

## 第3部 メタン発酵技術に係る基礎知識

## <第3部 章目次>

<b>第3部</b>	<b>メタン発酵技術に係る基礎知識</b>	<b>433</b>
<b>1章</b>	<b>メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴</b>	<b>436</b>
	バイオマスエネルギーとは	436
1.1	生ごみ・食品残渣	438
1.2	乳牛ふん尿	438
1.3	肉牛ふん尿	440
1.4	豚ふん尿	440
1.5	鶏ふん	441
<b>2章</b>	<b>メタン発酵技術に係る基礎知識</b>	<b>443</b>
2.1	メタン発酵技術	443
2.2	要素技術	445
a.	受入設備	445
b.	前処理設備	448
c.	メタン発酵設備	455
d.	バイオガス貯留設備(ガスホルダー)	463
e.	脱硫等バイオガス調整設備	465
f.	発電設備	468
g.	余剰ガス燃焼装置	471
h.	発酵残渣処理設備	472
j.	脱臭設備	477
k.	用水設備	479

## ＜第3部 図・表目次＞

図 3.1.1	バイオマスエネルギー利用の全体像(赤枠は NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の対象範囲)	436
図 3.1.2	フリーストール方式の乳牛ふん尿	439
図 3.1.3	スタンション方式の乳牛ふん尿	440
図 3.2.1	メタン発酵系バイオマス設備における位置	445
図 3.2.2	原料別の受入前処理設備の構成例	447
図 3.2.3	メタン発酵系バイオマス設備における位置	448
図 3.2.4	ハンマーブレード式破砕機の概観(左)セパレーションサイザー(破砕選別機)、(右)ドーザー	453
図 3.2.5	メタン発酵系バイオマス設備における位置	455
図 3.2.6	原料毎のメタン発酵技術選択の例	457
図 3.2.7	縦型発酵方式と横型発酵方式の模式図	460
図 3.2.8	メタン発酵系バイオマス設備における位置	463
図 3.2.9	ガスホルダーの型式	464
図 3.2.10	メタン発酵系バイオマス設備における位置	465
図 3.2.11	メタン発酵系バイオマス設備における位置	468
図 3.2.12	メタン発酵系バイオマス設備における位置	471
図 3.2.13	メタン発酵系バイオマス設備における位置	472
図 3.2.14	メタン発酵系バイオマス設備における位置	477
表 3.1.1	メタン発酵系バイオマス資源の種類と特性	437
表 3.1.2	家畜ふん尿の発生原単位	442
表 3.2.1	メタン発酵技術の概要	444
表 3.2.2	畜種別の敷料とふん尿の集め方	447
表 3.2.3	代表的な前処理機器	450
表 3.2.4	国内外メタン発酵施設と前処理機器の事例	451
表 3.2.5	破砕選別機仕様	453
表 3.2.6	破砕機の比較	454
表 3.2.7	主要な確認項目	458
表 3.2.8	乾式メタン発酵方式の分類(実績は 2019 年 3 月時点)	459
表 3.2.9	乾式メタン発酵技術の方式概要	459
表 3.2.10	バイオガス貯留設備の種類と機能	463
表 3.2.11	脱硫設備計画時の留意事項	466
表 3.2.12	バイオガス発電設備の制限対象物質例(参考値)	467
表 3.2.13	排水処理設備の構成と機能	474
表 3.2.14	主要な確認項目	474
表 3.2.15	水質汚濁防止法における排水基準(一律基準、上乘せ基準、住民協定)の一例	475
表 3.2.16	水質汚濁防止法における排水基準(健康項目、生活環境項目、総量規制)の一例	476
表 3.2.17	脱臭技術の種類とその概要	478
表 3.2.18	用水設備の構成と機能	479
表 3.2.19	主要な確認項目	479

# 1章 メタン発酵系バイオマス原料の種類と特徴

## バイオマスエネルギーとは

バイオマスとは「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義される。原料としてのバイオマス資源、エネルギーの利用形態、そしてそれらを結びつけるエネルギー変換技術で構成される。バイオマスの利用方法は、製材等に用いるマテリアル利用とエネルギー利用に大別され、まずマテリアルとして利用し、最終的にはエネルギー利用するというカスケード利用を行うことで資源の有効活用が可能である。また、用途に応じて輸送燃料等の液体燃料への変換も可能である。エネルギー利用として燃焼させると CO<sub>2</sub> が発生するが、これは森林などの生態系が持続的に管理されていれば成長過程で大気中から吸収した CO<sub>2</sub> であり、再生可能エネルギーのひとつとして位置づけられている。

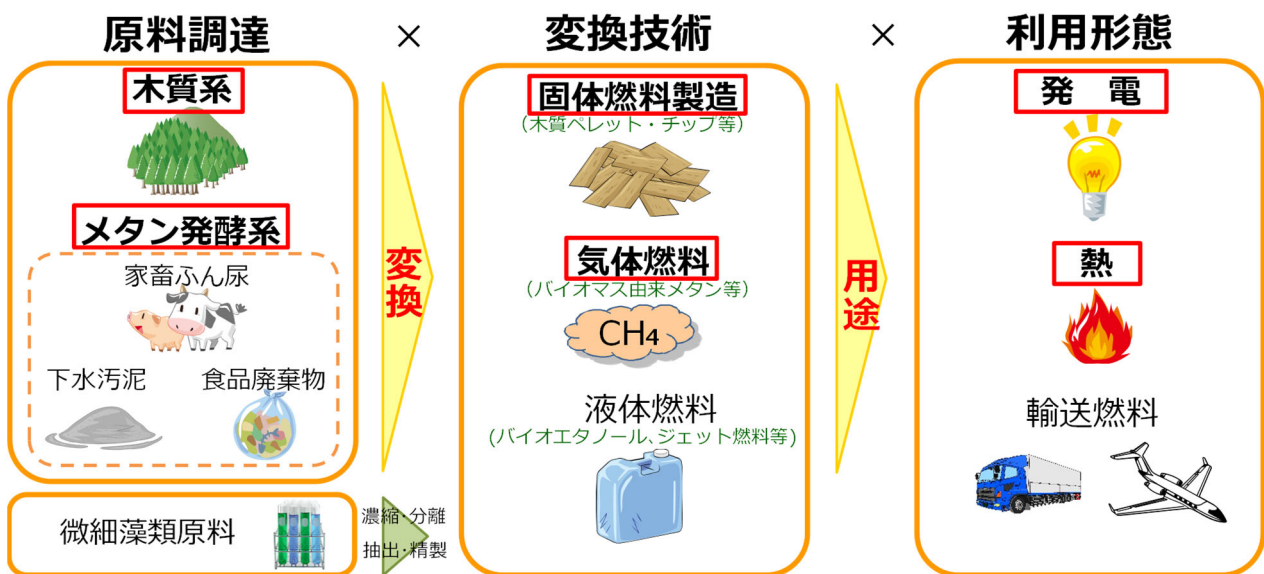


図 3.1.1 バイオマスエネルギー利用の全体像 (赤枠は NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の対象範囲) (出所) NEDO 作成

バイオマスエネルギーの原料、変換技術、利用形態は多様な選択肢が存在するが、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業では、このうち近年国内で導入拡大が進む木質系およびメタン発酵系バイオマスについて、発電・熱利用を対象に様々な事業モデルの実証を行っている。

本書「メタン発酵系バイオマス編」では、第 3 部 1 章に示すバイオマス資源を用いたメタン発酵事業について解説する。

メタン発酵系バイオマス資源には、下表のとおり様々な種類があり、それぞれ固有の特徴がある。現状国内では、乳牛ふん尿や生ごみ・食品残渣が多く使われているが、本 NEDO 事業では、紙ごみや鶏ふんなど、これまで活用が難しく地域の中で課題となってきたバイオマス資源の利用も対象に FS・実証事業を行っている。

表 3.1.1 メタン発酵系バイオマス資源の種類と特性

種類	特性
生ごみ 食品残渣	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一般的に分解しやすくガス発生量も多いためメタン発酵原料に適する</li> <li>・ 発酵不適物としてプラスチック、皮革、石、金属等、発酵阻害物質：薬品、溶剤、骨類、甲殻類の殻等が含まれる</li> <li>・</li> </ul>
乳牛ふん尿	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>フリーストール牛舎の場合</b>：ふん・尿および少量の敷料が混合され、スラリー状ふん尿(水分 90%程度)として排出されるため、水分が高く湿式メタン発酵の原料として適する</li> <li>・ <b>つなぎ飼い牛舎の場合</b>：ふん尿分離型の牛舎ではふんと敷料が混合した半固形状ふん尿(水分 85~88%)として排出</li> </ul>
肉牛ふん尿	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 含水率は 55%~70%程度が一般的で、敷料(おが屑や麦稈)の割合が多いふん尿が回収されやすく発酵槽の配管が詰まる恐れもあり、湿式には不適。乾式システムを用いることを検討している事例もある</li> </ul>
豚ふん尿	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ふん量に比較して尿量が多いため、スノコ式豚舎の場合にはスラリー状の性状となっており、そのままでもメタン発酵の原料として利用が可能。ただし窒素濃度が高いこと、豚舎の形態によって大きく性状が異なることに留意が必要</li> </ul>
鶏ふん	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>ブロイラーの場合</b>：含水率が 20%~30%と低く敷料と共に排出されるため単独でのメタン発酵は不適</li> <li>・ <b>採卵鶏の場合</b>：ガス発生量が大いだがアンモニアが多く、単独の処理には 3 倍~5 倍希釈するか他原料との混合が必要</li> </ul>
紙ごみ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ガス発生量が多いため乾式メタン発酵原料に適する</li> <li>・ ガス発生量の確保のために、有価で紙ごみを購入する事例もみられる</li> </ul>
剪定枝	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 枝に残っている葉の量にもよるが剪定枝はガス発生量が期待できずメタン発酵には向いていない。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 1.1 生ごみ・食品残渣

生ごみは家庭系生ごみと事業系生ごみに分けられ一般廃棄物として扱われる。食品残渣は主として食品加工工場等から排出された残渣を指し、産業廃棄物と位置付けられる。いずれも、一般的に分解しやすくバイオガス発生量も多いため、**メタン発酵の原料として適している**。

ただし、受入の際はメタン発酵プロセスに影響を及ぼす**窒素含有量（たんぱく質含有量）**や**含水率**に留意する必要がある。

原料中のたんぱく質含有量が多いと、**メタン発酵槽内においてアンモニア濃度が上昇し発酵阻害**が生じる。生ごみ・食品残渣はメタン発酵系バイオマスの中でもたんぱく質含有量が多いため、**含有量によっては希釈するなどの対応**が必要になることがある。

また、特に湿式メタン発酵の場合は含水率が低い原料を投入すると槽内の適切な汚泥濃度を保てなくなり不具合が生じる。**含水率が80%以下の原料を投入する場合は、希釈等の検討が必要**となることがある。

その他、生ごみは可燃ごみに比べて水分量が多くほとんどが有機物であることから、**腐敗が早く悪臭も強い**。そのため、**受入供給設備は密閉構造・負圧構造にし、悪臭成分を拡散しない等の対策**が必要となる。

## 1.2 乳牛ふん尿

乳牛ふん尿は、フリーストール牛舎（牛舎内放し飼い）とつなぎ飼い牛舎に大別される。その飼養形態により、その性状が大きく異なる。

### (1) フリーストール牛舎

フリーストール牛舎は通常、バースクレーパー、ミルクパーラー、コンプリートフィーディングシステム（TMR）とセットで導入され、高効率および高能率の飼育が可能とされている。通常、ふん尿および敷料は通路に回収され、バースクレーパーで自動的に排出されるが、ショベルローダーなどにより人的に回収される牛舎も多い。

本飼育方式の場合、ふん、尿および少量の敷料が混合され、スラリー状ふん尿（水分90%程度）として排出されるため、**水分が高く湿式メタン発酵の原料として適している**。最適な含水率であることから、この原料のみを扱う場合には**前処理設備を簡略化できるメリット**もある。

フリーストール牛舎の難点としては、ふん尿と敷料が混合された状態で排出されるため、搾乳作業終了後に**ミルクパーラーの待機場や搾乳室を水洗するための洗浄水が多量に必要**となることが挙げられる。これらの多量の洗浄水をふん尿に混合させてメタン発酵する場合には、**原料槽、発酵槽、消化液貯留槽などの主要設備の容量が過大**となる点に留意する。また、近年では高泌乳化が進み、排出されるふん尿の粘性が高くなる傾向があり、そのような原料を対象とする場合は**洗浄水をさらに加水して粘性を低下させてから発酵槽に投入**する場合もある。ただし、**過剰な加水はメタン発酵効率の低下**を招くため十分に注意を払う必要がある。

その他の難点としては、フリーストール牛舎では**牛蹄に付着した砂や小石、飼料に混合する砂がふん尿中に混入**することが挙げられる。加えて、バースクレーパーやショベルローダーによりふん尿排出することから、**機械部品、工具などの異物混入を発見することが困難**である。そのため、**沈砂および異物除去の機能を有した原料槽の設計の工夫**が求められる。



図 3.1.2 フリーストール方式の乳牛ふん尿

(出所) 株式会社小柵屋/ゆうき青森農業協同組合/東洋紡エンジニアリング株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業」JA がのぞむ地域未利用資源を活用したバイオマスエネルギー有効利用システムの事業性評価 (F S)」(NEDO) 2017 年

## (2) つなぎ飼い牛舎

つなぎ飼い牛舎は、飼養方式によりスタンションストール、タイストールなどに区分される。いずれもストールの後端に設置されるふん尿構がふん尿分離型であるかふん尿混合型（自然流下式）であるかにより原料の性状が大きく異なる。現在ではふん尿分離型が一般的である。

つなぎ飼い牛舎の場合は、麦稈、乾草、おが屑などの敷料などが比較的多く利用されるため、**ふん尿分離型の牛舎では主にふんと敷料が混合された中水分の半固形状ふん尿（水分 85～88%）**として排出される。これらをメタン発酵の原料とするためには、**加水処理、破碎処理、固液分離処理（分離液分の利用）**などを実施して原料に流動性を与える必要がある。

つなぎ飼い牛舎から排出される乳牛ふん尿をメタン発酵の原料として扱う場合、特に注意すべき原料は麦稈などの**長い繊維質敷料が多量に混合**されている半固形状ふん尿である。繊維質敷料は配管の閉塞、機械への絡みつきを生じさせるため、集中型バイオガスプラントの原料とする場合には**事前に細断処理（おおむね 10 cm未満）を行ってから使用**することが義務付けられている事例もある。

なお、ふん尿分離型の牛舎で**分離された尿についても原料加水のために混合**することも可能である。その場合は、尿中に含まれる**アンモニアの濃度に留意し、メタン発酵槽内のアンモニア濃度を定期的に監視**する必要がある。



図 3.1.3 スタンション方式の乳牛ふん尿

(出所) 株式会社小柵屋/ゆうき青森農業協同組合/東洋紡エンジニアリング株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業」JA がのぞむ地域未利用資源を活用したバイオマスエネルギー有効利用システムの事業性評価 (FS) (NEDO) 2017 年

