

# 栽培きのこの病害防除技術の開発

Development of disease control methods of mushroom cultivation

## —— 生産者施設における落下菌調査 ——

Setting plate sampling in mushroom farmers facilities

坂田春生・松本哲夫\*・國友幸夫

### I はじめに

近年、菌床栽培において他の菌が培地に混入して被害を与える害菌問題が発生し、施設全体にまん延する例がある。カビ類やバクテリア類の関与が報告され<sup>1)、8)</sup>、シイタケやハタケシメジについてはウイルスが原因と考えられる奇形子実体が発生する<sup>3)</sup>など、著しい収量の減少や商品価値の低下を招いている。

きのこ栽培で病害防除に使用できる農薬は限られており、これらの病害がひとたび発生すると、施設内に広くまん延し多大な経済的損失を招く。時には生産休止、さらには廃業に追い込まれることもあり問題となっている。

そのため、害菌等による栽培不良症状、感染経路や方法を詳細に調べ、安全な防除方法を確立することが重要である。そこで、栽培施設内の害菌の発生状況を把握するため、落下菌調査を行った。

### II 方法

#### 1 調査方法

栽培施設内の清浄度を、落下菌法により調査した<sup>4)、5)、6)、7)</sup>。

調査には、直径90mm、高さ20mmの滅菌シャーレに、ポテトデキストロース寒天培地（PDA）を約20ml分注した平板培地（以下「プレート」）を用いた。対象とする施設内に、5枚のプレートを等間隔になるように配置した。フタを外して、培地上面を5分間曝露した。5分経過後、速やかにフタをし、パラフィルムを二重に巻いて密封した。プレートはインキュベーターで22℃で培養し、7日経過後に確認されたコロニーの数を計測した。

各調査で得られた5枚のプレートについて、7日経過後の平均コロニー数を表-1に示す落下菌調査判定基準<sup>5)</sup>と照合し、各施設の清浄度を判定した。

表-1 落下菌調査 判定基準

コロニー数	判定度
0	問題なし
0-5	ほとんど問題なし
5-10	少々汚れている。掃除の実施が望ましい
10-100	速やかに掃除を実施した方がよい
100-	徹底的な掃除をする必要がある

1プレート当たりのコロニー数による

\*林業振興課きのこ普及室

## 2 調査内容及び調査地

### (1) 月別変動調査

群馬県高崎市吉井町のヒラタケ生産施設（放冷室を兼ねた接種室 以下「吉井町施設」）において、ほぼ月に一度落下菌調査を行い、季節的な変動を調査した。施設内の状況を図-1に、プレートの配置を図-2に示す。調査日により、使用状況、機材の配置や菌床の有無などに違いがみられたが、プレートの位置は固定した。

この施設の生産者は複合経営農家で、夏期は他の作物を栽培しているため、概ね4月から8月の間はヒラタケの接種作業を実施していない。また、省コストのため放冷・接種室には空調施設は導入しておらず、外気温に依存した温度調整を行っている。害菌防除機器として天井に殺菌灯を設置している。



図-1 吉井町施設の状況

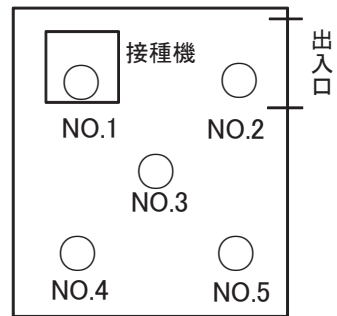


図-2 吉井町施設プレート配置

### (2) 短期調査

群馬県北群馬郡榛東村のブナシメジ生産施設（放冷室を兼ねた接種室 以下「榛東村施設」）において、改修・清掃の前後、及び接種作業前後の比較調査を行った。改修は、未使用となっていた天井の塩ビパイプ配管（直径約20cm）の撤去で（図-3、4）、撤去後に掃除機をかけ水洗い洗浄を実施した。

プレートの配置を図-5に示す。調査日により、使用状況、機材の配置や菌床の有無に違いがみられたが、プレートの位置は固定した。



図-3 榛東村施設改修前



図-4 榛東村施設改修後

天井空調機下の配管（矢印）を撤去

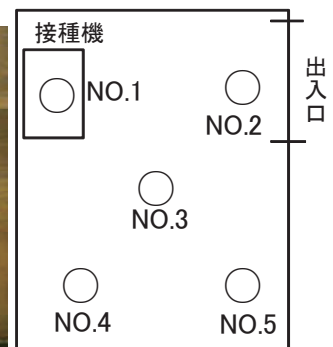


図-5 榛東村施設  
プレート配置

### (3) 実態調査

県内きのこ生産施設のうち、自家仕込みを行っている13施設において落下菌調査を実施した。生産者の意向により、1～数回調査した。施設の概要や使用状況について聞き取りを行った。

