

第2章 菌床しいたけの栽培技術

1 空調機器を用いない菌床しいたけ栽培（自然栽培）

ここでは、空調機器を用いない菌床しいたけ栽培（以下「自然栽培」という）のフロー図（図-2）を示すと共にそれぞれの工程で必要最小限の情報を記載する。詳細な方法については、本章の各項目を参照していただきたい。自然栽培とは空調機器を導入せずに遮光ネットとハウスを活用し、しいたけ子実体の発生適期（10月下旬～翌年4月下旬）のみしいたけを発生・収穫する栽培形態である。

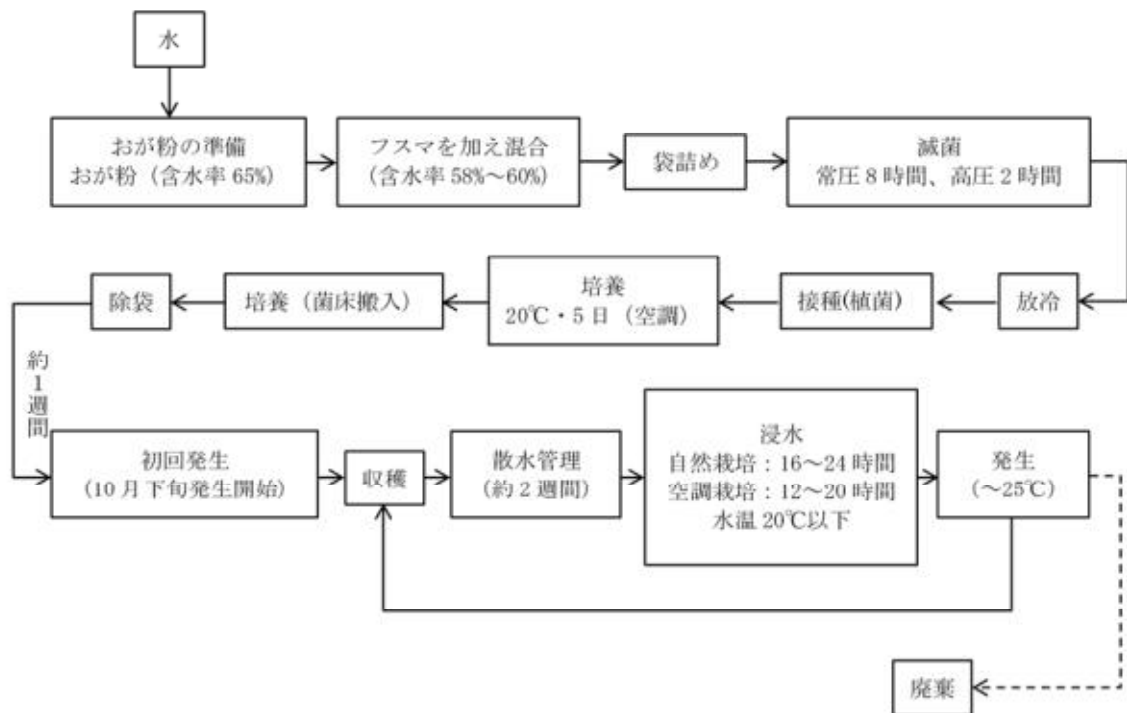


図-2. 菌床しいたけ栽培フロー図（空調なし・10月下旬～翌5月発生）

各工程は施設栽培に準じる。

培養：下記スケジュール（図-3）のと通りの期間培養を行う。

収穫：初回は10月下旬から可能となる（種菌の種類によっては11月上旬からとなる）。

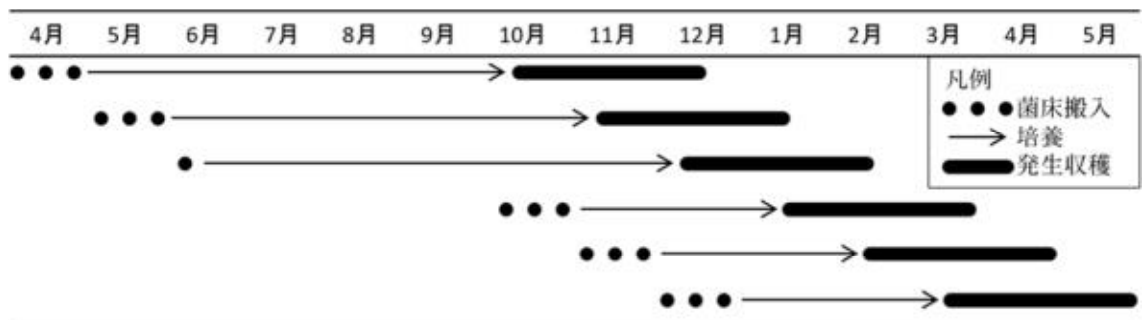


図-3. 菌床しいたけ自然栽培スケジュール

図-3に自然栽培のおおまかなスケジュールを示した。菌床の搬入時期は4月～6月と10月～12月である。4月～6月に搬入した菌床の培養期間は、しいたけ菌糸の生長に不利な条件であるため長くなっている。10月～12月に搬入した菌床の培養期間は逆に短くなる。

