

メタン発酵の基礎知識



糸状性
Methanosaeta



連球状
Methanosarcina

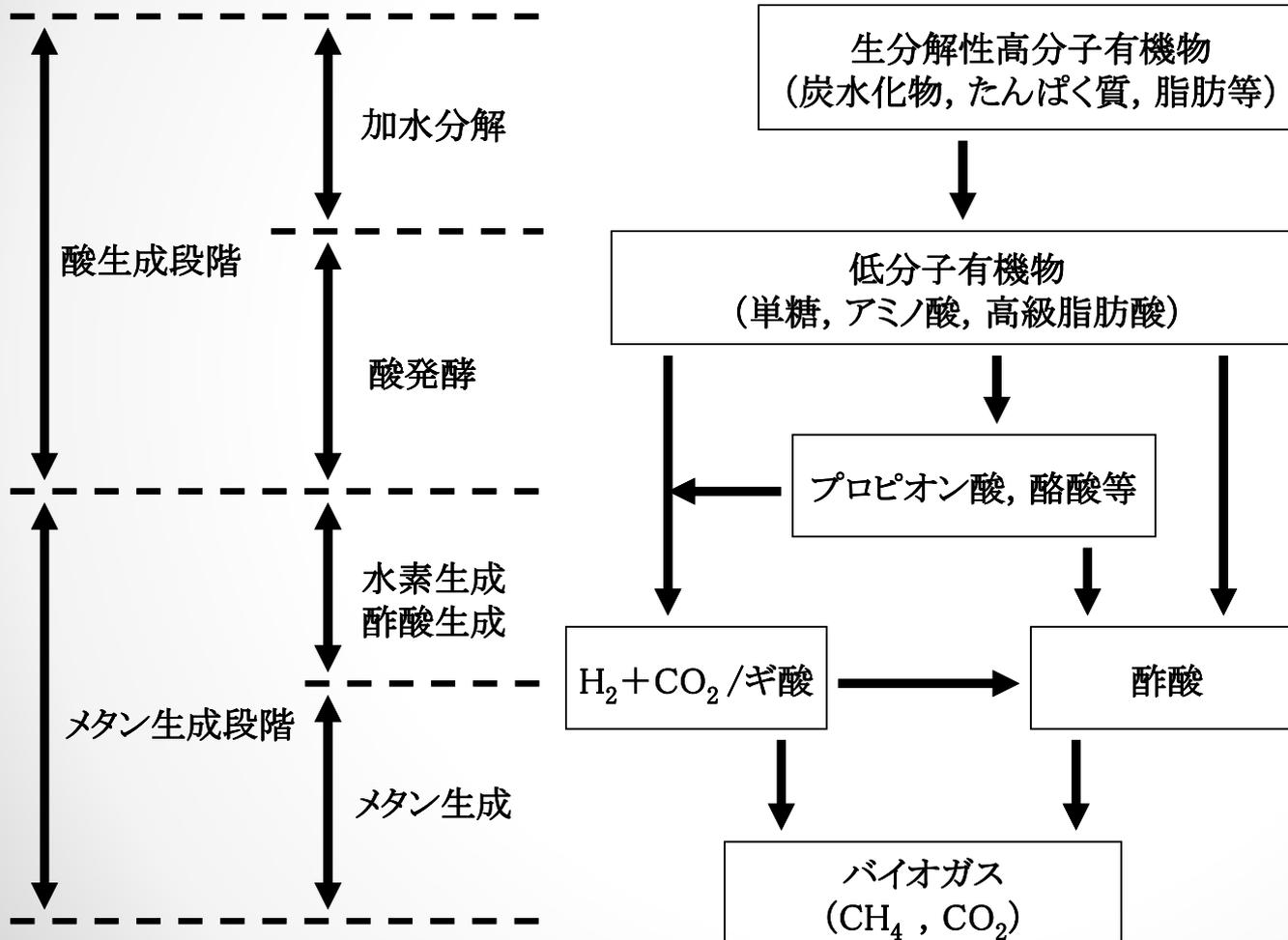
メタン発酵ってなに？

嫌気性細菌であるメタン生成細菌は、地上に出現して以来、35億年もの歴史を有し、古細菌とも呼ばれています。人類はじめ好気性生物に必要な酸素を消費することがない古細菌は、嫌気的な環境の中で生命活動を営んでいます。この縁の下の力ともいえる古細菌の働きを借りて、私たちの生活の営みの中で排出される廃棄物中の有機物を分解し、地球環境を汚染から守るだけでなく、エネルギーや資源を生み出したりする方法のことをメタン発酵法と呼んでいます。

