

短 報 (Short communication)

食用きのこ栽培施設で発生したツクリタケクロバネキノコバエ *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) (双翅目クロバネキノコバエ科)

末吉 昌宏^{1)*}、風間 宏²⁾、向井 裕美³⁾、北島 博³⁾

要 旨

クロバネキノコバエ類によるブナシメジ子実体の被害を報告する。長野県の栽培施設で栽培に供したびん菌床に発生した子実体に幼虫が穿孔した。被害を受けた子実体から得た幼虫から成虫を羽化させ、これらをつくりタケクロバネキノコバエと同定した。同時に、国内各地の菌床シイタケ栽培施設から採集した本種を記録し、6 県の 12 箇所を新たに産地として報告した。国内農産物の主要害虫であるチバクロバネキノコバエと本種の形態学的区別点を記載した。世界各国で検討された本種の防除方法を概観し、物理的防除および耕種的防除と併用して、天敵製剤を用いた防除方法の可能性を検討した。

キーワード：栽培きのこ、食用きのこ、寄主、日本、被害、害虫

はじめに

シイタケ *Lentinula edodes* とブナシメジ *Hypsizygus marmoreus* はそれぞれ国内のきのこ年間生産量の 22% 近くを占める約 9.7 万 t (生シイタケ約 7.3 万トン、乾シイタケ(生換算値)約 2.4 万トン) と 27% 近くを占める約 11 万 t あまりが生産される(林野庁 2020)、主要な食用きのこである。長野県はブナシメジの生産戸数と生産量が国内で最も多く、2019 年度には 240 戸の生産者が 5 万 t を生産している(林野庁 2020)。

食用きのこ栽培では様々な害虫が知られている(岡部 2006, 日本応用動物昆虫学会 2006, 九州地区林業試験研究機関連絡協議会 2011, 森林総合研究所 2020)。これらは子実体への食害や異物混入によって被害をもたらす重要害虫を含む(北島ら 2011)。菌床シイタケでは 4 種のキノコバエ類が害虫として知られる(末吉ら 2019, 森林総合研究所 2020)。また、ブナシメジ菌床の害虫としてダニ類や線虫類をはじめ(岡部 2006, 日本応用動物昆虫学会 2006)、ヤマタナミキノコバエ *Mycetophila rosularia* Ostroverkhova, 1979 (以下単にヤマタナミ) がびん栽培ブナシメジの子実体を食害することが知られている(末吉 2010)。その一方で、具体的な経済的被害が認められない、不快害虫あるいは潜在的な害虫(末吉・木村 2017, 末吉ら 2019) も施設内で多く発生することが知られている。

クロバネキノコバエ類はしばしば食用きのこの栽培施設で発生し、害虫とされる。これまで国内で食用き

この害虫とされたクロバネキノコバエ類として 5 種が挙げられる(末吉・吉松 2020)。これらのうち、ツクリタケクロバネキノコバエ *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) (以下単にツクリタケクロバネ) は海外でツクリタケやヒラタケに大きな被害をもたらすことが知られる害虫である。末吉・吉松(2020) は国内で本種による子実体への被害を明確に報告した事例はないとしたが、後藤・伊藤(1995) は本種の成虫がツクリタケの褐斑病原菌を媒介することを指摘し、石谷(1992a, b, 1996) は国内では成虫が多く発生する施設ではツクリタケの褐斑が多発する傾向があり、栽培の中止に至ることもあることを報告した。後藤・伊藤(1995) は本種が菌床シイタケの主要害虫であるとし、加害形態として菌床の軟化・短命化と菌床の病原菌の媒介を挙げ、子実体への加害の可能性にも言及したが、具体的なデータを示さなかった。本種は韓国でヒラタケや菌床シイタケの害虫として知られ、やはり具体的なデータは示されていないものの、菌床シイタケ栽培で菌床や子実体に被害をもたらす、収量を低下させるとされる(Kim et al. 2012)。

著者らによる近年のブナシメジ害虫の防除研究で本種による子実体の食害が発見された。また、国内各地の菌床シイタケ栽培施設で、子実体への直接被害は認められないものの、多数の本種の標本が得られている。本種による食用きのこへの被害防除を鑑み、基礎情報として本種の形態的特徴と被害様相および新産地を報告し、国内外の研究事例を基に防除方法を検討した。

