

第4章 トラブルの原因とその対策

本章では、これまで沖縄県内で確認された菌床しいたけ栽培に関連するトラブル事例とその対策についてまとめる。

1 トリコデルマ属菌による被害

トリコデルマ属菌は、不完全菌類に属する糸状菌類で、森林土壌中に普遍的に存在する。本菌がしいたけ菌床の表面に付着・繁殖した場合は、緑色のカビを形成する。本菌の特徴は、他の菌類の菌糸を溶解させたり、菌糸の生長を抑制させたりすることである。しいたけの培養過程で本菌の被害を受けた菌床は、しいたけの発生は見込めなくなる。また、しいたけ発生中に本菌による被害が発生した場合は、しいたけの収穫量が減少する。本菌がしいたけに接触すると、子実体の正常な生長が妨げられ奇形となったり、生長をやめて黒く変色したりする。

本菌が、菌床に付着した場合の対策は以下のように行う。

- (1) 菌床の培養中に本菌による被害が発生した場合は、直ちに被害菌床を廃棄する。同時に、周囲に同様の被害が発生していないか確認する。また、本菌による被害の発生場所も記録しておくことで、培養中のどの段階で本菌が侵入したのか診断する材料となる。すなわち、汚染箇所が接種（植菌）点近くにある場合は、接種（植菌）作業時に本菌が侵入した可能性が高くなる。汚染箇所が菌床の側面や底面から発生している場合は、ピンホールからの侵入の可能性が高くなる。



図-26. 底面から害菌が侵入した菌床



図-27. ピンホールから害菌が侵入した様子

- (2) しいたけ発生中の菌床に本菌の付着が認められた場合は、被害を受けた菌床を菌床棚最下段に配置換えする。最下段に配置換えすることで散水管理の際に水滴経路による感染拡大を最小限に抑えることができる。
- (3) 収穫作業は、本菌による被害が発生していない菌床から始め、本菌による被害が発生している菌床は最後に収穫する。収穫する順序を適切にすることによって本菌の胞子が収穫作業者の手に付着することによる感染拡大を防止することができる。

(4) 菌床表面に付着した本菌の菌糸塊は、流水による洗浄をすることで被害の拡大を最小限に抑えることができる。具体的には、水道の蛇口にゴムホースを接続する。ゴムホースの出口を親指で塞ぎ、水流に勢いをつける。勢いのついた水流が本菌の菌糸塊付近に鈍角となるようにあてる（水流を鋭角に当てると、水流の勢いで菌床が崩壊する）。そのまま水流の勢いで菌糸塊を洗い流す（図-28）。なお、害菌等が付着した箇所は菌床がもろくなっているため、慣れるまでは水流が強すぎないように慎重に作業を行う。この操作により被害の発生をなくすことはできないため、拡大防止のため（2）の方法に従うこと。

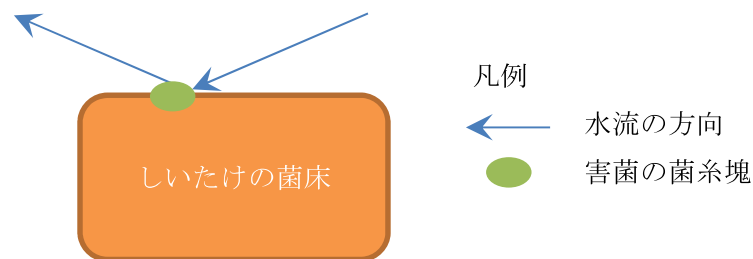


図-28. 害菌類の菌糸塊を水流で洗い流す際の作業模式図

2 菌床の黒色化

県内の生産施設において、菌床から黒い液体が出る症状が確認されている。1回目の浸水後に発生することが多いが、除袋後に発生することもある。この症状が発生した菌床では、子実体の発生は見込めない。黒い液体をそのままにしておくと、腐敗臭が発生する。また、子実体にこの液体が付くと溶けてしまう。作製した菌床の8割以上で発生し、大きな被害となることがある。



