

雨天時活性汚泥処理法の 技術導入マニュアル【ver.2.0】

Manual for Introducing Wet Weather Wastewater Treatment Process

2025 年 3 月

クリアウォーター-OSAKA 株式会社

改訂履歴

作成年月日	版番	改訂内容
2024 年 9 月 9 日	1. 0	初版発行
2024 年 9 月 27 日	1. 1	詳細説明追記、誤字脱字修正
2025 年 3 月 31 日	2. 0	沈降速度式修正（ § 40） MLSS 濃度計算式、計算結果修正（ § 43、 § 46）

目次

改訂履歴	i
はじめに	1
第1章 用語の解説	2
第2章 本マニュアルの基本的考え方	3
§1 適用範囲	3
§2 本マニュアルの位置づけ	3
第3章 3W 処理法の基本	4
第1節 3W 処理法の概要	4
§3 3W 処理法とは	4
§4 合流式下水道の問題点と 3W 処理法	5
§5 分流式下水道と 3W 処理法	7
§6 3W 処理法の特長	7
§7 3W 処理法の名称について	8
第2節 標準活性汚泥処理法以外の施設	9
§8 高度処理と併用する場合の留意点	9
§9 担体添加型処理法と併用する場合の留意点	9
第3節 基本的原理	10
§10 3W 処理法での活性汚泥処理～なぜ短い滞留時間で汚濁物が除去できるのか？ ..	10
§11 最終沈殿池の雨天時の挙動～なぜ最終沈殿池が晴天時よりも多くの水量に耐えら	
れるのか？	12
第4章 導入による効果	14
第1節 有効な合流改善対策	14
§12 晴天日の処理や通常雨天時処理と 3W 処理法の処理水質の比較	14
§13 実施設の処理実績	15
§14 放流汚濁負荷量の削減効果	16
§15 3W 処理法と他の合流改善対策との比較	17
§16 3W 処理法の導入費用、維持・運転費用	17
§17 費用対効果（単位金額あたりの汚濁負荷削減量）の比較	19
第2節 分流式下水道における雨天時浸入水対策	21
§18 分流式下水道における雨天時浸入水の実態	21
§19 分流式下水道における雨天時処理の実情と課題及び対策	22

§20 分流式における 3W 処理法導入効果	22
第 5 章 導入に向けた検討	24
第 1 節 3W 処理法の適用可能な処理方式	24
§21 3W 処理法の導入事例	24
§22 適用可能な処理方式	24
§23 反応タンクの構造	26
§24 活性汚泥の性状確認	29
§25 最終沈殿池の条件と評価	30
§26 運転条件の確認	30
第 2 節 既存施設への導入時の検討手順	31
§27 3W 処理法に必要な施設の改造	31
第 3 節 新設時の検討手順	32
§28 3W 処理法導入の目的と位置づけ	32
§29 施設供用後における 3W 導入に向けた準備的対応措置	32
第 6 章 設計の基本的な考え方	33
第 1 節 基本設計	33
§30 導入検討フロー	33
§31 設計の考え方、設計諸元の適用性	34
§32 最大処理水量の設定 (nQsh)	35
§33 最大処理水量時における施設運転状態の確認	35
§34 最終沈殿池の水面積負荷 (OFR)	36
第 7 章 施設設計	37
第 1 節 揚水・導水施設	37
§35 最大処理水量時における施設間を結ぶ導水能力の確認	37
§36 ステップ流入以外の活性汚泥処理法の場合	37
第 2 節 反応タンク設計	38
§37 反応タンク後段の滞留時間	38
§38 反応タンク後段への下水の導水施設の設置、下水量制御	38
第 3 節 最終沈殿池の設計	41
§39 設計手順	41
§40 沈降速度 V	42
§41 水面積負荷 S (OFR)	44

§12 SVI 指標の活用	45
§13 3W 処理法導入時の MLSS の評価	45
§14 水温の評価	48
§15 流出施設	49
§16 最終沈殿池能力の計算例	51
第 4 節 放流水の消毒、汚泥処理、計測、補完設備	52
§17 3W 処理運転中の放流水の消毒	52
§18 3W 処理運転による発生汚泥量の増加による汚泥処理	52
§19 計測機器の設置	54
§50 補完設備	55
第 5 節 その他施設の設計	56
§51 ファーストフラッシュ対策	56
§52 晴天時に未使用となるステップ水路等の汚泥堆積防止対策	57
第 6 節 診断ツール等による最終沈殿池の評価	58
§53 最終沈殿池 CFD 解析	58
§54 固形物負荷曲線の活用	58
§55 汚泥界面の評価	60
§56 簡易診断ツール	60
§57 既存施設の処理能力の増強対策、手段と設計	60
§58 既存施設の処理能力の評価	61
第 8 章 運転管理の基本的な考え方	62
第 1 節 管理指標（運転管理）	62
§59 3W 処理法を運転するために留意すべき施設の運転と管理指標	62
§60 3W 処理の開始と停止	63
§61 3W 処理による晴天時処理への影響	63
§62 3W 運転が行われる間の高度処理機能	64
第 2 節 汚泥発生量の評価	65
§63 3W 処理による汚泥処理への影響評価	65
第 3 節 運転継続の判断	66
§64 運転継続の判断	66
§65 3W 処理の継続可能時間	66
第 9 章 運転管理	67

