ナラ枯れによるコナラ枯死木のシイタケ原木利用について
ー常圧殺菌法によるシイタケ栽培*1ー

田中正臣*2・若山学

ナラ枯れによるコナラ枯死木（大径木）を、シイタケ原木として利用するため、常圧殺菌法によるシイタケ栽培を試みた。伐倒・玉伐り・割材した原木を耐熱性袋に入れ、200L ドラム缶を利用して殺菌・殺虫した後、植菌・培養し、屋外で自然発生させ、４年間の子実体発生状況について調査した。ドラム缶による常圧殺菌法によって、材内のカシノナガキクイムシを殺虫し、被害枯死木のシイタケ原木栽培が可能であることがわかった。培養中、袋内への雑菌混入や栽培期間中の雑菌被害は見られなかった。子実体は植菌後、１年目から発生したが、ホダ木の特性および自然発生栽培によるため子実体発生量は通常の原木栽培よりも少なかった。

１．はじめに

ナラ枯れは、カシノナガキクイムシ（*Platypus quercivorus* Murayama、以下カシナガと略す）が、いわゆるナラ菌（*Raffaelea querrcivora* Kubono et Shin. Ito, sp. nov.）を媒介することによって伝播していく。ナラ枯れは大径木になるほど被害を受ける傾向にあり、また次世代のカシナガ成虫脱出数は、カシナガが穿入しても生存している穿入生存木より枯死木からのものが多く、被害防除にあたっては枯死木の処理が重要である[1)]。

奈良県において枯死木は、伐倒・燻蒸による駆除をおこなった後、林内に放置されていることが多い。そこで、木質資源としての有効利用という観点から、枯死木のシイタケ原木への利用について検討した。

枯死木のシイタケ原木としての利用には、伐倒した枯死木にチェンソーにより鋸目を入れて植菌する方法が試みられている[2)]。しかし、森林内で栽培した場合、奈良県内のシカの生息地では食害[3)]が懸念される。また、大径木は、樹皮が厚くまた心材直径が大きい[4)]ことなど通常の原木栽培[5)]として利用が困難である。また、シイタケの植菌によりカシナガの羽化脱出防止効果はあるが完全に防除することはできず、ホダ木の移動はナラ枯れの被害拡散につながる恐れがある[6)]。一方、小畠の研究は原木殺菌法によって、通常の原木栽培では利用が難しい大径木も適用が可能であることを示している[7)]。そこで同方法を利用することによって、大径木のシイタケ原木への利用、ナラ菌の殺菌およびカシナガ幼虫の殺虫が可能であると考えた。

小畠は原木殺菌を行うにあたり高圧殺菌釜を使用しているが[7)]、本試験では小規模栽培者や森林ボランティア等が容易に殺菌・殺虫できるように、ドラム缶を加工した簡易な常圧による殺菌装置を用いた（以下常圧殺菌法という）。これによりナラ枯れによるコナラ（*Querucus serrata* Murray）枯死木を原木としてシイタケ栽培を行い、子実体の発生量、個数、傘径の大きさおよび発生部位について調査したので報告する。

２．材料と方法

2.1 コナラ原木の伐採・玉切り・外樹皮・心材・割材

奈良市雑司町において、ナラ枯れによるコナラ枯死木１本（胸高直径 66.3cm）を 2013 年 11 月 5 日に伐採した。この枯死木を 2013 年 12 月 11 日に長さ約 20cm で玉切りし、16 個の玉切り材を作成した。これらの玉切り材の木口面間中央の平均直径は 27.16±7.92cm であった。また外樹皮厚は、凹凸や亀裂、開口部があるものの 7mm 以上であった。

外樹皮が厚く切れ目の少ない原木では、光の透過性が悪くなり[8、9)]、外樹皮の厚さが 1.7mm 以上になると原基の形成が著しく阻害される。原木の直径が小さいほど辺材に含まれる全窒素量や水溶性の炭水化物量が多く[8、11)]、原木は心材の少ない方が良い原木といえる。片倉によれば、コナラでは皮付き直径約 4 cm から心材が認められ始め、心材直径と皮内直径との間には極めて高い相関関係が認められることを報告している[4)]。