図-29. 黒色化した菌床

黒色化の原因は特定されていないが、害菌に対するしいたけ菌の反応によって発生する代謝物の可能性がある。また、黒色化した菌床からトリコデルマ属の害菌が分離されていることから、培養不良の菌床に害菌が侵入することで発生している可能性がある。培養が不十分な菌床には害菌が侵入しやすくなるため、本指針に従った適正な管理を行い、良好な菌床

を作製することが予防策として有効と考えられる。また、他の菌床への拡散を防ぐため、症状のある菌床を破棄する必要がある。

3 高温耐性菌による被害

芽胞を形成する細菌は、高圧滅菌で約 120℃では殺菌することができるが、常圧滅菌では 100℃程度までしか温度が上がらないため、長時間の殺菌でも死滅させることは困難と言われている。エノキタケでは *Bacillus* 属等の高温耐性を有する細菌がストップ症状や培養ムラといった培養不良を引き起こすことがある（宮崎 2018）とされている。県内のしいたけ栽培においても菌糸の伸長が著しく遅い菌床から、*Bacillus* 属の菌が検出されている。



図-30. *Bacillus* 属が検出されたしいたけ菌床（培養 79 日目）

滅菌を確実にを行うためには必要となる時間を確実に維持することが重要である。定期的の確認を行い、滅菌時間が不足している場合は、滅菌機器の点検や滅菌プログラムの見直しが必要となる。

また、常圧滅菌では高温耐性菌を殺菌できないため、放冷の工程により繁殖を抑える必要がある。高温耐性菌は 28℃を下回ると繁殖が少なくなるとされているため、ヘパフィルターを通した外気の取り入れにより滅菌後は速やかに菌床を放冷することが重要である。

4 アカパンカビ被害と対策

アカパンカビは、子のう菌類で生長が非常に早いという特徴がある（アカパンカビは直径 9cm の寒天培地を 1 日で覆い尽くす、一方しいたけは 1 週間程度）。その生長の早さは、数日で菌床に蔓延してしまうほどで（図-31 左）、蔓延後も袋内で爆発的に増殖しフィルター部分からあふれ出す（図-31 右）。フィルターからあふれ出したアカパンカビは、新しい菌床へ感染を拡大させる。感染の拡大防止には、アカパンカビ被害の発生した菌床の早期発見・除去が欠かせない。またフィルターを不必要にしめらせないことも感染拡大防止に役立つ。



図-31. しいたけ菌床に蔓延したアカパンカビとフィルター部分から吹き出す菌糸

5 前日にフスマを投入したことによる菌糸生長の不良

おが粉に加水し、水をなじませる工程で誤ってフスマを 20kg 投入してしまった。翌日不足分のフスマを追加投入し含水率を調整後、滅菌・放冷・接種（植菌）し、培養を行った。しかし、菌糸の生長が著しく遅れた。菌糸の生長が著しく後れた原因は、前日に誤ってフスマを投入したことで、培地中のバクテリアやカビが増殖した結果、培地中にバクテリアやカビの老廃物が蓄積したこと、培地が酸性化したことである。

6 ナメクジ・カタツムリによる子実体の食害被害と対策

簡易施設では、ヤンバルヤマナメクジやアフリカマイマイによる食害が発生する。ヤンバルヤマナメクジやアフリカマイマイは本土に分布するナメクジやカタツムリと比較して巨大（表-7）で食害量も多い。また、アフリカマイマイを中間宿主とする寄生虫（広東住血線虫）は、人間が感染した場合、好酸球性髄膜脳炎発症する危険がある。沖縄県では、2003年8月までに33例の感染例があり、死亡例も1例ある。（出典：国立感染症研究所感染症情報センター「広東住血線虫」、服部春生ら（2001）日本小児科学会雑誌、105、719-721）。

上記の感染症を引き起こす可能性があるため、ナメクジ等を駆除する際は使い捨てゴム手袋を装着して行う。駆除後は、手や腕をよく洗う等の自衛策を講じる必要がある。

一般的に、ナメクジ類の駆除には「りん酸第二鉄剤」、「メタアルデヒド剤」（出典：独立行政法人農林水産消費安全技術センター）が使用できる他、ナメクジ類が這い上がる部分に銅箔テープを巻くことによりしいたけ発生棚への侵入を防ぐことができる。

