

ISSN 1346-7328

国総研資料 第951号

平成 29 年 2 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No.951

February 2017

B-DASH プロジェクト No. 12

無曝気循環式水処理技術導入ガイドライン (案)

下水道研究部下水処理研究室

B-DASH Project No.12

Guideline for introducing a Technology for Advanced Pre-treated Trickling Filter System

Wastewater and Sludge Management Division

Water Quality Control Department

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

B-DASHプロジェクト No.12

無曝気循環式水処理技術導入ガイドライン(案)

下水道研究部 下水処理研究室

B-DASH Project No.12

Guideline for introducing a Technology for Advanced Pre-treated Trickling Filter System

Wastewater and Sludge Management Division

Water Quality Control Department

概要

本ガイドラインは、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー等の創出を目指し、下水道革新的技術の一つである「無曝気循環式水処理技術」について、下水道事業者が導入検討する際に参考にできる資料として策定したものである。

キーワード : 下水処理、散水担体ろ床、前後ろ過

Synopsis

This Guideline is introducing a Technology for an Advanced Pre-treated Trickling Filter System, which is one of sewage high technologies, saving sewage service costs, or creating renewable energy, is designed to support Japanese enterprises' overseas water business expansion.

Key Words : Trickling light-weight-media filter, pre- and final filtration

〒305-0804 茨城県つくば市旭1

電話 : 029-864-3933 Fax.029-864-2817 E-mail: nil-gesuisyori@mlit.go.jp

はじめに

我が国の下水道は、国民生活に不可欠な社会資本として、76%まで普及が進んできており、水洗トイレが普及するとともに川や海の水質の改善につながっている。しかし、その一方で、大量に発生する汚水の浄化には大きな電力を要し、それだけで我が国の総電力消費量の0.7%近くを占めている。これは、下水処理場の維持管理費を押し上げる要因ともなっている。

また、下水や汚泥の処理に伴い温室効果ガスが排出されるため、地方公共団体の公共事業の中でも最大級の温室効果ガス排出源となっている。今後、下水道の未普及地域の解消や高度処理化など、排出を増加させる要因が引き続き見込まれることから、地球温暖化防止に一定の役割を果たそうとする我が国において、その削減が急がれる。

さらに、下水汚泥や下水の持つエネルギー価値やリン等資源のポテンシャルに期待が高まっており、省エネ・省資源のみならず、積極的にエネルギー・資源を創出する取組も始まっている。

下水を排除・処理する一過性のシステムから、集めた物質等を資源・エネルギーとして活用・再生する循環型システムへと転換することが「下水道ビジョン2100」（平成17年）でも打ち出されているが、潜在的なポテンシャルに対して実際に活用されている割合はわずかであり、優れた新技術が開発されても、まだ実績が少ないため導入に慎重な下水道事業者も多い状況である。

このため、国土交通省下水道部では、優れた革新的技術の実証、普及により下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー等の創出を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、「下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト※）」を平成23年度から開始し、国土技術政策総合研究所下水道研究部が実証研究の実施機関となっている。

本ガイドライン「無曝気循環式水処理技術導入ガイドライン」で示す技術は、下水の一般的な処理法である標準活性汚泥法と同等の処理を、およそ2分の1の消費エネルギーで行う技術であり、汚泥発生量も少ないため、経済性にも優れた方法であることが実証されている。

本ガイドラインは、国土技術政策総合研究所委託研究（無曝気循環式水処理技術実証研究 受託者：高知市・高知大学・日本下水道事業団・メタウォーター（株）共同研究体 実施期間：平成26～27年度）において実施した成果を踏まえ、下水道事業者が革新的技術の導入を検討する際に参考にできる資料として策定したものであり、これらの優れた技術が全国そして海外にも普及されることを強く願うものである。

技術選定から実証研究施設の設置、実運転による実証を踏まえたガイドラインの策定までを2年間という短期間でまとめるにあたり、大変なご尽力をいただいた評価委員会および検討会の委員各位をはじめ、実証研究に精力的に取り組まれた研究体各位等全ての関係者に深く感謝申し上げます。

※B-DASH プロジェクト：Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

目 次

第1章 総 則

第1節 目 的

§1 目 的	1
--------	---

第2節 ガイドラインの適用範囲

§2 ガイドラインの適用範囲	3
----------------	---

第3節 ガイドラインの構成

§3 ガイドラインの構成	4
--------------	---

第4節 用語の定義

§4 用語の定義	6
----------	---

第2章 技術の概要と評価

第1節 技術の概要

§5 技術の目的	9
§6 技術の概要	11
§7 技術の特徴	14
§8 前段ろ過施設の概要と特徴	19
§9 散水担体ろ床の概要と特徴	21
§10 最終ろ過施設の概要と特徴	24
§11 技術の適用条件	26
§12 導入シナリオ	28

第2節 実証研究に基づく評価の概要

§13 技術の評価項目と評価方法	31
§14 技術の評価結果	33

第3章 導入検討

第1節 導入検討手法

§15 導入検討手順	37
§16 基礎調査	38
§17 導入効果の検討	39

§ 18 導入判断	44
第2節 導入効果の検討例	45

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 19 計画の手順	49
§ 20 基本事項の把握	51
§ 21 水処理施設の容量計算	53
§ 22 汚泥発生量の算定と汚泥処理能力の確認、一次濃縮分離水負荷の算定	54
§ 23 施設配置の検討	58
§ 24 導入効果の検証	60

第2節 施設設計

§ 25 本技術の施設設計の全体的な考え方	61
-----------------------------	----

第3節 前段ろ過施設

§ 26 施設構成	63
§ 27 前段ろ過施設の設計	64
§ 28 既設改造の留意点	69

第4節 散水担体ろ床

§ 29 施設構成	71
§ 30 散水担体ろ床の設計	72
§ 31 既設改造の留意点	78
§ 32 脱臭	79

第5節 最終ろ過施設

§ 33 最終ろ過施設の施設構成	80
§ 34 最終ろ過施設の設計	81
§ 35 既設改造の留意点	84

第6節 一次濃縮施設

§ 36 施設構成	85
§ 37 一次濃縮施設の設計	87
§ 38 既設改造の留意点	94

第7節 その他留意点

§ 39 安全対策	95
§ 40 環境対策	96
§ 41 監視制御システム	97
§ 42 汚泥処理施設への影響	99
§ 43 災害対策	101

第5章 維持管理

第1節 システム全体としての管理

§ 44 導入システム全体としての維持管理	103
-----------------------------	-----

第2節 運転管理

§ 45 前段ろ過施設および一次濃縮槽施設	105
§ 46 散水担体ろ床	106
§ 47 最終ろ過施設	109
§ 48 水質管理	110
§ 49 環境対策	111

第3節 保守点検

§ 50 保守点検	113
-----------------	-----

第4節 異常時の対応と対策

§ 51 異常時の対応と対策	119
----------------------	-----

参考文献

資料編

1. 実証研究結果	124
2. ケーススタディ	158
3. 海外等への適用の留意点	170
4. 標準活性汚泥法の電力費、汚泥発生量（参考）	174
5. 問い合わせ先	177

第1章 総 則

第1節 目 的

§1 目 的

本ガイドラインは、下水道事業における大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー効果の増大に寄与するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）の革新的技術の1つである「無曝気循環式水処理技術」（以下、「本技術」という）について、実証研究の成果を踏まえて、技術の概要、導入検討、計画・設計および維持管理などに関する技術的事項について明らかにし、もって導入の促進に資することを目的とする。

【解 説】

下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）は、新技術の研究開発および実用化を加速することにより、下水道事業における大幅な省エネルギー・創エネルギー効果やコスト縮減を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、国土交通省が実施しているものである。

B-DASH プロジェクト全体の概要は、図 1-1 に示すとおりである。各実証事業においては、国土技術政策総合研究所からの委託研究として、実証研究を実施している。

平成 27 年度末までに実施された B-DASH プロジェクトは 16 課題で、27 件の実証研究を行っており、12 編のガイドライン(案)が発刊されている。

本技術は、⑨省エネ型水処理の標準活性汚泥法代替技術に係る革新的技術であり、実証研究のとりまとめにあたっては、学識経験者で構成される「下水道革新的技術実証事業評価委員会」（以下、「評価委員会」とする）の評価をうけ、十分な成果が得られたと評価された。本ガイドラインは、下水道事業における大幅な省エネルギー・創エネルギー効果やコスト縮減を実現するため、評価委員会で評価された本技術の実証研究の成果を踏まえ、本技術の導入の促進に資することを目的として、国土技術政策総合研究所において策定するものである。このため、本ガイドラインでは、地方公共団体などの下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように、技術の概要と評価、導入検討、計画・設計および維持管理などに関する技術的事項についてとりまとめている。

下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト*)の実証テーマ

*Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

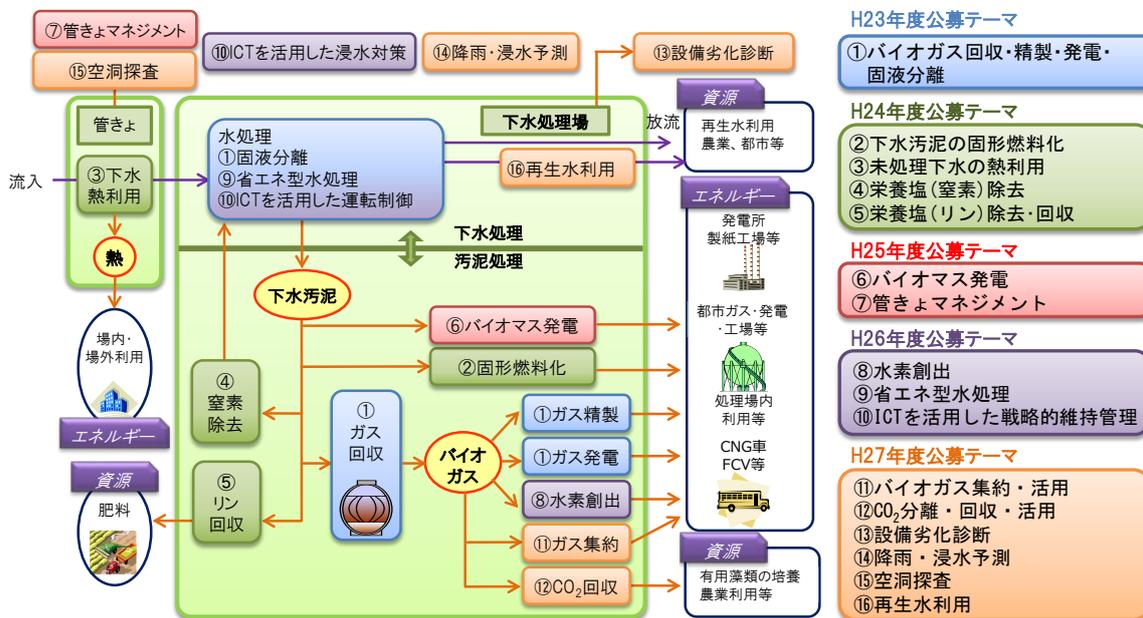


図 1-1 下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) の概要 (全体)

第2節 ガイドラインの適用範囲

§2 ガイドラインの適用範囲

本ガイドラインは、本技術の下水道施設を対象とした導入検討、計画・設計および維持管理に適用する。

【解説】

本ガイドラインは、主として既存の下水道施設・設備の更新に際して、本技術の導入を促進することを目的として、本技術の導入検討、計画・設計、維持管理の参考となるようにとりまとめたものである。ただし、本技術は、下水道施設の新・増設に際しても適用可能であり、本ガイドラインの適用を妨げるものではない。

本ガイドラインは、地方公共団体等の下水道事業者および関連する民間企業等に利用されることを想定して策定している。

第3節 ガイドラインの構成

§3 ガイドラインの構成

本ガイドラインは、総則、技術の概要と評価、導入検討、計画・設計、維持管理および資料編から構成される。

【解説】

本ガイドラインの構成を図1-2に、各章の概要を以下に示す。

(1) 第1章 総則

目的、ガイドラインの適用範囲、ガイドラインの構成、用語の定義について示す。

(2) 第2章 技術の概要と評価

本技術の目的、概要、特徴、適用条件について標準活性汚泥法との違いを踏まえて整理し、既設への導入時シナリオ2ケースを記載している。第2節では、実証研究で得られた成果に基づく本技術の評価結果を示す。

(3) 第3章 導入検討

本技術の導入検討する際に必要な手順、手法を整理するとともに、第2節では、導入効果の検討例を記載している。

(4) 第4章 計画・設計

導入検討の結果として、本技術の導入効果が期待できると判断された場合に、導入に向けてより具体的に実施設計を進めるための検討手順、調査方法、施設設計の考え方及び容量計算手法等について記載している。

(5) 第5章 維持管理

本技術を導入した場合において、下水道管理者などが実施すべき維持管理の具体的方法について示す。

資料編では、本技術の実証研究結果、ケーススタディ、海外への適用の留意点、問い合わせ先などに関する資料を示す。

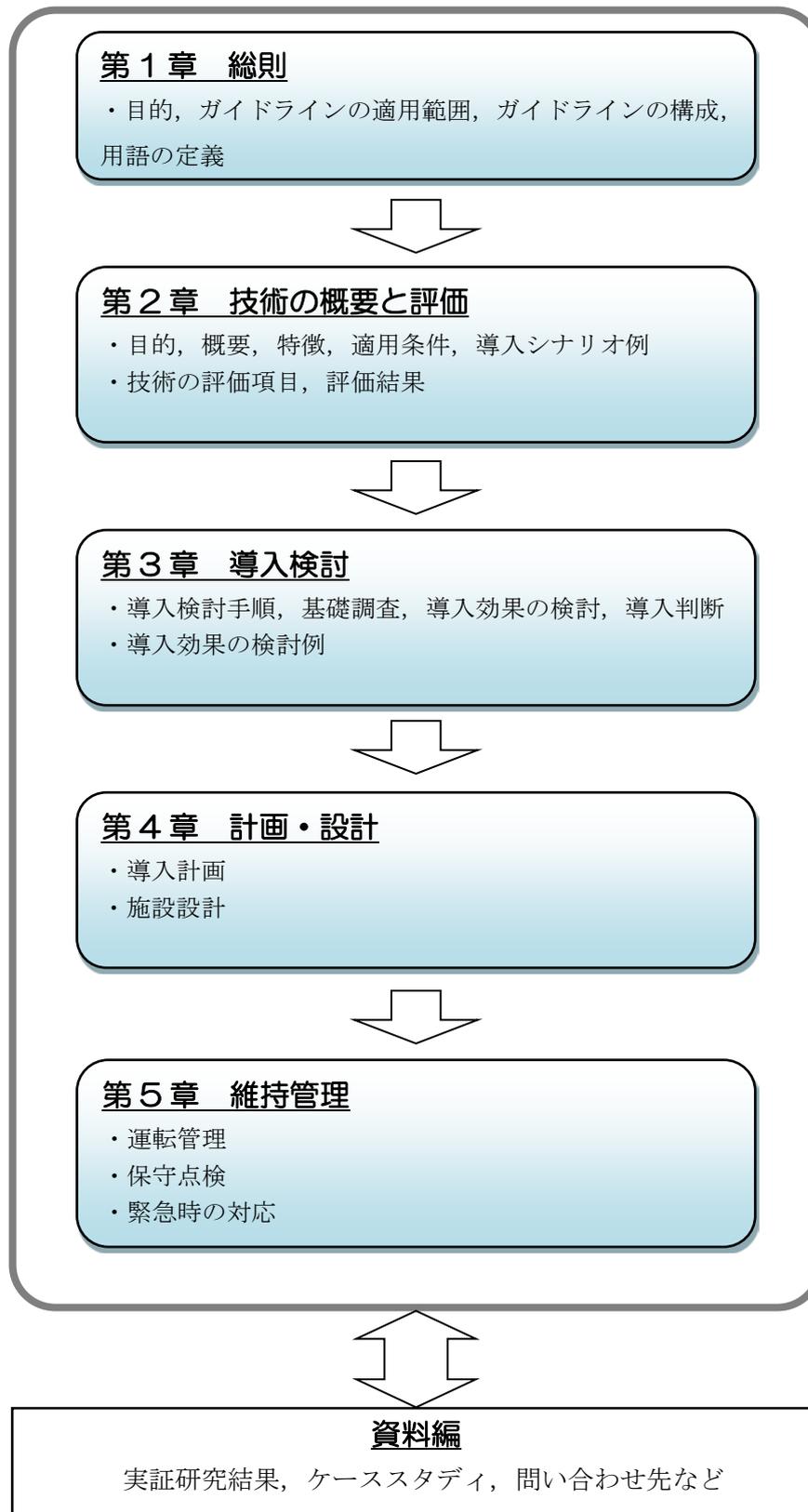


図 1-2 本ガイドラインの構成

第4節 用語の定義

§4 用語の定義

本ガイドラインの中で取り扱う用語は以下のとおり定義する。なお、下水道施設の基本的な用語に関しては「下水道施設計画・設計指針と解説 2009年版」(社団法人日本下水道協会)¹⁾、「下水道用語集 2000年版」(社団法人日本下水道協会)²⁾に準拠する。

(1) 曝気および無曝気

標準活性汚泥法におけるブロワでの送気を曝気と呼び、本技術のように、低動力のファンで散水担体ろ床内に通気を行うことを無曝気と呼ぶ。

(2) 循環

散水担体ろ床流出水を前段ろ過施設もしくは散水担体ろ床に返送循環することをいう。

(3) 前段ろ過施設

前段ろ過施設は標準活性汚泥法の最初沈殿池に相当する施設である。最初沈殿池は重力で固形分離を行うが、前段ろ過施設はろ過により流入下水中の固形物を除去する。また、散水担体ろ床で処理された水を循環させることにより、溶存酸素を供給し、流入下水中の有機物の除去を行う機能を持つ。前段ろ過施設は、原水槽、前段ろ過槽、前段ろ過洗浄排水槽からなる。

(4) 散水担体ろ床

標準活性汚泥法の反応タンクおよび送風機に相当する施設であり、従来の散水ろ床法を改良している。散水担体ろ床は、流入水路、散水担体ろ床(狭義)、循環水槽、散水担体ろ床洗浄排水槽からなる。

(5) 最終ろ過施設

散水担体ろ床流出水中の固形物を除去する施設であり、上向ろ過技術を適用している。最終ろ過施設は、原水槽、最終ろ過槽、最終ろ過洗浄排水槽からなる。

(6) 一次濃縮施設

前段ろ過、散水担体ろ床、最終ろ過の各施設からろ材(担体)洗浄時に排出される洗浄排水を濃縮(一次濃縮)する施設をいう。本濃縮により、上澄水と濃縮汚泥が生成し、上澄水は再度前段ろ過施設へ戻され、濃縮汚泥は汚泥処理施設に移送される。

(7) ろ過速度

前段ろ過施設あるいは、最終ろ過施設のろ層単位面積あたりの処理水量をいう。単位は $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ である。

(8) ろ過損失水頭

流入下水が前段ろ過施設あるいは最終ろ過を通過する間に損失する圧力を水柱で表したもので、捕捉されたSS量やろ過速度が増加するにつれて増大する。運転状況を把握するための最も重要な因子である。

(9) 洗浄排水

本技術を構成する前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設のろ材（担体）の洗浄時に排出される排水をいう。各々の洗浄排水を指す場合には、前段ろ過洗浄排水、散水担体ろ床洗浄排水、最終ろ過洗浄排水という。

前段ろ過洗浄排水中の固形物は、ほとんどが流入下水由来であるが散水担体ろ床循環水、一次濃縮槽分離水由来の散水担体ろ床剥離汚泥も含む。散水担体ろ床洗浄排水および最終ろ過洗浄排水ではほとんどが散水担体ろ床剥離汚泥である。

(10) BOD 容積負荷

散水担体ろ床における担体充填部単位容積あたりのBOD流入負荷量をいう。単位はkg-BOD/(m³・日)であり、容量計算上の重要な指標である。

(11) 通気倍率

散水担体ろ床の通気量を処理水量で割った値をいう。

(12) 循環水

前段ろ過施設あるいは散水担体ろ床に送られる散水担体ろ床流出水を循環水という。なお、循環水には、前段ろ過施設原水槽に返送されるものと、散水担体ろ床流入部に返送されるものがあり、これらも区別する場合には前者を循環水1、後者を循環水2という。

(13) 浸漬洗浄

散水担体ろ床の洗浄方法の1つであり、散水担体ろ床を満水にして、一定時間浸漬し、その後排水を行う。本操作は、ろ床バエの幼虫、貝の駆除に一定の効果がある。

(14) 空気洗浄

散水担体ろ床の洗浄方法の1つであり、散水担体ろ床を満水後に、槽内を曝気して担体を流動させ、担体の洗浄を行う。空隙率の回復による処理安定化、ろ床バエの幼虫、貝を流出させる効果がある。

(15) 空隙率

散水担体ろ床の担体充填部を水で満たしたときに必要とされた水量[※]を、担体充填部全容積で割った値。単位は%。散水担体ろ床の目詰まりの度合いを示す指標である。

[※]散水担体ろ床の担体が水没するまで水（前段ろ過施設流出水等）を投入後、散水担体ろ床洗浄排水槽に流下させ、その受水量を計量する。

第1章 総則

第2章 技術の概要と評価

第1節 技術の概要

§5 技術の目的

本技術は、既存土木施設の活用ができ、少ない電力消費量で、安定して良好な処理水質を得ることができる標準活性汚泥法に替わる省エネ型下水処理技術である。

【解説】

(1) 本技術の背景

図2-1に全国の下水道分野別電力消費量を示す。水処理に最も多くの電力が消費され、その割合は50%を超えている。処理方式では、標準活性汚泥法を採用している下水処理場が最も多く、処理水量で75%以上を占めている(図2-2 参照)。

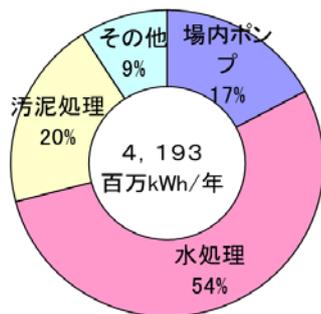


図 2-1 全国の下水道分野別電力消費量
(H23 年下水道統計¹⁰から作成)

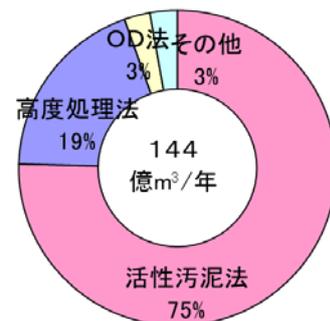


図 2-2 全国の処理法別年間処理水量
(H23 年下水道統計¹⁰から作成)

図2-3には、標準活性汚泥法の規模別の単位処理水量当たりの消費電力量原単位(以下「消費電力量原単位」という。)のグラフを示す。規模が小さいほど原単位が上昇する。図2-4には標準活性汚泥法の下水処理場(日最大100,000m³/日)における消費電力量の構成例を示す。処理場で消費される電力量の約60%が送風機で消費されている。

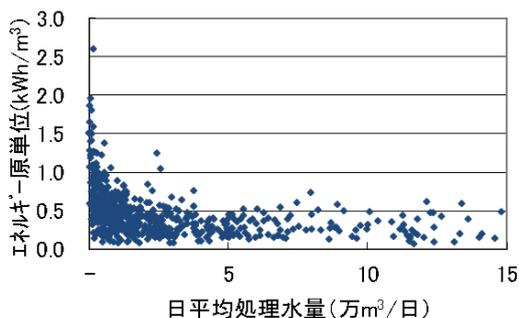


図 2-3 規模別の消費電力量原単位
(活性汚泥法のみ。H23 年度下水道統計¹⁰から作成)

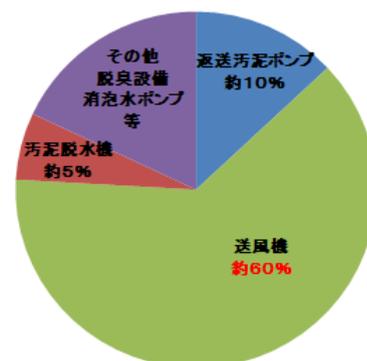


図 2-4 機器別の消費電力量 (モデル設計)⁵⁾

上記の背景に加えて、東日本大震災以降の電力事情の悪化や温室効果ガス発生量抑制のニーズから、標準活性汚泥法代替の省エネ型水処理技術が求められている。

図2-5に下水処理方式別の消費電力量原単位を示す。この中で最も消費電力量原単位が小さいのは高速散水ろ床法となっている。

従来より標準活性汚泥法等では曝気のための送風機使用は不可避であり、使用電力量がかさむ原因とされてきたが、この高速散水ろ床法は送風機使用が不要な水処理技術である。

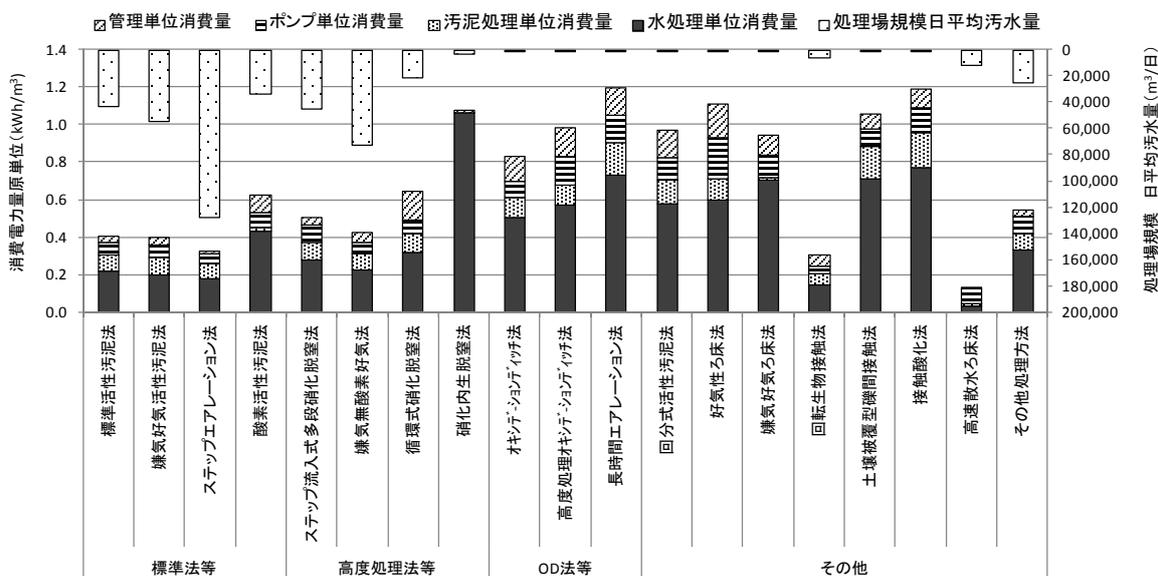


図2-5 下水処理方式別の単位処理水量当りの消費電力量原単位
および算定に用いた処理場群の日平均汚水量の平均値⁵⁾

(2) 本技術の目的

本技術は高速散水ろ床法の消費電力が小さいことに着目し、同法の処理原理を用いながら、同法の従来課題を解決・改良し、新たな省エネ型下水処理法としたものである。

本技術の電力使用量原単位は、標準活性汚泥法に比較して小さいことに加え、水量変動（日間、年間、長期的増減、等）による影響が少ない特徴を有する。そのため、これらの変動に関わらず安定して省エネルギー型処理を行うことができる。さらに既存躯体施設を活用することから、多くの既存施設に低コストで導入することができる。

§6 技術の概要

本技術（水処理方式名：循環式散水担体ろ床法）は、有機物除去を行う散水担体ろ床とその前後の前段ろ過施設、最終ろ過施設、および洗浄排水を濃縮する一次濃縮施設から構成される。

【解 説】

（１）基本原理

本技術の主要原理は、無曝気で酸素を供給し、生物学的処理を行う方式であるが、その前後にろ過施設を配し、前段ろ過施設における負荷変動の吸収および後段ろ過施設での仕上げ処理と組合せている。これにより、従来の散水ろ床法に比べて安定した水処理を行うものである。

（２）構成と機能他

本技術の構成と機能を図 2-6 に示す。

① 3施設（前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設）の役割

前段ろ過施設は流入下水中の固形物を効率的に除去し、散水担体ろ床への固形物負荷を削減する。同時に前段ろ過担体に付着した微生物によって、流入下水中の溶解性有機物を一部除去する。これは、溶存酸素を含んだ散水担体ろ床流出水が前段ろ過施設に循環され、酸素を供給することによってなされる。

散水担体ろ床は散水ろ床の原理を活用、改善した生物学的処理プロセスで、低動力で酸素が供給され、有機物を除去する。

最終ろ過施設は、ろ過により、散水担体ろ床流出水中の固形物を効率的に除去する。

② 一次濃縮施設の役割

上記3施設からは洗浄排水が発生するため、これを沈降濃縮するための一次濃縮施設がある。この施設から発生する上澄水（一次濃縮分離水）は前段ろ過施設に返送され、沈殿汚泥は一次濃縮汚泥として排出される。

③ 最終ろ過沈殿汚泥の処理

最終ろ過沈殿汚泥は、散水担体ろ床からの剥離汚泥である。既存施設活用の場合には、本汚泥は最終ろ過施設（もとは最終沈殿池）の汚泥ホッパ部分から回収される。従って、既設ルートを活用して、余剰汚泥の濃縮施設に送泥する。本技術を土木から新設で設置する場合には、最終ろ過沈殿汚泥は沈降性が良好なことから、一次濃縮汚泥と合わせて重力濃縮等の汚泥濃縮施設に送泥する。

④ 洗浄排水槽の統合

前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設から各洗浄排水が発生する。洗浄排水槽は、各々設置するか統合するかは任意であるが、前段ろ過槽は頻繁に洗浄が行われるため、前段ろ過施設には単独で設けることが望ましい。

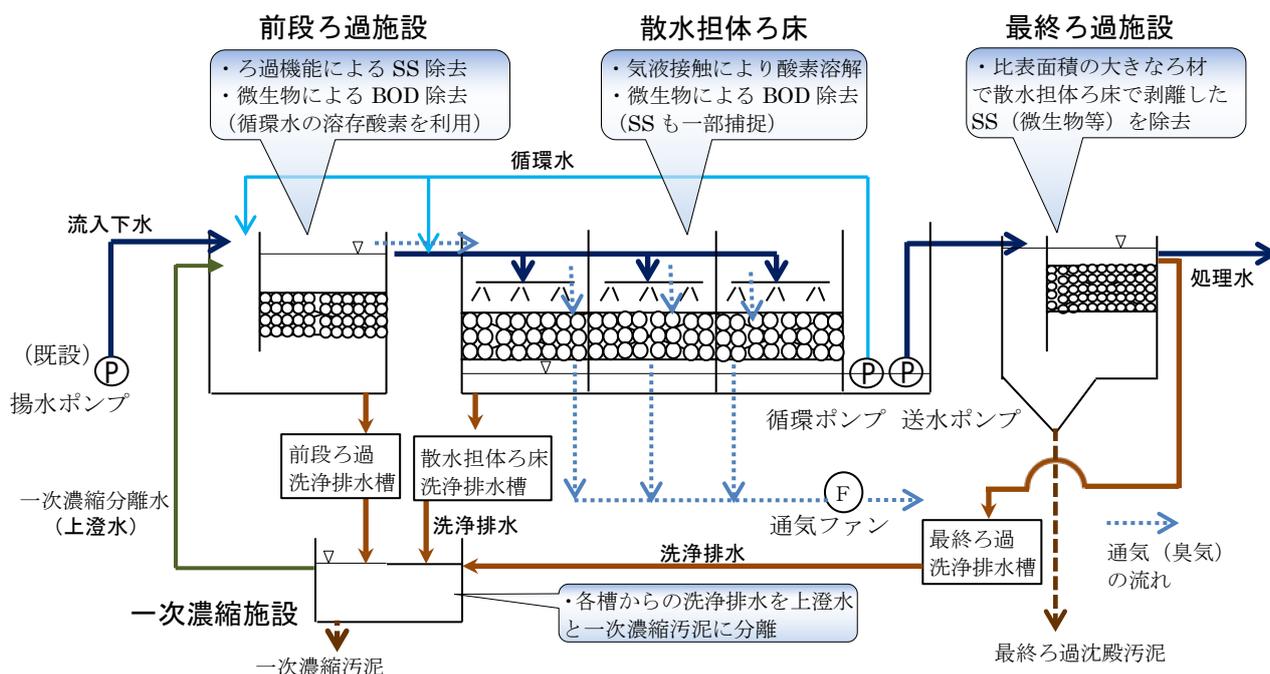


図 2-6 本技術の構成と機能

(3) 既存施設への設置

図 2-7 に既存施設への本技術の設置イメージを示す。本技術は、既設最初沈殿池に前段ろ過施設と一次濃縮施設が、既設反応タンクに散水担体ろ床が、既設最終沈殿池に最終ろ過施設が設置される。

本技術の特性上、散水担体ろ床流出水の水位が低くなるため、循環ポンプや送水ポンプと接続するための循環水槽を設ける必要がある。但し、散水担体ろ床流出水を最終ろ過槽に自然流下で流入させることが可能な場合には送水ポンプは不要である (図資 3.1 参照)。

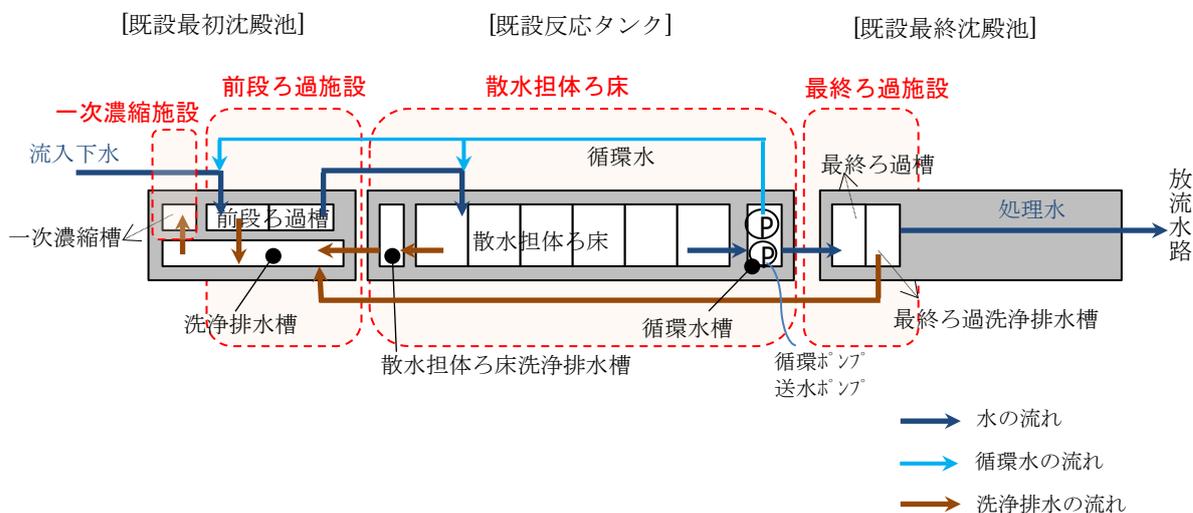


図 2-7 既存施設への本提案技術のイメージ (平面)

(4) 汚泥処理施設との取り合い

図2-8に処理場の既存汚泥処理施設との関連を示す。本技術から発生する一次濃縮汚泥は沈降性が良いことから既存の生汚泥処理施設である重力濃縮槽へ送泥することを基本とする。但し、最終ろ過施設の沈殿部からの汚泥排出は、既設の最終沈殿池からの余剰汚泥引抜き管路を活用して、既存の余剰汚泥処理系列に投入できる場合がある。

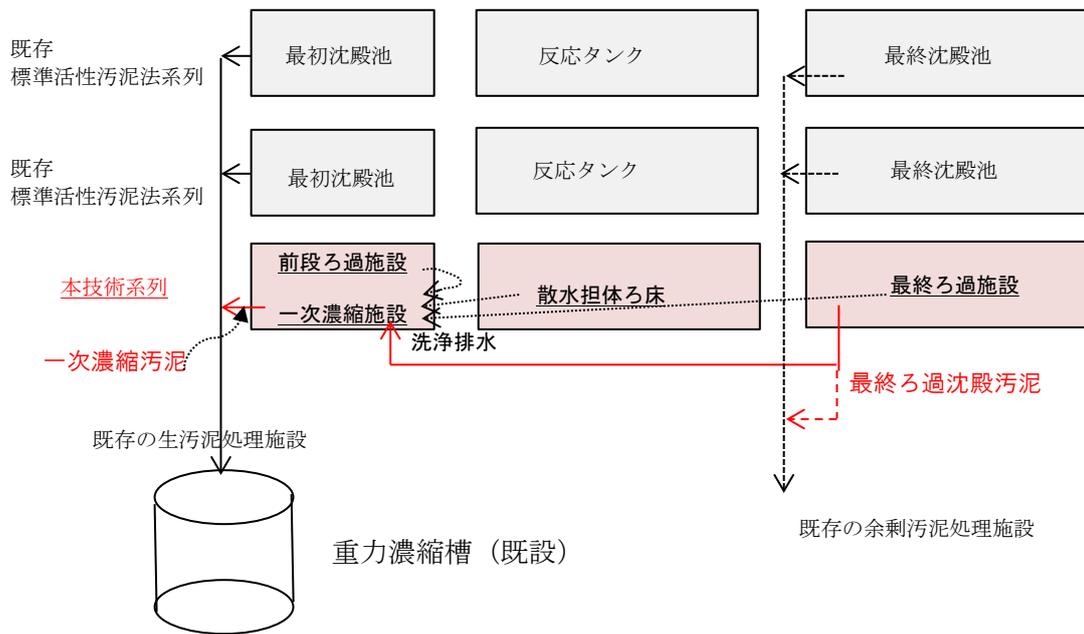


図2-8 汚泥の発生箇所および排水経路

§7 技術の特徴

本技術は、自然大気下での気液接触により酸素供給を行う省エネ性の高い散水ろ床法の原理を活かし、曝気用ブローなしで標準活性汚泥法代替として活用できるよう、改良したものである。技術の特徴は以下となる。

- (1) 使用電力量の削減
- (2) 維持管理費の低減（汚泥発生量削減等）
- (3) 建設費の抑制、縮減（既設の改造利用が可能、新設時は土木施設の縮小）
- (4) 安定した処理水質
- (5) 時代のニーズ変化への対応

【解 説】

本技術は、維持管理費、建設費ともに低減できる革新技术である。一方で、標準活性汚泥法と同等の安定した処理水質が得られるように工夫している。またLCC（ライフサイクルコスト）の削減だけでなく、今後の下水道諸課題（水量減少等）へ対応できる技術である。

(1) 使用電力量の削減

本技術は、散水担体ろ床において、BOD分解の働きを有する微生物を付着させた担体を配し、処理する水は上部から散水される。これら担体と担体には隙間があり、通気抵抗はほとんどない（200mmAq程度）。そのため、供給酸素量が律速とならない程度に上方から下方に向けて行われる通気による使用電力量は、もともと少ない水処理全体の使用電力量の数%程度である。

(2) 維持管理費の低減（汚泥発生量削減等）

水処理の維持管理費に関しては、図2-9に示すように、一般に大きい方から、①汚泥処理・処分費、②人件費、③機器補修・点検費、④電力費、⑤薬品費と言われる（但し、①と②、③と④は各々逆転する場合がある）。

このうち本技術は特に④電力費が大幅に削減されるほかに、①汚泥処理・処分費の軽減が期待でき、③機器補修・点検費、⑤薬品費についてもある程度削減できる（詳細な数字は、第3章第2節 表3-8 維持管理費 参照）。

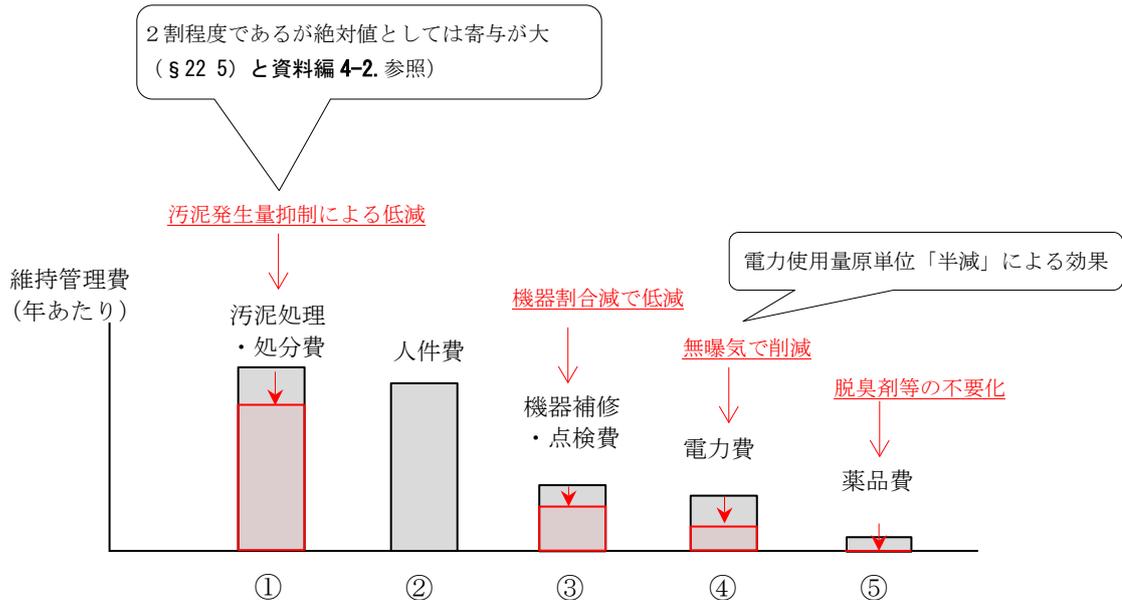


図 2-9 一般的な維持管理費の内訳と本技術の効果 (中規模処理場/標準活性汚泥法との比較イメージ)

(3) 建設費の抑制、低減

1) 既存施設の改造により導入が可能

建設費に関しては、既存躯体を活用することで、導入総費用は土木施設を新設して導入するよりも安価となる。また既存躯体活用においては、標準活性汚泥法で更新するよりも若干の建設費の低減が見込める (詳細は § 17 導入効果の検討 参照)。

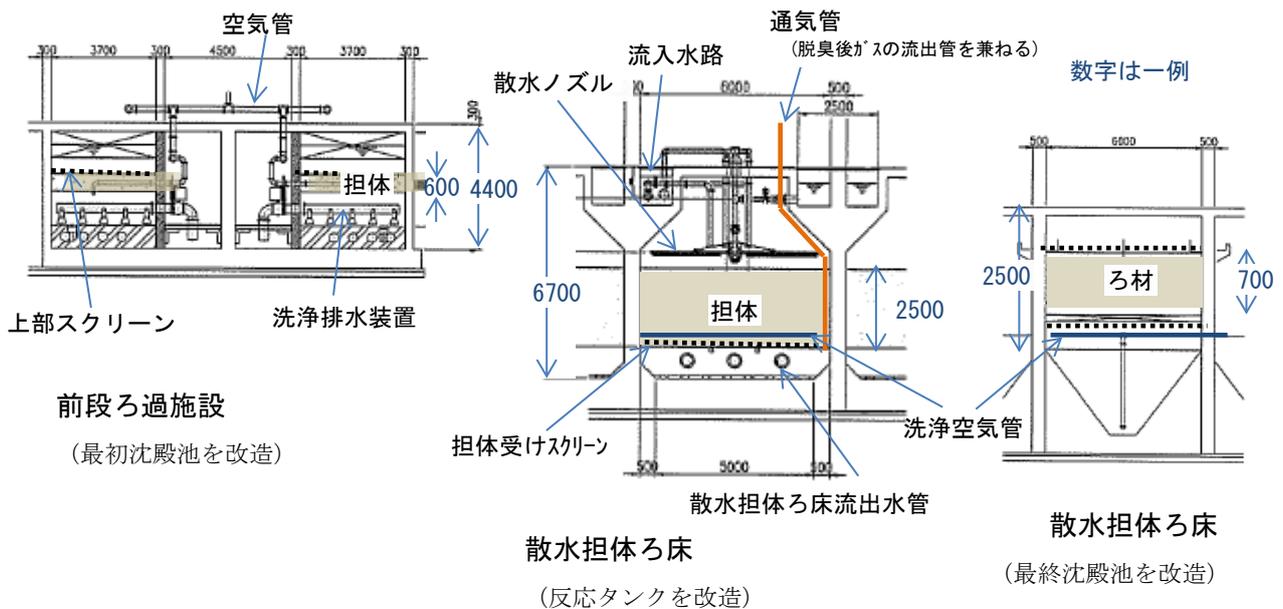
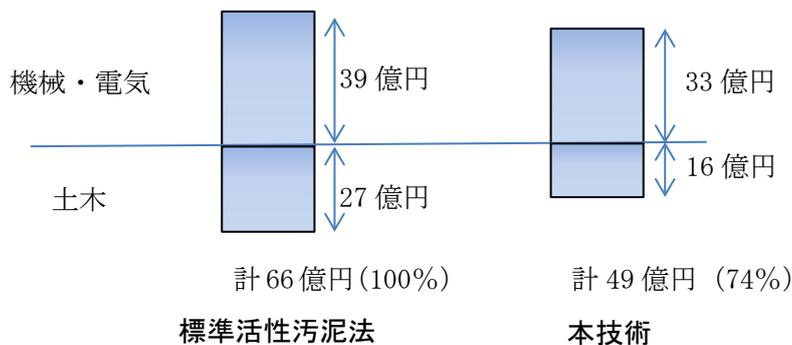


図 2-10 各施設の改造のイメージ

2) 新設時は土木施設の縮小が可能

一方で、図 2-11 に示すように土木施設から新設する場合は、導入総費用は既存活用よりも高価となるものの、標準活性汚泥法にて土木施設から新設する場合と比較しての削減率は大きい（一例として 26%減）。下水道が普及し始めた昭和 40~50 年代に構築した土木施設は 40 年以上の経過年数となり、土木からの更新計画が必要な施設もある。



(注) 計算規模：日最大 50,000m³/日

① 標準活性汚泥法の土木施設

金額：機電の 7 割とした（流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 H20 年 9 月³⁾ 253 頁より）

→空 m³ 単価 (8 万円/m³)

規模(空 m³)：最初沈殿池： 4,000 m³ (水面積負荷 50m²/日, 施設高さ 4m),

：反応タンク： 19,000 m³ (滞留時間 8hr, 施設高さ 6m(水深 5.3m 含む)),

：最終沈殿池： 10,200 m³ (水面積負荷 20m²/日, 施設高さ 4m),

② 本技術の土木費空 m³ 単価は標準活性汚泥法と同一 (8 万円/m³) として計算。

図 2-11 土木から新設の導入費用 (概算)

(4) 安定した処理水質

本技術は、前段・最終のろ過、散水担体ろ床での有機物や固形物の除去により、年間を通じて安定した BOD 処理性能が得られる。

図 2-12 に実証研究における流入下水と処理水の BOD 推移を示す。立上げを完了した夏季の 7 月から冬季の 1 月までの 3 季節を通して 15mg/L 以下で安定した結果が得られている。

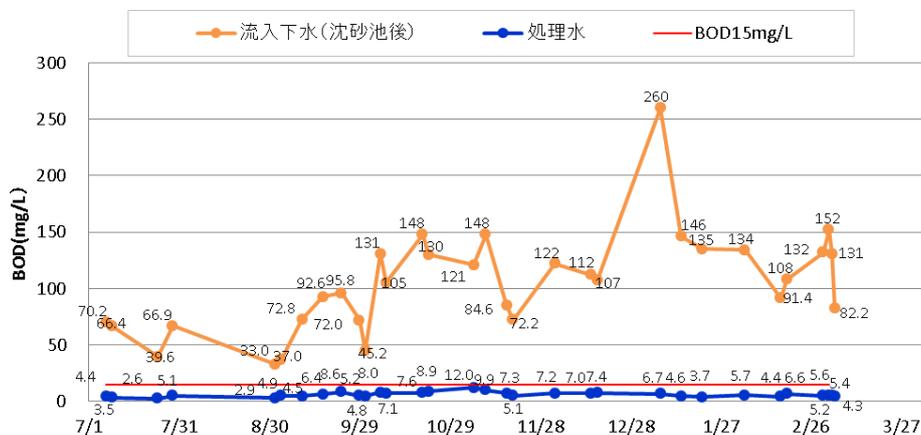


図 2-12 流入下水と処理水の BOD 推移

(5) 時代のニーズ変化への対応

今後の人口減少・高齢化に伴う水量減少、施設の遊休化、料金収入減少、維持管理人材の減少に対する「下水道経営の健全化、迫られる災害対応と老朽化再構築、地球温暖化対策の推進や汚泥処分の困難化に対する汚泥のエネルギー資源利用」¹⁴⁾等の下水道の課題が提起されている。

本技術は、これらの様々な課題解決に関して高いポテンシャルを有する技術である。

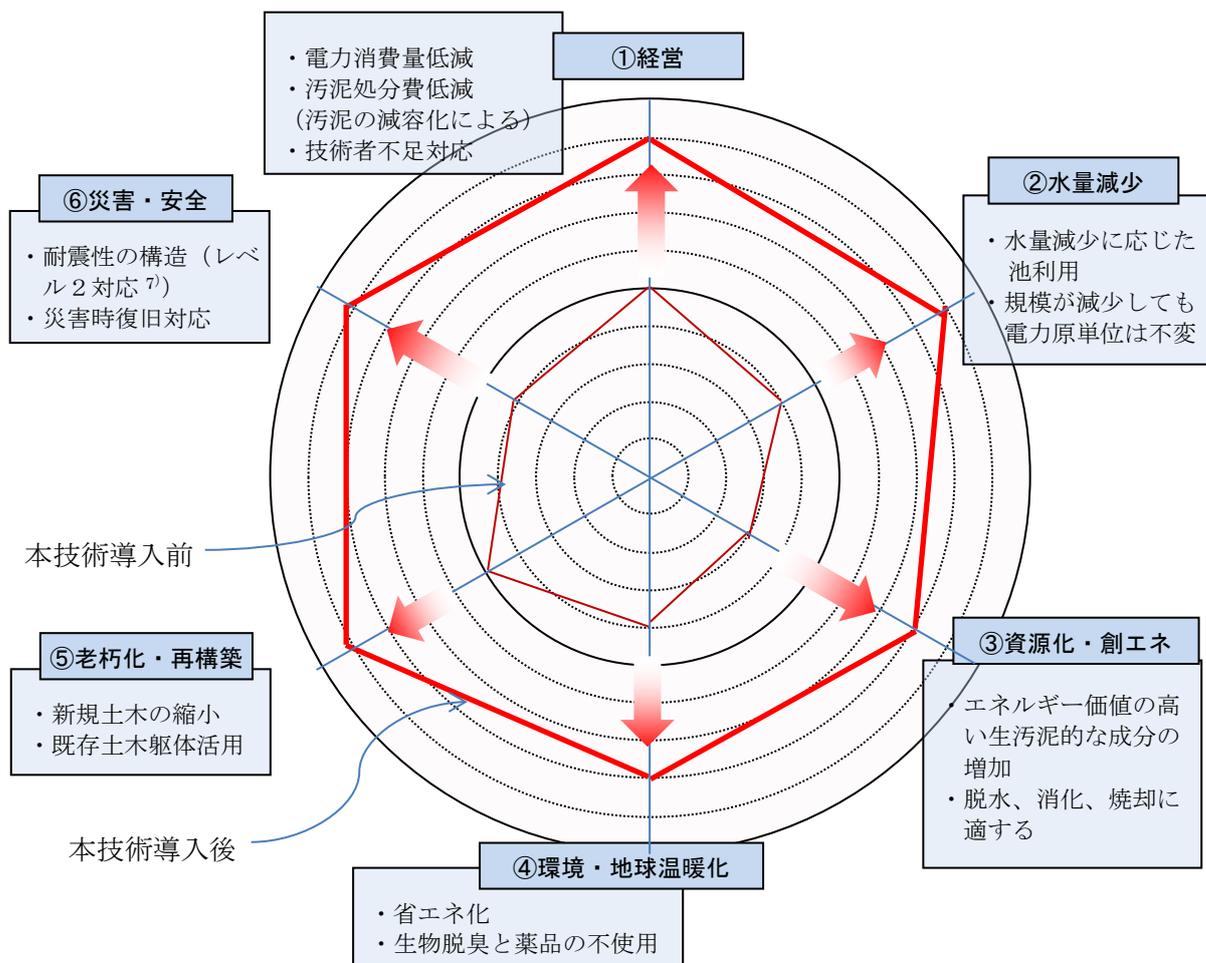


図 2-13 様々な課題指標 (ベンチマーク) の改善に寄与 (イメージ)

