

ISSN 1346-7328

国総研資料 第949号

平成 29年 1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. 949

January 2017

B-DASH プロジェクト No.13

高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術

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.13

Guideline for introducing energy-saving sewage treatment system using highly-efficient
solid-liquid separation technology and dual dissolved oxygen control technology

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.13

高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型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.13

Guideline for introducing energy-saving sewage treatment system using highly-efficient solid-liquid separation technology and dual dissolved oxygen control technology

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エネルギー消費量の削減を目指し、下水道革新的技術の一つである「高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術」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 : 高効率固液分離、二点 DO 制御、省エネ型高度処理

Synopsis

This Guideline for introducing energy-saving sewage treatment system using highly-efficient solid-liquid separation technology and dual dissolved oxygen control technology, which is one of sewage high technologies, is designed to reduce sewage service costs and energy consumption, and support Japanese enterprises' overseas water business expansion.

Key Words : highly-efficient solid-liquid separation technique, dual dissolved oxygen control technology, energy-saving advanced sewage treatment system

執筆担当者一覧

国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 室 長 . . . 山下 洋正

国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 主任研究官 . . . 太田 太一

国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 主任研究官 . . . 田嶋 淳
(京都府環境部水環境対策課課長)

国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 研 究 官 . . . 藤井 都弥子

国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室 研 究 官 . . . 濱田 知幸
(国土技術政策総合研究所企画部国際研究推進室 (併) 研究評価・推進課 研究官)

※研究当時の所属 (括弧書きは現所属)

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、77.8%（平成27年度末下水道処理人口普及率）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。

これらのことを踏まえ、今後は、有機物、栄養塩類を除去対象物質でなく資源として捉え、革新的な技術・システム等を導入し、地域のバイオマスを集約することで、下水処理場を水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化することが「新下水道ビジョン」（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）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、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削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「高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術導入ガイドライン（案）」で示す技術は、高効率固液分離技術、無終端型水路における二点 DO 制御技術を用いた高度処理システムであり、実証研究により安定した水質を確保しつつ、従来の高度処理技術と比較して建設コスト、運転コスト、温室効果ガス排出量、エネルギー消費量の削減効果が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（高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術実証研究 受託者：前澤工業(株)・(株)石垣・日本下水道事業団・埼玉県共同研究体 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下水道革新的技術実証事業評価委員会の委員各位、およびガイドラインに対する意見聴取にご協力いただいた下水道事業者の各位をはじめ、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

国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部長 榊原 隆

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	技術の概要と特徴	
§ 5	技術の目的	8
§ 6	技術の概要	9
§ 7	技術の特徴	11
§ 8	高効率固液分離設備の概要と特徴	12
§ 9	反応タンク設備の概要と特徴	19
第 2 節	技術の適用条件	
§ 10	技術の適用条件	22
§ 11	導入シナリオ例	24
第 3 節	実証研究に基づく評価の概要	
§ 12	技術の評価項目	25
§ 13	技術の評価結果	26

第 3 章 導入検討

第 1 節	導入検討手法	
§ 14	導入検討手順	31

§ 15	基礎調査	34
§ 16	導入効果の検討	35
§ 17	導入判断	38

第2節 導入効果の検討例

§ 18	標準活性汚泥法からの高度処理化を行う検討事例	39
§ 19	導入効果検討事例の結果	42

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 20	導入計画手順	44
§ 21	詳細調査	45
§ 22	施設計画の検討	46
§ 23	導入効果の検証	48

第2節 高効率固液分離設備の設計

§ 24	高効率固液分離設備の設計手順	49
§ 25	高速繊維ろ過設備の設計	50
§ 26	前沈殿設備の設計	52
§ 27	洗浄排水設備の設計	54
§ 28	既設最初沈殿池への設備割付	55
§ 29	設計に関わる留意事項	57

第3節 反応タンク設備設計

§ 30	反応タンク設備の設計手順	59
§ 31	反応タンク設計条件の設定	61
§ 32	MLSS 濃度の設定	62
§ 33	嫌気槽	63
§ 34	反応タンク	64
§ 35	反応タンク設計に係る留意事項	69

第4節 発生汚泥量の設定

§ 36	発生汚泥量（固形物量）	70
------	-------------	----

第5節 監視制御システム

§ 37	高効率固液分離設備の監視制御システム	71
§ 38	反応タンク設備の監視制御システム	73

第5章 維持管理

§ 39	運転管理	76
§ 40	施設管理及び水質監視のための試験項目と頻度	80
§ 41	保守点検	81
§ 42	異常時の対応と対策	83

資料編

1.	実証研究結果	86
2.	ケーススタディー	111
3.	設計値の検証	115
4.	参考資料	128
5.	問い合わせ先	149

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削減や省エネルギー・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「高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術」（以下、「本技術」とする）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・設計及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、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における資源回収、大幅な省エネルギー・創エネルギー効果やコスト削減を実現し、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 23 年度は、[1] 水処理における固液分離技術（高度処理を除く）、バイオガス回収技術、バイオガス精製技術、バイオガス発電技術に係る革新的技術を含むシステムについて公募を行い、2 件の実証研究を採択・実施し、平成 25 年 7 月にガイドライン案を策定している。

平成 24 年度は、[2] 下水汚泥固形燃料化技術、[3] 下水熱利用技術（未処理下水の熱利用に限る）、[4] 栄養塩（窒素）除去技術（水処理に係る技術は除く）、[5] 栄養塩（りん）除去技術（水処理に係る技術は除く。回収技術を含むことは可）に係る革新的技術について公募を行い、5 件の実証研究を採択・実施し、平成 26 年 8 月にガイドライン案を策定している。

平成 25 年度は、[6] 下水汚泥バイオマス発電システム技術（低含水率化技術、エネルギー回収技術、エネルギー変換技術を組み合わせたシステム技術）、[7] 管きょマネジメント技術に係る革新的技術について公募を行い、5 件の実証研究を採択・実施し、[6]については平成 27 年 9 月に、[7]については平成 26 年 10 月にガイドライン案を策定している。

平成 26 年度は、[8] 下水汚泥から水素を創出する創エネ技術、[9] 既存施設を活用した省エネ型水処理技術（標準活性汚泥法代替技術・高度処理代替技術）、[10] ICT による既存施設を活用した戦略的水処理管理技術及び既存施設を活用した ICT による都市浸水対策機能向上技術に係る革新的技術について公募を行い、6 件の実証研究を採択・実施している。

平成 27 年度は、[11]複数の下水処理場からバイオガスを効率的に集約・活用する技術、[12]バイ

オガスから CO₂ を分離・回収・活用する技術、[13] 設備劣化診断技術、[14] 都市域における局所的集中豪雨に対する降雨及び浸水予測技術、[15] 下水管路に起因する道路陥没の兆候を検知可能な技術、[16] 下水処理水の再生利用技術に係る革新的技術について公募を行い、9 件の実証研究を採択・実施している。

本技術は、[9] のうち高度処理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、専門的知識を有する有識者及び実務に精通した地方公共団体の下水道事業者より意見を聴取したうえで、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。（<http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/bdash.htm>））の評価を受け、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削減を実現するため、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・設計及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。

なお、本ガイドラインについても、実証研究の成果と同様に、専門的知識を有する有識者及び実務に精通した地方公共団体の下水道事業者より意見を聴取のうえ、評価委員会の評価を受け、了承されたものである。

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

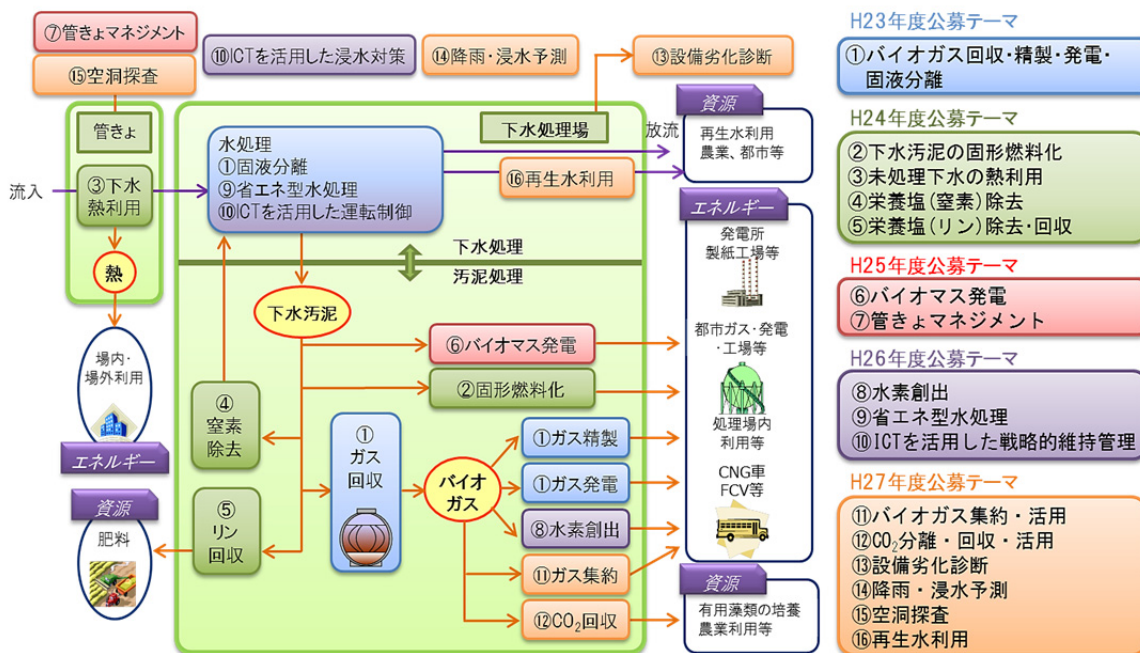


図 1-1 下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) の概要 (全体)

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、下水道施設を対象とした本技術の導入検討、計画・設計及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・増設においても導入可能であり、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、地方公共団体などの下水道事業者及び関連する民間企業など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、維持管理及び資料編から構成される。

【解説】

本ガイドラインは、図 1-2 に示す構成から成る。

各章の概要は、以下に示すとおりである。

(1) 第1章 総則

本章では、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記述する。

(2) 第2章 技術の概要と評価

本章では、本技術の目的、概要、特徴、適用条件、導入シナリオ例について示す。また、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

本章では、本技術の導入を検討する際に必要な手順、手法を示すとともに、導入効果の検討例を示す。

(4) 第4章 計画・設計

本章では、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計画設計を行うための手法について示す。

(5) 第5章 維持管理

本章では、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具体的な維持管理の内容について示す。

その他、資料編として、実証研究結果、ケーススタディ、問い合わせ先などに関する資料を示す。

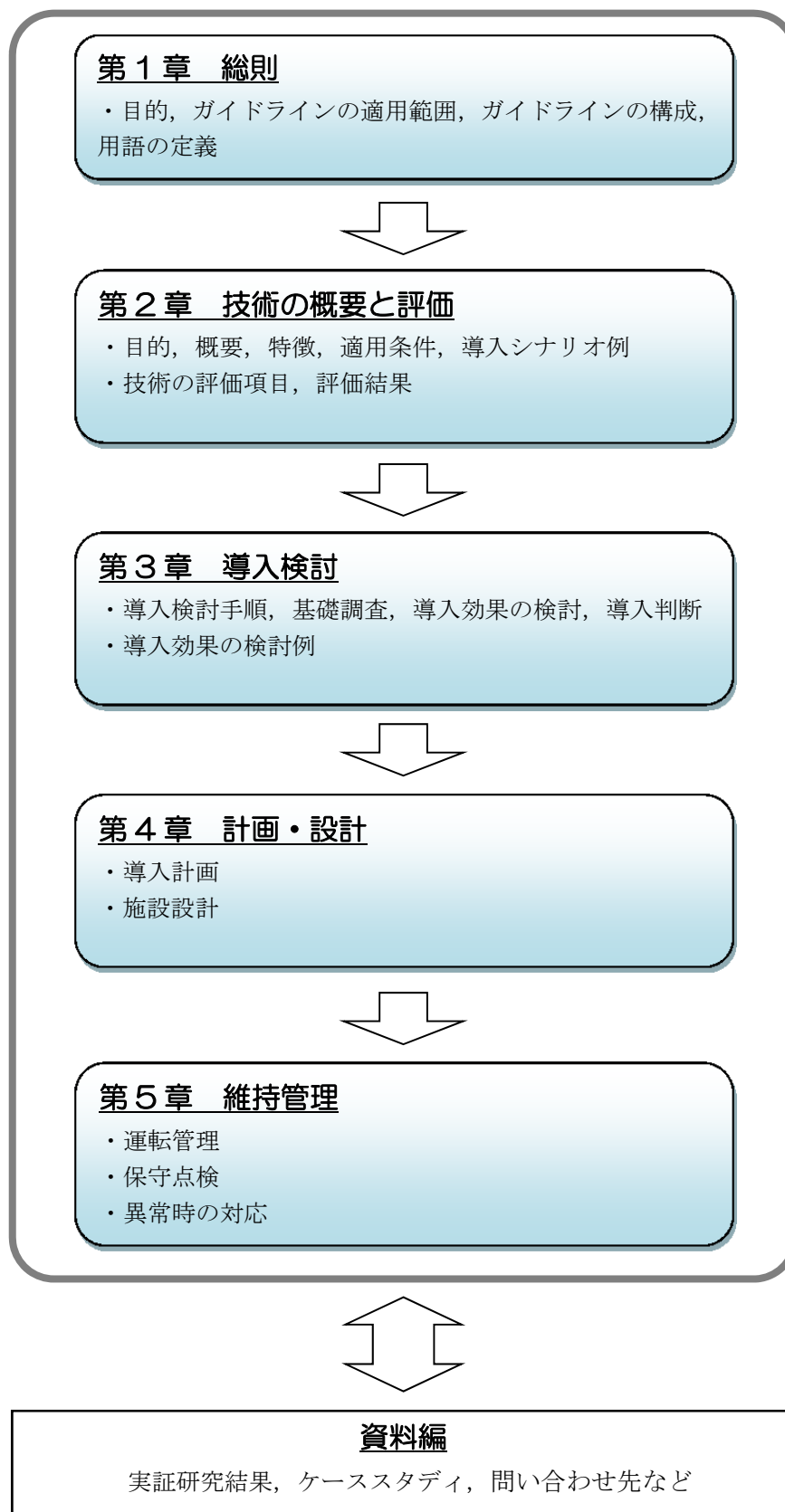


図 1-2 本ガイドラインの構成

第4節 用語の定義

§4 用語の定義

本ガイドラインで取り扱う用語は、以下に示すように定義する。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（以下、設計指針とする）」（公益社団法人日本下水道協会）、「下水道用語集 2000年版」（公益社団法人日本下水道協会）に準拠する。

（1）高効率固液分離技術

前沈殿と高速繊維ろ過を組み合わせることにより、流入下水中の固形物を高効率に除去する技術である。本技術（実証研究）では、既存の最初沈殿池を改造して、新たに前沈殿槽、高速繊維ろ過槽、洗浄排水槽を設置している。

従来の最初沈殿池（重力沈降）に比べ固形物の除去率が高いため、反応タンクへの流入有機物負荷が削減され、生物酸化に必要な曝気風量が削減できる。また、良脱水性の生污泥比率が増加し低含水率の脱水ケーキが得られる。

（2）前沈殿槽

前沈殿槽は、高速繊維ろ過槽の前処理として沈降性の良い粒子径の大きい固形物を沈殿分離する。

（3）高速繊維ろ過槽

高速繊維ろ過槽は、上向流式高速繊維ろ過技術をベースとして晴天時流入下水向けに改良した繊維ろ材を充填した槽であり、前沈殿槽で沈殿分離できなかった粒子径の細かな固形物をろ過分離する。

(4) 二点 DO 制御技術

二点 DO 制御技術とは、曝気風量と水路循環流速とを独立に制御することで、曝気部及び好気ゾーン末端の DO 値をそれぞれ制御し、2 点間の DO 勾配を一定に保つ技術である。これにより流入負荷変動及びそれに伴う活性汚泥酸素消費速度の変動によらず、水路内に好気ゾーンと無酸素ゾーンを安定して現出させることが可能となり、結果的に安定した窒素除去が可能となる。

(5) 水流発生装置

水深方向に板状の羽根を取り付けた縦型円筒が回転することで水流を発生させる装置である。羽根は水深長さのもので、池の水深全体を動かすことで低速回転でも必要循環水量を確保できる。

第2章 技術の概要と評価

第1節 技術の概要と特徴

§5 技術の目的

本技術は、高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を組み合わせることにより、省エネ、省コスト、省スペースの高度処理を行う技術である。本技術を適用することにより標準活性汚泥法を採用する下水処理場において、土木躯体を増設することなく、高度処理を導入し、エネルギー消費量、コスト、スペースを削減することを目的とする。

【解説】

閉鎖性水域の水質改善を実現するためには、下水処理場において富栄養化の原因となる窒素・りん除去を目的とした高度処理を導入する必要があるが、平成 25 年度末における高度処理の実施率は約 41%に留まっている。高度処理の導入が進まない要因として既存の標準活性汚泥法施設を改築して高度処理を導入する場合に、次のような課題があることが挙げられる。

① 生物学的窒素除去法である循環式硝化脱窒法や生物学的窒素・りん同時除去法である嫌気無酸素好気法などは標準活性汚泥法と比較して反応タンクの滞留時間が約 2 倍となる。このため、高度処理化前と同等の水処理能力を維持するためには反応タンクの増設が必要となり、建設コストが増大する。また、都市部では増設のための建設用地が確保できない場合がある。

② 高度処理は標準活性汚泥法と比較して硝化にかかる必要空気量が増加することや循環ポンプ等の付帯設備が増加することにより、消費電力量が増加する。

以上のような背景から改築更新時に高度処理化を予定する下水処理場において、高度処理の導入を更に促進するためには、こうした課題を解決する新たな高度処理技術が求められている。

本技術は、高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を導入により省エネ、省コスト、省スペースの高度処理を実現する技術である。

§6 技術の概要

本技術（水処理方式の名称は、高効率固液分離併用無終端水路式硝化脱窒法）は、最初沈殿池に代わる前処理設備に高効率固液分離技術を採用するとともに、無終端水路とした反応タンクに二点 DO 制御技術を採用することにより、有機物に加えて、窒素及びりんを効率的に除去する高度処理技術である。

【解説】

本技術の処理フロー及び特徴を図 2-1 に示す。本技術は、次のような 2 つの要素技術の組合せにより構成されている。

- ・高効率固液分離技術
- ・二点 DO 制御技術

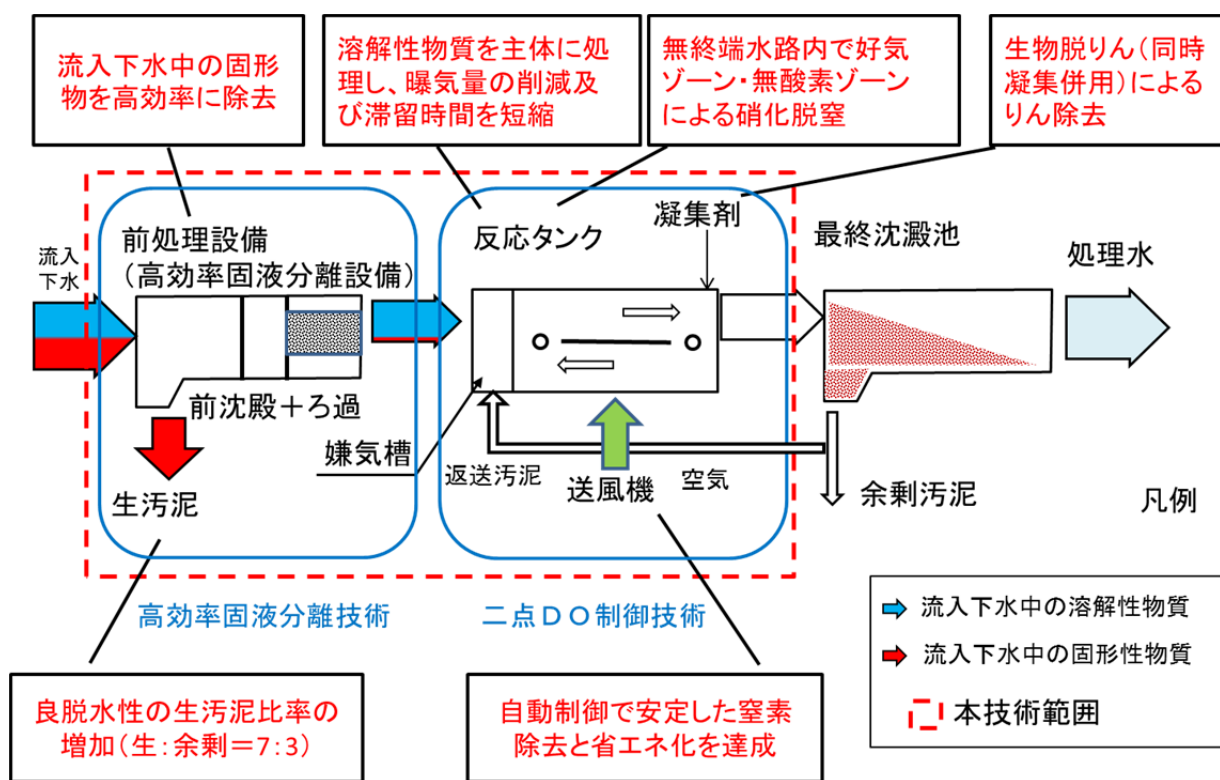


図 2-1 本技術の処理フロー及び特徴

(1) 高効率固液分離技術

本技術では、前処理設備として、従来の最初沈殿池に代えて、高効率固液分離技術に係わる設備（以下、「高効率固液分離設備」とする）を導入する。

高効率固液分離設備は、下水道技術開発プロジェクト（SPIRIT21）の「合流式下水道の改善に関する技術開発」において開発された上向流式高速繊維ろ過技術をベースとして、晴天時流入下水の前処理設備向けに改良されたものである。主な改良点は、ろ材寸法を 8mm×8mm×8mm から 6mm×6mm×6mm に小さくすることで SS 捕捉性を向上させたことである。

高効率固液分離設備は、前沈殿槽、高速繊維ろ過槽及び洗浄排水槽から構成される。前沈殿槽では、沈降性の良い粒子径の大きい固形物を沈殿分離し、高速繊維ろ過槽では細かな粒子径の固形物をろ過し分離する。

高効率固液分離設備を導入することにより、流入下水中の固形物が効率的に除去されることにより、反応タンク流入水の溶解性有機物の比率が高くなり、生物処理性が向上することで、反応タンクの曝気風量の削減及び滞留時間の短縮が可能となる。

(2) 二点 DO 制御技術

本技術では、反応タンクを流れ方向に隔壁を設けた無終端水路型にし、水路内の 2 箇所に DO 計を設置して 2 点間の DO 勾配を曝気量と循環流速の独立制御により一定に保つ「二点 DO 制御技術」を導入する。原理については §9 で述べる。これにより、無終端水路での高い循環率に加えて、流入負荷量の変動に応じて水路内の DO 勾配を自動制御することで、好気ゾーンと無酸素ゾーンを安定的に形成し、安定かつ高い窒素除去が可能である。

標準活性汚泥法の既存施設を高度処理法に改築する場合について、本技術と従来の高度処理法の必要施設容量を比較すると図 2-2 のようになる。本技術では、反応タンクの滞留時間は標準活性汚泥法とほぼ同程度であり、反応タンクの増設などを行うことなく、高度処理法への改造が可能であり、最終沈殿池も既存施設をそのまま利用可能である。

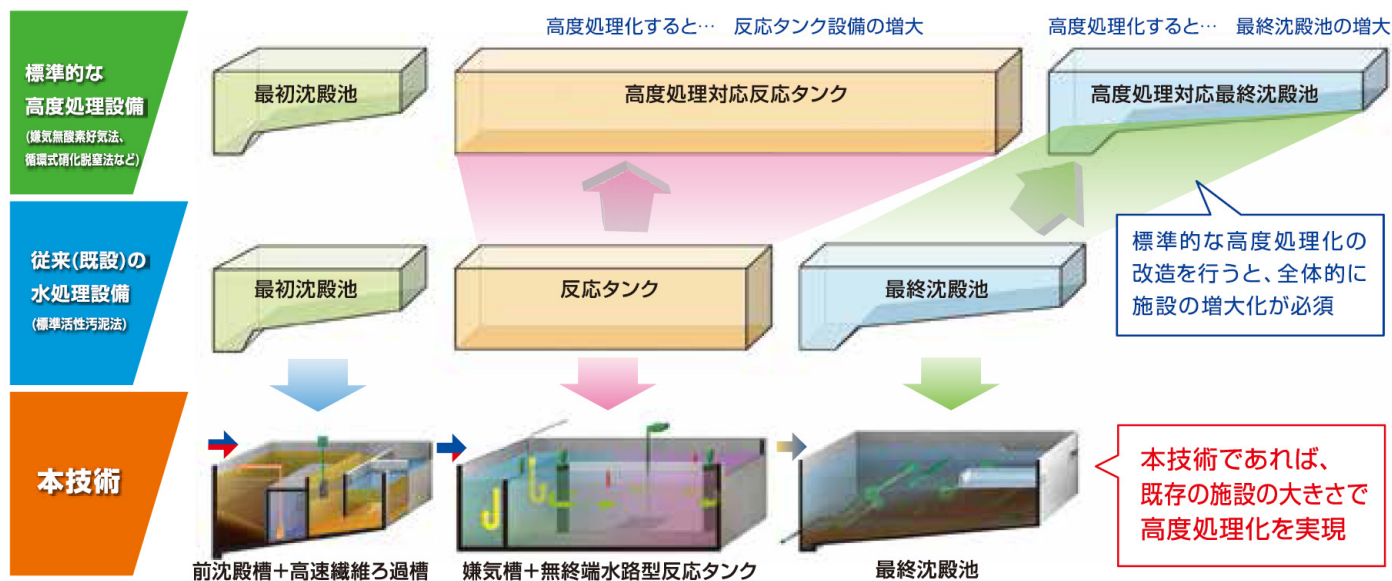


図 2-2 本技術と従来技術における必要施設容量の比較（概念図）

§7 技術の特徴

本技術は、従来の高度処理法（循環式硝化脱窒法、嫌気無酸素好気法など）と比較して、省エネルギーで省スペースな窒素及びりん除去を目的とした高度処理が可能であり、以下の特徴をもつ。

- (1) 高度処理での処理時間の短縮
- (2) 既存施設の活用による省コスト、省スペース化
- (3) 循環ポンプの削減と効率的な風量制御による省エネ化
- (4) 自動制御による安定した高度処理
- (5) 汚泥発生量の削減

【解説】

本技術を標準活性汚泥法の既存施設における窒素及びりん除去を目的とした高度処理への改造に適用した場合、以下の効果が期待できる。

(1) 高度処理での処理時間の短縮

本技術では、高効率固液分離設備で流入下水中の固形性有機物が大幅に除去され、反応タンク流入水は、溶解性有機物が主体となることから、反応タンクでの効率的な生物処理が可能となり、標準活性汚泥法とほぼ同等な滞留時間で処理が可能である。

(2) 既存施設の活用による省コスト、省スペース化

従来の高度処理法では、反応タンクでの滞留時間が標準活性汚泥法の約2倍となるため、既存施設と同等の処理水量を維持する場合には、反応タンクの増設が必要となる。また、従来の高度処理法では、反応タンクのMLSS濃度が標準活性汚泥法と比較して高くなり、最終沈殿池に流入する固形物負荷が増加するため、最終沈殿池についても増設が必要となる。

本技術では、既存の標準活性汚泥法施設の最初沈殿池及び反応タンク内の改造は必要であるが、反応タンク及び最終沈殿池を増設することなく対応でき、省コスト化、省スペース化が可能となる。

(3) 循環ポンプの削減と効率的な風量制御による省エネ化

反応タンクを無終端型水路に改造するため、循環式硝化脱窒法などで必要な硝化液の循環ポンプが不要であることや、二点DO制御技術による曝気風量の最適化により消費電力量の削減が見込まれる。

(4) 自動制御による安定した高度処理

二点DO制御技術により、流入負荷に合わせた最適な好気ゾーン及び無酸素ゾーンを形成することで安定した高度処理が可能である。

(5) 汚泥発生量の削減

高効率固液分離設備で除去される固形物（生汚泥量）が多くなり、余剰汚泥量が少なくなることで、発生汚泥の濃縮性と脱水性が向上し、従来の高度処理法よりも汚泥発生量（脱水ケーキ量）が削減される。

§8 高効率固液分離設備の概要と特徴

本技術では、最初沈殿池の代替として、高効率固液分離設備を導入する。高効率固液分離設備は、前沈殿槽、高速繊維ろ過槽、洗浄排水槽から構成される。高効率固液分離設備では、従来の最初沈殿池と比較して、流入水中の固形物が効率的に除去される。

【解説】

(1) 高効率固液分離設備の概要

本技術において、最初沈殿池に代えて、前処理設備として導入する高効率固液分離設備の基本フローを図2-3に示す。

高効率固液分離設備への流入水について、まず前沈殿槽にて沈降性の良い固形物を沈殿分離し、次に高速繊維ろ過槽にて微細な固形物を除去する。ろ過処理水は反応タンクへ供給される。高速繊維ろ過槽では定期的にはろ材を洗浄し、洗浄した排水は洗浄排水槽で一時的に貯留し、洗浄排水ポンプにて前沈殿槽に送水し沈殿処理後、生污泥として汚泥処理設備へ移送する。

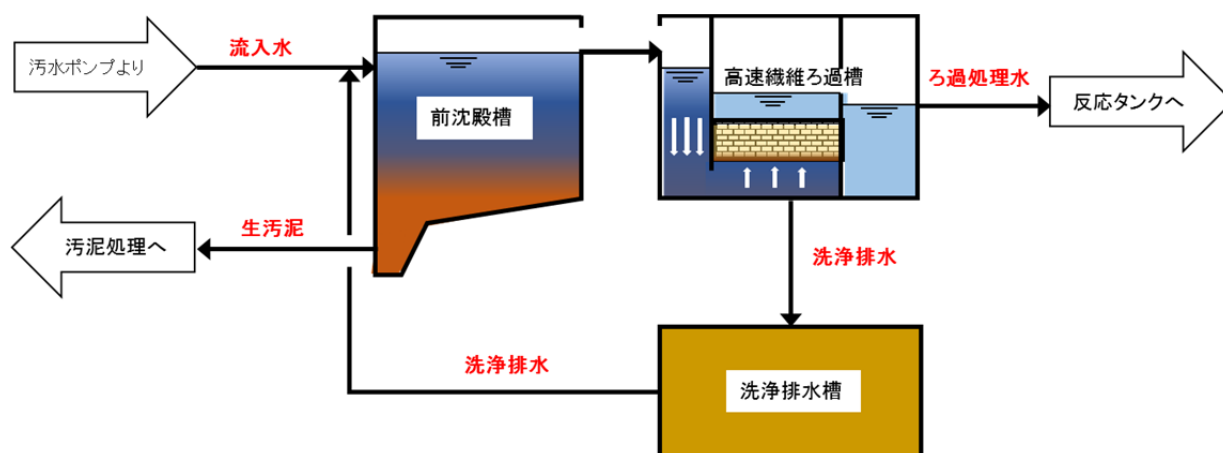
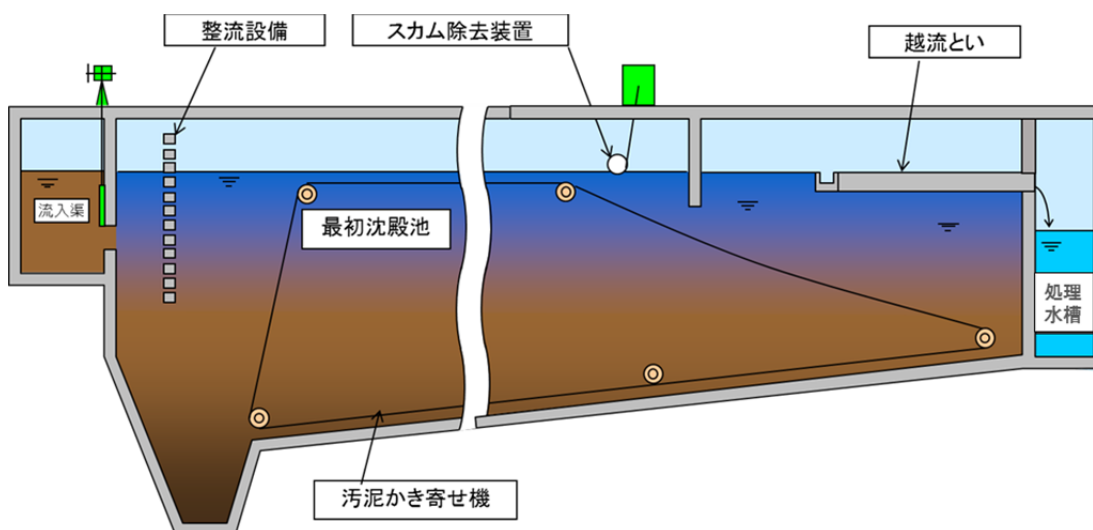


図2-3 高効率固液分離設備の基本フロー

既存施設の最初沈殿池（矩形型を想定）に高効率固液分離設備を導入した場合のイメージ図を図2-4に示す。

既存施設の矩形型最初沈殿池を改造する場合は、前段部を前沈殿槽に、後段部を高速繊維ろ過槽に改造する。前段部の汚泥ピット（初沈汚泥引抜設備も流用可能）や整流設備はそのまま流用可能である。汚泥掻き寄せ機やスカム除去装置は、改造することで流用が可能な場合があるため、必要に応じて配置や構造を検討する。

【既存施設最初沈殿池】



【高効率固液分離設備】

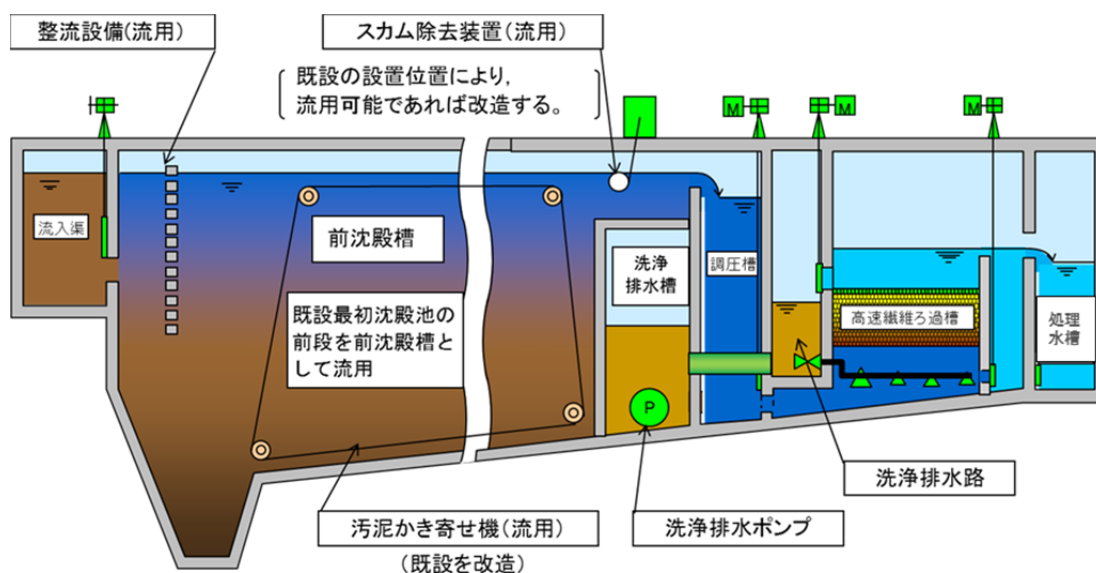


図 2-4 既存施設の矩形型最初沈殿池に高効率固液分離設備を導入した場合のイメージ図

(2) 高効率固液分離設備の特徴

① 流入水中の固形物を高効率かつ安定的に除去できる。

・物理的ろ過処理のため沈降性に影響されず、安定した SS 濃度のろ過処理水が得られる。
 実証研究では、流入水 SS 濃度 200mg/L に対して SS 除去率は 75%程度 (図 2-5 参照) が得られ、SS 除去に伴う固形物由来の BOD や窒素、りん除去も認められた。(図 2-6、図 2-7、図 2-8 参照)

・溶解性物質主体のろ過処理水を反応タンクに安定して供給できるため、反応タンクにおいて効率的な生物処理が可能である。

実証研究では、流入水中の固形性 BOD が効果的に除去され、ろ過処理水は溶解性 BOD が主体となっていることが示された。(図 2-9 参照)

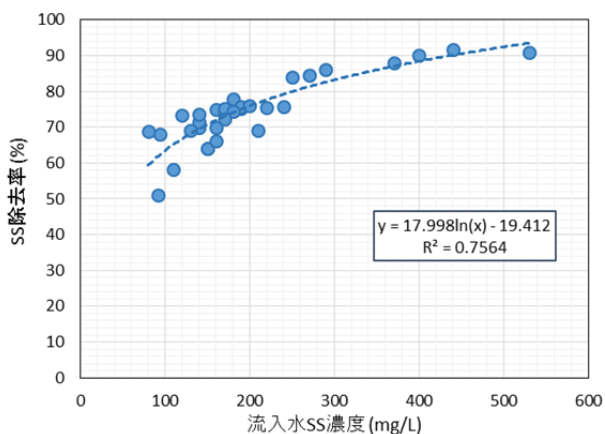


図 2-5 流入水 SS 濃度と SS 除去率の関係

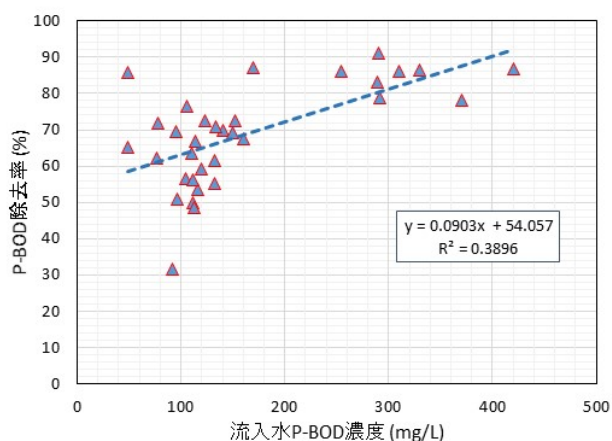


図 2-6 流入水固形性 BOD 濃度と固形性 BOD 除去率の関係

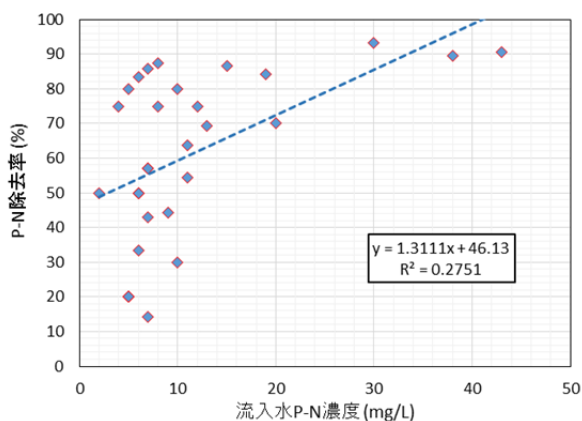


図 2-7 流入水固形性 N 濃度と固形性 N 除去率の関係

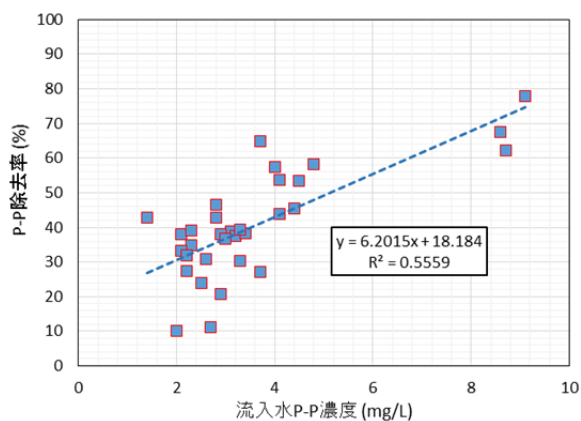


図 2-8 流入水固形性 P 濃度と固形性 P 除去率の関係

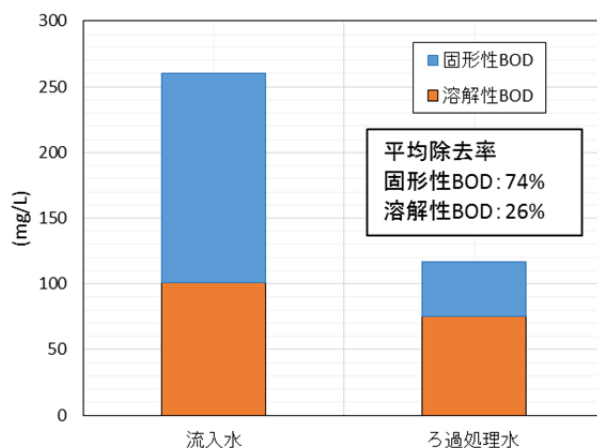


図 2-9 流入水とろ過処理水の BOD の内訳 (日常試験の平均値)

- ・流入水のSS濃度変動に対して、安定したSS濃度のろ過処理水が得られる。

実証研究では、流入水SS濃度が80～530mg/Lの変動に対して、ろ過処理水のSS濃度は平均44mg/L（標準偏差8.2）で安定していた（図2-10参照）。また、固形性BODについても流入水濃度が20～420mg/Lの変動に対して、ろ過処理水の固形性BOD濃度は平均42mg/L（標準偏差15.5）で安定していた（図2-11参照）。

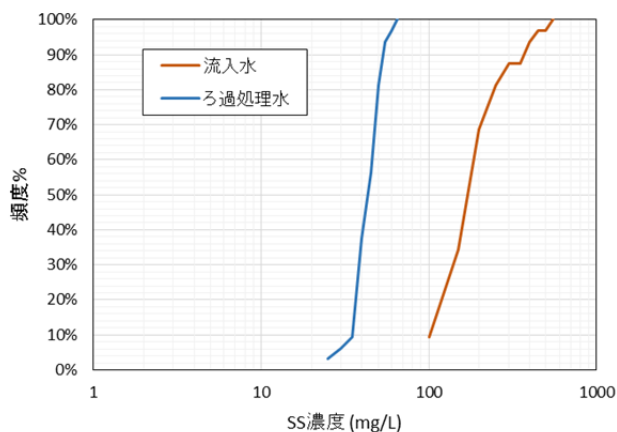


図 2-10 流入水とろ過処理水のSS濃度累積頻度分布

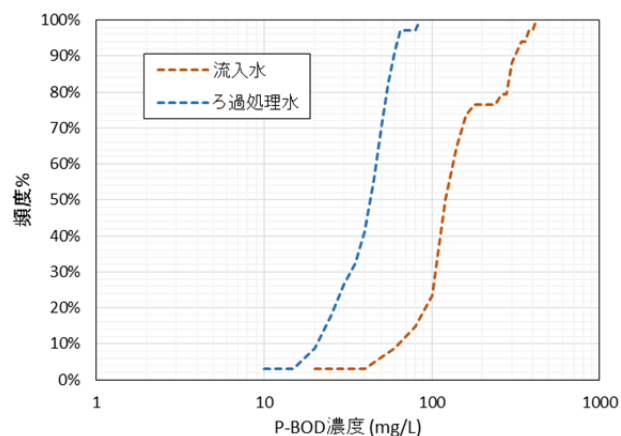


図 2-11 流入水とろ過処理水の固形性BOD濃度累積頻度分布

- ② 最初沈殿池の省スペース化が図れる。

- ・前沈殿槽の高い水面積負荷（ $100\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ ）と高速繊維ろ過槽の高いろ過速度（ 500m/日 ）により、設置スペースは従来の最初沈殿池の約 $2/3$ で省スペース化が図れる。（第3章第2節導入効果の検討例参照）

- ③ 脱水汚泥を減容化できる。

- ・本技術から発生する汚泥は、【生汚泥：余剰汚泥＝7：3】であり、従来技術から発生する汚泥【生汚泥：余剰汚泥＝5：5】と比較して生汚泥の比率が高い汚泥であるといえる。生汚泥の比率が高ければ、脱水性の向上に寄与する繊維状物の割合も高くなるので、本技術は、従来技術と比較して脱水汚泥含水率を3%程度低減できる結果となった。このような脱水汚泥含水率の低減効果により、脱水汚泥の減容化が可能となった。

（3）前沈殿槽

前沈殿槽は、高速繊維ろ過を安定させるため、沈降性の良い固形物や夾雑物を沈殿分離させるとともに、高速繊維ろ過槽の洗浄排水を沈殿処理するためのものである。矩形型の最初沈殿池を改造する場合は、前段部の汚泥ピット（初沈汚泥引抜設備も流用可能）や整流設備をそのまま流用できる。

(4) 高速繊維ろ過槽

高速繊維ろ過槽は、前沈殿槽で除去できなかった沈降性の悪い固形物や微細な固形物を物理的にろ過処理し、溶解性物質主体のろ過処理水を反応タンクに安定供給するためのものである。

本技術で使用するろ材は、高い空隙率を持つ繊維ろ材で、高いろ過速度を確保できるとともに、SSをろ材間の空隙やろ材内部の繊維の間隙で捕捉するため、表層ろ過になりにくく、ろ層全体でSS捕捉ができ、SS捕捉量が大きく高負荷に強い特徴を有している。ろ材の仕様を表2-1に、ろ材形状を図2-12に、ろ材の写真を図2-13に示す。

表2-1 ろ材仕様

形 状	立方体
寸 法	6mm×6mm×6mm
材 質	PP（ポリプロピレン）及びPE（ポリエチレン） 製繊維により構成されたろ材
比 重	1未満

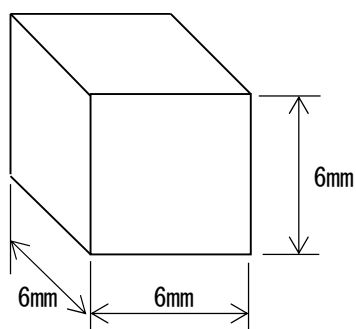


図2-12 ろ材形状

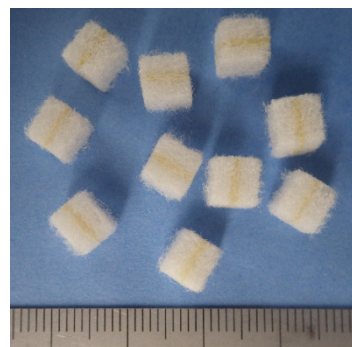


図2-13 ろ材写真

高速繊維ろ過槽は固形物の捕捉にともないろ材の目詰まりが進行するため、定期的に洗浄を行う。高速繊維ろ過槽の運転サイクルを図2-14に示す。

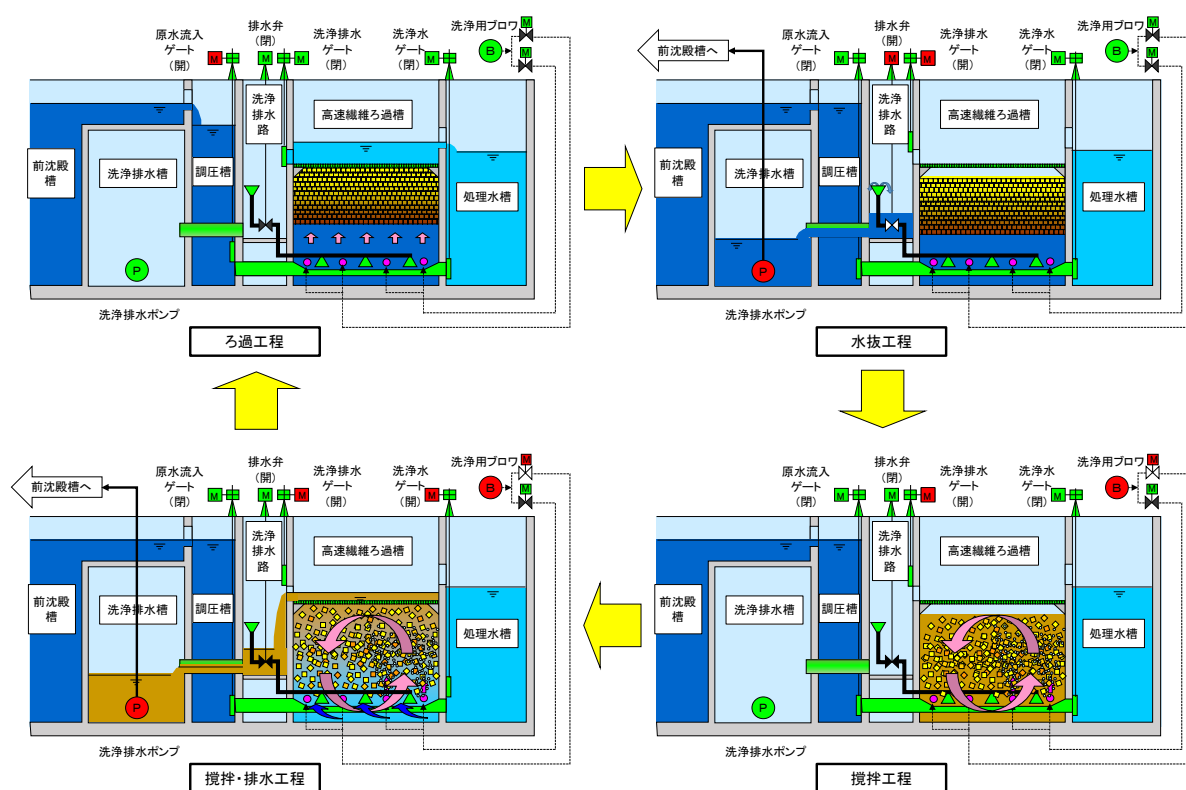


図 2-14 高速繊維ろ過槽の運転サイクル

【ろ過工程】

前沈殿槽で沈殿処理した沈殿処理水は調圧槽に流下し、原水流入ゲートから高速繊維ろ過槽下部より流入する。沈殿処理水はろ過槽上部に形成された浮上性繊維ろ材からなるろ層を上向流で通過し、この間に固形物が捕捉・除去される。ろ過処理水は処理水槽に流出し、反応タンクに供給される。

