



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	凝集沈殿を前処理とした膜分離活性汚泥法
Author(s)	糸永, 貴範; 巽, 善彦; 三浦, 勇基 他
Description	第10回衛生工学シンポジウム (平成14年10月31日 (木) -11月1日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 1 水処理 . P1-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 10, 25-28
Issue Date	2002-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7092
Type	departmental bulletin paper
File Information	10-1-7_p25-28.pdf



1-7 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 ○糸永 貴範 異 善彦 三浦 勇基 渡辺 義公

1. はじめに

膜のコスト低下及び適用技術の拡張により水処理の分野においても膜分離技術を導入する動きが活発になっている。膜技術を排水処理へ適用した膜分離活性汚泥は、既存の活性汚泥法に比べて①汚泥の沈降性に左右されず完全な固液分離が可能、②反応槽内に微生物の高度集積が可能であり省スペース化が図られる、③低いエネルギー消費等の利点を有する。しかし、膜分離反応槽に蓄積する溶解性有機成分による膜閉塞及び膜表面への汚泥堆積にともなう膜透過性能の低下等の問題点がある。都市下水の汚濁物質の中で懸濁成分の占める割合は高く、既存の活性汚泥法は処理の際にエネルギーを要する懸濁成分の大半を生物処理している。浄水において凝集沈殿は固液分離手法として高い効果を有する技術である。膜分離における負荷の軽減と処理水の質向上を目的として懸濁成分は凝集沈殿により、溶解性成分は膜分離活性汚泥法により処理を行う、ハイブリッド膜分離活性汚泥法を提案する。

本研究は実都市下水を原水として230日間の長期運転を行うことにより、ハイブリッド膜分離活性汚泥法の処理性及び運転性について検討を行った。

2. 実験方法

実験は札幌市下水処理場内にパイロットスケールの噴流攪拌固液分離装置(JMS : W1240mm × L3400mm × H2350mm)と膜分離反応槽(W350mm × L520mm × H1200mm)を設置して行った(Hybrid Membrane Bioreactor : HMBR)。実験の概略を図-1に示す。JMSは多孔板を通過する際に生じる噴流の攪拌作用により、フロック形成と沈殿を同時に達成可能な固液分離装置である。膜分離反応槽に使用した膜モジュールは孔径0.4 μm、面積3 m²、ポリエチレン製の浸漬型中空糸MF膜(三菱レイヨン製)である。最初沈殿池流出水を原水としてJMSの運転は、鉄系無機高分子凝集剤(Poly silicato Iron : PSI)を10 mg-Fe/L添加し1.5時間の水理的滞留時間(HRT)で行った。対照系として原水を膜分離活性汚泥法による単独処理(Conventional MBR : CMBR)も並行して実施した。膜分離反応槽の運転条件を表-1に膜分離反応槽へ流入する原水の性状を表-2に示す。槽内の汚泥は150日付近まで汚泥の引抜きを行わず、それ以後はMLSSとして11-15 g/L程度に制御して運転を行った。膜分離反応槽内においては槽内流動用としてエアレーションを膜洗浄用としてエアスクラビングを行った。差圧が30 kPaに達した時点で膜分離反応槽から膜モジュールを取出して膜洗浄を行った。膜洗浄は加圧水による物理洗浄を行い、差圧の回復が確認されなければ塩酸と次亜塩素酸ナトリウムによる薬品洗浄を行った。

