

## 焼酎蒸留粕の圧搾濾過における圧力の影響

増田 純雄<sup>1)</sup>、山内 正仁<sup>2)</sup>、法元隆浩<sup>3)</sup>、土手 裕<sup>4)</sup>、丸山 俊朗<sup>5)</sup>

### The effect of the pressure in the squeezing filtration of the shochu waste distillery

Sumio MASUDA<sup>1)</sup>, Masahito YAMAUCHI<sup>2)</sup>, Takahiro HOUGA<sup>3)</sup>  
Yutaka DOTE<sup>4)</sup> and Toshiro MARUYAMA<sup>5)</sup>

#### Abstract

In this study, for the purpose of examining solid-liquid separation ability in the squeezing filtration of the shochu waste stillage, the squeezing hour was fixed for 5 minutes, and the squeezing filtration experiment was done using sweet potato and barley shochu waste stillage, and changes of the wire gauze's aperture was carried out, and the next result was obtained. 1) 12.5kPa pressure was optimum by wire gauze of 120 μm for the water content of the squeezing residue. 2) As for SS concentration in the squeezing filtrate for the sweet potato shochu waste stillage, sweet potato and barley shochu waste stillage became 600~830mg/L, 5000~7400mg/L with the wire gauze of 40 μm respectively.

Key Words: shochu waste stillage, vegetable industrial waste, rice straw, squeezing filtration, blender

#### 1. はじめに

現在、地域的な植物性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 ton（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 ton）と陸上処理<sup>1)</sup>（31.6 万 ton）である。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、耕地面積当たりの平均家畜排泄物量はそれぞれ 58、70ton/ha・年である。宮崎県内の農業・家畜飼養が盛んな地域においては、家畜排泄物量が 128ton/ha・年<sup>2)</sup>である。全国平均の耕地面積当たりの家畜排泄物量が 18 ton/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。このような現状から、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。

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、海洋投棄はできなくなると考えられる。

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、粘度が高くフィルタープレス等による固液分離が難しいと言われていたが、現在、スクリーデカンターを用いた処理が

1) 土木環境工学科 助教授  
2) 鹿児島工業高等専門学校 助教授  
3) 宮崎市 下水道課 技師  
4) 土木環境工学科 助教授  
5) 土木環境工学科 教授

行われている。この方法では、分離液のSS濃度が麦減圧蒸留、甘藷でそれぞれ5000~7000、1000~3000mg/Lと報告<sup>6)</sup>されている。著者らは、甘藷粕に稲ワラを添加し粉碎混合後1kPaの圧力で、500 $\mu$ mの目開きの金網を利用した圧搾ろ過実験により、圧搾ろ液中のSS濃度が1000mg/L前後までに低下することを報告<sup>2)</sup>した。この場合、圧搾時の圧力が1kPaと小さく、圧搾時間が30分と長いため効率性に欠けるという問題点と、金網の影響については明らかにされていない。

本研究では、焼酎粕の圧搾ろ過における固液分離能を検討することを目的として、圧搾時間を5分間に固定し、甘藷、麦焼酎粕による圧搾ろ過実験を行い、圧力と含水率、ろ液中のSS濃度および金網の目開きの関係について若干の知見が得られたので報告する。

### 2. 焼酎蒸留粕の現状

九州内に於ける焼酎の原料別精製量<sup>7)</sup>を図-1に示す。焼酎の原料は甘藷、米、麦、そば、黒糖、その他に分類され、その中で最も多い原料が麦である。麦焼酎は年間22.6万KLが精製され、その量は焼酎全体の約65.5%である。次に、芋焼酎が6.0万KLで全体の約17.5%を占めている。また、九州内においては鹿児島、宮崎の両県の焼酎生産高が多く、特に、鹿児島では甘藷を原料とした芋焼酎が多いことが分かる。焼酎粕は、麦原料では焼酎1KL精製当たり1KLの麦焼酎粕、甘藷原料では焼酎1KL精製当たり1.9KLの焼酎粕が排出される。焼酎粕の成分は、原料によっても異なるがその主な特徴として、

