

# 森林防疫

FOREST PESTS

## — 森の生物と被害 —



## 目次

### 解説

#### スギ赤枯病菌の迅速な検出技術の開発とその使用方法

[安藤裕萌・升屋勇人] ..... 3

### 論文

#### 北陸地方におけるサビマダラオオホソカタムシの新たな採集記録と成虫の飼育

[浦野忠久・江崎功二郎・井上重紀] ..... 12

### 読者の広場

#### 樹木・森林の健全性

[池田武文] ..... 17

### 新刊紹介

#### 樹木病害ハンドブック

[金子 繁] ..... 21

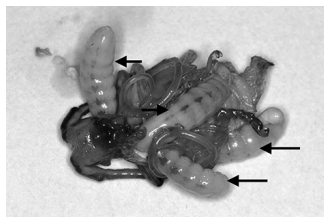
都道府県だより：新潟県・広島県 ..... 22

協会だより：

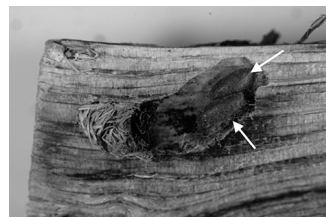
どなたでも投稿できます！ ..... 27



A



B



C

[表紙写真] 捕食寄生性昆虫サビマダラオオホソカタムシ

写真A：サビマダラオオホソカタムシ成虫（体長約10mm）

写真B：ゴマダラカミキリ蛹に寄生する幼虫（矢印：4個体）

写真C：マツノマダラカミキリ蛹室内の繭（矢印：2個体）

サビマダラオオホソカタムシ *Dastarcus longulus* Sharp (写真A) は、コウチュウ目ムキヒゲホソカタムシ科の捕食寄生性昆虫である。成虫は夏期に羽化し、越冬後翌年春に産卵を開始する。卵は枯れ木の樹皮の隙間等に卵塊で産み付けられ、体長約1mmの孵化幼虫が樹幹内に侵入して寄主となるカミキリムシ等穿孔性昆虫の幼虫および蛹を探索する。寄主を発見した孵化幼虫は、寄主の体表面に噛みついて毒液を注入し、麻痺させる。孵化（1齢）幼虫は細長く6本の脚を持ち活発に動くが、寄生に成功して2齢幼虫になると体型がうじ虫型に変化して脚もなくなり、寄主の体表面から内部組織を摂食して成長する（写真B）。成熟した幼虫は繭（写真C）を作り、その中で蛹化、羽化する。1年1化であるが成虫は約3年間生存し、生涯産卵数は数千に達する。本種はマツノマダラカミキリの有力な天敵として知られ、本種を用いたマツノマダラカミキリ防除法の開発が行われた。現在ではその他の樹木加害性カミキリムシの防除を目的とした室内飼育および放飼試験が行われている。

(国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所 浦野忠久)

## 解説

# スギ赤枯病菌の迅速な検出技術の開発とその使用方法

安藤裕萌<sup>1</sup>・升屋勇人<sup>2</sup>

## 1. はじめに

戦後の拡大造林期に植栽された人工林の約半数が10齢級を越えており、本格的な利用期を迎えている。そのため、造林木の主伐後の再造林に向けて、スギ・ヒノキを中心に造林樹木苗木の需要が高まっている。一方で、苗木の増産に伴い、病虫害の発生、中でもスギ苗木においては赤枯病の発生が危惧されている。スギ赤枯病は、子囊菌類の*Passalora sequoiae* (= *Cercospora cryptomeriae*) によって引き起こされるスギ苗木の最重要病害である。本病は、日本において1900年代初頭に初めて確認され、その後10年間で日本各地のスギ苗木畑に大きな被害をもたらした(伊藤 1965)。被害発生当時は、病原菌は特定されていなかったが、高濃度のボルドー液を散布することで被害を抑制することができたことから、一旦の小康状態を保っていた(北島 1920)。その後、1950年代のいわゆる拡大造林期において、再び甚大な被害が発生した。当時の統計データによると、その被害は日本各地の約18,000カ所の苗木畑で生じ、その被害額は当時の価格にして約1億4000万円にのぼったという(林野庁森林害虫防除室 1953)。こうした過去の経緯から分かる通り、スギ苗木の生産量が増えれば、それに伴い赤枯病が発生するリスクも高まることが伺える。実際に、ここ数年間で既に複数の地域において赤枯病の被害が発生している(伊藤・川島 2019; 安藤・升屋 2020)。これらの被害は、裸苗の生産現場だけでなく、低コスト再造林の実現に向けて注目されているマルチキャビティコンテナを用いた苗木(コンテナ苗)の生産現場においても、同様に確認されている(安藤・升屋 2020)。

病害が発生した場合には、その被害拡大をいち早く抑制するために、迅速で正確な診断を行い、防除策

を講じることが重要である。しかし、スギの葉枯性病害には、*Phyllosticta cryptomeriae* によるフオマ葉枯病や、*Pestalotiopsis* spp. によるペスタロチア葉枯病、あるいは *Pseudocercospora cryptomeriicola* による列いぼ病など、スギ赤枯病と外観的症狀が酷似する病害がある。また、病害とは関係のない養分や水分ストレス等の生理的な衰退によっても赤変症状を呈するため、誤診されるリスクがある(安藤・升屋 2020)。一方で、1970年以降、スギ赤枯病の薬剤防除の徹底と苗木需要の急速な減少とともに、赤枯病による被害はほとんど耳にすることが無いほど小康状態が保たれてきた。そのため、赤枯病の被害や病原菌を実際に観察した経験がある苗木生産関係者は、現在では殆どいなくなってしまった。このような状況においては、赤枯病の診断技術の継承は重要であり、それと同様に、誰もが可能な簡便な診断技術の開発も求められている。上記で示したような様々な病害の観察は、診断において重要であるが、技術研修などの経験が必要であり、鑑定依頼など一部の専門家に依存する必要がある。そのような中、近年、急速に利用が拡大しつつある、分子生物学的手法を用いた診断は、専門家以外が迅速で正確な診断を行うための実践的な手法の1つである。

分子診断技術として、代表的なのはポリメラーゼ連鎖反応(PCR: Polymerase Chain Reaction)による検出である。さらに近年、特に医療分野においては、より省力的で迅速性・正確性・検出感度に優れたLAMP(Loop-mediated Isothermal Amplification)法あるいはリアルタイムPCR法が、様々な病原体の検出・診断技術の開発に応用されている(Kurkela and Brown 2009)。従来から広く用いられてきたPCR法による検出は、多くの実験施設等で導入され

ていることから依然として有用性は高く、種特異的プライマーを用いたPCR法による検出は、樹木病原菌の検出にも用いられている (Mulholland *et al.* 2012)。樹木病害分野における近年の分子診断の開発に関する成功例としては、マツ材線虫病に対するLAMP法の適応が挙げられる (Kikuchi *et al.* 2009)。LAMP法は、PCR法で用いられるサーマルサイクラーを必要とせず、一定の温度で核酸を増幅できることを特徴とする等温核酸増幅法の1つであり、農業や医学など様々な分野で急速に利用が拡大している。さらに、現場での診断のための迅速で費用対効果の高い方法として、LAMP法に代わる等温核酸増幅法として、リコンビナーゼポリメラーゼ増幅 (RPA: Recombinase Polymerase Amplification) 法が、近年注目されている (Daher *et al.* 2016; Li *et al.* 2019)。RPA法の核酸増幅原理や使用方法等の詳細については、Daher *et al.* (2016) などの総説や、製品販売代理店ホームページ (日本ジェネティクス株式会社: [https://www.n-genetics.com/products/search/detail.html?product\\_id=6076](https://www.n-genetics.com/products/search/detail.html?product_id=6076)) を参照して頂きたい。

RPA法は、LAMP法と同様に一定温度に維持することで核酸を増幅するが、LAMP法と比較していくつかの利点がある。例えば、LAMP法よりも低温 (LAMP法 60℃～65℃, RPA法: 37℃～42℃) で核酸を増幅し、反応時間も短い (LAMP法: 約1時間, RPA法: 10～20分)。また、LAMP法では、6つ (または4つ) のプライマーを用いる必要があるが、RPA法ではPCR法と同様に2つのプライマーだけでよく、検出に用いるプライマーを比較的容易に設計できる。RPA法は、これまで医療分野で主に適用されてきたが、近年、植物病理学の分野においても、ウイルス (Londoño *et al.* 2016)、細菌 (Strayer-Scherer *et al.* 2019)、線虫 (Ju *et al.* 2019)、および卵菌類 (Munawar *et al.* 2019; McCoy *et al.* 2020) の検出にも応用されてきている。

そこで我々は、PCR法とRPA法による検出方法を用いたスギ赤枯病の迅速な診断技術を開発し、それに関する論文を発表した (Ando and Masuya 2021)。本報では、その方法について解説する。あ

る程度の分子生物学的な操作を行うことができれば、本手法を用いることで専門外の人でも赤枯病の診断が可能になる。一方で、そもそも検体として適切な試料を採取するためには、赤枯病の外観的症候を把握していなければならない。そのため、安藤・升屋 (2020) で示したように、症候が類似する他の葉枯性病害と比較してスギ赤枯病の外観的特徴についても併せて解説する。

## 2. スギ赤枯病の外観的症候

スギ赤枯病菌の検出を行うためには、適切な試料採取を行う必要がある。そのために、まずは典型的なスギ赤枯病の外観的症候を把握し、試料採集の対象とする赤枯病の疑いのある苗木・罹病針葉の目星をつけなければならない。

スギ赤枯病の病徴は、苗木の地際部に近い枝葉から被害が出始める (写真-1A)。地際部の葉を詳しく観察すれば、針葉1本単位で枯死が確認できる (写真-1B, C)。被害の進展に伴って、次第に苗木の上部の針葉にも症候が現れていき、感染の程度が激しい場合には、苗木全体が枯死する。しかし、苗木が枯死する割合は比較的 low、多くの場合は赤枯病に罹病しても生存している。地上部の大半は見掛け上健全な場合であっても、地際部の枝葉だけに赤枯病菌が感染しているという場合も珍しくないため、まずは地際部の枝葉を集中的に観察する。また、病斑は針葉だけでなく、緑色の主軸や枝にも形成される。これは、胴枯型病斑と呼ばれ、後に溝腐病に進展する症候である (写真-1D)。罹病葉は、暗褐色から焦茶色こげちやいろに変色、枯死する (写真-1E)。罹病葉には、始め黒色、球形の子座が散在して形成され (写真-1F, G)、菌体の発達とともに、子座上に分生子柄が叢生して暗緑色を呈し、標徴部をルーペで観察すると、突出して毛羽立って見えるのが特徴である (写真-1H)。

一方で、スギ苗木でよく発生する他の葉枯性病害として、フォーマ葉枯病、ペスタロチア葉枯病が挙げられる。赤枯病は、これらの病害とは、主に罹病葉の変色の色調、被害の表れ方、標徴が異なる。赤枯

