島根中山間セ研報 20：19 ～ 26，2024

資料

島根県内のきのこ生産施設から搬出された廃菌床の含水率と C/N 比

冨川　康之

Moisture Content and C/N Ratio of Waste Substrates Carried from Mushroom Production Facilities in Shimane Prefecture

TOMIKAWA Yasuyuki

要　　旨

11 事業体によって生産されている 7 種のきのこを対象にして，廃菌床の含水率と C/N 比を調査した。廃菌床の内部「廃培地」の含水率は，シイタケ生産においては袋内への注水と，栽培日数が多い条件で高くなる傾向を認めた。廃培地の含水率が最も高かったのは，注水されたシイタケ廃培地の 80.4％であった。これに次いで含水率が高かったのは，同じく注水され，栽培日数が 380 日と比較的多かったシイタケ廃培地の 76.8％であった。各廃培地の全炭素割合には大きな差はなく，全窒素割合の違いが C/N 比に影響した。廃培地の C/N 比が低くなる要因は増量材と栄養材の使用割合が高いこと，C/N 比が高くなる要因は含水率が高く，栽培日数が多いことであった。栄養材などの割合が 39.9％と最も高かったブナシメジ廃培地の C/N 比は 47 と比較的低かった。廃培地の C/N 比が最も高かったのは，栽培日数が 390 日と最も多かったヒラタケ廃培地の 115 であった。シイタケ，マイタケの廃菌床全体の含水率，C/N 比についても，栽培原料や栽培管理の内容が影響しており，これらの関係は廃培地の調査でみられた傾向と同様であった。

キーワード：廃菌床，含水率，C/N 比，栄養材，栽培日数

Ⅰ　はじめに

島根県のきのこ生産量は 2009 年度の 2,800 t /年をピークに，近年は 1,500～2,000 t /年で推移している。生産量の約 95％はおが粉を主原料とする菌床栽培で，空調や加水作業がおこなえる施設内で栽培管理されている。子実体の収穫作業が完了すると，袋栽培では袋が取り除かれ，ビン栽培ではビンから培地が掻き出され，いずれも施設外へ搬出される。これらは廃菌床と呼ばれ，重量ベースでみると子実体収量よりも廃菌床搬出量の方が多く，本県では廃菌床の大半が農地の土壌改良材として使用されることで処分されている。

土壌改良材の品質基準として，C/N 比（炭素率）は 15～20 が適正とされている（藤原，2007）。しかし，廃菌床の C/N 比は適正範囲よりも高く，無処理のまま農地へ投入すると土壌の窒素飢餓を引き起こし，これによる作物の成育障害が心配されている（藤原，2007；橋本，1999；高橋，2016；山田ら，2009）。このため，廃菌床から堆肥を製造して農地へ施用する方法が検討され，堆肥原料として適当とされる含水率と C/N 比へ調整する方法と，堆肥化を促進させる技術が示されている（藤

原，2007；橋本，1999；高橋，2016；島村，2001)。

廃菌床を土壌改良材や堆肥原料として使用（処分）するためには，事前に含水率と C/N 比を把握しておくことが重要である。これらは栽培されるきのこの種類，栽培原料，作型などの違いで値が異なると考えられるため，本県のきのこ生産現場において実態を調査した。

Ⅱ　調査方法

１．生産概要調査

島根県内で菌床を製造されている 11 事業体（A～K）の協力を得て，これらの菌床によって生産されているきのこ 7 種の廃菌床を対象にした。各事業体と栽培施設を管理されている生産者から，きのこの種類毎に栽培原料の種類と使用量，作業内容と管理日数などを聞き取った。

２．試料調製

１）廃菌床内部

各栽培施設から廃菌床が搬出された当日または翌日に 5 菌床を譲り受けた。袋栽培された廃菌床は外側の約 2 ㎝を切除して（写真 1），内部の培地を供試した。ビン栽培された廃菌床はビンごと譲り受け，培地上部を除いて中心部の培地を掻き出した（これらは以下，「廃培地」と略記)。5 菌床の廃培地を解しながら混合・均一化し，含水率の算出と，炭素量，窒素量を分析するための試料とした。

