

II-459 高率汚泥消化に関する研究

日本大学生産工学部 〇 学会員 市川 茂 樹  
 早稲田大学理工学部 正会員 遠藤 郁 夫  
 日本大学生産工学部 正会員 永田 伸之

1. 緒 論

嫌気性汚泥消化実験を行ない、次の2つの条件、すなわち 1) Monodの式は、嫌気性消化における混合微生物系でも成立する。2) 汚泥の増殖は、菌体の増殖である。等が成り立つものとして、動力学的解析を行ない動力学的モデル定数を算定した。これらの定義から遠藤、倉持らは、中温汚泥消化における最小消化日数は7日消化であることを明らかにし、汚泥消化槽の安全率について検討を加えている。本研究は最小消化日数7日消化が良好な消化状態を確立して、動的平衡状態となり、完全に定常状態が維持できるための条件を求め、併せて高率汚泥消化について解析的に検討し、明確な定義をしようとするものである。

2. 実験方法

下水汚泥を半連続的に投入し、消化実験を行なった。消化温度は37°Cとし、消化日数は、5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, および60日とした。攪拌は槽内が均一になる程度、1日2回手で振盪した。消化槽からの混合液の引き抜きは、ガス測定後、槽内を均一に振盪してから行なった。また、下水汚泥(生汚泥)投入後、消化槽混合液が十分混合するように振盪した。

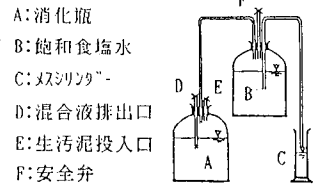


図.1 実験装置

ように振盪した。槽内混合液は常に一定に維持した。実験装置を図, 1に示した。

表.1 下水生汚泥および消化槽内混合液の性質

消化日数 (day)	混合液濃度 (mg/l)	VS / TS (%)	P H	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	有機酸濃度 (mg/l)	COD (g/TSg)	BOD (g/TSg)	ガス発生量 cc/投入vs-g
5.1	15086	74.3	6.93	3338	2555	232	0.221	0.169	401.3
10.2	13431	72.8	7.02	3578	2199	249	0.266	0.164	443.6
15.1	12938	71.5	7.02	3311	1843	244	0.256	0.142	462.5
20.3	12487	89.1	7.10	2499	1580	230	0.200	0.127	466.3
25.0	12617	86.8	7.15	2512	1498	234	0.199	0.119	483.8
30.7	12343	66.4	7.13	2304	1088	172	0.187	0.088	487.2
41.4	12400	63.9	7.25	1685	838	161	0.136	0.068	480.2
64.0	12852	67.9	7.25	2249	1079	168	0.175	0.084	437.8
生汚泥	21668	84.0	5.80	5708	18560	981	0.263	0.857	

3. 実験結果および考察

嫌気性汚泥消化実験を行ない、表, 1のような結果を得た。これらの実験結果について動力学的解析を行なうため

に、ガス発生量、揮発性有機酸、有機物分解率、および消化槽内混合液の性質などについて検討を行ない、対数増殖期は、消化日数15.1日~41.4日の範囲であると認められた。従って、この範囲に Lineweaver-Burk plot 法(1)式および(2)式を適用し、動力学的モデル定数  $Y^0$ ,  $K^d$ ,  $K^m$  および  $K^s$  等を図, 2 および図, 3 から直接求めた。

$$\frac{X_0^s - X_1^s}{X_1^s} = \frac{K^d}{Y^0 \theta} + \frac{1}{Y^0} \quad (1) \quad \frac{\theta^r}{1 + \theta^r K^d} = \frac{K^s}{K^m X_1^s} + \frac{1}{K^m} \quad (2)$$

表, 2に動力学的モデル定数を示した。表, 2の各定数を Monod の式に代入し、(3)式を得ることができた。

$$K = \frac{K^m X_1^s}{K^s + X_1^s} = \frac{0.395 X_1^s}{8998 + X_1^s} \cdot \text{day}^{-1} \quad (3)$$

細菌の増殖は、対数増殖期では単分子反応に従うから世代時間  $g$  は、(4)式で示すことができる。また、世代数は、(5)式となる。

$$g = \ln 2 / \mu_K = 0.693 / K - K^d \quad (4)$$

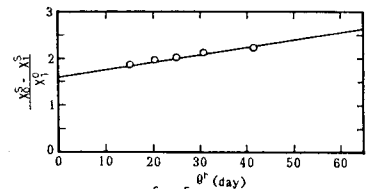


図.2  $\frac{X_0^s - X_1^s}{X_1^s}$  と  $\theta^r$  の Plot

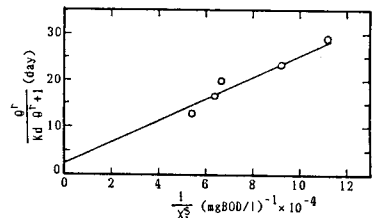


図.3  $\frac{\theta^r}{Kd \theta^r + 1}$  と  $\frac{1}{X_1^s}$  の Plot

$$n = t/g \quad (5)$$

汚泥消化槽内で動的平衡状態が成立し、定常状態が維持されている場合、正味の比増殖速度 \$K\$ は、 $K = K - K^d = 1/\theta^r - (6)$  となる。従って、(4)式は  $g = 0.693 \cdot \theta^r$  となる。また、世代数  $n = \theta^r/g =$

