

N-2

膜分離活性汚泥法の実用化研究について

日本下水道事業団

若山正憲

金 徳鎮

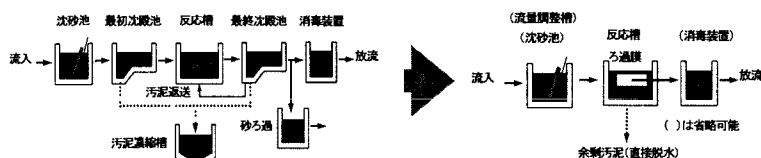
○ 碓井次郎

1. はじめに

本研究は、省スペースで高度な処理水質に加え、簡易な維持管理で、建設コスト低減も図れる処理方式として、「浸漬型膜分離活性汚泥法（以下、膜分離法）」をとりあげ、パイロットプラントを用いた処理実験結果から、同処理方式の下水道への適用性と実用化に向けた課題をとりまとめたものである。

2. 膜分離法の特徴

膜分離法と従来の活性汚泥法の大きな違いは、汚泥の固液分離方法であり、従来法が重力沈降を基本としているのに対し、膜分離法は反応槽内に膜を浸漬し、直接ろ過により処理水を得る方式で従来法に対し以下のような利点がある。



従来の活性汚泥法

膜分離活性汚泥法

図 2.1 従来法と膜分離法の処理フロー比較

- ①最終沈殿池が不要で、反応槽の汚泥濃度を高く維持できる。
- ②反応槽容量の縮小、汚泥濃縮槽の省略が可能。
- ③バルキング等の固液分離障害への対応が不要。
- ④コンパクトな施設容量で硝化脱窒が可能。
- ⑤膜の孔径が微細（ $0.1 \sim 0.4 \mu\text{m}$ の MF 膜）で砂ろ過以上の SS 除去が可能となり、消毒装置も省略可。

3. 研究内容

3.1 膜分離法の課題

膜分離法は、産業排水処理・合併浄化槽等の分野において、既に導入が進められている。そこで、これらの実績について実態調査を実施し、膜分離法を下水道に適用するにあたっての課題を整理した。

- (1) 下水でも所定の処理機能（ろ過性能、処理水質）が得られるのか？
- (2) 下水特有の流量や季節変動への対応は可能か？
- (3) 余剰汚泥の発生量と脱水性は？
- (4) 膜の洗浄方法や維持管理項目は何か？
- (5) 膜素材の耐久性は？
- (6) 建設及び維持管理コストでコストメリットを生み出せるか？

これらの課題への適応性や対応を確認するためにパイロットプラントによる実証実験を実施した。

3.2 パイロットプラントの仕様

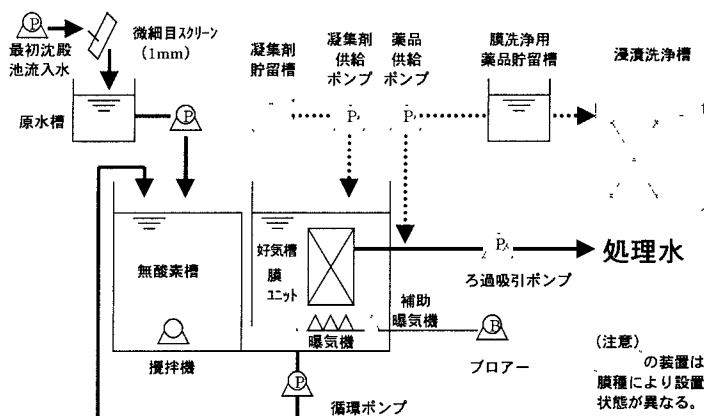
パイロットプラントの処理フローは、図 3.1 のとおりである。

施設・設備のコンパクト化及び窒素・りん除去という高度処理への対応を実現するため、反応タンクは、好気・無酸素の循環とし、凝集剤添加装置を付加、消毒装置は省略した。また、実験は 3 種類の膜（平膜、中空糸膜、セラミック膜）を対象とした。

パイロットプラントの主な仕様は以下のとおり。

- 1) 散気装置を膜ユニット下部に設置し、膜をエアで洗浄する。

2)HRT は、好気槽＋無酸素槽＝3 hr＋3 hr＝6 hr を目標とする。
3)好気槽から無酸素槽への循環は、ポンプを利用する。
また、原水は分流式流域下水処理場の最初沈殿池流入水とし、処理規模を考慮した流入パターンによる通年の運転における処理性能を確認した。なお、膜透過流束は膜の種類によって異なり、0.4～0.8m³/m²・d であ



った。

図 3.1 パイロットプラントフロー

4. 実験結果
4.1 原水性状

検討期間における流入水質を表 4.1 に示す。なお、採水は定流量コンポジットで行った。

表 4.1 実験原水

	BOD	COD	TOC	SS	T-N	T-P	大腸菌群数
平均	172	111	103	217	37.8	5.9	3.3E+05
最大	313	278	197	490	63.3	13.1	7.0E+05
最小	92	52.5	35.5	72	23.3	2.74	3.0E+04

単位：大腸菌群数 (個/ml)、その他 (mg/l)

