

技術開発報告書概要版

助成事業名称：電磁誘導過熱水蒸気乾燥による食品廃棄物の飼料化へのリサイクル技術の開発
助成事業者名：ヤマサ醤油株式会社 千葉県銚子市新生町 2 - 1 0 - 1

1．技術開発担当・照会先

主任研究者 市川雅常（環境保全室担当室長）
研究者 岩瀬幸男（製造本部工務第1課課長代理）
照会先 ヤマサ醤油株式会社 千葉県銚子市新生町 2 - 1 0 - 1
電話 0479 - 22 - 0095

2．技術開発の目的と開発内容

（1）技術開発の目的

醤油製造に伴い排出される醤油粕は年間11万トンである。醤油粕は品質が安定した高植物性蛋白質であるにもかかわらず、醤油粕独特の臭いのため飼料化されているのは、全体の17％に相当する1.9万トンと推定される。大部分は産業廃棄物として焼却又は埋め立て処分されているのが現状である。醤油粕独特の臭いを解決して、飼料化を推進するため、脱臭性の高い醤油粕乾燥技術の確立が必要である。

本技術開発では、過熱水蒸気乾燥の利点である優れた脱臭効果に着目して、ジュール熱の原理を利用した電磁誘導過熱水蒸気（以下過熱水蒸気とする）を用いた、実用的な乾燥機の開発を目的とする。

（2）開発の内容

過熱水蒸気を用いた脱臭性の高い乾燥技術の確立と実用化のための本開発の内容は、以下の2点である。

過熱水蒸気発生装置の開発

過熱水蒸気を安定供給できる発熱体エレメント（材質SUS304L製）を開発し、発熱体エレメントの耐久性を把握して実用性を検証する。

耐久性の達成目標は以下の2項目である。

- ・過熱水蒸気の最高使用温度が300℃で、使用時間が2,000時間以上であること。
- ・過熱水蒸気の設定温度までの到達時間が30分以内であること。

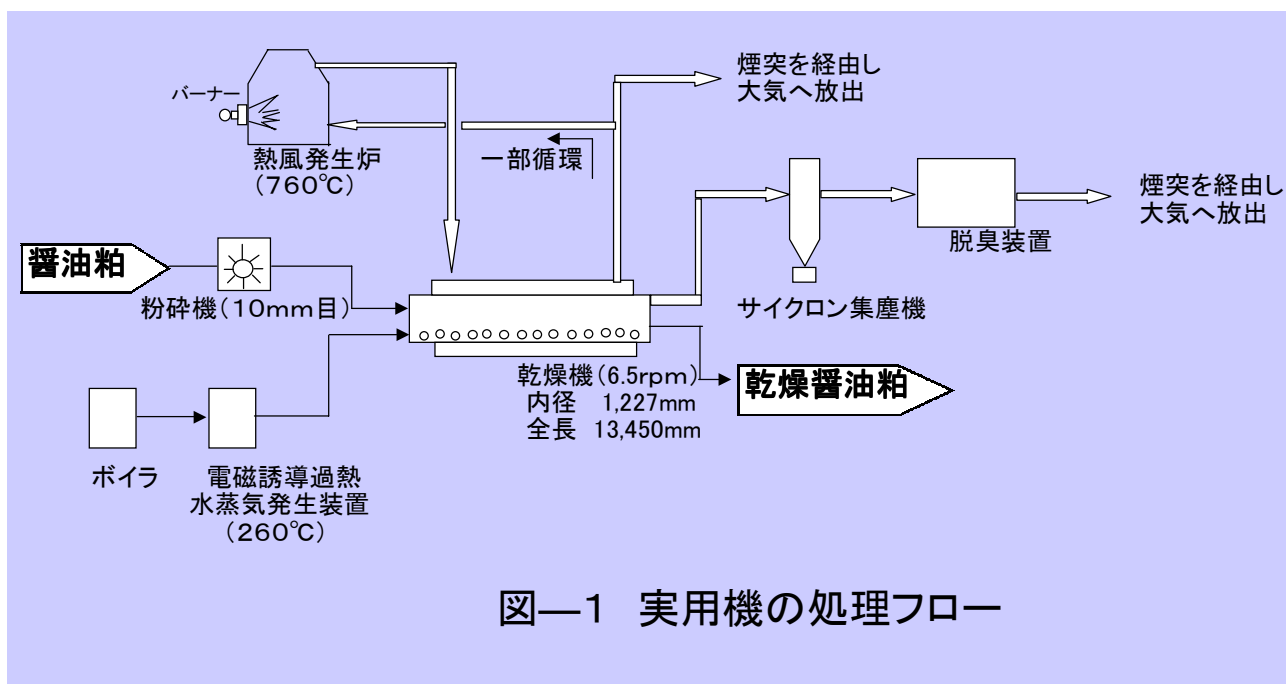
乾燥機の開発

過熱水蒸気乾燥の利点である、脱臭性・殺菌性及び非酸化性を最大限に活用した、密閉性の良い、ペレット状醤油粕の破損が少ない、連続処理できる実用的な乾燥機を開発する。

乾燥機及び乾燥品の達成目標は以下の3項目である。

- ・乾燥機の能力は処理量2.5トン/時、乾燥時間は20分以内、乾燥機内の酸素濃度は5％以下であること。
- ・水分を30％から8％以下に乾燥し、乾燥品は焦げ臭がないこと。
- ・ペレット状醤油粕の破損率は1％以下であること。