### Ⅲ 結果及び考察

#### 1 月別変動調査

吉井町施設の調査結果について、各調査日における全プレートのコロニー数及び部屋の状況を表-2に、平均コロニー数と調査日の前橋地方気象台の平均気温並びに湿度の推移を図-6に示す。

第1回調査でコロニー数が最も多かったのは10月26日で、この日をピークに減少した。原因として、接種作業直後で菌床搬出等による出入りが多く、調査時はまだ掃除、片付けが実施されていなかったことが考えられた。11月以降は、気温、湿度の低下に伴い落下菌数も低く推移した。

第2回調査は、4月上旬に接種作業が終了し、その後は農繁期となり8月までドアを閉め切ったままの状態であった。この間、4、5月の落下菌数は低かったが、その後気温の上昇に伴って増加し、特に7月は激増した。一般的に、カビは温度25℃、湿度70%程度で発生するといわれており<sup>2)、9)</sup>、今回のような空調のない部屋を閉め切った状況下では外気の影響を受けて室温・湿度が上昇し、空気の流動も少ないことから害菌増殖の好条件となり、爆発的に増加したものと考えられる。

接種は9月上旬から再開した。接種作業後は、清掃後一定期間ドアを開放した後に閉めきり、殺菌灯を点灯した。9月、10月の調査は清掃終了後、11月は接種直後で栽培ビン搬出前、12月、1月は放冷中であった。落下菌の数は比較的少ない傾向にあり、特に接種作業を行っている10～3月は問題ない数に抑えられていた。

表-2 吉井町施設調査結果（コロニー数：個）

#### (1) 第1回調査

調査日及び部屋の状況	09/9/29	10/26	11/27	12/21	10/1/22
プレートのNo.					
①	4	35	3	3	1
②	11	23	5	2	3
③	7	46	4	1	1
④	9	44	3	1	3
⑤	5	26	3	0	0
合計	36	174	18	7	8

#### (2) 第2回調査

調査日及び部屋の状況	10/3/19	4/23	5/18	6/18	7/26	8/27
プレートのNo.						
①	1	2	1	5	77	6
②	3	4	0	2	361	7
③	0	2	2	10	115	16
④	0	1	4	3	574	30
⑤	0	5	1	4	259	22
合計	4	14	8	24	1386	81

調査日	9/27	10/25	11/29	12/20	11/1/21	2/25
部屋の状況	清掃後	清掃後	接種後	放冷中	放冷中	空扉開放
①	5	1	0	0	0	3
②	19	4	0	10	3	8
③	6	0	2	1	1	5
④	6	5	3	2	0	2
⑤	9	5	4	2	1	2
合計	45	15	9	15	5	20