以上のことから、本試験で用いたコナラ枯死木は、直径

＊1　本報告の一部は第 129 回日本森林学会大会（2018 年）において口頭発表した。
＊2　現　奈良県 食農部 南部農林振興事務所

が大きく、外樹皮が厚くかつ心材直径の大きなシイタケ栽培には不向きな材[9]であるといえる。

玉切り材のうち直径約 22cm 以上のものについては、それぞれ2～7個に割材し、45 個の割材（原木）を得た（図1）。原木の平均重量は 4070.3±1210.8g であった。そして、これらの原木を通気フィルターの付いたきのこ栽培用耐熱性袋に封入した。

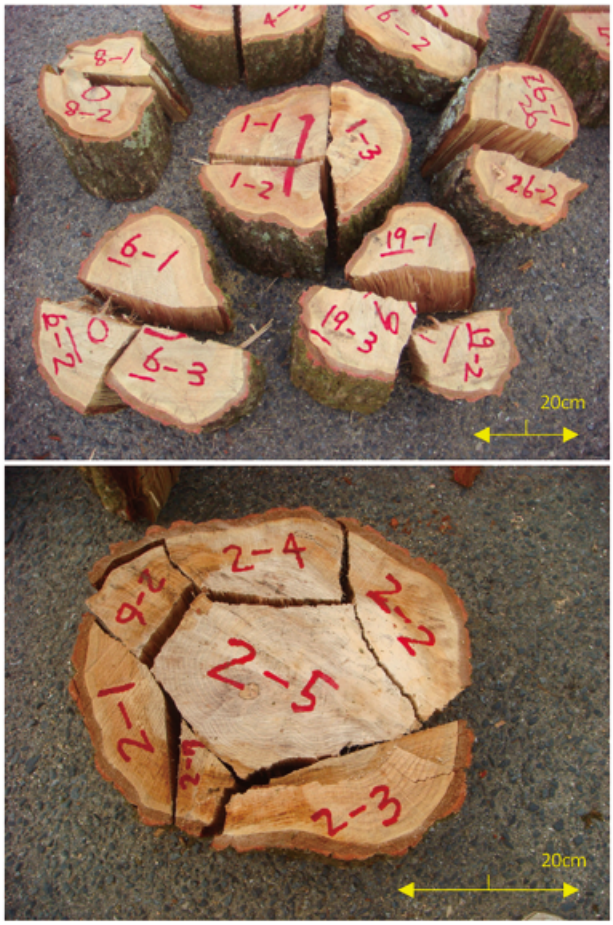

図1 原木の割材

2.2 ドラム缶による常圧殺菌（常圧殺菌法）

常圧殺菌を行うにあたり用いたドラム缶は、一般に広く使用されている 200L 鋼製タイトヘッドドラム缶（JISZ1601）で、中身が消費された後、天板を取り去ったものを再利用したものである。常圧殺菌は、ドラム缶の内部にすのこ状の仕切り台を作り、蓋をした後、仕切り台の下に水を溜め、ドラム缶の下部から焚きつけることによって、仕切りの上に積み上げた栽培用耐熱性袋に封入した原木を高温の蒸気により蒸して殺菌・殺虫する方法である。この作業は 2013 年 12 月 17 日に行った。焚きつける際には送風機によって、焚口に風を送り火力が増すようにし、ドラム缶内部に溜めた水が速やかに高温となるようにした。図2に常圧殺菌法におけるドラム缶内部の構造、図3に殺菌・殺虫状況を示す。

