

食品廃棄物を対象としたバイオガス化施設におけるコストダウンの検討

岩田 将英^{*1}・林 まゆ^{*1}

Cost Reduction of Methane Fermentation Plant of Food Waste

Masahide IWATA, Mayu HAYASHI

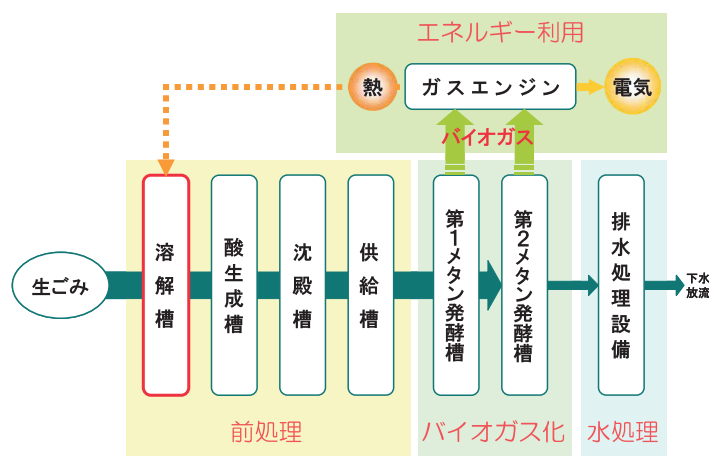


図-1 メタン発酵システムフロー

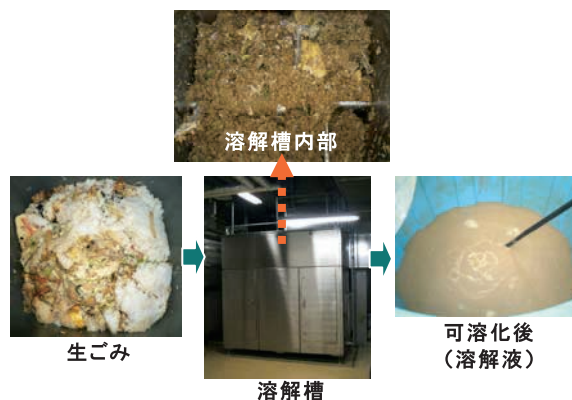


図-2 溶解槽における可溶化

研究の目的

これまでに、マイカル明石（現イオン明石）店舗にて発生した食品廃棄物を対象としたバイオガス化に係る実証試験により、運転稼働データの蓄積、課題の抽出、およびシステムの事業採算性の検討を行ってきた。

その中で、食品廃棄物発生量が5t/日規模であれば、事業採算性が開ける結果が得られていた。しかしながら、集合商業施設などで5t/日もの食品廃棄物が発生するケースは稀であり、より小規模でも事業採算性を取ることを目的として、装置の改良検討を行った。

技術の説明

本技術は、従来廃液処理などで利用される高速、省スペース型のメタン発酵技術であるEGSB、UASB方式を固形物である食品廃棄物に対し採用した二相式メタン発酵である。この方法を採用するためには、固形物である食品廃棄物をメタン発酵槽に投入するまでに、液体状の有機酸にまで溶解（可溶化）させる必要がある。これまでは、既存の生ごみ溶解装置を導入していたが、この装置が全体コストに占める割合が高く、全体コストを圧迫していた。そこで、この槽を改良し、従来型と同等の性能を確保することにより、システム全体の低コスト化を試みた。室内試験にて食品廃棄物の可溶化試験を実施し、その能力について確認を行った。

主な結論

本検討による結果を以下に示す。

- ・ 浸漬方式の完全混合型による溶解槽は、乳酸発酵環境に保たれ、従来型と同等の乳酸、酢酸生成能力が確認できた。
- ・ 溶解槽を浸漬方式の完全混合型とすることで、従来型に比べ大幅なコストダウンが可能となった。
- ・ システム全体として、2t/日規模での事業採算性が取れる見通しがついた。

*1 本店 土木設計・技術部

食品廃棄物を対象としたバイオガス化施設 のコストダウンの検討

岩 田 将 英*¹ 林 ま ゆ*¹

要 旨

本技術は、廃液処理などで利用される高速、省スペース型のメタン発酵技術であるEGSB、UASB方式を採用した可溶化二相式メタン発酵を、固形物である食品廃棄物に対し適用したものである。

