

# ウスヒラタケの菌床栽培技術の開発 －菌床ブロックの製造と発生方法について－

藤原 直哉

Development of mycelial block cultivation technology for Usuhiratake  
(*Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél.)

－ Mycelial block production and flushing method －

Naoya FUJIWARA

## 要 旨

藤原直哉：ウスヒラタケの菌床栽培技術の開発 岡山県林試研報20：～2004 新しい作目を開発するため、ウスヒラタケの菌床栽培方法について研究した。菌床ブロックの製造方法について、おが粉の樹種と堆積期間について試験したところ、新鮮なスギのおが粉が利用できることが判明した。ヒノキやアカマツのおが粉では、発生が不安定であった。菌床の容量について、1.0 kgと2.5kgを比較したところ、2.5kgの方が効率的であった。培地添加物については、米ぬか2割の配合割合が適していた。農業廃棄物の配合については、そば殻と粉碎もみ殻を3割まで混合しても蔓延日数に影響がなかった。培地にかき殻を配合したが、子実体中のカルシウムは増加しなかった。また、たんぱく質の含有量には菌床ブロックによりバラツキがあった。露地栽培では盛土埋設方法とプランター栽培方法の発生が良好で、子実体発生量は春期が最も多く、品質も良好であった。

二次菌糸の凍結保存試験を実施したところ、 $-85^{\circ}\text{C}$ で、1年間保存することが可能であった。

キーワード：ウスヒラタケ、菌床ブロック、スギ、プランター、凍結保存

## I はじめに

岡山県の主要な特用林産物は、シイタケ、マツタケ、マッシュルーム、エノキタケ等のきのこ類であり、県下全体の生産額37億4千万円のうち、85.2%を占めている（岡山県 2003）。しかし、きのこ類の生産額は年々減少しており、今後もシイタケを中心に、生産者の減少が見込まれている。主な原因は輸入量の増大、産地間競争の激化による単価の低迷であり、さらに品目間での競争も追い打ちをかけている（きのこ年鑑編集部 2002）。そのため、低コスト生産技術や新しい作目の開発に関する生産者の要望が多い。

これらの要望に応えるため、1990年度から県内に自生する35種の野生きのこについて試験栽培を実施し、収量や市場性、栽培特性について検証を行った（岡山県 1998）。

その結果、短期収入作目として特に有望と思われるウスヒラタケ (*Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél.) について、原木栽培とびん栽培を中心に試験を行い、その中の1系統を、「うすひら岡山2号」（以下「U0-2」）として2000年度に品種登録した（登録番号第8,357号）。

ウスヒラタケは、中国（長谷部 2000）、タイ、インド、マレーシア、ヨーロッパ（衣川 2000）など広い地域で栽培されており、ネパール原産のヒマラヤヒラタケ

(*Pleurotus sajorcaju* (Fr.) Sing.) と同種である（根田 1994）。通常日本の野生種は、梅雨時期に発生し（今関ら 1988）、やや暖地の環境に適応したきのこと思われる。近年の一般的なきのこ栽培では、空調施設による栽培が行われているが、U0-2は気温 $8\sim 25^{\circ}\text{C}$ 前後と広範囲で子実体が発生するため、特に露地栽培に適している。

これまで原木を利用し広く栽培されてきた、近縁種のヒラタケ (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer) の露地栽培では、子実体の発生は、年間1～2回程度と少なく、収穫期が限定されるため、通年安定的に発生させるためには空調設備の導入が必要である。しかも、ヒラタケの市場価格は低下傾向にあり、生産コストの低減を必要としている。そのために近年導入が進んでいる菌床ブロック（以下「菌床」）を利用したU0-2の低コスト、省力栽培技術の開発に取り組んだ。

ヒラタケの菌床栽培では、培地基材としてスギのおが粉が使用されており、近隣の製材所から容易に入手できる利点がある。広葉樹のおが粉はシイタケを始め、多くのきのこで利用されているが、粉碎加工や長距離運搬が必要なことから、菌床の製造コストを上げる要因にもなっている。今回U0-2の菌床栽培を試験するにあたり、入

手しやすい樹種として、スギの外ヒノキや松くい虫被害木の針葉樹おが粉の利用について検討した。培地添加物については、コーンコブ（トウモロコシの穂軸を粉砕したもの）の他、種々の有機質系の農業廃棄物が添加物として利用され、きのこの増収効果も報告されている（中谷 2002）。ウスヒラタケの例では、大豆皮が利用されており（赤松 2002）、今後もきのこの栽培に有効利用される農業廃棄物は増加することと思われる。そこで培地添加物として、そば殻や粉砕もみ殻など農業廃棄物の利用も試みた。

菌床シイタケを始め、主要なきのこの生産現場では、菌床の大型化が進み、現在は2.5kg菌床が主流である。しかし他のきのこのびん栽培と比較し、ウスヒラタケは非常に蔓延日数が短いため、小容量の菌床についても効率の良い生産が期待できる。そのため、小型の1.0kg菌床と2.5kg菌床の生産効率を比較した。

ウスヒラタケは淡泊な味のため、万人向けで、多くの用途に利用できる。成分組成の比較では蛋白質が多く、骨を丈夫にする効果があるビタミンD（菅原 2001）を、シイタケの3倍含む（香川 2003）。そのため、近年の健康志向のなかで、老人に多い骨粗鬆症の予防などの効果が期待されている。通常ウスヒラタケに含まれるカルシウムは2mg/100gと少量である（香川 2003）が、ヌメリシイタケ等のきのこので、培地にかき殻粉末を配合することにより、子実体のカルシウム含有量を増加させる試みが行われている（衛藤ら 2001）。特にヒラタケでは、培地に含まれる重金属の無機物を子実体内によく吸収することが知られている（森永 2002）。そこで、U0-2子実体中のカルシウムを増加させる試験も行い、子実体中のカルシウム含有量を測定した。

きのこの栽培の主要な失敗原因の一つに、種菌の劣化が挙げられる。これは栽培されているきのこの全般の課題であり、突然変異や、雑菌汚染、生育不良など、常に栽培の失敗に直結している。ウスヒラタケにおいても、生産現場における発生不良が発生しており（吉良 2002）、その原因は特定されていない（宮崎ら 2003）。こうした栽培の様々な問題に対応するため、近年では、凍結保存による種菌の維持が提唱され（古川 2003）、多くの栽培きのこので取り組みが行われている。この中で、ウスヒラタケの菌糸も一部の菌株で凍結保存が可能となっている（馬場崎 1999）。U0-2についても、品種を維持するため、従来から行っている継代培養に加え、ディープフリーザーを利用した菌糸の凍結保存試験を行った。

岡山県ではこれまでの原木露地栽培試験の結果から、長期間の子実体発生を確認している（岡山県 1998）。しかし、梅雨季から夏季にかけて発生する子実体は水分が非常に多く、雨子状態で腐敗が早いいため、流通には適さない。また、キノコバエ等昆虫による子実体の被害や

菌床の被害も多く、山間部では晩秋期にイノシシによる菌床の被害も発生する。そこで、効率的にウスヒラタケの生産を行うため、子実体の発生量や品質に着目し、菌床露地栽培の発生適期について検討した。

