

# 食品廃棄物の資源化技術の紹介

## —メタン発酵によるエネルギー回収—

Resource recovery technology for food waste

—Energy recovery by methane fermentation—



(技)第2研究開発部第5研究室  
桂 健 治  
Kenji Katsura

食品廃棄物の発生抑制、資源化、減量を食品関連事業者へ義務付ける「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（食品リサイクル法）」が2001年5月に農林水産省により施行された。当社は今後の国内ニーズに対応するため、ドイツの Biotechnology Nordhausen 社からメタン発酵技術を導入し、すでに販売を開始した。本報では、本技術の特長を紹介するとともに、メタン発酵技術の普及に向けた今後の課題について言及した。

In May of this year, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries enforced a “Food Waste Reduction and Recycling Promotion Law” that obligates food-related businesses to work on recycling and reduction of food waste. In order to meet needs of our customers, we have introduced methane fermentation technology from Biotechnology Nordhausen GmbH of Germany, and started to sale the system based on the technology. In this paper, the features of the technology are shown. Finally, the subject of the future spread of methane fermentation technology is considered.

### Key Words :

食品廃棄物  
有機性廃棄物  
メタン発酵  
資源回収  
エネルギー回収

Food waste  
Organic waste  
Methane fermentation  
Resource recovery  
Energy recovery

### まえがき

循環型社会の形成に向けて廃棄物管理に係わる各種の法制度が整えられつつある現在、廃棄物について、発生抑制、資源化、最終処分を階層とする新たなシステムが形成されつつある。このような中で、食品廃棄物の発生抑制、資源化、減量を食品関連事業者へ義務付ける「食品循環資源の再生利用等の促

進に関する法律（以下、「食品リサイクル法」とする）」が2001年5月に施行された。食品廃棄物の資源化または減量化量の目標値は20%であり、2006年4月までの猶予期間が設けられている。目標未達成の場合、特に年間100トン以上の食品廃棄物を排出する事業者に対しては、事業者名の公表や罰則が科せられることになる<sup>1)</sup>。

当社は今後の国内ニーズに対応するために、食品廃棄物の資源化技術としてドイツの Biotechnology Nordhausen 社からメタン発酵技術を導入し、すでに販売を開始した。本稿では本技術の特長を紹介するとともに、メタン発酵技術の普及に向けた今後の課題について言及する。

## 1. 食品廃棄物の処理状況およびメタン発酵技術の位置付け

### 1.1 食品廃棄物処理の状況<sup>2)</sup>

第1表に食品廃棄物の発生量および処理方法を示す。「食品廃棄物」とは食品の①製造、②流通、③消費の各過程で生じる「動植物性の残さ類」を意味する。第1表の中で、食品リサイクル法の対象となるのは家庭系の一般廃棄物1000万トン/年を除く940万トン/年である。第1表から、上記①は産業

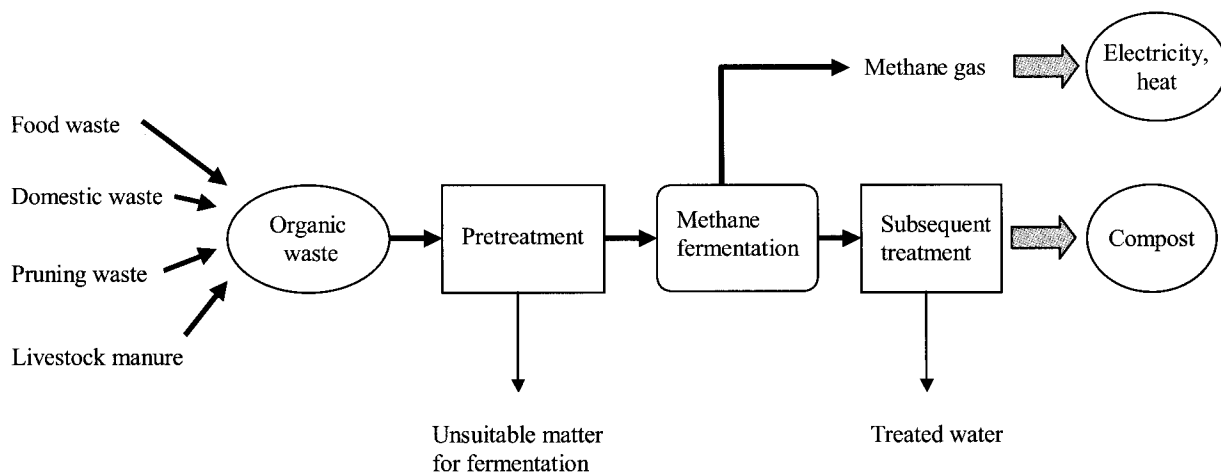
廃棄物として約50%が再資源化されているが、②および③は事業系および家庭系の一般廃棄物としてわずか0.3%程度しか再資源化されていないことが分かる。また、食品廃棄物の再資源化方法としては、その割合は低いものの肥料化や飼料化が行われていることが分かる。

