

OD 汚泥・漁業残渣・食品廃棄物等を用いたバイオマスメタン発酵試験の事例報告

○中野裕之¹、森定真健¹、檀智之¹

¹ 八千代エンジニアリング株式会社 事業開発本部

1. はじめに

未利用バイオマス資源を活用したメタン発酵技術は、再生可能エネルギーや発酵残渣の有効利用（肥料化等）の観点から注目されている。筆者らは、石川県志賀町において、地域に存在している下水汚泥、浄化槽汚泥（農業集落排水汚泥等）、し尿、生ごみ等の有機系廃棄物を下水処理場で集約処理することの可能性調査を実施した。町では、下水（脱水）OD 汚泥は場外に搬出され処理、浄化槽汚泥・し尿と生ごみは周辺地域と共同で処理されており、運搬・処分費にそれぞれ多大な経費を負担している状況にある。地域の有機系廃棄物処理の効率化を図ることを目的として、他の地域バイオマス資源も混合した小規模メタン発酵施設の導入可能性を調査した。

本報告では、調査の一環として実施した実サンプルを利用したメタン発酵試験（主にバッチ試験）の結果を示す。事業計画や実際の運用等を考える上で重要となる混合バイオマス資源によるメタン発酵のバイオガス・メタンガス発生推移、原単位、メタン転換率等の得られた試験結果とその考察を一事例として報告する。

2. 調査概要

2.1 調査・分析方法

メタン発酵試験（バッチ試験）の対象とするバイオマス資源として、下水（脱水）汚泥（OD 法）、農業残渣、漁業残渣、食品廃棄物（給食厨芥、食品小売店での生ごみ等）、畜産糞尿（養殖豚、子豚）を抽出した（表 1 参照）。対象とする試料は、2018 年 10 月中旬にて、それぞれ 2~5kg 程度を実際に排出されている状態で採取した。

各原料と発酵試験用の混合サンプルについて、pH、蒸発残留物 TS、強熱減量 VS、COD_{Cr}、ケルダール態窒素 TKN、アンモニア態窒素 NH₄-N、全リン TP、有機炭素 TOC を分析した。

2.2 メタン発酵試験（バッチ試験）の方法

採取された試料を表 2 に示す混合比率のもと、メタン発酵バッチ試験（回分式試験）を実施した。試料 2~5kg をミキサーにて破碎・混合した後、100g を採取し、種汚

泥と混合し、試験に供した。発酵槽は 3.5L、発酵温度は中温（37℃）の湿式メタン発酵試験を最大 4 週間実施した。試験期間中は、ガス流量の計測とともに、発生したガスをアルミバックに捕集し、試験終了後にはガスクロマトグラフィーにてガス中のメタン濃度を分析した。

バッチ試験は表 2 に示す 4 パターンと種汚泥のみの試験を行い、混合比率（重量比率）は町での利用可能量を参考に設定している。結果は種汚泥のみの試験におけるガス発生量を差し引いた値で示している。

表 1 対象とした各バイオマス資源

種類	内容	備考
下水汚泥	脱水汚泥	OD法にて水処理され、脱水機にて処理された汚泥
農業残渣（柿）	-	-
漁業残渣	-	あらや病気の魚
食品廃棄物（生ごみ）	給食厨芥	学校給食調理場から排出される食品残渣
	食品小売店	排出される食品残渣と加工・調理残渣
	栽培工場	栽培過程で排出される葉菜類の根と葉
畜産糞尿	養殖豚	-
	子豚	-

表 2 各パターンにおける混合（重量）比率

原料	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4
下水汚泥	100	92	81	29
農業残渣（柿）	-	3	2	1
漁業残渣	-	5	5	2
食品廃棄物（生ごみ）	-	-	12	4
畜産糞尿	-	-	-	64

