

バイオガス(メタン発酵)プラント



坂手 貴志
Takashi Sakate

【概要】

政府は、2050年脱炭素社会の実現に向け、2030年度の総発電量に占める再生可能エネルギーの比率を「36%～38%」に新たに設定した。これは、2019年の実績値(約18%)の2倍に相当する。再生可能エネルギー普及が拡大するなか、脱炭素社会の実現に向けて、廃棄物やバイオマスを安定して再資源化、エネルギー化するプラント技術の開発に取り組んでいる。本稿で紹介するメタン発酵の技術は、古くから実用化もされており、さまざまな技術や処理方式が研究開発されている。その中でも極東開発工業は、処理対象物が広く安定的な運転が可能で省エネルギーである中温湿式メタン発酵方式を採用した。本稿では、メタン発酵の技術解説および施工実績を紹介する。

【ABSTRACT】

The Japanese government set a new 2030 goal of attaining a ratio of renewable energy to total generated electricity of 36% to 38% to help realize a decarbonized society by 2050. This ratio is twice the actual amount for 2019 (about 18%). As renewable energy continues to expand, we are dedicated to helping achieve a decarbonized society by developing plant technologies capable of stably recycling waste and biomass into resources and energy. The methane fermentation technology described in this paper has been in use for some time, leading to the research and development of various other technologies and treatment methods. Of these methods, Kyokuto Kaihatsu Kogyo Co., Ltd. has begun using the medium-temperature wet method of methane fermentation, which is not only energy-efficient but also stable for treatment of a wide range of materials. This paper describes in detail the methane fermentation processes and the results of systems constructed using this process.

1. まえがき

政府は2050年までに温室効果ガスの排出量を実質的にゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言している。さらに、2030年度に2013年度比で温室効果ガス46%削減を目指すことを表明¹⁾している。

バイオガスプラントは水分を多く含み焼却処理に適していない食品残渣や生ごみ、家畜ふん尿等から再生可能エネルギー²⁾としてエネルギー回収し、温室効果ガス削減に寄与できるプラントである。

2. メタン発酵の原理

メタン発酵は嫌気(無酸素条件下)で有機物を嫌気性細菌の働きによって、バイオガス(メタンと二酸化炭素)を発生させる。メタン1m³は原油換算で0.92L分のエネルギーとなり、化石燃料の代替燃料として温室効果ガスの排出量削減を図ることが可能である。

メタン発酵は図1に示す二相四段階説で説明され、4段階の分解過程を経てバイオガス生成に至る。

①可溶化・加水分解過程

固形、高分子有機物からモノマー(单糖、アミノ酸、高級脂肪酸)に分解生成する。

②酸生成過程

モノマーから揮発性脂肪酸(酪酸、プロピオン酸、酢酸やギ酸等)を生成する。

③酢酸生成過程

揮発性脂肪酸から酢酸と水素を生成する。

④メタン生成過程

水素と酢酸からバイオガス(メタンと二酸化炭素)を生成する。

一般的に上記の①と②の過程を酸生成相、③と④の過程をメタン生成相と言う。

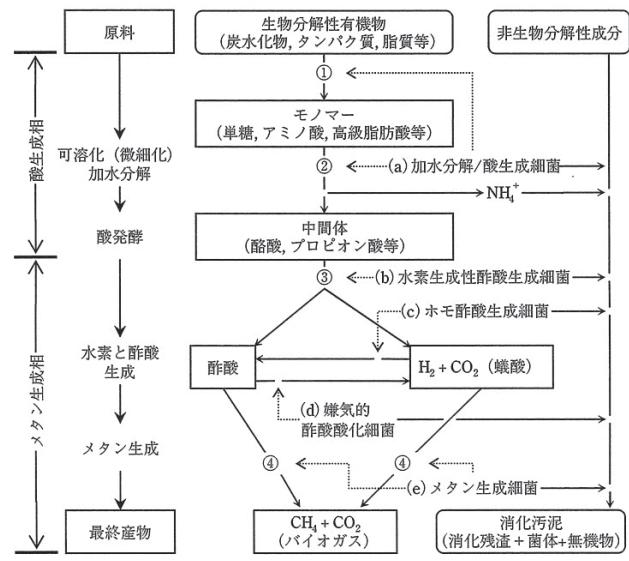


図1 バイオマスのメタン発酵における物質変換の概要³⁾
(点線:酵素反応、実線:物質の流れ)

