示す。苗木の供試数は68個体としたが、一部が枯死したため、1年後から3年後までは64個体、4年後から6年後まででは63個体のデータである。



写真-1 現地植栽から6年が経過した挿し木クローン  
撮影日：2009年2月17日。

論するはできない。しかし、Foster *et al.* (1987) は、テーダマツ (*Pinus taeda*) で挿し木苗と実生苗の初期成長を比較した結果、挿し木苗は実生苗より必ずしも成長が悪くないとしている。Stelzer *et al.* (1998) もテーダマツの挿し木苗と実生苗の10年目の成長形質を比較しているが、両者の違いは実質的にみられないとしている。これらの報告から判断しても、同じマツ属のクロマツの挿し木苗も実生苗と遜色なく現地で成長するものと考えられる。また、植栽1年後までに68個体のうち64個体が活着し、活着率は94.1%となった。3年後から4年後にかけて新たに1個体が枯死したものの(マツ材線虫病によるかどうかは未確認)、現時点での苗木の生存率は92.6%となった。これら現地植栽後の活着率や生存率はクロマツ実生苗と同程度であった(戸田ら, 2001)。なお、これまでに枯れた累計5個体は4クローンからなり、特定のクローンだけが枯れる傾向は小さいと考えられた。

これまで述べたように、本研究ではいくつかの手法で抵抗性苗木を生産する方法を模索した。今回SMP処理により採種園産実生苗の抵抗性を改良できることを新たに見出したが、約30%の苗木は発病するため(図-1)、接種検定を省略するのは厳しい。一方、複数回の接種検定で厳選した個体から挿し木増殖する方法であれば、少なくとも母樹への接種履歴のある3つの材線虫系統に対して苗木の発病

率は10%未満と、接種検定の省略は十分可能と考えられる。しかし、挿し木増殖による苗木生産には、クロマツは発根性が低いという問題と、植栽した林分の遺伝的多様性が低くなるという二つの問題がある。

前者について、マツ属の挿し木は古くから大変困難とされ(戸田, 1953; 大山・豊島, 1965; 町田, 1973; Kozlowski and Pallardy, 1997), クロマツの挿し木は一般に行われてこなかった。しかし、近年クロマツの挿し木の研究が進み、オーキシシン処理(石松, 1999; 後藤, 1999; 森ら, 2006b; 千木・八神, 2007), 電熱温床の利用(森ら, 2004), 挿し穂の冬芽の除去(石松, 1999; 佐々木ら, 2004), 挿し穂の長さを5 cm程度に短く調製すること(宮崎, 2006; 大平ら, 2006; 真崎ら, 2007; 森, 未発表), 用土に鹿沼土やバーミキュライトを使用(大平ら, 2005a; 森ら, 2006b; 千木・八神, 2007), 春挿し(石松, 1998; 宮崎, 2004), 密閉挿し(大平ら, 2007)など処理や環境を選択することで、発根率が改善することが報告されている。発根率は、家系間や家系内で有意に異なること(大平ら, 2008a), 親子相関が認められること(大平ら, 2008b), さらに、挿し木クローンを母樹とした場合の発根率はもとの実生を母樹とした場合の発根率と高い相関があること(森, 未発表)から、発根性は遺伝的要因に大きく依存していると考えられる。発根性の低い個体からでも、エチレンとオーキシシンのコンビネーション処理により発根率は有意に向上できるが(Mori *et al.*, 2008), 発根性の高い母樹を選抜することも挿し木増殖を成功させる策の一つであろう。大平ら(2005b)は、60%の発根率が得られれば、接種検定なしで挿し木苗を生産するコストは1万本あたり244万円であり、接種作業が必須である現行の実生苗方式に比べて1万本あたり140万円のコストダウンが望めると試算している。改善がみられた条件を組み合わせると高い発根率を確保できれば、さらに低コストで挿し木苗を生産できる可能性は十分にある。

一方、後者について、集団全体の遺伝的多様性が低下するとマツ材線虫病以外の病虫害や気象害など

に対する危険性が高くなる可能性がある。クロマツは沿岸部の比較的厳しい環境下に植栽され、植栽地の環境条件も多様であることが予測されるため、できるだけ多数のクローンを混交することが望まれる(勝田, 1995)。したがって、生産される苗木全体において一部の家系やクローンの頻度が大きくならないよう、できるだけ挿し木母樹の選抜対象範囲を広げ、母樹の遺伝的構成のバランスをコントロールする必要がある。九州地方では、挿し木クローンの遺伝的多様性を確保するため、九州大学、森林総合研究所、九州各県の林業研究機関、天草森林組合とともにプロジェクトチームを組んで、抵抗性採種園にある15クローンの実生苗19,846個体から962個体を暫定的に挿し木母樹として選抜した(宮原ら, 2007)。これらは、島原個体群、唐津3, さらにチームが新たに選抜した非常に病原性の高い系統の計3系統を接種しても発病しなかった個体であり、森ら(2006a)や本研究の結果から考慮すると、極めて抵抗性の高い挿し木クローンを増殖できる可能性がある。同チームではそれら962個体の中から発根率を考慮し、かつDNA分析による両親鑑定の結果も踏まえて各家系偏りなく選抜した100クローン程度を抵抗性クロマツ品種として配布する予定である(白石, 2009)。これら選抜個体の挿し木苗を混合生産することで、挿し木苗造林地も一定の遺伝的バリエーションは確保されると考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、東京大学の後藤晋准教授にはSMP処理の提案や試験設計に対する助言と試験用の挿し木苗を頂いた。森林総合研究所の相川拓也氏、秋庭満輝氏、大平峰子氏からは、材線虫を分譲頂いた。福岡森林管理署には挿し木で育成したクロマツの現地植栽試験地の提供と成長調査にご理解を頂いた。ここに厚く御礼申し上げる。

## 引用文献

Aalten, P.M., Vitour, D., Blanvillain, D., Gowen, S.R., and Sutra, L. (1998) Effect of rhizosphere

fluorescent *Pseudomonas* strains on plant-parasitic nematodes *Radopholus similis* and *Meloidogyne* spp. *Let. Appl. Microbiol.* 27: 357~361.

Aikawa, T., Kikuchi, T. and Kosaka, H. (2003) Demonstration of interbreeding between virulent and avirulent populations of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by PCR-RFLP method. *Appl. Entomol. Zool.* 38: 565~569.

Aikawa, T. and Kikuchi, T. (2007) Estimation of virulence of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) based on its reproductive activity. *Nematology* 9: 371~377.

秋庭満輝・石原 誠・中村克典・佐々木峰子・岡村政則・佐橋憲生(2002) 同一林分内のアカマツ枯死木から分離されたマツノサイセンチュウの病原力. 第113回日林講: 672.

遠田暢男(2009) マツ材線虫病の被害が拡大している中国. 森林防疫 58: 29~30.

Eriksson, U., Jansson, G., Yazdani, R. and Wilhelmsson, L. (1995) Effects of supplemental mass pollination (SMP) in a young and a mature seed orchard of *Pinus sylvestris*. *Tree Physiol.* 15: 519~526.

Foster, G.S., Lambeth, C.C. and Greenwood, M.S. (1987) Growth of loblolly pine rooted cuttings compared with seedlings. *Can. J. For. Res.* 17: 157~164.

藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二・山手廣太・冬野劭一(1989) マツノサイセンチュウ抵抗性育種事業—技術開発と事業実施10か年の成果—. 林育研報 7: 1~84.

福田健二・鈴木和夫(1993) 材線虫病における誘導抵抗性. 平成4年度科学研究費補助金(一般研究A) 研究成果報告書: 材線虫病の病原性と誘導抵抗性機構の解明: 71~76.

二井一禎(2003) マツ枯れは森の感染症—森林微生物相互関係論ノート—. 文一総合出版, 東京.

