

森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

論文

台湾メダカカミキリ *Stenhomalus (Stenhomalus) taiwanus* による
カラスザンショウの食害様相
[楨原 寛・北島 博] 3

樹木病害観察ノート(13)
[周藤靖雄] 7

技術情報

天敵微生物によるマツノマダラカミキリの防除製剤“バイオリサマダラ”を振り返る
[佐藤大樹・中村克典] 16

都道府県だより：富山県・奈良県 21

協会だより 26

森林病虫獣害発生情報：平成29年9月・10月受理分 28



A



B



C



D

[表紙写真] ノグルミ白粒葉枯病 (病原菌: *Redheadia* sp.)

写真A：発病葉は9月中旬から激しく落葉する。写真は2004年10月12日に撮影した被害木で、ほとんどの葉が落葉している。

写真B：葉に円形～不定形、灰褐色～暗褐色の病斑が急速に拡大して、不明瞭な輪紋をえがくことがある。

写真C：病斑の葉表には白色～淡黄色の円錐形または1基部から円錐が2～5本発達した形の繁殖体が多数形成される。

写真D：落葉の葉脈には黒色の菌核が形成され、翌春この菌核から子のう盤が形成される。

島根県の各地でノグルミの葉に褐色の病斑が拡大して早期に落葉する病害が発生した。本病はノグルミの新病害として筆者が「白粒葉枯病」と名付けた病害である。本病と同様な病徴と標徴を示し、*Mycopappus*型繁殖体と落葉上に菌核を形成する病害として、ナラ類白粒葉枯病 (病原菌: *Redheadia quercus*) とクロミサンザシ白粒葉枯病 (病原菌: *Mycopappus alni*) が知られている。病原菌の形態はこれらとは異なり、また接種試験の結果から本病原菌はノグルミのみを侵して、これらの病害とは異なることが示唆された。詳細は本文7～15ページ参照。

(島根県松江市 周藤靖雄)

論文

台湾メダカカミキリ *Stenhomalus (Stenhomalus) taiwanus* によるカラスザンショウの食害様相

榎原 寛¹・北島 博²

1. はじめに

台湾メダカカミキリ *Stenhomalus (Stenhomalus) taiwanus* Matsushita (写真-1) は、サンショウのすりこ木や杖から、よく脱出してくるため、メダカカミキリの仲間の中では最もよく知られる種である(岩田 1991; 大林・新里 2007; 小島・中村 2011)。食樹はサンショウ *Zanthoxylum piperitum*, イヌザンショウ *Z. schinifolium*, カラスザンショウ *Z. ailanthoides* に限られる。しかし、その生態に関しては、成虫の活動時期が3~10月と長いことを除けば未知の部分が多い(小島・林 1969; 大林・新里 2007)。

筆者らはカラスザンショウの枯死木から、本種を羽化させた後の被害材を割材し、その食害形態を調べた。また、カラスザンショウ生立木より枯枝を折り取り、台湾メダカカミキリの食害の確認調査を行った。これらの結果について報告する。



写真-1 台湾メダカカミキリ成虫

2. 材料

調査木は、千葉県いすみ市日在の海岸から約80m内陸に位置する灌木林に自生していた、3年生のカラスザンショウである。2015年夏ごろより葉がしおれてきて、同年9月には枯損した。葉がしおれた時点で幹中央部を鉋で削ったが、樹皮下は緑色であった。根際にコウモリガの食害痕があり、枯損原因はコウモリガの食害であると推定された。この枯死木を2016年3月に根際より折り取り、すぐそばに立てかけておいた。この枯死木を2016年5月18日に幹と枝に切り分け、さらにそれぞれを元の方から長さ約80cmに切って、茨城県つくば市の森林総合研究所の実験室内に搬入した。樹高330cm, 胸高直径40mm, 枝は3本あり、最初の枝までの高さは208cmであった。カラスザンショウの枝は通常三つ又となり、又の部分が枝先に向かって毎年一つずつ増えていく。最初の枝は3本(A, B, C)とも残っており、枝長はA:110cm, B:80cm, C:70cmである。Aは枝分かれせず、真っ直ぐ伸びていた。Bの枝から分かれた枝は2本(B1, B2)しか残っていなくて枝長はB1:55cm, B2:50cm, Cの枝から分かれた枝も2本(C1, C2)しか残っていなくて枝長はC1:60cm, C2:15cmであった。

3. 方法

(1) 樹皮下の食害状況

台湾メダカカミキリの幼虫は樹皮下を食し、蛹室を作るために材入し、孔道を掘る。そして、材入孔を羽化脱出孔として利用する(小島・林 1969)。2016年5月18日および19日に、調査木の樹皮を剥ぎ、樹皮下の食害状況を調べた。また、樹皮下の材入孔を食害痕の位置として、地際からの距離を計測した。

枝部については鳥の捕食行為で表面がかなり傷んでいたため、確実に食害痕と判断できるものを計数した。

(2) 成虫の脱出消長と脱出数

調査木を幹部と枝部に分け、それぞれナイロンゴース製の袋に入れた。この時、枝の一部は供試せずに、ポリ袋に入れて5℃の冷蔵庫に保管した。同年5月20日から、原則的に週2回脱出成虫数を調査した。成虫の脱出が完全に終わった同年7月20日に、冷蔵庫に入れておいた枝を割材し、発育状況を調べた。

(3) 材内孔道の深さと長さ

どの程度の深さに穿孔し、どのくらいの長さの孔道を掘るのか確認するために、同年7月20日に割材し、材内孔道の深さと長さを幹部と枝部に分けて調べた。孔道の深さは、材表面と孔道との最短距離とした。

(4) 生木についていた枯枝への加害の確認

同年8月1日に、上記調査木より約20m離れた位置に生えていた8年生のカラスザンショウ生立木より枯枝を折り取り、台湾メダカカミキリの食害の確認調査を行った。枯枝は長さ30, 40, 50, および80cmの4本である。

4. 結果

(1) 樹皮下の食害状況

樹皮下食害痕は、幹部で78箇所、枝部で59箇所

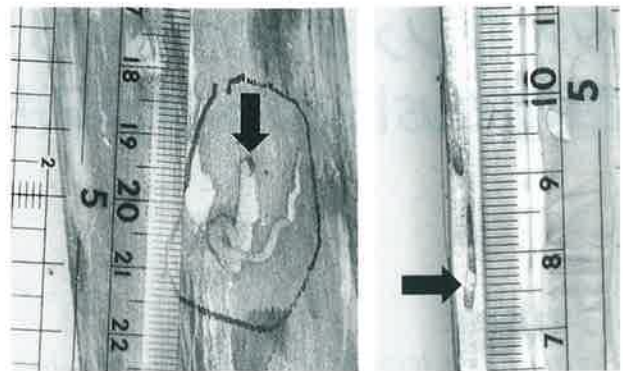


写真-2 台湾メダカカミキリ幼虫の樹皮下食痕(左)と材内孔道(右)
左図矢印：材内孔道入口、右図矢印：蛹室。

あった。内樹皮を食害後、材内へ穿孔していた(写真-2)。樹皮下の食害痕の地上高ごとの分布を、図-1に示した。幹部はほぼ全域にわたり、ほぼ同密度で樹皮下の食害が認められた。枝部も先端部まで食害されていた。幹部では、台湾メダカカミキリの食痕以外に、コウモリガの食害痕より上部に他のカミキリムシの食害痕が認められた。その食害形態よりヒメカミキリ属かトラカミキリ族のものと思われたが、幼虫孔道が途中で途絶え、種の確認まではできなかった。なお、調査時点で樹皮表面に台湾メダカカミキリの脱出孔と思われるものが少数認められたが、計数しなかった。

枝部には、鳥による捕食痕と思われる穴が開けら

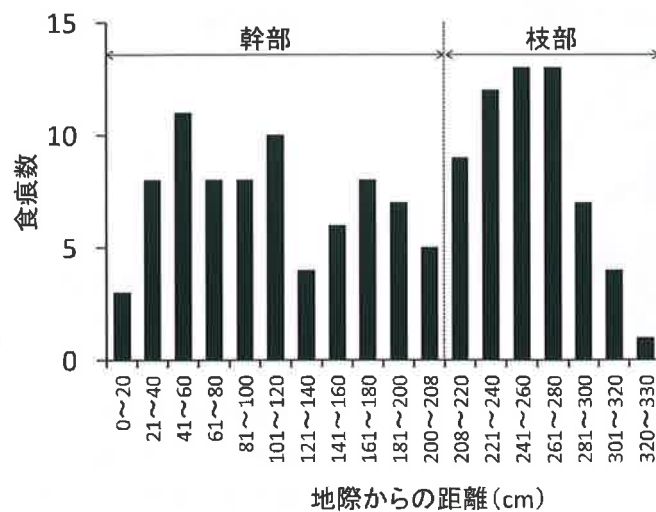


図-1 台湾メダカカミキリ幼虫の樹皮下食害痕の地上からの距離の分布

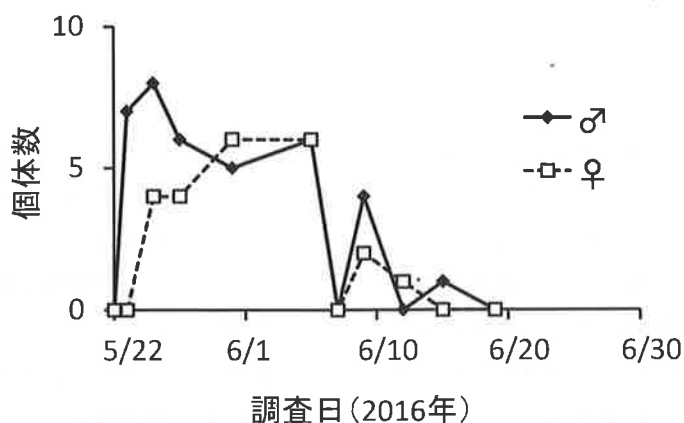


図-2 タイワンメダカカミキリ成虫の脱出消長

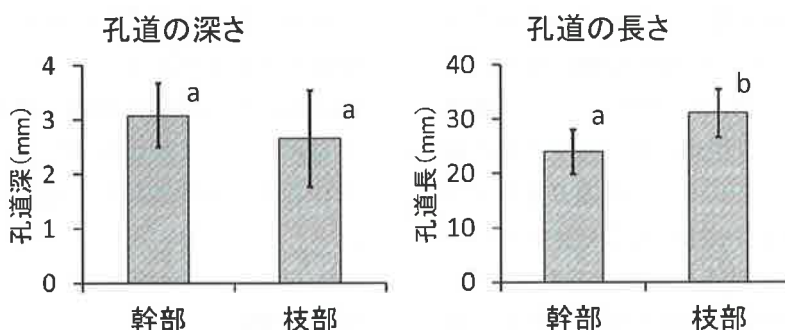


図-3 タイワンメダカカミキリ幼虫の材内孔道の深さ (左) と長さ (右)

