

- ・ 研究課題名 = 焼酎粕・デンプン粕の機能性食品化を起点とする経済・物質同時循環システムの構築
- ・ 研究番号 = K2018, K2175, K22046

・ 国庫補助金精算所要額 (円) =46,691,000 (複数年度の総計)

・ 研究期間 (西暦) =2008~2010

・ 代表研究者名=山内正仁 (鹿児島工業高等専門学校)

・ 共同研究者名=山田真義 (鹿児島工業高等専門学校)、八木史郎、樗木直也 (鹿児島大学)、増田純雄 (宮崎大学)

大六野洋、松野愛子、原田直人、小村洋美 (鹿児島県農業開発総合センター畜産試験場)
山口昭弘 (財団法人日本食品分析センター)

・ 研究目的:

甘藷残渣である焼酎粕、でん粉粕は経済的有用性および付加価値の高い利用法の開発が求められている。本研究ではこれらの食品残渣を用いたキノコ培地を作製し、そこに多量に含まれる有用物質を利用吸収した高機能性キノコの栽培技術を確立する。また、廃培地に含まれる菌糸代謝産物等を分析し、諸特性を明らかにする。さらに廃培地の飼料特性を把握し、発酵 TMR 化による飼料調製技術と家畜への給与技術を確立すると同時に、家畜排泄物についても堆肥化を行い、製造した堆肥の肥料効果を確認する。また、廃培地を家畜飼料に利用することによる飼料コスト削減効果等についても明らかにする。最後に廃培地の高温高速乳酸発酵飼料製造技術の実現に向けて焼酎粕を基質とした高温嫌気性発酵槽内から高温乳酸菌の分離・培養を試みる。以上の試験を実施することで、地域資源を最大限に活用した物質・経済合致循環モデルの構築を目指す。(図-1 参照)

・ 研究方法:

1) 焼酎粕・でん粉粕利用による高機能性キノコ栽培条件の確立と子実体 (キノコ)、培地の分析

最適配合条件で培地を作製し、子実体発生条件等の違いによるキノコ (ヤマブシタケ) の機能性成分に与える影響を検討する。また、他の食用キノコへの本培地の適用を検討する。

廃培地については一般分析の他、菌糸からの分泌酵素等の分析、機能性成分の探索を行う。また焼酎粕・でん粉粕特有の臭いがキノコ菌糸の伸長に伴い消失することについて、菌体内外の各種酸化還元酵素を定量し、消臭メカニズムを明らかにする。

2) 焼酎粕を基質とした高温嫌気性発酵槽内からの高温乳酸菌の分離・培養

昨年度高温嫌気性発酵槽内から分離した高温乳酸菌を、DNA 解析等分子生物学的手法を用いて同定を行う。その同定した菌を用いて高速飼料化技術を確立するために培養を行う。また、焼酎粕原液および焼酎粕貯留タンクから高温乳酸菌の分離を行う。

3) 廃培地の家畜飼料としての有効利用化技術の検討

廃培地の飼料特性を成分分析により把握し、廃培地と配合飼料及び粗飼料を混合した発酵 TMR 飼料を作製後、その発酵品質及び飼料成分組成を調査する。また、作製した発酵 TMR 飼料及び TMR 飼料は乳用牛で消化試験を実施し、採食性と消化性を検討する。

4) 廃培地由来の家畜排泄物の堆肥化試験及び作物栽培試験

廃培地含有発酵 TMR 飼料を給与した家畜の排泄物を採集し、簡易堆肥化バックを用いて堆肥化を行い、品温・水分などをモニターするとともに、成分分析を行い良好な堆肥化が達成されたか否かを確認する。また、廃培地を直接土壌還元することが可能か調査するために、コマツナ種子を用いた発芽試験を実施する。

5) 従来型処理システムと本提案システムの経済評価

従来どおり焼酎粕を直接飼料・肥料として利用した場合及びでん粉粕をクエン酸原料等に利用した場合と機能

性食品（キノコ）生産後に飼料・肥料に再利用した場合とで、製品が生み出す経済効果を比較・評価する。

・結果と考察：

- 1) 焼酎粕・でん粉粕培地でヤマブシタケの栽培試験を実施し、甘藷由来の食品廃棄物からきのこを発生させ、培地材料費を従来の 1/3 程度に軽減することに成功した。また、最適培地配合条件及び本培地で栽培したきのこの成分特性を明らかにした。
- 2) 焼酎粕を培地栄養材として利用することでヤマブシタケの ACE 阻害活性、SOD 活性が従来品より高くなった。また、抗腫瘍性、抗炎症作用等の機能性が高まることが培養細胞を用いた試験で明らかになった。これらの関与成分の特定は今後の課題ではあるが、本研究で示されたきのこの機能性を強化する作用は、焼酎粕の有効利用を導く上で重要な知見の一つと考えられる。
- 3) 他の食用キノコへの本培地の適用を試み、ヒラタケについては良好な成果を得た。
- 4) 培地中の臭気がアセトイン、ジアセチル、酪酸を核とすることを明らかにし、これらの物質が菌周りで完了後以降、消臭されることを培地のクロマトグラムを比較し実証した。また子実体にアセトインデヒドロゲナーゼ、酪酸デヒドロゲナーゼが存在することを確認した。このことから悪臭の原因物質の一つであるアセトイン及び酪酸は菌体内酵素により代謝される。
- 5) 焼酎粕原液、焼酎粕を基質とした高温嫌気性反応器内からの高温乳酸菌を分離した。全ての分離菌はホモ乳酸発酵であった。乳酸異性体については、L-乳酸産生型が OSO, OKC, KW, KS1~3, D-乳酸型が OSF, DL-乳酸型が KL であった。
- 6) 焼酎粕・でん粉粕廃培地フレッシュ品及び10日間貯蔵品を鶏雛に与えた結果、鶏雛の一般状態に問題は無く、本廃培地の家畜飼料として安全性を確認できた。
- 7) 廃培地を家畜飼料として利用する場合、直接より乳酸発酵させた方が優れていた。
- 8) 廃培地を家畜飼料として利用し、その家畜排泄物を堆肥化して施用する方が直接廃培地を施用した場合と比べ作物の生育はよく、農地還元の方法として優れていた。

・結論：

焼酎粕・でん粉粕培地を用いて、5種類のキノコの栽培を試みた。その結果、本培地は栽培日数、収量性等から判断して、ヤマブシタケ、ヒラタケ栽培に適していることが明らかになった。また、焼酎粕、でん粉粕を培地材料に活用することで、きのこの種類により異なるが、各種機能性が向上することがわかった。廃培地については鶏雛を用いた安全性試験の結果から、飼料としての安全性が確認された。また廃培地を家畜飼料として利用する場合、直接給与より乳酸発酵させた廃培地を給与した方が嗜好性は高く、乾物摂取量が増加することがわかった。さらに家畜排泄物の堆肥化については問題なく、作物へ利用できることがわかった。また高付加価値キノコを生産、廃培地を家畜飼料として利用することによる飼料コストの削減等による経済面での効果も期待できる。以上ことから、焼酎粕、でん粉粕をキノコ培地に利用し、キノコ（食品）→飼料→家畜→堆肥（肥料）へと繋がる「キノコ生産を起点とした食品廃棄物の多段利用循環システム」の構築が可能と考えられる。

