

生ゴミの下水道での受入

NPO21 世紀水クラブ
クボタ環境サービス(株)
清水 洽

(1)はじめに

生ゴミの下水道への取り込みは、欧米ではディスポーザーを用いる事により日常化している。日本の場合、都市部では合流式下水道を採用しており、雨天時に生ゴミが未処理のまま河川に放流される可能性があるため、ディスポーザーの使用は未だ認められていない。

一方、厨芥ゴミは多くの有機物を持っておりエネルギーとして回収するべきであるが、下水汚泥と同様含水率が高く、ゴミの分野ではエネルギー価値は低い。そこで、厨芥ゴミを下水道に取り入れて、メタン発酵としてエネルギー回収をした場合のエネルギー評価を試みた。

尚、厨芥ゴミの性状やエネルギー回収量等のデータは、ヨーロッパで実績のあるスイス・シュミット社より導入し、同業他社と共同で京都市に実証実験を建設し調査したものを用いた¹⁾。

(2)厨芥ゴミの破碎後の性状

第1表にホテル厨芥ゴミ、青果市場が発生する廃野菜等の市場ゴミ、剪定枝としてJAのコンポストセンターで使用している草木類、さらに裁断済み新聞紙等の紙類、それぞれの廃棄物基本性状を示す。市場生ゴミはホテル生ゴミに比較して含水率が91%と高い値だった。また各廃棄物の有機物含有量は90%以上と分流式下水道の汚泥の性状と類似している²⁾。

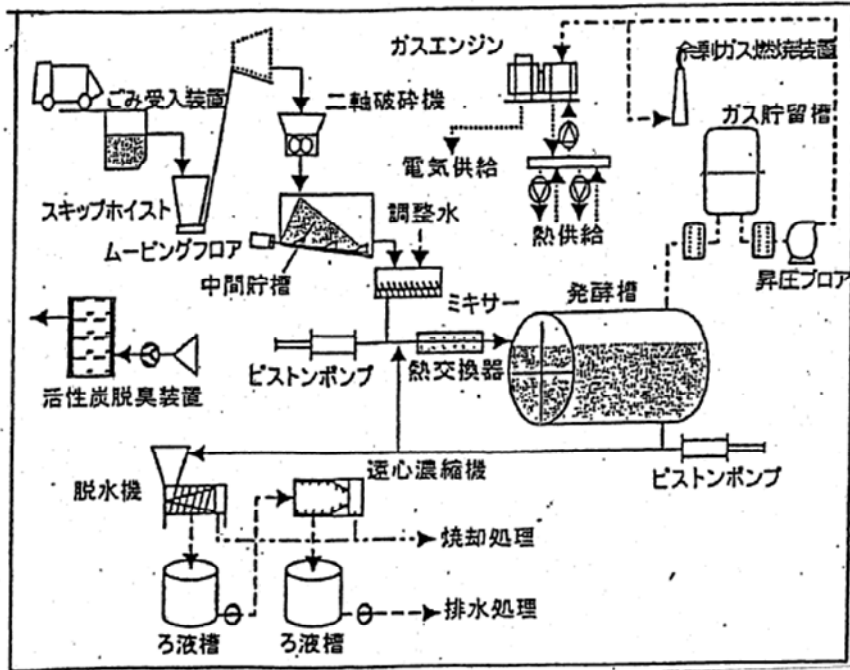
第1表 実証実験の廃棄物基本性状

項目	単位		ホテル厨芥	市場ゴミ※	紙類	草木類
TS 固形物濃度	[%]	最小	21.3	4.9	90.0	46.9
		最大	38.3	12.5	96.8	76.7
		平均	29.2	8.7	93.2	58.8
VTS 有機物濃度	[%TS]	最小	76.8	84.7	95.0	81.3
		最大	96.1	96.7	99.1	97.2
		平均	90.6	91.0	96.2	90.8
T-N 全窒素濃度	[%wet]	最小	0.523	0.084	0.041	0.250
		最大	1.340	0.210	0.715	0.893
		平均	0.966	0.157	0.110	0.645

