

熊本県林業研究・研修センター研究報告 No.50-1

原木しいたけ栽培の省力化・効率化に関する研究

平成 31 年度～令和 5 年度（単県）

中村 圭子

入口 真行

要 旨

寒伐りした（適期に伐採することができず葉枯らしを行わなかった）原木の含水率は、適期伐採した原木の含水率と比べると、湿量基準で約 3 % 程度高い値を示した。

なお、それらの原木を用いて収量に与える影響を調べたところ、寒伐りした原木であっても収量の減は確認できなかった。

また、高温障害の回避や作業の省力化のために一部の作業工程を短縮または省略した原木（ほだ木の 1 年起こし等）が収量に与える影響を調べたところ、工程を短縮または省略しても大きな収量減は確認できなかった。

はじめに

熊本県の原木栽培の乾しいたけは全国第 3 位の生産量であり、国内生産量の約 12% を占めている。1 位の大分県、2 位の宮崎県を合計すると 3 県の生産量は国内生産量の約 74% となる。¹⁾

しいたけ生産は、山村地域の就業機会を確保するとともに、貴重な収入源として地域の活性化にも寄与しているものの、生産者の高齢化・後継者不足が懸念されており、生産量も減少傾向にある²⁾ことから、10 年後には生産者数・生産量ともに半減するとの予測もある。また、秋の収穫は原木の伐採時期と、春の収穫は種駒の植菌時期と重なるので、作業が集中すると思うように手が回らなくなる時期があり、加えて、原木やほだ木の移動は手作業が中心であるため、労働強度がとても高いという特徴もある。

その他にも、原木しいたけ栽培において注意すべき事柄の一つとして近年の地球温暖化問題があり、「地球温暖化によるシイタケ原木栽培への影響と適応策について」によると、夏場の高温環境がシイタケ菌系にダメージを与える高温障害、病原菌や病害虫類の発生が助長される病害菌・病害虫問題、暖冬化の影響や春期の急激な気温上昇による発生不良等が考えられる³⁾、とある。

そこで、本研究では原木しいたけ栽培の省力化・効率化を目指して、適期を過ぎた原木伐採（寒伐り）への対策、高温障害回避等のため仮伏せや本伏せの期間短縮または省略が収量に与える影響の把握及び作業省力化に向けた機械化等の検証について取り組んだ。

研究に当たっては、原木には熊本県内産のクヌギを、種駒は熊本県内で比較的入手しやすく、栽培実績も多い森産業株式会社の「にく丸（森 290 号）」を、それぞれ統一して使用した。

第 1 章 寒伐りした原木の含水率の確認について

1. はじめに

原木しいたけ栽培においては、原木の伐採時期は貯蔵養分が多く、樹皮の剥がれにくい時期である 3 ～ 7 割黄葉の頃が最適とされている。また、しいたけ菌糸は枯れ木に侵入・蔓延する特性をもつので、

生きた立木や生木に近い原木にはほとんど侵入しないとされている。⁴⁾そのため、適度に原木を枯らししてから植菌することが原則であり、伐採後は葉枯らしを行う必要がある。

しかしながら、生産現場においては原木の伐採時期の集中及びしいたけの収穫作業時期が重なることなどが影響し、適期から遅れた時期に伐採された原木を使用せざるをえない場合もあると考えられる。

そこで、伐採時期が異なる原木を用いて、植菌前の原木含水率を確認した。

2. 調査方法

適期伐採した原木（11月中旬伐採、葉枯らし70日程度）と適期を過ぎて伐採した原木（1月下旬伐採、葉枯らし無し）について、植菌前である2月初旬（玉切り後1～2週間）の原木含水率を確認した。

原木は熊本県内産のクヌギ、直径約9～14cm、長さ約100cmであり、11月伐採原木と1月伐採原木を各3本ずつ調査した。

原木含水率は、木口側から0,50,100,200,300,500mm部分から、厚さ約2cmの円盤を採取し、全乾法（湿量基準）により測定した。また、500mm位置からは円盤を2枚採取し、1枚は横断面方向に分割し含水率の分布を測定した（写真-1）。