原稿受付：令和 3 年 4 月 16 日 原稿受理：令和 3 年 6 月 3 日

1) 森林総合研究所 生物多様性・気候変動研究拠点

2) 長野県野菜花き試験場菌茸部

3) 森林総合研究所 森林昆虫研究領域

* 森林総合研究所 生物多様性・気候変動研究拠点 〒305-8687 つくば市松の里 1

材料と方法

長野県全域に点在する4箇所のびん栽培施設で2017年7月から2020年6月までの間、発生室・培養室内でクロバネキノコバエ類の幼虫から食害を受けた菌床および子実体を採集した。食害のある子実体を野菜花き試験場菌茸部(長野県長野市)に持ち帰り、プラスチックケース(300×300×300mm)内で、温度15℃、湿度約90%、12時間明12時間暗の条件下で飼育し、成虫を羽化させた。その他、2011年から2020年までの間、国内各地のシイタケ栽培施設において次の3つの方法で捕らえられた成虫を新産地の記録に用いた:栽培現場で採集した幼虫の飼育(rearing: R);捕虫網および吸虫管を用いた掬い取り(スウィーピング: SW);粘着シートトラップ(ST);光誘引トラップ(LT)。掬い取りや光誘引トラップによって得られた成虫を乾燥標本または70–99%エタノールあるいは99%プロピレングリコール液浸標本として仮保存した。成虫が付着した粘着シートトラップを冷凍保存し、その一部からリモンを浸した面相筆でシートから成虫を取り外し、70%エタノール液浸で仮保存した。

種同定のため、標本を10%水酸化カリウム溶液中に浸して筋肉組織を溶解し(KOH処理)、3%酢酸溶液と蒸留水で洗浄した後、ユーパラルでスライドガラスとカバーガラスの間に封入してスライド標本を作成した。封入時に、実体顕微鏡(Olympus SZ61)による観察下で、ピンセットで標本の♂腹部第5節前後を胴体から切り離し、封入後に生物顕微鏡(Olympus CX43)で観察を行った。KOH処理前に成虫の左右前翅を切り離し、99%エタノール溶液中で脱水したのち、本体と同じスライド上にユーパラルで封入した。粘着シート上の成虫および触角など各部の写真撮影に実体顕微鏡(Olympus SZ61)と生物顕微鏡(Olympus CX43)に接続したデジタルカメラ(オリンパス社製 Tough TG-6)を用いた。前翅の翅脈と交尾器の形態学用語を三枝(2008)に従った。

標本のデータとして、♂♀成虫頭数と標本識別番号(Li.0001–Li.0112)、産地、本種の発生が見られたブナシメジとシイタケの栽培方法、成虫を採集した、または成虫が羽化した日付、採集方法(上述略記を用いた)、採集者を記載した。採集者は加来友里恵(YK)、片桐なな(NK)、風間宏(HKa)、加藤徹(TK)、北島博(HKi)、向井裕美(HM)、大橋章博(AO)、末吉昌宏(MS)である。本報告で使用した標本はプレパラート標本として森林総合研究所(つくば市)に保管されている。

発生事例

ツクリタケクロバネキノコバエ *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) (Figs. 1–7)

分布: 日本(北海道、本州、四国、九州)(笹川2014)。

供試標本: 10♂ (Li.0093–Li.0102)、岩手県花巻市、菌床シイタケ全面発生、7.x.2019、ST、HKi & HM. 1

♀ (Li.0082)、群馬県桐生市、菌床シイタケ上面発生、9.vii.2019、MS. 3♂14♀ (Li.0065–Li.0081)、茨城県阿見町、菌床シイタケ上面発生、27.v.2019、SW、MS. 2♂3♀ (Li.0001–Li.0005)、長野県東信地域、ブナシメジ生育室(びん栽培)、27.iii.2020、R、HKa. 6♂3♀ (Li.0006–Li.0014)、長野県北信地域、ブナシメジ培養室(びん栽培)、16.vi.2020、R、HKa. 10♂11♀ (Li.0015–Li.0035)、長野県南信地域、ブナシメジ培養室(びん栽培)、17.vii.2017、R、HKa. 4♂8♀ (Li.0036–Li.0047)、長野県北信地域、ブナシメジ培養室(びん栽培)、14.v.2018、R、HKa. 10♀ (Li.0083–Li.0092)、静岡県島田市、菌床シイタケ上面発生、4–16.vii.2014、LT、TK. 5♂4♀ (Li.0048–Li.0056)、岐阜県白鳥町、菌床シイタケ上面発生、22.x.2010、R、YK. 10♂ (Li.0103–Li.0112)、岐阜県白鳥町、菌床シイタケ上面発生、27.vi.2018–18.Vii.2018、ST、NK & AO. 1♂3♀ (Li.0057–Li.0060)、岐阜県下呂市、2016、R、AO. 1♂1♀ (Li.0061, Li.0062)、大分県日田市中津江町、菌床シイタケ全面発生、23.x.2012、SW、MS. 2♀ (Li.0063, Li.0064)、同産地、菌床シイタケ全面発生、7.xi.2018、SW、MS.