### 1.2 メタン発酵技術の位置付け

食品リサイクル法への対応として発生抑制を除いた資源化および減量化を考えた場合、今後も肥料化や飼料化が採用されると考えられる<sup>3)</sup>。しかし、これらの方法では食品廃棄物の全量を肥料や飼料に変換するため、今後、資源化物の受け入れ先を長期的に確保することが難しくなると考えられている<sup>4),5)</sup>。将来的に家畜糞尿などの各種有機性廃棄物の資源化が進むにつれ、上記の問題が顕在化することが予想

第1表 我が国における食品廃棄物の発生量および処理方法 (1996)  
Table 1 Amount of generation and treatment process of food waste in Japan (1996)

Items	Amount of generation (1 000 t/y)	Treatment method				
		Incineration and landfill	Resource recovery			Total
			Fertilizer	Fodder	Others	
Municipal waste	16 000	15 950 (99.7%)	50 (0.3%)	—	—	50 (0.3%)
Industrial	6 000	5 980	20	—	—	20
Domestic	10 000	9 970	30	—	—	30
Industrial waste	3 400	1 770 (52%)	470 (14%)	1 040 (31%)	120 (3%)	1 630 (48%)
Total (exclusive of domestic municipal waste)	9 400	7 750 (83%)	490 (5%)	1 040 (11%)	120 (1%)	1 650 (17%)



第1図 メタン発酵技術のコンセプト  
Fig. 1 Concept of methane fermentation technology

される。

これに対して、メタン発酵では食品廃棄物を汎用性の高いメタンガスに変換できるため、最終的にエネルギー（電気、熱）として利用できる。また、同時に廃棄物の減量化も達成できる。以上の理由から、メタン発酵技術は食品廃棄物の資源化技術として有望視されている。

有機性廃棄物（食品廃棄物を含む）を対象としたメタン発酵技術は海外、特に欧州で積極的に採用されている。メタン発酵施設は1997年の時点で欧州を中心に世界90カ所で稼働中であり、今後も増加することが予想されている<sup>6)</sup>。今後、我が国においても有機性廃棄物を対象としたメタン発酵技術が普及していくと考えられる。

## 2. 導入したメタン発酵技術の概要

### 2.1 コンセプト

第1図に本技術のコンセプトを示す。本技術は基本的に、有機性廃棄物から発酵不適物を選別・除去し、メタン発酵によりメタンに変換するとともに、減量化した固形残さから堆肥を製造する技術である。また、本技術は前処理、メタン発酵、後処理の3つの工程から構成されている。それぞれの工程のコンセプトについて以下に詳述する。

#### 2.1.1 前処理工程

##### (1) 選別

メタン発酵の効率化および堆肥の品質向上のために、有機性廃棄物に含まれる発酵不適物（容器、ビニール、金属等）を選別・除去する。

##### (2) 水分調整および粉碎

全蒸発固形物（以下、TS (Total Solids) とする）濃度が8～12%となるように水分調整をおこなう。また、滅菌およびメタン発酵の効率化のために固形物を粒径10 mm 以下まで粉碎する。

##### (3) 滅菌

固形残さを堆肥として利用するために、70℃で30分間滅菌処理をおこなう（ドイツの法律で義務付けられている）。

#### 2.1.2 メタン発酵工程

##### (1) メタン発酵<sup>7)</sup>

加水分解（37℃）およびメタン発酵（37℃）の2段階処理にて有機性廃棄物をメタンガスに変換する。メタン発酵槽の流入TS濃度は8～12%である。また、滞留時間（HRT）は、加水分解が5日、メタン発酵が20～25日である。

