

N-8 下水道で発生する油脂浮游物の分解処理システム

アタカ工業(株) 環境研究所

○山下耕司

李 玉友

関 廣二

1. はじめに

下水処理施設で発生する油脂汚泥・スカムは、油脂含有率が高く、粘性も高い疎水性汚泥であるため、迅速で適切な処理処分が求められている。従来は埋立または焼却で処理されているが、臭気が強く、ハンドリングも難しいことから下水処理施設内での分解処理が求められている。

著者らは嫌気性微生物による油脂分解に着目して様々な技術開発を進めた。これまでの実験において、油脂を微生物が利用しやすいように分散させるために、生ゴミを油脂の分散剤として用いることで、高い油脂分解率を得ることができた。室内実験において、油脂と生ゴミを混合破砕した混合物を、高濃度 Co-digestion で処理することにより、油脂含有率(TS ベース)が 40%でもメタン発酵を行うことが可能であることを確認した¹⁾。今回は下水道施設での応用を想定してシステムの構成を紹介した上で、分散剤として下水濃縮余剰汚泥を利用した油脂分解システムの実験例について報告する。

2. システムの概要

2. 1 原理とシステム構成

油脂を嫌気性条件で生物分解するには、まず微生物が利用できるような分散状態に調質しなければならない。油脂の嫌氣的分解においては、油脂分解菌とメタン生成菌の連携・共生が必要不可欠である。

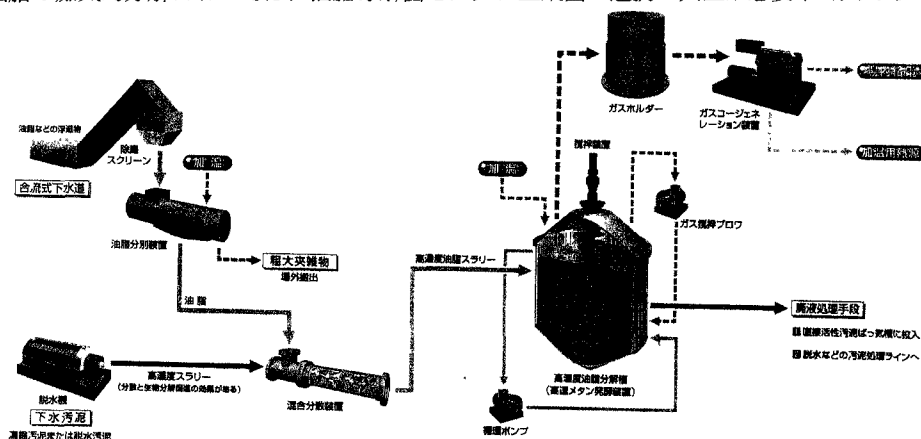


図-1 Co-digestion を用いた油脂分解システムのフロー

この原理に基づき、本システムは図-1 のようにまず油脂を加温して液化化し、濃縮汚泥や生ゴミなどの有機性固形廃棄物を添加して生物分解しやすい均一な油脂スラリーを作る調質工程と、調質した油脂スラリーを高濃度の嫌気性微生物でメタンまで分解するメタン発酵工程との2 段システムで構成されている。

前段調質工程で添加した汚泥や生ゴミは分散効果、栄養調整効果のほかに油脂分解促進効果もある。また後段のメタン発酵では、油脂分解菌とメタン生成菌を高濃度に維持するとともに、投入物と菌体が速やかに混合されるようにガス攪拌と機械攪拌を併用してメタン発酵槽内を十分に攪拌する。

2. 2 システムの特長

本システムの特長は以下の通りである。

- ① 高濃度(TS10～25%)・高負荷条件で油脂を効率よく分解可能。
- ② 特殊な酵素や微生物の投入が不要。
- ③ Co-digestion 方式なので安定運転を確保できる。

