

# 焼酎蒸留粕の地域循環資源化システム に関する研究

増田純雄<sup>1</sup>・淵上勲<sup>2</sup>・山内正仁<sup>3</sup>・土手裕<sup>4</sup>・丸山俊朗<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 宮崎大学助教授 工学部土木環境工学科(〒889-2155 宮崎市学園木花台西1-1)

E-mail:t0c203u@cc.miyazaki-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 宮崎大学院工学研究科博士前期課程 土木環境工学専攻

<sup>3</sup>正会員 工博 鹿児島工業高等専門学校助教授 土木工学科

<sup>4</sup>正会員 工博 宮崎大学助教授 工学部土木環境工学科

<sup>5</sup>正会員 工博 宮崎大学教授 工学部土木環境工学科

産業廃棄物である焼酎蒸留粕は 2003 年から海洋投棄の禁止が予想されるため、その有効利用として家畜の飼料化や農業資材への応用が検討されている。日本の家畜飼料自給率が 25%である今日、植物性産業廃棄物から家畜飼料を作製する技術は資源の有効利用と廃棄物量削減の観点から重要である。

本論文では、焼酎蒸留粕の地域循環資源化システムの提案とその焼酎蒸留粕と稲わらから家畜の飼料を作製する実験を行い、1) 焼酎蒸留粕と稲わらを混合粉碎後、圧搾ろ過を行い、ろ過残渣物に小麦粉を添加することで、現在市販されている配合飼料と同等成分の飼料を作成できる。2) 焼酎蒸留粕と稲わらを混合粉碎することにより、圧搾時に稲わらの繊維が繊維膜として働き、固形物の高除去率が得られる等の結果を得た。

**Key Words :** *shochu waste stillage, feed for domestic animals, vegetable industrial waste, rice straw, squeezing filtration, blender (drug mill)*

## 1. はじめに

食品製造業の動・植物性残渣排出量は推計で年間 248万トンと言われており、製造業内部での減量化後の排出量は120万トン、内部減量化後のリサイクル率は約 80%となっている<sup>1)</sup>。このように、食品製造業の動・植物性残渣は全体的に高いリサイクル率を示している。しかしながら、地域的な食品製造業の植物性残渣(産業廃棄物)である焼酎蒸留粕(焼酎粕)は、九州内で年間 44.8万トン(1999年酒造年度)が排出されており、その処理処分の内訳は海洋投棄(14.2万t)と陸上処理(31.6万t)である<sup>2)</sup>。1993年11月に締結されたロンドン条約では、1996年1月から一部の例外品目を除き産業廃棄物の海洋投棄処分が原則的に禁止され、天然由来の有機性産業廃棄物である焼酎粕は例外品目<sup>3), 4)</sup>として取り扱われていた。しかし、1996年11月に条約の全面改正が行われ、廃棄物などの海洋投棄を原則禁止とした上で、投棄が認められる廃棄物の種類を詳細に列挙し、環境上影響がないと認められた廃棄物についてのみ許可を発給する制度(WAF; Waste Assessment Framework)の導入が採択<sup>5)</sup>された。今後、焼酎粕もWAFの制約を受けることになると考えられる。

焼酎を製造している鹿児島、宮崎両県では農業が盛

んであると同時に畜産業も盛んであり、耕地面積当たりの家畜排泄物量はそれぞれ 58, 70t/ha・年となり、同じ県でも農業・家畜飼養が盛んな地域では 128t/ha・年<sup>6)</sup>となる。全国平均の耕地面積当たりの家畜排泄物量が 18 t/ha・年と推計できることから、両県の耕地面積当りの家畜排泄物量がいかに多いかが分かる。このような現状を考えると、家畜排泄物に加えて、植物性産業廃棄物の農地還元、堆肥化は環境への負荷が大きいと考えられる。また、日本の飼料自給率が 25%である今日、植物性産業廃棄物から家畜飼料を作製する技術は資源の有効利用と廃棄物量削減の観点から重要である。さらに、ヨーロッパや国内での家畜の口蹄疫や狂牛病発生などを考慮すると、国内での飼料自給率の向上、安全な飼料の確保を早急に解決しなければならない課題である。

本論文では、焼酎粕の地域循環資源化システムの提案と、食品製造業の植物性産業廃棄物である焼酎粕と農業由来の植物性廃棄物である稲わらおよび穀類を混合した家畜の飼料を作製する実験を行い、若干の知見が得られたので報告する。