実用機の処理フロ-を図-1、外観を写真-1・2に示す。乾燥機は間接加熱並流式二重筒口-タリキルンである。乾燥機内筒は過熱水蒸気で空気をパ-ジし、低酸素雰囲気で醤油粕を乾燥する。水分及び臭気を含んだ排気は、サイクロン集塵機、脱臭装置を経由して煙突から大気へ放出する。外筒は熱風発生炉からの熱風を導入して、醤油粕を間接加熱して乾燥する。



写真—1 乾燥機



写真—2 電磁誘導過熱水蒸気発生装置

3 . 廃棄物処理技術開発の成果

(1) 過熱水蒸気発生装置の耐久性の評価

過熱水蒸気発生装置の心臓部である発熱体エレメントの耐久性を検証するため、使用開始3ヶ月経過後（運転時間は約500時間）分解して外観の目視検査を実施した。

発熱体エレメントは4ユニットで構成されているが、各ユニットとも腐食、摩耗、割れ等の異常は認められず、蒸気が通過する細孔も閉塞していなかった。また、過熱水蒸気の設定温度までの到達時間は、30分以内であり性能劣化は認められず、3ヶ月経過時において耐久性に問題はないと判断した。発熱体エレメントを写真-3に示す。付属機器の高周波発生装置、コイル、ボイラ、ク-リングタワ-は外観の目視検査の結果、異常は認められなかった。

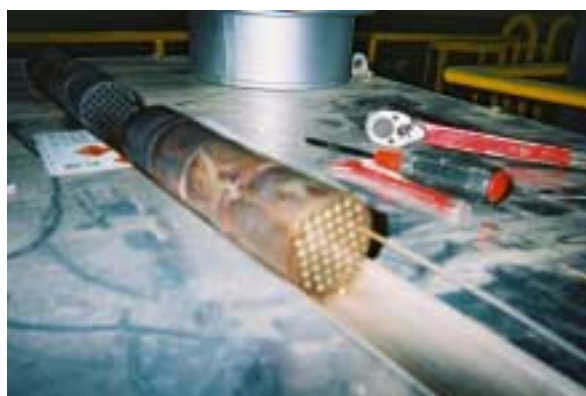


写真 - 3 発熱体エレメント

(2) 乾燥機の開発

乾燥品が家畜飼料として適合することを目標に、焦げ臭、水分、処理量の3項目について、運転条件を変えて乾燥試験を繰り返し、実用機の運転条件を決定した。実用機の運転条件及び乾燥品の試験結果を表-1に示す。

運転条件		試験結果	
熱風炉温度	760	焦げ臭	官能試験に合格
過熱水蒸気温度	260	水分	6.3～7.1%
乾燥機回転数	6.5rpm	処理量	2.5トン/時
		乾燥時間	20分
		内筒の酸素濃度	4.75%
		変異原性試験	陰性
		生菌数・芽胞数	1gあたり10以下

