

アカマツ林に埋設したホンシメジの発生事例

藤堂千景

Chikage TODO

Fruit body occurrence by inoculation of *Lyophyllum shimeji* mycelial culture in *Pinus densiflora* forest

I はじめに

ホンシメジ (*Lyophyllum shimeji*) はキシメジ科シメジ属の外生菌根菌であり、アカマツやブナ科樹種と菌根を作り生活をしている。昔から「香りマツタケ味シメジ」として商品価値の高いきのことしても知られており、今でも丹波地域などでは天然のホンシメジが高額で取引されている。

ホンシメジの主な発生林分であるアカマツ林は、1960年代の燃料革命およびマツノザイセンチュウによる松枯れにより激減しており、兵庫県内でも減少の一途をたっている。アカマツ林の減少に伴い、ホンシメジの発生量も減少しており、前述の一部地域以外ではほとんど流通していない。

ホンシメジの栽培方法の研究は1940年代から行われており(1)、公立試験研究機関を中心に、ホンシメジ菌糸を蔓延させた培地から直接発生させる栽培方法(菌床栽培)と培養菌糸や胞子などを用いて樹木にホンシメジの菌根を作らせることにより栽培する方法(野外栽培)との2方向から栽培研究が進められてきた。

菌床栽培の成果としては、押し麦を栄養剤とした培地により子実体発生に成功し(2)、商業栽培も可能な発生量を望むことができるようになった(3, 4)。また、空調施設内での発生だけでなく、野外に埋設する省力的な発生方法での栽培研究(5)も報告されている。しかし、培地組成が他のきのここと異なっており、培地単価が高くなることなどから広く普及はしていない。

一方、野外栽培は、林内環境整備や林内たき火によるホンシメジ増殖方法や林内に培養菌糸を埋設する培養菌糸埋設方法(6)、アカマツ等の空中取り木苗に培養菌糸を感染させる感染苗木法(7)等の研究により成功例が報告されている。当センターでもアカマツ林内で栽培試験を行い、2004年に発生を確認した(8)。野外栽培の特徴としては、一度の施業によって複数年の発生が見込めることが挙げられる。しかし、複数年にわたって埋設後の発生状況を追跡調査した例は少なく、5年以上を追跡した例は、水谷他(9)が9年目の調査を報告している以外

見られない。また、ホンシメジと同じ菌根菌であるマツタケの野外栽培には、アカマツの林齢が大きく関与すること(10)から、ホンシメジの野外栽培にもアカマツの林齢が関係していることが予想されるが、アカマツ林齢とホンシメジの野外栽培の関係を示す調査はまだ不十分である。

本研究では林齢の異なるアカマツ林内にホンシメジ培養菌糸(以後、菌床)を埋設して7年が経過する試験地でのホンシメジ発生状況を調査し、複数年にわたる発生事例の報告を行う。

II 試験地と試験方法

1. 試験地の概要

試験地は兵庫県丹波市春日町広瀬の実生由来のアカマツ林である(図1)。尾根部から中腹にかけての南向き斜面に位置しており、海拔200~250m、傾斜25°~27°、土壌はBD(d)、表層地質は粘板岩である。林齢は、試験開始時にはおよそ35~40年生(壮齢林)とおよそ10年生(若齢林)であった(図2)。アカマツの密度は壮齢林で約1,400本/ha、若齢林で約4,800本/haで、いずれの林分も高木層はアカマツだけで構成されており、低木層は壮齢林ではコバノミツバツツジ、ソヨゴ、ネジキ、シャシャンボ、若齢林はソヨゴのみであった。アカマツ林床のA0層およびA層は、埋設時に掻き取り林外へ持ち出した。



図1 試験地の位置



図2 試験地の外観 (左：壮齢林、右：若齢林)



図3 埋設の様子

表1 培地組成(菌床およそ25個分)

培地材料*1	重量(g)
赤玉土(小粒)	10,000
フスマ	700
グルコース*2	20
酵母エキス*2	5

*1 含水率65%になるように水を加える

*2 混ぜやすくなるため予め水に溶かしておいた

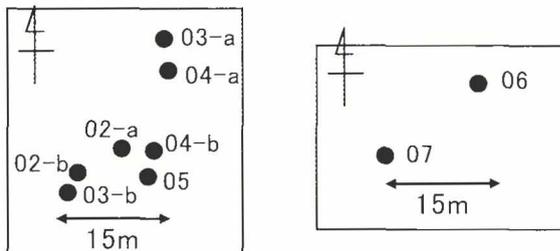


図4 埋設位置の配置(左：壮齢林、右：若齢林)

