

カラマツおが粉の利用に適したマイタケ新品種の選抜

米山 彰造 宜寿次盛生 原田 陽 森 三千雄^{*1}

Screening of New Maitake (*Grifola frondosa*) Variety for Using Cultivation on Larch (*Larix leptolepis*) Wood as the Substrate

Shozo YONEYAMA Seiki GISUSI Akira HARADA Michio MORI

For the purpose of breeding a distinct strain of Maitake (*Grifola frondosa*), that would have the ability to utilize larch (*Larix leptolepis*) and produce the fruit body efficiently, was screened by using dikaryon crossed on a sawdust substrate of larch mixed with birch (*Betula ermanii*). By means of principal component analysis, the strain was found to have superior productivity compared to commercial strains on the mixed substrate. The results suggested that the new variety could have high production efficiency with a high-quality fruit body, even if larch sawdust was substituted for 30% of the birch sawdust in the substrate.

key words: *Grifola frondosa*, crossing, *Larix leptolepis*, principal component analysis, production efficiency
マイタケ, 交配, カラマツ, 主成分分析, 生産効率

カラマツおが粉の利用性の高いマイタケ品種の育成を目的として、ダケカンバおが粉にカラマツおが粉を混合した培地における交配菌株のスクリーニングを行った。主成分分析により、カラマツ混合培地において栽培特性の優れた菌株を選抜した。当該菌株は市販品種に比べて、カラマツを30%まで置換した培地において平均収量を栽培日数で除した生産効率が高く、品質も優れていることが明らかとなった。

1. はじめに

北海道におけるマイタケの菌床栽培による生産量は、大手企業の参入により、平成16年には2,169tとここ4年間で4倍ほどに増加した¹⁾。しかし、中小生産者の生産量はそのうちの23%程度まで低下しており¹⁾、経営環境はより厳しさを増している。

中小生産者の多くは使用している市販品種の性質

を考慮して、培地基材をカンバ類のおが粉に依存している。そのため、大量かつ良質なカンバ類の確保や購入コストが課題となっている。

一方、タモギタケ、ヒラタケ、エノキタケ、エリンギは栽培期間が比較的短く、木質養分よりも米ぬか、フスマ等の栄養材からの分解養分を利用し生長する特性を有している²⁾ため、利用できるおが粉の

種類が多い。そのため、道内で資源量が豊富であり、安価で入手しやすいカラマツおが粉が一部利用されており、培地基材の選択により低コストでの生産が可能となっている。それに対し、道外のマイタケ生産では、ブナの代替として一部スギの混合利用の可能性が検討された³⁾ にすぎず、道内の主要な造林木であるカラマツについては未検討である。

そこで、本研究では、カラマツおが粉が利用可能なマイタケの優良品種を作出し、これらの菌株のダケカンバとカラマツを混合した培地における栽培特性について評価した。

2. 材料および方法

2.1 供試交配菌株の作出

林産試験場保存の野生菌株 Gf 77-7 (北海道三笠市で採取された子実体より分離)、Gf 98-5 (青森県田子町で採取された子実体より分離)、市販菌株の森産業森 51 号 (以下 M51 とする) および愛別町農業協同組合トカチアーナ 1 号⁴⁾ を野生菌株同士あるいは野生菌株と市販菌株の組み合わせにより群間交配を行い、約 500 系統の交配菌株を作出した。交配菌株は PDA 培地で継代培養後 1.5°C で保存した。次にダケカンバ (*Betula ermanii*) おが粉 32% (絶乾重量換算として表示、以下同様に表示する)、一般フスマ (江別製粉 (株)、以下フスマと呼ぶ) 6%、水道水を加え、水分を 62% に調製し高圧殺菌 (121°C・30 分) 後、上記交配菌株を接種し、培養したものをそれぞれのおが粉種菌とした。培地重量あたりダケカンバおが粉 27%、フスマ 8%、培地水分 65% の基本培地で交配菌株の予備栽培試験を行い、正常な形態で発生し、平均収量が極端に少ない系統を除いた 96 系統を選抜し以下の試験に供試した。

