II-361　汚泥消化の高率化に関する研究

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　学生員　○市川茂樹
早稲田大学理工学部　　　　　松本正

1. 緒論

汚泥消化の高率化に関する研究は次のように要約することができる。すなわち，(1). 投入生汚泥を可能なかぎり濃縮すること，(2). 有機物分解率を高めること，(3). 消化日数を短縮すること，などある。(1)の生汚泥の濃縮は従来，多くの試みがなされているが，消化槽の高率化を可能にできる程度の濃度と，安定的供給を得ることが極めて困難な場合が多い。(2)の有機物の分解率を高めることは，良好消化状態を確立することである。このために有機物の分解機構，消化温度，並びに攪拌の程度など多くの研究がなされてきた。(3)については，汚泥消化のための滞留日数は，汚泥容積の減少，並びに消化汚泥の分離濃縮の観点からすれば，有機物分解率は 50 ～ 60 % が望ましいとされている。従って，有機物分解率を考慮した滞留日数は，少なくとも 30 日以上は必要である。結局，汚泥消化槽の高率化に関する研究は，(1)の濃縮と，(2)の有機物分解率の問題に帰結するものと考えられる。本研究は，(1)に対して，生物学的濃縮法を適用し，(2)については，槽内混合液濃度を著しく高めることによって，汚泥消化槽の高率化を図ろうとするものである。

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，高率汚泥消化槽を外槽とした二重槽式高率汚泥消化槽で，消化温度は 37℃ および 53℃ とした。また生汚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）に連続的に投入した。

3. 実験結果および考察

汚泥消化槽の容積は近似的には，

$$V_0 = \frac{Q_0 + Q_2'}{2} \cdot T = \frac{1}{2} Q_0 \left\{ 1 + (1 - \alpha'\beta) \frac{C_0}{C_2'} \right\} T \quad \text{———} (1)$$

但し，$Q_2' = Q_0 (1 - \alpha'\beta) \dfrac{C_0}{C_2'}$

V_0；消化槽容積，Q_0；投入生汚泥量，C_0；投入生汚泥濃度，

Q_2'；消化汚泥量，C_2'；消化汚泥濃度，T；滞留日数，

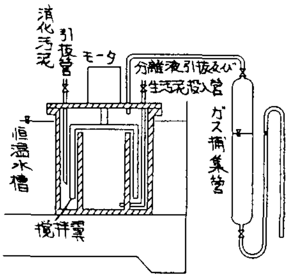
α'；有機物分解率，β；有機物含有率，であらわされる。

従って，V_0を小さくするためには，投入生汚泥を濃縮して Q_0とQ_2'を小さくすることである。投入生汚泥を濃縮して，濃縮汚泥とし，それぞれ量をQ_1，濃度をC_1，消化汚泥量；Q_2，濃度C_2 とすれば，

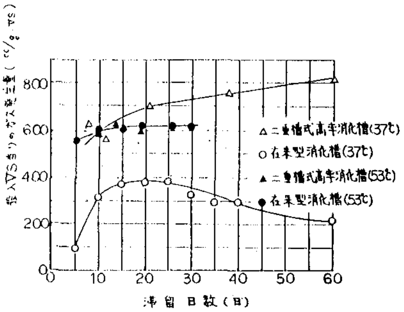
$$Q_2 = \frac{C_0}{C_1} Q_0 (1 - \alpha \cdot \beta) \frac{C_1}{C_2} \quad \text{————————} (2)$$

但し，$Q_1 = \dfrac{C_0}{C_1} Q_0$，

となる。消化槽の本来の目的からすれば，間欠攪拌，或は二段消化槽として消化汚泥は分離濃縮をするから，$C_0 < C_2'$ となり，$\dfrac{C_0}{C_2'} = K < 1$ となる。しかしながら投入生汚泥を濃縮して，濃縮汚泥とすれば，連続攪拌方式となる。従って(2)式のC_1およびC_2の関係は，消化作用の良好な場合，一般的に $C_1 > C_2$ となる。



図－1．二重槽式高率汚泥消化槽



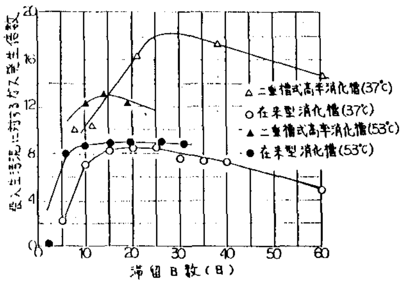
図－2．滞留日数とガス発生量

従って，$\frac{C_1}{C_2} = \gamma > 1$ である。汚泥の濃縮法として，生物学的濃縮法を用いれば，消化容積は，

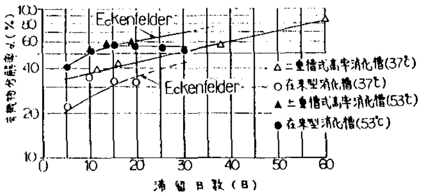
$$V_H = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \cdot T = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_0}{C_1} \cdot Q_0 \left\{ 1 + (1 - \alpha \cdot \beta) \frac{C_1}{C^2} \right\} \cdot T \quad \text{——(3)}$$