2. 菌床作成方法

試験に使用したホンシメジ菌株は兵庫県宍粟市千種町のアカマツ・コナラ混交林に発生した子実体から分離したものである。ホンシメジを培養するための培地は赤玉土を基材とした土壌培地で、栄養源としてフスマとグルコース、酵母エキスを添加した(表1)。菌床の作成は、土壌培地をシイタケ 1.5kg 菌床用フィルター付きポリプロピレン袋(以下P.P.袋)に500gずつ入れ、120℃90分で高圧滅菌した後、あらかじめPDA寒天培地で培養してお

いたホンシメジ菌糸を接種し、23℃でおよそ90日間培養した。

3. 埋設方法

埋設方法は、アカマツ林内に深さ15~20cm程度の穴を掘り、アカマツ細根を露出させ、露出したアカマツの根に接するようにP.P.袋から出した菌床を並べ、再び埋め戻す方法をとった(図3)。掘り返す際に傷ついた根は剪定ばさみで切りそろえ、埋め戻す際には赤玉土を使用した。埋設した個数は、壮齢林で1~3個、若齢林で1個である。また、針金で作成したペグを埋め込んだ菌床の上を立て、菌床の埋設位置がわかるようにした。埋設時期は害菌の影響が少なく、アカマツの根の成長停止期である12月と3月の冬期から初春にかけて行った。壮齢林への埋設は2002年~2005年にかけて行い、2002年は12月、2003年~2005年は3月に行っている。若齢林への埋設は2006年、2007年で、いずれも3月に行った。埋設箇所数は、2002年~2004年は2カ所ずつ、2005年~2007年は1カ所ずつである(図4)。

4. 発生調査

調査は、ホンシメジが発生するとされる10月中旬から11月上旬にかけて行い、およそ一週間おきに埋設した後の子実体原基や子実体の有無を確認した。子実体は、傘裏にヒダが形成され、3cm以上となったものを子実体とした。芽切り日は、子実体原基の確認日から逆算して推測し、発生日は、子実体の傘が十分に開き成長が止まった日とした。子実体が発生した場合は、発生数を記録し、発生位置にペグで印を付けた。

5. 発生環境調査

試験地で発生が確認された2年後の2006年に地下10cmに温度ロガー(アズワン株式会社 TL3633)を設置し、1時間ごとの温度を計測した。

試験期間全体の気温は、気象庁HP:気象統計情報(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>; 2010/08/25参照)に掲載されている気温観測所の中から試験地に最も近い柏原アメダス観測所のデータを使用した。

降雨量は、国土交通省水文水質データベース(<http://www1.river.go.jp/>; 2010/08/25参照)に掲載されている雨量観測所の中から試験地に最も近い春日観測所(丹波市春日町下三井庄、観測所記号:106091286605170)のデータを使用した(2009年の降雨量はHPに発表されていないため、除外した)。林分調査としては、壮齢林および若齢林にて毎木調査を行い、胸高以上の樹木の種類と胸高直径を調査した。

Ⅲ 結果と考察

1. 埋設してから発生までの期間

菌床を埋設してから発生までに要する期間はおよそ1.5年の箇所が多く、9カ所中4カ所であり(表2)、埋設してから2年経過で発生した箇所は1カ所(02-b)であった。これは今まで報告されている埋設事例の、埋設後2年以内に発生するケースが多いとの結果(9, 11, 12)とも合致する。埋設してから半年で子実体が発生した箇所(04-b)も確認されたが、これは埋設菌床から直接発生し、菌根合成をせぬまま発生した可能性があるため、考察からは除外した。

一方で、埋設から発生までに2.5年以上経過した箇所も3カ所見られ、最も発生までに時間を要した箇所(04-a)は4.5年であった(表2)。埋設からこれほど年数が経過した発生は他に報告されていないが、埋設後2年を経過して子実体発生が見られない箇所でも、埋設したホンシメジ菌糸の生存が確認されている例(9)があり、発生条件が整うまで子実体を形成しない場合があることが示唆された。

