

凝集沈殿を前処理とした膜分離活性汚泥法

○北海道大学大学院 学生会員 巽 善彦
前沢工業 正会員 小澤 源三

北海道大学大学院 学生会員 糸永 貴範
北海道大学大学院 フェロー 渡辺 義公

1. 研究目的

膜分離と生物処理を組み合わせた膜分離活性汚泥法は、高効率で省スペース、濁質の完全除去等の利点がある事から、下水の再利用に有効な手段であるといえる。しかし、この方式にも原水中の有機物等が膜ファウリングの原因となり、膜の透過性能を低下させる等の問題点がある。本研究では膜分離活性汚泥法の前処理に凝集沈殿を導入し、生物反応槽内に流入する有機物の量を減少させ、システム全体の処理性・運転性を検討した。

2. 実験方法

実験フローを図-1に示す。実験は札幌市の下水処理場内にJMS（噴流攪拌固液分離装置）と膜分離反応槽を組み合わせたハイブリッド下水処理システムを構築して行った。JMSには鉄系無機高分子凝集剤（PSI: polysilicato-iron）を添加し、HRT1.5 hourで運転を行った。また、膜分離反応槽には膜孔径 $0.4\mu\text{m}$ のポリエチレン製の中水系膜を用い、Flux 0.4 m/day 、HRT5.3 hourで運転を行った（系列1,2）。対照系としてJMSによる凝集沈殿を行わずに原水を膜分離活性汚泥法による処理も実施した（系列3,4）。さらにMLSSを $2000\sim 3000\text{ mg/L}$ に制御する系（系列1,3）と制御しない系（系列2,4）に分けた。実験条件を表-1に示す。

3 結果と考察

(1) 運転性

図-2にMLSS制御の膜間差圧の経日変化を示す。MLSS制御の系列では実験開始から80日付近までは凝集の有無にかかわらず差圧は同様に推移した。しかし、82日目に膜洗浄を行い、運転を再開したところ系列3の差圧上昇が確認された。

実験開始から80日及び80日～135日までの反応槽内、膜透過水DOC及びその差の平均値を表-2に示す。系列1と3において実験開始から80日目までの槽内と膜透過水DOCの差はほぼ同程度であったが、80～135日までは系列1に対して系列3ははるかに高い値を示した。また、MLSS制御の系列では物理洗浄を行ったところ、差圧の回復がほとんどみられず、薬品洗浄で差圧の回復がみられた。このことから、MLSS制御の系列では膜孔径に近い大きさの物質が膜閉塞を引き起こす差圧上昇の主な原因となっていると考えられる。

図-3にMLSS無制御系の差圧の経日変化を、図-4にMLSS濃度の経日変化を示す。MLSS無制御の系列で槽内と膜透過水DOCの差が少ないのは、MLSSが高いために

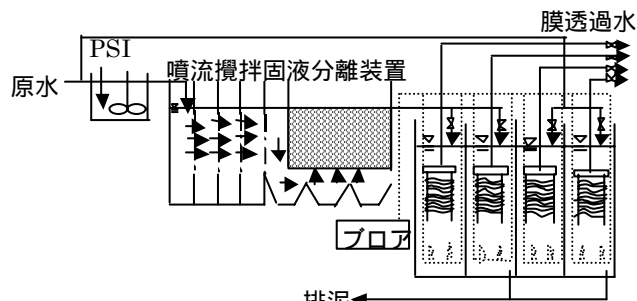


図-1 実験フロー

表-1 実験条件

	系列1	系列2	系列3	系列4
前凝集	有	有	無	無
HRT (hr)	6.8	6.8	5.3	5.3
MLSS 制御	有	無	有	無
SRT (day)	25～32		12～20	
槽内水温(°C)	14～25			
槽内 DO (mg/L)	6.8	6.4	5.2	4.1
槽内 pH	5.7	4.8	6.5	6.2
Flux (m/day)	0.4			
運転サイクル	15分吸引, 1分静置, 3分エアースクラビング, 3分静置			