7～9月は気温が連日30℃を超える日が続き、しいたけの菌糸生長には適さない。30℃を超える気温条件下での菌糸生長は緩慢で、植菌直後の菌床をこのような条件下で培養すると種菌の定着が見込めない。さらに、しいたけの菌糸が蔓延しきっていない培地は害菌の被害も受けやすくなる。このように7～9月は菌床しいたけの培養初期には適さない時期であるため、施設への新たな菌床の搬入は避けるべきである。

2 空調機器導入による菌床しいたけ栽培（施設栽培）

ここでは、空調機器導入による菌床しいたけ栽培（以下「施設栽培」という）のフロー図（図-4）を示すと共にそれぞれの工程で必要最小限の情報を記載する。詳細な方法については、本章の各項目を参照していただきたい。施設栽培とは空調機器の導入により菌床しいたけ栽培に適した環境を人工的に作り出し、1年を通してしいたけの培養・発生・収穫を行う栽培形態である。

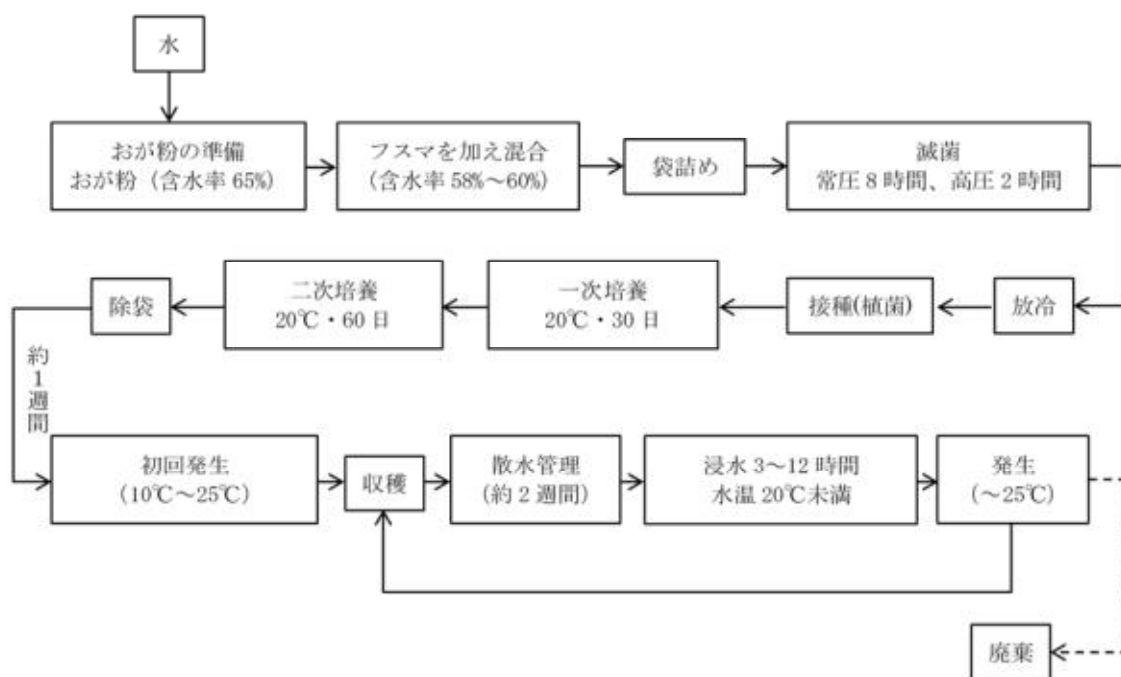


図-4. 菌床しいたけ栽培フロー図（空調あり・周年栽培）

おが粉の準備：イタジイ主体の広葉樹おが粉で、チップ状のものを準備する。含水率が65%になるように水を加え1日なじませる。

フスマの添加：フスマの添加割合は、おが粉：フスマ=3：1（絶乾重比）。フスマ添加後の含水率が58%～60%になるように調整する。

袋詰：フスマ添加後よく攪拌し袋詰を行う。培地重量は2.5kg。

滅菌：常圧で8時間滅菌する（滅菌開始からの時間、100℃の保持時間は3時間）。

放 冷：清浄な放冷室で菌床が20℃以下になるまで冷却する。
 接種（植菌）：種菌メーカーが推奨する量の種菌を接種（植菌）する。
 培 養：20℃で90日間培養する（種菌の種類によって培養期間が異なる）。
 除 袋：培養が完了した菌床の袋を取り除き、菌床を水洗いする。
 收 穫：発生した子実体を根元からハサミで切り取り収穫する。
 散 水 管 理：収穫が完了した菌床を1日4回、3分程度散水する。期間は1～2週間。
 浸 水：散水管理を終えた菌床を冷水に浸し吸水させる。時間は3～12時間。
 菌床の廃棄：2～4回収穫した菌床は廃棄する。堆肥等に利用する。
 発 生 回 数：回数を重ねるごとに収穫できるしいたけの量は減少する。施設あたりの収穫量を最大化できるように発生回数は2～4回までとする。

