

## 焼酎蒸留粕で作製したエコポットの量産化に関する研究

鹿児島高専（正）○ 木原正人 下堂園昭信 片平智仁 山内正仁  
宮崎大学（正） 増田純雄 安井 賢太郎

## 1. はじめに

九州地区で発生する焼酎粕量の約半分量の 24 万 4 千 ton を占める鹿児島県では、今尚 13 万 3 千 ton の焼酎粕が海洋投棄処分されている。近い将来、我が国もロンドン条約を批准するとみられ、海洋投棄に替わる経済的にフィージブルで環境低負荷型の陸上処理技術を開発する必要に迫られている。焼酎粕は COD<sub>cr</sub> 濃度 80,000～100,000mg/L 程度の濃厚スラリー状有機物であり、そのままでは経済的にフィージブルな処理法は存在しない。しかし、適切な固液分離操作を行うことにより、液面分はメタン発酵処理、固形面分はエコ資材として有効利用法することができる。

鹿児島高専・(株)アシップ共同研究グループは焼酎粕に古紙を混合し、成型・加圧することで焼酎粕を固、液部に容易に分離でき、かつ、固形部については肥料成分を多量に含有する紙状製品（エコ製品）を作製する方法を確立した。そして、その具体的製品であるエコポットを作製する回分式の装置（エコポット作製装置）を開発した。本研究では、これまでの回分実験で得られた知見と従来の古紙ポット製造技術を利用して、焼酎粕に適したエコポット量産化装置を開発し（図-1 参照）、量産化稼動条件を検討した。



図-1 エコポット量産化装置

## 2. 試験方法

a) 試料調製時間の検討：紙の諸特性および製造におけるエネルギーコストは叩解に依存する部分が多く、経済的な面からも叩解のレベルを高い制度で測定する必要がある。本研究ではパルパーでの最適な試料叩解時間（焼酎粕 80kg、古紙 2.4kg）を明らかにするために各経過時間（5 分、10 分、15 分、20 分、30 分、60 分、90 分、120 分）における叩解度（ろ水度）をカナダ標準ろ水度試験機で求めた。なお、本試験機を利用するに当たり、各経過時間における試料は固形分濃度が 0.3%になるように水道水で希釈した。

b) 最適稼動条件の検討：本研究では水道水で 2 倍、3 倍、4 倍に希釈した試料（焼酎粕+古紙）で、エコポットの量産化を図り、その稼動条件を 1) 成形時間、2) 脱水時間、3) ポットの形状、及び 4) ポットの物性、化学性から検討した。成形時間は 2 倍希釈については 0.5～5 秒までの 5 条件、3 倍、4 倍希釈については 1 秒から 25 秒までの 10 条件とし、脱水時間は 10 秒から 60 秒までは 10 秒間隔で、それ以降は 30 秒間隔で 120 秒までとした。乾燥後のエコポットは温度 20℃、湿度 65% の条件下で 24 時間調湿後、質量を測定した。その後、エコポットを展開し、側面から長さ 50mm、幅 15mm の試験片をポットあたり 3 片作成し、厚さ（側厚）をマイクロメーターで測定した。なお、試験紙の厚さは 1 枚につき 30 箇所測定を行い、得られた測定値；90（3 枚×30 箇所）の平均値を求めた。また試験紙の引張り強さは自動記録式引張試験機で計測し、これらの物性については既存の古紙ポットと比較した。エコポットの化学的特性については肥料成分として有効な窒素全量を肥料分析法にしたがい測定した。

## 3. 試験結果と考察

a) 試料調製時間の検討：図-2 に叩解時間とろ水度（mL）の関係を示す。全体的な傾向として、叩解開始後 20 分間でろ水度は 165.0mL から 88.0mL まで急激低下し、その後は緩やかな変化が見られた。このことから、叩解が進んで均一な試料を得るためには 20 分程度の時間を要することがわかった。

b) 最適稼動条件の検討：量産化装置稼動条件を決定するにあたり、まず、6 個体のポットが全て離型可能な含水率を検討した。図-3 にその結果を示す。全ての希釈倍率において、6 個体全てのポットが離型できる脱水直後の含水率は 79%以下であった。それ以上の含水率ではポットが柔らかく、形状を維持した状態でポットを成形型から受取り型へ移すことは困難であった。

次に表-1 に各希釈倍率における 6 個体全てのポットが離型できる成形・脱水時間と、そのポット乾燥後の表面形状・均一性（厚さ、破れで確認）を定性的に評価した結果を示す。希釈倍率 2 倍では成形時間 0.5～5 秒、脱水時間 20～60 秒で、希釈倍率 3 倍では成形時間 2～25 秒、脱水時間 10～90 秒で、希釈倍率 4 倍では成形時間 5～25 秒、脱水時間 10～40 秒で 6 個体全てのポットを離型できた。しかしこれらのポットの表面形状と均一性を市販ポットと定性的に比較すると、希釈倍率 2 倍の場合、成形