第1節	導水施設（ステップ水路など）の運転管理.....	67
§66	長期にわたって3W運転が行われない場合の対応.....	67
第2節	反応タンクの運転管理.....	68
§67	3W運転中の確認項目.....	68
§68	3W処理後の復旧確認.....	68
第3節	最終沈殿池の運転管理.....	69
§69	3W処理による最終沈殿池への影響.....	69
第4節	その他の施設の運転管理.....	70
§70	3W処理法運転中の消毒.....	70
§71	後段のろ過処理施設への影響.....	70
第10章	3W処理の活用.....	71
§72	3W処理法の活用.....	71
参考文献		72
資料1	ステップ流入による最終沈殿池の固形物負荷の試算.....	73
資料2	実施設での運転実績.....	78
資料3	雨天時浸入水に起因する事象報告について（国交省事務連絡）.....	81
資料4	簡易診断ツール概要.....	83

はじめに

雨天時活性汚泥処理法（以下、「3W 処理法」とします）は、主に合流式下水道において雨天時などに一時的に増加する下水に対して、新たな施設を導入することなく、既存の活性汚泥処理施設を活用して低コストで二次処理する方法として大阪市が開発したものです。

3W 処理法は、雨天時の下水処理を検討していた大阪市担当者が、ある報告書を偶然に見つけたことから始まります。そこには「最終沈殿池の処理限界量を調べるため、通常流入に加えて反応タンク後段のステップ流入可動堰より流入させ、晴天時最大汚水量の 3 倍の水量としたにも関わらず、活性汚泥はキャリーオーバーすることがなかった。」と記されていました。この報告をヒントに、雨天時下水の活性汚泥処理の可能性調査が開始され、2000 年に 3W 処理法が誕生しました。そして 2006 年、大阪市内 12 か所の全処理場に実用導入され、以後 20 余年にわたって常用的な処理・運転を現在も継続しています。

3W 処理法は、「合流式下水道改善対策指針と解説 2002 年版」（日本下水道協会、2002.6）や「効率的な合流式下水道改善計画策定の手引き（案）」（国土交通省・地域整備局下水道部、2008.3）だけでなく、「下水道施設計画・設計指針と解説 前編 - 2019 年版 -」（日本下水道協会）においても合流改善対策の手法の一つとして紹介されています。一方で、3W 処理法は他の手法と比べても費用面・操作面・安全面でメリットがあるものの、全国的な普及には至っていない状況です。原因の一つには、実施に必要な計画・設計手法が公表されていないことがあろうと考えています。

そこで、クリアウォーターOSAKA（株）下水道技術研究所の 3W 調査チームでは、開発関係者へのインタビューや水処理に関する様々な論文・報文・資料のレビュー、大阪市以外の導入都市の調査などを行い、3W 処理法の不具合事例についてはその要因を調査、また、これまでやや経験則的であった箇所を明確化し、工学的説明を行うべく検討してきました。そして今般、これらの成果を「雨天時活性汚泥処理法の技術導入マニュアル」として取りまとめました。

本マニュアルが 3W 処理法の円滑な導入と実施につながり、合流式、分流式を問わず処理場への流入水量増大に苦慮されている下水道関係者の皆さまの一助となることを願っております。

最後に、本マニュアル作成に当たり、大阪市等において 3W 処理法の開発や維持管理手法の確立に関わってこられた方々から、多くのご助言をいただきましたことに対し、この場をお借りして深く感謝の意を表します。

2024 年 9 月

クリアウォーターOSAKA（株） 下水道技術研究所
理事（技術担当） 岡本 誠一郎

第1章 用語の解説

用語	解説
雨天時活性汚泥 処理法	雨天時活性汚泥処理法（Wet Weather Wastewater Treatment Process）で本マニュアルでは 3W 処理法と呼ぶ。
一次処理	下水処理において、生下水中の固形物を、物理的に沈殿分離除去を行う処理をいう。最初沈殿池、高速ろ過、傾斜板沈殿池など。
Qsh	計画時間最大汚水量を示す。
Qsd	計画日最大汚水量を示す。 大阪市では $1.0Qsh/1Qsd=1.2$ としている。
超過水量	3W 処理で、 $1.0Qsh$ を超えて流入する下水量で、流入下水量が $n \cdot Qsh$ の時 $(n-1) \cdot Qsh$ の汚水量 晴天時処理能力を超える水量
放流汚濁負荷量	下水処理場からの放流水に含まれる汚濁負荷量
初期吸着	活性汚泥の汚濁物除去プロセスのうち、初期段階で活性汚泥が汚濁物を物理的に吸着するプロセス
固形物負荷	沈殿池や濃縮槽の設計因子となる固形物の負荷量。 単位は $kg \cdot 固形物 / (m^2 \cdot 日)$
水面積負荷	沈殿池への負荷量を示す設計値の一つ。流入水量を水面積で除したもので、 $m^3 / (m^2 \cdot 日)$ で表す
ステップ流入	反応タンクへの流入水の一部を入り口ではなく、反応タンクの間からステップ水路等を介して流入させること
ステップ流入可 動堰	ステップ水路から後段反応タンクへ流入水を流入させるための堰。流量変動を考慮し、堰高を調整できる構造で三方水密である可動堰。電動化により流量に応じて高さが調整できる。
ステップ比	反応タンク全容積に対するステップ流入後の反応タンク容積の比
改造	既に建設・設置されている水処理施設への躯体、設備の一部を、3W 処理法が処理可能な施設へ改造すること。
新設	現状では新規に処理場を建設するケースはほとんどないがここでは旧施設を廃止し新たに施設を再構築することを言う。

