

前凝集沈殿処理と浸漬型平膜を用いた膜分離活性汚泥法

北海道大学大学院 学生会員 ○笹川 学 北海道大学大学院 学生会員 糸永 貴範
北海道大学共同研究員 小澤 源三 北海道大学大学院 フェロー 渡辺 義公

1. はじめに

近年では分離膜を導入した膜分離活性汚泥プロセスが提案されており、今後都市下水処理システムにおける主な処理プロセスとなる可能性が高く注目されている。膜分離活性汚泥法の前処理として凝集沈殿処理を組み合わせた処理システムでは処理性、運転性共に向上することが報告されている⁽¹⁾。本研究では前凝集沈殿処理においてポリ塩化アルミニウムの代替凝集剤として、鉄系無機高分子凝集剤のポリシリカ鉄（Poly Silicato Iron：以下 PSI）を用いた。前凝集沈殿処理と浸漬型平膜を用いた膜分離活性汚泥法を組み合わせたシステムとしての処理性の評価と、間欠ろ過といった運転条件が膜ファウリングへ及ぼす影響を検討する。

2. 実験概要

札幌市創成川下水処理場内にパイロットスケールの実験装置を設置し、下水処理場の最初沈殿池流出水を原水とした。凝集沈殿処理には、多孔板と傾斜管を組み合わせることによって、フロック形成と沈殿を同時に短時間で行える噴流型攪拌固液分離装置（Jet Mixed Separator：以下 JMS）を用いた。Fig.1 に処理フローの概略図を示す。JMS では PSI を 10mg-Fe/L 添加、滞留時間は 90 分で、平均処理水量は 50 m³/day である。膜モジュールには、細菌の完全除去が期待できる公称孔径 0.1 μm の浸漬型の平膜を用いた。膜エレメント 10 枚を 7mm 間隔で平行に設置した。総有効膜面積は 6.0 m² である。ろ過は定流量吸引ろ過方式である。浸漬槽の容積は 0.5 m³ である。溶存酸素の供給と槽内の循環の他、膜面へのクロスフローを与える目的で、膜モジュール下部よりエアレーションを行っている。

3. 実験結果

3.1 処理性の評価 前凝集処理を組み合わせることによって、原水の汚濁変動を緩和でき、負荷を低減することが可能であり、膜分離活性汚泥プロセスへ安定したの水質の流入水を供給することができる。しかし PSI は PAC に比べ最適 pH は酸性域に限定されており、凝集沈殿での処理性を向上するためには、pH の調整が必要となる。各水質項目において PAC と同様の処理性を得るためには pH 6.8 以下での運転が望ましいと言える（Fig.2）。しかし本研究では後段の生物処理プロセスを考慮し、硝化反応に必要なアルカリ度の消費を防ぐために pH の調整を行っていない。そのため前凝集沈殿における処理性は原水の pH に左右されており十分とはいえないが、膜分離活性汚泥法と組み合わせたシステムとしての処理性をみると、TOC が 91.7 %、T-P が 98.5 %、アンモニア性窒素が 90.1 % と高い除去率を示した（Table.1）。水温が低くなる冬期間においては、硝化反応の低下が懸念されていたが、処理性は低下したものの 85 % 以上の硝化率を維持することができた。しかし、下水中のアルカリ度はほぼ完全に消費されており槽内の pH も低く、硝化反応の安定性に欠けるといった問題点がある。また本処理システムでは生成した硝酸性窒素の除去はできておらず、T-N の除去率は 40 % 程度であり、この点が今後の課題となっている。

