

工場排水処理設備工事

戸田雅之 Masayuki Toda

キーワード 工場排水, 省スペース, 高負荷, 既設改修, 機能増強

概要

公共水域の環境保全のため、工場排水処理設備は重要である。一方で、コストやスペースを抑制したいという工場側の要望が強い。

特に食品工場や化学工場の排水のような高濃度の有機物を含む排水では活性汚泥を高濃度に保ち、高負荷運転を行う膜分離活性汚泥法が有効である。当社で開発・製造・販売しているセラミック平膜は、膜分離活性汚泥法に適した性能を持ち、安全で安心な処理設備を構築し、機能を増強することができる。

排水処理設備は土木建築、機械・配管、電気計装など幅広い技術分野をまとめた複合施設である。当社ではお客様に対し、提案から設計・施工まで、いわゆるフルターンキーでの対応力を強化するため、プラント建設本部にその機能を設けた。

当社は、これまでのフルターンキー工事の実績と当社の特長製品であるセラミック平膜を武器に、多くのお客様にこれまでにない高性能・高耐久の膜処理システムを提案している。

1 まえがき

工場における排水処理設備は、土木建築工事・機械配管工事・電気計装工事を総合して建設される。当社は、お客様の利便性を向上するため、2014年にプラント建設本部で提案から設計・現地施工までフルターンキーで対応する体制を構築した。

工場排水は製造品や製造方法によって性状が多様で、その処理も様々な方法を組み合わせて行う。当社ではこれまで回転円盤法・接触曝気法・標準活性汚泥法・膜分離活性汚泥法（MBR：Membrane Bioreactor）など、水質や工場の特性に合わせた設備を納入してきた。

本稿では、当社の特長製品であるセラミック平膜を用いたMBRと排水処理設備への適用例を紹介する。

2 MBRとは

MBRは活性汚泥法の一つである。活性汚泥法とは、汚濁物質の分解に有効な微生物を汚水中に浮遊させ、曝気・混和し、有機汚濁物質を分解・浄化する技術である。処理水は活性汚泥と分離し、放流する。一般的には沈殿槽で活性汚泥混合水を静置し、汚泥を沈降分離する。下水道などに代表されるこの方法を標準活性汚泥法と呼ぶ。一方、MBRはろ過膜で物理的に活性汚泥と処理水を分離することで、清澄な処理水を得る方法である。第1図に標準活性汚泥法とMBRによる排水処理フローの比較を示す。

標準活性汚泥法と比較してMBRは、汚泥の流出（キャリアオーバー）の心配が無く、活性汚泥を濃縮して高濃度に保つことができるため、曝気槽容量を縮小できるなどの特長がある。さらに細孔径が $0.1\mu\text{m}$ と小さいため、高度処理に必要な砂ろ過設備が不要

で、大腸菌などの流出がない。

2.1 MBRの長所

標準活性汚泥法では、活性汚泥濃度（MLSS濃度）を通常1000～3000mg/Lで管理する。MLSS濃度を高くした場合、活性汚泥の集合体（フロック）が解体され、沈降分離が難しくなるためである。一方MBRでは、個々の微生物を分離できるため、8000～12,000mg/L程度で運用できる。その結果、曝気槽の処理能力が向上し、同一の容積でより高い負荷の排水処理が行える。

ここでは、MBRによる設置面積の縮小効果を試算する。標準活性汚泥法の場合を100とし、比率で示した。試算条件は、以下のとおりである。

- (1) MLSS濃度：標準活性汚泥法3000mg/L，MBR8000mg/L
- (2) BOD（Biochemical Oxygen Demand）汚泥負荷：0.3kg-BOD/kg-MLSS・日
- (3) 曝気槽水深：4m
- (4) 沈殿槽面積負荷：10m³/m²・日

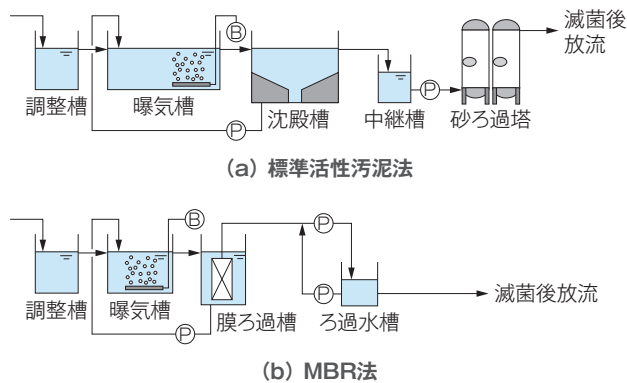
そのほかの膜ユニットの寸法やろ過速度などは、当社標準設計値を用いた。

2.1.1 BODによる省スペース効果

第2図 (a) に処理水量を200m³/日に固定し、BOD濃度を変数とした結果を示す。単純計算では、MLSS濃度の比で曝気槽面積を小さくでき、今回の例では、3000/8000=37.5%と計算できる。ただしBOD濃度が低い場合、曝気槽の滞留時間が極端に短くなるため、最低6時間の滞留時間を設けるものとして比較した。沈殿槽と膜分離槽はいずれも汚水量によって規模が決定されるため、汚水量を固定とした場合、いずれも面積は固定される。一方で、曝気槽容量はBOD濃度が高くなるとMBRが優位となる。BOD濃度400mg/L以上では30～40%となり、省スペース効果が大きい。