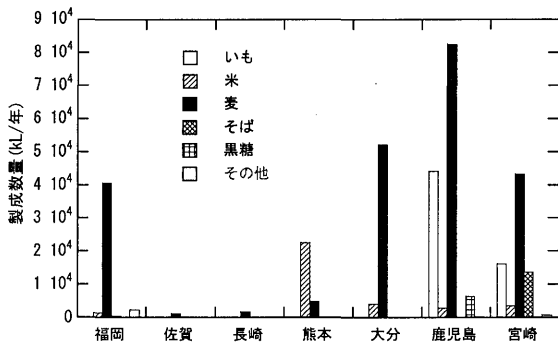


図-1 九州における焼酎生産量

含水率が90~95%と高く、高濃度有機廃液(BOD、SS等の濃度が他の排水と比較して高い)であり、固液分離が困難である。

現在、焼酎粕の処理方法<sup>8)</sup>は、1) 肥料化、2) 飼料化、3) その他(微生物処理、焼却)、4) 海洋投棄に区分されており、九州における焼酎粕の処理別数量<sup>7)</sup>を図-2に示す。焼酎粕を処理別に表すと、

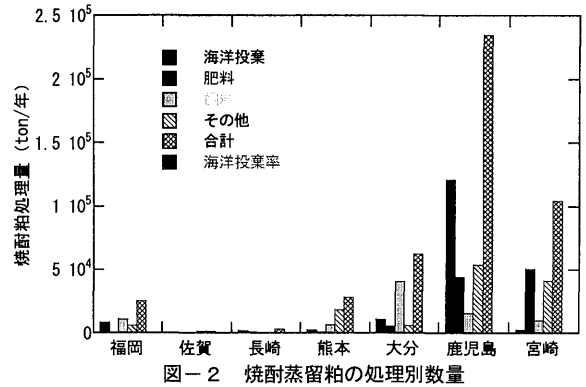


図-2 焼酎蒸留粕の処理別数量

宮崎県では焼酎粕の海洋投棄が2.3tonで全体の約2.3%であるが、鹿児島県では海洋投棄は12万tonで全体の約51.2%となり、九州全体では約32%が海洋投棄されている。両県によって海洋投棄分の割合が異なる理由は、農地還元として焼酎粕をそのままの状態に農地に散布する量が宮崎県では年間に10ton/10a、鹿児島県では一年につき3.0ton/10aと定められているためである。焼酎粕は甘藷や麦などを原料とする自然由来の植物性産業廃棄物であるため、可能な限り再資源化する必要がある。

### 3. 圧搾ろ過実験装置と実験方法

圧搾ろ過実験装置は図-3に示すように、試料の加圧部分とろ過部分から構成されている。加圧部分では、圧力を指示計器で設定し、ピストンに掛ける圧力をACサーボモーターとセンサーによって調節できる。圧搾部分は、穴あきアクリル板(直径:

