

シイタケ廃ホダ木おが粉を用いた ヒラタケおよび野生型 エノキタケの栽培

中谷 誠 米山 彰造*1
加藤 幸浩 山村 忠明

Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Flammulina velutipes* Using Sawdust of Waste Shiitake Bed Logs

Makoto NAKAYA Shozo YONEYAMA
Yukihiro KATO Tadaaki YAMAMURA

シイタケ原木栽培後の廃ホダ木のおが粉がヒラタケおよび野生型エノキタケの菌床栽培の培地材料として、再利用が可能かどうかを、通常の栽培に用いられている針葉樹（トドマツ）および広葉樹（ミズナラ）のおが粉を用いた場合と比較検討した。

栽培試験の結果、シイタケ廃ホダ木を用いた栽培は、トドマツのおが粉を用いた栽培に比べて、子実体収量はわずかに劣った。しかし、生殖生長に関わる発菌日数および総栽培日数は、廃ホダ木のおが粉を用いた栽培ではトドマツの培地に比べ短縮され、総合的評価で高い生産性を示した。これらの結果から廃ホダ木のおが粉はヒラタケおよび野生型エノキタケの栽培に再利用が可能であることが示された。

Keywords ; waste bed logs , *Pleurotus ostreatus* , *Flammulina velutipes* , sawdust - based cultivation
廃ホダ木 , ヒラタケ , エノキタケ , 菌床栽培

Recycling of the waste bed logs for cultivation of *Lentinula edodes*(Berk.)Pegler as a resource for the sawdust substrate in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq : Fr .) Kummer and *Flammulina velutipes* (Curt .: Fr.) Sing. was investigated. The yield of fruit bodies using sawdust medium from waste bed logs and that from softwood showed no significant difference. However , the number of days required for fruiting initiation and for harvest of fruit bodies on the sawdust medium from waste bed logs was shorter than with the sawdust medium from softwood .

These results suggest that the sawdust from waste bed logs can be used as a resource for the cultivation of *P. ostreatus* and *F. velutipes* , and it might be a more suitable sawdust substrate than that prepared from softwood materials to be used in the cultivation of these mushrooms .

1. 緒 言

近年、廃棄物のリサイクルなど資源の有効利用が注目されている。食用キノコの菌床栽培における培地基材として、製材工場における廃棄物であるおが粉に、栄養源としてフスマ、米ヌカ、コーンブラン等の穀物の精製時の副産物が添加されており、食用キノコの菌床栽培自体が廃棄物を有効に利用している一面を有している。

しかし、近年シイタケ、マイタケ等のキノコ栽培においておが粉を用いた菌床法による生産が急増しており、おが粉の需要が高まってきている。さらに、畜産業においても敷きワラの代替として大量に消費されており、その結果として近い将来原材料であるおが粉、特に広葉樹のおが粉の不足、価格の上昇が予想される。

一方、キノコの菌床栽培後の廃培地は、廃棄されるか堆肥にされるかである。また、シイタケ原木栽培後の廃ホダ木についても林地などに放置されるか、火力が弱いながらも冬季間のハウスの暖房用の補助燃料に使われているにすぎない。これらのキノコ栽培後の廃棄物が種々のキノコ栽培の培地基材として再利用できれば、資源の有効利用、生産コストの低減等、その効果は大きいものと考えられる。

これまでに、食用キノコの栽培におけるおが粉の代替え、添加する栄養源として、農業あるいは食品工業からの廃棄物、副産物の再利用に関する報告がなされている¹⁻⁶⁾。一方、我々はエノキタケ栽培後の廃培地のシイタケの菌床栽培への利用⁷⁾、シイタケ廃ホダ木おが粉でのタモギタケの栽培⁸⁾、タモギタケ栽培後の廃培地を用いたタモギタケおよびヒラタケの栽培⁹⁾等の研究を行ってきている。