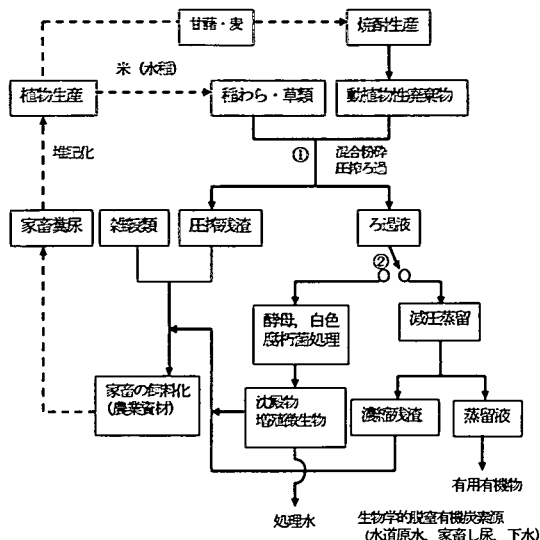
表一 焼酎蒸留粕の性状

測定項目	甘藷蒸留粕	麦蒸留粕
pH	4.08	3.89
含水率 (%)	94.6	92.6
蒸発残留物 (mg/L)	54,915	75,384
強熱減量 (mg/L)	50,910	72,054
浮遊物質 (mg/L)	34,600	16,830
全有機炭素 (mg/L)	25,458	37,103
CODcr (mg/L)	76,800	113,200
全窒素 (mg/L)	2,232	4,100
セルロース (mg/L)	8,000	4,000
ヘミセルロース (mg/L)	N.D	4,000
スターチ (mg/L)	3,000	3,000
グルコース (mg/L)	13,000	25,000
蛋白質 (mg/L)	14,000	25,000
粘性 (Pa·s)	0.08	0.01

固形分を多く含む高濃度有機質廃液であり、窒素の大部分が有機態窒素である。特に麦焼酎粕(麦粕)は全窒素濃度が4,000mg/Lと高い。無機成分では甘藷焼酎粕(甘藷粕)が麦粕に比較して全体的に高く、特にカリウム含有量が多い傾向にある。食物繊維(Dietary fiber)として、セルロースは両焼酎粕に含有されたが、ペクチンについては甘藷粕のみに、ヘミセルロースについては麦粕のみに含有されている。食物繊維全重量(乾物%)では、甘藷粕(17.1%)が麦粕(10.3%)に比べやや多く、糖、タンパクは麦粕に多く含まれている。また、甘藷粕の粘度は非常に高く、水(0.001Pa·s:20℃)の約80倍であり、麦粕の約10倍に相当する。食物繊維以外で粘性を持つ成分としては糖、タンパクがあるが、これらは麦粕に多く含まれていることから粘度に大きな影響を及ぼすとは考えにくい。そこで、粘性のある食物繊維として知られているペクチン<sup>7)</sup>を麦粕に重量比で0.1%、0.2%、0.4%、0.6%添加してそれらの粘度を測定した。しかし、全サンプルほぼ同じような粘度であったことから、両焼酎粕共に含まれるセルロースの物性の違いが粘度に大きな影響を及ぼしていると考えられる<sup>8)</sup>。

(2) 実験装置と実験方法

焼酎粕は一般に BOD 濃度が数万 mg/L の高濃度で、5~10%の固形分を含んでおり、かつ粘度が高く、フィルタープレス等のろ過機による固液分離が難しく、廃液処理が非常に困難である。そのため、図-2 に示すような圧搾ろ過装置を用いて固液分離を行った。実験装置は、穴あきアクリル板(直径:10.5cm, 穴径:5mm)、パンチングメタル金網(目開き 500 μm)、アクリル円筒(直径 10.5cm, 深さ 20cm)及び裁荷可能なピストンから構成されている。飼料作製は、麦、甘藷粕(100g)と長さ約 1cm に切断した稲わら(110℃±3℃で 3 時間乾燥)をオスターブレンダー(粉碎機:16,800rpm)で粉碎混合後、約 10 分間放置し、混合試



図一 焼酎蒸留粕の地域循環資源化システム

2. 焼酎蒸留粕の地域循環資源化システム

地域で発生する植物性産業廃棄物は可能な限りその地域内で再資源化することを考慮すると、図-1 に示すような、焼酎粕の地域循環資源化システムが提案できる。すなわち、1) 産業廃棄物である焼酎粕と稲わらを粉砕器で粉砕混合後、圧搾ろ過し、ろ過残渣物に適量の穀類を添加することにより、栄養バランスの取れた家畜飼料が作製できる。家畜の糞尿は堆肥となり、植物生産(水稻や甘藷)に利用され、それが焼酎の原料となる。さらに、圧搾残渣物は農業用資材(ポット、苗床)としても利用可能である。2) 圧搾ろ液は、酵母菌、白色腐朽菌を培養し、増殖微生物は圧搾残渣物と混合し飼料の原料とする。或いは、減圧蒸留により、有用な有機物のみを抽出し、それを生物学的脱窒(水道原水、地下水、下水の脱窒)の有機炭素源として利用すると共に、減圧濃縮残渣物は飼料の原料とする。3) ①、②点に切り替えスイッチを設けることにより、切り替え①では飼料化のみを選択できるが、稲わら添加量と穀類の添加量が増大する。切り替え②では微生物増殖か減圧蒸留のいずれかを選択できる。このようなシステムにより、焼酎粕の地域循環資源化システムの構築が可能となる。

