

森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

論文

- 岩手県で発生したモミハモグリゾウムシによるモミ人工林の失葉被害について
[綾部慈子・磯野昌弘] 3

速報

- ミナミシイタケオオヒロズコガ(チョウ目ヒロズコガ科)の埼玉県からの記録
[長田庸平・室 紀行] 12

解説

- セミの幼虫に壊滅的な死亡を引き起こすツクツクボウシタケの大量発生
[磯野昌弘] 15

都道府県だより：宮崎県 23

協会だより：
森林防疫休刊のお知らせ 25

協会だより：
投稿規定及び休刊にともなう投稿原稿受付締切日 26



[表紙写真] ツクツクボウシタケ *Isaria cicadae* (子囊菌門：ボタシタケ目：ノムシタケ科)

写真A：ツクツクボウシ幼虫の頭部から伸長する分生子柄束。

写真B：罹病幼虫の縦断面。体内は白色肉質の緻密な菌体で満たされている。このため本菌は、白きょう病菌や硬化病菌とも呼ばれている。「きょう(殭)」はミイラの意。

写真C：分生子柄束の長さや分枝パターン、形状には大きな変異がみられる。草むら等の暗い環境では長く伸長し(上段)、木漏れ日の射し込む明るい場所では矮小なもの(下段)が多く見られる。背景は1 cm方眼。

写真D：分生子柄束は、成熟すると地表に白い粉状の分生子を散布する。

写真E：崩壊期には、土中で菌糸が広がる事例もみられる。

写真F：分生子柄束を切除すると、小さな分生子柄束が再生する。左の塊の長径は約7 mm。

ツクツクボウシタケは、冬虫夏草ツクツクボウシセミタケの無性世代で、土中のセミ類幼虫に感染し宿主を死亡させた後に、その頭部からキノコ様の分生子柄束を伸長させる。岩手県滝沢市のトネリコ林では、約3400株の分生子柄束が発生し、土中に生息するほぼ全てのツクツクボウシ幼虫を死亡させた(本文15~22ページ参照)。

(国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所東北支所 磯野昌弘)

論文

岩手県で発生したモミハモグリゾウムシによるモミ人工林の失葉被害について

綾部慈子¹・磯野昌弘²

1. はじめに

2021年10月に岩手県雫石町の盛岡森林管理署管内網張国有林のモミ人工林において、モミが集団で失葉している様子が確認された(図-1)。モミの大規模な失葉被害は、これまで1998年に長崎県雲仙岳の天然林において発生しており、甲虫目ゾウムシ科のモミハモグリゾウムシ *Parendaes abietinus* の加害によってモミが失葉した後、衰弱した樹木個体の樹冠へゾウムシ科のトドマツノキクイムシ *Polygraphus proximus* が穿孔することによって立ち枯れに至ったとされている (Tokuda *et al.* 2008)。両種が雫石町のモミ失葉においても関与している可能性を視野に検討を行なった。既に上記2種の成虫発生時期を逸している可能性が高いことから、虫体採取により両昆虫種の関与を直接示すことは難しい状況であった。そのため被害痕を探索したところ、モミハモグリゾウムシの食痕らしきものが葉に多数

観察されたが、キクイムシ類やその他の穿孔性昆虫による樹幹への穿孔痕は観察されなかった。雫石のモミ集団失葉におけるモミハモグリゾウムシの関与を明確にするため、甲虫類の頑強な外骨格が土壌中に残されている可能性に基づき、土壌を持ち帰り死骸の探索を試みるとともに、死骸密度をモミ林内の失葉程度が異なる3区画で比較し、失葉が激しい区画で死骸密度が高いか検証した。また、本調査地における失葉現象が短期間に広範囲で生じたのか、それとも徐々に広がったのか、その様相を明らかにすることは、今後の対策や被害拡大予想を立てる上で重要な情報となりうる。本研究では、一般公開されている衛星観測データを過去に遡ることで雫石のモミ集団失葉の開始時期を特定し、被害様相の時間変化についても明らかにした。得られた結果にもとづき、今後の被害推移について考察を行なった。



図-1 網張国有林のモミ集団失葉の様子

Defoliation of Momi fir by the curculionid leafminer, *Parendaes abietinus*, in Iwate Prefecture.

¹AYABE, Yoshiko, 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所東北支所;

²ISONO, Masahiro, 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所東北支所

2. 方法

(1) 調査場所と調査区画

失葉が確認されたのは網張国有林内の約7.1haのモミ人工林であり（以下，調査地），調査地は岩手山へ向かう御神坂（おみさか）登山口付近に位置し，標高は約600m，林齢は60年生である。モミは中間温帯の主要構成種の1つであり，その自然分布域は岩手県南部から中部地方の太平洋側，さらに関西地方以西である（Horikawa 1972）。本調査地はこの自然分布域外に存在する。広葉樹林に囲まれており，周辺5 km圏内の針葉樹人工林としては，調査地の北側0.2–1 kmの範囲にモミ林分が1つとトドマツ林分が2つ，北東に3 km離れた場所にトドマツ林分が1つ存在する。いずれの周辺林分においても，2021年10月時点で目立った失葉被害は確認されていない。調査地から最も近い雫石町のアメダス観測点（標高195m）（気象庁，<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>）での過去30年の年平均気温は9.7℃，2021年の降水量は1,616mmである。調査地の気温は，気温低減率を0.6℃/100mと仮定すると，約400mの標高差から，観測所よりも2.4℃ほど低い

7℃程度と考えられ，調査を実施した10月から11月上旬にかけての調査地の日平均気温はおよそ15℃から7℃と推定される。これは雲仙岳よりも5–6℃低いと想定される。

調査地の一部は失葉が激しいものの，被害程度は調査地内で漸次的に変化しており，林分内には目立った失葉がない健全樹木も多く存在する。11月上旬に，樹冠の失葉程度を目視し，激害区，中害区，及び微害区の3調査区（いずれも約0.06ha）を南北方向へ順に平均勾配7度の緩やかな斜面上に設けた（図-2）。各調査区の間隔は激害区–中害区間を約40m，中害区–微害区間を約65mとした。これらの3調査区で盛岡森林管理署が材積評価調査を実施し，提供されたデータに基づく林況は表-1のとおりである。調査区によってモミの成長に大きな違いは見られず，モミジイチゴ *Rubus palmatus* var. *coptophyllus* やウワミズザクラ *Padus grayana*，オオカメノキ *Viburnum furcatum*，ハウチワカエデ *Acer japonicum* などの落葉広葉樹が下層植生として見られた。

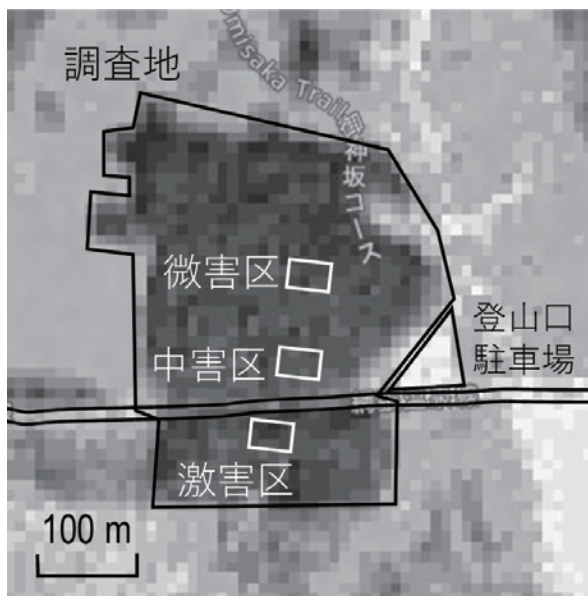


図-2 調査地と調査区画の概略図

調査地を横断する道路を挟んで激害区，中害区，微害区を設けた。平均勾配7度の緩やかな斜面で，微害区が斜面上部となる。2019年12月のSentinel 2 衛星観測データ（Sentinel Hub EO Browser）を基に作成し，外枠は調査地林分の境界を示す。真上が北を指す。

表-1 網張国有林内における3調査区の林況

調査区	モミ個体数	胸高直径(平均±SD, cm)	樹高(平均±SD, m)	材積(m ³)
激害区	120	17.8±5.4	12.2±2.5	23.7
中害区	83	20.3±5.3	14.2±2.6	22.3
微害区	96	19.3±5.2	13.8±2.8	23.8

(2) 食害痕と死骸の観察

モミハモグリゾウムシは、本州、四国、九州に分布し、主な寄主植物としてウラジロモミ *Abies homolepis* やモミ *A. firma*が知られているが、越冬ステージや越冬場所などの詳細な生態は不明である(例えば Kojima and Morimoto 1996; Tokuda *et al.* 2000)。Tokuda *et al.* (2000) の雲仙岳でのモミ被害の観察によると、成虫は6月後半から9月末にかけて発生し当年葉に斑状の特徴的な食痕を残す。幼虫は潜葉性で、当年葉の先端部分に目立つ潜葉痕を残す。本調査地において、11月上旬にモミハモグリゾウムシ幼虫及び成虫による特徴的な食害痕があるか確認するため葉を観察した。また、甲虫類の外骨格は頑強であり、土壤中に残っている可能性が高いことから、モミハモグリゾウムシの発生を確認するために死骸の探索を行った。各調査区においてランダムに6箇所を選び、5cm角の木製の筒を林床に挿入しリター及び表層土壌を採取した。表層土壌の取り残しが無いよう、ハンディクリーナーで吸引した。リター・土壌は、実験室に持ち帰り自然乾燥し篩にかけて葉片などを除いた後、実体顕微鏡下で探索し得られた死骸の形態をKojima and Morimoto (1996) によるモミハモグリゾウムシの原記載と照合した。

(3) モミの失葉レベルとモミハモグリゾウムシ死骸数調査

3つの調査区の失葉程度を明らかにするため、11月4日に各調査区内の全てのモミを個体標識し、失葉率を100% (完全失葉), >75%, 75~50%程度, 50~25%, <25% (健全) まで25%刻みの5段階で目視にて評価した。樹木の樹脂滲出量による衰弱及