① 経営

少子高齢化や人口減少に伴う下水道使用料減少、老朽化した管路や施設の更新による支出増大が懸念される。

本技術は、電力使用量の削減、発生汚泥量の削減など、経営健全化に寄与できるものである。

② 水量減少

今後の人口減少等に伴う水量減少局面に対応できる技術である。従来、標準活性汚泥法等の送風機は複数の水処理系列に1台というように設置されているため、系列減となっても電力使用量を比例して減らすことは困難であった。

一方、本技術で電力使用量が多いポンプは各系列ごとに設置することを前提にしているため、系列減はもちろん、1系列においてもその台数を予め複数台にしておくことなどにより、水量の変動に比例して電力使用量を削減できる。なお散水担体ろ床の使用池数を図2-14に示すように水量減に応じて減らしていくことが可能で、対応して電力消費量を削減する設計も可能である。

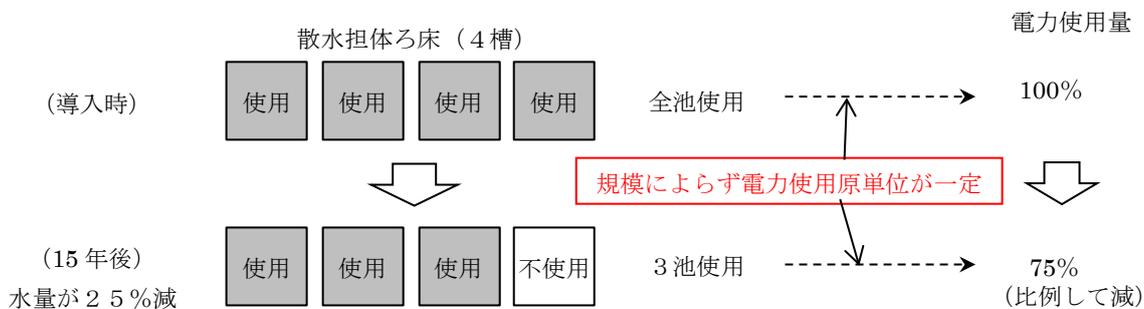


図2-14 水量減少への対応例

③ 資源化・創エネ

2015年度の下水道法改正により汚泥有効利用の努力義務が課せられることとなった。

本技術の汚泥発生量は除去された固形物量の8割程度 (§22【解説】(4)参照)であり、発生する汚泥の中で生汚泥の割合が増加するため、エネルギー資源化に寄与することが期待できる。

④ 環境・地球温暖化

下水処理場(場内ポンプ場を含む)の使用電力量は63億kWh/年¹⁰⁾(日本全体の年間消費電力量の0.6%¹⁶⁾)以上に達している。このうち水処理の電力消費は50%以上である。本技術は処理水量が最も多い標準活性汚泥法の代替技術であり、標準活性汚泥法の電力消費を半減できることから、下水道の地球温暖化対策として効果的である。

⑤ 老朽化・再構築

本技術は、耐用年数の長い土木施設を有効に活用でき、また耐用年数に達した土木施設の再構築時においては土木施設を40%程度縮小(日最大5万m³/日規模での試算: §7【解説】(3)2) 図2-11 グラフ中の土木費用より、削減率は(27-16)/27×100=41%)することができる。

⑥ 災害・安全

震災における下水道のライフラインとしての処理継続性に関して、レベル2対応の耐震性⁷⁾を有する本技術は、発災後も前段ろ過施設を使用した簡易処理+消毒処理が可能である。また、システム全体が省エネ型下水処理技術であることから、応急復旧の各段階において必要エネルギーが少なく環境負荷の小さい対策として適用することができる。

§8 前段ろ過施設の概要と特徴

前段ろ過施設は、ろ過によって固形物を除去し、散水担体ろ床への負荷を軽減する。散水担体ろ床流出水を循環させることにより、負荷変動の平準化と、循環水に含まれる溶存酸素を利用したろ材付着微生物による BOD 除去の機能を有する。またろ過速度が大きく最初沈殿池に比べて省スペースである。さらに、夾雑物除去に優れることから、散水装置の閉塞防止など、後段プロセスの維持管理性の向上にも寄与する。

【解説】

(1) 効率的な除去（物理ろ過に生物学的除去を付加）

図 2-15 に前段ろ過施設の構造図を示す。流入下水は前段ろ過施設の下部より流入し、上向流により浮上性ろ材の層を通過する間に、含まれている固形物が除去される。浮上性ろ材は 5~10mm 程度で、凹凸のある形状である。

前段ろ過施設には流入下水の他に、一次濃縮施設の分離水や散水担体ろ床からの循環水が流入する。散水担体ろ床からの循環水に含まれる溶存酸素を用いたろ材付着微生物による有機物分解のほか、循環水に酸化態窒素 ($\text{NO}_x\text{-N}$) が含まれる場合には脱窒による BOD の除去も行われる。

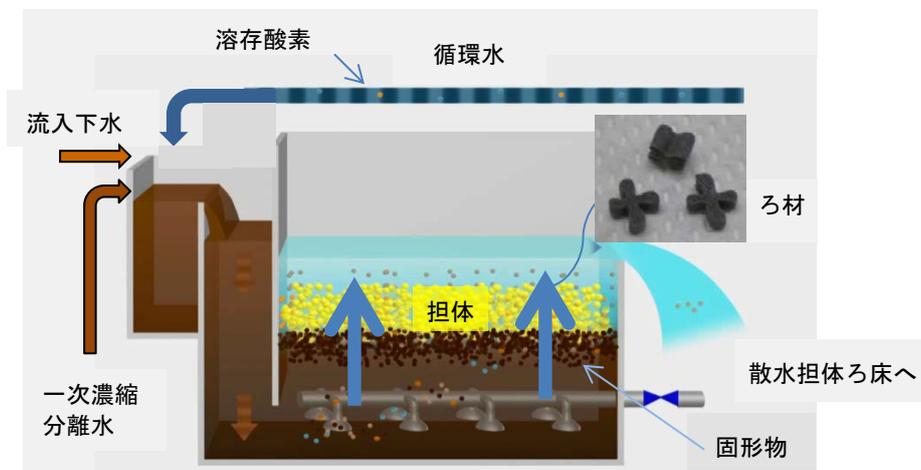


図 2-15 前段ろ過施設の構造図

(2) 負荷の平準化

前段ろ過は、図 2-16に示すように水処理の主となる後段の生物反応タンク（散水担体ろ床）へのBOD 負荷を削減すると共に、負荷変動を緩和する。また、夾雑物（粗大浮遊物）を 100%除去できるため、散水担体ろ床散水ノズルの目詰まりを防止する機能も有する。

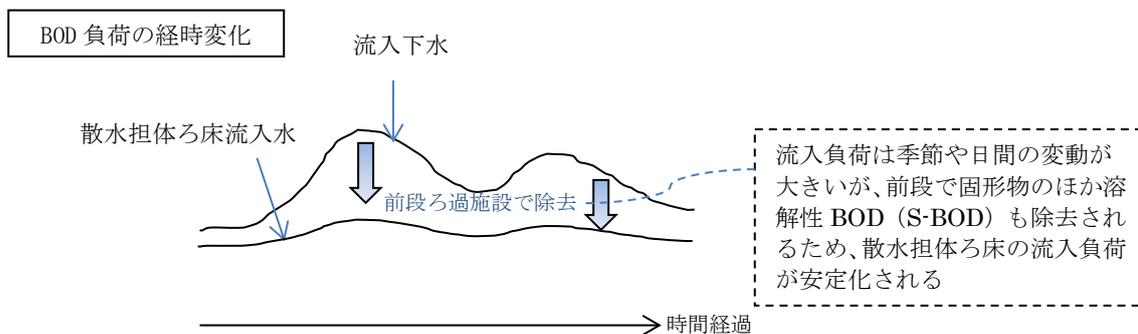


図 2-16 前段ろ過施設の役割

(3) 容易で確実な洗浄

前段ろ過施設における処理を継続的に遂行するためには、確実な洗浄が必要である。図 2-17に前段ろ過施設の処理・洗浄原理を示す。本技術は、定期的に排出弁を開けるだけで、担体上部に貯留された前段ろ過施設流出水が逆流し担体に捕捉された固形物の洗浄を行うことができる。この時、固形物（生汚泥）は下向流により前段ろ過槽底部より流入水を含む洗浄排水として排出される。

前段ろ過施設からの洗浄排水は、洗浄排水槽を経由して一次濃縮施設へ送られる。

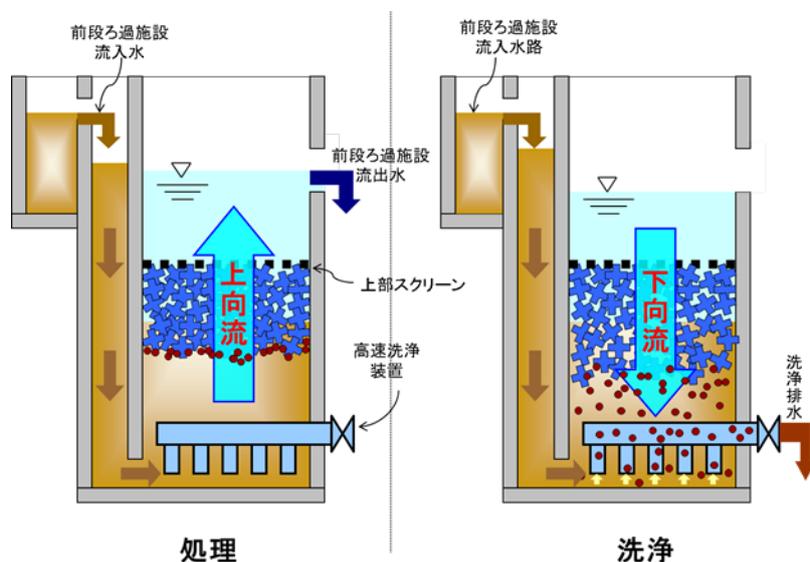


図 2-17 前段ろ過施設の処理・洗浄原理

§9 散水担体ろ床の概要と特徴

散水担体ろ床は、槽に充填した担体層に散水する構造を有し、高速散水ろ床法の原理を用いて前段ろ過施設流出水中の有機物を除去する技術である。従来の散水ろ床法と比べて（１）～（４）が大幅に改善されている。また標準活性汚泥法と比較して（４）、（５）の特長も有する。

- （１）処理性能
- （２）通気量の適正制御による処理の安定性
- （３）ろ床洗浄機能
- （４）覆蓋・生物脱臭等による環境対策機能
- （５）バルキング等、浮遊法特有の問題がなく、運転管理が容易

【解 説】

散水担体ろ床の構造を図2-18に示す。散水担体ろ床は、流入水路、散水担体ろ床（狭義）、循環水槽からなる。散水担体ろ床（狭義）は複数槽とし、各槽は、散水装置、担体、下部装置からなる。担体は、通気性と接触面積を確保するために直径および長さが10～20mm程度の円筒形状を有している。下部装置は、洗浄排水を排出する装置と散水担体ろ床流出水を排出する装置からなる。

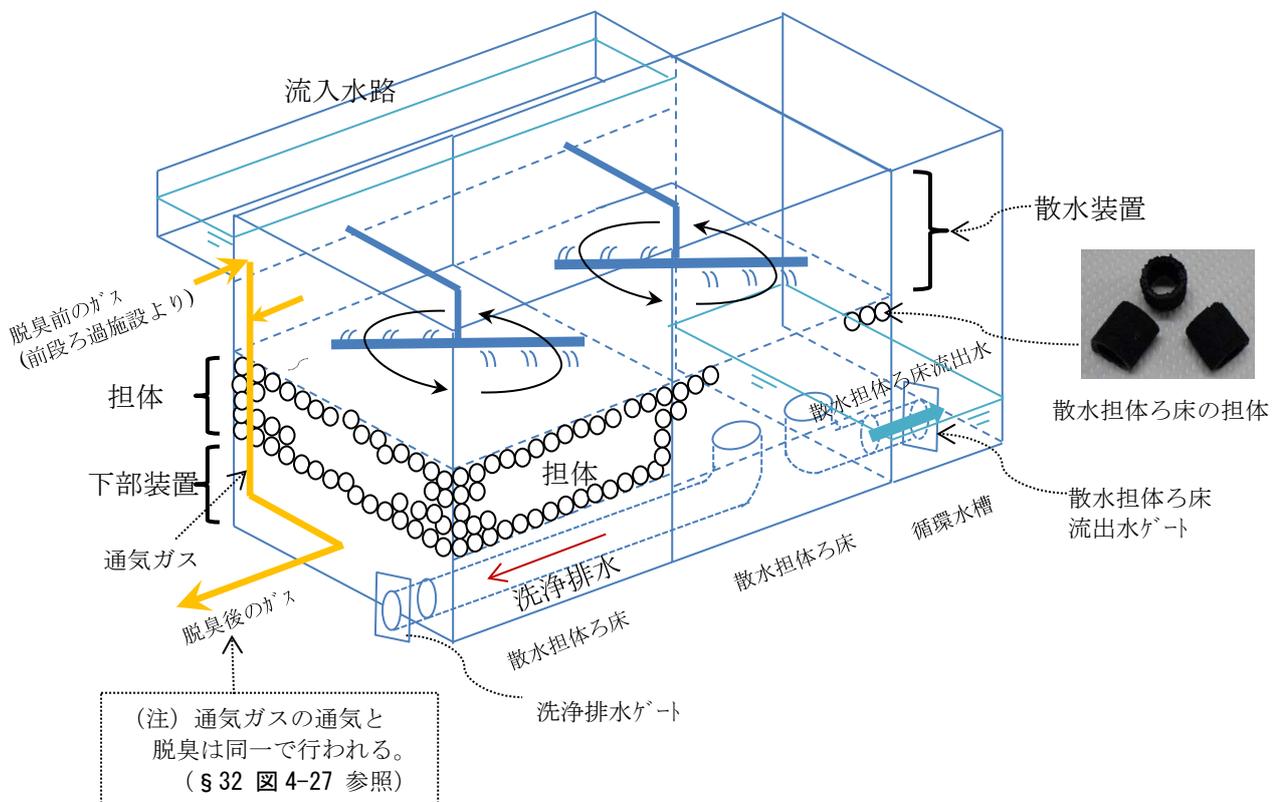


図2-18 散水担体ろ床の構造図

(1) 処理の高性能化（従来の散水ろ床法と比較して）

本技術では、従来用いられた「礫等の比較的大きな担体」⁴⁾をより小径の担体に置き換えて比表面積を大きくすることにより、高速散水ろ床法より生物反応が促進され、良好な処理水質を得ることができる。

(2) 通気量の適正制御による処理の安定化

従来の散水ろ床法では、「ろ床の通気は自然対流等」⁴⁾によるものであった。本技術では密閉されたろ床に、消費電力の小さな通気ファンを利用して、生物処理に支障をきたさない程度に制御された量の空気を送っている。これにより、特に冬場などに自然換気が過大となって水温が低下し生物処理機能が低下することを防止し、処理の安定化を図っている。図 2-19 には実証研究における流入下水と散水担体ろ床の流入・流出水の各水温を示すが、夏季、冬季とも流入水と流出水の温度差がほとんどなく、本技術では冬季においても通気に伴う水温低下はほとんど生じないことが実証された。



図 2-19 流入下水、散水担体ろ床の流入・流出水の各水温（夏季～冬季）

(3) 洗浄機能の確保

従来の散水ろ床法では「湛水のみ」⁴⁾であり、ろ床全体を流動させて洗浄することはできなかったが、本技術は担体を流動させて洗浄することができる。ろ床バエの駆除等を目的とする浸漬洗浄に加え、長期安定使用（ろ床の目詰まり防止等）を目的として、浸漬したろ床を曝気して流動化し、付着物を剥離除去するための空気洗浄を行うことができる（詳細は § 46 散水担体ろ床 (3) (4) 参照）。

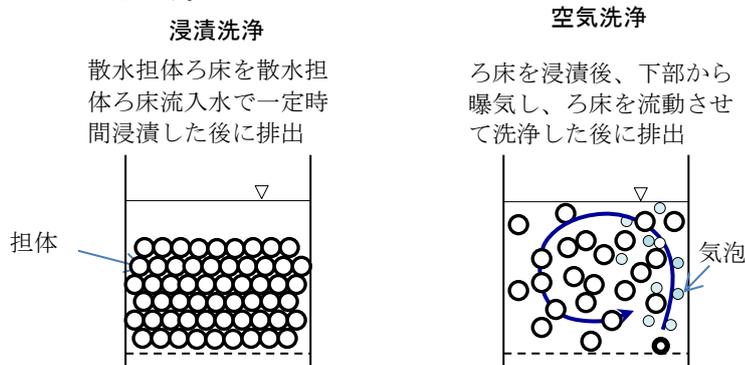


図 2-20 浸漬洗浄と空気洗浄

(4) 覆蓋・生物脱臭等による環境対策機能の充実

本技術では全ての施設を覆蓋しており、ろ床バエが発生しても周囲に飛散することを防止できるほか、前段ろ過施設、散水担体ろ床等で発生する臭気の漏れを防止できる（詳細は § 39 安全対策、§ 40 環境対策 参照）。

また、散水担体ろ床は上部から下部に向けて原水の流下方向に通気されており、ろ床自体が吸気に含まれる臭気生物脱臭装置としても機能する。このため通気に含まれる臭気を除去することができる。前段ろ過施設の排気を散水担体ろ床上部に送ること（送気）により、前段ろ過施設で発生した臭気は散水担体ろ床で生物学的に脱臭されることとなり、水処理系臭気を除去するための環境対策機能を兼ね備えた施設となっている（詳細は § 32 脱臭 参照）。

(5) バルキング等従来浮遊法の問題がなく、運転管理が容易

標準活性汚泥法等の浮遊法では、「反応タンクの運転方法により、最終沈殿池で固液分離がうまく行かない」¹⁵⁾ 場合があった。散水担体ろ床は微生物膜付着方式であり、そこから剥がれた汚泥は少量で、後段の最終ろ過施設で確実に除去できるという特徴がある。

従来の散水ろ床法では、「散水ノズルを定期的に清掃する必要があった」⁶⁾ が、本技術では前段ろ過によって夾雑物が除去されており、散水ノズルの目詰まりが生じにくく、定期的な清掃が不要である。

散水担体ろ床の日々の運転管理は、流入状況や季節に応じて循環ポンプならびに送気ファン、通気ファン（送気ファン、通気ファンの区別は § 32 脱臭 参照）の設定を行うことが基本であり、標準活性汚泥法と比較して容易である。

§ 10 最終ろ過施設の概要と特徴

最終ろ過施設は、比表面積の大きなろ材が充填された上向流方式の高速ろ過設備であり、散水担体ろ床流出水に含まれる浮遊性固形物(SS)を80～90%除去できる。また、通水を停止することなく、ろ床を洗浄することができるという特徴がある。

【解説】

(1) 剥離固形物の効率的な除去

最終ろ過施設では、直径および長さが5～10mmの円筒型ろ材が中間部に充填されている(図2-21参照)。散水担体ろ床流出水が最終ろ過槽に流入すると、粗大な固形物は底部に沈殿し、微細な固形物(主として散水担体ろ床の剥離生物膜)はろ材の層を通過する間に、ろ過作用により捕捉され、SSの大部分が除去された清澄な処理水となって流出する。

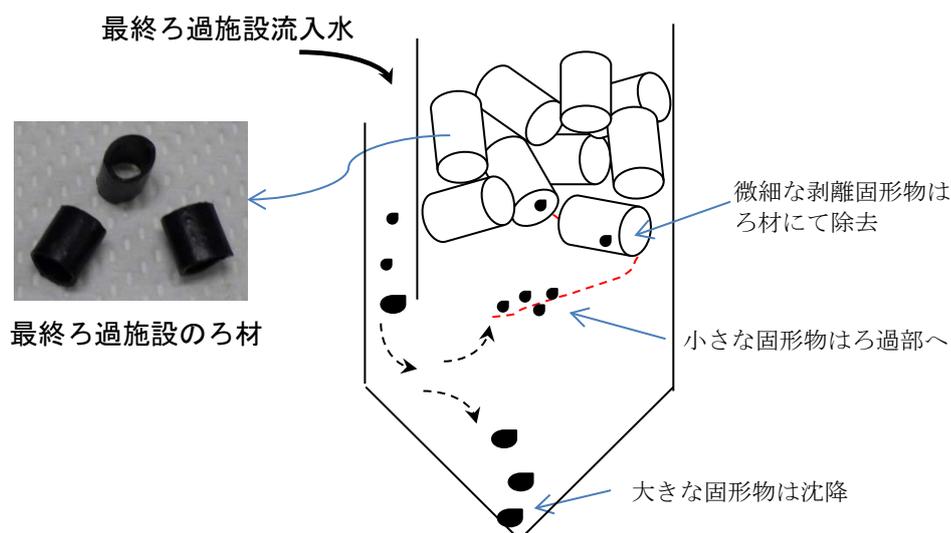


図 2-21 最終ろ過施設の処理原理

(2) 既存の水位高低に収まる

本技術は、ろ過継続による閉塞時のろ過損失水頭が最大 30mm 程度と非常に低く、既存の最終沈殿池前後の水位高低差の範囲に収まるものである。洗浄頻度は1日1回程度である。

(3) 流入を止めずに洗浄可能

図2-22に最終ろ過施設におけるろ過運転時と洗浄時の流れの概要を示す。ろ過運転時は、図2-22(左)に示す流出水路バルブは開いており、最終ろ過処理水はバルブ右の水路を流下する。洗浄時は、流出水路バルブが閉じられ(図2-22(右))、ろ層の空気洗浄が行われる。処理水路の水位が上がり、水路に設けられた越流部から、洗浄排水が溢れて、下部の最終ろ過洗浄排水槽で貯留される。空気洗浄が終了して洗浄排水が清澄になるとバルブを開き、ろ過運転にもどる。この間、流入は続いている。このようにろ過施設への流入を止めることなく洗浄を行うことが可能である。

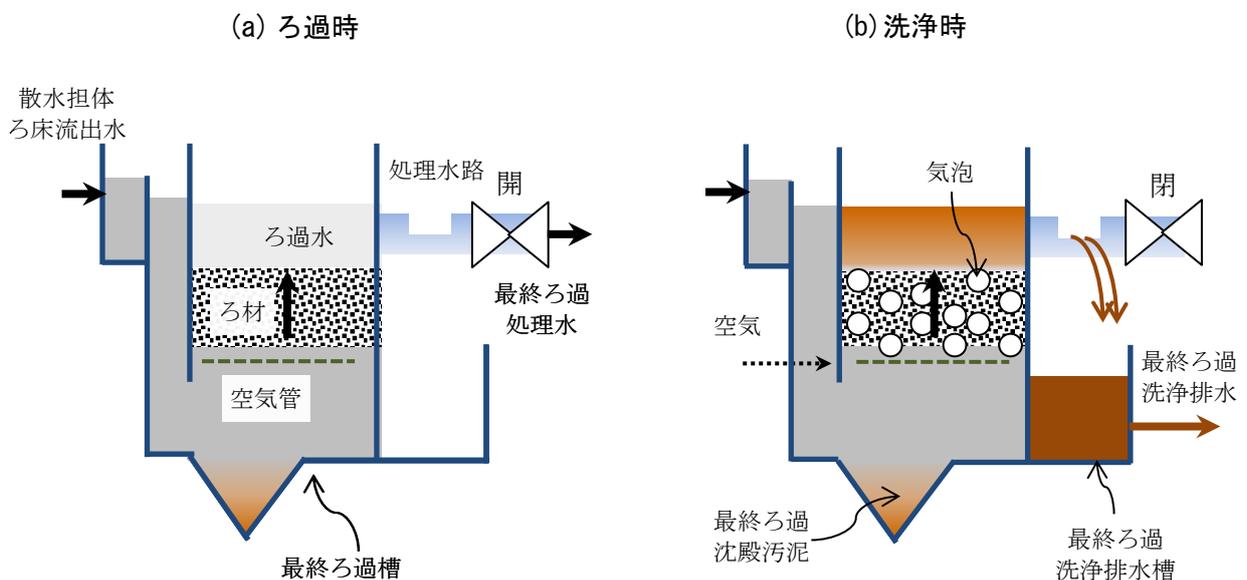


図2-22 最終ろ過施設のろ過および洗浄のイメージ

(4) 底部の沈殿汚泥の引抜き

最終ろ過施設の運転に伴い、最終ろ過槽の下部には汚泥(最終ろ過沈殿汚泥)が沈殿する(図2-22参照)。したがって、定期的にこれを排除する必要がある。既存の最終沈殿池の汚泥ホoppa部分を活用する場合は余剰汚泥と同一経路で引抜かれることになるが、沈降性が良好な汚泥(資料編1-17 図資1.17.1参照)であるため、一次濃縮施設での濃縮が望ましい(§6 図2-8参照)。

§ 11 技術の適用条件

本技術は、計画放流水質が BOD で 10mg/L を超え、15mg/L 以下の区分である下水処理場に適用する。

窒素・りん除去を目的とする高度処理施設に本技術を単独で適用することはできない。

本技術は、水処理施設の新設または増設、ならびに標準活性汚泥法等の既存施設の改造に適用することができる。ただし、既存施設の構造によっては、改造が困難な場合がある。

【解 説】

(1) 除去対象等

本技術は有機物(BOD)除去を目的とする標準活性汚泥法代替の二次処理技術である。本技術は実証研究の結果、計画放流水質が BOD で 10mg/L を超え、15mg/L 以下の区分に適合することが確認されている（§ 14 技術の評価結果 参照）。

ただし、高度処理を必要とする下水処理場において、その一部系列に本技術を適用することを妨げるものではない。この場合、平成 16 年 4 月 9 日付国土交通省事務連絡「計画放流水質の適用の考え方について」に従って、計画放流水質の評価が必要である。

(2) 流入水質

本技術は、標準活性汚泥法が適用される一般的な都市下水に適用が可能である。

(3) 流入下水の温度

流入下水の温度が 15℃を下回る地域への適用は、十分な検討が必要である。実証施設では最低月の月平均が 17℃、日平均の最低が 14℃台（時間平均は 12℃台迄低下）となったが、処理性能への影響はなかった。また小型装置を用いた実験より、13～15℃の範囲では処理水 BOD15mg/L 以下であることが確認された。流入水温が 13℃以下となる場合については実証されていないため本ガイドラインの対象外となる。なお、本技術では散水担体ろ床 BOD 負荷が低いほど良好な処理水質となる傾向が認められており、低水温での適用にあたっては BOD 負荷と処理水質との関係について現地実験などを考慮する必要がある（資料編 1-11 低水温期の処理性（小型装置）参照）。

(4) 既存施設の構造と求められる条件

①前段ろ過施設における水位差の確保

最初沈殿池に設置する前段ろ過施設への流入水位は、ろ過損失水頭分を確保するため、一般的に既存最初沈殿池の流入下水路水位よりも高くする必要がある。そのため、既存施設を調査し、適切な水位高低差を確保することが可能か検討する。必要な水位高低差を確保できない場合には、施設の改造等について検討が必要となる。

②反応タンクの水槽深さ

反応タンクの水槽深さ（有効水深＋余裕高）は、散水担体ろ床の担体層厚を確保するため少なくとも4m程度必要である。水槽深さが十分でない場合は、担体層の設置が困難になるか、担体層が薄くなり必要なる床面積が増加することとなる。

（5）適用が推奨される下水処理場

本技術は、以下に示すような下水処理場への適用が特に推奨される。

①水処理消費電力量原単位が高く、省エネルギーに対するニーズが高い下水処理場

下水処理場は、水処理施設の規模や設備仕様、計画水量に対する流入下水量の割合により、消費電力が異なり、水処理消費電力量原単位は標準活性汚泥法で0.2～0.5kWh/m³程度の範囲にある（図2-3参照）。本技術は概ね0.1kWh/m³であり、その差が大きいほど効果が顕著である。

使用電力量削減による直接的な費用削減効果のほかに、地球温暖化対策の推進、災害復旧のしやすさなど複合的な効果がある。

②水処理機械設備の更新時期が到来し、既設の土木躯体が活用できる下水処理場

機械設備の更新時期においては、本技術導入に際し、既設の土木躯体を活用することで建設費のみの比較でも更新費用が軽減される場合がある。建設費に占める機器費の割合が低いことから、導入後は補修・点検費も軽減される。

③土木躯体の更新を計画し、新たに系列を新設する下水処理場

本技術の土木施設は標準活性汚泥法と比較して、前段ろ過施設は最初沈殿池の7～8割、散水担体ろ床は反応タンクと同等、最終ろ過施設は最終沈殿池の2～3割の規模となる（図3-6参照）。従って、土木施設を含む増設や改築の場合は機械、電気設備だけを更新する場合より建設費の大きな削減効果が見込める。供用開始から概ね40年以上が経過する下水処理場が対象となる。

（6）その他N-BODへの留意事項

本技術は、年間を通してNH₄-Nを完全に硝化することは困難であるが、N-BODとしては表れ難い特徴がある。標準活性汚泥法では、通常、残存NH₄-N1mgはBOD2～4mgとして検出されるのに対し、本技術ではBOD0.5mg程度と低くなる特徴がある（資料編1-3.最終ろ過施設でのN-BOD発現参照）。最終ろ過施設におけるSS除去効果が高い（図4-30参照）ため、散水担体ろ床から流出するSSに付着している硝化菌が効率的に除去され、BOD測定の際に処理水中のアンモニアが硝化され難く、硝化に伴う酸素消費が抑制されたことによるものと考えられる。

§12 導入シナリオ

本技術は、電力使用量を削減しつつ、流入下水量の状況に応じて既存土木施設をできる限り有効に使いながら、段階的に最適な導入を行う。

本技術の導入が有効と考えられるシナリオ例を以下に示す。

- (1) 既存水処理設備の更新に合わせて、系列毎に導入し、省エネ化を図る場合
- (2) 本技術を水量負荷の高い条件で導入し、既存水処理施設の処理可能水量を増加させる場合

【解説】

(1) 既存水処理設備の更新に合わせて、系列毎に導入し、省エネ化を図る場合

図2-23に水処理設備の更新に合わせて本技術を導入する場合のイメージを示す。3系列の水処理設備を順次更新していくと徐々に電力使用量が削減される。

電力使用量を削減させる導入計画の立案にあたっては、本技術の導入によって処理可能水量が不足しないことが前提である。既設反応タンク内に設置する散水担体ろ床の処理可能水量は、既設反応タンク水深や流入下水の水質(BOD)によって変化し、既設反応タンクの処理可能水量より減少する可能性があることに留意する(§30参照)。

また、本技術は標準活性汚泥法より汚泥発生量が少ない特徴がある(§22【解説】(5)参照)ため、汚泥処理設備の能力やその耐用年数も考慮し、水処理施設と汚泥処理施設のバランスのとれた導入検討を行う。

(2) 既存水処理施設の処理可能水量を増加させる場合

図2-24に水量増加時に既存土木を最大限に活用しつつ、土木新設分は最小限に留めるイメージを示す。

本技術は、散水担体ろ床での生物処理がBOD容積負荷で決まるため、ろ床容積の大きさが処理能力を左右する。既設の反応タンク内に散水担体ろ床を設置するには、ろ床上部に散水装置のため、ろ床下部に通気及び処理水の流路として、各々一定の高さの空間を必要とする。そのため、既設の反応タンクが深い場合は、同じ有効容積で設計された水深が浅い反応タンクの場合より、ろ床高が大きく全容積も大きいろ床を設置することができる。すなわち、既設反応タンク水深が深い場合は、浅い反応タンクの場合より処理能力の大きい施設とすることができる。また、流入下水のBOD濃度が低い場合は、既定のBOD容積負荷に達する処理可能水量を増やすことができる。したがって、条件によっては、本技術の導入により既設の標準活性汚泥法施設より処理可能水量を増加させることができる。

図2-24は、このような場合の例で、本技術を導入することによって、各系列で処理可能水量が20%(3系列で60%)増加し、新規で40%増加する。その結果トータルで計100%(=もとの1

系列分に相当)の水量アップが可能となり標準活性汚泥法で更新する場合の5系列目の新規増設を回避することが可能となる。

なお当該シナリオは、実証研究における散水担体ろ床のBOD容積負荷に基づいており、標準活性汚泥法施設を改造して本技術を導入する場合、施設面積当たり処理可能水量は25%増加すると仮定したものである(第3章第2節導入効果の検討例 図3-6参照。本例では、標準活性汚泥が8池の反応タンクであるのに対して、改造後は6池の既設反応タンクを改造した散水担体ろ床で済むことから、1池あたりの処理可能水量は1.33倍となっている)。

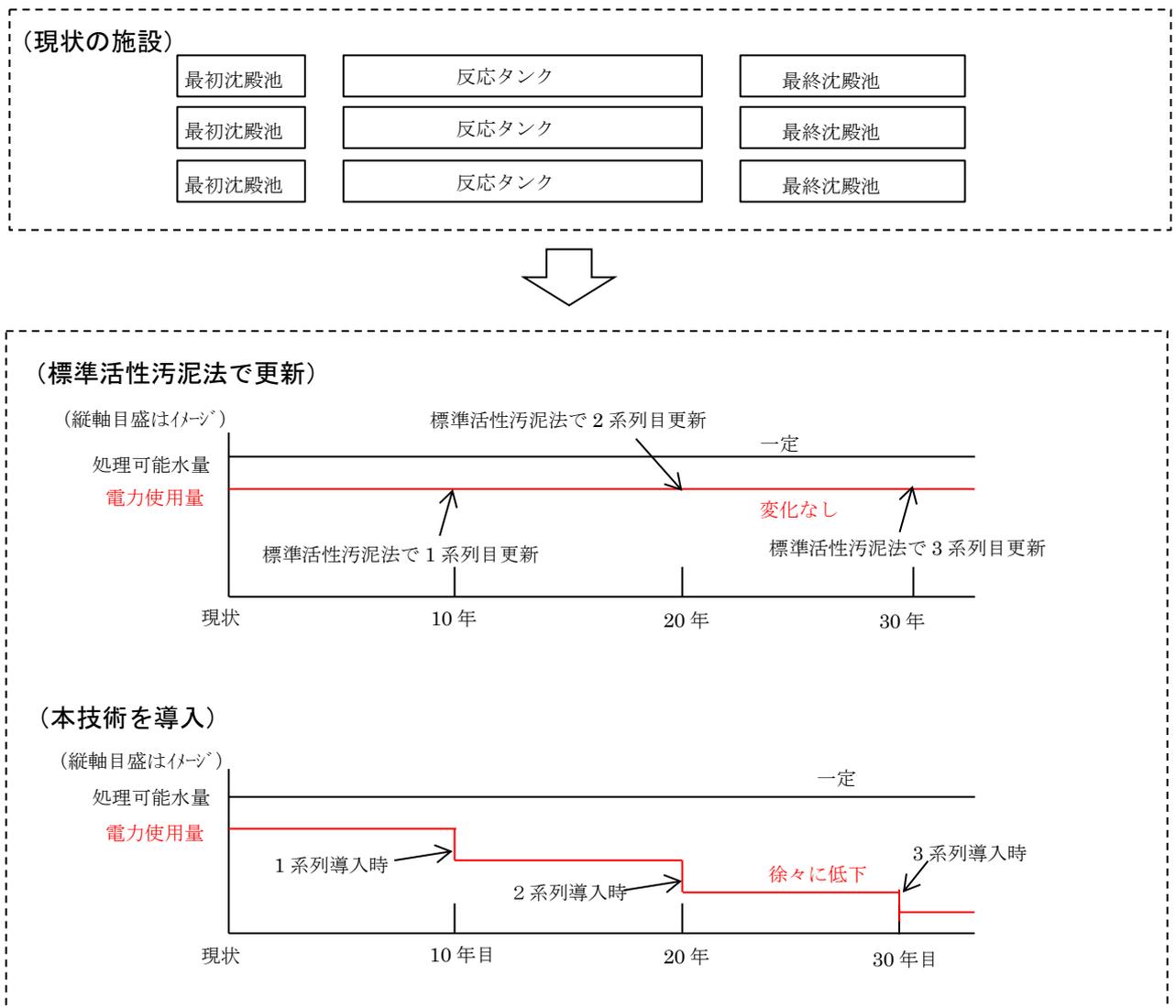


図 2-23 水処理設備の更新に合わせて導入する場合の導入効果のイメージ

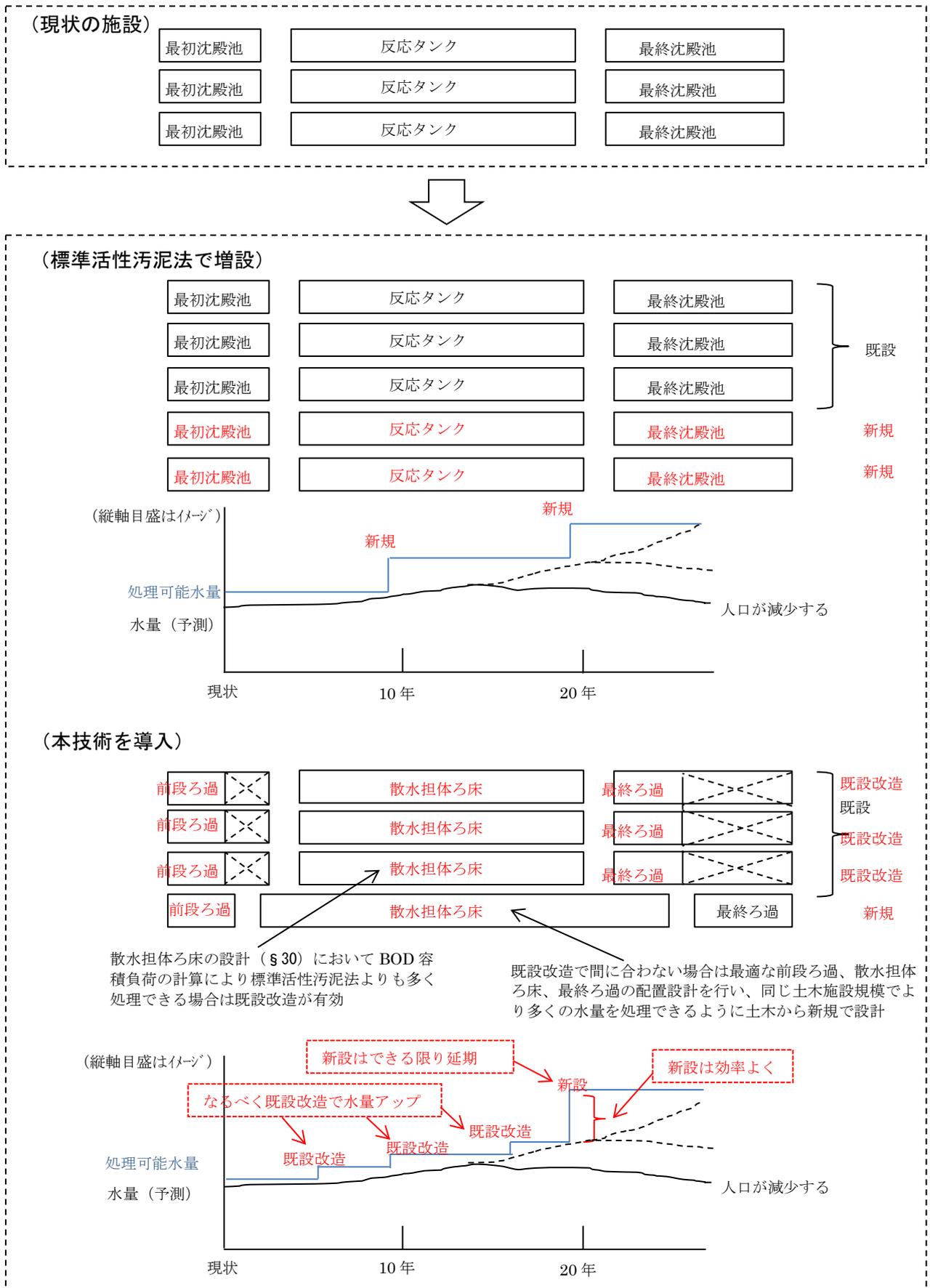


図 2-24 水量増加時に既設土木を最大限に活用する導入例

第2節 実証研究に基づく評価の概要

§13 技術の評価項目と評価方法

本技術の評価項目別の実証研究における評価方法を以下に示す。

(1) 処理水質および処理の安定性

処理水 BOD とそのばらつきの評価

(2) 消費電力量

モデル設計における本技術の全消費電力量を実証研究に基づき消費電力量原単位として算出する。

(3) 既設改造の可否

標準活性汚泥法のモデル設計による既存施設に本技術の施設が収まるか検討

(4) 既存系列との処理水質の比較

実証研究を行った下水処理場の標準活性汚泥法実施設の処理水質との実データの比較

(5) 標準活性汚泥法との建設費、維持管理費比較

モデル設計における各費用を実証研究データに基づいて算出し、年費用として比較

【解説】

実証研究は種々の実証データを得るために、表 2-1 に示すとおり各期において水量設定を行った。また日間の水量変動は実証フィールドの下水処理場の変動を模した一定のパターンで行った(資料編 1-9. 流入下水水量変動パターン 参照)

表 2-1 実証研究における水量の設定と目的

水量の 呼称	目的	設定値	
		夏期、秋期	冬期
低負荷	実証フィールドの下水処理場の標準活性汚泥法との処理水の比較	日平均(実績値) (=日最大の0.75倍)	左記の0.65倍
標準負荷	設計水量(=標準活性汚泥法と同等)での処理水の評価	日最大(計画)	〃
高負荷	設計水量以上での処理水の評価	日最大(計画) の1.25倍	〃

(1) 処理水質および処理の安定性

処理水 BOD は各季の各水量条件での実験中に2回、日平均値となるよう試料を採取して測定した。年間を通じて得られたデータ分布の統計解析により、計画放流水質基準に適合するか検証した。

(2) 消費電力量

消費電力量は、前段ろ過施設から散水担体ろ床、最終ろ過施設までの消費電力量であり、消毒施設分は含まない。なお既存最初沈殿池施設と比較して原水槽水位が高くなる場合は水位増加にともなう揚水ポンプ消費電力量増加分を加算した。

具体的には標準的な本技術のモデル設計（日最大 50,000 m³/日、日平均 40,000 m³/日規模）を行い、消費電力量原単位を算出した。算出は、同規模の標準活性汚泥法でも行い、本技術と比較した。

(3) 既設改造の可否

本技術を、標準活性汚泥法の土木施設（機械設備、電気設備は未設置）に導入すると仮定して、既設改造による導入可否を評価した。

(4) 既存系列との処理水質の比較

通常運転時において本技術と標準活性汚泥法の処理水質に差異があるかどうかを確認した。その際、標準活性汚泥法の流入下水と実証施設の流入下水の違いを考慮するために、同時刻の各流入下水に対して各処理水の実データ（SS、BOD）を調査し、比較した。

(5) 標準活性汚泥法との建設費、維持管理費比較

本技術、標準活性汚泥法の各モデル設計における建設費、維持管理費を比較した。維持管理費は、電力使用量、汚泥処分費、保守・点検費、薬品費を算出した。対象範囲は、標準活性汚泥法における最初沈殿池から最終沈殿池までの範囲である。

§ 14 技術の評価結果

本技術の評価結果は以下のとおりであった。

(1) 処理水質および処理の安定性

本技術の処理水 BOD は、実証研究期間中において安定して 15mg/L 以下であった。

(2) 消費電力量

本技術の水処理にかかる消費電力量原単位は、0.105kWh/m³ となり、同規模の標準活性汚泥法の消費電力量原単位 (0.222kWh/m³) と比較して 53%削減できると試算された。

(3) 既設改造の可否

標準活性汚泥法の既存土木施設に、本技術を設置することができる。

(4) 既存系列との処理水質の比較

BOD については、実証フィールドの下水処理場の標準活性汚泥法の処理水質と比較して 15mg/L 以下の範囲で若干高い値となった。SS については、既設標準活性汚泥法の水質と同等であった。

(5) 標準活性汚泥法との建設費、維持管理費比較

同規模の標準活性汚泥法と比較して、建設費、維持管理費が削減できると試算された。

【解 説】

(1) 処理水質および処理の安定性

図 2-25 に実証研究期間中の流入下水および本技術の処理水 BOD の推移を示す。夏期および秋期は、基本的に散水担体ろ床流出水は、前段ろ過施設に 50%を循環し、散水担体ろ床に 50%循環させた。冬期は、基本的に散水担体ろ床流出水は、前段ろ過施設に 50%を循環し、散水担体ろ床に 150%循環させた。

図 2-25 のとおり、実証研究期間中を通じて処理水 BOD は 15mg/L を下回った。処理水 BOD の統計解析の結果、処理水 BOD はほぼ正規分布をしており、 $\text{平均値} + 3\sigma$ (σ : 標準偏差) $< 15\text{mg/L}$ となった (資料編 1-13. 参照)。以上により、本技術の処理水質は BOD 15mg/L 以下を満足すると評価された。

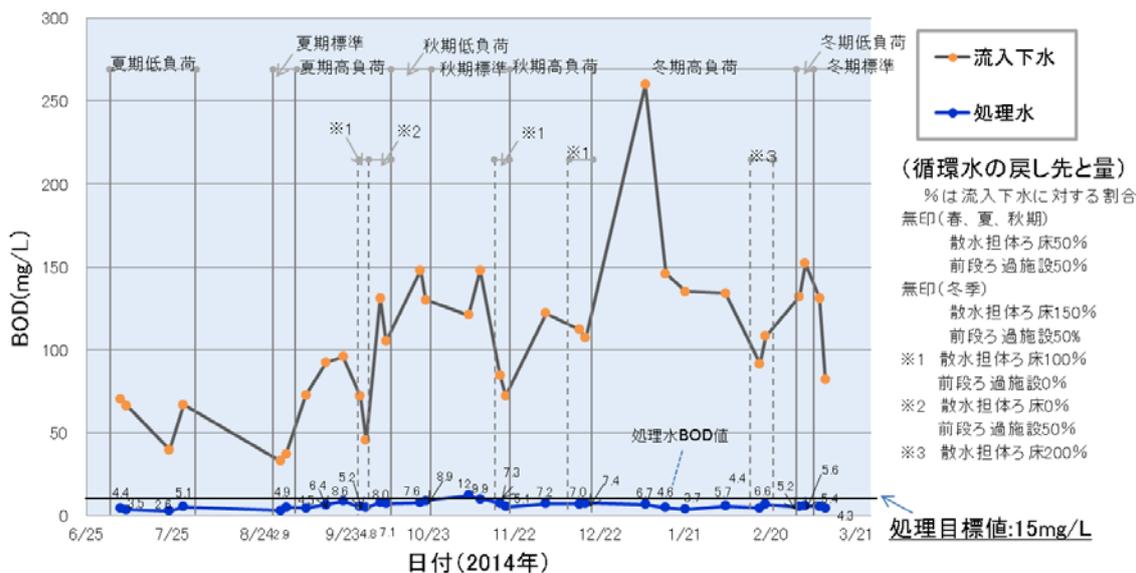


図 2-25 流入下水および処理水 BOD の推移

(2) 消費電力量

実証研究期間中の基本運転方法である、散水担体ろ床流出水の循環率を冬期 200%、冬期以外 100%とした場合の、水処理消費電力量原単位の試算結果を表 2-2 に示す。本技術の水処理消費電力量原単位は、0.105kWh/m³となり、水量、流入水質を同条件とした標準活性汚泥法での試算結果 0.222kWh/m³と比較すると、53%の削減率となった。

表 2-2 本技術の水処理消費電力量原単位の試算結果

機 器	水処理 消費電力量 原単位	全体に 占める割合	役割、設定等
	kWh/m ³	%	
循環ポンプ	0.050	47	散水担体ろ床流出水を原水槽および散水担体ろ床前段に循環。 循環率：春期～秋期 100%、冬期 200%。
送水ポンプ	0.023	22	散水担体ろ床流出水を最終ろ過施設へ揚水。
洗浄排水ポンプ	0.008	8	前段ろ過施設、散水担体ろ床および最終ろ過施設からの洗浄排水を一次濃縮槽に送水。
通気ファン	0.007	7	散水担体ろ床への通気。 風量比：対処理水量の 6 倍。
揚水ポンプ	0.007	6	原水槽へ流入下水を揚水。 計算揚程高さ：標準活性汚泥法とのかさ上げ分 (1.5m)
送気ファン	0.002	2	前段ろ過施設上層部のガスを散水担体ろ床に移送
その他	0.008	8	—
合 計	0.105	100	—

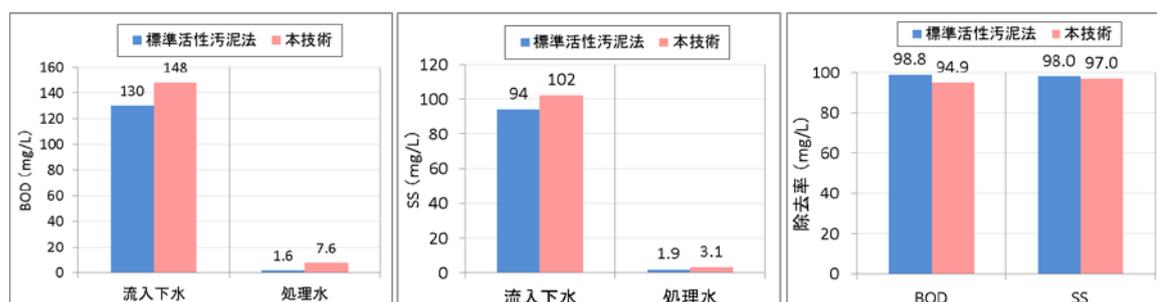
(3) 既設改造の可否

標準活性汚泥法の既存施設（最初沈殿池（水面積負荷 50m³/日）、生物反応タンク（滞留時間 8 時間）、最終沈殿池（水面積負荷 20m³/日）、8 系列、日最大 50,000m³/日、機械設備未設置）への本技術の設置可否について検討した。

その結果、本技術は、上記既存施設に同等以上の処理能力の施設が設置可能であった（表 3-6、図 3-6 参照）。なお、最終沈殿池は面積的にはかなりの余裕が出ることが判った。

(4) 既存系列との処理水質の比較

図 2-26 に標準活性汚泥法と本技術の処理水質を比較した一例を示す（年間の全 4 データは、資料編 1-14. 既存系列との処理水質の比較 参照）。本技術の処理水 BOD は、既存系列と比較して若干高い結果となったが、15mg/L 以下であった。一方、処理水 SS については両者に明確な差が見られなかった。



調査日 (2015 年 10 月 20 日)

図 2-26 既設の標準活性汚泥法と本技術の処理水質比較

(5) 標準活性汚泥法との建設費、維持管理費比較

本技術は標準活性汚泥法と比較して、建設費（年費用）で 10%、維持管理費（人件費を除く）で 36%の削減と試算された。詳細は、第 3 章 第 2 節 導入効果の検討例 参照。

