

技術評価書

技術名称：工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）

検証期間：平成 21～令和 4 年度（平成 24 年供用開始）

検証箇所：北海道標茶町

1. 技術の概要

近年、人口減少や高齢化の本格化、地域社会構造の変化など、污水处理施設の整備を取り巻く諸情勢は大きく変化しており、地方財政も依然として厳しい状況にある。更に、国際的にもカーボンニュートラルを目指した取り組みが進められており、建設、維持管理、撤去の全ての段階において脱炭素の観点が求められている。このような状況のもと、効率的な污水处理施設の整備が急務となっており、地域の実状に応じた効率的かつ適正な手法の開発や適用が求められてきている。

工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）（以下、「本技術（膜分離型）」という）は、人口減少により不要となった場合も他地区への転用を可能としつつ、コストの縮減、工期の短縮を図ることを目的に、市販の工場製作型の処理施設を下水処理施設として活用することとし、小規模施設として実績のある膜分離型を下水道に採用することを想定している。他地区への移転やダウンサイジングを容易とすることで人口減少等により生じる設備の余裕を活用することに繋がり、脱炭素社会への貢献も期待される。

「工場製作型極小規模処理施設」には接触酸化型と膜分離型があるが、本技術（膜分離型）は、最終沈殿池の代わりに膜で固液分離を行う排水処理技術であり、処理方式としては膜分離活性汚泥法（MBR：Membrane Bioreactor）に区分される。反応タンク内の活性汚泥濃度を高く設定することができ、反応タンクの容量を小さくすることが可能である。また、最終沈殿池以外の設備も省略可能で施設構成がシンプルになる。処理水質は、膜の孔の大きさが $0.1\sim 0.4\mu\text{m}$ と細菌（大腸菌など）よりも小さいこと等により良好な水質が得られる。