長時間ろ過を行うと捕捉した固形物によりろ過損失水頭が上昇し、これにともない調圧槽の水位が上昇する。調圧槽の水位が所定の水位になる（実証研究では 600mm と設定）と洗淨工程（水抜工程）に切り換わる。（洗淨工程への切り換わりは、この他に 24 時間タイマーや時間指定で行う場合もある。）

【水抜工程】

水抜工程では、原水流入ゲートを『閉』にして流入を停止し、排水弁を『開』にしてろ過槽下部より排水し、所定のタイマー時間経過後『閉』にする。同時に洗淨排水ゲートを『開』にし、ろ過槽上部のろ過処理水を洗淨排水路に排水する。この水抜工程は、ろ過工程時にろ過圧力により圧密したろ層を次工程の空気攪拌で破碎しやすくするとともに、ろ過槽下部に沈殿した比較的比重の大きな沈殿物を排出するために行うものである。

【攪拌工程】

攪拌工程は、ろ層下部に設けた洗浄用空気管より空気を供給してろ過圧力により形成されたろ層を破碎し、ろ材を流動状態にすることで捕捉した固形物を排水中に分散させるものである。

【攪拌・排水工程】

攪拌・排水工程では、捕捉した固形物を系外に排出するために洗浄用空気ですろ材を攪拌流動させながら洗浄水ゲートを『開』にし、ろ過槽下部からろ過処理水を通水して上部の洗浄排水ゲートより洗浄排水路へ流出させる。この時、洗浄に用いる洗浄水は複数あるろ過槽のろ過処理水を使用する。

洗浄排水は、洗浄排水路を経由して洗浄排水槽へ流下する。

(5) 洗浄排水槽

洗浄排水槽は、高速繊維ろ過槽の洗浄排水を一次貯留するもので、洗浄排水を前沈殿槽に移送するための洗浄排水ポンプをあわせて設備する。

洗浄排水槽は、既存施設の矩形型最初沈殿池に導入する場合、図 2-4 に示すとおり、前沈殿槽の終端に設け、洗浄排水路との間は連通管を設備して洗浄排水を受け入れる。

§9 反応タンク設備の概要と特徴

本技術では、反応タンクを無終端水路に改造し、送風機からの空気を散気する散気装置、循環流を起こす水流発生装置を設置する。また、散気装置設置部の下流側2箇所にDO計を設置し、二点DO制御技術を実施する。

二点DO制御技術は、2点間のDO勾配を一定範囲内となるように曝気風量と循環流量を独立的に制御する技術である。反応タンクの無終端型水路による高い循環率に加えて、二点DO制御技術による最適な好気ゾーン及び無酸素ゾーンの形成により高く安定した窒素除去が可能である。

【解説】

(1) 反応タンク設備の特徴

反応タンクを流れ方向に隔壁を設けた無終端水路に改造し、水路内散気装置設置部の下流側の2箇所のDO勾配を散気量と循環流量の独立制御により一定に保つ二点DO制御技術を使用する。二点DO制御技術により流入負荷の変動に関わらず安定した好気ゾーンと無酸素ゾーンが形成されること、及び無終端型水路による高い循環率が得られることから高い窒素除去が可能である。本技術における反応タンク設備の概要を図2-15に示す。

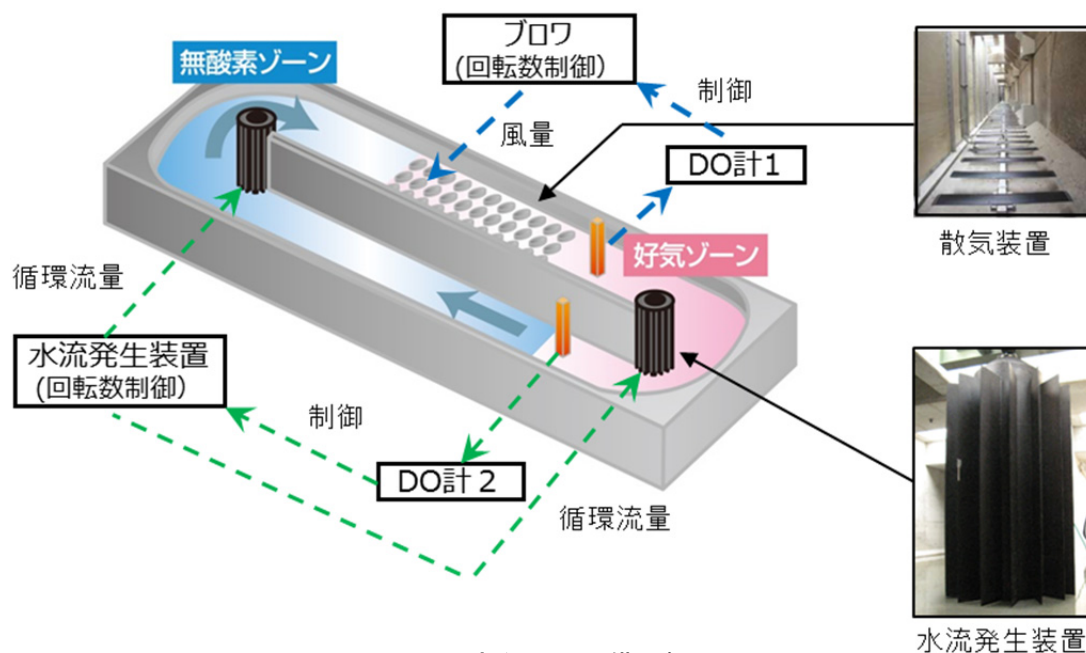


図 2-15 反応タンク設備の概要

本技術における反応タンク設備の特徴は、以下のとおりである。

①曝気量の削減と滞留時間の短縮が可能

- ・高効率固液分離設備により固形性有機物が大幅に除去され、全体の有機物が減少すること及び処理対象が主に溶解性有機物となることにより、曝気量を削減することが可能である。
- ・高効率固液分離設備で固形物が大幅に除去されるため、有機物の汚泥への転換が主となり、余剰汚泥量が少なくなる。このため、硝化に必要な A-SRT が確保しやすく、好気ゾーン(従来の高度処理における好気タンク)容量が従来の高度処理に比べ少なくなり、標準活性汚泥法と

同じ滞留時間で窒素除去が可能となる。

②無終端水路型の反応タンクによる高度な窒素除去

・好気ゾーンで硝化され、そのまま無酸素ゾーンに流入するため、高い循環水量比（10倍以上）となり、高い窒素除去率が得られる（無終端型水路による循環流量を循環式硝化脱窒法の硝化液循環量と同じとみなした場合の理論的な窒素除去率は次式により、90%以上となる。

（窒素除去率 $=R/(R+1) \times 100 = 10/11 \times 100 = 91\%$ R:循環水量比）

・好気ゾーンの DO が消費された後、無酸素ゾーンとなるため、従来の高度処理での硝化液循環で問題となる無酸素ゾーンへの溶存酸素の持ち込みによる脱窒への悪影響がない。

③二点 DO 制御により、流入負荷変動に対して、安定的かつ効率的な窒素除去が可能

・曝気量と循環流量を独立に制御し、無終端水路内の DO 勾配を一定に保ち、流入負荷変動に対して、常に最適な好気ゾーン・無酸素ゾーンを形成することにより、安定した窒素除去が可能である。

④省エネ型の高度処理

・曝気風量を削減することにより送風機の電力使用量が削減できる。

・水流発生装置による循環流の発生により、従来の硝化液循環設備及び無酸素槽で使用されていた攪拌設備の設置及びそれにもなう動力が不要となる。

（2）二点 DO 制御技術の原理

二点 DO 制御技術は散気装置に近い DO 計（以下、「DO 計 1」とする）と好気ゾーンの末端にある DO 計（以下「DO 計 2」とする）を結んだ DO 勾配が常に一定範囲にあるように曝気量と内部循環流量を変動させる技術である。

二点 DO 制御技術の原理について、例として流入負荷が増加した場合の制御技術の概要を図 2-16 に示す。図に示すとおり、流入する負荷量が高くなると消費する酸素量が増え、DO 計 1 及び DO 計 2 の DO 値とも値が下がる。このため、曝気量を増加することで DO 計 1 を設定値に戻す制御を行うとともに水流発生装置の回転数を増やし、酸素を含んだ活性汚泥混合液を循環させることで好気ゾーンの回復をはかり、低下した DO 計 2 の溶存酸素を上昇させ、DO 勾配を図 2-16 に示すとおり、一定値に戻す。

一方、流入負荷が減少した場合は、流入負荷が増加した場合とは逆に DO 計 1 と DO 計 2 が上昇するため、曝気量と同時に水流発生装置の回転数を減少させ、DO 勾配を図に示すとおり、同じ勾配となるように制御する。

（3）A-SRT の確保

本技術では、高効率固液分離設備での固形物の大幅な除去により、反応タンクでの余剰汚泥の発生量が少なくなり、標準活性汚泥法と同等の HRT で A-SRT の確保が可能である。

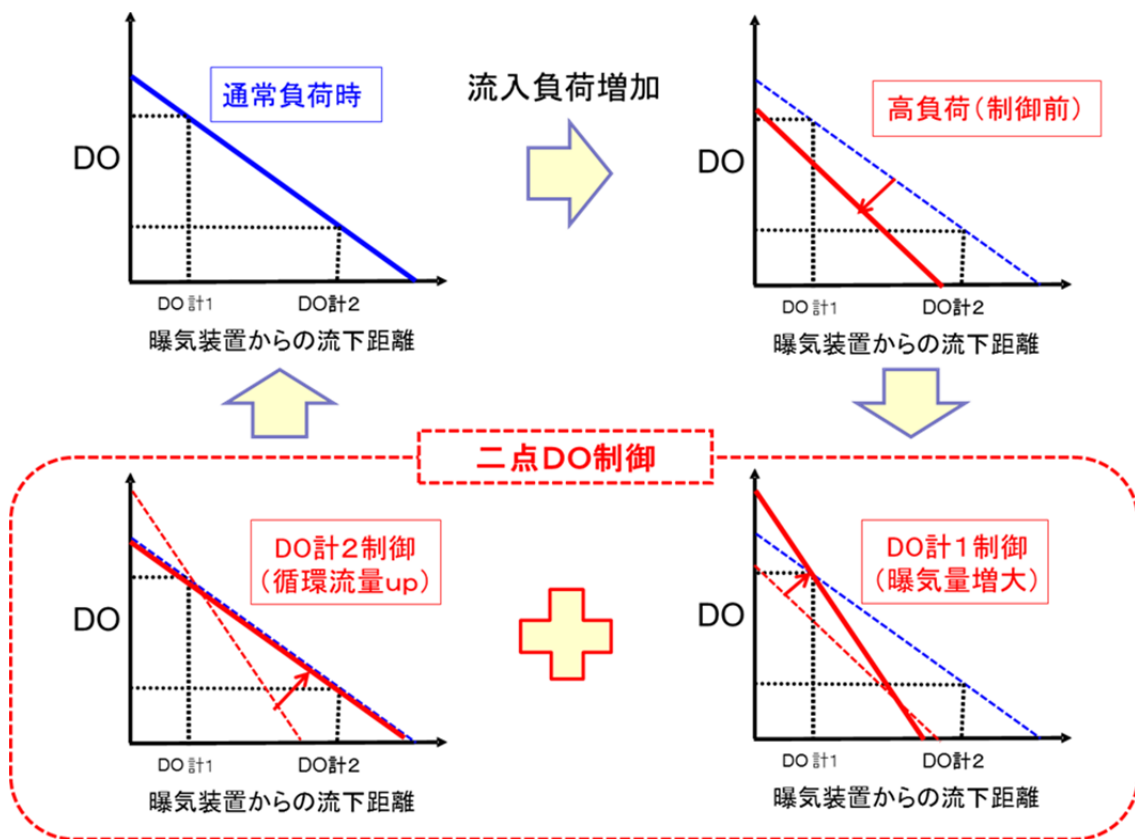


図 2-16 二点 DO 制御技術の概要

第2節 技術の適用条件

§10 技術の適用条件

本技術は、窒素・りん除去を目的とする高度処理が必要な下水処理場に適用する。

本技術は、水処理施設の新設または増設、ならびに、標準活性汚泥法などの既存の水処理施設の改築更新に適用することができる。ただし、既存施設の改築更新については、その構造によっては適用できない場合がある。

【解説】

(1) 適用条件

本技術は、従来の標準的な都市下水に適用が可能であり、窒素・りんの除去を目的とする高度処理が必要な処理場に適用する。また、既存施設が標準活性汚泥法であっても改築更新時に施設を増築すること無く適用することが可能である。

(2) 適用時留意条件

技術の適用検討時には下記の条件に留意する。

① 流入水質（水温）

流入下水水温については、水温の低下に伴って必要 A-SRT が長くなり、必要な好気ゾーン容量が大きくなるため、反応タンクの滞留時間を従来の高度処理法より短縮できるといった本技術の特徴が生かせない可能性があることから、流入水温が 15℃以下となる場合には、別途検討が必要である。

② 施設の構造（既存施設を改築更新する場合）

a) 高効率固液分離設備

最初沈殿池を高効率固液分離設備に改築する場合には、池内に新たに前沈殿槽、高速繊維ろ過槽、排水槽及びろ過処理水槽を設置するための隔壁を設ける必要がある。このため、新たなコンクリート打設による荷重が増加するため、既存施設の設計荷重条件や耐震設計を確認し、問題が生じる場合には、鋼板製の採用を検討する。

また、高速繊維ろ過槽を運用するため、現状の最初沈殿池の水位より 600mm 上げる必要がある。このため、現状の水位と上部スラブまでの高さや流入水路の高さに余裕がなく、かつ、一部躯体の嵩上げによる対応も困難な場合には、本技術を適用することができない。

b) 反応タンク

本技術では、反応タンクを無終端型水路型に改造する必要があるため、図 2-17 に示すとおり、一般的に反応タンク内の隔壁を撤去し、新たに反応タンク中央の縦断方向にタンクを分割する隔壁を設ける。したがって、構造設計上、これらの構造変更ができない場合には、本技術を適用することができない。

また、本技術では、無終端型水路のコーナー部に循環水流を発生させる水流発生装置を設置する。水流発生装置は、その機械的な制約から適用可能な水深が 7m までであるため、反応タンクの水深がこれを上回る場合には、本技術を適用することができない。

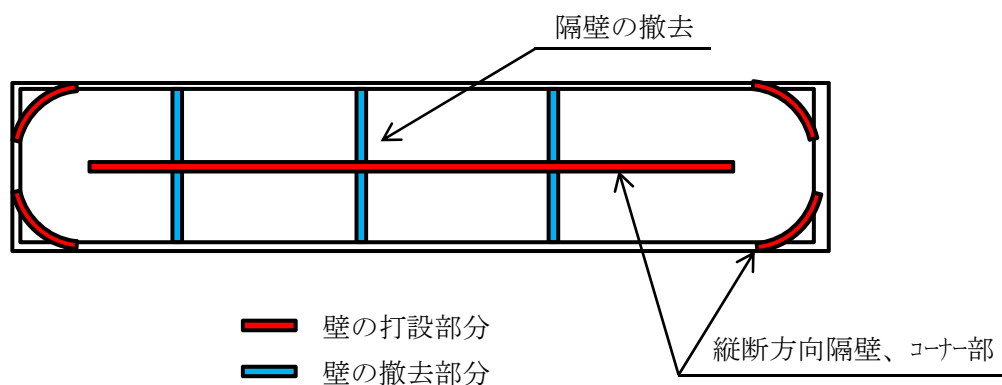


図 2-17 反応タンクの隔壁撤去及び縦断方向隔壁打設の例

(2) 本技術の適用が推奨される下水処理場

本技術は、標準活性汚泥法と同等の滞留時間で高度処理が可能であるため、既存の標準活性汚泥法施設を高度処理化する場合に、処理能力を減じることなく、既存施設躯体を利用した改築更新が可能である。新たに水処理施設を増設する必要がなく、特に敷地も不足している処理場でも設置が可能である。維持管理面でも本技術は従来の高度処理法に比べて省エネ性にも優れているため、コスト比較でも有利となる可能性も高い。

また、高効率固液分離設備での固形物の除去効果が高いことから、流入水中の SS 濃度が高い処理場でも対応が可能である。

§11 導入シナリオ例

本技術の導入目的と期待できる導入効果の具体例を示す。

(1) 既存施設の標準活性汚泥法施設を高度処理対応に改築する場合

反応タンクを増設せずに本技術を導入できるため、省コストかつ省スペースな高度処理化が可能となる。また、従来の高度処理法と比較して、反応タンクの曝気風量を削減できるため、省エネとなる。

(2) 高度処理施設を新・増設する場合

従来の高度処理法で新・増設する場合と比較して、施設容量を縮減できることから、省コストかつ省スペースな高度処理化が可能となる。

【解説】

本技術は既存施設が標準活性汚泥法の場合、既存施設の反応タンクの滞留時間と同程度で高度処理が可能であるため、既存施設を改築する場合においても処理水量を減ずることなく処理が可能である。また、従来の高度処理に比較し、省エネ効果が高く、高度処理化を行った場合でも維持管理費を抑えることができる。本技術の導入が有効と考えられる典型的なシナリオの例を以下の(1)～(2)に示す。

(1) 既存施設の標準活性汚泥法施設を高度処理対応に改築する場合

標準活性汚泥法から従来の高度処理法を導入する場合、反応タンクの滞留時間が約2倍となるため、反応タンクを増設が必要となる。一方、本技術を導入する場合、反応タンクの滞留時間が標準活性汚泥法とほぼ同等となるため、既存施設の最初沈殿池と反応タンクの改造は必要であるが、増設は不要で建設コストが少なく、建設スペースが小さい。また、反応タンクでは溶解性物質を主体に処理するため必要な曝気風量が少ないことに加え、二点 DO 制御により流入負荷量に追従して曝気風量を自動制御するため余剰な曝気風量が少なくなる。

(2) 高度処理施設を新・増設する場合

既存施設の標準活性汚泥法を本技術により高度処理対応施設に改築する場合と同様の理由で反応タンクの必要容量がほぼ半減し、曝気風量が減るため、省コストかつ省スペースとなる。

なお、増設の場合は、反応タンクへの散気は、既存施設の送風機で必要空気量を満たせる場合は DO 値により空気量を調整できるような自動風量制御弁を設置することで対応可能であるが、反応タンクの二点 DO 制御では空気量の細かな調整が必要となる。増設する反応タンクへの送風量や送風圧の制御が既存施設の送風機では調整が困難な場合は、増設に合わせた新たな送風機の設置を考慮する。

第3節 実証研究に基づく評価の概要

§ 12 技術の評価項目

実証研究に基づく本技術の評価項目を以下に示す。

- (1) 処理水質
- (2) コスト（建設費、維持管理費、ライフサイクルコスト）
- (3) エネルギー使用量、温室効果ガス排出量

【解説】

本技術を評価するにあたり、処理水質、コスト、エネルギー使用量、温室効果ガス排出量について調査及び試算を行った。処理水質は年間を通じた実証フィールドでの実証結果を用いた。コスト、エネルギー使用量及び温室効果ガス排出量については、計画日最大汚水量 50,000m³/日規模の標準活性汚泥法の処理場を従来の高度処理技術及び本技術へ改築した場合について試算し、比較を行った。

実証施設の流入水量条件及び水質分析頻度について以下に示す。

流入水量条件 : 計画日平均流入水量 2,810m³/日（冬期計画日最大流入水量に相当）

水質分析頻度 : 流入原水、反応タンク流入水、最終沈殿池流出水の水質分析を以下のとおり行った。

日間平均 : 年 35 回（24h サンプルングによるコンポジット）

日間変動 : 通日試験を年 4 回（2h ごとにサンプルング）

(1) 処理水質

処理水質は計画放流水質に関する項目として BOD、T-N、T-P を測定し、設計や維持管理に関する項目として水温、SS、pH についてデータを収集した。

(2) コスト（建設費、維持管理費、ライフサイクルコスト）

本技術を導入することによるコスト縮減効果として、計画日最大汚水量 50,000 m³/日規模の標準活性汚泥法の施設を高度処理技術（嫌気無酸素好気法）と本技術に改築更新する場合について試算し、比較を行った。（試算条件の詳細は「第3章 第2節 導入効果の検討例」）。

(3) エネルギー使用量、温室効果ガス排出量

本技術及び従来の高度処理技術（嫌気無酸素好気法）で使用するエネルギーはほぼ電気エネルギーで、一部薬品を使用するが限定的で使用量も少ない。このため、エネルギー使用量は電力量のみを試算した（試算条件の詳細は「第3章 第2節 導入効果の検討例」）。また、温室効果ガス排出量も電力量由来の値について比較を行った。

§ 13 技術の評価結果

実証研究に基づく本技術の評価結果を以下に示す。

(1) 処理水質

BOD (mg/L) : 10 を超え 15 以下

T-N (mg/L) : 10 以下

T-P (mg/L) : 1 を超え 3 以下 の処理水質を満足

(2) コスト (建設費、維持管理費、ライフサイクルコスト)

建設費 : 18% 削減

維持管理費 : 16% 削減

ライフサイクルコスト : 8% 削減

(3) エネルギー使用量、温室効果ガス排出量 : 約 40% 削減

(2) (3) は、計画日最大水量 50,000m³/日規模の標準活性汚泥法の処理場を高度処理設備に改築更新する際の、従来高度処理法 (嫌気無酸素好気法) の値に対する本技術の値の比率

【解説】

(1) 処理水質

本技術は、生物学的窒素・りん除去法であり、従来技術の嫌気無酸素好気法と同等以上の処理が可能な技術となる。急速ろ過、凝集沈殿を伴わない本技術は

BOD (mg/L) : 10 を超え 15 以下

T-N (mg/L) : 10 以下

T-P (mg/L) : 1 を超え 3 以下

の処理水質を満足することが、国土交通省で行われた評価委員会で評価された。

実証施設の流入原水、反応タンク流入水及び処理水水質の日間平均結果を表 2-2、図 2-18 に示す。

表 2-2 実証施設の流入原水、反応タンク流入水及び処理水水質 (単位 : mg/L)

項目	流入原水	反応タンク流入水	処理水
SS	205±109 (78~530)	44±7.9 (25~65)	2.1±1.8 (0~6.0)
T-BOD	246±112 (67~580)	118±27 (24~220)	8.4±2.8 (3.0~14.0)
T-N	34±8 (14~59)	26±4.3 (11~33)	4.3±1.4 (1.5~6.8)
T-P	5.1±1.7 (2.1~12.0)	3.7±0.8 (1.4~6.0)	0.34±0.30 (0~1.6)

上段 : 平均値±標準偏差

下段 : 最小値~最大値

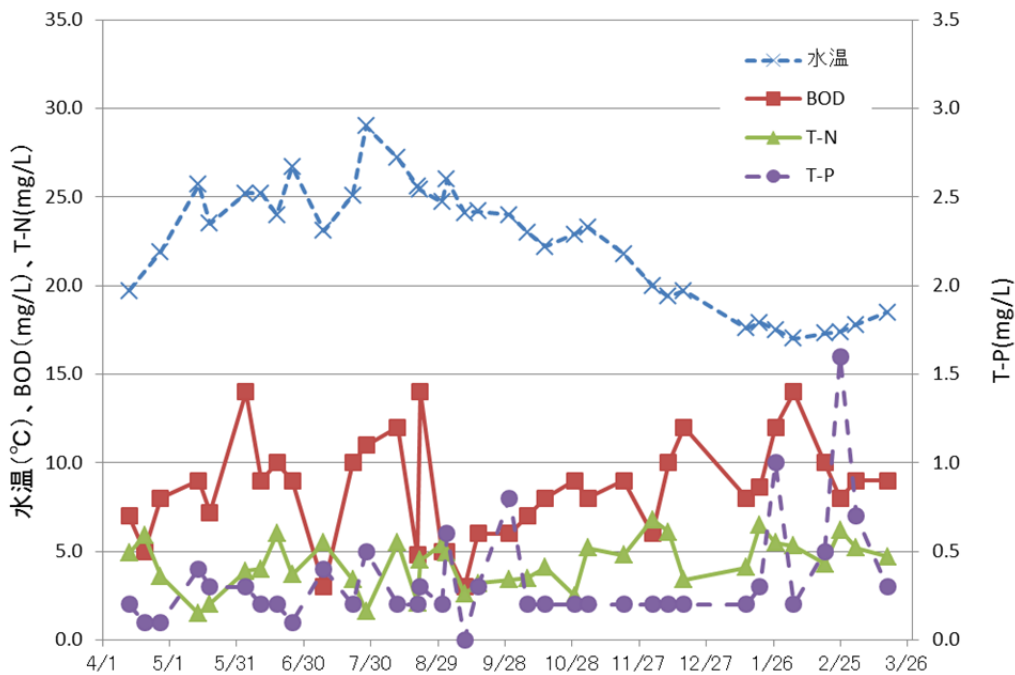


図 2-18 年間の最終沈殿池流出水質

実証研究における反応タンク流入水と最終沈殿池流出水における各水質項目の除去性能は、BOD 93%、T-N 84%、T-P 93% と高い除去率を得ている。各水質項目の除去性能結果を図 2-19～21 に示す。

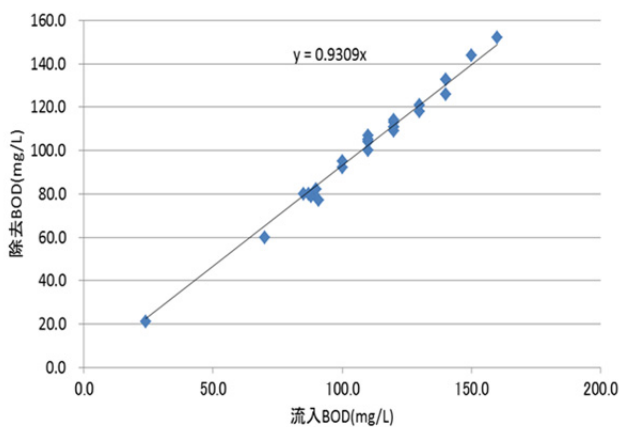


図 2-19 反応タンクの除去性能 (BOD)

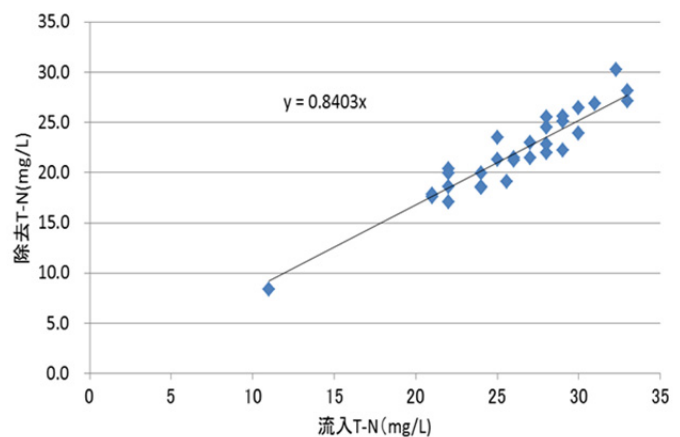


図 2-20 反応タンクの除去性能 (T-N)

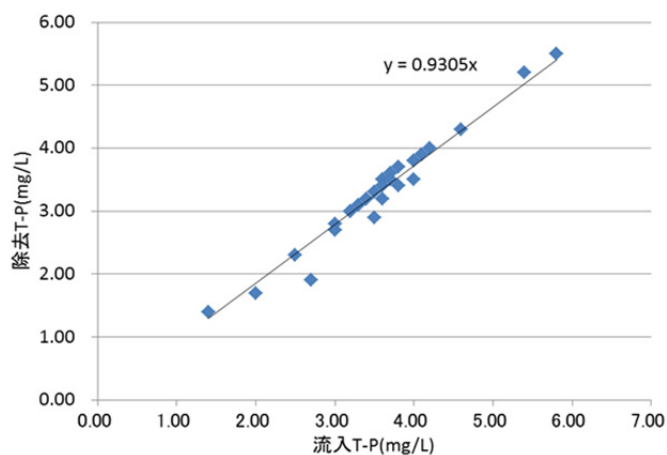


図 2-21 反応タンクの除去性能 (T-P)

上記の実測データより高い窒素除去効果が認められた。実証研究で得られた各窒素分の平均値をもとにした収支状況を図 2-22 に示す。反応タンクに流入する全窒素の 77%が硝化対象窒素で、硝化・脱窒により全窒素の 67%が窒素ガスとして除去されることが示された。

また、本技術の硝化対象窒素に対する窒素除去量（脱窒量）は

硝化対象 N に対する窒素除去性能 = 脱窒量 / 硝化対象窒素量

$$= 67\% / 77\%$$

$$\rightarrow 87\%$$

計算から得られた 87%と高い窒素除去性能は 3 段ステップ法での循環比 1.5 に相当することが示された (図 2-23)。

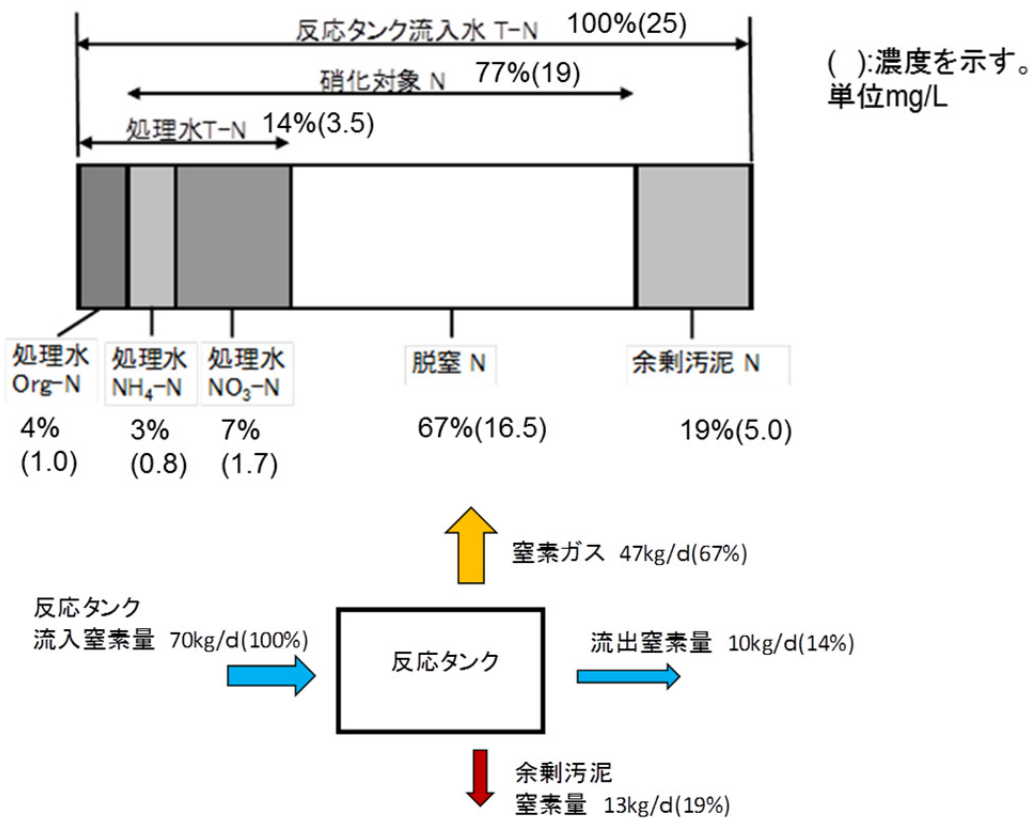


図 2-22 反応タンク窒素の収支

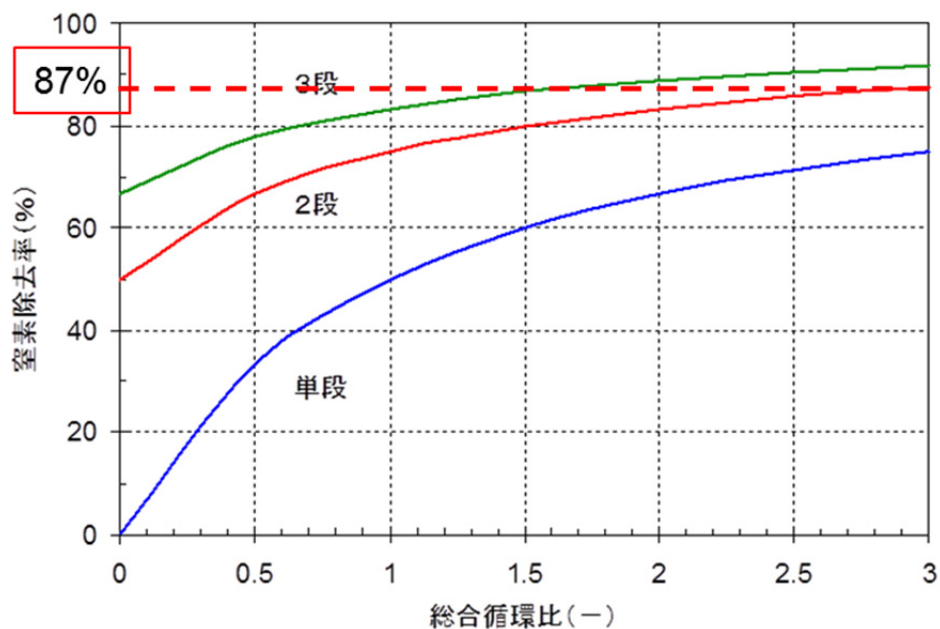


図 2-23 窒素除去性能の3段階法※との比較

※「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 p.182 より

(2) コスト（建設費、維持管理費、ライフサイクルコスト）

計画日最大汚水量 50,000m³/日規模の標準活性汚泥法の処理場を高度処理設備に改築更新する際における、従来の高度処理技術（嫌気無酸素好気法）の費用と本技術の費用の試算を行った。試算の結果、本技術は従来の高度処理技術に比べて、建設費約 18%、維持管理費で約 16%、ライフサイクルコストで約 8%の削減効果が確認された。

試算結果の詳細は「第3章 第2節 導入効果の検討例」参照のこと。

表 2-3 コスト削減効果

項目	本技術	従来高度処理技術	削減率
建設費 (百万円)	4,529	5,500	18%
土木建築施設	311	2,125	
機械設備	3,147	2,707	
電気設備	1,071	688	
維持管理費 (百万円)	247	294	16%
電力費	40	67	
補修費	30	30	
脱水汚泥処分費	177	197	
ライフサイクルコスト (百万円/年)	586	634	8%
建設年価	340	339	
維持管理費	247	294	

(3) エネルギー使用量、温室効果ガス排出量

計画日最大汚水量 50,000m³/日規模の本技術及び従来の高度処理技術（嫌気無酸素好気法）で使用する電力使用量（最初沈殿池・反応タンク・最終沈殿池・送風機）の試算を行った。温室効果ガス排出量は二酸化炭素換算係数^{*}を用いた電力使用量からの換算である。本技術は、従来の高度処理技術に比べ、約 40%と高いエネルギー使用量削減効果があることが確認された(表 2-4)。

表 2-4 エネルギー使用量、温室効果ガス排出量の削減効果

項目	本技術	従来高度処理法	削減率
電力量 (エネルギー使用量)	2,647 千 kWh/年	4,467 千 kWh/年	約 40%
温室効果ガス排出量	1,456 t-CO ₂ /年	2,457 t-CO ₂ /年	

^{*}環境省報道発表資料「平成 25 年度の電気事業者ごとの実排出係数・調整後排出係数等の公表について」による

第3章 導入検討

第1節 導入検討手法

§ 14 導入検討手順

本技術の導入の検討にあたっては、対象とする下水道施設について現況および課題などを把握し、導入効果の評価を行い判断する。

【解説】

本技術の導入の検討にあたっては、図 3-1 に示す検討フローに従って必要な情報を収集・整理し、導入効果の概略試算を行い、導入効果の有効性について検討する。

(1) 基礎調査

対象施設の計画年次における流域別整備総合計画（流総計画）や全体計画、最新の事業計画など関連下水道計画、放流先の環境基準等の確認を行い、当該下水処理場の情報（流入下水量、流入水質、処理能力の現状、施設・設備の現状、運転条件の現状等）を収集・整理する。基礎調査により適用条件に当てはまるかを確認し、導入効果の検討に移る。

(2) 導入効果の検討

本技術を当該下水処理場に導入する有効性について、①配置検討、②建設費検討、③維持管理費検討、④エネルギー削減効果の検討を確認する。

① 配置検討

本技術で既設の標準活性汚泥法を改築更新する場合に、既設の水処理施設を改造して対応可能であるか概略の槽容量及び配置について検討し確認を行う。

② 建設費の検討

上記の配置検討にて概略な確認を行うが、基本的には標準活性汚泥法とほぼ同じ容量となるため既設改造の場合は新たな反応タンクの増設を行うことなく、既設反応タンクの土木の改造のみで導入可能である。

建設費の算定に当たっては、基礎調査にて収集・整理した情報をもとに改築、増設方針を検討し、従来の高度処理法を導入した場合の土木建設費（躯体の改造及び増設費用）、機械及び電気設備費を算出し、本技術を導入した場合と比較し建設費削減効果を確認する。

③ 維持管理費の検討

本技術は無終端型水路の反応タンクにて下水を循環させて窒素除去を行うため、従来の高度処理技術のような循環水ポンプが必要ないこと、最初沈澱池の代替えとした高効率固液分離技術により、反応タンクへ流入する固形物が少なく、曝気風量を削減できること等により電力使用量が削減される。また、発生する汚泥中の生汚泥の比率が高くなり、脱水性が向上するので、脱水汚泥の処分費が削減される。

機械設備の点検・消耗品費用、電力使用量、汚泥処分費効果を加味し、従来の高度処理技術と

の比較により維持管理費削減効果を確認する。

④ エネルギー削減効果の検討

維持管理費で算出した電力使用量をもとにエネルギー削減量や温室効果ガスの排出量削減量を算定し、他の高度処理法との比較によりエネルギー削減効果を確認する。

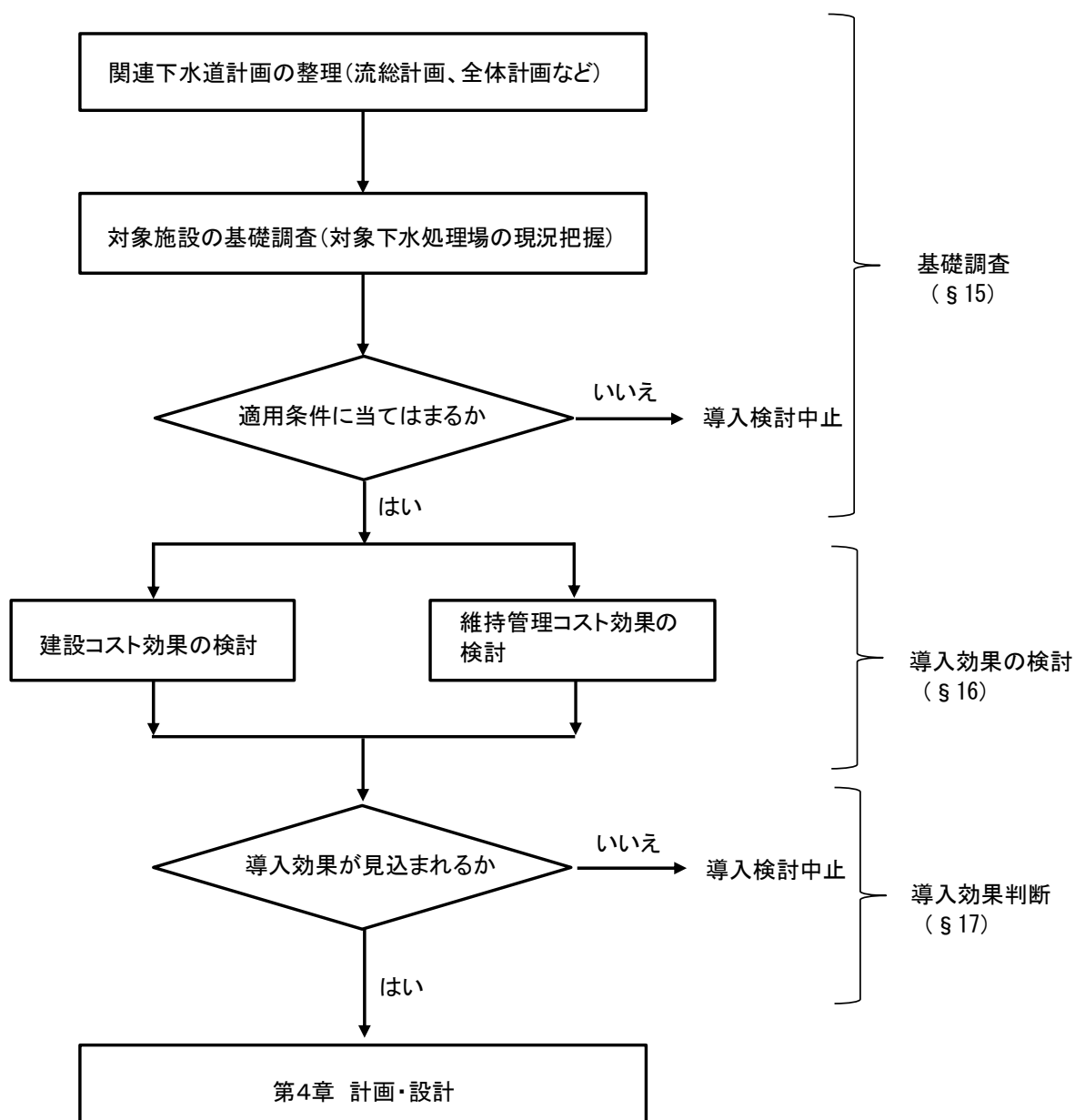


図 3-1 導入検討フロー

§ 15 基礎調査

基礎調査では、下水処理施設について関連計画ならびに計画年次に想定される状況などを把握する。本技術の適用条件及び導入効果の検討に必要な既存施設のデータを収集・整理し、運転状況を確認する。

【解説】

本技術は、下水処理における窒素及びりん除去を目的とし、既設の標準活性汚泥法の高度処理法への改築、または高度処理設備を増設する場合の導入が考えられる。

本技術の導入効果の検討に先立ち、下水処理施設について関連計画ならびに計画年次に想定される状況などを把握する。また、本技術の導入効果の検討に必要な既存施設のデータを収集・整理し、また運転状況を確認し、本技術の適用条件に当てはまるかの判断を行う。

(1) 関連下水道計画の整理

対象とする下水処理場に係る下水道計画などについて把握する。ここでは、当該下水処理場に係る上位計画、各種基本計画及びその他関連計画について確認する。

- ・上位計画：流総計画、都道府県構想など
- ・基本計画：基本構想、全体計画、事業計画、放流先環境基準など
- ・その他関連計画：長寿命化計画、耐震計画など

(2) 対象施設の実態調査

当該下水処理場を実態調査し、対象施設の各種情報を収集・整理する。

- ・下水処理場の基本諸元、条件（処理規模、周辺環境など）
- ・既存の土木、建築施設及び機械、電気設備の状況、設定水位
- ・流入下水量、流入下水及び放流水の水質
- ・発生汚泥量及び性状
- ・水処理及び汚泥処理施設の運転管理状況

(3) 適用条件

反応タンク設備

- ・水流発生装置の対応から反応タンクの水深は7mまでとする。

対象施設の実態調査により既設状況が本技術の適用条件に外れる場合は、導入検討を中止する。

§ 16 導入効果の検討

本技術を当該下水処理場に導入する有効性について、以下の4つを確認する。

- (1) 配置検討
- (2) 建設費の検討
- (3) 維持管理費の検討
- (4) エネルギー使用量の検討

【解説】

本技術の導入効果の有効性を確認するために建設費及び維持管理費について従来の高度処理技術と比較する。従来の高度処理技術は、「嫌気無酸素好気法」とした。

(1) 配置検討**①高効率固液分離設備**

既設最初沈殿池と同等の水量を処理する場合、既設最初沈殿池の設計水面積負荷が $50\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ 以下であれば既設最初沈殿池に高効率固液分離設備を設置することが可能である。また、高効率固液分離設備の水位が、既設初沈流出水位+0.6m以上確保できるか検討する。確保できない場合は、前沈殿槽の躯体をかさ上げすること、もしくは、既設最初沈殿池流出水位を下げることを検討する。

また、既設最初沈殿池と本技術を併用する場合は、流入水位が異なるため分配堰等を配置することを検討する。

②反応タンク設備

生物学的りん除去を行う場合は嫌気槽を反応タンクの流入部に設置するが、高効率固液分離設備にスペースの余裕がある場合は高効率固液分離設備のうち的高速ろ過槽の後段への設置を検討する。嫌気槽を設置することで反応タンクの必要容量が確保できなくなる場合には、嫌気槽の新設または凝集剤添加によるりん除去も検討する。生物学的窒素除去を行うため、設計流入水温が 15°C より下がる場合には既存の標準活性汚泥法での反応タンク容量以上となる可能性もあり、処理水量も含め検討する。

(2) 建設費の検討

本技術の建設費と従来の高度処理技術の建設費を比較することによって、本技術導入による建設費の効果を算定する。

既設の標準活性汚泥法を高度処理法に改築する場合は、本技術では既設の最初沈殿池及び反応タンクを改造することにより対応し、最終沈殿池は既存の施設を流用する。従来の高度処理技術の場合は反応タンクの滞留時間がほぼ倍となること、及び反応タンクのMLSS濃度が高く、活性汚泥の沈降性が標準活性汚泥法に比べ低下することから、反応タンクを増設するとして算定する。

図3-2に既設の標準活性汚泥法を本技術または従来技術に改築した場合の施設改造、増築等の概略を示す。

機械・電気設備費については、容量計算などにより機器の仕様を決定し、機器の単価を乗じて積算する方法を「第2節 導入効果の検討例」に示すが、ここでは図3-3に示した算定式（費用関数）を用いる簡易な方法により、従来技術を用いる場合と比較し、本技術の導入効果を検証する。

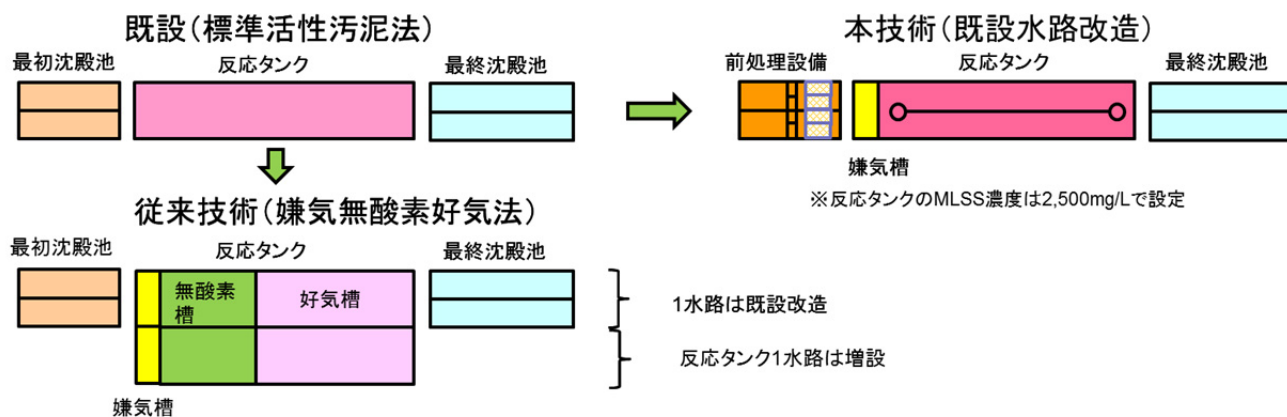


図3-2 建設費設定の想定イメージ

建設費には土木工事費、機械設備、電気設備費を含むものとし、機械設備には反応タンク設備に必要な空気量に応じた送風機を含めるものとした。処理規模と建設費の関係を図3-3に示す。

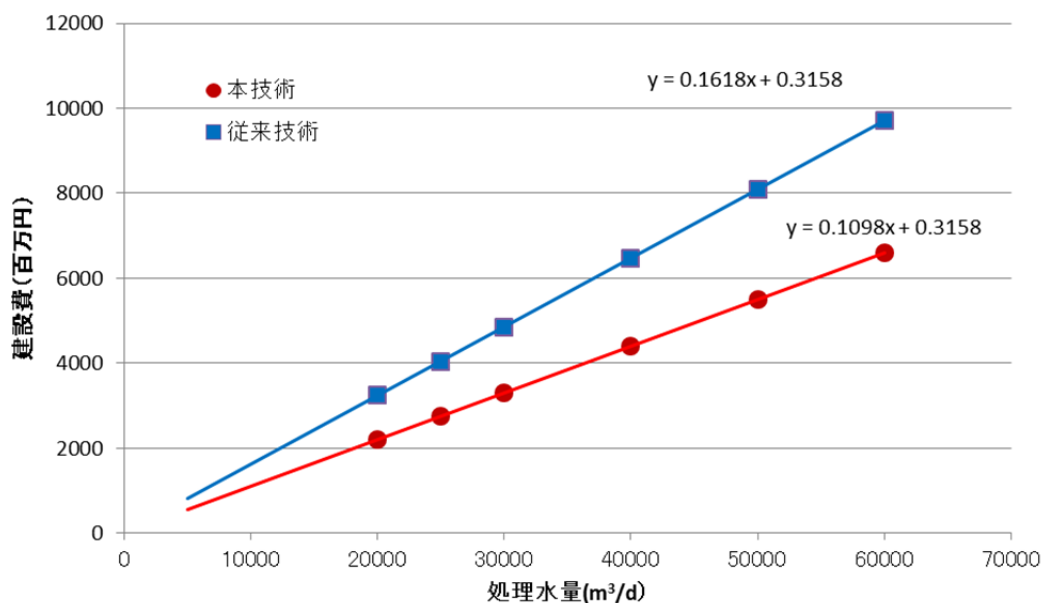


図3-3 処理水量毎の概算工事費

(3) 維持管理費の検討

維持管理費は、1m³あたりの維持管理費を用いて算出する。表 3-1 に本技術と従来技術の維持管理費の概算を示す。維持管理費には、水処理施設分（最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池、送風機）電力費、補修費、汚泥処分費が含まれるものとする。計画している処理水量に表 3-1 の処理量当たりの維持管理費を乗じることで概算費用を求めることができる。

