

下水汚泥の膜分離嫌気性消化

武蔵工業大学 学員 ○並木 克之
武蔵工業大学 学員 小林 正裕
武蔵工業大学 正員 綾 日出教

1. はじめに

膜分離嫌気性消化法は最初沈殿池濃縮汚泥を基質とした場合、従来の消化法に比べてガス生成量は20%ほど多くなる¹⁾。投入された汚泥はほぼ完全に分解され、無機物の蓄積も全くみられなかった。比較的低い消化温度でも高温消化と同等の消化効率であり、むしろ安定した処理が可能であった^{2) 3)}。今回は、余剰活性汚泥の膜分離嫌気性消化の実験を中心に報告する。

2. 実験概要

Fig.1.は実験装置の概略である。反応槽は有効容積4 lの塩化ビニル製の円筒容器で、攪拌は槽内に備えられた攪拌翼をマグネットカップリングを用いて気密状態を保ちながらモーターで回転させることによって行なった。消化温度は反応槽に巻いたリボンヒーターとサーモスタットによって制御した。

膜モジュールは直径150mm(有効膜面積177cm²)の円形平膜を用いた。使用した分離膜は三井石油化学のUF膜(材質:ポリアクリルニトリル共重合体、分画分子量15,000~20,000)である。

透過液はチューブポンプを用いて負圧で引き抜いた。

基質は下水処理場の余剰活性汚泥を冷凍保存したものを解凍し、適宜重力濃縮してSSを調整したものを用いた。調整後の平均的性状はSS 11,000mg/l, VSS 7,000mg/l, 溶溶性COD_{cr} 1,200mg/lである。

透過水の引き抜きは毎日定時に行ない、その後に基質を投入した。また、一週間に一回、槽内液の分析をするため極少量の槽内液のサンプリングを行なった。

Table 1.に実験条件を示す。VSS-容積負荷0.225 g-VSS/l・dayより実験を開始し、HRTを変化させて段階的に負荷を上昇させた。消化温度は35°Cである。

主な分析項目はTable 2.に示す通りである。分析方法は下水道試験方法(1984年版)に準じた。槽内液の溶溶性COD_{cr}は、槽内液を0.45μmのメンブランフィルターでろ過したものについて測定した。分析は原液および透過液については日曜を除く毎日行ない、槽内液は週1回行なった。

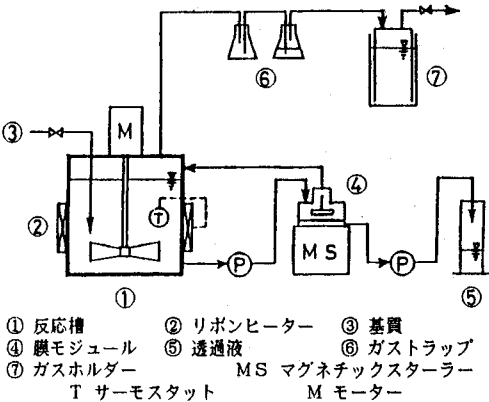


Fig.1.実験装置概略

Table 1. 実験条件

経過日数 (day)	VSS-容積負荷 (g-VSS/l・day)	平均HRT (day)
0 ~ 32	0.225	32
33 ~ 63	0.45	16
64 ~ 85	0.9	8

Table 2. 分析項目

分析項目	原 液	槽 内	透過液
MLSS, MLVSS	○	○ *	
溶溶性COD _{cr}	○	○ *	○
pH		○ *	○
ガス生成量		○	
Flux			○

* 週1回分析

3. 実験結果および考察

3.1 pH

Fig.2. はpHの経時変化である。槽内液のpHは7.3程度で変動は少ない。透過液のpHは槽内液よりも高い値を示した。

3.2 Flux

Fig.3. にFluxの経時変化を示す。Fluxは初期は1.6cm/hあったが、時間の経過とともに減少し、0.1cm/hまで低下したので洗浄したところ1.2cm/hまで回復した。経過日数が70～80日のところで故障のためFluxが一時低下している。

