

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2006～2008
課題番号：18560539
研究課題名（和文） 食品産業廃棄物（焼酎蒸留粕）のきのこ菌床利用による多用途再生技術の開発
研究課題名（英文） Development of multipurpose reproduction technology of dried <i>shochu</i> lees mainly based on mushroom production
研究代表者 山内 正仁（YAMAUCHI MASAHIITO） （独）国立高等専門学校機構鹿児島工業高等専門学校・土木工学科・准教授 研究者番号：40239843

研究成果の概要：本研究では、焼酎粕乾燥固形物から高付加価値きのこを生産可能な培地を開発し、食品循環資源の再生利用を段階的に考えた、焼酎粕の環境保全型・資源循環型の新規システムを開発することを最終目的に1) 高付加価値きのこを安定生産可能な栽培条件の確立、2) 廃培地の家畜飼料としての利用可能性、3) 廃培地の土壌還元特性、および4) 経済性を検討した。本研究を通して、循環システムを構築する上での基礎データを収集できた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	540,000	3,940,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：甘藷焼酎粕乾燥固形物、食用きのこ、資源循環

1. 研究開始当初の背景

現在の焼酎粕の陸上処理法の主流は焼酎粕を固液分離装置で固形画分、液画分に分離し、固形画分については、乾燥させた後、肥料、飼料として有効利用している。一方、液画分については、生物処理、濃縮操作を施し、メタンやアルコールを回収し、これらを固形画分の乾燥の熱源として利用している。しかし、上述の処理システムにより、固形画分を肥料・飼料として有効利用するだけでは用途が少なく、固形画分の受け入れ先が閉ざされた状況にある。したがって、焼酎粕（固形画分）の新規の用途を開発することが急務であ

る。焼酎粕は農作物由来の副産物であり、栄養価、安全性の高い食品産業廃棄物である。このことから、焼酎粕を直接、肥料、飼料として有効利用するよりも、焼酎粕を原料に付加価値のある食品を開発することが最も高度な有効利用法と考えられる。この方針のもと、焼酎粕にはアミノ酸類、ミネラル、食物繊維、ビタミン等の成分が多く含まれていること、これらと同様な成分が食用きのこに多く含まれていることに着目し、焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地の栄養材として用いた培地を作製し、きのこを発生させることに成功した。

2. 研究の目的

本研究では、焼酎粕乾燥固形物から高付加価値きのこを安定生産可能な栽培条件を確立すると同時に、食品循環資源の再生利用を段階的に考えた、焼酎粕の環境保全型・資源循環型の新規システムを開発することを最終目的に研究を進める。図1に焼酎粕の環境保全型・資源循環型の新規システムを示す。固液分離後の焼酎粕（固形画分）はメタンガスやアルコールを燃焼させることで得られる熱源等で乾燥され、いずれも粉末の固形物となる。その固形物をまず、きのこ培地（菌床）に利用し、有価物（きのこ）を得る。また、その過程で発生する廃菌床は家畜の飼料や敷料として活用後、肥料化（堆肥化）する。この肥料を甘藷や麦の栽培に利用し、焼酎を製造する。その製造過程で生じた焼酎粕が再び、きのこ培地として生まれ変わる。このような資源循環システムを構築し、食品廃棄物の再生を図る。

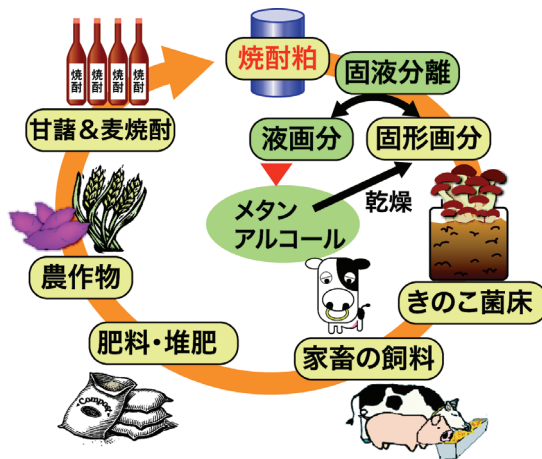


図1 焼酎粕の資源循環システム

3. 研究の方法

(1) 高付加価値きのこを安定生産可能な栽培条件の確立

焼酎粕乾燥固形物（栄養材）と針葉樹おが屑、広葉樹おが屑（培地基材）の配合比を変化させた培地で、栽培試験を行い、発生量（収量）、栽培日数（発生経過）成分分析（タンパク質、脂質、灰分、炭水化物、食物繊維、アミノ酸、糖分、無機成分）等の結果から、焼酎粕乾燥固形物（甘藷）を用いた高付加価値きのこを収量性の高い状態で安定生産可能な最適栽培条件を確立する。