菌根菌の子実体発生は、土中の菌糸量と菌根量に関係するとされている(10)。従って、ホンシメジの菌床埋設量は発生までの期間に関係している可能性がある。埋設する菌床量と発生に至る期間の関係は、サンプル数が少ないため断定は難しい。しかし少ない事例で判断をすると、1菌床の埋設でも埋設から1.5年で子実体が発生している箇所(07)があることから考えて、少なくとも1菌床(500g)のホンシメジ菌糸塊があれば、1.5年で子実体を発生させることが可能であると思われる。

これらのことから、林内に菌床を埋設してホンシメジを発生させる場合、通常であれば2年以内に子実体発生が見られるが、気温や降水量等の状況によっては2年以上経過した後に子実体が発生するケースがあることがわかった。

2. 発生条件

発生時期の地温と推定芽切り日、発生日をみると、芽

切りは地温が16°C前後に低下した刺激で起こり、発生日(採集日)は芽切りから2週間ほど経過した日となっている(図5)。ホンシメジの子実体発生条件としては、地下10cmの平均地中温度が14~16°Cに低下して芽切りが起こる(13)と言われており、今回の条件もほぼ一致している。

兵庫県中南部の天然のホンシメジの発生時期は通常10月下旬から11月上旬と言われており、今回の試験でもほとんどの場合は天然のホンシメジと同様の10月下旬から11月上旬に発生している。しかし、02-a地点では、2004年6月の梅雨時期に子実体が確認された。これは子実体発生時にしばしば見られる現象で、通常は秋季に発生するきのこが温度と降水量が整ったため、初夏に発生したものと考えられる。

3. 発生の経年変化

ホンシメジ発生本数の経年変化(表3)をみると、年によってばらつきが見られた。発生状況を大きく二分すると、2004年、2007年~2009年は発生箇所数も多く、1カ所あたりの発生本数も多い傾向がみられ(図6)、豊作~並作と区分できた。一方で、2005年、2006年は発生箇所も1カ所のみで発生本数も少なく、子実体も小型で乾燥していた(図7)ため不作と区分した。発生状況が二分される理由として挙げられるのが、気温と降水量の年変化である。きのこの発生において、原基形成後の温度上昇は、原基の成長を抑制もしくは原基自体を消失させることが知られている(10)。

表2 埋設箇所別の発生までの経過年数

地点	発生までの経過月数	およその経過年数*
02-a	17ヵ月	1.5年
02-b	22ヵ月	2年
03-a	19ヵ月	1.5年
03-b	19ヵ月	1.5年
04-a	55ヵ月	4.5年
04-b	7ヵ月	0.5年
05	31ヵ月	2.5年
06	43ヵ月	3.5年
07	19ヵ月	1.5年

*経過年数は0.5年単位で表記

表3 埋設箇所別の発生日および発生本数

林分	地点	植菌日	菌床数	2004		2005		2006		2007		2008		2009		
				発生日	本数	発生日	本数	発生日	本数	発生日	本数	発生日	本数	発生日	本数	
壮齢林	02-a	2002/12/24	3	6/4	1	10/29	8					11/5	5	11/5	8	
	02-b		3			10/29	10			11/8	2	11/5	3	10/25	2	
	03-a	2003/3/11	3			10/29	21	11/10	2	10/24	2					
	03-b		3			10/29	7			11/8	8	11/5	10			
	04-a	2004/3/19	2									11/5	3	11/5	1	
	04-b		2			10/29	1			11/8	12	11/5	10	11/5	3	
05	2005/3/24	1	—	—	—	—				11/8	6	10/22	12	11/5	3	
若齢林	06	2006/3/9	1	—	—	—	—	—	—						11/5	1
	07	2007/3/17	1	—	—	—	—	—	—				10/22	3	11/5	7
発生箇所数/発生可能な箇所数				1/6	5/6	1/7	1/8	4/9	7/9	7/9						
1箇所あたりの平均発生本数				1.0	9.4	2.0	2.0	7.3	6.2	3.5						