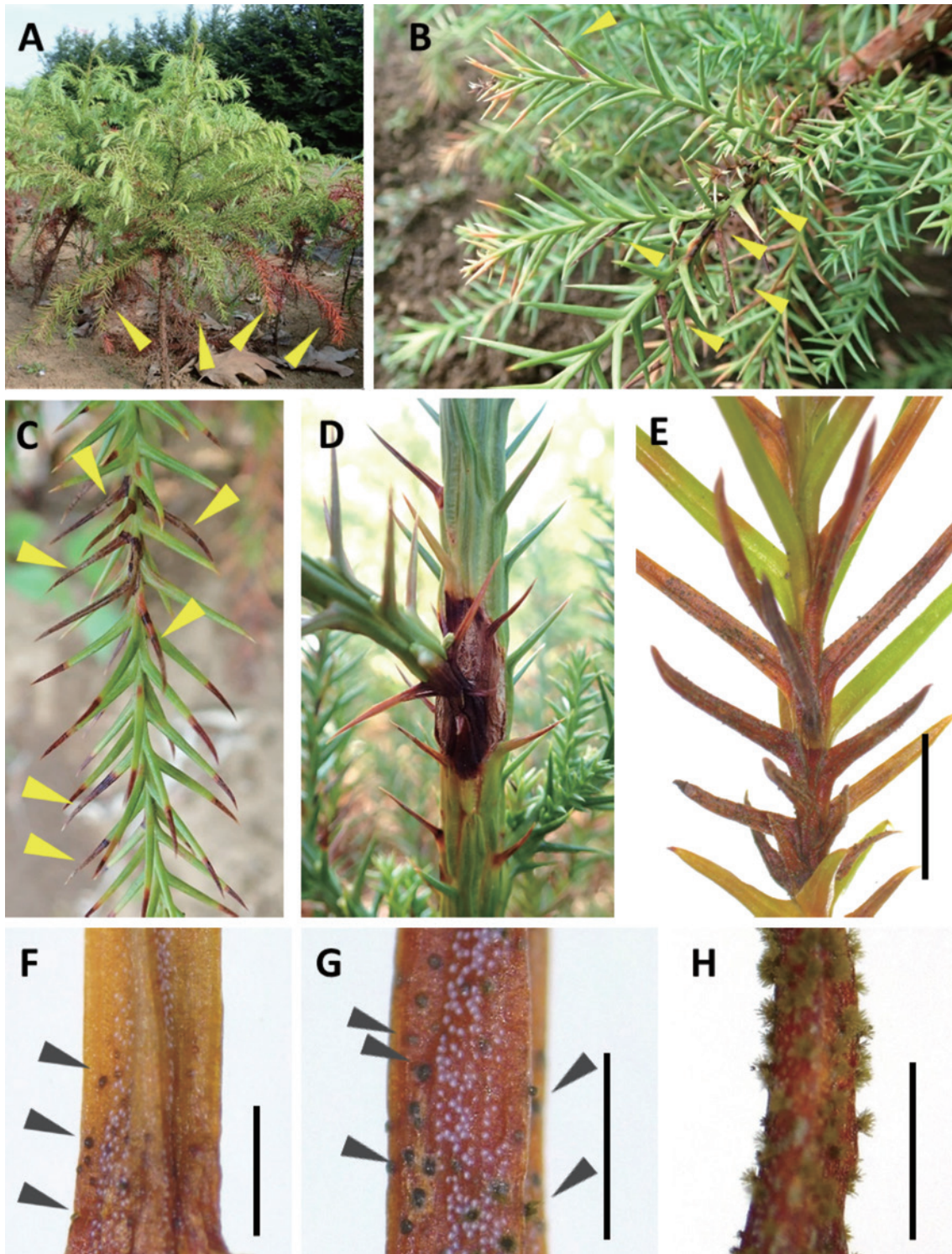


写真-1 スギ赤枯病の外観的症状の特徴

A: スギ赤枯病に罹病した苗木。地際部の枝・葉から被害が進行する (矢印)。B, C: 罹病針葉 (矢印)。発病初期は、地際部に近い枝・葉の針葉が1本単位で罹病する。D: 緑色主軸に発生した胴枯型病徴。E: スギ赤枯病に罹病した針葉 (bar= 5 mm)。F~H: 標徴 (bar= 1 mm)。F, G: 発病初期では子座 (矢印) が少量形成され、次第に多量に認められるが、分生子は殆ど形成していない。H: 子座から分生子柄と分生子が多量に形成されると、毛羽立った特徴が確認できる。

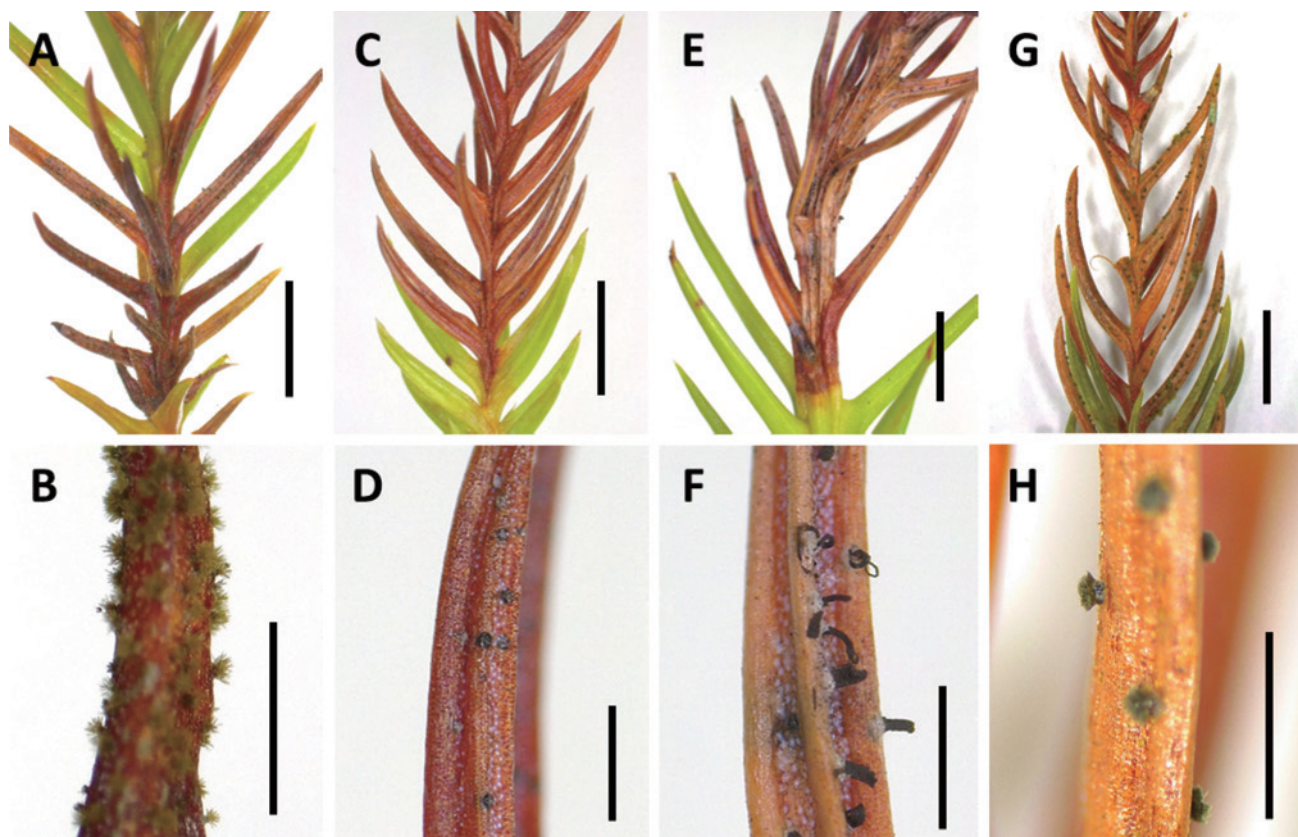


写真-2 スギ赤枯病 (A, B) と他の葉枯性病害 (C~H) の罹病針葉および標徴の比較

A, B: スギ赤枯病に罹病した針葉 (A, bar= 5 mm) および標徴 (B, bar= 1 mm). C, D: フォマ葉枯病に罹病した針葉 (C, bar= 5 mm) および標徴 (D, bar= 1 mm). E, F: ペスタロチア病に罹病した針葉 (E, bar= 5 mm) および標徴 (F, bar= 1 mm). G, H: 列いぼ病に罹病した針葉 (G, bar= 5 mm) および標徴 (H, bar= 1 mm).

病では、罹病針葉は暗褐色から焦茶色を呈するが(写真-2 A), フォマ葉枯病は罹病葉が赤褐色から褐色を呈し(写真-2 C), ペスタロチア病は、罹病葉が褐色から灰褐色を呈する(写真-2 E)。被害の表れ方は、スギ赤枯病では地際部の枝葉に集中して被害が生じ、針葉1本単位で枯死が現れるが、フォマ葉枯病やペスタロチア病では枝先の針葉からまともって枯死する場合が多い。標徴部をルーペで観察すると、赤枯病の場合は分生子柄が突出して毛羽立って見えるのが特徴であるが(写真-2 B), フォマ葉枯病ではわずかに隆起した黒色の小斑点が散在し(写真-2 D), ペスタロチア病では楕円形から菱形の黒色の斑点が散在し、湿潤な状況下では、分生子層から角状に黒色の分生子塊が突出するのが確認できる(写真-2 F)。また、苗木においては

殆ど被害が出ないが、症状が類似する列いぼ病では、罹病葉は淡褐色から褐色を呈し(写真-2 G), 標徴部を観察すると、スギ赤枯病と類似した毛羽立った標徴が認められるが、その並びは列状である(写真-2 H)。これらの病害は、いずれかが単独で発生している場合もあるが、複数の病害が複合的に発生し、中には赤枯病菌、フォマ葉枯病菌、およびペスタロチア病菌が同一の苗木上で発生している場合もあることには注意が必要である。

スギ赤枯病とその他の葉枯性病害の特徴と判別点を把握できれば、赤枯病の診断に必要な試料の目星は付けられる。また、観察に慣れてくれば、分生子が形成されている試料であればルーペまたは顕微鏡観察によって赤枯病の診断を下せるだろう。一方で、風雨によって分生子が離脱した罹病針葉や分生子が

まだ形成されていない発病初期の罹病針葉（写真-1 F, G）などでは、しばしば毛羽立った様子が観察し難い場合がある。このような観察による診断も困難な試料が、分子診断技術の利点を活かせる最適な試料と言える。

### 3. スギ苗木からの検出方法の手順

実際に、スギ赤枯病に罹病した疑いのある苗木からの検出方法の手順について説明する。PCR法ではrDNAのITS (internal transcribed spacer) 領域を対象としたプライマーセット (Pas\_seq-4F : 5'-GCCCGGAGGGAATCAA-3', Pas\_seq-R6 : 5'-CTTGGGTAAAGATTTAACGGCCGTC-3') を、RPA法では遺伝子コード領域である*RPB2* (RNA polymerase II subunit) を対象としてプライマーセット (TAMP\_Psq-F : 5'-GGTCAGTTAACCGACATGCTGCGAAGCTTGCGAC-3', TAMP\_Psq-R : 5'-GATGGCCTTCTCTCTCTCCTGTTCACTTATATC-3') をそれぞれ設計した (Ando and Masuya 2021)。ITS領域は、菌類の分子同定におけるバーコード領域として知られ、細胞あたりのコピー数が多いことから少量の菌体からでも高感度で検出できるため、PCR法での分子診断によく使われている (Kikuchi *et al.* 2007; Udayashankar *et al.* 2012)。スギ赤枯病菌とその近縁種間では、ITS領域の配列で種特異的な部分が少ないが (Bakhshi *et al.* 2018, Ando and Masuya 2021), PCR法での検出感度を高めるためにITS領域を対象とした。一方で、RPA法では、使用するプライマーの配列が長いいため、ITS領域を対象とした場合に近縁種のDNAも増幅させてしまう可能性がある。*RPB2* 遺伝子は、核シングルコピー遺伝子であるが、スギ赤枯病菌とその近縁種間における遺伝的変異が多く (Bakhshi *et al.* 2018 ; Ando and Masuya 2021), より特異的なプライマーの設計が可能である。RPA法は、増幅効率が高いことから、核シングルコピー遺伝子を対象とした場合でも高感度な検出が見込めることから、*RPB2* 領域を対象とした。

先述した通り、スギ赤枯病の外観的症状の特徴に

よって適切に採取された試料から、スギ赤枯病によって枯死したと考えられる罹病葉 1 本をDNA抽出に供試する (図-1 A)。ここで注意しなければならないのは、スギ赤枯病に罹病した苗木であれば、どの部分からでも試料を採取しても良いわけではないということである。スギ赤枯病に罹病し、苗木全体あるいは枝全体が枯死した場合であっても、スギ赤枯病菌は枯死部全体に存在しているわけではなく、感染しているのは一部の針葉に限られている。従って、赤枯病の外観的症状や罹病針葉の特徴を把握せずに、闇雲に試料を採取して検出を行っても偽陰性の誤診を招いてしまう可能性がある。そのため、症状のみられる苗木の中でも、赤枯病罹病苗木でみられる暗褐色に変色した枯死針葉 (写真-1 B, C) を選定して試料とする必要がある。可能であれば、ルーペあるいは実体顕微鏡を用いて赤枯病菌の疑いのある菌体が認められる針葉を採取する。

試料からのDNA抽出では、市販のDNA抽出試薬を使用する。我々は、DNA抽出試薬として PrepMan™ Ultra sample preparation reagent (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) を使用している。本試薬を100  $\mu$ l加えた1.5 mlマイクロチューブに、採取した試料を入れ (図-1 A)、ペッスル (乳棒の一種) ですり潰し、破碎した後、98°Cで10分間の熱処理を行い、高速遠心機 (15,000  $\times$  g  $\cdot$  3分間) にかけて、その上澄みを回収することでDNA抽出物を得る (図-1 B)。また、その他のDNA抽出試薬として、カネカ簡易DNA抽出キット version2 (Kaneka, Tokyo, Japan) を使用した場合でも良好な成績が得られている。本製品を使用した場合は、抽出に用いる針葉をペッスルですり潰す作業を省いても、同様の結果が得られている (安藤未発表)。

