

VII-35

前熱処理下水汚泥の高温メタン発酵特性

東北大学工学部

学生会員 ○小地沢俊宏

東北大学大学院工学研究科

安納幸子

東北大学大学院工学研究科

李玉友

1. はじめに

近年、下水汚泥の効果的な処理方法としてメタン発酵が普及している。メタン発酵は有機性の物質を嫌気性条件下で微生物の働きによりメタンガスに変換するエネルギー回収型の生物処理法であり、汚泥を50%減量化できることに加え、生成したメタンガスをエネルギーとして施設の発電などに用いることができる有効利用法である。しかし、実用化を進めていくためにはメタン発酵の効率を上げるという課題がまだ残されている。現在、前処理技術により汚泥を可溶化し、メタン発酵の効率を上げる研究がされているが、様々な方法が検討されているにもかかわらず、費用に対しての効果が十分に上がらず、実用化されているものはあまり多くない。そこで本研究では、前処理の中でも比較的簡便に行うことが可能である熱処理を取り上げ、ガス生成量の増加が期待される高温メタン発酵を行った。

2. 実験方法

2.1 実験条件および実験手順

種汚泥および基質の化学的性状を表-1に示す。種汚泥は新潟県のM汚泥再生処理センターの、し尿および生ごみを処理対象とする高温消化汚泥を用いた。基質はN浄化センターから、165℃で30分間の熱処理をした混合下水汚泥を水道水でTS7%に希釈して用いた。

実験装置の概略図を図-1に示す。発酵槽は全容量8Lの亚克力製のケモスタット型発酵槽を用いた。有効容量は5Lに設定し、発酵槽内の温度は $55 \pm 1^\circ\text{C}$ に制御して、機械による連続攪拌を行いながら実験した。実験は3系列で行い、RUN1がHRT30日、RUN2がHRT20日、RUN3がHRT10日に設定した。

2.2 分析方法

ガス生成量は、湿式ガスメーターにより測定し、標準状態(0°C , 1atm)に換算した。ガス組成の分析はTCDガスクロマトグラフを用いて行い、硫化水素濃度はガステック製硫化水素検知管とガス採取器を用いて測定した。pHはpHメーターを用いて測定した。TS、VS、SS、VSS、アルカリ度の分析は下水試験法に準じて測定した。COD_{Cr}の測定はStandard Methodに準じて測定し、炭水化物濃度およびタンパク質濃度は、フェノール硫酸法およびLowry法により測定した。VFA濃度は、FIDガスクロマトグラフ法により定量し、アンモニア性窒素濃度(NH_4^+-N)はキャピラリー電気泳動分析器を用いて測定した。

3. 実験結果

3.1 分析結果

定常状態における分析結果を表-2に示す。アルカリ度、 NH_4^+-N 濃度はどちらもHRT10日において低下した。下水汚泥の発酵において、原液にアルカリ度はほとんどなく発酵代謝に由来し、主にタンパク質の分解で放出される

表-1 基質および種汚泥の化学的性状

分析項目	基質	種汚泥
pH	5.72	7.89
TS (%)	7.17	6.11
VS (%)	6.17	4.18
COD (g/L)	Total	99.2
	Soluble	20.1
炭水化物 (g/L)	Total	29.4
	Soluble	1.95
タンパク質 (g/L)	Total	39.7
	Soluble	6.70
VFA(酢酸換算)(g/L)	1.16	2.68
NH_4^+-N (g/L)	0.383	2.21

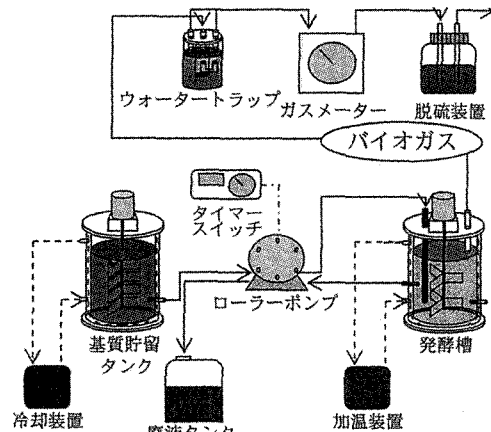


図-1 実験装置の概略図

NH_4^+ と HCO_3^- の平衡に起因する¹⁾。このことから、HRT10日の発酵代謝が良くないため、 NH_4^+-N 濃度が低下し、それに伴いアルカリ度が低下したと考えられる。ガス生成速度はHRTの短縮に伴い高くなり、HRT10日で最大値を示した。ガス生成倍率および投入VS当りガス生成量はそれぞれHRT20日で最大値を示し、HRT10日で最小値を示した。分解VS当りガス生成量はHRT20日で最大値を示し、HRT30日で最小値を示した。ガス組成は、HRT20日において CH_4 が最大値、 H_2S が最小値を示した。