これまで、マイカル明石（現イオン明石）において、食品廃棄物のバイオガス化実証事業（NEDOの補助金事業）を行い、食品廃棄物発生量が5t/日規模であれば、事業採算性が取れる結果が得られていた。しかしながら、5t/日もの食品廃棄物が発生するケースは稀であるため、より小規模でも事業採算性を取ることを目的として、装置の改良検討を行った。注目したのは、固形物を溶解させる生ごみ溶解装置であり、この槽を改良することにより、装置全体の低コスト化を目指した。

結論として、溶解槽を完全混合・攪拌型とすることで、大幅なコストダウンが可能となり、条件付であるが、装置全体として、2t/日規模での事業採算性が取れる見通しがついた。

キーワード バイオマス／再生可能エネルギー／食品廃棄物／メタン発酵／商業施設

目 次

- | | |
|----------|-------------|
| 1. はじめに | 4. 事業採算性の検討 |
| 2. 設備の課題 | 5. おわりに |
| 3. 室内試験 | |

COST REDUCTION OF METHANE FERMENTATION PLANT OF FOOD WASTES

Masahide IWATA

Mayu HAYASHI

Synopsis:

The authors have developed the methane fermentation system of food wastes. The proto-type fermentation plant was installed and trial operation had carried out at MYCAL AKASHI super-market.

As the result of trial operation, the break-even point of food waste processing quantity was estimated to be 5 tons per day. However, the food wastes generation is very rare to reach to 5 tons per day, therefore the scale-down of plant is needed. The aerobic solubilization unit was spotlighted for cost reduction of entire plant, and the improvement was carried out by applying mixing process in this unit.

As the result, significant cost reduction for total plant equipment was achieved and the break-even point of food waste processing quantity became to be 2 tons per day in the simulation.

* 1 本店 土木設計・技術部

1. はじめに

近年、バイオマスの有効利用に関する取り組みが注目を集めており、製材残材等の木質をガス化利用する事例や、下水汚泥・畜産廃棄物等の有機物を発酵処理した際に得られるメタンガスを燃料として利用する事例が見られる。しかし、これらの試みは、経済性（事業採算性）、原料の収集・運搬体制、原料性状の変動、安定的なエネルギー変換技術の確立等、種々の課題を抱えており、本格的な導入は、大量の処理が可能な下水汚泥施設や、排水を循環利用できる体制の整った畜産廃棄物を利用した大型のバイオガス設備等¹⁾の一部に限られているのが実情である。しかしながら、2012年7月に再生可能エネルギーの固定価格買取制度が導入され、バイオマスを含む再生可能エネルギーに注目が集まることとなり、再生可能エネルギーの利用が促進されている。

固定価格買取制度以前から、当社では「平成19年度新エネルギー技術フィールドテスト事業 地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業 複合商業施設における食品系廃棄物を対象としたバイオガス化実証事業」（（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO））にて、都市部のショッピングセンター（複合商業施設）における食品廃棄物のメタンガス化による有効利用モデルの構築を目指して、マイカル明石（現イオン明石）にて、1t/日規模のメタン発酵設備を設置し、実証試験を行ってきた（写真-1,2）^{2),3)}。



写真-1 マイカル明石店舗外観



写真-2 メタン発酵槽（左：1階部、右：天端部）

その中で、食品廃棄物発生量が5t/日規模であれば、事業採算性が取れる結果が得られていた。しかしながら、5t/日もの食品廃棄物が発生するケースは稀であるため、より小規模でも事業採算性が取れることを目的として、装置の改良検討を行った。

本報はその検討内容について報告するものである。

2. 設備の課題

本設備のプラントフローを図-1に示す。

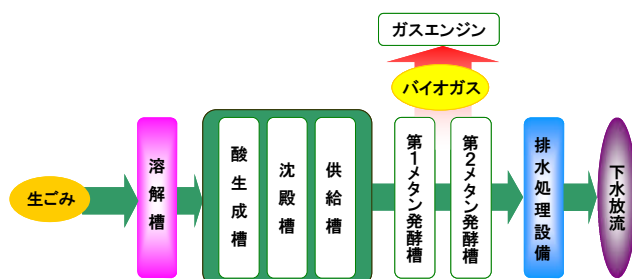


図-1 プラントフロー

本設備は、食品廃棄物を好気性微生物により可溶化し、酸生成などの前処理を経て、2槽のメタン発酵槽による嫌気性処理でメタンを主成分としたバイオガスに転換するものである。特徴的な点は、溶解槽にて固形生ごみを乳酸可溶化する点と酸生成を経た後に2つのメタン発酵槽にて高速のバイオガス化を行う点である。メタン発酵槽内部には、メタン生成菌が高密度に集塊したグラニューールが充填されており、有機物分解処理の高速化に寄与している。固形生ごみを可溶化させ、酸生成とメタン発酵槽を二分割した点から、可溶化二相式メタン発酵と呼ばれる技術である。