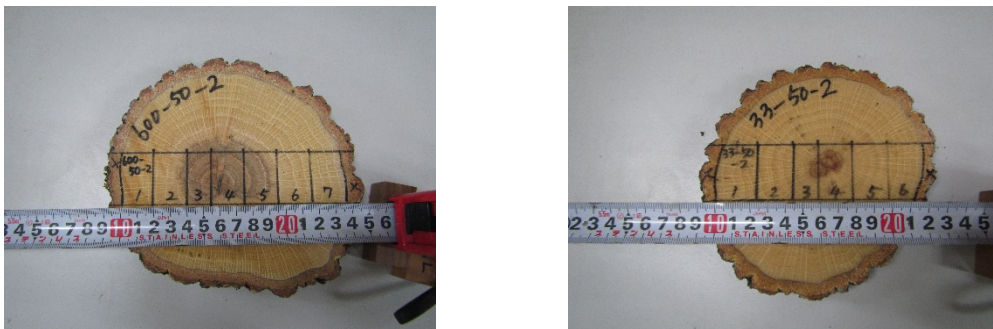


写真-1 木口から500mm位置から採取した円盤の分割の様子
（左：11月伐採 - 、右：1月伐採 - ）

3. 結果と考察

原木含水率の結果を図-1に示す。11月に伐採し葉枯らしした原木は、1月に伐採し葉枯らししていない原木よりも平均約3.3%低かった。一方、原木の木口部分の含水率がやや低かった他には、木口からの距離の差による含水率の差はみられなかった。

また、木口から500mm位置の横断面方向の含水率分布結果を図-2に示す。11月に伐採し葉枯らしした原木の樹皮付近の含水率は、1月に伐採し葉枯らししていない原木よりも低い傾向がみられたが、材中央部（髄付近）の含水率は11月伐採と1月伐採の原木で明らかな違いはみられなかった。

なお、「きのこハンドブック」に示されている、菌糸成長に適した原木含水率25%～47%の範囲⁵⁾には、今回の調査ではどちらも収まっていることが確認できた。

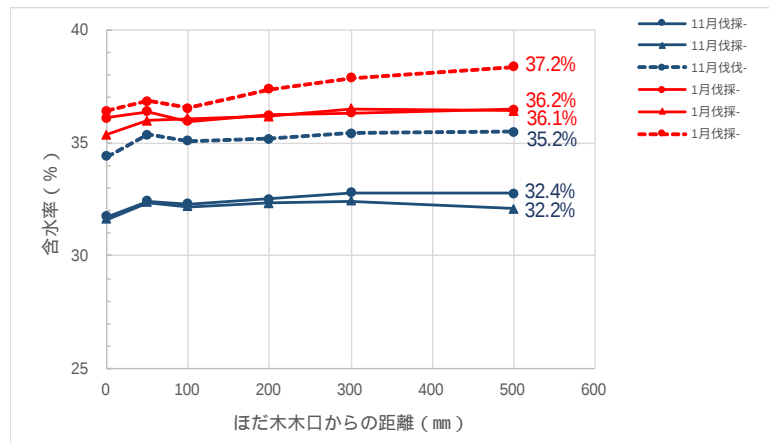


図 - 1 原木の長さ方向の含水率分布

(2 月初旬計測値、グラフ内数値は各原木 6 ヲ所含含水率平均値)

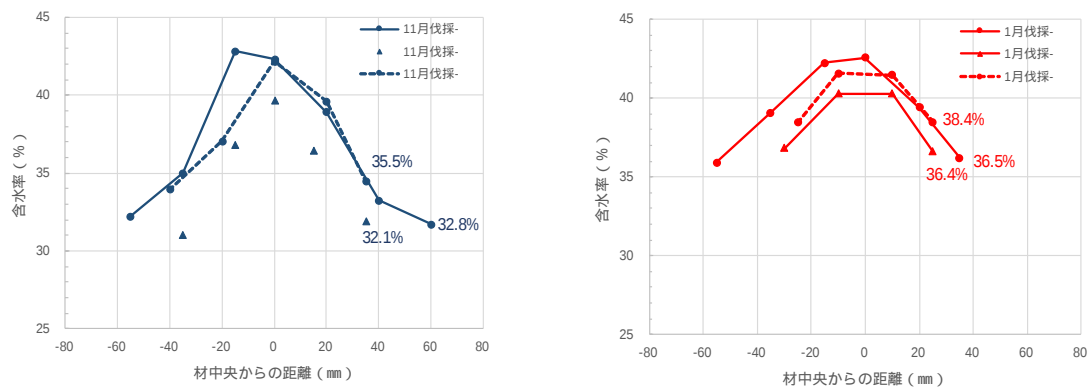


図 - 2 木口から500mm位置の横断面方向含水率 (湿量基準) 分布

(2 月初旬計測値、グラフ内数値は各原木 500mm位置の平均全乾含水率)