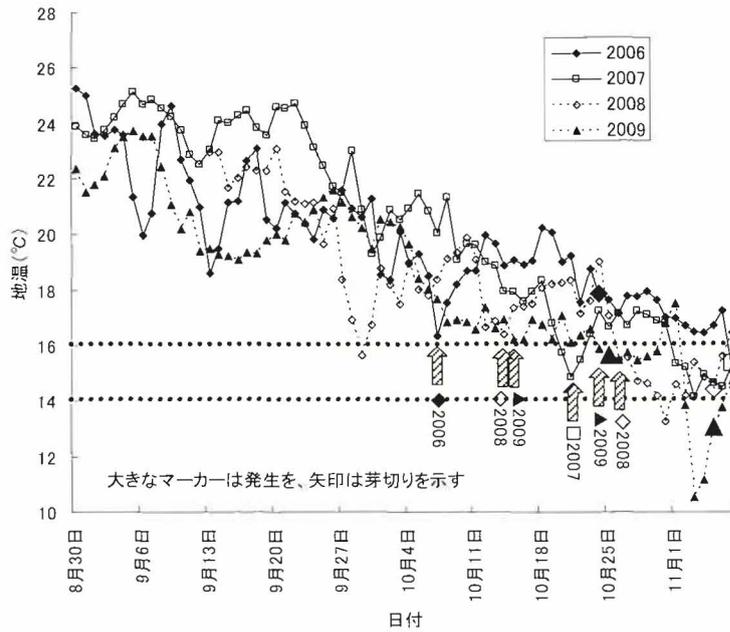


図5 2006年～2009年(9月～11月上旬)の地温の変化と芽切り日と発生日



図6 ホンシメジ子実体(2004年発生 地点:03-a)



図7 2005年発生子実体(地点:03-a)

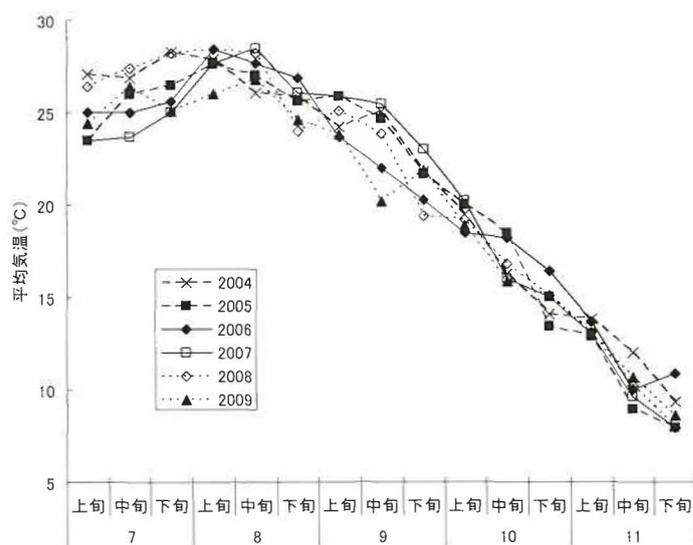


図8 2004年～2009年の平均気温(7月～11月)の変化(柏原観測所)

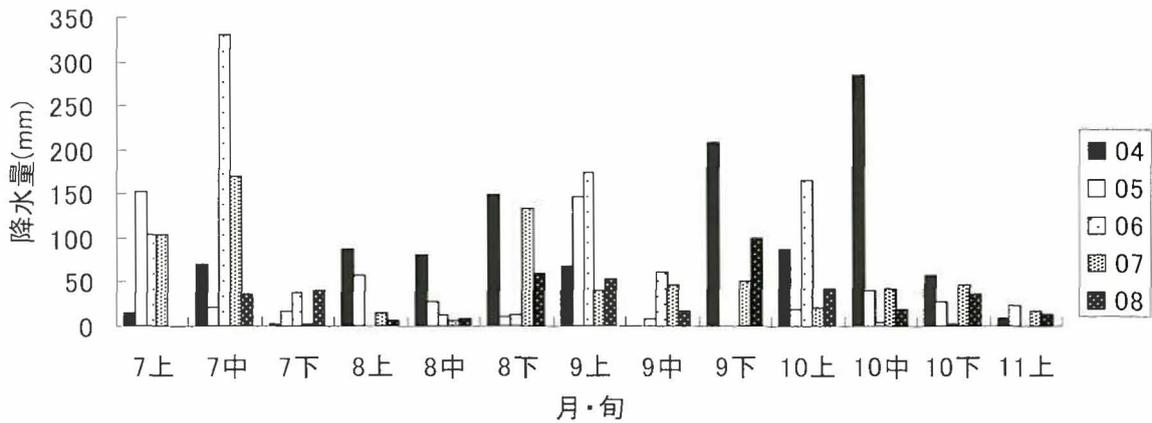


図9 2004年～2008年の7月上旬～11月上旬までの降雨量

2004年～2009年の気温の変化を見ると、2005年、2006年は原基形成直後の10月中旬の平均気温が他年よりも2℃以上高くなっており(図8)、2005年、2006年は、10月中旬の温度上昇により、ホンシメジの原基が消失したため、発生量、発生箇所共に少なくなったのではないかと考えられる。