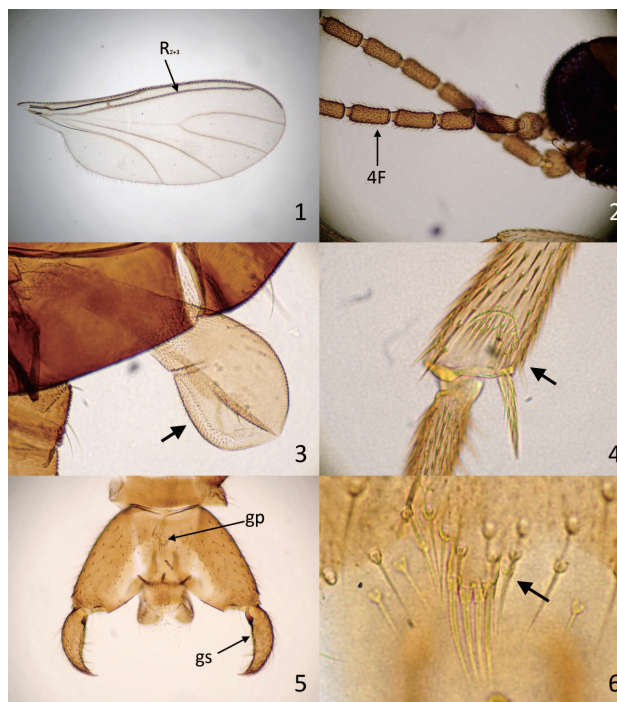


Fig. 1-6. ツクリタケクロバネキノコバエ *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) 成虫の外部形態。

Lycoriella ingenua (Dufour, 1839).

1, 右前翅背面. 2, ♂触角. 3, 右平均棍(矢印). 4, 右前脚脛節先端(矢印: 半月状の凹み). 5, 交尾器腹面. 6, 生殖基節基部の突起(gp). 略称: 4F, 第4鞭節; gs, 生殖端節; gp, 生殖基節の突起; R₂₊₃, 第2+3径脈. 1, 5, 6, Li.0001; 2, Li.0002; 3, 4, Li.0061.

1, Right wing on dorsal view. 2, Male antenna. 3, Right halter. 4, Apex of right fore tibia in inner view. 5, Male genitalia in ventral view. 6, Process of gonocoxae. Abbreviations: 4F, 4th flagellomere; gs, gonostylus; gp, process of gonocoxae; R₂₊₃, 2nd and 3rd radial vein. 1, 5, 6, Li.0001; 2, Li.0002; 3, 4, Li.0061.

付記：本種の分類および学名・和名の変遷と適格名は末吉・吉松 (2020) に詳しい。上記菌床シイタケ施設では本種以外に菌床シイタケ害虫であるナガマドキノコバエ類 *Neoempheria* spp. (Sueyoshi 2014, 向井ら 2017, Watanabe et al. 2020) やシワバネキノコバエ *Allactoneura akasakana* Sasakawa, 2005 (末吉ら 2019)、チバクロバネキノコバエ (末吉、未発表) も発生していた。

成虫の形態的特徴と他種からの区別点

成虫 (Figs. 1-7) の外部形態は、ツクリタケクロバネの新参同物異名である *Lycoriella mali* (Fitch, 1856) およびヒトゲクロバネキノコバエ *Psilosciara flammulinae* Sasakawa, 1983 として、Sasakawa (1983) および笹川 (1993) に詳しく述べられており、今回検した標本はそれらの記述とよく合致する。本種は菌床シイタケの害虫として知られる他属のクロバネキノコバエ類から主に以下の形態的特徴によって区別される：♂は発達した前翅を持つ (Fig. 1)；♂触角第4鞭節の長さは幅の2倍以上である (Fig. 2)；小顎鬚第1節に明瞭な凹みを持たない；平均棍



Fig. 7. 菌床シイタケ栽培舎に設置された同じ黄色粘着トラップ上に捕殺されたツクリタケクロバネキノコバエ *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) (右) (ツクリタケ) とチバクロバネキノコバエ *Bradysia impatiens* (Johannsen, 1912) (左) (チバ) の♂成虫 (岐阜県白鳥町; 2018年6月)。