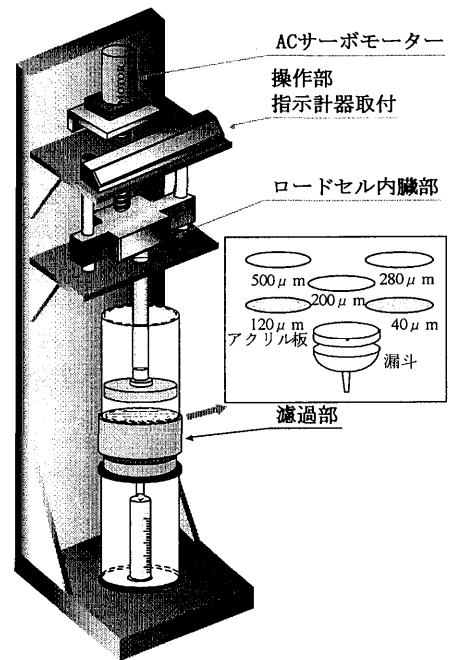


図-3 圧搾ろ過実験装置

10.5cm、穴径：5mm)、アクリル円筒(直径：10.5cm、深さ14cm)、金網(目開き：40 $\mu$ m, 120 $\mu$ m, 200 $\mu$ m, 280 $\mu$ m, 500 $\mu$ m)とピストンから構成されている。焼酎粕と稲ワラを混合粉碎(混合試料)した後、圧搾ろ過を行い、固液分離を行った。混合試料の作製は、焼酎粕(甘藷、麦)100gと長さ約1cmに切断した稲ワラ(110 $^{\circ}$ C $\pm$ 3 $^{\circ}$ Cで約3時間乾燥)をオスターブレンダー(粉砕機、16,800rpm)で、粉砕混合後、焼酎粕と稲ワラを十分なじませるため約10分間放置する。粉砕時間は、甘藷焼酎粕3分、麦焼酎粕5分であり、稲ワラ添加量は甘藷で3g、麦では4gとした。実験は、甘藷粕では原液と混合試料および原液を粉砕した場合の3通り、麦粕の場合には、原液と混合試料の2通りで圧搾ろ過を行った。混合試料を圧搾部に流し込み、底部の金網の目開き(40~500 $\mu$ m)と圧力(5.0~12.5kPa)を変量として5分間圧搾ろ過した。圧搾ろ過後、圧搾残渣物と圧搾ろ液に分離し、圧搾残渣物は乾燥機(110 $^{\circ}$ C $\pm$ 3 $^{\circ}$ C)で3時間乾燥後、含水率を測定した。さらに、上記実験方法と同様に、焼酎粕の2倍量と稲ワラを混合粉碎した後、圧搾ろ過実験を行った。また、圧搾ろ液は装置底部のメスシリンダーで時間毎のろ液量とSS、TOC濃度を測定した。なお、焼酎粕の含水率、強熱減量は下水道試験法<sup>9)</sup>、TOC濃度は全有機炭素測定器(島津製作所:TOC-5000)で測定した。

#### 4. 実験結果と考察

##### 4.1 甘藷焼酎粕の圧搾ろ過

甘藷粕の実験は、稲ワラ添加率3%、粉砕時間3分の実験条件で行い、金網の目開き(40~500 $\mu$ m)と圧力(5~12.5kPa)を変化させて行った。図-4に、甘藷粕(焼酎粕原液)と混合試料圧搾ろ過後の圧搾残渣物の含水率と金網の目開きの関係を示す。甘藷粕原液では、圧力を5~12.5kPaに変化させた場合、金網の目開き120 $\mu$ m以上での圧搾残

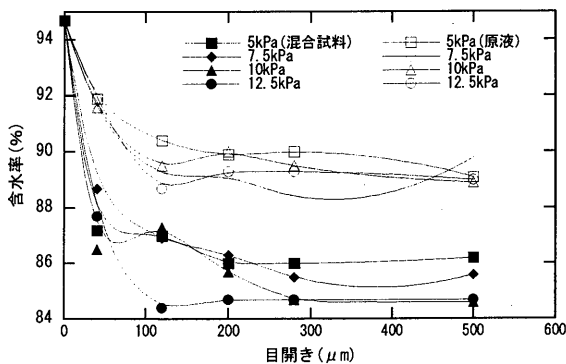


図-4 甘藷焼酎粕における含水率と目開きの関係

渣物の含水率は平均で89.4%である。一方、金網

の目開き40 $\mu$ mでは、圧搾残渣物の含水率は平均で92%となった。このように、焼酎粕原液を圧搾ろ過した時の含水率が92%であることから、金網の目開きが大きい程含水率は低下する傾向にある。甘藷粕に、稲ワラを3%添加し、3分間粉砕混合後、圧力を変化させ圧搾ろ過した場合、圧搾残渣物の含水率は84%~87%の範囲であり、平均値は85%であった。原液の含水率と比較すると、約7%低下していることが分かる。特に、圧力10.0kPaでは、金網の目開き40 $\mu$ mで86%、120 $\mu$ m;87%、200 $\mu$ m;84.7%、280 $\mu$ m;84.7%、500 $\mu$ m;84.6%と減少した。目開き40 $\mu$ mで圧搾ろ過した場合には、各圧力によりデータがばらついていて、これは先に報告<sup>10,11)</sup>したように、甘藷粕の粘度が非常に高く、水(0.001Pa $\cdot$ s;20 $^{\circ}$ C)の約80倍であることと、甘藷粕(原液)の粒径分布が60~3350 $\mu$ mの間に分布し、粉砕後の粒径分布が0.1~100 $\mu$ mの間に分布していることから、稲ワラによる繊維膜を通過した粒径40 $\mu$ m以上の固形物が網目を塞いだためと考えられる。以上のように、圧搾ろ過時