び枯死判定のため、5段階の失葉率別に調査本数が可能な限り均等になるよう、各調査区から樹木を選定した(激害区, 40; 中害区, 35; 微害区, 30個体)。樹幹の胸高位置にポンチで直径6mmの穴を開け(ヤニ打ち)、翌日(11月5日)と4日後(11月8日)の2回にわたり樹脂滲出(0:滲出なし;1:微粒;2:部分的に粒出;3:溜まる;4:溜まり流れ出る)を調査した。ヤニ打ちと樹脂の滲出判定は小田(1967)に従った。

モミハモグリゾウムシが調査地におけるモミ失葉の原因であるならば、3調査区で失葉被害に応じて死骸数が異なるはずである。これを明らかにするため、各調査区のモミハモグリゾウムシ死骸数を比較した。死骸は頭部から脚まで揃った完全な形で見つからなかったため、頭部、腹部、上翅、脚に分けて計数した。

(4) 過去の衛星観測データによる失葉発生時期の推定

Sentinel 2の衛星観測データは無料公開されており、同一観測角における観測は5日ごとに実施される(Sentinel Hub EO Browser, <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)。調査地のSentinel 2衛星観測データ(L2A)を基に提供されるNDVI(Normalized Difference Vegetation Index, 正規化植生指数)画像を運用開始の2017年3月まで遡って取得した。NDVIは近赤外域の反射率と赤色光の反射率を基に計算される緑葉量の指標であり、植生が繁茂している箇所とそうでない箇所をマップ上に明瞭化できる(Rouse *et al.* 1973)。過去に遡って画像を検証することで、モミ失葉の発生開始時期を調べた。取得したNDVI画像の解像度は10×10 m²/pixelである。調査地のNDVI画像は5日おきに取得可能

であるものの、画像に雲が映り込む場合は調査地の失葉が判断できない。そのため、10%以上に雲が映っている画像は除外して検証した。また、夏季はモミが失葉していても下層植生の繁茂によりNDVI値が低下せず、失葉被害の判断が難しい。したがって、夏季の画像についても判断の対象外とした。

3. 結果と考察

(1) 食害痕と死骸片の同定

網張国有林のモミ葉に残された食害痕を図-3に示す。これらの食害痕の特徴は、Tokuda *et al.* (2000)に示されたモミハモグリゾウムシ食害痕と一致していた。土壌から採取した各死骸片の形態的特徴はKojima and Morimoto (1996)と概ね一致しており(図-4)、本調査地におけるモミハモグリゾウムシの生息は間違いないと思われる。

(2) モミ集団失葉へのモミハモグリゾウムシの関与と今後の被害拡大

3つの調査区におけるモミの失葉率は図-5(上)の通りである。激害区では、半数以上のモミが完全に失葉しており、75%以上失葉した個体と合わせると、激害区のおよそ8割(=95/120)の個体で激しい失葉被害が見られた。一方、微害区は、多くの個体が失葉率25%以下であった。微害区では完全に失

葉した個体はなく、2個体だけが75%以上失葉していた。中害区の失葉は激害区と微害区の間程度であった。各調査区の土壌から採取されたモミハモグリゾウムシの死骸数は、激害区で最も多く、中害区、微害区と失葉被害が小さくなるにつれ減少した(図-5下)。このように、モミの失葉被害とモミハモグリゾウムシの死骸数との相関性は、本調査地のモミ失葉被害がモミハモグリゾウムシに起因することを強く示唆する。本調査では5cm四方の土壌から死骸を採取しており、頭部の数を基に調査区の面積あたり個体数を計算すると、顕著な被害がまだ出ていない微害区においても、 $120,000 \pm 78,400$ 個体(±推定誤差)/0.06haほどモミハモグリゾウムシが存在していたと推察される。本研究では、失葉被害を認識した時期に原因となる昆虫種を直接採取できなかったが、そのような場合でも、土壌中の死骸片及び被害程度との相関性から原因種を特定できることが示された。

モミの失葉率と樹脂滲出量については、調査区ごとにモミ個体の失葉率が異なるため3調査区をまとめて解析した(図-6)。樹脂が全く出なかったモミが失葉率に関わらず一定割合見られたことから、本調査では、樹脂不滲出が失葉による樹勢の衰えや枯死に起因するのか、調査時期(11月)の低温(10℃を下回る)に起因するのか正確な判断をつけられ



図-3 モミハモグリゾウムシによるものと思われる食害痕

矢印の部分は幼虫による潜葉痕、多数の葉に見られる複数の褐色斑は成虫による食痕と思われる。

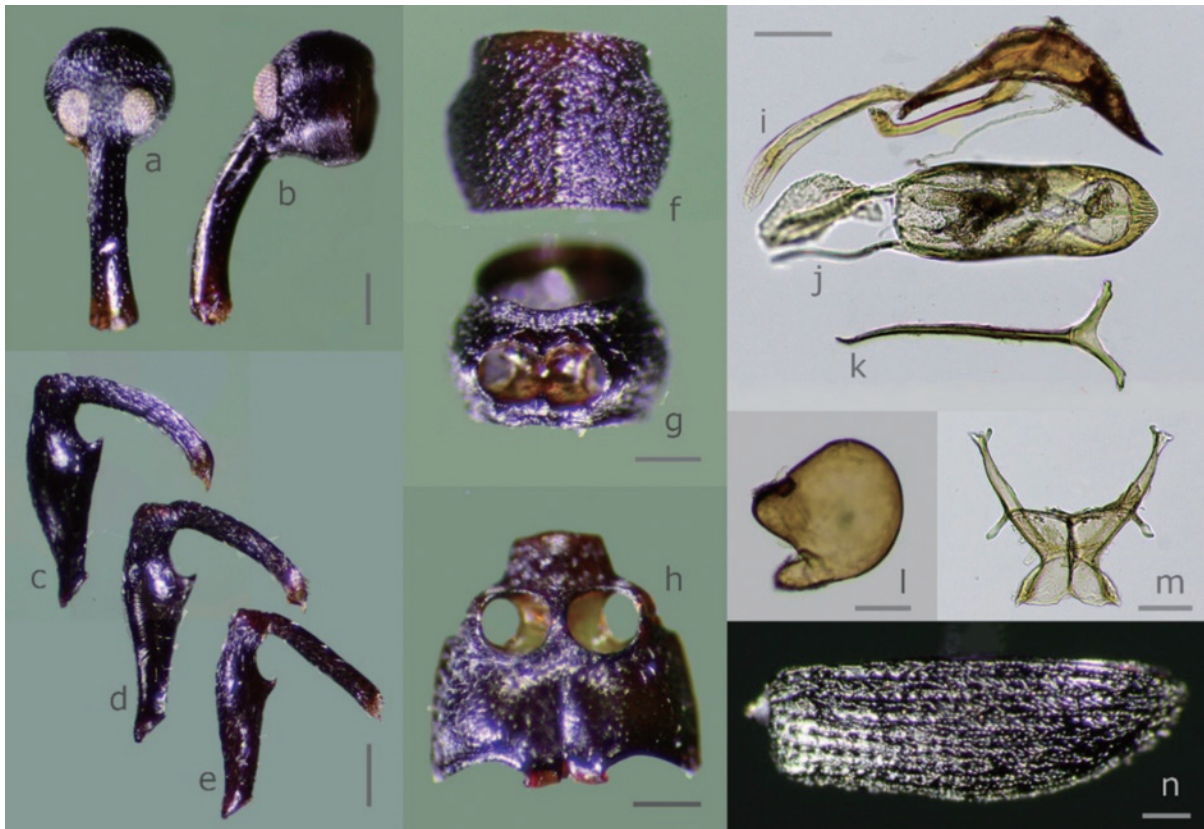


図-4 被害地の表層土壌から採取された昆虫死骸片

これらの形態はいずれもモミハモグリゾウムシの記載 (Kojima and Morimoto 1996) と概ね合致した。頭部の正面 (a) と側面 (b); 前脚 (c), 中脚 (d), 後脚 (e); 前胸の背面 (f) と腹面 (g); 中・後胸腹面 (h); 雄交尾器の側面 (i) と背面 (j); 針状腹片 (k); 受精のう (l); 内腹板 (m); 上翅 (n)。図中のスケールは i, j, k, m では 0.1mm, l では 0.05mm, これら以外では 0.2mm を表す。

なかった。しかしながら、失葉率が低いモミほど樹脂滲出量が多く、失葉率が高いモミほど樹脂滲出量が少ない傾向がみられた。完全失葉したモミであっても、樹脂が部分的に粒出、もしくはポンチ穴内に溜まる個体が観察され、必ずしも枯死に至ってはいなかったが、失葉率が低い個体と比べて衰弱していることは明らかである。衰弱・枯死状況については、今後も継続して調査する必要があるだろう。常緑樹は食害などによって失葉率が70%を超えると、枯死したり成長の回復が著しく遅れる (小池・中村 2021)。モミハモグリゾウムシはモミの当年葉のみを加害し、成虫による食痕が多いほど、モミは失葉する (Tokuda *et al.* 2000; 2008)。しかしながら、日本は水分ストレスが低い環境にあり食葉害によって樹木が枯死する可能性が低いことから (Kamata

2002), モミハモグリゾウムシの加害のみではモミは枯死せず、トドマツノキクイムシの2次加害によって枯死に至ったと Tokuda *et al.* (2008) は考察している。本調査地の雫石では、失葉率が70%を超えているモミが激害区で多く観察されており、穿孔性昆虫による2次被害を受けなくてもモミが枯死に至る可能性は否定できない。

Sentinel 2の衛星観測データに基づくNDVI画像を2017年まで遡った結果、2019年12月の画像に失葉被害を示唆するNDVI値の低下箇所が確認でき、2020年の3月には明瞭に地図上に反映されていた (図-7)。モミハモグリゾウムシ成虫の出現時期が6~9月である (Tokuda *et al.* 2008) ことを考えると、少なくとも2019年9月には、NDVI画像へ反映されていないものの、既に本種による加害が始ま

