

技術開発報告書概要版

1. 事業名（事業番号 J1611）

環境省「平成16年度 次世代廃棄物処理技術基盤整備事業」

難分解性有機物の生分解性化過程から成る高効率メタン発酵システムの開発

2. 技術開発者並びに照会先

- ① 担当者：長谷川美喜男
- ② 所属部：株式会社エナジェン技術管理部長
- ③ 連絡先：東京都千代田区平河町 2-4-13
TEL 03(3264)0461

3. 技術開発の目的と開発内容

① 本技術開発の概要

嫌気性(メタン)発酵システムに於ける様々な課題の多くは、食品加工廃棄物などに含まれる繊維分や、余剰汚泥の細胞壁成分（ペプチドグリカン等）などの難分解性成分の分解効率が低い点に起因している。これらの難分解性有機物を、嫌気性微生物群が資化することの可能な、生分解性の単位分子に改質し、加水分解を促進することにより、バイオガスの回収効率を高める。

本システムは、難分解性有機物を含む高分子類の可溶化及び加水分解促進過程と、分解産物の代謝からメタン生成までの反応機構を、それぞれ独立させることによって、発酵効率の向上を図る。

難分解性有機物を簡易に可溶化する手段として、高速・高圧ミキシングポンプを開発し、これを活用する。ミキシングポンプに、一定量の気体を気泡核として流入させ、超微細気泡に粉碎すると、超音波領域を含んだ衝撃波が発生する。この衝撃波を用いて植物細胞壁内部の圧力を急激に変化させ、飽和蒸気圧によって発生した気泡が崩壊する際の高衝撃圧力で、難分解性有機物の結晶構造を損傷し、単位物質への分解を促進することを特徴とする。

② 本技術開発の目的

光合成によって地球上で生産されるバイオマス量は年間約 1700 億tに達し、再生可能な資源として、その有効利用方法が様々な角度から研究されているが、その組織成分のほとんどが植物繊維である。これらの多くは結晶構造で、酸やアルカリに対する抵抗性も強いが、完全に加水分解すると単糖に分解することが可能である。この段階で、初めて繊維成分はメタン発酵などの生物化学的な物質変換プロセスを通じて有用物質に転換することが可能となる。

嫌気性菌の中にはルーメン微生物、或いはシロアリの後腸に棲息するプロトゾア共生細菌のようにセルラーゼを持った微生物の存在が知られている。これらの生体触媒を有効に活用するためには、セルロースの結晶構造を非結晶化或いは開裂させる前処理（可溶化処理）が有効であると考えられる。これによって、メタン発酵の前処理プロセスに於ける原水中の COD 或いは SS を 12～16%分解し、バイオガスの発生量を 7～10%向上させることを、本事業の目的並びに目標とした。

③ 本技術開発の特徴

有機性廃棄物中の難分解成分を可溶化する手段としては、既に次のような方法が知られている。
A. 物理的プロセス—a. 粉碎(加圧粉碎、凍結粉碎をも含む)b. 振動、c. 蒸煮(加圧蒸煮を含む)、d. マイクロウェーブなどの電子線照射、e. 爆砕、f. 超臨界/亜臨界、B. 化学的プロセス—a. 酸処理(硫酸、リン酸)、b. アルカリ処理(水酸化ナトリウム)、c. 酵素処理 d. 界面活性剤による処理(ドデシル硫酸ナトリウム)、などである。

しかしこれらの技術は i 消費エネルギー量が多く、しばしば回収エネルギーの総量を大きく上回る。ii pH、温度、その他の点でメタン発酵に対する阻害要因となり、生物的处理との親和性が低い、iii 設備が大型化し、設備投資に係る負担が大きい、などのデメリットを有し、普及には至っていない。

これに対して本技術では、ポンプの負圧面から発生するキャビテーションの高衝撃圧力が、微小領域に作用し、組織への疲労・破壊効果が高いことに着目し、簡便なシステムで難分解性物質を効率的に可溶化することを特徴とする。食材性昆虫(シロアリ、カミキリムシ等)など、自然界には繊