Male adults of *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) (right) and *Bradysia impatiens* (Johannsen, 1912) (left) on a yellow sticky trap installed in a cultivation facility of shiitake mushrooms with artificial sawdust media (June 2018, Shiratori Town, Gifu Prefecture). 両者は、ツクリタケが概ね体長 2mm 以上、チバが体長 1~2mm 程度であること、①触角第4鞭節がツクリタケでは幅よりも十分に長く、チバでは幅と同じくらいであること、②生殖端節の先端がツクリタケでは先細りであり、チバでは丸まっているように見える、ことで区別される。

These two species are distinguished in body length (*L. ingenua*: ca. 3mm, *B. impatiens*: 1~2mm), length/width of 4th flagellomere (*L. ingenua*: ca. 2 times, *B. impatiens*: ca. 1.5 times), and apex of gonostylus (*L. ingenua*: pointed, *B. impatiens*: round).

の柄と先端膨大部は一樣に褐色である (Fig. 3)；前脚脛節先端の内側に、多数の刺毛が生える半月状の凹みがある (Fig. 4)。また、本種と同属の国内農業害虫種である *Lycoriella auripila* (Winnertz, 1867) から、生殖基節腹側の対合面に後方へ突出する突起部を持つことで区別される (Fig. 6) (笹川 1993)。さらに、本種は生殖端節 (gs) の先端に1本の棘状突起をもつ (Fig. 5) ことで同属の他種から区別される。特に、しばしば本種と同時に発生するチバクロバネキノコバエ *Bradysia impatiens* (Johannsen, 1912) から体サイズ、頭部と触角の長さの比、♂生殖端節先端の形状に注目することでルーペや実体顕微鏡を用いて区別することができる (Fig. 7)。

被害の状況

2016年6月に、長野県東信地域のブナシメジ生産施設培養室内でキノコバエ類の成虫の発生と培養びんの害菌汚染が多発しているとの連絡を受けて現地調査を行った。2020年6月には同生産施設生育室でも成虫の飛翔と子実体への食害 (Fig. 8) が確認された。キノコバエ類が発生した後、施設への害虫侵入防止措置、汚染された培養びんの処分・廃棄等の対策を提示したが、被害は鎮静せず、同生産施設での生産が中止された。食害を受けた複数の子実体に、幼虫による表面の侵食 (Fig. 8a)、穿孔による開口 (Fig. 8b)、子実体内部の空洞化、食糞の付着 (Fig. 8c, d) といった変形・汚染が見られた。これらのキ

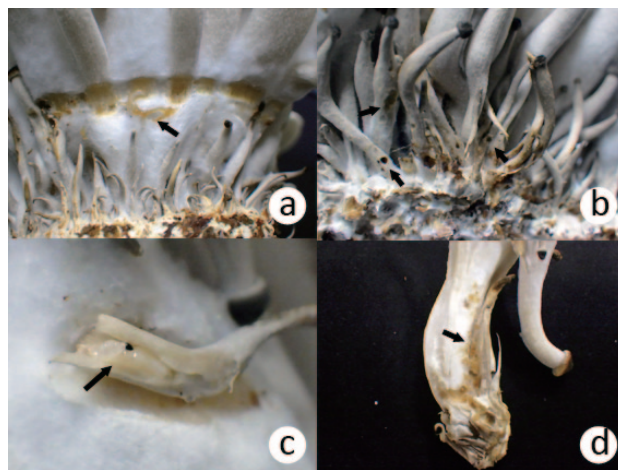


Fig. 8. ツクリタケクロバネキノコバエ *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) (ツクリタケクロバネ) によるブナシメジ子実体への被害。

Damages of sporophores of *Hypsizygus marmoreus* by larvae of *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839).

a, 子実体表面への侵食 (矢印) . b, 子実体菌柄に見られた穿孔開口部 (一部を矢印で指し示す) . c, 子実体内を穿孔するツクリタケクロバネ幼虫 (矢印) . d, 穿孔され、空洞とフラス (矢印) が見られた子実体。

a, infestation on sporophores (arrow). b, entrance (arrow) of cavities on sporophores. c, larva of *L. ingenua* (arrow) infesting inside of sporophore. d, sporophore with cavity and frass (arrow) by infestation.

