

I 報 文

焼酎蒸留廃液の堆肥化に関する研究(第1報)

竹野 大志・田中 秀二・久保 克己^{*1}・山口 智士^{*2}・福田 詮^{*3}

Experiment on making compost from shouchu-distillery waste

Taiji TAKENO, Shuji TANAKA, Katsumi KUBO, Satoshi YAMAGUCHI, Akira FUKUDA

Shouchu-distillery waste contains more than 90% moisture and shows acidity. At present, shouchu-distillery wastes are treated by dumping into ocean, but this treatment method will be prohibited in the near future.

We studied treatment process for shouchu-distillery waste, which used fermentation heat by microorganism. In this study, rice husks were used as moisture adjusting material, and the temperature in the organic matter rose to 70°C.

The compost which was made by this process contained 1.76% of total nitrogen, and 0.53% of total phosphorus and maximum rate of evaporation was 14.6 l/m².

key words : Shouchu-Distillery Wastes, Compost, Odor

キーワード : 焼酎蒸留廃液, コンポスト, 臭気

はじめに

焼酎蒸留廃液とは(以下焼酎粕),乙類焼酎の蒸留過程で発生する余剰廃液で,その成分は,原料の種類や蒸留方法によって異なるが,水分90%以上の酸性度が強い混濁液である。現在,長崎県の焼酎粕の発生量は,約2,800t/年で約半年の醸造期に集中して発生し,その大半は,海洋投棄又は農地還元によって処分されている。しかし,海洋投棄処分は,1990年に締結されたロンドン条約会議において,産業廃棄物海洋投棄禁止法が採択されたことによって,将来的に全面禁止となる方向で,早急にその処理の陸上転換が望まれているところである。そこで,衛生公害研究所では,これまで畜ふんや有機性汚泥の堆肥化について研究してきた経験を生かして,長崎大学,焼酎製造業者,県公設試験場等と共同研究体制を構築し,焼酎粕の堆肥化について研究したので報告する。

1 実験概略

F 焼酎製造工場から醸造期間に連日排出される焼酎粕を原材料として,以下の項目を設定して実験を行った。

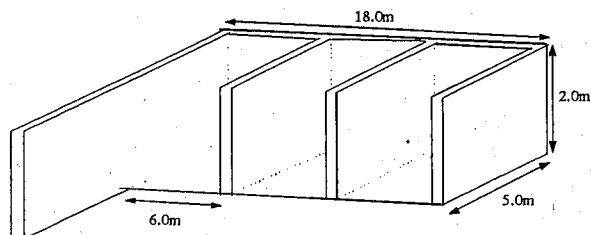


図1 堆肥舎の概略図

(1) 堆肥舎の構造

実験に使用した堆肥舎は,図1に示しているとおりで,横6m^W×縦5m^L×高さ2m^Hのコンクリート堆積槽を三連にしたものを利用した。

(2) 副資材

焼酎粕を微生物発酵するための副資材として籾殻を利用し,各区画には籾殻と籾殻堆肥を8:2で混合したものを約54m³×3堆積した。

(3) 焼酎粕

蒸留釜から排出された焼酎粕は,速やかにタンク車に移し堆肥舎まで運搬後,自然流下によって堆肥舎に散布した。F 焼酎製造工場では,毎日約2.4m³の焼酎粕が発生するが,今回はその半量の1.2m³の処理に取り組んだ。

2 焼酎粕の散布方法

焼酎粕散布期間(平成11年2月6日~4月18日)は,焼酎粕の散布量と試験区の構成を以下の3期間に分けて行った。

予備散布期間:2月6日~2月20日(14日間)

第1実験期間:2月21日~4月3日(42日間)

第2実験期間:4月4日~4月18日(14日間)

(1) 予備散布期間

本格的な焼酎粕の堆肥化実験を開始する前に,特別な試験区を構成せず,単純に籾殻の山に焼酎粕を散布した場合の発酵状況を確認することにした。

堆肥舎の各区画には,籾殻と籾殻堆肥を8:2の割合で混合したものを,約1.8mの高さに(54m³)堆積し,約1.2m³の焼酎粕を1.5日間隔で,堆積物の上面に均一に散布した。