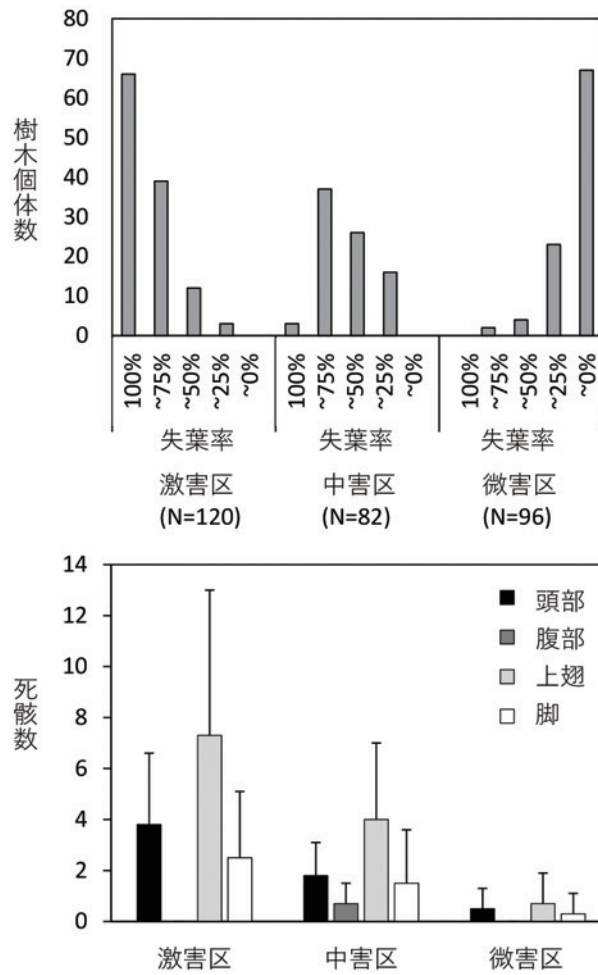


図-5 調査区ごとのモミ失葉率(上)とモミハモグリゾウムシ死骸片数(下)

失葉率は100% (完全失葉), >75%, 75~50%程度, 50~25%, <25%までの5段階とした。括弧内のN数は調査した樹木数を示す。エラーバーは標準偏差を示す。

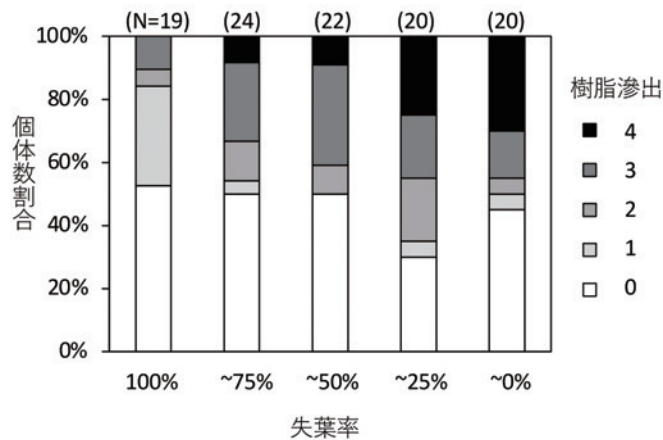


図-6 モミの失葉率と樹脂滲出との関係

失葉率は100%の完全失葉から<25%まで、25%刻みの5段階とした。樹脂滲出は0で樹脂滲出がなく、数値が上がるほど滲出が多いことを示す。

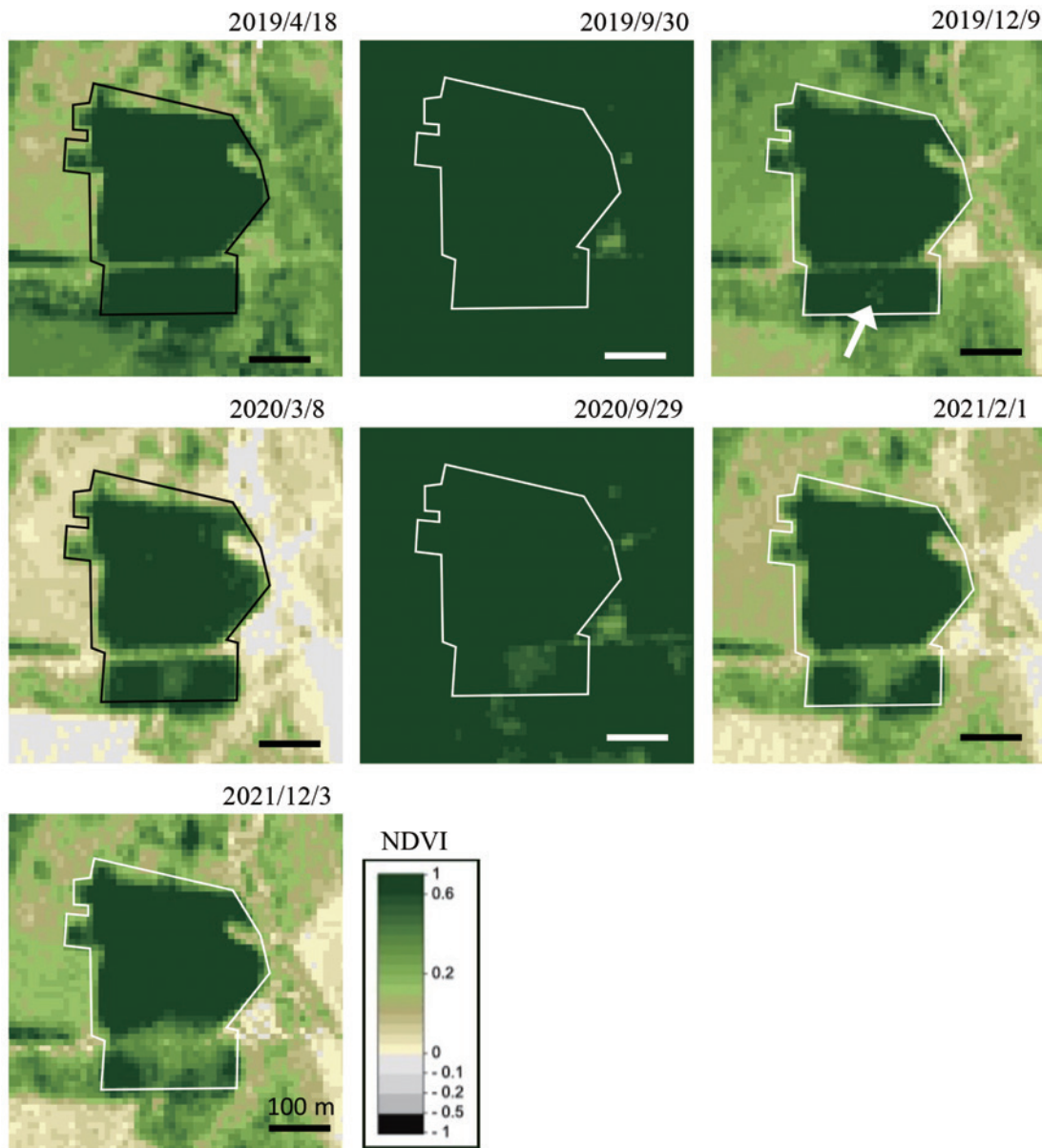


図-7 調査地モミ林分のNDVI画像の経時変化

画像はSentinel Hub EO Browserより取得し、代表的なものを抜粋して載せた。植生が繁茂しているほど濃緑で示されるため、失葉している箇所が薄緑になり判別可能となる。失葉を示唆するNDVIの低下箇所が2019年12月9日に観察された（白矢印）。枠線は調査地林分境界を示し、スケールバーは100mを示す。

っており、その後、冬季に積雪や下層植生の落葉によるNDVI値への影響が緩和されたことで失葉被害が画像に反映されたと推察される。これ以降2021年12月に至るまで、NDVI値の低下範囲は徐々に広がりを見せていることから、3世代（3年間）かけて失葉被害が拡大してきたと考えられる。激害区土壌から採取した死骸片をよく観察すると、上翅は色が

薄く抜けたものから濃いものまで大まかに3色存在していた。甲虫の死骸の土壌埋没経過に伴う色彩変化についての先行研究事例はなく断定はできないが、上翅の3色は、2019年から2021年までの3年それぞれに発生したモミハモグリゾウムシ個体に対応しているかもしれない。以上のように、少なくとも2019年から失葉が生じ被害が拡大していたことを示唆す

るデータが得られているが、2年経た2021年12月時点においては、衰弱木が存在するにも関わらず穿孔性昆虫による加害は生じていない。雲仙岳では、モミハモグリゾウムシの加害発生から4年後にトドマツノキクイムシの穿孔が多発し立ち枯れが起こった (Tokuda *et al.* 2008)。また、山形県蔵王のアオモリトドマツ (オオシラビソ) *Abies mariesii* は、2013年にトウヒツヅリヒメハマキの大発生により衰弱し、3年後の2016年にトドマツノキクイムシによる加害で枯死が促進された (齊藤・千葉 2017)。両事例ともに、食葉性害虫による被害は3-4年のうちに終息したものの、穿孔性昆虫による被害が後続したことで被害状況が悪化した。本調査地では、モミハモグリゾウムシの被害から2022年で3年目に入ると推察されることから、トドマツノキクイムシの発生を注視する必要がある。トドマツノキクイムシはモミやトドマツ、チョウセンゴヨウの衰弱木や枯死木に穿孔し (小林・竹谷 1994)、樹脂の滲出が少ない個体でトドマツノキクイムシの穿入成功が高まる (Tokuda *et al.* 2008)。図-6にあるように、失葉が激しいモミではヤニの滲出量が低い傾向にあることから、もしトドマツノキクイムシの加害が起これば、本調査地でも容易に枯死に至り、被害が拡大すると予想される。

高密度環境で生育すると、個体間競争の影響で個体の活力が低下することが素因となって食葉害感受性が高くなり枯死に至ることがクロトウヒ *Picea mariana* で知られている (Lussier *et al.* 2002)。3調査区から計算される本調査地林分のモミの密度は1,655本/ha、胸高断面積合計は53m³/haである。この値は、直接比較はできないものの、クロトウヒの例において食葉害に対して高い感受性を示した林分の混み具合に相当しており、これが素因となってモミハモグリゾウムシの加害に対して大規模な失葉被害に至った可能性は否定できない。モミハモグリゾウムシは越冬場所などの生態情報が不明であるため、これを明らかにし被害分布の拡大を防ぐための防除戦略につなげる必要がある。また、先述したように、キクイムシ類による穿孔被害がいつ始まってもおか