表 3-1 維持管理費の概算

	維持管理費の概算(千円/年・m ³)	備考
本技術	1.6	
従来技術（嫌気無酸素好気法）	2.1	

(4) エネルギー使用量の検討

エネルギー削減効果については、本技術については燃焼等によるエネルギー消費を伴わないため、エネルギー消費としてはほぼ電力量の消費となる。このため、維持管理費で検討した電力使用量から算出した処理水量あたりの電力使用量を表 3-2 に示す。「(3) 維持管理費の検討」と同様に処理水量に表 3-2 の換算値を乗じることでエネルギー使用量を算出することができる。

表 3-2 エネルギー使用量の概算

	電力使用量(千 kWh/年)	kWh/年・m ³
本技術	2,647	0.18
従来技術（嫌気無酸素好気法）	4,467	0.31

§17 導入判断

評価結果を踏まえて、本技術の導入について判断する。

【解説】

§16 において導入効果が見込まれると判断した場合には、本技術の導入に関する意思決定を行い、処理施設の計画・設計に移る。導入効果が見込まれない場合には、導入効果を中止する。

第2節 導入効果の検討例

§18 標準活性汚泥法から高度処理化を行う検討事例

本技術の導入効果の検討例として、計画日最大汚水量 50,000m³/日の標準活性汚泥法の施設を高度処理施設に改築する場合を想定して、本技術の導入効果について検討を行う。

【解説】

本技術において有効性が高いと思われる、標準活性汚泥法を高度処理化する検討事例について解説する。

(1) 設置条件

比較対象とする従来技術として嫌気無酸素好気法を用いるとした場合の設定条件を表 3-3 にまとめる。設定した既設の標準活性汚泥法の土木形状を表 3-4、流入水質及び反応タンクへの設定水質を表 3-5 に示す。

表 3-3 設定条件

項目	本技術	従来技術
流入下水量	計画日最大汚水量 50,000 m ³ /日 (日平均及び冬期最大汚水量 40,000 m ³ /日)	
目標水質	BOD : 15mg/L 以下 T-N : 12mg/L 以下 T-P : 1.0mg/L 以下	
改造範囲	既設の最初沈殿池及び反応タンクを改造。最終沈殿池は既設を流用。	既設と同規模の反応タンクを増設。

表 3-4 既設標準活性汚泥法の土木形状

	幅 m	長 m	水深 m	池数 ヶ	容積 m ³ /池	面積 m ² /池	HRT H	水面積負荷 m ³ /m ² /日
最初沈殿池	5	40	3	8	600	200		31
反応タンク	10	84	5	4	4200	840	8	
最終沈殿池	5	60	3	8	900	300		21

表 3-5 設定水質

水質	流入原水 (mg/L)	反応タンク流入水質(mg/L)	
		本技術	従来技術
SS	160	48	80
BOD	190	103	128
P-BOD (固形性 BOD)	125	38	63
S-BOD (溶解性 BOD)	65	65	65
T-N	35	29	31
P-N (固形性 T-N)	8	3	5

(2) 配置検討

①高効率固液分離設備

既設最初沈殿地の水面積負荷が $31.25\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ となるため、

- ・ $50\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ 以下の条件を満たすので、既設最初沈殿地に高効率固液分離設備を設置可能。
- ・ 高効率固液分離設備の水位が、既設初沈流出水位+0.6m 以上確保できない場合は、前沈殿槽の躯体をかき上げすること、もしくは、既設最初沈殿池流出水位を下げることを検討する。今回は高効率固液分離設備の水位が十分確保できるものとして算定する。

②反応タンク設備

- ・ 反応タンク容量の必要容量を確保できるものとし、生物学的りん除去を行うための嫌気槽を設置する。また、設定水温は 15°C 以上とし、生物学的窒素除去が十分可能なものとする。本技術及び従来技術の土木形状を図 3-4 に示す。

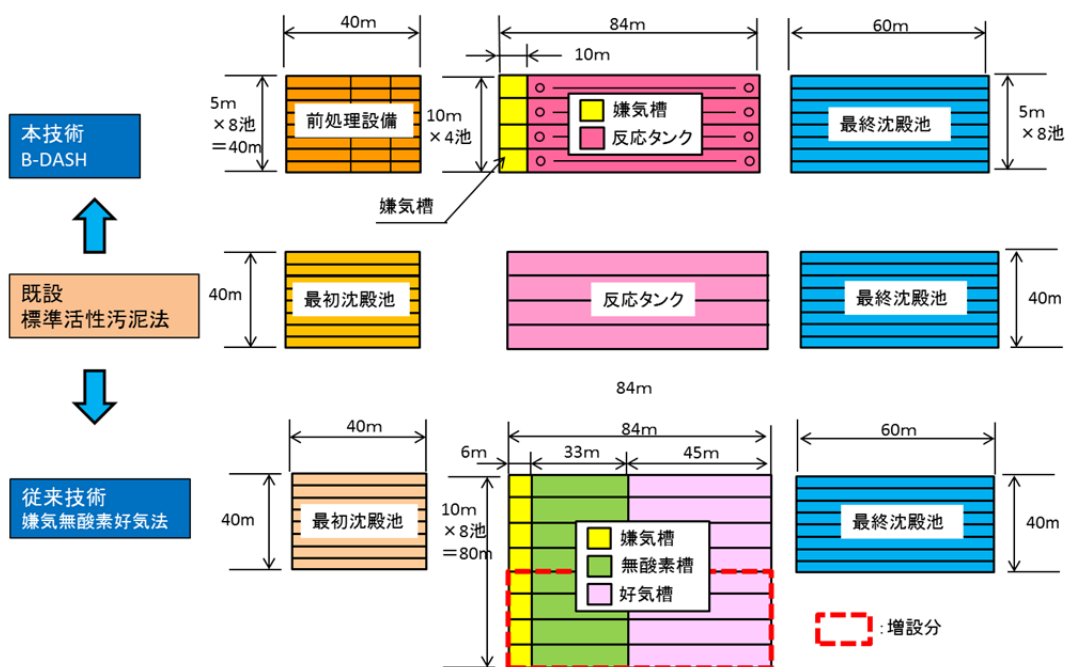


図 3-4 本技術と従来技術の土木形状

(3) 建設費の検討

建設費を算出する条件を表 3-6 にまとめる。

表 3-6 建設費算出条件

項目	本技術	従来技術
土木建設費	土木改造に係る積算。 用地費用は含まない。	土木改造及び増設に係る積算。 用地費用は含まない。
機械・電気設備	最初沈殿池及び反応タンク設備の機械設備については撤去し、本技術採用機器を設置。 送風機も更新	最初沈殿池及び反応タンク設備の機械設備については撤去し、高度処理機械設備に更新。増設部についても新規設備を設置。送風機も更新。
機械・電気設備費	本技術採用機器の積算。据付工事費を機器費の 0.8 倍として計上	従来技術採用機器の積算。据付工事費を機器費の 0.8 倍として計上
発生汚泥量	日平均汚水量から発生汚泥量を算出。	同左

(4) 維持管理費の検討

維持管理費は年間にかかる電力費、脱水ケーキ処分費及び修繕費用の総和とした。

①電力使用量

本技術及び従来技術で使用する各機器の電動機負荷量、運転台数、運転時間から年間の電力使用量を求め、使用単価を乗じて電力費を求めた。

②脱水ケーキ処分費

本技術及び従来技術から発生する汚泥量を算出し、想定した脱水ケーキ含水率から脱水ケーキ量を求め、処分費用から年間の脱水ケーキ処分費を求めた。

③修繕費

本技術及び従来技術における機器費をもとに修繕費用を求めた。

(5) エネルギー削減効果の検討

本技術及び従来技術とも使用するエネルギーはほぼ電力使用量であるため、エネルギー削減効果については維持管理費で算出した電力使用量にて比較検討することとした。また、電力使用量から CO₂ 排出量を換算し、温室効果ガス排出量を算出した。

§ 19 導入効果検討事例の結果

導入効果検討事例の条件に基づいた検討結果を以下のようにまとめる

- (1) 建設費
- (2) 維持管理費
- (3) エネルギー使用量

【解説】

導入効果検討事例の条件に基づき、検討結果を(1)建設費(2)維持管理費(3)エネルギー使用量の3項目についてまとめる。

(1) 建設費

建設費の比較を図3-5及び図3-6に示す。図3-5に建設費の初期費用を示し、図3-6に建設費の年価を示した。

図3-5に示すように本技術では土木建築費は安価であるが、機械・電気設備費で従来技術よりやや高くなっており、総計では約18%の低減効果となった。また、土木建設費の償却年数を50年、機械・電気設備の償却年数を15年とし、1年当りに換算した建設費の年価は図3-6に示すように本技術と従来技術とでほとんど差がなかった。

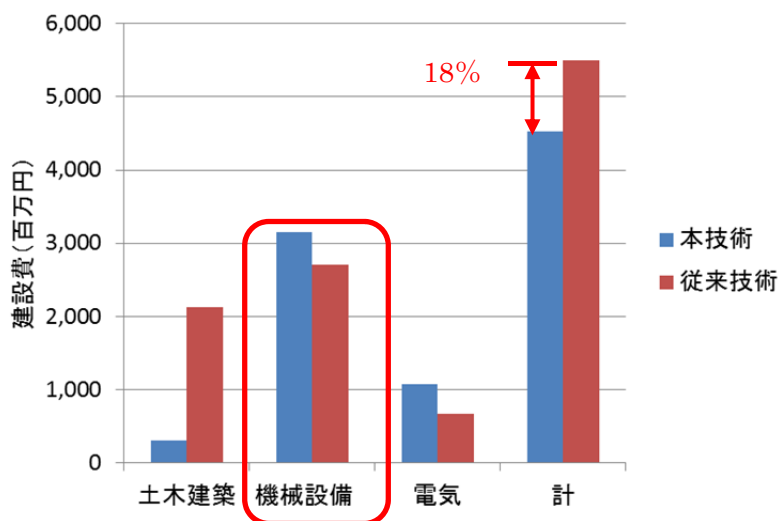


図3-5 建設費（初期費用）

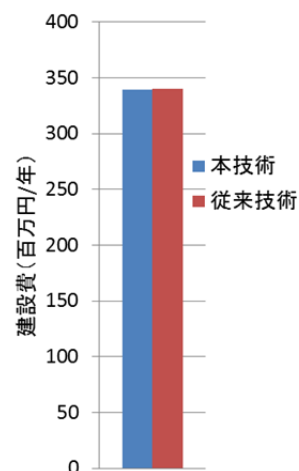


図3-6 建設費（年価）

(2) 維持管理費

維持管理費を図3-7に示す。

本技術において電力費は大幅に低減されており、補修費は従来技術とほぼ同じであったが維持管理費全体では約16%の低減効果が示された。建設費年価と維持管理費を合計したライフサイクルコストでは、従来技術で高価となった土木建築費については償却年数が長く、本技術と建設費年価の差がないことから約8%の低減効果となった(図3-8)。

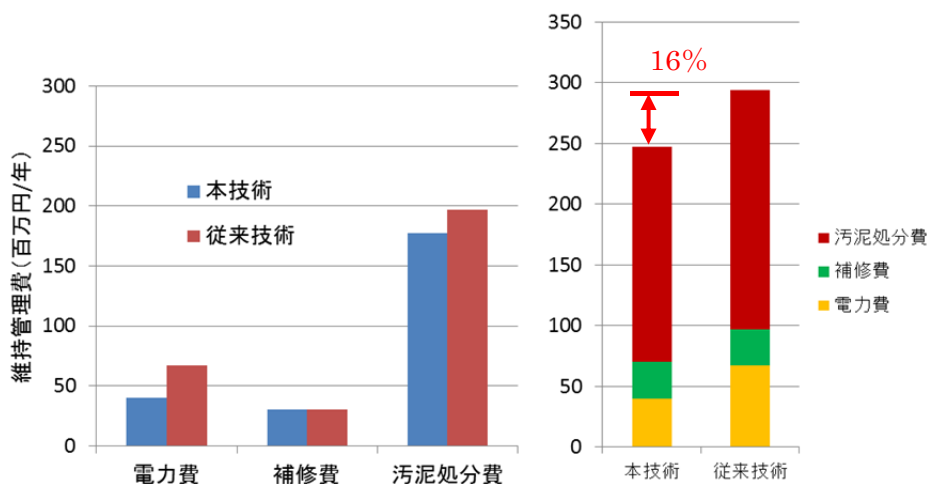


図 3-7 維持管理の比較

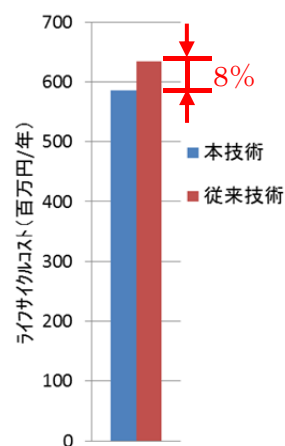


図 3-8 ライフサイクルコスト

(3) エネルギー使用量及び温室効果ガス排出量

エネルギー使用量を図 3-9、温室効果ガス排出量を図 3-10 に示す。

エネルギー使用量及び温室効果ガス排出量とも本技術での低減効果は約 40%と高い効果が示された。

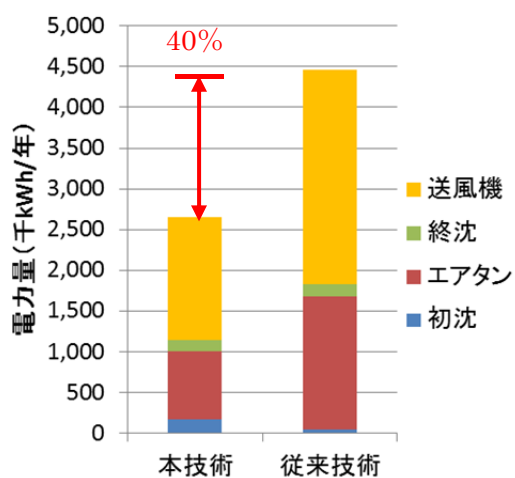


図 3-9 エネルギー使用量の比較

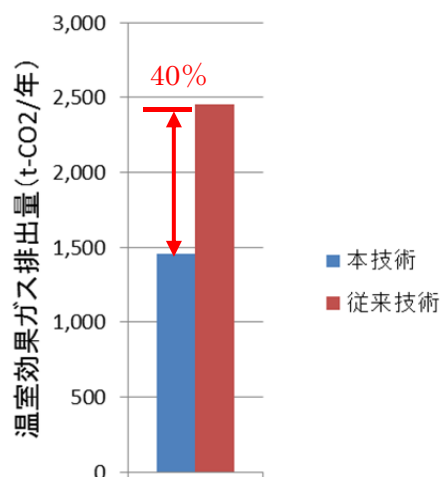


図 3-10 温室効果ガス排出量の比較

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 20 導入計画手順

本技術の導入検討は、詳細調査、施設計画の検討および導入効果の検証の手順で行う。

【解説】

本技術の導入計画手順を図 4-1 に示す。本技術の導入にあたっては、計画・設計に係る基本事項の詳細調査から開始し、施設計画の検討、および導入効果の検証の手順で行う。

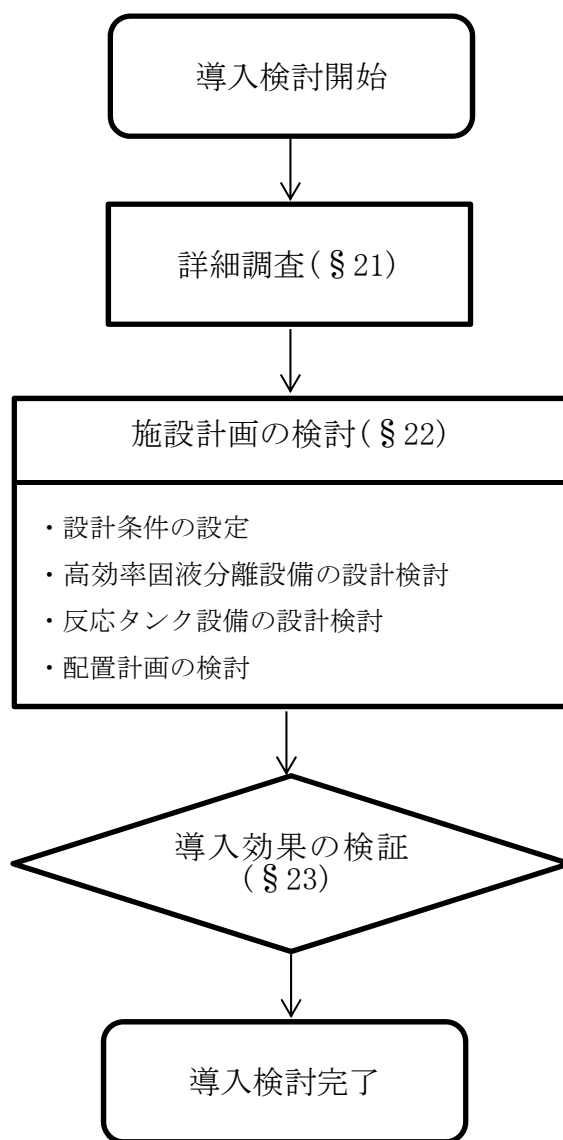


図 4-1 本技術の導入設計手順

§ 21 詳細調査

施設計画の検討に先立ち、本技術の計画・設計にあたり必要な基本事項について、詳細調査を行う。

【解説】

導入検討時に § 15 にて基礎調査を実施しているが、ここでは導入検討時から導入設計する段階での状況変化の確認を行うとともに、表 4-1 に示す本技術の計画・設計にあたり必要な基本事項について、詳細調査を行う。

また、本技術の導入に関連する汚泥濃縮設備や汚泥脱水機等の汚泥設備の運転状況を調査する。調査内容は、計画年次における計画処理水量・水質などの流入条件や維持管理の設定に必要な条件について、可能な範囲でより精度の高い調査を行う。

表 4-1 詳細調査項目

調査項目	調査内容
水量調査	・ 流入下水の水量（季節変動及び時間変動、雨天時及び非常時）
状況調査	・ 既設水処理施設の運転状況 ・ 返流水の流入状況（時間変動、水質等） ・ 水処理施設の水位条件 ・ 各処理施設の水位状況及び既設主ポンプ能力
施設構造	・ 水処理施設各池構造（最初沈殿池、反応タンク、最終沈殿池）
水質調査	・ 流入水質及び放流水質（季節変動及び雨天時水質も含む） SS、BOD、S-BOD、T-N、NH ₄ -N、NO ₂ -N、NO ₃ -N、T-P、PO ₄ -P、pH 水温、アルカリ度
汚泥処理	・ 汚泥設備の運転状況 ・ 汚泥設備の能力

§ 22 施設計画の検討

本技術の導入にあたり、各施設・設備計画の検討を行う。

- (1) 設計条件の設定
- (2) 高効率固液分離設備の設計検討
- (3) 反応タンク設備の設計検討
- (4) 配置計画の検討

【解説】

(1) 設計条件の設定

「§ 21 詳細調査」の調査内容に基づき、以下の設計条件の設定を行う。

1) 計画処理水量

計画処理水量は、日最大汚水量、日平均汚水量の他、時間最大汚水量、雨天時、非常時・災害時を想定した汚水量の設定も必要となる（表 4-2 参照）。

①日最大汚水量

施設計画・設計の基本となる諸元として設定する。

②計画日平均汚水量

計画日平均汚水量を冬期日最大汚水量と考え、反応タンクの設計水量とする。また、電力や汚泥処理量等のユーティリティ使用量に必要な諸元としても必要である。

③時間最大汚水量及び流入水量の変動パターン

時間最大汚水量を含んだピーク時の継続時間及び流入水量の変動パターンは、高効率固液分離設備の容量計算に必要である。

表 4-2 設計条件 計画処理水量

設定計画汚水量	対象施設・設備
計画日最大汚水量	高効率固液分離設備及び反応タンク設備
計画日平均汚水量	高効率固液分離設備（生汚泥引抜ポンプ）
時間最大汚水量	高効率固液分離設備

2) 設計水温・設計流入水質

設計水温は月間平均の最低値とする。設計流入水質は、汚泥処理設備からの返流水質負荷を考慮に含めて、冬期の月間平均値とする。

3) 設計水位

高効率固液分離設備は、既設の最初沈殿池に比べる過設備を設置するために水位を現況より 0.6m 以上高く設定する必要がある。このため、既設の設計水位、現況水位状況、既設流入水路及び最初沈殿池の土木構造等、適用条件を加味し設計水位を定める。

(2) 高効率固液分離設備の設計検討

設計条件の設定に基づき高効率固液分離設備の施設・設備設計を行う。詳細は本章の第2節に記述する。

(3) 反応タンク設備の設計検討

設計条件の設定に基づき、反応タンク設備の施設・設備設計を行う。詳細は本章の第3節に記述する。

§ 23 導入効果の検証

施設計画の検討に基づいて導入効果について再検討を行い、従来技術と比較して本技術の導入効果が得られるか検証する。

【解説】

第3章の導入検討の際に行った導入効果の算出及び評価結果に対して、施設計画の検討に基づいて再検討を行う。具体的には、施設計画の検討結果に基づき、本技術の導入時の建設費・維持管理費・ライフサイクルコスト・エネルギー使用量を算出し、従来技術と比較して本技術の導入効果が得られるか検証を行う。

第2節 高効率固液分離設備の設計

§ 24 高効率固液分離設備の設計手順

高効率固液分離設備の設計手順は以下のとおりである。

- (1) 高速繊維ろ過設備の設計
- (2) 前沈殿設備の設計
- (3) 洗浄排水設備の設計

【解説】

高効率固液分離設備は、高速繊維ろ過設備、前沈殿設備および洗浄排水設備から構成されており、基本的に最初沈殿池既存施設躯体を活用して設置する。高効率固液分離設備の設計フローを図4-2に示す。なお、各設備の一般的な機器・配管等の設計は、設計指針に基づき実施する。

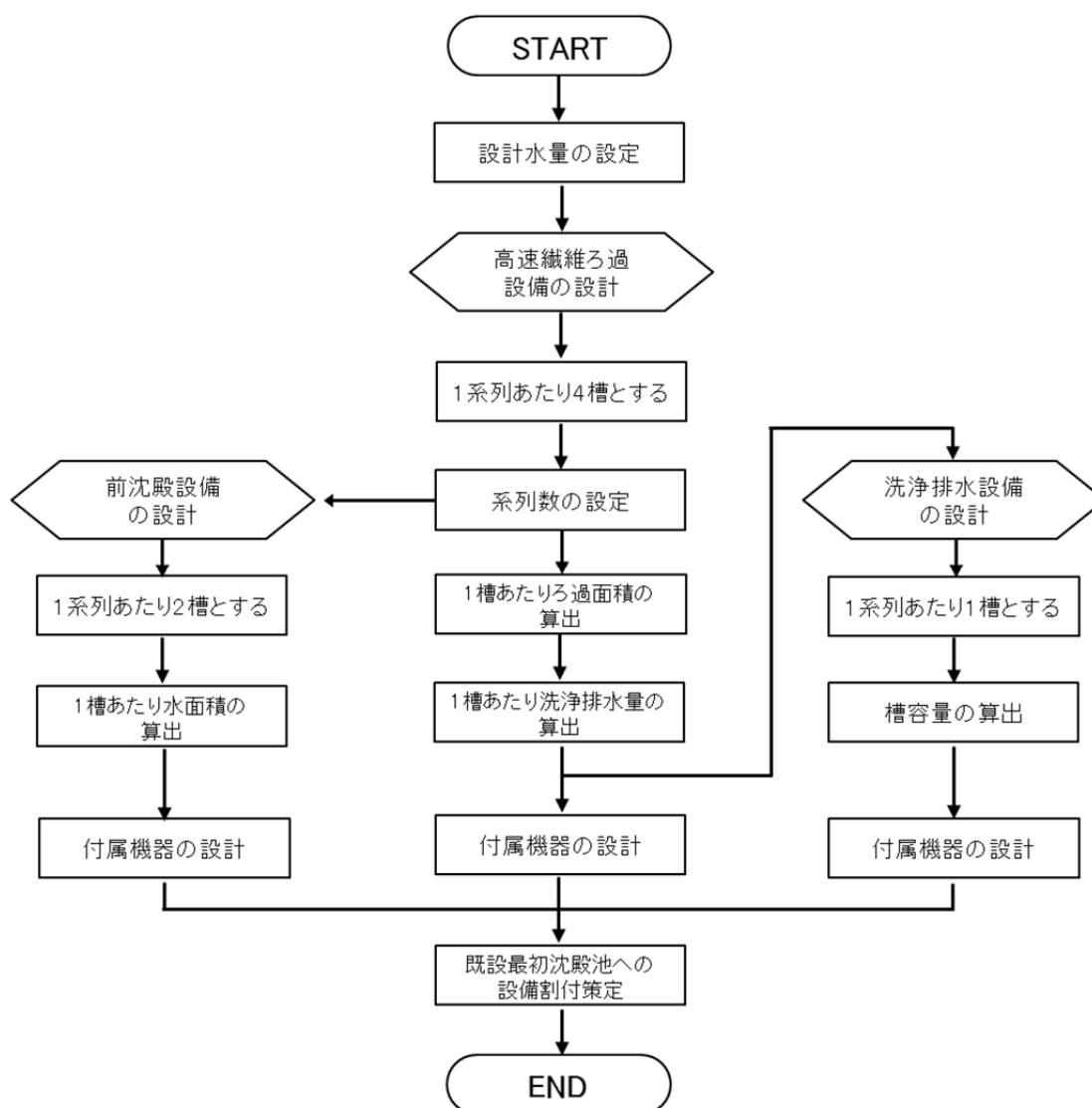


図4-2 高効率固液分離設備の設計フロー

§ 25 高速繊維ろ過設備の設計

高速繊維ろ過設備は、以下の機器より構成される。

- (1) 高速繊維ろ過槽
- (2) 洗浄用ブロワ
- (3) 各種弁・ゲート類
- (4) 次亜塩素酸ナトリウム注入装置

【解説】

(1) 高速繊維ろ過槽

高速繊維ろ過槽は、前沈殿槽で除去できなかった微細な固形物を物理的ろ過処理により除去するものである。

高速繊維ろ過槽の1系列は、実稼動槽数3槽、洗浄予備1槽の計4槽で構成する。系列数(S)は、既設最初沈殿池の系列数と池数を考慮して設定する。(一般的な矩形最初沈殿池を改造する場合、最初沈殿池1池に高速繊維ろ過槽2槽を設ける。考え方を図4-3に示す。)

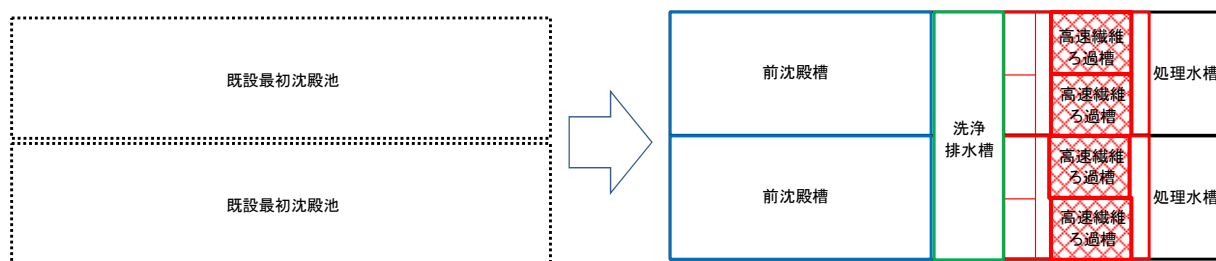


図 4-3 高速繊維ろ過槽 1 系列の考え方

設計ろ過速度は、計画1日最大汚水量 Q_{dmax} ($m^3/日$) に対して $500m/日$ とする。1槽あたりの所要ろ過面積 A_0 (m^2) は、次式より求める。

$$A_0 = \frac{Q_{dmax}}{S \times (N_F - 1) \times R_F} \times \alpha \quad \dots\dots\dots (式 4-1)$$

- Q_{dmax} : 計画日最大汚水量 ($m^3/日$)
- S : 系列数
- N_F : 1系列あたりの高速繊維ろ過槽数 (=4槽)
- R_F : ろ過速度 (=500m/日)
- α : 余裕率 (=1.2程度)

(2) 洗浄用ブロワ

洗浄用ブロワは、高速繊維ろ過槽のろ材を洗浄するための洗浄用空気を供給するものである。

洗浄用空気量は、ろ過面積 1m² 当たり 25Nm³/h とする。所要吐出空気量 G (Nm³/ (min・系列)) は、次式より求める。

$$G = \frac{A_0 \times 25}{60} \dots\dots\dots (式 4-2)$$

A₀ : 1 槽当たりのろ過面積 (m²)

吐出圧力 (H_B mmAq) は、次式より求める。

$$H_B = \text{散気装置水深} + \text{散気装置の損失 (150mmAq)} + \text{配管損失} + \text{余裕 (50mmAq)}$$

(3) 各種弁・ゲート類

高速繊維ろ過槽には、ろ過・洗浄工程を制御するために以下の弁・ゲート類を設ける (図 2-14 参照)。

- 1) 原水流入ゲート
- 2) 洗浄水ゲート
- 3) 洗浄排水ゲート
- 4) 排水弁

(4) 次亜塩素酸ナトリウム溶液注入装置

ろ材の薬液洗浄用として、可搬式の次亜塩素酸ナトリウム溶液注入装置を装備する。薬品注入は、洗浄水に次亜塩素酸ナトリウムを 5mg/L 注入するものとして、所要吐出量 Q_C (L/ (min・系列)) は次式より求める。

$$Q_C = Q_W \times 10^{-3} \times C_C \times \frac{100}{\rho_C \times P_C} \dots\dots\dots (式 4-3)$$

Q_W : 洗浄水量 (m³/min)

$$Q_W = A_0 \times R_W \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{60}$$

A₀ : 1 槽当たりのろ過面積 (m²)

R_W : 洗浄速度 (m/日) (=500m/日)

C_C : 次亜塩素酸ナトリウム注入率 (mg/L) (=5mg/L)

ρ_C : 次亜塩素酸ナトリウム溶液の比重 (=1.1)

P_C : 有効塩素濃度 (%) (=10%)

§ 26 前沈殿設備の設計

前沈殿槽の水面積負荷は、計画日最大汚水量 Q_{dmax} ($m^3/日$) に対して $100m^3/(m^2 \cdot 日)$ 程度とする。前沈殿設備は以下の機器類より構成される。

- (1) 前沈殿槽
- (2) 汚泥かき寄せ機
- (3) スカム除去装置
- (4) 生汚泥引抜ポンプ

【解説】

(1) 前沈殿槽

前沈殿槽は、既設最初沈殿池の前段を使用して、沈降性の良い固形物を沈殿除去するとともに、高速繊維ろ過槽の洗浄排水を沈殿処理する。

水面積負荷は、計画日最大汚水量 Q_{dmax} ($m^3/日$) に対して $100m^3/(m^2 \cdot 日)$ 程度とする。既設最初沈殿池の形状が矩形の場合、前沈殿槽の池長さ L_S (m) は次式より求まる。

$$L_S = \frac{Q_{dmax}}{S \times N_S \times 100 \times B_S} \quad \dots\dots\dots (式 4-4)$$

Q_{dmax} : 計画日最大汚水量 ($m^3/日$)

S : 系列数

N_S : 1 系列あたりの前沈殿槽数 (=2 槽)

B_S : 池幅 (m) (=既設最初沈殿池・池幅)

(2) 汚泥かき寄せ機

汚泥かき寄せ機は、重力沈殿した汚泥を汚泥ピットまでかき寄せるものである。既存設備の配置や構造、使用年数や稼働状況を調査し、改造することで流用が可能な場合には、既存設備を利用する。

一般的には、既設最初沈殿池から池長さが短くなり設定水位が高くなるため、かき寄せ長さが短くなりスカムかき寄せレベルが高くなる。

(3) スカム除去装置

スカム除去装置は、前沈殿槽で浮上した汚泥を除去するものである。既存設備の配置や構造、使用年数と稼働状況を調査し、改造することで流用が可能な場合には、既存設備を利用する。

一般的には、既設最初沈殿池から池長さが短くなり設定水位が高くなるため、既設スカムパイプの設定水位に合わせた形状のスカム排出口を設けたものとなる。

(4) 生汚泥引抜ポンプ

生汚泥引抜ポンプは、前沈殿槽で沈殿した汚泥を引抜、汚泥処理設備へ移送するものである。既存設備の使用年数や稼働状況を調査し、流用可能であれば利用する。

計画引抜汚泥量 Q_s ($m^3/日$) は、実証実験から得られた流入原水濃度と総合 SS 除去率の関係式

$$\dots\dots\dots (式 4-5)$$

を用いて次式より求める。

$$Q_s = \frac{Q_{dav} \times C_{SS0} \times R_{SS} \times 10^{-6}}{C_{生}}$$

Q_{dav} : 計画日平均汚水量 (m³/日)

C_{SS0} : 流入原水 SS 濃度 (mg/L)

R_{SS} : SS 除去率 (%) (詳細は第4章第3節 § 30)

$$R_{SS} = 18.0 \times \ln(\text{流入原水 SS 濃度}) - 19.4$$

* R_{SS} は実証研究により得られた数値であり、流入下水の性状により変動する。

$C_{生}$: 引抜汚泥濃度 (%) (=1%)

§ 27 洗淨排水設備の設計

洗淨排水設備は以下の機器より構成される。

- (1) 洗淨排水槽
- (2) 洗淨排水ポンプ
- (3) 洗淨排水ポンプ吊り上げ装置

【解説】

(1) 洗淨排水槽

洗淨排水槽は、高速繊維ろ過槽の洗淨排水を一時貯留するものであり、1系列につき1槽設置する。

洗淨排水槽容量 (V_W) は、高速繊維ろ過槽の水抜き量 (V_{W1}) と洗淨水量 (V_{W2}) の合計量の1/2程度として次式により求める。

$$V_W = \frac{V_{W1} + V_{W2}}{2} \quad \dots\dots\dots (式 4-6)$$

V_{W1} : 高速繊維ろ過槽の水抜き量 (m^3)

$$V_{W1} = A_0 \times H_{F1}$$

A_0 : 1槽当たりのろ過面積 (m^2)

H_{F1} : ろ層上部水深 (m) (=0.35m)

V_{W2} : 高速繊維ろ過槽の洗淨水量 (m^3)

$$V_{W2} = \frac{A_0 \times R_W \times T_{W2}}{24(h/E) \times 60(min/h)}$$

R_W : 洗淨速度 ($m/日$) (=500m/日)

T_{W2} : 通水洗淨時間 (min) (=25min)

(2) 洗淨排水ポンプ

洗淨排水ポンプは、洗淨排水槽で一時貯留した高速繊維ろ過槽の洗淨排水を前沈殿槽流入部へ移送するものである。

洗淨排水ポンプ容量 Q_{WP} (m^3/min) は、洗淨水供給水量以上の吐出量とし、次式より求める。

$$Q_{WP} = \frac{A_0 \times R_W}{24 \times 60} \times \rho_{WP} \quad \dots\dots\dots (式 4-7)$$

A_0 : 1槽当たりのろ過面積 (m^2)

R_W : 洗淨速度 ($m/日$) (=500m/日)

ρ_{WP} : 余裕率 (=1.2程度)

(3) 洗淨排水ポンプ吊り上げ装置

洗淨排水ポンプ吊り上げ装置は、洗淨排水ポンプの維持管理を行うためのものであり、容量は洗淨排水ポンプを吊り上げることが可能な容量とする。

§ 28 既設最初沈殿池への設備割付

既設最初沈殿池の土木躯体改造が最小となるように、既設最初沈殿池の1池または複数池の単位で1系列となるように割付を設定する。

(1) 既設最初沈殿池への導入（平面割付）

既設最初沈殿池内に上流から前沈殿槽、洗浄排水槽、高速繊維ろ過槽を割り付ける。

(2) 既設最初沈殿池への導入（水位割付）

水位の基準を既設最初沈殿池流出水位（下げることを検討）とし、前沈殿槽から高速繊維ろ過槽への流入高さの設定は、最終ろ過損失水頭分（0.6m）以上を加えた高さとする。

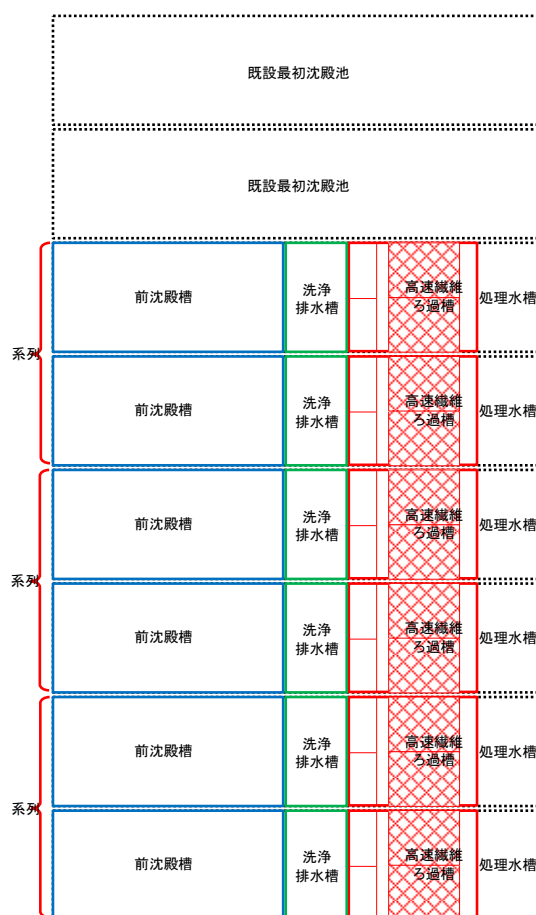
(3) 形状

形状は、既設最初沈殿池の形状に合わせて矩形あるいは円形とする。

【解説】

(1) 既設最初沈殿池への導入（平面割付）

既設最初沈殿池への割付にあたっては、既設最初沈殿池の1池または複数池の単位で1系列となるように系列数を設定し、既設最初沈殿池内に上流側から前沈殿槽、洗浄排水槽、高速繊維ろ過槽を割り付ける。なお、洗浄排水槽は水中部となる。



13.5m²×4(1)槽×3系列

図 4-4 既設最初沈殿池への導入イメージ (50,000m³/日の例)

(2) 既設最初沈殿池への導入（水位割付）

高速繊維ろ過槽高さの設定を図4-5に示す。

水位割付の基準は、既設最初沈殿池流出水位とする。本技術はろ過を行うための水頭が必要で、前沈殿槽の水位が高くなる。一方、ろ過処理水の流出速度は、最初沈殿池のように微粒子の浮上流出が無い場合、大きくすることができる。そのため、既設最初沈殿池の流出水位を下げることを検討し、処理水流出水位を設定する。

前沈殿槽から高速繊維ろ過槽への流入高さの設定は、設定した処理水流出水位に最終ろ過損失水頭分（0.6m）以上を加えた高さとし、前沈殿槽水位および前沈殿槽高さを設定する。既設に余裕がない場合は槽高さの改造を検討する。

高速繊維ろ過槽の水深割付は、設定した処理水流出水位からろ過処理水流出部として0.4m程度、ろ層高さ1.0m、ろ層展開部1.3m以上を割り付ける。

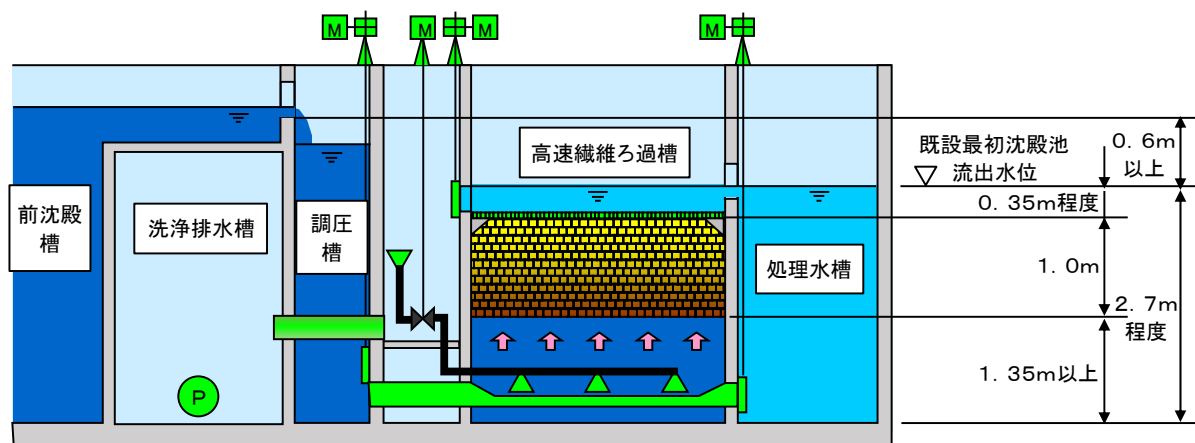


図4-5 高速繊維ろ過槽高さの設定

(3) 形状

既設最初沈殿池の形状が矩形の場合は図4-4に示す。円形の場合は図4-6に示すように、既設形状に合わせて設置することが考えられる。

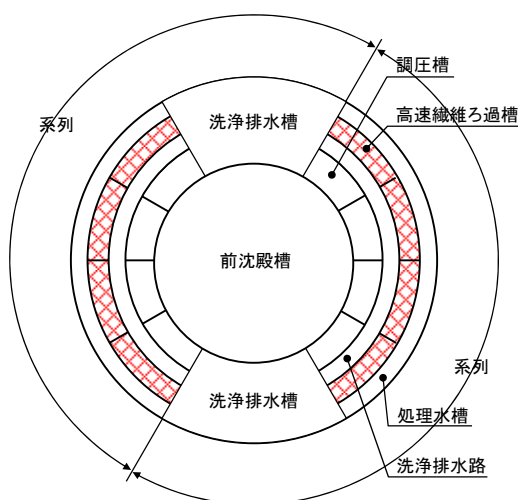


図4-6 既設最初沈殿池が円形の場合の設置イメージ

§ 29 設計に関わる留意事項

高効率固液分離設備の設計においては、特に以下の項目について留意する。

- (1) 高速繊維ろ過槽等に関わる荷重増に対する検討
- (2) ろ過処理に異常が生じた場合のバイパス設備設置の検討

【解説】

(1) 高速繊維ろ過槽等に関わる荷重増に対する検討

既設最初沈殿池内に高速繊維ろ過槽等の構造物や補機類の設置を行うため、既設構造物への荷重が増加する。そのため、耐荷重や耐震設計等の検討が必要となる。

既設最初沈殿池に高効率固液分離設備を設置した場合に増加する概略の荷重箇所を図4-7に示す。なお、高速繊維ろ過槽等の設置にあたっては、施工性や止水性に優れた RC 構造が適するが、荷重が大きくなるため、耐荷重や耐震設計で問題が生じる場合には、鋼板製の採用を検討する。

$$L_1 = L_0 \times \frac{Fp}{100} \dots\dots\dots (式 4-8)$$

$$L_2 = L_0 \times \frac{3.6 \times Fp}{500} + 6.6$$

RC 製の場合

$$Wm = 24 \times W_0 + 0.00296 \times (L_0 \times W_0 \times Fp \times W_0) + 12.5 \dots\dots\dots (式 4-9)$$

$$Wm = \frac{Wm}{L_2 \times W_0}$$

鋼板製の場合

$$Wm = 4 \times W_0 + 0.00097 \times (L_0 \times W_0 \times Fp \times W_0) + 8.8 \dots\dots\dots (式 4-10)$$

$$Wm = \frac{Wm}{L_2 \times W_0}$$

ここで、

Wm：概略荷重(ton) (wm：単位荷重 (ton/m²))

L₀：既設最初沈殿池の池長さ(m)

W₀：既設最初沈殿池の池幅(m)

Fp：既設最初沈殿池の水面積負荷(m³/(m²・日))

L₁：概略荷重位置(m)

L₂：概略荷重箇所(m)

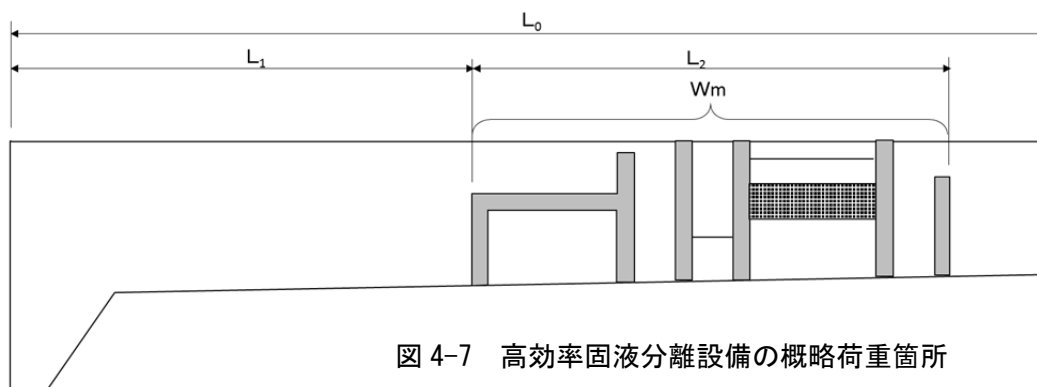


図 4-7 高効率固液分離設備の概略荷重箇所

(2) ろ過処理に異常が生じた場合のバイパス設備設置の検討

下記に示す事象が予想される場合は、安全対策として前沈殿槽流入部に越流堰方式のバイパス設備を設置することを検討する。

- ・異常に多い量の原水が継続して流入することが予想される場合
- ・異常に高いSS濃度の原水が継続して流入することが予想される場合

第3節 反応タンク設備設計

§ 30 反応タンク設備の設計手順

反応タンク設備の設計手順は、設計条件・設定条件からまず反応タンク容量計算を行い、次に反応タンク容量計算の結果に基づき付帯機器の設計を行う。

【解説】

反応タンク設備の設計フローを図4-8に示す。設計条件及びMLSS濃度の設定条件から嫌気槽、反応タンクの容量計算を行う。更新の場合、嫌気槽については既設の反応タンクに収まるように整合をとる。その後、脱窒速度と最終沈殿池流出窒素濃度の確認を行う。設計フローの手順に示したように反応タンク容量や最終沈殿池の流出窒素濃度が条件から外れる場合は、MLSS濃度または流入水量を見直して再検討を行う。

(1) 嫌気槽

嫌気槽は生物学的脱りんを行う場合に設置する。嫌気槽は反応タンクの流入部に設けることを基本とするが、反応タンク容量が不足する場合は、嫌気槽の新設または反応タンクでの同時凝集によるりん除去の採用について検討を行う。

(2) 反応タンク

反応タンクの設計は、無終端型水路を用いた好気ゾーン（硝化ゾーン）及び無酸素ゾーン（脱窒ゾーン）の容量計算を行う。その後、脱窒速度、最終沈殿池の流出窒素濃度、水面積負荷の確認を行い、必要に応じてMLSS濃度や流入水量の設定について見直して再検討を行う。反応タンク容量の決定後、必要空気量を算出する。

(3) 付帯機器

各機器の設計については、確定された設計条件・設定条件・反応タンク容量計算結果から従来技術と同様に行う。次にあげる機器は機能に制約がある。

①送風機設備

本技術では、DO計による空気量の制御が必要となるため、送風機は送風量の可変が容易なインバーター制御運転が可能な機種を原則とする。既設の送風機を利用する場合は、送風量の増減、送気圧条件、サージングを考慮し、送風量調整装置の設置にて対応可能であるか判断する。

②散気装置

散気装置は、必要空気量を効率的に散気できる超微細式散気装置を標準とする。

③水流発生装置

本技術では、DO計による循環水量の制御が必要になるため、水流発生装置は、水面から水底まで均一で可変速な押し出し流れを形成できる縦型攪拌機を原則とする。

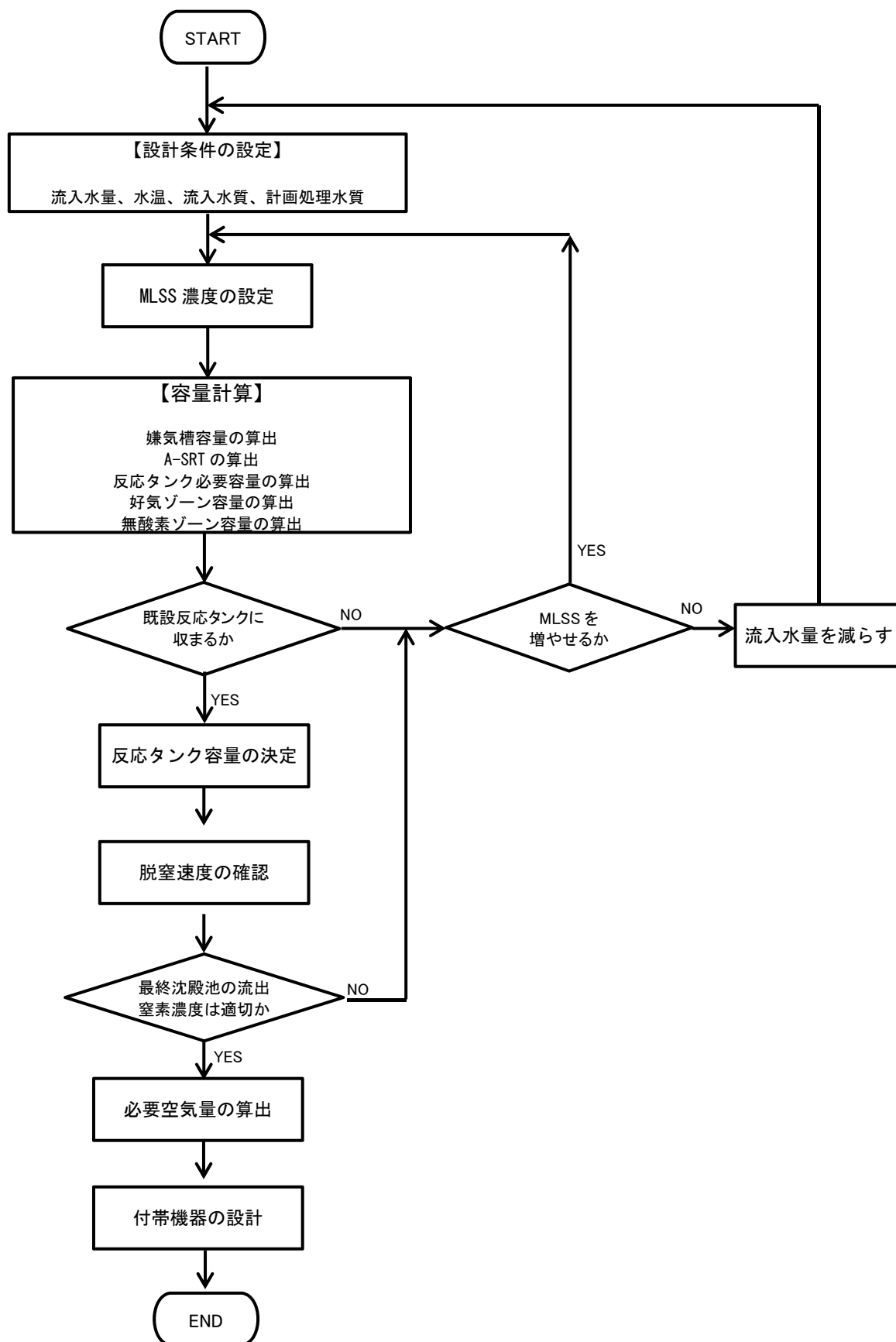


図 4-8 反応タンク設備の基本設計手順フロー

§31 反応タンク設計条件の設定

反応タンクへの流入水量、水温、流入水質、及び設計処理水質の設定を行う。

【解説】

(1) 流入水量

「§22 施設計画の検討」に示したとおり、流入水量は、系列ごとの日平均汚水量（＝冬期日最大汚水量）とする。

(2) 水温

「§22 施設計画の検討」に示したとおり、設計水温は月間平均の最低値とする。

(3) 流入水質

反応タンクの設計に必要な反応タンク流入水質は、SS 濃度、T-BOD 濃度、S-BOD 濃度、T-N 濃度である。りん除去を対象とする場合は T-P 濃度、凝集剤添加設備を追加する場合は S-P 濃度が必要になる。