ウスヒラタケの子実体発生時期は気温が高く、様々な昆虫の被害を受ける。代表的なものとして、キノコムシ類（3種類以上）による子実体の被害、キノコバエ類による子実体および菌床の被害がある。これらの被害は、3月下旬から始まり、5月下旬以降爆発的に増加し、11月中旬まで発生する。特にキノコバエ類の菌床への加害は激しく、幼虫が菌床内部を被害するため、子実体の発生量は急激に減少する。幼虫は菌床表面から子実体内部に移動し、特に菌柄の基部を加害することから、子実体の品質を著しく低下させる。露地栽培だけでなく、簡易な施設栽培でも被害は発生しており、子実体発生不良の主要因となっているため、被害の対策にも取り組んだ。

なお、本研究報告は単県研究課題「ウスヒラタケ菌床ブロック栽培技術の開発」（2000～2003年度）の外、「うすひらたけ栽培実証事業」（2000～2003年度）のデータを用いてまとめた。

## II 材料と方法

### 1. 種菌の作成

試験には品種登録したU0-2を用いた。元種菌は、気温5℃に設定した冷蔵庫（SANYO製、PCU-S1500）に保存した継代培養の菌糸を用いた。種菌を作成するにあたり、基本的な製造管理方法については、「しいたけ種菌製造管理基準」（大政 1992）に準じて実施した。菌糸は一旦MYG平板培地に接種し、24℃、暗黒下で培養した。次に直径5～6cmのコロニーに成長した段階で、①培地上の菌糸が緻密で、絹糸状に拡がり、菌叢の乱れが無いこと。②菌糸から液状の代謝物の分泌が無いこと。③異臭がしないこと。④カビやバクテリアの混入が無いことなどを目視などにより確認し、さらに再度平板培地に接種して成長の良好な部分をコルクローラーで打ち抜いて種菌を作成した。

害菌の有無については、バクテリア検定用のワックスマン液体培地（表-1）とMYG液体培地（表-2）で振とう培養し、バクテリアや他の糸状菌の混入が無いことを確認した。

表-1 ワックスマン液体培地の組成

グルコース	10.0g/l
肉エキス	5.0 "
ペプトン	5.0 "
塩化ナトリウム	5.0 "
pH	6.8

表-2 MYG液体培地の組成

モルト	20.0g/l
イースト	2.0 "
グルコース	20.0 "
pH	6.8

## 2. 菌床ブロック・びん培地の作成

一連の試験については、特に指定しない限り培地基材と培地添加物の配合は、帯鋸製材のおが粉を体積比で8割、新鮮な米ぬか2割とし、おが粉と米ぬかをミキサー（田中技研工業製、TM-2000）で30分間攪拌した後、徐々に水道水を加えさらに30分間攪拌して、含水量を60～65%に調整した。含水率は、使用する培地基材と培地添加物の混合状態によって調整した。調整方法については、おが粉の樹脂成分が多く、吸水性が悪い場合には、菌床袋の底面に滞水し、菌糸の蔓延を阻止するため、含水率を60%と低めに調整した。樹脂成分が少なく、吸水性が良好な場合は培養中に菌床が乾燥するのを防ぐため、65%とやや高めに調整した。

菌床の成型は、圧搾空気を利用した袋詰め機（森産業製、K-1, TM-55B）で作成した。びん詰めには、自動びん詰め機（田中技研工業、T-I）を使用し、850ccのポリプロピレン製びんに、500g/本前後の培地を充填するよう調整した。

## 3. 滅菌処理

菌床の滅菌処理は、半自動制御方式の横型スチーマ（サムソン製、SCS120/10S）に菌床を搬入し、自動制御ボイラ（サムソン製、TU-200）の設定温度121℃、の条件下で、180分間圧力滅菌処理した。排気バルブの制御について、一部の工程は手動で操作した。びん培地の滅菌は、処理時間を40分間で行った。それぞれの滅菌プログラムは以下のとおりである（図-1）。なお、ウスヒラタケの発生不良が生じたため、原種菌、接種後の培地及び発生した子実体について、T-PAFF 培地（表-3）による *Pseudomonas tolaasii* の簡易同定（陶山 1994）とバクテリア検定を行った。

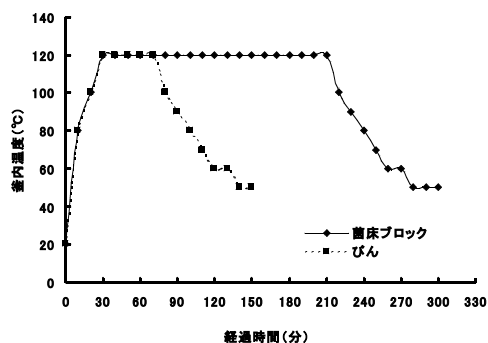


図-1 滅菌プログラム

表-3 T-PAFF培地の組成（陶山改変培地）

Bacto-tryptone	10.0g/l
Bacto-proteose peptone No.3	10.0 "
dipotassium phosphate	1.5 "
magnesium sulphate	1.5 "
glycerol	10.0 "
agar	15.0 "
water	1000ml
以上に加え、	
酒石酸ナトリウム	2.0g
0.2% BTB	15 ml
0.1% crystal violet	5 "
cycloxoimide	100 ug

## 4. 接種

予め70%エタノール噴霧を行った接種機（オギワラ精機製）で、種菌を20ml/袋を目安に接種し、菌床袋の口部を3回折り返してセロハンテープで止め、袋内の菌床上部に空間を形成した。びん培地へは、10ml/びんを接種した。種菌の掻き取り爪は使用前に、アルコールランプで火炎滅菌を行い、殺菌灯を1時間以上照射した。

## 5. 培養

培養は、24±2℃、暗黒下に設定した培養室（SANYO製、MBCR-C5040F）で行い、菌糸が培地の上部半分以上蔓延したら、反転、または横倒した。室内の二酸化炭素濃度測定を培養中に随時行い、扉の開閉によって換気を行い、常時炭酸ガス濃度を1,000ppm以下に維持した。蔓延後は、さらに10日間培養して冷蔵庫（5±2℃に設定）内に保管した。

## 6. 発生試験等

### (1) シイタケ原木発生舎を利用した発生試験

発生処理は主に、既存のシイタケ原木発生舎（棚さし式）を使用し、菌床を10個ずつ3反復で発生量の調査を行った。床には平均5cm厚の砕石と散水チューブ（三井ブラテック製、エバフロー散水型）を敷設し、常時少量の水道水を散水し、発生舎内を加湿（60～100%）した。冬季は、温水ボイラー（DAIKIN製、WB-30）と局所温風装置（DAIKIN製）により夜間のみ暖房し、気温を13～18℃に保った。温湿度記録計（T AND D製、おんどとり）により気温と湿度を測定した。

### (2) 菌床ブロック容量別比較試験

本試験では、一般的に使用されている1.0kg菌床（D=11.0cm, H=14.0cm, 円柱形）と2.5kg菌床（W=20.0cm, L=13.5cm, H=15.0cm, 角形）の蔓延日数を比較し、生産効率を調査した。試験は、30個ずつ3反復で行い、蔓延日数を調査した。

