

【技術分類】 1－2－6 基本栽培方法／菌床栽培／培養工程

【技術名称】 1－2－6－1 菌回り

【技術内容】

菌回りは、きのこの菌糸が培地に活着して伸長し、菌床全体にまん延する時期で、培養工程の初期段階である。シイタケの場合、菌糸は菌床上部からまん延し始め、次第に白色の菌糸で表面が覆われていく。培養 30～40 日目の一次まん延終了期には表面が光沢ある白い菌糸で覆われ、内部の色は仕込み時の黒褐色から明褐色に変わってくる（図 1）¹⁾。

菌回りに影響を及ぼす要因の一つに害菌による汚染があるが、菌糸まん延が遅れたエノキタケの例を図 2 に示す。この症状を調べた結果、きのこの菌糸がまん延していないところからケカビ類の害菌が検出され、接種孔の中にはペニシリウムが認められた。この事例では種菌の汚染が原因であることが判明している²⁾。また、エリンギの菌廻りに関わるトラブルとして、次のような例がある³⁾。(1)接種した種菌が活着しない（原因：培養管理温度の低さ、種菌の摂取量不足、種菌の老化など）、(2)菌糸まん延の速度が遅い（原因：培地の固詰め、仕込み水分過多、おがこ粒度など）、(3)菌床の仕上がりが薄回り状態（原因：栄養源の添加量不足、害菌類の混入など）、(4)菌糸まん延のムラ（原因：残存バクテリア類による汚染、高温障害など）

【図】

図 1 菌床へのシイタケ菌のまん延（培養初期～一次まん延終了期）



出典：「菌床シイタケのつくり方」、1993 年 3 月 20 日、大森清寿編、北研食用菌類研究所著、社団法人農山漁村文化協会発行、口絵写真 菌床へのシイタケ菌のまん延（撮影 飯塚明夫）

図2 エノキタケの菌回りの遅れ



左：正常な菌回り　中・右：菌回りの遅れ

出典：「キノコ栽培での微生物汚染トラブルを解決する一原因を突き止めようー」、林産試だより 2002 年 9 月号、2002 年 9 月 25 日、宜寿次盛生著、北海道立林産試験場発行、2 頁 写真 2 菌回りの遅れ（野生型エノキタケ「えぞ雪の下」）

【出典／参考資料】

- 1) 「菌床シイタケのつくり方」、1993 年 3 月 20 日発行、大森清寿編、北研食用菌類研究所著、社団法人農山漁村文化協会発行
- 2) 「キノコ栽培での微生物汚染トラブルを解決する一原因を突き止めようー」、林産試だより 2002 年 9 月号、2002 年 9 月 25 日、宜寿次盛生著、北海道林産試験場発行、1－3 頁
- 3) 「第 3 章 空調栽培技術 第 5 節 培養中の不良問題と対策」、図説 基礎からのエリンギ栽培 安定生産技術へのアプローチ、1999 年 11 月 30 日、木村榮一著、株式会社農村文化社発行、156－163 頁

【技術分類】 1－2－6 基本栽培方法／菌床栽培／培養工程

【技術名称】 1－2－6－2 熟成

【技術内容】

菌床への菌糸まん延以後の培養期間を熟成という。シイタケの場合、培養 50～70 日目程度で表面の菌糸はきのこ原基をつくるため被膜がつくられ、褐変化して菌体を保護する。完熟すると、菌床の表面全体に褐変化が進み、内部は培地の分解が進んで黄白色となる¹⁾。

主なきのこの培養期間を表 1 に示す²⁾。培養期間については、以下のような報告がある。

シイタケでは、培養期間が長くなるほど子実体の総発生量が多くなる傾向が認められ、特に 1 回目発生において培養日数の違いが発生量の差として顕著に現れた。85 日培養が子実体収量、形質ともに最も優れていた³⁾。ブナシメジでは、栽培サイクルが長期にわたるため培養熟成期間の短縮が大きな課題である。接種孔数と培養期間の関係を検討した結果、接種孔の数は、1 本孔より 3 本や 4 本孔の方が二酸化炭素濃度のピークに達する時間が早く、そのピークが低い。複数孔の培地は二酸化炭素の排出が良いことから培養熟成期間の短縮につながると考えられた⁴⁾。ナメコでは、通常 90～110 日を要する合計栽培日数を、65 日以内に短縮可能な高速栽培方式が開発されている。空調と専用品種を使用し、発熱最盛期である培養中期を低温で管理する 2～3 ステップ方式により、45 日以内の培養日数で高収量を実現している⁵⁾。

