

II-455

余剰汚泥の嫌気性消化における物質分解の挙動と反応速度について

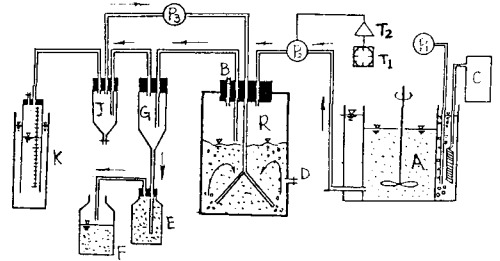
東北大学 学生員 李 玉友  
正 原 野池達也

1. はじめに.

嫌気性消化法は低コストで有機廃棄物を減量化、安定化できると同時にエネルギー源の一つとなるメタンガスを生産できる「石二鳥」の処理法として注目を集めている。効率的なプロセスを開発するために、嫌気性消化過程における物質分解の挙動、反応速度および加水分解と酸生成反応の最適条件を解明し、反応速度とメタン収率の向上を追求することが重要である。このような認識に基づき、本研究では余剰汚泥を基質とする酸発酵に関する一連の研究を行った。ここに酸生成相における物質分解の挙動と反応速度について発表する。

2. 実験方法.

実験装置の概略は図1に示したように、発生したガスを循環させることにより、反応槽内を攪拌混合し、連続的に基質を投入できるピストン型反応槽であり、35±1℃の恒温箱に設置した。基質となる余剰汚泥は仙台市南蒲生下水処理場の活性汚泥を用い、また変性を防止するために基質タンクの温度を5℃以下に保持した。種汚泥は35±1℃の温度条件で5ヵ月以上充分馴致したものをを用いた。基質の投入を完全連続式で行うことは無理なため本研究ではタイマコントロールにより、1日数回にわたり、1回の投入時間60秒の間欠的投入を行った。実験条件の設定は表1に示した。投入汚泥濃度は557667 mg/lで与る。



C, P<sub>1</sub>: Cool Dip System A: Substrate Tank  
T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>: Time Control System  
P<sub>2</sub>: Feed Pump R: Reactor  
D: Mixed Liquor Sampling Port  
G: Gas Sampling Port  
E, F: Mixed Liquor Overflow System  
J, K: Gas Collection System  
P<sub>3</sub>: Gas Recirculation Pump

図1. 実験装置

表1. 実験条件の設定

SRT (day)	反応槽容積 (liter)	投入負荷 (liter/day)	投入回数 (回/day)
0.5	1.0	2.00	20
1.5	1.5	1.00	10
3.0	2.0	0.67	6
5.0	2.0	0.40	4

定常状態を確認するために反応槽内の混合液と発生ガスを1週間に1~2回の頻度で定期的に分析し、定常状態の期間中3回以上の測定値を平均して各実験条件での代表値とした。

3. 実験結果および考察

(1) 全有機物の分解過程: 汚泥の嫌気性消化過程は図2に示したように固形物の加水分解可溶性、酸生成およびメタン生成という逐次反応からなると考えられる。図3に各SRTにおけるSS、VSS、混合液COD<sub>cr</sub>および溶解性COD<sub>cr</sub>の定常値を示した。SS、VSSおよびT-COD<sub>cr</sub>はSRTの増大に伴って減小し、SRT5日の条件ではそれぞれの除去率はSS 29.6%、VSS 33.5% COD<sub>cr</sub> 29.4%である。一般に中温消化による余剰汚泥の分解率はVSS 35%、COD 33%と報告されている。本研究結果によつて、余剰汚泥の分解可能性有機物がSRT5日で大部分除去されたと判断される。反応過程の全般を検討するために、各種有機物のCOD換算値を用いて全過程の物質収支を取

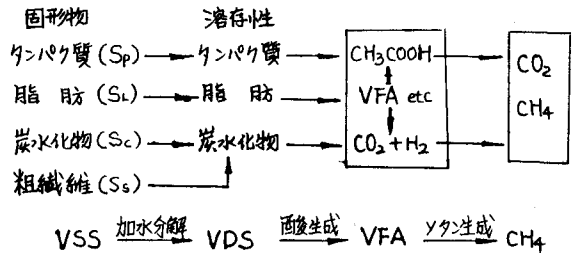


図2. 汚泥の嫌気性消化における物質分解過程

ると表2に示した通りになる。固形有機物(VSS)の減少に伴ってメタンガスの生成量が徐々に増加し、中間産物である溶存性有機物(VDS)とVFAはSRTに対して余り変わらないうで、ほぼ一定値を保つ傾向が見られる。このことより、加水分解されて液化した有機物は速やかにVDSとVFAを経由してメタンに転化したことが推定される。つまり加水分解段階が律速段階になる。

