

九州の森と林業

No.145 2023.9

国内初の栽培トリュフ発生

森林微生物管理研究グループ 中村 慎崇
木下 晃彦

はじめに

世界三大珍味の一つといわれるトリュフ。豊かな香りからフランス料理をはじめ西洋料理の食材として重宝されています。その正体はセイヨウショウロ (*Tuber*) 属の菌類（以下、トリュフ菌）が形成する地下生のきのこです。

トリュフ菌は生きた樹木の細根とよばれる部分を菌糸で覆い、細胞間に菌糸を侵入させて、外生菌根共生という共生関係を築く菌根菌です。シイタケやエノキタケといった腐生菌と違って菌床栽培が不可能で、その栽培は長く関心の的となってきました。1800年頃に確立したタロン法とよばれるトリュフ栽培方法では、トリュフ発生地にどんぐりを撒き、のちにトリュフ菌の定着した実生を回収して他へ移植する方法がとられました。1970年代には、目的とするトリュフ菌のみを苗木に定着させるため胞子を直接苗木に接種する方法が開発され、これが現在のトリュフ栽培方法の基礎になっています¹⁾。

国内では1976年にトリュフの発見が最初に報告されました。現在では日本国内に発生するトリュフの包括的な研究により、20種以上が存在することが知られています²⁾。その中には、食用に堪える大きさや発生量、香りを

持つ種が存在し、特に黒色のアジアクロセイヨウショウロ (*Tuber himalayense*) および白色のホンセイヨウショウロ (*Tuber japonicum*) は有望な食用として森林総合研究所が中心となり、2015年から栽培化プロジェクトが開始されました。そして2022年秋には初めて、植栽地からホンセイヨウショウロの発生を確認し、これが国内におけるトリュフ栽培の初めての成功例となりました。本稿では、トリュフ発生までに至る経緯を報告します。

苗木の作出と植栽

研究開始当初、日本のトリュフに関する生態や培養特性等に関する情報はほとんどありませんでした。しかし調査により、国内のナラ類およびマツと菌根共生すること³⁾、さらに各トリュフ種が好む土壌条件が明らかになりました⁴⁾。そして2017年2月にはホンセイヨウショウロの胞子懸濁液をコナラの苗木に接種することで植栽用苗木の作出に着手しました（図1）。2017年11月以降に、トリュフ接種苗木と未接種の苗木を混植する方法によって、トリュフ苗木を増産しました。生産した苗木は2017年10月に初めて茨城県の圃場に植栽し、2019年の4月には更に3府県にまたがる3か所の圃場に植栽しました（図2）。



植栽した苗木は、ノウサギなど野生動物や病虫害の被害、台風による枝折れの発生により枯死してしまったものがありました。生き残った苗木の菌根を定期的にサンプリングし、トリュフ菌根の生残状況を確認しました。トリュフ菌根の生残を確認するにあたっては、現地で苗木の根を掘り出して一部を採取し、菌根を観察しました。

ホンセイヨウショウロの菌根表面には菌糸細胞がジグソーパズル状に並ぶ構造が形成され、併せて針状の菌糸を根外へ伸ばす特徴があります(図3)。植栽後の苗木には周辺環境から色々な種類の菌根菌が侵入して菌根共生しますが、これらトリュフの菌根とそれ以外を区別するために、菌根の形態的特徴に加えて、遺伝情報に基づいて種を同定し、現在まで全ての植栽地でホンセイヨウショウロ菌根が生き残っていることを確認しています。

発生トリュフの収穫と解析

植栽後の菌根の定着状況をモニターする一環として、昨年秋に植栽地に赴いたところ、地上、または地中に埋まった状態でトリュフが発生しているのを確認しました。これらは発生位置を記録し、採集を行いました。

最終的に京都府の植栽地で合計14個(266.5g)、茨城県の植栽地で合計8個(38.6g)のトリュフが採集できました。植栽地で採集したトリュフは持ち帰り、形態観察に加えて、菌類の種レベルでの同定が可能なrDNAのITS領域の塩基配列に基づく種同定を行い、発生していたトリュフがホンセイヨウショウロであることを確認しました。