英語概要

・研究課題名：

「Establishment of a Simultaneous Economic and Material Circulation System Centering on the Use of the *Shochu* Lees and Starch Waste as Functional Food」

・研究代表者名及び所属

Masahito Yamauchi / Kagoshima National College of Technology

Masayoshi Yamada / Kagoshima National College of Technology

Fumio Yagi / Kagoshima University

Naoya Chishaki / Kagoshima University

Sumio Masuda / Miyazaki University

Hiroshi Dairokuno / Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development Livestock Experiment Station

Aiko Matsuno/ Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development Livestock Experiment Station
 Naoto Harada/ Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development Livestock Experiment Station
 Hiromi Komura/ Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development Livestock Experiment Station
 Akihiro Yamaguchi/ Japan Food Research Laboratories

・要旨 (200 語以内) : Abstract

This year cultivation of five kinds of mushroom was investigated, using a mixture of *shochu* lees and starch waste as a medium. It was apparent that the medium was good for cultivation of monkey head mushroom and oyster mushroom on the basis of cultivation period and yield.

Medium containing *shochu* lees and starch waste improved some food qualities of mushrooms. The waste medium was confirmed to be safe in feeding test of chicken. Compared with raw waste medium, the waste medium after lactate fermentation was better feedstuff, and familiar to the animal taste. Further feces when fed with the waste medium could be used as a fertilizer.

Economic effect was estimated by production of mushrooms with high commercial value and reduction of feed cost using mushroom waste medium as feedstuff. Taken together, it is practicable to construct a Simultaneous Economic and Material Circulation System Centering on the Use of the *Shochu* Lees and Starch Waste as Functional Food: linkage of steps of mushroom (food) production, change of the waste medium to feedstuff, animal feeding, and change of feces to fertilizer, started from utilization of *shochu* lees and starch waste as medium for mushroom cultivation.

・キーワード (5 語以内) : *shochu* lees, starch waste, *Hericium erinaceum*, recycling system , livestock feed

添付資料

研究目的

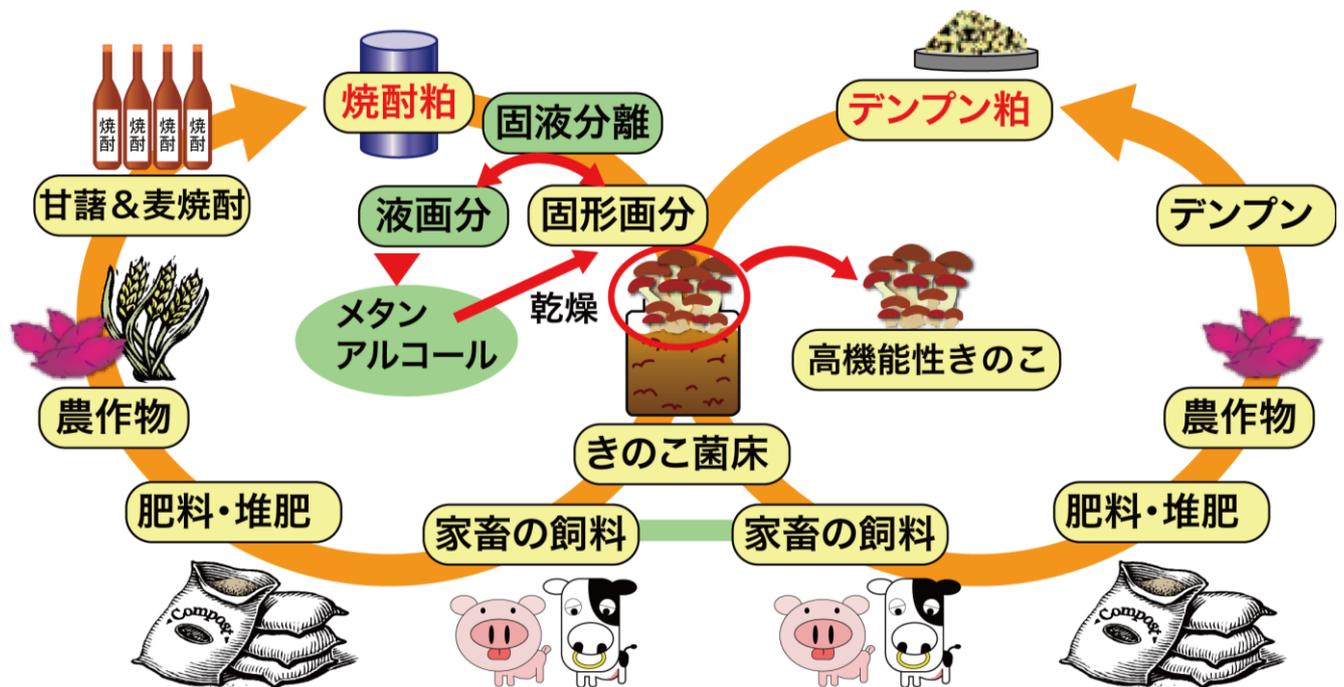


図-1 焼酎粕・でん粉粕の資源循環システム

・食品(きのこ) → 家畜飼料 → 肥料と段階的にその品位に応じて利用した方が未利用資源の有効活用、食品リサイクル法、経済効果などの面で優位であり、経済的有用性および付加価値の高い利用法につながると考えられる。

研究結果

表-1 ヤマブシタケの栽培試験結果

試験区	菌まわり 日数	菌播き	菌播きから収 穫までの日数	形態的特性				収穫までの 日数	収量 (生)	栄養材10g当 たりの収量性	
				子実体横径 (長系)	子実体縦径 (短径)	子実体高さ	子実層針 の長さ				
				(平均値±標準偏差)							
(日)			(mm)				(日)	(g/瓶)	(g)		
焼酎粕・ でん粉粕 培地	1	16.3±0.5	31	22.1±0.8	222.6±18.6	158.7±23.0	156.2±9.8	25.0±1.5	53.1±0.8	209.3±21.7	10.9
	2	16.9±0.8	31	21.4±0.7	168.2±17.4	108.6±30.7	156.5±18.9	25.2±3.1	52.4±0.7	177.1±14.6	14.3
	3	17.8±0.8	31	21.6±0.5	158.2±24.7	113.6±21.5	144.8±24.3	23.9±1.3	52.6±0.5	155.4±11.9	22.1
	4	17.2±0.4	31	25.0±1.6	151.3±26.8	99.3±21.3	94.5±12.0	22.7±2.7	56.0±1.6	101.0±15.3	17.0
	5	16.5±0.9	31	27.1±1.1	111.9±23.2	68.9±12.1	91.9±20.2	17.9±2.9	58.1±1.1	58.4±7.8	18.8
標準培地	BL	14.2±0.5	31	25.2±0.6	145.2±20.2	92.0±18.1	95.6±13.6	23.5±1.8	56.2±0.6	80.5±8.0	14.3