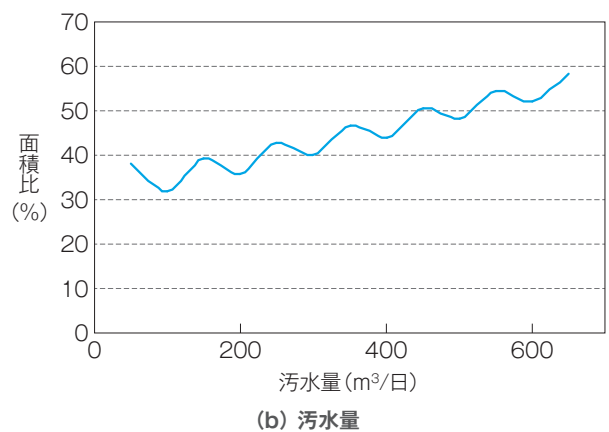
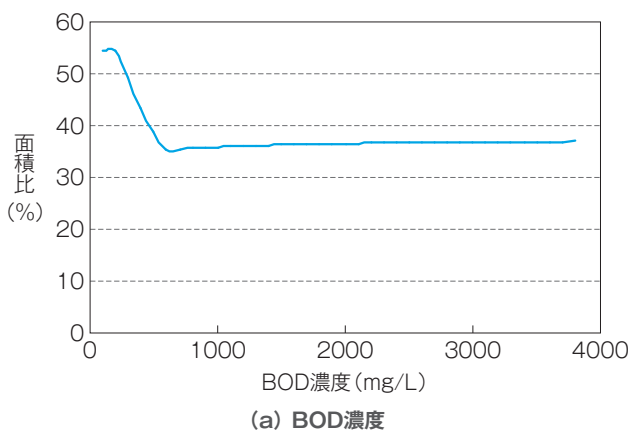
2.1.2 汚水量による省スペース効果

第2図 (b) にBOD濃度を1000mg/Lに固定し、汚水量を変数とした結果を示す。BOD濃度を固定した場合、曝気槽を約40%に縮小できる。一方、沈殿槽・膜分離槽はいずれも汚水量にほぼ比例して大きくなるため、汚水量が多い場合には、曝気槽容量



第1図 排水処理フローの比較

従来から広く普及している標準活性汚泥法とMBRの概略フロー図を示す。MBR法では曝気槽容量が小さくできるほか、沈殿槽が不要などのメリットがある。



第2図 設備設置面積比較試算の結果

標準活性汚泥法とMBR法での設備面積の試算と比較を行った。特にBOD濃度が高く汚水量が少ない分野で、省スペース化が期待できる。

の縮小効果が薄れてしまう。約500m³/日以下で、設置面積は50%以下となる。

2.1.3 MBRの適応分野

前述のことから、MBRは比較的高いBODで汚水量が少ない場合に高い省スペース効果が得られることが分かる。食品工場や化学工場では高濃度の有機物を含む排水が発生し、設備更新や増強の場合は設置スペースが課題となることが多い。MBRは最適なソリューションの一つとなる。

2.2 MBRの短所とその解決

MBRの短所として、(1)膜洗浄やろ過ポンプなどの動力が必要、(2)定期的な膜の交換が必要、(3)目詰まり（ファウリング）の防止が必要、などが挙げられる。

当社で製造するセラミック平膜は、素材の親水性が高いため透水性に優れ、ろ過動力を削減できる。また高い物理的な強度と耐薬品性によって、膜の交換頻度を抑えることができる。さらにファウリングには、「運転時の逆洗」や「運転状態での薬液洗浄（インライン洗浄）」で防止する対策をとっている。

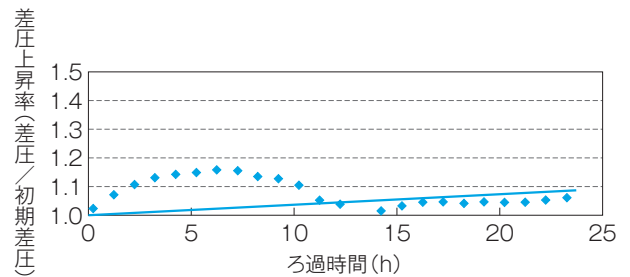
これらの機能で、従来のMBRの問題点を低減することができる。ただし、広く見ればフィルタの一種である膜はセラミック平膜であっても、ファウリングと無縁ではない。MBRを計画する場合は、排水の質を考慮し、十分検討する必要がある。