第2章 寒伐り作業及び工程短縮等の影響の検証について

1. はじめに

適期を過ぎて伐採せざるをえなくなった場合を想定し、寒伐りした原木 (葉枯らし無し) を用い、植菌後の作業工程について試験区を設け、収量への影響を検証した。

また、原木の伐採現場において実施される仮伏せや本伏せは、日射や気温の影響を受けやすい環境にあると思われることから、高温障害回避等を目的としてそれらの期間を短縮または省略した場合について試験区を設け、収量への影響を検証した。

設定した試験区は、寒伐り作業に関しては「寒伐り即起こし」及び「寒伐り通常起こし」の2グループ、工程短縮等に関しては「1年起こし」、「仮伏せ保温1年起こし」及び「仮伏せ保温本伏せ省略」の3グループとし、これらに対照区を加えた6グループで調査を行うこととした。(表 - 1)

なお、それぞれの原木の本数は、5つの試験区では各40本程度、対照区は120本程度を用意し、発生量はほだ木1本あたりに換算して比較することとした。

表 - 1 試験グループの設定

グループ		1 年目		2 年目												3 年目											
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
寒伐り	寒伐り 即起こし			伐採	植菌	ほだ起こし																		採取			
	寒伐り 通常起こし			伐採	植菌	仮伏せ	本伏せ																ほだ起こし	採取			
工程短縮・省略	1 年起こし	伐採	葉枯らし		植菌	仮伏せ	本伏せ					ほだ起こし												採取			
	仮伏せ保温 1 年起こし	伐採	葉枯らし		植菌	仮伏せ	本伏せ					ほだ起こし												採取			
	仮伏せ保温 本伏せ省略	伐採	葉枯らし		植菌	仮伏せ	ほだ起こし																	採取			
対照区		伐採	葉枯らし		植菌	仮伏せ	本伏せ																ほだ起こし	採取			

2 . 調査方法

(1) 試験区の設定

- ・寒伐り即起こし
寒伐りした原木を用い、植菌後は仮伏せと本伏せを全部省略して、すぐほだ場に立て込むもの
- ・寒伐り通常起こし
寒伐りした原木を用いる以外は通常どおりの栽培スケジュールで進めるもの
- ・1 年起こし
本伏せ期間を 1 年短縮し、一夏経過後の秋にほだ場に立て込むもの
- ・仮伏せ保温 1 年起こし
仮伏せ時にブルーシートで保温し、かつ、一夏経過後の秋にほだ場に立て込むもの
- ・仮伏せ保温本伏せ省略
仮伏せ時にブルーシートで保温し、かつ、仮伏せ後は本伏せを省略してほだ場に立て込むもの

(2) 植菌と採取、集計方針等

研究の初年度は、上記 (1) の設定に基づき令和 2 年 2 月に植菌作業を行い、その後、令和 2 年、令和 3 年の二夏を経て、令和 3 年度の秋春、4 年度の秋春、5 年度の秋春と 3 年間採取した。

発生した子実体は、傘の開き具合を見極め、開いているもの・膜が切れているもののみ採取の対象とした。

なお、虫に食われたものや雨子等変形した子実体は、商品価値のない不良品と位置づけ、個数と生重量のみ記録し廃棄対象とした。

商品価値のある良品は、個数、生重量及び乾燥重量を測定し、この乾燥重量をもって収量として集計した。乾燥重量を収量とする理由は、例えば、雨子などは水分を多く含んでいるので、これらを除外して集計する必要があると判断したためである。