試験区1~3で標準培地より総栽培日数が3日間程度短縮された。収量も試験区1~3では標準培地のそれぞれ2.6倍、2.2倍、1.9倍と非常に高かった。栄養材10gあたりの収量性は試験区2~5で高かった。最適配合条件としては、培養日数、栄養材10gあたりの収量性および、子実体の形状、作業性などから判断して、試験区2、3の焼酎粕添加率40~60%、でん粉かす添加率36~56%が最適であると考えられた。



図-2 栽培46日目のヤマブシタケの栽培状況

(1-8 : でん粉粕56%、焼酎粕40%、貝化石4%、2-1 : でん粉粕46%、焼酎粕50%、貝化石4%、3-3 : でん粉粕36%、焼酎粕60%、貝化石4%、BL1-12 : 広葉樹おが屑46%、焼酎粕50%、貝化石4%、BL2-11 : 広葉樹おが屑62.7%、ホミニーフード33.3%、貝化石4%、全て乾物重量%)

表-2 ヤマブシタケ栽培における材料費 (瓶10,000本あたり)

培地	培地基材費			栄養材費		その他	計	
	でん粉粕	広葉樹おが屑	針葉樹おが屑	甘藷焼酎粕乾燥固形物	コーンブラン	その他栄養材		貝化石
焼酎粕・でん粉粕培地*	0			26,175			2,873	29,048
標準培地**		40,800	13,500		17,000	13,750		85,050

* 焼酎粕50%、でん粉粕46%、貝化石4%で計算

** 2008年度版きのこ年鑑に記載されている経営指標参照

表-3 各培地の最適配合条件で栽培したヤマブシタケの一般成分及び食物繊維の分析結果

試験区	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分	食物繊維
	g/100g乾物				
焼酎粕・でん粉粕培地 (50 : 46)	20.0	4.9	67.5	7.6	33.7
焼酎粕培地 (50 : 46)	29.9	7.1	52.8	10.2	28.3
標準培地 (33.3 : 62.7)	23.8	6.9	59.3	10.0	32.3

表-4 ヤマブシタケ子実体のスーパーオキシド消去(SOD)活性値

試験区	(単位/g)	
	発生条件①	発生条件②
焼酎粕・でん粉粕培地	1,600	2,200
焼酎粕培地	4,400	6,100
標準培地	2,100	1,300

①：発生温度16±2℃ 湿度85±10%

②：発生温度12±2℃ 湿度85±10%

表-5 発生温度 12±2℃、湿度 85±10%における培地、ヤマブシタケ子実体抽出液の ACE 活性

試験区	ACE活性 (%)			
	滅菌後培地	発生前培地	廃培地	子実体
焼酎粕・でん粉粕培地	80	70	80	50
焼酎粕培地	80	70	90	40
標準培地	100	90	100	60

*各培地及び子実体からの抽出液を添加しない未処理区のACE活性を100%とした場合の相対ACE活性を基に評価。

表-6 ヤマブシタケ栽培における培地、子実体抽出液の P388 細胞増殖抑制作用

試験区	細胞増殖率 (%)			
	滅菌後培地	発生前培地	廃培地	子実体
焼酎粕・でん粉粕培地	22±3.6	10±2.3	<10	<10
焼酎粕培地	17±1.9	14±2.4	<10	<10
標準培地	25±2.4	19±4.2	<10	<10

* 各培地及び子実体からの抽出液を添加しない未処理区の細胞増殖を100%とした場合の相対増殖率を示す。
検体濃度：5mg/mL (作用時濃度)，平均±標準偏差，N=6

表-7 ヤマブシタケ子実体抽出液の P388 細胞増殖抑制作用

試験区	細胞増殖率 (%)
	子実体
焼酎粕・でん粉粕培地	48±5.0
焼酎粕培地	<10
標準培地	50±5.6

* 各培地及び子実体からの抽出液を添加しない未処置区の細胞増殖を100%とした場合の相対増殖率を示す。
検体濃度：2.5mg/mL (作用時濃度)，平均±標準偏差，N=6

表-8 ヒラタケの栽培試験結果

試験区	培養日数	発生処理後の 日数	総栽培日数	形態的特性				収量(生) (g/瓶)	
				傘の最大径	傘の最大厚さ	柄の最大径	発生本数		
				(平均値±標準偏差)					
		(日)		(mm)					
焼酎粕・でん 粉粕培地	添加率20%	35	11.8±1.2	46.8±1.2	41.8±5.8	17.9±1.8	11.4±2.3	13.5±2.9	51.6±5.6
	添加率40%	35	12.0	47.0	44.2±6.9	17.1±2.1	12.6±2.1	14.9±2.5	73.0±5.5
	添加率60%	35	11.1±1.1	46.1±1.1	44.3±4.4	16.6±3.2	12.7±2.0	21.9±3.3	81.2±5.8
	添加率80%	35	11.7±0.7	46.7±0.7	45.5±7.0	18.3±3.3	13.6±2.2	22.8±5.7	102.3±7.9
焼酎粕培地	35	11.5±0.9	46.5±0.9	44.4±6.7	16.1±1.2	13.0±2.0	19.8±2.8	81.5±2.7	
標準培地	35	12.5±0.5	47.5±0.5	41.7±4.3	13.7±2.6	9.3±1.4	18.3±2.9	72.1±4.9	

表-9 各試験区の最適配合条件で栽培したヒラタケの一般成分及び食物繊維

試験区	(g/100乾物)				
	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分	食物繊維
焼酎粕・でん粉粕培地	45.7	1.9	44.8	7.6	25.7
焼酎粕培地	40.0	1.7	50.5	7.8	28.7
標準培地	32.1	2.3	59.5	6.1	34.4