今回採集したトリュフは、植栽した苗木の周囲から発生しており、接種した菌株(接種源1または2)に由来すると考えられました。このことを確かめるために、DNAマーカーを用いて発生トリュフの菌株を識別しました。その結果、各植栽地ともに、発生した全てのトリュフは今回用いた接種菌株に由来していたことが確かめられました。それぞれ苗木の近傍から接種菌株由来のトリュフが発生する傾向にありましたが、京都府の植栽地においては宿主苗木から1.7m以上離れた位置にト



図1 トリュフ接種苗木作出の様子
室内で発芽させたコナラの苗木にトリュフの胞子を接種し、菌根の形成確認までに半年を要した。



図2 茨城県植栽地の植栽当時の様子
不織布、稲わら、木材チップで土壤被覆条件を検討した。のちに一部の条件が苗木の成長を阻害すること、いずれの処理でもトリュフ菌が定着していることが分かったため、最終的には被覆を全て撤去した。

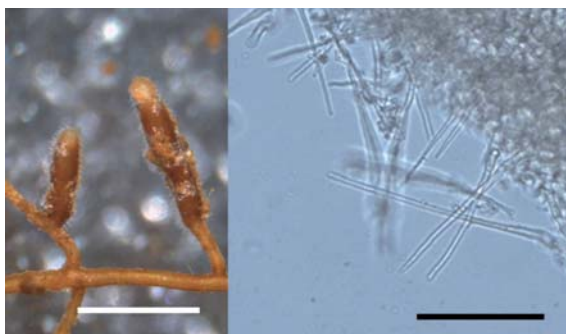


図3 ホンセイヨウショウロの菌根(左)と菌根表面の針状菌糸(右)
バーは1mm(左)と0.05mm(右)

リュフが発生する場合があること、異なる接種源に由来する菌株同士が隣接して子実体を形成する場合があることが観察され(図4)、異なる接種源間の菌糸が交配することによってトリュフが形成されたことが示唆されました。

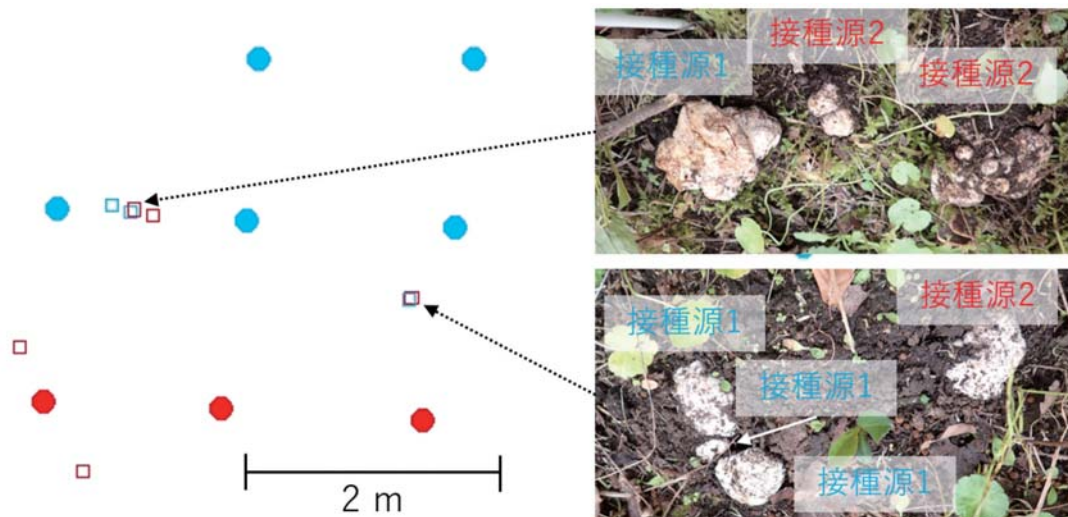


図4 京都府の植栽地におけるトリュフ（ホンセイヨウショウロ）の発生位置
丸印は苗木の位置、白抜き四角形はトリュフの発生位置を示す。水色は接種源1を接種した苗木またはそれに由来したトリュフ、赤色は接種源2を接種した苗木またはそれに由来したトリュフ。