そこで本研究では、シイタケの原木栽培を行った後の廃ホダ木のおが粉を用いてヒラタケおよび野生型エノキタケの栽培を行い、栽培日数、子実体収量におよぼす影響を調べ、シイタケ原木栽培後の廃ホダ木がこれらのキノコの菌床栽培用の培地基材として再利用が可能かどうかを検討した。

なお、この論文は日本応用きのこ学会誌6巻3号に掲載されたものである。

2. 材料および方法

2.1 培地基材の元素分析

供試したミズナラ、トドマツ、廃ホダ木のおが粉およびフスマ、米ヌカを200～400メッシュに粉碎し、恒量になるまで60℃で乾燥した。各乾燥試料をCHNコーダー（柳本製作所MT-3型）を用いて炭素、水素、窒素含量を測定するとともに、各培地のCN比を算出した。

2.2 供試菌株

供試した菌株は北海道立林産試験場でPDA斜面培地を用いて継代培養法によって保存を行っているヒラタケ保存菌株Po89-1および野生型エノキタケFv84-2を用いた。なお、栽培試験にはダケカンバ（*Betula ermanii* Cham.）おが粉とフスマを絶乾重量比3:1で混合したものに、水道水を加え含水率65%の培地を調製し、高圧殺菌後、上記菌体を培養したものを、おが粉種菌として用いた。

2.3 栽培用培地の調製

ヒラタケ栽培用にはミズナラ（*Quercus mongolica* var. *grosseserrata* Rehd. et Wils.）、シイタケ原木栽培後のミズナラ廃ホダ木、トドマツ（*Abies sachalinensis* Mast.）の3種類のおが粉を、エノキタケ栽培用には廃ホダ木、トドマツのおが粉を用いた。また、ヒラタケにはフスマを、エノキタケには米ヌカを栄養源として添加した。なお、おが粉と添加物の配合は絶乾重量比1:1で混合し、水道水を加えて培地含水率を65%に調製した¹⁰⁾。これらの培地をそれぞれ850mlのポリプロピレン製培養ビンに1本あたり、460g^{（しゅうてん）}充填し、高圧滅菌（120℃、30分）を行った。なお、各試験区における供試ビン数は16本とした。

2.4 栽培方法

滅菌後、培養ビン1本あたり約10gの種菌を接種した後、ヒラタケおよびエノキタケともに22±1℃、相対湿度70±5%、暗黒下の条件で培養を行った。培養期間中、各培養ビンにおいて培地全体に菌糸が蔓延するまでに要した日数（以下、菌回り日数と略す）を測定した。菌回りが完了した培養ビンについて逐次菌掻き道水の2時間冠水の処理を行った後、12±1℃、相対湿度85±5%、照度350lx（12時間/日）の環境下に移し、子実体原基形成および生育を行った。

発生処理後、種菌接種から子実体採取までの日数(以下、総栽培日数と略す)、子実体収量を測定するとともに、生産性を示す指標として1ビンあたりの年間収量(年間収量=子実体収量×365日/総栽培日数)を算出した。

なお、菌掻きおよび冠水処理後、子実体原基が形成するまでの間は各培養ビンのビン口を孔径1mmの有孔ポリエチレンシートで覆った。また、発生した子実体は傘の巻き込みが無くなった時点で採取した。

3. 結 果

3.1 培地基材の元素分析

第1表に供試したおが粉および栄養源の元素分析値およびCN比を示した。各おが粉の元素含有率を比較すると、トドマツの窒素含量はミズナラおよび廃ホダ木のおが粉の約30%であり、CN比は約3.5倍の値を示した。また、栄養源を比較すると米ヌカがフスマより窒素含量が多くCN比は約10%小さい値を示した。