2.2.1 膜ろ過テスト

膜ろ過テストは、計画時に必要に応じて実施する。テストピースを用い、実汚泥をろ過分離し、その際のろ過圧力の経時変化を測定してろ過性を確認する。

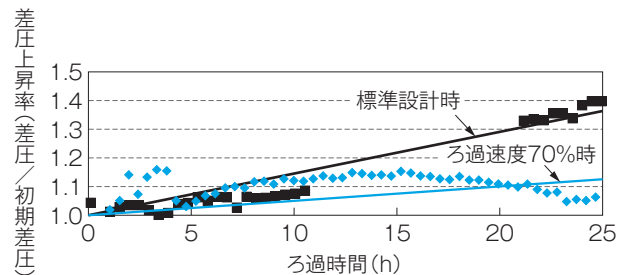
第3図に食品工場のろ過試験結果を示す。差圧の上昇は僅かでろ過性が良好であることを確認した。

第4図に飲料工場のろ過試験結果を示す。圧力の上昇が顕著であることが分かる。これは、多糖類やタンパク質など難分解性の物質が残存しているためと考えられる。この結果から、短期間でろ過が困難な圧力に達することが推測でき、インライン洗浄の頻度が上昇し、経済的ではない。このような場合には、膜面積を増やし、単位面積当たりのろ過流量



第3図 食品工場のろ過試験結果

食品工場のろ過試験の結果を示す。ろ過差圧の上昇率が低く、安定したろ過を行える。



第4図 飲料工場のろ過試験結果

ろ過差圧の上昇が顕著であり、標準的な設計値では経済的な運用ができな。フラックスを下げるなど設計値を検討することで、より経済的な提案ができる。

(フラックス)を下げるなど、設計値の見直しを実施する。**第4図**にはろ過速度を標準設計値の70%程度に減じたテスト結果も示した。圧力上昇が抑制されていることが分かる。

3 MBRを適用したプラント実例

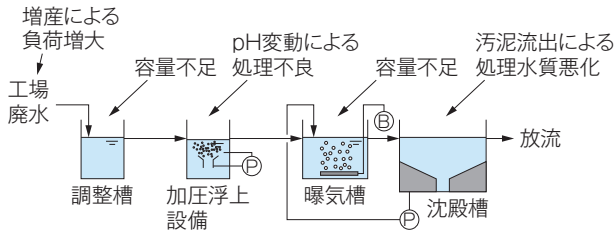
MBRの特長を生かした実例を紹介する。

3.1 増強工事への適用

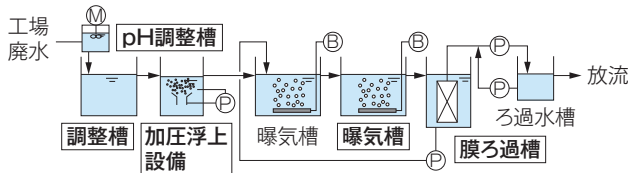
増強工事では、既存の設備を生かすことが重要となる。一例として某クリーニング工場では、沈殿槽を膜ろ過槽へ改造することで活性汚泥を濃縮し、処理水量を倍増することに成功した⁽¹⁾。

3.2 高濃度COD (Chemical Oxygen Demand) 排水の処理

工業団地の排水は、CODの濃度が高く、活性汚泥法だけでは十分に処理できなかった。前段に嫌気処



(a) 既存設備



(b) 設備増強

第5図 食品工場の設備更新工事増強概要

標準活性汚泥法からMBR法への転換による省スペース化の例を示す。さらに加圧浮上設備やpH調整槽など、設備の機能増強にも対応した。

理（上向流式スラッジブランケット法：UASB）による処理を設けた。嫌気処理によるCOD処理とMBRによるBOD処理を組み合わせることで、目標とする処理水質を達成した⁽²⁾。

3.3 処理水の再利用

MBRの排水の特長の一つとして、清澄性が高いことが挙げられる。複合ビルの厨房排水処理では、この特長を生かし、処理水を中水道としてトイレの洗浄水に再利用している⁽¹⁾。

3.4 民間工場での排水処理能力増強

現在、当社では民間工場で排水処理設備増強工事を施工中である。本件は、生産の増加に伴う排水量の増加に対応するため処理能力を増強するものである。排水中の油分による影響を考慮し、当社のセラ

ミック平膜が採用された。第5図に設備増強の概要を示す。油分は前段の加圧浮上装置（今回更新）で除去するが、水質変動に伴い、除去しきれない油分による膜の汚染が懸念されている。セラミック平膜は油分の影響を受けにくい上に、油分による汚染で膜が閉塞した場合でも、膜を交換することなく薬液洗浄によって機能が回復する可能性が高い。本設備では浸漬洗浄槽を用意し、異常時に現場でセラミック平膜を洗浄できるように配慮した。

4 むすび

当社で開発・製造しているセラミック平膜はMBR法に適した構造・機能を有し、従来の分離膜と比較して耐油性や耐薬品性に優れ、長寿命であるなどの利点がある。当社ではその特長を生かし、食品や化学工場など排水の負荷が高い分野で積極的な提案活動を実施し、地域環境の保護に貢献していく。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

- (1) 明電時報346号, 2015年/No.1
- (2) 明電時報342号, 2014年/No.1

《執筆者紹介》



戸田雅之
Masayuki Toda
プラント工務部
排水処理設備の計画・設計に従事