

II-496

嫌気性汚泥消化における Self-Control Action に関する実験的研究

早稲田大学理工学部 正会員 遠藤郁夫
早稲田大学理工学部 学生員 ○倉持哲也
日本大学生産工学部 学生員 奈良松範

1. 緒 論 完全混合型嫌気性消化実験を行い、合成基質による嫌気性消化は Monod 式が適用できることを示し、反応槽が Self-Control Action を持つ可能性を指摘した。汚泥消化の Self-Control Action を実験的に確かめ、その特性を捉え、高率汚泥消化に関する運転操作条件について検討を加えたものである。

2. 完全混合型反応槽の Self-Control Action 完全混合型反応槽において、基質および微生物の物質収支について検討を加える場合、Monod 式は、単純化しすぎたモデルであるとも言われている。しかしながら、阻害要因を考慮して複雑な式を使用すれば、その解析は極めて困難となる。Monod 式が現在を広く使用されている現状を考慮して、本研究においても Monod 式を適用して検討を行った。

この反応槽において嫌気性消化が円滑に進行して、動的平衡状態が維持され、安定した定常状態が確立している場合、微生物の物質収支式は $dX_1^0/d\theta=0$ 。また、基質の物質収支式は $dX_1^s/d\theta=0$ となる。従って、微生物濃度 X_1^0 および X_1^s は、それぞれ (1) 式および (2) 式で表すことができる。

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

k^m ; 微生物比増殖速度最大値, k^s ; Michaelis-Menten Constant (飽和定数)

(1) 式について考察すると、 X_1^s すなわち、反応槽内混合液の基質濃度、例えば混合液 BOD は投入基質濃度 (例えば BOD) に関係なく、消化日数 θ (k^m, k^s および $k^d = \text{Constant}$) によって一義的に決まることが認められる。反応槽内混合液濃度 (例えば BOD) X_1^s が一定であるためには、流入基質濃度が増加するに従って、基質の分解が増加することを意味する。この様な反応槽の作用が、反応槽の Self-Control Action である。

3. 実験結果と考察

3.1 合成基質による嫌気性消化実験 合成基質による半連続投入消化実験を行い、消化が十分に進行して動的平衡状態が維持されている場合の混合液の性質は 20 日～40 日消化の範囲で、pH 7.2～7.4、ガス発生量 10～12 倍および有機酸分解率は 97～99% の範囲であった。これらの消化実験に、Monod 式の適用を試みるために (1) 式および (2) 式に Lineweaver-Burk plot 法を用いて 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、図-2 および図-3 に示した。

図-2 および図-3 に見られるように、消化日数 20 日、30 日および 40 日消化の 3 点より直線を決定しているの、必ずしも

Model Constant の信頼性については、今後の研究に依らねばならないが、従来の研究にかなり近似した値が得られた。従って、巨視的観点からすれば、合成基質の嫌気性消化実験は Monod の式を適用することができるものと考えることができる。また、(2) 式の X_1^s に Model Constant を代入すると、

$$X_1^s = \frac{2700 + 20.5\theta}{0.33\theta - (1 + 0.0076\theta)}$$

となり、 X_1^s は明らかに θ だけの関数であり、合成基質による完全混合型嫌気性消化では Self-Control Action 能を持つことが十分考えられる。

3.2 汚泥消化実験 汚泥消化実験において消化日数は 20～60 日消化の範囲内では極めて安定した良好な消化状態が得られた。しかも、動的平衡状態の場合、pH は 7.1～7.3、有機酸は 168～230 mg/l (酢酸として)、ガス発生量は投入量の 7～8.6 倍で、投入熱強減量 (VS: g) 当り 402～487 cc/Vs: g・日であった。汚泥消化槽混合液 BOD を図-4 に示した。混合液 BOD の減少型は 20 日～40 日消化の範囲では消化日数との間で単分

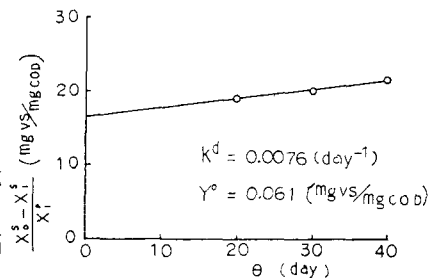


図-2 θ と $(X_0^s - X_1^s)/X_1^s$ の関係

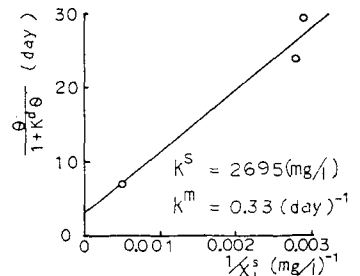


図-3 $1/X_1^s$ と $\theta/(1 + k^d \theta)$ の関係

子反応に従うことが認められた。表-2は消化日数20日および30日消化として、投入污泥BOD濃度を交えた場合の消化槽混合液BOD(X_1^S)である。表-2に見られるように、消化日数が決まれば、投入污泥BOD濃度に関係なく、ほぼ一定であることが認められた。このことは、消化槽混合液BODが消化日数によって一義的に決まることを示すものと考えられ、

