

中温消化・高温消化・オゾン処理を組み合わせた余剰汚泥の嫌気性消化プロセスの検討

東北大学 ○(学)小林 拓朗 田口 貴祥 (正)李 玉友 (正)原田 秀樹 日本大学 (正)野池 達也

1. 目的

下水汚泥は初沈汚泥と余剰汚泥から構成されるが、中温嫌気性消化における余剰汚泥の分解率は低く、効率化が求められている。嫌気性消化は加水分解・酸生成・水素酢酸生成・メタン生成の4段階の反応系からなっている。余剰汚泥の嫌気性消化は加水分解段階が律速であるため、高温消化や物理化学的前処理による余剰汚泥の加水分解促進が検討されている。本研究では、余剰汚泥の分解率向上を目的として、中温消化、高温消化、オゾン処理を組み合わせたプロセスを構築し、余剰汚泥を基質とした連続運転を行った。

2. 実験方法

連続実験装置の概要を図1に示す。消化槽は全て有効容量5Lのガス攪拌によるCSTRである。(a)に示すTMプロセスは基質タンクからHRT15日の高温消化槽(55℃)へタイマー制御で2時間に一回ポンプで基質を送液し、高温消化槽からHRT15日の中温消化槽(35℃)へ汚泥を同様に送液した。(b)に示すTOMプロセスは、基質タンクからHRT15日の高温消化槽(55℃)へ2時間に一回ポンプで基質を送液した。1週間蓄えた高温消化槽の廃液を、オゾン反応槽でオゾン反応率0.02g/g-TSで回分的に反応させ、第2基質タンクに貯留した。第2基質タンクからHRT15日の中温消化槽(35℃)へ汚泥を同様に送液した。種汚泥には余剰汚泥を基質として35℃または55℃で約1年間馴致したものを用いた。基質はM県流域浄化センターから3~4週間毎に採取した余剰汚泥を基質タンクで4℃に保持した。基質の性状を表1に示す。HRTの3倍である運転90日以降は消化汚泥の主要な水質項目の標準偏差が5%以内であるため定常状態と定義した。

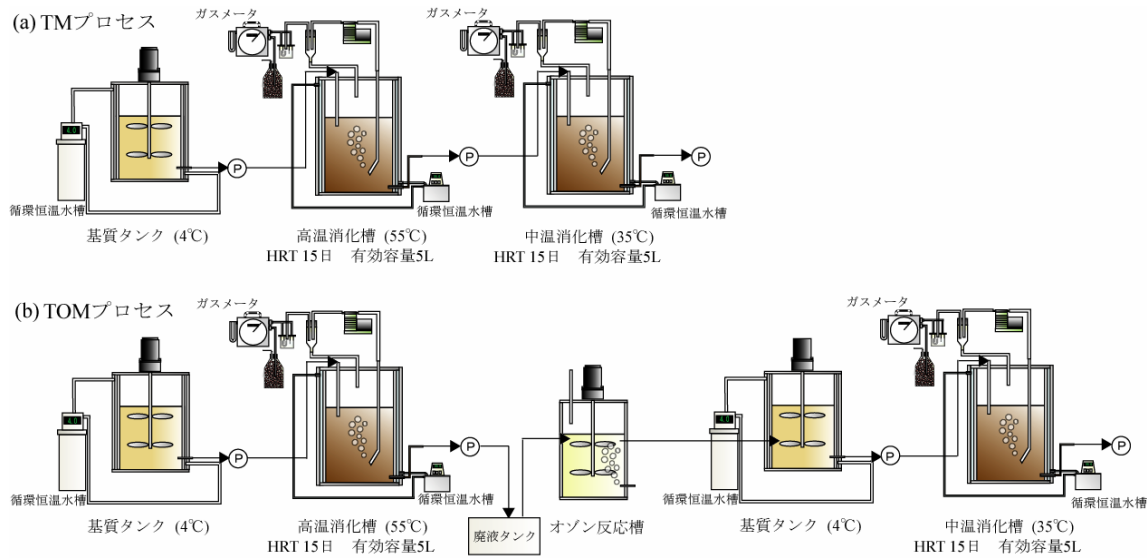


図1 本研究に用いた実験装置の概略図

表1 基質の平均性状(運転92日~123日)

TS	g/L	4.59±0.07
VS	g/L	3.46±0.06
T-COD _{Cr}	g/L	58.3±2.1
タンパク質	g/L	17.1±1.8
炭水化物	g/L	4.9±0.4
脂質	g/L	2.5±1.2
NH ₄ ⁺ -N	mg/L	1538±57
T-P	mg/L	2261±122
pH	-	6.00±0.04

表2 中温消化槽消化汚泥の平均性状(運転92日~123日)

		TM	TOM
TS	g/L	2.69±0.22	2.23±0.08
VS	g/L	1.65±0.26	1.33±0.11
T-COD _{Cr}	g/L	26.3±1.6	21.4±1.4
タンパク質	g/L	7.1±0.6	6.1±0.8
炭水化物	g/L	3.0±0.7	2.3±0.7
脂質	g/L	1.2±0.2	1.2±0.1
NH ₄ ⁺ -N	mg/L	2462±210	2267±95
pH	-	7.66±0.07	7.69±0.14
TVFA	mg-Ac/L	391±36	0±0

Key words: 嫌気性消化, 余剰汚泥, 中温, 高温, オゾン処理

〒980-8579 宮城県仙台市荒巻字青葉6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 E-mail:yyli@ep11.civil.tohoku.ac.jp