少し専門的な言い方をしますと、メタン発酵法とは、酸素の存在しない嫌気性条件下で働く嫌気性細菌により、下水汚泥や有機性廃棄物中の有機物を分解し、メタンおよびCO₂に変化させ、安定化・減容化する方法のことをいいます。嫌気性消化法ともいわれています。

メタン発酵の酸生成とメタン生成の段階

メタン発酵は、次ページに示したバイオマス資源が酸生成とメタン生成の2つの段階を経て、バイオガスと消化液を生み出します（下図参照）。



【酸生成段階】

加水分解は、細菌の細胞外に分泌される細胞外酵素によって、多糖類、たんぱく質、脂質といった高分子有機物が、単糖類やアミノ酸、脂肪酸、アルコールといった低分子有機物に分解します。

酸発酵は、低分子有機物質を低級アルコール、低級揮発性脂肪酸(VFA)、水素、二酸化炭素に分解します。

【メタン生成段階】

酸生成で生じた低級揮発性脂肪酸をさらに分解し、酢酸、ギ酸、H₂/CO₂を生成し、それぞれからメタンを生成します。

バイオマス資源の特性

バイオマスは、大気中のCO₂を増加させない「カーボンニュートラル」と呼ばれる特性により、地球温暖化対策に有効です。また、地域のバイオマス資源を活用することにより、循環型社会の形成、地域の活性化、及びエネルギー供給源の多様化にも貢献できます。