図2 常圧殺菌法におけるドラム缶内部の構造※1

※1 原木はドラム缶上部まで積み上げた。

図3 常圧殺菌法による殺菌・殺虫状況

次に、殺菌・殺虫中の原木内の温度変化を調べるために、原木の表面から 3 cm の箇所（以下、原木表層）そして原木内部中心（以下、原木中心）に届くまで、光ファイバーセンサー（安立計器株式会社製 FSE-35287）の直径とほぼ同じ大きさの穴を開け、当該光ファイバーセンサーを挿入して温度を測定、サーモメーター（安立計器株式会社製 AMOTH FL-2000）に記録した。そして、原木中心の温度が 55℃に達した時点で殺菌・殺虫完了とし、原木の入れ替えを行った。1日の原木殺菌回数は3回で、途中、

２回目の原木の入れ替え時に、減少した分の水を継ぎ足した。また３回目の原木の殺菌終了後は、原木内に温度センサーを入れたまま一晩放置して、原木表層と原木中心の温度を測定した。

殺菌・殺虫後、無作為に抽出した原木４本について、それぞれ鉈を用いて細かく切り割り、目視によって材内のカシナガ幼虫の状態を確認した。

2.3　菌株と植菌方法、培養、伏せ込み

試験にはシイタケ菌株は森産業株式会社製森 290 号のオガクズ種菌を使用した。常温殺菌した原木は一昼夜室内に置き、常温まで冷ました後、植菌をおこなった。植菌作業にあたっては、室内でカセットコンロ２台を点火し、周囲の空気中の雑菌を上昇気流によって取り除くことによって原木へのコンタミを防除した。耐熱性袋内の原木に、オガ菌を 50～100 g /袋振りかけ、植菌をおこなった（図４）。

図4　植菌の様子

植菌後、耐熱性袋を密閉し、室内で 2014 年５月 26 日まで 158 日間培養した。培養終了後、菌糸が蔓延した原木（以下、ホダ木とする）を耐熱性袋から取り出し、奈良県森林技術センター敷地内の落葉広葉樹の樹冠下に防草用に寒冷紗を敷き、伏せ込んだ（図５）。それ以降、散水等の子実体発生促進のための処理や管理は行わなかった。

2.4　子実体の発生量および発生個数の測定

子実体の収穫は傘がおおよそ８割開いた時に行った。子実体のサイズは傘の直径で、S：4 cm 未満、M：4～6 cm 未満、L：6 cm 以上とした。そして各ホダ木の発生箇所（木口上部、樹皮部、板目・柾目部、木口下部）ごとに、子実体発生量（生重量）と発生個数を測定し、2014 年から 2017 年まで年度毎に集計した。ただし、板目・柾目部と樹皮との間から発生した子実体は樹皮部として計数した。

図5　伏せ込んだホダ木
（植菌後 158 日経過。耐熱性袋から取り出した状態）

３．結果および考察

3.1　ドラム缶による常圧殺菌

図６に常圧殺菌中の原木表層と原木中心の温度の変化を示す。注水時の水温は７℃であった。10 時 13 分より加熱を開始、原木中心の温度が 55℃に達した時間は、１回目は 12 時 45 分（加熱開始 153 分後）、２回目は 14 時 40 分（同 115 分後）、３回目は 17 時６分（同 146 分後）であった。

常圧殺菌終了後、原木４本についてそれぞれ材を割り、材内のカシナガ幼虫の状況を確認した結果、材内の幼虫は死亡しており（図７）、次世代のカシナガ成虫脱出防止に効果があると考えられた。供試した材積は 0.18 ㎥（３回／日）で、集団で枯死が発生するような現地では、すべての枯死木の処理は困難であるが、ナラ枯れ被害初期の単木被害であれば、本試験による方法で十分に処理できるものと考えられた。

また本試験では、原木中心の温度が 55℃に達した時点で殺菌・殺虫完了としたが、原木中心の温度が 45℃であっても原木表層の温度は 80℃以上あり（図６）、最適な殺菌・殺虫のための温度（焚きこむ時間）の検討により１日の常圧殺菌回数を増やすことが可能と思われた。