3. 焼酎蒸留粕の地域循環資源化方法

(1) 焼酎蒸留粕の性状

焼酎粕の性状を表一に示す。焼酎粕はpHが低く、

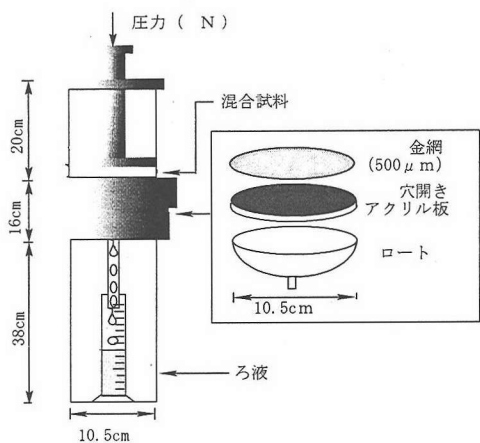


図-2 圧搾ろ過装置

料を圧搾ろ過装置の中に流し込み、載荷荷重 1kPa で約 30 分間加圧した。その後、ろ過残渣物とろ液に分離し、ろ過残渣物に穀類(麦粉添加: 3.0, 5.0, 10g)を加え半練り状にした後、押出器により棒状に成形し、乾燥機で乾燥(60℃, 12 時間)させた。また、圧搾ろ液量とろ液中の SS, TOC 濃度、粒径分布の測定及び作製飼料の性状分析を行った。なお、焼酎粕の含水率、強熱減量は下水試験法<sup>8)</sup>、TOC は全有機炭素測定器、ろ過残渣物の粒度分布は一定容量(2L)の水に全残渣物を溶解させた後、JIS 規格のふるい目(3.35, 2.36, 2.00, 1.18, 0.85, 0.60, 0.30mm)7 種類を用いて、固形物を水中でふるい分け、粒子 300 μm 以下はレーザー回折式粒度分布測定装置(SALD-2000J 型)で行った。作製飼料の分析は、粗蛋白質;ケルダール法、粗脂肪;ジエチルエーテル法、粗繊維;ろ過法、粗灰分;直接灰化法、リン;バナドモリブデン酸吸光度法、カルシウム;過マンガン酸カリウム容量法で行った。

### (3) 圧搾ろ液の特性

図-3 に圧搾ろ過時間と SS 濃度、ろ液量の関係を示す。実験は、甘藷粕、麦粕 100g 当たり稲ワラ 3g を添加後(以下、稲わら 3%)、粉碎混合(混合試料)して

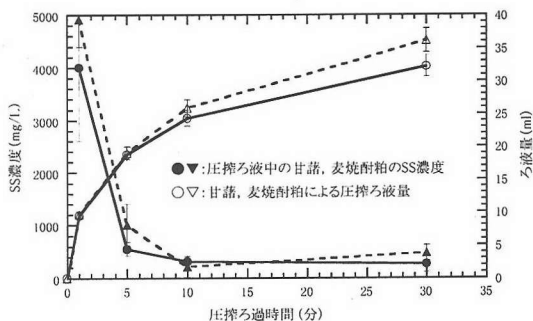


図-3 圧搾ろ過時間と SS 濃度、ろ液量の関係

行った。混合試料の粉碎時間は 3 分間で、載荷圧力 1kPa で 30 分間圧搾ろ過した。甘藷粕 (SS ; 27,800mg/L) の場合、ろ液量はろ過時間 10 分間で全ろ液量(32ml)の内 82% (28ml) がろ過され、ろ液中の SS 濃度は初期の一分間に 3,200mg/L, 1~5 分間で 640mg/L, 5~10 分間で 244mg/L となり、全体の平均では 1,440mg/L となった。一方、麦粕 (SS ; 36,600mg/L) の場合、ろ液量はろ過時間 10 分間で全ろ液量(36ml)の内 72% (26ml) がろ過された。ろ液中の SS 濃度は初期の 1 分間に 4,900mg/L, 1~5 分間で 1,000mg/L, 5~10 分間で 213mg/L となり、全体の平均では 1,740mg/L となった。このことから、ろ過初期では、稲ワラの繊維ろ過膜が形成されず、混合飼料が金網を通過するために SS 濃度が高くなる。その後、ろ過繊維膜が形成されると SS 成分が繊維膜中に取り込まれるようになり、SS 濃度が急激に減少すると考えられる。

図-4 に各粉碎時間における稲ワラ添加率と SS 濃度の関係を示す。麦粕 (SS : 37,360mg/L, TOC : 47,350mg/L, 含水率 : 90.8 %) と甘藷粕 (SS : 28,900mg/L, TOC : 27,350mg/L, 含水率 : 93.7%) を用い、稲ワラ添加率(0~5%)と粉碎時間(1, 3, 5 分)を変化させて実験を行った。