これらの値を用いて栽培培地のCN比を算出した結

果、ヒラタケの培地ではCN比は約35~40の値であり、エノキタケの培地では約31~36のCN比を示した。

3.2 ヒラタケの栽培試験

各おが粉を用いたヒラタケ栽培試験の結果を第2表に示した。なお、ここに示していないが廃ホダ木のおが粉を用いても正常な形態の子実体の発生が認められた。

栽培結果について各試験区を比較すると、廃ホダ木およびミズナラのおが粉を用いた試験区における菌回り日数は、ほぼ等しい日数を示した。これは、トドマツのおが粉を用いた場合より約5日短縮された。各試験区の総栽培日数について比較すると、菌回り日数の結果と同様に、廃ホダ木およびミズナラのおが粉を用いた場合、ほぼ等しい日数を示すとともに、トドマツのおが粉を用いた場合より約6~7日短縮された。

これに対して、各試験区における子実体収量を比較すると、トドマツのおが粉を用いた場合が最も多く、廃ホダ木あるいはミズナラのおが粉を用いた場

第1表 培地基材の元素分析結果

Table 1. The analysis of the elemental components in substrate materials.

培地基材 Substrate material	水素含量 H (%)	炭素含量 C (%)	窒素含量 N (%)	CN比 CN-ratio
ミズナラ Sawdust of <i>Q. mongolica</i>	5.82	48.9	0.40	122.0
廃ホダ木 Sawdust of waste bed logs	5.54	46.4	0.42	111.8
トドマツ Sawdust of <i>A. sachalinensis</i>	6.26	50.2	0.12	419.4
米ヌカ Rice bran	6.98	48.1	2.63	18.3
フスマ Wheat bran	5.98	46.3	2.26	20.5
ミズナラ+フスマ <i>Q. mongolica</i> + wheat bran				35.8
廃ホダ木+米ヌカ Waste bed logs + rice bran				31.0
廃ホダ木+フスマ Waste bed logs + wheat bran				34.6
トドマツ+米ヌカ <i>A. sachalinensis</i> + rice bran				35.8
トドマツ+フスマ <i>A. sachalinensis</i> + wheat bran				40.6

合は、それぞれトドマツの約90および約80%の収量となった。しかし、生産性を示す年間収量を比較すると、ミズナラとトドマツのおが粉を用いた場合はほぼ等しい値を示したのに対して、廃ホダ木のおが粉を用いた場合、それらの約20%高い生産性を示した。

3.3 エノキタケの栽培試験

各おが粉を用いたエノキタケ栽培試験の結果を第3表に示した。ここに示していないが、ヒラタケの場合と同様に、廃ホダ木のおが粉を用いても正常な形

態の子実体の発生が認められた。

栽培結果について各試験区を比較すると、菌回り日数は廃ホダ木の方がトドマツに比べわずかながら短縮される傾向を示したが、ヒラタケの場合ほど大きな差は認められなかった。また、総栽培日数についても同様に、廃ホダ木のおが粉を用いた場合にトドマツに比べ短縮されたが、その差は約3日程度にとどまった。

一方、子実体収量を比較するとトドマツのおが粉

第2表 シイタケ廃ホダ木のおが粉および他のおが粉を用いたヒラタケのビン栽培の結果
Table 2. Cultivation tests on the sawdust medium from waste Shiitake bet logs and some other media in the bottle cultures of *P. ostreatus*.

おが粉 Sawdusts	菌回り日数 Days required for spawn running	接種後収穫までに 要した日数 Days required for crop harvest	1ビン当たりの 子実体収量 Yield of bodies (g/bottle)	年間収量 Net productivity in a year ^{b)} (kg/bottle/year)
ミズナラ <i>Q. mongolica</i>	13.8 ± 0.83 ^{a)}	29.0 ± 1.04	83.6 ± 5.96	1.05 ± 0.091
廃ホダ木 Waste bed logs	13.6 ± 0.51	27.8 ± 0.72	99.9 ± 5.11	1.31 ± 0.069
トドマツ <i>A. sachalinensis</i>	18.6 ± 1.00	35.0 ± 1.04	107.3 ± 8.09	1.12 ± 0.147

注：a): 繰り返し数16における平均値±標準誤差

b): 年間収量=子実体収量×365日/総栽培日数

Note : a): Mean with standard error by sixteen replicates.

b): Net productivity in a year = (fruit body yield × 365d) / days required for crop harvest from spawn inoculation.