高効率固液分離設備は重力沈殿とろ過処理の物理処理であるため、固形物(SS)が除去される。そのため、BOD、N、P についても固形物(SS)由来のものが主に除去され、溶解性成分は除去されない。従って、流入する各成分濃度は、「§21 詳細調査」で行った水質調査結果から次式で算出する。

$$C_{ssin} = C_{ss} \times \left(1 - \frac{R_{ss}}{100}\right) \quad \dots\dots\dots (式 4-11)$$

$$C_{in} = C_{solid} \times \left(1 - \frac{R_{ss}}{100}\right) + C_{soluble} \quad \dots\dots\dots (式 4-12)$$

- ここで、 C_{ssin} : 反応タンク流入 SS 濃度 (mg/L)
- C_{ss} : 流入 SS 濃度 (mg/L)
- R_{ss} : 高効率固液分離設備の総合 SS 除去率 (%)
- C_{in} : 反応タンク各成分流入濃度 (mg/L) BOD,N,P 成分
- C_{solid} : 固形性各成分流入濃度 (mg/L) BOD,N,P 成分
- $C_{soluble}$: 溶解性各成分流入濃度 (mg/L) BOD,N,P 成分

高効率固液分離設備の総合 SS 除去率 R_{ss} は、実証研究では次式のように算出された。参考例として示す。

$$R_{ss} = 17.9 \times \ln C_{SS0} - 18.4 \quad \dots\dots\dots (式 4-13)$$

ここで、 C_{SS0} : 流入原水 SS 濃度 (mg/L)

§ 32 MLSS濃度の設定

反応タンクの MLSS 濃度は、2,000～2,500mg/L とする。

【解説】

反応タンクの MLSS 濃度は、2,000～2,500mg/L とする。なお、実証試験の実績では、平均で 2,230mg/L（最小：1,580mg/L、最大 2,800mg/L）であった。

MLSS 濃度が高いほど、必要な反応タンク容量は小さくすることができる。一方、MLSS 濃度が高くなると、最終沈殿池における活性汚泥の沈降速度に影響を与えるため、既設の最終沈殿池を利用する場合は、その運転実績や他事例¹⁾から、最終沈殿池の水面積負荷に対する MLSS 濃度の妥当性を確認する。

参考文献

- 1) ステップ流入式多段硝化脱窒法の技術評価に関する報告書 平成 14 年 日本下水道事業団

§ 33 嫌気槽

嫌気槽の容量は、計画1日最大汚水量に対して、滞留時間として1～2時間相当とする。

【解説】

(1) 嫌気槽の設置位置

生物学的りん除去を行う場合、高効率固液分離設備のろ過後の流出水と返送汚泥の混合液を一定時間滞留させ、活性汚泥からりんを混合液中に放出させることを目的として、反応タンク前段に嫌気槽を設置する。既設反応タンク容量に余裕がない場合には、嫌気槽を新設することも考慮する。

(2) 嫌気槽容量

嫌気槽容量 V_{AN} (m³) の算出は次式による

$$V_{AN} = \frac{\tau_{AN} \times Q_{in}}{24} \dots\dots\dots (式 4-14)$$

ここに、 V_{AN} ：嫌気槽容量 (m³)

τ_{AN} ：嫌気槽滞留時間 (h) 1～2時間

Q_{in} ：流入水量 (=系列ごとの日平均汚水量 (冬期日最大汚水量)) (m³/日)

(3) 嫌気槽攪拌機

嫌気槽には汚泥が沈降しないように定期的に攪拌する攪拌機を設置する。攪拌機は十分な底部流速を確保できる攪拌能力を有するものとし、攪拌機の設置台数、維持管理性及び消費電力量を総合的に比較し、機種を選定する。機種の材質については槽内が嫌気性で硫化水素等の発生も考えられることから耐腐食性に優れた材質を使用した機種とする。

嫌気槽攪拌機は常時攪拌し、電力使用量が大きくなる機器であるため、維持管理性及び電力費等を考慮する場合には、間欠攪拌が可能な機種を選定を検討する。

§34 反応タンク

反応タンク容量は、設計条件をもとに以下の手順で設計を行う

- (1) A-SRT の算出
- (2) 反応タンク必要容量の算出
- (3) 好気ゾーン容量の算出
- (4) 無酸素ゾーン容量の算出
- (5) 反応タンク容量の決定
- (6) 脱窒速度の確認
- (7) 最終沈殿池の流出窒素濃度の確認
- (8) 必要空気量の算出

【解説】

反応タンクの構造は、二点 DO 制御を導入し、生物学的窒素除去を効率的に行うため、流入した汚水を循環させながら処理する無終端型水路構造とする。なお、躯体改造時の注意事項は§35に記載する。

(1)A-SRT の設定

本技術では、循環式硝化脱窒法等の従来の硝化・脱窒プロセスと同等の硝化速度が得られることが実証研究において確認されている。したがって、従来の硝化・脱窒プロセスと同様に、水温に応じた必要 A-SRT を確保することで十分な硝化が行われる。

必要 A-SRT θ_{XA} (日)は、次式で求められる。

$$\theta_{XA} = \delta \cdot 20.6e^{(-0.0627T)} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-15)}$$

- ここで、 θ_{XA} : A-SRT (好氣的固形物滞留時間) (日)
 δ : 流入水 T-N の変動に対する補正係数 1.2~1.5
 T : 水温 (°C)

(2) 反応タンク必要容量の算出

反応タンク必要容量 (無酸素ゾーン容量+好気ゾーン容量) は BOD-SS 負荷により求める。本技術における BOD-SS 負荷は、実証研究結果より、0.13 (kgBOD/(kgMLSS・日)) 以下とする。

$$V = \frac{C_{BODin} \cdot Q_{in}}{L_{BOD/X} \cdot X_A} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-16)}$$

- ここで、 V : 反応タンク必要容量 (m³)
 C_{BODin} : 流入 BOD 濃度 (mg/L)
 Q_{in} : 流入水量 (m³/日)
 $L_{BOD/X}$: BOD-SS 負荷 (kgBOD/(kgMLSS・日))
 X_A : MLSS 濃度 (mg/L)

(3) 好気ゾーン容量の算出

好気ゾーン容量 V_A (m³) の算出は次式による。

$$V_A = Q_{in} \times \tau_A = Q_{in} \times \frac{\theta_{XA} (a \cdot C_{s-BODin} + b \cdot C_{ssin})}{(1 + c \cdot \theta_{XA}) X_A} \dots\dots\dots (式 4-17)$$

- ここで、 Q_{in} : 流入水量 (m³/日)
- τ_A : 好気タンク滞留時間 (日)
- θ_{XA} : 好氣的固形物滞留時間 (日)
- $C_{s-BODin}$: 流入水溶解性 BOD 濃度 (mg/L)
- C_{ssin} : 流入水 SS 濃度 (mg/L)
- a : 溶解性 BOD の汚泥転換率 (gMLSS/gS-BOD) 0.5~0.6
- b : SS の汚泥転換率 (gMLSS/gSS) 0.9~1.0
- c : 汚泥の自己分解係数(1/d) 0.025~0.035
- X_A : MLSS 濃度 (mg/L)

(4) 無酸素ゾーン容量の算出

無酸素ゾーン容量 V_{DN} (m³) の算出は次式による。

$$V_{DN} = V - V_A \dots\dots\dots (式 4-18)$$

- ここで、 V : 反応タンク全体容量 (m³)
- V_A : 好気タンク容量 (m³)

(5) 反応タンク容量の決定

「§33 嫌気槽」で算出された嫌気槽容量 (必要な場合)、ならびに、上記で算出された好気ゾーン容量と無酸素ゾーン容量に基づき、反応タンク全体の容量を決定する。

既設改築の場合には、上記で算出された反応タンク全体の容量が既設反応タンク容量以内である場合、既設構造物の改造について確認した上で、それぞれの容量を決定する。一方、既設反応タンク容量を超過する場合には、嫌気槽滞留時間を上記の範囲内で減じ、嫌気槽容量を縮小する。さらに容量が不足する場合には、MLSS 濃度の設定を範囲内で増やすか、処理水量を減らすかして、各容量を再検討する。

(6) 脱窒速度の確認

循環・返送 NO_x-N 負荷量から算出される脱窒速度が、BOD-SS 負荷から算出される脱窒速度以上であることを確認する。脱窒速度が不足する場合は「(7) 最終沈殿池の流出窒素濃度の確認」に基づき検討する。

循環・返送 NO_x-N 負荷量から算出される脱窒速度 K_{DM} (mgN/(gMLSS・h))の算出は次式による。

$$K_{DM} = \frac{L_{NOX, DN} \times 10^6}{24 V_{DN} \cdot X_A} \dots\dots\dots (式 4-19)$$

ここで、 $L_{NOX, DN}$: 循環・返送 NO_x-N 負荷量(kgN/日)

X_A : MLSS 濃度 (mg/L)

V_{DN} : 無酸素ゾーン容量 (m³)

本技術では循環水量は十分に確保されるため、循環・返送 NO_x-N 負荷量 $L_{NOX, DN}$ (kgN/日)は、流入 T-N 濃度から次式により表すことができる。

$$\begin{aligned} L_{NOX, DN} &= C_{NOX, A} \times Q_{in} \times 10^{-3} \\ C_{NOX, A} &= \alpha \cdot C_{TNin} \end{aligned} \dots\dots\dots (式 4-20)$$

ここで、 $C_{NOX, A}$: 好気ゾーン末端の NO_x-N 濃度 (mg/L)

C_{TNin} : 流入 T-N 濃度(mg/L)

α : C_{TNin} に対し硝化対象窒素の比 (0.7~0.8)

Q_{in} : 流入水量 (m³/日)

BOD-SS 負荷から算出される脱窒速度 $K_{DM, BOD-SS}$ (mgN/gMLSS/h) の算出は次式による。

$$K_{DM, BOD-SS} = 7.7 L_{BOD/X} + 0.6 \dots\dots\dots (式 4-21)$$

ここで、 $K_{DM, BOD-SS}$: BOD-SS 負荷の関係式による脱窒速度¹⁾ (mgN/gMLSS/h)

$L_{BOD/X}$: BOD-SS 負荷 (kgBOD/kgMLSS/日)

1) 「下水道施設計画・設計指針と解説 2009年版 日本下水道協会」

$K_{DM} \leq K_{DM, BOD-SS}$ の場合はほぼ完全脱窒となり、最終沈殿池からの窒素濃度流出は問題ないが、 $K_{DM} > K_{DM, BOD-SS}$ の場合は下記の最終沈殿池流出窒素濃度を確認する。

(7) 最終沈殿池の流出窒素濃度の確認

最終沈殿池流出 T-N 濃度 (mg/L) が設計処理水質を満足するか確認を行う。T-N 濃度が満足しない場合は、MLSS 濃度を増やすか、処理水量を減らして、各容量を再検討する。最終沈殿池流出 T-N 濃度 (mg/L) の算出は次式による。

$$\text{最終沈殿池流出 T-N 濃度} = \text{硝化対象残留窒素濃度} + \text{Org-N}$$

ここで、

$$\text{硝化対象残留窒素濃度} = (\text{硝化対象窒素-脱窒窒素量}) / Q_{in}(\text{m}^3/\text{日}) \times 10^{-3}$$

$$\text{硝化対象窒素 (kg/日)} = C_{inT-N} (\text{mg/L}) \times \alpha \times Q_{in}(\text{m}^3/\text{日}) \times 10^{-3}$$

$$\text{脱窒窒素量 (kg/日)} = X_A (\text{mg/L}) \times V_{DN} (\text{m}^3) \times K_{DM,BOD-SS} \times 24 (\text{h/日}) \times 10^{-6}$$

(8) 必要空気量の算出

本技術の必要空気量は、有機物の酸化、硝化及び内生呼吸による酸素消費量と好気ゾーンの溶存酸素濃度維持のための酸素供給量を考慮して決める。

① 必要酸素量の計算

①-1 有機物の酸化による酸素消費量 D_B (kg/日) は次式で求められる。

$$D_B = \{ (C_{BODin} - C_{BODeff}) \cdot Q_{in} \times 10^{-3} - (L_{NOXDN} - L_{NOXA}) \times K \} \times A \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-22)}$$

ここで、 C_{BODin} : 流入水 BOD 濃度 (mg/L)

C_{BODeff} : 処理水 BOD 濃度 (mg/L)

Q_{in} : 設計水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)

L_{NOXDN} : 無酸素ゾーン $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷量 (kg/日)

L_{NOXA} : 無酸素ゾーン $\text{NO}_x\text{-N}$ 流出量 (kg/日)

K : 単位 $\text{NO}_x\text{-N}$ 当り脱窒に必要な BOD 量 (kgBOD/kg $\text{NO}_x\text{-N}$) 2.0

A : 単位 BOD 当り必要な酸素量 (kg/kgBOD) 0.45

①-2 硝化による酸素消費量 D_N (kg/d)は、次式で求められる。

$$D_N = \alpha \cdot C_{in} \cdot Q_{in} \times 10^{-3} \times C \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-23)}$$

ここで、 α : C_{TNin} に対し硝化される窒素の比 (0.7~0.8)

C_{TNin} : 設計全窒素 (T-N) 濃度 (mg/L)

C : 単位アンモニア性窒素の硝化に必要な酸素量 (kg/kg $\text{NH}_4\text{-N}$) 4.57

①-3 内生呼吸による酸素消費量 D_E (kg/日)は、次式で求められる。

$$D_E = X_A \cdot V_A \cdot B \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-24)}$$

ここで、 X_A : 反応タンクの MLSS 濃度(g/L)

V_A : 好気ゾーン容量 (m^3)

B : 単位 MLSS 当りの内生呼吸による酸素消費量 (g/gMLSS/日) 0.12

- ① -4 溶存酸素濃度維持に必要な酸素供給量 D_O (kg/日)は、次式で求められる。

$$D_O = C_{OA} \cdot Q_{in} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-25)}$$

ここで、 C_{OA} : 好気ゾーンの溶存酸素濃度(mg/L) 1.5

- ① -5 本技術における全必要酸素量 ΣD (kg/d) は、上式の酸素量の合計として次式となる。

$$\Sigma D = D_B + D_N + D_E + D_O \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-26)}$$

② 必要空気量の計算

上記の①-5 で算出した必要酸素量を供給するのに必要な空気量の計算は設計指針に準じて行う。

§ 35 反応タンク設計に係る留意事項

反応タンク設備の設計においては、特に以下の項目について留意する。

(1) 既設躯体の構造計算の確認

【解説】

各処理工程の設計にあたっては、処理対象とする反応タンク設備の水質状況や運転状況によって、システムの安全対策を検討する必要がある。

(1) 既設躯体の構造計算の確認

既設反応タンクの改築更新にあたっては、反応タンク内の改造（隔壁撤去、縦断方向の隔壁等の打設）や循環水流の妨げとなる中間梁や柱等の改造が必要な場合が考えられる。躯体の構造計算については既設反応タンクの強度計算書や耐震計算書をもとに躯体改造の確認を行うとともに必要な場合は補強工事の設計を行う。

また、無終端型水路では水路中の妨げとなる梁や柱等の構造物についてはなるべく撤去するのが望ましいが、構造上、撤去できない場合はなるべく水流の妨げとならないカバー等の取付や水流抵抗が増した場合の水流発生装置の動力の検討を行う。

実証研究では反応タンク内の隔壁を撤去し、縦断方向に隔壁を設けたが、耐震補強を検討し、柱の補強を行うことで対処した。実証研究での躯体改造例を図 4-9 に示す。

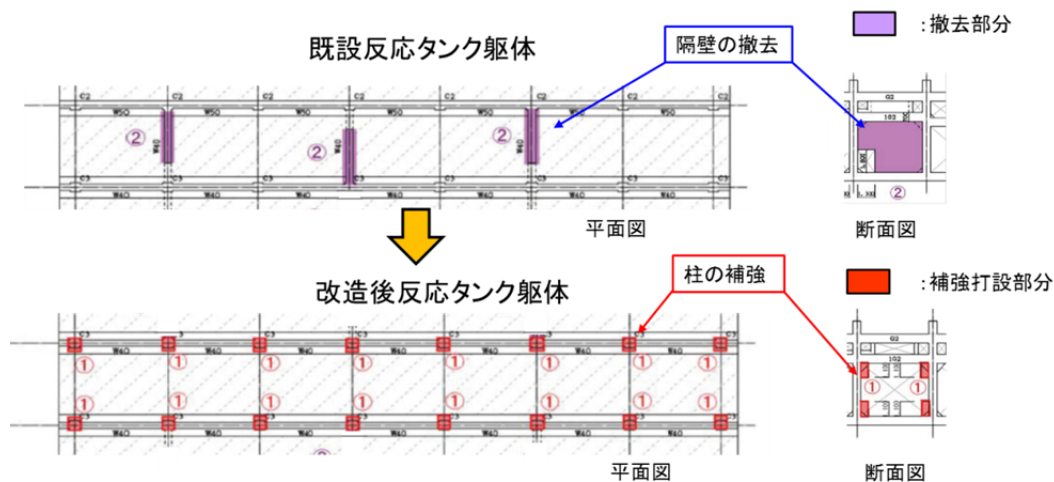


図 4-9 反応タンク改造例

第4節 発生汚泥量の設定

§ 36 発生汚泥量（固形物量）

発生汚泥量は、生汚泥量及び余剰汚泥量を算出して求める。

【解説】

本技術は高効率固液分離設備により、生汚泥量が増え余剰汚泥量が減るため、生汚泥比率の高い汚泥となる。

(1) 生汚泥量

生汚泥量 S_o (kg-ds/日) は、高効率固液分離設備の総合 SS 除去率 (式 4-13) を用いて、次式により算出される。

$$S_o = C_{SSO} \times Q \times 10^{-3} \times R_{SS} = C_{SSO} \times Q \times 10^{-3} \times (18.0 \times \ln C_{SSO} - 19.4) \dots\dots\dots (式 4-27)$$

ここで、 C_{SSO} : 流入原水 SS 濃度 (mg/L)

Q : 流入水量 (m³/日)

R_{SS} : 総合 SS 除去率 (式 4-13)

* R_{SS} は実証研究により得られた数値であり、流入下水の性状により変動する。

(2) 余剰汚泥量

余剰汚泥量 S_i (kg-ds/日) は、反応タンクにて生成される固形物量から放流水 SS 量を除いて次式により算定する。りん除去のための凝集剤添加を行う場合は、別途、凝集剤による汚泥量の増加分を加える。

$$S_i = (a \cdot C_{S-BOD,in} + b \cdot C_{SSin} - c \cdot \tau \cdot X_A - C_{SSout}) \times Q \times 10^{-3} \dots\dots\dots (式 4-28)$$

ここで、 $C_{S-BOD,in}$: 反応タンク流入溶解性 BOD 濃度 (mg/L)

C_{SSin} : 反応タンク流入 SS 濃度 (mg/L)

C_{SSout} : 放流水 SS 濃度 (mg/L)

X_A : 活性汚泥濃度 (mg/L)

τ : 好気タンク滞留時間 (d)

Q : 流入水量 (m³/日)

a : 溶解性 BOD の汚泥転換率 (gMLSS/gS-BOD) 0.5~0.6

b : SS の汚泥転換率 (gMLSS/gSS) 0.9~1.0

c : 汚泥の自己分解係数 (1/d) 0.025~0.035

第5節 監視制御システム

§ 37 高効率固液分離設備の監視制御システム

高効率固液分離設備では、高速繊維ろ過設備の自動制御、ろ過水質の簡易監視及び前沈殿槽の水位監視を行う。

【解説】

高効率固液分離設備の監視制御を行う計装機器の設置位置を図4-10に示す。

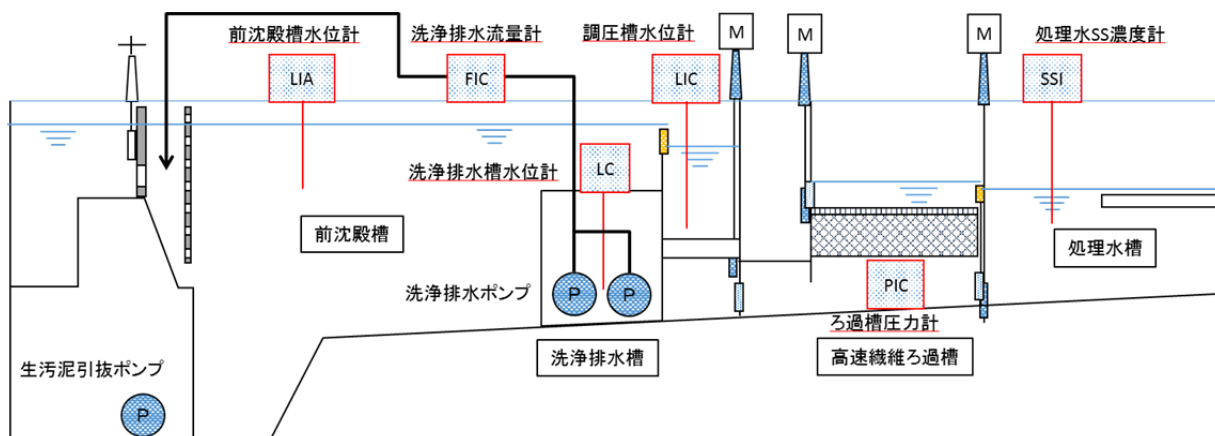


図4-10 高効率固液分離設備の計装機器の設置位置

(1) 高速繊維ろ過設備の自動制御

高速繊維ろ過設備はろ過工程、洗浄工程（水抜工程、攪拌工程、攪拌・排水工程）及び待機工程からなる（§8 高効率固液分離設備の概要と特徴参照）。これらの工程を設備に設けた計装機器と制御盤内のタイマーにより自動制御する。

高速繊維ろ過設備は、SS 捕捉量の増加とともにろ過損失水頭が上昇し、設定値に達した場合、ろ材の洗浄（洗浄工程）を開始する。ろ過損失水頭は調圧槽水位とろ過槽水位の差で求めるが、ろ過槽水位の変動が微小なため、調圧槽の水位が規定値に達した場合を最終ろ過損失水頭として洗浄を開始する。本設備では、調圧槽の水位監視を調圧槽に設置した水位計とろ過槽内部に設置した圧力計の2種類の計装機器で行い、圧力計を優先に水位計をバックアップとして用いることで安全性の向上を図っている。

洗浄の終了は、洗浄水量を洗浄排水管に設置した洗浄排水流量計で監視し、洗浄排水量が規定量に達した時点で洗浄を終了する。

洗浄排水は洗浄排水槽で一時的に受け、洗浄排水ポンプで前沈殿槽前段部に移送する。洗浄排水ポンプは洗浄排水槽内に設置した水位計により自動運転を行う。

(2) ろ過水質の簡易監視

処理水槽内にSS濃度計を設置し、ろ過処理水のSS濃度を監視することでろ過のブレークスル一等ろ過状態の異常の有無を簡易に監視することができる。

(3) 前沈殿槽の水位監視

前沈殿槽内に水位計を設置し、前沈殿槽の水位を監視する。調圧槽水位計やろ過槽圧力計の故障、洗浄の異常等が発生した場合、前沈殿槽の水位が上昇する。これらの異常を検知することを目的として前沈殿槽の水位を監視する。

(4) 計装機器

計装機器の一覧表を表4-3に示す。

表4-3 高効率固液分離設備の計装機器一覧

設備名称	計装機器	用途		目的
		監視	制御	
前沈殿設備	水位計	○		前沈殿槽の水位を監視
高速繊維ろ過設備	調圧槽水位計	○	○	ろ過状態の監視と洗浄開始制御
	ろ過槽圧力計	○	○	ろ過状態の監視と洗浄開始制御
洗浄排水設備	洗浄排水槽水位計		○	洗浄排水ポンプの自動運転制御
	洗浄排水流量計		○	高速繊維ろ過設備の洗浄終了制御
処理水槽	処理水SS濃度計	○		ろ過状態の監視

§ 38 反応タンク設備の監視制御システム

反応タンク設備では、二点 DO 制御を行うための水質監視、ならびに、二点 DO 制御による自動制御を行う。

【解説】

反応タンク設備の監視制御システムを計装機器の設置位置と制御フローを図 4-11 に示す。

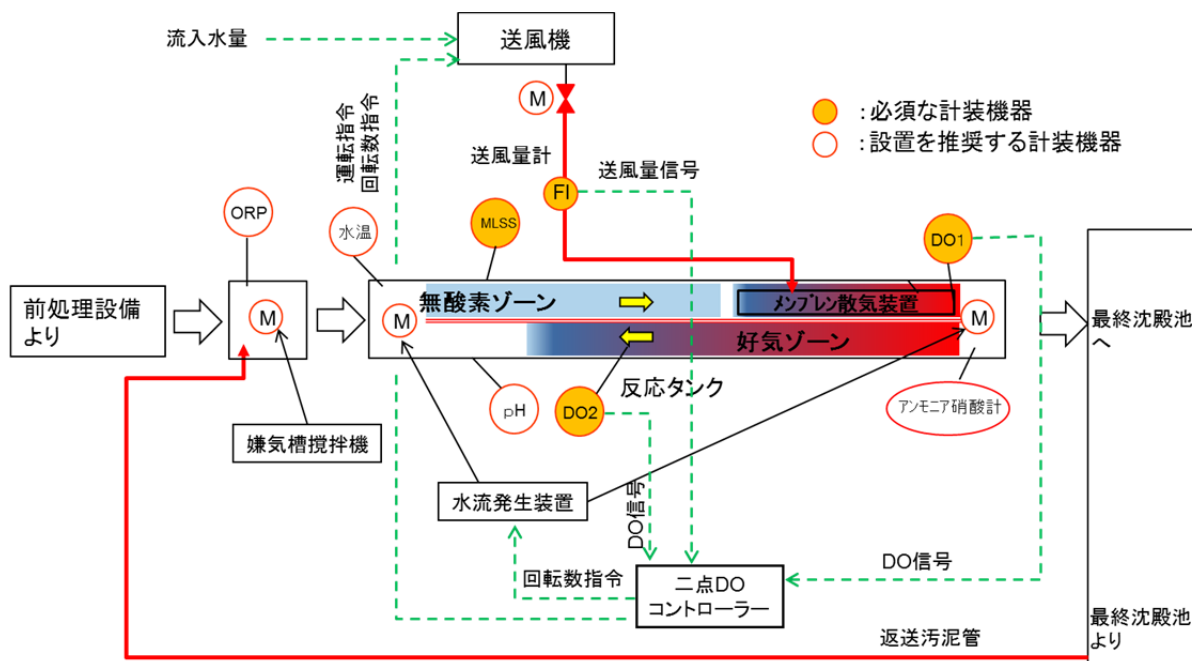


図 4-11 反応タンク設備の計装設置位置と制御フロー

(1) 反応タンク設備の二点 DO 制御

好気ゾーン上流側 DO 計（以下、DO 計 1）と下流側 DO 計（以下、DO 計 2）の各 DO 値が二点 DO コントローラーに送られ、DO 計 1 の設定値となるように送風機回転数が制御されると同時に、DO 計 2 の設定値となるように水流発生装置の回転数が制御される（§ 9 反応タンク設備の概要と特徴参照）。

DO 計 2 は夏期の好気ゾーン末端に設置する。冬期については、夏期より好気ゾーンが増えるため、DO 計 1 と DO 計 2 の傾きから好気ゾーン末端の DO 値（0～0.5mg/L）となるように DO 計 2 を設定する。図 4-12 に冬期の好気ゾーン距離と DO 値との関係を示す。図より DO 計 2 の値は次式で求まる。

$$DO2 = 0.5 + O_x = 0.5 + \frac{DO1 - 0.5}{L - L_1} \times (L - L_1 - L_n) \dots\dots\dots (式 4-29)$$

- ここで、DO2： DO 計 2 の値 (mg/L)
- O_x： DO2 と好気ゾーン末端の DO 値 0.5 (mg/L) の差
- DO1： DO 計 1 の値 (mg/L)
- L： 好気ゾーン距離 (m)

$L1$: 好気ゾーンでの DO1 の位置(m)

Ln : DO1 と DO2 の距離 (m)

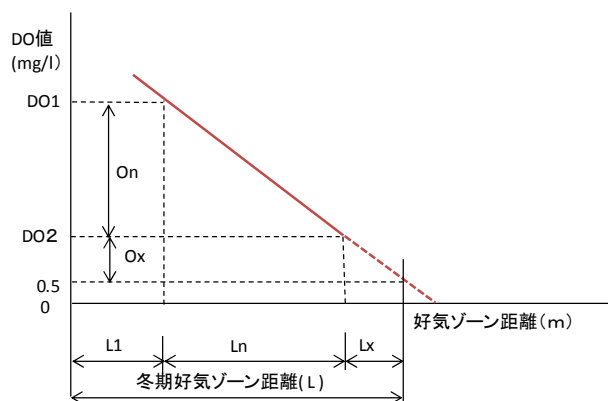


図 4-12 冬期の好気ゾーン距離と DO 値の関係

(2) 計装機器

反応タンク設備の運転状況及び処理水質の監視・制御のために必要な計装機器を設置する。計装機器の一覧表を表 4-4 に示す

表 4-4 反応タンク設備の計装機器一覧

設備名称	計装機器	用途		目的
		監視	制御	
嫌気槽	ORP 計	△		嫌気槽の嫌気状態を監視する。
反応タンク	DO 計 (蛍光式)	○	○	反応タンクの DO 状態を監視し、好気ゾーンの上流 (散気側) 及び下流に設置し、DO 計 1 にて送風量、DO 計 2 により水流発生装置の回転数を制御し、設定した好気ゾーンを形成する。
	水温計	△		反応タンクの水温を監視する。
	pH 計	△		反応タンクの pH 状態を監視する。
	MLSS 計	○		反応タンクの処理で必要な MLSS 濃度が確保できているか監視する。
	アンモニア硝酸計	△		反応タンク内の硝化・脱窒状況を監視する。
	曝気風量計	○	○	送風機の送風量を監視し、送風量一定制御の場合は指示値に合わせた送風量となるように調整する。
	返送汚泥量計	○	○	返送汚泥の送泥量を監視し、設定値に合わせ返送汚泥ポンプを制御する。また、余剰汚泥引抜量の制御に使用する。
	返送汚泥濃度計	○	○	返送汚泥濃度を監視し、返送汚泥量及び余剰汚泥引抜量を制御する。

※△：設置が望ましい、○：設置が必要

反応タンクで二点 DO 制御を行うに当たり、DO 計の精度が重要となる。このため、維持管理が容易で、安定した測定が可能な蛍光式を原則として使用する。

(3) 反応タンク設備の制御

① DO 計異常時の対応

反応タンクの制御は2つの DO 計による二点 DO 制御運転を基本とするが、異常時に自動で運転方法を変更する機能を設ける。

DO 計は DO 計 1 と DO 計 2 の二点で制御を行っている。通常運転では常に $DO1 > DO2$ の DO 値で設定されているが、長時間にわたり、 $DO1$ と $DO2$ の DO 値が逆転する状態 ($DO1 < DO2$) となった場合や DO 計からの信号が来ない等の DO 計の異常と判断した場合は、二点 DO 制御運転から送風量を流入水量の一定倍率とする風量一定制御とすると同時に水流発生装置の回転数を一定数とした運転に切り替える (図 4-13 参照)。

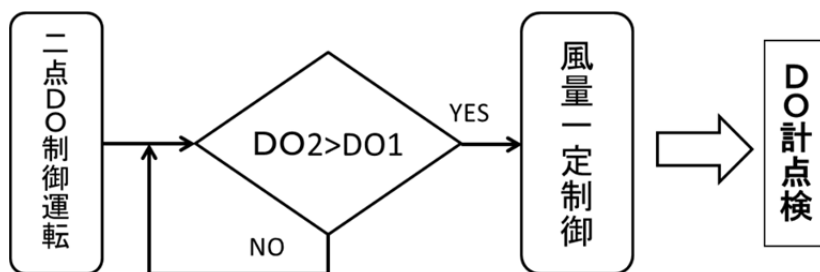


図 4-13 DO 制御異常時の制御フロー

② 低負荷時の対応

反応タンクへの流入負荷が低く、DO 計 1 による曝気風量が最小値でも好気ゾーン末端での DO 値が設定値以上で継続する場合や、DO 計 2 による水流発生装置の回転数が最少でも好気ゾーン末端での DO 値が設定値以上で継続する場合は低負荷曝気工程を設定し、送風機の一時的な停止による間欠曝気を考慮する (図 4-14 参照)。

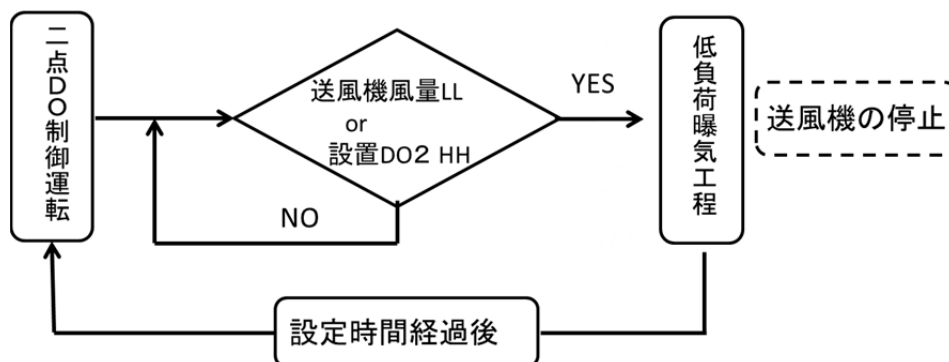


図 4-14 低負荷時の制御フロー

第5章 維持管理

§ 39 運転管理

本技術の運転管理は、以下に示す内容について実施する。

- (1) 運転状況の確認
- (2) 負荷変動時の運転管理

【解説】

本技術においては、高効率固液分離設備及び反応タンク設備の運転管理を確実に行うことにより、所定の処理性能を維持できる。

(1) 運転状況の確認

1) 高効率固液分離設備

高効率固液分離設備は、設備に設置された計測器による連続測定または現場測定により、その運転状況を把握する。監視・測定項目を表 5-1 にまとめる。

表 5-1 監視・測定項目（高効率固液分離設備）

監視・測定項目	監視・測定箇所	監視・測定方法	頻度	監視・測定目的
流入水量	前沈殿槽流入部	流量計	連続	運転状況の把握
流入水質 ^{※)}	前沈殿槽流入部	法定試験等	適宜	水質の把握
ろ過損失水頭	調圧槽	水位計	連続	自動制御
ろ過損失水頭	ろ過槽	差圧式圧力計	連続	自動制御
ろ過水 SS 濃度	処理水槽	SS 濃度計	連続	運転状況の把握
生污泥濃度	生污泥配管	濃度計	連続	運転状況の把握
洗浄排水 SS 濃度	ろ過槽	現場測定	月 1	洗浄効果の確認

※) 水質測定項目は一般的な日常試験項目、法定試験項目とするが、処理状況により試験項目及び測定頻度を検討する。

運転状況の監視上、特に注視すべき事項を以下に示す。

① ろ過損失水頭の監視

一般的に、ろ過処理は SS 捕捉量の増加とともにろ過損失水頭が上昇するため、設定値に達した場合、ろ材の洗浄（洗浄工程）を開始する。そのため、ろ過損失水頭の経時変化を連続測定し、季節ごとの流入水量と水質の日間変動パターンとろ過損失水頭曲線や洗浄回数との関係を監視する。

また、ろ過性能は、適切な洗浄を行うことで維持することができる。そのため、洗浄直後のろ過損失水頭が適正值に戻っていることを確認する。

② 洗浄排水のSS濃度変化の調査

適切な洗浄が行われているかどうかを確認するために、洗浄排水SS濃度の経時変化の調査を月1回程度行う。洗浄排水SS濃度の経時変化の例を図5-1に示す。適切な洗浄の場合、洗浄初期の洗浄排水SS濃度が高く、洗浄の進行とともにSS濃度が低下する。洗浄初期にSS濃度が低い場合や洗浄終了時にSS濃度が高い場合は、洗浄が適切に行われていないことが考えられるため、洗浄水量や空気量の確認を行う。

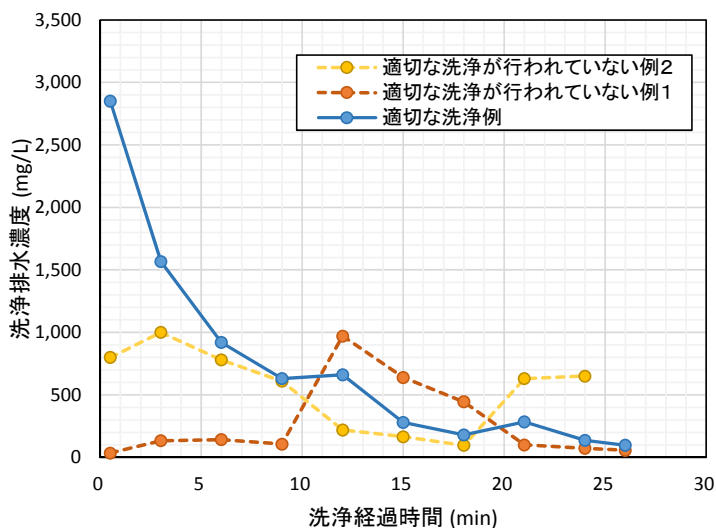


図 5-1 洗浄排水濃度の経時変化の例

③ 生汚泥の濃度変化の監視

本技術では、洗浄排水を前沈殿槽前段部で沈殿処理するため、生汚泥が前沈殿槽に溜まっていると沈殿処理に支障をきたし、場合によっては沈殿汚泥をまき上げることがある。沈殿処理を効率よく行うために、生汚泥を残さず引き抜けたかどうかを生汚泥濃度計で監視する。

2) 反応タンク設備

反応タンク設備は、設備に設置された計測器による連続測定または現場測定により、水質状況及び運転状況を把握する。監視・測定項目を表5-2にまとめる。

表 5-2 監視・測定項目（反応タンク設備）

監視・測定項目	監視・測定箇所	監視・測定方法	頻度	監視・測定目的
流入水量	反応タンク流入部 (設置した場合)	流量計	連続	MLSS の制御及び返送汚泥量の制御
水温	反応タンク	現場測定	毎日	水質の把握
流入水質 ^{※)}	反応タンク流入部	法定試験等	適宜	水質の把握
DO	反応タンク	DO 計	連続	制御
pH	反応タンク及び嫌気槽	現場測定	適宜	水質及び運転状況の把握
MLSS	反応タンク及び嫌気槽	MLSS 計	連続	運転状況の把握
曝気風量	送風機	風量計	連続	制御
返送汚泥量	返送汚泥管	流量計	連続	制御
返送汚泥濃度	返送汚泥管	濃度計	連続	制御
ORP	嫌気槽	現場測定	適宜	運転状況の把握
NH ₄ -N、NO ₃ -N	反応タンク (設置した場合)	アンモニア硝酸計	連続	水質及び運転状況の把握

※) 水質測定項目は一般的な日常試験項目、法定試験項目とするが、処理状況により試験項目及び測定頻度を検討する。

(2) 負荷変動時の運転管理

二点 DO 制御技術は、DO 計 1 と DO 計 2 の設定値を保つように曝気風量と循環水量を制御することで予め設定した好気ゾーンを確保する技術である。処理場の流入特性により流入負荷変動が大きい場合は、DO 計 1 と DO 計 2 の設定値を日間変動に合わせた DO 制御モードによる運転を検討する。

流量変動幅が大きい場合、昼間の高負荷流入時と夜間の低負荷時での酸素消費量が大きく異なる可能性が高いため、DO 計 1 及び DO 計 2 の設定値を高負荷、通常、低負荷の三つの制御モードを設定し、二点 DO 制御を行う方法が考えられる。

高負荷モード：流量が多い時間帯での対応

通常モード：流量が時間平均値前後の時間帯での対応

低負荷モード：流量が少ない夜間での対応

制御モード別の DO 制御値の設定例を表 5-3 に示す。

図 5-2 に、流入水量と曝気風量及び水流発生装置の回転数（循環水量）の関係を示す。高負荷時には曝気風量及び循環水量とも多くなっている。通常時には曝気風量が少なくなり、循環水量もある程度の範囲で減少している。低負荷時には流入水量が極端に少なくなることもあり、曝気風量は最低風量となっている。設定例では、循環流速が低下する水流発生装置の流入部付近での

汚泥の堆積防止を防ぐ目的で一時的に水流発生装置を逆回転する強制攪拌を行っている。強制攪拌は設置した池の状況により、汚泥の堆積が見られる場合には有効と考えられる。

図 5-3 に各 DO 計の設定した目標制御値と実際の DO 値を示した。実際の DO 値が目標制御値を保つように運転が行われていることが示されている。

DO 値の設定については、基本的には空気速度が高い夏期は全体に高めとし、冬期は低めに設定する。

表 5-3 DO 制御モードの設定例

制御モード	凡例	DO1制御値(mg/L)	DO2制御値(mg/L)
高負荷	⇔	2.5	1.25
通常	⇔	1.75	0.5
低負荷	⇔	1.0	0.1

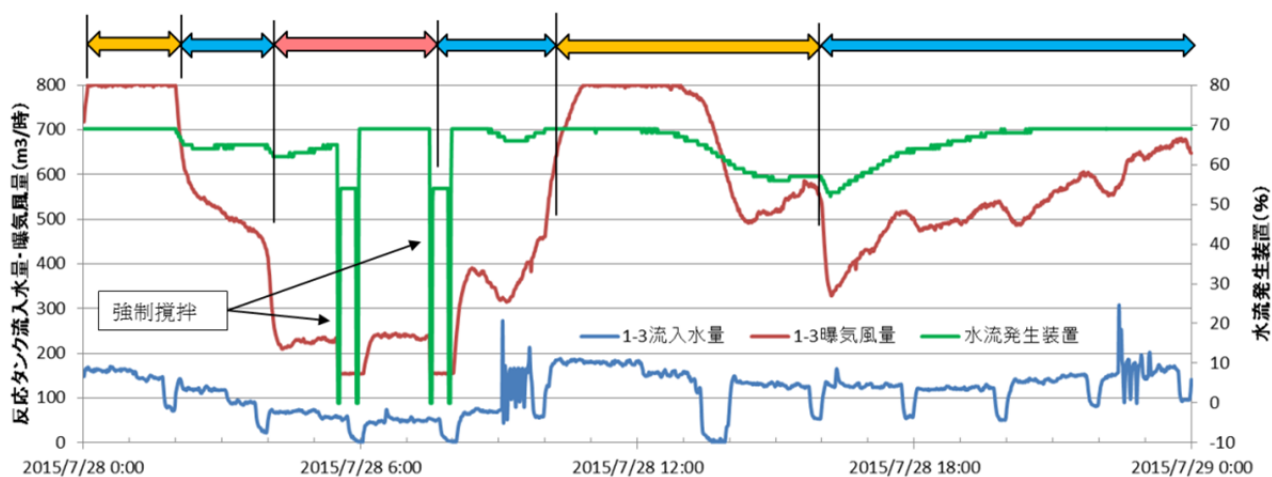


図 5-2 制御モードによる運転例

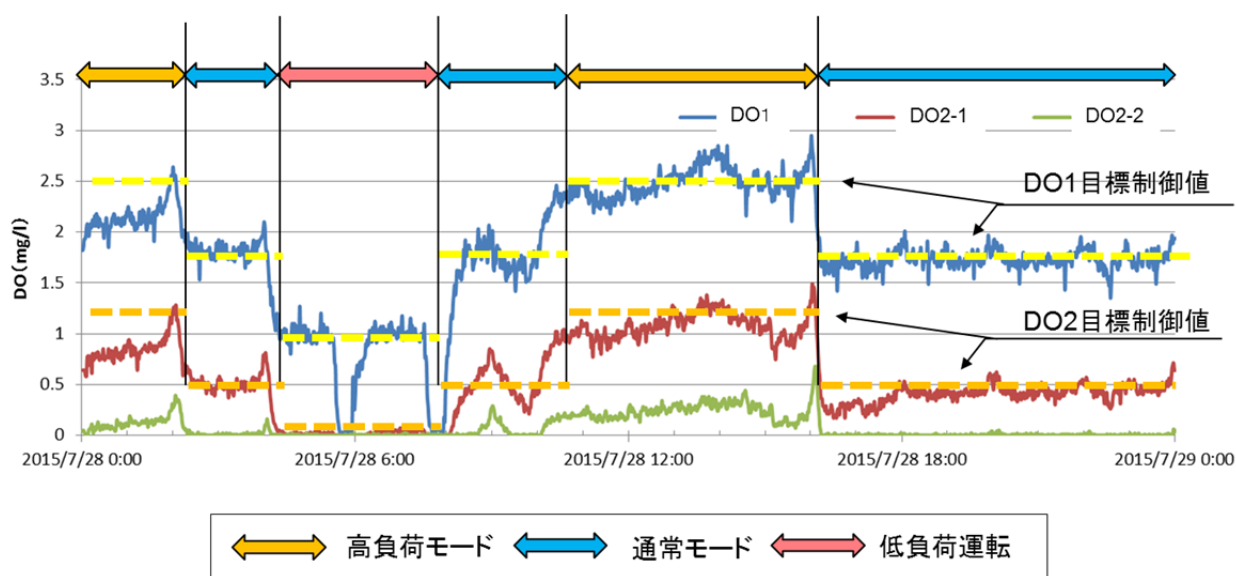


図 5-3 DO の実測値例

§ 40 施設管理及び水質監視のための試験項目と頻度

本技術における施設管理及び水質監視のための試験項目と頻度については、水処理施設の状況、組織体制等に応じて適切に定める。

【解説】

水質試験項目としては、日常試験、精密試験、通日試験、及び一般汚泥試験があるが、「下水道維持管理指針」（社団法人 日本下水道協会）に準じ、適切に行うものとする。

水質試験箇所としては表 5-1、表 5-2 に示したように高効率固液分離設備流入部、反応タンク流入部、及び最終沈殿池放流部を原則とする。

§41 保守点検

本技術における各設備・機器について、その機能を良好・安全に維持するため、定期的に保守点検を行う。

【解説】

本技術に使用される代表的な主要機器の保守点検内容を表 5-4、5-5 に示す。

表 5-4 高効率固液分離設備の主要機器の保守点検項目一覧

設備名称		点検項目	点検頻度			
			日	週	月	年
高速 繊維 ろ過 槽	ゲート類	外観、振動・音・作業状態	○			
		電流値の確認		○		
		絶縁抵抗の確認			○	
	弁類	外観、振動・音・作業状態	○			
		電流値の確認		○		
		絶縁抵抗の確認			○	
	ポンプ類	振動・音・作動状態、温度	○			
		流量・圧力の確認	○			
		電流値の確認		○		
		絶縁抵抗の確認			○	
		潤滑油の交換				○
	ブロワ類	振動・音・作動状態、温度	○			
		吐出量・圧力の確認	○			
		電流値の確認		○		
		絶縁抵抗の確認			○	
		安全弁の確認			○	
		潤滑油の交換				○
	計装 設備	水位計	外観	○		
センサー類の交換						○
校正					○	
SS濃度計		外観	○			
		センサー類の交換				○
		校正			○	

表 5-5 反応タンク設備（最終沈殿池設備含む）の主要機器の保守点検項目一覧

設備名称		点検項目	点検頻度			
			日	週	月	年
反応タンク設備	ゲート類	外観、振動・音・作業状態	○			
		電流値の確認		○		
		絶縁抵抗の確認			○	
	散気装置	曝気状態	○			
		風量調整弁の開度状況			○	
	攪拌機・水流発生装置	振動・音・作動状態、温度	○			
		周波数の確認		○		
電流値の確認			○			
絶縁抵抗の確認				○		
最終沈殿池設備	汚泥掻寄機	外観、振動・音・作業状態	○			
		電流値の確認		○		
		絶縁抵抗の確認			○	
	ポンプ類	振動・音・作動状態、温度	○			
		流量・圧力の確認	○			
		電流値の確認		○		
		絶縁抵抗の確認			○	
	弁類	外観、振動・音・作業状態	○			
		電流値の確認		○		
絶縁抵抗の確認				○		
送風機設備	ブロワ類	振動・音・作動状態、温度	○			
		吐出量・圧力の確認	○			
		周波数・電流値の確認		○		
		絶縁抵抗の確認			○	
		安全弁の確認			○	
計装設備	DO 計	外観	○			
		センサー類の交換				○
		校正			○	
	MLSS 計	外観	○			
		センサー類の交換				○
		校正			○	
	水質計	外観	○			
		センサー類の交換				○
		校正			○	