※その他の用語の定義は、「下水道用語集」¹⁾（2000 年版 日本下水道協会発行）、「合流式下水道改善対策指針と解説（2002 年度版 日本下水道協会発行）」²⁾、「雨天時浸入水対策ガイドライン 2022 年 3 月版」³⁾ によっている。

第2章 本マニュアルの基本的考え方

§1 適用範囲

本マニュアルは、浮遊法をベースとする活性汚泥変法に対して、以下の各号により 3W 処理法を導入する際の計画、設計および導入後の維持管理に適用する。

- (1) 合流式下水処理場の新設および増設、改造
- (2) 分流式下水処理場の雨天時浸入水対策の実施

【解 説】

本マニュアルは、3W 処理法の導入を促進することを目的として、浮遊法をベースとする活性汚泥変法を対象とした施設の計画、設計及び維持管理の参考となるようにとりまとめたものである。本マニュアルでは、1) 合流式下水道改善対策施設として、合流式下水処理場の新設及び増設に際して、あるいは既設施設の改造により、また 2) 分流式下水処理場の雨天時浸入水対策施設として既設施設の改造により、3W 処理法を導入しようとする際の計画・設計、および導入後の施設の維持管理を適用範囲としている。

§2 本マニュアルの位置づけ

本マニュアルでは、3W 処理法の原理、現象を明らかにするとともに、設計諸元や関連する施設・設備の諸元を明確化している。さらに、大阪市における実施施設の運転実績を踏まえ、運転管理の基本的考え方を整理している。

【解 説】

3W 処理法は、すでに多く処理場で導入されているが、その技術を体系的に整理した資料や指針などはなく、新たに技術を導入しようとした場合の計画・設計の諸元や検討手順などの技術情報が明確になっていなかった。

このため本マニュアルでは、3W 処理法の原理や処理過程における現象などを整理して提示するとともに、地方公共団体の下水道関係者や関連の民間企業担当者が同法の導入を検討する際に必要となる計画・設計諸元や、関連する施設・設備で必要とされる機能、仕様等を取りまとめた。

大阪市の各下水処理場では、3W 処理法はすでに 20 年以上の運転実績があり、運転管理に関するさまざまなデータや知見も集積されてきた。そこで本マニュアルでは、大阪市における維持管理情報を起点として、各地方公共団体の施設管理担当者が 3W 処理法を運用する際に必要となる運転管理の基本的考え方や留意点についても整理している。

第3章 3W 処理法の基本

第 1 節 3W 処理法の概要

§3 3W 処理法とは

3W 処理法とは降雨等の影響により、合流式下水道または分流式下水道の処理施設に、晴天時処理能力 $1Q_{sh}$ を超えて下水が流入する際に、超過水量を反応タンクの後段箇所より流入させることで、晴天時処理能力を超えて活性汚泥処理を行う処理方法である。

【解 説】

3W 処理法は、合流式下水道の雨天時下水処理対策として開発された経緯があるが、分流式下水道での雨天時浸入水対策等、水量の増加に対応するためにも有効な処理方法である。一般に、合流式下水道では晴天時処理能力を超える流入水量に対して、時間最大汚水量（ $1Q_{sh}$ ）の沈殿処理水を反応タンクに投入し、それを上回る超過水量の沈殿処理水は放流（簡易放流）している。

3W 処理法は、ステップ流入水路等を利用して、簡易放流されていた超過水量を反応タンク後段（ステップエアレーション法の場合は第 4 ステップ流入可動堰）から流入させ、活性汚泥処理する処理法である。（図 3-1 参照）

