

早稲田大学理工学部 正会員 遠藤 郁夫
 国士館大学工学部 正会員 金成 英夫
 日本大学生産工学部 正会員 市川 茂樹

1. 緒 論

下水汚泥の嫌気性消化実験を行ない、Monodの式を用いてKineticsの解析を行ない、汚泥消化の高率化について検討を行なった。汚泥消化の高率化については、消化温度、攪拌および汚泥濃度等、種々の研究が行なわれて来たが、本研究では、下水汚泥の生物学的濃縮法を利用して高濃度(6~9%)の汚泥を安定的に供給することのできる高率汚泥消化槽の開発を行ない、高率汚泥消化に関する研究を試みたものである。

2. 実験方法

汚泥消化槽は、図-1に示しているように生物学的汚泥濃縮槽を内槽とし、高率汚泥消化槽と外槽とした二重槽式高率汚泥槽であり消化温度は37°とした。また、生活泥は、生物学的汚泥濃縮槽(内槽)を経て、高率汚泥消化槽(外槽)に1日2回投入した。攪拌は、1日当り4時間行なった。また、在来型汚泥消化槽は、高率汚泥消化槽の内槽を取りはずした装置で実験を行なった。

3. 実験結果および考察

図-2は、汚泥消化実験における投入強熱減量g当りのガス発生量を示すものである。ガス発生量は、滞留日数30日で最大となり、487.2%_gのガス発生量である。ガス発生量は、滞留日数10~25日で対数増殖期となり、30日以上は細胞内呼吸期に相当すると考えられる。図-3は、滞留日数と有機物分解率の関係を示したものである。滞留日数30日で、有機物分解率は51%であった。また有機物分解率は、対数増殖期の滞留日数10~25日の範囲で半対数的に直線に近似することができることから次式によって表わすことができた。

$$y = 40.3 \cdot e^{9.7 \times 10^{-3}x} \quad (1)$$

y : 有機物分解率(%) x : 滞留日数(日)

有機酸濃度は、実験の範囲内で178~242PPMであった。図-4は、消化槽内混合液BODと滞留日数の関係である。対数増殖期と細胞内呼吸期が、ガス発生量の場合とよく付合することが認められる。嫌気性消化の対数増殖期における菌体の増殖速度は、次式によって表わすことができる。

$$\frac{dX^0}{d\theta} = (K - K^d) X^0 \quad (2)$$

X^0 : 菌体濃度, θ : 時間 K : 比増殖速度 K^d : 死滅速度

また比増殖速度は、Monodの式により次のように示すことができる。

$$K = \frac{K^m X^s}{K_s + X^s} \quad (3)$$

K^m : 最大比増殖速度 X^s : 基質濃度 K_s : $K^m/2$ と与える基質濃度
 菌体濃度の時間変化は、次式で表わすことができる。

$$\frac{dX^0}{d\theta} = -Y^0 \frac{dX^s}{d\theta} \quad (4) \quad Y^0: \text{菌体収率}$$

完全混合状態の汚泥消化槽における物質収支は、次のように表わす

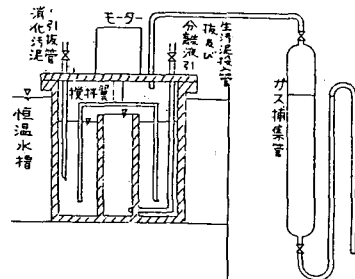


図-1 高率汚泥消化槽

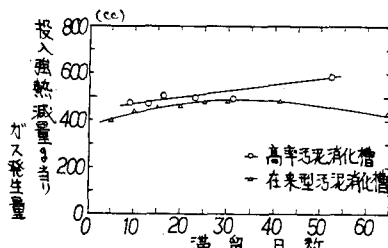


図-2 投入有機物g当りのガス発生量

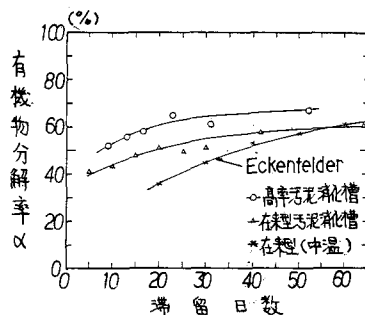


図-3 滞留日数と有機物分解率

ことが出来る。菌体の増殖速度は、

$$\frac{V dX_1^0}{d\theta} = X_1^0 F + (K - K^d) X_1^0 V - X_1^0 \quad (5)$$

V : 容積 X_1^0 : 流入菌体濃度 X_1^0 : 槽内菌体濃度 F : 流入速度

滞留時間 $\theta^r = V/F$ を(5)式に代入すると、

$$\frac{dX_1^0}{d\theta} = \left[K - K^d - \frac{1}{\theta^r} \right] X_1^0 \quad (6) \quad (6) \text{式に(5)式を代入して}$$

$$\frac{dX_1^0}{d\theta} = \left[\frac{K^m X_1^0}{K^m + X_1^0} - K^d - \frac{1}{\theta^r} \right] X_1^0 \quad (7) \quad \text{基質の蓄積速度は}$$

$$\frac{V dX_1^s}{d\theta} = X_1^s F - \frac{K X_1^0 V}{Y^0} - X_1^s F \quad (8)$$