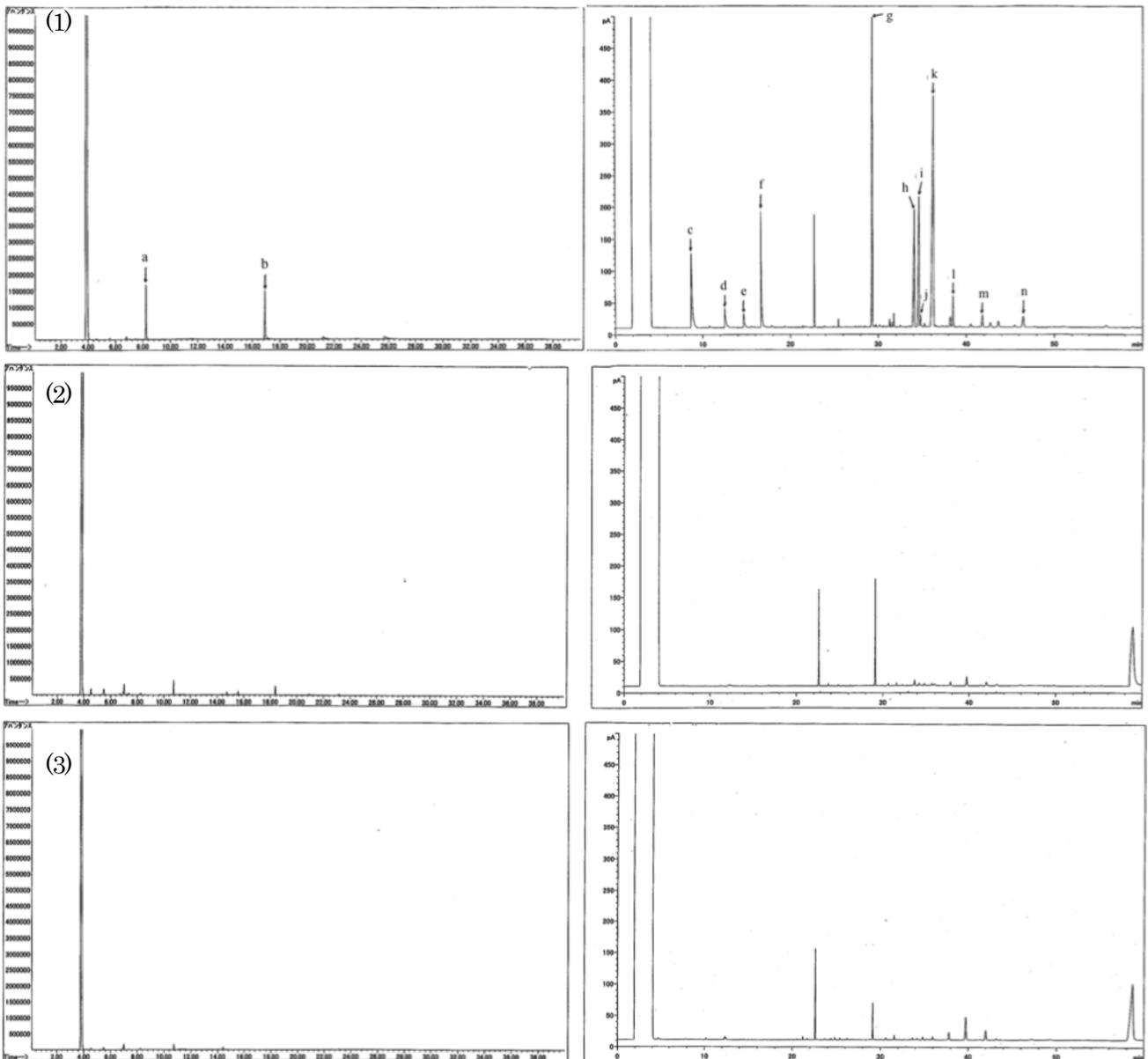


図-3 全イオンクロマトグラム (ヘッドスペース法) とガスクロマトグラム (溶媒抽出法) の結果
(左: ヘッドスペース法、右: 溶媒抽出法)、(1): 培養開始直後、(2): 培養25日目、(3): 培養45日目)

焼酎粕・でん粉粕培地中には、a) ジアセチル、c) アセトイン、f) 酪酸のように単独でも強烈な臭気を持つ物質や、d) 酢酸、e) プロピオン酸等の揮発性脂肪酸が含まれていることが明らかになった。きのこ菌糸は、焼酎粕・でん粉粕由来の臭気成分を栄養基質として利用し、子実体の形成を促す操作（発生処理）を施すまでに全て培地中から消失することが明らかになった。

