

京大・工 正員 ○北尾高嶺 大方正信
不動建設(株) 小島 修一

1. まえがき

嫌気性消化は汚泥の発生量が少なく、メタンという有用な副産物の回収が可能であり、さらには好気性処理に比べて動力量が少ないなどのすぐれた性質を有する方法である。その反面、メタン菌の増殖速度が小さいため、標準的な消化槽では、消化時間がある一定値以下になると、メタン菌の wash out が生じ、処理効果の維持が不可能になる。こうした欠点を補い、比較的希薄な廃液を効率よく処理するための試みとして、嫌気性活性汚泥法や嫌気性ろ床法がある。とくに後者は維持管理が容易で、消化汚泥のろ床内への捕獲効果が高いなどの特長が指摘され、BOD が 1000 ～ 数千 1000 ppm 程度の廃水の処理に対して良好な処理成績が示されている。本研究では、嫌気性ろ床内の液を循環させ、ろ床内の嫌気性菌と廃液との接触効果を高めることによって、さらに処理機能を高め得る可能性があるものと考え、そうした考えを裏付けるための基礎的な実験と、それらの結果に基づいて嫌気性循環ろ床法による処理装置を試作し、連続処理実験を行った。

2. 実験装置および方法

(1) 回分処理実験

実験装置は通常の回分処理試験に用いられるものと同様のものを用いた。反応器は容量 300 ml の三角フラスコを用い所定温度の恒温水槽中に設置した。培養液(消化汚泥)の馴致は、京都市内河川底泥を種汚泥として使用し、約3ヶ月間供試基質と栄養塩とを添加して、いわゆる選択培養による。発

生ガスは濃カセイソーダ溶液によって二酸化炭素を吸収させたのち、純粋のメタンと考えられるものについて、水上置換によって発生量を測定した。とくに明示していない場合は、反応中は磁器攪拌機により培養槽内を十分に攪拌した。槽内の活性生物の指標としては、DNAを用いることとし、その抽出はSTS法に、定量はインドル法にそれぞれ行った。基質の添加は特級試薬をそのまま加え、ガス発生終了後、反応に要した時間を記録し、ガスクロマトグラフ法により、培養液中に残存する基質を測定した。

図-1. 嫌気性循環ろ床の概要

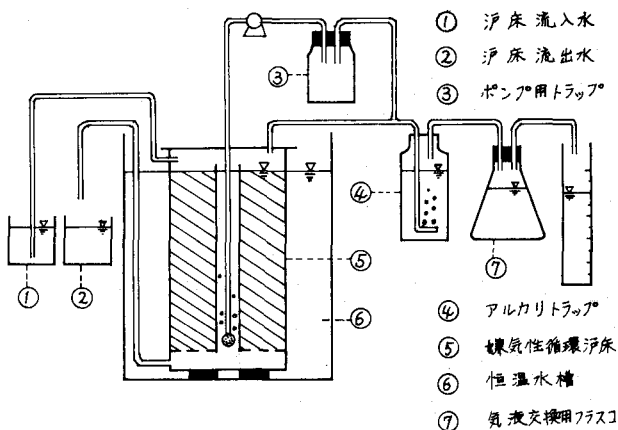


図-1. 嫌気性循環ろ床の概要

(2)嫌気性循環ろ床による連続処理 実験装置の概要を図-1に示す。斜線で示した部分には $1/2$ 水性のインターロックサドルを充填した。あらかじめ回分培養によって得た種汚泥をろ床内に入れ、中心部のドラフトチューブ底部からガスを吹き込み、ガス攪拌によって槽内の液を循環させ、投入した種汚泥を充填層内に定着させた。そして fill-and-draw 方式によって、原液の供給と処理水の抜き取りを行いながら、汚泥の増殖をはかり、徐々に交換する液量を増加して、十分な処理効果が認められたことをガス発生状態に基づいて確認したのち、連続処理に切り換えた。試料廃液としては、市販のスキムミルクと氷酢酸を等量混合したものをを用い、生成ガスはアルカリトラップで二酸化炭素を吸収したのち計量した。充填部容積は 2.1 l で、基質負荷等はこの値を基準として示した。

3. 実験結果および考察

(1) 回分処理実験

ガス発生量の経時変化の一例として、メタノールを用いた場合の結果を図-2に示す。単位ガス発生量当りの基質消費量から各時刻における残存基質濃度を推定し、残存基質濃度とガス発生速度の関係を図示すると図-3のようになる。ただしガス発生速度は培養液中のDNA濃度が100μg/mlのときの値に換算して示した。残留基質濃度C(mg/l)とガス発生速度V(ml.gas/hr)との間にMonod式、

$$V = \frac{V_{max} C}{C_m + C}$$

V_{max} : 最大ガス発生速度 (ml.gas/hr) C_m : 飽和定数 (mg/l)