収穫作業は、発生ピーク時以外は週 2 回程度の頻度で行い、発生ピーク時は連日採取した。

3. 結果と考察

各試験区及び対照区の採取結果を図 - 3 に示す。左から、令和 3 年度の秋春、令和 4 年度の秋春とピークがあるが、令和 5 年度の秋春はピークらしいピークがなく、各試験区及び対照区ともおよそ半年間にわたってダラダラと発生したことが分かった。また、令和 4 年度「仮伏せ保温 1 年起こし」が目立って多かったことも分かった。

寒伐りした 2 つの試験区と対照区について、日々の収量を整理し、t 検定及び分散分析の 2 つの手法により比較・検証した（図 - 4）。

検証に当たっては、単年度及び一代（3 年間）の発生量・発生パターンについてそれぞれ比較した。

検証の結果、寒伐りした 2 つの試験区と対照区を比べると、収量で + 3 % から + 43 % の差が生じたものの、3 年間の発生のパターンには統計的に有意な差は確認できなかった。

これは、対照区よりも試験区の収量が多い年もあったものの、日々の発生量を比較すると、多かったり少なかったり、ばらつきが大きかったため、統計的な差としては確認できなかったものと思われる。

今回行った試験では、伐採時期の違いによる収量の減は確認できなかった。

次に、本伏せ等の工程を短縮または省略した 3 つの試験区と対照区について、日々の収量を整理し、試験区ごとに単年度収量と一代収量について t 検定と分散分析により比較・検証した（図 - 5）。

前述の令和 4 年度「仮伏せ保温 1 年起こし」は、対照区の 2.2 倍の収量であったが、日々の発生量のばらつきが大きかったため統計的な差としては確認できなかった。

なお、令和 3 年度の「1 年起こし」は、発生総量は少ないものの対照区と比べると 2.7 倍の収量があり、統計処理の結果有意な差が確認された。これは、年間を通してコンスタントに対照区よりも多く収穫されたためと思われる。

しかしながら、この有意差は令和 3 年度（発生初年度）のみ確認されたものであり、その後の令和 4 年度及び令和 5 年度並びに一代収量での検証では統計上の有意差は確認されなかった。

今回行った試験では、工程短縮・省略による大きな収量減は確認できなかった。

表 - 2 は、ほだ木 1 本当たりの発生個数について、対照区を 1.00 とした場合の比を表示したものであり、参考として示す。これまではほだ木 1 本当たりの「良品」の乾燥重量を収量としていたが、ここでは雨子等の不良品も含んだ「総発生個数」について検証した。

当センターの試験では土日等は採取を行っていないので、土日に関雨降ると翌週の採取では雨子となってしまう不良品としてカウントすることとなるが、もし適切なタイミングで採取していれば良品として扱われるはずなので、雨子も含めた総発生個数での比較を試みたが、各年度の発生個数、3 年間の一代発生個数ともに統計上の有意差は確認できなかった。