平均値±標準偏差, 異なる小文字のアルファベットはMann-WhitneyのU検定, $p < 0.05$ で有意差が認められたことを示す。

れ, そこにはヒゲナガケアリ *Lasius productus* Wilson 数十個体が穿孔していた。

(2) 成虫の脱出消長と脱出数

脱出数は, 幹部で45個体, 枝部で15個体であった。樹皮下食害痕数に対する成虫脱出数の比は, 幹部では約58% (45/78), 枝部では約25% (15/59) であり, 幹部のほうが枝部より高かった (χ^2 検定, $\chi^2 = 14.21$, $p < 0.01$)。成虫の脱出消長を, 図-2に示した。雄は雌よりも若干早く脱出し, 全体として, 雄37個体, 雌23個体が脱出してきた。調査開始時に冷蔵庫に入れておいた枝を割材した結果, 体長13mmの死んだ幼虫が1個体見つかっただけであった。

(3) 材内孔道の深さと長さ

幹部で11箇所, 枝部で12箇所の孔道を調べた結果を, 図-3に示した。材内孔道の深さ (平均±標準偏差) は, 幹部で 3.09 ± 0.58 mm, 枝部で 2.67 ± 0.89 mm

と幹部で深い傾向が見られたが, 統計的な有意差は認められなかった (Mann-WhitneyのU検定, $U = 43.5$, $p = 0.146$)。材内孔道の長さは, 幹部で 24.00 ± 4.12 mm, 枝部では 31.08 ± 4.42 mmと枝部で長く, 統計的な有意差も認められた (同, $U = 16.0$, $p = 0.0017$)。

(4) 生木についていた枯枝への加害の確認

枯枝4本とも, 古い台湾メダカカミキリの食害痕が認められ, 同時に鳥による捕食があったことを示す穴が開けられていた。

5. 考察

今回のカラスザンショウ枯死木では, 幹部から枝部まで食痕が見られた。一方, 生立木では枯枝に食痕が見られた。カラスザンショウは毎年枝が1箇所から3本出るが, 3本全部が生残することは少なく, 枯枝が生じる。通常は, この様な枯枝が台湾メ

ダカカミキリの個体群を維持し、今回のように全木が枯死すると樹全体を摂食すると考えられる。

樹皮下食害痕数に対する成虫脱出数の比は、幹部のほうが枝部より高く、この調査木の近くにあったカラスザンショウ生立木の枯枝でも、鳥による捕食の跡が見られた。これらのことから、枝部では、鳥の捕食を受けやすいことが示唆された。材入孔道の深さは幹部と枝部で有意な違いは認められなかったが、孔道の長さは枝部で長かった。枝部では鳥による捕食が多かったことから、坑道を長くして退避スペースを確保し捕食を避けるための行動であるかもしれない。

1世代に要する年数は1年と2年のものが報告されており、1年のものは7～10月に蛹になり、冬季は成虫で材内にいる(清沢ら1981)。一方、徳島市における飼育では、7月中旬以降に産下された卵は9月下旬までに成虫になれず、10月より気温が下がるため成長が遅れ翌年に成虫になるとされている(村上1987b)。今回、5月20日に冷蔵した枝から、1個体ではあるが体長13mmの幼虫が確認された。同属で成虫の大きさもほぼ同じであるトワダムモンメダカカミキリ *Stenhomalus japonicus* Pic (= *Stenhomalus lighti* Gressitt) の終齢幼虫の体長は13mm程度である(小島・林1969)。また、4年間累代飼育をしたもので、食入材から摘出した本種の終齢幼虫の体長は6.1～10.1mmであったという報告もある(村上1987a)。幼虫の体長は、摂食中であるか、前蛹であるかでも変化するので、体長で幼虫齢を決定できない。しかし、今回冷蔵した枝から見つかった幼虫は、村上(1987a)の報告より大きいことから、終齢幼虫である可能性は高い。試験木を冷蔵した5月20日に終齢幼虫が存在したことは、前年の夏にはまだ試験木の幹が生きていたことから産卵された時期が遅かったため、産卵当年に成虫まで発育できなかったのだと考えられる。

本種の成虫は、すりこ木など十分に乾燥した材から出現するため(岩田1991)、乾材害虫と呼ばれる。しかし、今回のように、夏に枯死していなかった立

木から翌年に成虫が脱出することは、枯死後間もない、乾燥が進んでいないような材が産卵対象であると考えられる。筆者の一人横原が1975年6月中旬に鹿児島県の薩摩黒島で、切り倒されたばかりのカラスザンショウの幹の周りを、大量のタイワンメダカカミキリが走り回っていたのを、夜間に目撃している。このことも、産卵対象が完全な枯死木でないことを支持する。

今回はカラスザンショウの事例であるが、サンショウはより材が硬いとされ、枝は細く枯れにくい。このため、加害部位や材内孔道の様子に樹種間で違いが見られるかもしれない。また、加工された段階で生木であったと考えられるすりこ木などでの被害事例もあることから、サンショウでも伐倒直後などの生木に近い状態で産卵、食害を受けることがあると見られる。これらのことから、今後サンショウにおける食害事例の収集、比較が必要であると考えられる。

引用文献

- 岩田隆太郎(1991) サンショウのすりこ木に発生したタイワンメダカカミキリ. 家屋害虫 13(1): 25～27
- 清沢晴親・早川広文・降旗剛寛・堀 勝彦・小林靖彦(1981) 図説 長野県のカミキリムシ. 日本民族資料館, 東京法令出版, 東京
- 小島圭三・林 匡夫(1969) 原色日本昆虫生態図鑑 (I) カミキリ編. 保育社, 大阪
- 小島圭三・中村慎吾(2011) 日本産カミキリムシ食樹総目録(改訂増補版). 比婆科学教育振興会, 庄原市
- 村上構三(1987a) メダカカミキリ属3種の幼虫と蛹. げんせい 52: 11～15
- 村上構三(1987b) タイワンメダカカミキリの幼生期の生態について. げんせい 52: 19～25
- 大林延夫・新里達也 編(2007) 日本産カミキリムシ. 東海大出版会, 秦野
- (2017.10.3受付, 2017.10.20掲載決定)

樹木病害観察ノート(13)

周藤靖雄¹

33. ノグルミ白粒葉枯病の観察

1976年以来、島根県各地においてノグルミ (*Platycarya strobilacea* Sieb. & Zucc.) の葉に褐色の病斑が生じて早期に落葉する病害の発生を多数記録した。本病の病徴、標徴および病原菌を観察し、病原菌の所属を検討し、培養と接種試験を行った結果、本病は *Mycopappus* に所属する菌による新病害であり、「白粒葉枯病」と呼ぶことを提案した (周藤 2006)。また、発病落葉の葉脈上に形成される黒色の菌核上に翌春子のう盤が形成され、これを *Redheadia* に所属する本菌のテレオモルフとして報告した (周藤 2008)。

本病の葉に生じる病斑上には白色粒状の *Mycopappus* 型の繁殖体 (propagule) が生じ、また落葉には黒色の菌核が生じるが、同様な病徴と標徴を呈する病害として、わが国ではナラ類白粒葉枯病 (病原菌: *Redhadia quercus* Y. Suto & H. Suyama) (周藤 1993, 1994; Suto and Kawai 2000; Suto and Suyama 2005) とクロミサンザシ白粒葉枯病 (病原菌: *Mycopappus alni* (Dearn. & Barthol.) Redhead & G. P. White) (Takahashi *et al.* 2006) が知られている。ノグルミを侵す本病を調査する上で、これら類似病害と病原菌の形態や病原性を比較する必要がある。なお、*M. alni* は Redhead and White (1985) がアメリカ合衆国とカナダにおいてカバノキ科ハンノキ属樹木に斑点性葉枯病を起こす菌として報告し、その後 Braun *et al.* (2000) は同一菌がトルコでカバノキ科カバノキ属とバラ科ナシ属樹木を侵すことを報告している。

ノグルミはわが国では現在あまり利用される樹木ではないが、広く分布し、本病に侵された場合には激しい早期落葉が生じることから、ノグルミの1病害としてその発生に注意すべきである。本病について

ての筆者のこれまでの報告はいずれも学会での口頭発表に留まるので、本稿ではその後に行った観察と実験の結果を含めて論文としてまとめたい。なお、本研究に用いた試料はおもに島根県松江市大庭町と同八雲町の林地に発生した被害木から採集した。

本研究を行うに当たりクロミサンザシ白粒葉枯病についていろいろとご教示いただいた森林総合研究所主任研究員高橋由紀子博士に厚くお礼を申し上げます。

1) 病徴と標徴

本病の発生は林木で、5年生の幼齢木からほぼ100年生と推定される老齢木にまで認められた。9月中旬から葉に円形～不定形、灰褐色～暗褐色の病斑が生じ、急速に拡大して葉の1/2～2/3に及ぶ。病斑は不明確な輪紋をえがくことがある (表紙写真B; 写真-1, 2)。病斑の葉表には粒状、白色～淡黄色の繁殖体が多数形成されて、これらは肉眼でも容易に確認できる。繁殖体は円錐形または1基部から円錐が2～5本発達した形、多湿時には円錐数が多くなり毛羽立って観察される (表紙写真C; 写真-3)。また、多湿時には葉裏の病斑上に球形、径3～5mmの白色菌糸塊が形成され (写真-4)、また健全部との境には菌糸が薄く伸長するのが認められる。ときに、微細な白色の小型分生子塊が認められる。病葉は早期に落葉し、激害木では10月中旬にはほとんどの葉が落葉する (表紙写真A)。10月中旬から病落葉の葉脈—おもに中央脈、まれに二次脈に筋状、黒色で光沢のある菌核が形成される (写真-11)。後述するように、菌核からは室内できのこ状、淡褐色の子のう盤が形成された (表紙写真D, 写真-14)。しかし、野外では菌核からの子のう盤の形成は観察していない。