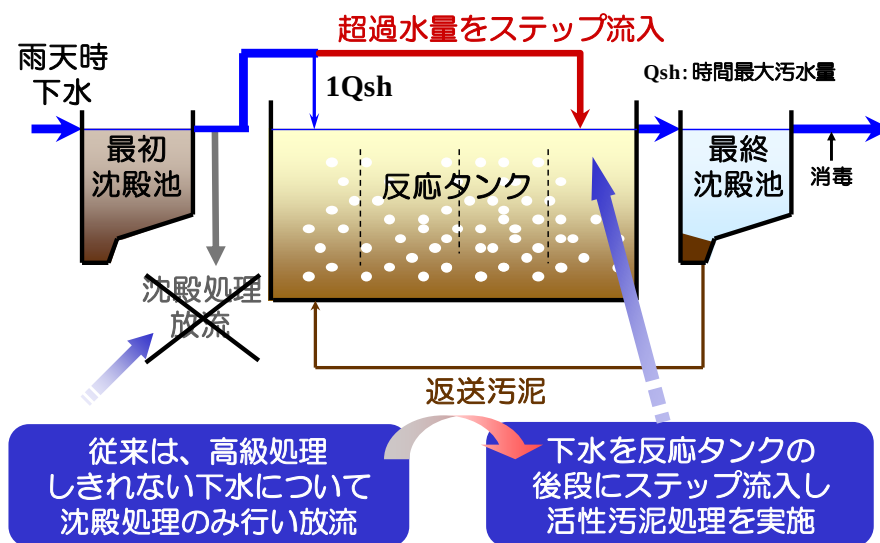


図 3-1 合流式下水道における雨天時の通常処理と 3W 処理法のフロー

§4 合流式下水道の問題点と 3W 処理法

合流式下水道では、降雨量が多くなるとシステム構造上、管きょにおいて雨水吐きより未処理のまま公共用水域に放流されることや、下水処理場において流入下水の一部が未処理または沈殿処理後簡易放流されることがある。その合流式下水道の改善が必要とされる課題点であり、下水道法の規定等により対策が求められている。

3W 処理法は、下水処理場からの雨天時放流による汚濁負荷量を効果的に削減することができ、合流式下水道改善の有効な対策となる。

【解 説】

合流式下水道が公共用水域の水質汚濁に悪影響を及ぼすのは、雨天時に、その放流水質が大きく悪化することによる。雨天時に合流式下水道から排出される下水には直接放流水、簡易放流水（最初沈殿池処理水）、二次処理水（高級処理水）の 3 種類があり、その比率によって水質汚濁に与える影響が定まる。図 3-2 は、下水処理場の処理過程における放流水の発生箇所を示したものである。

表 3-1⁵⁾は、合流式下水道を採用する 3 都市の下水処理場からの放流下水の処理形態と、全放流汚濁量に占める割合を年間シミュレーションにより求めた結果である。雨天時において処理場への流入下水量が 3 倍となる場合、簡易放流の負荷割合は水量で 26～37%、汚濁負荷量で 49～64%を占めている。3W 処理法は、簡易放流の下水を処理対象とするため、短時間で大量の処理が必要となる直接放流水を処理対象とした場合と比較して、効果的に放流汚濁負荷量を削減することができる。

合流式下水道改善事業は、排水処理区域の全域に及ぶ広範な対応を必要とし、限定的な手法により解決できるものではなく総合的な対策が必要である。また、多額の事業費用と建設等の対策期間を必要とすることから、既存施設の活用や機能の改善・向上を先ず検討するべきである。

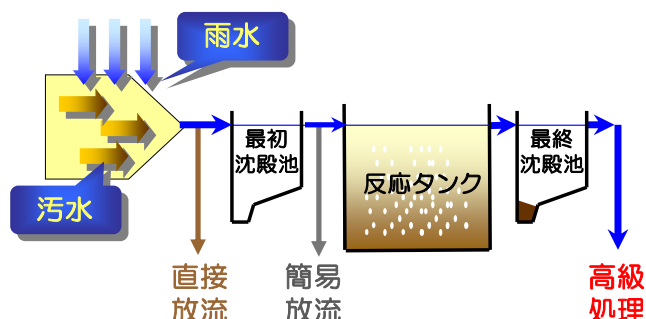


図 3-2 雨天時処理と放流水の発生

表 3-1 3 都市の放流下水の処理形態と全放流汚濁量に占める割合⁵⁾

	雨天時放流水量 (%)			雨天時放流BOD負荷量(%)		
	未処理	簡易処理	高級処理	未処理	簡易処理	高級処理
A市	28	37	35	19	64	17
B市	24	26	50	31	49	20
C市	18	27	55	18	50	32

§5 分流式下水道と 3W 処理法

3W 処理法は合流式下水道の改善技術として開発されたが、分流式下水道においても同様に水処理能力を超える下水量の活性汚泥処理が可能であり、雨天時浸入水により流入下水量が過度に増大する分流式下水処理場の対策として適用できる。

【解 説】

分流式下水処理場においても 3W 処理の適用により、設計能力の 2～3 倍程度の下水処理が可能である。分流式下水道へ適用する際の留意点として、分流式下水道の反応タンク混合液の SVI は一般的に合流式下水道に比べて高いことから汚泥沈降速度が遅くなるため、最終沈殿池での固液分離の状況に注意を払う必要があることなどが挙げられる（§ 31 参照）。

§6 3W 処理法の特長

3W 処理法は、既存施設を利用して導入することが可能で、設備等の新設や大幅な改造を必要とせず、少ない投資で導入できる。

【解 説】

3W 処理法では、晴天時処理能力（1Qsh）を超えて流入する下水量（全流入下水量が 3Qsh 処理の場合は 2Qsh 量）を、反応タンク後段箇所に入力させる。

ステップ流入水路を有する施設では、雨天時に後段箇所に入力するためのステップ流入可動堰を操作することで 3W 処理が可能である。また、ステップ流入水路がない場合には、水路や配管の増設により反応タンク最後段箇所へ入力させることにより導入できる。3W 処理法の特長として次の点があげられる。