菌床袋にはマイタケ生産用菌床袋（森産業（株）製、バイオポット1, AT1-A）を使用した。

(3) 培養基材に関する試験

培養基材として、コストが低く、入手しやすいスギ、ヒノキのおが粉に加え、有効利用を目的に、樹脂の分泌が停止した松くい虫被害木のおが粉を使用した。スギ、ヒノキのおが粉については、県北部の製材所の帯鋸製材のおが粉（真庭郡木材事業協同組合製）を購入した。おが粉は露天条件下で、試験場内の一角にブルーシートを敷いてその上に堆積し、定期的に攪拌して使用した。松くい虫被害木のおが粉については、試験場内のアカマツ枯損木を木材粉砕機（タイムリー製、タイムリーOGA15A）で粉砕し、選別機（中山建材店製、TKF-1、網目6mm格子）にかけて製造した。

おが粉の野外堆積期間を、新鮮、3か月、6か月、9か月の4段階に分けてその蔓延日数を調べた。試験は、30個ずつ3反復で行い、蔓延日数を調査した。

(4) カルシウム強化試験

ウスヒラタケに付加価値を付けるため、カルシウムとビタミンDが効率よく吸収されることを期待し、培地に炭酸カルシウムを添加した。添加方法は、土壤改良材として市販されているかき殻粉末（ト部産業製、セルカ）を培地作成時に、全体積の1%を配合した。成分分析については、複数の菌床から発生した子実体100gに含まれるカルシウムを原子吸光光度法で、ビタミンDを高速液体クロマトグラフ法により計測した。また、同時に旨みの成分であるアミノ酸量を、蛋白質としてケルダール法で計測した。計測は岡山県健康作り財団へ委託し、1反復で行った。

(5) 農業廃棄物の利用に関する試験

農業廃棄物として入手しやすいそば殻、粉碎もみ殻の利用例を参考に（中谷 2002）、培地への配合割合を1～5割まで変えて（表-4）、利用を試みた。試験は、30個ずつ3反復で行い、蔓延日数を調査した。

表-4 培地の配合比（体積比）

	1割	2割	3割	4割	5割
スギおが粉	7	6	5	4	3
米ぬか	2	2	2	2	2
そば殻	1	2	3	4	5
またはもみ殻	1	2	3	4	5

(6) 発生方法に関する試験

菌床によるウスヒラタケの安定した発生方法を明らかにするため、次の発生試験を行った。

ア. 菌床袋有無等の試験

- ①シイタケの栽培方法を参考に、菌糸蔓延後、菌床袋を全て取り去って発生環境下に置いた。
- ②シイタケの上面栽培法（北研（株））を参考に、菌床袋の上面を開封して発生環境下に置いた。

③菌床袋をそのままにして発生環境下に置き、原基が袋の内側に形成されてきたら切れ込みを入れ、子実体を発生させた。

④菌床袋の上面を少しだけ開放し、原基が形成されたら徐々に袋を開放した。

イ. 設置方法の試験

①畑地埋設 場内の林地（黒ボク土壌）に溝

（W=25cm, D=15cm）を掘り、袋を取り除いた菌床を設置し、現場発生土で埋設した後ビニールマルチで土壌表面を被い、上部をほだコート（デュポン製 タイバック700AG）で被陰した（写真-1）。



写真-1 畑地埋設状況

②盛土埋設 袋を取り除いた菌床を、野地板で作った枠の中に設置し、鹿沼土（中粒）で埋設した。埋設地は寒冷紗で被陰した。

③プランター埋設（赤玉土） 袋を取り除いた菌床を市販の園芸プランターに入れ、赤玉土（中粒）ですり切りまで埋設し、寒冷紗（80%）で被陰した。

④プランター埋設（鹿沼土） 赤玉土と同様に、用土に鹿沼土（中粒）を使用した。

⑤プランター埋設（スギおが粉） 用土の代わりに、スギおが粉を使用した。

またヒラタケのびん栽培に準じて、子実体発生の刺激や同調化を目的に、3個ずつ菌床表面を剣山で削って菌かき処理を実施し、原基形成までの日数を調べた。

(7) 時期別発生試験

伏せ込み場所を、県内5か所（表-5）設定し、子実体発生量を調査した。

表-5 菌床伏せ込み場所

場 所	方 法
御津郡御津町（虎倉 中畑・大園）	椎茸ハウスA
赤磐郡熊山町井原	椎茸ハウスB
上房郡賀陽町黒山	落葉広葉樹林
真庭郡川上村西茅部	スギ人工林
津山市上田邑	露地（2001）
吉備郡真備町筍	露地（2002, 2003）

試験は2001年度から2003年度まで、菌床を3か年に亘り、1年間に25個ずつ4回（4、5、9、10月）伏せ込んで、子実体の発生状況を調査した。なお、2001年度は1.0kg菌床を使用し、2002、2003年度は2.5kg菌床を使用した。ただし2003年度については、年3回（4月、5月、9月）のみ発生試験を実施した。

#### 7. 菌糸の凍結保存試験

継代培養により保存したU0-2の菌糸を、一旦PDA（DIFCO製）の平板培地に接種し、コロニーの先端をコルクボーラーで打ち抜いて、再度平板培地に接種し、菌叢に乱れや着色が無く、良好な成長を示したコロニーの先端部を採取して接種源とした。

接種源をPDA平板培地に各10個ずつ接種し、24℃、暗黒下で1～2日間培養した。コロニーの先端が5 mm程度に成長した段階で、シャーレをアルミホイルで包み、2重のポリエチレン製の冷凍保存用袋に入れ、-85℃に設定したディープフリーザー（SANYO製、MDF-392）内に保存した。一定期間保存後、解凍は冷蔵保存用袋からシャーレを取り出し、室温で2～3時間放置して解凍した後、24℃、暗黒下で培養した。再生した菌糸の先端を採取して別の平板培地に移して、再生を確認した。また、その菌糸を同条件で培養し、コロニー直径を測定し、元の菌糸のコロニーと比較した。

#### 8. 防除試験

ウスヒラタケの菌床栽培を安定化するためには、虫害の解決が不可欠である。そのため、①粘着テープの使用、②防虫ネットの被覆、③クレゾール等忌避剤の噴霧、④防虫剤（主成分 パラジクロルベンゼン）の使用、⑤市販のハエトリ線香の使用、⑥殺虫剤（主成分ピレスロイド、ジクロルボス、フェノトリン、メトキサジアゾン）の噴霧・薫蒸、⑦MEP 1000倍液の噴霧、⑧誘蛾灯の点灯、⑨菌床の浸水、⑩誘因剤の設置、⑪スプレー糊の噴霧のそれぞれの防虫試験を菌床栽培区の野外と屋内栽培施設（発生舎）で実施した。

また、その他子実体への加害が確認されたキノコムシとナメクジについても防除を試みた。キノコムシについては、防虫ネットと殺虫剤の噴霧を行い、栽培施設の内部や周辺のシイタケ原木を移動した。ナメクジについては、梨園等果樹園で使用される忌避テープと、市販の誘因剤を栽培資材に設置し、被害の発生状況を観察した。

### Ⅲ 結果と考察

#### 1. 種菌の作成

平板培地に伸長した菌叢の観察では、①絹糸状に滑らかに伸長するもの。②気中菌糸を旺盛に形成するもの。③菌糸表面に茶褐色の水滴を貯蔵するもの。④菌叢にむらが生じるもの。などコロニーの成長状態が異なり、菌糸の外観や、伸長成長は不均一であった。①のコロニーのうち、成長の良好な部位の菌糸を用いたところ、びん