２）廃菌床全体

上記 11 事業体のうち，5 事業体によって生産されているシイタケとマイタケの廃菌床について，上述した廃培地の調製とは別に外側を切除することなく全体を供試する調査区を設けた。このうち 2 事業体によるシイタケ廃菌床は，管理内容が異なる栽培施設からも調達した。3～5 菌床を半割にして（写真 2)，片方は塊のまま含水率算出の試料とし，もう片方は刃物で細断した後，混合・均一化して炭素量と窒素量の分析試料とした。

これら 5 事業体からは，廃菌床の調達に併せて栽培前の菌床，すなわち滅菌・放冷済で種菌を未接種の 2 菌床を譲り受け，混合・均一化して炭素量と窒素量の分析試料とした。

３．含有量調査

廃培地の含水率（湿量基準）は，試料を 105℃で 24 時間乾燥させ，乾燥前後の重量から算出した。廃菌床全体の含水率（湿量基準）は，105℃で恒量に達するまで（24～48 時間）乾燥させ，乾燥前後の重量から算出した。

炭素量，窒素量の分析検体は，試料調製後ただちに恒温器（45℃）に入れて攪拌し，速やかに気乾状態にした。含有量分析は専門機関へ外注し，以下のとおり分析された。全炭素は肥料等試験法にしたがって燃焼法（FAMIC，2020）による定量，全窒素は底質調査方法にしたがってケルダール分解法による前処理のあと，インドフェノール青吸

写真 1　シイタケ廃菌床の外側を切除

写真 2　マイタケ廃菌床の半割

光光度法（環境省，2012）で定量された。各分析値から，検体中の全炭素割合と全窒素割合（それぞれ乾物基準）が算出された。

Ⅲ　調査結果

1．生産概要

1）廃菌床内部（廃培地）

①栽培原料

各事業体によって生産されているきのこ毎に，栽培原料に関する情報を表 1 に示した。A～E，IとJは2～3種のきのこを生産されていた。AとBはきのこ毎に異なる培地組成であったが，C～EはシイタケⅠ栽培用の培地（表1のきのこ名に「*」を記した）で他のきのこを生産されていた。Ⅰはマイタケとエリンギを異なる培地で，Jはヒラタケとエリンギを同じ培地（表 1 のきのこ名に「**」を記した）で生産されていた。

主原料とされる木質基材の樹種は，IとJのエリンギ，Jのヒラタケおよび K のブナシメジの生産にはスギが使用され，この他は広葉樹が使用されていた。広葉樹のうちFはシイ類，この他はコナラを主に使用されていた。木質基材の形状はおが粉，チップおよびプレーナー屑で，これらを単独，または混合して使用されていた。

表1　各事業体によって生産されているきのこ毎の栽培原料と栽培管理

試料		樹種	原料割合（%）		培養	培地重量	加水	栽培
きのこ	事業体		木質	栄養材	資材	（g）	方法	日数
シイタケ	A	コナラ	74.9	25.1	袋	1,100	散水	300
	B	コナラ	82.4	17.6	袋	2,800	散水	140
	C*	コナラ	76.7	23.3	袋	1,300	散水	360
	D*	コナラ	77.8	22.2	袋	3,000	注水	330
	E*	コナラ	87.2	12.8	袋	2,600	注水	270
	F	シイ類	73.3	26.7	袋	2,800	散水	190
	G	コナラ	90.9	9.1	袋	2,800	注水	250
	H	コナラ	84.4	15.6	袋	3,000	注水	380
キクラゲ	A	コナラ	84.8	15.2	袋	1,100	散水	150
	B	コナラ	78.9	21.1	袋	2,700	散水	150
	C*	コナラ	76.7	23.3	袋	1,300	散水	210
マイタケ	B	コナラ	78.3	21.7	袋	2,500	加湿	105
	I	コナラ	81.3	18.7	袋	2,500	加湿	90
ヒラタケ	D*	コナラ	77.8	22.2	袋	3,000	散水	210
	E*	コナラ	87.2	12.8	袋	2,600	散水	390
	J**	スギ	80.5	19.5	ビン	600	加湿	35
エリンギ	I	スギ	73.0	27.0	袋	2,500	加湿	75
	J**	スギ	80.5	19.5	ビン	600	加湿	45
ナメコ	D*	コナラ	77.8	22.2	袋	3,000	散水	210
ブナシメジ	K	スギ	60.1	39.9	ビン	500	加湿	120

