

マツタケの菌床栽培を目指して：水環境の立場から

近藤，民雄
九州大学名誉教授

大賀，祥治
九州大学大学院農学研究院環境農学部門森林環境科学講座

<https://doi.org/10.15017/19557>

出版情報：九州大学農学部演習林報告．92，pp.1-3，2011-03-30．九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

マツタケの菌床栽培を目指して* 水環境の立場から

近藤 民雄**, 大賀 祥治***

本総説では、マツタケについて宿主を用いずに菌床栽培するための要点について論説した。始発培地水分は低い方が好ましいこと、培地栄養分をできるだけ低くすること、相対湿度が重要な要因となることの3点を論考した。

キーワード：マツタケ, アカマツ, 菌根菌, 細根, 林床

We reviewed the important factors for cultivation of *Tricholoma matsutake* without host *Pinus densiflora* on an artificial substrate. Moisture contents proper for low levels, medium nutrients demand minimum degree and relative humidity are most important.

Keywords : *Tricholoma matsutake*, *Pinus densiflora*, mycorrhiza, fine root, forest floor

1. はじめに

マツタケの人工栽培は難しいとされ、未だに再現性のある方法は見られない。現在マツタケが発生している場所で、その数を増やそうと山の手入れをしたり(吉村 2008a)、あるいはマツ幼苗にマツタケ菌を接種して菌根苗を作り、これを植えてシロを新生させようとしたり(山田・小林 2008) いろいろ工夫されている。一方宿主のマツとは関係なく、純粹培養によって子実体を得ようとする試みが、再現性に問題があるとされながらもみられる(松下 2008)。ここでは、宿主を用いない菌床栽培について記述したい。

マツタケ菌は菌根菌であるので、宿主が必要であると考えられている。しかし、ホンシメジのように同じ菌根菌の仲間でありながら菌床栽培できるものがあり、それは腐生性の強い系統の場合に限られているようだ(大賀 2004)。しかもその後、ナガイモや、サツマイモなどのイモ類をすりつぶして培養液に加えると菌糸伸長が著しく良くなることを見出され、その生育速度は従来の約20倍にもなるとされている(田中 2000)。また培地に界面活性剤を1・2%添加すると滅菌土壌における菌糸体生長量が増加し、オリーブ油を2%添加すると3カ月後の菌糸体量が無添加の15倍に増加したとされている(Guerin-Laguet *et al.* 2003)。今のところ、このような著しい促進効果がマツタケの人工栽培に対して、有効的に利用されてはいないようである。

そこで、従来報告されている菌床栽培条件について、木材腐朽菌の場合と対比しながら具体的項目ごとに整理し、始発培地水分について、始発培養液の溶質濃度について、林内空中湿度の関与の検証について、以上3項目

に分けて、それぞれとりまとめた。このような考察が、マツタケ菌床栽培技術の基礎として役立つことを期待したい。

2. 始発培地水分は多すぎないか?

菌根菌栽培で注目される栽培条件の一つとして、始発培地水分があげられる。大政氏(1990)によると、関東ロームを鉢に入れて土の含水量を圃場容水量の30%と80%の2種類のものに、アカマツを植えたものと対照区を設定した。これらのうち、30%の含水量のものにアカマツを植えた鉢だけに「つづれ構造(細粒状構造)」が形成されている。この構造ができた土は乾燥するときは比較的容易に水を放すが、湿らそうとすると、水を吸にくい性質を示し、菌根菌がアカマツの細根に菌根を作った証しとされている。菌根菌の植物への着生、および着生後の生長に対して、土が乾いていたことが重要な事項となっていたようである。この場合、菌根菌の種名は明らかでないが、培地水分が少なく乾いていることが必要であり、水の存在は菌根形成に不都合であったことを知ることができる。

そこで、マツタケ山の土壌水分はこのような要求に合致したものであろうか。マツタケ菌はマツタケ山の「シロ」と呼ばれるコロニー部分にのみみられず、この部分の土壌水分はこれを取り巻く周縁部分の土壌水より少ないのが一般的である。コロニー外側の土壌水分は22・28%、シロ内部は19・22%、シロ先端部は20%とされている(小川 1998a)。一般土壌の飽和含水率は通常25%から60%の範囲にあるとされており(Hilled 1995)、マツタケ山の土壌水分は低い部類であるといえよう。水はけや風通しが良く、ときおり

* Tamio Kondo, Shoji Ohga: Aim for cultivation of matsutake, *Tricholoma matsutake* on the artificial medium.

