

メタン菌固着膜槽の酢酸除去速度

群馬大学 (正) 〇 柳原 豊, (正) 湯沢 恩, (正) 黒田 正和

1. まえがき 近年、嫌気性(メタン発酵)生物膜法が活性汚泥法の代替法として注目されている。本処理法によって下廃水処理の省エネルギー化と管理・操作の平易化が可能となり、その処理能力が種々の廃水で明らかにされつつある。本研究は、嫌気性生物膜法の処理能力に関する基礎的研究として、メタン菌固着膜槽の酢酸除去速度について略3年間の連続実験から検討を行った。

2. 実験装置及び方法

実験装置は前報¹⁾と同じく、完全混合型の嫌気性充填床で、液容積は2.7ℓ、操作温度は37±1℃である。槽内処理水はリサイクルポンプにより、27ℓ/min(空間速度0.8cm/sec)で循環させた。供給下水は酢酸を単一有機物源とする合成下水を用いた。なお、酢酸は水酸化カルシウムで中和して用いた。実験は、生物付着量が大きく異なる場合(Run I～Ⅳ)について、酢酸の流入負荷を種々変化させて行い、擬定常状態における流出酢酸濃度、酢酸除去速度、全ガス発生速度及びメタン発生速度の変化を測定した。流入酢酸濃度 C_{sf} は炭素換算値で106～1586ppm、水相的滞留時間は0.1～2.0 day、流入負荷は0.03～10.4 mg-C/cm²・dの間で種々変化させた。本研究の酢酸濃度、酢酸除去速度、メタン発生速度、生物付着量は全て炭素換算値で示した。

3. 実験結果

(1) ガス発生速度と流出酢酸濃度 Fig. 1は処理結果の1例で、種々の有機物負荷における流出酢酸濃度とガス発生速度の経日変化を示したものである。ここで、実験条件はTable 1に示した。槽内処理水のpHは6.8～7.8に制御し、平均pHは7.3であった。処理水の θ_{OC} 濃度は酢酸の炭素濃度とほぼ等しく、酢酸以外に主要な有機物は検出されなかった。Run IIの処理結果より、ガス発生速度及び流出酢酸濃度はⅡ-2～Ⅱ-4へと順次負荷を上げるにつれ増加した。しかしながら、Ⅱ-4とⅡ-5のガス発生速度はほぼ等しく、流出酢酸濃度が略100ppm-C以上になるとガス発生速度は最大値となった。Run IVの処理結果においても、負荷の増加につれガス発生速度及び流出酢酸濃度は増加した。しかしながらRun IIとは異なり、ガス発生速度は、酢酸濃度がⅡ-5の略220ppm-C、Ⅱ-6の340ppm-Cとなっても最大値とならず、流出酢酸濃度の上昇につれ増加した。流入酢酸濃度及び滞留時間が大略等しいⅡ-5とⅡ-5を比較すると、Ⅱ-5の基材面積はⅡ-5の略1/2であるが、Ⅱ-5のガス発生速度はⅡ-5より大きく、またⅡ-5の流出酢酸濃度はⅡ-5より低い値となった。このようにRun IIとRun IVの処理速度は、大きく異なった。

Table 1 Experimental conditions

Run No.	F (l/d)	C_{sf} (ppm-C)	θ (d)	$C_{sf}/a \cdot \theta$ (mg-C/cm ² ・d)	a, X
II - 2	3.48	434	0.776	0.303	$a=1.85$ (l/cm) $X=0.655$ (mg-C/cm ²)
II - 3	2.72	1099	0.993	0.599	
II - 4	5.44	1090	0.496	1.19	
II - 5	7.96	1211	0.339	1.93	
II - 6	4.42	938	0.611	0.831	
IV - 3	3.99	854	0.677	1.59	$a=0.792$ (l/cm) $X=2.73$ (mg-C/cm ²)
IV - 4	5.94	804	0.455	2.23	
IV - 5	7.87	1034	0.343	3.80	
IV - 6	10.90	1105	0.248	5.63	
IV - 7	15.36	1124	0.176	8.07	
IV - 8	3.10	462	0.871	0.67	

(F: Flow rate)

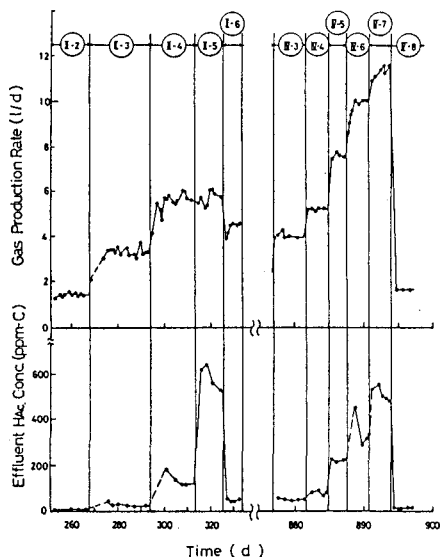


Fig. 1 Gas production rate and effluent acetate concentration at various organic loadings