第3章 導入検討

第1節 導入検討手法

§ 15 導入検討手順

本技術の導入の検討にあたっては、下水処理場の現況および課題等を把握し、導入効果の検討を行い、適切に導入判断する。

【解説】

導入検討にあたっては、図3-1に示す導入検討フローにしたがって、必要な情報を収集し、導入効果の概略試算評価を行い、導入判断を行う。

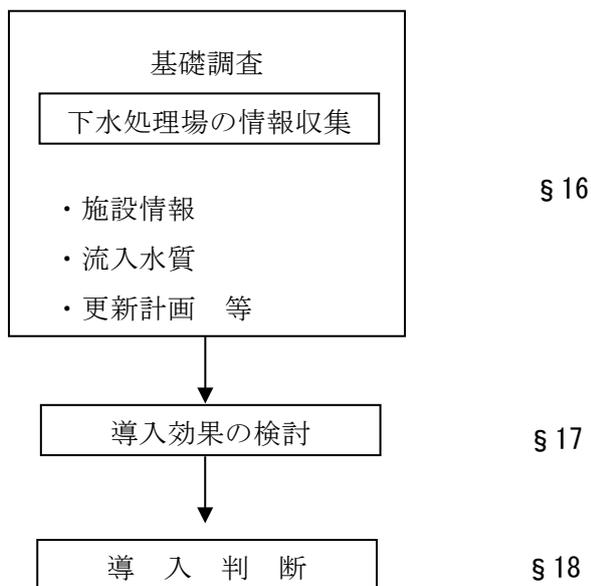


図3-1 導入検討フロー

§ 16 基礎調査

導入検討対象とする下水処理場について、概略の導入検討に必要な情報収集を行う

【解説】

概略の導入検討に必要な情報として、施設情報、流入水質、流入水量、更新計画を調査する。なお、本格的な計画・設計のための情報収集は § 20 基本事項の把握に詳述している。

(1) 施設情報

導入検討対象とする水処理施設の最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池の構造、寸法、水位高低等の情報を収集する。

(2) 流入水質・水量・水温

下水処理場の水質維持管理年報等から最初沈殿池流入水質（BOD）の年間平均水質、日最大汚水量、流入下水の低水温時の水温の月平均値を調査する。

能力増強で導入する場合にあたっては、流入下水の水量予測も必要である。

また本技術は、冬季外気温の影響を受けにくい構造（§ 9 図 2-19 参照）であり、流入下水の水温で適用可否の判断が可能である。

(3) 更新計画

水処理施設の更新計画を把握する。

(4) その他

本技術の導入にあたっては、従前の計画（長寿命化計画等）との整合に務めるだけでなく、従前の計画の改善も含めて総合的に検討する必要がある。導入効果が確認された場合には、必要に応じてこれら関連計画の見直しを行う。なお、建設コスト削減、維持管理コスト縮減、温室効果ガス排出量削減等の下水処理場全体のマネジメントの考え方については、以下の資料で示された業務指標が参考になる。

表 3-1 下水道事業に関連する計画、指標等

(関連計画) ・下水道事業計画 ・下水道全体計画および事業計画 ・流域別下水道整備総合計画 ・下水道長寿命化計画、下水道施設更新計画 ・下水道施設統廃合計画 ・下水道総合地震対策計画 ・下水道施設耐震化計画 ・下水道 BCP（業務継続計画） ・合流式下水道改善計画 ・関連 PI（業務指標） (関連指標) ・「循環のみち下水道」成熟化に向けた戦略と行動（平成 24 年 5 月）、 ・下水道マネジメントのためのベンチマーキング手法に関する検討会（平成 25 年 3 月） ・「新下水道ビジョン」（平成 26 年 7 月策定）
--

§ 17 導入効果の検討

導入効果は、既存施設への設置可否を確認した後、建設費および維持管理費の概算費用を算出し、これらを総合的に検討する。

土木施設から新設の場合には、設置スペースに対して土木施設を含めて設置可否を確認した後、土木施設を含めて、費用を算出する。

【解説】

本解説では、既存施設への改造を前提とした本技術の導入効果の概略検討手法を以下に示す。詳細な導入効果の検証には、既存施設の状況や流入水質に応じた設計検討が必要である（§ 24 導入効果の検証 参照）。

(1) 既存施設への設置可否判断

はじめに既存施設に本技術が設置可能かを検討する。設置可否の概略検討フローを図 3-2 に示す。

最初沈殿池や最終沈殿池への前段ろ過施設、最終ろ過施設の設置は一般的に可能である。一方、散水担体ろ床は、流入負荷や既存池水深により設置面積が変化するため、設置可否を概略検討し、判断する。

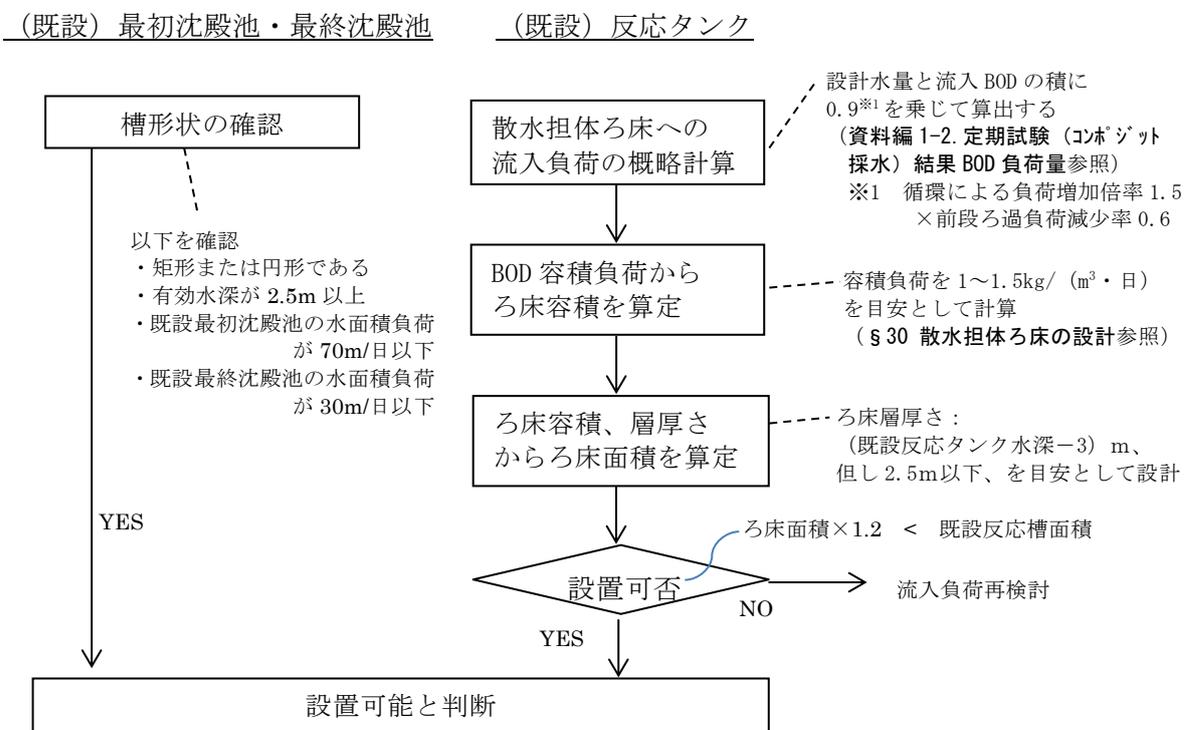


図 3-2 既存施設への設置可否の概略検討フロー

(2) 導入効果の評価

本技術および標準活性汚泥法の建設費や維持管理費の概算値を算出する。標準活性汚泥法と比べてコスト削減効果が得られる場合には、事業性があるものと評価する（図3-3 参照）。

1) 検討対象

導入検討においてコスト算出する対象は、改造する水処理施設の系列単位とする。但し、本技術や標準活性汚泥法の適用が他の水処理系列のコストに影響を与える場合は、その系列も含めて計算する。

2) コストの比較対象範囲

本技術あるいは標準活性汚泥法の建設費の比較対象範囲を表3-2に示す。本検討においては、標準活性汚泥法の既存施設（機械設備はない）を改造するため、標準活性汚泥法には土木改造は含まれない。

表3-2 コストの比較対象範囲

本技術	標準活性汚泥法
<ul style="list-style-type: none"> ・設備設置 ・土木改造 (標準活性汚泥法の施設に本技術を導入するための仕切り壁の設置等) ・水位高低確保に伴う工事 (流入水路の嵩上げ等) ・受電等の1次側電気 ・中央での運転監視等の改造 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備設置 (改造後に水処理脱臭が必要な場合には脱臭設備一式を含む) ・受電等の1次側電気 ・中央での運転監視等の増設

年価費用で比較し、メリットあれば「事業性あり」と判断

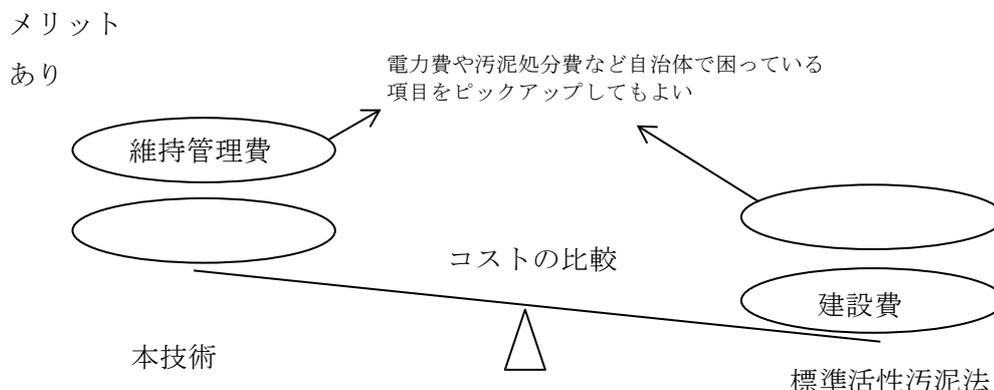


図3-3 導入費用の比較

(3) 本技術の建設費の算出

図3-4に本技術と標準活性汚泥法の、施設規模と概算建設費の関係を示す。

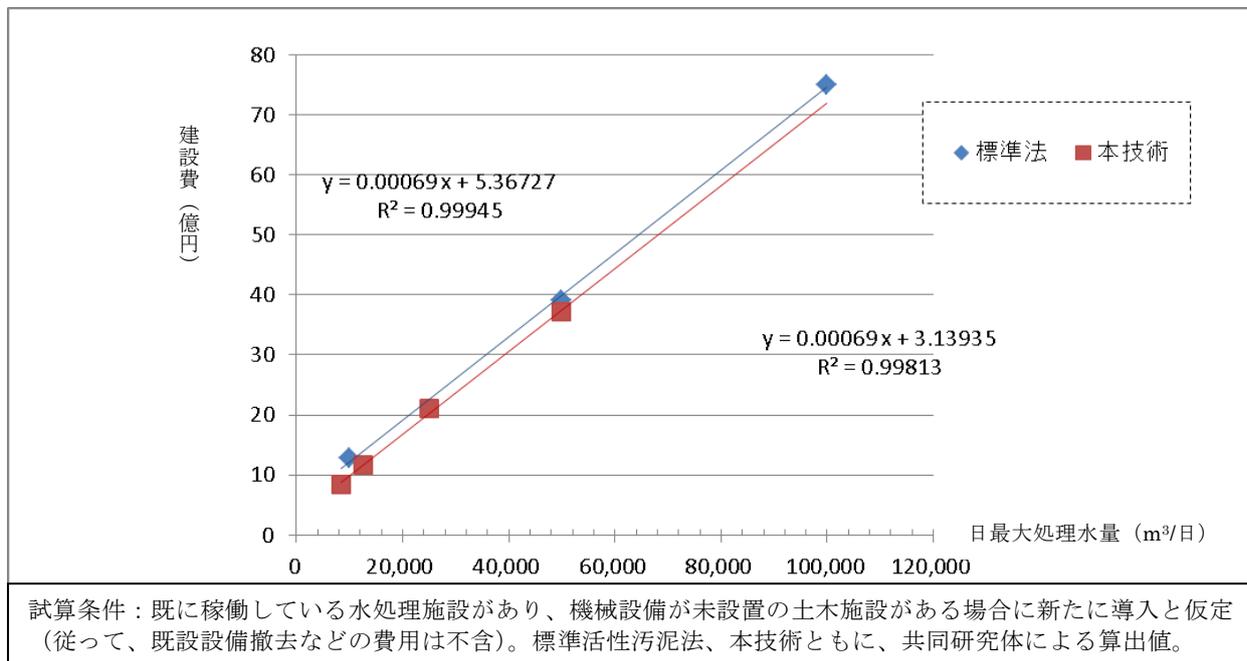


図3-4 建設費の費用関数

1) 機械工事費（二次側電気制御、土木改造費を含む）

本費用には、標準活性汚泥法の土木施設（最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池）から本技術適用に必要な土木改造費を含む。但し、揚水ポンプ槽、原水槽、最初沈殿池までの流入水路の工事費は下水処理場毎の条件によって大きく異なるため、本費用には含めないこととした。

また、二次側電気（運転操作に関わる操作盤、計器類等）工事費を含んでいる。

なお、本試算結果は流入下水のBODとSSの濃度やその比率、既設改造の難易度によって変わる可能性があることに留意する必要がある。

本試算は、流入下水のBODを200mg/L、SSを180mg/Lとして処理規模別に算定し、費用関数として示したものである。

本技術の概算建設費は図中に示す費用関数として示される。一例として、50,000m³/日の場合は約37億円となっている。

2) 受電等の一次側電気、中央での運転監視等の改造費

本技術は、系列全体での一体的な計装や制御となり①に含まれるため、本項の比率は低くなる（建設費の5%程度）。本項は既存設備の状況により大きく異なるので留意が必要である。

(4) 本技術の維持管理費の算出

維持管理費として電力費、薬品費、補修・点検費、汚泥処分費の算出を行う。

日最大 50,000m³/日、日平均 40,000m³/日 (1 系列日最大 8,300m³/日×6 系列を想定) の規模で、流入下水を BOD200mg/L、SS180mg/L と仮定して行った試算結果に基づくこれら 4 項目の原単位を参考に推定する。参考値の適用にあたっては、試算条件より規模が小さい場合や流入下水水質が高濃度となる場合には割高となる可能性があり、導入条件に十分留意する。

1) 電力費

電力費の原単位を表 3-3 に示す。本原単位は、表 3-9 に示す各機器別消費電力量原単位の和より算出しているが、一般には循環ポンプ、送水ポンプ (散水担体ろ床流出水を最終ろ過施設に揚水するポンプ) にかかる電力量が主要因となっている。循環ポンプは、循環率の設定により、また送水ポンプは揚程により消費電力が大きく異なる点に留意する。一方、規模に関しては、小規模～大規模であっても効率はほぼ不変である。

表 3-3 電力費

	単位	原単位	備考
電力費	1 式	0.046 [(万円/年)/(m ³ /日)*] ※日最大汚水量	<ul style="list-style-type: none"> 電力使用量原単位 0.105^{※1}[kWh/m³] 電力単価 15[円/kWh] 主要機器の循環ポンプは、冬季 200%、冬季以外 100%の循環率で稼働と仮定

※1 実証研究による試算結果(§14 2)参照

<算定方法>

0.105[kWh/m³] × 15[円/kWh] × 日平均 40,000m³/日 × 365 日/年 ⇒ 20 百万円/年。これを日最大水量 50,000m³/日で除して算出。

2) 薬品費

薬品費は不要である。

標準活性汚泥法においては、水処理系での脱臭が必要な場合があり、その場合には活性炭や薬液等のコストがかかるが、本技術においてはそれらが不要となる。

3) 補修・点検費

補修・点検費の原単位を表 3-4 に示す。

本技術における補修・点検費は 24 百万円/年 (機器費の 2%として算出) となっている。これを日最大水量 50,000m³/日で除して算出したものである。

表 3-4 補修・点検費

	単位	原単位	備考
補修・点検費	1 式	0.048 [(万円/年)/(m ³ /日)※] ※日最大汚水量	機器費の2%

4) 汚泥処分費

汚泥処分費の原単位を表 3-5 に示す。

汚泥発生量は流入下水 SS に対し発生汚泥（一次濃縮汚泥＋最終ろ過沈殿汚泥）が SS 量として 80%程度となる実証結果（§ 22 図 4-4 参照）から本原単位が算定されている。

表 3-5 汚泥処分費

	単位	原単位	備考
汚泥処分費	1 式	0.292 [(万円/年)/(m ³ /日)※] ※日最大汚水量	・汚泥処分費は 16,000 円/t-WS と仮定。

<算定方法>

脱水汚泥発生量（＝一次濃縮汚泥＋最終ろ過沈殿汚泥）：

脱水ケキ水分を 77%（§ 42 3）参照）として

$$40,000\text{m}^3/\text{日} \times 0.180\text{kg-DS}/\text{m}^3 \times 0.8 \div (1-77\%/100) \times 365 \text{ 日}/\text{年} \times 10^{-3} = 9,140\text{t-WS}/\text{年}$$

脱水汚泥処分費 Y_3 ：

$$9,140\text{t-WS}/\text{年} \times 16,000 \text{ 円}/\text{t-WS} \times 10^{-6} = 146 \text{ 百万円}/\text{年}$$

これを日最大水量で除して算出。

(5) 標準活性汚泥法の建設費と維持管理費

比較のため、標準活性汚泥法の建設費、維持管理費を算出する。

既設で水処理系の脱臭を行っている場合には、標準活性汚泥法に活性炭による脱臭施設も加算する。維持管理費については、既存施設の電力費、薬品費、補修・点検費、汚泥処分費を調査する。既存施設がなく新設の場合には、第3章 第2節 表 3-8 維持管理費を参照するか、下水道施設計画・設計指針と解説-2009 年度版¹⁾に従って容量計算を実施し、各項目について概略算定を行う。

§ 18 導入判断

導入効果の検討結果に加えて、必要に応じて温室効果ガス排出削減等の本技術の特徴、対象施設特有の事項を勘案、改造後の処理能力を確認し、導入の判断を行う。

【解説】

基本的に導入効果の検討（§ 17）の結果に基づいてコスト的に有利であれば「導入」と判断する。これに加えて必要に応じて、本技術の特徴や対象施設特有の事項があれば勘案し、導入の判断を実施する。

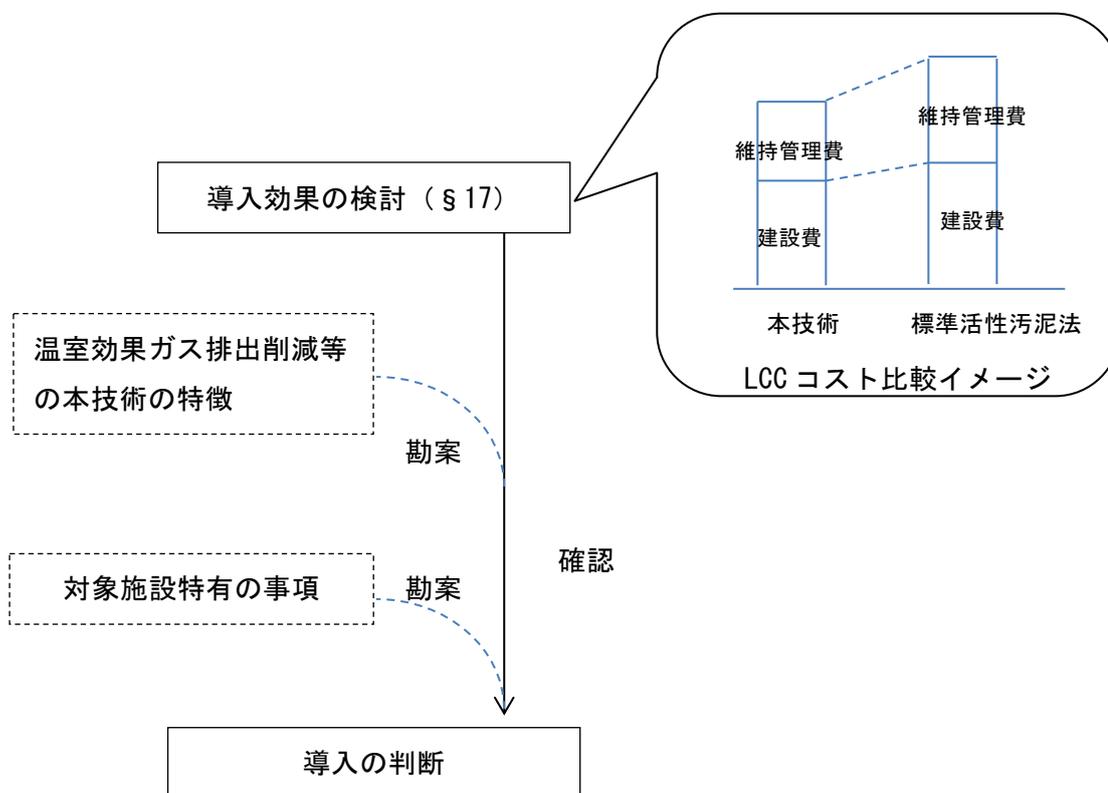


図 3-5 導入判断のフロー

第2節 導入効果の検討例

実証研究結果をもとに日最大汚水量 50,000m³/日(日平均汚水量 40,000m³/日)の場合について、本技術および標準活性汚泥法に関する導入効果の試算を行った。

(1) 試算条件

本技術および標準活性汚泥法の試算条件を表 3-6 に示す。本技術の導入を想定した土木施設は、標準活性汚泥法で能力 6,250m³/日×8 系列の施設である。本技術、標準活性汚泥法とも本土木施設を用いて、同じ処理能力の施設にするという前提で検討を行った。

表 3-6 試算条件

No	項目		本技術	標準活性汚泥法	
1	処理水量	日最大汚水量	50,000 m ³ /日		
		日平均汚水量	40,000 m ³ /日		
2	流入水質	BOD (S-BOD)	200 (80) mg/L		
		SS	180 mg/L		
3	土木施設(標準活性汚泥法)の改造		必要	不要	
4	施設の設計諸元、系列、面積等		<u>前段ろ過施設</u> (ろ過速度) 流入下水として 200m/日 (系列、面積等) 8池/系列(図 3-6 参照) ×2 系列 1池 16m ² 、トータル 250m ²	<u>最初沈殿池</u> (水面積負荷) 50m/日 (系列) 8 系列	
			<u>散水担体ろ床</u> (BOD 容積負荷) 高負荷 1.6kgBOD/(m ³ ・日) (系列、面積等) 27 区画(図 3-6 参照)/系列 ×2 系列 1池 93 m ³ 、トータル 4,500 m ³	<u>反応タンク</u> (HRT) 8hr (BOD-SS 負荷) 0.2kgBOD/(kgMLSS・日) (系列)8 系列	
			<u>最終ろ過施設</u> (ろ過速度) 150m/日 (系列、面積等) 3池/系列(図 3-6 参照) ×2 系列 1池 56 m ² 、トータル 333 m ²	<u>最終沈殿池</u> (水面積負荷) 20m/日 (系列) 8 系列	
5	ユーティリティ	電力	15 円/kWh		
		汚泥処分費	16,000 円/wet-ton		
6	脱水汚泥含水率		77%	79%	
7	建設費年価	利子率	2.3%		
		耐用年数	機械・電気	15 年	
			土木	50 年	
8	補修点検費		機器費の 2% (ろ材、担体は機器に不含)	機器費の 2%	

(2) 平面的なレイアウト

本技術の導入後の平面的な全体レイアウトを図3-6に示す。網がけした通り、既存施設の8系列のうち6系列を改造して本技術を導入することが可能である。

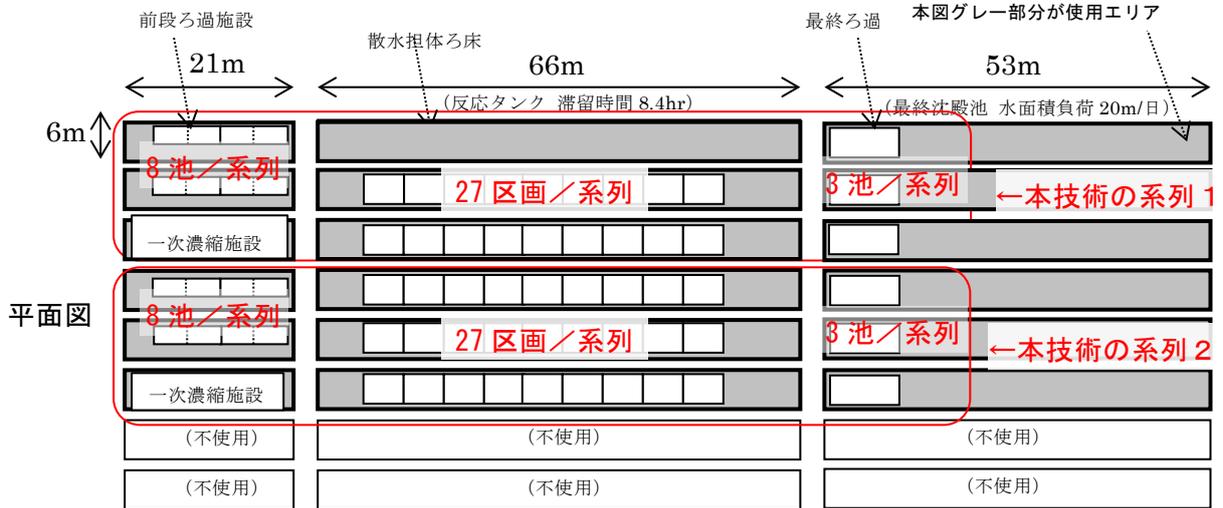


図3-6 本提案技術の既設改造（全体）

(3) 水位関係

仮定した既存施設と本技術の水位高低を図3-7に示す。

本技術では揚水ポンプの揚程が高くなる。また本技術は、原理的に散水担体ろ床で水位が低下するため、最終ろ過施設への揚水が必要となる。

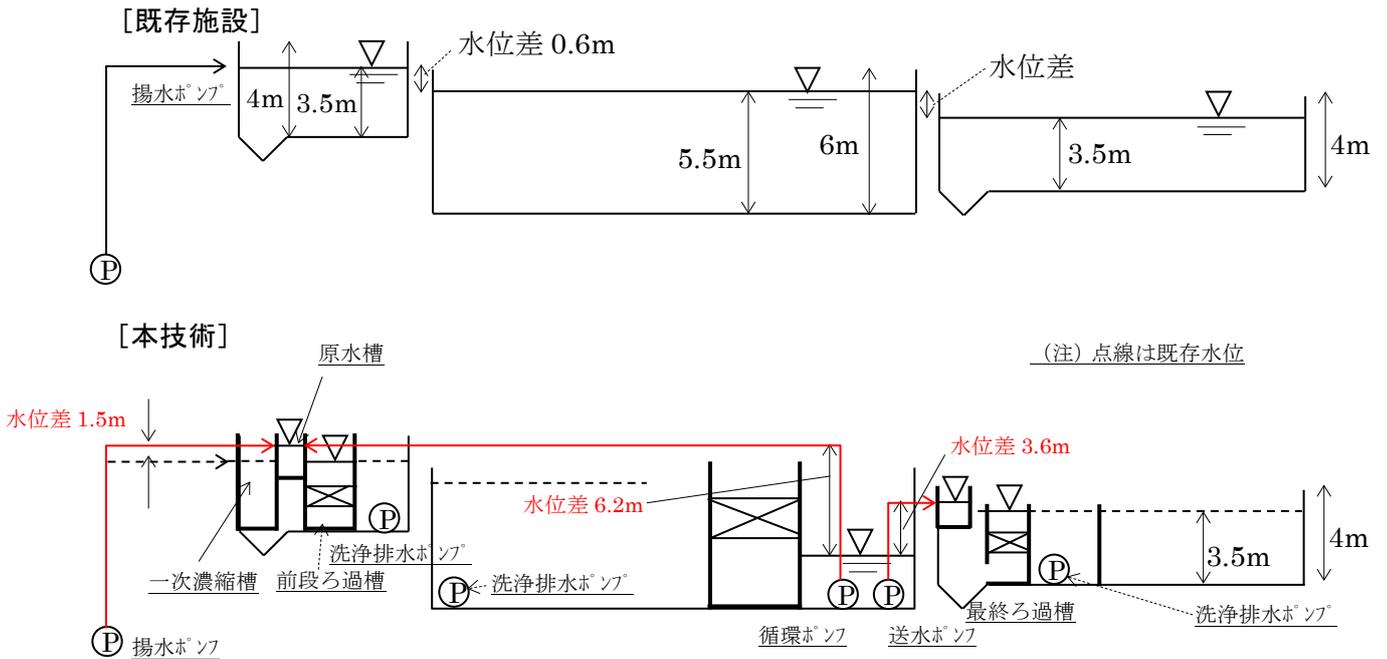


図3-7 水位高低図

(4) 建設費

建設費の試算結果を表 3-7 に示す。本技術は、標準活性汚泥法と比較して 5%減(年価で 10%減)となった。

表 3-7 建設費

項目	単位	本技術	標準活性汚泥法	削減率 (%)	備考
建設費	億円	37.2	39.2	5	—
建設費年価	百万円/年	279	312	10	—

(5) 維持管理費

維持管理費の試算結果を表 3-8 に示す。本技術は、標準活性汚泥法と比較して 36%の削減となった。

表 3-8 維持管理費

項目	単位	本技術	標準活性汚泥法	削減率 (%)	備考
①電力費	百万円/年	23	49	53	電力単価 15 円/kWh
②薬品費等	百万円/年	0	13	100	水処理脱臭
③補修・点検費	百万円/年	28	46	39	機器費の 2%
④汚泥処分費	百万円/年	146	200	27	—
合計	百万円/年	197	308	36	—

実証研究成果に基づき算出した本技術の消費電力量原単位の内訳を表 3-9 に示す。消費電力量原単位の占める各機器の割合は、循環ポンプが最も大きく、全体の半分弱を占めている。

表 3-9 本技術の消費電力原単位の内訳

	kWh/m ³	割合 (%)	備考
循環ポンプ	0.050	47	春夏秋 100%、冬 200%循環
送水ポンプ	0.023	22	最終ろ過施設への揚水
洗浄排水ポンプ	0.008	8	3 施設分の合計
通気ファン	0.007	7	水量の 6 倍
揚水ポンプ	0.007	6	前段ろ過施設へのかさ上げ 1.5m 分
送気ファン	0.002	2	前段ろ過施設上層部のガスを散水担体ろ床に移送
その他	0.008	8	—
合計	0.105	100	—

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 19 計画の手順

本技術の導入計画にあたっては、導入対象の下水道施設について本技術適用の判断に必要な情報および課題等を把握し、導入効果の検証を行い、適切な計画、設計とする。

【解説】

導入計画にあたっては、対象となる下水処理場の基本事項を検討した後、図 4-1 にしたがって、水処理施設の容量計算を行う。続いて汚泥発生量の算定と汚泥処理能力の確認、施設計画の検討を実施し、導入効果の検証を行う。

なお設計処理水質は、処理水 BOD の目標値として定め、統計的なばらつきを示す分散値を加えても、計画放流水質を超えることがないように設定する（資料編 1-13. 表資 1.13.1、表資 1.13.2 参照）

本手順は、既存施設への導入を前提としているが、新規増設の場合もこれに準じて計画する。

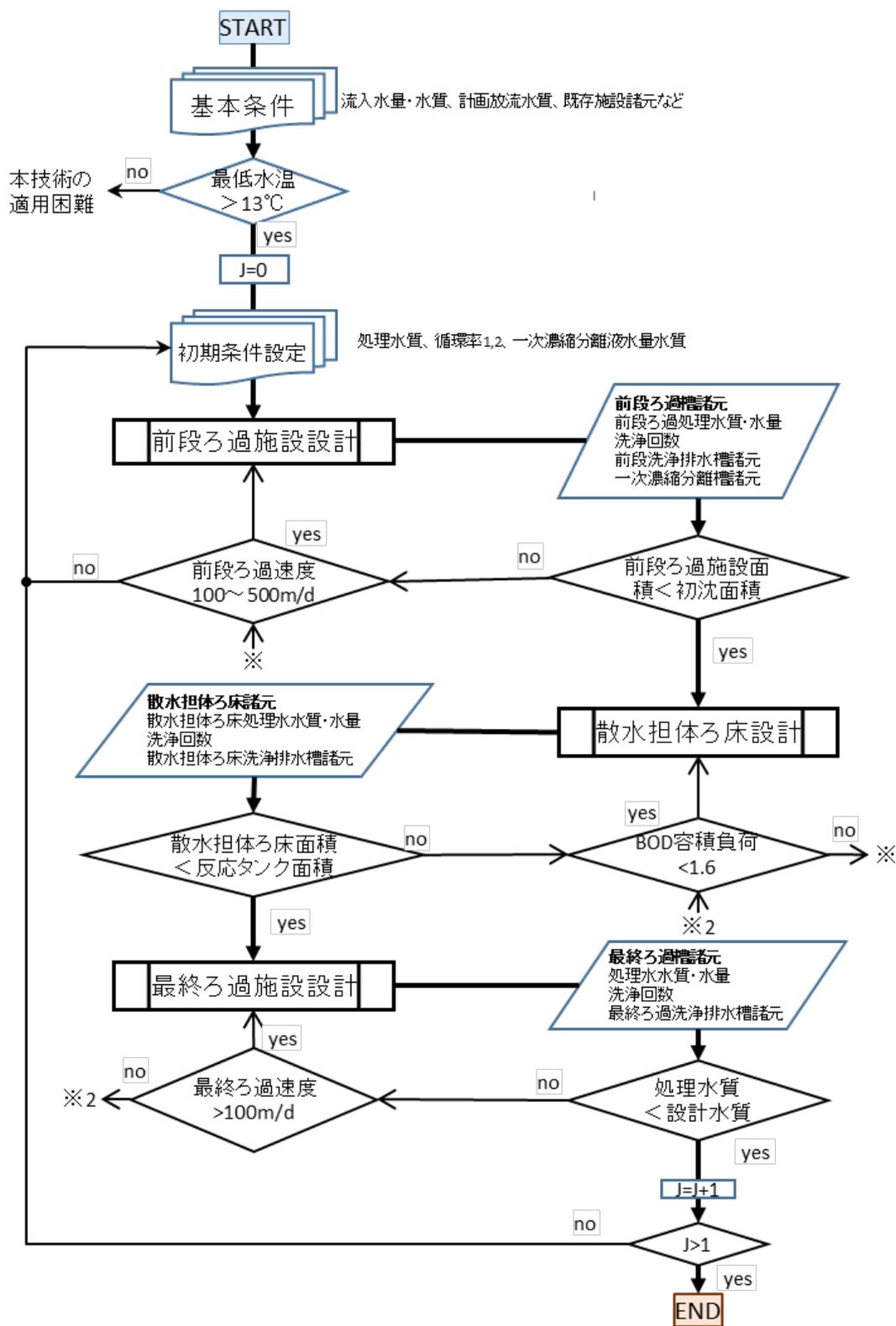


図 4-1 施設容量計算の流れ

§ 20 基本事項の把握

本技術の計画、設計に必要な情報を入手し、基本事項を定める。

【解説】

本技術導入の計画・設計にあたっての必要な情報は以下である。

(1) 水量（日最大、日平均、日間変動、年間変動）

本技術の容量計算は、日最大汚水量で行う。また、本技術からの汚泥処理施設に与える影響（§ 42 参照）は、日平均水量と年間平均水質から計算する。

日間変動、年間変動は、本システムの安定運転に必要な情報である。前段ろ過施設、最終ろ過施設等のろ過速度の変動に伴う洗浄回数や洗浄排水量の変化、散水担体ろ床の散水ノズルの回転域などを確認する。

(2) 設計水質、水温

設計に必要な水質項目は BOD、SS であるが、溶解性 BOD も把握することが望ましい。

散水担体ろ床による生物処理は水温の影響を受けるため、年間の水温変化を把握し、最低水温となる月の平均値に注意する。なお、前述したとおり、本技術は冬季外気温の影響を受けにくい構造（§ 9 図 2-19 参照）であり、流入下水の水温で適用可否の判断が可能である。

従って、基本的な本技術の設計は日最大汚水量と年間平均水質によって行うものとするが、冬季における日最大汚水量、冬季の平均水質による設計も合わせて行う。

(3) 水質基準、規制値

計画放流水質とその他の下水処理施設に関連する規制事項を確認する。

(4) 図面確認（処理場の水位高低図）

本技術の各施設は、標準活性汚泥法の各施設とは異なる水位高低となるため、既存施設の水位高低を把握し、本技術の各施設の最適な配置を検討する。

特に既存施設の水処理系列と本技術を併設する場合には、最初沈殿池と前段ろ過施設原水槽への各流入水路を、同一水路（同一の水位）とするか別水路（異なる水位）とするか、判断が必要である。

前段ろ過施設と一次濃縮施設は既存最初沈殿池に設置するが、既存の最初沈殿池を活用できるか否かは、最初沈殿池の池数にもよるため、その点の確認も行う。一般的には対象となる最初沈殿池が 3 池以上あると、各々を前段ろ過槽、前段ろ過洗浄排水槽、一次濃縮施設とすることができる。2 池以下であれば、土木施設の改造により各施設の設置を検討する。

(5) 既存施設

既存水処理施設の寸法、供用開始後の経過年数、水処理設備の経過年数、長寿命化計画、耐震化の有無などを確認し、これらについても従来技術による更新と本技術導入の場合とを比較、考慮する。

また本技術の導入により、余剰汚泥の発生がなくなり、沈降しやすい一次濃縮汚泥と最終ろ過沈殿汚泥が発生するため、これらを既存の濃縮、脱水施設で対応することが可能かどうか等を検討する。

§ 21 水処理施設の容量計算

各施設の容量は、放流水が目標 BOD を達成するように各施設の BOD 除去量を算定して決定する。

【解 説】

図 4-2 に、本技術における処理工程での有機物 (BOD) 除去機構のイメージを示す。

まず、流入下水中の BOD を固形性 BOD (P-BOD) と溶解性 BOD (S-BOD) に分けて把握する。

前段ろ過施設には、流入下水が循環水 1 および一次濃縮槽の上澄水 (一次濃縮分離水) で希釈されて流入し、固形性 BOD がろ過により物理的に、溶解性 BOD はその一部が微生物によって生物学的に除去される (§ 27 参照)。

散水担体ろ床には、前段ろ過槽流出水が循環水 2 により希釈されて流入する。そして主にろ床に付着している微生物の作用によって、有機物 (BOD) が分解・除去される (§ 30 参照)。

最終ろ過槽では、ろ過による物理作用により、散水担体ろ床流出水中の固形物 (SS) が効率的に低減され、それに伴って固形性 BOD が除去される。ろ過後の固形性 BOD は、ろ過後の SS から実データに基づく相関式により換算される。一方、溶解性 BOD はそのまま通過する。そして処理水 BOD は固形性 BOD と溶解性 BOD の和として算出する (§ 34 参照)。本技術は未硝化による NH₄ 残存に対しても N-BOD 発現は低く (資料編 1-3. 最終ろ過施設での N-BOD 発現 参照)、本計算から求められる処理水 BOD には内含されている。

以上のとおり本技術の容量計算は、BOD を固形性と溶解性に区分して各施設の除去量を順次計算し、さらに循環水や一次濃縮分離水の返流負荷を考慮し、最終的に放流水 BOD を算定する。

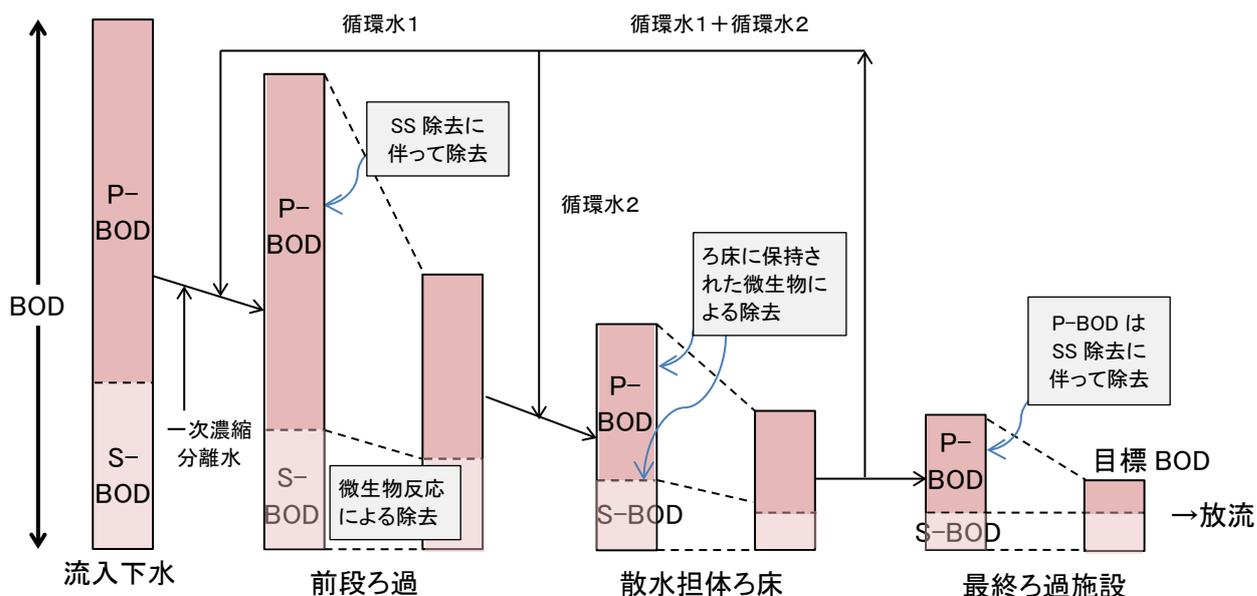


図 4-2 BOD 除去機構のイメージ

§ 22 汚泥発生量の算定と汚泥処理能力の確認、一次濃縮分離水負荷の算定

水処理施設の容量計算から汚泥発生量を算定し、対象下水処理場の汚泥処理施設の処理能力を確認する。

【解説】

(1) 汚泥の発生箇所

本技術の固形物フローと汚泥の発生箇所を図4-3に示す。

固形物は主に、前段ろ過槽ではろ過による流入下水中のSS除去、散水担体ろ床では有機物除去に伴う生物膜の増殖、最終ろ過槽ではろ過によるSS除去によって発生し、各工程の洗浄に伴って排出された固形物は洗浄排水と共に一次濃縮施設に送られ、一次濃縮汚泥が発生する。

また、最終ろ過槽では、ろ過前の沈殿部から最終ろ過沈殿汚泥も発生する。

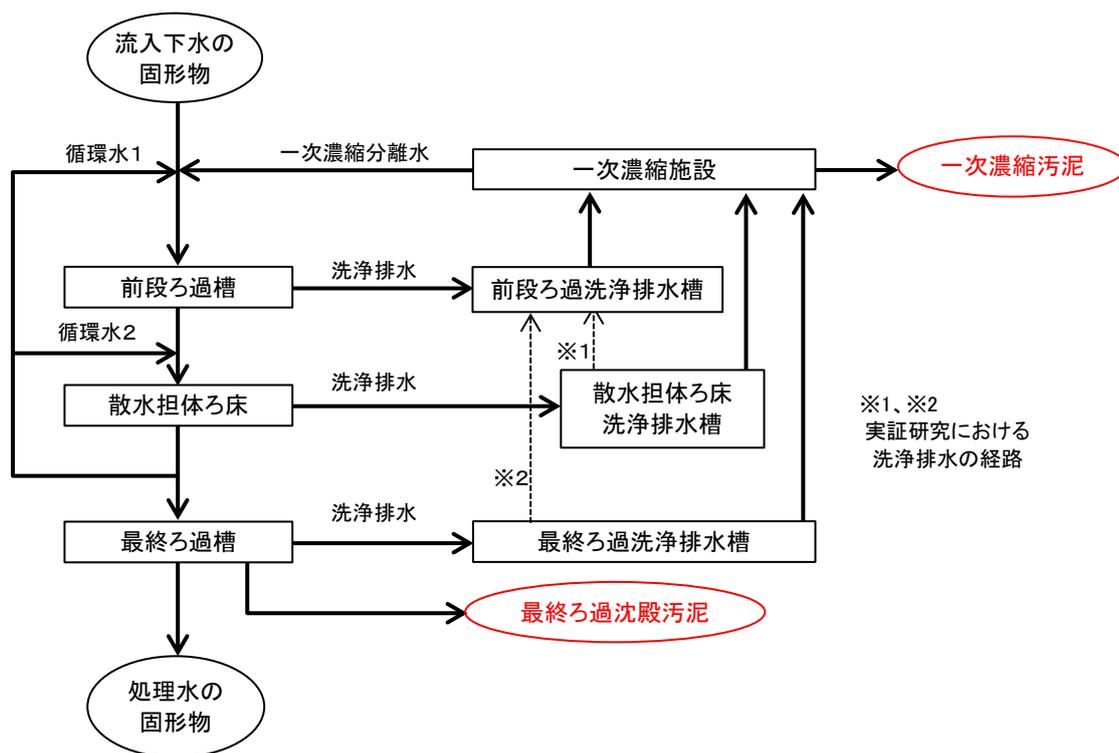


図4-3 固形物フロー概要

(2) 固形物の系外への引抜

図4-3に示すように、水処理系外に引抜かれる汚泥は、一次濃縮汚泥と最終ろ過沈殿汚泥である。

一次濃縮汚泥には、流入下水に起因する生汚泥的成分と、散水担体ろ床および最終ろ過施設からの散水担体ろ床剥離汚泥成分が含まれる。

(3) 固形物収支

本技術の固形物収支を図4-4に示す。本収支は実証研究のデータ（資料編 1-15. 固形物収支参照）から取りまとめたものである。

本技術では散水担体ろ床で汚泥が減量される特徴があり、散水担体ろ床では流入固形物 68 に対して流出固形物は計 44（＝散水担体ろ床流出水 36＋散水担体ろ床洗浄排水 8）に減少している。ろ床内に汚泥が保持されることで実質的な汚泥滞留時間(SRT)が長くなり、自己分解が進行することや、「高次の栄養レベルの生物による食物連鎖の影響」¹²⁾であると考えられている。

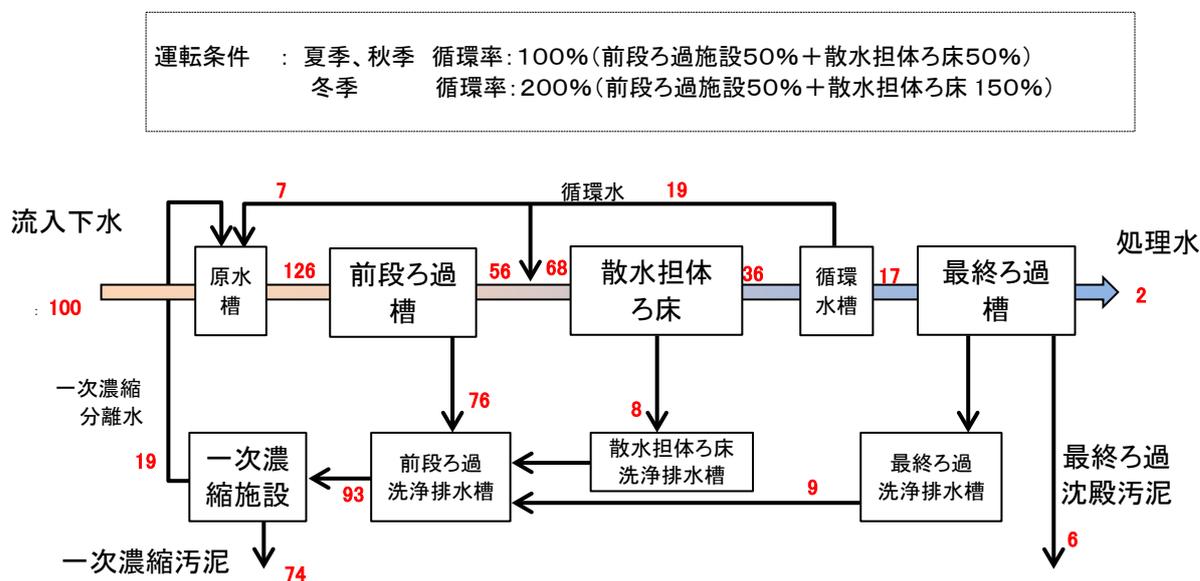


図 4-4 固形物収支実測例 (平均)

(汚泥発生量、一次濃縮分離水負荷の算定に用いる諸数値)

一次濃縮汚泥の発生までの固形物収支は、以下の各比率を使い算定する。

- ① 前段ろ過槽のSS除去率
- ② 散水担体ろ床流出水の固形物量
- ③ 最終ろ過沈殿汚泥と最終ろ過洗浄排水の固形物比率
- ④ 一次濃縮施設の固形物回収率

一次濃縮汚泥量は、

- ⑤ 一次濃縮汚泥発生量割合

により決定される。

なお、一次濃縮分離水の返流に伴う水処理系への負荷は④と

- ⑥ 一次濃縮分離水のBOD/SS比率

により算定する。

また①②については各々、§27 前段ろ過施設の設計、§30 散水担体ろ床の設計により算出するものとし、③④⑤⑥については表4-1を参考とする。③④⑤については図4-4より算出し、⑥については実証研究(資料編1-17. 汚泥の濃縮性、脱水性 (ウ) 一次濃縮分離水の性状参照)の結果に拠った。

表4-1 設計に用いる固形物関連データ

③最終ろ過沈殿汚泥量：最終ろ過洗浄排水の固形物比率 (最終ろ過洗浄排水汚泥量／最終ろ過総汚泥 比率)	6 : 9 (0.6)
④一次濃縮施設の固形物回収率 (一次濃縮汚泥固形物(SS)量／一次濃縮施設総流入固形物(SS)量)	0.80
⑤一次濃縮汚泥発生量割合 (1 - (一次濃縮分離水の発生量(m ³)／一次濃縮施設総流入量(m ³))	0.25
⑥一次濃縮分離水のBOD/SS比率	0.79~0.91

(4) 汚泥発生比の内訳

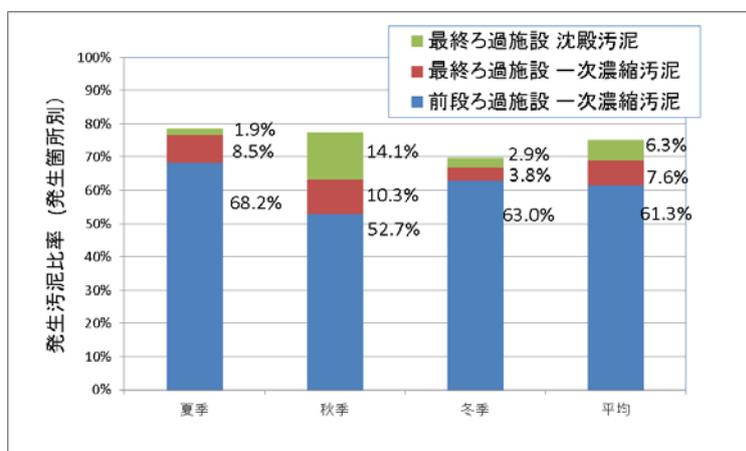
参考として図4-5に発生汚泥量の内訳（季節別3回の実測データ、平均）を示す。

(性状別)

流入下水固形物量を100とした場合、平均として前段ろ過施設経由の濃縮汚泥が61、最終ろ過施設経由の濃縮汚泥が14(=6.3+7.6)の割合となった。前者は生汚泥的成分で割合は82%、後者は散水担体ろ床由来の剥離汚泥成分で割合は18%であった。

(発生箇所別)