3.2 分解率

有機物分解率に及ぼすHRTの影響を図-2に示す。プロットは実測値、曲線は一次反応の動力学的解析²⁾から求めた予測値を示している。炭水化物、タンパク質の分解率は70%以上と高く、タンパク質の分解率はHRTによる影響が少なかった。TS、VS、CODの分解率は40~60%であった。また、予測値と実測値を比較したところ、ほぼ一致することが分かった。分解率はHRTを長く設定すると向上するが、あまり大幅な向上は期待できないことが分かった。

3.3 COD物質収支

COD物質収支に及ぼすHRTの影響を図-3に示す。有機物の存在形態は、固形物、溶解性物質(SVSやVFAなど)、メタンガスの3種類に分類して算出した。回収率は100~108%であり、正確な解析が行えたことが分かる。メタンガスはどの条件においても、全体の50%以上を占めており、HRT20日において61.0%と最も高い割合を示した。このことから、非常に効率よくメタンガスを生成していることが分かる。固形物はどの条件においても、全体の40%以下となっており、基質の半分の値となっている。HRT30日において36.7%と最も低い割合を示しており、固形物の分解が促進されていることが分かる。溶解性物質はどの条件においても、全体に占める割合は低かった。

4. 結論

- 1) ガス生成速度はHRT短縮に伴い増加しHRT10日において3.11L/L/dであった。投入有機物当りガス生成量および分解有機物当りガス生成量はHRT20日において最大値を示し、それぞれ581L/kg-VS、1020L/kg-VSであった。
- 2) 有機物分解率は一次反応の動力学的解析から求めた理論値と実測値がほぼ一致し、HRTを本実験以上に設定しても大幅な向上は期待できないことが分かった。
- 3) COD物質収支によると、HRT20日においてメタンガス回収率が最も高くなり、HRT30日において固形物回収率が最も低くなった。

5. 参考文献

- 1)李玉友, 張岩, 野池達也: メタン発酵を用いた下水汚泥の減量化・エネルギー回収システム, ECO INDUSTRY, 9(9), pp.15-29, 2004.
- 2)李玉友, 野池達也: 嫌気性消化の酸生成相における余剰汚泥の分解特性, 水質汚濁研究, Vol.10, pp.729-740, 1987.

表-2 定常状態における分析結果

分析項目		RUN1	RUN2	RUN3
HRT(day)		30	20	10
pH		8.09	8.09	7.98
TS (%)		3.56	3.70	4.00
VS (%)		2.52	2.65	2.93
SS (%)		2.71	2.80	3.09
VSS (%)		1.83	1.91	2.18
COD (g/L)	Total	44.1	44.0	50.9
	Soluble	8.28	8.28	11.5
炭水化物 (g/L)	Total	5.12	5.32	6.85
	Soluble	0.66	0.66	0.62
タンパク質 (g/L)	Total	11.4	11.4	11.5
	Soluble	2.43	2.29	2.16
アルカリ度 (g/L)		6.72	6.63	5.71
VFA(酢酸換算)(g/L)		0.816	0.610	0.876
NH ₄ ⁺ -N (g/L)		1.13	1.24	0.721
ガス生成速度 (L/L/d)		1.14	1.79	3.11
ガス生成倍率 (L/L-投入)		34.2	35.8	31.1
投入VS当りガス生成量 (L/kg-VS)		555	581	504
分解VS当りガス生成量 (L/kg-VS)		937	1020	960
ガス組成	CH ₄ (%)	58.7	59.0	57.8
	CO ₂ (%)	41.3	40.7	42.0
	H ₂ S (ppm)	270	265	365

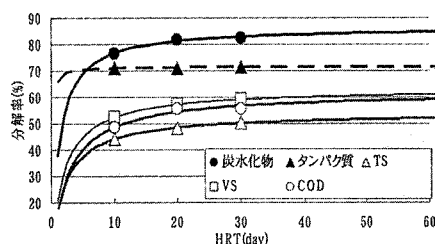


図-2 有機物分解率に及ぼすHRTの影響

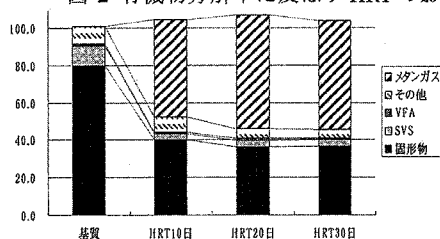


図-3 COD物質収支に及ぼすHRTの影響