

# 霧島酒造株式会社における 芋焼酎粕のバイオガス化施設

鹿島建設(株) 環境本部 福井久智

キーワード/工場・バイオガスエネルギー・熱源設備・水処理

## 1. はじめに

焼酎粕とは、焼酎製造工場においてアルコール発酵した「もろみ」を蒸留し、製品を取り出した後の残渣物であり、芋焼酎粕の場合、通常、製品の約2倍量が排出される。近年、焼酎需要の増加にともない、焼酎粕の排出量も年々増加傾向にある。一方、2001年に食品リサイクル法が施行され、食品関連事業者を中心に、食品廃棄物の発生の抑制・再生利用・減量化に積極的な取り組みを行うことが義務化された。このような社会的背景の下、焼酎製造工場から排出される焼酎粕を嫌気処理してバイオガス化を行い、エネルギー利用を行う施設が実規模で稼働し始めている。本稿では、焼酎粕など固形物を多く含むバイオマスを、効率的に嫌気処理してエネルギー回収をはかることが可能な「固定床式高温メタン発酵システム」について、その技術概要および霧島酒造(株)における実用例の紹介を行う。

## 2. 固定床式高温メタン発酵技術の特徴

一連の嫌気消化プロセスは、機能分化された複数種の微生物が関与する形で「加水分解過程」、「酸生成過程」、「メタン生成過程」を経るプロセスであるため、各過程における物質代謝反応のうち最も遅い反応が全体の代謝速度を決定する、いわゆる律速反応となる。焼酎粕など、比較的易分解であるバイオマスの消化反応では、一般に、酢酸や水素などからメタンが生成されるメタン生成過程が律速反応となる場合が多く、これはこの過程で働く微生物の増殖速度が遅いことによっている。このため、易分解性バイオマスに対応したリアクタを設計する際には、バイオマス代謝にかかわる微生物のうち、増殖速度の遅い微生物を、より多く、より活性状態を高めてリアクタ内に維持し、基質との接触率を高められるかが鍵となるといえる。実用化が行われているリアクタ内への微生物の保持技術としては、大きく分類して「固定床式」「流動床式」「膜濃縮式」などが知られる。焼酎粕のような粘性が高く固形物を多く含むバイオマスを、流動床式や膜濃縮式を用いて処理する場合、微生物を保持している流動床担体の系外への押し出されや膜閉塞などの問題があるため、前処理において固液分離を必要とされる。一方、固定床式は、微生物を保持する担体がリアクタ内で固定されているため、担体保持微生物の流出が起こり

にくく、固液分離せずに処理が行えるため、バイオガス回収の最大化がはかられる。

下降流固定床式高温メタン発酵リアクタ (Thermophilic Down-flow Anaerobic Packed-bed Reactor; TDAPR) (メタクレス) (図-1)は、微生物反応速度が高い高温発酵(55℃)を採用し、リアクタ内部の基質流動性を最適化することによって、固形物を多く含むバイオマスの高速処理を可能としたバイオリアクタであり、生ごみや焼酎粕などを対象として多くの実用実績を持つ。

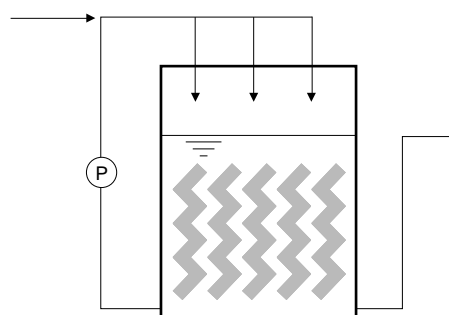


図-1 TDAPR模式図

ラボスケールTDAPRを用い、T-COD<sub>Cr</sub>: 84,000mg/ℓ、VSS: 28,000mg/ℓ程度の組成を持つ芋焼酎粕の処理実験を行った事例について報告する。図-2は本実験に用いた装置概略図である。

