

# 下水汚泥の嫌気性消化の酸生成相におよぼす基質組成の影響について

東北大学工学部 学生員 ○藤田英樹  
東北大学工学部 学生員 本田達也  
東北大学工学部 正 員 野池達也

## 1. 序論

嫌気性消化法は、発生する汚泥量が少くないこと、エネルギー源としてメタンガスが生産されるなどの利点を有し、汚泥消化に多く持ち入れられている方法である。汚泥には、初次汚泥と余剰汚泥があり、又汚泥処理プロセスにはこれらが混合され混合汚泥として送られることも多い。基質組成の違いが汚泥消化に及ぼす影響は大きく、特に初次汚泥に含まれているセルロースは重要なガス発生源となっていると考えられている。従って本研究では、余剰汚泥にセルロースを加え、その濃度を変化させることにより基質組成が嫌気性消化の酸生成相に及ぼす影響について検討した。

## 2. 実験材料および方法

回分実験は図1に示すバイアル瓶で、連続実験装置は図2に示すように発生ガスの循環によって反応槽内を攪拌混合する嫌気的メモスタッド型反応槽をもちいた。汚泥投入は1回の投入量100mlでタイマーにより連続的に行なった。基質とする余剰汚泥は仙台市M下水処理場より採取したもの、セルロースはセルロースパウダーE(東洋紙製)を用いた。種汚泥はS下水処理場汚泥消化槽より得られた消化汚泥に余剰汚泥を加えておける条件で3か月以上馴熟したものである。

## 3. 実験結果および考察

①回分実験：種汚泥と基質の割合を1:1とし、基質は各系のVSSがだいたい同じになるようにし、セルロースを糖/VSSがRun1 7.8%、Run2, 24.3%、Run3, 33.5%、Run4 49.7%、Run5 74.9%、Run6 100%になるように加え、実験期間を1か月とし、VFA、発生ガス量及びガス組成をわかった。図3(a)(b)はCOD換算値をもちいた累積発生量、図4(a)(b)は、COD換算値を用いた累積メタン生成量である。又Kは(1)式を用いて出した反応速度定数である。

$$\frac{dG}{dt} = K(G - y) \rightarrow \log \frac{G - y}{G} = -Kt \quad (1) \quad G: \text{消化期間に発生した総ガス(酸)生成量}, y: t \text{ 時間に発生したガス生成量}, t: \text{日数}, K: \text{ガス(酸)生成速度定数}$$

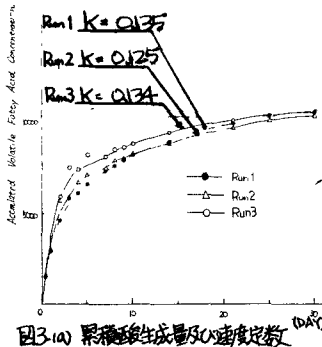


図3(a) 累積酸生成量及び速度定数

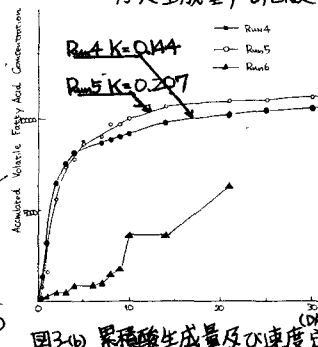


図3(b) 累積酸生成量及び速度定数

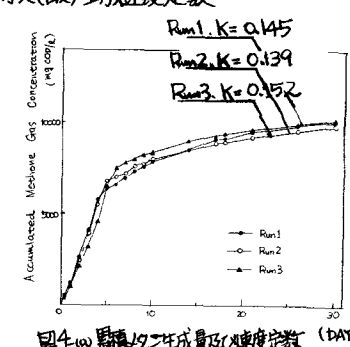


図4(a) 累積メタン生成量及び速度定数

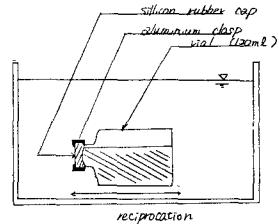


図1. 回分実験装置

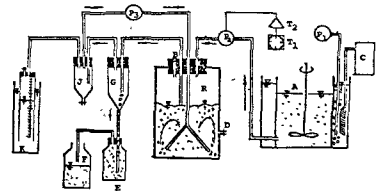
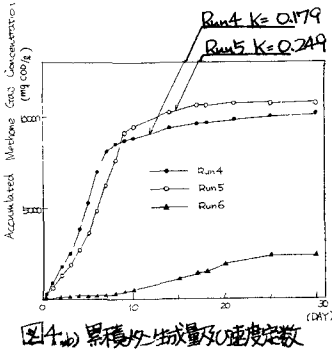


図2. 連続実験装置  
C.P.1: Cool Dig System  
A: Substrate Tank  
T1, T2: Time Control System  
P2: Feed Pump  
R: Reactor  
D: Mixed Liquor Sampling Port  
B: Gas Sampling Port  
G.R.F.: Mixed Liquor Overflow System  
J.K.: Gas Collection System  
P3: Gas Recirculation Pump

