

一 般 論 文

分離膜型排水処理システムの開発

Development of waste water treatment system applied membrane filter

漆 垣 謙 次* 坂 元 省 一*
K Urushigaki S. Sakamoto
岡 崎 和 也*
K Okazaki

概 要

排水処理設備の省スペース化と処理水の再利用を目的として、生物処理と分離膜を組み合わせた排水処理システムを開発した。また、分離膜を定期的にインラインで薬品洗浄することによって、膜の目詰まりを抑制し、長期に亘って安定に運転できることを確認した。

Synopsis

We have developed waste water treatment system using the combination of the biological treatment and the membrane filtration technology, to reduce the size of the equipment and reuse the treated waste water. Moreover, it was confirmed that the system can be operated stably for a long time without fouling by washing the membrane periodically with some reagents.

1. はじめに

標準活性汚泥法の課題として、排水処理設備の設置スペースが大きいことや、バルキングの発生などで汚泥の沈降性が低下した場合に処理水質が悪化することなどが挙げられる。また、近年では、世界各地で水資源の枯渇が懸念されており、処理水の再利用がますます重要となっている。

今回、排水処理設備の省スペース化と、処理水質の高度化を実現するために、沈殿池に代わって分離膜を用いた「分離膜型排水処理システム」を製品化したので、その概要と特長を報告する。

2. システムの特長

一般に、生物処理と分離膜を組み合わせた排水処理方法として、生物処理槽に分離膜を浸漬したMBR法（膜分離活性汚泥法）が知られている。

これに対し、当社開発システムでは、生物処理と膜分

離の両プロセスの運転条件を個々に制御できるように、生物処理槽の後段に膜処理槽を配置するという構成を採用した。これによって、流入負荷量や排水の性状に応じて、各プロセスの運転条件を柔軟に調整できるので、より安定した運転を実現することができる。このシステムの構成図を図1に示す。

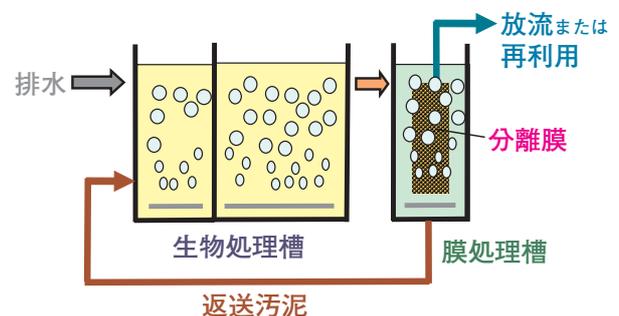


図1 システム構成図

*材料研究所

3. 分離膜の選定

目詰まりを抑制し、長期に亘って安定な膜分離性能を維持するには、膜の定期的な洗浄が不可欠であるため、膜の材質は耐薬品性に優れていることが必要とされる。また省スペース化のためには、設置面積当たりの膜ろ過水量が多く、モジュール化が容易な形状であることも要求される。

今回、開発したシステムでは、住友電工ファインポリマー株式会社製の「ポアフロ[®]精密濾過膜モジュール」(公称孔径 $0.2\mu\text{m}$)を用いた。この膜はPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)を材質として用いているので、高い耐薬品性と物理的強度を有しており、長期的な特性低下の抑制が期待できる。

4. 分離膜の自動洗浄

各種薬品による膜の目詰まり防止効果を評価するために行った実験結果の一例を図2に示す。縦軸は、インライン洗浄前後での膜差圧の変化を示しており、アルカリと次亜塩素酸ソーダという複合薬品による洗浄が、膜の目詰まり抑制に有効であることが分かった。

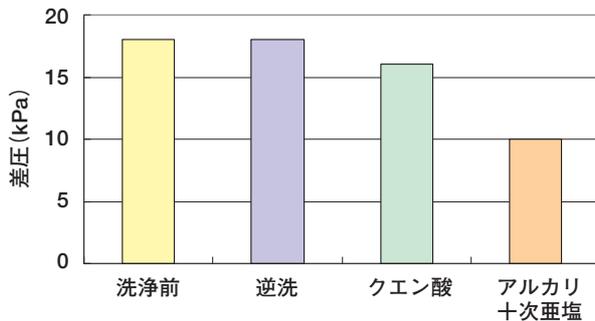


図2 インライン洗浄による膜差圧の変化

図3と図4に、生物処理実験前後での分離膜の電子顕微鏡(SEM)写真を示す。使用後の分離膜には微生物の繁殖が認められ、膜の目詰まりを誘発している可能性が示唆された。

