

下水道クイックプロジェクト 技術利用ガイド（案）

～工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）編～

令和6年3月

下水道クイックプロジェクト推進委員会事務局

まえがき

下水処理施設での汚水処理は、集合処理による施設規模に応じたスケールメリットが得られることから、処理量に対する建設および維持管理費用を抑えることができ、類似の汚水処理施設に対する下水道の長所の一つとなっている。

しかし、その施設規模が小さくなるほどスケールメリットは低下し、積極的な事業推進の原動力となり難い傾向にある。また建設された処理施設が、将来の社会情勢の変化により能力過剰となる可能性も、事業推進に対する懸念事項となっている。

そこで下水道クイックプロジェクトでは、建設コスト縮減および建設工期の短縮効果と、社会情勢の変化に適応するための機動性を有する極小規模処理施設技術として、工場製作型極小規模処理施設（接触酸化型）、同（膜分離型）、極小規模処理施設（膜分離型）の3技術に注目し、社会実験による検証を行った。

本技術（膜分離型）は、従来の下水処理施設として実績のある施設規模より小さい規模の下水処理施設として、既存の工場製作型汚水処理施設の技術を適用するものである。標準化、簡略化された設計と部品の共有化等により建設コストを縮減でき、また施設の工場製作により現地作業を削減し工場との並行作業とすることで建設工期も短縮できる。加えて、社会情勢の変化に応じて移設も可能な施設となっている。

下水道を安価にかつ早期に供用できること、また社会情勢の変化に応じて機動的に運用できること、といった本技術（膜分離型）の特長から、今後、下水道の事業着手が滞っていた地域における未普及解消や、暫定施設として運用することにより効率的な改築にも供する技術として期待される。

本技術（膜分離型）利用ガイド（案）は、下水道クイックプロジェクト推進委員会における技術評価を踏まえて作成されており、工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）の調査・設計・施工・維持管理に必要とされる基本的な考え方について、従来からの理論・経験、および北海道標茶町で行われた下水道クイックプロジェクトの社会実験による検証結果をもとにとりまとめられている。本技術（膜分離型）利用ガイド（案）が利用され、下水道未整備地域において安価かつ早期に下水道が整備されることが期待される。

なお本技術（膜分離型）利用ガイド（案）の作成に当たっては、北海道標茶町に多大なるご協力を頂き、記して謝意を表す。

令和6年3月

下水道クイックプロジェクト推進委員会事務局

目次

第1章 総則.....	1
§1 技術の概要.....	1
§2 適用範囲.....	3
§3 期待される効果.....	4
§4 関連法令等.....	5
§5 採用にあたっての主な留意事項.....	6
第2章 調査・計画・設計.....	9
§6 調査.....	9
§7 コストの比較.....	10
§8 工期の比較.....	13
§9 計画・設計の手順.....	14
§10 処理方法の検討.....	15
§11 社会情勢変化への対応性の検討.....	17
§12 処理施設配置の検討.....	18
§13 設備・計測機器仕様の検討.....	20
§14 その他の主要な検討項目.....	22
第3章 施工.....	23
§15 施工の手順.....	23
§16 土工事・コンクリート工事.....	24
§17 据付工事.....	25
§18 配管・電気工事.....	26
第4章 維持管理.....	27
§19 維持管理特体制.....	27
§20 運転管理方法.....	28
§21 膜ユニットの洗浄管理方法.....	30
§22 保全管理方法.....	31

第1章 総則

§ 1 技術の概要

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）とは、市販の既成品処理施設を下水処理場として活用することにより、コストの縮減、工期の短縮を図る技術である。

【解説】

近年、人口減少や高齢化の本格化、地域社会構造の変化等、汚水処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、効率的な汚水処理施設の整備が急務となってきており、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。

本技術（膜分離型）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道施設として活用することにより、未普及地域解消を目指すものである。

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。

本法は図 1-1 に示すとおり、膜処理装置を設置し、膜による固液分離に加えて微生物による汚濁物分解を同時に行う下水処理方式（膜分離活性汚泥法）である。反応タンク内の MLSS 濃度を高く設定することができ、反応タンクの容量小さくすることが可能である。また、最終沈殿池が省略可能で施設構造がシンプルになり、膜の公称口径が 0.01~0.4 μm と細菌（大腸菌等）よりも小さいこと等により良好な処理水質が得られる。