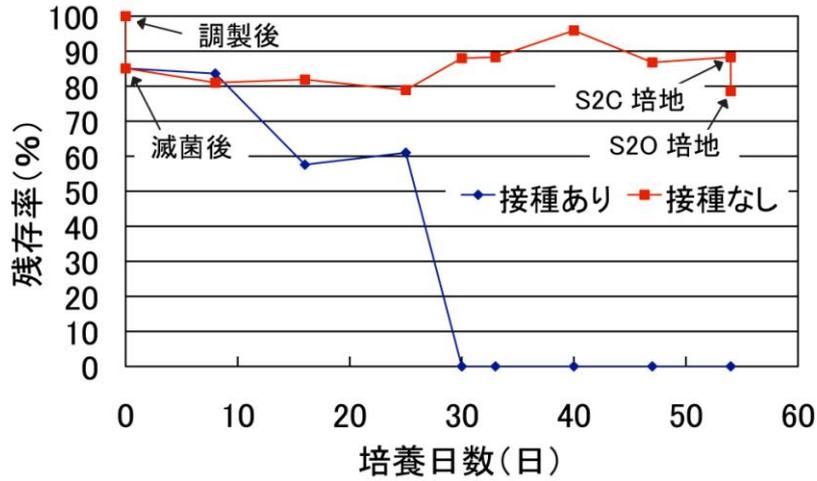


図-4 焼酎粕・でん粉粕培地中のアセトインの経時的変化

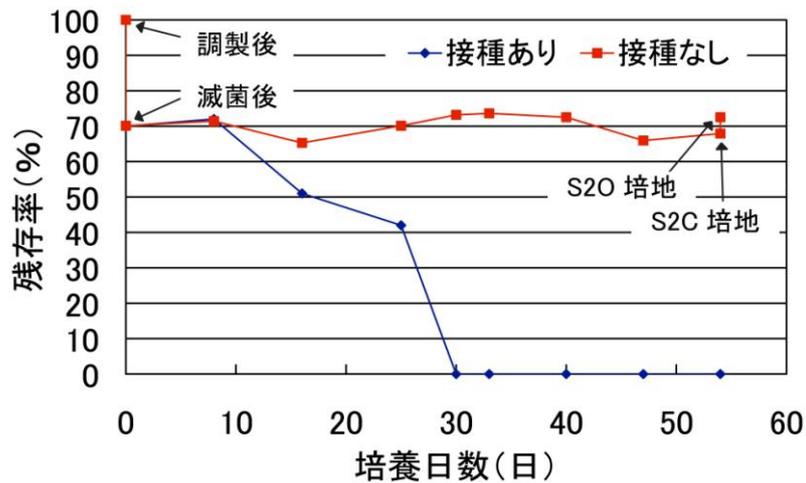


図-5 焼酎粕・でん粉粕培地中の酪酸の経時的変化

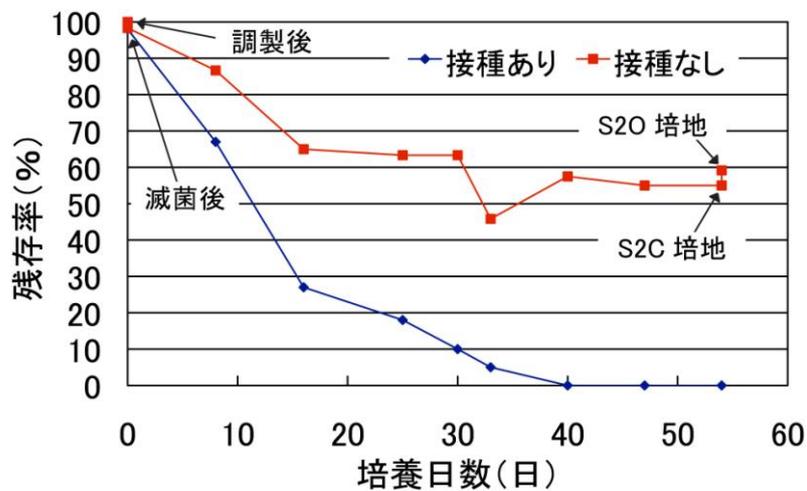


図-6 焼酎粕・でん粉粕培地中のジアセチルの経時的変化

表-10 焼酎粕・でん粉粕培地の臭気指数とにおいの質の変化（上：接種ありと子実体、下：接種なし）

培養日数	調整後	滅菌後	8日目	16日目	25日目	33日目	40日目	47日目	54日目	子実体	
パネラー	1	5.24	5.24	4.74	4.74	4.24	3.74	5.24	3.74	3.24	4.74
	2	5.24	5.24	4.74	4.74	4.24	3.74	5.24	3.74	3.24	4.74
合計	10.48	10.48	9.48	9.48	8.48	7.48	10.48	7.48	6.48	9.48	
平均（全体の閾値）	5.24	5.24	4.74	4.74	4.24	3.74	5.24	3.74	3.24	4.74	
臭気指数	52	52	47	47	42	37	52	37	32	47	
においの種類	酸っぱい臭い	酸っぱい臭い	酸っぱい臭い	酸っぱい臭い	酸っぱい臭い （若干弱い）	きのこの匂い	きのこの匂い	きのこの匂い	きのこの匂い	きのこの匂い	

培養日数	調整後	滅菌後	8日目	16日目	25日目	33日目	40日目	47日目	54日目 （蓋閉め）	54日目 （蓋開け）
パネラー	1	5.24	5.24	4.74	4.74	4.74	5.24	5.24	4.74	4.74
	2	5.24	5.24	4.74	4.74	5.24	5.24	5.24	4.74	4.74
合計	10.48	10.48	9.48	9.48	9.98	9.48	10.48	10.48	9.48	9.48
平均（全体の閾値）	5.24	5.24	4.74	4.74	4.99	4.74	5.24	5.24	4.74	4.74
臭気指数	52	52	47	47	50	47	52	52	47	47
においの種類	酸っぱい臭い	酸っぱい臭い								

表-11 アセトインデヒドロゲナーゼの存在に関する酵素反応（子実体）

補酵素（NAD⁺）＋基質（アセトイン）

	反応時間 (h)	濃度 (mM)	
		アセトイン	ジアセチル
基質 アセトイン	0	0.433	0.031
	1	0.364	0.020
	3	0.343	0.016

補酵素（NADH）＋基質（ジアセチル）

	反応時間 (h)	濃度 (mM)	
		アセトイン	ジアセチル
基質 ジアセチル	0	0.016	0.558
	1	0.048	0.406
	3	0.060	0.422

表-12 ブタンジオンデヒドロゲナーゼの存在に関する酵素反応

補酵素（NADH）＋基質（アセトイン）

	反応時間 (h)	濃度 (mM)	
		アセトイン	ジアセチル
基質 アセトイン	0	0.445	0.024
	1	0.385	0.011
	3	0.340	0.011

表-13 各試料における分離条件および菌名称

条件	O酒造の焼酎粕					K酒造の焼酎粕	
	フレッシュ	外気保存	嫌気性汚泥1	嫌気性汚泥2	嫌気性汚泥3	フレッシュ	壁面
培養法	寒天平板法	寒天平板法	寒天平板法	集積培養法	ロールチューブ	集積培養法	集積培養法
培養温度(°C)	50	30~50	50	55	50	50	50
菌名称	OSF	KS1,2,3, OSO	OKC	P16H	RTP16	KL	KW

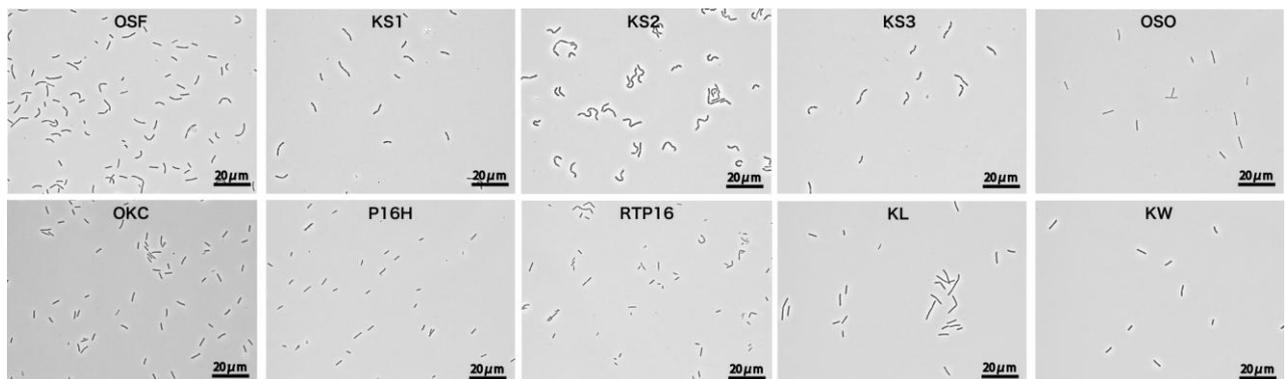


図-7 分離された微生物の顕微鏡写真

表-14 16S rRNA 遺伝子の塩基配列解析結果

Sample Name	Species	PCR primer	sequence primer	length (bp)
OSF	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp.</i>	338f mix, 1500r	907r	650
KS1	<i>Lactobacillus zeae</i>	10f, 800r	10f, 800r	783
KS2	<i>Lactobacillus manihotivorans</i>	10f, 800r	10f, 800r	782
KS3	<i>Lactobacillus casei</i>	10f, 800r	10f, 800r	783
OSO	<i>Bacillus coagulans</i>	10f, 1500r	907r	650
OKC	<i>Bacillus coagulans</i>	27f, 1392r	27f, 518r_f, 1392r	1355
P16H	<i>Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum</i> <i>Thermoanaerobacterium aotearoense</i>	10f, 1500r	907r	650
RTP16	<i>Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum</i>	10f, 1500r	907r	650
KL	<i>Lactobacillus amylolyticus</i>	10f, 1500r	907r	650
KW	<i>Bacillus coagulans</i>	338f mix, 1500r	907r	650