- 後藤 晋 (1999) クロマツの挿し木増殖における発根条件の検討. 日林九支研論 52 : 57~58.
- 後藤 晋・宮原文彦 (2000) 抵抗性クロマツ「田辺ク-54号」を母樹とする自然交雑実生苗の初期成長とマツノザイセンチュウ抵抗性. 日林九支研論 53 : 69~70.
- 後藤 晋・宮原文彦・井出雄二 (2002) クロマツ苗木のマツ材線虫病抵抗性に対する花粉親の寄与. 日林誌 84 : 45~49.
- Heil, M. and Bostock, R.M. (2002) Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defences. *Ann. Bot.* 89: 503~512.
- 石松 誠 (1998) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖. 日林九支研論 51 : 47~48.
- 石松 誠 (1999) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木について. 林木の育種特別号 : 20~23.
- 勝田 柁 (1995) クローナルフォレストリーの育種戦略. 第2回林木遺伝育種セミナー : 3~7.
- 川内博文 (2000) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの諸特性—鹿児島県マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ採種園の種子生産性と家系特性—. 林木の育種 特別号 : 30~33.
- Kawazu, K., Zhang, H., Yamashita, H., and Kanzaki, H. (1996) Relationship between the pathogenicity of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, and phenylacetic acid production. *Biosci. Biotech. Biochem.* 60 : 1413~1415.
- Kempster, V.N., Davies, K.A., and Scott, E. S. (2001) Chemical and biological induction of resistance to the clover cyst nematode (*Heterodera trifolii*) in white clover (*Trifolium repens*). *Nematology* 3: 35~43.
- Kishi, Y. (1995) The pine wood nematode and the Japanese pine sawyer. Thomas Company, Tokyo.
- 清原友也 (1981) マツノザイセンチュウ弱病原性線虫の前接種による強病原性線虫の加害性の抑制 (予報). 第92回日林論 : 371~372.
- 清原友也 (1985) マツ材線虫病における誘導抵抗性について. 森林防疫 34 : 99~102.
- 清原友也 (1989) マツ材線虫病の病原学的研究. 林試研報353 : 127~176.
- 清原友也・山田利博 (1996) マツ材線虫病の誘導抵抗性の発現に及ぼす要因. 第107回日林論 : 301~302.
- Kiyohara, T., and Bolla, R.I. (1990) Pathogenic variability among populations of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *For. Sci.* 36: 1061~1076.
- 小坂 肇・相川拓也・菊地泰生・清原友也 (2004) 弱病原力マツノザイセンチュウを2回接種したマツの誘導抵抗性. 第115回日林講 : 727.
- Kozłowski, T.T. and Pallardy, S.G. (1997) Growth control in woody plants. Academic Press, Toronto.
- 黒田慶子・大平峰子・岡村政則・藤澤義武 (2007) マツ材線虫病抵抗性クロマツ家系の苗木における線虫分布と増殖. 日林誌 89 : 241~248.
- 九州地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会 (1999) ヒノキ精英樹・抵抗性マツ特性表. 熊本.
- La, Y. J., Moon, Y.S., Yeo, W.H., Shin, S.C. and Bak, W.C. (1998) Recent status of pine wilt disease in Korea. In: Sustainability of pine forests in relation to pine wilt and decline (ed. By Futai, K., Togashi, K. and Ikeda, T.), pp.239~241. Shokado, Kyoto.
- 町田英夫 (1973) さし木のすべて. 誠文堂新光社, 東京.
- 真宮靖治 (2008) ポルトガルでマツ材線虫病被害地拡大. 森林防疫 57 : 36.
- 真崎修一・宮崎 潤二・森 康浩・宮原文彦 (2007) 挿し穂の長さや挿し付け深さがクロマツの挿し木発根率に及ぼす影響. 第118回日林講要CD-ROM : O20.

- 宮原文彦・佐々木重行・小河誠司 (1994) 採種園産抵抗性クロマツの自然交雑実生苗のザイセンチュウ抵抗性. 日林九支研論 47:125~126.
- 宮原文彦・森 康浩・大平峰子・岡村政則・真崎修一・宮崎潤二・吉本貴久雄・鳥羽瀬正志・三樹陽一郎・小山孝雄・白石 進 (2007) 強病原性線虫系統による最強抵抗性クロマツの選抜. 第118回日林講要CD-ROM: O13.
- 宮崎潤二 (2004) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖(Ⅳ)―挿し付け時期と発根率―. 九州森林研究 57:311~312.
- 宮崎潤二 (2006) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖(Ⅵ)―挿し穂の長さが発根率および苗高に与える影響―. 九州森林研究 59:237~238.
- Monot, C., Pajot, E., Corre, L.D. and Silue, D. (2002) Induction of systemic resistance in broccoli (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) against downy mildew (*Peronospora parasitica*) by avirulent isolates. Biol. Cont. 24:75~81.
- 森 康浩・宮原文彦・後藤 晋 (2004) クロマツのマツ材線虫病抵抗性苗木生産における挿し木技術の有効性. 日林誌 86:98~104.
- 森 康浩 (2005) 挿し木によるマツ材線虫病抵抗性クロマツ苗木生産の可能性. 木科学情報 12:5~6.
- 森 康浩・宮原文彦・後藤 晋 (2006a) マツ材線虫病抵抗性挿し木苗の生産における採種個体へのマツノザイセンチュウ接種検定の有効性. 日林誌 88:197~201.
- 森 康浩・宮原文彦・後藤 晋 (2006b) マツ材線虫病抵抗性クロマツの挿し木苗生産システムの開発. 福岡県森林技セ研報 7:1~19.
- 森 康浩・宮原文彦・堤 祐司・近藤隆一郎 (2007) クロマツの遺伝的要因を考慮した弱病原性マツノザイセンチュウの前接種による誘導抵抗性の検証. 日林誌 89:401~406.
- Mori, Y., Miyahara, F. and Goto, S. (2006) The effect of rooted cutting propagation of non-damaged Japanese black pine through the inoculation test with pine wood nematode on nematode-resistant plant production. Abstracts of Pine wilt disease: a worldwide threat to forest ecosystems International Symposium: 52~53.
- Mori, Y., Miyahara, F., Tsutsumi, Y. and Kondo, R. (2008) Effects of combinational treatment with ethephon and indole-3-butyric acid on adventitious root formation of *Pinus thunbergii* cuttings. Abstracts book of 5th international symposium on adventitious root formation: 35~36.
- 森口喜成・後藤 晋・高橋 誠 (2005) 分子マーカー情報に基づく採種園の遺伝的管理. 日林誌 87:161~169.
- Mota, M.M., Braasch, H., Bravo, M.A., Penas, A.C., Burgermeister, W., Metge, K. and Sousa, E. (1999) First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. Nematology 1:727-734.
- 大平峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武 (2005a) クロマツのさし木発根性と成長に及ぼす用土および施肥の影響. 九州森林研究 58:155~156.
- 大平峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・谷口 亨・藤澤義武 (2005b) 抵抗性マツ育種戦略におけるさし木増殖システムの役割. 第116回日林講要CD-ROM: 2A28.
- 大平峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・谷口 亨・藤澤義武 (2006) クロマツのさし木発根性に及ぼすマツノザイセンチュウ抵抗性, 穂作りおよびさし木環境の影響. 林育研報 22:25~34.
- 大平峰子・宮原文彦・森 康浩・真崎修一・宮崎潤二・山田康裕・白石 進 (2007) さし木繁殖によるマツ材線虫病抵抗性クロマツ苗木生産技術の開発. 第118回日林講要CD-ROM: O21.
- 大平峰子・倉本哲嗣・松永孝治・星 比呂志・白石 進 (2008a) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツのさし木発根性における家系内変異. 第119回

- 日林講要CD-ROM : I11.
- 大平峰子・松永孝治・宮原文彦・宮崎潤二・真崎修一・吉本貴久雄・山田康裕・三樹陽一郎・田上敏彦・小山孝雄・宮里 学・鳥羽瀬正志・白石 進 (2008b) 抵抗性クロマツの発根率における親子相関. 第64回日本森林学会九州支部大会育種部門口頭発表 (<http://ffpsc.agr.kyushu-u.ac.jp/jfs-q/>), 2009.5.21ダウンロード.
- 大山浪雄・豊島昭和 (1965) マツ属のさし木の発根能力とその増進法. 林試研報 179 : 99~125.
- Reitz, M., Rudolph, K., Schroder, I., Hoffmann-Hergarten, S., Hallmann, J. and Sikora, R. A. (2000) Lipopolysaccharides of *Rhizobium etli* strain G12 act in potato roots as an inducing agent of systemic resistance to infection by the cyst nematode *Globodera pallida*. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 3515~3518.
- 酒井康子・小坂 肇・秋庭満輝 (2007) 弱病原力マツノザイセンチュウの前接種によるリュウキュウマツのマツ材線虫病に対する誘導抵抗性. 日林誌 89 : 102~106.
- 佐々木峰子・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武・秋庭満輝 (2002) マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの特性—実生後代の諸特性と抵抗性の関係—. 第113回日林講 : 649.
- 佐々木峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武 (2004) クロマツのさし木発根性に及ぼす摘葉・摘芽の影響. 日林誌 86 : 37~40.
- 千木 容・八神徳彦 (2007) 北陸産クロマツのさし木による増殖法の検討. 石川県林試研報 39 : 45~48.
- 白石 進 (2009) マツ材線虫病に対する第二世代抵抗性育種と今後. 第120回日林講要CD-ROM : H01.
- Siddiqui, I.A. and Shaukat, S.S. (2004) Systemic resistance in tomato induced by biocontrol bacteria against the root knot nematode, *Meloidogyne javanica* is independent of salicylic acid production. *J. Phytopathol.* 152: 48~54.
- Stelzer, H.E., Foster, G.S., Shaw., D.V. and McRae, J.B. (1998) Ten-year growth comparison between rooted cuttings and seedlings of loblolly pine. *Can. J. For. Res.* 28: 69~73.
- Stoehr, M., Mehl, H., Nicholson, G., Pieper, G. and Newton, C. (2006) Evaluating supplemental mass pollination efficacy in a lodgepole pine orchard in British Columbia using chloroplast DNA markers. *New Forests* 31: 83~90.
- Sun, Y-C. (1982) Occurrence of the pine wood nematode in Chung Shan mausoleum in Nan-jin. *Jiangsu Forest Science* 7 : 47.
- Takeuchi, Y., Kanzaki, N. and Futai, K. (2006) How different is induced host resistance against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, by two avirulent microbes? *Nematology* 8: 435~442.
- 戸田良吉 (1953) マツ類のサシキについて—総合抄録—. 林試研報 65 : 61~85.
- 戸田忠雄 (1990) 九州地方における交配材料の育成—ヒノキのさし木—. 林育研報 8 : 75~78.
- 戸田忠雄 (1996) マツノザイセンチュウ抵抗性育種. 森林防疫 532 : 132~137.
- 戸田忠雄・佐々木峰子・岡村政則 (2001) マツノザイセンチュウ抵抗性マツ次代検定林の状況(I) —7年次の生存率の成長—. 日林九支研論 54 : 51~52.
- 蓬田英俊 (2009) 病原力の異なる2種類のマツノザイセンチュウを用いた接種検定によるアカマツ家系の抵抗性評価. 林木の育種特別号 : 29~31.
- Working party 7.02.10 IUFRO (2009) Preface. International symposium on pine wilt disease (<http://www.njfu.edu.cn/website/preface.htm>), Download on 30 March, 2009