（長所）

- ・既存施設の改造で導入できるため新たな用地を取得する必要がない。
- ・既存施設の改造で対応できるため、導入費用は安価である。
- ・基本的にステップ流入可動堰の操作のみで運転可能なため、維持管理は簡易であり、電力費が少ない。
- ・送風量、汚泥返送量等は晴天時と同等でよく、増加電気量はステップ流入可動堰操作のみと、わずかである。
- ・薬品を使用しない。

（短所）

- ・活性汚泥の性状（MLSS、汚泥の沈降性など）に 3W 処理性能が影響を受ける場合がある。
- ・生物学的な窒素、リン除去と併用する場合、3W 処理中は、除去性能が低下する。

§7 3W 処理法の名称について

降雨時の下水処理という開発経緯から、本法は、「雨天時下水活性汚泥処理法」、「Wet Weather Wastewater Treatment Process」の頭文字をとって「3W 処理法」と呼ばれる。

【解 説】

本法が開発された大阪市では、「雨天時下水活性汚泥処理法」の呼称が用いられ、1990 年代以降の国際学会等での発表を経て「Wet Weather Wastewater Treatment Process」の英語表記が用いられている。現在では、次の経緯によって「3W 処理法」の愛称で呼ばれるに至った。

- (1) 愛称については、2000 年代に大阪市における下水道関係職員を対象として実施したアンケート調査の結果による。
- (2) 本法は降雨時における合流式下水道改善の施策に止まらず、分流式下水道の不明水対策としても有効である。また、施設更新時の一時的な水量増への対策等、必ずしも雨天時の対策に限定されるものではない。
- (3) 大阪市内で 20 余年にわたる現有処理施設で実用運転を継続した範囲において、標準的な処理能力の増強が、概ね晴天時（時間最大能力）の 3 倍程度であることが実証されたこと。

その後、「下水道施設計画・設計指針と解説 ⑤」において、「雨天時活性汚泥処理法」と掲載された。本マニュアルでは、「雨天時活性汚泥処理法」または、「3W 処理法」と呼ぶ。

第2節 標準活性汚泥処理法以外の施設

§8 高度処理と併用する場合の留意点

3W 処理法を生物学的な窒素・リン除去と併用する場合、3W 処理中は、高度処理で規定されている処理水質の達成が困難となる。

【解 説】

3W 処理中は、後段から流入した汚水は滞留時間が短いため、アンモニア性窒素が流出する。また、生物学的りん除去も、超過水量が嫌気槽を経ずに最終沈殿池に流入するため、処理能力が低下する。したがって、3W 処理時間中は高度処理で規定される処理水質の達成は困難となる。

その一方で、3W 処理が終了し通常の晴天時処理に戻れば速やかに元の高度処理機能が復活する。なお、雨天時においては、3W 処理の採否に関わらず、嫌気槽への DO の持込や流入水の希釈による炭素源不足などにより、生物学的りん除去の処理能力は悪化する傾向があることに留意する。

§9 担体添加型処理法と併用する場合の留意点

3W 処理法と担体法と併用する場合は、担体分離スクリーンの水量増加への対応や目詰まり防止の対策の検討を要する。

【解 説】

担体法との併用の場合は、高度処理と併用する場合（§8）に加え、担体分離スクリーンの通過水量の増加ならびに、その目詰まり防止を考慮する必要がある。

第3節 基本的原理

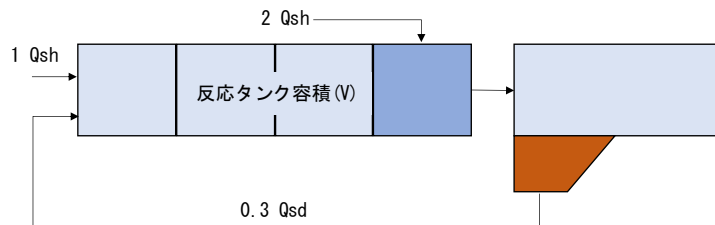
§10 3W 処理法での活性汚泥処理～なぜ短い滞留時間で汚濁物が除去できるのか？

活性汚泥処理法では、下水中の溶解性有機物は活性汚泥の初期吸着作用により、短時間のうちに除去される。反応タンク後段に投入された下水中の汚濁物（溶解性有機物）は、この作用により短時間で除去することが可能となる。

【解 説】

下水中の汚濁物（溶解性有機物）は、先ず活性汚泥の初期吸着作用を受け、短時間のうちに除去される。実用運転下の下水処理場の活性汚泥を用いて実測した溶解性有機物の変化は図 3-4 のとおりである。概ね 20～30 分程度の接触時間で、60～70%の溶解性有機物が活性汚泥に吸着し除去される。反応タンク入口で流入下水と混合した活性汚泥は、初期吸着した溶解性有機物を、反応タンクを通過する中で迅やかに分解・同化し、反応タンク後段箇所に到達する約 5 時間後には再び初期吸着能を回復する。