表-15 分離された微生物の特性評価結果

	OSF	KS1	KS2	KS3	OSO	OKC	KL	KW	乳酸菌	大腸菌
乳酸発生	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
カタラーゼ	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+
オキシダーゼ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
運動性	-	-	-	-	+	+	-	+	+/-	+/-
ガス発生	-	-	-	-	-	-	-	-	+/-	+
大腸菌検査	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
発酵形態	ホモ	ホモ	ホモ	ホモ	ホモ	ホモ	ホモ	ホモ	ホモ/ヘテロ	第三発酵式

表-16 乳酸異性体の測定結果

	OSF	KS1	KS2	KS3	OSO	OKC	KL	KW
L-Lactate (mM)	18.3	174.4	151.0	164.9	77.6	81.5	98.1	78.7
D-Lactate (mM)	267.2	31.3	1.8	4.4	0.0	0.0	175.7	0.0
L-Lactate (%)	6.4	84.8	98.8	97.4	100.0	100.0	35.8	100.0
D-Lactate (%)	93.6	15.2	1.2	2.6	0.0	0.0	64.2	0.0
Optical form	D	L	L	L	L	L	DL	L

表-17 分離された微生物の糖類発酵試験結果

Carbohydrate	OSF	KS1	KS2	KS3	OSO	OKC	KL	KW
	api50CHL	api50CHL	api50CHL	api50CHL	api50CHB/CHE	api50CHB/CHE	api50CHL	api50CHB/CHE
Glycerol	-	-	-	-	-	-	-	-
Erythritol	-	-	-	-	-	-	-	-
D-Arabinose	-	+	W	-	-	-	-	-
L-Arabinose	-	-	-	-	+	-	-	-
Ribose	-	+	+	+	+	+	-	+
D-Xylose	-	-	-	-	+	-	-	+
L-Xylose	-	-	-	-	-	-	-	-
Adonitol	-	+	+	-	-	-	-	-
β-Methyl-xyloside	-	-	-	-	-	-	-	-
Galactose	-	+	+	+	+	+	-	+
D-Glucose	+	+	+	+	+	+	+	+
D-Fructose	W	+	+	+	+	+	+	+
D-Mannose	+	+	+	+	+	+	+	+
L-Sorbose	-	-	-	-	-	W	-	W
Rhamnose	-	+	+	-	+	-	-	-
Dulcitol	-	+	+	-	-	-	-	-
Inositol	-	-	-	-	-	-	-	-
Mannitol	-	+	+	+	+	-	-	-
Sorbitol	-	+	W	+	-	-	-	-
α-Methyl-D-mannoside	-	-	W	+	-	-	-	-
α-Methyl-D-glucoside	-	-	-	-	-	-	-	+
N-Acetyl-glucosamine	W	+	+	+	+	+	+	+
Amygdaline	W	+	+	W	-	+	-	+
Arbutine	W	+	+	W	+	+	-	+
Esculine	+	+	+	+	+	+	+	+
Salicine	W	+	+	W	W	+	+	+
Cellobiose	W	+	+	-	+	+	+	+
Maltose	-	W	+	W	+	+	+	+
Lactose	-	+	+	-	+	-	-	+
Melibiose	-	-	-	-	+	+	-	+
Saccharose	-	-	-	W	-	W	-	W
Trehalose	+	+	+	+	+	+	+	+
Inuline	-	-	-	-	-	-	-	-
Melezitose	-	+	+	+	-	-	-	-
D-Raffinose	-	-	-	-	+	+	-	+
Amidon	-	-	-	-	+	+	+	+
Glycogene	-	-	-	-	-	-	W	-
Xylitol	-	-	-	-	-	-	-	-
β-Gentiobiose	-	+	W	-	+	+	+	+
D-Turanose	-	+	+	+	-	W	-	+
D-Lyxose	-	-	-	-	-	-	-	-
D-Tagatose	-	+	+	+	-	W	-	W
D-Fucose	-	-	-	-	-	-	-	-
L-Fucose	-	+	W	-	-	-	-	-
D-Arabitol	-	-	-	-	+	-	-	-
L-Arabitol	-	+	W	W	-	-	-	-
Gluconate	-	W	W	W	+	-	-	-
2-keto-gluconate	-	W	W	-	-	-	-	-
5-keto-gluconate	-	-	-	-	W	+	-	W

+ : positive reaction, - : negative reaction, w : weakly positive reaction.

表-18 鶏雛を用いた焼酎粕・でん粉粕廃培地の安全性試験結果

試験群	添加量	反復	供試羽数	育成率 (%)	平均体重 (g)		総増体量 (g/6羽)	平均増体量 (g/羽)	総飼料摂取量 (g/6羽)	平均飼料摂取量 (g/羽)	飼料要求率
					開始日	終了日					
対照	---	1	6	100	55.0	211.5	939	156.5	1096	182.7	1.17
		2	6	100	58.8	218.8	960	160.0	1198	199.7	1.25
		3	6	100	58.8	220.2	968	161.3	1237	206.2	1.28
		平均値	--	100	57.6	216.8	956	159.3	1177	196.2	1.23
		標準偏差	--	0	2.2	4.7	15	2.5	73	12.1	0.06
焼酎粕・でん粉粕のこ廃培地	4%	1	6	100	55.0	195.7	844	140.7	1071	178.5	1.27
		2	6	100	58.8	217.7	953	158.8	1144	190.7	1.20
		3	6	100	59.7	226.0	998	166.3	1200	200.0	1.20
		平均値	--	100	57.8	213.1	932	155.3	1138	189.7	1.22
		標準偏差	--	0	2.5	15.7	79	13.2	65	10.8	0.04
	20%	1	6	100	55.3	197.2	851	141.8	1257	209.5	1.48
		2	6	100	58.5	205.5	882	147.0	1323	220.5	1.50
		3	6	100	59.0	200.8	851	141.8	1277	212.8	1.50
		平均値	--	100	57.6	201.2	861	143.6	1286	214.3	1.49**
		標準偏差	--	0	2.0	4.2	18	3.0	34	5.6	0.01
焼酎粕・10日間貯蔵品のこ廃培地	4%	1	6	100	55.3	210.3	930	155.0	1153	192.2	1.24
		2	6	100	58.7	213.3	928	154.7	1172	195.3	1.26
		3	6	100	59.7	225.2	993	165.5	1211	201.8	1.22
		平均値	--	100	57.9	216.3	950	158.4	1179	196.4	1.24
		標準偏差	--	0	2.3	7.8	37	6.2	30	4.9	0.02
	20%	1	6	100	55.2	208.3	919	153.2	1305	217.5	1.42
		2	6	100	58.7	199.2	843	140.5	1265	210.8	1.50
		3	6	100	59.3	207.5	889	148.2	1337	222.8	1.50
		平均値	--	100	57.7	205.0	884	147.3	1302*	217.0*	1.47**
		標準偏差	--	0	2.2	5.0	38	6.4	36	6.0	0.05