3. バイオガスプラントの分類

メタン発酵プロセスの種類を表1に示す。メタン発酵プロセスは、溶解性成分が主体の排水処理と固体物が主体の固体廃棄物処理によって種類が異なる。

極東開発工業は、主に食品残渣、生ごみ、家畜ふん尿等の固体廃棄物をターゲットとしており、処理実績も豊富で安定した運転が可能な中温湿式メタン発酵方式を採用している。

【表1 メタン発酵プロセスの種類^{③)}】

処理対象	排 水	固体物廃棄物	
		湿式発酵	乾式発酵
メタン発酵プロセスの種類	嫌気性接触法	完全混合法	横型
	嫌気性濾床法	嫌気性接触法	縦型
	嫌気性流動床法	嫌気性濾床法	
	UASB法	ABR法	
	EGSB法	二槽消化法	
	ABR法		
運転温度	無加温	無加温	中温
	中温	中温	高温
	高温	高温	

【表3 発酵温度による特徴の比較(参考)^{③)}】

比較項目	高温発酵	中温発酵	備 考
運転温度	55℃前後	35℃前後	
分解速度	速	遅	
ガス発生速度	速	遅	
有機物負荷	大(5.5~6.5kg/m ³ /d)	小(2.0~3.0kg/m ³ /d)	高温発酵の方が単位容積当たりの処理能力が2~3倍高い
HRT	短(10~20d程度)	長(20~30d程度)	HRTの違いに伴い、発酵槽容積も異なる
油脂類の溶解	可能	困難な場合あり	中温発酵の場合、常温で個体の動物性脂肪は注意すべき
衛生化効果	大	小	病原体の不活性化、雑草種子の発芽抑制
加温に要するエネルギー	大	小	
発酵阻害を引き起こすアンモニウムイオン濃度	低(2,500mg/L程度)	高(7,000mg/L程度)	