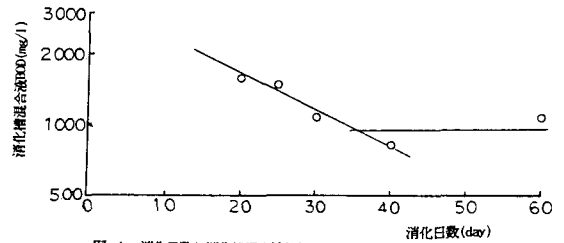


図-4 消化日数と消化槽混合液BOD

污泥消化槽には Self-Control Action 能が十分存在するものと考えられる。完全混合型污泥消化において、Self-Control Action が作用することから、消化槽混合液を微生物学的ふるまいをする污泥(M)と考え、混合液基質濃度(F)とすると F-M 比として表すことができる。そこで、Fは混合液基質濃度(X_1^S)で、例えば BODとする、M は混合液強熱減量が考えられるが、污泥消化における混合液は微生物の他、不活性有機物(難分解性有機物)或は生活污水の一部も含む可能性があり、必ずしも強熱減量が直接微生物学的ふるまいをする污泥の代表値とするにはかなりの困難がある。そこで、実際上の測定の容易さを勘案して、本研究では混合液蒸発残留物をMとした。30日消化の場合、表-2より(4)式となる。

$$\frac{F}{M} = \frac{\text{混合液基質濃度}}{\text{混合液蒸発残留物}} = \frac{X_1^S}{X_1^T} \quad \text{----- (3)} \quad \left(\frac{X_1^S}{X_1^T} \right)_{30\text{日消化}} = 0.0812 \left(\frac{\text{BOD mg/l}}{\text{TS mg/l}} \right) \quad \text{----- (4)}$$

X_1^S は消化槽の Self-Control Action により消化日数が決まれば、 $X_1^S = \text{constant}$ となる。従って、15日消化が30日消化と同程度の消化状態を得るためには(5)式となる。図-4より、 $X_1^S = 2000$ (BOD mg/l)となるから、(5)式より、 $(X_1^T)_{15\text{日消化}}$ は次の様に求めることができる。

$$\left(\frac{X_1^S}{X_1^T} \right)_{15\text{日消化}} = \left(\frac{X_1^T}{X_1^T} \right)_{30\text{日消化}} = 0.0812 \left(\frac{\text{BOD mg/l}}{\text{TS mg/l}} \right) \quad \text{---- (5)} \quad (X_1^T)_{15\text{日消化}} = \frac{2000}{0.0812} = 24631 \text{ (TS mg/l)} \quad \text{--- (6)}$$

従って、消化槽混合液濃度は24631(TS mg/l)となる。また、30日消化の有機物分解率を50%とすると、投入生活污水蒸発残留物濃度は、(7)式で表すことができる。

$$(X_0^T)_{15\text{日消化}} = \frac{X_1^T}{1 - \alpha \beta} = \frac{24631}{1 - 0.8 \times 0.5} = 41051 \text{ (TS mg/l)} \quad \text{----- (7)}$$

α ; 投入生活污水有機物含有率 0.8(80%), β ; 有機物分解率 0.5(50%)

表-2 20日および30日消化における消化槽混合液BOD(X_1^S)

消化日数	投入生活污水				消化槽混合液						
	BOD [X_0^*] (mg/l)	蒸発残留物 [X_0^*] (mg/l)	強熱減量 [X_0^*] (mg/l)	VS/TS [X_0^*/X_0^*] (%)	BOD [X_1^*] (mg/l)	蒸発残留物 [X_1^*] (mg/l)	[X_1^*/X_1^*]	強熱減量 [X_1^*] (mg/l)	VS/TS [X_1^*/X_1^*] (%)	分解率 (%)	[X_1^*/X_1^*]
20	9934 11853 18560	26072 27734 21668	20712 21771 18201	79.4 78.5 84.0	1512 1639 1580	14628 15705 12487	0.103 0.104 0.127	9375 9910 8629	64.1 63.1 69.1	54.7 54.5 52.6	0.161 0.165 0.183
平均値					1577		0.111				
30	9710 18560	24556 21668	18933 18201	77.1 84.0	1035 1088	13954 12343	0.0742 0.0881	8777 8196	62.9 66.4	53.8 54.9	0.118 0.133
平均値					1062		0.0812				

表-3 高率污泥消化実験

消化日数	投入生活污水					消化槽混合液					ガス発生量		有機物分解率(%)
	pH	BOD [X ₀ ・] (mg/l)	蒸発残留物 [X ₀ ・] (mg/l)	強熱減量 [X ₀ ・] (mg/l)	VS/TS [X ₀ ・/X ₀ ・] (%)	BOD [X ₁ ・] (mg/l)	蒸発残留物 [X ₁ ・] (mg/l)	強熱減量 [X ₁ ・] (mg/l)	pH	有機酸 酸度 (mg/l)	係数	cc/vsg・day	
15日消化	6.0	22052	35574	28545	80.3	2206	20554	13768	7.2	235	16.1	567	51.8
20日消化	6.0	16323	30484	24748	81.6	1608	18608	10830	7.2	176	15.6	631	56.2

4. 総括および結論 合成基質による消化実験から、消化反応槽に Self-Control Action 能の存在を明らかにし、完全混合型污泥消化実験において、Self-Control Action 能を実験的に確かめ、高率污泥消化に関して運転操作条件を求めることができた。