



Title	膜分離活性汚泥法の実用化への検討
Author(s)	武村, 清和; 大熊, 那夫紀; 大西, 真人 他
Description	第7回衛生工学シンポジウム (平成11年11月11日 (木) -12日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 水処理 1 . P6-3
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 7, 205-209
Issue Date	1999-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7293
Type	departmental bulletin paper
File Information	7-6-3_p205-209.pdf



6-3 膜分離活性汚泥法の実用化への検討

武村清和・大熊那夫紀・大西真人
奥野裕・安藤尋樹（日立プラント建設）
佐藤典敬（川崎町）

生物反応槽内に直接浸漬し固液分離を行う、膜分離活性汚泥用膜モジュールの開発及び実下水を用いた実証運転を行った。まず、実験用膜モジュールを用いたラボスケール実験を行い、実用膜モジュールに要求される2つの重要な条件を取得した。

- 1) 空塔速度 $0.06 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ の散気による振動に耐える構造であること。
- 2) $100\text{mPa}\cdot\text{s}$ の粘性液中で気泡が膜モジュールに与える応力に耐える構造であること。

そこで、我々は、この結果および強度評価試験を繰り返し、ついに安定した膜処理性能と強度信頼性を持ち合わせた活性汚泥用膜モジュールの開発に成功した。本モジュールは、 $8\text{m}^3/\text{d}$ のベンチスケール実験を経て、現在、日本下水道事業団と共同で処理規模 $32\sim 48\text{m}^3/\text{d}$ のパイロットプラントで実証実験を行っており、膜性能、処理水質とも安定運転を継続中である。

1.はじめに

活性汚泥法を用いた処理施設では、最終沈殿池における「バルキング」および「放線菌による汚泥浮上」といった固液分離障害が大きな問題になっている。この問題を解決する手段として、反応槽内に膜モジュールを浸漬させる膜分離活性汚泥法が提案され、現在、BOD 処理を目的とした産業排水処理などに多数の実績を持っている。

さらに、近年、膜分離活性汚泥法の下水への適用が検討されており、適用にあたっては、①大容量対応②BOD・N 除去（高度処理）③低コストが、大きなポイントとなる。そこで、我々は、新しい下水高度処理システムを構築するため、浸漬膜モジュールの開発を行い、システムの確認を行った。

2.膜分離活性汚泥法用膜モジュールのコンセプト

- ① 大腸菌を 100% 除去 → 公称孔径 $0.4\mu\text{m}$ の限外ろ過膜を採用
- ② リスクを回避した形状 → 平膜タイプを採用
(中空糸が抱えるリスク)
 - ・ 下水は繊維状物質が多く、中空糸の場合、糸に絡む危険性がある
 - ・ バブリング洗浄時における糸のこすれにより、膜の劣化及び糸切れを起こす危険性がある
- ③ 低コスト → 膜洗浄に散気を用いる
- ④ 低い過圧で運転可能 → 膜支持材の追求により集水抵抗を低減
- ⑤ 一人での取り扱いが可能 → 部材の改良により軽量化を実現
- ⑥ 大容量に対応可能 → 1 モジュールの膜面積を 20m^2 と大きくとることにより対応
- ⑦ 簡易な設置 → 集水管を各モジュールごとにまとめることにより作業性を低減
- ⑧ 容易な保管 → 未使用膜は乾燥保管が可能

⑨ 強度の追求 →徹底した強度試験によりモジュールの安全性を追求

3.実験装置及び方法

3.1 膜モジュールにおける強度評価

宮城県川崎町釜房下水処理施設内にラボスケール装置を設置した。これを用いて、膜モジュールの運転条件である汚泥濃度、粘度、洗浄空気量を求め、膜モジュールに要求される強度条件を評価した。ラボスケール装置の処理フローシートを図 1 に示す。既設オキシデーションディッチ槽の活性汚泥をポンプで原水槽に受け入れ、ポンプを用いて膜浸漬槽に流入した。膜処理水は、吸引ポンプを運転することにより得られ、系外に排出を行った。また、濃縮汚泥は、膜浸漬槽からオーバーフローし、原水槽に返送した。さらに、膜面の洗浄は膜下部に設置された散気管からの散気空気により行った。

