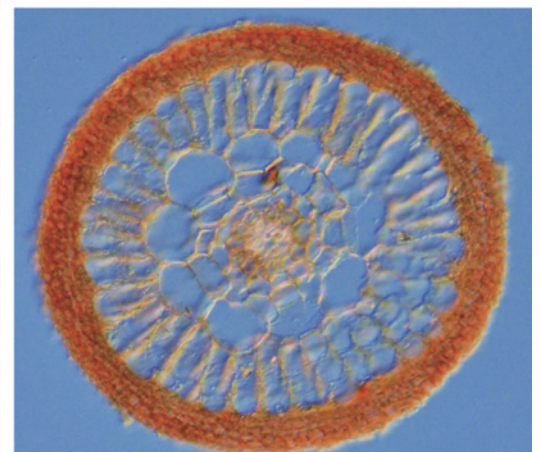


森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

解説

国産トリュフの栽培に向けた最近の研究動向

【小長谷啓介・仲野翔太・中村慎崇・木下晃彦・古澤仁美・野口享太郎・山中高史】・・・3

速報

長崎県諫早市東大川沿いの‘染井吉野’並木の衰退状況

【吉本貴久雄・田嶋幸一】・・・13

学会報告

病虫害研究最近の動向 ―樹木医学会第26回大会報告―

【服部友香子】・・・19

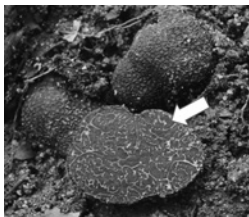
都道府県だより：鳥取県・栃木県・・・23

林野庁だより：人事異動（令和4年4月1日）・・・28

森林防疫ジャーナル・・・28

協会だより：

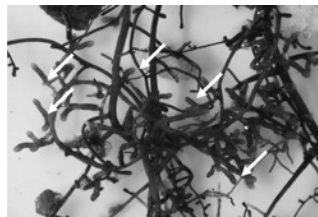
どなたでも投稿できます！・・・29



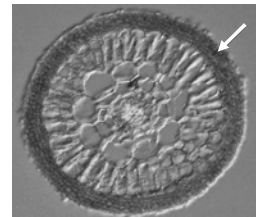
A



B



C



D

【表紙写真】 日本の森林に発生するトリュフと菌根

写真A：アジアクロセイヨウショウロ

写真B：ホンセイヨウショウロ

写真C：根にトリュフ菌が共生してできた外生菌根

写真D：外生菌根を輪切りにした断面図

写真Aはアジアクロセイヨウショウロ、写真Bはホンセイヨウショウロの子嚢果で、いずれも日本の森林に発生するトリュフ。トリュフを半分に割くと、その断面には特徴的な模様が見える（写真A，B：矢印）。写真Cは樹木の根にトリュフ菌が共生してできた外生菌根の様子（矢印）。菌が細根の根端付近に共生して菌根が形成されると、根が少し太くなり、色や質感も変わるので、見た目から通常の根と区別できる。写真Dは外生菌根を輪切りにした断面の様子で、根の周りをトリュフ菌の菌糸が密に覆って、茶色の厚い層を形成しているのが分かる（矢印）。菌糸は根の皮層細胞の間に侵入し、その部分で樹木とトリュフ菌間で養分・水分のやり取りが行われる。

（本文：国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 小長谷啓介 写真：国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所九州支所 木下晃彦）

解説

国産トリュフの栽培に向けた最近の研究動向

小長谷啓介¹・仲野翔太²・中村慎崇³・木下晃彦⁴
古澤仁美⁵・野口享太郎⁶・山中高史⁷

1. はじめに

トリュフは、広義では土の中にできる塊状の子実体（孢子を形成する多細胞の菌糸の構造物、いわゆるきのこ）の総称である。そのため、例えば地中海など降水量の少ない地域で収穫される砂漠のトリュフ（desert truffle）（例、*Terfezia*, *Tirmania*）や、海外ではニセアカシアやセイヨウミザクラの木の下で、日本ではアスパラガス畑などで発生例のあるハニートリュフ（honey truffle）（*Mattiolomyces terfezioides*）など、さまざまな種類の子実体がトリュフに含まれる。その中でも市場価値が高く、世界的に流通し、たとえ食べた経験が無くとも一度はメディアを通して耳にしたことのある「白トリュフ」や「黒トリュフ」は、子囊菌類のセイヨウショウロ属（*Tuber*）の菌類が作る子実体（=子嚢果）である。本稿では話を理解しやすくするため、このセイヨウショウロ属の菌類をトリュフ菌と呼び、その菌類が作る子嚢果の総称をトリュフとする。

トリュフは、おもにフランス、イタリア、スペインなどのヨーロッパ諸国や、北アメリカ、中国で盛んに収穫されている。近年ではオーストラリア、ニュージーランドや南アフリカ、南アメリカ諸国などトリュフの自生が確認されていない地域においても、欧州の高価なトリュフ（例、*T. melanosporum*）を導入して栽培が行われている（Hall and Haslam 2012）。取引の盛んなヨーロッパでは、トリュフは数億円産業であり、トリュフの販売から加工品の生産、アグリツーリズム・収穫祭の収入、栽培資材の生産、栽培地の農地価格の上昇など全てを含めた経済効果は、一国内で数十億から百億円以上と推定されている（Reyna and Garcia-Barreda 2014）。トリ

ュフはその強い独特な香りから、キャビア、フォアグラに並ぶ世界三大珍味として珍重されており、その市場価値は高い。例えば、ヨーロッパで収穫されるトリュフの代表格、白トリュフ（*T. magnatum*）は、香りの質に優れ、商品価値が高いうえ、2021年に栽培例が報告（Bach *et al.* 2021）されているものの、まだ実用化に至っておらず、さらにイタリアなどの一部の地域でしか収穫できない希少性から、1キログラム当たり十数万円～数十万円で取引されている。その他にヨーロッパ各地で収穫され、栽培がおこなわれている黒トリュフ（*T. melanosporum*）や夏トリュフ（*T. aestivum*）は1キログラム当たり数万円で、中国で収穫される比較的安価なアジアの黒トリュフ（*T. indicum*）でも1万円弱の高値で取引されている。

日本国内で消費されているトリュフは全て欧州など海外からの輸入品であり、国内では収穫されていない。しかし、近年の研究で、日本国内にも様々な種類のトリュフが存在することがわかり、その食材としての価値が注目されている（図-1）。Kinoshita *et al.* (2011) や佐々木ら (2016) によると、国内には少なくとも20種類以上のトリュフが確認されており、それらは日本でしか発見されていない固有種や、中国、台湾で確認されている種、またはそれに近い近縁種で構成されている。残念ながら、欧州で食用とされている高価な種類は日本で見つからないが、中国で食用とされている *T. huidongense* や、上述のアジアの黒トリュフ *T. indicum* と近縁な種類は確認されている。また、日本固有の種においても、香りや成分の分析によって高い市場価値を有する可能性があることも報告されている（Shimokawa *et*

Recent research trends toward cultivation of Japanese truffles

¹OBASE Keisuke, (国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所; ²NAKANO Shota, ホクト株式会社 きのこ総合研究所;³NAKAMURA Noritaka, (国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所; ⁴KINOSHITA Akihiko, (国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所 九州支所; ⁵FURUSAWA Hitomi, (国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所; ⁶NOGUCHI Kyotaro, (国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所 東北支所; ⁷YAMANAKA Takashi, (国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所 東北支所

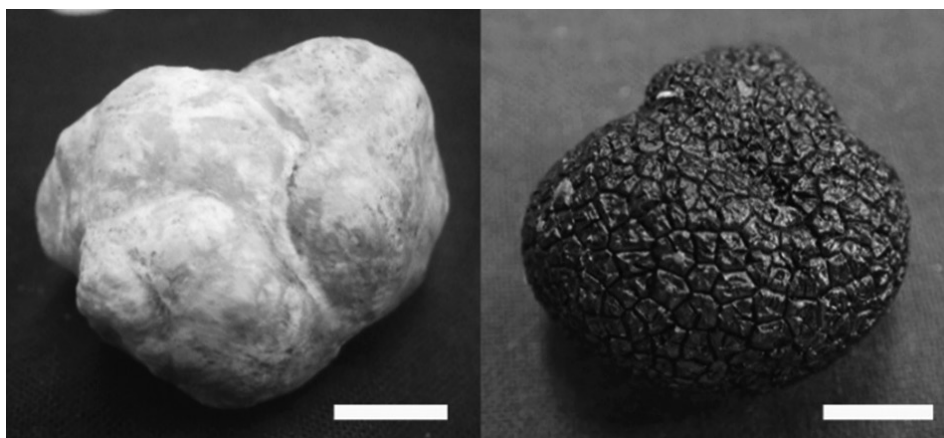


図-1 日本産のセイヨウショウロ属の作るトリュフ
左はホンセイヨウショウロ, 右はアジアクロセイヨウショウロ. バーは1 cm.

al. 2020)。実際に技術交流展示会などで野生の国産トリュフを来場者に嗅いでいただくと、「欧州産のトリュフと遜色ない香り」や、「これが栽培できるなら是非仕入れたい」という良い評価を頂くこともある。このように国産トリュフは、海外から輸入するトリュフの代替品となり得る、未利用な高級食材としてのポテンシャルを秘めている。

しかし、国内に生息するトリュフ菌の生態や生息環境については不明な点が多く、そのトリュフの栽培技術は確立されていない。本稿では森林総合研究所他の研究機関が協働して取り組んでいる国産トリュフの栽培化に向けた最新の研究成果について解説し、今後の研究の展望について述べたい。

2. トリュフ菌の生態と栽培

本節では国産トリュフ栽培を試みる上で模範となる海外で確立された栽培方法について、トリュフ菌の生態的特性を踏まえながら簡潔に紹介する。なお海外で行われているトリュフ栽培に関する書籍として Hall *et al.* (2007) の「Taming the truffle」や、専門書では, Zambonelli *et al.* (2016) の「True truffle (*Tuber* spp.) in the world」などがあるので、興味のある方はご参照頂きたい。

土の中に作られるトリュフは、熟すと独特の強いにおいを発する。この香りを私たち人間は食材として楽しむのだが、同じように、森林内ではネズミな

どの主に哺乳類の小動物や昆虫などを誘引し、トリュフは食される。トリュフの内部には大量の孢子(子嚢孢子)(図-2)が詰まっており、食された孢子はそのまま糞として放出・分散される。やがて孢子は発芽して、中から直径数 μm の細さの菌糸を土の中に蜘蛛の巣のように広げていく。ちなみに、シイタケなどの担子菌類の孢子から発芽した菌糸は、半数の染色体で構成される核(n)を保有した一次菌糸であるが、すぐに異なる性(交配型)の別の菌糸と接合して、その一生のほとんどを細胞内に二つの核が共存($n+n$)した二次菌糸の状態でも過ごす。そのため、この菌糸を好条件で培養すれば子実体を作り始め、その発達過程の中で核融合や減数分裂を経て有性孢子を形成する。これに対して、トリュフを作る子嚢菌類のセイヨウショウロ属は、その一生のほとんどをハプロイド(単数体)、すなわち単相(n)で過ごしている(例, Paolocci *et al.* 2006)。そのため、この菌糸単体を好条件で培養しても、子嚢果や有性孢子を作ることはできないとされている。

次に菌糸は樹木の根に接触して共生する(図-2)。トリュフ菌は「外生菌根菌」というグループに含まれ、根の周りを菌糸が密に覆った鞘状の構造(マントル)と、その内側の皮層細胞間隙に菌糸が侵入した構造(ハルティヒネット)で特徴づけられる高度に発達した共生構造「外生菌根」を樹木の細根に作る(Smith and Read 2008; 齋藤 2020)。ち

