

蒸気注入型攪拌装置を用いたアラゲキクラゲ栽培技術の開発

鹿児島高専 ○ 徳田裕二郎 池田匠児 山田真義 山内正仁 鹿児島大 八木史郎
(株) 奄美大島開運酒造 杉本直 渡慶彦 北九州高専 黒田恭平 長岡技科大 山口隆司

1. はじめに

鹿児島県の南西部に位置する奄美群島では黒糖焼酎が生産されており、その過程で年間 9,200 トンの黒糖焼酎粕が発生している。黒糖焼酎粕は他の焼酎粕と比較してカリウム含有量が格段に多い特徴を有する。また、黒糖焼酎の原料の黒糖は安価な奄美群島以外の地域で製造加工されたものが使用されており、製造過程で発生する黒糖焼酎粕の 9 割は直接土壌還元または堆肥化处理され、主にサトウキビ栽培に利用されている。しかしながら、土壌中の高カリウム化は、将来、サトウキビの茎の蔗糖合成能力を著しく低下させる障害を引き起し、基幹産業を揺るがしかねない状況を生み出す可能性がある。一方、サトウキビの収穫、搾汁後に生じるバガスは粗糖を造るためのボイラーの熱源として燃焼させているのが主であり、その他の有効利用法は十分に検討されていない。今後サトウキビの生産を維持しつつ地域経済を活性化するためにはサトウキビからの分蜜糖生産に加えてさらなる高付加価値品の生産、新産業の創出などサトウキビを中心とした農業の新展開も必要である。

このような背景から、本研究室ではこれらの地域バイオマスの物性・化学性を調査し、きのこ培地材料として利用することを考えた。これまでに本材料を用いたきのこ培地からアラゲキクラゲを栽培する技術開発を試み、培地材料の最適配合割合を明らかにした¹⁾。

しかし発酵バガスを培地材料に用いた場合、バガスの吸水性が悪いため、かさ密度も小さく、従来の自動培地袋詰め装置では培地を充填できず、量産化へ課題が残った。

本研究では、課題を解決する手法として、培地調製時に、乾き飽和蒸気を吹き込む培地攪拌装置を開発し、従来の自動袋詰め装置を利用した発酵バガス・黒糖焼酎粕培地の充填を試みた。また、本攪拌装置を利用することによる培地材料の物性変化が菌糸生長や子実体収穫量（収量）へ与える影響を検討した。

2. 試験方法

2.1 乾き蒸気攪拌装置の最適稼働時間の検討

写真-1 に乾き蒸気攪拌装置を示す。本装置は蒸気ボイラーで蒸気を調製後、蒸気セパレーターを利用してミスト（霧）分を除去し、0.12MPa の圧力で攪拌機のシャフト部分から乾き蒸気を噴出させ培地材料を攪拌するものである。本試験では発酵バガス（長さ；2-30mm）、黒糖焼酎粕および貝化石をそれぞれ 8.5kg、1.0kg、および 0.5kg（何れも乾物重量）投入し、45 分間、培地を攪拌後、乾き蒸気を注入した¹⁾。注入時間は、1 分、3 分、5 分、7 分、10 分、15 分、および 20 分間とし、蒸気注入後の培地を採取し、直径 50mm、高さ 100mm の円柱型の容器に培地を詰め、その重量を測定した。また、培地水分率(%)を測定し、本装置の最適稼働時間を検討した。同時に攪拌装置内の培地温度を測定した。



写真-1 乾き蒸気攪拌装置

2.2 アラゲキクラゲ栽培試験

表-1 に培地配合条件を示す。本試験では発酵バガス・黒糖焼酎粕培地（試験区 3～試験区 5）については発酵バガス 85%、黒糖焼酎粕 10%（何れも乾物重量%）とした¹⁾。また対照区については広葉樹おが屑と米糠を利用した試験区（試験区 1、試験区 2）を準備した。アラゲキクラゲの菌床栽培では培地水分率を 64-65% 程度に調整されたものが利用されている。しかし、本試験では栄養材として黒糖焼酎粕原液（水分率 94.5%）を利用しているため、乾き蒸気注入前に培地の水分率が 64-65% 程度となる。このため、蒸気注入後の水分率は 68% 程度になることから、培地水分率が菌周り、積算収量に与える影響を調査するために試験区 2、試験区 4 を準備した。培地の袋詰め完了後、121℃ で 1 時間高圧滅菌処理を行い、供試菌（アラゲキクラゲ 89 号（森産業（株））を無菌室内で約 15g 各試験区 3 菌床ずつ接種した。接種した菌床は温度 22±2℃、湿度 75±5% の培養室で 70 日間培養し、培養室は作業時のみ蛍光灯を点灯した。培養中は菌糸の生育状況を調査した。培養期間終了後、温度 24±1℃、湿度 90% 以上の発生室に菌床を移し、栽培袋の上から刃物で長さ 5cm の切れ込みを 4 カ所入れ、子実体形成を促した。なお、発生室内では毎日 9 時間蛍光灯を点灯し、90 日間収穫を行った。収穫は茶碗状の原基が扁平な皿形に変化したところで行った。収穫後、子実体の生重量を測定し、温風乾燥機（50～60℃）で乾燥させたものを一般成分、食物繊維および無機成分の分析に供した。また、培地重量が異なるため、培地 10g あたりの収量を算出した。