栽培時の蔓延状態や速度は安定し、種菌の活性維持が可能であった。

#### 2. 菌床ブロック・びん培地の作成

培地の調整において、気温25℃を越えるとミキサーで攪拌中に培地が発酵する場合があった。対策として、気温の高い時間帯を避け、気温25℃以下の比較的涼しい時間帯（7～10時）に攪拌することにより、発酵を抑制することができた。このため使用する材料の冷却や、氷の混合等の措置により、同様の抑制効果が期待できる。また、気温が10℃以下になると、袋におが粉を充てんする場合に、菌床袋が硬化して破れや裂けが生じるが、予め菌床袋をボイラーの余熱で暖めることで、破損を防止することができた。

#### 3. 滅菌処理

稀に、びん培地と菌床滅菌後に、残存するバクテリアにより自然発酵を起こす場合があった。特に大形の2.5kg菌床の培養中に異臭が発生した。滅菌処理後の培地を調査したところ、MYG液体培地、ワックスマン液体培地中に白濁現象としてバクテリアを検出することができた。バクテリアが残存すると、培地中に増殖するため、ウスヒラタケの菌糸蔓延が大幅に遅れたり、あるいは対峙線を形成して蔓延しなくなった。これらの現象は1.0kg菌床や、びん培地では発生しないことから、容量の大型化に伴い、滅菌時の伝熱効率が低下したことが原因であると考えられた。さらに、子実体発生時に黄褐色の変色、異臭、原基の成長停止などの発生不良現象が多発した。この症状は、*Pseudomonas tolaasii* Paineを原因菌とするヒラタケ子実体の腐敗病（古川ら 1996）と酷似していた。次にバクテリア検定の結果（表－6）を示す。

表－6 検定結果

培地	T-PAFF	YBLB	ブイオン	ペプトン
原種菌	－	－	－	－
培地	＋	＋	＋	＋
原基	＋	＋	－	－
子実体	－	－	－	－

原種菌、子実体ともに、バクテリアは検出されなかったが、接種した培地片からは、T-PAFF、YBLBの両培地で*Pseudomonas*属と推定されるバクテリアが検出され、ブイオン、ペプトン培地でもバクテリアが検出された。原基からもバクテリアが検出され、発生不良との関連が示唆された。そのため原因として、水蒸気の充てん不足や水蒸気排出時の排気バルブコントロールのミス、ボイラー出力の不安定等に起因する培地の滅菌不足が考えられた。培地中の温度測定やボイラー稼働状態の監視に加え、滅菌処理後の培地について、適宜バクテリア検査の

実施などの対策が必要である。

#### 4. 接種

常法による接種を行ったが、培地へのコンタミネーションは観察されなかった。しかし、近年農薬登録の変更により、マイナー作物への農薬使用が認められるようになり（きのこガイドブック編集部 2003）、ウスヒラタケにも適応されるため、種菌作成時にチアベンダゾール剤を混合することにより、トリコデルマ菌による生育障害を防除できるようになった。種菌に起因するコンタミネーションの予防が期待できる。

#### 5. 培養

平均的な培養期間はびん培地の場合で、蔓延日数14～20日前後、菌床の場合で、30～40日前後であった。培養中の問題点は次のとおりであった。

①12～3月の冬期間は培養室内が乾燥し、びん培地、菌床とも上部が乾燥によって菌糸が一部死滅したり、培地が硬化した。そのため、子実体の発生が大幅に遅れたり、ばらつきが生じる等の発生不良が生じた。対処方法として、空気乾燥期の加湿（70～80%）が有効と考えられ、適正な施設が必要である。

②培地混合時に培地の吸水性が低いと、培養時にびんや栽培袋の底部に滞水が発生した。滞水部では腐敗臭が発生し、接種した菌糸が、蔓延しない場合が多かった。この部位の培地は、ワックスマン液体培地中で白濁し、細菌の繁殖が確認された。培地含水率の適正化（含水率60%程度）が必要である。

③栽培袋にピンホールが生じて培養中に雑菌が繁殖した。ピンホールは、急激な温度変化により発生しやすいため、昇温時間の延長等滅菌プログラムの変更が必要である。

④きのこの培養環境下では、ダニが大量に発生した。発生は、気温や湿度が上昇する夏季であった。培養中の菌床やびんに突然コンタミネーションが発生し、コロニーが点々と移動するように被害が拡大した。培地表面に、転々と被害が発生し、菌床の隙間や底面、培養棚の周辺に粉状の脱皮殻が大量に付着した。採集したきのこの子実体に付着したダニが、野外から栽培施設内に持ち込まれたものと思われた。この季節には、特に培養室を連続使用したときに発生しやすく、室内の培地が全滅することもあるので、被害の発生には注意を要する。

対策として、培養中の培地を処分し、掃除機で清掃後、市販の燻蒸剤で培養室全体を燻蒸処理した。次に培養室の設定温度を50℃以上に設定し、一晚高温処理（ベーキング）を行った。加温能力が低い場合には、電気ストーブの持ち込み等で、培養室全体を高温にする等の処置を実施した。予防措置として、培養終了後の培養室清掃を始め、ゴキブリなど媒介昆虫を徹底して駆除したり、忌避効果を持つクレゾール1000倍希釈液の噴霧、定

期的な燻蒸殺虫剤処理を実施した。しかし、一旦被害が発生すると根絶するのは困難で、根気よくこまめに清掃することが必要である。

#### 6. 発生試験等

##### (1) シイタケ原木発生舎を利用した発生試験

子実体は、主に春期、秋期、初冬季にかけて発生した。1～3月中旬の厳寒期の発生量は急激に減少した。原因としては、暖房装置により発生した風により、原基が乾燥して成長を停止したことが挙げられる。また、夏季は発生室内の気温が40℃に達するなど、高温障害が発生し、子実体の発生量は激減した。

##### (2) 菌床ブロック容量別比較試験

栄養添加物として、米ぬかを使用した場合の平均蔓延日数を図-2に示す。容量の小さい1.0kg菌床の蔓延日数は、1割配合の場合28.82日と1か月未満であるが、配合割合が多くなるに従って長期化し、5割配合の場合に93.80日と3か月以上を要した。

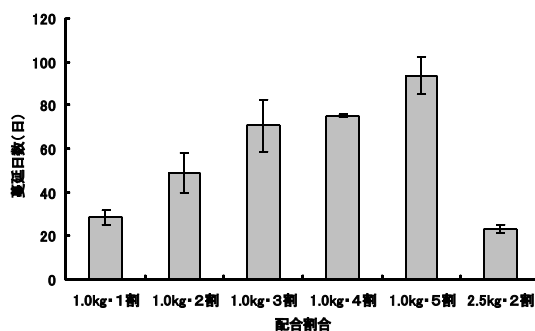


図-2 容量と配合割合別の蔓延日数

(3反復の平均で、上下限は標準偏差)

一方容量の大きい2.5kg菌床で栄養添加物を2割配合した場合は、蔓延日数は23.11日とびん栽培の蔓延日数と同等であり、1.0kg菌床の場合より短くなった。菌床栽培の培養期間は、長いほど生産コストが上昇するので、培養期間に2か月以上を必要とする1.0kg菌床の3割以上の配合区は実用的ではない。1.0kg菌床は成型過程で培地が固まりやすく、米ぬかの増加に従ってさらに硬化した。そのため、菌糸の蔓延日数が長期化したと思われる。2.5kg菌床はおが粉の充てんの圧力が調整できるため、柔らかい培地に仕上がった。ただし厳密な比較には、貫入試験が必要である。