(2009. 5. 22 受理)



## 在外研究報告

## フロリダ大学での熱帯線虫研究

神崎菜摘<sup>1</sup>

## はじめに

2005年2月から11月までの10ヶ月間と2007年9月から2008年8月までの1年間、合計2年弱の間、フロリダ大学、フォート・ローダーデール教育研究センター (Fort Lauderdale Research and Education Center, University of Florida) に客員研究員、客員教授として滞在し、在外研究を行った。

2年近くも滞在したのであるからアメリカにおける生物多様性研究の現状や、共同研究プロジェクトの在り方など、より広い視野での研究活動を学んでくればよかったのだろうが、結局研究室にこもりきり、外出はスーパーマーケットと同僚宅でのホームパーティー以外、学会と採集旅行がせいぜいといった有様であった。ほとんど日本にいる時と変わらない生活で、違っていることといえば、生活言語が英語に変わり、事務作業がほとんどなくなったという程度。こうやってしまうとずいぶん面白味のない生活のようだが、まとまった時間、好き放題に研究ができたというのは非常にありがたかった。

研究題目はいくつかあり、フロリダ大学のNSF (National Science Foundation) 研究プロジェクトに参加する形で、熱帯雨林における線虫類の多様性、マツノサイセンチュウ近縁種群をはじめとする、昆虫嗜好性線虫類の分類学といった調査、研究を行うことになった。中でも「熱帯雨林での線虫の分布と多様性に関する調査研究」がもっとも主要な研究テーマであり、自分としてもこれはかなり楽しい内容だったと思っている。この内容を中心に、アメリカでの生活と在外研究をいくらか紹介させていただきたいと思う。

## フォート・ローダーデールの生活事情

フォート・ローダーデールは、フロリダ半島の南

の方、マイアミから北へ約50キロに位置する、一種の学園都市である。ディズニーリゾートで有名なオーランド (Orlando) へは北に約300キロ、キーウェスト (Key West) までは南に300キロほど。アメリカ的距離感覚からいえば、レンタカーで観光に行くには悪くない立地である。気候は亜熱帯で、幸い、滞在中に大きなものに当たることはなかったものの、夏から秋にかけてはハリケーンに見舞われる。庭園や街路樹にはヤシ類や他の熱帯、亜熱帯性植物も多い。気候は全く異なっているが、町のつくりや、雰囲気など、日本の学園都市にどことなく似ている。つくばに来てから、距離感が全く同じだと感じた。自動車を持っていないと、遊びにも行けないかわりに、短期間、時間を決めて研究室にこもるには非常に良い環境である。自動車で20分も走れば、海辺にリゾート地や、娯楽施設などもあり、港からはカリブ海へのクルーズ船も毎日出ているということだったが、そちらへはほとんど行っていないので、どの程度のものであったのかはよくわからない。なお、ディズニーやビーチ、カリブ海クルーズにも興味が無い、という大変人扱いされることもある。

渡米前、北米南部の一部地域では、南部訛の英語のため、非英語圏出身者には住みにくい部分もあると聞いて、やや心配していたのだが、南フロリダはアメリカの中でも歴史が浅く、住民には北部からの移住者と、中南米方面からの移民、出稼ぎ労働者も多い。外国人には比較的住みやすいところではないかと思う。また、移民や長期滞在者向けの英会話学校もあり、これは、郡 (county) の行政サービスの一部ということで、登録手数料15ドルだけで、後は何年でも無料で通えた。移民に対する福祉であると同時に、行政側としても移住者の英語理解能力の向上は重要な課題だとのことである。渡米前、英

<sup>1</sup>KANZAKI, Natsumi, (独)森林総合研究所

語での挨拶すらまともに出来なかった妻が、帰国時には、自分より英会話ができるようになっていたところを見ると、行政としてもかなり本気で移民の語学教育に取り組んでいるらしい。クラスのほとんどは中南米出身者で、クラスメイトからスペイン語を習うこともしばしばだったそうである。

物価などは日本と比べるとアメリカの方が若干安いという話も聞いていたが、同行した妻によれば、ほとんどの日用品は日本よりやや高い。食料品でも、肉製品、果物、酒類以外は日本と同じか若干高いようである。住居費も同様、最初の滞在で入ったアパートは、付近では一番安いところだったが、それでも月1000ドルと、かなり高かった。というより、狭くて安いアパートというのがほとんど無かった。使わない部屋もあるのにこの値段はもったいない気がしたが、学生などは、ルームシェアをしていたらしい。

## フロリダ大学

滞在先の研究所は、フロリダ大学の研究施設の一部であり、本学のあるゲインズヴィル (Gainesville) からは高速道路を車で5時間ほど。フロリダ大学はこのような教育研究センターを州内に約20施設持っており、それぞれに異なった研究課題を受け持っている。フォート・ローダーゲールでは、都市近郊の病害虫、エヴァーグレイズの湿地帯を中心とした野生生物保護と外来種問題を主な研究題目としており、所属していた昆虫・線虫学科 (Department of Entomology and Nematology) では、シロアリを中心とした家屋害虫の研究、ヤシ類など庭園、街路樹の害虫防除の研究を大学としての研究課題として行っていたほか、NSFからの資金による基礎的研究を行っている。

所属していた線虫学研究室のGiblin-Davis教授は線虫の分類が専門で、*Bursaphelenchus*属線虫の分類と生態で博士号を取り、ヤシオサゾウムシ類の生態と防除の研究を行った後、現在は昆虫嗜好性線虫の分類と生態を幅広く行っているという研究者で、筆者にとっては、非常に数少ない同好の士である。狙ったわけではないのだが、筆者の研究内容が、ちょ

うど20年遅れで同教授を追いかけているという具合になっている。何か思いついて文献検索をすると必ずこの人に当たる、という関係であり、筆者にとってはライバルであると同時に、一度は教えを請いたい先達であった。研究室は教授のほか、ポスドク一人、技術員一人といった構成で、大きな仕事は他大学との共同プロジェクトで行い、それ以外は個人レベルの研究を行っていた。培養や、研究材料準備など、全て技術員の方がやってくれるため、研究は非常にやりやすかった。

センターには常駐している学生、大学院生は少なく、昆虫学研究室に5, 6人、それ以外はあわせて数人、他には短期留学生や企業などからの研修生を受け入れている。内部では講義などはほとんど行われておらず、所属の教員も、講義は、衛星中継、CD-ROMの配布による教材講義のような形で本学の講義を受け持っている。筆者は客員教授という形ではあったが、講義の義務は無く、たまに大学院生、研修生の実習を手伝うという程度であった。

スタッフの出勤時間は基本的にかなり自由で、早く来て早く帰る人、一日中研究室に居る人など、比較的マイペースで研究活動をしているようだった。また、日本でよく見るワーカホリック形の仕事の仕方をする人も居たが、金曜日の夕方にはほとんど誰も居なくなる、というのは日本の大学、研究所とは若干異なっていると思う。教育義務を果たし、必要な成果さえ出ればやり方は自由ということらしい。

大学院生は、ほとんどがアジア、ヨーロッパからの留学生であり、研究活動に対して、積極的で、熱心な学生が多かった。技術的な部分で色々と協力して研究を行うことも出来たし、今でもそのうち何人かとは共同研究を続けられている。彼らと知り合ったのは当初の予想以上の大きな収穫だった。

## 熱帯林の線虫多様性

上にも述べたが、研究のフィールドは主に、アメリカの熱帯、亜熱帯地域であった。

熱帯は多様性の宝庫だ、といわれると、多くの人



写真-1 テナガカミキリ的一种。英名Harlequin beetle.