X_1^s : 基質濃度 X_1^s : 槽内基質濃度 $F/V = 1/\theta^r$, $K - K^d = 1/\theta^r$ を(6)式に

$$\text{代入すると, } \frac{dX_1^0}{d\theta} = \frac{1}{\theta^r} \left[X_1^s - X_1^0 - \frac{X_1^0}{Y^0} \right] - \frac{X_1^0 K^d}{Y^0} \quad (9)$$

定常状態で $\frac{dX_1^0}{d\theta}$, $\frac{dX_1^s}{d\theta}$ が0に等しいとき(9), (10)式から次式が得ら

$$\text{れる。} \quad X_1^0 = \frac{Y^0 (X_1^s - X_1^0)}{(1 + K^d \theta^r)} \quad (10) \quad X_1^s = \frac{K^s (1 + K^d \theta^r)}{\theta^r K^m - (1 + K^d \theta^r)} \quad (11)$$

(10), (11)式を変形して(12), (13)式を得る。

$$\frac{X_1^s - X_1^0}{X_1^0} = \frac{K^d}{Y^0} \theta^r + \frac{1}{Y^0} \quad (12) \quad \frac{\theta^r}{1 + \theta^r K^d} = \frac{K^s}{K^m} \frac{1}{X_1^0} + \frac{1}{K^m} \quad (13)$$

動力学定数の諸数値を求め表-1に示した。在来型汚泥消化槽の槽内混合液BOD濃度は、良好な消化状態の範囲内として20~30消化と考えた場合1000~1500ppmであった。このことから槽内混合液BOD濃度を高めるためには、槽内混合液濃度を相当高める必要がある。従って図-1に示してある様に、生物学的濃縮法を利用して高率汚泥消化槽を構築した。高率汚泥消化槽のガス発生量は、図-2に示す様に投入汚泥量に対して14倍(在来型8倍)、投入発熱熱量に対して589℃/vs_g(在来型489℃/vs_g)となり、約1.75倍であることが認められた。また、有機物分解率は、図-3に示すように高率汚泥消化の場合、在来型に比較して分解率がかなり大きいことが認められる。特に、在来型の30日消化は、高率汚泥消化の10日に相当することが認められる。このことから、滞留日数と30日消化にした場合に消化槽容積は、高率消化では1/2以下にすることが出来る。また、有機物分解率を60%とした場合、高率汚泥消化槽では、在来型汚泥消化槽容積の1/3以下であることが認められた。

図-7に示してあるように、高率汚泥消化槽内混合液BOD濃度は、約4000~6000ppmで、Monodの式より求めた $K^s = 6562 \text{ppm}$ に極めて近似していることが認められた。

4. 結 論

汚泥消化に用いる実験を行ない Monod の式を適用し、微生物の増殖に関する諸関係を求め $K_s = 6562 \text{ppm}$ (BOD) から高率汚泥消化に關する基礎的問題の一つを明らかにした。更に、生物学的濃縮法を用いて高率汚泥消化槽について検討を加え、ガス発生量および有機物分解率が著しく増加することが認められた。また、高率汚泥消化槽容積は、在来型汚泥消化槽容積に較べて 1/2 ないし 1/3 以下になるものと考えられる。

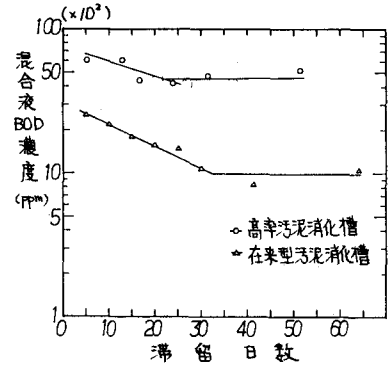


図-4. 槽内混合液BOD濃度

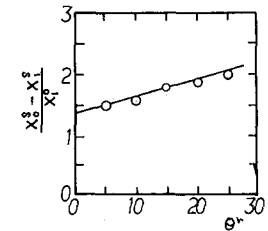


図-5 $\frac{X_1^s - X_1^0}{X_1^0}$ と θ^r のプロット

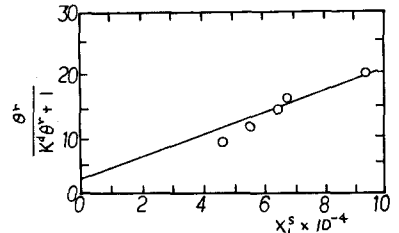


図-6 $\frac{\theta^r}{K^d \theta^r + 1}$ と $\frac{1}{X_1^0}$ のプロット

表-1. 動力学定数値

Y ⁰ (mgVS/mgBOD)	K ^d (day ⁻¹)	k ^m (day ⁻¹)	K ^s (ppm)
0.732	0.020	0.356	6562

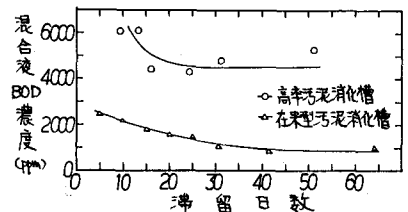


図-7 槽内混合液BOD濃度