(2) 酢酸除去速度とメタン発生速度

Fig. 2は、定常状態における酢酸除去速度とメタン発生速度との関係を操作期間別に示したものである。なお、種々の負荷条件において、全ガス及びメタン発生速度の経日変化が非常に小さく（変動幅が±3%以内）、かつ酢酸濃度の変化速度が除去速度の略2%以下に保持されている状態を定常とみなした。

図からわかるように、メタン発生速度と酢酸除去速度は、操作期間にかかわらず線形関係にあった。実測値の回帰直線（図中の実線）より、酢酸からメタンへの転化率は0.459 (g-C/g-C)，収率は92%が得られた。

(3) 酢酸除去速度に及ぼす生物付着量の影響

Fig. 3は、定常状態における比酢酸除去速度と流出酢酸濃度 C_s^* との関係を Lineweaver-Burk plot したものである。ここで比酢酸除去速度は、単位面積当りの酢酸除去速度 Ns_{flux} を生物膜の有機性炭素量 X で除したものである。図より、比酢酸除去速度の逆数は酢酸濃度の逆数と直線関係にあり、酢酸除去速度は C_s^* の関数として Monod 型の速度式で表わされることがわかる。また、比酢酸除去速度は、付着量の増加につれて低下することがわかる。各直線の縦軸切片はほぼ等しく、最大比酢酸除去速度は略1.88 (1/d) であった。

Fig. 4は、Fig. 3より求めた飽和定数 K_s^* の生物付着量による変化を示したものである。図からわかるように、生物付着量が 1 mg-C/cm^2 以下では K_s^* の変化は小さく15~20 ppm-Cの値であるが、付着量が 1 mg-C/cm^2 以上では付着量の増加につれて上昇している。また、図には最大酢酸除去速度を飽和定数で除した $(Ns)_{max}/K_s^*$ を併せ示した。 $(Ns)_{max}/K_s^*$ は、付着量が略 1 mg-C/cm^2 あるいは最大酢酸除去速度が $2 \text{ mg-C/cm}^2 \cdot \text{d}$ 以下では付着量の増加につれて増加し、付着量が大きくなると $60 \text{ cm}^3/\text{d}$ 前後の値をほぼ一定であった。

4. まとめ メタン菌固着膜槽における酢酸除去速度と処理水酢酸濃度との関係は、Monod型の速度式で表わされる。ここで、最大比酢酸除去速度は略1.88 (1/d) が得られ、飽和定数は15~20 ppm-Cから生物付着量の増加につれて上昇した。メタン菌固着膜槽は、略100~1000 ppm-Cの酢酸を長期間処理可能で、また92%の収率で酢酸をメタンに転化できる。

〔引用文献〕1) 林中原・黒田ら：土木学会年講，Ⅱ-448，1984

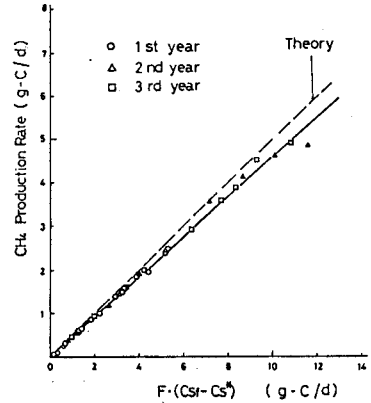


Fig. 2 Relationship between methane production rate and acetate removal rate (F: Flow rate)

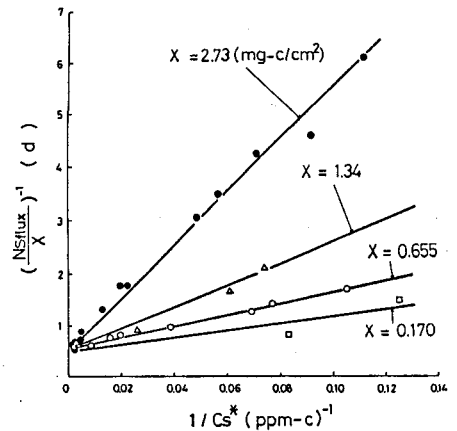


Fig. 3 Lineweaver-Burk plots of specific acetate removal rate at various attached biofilm mass X

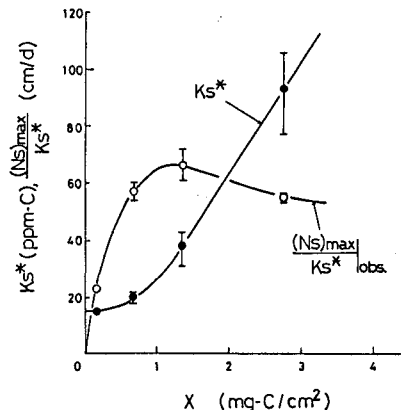


Fig. 4 Variations of K_s^* and $(Ns)_{max}/K_s^*$ with X