ノコバエ類を後日、上記のようにツクリタケキノコバエと同定した。

考察

ツクリタケクロバネはこれまでに国内で宮城、千葉、滋賀、愛媛、長崎の食用きのこ栽培施設および種ショウガ貯蔵室で発生が知られていた(末吉・吉松 2020)。今回、本種が岩手、群馬、茨城、静岡、岐阜、大分各県の菌床シイタケ栽培施設および長野県の菌床ブナシメジ栽培施設にも分布することを明らかにした。笹川(2014)は北海道も本種の分布域として挙げているが、具体的な産地や標本のデータは不明である。本種は国内の野外でまだ記録されておらず、自然分布は不明である。しかし、石谷(1992a, b)は本種が栽培施設周辺の野外から施設内に飛来することを想定している。大谷・後藤(1997)は光誘引粘着トラップを栽培舎屋外に設置し、ツクリタケクロバネを得ているが、これらは屋内で発生した成虫が誘引された可能性がある。

本種はこれまでにエノキタケ、シイタケ、ツクリタケ、ナメコといった主要な食用きのこの害虫とされていた(末吉・吉松 2020)。本種は1990年代にツクリタケ栽培施設で褐斑病の発生によって子実体の質的被害が蔓延するによって栽培を中止するほどに大発生した(石谷 1992a, b, 1996)。エノキタケ、ナメコ、菌床シイタケ栽培施設で発生あるいは多発したとされるものの(笹川 1993, 2003, 石谷・笹川 1994, 後藤・大谷 1995)、いずれの発生事例も具体的な被害は報告されておらず、これらの食用きのこ栽培では潜在的な害虫として認識されたと考える。子実体が食害されたり、病変が見られたりすることは出荷量の減少につながる。今後は、ブナシメジ栽培での被害拡大の警戒をはじめ、他の食用きのこでの被害防止が必要となる。

ヤマタナミによるブナシメジの食害では子実体の萎凋が見られたが(末吉 2010)、ツクリタケクロバネによる今回の食害では同様の現象は見られなかった。ヤマタナミの成熟幼虫はツクリタケクロバネの幼虫よりも十分に体長が大きい(ヤマタナミ: 11.6mm, ツクリタケ: 1-8mm)(石谷 1992a, 末吉 2010)が、体長以外の特徴でルーペや実体顕微鏡を用いてこれらを区別することは難しい。子実体の萎凋の有無はこれら2種の害虫による被害を区別する特徴の一つとなる可能性がある。

食用きのこ害虫であるクロバネキノコバエ類の防除方法として光誘引捕虫器、黄色粘着シート、浸水処理が挙げられている(森林総合研究所 2020)。海外ではシイタケやツクリタケ栽培のツクリタケクロバネの防除方法として上記以外に化学農薬や天敵製剤も検討されている(Kim et al. 2001, Erler et al. 2011)。また、本種の成長を阻害する、植物由来の物質の毒性も検討された(Park et al. 2006a, b 2008, Yi et al. 2008)。韓国では、化学薬剤の使用に残留性や薬剤抵抗性などの問題、健康食品としてのイ

メージ低下があることを懸念し、天敵線虫の利用などによる生物防除が検討されている(Kim et al. 2012)。同様の趣旨で森林総合研究所(2020)はシイタケ害虫であるナガマドキノコバエ類、ムラサキアツバ、ハラアカコブカミキリに対する天敵製剤の効果を明らかにし、これらの害虫防除を目的に農薬登録された天敵製剤が他の害虫へも有効である可能性を示した。

クロバネキノコバエ類に対して用いた天敵微生物製剤は国内外で防除効果が認められている。ツクリタケ栽培で線虫 *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) を適用した結果、ツクリタケクロバネの個体数が激減した(Nickle and Cantelo 1991, Scheepmaker et al. 1997, Navarro and Gea 2014)。千葉県海匝地域のツクリタケ栽培施設に発生した個体群へ天敵線虫製剤 Nemasys M100 を散布した結果、クロバネキノコバエ類(未同定)の成虫の発生数が対照区よりも十分に少なかった(岩澤 1998, 1999)。また、千葉県茂原市・山武町、蓮沼町の菌床シイタケ施設で、菌床をNemasys M100の溶液に浸水処理した場合にクロバネキノコバエ類(未同定)の成虫の発生数が低下したが、処理後の日数経過とともに、効果が低減した(岩澤 2000)。Nemasys M100溶液を用いた試験での対象害虫がツクリタケクロバネであるか否かの確認が必要であるが、これらの天敵線虫を用いた防除効果を期待できる。

韓国とイギリスではバクテリアと捕食性ダニ類を用いた防除方法も検討されている。ヒラタケの原木やツクリタケクロバネの死骸から分離された2種類のバクテリアがツクリタケ幼虫に対して効果がある(Lee et al. 2001, Moon et al. 2002)。菌床シイタケ栽培において、捕食性ダニ類 *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini, 1883) を個体密度 30.3 匹/ m² で 7~14 日間隔で 3 回投入した場合、ツクリタケクロバネが効果的に抑制された(Kim et al. 2012)。また、ツクリタケ栽培において捕食性ダニ類 *Hypoaspis miles* (Berlese, 1882) を個体密度 830 匹/ m² で発生前あるいは直後に投入した場合、ツクリタケクロバネが効果的に抑制された(Jess and Schweizer 2012)。