シイタケの菌床培養方式として、収量や品質など高生産性の品種を使用し、培養センターにて完熟させた菌床を供給する生産方式が開発されている。完熟菌床は培養袋から出された状態で表皮が硬膜樹皮化しているため、栽培に際し培養袋の破袋作業が不要、1.1kg の小型菌床ながら高収量、散水方式で 5 カ月間連続発生するため菌床の休養期間が不要、などの特徴を持つ⁶⁾。

【図】

表 1 主なきのこの培養期間

種名	培養期間
シイタケ	1.2～1.5kg 菌床：80～100 日、2.5～3.5kg 菌床：120～130 日
ナメコ	早生品種：60 日、高速栽培品種：45 日
ヒラタケ	20～30 日
エノキタケ	23～28 日
マイタケ	35～40 日
ブナシメジ	80～100 日(内、菌廻り 30～40 日)
クリタケ	3～5 カ月
タモギタケ	14～19 日
ハタケシメジ	菌廻り 40～60 日、熟成 7 日
エリンギ	ビン 35～40 日、袋 45～50 日

出典：【出典／参考資料】 2)を基に本標準技術集のために作成

【出典／参考資料】

- 1) 「菌床シイタケのつくり方」、1993 年 3 月 20 日、大森清寿編、北研食用菌類研究所著、社団法人農山漁村文化協会発行、口絵写真
- 2) 「キノコ栽培の実際」、キノコ栽培全科、2001 年 9 月 30 日、大森清寿、小出博志編、社団法人農山漁村文化協会発行、44－245 頁
- 3) 「Yield and size response of the shiitake mushroom, *Lentinus edodes*, depending on incubation time on sawdust-based culture」、Transactions of the Mycological Society of Japan (別名 日本

菌学会会報) 33 巻 3 号、1992 年 10 月、Shoji OHGA、Francoise V. ROOZENDAEL、Martin ASPINWALL、Masayoshi MIWA 著、日本菌学会発行、349－357 頁

- 4) 「第 4 章 きのか栽培の最新技術 V ブナシメジ」、2004 年度版きのか年鑑、2004 年 4 月 1 日、中村公義著、株式会社特産情報 きのか年鑑編集部発行、151－155 頁
- 5) 「第 4 章 きのか栽培の最新技術 III ナメコ」、2004 年度版きのか年鑑、2004 年 4 月 1 日、木村榮一著、株式会社特産情報 きのか年鑑編集部発行、142－146 頁
- 6) 「第 4 章 きのか栽培の最新技術 II 生シイタケ 3)菌床栽培 3 (カネボウアグリテック型)」、2004 年度版きのか年鑑、2004 年 4 月 1 日、山内政明著、株式会社特産情報 きのか年鑑編集部発行、136－141 頁

【技術分類】 1－2－6 基本栽培方法／菌床栽培／培養工程

【技術名称】 1－2－6－3 温度、湿度条件

【技術内容】

培養工程での最適温度、湿度条件はきのこの種類や品種、栽培方法など様々な要因により異なるが、主なきのこの培養温度、湿度条件の目安を表1に示す¹⁾。培養に当たっては、室温と菌床温度には5～10℃の較差を生じる点を踏まえて、温度管理をする必要がある²⁾。

シイタケの空調栽培では、培養初期(0～30日目)は、20日目頃から多くの熱を発生するため、室内温度を15℃程度に低下させ、菌床温度を20℃以下に保つことが望ましい。培養中期(30～60日目)は、40日目頃に再び菌床からの発熱があるため15℃程度に保ち、その後18～20℃に上げる。培養後期(60～90日目)は18℃前後で管理するのが良い³⁾。自然栽培法の場合は、培養期間中に温度上昇の可能性がある。発生操作直前に培養温度を21℃から30℃に上昇させた試験では、子実体発生量が減少傾向となった⁴⁾。