## 1.3 肉牛ふん尿

肉用牛は通常おが屑を敷き詰めた牛房で群を形成して飼育される。牛舎内には隔柵が設けられており、柵を全開にすると牛房と通路間が通過可能となる。ふん尿混合物の搬出ならびに敷料の搬入作業は、隔柵を開放状態としショベルローダーなどを用いて行われるのが一般的である。近年、おが屑が高騰していることから、敷料使用量節減を目的として牛床の乾燥を促すため、直下型の換気扇が採用される事例が多い。したがって、**肉牛ふん尿は乾燥状態で排出されることが多く、尿は蒸発していることが多い。**

肉牛ふんの含水率は **55%~70%程度**が多く、また敷料（おが屑や麦稈）の割合が多いふん尿が回収されやすい。そのため**発酵槽の配管が詰まる**恐れもあり、一定量希釈しても**湿式メタン発酵システムの原料としては向いていない**。一方、最近一部で肉牛ふん尿を利用したメタン発酵施設としては**乾式メタン発酵システムを検討**している事例がある。

## 1.4 豚ふん尿

豚の飼養方法は、スノコ下のピットに O パイプ（排尿管）を備えたスノコ式豚舎と、おが屑を厚さ数十 cm に敷き詰めたハウス豚舎に大別される。スノコ式豚舎のピットには通常、スクレーパー型の除ふん機が用いられている。O パイプにおいて一部の尿が除去されることから、処理後のふん尿は排せつ直後のものよりも水分は低下しているのが一般的である。

ハウス豚舎は、投入された多量のおが屑により臭気が大きく低減され、床面からの蒸発とおが屑による吸水作用により尿汚水の排出が少なくなるという利点がある。ただし、おが屑床が寄生虫や病原体の温床となり易いことから、飼育終了後ショベルローダーなどを用いて敷料を全量交換する。

またハウス豚舎において、土に直接おが屑を敷く場合には、尿の地下浸透に留意する必要がある。対処法としては、豚舎床を防水加工のコンクリートにするなどの方法が考えられる。

豚は、**ふん量に比較して尿量が多い**ため、スノコ式豚舎の場合には**スラリー状の性状**となっており、**そのままでもメタン発酵の原料として利用が可能**である。豚ふんは**有機物濃度が高く、メタン発酵に適した原料**となる。



ハウス豚舎の場合は、低水分のふん尿が排出され、メタン発酵の原料に適さないおが屑が多量に含まれていることから、加水して流動化を高める必要がある。

スノコ式豚舎ではスラリー状のふん尿が回収される割合が高く、堆肥化過程における悪臭が問題となることがあるため、対策が必要となる。そのため、メタン発酵処理においても脱臭槽設置などの悪臭対策を講じる必要がある。

豚ふんを対象にした実用的システムとしては以下の3つが挙げられる。

- ① ふん尿混合物を混ぜてそのままメタン発酵を行う混合処理方式
- ② ふん尿分離の場合は尿については液処理、ふんについては堆肥化する方式
- ③ ふん尿混合物にさらに他の有機性物質（生ごみなど）を加え、発生バイオガス量を増加させてメタン発酵する方式

現在は、①②の2つが一般的であるが、近年は③を検討する事例も増えつつある。

## 1.5 鶏ふん

鶏は大きくブロイラーと採卵鶏の2通りに大別され、性状もこの2種で大きく異なる。

### (1) ブロイラー

ブロイラーの飼養形態は敷料（多くはおが屑）を使用し、約2カ月に一度敷料と一緒に鶏ふんが排出されるオールインオールアウトと呼ばれる方法が一般的となっている。この期間内に鶏ふんは乾燥し敷料が混合した含水率の低いふんが一度に排出されることになる。一般的には含水率20%～30%程度の鶏ふんが排出されるため、単独でのメタン発酵には適していない。

### (2) 採卵鶏

採卵鶏の飼養形態は大きくオープン鶏舎とウインドレス鶏舎に大別される。どちらの鶏舎も敷料は使用しない。ウインドレス鶏舎は清潔な乾燥状態で飼養しているために、鶏ふんは含水率は60%～70%程度の比較的水分の低い状態で排出されることが多い。一方、オープン鶏舎から排出される鶏ふんの含水率は80%～85%と高い。

採卵鶏の鶏ふんは有機分が多く含まれており、バイオガス発生量が多く見込まれる。しかしながら、窒素分も多く含まれメタン発酵過程においてアンモニアが多く溶出するため、メタン発酵槽内のアンモニア濃度が上昇し発酵阻害を引き起こす可能性が高い。

したがって、鶏ふん単独でのメタン発酵処理においては3倍～5倍程度希釈するか他の窒素成分の少ない原料との混合処理が必要となる。鶏ふんの混合割合が少量であってもアンモニア成分の溶出があるので事前に十分な検討が必要である。

その他、鶏ふんにはカルシウム成分も多く含まれるのでプロセスによってはカルシウム成分の析出による配管や機器の閉塞などのハード上のトラブルが生じる可能性があるため留意する必要がある。

## 参考：家畜ふん尿の発生量原単位

統計情報や聞き取り調査をもとに地域の家畜ふん尿発生量を推計する際は、**畜種によるふん尿発生量の違い**に注意する。家畜の**月齢や飼育方法**によっても発生量や性状（ふんと尿の比率）は異なる。

なお、**飼育方法によっても性状が異なり**、敷料の有無および種類や畜舎の洗浄水、飲用水のこぼれ水などもふん尿に混合されることがあるため留意する必要がある。

表 3.1.2 家畜ふん尿の発生原単位

		発生原単位(kg/頭/日)			発生原単位(t/頭/年)		
		ふん	尿	計	ふん	尿	計
乳用牛	搾乳牛	45.5	13.4	58.9	16.6	4.9	21.5
	乾乳牛	29.7	6.1	35.8	10.8	2.2	13.1
	育成牛	17.9	6.7	24.6	6.5	2.4	9.0
肉用牛	2才未満	17.8	6.5	24.3	6.5	2.4	8.9
	2才以上	20.0	6.7	26.7	7.3	2.4	9.7
	乳用種	18.0	7.2	25.2	6.6	2.6	9.2
豚	肉豚	2.1	3.8	5.9	0.8	1.4	2.2
	繁殖豚	3.3	7.0	10.3	1.2	2.6	3.8
鶏	採卵鶏(雛)	0.059		0.059	21.5		21.5
	採卵鶏(成鶏)	0.136		0.136	49.6		49.6
	ブロイラー	0.130		0.130	47.5		47.5

(出所)「バイオマスタウン構想策定マニュアル」(農林水産省) 2008年

# 2章 メタン発酵技術に係る基礎知識

## 2.1 メタン発酵技術

メタン発酵技術は、基本的に発酵槽内の汚泥濃度によって「**湿式法**」と「**乾式法**」の **2 種類**に大別される。湿式法はメタン菌を低い汚泥濃度で浮遊させ処理を行う二相法、一相法に分かれ、中温発酵と高温発酵の 2 種類がある。一方で、乾式法には横型、縦型の 2 種類があり、いずれも高温発酵の技術である。

### 歴史的背景

メタン発酵技術である乾式法と湿式法は、**生物学上において同じ生物反応機構を示す同様の技術であるが、その目的によって使い方が異なる。**

湿式法は最も歴史が古く、日本では 1930 年代に下水処理における汚泥減量のための消化技術として導入され、その後 1950 年代から、し尿処理施設にも適用され普及した。また、家畜ふん尿処理も同様に 1950 年代から適用され始め、メタン発酵後の消化液を液肥として利用するために普及した。

一方、乾式法は 1980 年代から欧州において最終処分場への負荷低減のために導入され普及した。欧州の最終処分場は日本の準好気性埋立方式とは異なり嫌気性埋立方式であるため、埋立地から発生する悪臭やメタンが社会問題となっていた背景がある。このように**普及時から湿式法は液状原料、乾式法は固体原料を対象としてきた経緯**がある。

### 湿式法と乾式法の比較

このように湿式法と乾式法は生物学上同様の技術であるにもかかわらず、その導入目的の違いから異なる技術とも言える。したがって、湿式法に適した原料、乾式法に適した原料がそれぞれあり、同一の処理原料や処理システムとして湿式法と乾式法を比較することはできない。

また、そもそも乾式法と湿式法のそれぞれの定義という観点から考えてみても、学術的な定義はなく、**欧州ではメタン発酵槽内の汚泥濃度（TS 濃度）において 15%より高い方式が乾式法、低い方式が湿式法と**区別されていたことがある。しかしながら、日本国内においてはその境界がさらにあいまいになってきているのが現状であり、TS 濃度が 10%程度がその呼び名の分岐点になっている。日本におけるメタン発酵技術はその多くが海外からの技術導入であり、導入元の呼び名がそのままスライドされていることもある。従って、原料の水分が高い場合は湿式法を採用し、低い場合は乾式法を採用すると考えておくのが良い。このようなことを考慮し、乾式法と湿式法の相対比較としての技術的特徴および相違点を次表に示す。




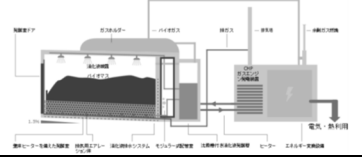
湿式法は主に含水率が高いスラリー状の原料の処理に適したシステム構成となっており、国内外ともに広く普及している。多様なバイオマスの処理ができる一方、排出者側でのある程度の分別・異物除去が必要で、それを行わないと機器および配管の閉塞などのトラブルが生じやすくなる。また、発生する消化液の利用先の確保または水処理が課題となる。

乾式法は固体状の原料の処理に適した構成となっており、導入実績は湿式法に劣るが近年日本でも導入が進みつつある。投入原料が水分過多でない限り固形物の残渣が発生するため、それらの堆肥利用やサーマルリサイクルに適している。

## (参考) バッチ式の乾式法

さらに、「NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 事業」ではバッチ式の乾式のメタン発酵設備の導入が検討された。上記のような詳細な情報は少ないものの、湿式も含めた比較を表 3.2.1 に示す。乾式（バッチ式）と乾式（連続式）とで大きく異なるのは、メタン菌との接触方法である。メタン菌との接触に必要なのは、液体を循環させるポンプのみとシンプルであることから、この方法を用いることでメンテナンスが容易で設備費が安くなるとしている。

表 3.2.1 メタン発酵技術の概要

項目	湿式	乾式 (連続式)	(参考)乾式 (バッチ式)
概 観			<p>&lt;NASKEO&gt;</p>  <p>&lt;BEKON&gt;</p> 
原料濃度	2～20%	20～50%	20～50%
汚泥濃度	2～10%	15～30%	15～30%
処 理 概 要	メタン菌を低い汚泥濃度で浮遊させて処理	メタン菌により高い汚泥濃度で処理	メタン菌により高い汚泥濃度で処理
特 徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転管理が容易</li> <li>・消化液の処理が不要（液肥利用する場合）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・固形物処理可能</li> <li>・排水処理不要</li> <li>・原料単位重量当たりのガス発生量の増大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・固形物処理可能</li> <li>・排水処理不要</li> <li>・原料単位重量当たりのガス発生量の増大</li> </ul>
主 な 適 用 先	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業系・家庭系生ごみ</li> <li>・食品加工残渣</li> <li>・家畜ふん尿</li> <li>・下水汚泥</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市ごみ</li> <li>・固形廃棄物</li> </ul>	<p>&lt;NASKEO&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・都市ごみ</li> <li>・肉牛ふん尿</li> <li>・製糖工場の汚泥、野菜残渣</li> </ul> <p>&lt;BEKON&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・木質系破砕物（根株・枝葉）</li> <li>・家畜ふん尿（牛ふん、鶏ふん、汚泥）</li> </ul>
実 績	国内で多数	国内で少ない	国内ではほぼない
不適物混合に対する許容	小さい	大きい	大きい
排 水 処 理	必要（液肥処理しない場合）	不要（原料条件によって異なる）	不要（原料条件によって異なる）
発酵槽のメンテナンス	定期的に必要	ほとんど必要ない	機械的箇所がポンプ以外ほとんどないためメンテナンスはほぼ不要
メタン菌と有機物の接触方法	発酵槽内部を攪拌させる	引抜汚泥に新たな原料を混ぜて発酵槽へ入れる	メタン発酵後の残渣に新たな原料を混ぜて発酵槽に入れる 山積みの原料に構造体原料を入れ、透水性を向上し、可溶液を上からシャワリングする

(出所) メーカーへのヒアリングをもとに作成、画像は鹿追町および栗田工業株式会社提供

## 2.2 要素技術

### a. 受入設備

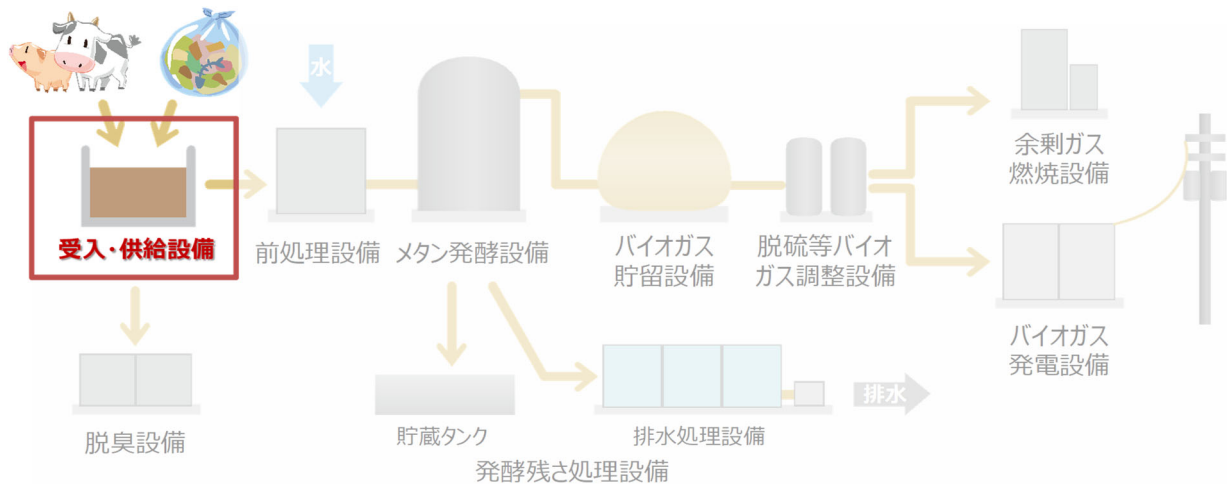


図 3.2.1 メタン発酵系バイオマス設備における位置

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 原料の種類に応じた受入設備の選定

収集運搬車両で搬入されるバイオマス原料は、**一時貯留できる槽（受入槽）**に投入される。

受入槽は使用する**収集運搬車両の寸法、仕様および 1 日の搬入台数や必要貯留日数に適合**するものを採用する。また、投入蓋を設置する場合は、**油圧式、空圧式、電動式等の動力開閉式とする**ことが望ましい。

また、原料の性状に応じて受入槽には**攪拌機などを設置**する。家畜ふん尿では敷料など、生ごみでは発酵不適な夾雑物の混入状況に応じて**受入れの段階で破砕装置や固液分離装置、選別装置が必要**となる場合もある。

### 臭気対策

生ごみ等の食品廃棄物、家畜ふん尿など、**腐敗性の強い原料を受け入れる場合は**、臭気対策に留意する必要がある。

原料の臭気が周辺に漏れる可能性があるため、**屋内設備とするか、受入槽を蓋付きとし、脱臭のための吸気配管や槽内臭気の捕集、腐食性ガス対策**を具備しておく必要がある。