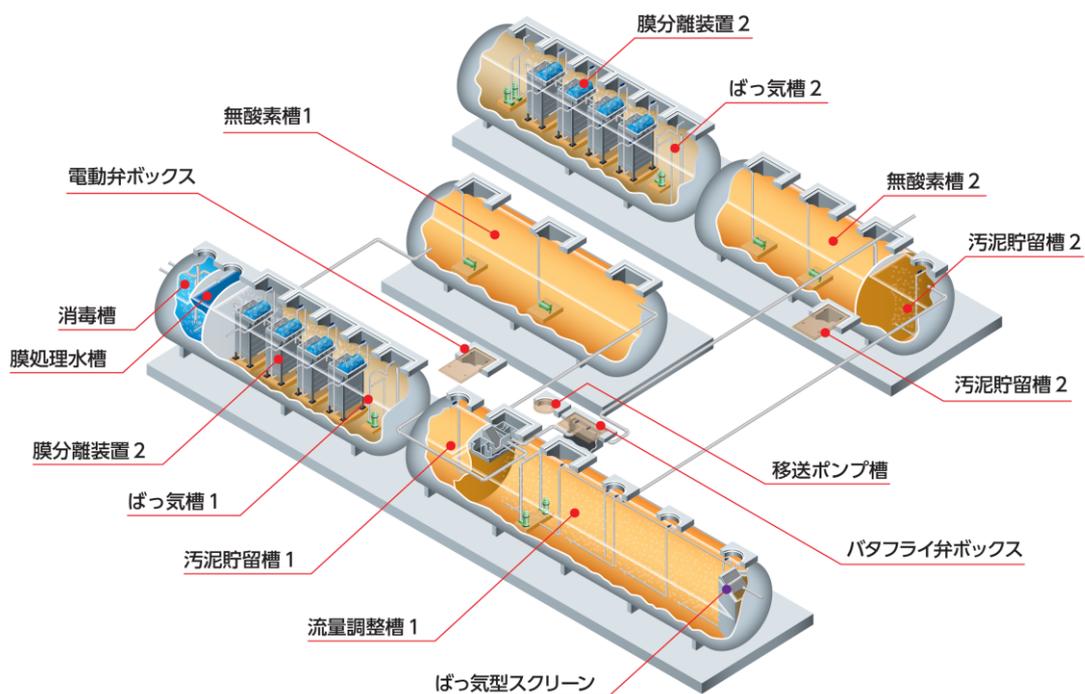


図 1 工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）イメージ図

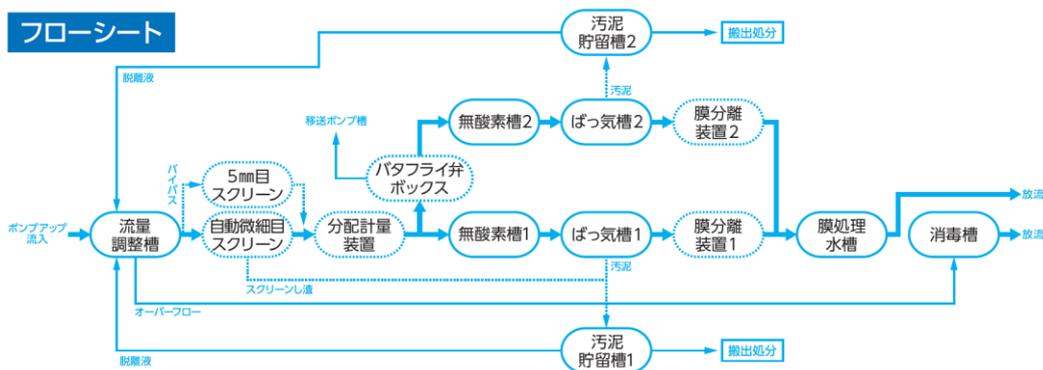


図 2 工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）フローシート

2. 検証による評価

社会実験における実証施設の能力は表 1 に示す通りであり、検証による評価を下記に列記する。

表 1 施設能力

	計画日平均汚水量 (m ³ /日)	計画日最大汚水量 (m ³ /日)	処理能力 (m ³ /日)
標茶町 (磯分内終末処理場)	77 (111)	106 (142)	133

※数値は現事業計画値，() 内は設計当初計画値

1) 建設コスト及び維持管理コスト

本技術（膜分離型）（処理能力 133m³/日）と同じ処理方式（膜分離活性汚泥法）である同町内の塘路終末処理場（処理能力 125m³/日）との実績による比較により削減効果を確認した。また、参考として費用関数によりプレハブ式オキシデーションディッチ法（POD）との比較を行った。

検証の結果、躯体の建設費が大幅に減少するため、比較対象に比べて建設コストの縮減（39%）が確認された。参考として示した POD（費用関数）と比べるとほぼ同等であったが、年価で見ると割高となった。

維持管理コストについては、社会実験における初期不具合対応を含めても、比較対象に比べやや安価となった。維持管理は巡回監視であり、維持管理費の 8 割は人件費（業務委託費）であり、処理方式による大差はないと考えられる。

建設費（年価）及び維持管理費コストとして、23%の削減効果が確認された。

表 2 建設コスト及び維持管理コスト比較表

	本技術 (磯分内)	比較対象 (塘路)	削減率	参考
処理方式	工場製作型 (膜分離型)	MBR		POD (費用関数)
処理能力 (m ³ /日)	133	125	0	133
建設費 (百万円)	159	245		163
<処理能力当り> (百万円/(m ³ /日))	1.20	1.96	39%	1.22
建設費年価 (百万円/年)	12.870	16.723		8.967
維持管理費 (百万円/年)	5.276	5.294		3.875
<処理能力当り> (百万円/(m ³ /日))	0.0397	0.0424	6%	0.0291
年価(補正) (百万円/年)	18.146	22.017		12.842
<処理能力当り> (百万円/(m ³ /日))	0.136	0.176	23%	0.097

※建設費、維持管理費とも、本技術建設年(H23)にデフレータ補正した値
 ※建設費年価は、利率4%、標準耐用年数、残存価格0として算定した値

2) 建設工期

本技術（膜分離型）の供用開始までの建設工期は 8 ヶ月であり、比較対象である塘路終末処理場は 16 ヶ月であったため、8 ヶ月（50%）の減少が確認された。この要因としては、比較対象の躯体が RC 構造のため仮設工・土工・鉄筋工・型枠工・コンクリート工といった工程が必要であったのに対し、本技術（膜分離型）は工場製作型の FRP 構造のため、仮設工・土工のみで対応可能だったことが挙げられる。

3) 処理性能

本技術（膜分離型）の施設能力は 133m³/日であり、水処理施設は 2 系列で構成されている。社会実験の性能評価に必要な流入水量は、計画汚水量の 1/2（66.5m³/日）以上であるが、供用開始後の流入水量（年平均）は 50～60m³/日程度であった。そお

ため、2系列への流入水量をおおよそ8:2に分配し、1系の流量が約40m³/日（1系列の計画汚水量の1/2である33.25m³/日以上）となるように調整し、令和4年度に1系を対象とした性能評価を実施した。

処理水BODは年間を通じて5mg/L以下の値で推移し、処理水SSは膜ろ過の効果が発揮され、最大値は3mg/L、最小値は検出下限値未満で推移した（表3）。BODとSSともに計画水質を満足しており、処理水の大腸菌群数も検出下限値（30個/mL）未満と、清澄で安全な処理水が得られるため処理水の再利用も可能である。