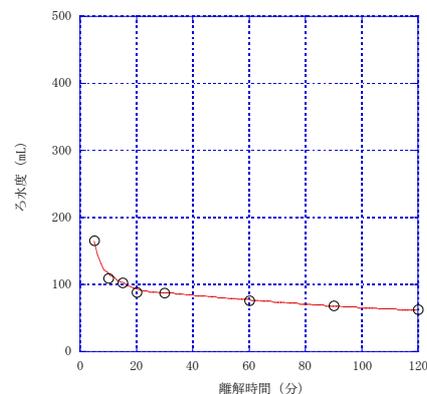


図-2 叩解時間とろ水度（mL）の関係

キーワード 焼酎蒸留粕、エコポット、量産化、資源循環、土木・農業用資材

連絡先 〒899-5193 鹿児島県始良郡隼人町真孝 1460-1 鹿児島工業高等専門学校 土木工学科 TEL0995-42-9124

時間 0.5 秒 (×) では製品の肉厚が薄いため、乾燥時の収縮により破れるものが多かった。成形時間 1、2 秒 (△) ではポット側面と底面の継目に一部隙間が見られた。また、ポットに光を当てた時、その光の透過の程度からポット側面の不均一部分が見られた。成形時間 3 秒以上 (○) では市販されている古紙ポットより、肉厚は薄く感じられたが、不均一部分は見られず、市販ポットと同等の製品を作成できた。希釈倍率 3 倍、4 倍の場合、市販ポットと同等の製品を得るためには、成形時間を希釈倍率に応じて長く取る必要はあったが、脱水時間は短縮できた。これは、希釈倍率を大きくして成形時間を長くすることで、金型に試料が均一に吸引され易くなるためである。以上の結果から、均一な製品が作製可能な成形時間は 2 倍希釈で 3 秒、3 倍で 7 秒、4 倍で 15 秒以上必要であることがわかった。

図-4 に各希釈倍率における最適条件 (2 倍希釈 : 成型 3 秒、脱水 50 秒、3 倍希釈 : 成型 7 秒、脱水 40 秒、4 倍希釈 : 成型 15 秒、脱水 30 秒) で作製したポットの側面の厚さと引張り強さ、密度の関係を示す。全体的な傾向として、エコポットは市販の古紙ポット (引張り強さ ; 39.5N、厚さ ; 1.77mm) と比較して肉厚は希釈倍率 2 倍、3 倍、および 4 倍でそれぞれ、1.45mm、1.26mm、および 1.15mm と 0.65~0.80 倍程度であったが、引張り強さは希釈倍率 2 倍、3 倍、および 4 倍でそれぞれ 59.9N、52.8N、および 50.2N と 1.3~1.5 倍程度高かった。また、エコポットの密度は希釈倍率に関係なく、 $0.30\text{g}/\text{cm}^3$  であり、古紙ポット ( $0.12\text{g}/\text{cm}^3$ ) より 3 倍程度大きかった。このことから、古紙ポットに比べ厚さの薄いエコポットの引張り強さが大きいのはエコポットの骨格を形成する古紙繊維の繊維間に焼酎粕成分が十分に充填され、その成分が繊維どうしを結合する接着剤として働いたためと考えられる。

表-2 に各希釈倍率における最適条件で作製したポットの乾燥質量とポット中に含まれる窒素量の測定結果を示す。ポットの乾燥質量は希釈倍率 2 倍、3 倍、および 4 倍でそれぞれ 8.50g、7.30g、および 6.57g あった。また、2 倍希釈で作製したポットは市販の古紙ポット (8.60g) と同程度であった。ポットに含まれる窒素の割合は、希釈倍率 2 倍、3 倍、および 4 倍でそれぞれ 2.2%、2.1%、および 1.9% であり、希釈による大きな差は見られなかった。これは、試料 (焼酎粕+古紙) 中の古紙の繊維で金型表面に繊維膜が形成され、SS 分がポット中に均一に保持されたためと考えられる。なお、ポット 1 個当たりの窒素量はそれぞれ、2 倍で 187mg、3 倍で 153mg、4 倍で 125mg であった。

図-5 に各希釈倍率における最適条件でポットを作製した時に生じる廃液の CODcr、SS、T-N 除去率を示す。CODcr、T-N 除去率はそれぞれ、46~55%、36~52% 程度であったが、SS 除去率は、全ての条件において 80% 以上であった。このことから、エコポットを作成することで、焼酎粕の固液分離が容易に行われ、かつ、固形分 (SS 分) は効率良くポット原料として利用されることがわかった。また、焼酎粕中の SS 分の 80% 以上はポット原料として利用されることから、ポット作成後の廃液は従来通り、嫌気性処理法と活性汚泥法を組み合わせる方法で十分可能と思われる。

