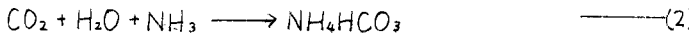
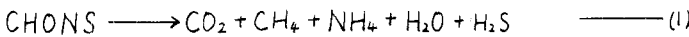
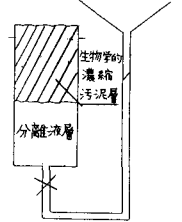


早稲田大学理工学部 正員 遠藤郁夫
早稲田大学理工学部 学生員 ○蔭山佳秀
早稲田大学理工学部 学生員 松本正

1. 緒論 汚泥消化の高率化に関する研究として消化ガスによる攪拌或は、高率汚泥消化槽等、従来から数多くの研究が為されてきた。特に高率汚泥消化槽の特徴は次の3点に要約する事ができる。(1)投入生汚泥濃度は4~10%,特に6~8%の場合が多い。(2)消化槽の攪拌は連続攪拌である。(3)生汚泥の投入は可能な限り連続投入とする。しかしながら、実際上の高率汚泥消化槽からすれば、最も重要な事は高濃度汚泥4~10%,特に6~10%の汚泥を安定的、且つ連続的に供給する事である。そこで、本研究は、汚泥の濃縮と高率汚泥消化槽とを組合せた新しいプロセスの開発を目的とした研究である。

2. 実験方法 図-1は生物学的汚泥濃縮槽である。図-2は生物学的汚泥濃縮槽を内槽とし、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℃とした。生汚泥は、生物学的濃縮槽を経て、消化槽に連続的に投入された。

3. 実験結果と考察 (1)汚泥の生物学的濃縮法 汚泥の嫌気性分解の生物化学的反応式は次の様に示す事ができる。ここで発生するCO₂ガス或はCH₄ガスは一部溶解するが、その大部分は気泡として上昇してスクムを発生させる。嫌気性分解により発生するガス、特に初期に於ては、汚泥粒子の表面から泡状微粒子として発生し、汚泥微粒子から離脱する事なく附着して、汚泥微粒子を浮上させる。その際、汚泥微粒子は浮上の途中で汚泥微粒子を吸着しながら上昇し、浮上



分離して汚泥層が形成される。更に汚泥層は下層部汚泥からの浮上揚力により圧密され、濃縮汚泥層を形成する。一方、濃縮汚泥層の下部には、極めて稀薄で透明度の高い分離液ができる。この現象を汚泥の生物学的濃縮作用といい、この作用を応用して汚泥の生物学的濃縮法とした。図-3に滞留日数と濃縮汚泥層及び分離液層との関係を示した。図-4は、半連続実験による在来型普通消化槽の実験結果である。この関係から汚泥の生物学的濃縮法の為の滞留日数は次の条件が同時に満足される必要がある。すなわち、(1)高濃度の濃縮汚泥が形成される事。(2)分離液の下層に消化汚泥粒子が沈殿堆積しない事。(3)分離液はSS及びBOD濃度ともに小さく、いわゆるきれいな事、すなわち、嫌気性分解の液化現象の影響を直接受けない事が重要である。以上の事から、図-4のI領域の範囲とする事ができる。図-5は、滞留日数と生物学的濃縮汚泥濃度との関係を示したものである。得られた汚泥濃度は、60,000~150,000ppmの範囲で極めて高濃度であった。各領域での濃度(TS%)は次の実験式であら

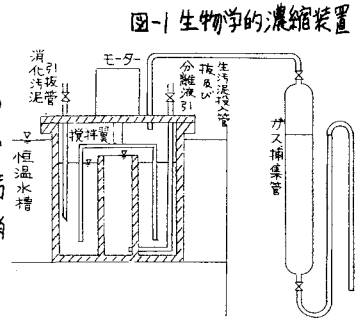


図-2. 高率汚泥消化槽

わす事ができた。

$$\text{濃縮領域} \quad T_r = 3.11 \cdot 10^{0.233x} \quad \text{——— (1)}$$

$$\text{圧密領域} \quad T_c = 8.37 \cdot 10^{0.0183x} \quad \text{——— (2)}$$

$$\text{乾燥領域} \quad T_0 = 6.27 \cdot 10^{0.0432x} \quad \text{——— (3)}$$

T_r, T_c 及び T_0 ; 各領域の汚泥濃度(TS%) x ; 滞留日数(日)

また、生物学的濃縮汚泥発生量は次の様に示す事ができた。すなわち、

$$\text{濃縮・圧密領域} \quad Y_{Tc} = 59.5 \cdot 10^{-0.251x} \quad \text{——— (4)}$$

$$\text{乾燥領域} \quad Y_0 = 12.6 \cdot 10^{-0.0965x} \quad \text{——— (5)}$$

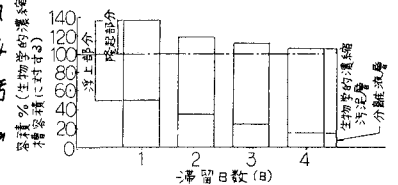


図-3 滞留日数と濃縮汚泥層及び分離液層

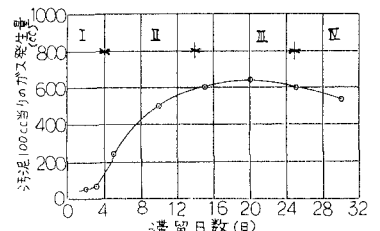


図-4. 滞留日数とガス発生量

Y_{TC} 及び Y_{01} : 各領域の生物学的濃縮汚泥発生量%(濃縮槽に対する)