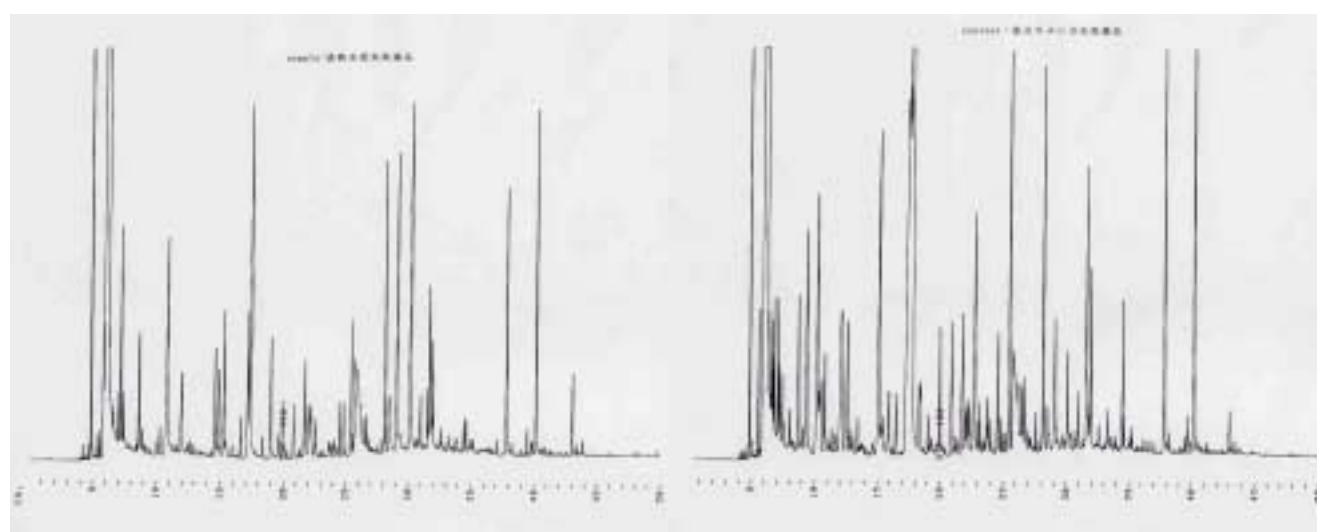
表-1 運転条件及び試験結果

焦げ臭の試験

家畜は本能的に焦げ臭が嫌いであり、焦げ臭の無いことが品質上最も重要である。焦げ臭と水分は相反する関係にあり、乾燥しすぎると炭化が進み焦げ臭が発生し、製品として不適合になってしまう。水分が8%以下で焦げ臭が無い運転条件を決定するため、熱風炉温度、過熱水蒸気温度、乾燥機回転数の3つの運転条件を変えて試験を繰り返した。

熱風炉温度を上げると乾燥品の水分は低下するが、焦げ臭が発生する傾向になった。過熱水蒸気温度は逆転点温度(約170)以上で試験を行い、約260で最も焦げ臭が少なかった。乾燥機の回転数を速くすると、乾燥機内の醤油粕の攪拌が良くなり、局部過熱による炭化が抑制され、焦げ臭が減少した。

焦げ臭は5人のパネル-の官能試験で評価した。また、脱臭効果を定量的に評価するため、ガスクロマトグラフィ-で臭気の実行を行い、直火キルン方式と比較して、臭気成分は39.5%減少し、過熱水蒸気の脱臭効果を確認した。図-2にガスクロマトグラフィ-の臭気分析の結果を示す。



過熱水蒸気乾燥品

直火キルン方式乾燥品

図-2 ガスクロマトグラフィ-の臭気分析結果

水分の試験

乾燥品の水分に最も影響を与える運転条件は、熱風炉の温度である。熱風炉の温度を上げることにより、乾燥品の水分は低下する傾向にある。熱風炉の温度条件を決定するため、焦げ臭に注意しながら、乾燥品の水分が8%以下になるように試験を繰り返した。その結果760 が最適温度であることが確認できた。

水分測定乾燥減量試験法は日局14版の変法で行った。

処理量の試験

醤油粕は5～15cmの板状であり、大きさ・形状とも一定しておらず、そのままの形状では乾燥効率が悪く、処理量は1.6トン/時が限界であった。処理量アップの対策として粉碎機を設置し、10mm角の大きさに粉碎することにより、乾燥効率が良くなり処理量を2.5トン/時にアップすることができた。

4. まとめ

実用機による醤油粕の乾燥試験の結果、過熱水蒸気を用いた乾燥の利点である、脱臭性・殺菌性の効果及び低酸素雰囲気乾燥することにより、焼け焦による変異原性物質の生成の防止を確認できた。乾燥機の構造上、間接加熱のため燃焼ガス由来のSO_x、NO_x、ダイオキシン等の混入がなく、乾燥醤油粕の高品質化が可能となった。また、電磁誘導過熱水蒸気は常圧で運転するため、安全性が高いことも実用機としての利点である。

現在、試験運転を終了して、乾燥機は本格的に稼働している。課題として発熱体エレメントの耐久性の検証が必要だが、本技術開発によって、過熱水蒸気乾燥の実用化が大きく進展できたと考えている。

電磁誘導過熱水蒸気乾燥法は、脱臭性・殺菌性及び焼け焦防止等の利点があり、高品質の醤油粕飼料の生産が可能になり、産業廃棄物として処分している9万トンの醤油粕の飼料化が促進できると考える。また、醤油粕の他、ビール粕、オカラ、焼酎蒸留粕、果汁搾汁粕等に本乾燥法を適用すれば、事業系食品廃棄物230万トンの飼料化の可能性が開けると考える。

今後の課題として以下の4項目が残った。

- (1) 発熱体エレメントの耐久性は、使用時間が2,000時間に達した時点で、分解点検して耐久性を検証する。
- (2) 水分が30%以上の高水分の醤油粕は、試験の結果、処理能力不足と乾燥品の水分の変動が大きい問題が明らかになり、運転条件の再検討が必要である。
- (3) ペレット状醤油粕は、将来搬送設備が完成した時点で乾燥試験を実施する計画である。
- (4) 乾燥試験の結果、ランニングコストが当初の設計値より高くなってしまい、低減の対策を今後検討する。