§ 42 異常時の対応と対策

本技術において発生し得る異常時の対応と対策を事前に想定し、異常時が発生した場合は適切に対処する。

【解説】

本技術においては、高効率固液分離設備で繊維ろ過を用いた物理的処理を、反応タンクで活性汚泥による生物処理を行っている。このため、一般的な活性汚泥法で発生する異常（活性汚泥の変色、汚泥浮上等）についての対策は「下水道維持管理指針」（社団法人 日本下水道協会）に準ずるものとし、本技術に特有な運転や設備において想定される異常およびその対応例を表 5-6、5-7 に示す。

表 5-6 高効率固液分離設備の想定される異常とその対応

想定される異常例		原因	対処方法（例）
高 効 率 固 液 分 離 設 備	洗浄頻度が高くなることによる前沈殿槽水位異常高（HH）	ろ層が閉塞している。	<ul style="list-style-type: none"> ろ材の状態を調査する。 洗浄が正常に行われているか調査する。
		表層ろ過になっている。	<ul style="list-style-type: none"> 流入 SS 濃度が異常に高い場合は、その原因を調査する。 効率的な沈殿処理が行われていないことが考えられるため、沈殿処理水の SS 濃度を調査する。SS 濃度が高い場合は、生汚泥の引抜状態を調査する。
	ろ過処理水 SS 濃度の上昇	ろ過がブレイクスルーしている。	<ul style="list-style-type: none"> ろ材の状態を調査する。 流入 SS 濃度が異常に高い場合は、その原因を調査する。

表 5-7 反応タンク設備の想定される異常とその対応

想定される異常例		原因	対処方法（例）
反応タンク設備	放流水質（T-N）の上昇	<ul style="list-style-type: none"> 反応タンク流入水質の異常上昇 	<ul style="list-style-type: none"> 高効率固液分離設備の処理状況を調査する。
		<p>【NH₄-Nが高い場合】</p> <ul style="list-style-type: none"> 硝化不足 (好気ゾーン容量不足) 	<ul style="list-style-type: none"> DO計1の計測値が正常か確認する。 設定した好気ゾーンの容量が足りない可能性があり、制御DO値（DO計1・DO計2）を上げて好気ゾーン容量を増やす。 アンモニア硝酸計を設置している場合において、アンモニア値が低い際は、校正等を実施する。
	<p>【NO₃-Nが高い場合】</p> <ul style="list-style-type: none"> 脱窒不足 (無酸素ゾーン容量不足) 	<ul style="list-style-type: none"> DO計2の計測値が正常か確認する。 設定した無酸素ゾーンの容量が足りない可能性があり、制御DO値（DO計2）を下げて、無酸素ゾーン容量を増やす。 アンモニア硝酸計を設置している場合において、硝酸値が低い際は、校正等を実施する。 	
無酸素ゾーンでの汚泥沈降	<ul style="list-style-type: none"> 循環水流の流速不足 	<ul style="list-style-type: none"> 底部流速が十分得られるように水流発生装置の最低回転数の設定値を上げ、汚泥沈降を防止する。 流入水量が少ない時間帯において、強制攪拌モード[*]を設定し、1日に1回程度、沈降した汚泥を巻き上げる。 <p>[*]強制攪拌モード：DO制御を中止し、水流発生装置の最大回転数運転や逆回転を行う自動運転モード</p>	

資料編

1. 実証研究結果

1.1 実証研究概要	86
1.2 実証研究詳細	
1.2.1 高効率固液分離設備における流入水質・水量変動に対する処理の安定性	94
1.2.2 反応タンク設備における流入水質・水量変動に対する処理の安定性	101

2. ケーススタディー

2.1 各機器の算定根拠	111
2.2 主要機器リスト	111
2.3 維持管理費算出リスト	113

3. 設計値の検証

3.1 反応タンク設備における発生汚泥量の検証	115
3.2 反応タンク設備の BOD-SS 負荷の検証	117
3.3 反応タンク設備の窒素除去性能の検証	118
3.4 脱水性能の検証	122

4. 参考資料

4.1 高効率固液分離設備の処理性能	128
4.2 高効率固液分離設備の最適運転条件の確認（夏季、秋季、冬季）	139
4.3 反応タンク設備における窒素除去の計算例	146

5. 問い合わせ先	149
-----------	-----

1. 実証研究結果

1. 1 実証研究概要

(1) 実証研究

1) 研究名称

高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術実証研究

2) 実施者

前澤工業(株)・(株)石垣・日本下水道事業団・埼玉県 共同研究体

3) 実施期間

平成 26 年 7 月 8 日～平成 27 年 3 月 31 日 (平成 26 年度 委託研究期間)

平成 27 年 7 月 2 日～平成 28 年 3 月 31 日 (平成 27 年度 委託研究期間)

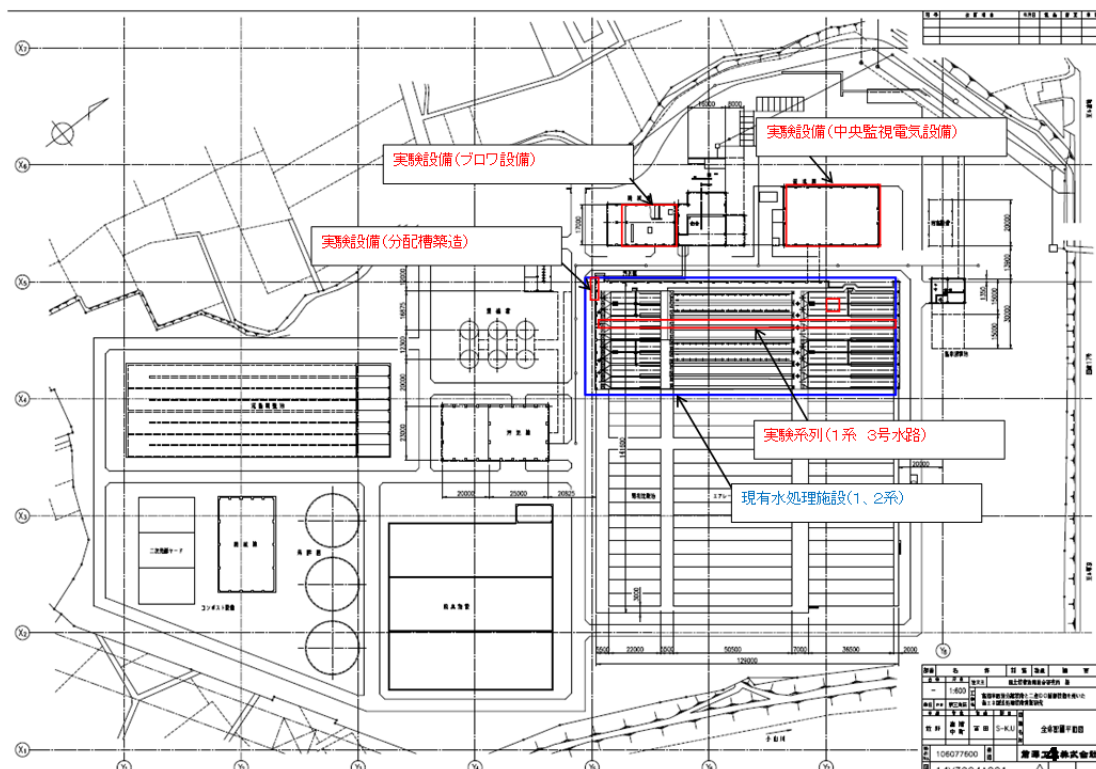
4) 実施場所

本研究の実証場所となった下水処理施設概要を表資 1-1 に示す。また、当処理場の概略平面図を図資 1-1 に示す。

表資 1-1 下水処理施設概要

処理場名	利根川右岸流域下水道 小山川水循環センター
住所	埼玉県本庄市東五十子 3 8 1 - 2
水処理方式	標準活性汚泥法
現有処理能力	30,000m ³ /日
処理実績	13,543m ³ /日 (平成 25 年実績)
排除方式	分流式

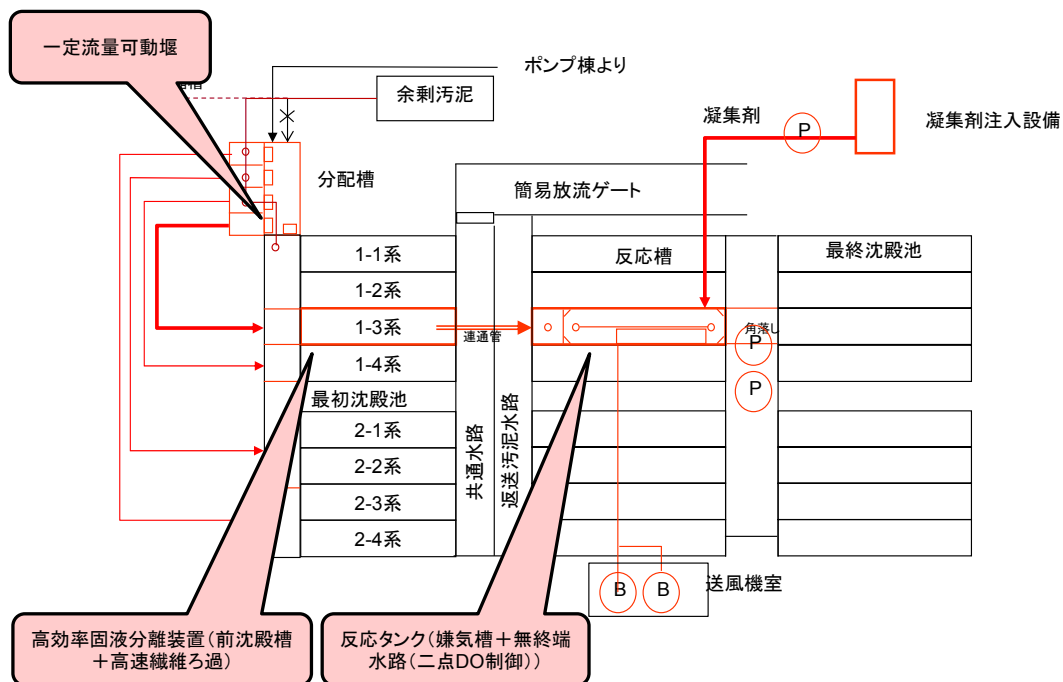
1. 実証研究結果



図資 1-1 小山川水循環センター概略平面図

5) 実証施設

実証施設フローを図資 1-2 に、主要機器仕様を表資 1-2 に示す。図資 1-3 に実証施設の配置図を示す。

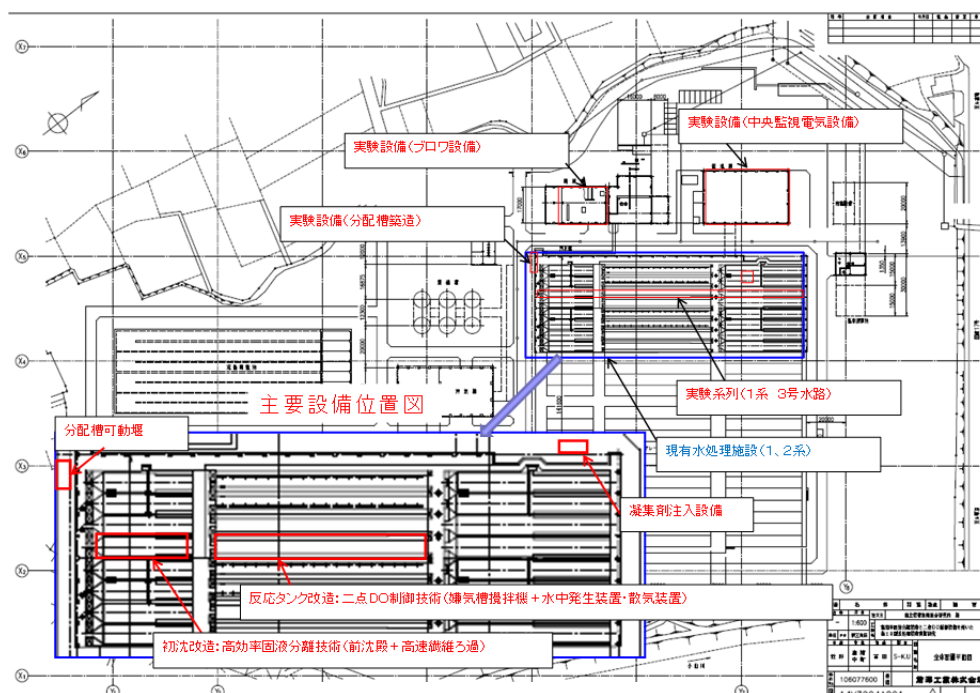


図資 1-2 実証施設フロー

1. 実証研究結果

表資 1-2 主要機器の仕様

番号	機器名称	仕様	台数	備考
1	分配可動堰	電動可動堰 1.0mW×0.5mst×0.75kW	3	
2	1系-3 分配可動堰	電動ボールネジ式可動堰 0.5mW×0.5mst×0.4kW	1	一定流量制御機構
3	1系-4 分配可動堰	電動可動堰 0.5mW×0.5mst×0.4kW	1	
4	高効率固液分離設備	ろ過速度 500m/日 (前沈殿槽、洗浄排水槽、調圧槽、高速繊維ろ過槽、処理水槽)	2	
5	洗浄用ブロワ	ルーツ式ブロワ 188Nm ³ /h×5.5kW	2 (1)	
6	洗浄排水ポンプ	水中汚水ポンプ φ150×2.6m ³ /min×5.5kW	2 (1)	
7	嫌気槽攪拌機	直結型攪拌機 0.75kW	1	
8	水流発生装置	循環水路用縦軸攪拌式 φ805×3.7kW	2	
9	散気装置	超微細散気装置 664kgO ₂ /日	4組	10枚/組
10	返送汚泥ポンプ	吸込スクリー付汚泥ポンプ φ100×1.3m ³ /min×1.5kW	2 (1)	
11	PAC 注入設備	2.4m ³ タンク 注入量0.14L/min	1式	
12	送風機	スクリー式 φ100×6.6m ³ /min×15kw	2 (1)	



図資 1-3 実証施設配置図

1. 実証研究結果

6) 実施工程

表資 1-3 に実証研究の全体工程を示す。

表資 1-3 実証研究の工程

実証項目	平成26年度			平成27年度				特記事項
	6-9 月	10-12 月	1-3 月	4-6 月	6-9 月	10-12 月	1-3 月	
準備期間	実証施設の設計・製作	●————→						
	実証施設設置工事		●————→					
試験期間	試運転・立上げ・初期運転			●→				
	実証施設運転			●————→				
	通日試験			●	●	●	●	●
	日最大流入量運転					●●		
	脱水実験					●→		

(2) 開発目標

平成 26、27 年度の開発目標を表資 1-4 に示す。

表資 1-4 開発目標

項 目		備 考
目標水質	BOD 10mg/L	HRT6~8hr
	T-N 10mg/L	水温 15℃以上の場合
	T-P 1mg/L (0.5mg/L)※1	生物学的脱りん 仕上げる過を行う場合※1
消費電力の削減	削減効果 有	従来技術の高度処理法 (A20 法) と比較し、削減効果を検証する。
コスト削減	建設コスト：削減効果 有	同 上
	維持管理コスト：削減効果 有	同 上

※1 実証フィールドにおいて小型試験装置でろ過後の処理水質を確認した上で実施。

1. 実証研究結果

開発目標をもとに実証事業における実証項目と評価方法を設定した（表資 1-5）。

表資 1-5 実証研究の評価方法（1/2）

	実証項目	内 容	目標値	検証方法
①	通年での処理の安定性の検証	一年を通じて安定した運転および処理水質を検証	BOD 10mg/L 以下 T-N 10mg/L 以下 T-P 1mg/L 以下	1) 計画日平均水量（冬期日最大水量） 2, 810m ³ /日による通年での処理性能を確認する。 2) 夏期に計画日最大水量（3, 750m ³ /日）における処理性能を確認する。 3) 高効率固液分離設備の除去性能を確認する。
②	二点 DO 制御技術の制御条件の検証	好気ゾーン上流の DO 計および下流の DO 計の最適条件（DO 制御値等）を検証	—	1) 二点 DO 制御による曝気風量および水流発生装置の回転数の制御状況を確認する。 2) 流入負荷変動等に伴う、DO 値の制御範囲や制御モード（日間における DO 値の変更）を確認する。
③	二点 DO 制御技術の制御効果の検証	計画日平均水量での運転時の消費電力量から省エネ効果を検証	—	1) 設計曝気風量（流入負荷による計算値）と二点 DO 制御による曝気風量との比較を行い、送風機に関わる消費電力量の削減効果を確認する。 2) 二点 DO 制御を行う場合と行わない場合（水流発生装置の一定回転数運転時等）との比較を行い、水流発生装置に関わる消費電力量の削減効果を確認する。
④	仕上げる過りによる除去性能の検証	仕上げる過実験にて処理性能を検証する。（目標 T-P：0.5mg/L 以下）	T-P 0.5mg/L 以下	（日常試験データによる検証）

表資 1-5 実証研究の評価方法 (2/2)

	実証項目	内 容	目標値	検証方法
⑤	設計条件の 検証	システム全体： 汚泥発生率の 確認	—	システム全体の SS 収支より、生汚泥及び余 剰汚泥の発生率、反応タンクでの汚泥転換率 を算出する。
		高効率固液分 離： ろ過継続時間 の確認	—	実証実験データから SS 捕捉量とろ過損失水 頭の関係を整理する。
		高効率固液分 離： 高効率固液分 離設備の処理 水質	—	流入水と処理水の SS、P-BOD、S-BOD のデー タから、除去性能と処理水質を整理する。
		反応タンク： BOD-SS 負荷、硝 化・脱窒速度	—	1) 実証実験データの反応タンク流入 BOD お よび MLSS の関係より BOD-SS 負荷を求める。 2) 定期的に硝化・脱窒速度試験を行う。
⑥	汚泥脱水性 の検証	引抜汚泥に対 する生汚泥の 増加（余剰汚泥 量の減少）によ る脱水汚泥の 含水率低減を 確認する。	—	実証施設から発生する汚泥を試験対象汚泥 として、生汚泥および余剰汚泥の比率が異な った汚泥による脱水実験を行う。
⑦	コスト縮減 効果の検証	設定した FS 条 件で建設コス ト、維持管理コ スト及び省エ ネ効果を算出 する。	—	FS 条件として計画日最大汚水量 50,000m ³ /日 の標準活性汚泥法を高度処理化するとし、従 来技術（嫌気無酸素好気法）と本技術のコス ト（建設、維持管理）、温室効果ガス排出量 及びエネルギー消費量の比較を行う。

1. 実証研究結果

(3) 実証研究における結果

実証研究の評価方法による表資 1-6 にまとめる。実証研究は平成 26、27 年度の 2 ヶ年実施しているが平成 26 年度は試運転期間であったため、平成 27 年度のデータを用いて評価した。

表資 1-6 実証研究の検証結果 (1/2)

	実証項目	検証内容及び目標値	検証結果
①	通年での処理の安定性の検証	一年を通じて安定した運転及び処理水質を検証 BOD 10mg/L 以下 T-N 10mg/L 以下 T-P 1mg/L 以下	処理水質の年間平均値を示す。 SS : 2.1mg/L BOD : 8.2mg/L C-BOD : 5.4mg/L T-N : 4.2mg/L T-P : 0.28mg/L BOD については最大で 14mg/L を観測したが、硝化が不完全で NH ₄ -N が残ったため C-BOD は 10mg/L 以下であり、曝気風量を十分に行う DO 設定値で対応可能と考えられる。また、T-N、T-P については最大値も目標値以下で安定した処理が可能であることが確認された。
②	二点 DO 制御技術の制御条件の検証	好気ゾーン上流の DO 計および下流の DO 計の最適条件(DO 制御値等)を検証	反応タンク設備での二点 DO 制御における最適な DO 計位置として、必要な好気ゾーン容量から設定し、制御可能なことを検証した。
③	二点 DO 制御技術の制御効果の検証	計画日平均水量での運転時の消費電力量から省エネ効果を検証	計画日平均流入水量での運転結果から、消費電力量は平均で約 0.198kWh/m ³ で、対象となる全機器が定格運転した場合の計算値 0.265kWh/m ³ の約 0.75 に相当することが確認された。また、流入水量に関わらず電力量は 0.25~0.15 kWh/m ³ の範囲で制御され、流入負荷変動に応じた二点 DO 制御により電力消費量が抑制されたと考えられる。
④	仕上げる過によるりん除去性能の検証	仕上げる過実験にて処理性能を検証する。 T-P 0.5mg/L 以下	仕上げる過による処理性能は T-P で平均 0.26mg/L で目標とした処理性能が得られることが確認された。

1. 実証研究結果

表資 1-6 実証研究の検証結果 (2/2)

	実証項目	検証内容及び目標値	検証結果
⑤	設計条件の検証	発生汚泥固形物に対する生汚泥率、及びBOD汚泥転換率	高効率固液分離設備での除去率は78%と高いことが確認された。BOD汚泥転換率は0.461g-MLSS/g-BODであり、マニュアル値 ^{※)} の範囲であることが確認された。
		高効率固液分離：ろ過継続時間の確認	計画日平均流入水量(2,810 m ³ /日)では約10時間以上、計画日最大流入水量(3,750 m ³ /日中の最大ろ過速度723m/日程度)では約2時間以上のろ過継続時間が確認された。
		高効率固液分離：高効率固液分離設備の処理水質	SS、BOD、T-N及びT-Pについて流入水SSの関係式により高効率固液分離設備での処理水質が求められることが確認された。
		反応タンク：BOD-SS負荷、硝化・脱窒速度	BOD-SS負荷は平均で0.136kg-BOD/kg-SSとなることが確認された。従来技術(嫌気無酸素好気法)での実績値0.05~0.1 kg-BOD/kg-SSより高い値で運転可能であった。脱窒速度については、マニュアル値 ^{※)} で設計可能なことが確認された。
⑥	汚泥脱水性の検証	発生汚泥固形物量に対する生汚泥の増加(余剰汚泥量の減少)による脱水汚泥の含水率低減を確認する。 脱水ケーキ含水率70%	実証研究では生汚泥：余剰汚泥比=7:3となり、従来系(標準活性汚泥法)の汚泥比率5:5と比較して3%の脱水ケーキ含水率の低減が可能なことが確認された。
⑦	コスト縮減効果の検証	設定したFS条件で建設コスト、維持管理コスト及び省エネ効果を算出する。	標準活性汚泥法50,000m ³ /日を高度処理施設に改築更新する場合、建設コストで約18%、維持管理費で約16%、温室効果ガス排出量で約40%及びエネルギー消費量で約40%の縮減効果があることが確認された。

※) 高度処理施設設計マニュアル(案) 平成6年日本下水道協会

1. 実証研究結果

1. 2 実証研究詳細

1. 2. 1 高効率固液分離設備における流入水質・水量変動に対する処理の安定性

(1) 通日試験における安定性の検証

通日試験の流入水およびろ過処理水の平均水質を表資 1-7 に示す。流入水 SS 濃度とろ過処理水 SS 濃度の経時変化を図資 1-4 に、流入水 P-BOD 濃度とろ過処理水 P-BOD 濃度の経時変化を図資 1-5 に、流入水 S-BOD 濃度とろ過処理水 S-BOD 濃度の経時変化を図資 1-6 に、流入水 P-N 濃度とろ過処理水 P-N 濃度の経時変化を図資 1-7 に、流入水 S-N 濃度とろ過処理水 S-N 濃度の経時変化を図資 1-8 に、流入水 P-P 濃度とろ過処理水 P-P 濃度の経時変化を図資 1-9 に、流入水 S-P 濃度とろ過処理水 S-P 濃度の経時変化を図資 1-10 に示す。

平成 27 年 2 月 25 日（冬季）と 5 月 18 日（春季）は高負荷運転、8 月 19 日（夏季）、11 月 4 日（秋季）及び平成 28 年 1 月 19 日（冬季）は低負荷運転で行った。

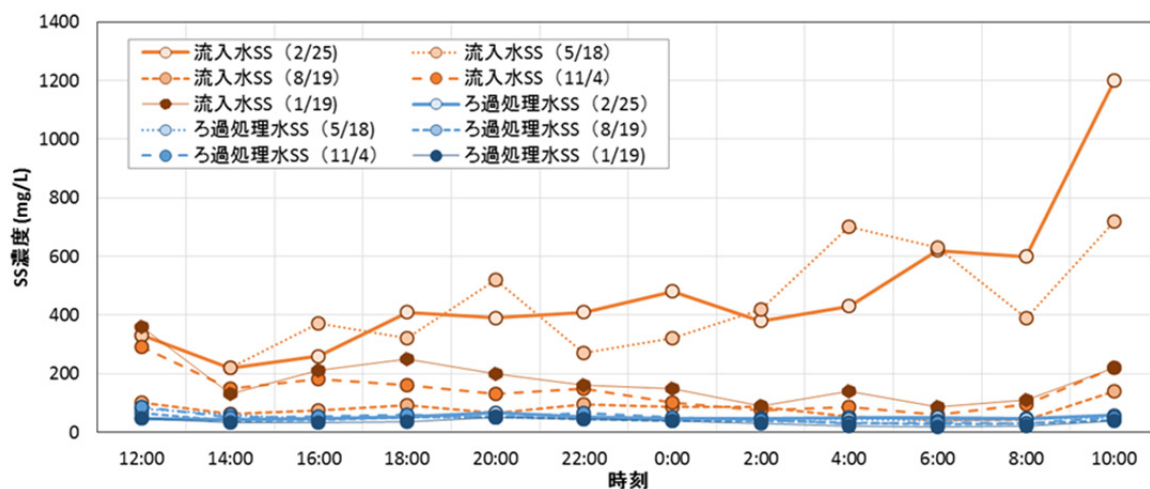
ろ過処理水中の固形性成分（SS、P-BOD、P-N、P-P）の濃度は、負荷の大きさに影響されず一定の範囲に収まる結果となった（SS：30～50mg/L、P-BOD：40～70mg/L、P-N：2～6mg/L、P-P：1.3～2.5mg/L）。一方、溶解性成分（S-BOD、S-N、S-P）は負荷の大小に関わらずほとんど除去されない結果となった。

表資 1-7 通日試験の流入水およびろ過処理水の平均水質

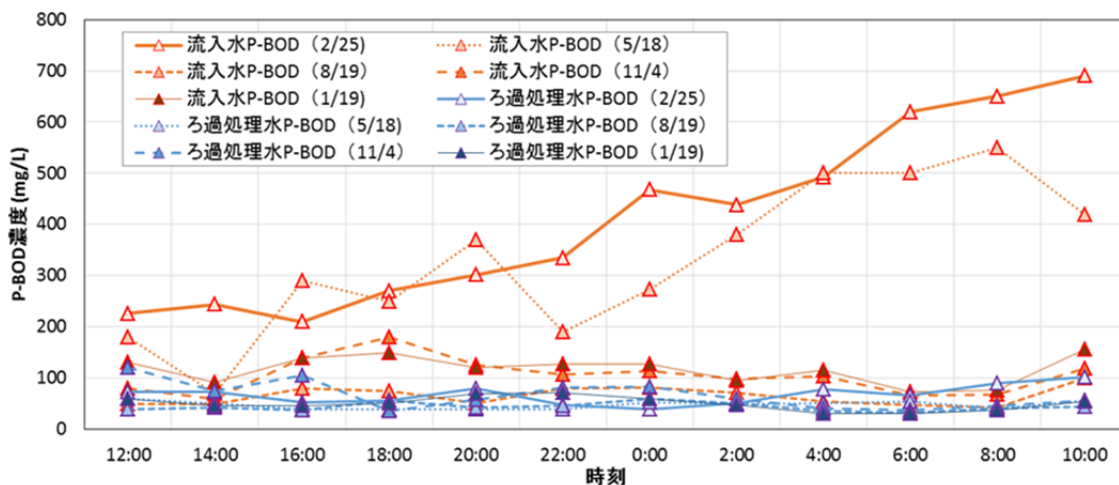
項 目		2/25～2/26	5/18～5/19	8/19～8/20	11/4～11/5	1/19～1/20
SS	流入水 (mg/L)	477±256	434±169	78±28	141±66	175±78
	ろ過処理水 (mg/L)	51±6	50±11	42±10	50±16	34±10
P-BOD	流入水 (mg/L)	412±173	331±147	65±18	105±35	117±28
	ろ過処理水 (mg/L)	68±19	48±8	44±8	67±27	50±14
S-BOD	流入水 (mg/L)	102±39	135±30	75±33	77±45	77±35
	ろ過処理水 (mg/L)	65±21	96±26	65±25	64±26	62±20
P-N	流入水 (mg/L)	—	24±6	6±2	8±3	4±3
	ろ過処理水 (mg/L)	—	6±2	2±2	3±2	2±2
S-N	流入水 (mg/L)	—	28±5	21±3	24±5	26±5
	ろ過処理水 (mg/L)	—	26±3	20±2	23±3	24±4
P-P	流入水 (mg/L)	5.7±1.7	5.9±1.8	2.0±0.7	2.5±1.1	2.6±1.0
	ろ過処理水 (mg/L)	2.5±0.6	2.4±0.4	1.3±0.3	1.8±0.4	1.7±0.5
S-P	流入水 (mg/L)	4.0±1.4	2.5±0.7	2.0±0.5	1.3±0.6	1.7±1.1
	ろ過処理水 (mg/L)	3.4±0.8	2.1±0.5	1.9±0.4	1.4±0.5	1.7±1.1

注) 平均値±標準偏差である

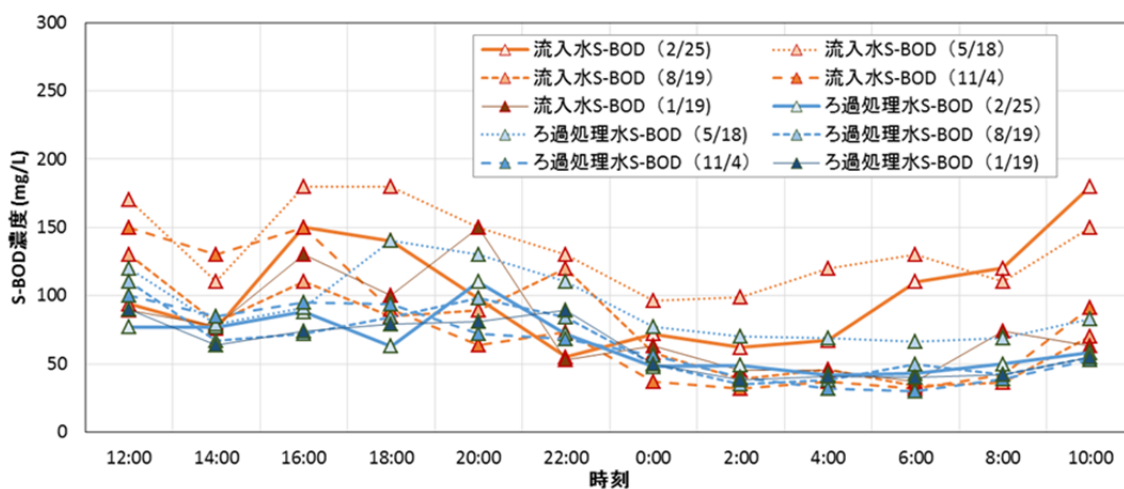
1. 実証研究結果



図資 1-4 流入水 SS 濃度とろ過処理水 SS 濃度の経時変化

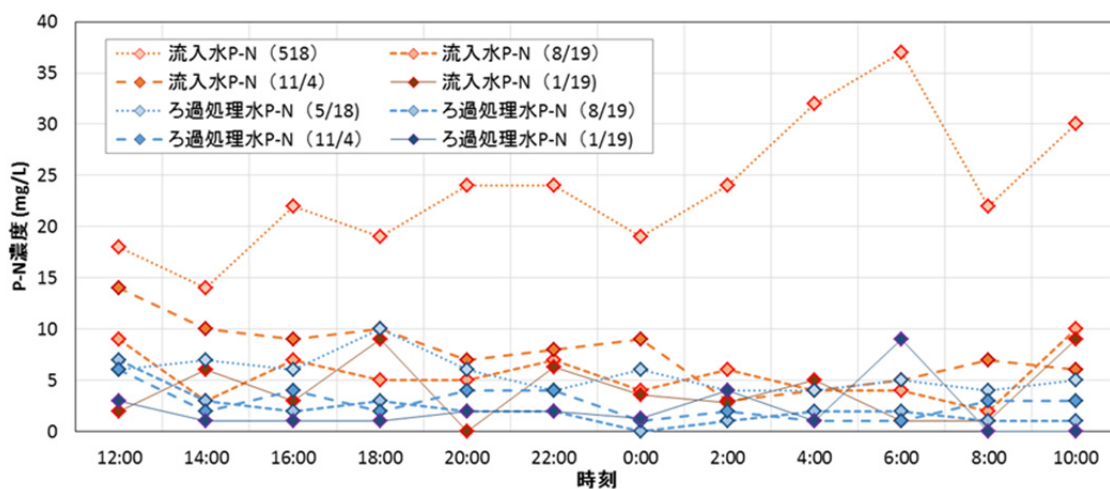


図資 1-5 流入水 P-BOD 濃度とろ過処理水 P-BOD 濃度の経時変化

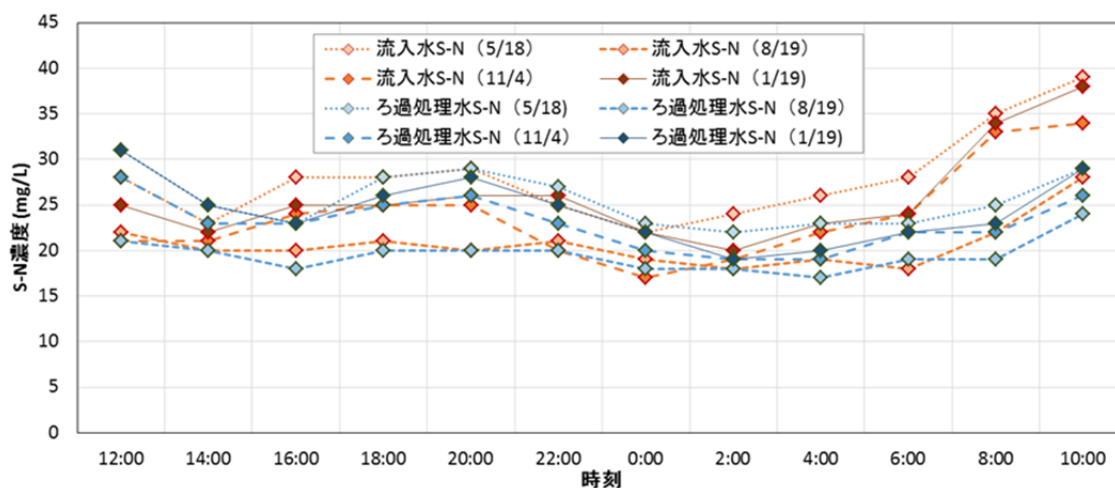


図資 1-6 流入水 S-BOD 濃度とろ過処理水 S-BOD 濃度の経時変化

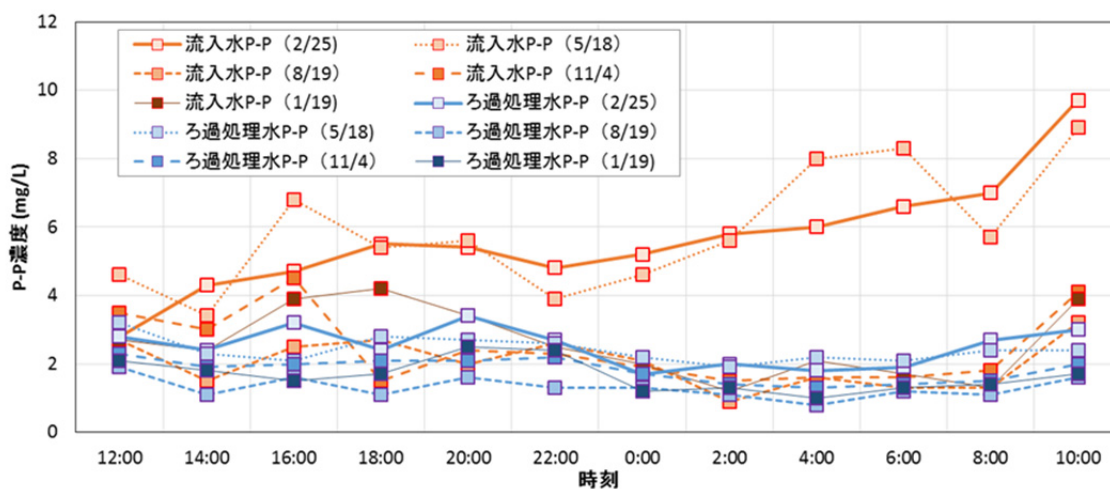
1. 実証研究結果



図資 1-7 流入水 P-N 濃度とろ過処理水 P-N 濃度の経時変化

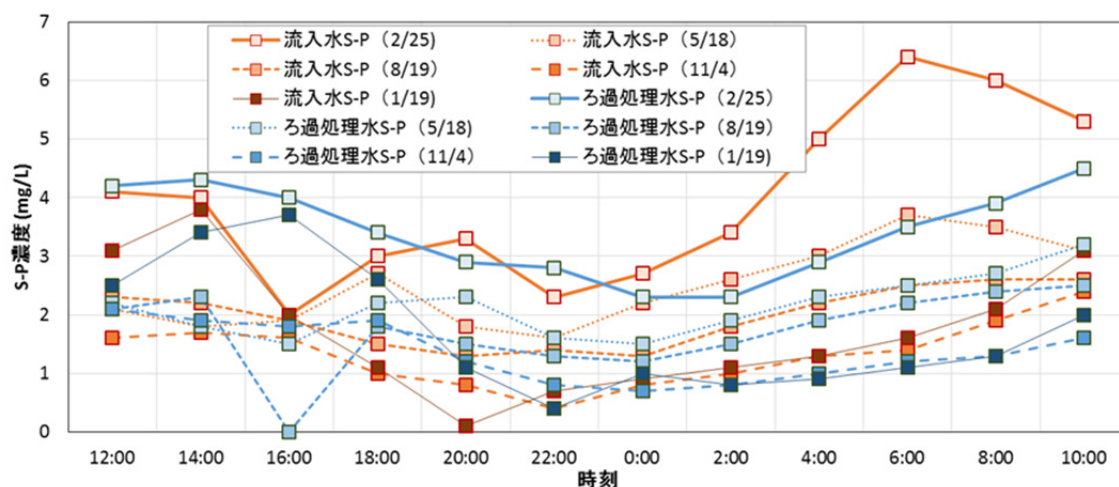


図資 1-8 流入水 S-N 濃度とろ過処理水 S-N 濃度の経時変化



図資 1-9 流入水 P-P 濃度とろ過処理水 P-P 濃度の経時変化

1. 実証研究結果



図資 1-10 流入水 S-P 濃度とろ過処理水 S-P 濃度の経時変化

(2) 日最大流入量における安定性の検証

日最大流入量における運転条件を表資 1-8 に、SS 濃度と SS 除去性能を表資 1-9 に示す。8 月 20 日（1 回目）の高速繊維ろ過槽の運転状況を図資 1-11 に、SS 負荷量のトレンドを図資 1-12 に、9 月 2 日（2 回目）の高速繊維ろ過槽の運転状況を図資 1-13 に、SS 負荷量のトレンドを図資 1-14 に示す。

昼間は、前沈殿槽水面積負荷を $100\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ 以上、高速繊維ろ過速度を $500\text{m}/\text{日}$ 以上として運転を行った。ろ過継続時間とともにろ過圧力損失が上昇したが、洗浄後は回復しており洗浄効果とろ過の安定性を確認した。また、最大ろ過速度 $723\text{m}/\text{日}$ （通常時）における、ろ過継続時間は約 2 時間以上となることが確認されことから、1 系列 4 槽の高速繊維ろ過槽のうち 3 槽でろ過を行っている間に他の 1 槽を洗浄することが可能であることが確認された。また、流入水 SS 濃度が低いため、SS 除去率は低い結果であったが、ろ過処理水の SS 濃度は 8 月 20 日が平均 $19\text{mg}/\text{L}$ 、9 月 2 日が平均 $37\text{mg}/\text{L}$ と低い値を示した。

1. 実証研究結果

表資 1-8 運転条件（日最大流入水量）

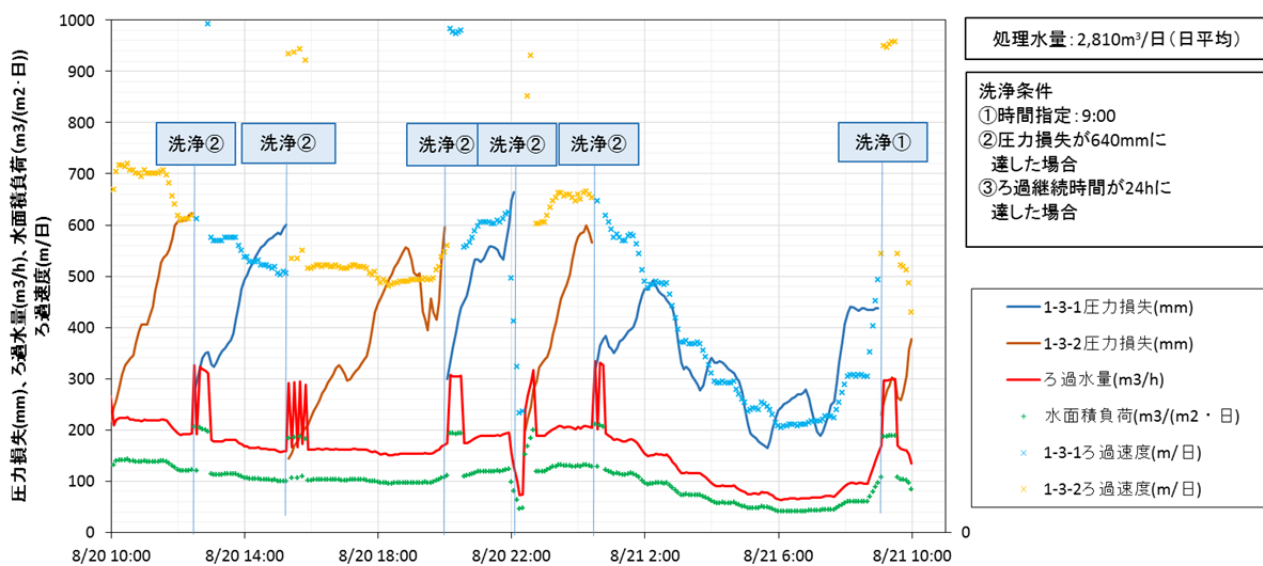
項目		運転条件	備考
流入水量		65～226m ³ /h	日最大 3,750m ³ /日
前沈殿槽 水面積負荷	通常時	41～143m ³ /(m ² ・日)	設計水面積負荷:日最大に対して 100m ³ /(m ² ・日)
	洗浄時	123～225m ³ /(m ² ・日)	通常時に洗浄排水水面積負荷: 82 m ³ /(m ² ・日)を追加
高速繊維ろ過槽 ろ過速度	通常時	208～723m/日	ろ過速度:日最大に対して 500m/日
	洗浄時	624～1,139m/日	通常時に洗浄排水ろ過速度: 416 m/日を追加
洗浄条件		① 時間指定:AM9:00 および ② ろ過損失水頭 640mm または ③ ろ過継続時間 24h	

表資 1-9 SS 濃度と SS 除去性能（日最大流入水量）

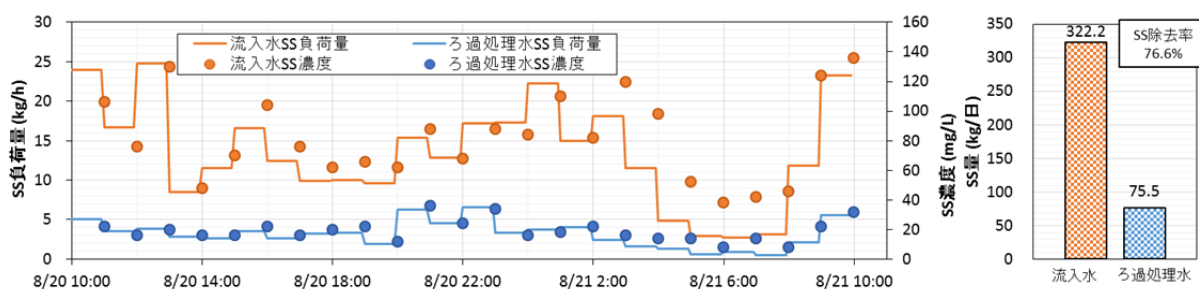
試験日	SS 濃度		SS 除去性能		
	流入水 (mg/L)	ろ過処理水 (mg/L)	流入負荷量 (kg)	処理水負荷量 (kg)	除去率 (%)
8月20日	82±29	19±7	332.2	75.5	76.6
9月2日	116±56	37±12	466.6	143.6	69.2

注) 平均値±標準偏差である

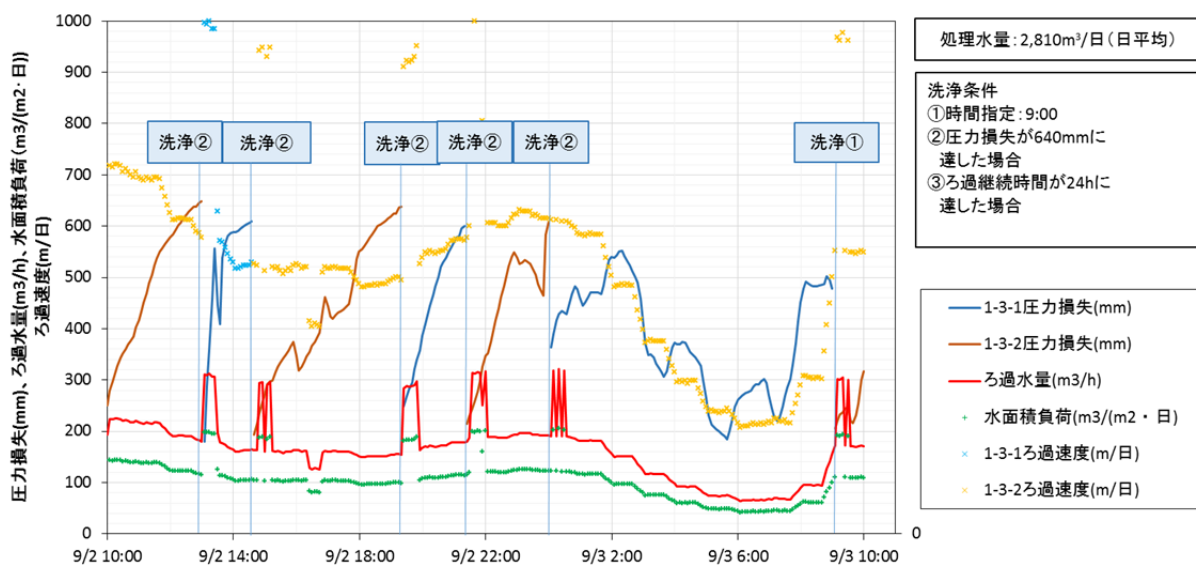
1. 実証研究結果



図資 1-11 高速繊維ろ過槽の運転状況（日最大流入水量：8月20日）

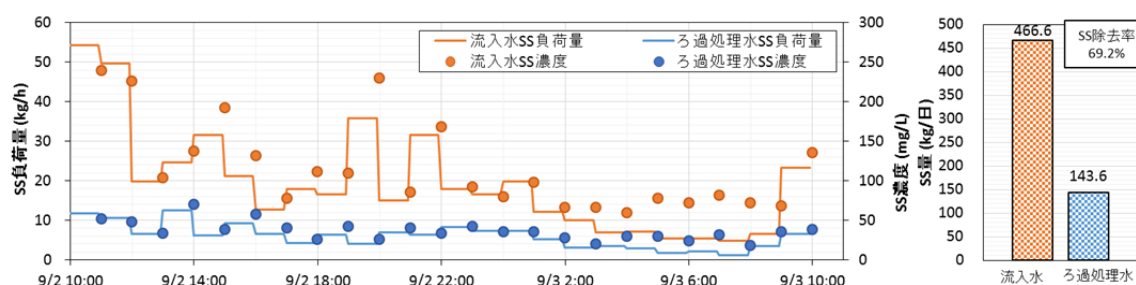


図資 1-12 SS 負荷量トレンド（日最大流入水量：8月20日）



図資 1-13 高速繊維ろ過槽の運転状況（日最大流入水量：9月2日）

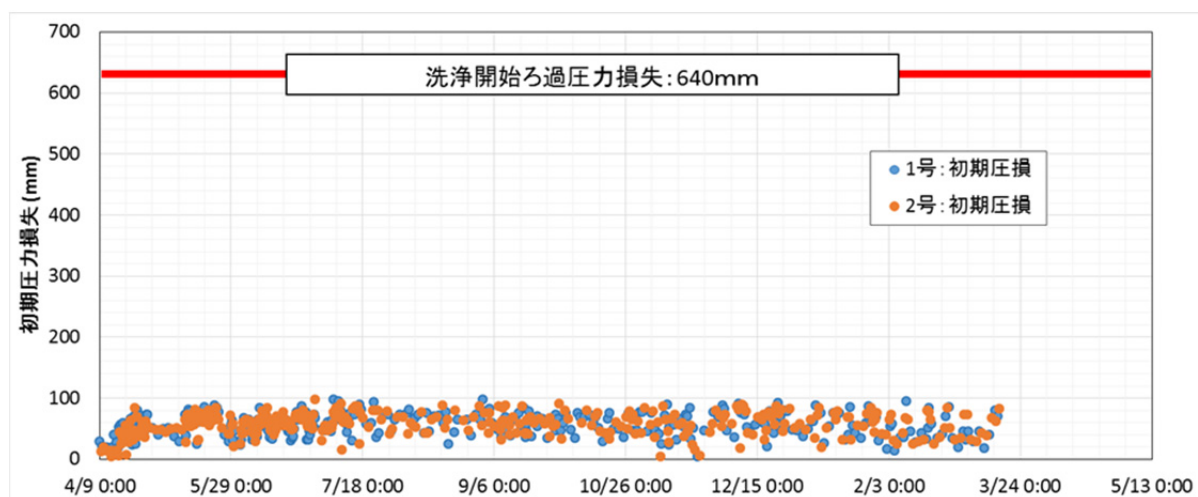
1. 実証研究結果



図資 1-14 SS 負荷量トレンド (日最大流入水量 : 9 月 2 日)