その結果、甘藷粕では、稲ワラ添加率 2% と 3% の時、粉碎時間 3 分で、ろ液中の SS 濃度が最低となった。稲ワラ添加率 2% での圧搾ろ液中の SS 濃度は 1,057mg/L, TOC 濃度は 37,720mg/L, 含水率は 77.2% となった。一方、麦粕では、稲ワラ添加率 3% と 4% の時、粉碎時間 3, 5 分で、ろ液中の SS 濃度が最低となった。その時の、ろ液中の SS 濃度はそれぞれ 5,230mg/L, 5,410mg/L, TOC 濃度は 37,720 mg/L, 40,590mg/L, 含水率は 77.2%, 79.4% となった。

このように、麦粕に比べて甘藷粕の方がろ過液中の SS 濃度の低いろ液が得られた。これは焼酎粕中の粘

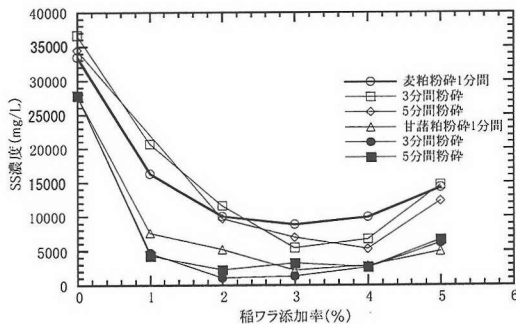


図-4 稲わら添加率と SS 濃度の関係

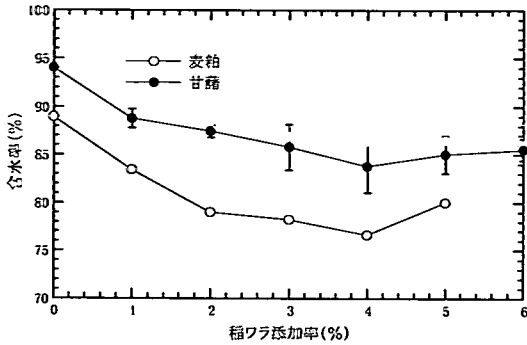


図-5 稲わら添加率と含水率の関係

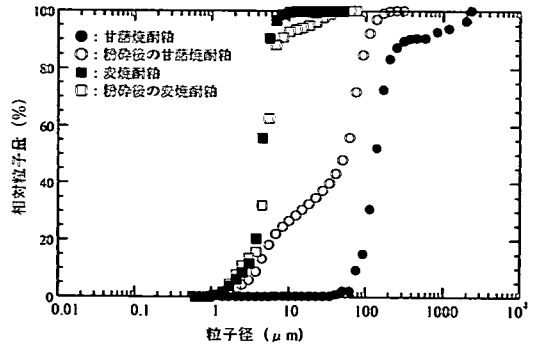


図-6 焼酎蒸留粕の粒度加積曲線

性と繊維質(セルロース含有量)<sup>9)</sup>が関係し、そのためにSS濃度が低くなったものと考えられる。

図-5 に圧搾残渣物の含水率と稲わら添加率の関係を示す。甘藷粕の含水率は94%であるが、これに稲わらを1~6%添加し、粉碎混合後1kPaで圧搾ろ過を行った。圧搾残渣物の含水率はそれぞれ89、87、86、84%と減少したが、稲わら添加5%での含水率は若干増加する傾向にある。このことは稲わら添加量が多くなり、次に(4)で述べるように、オスターブレンダーによる稲わらが十分粉碎されず稲わらによる繊維膜が形成されなかったためと考えられる。麦粕は減圧蒸留法で行われているため、含水率は89%と低い値となっている。これに稲わらを1~5%添加した時の圧搾残渣物の含水率はそれぞれ83、79、78、76%と減少したが、稲わら5%添加では含水率は増加するようになった。これは麦粕の含水率が低いことと、稲わら添加量が多くなり、オスターブレンダーによる稲わらの粉碎が十分行われなかったためと考えられる。また、飼料作製を考えると、圧搾ろ過残渣物の含水率が低すぎると、圧搾ろ過残渣物に穀類を加えた際に半練り状にならず、押出器により棒状に成形しにくいので、86%程度の含水率が必要である。

表-2 に圧搾ろ液中の各種有機酸濃度を示す。甘藷粕の場合、圧搾ろ液に含まれる有機酸はクエン酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸、酢酸であり、有機酸の内クエン酸が約55%を占めている。麦粕の場合、有機酸はクエン酸、リンゴ酸、フタル酸は含まれず、乳酸、酢酸が多く

表-2 ろ液中の酸濃度

酸濃度 (mg/L)	甘藷粕	麦粕
クエン酸	3000	(-)
酒石酸	(-)	(-)
リンゴ酸	1000	200
コハク酸	500	2000
乳酸	500	8900
フタル酸	(-)	(-)
酢酸	500	4900

(-) : 検出せず (定性試験)

含まれている。これは、甘藷粕が常圧蒸留に対して麦粕が減圧蒸留であり、蒸留方法の違いによるものと考えられる。また、ろ液中のTOC濃度は甘藷、麦粕でそれぞれ22,440 mg/L、45,300mg/Lである。したがって、図-4に示したように、本法では、圧搾ろ液中のSS濃度が低いため、ろ液の処理は従来の生物処理(嫌気性、活性汚泥法)で十分行える。また、ろ液を減圧蒸留して有機成分だけを分留し、生物学的脱窒素(水道原水、下水)の有機炭素源として利用できる可能性がある。

