

膜分離活性汚泥法の 技術評価に関する報告書

平成 15 年 11 月

日本下水道事業団 技術開発部

膜分離活性汚泥法の技術評価について

膜分離活性汚泥法は、ろ過膜を槽外に設置して活性汚泥と処理水を分離するいわゆる第一世代といわれる槽外型システムにはじまり、生物反応タンクに膜ユニットを浸漬する第二世代の浸漬型システムに発展してきた。浸漬型システムの研究開発の歴史は、日本において経済産業省が行った1986年のアクアルネッサンス'90が始まりであり、その後、1991年から厚生労働省による水道用浄水分野の共同研究開発「MAC21」や「膜式し尿処理」、「膜式合併浄化処理の開発研究」などの大規模プロジェクトが実施されてきた。水道や産業排水処理、し尿処理、浄化槽等の分野では生物処理の固液分離プロセスへ膜分離技術が盛んに導入されている。

膜分離技術はスケールメリットが働きにくいという特徴を有していることから、下水道の分野では再利用用途を除いてこれまで導入されていない。各分野における膜分離技術の普及に伴うコスト低下とあいまって下水処理においても膜分離技術は現実的な選択肢となっており、海外においては、イタリアで38,000m³/日、ドイツで45,000m³/日の施設が稼働している。今後わが国においても得られる処理水の質の高さとコストを勘案する中で、膜分離技術の導入が進むものと予想される。

このような背景から平成14年10月に日本下水道事業団理事長より「膜分離活性汚泥法」について技術評価委員会に諮問がなされた。本委員会において、現在までの同法に関する各種排水処理施設の処理実績や日本下水道事業団が民間企業と行った共同研究におけるパイロットプラント実験の知見を基に、これらを体系的に整理し、審議することにより、下水処理への適用性及び設計上や管理上の留意事項等が明確に示された。こうした審議を踏まえ「膜分離活性汚泥法の技術評価」が15年11月に技術評価委員会より理事長に答申された。

膜分離活性汚泥法の技術評価に関する報告書とその別添資料をとりまとめたものが本報告書である。本報告書が膜分離活性汚泥法の施設設計と運転管理の道しるべとなり、本法がわが国における新しい水処理技術として定着するとともに、さらなる技術的発展が図られることを期待している。

平成15年11月

日本下水道事業団技術開発部
部長 酒井 憲司

審議の経過

平成14年10月	第45回	技術評価委員会
平成14年12月	第30回	水処理専門委員会
平成15年 3月	第46回	技術評価委員会
平成15年 7月	第31回	水処理専門委員会
平成15年 8月	第32回	水処理専門委員会
平成15年 9月	第47回	技術評価委員会

委員の構成

(平成15年9月30日現在)

技術評価委員会

会 長	柏谷	衛	東京理科大学 理工学部 土木工学科教授
委 員	藤田	正憲	大阪大学大学院 工学研究科 環境工学専攻教授
"	松尾	友矩	東洋大学 学長
"	田中	和博	日本大学 理工学部 土木工学科教授
"	楠田	哲也	九州大学大学院 工学研究院 環境都市部門教授
"	谷戸	善彦	国土交通省 都市・地域整備局 下水道部長
"	宮原	茂	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部長
"	大矢	爽治	東京都 下水道局技監
"	齋藤	正勝	横浜市 下水道局長
"	木葉	佳成	大阪市 都市環境局長
"	谷口	尚弘	(社)日本下水道協会理事
"	大貫	三郎	埼玉県 県土整備部下水道課長
"	鈴木	章	日本下水道事業団理事
旧委員	曾小川	久貴	国土交通省 都市・地域整備局 下水道部長
"	酒井	憲司	仙台市 下水道局長
"	鈴木	宏	東京都 下水道局長
"	横山	博一	日本下水道事業団理事

(旧委員の所属職名は委員委嘱当時のもの)