##### (2) メタンガスの利用

脱硫処理の後、ガスエンジンの燃料に使用する。

#### 2.1.3 後処理工程

##### (1) 堆肥化

固液分離後の固形残さを堆肥化処理し、堆肥を製造する。

##### (2) 排水処理

発酵処理液を固液分離後、上澄液を排水処理（生物学的処理および膜処理）して河川へ放流する。

上述のとおり、本技術は金属、プラスチック類等の発酵不適物を含む有機性廃棄物を対象としており、また、メタンガスをガス発電の燃料として、固形残さをコンポストとして利用することを前提に開発された技術である。したがって、本技術を国内の食品廃棄物処理へ適用する場合、対象とする廃棄物の性状や組成、資源化物の利用先でのニーズに応じて処理フローを決定していくことになる。

### 2.2 本技術の特長

本技術の特長を次に示す。

#### (1) 廃棄物に応じた前処理技術の選定

廃棄物の種類や性状に応じた最適な前処理技術（選別、破碎、粉碎等）を選定できる。

#### (2) 2段階処理による装置のコンパクト化と処理の安定化

加水分解とメタン発酵の2段階処理により、メタン発酵を効率的に行うことができ、結果的に装置をコンパクト化できる。また、加水分解槽とメタン発酵槽の各々に応じた制御が可能で、メタン発酵全体の処理能力および安定性を高めることができる。

#### (3) メタンガスの有効利用

メタンガスを燃料にして発電をおこなうことにより、処理場内の消費電力を賄うとともに、余剰電力を売電することもできる。

#### (4) 堆肥の有効利用

メタン発酵および後処理として行う排水処理から発生する固形残さから良質の堆肥を製造することができる。

### 2.3 実績紹介

第2表に納入実績の一覧を示す。

#### 2.3.1 処理対象

第2表から、4つの施設全てにおいて1種類の廃棄物だけを対象とせずに、複合処理を行っていることが分かる。すなわち、食品製造工場等からの産業廃棄物に加え、家庭からの生ゴミ、剪定廃棄物、家畜糞尿等の各種有機性廃棄物を集約処理している。ドイツでは国家施策として有機性廃棄物の資源化技術に取り組んでいる様子が見える<sup>8)</sup>。