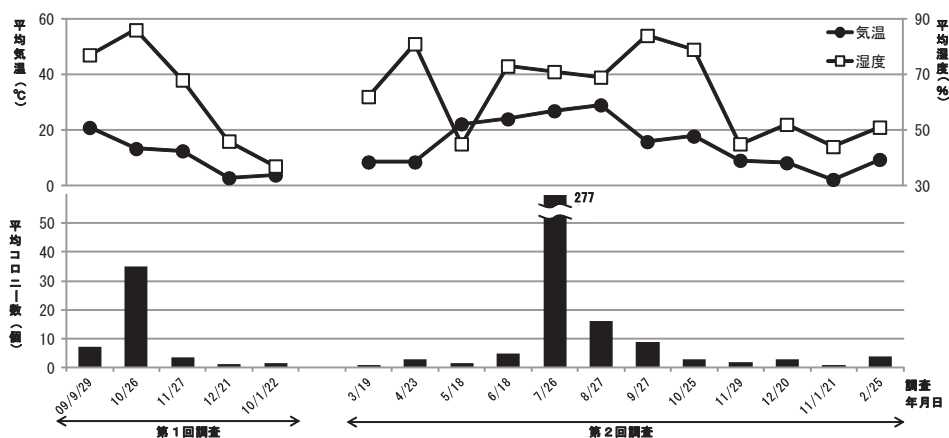


図-6 吉井町施設の平均コロニー数と調査日の前橋気象台平均気温並びに湿度の推移

## 2 短期調査

榛東村施設の施設改修・清掃前後の調査結果を表-3に、図-7、8に7日間培養後のプレートを示す。改修・清掃前の調査は多くの落下菌が採取されたが、天井の塩ビパイプ配管を撤去し清掃を実施した後の調査では、落下菌数が2割程度まで減少した。撤去したパイプは手が届きにくく、上面に多くの塵埃が付着しており害菌発生源となり、さらに空調機の直下に配置されていたために、害菌が飛散したと考えられる。室内の凹凸部は塵埃がたまりやすく、特に目の行き届かない部分については害菌の温床となりやすいため、定期的に確認を行うなど留意をする必要がある。

次に、接種作業前後の調査結果を表-4に、図-9~11に7日間培養後のプレートを示す。接種準備が整った放冷前調査と、加熱殺菌した菌床を殺菌釜から搬入した後の放冷中調査は、落下菌が少なかった。放冷中は、菌床の搬入に伴う人の出入りや扉の開閉が行われ、害菌が流入しコロニー数が増加するとみられたが、殺菌灯の点灯が効果をあげ害菌の発生を抑制したと推察される。

一方、接種後は落下菌が激増した。接種作業時は殺菌灯を使用できないため、入退室時の扉の開閉や、作業者に付着して持ち込まれた害菌が室内に蓄積し、作業中の人の動きや空気の流動によりまきあげられたことが増加の原因であると考えられる。また、調査直前の接種作業終了直後にほうきを用いた掃き掃除が実施されたが、調査結果からは効果がみられず、むしろ塵埃の拡散を助長した可能性が高いとみられる。

表-3 榛東村施設 改修・清掃前後調査結果

(コロニー数：個)

調査日及び部屋の状況 プレートNo.	5/26	6/11
	改修・清掃前	改修・清掃後
①	58	5
②	42	19
③	51	5
④	39	5
⑤	33	5
合計	223	39
平均	45	8

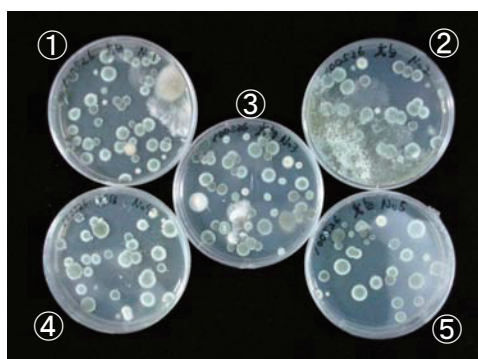


図-7 調査プレート 改修・清掃前

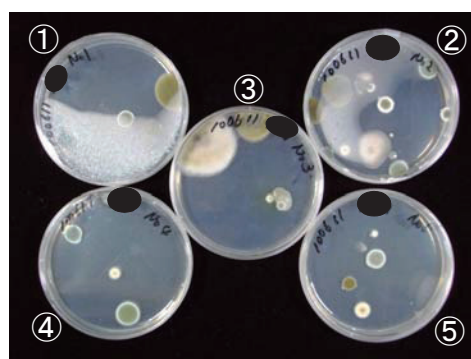


図-8 調査プレート 改修・清掃後

表-4 榛東村施設 接種作業前後調査結果

(コロニー数：個)

調査日及び部屋の状況 プレートNo.	8/2	8/3	8/3
	放冷前	放冷中	接種後
①	9	4	45
②	10	5	120
③	5	3	67
④	8	0	83
⑤	8	3	82
合計	40	15	397
平均	8	3	79





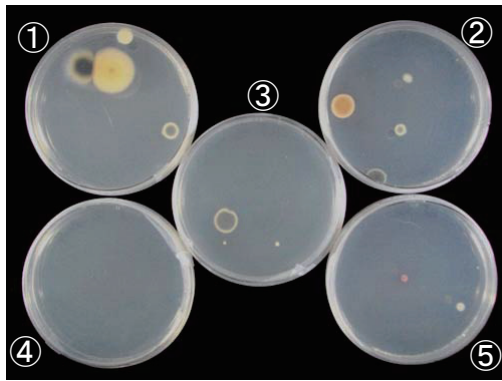


図-10 調査プレート 放冷中(裏面)