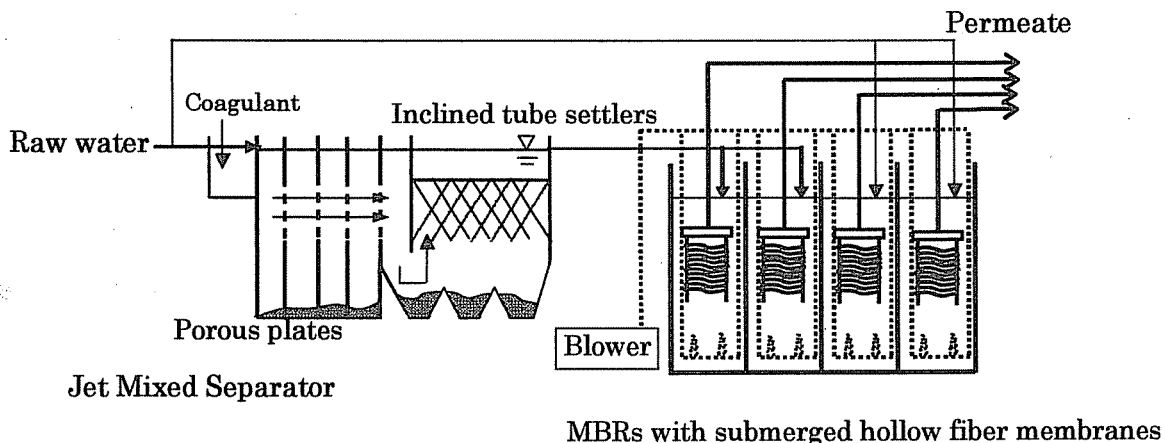


図-1 実験の概略図

表-1 膜分離反応槽の運転条件

Process	Hybrid MBR (HMBR)		Conventional MBR (CMBR)
	Pre-coagulation/sedimentation- Membrane bioreactor	Primary clarifier effluent	JMS effluent
Raw water			
HRT of MBR (Hr)		3.6-4.5	3.6-6.0
Flux (m/day)		0.4 - 0.5	0.3-0.5
Operation cycle	Suction for 12 minutes, stop for 1 minutes		

3. 結果と考察

(1)濁度及び有機物除去

PSI の最適凝集域は pH6.0 付近であるが、後段の生物処理を考慮して pHは無調節で行った。表-2 から、凝集沈殿により懸濁成分の指標である濁度の 85%が除去可能であった。また、膜透過水からは濁度が検出されなかったことから完全な固液分離が達成可能であった。

図-2, 図-3 及び図-4 に MLSS, DOC 及び反応槽内に蓄積した溶解性有機成分の経日変化を示す。MLSS は実験開始から 150 日付近まで HMBR 及び CMBR とともに同様な増加傾向を示した。HMBR において前凝集沈殿により流入する有機及び無機成分の流入は低減されているが CMBR と異なる HRT を与えたため MLSS の増加傾向に差異が見られなかったものと考えられる。

図-3 より実験開始から 20 日付近において CMBR における膜透過水の DOC は HMBR に比べて高いを示した。また、図-4 より実験開始から 80 日付近において CMBR における生物反応槽内の溶解性有機物は蓄積が見られた。80 日以降、水温の上昇にともない生物反応槽に蓄積した溶解性有機物濃度は減少して一定値に推移した。この結果から、低水温期において生物処理単独では有機物の処理が完了せず、膜分離を行っても処理水中の有機物濃度を抑えることができなかった。下水の水温が 15°C を下回る地域において膜分離活性汚泥法を導入する際には凝集沈殿のような前処理を行うことにより生物反応槽に流入する有機物の負荷を抑える必要がある。有機物を生物処理した際には代謝産物として糖類等が生じる。CMBR において

表-2 膜分離反応槽内への流入原水の性状

Process	Primary clarifier effluent	JMS effluent
	CMBR	HMBR
Turbidity (TU)	54.4	8.0
TOC (mg/L)	32.6	16.1
DOC (mg/L)	27.2	19.3
E260 (1/cm)	0.211	0.188
Total-N (mg/L)	25.1	17.6
Total-P (mg/L)	2.1	0.4
pH	7.7	6.8