Note. *は事業体毎に同じ培地，**は同じ培地，広葉樹名は主な使用樹種，栄養材は増量材を含む，培地重量は袋重量を含むがビン重量は含まない，栽培日数は接種～収穫完了

木質基材の代替え資材とされる増量材は，Jのヒラタケ，エリンギおよびKのブナシメジ生産で使用され，代替え率は約 10%（重量割合）であった。いずれもコーンコブミール（トウモロコシ芯粉砕物）を使用され，ブナシメジ生産ではコットンハル（綿実殻）も使用されていた。

栄養材はフスマと種菌メーカー製造の配合資材を使用される事業体が多かった。これらに次いで使用率が高かったのはオカラと米ぬかで，この他にホミニフィード（トウモロコシ由来），ビール粕，ネオビタス（ウイスキー粕），圧片麦が配合されていた。

増量材と栄養材の合計（以下，「栄養材など」と略記）が栽培原料に占める重量割合をみると，Kによるブナシメジ生産は 39.9%と他に比べて顕著に高かった。シイタケ栽培用の栄養材などは 9.1～26.7%と範囲が広かった。

②栽培管理

きのこ毎に栽培管理の内容を表 1 に示した。子実体の育成中に菌床へ加水する方法は，シイタケでは散水，または培養資材とされている袋内に水を溜める方法（以下，「注水」と略記），キクラゲとナメコは散水，マイタケ，エリンギおよびブナシメジは加水をされずに加湿器を使用されていた（以下，「加湿」と略記）。ヒラタケは袋栽培が散水，ビン栽培は加湿であった。

種菌接種以後の栽培工程は，培養，芽出し，抑制，育成であった。これらの日数を合計した栽培日数は，シイタケでは 250 日以上（6～12 回採り）の事業体が多かったが，140 日（1～2 回採り），190 日（5 回採り）の事業体もあった。ヒラタケは袋栽培が 210 日と 390 日で，ビン栽培の 35 日とは大きな差があった。マイタケ，エリンギおよびブナシメジは 45～120 日と比較的少なかった。

2）廃菌床全体

5 事業体によって生産されているシイタケとマイタケについて，栽培管理の内容を表 2 に示した。同じ事業体が製造された菌床で，異なる栽培施設から調達したシイタケ廃菌床は，事業体名の後に「＋」を付けて区別した。Hによるシイタケ生産では 2 生産者が注水，1 生産者が散水をされていた。

2．水分，炭素および窒素の含有量

1）廃菌床内部（廃培地）

①含水率

廃培地の含水率を表 3 に示した。シイタケ廃培地の含水率は 51.0～80.4%で，この他のきのこの 40.6～71.3%に比べて概して高かった。最も含水率が高かったのはGによるシイタケ廃培地の 80.4%で，これに次いで高かったのはHによるシイタケ廃培地の 76.8%であった。シイタケ廃培地の含水率が 70%以上であった 4 事業体のうち，D，GおよびHは注水をされていた。また，C，DおよびHは栽培日数が 330 日以上と比較的多かった。