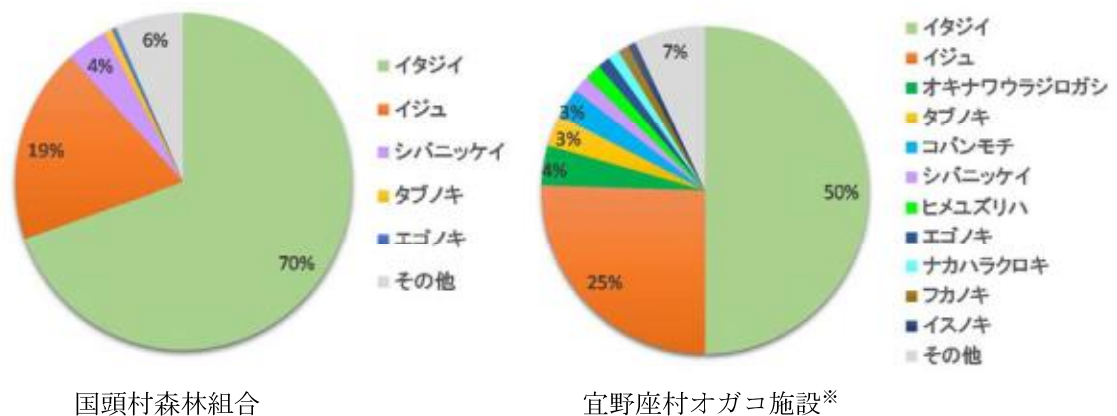
3 培養容器

菌床しいたけの培養に使用する袋の素材は、ポリプロピレン製や中低圧高密度ポリエチレン製の製品がある。どちらの素材も常圧・高圧殺菌が可能である。菌床しいたけ培養袋には、通常1箇所に通気用フィルターを備えている。フィルターの素材、性状により通気性、耐乾燥性、害菌汚染の受けやすさが著しく異なる。

使用するおが粉の形状が針状である場合、培地の成形段階で袋にピンホールが生じる可能性がある。袋に空いたピンホールは害菌の侵入門戸となる。

4 培地基材（おが粉）の準備

培地基材（おが粉）は、しいたけのエネルギー源となる必須材料で、しいたけ栽培の成否を決める。おが粉用樹種としては広葉樹が適しており、県内では国頭村森林組合、宜野座村オガコ施設等から入手することができる。おが粉用樹種として適している樹種は、イタジイとイジュである。両樹種の含有量が50%以上の広葉樹おが粉が菌床しいたけ栽培に適している。



※イタジイと他の樹種を任意の割合で配合し販売している。ここではイタジイを50%にした場合の割合を示す。

図-5. おが粉生産施設における原木の樹種毎の材積割合（2019年度調査結果）³⁾

菌床しいたけ栽培用おが粉として忌避すべき樹種は、リュウキュウマツ、アカギである。リュウキュウマツの場合、多量の樹脂を含んでおり菌床しいたけ栽培には適さない。同様に、多量の樹脂成分を含む樹種も忌避すべきである（例：シマナンヨウスギ）。アカギ、ウラジロエノキの場合は、原因は不明であるものの両樹種 100%おが粉での栽培試験の成績が極めて不良であったことから菌床しいたけ栽培には適さない（図-6、7）。なお、クスノキは樟脳を含み菌床きのこ栽培に適さないといわれているが、クスノキ及びクスノキ科樹種は単独では収量は劣るが、イタジイに20%添加までは著しい影響が生じない（図-8）。