#### (4) 焼酎粕と粉碎後の粒径分布

図-6 に甘藷粕、麦粕をそれぞれ5分間粉碎した焼酎粕の粒径加積曲線を示す。●■印は、甘藷粕と麦粕の粒径加積曲線であり、甘藷粕の粒径分布は60~3,350 μmの間に分布し、300 μm以上では甘藷の表皮と根毛である。固形物の有効径は80 μmであり、その時の均等係数は1.5である。このことから、甘藷粕中の固形物の粒径はほぼ均一であることがわかる。○□印は甘藷粕と麦粕を粉碎したものである。粉碎後の甘藷粕は固形物の粒径分布が0.1~100 μmの間に分布し、甘藷の表皮と根毛および粒径100~200 μmの固形物が細かく粉碎されたことを示す。麦粕の粒径分布は0.4~10 μmの間に分布し、固形物の有効径は2.5 μm、均等係数は2.4である。粉碎後の麦粕は固形物の粒径分布が0.6~10 μmの間に分布し、粉碎後もほとんど同じである。この固形物の有効径は2.8 μmであり、均等係数は1.7である。このように麦粕は甘藷粕に比べて粒径が小さい事が分かる。また、麦粕は甘藷粕に比較してセルロース濃度、粘性がそれぞれ1/2、1/8と低く、さらりとした性状である。甘藷粕の場合には粘性が高く、有効径が大きいため、甘藷粕と稲ワラを粉碎混合後、圧搾ろ過すると稲ワラの繊維膜に固形物を取り込まれやすくなる。一方、麦粕の場合には粘性が低く、有効径が小さいため、稲ワラの繊維膜に固形物を取り込まれ難くなる。このことが原因でろ過後のSS濃度が高くなると考えられる。

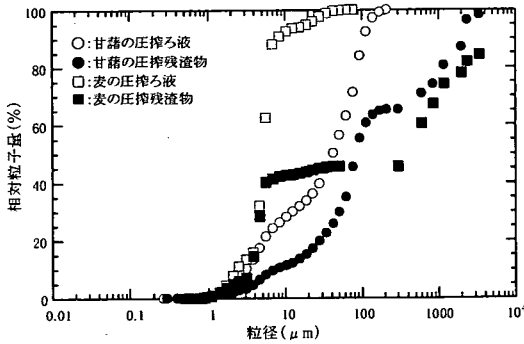


図-7 圧搾ろ液中の固形物粒径加積曲線

図-7 に甘藷粕、麦粕に稲ワラをそれぞれ 3%、4% 添加し、各々 3 分、5 分間粉碎した混合試料を圧搾ろ過した時のろ過残渣物とろ液の粒径加積曲線を示す。ろ過残渣物の場合には、固形物の成分(粉碎された稲わらの長さや焼酎粕の固形物)は異なるが、ここでは、便宜上、粉碎された稲わらの長さを粒径と考えた。図から明らかのように、甘藷粕のろ過残渣物の粒径は 4,760  $\mu\text{m}$  以下の網目を通過する広い範囲に分布しており、稲わらが 4,760  $\mu\text{m}$  以下を通過する大きさに粉碎されたことを示す。このろ過残渣物を水に溶解させ、JIS 規格のふるい目で粒径を測定した。その結果、稲わらは添加稲わらの重量パーセントで、3,350  $\mu\text{m}$  以上の粒径が 3.5%、2,360  $\mu\text{m}$ ; 3.6%、2,000  $\mu\text{m}$ ; 11.1%、1,180  $\mu\text{m}$ ; 14%、850  $\mu\text{m}$ ; 14.4%、600  $\mu\text{m}$ ; 6.9%、300  $\mu\text{m}$ ; 12%であり、300  $\mu\text{m}$  以下の粒径が 34.5%であった。このことにより、混合試料のろ過残渣物の粒径分布が広く成ることを示し、粉碎された稲わらの繊維が繊維膜として働くことが分かる。一方、ろ液の粒径は 300  $\mu\text{m}$  のふるいを通過した部分を示す。粒径分布は 0.2~200  $\mu\text{m}$  の間に分布し、均等係数は 13.3 となり、焼酎粕を粉碎した場合と同じような値を示す。これは圧搾ろ過を行う際に、稲わらによる繊維ろ過膜の形成以前に、粉碎された焼酎粕が金網を通過するためである。麦粕は粒径が小さいために、5~300  $\mu\text{m}$  の間に粒径段差が生じている。このために、麦粕の場合にはろ過後の SS が高濃度となった。ろ液中の SS はいずれの場合にも、粉碎後の粒径加積曲線とほぼ同じとなる。これは、稲ワラによる繊維膜が形成される前に、麦粕が金網を通過したためである。