1.44 となる。実験値と理論値を図、4および図、5に示した。このことから対数増殖期で動的平衡状態に達し、定常状態が安定的に確立している消化日数は、20日以上であると考えられる。結局、現在の汚泥処理プロセスでは、投入生汚泥濃度は多くの場合、1.6%~2.6%の範囲内である。この様な投入汚泥で汚泥消化槽を運転した場合、円滑な消化が進行し定常状態が維持できるための消化日数は、20日消化以上であることが動力学的解析から明らかとなった。従って、消化温度を一定にした場合(たとえば37℃)汚泥消化の高率化とは、20日消化以上で消化日数20日ないし30日程度と同程度の消化効率を得ることであると考えられる。従って、遠藤、倉持らの研究によれば、中温消化における最小消化日数は、7日消化であるから結局、高率汚泥消化槽の消化日数は7日消化以上20日消化以内であることができる。そこで、7日消化が20日消化以上の消化効率を表すための条件を動力学的解析より求めた。すなわち、7日消化の槽内混合液の性質は、少なくとも20日消化の混合液と同程度であることが必要である。

$$\left( \frac{BOD \text{ mg/l}}{MLTS \text{ mg/l}} \right)_{7 \text{ 日消化槽混合液}} = \left( \frac{BOD \text{ mg/l}}{MLTS \text{ mg/l}} \right)_{20 \text{ 日消化槽混合液}} \quad (7)$$

$$\left( \frac{BOD \text{ mg/l}}{MLTS \text{ mg/l}} \right)_{7 \text{ 日消化槽混合液}} = \left( \frac{1580}{12482} \right) = 0.127 \quad (8)$$

$$(MLTS \text{ mg/l})_{7 \text{ 日消化槽混合液}} = 7.9 \times (BOD \text{ mg/l})_{7 \text{ 日消化槽混合液}} = 7.9 \times X_1^0 \quad (9)$$

$X_1^0$ : 7日消化槽混合液(BOD mg/l)

一方、定常状態が成立した消化日数と消化槽混合液のBOD ( $X_1^0$ )との関係は、(10)式となる。

$$\frac{1}{\theta^r} + K^d = \frac{K X_1^0}{K^s + X_1^0} \quad (10)$$

(10)式に表、2の動力学的モデル定数および $\theta^r$ を代入すれば、

$X_1^0$ を求めることができる。従って、(9)式は

次の様に計算することができる。(9)式、数値計算、 $(MLTS \text{ mg/l})_{7 \text{ 日消化槽混合液}} = 7.9 \times 5690 \approx 45000 \text{ mg/l}$

表、3は、中温汚泥消化における最小消化

日数の場合、良好な消化状態が進行して定常状態が十分維持された場合の消化槽混合液の性質を動力学的モデルから計算したものである。これらの諸結果を実証する意味で10.4日消化(=7日消化×1.5)について高率汚泥消化実験を行なった。表、4に示すように、極めて良好な消化状態が得られた。消化の程度は、表、1と比較して、20日消化場合によつては30日消化と同程度の消化が行なわれたことが認められた。

4. 総括および結果

汚泥消化に関する動力学的解析を行ない、汚泥消化における消化の程度から高率汚泥消化について定義した。また、それらの定義に基づいて、高率汚泥消化を行ない極めて良好な結果を得ることができた。

表.2 動力学 Modelの定数

対数増殖期 (day)	$Y_0$ (mgVS/mgBOD)	$K_d$ (day <sup>-1</sup> )	$K_m$ (day <sup>-1</sup> )	$K_s$ (day)	係数算定条件
15~40	0.618	0.01	0.395	8998	BOD, VS

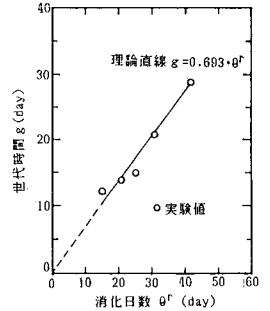


図.4 消化日数と世代時間 g

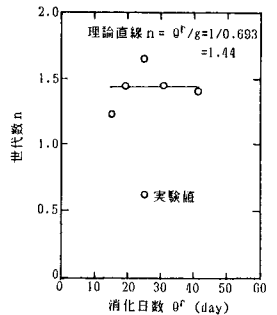


図.5 消化日数と世代数 n

表.3 動力学的理論から求めた最小消化日数7日消化の場合の消化槽混合液の性質

蒸発残留物 MLTS (mg/l)	BOD $X_1^0$ (mg/l)	pH	比増殖速度 K (day <sup>-1</sup> )	比死滅速度 $K_d$ (day <sup>-1</sup> )	世代数 n	世代時間 g (day)
45000	5690	7.1	0.153	0.01	1.44	4.85

表.4 高率汚泥消化実験結果(10.4日消化)

消化槽混合液(消化汚泥)の性質

消化日数 (day)	蒸発残留物 (mg/l)	強熱減量 (mg/l)	VS / TS (%)	pH	BOD (mg/l)	BOD.g / MLTS.g	COD (mg/l)	有機酸(mg/l) (酢酸として)	有機物分解率 (%)
10.4	32278	24079	74.6	7.60	4139	0.128	14261	204	51.5

ガス発生量

ガス発生指数	ガスcc/投入VS.g	ガスcc/分解VS.g
生汚泥	463	901
濃縮汚泥		
11.0	28.2	