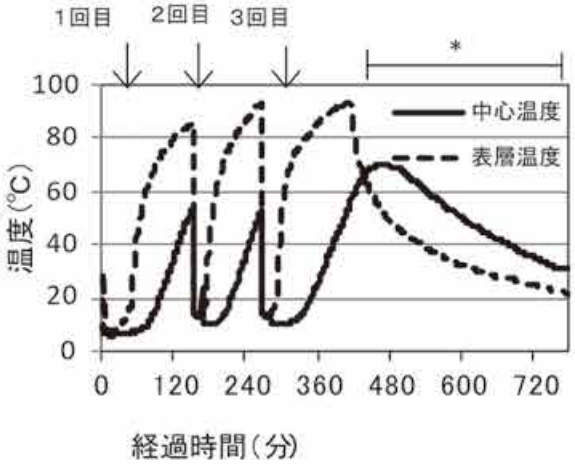

図6 常圧殺菌における原木内の温度変化
↓:ドラム缶への原木入れ替えを示す。
*:3回目は殺菌後も継続して温度を測定した。

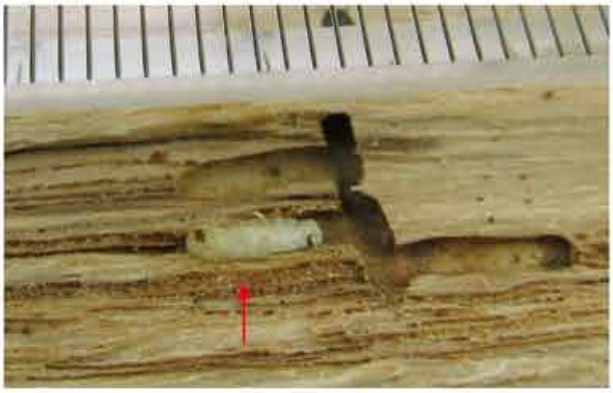

図7 常圧殺菌後の原木内部の状況
矢印は死滅したカシナガ幼虫

3.2 子実体の発生調査

子実体の発生は植菌１年目の 2014 年 12 月８日から始まった。図８に子実体の発生状況を示す。植菌４年目にはホダ木が劣化し（図９）、崩れるものや穿孔性害虫（種は不明）による被害を受けるものが確認され（図９下）、2017 年５月 26 日を最後に子実体の発生はなくなった。

図9 劣化したホダ木 （伏せ込み後4年経過）
写真下は穿孔性害虫により加害をうけたホダ木：穿孔およびフラス

図8 子実体の発生状況 （右:2014 年 12 月 8 日、左:2015 年 12 月 24 日）

3.2.1 子実体の発生量と発生個数、傘径別発生割合

図 10 に栽培期間中のホダ木 45 個の子実体の発生量および発生個数の推移を、図 11 に子実体の傘径別発生割合の推移を示す。

子実体は植菌約 1 年後にはホダ木の 20%（9/45 個）で発生が確認され、植菌 2 年目には 96%（43/45 個）で発生が確認され、その後年度の経過と共に発生するホダ木は減少した。子実体の発生量および発生個数については、植菌 2 年目に子実体発生量および発生個数ともに最大となり、調査期間全体の発生量の 69%、発生個数の 56%を占め、その後年度の経過と共に減少した。傘径別発生割合は、L サイズは植菌 1 年目が最も多くなり、その後年度の経過と共に減少する傾向がみられた。S サイズは植菌 1 年目は発生がみられなかったが、植菌 2 年目で発生がみられ、その後年度の経過と共に増加した。

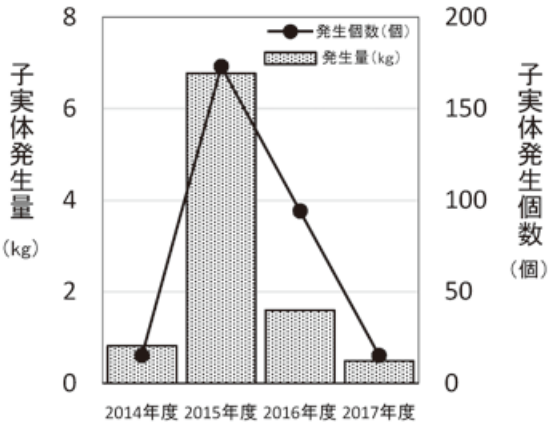

図10 子実体の発生量と発生量個数の推移
（ホダ木 45 個の合計値）

各年度の子実体の発生期間
2014年度:2014年12月18日～2015年3月19日
2015年度:2015年10月20日～2016年3月25日
2016年度:2016年 4月 3日～2017年3月24日
2017年度:2017年 4月 3日～2017年5月26日