以上の結果から、アルカリと次亜塩素酸ソーダによるインライン洗浄は、分離膜に付着した微生物の除去に有効であると考えて、これらの薬品による自動洗浄機構を装備した結果、長期間に亘る高フラックス運転が可能となった。



図3 使用前の分離膜SEM写真

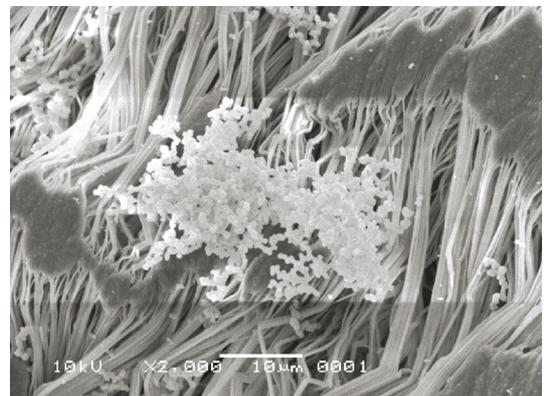


図4 使用後の分離膜SEM写真

5. 長期運転結果

5.1 工場排水での運転性能

酒造工場の排水を用いて、処理水量 $5\text{m}^3/\text{日}$ で長期試験を行った。実験に使用したプラント設備および膜モジュールの外観を図5に示す。

差圧とフラックスの経日変化を図6に示す。150日以上に亘って、 $0.58\text{m}/\text{日}$ という高い膜ろ過フラックスでの連続運転が実現されており、差圧の大幅な上昇は認められなかった。

流入水および処理水のBOD濃度の経日変化を図7に示す。流入水のBOD濃度は $10\sim 1,350\text{mg}/\text{L}$ の範囲で大きく変動しているが、処理水のBOD濃度は $5\text{mg}/\text{L}$ 以下で安定しており、良好な有機物処理性能が維持されていることが分かる。



図5 プラント設備と膜モジュールの外観

この実験期間中に測定された処理水質の一例を表1に示す。処理水は国土交通省が定める修景用水の水質基準⁽¹⁾をクリアしており、再利用が可能であることが分かった。

表1 処理水質の一例

項目	処理水	修景用水基準
BOD	2mg/L以下	—
SS	0.2mg/L以下	—
pH	7.4	5.8～8.6
大腸菌群数	2CFU(100mL中)	1000CFU以下(100mL中)
濁度	1度	2度以下
色度	7度	40度以下

5.2 生活排水での運転性能

団地集合排水の活性汚泥処理槽内に分離膜を浸漬して実験を行った。ここでは、8本の膜モジュールを1ユニットとして設置し、水量18m³/日・ユニットでの運転を行った。なお、この実験において、運転期間中、膜のインライン洗浄は一切行っていない。

膜ユニットの外観を図8に示す。

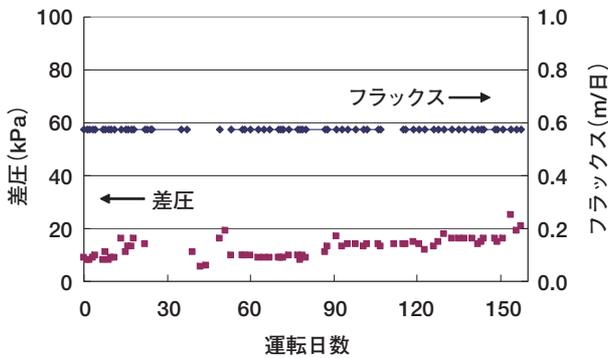


図6 差圧とフラックスの経日変化 (酒造工場排水)



図8 膜ユニット外観

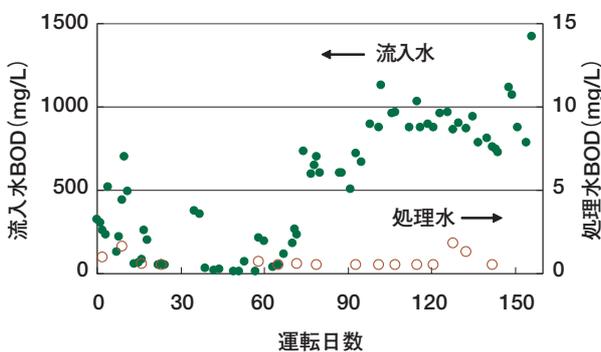


図7 BOD濃度の経日変化 (酒造工場排水)