また近年菌床の大型化に伴い、過去に使用されていた小型の菌床袋の使用量が減少し、今回使用した1.0kg菌床袋は、2000年に生産が中止されている。

以上のことから、ウスヒラタケの栽培には、2.5kg菌床が適している。

##### (3) 培地基材に関する試験

培地基材にスギ、ヒノキ、アカマツを利用したときの、2.5kg菌床30個の平均重量（図-3）と、菌糸蔓延日数（図-4）を示す。

菌床の重量では、スギが2.49kgと最も小さく、ヒノキが2.62kg、アカマツは3.18kgと最も大きくなった。樹種別の比重を比較すると、スギ 0.20、ヒノキ 0.34、アカマツ 0.43（志水 1998）であり、菌床の重量差も比重に比例した。

培養時の観察では、ヒノキのおが粉は堆積期間に関わらず、菌糸の蔓延状態にむらが生じ、蔓延日数は40～60日前後と不安定であった。また菌床によっては、全く菌糸が蔓延しない場合があり、栽培には適していないことが判った。アカマツのおが粉を使用した場合にも、殺菌不良が多発した。これらの原因として、樹脂成分の残留による吸水不足と熱伝導率の低下が考えられ、アカマツのおが粉も栽培に適さないことが判った。以上の結果から、スギのおが粉は蔓延日数が30～40日と短期間で比較的安定しており、特に支障なく利用できることが判った。

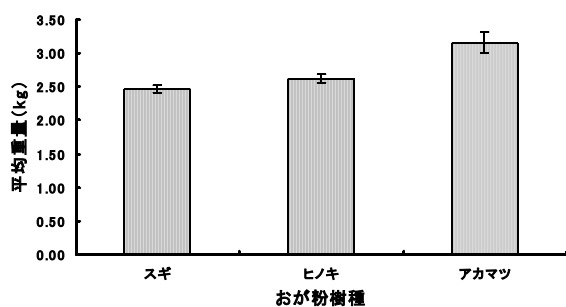


図-3 樹種別菌床ブロック重量  
(3反復の平均で、上下限は標準偏差)

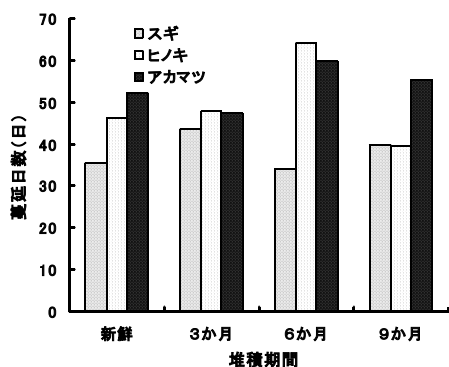


図-4 樹種・堆積期間別蔓延日数 (3反復の平均)

#### (4) カルシウム強化試験

第五訂日本食品標準成分表（2003）に掲載されているウスヒラタケの成分値（標準）と、今回測定した子実体中の成分測定数値を表-7に示す。標準のウスヒラタケ

と比較して、U0-2のかき殻添加区、対照区では、カルシウムとビタミンDともに少なく、また、カルシウム量は添加区と対照区で同値を示し、特にかき殻添加の効果は認められなかった。たんぱく質は添加区と対照区で大差があったが、ロットによっても差があるものと推定されるため、測定数を増やす必要がある。

問題点として、主成分が炭酸カルシウムであるため、菌床が固く仕上がり、培養後も表面がやや固くなるため、原基の形成が大幅に遅れるなどの欠点があった。

子実体中のカルシウム増加の効果が期待できないことから、従来の手法によるかき殻添加は安定生産の観点から適さないと思われたが、天日乾燥処理はシイタケと同様に子実体中のビタミンDを増加させる可能性が高いため、積極的に利用したい。

表-7 子実体の成分値

	たんぱく質	カルシウム	ビタミンD
標準	6.1g	2.0mg	6.0ug
添加区	3.9 "	1.0 "	1.0 "
対照区	10.3 "	1.0 "	1.0 "

※添加区と対照区の数値は、(財)岡山県健康づくり財団の測定による。子実体100g中の値。

#### (5) 農業廃棄物の利用に関する試験

そば殻と粉碎もみ殻を、培地に配合した場合の蔓延日数を図-5に示す。

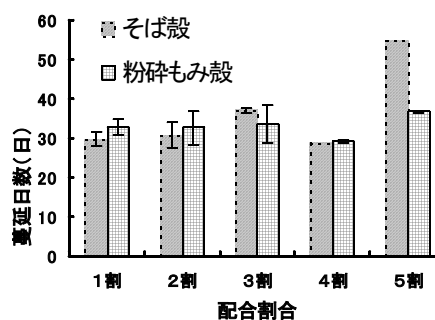


図-5 添加割合による蔓延日数  
(3反復の平均で、上下限は標準偏差)

そば殻を配合した試験区では、配合割合1～4割の時に平均蔓延日数は28.67～37.02日であったが、5割の時54.67日と大きく増加した。また、菌床成型時に4割以上を配合した場合、培地が崩れやすくなった。このため、そば殻の配合割合は3割までが適当と思われた。粉碎もみ殻を配合した試験区では、1～5割の全試験区で、29.09～36.64日と全量スギおが粉を使用した培地と同等の蔓延日数となった。菌床の成型に支障は無かったが、4割

以上配合した場合滅菌後に、培地が縮小して栽培袋に隙間が発生し、乾燥しやすい状態となった。このため、粉碎もみ殻の配合割合も3割までが適当と思われる。これらの試験から、農業廃棄物のうちそば殻と粉碎もみ殻については、ウスヒラタケの菌床栽培に利用できることが判った。

#### (6) 発生方法に関する試験

それぞれの発生方法についての観察結果は、次のとおりとなった。

##### ア. 菌床袋有無等の試験

①菌床袋の取り去り 梅雨時期など、湿度90%以上の環境下では、菌床の全面に原基を形成したが、大多数の原基はそのまま枯死し、一部が子実体に成長した。また、湿度が60%以下になると、菌床表面が乾燥して硬化するため、子実体の発生は1回であった。

②上面栽培法 湿度80~90%の環境下では、子実体は菌床袋の際や表面の柔らかいところから株状に発生することが多かった。発生回数は平均2回で、発生後は菌床が縮小し、表面が乾燥した。

③切れ込み法 子実体は、1回目は株状に発生した。品質は最も良好で、収穫も簡便であった。しかし2回目以降は菌床が縮小し、原基の形成が僅かで収量は少なかった。

④袋の開放 原基は、菌床上面に多数形成した。袋の開口度を小さくしたことで、菌床表面の乾燥が防止され、適度な発生刺激が与えられたと思われる。しかし徐々に袋を開くと、原基が乾燥して成長を停止した。

##### イ. 設置方法の試験

①畑地埋設 畑地に菌床を埋設した場合、子実体は継続して、複数回発生するものの、子実体に土が付着したり、菌床が小動物の被害を受けて破壊されると、栽培上の障害が発生した。菌床自体の腐敗も発生した。子実体は発生後2~3日で腐敗し、品質は低下した。