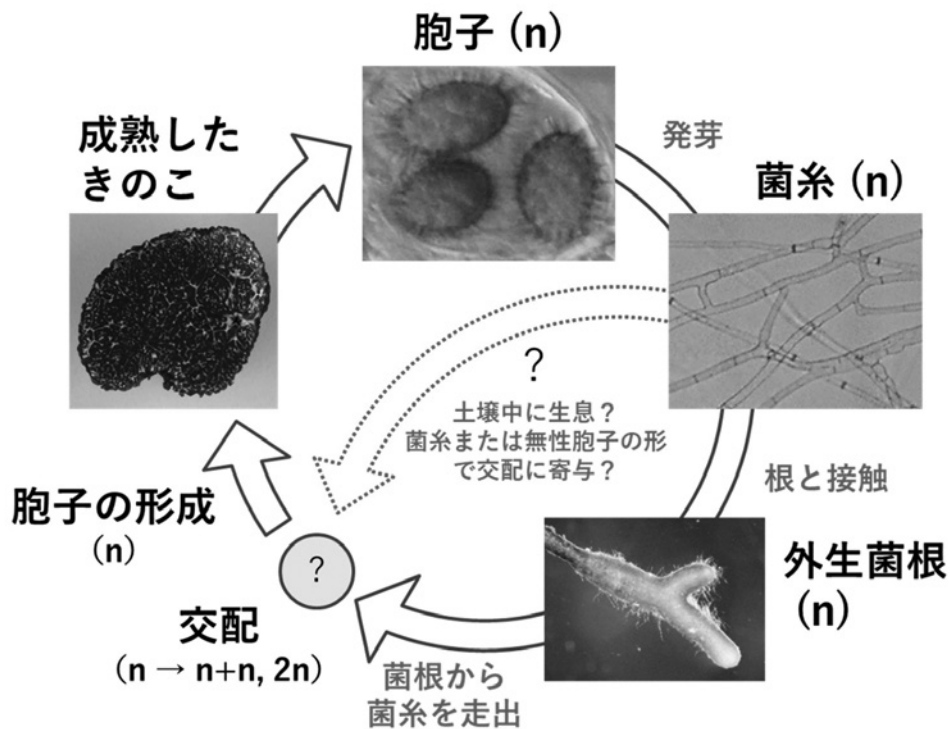


図-2 トリュフ菌の生活環 (*T. melanosporum*の例を参考としたイメージ図)
 点線の矢印は“父親” (6節を参照) として交配に関与するプロセスの仮説を示す。

なみにこの外生菌根菌に含まれる菌類は世界に数千種以上存在し、マツタケ、ヤマドリタケ、アンズタケ、ハナイグチなどの食用きのことして馴染み深い種類も含まれる。この外生菌根における樹木と菌の境界面で水分や養分がやり取りされ、樹木とトリュフ菌の両者の成長は大きく促進される。一般的に、宿主となる樹木が存在しなければトリュフ菌を含め外生菌根菌は野外に定着して子実体を作ることはできないと考えられている。そのため、堆肥や木材等を分解して生育する腐生的な菌類が作るきのこを「腐生性きのこ」、外生菌根菌が作るきのこを「菌根性きのこ」と区別することもある。ちなみに、この外生菌根を形成しているトリュフ菌の菌糸も単数体の状態である (例, Paolocci *et al.* 2006)。

次に、この樹木との共生関係を発達させながらトリュフ菌は菌糸を増やして、やがて子嚢果を作る (図-2)。この時に菌糸は何らかの形で、別の交配型の菌糸と接触してディプロイド (二倍体) となり、有性生殖を通じて有性胞子を作ると考えられている。

欧州の黒トリュフ *T. melanosporum* の場合、トリュフの母体を成している菌糸が周囲の外生菌根から多く検出されるのに対し、胞子形成に関わる対の交配型の菌糸は外生菌根からほとんど検出されない。そのため、対の交配型の菌糸は外生菌根以外の何らかの形で土壤中に生息し、交配に関与していることが示唆されている (Le Tacon *et al.* 2016)。また、セイヨウシヨウロ属を含むチャワンタケ目の菌類の中には、片方の交配型の菌糸が精子となる生殖細胞を放出し、対の交配型の菌糸が形成する造のう器 (ascogonium) に受精することで交配が行われる例があることから、セイヨウシヨウロ属も同様の方法で交配が行われているという仮説もある (例, Selosse *et al.* 2013; Le Tacon *et al.* 2016)。しかし、交配がいつどこでどのように起きているのかを実際に捉えた研究例は無く、その実態は明らかにされていない。このように、トリュフ菌は生育および子嚢果を発生するために必要な栄養を、生きた樹木に大きく依存していることと、トリュフ菌の生活様式、

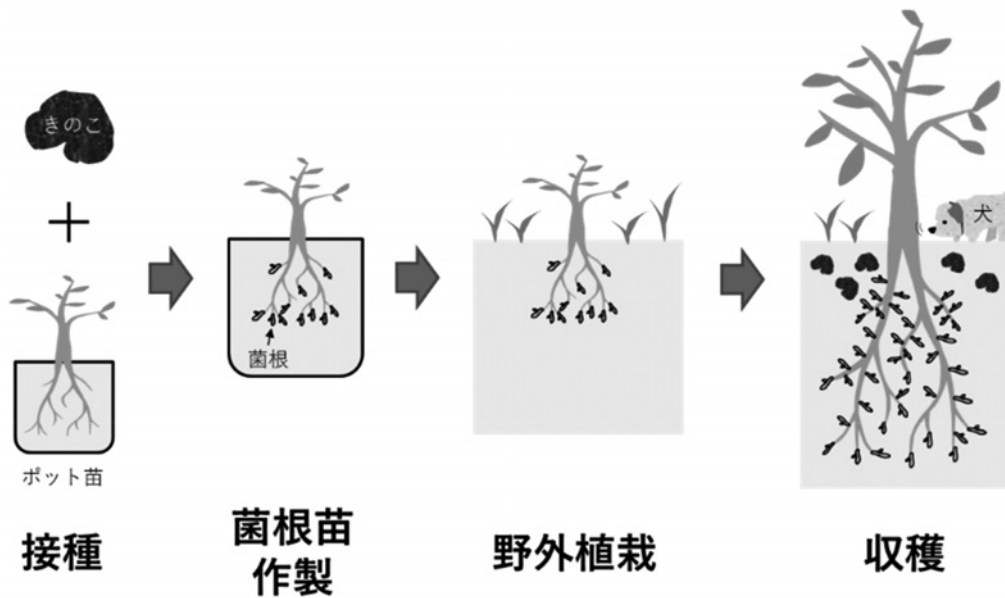


図-3 トリュフの栽培手法—海外の例（イメージ図）

特に子嚢果を作るために必要な生殖のメカニズムが不明であることから、例えば、スーパーで売られているシイタケ、ヒラタケ、マッシュルームなどの担子菌類の腐生性きのこのように、原木や菌床、堆肥を用いて子実体を栽培する方法は、トリュフでは確立されていない。

その代わりに欧州では、トリュフ菌と樹木を人工的に共生させることでトリュフを栽培する方法が開発されている（図-3）。その一例を簡潔に紹介すると、まず、トリュフ菌と共生できる樹木の苗木を作る。そして、トリュフを砕いて水に攪拌させた胞子の懸濁液を苗木の根に接種して、菌を根に共生させた苗（菌根苗）を作る。トリュフの中には必ず交配型の異なる胞子が共存するため、この胞子懸濁液を接種することで、異なる交配型の複数の菌糸が苗木に外生菌根を形成する、または土壤中に共存する状態をつくることができる。次に、トリュフ菌の菌根がしっかりと作られているのを確認したら、菌根苗を野外に植栽する。この際に、トリュフ菌の生育条件に合った土壤環境に整えるため、例えば弱アルカリの土壤を好む黒トリュフ *T. melanosporum* の栽培地では、石灰などの土壤改良剤を土壤に添加して土壤pHを調整している。トリュフの発生を制御す

る技術は確立されておらず、上手くいけば苗の植栽から数年後にトリュフが発生し始めるが、失敗してトリュフが全く発生しないこともある。トリュフは地中にできるので、嗅覚で探り当てることのできる動物（主に犬）の助けを借りて収穫する。このように、栽培・収穫にかかる手間が、トリュフの希少価値を高めている。

国産トリュフの栽培については、この欧州の生産技術を応用できる可能性がある。しかし、そのためには、栽培対象とする国産のトリュフ菌の種類とその菌と共生できる樹木の種類を選定する必要がある。さらに、どのような土壤環境が国産トリュフの生育や栽培に適しているのかなど、トリュフ栽培研究の推進に必要な基盤的知見を収集する必要がある。

3. どの種類の国産トリュフと樹木を栽培に選ぶか

栽培対象とするトリュフの種類については、選定の基準として、香りが良いもの、サイズが大きく、継続的に大量に収穫が見込めるものが望ましい。さらに、将来、国内の様々な地域で栽培することや、菌根苗の作出試験等の栽培研究のための十分な量の

子嚢果を継続的に採集する必要があることを考えると、様々な地域で発生が報告されている生息範囲の広い種が好ましいと考えられる。その結果、これまで主に、白いトリュフを作るホンセイヨウシヨウロ (*T. japonicum*) と黒いトリュフを作るアジアクロセイヨウシヨウロ (*T. himalayense*) の2種が研究対象とされている。ホンセイヨウシヨウロについては、食経験は無いが、日本でしか発見されていない固有種であることと、タンパク質やミネラルに富み、香りに特徴のある魅力的な食素材としてのポテンシャルを秘めていることから、商品として他のトリュフと差別化できる特徴がある (Shimokawa *et al.* 2020)。アジアクロセイヨウシヨウロは中国や台湾でも発生する種で、食用とされる *T. indicum* の近縁種であるため、少なくともそれと同等の市場価値が見込まれる。このほかにも、近年の研究で食用として有望と思われる種が国内で記載報告されており (Kinoshita *et al.* 2021)、今後、栽培に適した新たな種が見出される可能性もある。

一般にトリュフは、主にブナ科 (コナラ属, クリ属, マテバシイ属, シイ属)、しばしばカバノキ科 (カバノキ属, クマシデ属) やアオイ科 (シナノキ属)、ヤナギ科 (ヤナギ属, ハコヤナギ属)、マツ科 (マツ属, モミ属) の樹木が主体の森林で確認される。そのため、トリュフ菌の宿主となる樹木の分類範囲は広いと考えられている。その中でもホンセイヨウシヨウロとアジアクロセイヨウシヨウロは、コナラ属などのブナ科樹木の森林で発生例が多いことから、これらの樹種が栽培試験に適していると予想される。

4. 国産トリュフの発生環境を知る

トリュフを栽培するためには、菌根苗を作出し、その苗木を野外に植栽して樹木とトリュフ菌の両者を定着させる必要がある。この時に、土壤環境をトリュフ菌にとって好ましい状態に整えることができれば、菌根苗の作出や、野外植栽後のトリュフ菌の定着の成功率を向上させることができる。実際に、黒トリュフ *T. melanosporum* については、発生地の気候や土壤環境に関する蓄積された知見に基づいて、

栽培に適した気候の地域を選定し、石灰等を撒いて土壤環境を適切に調整することで、トリュフの栽培に成功した例もある。日本では国産トリュフの発生地域に関する情報が蓄積されつつあるが、各地の土壤環境を詳細かつ広域的に調べた研究はこれまでなかった。本節では、日本各地にあるホンセイヨウシヨウロおよびアジアクロセイヨウシヨウロの複数の発生地の土壤環境を調査した古澤ら (2020a) の研究内容を解説する。

関東・中部・関西・中国地方に分布するトリュフの各発生地において、複数のトリュフが発生しているエリアと、植生は類似しているがトリュフ菌が存在しない近傍のエリアに調査プロットを設定し、地表から15 cmまでの深さの土壤の物理性や化学性を両エリア間や調査地間で比較した。その結果、両種のいずれも、複数の測定項目において、調査地間で有意な違いが認められ、発生土壤環境には大きなバリエーションがあることが分かった。ホンセイヨウシヨウロの場合、その発生土壤はpHが5.0から5.8であり、砂質壤土、砂質埴壤土、埴壤土、軽埴土、シルト質埴土など幅広い土性を含み、炭素 (C) 含有量は9.3 ~ 27.5 g/kg、調査地平均で16.7 g/kgと低かった [参考: Nanko *et al.* (2014) によると、日本の森林土壤のC含有量の平均は、深さ5 cmまでの土壤は113.2 g/kg、深さ5 cmから15 cmまでは69.0 g/kg]。また、土壤中の利用しやすい養分量の目安である交換性塩基 (カルシウム, マグネシウム, カリウム) 量と、土壤が保持できる最大の塩基量のうち塩基が保持されている割合を示す塩基飽和度も、平均でそれぞれ4.8 cmol/kg, 43%と低かった。以上から、ホンセイヨウシヨウロの発生土壤は、酸性~弱酸性で比較的有機物が少なく養分の乏しい環境と特徴づけられた。これに対し、アジアクロセイヨウシヨウロの発生土壤は、pHが6.1から8.1であり、ホンセイヨウシヨウロと同様の多様な土性を含み、C含有量は10.4 ~ 127.0 g/kgと幅広かった。そして、交換性塩基量は調査地平均で30.5 cmol/kgと高く、塩基飽和度も66 ~ 732% (平均318%) と高い傾向を示していた。以上から、アジアクロセイ