水処理専門委員会

会 長	山本	和夫	東京大学 環境安全研究センター 教授
委 員	長岡	裕	武蔵工業大学 工学部 都市基盤工学科助教授
"	小松	俊哉	長岡技術科学大学 工学部 環境・建設系 助教授
"	鈴木	穰	独立行政法人 土木研究所 材料地盤研究グループ リサイクルチーム 上席研究員
旧委員	藤原	健司	兵庫県山東町企業課長

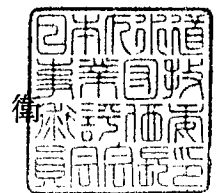
(旧委員の所属職名は委員委嘱当時のもの)



技 評 発 第 3 号
平成15年11月25日

日本下水道事業団
理事長 安中 徳二 殿

日本下水道事業団
技術評価委員会
会長 柏 谷



答 申

平成14年10月25日付け本技技発第114号をもって諮問されました「膜分離活性汚泥法」について、添付のとおり、答申いたします。

目 次

(技術評価の経緯)	1
(技術評価の目的)	2
(評価対象技術)	2
(評価の範囲)	2
(膜分離活性汚泥法の特徴)	2
(設計上の留意事項)	5
(維持管理上の留意事項)	6
(適用上の注意)	7
(その他の留意事項)	8

(技術評価の経緯)

水処理分野における膜分離技術の発展は、近年著しいものがあり、浄水処理をはじめとして、各種産業排水処理、大規模建物個別排水循環利用施設、し尿処理等で膜分離技術を用いた水処理が導入されている。既に水道用浄水施設では約 280 箇所、し尿処理施設では約 130 箇所が膜分離技術を導入しているが、最近では浄化槽や農業集落排水処理施設等の下水道以外の汚水処理施設においても導入が進んでいる。また、海外においても水処理分野における膜分離技術の導入が活発であり、膜分離活性汚泥法施設の大型化が進んでいる。

わが国では、下水道分野では浄化槽や農業集落排水処理施設等に比較すると処理水量が多いため必要膜面積が大きく、コスト的に不利であるとの考えから、これまで膜分離技術は一部の再利用用途以外では導入が進んでいなかったが、前述した諸分野における膜分離技術の普及に伴う膜コスト低下により、下水処理における膜分離技術導入は現実的な選択肢となってきた。膜分離技術の水処理への導入により、最終沈殿池や砂ろ過施設等が不要になるなどによる施設の削減とそれに伴う必要敷地面積の削減によるコスト縮減効果の他、高度な処理水質が得られるなどの多くのメリットが期待できる。

このような背景から、平成 14 年 10 月、日本下水道事業団理事長より技術評価委員会へ諮問があり、膜分離活性汚泥法について技術評価を行なうこととなった。

（技術評価の目的）

前述の経緯から、これまでの膜分離活性汚泥法に関する各種排水処理施設における処理実績及び主として実験プラントによる調査結果を体系的に整理することにより、膜分離活性汚泥法の特徴の明確化を行い、下水処理への適用性を評価し、あわせて設計や管理の留意事項を提示することを本技術評価の目的とする。

（評価対象技術）

本評価の対象とする膜分離活性汚泥法（以下、「本法」）は、家庭下水を主体とする都市下水を処理する活性汚泥法の一つであり、無酸素タンク及び好気タンクから構成される生物反応タンクにおいて活性汚泥処理を行い、好気タンク内に浸漬したろ過膜によって固液分離を行なう技術である。

（評価の範囲）

評価の範囲は、水処理に関しては、前処理施設以降とする。また、汚泥処理に関しては、余剰汚泥の引き抜きから脱水までとする。

（膜分離活性汚泥法の特徴）

1．処理原理とプロセス構成

本法は、従来の活性汚泥法では最終沈殿池において重力沈殿によって行われる固液分離を微細な孔径を有するろ過膜で行なうものであり、有機物の分解は活性汚泥によって行なわれる。ろ過膜としては、大腸菌群を阻止できることから、通常、孔径 0.1～0.4 μm 程度の精密ろ過膜（MF 膜）が用いられる。