ナメクジ類の駆除薬剤の施用場所は、生産施設の周辺や、菌床しいたけを発生させる施設の床に限る。しいたけの子実体や菌床に直接施用してはならない。

表-7. ナメクジの種類と体長

種類	体長	分布
チャコウラナメクジ	5cm	本州、四国、九州
ヤンバルヤマナメクジ	10cm 以上	沖縄
カタツムリ類	1mm～6cm（複数種の殻径）	日本在来種
アフリカマイマイ	成員の殻径が7 - 8cm	沖縄

7 ナガマドキノコバエによる被害

ナガマドキノコバエ（図-32）は、キノコバエ科のキノコバエで、菌床しいたけの害虫として沖縄を含め全国に分布している。ナガマドキノコバエ成虫のサイズは6～10mmで、幼虫のサイズは10～15mmである（川島・國友 2010）。ナガマドキノコバエは、気温が23～25℃では2週間で1世代を完了する（北島 2009）。沖縄県内での過去の調査（伊藤 2013）では、ナガマドキノコバエは周年菌床しいたけ生産施設周辺に生息しており、常にナガマドキノコバエの被害のリスクがある。

ナガマドキノコバエの被害は、以下の3点である。

1. 幼虫による菌床・子実体の食害（図-32 右）による収穫量の低下
2. 出荷したいたけに幼虫が混入することによる「異物混入」被害
3. 子実体に付着した幼虫を取り除く労力をかけることによる生産性の低下

現状最も有効な対策は、しいたけ生産施設内にナガマドキノコバエを侵入させないことである。侵入防止には、施設の密閉度を高める必要がある。



図-32. ナガマドキノコバエ成虫（左）としいたけ子実体を加害する幼虫

具体的に施設栽培と簡易栽培の場合について解説する。施設栽培の場合は、出入口に網戸を設置したり、換気口にもメッシュを設置したりしてナガマドキノコバエ成虫の侵入を防止する。簡易栽培の場合は、ハウスの下部にメッシュ素材を使用して換気はするが、ナガマドキノコバエ成虫の侵入は防ぐ構造にする。また、施設の間隙については、スポンジ等で塞ぐなどの工夫が必要である。図-33の調査事例では、施設Aは図-19に示した施設で、密閉性が高い状態であった。一方で、施設B、Cは密閉性の低い施設であった。

施設Aでは、野外でナガマドキノコバエ成虫が捕獲されているのに対して、施設内では簡易施設での収穫末期である3~4月にのみ捕獲されている。施設B、Cでは対照的に、施設内で恒常的にナガマドキノコバエ成虫が捕獲された。このことは、施設の密閉度を高めることでナガマドキノコバエの被害を防除できることを示している。

施設へのナガマドキノコバエの侵入防止対策度同様に、施設内でのナガマドキノコバエの増殖防止対策も重要である。具体的には、収穫作業中に発生した子実体の残渣や施設の床に落下した菌床カスの徹底除去が有効である。

次に、施設内にナガマドキノコバエが定着してしまった場合は、16時間以上の浸水作業でナガマドキノコバエの幼虫を殺虫(北島 2010)することができ、被害を軽減することができる。しかし、菌床を浸水したとしても、ナガマドキノコバエの卵は死亡しない。1世代が完了する2週間以内に施設内の全菌床を浸水処理することができれば、被害は大幅に低減可能である。