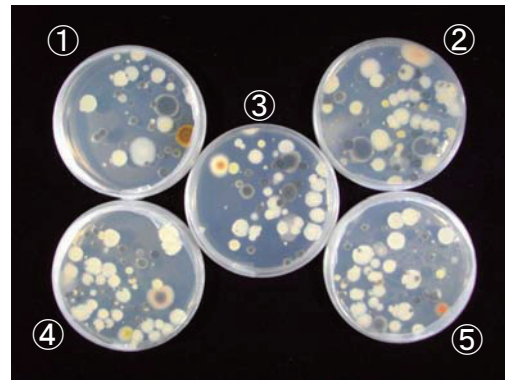


図-11 調査プレート 接種後(裏面)

### 3 実態調査

県内各地13施設で実施した、実態調査対象施設の概要と栽培施設の利用形態や使用頻度など聞き取りを実施した調査結果を表-5に示す。

施設1は公営施設であり担当者の害菌対策の意識も高く、接種室は「問題なし」、放冷室は「ほとんど問題なし」であった。接種作業に従事する者も定められ、専用の服・長靴を装備していた。一方、培養室、発生室は作業性やコスト面から密閉度や清浄度は低く設定されており、人の出入りも多く外気が入りやすい状態であり、接種室や放冷室に比べてコロニー数はやや多かった。

施設2は、放冷室を兼ねた接種室で、接種作業前と作業中に、生産者自ら調査を実施した。生産者のきのこ栽培に対する取り組み意欲も高く、「ほとんど問題なし」であった。

施設3は、放冷室を兼ねた接種室で、仕込作業場所とシャッター一枚で隔てられていた。1回目(3-①)の調査で、コロニー数11個とやや多く「速やかに掃除を実施した方がよい」であった。その後徹底した清掃等は実施されなかったが、1か月後の調査(3-②)では「ほとんど問題なし」に低下した。

施設4は、独立した接種室できれいに保たれており、「ほとんど問題なし」であった。

施設5は、1回目(5-①)の調査で、コロニー数が33個とかなり多く「速やかに掃除を実施した方がよい」であった。接種作業後は、水を掛け流して清掃しており、見た目にはきれいになっていた。しかし、調査日が7月中旬の高温多湿期であり、清掃で除去されず残留した害菌が室内の好条件下で増殖したためコロニー数が多かったものと考えられる。その後、2回目(5-②)は「少々汚れている」、3回目(5-③)「ほとんど問題なし」に減少した。この間に徹底した清掃等は実施しなかったため、外気温や湿度の低下に伴い害菌が減少したとみられる。

施設6は、接種室、放冷室は「ほとんど問題なし」であった。培養室、発生室は施設1と同様に接種室や放冷室に比べてコロニー数は多かった。さらに、野外の通路(高さ3mの塩ビ波板屋根の下)は、室内に比べコロニー数が多かった。

施設7は、培養に使用されていたが、ほとんど清掃がされておらず、「徹底的な掃除をする必要がある」部屋が半分以上であった。菌床は栽培袋に覆われていたものの、汚染の危険があった。

施設8は、エアシャワーがあり、接種室内もきれいに保たれていた。

施設9は、秋季仕込前の清掃直後で、その効果がみられた。

施設10は、1回目の調査(10-①)で、秋季仕込前の清掃を実施した後、扉を閉め切り外気を導入し、1週間経過した時点で調査をしたところ、コロニー数がかなり多く「速やかに掃除を実施した方がよい」であった。全プレートで多くのコロニーが発生しており、清掃方法、空調やフィルタの不調、

換気が不十分であることが原因と考えられた。その後、数回の接種作業を行い、2回目（10-②）の調査を実施したところ、「ほとんど問題なし」に減少した。この間、通常の作業を実施しており、徹底した清掃等を行わなかった。このため、扉の開閉や人の出入りにより換気効果が得られ、空気が流動し室内に滞留していた害菌が排出され、湿度低下により発生が抑制されたためコロニー数が減少したと考えられる。

施設11は、生産者の害菌防除に対する意識は高かったが、意に反して若干数が多かった。

施設12は、学校の栽培施設で発生室の害菌汚染が発生し、調査を実施した。1回目の調査（12C-①、D-①）は、「速やかに掃除を実施した方がよい」であった。また、室内に入るとカビ臭がし、床も緑色を帯びていた。汚染された菌床を廃棄し、水洗いを実施し乾いた直後（12C-②、D-②）、さらにその一週間後（12C-③、D-③）の調査では、「少々汚れている」、「ほとんど問題なし」に減少した。汚染の原因として、換気設備の不調があげられた。