図 3-3 に示すような第4ステップから投入する超過水量を $2Q_{sh}$ 、 $1Q_{sd}$ に対する反応タンク HRT を 6.5 時間、返送汚泥率を 30%とする場合に 3W 処理での反応タンク後段（第4ステップ）の滞留時間（ t_t ）（返送汚泥含む）は次の様に計算される。



$$t_t = \frac{1/4 \cdot V}{3Q_{sh} + 0.3Q_{sd}} = 0.42 \text{ (hrs)}$$

$$\text{条件より} : \frac{V}{Q_{sd}} = 6.5 \text{ (hrs)}$$

$$1Q_{sh} = 1.2Q_{sd}$$

図 3-3 ステップ流入と滞留時間

第4ステップから投入された下水中の溶解性有機物は20～30分程度の滞留（接触）時間を経て、初期吸着作用により活性汚泥に吸着する。（図 3-4 参照）

図 3-5 に示すように活性汚泥は最終沈殿池で沈降分離し、返送汚泥として反応タンクに戻る過程で吸着した有機物を分解・同化し、再び吸着能力を回復することで3W処理が継続する。

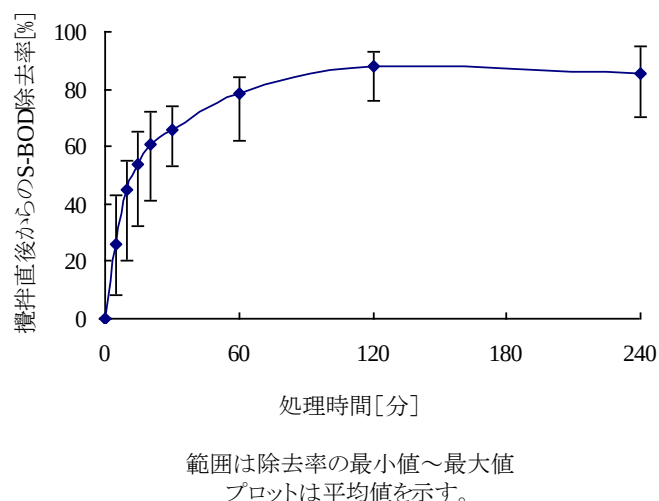


図 3-4 回分試験における S-BOD 除去率の経時変化⁸⁾

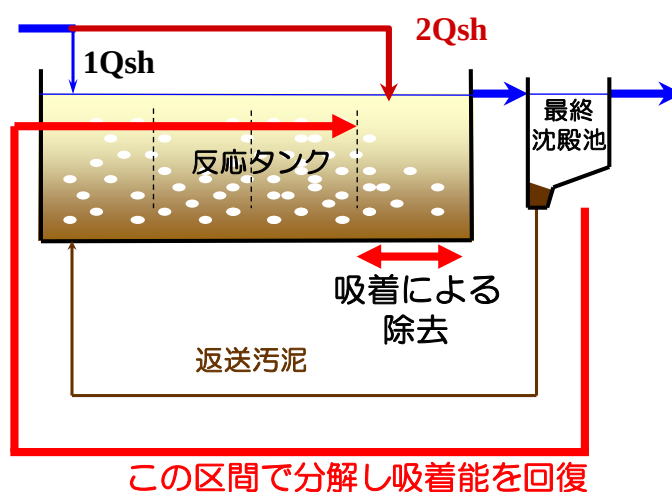


図 3-5 活性汚泥による有機性汚濁物除去

§11 最終沈殿池の雨天時の挙動～なぜ最終沈殿池が晴天時よりも多くの水量に耐えられるのか？

3W 処理では、反応タンク後段の MLSS 濃度が、反応タンク後段への流入下水により大きく希釈されるため、同じ水量を反応タンク入口から投入した場合と比較して、最終沈殿池にかかる固形物負荷が大幅に抑制され、水量増大時においても良好に固液分離を行うことができる。

【解 説】

沈殿池は、通常「水面積負荷（＝流入下水／沈殿池面積）」に基づいて設計されるが、一般に、最終沈殿池では固形物濃度（反応タンクから移行する活性汚泥濃度）が高いために、水面積負荷とともに「固形物負荷（＝流入固形物量／沈殿池面積）」を考慮する必要がある。

3W 処理開始直後は、反応タンクの活性汚泥は平均 MLSS 濃度で最終沈殿池に押し出され、最終沈殿池の固形物負荷量は水量負荷の増加と同等の割合で増加するものの、反応タンク最後段（4 ステップエアレーションの場合は第 4 ステップ）から投入した超過水量（全処理量が 3Qsh の場合は 2Qsh 量）によって希釈され、最終沈殿池に移行する MLSS 濃度は速やかに低減する。これにより、最終沈殿池では 3W 処理を開始した後、水量負荷は高い水準で維持される一方で、固形物負荷量は MLSS 濃度の低減とともに軽減される。

雨天時処理下水量が 3Qsh の場合において、2Qsh の超過水量を反応タンク後段（4 ステップエアレーション法の第 4 ステップ）から流入させた場合の最終沈殿池の流入固形物量を、3Qsh の全量を反応タンク入口部から流入させた場合を比較した結果を図 3-6 に示す。