は普通に、疑いなく肯くことと思う。何をいまさら、という感がないでもない。実際、調査地に行ってみるととにかく生物が多い。今まで「世界の昆虫」といった子供向けの図鑑でしか見たことの無いような昆虫も簡単に見ることが出来た。6センチ近くあるコメツキムシが目前の木にとまっていたり、朝、部屋を出ると宿舎の柱にテナガカミキリがとまっていたりと、もう少し広めの採集許可をとっておけばよかったと後悔した(写真-1)。

しかし、意外なことに、これまで線虫や一部の土壤動物は、温帯地域の草原の方が多様であり、熱帯雨林では種数も減るといわれていた。もっとも、ここには一つトリックがあり、もともとの「常識」は土壤線虫、土壤動物(昆虫)相の調査結果に基づいて出された仮説であり、地上部分は全く考慮されていないという点である。筆者の参加したプロジェクトでは、その「常識」が本当なのかどうかを検証し、本当ならばそれは何を意味しているのかを考察することを目的としていたため、土壤線虫以外に、地上部の線虫、すなわち、植物表面や、樹木の表面などに生息する寄生植物の関係した線虫類、また、土壤調査だけでは明らかにできない昆虫嗜好性、寄生性線虫類まで対象に加えるという方法をとった。作業内容は、労力がかかるものの非常に単純で、実際の多様性の比較である。すなわち、ネブラスカの草原地帯、南フロリダの亜熱帯地域、コスタリカ、パナ



写真-2 シロアリ採集中の昆虫嗜好性線虫チーム。左から、筆者、Robin M. Giblin-Davis 教授(アメリカ・フロリダ大学)、Kerrie A. Davies 博士(オーストラリア・アデレード大学)。

マの熱帯雨林において線虫相の調査を行い、これらを比較していった。具体的には、土壤線虫、植物表面(着生植物を含む)の線虫、昆虫寄生・便乗線虫、それと昆虫病原性線虫とそれぞれの専門家でチームを分け、一定面積内で、上に述べたハビタットに生息する線虫を可能な限り全て抽出し、それぞれのサブサンプルごとに頭数を決めて、塩基配列決定をするというものである。筆者は昆虫嗜好性チームに加わって、モデル系として選んだイチジクコバチとシロアリの関連線虫を収集した(写真-2)。

この結果、土壤中だけでは確かにこれまで言われていたような結果と大きな違いはなく、熱帯ではそれほど多様性は見られなかったが、植物表面や着生植物、また、昆虫関連種などは温帯地域を大きく上回る多様性が明らかになり、その多様性は、地下部の多様性低下を補って余りあるものであった。これは当然と言えば当然で、草原には地上部などほとんど存在しないし、また、亜熱帯でも植物表面は比較的乾燥しており、熱帯に見られるような線虫ハビタットはそれほど多くはない。ここでおもしろかったのは温帯域では、土壤中で植物の根に寄生しているグループが熱帯林では着生植物などに寄生する地上部の線虫になっていることである。また、昆虫関連の線虫類では、土壤や着生植物などの環境中から

出てくるものとは、今回調べた限りでは全くオーバーラップすることなく、昆虫の生息環境、というかなり狭い範囲で生活しているものだと考えられた。昆虫種あたりの線虫種数が温帯域と同様であると考えれば、昆虫多様性にほぼリンクする形で線虫多様性も高まるということになり、熱帯の生物多様性の高さがよくわかる結果となった。

今後、可能ならばこの結果をもとにアジア地域とアメリカの線虫多様性パターンや種（属）構成の比較など、いろいろとやってみたいことはあるが、アジアでは、それだけの幅広い専門家を集めることからして難しいだろう。アメリカでも線虫学分野は定員削減が厳しいと聞いているが、それでもなお、いわゆるマイナー分野、基礎的分野における裾野の広さを感じた。

## おわりに

渡米中の2年弱の期間、筆者自身としてはかなり充実した研究生活を送ることができたという印象が

ある。しかし、考えてみれば、フロリダ大学が日本の研究機関に比べて、特別、設備が充実しているとか、研究予算が多いというわけではない。では、何が一番良かったのかと考えると、近い専門分野のレベルの高い研究者と、専門的な部分で深く話し合いが出来たということだ。筆者が専門としている線虫分類学の研究者は日本に限らずアジア地域には非常に少なく、特に昆虫嗜好性線虫という視点で研究する研究者はさらに少ない。近頃は e-mail でほとんどの要件は足りてしまうような気もするが、直接議論することによって得られるものは多い。

逆に、最大の反省点は、研究関連以外の人付き合いをほとんどしなかったこと。おかげで、専門用語のディスカッション以外の英会話は、いまだに信じられないくらいお粗末だし、典型的なアメリカ文化、というのにもまともに触れていない。次に在外研究の機会があればもう少し遊びに行ってもよいかと思っている。

(2009. 6. 8 受理)

# 松くい虫被害との30数年の闘い

内海 健<sup>1</sup>

## 1. はじめに

宮城県に松くい虫被害が発生してから、30有余年経過し、未だにその被害が終息しない現状である。これらの被害対策に永年携わり、平成18年3月末日松島町を定年退職後も民間会社において松くい虫防除業務に携わっている者として、今後担当する方々の参考の一助になれば幸いと思い、これまで辿った記憶を記述した。

## 2. 松くい虫被害による松枯れ現象

我が国における松くい虫被害は、明治38・39年に長崎市で初めて被害が出たとの報告があり、その後、大正12年に相生市、大正14年に佐世保市、熊本県八代市、宮崎県日南市で、昭和47年に沖縄県で発生している。これから10年経過して昭和56年に鹿児島県沖永良部島においては、台風で甚大な被害を受け、災害復旧資材として本土より松材が入ったことで松くい虫被害が発生している。

宮城県においては、激害地の茨城県から未被害地の福島県を飛び越えて、昭和50年に石巻市で初めて被害が発生した。

こうした現象を見ると、いずれも港に関係した一つの流れがあることがわかり、過去の論文にもあるように、マツノザイセンチュウを保持したマツノマダラカミキリが潜入している松材やチップ材の、船舶輸送やトラックでの陸路輸送等による移動が被害を拡大したものと推察される。

## 3. 松島地域における被害の推移と対策

宮城県では、昭和50年に石巻市で初発したことから、翌昭和51年に「特別名勝松島」地域内でも、宮城県仙台農林事務所並びに松島公園管理事務所と市町村が一体となり被害木調査を行い、森林病虫害等

防除法に基づき補助対象事業として、伐倒駆除と地上散布を実施した。この時の駆除方法は、全量焼却処理をしたが、その後は伐倒玉切集積し薬剤（油剤：スミバークE等）散布処理に切り替えた。

一方、国（林野庁）においては、被害が北上の一途を辿り、全国的に拡大する傾向を重視し、昭和52年に、時限立法による「松くい虫特別対策措置法」を制定し施行した。

これにより、補助対象事業はこの法律の適用となり、伐倒駆除、地上散布に加えて、松島町・利府町・鳴瀬町で空中散布（後の特別防除）を開始した。

宮城県での松くい虫防除空中散布は水田空中散布より先駆けての実施となり、農林事務所と関係市町との合同による一大事業となった。

特に、散布区域の標識旗の設置作業は、町が県から附帯業務として委託を受けて実施したが、松の樹高が高いことと、林内は保育管理がされていないこともあり、3～4日も費やした。

また、カミキリ類の落下・飛散調査は事務所と町の合同作業で、設置箇所の道刈りをしながら実施した。

実施当初のヘリポートはホテル松島大観荘西後方のパノラマライン待避所に設置し、ヘリの夜間係留は利府町浜田の浦島荘前とした。

利府町では昭和56年度から空中散布を中止したことから、ヘリポートは松島町桜渡戸の治祐ヶ森自然公園駐車場に移転した。離発着のため2方向開けるため、仙台農林事務所担当者と筆者の二人でチェーンソーを使い1日かけて伐開のうえ設置したことが思い出される。ヘリポートはその後、松島町農協低温倉庫構内に移し現在に至っている。

空散当日の現地班との連絡方法は、現在のように携帯電話がないため、無線トランシーバによるもので、大型トラックのCB無線や、外洋で操業してい

<sup>1</sup>UTSUMI, Ken, 元松島町産業観光課農林水産班参事, 現小泉商事株式会社

る漁船の無線と混線するほか、石巻地区で実施している松くい虫防除と重なり、その中継と松島とが混線することも度々あった。

更に、昭和60年代後半からは水田空中散布と同日実施となることもあり、混線に混線が重なることも多かった。

地上散布にあっては、県内で散布機械器具及び技術体制が両方揃った業者は1社のみであり、各作業班の作業員には、海に薬剤が飛散しないよう習得させ、更には現地の状況に精通している地元磯崎地区の漁業者の協力を得た。松島湾内の島の散布においても漁船の協力が必要であり、潮の干満や気象の予想についても、漁師の永年の経験と勤が大事であることを学んだ。

当時の使用薬剤は、地上散布がデナボン水和剤50倍液をha当たり1000リットル、空中散布はセビモール原液をha当たり5リットルの微量散布で、6月と7月の2回散布とした。いずれも成分はNac剤で、人畜毒性は劇物、漁毒性はBである。

鳴瀬町では、種ガキが薬剤の影響で死滅したとのことで一部散布区域を縮小したが、後に薬害ではなく地域の間人関係から空中散布を反対したものと聞いている。

ここでの散布を実施するにあたっては、漁業関係者の理解を得るため、仙台農林事務所担当者は松島町漁協組合長と面談し、魚貝を入れた水槽に家庭洗剤等（シャンプー・ママレモン等）と散布薬剤原液を入れて、その経過観察をお願いし、結果として薬剤による影響が極めて少ないことの理解を得た。これにより散布作業開始当日の早朝には同組合長も立会い、無事散布を終えたことも思い出深い。

