

VII-181 膜分離活性汚泥法における微小後生動物と汚泥無機化との関係

西原環境衛生研究所 正会員 張博茸¹,東京大学環境安全センター 正会員 山本和夫²

1. はじめに

膜分離活性汚泥法は通常、MLSS を高くして低 F/M 比で運転されており、また理想的には汚泥を引き抜かない運転が可能で、標準活性汚泥法と比較して極めて大きな汚泥滞留時間（SRT）で運転することができる。これらは増殖速度の遅い微小動物に対して有利な条件といえる。微小動物は浄化に寄与するだけでなく、汚泥の無機化に対しても重要な役割が期待されている。本研究は、実験室規模の膜分離活性汚泥リアクター（MSB）中の微小後生動物が及ぼす汚泥の無機化を回分実験で調べ、また、MSB の生態系についてモデルを作成し、槽内での微小動物の役割及び原生動物と後生動物の関係についてのシミュレーションを行い検討したものである。

2. 実験方法

(1) MSB：本研究で用いたのは間歇ばっ気方式(45mins 間隔)の槽浸漬型膜分離活性汚泥リアクターである。流入基質として酢酸を主成分とした合成排水(300 mgTOC/l)を用い、サンプリング以外に汚泥を引き抜かず運転を行った。

(2) 回分実験：回分実験では、MSB の汚泥 300ml を用いて MSB と同じ時間間隔の間歇ばっ気を加え、汚泥の無機化と微小動物個体数との関係を調べた。実験開始時の後生動物の有無により実験系 A と C に分けた。後生動物が存在する実験系 C は実験開始時の後生動物(主な種として：*Philodina* sp.と*Aeolosoma* sp.)の個体数が異なる 5 系列(C1-C5)から構成されている。各系列の実験開始時の条件を表 1 に示した。

回分実験	A	C					平均
		C1	C2	C3	C4	C5	
纖毛虫類 (cells/ml)	11200	6480	6120	5040	4680	7200	5904
後生動物 (cells/ml)	< detection limit	1110	1240	710	700	550	862
MLSS (g/l)	8.51	10.7	12.0	12.5	10.9	12.8	11.8
MLVSS (g/l)	7.03	8.55	9.57	10.0	8.69	10.0	9.37

3. 結果

(1) MSB

二年間の運転を通して、90%以上の有機物除去率と 80%以上の窒素除去率が得られた。図 1 と図 2 に初期 5 ヶ月間の微小動物及び MLSS 濃度の変化を示した。原生動物の代表である纖毛虫類の個体数は 10^6 cells/ml、後生動物の個体数は 8×10^4 cells/ml という高濃度に達し、また、両者とも運転開始 60 日以後個体数の増加が始まった。また、MLSS 濃度は初期の 30 日間に増加速度が大きくに対して 30-60 日の間に増加速度が低下し、60 日以後 5g/l 前後で安定していた。ここで観測された MLSS 濃度変化と微小動物の増加との関係を明らかにするために以下の回分実験を行った。

(2) 回分実験

表 2 に各系列における MLSS の減少速度 K_{dm} と MLVSS の減少速度 K_{dv} の平均値をまとめた。ここで、汚泥の無機化と後生動物個体数との関係を明らかにするため、以下の考察を行った。

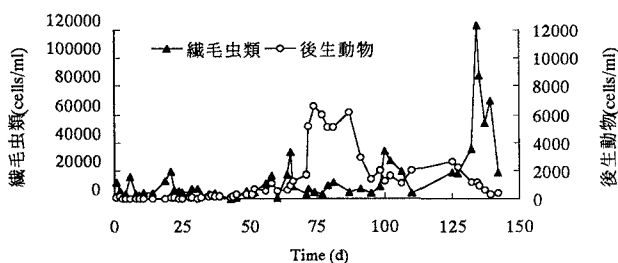


図 1 MSB 中の微小動物の変動

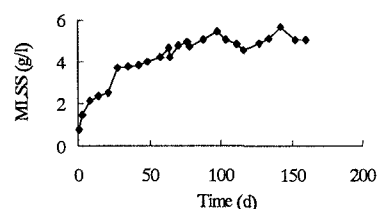


図 2 MSB 中の MLSS 濃度の変化

¹ 〒108 東京都港区芝浦 3-6-18 TEL: 03-3455-4827 FAX: 03-3454-7619² 〒113 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL: 03-3812-2111(内線 2971) FAX: 03-5802-2987