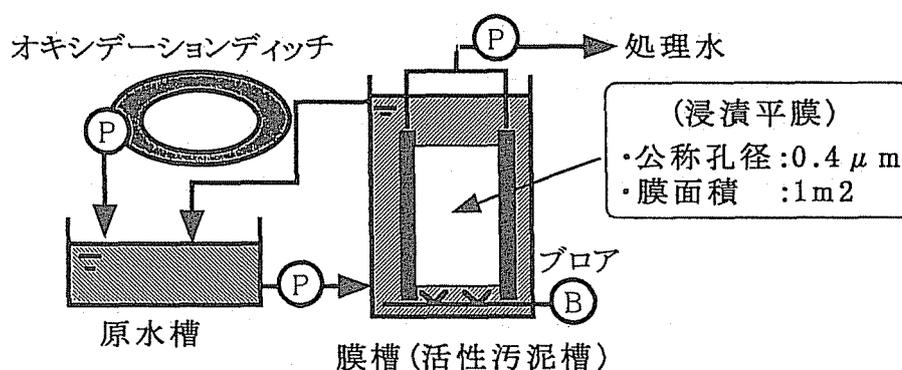


図1 ラボスケール装置処理フロー

3.2 実用膜モジュールの試作および強度の信頼性確認

実用膜モジュールの試作を行った後、我々は、モジュールに要求される強度の信頼性を検討するため、以下手順で測定を行い、評価を行った。

- ① コンセプトに基づく膜モジュールを試作
- ② 清水中で散気した際のひずみ量の分布から応力集中箇所を特定
- ③ 活性汚泥中で空塔速度 $0.06 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{s}$ の散気を行った時の応力集中箇所における最大ひずみ量を測定
- ④ 最大ひずみ量前後で加速疲労試験を実施し、許容ひずみ量を求める
- ⑤ 膜エレメントのひずみ量を低減するための改造を施し、再度運転時のひずみ量の測定を行い、許容範囲であることを確認

3.3 高度処理システムにおける膜モジュールの性能確認

宮城県川崎町釜房下水処理施設内に実下水を用いたベンチプラント装置を設置し、膜洗浄効果と、生物処理性能の確認を行った。

処理規模 $8 \text{ m}^3 / \text{d}$ のベンチプラント装置の処理フローシートを図 2 に示す。原水は、既設処理設備流入下水を 2 mm の細目スクリーンに通したのとし、 0.3 時間の滞留時間を持つ原水槽に受けた。また、原水は、原水供給ポンプを用いて、原水槽から脱窒槽に供給した。脱窒槽と硝化槽は、反

応槽下部の連通管でつながれており、脱窒槽から硝化槽側へ汚泥が流入している。硝化液の循環比は3倍とした。さらに、膜モジュールは、硝化槽に浸漬させ、処理水ポンプを用いて吸引ろ過を行った。膜洗浄は、膜エレメント下部に設置された散気管からの散気により行った。汚泥の引き抜きは、MLSSがほぼ10,000mg/lになるように、1日2回に分けて行った。運転条件は、表1に示す。

表1 運転条件

処理規模	8m ³ /day
ろ過方法	定流量ろ過
膜ろ過流束 (Flux)	運転時: 0.5m ³ /m ² /day
	日平均: 0.4m ³ /m ² /day
間欠運転	ろ過: 8分
	停止: 2分
MLSS	10g/L
HRT	5.5時間
循環比	3倍

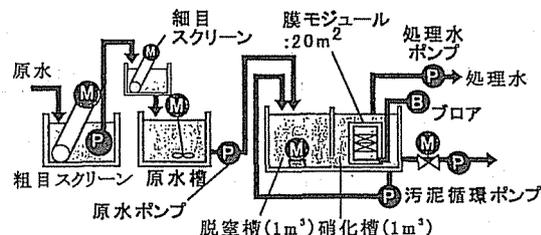


図2 ベンチスケール装置処理フロー

4. 結果

4.1 膜モジュールに要求される強度

4.1.1 汚泥濃度、液粘度と膜ろ過流束 (Flux)

結果を図3に示す。効率よく膜分離を行うには、最適な濃度（粘度）が存在することがわかった。一般的に、汚泥濃度が増加すると膜面のケーキ層の抵抗が大きくなり膜ろ過流束が低下するが、今回の測定では、濃度10,000~17,500mg/l（粘度15~100mPa s）において、膜ろ過流束の増加が見られた。これは、汚泥濃度上昇に伴う被処理液の粘度増加が、散気による膜面ケーキの掃流効果を促進したためと考える。これより、膜モジュールは、100mPa sの粘性液中で気泡がモジュールに与える応力に耐えるものでなくてはならない。