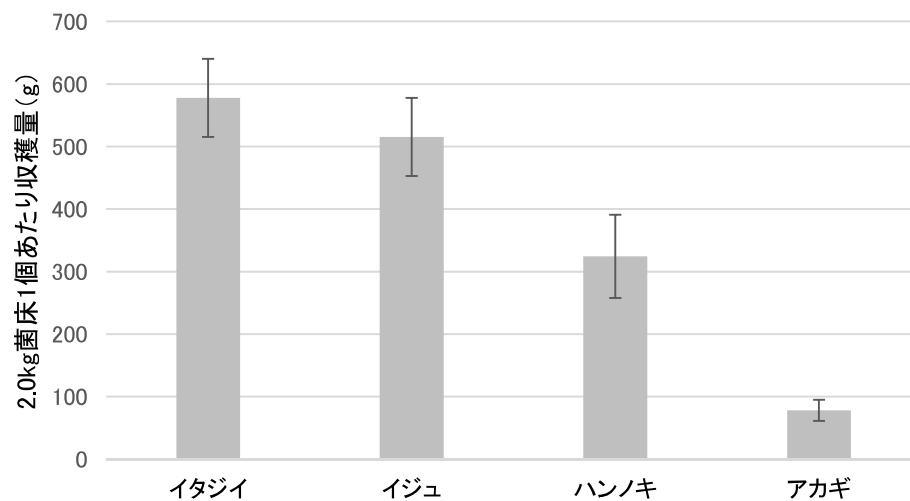


図-6. おが粉樹種別の収穫量⁴⁾

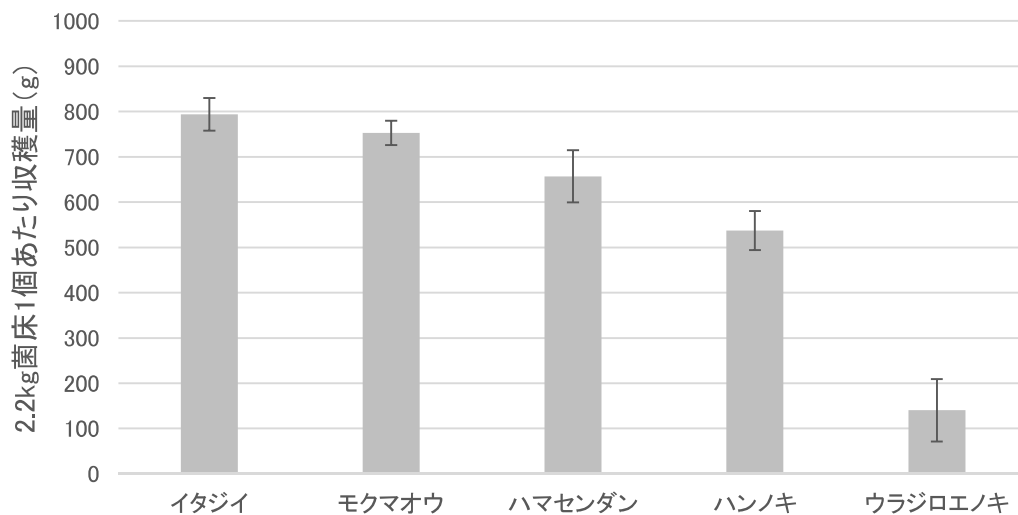


図-7 おが粉樹種別の収穫量（2020年度低・未利用樹種試験）⁵⁾

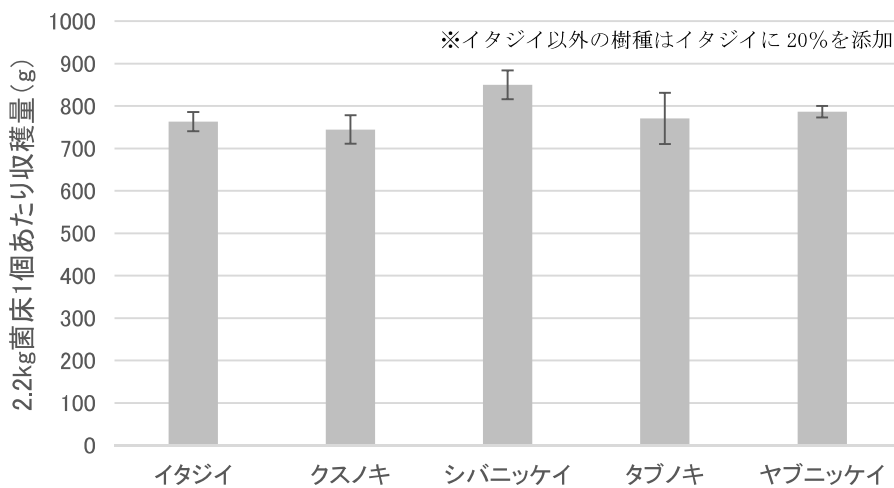


図-8 おが粉樹種別の収穫量 (2020年度不適樹種試験) ⁶⁾

おが粉の粒径は、森 XR1 号の場合、表-5 に示す組成が適しているとされている。県内のおが粉の粒度組成は必ずしも一致しないが、試験では発生量に大きな差はなかったことから問題のない粒度組成と考えられる (図-9)。

表-5. 推奨される粒度組成 ⁷⁾

粒度	割合
7~2mm	30~40%
2.5~1mm	25~35%
1.5~0.5mm	20~30%
0.7mm 以下	5~10%

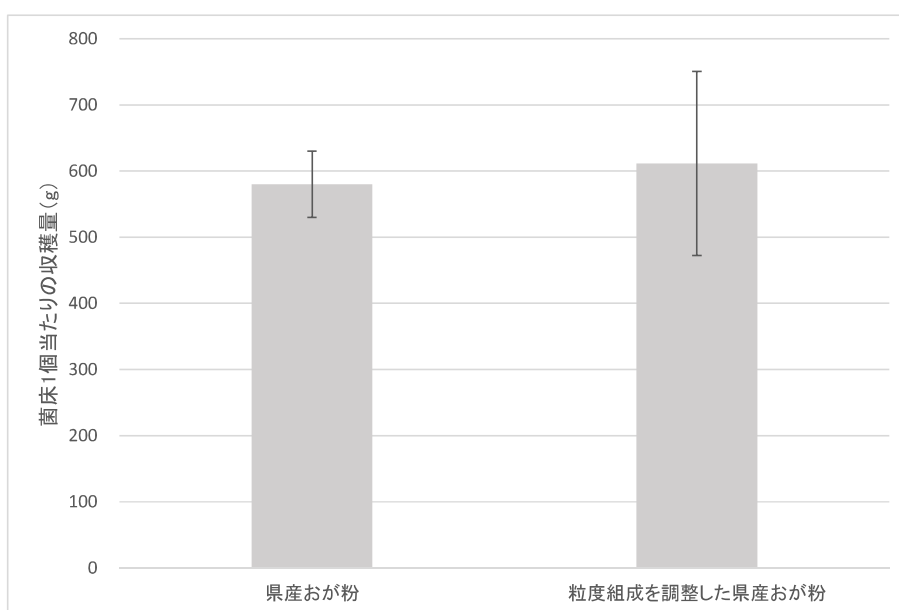


図-9. おが粉の粒度調整による収量の差 ⁸⁾

おが粉の形状は、図-10 左に示したチップ状のおが粉が菌床しいたけ栽培に最適である。チップ状おが粉は、袋詰機を使用して菌床を作製する場合に栽培袋を破りにくい。宜野座村堆肥センターで入手できるおが粉は、図-10 中央に示した。一方で、おが粉中に針状のおが粉が多い場合（図-10 右）は、袋詰めの際にピンホールができやすく、害菌の侵入門戸となる。