DNA増幅は、PCR法とRPA法による手順を分けて解説する (図-2, 3)。PCR法では、先の工程で得られたDNA抽出物を、さらに滅菌水で500倍および1000倍に希釈し (図-2 B), それぞれ1  $\mu$ lを鋳型として用いる。これは、針葉からの抽出によって、植物体や病原体由来のDNA以外にも、植物体から

多糖類やフェノール系物質などのPCR反応を阻害する物質も一緒に抽出されてしまうため (Schrader *et al.* 2012), これらの阻害物質の影響を抑えるために希釈を行う。PCR反応液は, 全量25 $\mu$ l [鑄型DNA : 1 $\mu$ l, GoTaq® Master Mix (Promega KK, Tokyo, Japan) : 12.5 $\mu$ l, フォワードプライマー (Pas\_seq-4F) (10 $\mu$ M) : 0.5 $\mu$ l, リバースプライマー (Pas\_seq-R6) (10 $\mu$ M) : 0.5 $\mu$ l, 超純水 : 10.5 $\mu$ l] で調整し (図-2 C), サーマルサイクラーでDNA増幅を行う。サーマルサイクルの設定は, 初期変性を95 $^{\circ}$ C $\cdot$ 5分で行った後, PCR反応 (熱変性94 $^{\circ}$ C $\cdot$ 30秒, アニリング60 $^{\circ}$ C $\cdot$ 30秒, 伸長反応72 $^{\circ}$ C $\cdot$ 1分) を45サイクル, 最終伸長を72 $^{\circ}$ C $\cdot$ 8分で行う (図-2 D)。一方で, RPA法では, DNA抽出物を, 滅菌水

で5倍および10倍に希釈し (図-3 B), それぞれ1 $\mu$ lを鑄型として用いる。RPA反応では, PCR反応を阻害する物質の影響を受けにくいとされているが (Daher *et al.* 2016), 我々の試験結果では阻害物質の影響をある程度受けることを確認しているため, 若干の希釈を行っている。RPA反応液は, TwistAmp® Basic kit (TwistDx Ltd., Cambridge, UK)をプロトコルに従って調整し (図-3 C), 37 $^{\circ}$ C $\cdot$ 10分でRPA反応を行う (図-3 D)。RPA反応は, 室温でも増幅反応が進むため, 恒温処理が終了したら増幅反応を止めるために直ちに反応液の精製を行わなければならない。RPA反応液の精製には, 市販されているPCR産物精製キットを用いる (図-3 E)。筆者らはNucleoSpin® gel and PCR clean-up

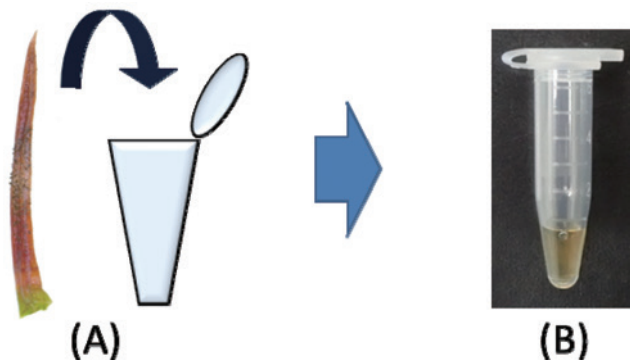


図-1 罹病針葉からのDNA抽出

罹病針葉1本からDNA抽出を行う(A)。著者らは, DNA抽出試薬としてPrepMan™ Ultra Sample Preparation Reagent (Thermo Fisher science)を用いて, 抽出試薬に浸した針葉をペッセルですり潰し, 98 $^{\circ}$ C $\cdot$ 10分の熱処理を行った後, 高速遠心機 (15,000 $\times$ g $\cdot$ 3分)にかけ, 上澄みを回収することでDNA抽出物(B)を得ている。

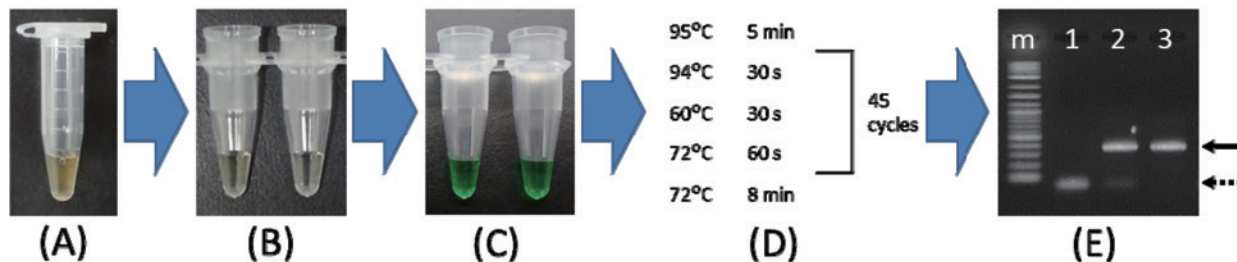


図-2 PCR法による検出方法

DNA抽出物(A)を500倍および1000倍希釈し(B), それぞれ1 $\mu$ lを鑄型DNAとして使用してPCR反応液を調整する(C)。PCR反応を標記の設定(D)で行った後, アガロースゲルを用いた電気泳動で増幅の有無を確認する(E)。スギ赤枯病菌 (2, 3のレーン)のDNAが増幅された場合は, サイズマーカー (mのレーン: 100bp間隔)の400bp付近にバンド (実線矢印部)がみられる (1のレーンはネガティブコントロール)(E)。点線矢印部は, プライマーダイマーなどの非特異的な増幅産物と思われるバンド。



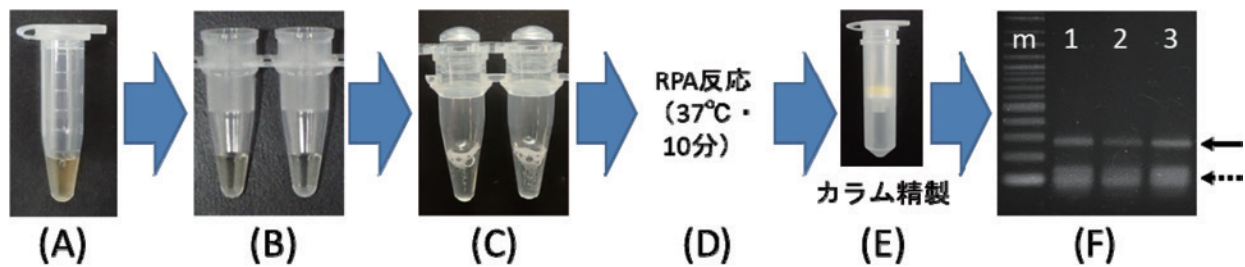


図-3 RPA法による検出方法

DNA抽出物(A)を5倍および10倍希釈し(B), それぞれ1  $\mu$ lを鋳型DNAとして使用してRPA反応液を調整する(C). RPA反応を標記の設定(D)で行った後, 直ちにカラム精製キットでRPA産物の精製を行い(E), アガロースゲルを用いた電気泳動で増幅の有無を確認する(F). スギ赤枯病菌(1~3のレーン)のDNAが増幅された場合は, サイズマーカー(mのレーン:100bp間隔)の300bp付近にバンド(実線矢印部)がみられる(F). 点線矢印部は, プライマーダイマーなどの非特異的な増幅産物と思われるバンド.

kit (Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Germany) をプロトコルに従って用いているが, 他のカラム精製キットを用いることも可能だと思われる。一方で, 酵素処理によってPCR産物の精製を行うExoSAP-IT (Thermo Fischer, USA) を使用した場合には, 次に行う電気泳動において明瞭なバンドがみられないことを確認しているため, カラムを用いた精製キットを使用することをお勧めする。

PCR法およびRPA法によって得られた増幅産物は, アガロースゲルを用いた電気泳動によって増幅の有無を確認する。陽性であれば, PCR法ではサイズマーカーの400 bp付近に(図-2Eの実線矢印部), RPA法では300 bp付近に(図-3Fの実線矢印部)それぞれバンドが認められる。なお, DNA抽出に用いたサンプルや抽出方法などの影響により, 増幅産物の確認時に, しばしば100 bp付近にプライマーダイマーなどの非特異的な増幅産物と思われるバンドが現れることがある(図-2E, 3Fの点線矢印部)。そのため, 電気泳動の確認時には, バンドの有無だけでなく, 増幅産物の長さも確認することが重要である。

#### 4. 今後の課題

スギ赤枯病は, スギ苗木の最重要病害とされており, 被害程度の大きい1~2年生の苗木ではしばしば完全に枯死してしまうが, 仮にある苗木で被害が蔓延した場合でも完全に枯死する苗木は全体の1割程度に収まることもあり(伊藤ら1974), 実際に苗

木を枯死させる能力はそれほど高くないと思われる。しかし, 赤枯病菌が緑色主軸部に感染した場合, 感染部の形成層は壊死して肥大成長が止まり, 苗木の成長に伴って感染部位の巻き込みが生じて溝腐病に進展してしまい, 成木まで育ったとしても木材としての価値が著しく低下してしまう。赤枯病が問題視される理由は, 罹病苗木の枯死による得苗率への直接的な影響だけでなく, 罹病した生存苗木を気付かずに植栽した場合に, 感染苗木だけでなく, 同所的に植栽された健全苗木にも感染が広がり, 林分全体の木材価値が損なわれてしまう可能性があるためである。

本報告では, PCR法とRPA法によるスギ赤枯病菌の検出方法について紹介した。本手法を用いれば, 赤枯病を実際にみた経験が無い人でも迅速(PCR法で約3時間半, RPA法で約1時間)に診断を行うことが可能である。また, 観察による診断では判断が難しいような, 分生子の形成が殆どみられない発病初期の罹病針葉(写真-1F, G)からの検出にも成功している。一方で, RPA法における増幅産物の確認方法では, 増幅産物をカラムによる精製キットで処理した後に, アガロースゲルによる電気泳動を行う必要がある。LAMP法による診断キットの多くで用いられているような, 蛍光反応または着色の有無によって目視で確認できる手法も, RPA法の増幅産物の確認に応用可能であり, 実際に他の植物病原体の検出用に開発されている(Cha *et al.* 2019)。このような増幅産物の確認方法は, 電気泳動を用い

る確認法よりも簡便なため、赤枯病の診断手法へも導入させていく必要があると考えている。また、RPA法はLAMP法と比較して反応時間の短縮や反応温度がより低いなどのメリットもあるが、反応時間を長くしてしまうと非特異的な増幅が生じ、誤診のリスクとなってしまうデメリットが生じてしまう場合がある (Zou *et al.* 2020)。我々の試験結果においても、12分以上の反応を行った際には、非特異的な増幅産物が増加してくることを確認している (安藤未発表)。このような問題を解消するために、病原体に特異的なプローブを用いた増幅産物の確認方法など、誤診のリスクを減らせる、より厳密な手法へと発展させられる余地が残されている。さらに、近年では、持ち運び可能なリアルタイムPCR装置なども販売されているため、これらの機器を用いた検出方法についても実証していくことで、様々な設備環境に応じて適切な診断手法を選択できる環境を整えていくことが課題であると考えている。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、小坂肇博士 (国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 きのこ・森林微生物研究領域) には、研究遂行のための環境を整えて頂いた。中島千晴教授 (三重大学) には、分子診断手法について数々の助言をして頂いた。松本敦子氏 (国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 きのこ・森林微生物研究領域) には、実験補助としてお手伝い頂いた。本研究は、国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所交付金プロジェクト (課題番号201911) の研究成果である。

## 引用文献

安藤裕萌・升屋勇人 (2020) スギ赤枯病研究の現状と課題. 日林誌102 : 44 ~ 53  
 Ando Y, Masuya H (2021) Rapid detection of *Passalora sequoiae* causing needle blight on Japanese cedar. J For Res 26 : 136 ~ 142  
 Bakhshi M, Arzanlou M, Babai-Ahari A,