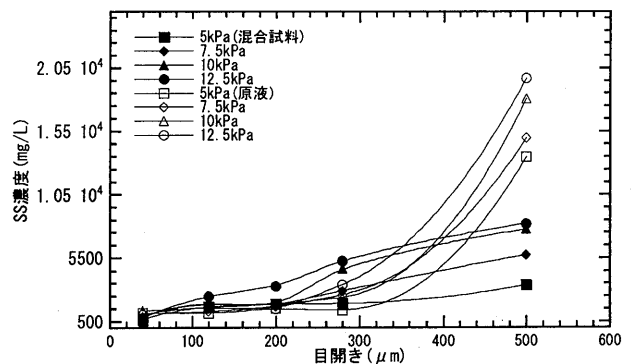


図-5 甘藷焼酎粕における金網の目開きとSS濃度の関係

の圧力を5~12.5kPaに変化させた場合、甘藷粕原液では圧搾残渣物の含水率はろ過部の金網の目開き120 $\mu$ m以上ではほとんど影響が無いことが判明した。一方、混合試料では含水率が圧力の増加と共に減少する。これは甘藷粕に稲ワラを添加することにより、原液に比べて含水率は7%程度減少したことを示す。

図-5に混合試料を圧搾したろ液中のSS濃度と目開きの関係を示す。金網の目開き40 $\mu$ mで圧力を変化させた場合、圧搾ろ液中のSS濃度は600~830mg/Lとなり、圧力の影響はほとんど受けなかった。目開き120 $\mu$ m以上では、圧力の増加と共にろ液中のSS濃度が増加した。焼酎粕原液では目開き40 $\mu$ mにおいても、ろ液中のSS濃度は1010~1320mg/Lとなり、混合試料より高い濃度となった。目開き120 $\mu$ m以上では、混合試料と同様の傾向を示したが、目開き280 $\mu$ m以上では急激にろ液中のSS濃度が増加した。このことは、甘藷粕の粒径が

60~3350  $\mu\text{m}$  の間に分布し、有効径が 80  $\mu\text{m}$  であるために、目開き 500  $\mu\text{m}$  ではほとんどの固形物が通過するためである。さらに、甘藷粕を粉碎すると粒径が 0.1~100  $\mu\text{m}$  の間に粉碎され、固形物の有効径が小さくなること、更に、圧力を瞬時に掛けるために稲ワラの繊維膜に固形物が取り込まれにくくなるためであると考えられる。金網の目開き 280  $\mu\text{m}$  以上では目開きが大きく、繊維膜内にトラップされる固形物が少ない。そのために焼酎粕原液の固形分が流出し、ろ液中の SS 濃度が高くなったと考えられる。混合試料を圧搾ろ過した時のろ液中の SS 濃度が低い条件は目開き：40  $\mu\text{m}$ 、圧力：5 kPa であり、ろ液中の SS 濃度は 600mg/L であった。

図-6 に圧搾ろ液中の全 SS 量と目開きの関係を示す。図より、全 SS 量は 280  $\mu\text{m}$  以下の目開きで混合試料と焼酎粕原液の間に余り差がないことが分かる。目開き 500  $\mu\text{m}$  では、焼酎粕原液の圧搾ろ液中の全 SS 量が高くなっている。これは目開き 500  $\mu\text{m}$  では、圧搾ろ過時のろ液量が 50~55mL と多いこと、ろ液中の SS 濃度が高いためである。混合試料