また、天然ホンシメジの豊作年の条件は、芽切り温度に達する前の3～4週間の降雨量が150mm以上になること(13)とされており、発生量と降雨量の密接な関係が示唆されている。降雨量の年変化をみると、9月中下旬の降雨量は、2005、2006年が8mm、61mmに対して、2004年、2007年、2008年は208mm、96mm、116mmであった。特に9月下旬の降雨量は、2005、2006年で0mmである一方、2004年、2007年、2008年では207mm、50mm、100mmであった(図9)。特に発生量、発生箇所数共に多かった2004年は、9月中下旬の降雨量が200mmを超えている。ホンシメジの原基形成は10月上旬から始まるため、原基形成前に当たる9月中下旬の降雨量が重要となると考えられる。そのため、9月中下旬の降雨量が少なかった2005年、2006年は、子実体原基が形成しにくく、発生量が少なくなったと思われる。一方で、2004年、2007年、2008年は9月中下旬の降雨量が確保されたため、子実体が順調に発生したことが示唆された。

4. シロの成長

2006年に埋設し、2009年に発生が確認された箇所(地点:06)を2010年3月に掘り返したところ、薄く白い菌糸が埋設位置をほぼ中心とした直径約30cmの円状に蔓延し、堅く乾燥した部分が見つかった(図10)。この状況は天然のホンシメジのシロの記述(13)とほぼ合致しており、埋設箇所がシロ化していることが確認できた。

2008年と2009年の子実体発生位置から、1年あたりのシロの広がりを確認したところ、10～42cmのばらつきがあり、平均して1年間に22.5cm拡大していることがわ

かった。天然のホンシメジのシロの広がりには30～50cmとの報告(14)があるが、今回はそれよりも小さい。広がりが小さいのは、今回の試験地は土壌が薄く貧栄養であることやアカマツ細根の量が少ないことが考えられる。

以上のことから考えて、ホンシメジ菌床を埋設することで、シロを形成させることができ、そのシロは天然のものとはほぼ変わらないことが推測された。また、立地条件や環境条件によりシロの成長速度や発生本数にばらつきはあるが、おおむね天然のホンシメジと同様にシロを発達させながら発生し続けることが予想された。しかし、水谷他(9)は、埋設から4年間発生し続けたが、その後4年間発生していない箇所があることを確認しており、本研究でも03-aのように、埋設当初の3年間は発生したが、その後3年間発生していない箇所が見受けられる(表3)。これらの事例は、年ごとの発生はばらつきなのか、埋設菌床がシロ化した後に、何らかの影響でシロが消失してしまったのか判断できない。さらなる追跡調査や多くの事例研究を重ねることで明らかになるとと思われる。

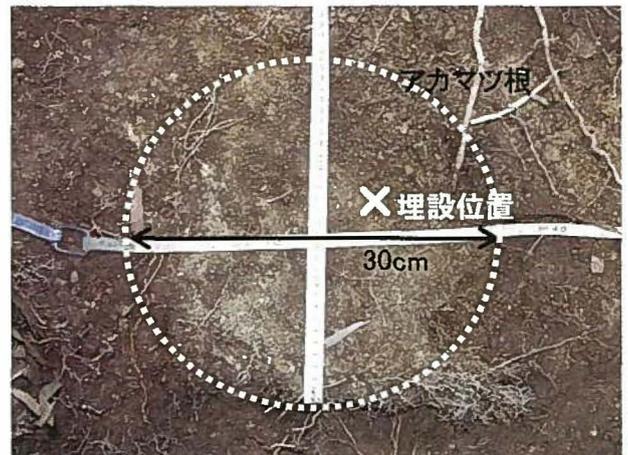


図10 若齢林に菌床を埋設し形成されたシロの様子(2006年3月埋設、写真撮影2010年3月)