(3) 初期圧力損失の長期的変化の検証

2015 年 4 月 9 日～2016 年 2 月 21 日までの初期圧力損失 (運転切替直後の圧力損失) の経時変化を図資 1-15 に、初期圧力損失とろ過速度の関係を図資 1-16 に示す。高速繊維ろ過槽は 2 槽で交互運転を行っており、高速繊維ろ過槽 1-3-1 (1 号) と高速繊維ろ過槽 1-3-2 (2 号) とともに運転期間中 (10 ヶ月半) ほぼ 100mm 以下で安定して推移した。



図資 1-15 初期圧力損失の計変化

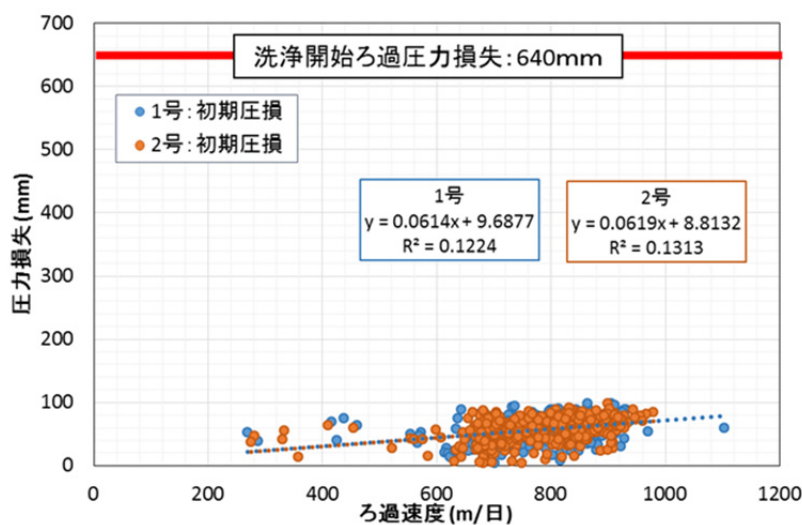


図 1-16 初期圧力損失とろ過速度の関係

1. 実証研究結果

1. 2. 2 反応タンク設備における流入水質・水量変動に対する処理の安定性

(1) 反応タンク設備の処理性能

1) 実証研究の運転条件

平成 27 年 4 月から平成 28 年 3 月までの日常試験及び通日試験時の運転条件を表資 1-10 にまとめる。

表資 1-10 日常試験及び通日試験時の運転条件

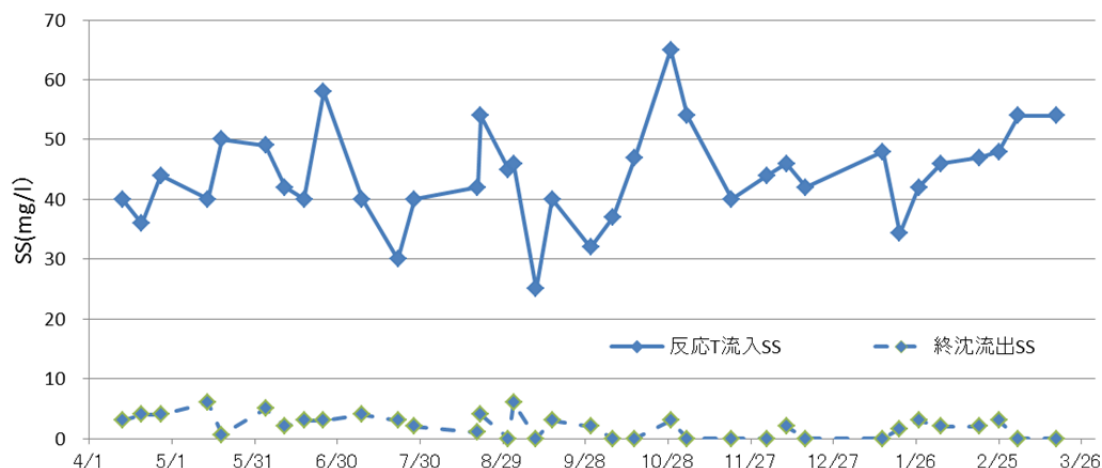
試験日	試験内容	運転条件	処理水量 (m ³ /d)	水温 (°C)	MLSS(mg/L)
4月13日	〃	日平均	1,800	21.1	2500
4月27日	〃	〃	2,810	22.1	1830
5月14日	〃	〃	2,810	23.2	2800
5月19日	通日試験(春)	〃	2,810	23.5	2700
6月4日	日常試験	〃	2,810	24.5	2400
6月11日	〃	〃	2,810	24.2	2100
6月18日	〃	〃	2,810	24.4	2170
6月25日	〃	〃	2,810	24.2	2000
7月9日	〃	〃	2,810	24.2	1900
7月22日	〃	〃	2,810	24.5	2500
7月28日	〃	〃	2,810	25.1	1965
8月11日	〃	〃	2,810	25.9	2000
8月20日	通日試験(夏)	〃	2,810	25.6	2275
8月21日	日常試験	日最大	3,750	25.4	1580
8月31日	〃	日平均	2,810	24.7	2000
9月3日	〃	日最大	3,750	26	2000
9月10日	日常試験	日平均	2,810	24.1	1900
9月16日	〃	〃	2,810	24.2	1855
9月30日	〃	〃	2,810	24	1600
10月8日	〃	〃	2,810	23	1855
10月16日	〃	〃	2,810	22	2000
10月29日	〃	〃	2,810	22.9	2100
11月4日	〃	〃	2,810	23.4	2200
11月5日	通日試験(秋)	〃	2,810	23.3	2000
11月20日	日常試験	〃	2,810	21.8	2298
12月3日	〃	〃	2,810	20	2355
12月10日	〃	〃	2,810	19.4	2400
12月17日	〃	〃	2,810	19.7	2400
1月14日	〃	〃	2,810	17.6	2400
1月20日	通日試験(冬)	〃	2,810	17.9	2550
1月27日	日常試験	〃	2,810	17.5	2500
2月4日	〃	〃	2,810	17	2500
2月18日	〃	〃	2,810	17.3	2600
2月25日	〃	〃	2,810	17.4	2700
3月3日	〃	〃	2,810	17.8	2800
3月17日	〃	〃	2,810	18.5	2600

1. 実証研究結果

2) 各水質の実証結果

① SS

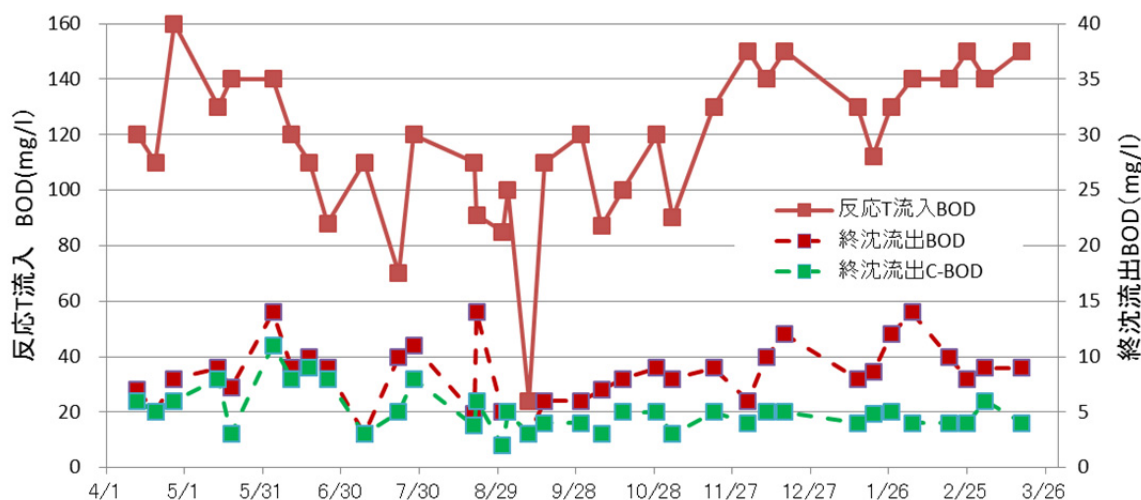
図資 1-17 に SS の反応タンクへの流入水及び最終沈殿池流出水の通年の水質結果を示す。流入水質は大きく変動したが処理水質は安定して 10mg/L 以下で処理された。



図資 1-17 実証試験結果 (SS)

② BOD

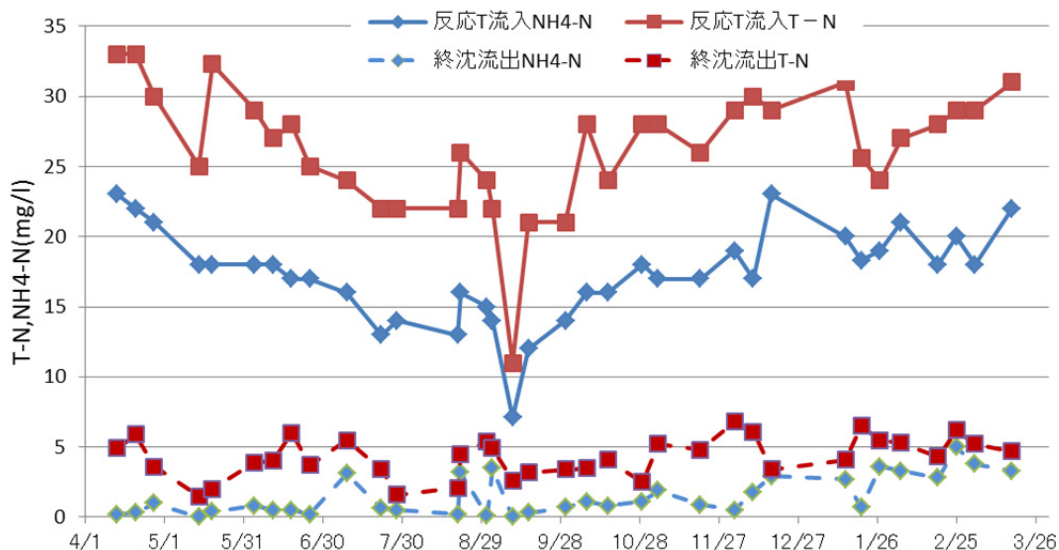
図資 1-18 に BOD の反応タンクへの流入水及び最終沈殿池流出水の通年の水質結果を示す。流入 BOD は大きく変動し、終沈殿池流出水の BOD については、目標値より高い値となる時期が見られた。最終沈殿池流出水の BOD が高い場合でも C-BOD については目標値以下で安定した処理が行われていたことから、NH₄-N の残留が要因と考えられる。省エネ運転を目指したこともあり、曝気風量不足により硝化が十分でなかったためと思われる、DO 消費量が多い夏季等では DO 値の設定等には十分な注意が必要であることが確認された。



図資 1-18 実証試験結果 (BOD)

③ T-N

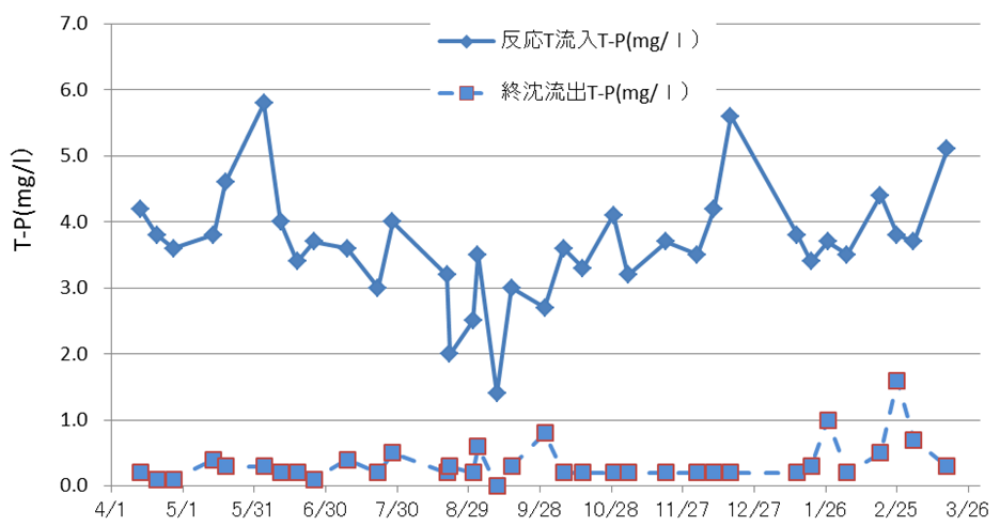
図資 1-19 に T-N 及び NH₄-N の反応タンクへの流入水及び最終沈殿池流出水の通年の水質結果を示す。流入水質では T-N 及び NH₄-N はほぼ同じ変動となっているが、最終沈殿池流出水はいずれも目標値以下の水質となった。ただし、NH₄-N が残留して高い場合もあり、BOD に影響を与えたものと思われる。



図資 1-19 実証試験結果 (T-N)

④ T-P

図資 1-20 に T-P の反応タンクへの流入水及び最終沈殿池流出水の通年の水質結果を示す。流入水質は大きく変動したが、最終沈殿池流出水では概ね 1mg/L 以下であり安定したりん除去が行われていることが確認された。当初は PAC 注入によるりん除去併用としていたが、4/26 より PAC 添加を中止し、生物学的りん除去のみで処理を行った。



図資 1-20 実証試験結果 (T-P)

1. 実証研究結果

3) 反応タンク設備における処理水質の安定性と評価

実証研究での平成 27 年 4 月から平成 28 年 3 月までの流入水、反応タンク流入水、及び最終沈殿池流出水の平均値、最大値、最小値、及び標準偏差を表資 1-11 にまとめる。

反応タンクへの流入水質は、高効率固液分離設備での固形物の除去効果が高いこともあり、SS は大幅に除去されている。T-BOD、T-N、T-P についても高効率固液分離設備で除去されており、SS 除去に伴った固形性の BOD、N、P も除去されたと考えられる。S-BOD や NH₄-N については、前処理ではほとんど除去されず、反応タンクへ流入することが確認された。

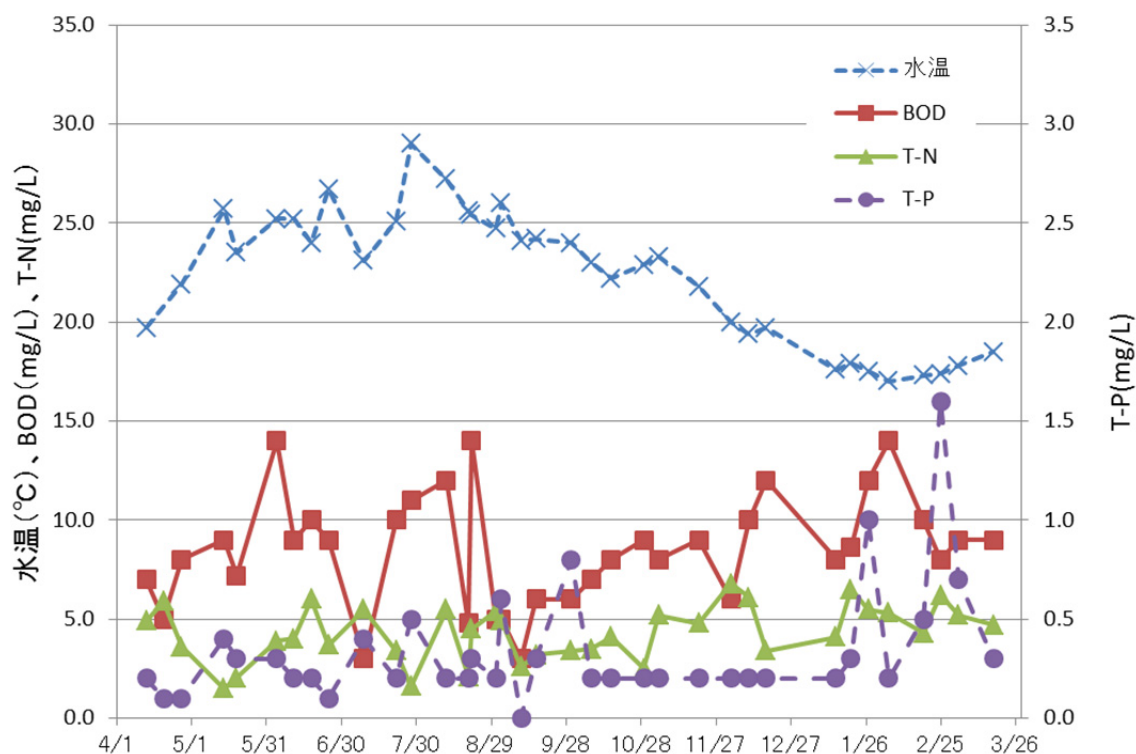
最終沈殿池流出水質について、年間における処理水質の状況を図資 1-21 に示す。

表資 1-11 実証設備における流入及び最終沈殿池流出水質 単位 mg/L

項目	流入水	反応タンク流入水	最終沈殿池流出水
SS	205±109 (78~530)	44±7.9 (25~65)	2.1±1.8 (0~6.0)
T-BOD	246±112 (67~580)	118±27 (24~220)	8.4±2.8 (3.0~14.0)
S-BOD	94±29 (18~160)	75±18 (17~110)	4.2±1.8 (2.0~9.0)
C-BOD	—	—	5.1±1.9 (2.0~11.0)
T-N	34±8 (14~59)	26±4.3 (11~33)	4.3±1.4 (1.5~6.8)
NH ₄ -N	18±4 (8~24)	17±3.3 (7~23)	1.5±1.4 (0~5.0)
T-P	5.1±1.7 (3~12)	3.7±0.8 (1.4~6.0)	0.34±0.30 (0~1.6)
水温 (°C)	22.3±3.3 (17.0~29.0)	—	—

※上段： 平均値±標準偏差、 下段：最小値～最大値

1. 実証研究結果



図資 1-21 年間の最終沈殿池流出水質

最終沈殿池流出水質は平均で BOD (mg/L) : 8.5、T-N (mg/L) : 4.3、T-P (mg/L) : 0.33 と安定した処理性能を得ることが確認された。

本技術は、生物学的窒素・りん除去法であり、従来の高度処理技術である嫌気無酸素好気法と同等以上の処理が可能な技術である。図資 1-21 に示すように日常試験データでは年間を通じて BOD (mg/L) 15 以下であり安定した処理が行われていることが確認できる。T-P については従来の生物学的りん除去と同じフローであり、T-P (mg/L) 3 以下であることが確認できる。T-N については従来の生物学的窒素除去法に比べて効率が高い窒素除去が可能で、T-N (mg/L) 10 以下であることが確認できる。

本技術の評価をまとめると次のようになる。

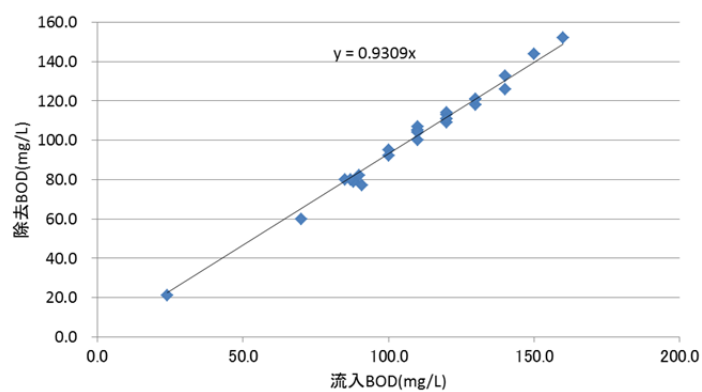
本技術は「BOD (mg/L) :10 を超え 15 以下、T-N (mg/L) : 10 以下、T-P (mg/L) : 3 以下」の計画放流水質を満足する処理方法である。

1. 実証研究結果

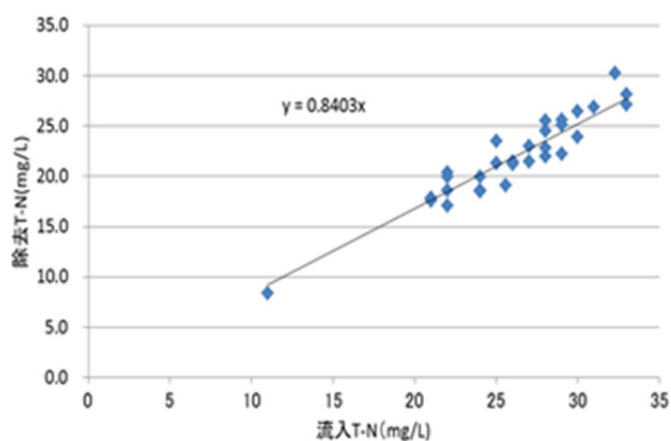
4) 反応タンク設備における処理水質の除去性能

実証研究における反応タンクへの流入水質及び最終沈殿池からの流出水質から求めた除去効果を図資 1-22～24 に示す。図資 1-22 に BOD の除去効果、図資 1-23 に T-N、図資 1-24 に T-P の除去効果を示す。

BOD については 93%、T-N については 84%、T-P については 93%と各水質項目とも高い除去効果が確認された。

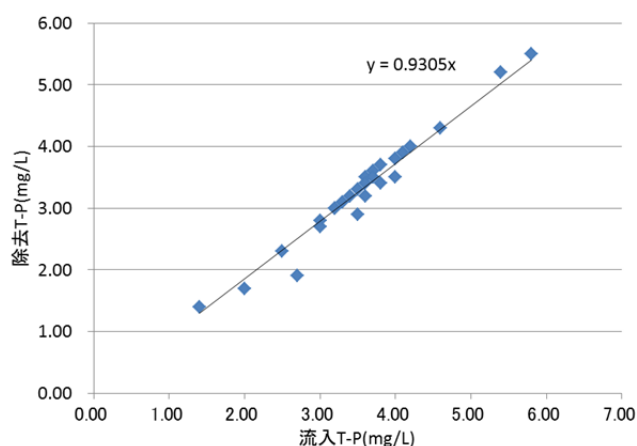


図資 1-22 BOD の除去性能



図資 1-23 T-N の除去性能

1. 実証研究結果



図資 1-24 T-P の除去性能

5) 反応タンク設備における流入水質・水量変動に対する安定性の検証（通日試験における安定性の検証）

反応タンク設備における通日試験を季節毎に 4 回行った。通日試験の試験条件を表資 1-12 に示す。反応タンク設備への流入水と最終沈殿池流出水の通日試験について、図資 1-25 に SS、図資 1-26 に BOD、図資 1-27 に T-N、図資 1-28 に T-P の結果をそれぞれ示す。

図資 1-25 に示すように、反応タンク流入水 SS について通日試験開始時の 11:00 に高い傾向があった。この傾向は、BOD、T-N、T-P でも見られた。反応タンク流入水 SS は最大 85mg/L であり、時間による変動幅も大きい但最终沈殿池流出水は平均値で 1.1mg/L と安定した除去効果を示した。

図資 1-26 に示すように、反応タンク流入水 BOD については、変動幅は大きく、特に 1/19-20 には最高 220mg/L から最低 68mg/L と変動したが、最終沈殿池流出水 BOD は平均 7.3mg/L と高い除去効果を得ており、ほぼ 15mg/L 以下と安定して処理されていることが確認できた。

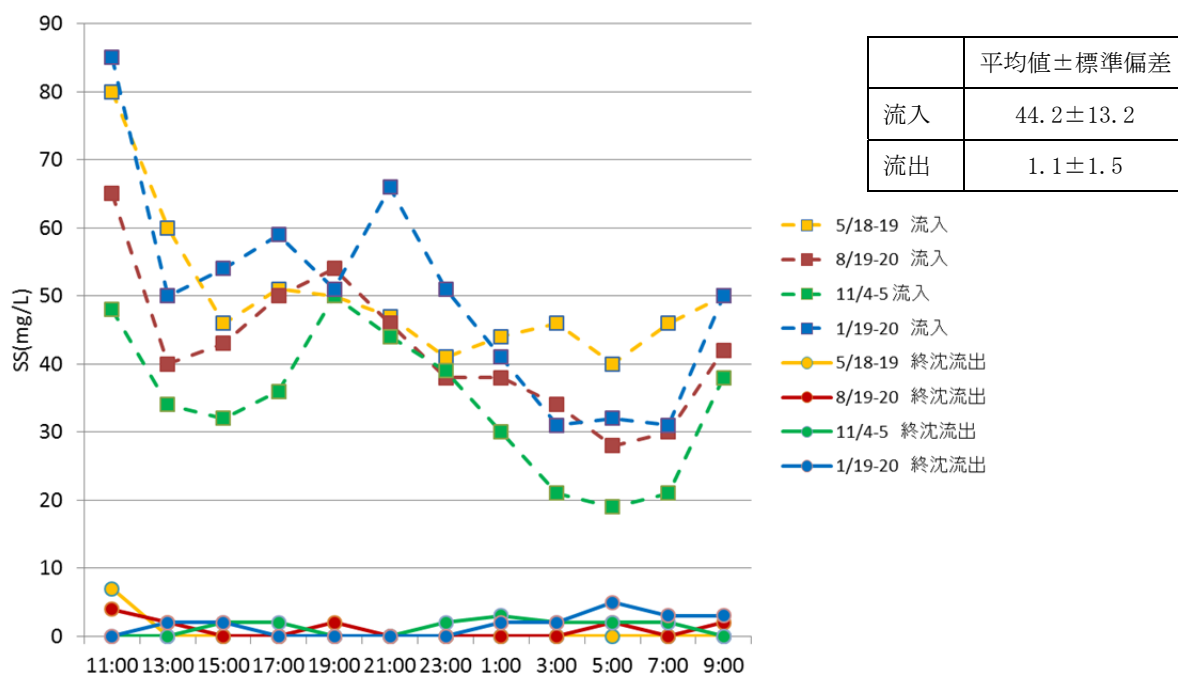
図資 1-27 に示すように、反応タンク流入水 T-N の平均値は 26.1mg/L で変動幅も大きい、但最终沈殿池流出水 T-N は平均 3.8mg/L と低く、最大でも 7.1mg/L と安定して処理されていることが確認された。

図資 1-28 に示すように、反応タンク流入水 T-P の平均値は 3.6mg/L で最大 5.6mg/L と高い場合もあるが、最終沈殿池流出水 T-P の平均値は 0.2mg/L と低く、安定して処理されていることが確認された。

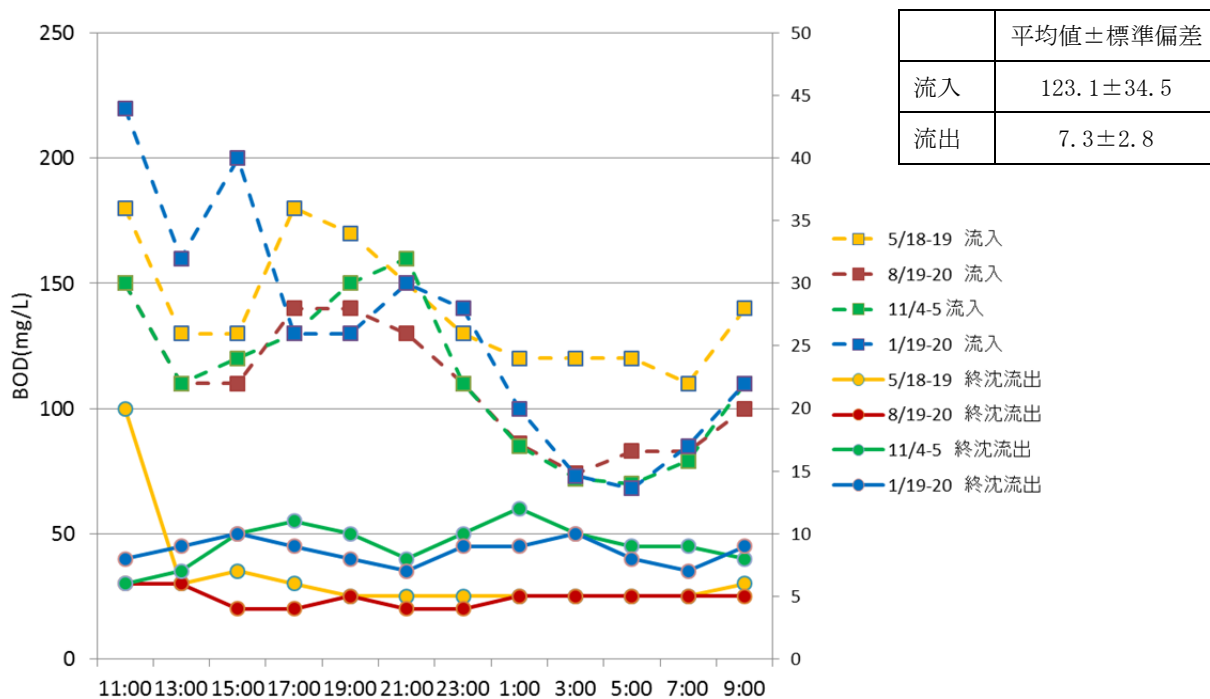
表資 1-12 通日試験条件

試験日	流入水量 (m ³ /日)	MLSS (mg/L)	水温 (°C)
H27 年 5/18-19	2,810	2,580	23.5
8/19-20	2,810	1,915	25.6
11/4-5	2,810	1,959	23.3
H28 年 1/19-20	2,810	2,596	19.2

1. 実証研究結果

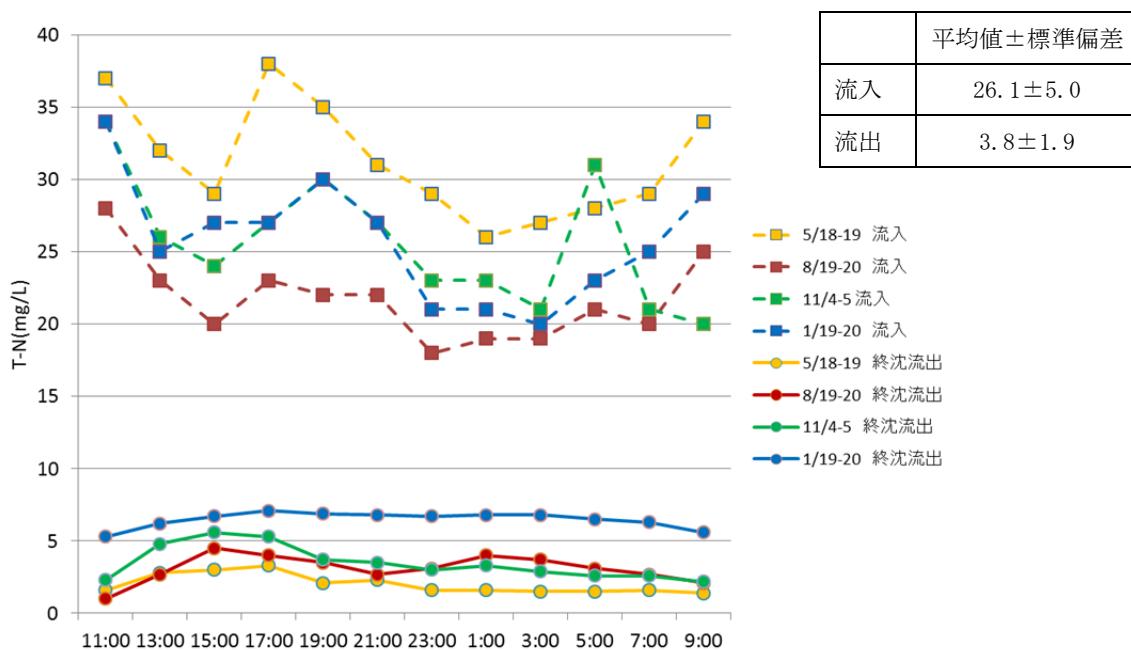


図資 1-25 通日試験結果 (SS)

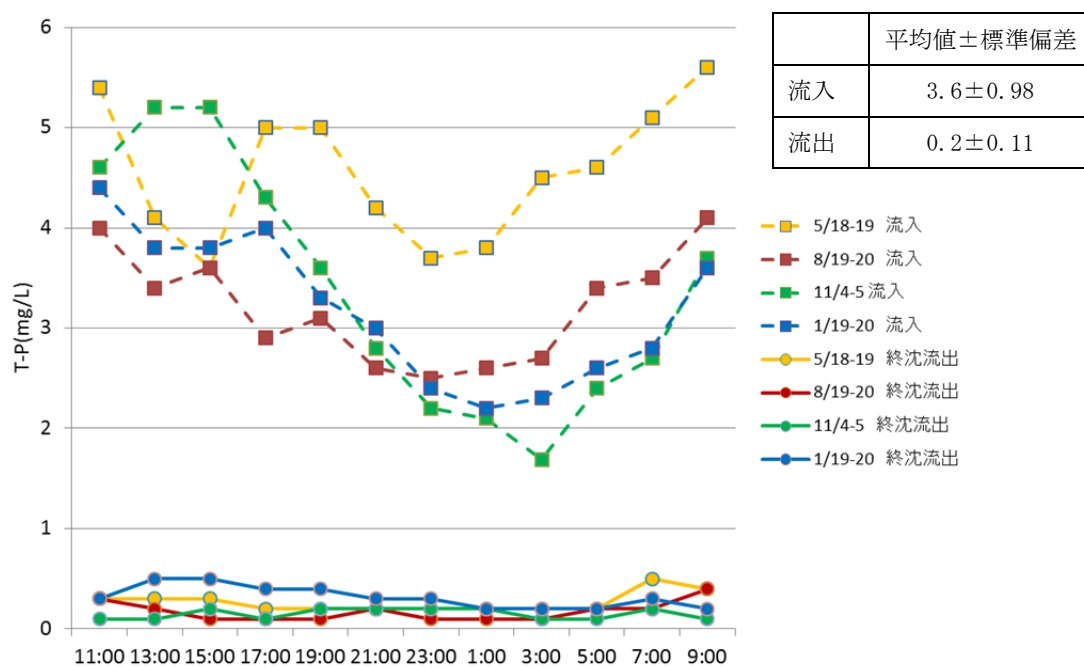


図資 1-26 通日試験結果 (BOD)

1. 実証研究結果



図資 1-27 通日試験結果 (T-N)



図資 1-28 通日試験結果 (T-P)

1. 実証研究結果

6) 反応タンク設備における流入水質・水量変動に対する安定性の検証（日最大流入量における安定性の検証）

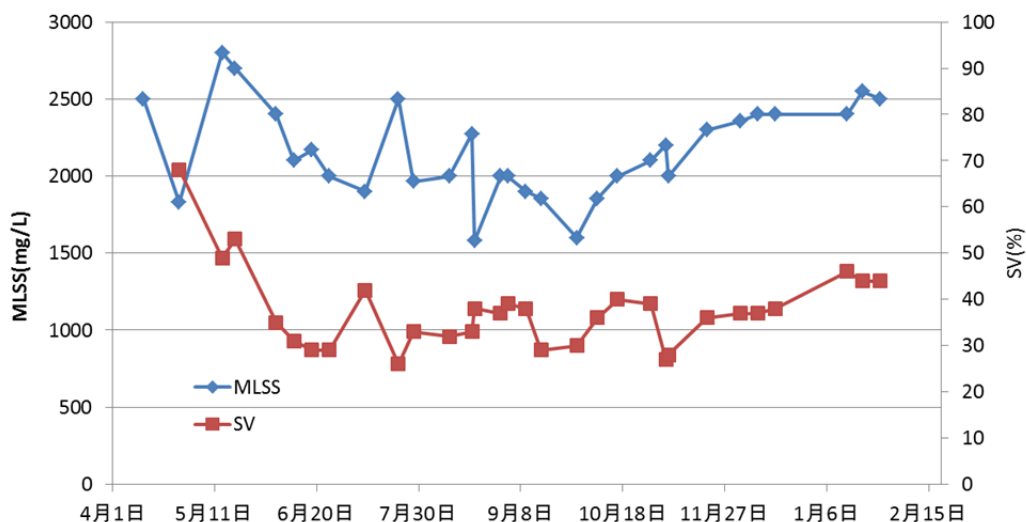
8月20～21日、9月2～3日の2回、計画日最大流入水量（3,750m³/日）で運転を行った。表資1-13に反応タンクへの流入水質（流入）及び最終沈殿池からの流出水（処理水）の試験結果を示す。処理水質は両日ともBOD（mg/L）15以下、T-N（mg/L）10以下、T-P（mg/L）1以下となり、計画日最大流入水量でも安定した処理が行われることが確認できた。

表資 1-13 計画日最大流入水量の試験結果

水質項目	8月20～21日		9月2～3日	
	流入	処理水	流入	処理水
SS (mg/L)	54	4.0	46	5.3
BOD (mg/L)	91	14.0	100	5.0
T-N (mg/L)	26	4.5	22	4.9
T-P (mg/L)	2.0	0.3	3.5	0.6

7) 反応タンクのMLSS及びSVの検証

反応タンクのMLSS濃度及びSVの関係について図資1-29に示す。必要A-SRTの確保から夏期はMLSSを2,000mg/L前後、冬期は2,500mg/Lとして運転した。SVは運転当初は高かったが、5月以降には落ち着き、夏期は30～40%、冬期では40～50%であり、沈降性は比較的良好であった。本技術はMLSS濃度を従来の高度処理より比較的低く保つことで既設（標準活性汚泥法）の最終沈殿池の計画水面積負荷での運転が可能であり、実証研究でも最終沈殿池からの流出SSは低く、活性汚泥の沈降性の良さも確認できた。



図資 1-29 反応タンクのMLSS及びSV

2. ケーススタディー

2. 1 各機器の算定根拠

本技術及び従来技術について必要池寸法、容量及び送風量から主要機器を算出した。既設の標準活性汚泥法の1水路当り処理水量 12,500m³/日をベースとし、本技術については既設の標準活性汚泥法と各池とも容量が同じであるため、生汚泥ポンプ及び余剰汚泥ポンプを除き必要機器は1水路当りの機器数の4倍とし、従来技術については、最初沈殿池、最終沈殿池は既設標準活性汚泥法と同じ4水路であるが、反応タンクは必要 A-SRT から倍の8水路として機器を算定した。

維持管理費の各機器の負荷率については、日平均/日最大の比率の0.75としたが、本技術の最初沈殿池（高効率固液分離設備）は、実証研究結果から0.86として算定した。

2. 2 主要機器リスト

(1) 本技術の機器リスト

表資 2-1 本技術（50,000m³/日処理規模）主要機器リスト

NO	機器名称	形式	仕様	KW	今回台数
1					
2	(最初沈殿池)				
3	掻き寄せ機	フライト式（2池1駆動）	5mW×12mL	0.4	4
4	スカムスキマー	電動式バイブスキマー	5mW	0.2	8
5	ろ過機		ろ過面積10m ²	—	16
6	洗浄用ブロワ	オイルフリー式ルーツブロワ	吐出量4.2Nm ³ /min	5.5	8
7	洗浄排水槽攪拌機	水中ミキサー	攪拌容量37m ³	1.5	4
8	洗浄排水ポンプ	水中汚水ポンプ	吐出量4.2m ³ /min	11	8
9	生汚泥引抜ポンプ	無閉塞付汚泥ポンプ	φ150×1.9m ³ /min×5mH	3.7	2
10	原水流入ゲート	鑄鉄製ゲート	1000mmW×400mmH×設計水深4m	0.75	16
11	洗浄水ゲート	鑄鉄製ゲート、開度調整機能付き	1000mmW×200mmH×設計水深3m	0.75	16
12	洗浄排水ゲート	鑄鉄製ゲート	1000mmW×400mmH×設計水深1m	0.4	16
13	排水弁	電動蝶形弁（2床式）	Φ350×設置距離2.3m	0.2	16
14	次亜塩素酸ソーダ注入ポンプ	ダイヤフラム形自動ストローク制御		0.018	1
15	吊上げ装置	手動式チェーンブロック	0.5ton	—	4
16	生汚泥引抜弁	偏心構造弁	φ150	0.2	2
17	設備排水用弁	手動式仕切弁（2床式）	Φ200×設置距離4.3m	—	16
18					
19	(反応タンク)				
20	嫌気槽攪拌機	電動機直結型	槽容量 500m ³	1.5	4
21	反応槽流入ゲート	外ネジ式鑄鉄製角形	600×600	—	4
22	水流発生装置	循環水路用縦軸式	φ1750mm	15	8
23	散気装置	メンブレン式	曝気風量44.6m ³ /分	—	4
24					
25					
26	(最終沈殿池)				
27	汚泥かき寄せ機	チェーンフライト式	2池1駆動 5mW×60mL	1.5	4
28	返送汚泥ポンプ	無閉塞型汚泥ポンプ	φ200×4.3m ³ /min×2.0mH	3.7	5
29	余剰汚泥ポンプ	無閉塞型汚泥ポンプ	φ100×1.2m ³ /min×5.0mH	3.7	2
29	最終沈殿池流入ゲート	外ネジ式鑄鉄製角形	600×600	—	4
30	返送汚泥引抜弁	偏心構造弁	φ200	0.2	5
31	余剰汚泥切替弁	偏心構造弁	φ100	0.2	2
32					
33					
34	(送風機)				
35	送風機(1)	スクリー式送風機	44.6m ³ /min×60kPa	57	5
36					

(2) 従来技術（嫌気無酸素好気法）の機器リスト

表資 2-2 従来技術（嫌気無酸素好気法）（50,000m³/日処理規模）主要機器リスト

NO	機器名称	形式	仕様	KW	今回台数
1					
2	(最初沈殿池設備)				
3	掻き寄せ機	チェーンフライト式（2池1駆動）	5mW×40mL×3mH	1.5	4
4	生汚泥引抜ポンプ	無閉塞型汚泥ポンプ	φ150×1.9m ³ /min×5mH	3.7	2
5	原水流入ゲート	鑄鉄製ゲート	600×600	—	4
6	初沈流出ゲート	鑄鉄製ゲート	600×600	—	4
7	生汚泥引抜弁	偏心構造弁	φ150	0.2	2
8					
9	(生物反応槽設備)				
10	嫌気槽攪拌機	水中機械攪拌式	250m ³	3.7	8
11	反応槽流入ゲート	外ネジ式鑄鉄製角形	400×400	—	8
12	無酸素槽攪拌機	水中機械攪拌式	1650m ³	11	16
13	循環水ポンプ	横軸式循環ポンプ	φ300×6.5m ³ /min×2mH	5.5	9
14	散気装置	メンブレン式	曝気風量30m ³ /分	—	8
15					
16	循環水ポンプ引抜弁	電動仕切弁	φ300	1.5	9
17					
18					
19	(最終沈殿池設備)				
20	汚泥かき寄せ機	チェーンフライト式	2池1駆動 5mW×60mL	1.5	4
21	返送汚泥ポンプ	無閉塞型汚泥ポンプ	φ200×4.3m ³ /min×2.0mH	3.7	5
22	余剰汚泥ポンプ	無閉塞型汚泥ポンプ	φ100×1.2m ³ /min×5.0mH	3.7	2
22	最終沈殿池流入ゲート	外ネジ式鑄鉄製角形	600×600	—	4
30	返送汚泥引抜弁	偏心構造弁	φ200	0.2	5
31	余剰汚泥切替弁	偏心構造弁	φ100	0.2	2
32					
33	(送風機)				
34	送風機	ターボブロー	120.4m ³ /min×60kPa	200	3
35	送風制御弁	電油バタフライ弁	φ400	0.4	4
36					
37					
38					
39					

(2) 従来技術の維持管理算出リスト

表資 2-5 従来技術（嫌気無酸素好気法）（50,000m³/日処理規模）電力量算出リスト

1. 電力量											
NO	機器名称	形式	仕様	kW	台数	常用	総kW	稼働Hr	負荷率	電力量	備考
									%	kWh/日	
1	(最初沈殿池設備)										
2	掻き寄せ機	チェーンフライト式 (2池1駆動)	5mW×40mL×3mH	1.5	4	4	6	24	0.75	108	
3	生汚泥引抜ポンプ	無閉塞型汚泥ポンプ	φ150×1.9m ³ /min×5mH	3.7	2	1	3.7	4	0.75	11.1	
4	原水流入ゲート	鑄鉄製ゲート	600×600	-	4	4					
5	初沈流出ゲート	鑄鉄製ゲート	600×600	-	4	4					
6	生汚泥引抜弁	偏心構造弁	φ150	0.2	8	8					
7											
8	(生物反応槽設備)										
9	嫌気槽攪拌機	水中機械攪拌式	250m ³	3.7	8	8	29.6	24	0.75	532.8	
10	反応槽流入ゲート	外ネジ式鑄鉄製角形	400×400	-	8	8					
11	無酸素槽攪拌機	水中機械攪拌式	1650m ³	11	16	16	176	24	0.75	3168	
12	循環水ポンプ	横軸式循環ポンプ	φ300×6.5m ³ /min×2mH	5.5	9	8	44	24	0.75	792	
13	散気装置	メンブレン式	曝気風量30m ³ /分	-	8	8					
14											
15	循環水ポンプ引抜弁	電動仕切弁	φ300	1.5	9	8					
16											
17											
18	(最終沈殿池設備)										
19	汚泥かき寄せ機	チェーンフライト式	2池1駆動 5mW×60mL	1.5	4	4	6	24	0.75	108	
20	返送汚泥ポンプ	無閉塞型汚泥ポンプ	φ200×4.3m ³ /min×2.0mH	3.7	5	4	14.8	24	0.75	266.4	
21	余剰汚泥ポンプ	無閉塞型汚泥ポンプ	φ100×1.2m ³ /min×5.0mH	3.7	2	1	3.7	8	0.75	22.2	
22	最終沈殿池流入ゲート	外ネジ式鑄鉄製角形	600×600	-	4	4					
23	返送汚泥引抜弁	偏心構造弁	φ200	0.2	5	4					
24	余剰汚泥切替弁	偏心構造弁	φ100	0.2	2	1					
25											
26	(送風機)										
27	送風機(1)	ターボブロー	120.4m ³ /min×60kPa	200	3	2	400	24	0.75	7200	
28	送風制御弁	電油バタフライ弁	φ400	0.4	4	4	1.6	24	0.75	28.8	
29									kWh/日	kWh/年	
30			最初沈殿池					119		43,472	
31			小計					119		43,472	
32			反応槽					4492.8		1,639,872	
33			終沈					396.6		144,759	
34			送風機					7228.8		2,638,512	
35			小計							4,423,143	
36											
37											
38			計							4,466,615	
39			電力費							66,999	千円/年
										(15円/kWh)	

表資 2-6 従来技術（嫌気無酸素好気法）（50,000m³/日処理規模）汚泥処分費算出リスト

2. 汚泥処分費										
				mg/L						
	発生汚泥量		流入原水SS	180						
			反応タンク流入SS	90						
			〃 S-BOD	70						
			生汚泥量		3600	kg/d				
			余剰汚泥量		4819	kg/d				
			計		8419	kg/d				
			脱水ケーキ含水率		75	%				
			脱水ケーキ量		33.68	t/d				
			脱水ケーキ処分費		196,691	千円/年				

3. 設計値の検証

3. 1 反応タンク設備における発生汚泥量の検証

本技術は従来の高度処理と異なり、最初沈殿池に当たる高効率固液分離設備での固形物の除去効果が高く、反応タンクへの流入は溶解性成分が多くなるため、余剰汚泥発生量が従来の高度処理と異なる可能性もある。このため、余剰汚泥発生量を実証データから確認し、S-BOD の汚泥転換率を求めた。

表資 3-1 に実証研究での余剰汚泥量を示す。表資 3-1 で反応タンクへの流入 SS 量、BOD 量、S-BOD 量、余剰汚泥量 (SS 量)、終沈流出 SS 量については実測データより求めた。発生汚泥量については設計指針より下記の式が成り立つものとした。

$$\text{余剰汚泥量} = a \times \text{S-BOD 量} + b \times \text{SS 量} - c \times \text{好気ゾーンの MLSS 量} - \text{放流 SS 量}$$

…………… (式資 3-1)

係数 b 及び c は、処理法の差異によって設計指針の値と大きく異なることはないと考え、 $b=0.95$ 、 $c=0.03$ とした。式資 3-1、表資 3-1 より、S-BOD 汚泥転換率 a は

$$a = \frac{\text{③余剰汚泥 SS 量} - (\text{①}0.95 \times \text{流入 SS 量} - \text{④放流 SS 量} - \text{⑤汚泥自己分解量})}{\text{②流入 S-BOD 量}}$$

…………… (式資 3-2)

から求めることができる。この式より S-BOD の汚泥転換率 a を求めると、 0.461g-MLSS/g-BOD の結果となり、本技術での S-BOD 汚泥転換率は設計指針値 (0.4~0.6) の範囲であることが確認された。