*1 長崎県工業技術センター *2(株)長崎バイオパーク *3(株)福田酒造

この時、焼酎粕の浮遊成分が堆積物の上面に蓄積されるので、スコップでそれを分散させた。この作業を14日間続けて発酵処理を行った。

(2) 第1実験期間

散布開始から2週間の予備散布期間において高温微生物発酵が確認できたので、各区画をショベルローダーで全面切り返しを行い、図2に示す試験区A・B・Cを構成した。試験区Aと試験区Cは、効率的な水分の蒸散と堆積物内部への空気の供給を図るために、通気管を12本設置した。通気管は、直径7cm、長さ2.1mの編み目状のプラスチックパイプで、籾殻の山に垂直に立てた。また、試験区Aと試験区Bには、堆積物内部に、横1m^W×縦2m^L×高さ0.5m^Hの半円ドラムに無数の穴を空けたものを埋め、そこにできた空間に焼酎粕を流入できるように塩化ビニールパイプを接続した。この工夫は、籾殻の上に溜まる浮遊成分の混合作業を省くためである。第1実験期間の焼酎粕の散布方法は、1日に排出される量を3等分(約400ℓ)して、試験区AとBには、3つの半円ドラムの空隙に均等に流入した。試験区Cは、堆積物上面に均一に焼酎粕を散布して、溜まった浮遊成分をスコップで籾殻と混合しなじめさせた。この作業を42日間繰り返して、途中2週間毎にショベルローダーにて切り返しを行った。

(3) 第2実験期間

第1実験期間を約6週間行った後の2週間は、通気管の効果を調べるために、図3に示した構成に変更して実験した。なお、焼酎粕は、第1実験期間と同様に、1日に排出される焼酎粕を3等分(約400ℓ)して各試験区の上面に散布した。

3 試験方法

焼酎粕の堆肥化期間中は、表1に示す項目について現場及び試験室(衛生公害研究所・工業技術センター)でモニタリング調査を行った。

表1 モニタリング項目及び方法

分析項目	備考
温度	棒状温度計及び自動測定機
pH	ガラス電極法
水分	乾燥重量法
全炭素(T-C)	全炭素測定装置
全窒素(T-N)	燃焼-赤外線分光法
アンモニア	検知管法
肥料成分含有試験	肥料分析法に準拠
発芽試験	コマツナによる幼植物試験法に準拠

4 試験結果

(1) 材料

実験に用いた各材料の分析結果を表2に示す。なお種菌として利用したのは、前年度試験的に作成した焼酎粕と籾殻を発酵して製造した堆肥である。

表2 材料の分析結果 (%)

	pH	水分	灰分	K	Na	Ca	Mg	P	T-N
もみがら堆肥	5.35	42.9	32.2	0.44	0.028	0.029	0.160	0.44	1.79
生もみがら	7.31	10.8	19.7	0.15	0.024	0.010	0.018	0.05	0.36
焼酎粕	4.06	91.2	0.4	0.05	0.012	0.010	0.013	0.07	0.55

(2) 温度

発酵微生物の活動によって生じる内部温度変化を、棒状温度計でモニタリングした結果を図4に示した。焼酎粕の散布を開始して1週間後には、発酵温度は60℃前後まで上昇し、その後の堆積物内部温度は概ね50~70℃の範囲で推移した。試験区毎の平均堆積内部温度は、試験区A=65.8℃、試験区B=64.3℃、試験区C=68.2℃で期間中の平均発酵温度が高かった順はC>A>Bであった。図中の第1実験期間中の急激な温度低下の原因は、焼酎粕の過剰散布によって水分過多になり、発酵菌の活性が一時的に低下したことが考えられる。特に試験区Bでは、半円ドラムのみを設置のために水分の偏りが大きくなり、他の試験区より発酵温度が低くなったと考える。しかし、第2実験期間の発酵温度は、いずれの試験区においても70℃前後で安定していた。