ナメコやエリンギでは、発熱最盛期を低温で管理する2～3ステップ方式の培養管理により、栽培期間の短縮、高収量など良好な結果を得ている^{5),2)}。

【図】

表1 主なきのこの培養温度、湿度条件の目安

種名	培養温度、湿度
シイタケ	18～22℃（初期は低めとする）、70～80%
ナメコ	15～20℃、60～65%
ヒラタケ	18～22℃、60～70%
エノキタケ	14～15℃、75%前後
マイタケ	25℃前後（初期は20～22℃）、65～70%
ブナシメジ	20～23℃、70%
クリタケ	20℃
タモギタケ	20～22℃、70%
ハタケシメジ	21～23℃、80%
エリンギ	23℃、65～70%

出典：【出典／参考資料】1)を基に本標準技術集のために作成

【出典／参考資料】

- 1) 「キノコ栽培の実際」、キノコ栽培全科、2001年9月30日、大森清寿、小出博志編、社団法人農山漁村文化協会発行、44－245頁
- 2) 「第3章 空調栽培技術 第4節 培養～3ステップ培養方式の提唱～」、図説 基礎からのエリンギ栽培 安定生産技術へのアプローチ、1999年11月30日、木村榮一著、株式会社農村文化社発行、130－155頁
- 3) 「五、空調栽培 3、菌床の培養」、菌床シイタケのつくり方、1993年3月20日、大森清寿編、北研食用菌類研究所著、社団法人農山漁村文化協会発行、105－116頁
- 4) 「シイタケ子実体発生に及ぼす培養温度の影響」、日本応用きのこ学会誌 10巻 3号、2002年10月31日、阿部正範、飯田繁、大賀祥治著、日本応用きのこ学会発行、129－134頁
- 5) 「第4章 きのこ栽培の最新技術 III ナメコ」、2004年度版きのこ年鑑、2004年4月1日、木村榮一著、株式会社特産情報 きのこ年鑑編集部発行、142－146頁

【技術分類】 1－2－6 基本栽培方法／菌床栽培／培養工程

【技術名称】 1－2－6－4 酸素、二酸化炭素条件

【技術内容】

きのこは、酸素を吸って二酸化炭素を吐き出す呼吸作用を行って繁殖するため、環境中の二酸化炭素濃度が高くなり過ぎると酸欠状態となり、菌糸の繁殖や正常なきのこの発生に障害となる。十分な換気が必要である。主なきのこの培養時の酸素、二酸化炭素条件の目安を表1に示す¹⁾。

シイタケの場合、培養初期（0～30日目）は、20日目頃から多くの熱と炭酸ガスを発生して、栽培袋内の環境が極端に悪くなるため、室内の十分な換気と循環扇などによる通風を図る。室温20℃で培養した場合の、培養袋内炭酸ガス濃度の変化を図1に示す。培養20日目前後は特に袋内の炭酸ガス濃度が高くなるため、その対策として菌糸の一次まん延が終了して培地が固まると、菌床を横置きにする（図2）。これにより、炭酸ガス濃度の濃い部分は菌床の下半分となり、上部は酸素濃度の高い空気となる。一定部分がよい環境で呼吸できれば、全体的にある程度健康な状態を保つことができる²⁾。なお、シイタケの簡易施設栽培で、培養終了時における袋培地の反転は子実体発生に与える影響がなかったとの報告もある³⁾。