3. 試験結果と考察

3.1 蒸気攪拌装置の最適稼働時間の検討

図-1 に乾き蒸気注入時間と培地内温度および培地水分率の関係を示す。培地内温度は乾き蒸気注入後に急激に高くなり、注入 5 分後には 100℃ 近くに達した。一方、培地水分率は乾き蒸気を注入することで徐々に増加し、3 分後に 66.9%、5 分後に

表-1 培地配合条件

培	試験区	培地組成（乾物重量%）				袋詰め量 (g)	水分率 (%)	
		培地基材		培地栄養材				その他
		広葉樹おが屑	発酵バガス	米糠	黒糖焼酎粕			
1	広葉樹おが屑・米糠培地	85		10		800, 1, 000	65. 1	
2						800, 1, 000	68. 2	
3	発酵バガス・黒糖焼酎粕 培地（蒸気無し）	85		10	5	800	65. 3	
4						800	68. 6	
5	発酵バガス・黒糖焼酎粕 培地（蒸気有り）	85		10		800, 1, 000	68. 3	

は 68.0% となった。それ以降は大きな変化は認められなかった。図-2 に蒸気注入時間と培地詰め量の関係を示す。蒸気注入による培地詰め量は 5 分後 (水分率 68% 程度) で 125.0g となり、蒸気注入前と比較して 23% 程度増加した。この量は蒸気注入無しにおける水分率 68% の詰め量 114.5g より多く、培地材料に蒸気を注入することでバガス繊維の吸収性が改善され、保水力が高まったことが示唆された。また、本装置における最適蒸気注入時間は培地詰め量、培地水分率の経時変化が小さくなる 5 分間が最適と判断した。

3.2 アラゲキクラゲ栽培試験

図-3 に各試験区の培養日数と菌周りの関係を示す。全体的に対照区で菌周りがはやく、培養 30 日目には菌周りは完了した。一方、発酵バガス・黒糖焼酎粕培地は菌周りが遅く、培地を菌糸が覆うまでに 50 日間を要した。これは、黒糖焼酎粕には菌糸の伸長を抑制する脂肪酸エステル類が含まれていることが影響していると考えられる。また、発酵バガスは体積が嵩む特性により菌床高さが広葉樹おが屑を利用した試験区と比較して高く、培地表面積が大きいことが影響していると考えられる。つぎに培地水分率による菌糸の伸長状況を比較すると、水分率 68% の試験区では 65% 試験区と比較して菌糸伸長はやや遅い傾向にあったが、顕著な差は認められなかった。表-2 に各試験区における累積収量を示す。発酵バガスを利用した試験区 3、試験区 5 では対照区 (試験区 1、2) と比較して収量が 15~30% 程度増加した。アラゲキクラゲ栽培では、培地重量が増加すると積算収量も増加することが報告されている²⁾。本試験においても同様な結果が得られた。特に試験区 5 では菌床重量を増加させても培地 10g あたりの収量はほぼ一定であり、効率良く子実体を収穫できた。これは乾き蒸気を培地に注入したことで発酵バガスの物性が変化し、繊維成分を菌糸が資化し易くなったためと推察される。また本試験では培地水分率が子実体収量に与える影響についても検討した。対照区ではその影響は認められなかったが、発酵バガスを利用した試験区において、蒸気処理無しの試験区 3、試験区 4 では収量に大きな差が生じた。これは、バガス繊維の吸水性が悪く、培地の隙間に残存する水分が菌糸の呼吸を妨げたためと考えられる。一方、蒸気処理有りの試験区 5 では培地水分率が 68% と高い状態においても収量への影響はなかった。また、本培地を従来の自動袋詰め装置で充填を試みた。発酵バガスの吸水性が改善されたことにより問題なく培地を充填できることがわかった。表-3 に一般成分、食物繊維および無機成分の分析結果を示す。アラゲキクラゲは他の食用きのこ異なり、炭水化物量が多く、食物繊維を多く含んでいることがわかった。無機成分では対照区 (試験区 1) と比較して黒糖焼酎粕を利用した試験区ではカリウム含有量が増加する傾向にあった。これは、黒糖焼酎粕を利用した試験区では培地中のカリウム含有量が対照区と比較して 1.7~2.0 倍多く、子実体に過剰に吸収されたと考えられる。