※段ボール等梱包材をのぞいた分析値

(3)メタン発生量

第1図に強制攪拌つき反応槽の処理フローを、第2表にこの反応槽設備の設計書元を示す。第3表に各廃棄物単独でのガス発生量、第4表に各廃棄物量を混合した時のガス発生量とそのガスのメタン濃度を示す。有機物当たりで約250Nm³/tonと下水汚泥の高濃度消化の300Nm³/tonと比べ少ないが、ガスの組成はメタンガスが55~58パーセントほとんど変わらない³⁾。



第1図 実験プラントフロー図

第2表 実証実験施設の設計諸元

処理対象	生ゴミと剪定枝等の混合物 固定物濃度25~40%
処理量	3t/d(生ゴミ2.5t, 剪定枝0.5t)
処理方式	高温乾式メタン発酵(55℃)
発酵槽	円筒(または半円筒) 横型槽 容量100m ³ 汚泥濃度20%
運転方式	プラグフロー(押し出し流れ)方式
バイオガス発生量	300m ³ /d (dryベース)
ガス利用	ガス発電 温水ボイラー(燃料電池)

第3表 廃棄物の基本数値

項目	単位	ホテル厨芥	市場ゴミ	紙類	草木類
ガス発生量	[m ³ /ton]	170	70	350	55
固形物分解率	%TS	70~80	70~80	40~50	10
アンモニア生成量	[kg/ton]	7.5	1.3	0.5	0.5

第4表 発酵槽へのごみ投入割合とバイオガス量

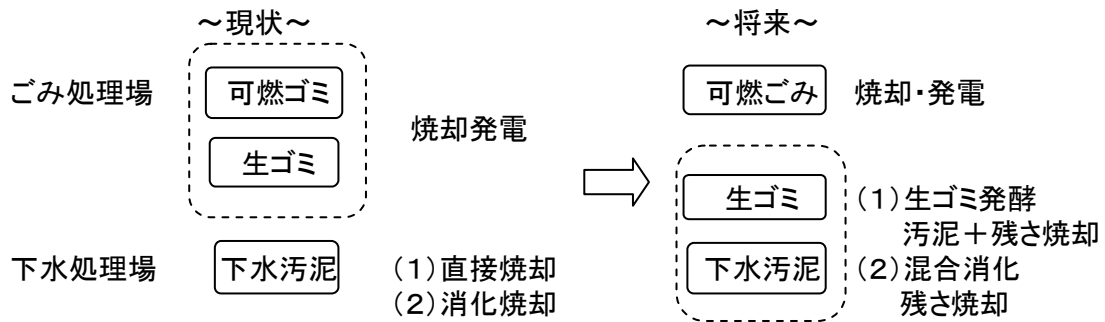
RUN	ホテル厨芥 %	市場ゴミ %	紙類 %	草木類 %	バイオガス量 ごみ1トン [Nm ³ -dry/トン]	CH ₄ 濃度 [vol%-dry]
1-①	72.8	0	27.2	0	220	58.1
1-②	74.5	0	25.5	0	201	57.6
2-①	35.9	0	0	64.1	100	58.0
2-②	46.6	0	0	53.4	124	57.2
3-①	58.5	0	18.1	23.4	162	57.6
3-②	48.3	0	8.5	43.2	144	58.2
4-①	24.2	75.8	0	0	116	57.6
4-②	18.6	81.4	0	0	85.7	57.7
5-①	17.9	60.6	0	21.5	92.9	55.0
5-②	21.7	60.5	7.8	10.0	118	54.4

※投入割合[%]は全有機系廃棄物あたりの各ごみ重量割合(wetベース)