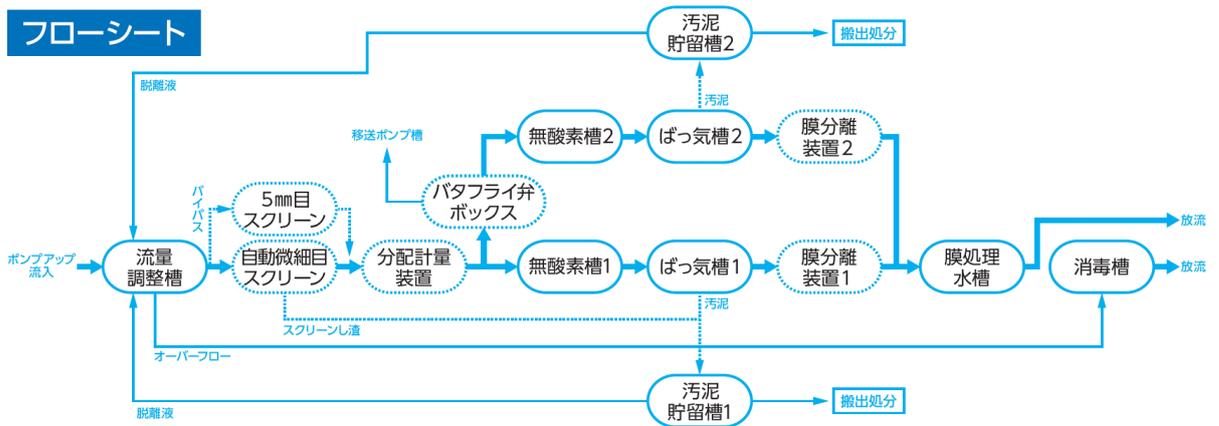
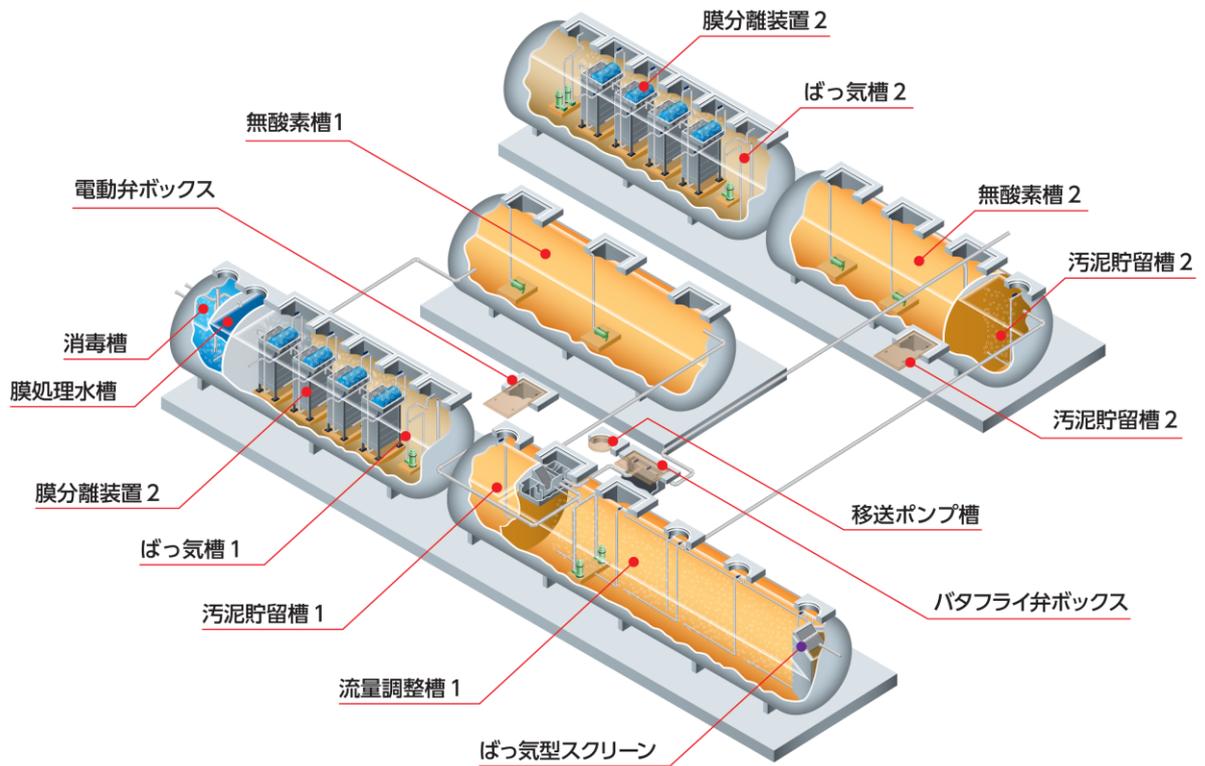


図 1-1 工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）イメージ図およびフローシート

§ 2 適用範囲

本技術利用ガイド（案）は、本技術（膜分離型）の調査・計画・設計・施工および維持管理の基本的な考え方を示すものであり、本技術（膜分離型）利用ガイド（案）に記載のない事項については、「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 汚水処理計画、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）」を参照する。

ここで、本技術（膜分離型）導入にあたっての適用範囲は、1系列当たりの日最大処理能力が60m³/日程度以下（社会実験の実績より）とする。

なお導入にあたっては、当該地区の汚水処理整備手法について経済比較を行うものとする。また、人口減少が想定される地域では、移転やダウンサイジングが容易である当該技術の利点を十分に考慮すること。

【解説】

本技術利用ガイド（案）は、従来からの理論・経験および北海道標茶町で行われた下水道クイックプロジェクトの社会実験による検証結果より明らかとなった調査・設計・施工および維持管理の基本的な考え方を示すものである。

なお、本技術利用ガイド（案）の内容は、社会実験により評価を実施した工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）に関してとりまとめている。

上記の前提条件における本技術（膜分離型）の適用範囲を以下に示す。

1系列あたりの日最大処理能力が60m³/日程度以下（社会実験の実績より）

社会実験における1系列あたりの処理能力を踏まえ、現段階では施設規模60m³/日程度以下を本技術（膜分離型）導入の適用範囲とする。本技術（膜分離型）利用ガイド（案）では、標茶町における社会実験施設の建設実績から、1系列あたり日最大処理能力60m³/日程度以下を本技術（膜分離型）採用の目安として示す。ただし、装置により処理能力が異なるため、系列の組み合わせにおいて、必要な処理能力が確保できるようにする。

今後、この1系列あたりの処理能力範囲を超える規模の実績が得られた場合には、適用範囲の見直しが行われる可能性に留意する。

なお、本技術（膜分離型）を採用しようとする地区は、個別処理を行った場合と経済比較を行うことを原則とする。経済比較の際には、建設費と共に維持管理費を試算し、総合的なライフサイクルコストにより経済性を評価する。なお発生する汚泥の取り扱いにおいては一般廃棄物と産業廃棄物の区分に留意し、その処理処分の方法、効率化による費用低減策についても併せて検討する。

§ 3 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、以下のとおりである。

- (1) 省スペース化が図れる（槽容積の縮小、最終沈殿池等の省略）。
- (2) 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。
- (3) 維持管理が容易である（繊細な MLSS 濃度の管理やバルキング対策が不要）。
- (4) 施設の工場製作およ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。
- (5) 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。

【解説】

(1) 省スペース化

反応タンク内の MLSS 濃度を高く設定することができることによる反応タンク容量の縮小、設備（最初沈殿池、最終沈殿池、消毒、重力濃縮）の省略に伴い、省スペース化が実現できる。

(2) 安定した処理水質

処理水中の SS を低濃度（もしくは検出下限値未満）とすることができ、SS 低減に伴う水質項目（COD、窒素、りん等）の低減が見込める。また、膜の公称口径が 0.01~0.4 μm と細菌（大腸菌等）よりも小さいこと等により良好な処理水質が得られる。

(3) 維持管理が容易

高 MLSS 運転および膜ろ過によるプロセスであり、水温や流入負荷に対応させた MLSS 濃度の管理や、バルキング対策が不要である。また、最終沈殿池等の設備省略に伴う維持管理点数が減少する。

(4) 建設コスト縮減と工期の短縮

施設をユニット化し工場製作とすることで、建設コストを縮減するとともに、設計および建設工期を短縮することができる。

(5) 機動的な対応

生活様式や人口減少等の社会情勢に応じた施設の移設など、機動的な対応が可能であると期待される。

§ 4 関連法令等

関連する法令等の内容を十分把握し、手続き、対策等に万全を期さなければならない。

【解説】

調査・設計・施工および維持管理においては、法令等による規制を受けるため、規制の内容、諸手続き、対策等について事前に十分調査検討し、必要に応じて関係諸機関や管理者に対しての協議・調整を行い許認可または承認を得なければならない。