施設13は、放冷中であつたが、「ほとんど問題なし」であつた。

#### 4 まとめ

以上のように、生産現場で三つの調査を実施した。今回の調査対象施設は、独立した接種室を設けている事例はわずかで、ほとんどが放冷室と接種室を兼用した部屋であつた。既存の農業用施設を改修し、きのこ栽培施設に転用して有効利用している事例もみられた。県内では、むしろこうした小規模経営施設が主体であるといえる。

菌床栽培では、接種時に栽培ビンや栽培袋を開放する際、害菌に汚染される危険性が高いため、接種室内の清浄度を保つことはたいへん重要である。今回の調査対象施設は、エアシャワーや前室が設置されていない場合が多く、さらに接種区域と仕込み作業区域が隣接するなど、害菌汚染を受けやすい状況にあつた。また、調査中にも接種室内に移動棚をぶつけてできたと思われる穴が開いている、閉めたドアの下にすき間がある、調査中どこからか虫が飛来する、といった事例があり、遮蔽が不十分で接種作業中の害菌の侵入が懸念された。さらに、衣服や靴を替えずに接種作業を行う、着替えはあるが接種室内に置き放している、という事例もあり、作業による害菌の持込みが懸念された。

家族主体の少人数経営下では、生産者自身が工程管理や施設管理を一手に担う場合がほとんどであり、害菌対策への取組み度合いは生産者の意識に依存する割合が高いと感じられた。昨今は多様な資材を容易に入手できる環境が整っており、小規模修繕の実施や安価な資材の使い捨てなどの簡易な害菌対策を講じることで、害菌汚染によるロス率の低減や安全なきこの生産につながると期待される。

また、きのこの種類によっては接種室を通年使用しているが、工程を調整して年に数回徹底的な清掃を実施することも大きなコストをかけずに実践できる防除対策であり、室内はもとより、エアコン内部洗浄やフィルターの交換、天井や接種機の殺菌灯の交換などをあわせて行うことが重要となる。

季節的に接種室を使用する場合、未使用期間経過後の再開第一回目の接種は、雑菌によるロス率が高いように感じるといった意見があつた。再開時は機械類の「馴染み」が不十分で、通常工程より殺菌時間が不足することに起因するのではないか、という経験則からの見解であつた。培地製造や菌床管理を厳密に行っている施設はわずかで、殺菌の所要時間や各栽培室の温湿度管理などの微調整は生産者の経験や勘に頼っている場合が多く、こうした知見の集積とマニュアル化が求められる。

培養室や発生室は、作業性やコスト面から密閉度や清浄度は低く設定されており、今回の調査でも放冷室・接種室と比較するとコロニー数は多かった。こうした室内でも菌床は栽培ビンや栽培袋に覆われており害菌汚染の危険は少ないが、接種作業のミスや、培養期の誤った菌床の取扱いなどがあつた場合には害菌やダニ類の侵入を受ける可能性が高いことを認識する必要がある。