流入下水固形物量を100とした場合、平均として一次濃縮汚泥は69(=7.6+61.3)、最終ろ過沈殿汚泥は6となり、計75が汚泥として系外に引き抜かれた。



(散水担体ろ床の洗浄排水の固形物量 (実証研究))
 左記グラフにはないが、非定常で行う散水担体ろ床洗浄時には洗浄排水由来の汚泥が発生する。その発生固形物量を実測した結果、浸漬洗浄において、散水担体ろ床流入固形物量の5%程度であった。これは流入下水固形物量の3%程度に相当する。
 したがって、散水担体ろ床を洗浄した場合に発生する固形物量を加えた、本技術の汚泥発生量は、流入下水固形物量の78%程度、凡そ80%以下である。

図4-5 発生汚泥量の内訳

(5) 本技術と標準活性汚泥法の総汚泥発生量の比較

第4章 第2節 導入効果の検討例 (50,000m³/日) に示す試算条件での汚泥発生量を算出した。

①本技術 総汚泥発生量 6,656 (kgSS/日) (資料編2-7. 参照)

②標準活性汚泥法 総汚泥発生量 9,460 (kgSS/日) (資料編4-2. 参照)

本試算条件において比較すると、本技術は標準活性汚泥法に比べて汚泥発生量が30%程度低い結果 ((9,460-6,656) kgSS/日 / 9,460 kgSS/日 × 100 = 29.6%) となっている

(6) 汚泥処理能力の確認

本技術の汚泥発生量に基づき、既存施設の汚泥処理施設(濃縮、脱水等)の処理能力で対応可能かをどうかを確認する(詳細は§42参照)。

§ 23 施設配置の検討

水処理施設の容量計算結果に基づき、既存施設の施設制約条件を考慮して、施設配置を計画する。

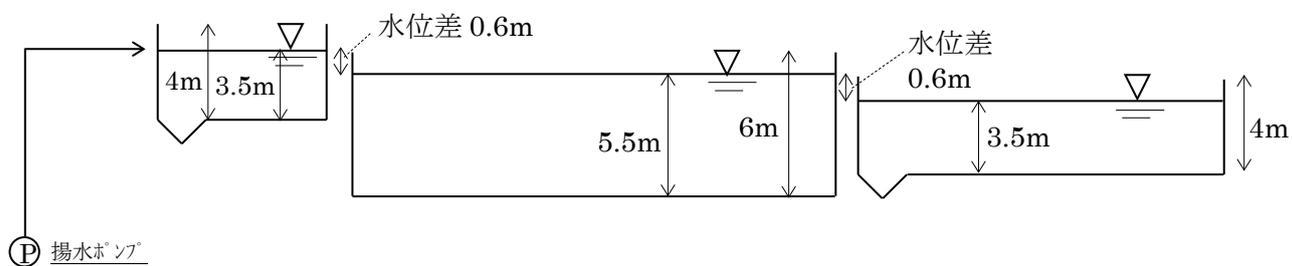
【解 説】

既存施設は水位高低および平面配置の両面から本技術の適用に際して制約がある場合が多い。また既存最初沈殿池より上流側の揚水ポンプ、原水槽、流入水路によって制約を受ける場合もある。配置計画では、既存水処理施設も含め、円滑な水の流れを確保するようにつとめる。

(1) 水位高低計画

既存施設の改造に際しては、できる限り自然流下になるように検討する。但し、処理場の条件によっては、前段ろ過施設の流入水位（原水槽水位）を上げなければならない場合がある。また散水担体ろ床流出水および循環水槽の水位は、水面が散水担体ろ床担体層底面より下部となるため、最終ろ過施設まで揚水するポンプが必要となる。新設の場合は、できる限り自然流下になるように配置する（資料編3 図資3-1 参照）。

既設（標準活性汚泥法）



本技術

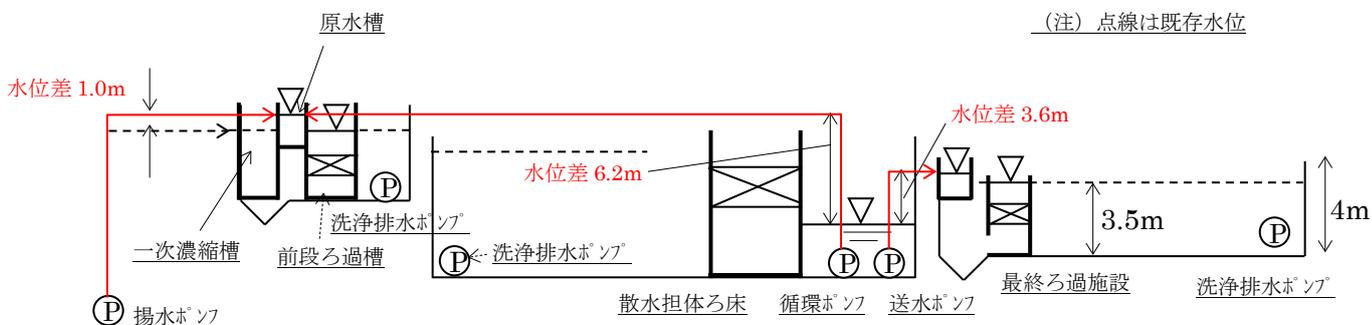


図 4-6 本技術の水位高低の設定例

また既設系列の隣に新たに本技術による系列を設ける場合には、揚水ポンプ共用のため既存施設の最初沈殿池と新規施設の前段ろ過施設の流入高さ（原水槽水位）を同一とし、また流出水路の水位も同一に揃え、散水担体ろ床、循環水槽、最終ろ過施設の水位を設定する。

(2) 平面配置計画

既存施設の最初沈殿池、生物反応タンク、最終沈殿池の各槽に設置する場合、生物反応タンクの大きさが制限となる場合が多い。

そのため散水担体ろ床の処理能力（施設規模）を優先的に決定して配置する。そしてその能力と相応の前段ろ過施設、最終ろ過施設を各々最初沈殿池、最終沈殿池に配置する。さらに最初沈殿池の余裕部分に一次濃縮施設の配置を検討する。

既存最初沈殿池には、原水槽、前段ろ過槽、前段ろ過洗浄排水槽、一次濃縮施設を配置することとなるため、複数の既存最初沈殿池を改造対象にすることが望ましい。

散水担体ろ床には隣接して循環水槽を設置する。循環水槽は循環水の配管ルートができるだけ短く、また揚程が低く抑えられるよう配置する。必要に応じて散水担体ろ床洗浄排水槽を設置する。

各洗浄排水槽は、少なくとも各单位水槽1回分の洗浄排水を貯留することができ、任意の時間に一次濃縮施設に移送できることが望ましい。散水担体ろ床洗浄頻度は低いので、排水の移送が可能であれば、散水担体ろ床洗浄排水槽を設けず、前段ろ過洗浄排水槽あるいは最終ろ過洗浄排水槽を代用することを検討する。

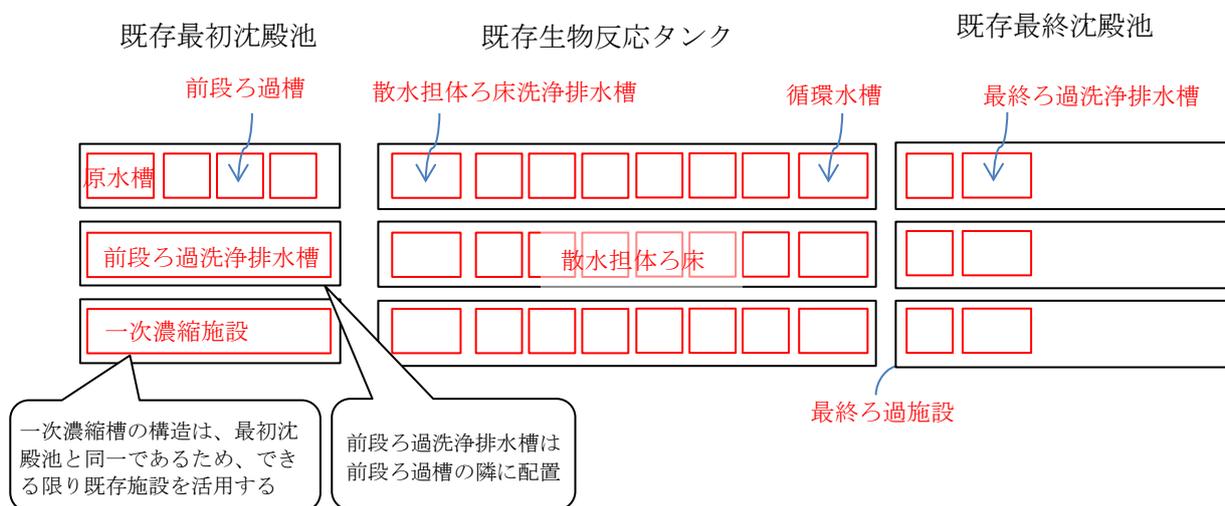


図 4-7 本技術の平面配置計画の設定例

§ 24 導入効果の検証

施設設計を実施後、導入検討段階に行った概略効果（事業性）に対し、想定通りの導入効果が得られるかどうかの検証を実施する。

【解 説】

導入検討段階では、本技術と標準活性汚泥法を比較し、概略の導入効果を算出した（§ 17 導入効果の検討 参照）。

ここではより精度の高い条件設定による施設計画に基づいて導入効果の再検討を行う。本技術の導入における建設費、維持管理費を算出し、導入検討段階で期待していた効果が得られるか検証する。

なお、同じ標準活性汚泥法であっても複数の運転方法や設備構成があり、これらによって電力費が異なる（資料編 4-1. 電力費 参照）。比較対象とする標準活性汚泥法は、各下水処理場において適切な方式を選定し、対象範囲や設計条件を確認して、導入効果の比較検討を実施する必要がある。

第2節 施設設計

§ 25 本技術の施設設計の全体的な考え方

前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設、一次濃縮施設の各施設間の相互関係を勘案しつつ、目標 BOD を達成するよう設計する。

【解説】

(1) 施設間の相互関係

各施設の処理のしくみ、設計の考え方と各施設間の関係を図 4-8 に示す（各施設の設計の詳細については第3節～第6節に示す）。

前段ろ過施設では、まずろ過速度を決定し、前段ろ過施設流出水 BOD を固形性 BOD と溶解性 BOD に区分して算出する。固形性 BOD はろ過による除去、溶解性 BOD は一部が生物学的に分解される。

次に散水担体ろ床では、散水担体ろ床流入水 BOD から、BOD 容積負荷を用いて、散水担体ろ床流出水の溶解性 BOD と SS 濃度を算定する。

最後に最終ろ過施設では、流入する散水担体ろ床流出水を溶解性 BOD と SS 濃度に区分して算出する。本施設では溶解性 BOD は除去されず、SS はろ過により除去される。最終的に SS から換算した固形性 BOD と溶解性 BOD の和が処理水 BOD となる。

また一次濃縮施設は、上記3施設からの洗浄排水を固液分離する施設であり、一次濃縮汚泥と一次濃縮分離水に分けられる。

そして最終的に、計算された処理水 BOD が目標 BOD を満足しているか判定する。

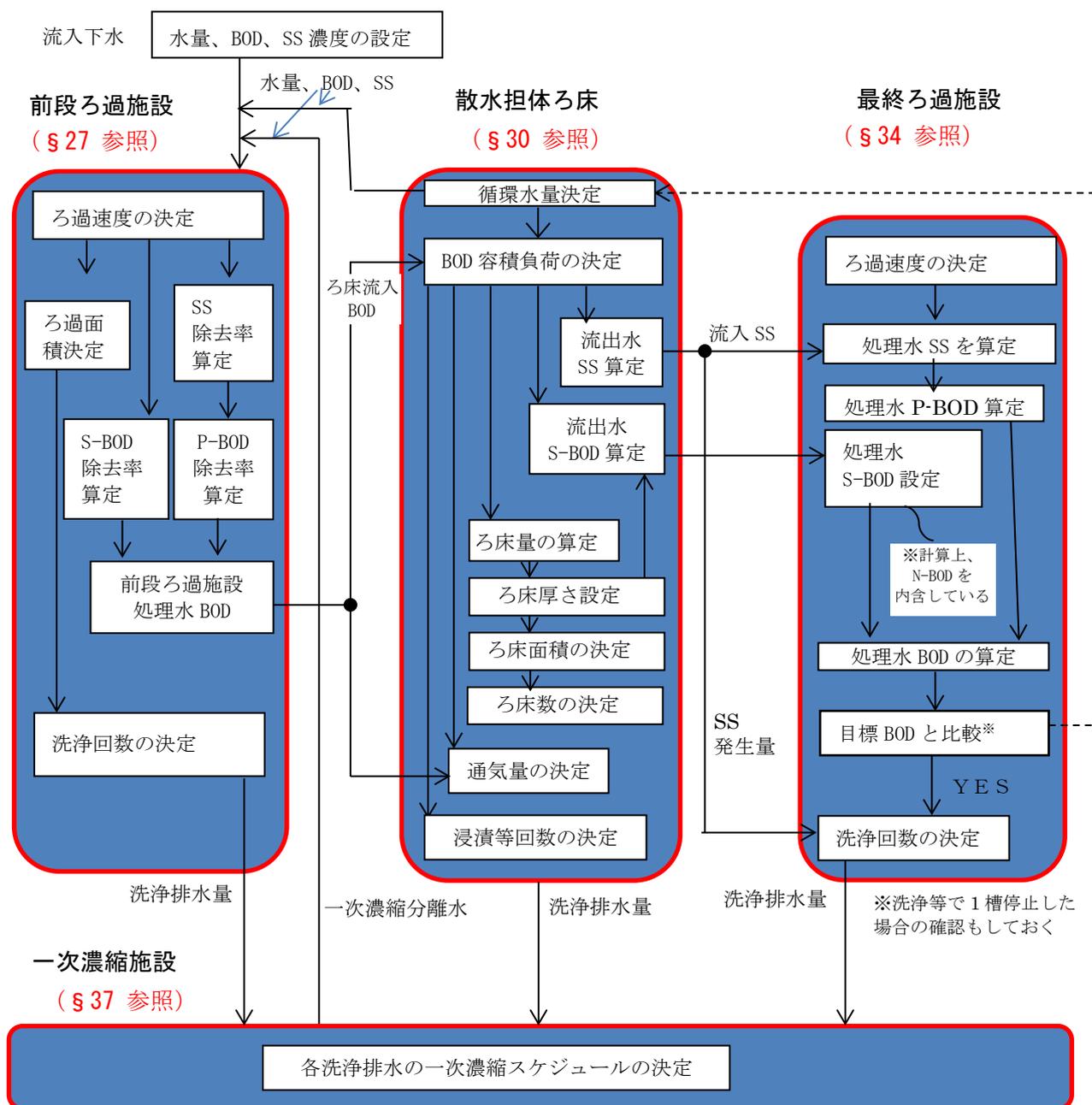
(2) 処理水 BOD の目標値の設定

計画放流水質を年間を通して遵守できる、処理水 BOD の目標値を設定する。

実証研究の処理水 BOD のヒストグラムを資料編 1-13. 処理水 BOD の目標値設定に示す。

概ね正規分布となり、処理水 BOD の目標値は、年間のばらつきを考慮して計画放流水質から 3σ を差し引いた値以下とする。

なお、散水担体ろ床については、定期的な洗浄時にその槽を休止させ他の槽で処理をさせる必要があるが、処理水量が少ない時間帯に洗浄を行うことなどにより、通常は処理水 BOD の目標値を達成するための予備槽を設ける必要はない。



各施設間の影響ポイントまとめ

- ・ 散水担体ろ床の通気量を決定。通気量は散水担体ろ床の処理性能と下水温度の低下に影響する。
- ・ 散水担体ろ床流出水から前段ろ過施設への循環率が大きい程、前段ろ過流出水 S-BOD は低くなるが除去率は低下する (図 4-14 参照)。
- ・ 前段ろ過処理水 BOD は、散水担体ろ床の BOD 負荷決定、浸漬等回数決定に影響。
- ・ 散水担体ろ床からの循環水量と一次濃縮施設からの一次濃縮分離水は、前段ろ過施設のろ過速度決定に影響。
- ・ 散水担体ろ床の流出 SS は最終ろ過施設の流入 SS となり、最終ろ過施設の固形性 BOD 算定に関係。
- ・ 最終ろ過施設での SS 除去率は、散水担体ろ床流出水 SS 濃度によらずほぼ一定 (図 4-30 参照)。
- ・ 散水担体ろ床の流出溶解性 BOD は最終ろ過施設へ流入し、そのまま処理水溶解性 BOD となる。
- ・ 日間の流量変動が 0.2~1.5 の範囲 (日平均=1、資料編 1-9. 参照) では影響を受けない。

図 4-8 各施設の相互関係

第3節 前段ろ過施設

§ 26 施設構成

前段ろ過施設は、原水槽、前段ろ過槽、前段ろ過洗浄排水槽からなる。

【解説】

図 4-9 に前段ろ過施設の構成を示す。

(1) 原水槽

前段ろ過流入水（流入下水、一次濃縮槽分離水、循環水）を流入させ混合するとともに、前段ろ過槽が複数ある場合には均等に流入水を分配する機能を有する槽である。

(2) 前段ろ過槽

ろ過による固形物除去と、循環水での酸素供給によって微生物分解で溶解性有機物除去を行う槽である。これにより後段の散水担体ろ床への流入 BOD 負荷を軽減する。ろ過に伴って目詰まりが進行するので定期的に洗浄を行う。

(3) 前段ろ過洗浄排水槽

前段ろ過槽の洗浄で生じた洗浄排水を自然流下でいったん受け入れる水槽である。洗浄排水は本水槽に設置されたポンプにより一次濃縮施設に全量送水される。

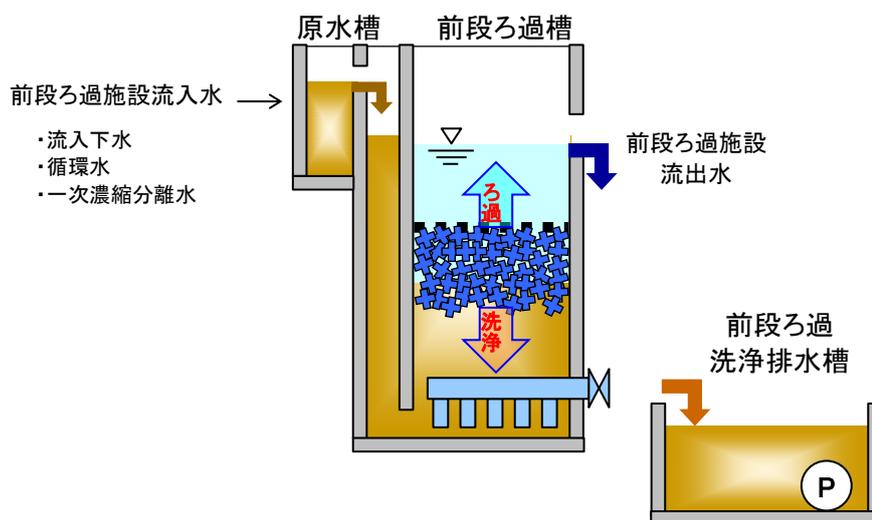


図 4-9 前段ろ過施設の構成

§ 27 前段ろ過施設の設計

流入下水と循環水、一次濃縮槽分離水の合計水量に対してろ過速度を決定し、これから流出水 BOD を算定するとともに、ろ過面積、洗浄回数の設定を行う。

【解説】

(1) 設計手順方法

図 4-10 に前段ろ過施設の設計手順を示す。

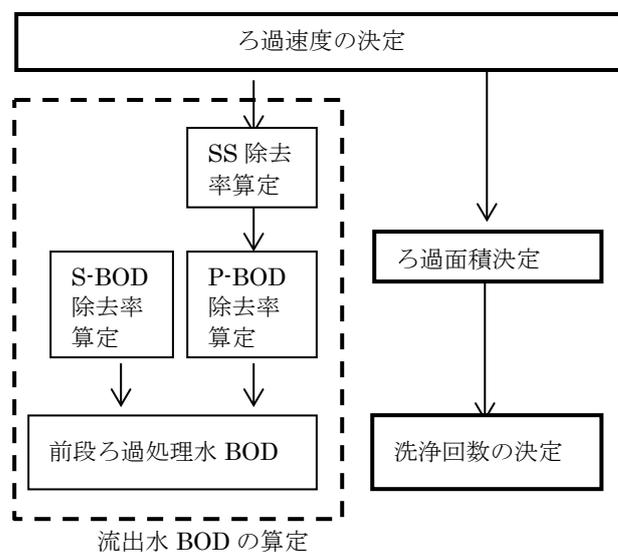


図 4-10 前段ろ過の設計手順と内容

(2) ろ過速度の決定

流入下水、循環水 1、一次濃縮分離水の合計水量に対して、ろ過速度は 150～400m/日を目安として設定する。流入下水量には日最大汚水量を用いる。

前段ろ過施設への散水担体ろ床からの循環水量は、日平均汚水量の 50%を標準とする。また一次濃縮槽分離水量は、本項 § 27 (5)、§ 30、§ 34 で決定する洗浄回数から各洗浄排水量を算定し、その和とする。

なお、流入下水が希薄で、溶解性 BOD 除去を見込まなくても、散水担体ろ床への流入 BOD が 80mg/L 程度以下 (資料編 1-2. 定期試験(コンポジット採水)結果 (ア)BOD 濃度 参照) となり、かつ BOD 容積負荷が 1.6kgBOD/(m³・日)以下となり、経済的に有利な場合は循環を不要としてもよい。

$$\text{ろ過速度 (m/日)} = \frac{\text{流入下水} + \text{循環水 1} + \text{一次濃縮分離水 (m}^3\text{/日)}}{\text{ろ過面積 (m}^2\text{)}} \dots\dots (式 1)$$

(3) 流出水 BOD の算定

前段ろ過施設での BOD 除去は、以下のとおり溶解性 BOD と固形性 BOD に分けて、算定する。

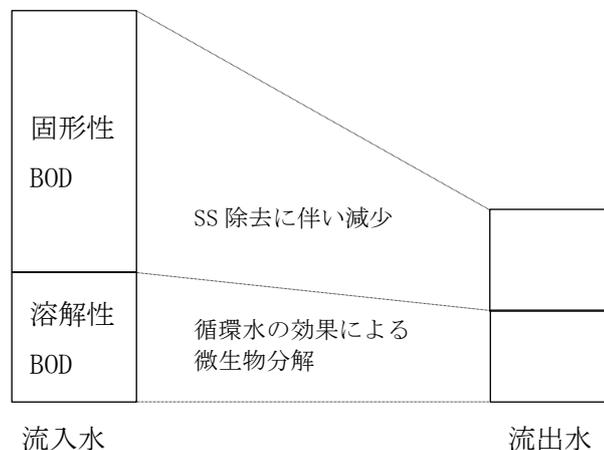


図 4-11 前段ろ過施設での BOD の処理イメージ

実証研究で得られた前段ろ過施設のろ過速度と前段ろ過施設の SS 除去率の関係を図 4-12 に例として示す。ろ過速度が大きくなると SS 除去率が低下する傾向がある。

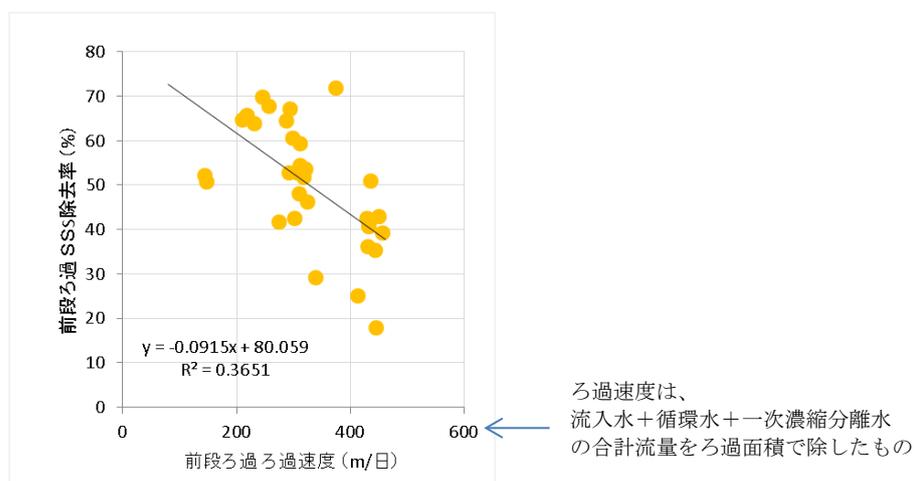


図 4-12 前段ろ過施設のろ過速度と SS 除去率の関係

次に実証研究で得られた前段ろ過施設の SS 除去率と固形性 BOD 除去率の関係を図 4-13 に例として示す。両者の間には正の相関関係が認められる。

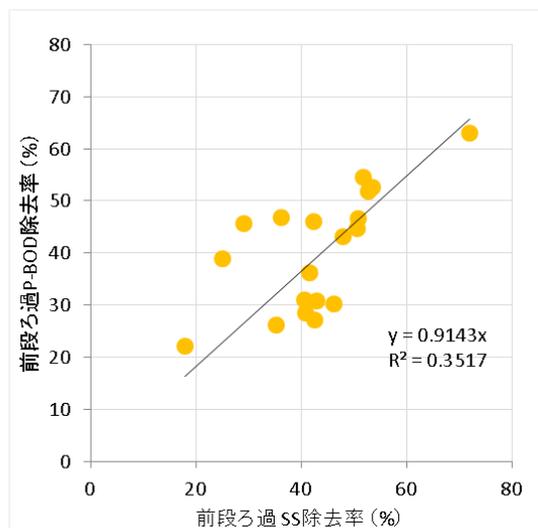


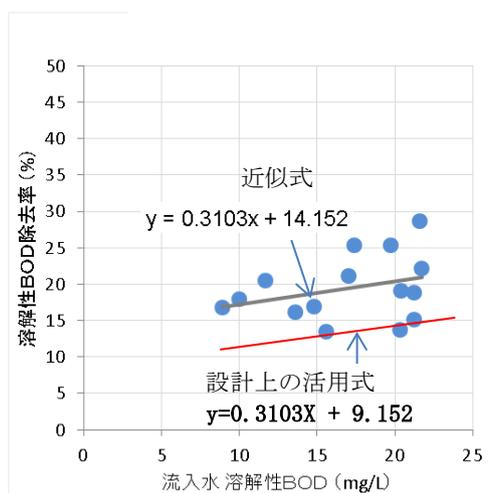
図 4-13 SS 除去率と固形性 BOD 除去率の関係

そこで、図 4-12 および図 4-13 から、固形性 BOD 除去率をろ過速度の関数として求める式を導いた。

$$\begin{aligned}
 & \text{前段ろ過施設の固形性 BOD 除去率 (\%)} \\
 &= 0.9143 \times A \\
 &= 0.9143 \times (-0.0915 \times B + 80.059) \\
 &= -0.0837 \times B + 73.198 \quad \dots \dots \dots \text{(式 2)}
 \end{aligned}$$

A : 前段ろ過施設 SS 除去率 (%)
 B : 前段ろ過施設 ろ過速度 (m/日)

また、実証研究で得られた前段ろ過施設への流入水溶解性 BOD と溶解性 BOD 除去率との関係を 図 4-14 に示す。データにばらつきがあるため、設計にあたっては安全のため本図中に示した設計上の活用式を用いることとする。但し、循環率 1 や前段ろ過施設への流入水溶解性 BOD が異なる等の状況の場合には計画・設計者が適宜決定する。



- (注) :
- ・ 散水担体ろ床から前段ろ過施設への循環率 1 が 50% の場合
 - ・ 当日含め前日 3 日間合計 60mm 以上の降雨があった日のデータを除く。

図 4-14 溶解性 BOD の除去率推定 (注)

$$\text{前段ろ過施設の溶解性 BOD 除去率 (\%)} = 0.3103 \times C + 9.152 \quad \dots \dots \dots \text{(式 3)}$$

C : 前段ろ過施設 流入水溶解性 BOD (mg/L)

以上より、前段ろ過施設の流出水 BOD は、以下の式で計算される。

$$\begin{aligned} & \text{前段ろ過施設の流出水 BOD (mg/L)} \\ & = \frac{100 - (-0.0837 \times B + 73.198)}{100} \times D + \frac{100 - (0.3103 \times C + 9.152)}{100} \times C \\ & \dots \dots \dots \text{(式 4)} \end{aligned}$$

B : 前段ろ過施設 ろ過速度 (m/日)

C : 前段ろ過施設 流入水溶解性 BOD (mg/L)

D : 前段ろ過施設 流入水固形性 BOD (mg/L)

(4) ろ過面積の設定

ろ過面積は次式で算定する。なお流入下水 100%に対し、前段ろ過施設への流入水は約 2 倍 (循環水 50%、一次濃縮分離水 50%(最大)程度が加わるため) となるので、流入下水に対して、ろ過速度を 100~200m/日としてろ過面積を決定してもよい。

$$\text{ろ過面積 (m}^2\text{)} = \frac{\text{前段ろ過施設への流入水量 (m}^3\text{/日)}}{\text{ろ過速度 (m/日)} (=200\sim400)} \dots\dots\dots \text{(式 5)}$$

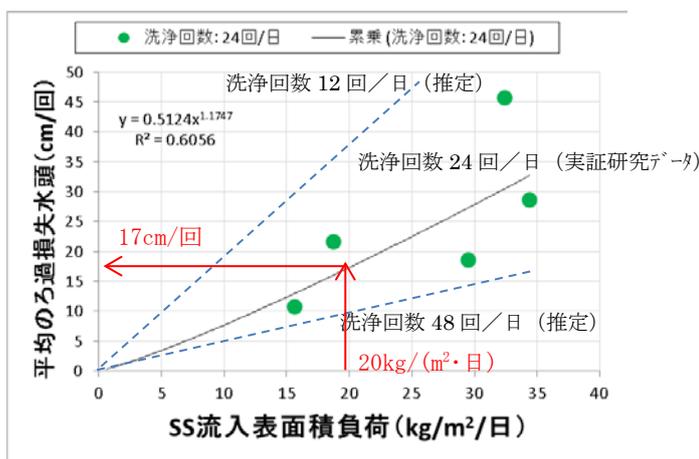
(注) 前段ろ過施設への流入水
= 流入下水 + 循環水 + 一次濃縮分離水

(5) 洗浄回数決定

図 4-15 に実証研究で得られた前段ろ過施設への SS 流入負荷とろ過損失水頭の実線を示す。本図に示すように前段ろ過への SS 流入負荷が大きいほど、ろ過損失水頭が大きくなる。

本グラフの見方としては例えば、「前段ろ過施設への SS 流入負荷が 20kg/(m²・日)の場合、1 日 24 回洗浄を行った場合、平均 17cm のろ過損失水頭になった」ということを示す。従って、洗浄 1 回 (1 間隔) あたりでは、0.83 kg/(m²・回)の SS 流入負荷があったことを意味する。

これらの結果から、1 日の洗浄回数は一例として、流入下水 SS 濃度(g/m³)/ (1,000g/kg) と前段ろ過ろ過速度(m/日)の積(=kg/(m²・日))を、上記 0.83 kg/(m²・回)で除すことにより、ろ過損失水頭を平均 17cm に抑えることができる 1 日の洗浄回数(回/日)が算出される。



前段ろ過施設への SS 流入表面積負荷の計算方法
= SS (mg/L コボジット) × ろ過速度 ※ (日最大時) / 100 / 洗浄回数 (=kgSS/m²/洗浄 1 回)
※ 循環水や一次濃縮分離水を含むろ過速度

図 4-15 SS 流入表面積負荷と 1 日洗浄回数と平均ろ過損失水頭

$$\text{洗浄回数 (回/日)} = \frac{\text{前段ろ過施設流入 SS 濃度 (g/m}^3\text{)} \times \text{ろ過速度 (m/日)}}{0.83 \text{ kg/(m}^2\text{・日)}} \dots\dots\dots \text{(式 6)}$$

§ 28 既設改造の留意点

既存施設の最初沈殿池の改造にあたり、以下に留意する。

- (1) 流入水路側に原水槽、流出水路側に1または複数の前段ろ過槽を配置する。前段ろ過槽の配置は、既存施設の構造を有効に活用する槽割りとする。
- (2) 前段ろ過槽流入水が自然流下により処理（ろ過部分は上向流）されること。
- (3) 洗浄排水は自然流下で流出するよう前段ろ過洗浄排水槽を配置する。

【解説】

(1) 原水槽設置の目的

原水槽の目的は、前段ろ過損失水頭分の水位を確保しつつ、流入水路からの水位低下をできるだけ抑制するよう設計する。その役割は以下のとおりである。

- ・ 流入下水と循環水、一次濃縮分離水の混和
- ・ 前段ろ過槽が複数槽ある場合の均等な分配

(2) 前段ろ過槽の配置

§ 27 における前段ろ過施設の設計においては、既存最初沈殿池からの前段ろ過槽の槽割りの設計を行う際、槽の2面については既存最初沈殿池の壁を活用する等、既存施設の構造を有効に活用できる改造を行う。

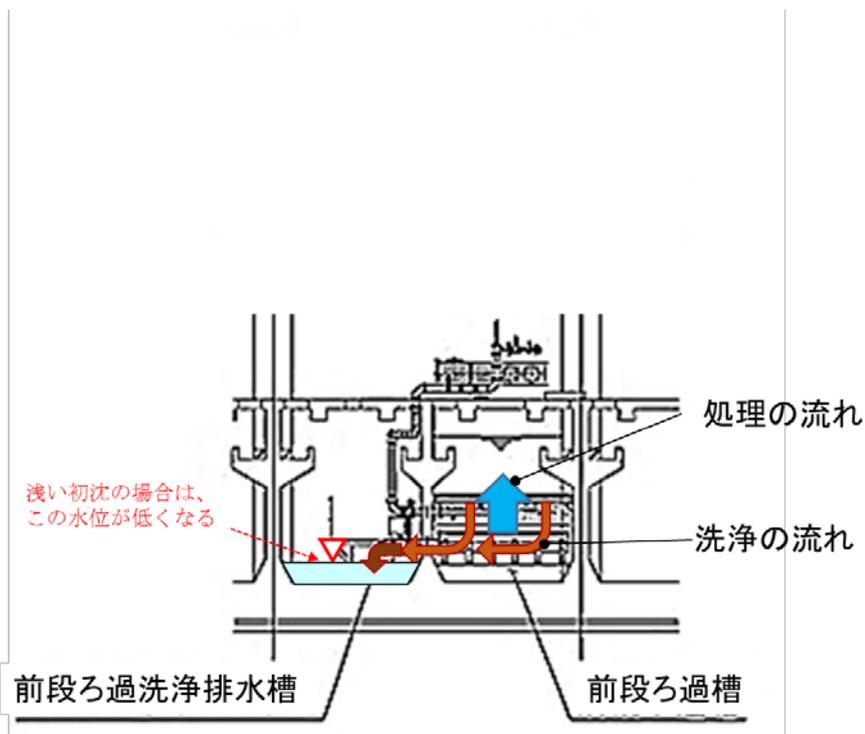


図 4-16 前段ろ過施設の設置イメージ (断面)

(3) 前段ろ過洗浄排水槽の設計

前段ろ過洗浄排水槽は、設置する前段ろ過槽の隣の既存最初沈殿池をできる限り活用する。既存最初沈殿池が浅い槽の場合には、前段ろ過洗浄排水槽の貯留水位も低くなり（図 4-16 参照）、量の確保が困難になるため、前段ろ過槽数を増やし、1回あたりの洗浄排水量を減らしたり、前段ろ過洗浄排水槽の汚泥ホoppa部分を有効活用することで適切に貯留できるよう工夫する。

(4) その他

前段ろ過施設を設置する既存最初沈殿池には、一次濃縮施設も設置するため、その場所を確保しておく（詳細は第6節 一次濃縮施設 参照）。

第4節 散水担体ろ床

§ 29 施設構成

散水担体ろ床は、流入水路、散水担体ろ床、循環水槽、散水担体ろ床洗浄排水槽からなる。

【解説】

(1) 施設構成

散水担体ろ床は図4-17に示すように、流入水路、散水担体ろ床、循環水槽、散水担体ろ床洗浄排水槽からなる。

(2) 流入水路

前段ろ過流出水を各散水担体ろ床に均等に供給するための流入水路である。

(3) 散水担体ろ床

担体に保持された微生物によって有機物除去を行う槽であり、本技術において最も重要な役割を有する。前段ろ過流出水の散水担体ろ床への供給は、無動力で回転しつつ水を散布する散水機によってなされる。

(4) 循環水槽

散水担体ろ床流出水を循環させる循環ポンプおよび最終ろ過施設へ送水するポンプを設置する槽である。

(5) 散水担体ろ床洗浄排水槽

散水担体ろ床の各ろ床洗浄排水を自然流下でいったん受け入れる槽である。洗浄排水は本水槽に設置されたポンプにより一次濃縮施設に全量送水される。

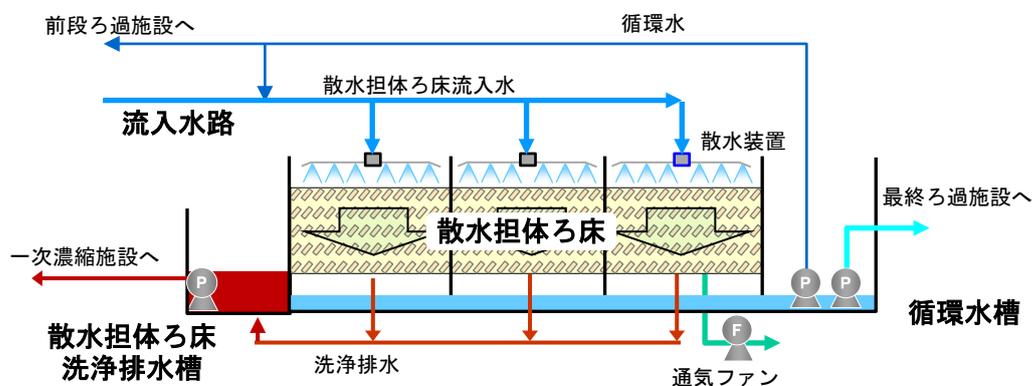


図4-17 散水担体ろ床の構成

§ 30 散水担体ろ床の設計

散水担体ろ床の BOD 容積負荷を決定し、それに基づいて散水担体ろ床の基本的諸元の決定、散水担体ろ床流出水濃度の算定、洗浄回数や通気量の決定を行う。

【解説】

(1) 基本的な設計手順

図 4-18 に散水担体ろ床の設計手順を示す。

§ 11 技術の適用条件 (3) で示す通り流入下水の温度と、図 4-20、図 4-21 に示す通り散水担体ろ床での BOD 容積負荷により処理性が異なる点に留意する。

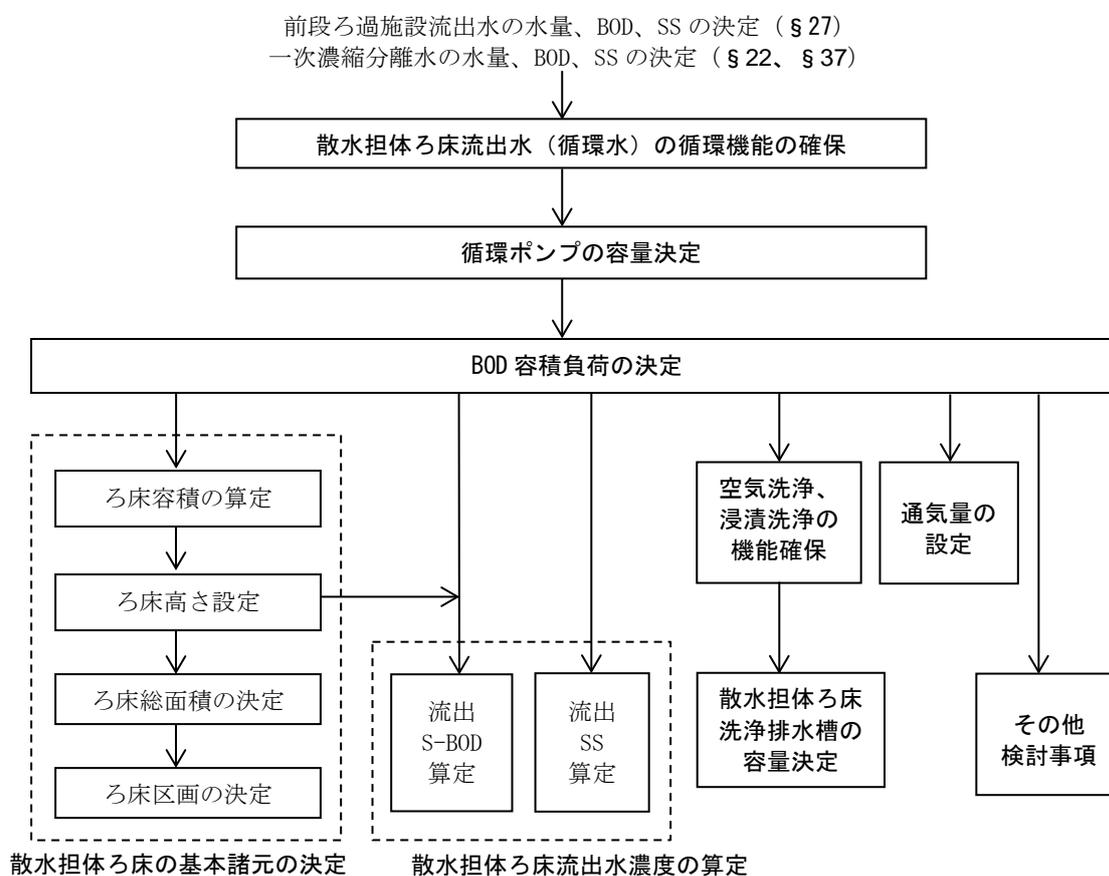


図 4-18 散水担体ろ床の設計手順

(2) 散水担体ろ床流出水（循環水）の循環機能の確保

実証研究において、季節により異なる量(春季、夏季、秋季は日平均汚水量の 50%、冬季は 150%) の散水担体ろ床流出水を散水担体ろ床の流入部に循環することにより、また前段ろ過施設流入部にも 50%(通年)を循環することにより、良好な処理水質が得られた。

従って、散水担体ろ床には目標処理水質を勘案して決定した割合の散水担体ろ床流出水を循環することとし、循環ポンプは必要な循環率を確保できる能力を有するものであること、とする。

なお、循環を行わなくとも散水担体ろ床流入水 BOD が 75mg/L (=実証実験における循環を含めた散水担体ろ床流入水 BOD の最大値) 以下となる低濃度下水の場合は、この限りではない。

(3) BOD 容積負荷の決定

散水担体ろ床への BOD 容積負荷は、本技術の目標 BOD の達成可否を決める基本条件であり、設定範囲は、**図 4-20**、**図 4-21** に示す実証研究の実績 (2016 年 1 月データ/**図資 1.2.6** 参照) から 1.6kg/(m³・日) 以下とする。この散水担体ろ床への BOD 容積負荷には、前段ろ過施設流出水の他、循環水 2 と共に持込まれる BOD 負荷量も含むものとする。

(4) 散水担体ろ床の基本諸元の決定

設定 BOD 容積負荷から散水担体ろ床のろ床容積 (=担体充填部容積) を決定する。続いて、既存施設の反応タンクの形状、寸法から、設置可能なろ床高さを設定し、ろ床総面積を決定する。

さらにろ床総面積からろ床区画を検討する。ろ床区画は、装置による散水がしやすい形状 (正方形、縦横比が 1:2 となる長方形など) で、ろ床 1 区画 1 回の洗浄につき発生する洗浄排水が円滑に一次濃縮できる規模であることを考慮して決定する。

散水担体ろ床の断面高さは既存施設の形状により異なる。一般的に、ろ床下部 (=排水部) には高さ 1.5m、ろ床上部 (=散水部) には高さ 1.5~2m の空間が必要であり、それらを差し引いた残りがろ床部高さ (=担体充填部) となる。実証研究で検討されたろ床高さは 2.5m 以下である。なお、ろ床上部の必要高さは、ろ床上面から散水機迄のクリアランス 0.5m と散水機からスラブ迄の 1~1.5m との和である。

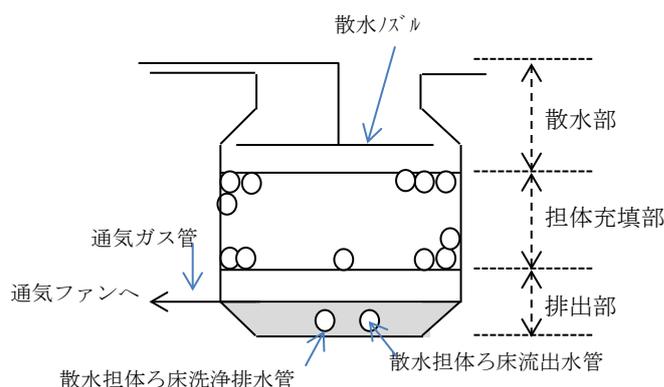


図 4-19 散水担体ろ床の断面

(5) 散水担体ろ床流出水濃度の算定

1) BOD 容積負荷との関係

実証研究における BOD 容積負荷と散水担体ろ床流出水の SS 濃度および溶解性 BOD の関係を図 4-20、図 4-21 にそれぞれ示す。これらの図は、実証研究のろ床高さ 2.5m によるものである。本図により設定した BOD 容積負荷から散水担体ろ床流出水の SS 濃度、溶解性 BOD を算定する。

散水担体ろ床流出水中の SS は最終ろ過施設で除去されるが、溶解性 BOD は除去されず放流水質に影響を与える点に留意する。

また散水担体ろ床は、浸漬洗浄や空気洗浄により、散水担体ろ床の 1 区画を休止する場合がある。その場合でも処理水質が妥当なレベルとなるか検証・確認しておく。

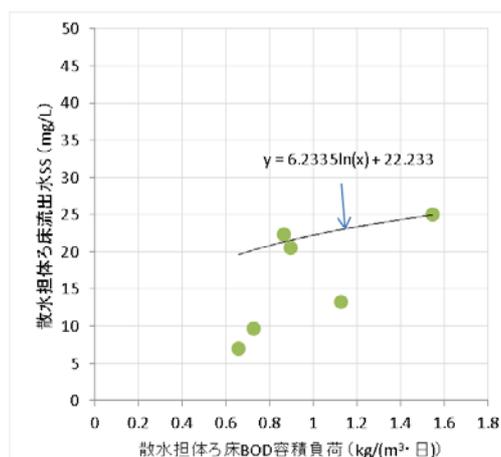


図 4-20 BOD 容積負荷と散水担体ろ床流出水 SS 濃度の関係 (ろ床高さ 2.5m)

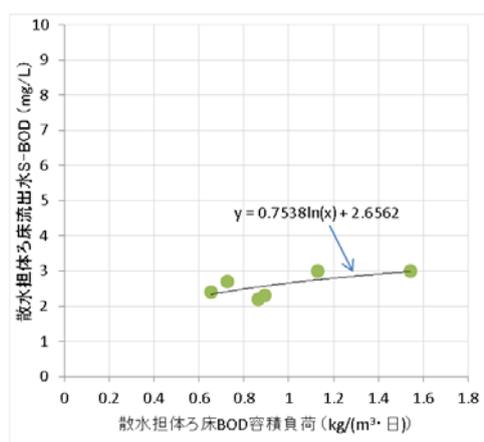


図 4-21 BOD 容積負荷と散水担体ろ床流出水溶解性 BOD の関係 (ろ床高さ 2.5m)

2) ろ床高さによる流出水濃度補正

①ろ床高さとして流出水 SS 濃度の関係

同 BOD 容積負荷で、ろ床高さとして流出水 SS 濃度の関係は図 4-22 のとおりであった。ろ床高さとして処理水 SS には明確な関係が認められなかった。

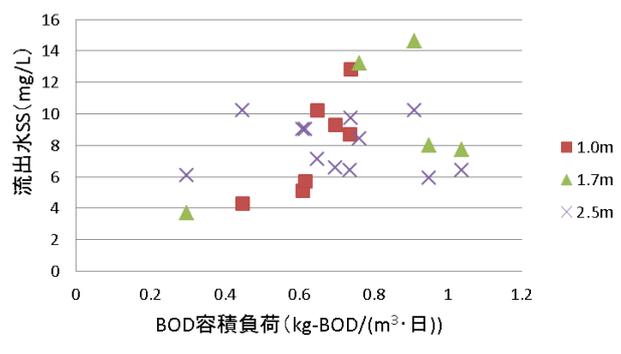


図 4-22 散水担体ろ床高さとして流出水 SS 濃度の関係 (実証研究における小型装置による実験結果)

②ろ床高さとして流出水溶解性 BOD の関係

同じ BOD 容積負荷で、ろ床高さとして流出の溶解性 BOD の関係は図 4-23 のとおりであった (実証研究における小型装置による実証実験結果)。同じ BOD 容積負荷であっても、ろ床高さが低くなるほど、溶解性 BOD は増加する (処理性が悪化する) 傾向があり 1.0m ではその傾向が大きかった。

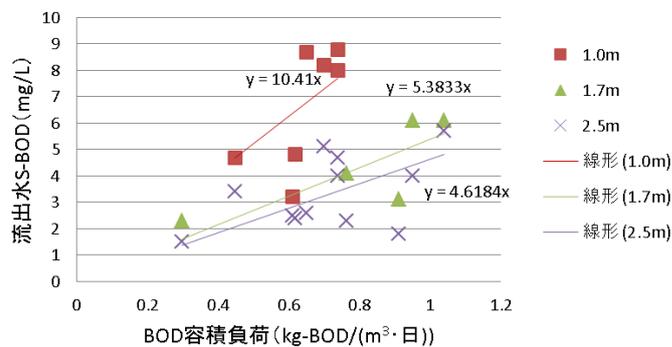


図 4-23 散水担体ろ床高さとして流出水溶解性 BOD の関係 (実証研究における小型装置による実験結果)

③ろ床高さによる流出水溶解性 BOD の補正

②より流出水溶解性 BOD に関しては、散水担体ろ床のろ床高さを 2.5m 以外とする場合には、ろ床高さ 2.5m の値を補正して算出する。なお、補正の考え方を図 4-25 に、高さ補正をして溶解性 BOD を算出する式を(式 7)に示す。

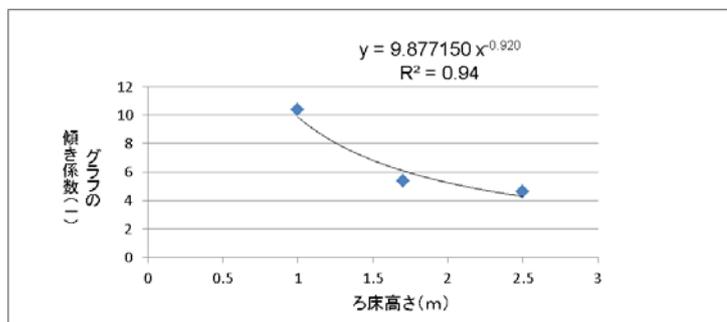


図 4-24 ろ床高さと図 4-23 のグラフ傾きの関係

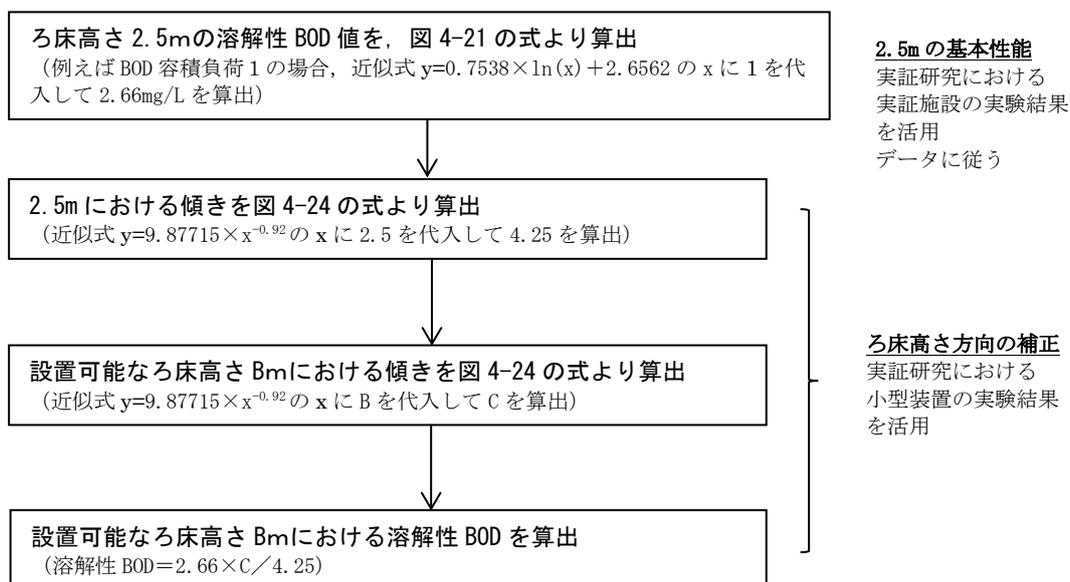


図 4-25 任意の散水担体ろ床高さでの溶解性 BOD 補正の考え方

以上をまとめると以下の(式 7)となる。

$$\text{任意のろ床高さの溶解性 BOD (mg/L)} = \frac{\overbrace{((0.7538 \times \ln(A) + 2.6562))}^{\text{図 4-21 より}} \times \overbrace{(9.87715 \times B^{-0.92})}^{\text{図 4-24 より}}}{4.25} \dots \text{(式 7)}$$