表-2 反応槽内、膜透過水DOC及びその差

		槽内(A)	膜透過水(B)	(A) - (B)
系列1	0～80 日	8.3	4.4	3.9
	80～135 日	6.1	3.0	3.1
系列2	0～80 日	6.7	4.1	2.6
	80～135 日	4.0	2.4	1.6
系列3	0～80 日	9.2	5.1	4.1
	80～135 日	16.8	4.1	12.7
系列4	0～80 日	7.2	5.1	2.1
	80～135 日	4.4	3.2	1.1

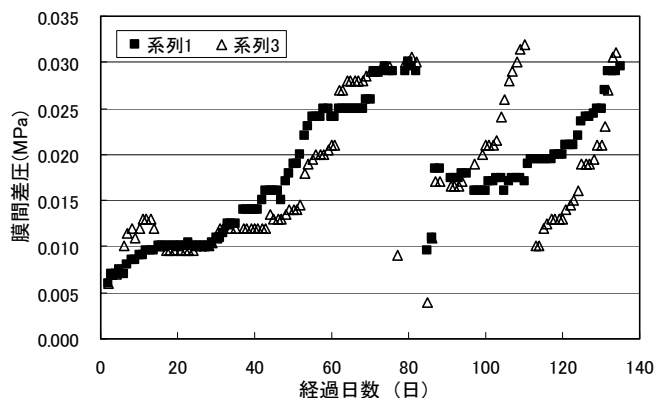


図-2 MLSS制御膜間差圧の経日変化

キーワード：膜分離活性汚泥法，凝集沈殿，MF型中空糸膜，MLSS，膜間差圧

連絡先：〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 Tel 011-706-6267 Fax 011-706-7890

生物難分解性有機物が分解されたり、汚泥に吸着したためであると考えられる。槽内と膜透過水 DOC の差が見られなかったにも関わらず系列 4 では MLSS が 8000 mg/L を超えた付近から差圧の上昇が著しく、運転が困難になっている。系列 4 では物理洗浄を行ったところ差圧の回復が見られたことから、MLSS が高過ぎたために膜表面に汚泥が付着した事が膜閉塞の原因となったと考えられる。しかし、系列 2 では MLSS が 8000 mg/L を超えても差圧は緩やかに推移し、長期間安定した運転が行えている。図-5 に MLSS と粘度の関係を示す。MLSS の増加に伴って粘度が増加しているが、凝集沈殿によって粘度の上昇を抑えられる事がわかる。粘度が膜表面への汚泥堆積に関連している事が考えられる。

これらのことから凝集沈殿は膜間差圧の上昇を抑え、運転を長期化させる働きがある事がわかった。

(2) 処理性

水質測定結果を表-2 に示す。濁質はシステム全体として凝集沈殿の有無に関わらずどの系でも完全に除去された。凝集沈殿によって濁度、リン、DOC、E260 の減少がみられた。特に濁度とリンは約 8 割の除去が可能であった。凝集沈殿によって槽内への流入物質が減少したため、膜透過水も DOC、E260 の減少がみられた。リンは最も凝集沈殿の効果があり、システム全体で 95% の除去性を示し、原水のリン濃度の変動に関わらず低リン濃度の透過水が得られた。硝化は凝集剤の添加によって pH の低下が見られたにも関わらずどの系でも高効率に行われた。また、MLSS が高濃度であると有機物除去に効果的であったが、硝酸の流出がみられた。これは MLSS が高濃度であると細菌数が多いために汚泥の自己分解によって窒素成分の酸化が進むが、槽内が好氣的であるために脱窒が起らず、硝酸が増加したと考えられる。

リンも凝集沈殿を行わない系で MLSS が高濃度であるとリンの流出がみられたが、凝集沈殿を行った系では流出がみられなかった。これは硝酸性窒素と同様に汚泥の自己分解による流出が起きたと考えられ、系列 2 では槽内のリンの流入が少ないために流出が起きないと考えられる。以上から、凝集沈殿は膜分離活性汚泥法の処理性の向上に有効であると考えられ、MLSS は目標とする処理水の水質によって濃度を決定する必要があると考えられる。