※ 数字は重量比率 (%) を示す

食品廃棄物：給食厨芥40%、食品小売店40%、栽培工場20%の割合で混合
畜産糞尿：養殖豚50%、子豚50%の割合で混合

3. 結果と考察

3.1 投入試料の性状分析

各原料（表 1）について、混合比率（表 2）をもとに破碎・混合した投入原料の分析結果を表 3 に示す。なお、各原料の分析結果より、混合の均一性を確認している。

どのパターンも湿式メタン発酵としては TS がやや高く、希釈等の前処理が必要な原料となることが想定された。漁業残渣を投入したパターン 2 は、アンモニア態窒素（漁業残渣：2,900mg/kg-wet）が特に高く、食品廃棄物（パン、米、いも等を採取）を投入したパターン 3 は、有機物量（COD_{Cr} や TOC）が特に高い傾向になった。畜産糞尿を投入したパターン 4 は、糞分を多く含む試料であったことから TS、アンモニア態窒素、リン等が特に高い値を示した。

表 3 各パターンへの投入原料の性状分析結果

項目	単位	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4
pH	-	7.4	6.6	5.1	6.6
TS	%	16	16	18	22
VS	%-TS	90	90	91	83
CODcr	mg/kg-wet	190,000	200,000	230,000	260,000
TKN	mg/kg-wet	14,000	13,000	13,000	11,000
NH4-N	mg/kg-wet	240	680	720	1,600
TP	mg/kg-wet	2,200	2,100	2,300	5,200
TOC	%-TS	48	52	56	52
C/N	-	5.4	6.5	7.7	10.5

※ C/N：TKNとTOCの比率から推計した値である。

3.2 発酵試験（バッチ試験）の結果

試験結果を図 1、図 2、表 4 に示す。メタン転換率（CODcr ベース）は、投入原料の CODcr からメタンガスの化学量論（ $350\text{Nm}^3\text{-CH}_4/\text{t-CODcr}$ ）と各試験でのメタンガス発生量との比率により算定した。

図 1 より、パターン 1 は 5 日程度、4 は 2 週間程度でガス発生量が概ね収束した一方で、2・3 は試験終盤にて収束傾向が見られた。パターン 1 では、OD 脱水汚泥は有機物分解が進んでいることから、早く収束状態に達した要因と推測される。パターン 2 では、易分解性有機物が多く残存しており、農業・漁業残渣の分解がゆっくりと進行し、パターン 3 では、試験初期（0~2 日）のガス発生量が多く、食品廃棄物が他の原料と比較して易分解性であったことが推測される。パターン 4 では、有機物分解が進んでいる畜産糞尿の影響が大きいことから、比較的早くガス発生量が収束したことが推測される。

図 2 と表 4 より、パターン 1 OD 脱水汚泥はガス発生量（ $125\text{Nm}^3/\text{t-VS}$ ）が他の処理方式の汚泥（標準活性汚泥法の余剰汚泥： $270\sim 480\text{Nm}^3/\text{t-VS}^1$ ）よりもガス発生量が小さくなること示された。また、既報の OD 脱水汚泥（ $150\text{Nm}^3/\text{t-VS}^2$ ）よりも小さくなり、当処理場の平均滞留時間 HRT が 45 時間程度で運用され、設計基準値（24~36 時間）より長いことが要因として推測された。有機物量の多い農業残渣や脂質を多く含む漁業残渣を投入したパターン 2 では、ガス発生量原単位（ $397\text{Nm}^3/\text{t-VS}$ ）が大きくなり、食品廃棄物を投入したパターン 3 ではさらにガス発生量原単位（ $526\text{Nm}^3/\text{t-VS}$ ）が大きくなった。一方で、畜産糞尿を投入したパターン 4 では、ガス発生量原単位（ $361\text{Nm}^3/\text{t-VS}$ ）が小さくなった。これは、畜産糞尿が漁業残渣や食品廃棄物と比較して、易分解性有機物が少ないものと考察される。また、メタン転換率は、パターン 1 では 18%と低い値となった一方で、3 では 74%と生ごみ類の既報¹⁾と同等の水準となった。