維分を消化し、エネルギー源として活用している生物の存在が確認されているが、これらの生物は摂食した植物を、50 μm 以下まで咀嚼器によって微粒化し、繊維分の表面から結晶構造を崩壊させ、基質表面積を増大させていることが知られている。

本事業では、生物の咀嚼機能に代替する手段として、高速・高圧ミキシングポンプ (0.6kg/cm²) を活用し、植物細胞壁内の局所的な圧力を、細胞質内の蒸気圧より低下させることによって気泡を発包させ、その崩壊時の高衝撃圧力 (数百 MPa の崩壊圧) で結晶構造を損傷し、単位物質への分解を促進する。

④ 本実証施設の設置場所、設置規模及び設置基数

千葉県佐倉市萩山新田字一丁物に実証施設を設置する。同敷地はコンポスト施設用地 (日量 20.56 t、加熱型発酵装置による生産) の隣接地に該当する。

4. 技術開発の成果

① 本技術に基づく設備の概要

本技術開発に基づき開発、設計、製作並びに設置を行なった設備の使用を以下に示す。

A 可溶化装置

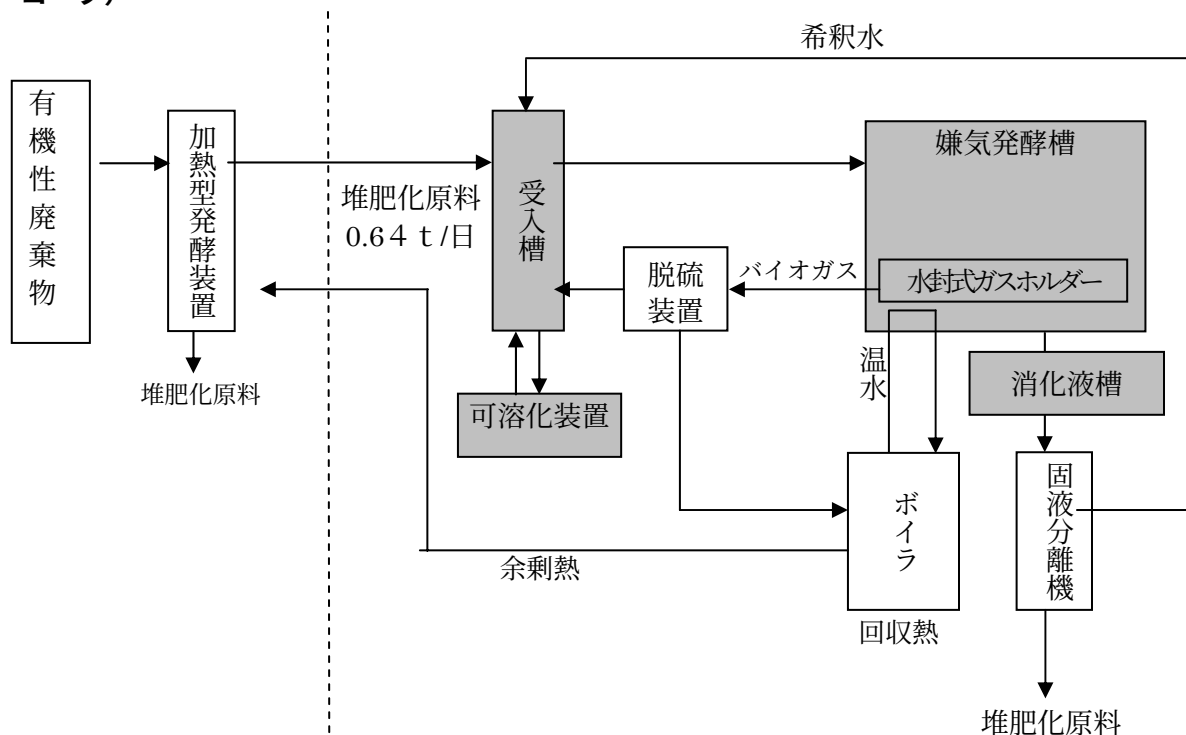
- a. ミキシングポンプ処理量：18m³/h
- b. ミキシング口径：50mm
- c. ミキシングポンプ動力：3.7kw
- d. コンプレッサー動力：0.75kw
- e. 圧力計：最大 0.5MPa
- f. ミキシングカバー：485L×300W×250H SUS 製
- g. グラインダーポンプ (受入槽部から可溶化装置への吸収手段)
口径 50A、吐出量 0.25m³/min 以上、出力 0.75kW