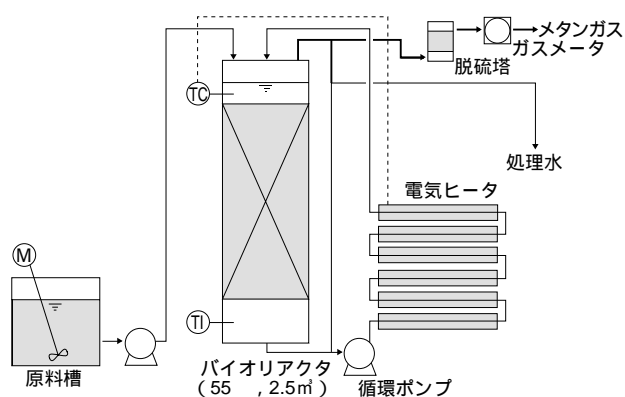


図-2 実験装置概略図

本実験では、図-3に示す最大18kg-COD<sub>Cr</sub>/m<sup>3</sup>/日までの有機物負荷率(OLR)にて連続運転を実施した結果、常時、OLRに追従したバイオガス生成が観察された。

現在では、生ごみや焼酎粕のメタン発酵を行うTDAPR実規模装置が、国内ですでに10基以上稼働しており、得られたバイオガスエネルギーの施設内利用が行われている。

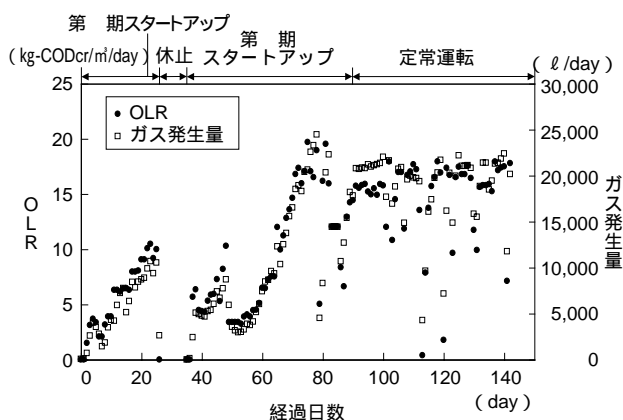


図 - 3 OLRおよびガス発生量経日変化

### 3 . 芋焼酎粕バイオガス化の実用例

#### 3 - 1 施設の概要

固定床式高温メタン発酵システム(TDAPR)を適用した焼酎粕バイオガス化施設として、「霧島酒造焼酎粕リサイクル施設」について紹介を行う。本施設は、霧島酒造焼酎工場より排出される芋焼酎粕の処理を行う、国内最大級のメタン発酵バイオガス化施設である。施設全景を写真 - 1 に、施設諸元を表 - 1 に示す。

本施設は、芋焼酎粕400t/日・焼酎製造過程で発生す

表 - 1 施設諸元

項目	条件・実績
処理対象物	芋焼酎粕 400t/日 芋くず 10t/日
メタン発酵リアクタ設備	TDAPR方式 リアクタ容量：280m³ × 8槽 HRT：5日
バイオガス発生量	20,000 Nm³/日 (CH <sub>4</sub> 60%, CO <sub>2</sub> 40%)
排水処理設備	浸漬膜活性汚泥方式
脱臭設備	下部散水式生物脱臭方式
飼料化設備	気流乾燥方式 脱水ケーキ 60t/日 処理 乾燥製品量 10t/日

る芋くず10t/日・工場排水10t/日をメタン発酵処理し、20,000Nm³/日のバイオガス回収を行っている。

また、本施設には、既設の芋焼酎粕処理施設から1日に60t排出される脱水ケーキ(焼酎粕中の固形分を分離脱水したもの)を乾燥し、飼料化するプラントが併設されており、メタン発酵施設から回収されるバイオガスは、飼料化プラントの乾燥熱源として利用されている。

霧島酒造(株)では、焼酎粕リサイクル施設を導入することにより焼酎粕処理費が半減され、設備投資費は約3年で回収される予定である。また、本施設導入による二酸化炭素削減効果は、約5,000t-CO<sub>2</sub>/年となると試算されている。