受入施設を屋内設置とする場合には**建屋構造物の腐食対策等に留意**する必要がある。また**低コスト化を図り木造建屋にする例**も多くみられる。

### 搬入車両の選定

メタン発酵施設への原料の持ち込みは、**農家のトラックでの持ち込みや、事業者が所有するバキュームカー、ダンプ車やパッカー車の収集運搬、地下のパイプラインによる場内への搬送**など様々なケースがあり、**事業の運営方針に合わせた選択を行う**必要がある。

**トラックスケール（計量器）の構造や寸法は想定される最大車両から定める**ことが望ましい。通常は入場口近傍にトラックスケールを設置するが、**計量時間 20～30 秒/台**かかるため、**計画の搬入台数を想定して受入れ施設の規模・配置を検討**する。

計量器には**データ処理装置**を設け、**搬入・搬出される物の種類別の集計や、日報・月報の作成**を行う等、日常の運用の合理化を図ることが望ましい。

家畜ふん尿の場合、トラックやバキュームカー等外部から車両で持ち込む場合は、**感染症対策のために車両の消毒槽を設ける**必要がある。

## 凍結対策

寒冷地域の場合は受入設備全体について凍結対策を計画する。トラックスケールや受入槽がピットタイプの場合は、冬季に**ピット内に浸水すると凍結する可能性**があるため、**基礎上面を地面から 50～100mm ほどかさあげし、雨水が同ピット部に入りにくくするとともに、基礎部ピットの排水対策を講ずるなどの対策が必要**である。加えて、**前処理設備への供給プロセスでも凍結対策を講ずる**必要がある。

また、**積雪が多い場合は、コージェネ発電設備からの熱を活用**するなどして、必要に応じて屋根や搬入道路の**ロードヒーティング設備を設置**することが望ましい。

## 固形原料と液状原料

受入設備は**固形原料と液状原料で構成する機器に違い**がある。**液状の場合**は湿式法を適用する際に必要な**ポンプ類と配管類を組み合わせた機器構成**となる。一方、固形原料は液状原料とは違いポンプ類での移動が困難であるため、**構成する機器との間にコンベヤ類等を使用**する。

このように、**搬入される原料の形態と前処理の有無により受入前処理設備の構成を選択**する。

## 受入設備の機器構成

**原料自体の形状や搬入する車両の種類により受入設備を選定**する。

食品廃棄物や都市ごみの場合は、搬入車両は**パッカー車やアームロール車によるコンテナを用いるのが一般的**で、**車両から直接ピットやホッパ類に投入**する方法がとられる。

また、**液状原料の場合は、バキューム車やローリー車、吸引車により搬入し直接貯留槽へ投入**する方法とする。

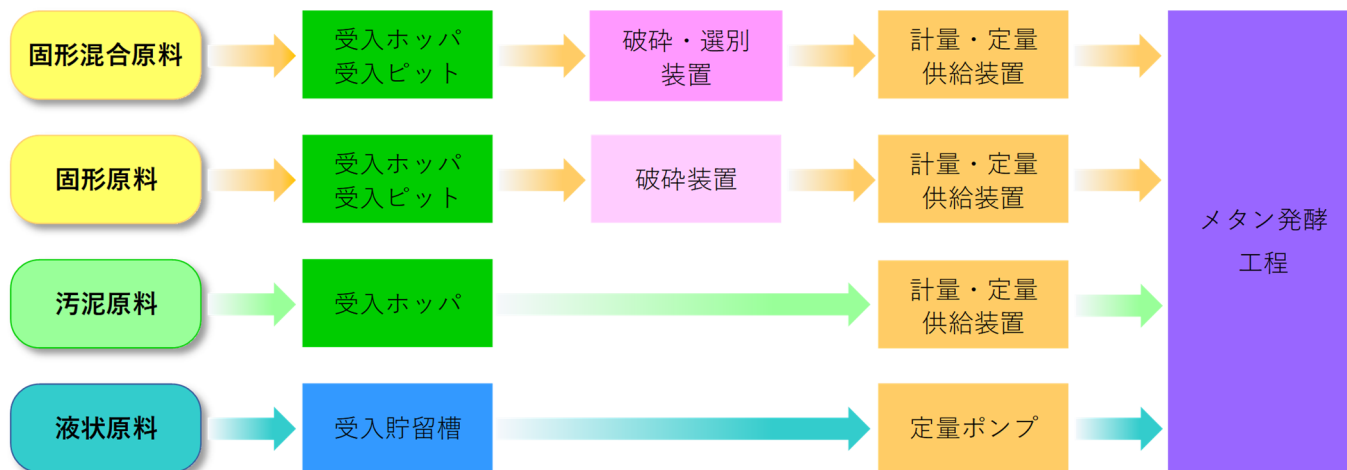


図 3.2.2 原料別の受入前処理設備の構成例

(出所) 株式会社バイオガスラボ提供資料

## 臭気対策

事業系および家庭系生ごみや可燃ごみ、家畜ふん尿、汚泥類等の受入と前処理では**十分な臭気対策を講じる必要がある**。受入前処理設備が設置される**建屋内の臭気を外部に漏れることのないよう建屋内の臭気を処理し、受入槽やピットなどは天蓋やシャッターを設け、臭気の発生源からの臭気拡散を防止**する必要がある。

また、コンベヤ類等の搬送装置や前処理装置には、**脱臭のための吸気配管を設置し、臭気を捕集し処理**する必要がある。臭気には**腐食性ガスを含む場合もあるためピット、ホッパおよび建屋についても臭気による腐食対策も必要に応じて講じる**。

いずれの畜種についても農家の**飼養形態により発生するふん尿の性状や集め方、含まれる固形物（敷料など）が異なるため、固液分離装置の検討時に考慮する必要がある**。以下に、畜種毎の主な飼育形態と敷料、ふん尿の集め方を示す。

表 3.2.2 畜種別の敷料とふん尿の集め方

畜種	敷料の有無 敷料の種類	ふん尿の集め方
乳牛 (つなぎ飼い、フリーストール)	麦稈、おが屑、バーク、砂等	バーンクリーナー、ローダー
肉牛 (育成牛、肥育牛、繁殖牛)	籾殻、おが屑	ローダー
鶏ふん (レイヤー：採卵鶏)	敷料なし	オープン鶏舎の場合：ローダー ウインドレス鶏舎の場合：コンベヤ+
養豚	敷料なし	ふん：ローダー スラリー：流路

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## b. 前処理設備

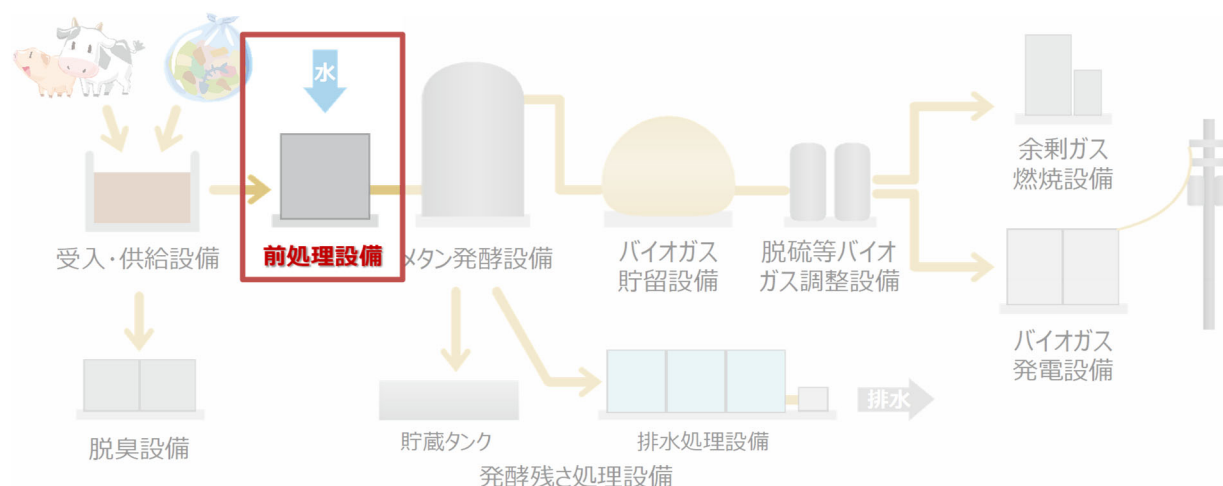


図 3.2.3 メタン発酵系バイオマス設備における位置

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 前処理設備の目的

前処理設備は異物の除去による原料の均質化やメタン発酵に適した水分調整などを目的とし、メタン発酵槽に原料を定量投入するための機能を有する。

湿式法では一般的に発酵槽への投入固形物（TS）濃度は 10%以下に調整する。さらに、発酵液の流動性や槽内攪拌を維持する観点から理想的には TS 濃度は 6%以下に制御することが望ましい。そのため、原料の調質の段階で消化液や水分の添加などの調整が重要となる。その際、混合槽内は酸性状態になることもあるため材質は耐腐食性を有する必要がある。

なお、乾式法では TS 濃度は 25～60%のものを処理対象とする。

### 原料に応じた選別機の選定

事業系生ごみおよび家庭系生ごみなど、一般に包装されて搬入される固形有機性廃棄物については、包装の破袋、包装材の分離、夾雑物の分離等の工程が必要となるため、破袋機、破碎分別機、混合槽で構成される事例が多い。

家畜ふん尿では、ふん尿以外に敷料が含まれることで原料の移送・輸送過程で閉塞を起こす原因となることがある。また、敷料は発酵槽においてスカム発生の原因ともなる。前処理ではこの敷料の除去を主な目的として、分離除去する装置を設置する場合もある。

### 固形原料の前処理機器構成

固形原料はプラスチックや紙などによる包装の有無で選別装置の有無を判断する。その際、副生物として発生するプラスチック類等の選別残渣の処理方法を考慮する必要がある。一般的に選別残渣は搬出し、焼却処理することが多い。

さらに、メタン発酵処理を効率的に行うために、ほとんどの固形原料はある程度小さくすることが必要である。そのためにメタン発酵処理に対して最適な大きさにするための破碎刃を備えた破碎装置を設置する。機器によっては破碎工程と選別工程が一体化した破碎選別装置もあり、処理原料やメタン発酵技術の特性によって使い分ける。

また、前処理工程後の機器の閉塞や故障等を防止するため、破碎選別後の固形原料中に混入する金属類を除去するための磁選機を必要に応じて設置する。



## 汚泥・液状原料の前処理機器構成

汚泥や液状の原料は専用のホッパや貯留槽に投入する。そのうえで、汚泥であればコンベヤ類、液状であればポンプ類により移送を行うのが一般的である。

## 前処理装置への投入と原料の移送

メタン発酵では、空気の混入を防止するため、発酵槽への原料の投入は密閉配管で投入する必要がある。ポンプで移送する場合、包装状態にあるものについては破袋して包装を分離除去後、必要に応じ破碎し粒径を細かくすることで移送を容易にする。このプロセスにより微生物の分解速度を上げる効果が期待される。

## 破袋機・破碎機の選定

投入を検討するバイオマスに必要とされる破袋・破碎・選別の各処理が可能である代表的な前処理機器は以下のとおりである。

破袋機や破碎機は耐久性に優れた構造および材質を選定することが必要であるとともに、前段の受入プロセスや、後段の処理プロセスに適合した形式・規模を選定することが重要である。

破碎装置と選別装置は、処理対象物に応じて適切に選定し、組み合わせることが重要であり、必要に応じて検討の段階でサンプル試験なども実行する。

その他、生ごみには包装材以外に金属やその他発酵不適物が混入する可能性があるため、磁選機などで分離することが必要となる。なお、選別装置には種々の形式があるため、取り扱う原料に応じて適切な選別方式を選択する必要がある。

## 受入前処理における運転管理項目

いずれの原料でもメタン発酵工程へ移送する際には、メタン発酵槽への投入量を把握するために、**各原料の計量データおよび定期的な投入原料の性状分析データを管理**することが重要である。

これにより、**投入原料の投入量や水分、およびそのバイオガス発生量、発酵残渣の水分量等を把握することができ**、日々の運転管理において重要な判断基準となる。

表 3.2.3 代表的な前処理機器

No.	前処理機器	概要
①	高速回転破碎機	衝撃、せん断作用によって生ごみを破碎するもので、破袋や異物の多い生ごみの破碎に用いられる。
②	多軸式低速回転破碎機	せん断作用により破碎するもので、咬み込みが発生した場合でも自動的に停止し、正転、逆転を繰り返し、破碎を継続することができるものが多い。
③	回転式選別機	通称トロンメルと呼ばれ、円筒スクリーンの回転力によりほぐし効果を与えながら選別する。スクリーンの大きさは排出部側になるほど大きくなっており、粒径の大きさによって選別される。
④	回転ブレード式破碎選別機	回転ブレードとスクリーンにより構成され、破碎刃とブレードの回転力により微粉碎される。ビニール等の軽量物は風力により選別される。
⑤	選択破碎選別機	円筒スクリーンと搔板が異なる速度で回転し、そのせん断と圧縮によって破碎選別される。ビニール等のせん断を受けにくいものはそのまま出口より排出される。
⑥	圧縮選別機	高圧(約 20MPa)で処理対象物を圧縮し、ペースト状にして排出する。ビニール等のペースト化されないものは異物として分離される。
⑦	湿式粉碎選別機	通称パルパーと呼ばれ、水を加えて高速攪拌し、有機性廃棄物を粉碎、スラリー化させることで選別する。
⑧	湿式混合調整機	水を加えて混合攪拌するとともに加温し、可溶化を促進させるものである。選別装置で除去されずに混入した異物は槽底のナイフゲート弁を用いて外部に取り出される。
⑨	定量切り出し混合機	固形状原料を連続投入するために設置され、中間貯槽とミキサーにより構成される。中間貯槽は移動床を有し、ミキサーへの定量切り出しを行う。原料はミキサー内でリボンスクルーにより混合、均質化され、排出される。
⑩	ハンマーブレード式破碎選別機	破碎選別機の主要部はハンマーブレード、スクリーンによって構成され、投入されたごみは回転するハンマーブレードにより破碎され、スクリーン径以下のものが選別ごみとして回収される。スクリーン径以上のもの、比重の軽いプラスチックや紙の一部は、選別残さとして除去される。ハンマーブレードは固定刃ではなく、スイングハンマー方式であるため、強固で破碎が困難なものに対し回避でき、異物に強い構造である。
⑪	蒸気加圧式前処理機	高温高圧の蒸気による生ごみの可溶化技術である。蒸気による高温高圧処理により発生ガス量の増大と病原菌の死滅による発酵残渣のたい肥利用が可能となる。また臭気の抑制効果もある。但し、高温高圧の蒸気を用いる為、エネルギー収支について検討が併せて必要である。

(出所) 株式会社いわむろバイオソリューション/株式会社大原鉄工所「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年より作成