Groenewald JZ, Crous PW (2018) Novel primers improve species delimitation in *Cercospora*. IMA Fungus 9 : 299 ~ 332  
 Cha DJ, Kim DS, Lee SK, Han HR (2019) A new on-site detection method for *Bursaphelenchus xylophilus* in infected pine trees. Forest Pathology 49 : e12503  
 Daher RK, Stewart G, Boissinot M, Bergeron MG (2016) Recombinase polymerase amplification for diagnostic applications. Clin Chem 62 : 947 ~ 958  
 伊藤一雄 (1965) スギ赤枯病. 日植病報 31 : 242 ~ 247  
 伊藤一雄・渋川浩三・小林享夫 (1974) スギの赤枯病に関する病原学的ならびに病理学的研究(IV) *Cercospora sequoiae* ELLIS et EVERHART (*C. cryptomeriae* SHIRAI) による赤枯病と溝腐病. 林試研報 268 : 81 ~ 134  
 伊藤英敏・川島祐介 (2019) スギ赤枯病対策に関する研究. 群馬林試業報 (平成30年度) : 46 ~ 47  
 Ju Y, Lin Y, Yang G, Wu H, Pan Y (2019) Development of recombinase polymerase amplification assay for rapid detection of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, and *M. enterolobii*. Eur J Plant Pathol 155 : 1155 ~ 1163  
 Kikuchi K, Matsushita N, Suzuki K (2007) Discrimination of *Tricholoma* species by species-specific ITS primers. Mycoscience 48 : 316 ~ 320  
 Kikuchi T, Aikawa T, Oeda Y, Karim N, Kanzaki N (2009) A rapid and precise diagnostic method for detecting the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* by loop-mediated isothermal amplification. Phytopathology 99 : 1365 ~ 1369  
 Kurkela S, Brown DW (2009) Molecular diagnostic techniques. Medicine 37 : 535 ~ 540  
 北島君三 (1920) 杉苗木赤枯病に就て. 山林公報 15 : 59 ~ 66  
 Li J, Macdonald J, von Stetten F (2019) A

- comprehensive summary of a decade development of the recombinase polymerase amplification. *Analyst* 144 : 31 ~ 67
- Londoño MA, Harmon CL, Polston JE (2016) Evaluation of recombinase polymerase amplification for detection of begomoviruses by plant diagnostic clinics. *Virology* 13 : 48
- McCoy AG, Miles TD, Bilodeau GJ, Woods P, Blomquist C, Martin FN, Chilvers MI (2020) Validation of a preformulated, field deployable, recombinase polymerase amplification assay for *Phytophthora* species. *Plants (Basel)* 9 : 466
- Mulholland V, MacAskill GA, Laue BE, Steele H, Kenyon D, Green S (2012) Development and verification of a diagnostic assay based on EF-1 *a* for the identification of *Armillaria* species in Northern Europe. *Forest Pathology* 42 : 229 ~ 238
- Munawar M, Toljamo A, Martin F, Kokko H (2019) Recombinase polymerase amplification assay for fast, sensitive and on-site detection of *Phytophthora cactorum* without DNA extraction. *Eur J Horticult Sci* 84 : 14 ~ 19
- 林野庁森林害虫防除室 (1953) 発刊一週年を迎えて - 赤枯病特集. *森林防疫ニュース* 13 : 79 ~ 94
- Schrader C, Schielke A, Ellerbroek L, John R (2012) PCR inhibitors-occurrence, properties and removal. *J Appl Microbiol* 113 : 1014 ~ 1026
- Strayer-Scherer A, Jones JB, Paret ML (2019) Recombinase polymerase amplification assay for field detection of tomato bacterial spot pathogens. *Phytopathology* 109 : 690 ~ 700
- Udayashankar AC, Nayaka SC, Archana B, Anjana G, Niranjana SR, Mortensen CN, Lund OS, Prakash HS (2012) Specific PCR-based detection of *Alternaria helianthi*: the cause of blight and leaf spot in sunflower. *Arch Microbiol* 194 : 923 ~ 932
- Zou Y, Mason MG, Botella JR (2020) Evaluation and improvement of isothermal amplification methods for point-of-need plant disease diagnostics. *PloS one* 15 : e0235216

(2021.9.29受理)

## 論文

## 北陸地方におけるサビマダラオオホソカタムシの新たな採集記録と成虫の飼育

浦野忠久<sup>1</sup>・江崎功二郎<sup>2</sup>・井上重紀<sup>3</sup>

## 1. はじめに

サビマダラオオホソカタムシ (*Dastarcus longulus* Sharp) は、コウチュウ目ムキヒゲホソカタムシ科 (Bothrideridae) に属する捕食寄生性昆虫である。一時期 *D. helophoroides* Fairmaire のシノニムとされていた (Sasaji 1997) が、現在では再び *D. longulus* となり、中国などに分布する *D. helophoroides* とは別種とされている (Löbl and Smetana 2007)。本種は1年1化で7~9月に羽化し、成虫で越冬した後、翌年4月頃から枯死木の外樹皮間隙等に産卵する。寄主はおもにカミキリムシの幼虫および蛹である。本種孵化幼虫は樹幹の寄主孔道内に侵入し、寄主を麻痺させた後、脱皮して、うじ虫型の2齢幼虫になり、寄主を外部から摂食する。成熟した幼虫は繭を作ってその中で蛹化し、成虫が羽化する。

本種がマツノマダラカミキリの有力な天敵であることが判明したのは1980年前後であった (竹常 1982; 井上 1993)。その後マツ林内での寄生率調査 (岡本 1999) および室内、網室および野外での放飼試験 (三浦ら 2003; Urano 2003, 2004) が行われ、マツ林内での放飼によってマツノマダラカミキリの死亡率が単木レベルで48~85%となることが判明した (Urano 2006)。一方で人工飼料を用いた成虫および幼虫の人工飼育法も開発され (Ogura *et al.* 1999)、省力的な室内増殖が可能となっている。近年では新たな被覆・粘着資材を用いたマツノマダラカミキリの逸出抑制法において、集積した被害マツ材に被せた被覆内に本種雌成虫を放飼することにより、マツノマダラカミキリの防除と林内における天敵の保全が両立できることを明らかにした (浦野・杉本 2019)。

本種は国内では本州、四国、九州、対馬に分布す

る。しかし成虫、幼虫とも枯死木樹幹内に生息するため採集例が少ない (青木 2009)。過去の採集例は大きく2通りに分けることができる。ひとつはマツ材線虫病被害林内でマツノマダラカミキリに寄生して繁殖している個体で、この場合は寄生率が高くなることが多く、比較的多数の成虫が採集できる。ただし、このような場所が確認されたのは岡山、広島、鳥取、愛媛の4県のみであった (浦野ら 2004, 2013)。もうひとつは、単木の枯れ木、倒木および丸太上もしくは灯火において採集される成虫である。この場合、採集されるのは1ないし数個体であり、地域の昆虫同好会の刊行物に報告されることが多い。近年はネット上における愛好家のブログ等での採集報告もいくつか見られるようになり、ここから今まで記録のなかった県における生息が明らかになることもある。国内での生息地は青木 (2009) にまとめられている。

本稿ではこれまで報告のなかった石川県における江崎による初採集記録と、2010年以降の福井県での井上による未発表採集記録を報告するとともに、浦野による成虫の室内飼育状況について解説する。

## 2. 石川県内での採集記録

以下は著者の江崎によって採集された石川県における記録 (採集個体数, 採集日. 月. 年) である。採集地はすべて加賀市片野であり、全ての成虫はアカマツ枯死木から採集された。

2exs., 25. VI. 2018. (県初記録); 2exs., 22. V. 2020; 1ex., 29. V. 2020; 4exs., 31. V. 2020; 1ex., 3. VI. 2020; 1ex., 27. VI. 2020。

2018年の2個体は夜間に樹幹上で発見したものであり (写真-1)、その他の個体は日中に枯死木樹



写真-1 石川県加賀市片野で発見されたサビマダラオオホソカタムシ (矢印, 2018年6月25日20時頃撮影)

幹を剥皮する際に採集された。採集地は加賀市片野海岸のアカマツ林で、マツ材線虫病による枯損被害が約20年前から継続的に発生している場所である(江崎 2019)。

### 3. 福井県での採集記録

著者の井上による2010年から2017年にかけての採集記録(採集個体数, 採集地名, 採集日, 月, 年, 採集場所)を以下に記す。なお, 福井県では過去に福井市文珠山および南条町(現・南越前町) <sup>こまやま</sup> 柚山での採集記録がある(Sasaji 1986)。

1ex., 南越前町湯尾, 8. V. 2010., ナラ枯死木; 1ex., 南越前町湯尾, 10. IX. 2010., ナラ枯死木; 1ex., 小浜市おにゅう峠, 30. VI. 2011., ブナ枯死木; 3exs., あわら市刈安山, 6. IX. 2011., ナラ枯死木; 1ex., 南越前町湯尾, 26. IX. 2012., ナラ枯死木; 1ex., 越前町エボシ山, 20. IX. 2013., ナラ枯死木; 1ex., 小浜市下根来, 30. IV. 2017., カラスザンショウ枯死木; 2exs., 小浜市下根来, 14. V. 2017., カラスザンショウ枯死木。

採集はフォギング(殺虫剤を樹幹に散布して落下した昆虫を採集する)により行った。枯死後数年経過したと思われるナラで多く採集されていることから, ナラ類集団枯損の被害木にカミキリムシ類が穿

入し, それが寄主となっていることが考えられる。ナラ類集団枯損は近年全国的な広がりを示しており, これに伴ってサビマダラオオホソカタムシの生息域も広がる可能性がある。

### 4. 成虫の飼育状況

上記石川県内で2020年に採集された成虫9個体を浦野が譲り受け, 2020年9月までは茨城県つくば市の森林総合研究所で, 同年10月以降は京都市の森林総合研究所関西支所で飼育を行った。

#### (1) 雌雄の判別

本種の雌雄判別は成虫の外見のみでは難しいとされている。最も確実なのは蛹の腹端の形状から判断する方法である(岡本 1999: この論文では実際の形態が写真および図で示されているが, 雌雄が逆になっている)。しかし本種は蛹化に先立って営繭するため, 蛹の雌雄を確認するには繭を壊して蛹を取り出さなければならず, この段階で蛹を傷つける可能性がある。成虫においても実体顕微鏡下で腹部末端の肛板anal plateの形状で判別することはできる(Tang *et al.* 2007)が, 判別には熟練が必要であること, 100%確実に判別できないこと, 羽化後数カ月以内の若い成虫では表面に毛が密生しており, 形

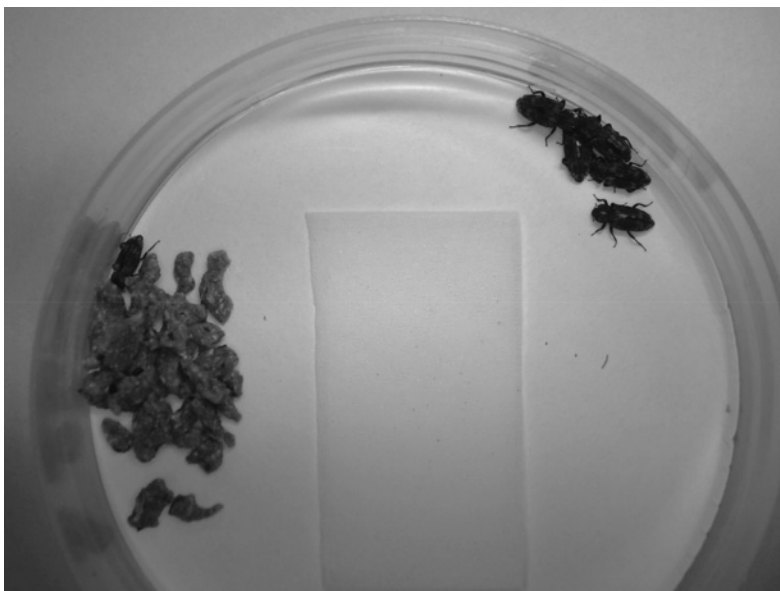


写真-2 石川県産サビマダラオオホソカタムシの室内飼育状況

右上：サビマダラオオホソカタムシ成虫

中央：産卵用ティッシュペーパー

左：人工飼料

態が把握しにくいことが問題点である。浦野が岡山県産の累代飼育100個体についてこの方法で雌雄判別し、後で解剖して確認した結果、正しく判別できたのは85%であった。石川県産9個体についてこの方法で判別した結果、雄4、雌5であった。なお、生殖器官を露出させて判別する方法もあるが、これも虫体を傷つける可能性があるため行わなかった。