また、処理プロセスとしては循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法と同一であり、窒素についても平均除去率は約80%となっており、循環式硝化脱窒法と同等以上の窒素除去性能が認められた。

表3 処理水質の実績値と計画値

水質項目	膜分離型		
	実績値		計画値
	最大	平均	
BOD (mg/L)	5.0	2.7	15
SS (mg/L)	3.0	1 未満	40

※1 実績値評価は、令和4年度のデータを用いて行った。

※2 流入率約62%（平均流入量41.4 m³/日・系列÷能力66.5m³/日・系列）

4) 汚泥の性状

反応タンク内MLSS濃度は10,000～12,000mg/Lで推移しており、SVIは一年を通して100以下で安定していた。また、膜透過性は問題なく、汚泥性状が原因となる処理エネルギーの増大や汚泥の利用・処分への影響は認められていない。

余剰汚泥の引き抜きは179t/年（2系列分）であり、概ね月2回（1回当たり約8t）の頻度で実施し、他処理場へ搬入し汚泥処理が行われていた。

5) その他法令遵守

法令に従って基準に応じた対策を行う。なお、当該処理施設は悪臭防止法、騒音規制法、振動規制法の規制対象区域外であったため、悪臭防止法、大気汚染、騒音規制、振動規制に関する項目については確認できなかった。

維持管理では騒音、振動、悪臭発生は認められず、環境法令に対して問題無いと言える。

6) 技術導入による生活環境改善効果

平成24年度末までに処理区全域（処理区域人口300人強）が供用開始し、個別処理施設から公共下水道に切り替わったことで、浄化槽を設置するスペースがない家屋でも汚水処理が可能となり、生活環境改善や汚濁負荷低減に寄与できていると考える。

7) 住民参画

クイックプロジェクトについての住民説明会を実施し、地域住民の下水道事業への理解の促進を図った。また、パトライト故障通報システムの周知等の住民啓発活動に努めている。

3. 適用範囲

本技術（膜分離型）導入にあたっての適用範囲は、下記の通りである。

- 実績より1系列当たり日最大処理能力 60 m³/日程度以下を本技術（膜分離型）の適用範囲とする。なお、導入にあたっては、当該地区の污水处理施設の整備手法について経済比較を行うものとする。
- 個別処理との比較により、経済性が優位と認められる地区であること。
- 集合処理区域において、「周辺処理場への接続が困難もしくは割高になる地区」、「早期供用が求められており、下水道整備の緊急性が高い地区」であること。

4. 期待される効果

本技術（膜分離型）導入によって期待される効果は、下記の通りである。

- 省スペース化が図れる（槽容積、最終沈殿池の省略）。
- 安定した処理水質が確保できる。また、処理水の再利用も可能と考えられる。
- 維持管理が容易である（繊細な MLSS の管理やバルキング対策が不要）。
- 施設の工場製作及びユニット化により建設コスト縮減と工期の短縮が図れる。
- 水量の増減について、施設移設により機動的に対応できる。

5. 採用にあたっての留意点

本技術（膜分離型）を小規模下水道に相当する規模の事業に適用する際は、「下水道施設計画・設計指針と解説 前編 2019 年版（日本下水道協会）、第 2 章 污水处理計画、汚泥処理・利活用計画 第 9 節 小規模下水道の基本計画」および「小規模下水道計画・設計・維持管理指針と解説 2004 年版（日本下水道協会）」を参照し、計画・設計・維持管理を行う。

本技術（膜分離型）は、水処理方式としては循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法であり、SRT が長いため、処理過程で硝化反応が起こりやすい。このため、窒素除去の可否に関わ

らず、脱窒工程（無酸素槽）を組込んでアルカリ度の回復を図る必要があり、処理水の pH に留意して運転を行う必要がある。

硝化、脱窒に影響を与える因子は、流入水の有機物濃度及びアルカリ度があげられる。計画流入水の有機物濃度及びアルカリ度が標準的な都市下水の水質と異なる場合には、メタノール等有機物及び水酸化ナトリウムの添加について検討する必要がある。

また、本技術（膜分離型）は、低水温化により、有機物除去や硝化・脱窒速度が影響を受ける他、膜を透過する処理水そのものの粘性が高くなることから、膜処理能力も低下する。そのため、設計水温は月間平均の最低値に定めて設計計算を行う。

本技術（膜分離型）は、好気タンクから無酸素タンクへの内部循環により汚泥返送を行うため、循環比が過小であると好気タンク内の活性汚泥が高濃度化し、膜処理へ影響が生じる。循環比は安定した処理性能を維持できるように調整が必要である。