ホダ木内の菌糸体量は、2 年目のホダ木で菌糸体量が最大となり、その後減少する。菌糸体量と子実体発生量の関係は 1 次回帰式に適合し[8]、実際の通常の原木栽培においても 2 夏経過後、植菌後 3 年目が最も発生数が多く、その後徐々に減少に転ずる[12]ことが知られている。本試験においては、常圧殺菌により雑菌等の繁殖が抑制されたことでシイタケ菌糸体が成長しやすくなり、耐熱性袋内にて十分にホダ化が促進されたことにより、通常の原木栽培より 1 年早い子実体の発生パターンになったと考えらえた。

また、発生回数の増加とともに S サイズが増加する傾向は、大矢らの試験においても浸水を重ねると S 級比率が高くなる傾向[13]が示されており、それと同様に本試験においても、ホダ木内の菌糸体量の減少により傘径の L サイズの発生が減少、S サイズの発生が増加したものと思われる。

3.2.2 子実体の発生部位

図 12 に子実体の発生部位別割合を示す。子実体の発生は、木口上部と下部、樹皮部からがほとんどで、板目・柾目部からの発生は全体の 4.1%にとどまった。木口上部および木口下部からの発生は、樹皮付近からの発生が多かった（図 8）。

大矢らによる原木半割区（直径約 13cm、長さ 90cm のコナラ原木を木口面で半分ずつに割り、その断面それぞ

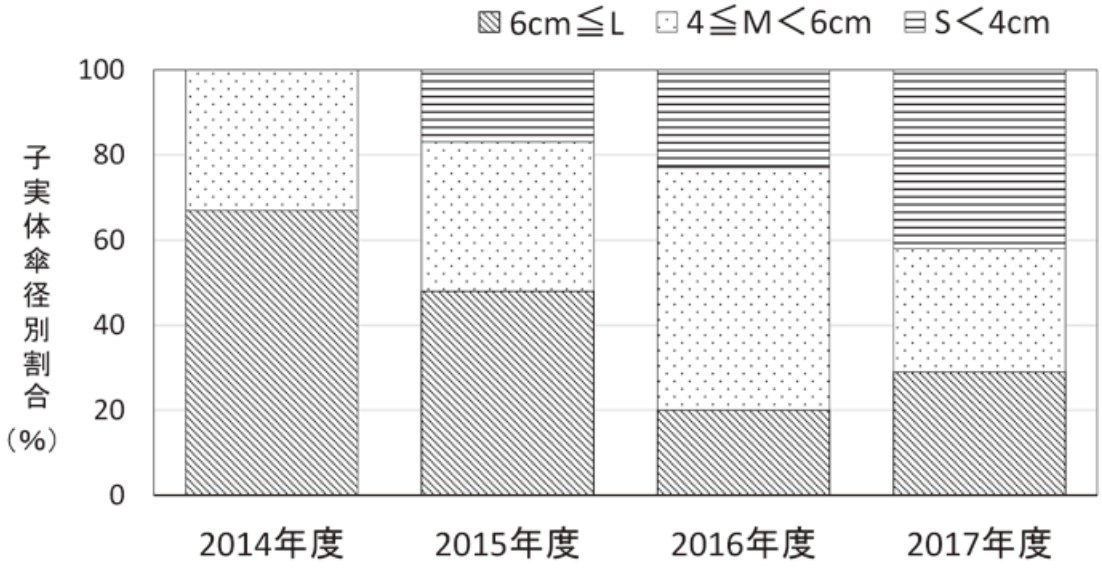

図11 子実体の傘径別割合の推移 （ホダ木 45 個での発生個数）