## 国内外のメタン発酵施設と前処理機器の導入事例

上記の代表的な前処理機器を踏まえ、国内外のメタン発酵施設における前処理機器の適用状況を調査した結果は以下のとおりである。

表 3.2.4 国内外メタン発酵施設と前処理機器の事例

施設名	都道府県	バイオマス	発酵槽	処理方式		
				前処理機器		前表との照合
				対象物受入量	機器名称	
中空知衛生施設組合リサイクルセンター	北海道	家庭系・事業系生ごみ	中温発酵	55t/日	パルパー マルチソータ	⑦ ③の類似
クリーンプラザくるくる	北海道	家庭系・事業系生ごみ	高温発酵	22t/日	分別機	③ ⑩ の類似
葛巻町バイオガスシステム施設	岩手県	乳牛ふん尿、家庭系・事業系生ごみ、加工食	中温発酵	0.2t/日	分離破砕機	⑩
日立セメント神立資源リサイクルセンター	茨城県	食品廃棄物、製造残渣	中温発酵	135.9t/日	破砕機選別機	-
長岡市生ごみバイオガス発電センター	新潟県	家庭系・事業系生ごみ 下水汚泥、浄化槽汚泥、し尿、	中温発酵	65t/日	破砕機 分別機	③ ⑩ の類似
珠洲市浄化センター	石川県	集落排水汚泥、事業系生ごみ	中温発酵	1.4t/日	スイングハンマー式破砕分別機	⑩
おおき循環センター「くるるん」	福岡県	浄化槽汚泥、し尿、家庭系生ごみ	中温発酵	3.8t/日	破砕分別装置	⑩
山鹿市バイオマスセンター	熊本県	集落排水汚泥、乳牛ふん尿、豚ふん尿、生ごみ	中温発酵	3.0t/日	破砕分別摩砕	⑩
Växjö 下水処理場	スウェーデン	生ごみ	中温発酵	175t/日	蒸気加圧式前処理機	⑪

(出所) 株式会社いわむろバイオソリューション/株式会社大原鉄工所「平成27年度～平成28年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016年より作成

## 異物混入の影響

選別装置の選別率は 100%ではないために、残存する異物の量と種類を把握し、メタン発酵槽への影響を最小限度に抑えておく必要がある。

選別装置の導入にあたっては、選別後の選別原料の移送装置やメタン発酵装置への阻害となる要因を排除することに留意する。特に湿式法の場合、十分な選別を行わなかった場合、**ポンプなどの移送装置において閉塞を生じさせたり、メタン発酵槽等におけるスカムや沈殿物の発生、攪拌機への絡み付き、摩耗等の障害**が発生する可能性がある。

## 選別装置の選定

選別率は選定する機種や原料により異なり、選別後の異物混入率に影響する。選別後の異物については、量も重要であるがその大きさや比重にも注意する必要がある。

選別装置はその構造により選別できる物質や大きさが決定される。そのため、選定においては、選別する原料があらかじめ明確になっている場合は、**メーカーの試験機による選別試験の実施を推奨**する。選別試験の結果により、その選別装置の選別率や選別後原料への異物の形態を把握することができ、その後工程の移送装置やメタン発酵槽への影響を推定することができる。

**ポンプ等の移送装置やメタン発酵槽及びその付属品である攪拌装置においては、事前に異物に対する許容の範囲を確認し、その許容範囲内で選別装置を選定**する。また、許容範囲内でも機器によってはメンテナンスの頻度や交換頻度が変動するため、選別装置の選定と同時に経済性も十分に考慮する必要がある。

## 磁選機等の組み合わせ

選別装置から移送される原料の中には**細かく砕かれたプラスチック類や卵の殻や小金属片**などが含まれている可能性がある。これらはメタン発酵槽において**分解されずに沈殿し長期的には清掃の必要が生じる**。できるだけメタン発酵槽にこれらの残存異物類が移送されないように**磁選機や異物除去装置を設置する**などの工夫をする必要がある。

また、原料中に含まれる異物の大きさや比重差に基づいてスクリーンや篩等による物理的機構によって選別するものであるため、生物に悪影響を及ぼす薬品等の毒性のあるものまでは選別できない。

## FS 事業者の検討：ハンマーブレード式破碎選別機

FS 事業者である株式会社大原鉄工所では、ハンマーブレード式破碎選別機を検討した。ハンマーブレード式破碎選別機（型式 SS75A）では **8.8t/h の処理量を確認**することができた。

保有機器での試験結果も良好であったことから、ハンマーブレード式破碎機を前処理機として採用することとした。国産のハンマーブレード式破碎選別機は**処理能力：2t/h～10 t/h、導入コスト：186 万/ t～432 万円/ t 程度**である。



図 3.2.4 ハンマーブレード式破碎機の概観（左）セパレーションサイザー（破碎選別機）、（右）ドーザー  
 （出所）株式会社いわむろバイオソリューション／株式会社大原鉄工所「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価（FS）」（NEDO）2016 年

表 3.2.5 破碎選別機仕様

機器分類	ハンマーブレード式破碎選別機	
方式	破袋・破碎	横型回転スイングハンマー方式
	選別	遠心跳上方式
メーカー	株式会社大原鉄工所	
型式	SS75A	
動力	75 kW	

((出所) 株式会社いわむろバイオソリューション／株式会社大原鉄工所「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネージメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価（FS）」（NEDO）2016 年

## FS 事業者の検討：低速・高速回転式破砕機

FS 事業者であるサナース・山興緑化では、バッチ式乾式メタン発酵システムの原料の組合せとして、木質系破砕物と家畜ふん尿等の検討を組み合わせるとともに、原料加工に当たって破砕機とふるい機の比較検討を行い、低速回転式破砕機での破砕後、高速回転式破砕機で再度破砕する方式が、生産能力・チップ形状の安定・品質の良さ・破損の少なさ（維持修理費の削減）において優れ、最も原料加工に適しているとしている。

表 3.2.6 破砕機の比較

メーカー名・機種	機械の特徴	生産能力 (m <sup>3</sup> /時間)	燃費 (ℓ/時間)	チップ形状	長所	短所
ピーターソン社 HC2410	ドラムへ固定されたハンマービットによる高速回転式破砕機	30～50	40～50	ピンチップ	長年の使用実績あり	異物混入時のビット損耗大
トップシュタット社 DW3060K	低速回転式一軸破砕機	50～70	25～30	ブロック	大径木でも	チップ形状が不均一
トップシュタット社 DH910SA	移動式チップ機	70～90	25～30	切削チップ	処理能力が高い	切削の為、原料製造に難
トップシュタット社 AK635K	フリーハンマー式ドラム高速破砕機	30～50	40～50	ピンチップ	故障が少ない	チップ形状が不均一

(出所) 株式会社サナース／山興緑化有限会社「平成 30 年度～令和元年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業地域自立システム化実証事業／混合バイオマスによるガレージ型乾式メタン発酵システムの事業性評価 (FS)」(NEDO) 2019 年

## 発酵不適物の種類と分別の徹底

排出場所によりその中に含まれる発酵不適物が異なる。食品工場や加工工場の場合は、工場における生産工程の中から発生するものと、不良品等の製品が該当する。**生産工程から発生するものは発酵不適物の混入は比較的少ないが、不良品等の製品の場合、包装されていることが多く、その包装類を除去する必要がある。**

食堂やレストラン、ホテル等の飲食店などからの食品残渣は厨房から発生する。そのため、**食品残渣以外に箸やフォーク、スプーンなどの食器類やラップ類、プラスチック製トレイ等**様々な異物の混入がある。こうした飲食系からの食品残渣を原料として取り扱う場合は、**排出側の飲食店に対し、分別の趣旨を伝え、分別の徹底を図る**ことで施設への異物負荷量を低減させることができる。

## 処理と利用

選別装置により選別された発酵不適物は袋やラップ等のプラスチック類、金属類、紙類と多岐にわたる。排出源や排出先における分別により不適物の種類が変わるが、**複数のものが混合されている場合は、一括して処分することが多い**。その際、外部へ産廃として処理委託することが多く、**処分先を確保する**必要がある。また、**この時に発生する処分費用については、施設運営に係る費用として計上する**。

また、金属類が多く含まれる場合には、別途、金属類を選別する磁選機等を設置し、プラスチック類や紙類と金属類を分離することもある。これにより金属類は再利用することができるが、磁選機等の設置など設備の導入が必要なため、**それに係る設備費、維持管理費等を考慮する**必要がある。

さらに、選別機から排出される発酵不適物には有機物や汚れが付着しているため、そのまま処分すれば処理費がかさみ、再利用をすることも困難である。従って、これらの洗浄装置を備え、**排水はメタン発酵設備又は水処理設備に移送し、洗浄後のプラスチックは廃プラスチックとして処分するか燃料として再利用**することができる。

## c. メタン発酵設備

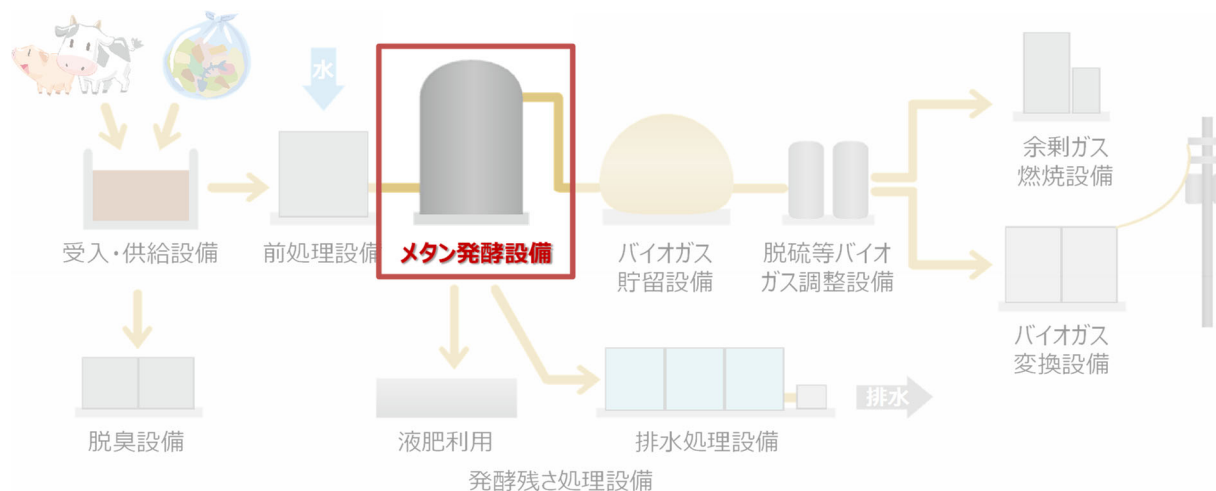


図 3.2.5 メタン発酵系バイオマス設備における位置  
(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

嫌気性微生物反応によりバイオマスからメタンを回収する設備であり、メタン発酵槽がその主要な役割を果たす。一般にメタン発酵槽は、嫌気性を確保するため、鉄筋コンクリート造または鋼板製などの水密かつ気密構造であり、原料の投入および消化液の引き抜き装置、発酵槽内を攪拌する装置、発酵槽の加温装置などで構成される。

### 攪拌装置

槽内液の均質化や温度分布の均一化によってメタン発酵を促進させるとともに、スカムの発生を防止するために攪拌を行うが、攪拌方式には、**ガス攪拌方式**、**機械攪拌方式**、**ポンプ攪拌方式**および生成ガスの圧力を利用して攪拌を行う**無動力攪拌方式**などがある。

### 加温装置

メタン発酵には、後述するとおり、**35℃前後の中温発酵**と**55℃前後の高温発酵**とがあり、メタン発酵槽内をこの温度に保つために**加温装置**や**発酵槽の保温が必要**となる。加温方法としては、**蒸気吹込みによる直接加温**、**温水循環による槽内加温**、**熱交換器による槽外加温**や**ヒーティングパイプ埋込みによる間接加温**などがある。

### 付帯装置

そのほか、メタン発酵槽には**点検用マンホール**、**液位計**、**温度計**、**安全装置**などが付帯されることが一般的である。さらに発酵槽上部空間にガスホルダーが設けられる事例もある。

## 脱硫装置

メタン反応過程で発生する恐れのある**硫化水素の処理として脱硫処理も併せて検討する必要**がある。バイオガスを酸化鉄を充填した脱硫塔を通過させ硫化鉄として除去する乾式脱硫法が一般的である。そのほか、発酵槽内部上部空間に**微量の空気を送り込み脱硫する（生物脱硫）方式**や**脱硫効果のある薬品を原料投入と同時に添加する方法**もある。

このように槽内構造、攪拌方法、発酵温度等において様々な選択肢があることから、**運転の安定性、経済性、信頼性等を考慮し、処理対象物に適した方式を選定**する。ただし、メタン発酵技術を持つ**メーカーにより一連の方式が決定されるため、設備ごとに選定するわけではない**ことに留意する。また、メタン発酵槽において定期的な分析により状況を把握できるように**サンプリングノズルおよび計器類等を設置検討**する必要がある。

## 発酵温度

各発酵技術は槽内温度によって**中温発酵法（37℃前後）**と**高温発酵法（55℃前後）**の2つの発酵法が存在し、それぞれメリット、デメリットがある。

高温発酵法は中温発酵法の1.5～2倍程度**有機物分解速度（バイオガス生成速度）が速く、発酵槽の容積を小さく**することが可能である。一方で、高温発酵法では中温発酵法に比べ低い**アンモニア濃度によって発酵が阻害されやすいため希釈が必要となる場合がある**ことに留意する。また、高温になるほど原料の**昇温に必要なエネルギーを多く消費**することにも留意する必要がある。

一般に**中温発酵法は、高温発酵法に比べて負荷変動やアンモニア阻害に強い**。しかし、微生物による有機物の分解速度が遅いため同一性状の原料で比較した場合、**発酵に要する時間は高温発酵法より長くなる**。

## 原料の特性

メタン発酵に係る技術を選択するにあたっては、**事業主体が地域で収集可能な原料をもとに、適する技術を選択**することが基本となる。

湿式法については水分の多い廃棄物に適しており、**食品廃棄物、家畜ふん尿、下水汚泥等、幅広いメタン発酵系バイオマス**を**処理することが可能**であるため、現状、多くのメタン発酵事業では湿式法が導入されている。

一方、乾式法については、都市ごみをはじめ、紙ごみや固形物が混合した比較的水分が低いバイオマス等に適している。

実証事業者である富士クリーンでは**焼却設備を保有していること、並びに自社の既存の水処理設備に制約があること、地域で紙ごみが調達可能なことを理由に乾式法を導入**するに至った。さらに、富士クリーンでは**発酵残渣をカーボン粉と混合しながら敷地内の焼却施設で燃料として利用**している。

ただし、原料条件によっては**乾式法でも排水処理が必要となる場合がある**ため、技術選定の際は注意が必要である。



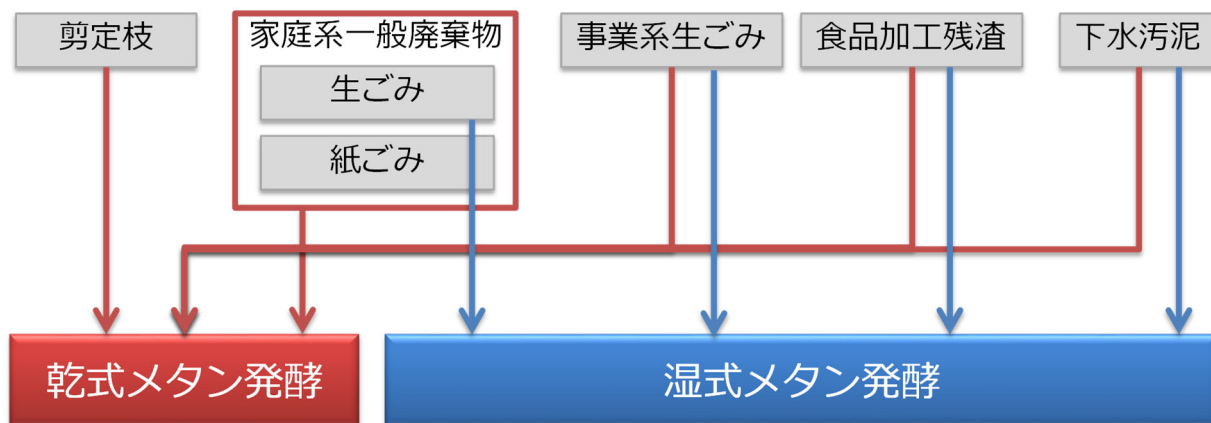


図 3.2.6 原料毎のメタン発酵技術選択の例  
 (出所) メーカーへのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 補助金の条件