(2) 焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地に使用することによる焼酎粕消費量と慣行培地との経済評価

最適配合条件からビン当たりの焼酎粕乾燥固形物の使用量を明らかにし、従来の米糠などを用いた慣行培地との培地資材経費を比較し、焼酎粕培地によるきのこ類の低コスト生産が可能か経済比較を行う。

(3) 廃培地の安全性試験

焼酎粕廃菌床の作物への利用が直接可能であるか、コマツナ種子を用いた発芽試験を行い、廃菌床中の生育阻害物質の有無を明らかにする。

(4) 焼酎粕廃培地を用いた作物栽培試験

焼酎粕廃培地と慣行培地を粉碎し、土壤に混合してコマツナの栽培試験を行い、その肥料効果について検討する。

(5) 廃培地の家畜飼料への利用可能性調査

廃培地中の粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、ADF、NDF、ミネラル等の成分分析を行い、廃培地の家畜飼料への利用可能性を探る。

4. 研究成果

(1) 高付加価値きのこを安定生産可能な栽培条件の確立

①甘藷焼酎粕乾燥固形物はエリンギ栽培において効果的な栄養材であると結論した。また、その最適添加率は、収量性、子実体の品質から判断して、60%であった。

②焼酎粕培地における最適水分率、培地詰め量は菌まわり日数、総栽培日数、収量性から総合的に判断して水分率65%、培地詰め量570gであると判断した。

③焼酎粕培地（焼酎粕添加率60%）における子実体の収量は基本培地（BL）の約1.6倍であった。また、栽培日数も5日程度短縮できることがわかった。（図2参照）



焼酎粕培地（添加率60%） 基本培地

図2 収穫後の子実体

④エリンギ栽培における主要技術指標に本試験で得られた結果を照合すると、焼酎粕添加率40%以上で条件（一作60日、1ビンあたりの収量90~130g）をクリアすることがわかった。

⑤最適栽培条件（焼酎粕添加率60%、水分率65%、培地詰め量570g）の焼酎粕培地で栽培したエリンギは基本培地で栽培したものと比べ旨味、甘味が強く、歯ごたえのある特徴を持つことが子実体の成分分析、官能評価及び電子顕微鏡の写真より明らかになった。

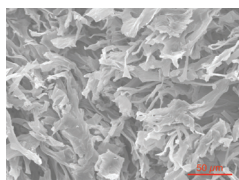
（表1、図3参照）

以上の結果から、甘藷焼酎粕乾燥固形物をきのこ栽培における栄養材として利用すると、高付加価値きのこを収量性の高い状態で

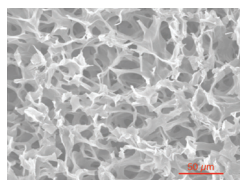
表1 焼酎粕培地で栽培したエリンギの官能評価
(1.0;非常に弱い~5.0;非常に強い)

臭気	旨味	甘味	苦味	歯ごたえ
1.9±0.3	3.3±0.2	3.5±0.2	2.8±0.2	4.0±0.4

3.0=基本培地で栽培したエリンギの点数



焼酎粕エリンギ



基本培地で栽培したエリンギ

図3 エリンギの柄の中心部分のSEM写真(500倍)

生産できることがわかった。

(2) 焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地に使用することによる焼酎粕消費量と慣行培地との経済評価

甘藷焼酎粕乾燥固形物をきのこ培地の栄養材として利用すると、慣行培地よりも材料費を最大で40%程度削減できることが示唆された。また、中規模の焼酎工場から排出される甘藷焼酎粕の固形画分を中規模のきのこ生産工場ですべて消費することができると考えられた。(表2参照)

表2 エリンギ栽培における材料費 (ビン1万本)

培地	栄養材費		培地基材費		その他		計
	米糠 ¹⁾	フスマ ²⁾	甘藷焼酎粕乾燥固形物 ³⁾	針葉樹おが屑 ⁴⁾	コーンコブミール ⁵⁾	貝化石 ⁶⁾	
焼酎粕培地			6,725~26,898	35,219		2,873	44,817~64,990
慣行培地	15,850	14,175		31,581	18,000		79,606

*培地基材kg単価: 1) 31.7円/kg, 2) 31.5円/kg, 3) 5~20円/kg, 4) 15.3円/kg (4,500円/m³), 5) 40円/kg, 6) 36円/kg
 **米糠, フスマ, コーンコブミール, 甘藷焼酎粕乾燥固形物の水分率を11.0%とする。
 ***針葉樹おが屑の水分率を68.8%とする。
 ****焼酎粕培地の培地詰め量570g, 水分率65%, 慣行培地の培地詰め量540g, 含水率65%で算出した。