が成り立つものとして、 V_{max} , C_m を推定した結果を実験条件とともに表-1に示す。一部を除いて C_m の値は小さく、基質濃度が低くても、有効にガス発生が生じることを示している。このことは嫌気性ろ床において、ろ床内が完全混合に近くなっても、処理効率の著しい低下が生じないことを意味し、嫌気性循環ろ床の可能性を示すものといえよう。つぎに表-1

表-1 回分処理実験の結果

投入基質	温度 (°C)	投入基質量 (mg)	pH	残存基質濃度 (mg/l)	ガス発生量 (ml)	最大ガス発生速度 (ml/hr)	DNA (μg/ml)	RNA (μg/ml)	反応時間 (hr)	C_m (mg/l)
メタノール	38	266	7.9	0	195(150)	60.5	81.0	120	4.75	< 6
メタノール	33	266	8.0	0	157(150)	54.9	85.6	304	3.75	-
メタノール	28	266	8.1	0	135(150)	50.23	85.6	199	4	-
メタノール	23	266	8.2	0	148(150)	36.47	94.6	219	5	-
メタノール	13	250	8.1	0	127(141)	12.9	95.6	265	14	-
メタノール(無攪拌)	38	104	7.8	0	63(60)	9.33	77.2	161	24	143
エタノール	38	431	8.4	0	325(335)	105.1	59.0	141	9	20
糖、酸	38	422	8.0	-	72(55.3)	15.1	54.8	117	5	115
酢酸カルシウム	38	100	8.3	-	43(27.3)	32.2	57.2	132	5	30
プロピオン酸	38	103	8.4	-	80(59)	26.4	74.0	116	5.25	37

*反応終了後の値 ①内は化学量論値を示す

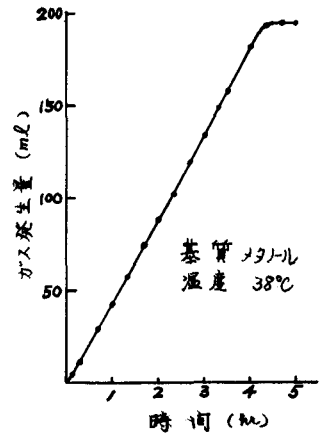


図-2 ガス発生量の経時変化

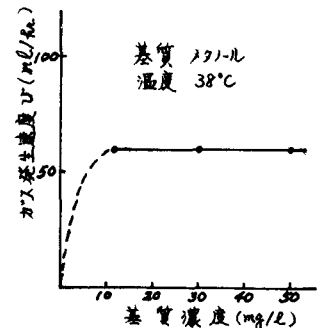


図-3 基質濃度とガス発生速度

に見られるように、無攪拌の場合には、ガス発生速度が著しく低下し、 C_m の値も攪拌が行われている場合に比べて、はるかに大きい値を示す。これは生物反応の速度よりも、基質の拡散輸送の速度が総括的な反応速度を支配するためで、ここに求めた C_m の値は、見かけの飽和定数である。いずれにしても、攪拌がなければ、ガス発生速度が基質濃度の影響を受ける領域が高濃度側へシフトすることになるので、嫌気性ろ床においても、槽内の液を循環させ、流速を高めることは、有効であると予想される。

(2) 嫌気性循環ろ床による連続処理

流入液の基質濃度は400~5000 mg/lの範囲で変化させ、ろ床に対する容積負荷を1.2~2.2 kg/m²・dayとした。pH、温度の影響を温度を21~38°Cの間で変化させた。結果として、上記の負荷範囲であれば、BOD、CODともにほぼ90~95%除去し得た。同一負荷条件でも、流入液の濃度が低くなると、若干処理効果が低下したが、顕著な差はなかった。温度を20°C付近にまで下げると、BOD、CODの除去率は80~85%程度に低下したが、処理に対する支障はなかった。結果の一例を図-4に示すが、詳細な成績は講義時に示す。なお、約4ヶ月にわたる実験中、ろ床が肉塞し、運転の維持が不可能となることは全くなかった。

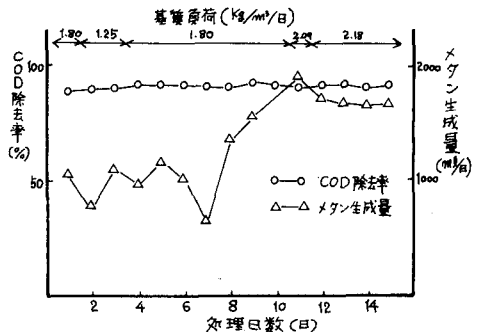


図-4 連続処理実験結果の一例
流入基質濃度 2500 ppm, 温度 38°C