しくなく、モミの枯死促進が懸念される状況にある。衰弱・枯死木が多く存在すれば、トドマツノキクイムシが定着した場合に個体群密度が爆発的に増加する可能性は十分に高い。そのため、トドマツノキクイムシの発生を注視し、初期の段階で対応する必要があるだろう。本調査地林分は岩手山登山道付近にあり、スキー場や温泉など観光施設へのアクセス道が林分内を横断していることから、倒木や落枝発生による安全上の問題も懸念される。これらの問題を回避するため、失葉木の伐採を視野に対応する必要がある。

謝辞

本調査において、調査区の設定及び調査区使用の許諾、林況データの提供を頂いた盛岡森林管理署の皆様、並びに、過去のモミ林での被害事例をご教示頂いた森林総合研究所東北支所の中村克典博士に深く感謝申し上げます。

引用文献

- Horikawa Y (1972) Atlas of the Japanese Flora — an introduction to plant sociology of East Asia — . Gakken Co. Ltd., Tokyo.
- Kamata N (2002) Outbreaks of forest defoliating insects in Japan, 1950–2000. Bull Entomol Res 92 : 109 ~ 117
- 小林富士雄・竹谷昭彦 (1994) 森林昆虫—総論・各論—. 養賢堂, 東京
- 小池孝良・中村誠宏 (2021) 第5章害虫—昆虫による樹木への影響. (森林保護学の基礎, 小池孝良・中村誠宏・宮本敏澄編, 農文協). 104 ~ 132
- Kojima H, Morimoto K (1996) The tribe Ochyromerini (Coleoptera, Curculionidae) of Japan 3. Genera with seven segments in the funicle and key to genera. Jpn J Entomol 64 : 733 ~ 743
- Lussier J, Morin H, Gagnon R (2002) Mortality in black spruce stands of fire or clear-cut origin. Can J For Res 32 : 539 ~ 547
- 小田久五 (1967) 松くい虫の加害対象木とその判定

- 法について. 森林防疫ニュース 16 : 263 ~ 266
- Rouse JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW (1973) Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation. Prog Rep RSC 1978-1. Remote sensing center, Texas A&M University, College Station, Texas.
- 齊藤雅哉・千葉 翔 (2017) 蔵王オオシラビソ被害林の現状把握と再生に向けた取り組みについて. (平成28年度森林・林業技術交流発表集. 東北森林管理局技術普及課編, 東北森林管理局) 168 ~ 171
- Tokuda M, Shoubu M, Yamaguchi D, Yukawa J (2008) Defoliation and dieback of *Abies firma* (Pinaceae) trees caused by *Parendaeus abietinus* (Coleoptera: Curculionidae) and *Polygraphus proximus* (Coleoptera: Scolytidae) on Mount Unzen, Japan. Appl Entomol Zool 43 : 1 ~ 10
- Tokuda M, Kojima H, Yukawa J (2000) Occurrence of *Parendaeus abietinus* (Coleoptera: Curculionidae: Ochyromerini) in Kyushu, Japan and its host range. Esakia 40 : 37 ~ 39
- (2022.7.27 受理)

速報

ミナミシイタケオオヒロズコガ (チョウ目ヒロズコガ科) の埼玉県からの記録

長田庸平¹・室 紀行²

1. はじめに

日本産シイタケオオヒロズコガ属 *Morophagoidea* (チョウ目ヒロズコガ科) は、シイタケ榎木や子実体を食害することで知られ、日本各地で被害が報告されている (長田 2019)。本属は、日本では8種が報告されている (長田 2019)。しかし、種間で斑紋が酷似していることから、外見だけでの識別は困難である。一方、雌雄交尾器やDNAバーコーディングによって識別が可能であるので (長田・吉松 2017; 長田 2019)、今後は正確な同定に基づく記録の蓄積が望まれる。

2. シイタケオオヒロズコガ属について

シイタケオオヒロズコガ属は、幼虫が栽培シイタケを食害する小蛾類の一群で (日本応用動物昆虫学会 2006)、シイタケ生産の現場ではしばしば大きな被害を与える昆虫である。なお、本属の詳細は長田 (2019) を参照にしていきたい。これまでに、国内で知られている8種は以下の通りである。

シイタケオオヒロズコガ *M. moriutii* Robinson, 1986

分布: 本州, 四国

被害地域: 岩手県, 宮城県, 茨城県, 千葉県, 岡山県, 愛媛県, 高知県

ヒメシイタケオオヒロズコガ *M. breviculus* Osada, Sakai & Hirowatari, 2015

分布: 本州

被害地域: 山口県

ニシシイタケオオヒロズコガ *M. occidentalis* Osada, Yoshimatsu, Sakai & Hirowatari, 2014

分布: 本州, 九州

被害地域: 群馬県, 福岡県, 佐賀県, 長崎県, 大分県

ミナミシイタケオオヒロズコガ *M. meridianus*

Osada, Yoshimatsu, Sakai & Hirowatari, 2014

分布: 九州, 台湾

被害地域: 大分県, 熊本県

キイシイタケオオヒロズコガ *M. robinsoni* Osada, Sakai & Hirowatari, 2015

分布: 本州

被害地域: 紀伊半島に分布するが、被害報告はない。

ウスリーシイタケオオヒロズコガ *M. ussuriensis* (Caradja, 1920)

分布: 北海道, 本州, 対馬, ウスリー, 朝鮮半島, 台湾

被害地域: 対馬

ミヤマシイタケオオヒロズコガ *M. aquilonis* Osada, Sakai & Hirowatari, 2015

分布: 本州

被害地域: 被害報告はないが、広島県ではシイタケの榎木から採集された。

ヤクシマシイタケオオヒロズコガ *M. yakuensis* Osada, Sakai & Hirowatari, 2015

分布: 屋久島

被害地域: 被害の報告はない。

3. 埼玉県におけるミナミシイタケオオヒロズコガの記録

2022年に埼玉県比企郡のシイタケ圃場で、シイタケオオヒロズコガ属の一種による被害が確認され、榎木から羽化脱出した成虫が室によって採集された。長田が本種の腹部を解剖して交尾器を確認したところ、全てミナミシイタケオオヒロズコガと同定された。本個体はOsada *et al.* (2014) および長田・吉

A record of *Morophagoidea meridianus* (Lepidoptera, Tineidae) from Saitama Prefecture, Honshu, Japan

¹ OSADA, Yohei, 大阪市立自然史博物館; ² MURO, Noriyuki, 埼玉県寄居林業事務所森林研究室

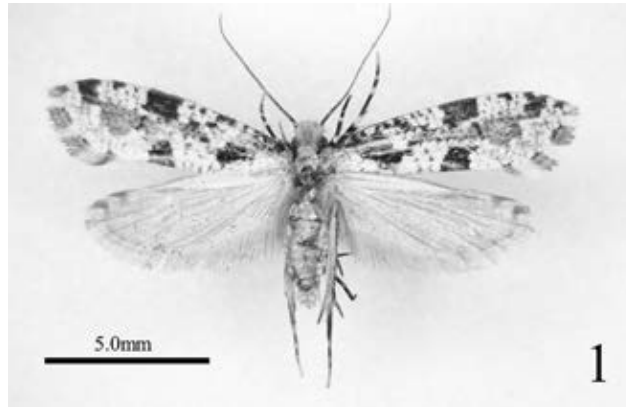


図-1 埼玉県産ミナシイタケオオヒロズコガ♂

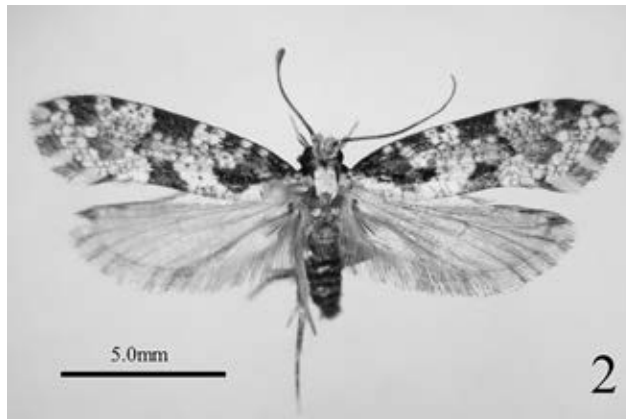


図-2 埼玉県産ミナシイタケオオヒロズコガ♀

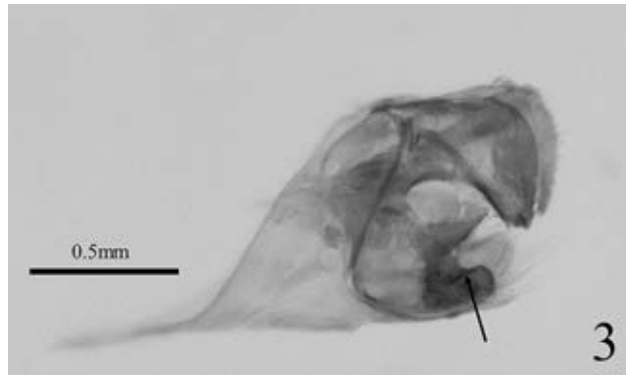


図-3 ミナシイタケオオヒロズコガの雄交尾器

松 (2017) が示すように、前翅の幅が長さの1/4程度であることと (図-1, 2), 雄交尾器のウックスの先端が分岐しバルバの背面がなだらかであること (図-3, 矢印), 雌交尾器のラメラ・アンテナギバリスは1/3程度に切れ込むことで (図-4, 矢印),

ミナシイタケオオヒロズコガと同定できた。

前述の通り、本種は国内では九州南部 (大分県, 熊本県, 宮崎県, 鹿児島県) に分布し、国外では台湾に分布する (長田 2019)。



図-4 ミナミシイタケオオヒロズコガの雌交尾器

<被験標本データ>

採集地：埼玉県比企郡（生産者のご意向により，郡までの表記）

採集日：2022年4月11日（榎木を採取してネット資材で覆い，日陰に静置した）

羽化日：1♂，2022年5月20日羽化；2♂3♀，2022年5月30日羽化；1♀，2022年6月2日羽化；2♂，2022年6月7日羽化；1♀，2022年6月8日羽化；1♂，2022年6月13日羽化；1♀，2022年6月17日羽化；2♀，2022年6月20日羽化；1♀，2022年6月23日羽化；2♂，2022年6月28日羽化