3. 処理実験例

3. 1 実験装置ならびに方法

実験装置の概略は図2に示す。投入汚泥は40℃以上(油脂の凝固を防ぐため)の分散調質槽から、ローラーポンプで1日4～8回、定量投入した。投入ポンプはタイマーコントローラーで制御した。メタン発酵槽全容量は8Lで、液体反応有効容積は5Lであった。槽内の攪拌はエアポンプによるガス攪拌で行い、処理混合液はタイマーで制御していた引き抜きポンプより、1日数回排出した。生成したバイオガスは容量式ガスメーターで計量した。なお、メタン発酵槽と気液分離槽の温度は温水ジャケットで保温し、中温消化槽は35℃に、高温消化槽は55℃にそれぞれ維持した。

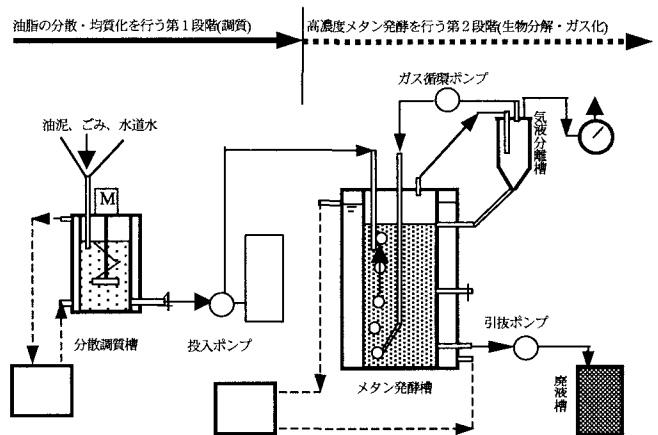


図2 二段 Co-digestion 方式メタン発酵の連続実験装置の概要図

実験用の種汚泥は下水汚泥嫌気性消化槽より採集した消化汚泥から馴致したものであった。油脂スカムはT下水処理場スクリーン(実験1)およびAポンプ場(実験2)より採取した。下水余剰濃縮汚泥(含水率94～95%)と油脂スカム(油脂含有率95%)を湿重ベースで1:1で混合し、高速ブレンダーで分散した。上記混合物に水を加えて、実験1では投入TS濃度を10～14%程度に調整し、実験2では投入TS濃度を20～25%程度に調整し、連続実験の投入汚泥とした。投入汚泥の性状は表.1の通りであった。投入汚泥の油脂含有率は実験1で約44%、実験2では約51%(TSベース)であった。

表.1 投入汚泥の性状

		実験1	実験2
pH	—	6.19	6.62
TS	g/L	135	224
VS	g/L	120	203
VS/TS	%	87.1	90.4
T-脂肪	g/L	59.2	114
T-脂肪/TS	%	43.9	50.9

3. 2 T下水処理場スクリーンユニットの油脂スカムの処理結果(実験1)

実験1での投入TS負荷は9.0 kg/m³/日、油脂負荷は3.94 kg/m³/日で、3ヶ月間の連続実験を行った。

表.2に中温・高温両消化槽における運転条件、有機物分解、ガス組成に関する平均値をまとめた。

投入TS濃度135g/L(13.5%)で中温メタン発酵を行うと、反応槽内のTS濃度は約56g/L(5.6%)で、TS減量化率は58.5%程度であった。それに対して、高温消化を行うことで、反応槽内TS濃度は約46.7g/L(4.7%)で、減量化率は65%であった。

また分散調質槽を発酵槽の前段に設けることで、油脂は高濃度の余剰汚泥によく分散されることが確認できた。分散できた油脂スラリーを後段の発酵槽に投入して処理した結果、中温と高温に関わらず高い油脂分解効果が得られた(約80%)。

ガス生成倍率(1m³の投入汚泥から得られる消化ガスの容量)は中温・高温とも66倍程度となり、下水汚泥高濃度消化(投入TS4～5%の条件で20倍)に比較して約3倍のガス生成能があった。また、脂肪の含有率が高かったため、バイオガス中のメタン含有率は68～70%と比較的高かった。