ヨウショウロの発生地土壌は、弱酸性～弱アルカリ性で、栄養分となる塩基の保持率が高い肥沃な環境と特徴づけられた。

以上のように、トリュフ菌の種類によって発生地の土壌環境は大きく異なることが明らかとなった。今後は、これらの土壌環境を参考として、トリュフ栽培におけるトリュフ菌の生育や子嚢果の発生などに適した環境条件を明らかにしていくことが重要である。

5. 国産トリュフ菌の培養条件を探る

欧州では菌株（ある単一の菌類を分離培養したもの）を用いて、トリュフ菌の生理・遺伝的特性や繁殖生態が研究されており、その知見が今日のトリュフ栽培技術の高度化に還元されている。また、技術として確立されていないものの、複数の菌株を苗木に定着させてトリュフ生産に成功した事例があり、菌株の利用がトリュフ栽培の技術革新に貢献している (Iotti *et al.* 2016)。日本においても、主に森林総合研究所の研究者によって、複数のトリュフ菌の菌株が確立されているが、これらの最適な培養条件は調べられておらず、トリュフ菌の生理的特性は全く明らかにされていなかった。本節では、培養環境の中でもpHの違いに着目し、ホンセイヨウショウロおよびアジアクロセイヨウショウロの菌糸の培養に最適なpH環境を探索したNakano *et al.* (2020)の試験内容を解説する。

異なる採取地由来のホンセイヨウショウロおよびアジアクロセイヨウショウロの各5菌株を対象とし、異なるpH（ホンセイヨウショウロはpH 4, 5, 6, 7, アジアクロセイヨウショウロはpH 6, 7, 8, 9の4段階）に調整した改変Melin-Norkrans (MMN) 液体培地 (Marx 1969) 中で50日間培養した後の菌糸体重量を比較した。その結果、菌株間でバリエーションはあるものの、ホンセイヨウショウロではpH 5またはpH 6の時に菌糸成長量が高い傾向を示した。これに対し、アジアクロセイヨウショウロの至適pHは7であった。これらは、前節4で古澤ら(2020a)が示した両菌種のトリュフ発生地の土壌pHの範囲

に収まる値である。従って、日本産トリュフの栽培を成功させるためには、対象となるトリュフ菌の生育を促すため、各菌に適したpHに土壌環境を調整することが重要かもしれない。日本国内の森林土壌は一般的に弱酸性であり、中性～弱アルカリ性の立地は稀であることを考えると、ホンセイヨウショウロを栽培する時には土壌pHの調整を必要とするケースは少ないと思われる。しかし、アジアクロセイヨウショウロの場合は、土壌pHを7程度の適正值まで上げるために、海外で行われているような石灰施肥等の土壌改良を考慮する必要があるだろう。

6. 国産トリュフの発生状況を遺伝的特徴から捉える

菌根性きのこの多くは栽培方法が確立されていないため、希少な食材である。世界的に栽培が成功している黒トリュフ *T. melanosporum* でさえ、子嚢果を発生させる段階は人の制御が及ばないことから、“proto-domestication (栽培化の原初期)” の段階と称されている (Selosse *et al.* 2013)。アジアクロセイヨウショウロなど一部の国産トリュフは、数年に渡って一定の範囲から毎年子嚢果を発生し続けるが、このトリュフの発生地でも菌がどのように広がり交配しているか、その動きを詳細に知ることができれば、持続的で安定したトリュフの発生が可能な栽培管理手法を見出すヒントが得られるかもしれない。

このような観点から、特に近年、分子生物学的な手法にもとづいてトリュフ菌の交配の仕組みや、発生地における遺伝的特徴が調査されている。特に重要な知見として、①トリュフ菌の菌糸はその生活史のほとんどを単数体で過ごしている、②トリュフ菌には2つの交配型が存在し、単数体の菌糸はいずれか一方に分けられる、③異なる交配型の菌糸間で交配が起こる (Paolocci *et al.* 2006 ; Riccioni *et al.* 2008)、④交配相手となる片方の単数体の菌糸が外生菌根を形成し (Rubini *et al.* 2011)、植物から栄養の供給を受けて (Le Tacon *et al.* 2013) トリュフの菌組織の大部分を作っている [この役割を担う菌糸を maternal individuals (母親) と呼ぶ]、⑤交配

相手となるもう一方の単数体の菌糸は、胞子の形成に遺伝的に関与しているものの、トリュフの菌組織自体には検出できるほど含まれていない [この役割を担う菌糸を *paternal individuals* (父親) と呼ぶ] (Paolocci *et al.* 2006 ; Riccioni *et al.* 2008), ⑥菌根を作る菌糸の交配型の割合は時間が経つにつれてどちらかに偏り、長期的に見ると二つの交配型は同所的に共存しない (Rubini *et al.* 2011), ⑦実際にトリュフの発生地では各交配型がパッチ状に住み分けられている (Murat *et al.* 2013), などが例に挙げられる。

ここで注意すべきなのは、“maternal” という用語は母体 (= トリュフの大部分を作っている菌組織) の中で子ども (= 胞子) に栄養を与える個体という意味での類比であり、人間の男女と違って必ずしもどちらかの交配型が母親になると決まっておらず、単一の菌糸が父親にも母親にもなる可能性がある点である [但し、黒トリュフ *T. melanosporum* ではほとんどの場合、単一の菌糸は母親または父親どちらか片方のみの役割を果たしていることが明らかにされている (Selosse *et al.* 2017)]。本稿ではこの意味で引き続き母親、父親という表記を用いる。こうした近年の研究動向を踏まえて、本節では、アジアクロセイヨウショウロがどのように土壤中を拡がってトリュフを生産し続けているのかを、DNAマーカーを用いて分子遺伝学的アプローチから解き明かした中村ら (2019) と Nakamura *et al.* (2020) の研究内容を解説する。

調査はアジアクロセイヨウショウロの発生が毎年確認されている山梨県および京都府の林分で行われた。数十メートルの大きさの調査方形区内で、6または7年間にわたり採集された子嚢果について、各交配型遺伝子の有無を確認することで母親の交配型を識別した。さらに、ゲノム中に散在する単純な塩基配列の繰り返し領域 (マイクロサテライト) を解析し、トリュフを形成する母親の菌糸を遺伝子型レベルまで細かく分類することで、母親の数や時間的・空間的な動きを明らかにした。その結果、今回調査した発生地でも海外の研究例と同様に、母親がトリュフを発生させる位置は交配型によって空間的に分

かれていることが明らかとなった。また、両方の発生地で特定の母親が少なくとも6年または7年にわたってトリュフを発生させ続けていることも明らかとなった。特に、本研究で用いたDNAマーカーで検出可能なレベルだと、山梨県の発生地で期間内に採取したトリュフは、非常に近縁な2種類の母親のみによって作られていることが明らかとなった。京都府の発生地では少なくとも5種類の母親が検出されたが、大部分のトリュフはそのうちの2種類によって作られていた。ちなみに、これらの母親間の子孫と考えられる母親はほとんど検出されなかったことから、母親の入れ替わりは少なくとも調査期間内では起こっていなかったと考えられた。

本調査地の周辺には人家や田畑が広がり、周辺の林地から分断されていることから、アジアクロセイヨウショウロの胞子や菌糸が外から侵入してくる機会は少なく隔離された環境と言える。そのため、調査地に最初に定着した少数の菌糸が土壤中を広範囲に拡がり、他の別の交配型を持つ菌糸と交配を繰り返してトリュフを発生し続けていたと考えられる。また、アジアクロセイヨウショウロの発生地における母親の多様性は、欧州の黒トリュフと比較して極めて低いにも関わらず、継続してトリュフを発生し続けていたことから、トリュフ菌の遺伝的な多様性の低さが、必ずしもトリュフの生産性に悪い影響を与えないことも明らかとなった。

今回観察された現象が、他の発生地や他の種類の国産トリュフにも当てはまるのか、調査を進めていく必要はあるが、アジアクロセイヨウショウロの場合、少数の母親となる菌糸を定着させることができれば、長期間にわたって持続的に子嚢果を発生させることができるかもしれない。一方、父親となる菌糸が発生地のどこに生息し、どのような方法で交配に関わっているのかは、国内外含めて十分に明らかにされていない。今後、これらの不明点が明らかになれば、例えば、母親となり得る優良な菌株を広範囲に定着させて、そこに父親となり得る菌体を人工的に導入することで、人の手によってある程度制御されたトリュフの発生促進技術を開発することがで

きるかもしれない。

7. 国産トリュフ菌を苗木に共生させる

トリュフを栽培化していく上では、まず苗木にトリュフ菌を接種し、菌根の形成状況を評価した後に、形成率の高い良質な菌根苗を苗畑へ移植する必要がある。トリュフ栽培の重要なステップであるこの方法が開発されたのは、1960年代後半のことで、その後も改良がなされ現在の栽培現場に広まっている (Zambonelli and Di Munno 1992; Hall *et al.* 2007)。本節では、これらの基本的な手順を踏襲して、国産トリュフの菌根苗の作製試験を行った Kinoshita *et al.* (2018) の事例を紹介するとともに、注意点についても触れたい。

第3節でも述べたように、ホンセイヨウショウロ、アジアクロセイヨウショウロ、そしてイボセイヨウショウロ (*T. longispinosum*) とともに、発生地的主要構成樹種は主にブナ科やマツ科であったため、アカマツ、コナラ、クヌギ、ウバメガシを試験に用いた。これらの種子を30%の次亜塩素酸ナトリウムで表面殺菌した後に、滅菌した土壌へ置いて、日照、気温が管理された屋内環境で発芽させた。発芽した実生はアカマツを除き、5 cmほど残して主根を切断し、1個体ずつポットへ移植した。一方、トリュフは水洗いしてブレンダーで破碎した後に、孢子数が水 1 mLあたり 1×10^6 個になるように血球計算盤で濃度を調整して懸濁液を作製した。その孢子懸濁液 1 mLを発芽した実生の根元に接種して、再び屋内環境で4~6ヶ月間育苗した。

接種からおよそ半年後に菌根形成を確認したところ、クヌギ、コナラには全てのトリュフ菌が菌根を形成し、アカマツではイボセイヨウショウロのみが菌根を形成した。つまり、国産トリュフ3種の菌根苗の作製には、国内の広汎な樹種が利用可能であることが明らかとなった。また、各種の外生菌根は薄茶から焦げ茶色を呈しており、3種ともにトリュフの菌根の特徴的な菌糸構造である「パズル状構造」を形成していた。さらにホンセイヨウショウロの菌根は、100 μ mまでの隔壁のない針状菌糸を菌根外へ

伸ばすことが特徴で、黒トリュフの2種は300 μ m程度の菌糸を伸ばし、菌糸が直角に分岐していた。白トリュフ、黒トリュフの菌根間では顕微鏡による形態識別が可能だったものの、黒トリュフの2種間では形態による識別が不可能であることがわかった。このことから、近縁種間の同定にはDNA解析などの分子生物学的手法を用いた診断が必要であることが分かった。

この菌根苗作製の全行程の中で最も注意すべき点は、外部からの他の菌の侵入による汚染 (contamination; コンタミと呼ぶ) である。例えば、種子を表面殺菌する理由は、発芽までのカビの発生を防ぐためであり、培地に用いた土壌を滅菌する理由も同様である。また、育苗中も屋内で管理しなければカビの侵入を許すことになる。最も致命的なコンタミは、トリュフの競合相手である他の菌根菌である。著者らは、上述した孢子懸濁液のほかに、トリュフの孢子を含むと思われる発生地の土壌を滅菌せずにそのまま用いて無菌苗木のポット栽培も行ったが (タロン法と呼ばれる旧式手法)、育苗中にアセタケ属やキツネタケ属の菌根菌の子実体が発生してしまった。最悪の場合、孢子により屋内感染が広まり、苗木が全て汚染される事になる。

以上で述べてきたように、多様な樹種で国産トリュフの菌根苗の作製が可能であることが明らかとなった。その一方で、苗木作製にかかる時間や労力の削減、栽培中に生じうるコンタミのリスク回避など、クリアすべき課題も浮き彫りになってきた。今後はこれらの課題に対処した菌根苗の作製技術開発の推進が望まれる。

8. 今後の課題・展望

以上のように、国産トリュフの栽培研究は緒についたばかりであるが、これまでに、発生地の土壌環境やトリュフ菌の詳細な定着実態が明らかとなり、菌の培養特性も分かってきた。さらに、日本に自生する樹木の苗木に国産のトリュフ菌を共生させた菌根苗の作出にも成功している。また本稿では割愛させて頂いたが、アジアクロセイヨウショウロの生育