## (2) 飼育容器と餌

成虫の飼育は直径94mm、高さ22mmのプラスチックシャーレ(西部株式会社 滅菌シャーレ)で行った(写真-2)。シャーレの底に濾紙(ADVANTEC No.2 直径90mm)を敷き、成虫用人工飼料(小倉 2002)と産卵用のティッシュペーパー片を入れ、ケント紙で作成したカバー(隠れ場所)を被せた。人工飼料は釣り餌用の蚕蛹粉末(マルキュー さなぎ粉)をベースとして乾燥酵母、スクロース、ペプトン、セルロース、水を混ぜて固めた後に乾燥したものである。成虫は野外では昆虫の乾燥死体などを食べていると考えられるため、上記の人工飼料が飼育には適している。ティッシュペーパーは4つ折りにしたものを細長く切って使用した。野外における産卵は外

樹皮の間隙等に産卵管を差し込んで行われるため、折りたたんだティッシュペーパーは産卵基質として都合がよい。以上は少数個体用の飼育容器である。なお、これ以外に室内で増殖した成虫のために大量飼育用の容器を使用している。これは透明プラスチックケース(長さ298mm×幅223mm×高さ63mm)の底に網戸用の網を敷き、人工飼料、産卵用ティッシュペーパー、ケント紙カバーを入れたものである。この容器で200個体前後を飼育可能である。飼育成虫は週1回容器から取り出し、水で湿らせたJKワイパーの上に移して5時間前後給水させるとともに、産卵用ティッシュペーパーの交換と人工飼料の補給を行った。飼育容器の中に湿らせた脱脂綿を入れて常時給水する方法もあるが、人工飼料にカビが生えるため避けた方がよい。

## (3) 産卵と温度調節

本種は生涯を通してほぼ枯れ木の内部に生息する昆虫であることから、野外での生態についてはほとんど不明であるが、野外における丸太からの成虫の羽化脱出は8月～10月に見られた(浦野ら 2004)。室内で温度調節せずに飼育した結果では、羽化当年

に産卵する個体はごく少数であり、大半は越冬後、翌年3月から8月にかけて産卵を行った。このサイクルを繰り返し、最長4年以上生きる個体もあった。しかし恒温器内の一定温度下で飼育すると、産卵前期間は個体によるばらつきが大きく、25℃では1年以上を要した(浦野 2007)。したがって野外と同じような寒暖を繰り返す環境下での飼育、すなわち飼育ケース単位で高温下において一斉に産卵させ、産卵数が少なくなったら低温下に移すという温度管理を行うことによって、効率的な採卵が行えるようになった。具体的には28℃一定、16L:8Dの長日条件下で飼育、採卵し、産卵数が減少したところで10℃一定、全暗条件下に移し4カ月保持した後に28℃に戻すというスケジュールを採用した。なお、両者の間には、温度の急変による悪影響を緩和するために20℃一定、16L:8D下で1週間の飼育期間を挟むこととした。

石川県で採集された9個体に関しては、2020年5月から飼育を開始したが産卵しなかったため、同年10月に10℃に移した。そして4カ月後の2021年2月に28℃に戻したがその後も産卵することはなく、同年2月、3月および7月にそれぞれ1個体(雄2, 雌1)が死亡した。7月に再度10℃に移し、2021年9月現在6個体が生存している。

## 5. 今後の課題

前述の通りサビマダラオオホソカタムシはほぼ一生を通じて枯死木内部で過ごすため、人目につきにくく採集される機会の少ない昆虫であるが、決して希少種と呼ばれるほど生息数の少ない種ではない。天敵昆虫としては比較的飼育のしやすい昆虫であるため、各地域で採集された個体を増殖することによって特定農薬としての利用が可能である。また本種はマツノマダラカミキリのみでなく、様々な種類のカミキリムシおよび樹木穿孔虫類に寄生させることが可能である。近年国内各地でサクラ、モモ、ウメなどのバラ科樹木に多大な被害を与えているクビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* (Faldermann) の防除に本種を利用することもこれから検討していき

いと考えている。

## 引用文献

- 青木淳一 (2009) ホソカタムシの誘惑. 東海大学出版会. 神奈川
- 江崎功二郎 (2019) 切り枝の付け加えによるアカマツ生立木へのマツノマダラカミキリの誘引と産卵. 日林誌101: 173 ~ 177
- 井上悦甫 (1993) マツノマダラカミキリの天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシについて. 森林防疫 42: 171 ~ 175
- Löbl I and Smetana A (2007) Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 4 Elateroidea-Derodontoidea-Bostricoidea-Lymexyloidea-Cleroidea-Cucujoidea. Apollo Books, Denmark
- 三浦香代子・阿部剛俊・中島嘉彦・浦野忠久 (2003) 野外においてマツノマダラカミキリ穿入丸太に放飼したサビマダラオオホソカタムシの寄生率と移動分散. 日本林学会誌 85: 12 ~ 17
- 小倉信夫 (2002) 天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシの産卵前期間. 日林関東支論 53: 165 ~ 166
- Ogura N, Tabata K, Wang W (1999) Rearing of the colydiid beetle predator, *Dastarcus helophoroides*, on artificial diet. BioControl 44: 291 ~ 299
- 岡本安順 (1999) マツノマダラカミキリの天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシの寄生状況と生態調査. 森林応用研究 8: 229 ~ 232
- Sasaji H (1986) Notes on Colydiidae (Col.) of Japan and Formosa. Ent. Pap. pres. Kurosawa, Tokyo, 243 ~ 249
- Sasaji H (1997) A new species of the genus *Antibothrus* (Col.: Bothrideridae) from Japan, with notes on the Japanese Bothriderinae. Esakia 37: 111 ~ 116
- 竹常明仁 (1982) マツノマダラカミキリの天敵サビマダラオオホソカタムシ. 森林防疫 31: 228 ~ 230
- Tang H, Yang ZQ, Zhang YN, Li GW (2007) Technical researches on distinguishing female

- and male alive adults of the main parasite of longhorn beetles, *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera, Bothrideridae), without injuring. *Acta Zootaxonomica Sinica* 32 : 649 ~ 654 (in Chinese, English abstract)
- Urano T (2003) Preliminary release experiments in laboratory and outdoor cages of *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae) for biological control of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). *Bulletin of FFPRI*, 2, 255 ~ 262
- Urano T (2004) Experimental release of a parasitoid, *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae), on *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) infesting *Pinus densiflora* in the field. *Bulletin of FFPRI*, 3, 205 ~ 211
- Urano T (2006) Experimental release of adult *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) in a pine stand damaged by pine wilt disease: Effects on *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Bulletin of FFPRI* 5 : 257 ~ 263
- 浦野忠久 (2007) サビマダラオオホソカタムシ飼育個体の産卵と温度・日長の関係. 日本応用動物昆虫学会大会講演要旨 51 : 141
- 浦野忠久・井上牧雄・石井 哲・安藤義朗・塩見晋一・軸丸祥大・福井修二・杉本博之・竹本雅晴・稲田哲治 (2004) 関西地域におけるサビマダラオオホソカタムシの網室内羽化脱出調査. 日本林学会大会学術講演集 115 : 245
- 浦野忠久・杉本博之 (2019) 逸出抑制法とサビマダラオオホソカタムシを組み合わせたマツノマダラカミキリの保全的生物的防除. 森林防疫 68 : 49 ~ 54
- 浦野忠久・杉本博之・磯田圭哉 (2013) 愛媛県内のマツ林におけるサビマダラオオホソカタムシの生息確認. 森林防疫 62 : 175 ~ 178
- (2021.11.17受理)



# 樹木・森林の健全性

池田武文<sup>1</sup>

## 1. はじめに

私たちは森林や樹木から様々な恩恵を受けている。この恩恵を今後も享受し続けるためには、森林・樹木が健全でなければならない。ここでは改めて森林・樹木を健全性（ヘルス，Health）の視点から整理したい。

## 2. 森林の健全性（国際林業協力研究会1993；藤森他1996；藤森2003, 2006；Trumbore 他 2015）

「森林の健全性（Forest Health）」という用語は、1992年にブラジルのリオデジャネイロで開催された「環境と開発に関する国際会議」、いわゆる「地球サミット」で初めて公式に使われた。この会議で、「森林原則声明」と「アジェンダ21（森林減少への挑戦）」が採択され、世界の森林資源の保全と造成に向けて各国が「持続可能な森林管理（Sustainable Forest Management）」を目指すこととなり、今に至っている。

「持続可能な森林管理」の森林とは、単なる樹木の集団ではなく、システムとしての森林生態系（Forest Ecosystem）を意味する。この会議で、森林生態系から人類が将来に渡って持続的に恵みを得ることを目指す森林管理とはどうあるべきか、を議論するために必要な道筋（プロセス）が取りまとめられた。その中で、日本が加わる温帯林・北方林諸国（EU以外）が関わるプロセスは、モントリオール・プロセス（温帯林等の保全と持続可能な管理の基準・指標）と呼ばれる。目指す森林管理を達成するため、その達成の程度を評価するための基準と指標が定められた。基準（criterion）とは、必ず議論の対象となる分野または側面であり、指標

（indicator）とは、基準の側面を計測するもので、量的または質的に計測または記述が可能であり、かつ定期的に計測することにより変化を示すものである。一つの基準は複数の指標で示される。

モントリオール・プロセスは、7つの基準（1. 生物多様性の保全，2. 森林生産力の維持，3. 森林生態系の健全性と活力の維持，4. 水土の保全，5. 炭素循環への森林の寄与，6. 社会経済的便益の維持・増進，7. 法的・組織的・経済的な枠組み）と、基準を具体的に評価するための67の指標で構成されている。世界各地で森林衰退が問題となって久しく、その原因は多様である。そこで、モントリオール・プロセスでは「森林の健全性（フォレスト・ヘルス）」という概念を使って森林衰退を評価するために、基準3「森林生態系の健全性と活力の維持（Forest Ecosystem Health）」を設けた。つまり、ここでは生態系が健全に機能しているのかを問うている。この基準3は他6つの基準の土台であり、基準3が満たされなければ他の基準が成り立たない重要な基準（図-1）である。基準3は森林保護と称される分野と密接に関連している。フォレスト・ヘルスの概念は個々の樹木の健全性を対象とする樹木の健全性（ツリー・ヘルス，Tree Health）とは異なる。

森林生態系の健全性あるいは活力を判断する際、ある人が健全と判断しても他の人はそう判断しない場合もありえる。そのため、モントリオール・プロセスでは次の3つの指標を基に不健全（unhealthy）な状態を評価することとした。

- a. 昆虫，病気，外来種との競合，山火事，嵐，用地造成，恒常的な洪水，塩類集積作用，家畜等による作用または要因によって、歴史的な変動の範囲を超える影響を受けた森林の面積および比率（影響面積）。この歴史的な変動の範囲を超える影

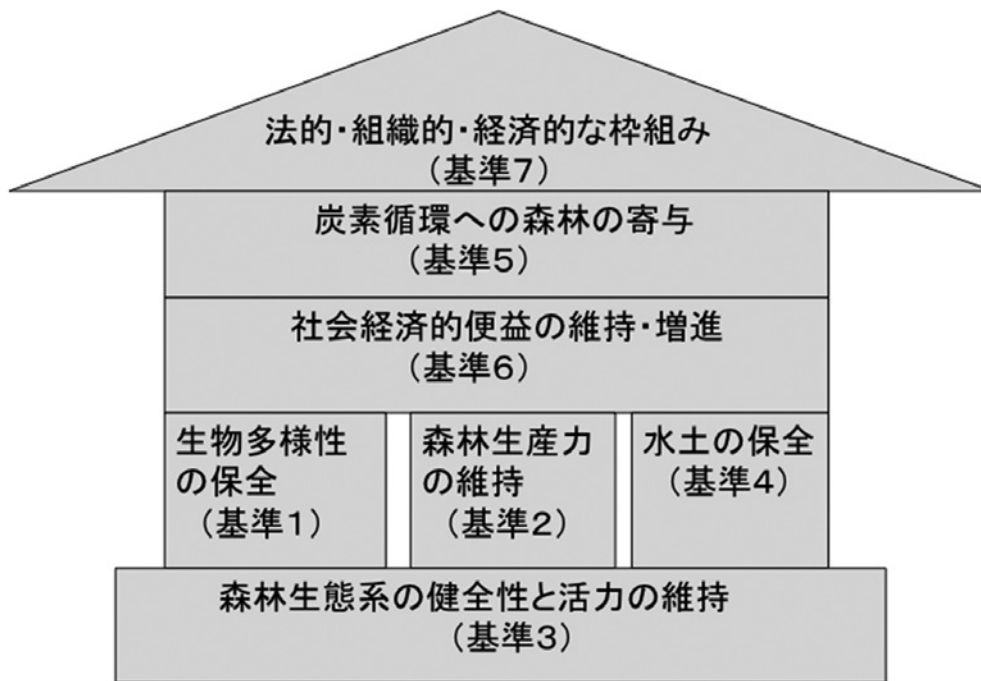


図-1 基準相互の関係 (藤森, 2003)