油脂類等は、膜処理を阻害するため、流入水に多量に含まれる場合は、油脂類等の除去設備の設置を検討する。

これらに加え、以下の各事項についても留意する。

●工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）としての留意事項

- 段階的整備及び将来の社会情勢の変化（人口減少等）を想定した処理水量を勘案するとともに脱炭素の観点も踏まえ、機動的な対応が図れるよう系列数など構成について検討を行うことが望ましい。
- 流入負荷条件に適した運転管理を行う必要がある。特に供用開始直後の少水量時や人口減少により流入水量が低下した場合等においては、曝気風量の最適化や反応槽容量の縮減など、運転方法や施設運用に留意する。
- 膜に対する曝気洗浄や逆圧洗浄による日常洗浄の他、薬品洗浄（インライン洗浄、浸漬洗浄）を行うなど、適切な維持管理の実施により、安定した処理性能の確保が必要である。洗浄方法や頻度については、流入条件や運転状況等により変化するため、膜差圧の状況などによる設定を検討する他、膜破損の可能性がある場合には引き上げ点検も必要となる。また、余剰汚泥については、目詰まりの原因となることから、引き抜きのタイミングに留意する必要がある。
- 本技術（膜分離型）では、市販の工場製作型処理施設として設計の標準化を行い、計測機器など設備機能の簡略化を行うことでコスト縮減が図られていることに留意する。また仕様の追加にあたっては、下水道事業の運営において効率的な手法であるかを検討する。
- 本技術の主要部材質は、FRP 製であり、鉄筋コンクリートや SUS 等とは耐久性等が異なることに留意する。
- 非常用電源を持たない施設構成である。停電時の未処理汚水流出防止のため、事前に管内貯留時間の把握や可搬型発電機の確保先を確認しておく。また、必要に応じて非常用発電設備の設置などによる対策を検討する。

- 汚泥処理設備を持たない施設構成である。必要に応じて汚泥処理設備の設置のほか、他事業との連携や広域集合処理など、効率的な汚泥処理について検討する。
- 本法施設の維持管理においては、現時点で小規模を中心に 26 施設*が稼働している循環式硝化脱窒型 MBR の知見も活用する。 ※令和 3 年 10 月までに供用開始の施設数、堺市三宝仮設 MBR (H26.3 移設済) を除く
- 極小規模処理施設を採用する地域は、少人数での維持管理体制になることが想定される。そのため、本技術（膜分離型）の維持管理に関する情報と知見を蓄積・共有し、PDCA サイクルによる維持管理技術の向上を継続して図り、維持管理技術を継承していくことに留意する。
- 施設規模から維持管理技術員が常駐しない事が多いため、非常通報の配信先を自治体管理者や委託維持管理技術員などに自動的に通報されるシステムの検討の他、万が一、自動配信がなされなかった時を想定して、不意の故障や異常時などに対して住民からも連絡できるような維持管理体制についても検討する。また、想定外の事態に備えて、予備施設の確保先の確認や予備消毒剤の確保など事業継続計画を策定する。
- 水質検査は、浄化槽は 1 回/年であるが、下水処理施設は 2 回/月である。維持管理項目としては、装置の目視点検、ポンプ運転時間、各種水質試験がある。
- 維持管理や水質検査等で反応槽等の開口部を開けての作業中、外気からの砂塵混入により膜破損の原因となる懸念がある場合には、簡易的なカバーを設けるなどの対応を検討する。

●地域の特性に応じた留意事項

- 汚水処理施設の整備に関しては、市町村等がそれぞれの汚水処理施設の有する特性、経済性等を総合的に勘案し、地域の実情に応じた効率的かつ適正な整備手法を選定する。
- 経済性、緊急性（早期の供用の必要性等）、施工性、維持管理性、耐久性に十分配慮し、技術の導入を検討する。
- 積雪地において導入する際は、維持管理作業性を考慮し、屋根などの設置を検討する。寒冷地において導入する際は、冬季における施設の水温低下および凍結防止対策について検討を行う。その際、維持管理性、コストおよび施設移設に関する機動性などへの影響を踏まえ、管きよの凍結深度以下の埋設、保温材を巻くことによる凍結防止、維持管理に必要な開口部への保温対策や積雪対策などを検討する。

6 . 計画・設計、施工にあたっての適用基準

本技術（膜分離型）の施設配置及び、構造、能力等は、下水道法及びこれに基づく関係法令のほか、都市計画法、条例等の基準を遵守する必要がある。

なお、別途公表する「下水道クイックプロジェクト技術利用ガイド」に、計画・設計、施工にあたっての詳細な留意事項等を記載している。

7. 参考となる事例

【事例】

- ◆北海道標茶町

令和 6年 3月 29日

下水道クイックプロジェクト推進委員会