表-5 実態調査対象施設の概要と調査結果

施設番号	調査番号	調査月日	栽培きのこ種類	調査箇所	接種室 利用形態	接種室 使用頻度	殺菌床の 搬入形態	付帯設備	特記事項	平均 コロニー数								
1	1A	6.14	シイタケ マイタケ	接種室	公営	通年	放冷室と 両扉一体	前室 靴底殺菌槽 コンプレッサーによる 清浄		0								
	1B			放冷室														
	1C			培養室														
	1D			発生室														
2	2-①	6.16	シイタケ マイタケ他	放冷・接種室	単独	通年	両扉一体		菌床有 除袋菌床有 接種作業前 接種作業中	4								
	2-②			放冷・接種室														
	3-①			放冷・接種室														
3	3-①	6.20	マイタケ	放冷・接種室	単独	通年	外付搬入		接種直後菌床有	11								
	3-②			放冷・接種室														
4	4	7.20	マイタケ他	接種室	単独	通年	放冷室と 両扉一体	通路にビニールカー ン仕切		2								
5	5-①	7.20	マイタケ	放冷・接種室	単独	通年	外付搬入	室内入口付近に ビニールカーン仕切		33								
	5-②			"														
	5-③			"														
6	6A	8.8	シイタケ マイタケ他	接種室	単独	通年	放冷室と 両扉一体		菌床有	3								
	6B			放冷室														
	6C			培養室1														
	6D			培養室2														
	6E			発生室1														
	6F			発生室2														
	6G			屋外通路														
7	7A	10.3	シイタケ	培養室1	培養発生 のみ使用	通年	放冷室と 両扉一体		菌床有	14								
	7B			培養室2														
	7C			培養室3														
	7D			培養室4														
	7E			培養室5														
	7F			培養室6														
	7G			培養室7														
8	8	10.7	シイタケ	放冷・接種室	単独	季節	両扉一体	前室、エアシャ ワー	季節清掃実施後	0								
	9			放冷・接種室														
10	10-①	10.17	シイタケ	放冷・接種室	単独	季節	外付搬入		季節清掃実施後	2								
	10-②			放冷・接種室														
11	11	10.31	シイタケ	"	共同	季節	両扉一体	前室	季節清掃1週間後 ①後、数回接種作業実施	64								
	11			接種室														
12	12A	12.8	ヒラタケ ナメコ他	放冷・接種室	学校の 実習施設	通年	放冷室と 両扉一体	前室、接種機周 囲にビニールカー ン	清掃1日後 " 清掃1週間後	1								
	12B			培養室														
	12C-①			発生室1														
	12D-①			発生室2														
	12C-②			発生室1														
	12D-②			発生室2														
	12C-③			発生室1														
	12D-③			発生室2														
	13			13							12.22	シイタケ	放冷・接種室	単独	通年	外付搬入	放冷菌床有	3

#### Ⅳ おわりに

今回は生産者の栽培施設で落下菌調査を実施した。他の調査方法に比較すると精度は劣るものの、空中落下菌が視覚的に把握でき、施設の清浄度を判断する目安として十分に利用できた。さらに、調査方法は簡便で、特殊な技術も不要で、PDA培地もインターネット等で容易に入手できるため誰でも実施できる。今後は安全で安心なきのこ生産の一助として、農業生産工程管理（GAP）の導入などとあわせて生産者自らが利用できるよう普及啓発を図りたい。

また、実態調査で得られたような生産現場の経験事例を蓄積し、普及担当者を通じて他の生産者に広報することも、各生産者の害菌対策への意識を高め、害菌汚染による被害を低減するうえで重要であると考えられる。

#### 謝辞

落下菌調査に応じていただいた生産者の方々、各（環境）森林事務所普及担当者、調査にご協力いただいた皆様に、深く感謝を申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 秋田県農林水産部水と緑の森づくり課：栽培きのこの害菌・害虫防除マニュアル 秋田県林業普及冊子 NO. 18：32pp, 秋田県農林水産部水と緑の森づくり課, 秋田, (2010)
- 2) 「カビ対策マニュアル」作成協力者会議(2008)：カビ対策マニュアル, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/sonota/003/houkoku/1211830\\_10493.html](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sonota/003/houkoku/1211830_10493.html) (参照2012-06-07)
- 3) 馬替由美：きのこのウイルス病：第10回日本きのこ学会ワークショップ講義テキスト：40pp, 日本きのこ学会, (2008)
- 4) 森林総合研究所ほか：きのこ菌床栽培施設における一害菌防除対策マニュアルー 農林水産省先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「診断キットを用いたきのこ栽培の害菌被害回避法の開発」：16pp, 森林総合研究所・玉川大学学術研究所・福岡県森林林業技術センター・宮崎県林業技術センター・福岡市農業協同組合, (2007)
- 5) 森林総合研究所九州支所：きのこ菌床栽培施設における害菌対策指針, <http://www.ffpri-kys.affrc.go.jp/situ/mic/miyazaki/gaikin-manual.pdf> (参照2012-06-07)
- 6) 森林総合研究所九州支所：きのこの菌床栽培と害菌対策 研究成果普及シリーズNo. 4：8 pp, 森林総合研究所九州支所, 熊本, (2004)
- 7) 森林総合研究所九州支所：きのこの菌床栽培における害菌被害回避法の開発 研究成果普及シリーズNo. 7：8 pp, 森林総合研究所九州支所, 熊本, (2008)
- 8) 菅原冬樹ほか：きのこの害菌防除に関する研究：秋田県森技研20, 1-22, (2011)
- 9) 東京都福祉保健局：食品衛生の窓 カビとカビ毒, <http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/sokuhin/kabi/files/kabi.pdf> (参照2012-06-07)