表資 3-1 実証研究での余剰汚泥量

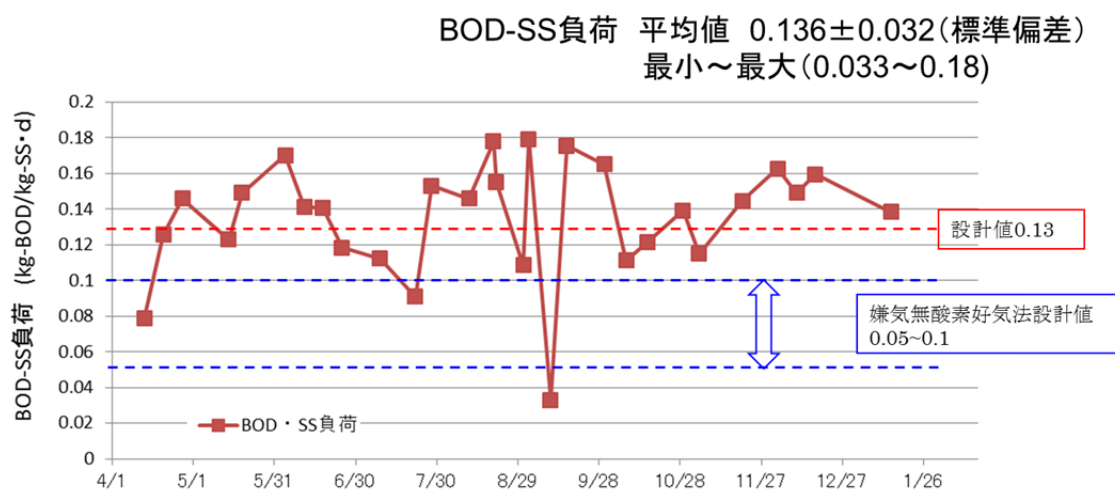
日付 (日常試験日)	反応タンク流入				余剰汚泥 ③SS kg/日	終沈流出 ④SS kg/日	MLSS mg/l	汚泥自己分解 ⑤ C ※2 kg/日
	SS kg/日	①SS×0.95※1 kg/日	②T-BOD kg/日	②S-BOD kg/日				
4/13	73.5	69.8	220.6	141.5	52.5	5.5	2500	41.3
4/20	82.8	78.7	253	140.3	81	9.2	2800	46.2
5/14	112.4	106.8	365.3	247.3	294	16.9	2700	44.6
6/11	118	112.1	337.2	227.6	196	5.6	2170	35.8
6/25	163	154.9	247.3	185.5	185.5	8.4	1900	31.4
7/9	112.4	106.8	309.1	238.9	189	11.2	2500	41.3
7/28	112.4	106.8	337.2	281	192.5	5.6	2000	33
8/21	151.7	144.1	255.7	160.2	227.5	11.2	2000	33
8/31	126.5	120.2	238.9	157.4	192.5	0	2000	33
9/2	129.3	122.8	281	199.5	192.5	16.9	1900	31.4
9/16	112.4	106.8	309.1	177	84	8.4	1600	26.4
10/16	132.1	125.5	281	174.2	175	0	2100	34.7
10/29	182.7	173.6	337.2	207.9	238	8.4	2200	36.3
11/4	151.7	144.1	252.9	126.5	171.5	0	2000	33
12/10	129.3	122.8	393.4	255.7	220.5	0	2400	39.6
12/17	118	112.1	421.5	247.3	84	0	2400	39.6
1/14	134.9	128.2	365.3	199.5	84	0	2400	39.6
平均値	126.1	119.8	306.2	198.1	168.2	6.3	2210	36.5

※1 SSの転換率を0.95とする。

※2 C=MLSS×550(好気ゾーン容量)/1000 ×0.03

3. 2 反応タンク設備の BOD-SS 負荷の検証

本技術においては、標準活性汚泥法の反応タンクを利用する場合に HRT より BOD-SS 負荷をある程度高く保つ必要がある。実証研究における BOD-SS 負荷を図資 3-1 に示す。実証研究における BOD-SS 負荷は、平均すると標準活性汚泥法における施設設計値の 0.13kg-BOD/kg-SS・日と概ね同程度であることが確認された。実証値は嫌気無酸素好気法の設計値 0.05~0.1kg-BOD/kg-SS・日より高く、本技術が従来技術より反応タンクの滞留時間で有利となることが示された。

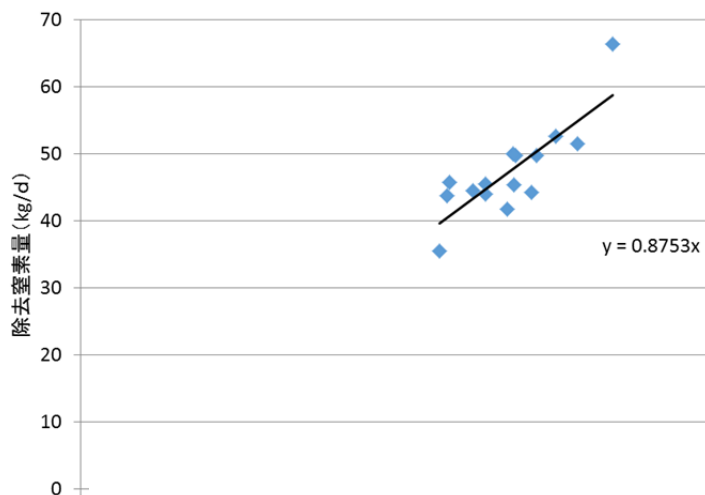


図資 3-1 年間での BOD-SS 負荷実証値

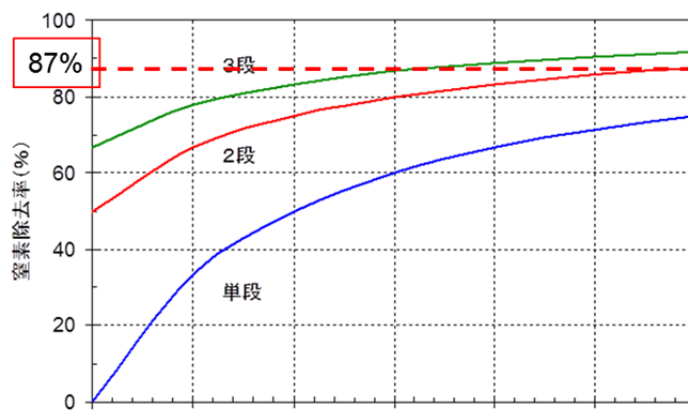
3. 3 反応タンク設備の窒素除去性能の検証

(1) 実証研究における窒素収支の検証

実証研究における窒素除去について、硝化対象窒素と最終沈殿池より流出した窒素量より約 87%と高い窒素除去性能が確認された。本技術は好気ゾーン及び無酸素ゾーンによる硝化脱窒を行うことで見かけ上の循環率が非常に高く、また無酸素槽への空気の持ち込みがないこともあり、効率が良い窒素除去性能が得られていると考えられる。約 87%と高い窒素除去性能は、多段式循環法の3段階ステップ法での循環比 1.5 に相当する。(図資 3-2)

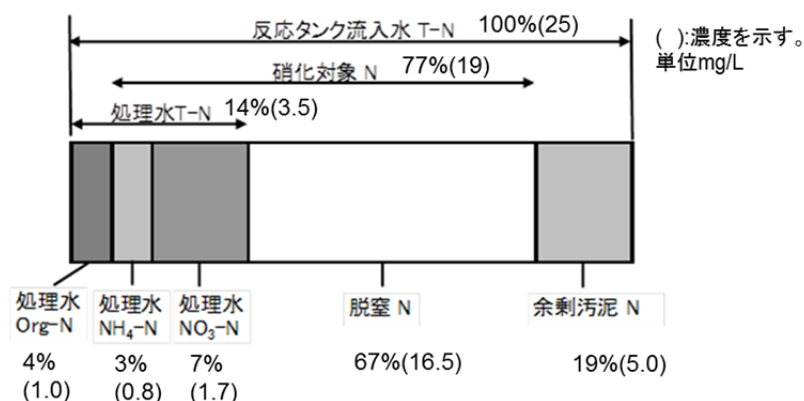


図資 3-2 実証研究における窒素除去性能

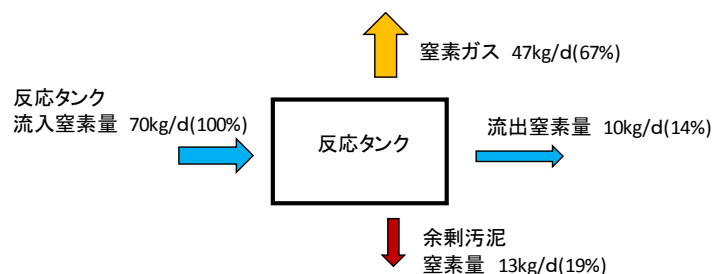


図資 3-3 多段式循環法と比較した本技術窒素除去性能

本技術における反応タンクへの窒素収支について整理した。窒素形態を図資 3-4 に示すが、実証研究では反応タンクへ流入する全窒素（T-N）の内、余剰汚泥として除去される窒素量が約 19%、及び硝化されない有機性窒素が約 4%あり、余剰汚泥及び有機体窒素を除いた約 77%が硝化対象窒素となり、反応タンクへ流入する全窒素に内、約 67%（硝化対象窒素では約 87%）が脱窒により窒素ガスとなることが確認された。反応タンクでの窒素収支（図資 3-5）により実証研究では反応タンクへ流入する全窒素の内、最終沈殿池より流出する窒素量は 14%となり、脱窒及び余剰汚泥より 86%の窒素が除去されていることが確認された。



図資 3-4 実証研究における窒素形態



図資 3-5 実証研究における窒素収支の関係

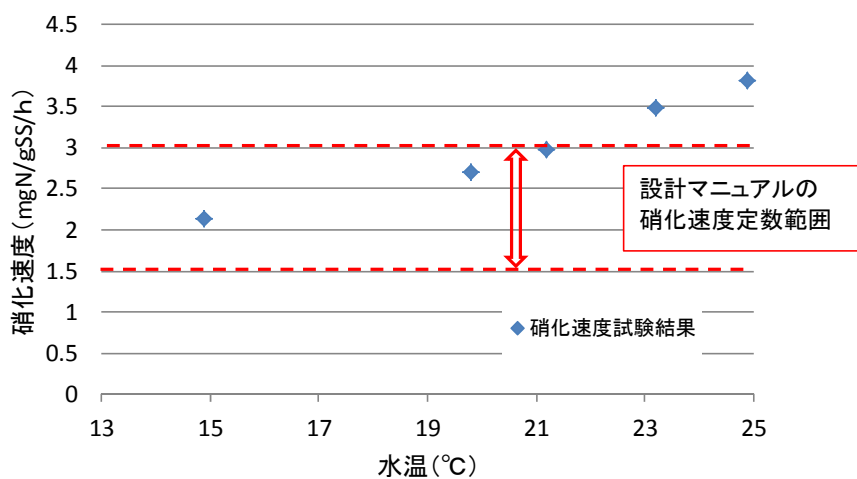
② 硝化速度の検証

実証研究において、硝化速度定数試験により硝化速度定数を確認した。硝化速度定数試験での測定条件を表資 3-2 に示す。

表資 3-2 硝化速度定数の試験条件

測定日	水温 (°C)	pH	MLSS (mg/L)
H27年6月9日	23.2	7.6	2,040
9月3日	24.9	8.1	1,650
11月19日	21.2	7.5	1,670
12月6日	19.7	7.8	2,060
H28年2月10日	14.9	7.8	2,140

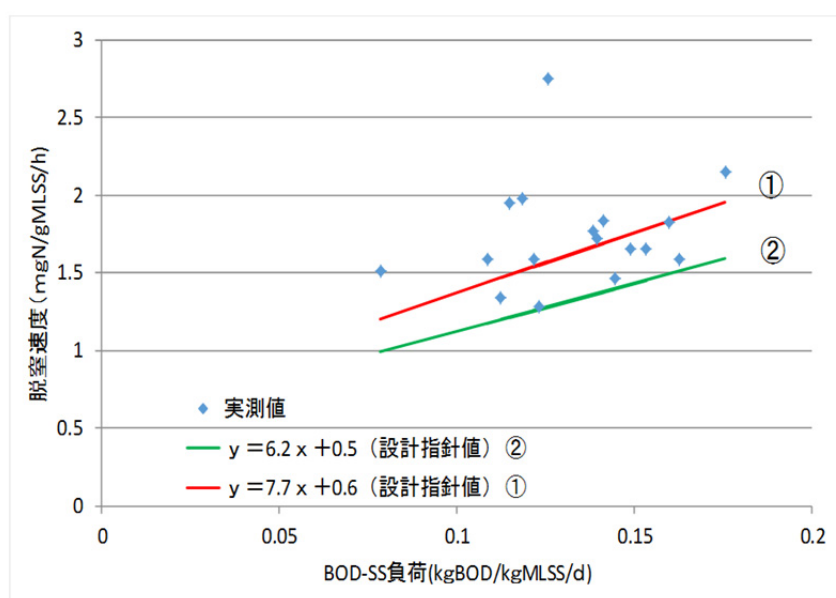
高度処理設計マニュアル(案) (平成6年 日本下水道協会) (以下、設計マニュアル) p.192 に循環式硝化脱窒法の硝化速度は水温 13~25°C で 1.5~3.0mgN/gMLSS/h とある。硝化速度定数試験による実証値と設計マニュアル値の関係を図資 3-6 に示す。実証値は設計マニュアルでの範囲よりやや高い硝化速度となり、水温に比例することが認められた。本技術の硝化速度は循環式硝化脱窒法での設計範囲であり、設計マニュアルでの A-SRT による硝化の考え方で設計可能であると考えられる。



図資 3-6 水温と硝化速度の関係

③ 脱窒速度の検証

設計指針では、脱窒速度と BOD-SS 負荷との関係が示されている。実証研究における日常試験での窒素量の収支から算出した硝化対象窒素の除去量と、無酸素ゾーンでの MLSS 量から脱窒速度を求めた。ここで無酸素ゾーンは DO 計の設定値から反応タンク容量の約 50%として計算した。実証研究で求めた脱窒速度（実測値）と設計指針での値の関係を図資 3-7 に示す。設計指針では通常的设计で使用される①式と脱窒速度に余裕を持たせた（①式の 0.8 倍）②式の両式を図示している。実測値と BOD-SS 負荷の関係は明確ではないが、実測値は設計指針の①の前後の値となっており、②式より脱窒速度が高い値を示すことが確認された。脱窒速度については、安全をみると②式となるが、設計指針で使用されている①式で設計を行うことが可能と思われる。



図資 3-7 BOD-SS 負荷と脱窒速度の関係

3. 4 脱水性能の検証

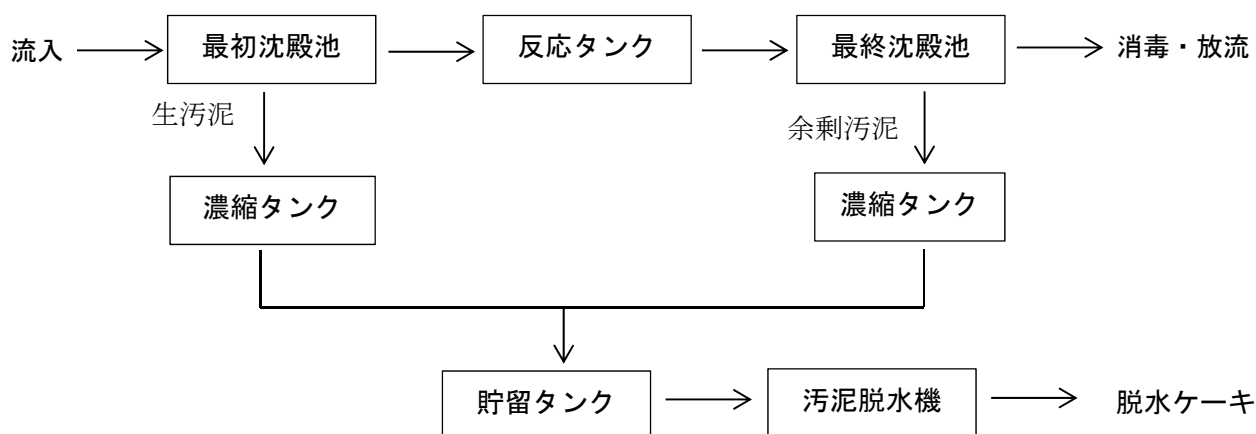
(1) 脱水試験目的

本技術では、既存の最初沈殿池に代えて、前処理設備として高効率固液分離技術を導入する。高効率固液分離技術の特徴として、流入下水中の固形物を最初沈殿池より効率的に除去できる。そのため、水処理工程から発生する汚泥は、既設の生汚泥（初沈汚泥）と余剰汚泥の比率【生：余剰＝5：5程度】に比べて脱水しやすい生汚泥の比率が増加し、脱水性能の向上が期待できる。本試験では、その脱水性能の向上効果を確認することを目的とした。

なお、本項では、既設の標準活性汚泥法を従来系、本技術を実証系と表記する。

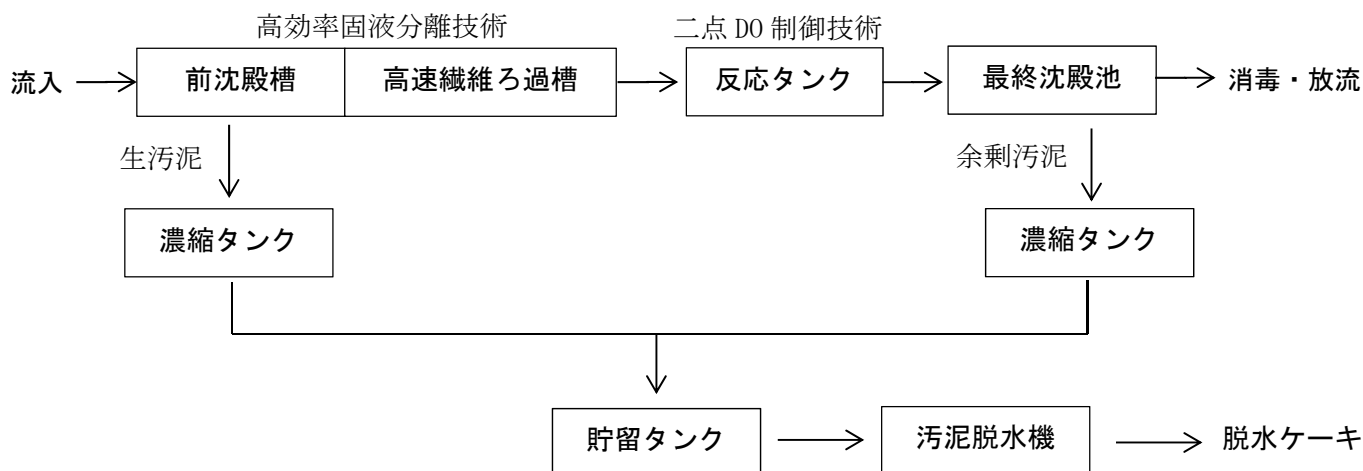
(2) 水処理フロー

1) 従来系（水処理方式：標準活性汚泥法）



図資 3-8 従来系水処理フロー

2) 実証系（水処理方式：高度処理方式）



図資 3-9 実証系水処理フロー

(3) 試験概要

1) 試験期間

表資 3-3 試験期間

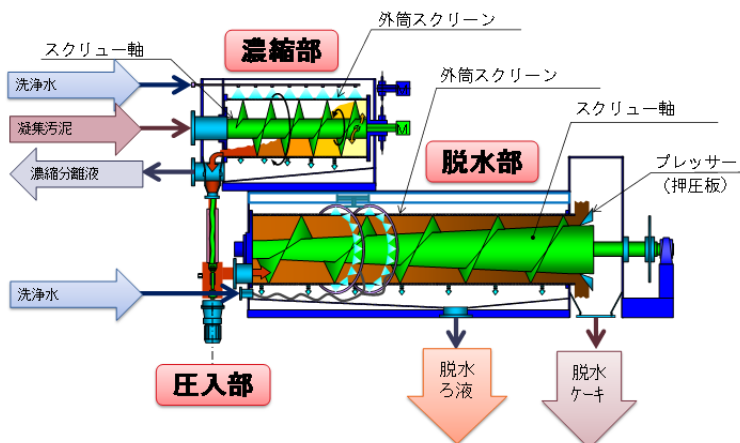
月 日	内 容
8月24日～26日	搬入・据付・試運転
8月27日～9月10日	脱水試験
9月11日～9月17日	片付け・撤去

2) 試験脱水機

表資 3-4 試験脱水機仕様

型 式	圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型※1
スクリーン径	φ 300mm

※1：平成 23・24 年度に JS と共同研究を実施（平成 25 年 3 月終了）
平成 25 年 7 月 JS 新技術 I 類登録



図資 3-10 圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型 概念図

圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型の JS の標準性能を表資 3-5 に示す。

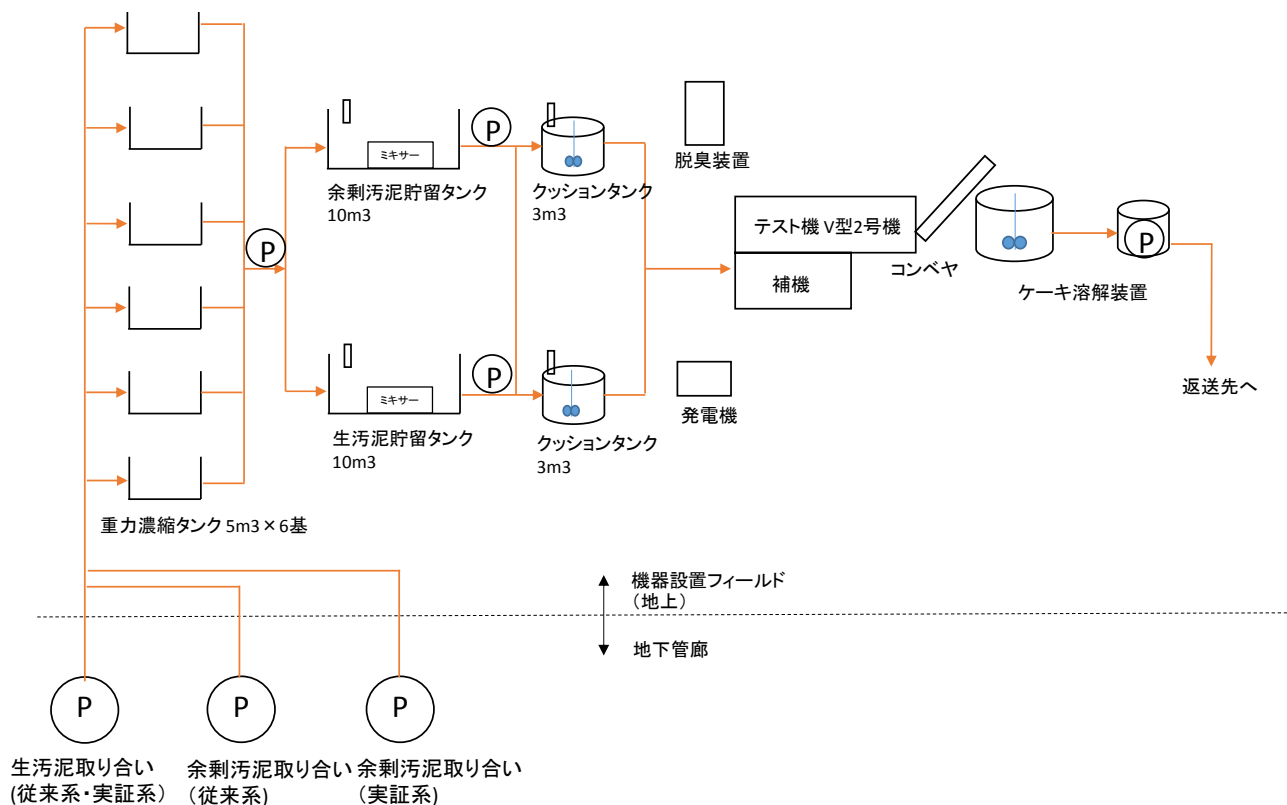
表資 3-5 圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型の JS 標準性能

汚泥の種類		混合生汚泥								
汚泥性状	強熱減量 (VTS) (%)	83～86		80～83		77～80		75～77		
	汚泥濃度 (TS)	重力式 (%)	1.0		1.5		2.0		2.5	
		機械式 (%)	3.5 程度		3.5 程度		3.5 程度		3.5 程度	
	繊維状物 (100 メッシュ) (%)	10	20	10	20	10	20	10	20	
重力濃縮	1 液調質	脱水汚泥含水率 (%)	76	75	75	73	74	72	72	70
		処理量 (kg-ds/h・φ 300)	17	29	25	33	33	41	41	49
		固形物 (SS) 回収率 (%)	95 以上		95 以上		95 以上		95 以上	
		薬注率 (対 TS ; ホリマー) (%)	1.4 以下		1.3 以下		1.2 以下		1.0 以下	
機械濃縮	1 液調質	脱水汚泥含水率 (%)	76	75	75	73	74	72	72	70
		処理量 (kg-ds/h・φ 300)	37	47	41	50	41	50	46	53
		固形物 (SS) 回収率 (%)	95 以上		95 以上		95 以上		95 以上	
		薬注率 (対 TS ; ホリマー) (%)	1.3 以下		1.2 以下		1.1 以下		1.0 以下	

(4) 試験設備フロー

試験設備フローを図資 3-11 に示す。

本試験では、従来系、実証系ともに生汚泥と余剰汚泥を未濃縮で重力濃縮タンク（5m³）に引抜き、濃縮後各貯留タンク（10m³）に貯留し、クッションタンク（3m³）で生汚泥と余剰汚泥を所定の比率で混合し、脱水試験用汚泥を作成した。



図資 3-11 試験設備フロー

(5) 試験汚泥

試験汚泥の生汚泥と余剰汚泥の混合割合を表資 3-6 に示す。

表資 3-6 試験汚泥の生汚泥と余剰汚泥の混合割合

	試験汚泥 No.	混合割合 (固形物)	
		生汚泥	余剰汚泥
	従来 1	5	5
実証系	実証 1	5	5
	実証 2	7	3
	実証 3	8	2
	実証 4	9	1

(6) 試験結果

1) 汚泥性状分析結果

従来系および実証系の生汚泥と余剰汚泥各単独の汚泥性状と各混合汚泥の汚泥性状の分析結果を表資 3-7 に示す。

表資 3-7 汚泥性状分析結果

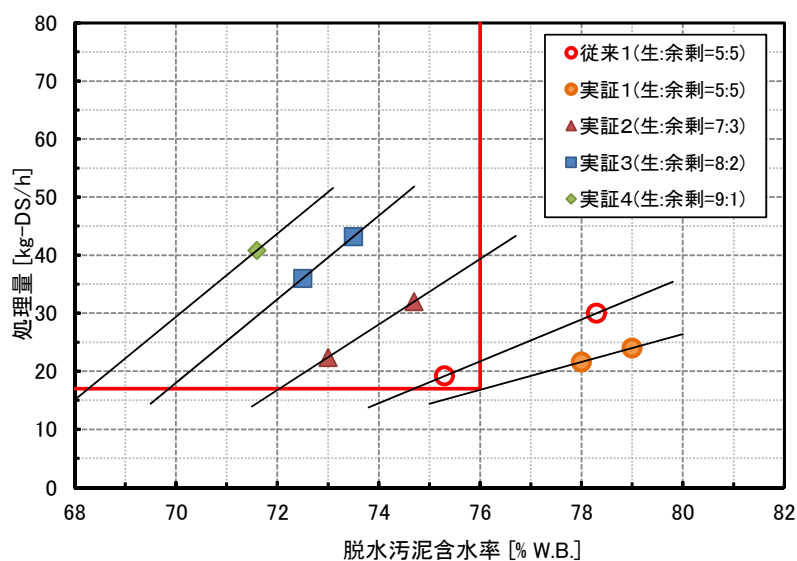
分析項目	単位	従来系		実証系		試験汚泥 No.				
		生汚泥 単独	余剰汚泥 単独	生汚泥 単独	余剰汚泥 単独	従来 1	実証 1	実証 2	実証 3	実証 4
						生 : 余剰 5 : 5	生 : 余剰 5 : 5	生 : 余剰 7 : 3	生 : 余剰 8 : 2	生 : 余剰 9 : 1
採取月日		9/1	9/1	9/3	9/3	9/1	9/10	9/3	9/5	9/8
pH	—	4.5	6.4	4.5	6.1	4.9	4.7	4.6	4.6	4.6
M アルカリ度	mgCaCO ₃ /L	5 未満	360	5 未満	420	46	5 未満	5 未満	5 未満	5 未満
浮遊物質 (SS)	mg/L	16,000	7,800	26,000	7,900	8,600	9,600	14,000	14,000	14,000
蒸発残留物 (TS)	Mg/kgW. B.	19,000	9,000	30,000	10,000	12,000	12,000	16,000	18,000	17,000
強熱減量 (VTS)	%/TS	88.4	82.0	87.9	81.6	83.8	83.3	84.5	85.8	87.3
粗浮遊物	%/TS	24.0	0.5	16.0	0.1	5.3	1.0	2.7	6.8	9.0
アニオン度	m・eq/g-TS	0.33	0.76	0.33	0.74	0.60	0.58	0.48	0.45	0.43
粗蛋白質	%/TS	31	54	39	55	64	53	49	42	39
繊維状物 (100 メッシュ)	%/SS	29	0.7	18	0.2	7.1	1.3	3.2	8.9	11
繊維状物 (200 メッシュ)	%/SS	43	1.7	24	0.4	14	3.3	5.9	11	16

2) 脱水試験結果

脱水試験結果と分析結果を表資 3-8 および図資 3-12 に示す。

表資 3-8 脱水試験結果と分析結果

試験番号	試験汚泥 No.	試験月日	試験結果					分析結果		
			汚泥供給量 (m ³ /h)	薬注率 (%/TS)	脱水スクリー-回転数 (min ⁻¹)	処理量 (kg-ds/h)	固形物回収率 (%)	汚泥濃度 TS (%)	脱水汚泥含水率 (%)	分離液 SS 濃度 (mg/L)
RUN-1	従来 1 (5:5)	9/1	1.6	0.94	0.14	19	98.3	1.2	75.3	100
RUN-2			2.5	0.87	0.29	30	98.4	1.2	78.3	120
RUN-8	実証 1 (5:5)	9/10	1.8	0.74	0.18	22	97.3	1.2	78.0	170
RUN-9			2.0	0.75	0.21	24	99.0	1.2	79.0	67
RUN-3	実証 2 (7:3)	9/3	1.4	0.89	0.24	22	98.5	1.6	73.0	110
RUN-4			2.0	0.81	0.33	32	98.8	1.6	74.7	110
RUN-5	実証 3 (8:2)	9/5	2.0	0.78	0.30	36	98.8	1.8	72.5	120
RUN-6			2.4	0.79	0.37	43	98.6	1.8	73.5	150
RUN-7	実証 4 (9:1)	9/8	2.4	0.78	0.31	41	99.0	1.7	71.6	100



図資 3-12 脱水試験結果

従来系【生：余剰＝5：5】の汚泥性状は、汚泥濃度（TS）1.2%、強熱減量（VTS）83.8%、繊維状物（100メッシュ）7.1%であり、圧入式スクリープレス脱水機Ⅲ型^{※1}の標準性能（表資3-5参照）である処理量（スクリーン径300mm）17kg-ds/h以上、脱水汚泥含水率76%以下を達成した。

実証系の汚泥は、生汚泥の割合が高くなるほど脱水汚泥含水率が低下する傾向を示した。従来系の標準処理量（17kg-ds/h）における実証系汚泥の混合割合の違いによる脱水汚泥含水率と従来系【生：余剰＝5：5】に対する脱水汚泥含水率低減効果を表資3-9に示す。実証系の発生汚泥の混合割合【生：余剰＝7：3】では、脱水汚泥含水率を従来系より3%程度低減できる結果となった。

表資3-9 従来系の標準処理量における脱水汚泥含水率と低減効果

試験汚泥 No.	従来系の標準処理量における脱水汚泥含水率	従来系に対する脱水汚泥含水率低減効果
従来1 (生：余剰＝5：5)	75%	—
実証2 (生：余剰＝7：3)	72%	3%
実証3 (生：余剰＝8：2)	70%	5%
実証4 (生：余剰＝9：1)	68.5%	6.5%

4. 参考資料

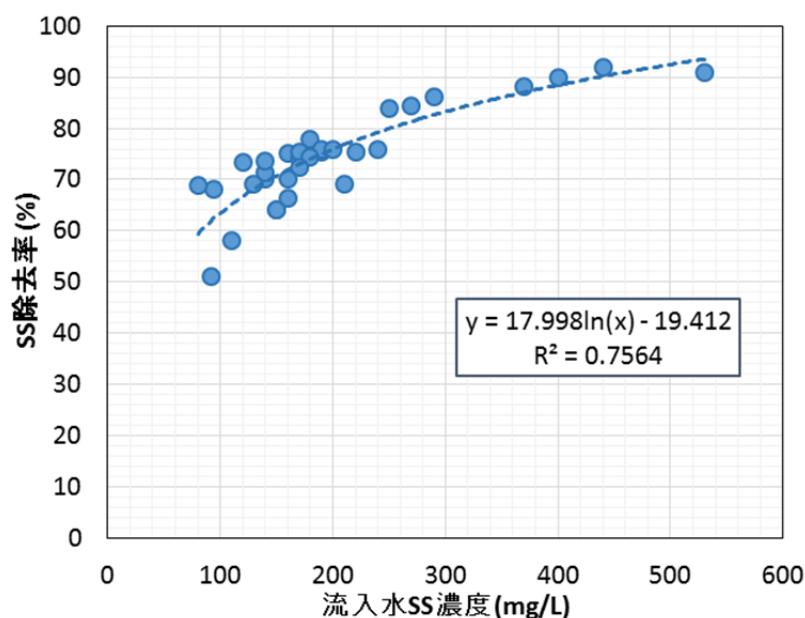
4. 1 高効率固液分離設備の処理性能

(1) 流入水 SS 濃度と SS 除去率・各固形成分濃度の関係

高効率固液分離設備は重力沈殿とろ過処理の物理処理であるため、SS が主として除去される。そのため、BOD、N、P についても固形性成分（SS 由来）が除去され、溶解性成分はほとんど除去されない。したがって、高効率固液分離設備での除去性能についてはまず、流入水 SS 濃度から前処理における SS 除去率を設定し、次に BOD、N、P について流入水 SS 成分中の各固形性成分濃度を算出し、設定した SS 除去率を用いて各固形性成分の反応タンクへ供給する処理水濃度を設定することが可能であることが実証データより確認された。また、ここで設定した反応タンク設備への供給水質から反応タンク設備での処理性能を算出できることを検証した。

1) SS 濃度に対する除去性能

流入水 SS 濃度と SS 除去率の関係を図資 4-1 に、関係式を式資 4-1 に、設定処理水 SS 濃度の式を式資 4-2 に示す。



図資 4-1 流入水 SS 濃度と SS 除去率の関係

$$\text{SS 除去率} = 17.998 \times \ln(C_{SS0}) - 19.412 \quad \dots\dots\dots (\text{式資 4-1})$$

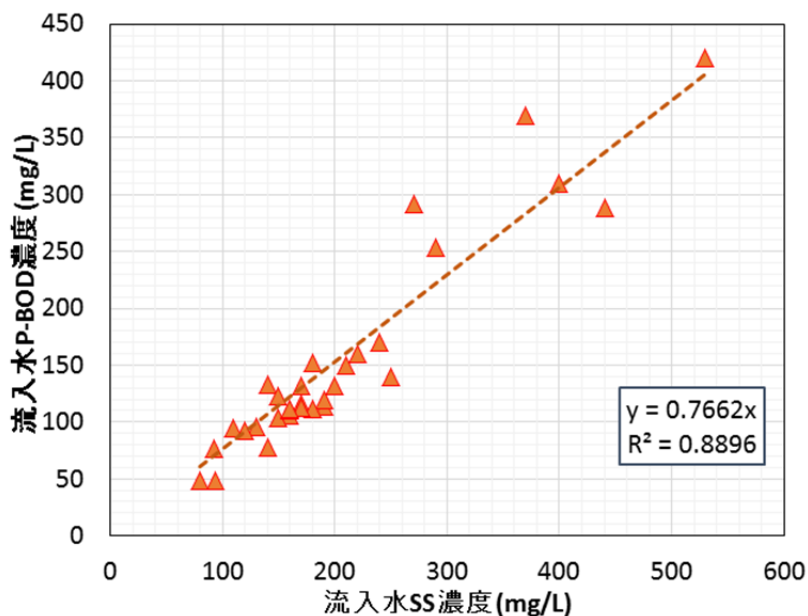
ここで、

C_{SS0} : 流入水 SS 濃度 (mg/L)

$$\text{設定処理水 SS 濃度} = C_{SS0} \times \frac{\text{SS 除去率}}{100} \quad \dots\dots\dots (\text{式資 4-2})$$

2) BOD に対する除去性能

流入水 SS 濃度と流入水 P-BOD 濃度の関係を図資 4-2 に、関係式を式資 4-3 に示す。流入水の P-BOD は流入水 SS 濃度に比例するため、高効率固液分離設備で SS 除去性能に従い P-BOD が除去されるとした設定処理水 P-BOD 濃度の式を式資 4-4 に示す。流入する S-BOD は高効率固液分離設備では除去されずに P-BOD のみ除去されるとすると式資 4-5 の関係式となる。



図資 4-2 流入水 SS 濃度と流入水 P-BOD 濃度の関係

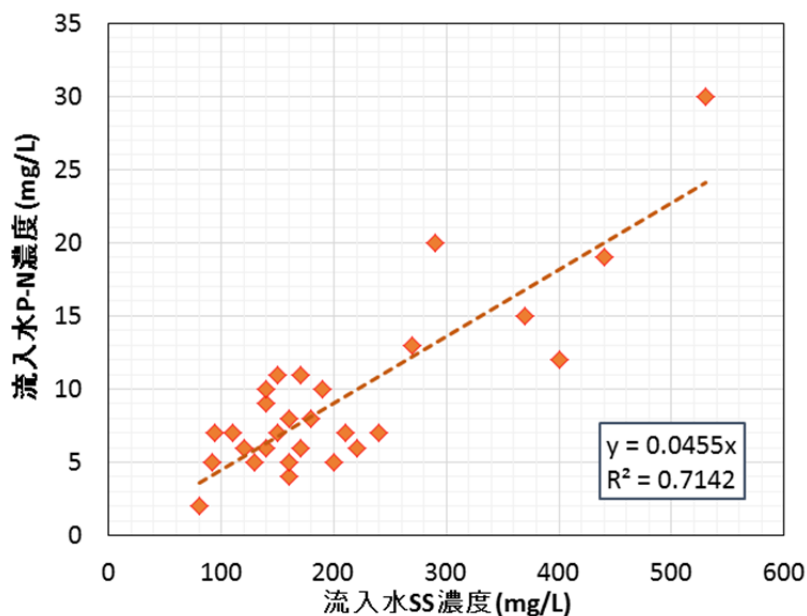
$$\text{流入水 P-BOD 濃度} = 0.7662 \times \text{流入水 SS 濃度} \quad \dots\dots\dots \text{(式資 4-3)}$$

$$\text{設定処理水 P-BOD 濃度} = \text{流入水 P-BOD 濃度} \times \frac{\text{SS 除去率}}{100} \quad \dots\dots \text{(式資 4-4)}$$

$$\begin{aligned} \text{処理水 BOD 濃度} &= \text{流入 P-BOD 濃度} \times \\ & (1 - \text{SS 除去率} / 100) + \text{流入 S-BOD 濃度} \quad \dots\dots\dots \text{(式資 4-5)} \end{aligned}$$

3) 窒素に対する除去性能

流入水 SS 濃度と流入水固形性窒素 (P-N) 濃度の関係を図資 4-3 に、関係式を式資 4-6 に示す。BOD と同様に流入水の P-N は流入水 SS 濃度に比例するため、SS 除去性能による設定処理水 P-N 濃度の式を式資 4-7 に示す。流入する S-N は高効率固液分離設備では除去されずに P-N のみ除去されるとすると式資 4-8 の関係式となる。



図資 4-3 流入水 SS 濃度と流入水 P-N 濃度の関係

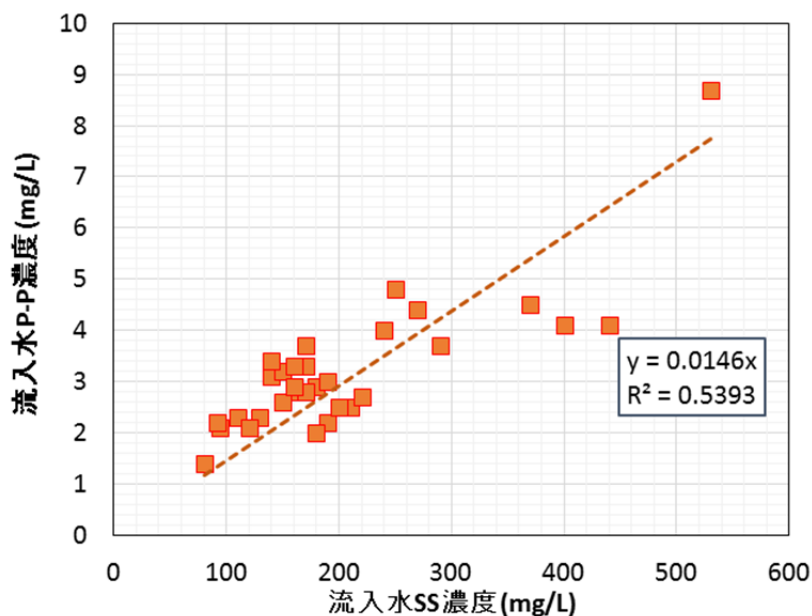
$$\text{流入水 P-N 濃度} = 0.0455 \times \text{流入水 SS 濃度} \quad \dots\dots\dots \text{(式資 4-6)}$$

$$\text{設定処理水 P-N 濃度} = \text{流入水 P-N 濃度} \times \frac{\text{SS 除去率}}{100} \quad \dots\dots \text{(式資 4-7)}$$

$$\begin{aligned} \text{処理水 N 濃度} &= \text{流入 P-N 濃度} \times \\ & (1 - \text{SS 除去率} / 100) + \text{流入 S-N 濃度} \quad \dots\dots\dots \text{(式資 4-8)} \end{aligned}$$

4) リンに対する除去性能

流入水 SS 濃度と流入水固形性りん (P-P) 濃度の関係を図資 4-4 に、関係式を式資 4-9 に示す。BOD と同様に流入水の P-P は流入水 SS 濃度に比例するため、SS 除去性能による設定処理水 P-P 濃度の式を式資 4-10 に示す。流入する S-P は高効率固液分離設備では除去されずに P-P のみ除去されるとすると式資 4-11 の関係式となる。



図資 4-4 流入水 SS 濃度と流入水 P-P 濃度の関係

$$\text{流入水 P-P 濃度} = 0.0146 \times \text{流入水 SS 濃度} \quad \dots\dots\dots \text{(式資 4-9)}$$

$$\text{設定処理水 P-P 濃度} = \text{流入水 P-P 濃度} \times \frac{\text{SS 除去率}}{100} \quad \dots\dots \text{(式資 4-10)}$$

$$\begin{aligned} \text{処理水 P 濃度} &= \text{流入 P-P 濃度} \times \\ & (1 - \text{SS 除去率} / 100) + \text{流入 S-P 濃度} \quad \dots\dots\dots \text{(式資 4-11)} \end{aligned}$$

(2) 各成分濃度と頻度の関係

1) SS 濃度に対する除去性能

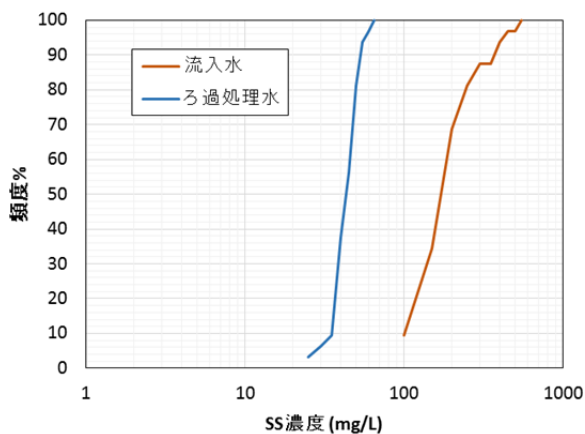
日常試験（2015年4月13日～2016年3月17日）における SS 濃度と SS 平均除去率を表資 4-1 に、流入水 SS 濃度とろ過処理水 SS 濃度の頻度を図資 4-5 に示す。流入水 SS 濃度は、 $203 \pm 104 \text{mg/L}$ と大きく変動していたが、ろ過処理水 SS 濃度は $44 \pm 8 \text{mg/L}$ と安定していた。

表資 4-1 SS 濃度と SS 平均除去率

流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
203 ± 104 (80~530)	44 ± 8 (25~65)	78

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-5 流入水 SS 濃度とろ過処理水 SS 濃度の頻度

2) T-BOD に対する除去性能

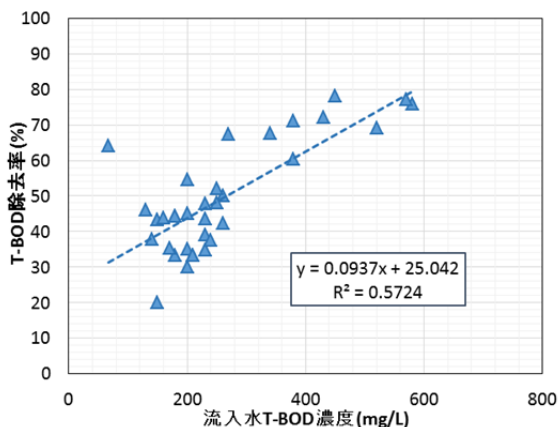
日常試験（2015年4月13日～2016年3月17日）における T-BOD 濃度と T-BOD 平均除去率を表資 4-2 に、流入水 T-BOD 濃度と T-BOD 除去率の関係を図資 4-6 に、流入水 T-BOD 濃度とろ過処理水 T-BOD 濃度の頻度を図資 4-7 に示す。流入水 T-BOD 濃度は、 $260 \pm 126 \text{mg/L}$ と SS 濃度と同様大きく変動していたが、S-BOD を多く含むため SS 濃度よりろ過処理水濃度が高く、除去率が低い結果であった。

表資 4-2 T-BOD 濃度と T-BOD 平均除去率

流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
260 ± 126 (67~580)	117 ± 28 (24~160)	55

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-6 流入水 T-BOD 濃度と T-BOD 除去率の関係

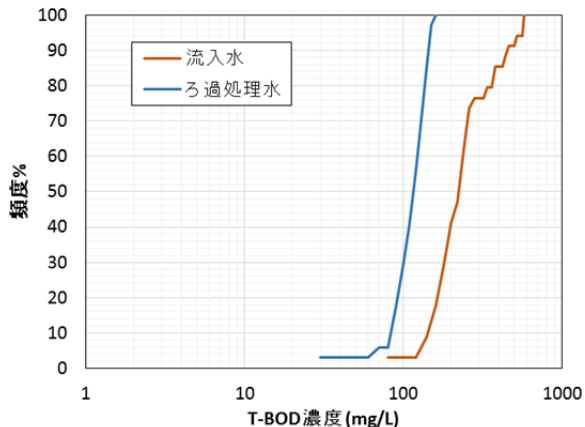


図 4-7 流入水 T-BOD 濃度とろ過処理水 T-BOD 濃度の頻度

3) P-BOD に対する除去性能

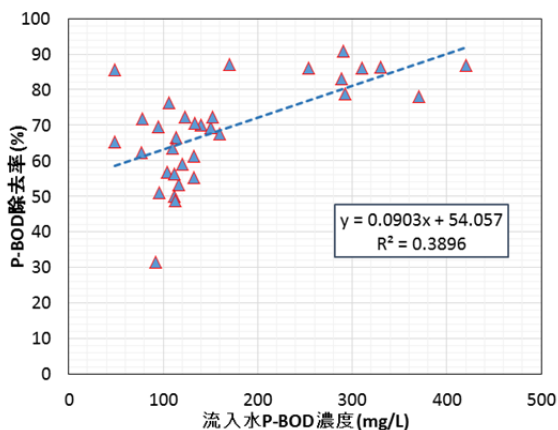
日常試験 (2015 年 4 月 13 日～2016 年 3 月 17 日) における P-BOD 濃度と P-BOD 平均除去率を表資 4-3 に、流入水 P-BOD 濃度と P-BOD 除去率の関係を図資 4-8 に、流入水 P-BOD 濃度とろ過処理水 P-BOD 濃度の頻度を図資 4-9 に示す。流入水 P-BOD 濃度は、 $159 \pm 98 \text{mg/L}$ と SS 濃度と同様大きく変動していたが、ろ過処理水 P-BOD 濃度は $42 \pm 16 \text{mg/L}$ と SS 濃度と同様安定していた。

表資 4-3 P-BOD 濃度と P-BOD 平均除去率

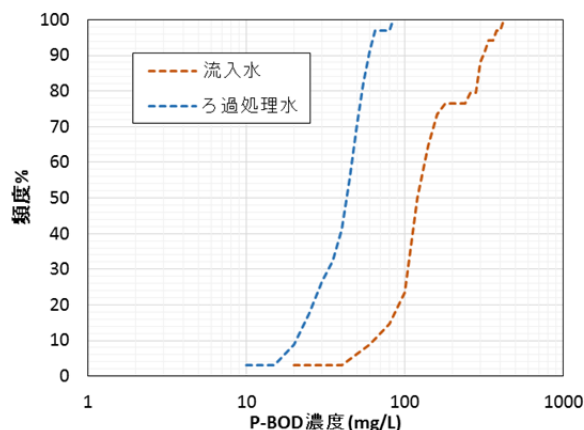
流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
159 ± 98 (20～420)	42 ± 16 (7～81)	74

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-8 流入水 P-BOD 濃度と P-BOD 除去率の関係



図資 4-9 流入水 P-BOD 濃度とろ過処理水 P-BOD 濃度の頻度

4) S-BOD に対する除去性能

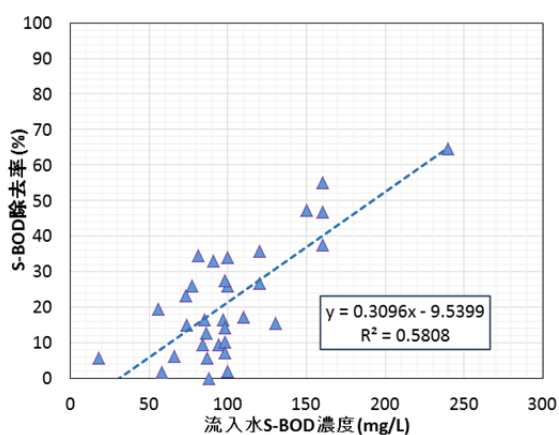
日常試験（2015年4月13日～2016年3月17日）における S-BOD 濃度と S-BOD 平均除去率を表資 4-4 に、流入水 S-BOD 濃度と S-BOD 除去率の関係を図資 4-10 に、流入水 S-BOD 濃度とろ過処理水 S-BOD 濃度の頻度を図資 4-11 に示す。高効率固液分離設備における除去率は平均 25%程度と低い値であった。