(3) 廃培地の安全性試験

焼酎粕廃培地を直接土壌に還元することが可能であるか、また、焼酎粕廃培地が焼酎粕原液、焼酎粕乾燥固形物と比較して作物に対して効果的であるかを調査するためにコマツナの発芽試験及び栽培試験を実施した。その結果、直接、土壌に焼酎粕原液や焼酎粕乾燥固形物を混和し、作物を栽培した場合、特に焼酎粕原液ではエタノールや酪酸、カプロン酸等の有機酸類の影響で作物の生長が阻害されるため、焼酎粕原液はこれらの物質が土壌微生物により分解されるまでは作物栽培へ利用することは難しいと考えられた。しかし、焼酎粕廃培地の場合、これらの物質が全て菌糸の生長及び子実体形成に利用されるため、作物への影響は無く、土壌混合後、直ぐに作物栽培に利用できることが明らかになった。(表3, 表4, 表5参照)

表4 発芽率、葉・根・細根の状態観察結果

試料番号	試料名	発芽率 (%)	根の長さ (mm)	発芽評価 (点)	外観評価 (点)	総合評価 (点)
①	廃菌床 (焼酎粕)	103.7	28.6±2.2	5	3.8	8.8
②	廃菌床 (BL)	102.9	29.3±2.7	5	4.0	9.0
③	甘藷焼酎粕乾燥固形物	93.4	2.1±0.6	4	2.9	6.9
④	焼酎粕原液	93.9	0.7±0.1	4	2.8	6.8
—	対照区 (蒸留水)	—	20.4±1.3	—	—	—

表5 発芽率、葉・根・細根の状態観察結果 (pH5.6)

試料番号	試料名	発芽率 (%)	根の長さ (mm)	発芽評価 (点)	外観評価 (点)	総合評価 (点)
③	甘藷焼酎粕乾燥固形物	99.3	12.0±3.6	4	4.0	8.0
④	焼酎粕原液	85.0	1.1±0.1	4	2.7	6.7
—	対照区 (蒸留水)	—	21.9±1.9	—	—	—

表6 各試験区に含まれる有機酸(VFA)及びエタノールの定量結果

試料番号	試料名	Acetate	Propionate	n-Butyrate	Caproic acid	Ethanol
①	廃菌床 (焼酎粕)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
②	廃菌床 (BL)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
③	甘藷焼酎粕乾燥固形物	760.8	N. D.	49.1	N. D.	N. D.
④	甘藷焼酎粕原液	4667	403	325	884	2000

注) ①~③: (mg/100g乾物), ④: (mg/L)

(4) 焼酎粕廃培地を用いた作物の栽培試験

焼酎粕廃培地と慣行廃培地を粉碎し、土壌に混合してコマツナを栽培し、生育等を調査した。試験区は化学肥料でN、P、Kそれぞれ150mg/pot 施用した化学肥料区を対照とし、焼酎粕廃培地でNの施用量を合わせた焼酎区、その施用量を2倍・4倍とした焼酎2倍区・焼酎4倍区、フスマ等を添加した慣行廃培地でNの施用量を合わせたフスマ区、その施用量を2倍としたフスマ2倍区を設けた。

コマツナ地上部の生育は化学肥料区で最もよく、次いで焼酎4倍区>焼酎2倍区>焼酎区>フスマ区>フスマ2倍区の順となった。フスマ2倍区では発芽の遅れがみられ、収穫期には下位葉の葉色がやや薄くなり窒素不足の症状がみられた。焼酎粕廃培地は、窒素施用量で4倍程度増施すれば化学肥料と同等の生育を示した。

焼酎粕廃培地は、慣行廃培地に比べて農地還元する場合に肥料効果が高く、問題が少ないことが明らかになった。

(5) 廃培地の家畜飼料への利用可能性調査

廃培地の成分分析を行い、家畜飼料としての利用可能性を探った。その結果、廃培地は、粗蛋白質が乾物中16%と高く、フスマと同程度の数値を示した。また、繊維成分である粗繊維、ADF および NDF が高く、粗飼料的な特性を含んでいることが明らかとなった。ADF は消化性と、NDF は乾物摂取量と負の相関があることが知られており、このことから、廃培地自体の消化性や採食性は低いと推察された。しかし、カリウムについては、乾物中1.2%程度と粗飼料や大豆粕、フスマ、焼酎粕より低く、低カリウム飼料として利用できる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