主な関連法令等は表 1-1 のとおりであるが、状況に応じてその他関連法令等についても参照する必要がある。

表 1-1 主な関連法令等

法 令 等	
都市計画関連	都市計画法
建設関連	建設業法 下水道法 河川法 道路法、道路交通法 建築基準法
労働関係	労働基準法 労働安全衛生法
環境関係	環境基本法 騒音規制法 振動規制法 水質汚濁防止法 大気汚染防止法 土壤汚染対策基本法
その他	廃棄物の処理及び清掃に関する法律 建設副産物適正処理推進要綱 資源の有効な利用の促進に関する法律 自然公園法及び自然環境保全法 建設工事公衆災害防止対策要綱 水産資源保護法 火薬類取締法 電気設備技術基準 酸素欠乏症等防止規則 消防法

§ 5 採用にあたっての主な留意事項

水処理方法に関する留意事項

(1) 工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）

工場製作型極小規模処理施設としての留意事項

- (2) 系列毎の能力配分
- (3) 運転方法
- (4) 簡略化された施設構成
- (5) 停電時の対応
- (6) 汚泥処理
- (7) 類似施設の知見の活用
- (8) 知見、技術の共有と継承
- (9) 少人数体制を前提とした非常時対応

地域特性に応じた留意事項

- (10) 地域の実情に応じた効率的かつ適正な整備手法の選定
- (11) 寒冷地対策

【解説】

(1) 工場製作型極小規模処理施設（膜分離型）

本技術（膜分離型）で採用する膜分離活性汚泥法は最終沈殿池の代わりに、膜で活性汚泥を固液分離する排水処理技術である。

本技術（膜分離型）は、水処理方法としては循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法である。また、本技術（膜分離型）は有機物の除去を対象としているが、SRTが長いこと、処理過程で硝化反応が進みやすく、pHが低下する可能性があり、脱窒工程を組込んで対応している。

また、生物処理能力および膜処理能力は、水温低下の影響を受けるため、設計水温は月間平均の最低値に定めて施設設計計算を行う。

本技術（膜分離型）は、好気タンクから処理水を引き抜くため好気タンク内でMLSS濃度が高くなり、好気タンクから無酸素タンクへの活性汚泥混合液の内部循環により、硝化脱窒処理が生じる。膜ユニットが設置される好気タンク内のMLSS濃度が高濃度化すると、膜処理の継続が困難となるおそれがあり、安定した処理性能を維持できるように、汚泥引抜量や内部循環比の調整が必要である。

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。

(2) 系列毎の能力配分

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考慮し、機動的な対応が図れるよう処理系列数について検討する。

(3) 運転方法

下水処理施設に求められる計画放流水質（BOD:15mg/L 以下ほか）を確保する必要がある。

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。

(4) 市販の既製品処理施設の活用

本技術（膜分離型）では、市販の既製品処理施設を下水道処理場として活用することで、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。

(5) 停電時の対応

非常用電源を持たない施設構成であることから、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を把握し、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等による対策を検討する。

(6) 汚泥処理

汚泥処理設備を持たない施設構成であるため、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等、効率的な汚泥処理について検討する。

(7) 類似施設の知見の活用

本技術（膜分離型）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

(8) 知見、技術の共有と継承

維持管理に関する情報と知見は蓄積・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。

(9) 少人数体制を前提とした非常時対応

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等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等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、予備設備の確保先の確認や予備消毒剤の確保等事業継続計画を策定する。

(10) 地域の実情に応じた効率的かつ適正な整備手法の選定

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した上で、適切に事業を実施する。

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。

(11) 寒冷地対策

寒冷地において凍結の恐れがある場合は、凍結防止の処置として、設備配管等は凍結深度以下に敷設する、保温材を巻き凍結防止対策、維持管理に必要な開口部への保温対策や積雪対策を行うこと等に留意する。

第2章 調査・計画・設計

§6 調査

本技術（膜分離型）の採用検討および設計のために、一般的な調査とともに、特に次の各項について十分な調査を行う。

- (1) 地域特性
- (2) 施設配置条件
- (3) 関連者協議（民地占有含む）の要否

【解説】

調査は、本技術（膜分離型）の採用の可否についての判断や設計のための資料となるものであり、このことを十分に考慮して行わなければならない。

一般的な調査として、自然条件（地質、気象等）調査、各種動向（人口、産業、観光等）調査、関連計画調査、既存施設調査、放流先（公共用水域）の現況および水質環境基準調査等を行う。特に、次の各項に示す内容の調査を十分に行う。なお、一般的な調査事項については、技術の特性を踏まえ適宜、必要に応じた調査を行う。

(1) 地域特性

本技術（膜分離型）の採用にあたっては、処理施設を設置する地域の自然条件等を十分に配慮する。特に、配慮が必要な地域は、次が挙げられる。

- ① 積雪・寒冷地域（積雪・凍結（温度低下））
- ② 海浜地域（塩害）

(2) 施設配置条件

処理施設用地の選定にあたっては、処理施設の機能が十分に発揮できるように、現況地盤高、水位関係、経済性、維持管理性を総合的に考慮する。また、周辺の土地利用状況と風向を考慮し、臭気源となる処理施設の位置を決定する。

(3) 関連者協議（民地占有含む）の要否

処理施設を設置する土地の所有者を既存資料等により特定し、処理施設を設置することが技術上問題ないことを確認し、所有者に対して処理施設設置の同意についての協議を行う。

§ 7 コストの比較

本技術（膜分離型）の採用にあたっては、本技術（膜分離型）と塘路終末処理場にて採用されている膜分離活性汚泥法（以降「従来技術」と記載）についてコストを比較する。

【解説】

本技術（膜分離型）の採用にあたっては、従来技術を処理施設として採用する場合とのコスト比較を行うことが必要である。比較対象とする従来技術は、個別処理に加えて、集合処理の場合については同規模の下水処理場で多く採用されている従来技術とし、実績値の整理や仮想設計を行うことで従来技術の建設コストを試算する。

コスト比較の結果、本技術（膜分離型）が経済的に優れていることが確認した上で、更なる検討を行う。

（１）建設コスト

本技術（膜分離型）は施設を工場で作製することによる製作手間の低減を行っている。コストは変化するため本技術（膜分離型）を適用しようとする地域特性等を十分に踏まえた建設コストの検討を行うことが必要である。

汚水処理施設の建設コストの試算に際しては、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水処理方法を選定する。なお本技術（膜分離型）では、周辺状況や地盤条件が影響する土木建築部分だけでなく、機械電気設備部分についても地域毎の市場性により調達価格が影響されると想定されることから、費用見積を行う。