B メタン発酵装置

- a. 受入槽：1.5W×1.8L×3.5md (8m³)、コンクリート内面、エポキシ塗装
水中攪拌機、移送ポンプ付
- b. 発酵槽：120m³、下部 SS400、上部 SUS316L、水中ミキサ (5.0kW)
- c. 脱硫装置：ブロー (0.4kW) 付、ガスホルダー (ガスバルーン方式)、加温パイプ付
- d. 消化液槽：FRP、8m³、水中ポンプ (2.2kW) 付

② 本システムのフローチャート

本システムのフローチャートを以下に示す。(網掛けを行なった部分が今回の技術開発の対象スコープ)



③実証試験の方法

本技術開発で得られた可溶化装置、並びにメタン発酵装置を利用して、有機性廃棄物を対象とした可溶化装置と、基質の可溶化がメタン発酵に於けるガスの生成等にもたらす影響について試験を行なった。実証試験の方法の概要を以下に示す。

a.対象廃棄物

食品加工工場で排出された排水汚泥（脱水ケーキ）を原料として、いったん加熱処理を行なったコンポストを 92.0%の含水率に水分調整したものを対象とした。

b.可溶化条件

高速・高圧ミキシングポンプを用いて常温で 24 時間の可溶化処理を行なった。

c.発酵条件

37℃の中温発酵とした。

d.種菌

牛糞をメタン発酵させた種汚泥を使用した。

④可溶化処理の効果

脱水ケーキ状の排水処理汚泥を対象に可溶化処理を行なった。可溶化率を評価する共通の基準は存在しないが、通常可溶化率を推定する指標としては、可溶化 COD(S-COD)、可溶性 BOD(S-BOD)、MLVSS の増加率を測る方法が使用されている。

本技術開発ではこれらの指標以外に、BOD、COD、MLSS、T-N、T-P、S-N、S-P の挙動についても可溶化処理前と可溶化処理後の増減率を測定した。

この結果 S-COD の増減率は 258%増、S-BOD の増減率は 419%、増 MLVSS の増減率は 212%増と、いずれの指標に於いても顕著な増加率を示した。無機物を含む MLSS のみ増減率が 131%増と比較的低かったのに対して、その他の指標はすべて 173%増から 319%増までの範囲を示した。本処理方法による可溶化効果が明確となった。

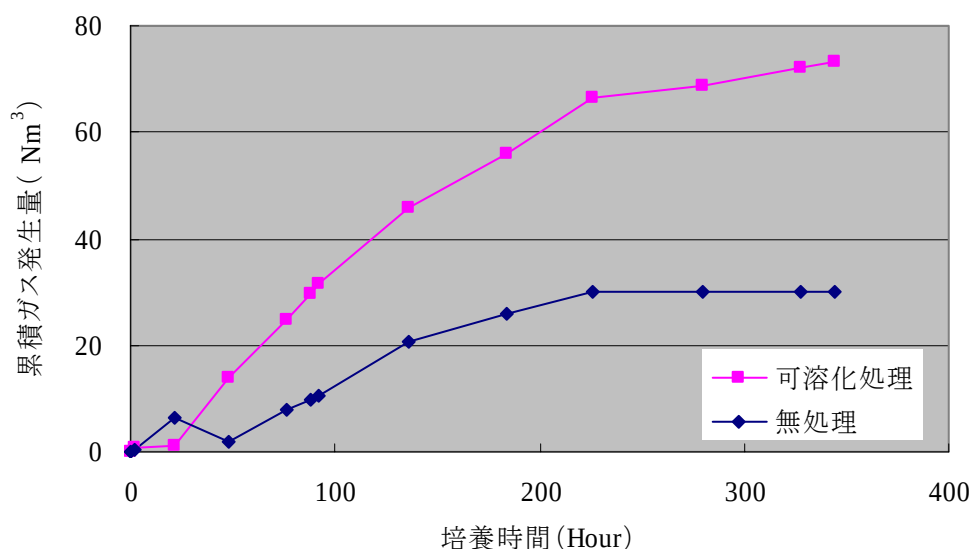
(単位 mg/L)