菌床を作製する場合は、予めおが粉に十分給水させておく必要がある。おが粉に十分給水させることで、滅菌工程でおが粉の中心まで滅菌することができる。逆におが粉への給水が不十分であると、おが粉の中心部分が滅菌不良となる可能性が高くなる。滅菌不良となった場合は、害菌類が繁殖し、しいたけ菌糸の成長を阻害し、子実体の収穫量が低下する。



図-10. 菌床しいたけ栽培に使用するおが粉

写真左から、菌床しいたけ栽培に最も適した形状のチップ状おが粉、宜野座村堆肥センターで入手可能なイタジイを主体とした広葉樹おが粉、ピンホールの原因となる針状のおが粉の拡大写真。写真中の白色のバーは1cmを示す。

5 栄養剤

栄養剤は、おが粉のみでは不足する栄養素を補うために添加する必須材料である。

菌床しいたけの栄養剤として適しているのは、フスマである。おが粉とフスマの配合割合は、絶乾重比で3:1とする。米ぬかに含まれる油が酸化し収穫量が低下する可能性があるため、簡易施設による長期培養を行う場合は、米ぬかは添加しない。

フスマの添加は、袋詰め直前に行う。十分給水したおが粉にフスマを添加し長時間放置すると、おが粉中のカビやバクテリアが繁殖し培地の酸性化に加え老廃物の蓄積によりしいたけの菌糸生長が鈍化する。第4章トラブルの原因とその回避に詳細を記した。

6 含水率

含水率は、培地を含む水分量で下記の式により算出する。菌床しいたけ栽培で用いる含水率は、重量含水率である。一方木材等の場合は、体積含水率を用いるため注意が必要である。電極を試料に刺すことで含水率が測定できる機器は体積含水率を測定・表示する。

菌床の最適含水率は、58%~60%（培地調製時）とされており、培養室が乾燥気味であればやや高めの61%~62%に調整するとされている（森 XR1 号の場合）。最適含水率の範囲を逸脱すると収穫量が低下する。また、含水率59%と64%の菌床の収量を比較した試験では、59%の方がMサイズ以上の子実体収量が多い傾向があった（沖縄県 2021）。

含水率を調整する際は、予めおが粉に注水し、おが粉中心部分まで水を十分吸収させる必要がある。乾燥した状態のおが粉は水をはじくため、短時間では水を吸収しない。水を十分吸収させないまま滅菌工程に入るとおが粉内部の滅菌不良が生じる。

$$\text{培地の含水率} = \frac{(\text{培地の生重} - \text{培地の乾重})}{\text{培地の生重}} \times 100$$

培地の含水率は下記の3種類の方法で確認することができる。

方法1 電子レンジとデジタル秤を使用した簡易水分測定法

- 手順1. 皿の重さを量り記録する
- 手順2. 培地（生培地）を皿に適量乗せる（10g程度）
- 手順3. 再び培地を乗せた皿の重さを量り記録する
- 手順4. 電子レンジで加熱する（500W、5分）
- 手順5. 培地を乗せた皿の重さを量り記録する
- 手順6. 再び電子レンジで加熱する（500W、2分）
- 手順7. 再び培地を乗せた皿の重さを量り記録する
- 手順8. 手順6、7を繰り返す、重量の変化がなくなった時の重さを記録する
- 手順9. 下記に示した手順で含水率を計算する
 - 計算手順1. 手順3の重さから手順1の重さを差し引く＝培地の生重
 - 計算手順2. 手順8の重さから手順1の重さを差し引く＝培地の乾重
 - 計算手順3. 上記に示す式で含水率を計算する

方法2 加熱乾燥式水分計（図-11）で測定する。

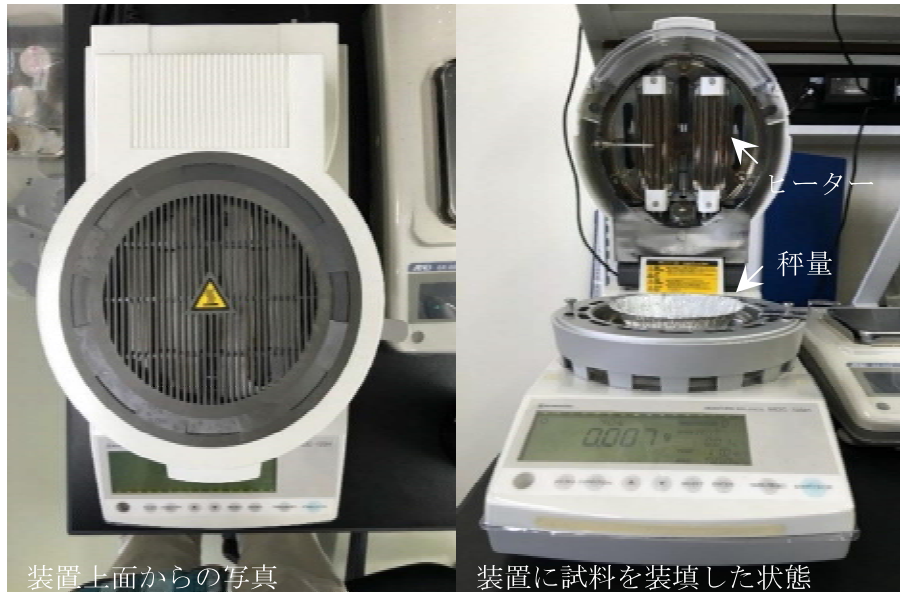


図-11. 加熱乾燥式水分計の解説

方法3 経験と勘による含水率の把握方法

培地を手に取り握りしめる。握りしめた際に指の間から水が少しにじみ出る程度。ある程度の経験が必要な方法。

7 攪拌

攪拌は、おが粉、フスマ、水をよく混合し均一にする工程である。通常、専用の攪拌機を利用する（図-12）。

十分給水させたおが粉にフスマを加え攪拌する。おが粉とフスマが均一になり次第、培地含水率を 58%~60%の範囲内に調整する。含水率は、基本的に水を加えることで調整する。子実体形成には水分が必要であるため、子実体形成のために適正な含水率に調整することが重要である。