おわりに

今回の植栽地は土壌条件もそれぞれ幾分異なりましたが、発生地は苗木は現在いずれも平均2.5 mを超えていて、苗木の成長がトリュフ菌への養分の供給を促進して子実体の発生にポジティブに影響したと考えています。その一方で、菌糸の成長など、トリュフ菌自体への生育や交配に条件が整っていた可能性もあります。菌根の菌糸からトリュフを形成するまでのプロセスについては未知の部分があり、今回発生したトリュフや発生要因をより詳細に分析する必要があります。興味深いことに、今回発生が確認された京都府の植栽地はトリュフ発生の最短記録に近い3年半での発生となったこと、発生量も単純計算で79 kg/haに相当し、よく管理されたトリュフ園の発生地と匹敵することなどから、トリュフ発生に適した条件が整っていたといえそうです。今後はトリュフ栽培に適した条件やトリュフの交配プロセスについてより詳細に調べていく予定です。

謝辞

本研究は、農林水産省農林水産技術会議事務局の委託を受けた研究プロジェクト「高級菌根性きのこ栽培技術の開発（2015年度～2019年度）」および生物系特定産業技術研究

支援センターによるイノベーション創出強化研究推進事業研究課題「国産トリュフの林地栽培に向けての技術体系の構築（2022年度～2024年度）」にて行われました。

引用文献

- 1) Hall IR, Brown GT, Zambonelli A (2007) Taming the truffle. The history lore and science of the ultimate mushroom. Timber, Portland
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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 (2020) 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

令和4(2022)年の九州地域の森林病虫獣害発生状況

チーム長（生物多様性担当）
森林微生物管理研究グループ
チーム長（樹木病態生理担当）
森林動物研究グループ長

佐山 勝彦
安藤 裕萌
石原 誠
安田 雅俊

令和4(2022)年の九州地域（九州7県と沖縄県）の森林病虫獣害発生状況を報告します。この報告は、九州地区林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会、および著者らに寄せられた情報などを集約したものです。

なお、各県からの情報は、私信として引用を明記すべきところですが、紙面の都合上割愛させていただきました。九州地域は外来生物が侵入する頻度が高く、病虫獣害の被害拡大を阻止するためにも、今後も引き続き関係各位の情報収集・提供へのご協力をお願いします。本報告に先立ち、情報をお寄せいただいた関係各位にお礼申し上げます。

虫害：2022年に九州地域で確認された主な虫害を表1に示します。2021年に続き表にあげられたのは、アカギヒメヨコバイ、サカキブチヒメヨコバイ、ケブカトラカミキリ、タイワンハムシ、カシノナガキクイムシ、フウノキギンバネスガ、キオビエダシヤク、マツカレハ、ホウオウボククチバ、デイゴヒメコバチでした。

マツヘリカメムシが長崎県と鹿児島県で初めて確認され、福岡県でも確認されました。本種はマツ科植物の球果内の種子や新芽を吸汁によって加害する北アメリカ原産の外来種です。2008年に東京都で初めて確認され、その後、国内各地で分布を拡大させています。これまで、九州地域では福岡県（2011年）、熊本県（2017年）、佐賀県（2019年）、大分県（2021年）、沖縄県（2019年）から報告されています。

サカキブチヒメヨコバイの吸汁によってサカキの葉に白点が生じる被害は、前年に続き佐賀県、熊本県、鹿児島県で発生し、福岡県で初めて確認されました。本種を対象とした農薬が登録されており、発生消長を把握して薬剤散布の適期を見極めることが重要です。今後も被害拡大に注意が必要です。