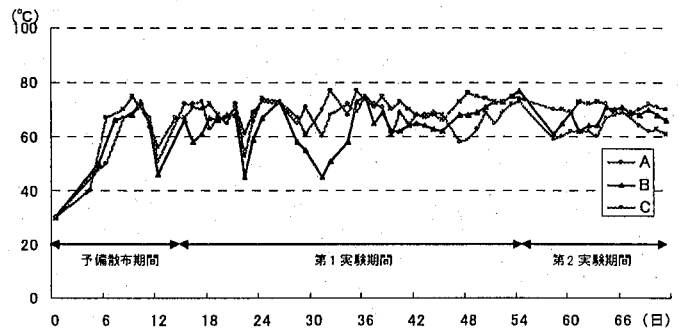


図4 発酵期間中の堆積物内部の温度変化

(3) pH,水分,T-N,T-C

発酵期間中のpH・水分・全窒素・全炭素については、約2週間毎の切り返し時に、堆積物中心部の3箇所ですamplingを行い分析した。表3にその分析結果の平均値を示す。焼酎粕のpHは4.0程度の弱酸性であるが、堆肥化期間中の各試験区は7.6~8.7の弱アルカリ性で推移した。これは、焼酎粕に含まれるクエン酸等の酸性物質が堆肥化の過程で分解されたことと、アンモニアの生成によるものと考えられる。

Samplingした中心部の水分は、46~58%の範囲で推移していたが、堆積物にはかなりの水分のムラがあり、底面の方では水分60%を超えていた可能性もあった。

全窒素量は、焼酎粕の散布量に比例して増加し、各試験区とも72日目には、約1.7%まで上昇した。逆に、分解によって減少する全炭素量は、試験区Cで3.4%減少していた。しかし、試験区AとBは、顕著な減少は認められなかった。

表3 発酵期間中の堆積物中分析結果 (%)

		第1実験期間			第2実験期間	
		15日目	30日目	46日目	57日目	72日目
試験区A	pH	8.58	7.69	8.56	8.34	8.45
	水分	48.5	53.6	50.1	53.6	50.7
	T-N	1.39	1.68	1.61	1.71	1.7
	T-C	35.2	37.4	36.1	35.5	35.3
	炭素率	25.3	22.3	22.4	20.8	20.8
試験区B	pH	8.61	7.64	8.65	8.48	8.46
	水分	46.8	56.3	51.6	53.2	52.5
	T-N	1.24	1.65	1.63	1.71	1.76
	T-C	36.4	37.5	35.1	34.6	35.1
	炭素率	29.1	22.7	21.5	21.5	20.2
試験区C	pH	8.19	7.84	8.7	8.45	8.42
	水分	57.6	56.2	54.1	50.1	52.6
	T-N	1.64	1.65	1.74	1.62	1.68
	T-C	37.1	35.4	34.2	33.5	33.7
	炭素率	22.6	21.4	19.4	20.7	20.1

(4) 臭気

堆肥化期間中に発生する臭気をモニタリングするために、予備散布期間に、アンモニア、アセトアルデヒド、硫化水素、メチルメルカプタンをスクリーニング調査したところ、顕著に発生しているのは、アンモニアのみであったので、これを堆積物の直上で検知管によって測定した。その結果を図5に示す。

発酵期間中に最も高濃度のアンモニアが検出されたのは23~24日目の試験区Bの70ppmで、次に高かったのは、同じく23日目の試験区Aの60ppmであった。試験区Cについては、最高30ppmでそれ以上のアンモニアは発生しなかった。

また、図5には示していないが、第1期実証期間中の試験区AとBに埋設した塩化ビニールパイプの出口(半円ドラムへの流入口)からは、高濃度のアンモニア(最大500ppm)が検出されたので、試験期間中は、蓋をして実験を行った。この強い悪臭の原因は、半円ドラム内に蓄積された焼酎粕の固形分が、腐敗したことによるものである。