#### 3 - 2 システムフロー

システムフロー図を図 - 4 に示す。

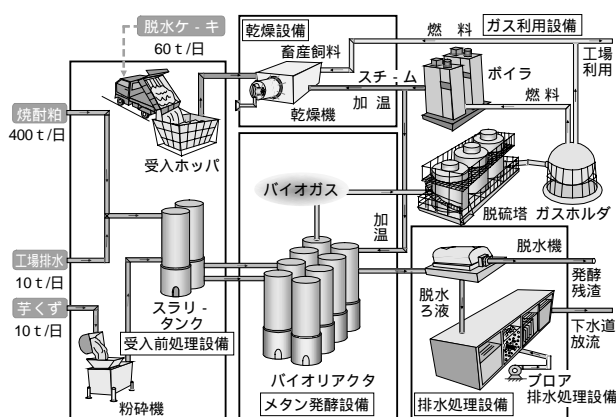


図 - 4 システムフロー図

##### (a) 受入前処理設備

芋焼酎粕、工場排水は直接配管にてスラリータンクに受け入れ、芋くずは粉碎してスラリー化している。脱水ケーキは専用車にて受け入れ、受入ホッパで一次貯留した後、定量的に乾燥設備に供給する。

##### (b) メタン発酵設備(写真 - 2)

スラリータンクに一時貯留された芋焼酎粕などは、



写真 - 1 霧島酒造焼酎粕リサイクル施設全景

## 実施例

バイオリアクタに定量供給され、55℃に加温されたバイオリアクタ内で嫌気分解・バイオガス化される。バイオリアクタは有効容量280m<sup>3</sup>×8槽設置しており、負荷変動に対応できるよう複数槽となっている。最大負荷時には約20,000Nm<sup>3</sup>/日のバイオガスが回収できる。

### (c) ガス利用設備(写真-3)

リアクタから回収されたバイオガスは、脱硫塔で硫化水素を除去した後、ガスホルダを経由して乾燥設備および蒸気ボイラに送られ、燃料利用されている。蒸気ボイラの能力は最大4t蒸気/hで、生成した蒸気はバイオリアクタの加温や乾燥設備にも利用されている。

### (d) 乾燥設備(写真-4)

既設の芋焼酎粕処理施設から定量供給された脱水ケーキは、気流乾燥方式で乾燥処理される。バイオガスを熱風炉の燃料として12%以下まで乾燥され、良質な家畜(黒豚)の飼料として有効利用されている。

### (e) 排水処理設備(写真-5)

メタン発酵設備からの発酵液は脱水機で発酵残渣と脱水ろ液に固液分離される。発酵残渣は含水率85%以下に脱水され、場外搬出して有効利用されている。脱水ろ液は硝化脱窒素処理した後、浸漬膜にて固液分離して下水道に放流される。



写真-2 バイオリアクタ



写真-3 ガスホルダ



写真-4 熱風炉



写真-5 排水処理設備

### (f) 脱臭設備

各設備から発生する臭気は下部散水式生物脱臭装置にて脱臭処理される。この脱臭設備は臭気をバイオフィルタに通して、微生物の働きにより臭気成分を除去する方式であり、反応槽下部より散水を行うことで、ランニングコストの低減をはかっている。

## 4. おわりに

本稿で紹介した施設は、芋焼酎粕を主体とした処理を行い、バイオガス回収をはかったものであるが、固定床式高温メタン発酵は他の食品系廃棄物についても効率的なバイオガス転換が実現可能なシステムである。しかしながら、この際、食品系廃棄物種によって、その固形物含有量、有機物濃度、難分解性物質含有量、発酵阻害物質含有量など、種々異なっており、各々の前後処理まで含めた施設設計が必要とされる。このような嫌気性消化リアクタは、現在も新たな技術進展がなされており、今後ますます、国内外におけるさまざまなバイオマスへの利用展開が期待される。

### <参考文献>

- (1) 後藤雅史, 上野嘉之, 水環境学会誌, 27, 10, 627 - 631 (2004)
- (2) 福井久智, バイオガスの最新技術, CMC出版, pp.199 - 206 (2008)