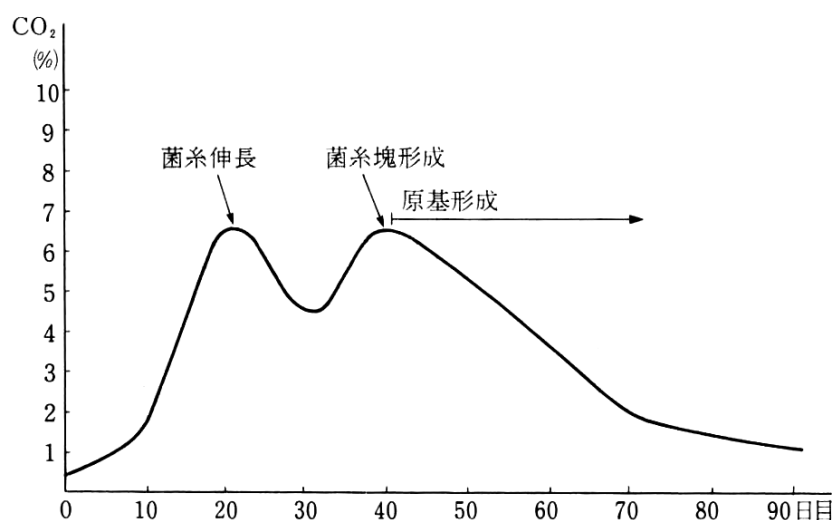
【図】

表1 主なきのこの培養工程における酸素、二酸化炭素条件の目安

種名	酸素・二酸化炭素濃度
シイタケ	O ₂ ：できるだけ高く CO ₂ ：3000ppm 以下
エノキタケ	CO ₂ ：3000ppm 以下
マイタケ	CO ₂ ：1000ppm 以下
タモギタケ	CO ₂ ：3000ppm 以下
ハタケシメジ	CO ₂ ：3000ppm 以下
エリンギ	CO ₂ ：2000ppm 以下

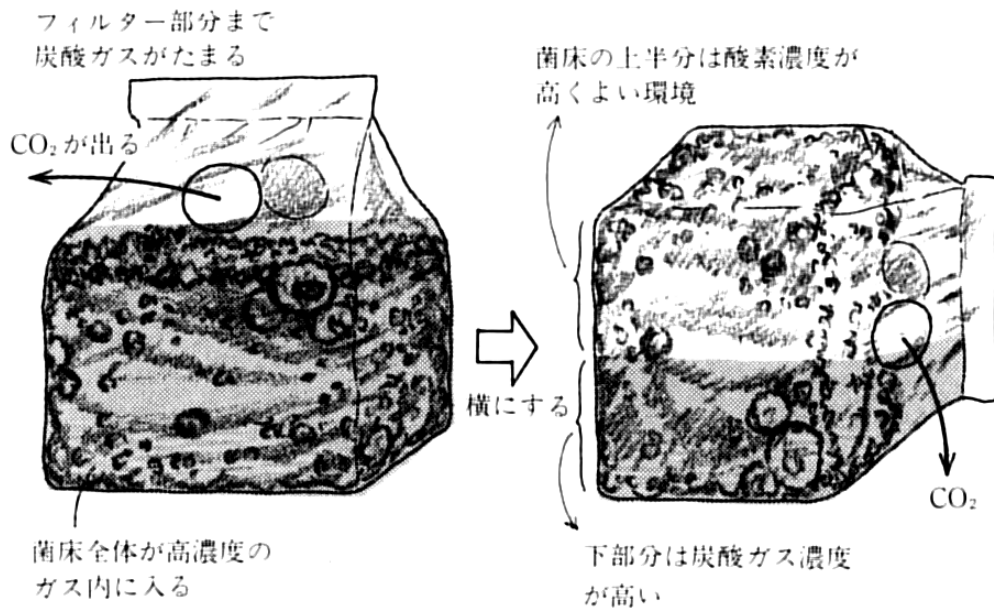
出典：【出典／参考資料】1)を基に本標準技術集のために作成

図1 シイタケ培養袋内炭酸ガス濃度の変化（20℃培養）



出典：「五、空調栽培 3 菌床の培養」、菌床シイタケのつくり方、1993年3月20日、大森清寿編、北研食用菌類研究所著、社団法人農山漁村文化協会発行、107頁 図40 培養袋内炭酸ガス濃度の変化（20℃培養）

図2 菌床の横置き管理



出典：「五、空調栽培 3 菌床の培養」、菌床シイタケのつくり方、1993年3月20日、大森清寿編、北研食用菌類研究所著、社団法人農山漁村文化協会発行、109頁 図42 菌床を横にし健康状態を保つ