に適した環境を整える上で重要と思われる土壌の pH 調整が、トリュフ菌の宿主となる苗木の生育に影響を与えないことや (古澤ら 2020b), 石灰肥料を施用することによって樹木の細根量を増加させることができることも分かっている [小田 (田中) ら, 2022]。今後は, 海外の栽培手法に倣って, 菌根苗を野外に植栽してトリュフの発生を試みる栽培試験を実施し, 適切な植栽苗木の管理手法を検討する必要がある。考慮すべき要因には, 土壌の pH・湿度・肥沃度・通気性・有機物の質・量など様々なものが挙げられ, 栽培対象とするトリュフ菌の定着に有利となるように適切な環境にカスタマイズすることが望まれる。発生地環境情報や菌の培養特性の知見を参考に, 様々な条件や環境下で植栽試験を積み重ねていくことで, 栽培に適した管理手法を導き出すことが必要である。

参考文献

- Bach C, Beacco P, Cammaletti P, Babel-Chen Z, Levesque E, Todesco F, Cotton C, Robin B, Murat C (2021) First production of Italian white truffle (*Tuber magnatum* Pico) ascocarps in an orchard outside its natural range distribution in France. *Mycorrhiza* 31 : 383 ~ 388
- 古澤仁美・仲野翔太・山中高史 (2020b) クロトリュフ宿主としてのコナラおよびアカマツ実生の生育にアルカリおよびカリウム添加が及ぼす影響. 森林総合研究所研究報告 19 : 357 ~ 359
- 古澤仁美・山中高史・木下晃彦・仲野翔太・野口享太郎・小長谷啓介 (2020a) 日本における 2 種のトリュフ (アジアクロセイヨウショウロおよびホンセイヨウショウロ) の生息地の土壌特性. 森林総合研究所研究報告 19 : 55 ~ 67
- Hall IR, Brown GT, Zambonelli A (2007) Taming the truffle. The history lore and science of the ultimate mushroom. Timber, Portland
- Hall IR, Haslam W (2012) Truffle cultivation in the southern hemisphere. In: Edible ectomycorrhizal mushrooms. Zambonelli A, Bonito GM (eds) Springer, 191 ~ 208
- Iotti M, Piattoni F, Leonardi P, Hall IR, Zambonelli A (2016) First evidence for truffle production from plants inoculated with mycelial pure cultures. *Mycorrhiza* 26 : 793 ~ 798
- Kinoshita A, Obase K, Yamanaka T (2018) Ectomycorrhizae formed by three Japanese truffle species (*Tuber japonicum*, *T. longispinosum*, and *T. himalayense*) on indigenous oak and pine species. *Mycorrhiza* 28 : 679 ~ 690
- Kinoshita A, Sasaki H, Nara K (2011) Phylogeny and diversity of Japanese truffles (*Tuber* spp.) inferred from sequences of four nuclear loci. *Mycologia* 103 : 779 ~ 794
- Kinoshita A, Sasaki H, Orihara T, Nakajima M, Nara K (2021) *Tuber iryudaense* and *T. tomentosum*: Two new truffles encased in tomentose mycelium from Japan. *Mycologia* 113 : 653 ~ 663
- Le Tacon F, Rubini A, Murat C, Riccioni C, Robin C, Belfiori B, Zeller B, De la Varga H, Akroume E, Deveau A, Martin F, Paolocci F (2016) Certainties and uncertainties about the life cycle of the Périgord black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.). *Ann Forest Sci* 73 : 105 ~ 117
- Le Tacon F, Zeller B, Plain C, Hossann C, Bréchet C, Robin C (2013) Carbon transfer from the host to *Tuber melanosporum* mycorrhizas and ascocarps followed using a ¹³C pulse-labeling technique. *PLoS One* 8 : e64626
- Marx DH (1969) The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. *Phytopathology* 59 : 153 ~ 163
- Murat C, Rubini A, Riccioni C, De la Varga H, Akroume E, Belfiori B, Guaragno M, Le Tacon F, Robin C, Halkett F, Martin F, Paolocci F (2013) Fine-scale spatial genetic structure of the black truffle (*Tuber melanosporum*) investigated

- with neutral microsatellites and functional mating type genes. *New Phytol* 199 : 176 ~ 187
- Nakamura N, Abe JP, Shibata H, Kinoshita A, Obase K, Worth JRP, Ota Y, Nakano S, Yamanaka T (2020) Genotypic diversity of the Asiatic black truffle, *Tuber himalayense*, collected in spontaneous and highly productive truffle grounds. *Mycol Prog* 19 : 1511 ~ 1523
- 中村慎崇・下野義人・岩瀬剛二・大藪崇司・北出雄生・木下晃彦・小長谷啓介・山中高史 (2019) 日本産黒トリュフ *Tuber himalayense* 子嚢果の5年半にわたる遺伝的動態. 日本森林学会大会講演要旨集 130 : 177
- Nakano S, Kinoshita A, Obase K, Nakamura N, Furusawa H, Noguchi K, Yamanaka T (2020) Influence of pH on in vitro mycelial growth in three Japanese truffle species: *Tuber japonicum*, *T. himalayense*, and *T. longispinosum*. *Mycoscience* 61 : 58 ~ 61
- Nanko K, Ugawa S, Hashimoto S, Imai A, Kobayashi M, Sakai H, Ishizuka S, Miura S, Tanaka N, Takahashi M, Kaneko S (2014) A pedotransfer function for estimating bulk density of forest soil in Japan affected by volcanic ash. *Geoderma* 213 : 36 ~ 45
- Paolocci F, Rubini A, Riccioni C, Arcioni S (2006) Reevaluation of the life cycle of *Tuber magnatum*. *Appl Environ Microbiol* 72 : 2390 ~ 2393
- Reyna S, Garcia-Barreda S (2014) Black truffle cultivation: a global reality. *Forest Syst* 23 : 317 ~ 328
- Riccioni C, Belfiori B, Rubini A, Passeri V, Arcioni S, Paolocci F (2008) *Tuber melanosporum* outcrosses: analysis of the genetic diversity within and among its natural populations under this new scenario. *New Phytol* 180 : 466 ~ 478
- Rubini A, Belfiori B, Riccioni C, Arcioni S, Martin F, Paolocci F (2011) *Tuber melanosporum*: mating type distribution in a natural plantation and dynamics of strains of different mating types on the roots of nursery-inoculated host plants. *New Phytol* 189 : 723 ~ 735
- 齋藤雅典 (2020) 菌根の世界. 築地書館, 東京
- 佐々木廣海・木下晃彦・奈良一秀 (2016) 地下生菌識別図鑑. 誠文堂新光社, 東京
- Selosse MA, Schneider-Maunoury L, Taschen E, Rousset F, Richard F (2017) Black truffle, a hermaphrodite with forced unisexual behaviour. *Trends Microbiol*, 25 : 784 ~ 787.
- Selosse MA, Taschen E, Giraud T (2013) Do black truffles avoid sexual harassment by linking mating type and vegetative incompatibility?. *New Phytol* 199 : 10 ~ 13
- Shimokawa T, Kinoshita A, Kusumoto N, Nakano S, Nakamura N, Yamanaka T (2020) Component features, odor-active volatiles, and acute oral toxicity of novel white-colored truffle *Tuber japonicum* native to Japan. *Food Sci Nutr* 8 : 410 ~ 418
- Smith SE, Read DJ (2008) Mycorrhizal symbiosis, 3rd edition. Academic press.
- 田中 (小田) あゆみ・野口享太郎・古澤仁美・木下晃彦・仲野翔太・小長谷啓介・水谷和人・柴田尚・山中高史 (2022) 石灰施肥がククリ園における細根成長速度, 細根形態と外生菌根形成に与える影響. 根の研究 31 : 7 ~ 15
- Zambonelli A, Iotti M, Murat C (2016) True truffle (*Tuber* spp.) in the world: soil ecology, systematics and biochemistry (Vol. 47). Springer, Switzerland.
- Zambonelli A., Di Munno R. (1992). Indagine sulla possibilità di diffusione dei rimboschimenti con specie tartufigene: aspetti tecnico-colturali and economici. Ministero dell Agricoltura e delle Foreste. Ecoplanning s.r.l., Città di Castello.

(2021.12.3 受理)

速報

長崎県諫早市東大川沿いの‘染井吉野’並木の衰退状況

吉本貴久雄¹・田嶋幸一²

1. はじめに

サクラは全国各地の公園や河川沿いに植栽され、様々な記念植樹用にも多用される。長崎県諫早市中央部を流れる東大川の両岸に約600mにわたって植栽され、地元町内会が長年管理してきた‘染井吉野’（以下、サクラとする）が、2021年4月初めに250mの区間だけ花がまばらにしか咲かなかった（写真-

1）。その後、冬芽の付いたままの枝先端から約50cm下がった位置から新葉がまばらに展開したが、明らかに樹勢は衰えているサクラが多かった（写真-2）。

地元町内会ではこのような症状に気付いたのは今回が初めてであった。そこで今回、樹勢の衰退となる要因を調査した。

2. 調査地および調査木

調査地は長崎県諫早市平山町を流れる東大川にかかる中道橋から上流の大川橋の区間の両側の土手部で、標高10～15m、平均気温17.4℃、年間降水量1894.7mmである。地元の町内会で1996年3月に植栽され、25年生となっている。植栽間隔は約10mである。毎年7月初旬と10月中旬に植栽された土手の下刈り作業を行っている。2021年4月1日現在で、下流へ向かって左岸に39本、右岸に76本、合計115本のサクラが生存している。これら115本すべてを調査対象とした。

植栽されている位置は、河川護岸の擁壁上の盛土部で、隣接して幅員3m程度の遊歩道兼生活道があり、伸長した根が常に踏圧を受けることから、サクラの生育環境としては良くない。根元直径の平均値は33cmで、胸高付近で分岐している樹形が多い。これらのサクラの中で開花しなかった区間は、右岸側中道橋から上流へ250mの区間であり、残りを開花した区間とした（図-1）。

3. 調査方法

樹勢衰退の要因として、1) 根元付近の木部に達し、露出している傷の有無・不定根の有無、2) 根元付近の木材腐朽を判断する子実体の有無、3) 加

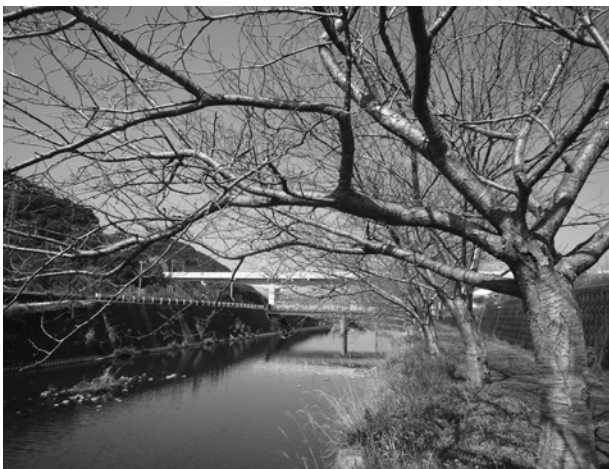


写真-1 東大川の両岸に植栽された‘染井吉野’



写真-2 枝の先端が枯れて樹勢の弱った‘染井吉野’