試験結果をもとに、同一原料であればどのパターンでも同じガス発生量である条件で試算したところ、OD 汚

泥、畜産糞尿、食品廃棄物、農業・漁業残渣の順でガス発生原単位が大きくなった。農業・漁業残渣の分解性が高いもしくは、混合により他の原料の分解性が高まった等の可能性も考えられるが、今回の試験では、個別原料での試験を実施しておらず、推測の域を超えない。

4. おわりに

OD 汚泥等の混合原料を用いたバッチ試験の結果を一事例として報告した。投入原料によりガス発生量の収束時間が異なり、発酵槽等の規模設定のためにも、今後もデータの蓄積が必要となる。本試験では、OD 汚泥を除き各個別原料のバッチ試験を実施していない。そのため、混合による影響を十分に評価することは今後の検討課題ではあるが、本調査で試験した範囲では、OD 汚泥に農業・漁業残渣および食品廃棄物を組み合わせることで、最も高いメタン収量が得られることが示された。

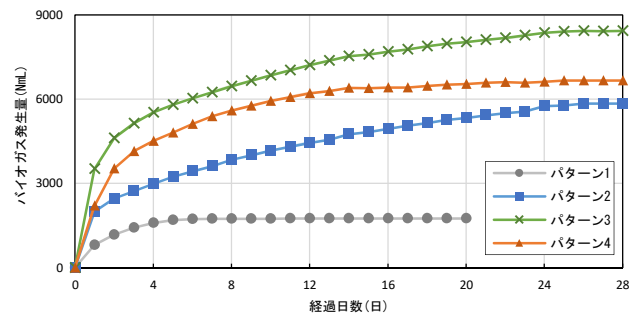


図 1 各パターンのバイオガス発生量の推移

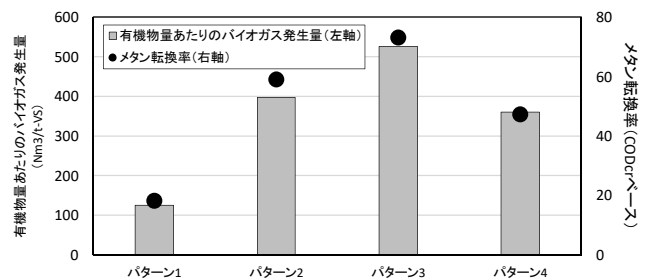


図 2 各パターンのガス発生量原単位とメタン転換率

表 4 各パターンの発酵試験の結果

項目	単位	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4	
バイオガス発生量	NmL	1,750	5,850	8,430	6,660	
メタン濃度	%	69	71	70	65	
湿重量あたり	バイオガス発生量	Nm³/t	17	58	84	67
	メタンガス発生量	Nm³/t	12	41	59	43
固形物あたり	バイオガス発生量	Nm³/t-TS	112	359	476	300
	メタンガス発生量	Nm³/t-TS	78	253	333	194
有機物あたり	バイオガス発生量	Nm³/t-VS	125	397	526	361
	メタンガス発生量	Nm³/t-VS	87	281	367	233
メタン転換率 (CODcrベース)	%	18	59	73	47	
分解有機物あたり	バイオガス発生量	Nm³/t-分解VS	687	673	719	763
	メタンガス発生量	Nm³/t-分解VS	476	476	502	493

謝辞：本調査は、志賀町や各原料の関係皆様のご協力によって実施された。分析・調査やそのとりまとめにあたっては、(株)バイオガスラボ 三崎岳郎氏にご助言頂いた。ここに謝意を記す。

出典：1)野池達也ら「メタン発酵」、技報堂出版 2)戸苅丈仁ら「OD 汚泥と廃油揚げを主体とする 7 種類の廃棄物系バイオマスの高濃度混合消化」、土木学会論文集 Vol78 No.7