バイオマス資源



変換

製品

- 肥飼料
- 化成品原料（アミノ酸、有用化学物質等）
- 素材（プラスチック、樹脂等）
- 燃料（エタノール、ディーゼル、木質ペレット等）

利用

利用形態

- 再生
- 製品
- 発電
- 熱
- 輸送燃料

メリット

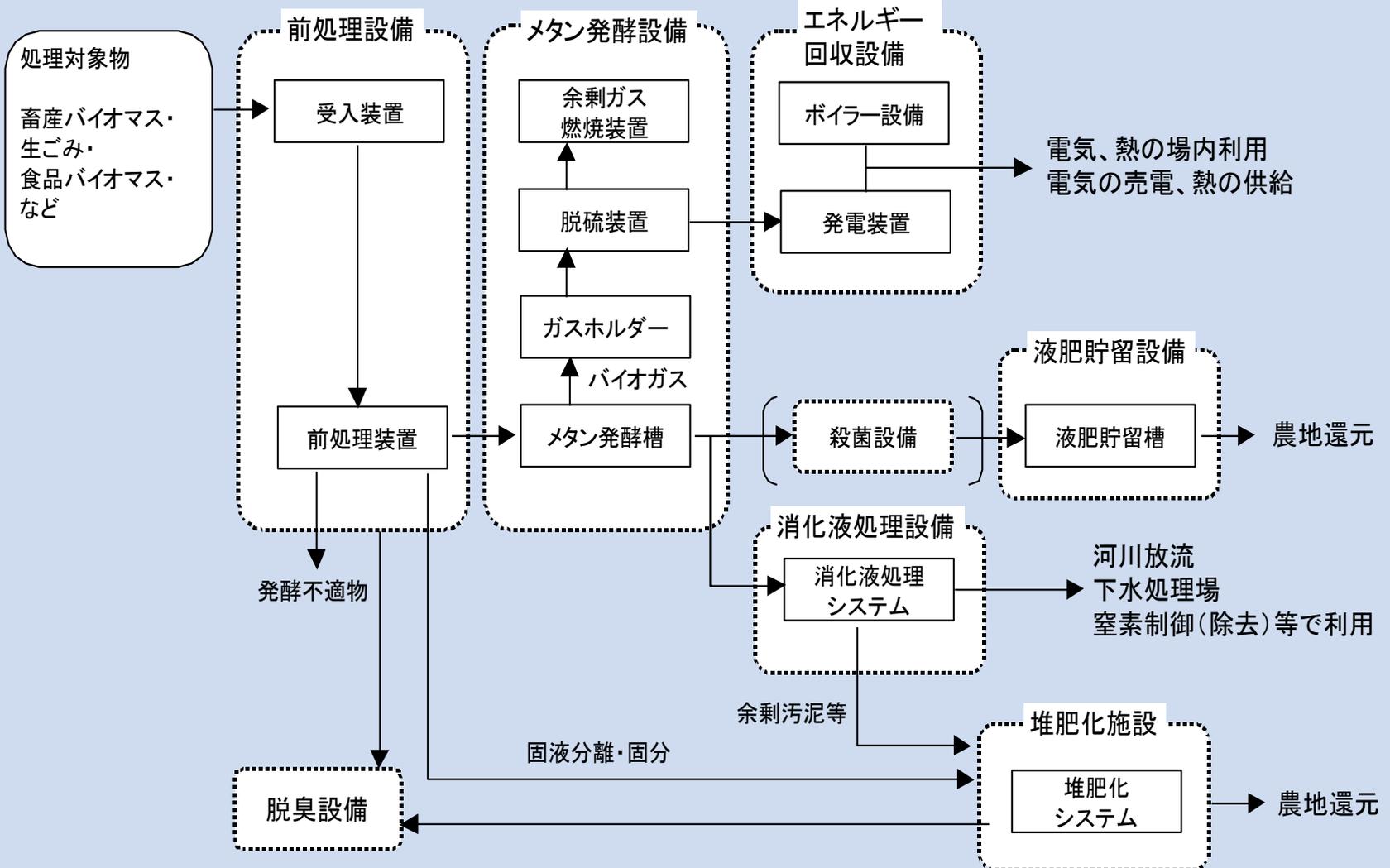
- カーボンニュートラル
⇒ 地球温暖化対策に有効
- 地域の未利用資源の有効活用
⇒ 循環型社会の形成、地域活性化
- 太陽光や風力に比べ安定的な出力
⇒ エネルギー源の多様化
- 発電・熱利用のほか、液体燃料、化成品原料、素材など多様な用途

課題

- 資源が薄く広く存在するため収集運搬コストが高い
⇒ 大規模化によるスケールメリットが得られにくい
- 食料供給や既存用途との競合の可能性
⇒ 稲わら、木質等のセルロース系や廃棄物系原料の有効活用

メタン発酵施設の仕組み

メタン発酵施設



前処理設備

①受入装置



受入槽（生ごみ（左）と家畜糞尿用）



②前処理装置

メタン発酵を円滑に行うには、発酵を阻害する薬品等や、発酵不適物（土砂、金属塊）、生物分解しないプラスチック等、それに環境の保全に不適な物（電池等）を事前に除去しておくことが大切です。このために設置される設備を前処理設備といい、次のようなものがあります。

発酵不適物の事例



湿式粉碎選別設備



破碎機

写真で見るメタン発酵のフロー図



メタン発酵槽



液肥貯留設備



二重膜式ガスホルダー

ガスホルダー一体型
メタン発酵槽



消化液処理設備

河川放流
下水道放流



農地還元



余剰ガス燃焼装置



微生物脱硫装置

エネルギー回収設備

メタン発酵の過程で発生するバイオガスを燃料として使用する発電機には次の3種類が実用化されています。



デュアル燃料エンジン
発電機 (バイオガスと灯
油・重油等と混合)



ガスエンジン発電機
(メタン濃度60~
65%で使用)



マイクロガスタービン
発電機 (メタン濃
度35%で使用)