シイタケ菌床へ散水をされた 4 事業体のうち，A，BおよびFの含水率は 60%未満であった。DとEによって注水されたシイタケ廃培地の含水率は，同じ培地組成で散水されたヒラタケ廃培地よりも高かった。含水率が最も低かったのはKによって加湿されたブナシメジ廃培地の 40.6%で，次いでEによって散水されたヒラタケ廃培地の 48.3%であった。

②全炭素と全窒素の割合

廃培地の炭素量と窒素量の分析結果を表 3 に示した。廃培地中の全炭素割合は 42.2～57.1%で，

表 2　生産者毎の栽培管理

試料		加水方法	栽培日数
きのこ	施設		
シイタケ	A	散水	300
	E	注水	270
	E＋	注水	370
	H	注水	380
	H＋	注水	290
	H＋＋	散水	320
マイタケ	B	加湿	105
	I	加湿	95

Note. ＋は事業体毎に異なる栽培施設

各試料の値は 14.9%の範囲に収まっていた。これに対して，全窒素割合は 0.44～1.50%となり，最高と最低では3倍以上の差を認めた。各試料のC/N比をみると，全窒素の値が反映されて，36～115と3倍以上の差となった。

C/N 比が最も高かったのはEによるヒラタケ廃培地の 115 で，Dによるヒラタケ廃培地の 92 も比較的高かった。これらは，散水されることが共通し，栽培日数が最も多い 390 日と比較的多い 210 日であることが類似していた。一方，Jによるヒラタケ廃培地のC/N比は39と比較的少なく，EとDによるヒラタケ生産との違いはスギおが粉であること，加湿されることであり，栽培日数は最も少ない35日であった。

C/N 比が最も低かったのはJによるエリンギ廃培地の 36 で，Jのヒラタケ生産とは培地組成，加湿されることが同じで，栽培日数は比較的少ない 45 日であった。Iのエリンギと Kのブナシメジ廃培地はC/N比がそれぞれ 49，47 と比較的低く，これらはスギおが粉が使用され，栽培原料のうち栄養材などの割合が最も高い 39.9%と，これに次いで高い 27.0%であった。また，どちらも加湿され，栽培日数は比較的少ない 75 日と 120 日であった。

シイタケ廃培地に限って C/N 比をみると，Hの

表3　廃菌床内部（廃培地）の含水率と炭素・窒素含有割合

試料		含水率	含有割合（%）		C/N比
きのこ	事業体	(%)	全炭素	全窒素	
シイタケ	A	57.1	50.0	0.91	55
	B	51.0	47.2	0.65	73
	C*	70.9	48.2	0.62	78
	D*	70.4	42.2	0.55	77
	E*	67.2	48.4	0.57	85
	F	54.3	48.9	0.89	55
	G	80.4	49.5	0.56	88
	H	76.8	49.4	0.52	95
キクラゲ	A	54.8	48.9	0.87	56
	B	59.3	56.1	1.00	56
	C*	54.2	50.6	0.72	70
マイタケ	B	61.4	57.1	1.00	57
	I	57.3	56.0	0.70	80
ヒラタケ	D*	64.8	46.7	0.51	92
	E*	48.3	50.4	0.44	115
	J**	64.9	53.9	1.40	39
エリンギ	I	63.3	53.5	1.10	49
	J**	60.4	53.3	1.50	36
ナメコ	D*	71.3	46.7	0.71	66
ブナシメジ	K	40.6	46.7	0.99	47

Note. *は事業体毎に同じ培地，**は同じ培地，含有割合は乾物基準

95 が最も高く，Eの 85 とGの 88 は比較的高かった。これらはいずれも注水され，Gは含水率が 80.4%と最も高く，Hはこれに次いで高い 76.8%であった。Gは栄養材などの割合が最も低い 9.1%，Eはこれに次いで低い 12.8%であった。また，Hは栽培日数が 380 日と最も多く，EとGは比較的多い 270 日と 250 日であった。