ここで採算性の検討のため、本設備の設置に係るコストについて検討を行った。本検討では、設備規模を2t/日とした。これは、現在、国内で大型ビル内のバイオガス利用施設として最大3t/日の事例があり、より小規模の施設について検討するためである。検討結果を図-2に示す。

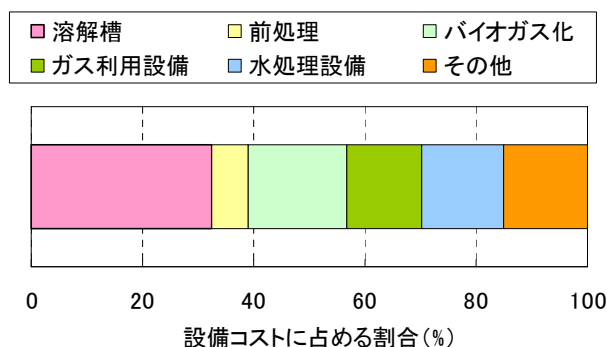


図-2 メタン発酵設備コスト（2t/日処理）

図-2 より，溶解槽（写真-3）の設備コストが全体の約 1/3 を占めており，この部分の改良が全体のコストダウンに大きな影響を及ぼすことがわかった。



写真-3 実証試験にて使用した生ごみ溶解槽
(1t/日規模)

そこで，事業採算性を取るために，重要となる溶解槽の改良に向けて，室内試験を実施し，新たな生ごみの溶解手法について検討を行った。

3. 室内試験

溶解槽の改良の可能性を検討するため，室内試験にて各種検討を行った。

3.1 溶解槽

溶解槽は，生ゴミなどの固形物を乳酸可溶化させる装置である。溶解槽では，水の存在下において，好気性微生物により有機物を分解処理し，液状化する。液状化された溶解液の主成分は，乳酸，酢酸などの有機酸であり，これがメタン発酵の基質となる。

溶解槽は，好気性微生物の分解に対し至適温度となる 30～34℃程度に維持され，内部でパドルを巡回させ，固形物を攪拌している。乾燥しないように必要に応じ水を添加することで，分解（液状化）を進めるものである。

本試験においては，特別な装置を要せずに水に浸漬しながら攪拌する手法（浸漬法）を採用し，従来の手法との比較検討を実施した。

3.2 浸漬法の検討

(1) 材料

基質として，模擬生ごみを使用した。模擬生ごみの組成を表-1 に，分析値を表-2 にそれぞれ示す。模擬生ごみは，前述のマイカル明石での実証試験にて使用していた基質の組成に基づいて設定した。この模擬生ごみをフードプロセッサで攪拌・混合したものを試験に供した（写真-4）。

表-1 模擬生ごみの組成

	野菜	残飯		魚	肉
		パン	米		
比率 (湿潤重量比)	10	30	30	27	3

表-2 模擬生ごみの分析値

項目	単位	分析値
全蒸発残留物(TSS)	mg/L	383,000
全蒸発残留物の 強熱減量(VSS)	mg/L	371,000
CODCr	mg/L	399,000
BOD	mg/L	279,000
溶解性CODMn	mg/L	71,100
全窒素	mg/L	13,400
n-ヘキサン抽出物質	mg/L	1,620



写真-4 模擬生ごみ
(左：原料，右：混合・攪拌後)

(2) 試験方法

従来法と浸漬法により生ごみを溶解させ，溶解液の pH，有機酸濃度を比較することにより，それぞれの方法の評価を行った。従来法は，これまで採用していた方法を模擬したもので，水を適宜添加しながら，乾燥しないように攪拌する方法である。浸漬法とは，基質を水に浸漬した状態で攪拌する方法である。それぞれの溶解処理の模式図を図-3 に示す。