5. アカマツ林齢との関係

今回、壮齢林と若齢林に菌床を埋め込み、いずれの林分でも発生を確認した(表3)。アカマツ林に埋設して発生が確認された過去の事例では、30年～45年生の林分での発生が報告されており(6、15、16、17)、壮齢林の結果と一致する。一方で、若齢のアカマツから発生させた事例としては、取り木苗木から発生した事例(7)があるが、若齢林分に埋設しての発生例は確認されていない。本研究では、10年程度の若齢林でもホンシメジ発生林として使用できることが確認できた。

今回は林齢45年以上のアカマツ林での埋設試験は行っていないが、別の試験地で50年以上のアカマツにホンシメジ菌床を埋め込んだ事例では、3年以上経過しても子実体発生は見られていない(藤堂未発表)。これらのことから考えると、ホンシメジを発生させるための林分は50年以上経過している林分はさけた方がよいと言えよう。

摘 要

(1) アカマツ10年生林分(若齢林)と35～40年生林分(壮齢林)にホンシメジ菌床を埋設し、ホンシメジ子実体が発生した。

(2) 菌床埋設から子実体発生まで1.5年経過したものが多かったが、4.5年経過の後、子実体が発生した箇所も見られた。

(3) ホンシメジ子実体の発生は、年によってばらつき、温度と降雨量に左右されていた。

(4) 埋設菌床由来のシロは天然のものと形状が似ており、シロの広がり、1年間に平均22.5cmであった。

(5) これらのことから、立地条件や環境条件によりシロの成長速度や発生本数にばらつきはあるが、天然のホンシメジと同様にシロを発達させながら発生し続けることが示唆された。

謝 辞

本試験は、細見克郎さんをはじめとする春日町森林同好会の皆様に、試験箇所の提供およびホンシメジ発生確認調査等の多大なる助力をいただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

引用文献

- (1) 伊藤一夫(1940)シメジに関する研究(1)形態・担子胞子の発芽並びに培養上の性質, 日林誌 22(6) : 319-336.
- (2) Ohta, A. (1994) Production of fruit-bodies of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*, in pure culture. *Mycoscience* 35 : 147-151.
- (3) Ohta, A. (1997) Ability of ectomycorrhizal fungi to utilize starch and related substrates. *Mycoscience* 38(4) : 403-408.
- (4) 太田 明(1998)ホンシメジの実用栽培のための栽培条件. 日菌報 39(1) : 13-20.
- (5) 長谷川孝則・古川成治(2009)ホンシメジ人工栽培の実用化試験. 福島県林業研究センター研究報告 42 : 1-11
- (6) 藤田 徹・中村善剛・上家 祐(1998)ホンシメジ林地栽培試験(1) - 子実体形成試験 -. 森林応用研究 7 : 101-104.
- (7) Kawai, M. (1997) Artificial ectomycorrhiza formation on root of air-layered *Pinus densiflora* saplings by inoculation with *Lyophyllum shimeji*. *Mycologia* 89(2) : 228-232.
- (8) 藤堂千景(2005)ホンシメジが二年で発生! 接種源と発根処理の組み合わせ. 現代農業 699 : 236-239.
- (9) 水谷和人・久田善純・茂木靖和(2009)ホンシメジおよびシャカシメジ培地の林地埋設事例. 岐阜県森林研究所研究報告 38 : 35-40.
- (10) 伊藤 武・岩瀬剛二(1997)新特産シリーズマツタケ. 181 pp, 農文協, 東京
- (11) 阿部 実・富樫 均(1999)菌根性食用きのこ類の林地増殖技術の開発試験. 秋田県林技セ研報 6 : 76-89.
- (12) 河合昌孝(1999)ホンシメジ培養菌糸体の林地埋設による人工感染と子実体の発生. 奈良県林業試験場研究報告 29 : 1-7.
- (13) 小川 真(1992)野生きのこの作り方. 173pp, 全林協, 東京(13) 藤田博美・伊藤 武・小林藤雄(1980)第24回日本菌学会大会要旨集 : 48-49
- (14) 藤田博美・伊藤 武・小林藤雄(1980)第24回日本菌学会大会要旨集 : 48-49
- (15) 井上祐一・荒瀬和男(1993)菌根菌の人工接種技術の開発. 山口県林指セ平成3年度業報 : 72-77.
- (16) 井上祐一・荒瀬和男(1994)菌根菌の人工接種技術の開発. 山口県林指セ平成4年度業報 : 83-97.
- (17) 水谷和人(2005)ホンシメジ培地の林地埋設後5年間の子実体発生状況. 岐阜県森林科学研究所研究報告 34 : 1-6.