4.2 運転経過

MLSS 濃度は、5,000mg/l から 20,000mg/l の範囲で、想定したフラックスを達成することができた。しかし、運転管理状況から 10,000mg/l 程度が望ましいことが確認された。VSS 比は、PAC 添加の有無で傾向に変化はあるが、運転に大きな影響は生じなかった。

また、期間中のプラントの主な運転状況は、以下の通りである。

- (1) 膜洗浄方法 (系列により、①～④の何れかを組合せる)
 - ①エアー洗浄、②処理水逆洗、③薬液ライン注入、④薬液槽浸漬
- (2) 間欠ろ過導入の有無
(エアー洗浄効果向上を目的に系列により、様々なパターンあり)
例. <ろ過(分): 停止(分)> 30 : 1、9 : 1、18 : 1、13 : 2 等
- (3) 送気倍率 (ブローの送風量と処理水量の比) : 18～30 倍

膜洗浄は、膜分離法の実用化にあたって極めて重要な課題であり、①～④の最適な組合せ等、より効率的な手法の検討が必要である。また、間欠ろ過は膜の透過流量の回収率と関係するため、できるだけ停止が無い又は短いことが望ましい。さらに、ランニングコストに大きな影響を及ぼす送気倍率は、従来法よりも大

きいことから、一層の低減を図る設備面での検討が必要である。

4.3 処理水質

(1) 有機分・大腸菌群数

処理水のBOD、COD、TOCの累積値を図4.3に示す。除去率は、BODで99%以上、CODで91~93%、TOCで94%前後と高い値となった。SSはほぼ検出限界値(0.4mg/l)以下となり、極めて清澄な処理水が得られた。また、大腸菌群数もSSと同様にほとんどが検出限界値(2個/100ml:特定酵素基質培地法)以下であり、消毒装置が省略できる可能性が確認された。

(2) T-N、T-P

処理水T-N、T-Pの累積値を図4.4、4.5に示す。窒素除去については循環法を採用したが、硝化液の循環率300%でT-N<10mg/lが得られた。除去率でみても82%(余剰汚泥として除去された窒素を含む)と良好な処理が行われていた。りん除去については、無酸素槽へPAC添加を行う同時凝集方式を基本とし、モル比により必要量を添加することでT-P<0.5mg/l、除去率95%以上が達成できた。

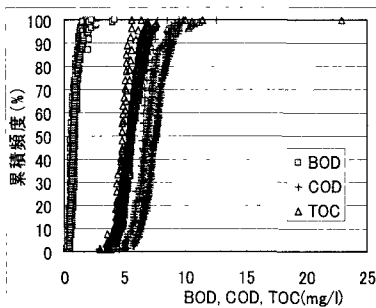


図 4.3 処理水 BOD,COD,TOC

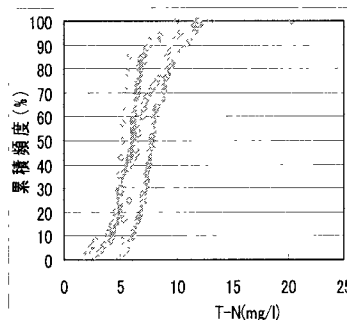


図 4.4 処理水 T-N

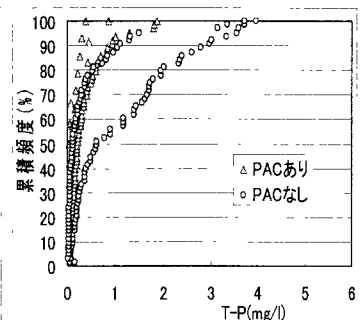


図 4.5 処理水 T-P

4.4 流入変動への対応

流入変動に対しては、①フラックスの許容範囲、②反応タンク水位、③流量調整槽の設置などで対応できることを確認したが、対応手法が採用される膜の特性、施設要件などで異なること、①、②については、対応できる変動幅に限界があることに注意が必要である。

4.5 汚泥性状

MLSS: 10,000mg/l を目標とし、SRT: 20 日程度の運転における余剰汚泥発生量(流入 SS から余剰汚泥への転換率)は、約 70%であった。また、余剰汚泥の脱水性についてはベルトプレス試験機による脱水テストにおいて、高分子凝集剤の添加率: 1%で脱水ケーキ含水率: 80%前後が得られていた。

5. まとめと今後の課題

本研究により、膜分離活性汚泥の下水道への適用について以下のことが確認された。

- (1) 最初沈殿池流入水を原水とする処理フローにおいて、通年に渡り安定した処理水が得られる。
- (2) HRT 6 時間で、窒素・りん除去が達成できる。
- (3) 流量変動や膜の洗浄、送気倍率などの運転管理は、膜の種類や施設要件でその対応手法が異なる。
- (4) 発生する余剰汚泥は従来の活性汚泥法とほぼ同等の脱水性を有している。

また、実用化さらに実用化後も含めて膜分離活性汚泥法に求められる今後の課題としては、

- (1) 広範な汚泥性状や負荷条件に対する処理性能の確認と運転管理指標の確立
 - (2) 膜の洗浄方法を含めた膜素材の耐久性の確認
 - (3) 低水温期での膜ろ過性能悪化への対策
 - (4) 送気倍率の低減をはかる設備ならびに新たな膜素材の開発
- などが考えられた。