2.2 栽培培地の調製および供試菌株

栽培試験は 850mL 容のポリプロピレン製瓶を用いた選抜試験 1 (以下「試験 1」とする)、9,000mL 容のポリプロピレン製栽培袋を用いた選抜試験 2 (以下「試験 2」とする) および同様な栽培袋を用いたカラマツおが粉混合比試験 (以下「試験 3」とする) の 3 回行った。

試験 1 では基本培地に加え、ダケカンバおが粉の 50% をカラマツ (*Larix leptolepis*) おが粉に置換した

カラマツ混合培地を調製し、培地 520g を瓶に充填後、高圧殺菌した。供試菌株は交配菌株 96 系統のほか育種素材とした野生菌株 2 系統および M51、トカチアーナ 1 号の 100 系統とし、調製した基本培地、カラマツ混合培地に各区 6 本ずつ供試した。

試験 2 では試験 1 で選抜した優良交配菌株のうち、さらに外観 (傘の形質、傘色) により商品価値が高い 8 系統を選抜し、M51 および森産業森 52 号 (以下 M52 とする) の市販菌株 2 系統とあわせて 10 系統の袋栽培試験を行った。基本培地に加え、ダケカンバおが粉の 40% をカラマツおが粉に置換したカラマツ混合培地を調製し、培地 2.5kg を袋に充填後、同様に高圧殺菌した。基本培地、カラマツ混合培地のいずれも各区 15 袋ずつ供試した。

試験 3 では試験 2 で選抜した交配菌株 1 系統、市販菌株 2 系統 (M51 および M52) を供試し、基本培地に加え、カラマツおが粉をダケカンバおが粉にそれぞれ 20、30、40% 置換して混合培地を調製した。これらの培地を試験 2 と同様に培地 2.5kg を栽培袋に充填し、高圧殺菌した。基本培地、カラマツ混合培地のいずれも各区 8 袋ずつ供試した。

2.3 栽培条件および測定方法

培地を殺菌後、各栽培容器に約 10g の種菌を接種して、瓶栽培では温度 22 ± 1°C、相対湿度 70 ± 5%、暗条件下で 35 日間培養し、キャップを外し、温度 18 ± 1°C、相対湿度 90 ± 5%、照度約 350lux の生育室に移動した。袋栽培では同様な温湿度条件で培養し菌床表面に黒色のイボ状の原基が形成された時点で生育室に移動した。さらに原基が生育するのにもない、栽培袋のフィルターを除去し生育を促した。瓶および袋栽培とも子実体は菌傘裏の管孔が成熟した時点で収穫し生重量を測定した。栽培日数は接種から収穫までの日数とした。また、原田らの評価法⁵⁾ に基づき生産効率は瓶または袋あたりの 1 日あたりの収量 (g/瓶 (袋)・日) とした。子実体の品質は以下の基準により評価した。

3: 子実体の菌傘に波打ちがなく、分化が良好で正常な子実体を形成したもの。

2: 1 と 3 以外のもの。

1: 菌傘の 50% 以上に波打ちや分化不良が見られるもの。

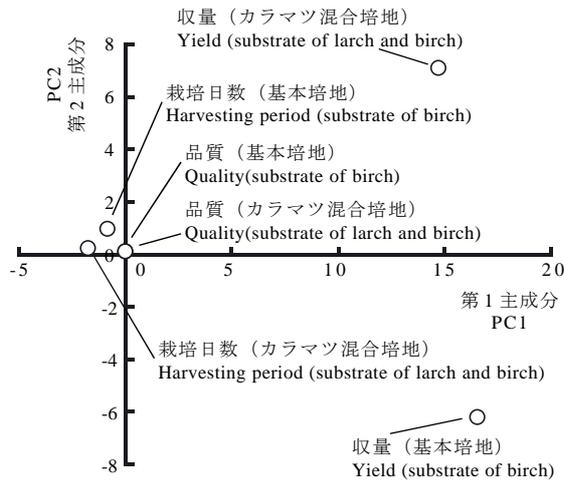
3. 結果と考察

3.1 瓶栽培による栽培特性

試験1に供試した100系統では、基本培地およびカラマツ混合培地の平均収量の範囲はそれぞれ50.1～150.8g/瓶、52.2～138.9g/瓶であった。同様に栽培日数は40.8～69.3日、41.6～66.4日であった。これら交配系統の栽培特性を総合的に評価するため、収量および栽培日数に外観上の品質評価の結果も加え主成分分析^{6,7)}を行った。主成分負荷量および各菌株の主成分得点をそれぞれ第1図および第2図に示した。