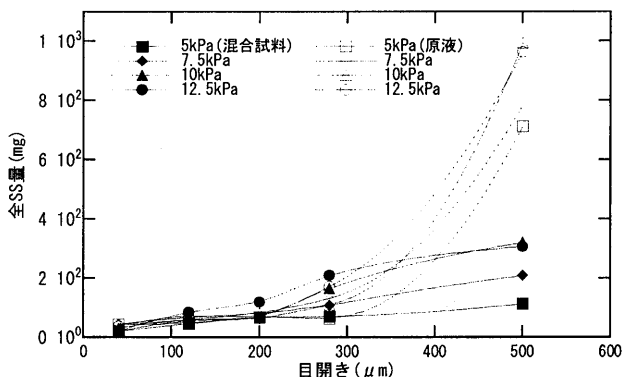


図-6 甘藷焼酎粕における全SS量と目開きの関係

では、圧力の増加と共に圧搾ろ液中の全 SS 量が増加している。これは添加した稲わらが水分吸収材、繊維ろ過膜として働くために、圧搾ろ過時のろ液量が 34~40mL と少なく、また、ろ液中の SS 濃度が低いためである。このように、全 SS 量はろ液量とろ液中の SS 濃度に依存するが、圧搾ろ液中の全 SS 量が低い条件は目開き：40  $\mu\text{m}$ 、圧力：5、7.5 kPa で、全 SS 量は 19.8mg であった。以上のように、金網の目開きの関係から、金網の目開き 120  $\mu\text{m}$  以上では圧力が大きくなると、ろ液中の全 SS 量、SS 濃度が増加し圧力の影響が大きかったが、目開き 40  $\mu\text{m}$  ではろ液中の SS 濃度が 600~830mg/L となり、圧力の影響が少なかった。この目開き 40  $\mu\text{m}$  での値はスクリーデカンターを用いた甘藷処理（分離液の SS 濃度：1000~3000mg/L）に比較するとかなり良好な固液分離が行えることが明らかとなった。

#### 4. 2 麦焼酎粕の圧搾ろ過

麦粕の実験は、稲ワラ添加率 3%、粉碎時間 3 分の実験条件で行い、金網の目開き（40  $\mu\text{m}$ 、120  $\mu\text{m}$ 、200  $\mu\text{m}$ 、280、500  $\mu\text{m}$ ）と圧力（5、7.5、10、12.5 kPa）を変化させて行った。図-7 に、麦粕原液と混合試料圧搾ろ過後の圧搾残渣物の含水率と金網の目

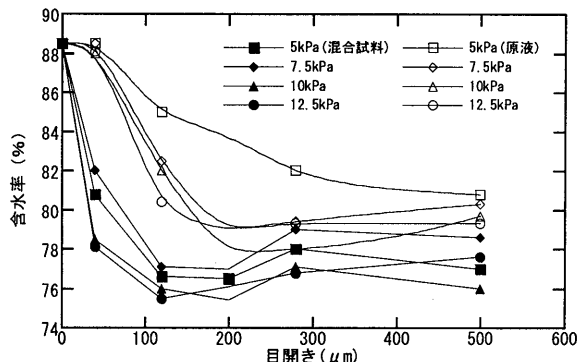


図-7 麦焼酎粕における金網の目開きと含水率の関係

開きの関係を示す。麦粕原液の場合、圧力 5.0 kPa で、金網の目開きにより、圧搾残渣物の含水率は 85、83、82、80% と減少しているが、圧力 7.5 kPa 以上で、金網の目開き 200  $\mu\text{m}$  では圧搾残渣物の含水率は平均で 79% となっている。一方、混合試料では、金網の目開き 280  $\mu\text{m}$  で含水率が若干高くなっているが、平均では 77% となっている。また、図から、目開き 40  $\mu\text{m}$ 、120  $\mu\text{m}$  では混合試料と原液との間に含水率約 10% の差がみられた。このように、甘藷粕に比べて圧搾残渣物の含水率が低い原因は、1) 麦粕の粒径分が 0.4~10  $\mu\text{m}$  の間に分布し、固形物の有効径は 2.5  $\mu\text{m}$ 、均等係数は 2.4 と小さい。2) 粉碎後の麦粕は固形物の粒径が 0.6~10  $\mu\text{m}$  の間に分布し、麦粕は甘藷粕に比べて粒径が小さい。3) 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ためである。麦粕の場合、最も含水率が低い条件は目開き：200  $\mu\text{m}$ 、圧力：10kPa で、含水率は 75.4% である。