れに植菌したもの）において、断面から子実体は発生したが、木口よりも面積が広いにもかかわらず発生量は短木区（直径約 13cm 長さ 45cm のコナラ原木の木口面に植菌処理。原木半割り区よりも植菌面積は小さい）より少ないことを報告している[13]。子実体原基は表皮や形成層部分にできるとされており[8]、柾目・板目部は原基が形成されるのに不利であることに加え、樹皮により保護されていないため気温や水分等の変動を受けやすいことにより、発生量が少なくなったと思われた。一方、木口上部では、植菌時に投入したオガ菌[7、13]が、木口下部では寒冷紗が外樹皮の代替となり原基形成を促進したものと考えられた（図５）。

3.2.3 原木重量に対する子実体発生重量率

図 13 に 2014 年から 2017 年までの子実体発生期間中の、原木重量に対する子実体発生重量率（%）を示す。本試験では、原木 1 kg あたりの子実体発生重量は 52.8g（子実体総重量／原木総重量）であった。原木栽培のホダ木一代あたりの子実体発生量は原木重量の約 10%とされている[8]。図 13 によれば 10%を超えるホダ木は 4 ／45 個であり、平均子実体発生重量率は 5.28%であった。

本試験の原木は、通常の原木栽培に比べて外樹皮が厚く心材直径が大きいため、子実体発生に適していない原木であった。また長さが約 20 ㎝と短木でかつ割材により

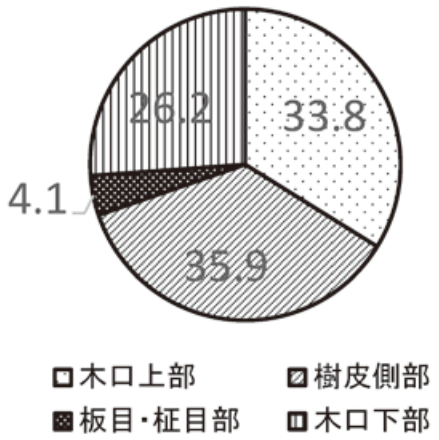

図12 子実体発生部位別割合（%）
（ホダ木 45 個の発生個数）

ホダ木の板目・柾目部が樹皮で保護されておらず、水分の損失を防止することが十分に機能しなかったと思われた。更に栽培は自然発生によるもので、子実体発生のための散水等は行ず、ホダ木が乾燥しやすい状況であったため、子実体発生重量率が約５％に止まったものと考えられた。