【出典／参考資料】

- 1) 「キノコ栽培の実際」、キノコ栽培全科、2001年9月30日、大森清寿、小出博志編、社団法人農山漁村文化協会発行、44-245頁
- 2) 「五、空調栽培 3、菌床の培養」、菌床シイタケのつくり方、1993年3月20日、大森清寿編、北研食用菌類研究所著、社団法人農山漁村文化協会発行、105-116頁
- 3) 「シイタケ菌床栽培における培地の反転が子実体発生に与える影響」、岐阜県森林科学研究所研究報告 28号、1999年3月31日、水谷和人著、岐阜県森林科学研究所発行、23-25頁

【技術分類】 1－2－6 基本栽培方法／菌床栽培／培養工程

【技術名称】 1－2－6－5 光条件

【技術内容】

きのこの培養中は基本的に暗黒状態で管理する。逆に接種直後の培地を光照射の環境下で培養することは、活着不良や生長阻害につながるがあるので注意が必要である¹⁾。しかし、培養後期には原基形成を促進させる目的でシイタケは 10lux、マイタケでは 50lux 程度の弱い光を照射することがよいとされる²⁾。エリンギについては、後期培養においても暗黒とし、むしろ培養中に点灯することはビン中での発生につながり芽切りが遅れるため逆効果ともいえる¹⁾。

実際に、シイタケ培養中の光条件が子実体発生に及ぼす影響を調べた結果では、暗黒下では培地表面は全く褐変化しなかったものの、原基の形成は認められた³⁾。また、ヒラタケの培養工程において 50lux の光照射を行ったビンは、すべてにおいて培養中に原基が形成されたが、暗黒下での培養では原基形成がなく、収穫時の収量が多かった⁴⁾。同様に、ブナシメジの培養工程において 50lux の光照射を行った場合は、暗黒下で培養したものに比べ子実体収量がやや増加したことから、培養中に原基形成をさせない程度の光照射管理を行うことが、品質や収量の面から有効であるとしている⁵⁾。また、エノキタケ着色品種の培養中に 50lux の光照射を行った結果、菌まわし工程において 2 週間以上光照射した試験区で子実体増収効果が認められた（表 1）⁶⁾。

発光ダイオード（LED）の赤色光、緑色光、青色光の照射がシイタケの菌糸生長に及ぼす影響を検討した結果によると、青色光（470nm）は菌糸生長を抑制することから、培養には適さないことが分かったが（図 1）、発生には有効なことが示唆された⁷⁾。

【図】

表 1 エノキタケ着色品種の培養工程における光条件が子実体収量に及ぼす影響

Weeks after inoculation	Days required for initiation*	Days required for harvesting	Yield (g/bottle)	Number of fruit-bodies
4L → 0D(□□□□)	10	28	123.5 ± 8.3 ^a	500 ± 68 ^a
3L → 1D(□□□■)	10	28	116.2 ± 9.2 ^a	419 ± 90
2L → 2D(□□■■)	10	28	118.3 ± 2.5 ^a	472 ± 47
1L → 3D(□■■■)	10	28	99.3 ± 5.5	387 ± 17
4D → 0L(■■■■)	10	28	100.5 ± 3.1	393 ± 60
3D → 1L(■■■□)	10	28	107.4 ± 9.6 ^a	396 ± 92
2D → 2L(■■□□)	10	28	118.8 ± 11.1	493 ± 49 ^a
1D → 3L(■□□□)	10	28	125.0 ± 2.9 ^a	509 ± 33 ^a

"Baiyou" process: Spawn running process. *: Days after "Kinkaki" treatment.

L(□): Light exposure period. D(■): Dark culture period.

a: Significant difference from the "4D"; P<0.01

出典:「エノキタケ着色品種「ナカノ株」での各栽培工程における光照射の子実体生産に及ぼす効果」、日本応用きのこ学会誌 9 巻 1 号、2001 年 4 月 30 日、稲富聡、難波謙二、小平律子、岡崎光雄著、日本応用きのこ学会発行、23 頁 Table 2. Effects of light and dark regimens for "Baiyou" process on the initiation and development of fruit-bodies in *Flammulina velutipes*.