参考に、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）と比較したコスト縮減事例を表 2-1 に示す。

表 2-1 社会実験における建設コスト例

	耐用年数 (年)	本技術(膜分離型) 〈磯分内終末処理場〉	比較対象(MBR) 〈塘路終末処理場〉
処理能力	—	133 m ³ /日	125 m ³ /日
躯体(水処理部分)	50	12.3 第1期工事	85.8
	50	1.4 無酸素槽増設	
	50	3.8 第2期工事	
建築(建屋)	50	15.8	33.3
機械・電気	15	63.9 第1期工事	91.2 機械
	15	12.6 無酸素槽増設	26.8 電気
	15	49.4 第2期工事	
合計		159.2	237.1

※建設費: 標茶町提供資料, 百万円(税抜)

(2) 維持管理コスト

維持管理コストは、主に光熱水費と業務委託料（人件費）により構成されるが、光熱水費が処理水量や施設規模に応じて増減するのに対し、維持管理作業には施設規模や処理水量によらず必要となる作業が含まれることから、施設規模が小さいほど維持管理コストに与える人件費の影響が大きくなる。よって、本技術（膜分離型）を適用しようとする地域の特性、維持管理体制等を十分に踏まえて維持管理コストを試算することが必要である。

参考に、本技術（膜分離型）と比較対象（MBR）の維持管理コストの実績を、表 2-2 および図 2-1 に示す。

本技術（膜分離型）は、初期不具合対応により供用開始当初（H25）は維持管理コストが高くなっていたが、不具合解消後はほぼ同じような推移であり、処理単価としては本技術（膜分離型）がやや安価となっている。

表 2-2 維持管理コスト

施設	項目	年度									平均	構成比
		H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31(R01)	R02	R03		
本技術(膜分離型) ・処理能力133m3/日 ・H24.4供用開始	光熱水費	664	616	1,417	1,545	1,904	2,045	1,893	1,835	1,974	1,544	(27%)
	通信運搬費	45	46	48	55	50	60	35	34	35	45	(1%)
	手数料	56	0	0	0	0	0	0	0	0	6	(0%)
	業務委託料	5,752	3,617	3,242	3,438	3,886	3,794	4,103	4,611	4,463	4,101	(72%)
	資材購入費	105	0	49	24	28	0	0	0	0	23	(0%)
	計 (千円)	6,622	4,280	4,756	5,063	5,868	5,899	6,031	6,479	6,472	5,719	(100%)
	流入水量(m3/年)	19,618	18,040	20,568	21,287	24,027	19,872	23,485	21,873	21,353	21,125	
処理単価(円/m3)	338	237	231	238	244	297	257	296	303	271		
比較対象(MBR) ・塘路終末処理場 ・処理能力125m3/日 ・H19.3供用開始	光熱水費	1,209	1,287	1,233	1,214	1,150	1,232	1,389	1,333	1,406	1,272	(22%)
	通信運搬費	46	33	32	34	32	32	31	31	33	34	(1%)
	手数料	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(0%)
	業務委託料	3,646	4,296	4,173	4,131	4,523	4,578	4,628	4,774	4,744	4,388	(77%)
	資材購入費	0	0	0	0	41	0	0	0	0	5	(0%)
	計 (千円)	4,901	5,616	5,438	5,379	5,747	5,843	6,048	6,137	6,183	5,699	(100%)
	流入水量(m3/年)	24,236	21,777	17,249	19,089	17,878	20,136	16,878	15,377	18,671	19,032	
処理単価(円/m3)	202	258	315	282	321	290	358	399	331	299		

※標茶町提供資料

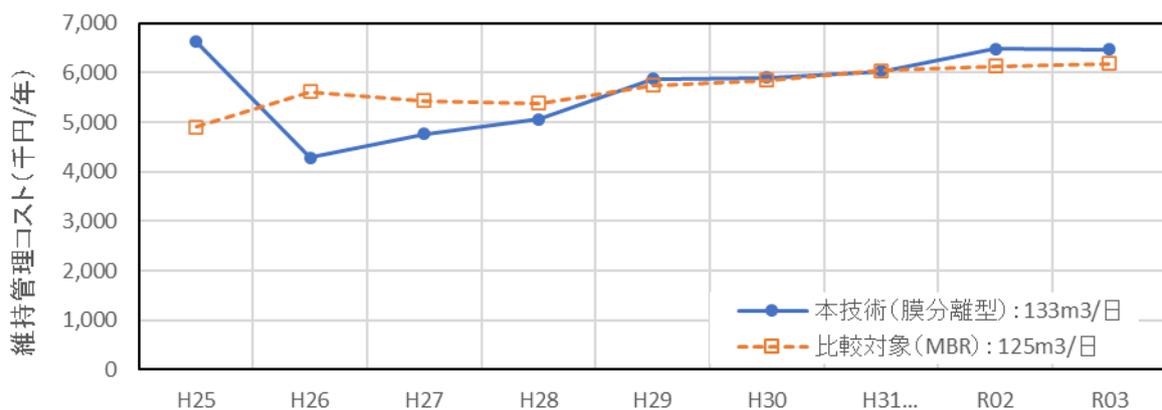


図 2-1 年度毎の維持管理コスト比較

(3) ライフサイクルコスト

本技術（膜分離型）と比較対象（MBR）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7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。

また、建設コストおよび維持管理コストを加算し、デフレーター補正した年価を処理能力当りに換算した値（ライフサイクルコスト）で見ると、23%の削減効果が確認された。

表 2-3 建設コストおよび維持管理コスト比較検討

処理方式	本技術 (磯分内)	比較対象 (塘路)	削減率	参考	
	工場製作型 (膜分離型)	MBR		POD	備考
区分	実績(H23建設)	実績(H18建設)		費用関数(H19単価)	
処理能力 (m3/日)	133	125		133	計画日最大
年平均処理水量 (m3/日)	60	41		99.75	日最大×0.75
建設費 (百万円)	159.2	237.1		161.2	
建設費(補正) (百万円)	(159.2)	245.4		162.7	
<処理能力当り> (百万円/(m3/日))	1.20	1.96	39%	1.22	本技術の102%
建設費年価 (百万円/年)	12.870	16.158		8.882	
建設費年価(補正) (百万円/年)	(12.870)	16.723		8.967	
維持管理費 (百万円/年)	5.699	5.719		4.186	
維持管理費(補正) (百万円/年)	5.276	5.294		3.875	
<処理能力当り> (百万円/(m3/日))	0.0397	0.0424	6%	0.0291	本技術の73%
<処理水量当り> (円/m3)	260	382	32%	115	
年価(補正) (百万円/年)	18.146	22.017		12.842	
<処理能力当り> (百万円/(m3/日))	0.136	0.176	23%	0.097	本技術の71%