バイオガスプラントとは

嫌気性微生物の代謝機能を利用してメタンガスを得ることを強調するプラントの場合、「バイオガスプラント」という言い方が用いられます。下水汚泥、生ごみ、野菜くず、家畜ふん尿などのバイオマス資源（動植物から生まれた再生可能な有機性資源）をメタン発酵させ、発生したバイオガスをエネルギーとして利用する施設を指します。

バイオマス資源



メタン発酵

嫌気状態（無酸素の状態）で原料となるバイオマスを温めると、微生物が有機物を分解し、メタン生成細菌によりバイオガス（ CH_4 60%、 CO_2 40%）が発生します。



エネルギー化

発生したバイオガスは、ガス発電機やボイラーなどの燃料として利用され電気や温水を作り出します。廃棄物からエネルギーを取り出すことができるのです。



メタン発酵プロセスの方式

(1) 湿式メタン発酵

下水汚泥、し尿、家畜排せつ物、生ごみ等を処理対象とする従来のメタン発酵は、槽内の固形物濃度は攪拌の可能な濃度に保持します。消化液は液肥として農業利用されるか、脱水して残渣をコンポスト化し、脱水ろ液は水処理して放流するか、下水道に排出されます。

(2) 乾式メタン発酵システム

近年、ヨーロッパにおいて、20-40%の高濃度の有機固形物に対して、消化液の水処理を必要最小限とする超高濃度メタン発酵法が開発され、DRANCO、KOMPOGAS およびBIOFERM プロセスが、わが国に技術導入されています。

一般的な都市域からの生ごみ、紙ごみ、剪定枝を収集し、バイオガスを回収後、発酵残渣は、後工程で堆肥として農業利用、または炭化物として燃料に有効利用することができます。槽内の固形物濃度は15~40%と高濃度で運転するため、槽内で固液分離を起こしません。そのため発酵槽内に攪拌装置を必要としないほか、湿式メタン発酵におけるような水処理施設は不要とされています。



ソウル 東大門環境資源民間投資事業

韓国ソウル市役所前の公園地下の東大門環境資源センターでは、住宅からの生ごみ98t/日の分解・処理に、DRANCOプロセスの乾式メタン発酵システムを稼働させています。

バイオガスプラントの特徴

■完全に密閉された無酸素状態（嫌気発酵）によりバイオマス資源を分解しますので、発酵の途中で臭いがもれることはありません。

■バイオマス資源を分解する過程で発生するメタンガスを回収し、それをエネルギーとしてプラントの運転にも活用できますので、施設のランニングコストを低減することができます。

■バイオマス資源を分解に伴って発生する消化液を液肥として活用することで、以下のメリットが期待できます。

- 消化液を河川放流したり下水放流するには水処理をしなければなりませんが、液肥として利用すれば、水処理設備を整備する必要がありませんし、水処理施設の運転管理に係る費用を削減できます。
- 液肥を有機性肥料（資源）として農地還元することにより、化学肥料の使用量を大幅に削減できます。また、安全かつ、高品質の作物を生産できます。

下水処理場におけるバイオガスプラント

メタン発酵施設は日本全国で約600施設が運転されていますが、下水処理場でのバイオガスプラントが最も多く、約半数を占めています。



山形市の公共下水処理場の消化タンク



神戸市の東灘下水処理場の全景



北海道・稚内市のバイオガス施設

- 処理対象物：
 - ・ 生ごみ（市内の全量）
 - ・ 下水汚泥・水産廃棄物
 - ・ 年間処理量：約7,300t
- バイオガスの用途：
 - ・ 発電（1,230MWh/年）
 - ・ ごみ収集車の燃料
 - ・ ボイラー燃料
- 竣工：2012年3月

簡易型メタン発酵プラント

霜里農場（埼玉県小川町）

地下の発酵槽に、家畜の糞や生ごみと、それと等量の水と尿を投入するだけでメタンガスが発生し、投入した量とほぼ等量の、可溶性窒素やリンなどの栄養分が豊富に含まれる液肥が蓄積します。メタンガスは、ガスストーブ、温水器などに使っておられますが、料理用のガスはほぼ自給しているとのこと。液肥は有機性肥料として農地に還元されています。