ここで A : 散水担体ろ床 BOD 容積負荷 (kgBOD/($\text{m}^3 \cdot \text{日}$))
B : ろ床高さ (m)

(6) 浸漬洗浄、空気洗浄の機能確保

ろ床バエの発生抑制、貝類の増殖阻止を目的に、浸漬洗浄を定期的に行うことができる機能を有するものとする。浸漬洗浄の頻度は2週間に1回程度を標準とし、BOD容積負荷、季節や水温等、現場の状況に応じて調整する。冬季など散水担体ろ床の目詰まりが進行し空隙率が減少しやすい条件の場合は、空気洗浄も頻度を決めて実施する必要がある。

上記を考慮し、設計においては、浸漬洗浄、空気洗浄が任意の頻度で自動的に実施できるようにすることとする。

(7) 散水担体ろ床洗浄排水槽の容量決定

散水担体ろ床洗浄排水は、浸漬または空気洗浄後に速やかにろ床から排出されるようにする。排水槽は散水担体ろ床1槽分の洗浄排水を貯留できる容量とする。散水担体ろ床1槽分の洗浄排水量はろ床面積にろ床高さおよび空隙率（空隙率は0.8程度であるが、ろ床下部排水量等を考慮し、余裕をみて0.9とする）を乗じて算定する（§37表4-2参照）。

(8) 通気量の設定

散水担体ろ床の生物学的処理機能が損なわれないよう、通気量は日平均汚水量の6倍を基本とする。

なお、実証研究では日平均汚水量の6倍の通気量において、散水担体ろ床での冬季の水温低下ならびに四季を通じての酸素欠乏による生物処理機能の低下、等の障害は生じなかった。

(9) その他検討事項

1) 散水器

散水器は、散水担体ろ床表面全体に均等に散水できること、水量変動の影響を受けにくく安定した散水が可能であること、を考慮して設計する。

2) 循環ポンプ、送水ポンプ

水量変化に対して、運転台数で対応できることが望ましい。また発停頻度を減らすため、循環水槽は十分大きい容量を有することが望ましい。

3) 覆蓋

ハエ対策、冬季の保温、臭気対策（§32脱臭参照）等を兼ねて、前段ろ過施設と散水担体ろ床には覆蓋を行う。

4) 通気ファン、送気ファン

通気ファン、送気ファンは単独でも運転が可能な設計とする。何らかの理由により、短期間でも設備を停止する場合でも、通気ファン、送気ファンは単独で運転を行う（§44(3)参照）。

5) 採水口の設置

散水担体ろ床のろ床流出水の採水ができるように採水口を設ける（§48水質管理参照）。

§ 31 既設改造の留意点

既存施設の反応タンクの改造では、以下に留意する。

- (1) 散水担体ろ床流入水が複数の散水担体ろ床へ均等に流入する流入水路とする
- (2) 既存反応タンクに上部から散水部、担体充填部、排出部の順に適切に配置する
- (3) 散水担体ろ床の洗浄排水および循環水の流路を確保する

【解説】

(1) 流入水路

流入水が複数の散水担体ろ床に均等に配分されるよう、時間最大汚水量に基づいて流入水路を設計する。既存施設にステップ流入水路がある場合には、水路の断面積から導水勾配を計算し、流入水路として活用できるか検討する。

(2) 散水担体ろ床

既存施設の改造は、図 4-26 に示すように、流入水路から自然流下によって散水する散水部と、生物処理を行う担体充填部、処理水および洗浄排水の排出部を設ける (§ 30 (4) 参照)。

(3) 洗浄排水槽、循環水槽

散水担体ろ床の流出水および洗浄排水が速やかに循環水槽、散水担体ろ床洗浄排水槽に流れ出る構造となるよう底部を改造し、既存施設の反応タンクの両端にこれらの槽を設ける。

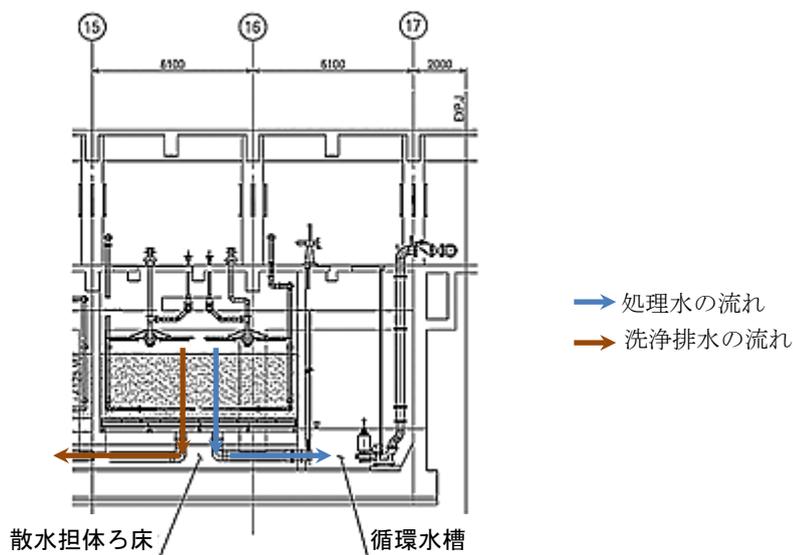


図 4-26 散水担体ろ床の設置イメージ (断面)

§ 32 脱臭

送気ファンにより前段ろ過施設の上層部のガスを散水担体ろ床上部に送風するとともに、それ以上の風量となる通気ファンにて、散水担体ろ床下部のガスを排出することにより、散水担体ろ床上部のガスは担体ろ床に吸引され、担体ろ床通過中に生物作用を受けて脱臭される。

【解説】

脱臭のための通気は、§ 30 散水担体ろ床の設計（8）通気量の設定 に記載した通気ファンによる通気と兼ねて行われる。ろ床による脱臭はろ床に付着した生物膜の作用による（§ 39 安全対策、§ 40 環境対策 参照）。

この原理を活用するため、通気ファンの吸引能力は、前段ろ過上層部から散水担体ろ床上部に臭気を送る前段ろ過施設送気ファンの能力と散水担体ろ床の空気洗浄時の発生風量の和よりも大となるよう設計する。その結果、空気洗浄の有無にかかわらず、散水担体ろ床の上部空間は弱い負圧に維持されるため、臭気はろ床上部からは外部に放散しない。

このような設計により、下水処理に伴う臭気は除去されたことから、本技術では当初設計の段階では水処理脱臭設備の設置は見込まない。

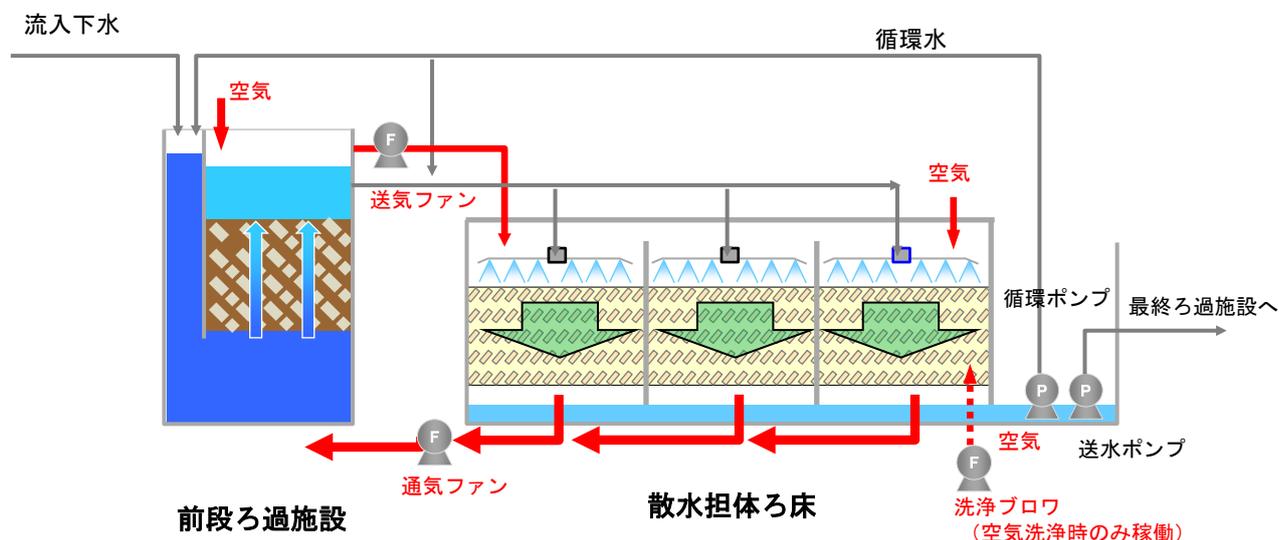


図 4-27 脱臭方法

第5節 最終ろ過施設

§ 33 最終ろ過施設の施設構成

最終ろ過施設は、最終ろ過分配槽、最終ろ過槽、最終ろ過洗浄排水槽からなる。

【解説】

(1) 最終ろ過分配槽

複数の最終ろ過槽に、均等に散水担体ろ床流出水を分配、供給する槽である。水処理1系列に1池のろ過施設の場合は不要である。

(2) 最終ろ過槽

散水担体ろ床流出水中の剥離SSのうち沈殿するものは最終ろ過沈殿汚泥として分離した後、上部に設けられたろ過部に上向流で通過させて微細な剥離SSを除去する。ろ過部の除去原理は、ろ材表面へのSSの沈降である（詳細は§10 最終ろ過施設の概要と特徴 参照）。

槽下部に沈降する最終ろ過沈殿汚泥は、汚泥ホoppa部分から最終ろ過沈殿汚泥ポンプにより引き抜かれ、既存の汚泥処理施設に送られる。

最終ろ過槽処理水路は、自然流下で、洗浄排水の流路を兼ねる構造とする。洗浄時に同水路を通る最終ろ過洗浄排水は越流して最終ろ過洗浄排水槽に入るよう、流路に設けた弁あるいはゲートを閉じる。

(3) 最終ろ過洗浄排水槽

最終ろ過施設での定期的な逆洗に伴う逆洗排水を一時的に貯留する槽であり、1回分の洗浄排水を貯留できる容量とする。洗浄排水槽下部には洗浄排水ポンプを設置し、洗浄排水を一次濃縮施設に送水する。

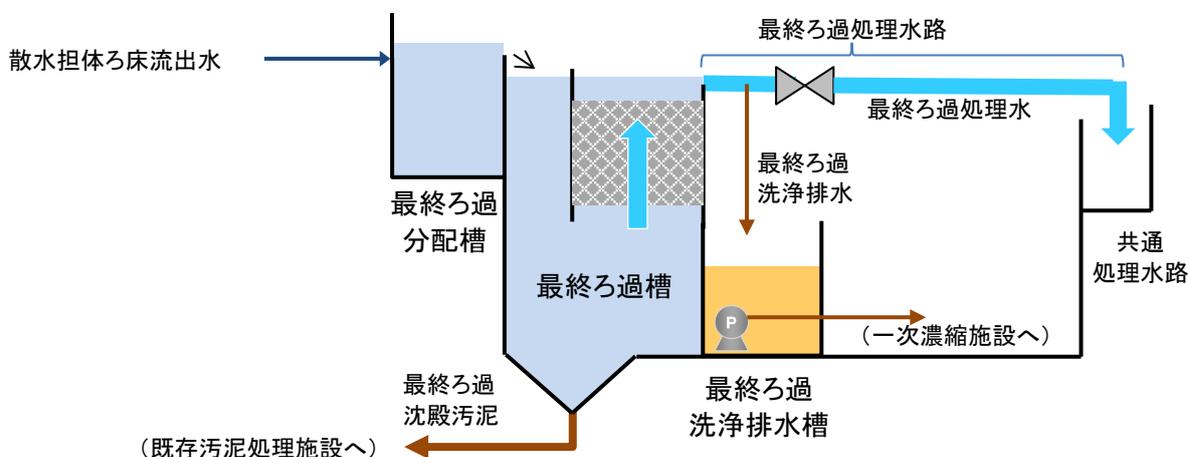


図 4-28 最終ろ過施設の構成

§ 34 最終ろ過施設の設計

最終ろ過施設のろ過速度は日最大汚水量に対し、150m/日程度となるよう設計する。

最終ろ過施設の処理機能は、固形性 BOD をろ過によって除去できるが、溶解性 BOD は除去できないものとする。

散水担体ろ床流出水 SS 濃度から洗浄頻度を設定する。

【解 説】

(1) 基本的な設計手順

以下に基本的な設計手順と内容を示す。

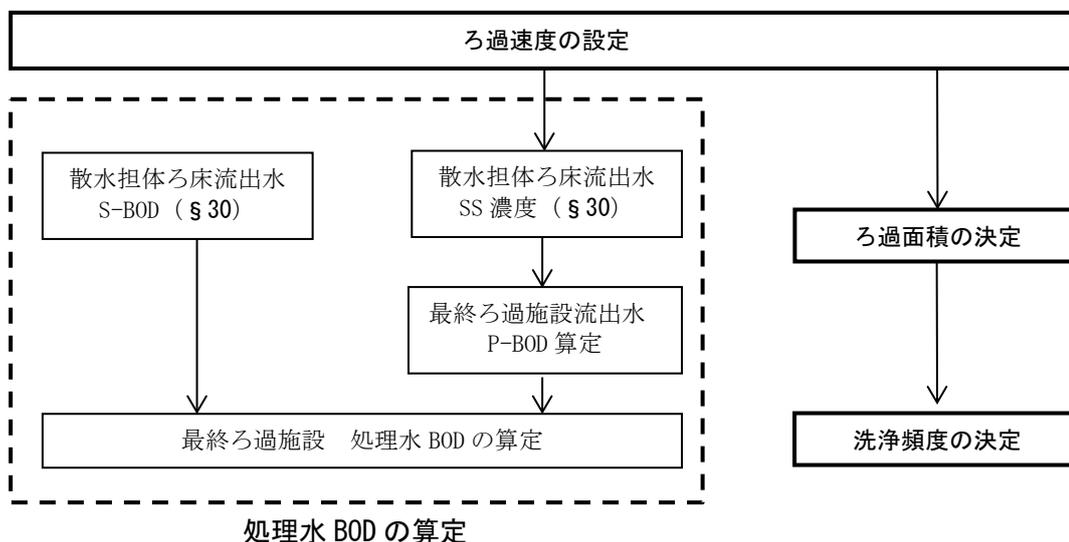


図 4-29 最終ろ過施設の設計手順

(2) ろ過速度の設定

ろ過速度は、実証研究で実施した 150m/日程度を基本として設定する。

(3) ろ過面積の決定

日最大汚水量をろ過速度で除すことにより、ろ過面積を決定する。

(4) 処理水 BOD の算定

最終ろ過施設流出水 BOD (=処理水 BOD) の算定は、固形性 BOD と溶解性 BOD に分けて以下、1) 2) 3) の順に求める。

1) 固形性 BOD の算定

①最終ろ過施設への流入 SS と SS 除去率の関係 (図 4-30) から、最終ろ過流出水 SS 濃度 (=処理水 SS 濃度) を算定する。

②処理水 SS 濃度と処理水固形性 BOD の関係 (図 4-31) から処理水 固形性 BOD を算出する。

2) 溶解性 BOD の確認

最終ろ過流入水と処理水は同一 (処理されない) とする。

3) 処理水 BOD の算定

処理水固形性 BOD と、処理水溶解性 BOD の和として算出する。

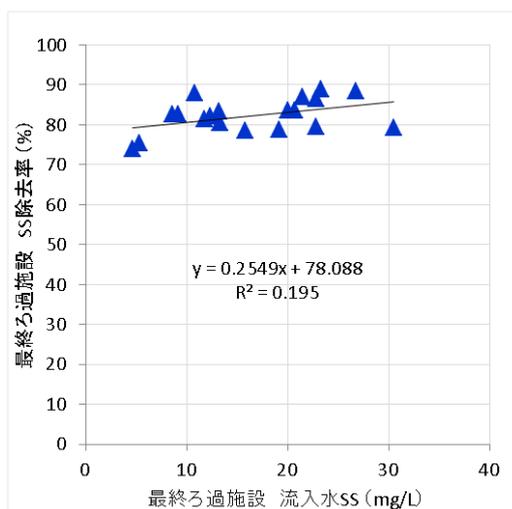


図 4-30 最終ろ過施設 流入水 SS と SS 除去率の関係

(注意)
処理水 BOD の P-BOD
は、N-BOD を内含

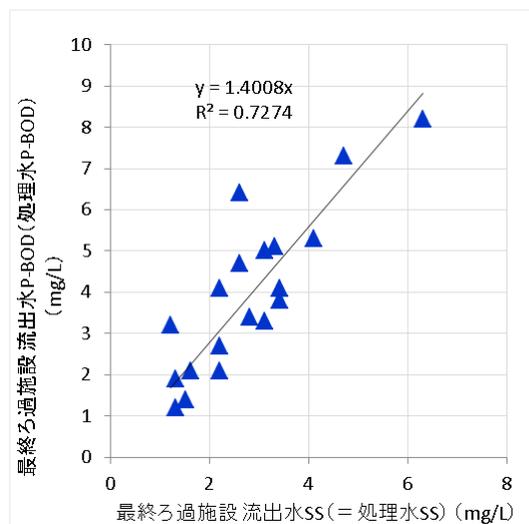


図 4-31 最終ろ過施設 流出水 SS と流出水 固形性 BOD の関係

(5) 洗浄頻度の決定

実証研究では、最終ろ過施設流入水 SS は概ね 5~30mg/L (平均 20mg/L) で推移し (資料編 1-2. 定期試験 (コンポジット採水) 結果 (ウ) SS 濃度 参照)、ろ過速度 150m/日 でろ過した場合に 1 回/日の洗浄で安定した運転が可能であった。従って、洗浄 1 回あたりの最終ろ過槽に対する流入負荷総量は、以下であったと計算される。

$$\text{平均 } 20\text{mg/L} \times 150\text{m/日} \times 1 \text{日} \Rightarrow 3\text{kgSS/m}^2$$

これより、最終ろ過槽の洗浄頻度は、最終ろ過施設流入水として 3kgSS/m²の流入負荷に対して 1 回と決定する。

具体的には、最終ろ過施設流入水 SS 10mg/L で 0.5 回/日、20mg/L で 1 回/日、30mg/L で 1.5 回/日となる。

(6) N-BOD 発現の考慮

処理水に残存する NH₄-N が N-BOD として発現する可能性がある。

図 4-31 に示す固形性 BOD は、BOD から溶解性 BOD を除いた実証データであるため、NH₄-N に起因して発現する N-BOD を含むデータである。このため本相関式で求められる処理水 BOD は N-BOD を含む値として算定される (算出された処理水 BOD に N-BOD を加算する必要はない)。

なお、参考として、実証研究で得られた本技術の処理水 NH₄-N と N-BOD の関係を資料編 1-3. 最終ろ過施設での N-BOD 発現に示す。本技術では、残存 NH₄-N 値の 1/2 程度が N-BOD 値と発現する程度であった。これは本技術の特徴として、最終ろ過施設にて効率的に剥離 SS が除去されるためであると考えられる。

§ 35 既設改造の留意点

既設最終沈殿池の流入水路側から最終ろ過分配槽、最終ろ過槽、最終ろ過洗浄排水槽の順に配置する。

【解説】

(1) 最終ろ過分配槽

複数の最終ろ過槽に均等に流入されるよう、時間最大汚水量に対して最終ろ過槽のろ過損失水頭分（100mm）を考慮した分配堰高さを設定し、さらに越流水深を考慮して最終ろ過施設流入水位を決定する（図 4-32 参照）。

(2) 最終ろ過槽

既存最終沈殿池の汚泥ホッパ部分を最終ろ過沈殿汚泥の沈降部分として活用する。最終ろ過槽底部は最終ろ過沈殿汚泥の堆積がないよう勾配を付ける等の改造を行う。

最終ろ過処理水は、既存最終沈殿池流出水路まで、できる限り導水勾配を小さくしつつ安定して流下できるように既存施設の水位高低に留意する。

(3) 最終ろ過洗浄排水槽

最終ろ過洗浄排水槽には、最終ろ過槽からの洗浄排水が一時的に貯留される。そのため槽底部を傾斜させるとともに洗浄排水ポンプ設置用ピットを設けて、汚泥の残留がない構造とする。

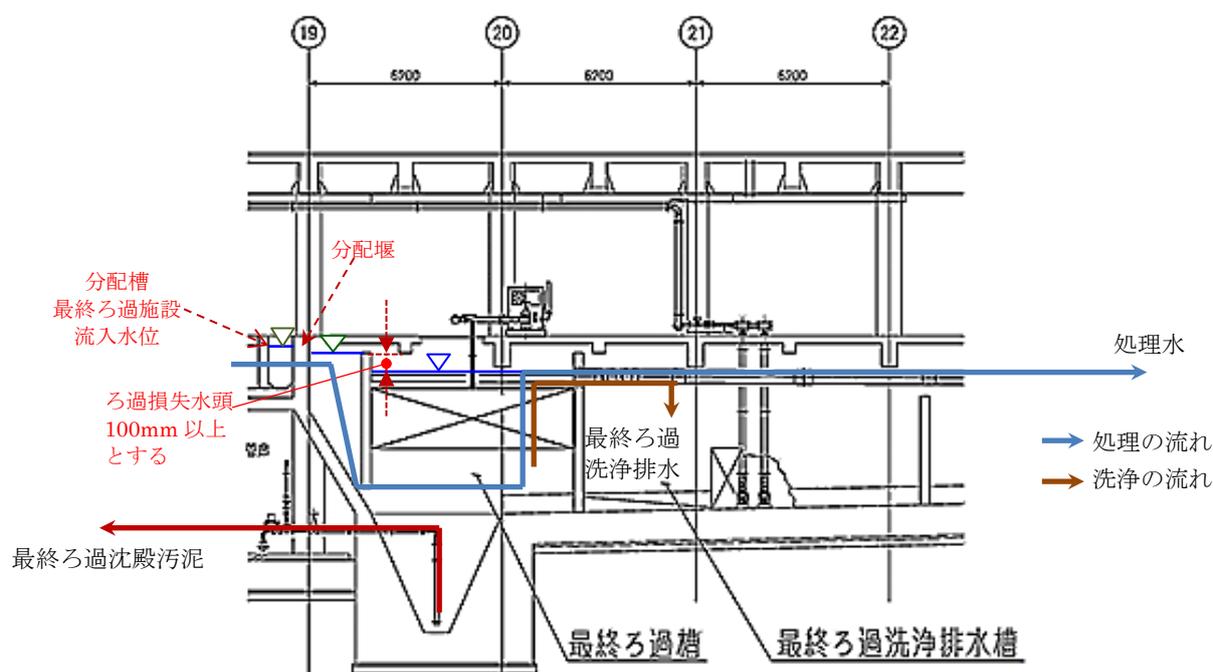


図 4-32 最終ろ過施設の設置イメージ（断面）

第6節 一次濃縮施設

§36 施設構成

一次濃縮施設は、一次濃縮槽と濃縮汚泥ポンプ、必要に応じて分離水ポンプから構成される。

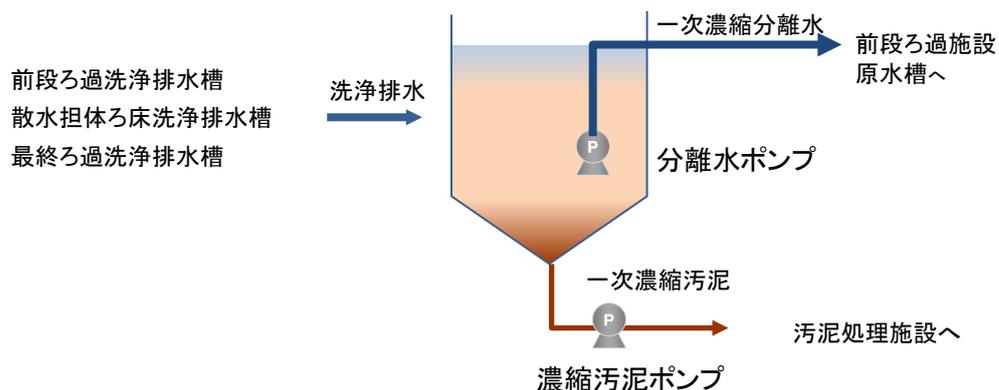
【解説】

(1) 構成

一次濃縮施設は、前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設の各洗浄排水槽からの洗浄排水を受け入れ、一次濃縮汚泥および一次濃縮分離水に固液分離する施設である。

一次濃縮施設には回分式と連続式があり、各々の構成図を図4-33に示す。連続式で土木から新規に構築する場合には、一次濃縮分離水を前段ろ過原水槽に送水する分離水ポンプは使用せず、一次濃縮分離水は前段ろ過原水槽に自然流下できるように設計することが望ましい。

(回分式)



(連続式)

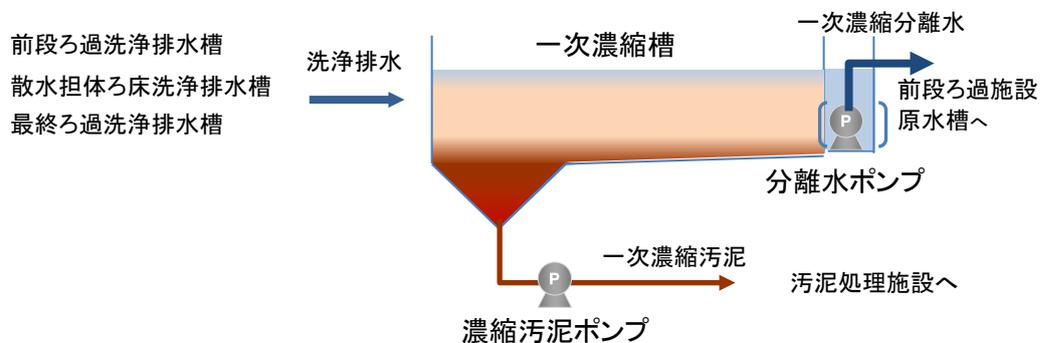


図4-33 一次濃縮施設の構成

(2) 一次濃縮槽

連続処理が可能な横流式沈殿槽あるいは回分式沈殿槽で、各施設から発生する洗浄排水の沈降性と、既設最初沈澱池の躯体寸法を考慮して、十分な水面積による固液分離機能が確保できるよう設定する。

(3) 濃縮汚泥ポンプ

濃縮された一次濃縮汚泥を引抜くポンプであり、汚泥処理施設に送泥する。

(4) 分離水ポンプ

一次濃縮分離水を前段ろ過施設原水槽に送水するポンプである。自然流下により送水が可能な場合は不要である。

§ 37 一次濃縮施設の設計

一次濃縮施設は、前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設から発生する洗浄排水中のSSを濃縮して一次濃縮汚泥と分離水に固液分離する、連続式あるいは回分式の施設である。固液分離に必要な沈殿時間（静置時間）を確保できるよう設計する。一次濃縮汚泥は引き抜いて汚泥処理施設に移送し、一次濃縮分離水は前段ろ過原水槽に返送する。

【解 説】

(1) 設計手順

図 4-34 に一次濃縮施設の設計手順を示す。前段ろ過、散水担体ろ床、最終ろ過の各施設から発生する洗浄排水は、汚泥濃度が 0.1%程度と希薄である。これを一次濃縮槽で重力沈殿により 0.5～1%程度まで濃縮する。ここで生成した一次濃縮汚泥は、汚泥処理施設の重力濃縮槽等へ移送し、一次濃縮分離水は前段ろ過原水槽に返流する。

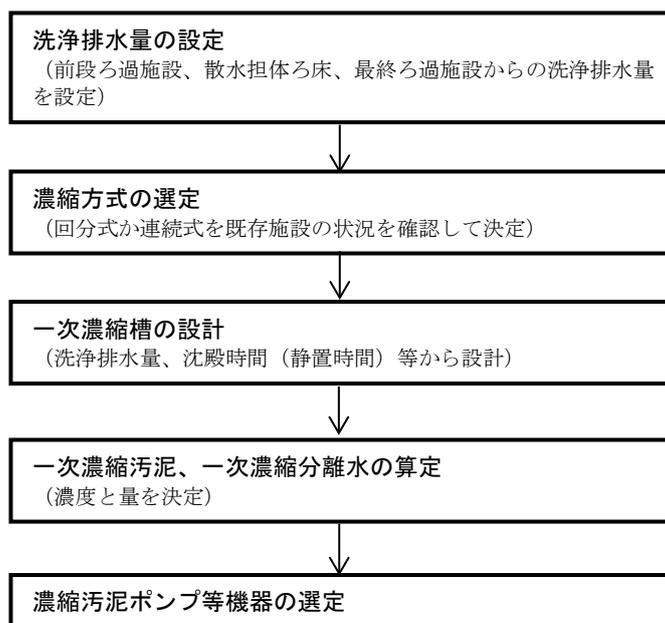


図 4-34 一次濃縮施設の設計手順と内容

(2) 洗浄排水量の設定

洗浄排水量の算定にあたっては表 4-2 に示す値を参照する。

洗浄回数 a は、次項 (3) に示す 1 日の単位濃縮操作の回数決定に用いる。

洗浄 1 回 1 槽あたりの洗浄排水量 b は、各洗浄排水槽の規模、各洗浄排水槽から一次濃縮施設への送水量、送水時間の設定に用いる。

また、洗浄回数 a、洗浄 1 回 1 槽あたりの洗浄排水量 b、各槽数の積により 1 日の洗浄排水発生量が算定される。

表 4-2 洗浄排水量の算定方法

項目	洗浄回数 a (回/日)	洗浄 1 回 1 槽あたりの 洗浄排水量 b (m ³ /回)	1 日あたりの 洗浄排水量(a×b) (m ³ /日)
前段ろ過 洗浄排水	a ₁ § 27 (5) 洗浄回数 の決定 参照	b ₁ ろ過面積(m ²)×洗浄高さ ^{※1} (m) ※1 1.2m程度	a ₁ ×b ₁
散水 担体ろ床 洗浄排水	a ₂ § 30 (6) 浸漬洗 浄、空気洗浄の機能 確保 参照	b ₂ ろ床面積(m ²)×ろ床高さ(m) ×担体空隙率 ^{※2} (m) ※2 担体空隙率は 0.8 程度であるが下部 配管分等を考慮し、余裕をみて 0.9 と する。	a ₂ ×b ₂
最終ろ過 洗浄排水	a ₃ § 34 (5) 洗浄回数 の決定 参照	b ₃ ろ過面積(m ²)×ろ過速度(m/日) ×洗浄時間 ^{※3} (分)/1,440 ※3 30~40分程度	a ₃ ×b ₃
総洗浄 排水量	—	—	a ₁ ×b ₁ + a ₂ ×b ₂ + a ₃ × b ₃

(3) 濃縮方式の選定

濃縮方法として、回分式、連続式のいずれかを選定する。土木施設から新設の場合、洗浄回数が多い、既設の最初沈殿池の活用ができる等の各場合には、できる限り連続式を選定する。回分式を採用する場合にも既設の最初沈殿池の汚泥ホッパ部分の活用を検討する。

一般に既存の最初沈殿池3池を改造する場合には、その1つの最初沈殿池を連続式一次濃縮施設として活用しやすいが、2池以下の場合には既存最初沈殿池をそのまま一次濃縮施設として活用しにくいいため、既存最初沈殿池の汚泥ホッパ部分を区切る等により、回分式一次濃縮槽などに改造する(図4-39参照)

なお、土木から新設の場合等にはなるべく連続式の設計を行うこととし、既存施設を改造する回分式となる場合には、非常時に洗浄排水を他の水処理系列で受け持つことができるよう送水ルートを確認することとする。

以下に各濃縮方式のイメージを示す。

1) 回分式

24時間に3槽からの洗浄排水を回分式で濃縮する操作を割り付ける。その割付けイメージを図4-35に示す。1操作は、一次濃縮槽への送水、静置、沈殿汚泥引抜、分離水送水の各単位操作から構成される。

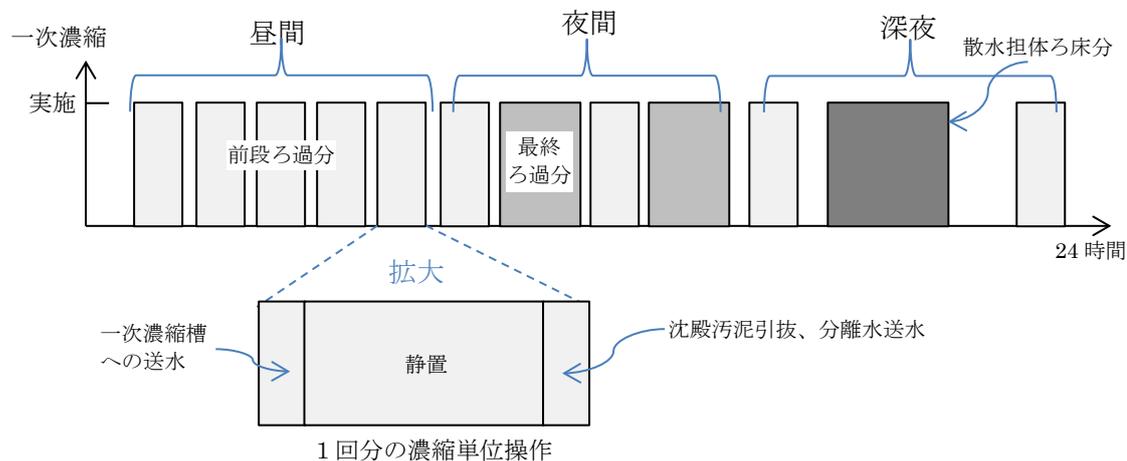


図4-35 回分式の一次濃縮の設定イメージ

2) 連続式

3槽からの各洗浄排水が適宜、横流式の一次濃縮槽に流入する。各洗浄排水の送水量と送水時間の割付けイメージを図4-36に示す。連続式では回分式のように静置の概念がなく、各々の洗浄排水を合わせて送ることが可能である。

連続式一次濃縮槽への
洗浄排水送水量
(m³/分)

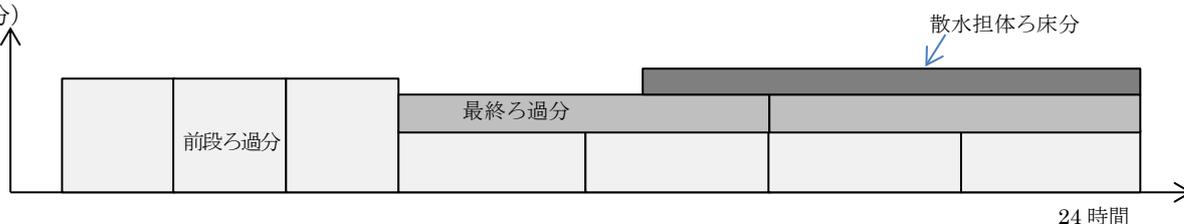


図4-36 連続式の一次濃縮の設定イメージ

(4) 一次濃縮槽の設計

1) 回分式一次濃縮槽の設計

表4-3に各洗浄排水の最低静置時間を示す。この静置時間では自由沈降による濃縮がなされ、その後は界面沈降に遷移して緩やかな圧密沈降に移行する。本静置時間は、実証研究データ（資料編1-16. 洗浄排水の濃縮）より設定したものであり、流入水質等により性状が異なることから、これよりも余裕を持った値を設定する。

なお、1回分の濃縮単位操作には、この静置時間を含む処理時間（洗浄排水流入時間＋静置時間＋一次濃縮汚泥引抜時間＋分離水排出時間）が必要となり、各時間を適宜設定する。

表4-3 洗浄排水の沈降(静置)時間（資料編1-16. 洗浄排水の濃縮 参照）

対象洗浄排水	最低静置時間 (分)
前段ろ過洗浄排水	5
散水担体ろ床洗浄排水	10
最終ろ過洗浄排水	5

2) 連続式一次濃縮槽の設計

図4-37に連続式一次濃縮槽の面積算出のために必要な数値を示す。送水は3種の洗浄排水が各々同一の一次濃縮槽に送水されるが、表4-2で求めた洗浄1回1槽あたりの各洗浄排水量が分かるので、これを送水時間で除すことにより、各洗浄排水の和を求めることにより送水量Qが算出される。本図に示すように前段ろ過洗浄排水の多い時間帯と、散水担体ろ床あるいは最終ろ過施設の洗浄時間とが重ならなければ面積を小さくすることが可能である。

次に(式8)を用いて各洗浄排水毎に、送水量Q、沈降時間T(=静置時間)(資料編1-16. 洗浄排水の濃縮 参照)、一次濃縮槽水深dから求めた各面積Sの和を連続式一次濃縮槽の水面積Sとして算出する。

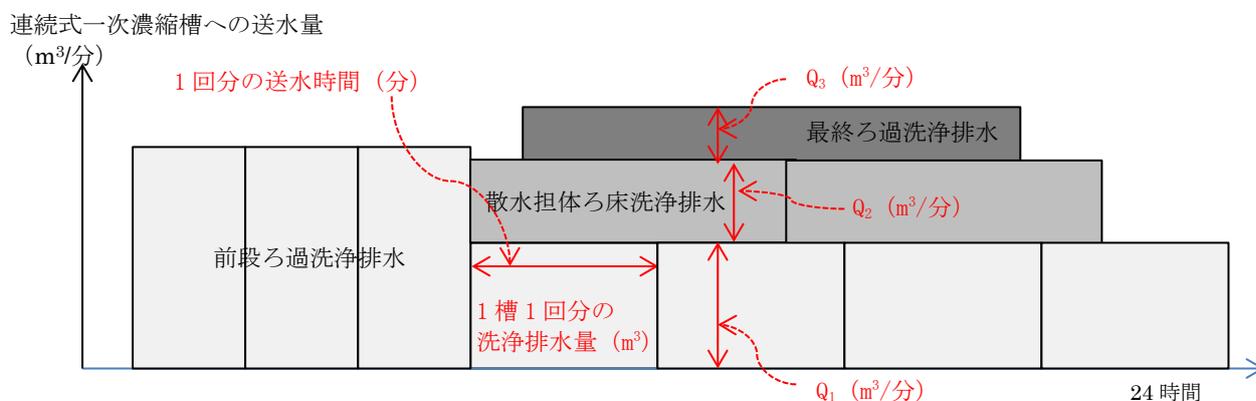


図4-37 連続式一次濃縮槽の面積算出のための水量等

連続式一次濃縮槽の面積 $S = S_1 + S_2 + S_3 = Q_1/A_1 + Q_2/A_2 + Q_3/A_3$

$$= (T_1 \times Q_1) / d_{共通} + (T_2 \times Q_2) / d_{共通} + (T_3 \times Q_3) / d_{共通} \dots \dots \dots (式8)$$

- S : 連続式一次濃縮槽の水面積(m²)
- S₁ : 前段ろ過洗浄排水に要する連続式一次濃縮槽の水面積(m²)
- S₂ : 散水担体ろ床洗浄排水に要する連続式一次濃縮槽の水面積(m²)
- S₃ : 最終ろ過洗浄排水に要する連続式一次濃縮槽の水面積(m²)
- Q₁ : 前段ろ過 洗浄排水量(m³/分)
- A₁ : 前段ろ過洗浄排水による 水面積負荷(m³/(m²・日))
- T₁ : 前段ろ過 洗浄排水の沈降時間(分)
- Q₂ : 散水担体ろ床 洗浄排水量(m³/分)
- A₂ : 散水担体ろ床洗浄排水による 水面積負荷(m³/(m²・日))
- T₂ : 散水担体ろ床 洗浄排水の沈降時間(分)
- Q₃ : 最終ろ過 洗浄排水量(m³/分)
- A₃ : 最終ろ過洗浄排水による 水面積負荷(m³/(m²・日))
- T₃ : 最終ろ過 洗浄排水の沈降時間(分)
- d_{共通} : 一次濃縮槽水深(m)

(5) 一次濃縮汚泥、一次濃縮分離水の固形物量等の算定

一次濃縮汚泥、最終ろ過沈殿汚泥は汚泥処理施設へ送泥され、一次濃縮分離水は前段ろ過原水槽に返水される。このため、これらの発生量を把握する必要がある。

1) 一次濃縮汚泥、最終ろ過沈殿汚泥の発生量

一次濃縮汚泥、最終ろ過沈殿汚泥の発生量は、図4-4の固形物収支図を参考とし、以下の式から概略算定する。一次濃縮汚泥濃度は、0.5~1%程度であるが、詳細には資料編1-16. 洗淨排水の濃縮の沈殿時間（静置時間）と界面高さの関係から図4-38に示す方法で各一次濃縮汚泥濃度を算定し、その各汚泥発生比率から、混合後の一次濃縮汚泥濃度を算定する。

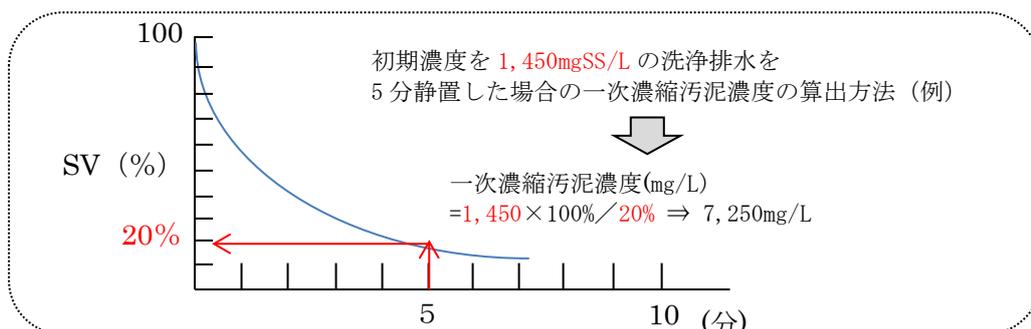


図4-38 一次濃縮汚泥算出方法

$$\text{一次濃縮汚泥 SS (kg/日)} = \text{流入下水 SS (mg/L)} / 1,000(\text{g/kg}) \times \text{日平均汚水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.74 \dots \dots \text{(式 9)}$$

$$\text{最終ろ過沈殿汚泥 SS (kg/日)} = \text{流入下水 SS (mg/L)} / 1,000(\text{g/kg}) \times \text{日平均汚水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.06 \dots \dots \text{(式 10)}$$

2) 一次濃縮分離水の発生量

一次濃縮分離水のSS発生量は、図4-4の固形物収支図を参考とし、以下の式から算定する。また、一次濃縮分離水の水量は表4-2から求められる総洗淨排水量と同等とする。

$$\text{一次濃縮分離水 SS (kg/日)} = \text{流入下水 SS (mg/L)} / 1,000(\text{g/kg}) \times \text{日平均汚水量 (m}^3/\text{日)} \times 0.19 \dots \dots \text{(式 11)}$$

(6) 濃縮汚泥ポンプ等機器の選定

濃縮汚泥ポンプは、(5) 1) で算出した一次濃縮汚泥量（一次濃縮汚泥SS(kg/日)を一次濃縮汚泥SS濃度で除して算出）から機器を選定する。

分離水ポンプは、§37(2) 洗淨排水量の設定で算出した総洗淨排水量から機器を選定する。

回分式一次濃縮槽の場合には、これらの稼働時間が限定される（図4-35参照）ため、送水能力としては大きな機器が必要となる点に留意する。

(7) 一次濃縮槽の補機類

前段ろ過で捕捉されるし渣類の中には、一次濃縮槽で十分に沈降しない浮遊性のし渣がある。このようなし渣成分が含まれる場合には、濃縮後の上澄水に含まれて、前段ろ過施設に流入し、ろ過損失水頭の上昇原因となるほか、前段ろ過～洗浄排水槽～一次濃縮槽をし渣が循環するケースが想定され、一次濃縮槽でのスカム化が懸念される。このため、必要に応じてスカムスキマーの設置を検討する。

§ 38 既設改造の留意点

一次濃縮施設を既存の最初沈殿池を改造して設ける場合は、既存の最初沈殿池やその汚泥ホッパ部の利用に留意する。

【解説】

連続式の一次濃縮槽は、既存の最初沈殿池と同じ構造であり、できる限り既存施設を活用する。回分式においても最初沈殿池の汚泥ホッパ部を活用して改造する。

図 4-39 に一次濃縮槽導入にあたっての既存最初沈殿池の改造のイメージ図を示す。

改造する最初沈殿池が 3 池あって、洗浄排水量や必要な沈降時間から求めた一次濃縮槽の必要面積よりも既存の最初沈殿池が大きい場合には、最初沈殿池をそのまま活用する（連続式）。流入部に関しては、沈降域での良好な汚泥沈降を促進するため、既存施設の整流壁や汚泥掻寄せ機も有効に活用する。一次濃縮分離水をより水位の高い前段ろ過原水槽に返流させるため、分離水ポンプを設置する必要がある。

一方、改造する最初沈殿池が 2 池の場合は、一次濃縮槽としてそのまま活用できる既存の最初沈殿池がないので、前段ろ過槽に改造する最初沈殿池の汚泥ホッパ部分を一次濃縮槽（回分式など）として改造する。

上記はあくまでも一般的な考え方であり、個別の状況に応じて検討する。

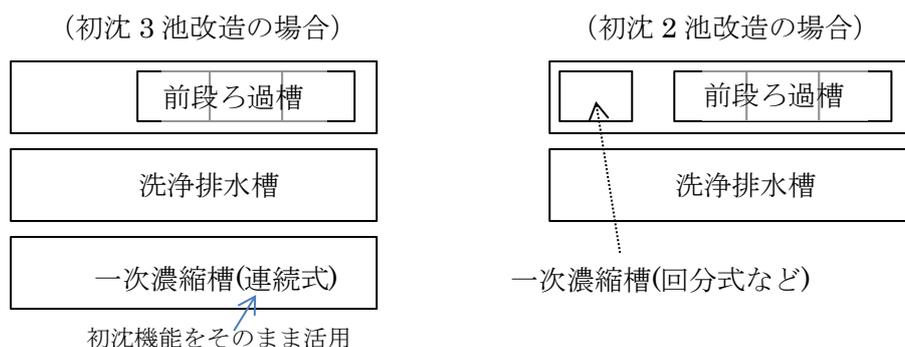


図 4-39 一次濃縮槽導入の既存最初沈殿池の改造のイメージ図

第7節 その他留意点

§ 39 安全対策

前段ろ過施設、散水担体ろ床、一次濃縮施設は、硫化水素の発生や酸欠のリスクがあるため、槽内を負圧とする。

【解説】

前段ろ過施設や一次濃縮槽は、流入下水のろ過や汚泥濃縮等がなされるので、有害な硫化水素が発生しやすい。また、散水担体ろ床においても、生物膜としてろ床に汚泥が保持されているので、汚泥の一部が腐敗し硫化水素が発生する恐れがある。

そのため、各施設には覆蓋を設け、前段ろ過施設や一次濃縮槽上部を換気して排気を散水担体ろ床に送るとともに、通気ファンにより散水担体ろ床下部からを下向流となるよう吸引して槽上部空間を負圧に保ち、外気を取り込む構造とする。

§ 40 環境対策

環境対策として、臭気漏洩の防止、ろ床バエの発生抑制、飛散防止が可能な施設とする。

【解説】

(1) 臭気漏洩およびろ床バエ飛散の防止

臭気対策として、前段ろ過施設、散水担体ろ床、一次濃縮槽には気密性の高い覆蓋を設ける。ろ床バエは散水担体ろ床上部の覆蓋のわずかな隙間からも脱け出し、作業環境を悪化させることから、覆蓋接続部等のシールも必要である。但し、完全密閉は通気上の支障になるので、給気用開口部には防虫ネットを設置するなどのろ床バエ漏洩防止の対策を行う。

なお、前段ろ過施設および散水担体ろ床の上部空間は負圧として、内部から外部に臭気が漏れないようにする。

(2) ろ床バエの発生抑制

散水担体ろ床では、ろ床バエの発生が認められる。ろ床バエの発生を抑制するため、定期的な浸漬洗浄もしくは空気洗浄が行える施設とする。浸漬洗浄や空気洗浄は、処理水量が少なく、一次濃縮施設への負荷が低くなる夜間の時間帯に実施することが望ましい（§ 49 環境対策 参照）。

§ 41 監視制御システム

監視制御システムは、流入水量、循環水量、通気量、各水槽の水位等を測定・監視するとともに、循環水量、通気量を調整できるようにする。各施設の洗浄および洗浄排水の一次濃縮操作は、タイマーもしくはろ過損失水頭により自動で行うシステムとする。

【解説】

本技術の監視項目と位置をまとめて図 4-40 に示す。

(1) 流量の測定

本システムの安定運転を行うために、以下(表 4-4、図 4-40)に示すように各所の流量を測定する。なお、循環水量は処理性能に影響するので、流量計を設置し、循環水量を把握する。

また、散水担体ろ床各槽への流入水量(各散水機への供給水量)については、堰流量計等の簡易な方法で測定し、均等に水が供給されているか定期的に確認する。

表 4-4 測定すべき流量項目

- | |
|----------------|
| ① 流入水量 |
| ② 前段ろ過施設への循環水量 |
| ③ 散水担体ろ床への循環水量 |
| ④ 通気量 |
| ⑤ 一次濃縮汚泥の送泥量 |
| ⑥ 最終ろ過沈殿汚泥の送泥量 |

(2) 各槽水位の測定

本技術は、運転や逆洗において水位が大きく変化する。処理状況を把握し、運転を適切に行う上で、日常的に水位の監視が必要である。前段ろ過施設では、通常、タイマー制御でろ過槽の逆洗が行われる。逆洗間隔、洗浄後のろ過損失水頭の初期値を水位計で確認、監視する。

(3) 運転環境の自動計測

本技術は、処理性に関して、低水温時に影響を受けやすく、また十分な酸素供給が必要である。

1) 温度計

特に低水温時に影響を受けやすい散水担体ろ床に水温計を設置し、水温を測定する。これにより生物学的処理機能への影響を把握する。

2) 酸素濃度計

下水に対する通気量が容積ベースで6倍以上あれば、酸素濃度が律速とはならないことが実証研究により示されており、必ずしも常設の必要はない。流入下水濃度が高い場合には、通気により酸素供給が十分になされているか、散水担体ろ床を通過した空気の酸素濃度を測定することが望ましい。