本法の主な施設構成は、前処理施設、流量調整タンク、生物反応タンク

である。生物反応タンクは、無酸素タンクと好気タンクから構成され、流入下水は、前処理施設で夾雑物を除去した後、無酸素タンクに供給され、その後好気タンクに流入する。好気タンクと無酸素タンク間では混合液の循環を行なう。

好気タンク内にろ過膜を浸漬し、膜下部からエアレーションを行なって気液混合流により膜面を洗浄し、膜の閉塞（ファウリング）を防止しながらポンプ吸引あるいは重力により、ろ過を行なう。

2．施設構成上の特徴

最初沈殿池、最終沈殿池、消毒施設は必要ない。

生物反応タンクMLSS濃度が高いので、余剰汚泥は生物反応タンクから直接引抜いて脱水することが可能であり、この場合、汚泥濃縮タンクは省略することができる。

流入水量変動に対応するために、流量調整タンクが必要である。

処理施設の必要敷地面積は小さく、OD法の約三分の一程度である。

生物反応タンクには無酸素タンクを設け、脱窒反応により硝化で消費されたアルカリ度の半分を回収し、混合液pHの低下を防止する。

ろ過膜保護のため、生物反応タンク流入水は1 mm目程度の微細目スクリーンによる前処理が必要である。

3．処理機能上の特徴

重力沈殿による固液分離の制約がないため、生物反応タンク内MLSS濃度を高く保持でき、短時間で処理を行なうことができる。

処理水中にSSは検出されず、透視度が高く清澄な処理水が得られる。

また、有機物の除去は標準活性汚泥法やOD法と比較して、処理水に

SS が含まれない分、より良好である。

処理水中に大腸菌群はほとんど検出されない。

本法の処理水は、そのまま散水用水、修景用水としての利用が可能である。また残留塩素を保持させることによりトイレ洗浄用水としての利用も可能である。

固形物滞留時間（SRT）が長いため、処理過程で硝化反応が起こりやすい。

生物学的硝化・脱窒反応により窒素除去が可能であり、窒素除去率は好気タンクから無酸素タンクへの循環量により制御できる。

凝集剤添加により高度なりん除去が可能である。また、処理水中にSSが含まれない分、処理水りん濃度が低下する。なお、反応タンク中に嫌気ゾーンを組み込むこと等により、生物学的りん除去が期待できる。

汚泥転換率は、SRT が 20 日前後の運転では、OD 法について一般的に用いられている数値に比較して 10%程度小さい。また、より SRT の長い運転を行うことにより、更に発生活泥量を減少することができる。本法の余剰汚泥の脱水性は、OD 法の余剰汚泥と同程度である。

4 . 建設費及び維持管理費

建設費に関しては、構成施設が少なく、必要敷地面積が小さいことが削減要因となる。一方、微細目スクリーン、流量調整タンク、膜ユニットおよびその関連設備、送風機的能力増加等が建設費の増加要因となる。維持管理費については、消毒用薬品費、沈殿池関連費用や汚泥処理処分費等が削減要因であるが、送風用動力をはじめとする動力費や膜交換費、膜洗浄関連費用等が増加要因となる。

他処理法と年間費用（建設費及び維持管理費の合計）を比較すると、新規施設を対象とした一般的な試算条件下では、比較的規模の小さい施設において本法の有効性が高い。

（設計上の留意事項）

前処理施設

前処理施設としては、生物反応タンク流入前に、更に 1 mm 目程度の微細目スクリーンを設置する。

流量調整タンク

本法では原則として定量ろ過を行なうので、流入水量変動を均等化するため、流量調整タンクを設置する。

ろ過膜

本法で用いる MF 膜には大別して、平膜と中空糸膜があり、透過流束、洗浄方法、必要空気倍率が膜により異なるが、処理機能上の特徴については、膜形状による差は見られない。また、透過流束は水温が低下すると小さくなるため、冬季に流入水温が相当低下することが予想される場合には、設計透過流束に余裕を見込む必要がある。