図-8 に圧搾ろ過残渣物中の稲わら存在率と粒径の関係を示す。甘藷粕に稲わらを 1% 添加し、3 分間混合粉碎したろ過残渣物中の稲わらの粒径分布は、粒径 300  $\mu\text{m}$  以上; 50.6%、300  $\mu\text{m}$  以下; 49.4%となり、圧搾ろ液の SS 濃度は 4,660mg/L となった。このように、圧搾ろ液の SS 濃度が高い原因は、1,180  $\mu\text{m}$  以上の稲わらの粒径; 14.9%、1,180  $\mu\text{m}$  以下~300  $\mu\text{m}$  以上; 35.7%、300  $\mu\text{m}$  以下; 49.5%と稲わらが細粉碎されたためである。

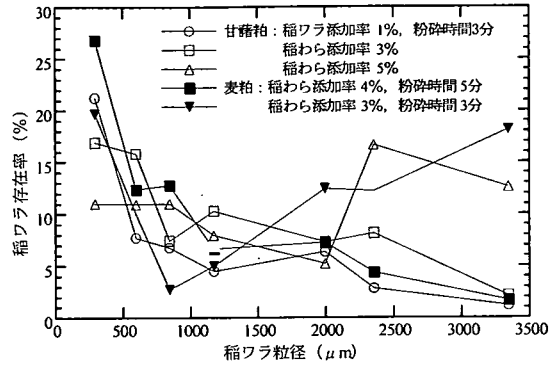


図-8 残渣物中の稲わら存在率と粒径の関係

また、稲わらの添加率 5% の場合、圧搾ろ過残渣物中の稲わらの粒径は 300  $\mu\text{m}$  以上; 75%、300  $\mu\text{m}$  以下; 25%となり、圧搾ろ液の SS 濃度は 6,110mg/L となった。この場合の稲わらの粒径は、1,180  $\mu\text{m}$  以上の稲わら; 42.4%、1,180  $\mu\text{m}$  ~ 300  $\mu\text{m}$  以上; 32.9%と稲わらが細粉碎されなかったためである。このように、圧搾ろ液中の SS 濃度は粉碎された稲わらの粒径に左右されることが判明した。

稲わら添加率 3% では、ろ過残渣物中の稲わら存在率が稲わら粒径の大きい方から順次増加し、ろ液中 (300  $\mu\text{m}$  以下) の稲わら存在率は 32.5% である。稲わら添加率 5% では、2,360  $\mu\text{m}$  以上、添加率 1% では 600  $\mu\text{m}$  以下の稲わら存在率が大きく、ろ液中 (300  $\mu\text{m}$  以下) での稲わら存在率はそれぞれ 25、50% である。このように、圧搾ろ液の SS 濃度は残渣物中の稲わら粒径の存在率により変化し、稲わら添加率 3% の時の稲わら存在率が最適であることが分かる。このことにより、混合試料のろ過残渣物中の粒径分布が広く成ること、粉碎された稲わら粒径の存在割合により、稲わらの繊維が繊維膜として働くことが考えられる。また、焼酎粕は BOD 濃度が数万 mg/L の高濃度で、5~10% の固形分を含んでおり、かつ粘度が高く、フィルタープレス等のろ過機による固液分離が難しく、供給が不安定で腐敗し易いなどの問題を有しているが、本法では、焼酎粕と稲わらを粉碎混合することにより、物理的なろ過で簡単に固液分離が行えることが判明した。

以上のように、焼酎粕を粉碎することで、焼酎粕の粒径分布の範囲は狭くなるが、稲わらを添加し、混合粉碎することで、ろ過残渣物中の粒径分布の範囲が大きくなる。その結果、粉碎された稲わらの繊維が繊維膜として働き、ろ過残渣物中に多くの固形物を取り込み、ろ過残渣物は家畜の飼料化に有効であることが判明した。

#### 4. 作製飼料の成分

圧搾残渣物に小麦粉を 3, 5, 10g 加え半練り状にした後、押出器により棒状に成形し、乾燥器で乾燥させた作製飼料と市販の家畜飼料成分を表-3 に示す。A 飼料<sup>10)</sup>は穀類(77%), フスマ(11%), 大豆油粕(8%), その他(炭酸カルシウム, 糖蜜, 食塩)4%とビタミン A, ビタミン D3 を含む配合飼料, B 飼料<sup>11),12)</sup>は焼酎粕の固液分離液を濃縮し、その液に繊維質, 穀類を配合したものである。また、小麦粉は市販の N 社製(100g 当たり蛋白質 8g, 脂質 1.7g, 糖質 73g を含有)を用いた。A, B 飼料は配合飼料, 作製飼料 A は甘藷焼酎粕(100g)に稲ワラ 3g と小麦粉 5g を添加, 作製飼料 B は麦焼酎粕(100g)に稲ワラ 4g と小麦粉 5g を添加したものである。表から明らかなように、市販の配合飼料は家畜の成育に必要な成分量がバランスよく配合<sup>13)</sup>されており、本作製飼料成分はこれとほぼ同等であることが分かる。作製飼料 B は他の配合飼料に比べると粗蛋白質, 粗脂肪が他の飼料成分に比べて多いが、カルシウム, リンの含有率が少ない。また、粗繊維, 粗灰分の含有率は 60%前後であるが、稲ワラ, 穀類の添加量を変化させることにより調整できる。この他にビタミン, ホルモン等を添加することにより栄養バランスの取れた家畜飼料作製が可能である。また、本飼料は自然由来の有機物のみで作製された自然飼料であり、家畜の健康にも優れているものと考えられる。このように、甘藷粕, 麦粕に稲ワラと穀類を添加することで簡単に飼料化ができ、年間を通して安定した飼料供給ができる。