AとFの C/N 比はどちらも 55 と最も低く，Fは含水率が最も低い 54.3%，Aはこれに次いで低い 57.1%であった。また，Fは栄養材などの割合が最も高い 26.7%と，Aはこれに次いで高い 25.1%であった。

キクラゲ廃培地のうちCの C/N 比はAとBよりも高く，栽培日数は比較的多かった。マイタケ廃培地の C/N 比はBがIよりも低く，Bの方が栄養材などの割合が高かった。培地組成が同じDのシイタケ，ヒラタケおよびナメコでは，ナメコの C/N 比が最も低かった。

2）栽培前の菌床と廃菌床

栽培前の菌床と廃菌床全体の含水率，炭素量と窒素量の分析結果を表 4 に示した。栽培前をみると，Aのシイタケ菌床とBのマイタケ菌床は C/N 比が比較的低かったが，これらは栄養材などの割合が 25.1%，21.7%と比較的高かった。

シイタケ廃菌床をみると，Aは C/N 比が最も低く，これは廃培地での結果と同じであった。含水率が 70%以上のE＋，HおよびH＋は注水され，70%以下のAとH＋＋は散水をされていた。また，AとH＋＋の廃菌床は C/N 比が 38，41 と顕著に低かった。マイタケ廃菌床の C/N 比はBがIよりも低く，これは廃培地での結果と同じであった。

栽培前後の推移をみると，全炭素割合はいずれも減少し，全窒素割合はシイタケ生産では増加，マイタケ生産では僅かに減少した。C/N 比はいずれも減少したが，減少率はマイタケ生産よりもシイタケ生産が大きかった。

A，E，H，BおよびIの廃菌床全体と廃培地を比較すると，含水率はいずれも廃菌床全体の方が 0.2～4.7%低かった。全炭素割合はいずれも廃菌床全体が低く，全窒素割合はシイタケ生産では廃菌床全体が高く，マイタケ生産では差を認めなかった。C/N 比はいずれも廃菌床全体が低く，シイタケでは 17～35，マイタケでは 8～11 の差であった。EとE＋は栽培施設が異なるため直接比較はできないが，E＋の廃菌床全体はEの廃培地よりも含水率が高く，E＋は栽培日数が 370 日と比較的多かった。

表 4　栽培前の菌床と廃菌床の含水率と炭素・窒素含有割合

試料		栽培前の菌床			廃菌床全体			
		含有割合（%）		C/N 比	含水率	含有割合（%）		C/N 比
きのこ	施設	全炭素	全窒素		(%)	全炭素	全窒素	
シイタケ	A	53.3	0.83	64	54.6	46.1	1.20	38
	E	49.3	0.69	71	－	44.0	0.73	60
	E＋				71.7	44.0	0.71	62
	H	52.8	0.64	83	73.1	48.3	0.80	60
	H＋				74.5	51.1	0.76	67
	H＋＋				68.5	44.6	1.10	41
マイタケ	B	55.1	1.10	50	61.2	49.3	1.00	49
	I	52.2	0.71	74	52.6	48.2	0.70	69

Note. ＋は事業体毎に異なる栽培施設，栽培前は滅菌・放冷後で接種前，含有割合は乾物基準，－は未調査

Ⅳ　考察

本調査では廃菌床の含水率と C/N 比について，生産されているきのこ間の比較，菌床製造をされている事業体間の比較をするため廃菌床内部の培地（廃培地）を供試したが，この理由は以下のとおりである。菌床表面に形成される被膜と内部の培地では含有成分が異なると考えられ，またシイタケでは茶色く，硬く，厚い被膜が形成されるが，この他のきのこでは白く，柔らかく，薄い被膜である。橋本（1999）によると，シイタケ廃菌床の部位別 C/N 比は，外縁部が全体の約 50%と低かった。菌床の形状と大きさによって重量に対する表面積の大きさが異なり，この影響を排除するため廃菌床の内部を評価対象とした。