Notes on some noteworthy tree diseases (13)

* (12) 本誌 66: 121～126の続報

¹ SUTO, Yasuo, 島根県松江市

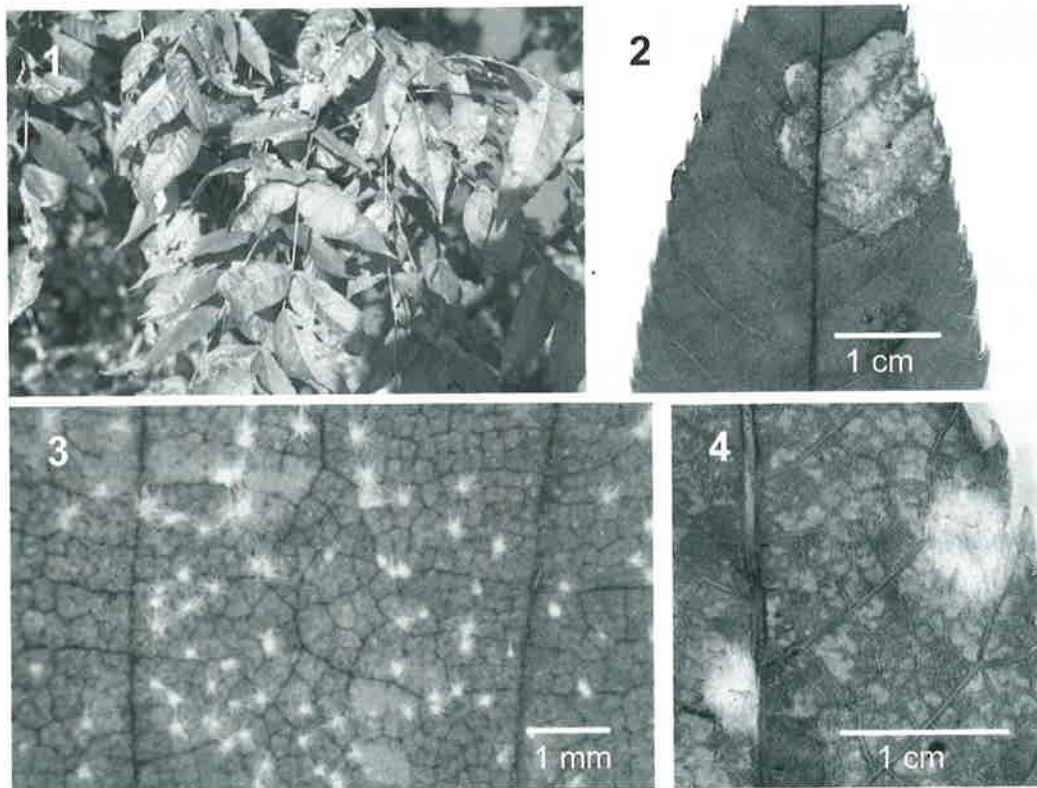


写真-1~4 ノグロミ白粒葉枯病の発病葉と病斑上に生じる菌体

1. 激しく発病した幼齢木, 2. 病斑が生じた発病葉, 3. 葉表に生じた白色粒状の繁殖体, 4. 葉裏に生じた白色菌糸塊。

2) 病原菌の形態と所属

(1) 繁殖体と小型分生子

葉表に生じる繁殖体は下部は類球形の子座状, 幅90~370 μm , 高さ80~250 μm であり, 長さ55~135 μm , 幅7~15 μm , こん棒形, 無色の菌糸が塊状に集合する(写真-5, 6, 9)。また, その基部から長さ280~690 μm , 幅は基部で4.5~7 μm , 先端部で3~5 μm , 無色の菌糸が付属糸として束状に伸長して, それらは先端で1~5本の円錐形に集合する(写真-7~8)。本菌はその形態から *Mycopappus* 属と同定された(周藤 2006)。

他菌と *Mycopappus* 型繁殖体の大きさについて比較すれば, 本菌は子座状菌糸塊については幅, 高さとも *R. quercus* に比べて小さく, *M. alni* に比べて大きい。子座状菌糸塊を構成するこん棒状菌糸については *R. quercus* に比べて長さが大きく幅が小さい。また, 付属糸の長さについては *R. quercus* に比べて

小さく *M. alni* に比べて大きい(表-1)。

小型分生子は葉表に生じる膨らんだ菌糸細胞上のフラスコ形, 6~11 \times 2~3 μm のフィアライドに形成されて, 球形, 径2.3~2.5 μm , 無色(写真-10)。*R. quercus* と *M. alni* の小型分生子は培地上でのみ形成されて, その大きさは前者が2~3(-3.5) μm (Suto and Suyama 2005), 後者は1.9~3.5 (Takahashi *et al.* 2006) と本菌に比べて少し大きい。

(2) 菌核と子のう盤

落葉の葉脈に形成される菌核は長さ2~23mm, 幅0.7~0.9mm(写真-11)。断面をみると, 外皮は1~2層の黒色化した細胞からなり, 厚さ8~17.5 μm , 髓層については外側は淡褐色, 内側は無色でレンガ形~球形の細胞からなり, 厚さ100~290 μm 。中央部に葉の維管束が完全な形で, また髓層の各所に葉脈織の組織断片が残る(写真-12, 13)。

他菌の菌核と比較すると, *R. quercus* の菌核は葉

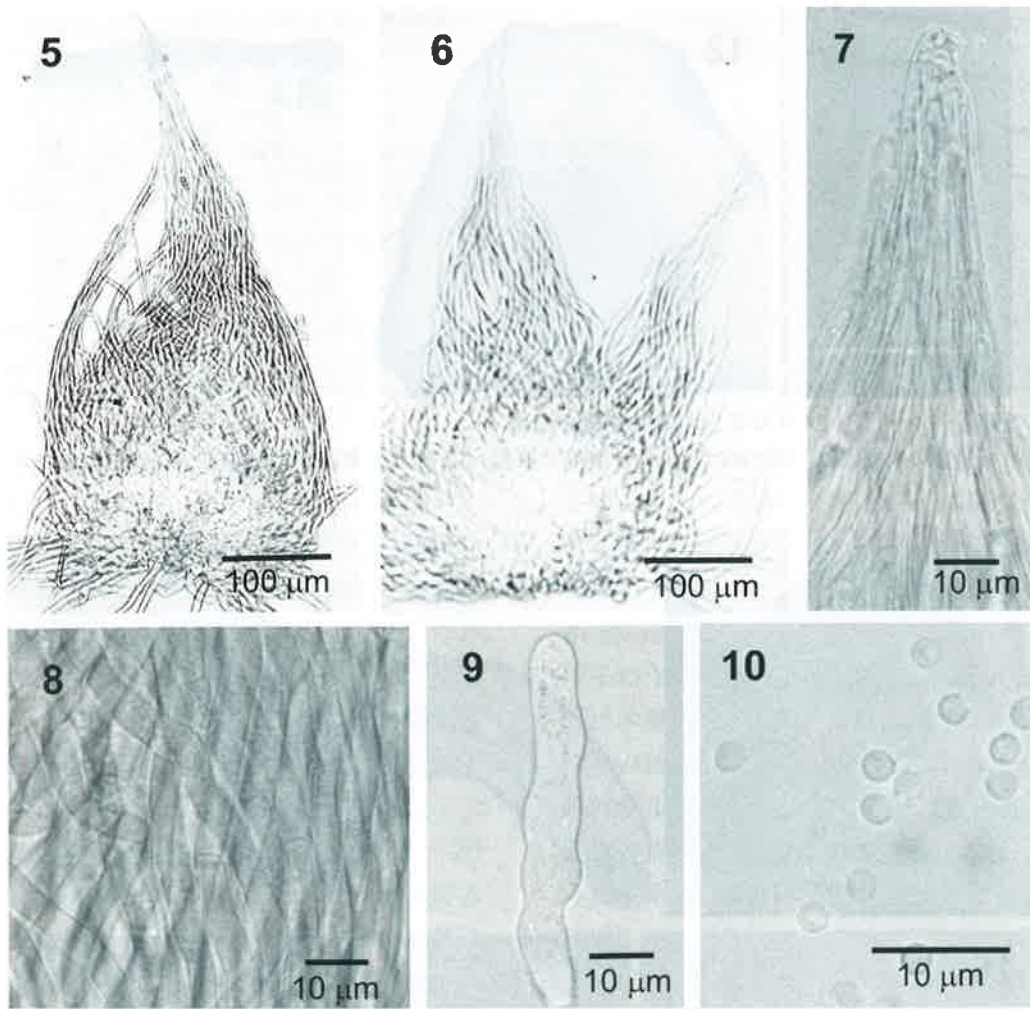


写真-5~10 ノグルミ白粒葉枯病菌の繁殖体と小型分生子

5. 円錐形の繁殖体, 6. 2本の円錐形の繁殖体, 7. 繁殖体の頂端, 付属糸が集合した繁殖体の頂部, 8. 下部の付属糸のもつれ, 9. 子座状白色塊を構成する菌糸, 10. 小型分生子.