(2) 汚泥の生物学的濃縮槽を内槽とした高率汚泥消化槽

図-2 に示した高率汚泥消化槽による消化実験を行った。この実験装置は、1. 結論で述べた高率汚泥消化槽の3条件を一応満足している。この場合のガス発生量を図-6 に示した。在来型汚泥消化槽のガス発生量は、消化日数20~25日に於て400 cc/VS kg day で最大となる。一方、高率汚泥消化槽もまた、25日消化で620 cc/VS kg day で最大となっている。この様に、消化槽の負荷は3.5 VS kg/TS 100 kg day (滞留日数25日) と、同一の負荷でガス発生量が著しく大きい事が注目される。図-7 は投入濃縮汚泥と槽内混合液との関係である。槽内は6.5~8.0 % と極めて高い濃度で維持されている。図-8 は投入濃縮汚泥の有機物分解率を示した。滞留日数30~40日で、55~60 %、60日で85 % の有機物が分解されている事が認められた。また、有機物分解率(α)と滞留日数との間には次の関係が得られた。

$$\alpha = 33.5 \cdot 10^{0.00688x} \quad (6)$$

(6) 式から、実験の範囲内では有機物の分解率は滞留日数とともに指数関数的に増加することが認められた。この事は、消化槽の容積を一定とした場合、汚泥の濃縮により滞留日数の増大を図れば、有機物の分解率を著しく高める事ができ、極めて重要な意義を持つものである。例えば、滞留日数60日の場合は、有機物の分解率は85 % で、投入生汚泥容積と同量の消化汚泥を引き抜く為には9~10日に一度でよい事になる。この様な現象を汚泥の全消化作用(Sludge Total Digestion)とし、この為の消化槽を高率汚泥全消化槽(High Rate Sludge Total Digestion)と称した。全消化作用の際の消化ガスの発生量は、投入生汚泥(3%)に対して10倍、生物学的濃縮汚泥(9~10%)に対して43倍、強熱減量1g当り530 cc、消化槽内混合液PHは7.1 及び CH_4 含有率は60%以上であった。また、この場合の在来型消化槽容積(30日消化)を V_0 とすれば、高率汚泥全消化槽容積は $1/3 V_0$ 以下となり、消化槽の小型化と、有機物の分解率の高率化を図る事ができた。

4. 結 論 汚泥の生物学的濃縮法及び生物学的汚泥濃縮槽を内槽とした高率汚泥消化槽に関する実験的研究を行い、極めて良好な消化状態が得られるとともに、次の様な結論を得る事ができた。

(1) 汚泥の生物学的濃縮法により、6~15 % までの生物学的濃縮汚泥を連続的に得る事ができた。

(2) 生物学的汚泥濃縮槽を内槽とした高率汚泥消化槽の開発をする事ができた。

(3) 高率汚泥消化槽は機能からして、次の二つに分類して定義する事ができた。

1) 消化槽の小型化の為の高率汚泥消化槽は、滞留日数20~30日とする。この際の消化槽容積は在来型消化槽(30日消化・ V_0)の $1/2 V_0$ 以下となる。しかもガス発生は在来型の1.5倍(強熱減量当り)となる。

2) 有機物分解の高率化の為の高率汚泥消化槽は滞留日数は60以上、すなわち高率汚泥全消化槽とする。その消化槽容積は、 $1/3 V_0$ であり、ガス発生量は1.3倍であった。

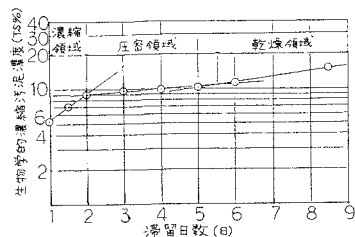


図-5 滞留日数と汚泥濃度

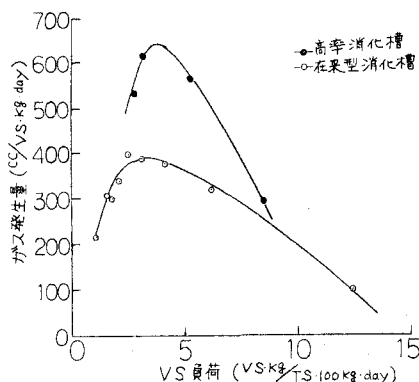


図-6 VS負荷とガス発生量

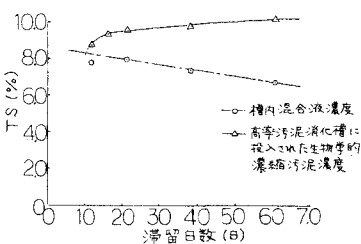


図-7 投入濃縮汚泥及び混合液のTS

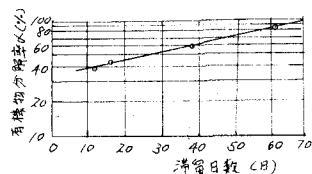


図-8 滞留日数と有機物分解率