図-12. 菌床きのこのこの培地調製に用いる攪拌機

8 袋詰め

袋詰めは、袋詰め機（図-13）により均一になった培地を袋に詰め成形する工程である。袋への培地詰め量は 2.5kg を標準とする。培地の詰め量は、袋ごとに均一になるようにする。培地の詰め量を均一にすることで培養期間が等しくなりしいたけの発生をそろえやすい。また、適正に含水率を調整した培地を袋詰めする。

袋詰めは「袋詰め機」を使用し行う。培地は調製後直ちに袋詰めし、滅菌する必要がある。滅菌工程を経していない培地は、雑菌（カビやバクテリア）が多量に存在しており、おが粉に添加したフスマを分解し増殖を開始する。また、培地を長時間放置すると発酵し、収量が著しく少なくなるため、注意が必要である。



図-13. 袋詰め機

9 滅菌

滅菌は、作製した菌床を専用の滅菌釜（図-14）に入れ培地を高温にすることで、培地中の雑菌類を殺菌し、無菌状態の菌床を作る工程である。滅菌方法は、常圧滅菌と高圧滅菌に大別できる。両者の培地の温度の変化を図 15 に示す。常圧滅菌は、釜内の圧力が大気圧とほぼ同じで、釜内の温度を約 100℃に保持し菌床を滅菌する方法である。一方で、高圧滅菌は、釜内の圧力を上げることで、釜内の温度を 121℃に保持し菌床を滅菌する方法である。滅菌時間は、常圧滅菌のほうが長く、高圧滅菌のほうが短い。一般的な常圧滅菌の滅菌時間は、100℃に達するまでに 3～4 時間、100℃保持時間を約 5 時間の合計 8 時間程度である。



図-14. 常圧滅菌釜

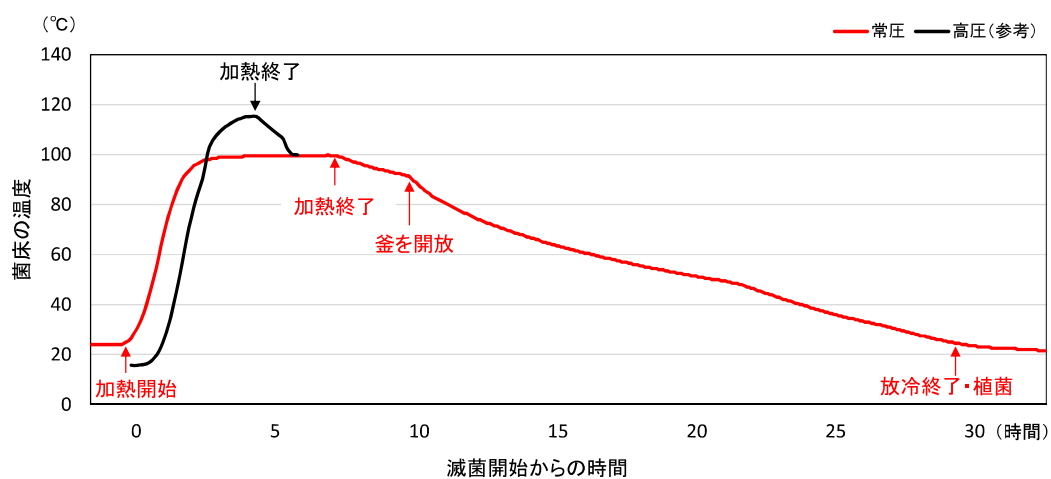


図-15. 滅菌開始から接種（植菌）までの温度変化（常圧滅菌）⁹⁾

10 放冷

放冷は滅菌完了後、菌床を専用の放冷室内で種菌の接種（植菌）に適した温度まで下げる工程である。

培地の温度を 20℃以下まで下げる必要がある。放冷が十分でない場合、菌糸の伸長に影響を及ぼし、培養不良を起こす可能性がある。放冷の際には、熱で膨張した培養袋内部の空気が培地の冷却と共に収縮し、放冷室内の空気を培養袋内に吸い込む。このため放冷室は、清浄に保つ必要がある。また、高温な菌床を多数搬入するため、放冷室内の空気も膨張する。放冷室内の温度の低下に伴い膨張していた空気が収縮し放冷室内に外気が流入する。外気の流入口にはヘパフィルターを設置する。

なお、常圧滅菌では高温耐性菌が培養不良を引き起こすことがある。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放冷することが重要である。