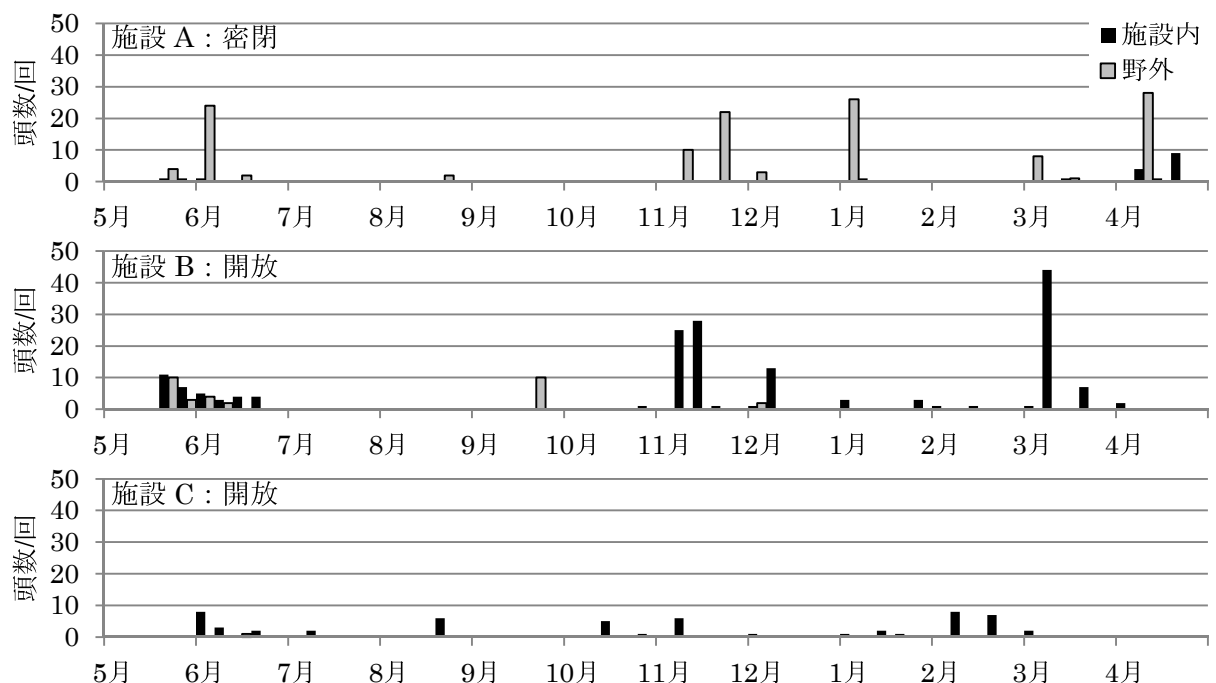


図-33. 密閉度の異なる施設でのナガマドキノコバエ誘引捕獲頭数¹¹⁾

8 農薬の使用について

菌床しいたけ生産の段階で発生したナガマドキノコバエの防除に市販の殺虫剤を使用した場合も農薬の使用とみなされる。農薬については、農薬等が一定以上含有する食品の流通を原則禁止する残留農薬等に関するポジティブリスト制度がある。

菌床しいたけの残留基準は、公益財団法人日本食品化学研究振興財団提供の「残留農薬基準値検索システム」から検索することができる。この検索表に記載のない農薬等の残留基準は一律 0.01ppm である。害虫対策として農薬を使用する場合は、これらの基準を順守することが必要である。しいたけ菌床栽培に使用できる農薬を表-8 に示す。

表-8. しいたけ菌床栽培に使用できる農薬¹²⁾

登録番号	種類	名称	用途
15000	BT 水和剤	バシレックス水和剤	殺虫剤
19071	ボーベリア ブロンニアティ剤	バイオリサ・カミキリ	殺虫剤
19616	BT 水和剤	ゼンターリ顆粒水和剤	殺虫剤
19618	BT 水和剤	ホクコーゼンターリ顆粒水和剤	殺虫剤
21075	ベノミル水和剤	きのこ用ベンレート水和剤	殺菌剤
21503	スタイナーネマ カーポカプサエ剤	バイオセーフ	殺虫剤
21734	BT 水和剤	ST ゼンターリ顆粒水和剤	殺虫剤

第5章 トレーサビリティ

トレーサビリティとは、物品の流通経路を生産段階から最終消費段階まで追跡が可能な状態をいう。

菌床しいたけ生産では、培地材料のトレーサビリティ、作製・培養した菌床の追跡可能性を確保することが望ましい。材料のトレーサビリティでは、おが粉の調達先、おが粉樹種のおおまかな構成比、製造年月日、搬入年月日等を記録することが望ましい。菌床の追跡可能性では、使用した種菌の種類とロット番号、接種（植菌）年月日、培養期間、袋の開封年月日等を記録することが望ましい。