響というのは、非常に重要な捉え方である。

- b. 森林生態系に悪影響を与える可能性のある特定の  
大気汚染物質や紫外線B波 (UV-B) が一定の  
レベルに達している森林の面積および比率 (大気  
汚染)。
- c. 生態系の基礎的な過程及び／または生態学的な  
連続性の変化の指標となるような生物学的な構成員  
の減衰の見られる森林の面積および比率 (指標生  
物)。

### 3. 森林の健全性 (フォレスト・ヘルス) と 樹木の健全性 (ツリー・ヘルス) の関係

様々な生物種と環境から成り立っている森林生態系において、個別に樹木を見ると、全てが必ずしも健全ではなく、病虫害や厳しい環境等の様々な理由で衰弱・枯死する個体が存在する。それら個々の樹木はツリー・ヘルスの視点から見ると不健全な樹木である。ところが、個々の樹木を森林生態系構成員の一本と見ると、枯死した樹木は、その後、微生物等により分解・無機化されて植物の養分となり、枯

死して開いた空間 (ギャップ) は若木に生育場所、光を提供することなどで、フォレスト・ヘルスの維持に貢献している。

### 4. フォレスト・ヘルス対応の事例紹介

以下に具体的な事例として、マツ材線虫病に対するマツの保全についてフォレスト・ヘルスとツリー・ヘルスの両面から記す。

マツ材線虫病によるマツ枯れを個々のマツレベルでとらえると、その取り扱いはツリー・ヘルスの範疇であり、種々の方法でマツ枯れに対処することが可能となっている。これに対して、マツ枯れをマツ林レベルでとらえると、通常のマツ林で発生するマツの自然枯死本数をはるかに上回り、上記モニタリング・プロセスの基準3、指標 a に記されているまさに「歴史的な変動の範囲を超える影響」に該当する事例である。

筆者は20年に渡り京都府北部に位置する日本三景の一つである「天橋立」の松並木保全に関わってきた。この松並木も各地の海岸松林同様マツ材線虫病

の被害を受けたため、総合防除を実施し、良好な防除成果を得た（中邑・池田 2005）。順風満帆に見えた天橋立の松並木は、平成16年10月の台風23号の襲来により、一夜にして200本を超える大規模な風倒被害が発生した。被害状況としては、枝折れ、幹折れ、傾斜に加えて、樹高30mを超えるマツがいつも簡単に根返りを起こした。これら根返りマツは根系が小さく、浅いことが特徴的であった。このような被害状況から、マツ材線虫病によるマツ枯れは起さないことを前提に、天橋立松並木の現状を把握し、気象害等にも耐えられるマツ林に変えていく必要があるとの考えに至った。そこで、まず、マツ林の現状を把握し、健全な海岸マツ林としての生態系を目指すための指針を提案するために、フォレスト・ヘルスの視点から3項目（1. 植生・立地調査, 2. 高等菌類調査, 3. 景観調査）について調査した（池田他 2017）。

調査の結果、天橋立松並木の状況は以下の通りであった。

天橋立は白砂青松の美しい景観で知られる景勝地だが、実際には白砂青松のマツ林は天橋立の中でも限られた箇所のみ見られ、多くの箇所では広葉樹や草本の侵入が著しいこと、腐植層の堆積、腐生菌の増加と菌根菌の減少、土壌の肥沃化が進んでいること、高い林分密度のため3割減の除伐・間伐が適切であり、この程度の除伐・間伐は景観に影響を及ぼさないこと、高い地下水位のため根系が浅いことがわかった。このような状況に総合的に対処するため、フォレスト・ヘルスの視点から、健全な海岸マツ林の生態系と景観を維持するための方策を立てた。海岸マツ林でも自然にまかせると落葉落枝の分解により土壌は徐々に肥沃化し、草本や広葉樹の侵入、さらなる肥沃化、植生遷移の進行、針広混交林を経て広葉樹林（天橋立では、タブノキやヒメユズリハ等が優占する常緑広葉樹林）へと向かう。天橋立だけでなく、日本の多くの海岸マツ林は、人によるマツの植栽とその後の人との関わりのなかで維持されてきている（Fujihara 1996；小田 2003）。つまり、海岸マツ林を維持するということは、広葉樹林化へ

の遷移を止め、海岸マツ林としての生態系と景観を人が管理することでもある。そのために、天橋立では小規模な試験（除伐・間伐、富栄養化を阻止するための腐植層除去）を実施した後、長期間に渡り、間伐、腐植層除去を天橋立全域で展開する事業を本格的に開始している。

## 5. おわりに

以上のような取り組みは京都府の施策として実施されている。この施策を進めるにあたり、日々天橋立を目の前に見ながら生活している地元の方々の理解と協力が必要不可欠である。これまで、地元の方々に対してマツ材線虫病によるマツ枯れのメカニズムやマツ枯れ防除の必要性、海岸マツ林の生態等について説明を行ってきた。さらに、マツ林の富栄養化を防ぐための一助として、多くのボランティアによるマツ林の落ち葉かきも実施している。このような天橋立における取り組みの状況は、今後、50年、100年といったスパンで専門家の目で継続して検証するとともに、地元の方々にも常に関わりを持っていただきながら、天橋立松並木がより健全な状態で後世に引き継いでいかれることを期待している。

森林保護とか森林保全等の用語は対象を限定して使われることが多い。フォレスト・ヘルスは森林生態系の全てを包含した概念であり、天橋立の松並木のみならず、里山、人工林、そして天然の森林生態系を扱うに際しても理解を得やすい概念であろう。「フォレスト・ヘルス」と「生態系」が身近にとらえられる概念として広く一般に浸透し、「地球生態系」の「グローバル・ヘルス global health」へと繋がっていくことを期待する。

## 引用文献

- Fujihara M. (1996) Development of secondary pine forests after pine wilt disease in western Japan. *J Veg Sci* 7: 729 ~ 738
- 藤森隆郎 (2003) 新たな森林管理 持続可能な社会に向けて. 全国林業改良普及協会
- 藤森隆郎 (2006) 森林生態学 持続可能な管理の基

礎. 全国林業改良普及協会  
藤森隆郎他 (1996) 「持続可能な森林経営」にむけて.  
森林科学 16 : 57 ~ 66  
池田武文・芝原 淳・糟谷信彦・深町加津枝・伊藤  
武 (2017) 天橋立を次世代に引き継ぐための環境  
整備. 樹木医学研究 21 : 83 ~ 92  
中邑 勝・池田武文 (2005) 天橋立のマツ枯れ対策  
とマツ林の保全. 森林防疫 55 : 250 ~ 254

小田隆則 (2003) 海岸林をつくった人 白砂青松の  
誕生. 北斗出版  
林野庁監修 国際林業協力研究会編 (1993) '92国  
際環境開発会議と緑の地球経営. 日本林業調査会  
Trumbore S, Brando P, Hartmann H (2005) Forest  
health and global change. Science 349 : 814 ~  
818

(2022.2.22受理)

## 新刊紹介

### 樹木病害ハンドブック

(国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所きのこ・

森林微生物研究領域 編

3,300円 (税別, 送料別)

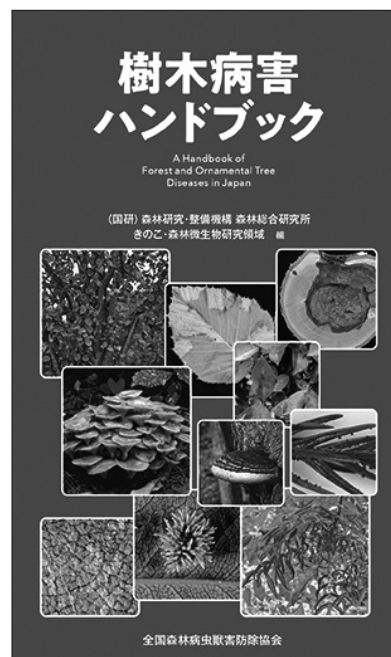
182×110mm, 168ページ

本書は、今回と同様に森林総合研究所の森林微生物研究領域（現在のきのこ・森林微生物研究領域）の編集で、2009年に出された「樹木病害デジタル図鑑」をコンパクトなハンドブックとして出版したものである。

当時の「デジタル図鑑」は、主な造林樹種と緑化樹の病害について、自分の部屋や研究室でパソコンを使って、樹種名、病徴・標徴などを表す言葉、あるいは予想される病名を入れて、速やかに該当する病害を検索するシステムであり、それなりに利用価値があった。しかし、やはり現場で病害を観察しながら調べるには不向きであった。そのために、現場の被害を見ながら調べられるようなコンパクトな病害図鑑の登場が望まれていた。本書はそのような要望に応えることを大きな目的として出版されたものである。

本書では、主要な造林樹種や緑化樹の304病害について、それぞれの専門家が手分けし、簡潔ながらその病害の特徴をわかりやすく解説したものであり、内容は「デジタル図鑑」とは変わっていない。しかし、病名や病原体の学名は、国立研究開発法人農研機構に属す農業生物資源ジーンバンクが管轄する「植物病名データベース」（日本植物病理学会編）に基づいて、最新の名前が採用されている。各病害の執筆者の特徴は、それぞれが該当病害を自ら調査を担当し、問題解決に苦勞した専門家であり、的確にそれぞれの病害の特徴を把握し、解説していることだろう。

さらに、それぞれの病害には、病気にかかった樹



木そのものが示す外観的特徴（病徴）、あるいは病気に加った部分に現れる病原体の肉眼的特徴（標徴）を、大部分はその解説者が撮影した、小さいながらも鮮明な写真で見ることができて、大きな図鑑とは異なる見やすさがある。また、それらの解説病害には多くの腐朽性病害（37病害）も含まれているので、一つの病原菌が様々な緑化樹に被害を起す腐朽性病害の原因解明にも大いに役立てることができる。それらには、近年大きな被害が明らかになりつつある、シマサルノコシカケによる南根腐病なども含まれ、あまり知られていないが、温暖化とともに今後の動向が注視されるこれらの病害の特徴を把握することもできるだろう。

以上のような特徴から、この病害ハンドブックを、樹木医や樹木医を目指す方々、大学で学ぶ方々、専門の試験研究機関で樹木病害調査に携わる方々、公園や街路樹の管理に携わる方々、あるいは自分の庭や野山の木々に感心がある方々などが、それぞれの現場で手にもって、病害の調査に役立てることができるコンパクトな本としてお勧めしたい。

(元)独)森林総合研究所森林微生物研究領域 金子 繁)

都道府県だより

# 新潟県における松くい虫被害対策について

## ○はじめに

南北に長い海岸線を有する当県では、先人たちの長い間の努力によって海岸マツ林が造成されてきました。海岸マツ林は、飛砂の防止や冬の季節風から私たちの暮らしを守る大切な役割を果たしています。

この大切なマツを枯らしてしまうのが「松くい虫」であり、当県でも大きな被害をもたらしてきました。近年では減少傾向にあるものの、過去40年以上にわたり県内各地で猛威をふるっている松くい虫被害について、これまでの状況と対策を紹介します。