	COD	S-BOD	S-COD	MLVSS	MLSS	T-N	T-P	S-N	S-P
可溶化前	15000	310	260	25000	54000	1300	1000	91	1.8
可溶化後	26000	1300	670	53000	71000	3200	2000	290	4.1
増減率 (%)	173	419	258	212	131	246	200	319	228

⑤メタン発酵試験の結果

ガス生成量の経時的变化を比較すると、累積バイオガス生成量について、可溶化を行なった場合には可溶化を行なわなかった場合の 2.43 倍のバイオガスが得られ、大きな格差が見られた。また特に発酵処理後、4 日以内の立ち上がり時点でのガスの生成効果の違いが顕著に見られた。

バイオガス生成量の経時的变化を日量および累積ベースで以下に示す。



<累積バイオガス生成量の経時変化>

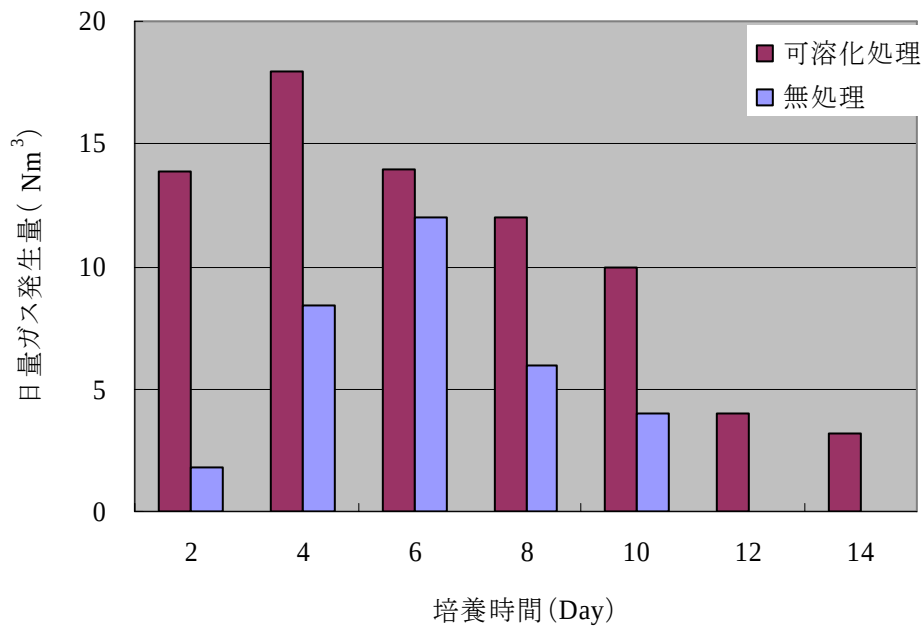


図2 日量バイオガス生成量の経時変化

5. まとめ

①技術開発の目的に対する達成度

水質分析結果に基づく可溶化率、バイオガスの発生効率の両方に於いて、顕著な効果を確認することができた。また中温発酵であるにもかかわらず、発酵期間の大幅な短縮を実現できた。可溶化装置、メタン発酵装置ともに、簡易な操作並びに装置条件を特徴としている。以上の諸点に鑑み、本技術開発に基づく可溶化促進機能を有するメタン発酵システムについては、商業的な実用化に充分耐え得ると判断される。

②国内の廃棄物処理全体に与える影響

食品残渣、し尿汚泥などの排水処理汚泥、畜産廃棄物、農業廃棄物など、含水率の高い有機性廃棄物全般への適用が可能である。特に、食品加工工場などの製造業や、下水処理施設（コミュニティプラント、農業集落排水処理施設を含む）の排水処理工程で発生する余剰汚泥、また、野菜くずなどの多い生ごみ（厨房残渣）、大豆皮や醤油かす、茶かす、コーヒーかすなどの食品残渣、草類なども、廃棄物成分中の繊維成分の比率が高い難分解成分についても、本システムの適用が特に有効な対象物として位置付けられる。