表-1 各種菌の繁殖体の計測値

種	子座状菌糸塊		こん棒状菌糸		付属糸	
	幅 (μm)	高さ (μm)	長さ (μm)	幅 (μm)	長さ (μm)	幅 (μm)
<i>Redheadia</i> sp. (本菌)	90 ~ 370	80 ~ 250	55 ~ 135	7 ~ 15	280 ~ 690	3 ~ 7
<i>Redheadia quercus</i> (Suto and Kawai 2000)	200 ~ 630	180 ~ 400	27 ~ 75(-125)	11 ~ 21	480 ~ 830	4 ~ 5
<i>M. alni</i> (Takahashi <i>et al.</i> 2006)	30 ~ 75	20 ~ 50	—	—	短型 33 ~ 117.5 長型 187.5 ~ 450	5 ~ 10.5 3.5 ~ 5.5

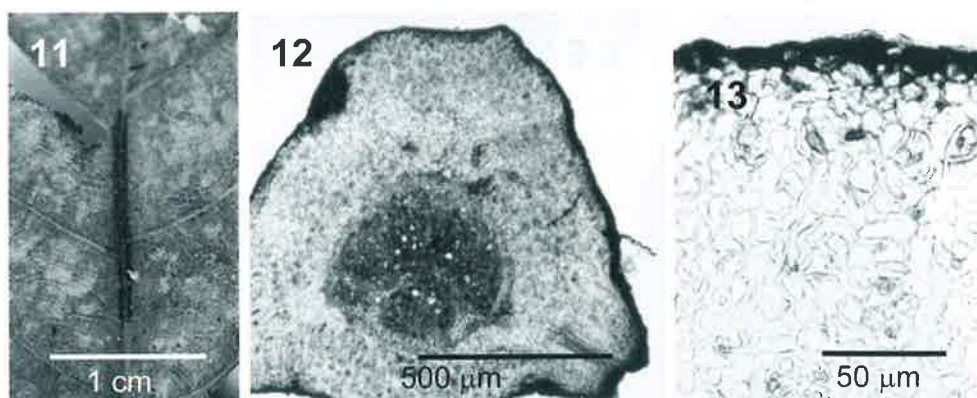


写真-11～13 ノグルミ白粒葉枯病菌の菌核

11. 落葉の中央脈に形成された菌核, 12. 菌核の断面, 13. 菌核の微細構造, 外層に覆われる髓層,

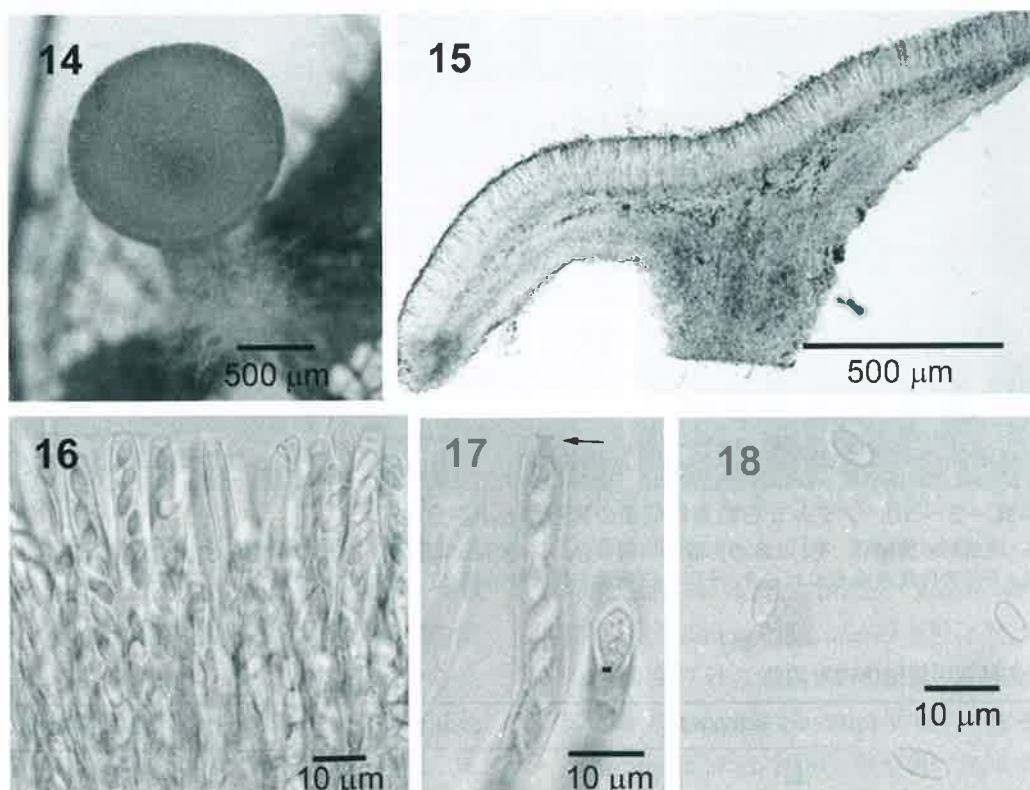


写真-14～18 ノグルミ白粒葉枯病菌の子のう盤

14. 菌核から形成される子のう盤, 15. 子のう盤断面, 16. 子のう, 17. 子のうと子のう胞子, 子のう頂孔がメルツァー試薬で青く染まる (矢印), 18. 子のう胞子.

面に径3.5～8.5mmの円盤として形成される (Suto and Suyama 2005) が, 本菌の菌核は葉脈上に形成される。*M. alni*の菌核は葉脈上に形成されて3～15×0.3～1.5mmと記されていて (Takahashi *et al.* 2006), 本菌に比べて少し小さい。

2004～2011年の各年, 菌核が形成された病落葉を野外から採集して, 湿した水苔をいれたポリエチレン製容器 (径12cm, 高さ4cm) に入れた。11～12月これを冷蔵庫中に入れ, 翌年5月上旬に取り出して室内の散光下に置いた。その結果, 5月中旬～

表-2 各種Redheadia属菌の子のう盤の計測値

種	子のう盤の盤		子のう盤の柄		子のう (μm)	子のう胞子 (μm)
	直径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)	径 (mm)		
Redheadia sp. (本菌)	1.0 ~ 2.5	0.2 ~ 0.4	1.3 ~ 3.5	0.2 ~ 0.6	95 ~ 110 × 6.5 ~ 8	7 ~ 11 × 3 ~ 5
R. quercus (Suto and Suyama 2005)	1.5 ~ 4	0.2 ~ 0.3	4 ~ 9 (-11)	0.3 ~ 0.6	100 ~ 200 × 6.5 ~ 8	7 ~ 9 × 4.5 ~ 5

6月上旬、子のう盤を形成させることができた。子のう盤ははじめこん棒状、ついでその頭部が開いてきのこ状になる。子のう盤は1菌核から普通1個、ときに2~5個が形成された。各年供試した発病落葉の10~30葉上には約100個の菌核が生じていたが、子のうと子のう胞子を形成する完熟した子のう盤を得たのは2~33個であった。子のう盤を形成する過程で発育を停止するもの、また黒色化して腐敗するものが多くあった。

子のう盤の盤面は平坦または凹形、直径1~2.5mm、厚さ0.2~0.4mm、淡褐色。柄は円筒形で長さ1.3~3.5mm、太さ0.2~0.6mm、淡褐色。柄の基部に白色の仮根状の房が生じる(表紙写真D; 写真-14, 15)。子のうは円筒状~こん棒状、95~110 × 6.5~8 μm 、8胞子を1列に含み、頂孔はメルツァー試薬で青く染まる。子のう胞子は無色、楕円形~紡錘形、7~11 × 3~5 μm (写真-16~18)。側糸は糸状

無色、枝分かれせず、幅2.4~3.2 μm 、先端が少し膨らむ。以上の本菌の形態から、本菌は子のう菌門、盤菌綱、ビョウタケ目、菌核菌科に所属し、また本菌のアナモルフがMycopappus属菌であることから、Redheadia属の菌である(周藤 2008)。

子のう盤の計測値についてR. quercusと比較すれば、本菌は子のう盤の直径と柄の長さが小さく、子のうの長さが小さく、子のう胞子の長さが少し大きく幅が少し小さい(表-2)。M. alniについては、落葉の葉脈上に菌核形成が認められているが、子のう盤の形成は観察されていない(Takahashi et al. 2006)。

3) 病原菌の分離・培養

本菌の病斑上に形成された新鮮な繁殖体を2%ブドウ糖寒天培地に移して容易に分離することができた。ジャガイモ・ブドウ糖寒天培地(PDA)上で

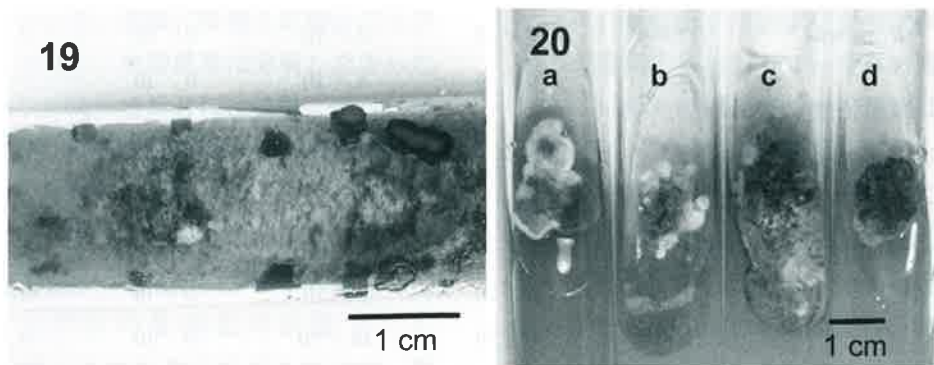


写真-19~20 ノグルミ白粒葉枯病菌の培養菌そう(PDA上)

19. 培養50日後の菌そう、小型分生子の白色粘液塊と黒色球形の菌核を形成、20. 繁殖体からの分離菌株(a, b)と子のう胞子からの分離菌株(c, d)、培養10日後の菌そう。

の菌そうははじめ白色，のち淡褐色～赤褐色に伸長し，淡褐色で短い綿状の気中菌糸が生じる。径8cmのペトリ皿に作ったPDAの中心に植え付けて20℃で培養して，10日後には縁辺に至り，3週間ほど経つと菌そう表面に円盤状，径1～3mm，黒色の菌核が形成される。また，フィアライドと小型分生子が白色の粘液状に形成される（写真-19）。

また，子のう盤をペトリ皿のふたに貼り付け，2%ブドウ糖寒天培地に子のう胞子を落下させて発芽したものから本菌を分離した。その結果，繁殖体から分離した菌と子のう盤から分離した菌のPDA上での成長は近似した（写真-20）。

4) 病原菌の病原性

本菌の病原性を確かめるために接種試験を行った。接種直前ノグルミなど供試樹種の健全な葉を採集して水道水で水洗いした。接種はつぎの2方法で行った。繁殖体の接種：葉上に置いた水滴に発病葉上に形成された繁殖体を3～5個針先で掻きとって入れた。対照としての無接種葉では水滴を置くのみとした。培養菌そうの接種：葉上にPDA上で培養した