2.3.2 施設の概要

第2表の中から、一例として Nentzelsrode プラントの概要を次に示す。

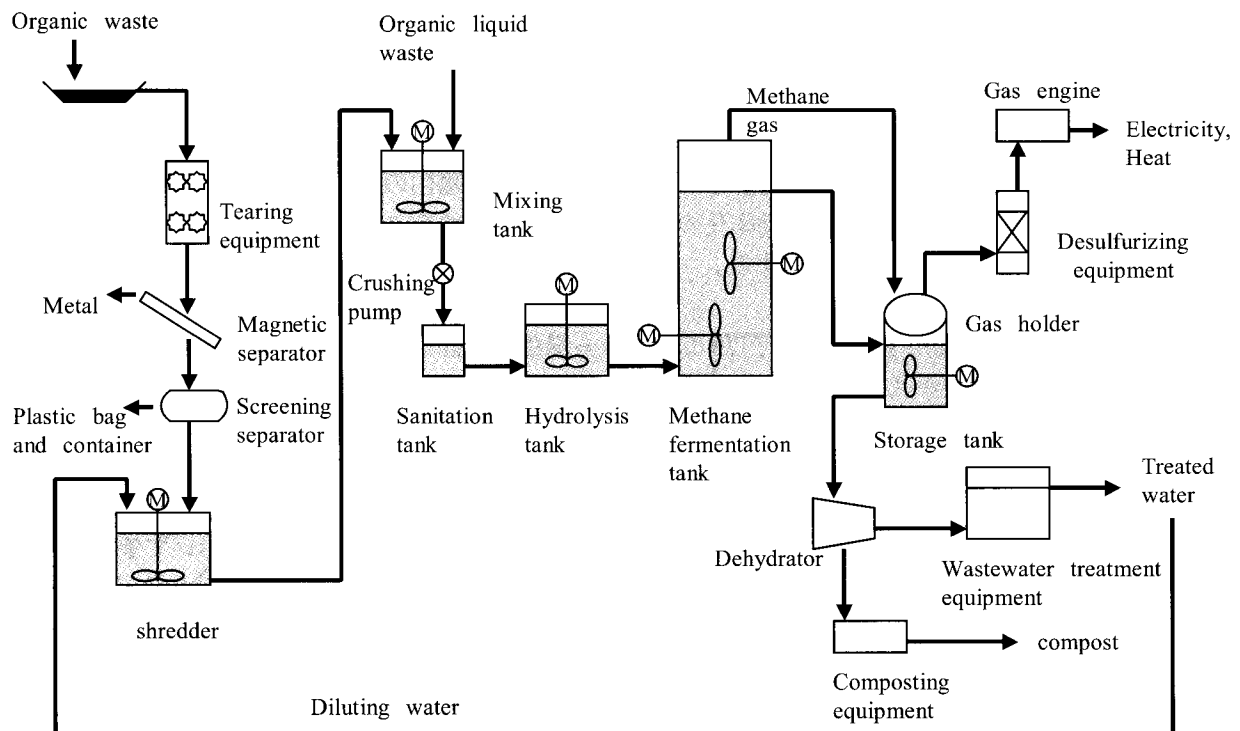
(1) 処理フロー

第2図に処理フローを示す。主に家庭ゴミと食

品製造工場等から発生する産業廃棄物を収集して、磁気分離機、スクリーン型選別機にてそれぞれ金属類、ビニール・容器類を選別・除去する。その後、破砕機、滅菌槽で処理を行い、2段処理にてメタンガスを回収している。メタンガスはガスエ

第2表 納入実績の一覧表  
Table 2 List of track record

Name of plant	Type of organic waste	Treatment capacity (t/d)	Volume of methane fermentation tank (m <sup>3</sup> )	Starting date
Grodan (Germany)	Industrial waste Livestock manure Pruning waste	70	2×3 000	1995
Vietlubbe (Germany)	Industrial waste Municipal waste Livestock manure Pruning waste	70	1 000	1995
Singen (Germany)	Industrial waste Municipal waste Pruning waste	100	2×800	1997
Nentzelsrode (Germany)	Industrial waste Municipal waste Pruning waste	60	1 400	1998



第2図 Nentzelsrode プラントの処理フロー  
Fig. 2 Flow sheet of Nentzelsrode biogas plant

ンジンにて発電し、処理場内の消費電力を賄うとともに、余剰電力は電力会社へ売電している。一方、固形残さはスクリーンプレスで脱水し、堆肥を製造している。

(2) 設備の仕様

第3表に主な設備の仕様を示す。スクリーン型選別機にはドラムスクリーン（目開き80 mm）、破碎機にはパルパー（4.5 m<sup>3</sup>）を採用している。メタン発酵槽は鋼製で、横型攪拌を採用している（写真1を参照）。ガスホルダーは膜型で、発酵液貯留槽の上部に設けられている。そのほか、発電にはガスエンジン（250 kW）、脱水機にはスクリーンプレスを採用している。

(3) 処理性能

第4表にメタン発酵槽における処理性能を示す。VTS（Volatile total solids）はTS中の有機成分を意味する。第4表から、VTSおよびCODcrの分解率は70%以上であり、メタン発酵が良好におこなわれていることが分かる。この結果は、適切な前処理がおこなわれていることに起因すると考えられる。また、分解したCODcr当たりのメタンガス発生量は0.32 Nm<sup>3</sup>/kgとなっている。この値は理論量の91%に相当し、ほぼ理論通りのメタンガスを回収していることがわかる。