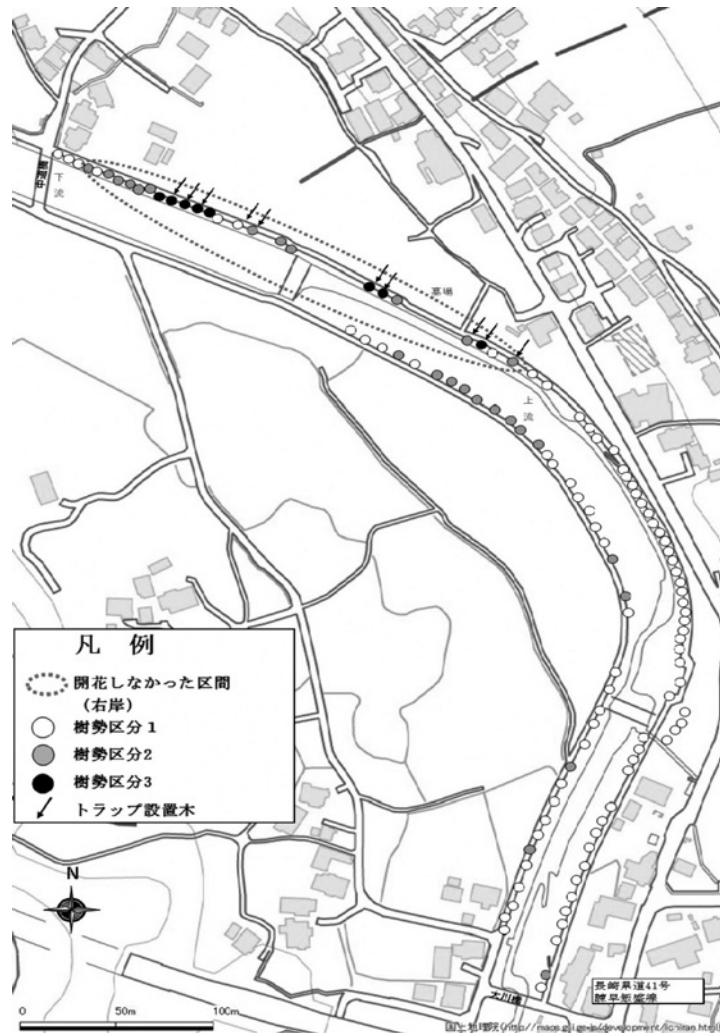


図-1 ‘染井吉野’ 植栽位置図

害虫類（脱出孔・フラス等）の有無の被害様相を、2021年4月1日に、地上部の目視により調査を実施した。

サクラの樹勢の衰退度は三田ら（2009）の展葉割合の判定方法を参考に4月30日時点で目視により若葉の開葉と枝梢端の枯れの状況から、樹勢区分を枝先端まで開葉しているものを「1」、枝先端の枯れが目立つものを「2」、枝先端の枯れが半数以上に及び、枝先端下からの萌芽や幹からの萌芽が目立つものを「3」として個々のサクラの樹勢を判定した。

加害昆虫では幹根元に直径1cm程度の古い脱出孔が見られたサクラが複数本あり、その被害様相から大型カミキリによる加害が疑われた。このため、こ

の脱出孔の有無を調査するとともに、4月30日に開花しなかった区間で古い脱出孔のあるサクラ10本を選定し、トラップを設置した。トラップはサクラの根元に幅1.0m・#5mmのステンレス網を地上高70cm程度になるよう巻いて、上端を隙間のないようロープで止め、下端はスカート状に膨らみを持たせて地面に1cm程度埋設し隙間のないようにした。トラップの高さは既存の脱出孔が地表から50cm程度の高さまでであったことにより定めた。

7月20日まで脱出する昆虫を捕獲して種類を確認した。また、2021年4月30日から7月20日にかけて、すべてのサクラを3～5日毎に巡回し、見つけ採り法によりカミキリ成虫を捕獲した。コスカシバ

(*Synanthedon Hector*) については、ヤニ、フラス（糞と木くずが混ざったもの）及び蛹の脱皮殻の有無を調査した。

4. 結果と考察

(1) 被害様相

1) 根元付近の傷の有無・不定根の有無

根元付近の傷が見られた樹は、開花しなかった区間で17本、開花した区間で28本あり、合わせて45本で115本中39.1%を占めた。傷は水平方向に樹皮が剥がれ、木部が露出しており、その長さは、幹周の1/3～1/4に達し、比較的大きく（写真-3）、その傷が縦横に捲れたりして形状は大小様々であるが、水平方向への傷は共通している。傷の原因は町内会への聞き取りでも判然としないが、土手の斜面地で足場が不安定なことから刈り払い機による損傷などが考えられる。

また、樹皮が縦に裂けて心材部の腐朽や空洞化が進行しつつあるサクラも4本見受けられた。いずれの傷も木部が露出して様々な腐朽菌が入っていると推察される。傷のあるサクラの約30%から大小の不定根が出ていることから、傷のできた時期は直近ではないと考えられた。

2) 木材腐朽を判断する子実体の有無

サクラの根元付近における主要な木材腐朽菌の子



写真-3 根元付近の傷

実体の出現状況を調査した。子実体が確認できたサクラは13本であった。開花しなかった区間では樹勢区分3の1本にコフキサルノコシカケ (*Ganoderma applanatum*) の子実体が確認された。その他のサクラ12本は、開花した区間で、子実体が古く損壊しているため同定できないが、ベッコウタケ (*Perenniporia fraxinea*) に類似していた。一方、サクラ類の病原体として比較的発生が多いナラタケ類の子実体や、傷口での根状菌糸束や菌糸膜についても見つけることはできなかった。子実体が出る時期の問題があり、子実体の調査で木材腐朽程度を短期間に把握することは容易ではないが、全体の植栽区域の中で特定の区域に集中して子実体が発生していることはなく散発的であった。

3) 加害昆虫類（脱出孔・フラス等）の有無

①ゴマダラカミキリ

5月28日～7月15日までに13頭を捕獲した。開花しなかった区間に設置したトラップで捕獲したもの3頭と巡回により採集した10頭の大型カミキリはすべてゴマダラカミキリ (*Anoplophora malasiaca*) であった。トラップ内の新しい脱出孔は1cm内外の正円に近く、トラップを設置する前に確認した古い脱出孔も同様の形状なので、すべてゴマダラカミキリの脱出孔と考えられた。

4月1日に確認した古い脱出孔は18個、7月20日までに新たに確認した脱出孔は13個で合計31個と増加した。開花しなかった区間で脱出孔のあるサクラは7本から11本に増加し、脱出孔は合計22孔で平均2孔/本（1～5孔/本）となった。開花した区間で脱出孔のあるサクラは1本から7本に増加し、脱出孔は合計9孔で平均1.3孔/本（1～2孔/本）となった。

②コスカシバ

コスカシバは、侵入時のヤニの流出、フラスや脱皮殻の有無について調査した。ヤニやフラスは幹・枝に点在してまばらに有り、幹枝を一周して集中的に食害するほどの状況のものは認められず、一部の枝に影響はあるかもしれないが樹冠全体の

表-1 ‘染井吉野’の樹勢区分別本数 (本)

区間	樹勢区分*			合計
	1	2	3	
開花しなかった区間	4	12	8	24
開花した区間	77	14	0	91
合計	81	26	8	115

*内訳

1. 枝先端まで開葉しているもの。
2. 枝先端の枯れが目立つもの。
3. 枝先端の枯れが半数以上に及び、枝先端下からの萌芽や幹からの萌芽が目立つもの。

表-2 開花しなかった区間の樹勢区分別と衰退要因別の本数 (本)

樹勢区分	衰退要因							合計
	ゴマダラカミキリ* 根元の傷** コスカシバ***	ゴマダラカミキリ コスカシバ	ゴマダラカミキリ 根元の傷	根元の傷 コスカシバ	根元の傷	コスカシバ	なし	
1	0	0	0	1	1	1	1	4
2	1	2	1	5	1	2	0	12
3	4	1	2	1	0	0	0	8
計	5	3	3	7	2	3	1	24

注釈

- * :ゴマダラカミキリによる脱出孔
- ** :下刈り等による根元の傷
- ***: コスカシバによる加害

衰退に及ぼすほどではないと考えられた。

(2) 樹勢区分と衰退要因との関係

樹勢区分ごとに、開花しなかった区間と開花した区間の個体数を表-1に示した。

開花しなかった区間と開花した区間における樹勢区分の出現割合には有意な差がある ($\chi^2=54.14$, d.f.=2, 13.82 $p<0.001$)。

そこで、区間別にこれらの樹勢衰退要因と思われる「根元付近の傷、コスカシバの加害、ゴマダラカミキリの脱出孔」と樹勢との関わりを表-2, 3に細分した。

開花しなかった区間では、本数率75%に2~3の複数の衰退要因が重複して認められ、これらには樹勢区分3に至ったサクラが含まれていた(表-2)。特に3つの衰退要因が重複した5本のうち4本は樹勢区分3となっている。衰退要因を個別にみると、

24本中ゴマダラカミキリの脱出孔のあるものは11本(45.8%)、コスカシバの加害があるものは18本(75.0%)、根元に傷があり腐朽が進行していると考えられるもの17本(70.8%)と、コスカシバによる被害や根元の傷のある本数割合が高かった。このうち樹勢区分が2及び3になったものは、ゴマダラカミキリの脱出孔のあるものは11本(100%)、コスカシバの加害があるものは16本(88.9%)、根元の傷があるものは15本(88.2%)と、いずれの要因の本数割合も高くなった。更に、樹勢区分3のみを見るとゴマダラカミキリの脱出孔のあるものは7本(63.6%)、コスカシバの加害があるものは6本(33.3%)、根元の傷があるものは7本(41.2%)とゴマダラカミキリによる被害の割合が高くなった。

開花した区間では衰退要因が重複したサクラは合計9本で10%未満に過ぎなかった。3つの衰退要因が重複して認められた1本は6月23日にゴマダラカ

表-3 開花した区間の樹勢区分別と衰退要因別の本数 (本)

樹勢区分	衰退要因								合計
	ゴマダラカミキリ* 根元の傷** コスカシバ***	ゴマダラカミキリ コスカシバ	ゴマダラカミキリ 根元の傷	根元の傷 コスカシバ	根元の傷	コスカシバ	ゴマダラカミキリ	なし	
1	1	0	1	3	17	13	1	41	77
2	0	1	1	2	3	2	2	3	14
計	1	1	2	5	20	15	3	44	91

注釈

* :ゴマダラカミキリによる脱出孔

** :下刈り等による根元の傷

***: コスカシバによる加害

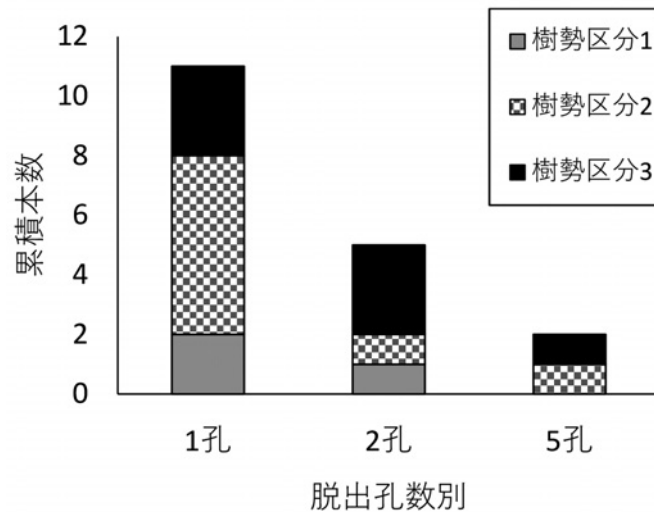


図-2 ゴマダラカミキリ脱出孔数の異なる‘染井吉野’と樹勢区分の関係

ミキリの脱出孔が初めて確認されたサクラである。衰退要因を個別にみると、91本中ゴマダラカミキリの脱出孔のあるものは7本(7.7%)、コスカシバの加害があるものは22本(24.2%)、根元の傷があるものは28本(30.8%)とコスカシバの加害や根元の傷のある本数割合が高かった。このうち樹勢区分が2になったサクラはゴマダラカミキリの脱出孔のあるものが4本(57.1%)、コスカシバの加害のあるものが5本(22.7%)、根元の傷があるものが6本(27.3%)とゴマダラカミキリの被害による本数割合が高くなった。

ゴマダラカミキリの脱出孔数の多さが樹勢に影響するのを見るため、孔数1個のサクラ11本、孔数

2個のサクラ5本、孔数5個のサクラ2本の合計18本について樹勢区分別に図-2に示した。いずれも樹勢区分2・3が含まれ、脱出孔が1孔あるだけでも樹勢衰退の要因にはなり得ると考えるが、明確な傾向は判断できなかった。樹種は異なるが、カンキツ園の被害の程度を示す指標として調査樹1本当たりのゴマダラカミキリの脱出孔数を調査した事例では、脱出孔数が新旧合わせて10個程度になると枯死にいたる(三富ら1990)としている。

今回の調査では、表-2, 3に示したように開花しなかった区間ではゴマダラカミキリの脱出孔があるものはすべて樹勢衰退が起こり、開花した区間では脱出孔のある7本のうち4本が衰退している。こ

のため、いくつかの要因の重複度合いが樹勢の衰退に影響すると考えられた。

また、開花しなかった区間にも、開花した区間にも、外見上は何の要因も認められないが、開花しないものや樹勢が衰退しているものが含まれていた。外見ではわからない踏圧の影響や腐朽、ゴマダラカミキリ幼虫の穿孔など潜在している要因が他にもあると考えられるが、今後の継続調査が必要である。