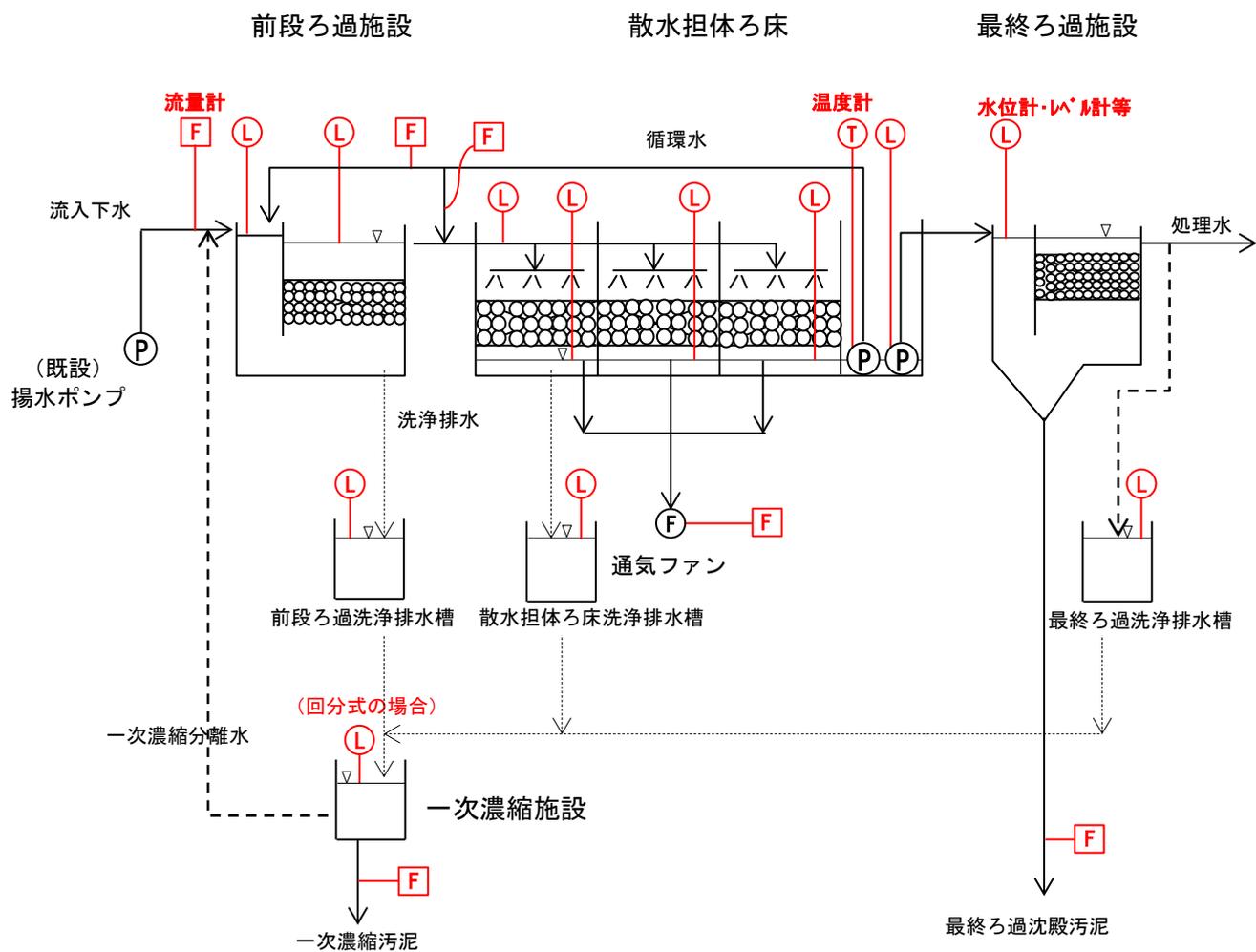


図 4-40 本技術の監視項目

§ 42 汚泥処理施設への影響

汚泥発生量および汚泥性状(濃縮性、脱水性)を把握し、汚泥処理への影響を検討する。

【解説】

図 4-41 に本項 § 42 で検討する対象を示す。

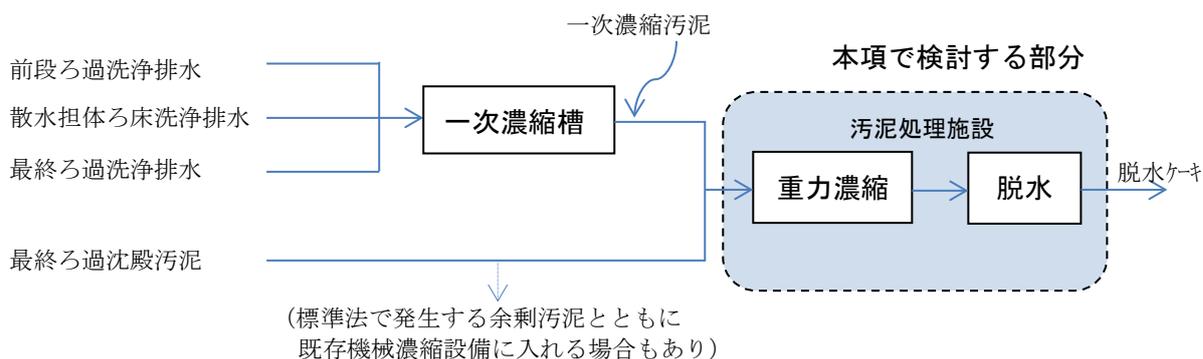


図 4-41 本項で検討する部分

(1) 汚泥発生量

本技術により発生する一次濃縮汚泥、最終ろ過沈殿汚泥の各汚泥量は § 37 (5) 一次濃縮汚泥、一次濃縮分離水の固形物量等の算定にて算出する。汚泥発生量は、標準活性汚泥法の 80%程度に低減される。

(2) 濃縮性

本技術より系外に引抜かれる一次濃縮汚泥および最終ろ過沈殿汚泥の濃縮性を資料編 1-17. 汚泥の濃縮性、脱水性 (ア) 濃縮性に示す。

2時間程度の濃縮時間を確保することで、濃度 1.5~2.0%程度まで濃縮でき、汚泥の脱水が可能である。

(3) 脱水性

本技術で得られる濃縮汚泥の性状および脱水性を資料編 1-17. 汚泥の濃縮性、脱水性 (イ) 濃縮汚泥の性状、(ウ) 脱水性に示す。

本技術の脱水汚泥含水率は 73~77%であり、標準活性汚泥法の 75~82%に比して 2~3 ポイント程度低く、脱水性は良好であった。これは、本技術では前段ろ過一次濃縮汚泥の粗浮遊物割合が高いためと考えられる。

(4) 汚泥処理施設への影響

以上のことから、本技術の導入に際して、既存汚泥処理施設の見直しは一般的には不要であると考えられる。。

§ 43 災害対策

地震時の応急復旧第一段階、第二段階で運用ができるよう設計する。

【解説】

本項では、災害のうち地震に対する対策に対して記載する。

下水道施設の耐震対策指針と解説(2014年版)⁷⁾によれば、地震や津波の発生時における下水道への重要な要求機能の1つとして「消毒機能」があり、リスク回避すべき事項として優先度の高い位置づけ(優先度A)がなされている。また「水処理機能」もそれに次ぐ位置づけ(優先度B)となっている。本技術はこれらの要求機能に応える技術である。

1) 施設の耐震性と応急復旧対応の関係

「処理場における段階応急復旧は、第一段階として沈殿+消毒から始める」¹³⁾とされているが、施設の耐震性があれば、速やかにこの第一段階に移行することが可能である。本技術は、耐震性を有する前段ろ過施設・最終ろ過施設、消費電力量の少ない散水担体ろ床から構成されている。

従って、地震時にはまず耐震性を有する前段ろ過施設と消毒施設を連携させておくことにより、迅速に、応急復旧の第一段階(沈殿+消毒機能)に移行することが可能となる。また次に応急復旧の第二段階、第三段階としてBOD15mg/Lを超える「沈殿+簡単な生物処理+消毒、生物処理+沈殿+消毒」¹³⁾があるが、電力復旧の状況に応じて、循環水を返流しないに運転等で対応が可能となる。また本復旧においても、標準活性汚泥法と比較して本技術は消費電力量が低いため、より早く上記「水処理機能」を回復させることが可能である。

2) 応急復旧段階における発生汚泥対応

応急復旧における汚泥処理は、「脱水処理および場外搬出」¹³⁾である。発生汚泥量が標準活性汚泥法よりも少ないものの応急復旧における対応は標準活性汚泥法と同等であると考えられる。

(1) 応急復旧の第一段階対応

応急復旧の第一段階において、前段ろ過施設流出水を消毒して放流できるよう、一次処理水（前段ろ過施設流出水）の流出配管を消毒施設まで接続しておく。

(2) 応急復旧の第二段階対応

応急復旧の第二段階対応としては、本技術の低電力消費の特徴を活かし、電力の復旧とともに迅速に二次処理（散水担体ろ床、最終ろ過施設）まで実施できるようにしておくことが望ましい。なお、地震時における「汚泥貯留機能」も優先度が高いため、汚泥処理施設が復旧する迄の間、汚泥の一時的な貯留ができるよう、最終沈殿池等の空き槽を非常用貯留池として活用できるように考慮しておくことが望ましい。

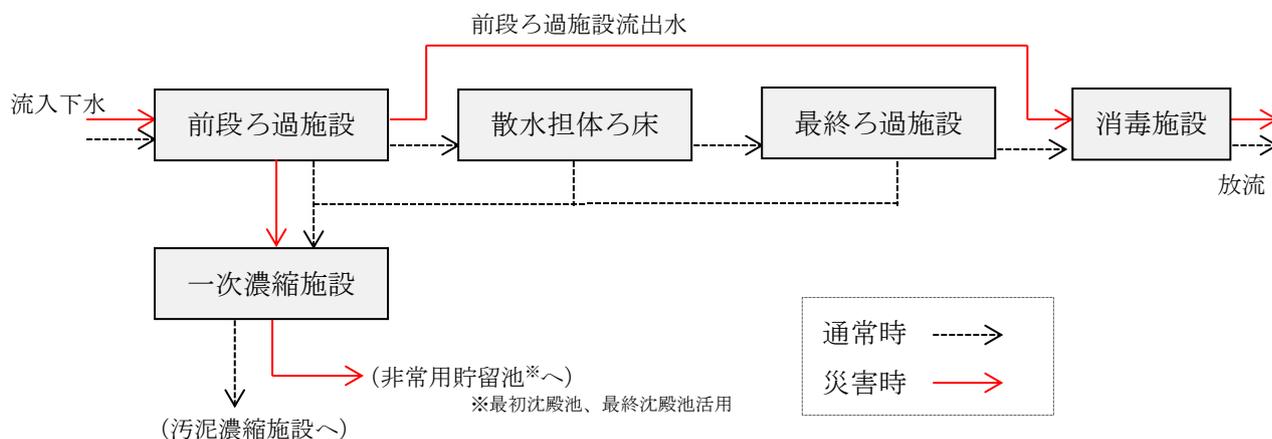


図 4-42 災害時の処理フロー

第5章 維持管理

第1節 システム全体としての管理

§ 44 システム全体としての維持管理

本技術の性能を十分に引き出すためには、散水担体ろ床および前段ろ過施設の適正な管理が重要である。また、安定した処理水質を確保するためには、最終ろ過施設の適切な管理が必要である。

【解説】

システム全体として考慮すべき維持管理事項は以下のとおりである。

(1) 自動運転

本技術は、散水担体ろ床での生物学的処理を中心として、その前後にろ過工程を配置することにより全体として処理機能が確保されている。このため、各施設の機能が安定して発揮できるように適切な運転管理を行う必要がある。

本技術の運転は自動化されており、特に日常的な運転調整は必要としない。しかし、流入水質変動時の前段ろ過工程におけるろ過損失水頭管理や、散水担体ろ床におけるろ床バエ発生対策等の本技術特有の事象に対し、適切な対応が必要とされる場合がある。

(2) 立上げ時の対応

本技術の立上げにおいては、前段ろ過施設、最終ろ過施設については、植種および馴致を必要としない。しかし、散水担体ろ床は、標準活性汚泥法等の活性汚泥を含む下水等を散水・循環（ポンプを活用）して植種・馴致することにより、早期に所定の性能に達することが可能となる。

(3) 停止時の対応

本技術は連続運転が基本である。しかし、何らかの理由により急きょ本システムの運転を停止することとなった場合には、悪臭ガス（硫黄系、アンモニア系）の発生を防止し、安全を確保するために、通気ファン、送気ファンは稼働させておくことが望ましい。

(4) 基本運転方法

本技術の基本運転方法を表 5-1 に示す。散水担体ろ床は生物学的処理であるため、水温や水質などの季節的変動の影響を受ける、そこで、散水担体ろ床内の汚泥堆積状況や処理水質に応じて、洗浄頻度や循環率の変更等を行う。

表 5-1 本技術の基本運転方法

施設名	操作項目		操 作 内 容
前段ろ過 施設	洗浄		定期的に実施 頻度：1回/1～2hr (高負荷時には1回/0.5～1hr)
	循環率 (前段ろ過施設へ)		50%(対日平均)
散水担体 ろ床	循環率 (散水担体ろ床へ)		春季～秋季 50%(対日平均) 冬季 150%(対冬季日平均)
	通気量		6倍(対日平均汚水量)
	洗浄	浸漬	定期的に実施 頻度：最大1回/(週あるいは10日(夏季))
		空気	定期的に実施 頻度：適宜
最終ろ過 施設	洗浄		定期的に実施 頻度：1回/日 時間：曝気30分、リンス*20分

※空気洗浄の後にろ材間に留まる固形物を曝気せず、通水のみで押し流す洗浄方法

(5) 標準活性汚泥法との相違点

本技術と標準活性汚泥法の相違点を表 5-2 に示す。

本技術では、散水担体ろ床の担体に付着・増殖した微生物膜により生物学的処理が行われるため、標準活性汚泥法等の「浮遊法における活性汚泥濃度の調整」¹⁵⁾を必要とせず、槽内微生物量や流入負荷に応じた送気量の調整等が基本的に不要である。

ただし、流入下水や散水担体ろ床流出水の処理がろ過操作により行われ、これらの操作の良否が処理水質に大きく影響するため、流入水質に応じた運転条件の設定が重要となる。

また、各施設からの洗浄排水の汚泥処理施設への送泥に際しては、一次濃縮操作が必要であり、これに不具合が生じると一連の水処理にも影響するため、適正に管理される必要がある。

表 5-2 本技術と標準活性汚泥法の相違点

項目	本技術	標準活性汚泥法
自動運転	容易	困難(微生物量管理が必要)
要素技術	ろ過+生物膜法+ろ過	沈殿+浮遊法+沈殿
・固液分離	ろ過	沈降分離
・酸素供給	ファンによる低圧の通気	ブロワと散気板による水中曝気
・汚泥濃度管理	不要	必要
汚泥発生量	標準活性汚泥法より少ない	流入下水 SS 量とほぼ同等
・前処理(一次濃縮)	必要	不要

第2節 運転管理

§ 45 前段ろ過施設および一次濃縮施設

前段ろ過施設では、固形物除去性能を適切に維持するため、ろ過損失水頭の管理を行い、ろ材の洗浄頻度および洗浄条件の調整等を行う。

また、前段ろ過施設の流入固形物負荷を適正に維持するため、一次濃縮汚泥の固液分離状況の管理を行い、運転条件の調整を行う。

【解説】

(1) 前段ろ過施設の管理

前段ろ過施設では累積通水量(累積固形物負荷)に応じてろ過損失水頭が上昇する。また、非常に大きなろ過損失水頭上昇が生じた場合は、洗浄操作によるろ過損失水頭の回復が困難になる。

このため、流入下水量および水質の変動を把握し、適切なろ材の洗浄間隔および洗浄条件の設定・調整を行う。

また、ろ過損失水頭の急激な上昇が確認された場合は、洗浄排水槽へのろ材流出の有無を確認する。

本システムでの洗浄排水発生量の大部分は前段ろ過に由来し、洗浄排水は一次濃縮操作を経て分離水として、再び前段ろ過施設に流入する。洗浄排水量は、前段ろ過のろ過速度の上昇によるろ過損失水頭の増加や処理効率の悪化(図4-12参照)の原因となるため、できるだけ少ないことが望ましく、洗浄条件については流入状況に見合った設定が必要である。

(2) 一次濃縮施設の管理

前段ろ過施設に流入する固形物負荷の20%程度は一次濃縮槽分離水に由来する。

このため、一次濃縮槽の固液分離の状況を定期的にモニタリングし、必要に応じて一次濃縮槽の運転条件(沈降時間の確保、汚泥引抜条件)についても調整を行う。

§ 46 散水担体ろ床

散水担体ろ床では、散水担体ろ床流出水の水質に応じて、季節毎に循環率および通気量の管理を行う。また、ろ床バエの発生抑制やろ床の目詰まりに起因した水質悪化を回避するため、ろ床の浸漬洗浄や空気洗浄などの必要な措置を講じる。

【解説】

散水担体ろ床では、循環率および通気量の管理を行うが、日変化で頻繁に変動させるものではなく、季節毎レベルでの設定である。処理が適正に行われている状況下では、散水された下水がろ床上部から下部に流下するに従い、BOD が優先的に分解された後、アンモニアの硝化も進行する。従って、散水担体ろ床流出水（§ 30 (8) 5 参照）のアンモニア濃度を測定し、散水担体ろ床流入水からのアンモニア濃度の低下を確認（あるいは硝酸性窒素の生成を確認）することで、良好な BOD 処理の状況が把握できる（表 5-5 参照）。

また、ろ床バエや貝の発生抑制やろ床の目詰まりに関しては、その目的に応じて適切な周期で浸漬洗浄、循環洗浄を実施する。

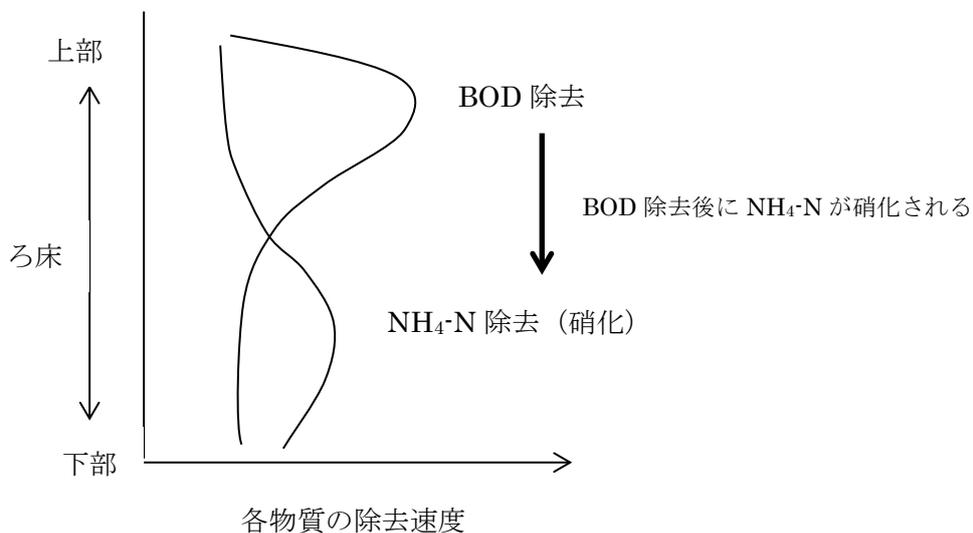


図 5-1 ろ床の縦方向と各物質の除去量（イメージ）

(1) 循環率

循環率は表 5-1 に記載した通り、春季～秋季は散水担体ろ床流出水として日平均汚水量の 100%、冬季は冬季日平均の 200%を基本としている。このように夏期に比べて冬期に循環率を高めるのは、散水担体ろ床においても水温の低下が生物処理機能を低下させること、また、一般的に、冬季は流入下水濃度が高くなることから、処理水 BOD も高くなりやすいためである。このような状況の変化に対応して処理性能を維持するため、水質状況に応じて循環水量の調整を行う(§ 30 散水担体ろ床の設計 参照)。

なお、循環率を高めると消費電力量が増加するため、処理水質が安定する範囲で、循環率はできるだけ低く抑える運転が望ましい。

(2) 通気量

通気量は表 5-1 に記載した通り、日平均汚水量に対して 6 倍を標準とする。実証研究においては、6 倍量の通気量にて温度低下や酸素供給不足による処理機能の低下は認められなかった。通気量に関しては、過不足が無い様に、適宜確認を行うことが望ましい。

(3) 浸漬洗浄

浸漬洗浄は散水担体ろ床に発生するハエの幼虫や貝を死滅させるために実施する。夏季など高水温によりろ床バエの発生が継続する場合は、ろ床各池を定期的に浸漬洗浄する。この場合は、ろ床バエの生態に合わせて、最短1週間～10日に1回程度の頻度で浸漬洗浄を実施する。

表 5-3 浸漬洗浄の目的と内容等

	内 容	備 考
目 的	ハエの幼虫やサカマキ貝の死滅	
頻 度	最短で1週間～10日に1回程度の頻度（夏季）。 夏季以外は上記より頻度を減らして実施	生態学的にはろ床バエは25℃では最短12日で幼虫がさなぎに変態する。
方 法	散水担体ろ床1槽ずつ ①床下部のゲートを閉とし、散水担体ろ床流入水で散水しながら槽を満水にする。 ②散水を停止し、所定時間浸漬。 ③洗浄排水として排出	浸漬時間については資料編1-7. 参照。10hr以上で効果が見られる。

(4) 空気洗浄

定期的に付着汚泥を除去する空気洗浄を行い、過度に肥大化した生物膜の剥離を促す。これにより、ろ床空隙率の減少を抑制し、通気を正常に保ち、付着汚泥層内部の嫌気化を防ぐ。ろ床バエの卵や幼虫、さなぎ、サカマキ貝の排出によるそれらの発生抑制も行う。

表 5-4 空気洗浄の目的と内容等

	内 容	備 考
目 的	ろ床バエの卵・幼虫・さなぎ、サカマキ貝の排出 散水担体ろ床の閉塞防止（特に冬季等）	
頻 度	目的に合わせて適宜実施。浸漬洗浄と合わせて実施することも可能。	
方 法	散水担体ろ床1槽ずつ ①床下部のゲートを閉とし、散水しながら槽を満水にする。 ②空気洗浄 ③洗浄排水として排出	①と②か、②と③の間に浸漬洗浄を組み込むことも可能。

§ 47 最終ろ過施設

最終ろ過施設では、散水担体ろ床流出水の SS 濃度に応じて、ろ材の洗浄頻度および洗浄条件の調整等を行う。

【解 説】

(1) 洗浄条件の設定

散水担体ろ床流出水には 20～30 mg/L 程度の SS が含まれ、最終ろ過施設で SS を捕捉・除去することにより処理水質が確保され、N-BOD の発現も抑制される。SS の流出は処理水質の悪化 (BOD の上昇) に直結するため、良好な処理水質を維持するうえでろ材の洗浄操作は重要で、適切な洗浄間隔、洗浄条件の設定が必要となる。

(2) 最終ろ過沈殿汚泥の引抜き

最終ろ過施設に流入する SS の一部は、槽下部に沈殿汚泥として沈降するが、引抜間隔が長い場合には腐敗が進行し、処理水質にも影響を及ぼすことから、適切な引抜間隔の設定を行う必要がある。

§ 48 水質管理

本技術を構成する各施設の処理状況を把握して、運転条件等の調整を行うため、必要な水質管理を行う。

【解 説】

本技術における標準的な水質管理内容を表 5-5 に示す。

散水担体ろ床における担体の閉塞などに起因する処理性能の低下は、散水担体ろ床流出水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度上昇などの現象として顕著に現れるため、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を水質項目に挙げている。

表 5-5 水質管理内容

工 程	管理内容	水質項目	備考
流入下水	流入水質の把握	BOD、SS、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、水温	適宜 S-BOD も調査する。
前段ろ過施設	ろ過損失水頭・SS 除去性能	BOD、SS	—
散水担体ろ床	有機物除去性能	BOD、S-BOD、SS、 $\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$ と合わせて硝化の確認 ($\text{NO}_3\text{-N}$ の測定) も適宜実施する。
最終ろ過施設	SS 除去性能	BOD、SS、 $\text{NH}_4\text{-N}$	BOD が高い場合には、N-BOD を確認する。
一次濃縮槽	固液分離性能	分離水 SS 引抜汚泥 SS	適宜、洗浄排水沈降試験も実施する。

§ 49 環境対策

本技術では、前段ろ過施設および一次濃縮槽から臭気が発生するため、発生臭気については散水担体ろ床に導入して生物脱臭を行う。

また、散水担体ろ床から発生するろ床バエに対しては、定期的に散水担体ろ床の浸漬洗浄等を行い、発生を抑制する。

【解 説】

(1) 臭気対策

本技術では、前段ろ過洗浄時の洗浄排水槽への排水流入時や洗浄排水移送時において、主として洗浄排水槽から臭気が発生する。そのため、排水槽上部に覆蓋を設け、送気ファンにより槽内を負圧に維持し、臭気ガスを散水担体ろ床上部に導入して、散水担体ろ床部にて生物脱臭を行う。

日常的には、散水担体ろ床上部ガスおよび散水担体ろ床排ガス中の硫化水素濃度を比較、監視することで、脱臭効果を確認する。

(2) ろ床バエ対策

散水担体ろ床で発生するろ床バエは主にオオチョウバエ（写真 5-1）とホシチョウバエの2種類である。ろ床バエの生態（ライフサイクル）は温度により異なり、「オオチョウバエの場合、15℃では卵から幼虫、蛹を経て成虫になるまでの日数は約48日、25℃では約15日程度」⁸⁾とされており、気温（水温）の上昇に伴いろ床バエの発生数は増加する。ろ床バエの幼虫は呼吸管により空気呼吸を行うことから、生息しているろ床を浸漬することで、これを殺滅できる。浸漬洗浄の頻度はろ床バエのライフサイクルを参考に夏季は概ね1週間～10日毎に、冬季には1ヶ月程度が妥当である。浸漬時間はこれまでの実証研究の結果から10～18時間程度が必要であった。

図 5-2 に実証研究における散水担体ろ床の洗浄の有無によるろ床バエの発生数の差を示す。

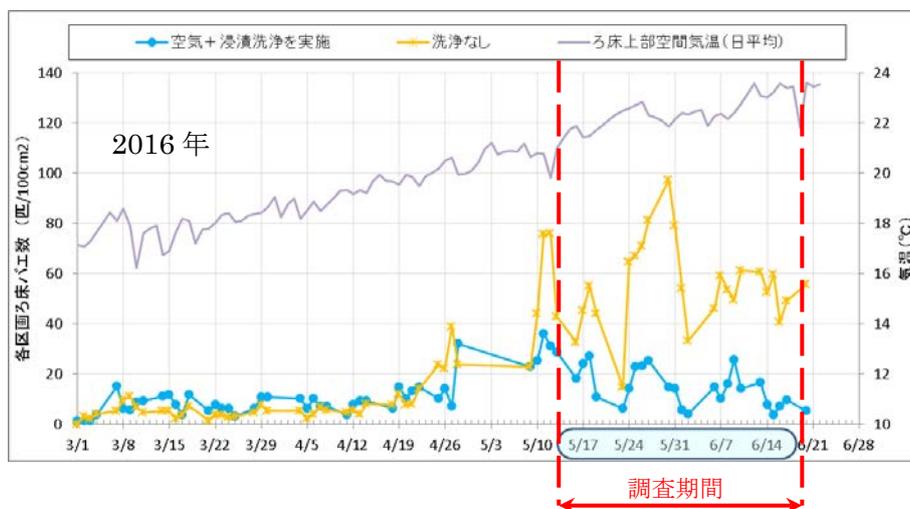
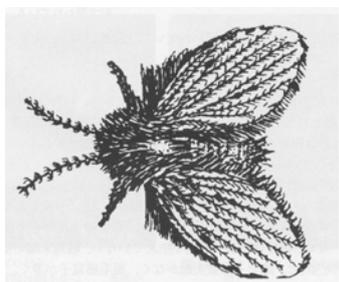


図 5-2 散水担体ろ床の洗浄とろ床バエの発生数の関係例

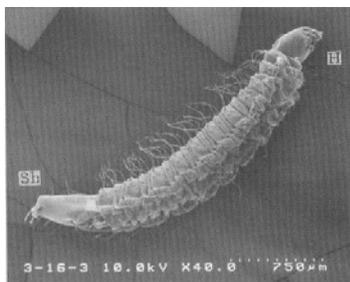
その結果、浸漬洗浄に加えて、さらに空気洗浄も実施したろ床の方が、ろ床バエの発生数は少なかった。特に気温が20℃を超過した5月以降においても、ろ床バエの発生は抑制され、ろ床洗浄の有効性が示された。

また、ろ床バエは散水担体ろ床上部の覆蓋のわずかな隙間からも飛散し、作業環境を悪化させることから、日常的な点検以外では不用意に点検口を開放しないようにする。

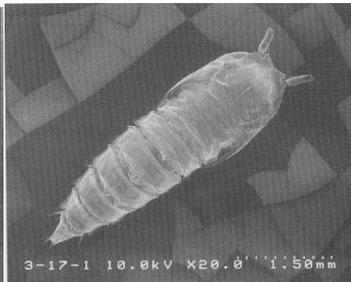
(写真は「衛生昆虫の微細構造」 第6章 チョウバエ BSI 生物科学研究所¹¹⁾より引用)



成虫(体長4~5 mm)



幼虫



蛹(さなぎ)

写真5-1 オオチョウバエ

第3節 保守点検

§ 50 保守点検

前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設の充填材（担体、ろ材）の目視確認や散水担体ろ床における散水機の動作確認を定期的に行う。なお、散水担体ろ床の保守点検に際しては、酸欠・硫化水素発生に対する安全性を確保する。

【解説】

機器の保守点検の内容・頻度について表 5-6-①～5-6-⑤に示した。

日常的な機器点検は § 45～47 に示す運転管理と併せて実施する。

散水担体ろ床の上部空間は、微生物の呼吸作用によって酸素濃度が低下することによる酸欠や硫化水素発生のリスクがある。したがって、散水機の補修等で散水担体ろ床内に入る場合は、事前に上部空間の十分な換気を行い、その後、硫化水素濃度および酸素濃度の測定、等、安全性を十分に確認して作業を行う。

表 5-6-① 点検項目と内容・頻度(機器)

施設名称	機器名称	定期点検および整備内容	日常点検	定期点検	頻度	
前段ろ過施設	前段ろ過槽	ろ過状態の確認	○			
		洗浄時間の確認	○			
		空洗空気量の確認	○			
		空洗状態の確認	○			
		壁面・床面亀裂等、腐食状況確認	○		必要時	
	空洗バルブ	開閉リミットスイッチの確認			○	1回/年
		開閉動作の確認			○	1回/年
	洗浄排水バルブ	開閉リミットスイッチの確認			○	1回/年
		開閉動作の確認			○	1回/年
	洗浄排水元弁	給油状態の確認			○	1回/年
		開閉方向の確認			○	1回/年
		異常音の確認			○	1回/年
	前段ろ過 洗浄排水ポンプ	絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の測定	○			
		吐出流量の確認	○			
		電流値の確認	○			
	洗浄排水槽洗浄 バルブ	開閉リミットスイッチの確認			○	1回/年
		開閉動作の確認			○	1回/年
	洗浄排水槽	壁面・床面亀裂等、腐食状況確認				必要時
	空気圧縮機	絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動・発熱の確認	○			
		電流値の確認	○			
		吐出圧力の測定	○			
		空気圧縮機圧カスイッチの動作確認			○	1回/年
		空気槽圧カスイッチの動作確認			○	1回/年
		充気時間の測定			○	1回/年
空気槽	タンクの発錆・破損・亀裂・漏れ	○				
	吐出圧力の確認	○				
送気ファン (前段ろ過槽上 部⇒散水担体 ろ床上部)	絶縁抵抗の確認			○	毎月	
	異常音・振動・発熱の確認	○				
	電流値の確認	○				
	吐出圧力の測定	○				

表 5-6-② 点検項目と内容・頻度(機器)

施設名称	機器名称	定期点検および整備内容	日常点検	定期点検	頻度	
散水担体ろ床	散水担体ろ床槽	水位計の確認	○			
		洗浄時間の確認	○			
		空洗空気量の確認	○			
		空洗状態の確認	○			
		壁面・床面亀裂等、腐食状況確認				必要時
	散水ノズル	散水ノズルの回転動作確認	○			
		異常音・振動確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
	空洗バルブ	開閉リミットスイッチの確認			○	1回/2ヶ月
		開閉動作の確認			○	1回/2ヶ月
	洗浄排水バルブ	開閉リミットスイッチの確認			○	1回/2ヶ月
		開閉動作の確認			○	1回/2ヶ月
	洗浄排水元弁	給油状態の確認			○	1回/年
		開閉方向の確認			○	1回/年
		異常音の確認			○	1回/年
	散水担体ろ床 洗浄排水ポンプ	絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
		電流値の確認	○			
	通気ファン	絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動・発熱の確認	○			
		電流値の確認	○			
		吐出圧力の測定	○			
	洗浄ブロワ	絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
		電流値の確認	○			
	空気切替バルブ	開閉リミットスイッチの確認			○	1回/年
		開閉動作の確認			○	1回/年
	サンプリングポンプ	異常音・振動・発熱の確認	○			
		吐出空気量の確認	○			
	送水ポンプ	絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
		電流値の確認	○			
	吸排気バルブ	開閉リミットスイッチの確認			○	1回/年
開閉動作の確認				○	1回/年	
洗浄排水槽	壁面・床面亀裂等、腐食状況確認				必要時	

表 5-6-③ 点検項目と内容・頻度(機器)

施設名称	機器名称	定期点検および整備内容	日常点検	定期点検	頻度	
散水担体ろ床	送水ポンプ (循環水槽から 最終ろ過施設 への送水)	絶縁抵抗の確認		○	毎月	
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
	循環ポンプ	絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
	循環水槽流入ゲート	給油状態の確認			○	1回/年
		開閉方向の確認			○	1回/年
		異常音の確認			○	1回/年
	最終ろ過施設	最終ろ過槽	ろ過状態の確認	○		
空洗空気量の確認			○			
空洗状態の確認			○			
壁面・床面亀裂等、腐食状況確認						必要時
最終ろ過 沈殿汚泥ポンプ		絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
洗浄バルブ		開閉リミットスイッチの確認			○	1回/年
		開閉動作の確認			○	1回/年
空洗バルブ		開閉リミットスイッチの確認			○	1回/年
		開閉動作の確認			○	1回/年
洗浄ブロワ		絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
最終ろ過 洗浄排水ポンプ		絶縁抵抗の確認			○	毎月
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の確認	○			
		吐出流量の確認	○			
洗浄排水槽	壁面・床面亀裂等、腐食状況確認				必要時	

表 5-6-④ 点検項目と内容・頻度(機器)

施設名称	機器名称	定期点検および整備内容	日常点検	定期点検	頻度	
一次濃縮槽	分離水ポンプ	絶縁抵抗の確認		○	毎月	
		異常音・振動の確認	○			
		吐出圧力の測定	○			
		吐出流量の確認	○			
		電流値の測定	○			
	濃縮汚泥ポンプ	異音・振動・発熱	○			
		Vベルト状態の確認	○			
		油量確認	○			
		吐出圧力の測定	○			
		吐出流量の確認	○			
		電流値の測定	○			
			絶縁抵抗の確認		○	毎月
	一次濃縮槽	壁面・床面亀裂等、腐食状況確認				必要時

表 5-6-⑤ 点検項目と内容・頻度(計測器)

施設名称	機器名称	定期点検および整備内容	日常点検 (毎週)	定期点検	頻度
原水槽	流入下水流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
前段ろ過槽	水位計	指示値、外観の確認、清掃	○		
	レベル計	指示値、外観の確認、清掃	○		
前段ろ過洗浄排水槽	レベル計	指示値、外観の確認、清掃	○		
	洗浄排水流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
散水担体ろ床流入下水	水位計	指示値、外観の確認、清掃	○		
循環水路	前段ろ過循環流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
循環水槽	レベル計	指示値、外観の確認、清掃	○		
	循環水流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
	●最終ろ過槽送水流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
	水温計	指示値、外観の確認	○		
		指示値校正		○	必要時
	●pH計	指示値、外観の確認	○		
		指示値校正		○	必要時
	●DO計	指示値、外観の確認	○		
指示値校正			○	必要時	
●ORP計	指示値、外観の確認	○			
	指示値校正		○	必要時	
散水担体ろ床	●各池流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
	各池水位計	指示値、外観の確認	○		
散水担体ろ床 洗浄排水槽	レベル計	指示値、外観の確認、清掃	○		
	洗浄排水流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
最終ろ過流入下水路	レベル計	指示値、外観の確認、清掃	○		
最終ろ過槽	●沈殿汚泥濃度計	指示値、外観の確認	○		
		指示値校正		○	必要時
	沈殿汚泥流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
	レベル計	指示値、外観の確認、清掃	○		
	●UV計	指示値、外観の確認	○		
		指示値校正		○	必要時
	●濁度計	指示値、外観の確認	○		
指示値校正			○	必要時	
●NH ₄ -N計	指示値、外観の確認	○			
	指示値校正		○	必要時	
最終ろ過洗浄排水槽	レベル計	指示値、外観の確認、清掃	○		
	洗浄排水流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時
一次濃縮槽	レベル計	指示値、外観の確認、清掃	○		
	◆界面計	指示値、外観の確認、清掃	○		
	●一次濃縮汚泥濃度計	指示値、外観の確認	○		
		指示値校正		○	必要時
一次濃縮汚泥流量計	指示値、外観の確認	○	○	必要時	

●必要に応じて設置(オプション)、◆回分式の場合は必要

第4節 異常時の対応と対策

§ 51 異常時の対応と対策

本技術において、処理水の悪化、各施設のろ過損失水頭増加や目詰まりの進行、ろ床バエやサカマキ貝の異常発生時には、各施設の洗浄頻度の見直しや循環率の変更等を行う。

【解説】

本技術において想定される異常とその対応について、表 5-7 に示す。

本技術は、前段ろ過による散水担体ろ床での負荷の平準化、循環による散水担体ろ床での処理安定化、最終ろ過による剥離 SS の除去等により、自動での安定処理を基本としている。

しかし本技術は、流入原水の水質変化等による処理水の悪化、前段ろ過施設と最終ろ過施設のろ過損失水頭増加、ろ床バエやサカマキ貝の発生等の異常の発生が想定される。

処理水の悪化時には、硝化の低下や剥離 SS の増加などの現象がみられる。この場合には、循環率の引上げ、散水担体ろ床の空気洗浄の実施、最終ろ過施設の洗浄方法の変更などを実施する。

また、前段ろ過施設と最終ろ過施設については、洗浄後の初期ろ過損失水頭の微増などが認められる場合があり、洗浄頻度を上げる。

ろ床バエは、温暖期を中心に散水担体ろ床での異常発生が認められる場合があり、浸漬洗浄や空気洗浄の頻度を上げて対応する。

表 5-7 本技術の異常時の対応

施設名	操作項目	想定される異常			
		処理水質の悪化	ろ過損失抵抗の増加	ろ床バエ等の異常発生	
前段ろ過施設	洗浄	—	頻度上げる	—	
	循環率 (前段ろ過施設へ)	上げる	—	—	
散水担体ろ床	循環率 (散水担体ろ床へ)	上げる	—	—	
	通気量	(確認)	—	—	
	洗浄	浸漬洗浄	—	—	頻度上げる
		空気洗浄	頻度上げる (空隙の回復)	—	頻度上げる
最終ろ過施設	洗浄	空気洗浄時間あるいはリンス洗浄*時間を延長		—	

*空気洗浄の後にろ材間に留まる固形物を曝気せず、通水のみで押し流す洗浄方法

なお、処理水質悪化については、表 5-8 に詳細に示す。処理水質が悪化した場合に、その処理水水質項目（BOD、NH₄-N、N-BOD、SS）別に原因と対策を示す。

表 5-8 処理水質悪化の原因と対策

	現象	処理水 BOD の上昇	処理水 NH ₄ -N の上昇	処理水 N-BOD の上昇	処理水 SS の上昇
原因	(流入下水)	○異常水(高濃度水)の流入			
	前段ろ過施設	○SS 除去不良による散水担体ろ床への負荷増			
	散水担体ろ床	○散水不良 ・空隙率低下	○硝化不良 ・空隙率低下	△流出水 SS の上昇	
	最終ろ過施設			○SS 除去不良	
	一次濃縮施設	△固液分離不良			
対策	前段ろ過施設	ろ過抵抗確認、洗浄条件調整、循環率調整			
	散水担体ろ床	散水ノズル確認、循環率調整、浸漬洗浄、空気洗浄の実施		空気洗浄の実施	
	最終ろ過施設			洗浄条件調整	
	一次濃縮槽	濃縮条件調整			

○：直接要因 △：間接的要因

参考文献

- 1) 下水道施設計画・設計指針と解説2009年版、公益社団法人日本下水道協会
- 2) 下水道用語集2000年版、社団法人日本下水道協会
- 3) 流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説、平成20年9月、公益社団法人日本下水道協会
- 4) 下水道施設設計指針と解説1972年版、社団法人日本下水道協会
- 5) 活性汚泥法等の省エネルギー化技術に関する技術資料、2014年3月、
公益財団法人日本下水道新技術機構
- 6) 高速散水ろ床法を採用した下水処理場の運転に関する資料集、平成25年5月 独立行政法人土木研究所 材料資源研究グループ リサイクルチーム、
ISSN0386-5878、土木研究所資料 第4264号
- 7) 下水道施設の耐震対策指針と解説 -2014年版- 公益社団法人日本下水道協会
- 8) オオチョウバエの発育に及ぼす温度の影響、森原 修 安江安宣、農学研究 59 : 81-86(1981)
- 9) 担体利用生物脱臭システムに関する調査研究(その2)、
1999年度下水道新技術研究所年報[2/2巻]、p222、公益財団法人日本下水道新技術機構
- 10) 平成23年度下水道統計、公益社団法人日本下水道協会
- 11) 「衛生昆虫の微細構造」 (第6章 チョウバエ) BSI 生物科学研究所
- 12) 水処理工学 理論と応用、6. 散水ろ床法 6.1 浄化機構 井出哲夫、技報堂出版
- 13) 下水道地震・津波対策技術検討委員会 報告書、p241、244
平成24年3月 下水道地震・津波対策技術検討委員会
- 14) 新下水道ビジョン ～「循環のみち」の持続と進化～ 下水道政策研究委員会 報告書
平成26年7月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部 公益社団法人日本下水道協会
- 15) 下水道維持管理指針 実務編-2014年版- 、公益社団法人日本下水道協会
- 16) 電力調査統計表 平成23年版 資源エネルギー庁

資 料 編

1. 実証研究結果

1-1 実証研究の概要

平成 26 年度 B-DASH 事業のうち、②既存施設を活用した省エネ型水処理技術（標準活性汚泥法）として採択された本技術の実証研究の概要は、表資 1.1.1 に示す通りである。

実証研究は、本技術が、標準活性汚泥法を採用している下水処理場において、機械設備更新時に低コストで導入が可能であり、処理性において同等であること、ならびに消費電力量の大幅な削減と維持管理費の低減が可能であることを、実施設において検証したものである。

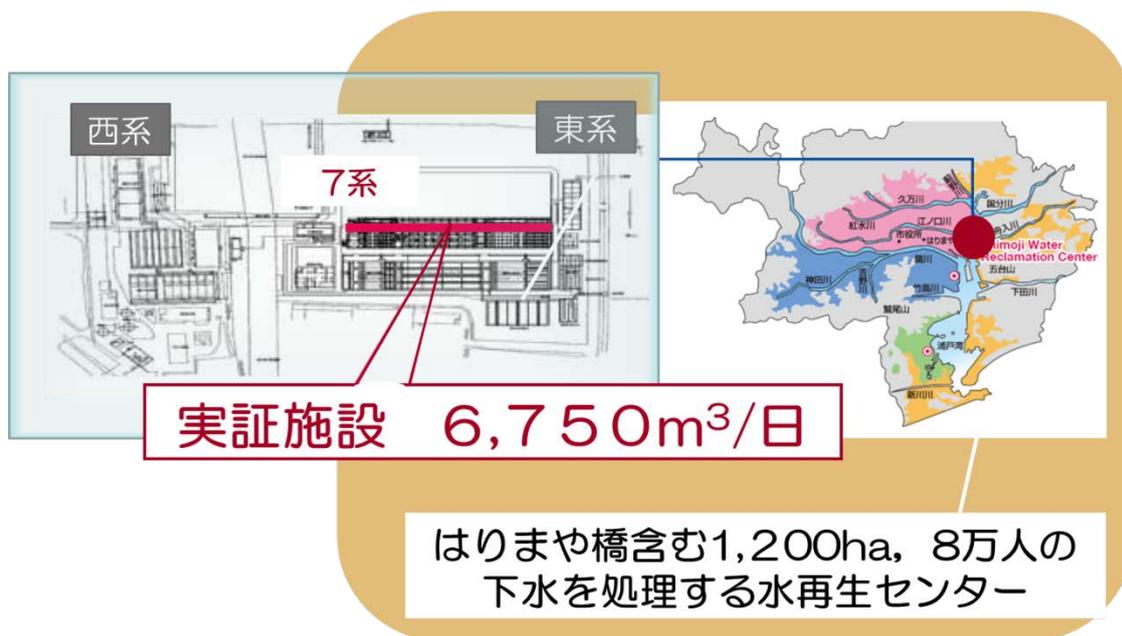
表資 1.1.1 実証研究概要

No	項目	内容	
1	研究名称	無曝気循環式水処理技術実証研究	
2	委託者	国土交通省国土技術政策総合研究所	
3	受託者	高知市・高知大学・日本下水道事業団・メタウォーター共同研究体	
4	実証研究の内容	「既存施設を活用し、良好な処理水質を確保しながら消費エネルギーを抑制する」標準活性汚泥法代替技術として、『無曝気循環式水処理技術』を実証する。	
5	処理水質	BOD : 15mg/L	
6	開発目標	建設費：30%削減 ^(*1) 維持管理費：40%削減 ^(*1) 消費電力量：70%削減 ^(*1)	*1：公募時の条件、および平成 25 年度小型実証結果（散水担体ろ床原水散水負荷 25m ³ /(m ² ・日)等)による試算結果
7	実証フィールド	高知市下知水再生センター	

実証施設を設置した高知市下知水再生センターは、高知市の中心市街地 1,200 ha を処理区域とする、処理人口 81,000 人、処理能力 66,600 m³/日の合流式下水処理場である。放流先は浦戸湾である。

図資 1.1.1 に下知水再生センターおよび実証施設の位置を示す。また表資 1.1.2 に実証フィールドである下知水再生センターの施設概要を示す。なお、下知水再生センターで発生した汚泥は、浦戸湾東部流域下水道高須浄化センターに送泥して処理を行っているため、下知水再生センター内に汚泥処理施設はなく、汚泥処理返流水は発生しない。

表資 1.1.3 に実証施設の仕様を、図資 1.1.2 に実証施設を設置した下知水再生センターの東 5～8 系の平面図を示す。実証施設は東 7 系に設置した。隣接する東 6 系はステップ流入式二段硝化脱窒法であるため、東 5 系を対象系列とした。東 5 系の定格処理水量は 6,900m³/日であり、実証施設の処理能力と同等の規模である。実証施設は、下知水再生センターの東 7 系を改造して設置した定格処理能力 6,750m³/日の施設である。



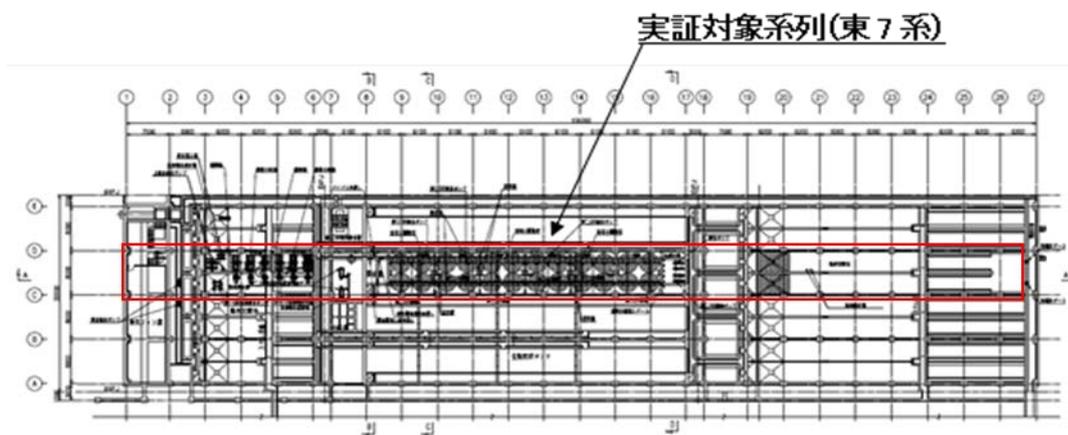
図資 1.1.1 下知水再生センターおよび実証場所の位置

表資 1.1.2 実証フィールドの概要

項目	諸元
現有処理能力	66,500m ³ /日
処理実績	53,900m ³ /日（平成24年度実績）
水処理方式	標準活性汚泥法 : 東1～5系および西1～3系、60,440m ³ /日 東5系（既存施設としての比較対象系列）、6,900m ³ /日 ステップ流入式二段硝化脱窒法 : 東6系、6,160m ³ /日
汚泥処理方式	浦戸湾東部流域下水道高須浄化センターに濃縮汚泥を送泥
排除方式	分流および合流
計画流入水質	BOD : 175mg/L、SS : 160mg/L
計画放流水質	BOD : 13mg/L

表資 1.1.3 実証施設の諸元

項目		諸元
処理水量	計画日最大処理水量	6,750m ³ /日
前段ろ過施設	水面積負荷	500m ³ /(m ² ・日)
	担体高さ	0.6m
散水担体ろ床	容積負荷	8m ³ /(m ³ ・日)
	担体高さ	2.5m
	担体充填量	844m ³
	区画数	6
最終ろ過施設	水面積負荷	150m ³ /(m ² ・日)
	ろ床高さ	1.0m



図資 1.1.2 下知水再生センター東5~8系の平面図

本実証研究では、三段階の負荷条件で実証施設を運転した。表資 1.1.4 に負荷条件を示す。低負荷条件は標準活性汚泥法における定格処理水量の 75% を通常処理されている処理水量と見なした時の負荷条件で、処理水質の比較を行うために実施した。標準条件は、定格処理水量での処理水質を調査した。高負荷条件は、標準条件の 125% の処理水量とし、経済性および省エネ性を評価する時の負荷条件とした。

表資 1.1.4 負荷条件

負荷条件		(I) 低負荷条件	(II) 標準条件	(III) 高負荷条件
概 要		現状の流入率での条件	実証施設の定格処理能力での処理性確認	経済性および省エネ性の評価のために設定
目 的		現状の流入率条件で既設系列との処理水質の比較を行う ^{※1} 。	実証既設反応タンクの定格処理能力での処理性を確認する。	処理水 BOD 15mg/L を確保しつつ、省エネ、建設費(年価)削減および維持管理費削減を実証。
散水担体ろ床	容積負荷 ^{※2} ($\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{日})$)	春～秋：6 冬：3.9	春～秋：8 冬：5.2	春～秋：10 冬：6.5
	原水散水負荷 ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$)	春～秋：15 冬：10	春～秋：20 冬：13	春～秋：25 冬：16
日最大処理水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)		春～秋：5,060 冬：3,290	春～秋：6,750 ^{※3} 冬：4,390	春～秋：7,000 ^{※4} 冬：4,550 ^{※4}
目標処理水 BOD (mg/L)		3～4 (既設対照系列(東 5 系)と同等、年平均値)	本実証試験で確認する。	15 以下 (年最大値)
備 考		現状の流入率に合わせた実験	既設反応タンクの定格処理能力と同等	提案時の建設費(年価)、維持管理費および単位消費電力量の目標達成のために設定