※建設費:実績, 本技術の不具合対応である仮設浄化槽(撤去済)は除く

※維持管理費:本技術供用以降のH25~R3年度平均値で約8割が人件費(業務委託費), 本技術の不具合対応コストを含む

※建設費(補正), 維持管理費(補正):デフレーターにより本技術建設年(H23)価格に補正

比較対象建設費:H18→H23補正(×94.7/91.5)

本技術及び比較対象維持管理費:実績中間年のH29→H23補正(×94.7/102.3)

費用関数建設費・維持管理費:H19→H23補正(×94.7/93.8)

§ 8 工期の比較

本技術（膜分離型）の採用にあたり、他技術との工期比較を行う。

【解説】

本技術（膜分離型）においては、施設の工場製作およびユニット化により、建設工期を従来技術よりも短縮することができる。ただし、本技術（膜分離型）を適用する地域の特性等によって建設工期に差異が生じることから、従来技術との建設工期の比較を行うことが必要である。

参考に、本技術（膜分離型）と比較対象（MBR）との工期短縮事例を表 2-4 に示す。

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（MBR）は 16 ヶ月であったため、8 カ月（50%）の減少が確認された。この要因としては、比較対象（MBR）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 構造のため現場は仮設および土工工事のみで対応可能だったことが挙げられる。

また、本技術（膜分離型）では建築工事として機械室を築造しているが、土木工事および処理施設製作と並行作業で実施できたことから早期の供用開始が可能となった。

表 2-4 供用開始までの建設工期比較事例

【本技術(膜分離型)】(磯分内終末処理場 133m³/日 1期目)

項目	H23.7	H23.8	H23.9	H23.10	H23.11	H23.12	H24.1	H24.2
土木工事								(FRP構造)
建設工事								(機械室のみ)
処理施設製作								
処理施設設置								
試運転								

← 供用開始までの期間：約8か月短縮

【比較対象(MBR)】(塘路終末処理場 125m³/日)

項目	H17.12	H18.1	H18.2	H18.3	H18.4	H18.5	H18.6	H18.7	H18.8	H18.9	H18.10	H18.11	H18.12	H19.1	H19.2	H19.3
土木工事																
建設工事																
機械工事																
電気工事																
試運転																

§ 9 計画・設計の手順

本技術（膜分離型）の採用にあたっては、現地状況に応じた適切な計画・設計を行う。

【解説】

計画・設計にあたっては、図 2-2 に示す全体計画、事業計画、基本設計および詳細設計の流れで行う。なお、計画・設計段階における主な検討項目を表 2-5 に示した。

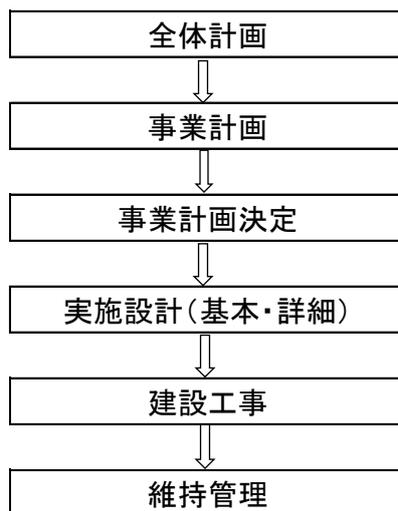


図 2-2 下水道事業における計画・設計から建設、維持管理までの流れ

表 2-5 計画・設計における主な検討項目

	主な検討項目	計画	設計
§ 1 0	処理方法の検討	○	—
§ 1 1	社会情勢変化への対応性の検討	○	—
§ 1 2	処理施設配置の検討	○	—
§ 1 3	設備・計測機器仕様の検討	—	○
§ 1 4	その他の主要な検討項目	—	○

§ 10 処理方法の検討

水処理方法は、下水道法施行令で定められた計画放流水質の区分に応じた方法から地域特性等を考慮して選定する。また、汚泥処理方法は、工場製作型極小規模処理施設である点を考慮し、濃縮汚泥の状態での場外搬出を基本とする。

【解説】

工場製作型極小規模処理施設は、オキシデーションディッチ法（プレハブ式を含む）とともに、社会実験で技術評価された工場製作型極小規模処理施設（接触酸化型）、極小規模処理施設（PMBR）が挙げられ、本技術（膜分離型）も候補となりうる水処理方法である。これらの水処理方法の中から、当該下水処理場の計画放流水質の区分に適合した水処理方法を選定することが必要である。

また、放流先が湖沼や海域等の場合、水質汚濁防止法の排水基準は生物化学的酸素要求量（BOD）ではなく、化学的酸素要求量（COD）が適用される。そのため、都道府県条例による COD に関する上乘せ排水基準値にも留意する。

汚泥処理方法は、工場製作型極小規模処理施設である点を考慮し、濃縮汚泥の状態での場外搬出を基本とする。

本技術（膜分離型）では、膜洗浄用空気量、最適 MLSS 濃度、ろ過フラックス、薬品洗浄方法は各メーカーにより異なるため、詳細な仕様を決定する際には留意する必要がある。

本技術（膜分離型）における処理実績事例を表 2-6 に示し、MBR も含めた一般的な特徴を表 2-7 に整理する。

表 2-6 本技術（膜分離型）の処理実績事例（標茶町）

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 実績評価値は、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）

表 2-7 本技術（膜分離型）と MBR の一般的な特徴

MBR の特徴	
長所	短所
<p>【良好な処理水質・衛生学的安全性】 反応タンク容量に対する SRT を長く確保でき、処理水質が向上する。 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。 SS 低減に伴うその他水質（COD、窒素、リン等）の低減が見込める。 処理水中に大腸菌群はほとんど含まれない。</p> <p>【省スペース】 応タンク容量の縮小および設備省略（最初沈殿池、最終沈殿池、消毒、砂ろ過、重力濃縮等）に伴う省スペース化により、必要敷地面積が小さく、コンパクトな施設配置が可能である。</p> <p>【汚泥発生量低減】 反応タンク活性汚泥の高濃度化による SRT 長期化が可能となり、汚泥発生量の低減が見込める。</p> <p>【維持管理が容易】 最終沈殿池の管理やその他設備省略に伴う維持管理点数が減少する。 自動化による省力化が容易である。</p>	<p>【前処理の必要性】 膜による固液分離を行うため、微細目スクリーンによる前処理が必要（膜ユニットの保護・汚泥付着防止等）である。 油脂分等は、膜へ悪影響を及ぼすため事前除去が必要である。</p> <p>【流入水量変動対応】 流入水量の各種変動に対する設計・運転管理上の対応策が必要（時間変動、年間変動、雨天時等）である。</p> <p>【ファウリング対策】 膜ファウリングの進行は基本的には不可避であり、膜の種類や使用条件に応じて、各種洗浄方法を組合わせたファウリング対策（抑制策、解消策）が必要である。 特に、膜の物理的洗浄は所要動力に占める割合が大きい。 水温が低いほど膜ろ過性が低下する。 冬季のろ過膜の運転条件および薬液洗浄条件について検討が必要である。</p>
本技術（膜分離型）の特徴	
長所	短所
<p>工事費が安価である。 設計手間が少なく、施工は短期間である。 将来の人口減少に対応可能であり、移設が容易に行える。 無人運転・巡回管理を基本とするため、維持管理費は安価となる。</p>	<p>同上</p>