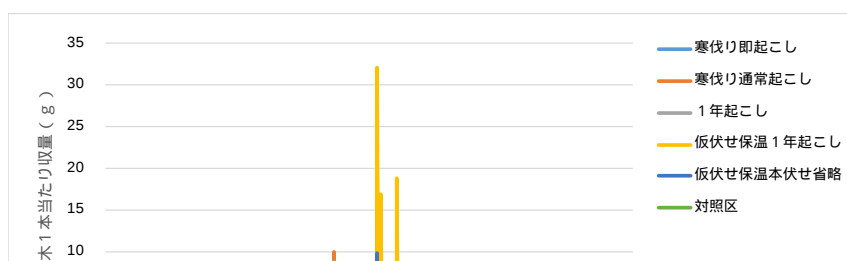


図 - 3 3年間の発生状況

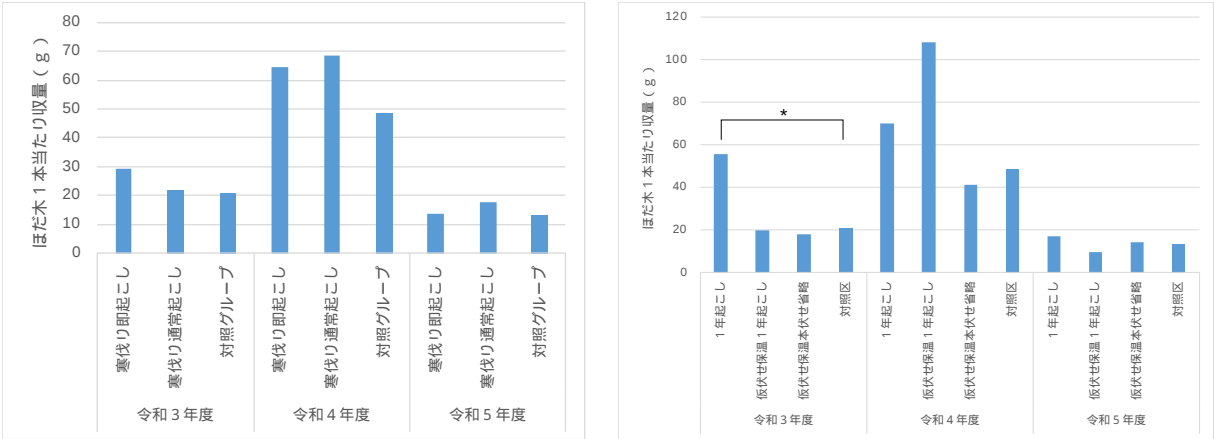


図 - 4 寒伐り試験区の比較

図 - 5 工程短縮・省略試験区の比較

表 - 2 ほだ木 1本当たり発生個数 (不良品も含む、対照区を 1.00)

	寒伐り		工程短縮			対照区
	寒伐り 即起こし	寒伐り 通常起こし	1年起こし	仮伏せ保温 1年起こし	仮伏せ保温 本伏せ省略	
令和3年度	1.15	1.06	2.15	0.76	0.81	1.00
令和4年度	0.92	1.03	0.95	1.61	0.64	1.00
令和5年度	0.84	1.74	1.13	0.62	0.76	1.00

補足：総発生個数に占める不良品の割合

15%	23%	13%	14%	17%	21%
-----	-----	-----	-----	-----	-----

第3章 作業省力化に向けた機械化等の検証

1. はじめに

原木しいたけ生産において、生産者の高齢化や後継者不足による労働力の低下が懸念されている。

また、栽培工程においては、ほだ木の移動に伴う作業が大きな割合を占め、生産現場の多くが山林の傾斜地を利用していることから、生産者への負担は大きくなっている。

これらの対策として、作業の省力化を図りながら生産性を高めることを目的とし、作業台を用いた植菌作業、グラップルを使用した原木積み下ろし作業及びアシストスーツ等を活用した原木移動を伴う作業の省力化について検証した。

2. 調査方法

(1) 植菌作業時の作業台の使用による負担軽減

熊本県内の生産者が使用していたものを参考に、平地で植菌作業を行う場合の作業台（単管パイプを用いて簡易に組み立てられる台であり、長さ約3 m、高さ約70 cm、内幅約60 cmの台）を長さ方向に2台並べて植菌作業を行い検証した（写真 - 2）。

(2) 作業の機械化による負担軽減

植菌作業台への原木の載せ下ろしにグラップルを用いて検証した（写真 - 3）。

(3) 無動力型アシストスーツの使用による負担軽減

作業時に、比較的安価で軽量の無動力型アシストスーツ（ユーピーアール株式会社製サポートジャケット（Bb+FIT））を使用し省力化を検証した（写真 - 4）。

3. 結果と考察

(1) 植菌作業台

植菌作業台には基本的に2名の作業者を配置し、作業台前方の作業者が穴開け作業後に原木を持って体を180度回転させて後方に送り、後方の作業者は駒打ち作業後にほだ木を持って体を180度回転させて後方に集積するという流れで行ったところ、人力による原木の上げ下ろしが必要なくなることで負担軽減が図られた。

また、作業台を使用せず植菌する場合は片手で原木を立てて、もう一方の手で電気ドリルを持ち、斜め下方向に穿孔する形となるところだが、作業台を用いればドリルの刃先を真下に向けることができるので、その点でも安全作業と負担軽減が図られたと考えられる（写真 - 5）。

なお、植菌作業台の利用による労働強度の低減効果は確かに実感できるものの、作業のための場所と設備が必要なので、生産者に普及するには条件を選びそうであることが分かった。