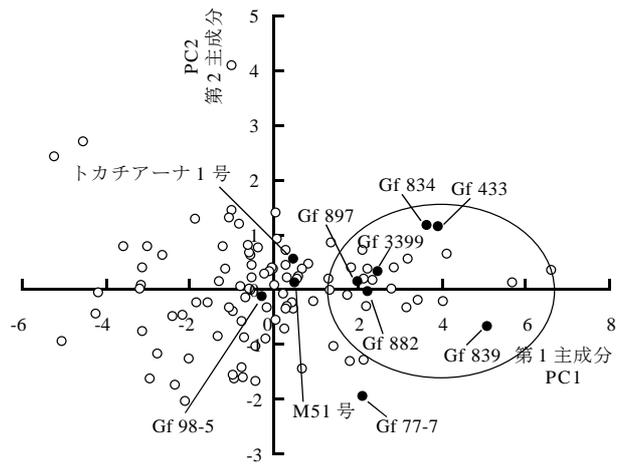
第1主成分における負荷量は、基本培地およびカラマツ混合培地における収量が正方向で高かったのに対し、基本培地およびカラマツ混合培地における

栽培日数の負荷量は低かった。したがって第1主成分は両方の培地における収量を主とした指標となった。また、第2主成分ではカラマツ混合培地における収量が多ければ正方向、基本培地における収量が多ければ負の方向として示された(第1図)。すなわち、第2図ではプロットが右上にいくほどカラマツ混合培地における収量が優れていることを示している。育種素材である野生菌株1系統(Gf 98-5)、M51およびトカチアーナ1号は原点付近にプロットされており、ここでは、第1主成分が正方向の基本培地およびカラマツ混合培地いずれにおいても収量が比較的多いグループ(第2図の円内)を優良交配菌株として選抜した。第1表に育種素材と主な優良交配菌株の結果を示したが、特にGf 433, Gf 834, Gf 839



第1図 試験1における各項目の主成分負荷量散布図

Fig. 1. Scatter plot of principal component factor loading in screening test 1.



第2図 試験1における各菌株の主成分得点
Fig. 2. Principal component score of each strain in screening test 1.

注) 円内は選抜された系統を示す
Note) The strains inside the circled area were selected.

第1表 主要な交配菌株の栽培試験1における結果

Table 1. The results for major hybrid and commercial strains in test 1.

菌株 Strain No.	交配組み合わせ Combination of crossing	基本培地 Substrate of birch			カラマツ混合培地 Substrate of larch and birch			主成分得点 Score of principal component analysis	
		栽培日数 Harvesting period (days)	収量 (g/瓶) Yield (g/bottle)	品質 ^{a)} Quality ^{a)}	栽培日数 Harvesting period (days)	収量 (g/瓶) Yield (g/bottle)	品質 ^{a)} Quality ^{a)}	第1主成分 PC 1	第2主成分 PC 2
Gf 433	Gf 98-5×Gf 77-7	57.0	126.4	2.9	52.2	127.0	2.7	3.91	1.15
Gf 834	Gf 98-5×Gf 77-7	51.3	123.5	2.3	48.8	125.7	2.0	3.66	1.18
Gf 839	Gf 98-5×Gf 77-7	55.5	147.5	2.8	54.2	121.3	2.8	5.10	-0.67
Gf 882	Gf 98-5×トカチアーナ1号	48.2	120.4	3.0	45.5	107.3	2.5	2.25	-0.03
Gf 897	Gf 98-5×トカチアーナ1号	59.5	119.7	2.8	51.4	108.0	2.9	2.15	0.20
Gf 3399	Gf 77-7×トカチアーナ1号	47.0	119.6	2.3	45.0	111.7	2.0	2.49	0.33
M51	—	49.7	106.7	1.8	48.5	97.0	1.5	0.52	0.12
トカチアーナ1号	—	56.0	104.7	2.0	57.2	99.8	2.0	0.46	0.54
Gf 77-7	—	56.8	133.1	2.3	46.3	91.7	2.1	2.12	-1.94
Gf 98-5	—	53.2	102.7	2.7	48.9	89.7	2.7	-0.28	-0.12

a) Average score for fruit body quality in each bottle.