②盛土埋設 鹿沼土に埋設した場合、菌床と鹿沼土の接点から発生し、子実体の根元に鹿沼土が付着した。発生は株状になることが多く、子実体の品質も平均的なものであった。鹿沼土は適度に水分が保持されており、発生中に、滞水や菌床の腐敗は見られなかった。

③プランター埋設（赤玉土） プランター内に赤玉土で埋設した場合盛土埋設と同様の発生状態であったが、埋設の土量が少ないことから、側面が乾燥しやすかった。赤玉土は砕けやすく、一旦子実体に付着すると、除去は困難であった。土壌中に糸状菌が繁殖しやすく、菌床が被害を受けるなど、過湿による障害が発生した。

④プランター埋設（鹿沼土） プランター内に鹿沼土で埋設した場合水分の保持状態は適度であった。赤玉土と同様に糸状菌が発生したが、拡大することは無

かった。菌床の表面がやや乾燥したが子実体は発生した（写真-2）。今回使用した標準型のプランターは容積が小さいため、鹿沼土の容積が小さく、菌床がやや乾燥しやすかった。そのため、大形プランターの使用が適当と思われる。

⑤プランター埋設（スギおが粉） プランター内にスギおが粉で埋設した場合湿度90%以上の環境下では、子実体が発生したが、スギおが粉の表面が乾燥しやすいため、散水を頻繁に行う必要があった。子実体におが粉が付着したが、大半は自然乾燥後に脱落した。赤玉土や鹿沼土と比較し、発生は不安定であった。



写真-2 発生した子実体

9種の発生方法を試したところ、ア①~④、イ①の方法は発生が不安定で、回数も少なく、ウスヒラタケの栽培には適していないと思われる。これらのことから、イ②の盛土埋設と③、④のプランター栽培は、菌床の乾燥を防止できるため、収量は比較的安定し、栽培に適していると思われる。改良点として、大形プランターの使用や、防虫方法の開発、軽量化等が考えられた。

菌かき区の前基形成には、30日前後を要し、対照区の10日を大幅に上回った。そのため菌床では、菌かき作業は適さないことが判った。

#### (7) 時期別発生試験

栽培実証事業で、県下5か所で伏せ込み場所を変えて2年間調査した結果を図-6に示す。

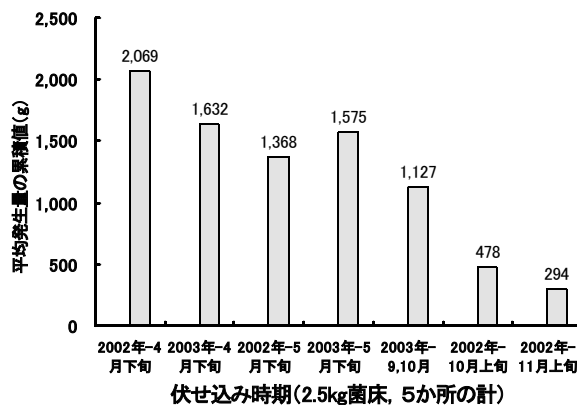


図-6 時期別発生量（5か所の累計）



なお、2001年度のデータについては、伏せ込み場所と菌床の容量が異なるため、比較対象から除外した。

伏せ込み時期別では2002、2003年の4月下旬に伏せ込み、5月に発生させた場合に、子実体発生量は平均919gと最も発生量が高くなった。また、同年の5月下旬に伏せ込んで、6月に発生させた場合も616gと比較的高かった。この時期の平均気温は図-6、7のとおり15~20℃で、最低気温は5℃以上、最高気温は30℃以下とウスヒラタケの発生に適しており、湿度も60%以上を維持していた。いずれの年も10、11月下旬に伏せ込んだ場合の発生量は最大362g、最低0gで最も低かった。平均気温が15℃以下に下がり、湿度も低下して乾燥傾向が強まる秋期以降は、ウスヒラタケの発生適温を外れ、発生が不安定になるため、露地栽培は適さないと思われた。

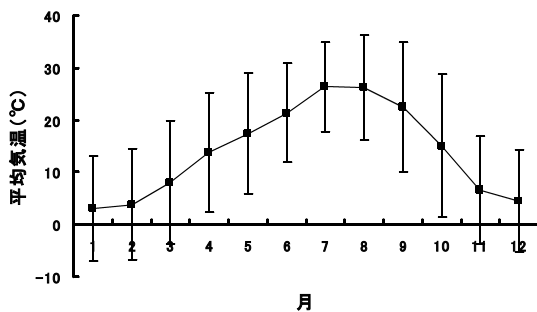


図-7 2002年の月別平均気温 (津山)  
(上下限は最高値と最低値)

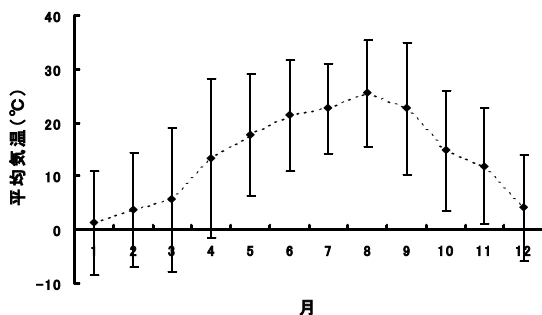


図-8 2003年の月別平均気温 (津山)  
(上下限は最高値と最低値)

同じデータを場所別に、発生量の積み上げグラフとして示した (図-9)。

場所別発生量の比較では、ハウスAと畑を利用した露地栽培の発生量が高い。ハウスBの発生量は最も低い。現地調査の結果、高温障害とキノコバエによる被害による影響が大きいことが分かった。広葉樹林、針葉樹林では、寒冷紗で被覆されていたが、頻繁に高温障害や過乾燥が発生したと考えられる。

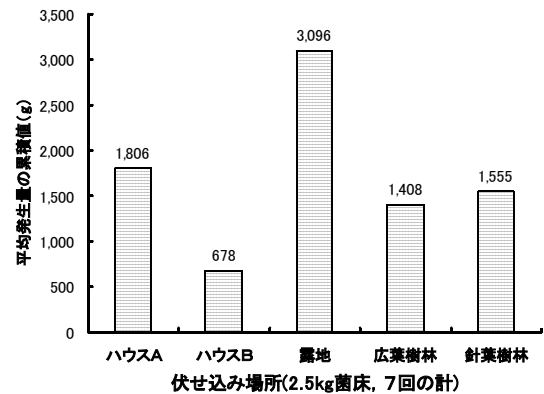


図-9 場所別発生量 (3反復の累計)

最も発生量が高い露地は、寒冷紗のトンネルハウス栽培であった。この施設は、家屋に隣接した畑地に設置されており、簡便に散水できるため、湿度保持と換気が適切に保たれたと推測された。