第3表 シイタケ廃ホダ木のおが粉および他のおが粉を用いたエノキタケのビン栽培の結果
Table 3. Cultivation tests on the sawdust medium from waste Shiitake bet logs and another media in the bottle cultures of *F. velutipes*.

おが粉 Sawdusts	菌回り日数 Days required for spawn running	接種後収穫までに 要した日数 Days required for crop harvest from spawn inoculation	1ビン当たりの 子実体収量 Yield of bodies (g/bottle)	年間収量 Net productivity in a year ^{b)} (kg/bottle/year)
廃ホダ木 Waste bed logs	18.8 ± 0.83 ^{a)}	42.8 ± 1.24	142.3 ± 6.86	1.22 ± 0.055
トドマツ <i>A. sachalinensis</i>	20.1 ± 1.54	46.0 ± 1.03	146.7 ± 9.73	1.16 ± 0.079

注：a): 繰り返し数16における平均値±標準誤差

b): 年間収量=子実体収量×365日/総栽培日数

Note : a): Mean with standard error by sixteen replicates.

b): Net productivity in a year = (fruit body yield × 365d) / days required for crop harvest from spawn inoculation.

を用いた場合の方がわずかに多い結果を示したが、ヒラタケほどの差は生じなかった。また、年間収量の比較においては廃ホダ木のおが粉を用いた場合が高い生産性を示したが、ヒラタケの場合とは異なり数%の増加にとどまった。

4. 考 察

一般に、キノコの栽培における培地に添加する窒素濃度は栄養成長および生殖生長に大きく影響を及ぼし、栄養成長では0.016~0.064%N、生殖成長では0.016~0.032%Nとされている^{11,12)}。また窒素濃度のみならず炭素濃度もまたキノコの成長に大きな影響を与え、両者の比であるCN比は20~40が適正とされている¹²⁻¹⁵⁾。今回供試した各培地成分の元素分析の結果、廃ホダ木のおが粉はミズナラに比べ小さいCN比を示したが、これはホダ木中に残存していた菌糸の細胞壁であるキチン由来の窒素分によるものと考えられる。しかし、各おが粉を用いて調製した培地のCN比を、元素分析値から計算するとCN比は約30~40の値を示し、いずれも適正範囲内であった。

菌床栽培における菌糸の栄養成長速度は、栄養源の種類により異なるとともに、培地の物理性、用いるおが粉の樹種の違いにも依存する。今回用いたおが粉の比重はここには示していないが、廃ホダ木のおが粉が最も小さく、次いでトドマツ、ミズナラのおが粉の順であり、その結果として廃ホダ木のおが粉を用いた培地が空隙率^{くうげき}は最も小さいと考えられる。おが粉の樹種が各種食用菌の成長に及ぼす影響として、我々はトドマツ中に含まれるジュバビオンが食用菌の成長を阻害することを明らかにしている¹⁶⁾。それゆえ、培地組成が適正範囲内にあるにもかかわらず、ヒラタケおよびエノキタケのいずれにおいても、トドマツのおが粉を用いた試験区の菌回り日数が長い傾向を示したと考えられる。また、培地の物理性を考えた場合、廃ホダ木のおが粉を用いて充填された培地の空隙率が小さいにも関わらず、一度シイタケにより木質部が分解され、その結果としてよりポラスになっているためミズナラのおが粉とほぼ等しい菌回り日数を示した可能性が考えられる。