*: 対照群との間に有意差あり (p ≤ 0.05)

** : 対照群との間に有意差あり (p ≤ 0.01)

表-19 ヤマブシタケ廃培地飼料成分組成

サンプル名	乾物中%													
	Mois	CP	EE	CA	ADF	NDF	OCW	Oa	Ob	Ca	P	Mg	K	
標準培地	62.0	3.1	1.3	4.2	45.7	71.2	65.7	3.8	61.9	0.65	0.09	0.07	0.00	
焼酎粕培地	62.4	12.9	2.8	5.9	47.6	71.7	68.5	10.9	57.5	1.26	0.18	0.09	1.10	
でん粉粕培地	62.6	13.3	2.5	8.3	36.9	42.7	45.1	21.3	23.8	2.52	0.18	0.11	1.09	
標準廃培地	58.0	2.8	1.0	4.5	51.5	81.8	79.2	2.9	76.3	0.94	0.07	0.09	0.00	
焼酎粕廃培地	57.8	13.4	1.6	6.0	52.2	74.4	71.4	2.7	68.7	1.34	0.14	0.10	0.63	
でん粉粕廃培地	53.5	16.3	1.6	11.1	35.4	40.1	39.7	12.2	27.5	3.63	0.16	0.12	0.95	
でん粉粕廃培地0%TMR	55.2	14.3	3.4	12.8	31.8	57.4	57.3	13.7	43.6	0.86	0.31	0.19	4.05	
でん粉粕廃培地5%TMR	56.6	15.0	3.6	13.7	31.1	57.1	54.5	11.0	43.5	1.03	0.30	0.19	3.90	
でん粉粕廃培地10%TMR	58.9	15.3		14.6	31.1	55.3	51.8	10.2	41.6	1.24	0.29	0.19	3.91	
焼酎粕	94.5	23.6	9.1	7.3	—	—	—	—	—	0.45	0.37	—	2.75	
でん粉粕	90.6	2.1	1.1	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
イタリアンサイレーヅ ¹ 一番草・出穂期	67.1	12.5	4.6	10.6	36.2	61.1	—	—	—	0.47	0.35	0.15	3.86	
トウモロコシサイレーヅ ² 黄熟期・西日本	72.4	8.0	2.9	5.8	29.0	47.5	—	—	—	0.23	0.25	0.14	1.71	
アルファルファハイキュー ³	11.0	17.5	1.8	12.3	34.5	43.8	—	—	—	1.33	0.29	0.30	2.52	
フスマ	11.3	17.7	4.5	5.8	14.2	38.8	—	—	—	0.13	1.10	0.50	1.34	

Mois: 水分, CP: 粗蛋白質, EE: 粗脂肪, CA: 粗灰分, ADF: 酸性デタージェント繊維, NDF: 中性デタージェント繊維

OCW: 総繊維, Oa: 高消化性繊維, Ob: 低消化性繊維, Ca: カルシウム, P: リン, Mg: マグネシウム, K: カリウム

二重線下段は, 日本標準飼料成分表(2001年版)より抜粋。ただし, 焼酎粕Ca, P, K値は当場分析値。

トウモロコシサイレーヅCa, P, Mg, K値は, 成熟期・全国の数値。

表-20 ヤマブシタケ廃培地の発酵品質

	貯蔵		新鮮物中%							V-Score	
	日数	pH	水分	VBN/TN	乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸	点数	評価
標準廃培地	30	4.82	56.6	4.5	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	98	良
焼酎粕廃培地	30	4.73	57.0	1.5	0.07	0.00	0.08	0.11	0.00	91	良
でん粉粕廃培地	30	4.71	54.0	1.6	0.18	0.00	0.12	0.11	0.00	92	良
でん粉粕廃培地0%TMR	30	4.69	54.3	12.1	1.73	2.11	0.89	0.07	0.00	66	可
でん粉粕廃培地5%TMR	30	4.58	55.1	13.8	2.32	2.50	1.31	0.09	0.00	63	可
でん粉粕廃培地10%TMR	30	4.35	56.8	11.9	2.82	2.17	1.28	0.11	0.00	64	可
標準廃培地	60	4.83	57.6	0.4	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	97	良
焼酎粕廃培地	60	4.93	58.0	1.7	0.10	0.04	0.12	0.17	0.00	88	良
でん粉粕廃培地	60	4.72	54.6	1.3	0.22	0.00	0.14	0.13	0.00	90	良
でん粉粕廃培地0%TMR	60	4.60	52.2	11.6	1.66	2.70	1.22	0.03	0.01	71	可
でん粉粕廃培地5%TMR	60	4.42	53.2	12.3	2.14	2.39	1.30	0.03	0.02	67	可
でん粉粕廃培地10%TMR	60	4.17	55.7	11.2	2.50	2.05	1.33	0.05	0.04	69	可
標準廃培地	90	4.77	58.0	0.0	0.01	0.00	0.03	0.01	0.00	100	良
焼酎粕廃培地	90	4.60	57.4	1.0	0.10	0.44	0.14	0.10	0.00	89	良
でん粉粕廃培地	90	4.62	51.0	0.8	0.27	0.00	0.27	0.12	0.00	90	良
でん粉粕廃培地0%TMR	90	4.86	53.5	11.8	1.43	2.85	1.25	0.05	0.01	66	可
でん粉粕廃培地5%TMR	90	4.42	55.6	12.0	2.17	2.47	1.28	0.06	0.01	67	可
でん粉粕廃培地10%TMR	90	4.26	56.2	10.3	2.35	2.20	1.25	0.08	0.01	72	可

評価基準

pH 良:4.2以下 普通:4.2~4.5 劣:4.6以上
 乳酸 1.5~2.5%
 酪酸 優:0.1%以下 良:0.1~0.2% 普通:0.3~0.4% 劣:0.4%以上
 VBN/TN 優:12.5%以下 良:12.5~15% 中:15.1~17.5%
 不良:17.6~20.0%以上 極度に不良:21.0%以上
 V-score 良:80点以上 可:60~80点 不可:60点未満

VBN/TN: 全窒素に対する揮発性塩基態窒素の割合

表-21 作物栽培に使用した資材の成分含有量

	(mg/g)						
	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N比
焼酎粕・でん粉粕廃培地	14.2	1.35	2.82	22.8	1.09	202	14.3
焼酎粕廃培地	11.6	1.21	4.58	10.6	0.96	226	19.4
標準廃培地	2.90	0.79	0.42	7.57	0.89	257	88.9
焼酎粕・でん粉粕廃培地 0%給餌牛ふん	25.3	5.27	10.9	19.0	2.83	441	17.4
焼酎粕・でん粉粕廃培地 5%給餌牛ふん	30.8	5.92	11.3	20.5	3.16	433	14.0
焼酎粕・でん粉粕廃培地 10%給餌牛ふん	29.5	7.02	11.9	23.1	3.18	409	13.9