湿式発酵と乾式発酵はメタン発酵槽投入固体物濃度により分類される。湿式発酵と乾式発酵との比較を表2に示す。

湿式発酵は消化液量が多くなるが、乾式発酵と比べメタン発酵槽の攪拌等、機械動力の負荷は小さく、必要とするエネルギーは少なくなる。

乾式発酵は消化液発生量を減らせられる特徴があるが、必要とするエネルギーが多くなる。

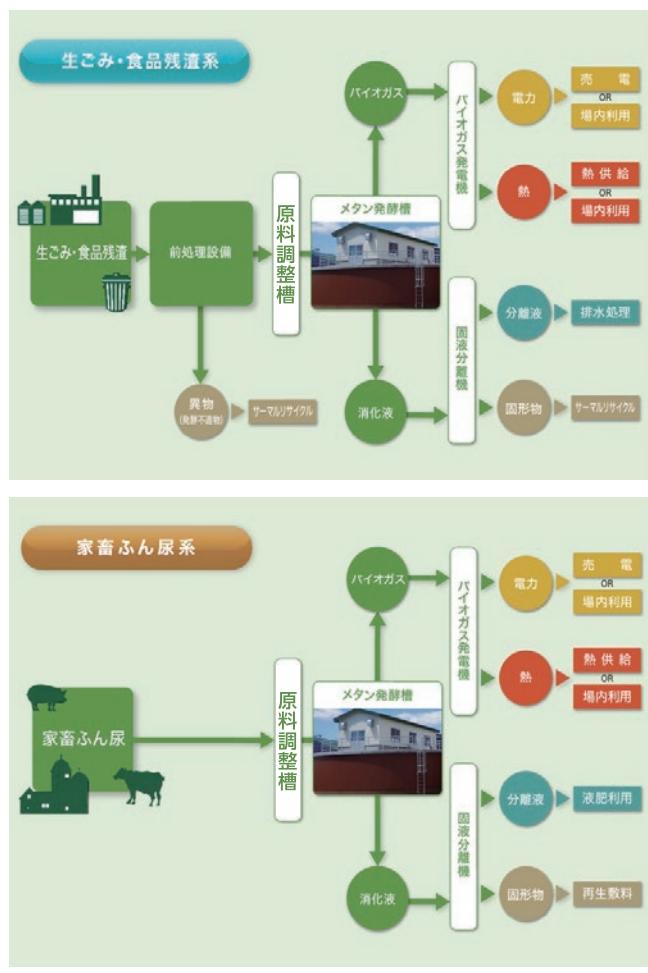
【表2 湿式発酵、乾式発酵の特徴】

項 目	湿式発酵	乾式発酵
投入固体物濃度	10%程度	15~40%程度
消化液発生量	多い	少ない
必要とするエネルギー	少ない	多い

発酵温度について中温発酵と高温発酵の特徴を表3に示す。中温発酵は高温発酵に比べ、分解速度が遅く発酵槽の滞留日数(HRT)は長いが、加温に要するエネルギーは高温発酵より小さい。また、メタン発酵菌の種類が多く、アンモニア等の発酵阻害にも強いため、安定した運転が可能となる。食品残渣、生ごみ等の組成や形状が多種多様な処理対象物を扱う場合、安定した運転が可能な中温発酵の方が有利と考える。

4. バイオガスプラント構成

バイオガスプラントのシステムフロー(例)を図2に示す。食品残渣、生ごみ等の廃棄物はメタン発酵に不適切な袋類や包装容器等が含まれているため、メタン発酵に適した性状に選別及び破碎処理する前処理設備が必要となる。家畜ふん尿は直接原料調整槽へ投入され、原料調整槽以後の処理工程は概ね食品残渣、生ごみ等の処理工程と同じとなる。



4-1. 前処理設備

前処理設備で破碎と選別を行う。食品残渣、生ごみ等は、袋収集や容器包装に梱包された状態で搬入される。そのため、メタン発酵に不適切な袋類や容器包装等と、メタン発酵へ適した有機物を選別する必要がある。

破碎することでメタン発酵原料の表面積を大きくし、後段の加水分解・可溶化、メタン発酵の促進を行う。選別状況を図3に示す。



図3 前処理設備選別状況

4-2. 原料調整槽

前処理設備で選別されたメタン発酵原料は原料調整槽へ投入される。家畜ふん尿の場合は原料調整槽へ直接投入する。投入された原料は原料調整槽で貯留し、含水率調整や阻害物質の濃度調整を行う。調整された原料はメタン発酵槽へ定量的に投入される。



図4 原料調整槽サンプル

4-3. メタン発酵槽

極東開発工業は中温発酵を採用しており、発酵槽温度は35~38°Cで、滞留日数は約30日間としている。メタン発酵槽ではメタン生成細菌の働きにより有機物は分解されバイオガスとなる。その後、後段の設備でバイオガスをエネルギーとして回収する。図5にメタン発酵槽と図6にメタン発酵槽内の消化液を示す。



図5 メタン発酵槽



図6 消化液

4-4. バイオガス利用設備

バイオガスは一般的にメタン(CH_4)約60%と二酸化炭素(CO_2)約40%を主成分としたガスである。少量の硫化水素(H_2S)が含まれており、脱硫装置において硫化水素を除去し、エネルギーとして利用する。

近年はFIT制度の後押しもあり、電熱供給が可能なバイオガスエンジン発電機により、電力と温水でエネルギー回収を行うことが主流である。回収したエネルギーは再生可能エネルギーとなる。図7に脱硫塔と図8にバイオガスエンジン発電機を示す。