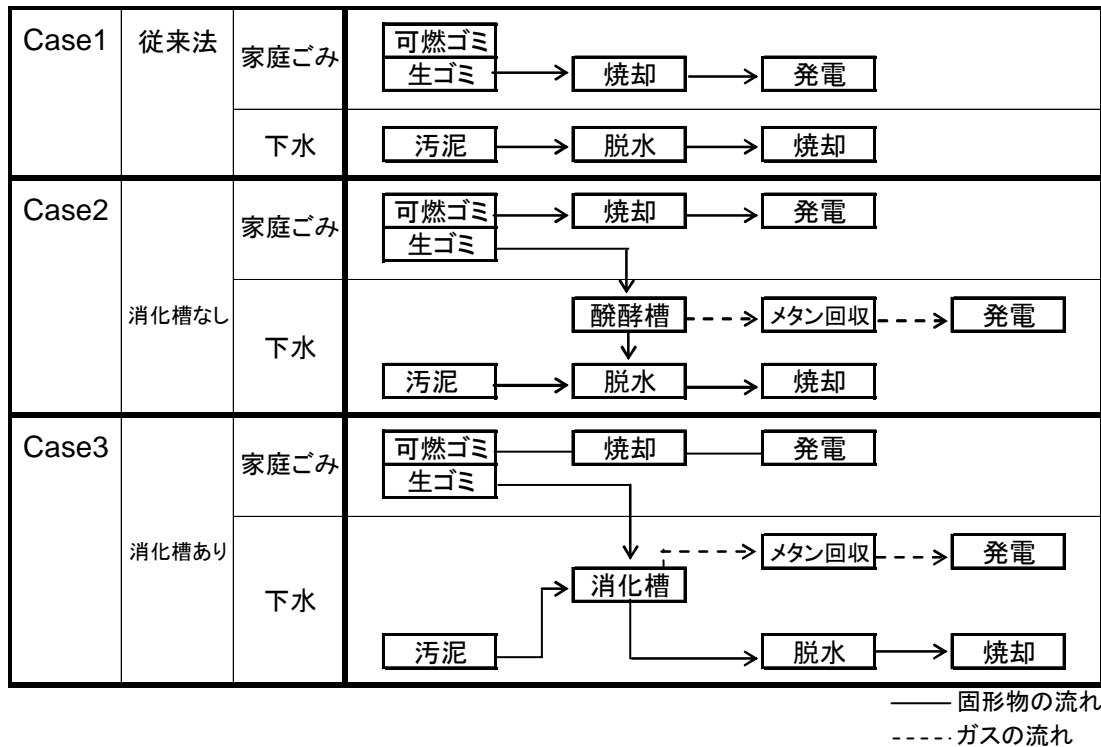
(4) 生ゴミの下水汚泥との混合処理の評価

第2図に下水汚泥と生ゴミ（厨芥ゴミ）の基本的処理法の考え方を示す。現状はゴミ処理場では可燃ゴミと生ゴミを焼却し余剰の熱を電力として回収していた。今回の試算は①含水率の高い生ゴミを下水に取り込み、ごみ焼却場ではカロリーの高い可燃ゴミだけを燃やして電力として回収する。下水処理場に於いては消化槽がある場合とない場合とに分け、②消化槽がないときは、生ゴミを単独で消化しエネルギーを回収する。その後、下水汚泥と混合し脱水、焼却する。③消化槽がある場合は生ゴミを下水汚泥と混合消化、脱水、焼却で処理する。この3ケースに対して試算をする。第3図にこの処理フローを示す。

エネルギー試算は20万人都市を想定し流入下水道100,000m³//日の下水処理場で生ごみを受け入れることにした⁴⁾。生ごみの発生量は0.3kg/人・日として、約60t/日が下水汚泥に加わるとした。試算結果を第5表に示す。