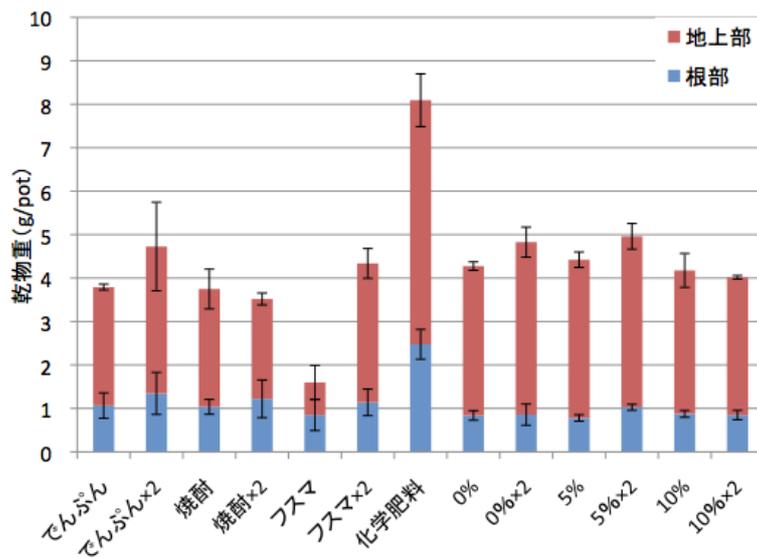


図-8 廃培地などにより栽培したコマツナの生育

査読付き論文及び学会発表：

2009 年度

- ・山内正仁、山田真義、八木史郎、増田純雄、山口隆司：食品廃棄物（焼酎粕・でん粉粕）を用いたヤマブシタケの栽培条件の確立とその成分特性、土木学会環境工学研究論文集、Vol. 46、pp. 117-127、2009. 11
- ・黒田恭平、山田真義、上瀨口知世、八木史郎、山口隆司、山内正仁：高温メタン発酵槽からの高温乳酸菌の分離の試み、第44回日本水環境学会年会講演集、p. 275、2010. 3
- ・大田智也、山田真義、山内正仁、八木史郎：ヤマブシタケ廃培地中の酵素活性の挙動、第44回日本水環境学会年会講演集、p. 704、2010. 3
- ・松元皓隆、山田真義、山内正仁、八木史郎：ヤマブシタケ栽培によるでん粉粕、焼酎粕中の悪臭成分の消去、第44回日本水環境学会年会講演集、p. 704、2010. 3
- ・大田智也、小村洋美、大六野洋、八木史郎、山田真義、山内正仁：焼酎粕廃培地の飼料化に関する研究、平成21年度土木学会西部支部研究発表会、CD-ROM、2010. 3
- ・野元雄介、大田智也、山田真義、小村洋美、長野京子、山内正仁：焼酎粕の高付加価値化を目指した用途拡大型循環システムの開発、第46回環境工学研究フォーラム講演集、pp. 22-24、2009. 11
- ・大田智也、野元雄介、山内正仁、山田真義、増田純雄：食品廃棄物（さつまいも残渣）を用いた食用きのこ栽培に関する研究、土木学会第64回年次学術講演会、pp. 81-82、2009. 9
- ・山内正仁：キノコ生産を核とした食品廃棄物の多用途再生技術、第7回全国高専テクノフォーラム予稿集、独立行政法人国立高等専門学校機構、pp. 15-16、2009. 7

2010 年度

- ・山内正仁、八木史郎、山田真義、山口昭弘、増田純雄、山口隆司：食品廃棄物を培地材料に利用することによるきのこ（ヤマブシタケ）の機能性向上効果、土木学会環境工学研究論文集、Vol.47、pp.603-608、2010.
- ・山内正仁、小村洋美、山田真義、大六野洋、内田一平：きのこ生産を核とした焼酎粕乾燥固形物の循環システムの構築、廃棄物資源循環学会論文誌、Vol. 21, No. 4, pp. 155-164, 2010.
- ・黒田恭平、山田真義、山口隆司、川上周司、八木史郎、山内正仁：焼酎蒸留粕からの高温乳酸菌の分離の試みと利用方法の一考察、第21回廃棄物資源循環学会研究発表会、pp. 315-316、2010.
- ・山内正仁、山田真義、八木史郎、大六野洋、松野愛子、小村洋美：きのこ生産による食品廃棄物（焼酎粕・でん粉粕）の資源循環システムの構築、日本きのこ学会第14回大会講演要旨集、p.91、2010.
- ・山内正仁：焼酎粕を使ったきのこ栽培を起点としたリサイクル技術の開発、文部科学省教育通信、No. 253 10月号、pp. 20-21、2010.
- ・山内正仁：焼酎粕利用で地元企業と新産業創出を目指す、産学官連携ジャーナル、Vol. 6, No. 5, pp. 24-25, 2010.

- ・山田真義, 黒田恭平, 上瀉口知世, 山内正仁, 山口隆司, 八木史郎: 自然環境下以外からの高温乳酸菌の分離の試みと利用方法の一考察, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.327-328, 2010.
- ・大田智也, 野元雄介, 山田真義, 山内正仁, 八木史郎, 山口昭弘: 食品廃棄物で栽培したヤマブシタケ子実体の機能性成分に関する研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.303-304, 2010.
- ・松元皓隆, 山田真義, 山内正仁, 八木史郎, 増田純雄: きのか菌糸を用いた焼酎粕・でん粉粕由来の悪臭物質の除去に関する研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.301-302, 2010.
- ・野元雄介, 福彩乃, 山田真義, 木原正人, 山内正仁: 甘藷焼酎粕を利用したシイタケの菌床栽培, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.299-300, 2010.
- ・野元雄介, 平生志康, 山田真義, 木原正人, 八木史郎, 増田純雄, 山内正仁: 甘藷焼酎粕乾燥固形物を用いたシイタケ菌床栽培技術の開発, 平成 22 年度土木学会西部支部研究発表会, pp.893-894, 2011.
- ・松元皓隆, 村山陵, 山田真義, 八木史郎, 増田純雄, 山内正仁: きのか菌糸による食品廃棄物の悪臭物質の動態調査, 平成 22 年度土木学会西部支部研究発表会, pp. 895-896, 2011.

特許申請:

2009 年度

山内正仁, 山田真義: キノコ菌糸を用いた臭気成分除去方法 (2009 年 2 月 19 日特許申請) (特願 2009-36007)

受賞:

2009 年度

- ・公益社団法人土木学会第 46 回環境工学研究フォーラム「環境技術・プロジェクト賞」受賞

2010 年度

- ・日本きのこ学会第 14 回大会「優秀ポスター賞」受賞
- ・一般社団法人廃棄物資源循環学会第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会「優秀ポスター賞」受賞
- ・財団法人クリーン・ジャパン・センター「平成 22 年度リサイクル技術開発本多賞 (第 15 回)」受賞