5. まとめ

調査対象とした地域のサクラ並木は、根元付近の傷、コスカシバの侵入、それらの傷口を侵入門戸とする木材腐朽の蔓延、ゴマダラカミキリの加害などの衰退要因が重複する事例が認められた。特に開花しなかった区間ではその傾向が強かったことから、衰退要因の重複度合いが樹勢の衰退に影響すると考えられた。

ゴマダラカミキリの加害については、コバノヤマハンノキ（遠田・小林 1968）やヒメヤシャブシ（福田 1979）に壊滅的被害を与えた報告はあるが、今回の調査によりサクラに対しても大きな被害を与えることが示された。

本調査地では、2021年9月17日の台風14号によって開花しなかった1本のサクラが倒木した。この樹は樹勢区分3で、ゴマダラカミキリの脱出孔5個が確認されたものであった。台風で倒木に至る可能性を脱出孔数から推定することは難しいが、樹体内部の食害により倒木の危険は明らかに高まると考えられる。現在、外来種のクビアカツヤカミキリ (*Aromia bungii*) がサクラの脅威となっているが、在来のゴマダラカミキリについても集団化すると大きな被害を与える可能性があるため、防除の対象として留意しておく必要がある。

根元の多数の傷は自然にできたとは考えにくく、下刈り時の傷であれば、作業時の注意が求められる。樹幹心材部が露出している個体は、接ぎ木で増殖されるサクラの潜在的に抱える問題として、根株心材腐朽を起ししやすい（和田 2007）ことも関係していると考えられる。

材部の腐朽や踏圧、傷の手当などは樹木医や造園技術者の対応が必要であるが、サクラを管理する町内会では、ゴマダラカミキリとコスカシバの薬剤防除や成虫捕殺から取り組みを始めている。これらの取り組みによりサクラの樹勢衰退が止まるのか引き続き観察したい。

引用文献

- 遠田暢男・小林一三（1968）コバノヤマハンノキ植栽地におけるゴマダラカミキリの被害推移. 79回日林講. 216～217
- 福田文夫（1979）ヒメヤシャブシ砂防造林地におけるゴマダラカミキリの被害. 森林防疫 28：161～162
- 三田瞬一・星崎和彦・佐々木佳明・金田吉弘・和田覚・蒔田明史・小林一三（2009）2004年台風15号による塩風害が秋田県の樹木に与えた影響：樹種・地域による変動及び海岸マツ林の防風効果. 樹木医学研究 13：125～138
- 三富 誠・黒田栄治・岡本秀俊（1990）ゴマダラカミキリの生態に関する研究. I. 香川県下のカンキツ園におけるゴマダラカミキリ成虫の脱出孔の調査. 応動昆 34：7～13
- 和田博幸（2007）サクラの材質腐朽病害の診断と治療. グリーン・エージ 34：30～35

（2022.2.9 受理）

学会報告

病虫害研究最近の動向

— 樹木医学会第26回大会報告 —

服部友香子¹

1. はじめに

2021年11月27日から12月5日にかけて、樹木医学会第26回大会が開催された。本大会は、昨年度と同様に鳥取大学での開催に向けて準備が進められていたが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響を受け、惜しくも再びのオンライン開催となった。初日の27日には、定期総会と「鳥取県の果樹の病虫害」をテーマとした特別講演会で3件の発表がライブ配信され、翌28日にはポスター発表21件の概要紹介と口頭発表14件が行われた。口頭発表は、質疑応答以外は録画を視聴する形で配信が行われ、大会期間中は何度でも閲覧可能であった。ポスターも随時閲覧でき、チャット機能を用いた質疑応答により、活発な議論が繰り広げられた。研究発表はナラ枯れおよび病虫害に関する報告が多数を占めたが、樹木診断、管理、生理や景観に関する報告もあった。本報告では、各発表内容の概要を簡単に紹介する。詳細な発表内容については、樹木医学会第26回大会要旨集および会誌「樹木医学研究」で順次公開される「速報」を参照されたい。特別講演および受賞講演については、樹木医学研究26巻1号が詳しい。

2. 特別講演会「鳥取県の果樹の病虫害」

特別講演会に先立ち、司会を務める智頭の山人塾（元鳥取大農学部）の山本福壽氏により趣旨説明が行われた。鳥取県は、二十世紀ナシをはじめとするニホンナシ、カキ、ブドウなどの果実の名産地である。果樹栽培の歴史は、果樹病害との戦いの歴史でもあり、安定した栽培を可能とするため、今日まで様々な管理・防除のための研究が行われてきた。本講演では、はじめに兎玉（鳥取大農）により、ニホンナシの主要な病害とその防除方法についての概論

の後、近年問題となっている新規病害虫の現状および近年の栽培環境の変化への対応のため導入された新技術が紹介された。続いて、大崎（鳥取大農）は、ナシ黒斑病および黒星病の抵抗性品種の育種のための研究紹介として、各ナシ品種の抵抗性の評価と人工受粉用のナシ花粉中に、植物病原細菌を含む病原体が混入する汚染状況結果について説明した。最後に、中田（鳥取県）は、新品種であるニホンナシ‘新甘泉’およびカキ‘輝太郎’をはじめとする鳥取県を代表する果樹の病虫害の被害状況と防除に向けた取り組みとして、防除暦の作成、栽培技術や農薬削減への取り組みなど、実際に生産現場で実施されている対応を紹介した。

3. 樹木医学会功績賞と奨励賞

本年度の表彰は2件あった。2件とも録画配信という形で発表が行われ、大会参加者だけでなく、樹木医学会会員全員が視聴可能であった。「樹木の環境ストレス応答および樹脂生産に関する研究、樹木医学会および樹木医会への貢献」という業績により樹木医学会功績賞を受賞した山本（智頭の山人塾）は、氏が長年取り組んできた研究のうち、乾燥と高塩濃度環境、過湿環境、重力および樹幹の病傷害によるストレスに関する形成層活動と植物ホルモンの生理作用について紹介した。また、「樹木に寄生するボトリオスフェリア目菌類の分類学的研究」という業績により奨励賞を受賞した服部（森林総研・学振）は、日本産*Botryosphaeria*属および*Neofusicoccum*属菌の分類学的再検討の結果を紹介した。

4. ナラ枯れおよび虫害に関する研究

口頭発表のうち、ナラ枯れとカシノナガキクイム

¹HATTORI, Yukako, 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

シに関連する研究として、高橋（森林総研）らは、つくば市内の公園緑地で子実体の発生状況を調査し、多くの公園でならたけもどき病が蔓延している状態であること、ナラタケモドキの発生が多いほどカシノナガキクイムシの穿孔木の数も増加する傾向があることを報告した。阿部（東京都公園協会）らは、14年周期で皆伐更新を実施している雑木林とその周辺エリアでのナラ枯れの発生状況調査を行った結果、皆伐エリアではナラ枯れ被害が少ないことを確認し、皆伐が雑木林管理においてナラ枯れ対策に有効である可能性を示した。黒田（神戸大農）は、ナラ枯れ被害地における被害の発生・拡大状況や管理の履歴等の調査により、根本的な伐倒駆除などの対策は予算の面から継続が難しく、対症療法的な対応にとどまることがナラ枯れ被害を恒常化・拡大させていることを指摘し、長期的な対応策として伐採による林齢の若齢化および樹種転換の推進を提言した。ポスター発表では、小野里（群馬県林試）は、群馬県林業試験場内でのならたけもどき病の調査を行い、今年の衰弱木の数が2001～2005年の調査時と比べて最も多く、密植傾向にあるツツジ類の被害が顕著であったことを報告した。阿部（東京都公園協会）は、2019年から3年にわたって実施した60ヶ所の公園のナラ枯れ被害調査の結果報告と東京都公園協会の取り組みについて紹介した。竹本（東大）らは、東京大学田無演習林内での外国産樹種 アメリカガシワ、ウィローオークおよびホワイトオークにおけるカシノナガキクイムシの枯死被害状況を明らかにした。

虫害に関する研究としては、加賀谷（森林総研）らは生立木を加害する一次生カミキリムシであるクビアカツヤカミキリ、ツヤハダゴマイロカミキリおよびサビイロクワカミキリの日本への侵入・拡大と被害状況について概説した。増井（北大農）らは、ハンノキハムシのBVOC（植物起源揮発性有機ガス）選好試験およびGC-MS（ガスクロマトグラフ質量分析装置）試験を行い、ハンノキハムシが食害対象樹種にのみ選好性を示し、また、ハンノキハムシに誘引性を示すBVOC組成は複数存在することを示唆

した。ポスター発表では、田村（西武造園）らは、淡路島周辺におけるクビアカツヤカミキリ被害の実態調査から島内へ侵入した際の被害拡大の危険性を評価し、多くの地点で侵入・被害が拡大する可能性が高く、さらに高速道路付近の密植された街路樹の危険度が特に高いことを報告した。辻本（沖縄美ら島財団）らは、アカギにおける外来種ヒメヨコバイ被害の防除技術の確立のため、樹幹注入剤を用いた薬剤効果試験を行いその有効性を確認した一方で、無処理区と樹冠が重なるような処理区では差が見られず、無処理区から樹冠を通して幼虫が移動し被害が発生した可能性が高いと考察した。

5. 菌類・細菌類による病害と微生物に関する研究

畑（鹿児島大）らは、サザンカから分離された輪紋葉枯病菌の5～40℃の各温度区での培養試験から、25℃以上になると輪紋葉枯病菌の成長速度は減少し、30℃以上では成長が見られないことを報告した。Win（東大）らは、ミャンマー産チャノキの葉と枝から内生菌を分離し、*Colletotrichum*、*Diaporthe*および*Phyllosticta*属菌が優占することを明らかにした。また、葉への接種試験から*Neofusicoccum parvum*が最も強い病原性を示し、内生菌が病気を引き起こす可能性を報告した。岩川（神戸大農）らは、沖縄県においてマンゴーおよびデイゴ衰退木の枝枯部位における菌類およびキクイムシの調査を行った結果、両樹種で共通して分離される養菌性キクイムシと*Fusarium*属菌の存在を確認し、キクイムシが樹種間を移動し病原菌類を媒介している可能性を示した。宮越（神戸大農）らは、国内のアボカド衰退枯死の調査を行った結果、愛媛県の枯死木では養菌性キクイムシの随伴菌として知られる*Raffaelea lauricola*が原因である可能性があり、鹿児島県では2種のキクイムシと*Lasiodiplodia* sp.および*Fusarium* sp.が確認されたことを報告した。ポスター発表では、亀山（琉球大農）は、西日本および琉球列島におけるホルトノキ萎黄病の6年間の調査から、九州・四国と琉球列島で感染状況は

顕著に異なる一方で、病原となるファイトプラズマの検出率が高い林分での未感染個体への感染が確認されなかったことから、感染の拡大が容易には起こらない可能性があることを報告した。柴田（法政大植医）らは、美森の大ヤマツツジとその周辺のヤマツツジにおけるてんぐ巣病の病原菌の解明と発生実態調査を行い、病原菌は*Exobasidium pentasporium*と同定し、病徴が観察された5月下旬から7月上旬のうち、5月末から6月の短期間に孢子飛散が起きていることを報告した。野口（法政大植医）らは、日本各地の17地点のマツ属植物より分離された*Lophodermium*属菌の形態観察および分子系統解析から、少なくとも5種の*Lophodermium*属菌の存在を明らかにし、その種分化は地域ではなく宿主に依存する傾向を見出した。服部（森林総研・学振）らは、日本産*Cytospora*属菌の保存株の形態観察および分子系統解析より、供試した55株の内、39株が*C. ceratosperma*の近縁種であることを明らかにし、殆どの菌株が登録名とは異なる種であることを報告した。岩切（東大院農）らは、都内で採集されたシイサルノコシカケの子実体の分子系統解析および形態観察の結果、供試された子実体は、系統樹上で*Perenniporia tephropora*ではなく、*P. subttephropora*と単系統となった一方で、一部 *P. subttephropora*とは異なる形態的特徴を有することを報告した。早乙女（鳥取大）らは、チャアナタケおよびチャアナタケモドキによるニホンナシの腐朽枝の観察、分離菌株を用いたセルラーゼとリグニン分解酵素の活性とバイオマス減少量を測定し、リグニン分解酵素活性の高さや菌叢の色の差が両菌の判別形質になりうると結論づけた。鳥居（森林総研）らは、スギ腐朽木および子実体由来の分離株の形態観察と分子系統解析を行い、国内産チャアナタケが、*Fomitiporella umbrinella*ではなく *F. sinica*であることを明らかにした。また、生立木への接種試験の結果、国内産チャアナタケは辺材腐朽を引き起こし、枯枝あるいは枝打ち痕が侵入門戸の一つであると示した。片桐（岐阜県森林研）らは、岐阜県内の皆伐から約一年後の地域において、根株の腐朽被害の有無と配置図の作