また、松樹体に直接注入する予防薬剤も開発され、湾内の小さい島と空散の林縁部を対象として樹幹注入を実施し、現在もローテーションを繰り返し実施している。

防除事業を実施するのに、特別措置法に基づく補助枠に限度があり、防除事業対象計画の全面積が対象にならなかったため、国費（50％）の対象とならない分は一般財源の持ち出しとなるので、当時の森

林保全課森林保護担当者（芳賀俊郎氏）に特別名勝松島地域の保全対策の重要性を理解してもらい、非補助分の救済策として、樹幹注入事業を始めとする県単補助要綱の制定について相談した。担当者は快諾し、入院中だった病院で要綱草案を書き上げ、自分が当時の係長に届け、係長が整理して初めて県単補助要綱が日の目を見た。これは現在も一部改正の経過を辿り運用されている。

このように、県と市町村の担当者が、地方自治体の枠を超えて諸問題解決のために汗を流し、知恵を出し合った。

しかし、松島地域の松林は、県有（県営）林が多かったが、所有形態を問わず防除事業の実施主体は町であった。

こうした中で昭和末期からは被害が急速に進み、薬剤散布を休止していた鳴瀬町・利府町での被害が拡大し、松島町の両町境での被害が目立つようになり、特に平成8・9年度は高温少雨型の気象条件（材線虫病発生好条件）もあり、被害は最大となったが、その後は防除効果もあり減少傾向にある。

これまでの対策の推移を見ると、関係市町にそれぞれの温度差があったので、地域が一丸となった推進を図るべきと、平成8年12月に、就任直後の内田鉄夫松島町長が関係市町長と観光協会会長に呼びかけ、「特別名勝松島の景観保持推進協議会（塩竈市、多賀城市、松島町、利府町、七ヶ浜町、鳴瀬町）」を設立し、国・県に対し強力な対策支援を要望した。

その結果林野庁では、このように被害が終息しない事態を重視し、松を守りきれない全国の状況から、守る箇所を特定した対策のための調査を開始することとして、小林富士雄氏を座長とする「松くい虫被害変動要因対策推進調査検討委員会」が設置され、全国で4地域を指定し調査を進めることになった。

指定4地域は、島嶼地域タイプ（特別名勝松島地域）、海岸地域タイプ（和歌山県煙樹ヶ浜地区）、都市近郊地域タイプ（三重県伊勢市）、被害先端地域タイプ（秋田県能代市）と位置づけられた。

松島地域での事前調査は平成9年度に行われ、その後本調査を平成10～12年度の3年間で実施するこ

ととなり、林野庁森林保護対策室長補佐と、同対策室専門官が来県し、調査内容の概要説明があった。その後森林保護対策室長も現地調査のため来松したので、現地の実情を訴えたことで、これまで湾内の島や陸地の財務局所有地は、地域森林計画対象森林外のため林野庁の補助対象外となり、市町・県単独事業であったが、特認国有林として位置づけされ国庫補助対象に組み入れられた。

特に、平成9年からの事前現地調査からは、小林富士雄氏の他、小林一三、田畑勝洋氏らの委員が参加され、次年度以降の現地調査には、森林総研東北支所、宮城県林業試験場の担当者と前宮城県樹木医学会長の早坂義雄氏などの協力の下、宮城県森林保全課の担当者が毎回参加された。

特別名勝松島の景観保持推進協議会の設立翌年の平成9年10月には、国庫補助対象事業として、全国から600人の参加のもと、松島町内のホテルを会場にシンポジウムを開催した。鈴木和夫東京大学大学院教授（日本林学会副会長）の基調講演、さらに小林富士雄氏をコーディネーターに、パネラーには森林総研田畑勝洋科長、瑞巖寺執事梅津浄演氏、みやぎ女将会会長磯田悠子氏、内田鉄夫松島町長を選定してパネルディスカッションを行い大盛況であった。沖永良部島の町職員からは、昭和56年に発生した被害を役場職員と島民が一体となって、伐倒・焼却を徹底して行い、被害を終息させた事例が紹介された。

この時に、翌年東京で開催されることになっていた「松枯れに関する国際シンポジウム」の現地検討会の場所として松島地域を決定していただいた。

東京の日経ホールで開催されたこのシンポジウムには、協議会会長である松島町長と筆者が出席し、当時の林野庁次長伴次雄氏と松島地域における実態などを懇談した。

シンポジウムに出席した世界各国からの研究者には、翌日東京からバスで松島に移動してもらい、詳細に松島地域の被害対策を視察していただいた。

引き続きホテル松島大観荘を会場として懇親会が開催され、主催者を代表して、東京大学の鈴木和夫教授による挨拶の後、アメリカのジョン・ウェブス

ター教授が関係者を代表して挨拶した中で、特別名勝松島地域は景観保持に努力しているので、この景観は「世界遺産に匹敵する」と賞賛の言葉があった。

その背景として松島町では、防除事業を開始してから対策に係る予算を応分に措置し、町議会議員全員の賛成のもとで毎年約30,000千円もの高額予算をもって30年以上も継続実施してきたので、ある程度の被害はあるものの、現状を保持しているのである。

そのころ、広島大学の山根周夫教授が材線虫病の誘因とも言われる環境変化説を松枯れの原因として唱え、マツノサイセンチュウ主因説を否定し、樹木活力剤のひとつによる松枯れ被害対策を推奨し始めた。しかし、本剤による防除効果は証明されていないため、樹木活力剤として森づくり交付金の対象となった。

景観保持推進協議会の活動は、毎年の国県への要望のほか、ゴルファーの緑化促進協力会の支援を受け、抵抗性松苗木の被害跡地への植栽を平成9年度から9年間継続実施したほか、島巡り小型遊覧船及び漁業者からは、島の松枯れ情報の提供をもとに早期伐倒駆除の実施に努めた。

#### 4. 被害対策を振り返った今後の課題と取り組み

被害発生から30数年が経過し、その都度国・県の適切な指導の下に対策に邁進してきたが、終息しないこの被害の状況を顧みると、被害木を伐倒駆除した時、一枝一葉まで残さず処理することは不可能であること、また、地形的に薬剤散布ができず無散布区域があることもあり、松島地域における被害は今後もある程度の微害量で現状を維持しながら継続推移していくのではと思慮する。

最近 国・県・市町村の財政事情がますます悪化しており、これら対策にかかる予算規模が縮小しているが、やはり世界遺産にも匹敵する地域の松を誰が保全するののかということ、関係自治体はもとより、国民・県民の認識と協力を仰ぎ総力を挙げて日本の松を守って行くべきだと考える。社団法人松島観光協会では、この被害対策に民間の立場で行政に協力

したいとの発想で、町内のホテル・旅館・物産店等の会員に募金箱を作成配布し、来松した観光客から浄財を募り、行政に協力してくれたことを特記しておく。

平成18年3月末日の定年退職と同時に、これまで携わった松くい虫対策に未練があり、同年4月より県内唯一の防除業者である小泉商事(株)に世話になり、宮城県はもとより関係市町村発注の防除業務である地上散布(無人ヘリ含む)、樹幹注入等の現場に臨み、さらなる被害対策と確実な防除技術の習得に勤しんでいる現在であるが、最近の業務発注内容を見ると、松が生長し続けて樹高が高くなっていくのに加え、林内の雑木・笹竹などの繁茂により作業困難であるが、完全な散布業務に鋭意努力しているのに反比例し、請負対象額が右肩下がり傾向にあると見受けられる。こうした状態が続けば、散布機械機具の更新はおろか、施工防除業者間には受注を辞退するところも見られることになろうと思われる。加えて、市町村の防除事業担当者は、比較的現場を知らない担当者が多く、県担当者も2~3年で転勤するので現場に精通する者が少なくなっているのも実情である。

## おわりに

今後は、松島地域はもとより、宮城県内の重要松の景観と、地域住民生活に重要な飛砂防備保安林等の重要性を再認識し、環境保全と松枯れ対策を両軸として、これらを後世に引き継ぐためにも、県並びに市町村と民間防除業者との域を超えて、現地検討を含めた柔軟な意見・情報交換を行いながら、他県の範となる継続的な防除対策のための体制づくりが肝要と思慮するものである。

なお、この回想を記述している途中で、これまで松島に愛着を持ち、松島地域を含む宮城県の松くい虫防除対策に誠心誠意ご尽力された、前宮城県樹木医会会長早坂義雄先生が、闘病で入院中の平成20年11月中旬に、松島の歴史と宮城県の松くい虫対策に関する膨大な随筆を執筆された原稿を筆者に清書と製本を依頼され、出来上がりを県と市町担当者に配りたいと言われたので快諾し、校正を先生に送付したのであるが、その途中の12月29日病気が悪化しご逝去された。早坂先生のご意志を後世に残すためにも完成に向けて努力する所存であり、先生のご冥福をお祈りいたします。