MLVSS と MLSS 濃度の変化速度はそれぞれ

$$-\frac{d(\text{MLVSS})}{dt} = K_{dV} \text{MLVSS} \quad (1)$$

式(1)と(2)と表される。 K_{dM} と K_{dV} を一定と仮定し、式(1)と(2)の比を取り、積分すると、式(3)を得る。

$$-\frac{d(\text{MLSS})}{dt} = K_{dM} \text{MLSS} \quad (2)$$

ここで、定数部分を α とすると(式(4))、式(5)という関係が得られる。汚泥の無機化率は MLVSS/MLSS で表される。この式から汚泥の無機化率と係数 $((K_{dV}-K_{dM})/K_{dM})$ に正の相関にあることが分かる。

$$\left(\frac{\text{MLVSS}}{\text{MLSS}}\right)^{-K_{dM}} = \left(\frac{\text{MLVSS}_0}{\text{MLSS}_0}\right)^{-K_{dV}} \text{MLVSS}_0^{K_{dV}-K_{dM}} \text{MLSS}^{-(K_{dV}-K_{dM})} \quad (3)$$

回分実験結果より、各系列について算出した係数 $((K_{dV}-K_{dM})/K_{dM})$ (表 2) と各系列の後生動物の平均個体

$$\alpha = \left(\frac{\text{MLVSS}_0}{\text{MLSS}_0}\right)^{-K_{dV}} \text{MLVSS}_0^{(K_{dV}-K_{dM})} \quad (4)$$

との関係を図 3 に示した。同図より、両者に正の相関にあることが分かる。すなわち、後生動物個体数の多い方が汚泥の無機化率も大きくなり、従って、後生動物は汚泥の無機化を促進し汚泥減量化に重要な役割を果たしていると考えられる。

$$\left(\frac{\text{MLVSS}}{\text{MLSS}}\right) = \alpha^{K_{dM} \text{MLSS}^{-(K_{dV}-K_{dM})/K_{dM}}} \quad (5)$$

3. シミュレーション

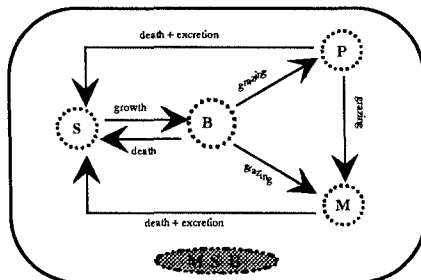
MSB の生態系は図 4 に示したように基質、細菌、原生動物、後生動物により成り立つ。また、汚泥を引き抜かないで運転していたため生物死骸や代謝産物等が分解され、その一部が再び基質に戻ることが考えられる。

これらの関係を表す微生物生態系モデルを構築し、シミュレーションを行った。用いたパラメータは文献値、回分実験および連続 MSB での実測値、あるいは実測値に基づいてモデルにより最適化した値である。微小動物が存在する系と存在しない系についての結果を図 5 に示した。微小動物が

存在しない系では MLSS 濃度が 9g/l に達したのに対して、微小動物が存在する系では MLSS 濃度は約 5g/l で安定した。後者の MLSS 濃度は前者の 60% となっており、その差の 40% が微小動物の寄与による減少分であると考えることができる。

4. 結論

MSB では微小動物を高濃度に保持できた。後生動物は汚泥の無機化を促進し汚泥減量化に重要な役割を果たしていることが示唆された。シミュレーションを行った結果、微小動物が存在する系の MLSS 濃度は微小動物が存在しない系の 60% となっており、その差の 40% が微小動物の寄与による減少分であると考えることができる



S:基質; B:細菌;
P:原生動物; M:後生動物

図 4 MSB 生態系

表 2 回分実験の MLSS と MLVSS の平均減少速度

		A	C				
			C1	C2	C3	C4	C5
MLSS	KdM	0.0096	0.0264	0.0192	0.0216	0.0288	0.0312
MLVSS	KdV	0.0096	0.0288	0.0216	0.0240	0.0312	0.0336
(KdV-KdM)/KdM		0	0.091	0.125	0.111	0.083	0.077
平均後生動物個体数(cells/ml)		0	1250	2080	1090	1050	700

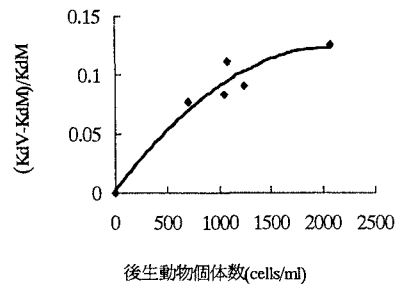


図 3 後生動物個体数と係数 $(K_{dV}-K_{dM})/K_{dM}$ の関係

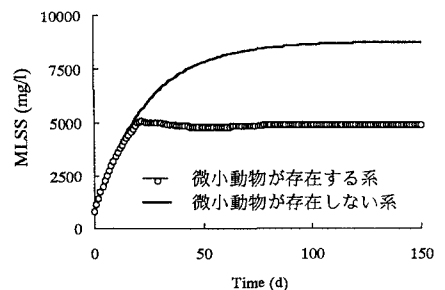


図 5 MSB 中の MLSS 濃度変化のシミュレーション結果