3.3 発生ガス

Fig.4. は発生ガスの積算量である。VSS-容積負荷が0.225mg-VSS/l·dayの時0.4 l/day程度であったが、その後、負荷の上昇と共に徐々に増加していき、負荷が0.9mg-VSS/l·dayの時には1.8 l/day程度のガスが発生している。

投入VSSあたりのガス生成量は約0.5 l/g-VSSである。ガスの組成は CH_4 が約65%で、 CO_2 が約32%、 N_2 が約3%であり、 H_2 はほとんど検出されなかった。

3.4 槽内および透過液の COD_r

Fig.5. に槽内溶存性および透過液の COD_r の経時変化を示す。槽内液の溶存性 COD_r は200～400mg/lほどあり、負荷の増大にしたがって上昇する傾向がある。一方、透過水の COD_r は平均して130mg/l程度で槽内の COD_r に関係なくほぼ一定しており、分離膜によってSS成分だけでなく溶存性の有機物も約40～60%が排除されていることが明らかになった。

UF膜を用いて固液分離を行なっているため、透過水はSSを全く含まない透明な淡黄褐色の液体であり、ほとんど臭気は感じられない。

基質中のリンは全て透過液に溶解した状態で反応槽より排出される。透過液をしばらく放置するとリンはリン酸カルシウムの結晶となって析出するので、リン除去が行なえる可能性がある。

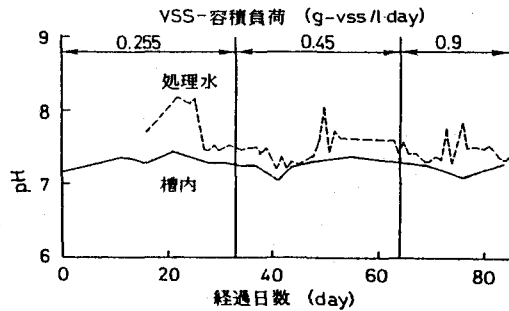


Fig.2. pHの経時変化

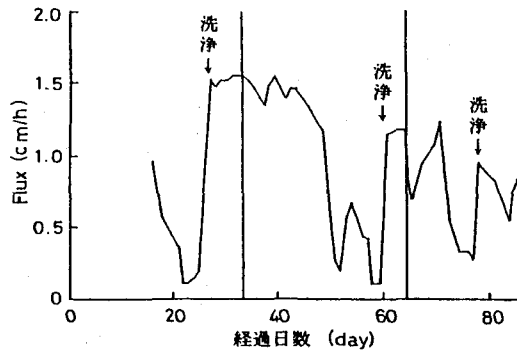


Fig.3. Fluxの経時変化

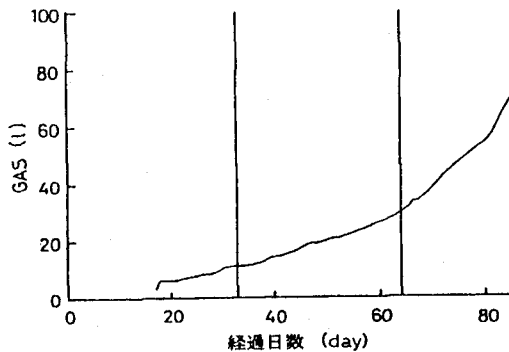


Fig.4. 発生ガスの積算量

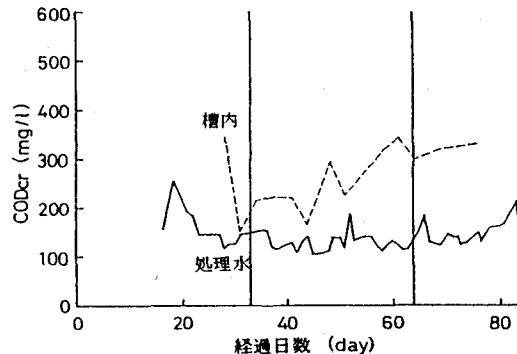


Fig.5. 槽内溶存性および透過液 COD_r の経時変化

3.5 MLSSおよびMLVSS

Fig. 6.はMLSS, MLVSSの経時変化である。初期の濃度が高かったため、負荷が0.225 g-VSS/l・dayのときはMLSS, MLVSSはともに徐々に減少している。