物理的防除方法として、既述した光誘引捕虫器や粘着トラップの他にネット被覆が挙げられる(森林総合研究所 2020)。プランタを使ったツクリタケ栽培試験では、プランタをオリセネットや寒冷紗で覆うことで、ツクリタケクロバネ成虫が媒介する褐斑病の発生減少や生産量の減少を抑えることができた(中川・石谷 2007a)。

ツクリタケクロバネによる食用きのこ被害の防除の第1段階は本種による栽培施設への侵入や子実体への接触を物理的に排除することである。これに加えて石谷(1992b)はツクリタケ栽培への被害防止を念頭に、栽培舎内の消毒・清掃および増殖防止を対策として挙げた。増殖防止の対策として薬剤やトラップの使用が想定されているが、石谷(1992b)が懸念するようにそれ単独での効果は疑わしい。単一の防除方法に依拠するだけでなく、複数の方法を併用することで、効果的な制御が期待

される。本種の天敵製剤を用いた防除効果を確認した上で農薬登録を行い、上記のような物理的防除および浸水処理などの耕種的防除と併用することが望ましい。本種が加害する食用きのこその栽培方法は堆肥を用いたツクリタケ、菌床を常時浸水させた上面栽培や適時浸水・散水などを行う全面栽培シイタケ、容器に詰めた菌床を用いたブナシメジなど多様であるため、それぞれに有効な防除方法を体系化する必要がある。

謝辞

群馬、茨城、長野、静岡、岐阜、大分各県の生産者および公設研究機関の担当者の方々、梶村恒氏（名古屋大学）に調査・試料提供へご協力をいただいた。本研究の一部は科研費「森林性キノコバエ類による栽培きのこ被害の解明と緩和手法の開発」（研究課題番号23780176）、「ナラ枯れに注目した菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエ類の生態解明と外来者仮説の検証」（研究課題番号15K07491）と森林総合研究所交付金プロジェクト「菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの被害拡大機構の解明」の援助を受けた。

引用文献

- Erlar, F., Polat, E., Demir, H., Catal, M. and Tuna, G. (2011) Control of mushroom sciarid fly *Lycoriella ingenua* populations with insect growth regulators applied by soil drench. J. Economic Entomol., 104, 839–844.
- 後藤 忠男・石谷 栄次 (2000) きのこ菌床栽培の害虫クロバネキノコバエ類に対する誘殺トラップ. 林業と薬剤, 154, 1–6.
- 後藤 忠男・伊藤 雅道 (1995) 菌床栽培における主要害虫の簡易同定法とクロバネキノコバエ類の防除法. 農林水産省農林水産技術会議事務局・林野庁森林総合研究所編 “きのこ菌床栽培の病原菌と害虫”. アサヒビジネス, 41–54.
- 後藤 忠男・中牟田 潔・所 雅彦・中島 忠一 (1999) ツクリタケクロバネキノコバエの交尾行動と性フェロモンの存在. 日本応用動物昆虫学会誌, 42, 181–184.
- 石谷 栄次 (1992a) マッシュルームのクロバネキノコバエ被害調査. 平成3年度林業技術現地適応化促進事業. 千葉県林業試験場, 13pp.
- 石谷 栄次 (1992b) クロバネキノコバエ類によるツクリタケ（マッシュルーム）の被害と対策. 千葉県植物防疫協会機関誌, 57, 16–18.
- 石谷 栄次 (1996) 千葉県の食用きのこ栽培施設で採集されたクロバネキノコバエ類. 房総の昆虫, 16, 3–4.
- 石谷 栄次・笹川 満廣 (1994) 千葉県の菌床きのこ栽培施設に発生するクロバネキノコバエ類. 日本林学会講演発表要旨集, 105, 71–72.
- 石谷 栄次・後藤 忠男・川崎 隆志 (1997) ツクリタ

ケを加害するクロバネキノコバエ成虫に対する光誘引粘着トラップの考案とその誘引性. 日本応用動物昆虫学会誌, 41, 141–146.