第2図 下水汚泥と生ゴミの処理フロー



第3図 家庭ごみと下水汚泥の処理方式の基本フロー

第5表 ケーススタディー

		Case1 従来法			Case2, 3	Case2		Case3	備考
		都市ゴミ		下水処理場		都市ゴミ	下水処理場		
		発電	消化槽なし	消化槽あり	発電	消化槽なし	消化槽あり		
消化プロセス	消化日数	d	-	-	30	-	12	26.8	Case2: 発酵槽720m ³ , Case3: 消化槽15,000m ³ (=Case1)
	消化ガス発生量	Nm ³ /h	-	-	292	-	148	424	Case1: 投入量の14倍, Case2: COD分解率より算出
	消化ガス発熱量(高位)	MJ/Nm ³ (kcal/Nm ³)	-	-	24.07 (5,749)	-	24.00 (5,733)	24.04 (5,743)	
	加温熱量	MJ/h (Mcal/h)	-	-	3,349 (800)	-	741 (177)	3,592 (858)	Case2: 高温発酵, Case1, 3: 中温消化
	消化ガス使用量	Nm ³ /h	-	-	155	-	34	166	
	消化ガス有効量	Nm ³ /h	-	-	137	-	113	258	発生ガス量-加温用ガス量
	電力使用量	KWh/h	-	42.0	156.7	-	206.8	265.2	
	濃縮(4%)	KWh/h	-	35.7	35.7	-	35.7	35.7	ベルト濃縮: 0.3kWh/m ³
	前処理	KWh/h	-	0	0	-	90	90	生ゴミ受入・破碎: EFA積み上げ
	消化	KWh/h	-	0	1.0	-	56	1.2	Case1: 0.05kWh/m ³ , Case2: EFA積み上げ
	脱水	KWh/h	-	6.3	6.3	-	7.5	7.0	スクリープレス: 0.3kWh/m ³
	返流水処理	KWh/h	-	0	113.7	-	17.6	131.3	Case1: 1,000mg-NH ₄ -N/L, Case2: 2,500mg-NH ₄ -N/L
	CO ₂ 排出量	t/y		179	668		882	1,131	表下原単位一覧参照
焼却プロセス	処理量	tWB/d	200.0	90.9	65.4	140	99.0	77.6	ごみ, 脱水ケーキ, 残さ
		tDB/d	101.6	20.0	11.8	95.6	21.8	14.0	
	含有率	%WB	49.2%	78.0%	82.0%	31.7%	78.0%	82.0%	一般的な数値を採用
	有機物量	%DB	87.2%	80.0%	66.0%	87.3%	77.5%	64.9%	一般的な数値を採用
	高位発熱量	MJ/kg-ds (kcal/kg-ds)	21.56 (5,151)	17.69 (4,226)	16.02 (3,828)	21.84 (5,218)	17.13 (4,091)	15.47 (3,695)	
	発電効率	%	16.2	0	0	16.5	0	0	計算条件の項より収支計算
	ボイラ効率	%	73.6	0	0	74.6	0	0	計算条件の項より収支計算
	発電量	KWh/h	3,329	0	0	3476	0	0	計算条件の項より収支計算
		kWh/tWB	399	0	0	596	0	0	
	消費電力	kWh/h	54	70	51	38	77	60	ごみ: 6.5kWh/t-ごみ, 汚泥: 77kWh/t-cake
	助燃量	l/h	0.0	84.3	64.4	0.0	39.3	31.4	消化ガス有効量を補助燃料として使用
		l/tWB	0.0	22.3	23.6	0.0	9.5	9.7	
	CO ₂ 排出量	t/y	-13,964	2,071	1,569	-14,660	1,152	916	表下原単位一覧参照
計算条件		loss4% 40atx400°C /73%	loss5%	loss6%	loss5% 40atx400°C /73%	loss5%	loss6%	処理規模による 現状最高レベル	
CO ₂ 排出量	t/y	-13,964	2,250	2,237	-14,660	2,034	2,074		
ランニングコスト	百万円/y	△183	▲33	▲36	△193	▲36	▲37	表下原単位一覧参照	