以上の結果から、ポットの生産性 (成形・脱水時間)、物理・化学性、および廃液の性状を考慮した場合、4 倍希釈 : 成型 15 秒、脱水 30 秒が最適条件と考えられる。しかし、焼酎粕そのものの消費量から考えると希釈倍率が高い程、明らかに非効率である。したがって、両者を総合した面から最適と考えられるエコポット量産化装置の稼働条件は 2 倍希釈の成形 3 秒、脱水 50 秒と考えられた。なお、ポット作成過程で生じる廃液をメタン発酵処理する場合、蒸留機の冷却排水等でさらに 2 倍程度希釈する必要がある。

#### 4. おわりに

エコポット量産化装置の稼働条件を検討し、ポットの生産性を高める最適条件を明らかにした。今後は、この条件で作成したポットを用いて、植物生育試験を実施し、エコポットの有効性を確認する予定である。

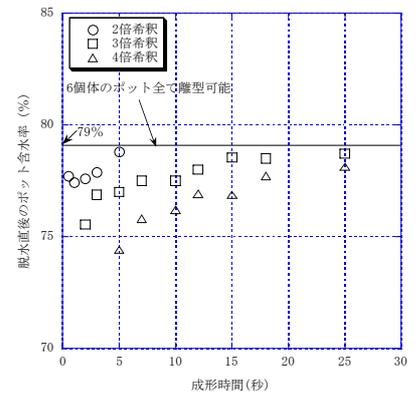


図-3 6 個体のポット全てが離型可能な脱水直後のポット含水率

表-1 6 個ポット作成可能な試験条件

| 2倍希釈     |                            | ○ : 同等である。<br>△ : やや劣る。 |
|----------|----------------------------|-------------------------|
| 成形時間 (秒) | 0.5 1 2 3 5                |                         |
| 脱水時間 (秒) | 20 30 40 50 60             |                         |
| 表面形状・均一性 | x                          |                         |
| 3倍希釈     |                            | × : 劣る。                 |
| 成形時間 (秒) | 2 3 5 7 10 12 15 18 25     |                         |
| 脱水時間 (秒) | 10 10 20 40 40 40 50 50 90 |                         |
| 表面形状・均一性 | x x                        |                         |
| 4倍希釈     |                            |                         |
| 成形時間 (秒) | 5 7 10 12 15 18 25         |                         |
| 脱水時間 (秒) | 10 10 20 20 30 40 40       |                         |
| 表面形状・均一性 | x x x                      |                         |

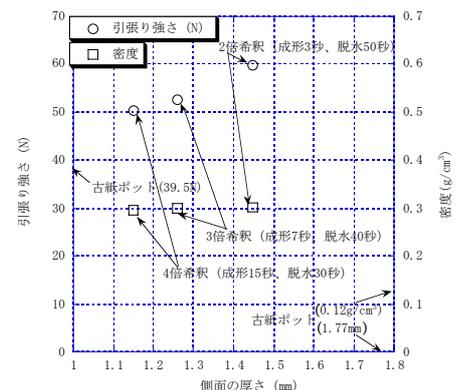


図-4 側面の厚さと引張り強さ、密度の関係

表-2 エコポットに含まれる窒素量

| 希釈倍率 (倍) | ポット作成条件     | T-N (%) | ポット質量 (g) | ポット当たりの N 量 (mg / pot) |
|----------|-------------|---------|-----------|------------------------|
| 2倍       | 成型3秒、脱水50秒  | 2.2     | 8.50      | 187                    |
| 3倍       | 成型7秒、脱水40秒  | 2.1     | 7.30      | 153                    |
| 4倍       | 成型15秒、脱水30秒 | 1.9     | 6.57      | 125                    |
|          | 市販古紙ポット     | N.D.    | 8.60      | N.D.                   |

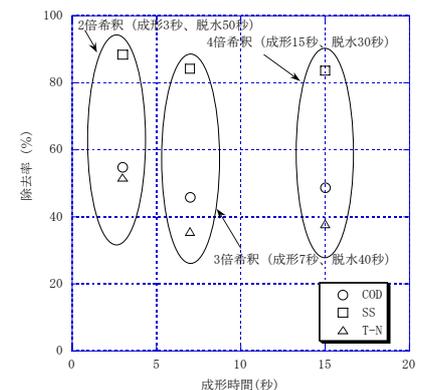


図-5 廃液の COD、SS、T-N 除去率