※「下水道への膜処理技術導入のためのガイドライン、平成 23 年 3 月、下水道膜処理技術会議」、「膜分離活性汚泥法の技術評価に関する第 2 次報告書—MBR の適用拡大へ向けて—、平成 25 年 4 月、日本下水道事業団」および「下水道施設計画・設計指針と解説（2019 年版）、（公財）日本下水道協会」を参考にして作成

§ 1 1 社会情勢変化への対応性の検討

将来の社会情勢変化を想定した計画流入下水量の経年変化に対応できる処理施設構成を検討する。その際には、本技術（膜分離型）の耐久性についても考慮する。

【解説】

財政計画に基づいた整備計画や供用開始後の接続率等を踏まえた計画流入下水量により、本技術（膜分離型）の系列単位での段階的整備を検討する。機動性を加味し、1系列・1池を基本として系列数を設定する。このとき、施設能力の増強時期や段階、また将来の人口減少等の社会情勢変化に応じた移設の可能性を考慮し、系列毎の能力配分について検討する。

§ 1 2 処理施設配置の検討

本技術（膜分離型）の配置計画を検討する際には、水の流れ、維持管理動線、環境条件等を十分に考慮する。

また、工期、維持管理性および移設性を考慮して、当該下水処理場に最適な設置方法を採用する。

【解説】

本技術（膜分離型）の配置については、流入管渠から放流吐口までの水の流れや汚泥や薬品等の搬出入車両動線や場内管理および水質管理動線を考慮して決定することが必要である。

周辺土地利用状況と風向による空気の流れから、臭気源となる施設の配置を考慮する。

また、積雪・寒冷地において本技術（膜分離型）を導入する際は、冬季における施設の凍結防止対策について検討を行う。その際、地域における従来の知見を活かすとともに、維持管理性、コストおよび施設移設に関する機動性等への影響を踏まえ、各配管については、凍結深度以下への埋設や露出配管等に対する保温（図 2-3 参照）等の方法から適切な対策を検討する。

積雪地域で除雪作業が維持管理作業の効率に影響することが想定される場合には、建屋等の設置を検討する。なお建屋等を設けない場合は、積雪に伴う上部荷重を考慮した施設設計を行なう必要がある。



露出配管時の保温材設置（他都市事例）



機械室内配管への保温材巻き付け（標茶町）



屋外開口部の保温材吹き付け（標茶町）

図 2-3 保温対策の例

なお、凍結深度とは、寒さによって温度が 0℃以下に低下し地盤が凍結する地表面からの深さを指す。凍結による流下阻害や施設の破損を避けるため、下水道管渠や処理施設は凍結深度より深いところに設置することが一般的である。

凍結深度については、実測する方法のほか、地方公共団体等において標準的な数値を示している例がある。

以下に、北海道建設部住宅局建築指導課ホームページに掲載されている道内各地の凍結深度の標準値について、一部参考転載する。

北海道建設部 住宅局建築指導課 ホームページより転載

●留意事項

- ・この表に掲げる凍結深度は、各市町村の標準的な数値であって、同じ市町村においても外気温が大きく異なる場合があり、また、地質や地下水位、標高などにおいても異なるので、それぞれの状況に応じて、凍結深度を設定しなければなりません。
- ・各市町村の詳細な地域(旧区域)については、各市町村窓口へお問い合わせください。

■石狩振興局管内

市町村名	凍結深度 (cm)	備考
千歳市	60	
恵庭市	60	
北広島市	60	
石狩市	60	下記以外
	70	旧厚田村の区域
	80	旧浜益村の区域
当別町	60	
新篠津村	60	

■渡島総合振興局管内

市町村名	凍結深度 (cm)	備考
北斗市	60	
松前町	60	
福島町	60	
知内町	60	
木古内町	60	
七飯町	60	
鹿部町	60	
森町	50	旧砂原町の区域
	70	旧森町の区域
八雲町	70	旧熊石町の区域
	60	旧八雲町の区域
長万部町	60	

■檜山振興局管内

市町村名	凍結深度 (cm)	備考
江差町	60	
上ノ国町	60	
厚沢部町	60	
乙部町	60	
奥尻町	60	
せたな町	60	旧大成町の区域
	70~80	旧瀬棚町の区域
	50	旧北檜山町の区域
今金町	50	

■後志総合振興局管内

市町村名	凍結深度 (cm)	備考
島牧村	60	
寿都町	60	
黒松内町	60	
蘭越町	60	
ニセコ町	60	
真狩村	60	
留寿都村	70	
喜茂別町	60	
京極町	60	
倶知安町	60	
共和町	60	
岩内町	60	
泊村	60	
神恵内村	60	
積丹町	60	
古平町	60	
仁木町	60	
余市町	50	
赤井川村	60	

■空知総合振興局管内

市町村名	凍結深度 (cm)	備考
夕張市	60	
岩見沢市	60	下記以外
	50	旧北村の区域
美瑛市	60	
芦別市	70	
赤平市	70	
三笠市	60	
滝川市	60	
砂川市	70	
歌志内市	90	
深川市	70	
南幌町	60	
奈井江町	60	
上砂川町	80	
由仁町	60	
長沼町	60	
栗山町	60	
月形町	80	
浦臼町	60	
新十津川町	60	
妹背牛町	60	
秩父別町	70	
雨竜町	80	
北竜町	80	
沼田町	60	

(以下略)

§ 1 3 設備・計測機器仕様の検討

本技術（膜分離型）は設備機能の標準化・簡略化を行うことでコスト縮減を図っているため、標準仕様について確認するとともに、仕様の追加はコスト増の要因となることに留意する。また、計測機器を簡略化した施設であることに留意する。