廃培地の含水率は子実体育成中（収穫期間）の菌床への加水方法が影響し，シイタケ生産では袋内に注水する方法（上面栽培）で高含水率となる傾向がみられた（T.YAMAUCHI *et al.*,2009）。また，栽培日数（種菌接種～収穫完了）が多いことも高含水率となる要因であった。これは，腐朽が進んで材質が軟化し，吸水性が高くなるためと考えられる。

廃培地の全炭素割合には大きな差はなく，全窒素割合の違いに伴って C/N 比が異なっていた。また，栽培原料のうち栄養材などの割合が高いと廃培地の C/N 比が低くなる傾向がみられた。藤原（2007），金子（2003），新田ら（2009），高畠（2021）および武田（2020）によると，木質基材の C/N 比として 64（クヌギ）～185（スギ），154（広葉樹），320（コナラ），604（スギ），785 などが用いられているのに対して，増量材のコーンコブミールは 60，コットンハルは 45 と低く，栄養材のフスマは 18～21，米ぬかは 16～19，オカラは 8～11 とさらに低率とされている。菌床製造時に窒素量の多い栄養材などの使用割合が高いと，栽培終了時まで多くの窒素成分が残留して，本調査結果につながったと推測できる。

廃培地の C/N 比は栽培日数とも関係していた。また，シイタケ廃培地の C/N 比は高含水率で高くなる傾向がみられた。菌床中の炭素と窒素は栽培期間を通してきのこに利用され，窒素の多くは菌床内に留まるが，炭素は呼吸によって菌床外へ排出されるため，栽培日数が多いほど菌床の C/N 比は低下すると推察する。しかし，本調査の結果はこれとは反対となり，この理由の解明は今後の課題である。特に，子実体形成によって菌床外へ持ち出される成分は無視できないと考えられる。他に，加水方法の違いによって菌床が高含水率になった場合の影響についても調査項目としたい。

一方，実際に廃菌床を堆肥原料などに利用する場合，廃菌床全体を用いることになる。本調査では，廃培地の調製に供試した 5 菌床を重複して，この他に管理内容が異なる栽培施設から排出された 3 菌床を加えて，廃菌床全体の含水率と C/N 比を比較した。シイタケ廃菌床では，子実体育成中に注水された場合に含水率が高くなった。また，栄養材などの割合が高いと C/N 比が低くなり，シイタケ廃菌床においては含水率が低いと C/N 比が低率となる傾向がみられ，これらの関係は廃培地での結果と同じであった。橋本（1999）はシイタケ廃菌床における全窒素割合は中心部よりも全体が高く，C/N 比は中心部よりも全体が低いと報告しており，本調査結果もこれと一致した。

有機資材の堆肥化を促進させる条件は，堆肥原料の初期含水率が 50～60%，初期 C/N 比は 20～30 が適当とされ，この範囲となるように稲わらや窒素量の多い副原料を添加する方法が紹介されている（藤原，2007；高橋，2016）。橋本（1999）と島村（2001）は，シイタケ廃菌床に鶏糞，油粕，尿素などを添加して堆肥化を促進させる技術を報告しており，これらは廃菌床を利用するための有用な資料と考える。橋本（1999）で供試された廃菌床の C/N 比は 81，島村（2001）は 49～54（乾物基準）であったが，当然ながら廃菌床の C/N 比が低いほど原料適性が高い。これには本調査結果に示したとおり，栄養材などの割合，含水率，栽培日数から概ね判定することができる。