菌そうの切片（3×3mm）を培地ごと貼り付けた。対照としての無接種葉ではPDA培地のみを貼り付けた。接種した葉は湿した脱脂綿を入れて湿気を保ったポリエチレン製の容器（径12cm，高さ4cm）に入れて室内散光下に置き，発病の経過を接種15～20日後まで継続して観察した。なお，ナラ類白粒葉枯病菌（*R. quercus*）については，島根県飯石郡飯南町で採集したクヌギ葉上に生じた繁殖体とそれから分離した培養菌そうを用いた。

(1) 本菌とナラ類白粒葉枯病菌のノグルミとクヌギに対する交互相種（2005年9月下旬～10月中旬実施）

繁殖体の接種，菌そうの接種の場合とも，本菌のノグルミへの接種と*R. quercus*のクヌギへの接種において高率で発病した。発病は葉裏接種で認められたほか，ノグルミへの培養菌そうの接種では葉表接種でも発病し，ほぼ半数の葉が発病した。いずれの試験でも，無接種葉は発病しなかった（表-3）。ノグルミで葉裏に接種した場合には接種1～2日後に小病斑が生じ，これが急速に拡大して接種5日後から繁殖体が，15日後から菌核が形成された。葉表に接

表-3 *Redheadia* sp.と*R. quercus*（ナラ類白粒葉枯病菌）のノグルミとクヌギに対する交互相種試験

接種源	菌種	樹種	発病葉/接種葉			
			接種		無接種	
			葉表	葉裏	葉表	葉裏
繁殖体	<i>Redheadia</i> sp. (本菌)	ノグルミ	0/20	14/20	0/20	0/20 ^a
		クヌギ	0/10	0/10	0/10	0/10 ^a
	<i>R. quercus</i>	ノグルミ	0/10	0/10	0/10	0/10 ^c
		クヌギ	0/10	8/10	0/10	0/10 ^c
菌そう	<i>Redheadia</i> sp.	ノグルミ	14 [*] /30	30/30	0/30	0/30 ^d
		クヌギ	—	0/10	—	0/10 ^d
	<i>R. quercus</i>	ノグルミ	0/10	0/10	0/10	0/10 ^b
		ノグルミ	0/10	0/10	0/10	0/10 ^d
		クヌギ	0/10	10/10	0/10	0/10 ^b
		クヌギ	—	10/20	0/20	0/10 ^d

^a2005年9月21日，^b10月4日，^c10月8日，^d10月16日接種。

*葉表に置いた菌そうから伸長した菌糸が葉裏に達して発病。

表-4 *Redheadia* sp.の単子のう胞子から分離した菌そうを用いたノグルミに対する接種試験

菌株	発病葉/接種葉			
	接種		無接種	
	葉表	葉裏	葉表	葉裏
RP-F1	0 / 10	6 / 10	0 / 10	0 / 10 ^a
	2* / 10	10 / 10	0 / 10	0 / 10 ^b
	4* / 20	15 / 20	0 / 20	0 / 20 ^c
RP-Y1	0 / 10	3 / 10	0 / 10	0 / 10 ^a
	1* / 10	3 / 10	0 / 10	0 / 10 ^b
	3* / 20	4 / 20	0 / 20	0 / 20 ^c

^a2006年10月13日, ^b10月24日, ^c10月27日接種.

*葉表に置いた菌そうから伸長した菌糸が葉裏に達して発病.

種した場合には病斑は接種4~5日後から接種部位付近の葉縁から拡大したが、これを観察すると接種源から菌糸が葉縁に伸長して、さらに葉裏に至っているのを認めた。本試験結果から本菌のノグルミに対する病原性を確認し、またナラ類白粒葉枯病菌とは病原性が異なることが分かった。

(2) *Redheadia* sp.の単子のう胞子から分離した菌そうを用いたノグルミに対する接種試験 (2006年10月中~下旬実施)

本菌の単子のう胞子から分離した2菌株 (RP-F1, RP-Y1) を用いてノグルミに対して接種した。その結果、発病は葉裏に接種した場合、菌株 RP-F1 接種では多数の葉が発病したが、RP-Y1では少数の葉が発病したに留まった。葉表に接種した場合でも少数の葉に発病を認めた。無接種葉は発病しなかった (表-4)。葉裏に接種した場合には接種2~3日後に小病斑が生じ、これが急速に拡大して接種5日後から繁殖体が、10日後から菌核が形成された。葉表に接種した場合は(1)の試験と同様に病斑は葉縁から拡大したが、接種源からの菌糸の葉縁と葉裏への伸長を認めた。いずれの発病葉の病斑上にも *Mycopappus* 型の繁殖体が多数形成されたので、接種した *Redheadia* は本菌のテレオモルフであることが確められた。

(3) 各種樹木の葉への接種 (2007年7月中~下旬, 2011年8月下旬~9月下旬実施)

本菌の宿主であるクルミ科のノグルミの他に、*M. alni*の宿主であるカバノキ科とバラ科の樹木 (Redhead and White 1985; Braun *et al.* 2000; 高橋ら 2007, 2008), また *R. quercus*の宿主であるブナ科の樹木 (Suto & Kawai 2000, Suto and Suyama 2005, 高橋ら 2005) 計15種の落葉広葉樹の葉に対する本菌の病原性を確かめた。繁殖体の接種と菌そうの接種を行い、葉裏への接種のみとした。

ノグルミに接種した場合、繁殖体の接種、菌そう接種の場合とも全葉が発病した。他の樹種では、繁殖体の接種でオオバヤシャブシ、カリン、ボケ、ヤマブキ、ヤマザクラおよびシモツケに病斑が生じたが、培養菌そう接種ではいずれの樹種も発病しなかった。いずれの試験でも無接種葉は発病しなかった (表-5)。ノグルミに接種した場合、接種2~3日後から小病斑が生じ、これが急速に拡大して4~5日後から繁殖体が、13日後から菌核が形成された。他の樹種で発病した場合、その病斑の大きさは接種10日後でも径5mm以下に留まり、繁殖体や菌核は形成されなかった。したがって、明確な病原性が認められたのはノグルミのみであった。

高橋ら (2007, 2008) はクロミサンザシから分離

表-5 各種樹木の葉に対する接種試験（葉裏への接種）

科	樹種	発病葉/接種葉			
		繁殖体接種		菌そう接種	
		接種	無接種	接種	無接種
クルミ科	ノグルミ	10/10	0/10 ^a	10/10	0/10 ^f
カバノキ科	オオバヤシャブシ	2/10	0/10 ^c	0/10	0/10 ⁱ
バラ科	ザイフリボク	—	—	0/10	0/10 ^j
	カリン	10/10	0/10 ^b	0/10	0/10 ^f
	ボケ	9/10	0/10 ^b	0/10	0/10 ^h
	ヤマブキ	2/10	0/10 ^b	0/10	0/10 ^h
	ヤマザクラ	4/10	0/10 ^b	0/10	0/10 ^f
	ウメ	0/10	0/10 ^b	0/10	0/10 ^g
	ソメイヨシノ	—	—	0/10	0/10 ⁱ
	ユスラウメ	—	—	0/10	0/10 ^h
	ナシ	—	—	0/10	0/10 ⁱ
	シモツケ	6/10	0/10 ^b	0/10	0/10 ^g
ブナ科	クリ	0/10	0/10 ^c	0/10	0/10 ^k
	クヌギ	0/10	0/10 ^d	0/10	0/10 ^j
	コナラ	0/10	0/10 ^e	0/10	0/10 ^k

^a2007年7月13日, ^b7月15日, ^c7月17日, ^d7月19日, ^e7月20日接種.

^f2011年8月29日, ^g9月9日, ^h9月11日, ⁱ9月12日, ^j9月14日, ^k9月24日接種.

した*M. alni*について、カバノキ科、バラ科、ブナ科、マンサク科およびクルミ科の5科から15属21種を選び、それらの葉裏に培養病原菌の菌そうを貼り付けて接種試験を行った。その結果、ブナ科のコナラ属を除くすべての樹種に対して病原性を持つことが認められた。高橋の試験ではノグルミは供試していないが、同じクルミ科のオニグルミとサワグルミで発病を認めている。

5) おわりに

(1) 本病は鳥根県の林地においてしばしば早期落葉の被害が生じる。ノグルミはわが国では本州（東海道以西）、四国、九州に広く分布する樹種であり（北村・村田 1979）、他県でも本病の発生に注意する必要がある。

(2) 本病原菌の形態は、同じく*Mycopappus*型繁殖

体をもつナラ類白粒葉枯病菌 (*R. quercus*) やクロミサンザシ白粒葉枯病菌 (*M. alni*) と異なり、新種の可能性が考えられる。今後、本菌と関連菌の分子系統解析を行い比較する必要がある。

(3) 本病の伝染については、発病落葉上で越冬した菌核が発芽して生じた子のう盤中の子のう胞子が分散して第一次伝染を起こし、葉に病斑が生じると考える。その後は病斑上に形成された繁殖体によって伝染が繰り返されて本病が拡大すると考える。

(4) 接種試験において本菌はノグルミへの強い病原性が確認されたが、葉裏接種で発病率が高かったことが注目される。葉裏面には気孔が多く分布するので、菌の繁殖体が発芽して、また培養菌そうの菌糸が伸長して気孔から葉組織内に侵入するために高率に発病したと推察されたが、今後検討を要する。また、葉表に接種した菌そうから菌糸が伸長して葉裏

に達して葉縁から病斑が拡大する場合があった。自然発病葉でも葉縁から発病する場合はしばしば見受けられる(表紙写真B)。野外でも葉表に付着した子のう胞子や繁殖体が発芽して、葉裏面に達して発病することが推定される。