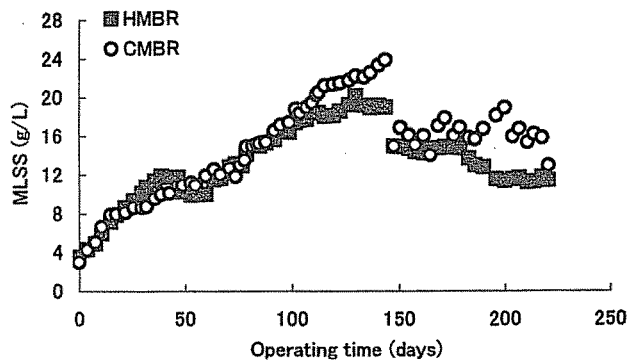


図-2 MLSS の経日変化

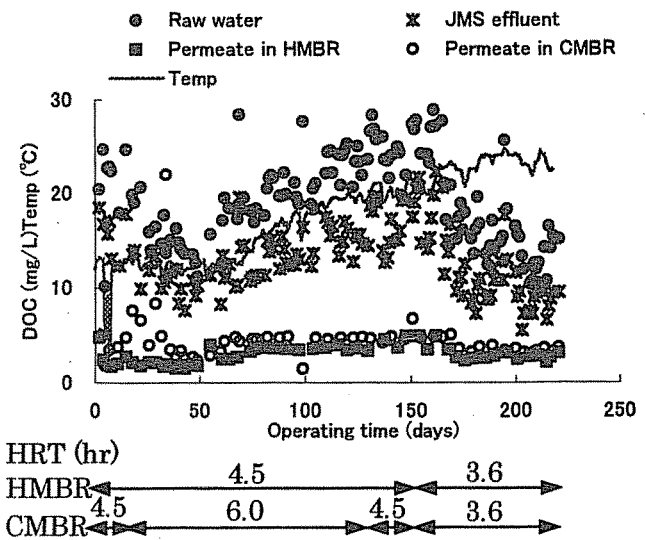


図-3 DOC の経日変化

は糖類の蓄積が見られた期間が存在したが、HMBR においては実験全期間において糖類の蓄積が見られなかった。

(2)リン除去

図-5 に全リンの経日変化を示す。原水のリン濃度は 1.5-3.0 mg/L と大きく変動した。CMBR において膜透過水のリン濃度は原水の濃度変動と同様に推移し、平均では 0.68 mg/L であった。一方で HMBR における膜透過水のリン濃度は実験全期間を通して非常に低い値で推移し、平均では 0.03 mg/L であった。HMBR において前処理の凝集沈殿により 8 割程度のリンが除去可能であり、その残余のリンが生物反応槽において処理されたため高いリン除去率を示した。

(3)窒素除去

表-3 に窒素成分の平均水質を示す。凝集沈殿によって全窒素は 3 割程度の除去が達成可能であった。システム全体においても特別な窒素除去プロセスを付加しなかったが CMBR に比べて HMBR は高い窒素除去性能を示した。

硝化に関しては CMBR に比べて HMBR は高い処理性を示したが若干劣る結果となった。凝集沈殿の際の PSI 添加により、アルカリ度は 3 割程度消費された。実験開始 130 日目から 170 日目の期間において凝集沈殿により消費された量のアルカリ剤を添加した。その結果、馴致に 1 週間程度時間を要したがほぼ完全に硝化は完了した。HMBR は凝集剤添加量、固液分離性及びアルカリ度の消費に関して最適化を行う必要がある。

(5)膜透過性能

図-6 に膜間差圧の経日変化を示す。CMBR において膜間差圧は実験開始から

徐々に増加して 19 日目付近で洗浄の目安である 30 kPa に達した。膜分離反応槽から膜モジュールを取出し加圧水による物理洗浄を行ったが差圧の回復はほとんど見られなかった。さらに酸とアルカリによる薬品洗浄を行ったところ差圧は初期値まで回復した。図-4 よりこの間の膜分離反応槽内の溶解性有機物濃度は高く、物理洗浄と薬品洗浄の結果から、膜ファウリングの原因は膜表面への汚泥堆積ではなく溶解性有機物による膜閉塞が原因であると考えられる。

CMBR において Flux を 0.4 m/day から 0.3 m/day に変更し運転を再開したところ急激な差圧上昇が確認された。また、HMBR においても運転開始 47 日目に差圧の上昇が確認された。膜モジュールを膜分離反応槽から取出した際に、表面への汚泥堆積が見られたため物理洗浄を行ったところ両系列において差圧の回復が見られた。MLSS が 10 g/L を越える付近では、膜表面への汚泥堆積が膜透過性能低下の