返流水処理原単位 6.4kWh/kg-NH₄-N
 年間稼働時間 8,000h/y
 電力量-CO₂換算量 0.533kg-CO₂/kWh
 A重量-CO₂換算量 2.627kg-CO₂/L
 電力量単位 -11円/kWh
 売電単位 7円/kWh
 A重油単価 -35円/L

計算条件
 Case1 最近の高効率ゴミ発電を想定。
 Case1 一般的な直接焼却。
 Case1 消化後の汚泥は焼却処理。
 Case2,3 最近の高効率ゴミ発電を想定。
 Case2 厨芥単独で発酵後、脱離液は水処理/残さは焼却で処理。
 Case3 生ゴミは汚泥に混ぜて消化。

(5) 試算結果

①都市ごみ発電

ごみ量は減少した単位重量あたりの発熱量は上がるものの、トータルの入熱量は変わらない。また、生ごみを分別しても紙ごみ中にも CI が含まれるため、分別によるボイラの高圧化（発電効率の向上）は望めない。生ごみ分別による効果は、ごみ中の水分が減少することによるボイラ効率の向上とごみ減量による消費電力の低下のみである。したがって、「発電量—消費電力量」は微増（約 5%）という結果になる。

②消化槽の無い下水処理場⁵⁾

生ごみは単独でメタン発酵されるため、①受入・破砕等の前処理にかかる動力、②可溶化・分別等の発酵プロセスにかかる動力、③返流水に含まれるアンモニア性窒素を硝化するための電力が新たに付加される。一方、焼却プロセスでは、生ごみ発酵残渣分だけ焼却処理量が増加するため、10%程度消費電力が増加する。発生したメタンガスを焼却補助燃料とすることで助燃量が約 53%削減される。この結果、CO₂排出量は約 44%減少する。したがって、一連のプロセスをトータルすると CO₂排出量は約 10%減少する。

③消化槽のある下水処理場

消化プロセスでは、受入・破砕等の前処理にかかる動力が付加される。一方、焼却プロセスでは、生ごみ発酵残渣分だけ焼却処理量が増加するため、18%程度消費電力が増加する。発生したメタンガスを焼却補助燃料とすることで助燃量が約 51%削減される。この結果、CO₂排室量葉約 42%減少する。したがって、一連のプロセスをトータルすると、CO₂排出量葉約 8%減少する。

また各家庭ディスポーザーを導入すれば、トラックによる生ごみ輸送のための CO₂ の削減も加わり、さらに大きな効果が得られると思われる。

(6) まとめ

以上、生ゴミのメタンガス発生量と下水汚泥の消化データに基づきエネルギー評価を行った。その結果大きな差はないが生ゴミを下水道に取り込むことにより CO₂ の削減効果は 8%であった。期待したより少ないのは、生ゴミの消化により、NH₄-N が返流水として発生し、この除去に大きな電力が必要になったためである。将来、ディスポーザーが普及すれば、生ゴミは下水としてパイプ輸送となり、エネルギーの削減は大きいと考える。

引用文献

- 1) 社団法人 全国都市清掃会議、『「コンポガス式メタン発酵技術」検証・確認報告書』、平成 13 年 9 月
- 2) 益田光信、小松敏弘、『バイオガス化』、機械学会特別セミナー（最近の廃棄物処理技術）、2001.6 東京
- 3) 河野孝志、小松敏弘、『高温高濃度有機性廃棄物のメタン発酵処理システム』、第 5 回水環境学会シンポジウム、2002.9 東京
- 4) 平岡正勝、清水治、松尾英介、古北克、『下水汚泥処理システムのエネルギー評価』、83 汚泥研究年報（1983）、環境技術研究会
- 5) 清水治、平岡正勝、『下水汚泥からのバイオガス活用評価』、環境技術、Vol.33、No.11,12(2004)