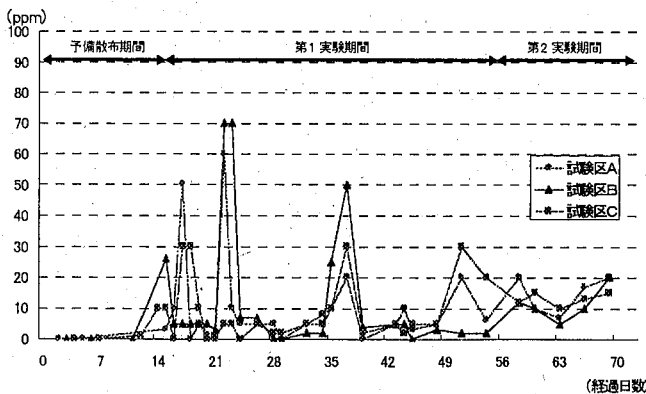


図5 発酵期間中のアンモニア濃度

(5) 肥料成分分析

試験開始から57日後の堆積物の肥料成分分析結果を表4に示す。各試験区間の肥料成分の差は見られなかった。表5には、各試験区の堆積物を混合して養生し

た最終的な肥料成分分析結果を示す。主要肥料成分である窒素は約1.7%、リンとカリウムは、約0.5%であった。また、堆肥を養生させたことによってpHは中性に推移していた。そのほか、肥料取締法で規制されている水銀・カドミウム・砒素は、基準値を超過していなかった。

表4 肥料成分分析結果(57日目)

成分	単位	試験区A	試験区B	試験区C
pH	-	8.34	8.48	8.45
水分	%	53.6	53.2	50.1
灰分	%	27.9	25.0	25.5
炭素率	-	20.8	21.5	20.7
T-N	%	1.71	1.71	1.62
T-C	%	35.5	34.6	33.5
P	%	0.43	0.46	0.44
K	%	0.41	0.41	0.40
Na	%	0.033	0.035	0.034
Ca	%	0.026	0.023	0.025
Mg	%	0.17	0.17	0.16

表5 肥料成分分析結果(最終)

成分	単位	結果
pH	-	7.0
水分	%	14.4
灰分	%	27.3
炭素率	-	19.7
T-N	%	1.73
T-C	%	34.0
P	%	0.53
K	%	0.50
Na	%	0.04
Ca	%	0.01
Mg	%	0.12
T-Hg	mg/kg	<0.05
As	mg/kg	<0.50
Cd	mg/kg	<0.05

(6) 小松菜発芽試験

焼酎粕を原料として製造した堆肥の発芽阻害性を調べるために、コマツナによる発芽試験を行った。試験は、対象土と製造された籾殻堆肥とそれらを1:1で混合したものの3種を構成して行った。ここでは、播種後4日目の発芽数を発芽勢と呼び、6日後の発芽数を発芽率と呼ぶこととして、各区100粒播種して試験を行った。その結果を表6に示す。製造した焼酎粕籾殻堆肥のみの発芽勢は、保水力の不足からか、良好な結果ではなかったが、籾殻堆肥と対象土の混合物の結果は良好であった。

図6に播種後3週間のコマツナの発育状況を示した、対照土のみの発育状況と比べて、焼酎粕籾殻堆肥を混合した床土では、旺盛にコマツナが発育しているのが判る。

表 6 コマツナ発芽試験結果

	発芽勢	発芽率
	(4日後)	(6日後)
対象土	99%	99%
	96%	98%
籾殻堆肥	58%	90%
	47%	91%
籾殻堆肥 対象土混合物	98%	100%
	93%	97%

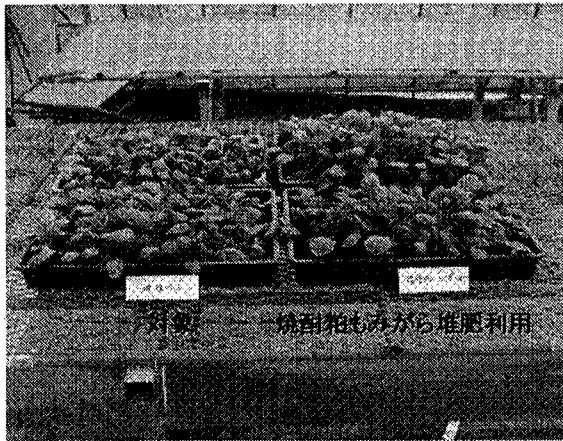


図 6 コマツナ発育状況

まとめ

(1)予備散布期間について

予備散布期間中に行った籾殻の山に単純に焼酎粕を散布するだけでも、発酵熱が発生し蒸散処理することができた。但し、焼酎粕に含まれる浮遊成分が籾殻の山の上面に蓄積されるので、7~10日間に一度の切り返しが必要となることが判った。