これらの結果から、U0-2の栽培に最も適した時期は、4月末の伏せ込みで、5月以降発生させる方法が適当と思われた。伏せ込み場所では、露地が適していた。

子実体の品質について、試験期間を通じキノコバエの食害や侵入は、3月下旬から確認できるが、4月~5月中旬までの被害は少なく、特に問題とはならない。この時期の最低気温は10℃以下、平均気温も15℃前後で、キノコバエの活動は鈍い。しかし、最低気温が10℃以上を維持し、平均気温が17~18℃になる5月中旬以降には、子実体だけでなく、菌床内部にも幼虫が繁殖し、内部を食害し、次々と羽化した。気温の上昇とともに、活動が活発になり、さらに成虫になる発育期間も短縮される。また他の病害も媒介することから、キノコバエの被害が増大する5月下旬以降の栽培には、確実な防虫対策が必要である。従って、露地栽培での栽培適期は、伏せ込みを4月下旬に行い、5月中を中心的な収穫期間として栽培を行うのが適当と思われる。なお、キノコバエの繁殖に伴い、野外栽培では4月上旬から、ヒラタケの子実体に発生するひだこぶ病 (有田ら 1983) と同じ症状が発生した (写真-3)。子実体周辺には2種類以上のキノコバエが群がっており、罹病したひだこぶから、多数の線虫が検出された (写真-4)。

このひだこぶ病については、津田ら (2000) により、キノコバエの腹部から線虫を検出し、さらにこの線虫を接種することにより、ひだこぶ病を再現した。この線虫は *Iotonchium unguatum* と同定され、ひだこぶ病がキノコバエに寄生する線虫によって引き起こされる症状であることが明らかにされた。ウスヒラタケについても、中村ら (1996) によってびん栽培の子実体にひだこぶ病が発生することが報告されている。金子ら (1983) が、

1mm網目の寒冷紗で被覆することで防除に成功しているが、U0-2の菌床栽培では被害の防除に至らなかった。キノコバエの子実体や菌床への被害に加え、線虫の寄生も受けることから、さらに小さな目で被覆する等、安全で効果的な防除法の確立が必要である。

なお防虫ネットを用いない場合でも、シイタケ原木発生舎の換気を頻繁に行った場合は、キノコバエの密度が減少した。

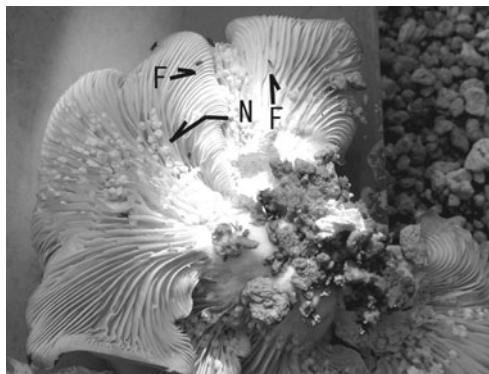


写真-3 ウスヒラタケ子実体に発生したひだこぶ線虫病 (N: 白こぶ, F: キノコバエ)



写真-4 ひだこぶから分離された線虫

### 7. 菌糸の凍結保存試験

1年間菌糸を凍結保存した時の、再生状況を表-8に示す。

表-8 凍結保存菌糸の再生割合

菌株	保存期間			
	1か月	3か月	6か月	1年
U0-2	10/10	10/10	10/10	10/10
子実体発	+	+	+	+

※ 数値は再生数/供試数

1年間の凍結保存では、供試した菌糸は全て再生したため、保存期間による再生割合の差は確認できなかった。解凍後、菌糸の成長を測定した結果を図-10に示す。元菌と比較し、凍結保存後解凍した菌糸のコロニー直径は、1か月保存後と6か月保存後では、近似の成長を示し、3か月保存後では特に早い成長、1年保存後ではやや

立ち上がりの遅い成長を示したが、その他の試験区では元菌よりも成長が早かった。いずれの解凍菌糸の場合にも、びん栽培試験で子実体を形成したことから、1年間程度の凍結保存によるダメージは少ないことが判った。保存期間の長期化が、保存中の菌糸に与える影響を明確にするには、さらに調査を継続する必要がある。

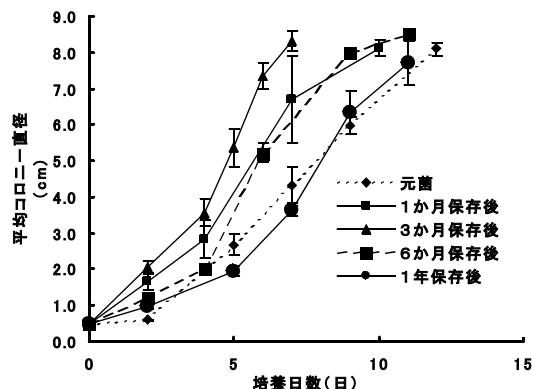


図-10 U0-2菌糸の成長 (3反復の平均)

### 8. 防除試験

それぞれの防除方法の結果については、

①市販の粘着テープを使用した結果、大量のキノコバエを捕殺することが可能で全体の生息密度を下げる効果は認められた。しかし、残存する成虫も多く、被害そのものを軽減することは困難と思われた。

②防虫ネットについては、不織布を利用した市販品を使用した場合でも、成虫がネットを通過してしまうため、防除効果はなかった。簡易的に晒し地のシートでプランター全体を被覆したところ、通過する成虫は無く、被害も発生しなかった。食用のきのこ栽培には、非常に効果的な防除方法と思われたが、トンネルハウス栽培に応用した場合、被覆物の劣化が激しく、強度も不足していた。そのため、隙間や小さな穴が発生し、キノコバエの被害が発生した。そのため、素材として、一定の通気性と強度を保持し、防虫効果の高い小さな網目の防虫ネットを用いる必要がある。

③クレゾールの500倍希釈液を栽培施設の壁、床、天井に噴霧したが、直後から成虫が飛来し、被害は軽減されなかった。また、木酢液の1000倍希釈液を噴霧した場合でも、同様の結果となり、忌避効果が認められなかった。

④ハーブ等植物由来の3種類の防虫剤を、施設内に規定量設置したが、忌避効果は認められなかった。

⑤シイタケの菌床栽培で使用されている市販のハエトリ線香を、施設内で燃焼させたが、成虫の防除効果は認められなかった。市販の蚊取線香も同様であった。

⑥市販のハエ用殺虫剤を噴霧したり、薫蒸したところ、成虫を激減させることができた。しかし、施設内

に潜行した成虫が、噴霧の間欠期に飛来し、産卵するため被害は再発した。また、子実体や菌床ブロックに薬剤が付着するなど、安全面にも問題が残った。

⑦MEP 1000倍希釈液を成虫に噴霧したところ、大多数の成虫は残存し、防除効果は認められなかった。また市販の殺虫剤と同じく、子実体に付着するため、安全面に問題があった。

⑧誘蛾灯を施設内で点灯させたが、被害は軽減されなかった。

⑨キノコバエ幼虫の被害が発生している菌床を、24時間浸水したところ、一部の幼虫については、殺虫効果を認めたが、内部の幼虫を完全に駆除するには至らなかった。

⑩市販の誘因剤を施設内に敷設したところ、成虫の一部を捕殺することはできたが、被害を軽減することはできなかった。

⑪プランターの本体と菌床表面へ市販のスプレー糊を噴霧し、成虫の捕殺を試みたところ、飛来した成虫の大多数を効果的に捕殺することができ、実用性が高いと思われた。問題点として、雨水による薬剤の流亡を防ぐため、施設内の使用に限定されることや、捕殺した成虫の除去、糊成分の劣化など衛生面での問題が残る。農業分野では既に、デンプンを主成分とした防虫農薬が使用されており、きのこ生産の現場でも、安全性の高い防虫方法として、使用されている。