## 都道府県だより

## 山形県のナラ枯れ被害緊急対策について

## ○山形県三大森林病虫害被害

近年、本県の森林は、松くい虫、カツラマルカイガラムシによる吸汁被害、ナラ類の集団枯損（ナラ枯れ）の3つ病虫害により大きな被害を受けています。

特にナラ枯れは、県内35市町村のうち28市町村で、延べ23万本以上の枯損木を出し、被害の急激な増加が続いております。

## ○総合的なナラ枯れ対策

本県のナラ枯れ対策は、急激な被害拡大に対応するため、四つの方針で進めています。

- ① 駆除による被害区域拡大の抑制
- ② 面的防除手法の実証と防除帯設定
- ③ 被害材利用促進とルール化
- ④ 地域の実情に併せた対策の推進

なお、(国)山形大学、(独)森林総合研究所、東北森林管理局、やまがた公益の森づくり支援センター、山形県で構成される「ナラ枯れ被害拡大防止対策会議」を開催し、ナラ枯れ対策の方向性の検討や事業の検証を行っています。また、対策を浸透させるため、県総合支庁ごとに市町村、林業関係者、地域住民などからなる協議会を設立し、普及啓蒙を図っています。

## ○駆除による被害区域拡大の抑制

「駆除による被害区域拡大の抑制」は、国庫補助事業を利用し、被害先端地域におけるカシノナガキクイムシの駆除を実施しています。特に新規発生市町村では、駆除率の高い伐倒くん蒸処理を県施工で実施し、被害拡大の抑制を行っています。

## ○面的防除手法の実証と防除帯設定

「面的防除手法の実証」は、平成20年度よりやまがた緑環境税を活用し、集合フェロモンを利用した



写真-1 健全木への殺菌剤の注入

面的防除手法の実証試験を、東北森林管理局と共同で実施しています。

また、「防除帯の設定」は、緊急雇用対策事業等を活用し、被害が拡大している方向にあるナラ健全木に殺菌剤を注入し（写真-1）、枯れにくい林を防除帯として配置しています。

## ○被害材利用促進とルール化

「被害材利用促進」では、被害材を含むナラ材の有効活用による防除を推進するため、平成21年度よりやまがた緑環境税を活用した資源循環利用型防除モデル事業を実施し、被害材を含む小面積皆伐などによる利用を促進しています。

また、カシノナガキクイムシを森林法施行規則第22条の8第1項第6号の害虫に指定し、保安林での伐採許可を不要としました。

「被害材の利用に関するルール化」では、平成21年4月に「ナラ枯れ被害材の移動に関するガイドライン」を制定し、県民が安心してナラ枯れ被害材を利用できるルールを作りました。

また、素材生産者からホームセンターまで広く巡回し、人の手による被害拡大の抑止について理解と

協力を求めています。

### ○地域の実情に合わせた対策の推進

「地域の実情に合わせた対策の推進」では、平成21年度より県単独予算の市町村総合交付金のメニューにナラ枯れ被害対策を追加し、「激害地の跡地処理からこれから被害が拡大すると想定される未被害地の予防」まで、市町村の実情に合わせた総合的な対策を実施できるようにしています。

### ○おわりに

ナラ枯れ被害は、里山の景観に大きな影響を与えるとともに、倒木や山腹崩壊などにより人命や財産に被害を及ぼすおそれもあり、県民の関心が非常に高くなっています。ただし、単にナラが枯れる現象に対処するだけでなく、里山の役割やあり方を見直すきっかけとして対策を講じたいと考えています。

(山形県農林水産部森林課)

(山形県は急激に拡大するナラ枯れ被害に対し、適正な利用による防除を推進するため、平成21年4月にガイドラインを制定しました。)

#### ナラ枯れ被害材の利用に関するガイドライン

##### 1. ガイドラインを定める目的

このガイドラインは、「カシノナガキクイムシによるナラ類（ミズナラ、カシワ、コナラ、クリ等）の集団枯損（以下「ナラ枯れ」という。）の被害を受けたナラ類等の有効活用を推進し、併せて被害の軽減を図るため、ナラ枯れ被害材を利用するための伐倒又は移動をする際に森林所有者、素材生産業者、木材流通・販売業者及び利用者等（以下「被害材利用者等」という。）並びに行政機関が配慮すべき必要な措置について定めるものであり、遵守するよう努めるものとする。

##### 2. 被害材利用者等が遵守すべき事項

(1) 被害材利用者等は、被害材の移動をしないこと。なお、6月9日まで処理目的で移動する場合はこの限りではない。

(2) 被害材利用者等は、「破碎処理」（厚さ10mm以下）又は「炭化処理等」をする場合を除き、未被害材と被害材を混在させないこと。

(3) 被害材利用者等は、被害材の利用を図る場合は、確実に6月9日までその処理を行なうこと。

(4) 被害材利用者等は、被害材の販売または譲渡をする場合において、当該材は被害材であり、6月9日まで被害材の処理を行うことが求められていることを販売または譲渡する相手に対し通知すること。

##### 3. 行政機関の役割

(1) 行政機関は、自ら行う事業(委託事業を含む)や補助事業の事業者に対し、被害材を移動する場合は、6月9日まで被害材の処理を確実に完了させるよう指導すること。

(2) 行政機関は、必要に応じ被害材利用者等による被害材の処理状況などを確認するとともに、必要な助言・指導を行なうこと。

##### 4. 被害材伐倒時の留意事項

(1) 被害材の伐倒にあたっては、伐倒後、伐根の地際から高さ10cm以下となるよう再切断を行なうこと。また、伐根をそのまま残置する場合は、伐根に薬剤処理を行うこと。

(2) 被害材を伐倒し、被害材の処理を行わないで現地に残置する場合は、長さを50cm以下にすること。

(3) 6月10日から8月10日までの間は未被害材の伐採はカシノナガキクイムシを誘引し伐採地周辺への被害を拡大させる恐れがあるため行なわないこと。ただし、駆除目的に伐採材に加害させ処理する場合及び、危険回避のため緊急に伐採せざるを得ない場合は除くこととする。

(4) ナラ類を中心とする1ha以上の森林の皆伐はカシノナガキクイムシを誘引し、周辺への被害を拡大する恐れがあるため伐採にあたっては、時期、方法などについて行政機関の指導を受けること。

# 福井県における松くい虫被害と対策について

## ○はじめに

本県の県木である松は、杉に次ぐ森林資源であり、内陸部の里山の尾根筋や海岸一帯に約1万6千haが分布しています。特に海岸部の松林は若狭湾・越前海岸国定公園の景観資源として、また、潮害防備、魚つき、風致等様々な機能により、地域住民の生活に重要な役割を果たしています。

## ○松くい虫被害の推移

本県における松くい虫被害は、昭和52年度まで若狭西部地域において散在的に発生し、その被害程度は軽微でほぼ平衡状態を呈していましたが、昭和53年度の異常気象に伴い急激に拡大に転じ、昭和59年度には被害面積5千4百ha、被害材積4万8千 $\text{m}^3$ に達し、本県の被害のピークを迎えました。(全国では昭和54年度が被害のピークでした。)

これにともない、本県では昭和59年度から「松くい虫被害総合対策事業」を創設し、特別防除を取り入れた予防措置と、伐倒駆除を中心とした駆除措置に加え、市町村を防除体制の核としたソフト事業を総合的に実施、平成4年からは海岸松林を中心とした「松くい虫被害特別対策事業」を併せて実施してき

た結果、平成11年度末には被害材積9千4百 $\text{m}^3$ とピーク時の2割まで沈静化を示すにいたりました。

しかし、平成12年度において、害虫活動期である夏期の気象条件が平年比で日平均気温 $+1.8^{\circ}\text{C}$ 、月総降水量 $-50\text{mm}$ と典型的な高温少雨の異常気象となり、その前年も同様な傾向であったことから一転して松くい虫被害が増加に転じ、被害面積2千4百ha、被害材積1万7千 $\text{m}^3$ の被害発生となりました。(全国的にも同様な傾向を示しています。)平成13年度以降被害は僅かに減少に転じています。

平成20年度末現在の被害量は1万2千 $\text{m}^3$ (対前年同月比115%)と前年度を上回り、一部市町において被害が拡大傾向にあるなど依然予断を許さない状況にあります

## ○被害対策の現状

本県では、従来から実施している予防(特別防除・地上散布・樹幹注入)と駆除(伐倒駆除・特別伐倒駆除)に加え、地域と一体となった被害対策を進めるため、モデル地域を設定し、地域住民による松林の清掃などにも取り組んでいます。また、平成20年度には、積極的に被害対策を実施している福井市が新たな取組みとして、海岸沿いの松林に隣接する小学



写真-1 地域の団体等による抵抗性マツの植栽



写真-2 民間会社による県木「松」再生への取組み

校の児童を対象に松くい虫被害のメカニズム等の学習と抵抗性マツの植樹体験を行いました。また、民間会社も、CSR（企業の社会的責任）の観点から社員等による抵抗性マツの植栽や松枯れ対策のためのイベント等でのPRと募金活動など、県木「松」の再生に取組み始めました（写真-2）。