- 岩澤 勝巳 (1996) 食用きのこ害虫の無農薬による防除技術の開発—ツクリタケ栽培におけるクロバネキノコバエ類の防除試験—. 千葉県森林研究センター業務報告, 31, 40.
- 岩澤 勝巳 (1997) 食用きのこ害虫の無農薬による防除技術の開発—ツクリタケ栽培における幼若ホルモン類縁体 (JHA) によるクロバネキノコバエ類の防除—. 千葉県森林研究センター業務報告, 32, 43.
- Jess, S. and Schweizer, H. (2009) Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation: a comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. Pest Management Science, 65, 1195–1200.
- Kim, G-H., Yoo, J-S., Koo, C-D., Lee, S-G. and Park, J-D. (2001) Selection of insecticides for controlling *Lycoriella mali* in *Lentinula edodes* sawdust cultivation. Kor. J. Pesticide Sci., 5, 62–66.
- Kim, H-H., Cho, M-R., Kang, T-J., Ahn, S-J., Jeon, S-W., Lee, C-J. and Cheong, J-C. (2012) Damage and biological control of dark winged fungus gnats, *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in a shiitake cultivation. J. Mushroom Sci. Production, 10, 184–190.
- 森林総合研究所 (2020) しいたけ害虫の総合防除改訂第2版. 森林総合研究所森林昆虫研究領域, 51pp.
- 九州地区林業試験研究機関連絡協議会 (2011) きのこの害虫防除マニュアル. 森林総合研究所九州支所, 46pp.
- Lee, S-H., Lim, E-K., Choi, K-H., Lee, J-P., Lee, H-O., Kim, I. and Moon, B-J. (2001) Isolation and identification of entomopathogenic bacteria for biological control of the mushroom fly, *Lycoriella mali*. Kor. J. Mycol., 30, 44–49.
- Moon, B-J., Lee, S-H., Lim, E-K., Kim, T-S., Kim, H-J., Song, J-H. and Kim, I. (2002) Biological control of the mushroom fly, *Lycoriella mali*, using *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. Kor. J. Mycol., 30, 50–55.
- 向井 裕美・北島 博・坂田 春生・齊藤 みづほ (2017) 菌床シイタケ栽培施設におけるナガマドキノコバエ類と天敵寄生蜂の発生活長. 関東森林研究, 68, 105–106.
- 中川 茂子・石谷 栄次 (2007a) きのこ栽培におけるキノコバエの被害防除技術の確立—ツクリタケ発生舎におけるキノコバエ調査—. 千葉県森林研究センター業務報告, 41, 53.
- 中川 茂子・石谷 栄次 (2007b) きのこ栽培におけるキノコバエの被害防除技術の確立—菌床シイタケ発生舎における防除—. 千葉県森林研究センター業務報告, 41, 54.
- Navarro, M. J. and Gea F. J. (2014) Entomopathogenic

