

## 回転円板法による都市下水のメタン発酵処理に関する研究(4)

宮崎大学工学部 正 石黒 政義 正 増田 純雄  
宮崎大学工学部 ○学 半原 正詞 学 高松 一久

## 1 はじめに

嫌気性消化法(メタン発酵)は、有機廃水処理法の中で、唯一のエネルギー回収法である。既に、固定生菌膜を用いたメタン発酵に関する研究は、数多く報告されている。しかしながら、低濃度都市下水を用いた研究報告例は、ほとんどない。また、実装置のための設計指針となる有機物の嫌気的分解速度まで言及したものはない。そこで、次に示す設計指針に沿って検討を行なう。

①都市下水における、能率物質動態係数 $K_d$ を決定し、実装置の設計に寄与できる式を求める。②都市下水において、ガス、有機酸、蛋白質、炭水化物、TOCなどを測定することによって、汚水中の物質収支について、従来より詳細に述べる。③実装置を処理する上で、問題となるVSSに着目し、HRT(水理学的停留時間)を変動させることにより、VSSが、どのような挙動を示すかを調べる。

## 2 実験装置と実験方法

①実験装置 本研究で用いた実験装置を図-1に示す。円板は、厚2mm、直径160mm、円板間隔10mmの塩化ビニール製である。4段4槽で各段円板数10枚の全段合計40枚、全円板面積1.4m<sup>2</sup>である。各段の有効実容積は、各々、4.2ℓである。円板回転数は14rpmで、原水の供給には、電磁ポンプ(10~200ℓ/min)を用いた。加熱のため、1,2段に100W~200W、3,4段に100W~100Wのヒーターと、各段はサーモスタットセンサーを取り付けた。各槽上部にはガス抜き孔、側面には試料採取口、底部には汚泥引抜き孔を設けた。

②実験方法 実験装置を設置した宮崎市公共下水道終末処理場は、一部合流式下水道のため、流入水質の季節変動が大きい。本実験を行なった期間(1985年6月~1986年1月)における流入水質は、水温13.8~31.4℃、pH 6.36~7.19、TOC 24.4~71.6mg/l、BOD 47.5~147.3mg/lであった。メタン菌の接種は、消化汚泥を投入した後原水を流入させ、定常状態になるまで馴養した。流入原水には、最初反応池流出水を用いた。流入原水中のSSの流入を防ぐため、流入口にメッシュを用いた。HRTと槽内水質、処理水質に与える影響を調べるため、HRTと水温を変化させて行なった。水質分析は、下水道試験法により、ガス分析、酢酸及びTOCの測定は、ガスクロマトグラフィーで行なった。試料は、上澄水を超音波破砕機で処理した後測定した。

## 3 実験結果と考察

図-2.3には、水温20℃で、それぞれHRT 3ℓと12ℓでの水質をTOC換算して示してある。20℃、12ℓでの、1段目で、微量である炭水化物とプロピオン酸は、省略して、TOC、蛋白質、酢酸をTOC換算で収支をとると、蛋白質=-18.0(mg/l)、酢酸=-8.5(mg/l)、TOC=-26.5(mg/l)、TOC=-25(mg/l)となり、ほぼTOCの収支が一致す

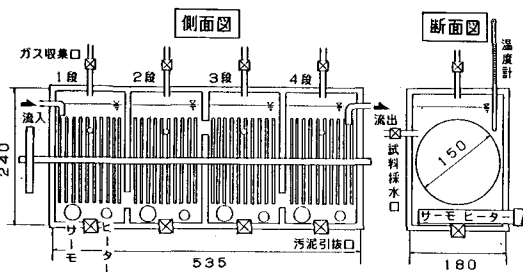
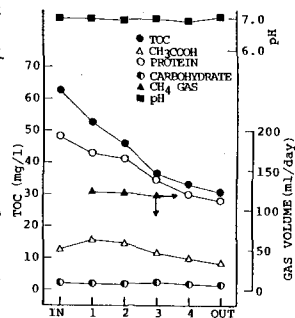
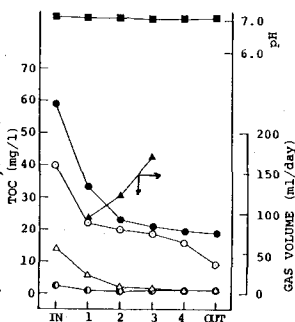


図-1 実験装置

図-2 各段水質変化  
(HRT = 3 hr, temp = 20°C)図-3 各段水質変化  
(HRT = 12 hr, temp = 20°C)

る。同様のことが、2段目でも言える。しかし、後段では、各値が微量となり、測定値の誤差に大きな影響を受けるので収支について言及することはできなかった。HRT 12hにおいて、TOCの減少量と、蛋白質と酢酸の減少量を加えたものがほぼ等しいということは、TOC減少量だけが、ガスになったことを意味している。HRT 3hにおいても、同様の傾向を示している。このことは、メタン生成速度が、従来の考えに比べ、短時間であることを示唆している。