採集者：室 紀行

同定者：長田庸平

本種は国内では九州南部から知られていた。埼玉県での記録は，本州初記録となる。このように飛び離れた場所での発見は，シイタケの榎木の持ち出しによる人為的移動と考えられる。近似のニシシイタケオオヒロズコガは国内では九州北部に分布するが，東京都や群馬県でも記録され，これらも榎木の移動に伴う人為的移動によるものと考えられている（長田・吉松 2017；長田 2019）。今回本種が確認された圃場では，近隣のコナラ林で伐採した原木から榎木を生産しているため，既知の分布地域からの直接の移入の可能性は低いと考えられる。そのため，周辺地域の別の圃場でも本種が発生している可能性がある。これまで*Morphogoides*属は埼玉県では記録

がなく，本記録を以て本県における*Morphogoides*属の初記録となる。

謝辞

榎木の採取にあたり埼玉県寄居林業事務所の林実李氏にご協力いただいた。また本報告を執筆するにあたり飯森政宏氏より助言をいただいた。ご両名に厚くお礼申し上げます。なお，本報告はJSPS科研費（No. 20K15566）により助成されている。

引用文献

- 日本応用動物昆虫学会（2006）農林有害動物・昆虫名鑑（増補改訂版）. 日本応用動物昆虫学会，東京.
- 長田庸平（2019）日本産シイタケオオヒロズコガ属（チョウ目ヒロズコガ科）の概説. 森林防疫 68：79～88
- Osada Y, Yoshimatsu S, Sakai M, Hirowatari T (2014) Two new species of the genus *Morphogoides* (Lepidoptera: Tineidae) closely related to the shiitake fungus moth, *M. moriutii*, from Japan. *Appl Entomol Zool* 49: 375～385
- 長田庸平・吉松慎一（2017）シイタケ（ハラタケ目：キシメジ科）を食害する日本産シイタケオオヒロズコガ属（チョウ目：ヒロズコガ科）各種成虫の識別法. 応動昆 61：138～144

（2022.9.14 受理）

解説

セミの幼虫に壊滅的な死亡をひきおこすツクツクボウシタケの大量発生

磯野昌弘¹

1. 大量発生の発見

岩手県滝沢市にあるトネリコの林において、食葉性害虫の調査をおこなっていたところ、林床のあちらこちらで発生しているキノコを発見した。このキノコの根元をたどり土の中を掘り返すと白くミイラ化したセミの死骸が現れた（写真-1A）。これがツクツクボウシタケとの出会いであった。本稿では、ここで観察したツクツクボウシタケの発生生態と天敵としての機能について、既往の知見と考察を織り交ぜながら、磯野（2021）をもとに紹介する。

ツクツクボウシタケ *Isaria cicadae*（ボタンタケ目：ノムシタケ科）は子囊菌門に属するカビの一種で、

ツクツクボウシやミンミンゼミ等のセミの幼虫に寄生し（清水 1979）、土中でこれらを死亡させた後、上述のようにその頭部からキノコを地上へと伸長させる（清水 1979, 1994；今関ら 1988）。このキノコは、分生子柄束と呼ばれる菌糸の束で、その先端に次の感染源となる分生子を無性的に形成し、林床に散布する（写真-1B）。本菌には、有性的に繁殖する世代も知られている。それは、ツクツクボウシセミタケと呼ばれる冬虫夏草の一種である（今関ら 1988；清水 1979, 1994）。有性世代が形成するキノコは子嚢果と呼ばれ、その先端に形成される嚢状の器官の内部で、細胞核の融合と減数分裂がおこ



写真-1 ツクツクボウシタケの発生状況

A；鉛直方向を向いて死亡しているツクツクボウシの終齢幼虫とその頭部から伸長する分生子柄束，B；羽化間近のセミの幼虫が掘った縦坑から出現した新鮮な分生子柄束（右）と成熟個体が散布した白い粉状の分生子（左），C；大量発生がおこったトネリコ林の林床。枝枯れのおこった林冠から多数の木漏れ日が入り込んでいる。黒色のテントはセミの幼虫と成虫を捕獲するための羽化トラップ。

Mass appearance of the synnemata of *Isaria cicadae* (Ascomycota: Hypocreales) causes catastrophic mortalities in the cicada nymphs.

¹ISONO, Masahiro, 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所東北支所

り、次の感染源となる子嚢胞子が作られ、外部へと射出される。本菌の有性世代は稀にしか見られない(清水 1979, 1994; 今関ら 1988)が、無性世代は日本各地でしばしば発見されており(例えば、佐藤・出川 2002)、今回の大量発生で確認されたのも、無性世代であった。

本菌は、上述のとおり、有性世代と無性世代がそれぞれ別の名前をもつ。微生物の世界に馴染みがない者にとっては、これはとても奇妙に思える。他の生物では、同一の種につけられた複数の名前は、先取権により整理され、一つの学名のみが有効なものとして認められているからである。しかし、本種を含むカビの世界では、しばしば、無性世代の菌が新種として発見されるため、命名規約の特例として、有性世代との対応が不明であっても、無性世代に学名をつけ、不完全菌亜門という暫定カテゴリーに置くことが許容されてきた。そして、有性世代との対応が明らかになった後も、その名前は、それぞれの文脈において、使い続けられてきた。しかし、近年の分子系統解析の進展に伴う分類体系の再構築にあたり、この特例は解除されることとなった。現在、これにより生じるさまざまな不都合を調整しつつ、1種1学名の本来の姿への移行が進められている(佐藤 2013)。

調査は、林床サイズが17.3×22.5mのトネリコの植栽林(写真-1C)でおこなった。植栽は1990年におこなわれ、調査開始時(2016年)のトネリコの樹高は約10mで、胸高直径は約10cmであった。亜高木や低木の生育はみられず、林床には木漏れ日がさしこみ、まばらに草本が生育していた。地表に落葉や腐植の堆積はほとんど無く、土壌は赤味を帯びた褐色で、地下20cmあたりには硬い層のある痩せた土地であった。

2. 分布北限の更新

ツクツクボウシタケの分布は、海外においては中国、南アメリカ、スリランカ、マダガスカルおよびオーストラリア等で、日本においては九州から東北地方の南部まで分布し(清水 1994)、その北限は宮

城県仙台市とされていた(矢萩ら 2010)。今回の岩手県滝沢市での発見は、その北限を一挙に約170km北上させた。これだけの距離を、菌はどのようにして移動したのだろうか。あるいは、分布の空白地帯には、未発見の中継生息地が存在しているのだろうか。

本菌の感染源である分生子は林床に散布され(写真-1B)、移動したとしても、せいぜい風で飛散される程度と思われる。昆虫の体に付着しての長距離移動もあまり期待できない。また、そもそも、宿主であるツクツクボウシは、北東北においては生息密度が低く、かつ局所的な島状分布をしている(林・税所 2015)ので、移動を繰り返して、ここまで到達したとは考え難い。可能性として考えられるのは、既往の分布域からの苗木の持ち込みに伴う根圏土壌を介しての伝搬である。あるいは、本菌は、もともとの林に腐生的に生息しており、たまたま宿主となりうるツクツクボウシの数が増えたために、一時的に寄生しただけなのかも知れない。一般に絶対寄生菌は、特定の種群の昆虫でしか増殖できない。しかし、本菌は汎用的な人工培地でも容易に増殖し、卵黄の添加により分生子柄束の誘導もできる(揚ら 2006)。こうした点を論拠として、柳沼(2002)は、本菌が腐生生活だけでも永続できる条件的寄生菌である可能性を指摘している。今後、その真偽の検証や、中継生息地の探索、そして遺伝的に近縁な株の産地特定など、本菌の由来についてのさらなる検討が望まれる。

その一方で、宿主であるツクツクボウシは温暖化に伴い分布を北に拡大しているという説も存在する(矢萩ら 2010)。確たる証拠はないものの、著者自身の記憶の中でも、ツクツクボウシの鳴き声を耳にするようになったのは、わりと近年のことで、しかも、調査地周辺に限らず、今では近隣市町村の各所で、ごく普通に耳にするようになってきている。こうした宿主昆虫の分布拡大が事実なら、生息密度が上昇し、分布が連続的になるのに伴い、その寄生菌も追従して分布を北に広げてきた可能性も否定できない。

3. 発生量の推定とその経年変化

大量発生とは言っても、どれくらいの数のツクツクボウシタケが生えているのだろうか。林床の84箇所で50cmの方形枠を使って数えてみると、その発生密度は8.9株/m²で、これに林分面積を掛け合わせて算出された林分あたりの発生数は3448株となった(図-1 A)。既往の事例をみると、福岡県糟屋郡の九州大学福岡演習林のスギ林においては7.25～9.50

株/m²(楊ら 2006)、宮城県仙台市の東北大学附属植物園における総延長263mのルートセンサスでは242～293株(矢萩ら 2010)、そして鎌倉市の照葉樹林における任意採集では2376株の発生(生出 1982)が報告されている。定量化の単位はさまざまではあるが、今回の北の飛び地でおこった大量発生は、これら南方の産地に匹敵する高密度での発生であったといえよう。

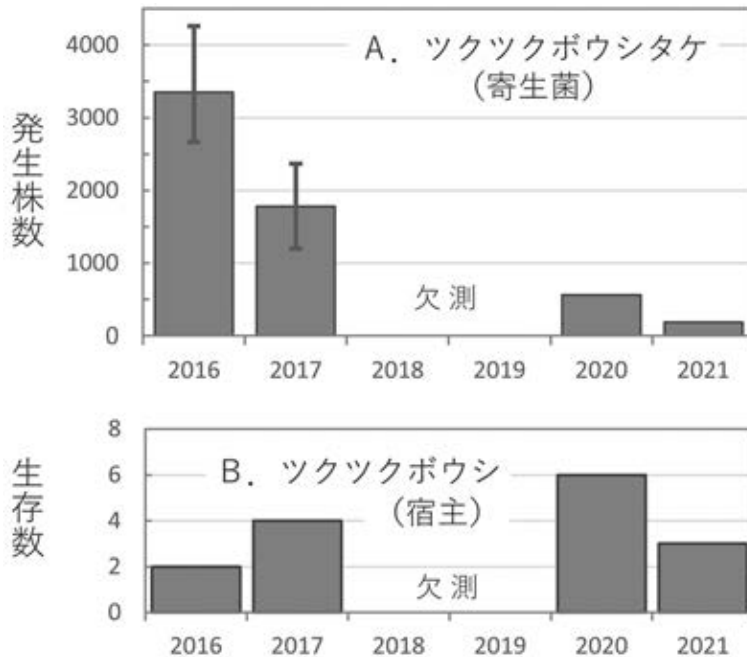


図-1 ツクツクボウシタケの発生株数 (A) および宿主であるツクツクボウシの生存個体数 (B) 2016年と2017年は方形枠による標本調査で、エラーバーはブーツストラップ推定における95パーセントイル信頼区間。2020年と2021年は全数調査。