これらの結果から、キノコバエの防除には適切な換気と、防虫ネットやスプレー糊の使用が効果的と思われたが、実用化に際しては改善が必要である。

キノコムシの防除については、原木の移動により被害は終息したため、シイタケ原木に生息してウスヒラタケを加害したと推測された。

ナメクジについて、市販の忌避剤は顕著な効果を示さず、特に野外では効果が期待できなかった。忌避テープは、栽培資材に設置することが困難だったため、効果の検証はできず、捕殺する方法が適切と思われた。

#### IV 結論

岡山県が品種登録したウスヒラタケ「うすひら岡山2号」について、省コスト、省力栽培を目的に、菌床ブロック栽培技術の開発を行った。

種菌の管理について、バクテリアの検定と、菌糸の状態を観察することによって菌糸活性を維持することが可能であった。また、 $-85^{\circ}\text{C}$ の温度条件下で、1年間は凍結保存することもできた。

菌床について、1.0kgと2.5kg菌床の培養効率の比較では、2.5kg菌床の方が培養日数が短く、効率が良かった。培養基材については、スギ、ヒノキ、アカマツのおが粉を比較したところ、スギが適しており、ヒノキ、アカマツは蔓延に要する培養日数にバラツキがあった。

子実体中のカルシウム含有量を増加させるため、培地にかき殻粉末を配合したが、カルシウムは増加しなかった。たんぱく質については、対照区で子実体100g中に10.3g含まれるなど、きのこ類では含有量が多かった。

農業廃棄物の利用を目的に、そば殻と粉砕もみ殻をおが粉に1~5割配合したところ、共に4割までは培養日数が変わらなかった。しかし菌床の成型が難しくなり、3割までの配合が適切と思われた。

発生方法について、露地栽培では、盛土埋設とプランター栽培方法の二法が、安定的に栽培できることが判った。またその栽培適期については、特に4月下旬に伏せ込むと最も発生量が高くなり、露地栽培に適していた。

栽培中に発生する虫害対策では、キノコバエの食害に対しては、防虫ネットの施工とスプレー糊等の粘着液が有効であった。露地栽培では、ひだこぶ線虫病の発生が確認され、線虫が分離できた。他に、キノコムシとナメクジによる子実体の食害が確認された。

これらの研究により、ウスヒラタケU0-2に関して、菌床ブロックによる省コスト、省力栽培が可能になった。特に露地栽培で、春期に子実体の収穫が可能であり、スギのおが粉のほかにもそば殻や粉砕もみ殻が有効利用できることが認められた。しかし、子実体の収量増加や虫害対策等については課題が残されており、今後さらに対策を講じる必要がある。

調査にあたりご協力頂きました県林政課、各地方振興局の担当諸氏をはじめ、生産者の皆様、貴重な助言をいただいた森林総合研究所の関谷微生物工学研究室長、菌蕈研究所の有田顧問に深く感謝の意を表する。

#### 引用文献

- 赤松やすみ(2002)ウスヒラタケ・キノコ栽培全科(大森清寿・小出博志編), 212pp. 農産漁村文化協会, 東京.
- 有田郁夫・前川二太郎・有田立身(1983)線虫によるヒラタケの「ひだこぶ(病)」について. 日本菌学会27回大会講演要旨集:114pp
- 馬場崎勝彦(1999)栽培きのこ菌株の直接凍結維持法. 微生物遺伝資源利用マニュアル(5) -栽培きのこ菌株の直接凍結維持法及びDNA判別法-, pp. 3-10. 農業生物資源研究所, 茨城.
- 衛藤慎也(2001)ヌメリスギタケの栽培におけるカキ殻粉末の添加効果. 日本応用きのこ学会第5回大会講演要旨集:41pp
- 古川久彦・野淵輝(1996)ヒラタケ子実体の腐敗病. 栽培きのこ害菌・害虫ハンドブック, pp172-173. 全国林業改良普及協会, 東京.
- 古川久彦(2003)これからの種菌開発. 2003年度版きのこガイドブック, pp73-75. プラントワールド, 東京.

長谷部公三郎 (2000) 中国のきのこ栽培最新情報. 菌蕈  
46-4, pp24-27. 日本きのこセンター, 鳥取.

今関六也・大谷吉雄・本郷次雄 (1988) ウスヒラタケ.  
日本のきのこ, 23pp. 山と溪谷社, 東京.

香川芳子 (2003) きのこ類. 五訂食品成分表2003, pp122-  
125. 女子栄養大学出版会, 東京.

金子周平 (1983) ヒラタケのいぼ病 (仮称) とその防  
除. 森林防疫32-11, pp12-14. 東京.

きのこガイドブック編集部 (2003) : 農薬取締法改正の  
概要. 2003年版きのこガイドブック, 81pp. プランツワ  
ールド, 東京.

きのこ年鑑編集部 (2002) きのこ産業をめぐる情勢.  
2002年版きのこ年鑑, 294pp. プランツワールド, 東京.

衣川堅二郎 (2000) ヒラタケ. きのこハンドブック, pp97  
-100. 朝倉書店, 東京.

吉良今朝芳 (2002) ニュータイプきのこの経営事例. 林  
業改良普及双書No. 140, pp150-155. 全国林業改良普及  
協会, 東京.

宮崎和弘・石原誠 (2003) ウスヒラタケ子実体の黄褐色  
変色病 (仮称) . 九州森林研究第56号:255-256

森永力 (2002) 重金属蓄積. 「キノコとカビの基礎科学  
とバイオ技術」. アイピーシー, 東京.

中村公義 (1996) ひだこぶ線虫病. 長野県野菜花き試報  
9 : 49

中谷誠 (2002) 廃棄物を用いた食用菌栽培技術に関する  
研究. 日本応用きのこ学会第6回大会講演要旨集:pp29-  
30

根田仁 (1994) ヒマラヤヒラタケの正体について. 特産  
情報3月号, 37pp. 日本特用林産振興会, 東京.

岡山県農林水産部林政課 (2003) 平成14年次岡山県特用  
林産物生産流通統計, 1pp. 岡山.

岡山県農林部林政課・林業試験場 (1998) 短木栽培 (ウ  
スヒラタケ (うすひら岡山2号) の実証栽培試験 (中  
間) と市場調査結果報告書), pp1-18. 岡山.

大政正武 (1992) しいたけ種菌製造管理基準. きのこの  
増殖と育種. (最新バイオテクノロジー全書編集委員  
会編), pp94-96. 農業図書株式会社, 東京.

志水一充 (1998) 日本産主要針葉樹の化学組成. 木材成  
分の利用, 1619pp. 全国林業改良普及協会, 東京.

菅原龍幸 (2001) きのこの栄養成分. きのこ健康, pp41  
-44. 全国林業改良普及協会, 東京.

陶山一雄 (1995) *Pseudomonas tolaasii* の簡易同定  
法. きのこ菌床栽培の病原菌と害虫, pp24-29. 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, 茨城.

津田格 (2000) キノコに棲息する線虫ーキノコバエと  
*Iotonchium*属線虫の関係ー, 森林微生物生態学. pp91-  
101. 朝倉書店, 東京.