** 九州大学名誉教授 Professor Emeritus, Kyushu University

*** 九州大学大学院農学研究院環境農学部門森林環境科学講座 Division of Forest Environmental Sciences, Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 811-2415

本稿は近藤民雄名誉教授のご遺稿である

日が当たり乾いた痩せた土を好むとされるマツタケ菌の立地としては、好都合と言って良いように思われる。

なお、シロの先端の含水率は一年を通じて約20%に保たれており、乾燥季には外部に比べて湿り、雨季には乾いており、水分状態が安定している。このようなシロ先端部の安定状態はムラサキシメジなどでもみられ、シロの一般的な性質らしいとされている(小川 1998a)。しかし、小林ら(2007)は大型共生系における培地水分投与試験で、地上部および菌根菌の増殖効果を指標とした場合、毛管水領域よりも吸湿水領域の水分効果が大きいとされており、小川の記述と一致していないようである。いずれにしても脱水(乾燥)が、マツタケ菌の生育に対する生理的効果の大きいことを示しているようである。

マツタケ菌床栽培における培地水分の観点からみれば、木材腐朽菌での過湿栽培に対して、低水分栽培への移行とってよいようである。要するに、始発水分が多いことは望ましくないといえよう。

3. 始発培地栄養源は濃すぎないか?

マツタケ山では地掻きと称して斜面の上部から下部に向けて落葉、落枝や腐植を掻き出す作業が広く行われている。地掻きには地温を上昇させたり、土の含水量を増やす効果が期待できるが(吉村 2008b)、地表の落葉層や有機物を含む腐植層を通して流下する、土壌水の循環度合いの増加を消失する作用が大きいようである。地掻きはこのような有機物の活性発現に深く関わり、後続する菌相に影響することになる。この他、溶質濃度の増加は同時にマツタケ菌による、アカマツの細根への菌根経由の水供給の流れにも悪影響を与えるようである。つまり、土壌水の溶質濃度の上昇は、共生関係にマイナスに働くものと思われる。

福岡県芦屋町の航空自衛隊所管の海岸クロマツ林で、簡素な地掻き作業をしたところ、シヨウロの一斉発生がみられた(大賀 2009)。この観察事例は、菌根菌と溶質との関連性を示したものと考えられる。

培養液の溶質濃度が、菌系生長に直接影響を与えた実験結果として図1を示す。マツタケ菌系体の量産技術として、

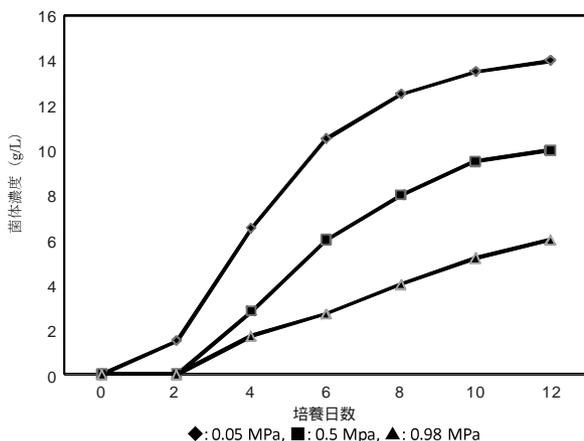


図1. 浸透圧と生育の関係* *松永ら(2003)

タンク培養による大量生産の確立が志向された。その際、炭素源としてデンプン、グルコース、リン酸二水素カリウムが取り上げられ、低浸透圧の培養液ほど生産が促進されている。

4. おしめりの重要性

液体培養の際、水中でも菌系の伸びはみられるが、菌系が空気に触れると一段と伸びが良くなるとされている(小川 1998b)。その後、吉村氏はこのような性質(好気性)を利用した培養法をフロート培養法と名付け(吉村 2008b)、マツタケ菌根苗の作出に利用している。ここでみられるマツタケ菌の好気性の実態とはどのような内容のものであろうか。実際に調べてみると、酸素消費量は予想外に小さく、3.4ml/mg(菌体重量)であり、他の糸状菌の消費量と比較しても小さい値にすぎなかった(小川 1998c)。この際の過剰な酸素供給は不要と考えられる(松永ら 2003)。酸素の関与が小さいのであれば、次にあげられるのが空気中の湿度(おしめり)であろう。一般に木材腐朽菌の場合には、相対湿度が50%以下に下がると活動を休止するとされているが(井上 1989)、マツタケ菌の活動と相対湿度との関係は明らかにされていない。マツタケ菌系が空気に触れて活性化するというよりも、むしろ菌系がおしめりと共に取り込んだ空気から得られた水分を利用しているためと考えられる。

液体培地や寒天培地では、あまりみられないが土壌や多孔質の固体培地では気中菌系が良く観察される。気中菌系は多くの気泡を持ち、呼吸に役立つとされているが(小川 1989d)、培地の水分が減少するにつれ数が増えており(小川 1989c)、成熟した栄養菌系と同じように空気と共に「おしめり」を取り込む一種の集水器官とみなされる。従って、気中菌系の存在は林内湿度の保持器官としての重要性を示唆しているものと考えられる。気中菌系の出現は菌系に負の重力屈性が現れた証しでもあり、栄養生長から生殖生長に移行して水分要求が大きくなったことと関連しているものと思われる。