図2. 連続実験装置



この結果から検討するとRun1~Run5ではセルロース含有率が高くなるにつれてガス発生速度、及び酸生成速度は大きくなる。しかしRun6(セルロース)においては、基質の分解は遅くガス発生量も低い。このことにより余剰汚泥中ではセルロースはよく分解しガス発生に大きく寄与すると考えられる。

(注) 初めにセルロースは完全な状態で酸生成モジュールを含む合成基質溶液に溶かす。

(2) 連続実験; 連続実験ではRun1(余剰汚泥), Run2~Run4(余剰汚泥+セルロース)とし、糖濃度及びVSSを表1のようにした。

|       | Run1 | Run2  | Run3 | Run4  |
|-------|------|-------|------|-------|
| VSS   | 9582 | 10012 | 9585 | 12900 |
| 糖/VSS | 7.0  | 28.8  | 34.2 | 46.8  |

表1 連続実験におけるVSS、糖濃度

表2はSRT5日における各成分の除去率である。これによればセルロース濃度の高い系では、糖の除去率が高くなり、蛋白質の除去率が低くなる。Run2の汚泥は夏季のもので自己分解が進んでおり除去率は低い。Run4ではSRT0.5日の場合、蛋白質濃度が基質より高かったが、これはセルロース分解菌の増殖によるものではないかと考えられる。表3は式(2)をもちいてRun1とRun4について物質収支をとったものである。

|      | COD <sub>g</sub> | VSS | 糖   | 脂肪  |
|------|------------------|-----|-----|-----|
| Run1 | 282              | 308 | 234 | 360 |
| Run2 | 260              | 290 | 197 | 554 |
| Run3 | 281              | 344 | 257 | 651 |
| Run4 | 435              | 457 | 239 | 753 |

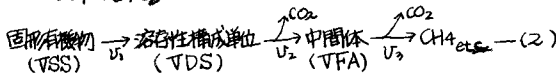
表2 各Runの除去率(%)

|       | SRT | VSS  | VDS | VFA  | CH <sub>4</sub> | Total |
|-------|-----|------|-----|------|-----------------|-------|
| Run 1 | 0   | 92.1 | 5.0 | 1.08 | —               | 100   |
|       | 0.5 | 83.5 | 4.1 | 0.80 | 281             | 93.25 |
|       | 1.5 | 75.8 | 3.7 | 0.61 | 14.79           | 96.88 |
|       | 3.0 | 69.1 | 3.8 | 0.54 | 15.29           | 90.46 |
|       | 5.0 | 65.0 | 4.3 | 0.28 | 21.05           | 92.99 |
| Run 4 | 0   | 92.8 | 5.1 | 2.1  | —               | 100   |
|       | 0.5 | 79.7 | 6.7 | 1.5  | 131             | 101   |
|       | 1.5 | 71.5 | 5.7 | 1.5  | 22.1            | 100.8 |
|       | 3.0 | 58.5 | 5.5 | 0.9  | 30.4            | 95.3  |
|       | 5.0 | 50.8 | 4.8 | 0.2  | 40.5            | 96.3  |

表3 Run1、Run4の物質収支

|       | $\sum_{i=1}^n X_{i00}$ (g) | $K_d$ (day <sup>-1</sup> ) | $\gamma$ |
|-------|----------------------------|----------------------------|----------|
| Run 1 | 61.8                       | 0.613                      |          |
| Run 2 | 55.6                       | 0.300                      | 0.981    |
| Run 3 | 59.4                       | 0.505                      | 0.993    |
| Run 4 | 38.0                       | 0.492                      | 0.963    |

表4 加水分解速度定数と難分解性成分



セルロース濃度の高いRun4についてメタンの収率が高い。又VDS及びVFAの蓄積がみられない。これより加水分解段階は、汚泥の組成に付かわらず律速段階であると考えられる。

断片的考察; 固形有機物の加水分解速度は、残存する分解可能固形物濃度に関して一次反応と仮定すると、式(3)になる。

$$R_d = -\frac{dS}{dt} = K_d(S - S_n) \quad (3)$$

$R_d$ : 加水分解速度

$K_d$ : 一次加水分解速度定数

(3)式をもちいて固形物COD<sub>cr</sub>について

各Runについて解析した結果表4のようになり

良好な相関関係が得られた。

$S$ : 固形有機物濃度

$S_n$ : 平衡時の難分解性有機物濃度

#### 4. 結論

- (1) 酸生成相における加水分解は、汚泥の組成にかかわらず、嫌気性消化における律速段階である。
- (2) 固形物COD<sub>cr</sub>の加水分解速度は汚泥の組成にかかわらず、一次反応に依存する。
- (3) セルロース含有率の高い汚泥では有機物3大成分の分解率は、炭水化物がもっとも高くなる。
- (4) セルロースに余剰汚泥を加えると、セルロースの分解が促進される。したがって都市ゴミなどの廃棄物バイオマスの処理に余剰汚泥を添加することで、処理効率の改善が可能である。
- (5) 汚泥中に含まれるセルロースはガス生成能力が高く、嫌気性消化における重要なガス発生源となっている。

<参考文献> D.J.A. Eastman, J.J. Ferguson; J. WPF, 53, 352-344 (1981)