表-4 に日本標準飼料<sup>14)</sup>による稲わら, 焼酎粕, 小麦の成分を示す。稲わら, 焼酎粕は飼料成分を全て含む

表-3 配合飼料と作製飼料の成分比較

種類 分析項目	A飼料(%)	B飼料(%)	作製飼料A(%) 甘藷粕	作製飼料B(%) 麦粕
	粗蛋白質	11.5以上	11.0以上	13.2
粗脂肪	2.0以上	1.4以上	1.5	3.8
粗繊維	10.0以下	12.0以上	9.6	9.2
粗灰分	10.0以下	7.0以上	5.7	5.3
カルシウム	0.4以上	0.6以上	0.2	0.1
リン	0.3以上	0.4以上	0.22	0.28
カロリー(kcal)	(-)	(-)	400	443

表-4 稲わら, 焼酎蒸留粕の成分表

分析項目	稲わら(%)	焼酎粕(%)	小麦(%)
水分	12.2	94.5	11.5
粗蛋白質	4.7	1.3	12.1
粗脂肪	1.8	0.5	1.8
粗繊維	28.4	0.6	2.4
粗灰分	15.3	0.4	1.7
カルシウム	0.3	0.14	0.05
リン	0.13	0.53	-

(日本標準飼料成分表 1987年度版より)



写真-1 甘藷焼酎蒸留粕による作製飼料

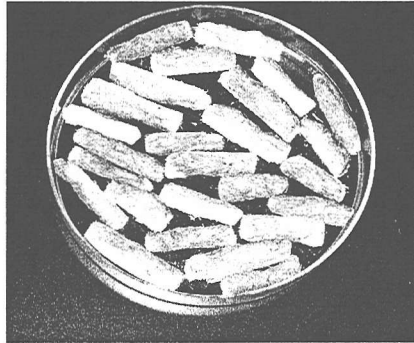


写真-2 麦焼酎蒸留粕による作製飼料

でいるため、飼料作成時に粉碎した小麦を添加することで、不足成分である粗灰分, カルシウムをある程度補うことができる。小麦粉を 3g, 5g, 10g 添加した作製飼料の乾燥重量は 9.5g, 11.7g, 16.2g であり、焼酎粕 1t 当たりそれぞれ 95 kg, 117kg, 162kg の飼料が製造できることが分かった。写真-1, 2 に作製飼料を示す。写真-1 は、甘藷粕を原料とした場合であり、実験条件は稲わら添加 3g, 粉碎時間 3 分, 小麦粉添加 5g である。写真-2 は、麦粕を原料とした場合であり、実験条件は稲わら添加 4g, 粉碎時間 5 分, 小麦粉添加 5g である。

混合試料を圧搾ろ過した後の残渣物を乾燥させると、先に報告<sup>15),16)</sup>した蘇生紙と同様に紙状の製品が作製できたが、この紙は蘇生紙に比べて密度が粗いものであった。この紙の物理的, 化学的性質については未だ不明であるが、今後、明らかにし、農業用資材(ポットあるいは苗床)としての応用を検討する予定である。

以上のように、植物性産業廃棄物である焼酎粕と稲わらを粉碎混合し、圧搾ろ過することで、焼酎粕の固液分離が容易になり、圧搾残渣物に小麦粉を数パーセント添加することで簡単に家畜飼料が作製できることが明らかとなった。また、焼酎粕と稲わらの含有成分はほぼ一定した値であるため、本作製飼料は安定した品質の飼料が製造できると考えられる。