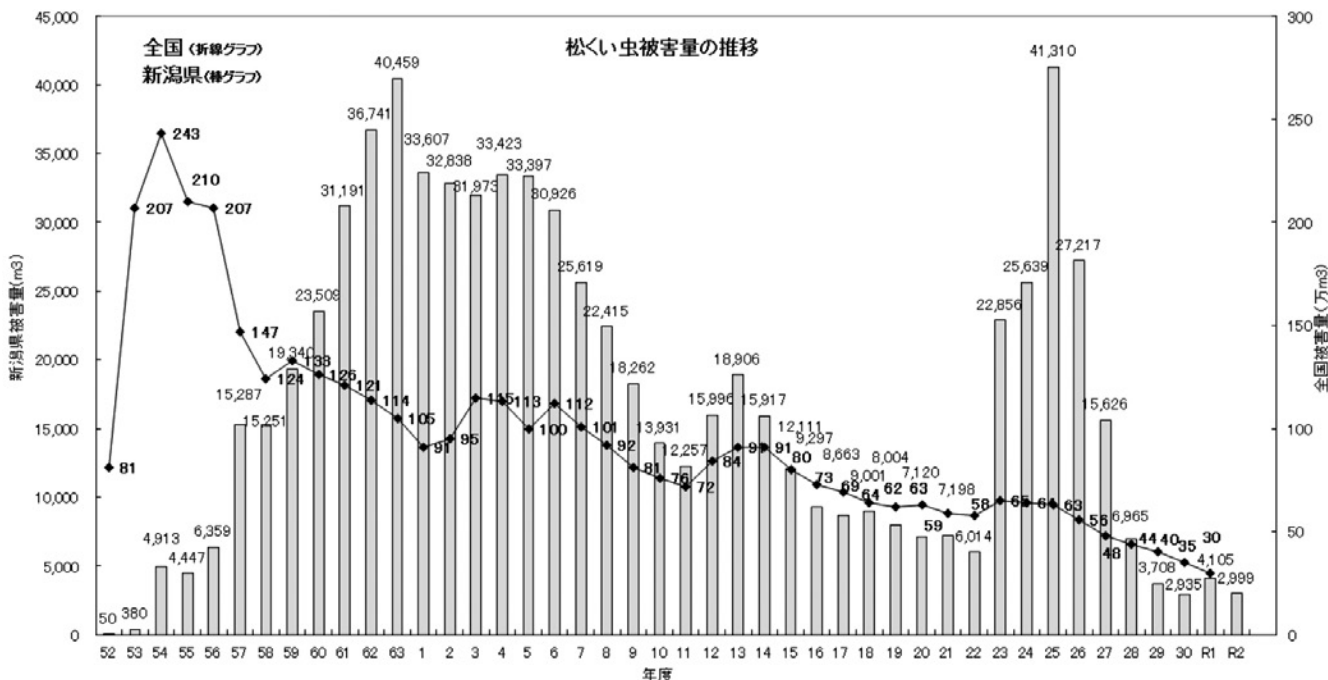
## ○松くい虫被害の状況

当県では、昭和52年度に旧塩沢町と旧六日町で確認された松くい虫被害が最初とされています。その翌年度には近隣の市町村にも被害が広がり、昭和61年度には佐渡島でも被害が確認されるなど、松くい虫被害は当県全域に広がりました。昭和63年度に

は山間部のアカマツを中心に40,459㎡の被害量となりました。以降の被害量は減少傾向となり、平成22年度には6,014㎡にまで減少しました。

しかし、平成20年頃から薬剤散布を中止し、伐倒駆除のみに切り替えた一部地域では、平成23年度から再び被害が激化しました。その後、薬剤散布を再開するなどして被害対策を強化したものの、平成25年度には過去最大となる41,310㎡の被害量を記録しました。平成26年度以降は、徹底した被害対策により被害量は減少に転じ、近年は3,000～4,000㎡程度で推移しています（図－1）。

このように、ひとたび被害対策の手を緩めると被害が激化し、被害の沈静化とマツ林の再生には長い期間と膨大な費用を要します。この経験は、「被害対策の手を緩めることなく継続することが最も重要である」と当県の松くい虫防除事業に関わる関係者の共通認識として強く刻み込まれました。



図－1 新潟県における松くい虫被害量の推移

## ○松くい虫被害対策

松くい虫被害はマツノマダラカミキリ（以下、カミキリ）を介してマツからマツへ伝染するため、どこかでその連鎖を断ち切らなければなりません。その方法は、健康なマツを松くい虫被害から守るための「予防」と、被害木の中にいるカミキリの幼虫や蛹を殺して翌年の被害を防ぐ「駆除」の二つに大きく分けることができます。

「予防」には、薬剤散布や樹幹注入による方法がありますが、当県では特別防除、無人ヘリ散布、地上散布（動力噴霧器）、樹幹注入と、地域の実情に応じた様々な対策を実施しています。その中でも細長い海岸マツ林が広がる当県では、無人ヘリによる薬剤散布が多くを占めています。

当県では一部地域で薬剤散布を中止したことにより被害が激化した経緯があることから、薬剤散布の継続が松くい虫被害の抑制に重要と考えています。そのため、カミキリの発生日を予測して薬剤散布を効果的なものとするため、新潟県森林研究所において発生予察調査を行っています（表-1）。発生に大きく影響するのが積算温度（有効積算温量）であることから、エクセルシートに日平均気温を入力することで簡単に発生日の予測ができる計算表を作成

し、各市町村へ普及しています。これによってカミキリの「1%脱出日」を予測し、それまでに薬剤散布を終えるよう工程管理に活用しています。近年は発生日が早まる傾向にあるため、今後、予察調査の結果を基に有効積算温量の再設定を検討しています。

一方、「駆除」は、被害木の中にいるカミキリの幼虫や蛹を薬剤によりくん蒸する方法や被害木ごと破碎する方法等がありますが、いずれの方法にせよ、発生予察調査結果の時期までに適切な方法による徹底した処理が必要です。例えば、直径3cmほどの枝にも幼虫がいることがあるため、伐倒時に飛び散った小枝も残さず処理することや、くん蒸処理する材を極積みする場合には、シートが破れないよう枝を下に配置したり、尖った部分は丸く加工する等の細かい工夫も大切です。

効果的な対策とするには、すべての関係者が対策の目的や適切な方法等について共有認識を持つことが重要であるため、毎年、県や市町村が主催する研修会等を行っています。

## ○おわりに

平成26年度から被害量が減少してきたのは、「予防」と「駆除」による徹底した被害対策によるもの

表-1 近年の発生予察調査結果

調査年	発生頭数	初発日	1%発生日		90%発生日 月 日	終息日	初発日～終息日 までの日数
			月 日	積算温量 (日度)			
R2	194	6月15日	6月15日	298.2	7月7日	7月21日	36
H31=R1	294	6月14日	6月15日	281.6	7月11日	7月22日	38
H30	138	6月24日	6月24日	351.8	7月10日	7月21日	27
H29	164	6月30日	7月2日	342.1	7月19日	7月26日	26
H28	145	6月18日	6月20日	330.7	7月15日	7月27日	39
H27	580	6月15日	6月18日	327.7	7月18日	8月5日	51
H26	328	6月18日	6月20日	328.6	7月25日	8月15日	58
H25	123	7月4日	7月5日	455.3	7月29日	8月9日	36

壊滅状態の  
マツ林



被害跡地の  
復旧



写真-1 被害跡地でのマツ林復旧の様子

です。今後、さらなる被害量の減少を図るには、適期に適切な方法による対策の継続が不可欠と考えています。また、激害により壊滅状態になった保安林においては、松くい虫被害に対する抵抗性の高いマツなどを植栽し、被害跡地の再生に取り組んでいま

す（写真-1）。

限られた予算の中で効果的・効率的な防除対策となるように、市町村と連携して被害量の減少を目指します。

（新潟県農林水産部 治山課）



# 広島県における「マツ枯れ」及び「ナラ枯れ」被害対策について

## ○はじめに

森林病害虫による被害は、森林の持つ公益的機能の低下や森林資源の損失等をもたらすため、被害対策を適切に実施する必要があります。

今回、広島県からは、本県におけるマツクイムシによる被害（以下、「マツ枯れ」という。）及びカシノナガクイムシによる被害（以下、「ナラ枯れ」という。）の防除対策について紹介します。

## ○広島県における「マツ枯れ」の被害と対策

県内のマツ林の面積は、人工林と天然林を合わせて約19.4万haあります（県林業課調，令和3年4月1日現在）。昭和40年代頃から瀬戸内海沿岸の松林を中心に被害が目立ち始め、平成6年度には被害面積が約6万haにまで広がりました（県内の被害量のピーク）。その後、被害量は減少を続け、令和元

年度から令和3年度は約1万haで推移しています（図-1）。

マツ枯れ被害に対しては、単県予算や森づくり県民税を活用し、予防と駆除の両面で対策を講じています。予防策としては薬剤の樹幹注入や地上散布を行っており、駆除策としては伐倒駆除や特別伐倒駆除（焼却）を行っています。

また、マツノザイセンチュウに対して抵抗性を持つ「広島スーパーマツ」を計画的に生産・普及し、松林の再生を図る取り組みを昭和62年度から進めています。この取り組みにおいて、毎年約7万本（1ha当り3,000本植栽として約23ha分）の広島スーパーマツを生産しています。

## ○広島県における「ナラ枯れ」の被害と対策

カシノナガクイムシが媒介するナラ菌によりコナラやミズナラ等が枯損する「ナラ枯れ」は、県内

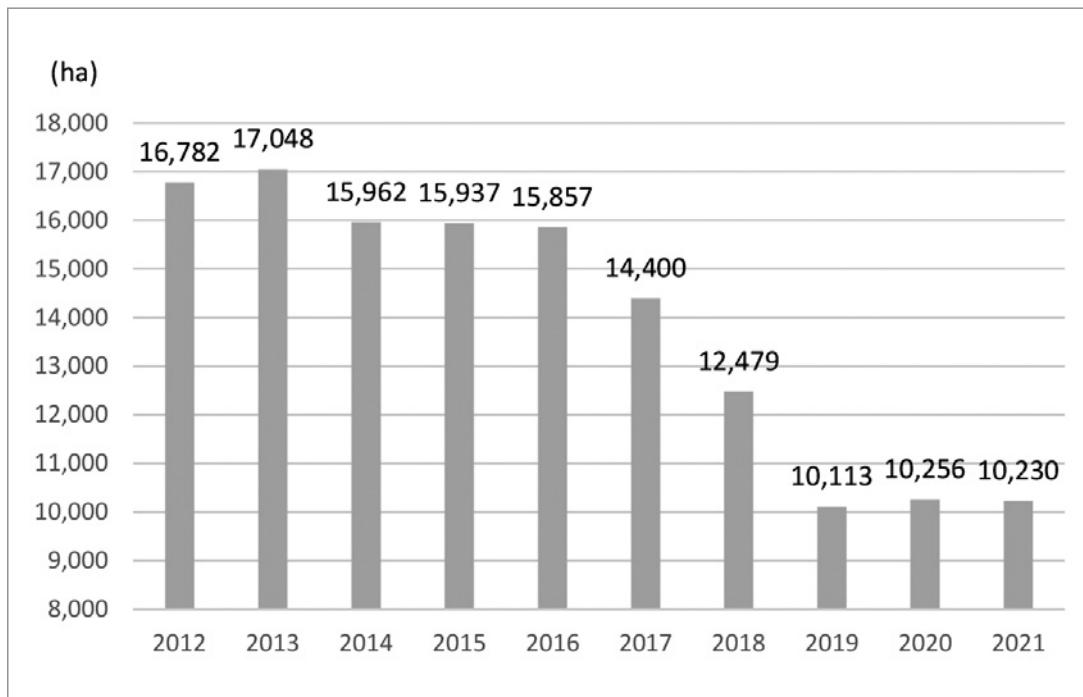


図-1 広島県の「マツ枯れ」被害面積の推移

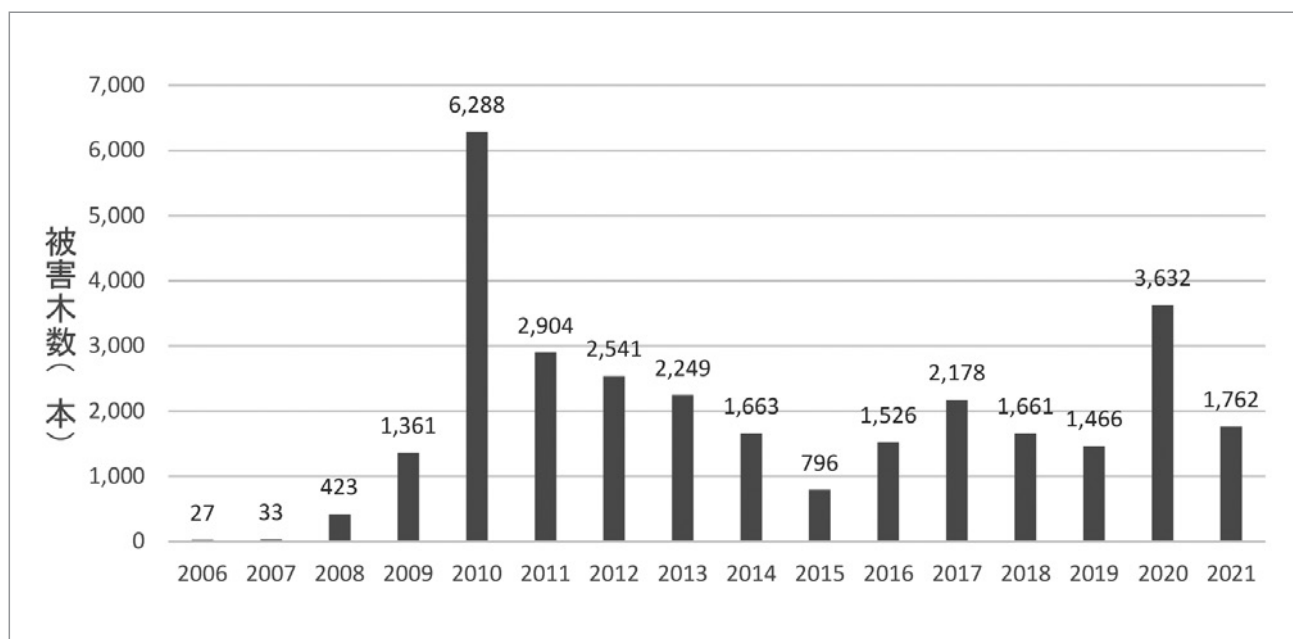


図-2 広島県の「ナラ枯れ」被害本数の推移

では平成18年度に初めて被害が確認されました。被害量は平成22年度の約6,300本がピークで、令和2年度は夏季に少雨・高温が続いたことから対前年度の約2.5倍に増加しましたが、令和3年度は夏季に例年並みの降雨があったため、令和元年度以前の水準まで減少しました(図-2)。

