

前熱処理余剰汚泥の高温消化と中温消化の比較

東北大学工学部 学生会員 ○金澤拓大
東北大学大学院工学研究科 北條俊昌
東北大学大学院工学研究科 正会員 李玉友，原田秀樹

1. はじめに

近年，地球温暖化防止，循環型社会の形成，新エネルギーの開発，バイオマス利活用等の様々な観点から嫌気性消化技術の重要性・有用性が認識され，新しい技術の開発とバイオガス応用が世界的に注目を集めている．我が国でも，2006 年に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され，下水汚泥も貴重なバイオマス資源として捉えられ，その有効利用が推進されている．嫌気性消化法を用いた下水汚泥処理は汚泥の減量化・安定化の他に，生成したメタンガスを燃料として利用することが可能であるため期待されている技術である．

しかし，従来の嫌気性消化法では，余剰汚泥に難分解性物質が多く含まれるため分解率が低く，更なる効率の向上が課題となっている．そこで，本研究では余剰汚泥に可溶化を促進する目的で前熱処理を施し，高温消化と中温消化を行って，ガス生成特性および有機物分解特性を比較した．

2. 実験方法

基質および種汚泥の化学的性状を表-1 に示す．基質は N 市汚泥再生処理センターの熱処理汚泥（165℃，30min）を水道水で TS5.0%に希釈して用いた．種汚泥は 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と，S 浄化センターの中温消化汚泥を用いた．

実験装置の概略図を図-1 に示す．消化槽は全容量 8L のアクリル製ケモスタット型消化槽を用いた．有効容量は 5L に設定し，温度は高温消化槽内を 55±0.5℃，中温消化槽内を 35±0.5℃ 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 2 系列で行い，共に HRT を 20 日に設定した．

表-1 基質および種汚泥の化学的性状

		基質	中温種汚泥	高温種汚泥
pH		6.42	7.37	7.82
TS (%)		5.00	1.97	2.28
VS (%)		4.06	1.36	1.67
SS (mg/L)		33700	16100	14400
VSS (mg/L)		26100	11500	10200
COD (mg/L)	Total	66900	19700	29200
	Soluble	27100	5200	16000
炭水化物 (mg/L)	Total	4800	1900	4400
	Soluble	2300	300	700
たんぱく質 (mg/L)	Total	20300	5600	6000
	Soluble	10400	1700	3100
脂質 (mg/L)	Total	12400	2800	5200
	Soluble	800	1100	2700
VFA[酢酸換算](mg/L)		2700	100	1200
アルカリ度 (mg/L)		—	4100	6200
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)		400	1000	1600

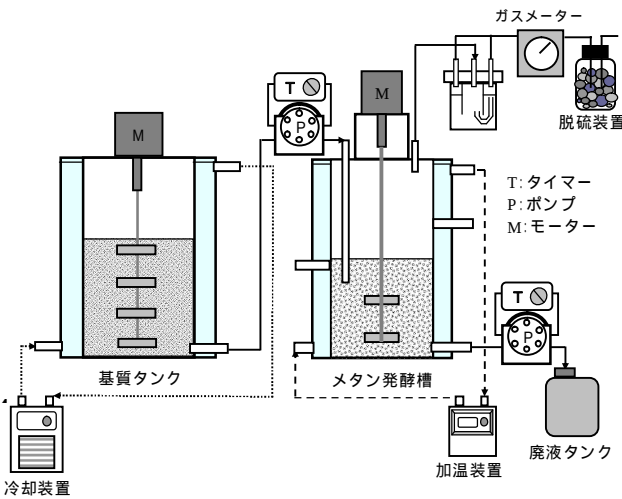


図-1 実験装置の概略図

3. 実験結果

3.1 ガス生成特性

定常状態における分析結果およびガス生成速度の経日変化をそれぞれ表-2，図-2 に示す．ガス生成速度，ガス生成倍率，投入 VS 当りガス生成量，分解 VS 当りガス生成量は，いずれも中温消化において高い値を示し，それぞれ 0.88L/L/d，17.6L/L-投入，0.91L/g-VS，1.73L/g-VS であった．ガス組成は，中温消化において CH₄67.4%，CO₂30.7%，高温消化において CH₄63.7%，CO₂33.8%であった．

3.2 有機物分解特性

各種分解率を表-3 に示す．中温消化における炭水化物，たんぱく質，脂質の分解率は 60%以上，TS，VS，COD の分解率は 45%～55%であり，いずれも高温消化の分解率を上回った．