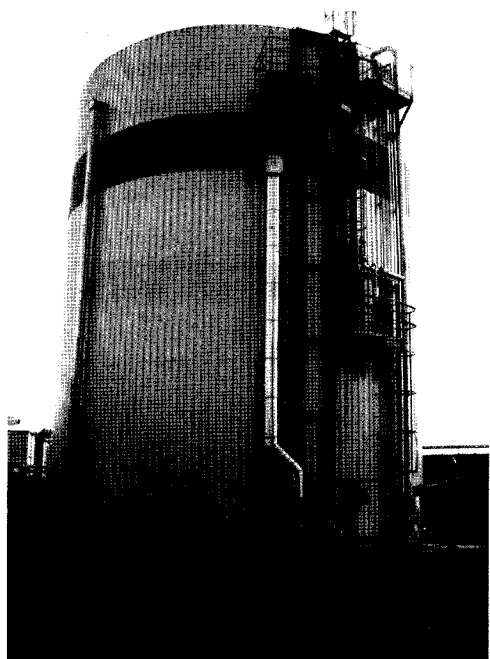


写真1 メタン発酵槽

Photo 1 Whole view of methane fermentation tank

### 3. 国内でのメタン発酵技術の普及に向けた課題

上述のとおり、メタン発酵技術はメタンガスを回収できるとともに有機性廃棄物を減量化できる有望な資源化技術である。

しかし、本技術を国内へ適用する場合の課題のひとつに固形残さの処理が挙げられる。第4表に示すように、メタン発酵により有機性廃棄物の減量化は達成されるが、それでもなお処理対象物の20~30%の固形残さが発生する。現在、固形残さの処理として肥料化等が検討されているが、今後、農地への施肥の許容量から考えて受け入れ先を確保することが難しくなると予想されている<sup>4),5)</sup>。特に、都市部で処理を行う場合に問題になると考えられる。

このような問題を解決するべく、当社では本導入技術と好熱菌による有機性固形物の可溶化技術を組み合わせた固形残さの発生しないメタン発酵プロセスを提案している。好熱菌による可溶化技術は、当社が活性汚泥プロセスから発生する余剰汚泥の消滅

第3表 設備の仕様

Table 3 Specification of equipment

Name of equipment	Specification
Shredder	Pulper (4.5 m <sup>3</sup> )
Screening separator	Drum screen with opening size of 80 mm
Methane fermentation tank	Steel tank with horizontal agitation (1 400 m <sup>3</sup> )
Gas holder	Membrane type (200 m <sup>3</sup> )
Energy recovery	Gas engine (250 kW)
Dehydrator	Screw press

第4表 メタン発酵槽における処理性能

Table 4 Treatment capacity in methane fermentation tank

Items	Unit	Data
VTS decomposition rate	%	72.5
CODcr decomposition rate	%	70.1
Methane gas production rate	Nm <sup>3</sup> /d	1 764
Methane gas production rate per removed CODcr	Nm <sup>3</sup> /kg	0.32

技術として開発した技術である。

この固形残さの発生しないメタン発酵プロセスは、NEDOの平成12年度地球環境保全技術開発事業に採択された技術であり、現在実証実験を実施中である。

## む す び

技術導入したメタン発酵技術の特長を紹介するとともに、国内でのメタン発酵技術の普及に向けての課題を考察した。将来的に考えて、メタン発酵技術は食品廃棄物を含む有機性廃棄物の資源化技術として有望視されている。当社は、導入したメタン発酵技術に加え、固形残さを発生させない新規なメタン発酵プロセスを商品化することにより、多様化する国内ニーズに対応していく所存である。

### 【参考文献】

- 1) 農林水産省：食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（2000）
- 2) 農林水産省：食品廃棄物の発生抑制とリサイクルの推進方向について、都市と廃棄物、Vol.30, No.4（2000）, p.26
- 3) 高梨太志：食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律について、廃棄物学会誌、Vol.11, No.5（2000）, p.12
- 4) 財地球環境産業技術研究機構：地球環境関連技術の推進に関する調査（1999）, p.118
- 5) 生物系廃棄物のリサイクル研究会：生物系廃棄物のリサイクルの現状と課題（1999）
- 6) 河村清史：有機性廃棄物の資源化技術、廃棄物学会誌、Vol.11, No.5（2000）, p.24
- 7) B.Linkeほか：Design and performance for anaerobic treatment of organic wastes, Energy and Agriculture, Vol.1（1999）, p.365
- 8) 河村清史ほか：ドイツにおける生物作用を用いたバイオ廃棄物の処理、廃棄物学会誌、Vol.10, No.4（1999）, p.57

### 連絡先

桂 健 治 技術開発本部  
第2研究開発部  
第5研究室

TEL 078 - 992 - 6525  
FAX 078 - 992 - 6504  
E-mail k.katsura@pantec.co.jp