※1 平成 26 年度下水道革新的実証事業への意見への対応

※2 散水担体ろ床の担体充填部単位容積あたりの処理水量をいう。

※3 小型実験での諸元(原水散水負荷 $20\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$)での処理水量。 $7.5\text{m} \times 7.5\text{m} \times 6$ 区画 $\times 20 = 6,750\text{m}^3/\text{日} \approx 6,900\text{m}^3/\text{日}$ (既存系列の定格処理能力)

※4 高負荷条件では、散水担体ろ床の一区画を休止し、前段ろ過の水面積負荷および最終ろ過のろ過速度を設計範囲内とした。

表資 1.1.5 は本実証研究における運転方法である。本実証研究では、処理水質の悪化やろ過損失水頭の上昇等があった場合に、本表に示す方法で処理性の改善を図った。

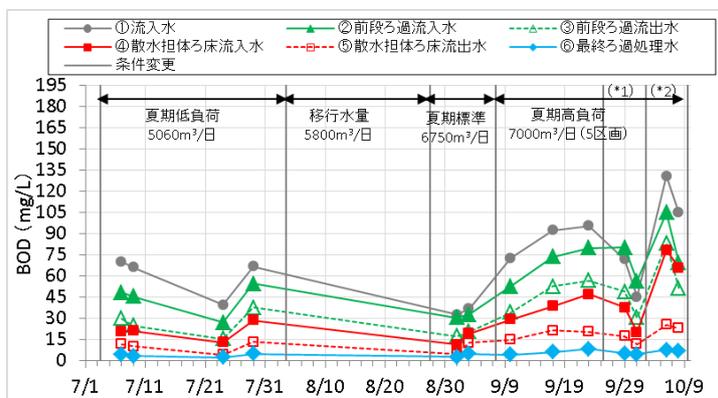
表資 1.1.5 実証施設の運転方法

No	項目		方法	処理性悪化時他の対応				
				水質悪化	圧力損失増加	ろ床の異常発生		
1	前段ろ過	洗浄頻度	基本：1回/2時間 高負荷時間帯：1回/30分～1回/2時間	—	—	—		
		散水担体ろ床流出水循環率	50%	—	—	—		
2	散水担体ろ床	循環率	春～秋	100%	130%	—		
			冬	200%	—	—		
		通気量		処理水量の6倍	—※1	—	—	
		洗浄	浸漬※2	春～秋	2～3週間に1回	-	—	1回/週間に変更
				冬	なし		—	浸漬を行う
曝気洗浄※3		通常は実施しない	実施	—	—			
3	最終ろ過	洗浄頻度	1回/日	—※4	—※4	—		
		洗浄時間	曝気洗浄：30分以内 リンス洗浄※5：20分以内	曝気洗浄時間あるいはリンス洗浄時間を延長する。		—		

※1：通気倍率6倍はファンの上限値（標準条件および高負荷条件時）であり、通気量の増加はできない、※2：湛水後10～18時間静置し、ろ床の幼虫を駆除する、※3：通水および曝気を同時に行い、ろ材を流動させる洗浄方法。※4：洗浄時間の延長で対応する、※5：曝気洗浄のあとに、ろ材の間に滞留する固形物を曝気をせずに通水のみで押し流す洗浄方法

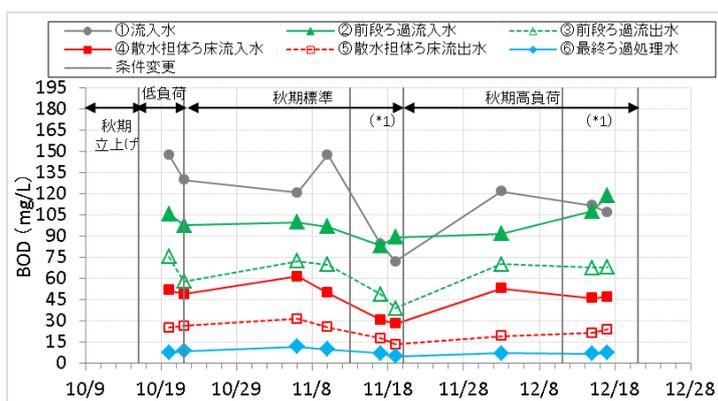
1-2. 定期試験（コンポジット採水）結果

(ア) BOD 濃度



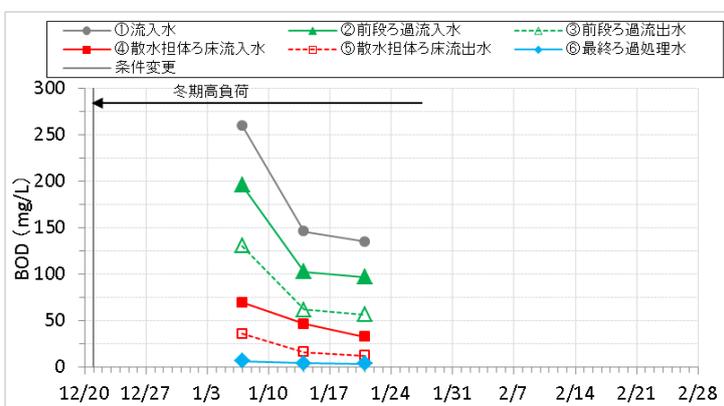
図資 1. 2. 1 夏期試験期間における BOD の経日変化（コンポジット採水分析値）

*1：散水担体ろ床流出水の循環水を同ろ床に 100% 循環させた。
*2：散水担体ろ床流出水の 50% を前段ろ過に循環させた。



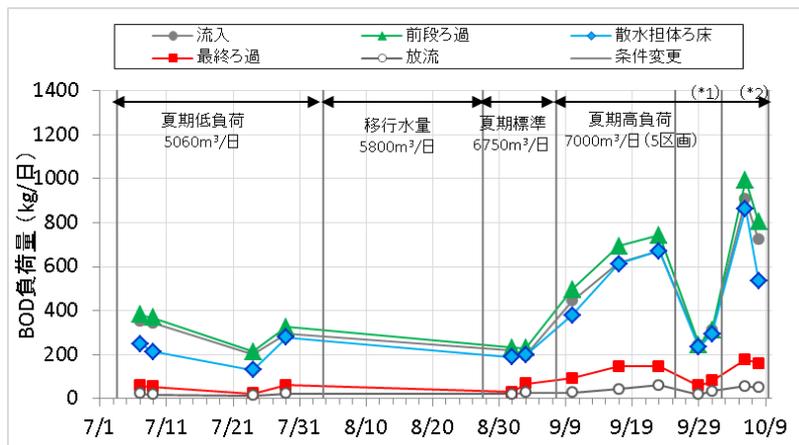
図資 1. 2. 2 秋期試験期間における BOD の経日変化（コンポジット採水分析値）

*1：散水担体ろ床流出水の循環水を同ろ床に 100% 循環させた。



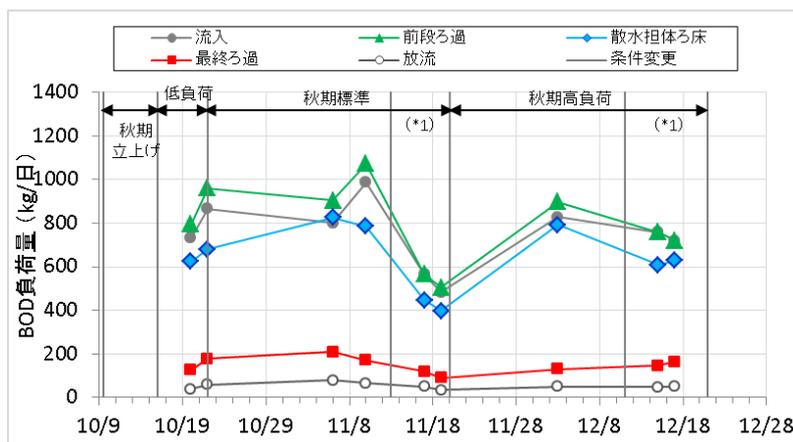
図資 1. 2. 3 冬期試験期間における BOD の経日変化（コンポジット採水分析値）

(イ) BOD 負荷量



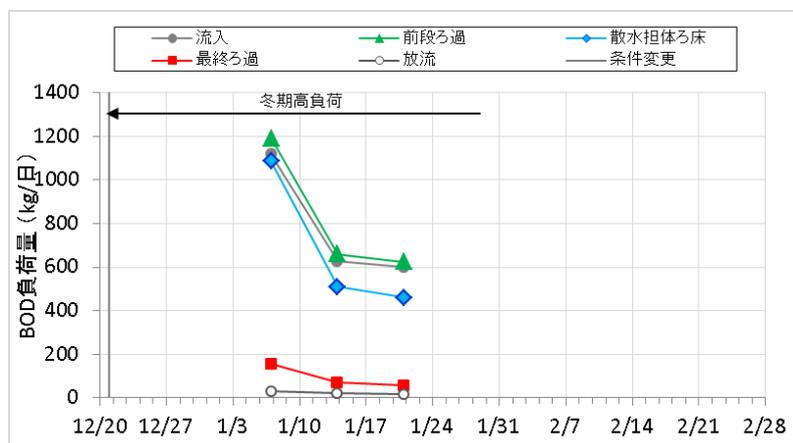
図資 1.2.4 夏期試験期間における BOD 負荷量の経日変化

*1: 散水担体ろ床流出水の循環水を同ろ床に 100% 循環させた。
 *2: 散水担体ろ床流出水の 50% を前段ろ過に循環させた。



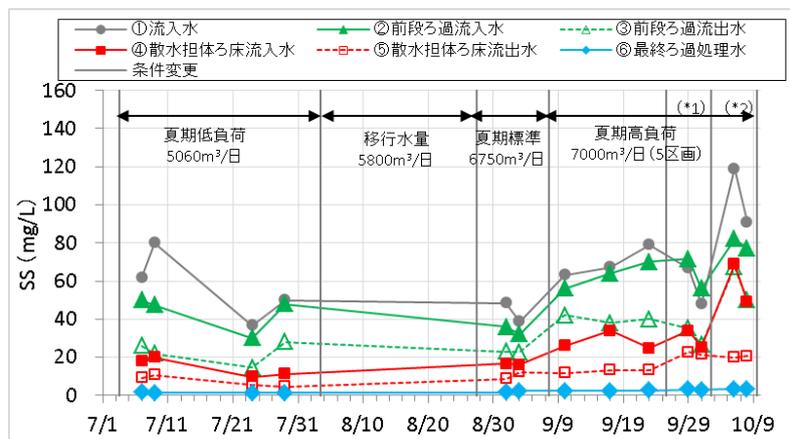
図資 1.2.5 秋期試験期間における BOD 負荷量の経日変化

*1: 散水担体ろ床流出水の循環水を同ろ床に 100% 循環させた。



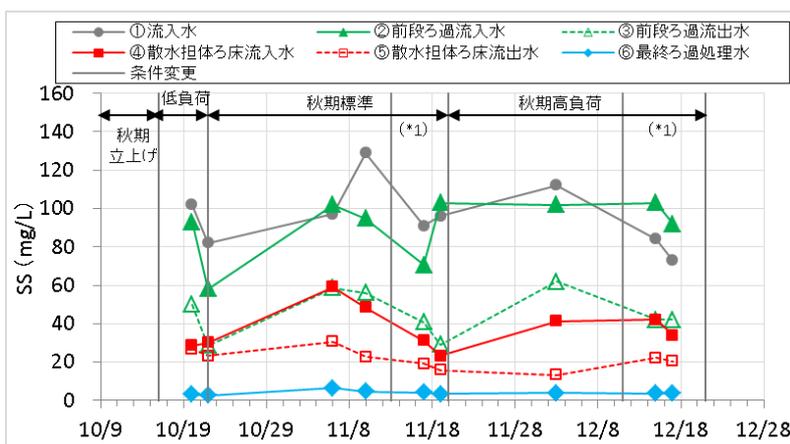
図資 1.2.6 冬期試験期間における BOD 負荷量の経日変化

(ウ)SS 濃度



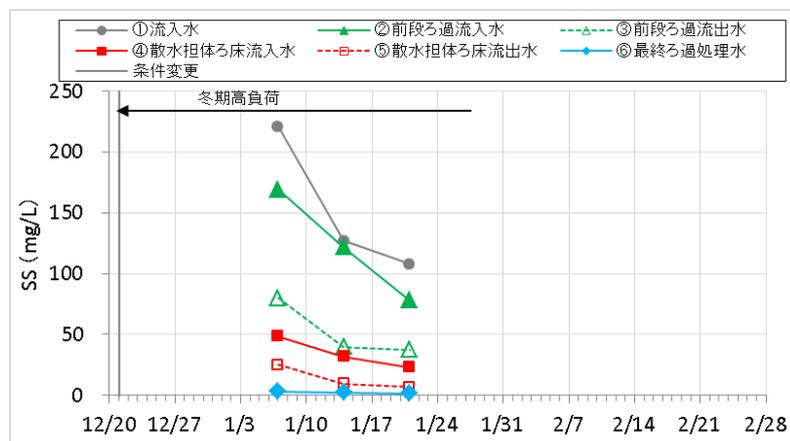
図資 1.2.7 夏期試験期間における SS の経日変化 (コンポジット採水分析値)

*1: 散水担体ろ床流出水の循環水を同ろ床に 100% 循環させた。
 *2: 散水担体ろ床流出水の 50% を前段ろ過に循環させた。



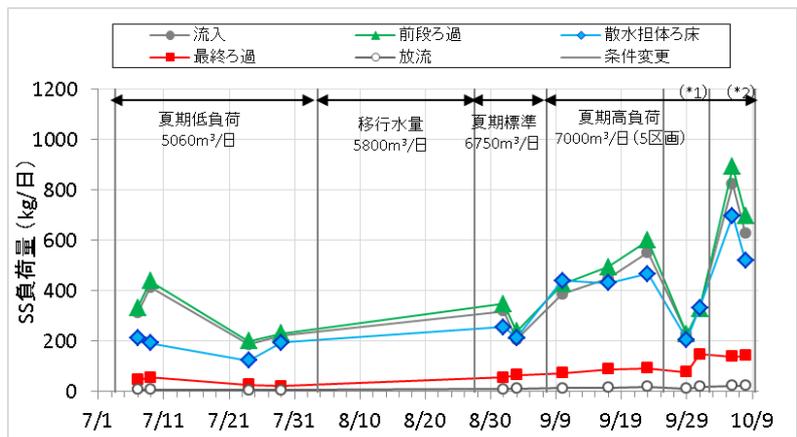
図資 1.2.8 秋期試験期間における SS の経日変化 (コンポジット採水分析値)

*1: 散水担体ろ床流出水の循環水を同ろ床に 100% 循環させた。



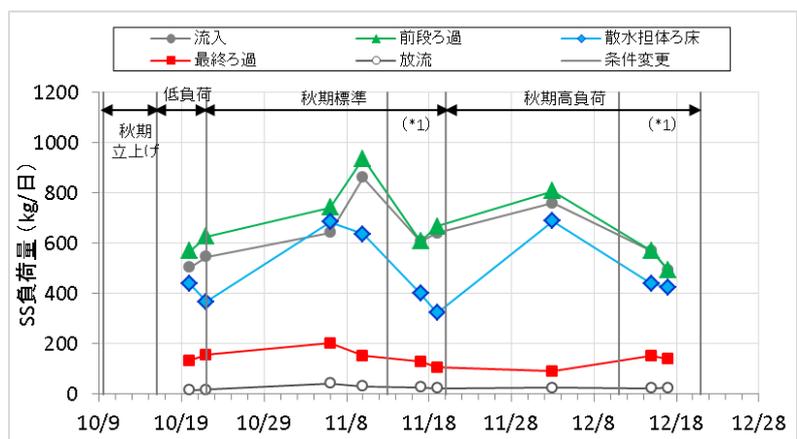
図資 1.2.9 冬期試験期間における SS の経日変化 (コンポジット採水分析値)

(工) SS 負荷量



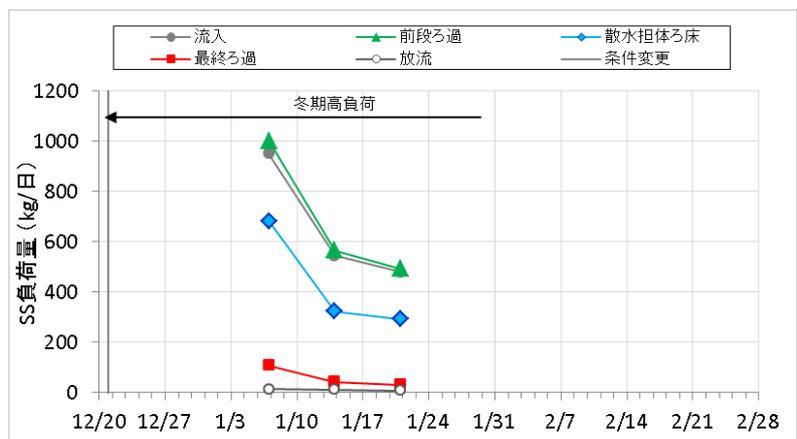
図資 1. 2. 10 夏期試験期間における SS 負荷量の経日変化

*1 : 散水担体ろ床流出水の循環水を同ろ床に 100%循環させた。
 *2 : 散水担体ろ床流出水の 50%を前段ろ過に循環させた。



図資 1. 2. 11 秋期試験期間における SS 負荷量の経日変化

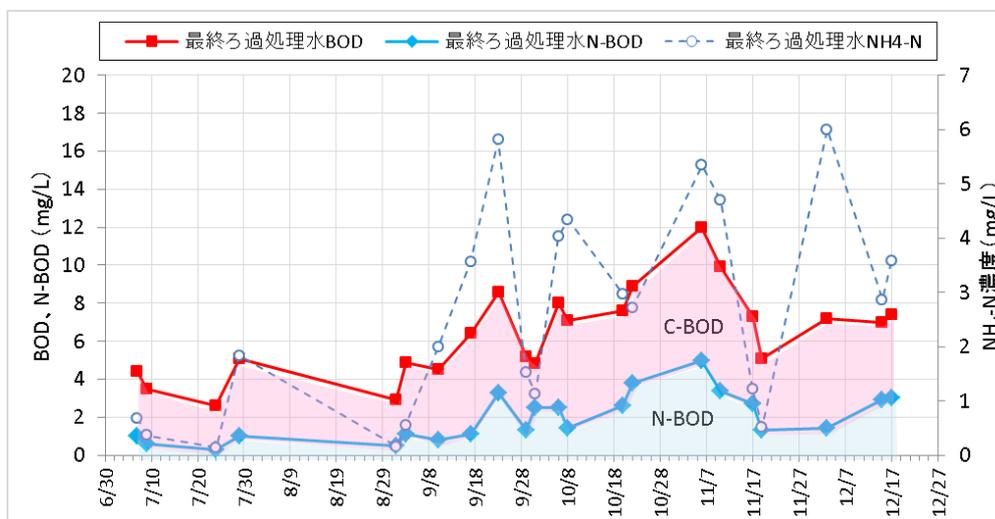
*1 : 散水担体ろ床流出水の循環水を同ろ床に 100%循環させた。



図資 1. 2. 12 冬期試験期間における SS 負荷量の経日変化

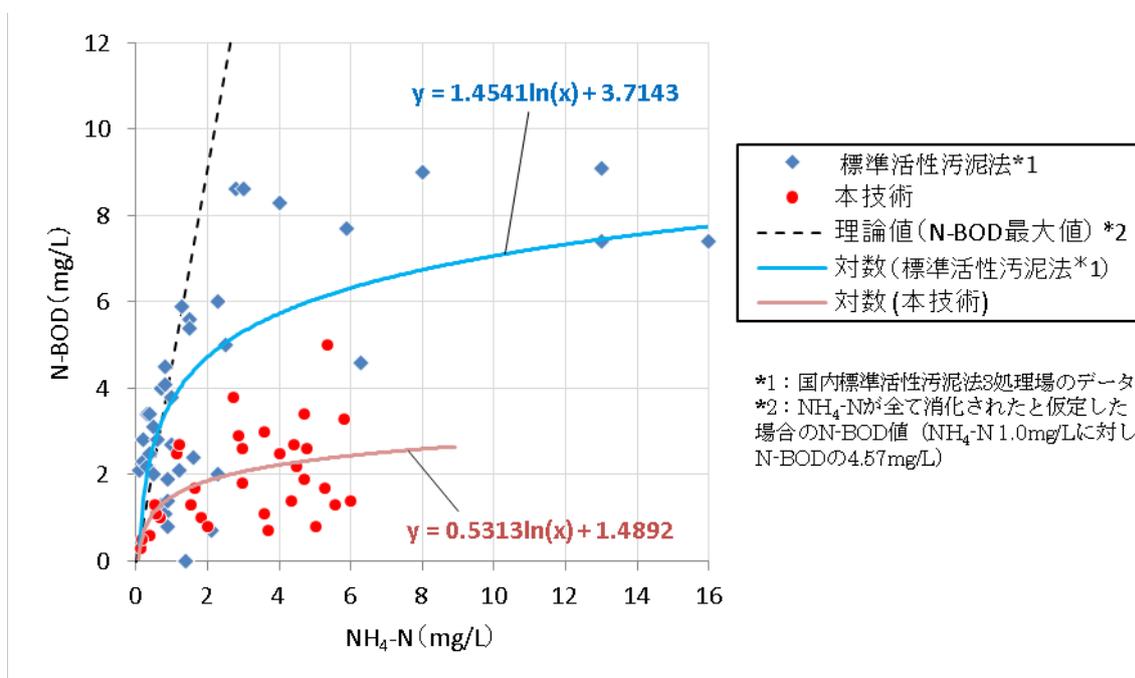
1-3. 最終ろ過施設での N-BOD 発現

・最終ろ過施設での N-BOD 発現



図資 1.3.1 最終ろ過処理水の BOD、N-BOD、NH₄-N の経日変化

最終ろ過処理によって、N-BOD の発現が良好に抑えられていることがわかる。

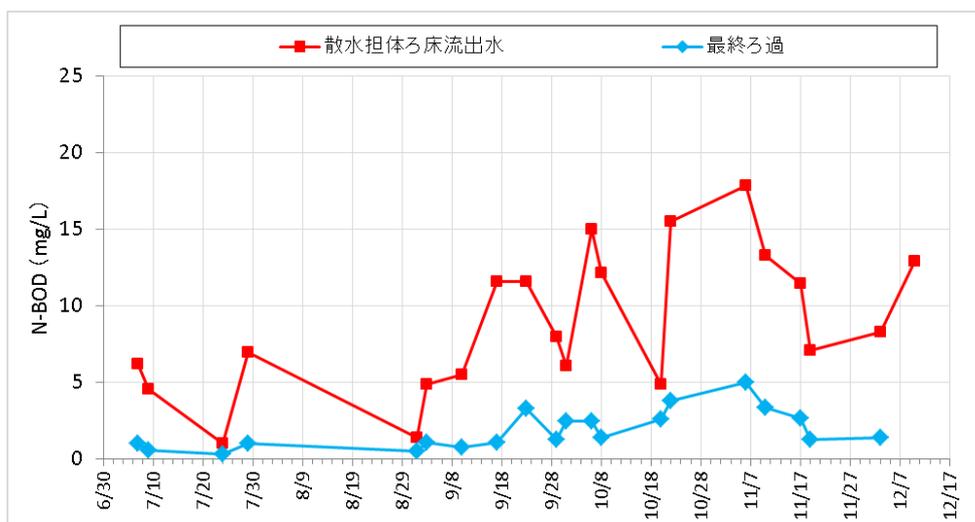


図資 1.3.2 処理水 NH₄-N 濃度と N-BOD 値の関係

(標準活性汚泥法データは、終沈流出水等殺菌処理前のデータを使用。散水担体ろ床法データは、最終ろ過処理水のデータを使用。)

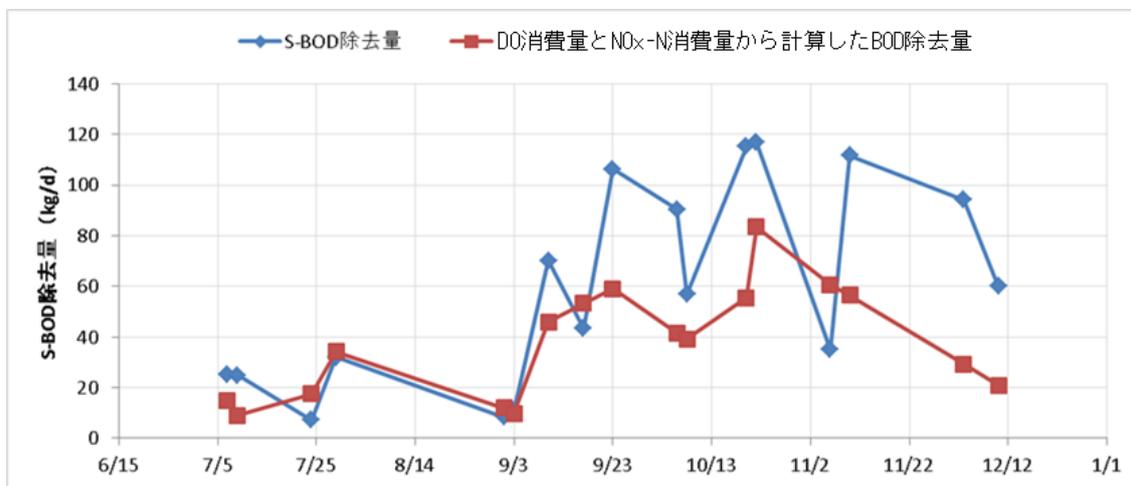
標準活性汚泥法と本技術で比較した場合、同じ $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に対して、本技術における N-BOD 濃度が低いことがわかる。

(参考)

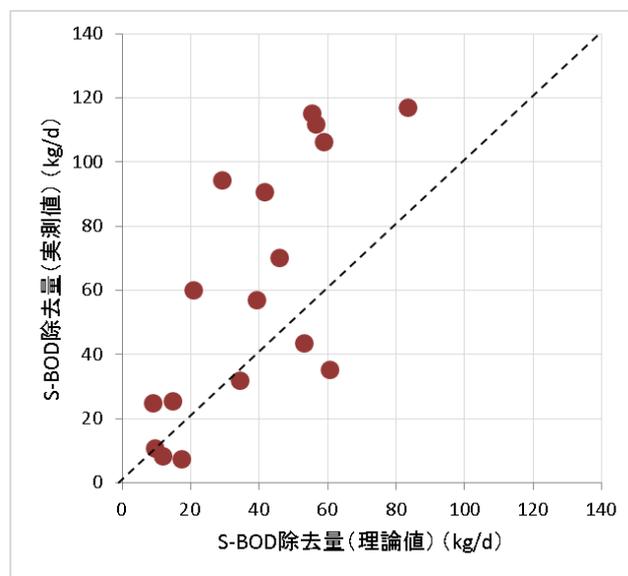


図資 1.3.3 散水担体ろ床流出水と最終ろ過処理水 N-BOD の経日変化

1-4. 前段ろ過施設 BOD 除去の定量評価



図資 1.4.1 前段ろ過施設での S-BOD 除去量と DO 消費量および $\text{NO}_x\text{-N}$ 消費量から計算した BOD 除去量



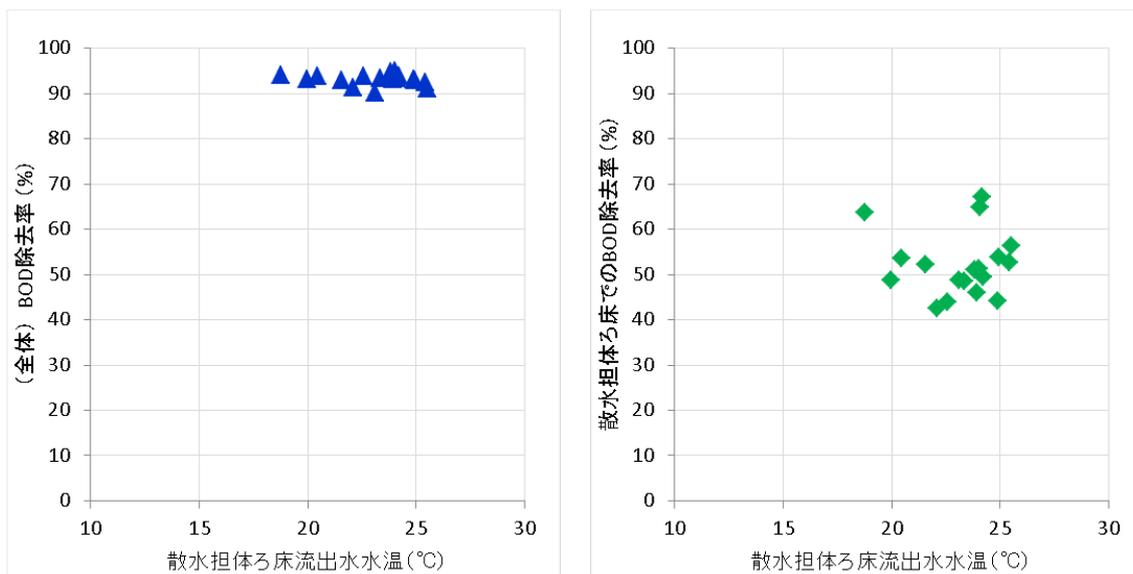
図資 1.4.2 S-BOD 除去量の理論値と実測値の比較

S-BOD 除去量、DO 消費量、NO_x-N 消費量の算出方法を表資 1.4.1 に示す。

表資 1.4.1 S-BOD 除去量、DO 消費量、NO_x-N 消費量の算出方法

S-BOD 除去量	<ul style="list-style-type: none"> ・ (前段ろ過流入下水 S-BOD 濃度 - 前段ろ過流出水 S-BOD 濃度) × (流入下水量 + 循環水量 + 濃縮上澄水量) 	kg-BOD/日
DO 消費量	<ul style="list-style-type: none"> ・ (散水担体ろ床流出水 DO 濃度 × 循環水量) - (前段ろ過流出水 DO 濃度 × (流入下水量 + 循環水量 + 濃縮上澄水量)) 	左記 DO 消費量 (kg-DO/日) を BOD 除去量 (kg-BOD/日) と仮定
NO _x -N 消費量	<ul style="list-style-type: none"> ・ (前段ろ過流入下水 NO₂-N 濃度 - 前段ろ過流出水 NO₂-N 濃度) × 1.71 × (流入下水量 + 循環水量 + 濃縮上澄水量) …① ・ (前段ろ過流入下水 NO₃-N 濃度 - 前段ろ過流出水 NO₃-N 濃度) × 2.86 × (流入下水量 + 循環水量 + 濃縮上澄水量) …② ・ (① + ②) …③ 	③を NO _x -N 消費に伴う BOD 除去量 (kg-BOD/日) と仮定

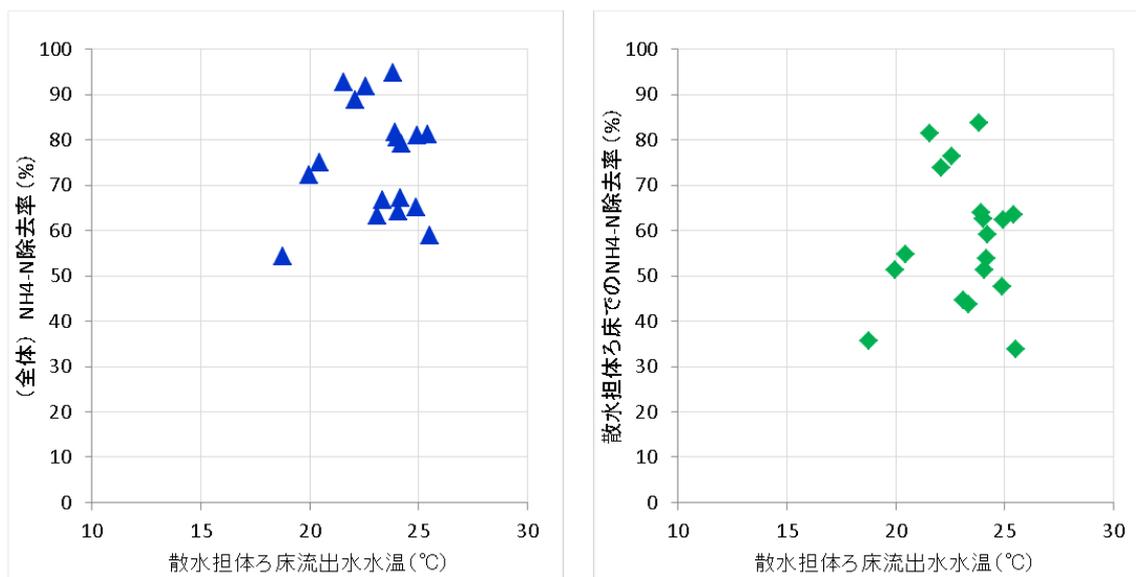
1-5. 水温と BOD 除去率の関係



図資 1.5.1 散水担体ろ床流出水水温と BOD 除去率の関係

※降雨の影響があったと想定される、流入下水 BOD<50mg/L の日のデータ 4 点を除く

(参考)

図資 1.5.2 散水担体ろ床流出水水温と NH₄-N 除去率の関係

※降雨の影響があったと想定される、流入下水 BOD<50mg/L の日のデータ 4 点を除く

1-6. 散水担体ろ床における脱臭条件と分析結果

表資 1.6.1 散水担体ろ床における脱臭条件と既存の生物脱臭条件の比較

項目	単位	諸元値	
		生物脱臭 ⁹⁾	散水担体ろ床 ^{*1}
空間速度	(m ³ /時) / m ³	150~360	2.0
散水量 ^{*2}	(m ³ /日)/(m ³ /分)	0.24~5.0	360
ガス接触時間	秒	10~24	1800

※1：通気量 40,500m³/日 (6,750m³/日の6倍)、
散水量 10,125m³/日 (6,750m³/日×1.5)、
リアクタ容積 844m³、リアクタ表面積 337.5 m² で計算

※2：脱臭風量(m³/分)あたりの散水量(m³/日)

表資 1.6.2 散水担体ろ床通気ガス分析結果 (2015/10/15 サンプルング)

No.	分析項目	単位	a	b	c	除去率 ^(※1) (%)
			10/15 前段ろ過他 送気管 (gas)	10/15 散水担体ろ 床上部 (gas)	10/15 散水担体ろ 床排ガス (gas)	
1	アンモニア	ppm	<0.1	<0.1	<0.1	—
		臭気強度	<0.71	<0.71	<0.71	—
2	メチルメルカプタン	ppm	0.070	0.12	0.0007	99.4
		臭気強度	4.5	4.8	2.0	—
3	硫化水素	ppm	8.4	1.1	0.008	99.3
		臭気強度	5.0	4.2	2.1	—
4	硫化メチル	ppm	0.004	0.015	0.002	86.7
		臭気強度	2.2	2.6	1.9	—
5	二硫化メチル	ppm	0.0032	0.0053	<0.0009	—
		臭気強度	2.1	2.3	<1.5	—
6	トリメチルアミン	ppm	<0.0005	<0.0005	<0.0005	—
		臭気強度	<1.6	<1.6	<1.6	—
7	臭気濃度		1600	2500	160	—
8	臭気指数		32	34	22	—

※1：100×{1-(c/b)}にて計算

臭気強度は以下計算式にて算出

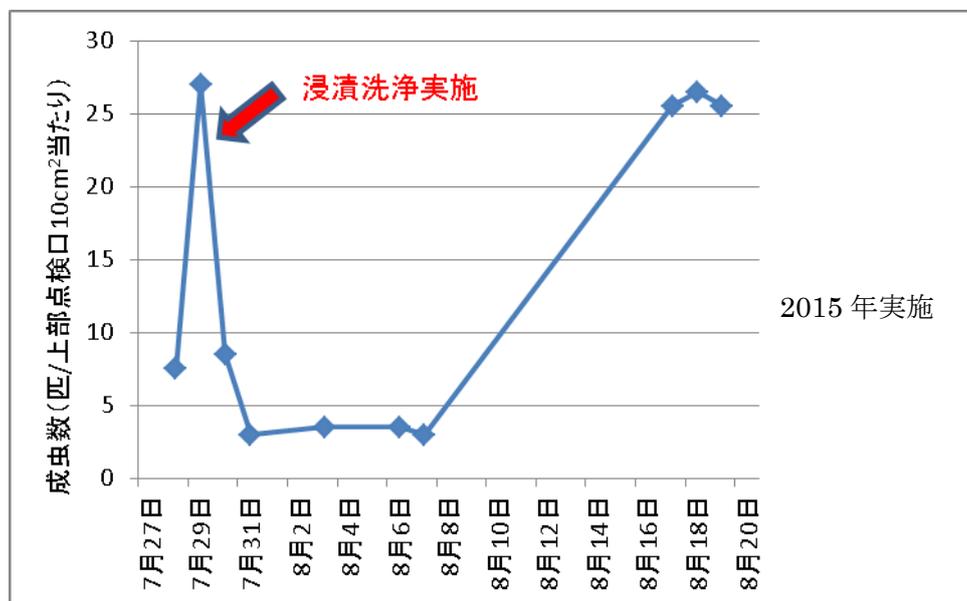
(総合技術センター発行、西田耕之助編集、消・脱臭技術の進歩と実務より)

X：サンプル濃度、Y：臭気強度

- ・アンモニア : Y=1.67logX+2.38
- ・メチルメルカプタン : Y=1.25logX+5.99
- ・硫化水素 : Y=0.95logX+4.14
- ・硫化メチル : Y=0.784logX+4.06
- ・二硫化メチル : Y=0.985logX+4.51
- ・トリメチルアミン : Y=0.901logX+4.56

1-7. 散水担体ろ床の浸漬洗浄によるろ床バエ駆除に関するデータ

① 散水担体ろ床の浸漬操作とろ床バエ発生数の関係（実証設備）



図資 1.7.1 散水担体ろ床の浸漬洗浄とろ床バエの発生数（18h 浸漬）

② ろ床バエ幼虫の浸漬駆除試験（ビーカ試験）

方法：生きているろ床バエの幼虫 10 匹程度を蓋付き容器（約 500mL）に採取し、前段ろ過処理水を 300mL 程度投入し、幼虫を水中に沈めた状態とし、経過時間による幼虫の生存状況を目視確認した。

表資 1.7.1 ろ床バエ幼虫の浸漬駆除試験結果

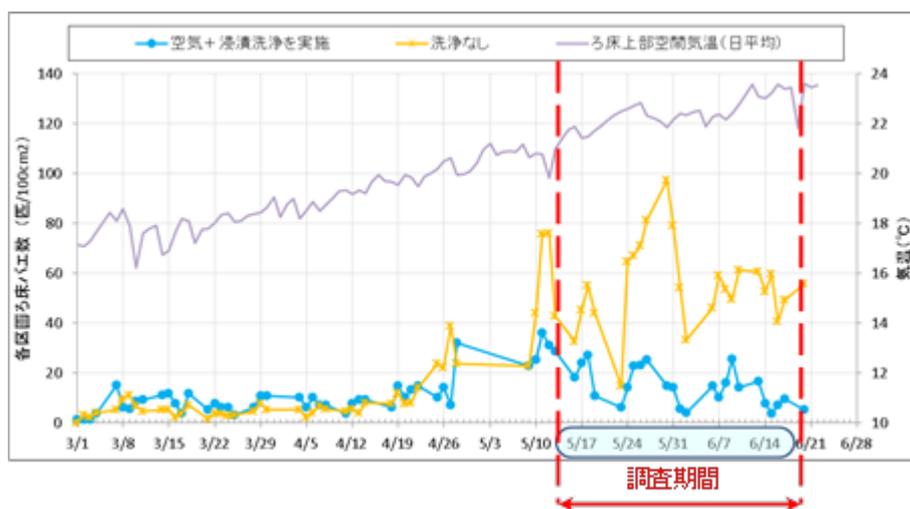
水没後の浸漬時間	観察結果
7 時間	ほぼすべての幼虫が動いており、生存している状況であった。
10 時間	ほぼすべての幼虫の動きがなく、死滅している状況であった。

（注）本ビーカ試験は、日を変えて 2 回実施した結果をまとめたものである。

③ 洗浄の有無によるろ床バエ駆除試験（実証設備）

ろ床洗浄を実施した方が、ろ床バエの発生数は少なかった。

2016年実施

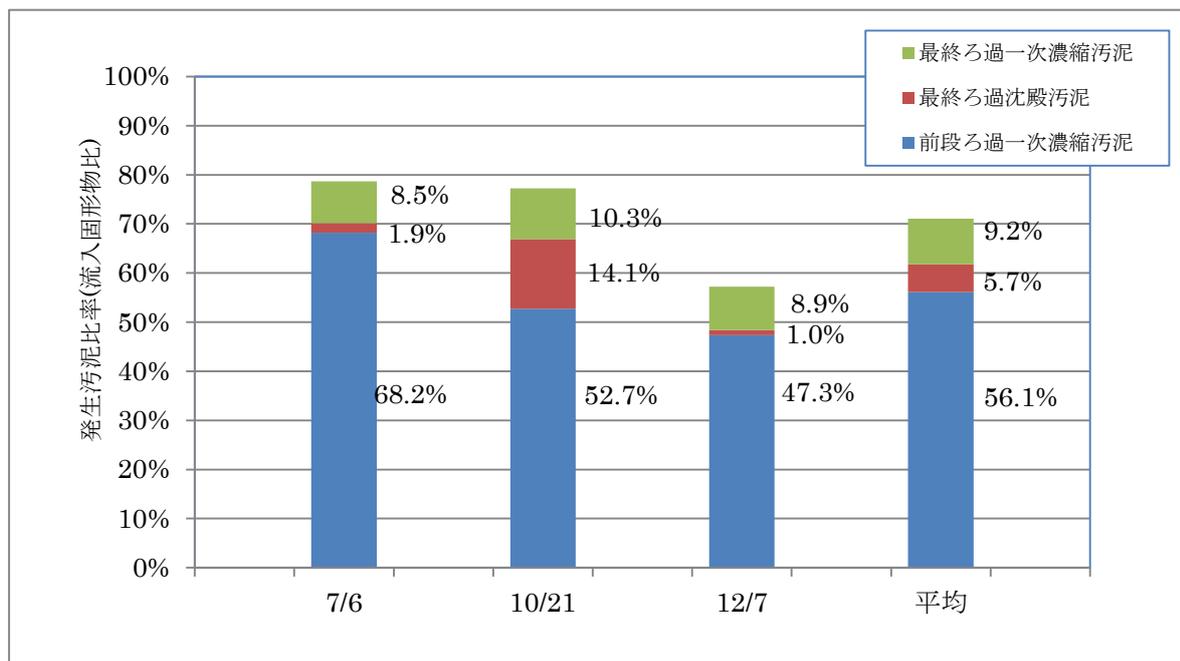


図資 1.7.2 散水担体ろ床の洗浄方法とろ床バエの発生数

1-8. 固形物収支算定用各 RUN データ

表資 1.8.1 固形物収支算定用各 RUN データ

(2015年) 月日	7/6		10/21		12/7		平均
	kg	比率	kg	比率	kg	比率	比率
流入下水	314	1.00	417	1.00	870	1.00	1.00
一次濃縮槽上澄水	100	0.32	102	0.24	137	0.16	0.24
循環水(前ろ過へ)	22	0.07	57	0.14	50	0.06	0.09
前段ろ過流入下水	402	1.28	477	1.14	1172	1.35	1.26
前段ろ過洗浄排水	232	0.74	332	0.80	516	0.59	0.71
前段ろ過流出水	200	0.64	214	0.51	647	0.74	0.63
循環水(担体ろ床へ)	20	0.06	58	0.14	48	0.06	0.09
散水担体ろ床流入下水	179	0.57	301	0.72	695	0.80	0.70
散水担体ろ床洗浄排水	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
散水担体ろ床流出水	89	0.28	231	0.55	189	0.22	0.35
循環水	43	0.14	115	0.28	97	0.11	0.17
最終ろ過流入下水	47	0.15	114	0.27	92	0.11	0.18
最終ろ過処理水	8	0.03	12	0.03	24	0.03	0.03
最終ろ過洗浄排水	29	0.09	65	0.16	97	0.11	0.12
最終ろ過沈殿汚泥	6	0.02	59	0.14	9	0.01	0.06
洗浄排水計	261	0.83	397	0.95	613	0.70	0.83
一次濃縮汚泥	241	0.77	263	0.63	489	0.56	0.65
前段ろ過汚泥/一次濃縮汚泥	214	0.68	220	0.53	412	0.47	0.56
最終ろ過汚泥/一次濃縮	27	0.09	43	0.10	77	0.09	0.09
発生負荷量 計	255	0.81	334	0.80	522	0.60	0.74
発生汚泥比率		0.79		0.77		0.57	0.71



運転条件 循環率：100%（前段ろ過：50%、散水担体ろ床：50%）

季節変化 2015年 夏期：7/6、秋期：10/21、冬期：12/7

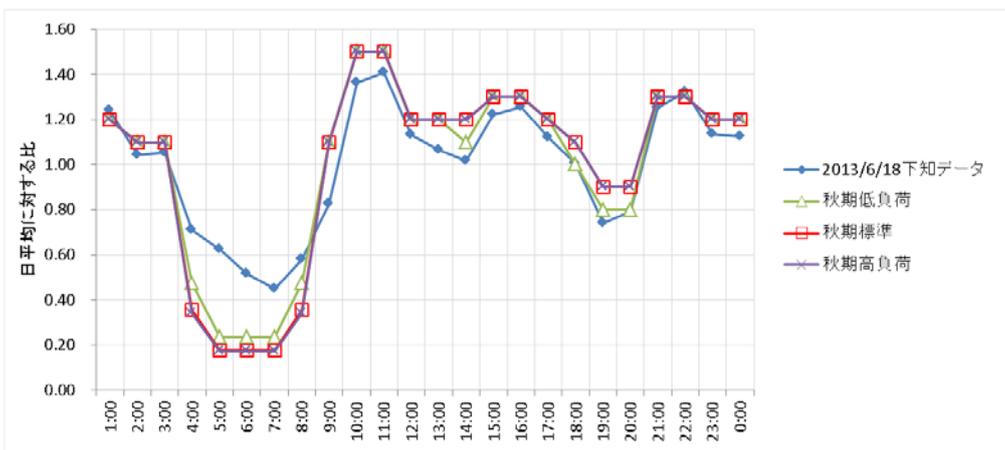
りん収支：94～101%（7/6は未測定）

図資 1.8.1 季節別の発生汚泥量およびその比率

1-9. 流入下水道量変動パターン



図資 1.9.1 夏期における流入下水道量変動パターン

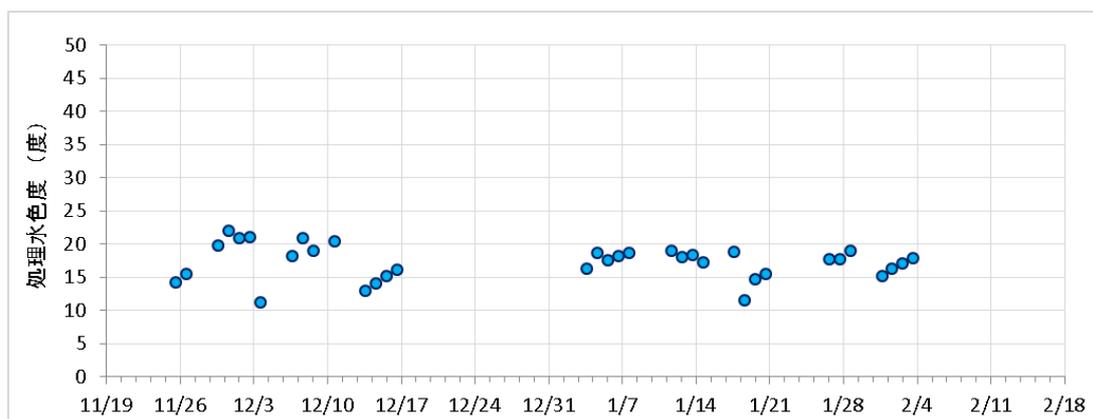


図資 1.9.2 秋期における流入下水道量変動パターン



図資 1.9.3 冬期における流入下水道量変動パターン

1-10. 色度データ



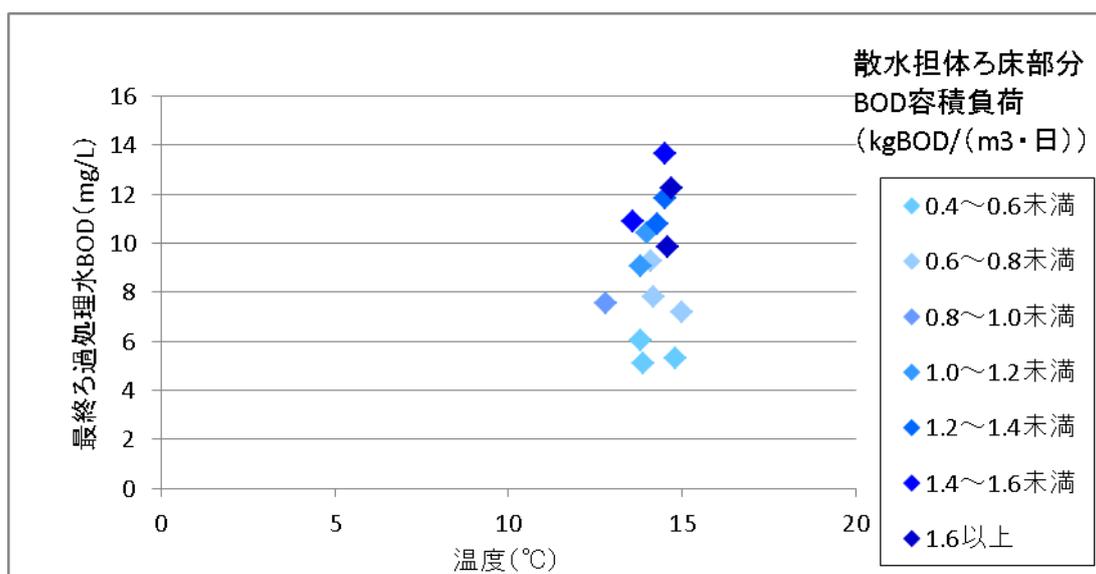
図資 1.10.1 最終ろ過処理水色度の経日変化

1-11. 低水温期の処理性（小型装置）

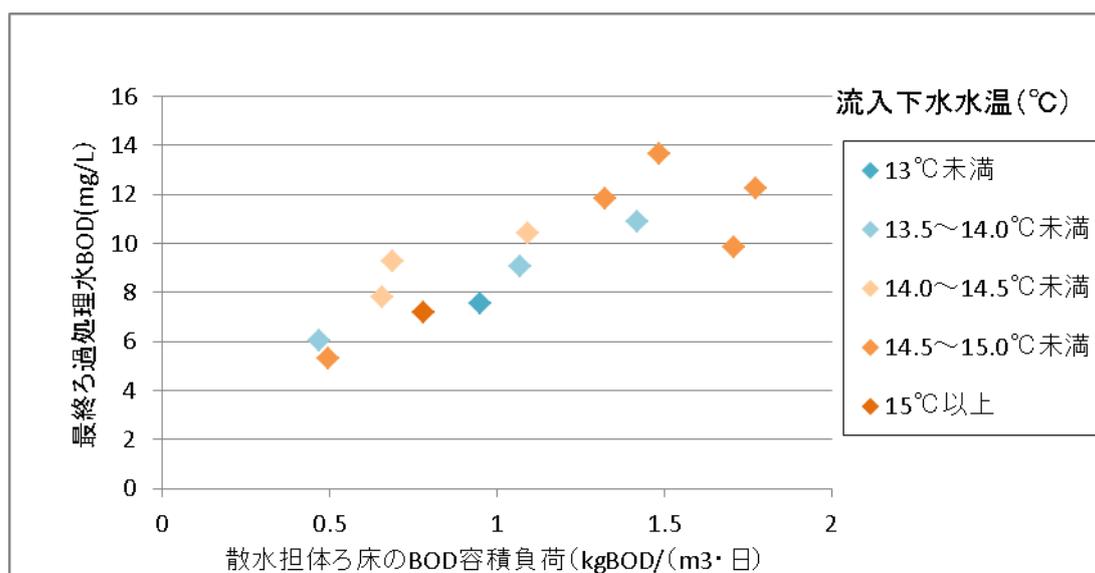
冬季の低水温期の処理性を調査した。

本実証では流入下水を大気下で放置して冷却し、散水担体ろ床への流入 BOD 負荷を変化させて、散水担体ろ床にて実際に処理を行った。さらに散水担体ろ床からの処理水実データを、本ガイドライン § 34 最終ろ過施設の設計の除去性能式にもとづいて処理水 BOD を算出した。