4.1.2 膜洗浄空気量と膜ろ過流束 (Flux)

本装置は、膜の透過性能を長時間維持することを目的に、散気による洗浄を常時行う。最適な空気量を把握するため、約1週間の連続運転を行い、ろ過圧力の変化を測定した。

結果を図4に示す。急激なろ過圧力の上昇もなく運転していくためには、空塔速度を0.06 m³/m²/sにする必要がある事がわかった。これより、膜モジュールは、空塔速度を0.06 m³/m²/sによる振動に十分耐えるものでなくてはならない。

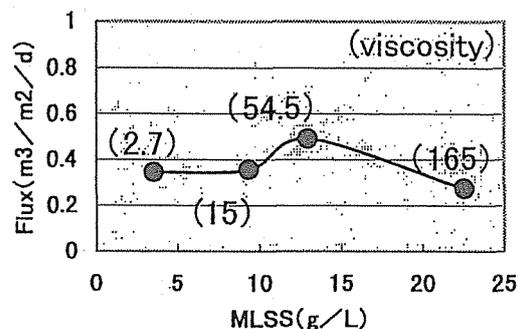


図3 最適濃度の検出 (粘度)

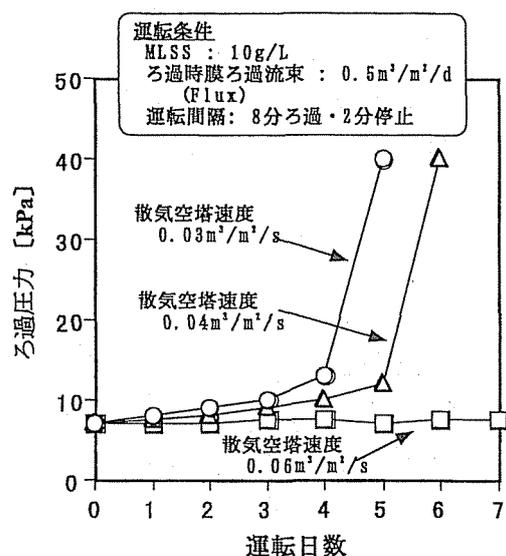


図4 最適膜洗浄空気量の検出

4.2 実用膜モジュールの提案

膜分離活性汚泥処理用に開発した実用膜モジュールの構造概念図を図5に示す。

4.3 高度処理システムにおける膜モジュールの性能

4.3.1 膜洗浄効果

膜処理システムの安定性および膜モジュールの強度信頼性を実証するために35日間の連続運転を行った。散気は、4.1.2で示された膜洗浄に必要な空塔速度 $0.06 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ に基づき行った。

評価は、膜間差圧の経日変化及び実験終了後の膜の目視外観検査により行った。

膜間差圧の経日変化を図6に示す。これより、膜間差圧の上昇もなく、安定して運転できることが確認できた。また、実験終了後の目視外観検査の結果より、特に変形及び破損箇所はなく、強度の信頼性も確認された。

4.3.2 生物処理性能

散気は、散気空塔速度 $0.03 \cdot 0.04 \cdot 0.06 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ の3条件についてそれぞれ検討を行った。そのほかの運転条件については、ほぼ同等であった。処理水質の結果を表2に示す。処理対象としてBODだけでなく、Nまで考慮した場合、散気空塔速度は $0.06 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ 必要であることがわかった。

これは、高濃度活性汚泥は粘性が高く、酸素溶解効率が4%程度と低いことに起因する。

つまり、膜面洗浄だけでなく、水質の面からも、散気空塔速度は、 $0.06 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ が望ましいと考える。