一部の省庁の補助金においては、**交付条件に原料 t あたりのバイオガス回収率や 1 日のバイオガス発生量を設定しているケース**もある。そのため**選定する技術に対し、処理量あたりのバイオガス発生量等、交付条件に合致するか確認**する必要がある。

## メタン発酵槽の設計時の留意事項とメーカーへの協議事項

事業者は、取り扱うバイオマス原料を十分に理解し、原料の種類や、加温・保温の消費熱量、殺菌の必要性、サンプル試験や実績例を参考に、事業に適した設計になっているか施工メーカーに確認する。

表 3.2.7 主要な確認項目

項目	単位	内容
発酵槽の型式	—	・ 原料の特性に応じた発酵方式(乾式・湿式, 単相式・二相式等)、発酵温度(高温式・中温式)、発酵槽形状(横型・縦型)を選定する。
攪拌方式	—	・ 攪拌機の型式、作動時間、動力などを設定する。
発酵槽の容積	m <sup>3</sup>	・ 原料の滞留時間により、原料種類を考慮した容積を設定する。発酵槽の容積を考慮して全体配置計画を決定する場合もある。
槽内液温度	°C	・ 槽内液温度の設定値を決定する。それぞれのメリットを踏まえたうえで選定する。 ・ 一般に槽内液は中温発酵の場合は約 37°C、高温発酵の場合は約 55°Cに設定される。
滞留時間	日	・ 家畜ふん尿や下水汚泥等の分解には固形物の加水分解に時間がかかるため、高い分解率を確保するための滞留時間を現状長くする必要がある。 ・ メタン発酵に十分な滞留時間を確保できるように決定する。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 槽内の加温方法

メタン発酵槽内の温度を保つため、**大気と接する部分は、ロックウールや発泡ウレタン材等保温材を用いた保温が必要**となる。加温熱量と発酵槽からの放熱量をできるだけ少なくするように留意する。温度変動に対しての緩衝性が高いという観点では、高温発酵法に比べて中温発酵法で活動するメタン生成菌の方が許容温度帯は広いとされる。

メタン発酵設備には、温度や発酵液の均質化、スカム形成の防止、ガス抜きを目的とした攪拌機を設置する。攪拌機の型式によっては位置や向き等が変動できるものもある。なお、攪拌機の定期メンテナンスに必要なスペース、治具等を設ける。また、熱効率の高い槽内加温設備を設ける。

### 監視設備、調整設備

メタン生成菌に必要な環境条件として温度の他、**最適な pH** がある。一般的には **pH6.8～7.6 程度** であるが、生ごみ等を原料とする場合、**アンモニア性窒素濃度が比較的高いため、～8.0 程度で運転**している例もある。ただし、アンモニア性窒素濃度が高すぎると、それに起因する**メタン発酵の阻害(有機酸の蓄積とメタン生成濃度の低下)** が起こるため、**濃度監視手段と pH や温度等の調整による改善手段(設計、運転)を検討**しておく必要がある。

その他、**発酵槽内清掃頻度や方法等を計画時に検討**し、その間の運転も含めた設備対応を行うことが必要である。

## 乾式法の分類と実績

メタン発酵技術の多くは主体となるメタン発酵槽の技術的な考え方などにより分類されることが多い。乾式法では次表のように分類される。

表 3.2.8 乾式メタン発酵方式の分類（実績は 2019 年 3 月時点）

分類	縦型	横型	ガレージ型（バッチ式）	
プロセス名	KURITA DRANCO PROCESS®	KOMPOGAS® システム	乾式バッチプロセス	BEKON プロセス
企業	栗田工業	タクマ 川崎重工業 日立造船	NASCEO 環境	サナース
国内実績	1 基	4 基	0 基	0 基

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

なお、他に独ルケルト社の方式を採用した乾式メタン発酵施設があるが、これは施設の運転管理上無加水であることを乾式法と呼んでおり、実際の運転管理は湿式法に類似した条件で運転されている。

## 乾式メタン発酵技術の処理方式（縦型と横型）

乾式法は主として縦型と横型の二つの方式がある。この二つの処理方式について下表に示す。大きな相違点は、発酵残渣の流動性にあり、メタン発酵槽の構造的な特徴による。

表 3.2.9 乾式メタン発酵技術の方式概要

発酵槽の構造方式	横型方式	縦型方式
原料の水分量の幅	広い ・湿式方式の受入 TS 濃度以上の TS 濃度で受入が可能 ・原料の水分量が低すぎる場合は希釈水量を増やして対応	横型に比べ狭い ・原料水分が多過ぎるとメタン発酵槽内で固液分離が発生する可能性がある（ただし対応は可能）
希釈水量	縦型より多い	横型より少ない
発酵温度	高温	高温
発酵残渣の排出	・発酵残渣は水平方向へ流動し排出	・発酵残渣は垂直方向に上部から下部へ自然流下し排出
攪拌装置	横型発酵槽内部に設置	発酵槽内部には攪拌装置はない。 外部で原料と混合
発酵残渣の流動性	高い	低い
発酵槽内の汚泥濃度	10-15%	15-25%
固液分離の必要性	必要 ・発酵残渣の流動性が高いため、必ず固液分離が必要	不要 ・ただし発酵残渣の水分量が高い場合や発酵残渣量を少なくしようとする場合は必要
水処理の必要性	必要	不要 ・上の理由により固液分離する場合には水処理は必要 ・ただし、横型と比較し分離液の水量は少ない
国内実績	多い（特に公共事業）	少ない

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

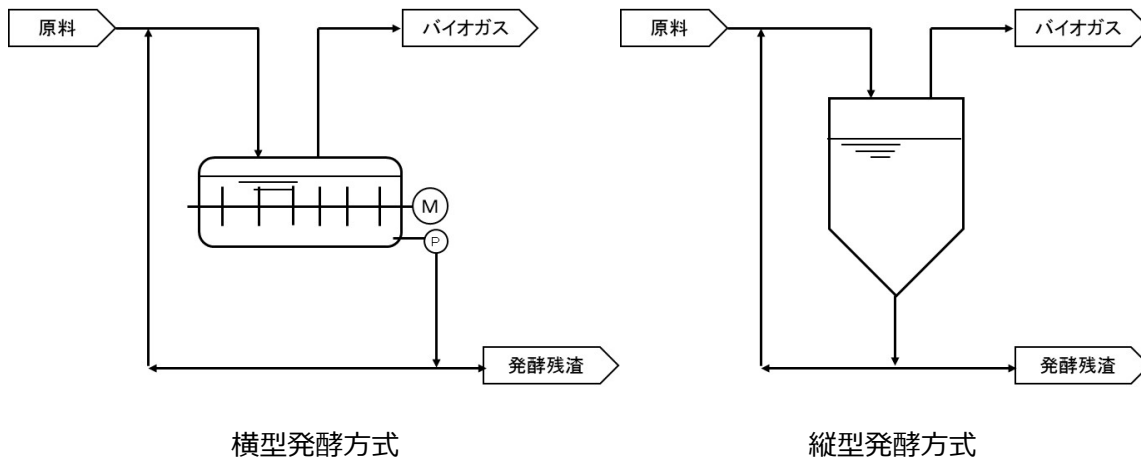


図 3.2.7 縦型発酵方式と横型発酵方式の模式図

(出所) 株式会社バイオガ斯拉ボ提供資料

## 処理方式による発酵残渣の特性と処理方法

**横型方式は、比較的水分が多い原料を処理することが可能**で、発酵残渣の TS 濃度も低濃度で運転を行う。そのため、**発酵残渣は液に近い汚泥状**であるため、固液分離を行い分離液を処理し、**下水等に放流**する。ただし、湿式法よりも水分が低い**ため分離液量も少なく排水処理設備規模は小さくなる**。

これに対し、**縦型方式は横型方式に比べ、原料の水分が低い原料に適用**できるため、発酵残渣の TS 濃度は高い、そのため、固液分離の**必要がないため排水処理を必要としない**。ただし、縦型方式は横型方式に比較し**原料条件の適用範囲が狭く、原料の調達および原料の水分量の調整に工夫が必要**である。

## 横型／縦型の乾式メタン発酵設備選定時の観点

メタン発酵槽への**投入原料の水分量の違いにより方式を選定**する。メタン発酵槽への投入原料の水分が比較的高い場合は横型方式、投入原料の水分が比較的低い場合は縦型方式を選定する。

原料の性状の違いは**水分の多い生ごみ系（食品残渣系）が多いか、水分の低い紙類の混入率が多いか**により生じる。

**横型方式でも縦型方式でも、同じ原料であれば処理は可能**であり、横型方式の場合は発酵残渣の固液分離液を循環し希釈して運転する。

さらに**選定にあたっては、発酵残渣の処理方法も考慮**に入れる必要がある。発酵残渣を固液分離し**水処理設備の設置も前提とする場合は横型方式**を採用する。発酵残渣を固液分離しても放流できない、または**水処理設備を設置したくない等の場合は縦型方式を選定**する。

## 目的の明確化

乾式法は、水分の低い原料を少ない希釈水でメタン発酵する技術であり、その結果、発酵残渣も含水率が低く、条件によっては固液分離の**必要がなく水処理を不要**にすることもできる。**乾式法を採用する場合には、この技術の特徴を把握し、導入目的を明確にする必要**がある。

バイオガス発生量の多い原料で効率よくエネルギー回収するか、バイオガス発生量が少ない原料で大規模施設によりエネルギー効率を高める場合には採用を検討する価値がある。

一方、**メタン発酵施設の導入目的が廃棄物の処理である場合には、原料の性状（特に水分率）を考慮し検討を行う必要**がある。

## 原料の性状

上述の通り、原料の水分が多い場合には乾式法方式の採用は困難である。原料の水分量における判断は、原料の分解性能なども踏まえて発酵槽内の汚泥濃度が乾式法のレベルか湿式法のレベルかにより検討を行うことが望ましい。

## 原料の水分

乾式法は水分の少ない原料を処理対象としている。また、希釈水は必要最低限に留めメタン発酵槽槽内 TS 濃度を高濃度に保持し処理することを特徴とする。そのため、メタン発酵槽への投入原料の水分変動がメタン発酵槽内の TS 濃度に影響を与える。

投入原料の水分が高過ぎる場合は、メタン発酵槽内の TS 濃度を高濃度に保持することが困難となり、メタン発酵槽内で固液分離を発生させ機械構造的に障害を発生させることや、メタン発酵反応が十分に発揮できず発酵が不十分となりバイオガス発生量が低下する場合もある。

また、投入原料の水分が低すぎる場合は、メタン発酵槽へ移送する機器類での閉塞やメタン発酵槽内からの発酵残渣の排出が困難になる、または閉塞する可能性もある。

原料の水分によるメタン発酵の障害を防止するためには、受け入れる原料やメタン発酵槽への投入原料の水分をある程度の頻度で管理し、希釈水の注入により水分を調整できる機能を設置する必要がある。

## アンモニア阻害の検討

乾式法は有機物の分解速度を高めるため高温（55℃）発酵とすることが多い。そのため、中温発酵法（37℃前後）と比較し、アンモニアによる発酵槽内の発酵阻害が生じるアンモニア濃度が低い。湿式法を含めた高温法の発酵阻害濃度はアンモニア性窒素として 2,000mg/kg 程度であり、中温発酵法の湿式法の阻害濃度である 4,000mg/kg に対して低い。

そのため、窒素含有量が高い原料又は分解性能が高い原料を受け入れる場合には、メタン発酵後のアンモニア性窒素濃度に留意する必要がある。発酵槽内のアンモニア性窒素濃度が 2,000mg/kg を超えると予想される場合には、原料投入時に希釈のための希釈水を投入する必要がある。また、窒素含有率が低く分解しやすい原料を投入し、窒素濃度の希釈及び C/N の改善を検討するなど、アンモニア性窒素濃度を低下させるための措置が必要である。

## メタン発酵槽容量

乾式法の場合、水分が低く原料の有機物含有量が多いため、原料投入量に対し 30～60 日分程度の容量となるケースが多い。湿式法の 14～30 日分程度に比較し多くの容量を必要とする。

メタン発酵槽の容量は一般的に有機物負荷や分解性有機物負荷により決定する。そのため、同じ量でも原料中の有機物量、分解性有機物量が多くなれば、その分メタン発酵槽容量も大きくなる。

なお、乾式法と湿式法のメタン発酵槽容量を比較し、乾式法のメタン発酵槽は一見過大に見えるが、処理量当たりの有機物が大きく違うことに起因するものである。一日当たりのバイオガス発生量をメタン発酵槽容量で除してメタン発酵槽当たりのバイオガス発生率を比較すると、乾式法の方がメタン発酵槽当たりのバイオガス発生量が同等か、もしくは多いことがわかる。

## エネルギー収支の検討

水分の低い原料であれば技術的に乾式法を採用することができるが、乾式法は湿式法と比較し処理量 t 当たりの設備動力量が大いのが一般的である。そのため、バイオガス発生量の少ない原料を採用すると十分なバイオガス量が得られない。

その結果、施設の消費エネルギー量を下回り、施設の運営が困難になる場合があるため、エネルギー収支を事前に検討することが必要である。

## 設備動力

乾式法は湿式法と比較し、**処理量 t 当たりの設備動力が大きい**。この理由については対象原料の種類に因るところが大きい。

**湿式法の原料**は事業系および家庭系生ごみや家畜ふん尿、下水汚泥等の含水率が高く、必要な前処理を行えば液状となり、**各工程へはポンプ、それに付随する配管で移送可能**である。

一方、**乾式法**は、水分の低い事業系および家庭系の生ごみと紙ごみの混合物や草本類、脱水汚泥、食品残渣等であり、必要な前処理を行っても固形状であることが多く、湿式法のような**ポンプ類では移送するのが困難**である。そのため、**多くがベルトコンベヤやスクレーコンベヤ等の移送機器を組み合わせ、目的とする工程まで移送する必要**がある。また、発酵残渣も含水率が低く、現量と同様に移送にはコンベヤ類の使用が一般であり、そのため設備動力が大きくなる。