これらの情報が追跡可能であることで、トラブル等に対処しやすくなるばかりか、消費者の安全・安心にも寄与する。

参考文献一覧

- 独立行政法人農林水産消費安全技術センター（2021-7-13）登録農薬情報提供システム。
https://www.acis.famic.go.jp/index_kensaku.htm
- 独立行政法人森林総合研究所（2014）LEDを利用したきのこ栽培～きのこ栽培における光の効果～．きのこ・微生物研究領域、32-36
- 服部春生、加藤竹雄、長門雅子、岡野智恵、鈴木元、名和行文、中畑龍俊（2001）沖縄旅行後に発症した広東住血線虫症による好酸球性髄膜炎の1例．日本小児科学会雑誌 105（6）、719-721
- 伊藤俊輔（2013）沖縄島北部におけるナガマドキノコバエ誘引捕獲消長と被害の実態．九州森林研究 66、120-122
- 伊藤俊輔（2015）沖縄における菌床シイタケ生産技術．沖縄県森林資源研究センター研究報告 56、5-20
- 伊藤俊輔（2016）菌床シイタケ栽培におけるシイタケ廃菌床の再利用．九州森林研究 69、177-179
- 川島祐介、國友幸夫（2010）菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの生態と防除に関する研究．群馬県林業試験場研究報告 15、1-15
- 北本豊・尾崎規子・柴田瑞代・白鳥保・柿本陽一（1987）エノキタケの栽培時に混入する細菌による「ストップ症状」の発生機作．鳥取大学農学部研究報告 40、7-13
- 北島博（2009）菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの発育期間．第120回日本森林学会大会講演要旨集、Pb3-35
- 北島博（2010）ナガマドキノコバエの殺虫に必要な浸水処理時間．関東森林研究 61、271-272
- 公益財団法人日本食品化学研究振興財団（2021-7-13）残留農薬等基準 トップページ。
<http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/pages/MRLs-n>
- 宮崎和弘（2018）きのこの害菌問題に関する研究を通じて一害菌対策の注意点と地球温暖化のきのこ栽培への影響について一．日本きのこ学会誌 26(1)、10-17
- 仲摩和寛・赤池 頼（2022）低利用樹種を利用したきのこ栽培技術の検討．沖縄県森林資源研究センター業務報告 32、55-56
- 仲摩和寛・赤池 頼（2022）菌床シイタケにおける不適樹種の検討．沖縄県森林資源研究センター業務報告 32、57-58
- 森産業研究開発部（2007）XR1号の栽培特性．きのこ界 47 夏号、20-23
- 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 399、119-133
- 大森清寿編、北研食用菌類研究所著（1993）菌床シイタケのつくり方．社団法人農山漁村文化協会、108-112

図表について

- 1) 特用林産物生産統計調査（沖縄県森林管理課）の結果をもとに作成
- 2) 気象庁ホームページ 過去の気象データをもとに作成
- 3) 令和元年度沖縄県産きのこ生産強化事業委託業務の調査結果をもとに作成
- 4) 伊藤俊輔（2011）平成 23 年度亜熱帯森林林業研究発表会資料一部改変
- 5) 仲摩和寛、赤池 頼（2022）低利用樹種を利用したきのこ栽培技術の検討．沖縄県森林資源研究センター業務報告 32 号から引用
- 6) 仲摩和寛、赤池 頼（2022）菌床シイタケにおける不適樹種の検討．沖縄県森林資源研究センター業務報告 32 号から引用
- 7) 森産業株式会社へのヒアリング結果をもとに作成
- 8) 令和 2 年度沖縄県産きのこ生産強化事業委託業務の調査結果をもとに作成
- 9) 令和元年度沖縄県産きのこ生産強化事業委託業務の調査結果（常圧滅菌）及び森産業株式会社からの提供データ（高圧滅菌）をもとに作成
- 10) 沖縄県農林水産部森林資源研究センターの試験結果をもとに作成
- 11) 伊藤俊輔（2013）沖縄島北部におけるナガマドキノコバエ誘引捕獲消長と被害の実態．九州森林研究 No. 66 から引用
- 12) 農林水産省 農薬登録情報提供システムの検索結果をもとに作成

改訂・菌床しいたけ栽培の指針

2022年3月31日

発行 沖縄県農林水産部森林管理課

〒900-8570 沖縄県那覇市泉崎 1-2-2

TEL 098-866-2295 FAX 098-868-0700