(2)第1実験期間について

第1期実証期間中の発酵状況が最も良好だったのは、発酵温度の平均値が最も高く、アンモニア発生濃度が最も低かった、試験区Cであった。

半円ドラムを埋設した試験区AとBは、それに接続した塩化ビニールパイプから、強い臭気が発生し、発酵温度もCに比べて低かった。

第1期実証試験期間では、試験区Aでは約18m³、試験区Bでは、約19.8m³、試験区Cでは22.2m³を処理することができた。この結果から、最も処理量が多かった試験区Cにおいては、11.8ℓ/day・m²処理された計算になる。

(3)第2実験期間について

第2期実証試験では、設置する通気管の本数の違いによる蒸発効率の差を調査するために行ったが、試験期間

が短かったため、結果は判然としなかった。

(4)焼酎粕処理量について

F酒造工場から焼酎粕が排出された期間は、72日間でその期間中に処理した焼酎粕の量は88.3tであった。

(5)肥料成分分析結果について

今回作られた堆肥の肥料成分は、窒素約1.7%、リン約0.5%、カリウム約0.5%、また、C/N比が約20であった。これらの分析結果からは、十分に腐熟している数値と言えず、次年度も繰り返し発酵処理に利用して十分に腐熟させることが望ましい。また、各試験区での肥料成分の差はなかった。よって、今回の実証試験では、臭気の面や作業効率から試験区Cがもっと良好な結果となった。

おわりに

この研究報告は、平成9年度から継続している長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成事業の畜ふん編、汚泥編に続くもので、長崎県産業廃棄物資源化ガイドライン作成委員会の実証実験として行われたものでもある。

今回の研究によって得られた成果の一つとして、微生物による発酵熱を利用することで、非常に水分率の高い焼酎粕をほぼ無動力で堆肥化処理できた。さらに本法による処理コストは、現在の海洋投棄処分委託費と同程度であった。

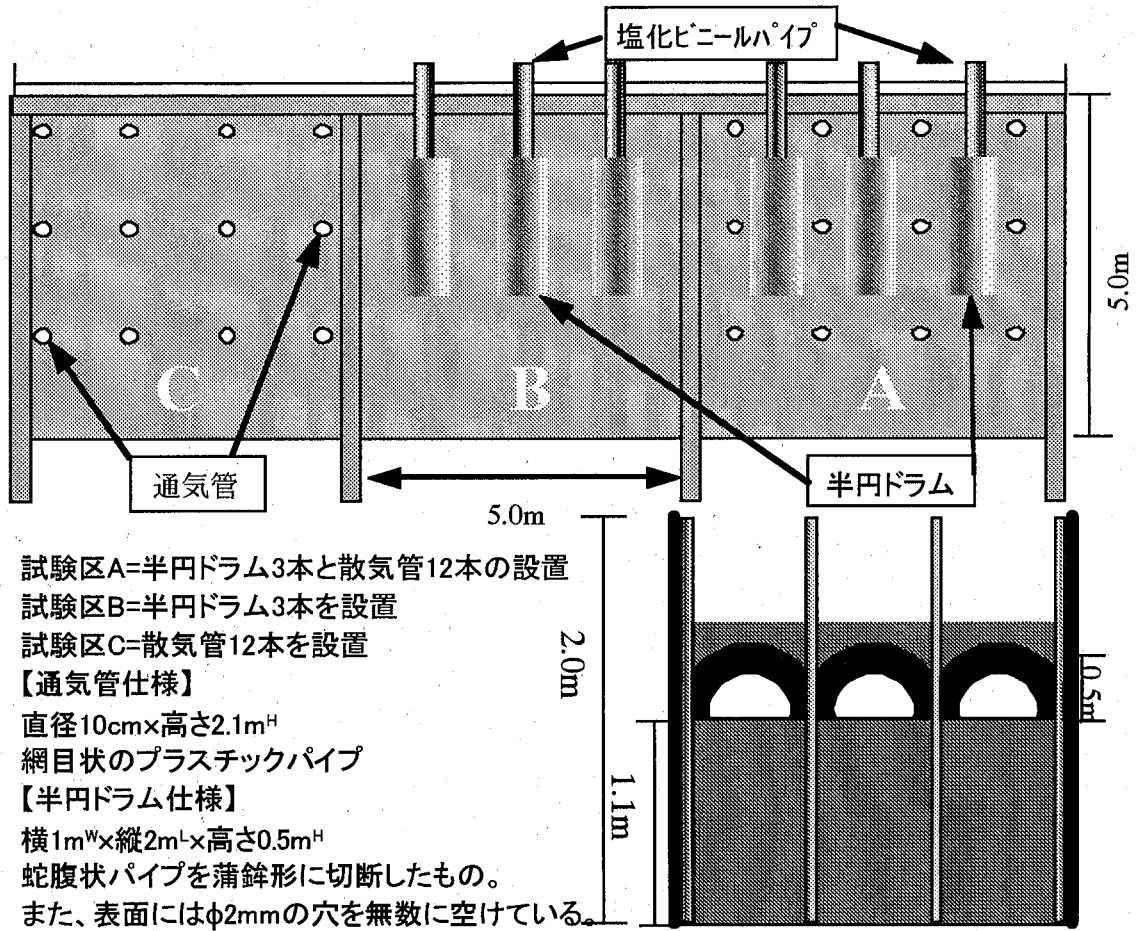
今後は、この処理方法での処理能力の向上と堆肥の品質向上を目的とした研究を行う予定である。