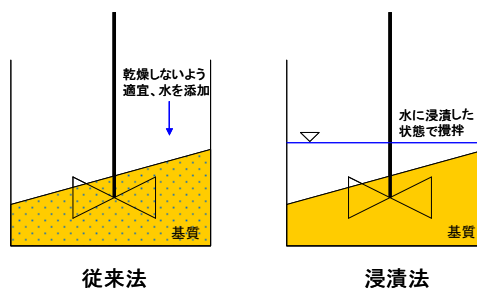


図-3 溶解処理の模式図

次に，本試験の試験条件を表-3 に，試験装置を写真-5 にそれぞれ示す。なお，試験時間は 66 時間とした。生ごみの溶解に寄与する微生物の菌床単体としては，明石の

実証試験と同様にそば殻を使用した。

表-3 室内試験条件

保温条件	35℃	ウォーターバス使用
攪拌条件	100rpm	攪拌機にて常時攪拌
生物担体	そば殻	
基質使用量	100g	
希釈倍率	10倍	従来法は、試験期間を通して同量となるように添加。 試験終了時には、同量の溶液量となる。
添加水量	1000ml	

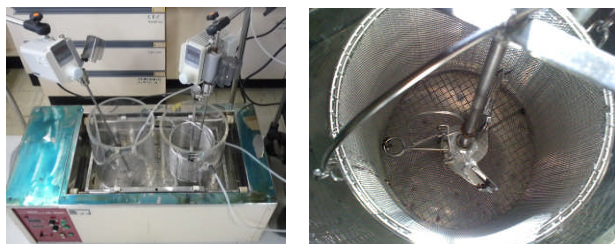


写真-5 試験装置（左：全景，右：槽内部）

(3) 試験結果

試験における pH の経時変化を図-4 に、試験後の溶解液の有機酸濃度を図-5 に示す。なお、有機酸濃度は HPLC（高速液体クロマトグラフィー）にて測定を行い、試験後の溶解液量は同量であった。

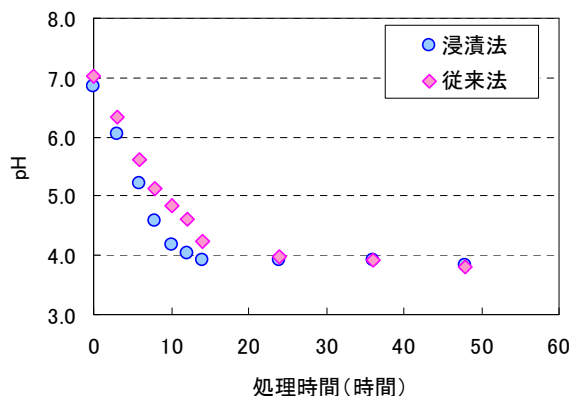


図-4 試験中の溶解液の pH

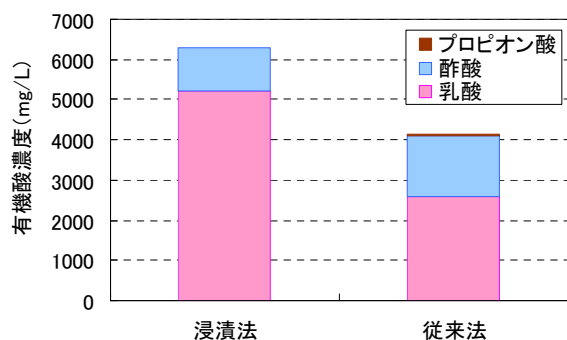


図-5 試験後の溶解液の有機酸濃度

図-4 より、処理時間 12 時間から 24 時間後には、約 4 程度の pH で一定になっている。よって、微生物が存在しない状態から 24 時間程度で生ごみを分解し有機酸を生成する微生物が繁殖し利用可能な状態となることがわかった。

また、図-5 より、有機酸濃度は、浸漬法が従来法を上回り、従来法に比べ浸漬法では乳酸濃度が高くなる傾向にあった。

ここで、図-6 に、過去の実証試験実施時における溶解液の有機酸濃度を示す。

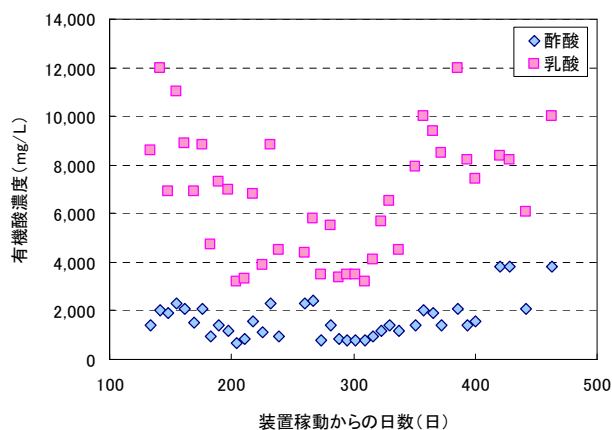


図-6 実証試験時（2008/9～2009/7）の溶解液の有機酸濃度

図-6 は装置が安定的に稼働している運転開始から 130 日以降のデータを示している。概ね乳酸濃度は、3,000～12,000mg/L（平均値：6,700mg/L）、酢酸濃度は 500 から 4,000mg/L（平均値：1,650mg/L）で推移しており、酢酸と乳酸の生成比率（酢酸/乳酸）は、0.16～0.52（平均値：0.25）であった。