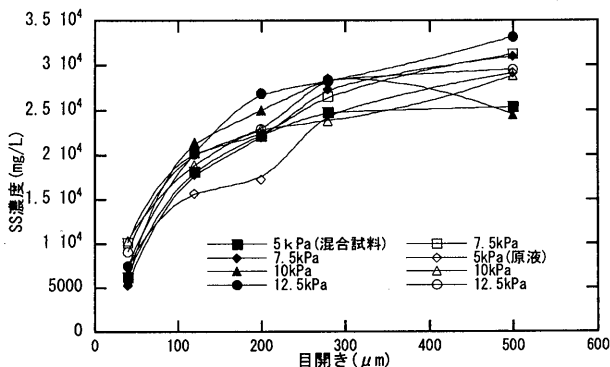


図-8 麦焼酎粕における金網の目開きとSS濃度の関係

図-8に圧搾ろ過したろ液中のSS濃度と目開きの関係を示す。混合試料の圧搾ろ過時の各圧力では、目開き40 $\mu$ mのSS濃度は5000~7400mg/Lであり、この時SS濃度が最も低く、圧力の影響が少ないことを示す。目開き120 $\mu$ m以上では、圧力の増加と共にろ液中のSS濃度は増加し、目開き500 $\mu$ mでは圧力12.5kPaで33,200mg/Lとなった。このように、ろ液中のSS濃度が高い原因は、麦粕では粉碎後の固形物の粒径が0.6~10 $\mu$ mと小さいため、圧搾ろ過時に稲わらによる繊維ろ過膜が形成されても固形物がトラップされないためである。図から、混合試料と原液によるろ液中のSS濃度に余り差は見られなかった。これは上述の麦粕の固形物の粒径と粘性に起因していると考えられる。このろ液中のSS濃度はスクリーデカンターを用いた麦粕処理(分離液のSS濃度が麦減圧蒸留:5000~7000mg/L)と同程度の値であるが、網目をさらに小さくし、高い圧力を掛けることで低SS濃度の

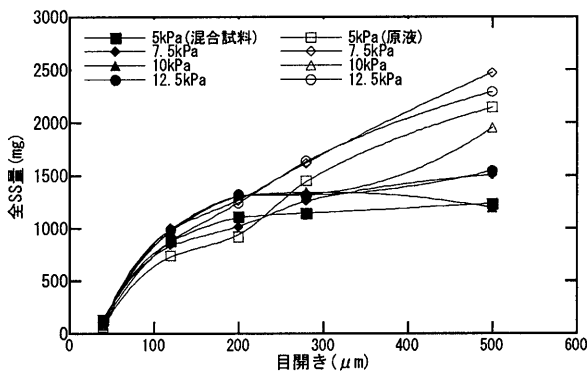


図-9 圧搾ろ液中の全SS量と金網目開きの関係

ろ液を得ることができると考えられる。

図-9に圧搾ろ液中の全SS量と目開きの関係を示す。図から、金網の目開き40 $\mu$ mでは、混合試料、焼酎粕原液ともに全SS量の差は無く、55~100mgの範囲である。網目120 $\mu$ mでは800~1000mg、網目200 $\mu$ m; 900~1300mg、網目280 $\mu$ m; 1300~1600mg、網目500 $\mu$ m; 1200~2500mgとなった。このように、網目が大きくなるにしたがって全SS量が増加した原因は、金網の目開きの増加と共に圧搾ろ液量が増加することと、ろ液中のSS濃度が高いためである。

#### 4. 3 圧搾ろ過時の混合試料の影響

本実験では、圧搾ろ過時の混合試料を2倍量にした時の圧力の影響を検討するために、甘藷粕200gにワラ添加量6g(3%)、粉碎時間3分の条件で、金網の目開きを280 $\mu$ mに固定し、圧力を変化させた圧搾ろ過実験を行った。図-10に、麦と甘藷粕および混合試料の100gと200gを用いた圧搾残