## 5. おわりに

焼酎蒸留粕の地域循環資源化システムの提案を行い、資源化方法の1つとして、焼酎粕と稲わらを混合粉碎し、圧搾ろ過後の残渣に数パーセントの穀類を加えて家畜の飼料を作製する実験を行い、以下のような結果が得られた。1) 焼酎粕の家畜飼料化は圧搾ろ過する際に、試料中の固形物が繊維ろ過膜に多く取り込まれ、圧搾ろ液量が少なく、ろ過残留物の含水率が86%程度必要であることが判明した。2) 圧搾ろ過条件は稲わら添加率3%で、混合試料の粉碎時間は3分間で良いことが分かった。3) 焼酎粕に稲わらを添加し、混合粉碎することで固形物の粒径分布の範囲が大きくなると共に、稲わらの繊維が繊維膜として働き、ろ過残渣中に多くの固形物を取り込むことが判明した。4) 植物性産業廃棄物である焼酎粕と稲わらを混合粉碎した後、圧搾ろ過を行い、ろ過残渣物に小麦粉を3%添加することで簡単に家畜の飼料化ができることが明らかとなった。5) 焼酎粕と稲わらの含有成分はほぼ一定した値であるため、安定した品質の飼料作成ができる。6) 麦粕、甘藷粕のいずれの場合にも飼料化が行え、年間を通して飼料化が行えることが判明した。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、実験装置の作製に御協力頂いた(株)日本治水並びに焼酎粕を提供して頂いた(株)雲海酒造に衷心より感謝いたします。なお、本研究は平成13年度文部科学省科学研究費(基盤研究②(2)課題番号1365060 研究代表者: 増田純雄)の補助を受けたものであることを付記し、ここに謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 生物系廃棄物リサイクル研究会: 生物系廃棄物のリサイクルの現状と課題2, 1999.
- 2) 鹿児島県酒造組合連合会: 平成9年酒造年度本格焼酎原料別精製数量と蒸留粕の処理別・月別数量, 1998.
- 3) 河崎哲久: ロンドン条約付属書Iの改正に伴う産業廃棄物の海洋投入処分の規制強化について, いんだすと, 10巻, 9号, 1995.
- 4) 岸部和美: ロンドン条約改正の動きについて, 廃棄物学会誌, 5巻, 3号, pp.220~232, 1994.

- 5) 徳田拓士, 木村龍治 他: 海洋環境破壊が深刻化, 東京教育センター, pp.257~265, 1999.
- 6) 増田純雄, 山内正仁, 淵上勲, 土手裕, 丸山俊朗: 植物性産業廃棄物の飼料化に関する研究, 環境工学研究論文集, 第37巻, pp.89~96, 2000.
- 7) 山内正仁, 平田登基男, 松藤康司, 増田純雄 他: 蘇生紙の物理および力学特性とその有効利用, 環境工学研究論文集, Vol.36, pp.379~389, 1999.
- 8) 山内正仁, 平田登基男, 松藤康司 他: 甘藷焼酎蒸留粕の有効利用に関する研究—蘇生紙作製とその物理的・力学的性質—, 廃棄物学会誌, Vol.10, No.4, pp.204~213, 1999.
- 9) 日本下水道協会: 下水試験法, 1997.
- 10) 社団法人日本科学飼料協会: 飼料分析基解, 1998.
- 11) 南日本くみあい飼料株式会社: くみあい肉牛配合飼料(みのり)パンフレット, 1998.
- 12) 雲海酒造株式会社: ウェットタイプ TMR 飼料パンフレット, 1999.
- 13) 小野寺良治: 家畜栄養学, 川島書店, 1989.
- 14) 農林水産省農林水産技術会議事務局: 日本標準飼料成分表, 中央畜産会, 1987.
- 15) 山内正仁, 平田登喜男, 松藤康司, 増田純雄他: 甘藷および麦焼酎蒸留粕で作られた蘇生紙の物理・力学特と廃液性状の比較検討, 廃棄物学会誌, Vol.10, No.5, pp.284~292, 1999.
- 16) 山内正仁, 平田登喜男, 松藤康司, 増田純雄 他: 焼酎蒸留粕を用いた蘇生資材の開発に関する基礎的研究, 土木・材料論文集, 第15号, 12, 1999.
- 17) 淵上勲, 中井貴広, 増田純雄, 山内正仁: 麦焼酎蒸留粕の飼料化に関する研究, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, VII-2, pp.430~431, 2000.
- 18) 淵上勲, 増田純雄, 山内正仁: 焼酎蒸留粕の飼料化とその性状特性, 土木学会全国大会研究発表会講演集, VII-307, pp.614~615, 2001.
- 19) 増田純雄, 淵上勲, 山内正仁: 動・植物性廃棄地域循環資源化システム, 第12回廃棄物学会研究発表会講演概要集, pp.438~440, 2001.

(2002.2.28 受付)

## REGION CIRCULATION RESOURCE RECOVERY SYSTEM OF SHOCHU WASTE STILLAGE

Sumio MASUDA, Isao FUCHIGAMI, Masahito YAMAUCHI,  
Yutaka DOTE and Toshiro MARUYAMA

The purpose of this paper is to show the region circulation resource recovery system and the procedure in making nutritionally well-balanced feed for domestic animals, using mixture of shochu waste stillage, rice straw and flour. The authors conducted an experiment in making feed for domestic animals by squeezing a mixed sample (shochu waste stillage and rice straw), producing a filtration residue which was left on a filter in squeezing equipment, and adding flour to it. The following results were obtained; 1) it is found that same nutrition component as the feed sold in the market can be produced.2) By adding rice straw to the shochu waste stillage and milling the mixture it is found that fibers from the rice straw act as a fiber membrane and as for that, high SS removal rate was obtained.