放冷室への菌床の搬入から搬出までは以下の様な作業が必要となる。

- (1) 放冷室の床にたまった培地のかすなどを清掃する
- (2) 放冷室内の床、壁を 70%エタノールで滅菌する
- (3) 紫外線灯（滅菌灯）を点灯させ室内に紫外線を照射させる（入室前に消灯）
- (4) 滅菌した培地を搬入する（滅菌釜と放冷室は一体化している場合が多い（図-16））
- (5) 退室後、紫外線灯を点灯させる
- (6) 接種（植菌）まで十分に冷却させる。
- (7) 冷却した培地を接種室（植菌室）に搬出し（図-16）、放冷室の清掃を行う

<放冷室に備えておくべき機器類>

- (1) 空調機器
- (2) 紫外線灯（滅菌灯）
- (3) エタノールでの清掃に耐えうる天井材、壁材、床材

11 接種（植菌）

接種（植菌）は、滅菌処理した菌床にしいたけの種菌を植え付ける工程である。作業の全工程で無菌状態を維持する必要がある。種菌は種菌メーカーから購入し、菌床作製のみを使用することができる。種菌は「種苗法」による保護対象で、拡大培養することはできない。

(1) 種菌室・接種機（植菌機）の清掃

作業の前には、接種機（植菌機）、接種室（植菌室）を手作業で丁寧に清掃する。特に接種機（植菌機）については、作業終了後、毎回必ず分解清掃を行う。滅菌に使用する薬剤は、消毒用エタノールとする。

(2) 種菌の保存方法と保存期間

種菌は種菌メーカーから到着後すぐに種菌メーカー指定の温度で保存する。また、種菌の保存期間も、種菌メーカー指定の期限を守り、速やかに使い切ることが望ましい。メーカー指定の温度よりも高温で保存したり、使用期限を超えて保存したりした場合は、種菌が劣化している可能性が高く、収穫量の低下や子実体の品質低下につながる。

(3) 種菌の取扱い

種菌の瓶の外装は目には見えない害菌類が付着しているため、接種室（植菌室）に持ち込む前に消毒用エタノールで拭き、滅菌する。

接種室（植菌室）で種菌瓶のフタを開け、瓶の口付近に害菌汚染がないかどうか目視で確認する。問題なければ、接種機（植菌機）にセットし接種（植菌）をはじめめる。種菌が害菌被害を受けていた場合は、たとえ一部分であっても接種（植菌）には使わない。

(4) 接種室（植菌室）への入室までの準備

図-16 に一般的な接種室（植菌室）周辺の模式図とそれぞれの部屋での作業内容を示した。準備室は接種室（植菌室）に隣接しており、入室する準備を行う部屋である。準備室では、使い捨てのキャップ、作業着を重ね着し、雑菌の持込みや飛散を最小限に抑える。接種室は、種菌を接種（植菌）するための部屋で、接種（植菌）待ち及び済みの菌床が一時的に保管できるスペースを確保することが望ましい。また、接種室（植菌室）はドアで放冷室と培養室につながっている。

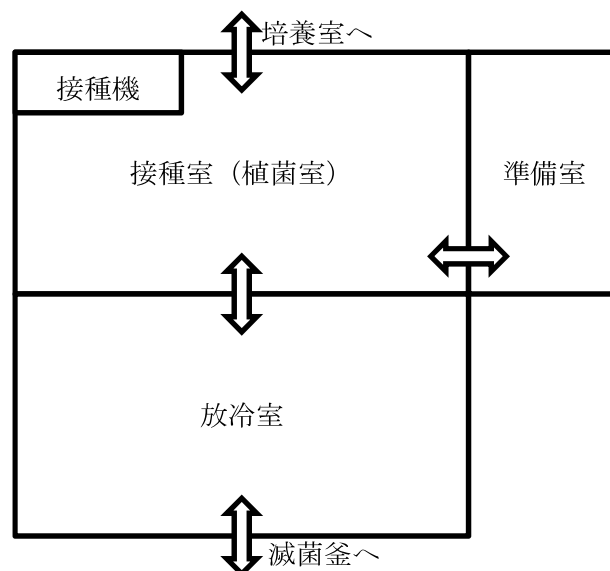


図-16. 一般的なきのこ生産施設の接種室（植菌室）付近の模式図

(5) 接種（植菌）作業

接種（植菌）作業は菌床しいたけ生産のかなめとなる作業で害菌の汚染が発生しやすい工程である。室内を陽圧に保ち、外部からの害菌・害虫の侵入を防止する。作業中は使い捨ての帽子、マスク、作業服を着用し害菌汚染を防止する。接種（植菌）は接種機（植菌

機)によって自動で行われる。(手作業でも接種が可能である)接種(植菌)が完了した菌床は、口を圧着シーラーで密封する。この際、袋内の空気を抜く必要はない。完成した菌床は培養室に搬入し、培養を行う。

12 培養

培養は菌床への接種(植菌)後、菌糸が定着し無菌状態の菌床へ菌糸を生長させていく過程で、一次培養と二次培養がある。

(1) 一次培養

一次培養とは、接種(植菌)から菌床全体への菌糸蔓延までの期間である。一次培養初期は菌糸が蔓延しておらず、酸素の要求量が比較的少量である。

同時期に接種(植菌)した菌床は、菌糸の生長スピードが揃うはずであるが、生長スピードが異なる場合は、菌糸の生長を阻害する何らかの原因があり、その原因を究明し解決する必要がある。菌糸の成長を阻害する要因は、害菌類(カビやバクテリア)による汚染や、菌床同士が接触することで接触部分の温度が高くなることである。また、換気不良により同一ロット全体の生長が遅くなる場合もある。図-17に接種(植菌)直後から菌糸の蔓延完了までの菌床の写真を示す。