引用文献

- Braun U, Mel'nik V, Huseyinov E, Selcuk F (2000) *Mycopappus alni* on species of *Betula* and *Pyrus* from Turkey. Mikologiya i Fitopatologiya 34(6): 1 ~ 2
- 北村四郎・村田 源 (1979) 原色日本植物図鑑・木本編II. 保育社, 大阪
- Redhead SA, White GP (1985) *Mycopappus*, a new genus of leaf pathogens, and two parasitic *Anguillospora* species. Can J Bot 63: 1429 ~ 1435
- 周藤靖雄 (1993) クヌギの新しい葉枯性病害-白粒葉枯病(新称). 日林論 104: 617 ~ 618
- 周藤靖雄 (1994) 新病害-クヌギ白粒葉枯病. 森林防疫 43: 132 ~ 135
- 周藤靖雄 (2006) ノグルミ白粒葉枯病(新称). 第117回日本森林学会学術講演集A02
- 周藤靖雄 (2008) ノグルミ白粒葉枯病菌 *Mycopappus* sp. のテレオモルフ. 日植病報 74: 185 (講要)
- Suto Y, Kawai M (2000) *Mycopappus quercus* sp. nov., causing frosty mildew in *Quercus acutissima*. Mycoscience 41: 55 ~ 60
- Suto Y, Suyama H (2005) *Redheadia quercus* sp. nov., the teleomorph of *Mycopappus quercus*, the frosty mildew fungus in *Quercus acutissima*. Mycoscience 46: 227 ~ 234
- 高橋由紀子・松下範久・原田幸雄・鈴木和夫 (2005) 北海道において発生したナラ類白粒葉枯病. 樹木医学研究 9: 27
- 高橋由紀子・松下範久・寶月岱造 (2007) *Mycopappus alni* の病原性と宿主範囲. 樹木医学研究 11: 126 ~ 127
- Takahashi Y, Matsushita N, Hogetsu T, Harada Y. (2006) First report of *Mycopappus alni* in Japan: species identification of the pathogenic fungus of a frosty mildew disease in *Crataegus chlorosarca*. Mycoscience 47: 388 ~ 390
- 高橋由紀子・松下範久・寶月岱造・原田幸雄 (2008) クロミサンザシ白粒葉枯病菌 *Mycopappus alni* の5科の樹木に対する病原性と侵入部位. 日植病報 74: 140 ~ 147
(2017.10.20原稿受付, 2017.10.24掲載決定)

技術情報

天敵微生物によるマツノマダラカミキリの防除製剤 “バイオリサマダラ”を振り返る

佐藤大樹¹・中村克典²

昆虫に病気を起こし致死させる微生物を天敵微生物と呼ぶ。マツノマダラカミキリに対する天敵微生物製剤「バイオリサマダラ」は平成19年に農薬登録された。これは、「バイオリサカミキリ」に続く、日本で第2番目の昆虫病原糸状菌を利用した製剤であった。使われている天敵微生物は、ポーベリア・バッシアナ (*Beauveria bassiana*) という糸状菌(カビ)である。この菌は、古くはカイコの病原菌として有名であるほか、多くの種類の昆虫に感染し致死させることが知られている。この性質を利用して、海外では最も多く天敵微生物製剤として活用されている糸状菌である。

一方、日本では糸状菌を主成分とする農薬登録は殆どされていなかった。松くい虫防除については、20年以上前から化学農薬だけに頼らない方法が求められており、マツノマダラカミキリの死体から分離された菌株を元に種々の試験を経て、「バイオリサマダラ」が登録された。しかし、売れ行きが思わしくなく残念ながら今年生産中止となった。開発を含め、本製剤について振り返りたい。

利用促進のために

販売開始から10年経過したにもかかわらず、バイオリサマダラの認知度は上がり国や県の松くい虫の防除担当者ですらこの製剤を知らないことが多かった。利用促進のために、林野庁では防除事業費の50%を補助する措置をとってきたが、それでも普及は進まなかった。利用が伸びなかった原因のひとつとして、製剤の施用時期の問題がある。生物農薬であるこの製剤の施用適期は、マツノマダラカミキリの羽化脱出直前の時期にあたる3月から4月である。通常の松くい虫の防除事業は予算や労務の関係から

12～2月に行われることが多く、慣行的な防除暦に従うとバイオリサマダラの適期施用は難しい。特に、3～4月は年度の切り替わり時期にあたるため、マツ林を管理する自治体にとっては予算執行が極めて困難である。また、作業者の立場からすると、一つのやり方で防除方法が確立されてしまえば、特別に差し迫った状況でなければ新しい方法を試す必要がない。さらに、慣行の方法で主流となっているくん蒸剤に比べ約7倍という製剤単価の高さは、普及の大きな足かせとなったと思われる。

バイオリサマダラは、化学農薬の代替となる環境低負荷な防除方法として開発された。とは言っても、防除資材としては後発のため、実際に十分な防除効果が示された事例、あるいは作業性の良さのような慣行の手法をしのぐメリットが示されなければ、使い慣れた方法からわざわざ乗り換える意義を見いだしにくいだろう。実際、県の担当者にバイオリサマダラを紹介すると、必ずと言っていいほど成功事例の照会を求められた。

そこで筆者らは、バイオリサマダラの防除効果が他の防除手法と遜色がなく、手順の改良により通常の防除事業に組み込めることを示し、この製剤の普及を促進することを目的として、実用レベルでの効果検証試験を行っていたところであった。(農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「薬剤使用の制約に対応する松くい虫対策技術の刷新」,平成27～29年度)。

開発の歴史

ここで、バイオリサマダラの開発までの歴史を振り返っておきたい。詳しくは島津・樋口(2007)を参照されたい。

Reviewing of the “Biolisa-Madara”, a control agent for pine wilt disease, utilizing a pathogen of the pine sawyer beetle.

¹ SATO, Hiroki, (研) 森林総合研究所森林昆虫研究領域; ² NAKAMURA, Katsunori, (研) 森林総合研究所東北支所

製剤に使われているポーベリア・バッシアナは、マツノマダラカミキリから分離された菌株であり、その幼虫に強い病原性をもつことが確認された。マツノマダラカミキリの幼虫は枯死木の中で成長し、成虫のように分散しない。そこで、枯死木内の幼虫を殺すさまざまな方法が試行された。

まず、当時よく行われていた被害材にMEP油剤などの殺虫剤を散布する方法に合わせて、被害材への孢子懸濁液のスプレーが行われた。カミキリの産卵前、産卵後、幼虫が材の浅い場所にいるとき、または深く潜ったときにスプレーして感染率が調査された。この方法では、幼虫は材の中にいるのに対して孢子は樹皮外にある。そのため孢子がカミキリに直接到達しないので死亡率は0%から80%まで大きくばらついた。どのように孢子と虫を出会わせるか、方法の検討が必要とされた。

次に、樹皮下に沢山の孢子を能動的に導入するために、しいたけの種駒にヒントを得て、ポーベリア・バッシアナを培養した種駒を被害材にドリルで開けた穴に接種する方法が考案され、死亡率は向上した。種駒数が多いほど幼虫の死亡率は上昇し、最大90%の死亡が確認された。一方、考案当初は種駒から周囲に菌糸が伸長して孢子形成が起こり、次の感染が引き起こされることも期待されたが、樹皮下では種駒からの菌糸の伸長はなく、防除を成功させるには多数の種駒が必要になることも判明した。これは、労力的に非常に不利である。

そこで方針を転換して、樹皮外から施用する孢子の量を圧倒的に多くするという手法が考案された。懸濁液の孢子濃度を上げることには限界があるため、培養物を直接施用することにした。パルプでできた不織布のバンドが菌の培養に適しており、生分解性であることから野外施用にも適すると考えられた。伐倒した枯死木に菌を培養した不織布を貼り付けたところ、枯れてすぐのマツならば樹皮下のカミキリ幼虫に対し80～90%の殺虫率があり、また、種駒接種に比べ作業時間も大幅に圧縮された。ただし、幼虫は成長とともに材の奥に潜ってゆく。施用する時期が遅くなると感染率が落ちてしまうという問題

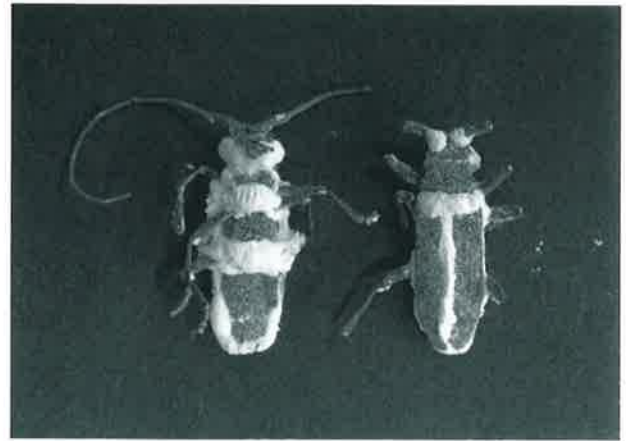


写真-1 ポーベリアバッシアナにより死亡したマツノマダラカミキリ成虫

が残った。

幼虫は材に潜ってゆくが、成虫は材から出てくる。ここで、出てくる成虫と菌を出会わせればよいのではないか、という発想の転換が行われた。成虫は幼虫よりポーベリア・バッシアナに感染しにくいことはわかっていたが、菌を培養した不織布の上を直接歩かせることで短期間（10日前後）で高い殺虫率が得られることが判明した（写真-1）。そこで、集積した被害材の上部に菌を培養した不織布を貼り付けてシートで覆い、材から脱出した成虫と接触の機会を上げる実験を繰り返す、天敵微生物製剤「バイオリサマダラ」が完成した。この農薬登録の際には農林水産先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「昆虫病原菌を利用したマツノマダラカミキリ成虫駆除法の確立」（平成15～17年度）のサポートを受けた。

バイオリサマダラの現場施用

現在、松くい虫被害材の処理方法として一般にくん蒸処理が行われている。くん蒸処理では、被害材を積み上げてNCSなどのガス化する殺虫剤を施用して生分解性シートで覆う。この処理に際しては、丸太を切りそろえて量や形の整った山を作る必要があり、また、殺虫剤のガス漏れ防止のため、集積材周囲の地際の地面を掘って、シートの裾を埋め込まなければならない。この作業は地中の根や石の状態



写真-2 バイオリサマダラ



写真-3 製剤を切り離して施用



写真-4 ホチキスによる付着作業



写真-5 施用終了後の山

に左右され、しばしば多くの時間を要する。くん蒸処理による殺虫効果は非常に高いことが知られているが、このように必要とされる労力は大きい。また、礫や砂など隙間の多い地面の場合、ガスが逃げるため効果が低下するおそれがある。

では、バイオリサマダラの施用作業はどのようになっているであろうか。まず、枯死木の枝を払い、1~2mの丸太にして幅2~3m、高さ1.5m程度に極積みする。くん蒸処理の山よりも大型でも小型でもよく、山の大きさを揃える必要はない。続いて、被害材の山にバイオリサマダラを施用する。バイオリサマダラの製品は2.5cm×50cmのテープ状の不織布が横に10枚つながった形(写真-2)になってい