負荷を0.45g-VSS/l・dayに上げると、MLSS 24,000mg/l, MLVSS12,000mg/l程度で平衡した。

その後さらに負荷を0.9g-VSS/l・dayに上げると上昇し、MLSS 35,000mg/l, MLVSS 18,000 mg/lになった。

Table 3.は85日間におけるSSおよびSS中の無機物の収支である。85日間でSSは約231g, 灰分は約65gが分解し、消滅した。

MLSS, MLVSSは、負荷に応じたある濃度で平衡に達し、また、MLSS中のMLVSSの占める割合は終始ほぼ50%であった。反応槽内へ投入されたSSや灰分もほぼ完全に溶解されて蓄積しないことが明らかになった。菌体は溶解してい

る物質しか細胞内に取り込むことができないので、汚泥のような固形物を基質とする場合はまず体外酵素で可溶化される。その際、汚泥中の有機物だけでなく無機物も可溶化されるものと考えられる。

4. 結論

下水処理場で採取した余剰汚泥を用いて膜分離嫌気性消化の実験を行ない、以下の知見が得られた。

- ① COD_{cr}が約130mg/lと非常に低く、臭気のない清澄な透過液が得られた。
- ② 投入された有機物のほとんどが膜分離によって反応槽内に抑留されるため、大部分がガス化される。
- ③ 最初沈殿池濃縮汚泥の消化の場合と同様に反応槽内への無機固形物の蓄積がなく、投入された汚泥はほぼ完全に消化されるので、汚泥の処分プロセスの規模を大幅に縮小できる。
- ④ 透過液を放置するとリンはリン酸カルシウムの結晶となって析出する。

なお、平膜を用いた消化実験の他に、中空糸膜を用いた実験も行っており、同様の結果を得ているので次回に報告する。

<文献>

- 1) 綾, 小熊; 膜分離生物反応槽を用いたメタン発酵について, 第25回下水道研究発表会講演集, pp.457~459, 1988
- 2) 並木, 綾; 膜分離リアクタを用いた嫌気性消化の温度特性, 第23回水質汚濁学会講演集, pp.133~134, 1989.3
- 3) 綾, 並木, 小林, 遠藤; 膜分離嫌気性活性汚泥法による下水汚泥の嫌気性消化, 土木学会第44回年次学術講演会講演概要集第二部門, pp.986~987, 1989.10

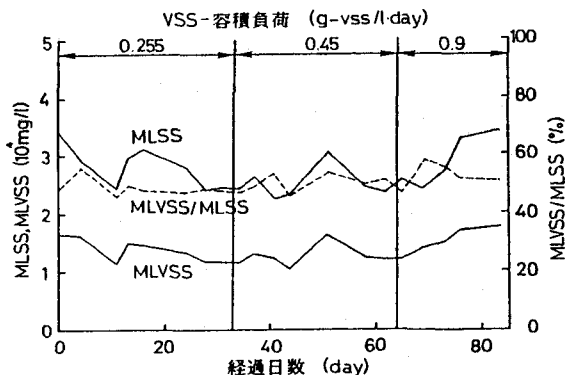


Fig. 6. MLSS, MLVSSおよびMLSS中のMLVSSの割合の経時変化

Table 3. SSおよび灰分の収支

	SS	灰分
85日間の総投入量 (g)	231	70
実験開始時の槽内量(g)	154	75
85日目の槽内残量 (g)	154	80
85日間の分解量 (g)	231	65