等は育種素材の野生菌株 Gf 77-7 および Gf 98-5 のプロット位置から乖離^{かいり}しており（第2図）、遺伝的変異が高まった⁸⁾ 交配組み合わせと考えられる。

マイタケの登録品種は野生菌株からの導入育種が主体^{8,9)} であるが、これまで著者らが行った導入育種の試み¹⁰⁾ では必ずしも有効ではなかった。そこで本研究では遺伝型の多様性に期待して、群間交配を試みた結果、育種目標としたカラマツ培地上で優れた栽培特性を持った菌株を選抜することができた。これらの菌株はいわゆる雑種強勢により育種素材とした野生菌株や市販菌株を超える特性値を示したと推察される。

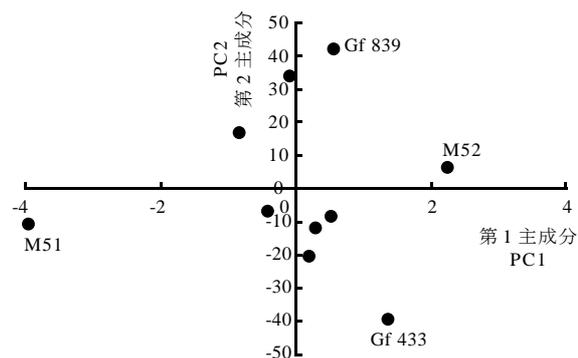
優良形質を持った品種をより短期間で育成するために、栽培の歴史が古いシイタケ¹¹⁾、エノキタケ等¹²⁾ は育種上優良遺伝子を持った菌株をもとに群内交配による効率的な育種が行われている。今後マイタケの育種についても、優良形質を持った菌株の選抜により群内交配の有効性が高まっていくものと思われる。

3.2 袋栽培による栽培特性

試験2の基本培地およびカラマツ混合培地の平均収量の範囲はそれぞれ 375～698g/袋、227～702g/袋であった。同様に栽培日数は 56.6～66.5日、56.0～69.7日であった。

まず、瓶栽培と袋栽培の結果の関連性を調べるために、瓶栽培と袋栽培の収量および栽培日数について相関係数を算出した。収量は $r=0.89$ の強い相関関係が示され、栽培日数は $r=0.41$ であった。これらの結果から、特に収量については瓶栽培によるスクリーニング手法の結果がスケールアップした袋栽培の結果に十分反映されていることがうかがえる。今後、多数の交配菌株から袋栽培用菌株の選抜を行うにあたって、瓶栽培による栽培特性評価の有効性が示唆された。

次に3.1と同様に主成分分析を行い、各菌株の主成分得点を第3図に示した。第1主成分は3.1と同様であったが第2主成分は異なり、カラマツ混合培地における収量が多ければ負の方向、基本培地における収量が多ければ正の方向として示された。第3図からカラマツ混合培地における収量が最も優れている菌株は Gf 433 であることが明確に示された。一方、基本培地における収量が最も多かった Gf 839 は



第3図 試験2における各菌株の主成分得点
Fig. 3. Principal component score of each strain in screening test 2.