図7 脱硫塔



図8 バイオガスエンジン発電機

4-5. 消化液貯留設備

メタン発酵後の残渣の消化液は窒素が含まれており、有機肥料として農地還元が可能である。消化液は液肥として春と秋に散布することが一般的で、液肥散布時期まで貯留をする必要がある。そのため、貯留日数を満足した貯留槽の設置が必要となる。図9に消化液貯留槽を示す。



図9 消化液貯留槽

尚、都市部では農地が少なく、消化液の農地還元は難しいため、排水処理設備で適切に処理したのち下水道等へ放流を行う。

5. 弊社施工実績

5-1 興部町北興バイオガスプラント

興部町の酪農家6戸から発生する乳牛ふん尿を処理対象物とした集合型プラントで、エネルギー回収とともに消化液を農地還元している。また、消化液散布はスラ

リー散布と比べ悪臭低減にも寄与している。極東開発工業は一次下請けでプラント機械・電気工事を担当した。

- (1) 処理対象物：乳牛ふん尿
- (2) 処理量：37.89t/日(成乳換算590頭分)
- (3) バイオガスの利用方法：発電事業者へガス販売
- (4) 消化液処理方法：液肥利用
- (5) 所在地：北海道興部町
- (6) 竣工年月：2016年11月
- (7) 発注者：興部町様
- (8) 設計・施工：岩田地崎・コーンズ・藤共JV

※一次下請けでプラント機械・電気工事を担当



図10 興部町北興バイオガスプラント全景

5-2. 豊浦町バイオガスプラント

ホタテの養殖・加工から発生する水産残渣や家畜ふん尿を原料として、発電及び副産物の消化液を農地還元するバイオガスプラントで、極東開発工業はプラント機械・電気工事を担当した。

- (1) 処理対象物：豚糞尿・牛糞尿・水産残渣処理水等
- (2) 処理量：135.6t/日
- (3) バイオガスの利用方法：余剰売電
- (4) 発電機容量：382kW
- (5) 消化液処理方法：液肥利用
- (6) 所在地：北海道豊浦町
- (7) 竣工年月：2019年4月
- (8) 発注者：豊浦町様
- (9) 設計・施工：大成・コーンズ・極東開発工業JV



図11 豊浦町バイオガスプラント全景

5-3. バイオディーゼル岡山(株)様 食品リサイクル工場

従来は焼却処理されていた事業系一般廃棄物や、食品系の産業廃棄物を処理対象物としている。固定買取制度(FIT)を利用して売電を行っており、焼却・埋立処理をされていた食品残渣よりエネルギー回収を行うことで、温室効果ガス排出量削減を実現している。食品残渣系のバイオガスプラントとして初受注したプラントで、破碎選別を行う前処理設備があることが特徴である。

- (1) 処理対象物：事業系一般廃棄物、産業廃棄物
(廃酸、廃アルカリ、動植物性残渣等)
- (2) 処理量：45t/日
- (3) バイオガスの利用方法：FIT売電
- (4) 発電機容量：910kW
- (5) 消化液処理方法：排水処理設備で処理後下水道放流
- (6) 所在地：岡山県岡山市
- (7) 竣工年月：2021年4月
- (8) 発注者：バイオディーゼル岡山(株)様
(DOWAグループ)
- (9) 設計・施工：極東開発工業(株)



図12 バイオディーゼル岡山 食品リサイクル工場全景

参考文献

- 1) 環境省HP「脱炭素ポータル」
- 2) 経済産業省資源エネルギー庁HP
『再生可能エネルギーとは』
- 3) 野池達也編著(2009)『メタン発酵』

6. あとがき

極東開発工業は2015年の技術導入を端に、家畜ふん尿のバイオガスプラント建設に携わり、極東開発工業リサイクル施設の破碎選別技術を応用して、食品廃棄物のバイオガスプラント建設まで至った。

今後もバイオガスプラントを軸に、新たな事業の展開に繋げ、温室効果ガスの削減に寄与することで、持続可能な社会に貢献していきたいと考える。

最後に技術導入からプラント建設及び現在に至るまで、ご協力頂きました関係者各位に心より感謝を申し上げます。