（計算プロセスの展開と前提条件の詳細は、資料 1 ステップ流入による最終沈殿池の固形物負荷の試算参照）

図中の①は晴天時における通常処理、②、③は 3 倍量の下水（3Qsh）処理の場合で、②は全量を反応タンク前段から投入し、③は 2Qsh 量について、第 4 ステップから投入させた（3W 処理法）、いずれも反応タンクから最終沈殿池に移行する混合液について、汚泥濃度又は固形物負荷量について①に対する比率（倍）で示した。

反応タンク前段入口から全量を投入する②の場合、最終沈殿池の固形物負荷量は晴天時の通常処理の 2.6 倍となる一方で、3W 処理の③では、1.18 倍にとどまる。3W 処理では反応タンク後段にステップ流入をすることで、最も負荷が高くなる処理開始の直後からしばらくの間においても固形物負荷量の増大を大きく抑制できる。

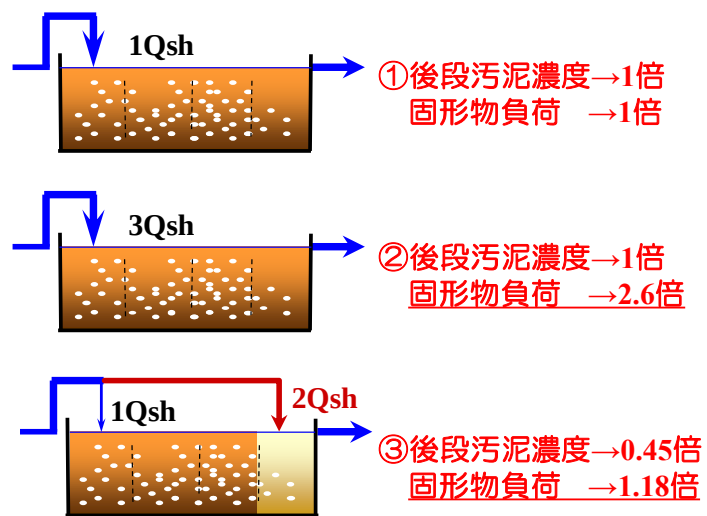


図 3-6 反応タンク後段汚泥濃度と最終沈殿池流入固形物負荷（資料 1 ステップ流入による最終沈殿池の固形物負荷の試算参照）

第4章 導入による効果

第1節 有効な合流改善対策

§12 晴天日の処理や通常雨天時処理と3W処理法の処理水質の比較

3W処理では、§11の通り、最終沈殿池にかかる固形物負荷が大幅に抑制され、水量増大時においても良好に固液分離を行うことができる。

既存の反応タンク、最終沈殿池を用いて大量の下水を処理するので、その二次処理水質は標準的な水量条件による活性汚泥処理と比べて若干悪化するが、同じ水量を簡易放流した場合と比較すると処理水質は大幅に改善される。

【解説】

3W処理法は、既存の反応タンク、最終沈殿池を用いて大量の下水を処理するので、その二次処理水質は活性汚泥による標準的な水量条件で処理する場合と比べて、若干悪化するが、同じ水量を簡易放流した場合と比較すると処理水質は大幅に改善される。

表4-1に下水の処理方式による最終沈殿池出口水質の違いを示した。

表 4-1 3W処理法と標準的な活性汚泥処理法での最終沈殿池出口水

SS(mg/L)		BOD(mg/L)	
3W処理法	標準活性汚泥法	3W処理法	標準活性汚泥法
8	5	11	6.9
9	4.7	12	6.8
13	6	13	6.7
7	6	4.3	4.8
6	5	6.4	5.2
7.9	9.7	5.9	8.6
3.8	5.7	4.5	5.1
平均	7.8	8.2	6.3
水質比	1.30	1.30	

・調査場所：大阪市平野下水処理場

§13 実施設の処理実績

実施設における複数回の降雨を対象とした 3W 処理調査結果では、総合的に十分な処理効果を得られることが確認された。また、高負荷（水量・水質）時の運転や長時間に及ぶ連続運転時にも処理機能の維持が確認された。

【解 説】

これまでに大阪市で実施した実施設における長期に亘る 3W 処理調査から、処理効果および、高負荷（水量・水質）時の運転や長時間に及ぶ連続運転時の処理機能の維持が確認されている。（調査結果の詳細は、資料 2 実施設での運転実績を参照）

(1) 総合処理効果

19 降雨を対象とした 3W 処理調査において、全ての 3W 処理運転において良好な処理水質が得られ適正に処理されていることが確認された。3W 処理の継続時間は最も長くて 45 時間、短い時で 2.5 時間（平均 11.1 時間）であり、処理水量は最大 3.38Qsh～最少 1.31Qsh（平均 2.46Qsh）、3W 処理開始時の反応タンク MLSS 濃度は 1,970～680mg/L（平均 1,280mg/L）であった。実質的に想定されるすべての降雨において 3W 処理運転が可能であること、また最大 3Qsh 程度の処理が可能であることが確認された。いずれの調査においても、最終沈殿池からの汚泥の溢流等の異常事態は認められず、3W 処理の終了後は、速やかに晴天時処理運転に復帰し、3W 処理運転以前の処理機能を発現した。