なお、これらの研究成果は、「未利用資源堆肥化解説書(焼酎粕編)」として平成13年度に発行予定である。

最後に、本研究に積極的なご協力を頂いた(株)長崎バイオパーク 山口課長並びに(株)福田酒造 福田社長に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック編集委員会 編集委員長 中山哲男:廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック-(1993)
- 2) 藤田賢二:コンポスト化技術-廃棄物有効のテクノロジー-(1993)
- 3) 有機質資源化推進会議:有機廃棄物資源化大辞典 (1997)
- 4) 工藤哲三ほか:焼酎蒸留廃液の微生物処理技術の開発、宮崎県工業試験場・宮崎県食品加工研究開発センター研究報告書 No.42(1997)
- 5) 工藤哲三ほか:日本酒造組合中央会本格焼酎新技術開発研究会 研究成果報告書 p1-8(1998)



実証試験区A概略図

図 2 第 1 実験期間概略図

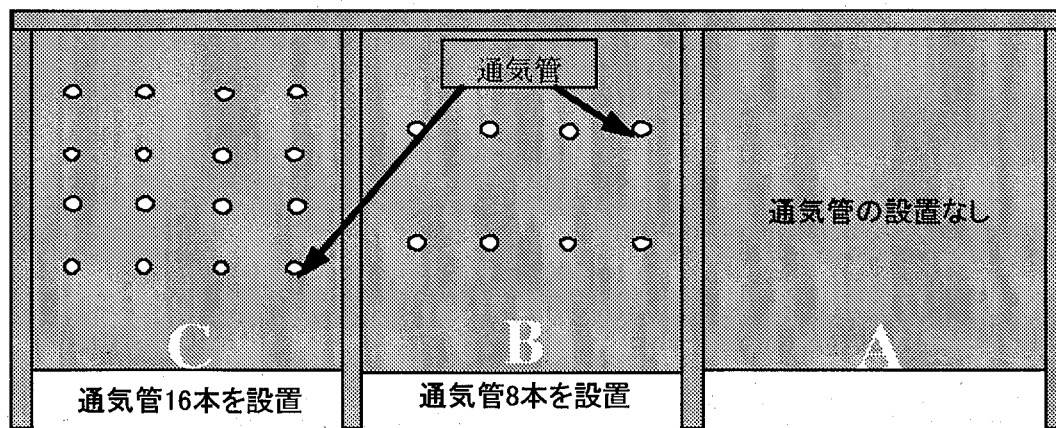


図 3 第 2 実験期間概略図