表.2 メタン発酵槽における運転結果(平均値)

実験系列番号			実験 1				実験 2			
			Run1		Run2		Run3		Run4	
操作条件	温度	℃	35 (中温)		55 (高温)		35 (中温)		55 (高温)	
	HRT	日	15		15		15		15	
	TS 負荷	kg/m ³ /日	9.00		9.00		14.9		14.9	
	油脂負荷	kg/m ³ /日	3.94		3.94		7.57		7.57	
消化槽内水質	項目	単位	測定値	分解率	測定値	分解率	測定値	分解率	測定値	分解率
	pH	-	7.76	-	7.83	-	7.71	-	7.79	-
	TS	g/L	56.0	58.5%	46.7	65.4%	69.6	68.9%	78.6	65.0%
	VS	g/L	41.2	65.7%	34.0	71.7%	56.0	72.4%	62.9	69.0%
	VS/TS	%	72.9	-	72.5	-	80.5	-	79.2	-
	T-脂肪	g/L	12.1	79.6%	11.6	80.4%	16.4	85.6%	23.5	79.3%
	VFA(C ₂)	mg/L	629	-	2291	-	3070	-	1940	-
ガス	アルカリ度	mg/L	9670	-	8867	-	9200	-	7910	-
	ガス発生速度	m ³ /m ³ /日	4.37		4.40		9.66		9.53	
	生成倍率	m ³ /ton 投入物	65.5		65.9		145		143	
	CH ₄ 濃度	%	68-70		68-70		68-71		68-71	

3. 3 合流式下水道Aポンプ場の油脂スカム処理結果(実験 2)

実験 2 での投入 TS 負荷は 14.9 kg/m³/日、油脂負荷は 7.57 kg/m³/日であった。

実験 2 では投入 TS 濃度を 224g/L(22.4%)と実験 1 より 1.7 倍高濃度で投入を行った。実験は約 2 ヶ月間継続し、その結果、中温・高温メタン発酵ともに、TS 減量化率は 65%以上、VS 分解率 69%以上、油脂分解率 80%程度と高い分解率を得ることができた。

ガス生成倍率(1m³の投入汚泥から得られる消化ガスの容量)は中温・高温とも 145 倍程度となり、バイオガス中のメタン含有率は 68~71%であった。

3. 4 脱水性

Run1~Run4 のメタン発酵汚泥を 0.5w/w%のポリアミジン系高分子を用いて脱水試験を行ったところ、薬注容積比率が 28-30%ぐらいで効率よく脱水することができた。

4. まとめ

本研究において図 1 に示す二段システムについて実験した結果、以下の知見が得られた。

- ① 油脂スカムを下水余剰汚泥と混合することにより安定処理することができた。
- ② 投入 TS 濃度 13.5%、油脂含有率 44%で TS 分解率 58%以上、油脂分解率 80%以上であった。ガス生成倍率は 65 倍であり、下水濃縮汚泥を消化した場合の 3 倍であった。
- ③ 投入 TS 濃度 22.4%、油脂含有率 51%で TS 分解率 65%以上、油脂分解率 80%以上であった。ガス生成倍率は 145 倍であり、下水濃縮汚泥を消化した場合の 7 倍であった。
- ④ バイオガス中のメタンガス含有率は 68~71%と高い含有率であった。
- ⑤ メタン発酵後の汚泥の性状は普通の消化汚泥と同様であり、ポリアミジン系高分子を用いて、効率よく脱水できた。

このように本システムを用いることで、従来生物処理が困難であると言われてきた高濃度の油脂スカムを効率よく分解し、バイオガスとして回収利用することができる。

5. 参考文献

- 1)山下ら、高温・高濃度 Co-digestion による油脂系食品廃棄物の高速減量化・資源化処理、第 11 回廃棄物学会研究発表会講演集、p283-285 (2000)