成および根株断面の観察を行い、腐朽被害が確認された根株本数割合は30.7%であり、14.6%が傷由来での腐朽であることを確認した。

6. 樹木診断, 管理, 生理および生態に関する研究

小池（北大農）らは、ドロノキおよび改良ポプラ雑種のO₃付加区での虫害の発生状況と植物体の成長を調べ、O₃付加区では先行研究同様に病虫害の発生が極めて少なく、改良ポプラ雑種では高O₃に耐性が認められたことを報告した。石黒（石黒樹木医事務所）は、野外で採取、あるいは人工的に接種し寄生させたヤドリギの寄生根の解剖および観察を行い、寄生初期ではくさび形寄生根が観察され、その後、板形寄生根を形成することを確認した。前田（樹木医）らは、衰退すると雄木から雌木へ性転換することで知られるウリハダカエデの雌木の割合が非常に高い公園の調査を行い、法面あるいは倒伏木において雌木の割合が高いことを確認し、倒伏による根系へのダメージ、土壤の乾燥や気候が性転換を引き起こしていると考察した。松永（東農大院）らは、圃場、温室および人工気象機内の異なる温度および滞水条件にて、スタジイとツブラジイの苗木を育成した結果、両種とも滞水耐性は低く、スタジイはより高温の影響を受けやすいと報告した。小木（日大理工）は、原宿表参道の並木と建物の景観の歴史と変遷について調査を行い、現在の景観を構成するケヤキ並木が植栽された経緯を明らかにし、地区計画の指定と樹木の成長および管理とにより、今後も表参道周辺の景観の持続性は保たれると都市計画的視点で考察した。ポスター発表では、飯塚（国総研）らは、樹木点検・診断において危険度が高いと評価され伐採となったユリノキの事後検証を行った結果、樹幹の腐朽割合は推測値との差は僅かであり、診断結果は正当な評価であったことを報告した。山田（東大）らは、サクラ類街路樹の3個体においてドクターウッズを用いた音速トモグラフィ測定の結果と材密度の測定結果を比較し、基本的には腐朽部において音速は低下するが、低い周波数の速度が材密度の

影響を大きく受けることを明らかにした。片岡 (HARDWOOD) らは、高知県梶原町 (ゆすはらちょう) 善福寺の千年杉の非破壊弾性波樹木診断システムを用いた画像診断を基に、樹木診断の結果と実施した倒木予防措置について報告した。浅井(木風) は、筒型土壌改良剤ブレスパイプバンパー設置区と未設置区の実生クスノキ苗木の地上部の生育調査を行い、設置区と未設置区で有意差を確認し、ブレスパイプの設置は初期成長を促進すると結論づけた。Thuyet (大成ロテック) らは、樹木画像から樹木の成長を評価する手法として、AIによる画像解析手法を設計し、新規手法は従来手法より計算量は多いものの画像の露出条件等の影響を受けにくく、樹高や葉の形状を含む26ものパラメータを検出でき、高精度で評価できることを報告した。勝木 (森林総研) らは、異なる10の母樹由来のクマノザクラ実生苗の育苗試験を行った結果、1から10週後まで全ての母樹間で平均樹高に有意な差があり、平均樹高に影響を与えたと考えられる原因不明の萎縮症状を呈する病害の発生率も母樹間で有意差があったことから、種子の状態で感染している可能性を報告した。平川 (東大) らは、樹木用コンパクトMRIを用いて樹木9種のMR画像および物理パラメータの計測を

行った結果、全ての樹種において水分分布は形成層で最大となった他、各物理パラメータはそれぞれ水分分布や組織構造と対応していることを明らかにした。坂上 (東大演) は、主要な針葉樹種の苗木の人工加熱実験から、52～54℃以上で熱障害による被害が発生することを明らかにした。アカマツ・トドマツ・エゾマツでは、枯死の発生温度が苗齢とともに高まる傾向から、苗の直径や樹皮の厚さが増すことで熱障害に対する耐性を獲得していると推察した。

7. おわりに

二度目のオンライン大会開催ということで、昨年度大会から参加者は減ったものの、口頭・ポスター発表ともに発表件数が僅かながら増加した。例年通り、大学や研究所だけでなく樹木医や造園関係の方々からの発表も数多くあり、樹木医学会らしい大会であった。遠隔地からも気軽に参加でき、好きな時に何度でも発表を見返すことのできる自由さがオンライン学会の強みだと感じた一方で、画面越しに複数人での議論や情報交換をすることは難しく、物足りなさを感じる場面もあった。次回こそ、現地での開催が叶うことを願うばかりである。

(2022.4.11 受理)

都道府県だより

鳥取県におけるシカ被害の現状と対策

〇はじめに

鳥取県では年々、ニホンジカの個体数が増加しており、令和元年度の推定個体数は51,627頭（中央値）で、過去13年間で2.3倍となっている（図-1）。特に、県東部地域に県内の92%が生息していると推定されており、農林業生産活動や生態系等に大きな影響を与えている。

本県では、ニホンジカの個体数を半減させるため、年間捕獲目標を9,000頭以上とし、猟友会の協力を得ながら有害鳥獣駆除や狩猟期間の延長等により捕獲強化を図っている。

〇造林地におけるシカ対策

本県では、県内人工林の約半数以上が植栽から50年以上経過し、森林資源の平準化や持続可能な林業経営の観点から、従来の間伐主体の森林整備から皆伐再造林へシフトしていくことを目指しているが、シカ対策をはじめとした再造林に要する費用負担の

問題もあり、進んでいないのが現状である。シカの生息密度が高い県東部地域における造林地では防鹿柵（写真-1）の設置が必須であり、同地域を管轄する鳥取県東部森林組合は平成30年度から現在までの間に約64kmを設置している。防鹿柵の設置により苗木の食害は減少しているものの、毎年、柵の延長が増え続け、点検や破損箇所の補修など維持管理に係る人件費の負担増加が新たな課題となっている。



写真-1 造林地に施行された防鹿柵

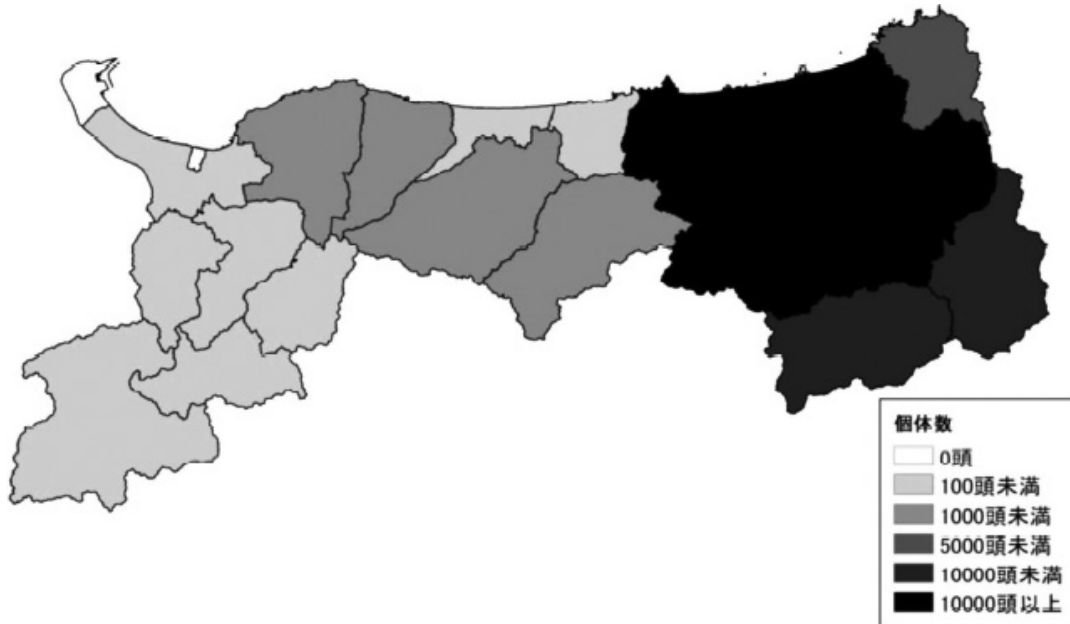


図-1 市町村別の推定個体数（頭）（令和元年度中央値）

○森林組合によるシカ捕獲への取組

中山間地域におけるシカ被害は深刻であり、県や関係市町村が連携し、猟友会の全面的な協力のもと捕獲を進めていく必要があるが、現場を担う狩猟者は減少し、捕獲の即戦力となる若手や銃猟者の確保・育成が喫緊の課題となっており、造林地周辺にまで及んでいないのが実情である。また、造林地でこれまで進めてきた防鹿柵は積雪や暴風により破損することがあるため、シカ密度が高い地域では常に侵入されるリスクを抱えていた。こうしたことから、鳥取県東部森林組合は自ら造林地周辺のシカ捕獲に取り組むこととし、令和2年12月に職員3名体制で狩猟班を編成した。狩猟班3名のうち2名は罝猟免許所持者で、造林地周辺に「くくり罝」を設置して捕獲に取り組んでおり、令和4年3月現在で計67頭の



写真-2 職員によるわな設置状況



写真-3 ウインチによる積込状況

捕獲実績となっている（写真-2, 3）。

○今後の課題

造林地におけるシカ被害防止対策は、これまで侵入を防ぐ防鹿柵の設置を主流としてきたが、鳥取県東部森林組合の事例のように、林業事業者自らが造林地周辺での捕獲に取り組むなど、シカ密度の高い地域においては、守りと攻めの両面による対策が必要と考えられる。現在は県東部地域での取り組みであるが、県中西部でもシカの生息数が増加しており、同様の取り組みが必要となることが想定され、増え続ける防鹿柵の点検管理や捕獲に要する負担軽減を早急に進めていく必要がある。

（鳥取県農林水産部 森林・林業振興局 森林づくり推進課）

栃木県における福島茨城栃木連携捕獲協議会による県境地域でのニホンジカ対策

○はじめに

栃木県の西部から福島県の南部にかけては、ニホンジカ（以下、シカ）の生息地となっています（図-1）。しかしながら、近年は東側の地域に分布が拡大傾向であり、福島県、茨城県、栃木県の3県境が交わる八溝山（やみぞさん）周辺においては、平成29(2017)年に農研機構中央農業研究センターが山頂付近に設置したセンサーカメラにオスジカが撮影され（写真-1）、さらに付近での目撃等の情報が確認されるようになってきました。この地域は、古



写真-1 茨城県大子町の八溝山頂付近で平成29(2017)年11月に撮影されたオスジカ

農研機構中央農業研究センター竹内正彦氏提供。

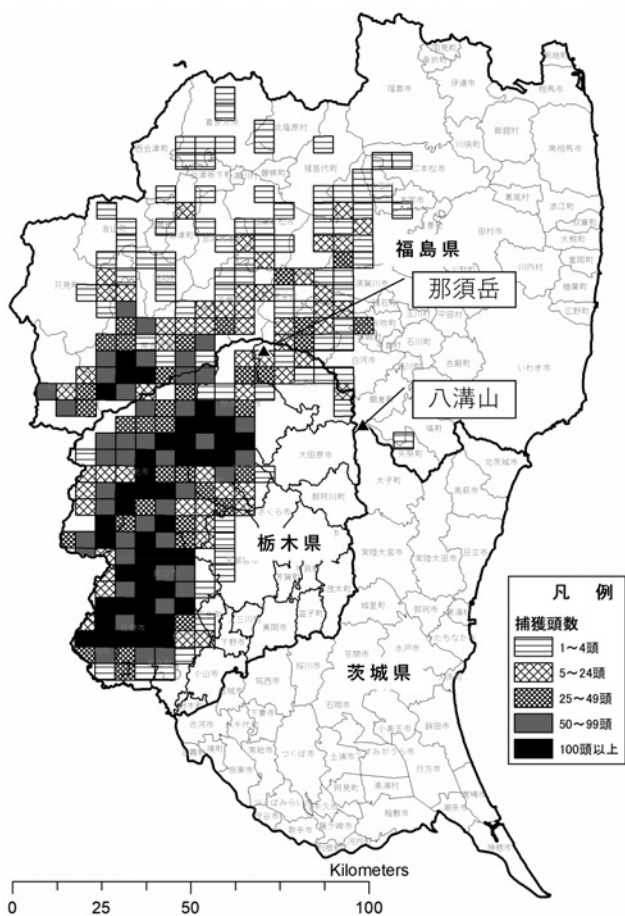


図-1 令和2(2020)年度のシカ捕獲状況

狩猟, 許可捕獲, 指定管理鳥獣捕獲等事業による捕獲の合算値。

くから知られた良質なスギ・ヒノキの産地であるとともに、ブナ・ケヤキ・ミズナラ等を中心とした天然林も分布しており、シカが定着した場合、農林業被害が危惧されるだけでなく、天然林も含めた自然植生が被害を受ける可能性があります。このため、福島県、茨城県及び栃木県は、三県境地域におけるシカ対策の推進を目的として、令和元(2019)年7月30日に福島茨城栃木連携捕獲協議会を設立しました。

