

下水道への膜処理技術導入のための 調査研究

研究第一部 主任研究員

加藤 薫



1 研究目的

わが国の下水道人口普及率は平成19年度末で71.7%に達し、依然として都市規模による格差は残っているものの一定の進捗が図られてきた。しかし、閉鎖性水域における水質改善や健全な水循環系の構築、老朽化した施設の計画的な改築等、課題は数多く残されている。

膜処理技術はこれらの課題を解決していく上で、その中心となる処理技術として期待されている。

これまで、わが国の下水道分野において、膜処理技術は一部の再利用用途以外に行われていなかったが、近年、膜技術の発展に伴う膜価格の低下により、本格的な下水処理への膜処理技術の適用が現実的な選択肢となってきた。

MBRの膜モジュールの例を図－1に示す。

特に、膜分離活性汚泥法は、平成20年度末において10箇所程度の小規模な下水処理場で導入され、改築需要の増大等を受けて中大規模施設への導入が進むことが予想される。したがって、今後は、特に大・中規模下水処理場の改築への適用も含めて、本格的な膜処理技術の普及を図っていく必要がある。

本研究では現時点における、下水道を中心とした膜処理技術に関する基礎的な情報や最新の知見について整理するとともに、地方公共団体が下水道への膜処理技術の導入にあたって検討すべき事項や留意事項を整理し、ガイドラインとしてとりまとめることを目的とした。

2 研究内容

2.1 体制

膜処理技術に関する最新の知見を収集整理し、他の技術の組み合わせによる最適システムの検討を行うとともに、地方公共団体に対する技術的な支援を行うためのガイドラインをとりまとめることを目的として「下水道膜処理技術会議」が設置された。審議された結果をもとに、「下水道への膜処理技術導入のためのガイドライン〔第1版〕」としてとりまとめた。

2.2 ガイドラインの構成と位置づけ

ガイドラインの構成を表－1に示す。

膜処理技術は、閉鎖性水域の水質改善のための高度処理、病原微生物等の水系リスク低減、下水処理施設の改築等、今後の下水道事業における様々な展開の核となるコア技術であることから、巻末に参考資料とし



図－1 MBRの膜モジュールの例

て下水道における膜処理技術を用いた今後の展開についても記載した。

2.3 下水道における膜処理技術

2.3.1 導入形態と期待される効果

下水道への膜処理技術の導入形態としては、大別して次の2種となる。

- ①従来の最終沈殿池における固液分離操作を、膜処理により行うもの（MBR）
- ②生物処理（従来法やMBR）の後段に、膜処理を付加し、再生水利用に供するもの

このような膜処理技術の導入により、具体的には次のような効果が期待できる。

- （1）未普及解消
 - ・未普及解消クイックプロジェクト
 - ・コンパクト化、工期短縮
- （2）高度処理の推進
 - ・処理水中にSSが含まれない
 - ・MBR：高MLSS運転（硝化・脱窒の促進）
 - ・環境基準の達成
- （3）再生水利用の促進
 - ・再利用用途に応じた水質
 - ・サテライト処理場の整備（水辺の創出、防災用水、ヒートアイランド）
- （4）水系リスクの低減
 - ・微量化学物質や細菌・ウイルスの低減
- （5）処理場の改築・高度化
 - ・スペース不足・能力不足への対応（コンパクトな施設での高度処理）

表ー1 ガイドラインの構成

第1章	本ガイドラインの位置付け ガイドラインの構成、用語の定義
第2章	総論 膜処理技術の概要、膜処理の基礎的な事項、下水道への導入意義や下水道における膜処理の現状
第3章	新設処理場へのMBR導入 MBRの基本的事項、新規の下水処理場にMBRを導入する場合の検討事項、経済性等
第4章	既設処理場へのMBR導入 既設処理場へMBRを導入する場合のMBRと従来法との並列処理の検討事項、経済性等
第5章	再生水利用のための膜処理技術導入 再生水利用へ膜処理技術を導入する場合に期待される効果、導入にあたっての検討事項
参考資料	膜処理技術の導入検討にあたっての技術情報、膜処理技術を用いた展開等

- ・監視・自動制御が容易
- ・本格化する改築事業（機能高度化）

2.3.2 適用事例

わが国で、MBRは10箇所が稼動しており、平成22年3月に11箇所目が供用開始予定となっている。また、修景・親水用水やトイレ用水を利用目的として、従来の生物処理の後段に、MF膜、RO膜を付加した施設もある。

一方、海外においては、1997年にイギリスPorlock処理場において下水道におけるMBRが初めて供用開始され、近年施設数が増加している。また、大規模施設への導入も進み、数万m³/日規模の処理場も増えてきている。