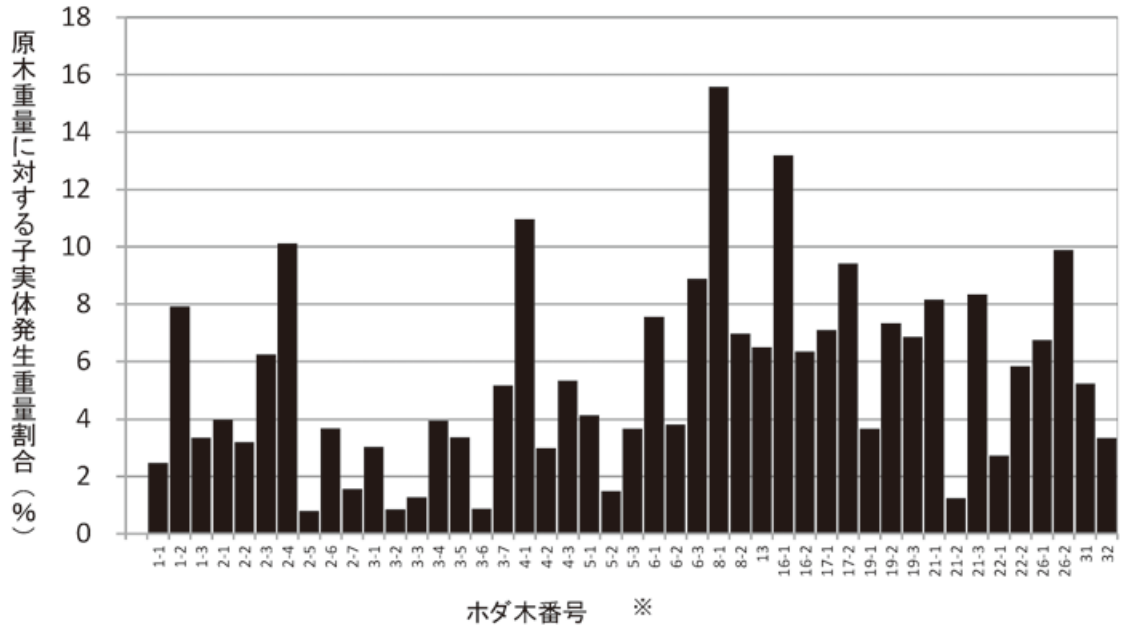

図13 ホダ木ごとの原木重量に対する子実体発生割合

※ ホダ木番号の最初の番号は親番、ハイフン以下は枝番で、親番が同じであれば、同一の玉切り材から割材したことを示す。枝番の数は割材した数を示し、親番のみのホダ木は割材しなかった原木である。

4．おわりに

ナラ枯れによる大径のコナラ枯死木を常圧殺菌法によって殺菌・殺虫し、シイタケ原木として利用できることがわかった。子実体は植菌後約１年目から発生したが、発生量は通常の原木栽培よりも少なく、原因としては樹皮が厚く、心材直径が大きいことや短木で板目・柾目部分が樹皮で保護されておらず、ホダ木が乾燥しやすい状況であったことが考えられた。

子実体発生重量率を多くするためには、割材の方法として、心材部を取り去り林内へ伏せ込む際に板目部分を寒冷紗と接触するように配置し、散水等の発生促進・管理を行うことによって改善できるものと思われた。

引用文献

1）独立行政法人森林総合研究所関西支所：ナラ枯れ被害をどう減らすか－里山林を守るために－．2012
2）藤原直哉：倒木接種によるきのこ栽培の実用化．岡山県農林水産総合センター森林研究所研究報告．33．1－9（2017）
3）渡邊芳郎：原木シイタケ生産におけるシカ被害対策について．菌蕈．63．3－7（2017）
4）片倉正行：長野県のコナラ・クヌギ林の生長と心・辺材及び樹皮厚．長野県林指研究報告．３．7-12（1987）
5）奈良県森林技術センター森林資源課特用林産係：“Ⅱ．きのこ類　１．腐生性きのこ”．シイタケ（キシメジ科）．特用林産マニュアル．奈良，奈良県森林技術センター，2003，3－7.
6）小林正秀・野崎愛：カシノナガキクイムシ被害木によるきのこ栽培試験．菌蕈．47．10･16-22（2001）
7）小畠靖：原木殺菌法によるシイタケ栽培．奈良県森林技術センター研究報告．41．19－22（2012）
8）時本景亮：シイタケ原木栽培の基礎．日本きのこ学会誌．18．19－28（2004）
9）奈良県林業試験場林業ハンドブック編集委員会：“特用林産　２．１シイタケ”林業っハンドブック，奈良，奈良県林業試験場，1990，211-216.
10）小松光雄・時本景亮：ほだ木上におけるシイタケの子実体原基形成におよぼす温度および水分の影響．菌蕈研究所研究報告．20．104-112（1982）
11）福田正樹・時本景亮・坪井正知・西尾幸弘：シイタケ原木の形質とほだ木の腐朽度および子実体発生量の関係．菌蕈研究所研究報告．25．68-74（1987）
12）飯田美好：実際家のシイタケ栽培．東京．農文協．1984
13）大矢信次郎・小坂信行・竹内嘉江・高木茂．原木シイタケ栽培のニューシステム化の検討と効率・軽量化技術の開発．長野県林業総合センター研究報告．18．19-28（2004）

（2026 年 5 月 27 日　受理）