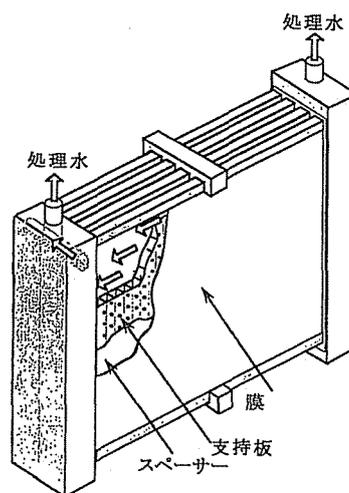


図5 実用膜モジュール概念図

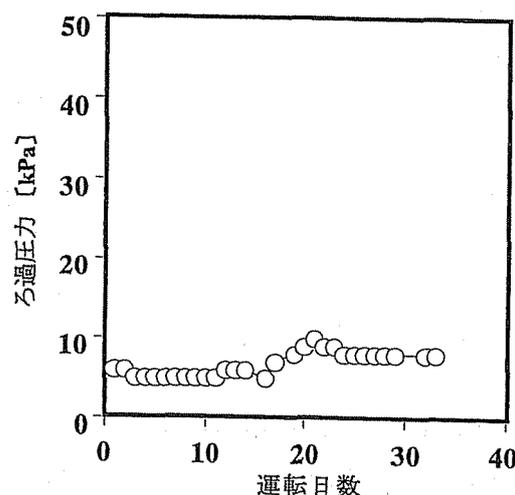


図6 ろ過圧力の経日変化

表2 処理水質

項目	散気空塔速度 [$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$]								
	0.03			0.04			0.06		
	原水	処理水	除去率	原水	処理水	除去率	原水	処理水	除去率
BOD[mg/l]	140	<2	>99%	110	<2	>99%	187	<2	>99%
COD[mg/l]	88	7.4	92%	81.2	6.7	92%	95.4	6.4	93%
T-N[mg/l]	29.3	13.4	54%	25.8	8.15	69%	33.4	2.74	92%
NH ₄ -N[mg/l]	17.3	13.4	23%	13.3	7.42	45%	18.3	0.67	96%
SS[mg/l]	138	<2	—	155	<2	—	211	<2	—
大腸菌群数[個/ml]	36000	0	100%	12000	0	100%	78000	0	100%

5.パイロットプラント運転

我々は、ベンチプラント実験で得た経験を基に 1998 年より日本下水道事業団と共同で、膜分離活性汚泥処理の実証運転を行っている。処理フローを図 7 に示す。

パイロットプラントは、32～48m³/d の処理規模を持ち、運転時の膜ろ過流束 (Flux) を 0.5～0.7m³/m²/d、日平均膜ろ過流束 (Flux) を 0.4～0.6 m³/m²/d に設定し、運転を行っている。

実験は、1999 年 8 月で「定流量運転」を終え、膜性能、処理水質とも安定したデータを取得した。

その後、「大規模・中規模・小規模の処理場を対象とした負荷変動対応実験」を計画しており、最大 3 倍の流量変動をかける予定である。現在、大規模を対象とした負荷変動対応実験を進行中である。

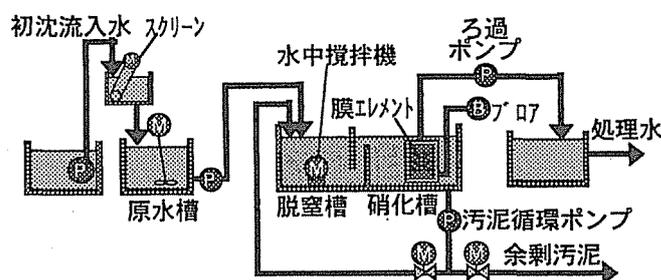


図7 パイロットプラントの処理フロー

6.まとめ

膜分離活性汚泥法を実用化するにあたり、膜分離活性汚泥用膜モジュールの開発及び実運転による膜処理性能・生物処理性能の検討を行い、以下の知見を得た。

- (1) 実験膜モジュールを用い、ラボスケールの実験を行った結果、実用膜モジュールに要求される 2 つの重要な条件がわかった。
 - 1) 空塔速度 0.06 m³/m²/s の散気による振動に耐える構造であること。
 - 2) 100mPa・s の粘性液中で気泡が膜モジュールに与える応力に耐える構造であること。
- (2) (1) の結果及び多くの強度試験を踏まえ、膜分離活性汚泥用膜モジュールの開発を行った。
- (3) 実下水を用い 8m³/d の処理規模を持つベンチスケール実験を行った結果、膜及び生物処理性能をともに安定運転するためには空塔速度 0.06 m³/m²/s 以上の散気が必要であることがわかった。
- (4) ベンチプラント実験の成果を基に、日本下水道事業団と共同で 32～48m³/d のパイロットプラントを運転しており、膜性能・処理水質ともに安定に運転を行っている。