図-17. 菌床への菌糸蔓延の様子(簡易栽培の事例)

左から接種(植菌)4日後、19日後、32日後、193日後。この事例では接種(植菌)後30日程度で一次培養が完了した。一次培養完了後、菌床の天地返しを行った。

(2) 二次培養

二次培養とは、菌糸の蔓延完了から菌床表面の褐変が始まり、子実体の原基が形成されまでの期間である。

菌糸が蔓延しきった二次培養からは酸素の要求量が増えるため、菌床を倒立させフィルターを下に向けて培養を行う。また、二次培養段階では、菌床から分解水(薄茶色)が発生する。

二次培養後期になると、菌床への刺激でしいたけが発生する場合があるが、所定の培養期間を全うすべきである。袋内で発生したしいたけは放置して問題ない。ここでいう刺激とは、移動に伴う振動や急激な温度変化である。逆に、二次培養後期には菌床への振動や±5℃以上の温度変化がないようにすべきである。

培養期間が短すぎる場合は、しいたけの発生が不良となる。逆に培養期間が長すぎる場合は、しいたけが集中発生し、正常発生のしいたけと比較するとサイズが小型で、隣接す

るしいたけ同士が押し合うためいびつな形である場合が多い。

(3) 培養期間中の温度としいたけの菌糸生長の関係

シャーレを使ったおが粉培地でのしいたけ（森 XR1 号）の菌糸生長の結果を図-18 に示す。気温 25℃でしいたけの菌糸生長は最大となった。気温 25℃でのしいたけの菌糸生長を 100%とした場合、気温 30℃では 31.8%、32.5℃では 15.9%、35℃では 0%となった。一方、低温側では、15℃では 53.8%、5℃では 10.9%となった。しいたけの菌糸生長は、高温側で急激に低下した。

一方、菌床でしいたけを培養した場合の菌床内部の温度は、室温より高くなった。つまり、施設栽培では、室内の気温をしいたけの菌糸生長最適温度よりも低い 20℃程度に設定する必要がある。

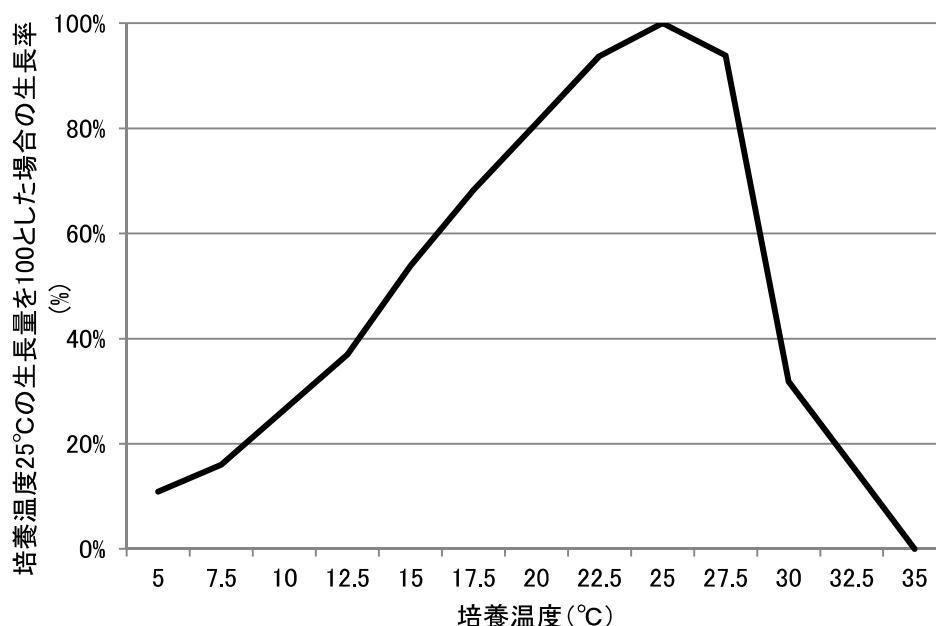


図-18. 培養温度と菌糸生長の関係¹⁰⁾

(4) 天地返しと差替え

培養袋内に二酸化炭素がたまることを防ぐため、菌糸が蔓延し、培地が固まったところに菌床を横にするとよいとされている。また、培養後期に横にした菌床の上下を逆にすると菌床内の水分分布が均一となるとされている。培養中期には培養棚の上下、手前と奥などの環境の違いによる菌床仕上がりのムラをなくすため、棚位置の差替えをおこなうと効果的とされている（大森他 1993）。

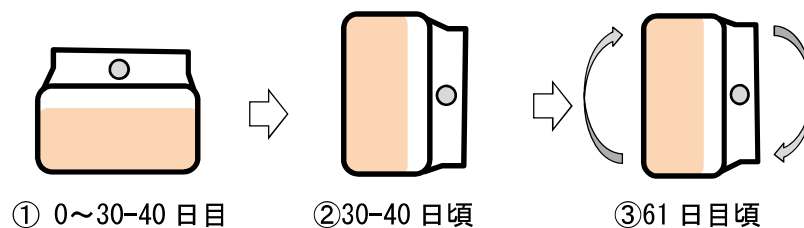


図-19. 天地返しの方法