4. おわりに

本研究ではまず乾き蒸気攪拌装置を開発し、本装置における最適蒸気注入時間を検討した。その結果、培地詰め量、培地水分率の経時変化から判断して蒸気注入時間は 5 分間とした。また培地に蒸気を注入することで、発酵バガスの物性が変化し、培地袋詰め量が 20~25% 程度増加した。さらに従来の自動袋詰め装置での培地充填が可能となった。つぎに本培地を用いてアラゲキクラゲ栽培試験を実施した。発酵バガス・黒糖焼酎粕培地に乾き蒸気を注入した培地でアラゲキクラゲを栽培すると 800g 菌床で 506.1±10.2g、1,000g 菌床で 625.0±33.9g の収量を得ることができた。また菌床重量を増加させても培地 10g あたりの収量はほぼ一定であり、対照区と比較して効率良く子実体を収穫できることがわかった。以上のような結果を受け、今後は量産化試験を実施する予定である。

参考文献: 1) 山内ら: 発酵バガス・黒糖焼酎粕培地を用いたアラゲキクラゲ栽培技術の開発, 土木学会論文集 G (環境), 71 (7), III_229-237, 2015. 2) 関谷敦: アラゲキクラゲ袋栽培, 九州森林研究第 65 号別刷, pp. 111-114, 2012.

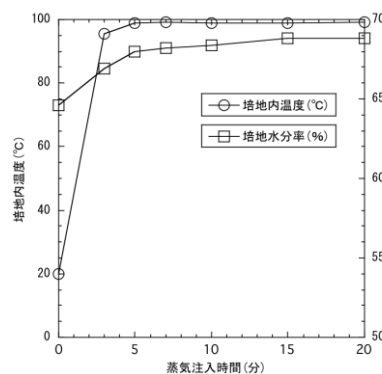


図-1 蒸気注入時間と培地内温度および培地水分率の関係

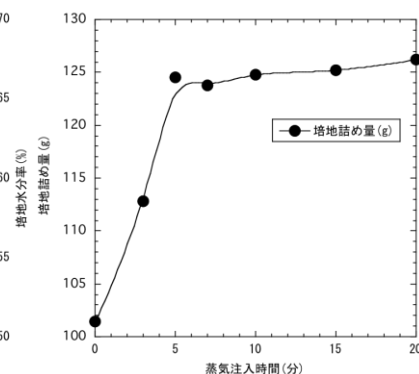


図-2 蒸気注入時間と培地詰め量の関係

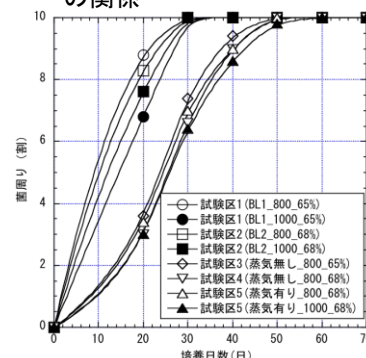


図-3 培養日数と菌周りの関係

表-2 各試験区の累積収量と培地 10g あたりの収量

試験区	収量 (生)		培地 10g あたりの収量	
	(平均値±標準偏差)		(平均値±標準偏差)	
	800g 菌床 (g/袋)	1,000g 菌床 (g/袋)	800g 菌床 (g)	1,000g 菌床 (g)
1 広葉樹おが屑・米糠培地	438.6±27.2	472.6±16.7	5.5±0.3	4.7±0.2
2 発酵バガス・黒糖焼酎粕培地 (蒸気無し)	442.4±20.1	481.0±25.4	5.6±0.2	4.8±0.3
3 発酵バガス・黒糖焼酎粕培地 (蒸気無し)	516.4±39.7	-	6.5±0.5	-
4 発酵バガス・黒糖焼酎粕培地 (蒸気有)	446.5±30.5	-	5.6±0.3	-
5 発酵バガス・黒糖焼酎粕培地 (蒸気有)	506.1±10.2	625.0±33.9	6.3±0.1	6.2±0.3

表-3 一般成分、食物繊維および無機成分分析結果

試験区	n=3					n=3				
	蛋白質	脂質	炭水化物	灰分	食物繊維	Na	P	K	Ca	Mg
	(g/100g 乾物)					(mg/100g 乾物)				
1 広葉樹おが屑・米糠培地	8.8	0.6	87.6	3.0	80.5	21	248	1,119	54	149
3 発酵バガス・黒糖焼酎粕培地 (蒸気無し)	9.5	0.5	86.8	3.2	81.8	53	233	1,225	60	125
5 発酵バガス・黒糖焼酎粕培地 (蒸気有)	10.4	0.7	85.6	3.3	80.9	49	271	1,327	38	120