図の右上にプロットされており、基本培地における収量が最も優れた菌株として位置づけられた。

以上の結果から、当初の育種目標であったカラマツの利用に適した交配菌株 Gf 433 を選抜し、試験3のカラマツおが粉の混合比試験に供することとした。

3.3 カラマツおが粉の混合比による菌株間差

試験1, 2により選抜した Gf 433（第4図）と市販菌株 M51（第5図）、M52（第6図）の試験3の収量の指数、栽培日数および生産効率の結果を第2表に示した。

まず、収量の指数をみると、カラマツ 40% 置換区において市販菌株 M52 では 0.76、M51 では 0.52 まで顕著に低下した。それに対し、Gf 433 ではカラマツを 40% 置換しても顕著な減少は見られなかった。

次に収量を栽培日数で除した生産効率に関して、それぞれの品種とカラマツの置換率を主因子とした2元配置分散分析を行った結果、品種とカラマツの置換率には 5% の危険率で交互作用が検出されなかった。一方、品種ごとに各試験区を主因子とした1元配置分散分析を行った結果、有意差が検出された。そこで、Tukey法により 5% の危険率で菌株ごとに試験区間の差の検定を行った。その結果、M52では対照区、20% 置換区、Gf 433 の対照区から 30% 置換区までが他の試験区に比べ生産効率が有意に高い試験区として分類された。

さらに栽培日数に関しては、M52 のカラマツ 40% 置換区は M52 の 0～30% カラマツ置換区に比べ、やや短い傾向にあるが、Gf 433 のカラマツ 40% 置換区は 0～30% 置換区に比べ、有意に遅延していること



第4図 カラマツ30%置換区から発生した交配系統Gf 433の子実体
Fig. 4. Fruit body of hybrid 433 on the substrate with larch substituted for 30% of birch.



第5図 カラマツ30%置換区から発生したM51の子実体
Fig. 5. Fruit body of M51 on the substrate with larch substituted for 30% of birch.



第6図 カラマツ30%置換区から発生したM52の子実体
Fig. 6. Fruit body of M52 on the substrate with larch substituted for 30% of birch.

第2表 交配菌株433および市販菌株の栽培試験3における結果
Table 2. Results for hybrid 433 and commercial strains in test 3.

菌株 Strain	カラマツの混合比率 (%) Substitution ratio of larch	収量の指数 ¹⁾ Yield index ¹⁾	栽培日数 ²⁾ Harvesting period (days) ²⁾	生産効率 ^{2,3)} Production efficiency ^{2,3)}	品質 Quality
M52	0	1.00	68.0±2.41 a)	10.0±0.41 a)	2.2
	20	0.94	65.8±1.24 a)	9.6±0.18 ab)	2.0
	30	0.85	66.0±1.10 a)	8.7±0.30 bc)	1.8
	40	0.76	62.6±0.56 a)	8.2±0.17 c)	1.6
M51	0	1.00	61.0±1.05 a)	6.5±0.69 a)	2.0
	20	0.73	60.3±0.25 a)	4.7±0.28 a)	1.5
	30	0.72	63.0±1.20 a)	4.5±0.62 a)	1.6
	40	0.52	61.3±0.33 a)	3.3±0.99 a)	1.3
Gf 433	0	1.00	65.1±1.29 b)	9.9±0.23 a)	2.6
	20	1.01	65.1±1.04 b)	10.0±0.29 a)	2.6
	30	1.08	69.0±2.50 b)	10.1±0.34 a)	2.6
	40	1.01	75.4±1.37 a)	8.6±0.28 b)	2.6

注) 1) 1.00=基本培地における収量, 2) 平均値±標準誤差, 3) 袋当たりの1日の収量 (g/袋・日)
Tukey法を用いて各試験における生産効率の試験区間の差を危険率5%で検定し, 異なるアルファベットは有意な差を示す。
Note 1) 1.0=yield for each basal substrate, 2) Mean ± standard error, 3) Yield of fruit body/harvesting period
Different letters to the right of the average represent significant differences by Tukey's test at the 5% level.