## d. バイオガス貯留設備（ガスホルダー）

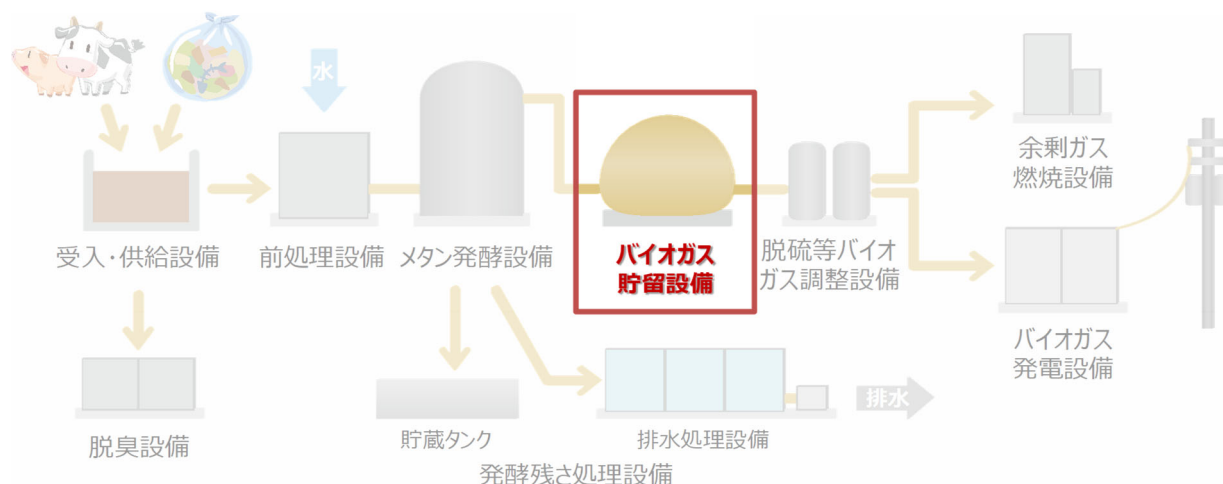


図 3.2.8 メタン発酵系バイオマス設備における位置

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## バイオガス貯留設備検討時の留意事項

### 仕様の決定には地域特性や敷地形状、工期等を考慮

バイオガス貯留設備（ガスホルダー等）は、**バイオガスの利用設備の用途に応じ、また気象条件等の地域特性や安全面にも考慮して、施工メーカーと協議のうえの仕様を定める**。設計の際は**可撓性が維持できるような構造への配慮や、硫化水素などによる腐食対策**が必要となる。

### ガスホルダーの種類

ガスホルダーは次表に示すとおり、**メンブレン（樹脂製シート）**を用いるものや**鋼鉄製のタンク型**のもの等がある。**メンブレン製は、太陽熱や風雪などの天候による損傷に弱い**という欠点があり、**素材保護のための加圧負圧防護装置の設置**が必要となる。

表 3.2.10 バイオガス貯留設備の種類と機能

種類	機能
水封式	水槽もしくはメタン発酵槽上部に鋼板製のフローティングタンクを設け、液または水でバイオガスを水封して貯留する。
二重膜（ダブルメンブレン）式	二重にしたメンブレンの間に空気を供給し、内側に貯留されるバイオガスの圧力を調整するとともに、内側のメンブレンを保護する。発酵槽の上部に設置する場合もある。
鋼鉄被覆型メンブレン方式	鋼製タンクの内部に樹脂製のバルーンが収納されている構造で、バルーン内部にバイオガス、タンクとバルーンの間に空気を供給する。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

なお、先行事例ではメンブレン式を採用した際、ガスホルダー近辺では独特な臭いがすることが報告されている。バイオガスがメンブレンを透過したのか、その他の部分からリークしたのかは明らかではないが、近隣に住宅等がある場合は留意する必要がある。

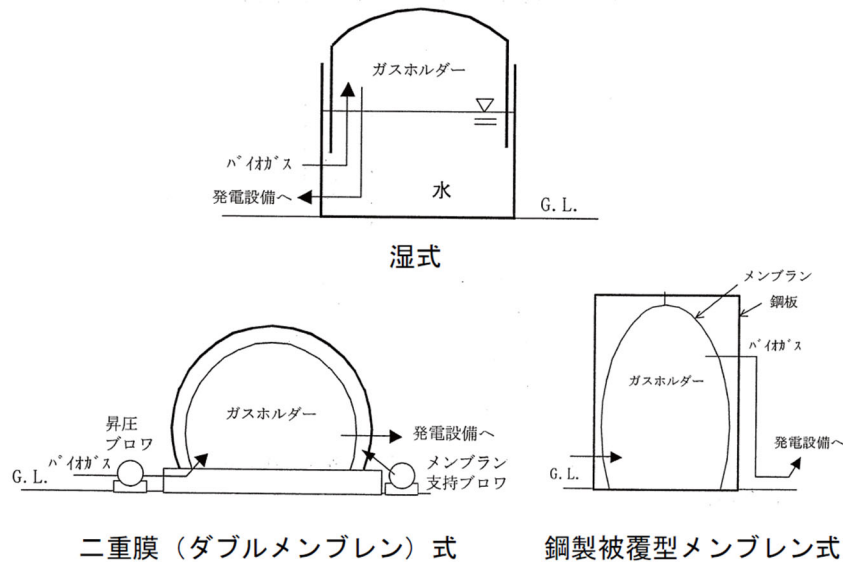


図 3.2.9 ガスホルダーの型式

(出所) メタン発酵利活用施設技術指針(案) (2005)

## 容量の設定

ガスホルダーの容量は 1 日当たりまたは週当たりのバイオガス発生量の変動予測とバイオガス利用設備の運転状況を勘案して設計する。

## 内圧の適切な設定が重要

ガスホルダーの内圧は一般に低圧（内圧 1～3kPa）を使用する。ただし、ガスエンジンやボイラーを利用する場合は、ゲージ圧で 3kPa 程度のガス圧が必要のため、ガスホルダーの内圧にはバイオガス利用設備の仕様を考慮する必要がある。

ガスホルダーの内圧がバイオガス利用設備の要求する圧力よりも低い場合は、バイオガスに対応した昇圧ブロウにより昇圧する必要がある。

## 密閉性の確保

バイオガス貯蔵部分および配管接続部の密閉性（シール性）に留意し、圧力検知器により密閉性を確認する。シール材としてゴム材を使用する場合は使用環境によって材料の寿命もあるため、交換時期等を設定することが望ましい。

また、定期点検等も考慮し、気密試験用開口や設備を設置することも必要である。

## 耐久性の確保

ダブルメンブレン方式のガイドラインでは外側のメンブレンの耐候性の確認のため、ガスホルダー近くにガスホルダーと同程度の張力でモニターとなるメンブレンの試験片を設置し、対応性のモニタリングをすることと定められている。



## e. 脱硫等バイオガス調整設備

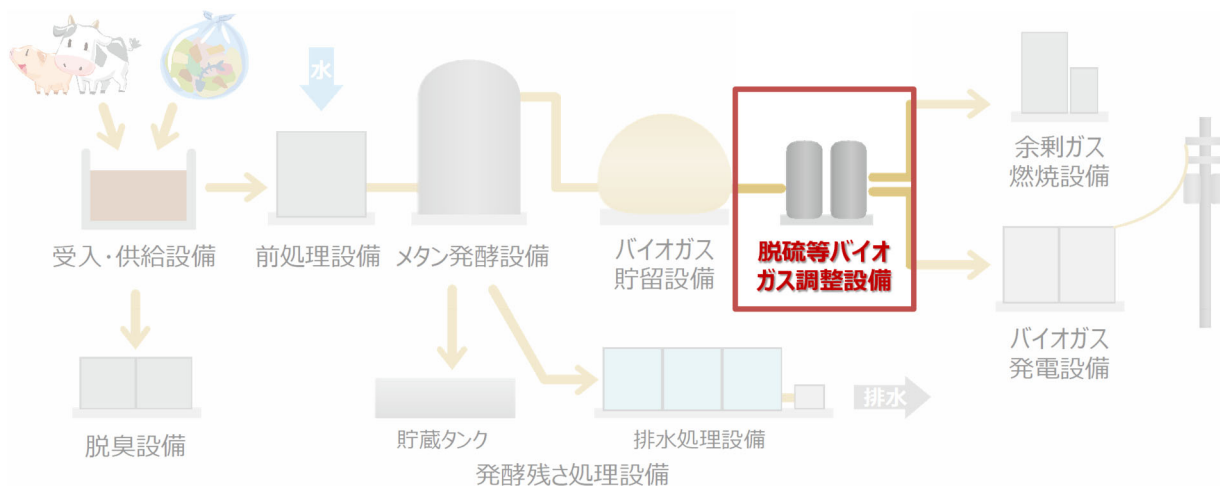


図 3.2.10 メタン発酵系バイオマス設備における位置  
(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 脱硫設備の選定に係る留意事項

バイオガスの脱硫設備は乾式脱硫方式、湿式脱硫方式、生物脱硫方式の3つの方式があり、それぞれの特徴を以下に示す。

#### 乾式脱硫

乾式脱硫は、**酸化鉄系の脱硫剤により硫化水素を除去する方法**である。酸化鉄を粘土などに添加しペレット状に加工した成形脱硫剤が用いられる。例えば、円筒形の容器に成形脱硫剤を充填し、バイオガスを通気するといった方法が取られる。なお、**除去率は95%以上**である。

留意点としては、**酸化鉄が硫化鉄に変化してそれ以上硫化水素を除去できなくなると、急激に硫化水素濃度が上昇する**。そのため、**脱硫剤は定期的な交換を実施する必要がある**。また、**検知管等で硫化水素濃度を日常的に点検**することが望ましい。

バイオガスの安定的な利用を実現するためには、**脱硫塔を2基直列に設置し、上流の脱硫塔が破過した時点で下流の脱硫塔を使用し、その間に上流の脱硫塔の再生を行う**等の運用が望ましい。

#### 湿式脱硫

湿式脱硫は**アルカリ水による洗浄塔により除去する方法**である。吸収剤には消石灰、水酸化マグネシウム、アンモニア、水酸化ナトリウム等が使用され、使用吸収剤の種類により種々の反応が起きる。

留意点としては、**水酸化ナトリウム溶液等の濃度調整や水処理が必要**となることが挙げられる。

#### 生物脱硫

生物脱硫は**硫黄酸化細菌が酸素を利用して硫化水素を酸化する反応を利用する方法**である。さらに、生物脱硫は**発酵槽内の気相部に少量の空気を注入する方式**と、発酵槽とは別に**反応塔を設置して担体を充填して除去する方式**の2つに分かれる。

留意点としては、除去後の**硫化水素濃度が数百 ppm 程度（脱硫効果にして85～95%）と不十分なレベルに留まることもある**。そのため、**後段に更に乾式脱硫を設置する事例**も存在する。

生物脱硫における**空気の量はバイオガス発生量の3～5%を目安とすることが望ましい**。なお、**バイオガス中の酸素濃度をモニタリングして酸素が検出されない最大量に調整**する。

なお、発酵槽内で行う場合、発酵槽内の気相に空気を少量加えても嫌気性のメタン生成菌への影響はなく**バイオガス化効率は低下しない**と考えられている。硫酸酸化細菌の生育場所は、通常発酵槽では主に気相と液相の境界部付近の壁面となる。硫酸酸化細菌は窒素などの栄養分が供給される必要があるが、原料スラリーが供給されれば問題ないとされる。

表 3.2.11 脱硫設備計画時の留意事項

方式	概要	留意事項内容
乾式脱硫	鉄粉、粘度等でペレット状にした成形脱硫剤を塔内に充填し、消化ガスと接触させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 脱硫剤のコストに留意する必要がある。</li> <li>・ 脱硫剤の交換・処分の方法について予め定めておく必要がある。</li> <li>・ 使用済の脱硫剤は発熱・発火することがあるので取扱いに注意が必要である。</li> </ul>
湿式脱硫	硫化水素ガスと水溶液とを気液混合させることにより、硫化水素ガスを吸収する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 最適な吸収剤を選択する必要がある。</li> <li>・ 排水処理設備が必要となる。</li> </ul>
生物脱硫	空気を注入した消化ガスと微生物（硫酸酸化細菌）を接触させ、微生物の働きにより硫化水素を酸化・除去するもの。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 薬品・消耗品を使用しないため、比較的維持管理費が安く、高濃度にも適用可能である点が有利であるが、硫酸酸化細菌の保持のための環境（空気ほか）を維持する必要がある。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

# その他のバイオガス調整設備の選定に係る留意事項

## バイオガスの除湿設備

バイオガスの調整設備は脱硫設備の他、バイオガス冷却や凝縮分離のための冷却水設備等による除湿システムについても設置する必要がある。その際、生成ガスの使用量の時間変動に対して十分対応できる容量を確保することに留意する。

## シロキサン除去設備

原料によっては生成するバイオガス中にシロキサンが含まれる可能性がある。シロキサンはリンスや化粧品などの他、紙類の接着剤に添加されているシリコンに起因するといわれ、特に都市ごみなどを取り扱うメタン発酵施設では注意が必要である。

シロキサンはガス燃焼によって酸化し粉体状のシリカ（二酸化ケイ素）となり、点火プラグへの付着による着火障害や、流路閉塞、高温部における摩耗を引き起こすため、吸着材などを使用してシロキサンを除去する必要がある。

## 利用設備側から要求されるガス品質への調整

バイオガスを燃料として活用する場合、利用設備側から要求されるガス品質を満足させるためにバイオガスの調整を行う必要がある。いずれの設備でも硫化水素、アンモニア、水分、シロキサンの除去が必要であるが、許容範囲はバイオガスの利用技術によって異なる。

また、原料によってもこれらの除去すべき物質量が異なることにも留意する必要がある。例えば、バイオガス中には通常数百～4,000ppm程度の硫化水素を含有しているが、食品廃棄物が多い場合にはさらに高くなる可能性がある。

表 3.2.12 バイオガス発電設備の制限対象物質例（参考値）

ガス変換設備	硫化水素濃度 ppm	アンモニア濃度 Ppm	水分 vol%	メタン濃度 vol%-dry
ガスエンジン	10 以下	50 以下	～0	—
燃料電池	5 以下	1 以下	3%以下(不飽和)	55%以上
ガスタービン	制限値あり	制限値あり	制限値あり	—
マイクロガスタービン	500 以下	特になし	～0	—
温水ボイラー	500 以下	500 以下	15 以下	—

