

(科大工) 黒田 正和・柳原 豊

宮崎 茂

1. まえがき 下廃水処理場で発生する汚泥は環境保全のみでなく省エネルギー、有効利用等にも適した効果的な処理・処分法が要望されている。筆者らは先に、畜産廃棄物(豚糞)を高効率嫌気性消化するため速度論的解析を行った。⁽¹⁾⁽²⁾ここでは、下水汚泥の嫌気性消化処理について検討を行った。消化処理の律速段階は必ずしもメタン生成過程のみでなく、難分解性物質では酸生成過程が律速となる。したがって、より高効率の消化処理を行うため、その前処理法として汚泥熱処理について検討を行った。

2. 実験装置および方法 使用した発酵槽及び方法は前報と同じである。¹⁾

3. 実験結果および考察 3-1 汚泥分解速度について

Fig. 1 は酢酸、プロピオン酸、酪酸を基質とし、得られたメタン発生速度も各酸の分解速度に換算して求めた初期分解速度と初期酸濃度との関係を Monod 型速度式が適用できるとして Lineweaver-Bulkplot したものである。

Fig. 1 より式(1)のパラメータは次のようになる。

$$RA = \frac{r_s \cdot E \cdot S}{K_m + S} \quad \dots (1)$$

酢酸 $r_s = 0.17$ [1/day] $K_m = 4.72$ [g/l]
 酢酸 $r_s = 0.11$ [1/day] $K_m = 4.98$ [g/l]
 酪酸 $r_s = 0.167 \cdot (0.30)$ [1/day] $K_m = 5.0$ [g/l]

ここで*()は、酪酸の一部は酢酸を経由して分解されることから $Y_{Ac/Bu} = 1.0$ [mol/mol] としたときの値である。これらのパラメータの値は豚糞で制御馴致した消化汚泥で求められた結果と一致した。¹⁾

Fig. 2 は生汚泥の固分発酵の結果である。図中実線は下水汚泥の栄養学的有機物組成は畜産廃棄物(豚糞)のそれと類似しており、酸発酵における有機物分解速度式は前報の結果 $\{R_E = 0.33 \cdot E \cdot S / (4.0 + S), R_D = 0.054 \cdot E \cdot S / (10.0 + S)\}$ が適用できるとして、式(1)と共に Table 1 の条件で解いた計算値である。図から V S 減少量中 70% が $C_2 \sim C_4$ 揮発酸へ転化し、 C_2, C_3, C_4 の割合が 0.5, 0.4, 0.1 のとき実測値に近い値になっている。また下水汚泥では可分解有機物中の易分解割合は 0.5~0.7 程度であると思われる。

Fig. 3 に Fill and draw による連続消化実験における T S, 酸濃度および発生メタン量の実測値を示し、比較のために Table 2 の条件による計算値を示した。酸濃度の計算値は実測値に比して高い値を示しているが、槽内 T S 濃度、発生メタン量は、ほぼ一致している。

Fig. 4 は A 市水処理場消化槽の経月変化を計算値と比較し、示している。計算値は実測値の傾向を示しているが、実測値測定上の

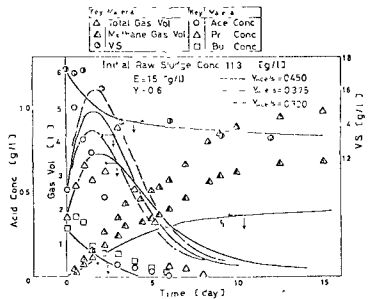
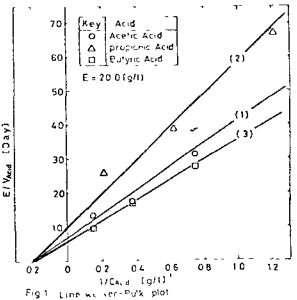