となる。(3) 式において V_H をふさくするためには緒論で述べたように，1). α を大きくすること，2). $\frac{C_0}{C_1}$ をふさくすること，すなわち C_1を大きくする，などである。投入生汚泥は，生物学的濃縮汚泥であるから，攪拌方式は連続攪拌となる。したがって $\frac{C_1}{C_2} \gg 1$ となる。また V_H の大きさは $\frac{C_0}{C_1}$ と $\frac{C_1}{C_2}$ との関係においてきまることになる。しかし，$\frac{C_0}{C_1} \ll \frac{C_1}{C_2}$ となるので (3) 式全体としては V_H は V_0 に比較して著しく小さなことが考えられる。また，(1) 式において，投入生汚泥を濃縮しないで，連続攪拌を行なえば，すなわち，在来型消化槽の消化汚泥を分離濃縮式は二段消化方式にしない限り，$\frac{C_0}{C_2'} > 1$ となり，滞留日数はかえって小さくなる。従って少なくとも普通消化槽の連続攪拌方式は，消化槽の高率化とは直接むすびつけることができないものと考えられる。図－2は消化温度，37℃と53℃の滞留日数とガス発生量との関係である。中温消化のガス発生量は，二重槽式高率消化槽で 812 cc/VSg·day，在来型消化槽 395 cc/VSg·day の 2.1 倍であることが認められた。

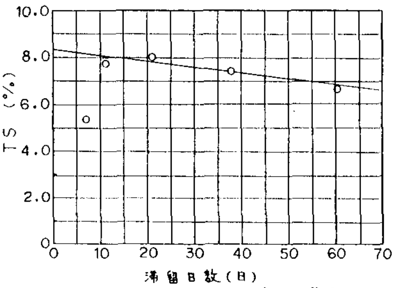
また，図－3に示してあるように，投入生汚泥量で比較するとそれぞれ，8倍，18倍であり 2.3 倍に相当する。高温消化では，二重槽式高率消化槽と在来型消化槽の場合も全く同様で，



図－3．滞留日数とガス発生倍数



図－4．滞留日数と有機物分解率



図－5．滞留日数と外槽TS濃度

626 cc/VSg·day であった。図－4は，滞留日数と有機物分解率との関係である。中温消化における有機物分解率(α)は，二重槽式高率消化槽がかなり大きいことが認められる。特に，滞留日数の小さい場合にはその傾向が強い。このことは槽内混合液濃度が7～8%とかなり高いため，極めて良好な消化状態が得られたためと考えられる。また，高温消化における有機物分解率は両者とも 50～60% でほぼ同じ値であることが認められた。上述の実験結果を踏えて，(1)式と(3)式より，在来型消化槽容積 V_0と二重槽式高率消化槽の容積 V_H と比較すると次のようになる。(1)式より，$\alpha' = 0.45$，$\beta = 0.78$，$C_0 = 2.6$，$C_2 = 4$，$V_0 = \frac{1}{2} Q_0 \left\{ 1 + (1 - 0.45 \cdot 0.78) \frac{2.6}{4} \right\} \cdot T = \frac{1.42}{2} Q_0 T$，(3)式より，$C_0 = 2.6$，$C_1$は生物学的濃縮法より，$C_1 = 3.11 \cdot 10^{0.23x}$　$x = 2$ 日，見掛上滞留日数，$C_1 = 9$，$\alpha = 33.5 \cdot 10^{0.00688x}$，$x = 30$日 見掛上滞留日数，$\alpha = 0.54$，$\beta = 0.78$，$C_2 = -0.0246x + 8.3$，$x = 30$日，$C_2 = 7.6$．

$$V_H = \frac{1}{2} \frac{C_0}{C_1} Q_0 \left\{ 1 + (1 - \alpha\beta) \frac{C_1}{C_2} \right\} \cdot T = \frac{1}{2} \frac{2.6}{9} Q_0 \left\{ 1 + (1 - 0.54 \cdot 0.78) \frac{9}{7.6} \right\} T = \frac{0.51}{2} Q_0 T,$$

$$\therefore \frac{V_H}{V_0} = \frac{\frac{0.51}{2} Q_0 T}{\frac{1.42}{2} Q_0 T} = 0.36 \fallingdotseq \frac{1}{2.8}$$

4．総括および結論

生物学的濃縮法を内槽とし，高率汚泥消化槽を外槽とした二重槽式高率汚泥消化槽を開発して汚泥消化槽の高率化に関する研究を行ない次の様な結論を得ることができた。

1) 汚泥の生物学的濃縮法を用いて投入生汚泥濃度を 9～10% まで高めることができた。

2) 消化槽内混合溶液濃度を 7～8% まで高め，中温帯では有機物分解率を大きくすることができた。

3) 消化槽容積を著しく小型化することができた。