差圧とフラックスの経日変化を図9に示す。運転期間中、インライン洗浄を全く行っていないにも関わらず、150日間以上に亘って、0.41m/日というフラックスでの連続運転が実現されており、差圧の大幅な上昇は認められなかった。

また、流入水および処理水のBOD濃度の経日変化

を図10に示す。流入水のBOD濃度は、59~160mg/Lの範囲で変動しているものの、処理水のBOD濃度は5mg/L以下であり、良好な有機物処理性能が維持されていることが分かる。

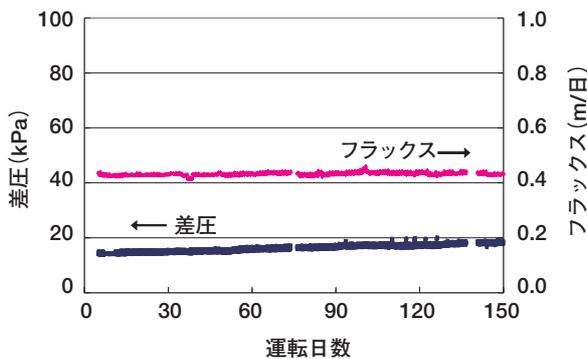


図9 差圧とフラックスの経日変化
(団地集合排水)

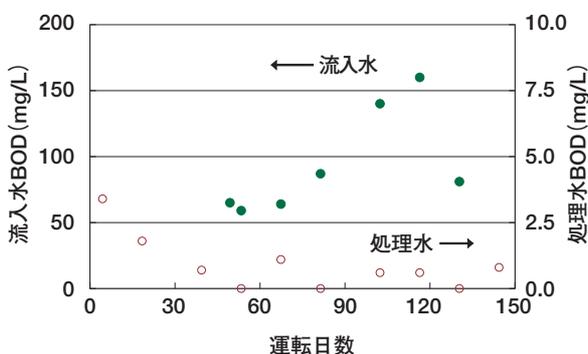


図10 BOD濃度の経日変化
(団地集合排水)

6. 考察

運転操作条件や生物代謝物質と膜の目詰まりとの関係⁽²⁾⁽³⁾や、フラックスによって膜目詰まりを引き起こす成分が異なること⁽⁴⁾などは、既に報告されている通りである。今回、高いフラックスで運転する場合、アルカリと次亜塩素酸ソーダによるインライン洗浄を行うことが、長期に亘る連続運転の実現に有効であることを報告したが、排水の性状や運転条件に応じて、膜の洗浄条件を適切に制御することが重要である。

7. まとめ

各種排水での運転実験の結果、フラックスに応じた適切なインライン洗浄を行なうことによって、長期に亘って、膜の目詰まりを抑制しながら、良好な有機物処理を継続することが可能なことが分かった。

今後は運転条件の更なる最適化をはかり、本システムの幅広い業種への適用拡大を目指す。

参考文献

- (1) 国土交通省「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」(平成17年)
- (2) 川崎、他「浸漬型膜分離活性汚泥法における精密濾過中空糸膜の濾過特性に及ぼす操作条件の影響」化学工学論文集、Vol.30、No.5、pp.581-586 (2004)
- (3) 柳、桃井、小松「膜分離活性汚泥法における膜透過性能に対する生物代謝成分の影響」水環境学会誌、Vol. 20、No. 7、pp.473-480 (1997)
- (4) 木村「都市下水処理を行うMBRにおける膜ファウリング」分離技術、Vol.37、No.4、pp.226-232 (2007)

(注)「ポアフロロン」は、住友電気工業株式会社の登録商標です。

執筆紹介



漆垣謙次 Kenji Urushigaki
材料研究所 機能材料研究センター
機能材料開発第1グループ 主任



坂元省一 Shoichi Sakamoto
材料研究所 機能材料研究センター
機能材料開発第1グループ



岡崎和也 Kazuya Okazaki
材料研究所 機能材料研究センター
機能材料開発第1グループ 主任