図-4は、35℃と20℃のときの液本体TOC濃度とFluxの関係を示している。このように、都市下水のような低濃度有機排水では、基質の拡散速度のみが生じる1次反応となる。このとき、右上りの直線の勾配は、物質移動係数 $K_d$ となる。槽内水温が35℃及び20℃のとき、次の値をとる。 $K_d(T=35)=9.82 \times 10^{-3}$ 、 $K_d(T=20)=5.78 \times 10^{-3}$ 、基質が不完全基質浸透状態において、渡辺らは、次のような式を提示している。

$$\frac{C_e}{C_i} = \frac{Q}{Q + K_d A} \quad \text{--- ①}$$

ただし、 $C_i$ :流入濃度(mg/l)、 $C_e$ :流出濃度(g/l)、 $K_d$ :物質移動係数( $\text{m}^2/\text{h}$ )、 $A$ :円板面積( $\text{m}^2$ )、 $Q$ :流入水量( $\text{m}^3/\text{h}$ )

これより、 $n$ 段目における流出濃度は、次式で示される。

$$C_e^n = C_i \left( \frac{Q}{Q + K_d A} \right)^n \quad \text{--- ②} \quad \text{よって、各槽内水温による、} n \text{段目}$$

における流出濃度は、次式によって示される。

$$C_{e(T=35)}^n = C_i \left( \frac{Q}{Q + 3.46 \times 10^{-3}} \right)^n \quad \text{--- ③} \quad C_{e(T=20)}^n = C_i \left( \frac{Q}{Q + 2.03 \times 10^{-3}} \right)^n \quad \text{--- ④}$$

この両式は、実装置の設計に用いることができ、また、負荷変動に対しては、流量を変えることにより対処できる。

図-5は、VSSとHRTの関係を示す。流入原水中のVSSは、140mg/l程度であり、HRTの増加に伴いVSSが減少することがわかる。このことは、槽中に入ったVSSが、菌体により、生物学的代謝を受けて、無機化されたためと考えられる。

図-6は、TOC除去量とメタンガス発生量の関係を示す。TOC除去量が、すべて酢酸を経由して、メタンガスとして生成されたと仮定すると、Buswellの式より、酢酸1gから147mlのガスが発生する。その発生ガス中の119.2ml/gがメタンガスである。酢酸のTOCへの換算係数は、筆者らの実験で、0.639と決定した。この値は、申らによる値0.400とほぼ同じであった。そこで、筆者らの求めた値を用いて、TOC除去量あたりのメタンガス発生量は、次式で示される。

$$\text{CH}_4 \text{発生量}(\text{ml/g}) = 453.76 \times \text{TOC除去量}(\text{g/day}) \quad \text{--- ⑤} \quad \text{本実験で行なった都市下水のメタン発酵処理で測定できたメタンガス量は、TOC 1gあたり、136.7mlであり、Buswellの理論式で求められた値の約30%であった。}$$

4おわりに

本研究において、実装置の設計に寄与する総括物質移動係数 $K_d$ が求められ、また、都市下水のメタン発酵処理において、定量的にガス回収を行うことができた。今後、 $K_d$ 値、ガス回収、VSSなどについて、検討する予定である。

# <参考文献>

渡辺善公：浄化槽機から見た、回流水槽法の特性と将来的課題 月刊下水道 1983年 16巻 165  
石黒良徳：回流水槽法による都市下水のメタン発酵処理に関する研究 (第3報) 土木学会西部支部 研究発表会 講演要集 1985年2月18日  
中 正敏、岩井重久、石黒良徳：下水処理場の処理

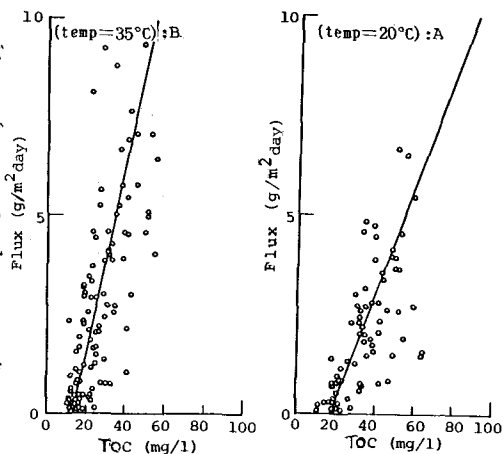


図-4 Flux (TOC) と液本体TOC濃度の関係

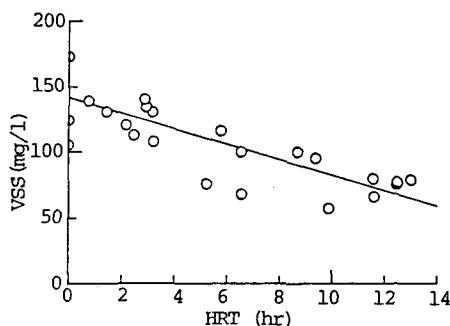


図-5 VSS と HRT の関係

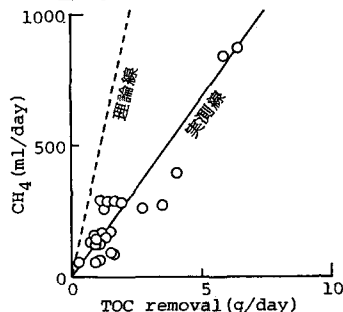


図-6 TOC除去量とメタンガス発生量