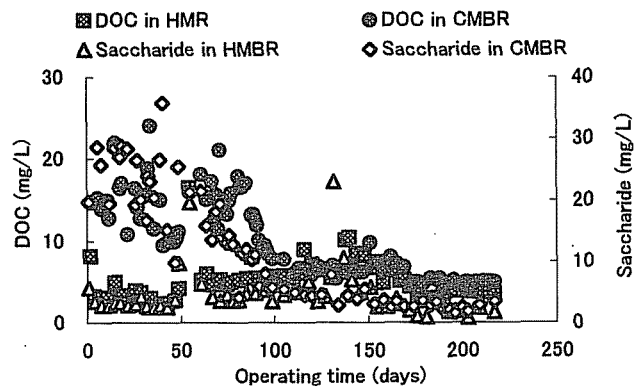


図-4 反応槽内に蓄積した溶解性有機成分

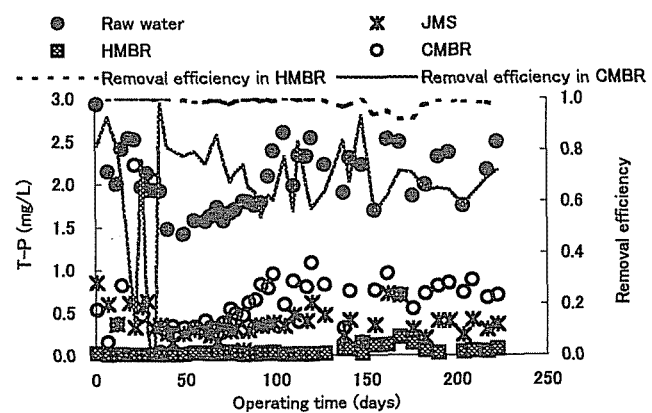


図-5 全リンの経日変化

表-3 窒素成分の処理性

	Raw water	JMS effl.	Permeate	
			HMBR	CMBR
Total-N (mg/L)	25.1	17.6	16.5	18.4
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	14.5	11.9	1.7	0.6
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.1	0.0	0.1	0.0
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	0.7	0.5	14.0	14.8
Alkalinity (mg/L)	127.6	87.5	3.9	27.0
pH	7.1-8.5	6.3-7.2	3.8-7.0	5.9-7.4

原因であった。

運転開始 50 日付近から 120 日付近まで CMBR に対して HMBR は Flux を高く設定し、エアスクラビング流量も低い運転条件であったが両系列は同様な運転性を示した。そこで 130 日付近から 230 日目まで運転条件をほぼ等しくして運転を行ったところ HMBR は CMBR に比べて非常に高い運転性を示した。MLSS と膜分離反応槽内水の粘性との関係を図-7 に示す。MLSS が同程度であっても CMBR の粘性は HMBR の粘性に比べて非常に高い値を示した。CMBR において膜洗浄の際に膜表面への汚泥堆積が著しいことから、中空糸膜では高い槽内水の粘性が膜透過性能を低下させる。

図-8 に総ろ過流量と膜間差圧の関係についてまとめた。図-8 より、両系列において物理洗浄では回復不可能な膜ファウリングが進行している。この膜ファウリングは薬品洗浄で回復可能な反応槽内に蓄積した溶解性有機物(図-4)が原因であると考えられる。図-8 の勾配より HMBR は CMBR に対して薬品洗浄の頻度を抑えることが可能である。

4. 結論

本研究は凝集沈殿と膜分離活性汚泥法を組み合わせたハイブリッド膜分離活性汚泥法について処理性と運転性の検討を行った。

ハイブリッド膜分離活性汚泥法において、

- ・水質は低水温期においても高い有機物除去が可能であり、また凝集沈殿により大半のリン除去が行え、並行して運転した膜分離活性汚泥法による単独処理に比べ良好であった。
- ・槽内水の粘性上昇にともなう膜表面への汚泥堆積を回避でき、また膜分離反応槽内の溶解性有機物の蓄積による膜閉塞を抑制することから、膜透過性能は高く維持可能であった。