### ○今後の課題

松くい虫被害対策は、継続することが大変重要な

ことです。今後は、抵抗性マツの植栽を推進していくとともに、特に残さなければならない重要な松林等については徹底した予防と駆除対策をしていく必要があります。また、マツの再生に取組む地域や団体もでてきています（写真-1）ので、これら団体等による活動の継続と取組みを県内各地に広げていくことも大切であると考えています。

（福井県農林水産部 県産材活用課森林育成グループ）

## データベース紹介

### 一般公開された「日本植物病名データベース」

このほど日本植物病名目録（日本植物病理学会、2000）のデータベース化が完了し、無料の検索システムが農業生物資源研究所ジーンバンク（NIAS GB）から一般公開された。NIAS GBが主に扱っている植物病原微生物の配布株について、それらが起こす病害（病名）から検索を可能にするため、3年前より上記書籍の電子化と検索システムの構築を進めてきた。このデータベースでは同病名目録の記載内容についてミススペルなど明らかな誤りを訂正するとともに、できる限り表記を統一した。データは宿主植物、病名、ローマ字病名、英病名、病原学名等、出典（文献）、備考など情報の属性別に表にまとめられており、リレーショナル・データベースとして互いに関連付けられている。

パソコンのブラウザを立ち上げ、[http://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro\\_pl\\_diseases\\_list.php](http://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_pl_diseases_list.php)にアクセスすると最初に宿主植物群別「索引」（書籍の目次に該当）と「同時に病名や病原から検索することも可能です。」という注書きが表示される（図-1）。「索引」（宿主別病名一覧）とキーワードのどちらからでも内容を閲覧することが出来る。「索引」の各植物群をクリックすると宿主植物が科ごとにリストアップされるので、目的の植物名を選択して全病名を表示させ、続いて病名をクリックして「病害の詳細」ページを開き閲覧する。他方、初

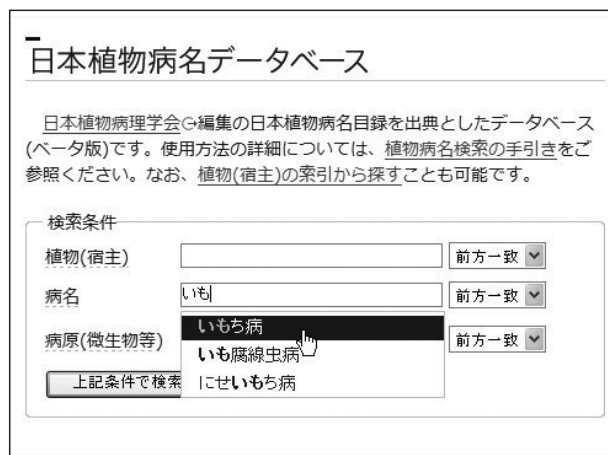


図-1 キーワード検索の入力画面（途中で入力すると候補語が表示される）

期画面の「病名や病原から検索」をクリックするとキーワード検索ができる。キーワードには宿主植物、病名および病原（微生物等）があり、1項目でも入力すれば検索可能である。キーワード入力後、「上記条件で検索」ボタンを押すと、検索結果が一覧表示されるので、各病名等をクリックしページ内ウィンドウ表示により1件ずつ詳細データを閲覧する。また、検索によりヒットした全病害の主要データをExcel形式でダウンロードすることも可能である（表-1）。本データベースと検索システムについては、上記サイトに掲載されている「利用の手引き」を参照頂きたい。

現在、NIAS GBの森林病理関連微生物をはじめ

表-1 宿主=マツ (後方一致)+病原=Lophodermium (前方一致) で検索した結果 (Excel形式)

宿主	病名	病名 (異名)	病原	詳細
ゴヨウマツ	葉ふるい病	かびふるい病, 微震病	Davisomycella hiratsukae など	databases-micro_pl_diseases_detail.php?id=6876
ストロブマツ	葉ふるい病	葉振病	Lophodermium pinastri	databases-micro_pl_diseases_detail.php?id=6970
トドマツ	葉ふるい病		Lirula nervisequia など	databases-micro_pl_diseases_detail.php?id=6724
カラマツ	††† 葉ふるい病	斑点病, かびふるい病	Hypodermella laricis など	databases-micro_pl_diseases_detail.php?id=7279

†††: 付録に掲載された病名

とする微生物株来歴データベースとのリンクを図り、病名から該当する病原微生物株にたどり着けるシステムを開発中である。なお、データベースの内容および検索システムに関する問い合わせや修正提案な

どは以下フォームを通じて送信頂きたい。

<http://www.gene.affrc.go.jp/contacts.php>

(農業生物資源研究所 佐藤豊三)

## 森林病虫獣害発生情報：平成21年6月受理分

### 虫害

〔ヤツバキクイムシ…北海道 紋別郡〕

39年生アカエゾマツ人工林, 2009年4月10日発見 (網走西部森林管理署・中村幸司)

### 獣害

〔エゾシカ, ノネズミ…北海道 勇払郡〕

4~8年生アカエゾマツ人工林, 2009年5月19日発見, 被害本数355本, 被害面積2.05ha (上川南部森林管理署・大塚優佳)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

25年生ヒノキ人工林, 2008年10月1日発見, 被害本数1,653本, 被害面積3.28ha (日光森林管理署・富樫昇)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

32年生ヒノキ人工林, 2008年10月1日発見, 被害本数287本, 被害面積0.52ha (日光森林管理署・富樫昇)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

26年生ヒノキ人工林, 2008年10月1日発見, 被害本数828本, 被害面積2.03ha (日光森林管理署・富樫昇)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

25年生ヒノキ人工林, 2008年10月1日発見, 被害本数1,536本, 被害面積2.56ha (日光森林管理署・富樫昇)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

23年生ヒノキ人工林, 2008年10月1日発見, 被害本数1,447本, 被害面積2.86ha (日光森林管理署・富樫昇)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

40年生ヒノキ人工林, 2008年10月1日発見, 被害本数125本, 被害面積0.42ha (日光森林管理署・富樫昇)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

35年生スギ人工林, 2009年3月3日発見, 被害本数9,049本, 被害面積9.45ha (日光森林管理署・佐藤信也)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

34年生スギ人工林, 2009年3月3日発見, 被害本数19,561本, 被害面積14ha (日光森林管理署・佐藤信也)

〔ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

34年生ヒノキ人工林, 2009年3月3日発見, 被害本数3,063本, 被害面積2.47ha (日光森林管理署・佐藤信也)

〔ニホンジカ…栃木県 日光市〕

31年生ヒノキ人工林, 2009年3月3日発見, 被害本数3,240本, 被害面積2.46ha (日光森林管理署・佐藤信也)

〔ニホンジカ…栃木県 日光市〕

33年生ヒノキ人工林, 2009年3月3日発見, 被害本数3,028本, 被害面積2.25ha (日光森林管理署・佐藤信也)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

42年生ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数6,038本, 被害面積6.01ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

14年生スギ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数3,191本, 被害面積1.36ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

42年生スギ, ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数4,881本, 被害面積3.88ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

27年生ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数2,177本, 被害面積2.73ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

41年生スギ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数2,127本, 被害面積4.22ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

36年生ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数603本, 被害面積1.09ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

35年生ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数796本, 被害面積1.32ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

24年生ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数612本, 被害面積1.74ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

31年生スギ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数2,108本, 被害面積1.83ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

45年生スギ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数88本, 被害面積0.35ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

18年生スギ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数1,020本, 被害面積1.60ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

37年生ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数556本, 被害面積0.75ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

41年生スギ, ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数4,108本, 被害面積5.47ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

33年生ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数1,205本, 被害面積1.62ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

41年生スギ, ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数4,108本, 被害面積5.47ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

34年生スギ, ヒノキ人工林, 2009年1月21日発見, 被害本数2,839本, 被害面積3.38ha (日光森林管理署・柳沼亮)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

32年生スギ, ヒノキ人工林, 2008年11月6日発見, 被害本数1,178本, 被害面積1.64ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

29年生スギ, ヒノキ人工林, 2008年11月6日発見, 被害本数5,991本, 被害面積3.33ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

27年生スギ, ヒノキ人工林, 2008年11月6日発見, 被害本数4,117本, 被害面積3.35ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

19年生ヒノキ人工林, 2008年10月8日発見, 被害本数11,020本, 被害面積8.06ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

13年生ヒノキ人工林, 2008年10月8日発見, 被害本数446本, 被害面積0.56ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

32年生スギ, ヒノキ人工林, 2008年10月8日発見, 被害本数7,572本, 被害面積3.80ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ, ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

26年生ヒノキ人工林, 2008年10月8日発見, 被害本数5,252本, 被害面積4.04ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

27年生ヒノキ人工林, 2008年10月9日発見, 被害本数5,880本, 被害面積3.36ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

50年生ヒノキ人工林, 2008年10月9日発見, 被害本数40,977本, 被害面積37.1ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

22年生ヒノキ人工林, 2008年12月2日発見, 被害本数4,473本, 被害面積3.25ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

36年生ヒノキ, 56年生カラマツ人工林2008年9月1日発見, 被害本数8,320本, 被害面積5.52ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