Fig. 2 Batch Digestion of Raw Sludge

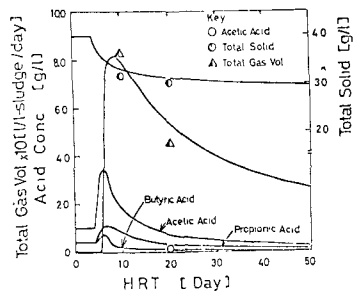


Fig. 3 Simulation of Continuous Digester

Table 1 Data used for the simulation of gas production in batch digester

Y_{CH_4}/r_s	0.35	(mol/mol)
Y_{CH_4}/r_d	0.9	(mol/mol)
Y_{CH_4}/r_{CH_4}	0.9	(mol/mol)
Y_{CH_4}/r_{CH_4}	0.1	(mol/mol)
Y_{CH_4}/r_{CH_4}	10.0/30	(g/l)
$R_E(r_{CH_4})$	0.33	(g/l)
$R_D(r_{CH_4})$	0.054	(g/l)
$R_E(r_{CH_4})$	3.4	(g/l)
Y_{CH_4}/r_s	0.93	(mol/mol)
Y_{CH_4}/r_d	0.85	(mol/mol)
Y_{CH_4}/r_{CH_4}	1.5	(mol/mol)
Y_{CH_4}/r_{CH_4}	1.0	(mol/mol)

Methane Volume (l/g) produced from Acid/0.75
 Methane fraction in Gas Mixture = 0.5
 $r = 0.6$

問題もあり、さらに検討が必要である。
 3-2 汚泥の加熱処理

通常熱処理は、固液分離を容易にするための粒子化(固化)をめざしたものである。嫌気性消化における前処理としては可溶化(易分解物への転化)を促進するもので、固化を起こさないことが有効であると思われる。

Fig. 5は桐生市衛生センターより得た生汚泥の加熱時間によるTOC、揮発酸、TNの変化を示している。各濃度は0.45μmフィルター上澄液中の値である。TOCは揮発酸形態のもの(5-a)とそれ以外のもの(5-b)に分けて示した。Fig. 5-bに示すようにTOCが急激に増加し、この傾向は温度の上昇に伴い促進されるが、86℃の場合、揮発酸への移行が起こらなかった。このような初期にTOCが急激に増加するのは可溶化が速やかに進行することによると思われる。また高温になると熱により変性が起こるため揮発酸の生成が少ないものと思われる。TNの変化もTOC同様な傾向がみられた。

Fig. 6に加熱時間を一定として、汚泥の処理温度による変化を示した。上澄液中のTOC、TNは温度の上昇に伴い増加し67℃、80℃付近でそれぞれ最大となっている。

4. まとめ 下水汚泥の嫌気性消化において酸発酵過程、ガス発酵過程について速度論的検討を行った。得られた酸分解速度は豚糞で制御副致した消化汚泥による酸分解速度と一致した。

下水汚泥中の可分解有機物中の易分解割合は0.5~0.7程度である。汚泥は70℃程度で極く短時間の加熱処理により消化速度の増大や可分解率の増加が得られる。

使用記号

- RA: 酸分解速度 [g/L·day] E: 汚泥濃度 [g/L]
 RE: 易分解性有機物分解速度 [g/L·day] S: 基質濃度 [g/L]
 RD: 難分解性有機物分解速度 [g/L·day] k: 速度定数 [1/day] Km: 平衡定数 [g/L]

参考文献

- 1) 黒田・柳原 土木学会第36回年講 II-51
- 2) 黒田・柳原 土木学会第36回年講 II-53

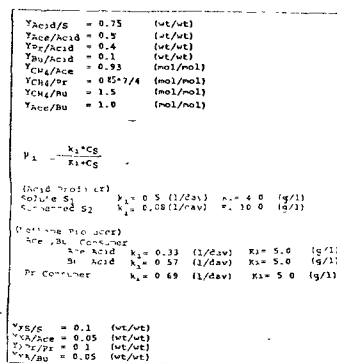


Fig 4 Simulation of Digester

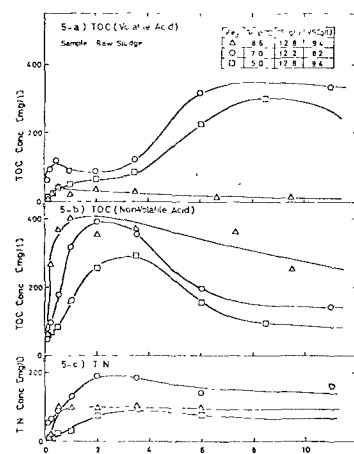


Fig 5 Thermal Treatment of Raw Sludge

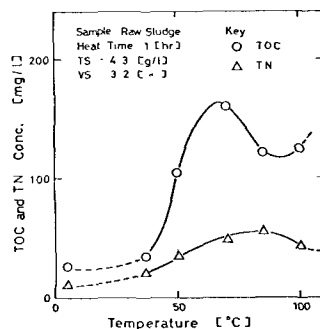


Fig 6 Thermal Treatment of Raw Sludge