カシノナガキクイムシによるナラ・カシ類の穿孔被害（ナラ枯れ）は、前年に続き福岡県や熊本県で確認されていますが、長崎県で

も再び被害が確認されました。被害は発生から数年で終息する傾向がみられますが、今後も新たな被害の拡大が懸念されます。

イヌマキでは、幹に穿孔するケブカトラカミキリが長崎県と鹿児島県で発生したほか、葉を食害するキオビエダシヤクが鹿児島県と沖縄県（沖縄島）で発生しました。

鹿児島県の奄美大島（奄美市、龍郷町、大和村）および沖縄県国頭村では、ソテツでカイガラムシの一種（*Aulacaspis yasumatsui*）による被害が確認されました。奄美大島では、街路樹などの植栽ソテツのほか、群落のソテツの集団枯れもみられました。本種は東南アジア原産の外来種で、近年急速に分布を拡大し、世界各地で確認されています。幼虫や成虫がソテツの葉から吸汁します。吸汁された部分は黄変し、激害の場合には全葉が黄変するようです。国内では、2022年の奄美大島での本種確認が初の事例です。奄美大島や沖縄県以外にも分布が広がる可能性があるので注意が必要です。

以上の虫害のほかに、長崎県では、フウノキギンバネスガが街路樹のモミジバフウ（アメリカフウ）で、ヤシオオオサゾウムシがカナリーヤシ（フェニックス）で発生しました。宮崎県では、ホリシャキシタケンモンがイチイガシで発生しました。鹿児島県では、マツカレハがクロマツで、スギハマキがスギの苗木で発生しました。沖縄県では、前年に続き県内全域で、幼虫がデイゴの葉と実を食害するベニモンノメイガと幼虫がデイゴの茎に食入するオオエグリノメイガが、年中発生しています。また、アカギの葉から吸汁するアカギヒメヨコバイが、沖縄島のほぼ全域で発生しています。

病害：昨年度と同様にマツ材線虫病は九州地域で恒常的に発生していますが、大きな被害や新たな地域での被害発生は確認されていません（令和3年度に沖縄県久米島で初めて被害発生が確認されています）。ブナ科樹木萎凋病（通称「ナラ枯れ」）については、福岡

県で令和元年～令和2年に発生した被害地域は終息傾向にありますが、他の地域への発生分布は拡大傾向にあり、長崎県ではマテバシイの枯損が確認されるなど、九州地域で恒常的に発生しているものの急速な被害拡大には至っていません。

庭木や公園木などの病害として、宮崎県でマツ類の褐斑葉枯病と葉ふるい病、およびツバキの輪紋葉枯病が、沖縄県では南根腐病と推測される被害が確認されました。

造林樹木苗の病害として、宮崎県ではスギ芽枯病、ペスタロチア病の発生が育苗施設内で確認されました。また、造林地に植栽したスギ苗木では、気象害等による被害なのか病害による被害なのか判断のつかない衰退枯死が発生しました。育苗施設内および造林地での苗木被害の問い合わせ件数は増加傾向にあ

ることから、被害が拡大傾向にあるのか注視していく必要があります。

獣害：ニホンジカとニホンノウサギによる造林木への被害が出ています。特にニホンノウサギによる食害は近年問題となっており、注視していく必要があります。再造林地での両種に対する防除は今後も重要です。

農林業被害や森林生態系への被害が懸念されている特定外来生物クリハラリス（別名タイワンリス）の2022年度の捕獲数は、熊本県宇土半島で初めて0頭となり、地域根絶が間近になっています。一方、大分県別府市では、森林地域に生息する外来リスが捕獲調査によりクリハラリスと確認され、行政主体の地域根絶を目指した取り組みが始まりました。