今回の室内試験の結果では、有機酸濃度、酢酸と乳酸の生成比率ともに、この範囲内に入っており、浸漬法による生ごみの有機酸変換が可能であることが示された。

3.3 希釈倍率の検討

次に、希釈倍率を変更し、溶解試験を実施した。

(1) 材料

3.1 と同様の基質を使用して試験を実施した。

(2) 試験方法

3.1 と同様の試験装置を用いた。変更点は、基質使用量を 1 ケースあたり 200g とし、希釈倍率を 10 倍と 5 倍の 2 種類を設定し、試験を実施した。

また、処理時間は、66、114、162 時間とした。

(3) 試験結果

処理時間経過後の溶解液の乳酸生成量を図-7 に、酢酸生成量を図-8 にそれぞれ示す。

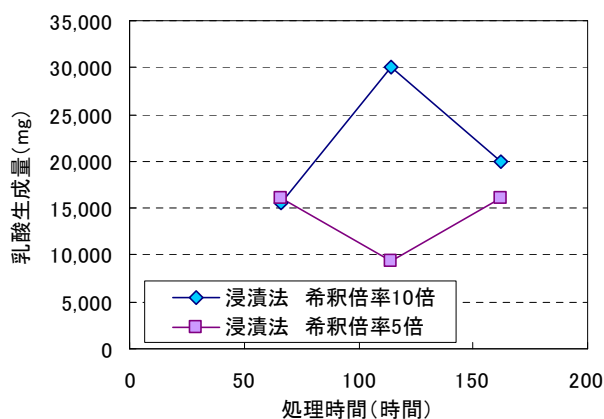


図-7 乳酸生成量

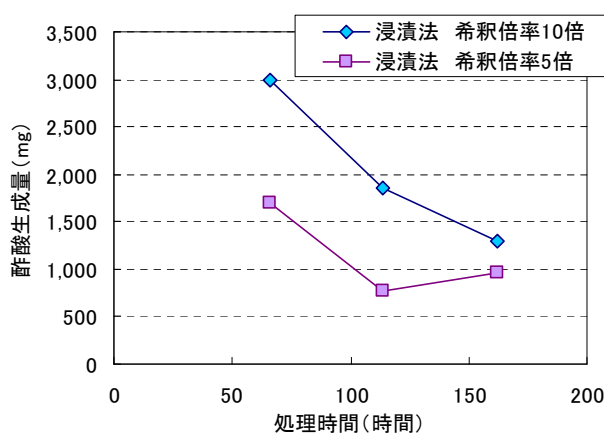


図-8 酢酸生成量

図-7,8 より、希釈倍率 10 倍の方が、有機酸生成量が多いことがわかる。これは、希釈倍率が小さい（水が少ない）場合、溶解液中の乳酸濃度が高くなり、pH が低下し、乳酸生成の至適 pH 未達となり、乳酸の生成が抑制されたものと思われる。よって、希釈倍率は 10 倍程度が酸生成に適すると予想される。

また、時間経過に伴い、酢酸の生成量が減少している。これは、生成した酢酸の分解が進み乳酸化もしくは炭酸ガス化したためであると考えられる。そのため、最適な処理時間は 66 時間以内に存在すると考えられる。

4. 事業採算性の検討

室内試験の検討により、従来の生ごみ溶解装置を用いずに、より簡易な溶解槽を使用することで、メタン発酵プラントのコストを低減できることが予想できた。そこで、従来型に比べ、今回の溶解槽を適用した場合のコスト低減効果を加味し、事業採算性について検討を行った。

4.1 プラント設備のコスト比較

2 t/日処理における従来型の処理プラントと改良型のプラントのコスト比較を図-9 に示す。溶解槽以外の箇所のコスト変動もあるが、これは、溶解槽を新たな設備とすることで、溶解槽の滞留時間が変動し、溶解槽の後段の酸生成槽の容量が大きくなるといったような変更箇所が発生したためである。