図1 発光ダイオード光の照射がシイタケの菌糸生長に及ぼす影響

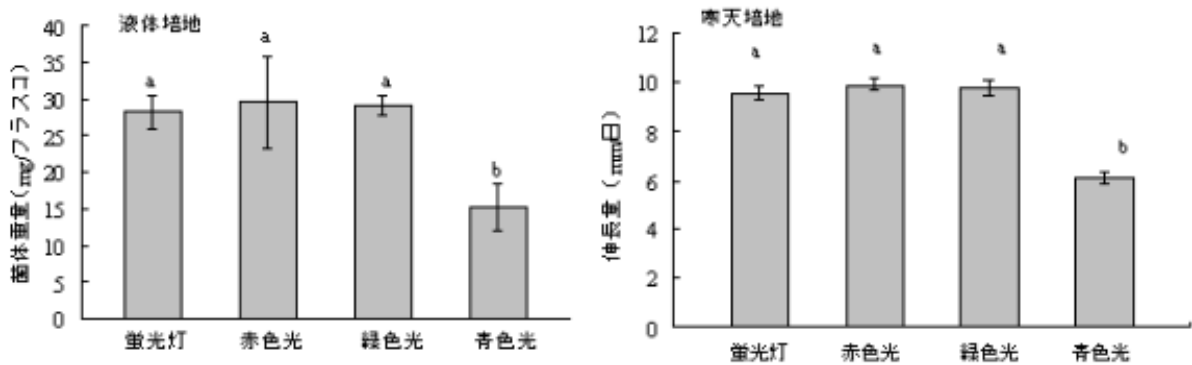


図-1 菌糸生長量

垂線は、標準偏差を示す。同じアルファベットは危険率5%で有意差のないことを示す。

出典：「発光ダイオード（LED）を利用した菌床シイタケ栽培」、技術情報カード NO.63、2004年7月、阿部正範著、徳島県立農林水産総合技術支援センター森林林業研究所発行、図-1 菌糸生長量、検索日 2006年2月27日

<http://www.green.pref.tokushima.jp/shinrin/kenkyuu/card/063/063.htm>

【出典／参考資料】

- 1) 「第3章 空調栽培技術 第4節 培養～3ステップ培養方式の提唱～」、図説 基礎からのエリンギ栽培 安定生産技術へのアプローチ、1999年11月30日、木村榮一著、株式会社農村文化社発行、130～155頁
- 2) 「III きのこの増殖の実際」、最新バイオテクノロジー全書7 きのこの増殖と育種、1992年9月14日、最新バイオテクノロジー全書編集委員会編、農業図書株式会社発行、173～307頁
- 3) 「シイタケ培養中の光条件が子実体発生におよぼす影響」、日本林学会中部支部大会論文集 第43回、1995年2月、水谷和人著、日本林学会中部支部発行、153～154頁
- 4) 「ヒラタケ栽培における子実体の発生と生長におよぼす光の影響」、日本応用きのこ学会誌 8巻 4号、2000年12月31日、稲富聡、難波謙二、小平律子、岡崎光雄著、日本応用きのこ学会発行、183～189頁
- 5) 「ブナシメジ栽培における子実体の発生と生長におよぼす光の影響」、日本応用きのこ学会誌 10巻 3号、2002年10月31日、稲富聡、難波謙二、小平律子、下坂誠、岡崎光雄著、日本応用きのこ学会発行、135～140頁
- 6) 「エノキタケ着色品種「ナカノ株」での各栽培工程における光照射の子実体生産に及ぼす効果」、日本応用きのこ学会誌 9巻 1号、2001年4月30日、稲富聡、難波謙二、小平律子、岡崎光雄著、日本応用きのこ学会発行、21～26頁
- 7) 「発光ダイオード（LED）を利用した菌床シイタケ栽培」、技術情報カード NO.63、2004年7月、阿部正範著、徳島県立農林水産総合技術支援センター森林林業研究所発行、検索日 2006年2月27日、<http://www.green.pref.tokushima.jp/shinrin/kenkyuu/card/063/063.htm>