3.3 COD 物質収支

COD 物質収支を図-3 に示す．本研究では，有機物の存在形態を，固形物，溶解性物質（Soluble-COD），メタンガスの 3 種類に分類した．収率は 91～100%であり，ほぼ正確な解析を行えたことが分かる．メタンガスの収率は，中温消化において 50.7%，高温消化において 35.1%であった．高温消化では，中温消化と比較して加水分解の進行により固形

物が減少したが、一方で溶解性成分が残存する結果となった。

3.4 アンモニア性窒素による影響

一般にアンモニア性窒素によるメタン発酵阻害は、高温発酵では約 2500mg/L 程度とされている。本実験における高温発酵槽のアンモニア性窒素濃度は、阻害濃度に近い 2100mg/L であり、ガス生成および有機物分解がアンモニア性窒素によって阻害された可能性がある。

4. 結論

前熱処理余剰汚泥について高温消化および中温消化を行った結果、以下のような知見が得られた。

- 1) ガス生成速度、ガス生成倍率はいずれも中温消化において高い値を示し、それぞれ 0.88L/L/d、17.6L/L-投入であった。
- 2) 中温消化における TS、VS、COD の分解率は 45%～55% であり、いずれも高温消化の分解率を上回った。
- 3) COD 物質収支によると、メタンガスの収率は、中温消化において 50.7%、高温消化において 35.1%であった。
- 4) 熱処理を施した余剰汚泥について嫌気性消化を行う場合、TS5.0%、HRT20 日の条件下では中温消化の方が有利であると考えられる。

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，Vol.9，No.9，pp.15-29，2004。
- 2) 李玉友：汚泥・生ごみなどの有機性廃棄物の高温メタン発酵，水環境学会誌，第 21 巻，第 10 号，pp.644-649(1998)

表-2 定常状態における化学的性状

		中温	高温
pH		7.55	7.81
TS (%)		2.74	2.92
VS (%)		1.93	2.12
SS (mg/L)		22400	20800
VSS (mg/L)		15700	14400
COD (mg/L)	Total	30700	37600
	Soluble	4300	12400
炭水化物 (mg/L)	Total	1900	2900
	Soluble	400	1000
たんぱく質 (mg/L)	Total	8100	9000
	Soluble	1300	2700
脂質 (mg/L)	Total	4400	4800
	Soluble	100	300
VFA[酢酸換算](mg/L)		2100	2200
アルカリ度 (mg/L)		8000	8100
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)		2200	2100
ガス生成速度(L/L/d)		0.88	0.65
ガス生成倍率(L/L-投入)		17.6	12.9
ガス生成量	(L/g-投入VS)	0.91	0.61
	(L/g-分解VS)	1.73	1.28
ガス組成	CH ₄ (%)	67.4	63.7
	CO ₂ (%)	30.7	33.8
	H ₂ S(ppm)	60	140

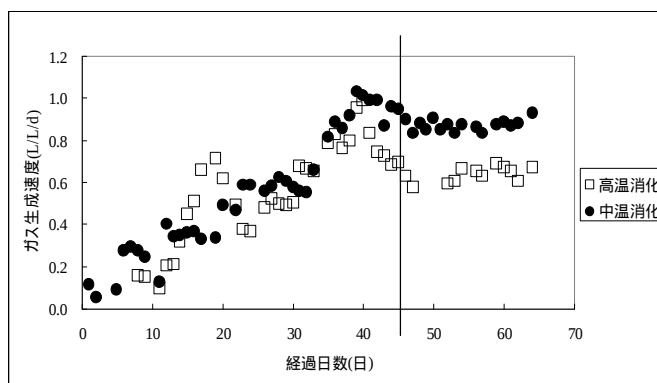


図-2 ガス生成速度の経日変化

表-3 各種分解率(%)

	中温	高温
TS	45.2	41.6
VS	52.5	47.8
COD	54.1	43.8
炭水化物	60.4	39.6
たんぱく質	60.1	55.7
脂質	64.5	61.3

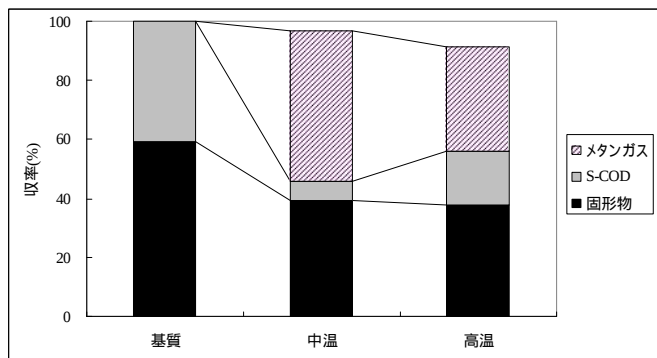


図-3 COD 物質収支