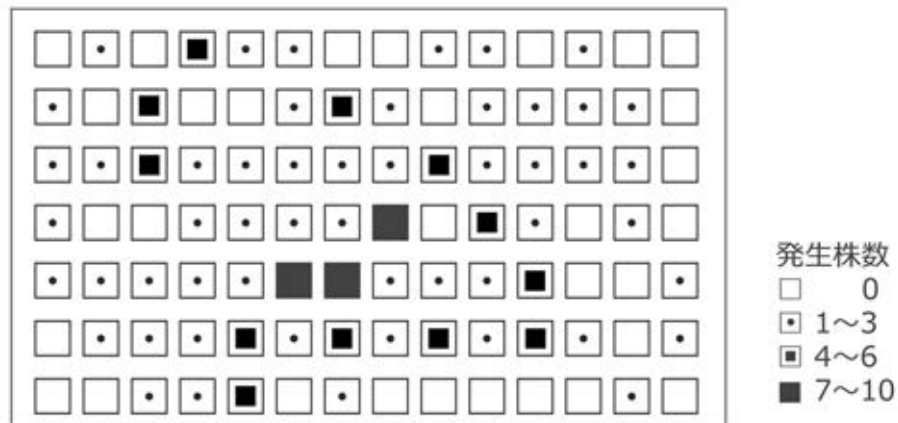


図-2 トネリコ林の植栽格子 (1.5×2 m) におけるツクツクボウシタケの発生状況 (2020年8月18日) 図の上側と右側は林地に接し、左側と下側は林縁。

ツクツクボウシタケの発生は、その後も続いた。しかし、発生株数は年々減少し、発見から6年目の2021年には186株(0.55株/m²)にまで減少した(図-1A)。また、ツクツクボウシタケの発生は、いずれの年においても、特定の区画に大きく偏ることなく、林内の全域で見られた(図-2)。これは、本菌が林内の全域に、しかも感染可能な高い濃度で分布していることを示している。

4. 分生子柄束の伸長成長と発生時期

分生子柄束の高さには、12~67mmと大きな変異がみられた。本調査地には、食葉性害虫を調査するためのテント様の羽化トラップが設置してあった(写真-1C)が、その被陰下で生育する株は高く伸長している一方で、被陰のない林床で生育する株の高さは低く(図-3)、その差は有意であった(ウ

イルコクソンの順位和検定, $p < 0.001$)。テント内の暗く、湿潤で、かつ温度の変化の少ない環境が、分生子柄束の伸長成長を促したと考えられる。個々の株が生育する場所は、草むらの中であったり、木漏れ日が射し込んでいたり場所により微環境が大きく異なる(写真-1C)。こうした違いにより分生子柄束の高さに大きな変異が生じたと考えられる。

ツクツクボウシタケの発生時期はセミ類の出現時期と同期しているように思われる。2020年の観察では、発生の開始は7月中・下旬頃と推定され、盛期は8月上・中旬で、8月下旬には終息した(図-4)。最初の発見時、8月上旬の調査では、発生後間もないと思われる新鮮な分生子柄束をはじめ、白い粉状の分生子を地表に散布しているもの(写真-1B)、さらには既に崩壊し始めているものまで、さまざまな状態の株が観察された。株の出始めを7月中旬と

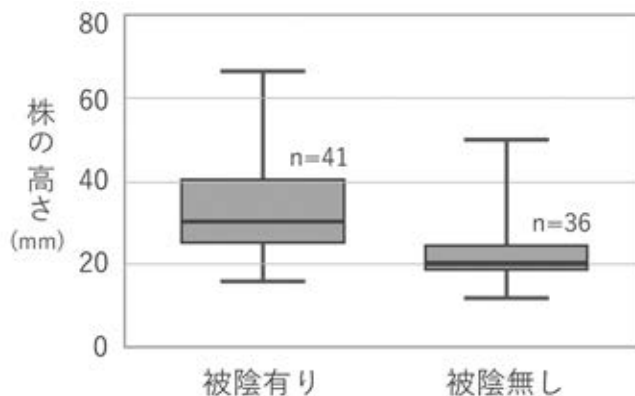


図-3 被陰の有無によるツクツクボウシタケの高さの比較
中央値と四分位範囲、および最大値と最小値。

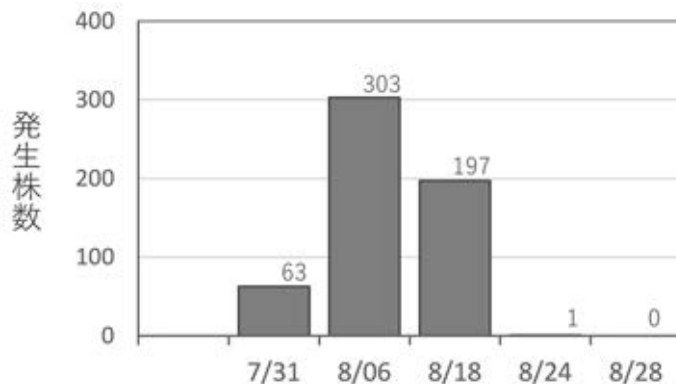


図-4 ツクツクボウシタケ新規株の発生消長(2020年)

すると、分生子柄束の崩壊は発生から2週間程でおこると推測される。なお、本菌の発生は、数は少ないながら10月上旬まで続くという、仙台市における報告もある(矢萩ら 2010)。

5. 宿主昆虫の種類と死亡ステージ

本調査地の周囲にはツクツクボウシをはじめ、アブラゼミやニイニイゼミ、ヒグラシ、エゾゼミ、チツゼミが生息していた。これらのうち前3種が本菌の潜在的な宿主となる(清水 1979)。しかし、今回、実際に土の中から掘り出した125個体の死骸は、いずれもツクツクボウシのものであった。因みに、本菌は、人為的な接種をおこなえば、分類群の壁を超えてチョウ目のリンゴの害虫、モモシクイガに対しても高い殺虫活性をもつことが知られている(柳沼 2002)。

土の中から掘り出した死骸の体長は約21mmで、明瞭な複眼と糸状の跗節、褐変した外皮を有していた。これらの形態的特徴は死亡した幼虫が終齢(5齢)であったことを示している(林・税所 2015)。さらに、ツクツクボウシの幼虫は、羽化が近づくと、前もって地上に脱出するための縦坑を作る(林・税所 2015)。死骸は、いずれも鉛直方向を向いていたことから、死亡は、この坑の中で、ツクツクボウシが羽化のための準備をすっかり整えた後に、急性的におこったと考えられる。

ここで注目されるのは、本菌の宿主がセミの幼虫である点である。細菌やウイルス等他の病原は、餌を食べることを通じて体内に取り込まれ、感染がおこるので、吸汁性昆虫や、食物を摂取しない卵や蛹には感染できないのである。吸汁性昆虫の中には、カイガラムシやアブラムシ、カメムシ、そしてアザミウマなど数多くの農林害虫が含まれるが、これらの死亡に関与できるのは、さまざまな病原が存在する中で、経皮感染をおこなうカビの仲間だけなのである。

感染は、機会的におこる宿主との遭遇から始まる。分生子は外皮に付着し、発芽管を伸ばして、その先端から分泌する酵素と発芽管の押圧により外皮を溶

解・貫通する。血体腔内に侵入した菌糸は、酵母様の短菌糸へと姿を変え、出芽により増殖する。その過程でおこる栄養的な飢餓や菌が生産する毒性のある代謝産物により宿主昆虫の死亡がおこる(和田 2013)。

血体腔内に侵入した菌糸が増殖するためには、宿主の免疫反応を抑制する必要がある。そうした免疫抑制機能を有する薬理成分の探索がおこなわれる中で、本菌は、ISP-1と呼ばれる有効成分(後に、既知の抗真菌抗生物質マイリオシンと同物と判明)を含有することが解明され、その後の、副作用軽減のための官能基の構造変換を経て、免疫抑制物質FTY720(フィンゴモリド)が開発されている(千葉 2008; 谷田 2010)。この製剤は、医薬品としての承認を得て、現在、自己免疫疾患の難病の一つ多発性硬化症に対する治療薬として処方されるに至っている。このように本菌は、薬学の分野でも注目されてきた。

6. 宿主幼虫の死亡率推定

ツクツクボウシタケの分生子柄束は、土中で死亡した宿主昆虫の墓標となる。そのため、地上に出現したツクツクボウシタケの数(図-1A)がそのまま土中で死亡した幼虫の数を表す。一方、これまで、感染を免れ無事に羽化したセミの数に関心が向けられることはなかった。死亡数にくわえて生存数もわかれば、本菌の天敵としての機能が評価できる。こうした期待から生存数の推定を試みた。推定は、羽化トラップによる捕獲と樹上に残された脱皮殻の目視探索によりおこなった。羽化トラップとは、土の中から這い出してきた昆虫類を、地表に設置した四角錐型のテントで捕集し、頂部に装着した容器内で殺虫・保存する捕獲具(写真-1C)である(磯野 2016)。これにより、感染を免れ地上に出てきたツクツクボウシの幼虫と成虫を捕獲した。セミの脱皮殻は、トネリコの植栽列に沿って樹幹の全周と枝葉、および、時として地表面を系統的に探し採取した。こうして得られたツクツクボウシの幼虫と成虫、そして脱皮殻をあわせた数を宿主昆虫の生存数とした。