興味深い事例として，シイタケ廃菌床を堆肥化せずに農地へ施用した試験で，作物の栽培成績に大きな悪影響がみられなかった報告がある（加藤

ら，2013)。なお，この試験に用いられた廃菌床のC/N 比は 36（乾物基準）で，同じ区画には堆肥も施用される条件であった。また，山田ら（2009）では，C/N 比が 23（新鮮物基準）の廃培地を供試した培養試験の結果から，土壌の種類によって 1～数か月は窒素飢餓が助長され，栽培期間が短い野菜において窒素要求量の多い場合には生育遅延の可能性があると考察されている。本調査では廃菌床全体の C/N 比，または廃培地の値から推測したC/N 比が 40 程度の廃菌床をいくつか確認しており，これらは作付け条件によっては無処理のまま土壌改良材として利用できると推察する。含水率の高い廃菌床には乾燥期間を設けることや，C/N 比が高い場合は敷料，燃料，菌床原料など別の用途を試行して（高畠，2021），廃菌床の再利用について検討を進めたい。

Ⅴ　謝辞

本調査を実施するにあたり，廃菌床と未接種菌床を提供され，これに併せて菌床製造の条件や栽培管理に関する貴重な情報を提供してくださったきのこ生産事業体，並びに生産者に感謝の意を表します。また，含有量分析の手法と分析結果の解釈についてご教授いただいた公益財団法人島根県環境保健公社の福田寛主任，北尾大樹係長には厚くお礼を申し上げます。最後に，廃菌床の調達にご協力いただいた島根県東部・西部農林水産振興センターの担当職員，廃菌床の用途開発についてご助言をいただいた島根県西部農林水産振興センターの大場寛文課長、島根県農業技術センターの道上伸宏部長と宮崎弘文調整監、島根県畜産技術センターの竹下幸広主席研究員にはこの場をかりてお礼を申し上げます。

引用文献

FAMIC 独立行政法人農林水産消費安全技術センター（2020）肥料等試験法：347-350. http://www.famic.go.jp/ffis/fert/bunseki/sub9_shiken2020.html

藤原俊六郎（2007）堆肥のつくり方・使い方　原理から実際まで．農山魚村文化協会：152pp.

橋本光宏（1999）シイタケ廃培地の早期堆肥化試験．徳島県林業総合技術センター研究報告 37：25-27.

金子周平（2003）スギ鋸屑を利用したヌメリスギタケ *Pholiota adiposa* の栽培．日本応用きのこ学会誌 11（4）：183-192.

環境省（2012）底質調査方法：56-58. https://www.env.go.jp/water/teishitsuchousa/index.html

加藤一幾・松嶋卯月・武藤由子・立澤文見・岡田益己（2013）東日本大震災の被災農地におけるシイタケ廃菌床の施用による土壌およびスイートコーンの生育・収量への効果．園芸学研究 12（4）：381-387.

新田　剛・工藤哲三・上米良壽誕・吉留高志・目黒貞利（2009）ソバ焼酎粕を利用したシイタケの菌床栽培．日本きのこ学会誌 17（1）：20-25.

島村雄三（2001）シイタケ廃培地の早期堆肥化試験（第 2 報）．徳島県立農林水産総合技術センター森林林業研究所研究報告 1：1-5.

高橋久光（2016）有機質肥料の機能性．東京農業大学農学集報 60（4）：179-188.

高畠幸司（2021）未利用資材による食用きのこ生産技術の開発．日本きのこ学会誌 29（1）：5-14.

Takahiro YAMAUCHI, Sumio AYUSAWA, Katsumasa EDA, Kazuya IIZUKA, Shinso YOKOTA, Futoshi ISHIGURI and Nobuo YOSHIZAWA（2009）FIushing control of fruitbodies by temperature and moisture content in sawdust-based cultivation of *Lentinuia edodes*. Mushroom Science and Biotechnology 17（1）：19-23.

武田綾子（2020）乾燥オカラを利用したアラゲキクラゲ菌床栽培技術．新潟県森林研究所研究報告 60：40-45.

山田和義・上原敬義・齋藤龍司・小松和彦・吉山清志（2009）コーンコブを主体とするきのこ廃培地堆肥の肥効特性．日本土壌肥料学雑誌 80（3）：280-284.