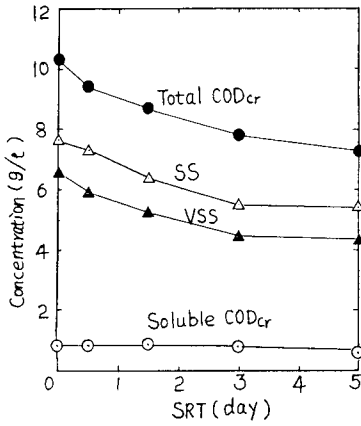


図3. SS, VSSおよびCODの分解過程

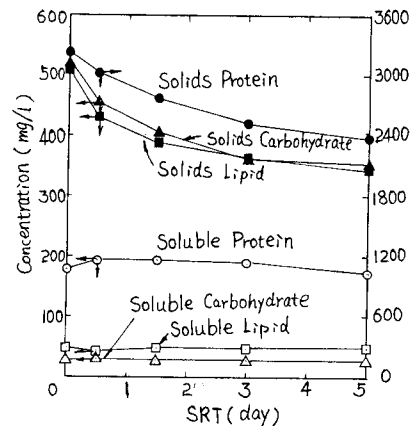


図4. 汚泥の各成分の分解過程

(2) 汚泥の各成分の分解過程: 余剰汚泥はタンパク質、脂肪、炭水化物および粗繊維との四つの成分からなると考えられ、投入した余剰汚泥の組成としてはタンパク質49.4%、脂肪7.8%、炭水化物8.0%、粗繊維34.8%である。図4にはタンパク質、脂肪および炭水化物の分解過程を示している。いずれも固形物はSRTの増加に伴って減少するが、溶存性部分はSRTに依存しない、ほぼ一定値を保つ傾向が見られる。これより各成分の加水分解速度は酸化生成速度より遅く、即ち各成分の除去速度は加水分解速度によって制限されると考えられる。また加水分解速度は残存分解可能性固形物濃度に関して一次反応(1)式と仮定して、各成分

表2. COD Mass Balance (COD%)

SRT (day)	VSS	VDS	VFA	CH <sub>4</sub>	Recovery
Substrate	92.3	3.7	4.0	0	100
0.5	83.2	4.0	1.6	6.3	95.1
1.5	76.5	4.7	1.7	11.9	94.8
3	68.2	4.6	2.1	18.6	93.5
5	64.3	4.1	1.8	22.7	91.9

表3. 加水分解動力学パラメータ

	K <sub>h</sub> (day)	S <sub>n</sub> (mg/l)	S <sub>0</sub> (mg/l)	相関係数 γ	S <sub>n</sub> /S <sub>0</sub> × 100%
タンパク質	0.293	1758	3235	0.988	54.3
脂肪	1.525	330	510	0.992	64.7
炭水化物	0.898	311	523	0.986	59.5
粗繊維	0.549	734	2281	0.937	32.2

$$-\frac{ds}{dt} = K_h(S - S_n) \dots (1)$$

ここで、S—固形有機物濃度、t—時間

S<sub>n</sub>—難分解性固形有機物濃度、K<sub>h</sub>—加水分解速度係数  
 各成分の加水分解速度を解析すると、表3に示したパラメータが得られた。

(3) 加水分解速度の数理モデル: 全固形物の加水分解速度は各成分の加水分解速度の総和に等しく、各成分の分解は一次反応に依存すると仮定し、(1)式と(2)式を用いて、固形物の加水分解速

$$\left(-\frac{ds}{dt}\right)_h = \left(-\frac{ds_p}{dt}\right)_h + \left(-\frac{ds_c}{dt}\right)_h + \left(-\frac{ds_l}{dt}\right)_h + \left(-\frac{ds_f}{dt}\right)_h \dots (2)$$

度を数式で表現すると、図5に示したように実験値と理論値がほぼ一致することが知られた。

4. まとめ、本研究より次の結論が得られた。(1) 余剰汚泥嫌気性消化の律速段階は加水分解段階である、(2) 加水分解速度は(1)式と(2)式で表現される。

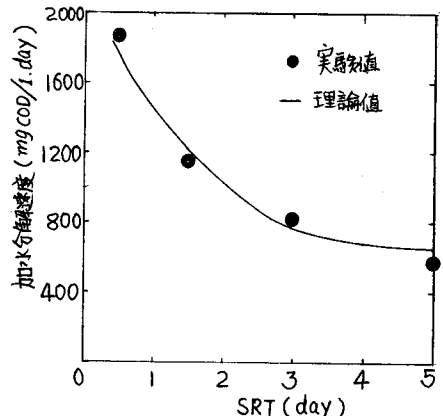


図5. 加水分解速度の解析