その数は、いずれの年も非常に少なく、僅か2～6個体であった(図-1B)。一方、地上に出現したツクツクボウシタケの数は3448～186個体(図-1A)で、これらから算出されるツクツクボウシの死亡率は、いずれの年においても98.4～99.9%と非常に高率であった。

推定された死亡率の高さに驚く一方で、これだけ高い死亡率が算出されたのは、生存数が過少に評価されているためではないかという疑念が頭をよぎる。しかし、本菌の宿主とならないアブラゼミとヒグラシは、11～187個体と年による変動はあるものの、それなりに多数の生存が確認できているので、宿主となるツクツクボウシの数も、この調査方法で適正に評価できていると考えられた。さらに、生存率の評価を、今度は、羽化トラップ内の林床に限定しておこなってみた。羽化トラップ内の林床から出て来るセミは、その全てがトラップで捕獲されるし、この中で発生したツクツクボウシタケも見落としなく計数されるので、評価面積は狭まるが、より正確な生存数と死亡数が把握できる。トラップは、一辺が50cmのものを2016年と2017年にそれぞれ42個と24個設置した。これらが被覆する林床面積の合計は、それぞれ10.5㎡(全林床面積の2.7%)と6.0㎡(同1.5%)となる。この対象域の中で捕獲されたツクツクボウシは、それぞれ0頭と1頭であったのに対し、ツクツクボウシタケの数は、それぞれ110株と36株であった。そして、これらから算出される死亡率は、それぞれ100%と97.3%で、はやり高かった。こうしたことから、本調査地で観察されたツクツクボウシタケの大量発生は宿主であるツクツクボウシ個体群に壊滅的死亡をひきおこしたと結論づけられた。

こうした高率の死亡は、ブナの害虫、ブナアオシヤチホコ(チョウ目:チャチホコガ科)の蛹に寄生するサナギタケ*Cordyceps militaris*(ボタシタケ目:ノムシタケ科)でも知られている。五十嵐(1982)は、宿主昆虫の大発生がおこった翌年に、総計8.25㎡の林床から掘り出した242個体の蛹の93%が本菌の感染をうけていることを確かめ、本菌が大発生の終息に大きく寄与していることを明らかにしている。

7. 宿主を壊滅させたのに翌年以降も続く大量発生の謎

これだけ高率の死亡がおこれば、翌年の宿主となる昆虫は枯渇し、ツクツクボウシタケの発生も見られなくなる筈である。ところが、ツクツクボウシタケの発生は続いた(図-1A)。これは、いったいどういうことなのだろうか。一見矛盾するこの現象は、ツクツクボウシの世代時間の長さで説明できる。ツクツクボウシの卵期間は約1年で、幼虫期間は3～4年とされている(林・石川, 2005)。単純化のため、産卵から羽化までの期間を4年とすると、2016年におこったツクツクボウシタケの大量発生の際に、宿主となったツクツクボウシは、2012年に産まれた卵に由来する終齢幼虫ということになる。この世代が全滅して次の世代を残さなかったとしても、土の中では2013年以降に産まれた世代の幼虫が、生育を続けている。そして、夏が来る度に、順次、羽化期をむかえた世代が、新たな宿主となることによりツクツクボウシタケの発生が続いてきたと考えられる。

とはいえ、毎年、高率の死亡が続けば、やがて個体群は消滅する。しかし、そうならなかったのは、周囲の林からの移入がおこったためではないだろうか。この可能性を確認するため、隣接するシラカンバ林と約30m離れて位置する樹木園、そして約20m離れて位置するイロハモミジの並木を調査した。その結果、いずれの林でも1～2個のツクツクボウシの脱皮殻が発見された。ツクツクボウシタケについては、シラカンバ林で3株が発見されただけであった。こうしたことから、周囲の林では、ツクツクボウシの大量死は起こっておらず、トネリコ林への繁殖雌の供給がおこなわれていると考えられた。

8. 局所発生の謎と壊滅的死亡のおこるプロセス

ツクツクボウシタケの大量発生がおこったのは、前述のとおり、周囲の林地の中で、トネリコ林のみであった。どうしてこの林だけで大量発生がおこったのだろうか。この林だけでおこった現象として思

いつくのは、2012年頃に始まり2015年に終息したハバチの大発生である。このハバチはトネリコ類を食べる狭食性の種なので、周囲にある他の樹種は加害しない。そして、大発生時には、幼虫がトネリコの葉裏に鈴成りとなり、葉面の3割近くを食害した。これにより、トネリコは激しい枝枯れを引き起した。樹冠に空いた多数の間隙と林床に散乱する太い枯れ枝の数の多さが、それを証拠づけている。樹上で発生した枯れ枝は、セミ類の格好の産卵場所となる(林・税所 2015)。詳細は不明だが、ここで発生した枯れ枝はツクツクボウシにとって特に好適な状態だったのである。そのため、周囲からの移入がおり、大量の卵が産み込まれ、この林だけで宿主昆虫の急激な密度増加がおこったと推測される。

枯れ枝の中に産みこまれたツクツクボウシの卵は、枝内でそのまま越冬し、翌年の夏に一斉に孵化する。孵えた幼虫は地表に落下し、土に潜る。そして、根の脇に小部屋を作り、空間を拡張したり場所を変えたりしながら根からの吸汁を続け成長する(林・石川 2005; 林・税所 2015)。大発生していたハバチの幼虫も成熟すると、土に潜り土を固めて繭を作る。こうした昆虫達の潜土や土中での移動、土壌の攪拌、そして、こうしてできた土壌間隙への雨の浸透等により、地表に散布された菌体は、林内の全域へ、そして、土壌中の深部へと拡散していったと考えられる。こうした過程を経て、林内全域での菌の蔓延がおこったと考えられる。因みに、ツクツクボウシの発生場所では、分生子が形成される夏以外の季節も含め、深さ5~30cm土壌中から本菌のDNAが検出されるという(大賀ら 2011)。

本菌を含む昆虫病原糸状菌の感染は、分生子が宿主昆虫の外皮に付着することによりおこる。分生子は能動的に宿主に定位する手段をもたないので、宿主との遭遇・感染は、完全にランダムな過程の中でおこる。このため、宿主昆虫の密度が低い状態では感染は広がらない。しかし、本調査地においては、ハバチによる食葉被害により大量の枯れ枝が発生し、これがツクツクボウシの格好の産卵場所となったことで、宿主昆虫の密度が一挙に高まった。これによ

り、宿主昆虫との接触機会が増え、感染が急速に広がっていったと推測される。このように、本調査地でのツクツクボウシの大発生は、食葉性害虫の大発生に端を発し、その影響が、食樹であるトネリコへ、そして宿主昆虫へと、順次波及していくことにより起こったと考えられる。

一方、図-1Aに見られるツクツクボウシの経年的な減少は、病原菌というよりも、宿主昆虫の密度低下を反映したもののように思われる。大発生の発見から4年が経過した2020年においても、ツクツクボウシは林床の全域で発生している(図-2)。そして、この原稿を執筆している2022年7月下旬にもおいても、数は少ないながらもツクツクボウシの発生が続いていることは、感染力のある病原が高い濃度で林内全域に存在し続けていることを示唆している。一方、宿主昆虫の数は、減少に向かっていると考えられる。ハバチの大発生は2015年に終息し、それに伴い、宿主昆虫の産卵場所となる枯れ枝の発生量も激減したと考えられるからである。それに伴い、土の中で生育する数世代分の宿主幼虫のストックも減少に向かっており、寄生者であるツクツクボウシの発生も、ここ数年のうちに見られなくなると予想される。

引用文献

- 千葉健治 (2008) スフィンゴシン1-リン酸受容体修飾薬FTY720による免疫応答の調節. 化学と生物 46: 259 ~ 264
- 林 正美・石川 忠 (2005) カメムシ目頸吻亜目の幼虫解説: セミ科. (日本産幼虫図鑑. 志村 隆編, 学習研究社). 98 ~ 99: 100 ~ 102
- 林 正美・税所康正 (2015) 改訂版 日本産セミ科図鑑. 誠文堂新光社
- 五十嵐正俊 (1982) ブナアオシャチホコの生態. 日林東北支誌 34: 122 ~ 124
- 今関六也・大谷吉雄・本郷次雄 (1988) 日本のきのこ. 山と溪谷社, 東京
- 磯野昌弘 (2016) 羽化トラップを利用した土壌昆虫の調べ方. <http://www.ffpri.affrc.go.jp/thk/research/>

- org/documents/soil_insect.pdf (2022.7.31参照)
- 磯野昌弘 (2021) 隔離分布地において地中の寄主幼虫に壊滅的な死亡をひきおこしたツクツクボウシタケ (子囊菌門: ボタンタケ目) の大量発生. 応動昆 65: 1 ~ 9
- 大賀祥治・高野克太・孫 竹 (2011) ツクツクボウシタケ菌の森林土壌内での時空間分布. 九大演林報 92: 4 ~ 7
- 生出智哉 (1982) 鎌倉市で採集したツクツクボウシタケ. 神奈川自然誌資料 3: 1 ~ 4
- 佐藤大樹 (2013) 昆虫病原糸状菌の新たな分類と植物命名規約の改変について. 蚕糸・昆虫バイオテック 82: 155 ~ 160
- 佐藤大樹・出川洋介 (2002) 神奈川県におけるツクツクボウシタケの分布記録. 神奈川自然誌資料 23: 81 ~ 85
- 清水大典 (1979) 冬虫夏草. ニュー・サイエンス社, 東京
- 清水大典 (1994) 原色冬虫夏草図鑑. 誠文堂新光社, 東京
- 谷田清一 (2010) 冬虫夏草から新薬が生まれようとしている: リード探索で産と学が連携した日本発の創薬事例. 産学官連携ジャーナル 6(6): 46 ~ 49
- 柳沼勝彦 (2002) 昆虫病原糸状菌 *Paecilomyces cicadae* Samsonの土壌およびセミからの分離とモモシクイガ *Carposina sasakii* Matsumura に対する殺虫活性. 応動昆 46: 225 ~ 231
- 矢萩信夫・戸田真一・戸田真奈美・矢萩吉光・庄司亮一・沓沢妙子・鈴木三男 (2010) 東北大学植物園における冬虫夏草属ツクツクボウシタケ *Isaria sinclairii* (Berk.) Lloyd. (Pyrenomycetes) の発生状況. 日本植物園協会誌 45: 79 ~ 85
- 楊 柏松・成 漢功・大賀祥治 (2006) ツクツクボウシタケの生態および生育特性. 日本きのこ学会誌 14: 191 ~ 196
- 和田早苗 (2013) 特集「昆虫病原糸状菌研究の現状と展望」にあたってー昆虫病原子囊菌の概要ー. 蚕糸・昆虫バイオテック 82: 147 ~ 153