から, M52とGf 433は明らかにカラマツに対する挙動が異なる。

品質についても収量と同様にカラマツの置換率を高めるにしたがい市販菌株では低下したのに対し, Gf 433は対照区とカラマツ置換区では変化はなく, 高い数値を維持した。さらに第4~6図に示したように市販菌株ではカラマツの置換にともないやや柄が徒長し開傘し難い傾向が見られた。

カラマツにはタキシホリン等のフェノール成分が多く含まれており^{13,14)}, これらがきのこの菌糸生長を阻害することが報告されている¹⁵⁾。さらにスギではシイタケ等の食用菌に対するフェノール成分の阻

害効果が明らかにされている¹⁶⁾。マイタケは培地中のフェノール成分の影響により菌床の変色が起こり子実体が形成しにくくなることが報告されており¹⁷⁾, これが本研究における市販菌株の収量や品質低下の要因のひとつと考えられる。

特にカラマツの比率が高い40%置換区では, M52は阻害成分の存在により十分な栄養分の分解吸収が進まない状態で品質が低下した子実体を形成するのに対し, Gf 433は栽培日数が長くなったが, 栄養分を十分に分解吸収し, 正常な形態の子実体を形成したのではないかと推察される。すなわち, Gf 433は生殖生長において阻害成分に対する感受性が低い特

性を持っている可能性がある。

これらの結果から、選抜した交配菌株 Gf 433 は北海道内の主要な造林木であるカラマツおが粉を培地に混合し、利用できる可能性が示された。

なお、Gf 433 は種苗法による品種登録申請中である。

4. まとめ

ダケカンバおが粉にカラマツおが粉を混合した培地を用い、カラマツおが粉を利用できるマイタケ交配菌株のスクリーニングを行った。主成分分析によりカラマツ混合培地における栽培特性の優れた品種を選抜した。選抜された交配菌株 Gf 433 は置換率 30% のカラマツ混合培地において生産効率や品質が基本培地と同等となることが示された。マイタケ菌床栽培における針葉樹の利用に関しては、スギの混合条件が一部検討されているにすぎないが³⁾ 北海道の主要な造林木であるカラマツを利用できることが明らかとなり、きのこ産業だけではなく、中小径材等の有効利用の観点から林産業における意義は大きいと考える。今後はトドマツやエゾマツといったカラマツ以外の主要な針葉樹についてもその利用適性を検討する必要があると考える。

文 献

- 1) 北海道：“平成16年北海道特用林産統計”，2005, pp.2-4.
- 2) 木村榮一：“図説基礎からのエリンギ栽培”，農村文化社，東京，1999, pp.69-70.
- 3) 橋本浩一：“2000年版きのこ年鑑”，農村文化社きのこ年鑑編集部，東京，2000, pp.183-193.
- 4) 佐藤吉朗，大沢真澄，鈴木良幸，及川昭蔵：日本菌学会報 **25**，205-209(1984).

- 5) 原田陽，宜寿次盛生，米山彰造，関一人，津田真由美，青山政和：木材学会誌 **46**(5)，488-492(2000).
- 6) 増野和彦，馬場崎勝彦：日本応用きのこ学会第9回大会講演要旨集，広島，2005, p.42.
- 7) 衣川堅二郎：“きのこの遺伝と育種”，築地物館，東京，1990, pp.129-156.
- 8) 菅原冬樹：“2000年版きのこ年鑑”，農村文化社きのこ年鑑編集部，東京，2000, pp.106-109.
- 9) 菅原冬樹，阿部実，富樫均：秋田県林業技術センター研究報告 7号，74(2000).
- 10) 富樫巖，宜寿次盛生，原田陽，伊藤清：日本木材学会北海道支部講演集 第28号，札幌，1996, pp.67-68.
- 11) 長谷部公三郎：菌蕈研究所研究報告 29号，1-69(1991).
- 12) 本間広之，阿部一好，篠田茂，岸本隆昭：新潟県森林研究所研究報告 42号，53-59(2000).
- 13) 竹原太賀司，笹谷宜志：北海道大学農学部演習林報告 **36**，681-693(1979).
- 14) 笹谷宜志，竹原太賀司，三木啓司，榊原彰：北海道大学農学部演習林報告 **37**，837-860(1980).
- 15) P.Rudman: *Horzforschung* **17**，54-57(1963).
- 16) 中島健，善本知孝：木材学会誌 **26**(10)，698-702(1980).
- 17) 川島祐介：“2004年版きのこ年鑑”，(株)特産情報 きのこ年鑑編集部，東京，2004, pp.156-160.

—きのこ部 生産技術科—
—*1：企画指導部 主任普及指導員—
(原稿受理：06.8.2)