表1 令和4（2022）年に九州地域で確認された主な虫害

害虫名	発生地	樹種	環境
【カメムシ目】			
マツヘリカメムシ	福岡県、*長崎県、*鹿児島県	マツ	不明
アカギヒメヨコバイ	沖縄県（沖縄島）	アカギ	街路樹
サカキブチヒメヨコバイ	*福岡県、佐賀県、熊本県、鹿児島県	サカキ	植栽木
スギマルカイガラムシ	福岡県	スギ	苗木
カイガラムシの一種 (<i>Aulacaspis yasumatsui</i>)	*鹿児島県奄美大島（奄美市・龍郷町・大和村）、*沖縄県（国頭村）	ソテツ	街路樹 群落
【コウチュウ目】			
ケブカトラカミキリ	長崎県、鹿児島県	イヌマキ	植栽木
タイワンハムシ	沖縄県（沖縄島北部）	ハンノキ	天然林
ヤシオオオサゾウムシ	長崎県	カナリーヤシ	植栽木
カシノナガキクイムシ	福岡県、長崎県、熊本県	マテバシイ、 ツブラジイ（コジイ）、 スダジイ、 コナラ	天然林 植栽木
【チョウ目】			
フウノキギンバナスガ	長崎県	モミジバフウ （アメリカフウ）	街路樹
キオビエダシャク	鹿児島県、沖縄県（沖縄島）	イヌマキ	植栽木
マツカレハ	鹿児島県	クロマツ	海岸林 植栽木
スギハマキ	鹿児島県	スギ	苗木
ハウオウボククチバ	沖縄県（沖縄島）	ハウオウボク	街路樹
ホリシャキシタケンモン	宮崎県（美郷町）	イチイガシ	天然林
【ハチ目】			
デイゴヒメコバチ	沖縄県	デイゴ	街路樹

*被害が初めて確認された発生地

樹木病害シリーズ (13)

こくてんえだがれびょう スギ黒点枝枯病

日本の主要な造林樹木であるスギは、林業分野における重要性から様々な病害について調査されており、これまでに約70の病害が報告されています。スギ黒点枝枯病は、日本各地のスギ人工林で被害がみられる代表的な病害の一つです。

本病は、子囊菌類の一種である *Stromatinia cryptomeriae* を病原とする枝枯性の病害で(写真1)、北海道南部から鹿児島県屋久島に至るまで、全国的に被害発生が報告されています。病原菌は春頃、花粉飛散後の雄花に感染し、そこから灰白色の菌糸膜を形成します。その後、菌糸膜は小枝先端から緑色枝葉上を伸長していき(写真2)、枝を枯死させます。枯死枝は最終的に落下し、越冬・融雪後の早春に落枝上で子囊盤と呼ばれる子実体(きのこ)(写真3)を形成し、多量の胞子を飛散させて新たに感染を拡大させていきます。

本病が最初に報告された1925年以降、被害はスギだけで確認されてきましたが、2000年に東北地域のヒノキからも被害が報告され、その後、ヒバやコノテガシワでも自然感染していることが発見されました。また、人為的に病原菌の接種を行った調査では、サワラにも病原性を示すことが示されており、スギ以外にも感染する多犯性の病原菌であることが明らかにされています。

本病によってスギが枯死することはほとんどありませんが、一度発病してしまうと慢性的に枝枯れ被害が発生するため、成長が阻害されてしまいます。被害を抑制するためには、間伐や枝打ち等の適切な保育作業や、林内に堆積した落枝の排除を行う等の対策が挙げられます。1964年には全国的に被害が発生し、その総被害面積は約7,300 haにも上り、中でも佐賀県と福岡県の県境のスギ林で約3,700 haにわたって集団発生したと記録されています。主伐再造林が注目されている中、今後、本病による被害にも注意が必要です。



写真1 黒点枝枯病によって枯死した枝



写真2 小枝先端から伸長した菌糸膜



写真3 落枝上に発生した子囊盤

森林微生物管理研究グループ 安藤 裕萌

地域連携推進室から

令和5年度九州地域公開講演会の開催について

テーマ：長期観測でわかる森林のこれまでとこれから(仮)

開催日：令和5年11月22日(水) 13:30～

場所：くまもと県民交流館パレア
パレアホール(10F)

入場料：無料

詳細は、HPで発信していきます。

九州の森と林業 No.145

令和5年9月1日

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

熊本県熊本市中央区黒髪4丁目11番16号

〒860-0862 Tel 096(343)3168(代)

Fax 096(344)5054

ホームページ

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/kys/>



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。