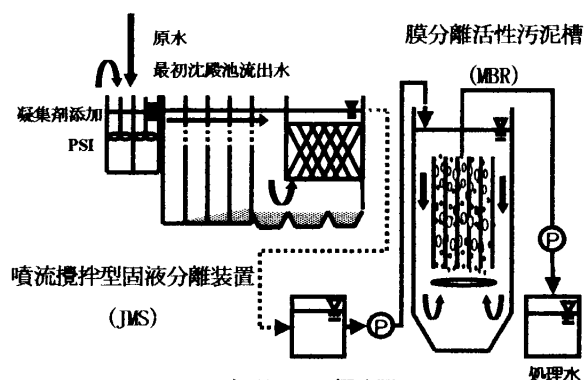


Fig.1 処理フロー概略図

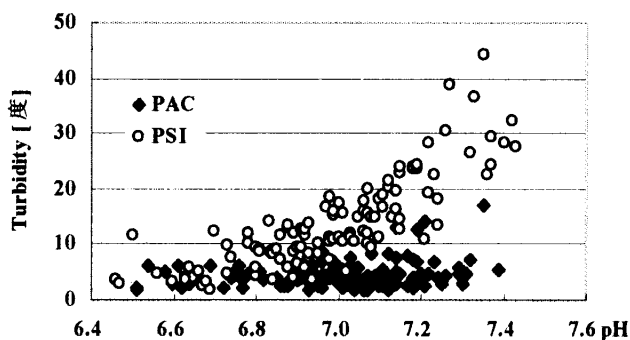


Fig.2 凝集 pH と凝集沈殿後水の濁度

キーワード：膜分離活性汚泥法 前凝集沈殿 鉄系無機高分子凝集剤 膜ファウリング

連絡先：〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 Tel 011-706-6268

Table.1 処理プロセス毎の平均水質

	Units	Influent		JMS effluent		Permeate		Removal %
		Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	
Turbidity	[NTU]	74.1	20	14.8	9.1	0.00	-	100
TOC	[mg/L]	43.3	18	21.1	9.9	3.6	0.1	91.7
E260	[1/cm]	0.28	0.06	0.21	0.05	0.09	0.01	-
T-N	[mg/L]	29.1	6.3	21.2	6.9	17.5	3.2	39.9
NH ₄ -N	[mg/L]	17.2	5.0	15.5	4.8	1.7	1.0	90.1
NO _x -N	[mg/L]	0.37	0.6	0.39	0.7	15.1	3.2	-
T-P	[mg/L]	2.04	1.18	0.48	0.45	0.03	0.1	98.5
Alkalinity	[mg-CO ₃ /L]	128.0	29.3	99.6	29.1	2.9	3.8	-
pH	[-]	7.8	0.34	7.0	0.22	5.9	0.5	-

3.2 運転性の評価 本実験で用いた浸漬型平膜は10 kPa以下の低圧力でのろ過運転が可能である。膜ファウリングの進行により、膜間差圧が20 kPaを超えた時に膜の洗浄を行った。洗浄方法は、水洗いによる膜面のケーキ層の剥離と、0.1N HCl溶液と0.5%次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いた薬液洗浄を行った。膜面には汚泥の堆積による薄いケーキ層が均一に付着していたが、これは中空糸のような形状の膜と比べ、平膜を用いることで膜全面を均一に活用できているためである。また低圧力での運転のため、付着したケーキ層は圧密されておらず、水洗いのみで容易に剥離が可能である。またケーキ層を剥離するだけで、初期差圧までの回復が見られた。このことから本実験における膜間差圧の上昇は、膜面に汚泥が堆積して形成されるケーキ層が支配的であり、薬液洗浄が必要な膜閉塞は進行していないことがわかる。つまり長期間の安定した運転には、膜面への汚泥の付着を抑制することが効果的であるといえる。そこで時間あたりの処理水量が同じになるように、ろ過流速とろ過間欠時間を設定し、クロスフロー流速を変化させる要因となる膜下部からのエアレーション供給量を操作した運転を行い、膜間差圧の推移を比較した（Table.2）。運転時の水温は10.8～11.8℃で、MLSSは6000mg/Lであった。エアレーション供給量は膜管差圧の上昇に大きく影響していることから、クロスフローは膜面への粒子の堆積を抑制するのに効果的であるといえる。一方ろ過停止時間を長くしても、堆積したケーキ層の剥離効果は見られなかった。ろ過間欠時間を長くするよりは、低いろ過流速でろ過時間を長く運転を行う方が長期間の安定した運転が行える（Fig.3）。

4.まとめ

PSIを用いた凝集沈殿処理では、pH6.8以下の弱酸性域ではPACと同等の処理性が得られることが確認された。しかし生物処理の前処理として用いる際には、凝集pH調整とアルカリ度の再調整が必要となるため、適用には課題が残る。一方浸漬型膜分離活性汚泥プロセスのような高濃度汚泥中に膜モジュールを直接浸漬する場合には、平膜を用いることで膜面への汚泥の堆積抑制・洗浄が効果的に行える。膜面でのケーキ層の堆積抑制には、膜下部よりのエアレーション供給量、ろ過流速、ろ過サイクルの適切な設定が効果的であり、バランスよく設定することで、膜間差圧の上昇を抑制でき長期間の安定した運転を行うことができる。

参考文献：糸永貴範、渡辺義公：凝集の有無による膜分離活性汚泥法の処理性及び運転性に関する研究、第36回日本水環境学会年会講演集、pp360,2002

Table.2 運転条件

	Units	Run-1	Run-2	Run-3
Flux	[m/d]	0.30	0.35	0.30
Filtration time	[min.]	5	5	5
Interval time	[min.]	1	2	1
Air flow rate	[L/min.]	100	150	150
Effluent flow rate	[m/d]	0.25	0.25	0.25

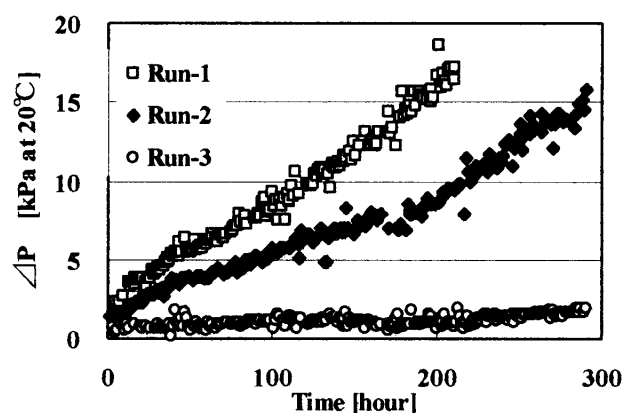


Fig.3 膜間差圧の推移