23年生ヒノキ人工林, 2008年12月2日発見, 被害本数7,735本, 被害面積4.99ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

37年生カラマツ人工林, 2008年9月1日発見, 被害本数4,314本, 被害面積9.64ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

36年生カラマツ人工林, 2008年9月1日発見, 被害本数

3,914本, 被害面積7.90ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

42年生カラマツ人工林, 2008年12月4日発見, 被害本数36,454本, 被害面積45.71ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

43年生カラマツ人工林, 2008年12月4日発見, 被害本数735本, 被害面積1.12ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

45年生カラマツ人工林, 2008年12月4日発見, 被害本数1,562本, 被害面積2.38ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

50年生スギ人工林, 2008年4月2日発見, 被害本数987本, 被害面積1.43ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

36年生スギ人工林, 2008年9月2日発見, 被害本数1,525本, 被害面積1.27ha (日光森林管理署・町田次郎)

〔ニホンジカ、ツキノワグマ…栃木県 日光市〕

30年生ヒノキ人工林, 2008年9月2日発見, 被害本数2,005本, 被害面積1.10ha (日光森林管理署・町田次郎)

(森林総合研究所 窪野高徳/牧野俊一/小泉 透)

## 森林病虫獣害発生情報：平成21年7月受理分

### 病害

〔ウメノキゴケ…石川県 鳳珠郡〕

20~100年生キリシマツツジ庭木, 2009年6月19日発見, 被害本数200本 (石川県巨樹の会・松枝章)

〔葉枯病…石川県 能美市〕

壮齡マルバマンサク緑化樹, 2009年6月23日発見, 被害本数10本, 被害面積0.4ha (石川県樹木医会・松枝章)

〔紫かび病…鹿児島県 始良郡〕

18年生アラカシ庭木, 2009年7月2日発見, 被害本数30本, 被害面積0.01ha (日本樹木医会・村本正博)

〔褐色葉枯病…鹿児島県 志布志市〕

18年生クロマツ庭木, 2009年6月15日発見, 被害本数20本, 被害面積0.01ha (日本樹木医会・村本正博)

〔材線虫病…千葉県 銚子市〕

クロマツ人工林, 2008年10月発見, 被害本数170本, 被害

面積0.4ha (千葉森林管理事務所・飯島貞親)

〔溝腐病…千葉県 富津市〕

スギ人工林, 2008年7月発見, 被害本数65本, 被害面積0.28ha (千葉森林管理事務所・飯島貞親)

〔白紋羽病…鹿児島県 川内市〕

4年生アジサイ庭木, 2009年6月25日発見, 被害本数15本, 被害面積0.03ha (日本樹木医会・村本正博)

〔材線虫病…茨城県 高萩市ほか〕

52年生アカマツ, クロマツ人工林, 2009年8~9月発見, 被害面積0.48ha (茨城森林管理署・中郡雅一)

〔葉枯病…大分県 佐伯市〕

壮齡スギ人工林, 2008年5月13日発見 (大分県南部振興局・佐藤)

**虫害**

**〔ゴマフボクトウ…石川県 鹿島郡〕**

10年生ツツジ緑化樹, 2009年6月9日発見, 被害本数2本  
(石川県樹木医会・松枝章)

**〔シロオビアカアシナガゾウムシ…石川県 金沢市〕**

壮齡ヤマアジサイ天然林, 2009年6月20日発見, 被害本数500本, 被害面積10ha (石川県巨樹の会・松枝章)

**〔ベニモンアオリンガ…奈良県 山部郡〕**

20年生モチツツジ緑化樹, 2009年6月3日発見, 被害本数200本 (奈良県東部農林振興事務所・山中崇史)

**〔スギカミキリ…千葉県 富津市〕**

スギ人工林, 2008年10月発見, 被害本数475本, 被害面積1.27ha (千葉森林管理事務所・飯島貞親)

**〔コイチャコガネ…岐阜県 多治見市〕**

20年生ヤマボウシ緑化樹, 2009年6月発見, 被害本数1本 (日本樹木医会・多賀正明)

**獣害**

**〔イノシシ…石川県 能美市〕**

27年生ヒノキ人工林, 2009年6月15日発見, 被害本数4本, 被害面積0.02ha (石川県樹木医会・松枝章)

(森林総合研究所 窪野高徳/牧野俊一/小泉 透)

**林野庁だより**

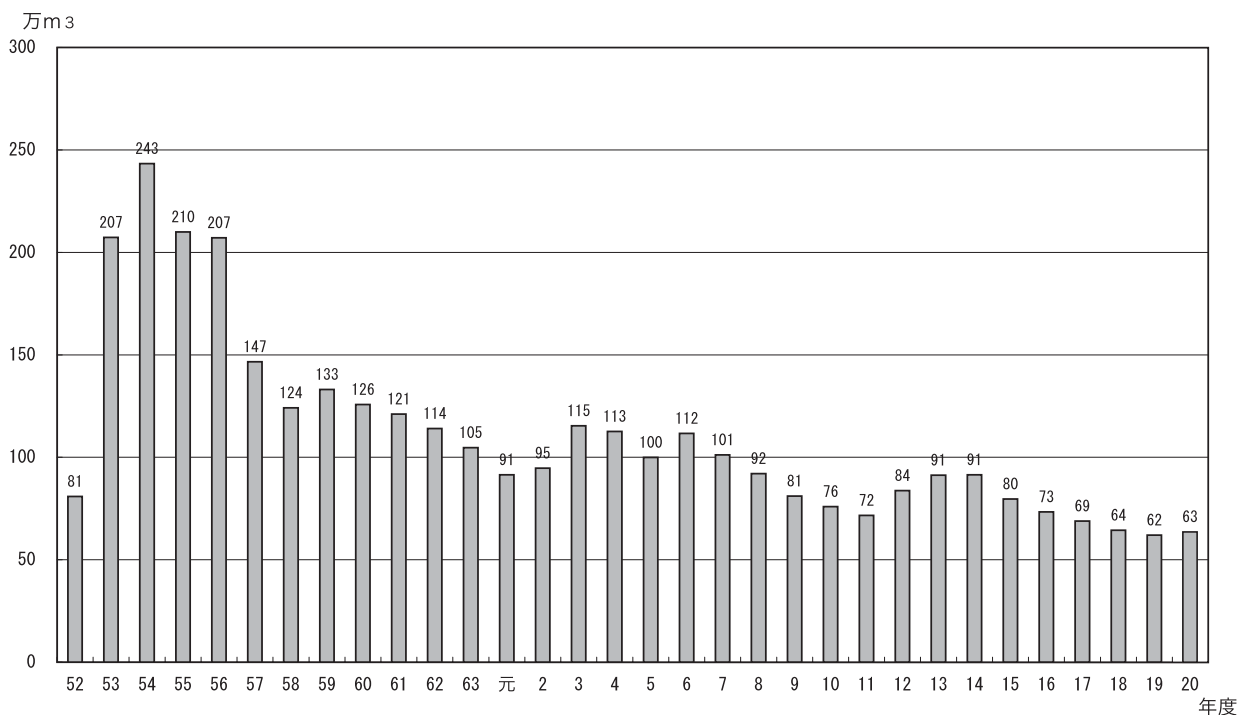
**平成20年度松くい虫被害について (平成21年8月28日)**

**被害量とその特徴**

1. 平成20年度の全国の松くい虫被害量は, 前年度と比較して約1万立法メートル増の約63万立法メートルとなった。
2. 被害の発生地域は, 前年度と同様, 北海道及び青森県を除く45都府県となっており, その内訳は

- 別表 (林野庁ホームページ参照) のとおりである。
3. 全国の総被害量は微増となった。これは, 被害先端地域にある長野県, 岩手県での被害量の増加, 一部の地域での夏期の高温少雨による被害量の増加等によるものと考えられる。

(森林整備部 研究・保全課 森林保護対策室)



全国の松くい虫被害量 (被害材積) の推移



# 樹木病害デジタル図鑑

## 発売中

(独)森林総合研究所 森林微生物研究領域／編集

緑化樹・造林樹木の主要な304病害, 897枚の画像を1枚のCDに収納  
ひとつの病害について簡潔な症状等の記載と複数の被害・病徴写真で解説  
対象: 樹木医, 現場の担当者, 研究者から自然愛好家まで

Windows 2000(Service Pack 3 以上) / XP / Vista, Mac OS X 10.3 / 10.4 日本語版対応  
パソコンにInternet Explorerなどのインターネット閲覧ソフトがインストールされていることが必要です



定価: 3,000円(消費税込・送料別)(10部以上送料無料)

注文は、ファックスまたE-mailで防除協会まで

**森林防疫** 第58巻第5号(通巻第674号)  
平成21年9月25日 発行(隔月刊25日発行)

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

定価 1,302円(送料共)  
年間購読料 6,510円(送料共)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会  
National Federation of Forest Pests Management  
Association, Japan  
〒101-0047 東京都千代田区  
内神田 1-1-12(コープビル)  
☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726  
振替 00180-9-89156  
E-mail [shinrinboeki@zenmori.org](mailto:shinrinboeki@zenmori.org)  
<http://bojyokyokai.hp.infoseek.co.jp/>