注) 実設計での許容値については、選定機器メーカーへのヒアリングによること

## f. 発電設備

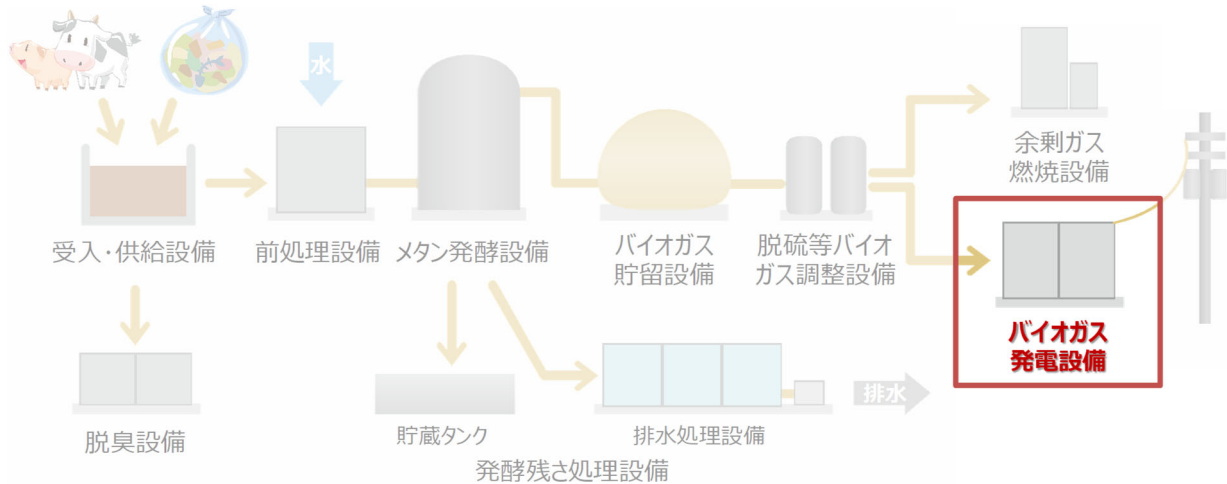


図 3.2.11 メタン発酵系バイオマス設備における位置

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 発電設備の種類と特徴

主な発電設備としてはガスエンジン、ガスタービン、マイクロガスタービン及び燃料電池などが挙げられる。選定時の留意事項を以下に示す。

### ガスエンジン

ガスエンジンは**オットー式（点火プラグ式）**と**デュアルフューエル式（ディーゼル式）**の2つに大別される。

**点火プラグ方式は低騒音や低 NOx 化が比較的容易であるなどのメリット**がある。その一方、圧縮圧力が小さい分、エンジン容量は大きくなり割高となる**デメリット**がある。

**デュアルフューエル式は安定燃焼が可能であり発電効率も比較的高いメリット**があるが、軽油を用いるため**運転管理コストが化石燃料の価格変動の影響を受ける可能性**がある。

ガスエンジンのエネルギー効率は、**発電効率が 25～45%程度**で、**排熱回収を含めた総合効率は 50～75%**である。そのため、発電と同時に**コージェネレーションとして温水または蒸気による排熱回収ができるもの**とすることが望ましい。

設備の選定の際は、**バイオガス専用として実績あるガス発電装置を採用**し、さらにメタン濃度およびバイオガス量の変動に**追従できる自動出力調整や各部のデータ管理などが可能**な設備であることが望ましい。

その他、発電装置本体の点検時やバイオガスの余剰分を燃焼させる**余剰ガス燃焼装置（フレアー）を設置する**必要がある。

国内のバイオガス施設の発電機はほとんどこのガスエンジンタイプが採用されている。

## ガスタービン

ガスタービンは、経済性の観点から**発電容量は 1000kW 以上大型が選択される**ことが一般的である。**発電効率は 20～30%、余熱利用を含めた総合効率は 70～80%**である。ただし、排ガス温度が高いため、**余熱利用は蒸気が中心**となる。

ガスタービンの利点としては、低振動であり高周波のため運転音も遮断しやすく、**騒音対策が容易である**。また、水噴射方式や希薄予混合燃焼方式により、**NOx 対策が可能**である。

## マイクロガスタービン

マイクロガスタービンは、高速回転体の軸受を非接触の空気軸受とすることで軸受の保守をなくし、かつ寿命を延ばした小型タービン発電装置である。**発電容量 2.2～300kW の小型発電用**として用いられる。**発電効率は 15～30%、余熱利用を含めた総合効率は 60～80%**である。

利点としては、**低振動型である**ことに加え、原動機の機器冷却水設備や潤滑設備などが不要のため**維持管理費を比較的安く抑えられる**。その他、タービンそのものは**硫化水素やアンモニアに対しても耐性がある**。

## 燃料電池

燃料電池には複数の技術タイプがあるが、バイオガス利用技術として現在実用化されているのは、**リン酸型と溶融炭酸塩型**の 2 種類である。

**リン酸型**は発電出力が一般的に **50～200kW** となる。留意点としては、バイオガス中の**メタンを水素に改質したうえで燃料電池に供給する必要がある**ことが挙げられる。

一方で、**溶融炭酸塩型**は**バイオガスを直接燃料電池で利用できる**。また、動作温度が 600～700℃のため、**発電と同時に熱利用も可能**である。なお、溶融炭酸塩型の発電出力は **10～300kW** が一般的である。

ただし、いずれの方式も**硫化水素に対する耐性はなく、通常 1ppm 以下で供給する必要がある**ことに留意する。

## ボイラー

ボイラーは**バイオガスを直接燃焼し 90℃程度の温水や蒸気を得る**装置である。一般的に**熱効率が 80～90%**と高い。

近年 FIT 制度の影響で発電利用が主流となっているが、国内の一部の事例では**ボイラーの熱を利用して温水タンクに 70～90℃の温水を貯留したうえで、原料や発酵槽の加温や、液肥滅菌用の加温として利用**している。

なお、一般にガスホルダーからのガス供給圧力は低圧であり、**圧力制御機能を備えた昇圧ファンの接続が必要**となる。

# 発電設備の選定に係る留意事項

## 機種および発電出力の設定

発電設備を選定する際は、**発電効率、熱回収率等に優れ、バイオガス（性状・量）の変動に対応できる機種**を選定する。また、発電出力（kW）については、**FS段階でバイオガス発生量を推定し、かつバイオガス量の変動も考慮したうえで設定**する。熱回収量（MJ）は、**発酵槽の加温に必要な熱量を確保**できることが望ましい。発電容量の設定に伴い発電設備の機種が特定されるが、施設内で**利用する熱量および熱の供給方法等を考慮**した機種選定を行う。

なお、**FIT 設備申請の際には詳細な仕様・カタログ情報が必要**となることから設備計画の初期段階で選定する必要がある。

## 安全性の考慮

バイオガス中の**メタン濃度は 55～65%程度**、メタンの空気中での**爆発限界は 5～15%<sup>1</sup>**、**発火点は 537℃**である。発電設備をはじめとするバイオガス利用設備を**屋内に設置する場合は、ガス検知装置（メタンの漏洩検知装置）を設置して監視**するとともに、**十分な換気ができるように設計**する必要がある。

その他、**排ガスは大気汚染防止法等に適合させる必要**があることに留意する。

## 付帯設備とメンテナンス性

発電設備は発電装置本体のほかに、**オイルタンク、オイルポンプ、冷水熱交換器、排ガスマフラ、排ガス冷却器、ガス圧力調整装置等の付属設備**があり、これらについても個々の設置条件を十分吟味する必要がある。

また、ユーザビリティを考慮し、**交換部品の搬出入、保守時の吊具、作業スペースなどに留意し点検しやすい構造**とする。

その他、**緊急時も含めた保守体制の構築も重要**となる。発電設備の稼働率が事業性に大きく影響するため、可能な限り自社内で保守およびトラブル対応を内製化できることが望ましい。

## 発電設備の更新頻度および導入コンセプトの検討

発電設備選定時には、**設備の更新頻度（ライフサイクル）および運転に係るコンセプト**を検討したうえで**機種を選定**することが重要である。例えば、発電設備については**高い初期投資を行っても高性能かつ耐久性の高いものを長期に使い続けるケースと、安価な発電装置を購入し 20 年間で 2 回または 3 回更新するケース（必要に応じて常にバックアップ用を 1 台保有）**がある。近年後者を選択し**中国製や韓国製の安価な発電装置を導入し何度も更新する事例も増えつつある**。

<sup>1</sup> <https://oilgas-info.jogmec.go.jp/termlist/1000398/1000458.html>

## g. 余剰ガス燃焼装置

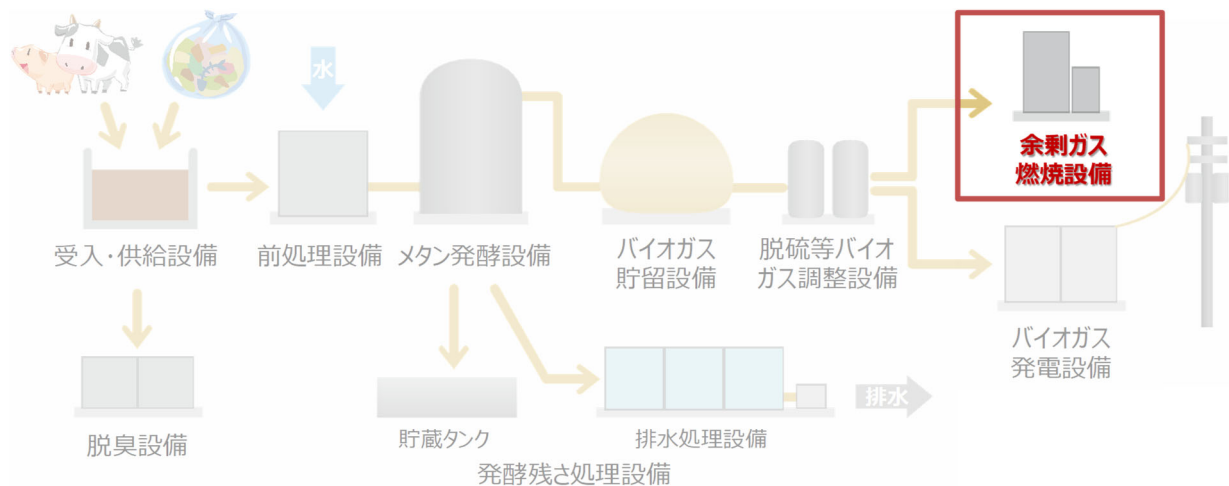


図 3.2.12 メタン発酵系バイオマス設備における位置  
(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 余剰ガス燃焼装置検討時の留意事項

### 余剰ガス燃焼装置の必要性

バイオガスの主要成分であるメタンは二酸化炭素の約 25 倍の温室効果があることから、**利用しないバイオガスは安全性および地球温暖化防止の観点から燃焼させる必要がある。**

余剰ガス燃焼装置は**バイオガス発生量、バイオガス利用量等の変動を考慮して能力を設定し、周囲の状況を確認したうえで安全な場所に設置する。**

### 余剰ガス燃焼装置の選定

余剰ガス燃焼装置には**炉内燃焼型と炉外燃焼型**があり、さらにバーナに供給するガス圧力および炉に送る空気圧力の**加圧の有無による区分**も存在する。

バーナの選定の際には、**最低 55%のメタン濃度のバイオガスも燃焼できる機種を選ぶ必要がある。**また、バイオガス貯留設備内のガス圧またはガス容量が設定値以上になったときに作動するよう、**インターロック等により適正な燃焼を確保**できるようにシステムを構成する。

その他、安全対策として**逆火防止装置や焼却炉部分の火傷防止プレート、火炎検知器等を設ける必要がある。**また、**感震器装置等を設置し地震発生時に自動消火できるシステムとすることが望ましい。**

## h.発酵残渣処理設備

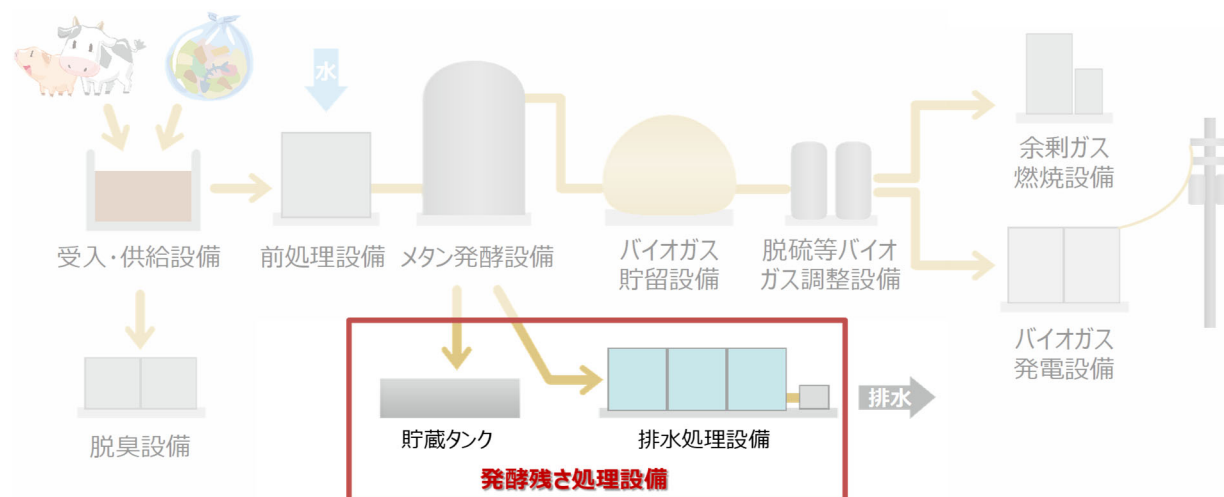


図 3.2.13 メタン発酵系バイオマス設備における位置

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 発酵残渣検討時の留意事項

メタン発酵施設において重要な検討事項の一つが消化液（発酵残渣）の処理・利用方法であり、事業性の確保を左右する。消化液（発酵残渣）の処理は大きく2つの方法がある。1つは**液肥として農業利用する方法**、他の1つは**水処理し、公共水域や下水道に放流する方法**である。

### 液肥としての利用

**地域における農作物の栽培状況、天候から考慮して貯留日数を決定する**必要がある。一般的には**3か月分**から長い場合には**6か月分の貯留が必要**となり、容量は非常に大きなものとなり、建設費もかさむ。ただし、貯留容量が不足した場合には投入を停止せざるを得ないため、事前に十分に検討する必要がある。また、液肥貯留槽は開放型が多いため**雨水の流入による容量の不足や臭気の拡散についても検討**が必要である。費用は掛かるが屋根を設置する方法もある。安易に散布可能量を定めることはせずに、**地域の農業研究所や大学の専門家と協力し必要な農地面積を確保する**必要がある。

### 水処理としての処理

水質汚濁防止法で規定されている特定事業場において公共水域に放流する場合には水質汚濁防止法の規制が適用されるが、一日の排水量が50m<sup>3</sup>未満と小さな事業場であっても**アンモニア類としての規制（一律排水基準）があるために窒素除去機能を備えた水処理施設を検討する**必要がある。**流入する窒素濃度は一般的な下水施設の50から100倍程度**あるために、簡易的な水処理施設では対応できない場合が多い。

下水道投入の場合は水質汚濁防止法の規制値よりは高い項目が多いため、国内でも下水投入を行っている施設は多い。その場合でも地域の下水道除外施設の規制値を十分に調査し水処理施設の検討を行うとともに、**除外施設の規制候補も国は窒素類が含まれている場合も多く、窒素除去の機能を備えた水処理施設の検討が必要となる**。また、下水道料金がかかるために維持管理経費に含んでおく必要がある。

水処理時には消化液の固液分離が必要であり、固体の分離汚泥と水処理を行う分離液が発生するため、**分離汚泥の処分・利用も考慮する**必要がある。**分離汚泥は乾燥すれば肥料としても利用できる**。



# 発酵残渣固液分離装置検討時の留意事項

## 固液分離のメリット・デメリット

メタン発酵設備から発生する**発酵残渣の処理は固液分離を行うケースと行わないケース**があり、それぞれのメリットとデメリットを理解したうえで設備を導入する必要がある。

また、固液分離設備には**無薬注で行う方式と薬注する方式**の二方式がある。

無薬注での固液分離方式は消化液中の夾雑物などを除去する目的であり、分離された液体を液肥として利用する場合に多く採用される。このときに発生する固分は発酵乾燥後たい肥として利用するが、乳牛ふん処理の場合は再生敷料として利用されていることがある。