生物反応タンク

無酸素タンクと好気タンク各 1 槽で構成される生物反応タンクの水理的滞留時間は 6 時間程度とする。無酸素タンク及び好気タンク間の隔壁については好気タンクから無酸素タンクへの酸素持込を防止するため、開口部の大きさは必要最小限とする。また、スカム対策として生物反応タンクには消泡装置を設置する。生物反応タンクには外部からの異物混入を防止するため、原則として覆蓋をする。

本法における必要空気量は、送気洗浄に必要な空気量と活性汚泥への酸素供給に必要な空気量からなる。

消毒施設は不要であるが、ろ過膜破損等緊急時の対応として、固形塩素投入等の措置が可能なよう配慮する。

その他

必要に応じて浸漬洗浄タンクを設置する。また、生物反応タンクには、膜ユニット吊り上げ装置を設置する。

(維持管理上の留意事項)

運転管理項目としては、膜差圧及び生物反応タンク MLSS 濃度が重要である。また、活性汚泥のろ過性を「ろ紙ろ過量」等の測定により定期的に把握することが望ましい。

膜差圧が上昇してきた場合、次亜塩素酸ナトリウム等の薬液を処理水側から注入する方法（薬液注入洗浄）あるいは膜ユニットを生物反応タンクから引き上げて薬液タンクに浸漬する方法（浸漬洗浄）によりろ過膜を洗浄する必要がある。

ろ過膜は使用の継続に伴ない、洗浄を行なっても閉塞物が除去しきれず、膜差圧が十分に低下しなくなって来る。このような状態になった場合、膜エレメントの交換が必要となる。

ろ過膜の閉塞を防止するため、ろ過を行なっている間はエアレーションによる膜面洗浄を行なう必要がある。このため、運転停止時や運転開始時など曝気洗浄なしでろ過を行なうことがないように注意する。

流入水量が少ない場合には、適宜、ろ過及び曝気洗浄を停止する間欠運転を行なう。この際、運転休止時間を適正に設定し、活性汚泥を嫌気化させることがないように注意する。

点検時や浸漬洗浄時に膜ユニットを生物反応タンクから引き上げて作業を行なう場合には、ろ過膜に損傷を与えないよう取り扱いに十分注意する。

維持管理作業においては、コンクリートがら等の建設残さや採水器具など異物を生物反応タンク内に落下させることがないように注意する。

(適用上の注意)

(1) 処理対象とする下水

本法の処理対象は、家庭排水を主体とする都市下水とする。

(2) 下水収集システム

本法は、流量調整タンクを備えることにより、ある程度の流量変動には対応可能であるが、雨天時の浸入水に起因する設計処理能力を大幅に越える流入水量への対応には限界がある。このため、下水収集システムにおいて雨天時の浸入水量を低減するため、適切な施工管理及び不明水対策が重要である。

(3) 適用施設

本法の適用先としては、下記の条件を有する施設が考えられる。

敷地面積が狭小で、コンパクトな施設配置が求められる場合

高度処理が要求される場合

処理水の再利用を行なう場合

放流先の水利用状況から消毒方法に配慮が必要な場合

既設施設の高度化や改築・更新において、既設土木構造物を生かして

施設の処理能力を増大する場合や処理水質の高度化を図る場合

活性汚泥の沈降性が悪く、処理の改善が必要な場合

(その他の留意事項)

ろ過膜に関しては技術開発が活発であり、高透過流束の膜やオゾン耐性素材あるいはセラミック、金属等の新素材を用いた耐用年数の長い膜が出現して来ている。また、膜の価格は、膜分離技術の普及に伴って全体的に低下傾向にある。このため、本法の採用においては、最新の技術動向に十分に留意することが望まれる。