て、これを切って使用する(写真-3)。被害材1㎡あたり10本のテープを、山の高い部分に偏りのないように置き、ずり落ちを防ぐためホチキスで留める(写真-4)。その後、山をブルーシートなどの被覆材で覆い、裾を石や林内の倒木などで押さえる(写真-5)。くん蒸材処理とは異なりシートを埋め込む必要はない。この際の注意点として、シートと中の被害材の表面とが隙間なく接すると、カミキリ成虫が脱出してきた時に材表面とシートを同時に食い破って脱出する恐れがあり、また木口の角などに擦れてシートに穴があく(成虫が逃げ出しやすくなる)ということがある。バイオリサマダラを施用するときには、シートはゆったり使うのがコツである。

なお、被覆材としては耐久性半年程度のブルーシートを使うことが推奨されているが、シート回収の手間を省くために生分解性シートの利用が考えられてもよいだろう。

筆者らの行っている効果検証試験での実績によれば、バイオリサマダラの施用作業は被害材の集積作業まで終わってれば、平地の海岸林で10人で1日あたり100山の処理が可能であった（佐藤・中村2017）。くん蒸処理に比べ、バイオリサマダラの施用では山の大きさをそろえなくて良いということと、シート裾の埋め込み作業を省けることで、大幅な作業の簡便化が図られる。

防除効果の比較に向けて

上述の通り、筆者らは実用レベルでのバイオリサマダラの防除効果検証に取り組んできた。ここでは、特に現在主流となっているくん蒸処理との比較で、バイオリサマダラの防除効果を評価する必要がある。ところで、それぞれの防除方法の効果は、いったいどのように評価すれば良いのだろうか。

伝染病の広がりやすさの程度を表す指標として伝播係数という値を使うことができる。この値は、ある感染個体がどれだけ周りに病気を伝播させるのかを示すものである（Anderson 1981）。この伝播係数の考え方をマツ材線虫病に適用することが提案された（Togashi *et al.* 1992）。伝播係数は枯死木数や枯死率のように初期密度（年次当初の生存木数）に影響されない指数なので、この値を使うことでマツ林間、年次間での被害の広がりやすさを直接的に比較できる。防除との関係で言えば、値が小さくなれば防除の効果があったと見なすことができる。

マツ材線虫病の伝播係数は媒介昆虫の移出入がなく、感染木は年内に全て枯死するという条件のもとで、以下の式で表される。（導くまでの計算はTogashi *et al.* 1992を参照されたい）

伝播係数(β)

= (今年の枯れ本数 / 去年の枯れ本数) / 今年の健全木数…(式1)

例えば、1000本のマツで構成される林に200本の枯れがあり、防除の結果、翌年の枯れは160本に、さらに防除を継続し翌々年の枯れは128本になったとする。この場合、枯死率は1年目、2年目とも20%であり、一見すると年次間で防除効果は変わらないように見える。しかし、この数字について伝播係数を計算すると、1年目： $(160/200)/800=0.000938$ 、2年目： $(128/160)/640=0.00125$ となる。1年目より2年目の値の方が大きくなっていることから防除効果が落ちているとわかる。

式(1)で、伝播係数を算出するのに必要な情報はすべて、松くい虫防除の現場で得られるデータである。が、実際の防除の現場で健全木数はおろか、枯れ木の本数すら記録されることはほぼない（通常、日本では枯損量は材積で表されるため）。しかし、防除効果を定量的に計測し松くい虫防除を科学的にすすめていこうとするなら、防除効果の指標としての伝播係数を林分単位で計算できるようにしておくことが望ましい。その場合には、伐倒駆除（くん蒸、その他）の仕様書に、今年の枯れ本数（処理本数）、今年の健全木数（枯れなかった本数）の報告を含めるようにするのがよいであろう。なお、上記の式から分かるように、伝播係数は被害木・枯死木数が計上された初年度には算出できないが、記録を継続することにより防除の効果モニタリングすることができるようになる。

実際の防除の現場で、大面積の防除対象エリアの全体について健全木数、枯死木数を計数するのは困難かもしれない。このような場合には区画を定めて、その中の健全木、枯死木を数えるようにすれば良いであろう。筆者らは、バイオリサマダラ施用やくん蒸処理などの各種防除方法の行われている海岸林の中に50m×25mの区画を設定してすべてのマツ個体にナンバリングを施した上、年ごとに発生する松くい虫被害木を確認、計数している。この調査結果から、毎年の期首の健全木数と枯死木数を特定、上記の計算式（式1）によって伝播係数を算出できる。調査は継続中であるが、これまでの結果からバイオリサマダラ施用による防除効果はくん蒸剤処理に匹

敵することが示されつつある（佐藤ら 2017）。

終わりに

筆者らはバイオリサマダラの普及に向け、国有林、メーカーと森林総合研究所の担当者が一堂に会しての現場での勉強会を開催したり、海外の研究者からの問合せにも対応したりしてきたが、バイオリサマダラを取り巻く状況はさらに厳しいものとなっている。しかし、化学農薬の使用は今後ますます制約が強まることであろう。バイオリサマダラについては生産中止となったものの、農薬登録は当面維持される見込みであり、その間にこの製剤の有効性が見直され、松くい虫防除に活用されることを期待したい。また、より効果の高い幼虫への登録適用も必要である。さらに、今後新たな防除資材が開発された場合に、それを普及に結びつけるにはパイロット事業的に使う取り組みや、現場での成功例を知らせる仕組みが整備されている必要があると感じている。

引用文献

- Anderson, RM (1981) Population ecology of infectious disease agents. In *Theoretical ecology*. 2nd ed. (May RM ed.) Blackwell, Oxford, pp. 318 ~ 355.
- 佐藤大樹・中村克典 (2017) マツノマダラカミキリを防除対象とした糸状菌製剤バイオリサマダラの現場施用について. *関東森林研究* 68(1): 79 ~ 80
- 佐藤大樹・浦野忠久・前原紀敏・中村克典 (2017) バイオリサマダラを事業的に施用した際の防除効果. 第128回日本森林学会大会講演要旨集 224
- 島津光明・樋口俊男 (2007) マツノマダラカミキリ成虫駆除のための微生物農薬「バイオリサ・マダラ」. *森林防疫* 56(6): 32 ~ 38
- Togashi K, Nakamura K, Takahashi F (1992) An index of susceptibility of pine stands to pine wilt disease. *Appl Entomol Zool* 27: 341 ~ 347
(2017.10.22受付, 2017.10.25掲載決定)

都道府県だより

富山県における松くい虫被害の現状と対策について

○はじめに

富山県の海岸林は多くが飛砂防備や潮害防備保安林に指定されており、県民の生活や農地を守る公益的機能を果たしているほか、林内はサイクリングロードやキャンプ場があり県民の憩いの場として親しまれています（写真-1, 2）。

また、平成26年には富山湾がユネスコが支援する「世界で最も美しい湾クラブ」に加入したことで景観への関心も高くなっており、海岸林の保全が求められているところです。

しかし、県内では平成24年度から松くい虫被害が拡大し、現在でも高い水準にあることから公益的機能の維持、富山湾の景観の保全のため早急な対策が求められています。

そこで、本県における松くい虫被害の現状と対策状況についてお知らせします。

○被害状況

本県の松くい虫被害は昭和25年度以降大きく拡大し、昭和38年度には約7,200m³とピークに達しました。このため、特別防除を含めた松くい虫防除対策を総



写真-1 公益的機能を発揮する海岸林



写真-2 県民の憩いの場として（キャンプ場とサイクリングロード）

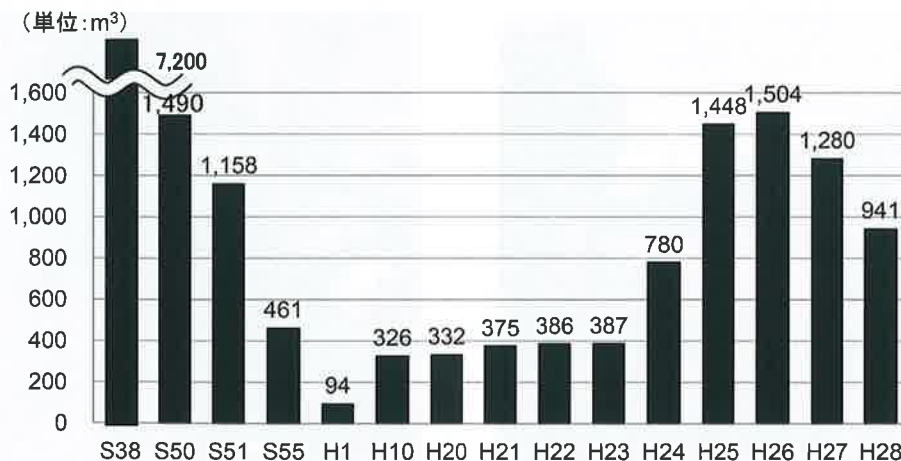


図-1 富山県における松くい虫被害材積の推移

合的に進めてきた結果、平成元年度に約100㎡まで減少し、平成10年度～平成23年度は300～400㎡の被害量で横ばいに推移していましたが、平成24年度以降海岸林を中心に被害が激増しました（図-1）。

なお、本県における松くい虫被害の多くは海岸林でのクロマツ被害です。

○対策状況と課題

平成24年度の被害激増を受け、県では平成25年度に55ha、27年度に1haの海岸林を新たに高度公益機能森林に指定し、伐倒駆除、樹幹注入、薬剤散布による重点的な対策を実施してきました。

しかし、海岸付近では住宅の庭や公園など森林以

外にもマツが多く植えられているため、それらの被害木からマツノマダラカミキリが森林に飛来することもあります。そのため、森林内だけでの対策には限界があり、発生源対策として森林外でも対策が必要でした。