①Masahito Yamauchi、Sumio Masuda、(7 人中①番目)；The Utilization of Industrial Food Waste (Sweet Potato *Shochu* Lees) for Sawdust Cultivation of *Pleurotus Eryngii*、Proceedings of the Twenty-second International Conference on Solid Waste Technology and Management、pp. 645-651、2007。(査読あり)

②Masahito Yamauchi、Masayoshi Yamada、Sumio Masuda、(6 人中①番目)；The Utilization of Sweet Potato *Shochu* Lees for Sawdust Cultivation of *Pleurotus Eryngii*、ISWA world environment congress and exhibition、CD-ROM、2007。(査読あり)

③山内正仁、木原正人、増田純雄、山田真義、米山兼二郎、原田秀樹；焼酎粕に含まれる固形画分の高度有効利用に関する研究、鹿児島大学水産学部紀要特別号、pp.28-34、2007。(査読なし)

④山内正仁、今屋竜一、山田真義、増田純雄、木原正人、米山兼二郎、原田秀樹；甘藷焼酎蒸留粕を利用した高付加価値きのこ(エリンギ)の実用化に関する研究、土木学会環境工学研究論文集、pp.481-490、2007。(査読あり)

〔学会発表〕(計 8 件)

①山内正仁；焼酎蒸留粕乾燥固形物を用いた食用キノコ栽培技術の開発、平成 18 年度土木学会全国大会第 61 回年次学術講演会講演集、pp.331-332、平成 18 年 9 月 20 日、立命館大学(滋賀)

②Yamauchi, M.；Application of Industrial Food Waste (Sweet Potato *Shochu* Lees) to Mushroom Bed Culture of an Edible Mushroom (*Eringi*, *Pleurotus eryngii*)、Proceedings of the 7th International Symposium the 21st Century's COE Program "Global Renaissance by Green Energy Revolution"、p.172、平成 18 年 9 月 30 日、長岡技術科学大学(新潟)

③山内正仁；食品産業廃棄物(焼酎粕)を利用した高付加価値食品の開発、第 43 回環境工学フォーラム講演集、pp.16-18、平成 18 年 11 月 19 日、函館大学(北海道)

④山内正仁；焼酎粕菌床を用いた発芽試験、平成 18 年度土木学会西部支部発表会講演概要集、pp.905-906、平成 19 年 3 月 10 日、九州共立大学(福岡)

⑤山内正仁；コマツナ発芽試験による焼酎粕菌床の土壤還元評価、土木学会全国大会第 62 回学術講演会、CD-ROM、平成 19 年 9 月 12 日、広島大学(広島)

⑥ Yamauchi, M.；Property of edible mushrooms using sweet potato *shochu* lees、Proceedings of the 8th International

Symposium the 21st Century's COE Program "Global Renaissance by Green Energy Revolution"、p.129、平成 20 年 1 月 22 日、長岡技術科学大学(新潟)

⑦山内正仁；焼酎粕菌床の土壤還元特性、平成 19 年度土木学会西部支部発表会講演概要集、pp.937-938、平成 20 年 3 月 10 日、長崎大学(長崎)

⑧山内正仁；焼酎粕廃培地の作物栽培への利用に関する研究、土木学会全国大会第 63 回学術講演会、CD-ROM、平成 20 年 9 月 10 日、東北大学(宮城)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1 件)

①発明の名称；竹材を含むきのこ栽培用培地、出願番号；特願 2006-128260、出願人；独立行政法人国立高等専門学校機構、株式会社植村組、梅橋弘之、発明者；山内正仁、今屋竜一、梅橋弘之

○取得状況(計 1 件)

①発明の名称；竹材を含むヒラタケ栽培用培地、特許第 4284453 号、平成 21 年 4 月 3 日特許取得、国内

〔その他〕

①山内正仁、今屋竜一、増田純雄、山田真義、原田秀樹；第 43 回土木学会環境工学研究フォーラム環境技術・プロジェクト賞受賞、平成 18 年 11 月 19 日、土木学会

②山内正仁；第 61 回土木学会全国大会優秀講演者賞受賞、平成 18 年 12 月 20 日、土木学会

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山内 正仁 (YAMAUCHI MASAHIRO)

鹿児島工業高等専門学校・土木工学科・准教授

研究者番号：40239843

(2) 研究分担者

樗木 直也 (CHISHAKI NAOYA)

鹿児島大学・農学部・准教授

研究者番号：60244266

(3) 連携研究者

増田 純雄 (MASUDA SUMIO)

宮崎大学・工学部・教授

研究者番号：70117422