図-9 より、溶解槽を改良することで、設備コストを約 2 割削減することが可能となる。なお、この設備コストは、設置に係る費用であり、維持管理に係るランニングコスト等は含まれていない。

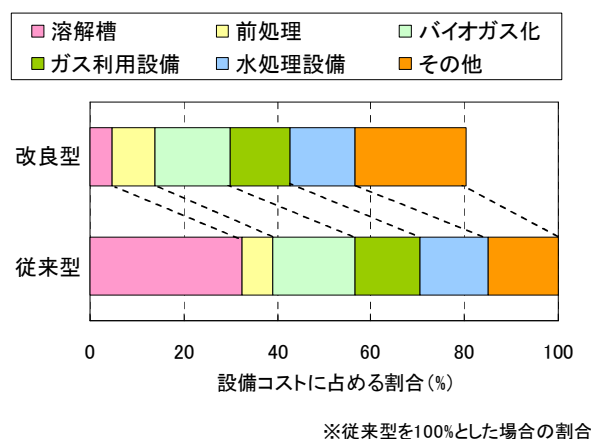


図-9 従来型とのプラントのコスト比較

4.2 経済性評価

次に、2 t/日処理における改良型のプラントについて、下記の 4 パターンについて、本設備の経済性を検討した。償却期間は 5 年、7 年、10 年とした。

- A：標準ケース（消化液の水処理設備を設置し、補助金等が無い場合）
- B：既設の水処理設備が使用可能
- C：設備の設置に際し、補助金あり（補助額 1/3）
- D：既設の水処理設備が使用可能かつ補助金あり（補助額 1/3）

(1) 評価の共通条件

評価に係る共通条件は以下の通りである。

- ・概算初期費用に土工事は含まない。
- ・生ごみ投入作業は人件費に含まない。
- ・都市部域再生利用登録施設への食品廃棄物処理委託費を 40,000 円/t とする。
- ・プラントで使用する水は地下水とする。
- ・下水道使用料金は含まない。
- ・プラントメンテナンス時の食品廃棄物の外部委託処理費用、稼動を補うための熱量（都市ガス、電気等）のバックアップ費用は配慮しない。
- ・余剰に生ずる熱（温水）の売却益は除外する。

・電力売電単価を 40.95 円（税込）/kWh とする。

(2) 事業性検討結果

パターン A から D における事業採算性について、表-4 に検討結果を示す。表中の値は、5 年、7 年、10 年時の収支として示している。

表-4 経済性の評価（単位：千円）

設備	パターン	償却年数		
		5年	7年	10年
従来型	A	▲ 104,000	▲ 83,500	▲ 39,400
	B	▲ 76,500	▲ 70,900	▲ 21,400
	C	▲ 41,800	▲ 43,400	6,200
	D	▲ 23,500	▲ 8,800	40,900
改良型	A	▲ 49,300	▲ 9,200	51,100
	B	▲ 40,300	3,500	69,100
	C	▲ 9,500	36,500	106,000
	D	9,600	53,400	119,000

▲:収支が赤字

従来型では、補助金無しの条件では、10 年でも収支は赤字のままであったが、改良型では、黒字となる結果となっている。また、既設の水処理設備等が利用可能な場合では、7 年で黒字となる算定結果となった。

5. おわりに

小規模メタン発酵施設の事業採算性の向上に関する検討を行ってきたが、今回の検討により、完全混合・攪拌型の溶解槽とすることで、大幅なコストダウンが可能となり、一部条件付きとなるが、2 t/日規模の食品廃棄物発生量でも事業採算性が取れる結果となった。

今回はガス発電利用を想定した検討としているが、用途に応じ熱利用とすることでさらにエネルギー利用効率の上昇や低コスト化も可能と思われる。

2 t/日規模においても採算性が取れることにより、1 つの商業施設や大型ビル等でのバイオガス化事業の可能性も出てくる。

再生可能エネルギーへの注目が集まっている昨今の状況から、バイオマス利活用のさらなる発展を期待するものである。

参考文献

- 1) 岩下幸司，岩田将英：メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル，社団法人地域資源循環技術センター，2011
- 2) 赤松祐介ら：食品廃棄物を対象としたバイオガス化実証事業，前田建設技術研究所報，vol50, 2009
- 3) 赤松祐介ら：食品廃棄物を対象としたバイオガス化実証事業，前田建設技術研究所報，vol51, 2010