また、海岸林は地域住民の生活と密着しており、病虫害対策だけではなく景観保全やマツ林再生など地元の要望をくみ取った取組も求められています。

そこで、平成29年度より県の独自課税である「水と緑の森づくり税」を活用した海岸林保全整備事業を行うこととしました。

○海岸林保全整備事業

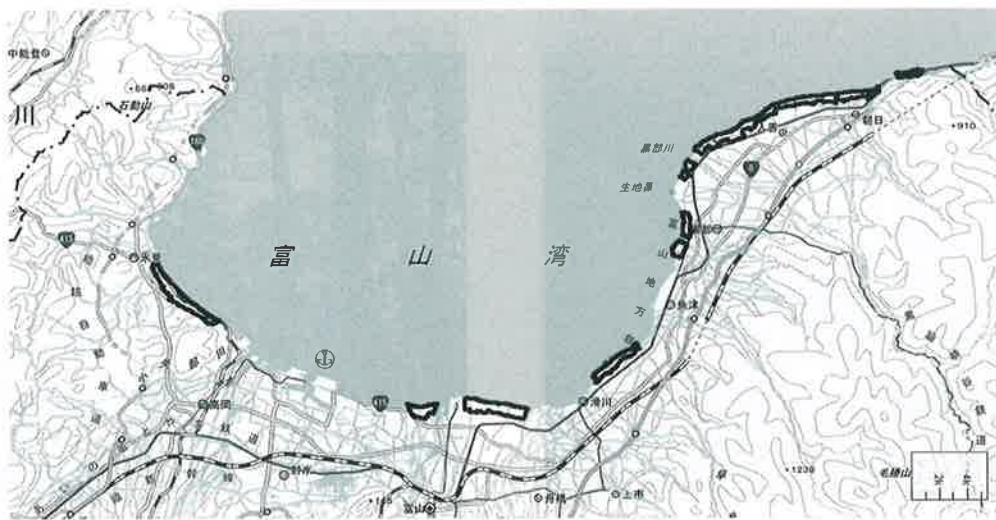


図-2 松くい虫被害対策重点区域（太枠内）



写真-3 企業敷地内での伐倒駆除



写真-4 植栽地での下刈り

富山県では平成19年度から「水と緑の森づくり税」を財源として生物多様性の確保や県民の憩いの場となることを目指した里山林の整備、水土保全機能など公益的機能の維持・向上のための混交林の整備、とやまの森を支える人づくりを行っており、平成29年度からは、里山林整備の一環として海岸林保全整備事業を実施することとしました。

この事業では、海岸林から概ね300mの範囲を「松くい虫被害対策重点対策区域」として指定し、区域内での松くい虫被害対策や地域住民が行なうマツ林の保全活動等を支援します。このことで森林外での伐倒駆除や町内会などが行なう保全活動など、従来対応できなかった対策が可能となりました(図-2)。

平成29年度の春にはこの事業を活用し、被害の発生源対策として企業敷地内での伐倒駆除や、森林簿

に記載のないマツ林での薬剤散布、地元町内会が植栽したマツ林の管理(下刈り)への支援を行いました。(写真-3, 4)

当事業は、平成29年から30年の2年間限定の事業です。この事業で効果を上げるため、被害調査にも力を入れ対策漏れが無いように短期集中で徹底した対策を目指します。

○おわりに

海岸林で調査を行っている時、散歩やジョギングをしている人とよくすれ違えます。世界に誇る美しい富山湾の景観を守り、これらの人たちに今後も気持ちよく海岸林を利用してもらえるように事業を実施していきます。

(富山県森林政策課森づくり推進班)

ナラ枯れ枯死木のシイタケ原木としての利用

○はじめに

奈良県では、2010年より県北部で発生したナラ枯れが、現在も被害が収束することなく拡大し、2016年は被害量が全国一位となりました。

奈良県内のナラ枯れによる枯死木の処理は、伐倒・燻蒸が行われていますが、処理後は林内等に材がそのまま放置されているのが現状です。このことから、未利用木の資源化、有効活用を図るため、枯死木の薪やキノコ原木としての利用を検討した結果、木質資源として十分活用できる可能性があることがわかってきました。そこで今回、キノコ原木、特にシイタケ原木への利用について紹介します。

○問題点

奈良県におけるナラ枯れの主要な被害木はコナラやクヌギで、シイタケ原木にもよく使われる樹種です。しかし、枯死木をそのまま原木とするには問題がいくつかあります。

第一に、材内にカシノナガキクイムシの幼虫が生息していて、材の移動はカシノナガキクイムシの拡散、ひいてはナラ枯れの被害拡大につながる可能性があります。第二に、ナラ枯れは大径木によく発生し、その枯死木は、従来のシイタケ原木(直径が10~15cm)のように利用するには大きすぎて、原木の移動など作業効率が悪いことがあげられます。第三に、枯死木は心材部分が多く、シイタケ菌が蔓延しにくいことが考えられます。ナラ枯れ枯死木をシイタケ原木として利用するには、以上のことを解決する必要があります。

○解決策

奈良県森林技術センターで行われた既往の研究によって、通常はシイタケ栽培では使わない大径木を玉伐りしてポリプロピレン製のフィルター付き耐熱性袋に入れ、高圧殺菌・植菌・培養後、屋外で自然発生させたところ、従来の一般的な原木栽培と比較して遜色のない程度の収量が得られることがわかっ

ています。そこで今回、この方法を応用して、耐熱性袋に入れたあと、ドラム缶内で原木を蒸して原木の殺菌およびカシノナガキクイムシ（幼虫）の殺虫を行い、植菌後、菌糸の蔓延を待って袋出しをし、屋外で自然発生させることにしました。

○原木調整・殺菌・植菌

原木はナラ枯れによるコナラ枯死木で、胸高直径は66.3cmでした。2013年12月に材を長さ約20cmに玉切りし、耐熱性の袋に入らないものは小さく割って袋に詰めました（写真-1）。

ドラム缶の内部はすのこ状になっていて、耐熱性袋に入れた原木を中に入れて（写真-2）、下から炊きあげて、内部の原木を蒸します（写真-3）。



写真-1 大きな径の原木は割って使う



写真-2 原木を耐熱性袋に入れ、ドラム缶内に置く

原木に温度センサーをさしこみ、原木の材内温度が50℃を超えるまで蒸すことによって、原木内のカ



写真-3 ドラム缶にフタをして中の原木を蒸す

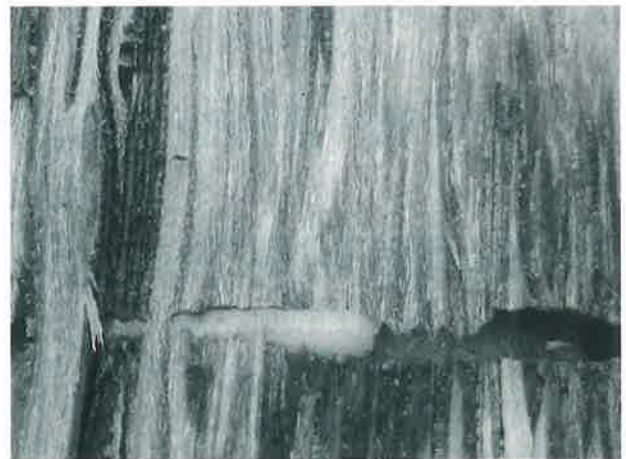


写真-4 殺虫されたカシノナガキクイムシの幼虫



写真-5 耐熱性袋内にオガ菌を素早く入れる



写真-6 シイタケ菌が蔓延した原木 (ほだ木)



写真-7 ほだ木を半日陰の林内に置く

シノナガキクイムシの幼虫を殺虫します (写真-4)。炊きあげから約3時間で殺虫・殺菌が完了します。原木を一昼夜、室内に置いて冷ました後、シイタケのオガ菌を袋中に振りかけ (写真-5)、室内に安置して、シイタケ菌が原木に蔓延したら (写真-6)、袋から取り出して、原木を半日陰の林内に置きます (写真-7)。

○シイタケの発生

原木を林内に置いたのが2014年5月で、その年の12月からシイタケが発生しました。植菌して1年目からシイタケが発生したことになります (写真-8)。2年目が最も多くのシイタケが発生し、その後、2017年現在もシイタケは発生しますが、発生個数は



写真-8 植菌後、1年目に出てきたシイタケ

減少し、サイズも小さくなっていきました。

○おわりに

以上のことから、ナラ枯れ枯死木をカシノナガキクイムシの発生を抑えながらシイタケの栽培に利用することが可能であることがわかりました。奈良県森林技術センターでは県内の森林ボランティアグループを中心に、ナラ枯れ枯死木を利用したシイタケ栽培の講習会を開き (写真-9)、普及を図っているところです。さらに、原木を耐熱性袋に入れずに、直接、ドラム缶で煮沸する方法も現在行っており、結果がまとまれば紹介したいと思います。



写真-9 ナラ枯れ枯死木を原木に用いたシイタケ栽培講習会

(奈良県森林技術センター森林資源課)

協会だより

本誌「森林防疫」は、各都道府県の森林病虫獣害防除協会を中心に、山林所有者をはじめ林業・林産・木材産業関係者・林業技術の指導・研究関係者・学校教職員・学生、行政機関の関係者等、各層の会員を対象として、森林・林業の維持・発展に資するため、森林病虫獣害の防除および森林における生物多様性の保全に関する総合誌となるよう編集に努めています。本誌には、どなたでも投稿できますので、この目標にふさわしい本文記事、表紙写真とその解説の投稿をお待ちしております。投稿規定をお知らせいたします。

森林防疫投稿規定 (2015. 3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、技術情報、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) 原稿はできるだけ汎用性のあるソフトを用いて作成した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、図表の貼り付けはせず、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、通常刷り上り10ページ以内としますが、短編の記事も歓迎します。

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で、望ましいファイル形式は、表はMicrosoft Excel (.xlsx)、写真はJPEG、図はイラストであればJPEGまたはPDF、グラフであればMicrosoft Excelのグラフ (.xlsx) です。

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)

ウェブサイト引用

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

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。

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-1-12 (全森連内)

全国森林病虫獣害防除協会 森林防疫編集担当宛

森林病虫獣害発生情報：平成29年9～10月受理分

病害

なし

虫害

なし

獣害

なし

(森林総合研究所 山中高史/佐藤大樹/岡 輝樹)

森林防疫 第66巻第6号(通巻第723号)
平成29年11月25日 発行(奇数月25日発行)

編集・発行人 佐藤重芳
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 1,339円(送料込, 消費税込)
年間購読料 6,696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

〒101-0047 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

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