2.4 MBRの導入

ここでは従来の最終沈殿池における固液分離操作を膜処理により行うMBR（2.3.1①）について述べ、2.3.1②は割愛する。

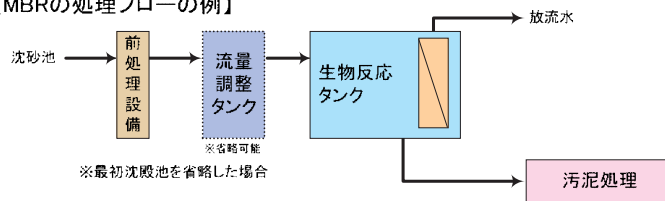
基本的な処理フローを標準活性汚泥法の場合と比較した例を図ー2に示す。ろ過膜で活性汚泥を分離するMBRは、従来の標準活性汚泥法等と比較し、シンプルな構成となっている。

2.4.1 新設処理場へのMBRの導入

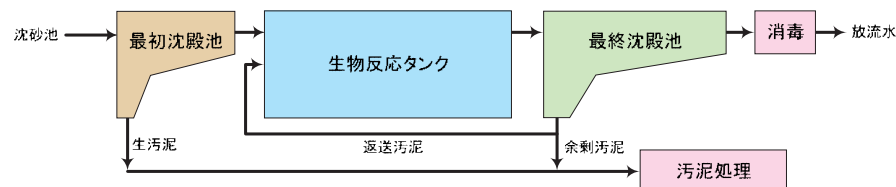
流入水の水質、処理水質、用地等の諸条件に基づき、施設、設備容量等の検討を行い、経済性、維持管理性、エネルギー効率等、多面的な観点から導入目的に照らして最適な膜及びその設置方式を選定する。主要な検討項目は次のとおりである。

- （1）検討条件の設定
 - ・水温
 - ・計画流入水質・計画処理水質
 - ・計画水量
- （2）MBRの検討
 - ・水量変動対策
 - ・最初沈殿池
 - ・反応タンク
 - ・膜モジュール
 - ・消毒設備
 - ・汚泥処理設備
 - ・その他（微細目スクリーン、施設配置等）
- （3）導入コストの検討

【MBRの処理フローの例】



【標準活性汚泥法の一般的な処理フロー】



図ー2 MBRと標準活性汚泥法における施設構成の比較

2.4.2 既存処理場へのMBR導入

MBRの特徴から、反応タンクのコンパクト化、最終沈殿池の省略等により、限られた敷地や既存の土木構造物等の範囲で、処理の高度化や処理能力の増強が可能となり、既存の下水処理場の能力増強や高度処理化に有効である。なお、流量調整や前処理等の一部設備等の追加は必要となる。

特に、既設処理場において、次のような目的や制約がある場合に、MBR導入が有効となる。

- ・放流先の環境基準や水利用条件から、速やかに処理水質を向上させる
- ・再利用先や放流先の水系リスク低減が必要
- ・所定の量の再利用を行う
- ・敷地条件が厳しく、増設用地が無い

既存処理場へのMBR導入のイメージを、図ー3に示している。1) 新たな増設系列としてMBRを設置する場合と、2) 既存の系列の一部をMBRへ改造する場合とが考えられる。

増設系列としてのMBR導入の場合は、新設処理場へのMBR導入における検討と類似しているが、各系列への水量配分や、総合処理水質を考慮した最適運転条件の検討等も必要となる。

既存系列をMBRへ改造する場合、それぞれの処理フローが異なり、運転方法も変更となることに留意し、前述の検討課題に加え、既存施設の他用途への転用可能性等、適切な施設配置となるように留意した検討が必要となる。

主要な検討事項を以下に示す。

(1) 水量配分・流量変動の検討

MBR系列への流入水量は、膜による固液分離という特性から、水量変動を抑えた水量配分を行う必要がある(図ー4参照)。

既存の分配槽や既設の最初沈殿池等を活用するほか、必要に応じて新たな分配施設の検討を行う。

(2) 最適運転条件の検討

MBRと従来法との並列処理では、MBR系列数や流入条件により、従来法処理系列の運転条件が変化することとなり、それに応じた設備計画を検討しなければならない。また、放流水はMBR系列と従来法系列を合わせたものであり、目標水質に応じた最適運転方法を検討する。

(3) 最初沈殿池

MBRでは、最初沈殿池は必須ではなく、他の用途に転用(流量調整池、雨水貯留槽、生物反応タンク等)できる可能性がある。ただし、合流式下水道の場合、最初沈殿池を雨天時の簡易処理施設として運用していることが多く、留意が必要である。