(2) グラップル

当センターのグラップルでは、原木をまとめて掴んだ際に樹皮が一部剥がれることが分かった。

写真 - 6 は原木を掴んでいるところと樹皮が剥がれた原木の状況である。

なお、緩衝材などを取り付けることで、損傷を一定程度抑えることは可能だったので、普及する際は、爪やアタッチメントにほだ木を傷つけないための措置を要する場合もあることを併せて伝える必要があることが分かった。

(3) アシストスーツ

アシストスーツを着用することにより、作業時の背中や腰にかかる負担の軽減、前屈姿勢時・起き上がり時のサポートに一定の効果が実感できた。

また、希望者には貸し出しも行い、14人の利用者からアンケートを回収したので主な感想を次に示す。

- ・中腰の体勢から立ち上がるときが楽だった
- ・姿勢が良くなり腰の痛みや疲労感がなかった
- ・装着に手間がかかるが背・腰のサポートは良好だった
- ・膝の固定がずれて痛かった
- ・もっとコンパクトになればいい

しいたけ生産の現場で例えるなら、原木の玉切り作業や、植菌作業台を用いない場合の穴開け・植菌作業には有効と思われるが、スーツを着用したままでは車の運転に支障があったとの意見もあった。



写真 - 2 単管パイプを用いた作業台



写真 - 3 グラップルによる原木の載せ下ろし

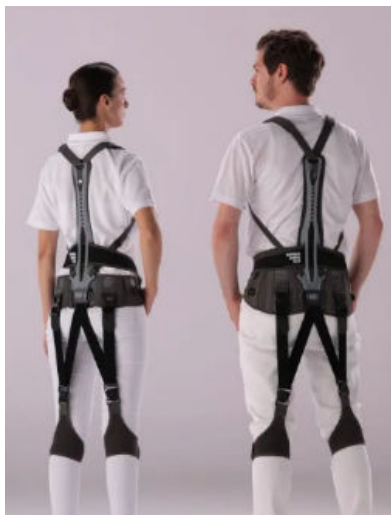


写真 - 4 無動力型アシストスーツ (ユーピーアール製サポートジャケット)



写真 - 5 刃先を真下に向けて穿孔する様子



写真 - 6 グラップルで原木をまとめ掴みする様子（左）と樹皮が剥がれた原木（右）

第4章 まとめ

原木しいたけ栽培の省力化及び効率化を進めるため、寒伐りした原木を用いた場合の収量への影響の把握、本伏せ等の工程を短縮または省略した場合の収量への影響の把握、植菌作業台等を活用した場合の労働強度低減効果の検証に取組み、以下の結論を得た。

- (1) 作業時期の分散を目的に冬期に伐採したクヌギを原木として栽培した場合、収量への影響は確認できなかった。
- (2) 高温障害の回避を目的に本伏せ等の工程を短縮または省略して栽培した場合、収量への影響は確認できなかった。
- (3) 作業の省力化を図りながら生産性を高めることを目的に植菌作業台、グラップル、アシストスーツを活用した場合、労働強度の低減効果があると考えられた。

上記の結果から、秋子の発生時期（10月～11月頃）はしいたけの収穫や乾燥作業を優先し、原木の伐採は1月頃に順延するなど作業時期の分散を図ることも有効と考えられる。

また、昨今の猛暑に伴う高温障害を回避・軽減するためには、暑い環境にある本伏せの期間を短縮・省略し、涼しいほど場に早めに移動することも効果的と思われる。

なお、植菌作業台やグラップルの導入は、複数人で流れ作業的に実施できる場合に特に効果が高いと考えられる。

謝辞

単管パイプを用いた植菌作業台の制作に当たっては、熊本県菊池地域の生産者の方に御協力をいただきました。

また、しいたけ発生量の検証・考察に当たっては、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 酒井佳美氏、木下晃彦氏から貴重な御意見をいただきました。

その他、アシストスーツのアンケート等に御協力いただいた皆様も含め、ここに感謝いたします。

参考文献

- 1) 農林水産省特用林産物生産統計調査.
- 2) 熊本県林業統計要覧.
- 3) 独立行政法人森林総合研究所九州支所(2015)地球温暖化によるシイタケ原木栽培への影響と適応策について.P4.
- 4) 熊本県林業研究・研修センター(2023)原木シイタケ栽培の手引.P4.
- 5) 衣川堅二郎・小川眞(2000)きのこハンドブック.P37.朝倉書店.