これまでに各種食用キノコの子実体形成時における菌体外酵素活性変化¹⁷⁻¹⁹⁾、および栄養要求性に関する

報告²⁰⁻²²⁾がなされている。また、ヒラタケやエノキタケのような短期間の栽培サイクルの食用キノコでは菌糸成長とキノコの生育は栄養添加物に依存し、木質部の分解・利用はほとんどないと解されてきている。しかし、本研究において子実体の発生操作から子実体の収穫までの日数、すなわち子実体の生育期間を比較すると、同一の栄養添加物を用いているにもかかわらず、ヒラタケおよびエノキタケのいずれにおいても廃ホダ木のおが粉を用いた試験区が最も短い日数を示した。このことは、これら短期間の栽培サイクルのキノコにおいても、子実体の生育に木質部もまた影響をおよぼす可能性を示唆するものと思われる。また、廃ホダ木は一度シイタケにより木質部が分解されているため、他のおが粉と比較してより菌体外酵素に分解されやすい構造に変化し、その結果として子実体の生育日数が短縮した可能性もまた考えられる。しかし、本研究ではこれら諸酵素の活性の変化や木質部の分解・利用について明らかにはしていないため今後の検討が必要である。

以上のことから、ヒラタケおよび野生型エノキタケの栽培に再利用可能であると同時に、従来使用されている針葉樹あるいは広葉樹のおが粉より生産性が高いことが明らかになった。

文 献

- 1) 白鳥 保 ほか3名：長野野菜花き試報, **1**, 64-69 (1981).
- 2) 柿本陽一, 白鳥 保：長野野菜花き試報, **1**, 64-69(1981).
- 3) 寺下隆夫, 河野又四：近畿大学農学部紀要, **17**, 113-120(1984).
- 4) 早川利郎 ほか3名：新潟大学農学部研究報告, **41**, 1-8(1989).
- 5) 矢口淳一 ほか3名：廃棄物学会論文誌, **6**, 57-65(1995).
- 6) 江口文陽 ほか3名：廃棄物学会論文誌, **8**, 16-21(1996).
- 7) Ohga, S ; Yano, S. ; Kira, K. : *Mokuzai Gakkaishi* , **39**, 1443-1448 (1993).
- 8) 中谷 誠, 米山彰造, 山村忠明：きのこの科学, **4**, 9-13 (1997).

- 9) 中谷 誠 : 農耕と園芸, **52**(10), 206-208 (1997).
- 10) きのご技術集談会編集委員会編 ”きのごの基礎科学と最新技術”, 農村文化社, 1991, p.230-233.
- 11) Ishikawa, H. : *J. Agric. Lab.*, **8**, 1-57 (1967).
- 12) 北本 豊, 葛西善三郎 : 農化, **42**, 260-266 (1968).
- 13) Chan-Ho, Y. ; N.T. Yee. : *Trans. Br. mycol. Soc.*, **68**, 167-172 (1977).
- 14) 北本 豊 ほか3名 : 日菌報, **15**, 60-71 (1974).
- 15) 北本 豊 ほか3名 : 日菌報, **21**, 369-380 (1980).
- 16) Yoneyama S. *et Al* : *Mokuzai Gakkaishi* , **36**, 1443-1448 (1993).
- 17) 岩原博樹, 善本知孝, 福住俊郎 : 木材学会誌, **27**, 331-336 (1981).
- 18) Ohga, S. : *Mokuzai Gakkaishi* , **38**, 310-316 (1992).
- 19) Wood, D.A. ; Goodenough, P. : *Archiv. Microbiol.*, **114**, 161-165 (1997).
- 20) Kitamoto, Y. ; Gruen, H. E. : *Plant Physiol.*, **58**, 485-491 (1976).
- 21) 北本 豊 ほか6名 : 日菌報, **19**, 273-281 (1978).
- 22) 河村のり子, 後藤正夫, 中村嘉宏 : 日菌報, **24**, 213-222 (1983).

-きのご部 品種開発科-

-*1 : きのご部 生産技術科-

(原稿受理 : 99.4.8)