(4) 最終沈殿池

MBR系列では最終沈殿池が不要となるため、従来法処理系列の最終沈殿池として利用することができ、従来法系列の最終沈殿池の水面積負荷を小さくする効果がある。

なお、反応槽に膜を浸漬する一体型でなく、槽外型(膜を装填したケーシングを反応槽外に設ける方式)及び槽別置型(反応槽を分割し、膜専用の槽を設ける方式)の処理方式の場合、膜モジュールの設置場所として最終沈殿池を活用できる。

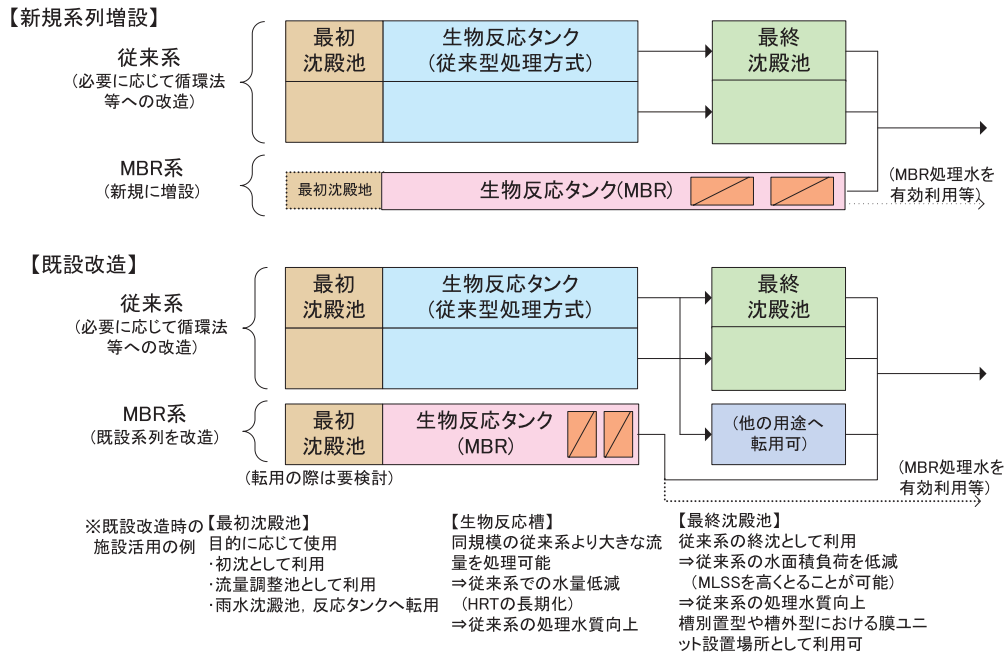


図-3 既存処理場へのMBR導入の概略イメージ

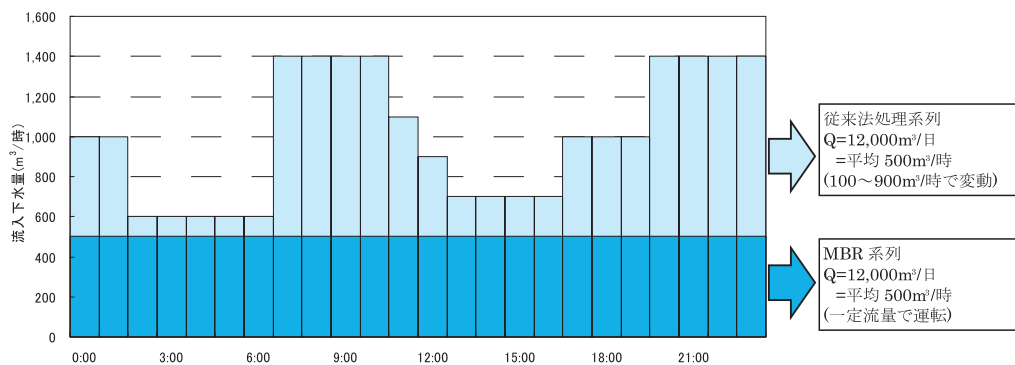


図-4 MBRと従来法との並列処理における流入パターンの例

3 今後の課題

膜処理技術は技術開発途上の段階にあり、今後とも大幅な低コスト化、省エネルギー化等が期待される技術である。このため、今回のガイドラインで記載しているコストや検討諸元等の数値については、あくまで現段階での参考値であることに留意する必要がある。

今後、コスト、設備、維持管理等の検討を充実させ、第2版へ向けた改訂作業を進める。

なお、ガイドラインは、国土交通省地域・都市整備局下水道部HPよりダウンロードできる。