○協議会の構成と事業

協議会は、各県の自然環境担当課長を構成員とし、会長と事務局は協議会の提案県である栃木県が担うこととしています。対象区域は、これまでの捕獲や目撃情報を踏まえ、本来のシカ分布域の辺縁部にあたる那須岳から、新規に分布が拡大しつつある八溝山にかけて、図-2のように設定しました。事業は、環境省の指定管理鳥獣捕獲等事業を活用し、協議会として発注しています。初年度の令和元(2019)年度は調査事業のみを、次年度からは調査事業と捕獲事業を併せて実施しています。

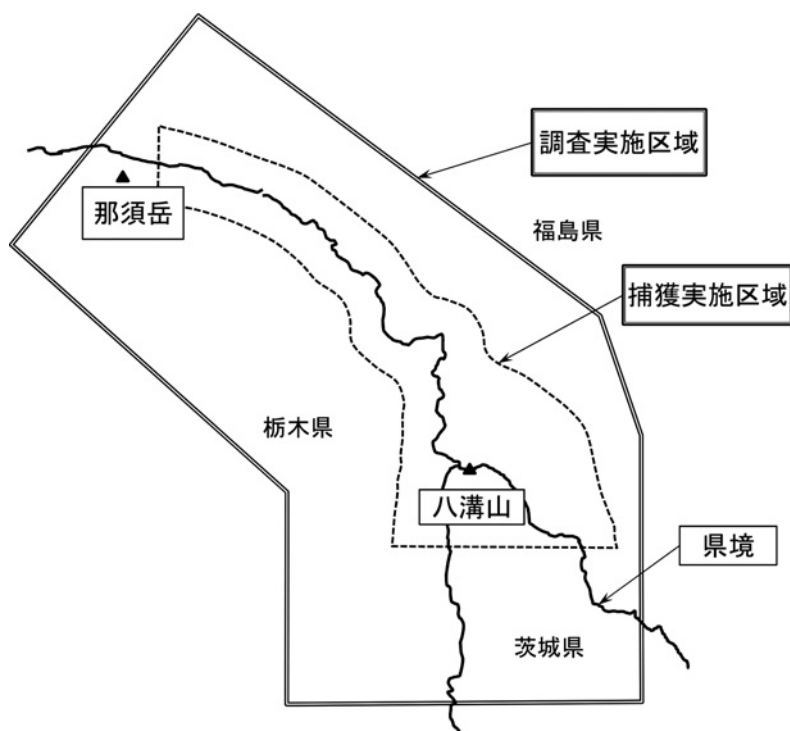


図-2 協議会の事業実施区域

○調査事業

三県境地域のシカの生息密度は未だ低く、生息状況を把握した上で効果的に捕獲に取り組む必要があります。そこで、糞塊密度調査とGPS発信機による行動追跡調査を実施しています。

糞塊密度調査は、1地区あたり5km程度の固定ルートを設定し、踏査をして左右1mの糞塊をカウントする方法です。いわゆる5kmメッシュ（全国標準地域3次メッシュの5倍メッシュ）を1地区としており、34地区を調査対象としています。八溝山周辺で糞塊が発見された地区の密度は、シカが本来生息していた栃木県西部や福島県南部に比べれば少ないものの、これまで捕獲や目撃が確認されていなかった広い範囲で検出されています（図-3）。今後も同じルートでの調査を継続し、変化を追跡していく予定です。GPS発信機については、これまで生体捕獲を試みてきましたが、生息密度が低いことから捕獲に至っていません。

○捕獲事業

令和2（2020）年度からは、那須岳周辺において分布の拡大を防ぐためのくくりわなによる捕獲を、八溝山周辺において侵入個体の減少を目的とした忍び猟を実施しています。くくりわなについては、令和2（2020）年度に3頭、令和3（2021）年度に9頭捕獲しました。餌による誘引の効果も確認されていることから、今後は囲いわなも併用して実施していきたいと考えています。忍び猟については、目撃は何度かあったものの、捕獲には至っていません。低密度であることから捕獲は困難ですが、個体数の増加を抑えるために捕獲は継続すべきであり、今後はコール猟も組み合わせるなど、工夫しながら実施していきたいと考えています。

○関係機関との連携

八溝山周辺の国有林を管轄する、棚倉、塩那、茨城森林管理署は、関東森林管理局及び関係する森林管理署とともに、広域的なシカの生息状況の情報共

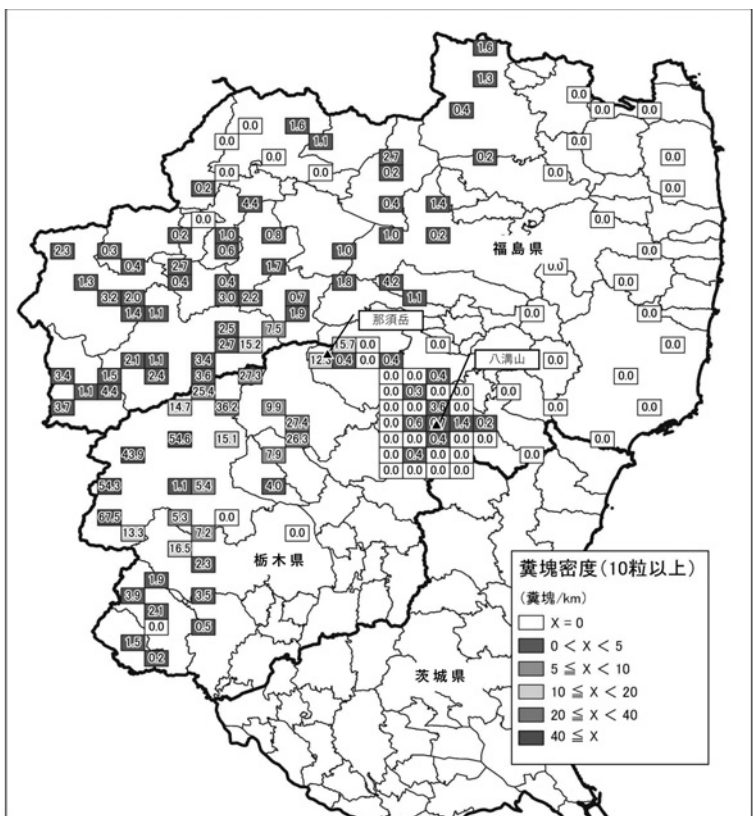


図-3 令和3（2021）年度の糞塊密度調査結果

協議会の調査結果に福島県と栃木県が独自に実施した調査結果を加えて作図。

有や対策等に資する協議を行うことを目的として、令和元（2019）年6月25日に八溝山周辺国有林ニホンジカ対策協議会を設立しています。毎年行われる打合せ会議には3県の担当者も参加させていただくとともに、各森林管理署が実施しているセンサーカメラ調査のデータを提供いただき、他の情報とも合わせて毎年シカ確認地点の図を作成しています。また、連携捕獲協議会と関係森林管理署は協定書を締結し、国有林内でのわな等の設置や捕獲個体の埋設をスムーズに行えるよう体制を整えています。

那須岳山麓に位置する環境省所管の那須平成の森においては、くくりわなの設置場所の提供や、毎年定点で行っているセンサーカメラ調査のデータ利用の点で協力いただいています。

栃木県林業センターは、林野庁のシカ等による森林被害緊急対策事業を活用し、八溝山周辺において、シカ低密度地域での捕獲技術開発を行っています。

今後は、効果的な捕獲場所選定手法や、アクセス困難地域における見回り省力化手法が明らかになる見込であり、連携捕獲協議会が実施する捕獲にも生かしていきたいと考えています。

○連携の意義と今後

八溝山周辺は3県にまたがっていることから、各県がそれぞれに対策を行うのは非効率ですが、協議会の事業とすることにより、広域的な視点での調査や捕獲を行うことができました。センサーカメラでメスが撮影されることが多くなっており、個体数が増加していくフェーズに入ってきたと想定されるため、シカの分布拡大防止に向け、関係機関との連携のもと、引き続き対策を強化していきたいと考えています。

（栃木県環境森林部 自然環境課 野生鳥獣対策班）

林野庁だより

人事異動（令和4年4月1日）

堀井一弘（森林整備部研究指導課森林鳥獣害対策指導官）

→ 林政部木材産業課課長補佐（総務班担当）

高麗泰行（大臣官房検査・監察部検査課検査官（大臣官房政策課付））

→ 森林整備部研究指導課森林鳥獣害対策指導官

（大臣官房政策課付）

剣持直樹（森林整備部研究指導課防除技術専門官）

→ 森林整備部整備課低コスト森林施業指導官

茂野潤（九州森林管理局鹿児島森林管理署首席森林官（名瀬，宇検担当区））

→ 森林整備部研究指導課防除技術専門官

森林防疫ジャーナル

森林総合研究所生物関連人事異動

（令和4年3月31日）

佐藤大樹（森林研究部門森林昆虫研究領域長）

→ 退職

東條一史（森林研究部門野生動物研究領域主任研究員（鳥獣生態研究室））

→ 退職

村田仁（森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域きのこ研究室長）

→ 退職

宮下俊一郎（森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域主任研究員（森林病理研究室））

→ 退職

岡部貴美子（戦略研究部門生物多様性・気候変動研究拠点長）

→ 退職

上田明良（北海道支所チーム長（生物多様性担当））

→ 退職

（令和4年4月1日）

北島博（森林研究部門森林昆虫研究領域昆虫生態研究室長）

→ 森林研究部門森林昆虫研究領域長

永田純子（森林研究部門野生動物研究領域鳥獣生態研究室長）

→ 企画部研究企画科ダイバーシティ推進室長

森林研究部門野生動物研究領域鳥獣生態研究室併任

高務淳（森林研究部門森林昆虫研究領域主任研究員（昆虫管理研究室））

→ 森林研究部門森林昆虫研究領域チーム長（昆虫病理担当）

加賀谷悦子（森林研究部門森林昆虫研究領域チーム長（穿孔性昆虫担当））

→ 森林研究部門森林昆虫研究領域昆虫生態研究室長

宮崎和弘（九州支所森林微生物管理研究グループ長）

→ 森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域きのこ研究室長

秋庭満輝（九州支所チーム長（樹木病害担当））

→ 九州支所森林微生物管理研究グループ長

安藤裕萌（森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域主任研究員（森林病理研究室））

→ 九州支所主任研究員（森林微生物管理研究グ

ループ)	戦略研究部門震災復興・放射性物質研究拠点 併任
服部友香子（新規採用）	村田 仁（再雇用研究専門員）
→ 森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域 生物生態研究室	→ 森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域 企画部広報普及科併任
鈴木 圭（新規採用）	宮下俊一郎（再雇用研究専門員）
→ 九州支所主任研究員（森林動物研究グループ）	→ 森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域 企画部研究情報科併任
佐藤大樹（再雇用研究専門員）	岡部貴美子（再雇用研究専門員）
→ 森林研究部門森林昆虫研究領域 戦略研究部門生物多様性・気候変動研究拠点 併任	→ 戦略研究部門生物多様性・気候変動研究拠点
企画部広報普及科併任	上田明良（再雇用研究専門員）
東條一史（再雇用研究専門員）	→ 北海道支所森林生物研究グループ 北海道支所地域連携推進室併任
→ 森林研究部門野生動物研究領域 企画部研究評価科併任	

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。

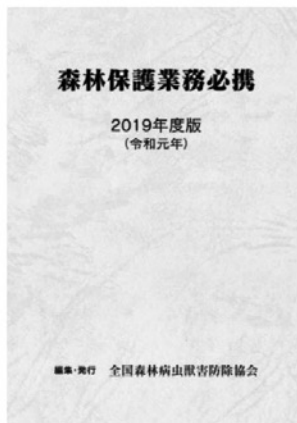
〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1-9-16 (丸石第2ビル6階)

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3号(通巻第750号)
令和4年5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/>