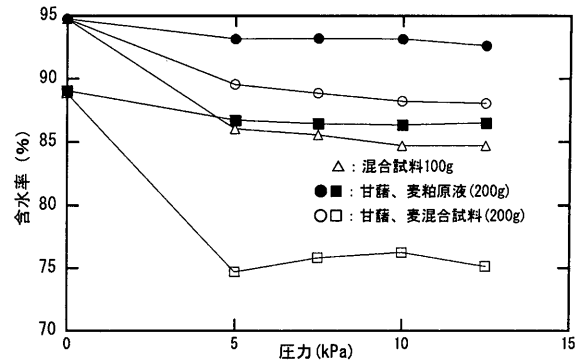


図-10 混合試料2倍量における含水率と圧力の関係

渣物の含水率と圧力の関係を示す。甘藷粕原液100gでは、圧力5kPa以上での含水率は93%とほとんど圧力に関係なく一定である。混合試料100gでは、圧力5kPaでの含水率の低下が大きく、その後、圧力の増加と共に緩やかに低下している。混合試料200gでは、圧力5kPa以上での含水率は88%とほとんど圧力に関係なく一定である。この傾向は、甘藷粕原液100gと同じである。したがって、圧搾混合試料量が2倍になると、圧力が試料内部まで十分伝達できないためと考えられる。麦粕では、混合試料が倍量なっても、粘性が無く、粒径が小さいために、含水率は75%まで低下している。また、麦粕原液の場合、ろ液中のSS濃度が混合試料と比べて約7890mg/L高くなった。これは原液の最終ろ液量が混合試料に比べて約32ml少なくなっていることから、原液の含水率が高くなったと考えられる。混合試料200gで、最もSS濃度が低くなった条件は5kPaで、SS濃度が12,220mg/Lであった。

図-11に圧搾ろ液量と圧力の関係を示す。図より、甘藷粕の混合試料の100g、200gの最終ろ液量の差は平均すると3mlと微小である。これは含水率の場合と同様に、混合試料の体積の増加に伴

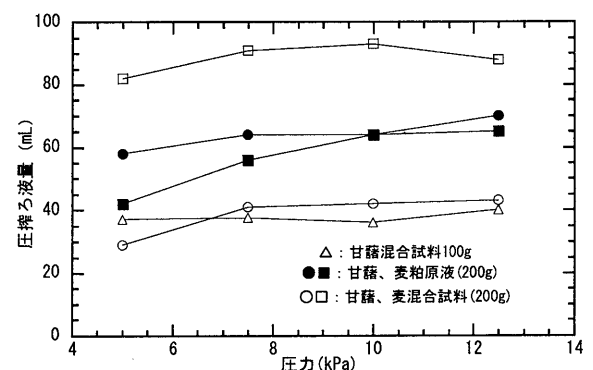


図-11 圧搾ろ液量と圧力の関係

い圧力が全体に掛かり難かったためと考えられる。原液の100g、200gの最終ろ液量の差は平均すると15mlと混合試料のケースに比較すると大きい。これは原液の量が2倍となったため、圧搾部分にセットした時に目開き部分に掛かる圧力が増し、ろ

液量が増加したと考えられる。混合試料 200g の場合、最終ろ液量が少ない条件は圧力 5kPa で、圧搾ろ液量が 29ml となった。

図-12 に圧力と SS 濃度の関係を示す。200g の混合試料と原液では、圧力 5kPa の時混合試料の SS

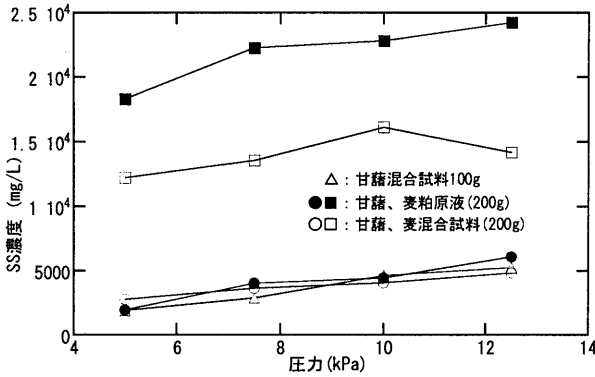


図-12 圧力とSS濃度の関係

濃度が若干高いものの、それ以外の圧力では全て低くなっている。その SS 濃度差は平均で 295mg/L である。これに対して、100g の混合試料、原液では全て混合試料の SS 濃度が高くなっており、その SS 濃度差は平均で 1530mg/L となる。このことより、甘藷粕に稲ワラを添加する手法は甘藷粕の量が増しても有効であると考えられる。混合試料 200g で、SS 濃度が最も低い条件は 5kPa で 2790mg/L となった。