薬注固液分離方式は、後段で排水処理を行う場合に設置する。発酵残渣を薬注後**固液分離する**メリットは、**固液分離後の液分の水質性状を低下させ、後段の水処理設備への水質負荷を低下できることである。また、固液分離後の固分の含水率を低下させ、その後のたい肥化、乾燥及び焼却処理への負荷を下げる可以降低**ことである。ただし、デメリットとしては**脱水用の高分子凝集剤の費用が高む**ことが挙げられる。

## 周辺環境や立地条件の考慮

発酵残渣処理を考える上では**施設の周辺環境や立地条件を考慮**する必要がある。例えば、**下水に放流できる環境**であれば、その放流水質にもよるが河川放流に**比較し簡易な水処理で可能な**場合もある。反対に**河川や海等の公共水域**に放流しなければならぬ場合は、**BOD、SS の他、COD や窒素まで処理する必要**があり、高度な水処理設備が必要となる。

# 排水処理設備検討時の留意事項

## 排水処理設備の構成

排水処理設備は、固液分離設備（前述）、**排水貯留槽、生物処理設備、薬注装置、消毒設備、放流タンク**等から構成され、メタン発酵設備等から排出された**排水を放流基準値まで適正に処理**するために必要な設備である。

**排水量は消化液の利用方法（液肥、放流など）や処理規模により異なる**。そのため、FS 基本計画の時点で排水量を把握したうえで、**将来のことも想定し、余裕度を待たせた設計**とする必要がある。

表 3.2.13 排水処理設備の構成と機能

構成	機能
固液分離設備	消化液を水処理する場合は、生物処理設備への負荷を低減するために脱水処理設備を設け、そのろ液を生物処理することが多い。
分離液貯留槽	固液分離後の液分を貯留して後段の中和装置の処理流量を調整するために設置する。
生物処理設備	活性汚泥法などを利用した好気性の生物処理設備。窒素規制がある場合は生物学的脱窒素処理方式を検討する。
薬注装置	消化液の性状、排水処理方針に応じて薬剤類の注入装置を設置する。高度処理設備が必要な場合は凝集処理用の薬注設備も備える。
消毒設備	処理水を公共水域に放流する場合は大腸菌群数を 3,000 個/ml 以下にするための消毒設備を設置する。
放流タンク	処理水を貯留するために設置する。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 設備仕様の決定

設備仕様にあたっては、事業者は事業に適した設計になっているか施工メーカーに確認し、十分に協議を行ったうえで設計する必要がある。メーカーとの協議の際の主な確認項目は以下のとおりである。

表 3.2.14 主要な確認項目

項目	単位	備考
排水処理能力	m <sup>3</sup> /h	物質収支検討結果から原水排水量および水質を把握して処理フローおよび処理能力を設定する。
排水汚濁負荷	kgBOD/d kgT-N/d	消化液中に含まれる BOD や窒素などの汚濁負荷を算定し、その負荷に応じた生物処理設備の設計が必要である。特に、排水基準に窒素規制が含まれている場合には生物処理設備は大きくなり、電力費やメタノールなどの薬品費が嵩むことに留意しておく必要がある。その汚濁負荷を低減するために、生物処理設備の前段に脱水処理設備を設置することがある。ただし、この場合は脱水用の高分子凝集剤の使用料が嵩むことにも留意が必要である。
排水貯留槽	m <sup>3</sup>	消化液の処理方針や処理規模によって異なることから、設備の稼働に支障が生じないよう、余裕を持たせた容量を確保する。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

その他、**ポンプを含む機器類は自動制御運転**とし、**各機器類は故障時のバックアップ用として予備機を設ける**ことが望ましい。

# 水質汚濁防止法に係る留意事項

## 水質汚濁防止法

メタン発酵施設は消化液を全量液肥利用する一部の施設を除き、排水処理設備が導入される。そのため、**FS 段階から排水基準について理解しておく**必要がある。

根拠法となる**水質汚濁防止法**は、**健康項目**（28 項目）と**生活環境項目**（15 項目）がある他、**道府県の条例基準**や**市町村レベルの条例基準**、さらに**住民協定**がある場合も存在する。なお、家畜ふん尿処理については緩和措置があることにも留意する。

また、閉鎖水域（湖沼・海域など）については、**排水総量の規制が存在**する。これらの水域に該当する**瀬戸内海、伊勢湾、東京湾、並びにこれらに流入する河川**に対して排水を放流する場合には留意する必要がある。

## 水質汚濁防止法上の特定事業場への該当有無

排水処理設備を併設する場合には、**水質汚濁防止法上の特定事業場に該当するか否かについて、自治体（県または市町村担当部署）にヒアリング**する必要がある。

## 公害防止条例・協定への対処

地域によっては**公害防止条例**や**公害防止協定**等が制定されていることがあり、その場合は**排水処理は条例および協定で定められた放流基準値を満たすことができる処理方式を選定**する必要がある。

表 3.2.15 水質汚濁防止法における排水基準（一律基準、上乘せ基準、住民協定）の一例

項目	一律基準	上乘せ基準	住民協定(例)
<b>健康項目(抜粋)</b>			
カドミウム及びその化合物	0.1	0.01	—
鉛及びその化合物	0.1	0.01	—
六価クロム及びその化合物	0.5	0.05	—
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	100	100	—
塩化ビニルモノマー(*)横出し基準	—	0.00002	
<b>生活環境小目(抜粋) ※()内は日平均値、外は日最大値</b>			
水素イオン濃度(pH)	5.8-8.6	5.8-8.6	5.8-8.6
生物化学的酸素要求量(BOD)	160(120)	20	5-10
化学的酸素要求量(COD)	160(120)	20	10
浮遊物質(SS)	200(150)	40	5-10
窒素含有量	120(60)	16 or 20	5-10
リン含有量	16(8)	1 or 2	1

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 3.2.16 水質汚濁防止法における排水基準（健康項目、生活環境項目、総量規制）の一例

対象施設	健康項目	生活環境項目		総量規制
	全ての特定施設	特定施設		特定施設
		50m <sup>3</sup> /日以上		50m <sup>3</sup> /日以上
			指定湖沼 及び 指定海域(88)	規制水域
規制項目	硝酸性窒素等	生活環境項目 (窒素・リン除く)	左の項目に加え 窒素、リン	CODMn・窒素・ リン
一律基準 ※()は日平均値	100mg/L	一律基準通り BODは河川放流 CODは海域放流	N: 120(60)mg/L P: 16(8)mg/L	各水域による

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## j. 脱臭設備

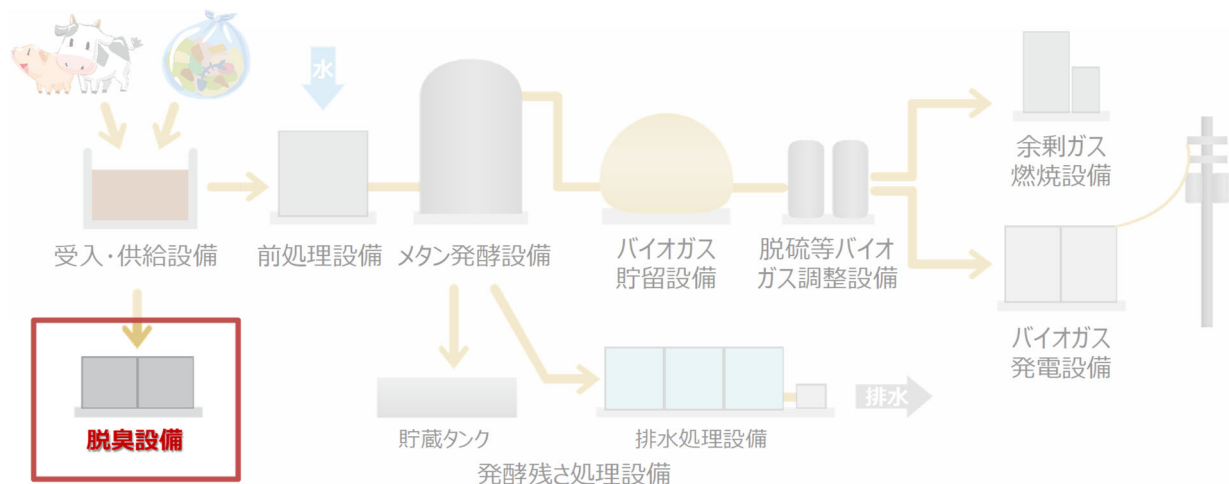


図 3.2.14 メタン発酵系バイオマス設備における位置

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 脱臭設備検討時の留意事項

メタン発酵施設は多くの設備が密閉構造であるためもともと臭気対策として導入される事例もあり、メタン発酵施設自体で臭気が問題になることは少ない。しかしながら、**受入・供給設備**や**前処理設備**、**発酵残渣処理設備**で臭気が発生することがあるため、脱臭設備などの導入が必要となる。

**臭気は拡散すると取り扱いが困難**となることから、臭気が発生エリアは**極力密閉構造で内部の臭気を捕集**できるようにし、**緊急時の対応マニュアル等で臭気拡散防止の方策を検討**しておくことが望ましい。

脱臭技術には種々の方式があり、主な種類と特徴を次表に示す。それぞれの特徴を踏まえ、**あらかじめ臭気成分・濃度・処理ガス量を把握して設備選定**することが重要となる。

この中で一般的に採用されているのは薬液洗浄法 + 活性炭吸着法、生物脱臭（充填式） + 活性炭吸着法である。

表 3.2.17 脱臭技術の種類とその概要

処理法		原理・方式	留意事項
燃 焼 法	直接 燃焼法	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭気を一定の酸素量（12%以上）内で、臭気成分の発火点以上の温度（約 650～800℃）にして燃焼することで、臭気成分を酸化分解して脱臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守および管理が比較的容易。</li> <li>熱が発生するので排熱回収等エネルギー回収方法について検討が望ましい。</li> <li>熱源として電気ヒータ方式、バーナ方式などがある。</li> </ul>
	触媒 燃焼法	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭気を一定の酸素量と共存状態にし触媒によって低温で酸化分解して脱臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低温（150～350℃）で処理するため直接燃焼法より運転費が安い。</li> <li>熱源として電気ヒータ、バーナ方式などがある。</li> <li>燃料や電力を消費し、熱が発生するので排熱回収等エネルギー回収方法について検討が望ましい。</li> <li>対象とするガスに触媒毒が含まれていないことを確認する。</li> </ul>
化 学 的 方 法	薬液 洗浄法	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学反応によって臭気成分を分解。</li> <li>悪臭物質の種類によって酸、アルカリ、酸化剤水溶液等が使用される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低濃度から中濃度までの広範な臭気に対して、対応可能。</li> <li>薬用濃度調整や計器点検等日常管理が必要となる。</li> <li>薬品に対する安全対策、装置の腐食対策が必要となる場合がある。</li> </ul>
物 理 的 方 法	水洗法	<ul style="list-style-type: none"> <li>悪臭成分を水に溶け込ませる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶解度の小さいガスには効果が小さい。</li> <li>一過式の場合は、大量の水を使用し排水処理を必要とする場合がある。</li> <li>適用範囲は比較的広い。</li> </ul>
	活性炭 吸着法	<ul style="list-style-type: none"> <li>活性炭の微細孔やこれに添着した薬剤により臭気ガスを吸着させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主に低濃度ガスを対象とする。</li> <li>イニシャル、ランニングコストともに高価となる可能性がある。</li> <li>吸着能力が限界に達すると交換する必要があるため、活性炭の取替えが容易にできる構造、配置とする必要がある。</li> </ul>
生 物 脱 臭 法	土壌 脱臭法	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭気を土壌に通風して土壌中の微生物によって分解脱臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高濃度の臭気には不適である。</li> <li>処理し得る悪臭物質に制限がある点に留意する必要がある。</li> <li>降雨時に通気抵抗が大きくなり、リークが生じる。</li> </ul>
	充填塔式	<ul style="list-style-type: none"> <li>微生物が付いた担体を充填した塔または槽に通風し、微生物によって分解脱臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通気面積が比較的大きく、圧損が低い。</li> <li>大量処理に適している。</li> <li>薬剤等を使用しないため、維持管理費はファンの動力のみ。</li> <li>微生物の馴致期間および微生物の活性を保つための水分管理が必要。</li> <li>微生物により脱臭を行うため、気温の低下により性能が低下する場合もある。</li> <li>処理し得る臭気物質に制限がある場合、廃液の処理が必要な場合がある点に留意が必要。</li> </ul>
	活性汚泥 処理法	<ul style="list-style-type: none"> <li>悪臭を水に溶解させ、その水溶液を微生物より分解脱臭。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>曝気槽があれば特別な装置は不要。</li> <li>運転費が非常に安価。</li> <li>曝気槽がない場合には別に設置が必要。</li> <li>曝気槽のもつ臭気が残る。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## k. 用水設備

### 用水設備の構成

用水設備はメタン発酵施設が円滑に稼働するために必要な用水を給水する設備であり、用途別には**プラント用水**および**生活用水**に区分される。設備は**受水槽・ポンプ類（揚水、送水）・水槽類・配管**および**弁類・井水設備（必要に応じて設置）**等から構成される。

表 3.2.18 用水設備の構成と機能

構成	機能
受水槽	・ プラント用および生活用があり、それぞれ独立して設置する。
ポンプ類	・ 受水槽から各機器に送水するためのポンプ類が必要である。

(出所) 各種資料よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 設備仕様の決定

設備仕様の決定にあたっては、事業者は施工メーカーと十分協議のうえ事業に適した設計になっているか確認する。メーカーとの協議の際の主な確認項目については以下のとおりである。

表 3.2.19 主要な確認項目

項目	単位	備考
受水槽	m <sup>3</sup>	・ プラント用受水槽の容量は、断水等の緊急時に対しても問題が生じないような容量を確保する必要がある。 ・ 施設の規模により異なるため、系統別に水量計算を行い、最大水量・水槽・ポンプ等の容量を設定する。
ポンプ類	m <sup>3</sup> /min	・ ポンプの能力および吐出圧力は余裕率を見込んで設定する。

(出所) 各種資料よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 給水の調査

上水道・工業用水・井水については、**建設用地で供給可能な給水を調査**したうえで用水を計画する。特に井水の場合は**周辺地域の既設井戸の揚水量・水質、並びに、多量の水量を揚水可能か（周辺地域への影響がないか）を確認**して、建設用地に井戸が設置可能か検討する。

### 給水の対象

プラント用水で給水対象となるのは主に**原料水分調整および薬剤の希釈水、洗浄水**である。工業用水または井水が利用できる場合は、用途に応じて使い分ける必要がある。

## 原水水質の事前検査

工業用水または井水を使用する場合は、**配管内のスケール付着**や、**スライム発生**、**再循環水による塩類濃縮**等の問題が生じることがあるため、**事前に水質を検査**する必要がある。また、井水は**除鉄・除マンガン・ろ過等の前処理が必要**になることがある。機器冷却水は循環して再利用するため、**濃縮によりスケールおよびスライム等が発生する恐れ**がある。そのため、計画時点で**原水水質を確認し、軟水処理等の必要性を検討**する必要がある。

## 凍結対策・メンテナンス性

給水タンクやポンプ類については、**寒冷地の場合は凍結防止対策**を講じる。また、これらの設備は**点検・清掃が容易な構造とすることが必要**である。さらに、必要に応じて**自動制御装置や故障時のバックアップ設備を用意**することも有効である。