- nematodes for the control of phorid and sciarid flies in mushroom crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49, 11-17.
- Nickle, W. R. and Cantelo, W. W. (1991) Control of a mushroom-infesting fly, *Lycoriella mali*, with *Steinernema feltiae*. *J. Nematol.*, 23, 145-147.
- 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, 387 pp.
- 大谷 英児・後藤 忠男 (1997) きのか害虫の生物的防除技術の開発. きのか病虫害発生機構の解明と生態的防除技術の開発. プロジェクト研究成果シリーズ, 315, 76-100. 農林水産省農林水産技術会議事務局筑波事務所.
- 岡部 貴美子 (2006) 日本における食用きのこの害虫. 森林総合研究所研究報告, 5, 119-133.
- Park, I-K., Choi, K-S., Kim, D-H., Choi, I-H., Kim, L-S., Bak, W-C., Choi, J-W. and Shin, S-C. (2006a) Fumigant activity of plant essential oils and components from horseradich (*Armoracia rusticana*), anise (*Pimpinella anisum*), and garlic (*Allium sativum*) oils against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). *Pest Management Science*, 62, 723-728.
- Park, I-K., Kim, L-S., Choi, I-H., Lee, Y-S. and Shin, S-C. (2006b) Fumigant activity of plant essential oils and components from *Schizonepeta tenuifolia* against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). *J. Economic Entomol.*, 99, 1717-1721.
- Park, I-K., Kim, J-H., Lee, Y-S., Lee, S-G., Ahn, Y-J. and Shin, S-C. (2008) Toxicity of plant essential oils and their components against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). *Horticultural Entomology*, 101, 139-144.
- 林野庁 (2019) “令和元年特用林産基礎資料”, 林野庁, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00501004&tstat=000001021191&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1=000001021192&tclass2=000001143866&tclass3val=0>, (参照 2021-01-13).
- 三枝 豊平 (2008) ハエ目 (双翅目) Diptera 概説. 平嶋義宏・森本 桂編 “新訂原色昆虫大図鑑 III”. 北隆館, 255-458, pl.95-139.
- Sasakawa, M. (1983) Two new species of Sciaridae (Diptera). *Kontyu*, 51, 319-321.
- 笹川 満廣 (1993) マッシュルームを加害するクロバネキノコバエ類. 環動昆, 5, 1-5.
- 笹川 満廣 (2003) 日本産双翅目ノート 2. 昆蟲 (ニューシリーズ), 6, 119-133.
- 笹川 満廣 (2014) クロバネキノコバエ科. 中村剛之・三枝豊平・諏訪正明編 “日本産昆虫目録第 8 巻 双翅目 (第 1 部) 長角亜目-短角亜目無額囊節”. 日本昆虫学会, 114-125.
- Scheepmaker, J. W. D., Geels, F. P., Smits, P. H. and van Griensven L. J. L. D. (1997) Control of the mushroom pests *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae) and *Megaselia halterata* (Diptera: Phoridae) by *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) in field experiments. *Ann. Appl. Biol.*, 131, 359-368.
- 末吉 昌宏 (2010) ブナシメジ子実体を食害するキノコバエ. 森林総合研究所研究報告, 9, 121-123.
- Sueyoshi, M. (2014) Taxonomy of fungus gnats allied to *Neoempheria ferruginea* (Brunetti, 1912) (Diptera: Mycetophilidae), with descriptions of 11 new species from Japan and adjacent area. *Zootaxa*, 3790, 139-164.
- 末吉 昌宏・木村 悟朗 (2017) シイタケ栽培施設などでのヒメホソバエ類 (双翅目ヒメホソバエ科) の発生. 森林総合研究所九州支所年報, 28, 18.
- 末吉 昌宏・吉松 慎一 (2020) 我が国の農林業害虫クロバネキノコバエ類の分類と生態. 植物防疫, 74, 622-630.
- 末吉 昌宏・向井 裕美・北島 博・黄 俊浩 (2019) 菌床シイタケ栽培施設で発生したシワバネキノコバエ *Allactoneura akasakana* Sasakawa, 2005 (双翅目キノコバエ科). 森林総合研究所研究報告, 18, 319-324.
- Watanabe, K., Mukai, H., Kitajima, H. and Sueyoshi, M. (2020) The Ichneumonid parasitoids of the fungus gnat genus *Neoempheria* Osten Sacken (Diptera: Mycetophilidae) infesting edible fungi in the sawdust-based cultivation houses. *Jap. J. Sys. Entomol.*, 26, 53-61.
- 矢野 幸一 (2006) 菌床シイタケに発生する害虫の生態的特性と防除技術に関する研究. 栃木県林業センター年報, 38, 9.
- 矢野 幸一 (2009) 粘着トラップを利用した菌床シイタケ害虫防除試験. 関東森林研究, 60, 269-272.
- Yi, J-H., Park, I-K., Choi, K-S., Shin, S-C. and Ahn, Y-J. (2008) Toxicity of medicinal plant extracts to *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) and *Caboldia fuscipes* (Diptera: Scatopsidae). *J. Asia-Pacific Entomol.*, 11, 221-223.

***Lycoriella ingenua* (Dufour, 1893) (Diptera: Sciaridae) , infesting in cultivation facilities of edible fungi**

Masahiro SUEYOSHI^{1)*}, Hiroshi KAZAMA²⁾, Hiromi MUKAI³⁾ and Hiroshi KITAJIMA³⁾

Abstract

An infestation on fruit-body of *Hypsizigus marmoreus* by a fungus gnat pest, *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) (Diptera: Sciaridae), is reported from Japan for the first time. Sciarid larvae inhabited inside and outside of the sporophore of *H. marmoreus*. The adults reared from larvae infesting them are identified as *L. ingenua* based on the morphological features. Additional localities of *L. ingenua* were recorded from 12 indoor facilities of saw-dust media of *Lentinula edodes* in six prefectures, Japan. Morphological features distinguishing it from a major fungus gnat pest of agricultural products in Japan, *Bradysia impatiens* (Johannsen, 1912), are described. Control measures of this pest species proposed in foreign countries are reviewed and biocontrol using nematodes as its natural enemies together with other physical and cultural controls for this pest species are discussed.

Key words : cultivated mushroom, edible fungi, host, Japan, infestation, pest insect

Received 16 April 2021, Accepted 3 June 2021

1) Center for Biodiversity and Climate Change, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Section for Mushrooms, Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station

3) Department of Forest Entomology, FFPRI

* Center for Biodiversity and Climate Change, FFPRI , 1 Matsunosato, Tsukuba 305-8687, Japan; E-mail: msuey@ffpri.affrc.go.jp