(2022.9.28 受理)

都道府県だより

宮崎県北部で発生したスギ造林地でのノウサギ被害について

○はじめに

令和元年1月に本県北部のスギ造林地でノウサギによると思われる被害が確認され、植栽木の約9割が主軸を切断されている状況でした。本県ではノウサギによる被害面積は少なく、最近ではコウヨウザンの植栽地等で確認されていましたが、スギ造林地での深刻な被害事例は近年報告されていなかったことから、被害状況や発生時期を把握するため調査を行いました。

○調査方法と被害状況

調査は、標高約1000mに位置するシカ対策用防護

ネットが設置されている造林地で行いました。令和元年4月に調査プロット4箇所（1プロットあたりスギ20本、計80本植栽）を設定し、同年5月から翌年4月まで毎月1回被害状況を調査しました。調査は、被害の有無を確認するとともに、被害部分の高さや、主軸が切断されている場合は切断部の高さと直径を測定しました。

その結果、当地の被害は冬季に集中して発生していることが分かりました(図-1)。その理由として、11月頃から下層植生が消失しスギ以外の餌が少なくなった影響ではないかと考えられました。また、全てのプロットで主軸または側枝の被害があり、被害部分の高さは22cm～71cm、このうち主軸の切断は

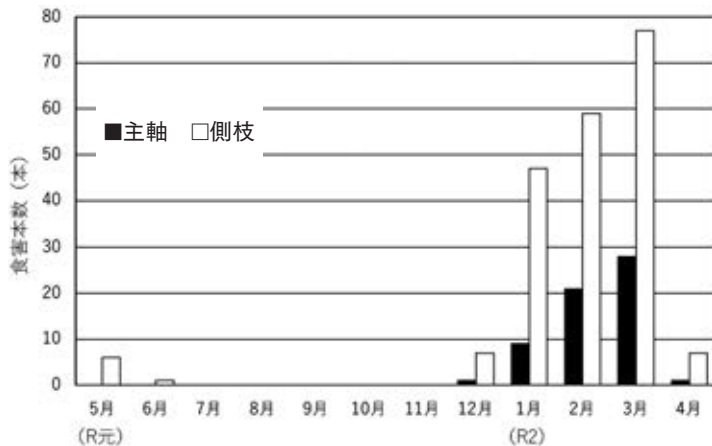


図-1 月別被害発生状況

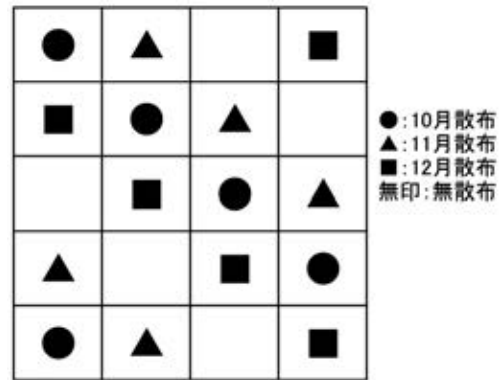


図-2 プロットの試験木配置例

表-1 忌避剤散布時期別被害発生状況

(単位: 本)

処理区	試験木	被害本数	月別被害発生本数 [※]						
			令和2年		令和3年				
			10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
10月散布	20	1						1	
11月散布	20	2	—				1	1	
12月散布	20	1	—	—				1	
無散布	20	11	1	4	4	1	7(4)	3	1

()は主軸切断本数で内数、—は忌避剤散布前のため計上せず
 ※確認した被害痕は翌月調査で重複しないようマーカーで色づけし、月毎に新たに発生した被害本数を計上。複数月で被害が発生した個体があるため、月別被害発生本数の合計と被害本数は異なる。



写真-1 スギを食害するノウサギ

全体の約7割、切断部の高さは40cm～69cm、切断部直径は2.6mm～7.5mmでした。

被害が集中する冬季の効果的な防除方法として、忌避剤の活用について検証しました。調査プロットの被害木を2年生スギ苗に植え替え、忌避剤を10月、11月、12月に1プロットあたり各5本ずつ散布した試験木と無散布木5本を図-2のように配置し、令和2年10月から翌年4月まで毎月1回被害状況を調査しました。

その結果、全ての散布時期で側枝の被害は発生しましたが、主軸の切断は無散布木の4本のみ(表-1)で、切断部の高さは43cm～50cm、切断部直径は5.7mm～6.5mmでした。主軸の切断は無散布木の2割、全体の1割未満と前年度調査と比較して大幅に減少し、その要因の一つとして、周辺の新植地の影響で被害が分散した可能性が考えられました。また、試験地内では、複数の新しい糞があることや主軸切断部の特徴からノウサギの侵入は確認できたものの、忌避剤を散布した試験木60本への被害が少ないことから、忌避剤による被害防除は一定の効果があったと考えられました。しかし、忌避剤散布後に伸長した枝葉への防除効果は期待できず再度散布する必要



写真-2 激害木

があることから、作業の効率化を図るためには物理的資材の活用も検討する必要があります。

○おわりに

今回の調査では、被害発生要因を判断するため試験地内にセンサー付きカメラを設置しましたが、試験地内には最低2頭のノウサギが侵入していることが確認できました。また、後ろ足で立ちスギを食害している様子(写真-1)も確認でき、調査結果を踏まえると防除する高さは80cm程度まで必要と考えられました。

調査地において枯死した個体はありませんでしたが、主軸に加え側枝のほとんどが切断されたもの(写真-2)もあり今後の成長が懸念されるため、経過観察を行う予定です。

(宮崎県林業技術センター 育林環境部)

協会だより

2022（令和4）年11月

購読者各位

全国森林病虫獣害防除協会
会長理事 中崎 和久

雑誌『森林防疫』休刊のお知らせ

拝啓

小雪の候、平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。

この度、雑誌『森林防疫』は、2023（令和5）年3月25日刊行の2023年3号（Vol.72 No.2 755号）をもって休刊することといたしました。

本誌は、「森林病虫害等防除法」制定を機に、『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（昭和27）年に発刊され、1963（昭和38）年に編集発行主体が林野庁から弊会に移り、1969（昭和44）年には誌名が『森林防疫』に変わりました。半世紀以上にわたり、森林保護事業や森林病虫獣害の発生・防除及び生物多様性などに関する情報、研究の普及・技術解説などを発信してまいりましたが、刊行の継続が困難となったことから今回の決定に至りました。

また、本誌休止に加え、現在、弊会の解散についても検討を進めております。今後の運営については、弊会ホームページでお知らせいたします。（<https://forest-pests.sakura.ne.jp/>）。

『森林防疫ニュース』を含め、71年もの間ご協力・ご支援下さいました皆様に心より厚く御礼申し上げます。

敬具

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ファイルを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) ヤツバキタイムシ. (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。

なお、本誌の休刊にともない、投稿原稿の受付締切日を令和4年12月12日といたします。

〒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

<p>マツクイ虫防除に多目的使用が出来る</p> <p>サンケイ スミパイン® 乳剤 <small>スミパイン®は住友化学(株)の登録商標</small></p> <p>松枯れ防止樹幹注入剤</p> <p>グリーンガード®・NEO <small>グリーンガード®は日本曹達(株)の登録商標</small></p> <p>少量注入でクビアカツヤカミキリやケムシ、吸汁性害虫を防除</p> <p>ウッドスター®</p> <p>伐倒木くん蒸用分解性シート</p> <p>ビオフレックス® <small>ビオフレックス®はアキレス(株)の登録商標</small></p>	<p>松枯れ防止と庭木の害虫防除に</p> <p>マツグリーン®液剤2 <small>マツグリーン®は日本曹達(株)の登録商標</small></p> <p>ナラ枯れ予防用樹幹注入剤</p> <p>ウッドキング® DASH</p> <p>伐倒木用くん蒸処理剤</p> <p>キルパー40® <small>キルパー®はバックマンラボラトリーズ(株)の登録商標</small></p> <p>マツクイ虫被害木伐倒駆除に</p> <p>パインサイド®S油剤D</p>																
<p> サンケイ化学株式会社 <説明書進呈></p>																	
<table border="0"> <tr> <td>本社</td> <td>〒891-0122</td> <td>鹿児島市南栄2丁目9</td> <td>(099)268-7588</td> </tr> <tr> <td>東京営業部</td> <td>〒366-0032</td> <td>埼玉県深谷市幡羅町1丁目13-1</td> <td>(048)551-2122</td> </tr> <tr> <td>大阪営業所</td> <td>〒532-0011</td> <td>大阪市淀川区西中島2丁目14-6 新大阪第2ビル3F</td> <td>(06)6305-5871</td> </tr> <tr> <td>九州北部営業所</td> <td>〒841-0025</td> <td>佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3</td> <td>(0942)81-3808</td> </tr> </table>		本社	〒891-0122	鹿児島市南栄2丁目9	(099)268-7588	東京営業部	〒366-0032	埼玉県深谷市幡羅町1丁目13-1	(048)551-2122	大阪営業所	〒532-0011	大阪市淀川区西中島2丁目14-6 新大阪第2ビル3F	(06)6305-5871	九州北部営業所	〒841-0025	佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3	(0942)81-3808
本社	〒891-0122	鹿児島市南栄2丁目9	(099)268-7588														
東京営業部	〒366-0032	埼玉県深谷市幡羅町1丁目13-1	(048)551-2122														
大阪営業所	〒532-0011	大阪市淀川区西中島2丁目14-6 新大阪第2ビル3F	(06)6305-5871														
九州北部営業所	〒841-0025	佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3	(0942)81-3808														

森林防疫 第71巻第6号(通巻第753号)
令和4年11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 1,570円(送料込, 消費税込)
年間購読料 7,850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

<https://forest-pests.sakura.ne.jp/>