ホンシメジの人工栽培の際、木材腐朽菌の場合よりも通気性の要求が大きいようだとされている(太田 1998)。培地に通気孔を設けたり、培地の大麦とおが屑との混合割合、培養瓶の選択、培地容量の決定などにあたって、通気性の良否が目安として役立てられている。培養に続く発生室では、10分間毎に1分間の超音波加湿がなされたりしている。マツタケのミズゴケ栽培の際、120日間の栽培期間中、最初の35日間は毎時15分間、新鮮空気との交換がなされてもいる。ここで新鮮空気との交換というのは、「おしめり」が十分な空気との交換ということであり通気の重要性を示していよう(Inaba *et al.* 1995)。

以上いくつかの事例を挙げたが、いずれも「おしめり」がマツタケ菌の生育にとって極めて密接な関係を持つこと、さらにマツタケ菌は水中でも伸長できるが、空気に触れると伸びが一段と良くなることもとも符合することが示唆されているように思われる。

5. 土の乾燥と菌の活動

前述の3点,つまり培地水分,培養液の濃度およびおしめり,それぞれの要因の間にどのような相互関係がみられるだろうか?

土壤が乾燥する場合を考えてみると,気相(空気)が増加して,液相の減少で空気中の「おしめり」の増大がもたらされる。液相での溶質の高濃度化を招き,恒常性(homeostasis)保持の立場から液相(土壤水)の増大を要求することになる。このような液相についての正負の要求を考えると,結局「おしめり」の増大につながり,気中菌糸によるマツタケ菌の増殖作用をもたらず結果となるようである。要するに,培地の乾燥が進むとマツタケ菌は増殖の方向に向けて進むということである。培地水分はマツタケ菌の生理的水分として重要視しなければならないことは当然である。一方では,土壤の三相成分における液相成分として機能し,気中菌糸から気相成分としての「おしめり」を呼び込む役割を果たしているといえる。前述の大政氏の「つづれ構造」の形成プロセスが動き始める際のきっかけになると考えられる。

図2は宿主のマツと共生菌のマツタケ菌とを含む水分の空間配置を示している。おしめりの一部は土壤水としてシロを経て菌糸体細胞液として捕捉され,菌根経由でマツに移動し,蒸散流として再び大気に戻っている。空中湿度が菌根経由でマツタケ菌の生理に深く関与しているものと考えられる。

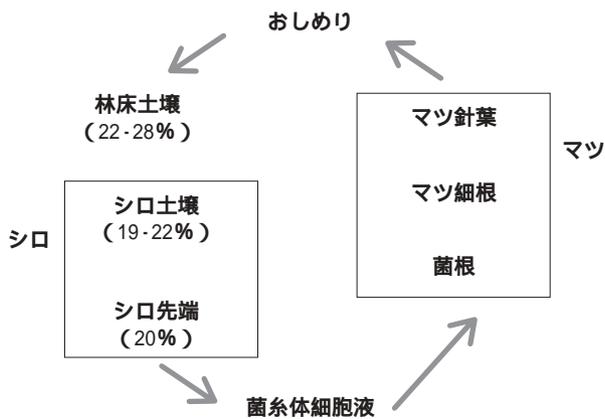


図2. 菌根経由の水の流れ

引用文献

Guerin-Laguette, A., Vaario, L., Matsushita, N., Shindo, K., Suzuki, K. and Lapeyrie, F. (2003) Growth stimulation of a shiro-like, mycorrhiza forming, mycelium of *Tricholoma matsutake* on solid substrates by non-ionic surfactants or vegetable oil. *Mycological Progress* 2: 37-44

Hilled, D. (1995) 土壤物理学概論. 岩田進牛監修, 高見晋一・内嶋善兵衛共訳, 養賢堂, 東京, p.12

Inaba, K., Yoshida, T., Takano, Y., Mayuzumi, Y., Mitsunaga, T. and Koshijima, T. (1995) An instance of the fruit-body formation of *Trichoderma matsutake*. *Environ. Control Biol.* 33: 59-64

井上嘉幸(1989) 木材保護化学. 内田老鶴園新社, 東京, p. 44

小林久泰・綿引健夫・倉持眞寿美・小野瀬究明・山田明義(2007) 大型培養容器によるマツタケのシロ様構造を有するマツ菌根菌の生産. *日本きのこ学会誌* 15: 151-155

松永謙一・千葉忠彦・高橋栄作(2003) マツタケ菌糸体の量産技術と健康食品への応用. *バイオインダストリー* 20: 37-40

松下範久(2008) マツタケのシロ形成方法. *森林科学* 53: 37-38

小川 真(1998) マツタケの生物学. 筑地書館, 東京, p. 75(a), p. 181(b), p. 183(c), p. 184(d)

大賀祥治(2004) キノコ学への誘い. 海青社, 大津, p. 46

大賀祥治(2009) 私信

大政正隆(1990) 土の科学. NHKブックス274, 日本放送協会, 東京

大田 明(1998) ホンシメジの実用栽培のための栽培条件. *日本菌学会会報*. 39: 13-20

田中 修(2000) つぼみ達の生涯. 中公新書, 東京, p. 167

山田明義・小林久泰(2008) マツタケ人工栽培の展望. *森林科学* 53: 41-42

吉村冬彦(2008) ここまで来た! まつたけ栽培. トロント, 東京, p. 29(a), p. 38(b)