ナラ枯れの被害量の調査方法としては、前年度被害が確認された区域及び市町等から当年度被害の情報提供のあった区域について、県の防災ヘリコプターを活用して上空から被害箇所を撮影するとともに、地上から国道や県道沿いの定点観測地点における被害箇所を撮影し、これらの画像から被害木の本数を計測しています。

被害対策としては、関係市町等と連携して平成22年度から被害の先端区域を中心に被害木への薬剤くん蒸処理を行っています。また、今後は国の試験研究機関や中国4県等から、他の効果的な駆除方法の情報収集を行い、導入に向けて検討することとしています。

### ○おわりに

森林病虫害の被害対策を適切に進めていくためには、県民の皆様の御理解と御協力が不可欠であるため、今後も引き続き、市町や森林組合等と連携しながら普及啓発や広報活動等に努めて参ります。

(広島県農林水産局 森林保全課)

## 協会だより

### どなたでも投稿できます！本誌に投稿してみませんか？

「森林防疫」はその前身となる「森林防疫ニュース」として、林野庁森林害虫防除室の編集によって1952年（昭和27年）に発刊されました。1963年には、編集発行主体が「全国森林病虫獣害防除協会」に移り、誌名が現在の「森林防疫」に変わった（1969年）ものの、森林保護事業及び研究の普及・技術解説情報月刊誌として、1号の欠号もなく発行されてきました。このように、本誌は半世紀以上にわたり、森林や緑化樹の病虫獣害防除、並びに生物多様性などに関連した情報を発信し続けてきた伝統ある雑誌ですが、最近、「森林防疫」への投稿が少なくなっており、毎号の発行に苦慮しているところです。

研究者の皆様にとっては、オリジナリティの高い研究成果を「森林防疫」に掲載するのはもったいない、というお考えもあるかと思えます。それも理解できますが、本誌の読者は研究者だけではありません。また、研究者でも専門から離れた学会の論文を読む機会は少ないと思えます。国際誌に英語の論文で出した成果を、一般の読者に分かりやすく解説する日本語の雑誌、また、身近な観察の中から得られた貴重なデータを迅速に公表する雑誌、本誌はそんな役割も果たせると考えております。さらに、本誌に投稿された「論文、総説及び解説」は2名のレフェリーによる査読によって、学術的価値が認証されます。ご自分の研究が半世紀以上続く、伝統ある雑誌に掲載される喜びを味わってみませんか？

記事ばかりではなく、表紙写真の原稿もお待ちしております。表紙写真はカラー印刷となり、無料で掲載できます。被害写真や原因となる生物をカラー写真で掲載したい方は是非、表紙写真として投稿ください。下に投稿規定を掲載しますので、どうぞ皆様、奮ってご投稿をお願いいたします。

## 森林防疫投稿規定（2021. 6改訂）

### 本文記事

#### 1. 原稿の種類

本誌記事の原稿の種類には、論文（速報、短報を含む）、総説、解説、学会報告、記録、新刊紹介、読者の広場、病虫獣害発生情報、林野庁だより、および都道府県だより等があります。

#### 2. 審査委員会

各分野8名の専門家よりなる審査委員会を設け、1件の原稿につき原則として2名の審査委員（主1，副1）が審査にあたります。審査委員会の意見により、著者に原稿の変更をお願いする場合があります。

#### 3. 著作権

本誌記事の著作権は、全国森林病虫獣害防除協会に属します。本誌記事の電子ファイルを転載、公開、商用利用、二次情報の作成（データベース化など）などを行う場合には、利用許諾の申請をお願いします。

#### 4. 印刷

本文の印刷は原則として白黒ですが、ご希望の場合は割増料金にてカラー印刷も可能です。別刷をご希望の方は、実費にて100部単位で受け付けます。別刷を御購入の方には、論文のPDFファイルが無償で差し上げま

すが、PDFファイル単体での分譲はいたしません。

#### 5. 執筆要領

皆様からの投稿を歓迎いたします。執筆に当たっては、幅広い読者に対し、わかりやすく、読みやすく、見やすく記述していただきますようお願いいたします。

- 1) 原稿は電子ファイルによる投稿をお願いします。本文と図表、写真は原則として別ファイルとして下さい。
- 2) 本文はできるだけMicrosoft Wordで作成してください。本文の最初の1枚目は、原稿の種類、表題(和文と英文)、連絡先住所・所属・氏名(ローマ字つづり)、E-mailアドレス(非公開、著者との連絡用)、別刷希望部数および写真・図表等資料の返送の要・不要、カラー印刷希望の有無について書き、実際の内容は2枚目から書き始めて下さい。1ページ46字×39行にすると、本誌の1ページと同じ字数になります。本文ファイルには、図表の張り付けはせず、説明文のみを本文末尾に付けて下さい。なお、本誌誌面は2段組みですが、原稿は段組みなしに設定して下さい。記事1件の長さは、原則刷り上り10ページ以内とし、それを超えるページについては相談に応じます。
- 3) 写真・図表もできるだけ電子ファイルで作成して下さい。それぞれ本文とは別ファイルとし、ファイル形式は、Microsoft Excel, Word, Power Point, JPEG, PDFとして下さい。
- 4) 用語等については、次の点に留意をお願いします。
  - ①常用漢字、現代仮名遣いを用いてわかりやすく記述して下さい(ただし専門用語はこの限りではありません)。
  - ②生物の標準和名はカタカナで、学名はイタリック体で表記します。
  - ③樹齢の表わし方は満年齢です(当年生、1年生、2年生、40年生等)。
  - ④単位は記号を用いて下さい(例:m, cm, mm, ha, %等)。
  - ⑤年の表記は原則として西暦ですが、行政上の文書や施行に言及するような場合は、元号で構いません。
- 5) 本文の構成にはとくに既定しませんが、例えば論文であれば1. はじめに、2. 材料と方法、3. 結果、4. 考察、等の見出しを付けることをお勧めします。また、必要に応じてその下に中見出し(1), (2), …, 小見出し1), 2), …を付けて下さい。
- 6) 図表の見出しは、表-1, 図-1, 写真-1…とします。図表の説明文は、原稿本文の最後(引用文献の後)にページを改めて付けて下さい。
- 7) 文献は引用個所に「(著者姓 年号)」あるいは複数の場合は「(著者姓 年号; 著者姓 年号; …)」のように記し、本文末に引用文献リストを付けて下さい。本文中の引用文献の著者名は、2人までは全員の、また3人以上は筆頭著者の後を「ら」あるいは「*et al.*」として省略します。引用文献リストでは著者名は全員の名前を書きます。引用文献リストの文献の順番は、著者名のアルファベット順、同一著者については年代順とします。同一著者で同一年の場合は、2004a, 2004b, …のように記して下さい。アルファベットの著者名では、イニシャルのピリオドは省略します。また、誌名の略し方はNLM方式で、分からない場合は<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>でお調べ下さい。文献リストは、次の記載例を参考にしてお書き下さい。

### 論文引用

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

Sepideh MA, Clement KM, Colette B（2009）Multigene phylogeny of filamentous ambrosia fungi associated with ambrosia and bark beetles. Mycol Res 113: 822～835

### 単行本部分引用

吉田成章（1993）ヤツバキクイムシ.（森林昆虫 総論・各論. 小林富士雄・竹谷昭彦編, 養賢堂）. 171～178

Shimazu M（2008）Biological control of the Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus*. In: Pine wilt disease. Zhao BG, Futai K, Sutherland JR, Takeuchi Y (eds) Springer, 351～370

### 単行本全体引用

岸 洋一（1988）マツ材線虫病－松くい虫－精説. トーマス・カンパニー, 東京（ページ数記載不要）

### ホームページ引用

内閣府（2004）森林と生活に関する世論調査. <http://www.cao.go.jp...>, 2004.10.1参照（閲覧日を記入）

## 表紙写真

### 1. 表紙写真の種類

森の生物と被害に関係し、表紙を飾るにふさわしい写真を募集いたします。カラー写真で、単写真でも組写真でも結構です。内容は、本文記事との関連の有無はどちらでも構いません。写真の原画は出来るだけ高解像度・低圧縮率の方が高画質できれいな表紙にできます。写真はJPEG形式のファイルとして下さい。

### 2. 表紙写真説明文

表紙写真には300～500字の説明文が必要です。説明文の最後には、投稿者の所属と氏名をカッコ内に入れて記して下さい。

## 原稿の送付

本文記事、表紙とも原稿はなるべくE-mail添付で、[boujo@zenmori.org](mailto:boujo@zenmori.org)宛てにお送り下さい。なお、大きなファイルをメール添付した場合、稀にトラブルがありますので、添付ファイル送信時には、原稿を送付したことを、別便のメールにてご連絡下さいますようお願いいたします。

ファイルサイズが大きく、添付が難しい場合は、ファイルをCDあるいはDVDに保存し、郵便などで次の宛先にお送り下さい。

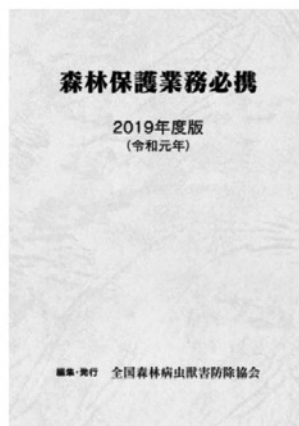
〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1-9-16（丸石第2ビル6階）

全国森林病虫獣害防除協会 森林防疫編集担当宛

## 全国森林病虫獣害防除協会 刊行物

### 森林保護業務必携 2019(令和元)年度版

A5判 962頁 定価 7,480円(税込・送料込)



#### 目次

- 第1章 森林病虫害等防除法関係
- 第2章 防除事業実施関係
- 第3章 森林保全管理関係
- 第4章 防除事業関連事業関係
- 第5章 森林法関係
- 第6章 鳥獣害関係
- 第7章 その他関係法令等

◇お申込み・お問合せ先

TEL : 03-6700-4735 FAX : 03-3258-5611 HP : <https://forest-pests.sakura.ne.jp/>

**森林防疫** 第71巻第2号(通巻第749号)  
令和4年3月25日発行(奇数月25日発行)

編集・発行人 中崎和久  
印刷所 松尾印刷株式会社  
東京都豊島区東池袋5-45-5  
ASビル

☎ (03) 5944-9853

定価 1,364円(送料込, 消費税込)  
年間購読料 6,820円(送料込, 消費税込)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会  
National Federation of Forest Pests Management  
Association, Japan

〒101-0044 東京都千代田区  
鍛冶町 1-9-16(丸石第2ビル6階)

☎ (03) 6700-4735 FAX (03) 3258-5611

<http://bojyokyokai.main.jp/>