【解説】

本技術（膜分離型）における施設構成は、設備機能の標準化・簡略化を行うことでコスト縮減を図っているため、標準仕様について確認するとともに、仕様の追加はコスト増の要因となることに留意する。そのため、仕様の追加に当っては、維持管理の体制、技術員の能力を勘案したソフト的対応で可能であるか、費用対効果の面から有効となるか等、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必要がある。

下水処理施設として求められる処理性能を確保する観点で、計測機器の追加の必要性について検討する。季節変動や人口減少により小水量、低負荷となることが想定される場合には、曝気風量の最適化や反応槽容量の低減（一部停止や未使用ゾーンの設置）など、運転方法や施設運用が可能となるようライフサイクルコストの縮減について、検討することが望ましい。

§ 1 4 その他の主要な検討項目

本技術（膜分離型）を採用するに当たっては、次のような項目についても十分に検討することが必要である。

- (1) 停電時対策
- (2) 臭気対策
- (3) 汚泥処理方法
- (4) その他の法令遵守
- (5) 住民参画

【解説】

(1) 停電時対策

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を把握し、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等による対策を検討する。なお、可搬型発電機で対応する場合、施設電気設備側に、発電機に対応したプラグ／ソケットあるいは接続用端子が必要となる等、予め検討する必要がある。

(2) 臭気対策

DID 地区（人口密集地）等悪臭防止法における規制地域内においては、その定めるところに従って臭気対策を行う必要がある。規制地域外においても、家屋との距離や風向き等の周辺環境を勘案し、臭気対策の採否を検討する。

(3) 汚泥処理方法

本技術（膜分離型）は汚泥処理設備を持たない施設構成であることから、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等、効率的な汚泥処理について検討する。

余剰汚泥は好気タンクから直接引抜く。余剰汚泥を引抜く時はバルブ操作により好気タンクより引抜いた硝化液を余剰汚泥貯留槽に送る。余剰汚泥はバキューム車により場外排出する。

社会実験結果（標茶町）では、礫分内終末処理場から発生した汚泥を場外搬出している。

(4) その他の法令遵守

当該処理施設が各種法令（悪臭防止法、大気汚染防止法、騒音規制法、振動規制法）の規制対象区域に含まれるのかを確認する。規制対象区域内に含まれる場合には、悪臭、大気汚染、騒音規制、振動規制に関して十分に検討する必要がある。また、規制対象区域外である場合でも、特に、悪臭に関しては、濃縮汚泥搬出時等に問題となる可能性があるため、検討を行う。

(5) 住民参画

非常通報の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等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。

第3章 施工

§ 15 施工の手順

本技術（膜分離型）の施工にあたっては、基本的な施工の手順に従うとともに、施工時の安全対策に留意する。

【解説】

基本的な施工の手順を、図3-1に示す。なお、施工の際には、以下の安全対策を講じる必要がある。

- ① 感電・発火事故防止対策
- ② 傷害事故防止対策
- ③ 転落事故防止対策

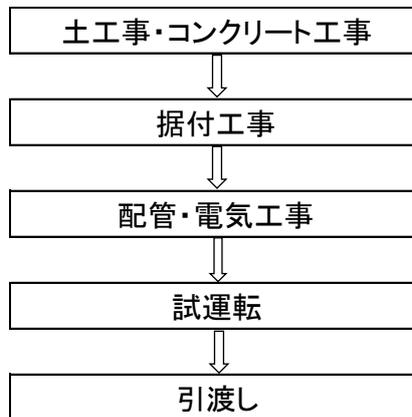


図 3-1 基本的な施工の手順

§ 16 土工事・コンクリート工事

本技術（膜分離型）を適切に据付、長期に渡って安定した処理を行うために、土工事・コンクリート工事を適切に行う必要がある。

【解説】

本技術（膜分離型）を適切に据付、長期に渡って安定した処理を行うために、土工事・コンクリート工事を適切に行う必要がある。

掘削に際しては、土砂崩壊がないように地質の種類に応じて、掘削の深さととり面の状態を考慮する。なお、既設の建物や工作物が近くにあり、地下水位が高く、地山が崩落する恐れがある場合には、オープンカット工法を採用できないため、鋼矢板等による山留工法（図 3-2）を採用する必要がある。

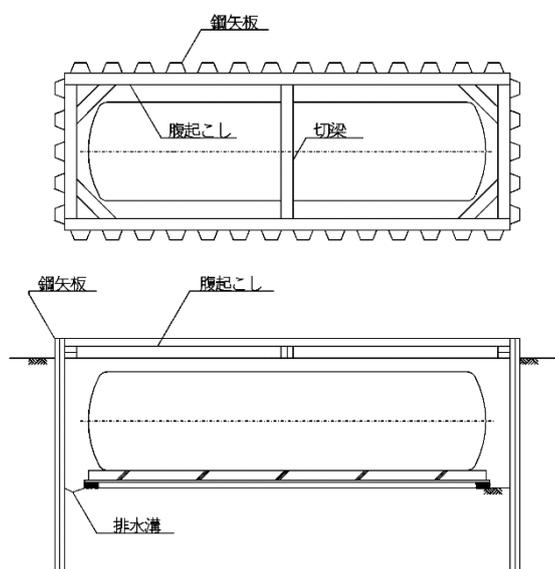


図 3-2 山留工法のイメージ

§ 17 据付工事

本技術（膜分離型）の据付工事の際には、処理施設本体を長期間に渡って水平に保つ必要があるため、基礎、浮上防止対策（半地下埋設型もしくは地下埋設型）および転倒防止対策（地上設置型）を十分に講じる必要がある。

【解説】

本技術（膜分離型）の据付工事の際には、処理施設本体を長期間に渡って水平に保つ必要があるため、基礎、浮上防止対策（半地下埋設型もしくは地下埋設型）および転倒防止対策（地上設置型）を十分に講じる必要がある。

なお、据え付けにあたっては、クレーンによる作業が想定されるが、重量や据え付け位置と作業半径等を考慮の上、適切な機種選定を行い、慎重に作業を行う。なお、本体タンクの重心バランスについては、製品毎に内部設備が異なるため重心バランスが異なることに留意する。

§ 18 配管・電気工事

本技術（膜分離型）設備と流入管渠や放流口の接続管や、設備内での接続（流量調整槽と反応タンクの接続など）について、配管工事が生じる。また、本技術（膜分離型）全般に関する電気工事が生じる。

【解説】

本技術（膜分離型）の配管が、埋戻しの土の中に埋設される場合は、土が固まるまでは不等沈下が懸念される。配管等の破損を防止するため、埋戻し前に支持金物等によりベースあるいはスラブ配筋に固定する。