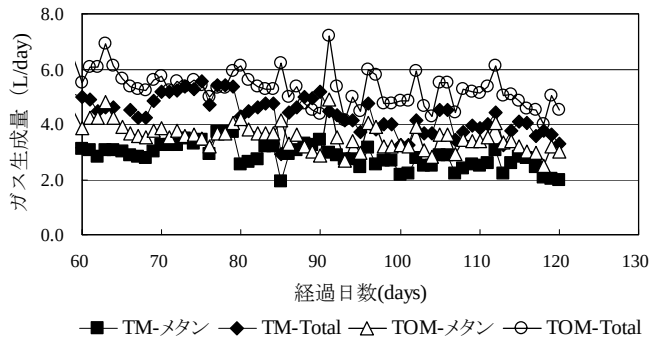


図2 ガス生成量経時変化

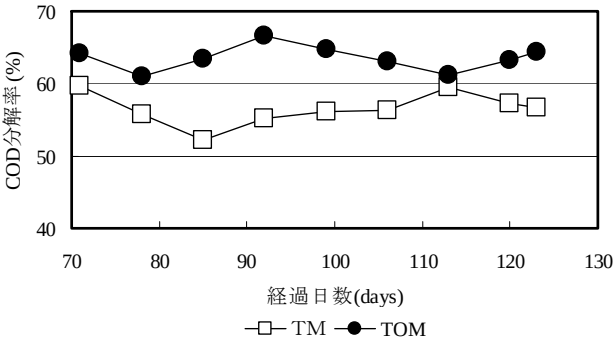


図3 COD_{Cr}分解率経時変化

表3 プロセスの性能比較

比較項目		単位	本研究		対照			
			TM	TOM	中温消化 ¹⁾	高温消化 ¹⁾	オゾン前処理中温消化 ¹⁾	オゾン前処理高温消化 ¹⁾
HRT		日	30	30	30	30	30	30
COD _{Cr} 分解率		%	56.5±2.2	63.6±1.7	46.8±2.8	50.3±6.5	50.3±2.3	48.2±3.1
VSS分解率		%	58.2±5.3	62.5±3.3	40.6±3.0	58.9±5.2	-	-
凝集性(ポリアミン添加量)		g/L	1.16±0.22	0.97±0.18	0.65±0.06	1.85±0.37	-	-
脱水ろ液の性状	COD _{Cr}	g/L	4.2±0.1	4.3±0.1	4.0±0.1	8.0±0.3	-	-
	NH ₄ ⁺ -N	mg/L	2260±102	2120±87	1890±78	1820±102	-	-
	PO ₄ ³⁻ -P	mg/L	1050±42	2120±73	-	-	-	-
	TVFA	mg-Ac/L	0±0	0±0	0±0	0±0	-	-

凝集性は、30mlの汚泥に0.5%ポリアミンを滴下しながら攪拌し、ブロック形成が目視で確認できた時点のポリアミン添加量とした。

3. 実験結果と考察

表2に定常状態における消化汚泥の平均性状、図2にガス生成量経時変化、図3にCOD_{Cr}分解率の経時変化を示す。メタンガス生成量は、TMでは2.94±0.32L/d、TOMでは3.27±0.33L/dであった。COD_{Cr}分解率は、TMは56.5±2.2%であり、TOMは63.6±1.7%であった。したがって、メタンガス生成量とCOD_{Cr}分解率は共にTOMの方がTMより優れていたといえる。

表3にプロセスの性能比較を示す。COD_{Cr}分解率は、表3に示したプロセスの中ではTOM>TM>対照の4プロセスであった。VSS分解率は、TOM>対照の高温消化>TM>対照の他の3プロセスであった。TOMはTMと比較してさらにVSS分解率が向上している。この結果は、オゾン処理により高温消化汚泥中の微生物が死滅したことに起因すると考えられる。高温消化は中温消化と比較してCOD_{Cr}、VSS分解率が大いにも関わらず、溶解性COD_{Cr}成分が残留するために消化汚泥の凝集性が悪化するという問題があった¹⁾。TMおよびTOMプロセスでは、高温消化の後段に中温消化を設けることで、高温消化で残留した溶解性COD_{Cr}成分の分解を期待した。表3に示すように、凝集性は中温消化>TOM>TM>高温消化であり、TMとTOMは高温消化と比較して凝集性が改善した。脱水ろ液の性状は、TMとTOMのCOD_{Cr}、NH₄⁺-N、PO₄³⁻-Pは同程度であり、COD_{Cr}の値は高温消化と比較して1/2程度であった。

4. 結論

TMおよびTOMプロセスにより余剰汚泥の嫌気性消化を行った結果、メタンガス生成量、COD_{Cr}分解率はTM<TOMであり、凝集性はTOM>TMであった。脱水ろ液の性状はTMとTOMで同等であった。

TM、TOMプロセスは、COD_{Cr}分解率において対照とした4プロセスのいずれよりも高く、VSS分解率においてはTOM>対照の高温消化>TM>対照の他の3プロセスであった。凝集性は、中温消化>TOM>TM>高温消化であり、TM、TOMは高温消化と比較して脱水性の改善が見られた。脱水ろ液のCOD_{Cr}は、中温消化において最も低く、TM、TOMが同等であり、高温消化は中温消化の倍程度であった。

これらのことから、TOMプロセスはCOD_{Cr}分解率、VSS分解率において比較対照とした5プロセスの中で最も優れ、凝集性と脱水ろ液のCOD_{Cr}においては中温消化に次ぐ値を示しており、総合的に比較対照とした5プロセスの中で最も優れた性能であると考えられる。

参考文献

1) Teepyobon, S. 余剰活性汚泥の嫌気性消化特性および前酸化処理による促進効果に関する研究 東北大学博士論文 2006