その結果、12.8～15℃の流入下水に対し、散水担体ろ床への BOD 容積負荷 1.8kgBOD/ (m³・日) 以下において処理水 BOD が 15mg/L 以下となるデータが得られた。



図資 1.11.1 低水温下での流入下水水温と処理水 BOD



図資 1.11.2 低水温下での散水担体ろ床 BOD 容積負荷と処理水 BOD

1-12. 処理水質の自動計測（参考）

処理水質をリアルタイムで自動計測する手法として以下がある。本実証実験では参考データとして取得した。本システムの運転状況をリアルタイムで把握する目的があれば設置する。

①UV計（紫外線吸光度自動計測器）

紫外線吸光度法を利用した連続式有機汚濁モニタで、最終ろ過処理水質を連続測定することにより、特に溶解性有機物除去の把握に有効である。

②濁度計

光学式の浮遊性固形物（SS）モニタで、最終ろ過処理水質を連続測定することにより、特に最終ろ過におけるSS除去の把握に有効である。

③NH₄-N計（アンモニア濃度計）

電極式のアンモニア（NH₄-N）濃度計で、最終ろ過処理水質を連続測定することにより、特に散水担体ろ床におけるアンモニア除去、硝化の把握に有効である。

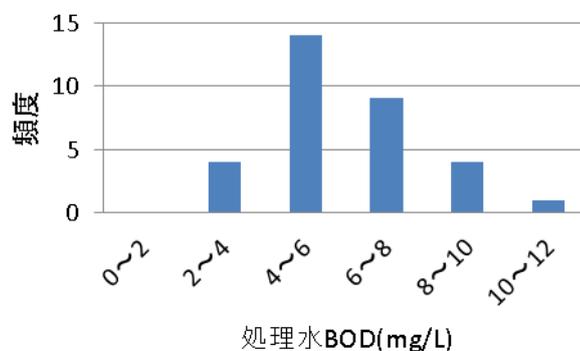
1-13. 処理水 BOD の目標値設定

計画放流水質を年間を通して遵守できる、処理水 BOD の目標値を設定する。なお実証研究期間中の冬季（12月）より全6槽においてノズル改良を実施した。

（全データ）

実証研究期間中の全データ（2015年7月7日～2016年3月10日）の処理水 BOD のヒストグラムを図資 1.13.1 に示す。概ね標準正規分布となり、年間のばらつきを考慮して 3σ を採用する。

流入下水 BOD、処理水 BOD の統計データを表資 1.13.1 に示す。処理水 BOD 標準偏差は $\sigma = 2.2$ であった。



図資 1.13.1 処理水 BOD のヒストグラム（実証研究結果）

表資 1.13.1 流入下水および処理水 BOD の統計データ（実証研究結果）

項目	最小	最大	平均(μ)	標準偏差(σ)	$\mu + 2\sigma$	$\mu + 3\sigma$
	mg/L	mg/L	mg/L	—	mg/L	mg/L
流入下水 BOD	33	260	99	—	—	—
処理水 BOD	2.6	12.0	6.2	2.2	10.7	12.9

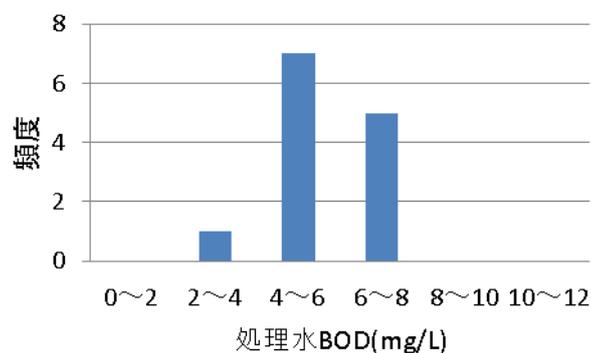
参考として、実証研究結果に基づく、処理水 BOD 目標値の設定例を示す。

$$\text{処理水 BOD の目標値} = \text{計画放流水質 } 15.0 - 3\sigma \Rightarrow 8.4 \text{ mg/L 以下}$$

(ノズル改良後の全データ)

実証研究期間のうち、ノズル改良後の期間のデータ(2015年12月3日～2016年3月10日)の処理水BODのヒストグラムを図資1.13.2に示す。概ね標準正規分布となり、年間のばらつきを考慮して 3σ を採用する。

流入下水BOD、処理水BODの統計データを表資1.13.2に示す。処理水BOD標準偏差は $\sigma = 1.2$ であり、冬季(低水温期)で流入下水BODが高濃度であったが、処理水BODは全データの平均値を下回った。



図資 1.13.2 処理水 BOD のヒストグラム (ノズル改良後の実証研究結果)

表資 1.13.2 流入下水および処理水 BOD の統計データ (ノズル改良後の実証研究結果)

項目	最小	最大	平均(μ)	標準偏差(σ)	$\mu + 2\sigma$	$\mu + 3\sigma$
	mg/L	mg/L	mg/L	—	mg/L	mg/L
流入下水 BOD	82	260	132	—	—	—
処理水 BOD	3.7	7.4	5.7	1.2	8.1	9.3

参考として、ノズル改良後の実証研究結果に基づく、処理水 BOD 目標値の設定例を示す。ノズル改良型の散水担体ろ床とすることにより、処理水 BOD の目標値を高く設定できる。

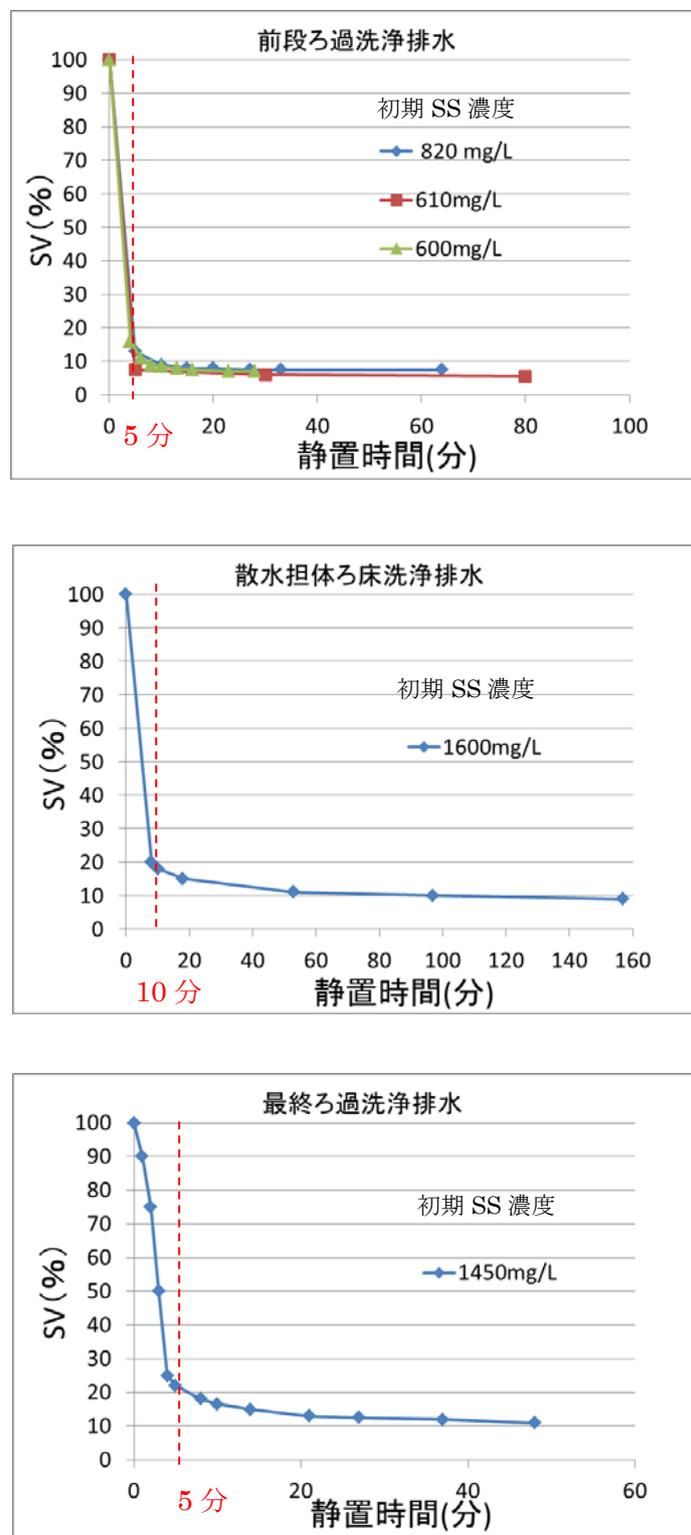
$$\text{処理水 BOD の目標値} = \text{計画放流水質 } 15.0 - 3\sigma \Rightarrow 11.4 \text{ mg/L 以下}$$

1-14. 既存系列との処理水質の比較



図資 1.14.1 既設の標準活性汚泥法施設と本技術の処理水質比較

1-16. 洗浄排水の濃縮

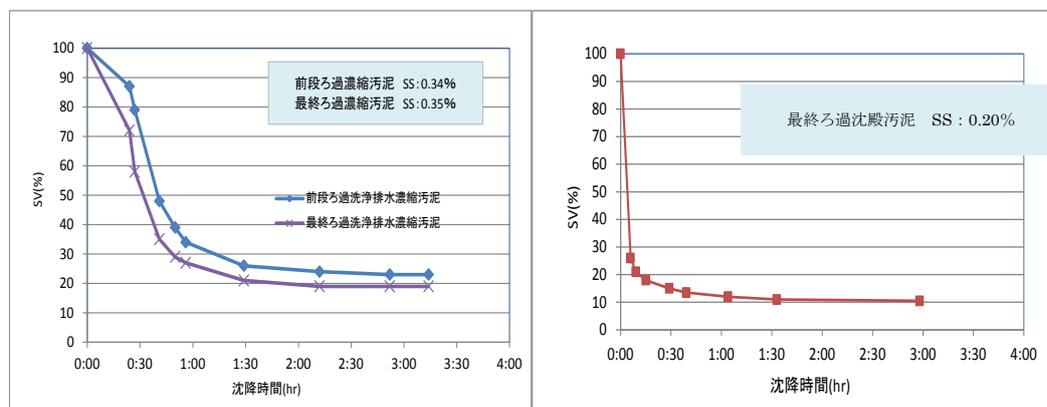


図資 1. 16. 1 各洗浄排水の静置時間と濃縮の関係（実証研究結果）

1-17. 汚泥の濃縮性、脱水性

(ア) 濃縮性

本実証研究で得られた一次濃縮汚泥、最終ろ過沈殿汚泥の濃縮性の結果を図資 1.17.1 に示す。



図資 1.17.1 一次濃縮汚泥、最終ろ過沈殿汚泥の濃縮性

(イ) 濃縮汚泥の性状

(ア) で得られた濃縮汚泥、および実証研究を実施した下水処理場の標準活性汚泥法から得られた汚泥の濃縮汚泥の性状を表資 1.17.1 に示す。

表資 1.17.1 濃縮汚泥の性状

	項目	pH (-)	TS (%)	SS (mg/L)	VTS (%TS)	アルカリ 度 (mg/L)	粗浮遊 物 (%TS)	VSS (%SS)
	元試料							
本技術	前段ろ過 一次濃縮汚泥 a	6.0	1.62	13,300	85.0	183	42.9	90.9
	最終ろ過 一次濃縮汚泥 b	6.4	1.55	14,000	83.0	188	26.3	86.1
	最終ろ過 沈殿汚泥 c	6.5	1.98	17,100	78.5	360	6.0	80.5
	混合汚泥 a+b+c	6.1	1.66	13,700	82.1	213	33.3	86.7
標準活性 汚泥法	混合生汚泥	6.0	1.55	13,300	84.1	260	30.6	90.0
	余剰汚泥	6.4	1.41	13,000	83.5	100	2.3	86.2

- ・ 供試汚泥の濃縮：脱水試験前に 3 時間静置沈降させて、濃縮操作を行った。
- ・ 混合汚泥：前段ろ過一次濃縮汚泥、最終ろ過一次濃縮汚泥、最終ろ過沈殿汚泥を静置濃縮後、容量比 3 : 1 : 0.5 の割合で混合。
- ・ 混合生汚泥：余剰汚泥が既設最初沈殿池に投入され、その最終ろ過施設から引き抜いた汚泥である。

(ウ) 一次濃縮分離水の性状

実証研究で得られた一次濃縮分離水の BOD、SS、BOD/SS の結果を以下に示す。BOD/SS 比率は、0.8～1.0 程度である。

表資 1.17.2 一次濃縮分離水の性状

洗浄排水の 発生源	一次濃縮 分離水 No.	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	BOD/SS	BOD/SS (平均)
前段ろ過施設	②	95.0	181	0.52	0.79
	③	86.6	90	0.96	
	④	148	99	1.49	
	⑤	120	188	0.64	
	⑥	255	443	0.58	
	⑦	328	585	0.56	
散水担体ろ床	⑧	53.5	100	0.54	0.77
	⑨	98.0	172	0.57	
	⑩	100	83.8	1.19	
最終ろ過施設	⑪	184	180	1.02	0.91
	⑫	188	237	0.79	

(エ) 脱水性

(イ) で得られた濃縮汚泥の脱水試験(加圧試験)結果を表資 1.17.3 に示す。

表資 1.17.3 脱水試験結果

	項目 元試料	高分子凝集剤添加 濃度 (%TS)	ろ液 SS (mg/L)	脱水汚泥 剥離性 (◎○△ ×)	脱水汚泥含水率(%)		
					最小	平均	最大
本技術	前段ろ過 一次濃縮汚泥	0.55～ 0.60	18～23	◎◎△	68.8	72.9	75.4
	最終ろ過 一次濃縮汚泥	0.39～ 0.65	22～54	○◎	77.3	79.8	82.2
	最終ろ過 沈殿汚泥	0.38～ 0.48	28～30	△○	85.7	87.3	88.9
	混合汚泥	0.34～ 0.53	14～22	◎◎◎	72.6	74.7	76.9
標準活性 汚泥法	混合生汚泥	0.32～ 0.66	22～33	◎◎◎◎	75.2	77.7	81.8
	余剰汚泥	0.43	15	○	—	90.5	—

高分子凝集剤：アクリレート系 高カチオン(分子量 370 万)

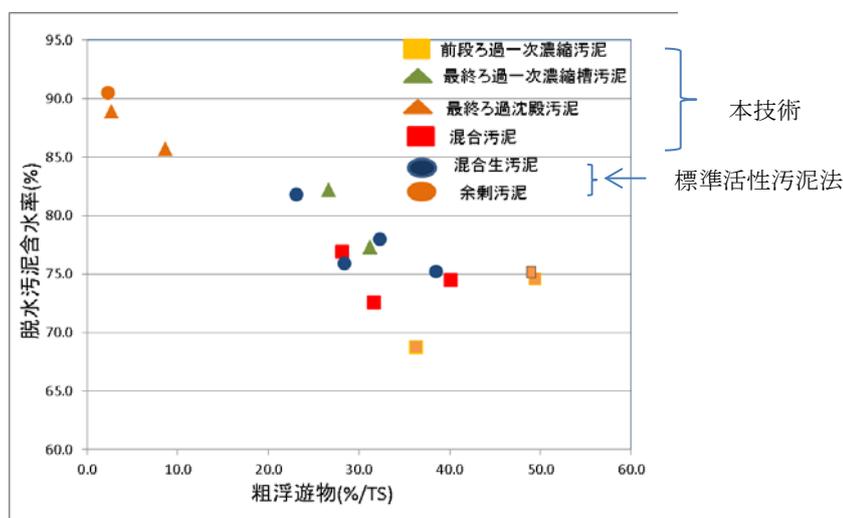
脱水汚泥剥離性：◎：優 ○：良好 △：可

本技術より発生する汚泥(混合汚泥)の脱水汚泥含水率は73～77%であり、標準活性汚泥法により発生する混合生汚泥の75～82%と比較して脱水性は良好であった。

図資 1.17.2 に各汚泥の粗浮遊物と脱水汚泥含水率の関係を示す。

汚泥中の粗浮遊物と脱水汚泥含水率とは一定の関係性が認められ、粗浮遊物の割合が多い程、含水率は低下する。前段ろ過一次濃縮汚泥と比較して、粗浮遊物の割合が低い最終ろ過沈殿汚泥は難脱水性であった。しかし、発生汚泥に占める前段ろ過汚泥の割合が高いため、混合汚泥の汚泥含水率は70%台となった。

本技術から発生する脱水汚泥の含水率は、標準活性汚泥法に比して2～3ポイント程度低かった。

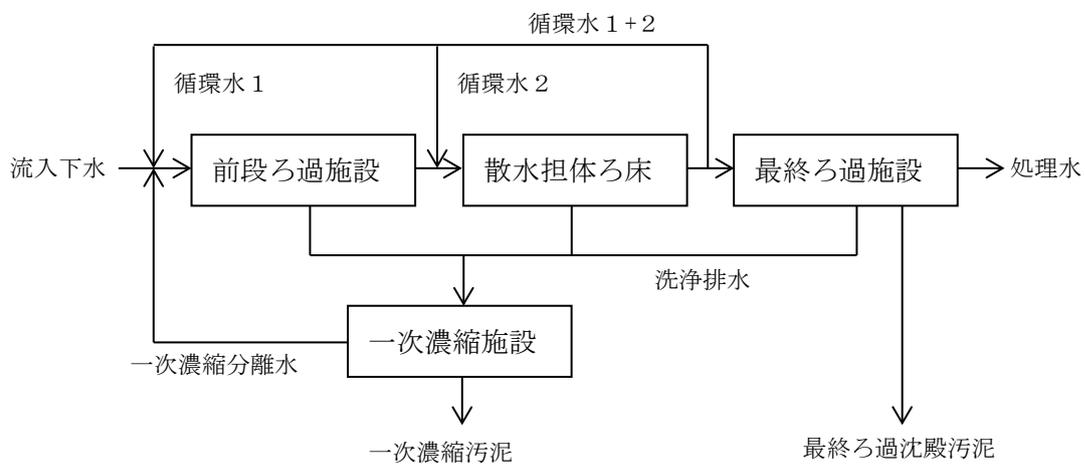


図資 1.17.2 汚泥中粗浮遊物と脱水汚泥含水率の関係

2. ケーススタディ

2-1 フロー

本容量計算における処理フロー、発生水(汚泥)の名称を図資 2.1.1 に示す。



図資 2.1.1 処理フロー

2-2. 設計条件

1) 設計水量

日最大汚水量 50,000m³/日 (日平均汚水量 40,000m³/日、冬季日平均汚水量 26,800 m³/日)

2) 流入水質

表資 2.2.1 に設計流入水質を示す。

表資 2.2.1 設計流入水質

水質項目	mg/L
BOD	200
溶解性 BOD	80
SS	180

3) 処理水 BOD の目標値

表資 2.2.2 に処理水 BOD の目標値を示す。目標値は、資料編 1-13 表資 1.13.1 に基づき設定した。

処理水 BOD 目標値 = 計画放流水質 (mg/L) - 3σ = 15.0 (mg/L) - 3 × 1.2 = 11.4 (mg/L) 以下

表資 2.2.2 処理水 BOD の目標値

水質項目	mg/L
BOD	11

2-3. 前段ろ過施設

①流入水

前段ろ過施設には、流入下水、循環水 1、一次濃縮分離水が流入する。循環水は前段ろ過施設に循環するものと散水担体ろ床に循環するものがあり、ここでは前者を循環水 1、後者を循環水 2 と称する。循環水 1 は散水担体ろ床流出水であり、日平均汚水量の 50% とした。一次濃縮分離水は、前段ろ過施設、散水担体ろ床、最終ろ過施設の各施設からの洗浄排水を固液分離（一次濃縮）した上澄水である。

表資 2.3.1 前段ろ過施設流入水

水質項目	流入下水	循環水 1 (仮定値) ^{※1}	一次濃縮 分離水 (仮定値) ^{※2}	合計 (水質は平均)
水量 (m ³ /日)	50,000	20,000	15,000	85,000
BOD (mg/L)	200	40	110	146
溶解性 BOD (mg/L)	80	3	35	54
SS (mg/L)	180	30	110	132

※1 仮定値として、BOD:40, 溶解性 BOD:3, SS:30 (mg/L) の各値（実証研究の結果の最大値）を代入する。本章 2. ケーススタディ 2-8. 計算結果確認（参考）にて算出される計算結果がこれ以下であることを確認する。
 ※2 仮定値として、流入下水の値を代入する。そして本章 2. ケーススタディ 2-8. 計算結果確認（参考）にて計算結果値と比較する。数字にひらきがある場合には再度仮定値に計算結果を代入する（繰返し計算となる）。表資 2.3.1 の仮定値は、繰返し計算後の値を表示。

②施設規模

ろ過面積 日最大汚水量 50,000 (m³/日) / 流入下水に対するろ過速度 200m/日 = 250m²

ろ過速度 85,000 (m³/日) / 250m² = 340 (m/日)

前段ろ過槽の槽数 既存施設の形状を勘案して 16 槽とする

1 槽あたりろ過面積 250m² / 16 槽 = 15.6 m²

洗浄排水槽容量 前段ろ過槽 1 槽を洗浄したときに発生する洗浄排水量を受け入れ可能な容積とする。15.6 m² × 1.2m (洗浄高さ) = 18.8 m³

③除去性能

$$\begin{aligned} \text{SS 除去率}(\%) &= -0.0915 \times \text{ろ過速度}(\text{m/日}) + 80.059 \\ &= -0.0915 \times 340(\text{m/日}) + 80.059 = 48.9\% \end{aligned} \quad (\text{図 4-12 参照})$$

$$\begin{aligned} \text{固形性 BOD 除去率}(\%) &= 0.9143 \times \text{SS 除去率}(\%) \\ &= 0.9143 \times 48.9 = 44.8\% \end{aligned} \quad (\text{図 4-13 参照})$$

$$\begin{aligned} \text{溶解性 BOD 除去率}(\%) &= 0.3103 \times \text{前段ろ過施設流入水 溶解性 BOD}(\text{mg/L}) + 9.152 \\ &= 0.3103 \times 54(\text{mg/L}) + 9.152 = 25.9\% \end{aligned} \quad (\text{図 4-14 参照})$$

④流出水

$$\text{SS 濃度 (mg/L)} = 132 (\text{mg/L}) \times (100 - 48.9) / 100 = 67.6 \text{ mg/L}$$

$$\text{固形性 BOD (mg/L)} = (146 - 54) (\text{mg/L}) \times (100 - 44.8) / 100 = 51.1 \text{ mg/L}$$

$$\text{溶解性 BOD} = 54 \times (100 - 25.9) / 100 = 40.0 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = \text{固形性 BOD} + \text{溶解性 BOD} = 51.1 + 40.0 = 91 \text{ mg/L}$$

⑤洗浄

$$\begin{aligned} \text{洗浄回数 (回/日)} &= 85,000 (\text{m}^3/\text{日}) \times \text{流入 SS} 132 (\text{mg/L}) / 1000 / 0.83 (\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{回})) / 250 \\ &= 54.2 (\text{回/日}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{1 回あたり洗浄排水量 (m}^3/\text{回)} &= \text{ろ過面積 (m}^2) \times \text{洗浄高さ (m/回)} (\text{表 4-2 参照}) \\ &= 250 \times 1.2 = 300 \text{ m}^3/\text{回} \end{aligned}$$

$$\text{洗浄排水量} = 300 \text{ m}^3/\text{回} \times 54.2 \text{ 回/日} = 16,300 \text{ m}^3/\text{日}$$

⑥固形物

$$\text{ろ過水 SS} = (85,000 - 16,300) (\text{m}^3/\text{日}) \times 67.6 (\text{mg/L}) / 1,000 = 4,642 (\text{kg/日})$$

$$\begin{aligned} \text{洗浄排水 SS} &= \text{流入水 (m}^3/\text{日)} \times \text{流入水 SS (mg/L)} / 1,000 - \text{ろ過水 SS (kg/日)} \\ &= 85,000 (\text{m}^3/\text{日}) \times 132 (\text{mg/L}) / 1000 - 4,642 (\text{kg/日}) = 6,608 (\text{kg/日}) \end{aligned}$$

(⇒ 一次濃縮施設へ)

2-4. 散水担体ろ床

① 流入水

散水担体ろ床には、前段ろ過流出水、循環水 2 が流入する。循環水 2 は散水担体ろ床流出水であり、日平均汚水量の 50% とした。

表資 2.4.1 散水担体ろ床流入水

水質項目	前段ろ過 流出水	循環水 2 (仮定値)	合計 (水質は平均)
水量 (m ³ /日)	68,700	20,000	88,700
BOD (mg/L)	91.1	40	79.6
溶解性 BOD (mg/L)	40.0	3	31.6
SS (mg/L)	67.6	30	59.1

流入水 BOD 量 = $88,700(\text{m}^3/\text{日}) \times 79.6(\text{mg/L}) / 1,000 = 7,058(\text{kgBOD}/\text{日})$

流入水 SS 量 = $88,700(\text{m}^3/\text{日}) \times 59.1(\text{mg/L}) / 1,000 = 5,242(\text{kgBOD}/\text{日})$

② 施設規模

散水担体ろ床への BOD 容積負荷

1.6kg/(m³・日) と設定する。

ろ床容積 (=担体量) (m³) $7,058(\text{kgBOD}/\text{日}) / 1.6(\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{日})) = 4,411(\text{m}^3)$

ろ床高さ 既存施設の深さを考慮して 2.5m と設定する。

ろ床面積 $4,411 \text{ m}^3 / 2.5\text{m} = 1,765\text{m}^2$

槽数 既存施設の形状を考慮して 9 槽/池 × 6 池 = 54 槽とする (図 3-6 参照)。

担体量/1 槽 (m³/槽) $4,411 \text{ m}^3 / 54 \text{ 槽} = 82(\text{m}^3/\text{槽})$

洗浄排水槽 (m³) $82 \text{ m}^3 \times \text{担体空隙率 } 0.9 \text{ (下部空間を含む余裕をみて } 0.9 \text{ と設定)} = 74 \text{ m}^3$
(§ 30 (7) 参照)

循環水ポンプ 春季～秋季 (日平均汚水量の 100%) と、冬季 (冬季日平均汚水量の 200%) の大きい方を選定する。

春季～秋季 (日平均汚水量の 100%) = $40,000 \times 100\%$
= $40,000(\text{m}^3/\text{日}) = 28(\text{m}^3/\text{分})$

冬季 (冬季日平均汚水量の 200%) = $26,800 \times 200\%$
= $53,600(\text{m}^3/\text{日}) = 37(\text{m}^3/\text{分})$

よって 37(m³/分)

送水ポンプ 日最大汚水量 = $50,000(\text{m}^3/\text{日}) = 35(\text{m}^3/\text{分})$

③洗浄

洗浄回数 夏季のハエ対策を考慮して週1回洗浄すると仮定

洗浄排水量 $4,411 \text{ m}^3 \times \text{担体空隙率 } 0.9$ (下部空間を含む余裕をみて0.9と設定)
 $\times 1(\text{回/週}) / 7 \text{ 日/週} = 567 (\text{m}^3/\text{日})$

④流出水

SS濃度 $6.2335 \times \text{Ln}(\text{BOD容積負荷}(\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{日}))) + 22.233$
 $= 6.2335 \times \text{Ln}(1.6 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{日})) + 22.233 = 25.2 (\text{mg/L})$ (図4-20参照)

SS量 $(88,700 - 567) (\text{m}^3/\text{日}) \times 25.2 (\text{mg/L}) / 1,000 = 2,218 (\text{kg}/\text{日})$

固形性BOD SS濃度(mg/L) \times (固形性BOD対SS比率(図4-31参照))
 $= 25.2 (\text{mg/L}) \times 1.4008 = 35.3 (\text{mg/L})$

溶解性BOD (ろ床高さ2.5m換算)

$= 0.7538 \times \text{Ln}(\text{BOD容積負荷}(\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{日}))) + 2.6562$
 $= 0.7538 \times \text{Ln}(1.6 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{日})) + 2.6562 = 3.0 \text{ mg/L}$

溶解性BOD (高さ補正後)

$= \text{溶解性BOD}(\text{ろ床高さ } 2.5 \text{ m 換算})(\text{mg/L}) \times 9.87715$
 $\times \text{ろ床高さ}(\text{m})^{-0.92} / 4.25$ (式7)
 $= 3.0 (\text{mg/L}) \times 9.87715 \times 2.5 (\text{m})^{-0.92} / 4.25 = 3.0 (\text{mg/L})$

$\text{BOD}(\text{mg/L}) = \text{固形性BOD}(\text{mg/L}) + \text{溶解性BOD}(\text{高さ補正後})(\text{mg/L})$
 $= 35.3 (\text{mg/L}) + 3.0 (\text{mg/L}) = 38.3 (\text{mg/L})$

⑤固形物収支

洗浄排水SS $= \text{流入水量}(\text{m}^3/\text{日}) \times \text{流出水SS濃度}(\text{mg/L}) / 1000$
 $\times 0.12$ (=8/68 図4-4参照)
 $= 88,700 (\text{m}^3/\text{日}) \times 59.1 (\text{mg/L}) / 1,000 \times 0.12$
 $= 617 (\text{kg}/\text{日})$ (⇒ 一次濃縮施設へ)

2-5. 最終ろ過施設

① 流入水

表資 2.5.1 最終ろ過施設流入水

水質項目	—
水量 (m ³ /日)	48,133
BOD (mg/L)	38.3
溶解性 BOD (mg/L)	3.0
SS (mg/L)	25.2

$$\begin{aligned} \text{流入水量 (m}^3/\text{日)} &= \text{散水担体ろ床流入水量 (m}^3/\text{日)} - \text{循環水 1 水量 (m}^3/\text{日)} \\ &\quad - \text{循環水 2 水量 (m}^3/\text{日)} - \text{散水担体ろ床洗浄排水量 (m}^3/\text{日)} \\ &= 88,700 - 20,000 (\text{m}^3/\text{日}) - 20,000 (\text{m}^3/\text{日}) - 567 (\text{m}^3/\text{日}) = 48,133 (\text{m}^3/\text{日}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{流入水 SS (kg/日)} &= \text{流入水量 (m}^3/\text{日)} \times \text{SS (mg/L)} / 1,000 \\ &= 48,133 (\text{m}^3/\text{日}) \times 25.2 (\text{mg/L}) / 1,000 = 1,211 (\text{kg/日}) \end{aligned}$$

② 施設規模(その1)

ろ過速度を 150 (m/日) と設定する。

$$\text{ろ過面積} = 50,000 (\text{m}^3/\text{日}) / 150 (\text{m/日}) = 333 \text{ m}^2$$

槽数 既存施設の形状を考慮して

$$1 \text{ 槽/池} \times 6 \text{ 池} = \text{全 6 槽とする (図 3-6 参照)}。$$

$$1 \text{ 槽の面積} = 333 \text{ m}^2 / 6 = 55.6 \text{ m}^2/\text{槽}$$

③ 性能

$$\begin{aligned} \text{SS 除去率 (\%)} &= 0.2549 \times \text{流入水 SS (mg/L)} + 78.088 \\ &= 0.2549 \times 25.2 (\text{mg/L}) + 78.088 = 85\% \text{ (図 4-30 参照)} \end{aligned}$$

$$\text{溶解性 BOD 除去率 (\%)} = 0$$

⑤ 洗浄

洗浄をかける目安量 (流入 SS 負荷量として) = 3.0 kgSS / (m²・回) (§ 34 (5))

$$\begin{aligned} \text{流入 SS 量} &= \text{流入水量 (m}^3/\text{日)} \times \text{流入 SS (mg/L)} / \text{ろ過面積 (m}^2) / 1,000 \\ &= 48,133 (\text{m}^3/\text{日}) \times 25.2 (\text{mg/L}) / 333 (\text{m}^2) / 1,000 = 3.6 \text{ kgSS} / (\text{m}^2 \cdot \text{回}) \end{aligned}$$

以上より

洗浄回数 = 2 (回/日) とする。

洗浄排水時間 = 0.67 (hr/回) (表 4-2)

$$\begin{aligned} \text{洗浄排水量} &= \text{流入水量 (m}^3/\text{日)} \times \text{洗浄回数 (回/日)} \times 0.67 (\text{hr/回}) / 24 (\text{hr/日}) \\ &= 2,671 (\text{m}^3/\text{日}) \end{aligned}$$

⑤施設規模(その2)

$$\begin{aligned} \text{洗浄排水槽 (m}^3\text{)} &= \text{洗浄排水量 (m}^3\text{/日)} / \text{槽数 (槽)} / \text{洗浄回数 (回/日)} \\ &= 2,671 (\text{m}^3\text{/日}) / 6 \text{ 槽} / 2 (\text{回/日}) = 223 (\text{m}^3\text{) 以上} \end{aligned}$$

⑥流出水 (=処理水)

$$\begin{aligned} \text{流出水 SS (mg/L)} &= \text{流入水 SS (mg/L)} \times (100 - \text{SS 除去率 (\%)}) / 100 \\ &= 25.2 (\text{mg/L}) \times (100 - 85) / 100 = 3.9 (\text{mg/L}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{流出水固形性 BOD (mg/L)} &= \text{流出水 SS (mg/L)} \times (\text{固形性 BOD 対 SS 比率 (図 4-31 参照)}) \\ &= 3.9 (\text{mg/L}) \times 1.4008 = 5.5 (\text{mg/L}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{流出水溶解性 BOD (mg/L)} &= \text{流入水溶解性 BOD (mg/L)} \times (100 - \text{BOD 除去率 (\%)}) / 100 \\ &= 25.2 (\text{mg/L}) \times (100 - 0) / 100 = 3.0 (\text{mg/L}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{流出水 BOD} &= \text{固形性 BOD (mg/L)} + \text{溶解性 BOD (mg/L)} \\ &= 5.5 (\text{mg/L}) + 3.0 (\text{mg/L}) \\ &= 8.5 (\text{mg/L}) < \text{処理水 BOD 目標値 } 11 (\text{mg/L}) \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

⑦固形物

$$\begin{aligned} \text{流出水 SS (kg/日)} &= \text{流出水 SS (mg/L)} \times (\text{流入水量 (m}^3\text{/日)} - \text{洗浄排水量 (m}^3\text{/日)}) \\ &= 3.9 (\text{mg/L}) \times (48,133 (\text{m}^3\text{/日}) - 2,671 (\text{m}^3\text{/日})) / 1,000 \\ &= 177 (\text{kg/日}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{総発生汚泥 SS (=洗浄排水 SS (kg/日) + 沈殿汚泥 SS (kg/日)) (kg/日)} &= \text{流入水 SS (kg/日)} - \text{流出水 SS (kg/日)} \\ &= 1,211 (\text{kg/日}) - 177 (\text{kg/日}) \\ &= 1,034 (\text{kg/日}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{洗浄排水 SS (kg/日)} &= \text{最終ろ過総発生汚泥 (kg/日)} \\ &\quad \times \text{最終ろ過洗浄排水汚泥量 / 最終ろ過総汚泥 比率 (-)} \\ &= 1,034 (\text{kg/日}) \times 0.6 (\text{表 4-1 参照}) \\ &= 620 (\text{kg/日}) \quad (\Rightarrow \text{一次濃縮施設へ}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{沈殿汚泥 SS (kg/日)} &= \text{総発生汚泥 (kg/日)} - \text{洗浄排水 SS (kg/日)} \\ &= 1,034 (\text{kg/日}) - 620 (\text{kg/日}) \\ &= 414 (\text{kg/日}) \quad (\Rightarrow \text{系外へ}) \end{aligned}$$

$$\text{沈殿汚泥 SS (mg/L)} = 4,090 (\text{mg/L}) (\text{図資 1.15.1 参照})$$

$$\begin{aligned} \text{沈殿汚泥量 (m}^3\text{/日)} &= \text{沈殿汚泥 SS (kg/日)} / \text{沈殿汚泥 SS (mg/L)} \times 1,000 \\ &= 414 (\text{kg/日}) / 4,090 (\text{mg/L}) \times 1,000 \\ &= 101 (\text{m}^3\text{/日}) \end{aligned}$$

2-6. 一次濃縮施設

①流入

表資 2.6.1 一次濃縮汚泥施設 流入洗浄排水

流入排水の種類	洗浄排水量 (m ³ /日)	固形物量 (kgSS/日)	SS 濃度 (mg/L)
前段ろ過施設 洗浄排水	16,300	6,608	405
散水担体ろ床 洗浄排水	567	617	1,087
最終ろ過施設 洗浄排水	2,671	620	232
総洗浄排水	19,539	7,845	402

②流出

一次濃縮分離水

$$\begin{aligned} \text{水量 (m}^3/\text{日)} &= \text{総洗浄排水量 (m}^3/\text{日)} \times \text{分離水発生比率 (-)} \\ &= 19,539 (\text{m}^3/\text{日}) \times 0.75 (-) \quad (\text{表 4-1 ⑤ 参照}) \\ &= 14,654 (\text{m}^3/\text{日}) \end{aligned}$$

固形物 SS (kg/日)

$$\begin{aligned} &= \text{総固形物量 (kgSS/日)} \times (1 - \text{固形物回収比率 (-)}) \\ &= 7,845 (\text{kg/日}) \times 0.20 (-) \quad (\text{表 4-1 ④ 参照}) \\ &= 1,603 (\text{kg/日}) \end{aligned}$$

SS 濃度 (mg/L)

$$\begin{aligned} &= \text{固形物 SS (kg/日)} / \text{水量 (m}^3/\text{日)} \times 1,000 \\ &= 1,603 (\text{kg/日}) / 14,654 (\text{m}^3/\text{日}) \times 1,000 \\ &= 109 (\text{mg/L}) \end{aligned}$$

BOD (mg/L)

$$\begin{aligned} &= \text{SS 濃度 (mg/L)} \times \text{一次濃縮分離水 BOD/SS 比率 (-)} \\ &\quad (\text{表資 1.17.2 の比率を切上げ}) \\ &= 109 (\text{mg/L}) \times 1.0 (-) \\ &= 109 (\text{mg/L}) \end{aligned}$$

一次濃縮汚泥

$$\begin{aligned} \text{汚泥量 (m}^3/\text{日)} &= \text{総洗浄排水量 (m}^3/\text{日)} - \text{一次濃縮分離水量 (m}^3/\text{日)} \\ &= 19,539 (\text{m}^3/\text{日}) - 14,654 (\text{m}^3/\text{日}) \\ &= 4,885 (\text{m}^3/\text{日}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{固形物 SS (kg/日)} &= \text{総固形物量 (kgSS/日)} - \text{一次濃縮分離水 (kgSS/日)} \\ &= 7,845 (\text{kg/日}) - 1,603 (\text{kg/日}) \\ &= 6,242 (\text{kg/日}) \end{aligned}$$

2-7. 本技術の系外への汚泥発生量

本技術から系外の汚泥処理施設への汚泥発生量をまとめると以下となる。

一次濃縮汚泥	6,242 (kgSS/日)	(2-6. 一次濃縮施設 参照)
最終ろ過沈殿汚泥	414 (kgSS/日)	(2-5. 最終ろ過施設 参照)

総汚泥発生量

$$\text{総汚泥発生量} = \text{一次濃縮汚泥} + \text{最終ろ過沈殿汚泥} = 6,242 + 414 = 6,656 (\text{kgSS/日})$$

2-8. 計算結果確認 (参考)

循環水と一次濃縮分離水について、容量計算結果と表資 2.3.1、表資 2.4.1 (仮定値) の比較を表資 2.8.1 に示す。各水質の計算結果は、仮定値以下となり、本計算が成立することが確認された。

表資 2.8.1 循環水、一次濃縮分離水

水質項目	循環水 1 + 循環水 2		一次濃縮分離水	
	計算結果	表資 2.3.1、 表資 2.4.1 (仮定値)	計算結果	表資 2.3.1 (仮定値)
水量 (m ³ /日)	40,000	40,000	14,654	15,000
BOD (mg/L)	35	40	109	110
溶解性 BOD (mg/L)	3	3	34	35
SS (mg/L)	25	30	109	110

3. 海外等への適用の留意点

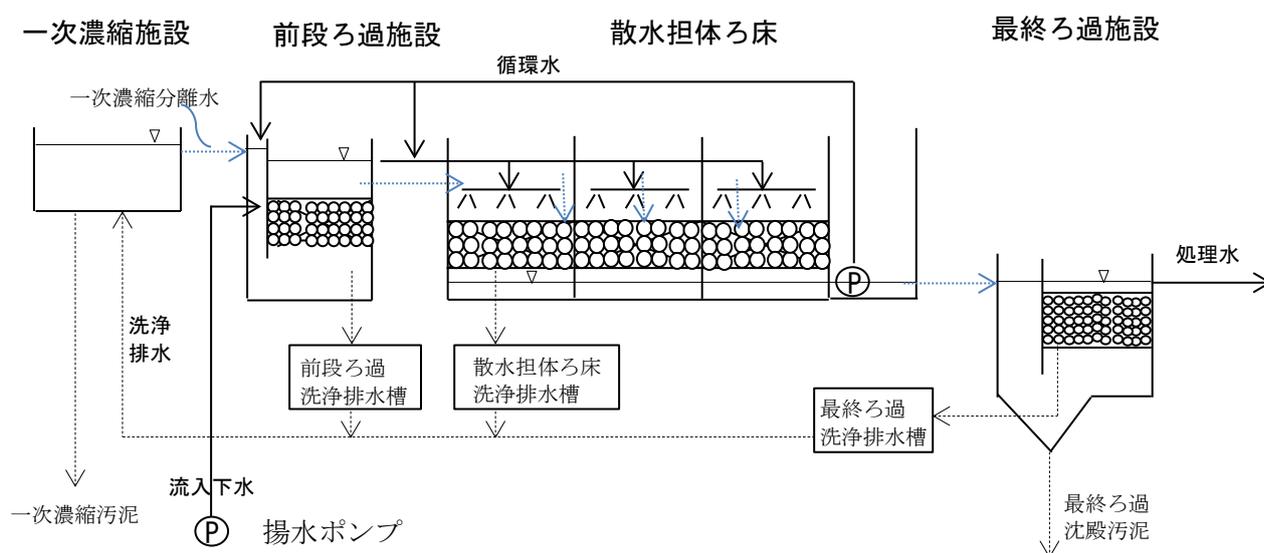
本ガイドラインにおいては、日本の現状を踏まえて、主として既存施設の改造という観点から記載している。本技術は、下水処理場の新設や土木施設から水処理を増設する場合にも適用が可能である。

海外では、流入下水の水質や水温、目標とする処理水質などが多様であり、過剰な設計とならないように、現地の実情にあわせ、適切な補正等を行いながら本技術を適用する。例えば、東南アジア等においては、計画放流水質が日本と異なったり、セプティックタンク等を経た下水が流入して流入下水濃度が低濃度(BOD)となる等が想定されるが、このような場合には例えば循環水ラインを不要とするなど種々の検討が必要である。

以下、海外の適用にあたって特に留意すべき点を示す。

① 送水ポンプ

本ガイドラインでは、既存施設の改造を前提として、送水ポンプ（散水担体ろ床流出水を最終ろ過施設に揚水）を必要機器としている。しかし、土木躯体の新設にあたって、地盤高さに高低差がある、土木コストが安価で自然流下としてもコスト増とならない等の場合には、**図資 3.1**のように各水槽を配置し、散水担体ろ床流出水が自然流下により最終ろ過施設に送水できる水位高低とする。この場合には、散水担体ろ床から最終ろ過施設への送水ポンプは不要である。



図資 3.1 新規施設の水位高低（前段ろ過施設から最終ろ過施設までを自然流下とさせる例）

②循環水

実証研究においては、処理水質が BOD15mg/L 以下（標準活性汚泥法代替）となるために、循環を行うことにより散水担体ろ床流入水の濃度として BOD75mg/L 以下の範囲で実施した。循環を行わなくても、この範囲になる希薄な下水であったり、求められる処理水質の基準値が高く、目標とする処理水質が達成できる場合には、必ずしも必要ではない。

③通気

散水担体ろ床での通気は、実証研究では流入下水の水温低下の抑止（§ 30（8））、生物脱臭効果の発現（§ 32）を目的として、実施したものである。

海外において、温暖な地域で流入下水水温の低下がなく、脱臭の必要性がない場合などは通気ファンは不要である。脱臭の必要性がない場合には送気ファン（前段ろ過施設の上部ガスを散水担体ろ床に移送）も不要である。

④土木施設の新設

新たに土木施設から設置する場合には、従来の標準活性汚泥法と比較すると省スペースでコンパクトとなる。このメリットを生かした設計を行い、土木費用の削減を行う（§ 7（3）2 参照）。

⑤最終ろ過沈殿汚泥の濃縮系統

最終ろ過沈殿汚泥は、一次濃縮汚泥とともに、生汚泥の濃縮処理施設に導くことが望ましい。本ガイドラインでは、最終ろ過沈殿汚泥が既存の最終沈殿池の汚泥ホoppa部分から引抜かれるため、余剰汚泥処理施設に送泥するパターンも記載している（§ 6（4）参照）。しかし、もともと最終ろ過沈殿汚泥の発生量が少なく、沈降性も良好（図資 1.16.1）なことから、新規で土木施設から設置する場合には、生汚泥とともに汚泥処理を行う。

4. 標準活性汚泥法の電力費、汚泥発生量（参考）

4-1. 電力費

標準活性汚泥法についての方式別の電力費を試算した。あくまでも各方式を日最大 50,000m³/日（詳細条件は第3章 第2節 導入効果の検討例（1）試算条件による）で新規に理想的な条件で一括で設置した場合の比較である。この場合、メンブレンパネル式の散気装置は、酸素移動効率が高いため、電力費は減少する。

表資 4.1.1 標準活性汚泥法の方式別比較

項 目		標準活性汚泥法 1	標準活性汚泥法 2	標準活性汚泥法 3
運転方法	0000 運転	○	○	○
	A000 運転	○		○
	A0A0 運転	○		
散気装置	No. 1 槽	水中機械式 (酸素移動効率：20%)	メンブレンパネル式 (酸素移動効率：28%)	水中機械式 (酸素移動効率：20%)
	No. 2 槽	全面曝気式 (酸素移動効率：20%)	〃	メンブレンパネル式 (酸素移動効率：28%)
	No. 3 槽	水中機械式 (酸素移動効率：20%)	〃	〃
	No. 4 槽	全面曝気式 (酸素移動効率：20%)	〃	〃
送風機 () 数字は予備		70m ³ /min×4(1)台	50m ³ /min×4(1)台	50m ³ /min×4(1)台
電力費 (千円/15年) (15円/kWh)	反応タンク設備	140,020	2,523	46,673
	送風機設備	467,731	334,541	334,541
	合 計	607,751	337,064	381,214

4-2. 汚泥発生量

日最大50,000m³/日での標準活性汚泥法での汚泥発生量を試算した。詳細条件は第3章 第2節 導入効果の検討例(1) 試算条件による。計算方法は下水道施設計画・設計指針と解説2009年版(公益社団法人日本下水道協会)¹⁾による。

その結果、標準活性汚泥法では本試算条件において、最初沈殿池汚泥 4,710kgSS/日、余剰汚泥 4,750kgSS/日となり、トータルで 9,460kgSS/日となった。流入下水 SS は 50,000m³/日×180mg/L×10⁻⁶より 9,000kgSS/日であるため、流入下水を 100%とすると発生汚泥量は 105%となった。

① 最初沈殿池汚泥 (=生汚泥)

$$\begin{aligned} \text{最初沈殿池汚泥量 (kgSS/日)} &= Q_{in} \times C_{SS, in} \times A / 100 \times 10^{-6} \\ &= 50,000 \times 180 \times 52 / 100 \times 10^{-3} \\ &= 4,710 \text{ (kg/日)} \end{aligned}$$

$$\text{ここに } Q_{in} : \text{日最大汚水量} = 50,000\text{m}^3/\text{日}$$

$$C_{SS, in} : \text{最初沈殿池流入 SS} = 180\text{mg/L}$$

$$A : \text{最初沈殿池除去率} = 52\%$$

② 余剰汚泥

$$\begin{aligned} \text{余剰汚泥量 (kgSS/日)} &= Q_{in} \times (a \cdot C_{S-BOD, in} + b \cdot C_{SS, in} - c \cdot t_A \cdot X) \times 10^{-3} \\ &= 50,000 \times (0.5 \times 80 + 0.95 \times 86 - 0.04 \times 0.33 \times 2000) \\ &= 4,750 \text{ (kgSS/日)} \end{aligned}$$

$$\text{ここに } Q_{in} : \text{日最大汚水量} = 50,000\text{m}^3/\text{日}$$

$$C_{S-BOD, in} : \text{反応タンク流入 S-BOD} = 80\text{mg/L}$$

$$C_{SS, in} : \text{反応タンク流入 SS 濃度} = 86\text{mg/L}$$

$$X : \text{MLSS 濃度} = 2000 \text{ mg/L}$$

$$t_A : \text{好気タンク滞留時間} = 0.33 \text{ 日 (=8.0hr/)}$$

$$a : \text{溶解性 BOD の汚泥転換率} = 0.5 \text{ (mgMLSS/mgBOD)}$$

$$b : \text{SS の汚泥転換率} = 0.95 \text{ (mgMLSS/mgSS)}$$

$$c : \text{活性汚泥微生物の内生呼吸による減量を表す係数} \\ \text{(汚泥の自己分解係数)} = 0.04 \text{ 日}^{-1}$$

$$\text{(一般に、} a:0.4\sim0.6, b:0.9\sim1.0, c:0.03\sim0.05)$$

③ 総汚泥発生量

$$\text{総汚泥発生量 (kgSS/日)} = \text{最初沈殿池汚泥} + \text{余剰汚泥} = 4,710 + 4,750 = 9,460 \text{ (kgSS/日)}$$

5. 問い合わせ先

本技術ガイドライン(案)に関する問い合わせは、以下にお願いいたします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3933 FAX 029-864-2817 URL www.nilim.go.jp/
----------------------	---

本書は、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）により国土交通省国土技術政策総合研究所が以下の企業・団体に研究委託を行い、その成果を取りまとめたものです。

<実証研究者 連絡先>

高知大学	教育研究部自然科学系農学部門 〒783-8502 高知県南国市物部乙200 TEL 088-864-5114 FAX 088-864-5200 URL http://www.kochi-u.ac.jp/
高知市	上下水道局下水道施設管理課 〒780-0801 高知県高知市小倉町5-25 TEL 088-882-4538 FAX : 088-885-0477 URL http://www.city.kochi.kochi.jp/soshiki/50/
日本下水道事業団	技術戦略部技術開発企画課 〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 TEL 03-6361-7849 FAX 03-5805-1828 URL http://www.jswa.go.jp/
メタウォーター株式会社	営業本部営業企画部 〒104-0041 東京都千代田区神田須田町1-25 TEL 03-6853-7340 FAX 03-6853-8714 URL www.metawater.co.jp/

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No. 951

February 2017

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675