図-13 に甘藷粕混合試料 100g で、圧搾ろ過した場合の含水率と目開きの関係を示す。図-3 で示したように、目開き 120 μm 以上では、圧搾ろ過時の圧力を 5~12.5kPa に変化させたが、含水率は

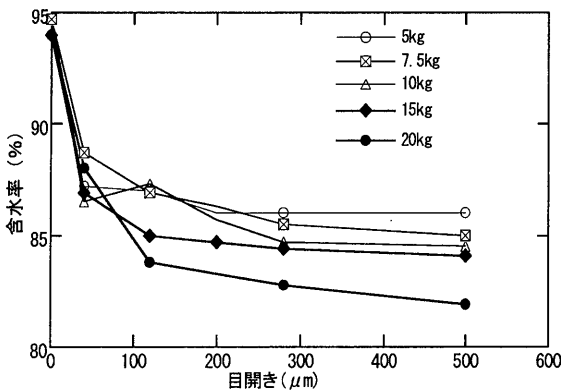


図-13 圧力を変数とした場合の含水率と目開きの関係

ほとんど変化が無く一定であった。圧搾ろ過時の圧力をさらに増加させると、図のように、圧力 15kPa では同様な結果であった。しかし、圧力を 20kPa に高めると、含水率は各目開きで減少し、目開き 500 μm では 82% である。圧力 15、20kPa で圧搾ろ過した場合のろ液中の SS 濃度はそれぞれ 8, 200, 13, 000mg/L となった。目開き 40 μm での含水率は 87%、88% であり、ろ液中の SS 濃度はそれ

ぞれ 750, 910mg/L となった。このように、圧搾ろ過時の圧力を増加させることで、圧搾残渣物の含水率は低下するが、ろ液中の SS 濃度が増加する。よって、圧搾ろ過時に金網の目開きを小さく (10~40 μm) し、高圧力を加えることで低濃度の SS、含水率の残渣物を得ることが可能となる。

### 5. おわりに

本研究では、焼酎粕の圧搾ろ過における固液分離能を検討することを目的として、圧搾ろ過時間を 5 分間に固定し、甘藷、麦焼酎粕による圧力と金網の目開きを変化させた圧搾ろ過実験を行い、次のような結果が得られた。1) 圧搾残渣物の含水率は 120 μm の金網で 12.5kPa の圧力が最適であった。2) 圧搾濾液中の SS 濃度は、40 μm の金網で、甘藷焼酎粕は 600~830mg/L、麦焼酎粕は 5000~7400mg/L となった。3) 圧搾ろ過時に 10~40 μm の金網の目開きを使用し、高圧力を加えることで低濃度の SS、含水率の残渣物を得ることが可能となる。今後、圧搾ろ過時に 10~40 μm の金網の目開きを使用し、高圧力を加える実験を継続していく予定である。最後に、本研究を遂行するにあたり、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 (C) (2) 課題番号 13650602) の補助を受けたことを付記し、ここに謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 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)
- 2) 増田、山内、淵上、土手、丸山；植物性産業廃棄物の飼料化に関する研究、環境工学論文集、37 巻、2000
- 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、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) 山内正仁；焼酎蒸留粕を用いた蘇生紙の作成法とその有効利用に関する基礎的研究、学位論文、2000、
- 7) 鹿児島県酒造組合連合会；平成 11 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 (1999)
- 8) 三菱総合研究所；焼酎蒸留粕の処理・リサイクル技術、1998
- 9) 水道協会；下水試験法 (1997)
- 10) 淵上勲、中井貴広、増田純雄、山内正仁；麦焼酎蒸留の飼料化に関する研究、土木学会西部支部講演概要集、2001
- 11) 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、土木学会全国大会講演集、VII-307、2001