本技術（膜分離型）設備と流入管渠や放流口の接続管や、設備内での接続（流量調整槽と反応タンクの接続など）についても配管工事が生じる。配管が施工後に沈降しないように留意するとともに、必要な土被りを確保する。特に、自動車等の重量物が通る通路の下では、特に基礎をよく固め、土被りを十分にとる、もしくはコンクリートで保護するようにする。

なお、寒冷地では、給水管やポンプ圧送管の凍結を防ぐために、温床線ヒーターや保温材を巻きつける等の対策が必要である。

第4章 維持管理

§ 19 維持管理特体制

本技術（膜分離型）の維持管理においては、現時点で小規模を中心に稼働している循環式硝化脱窒型 MBR の知見も活用する。

本技術（膜分離型）は最終沈殿池が存在しないため、人手や経験を要する同施設の管理が不要となる。

【解説】

本方式は、令和3年度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。

本技術（膜分離型）は、管理に人手や経験を要する最終沈殿池が不要であることや、固液分離状況は基本的に膜差圧の監視で行われることから、遠方監視・制御等による自動運転が導入しやすい。

本技術（膜分離型）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。

§ 20 運転管理方法

運転管理を行う者は、汚水の処理原理と施設の機能を十分に理解して、適正な管理を行う必要がある。そのためには、必要な運転・処理情報を得て、運転管理に反映することが必要である。

【解説】

運転管理とは、処理状況を総合的に把握し、安定して良好な処理水質等を確保するとともに、適正に汚泥を処分するために行う業務である。そのため、運転管理を行う者は、汚水の処理原理と施設の機能を十分に理解して、適正な管理を行う必要がある。

適正な管理を行うためには、水量、水質、送風量、汚泥量等の運転・処理情報を適宜、獲得する必要がある。

本技術（膜分離型）の運転管理において特に留意する必要がある事項を以下に挙げる。また、礫分内終末処理場における維持管理状況の様子を図 4-1 に示す。

- ① 本技術（膜分離型）は、水処理方法としては循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法であり、有機物除去を対象としているが、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、窒素除去の要否に関わらず、脱窒工程を組込んでアルカリ度の回復を図る必要がある。処理水の pH に留意して運転を行う必要がある。
- ② 最適 MLSS 濃度、膜洗浄用空気量、ろ過フラックス、薬品洗浄方法、低水温時の膜ろ過能力は各メーカーにより異なるため、維持管理方法を検討する際には留意する必要がある。
- ③ MLSS 濃度が過度に高い場合は酸素移動効率の低下や、膜の目詰まりの原因になることから、適切な MLSS 濃度を維持する必要がある。
- ④ 好気タンクの MLSS 濃度が過大・過小な場合は、引抜汚泥量を調整する。
- ⑤ 低水温期には、膜差圧が上がりやすくなる。膜差圧の上昇を確認項目とし、膜洗浄等の管理を行う。
- ⑥ 好気タンクから無酸素タンクへの内部循環による活性汚泥循環となるため、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。
- ⑦ 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においては、曝気風量の最適化等、運転方法に留意する。
- ⑧ 膜に対する曝気洗浄や薬品洗浄（インライン洗浄、浸漬洗浄）を行う等、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。

- ⑨ 処理水の消毒設備は設けないが、非常時等を想定して固形塩素等による消毒が可能となるよう留意する。



図 4-1 維持管理状況（礫分内終末処理場）

§ 2 1 膜ユニットの洗浄管理方法

本技術（膜分離型）の場合、膜に付着しているファウリング物質を適切に洗浄し、良好な水処理を維持する。

【解説】

本技術（膜分離型）の場合、ファウリング対策が必要である。ファウリング対策としては曝気洗浄や薬液洗浄（インライン洗浄、浸漬洗浄）等がある。

社会実験では次のような状況を目安に洗浄を行った。

- ① 日常洗浄として曝気洗浄はろ過運転中常時、逆圧洗浄は1回/10分
- ② 薬品注入洗浄は、膜差圧 30kPa を超えた場合や1回/週～1回/月
- ③ 浸漬洗浄は1～2回/年

定期的な膜ユニットの引き上げ点検の際、破損等の状況を確認し、破損している場合は、膜エレメントの交換等の対応を行う。

膜の交換は定期的あるいは膜差圧が回復しない場合に行う。膜ユニット等の劣化・破損や洗浄を実施しても膜差圧の上昇が生じる場合は、膜ユニットの交換を行う。

§ 2 2 保全管理方法

下水処理場は、都市の根幹的施設であり、重要な社会資本であることから、保全管理を適切に行う必要がある。

【解説】

保全管理を適切に行うことで、施設の機能低下および故障停止並びに事故を未然に防止し、施設機能を常に発揮できるようにすることが可能となる。保全管理として以下の事項が挙げられる。

- ① 日常点検
- ② 定期点検
- ③ 外部委託点検
- ④ 精密点検

日常点検において行う保全管理事項を以下に挙げる。

ア) 原水ポンプ槽

散気用バルブを閉じて、砂の堆積状況を確認し、必要に応じて除去する。また、スクリーンの目詰まり状況を確認するとともに、スクリーンかすを搬出处分する。

イ) 原水ポンプ

原水ポンプが正常に運転しているかどうかを手動、自動運転により確認する。また、自動運転のためのレベルスイッチの位置および作動状態を点検する。

ウ) 微細目スクリーン

微細目スクリーンの清掃を行い、スクリーンかすを搬出处分する。また、駆動部モーターやチェーン等に異常がないかを確認する。

エ) 流量調整槽

流入汚水の腐敗防止および固形物の沈殿防止のための水中ミキサーの運転状況を確認する。

オ) 無酸素槽・好気槽

攪拌状態や散気状態を目視観察する。曝気状況が正常でない場合には、散気装置の清掃を行う。消泡装置の目詰まりを点検し、必要に応じてノズルの清掃を行うとともに、管内の固形物を定期的に排出し、目詰まりを防止する。

カ) 処理水槽

放流ポンプが正常に運転しているかどうかを確認する。

キ) ブロワ

電流計および圧力計の読みに異常がないか確認する。また、運転中に異常音や振動がないか確認する。さらに、オイル漏れ、空気漏れ、V ベルト、エアフィルタ等の状況を確認し、必要に応じて清掃等を行う。

なお、本技術（膜分離型）の場合、常駐管理を行うことが難しい。そのため、住民の協力による設備不具合の発見・対応についても検討することが望ましい。

一例として、社会実験における住民向けのパトライト故障通報装置を示す。



図 4-2 パトライト故障通報装置の例