膜分離活性汚泥法の前処理として凝集沈殿を行うことは既存の膜分離活性汚泥法に比べて処理性及び運転性の向上につながる。

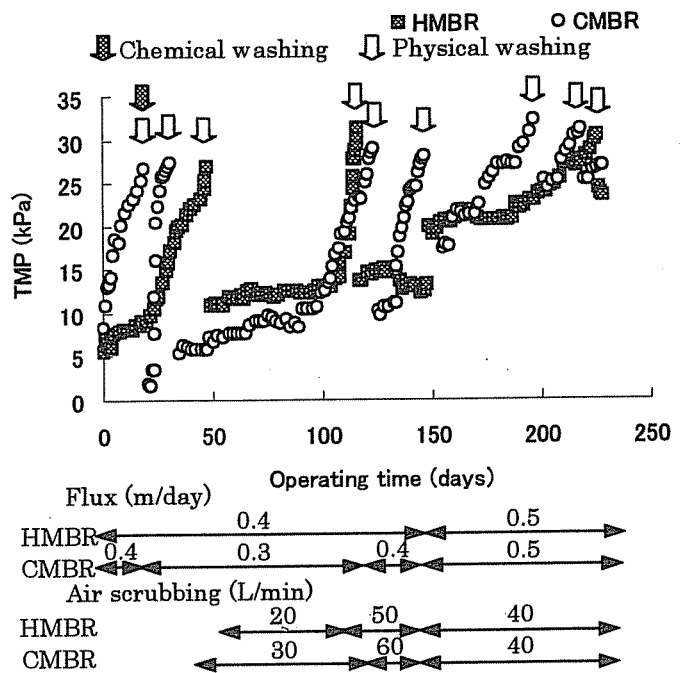


図-6 膜間差圧の経日変化

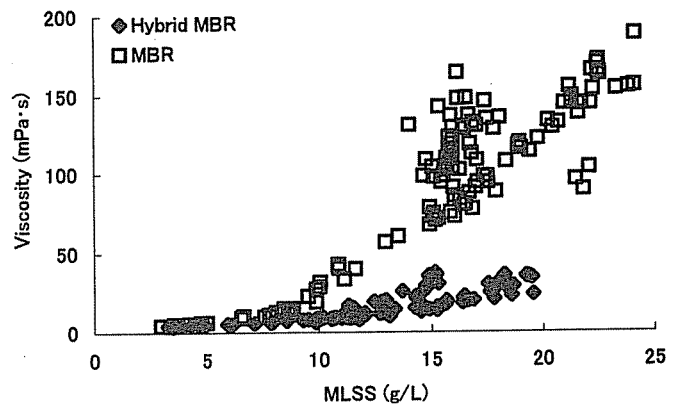


図-7 MLSS と槽内水粘性の関係

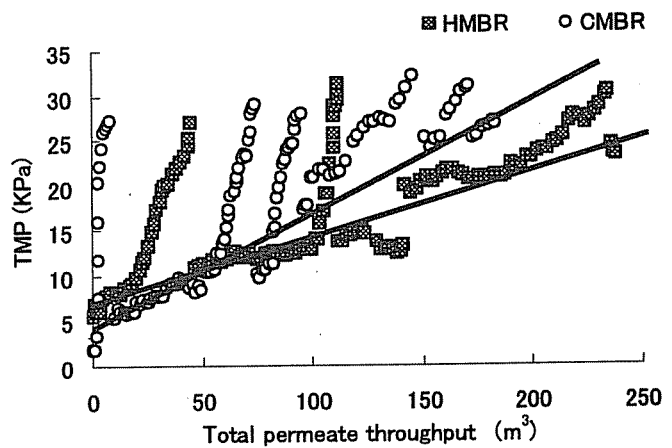


図-8 総ろ過流量と膜間差圧の関係