表資 4-4 S-BOD 濃度と S-BOD 平均除去率

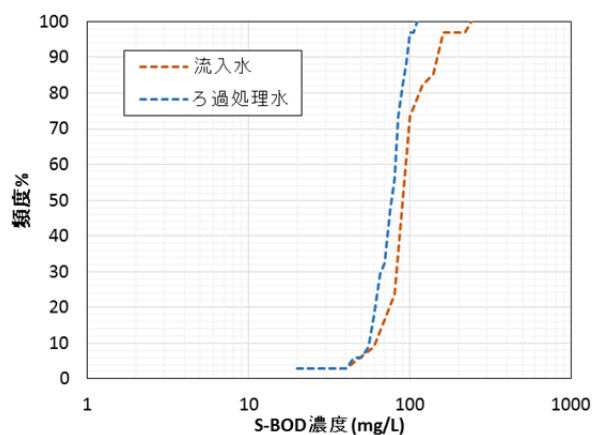
流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
101±39 (18~240)	75±18 (17~110)	25

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-10 流入水 S-BOD 濃度と S-BOD 除去率の関係



図資 4-11 流入水 S-BOD 濃度とろ過処理水 S-BOD 濃度の頻度

5) T-N に対する除去性能

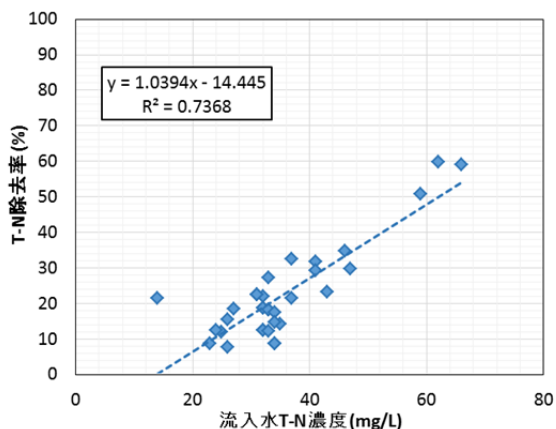
日常試験（2015年4月13日～2016年3月17日）における T-N 濃度と T-N 平均除去率を表資 4-5 に、流入水 T-N 濃度と T-N 除去率の関係を図資 4-12 に、流入水 T-N 濃度とろ過処理水 T-N 濃度の頻度を図資 4-13 に示す。S-N を多く含むため除去率は低い結果であった。

表資 4-5 T-N 濃度と T-N 平均除去率

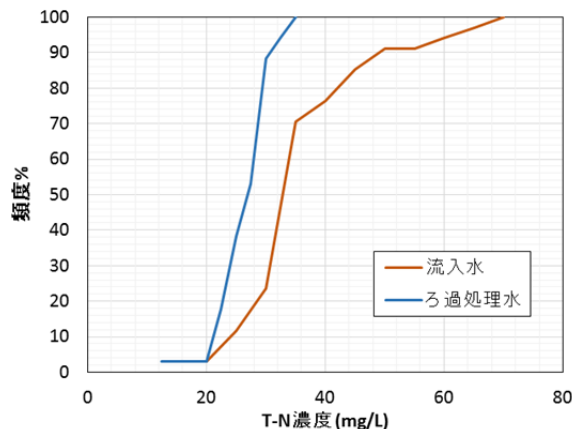
流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
35±11 (14~66)	26±4 (11~33)	25

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-12 流入水 T-N 濃度と T-N 除去率の関係



図資 4-13 流入水 T-N 濃度とろ過処理水 T-N 濃度の頻度

6) P-N に対する除去性能

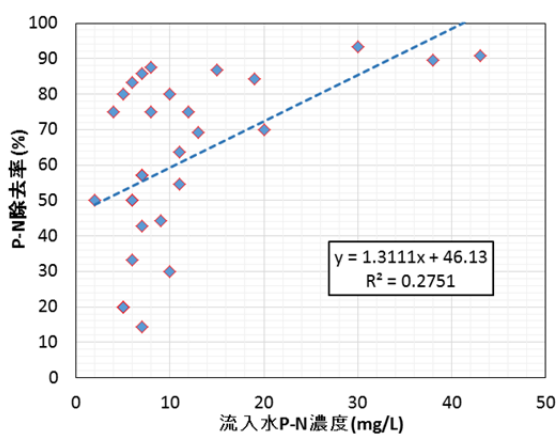
日常試験 (2015 年 4 月 13 日～2016 年 3 月 17 日) における P-N 濃度と P-N 平均除去率を表資 4-6 に、流入水 P-N 濃度と P-N 除去率の関係を図資 4-14 に、流入水 P-N 濃度とろ過処理水 P-N 濃度の頻度を図資 4-15 に示す。流入水 P-N 濃度は、 $11 \pm 9 \text{mg/L}$ と SS 濃度と同様大きく変動していたが、ろ過処理水 P-N 濃度は $3 \pm 2 \text{mg/L}$ と SS 濃度と同様安定していた。

表資 4-6 P-N 濃度と P-N 平均除去率

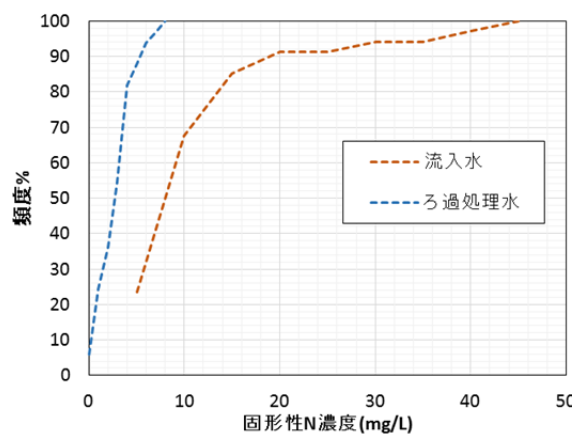
流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
11 ± 9 (2~43)	3 ± 2 (0~8)	71

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-14 流入水 P-N 濃度と P-N 除去率の関係



図資 4-15 流入水 P-N 濃度とろ過処理水 P-N 濃度の頻度

7) S-N に対する除去性能

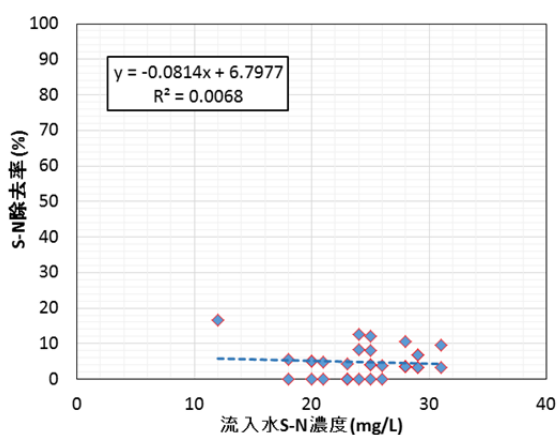
日常試験 (2015 年 4 月 13 日～2016 年 3 月 17 日) における S-N 濃度と S-N 平均除去率を表資 4-7 に、流入水 S-N 濃度と S-N 除去率の関係を図資 4-16 に、流入水 S-N 濃度とろ過処理水 S-N 濃度の頻度を図資 4-17 に示す。高効率固液分離設備ではほとんど除去されなかった。

表資 4-7 S-N 濃度と S-N 平均除去率

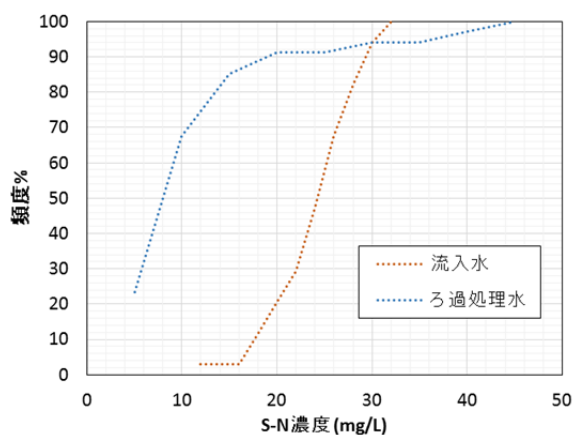
流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
24±4 (12～31)	23±4 (10～30)	4.1

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-16 流入水 S-N 濃度と S-N 除去率の関係



図資 4-17 流入水 S-N 濃度とろ過処理水 S-N 濃度の頻度

8) T-P に対する除去性能

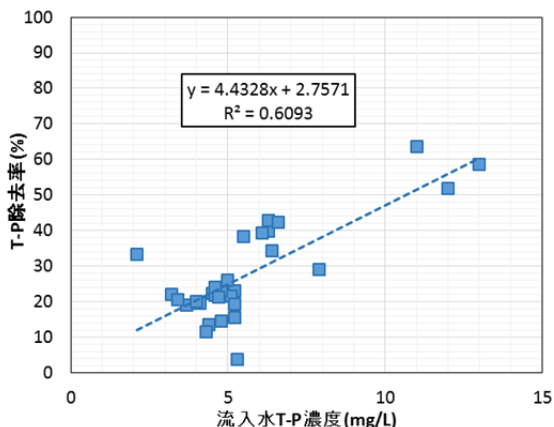
日常試験 (2015 年 4 月 13 日～2016 年 3 月 17 日) における T-P 濃度と T-P 平均除去率を表資 4-8 に、流入水 T-P 濃度と T-P 除去率の関係を図資 4-18 に、流入水 T-P 濃度とろ過処理水 T-P 濃度の頻度を図資 4-19 に示す。S-P を多く含むため除去率は低い結果であった。

表資 4-8 T-P 濃度と T-P 平均除去率

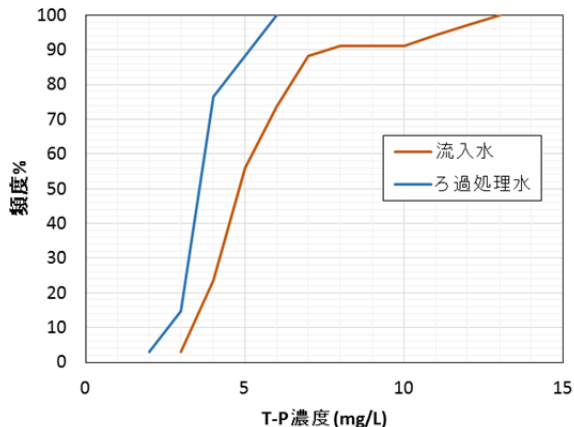
流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
5.4±2.4 (2.1～13.0)	3.8±0.8 (1.4～5.8)	31

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-18 流入水 T-P 濃度と T-P 除去率の関係



図資 4-19 流入水 T-P 濃度とろ過処理水 T-P 濃度の頻度

9) P-P に対する除去性能

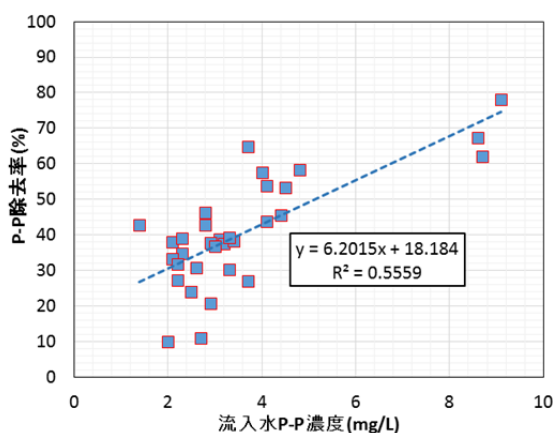
日常試験 (2015 年 4 月 13 日～2016 年 3 月 17 日) における P-P 濃度と P-P 平均除去率を表資 4-9 に、流入水 P-P 濃度と P-P 除去率の関係を図資 4-20 に、流入水 P-P 濃度とろ過処理水 P-P 濃度の頻度を図資 4-21 に示す。流入水 P-P 濃度は、 $3.5 \pm 1.9 \text{mg/L}$ と SS 濃度と同様大きく変動していたが、ろ過処理水 P-P 濃度は $1.9 \pm 0.5 \text{mg/L}$ と SS 濃度と同様安定していた。

表資 4-9 P-P 濃度と P-P 平均除去率

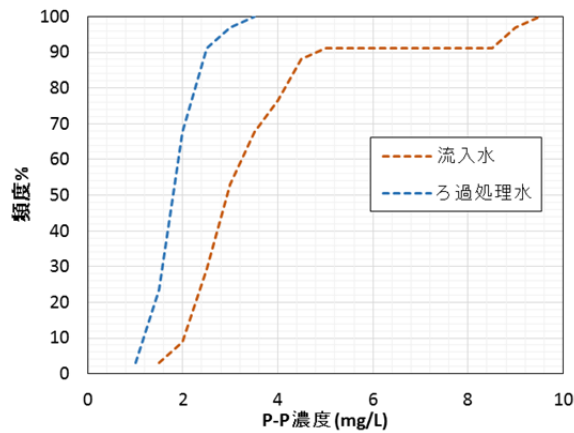
流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
3.5 ± 1.9 (1.4~9.1)	1.9 ± 0.5 (0.8~3.3)	45

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-20 流入水 P-P 濃度と P-P 除去率の関係



図資 4-21 流入水 P-P 濃度とろ過処理水 P-P 濃度の頻度

10) S-P に対する除去性能

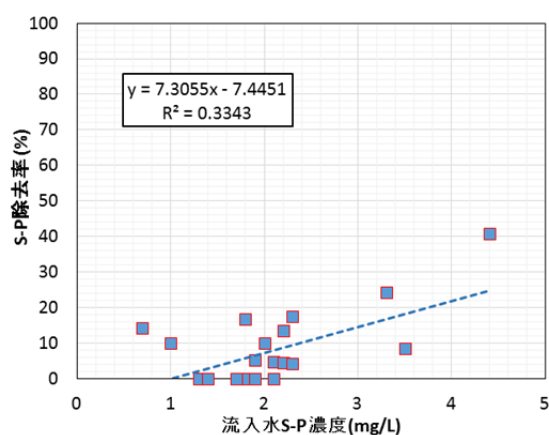
日常試験(2015年4月13日～2016年3月17日)における S-P 濃度と S-P 平均除去率を表資 4-10 に、流入水 S-P 濃度と S-P 除去率の関係を図資 4-22 に、流入水 S-P 濃度とろ過処理水 S-P 濃度の頻度を図資 4-23 に示す。高効率固液分離設備ではほとんど除去されなかった。

表資 4-10 S-P 濃度と S-P 平均除去率

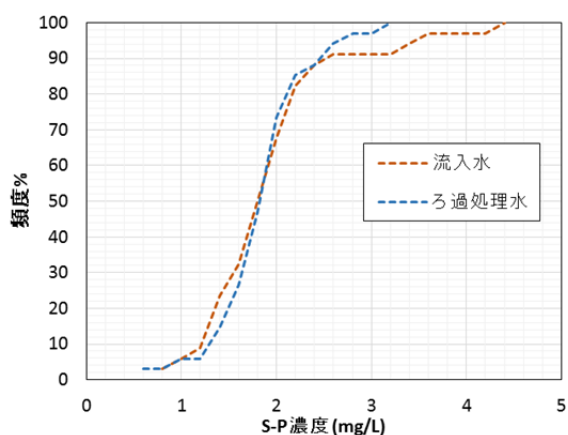
流入水濃度 (mg/L)	ろ過処理水濃度 (mg/L)	平均除去率 (%)
1.9±0.7 (0.7～4.4)	1.9±0.5 (0.6～3.2)	4.1

注) 上段は平均値±標準偏差である。

()内は最小、最大である。



図資 4-22 流入水 S-P 濃度と
S-P 除去率の関係



図資 4-23 流入水 S-P 濃度と
ろ過処理水 S-P 濃度の頻度

4. 2 高効率固液分離設備の最適運転条件の確認（夏季、秋季、冬季）

最適運転条件を確認するため、日平均水量で行った4回の通日試験の内、洗浄条件を時間指定（AM9:00）及びろ過損失水頭が640mmに達した場合、またはろ過継続時間が24時間となった場合で行った夏季、秋季、冬季の運転状況を以下に示す。

最適運転条件（日平均水量）を表資4-11に、各種濃度を表資4-12に、除去性能を表資4-13に示す。

夏季は、低負荷（平均流入水SS濃度78.1mg/L）でSS除去率は低いが、平均ろ過処理水SS濃度は42.3mg/Lで、低いSS濃度のろ過処理水を反応タンク設備に供給できた。冬季は、平均的な負荷（平均流入水SS濃度175mg/L）でSS除去率が80.4%と高く、平均ろ過処理水SS濃度は34.3mg/Lで、低いSS濃度の処理水を反応タンク設備に供給できた。

表資4-11 最適運転条件（日平均水量）

項目		運転条件	備考
流入量		49～169m ³ /h	日平均 2,810m ³ /日 (図2-1参照)
前沈殿槽水面積負荷	通常時	31～107m ³ /(m ² ・日)	設計水面積負荷:日最大に対して100m ³ /(m ² ・日)
	洗浄時	113～189m ³ /(m ² ・日)	
高速繊維ろ過速度	通常時	157～541m/日	設計水面積負荷:日最大に対して500m/日
	洗浄時	573～957m/日	
洗浄条件		① 時間指定:AM9:00 および ② ろ過損失水頭640mm または ③ ろ過継続時間24h	

表資4-12 各種濃度

試験 時期	SS		T-BOD		P-BOD		S-BOD	
	流入水 (mg/L)	ろ過処理水 (mg/L)	流入水 (mg/L)	ろ過処理水 (mg/L)	流入水 (mg/L)	ろ過処理水 (mg/L)	流入水 (mg/L)	ろ過処理水 (mg/L)
夏季	78±28	42±10	140±41	110±26	65±18	44±8	75±33	65±25
秋季	141±66	50±16	182±61	130±48	105±35	67±27	77±45	64±26
冬季	175±78	34±10	194±52	112±31	117±28	50±14	77±35	62±20

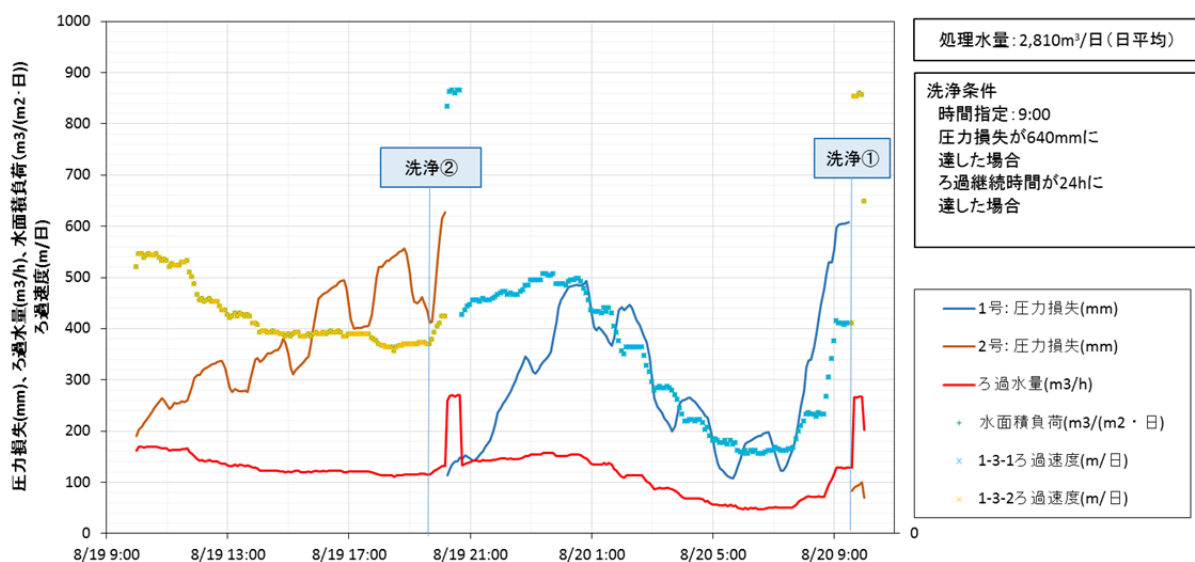
注) 平均値±標準偏差である

表資 4-13 除去性能

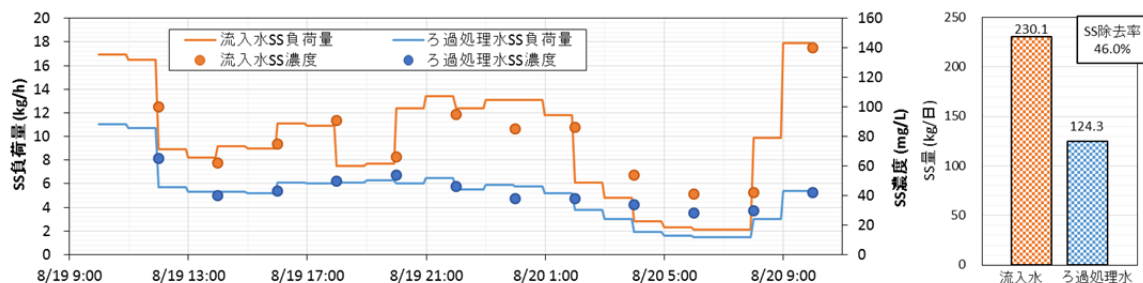
試験 時期	SS			T-BOD			P-BOD			S-BOD		
	流入 負荷量 (kg)	処理水 負荷量 (kg)	除去率 (%)	流入 負荷量 (kg)	処理水 負荷量 (kg)	除去率 (%)	流入 負荷量 (kg)	処理水 負荷量 (kg)	除去率 (%)	流入 負荷量 (kg)	処理水 負荷量 (kg)	除去率 (%)
夏季	230.1	124.3	46.0	413.2	319.7	22.6	187.9	127.4	32.2	225.4	192.5	14.6
秋季	421.7	149.7	64.5	533.5	392.9	26.4	300.4	201.9	32.8	233.1	190.9	18.1
冬季	521.3	102.0	80.4	559.7	329.6	41.1	337.9	147.4	56.4	221.6	182.0	17.9

① 夏季：平成 27 年 8 月 19 日 10:00～8 月 20 日 10:00

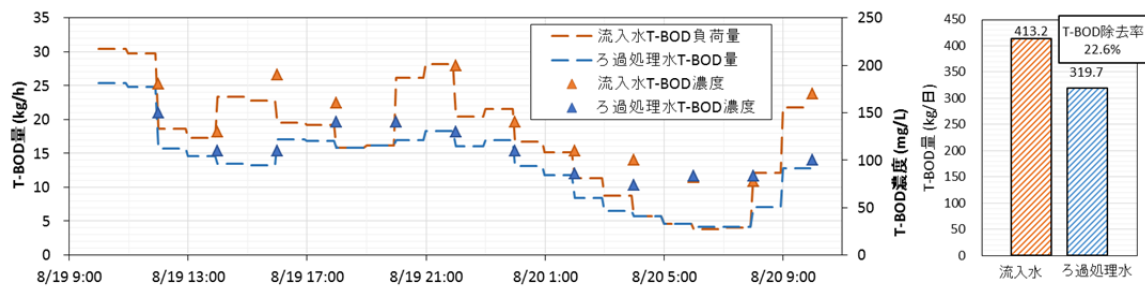
高速繊維ろ過槽の運転状況を図資 4-24 に、SS 濃度負荷量のトレンドを図資 4-25 に、T-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-26 に、P-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-27 に、S-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-28 に、P-BOD と S-BOD の割合を図資 4-29 に示す。



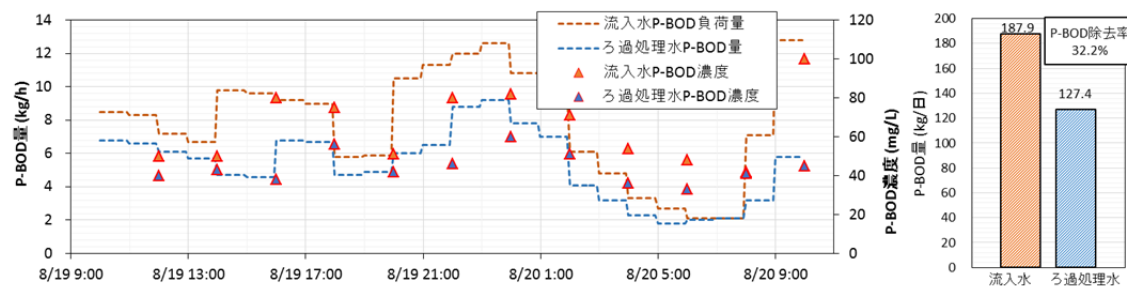
図資 4-24 高速繊維ろ過槽の運転状況（夏季）



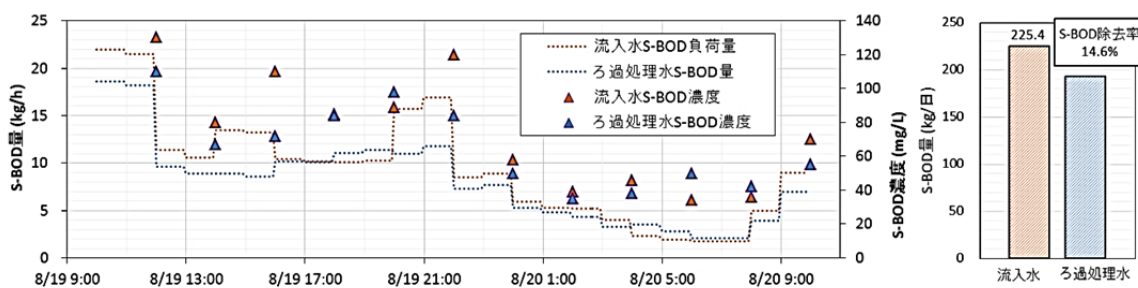
図資 4-25 SS 濃度負荷量のトレンド（夏季）



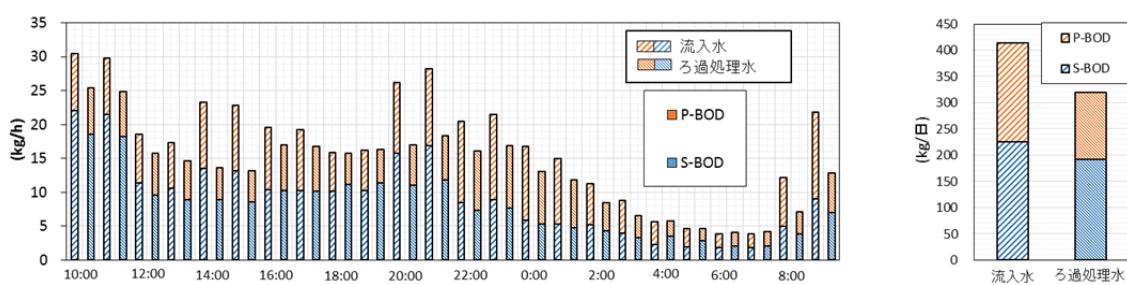
図資 4-26 T-BOD 負荷量のトレンド (夏季)



図資 4-27 P-BOD 負荷量のトレンド (夏季)



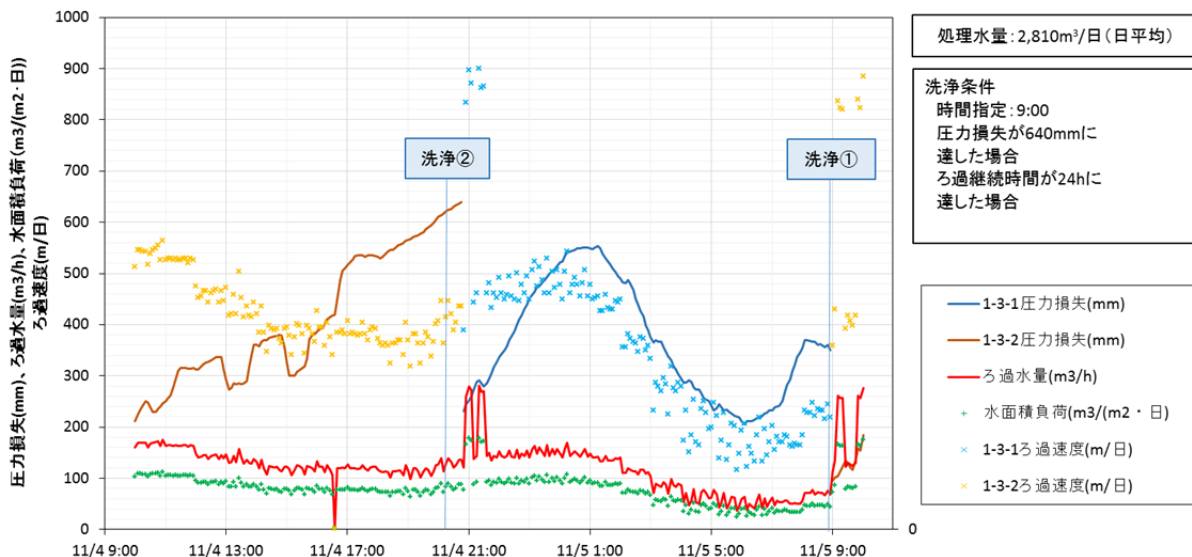
図資 4-28 S-BOD 負荷量のトレンド (夏季)



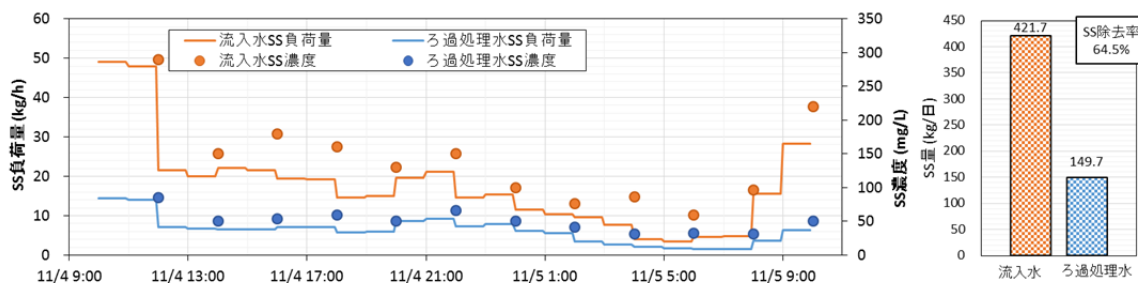
図資 4-29 P-BOD と S-BOD の割合 (夏季)

② 秋季：平成 27 年 11 月 4 日 10:00～11 月 5 日 10:00

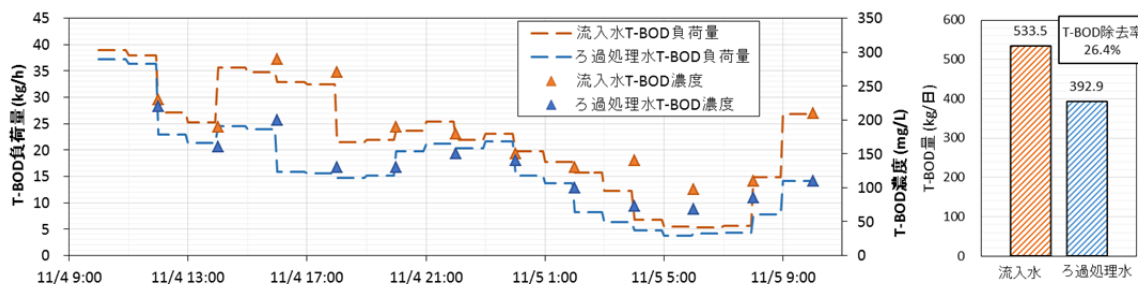
高速繊維ろ過槽の運転状況を図資 4-30 に、SS 濃度負荷量のトレンドを図資 4-31 に、T-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-32 に、P-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-33 に、S-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-34 に、P-BOD と S-BOD の割合を図資 4-35 に示す。



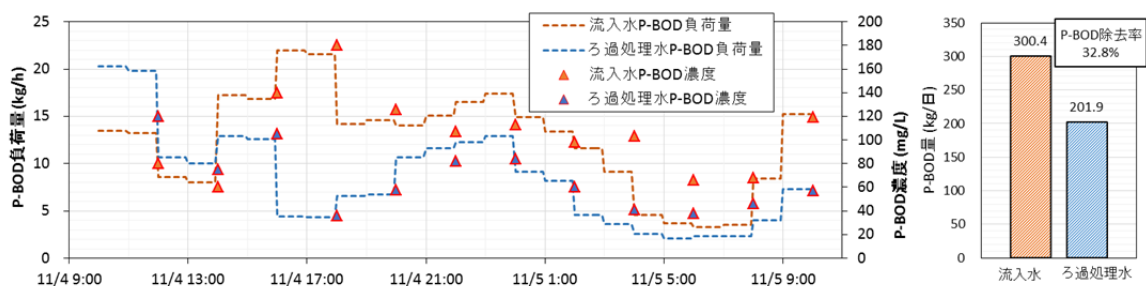
図資 4-30 高速繊維ろ過槽の運転状況（秋季）



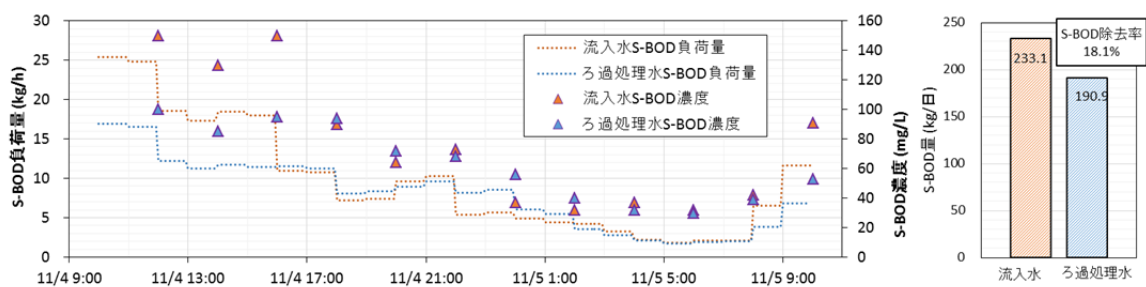
図資 4-31 SS 濃度負荷量のトレンド（秋季）



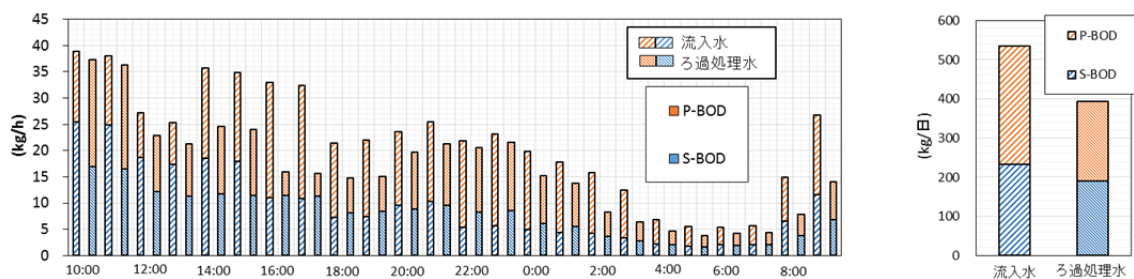
図資 4-32 T-BOD 負荷量のトレンド（秋季）



図資 4-33 P-BOD 負荷量のトレンド (秋季)



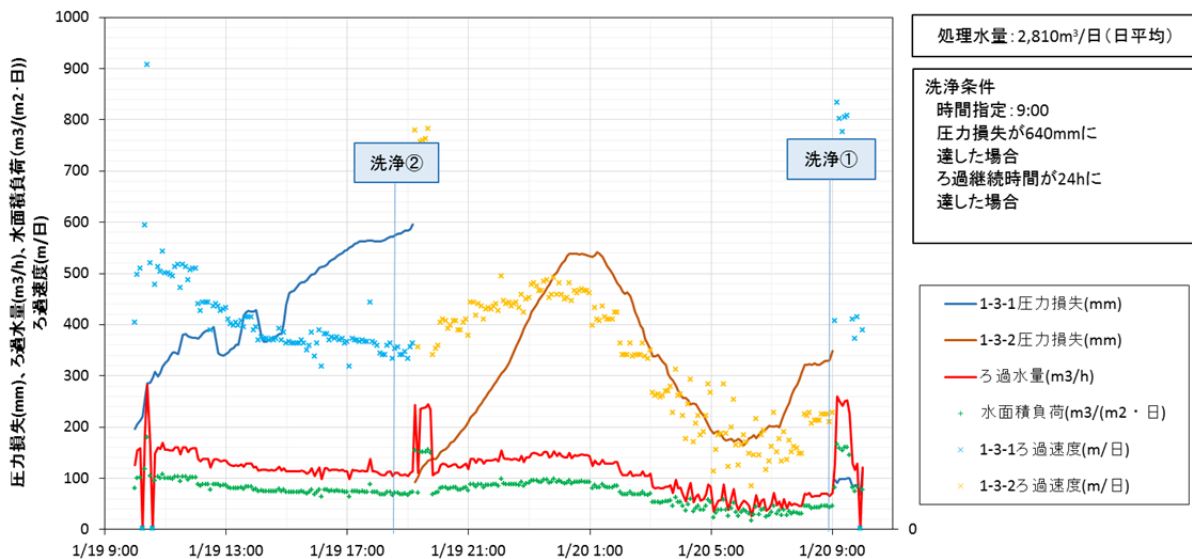
図資 4-34 S-BOD 負荷量のトレンド (秋季)



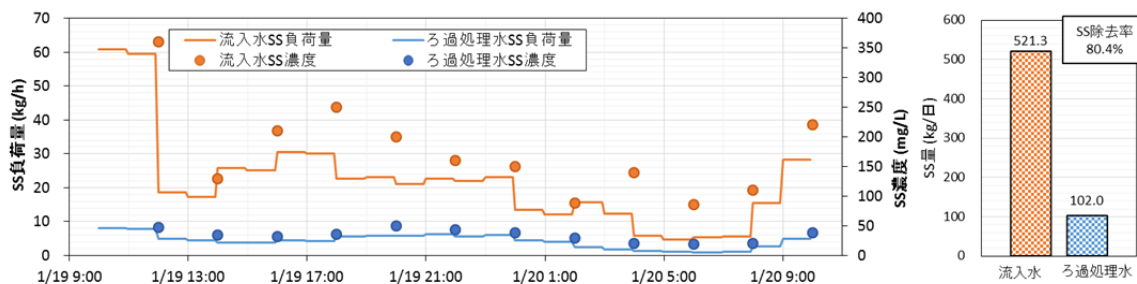
図資 4-35 P-BOD と S-BOD の割合 (秋季)

③ 冬季：平成 28 年 1 月 19 日 10:00～1 月 20 日 10:00

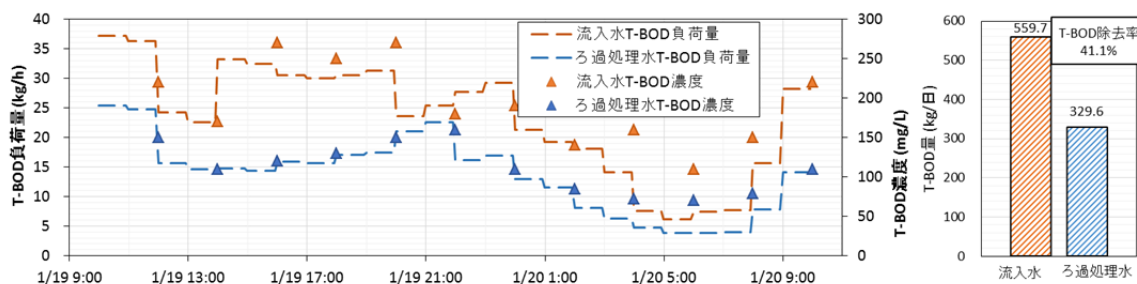
高速繊維ろ過槽の運転状況を図資 4-36 に、SS 濃度負荷量のトレンドを図資 4-37 に、T-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-38 に、P-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-39 に、S-BOD 負荷量のトレンドを図資 4-40 に、P-BOD と S-BOD の割合を図資 4-41 に示す。



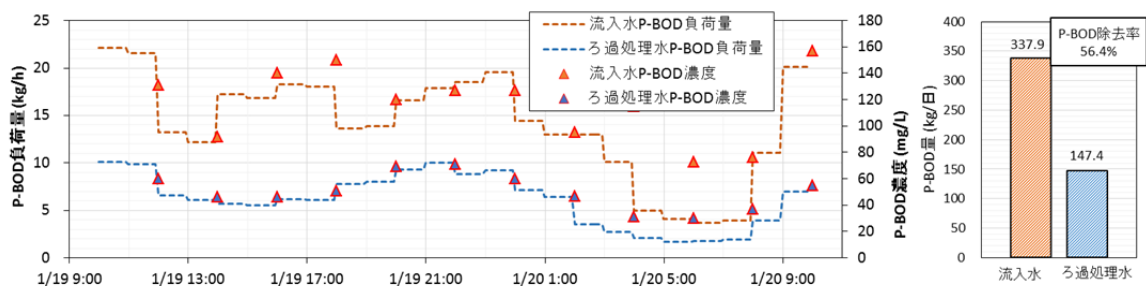
図資 4-36 高速繊維ろ過槽の運転状況 (冬季)



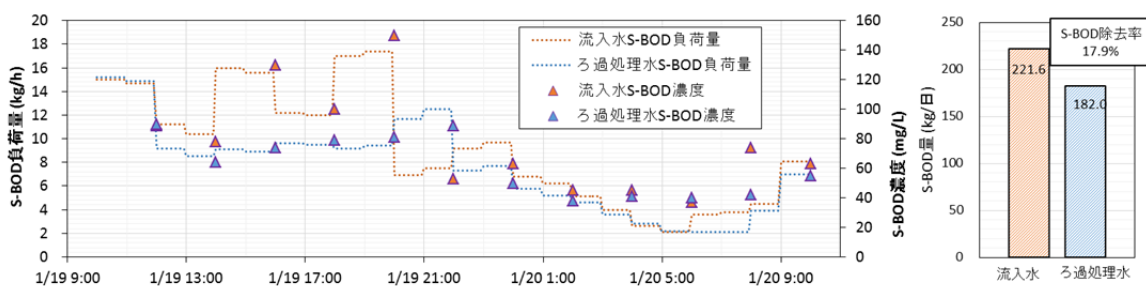
図資 4-37 SS 濃度負荷量のトレンド (冬季)



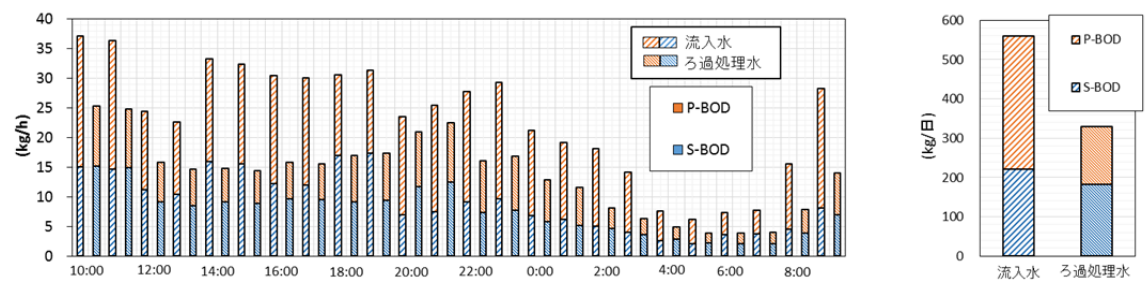
図資 4-38 T-BOD 負荷量のトレンド (冬季)



図資 4-39 P-BOD 負荷量のトレンド (冬季)



図資 4-40 S-BOD 負荷量のトレンド (冬季)



図資 4-41 P-BOD と S-BOD の割合 (冬季)

4. 3 反応タンク設備における窒素除去の計算例

(1) 窒素除去効果の算定

本技術は高効率固液分離設備で固形物を大幅に除去するため、反応タンクへの SS の流入は少なくなることで余剰汚泥量が減少し、従来の高度処理の約 50~70%程度の滞留時間で必要な A-SRT を確保できる。

実証研究データをもとに A-SRT に必要な好気ゾーンを算定し、実証研究設備での窒素除去効果について求めた。

① 設定条件

流入水量：冬期日最大（日平均）水量：2,810m³/日

水質条件（H26 既設の流入水質データより）、水温は 15℃とする。

表資 4-14 窒素除去算定の水質条件

	反応タンク流入水質 (mg/L)
SS	48
S-BOD	72
T-N	26
Org-N	1.0

反応タンク容量は既設容量（嫌気槽を含まない）1,100m³（日平均 HRT9.4h）とする。

② A-SRT の算定

A-SRT (θ_{XA}) は下記の式にて計算する。

$$\theta_{XA} = \delta \cdot 20.6e^{(-0.0627T)}$$

ここに、 δ : 流入水 T-N の変動に対する補正係数 1.2~1.5

T : 水温 (°C)

必要 A-SRT を満たす好気ゾーン容量は下記の式にて求める。

好気ゾーン容量 V_A (m³)

$$V_A = Q_{in} \cdot tA = Q_{in} \frac{\theta_{XA} \cdot (a \cdot C_{S-BODin} + b \cdot C_{SSin})}{(1 + c \cdot \theta_{XA}) X_A} \dots\dots\dots (式資 4-12)$$

ここで、 Q_{in} : 流入水量(m³/日)

tA : 好気タンク滞留時間

$C_{S-BODin}$: 流入水溶解性 BOD 濃度 (mg/L)

C_{SSin} : 流入水 SS 濃度 (mg/L)

a : 溶解性 BOD の汚泥転換率 (g-MLSS/g-BOD) 0.4~0.6

b : SS の汚泥転換率 (g-MLSS/g-SS) 0.9~1.0

c : 汚泥の自己分解係数(1/d) 0.025~0.035

水温 15℃での必要 A-SRT

$$\begin{aligned} \theta_{AX} &= 1.2 \times 20.6 \times \exp^{(-0.0627 \times 15)} \\ &= 9.65d \end{aligned}$$

計算に当たり a、b、c については中間値とした。

$$VA = 2,810 \times (9.65 \times (0.5 \times 72 + 0.95 \times 48)) / ((1 + 0.03 \times 9.65) \times 2,500) \\ = 686 \text{m}^3$$

反応タンク全体量での割合は、

$$686 / 1,100 \times 100 = 62\%$$

好気ゾーンとして 62% を必要とする。

② 無酸素ゾーンによる窒素除去

必要 A-SRT ための好気ゾーンを形成した場合、残った無酸素ゾーンでの窒素除去を確認する。

A-SRT で完全硝化の対象となる硝化対象窒素は、実証研究から反応タンク流入窒素の 77% とする。反応タンク流入窒素の残り 23% の内、19% は余剰汚泥として除去され、4% は硝化できない Org-N として流出する

$$\text{Org-N 濃度} = \text{反応タンク流入窒素濃度} \times 0.04 \\ = 26 \times 0.04 \\ = 1 \text{mg/L}$$

$$\text{硝化対象窒素濃度} = \text{反応タンク流入窒素濃度} \times 0.77 \\ = 26 \times 0.77 \\ = 20 \text{mg/L}$$

無酸素ゾーンでの脱窒速度を下記とする。

$$\text{脱窒速度定数} = 7.7x + 0.6$$

ここで、x : BOD-SS 負荷 今回は実証研究での平均値 0.136kg-BOD/kg-MLSS/日とする。

$$= 7.7 \times 0.136 + 0.6 \\ = 1.647 \text{mgN/gSS/h}$$

$$\text{流入する硝化対象窒素量} = 2,810 \text{m}^3/\text{日} \times 20 \text{mg/L} / 1000 \\ = 56.2 \text{kgN/日}$$

$$\text{無酸素ゾーンでの脱窒量} = \text{無酸素ゾーン容量} \times \text{MLSS 濃度} \times \text{脱窒速度定数} \\ = (1,100 - 686) \text{m}^3 \times 2,500 \text{mg/L} \times 1.647 \times 24 \text{h} / 10^6 \\ = 40.9 \text{kgN/日}$$

流入する硝化対象窒素量から無酸素ゾーンでの脱窒量を差し引き、硝化されない Org-N を足したものが最終沈殿より流出する窒素量となる。

$$\text{硝化対象の最終沈殿池流出窒素量} = 56.2 - 40.9 \\ = 15.3 \text{kgN/日} \quad \rightarrow 5.44 \text{mg/L}$$

上記の硝化対象窒素の最終沈殿池流出窒素濃度に Org-N を足した最終沈殿池流出窒素濃度は次のようになる。

$$\text{最終沈殿池流出窒素濃度 (T-N)} = 5.44 + 1.0 \\ = 6.44 \text{mg/L}$$

以上より、計画日平均流入水量（冬期日最大水量） $2,810\text{m}^3/\text{日}$ で、必要な A-SRT（好気ゾーン容量 62%）を確保し、無酸素ゾーンでの脱窒により、計算による最終沈殿池流出の窒素濃度 (T-N) は 6.44mg/L となり、T-N 10mg/L となることが確認された。

5. 問い合わせ先

本技術ガイドラインに関する問い合わせは、以下にお願いします。

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 http://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下水道研究部が以下の企業・団体に研究委託を行い、その成果をとりまとめたものです。

<実証研究者 連絡先>

埼玉県下水道局	埼玉県下水道局下水道事業課 〒330-0063 埼玉県さいたま市浦和区高砂3丁目13番3号 TEL 048-830-5448 FAX 048-830-4884 URL https://www.pref.saitama.lg.jp/
地方共同法人 日本下水道事業団	日本下水道事業団技術戦略部 〒113-0034 東京都文京区湯島2丁目31番27号 TEL 03-6361-7849 FAX 03-5805-1828 URL https://www.jswa.go.jp/
前澤工業 株式会社	環境統括本部環境ソリューション事業部第1部 〒332-8556 埼玉県川口市仲町5-11 TEL 048-253-0907 FAX 048-253-0056 URL http://www.maezawa.co.jp/
株式会社 石垣	環境機械事業部営業本部 〒104-0031 東京都中央区京橋1丁目1番1号 TEL 03-3274-3514 FAX 03-3271-6424 URL http://www.ishigaki.co.jp/

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 949

January 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