4. 結論

- ・凝集沈殿によって槽内の溶解性有機物の蓄積を抑制する事ができ、薬品洗浄が必要な膜孔径に近い物質の膜への付着を妨げる事ができた。
- ・凝集沈殿によって MLSS が高濃度でも運転が長期間行えた。
- ・凝集沈殿によって処理性が向上した。
- ・MLSS が低濃度であると膜孔径に近い物質が膜に詰まり膜ファウリングの原因となった。
- ・MLSS が高濃度であると膜表面に汚泥が付着して膜ファウリングの原因となった。
- ・MLSS が高濃度であると有機物に高度な処理が可能であったが、硝酸の流出がみられた。

以上のことから、凝集沈殿は膜分離活性汚泥法の処理性及び運転性の向上に有効である事がわかった。また、運転に適した MLSS が存在し、目標とする処理水の水質と関連させて MLSS を決定する必要がある事がわかった。

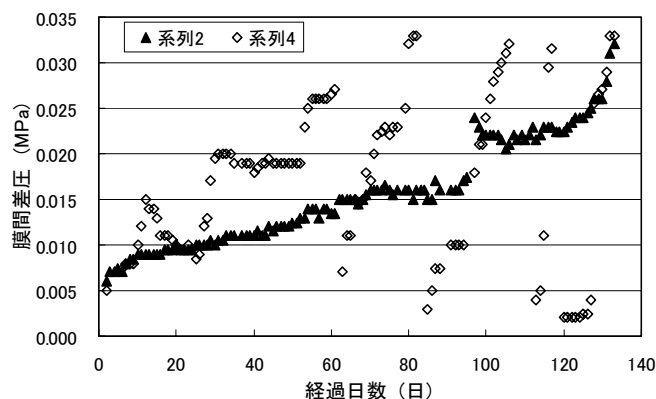


図 - 3 MLSS 無制御の膜間差圧の経日変化

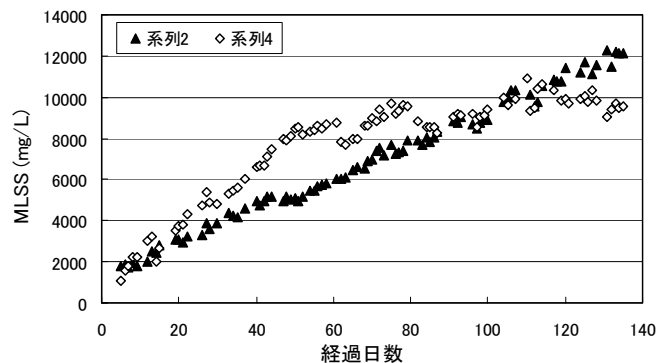


図 - 4 MLSS 無制御の MLSS の経日変化

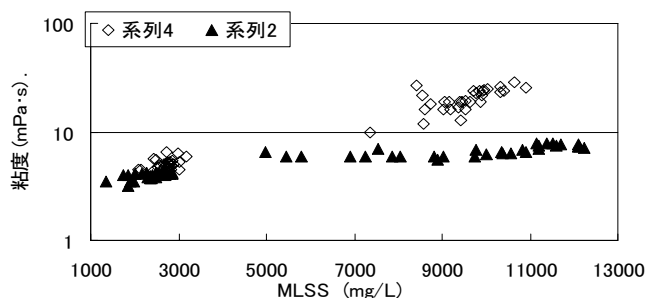


図 - 5 MLSS と粘度の関係

表 - 3 水質測定結果

	原水	JMS 水	膜透過水			
			No.1	No.2	No.3	No.4
濁度 (TU)	56.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0
DOC (mg/L)	23.5	12.5	4.0	3.7	5.0	4.6
E260 (cm ⁻¹)	0.24	0.20	0.09	0.08	0.12	0.11
T-P (mg/L)	3.19	0.45	0.08	0.08	0.71	0.83
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	14.8	10.6	0.8	0.7	0.6	0.1
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	0.7	0.5	14.2	15.1	15.5	18.2