1 年余にわたって実施した 19 回の 3W 処理運転の処理水質は、平均で SS 9.1mg/L、BOD 7.1mg/L と良好であった。平均処理水質の 90%値は BOD で 9.5mg/L であった。

(2) 高負荷運転

平成 13 年 10 月 22 日、平野下水処理場（東池）では、処理水量最大 3.38Qsh に到達し、反応タンク流入水の BOD 濃度は最大 87mg/L に達したが、処理水 BOD 濃度は最大で 12mg/L、平均 7.2mg/L であった。

(3) 長時間運転

平成 12 年 9 月 11 日、平野下水処理場（南系）では、総降雨量 165mm の長雨により連続 45 時間に亘って 3W 処理を継続した。処理水質（平均 BOD3.8mg/L、SS6.2mg/L）は、3W 処理の運転時間を通して一貫して安定し、3W 処理法は長時間の連続運転に対応できた。

§14 放流汚濁負荷量の削減効果

1,500ha 程度の下水道排水処理区を想定した場合、河川等の公共用水域に排出される BOD、SS 等の汚濁負荷量は、3W 処理法の適用により、従来法（1Qsh を活性汚泥処理、他は簡易放流）と比べ年間で 20～30%程度の削減が見込まれる。

【解 説】

大阪市平野下水処理場（南系）において、平成 12 年 9 月から平成 13 年 1 月までの 4 降雨を対象として 3W 処理の調査を実施した。3W 処理運転を行った場合と、1Qsh までを活性汚泥処理し、それを超える雨天時下水は沈殿処理後簡易放流する従来の処理法について、降雨時の放流汚濁負荷量を比較した。個別降雨ごとの負荷計算の詳細を資料 2 実施設での運転実績に記載した。

汚濁負荷量削減効果の結果概要は表 4-2 のとおりである。1 降雨あたり、SS で 59.1～90.7%（平均 70.6%）、BOD で 26.3～77.6%（平均 61.0%）の汚濁負荷量が削減されていた。

年間に放流される汚濁負荷量の総量で見ると、その削減率は BOD、SS、COD について 20～30%程度となる⁸⁾。

表 4-2 3W 処理法による放流汚濁負荷削減効果

No.	放流負荷 (SS)			放流負荷 (BOD)		
	3 W処理 kg	通常処理 kg	負荷削減率 %	3 W処理 kg	通常処理 kg	負荷削減率 %
1	176.8	640.2	72.4	315.8	428.4	26.3
2	13.4	144.4	90.7	36.1	149.1	75.8
3	141.6	346.1	59.1	127.2	354.7	64.1
4	129.8	441.9	70.6	118.3	528.3	77.6
合計	461.6	1572.6	70.6	597.4	1460.5	59.1
平均			73.2			61.0

通常処理：1Qshを活性汚泥法にて処理し、超過水量は沈殿処理後簡易放流する。

§15 3W 処理法と他の合流改善対策との比較

3W 処理法は、軽微な既設改造で導入できるため、他の合流改善対策と比較して経済的に有利であり、かつ、速やかに効果を発揮することができる。

【解 説】

3W 処理法は、次の理由から他の合流改善対策と比較して経済性に有利である (§17 参照) とともに、対策に要する期間も比較的短期間であり早期の効果発現が可能である。

- ・既存施設の改造で導入できるため新たな用地を取得する必要がない。
- ・基本的にステップ流入可動堰の操作のみで運転可能なため、電力費が少ない。
- ・新たな薬品を使用しない。
- ・生物処理により臭気・大腸菌も除去できる。消毒薬品添加率は晴天時と同程度で良い。

§16 3W 処理法の導入費用、維持・運転費用

3W 処理法の導入時には、可動堰整備費とともに、現有施設の状況によっては、他の土木施設改造にかかる費用が必要となる。

3W 処理の維持・運転費としては、ステップ流入可動堰作動時の電力が必要となる。

【解 説】

既設処理場への導入設備費の概算については図 4-1 に示す費用関数を参考にして算出する。

< 可動堰整備費積算条件 >

① 可動堰電動化改造工

- ・設置可動堰数：1 門～15 門(1 門／1 反応槽) 電動可動堰 (直結型)
 - ・電動機出力 1.5kW 堰幅 1000mm×ストローク 500mm
- 可動堰の堰幅、ストロークについては、各水量における水路の損失計算等が必要となる。
本試算においては、堰幅 1000mm×ストローク 500mm と想定した。

②電気設備・機能追加等電気工事

- ・遠方監視、操作盤、計装 (水位計) その他機器類
- 1 池 1 面の場合、5 池 1 面の場合、10 池 2 面、15 池 3 面の場合を想定
監視は汎用シーケンサ+汎用パソコン程度を想定
導水渠水位計は全体で 1 台設置を想定
コントロールセンタ方式ではなく動力制御盤方式を想定

③上記に伴う躯体改造工等 土木関連工事

④諸経費

新設処理場へ導入する場合は、既設可動堰の撤去や躯体改造は不要となるため既設へ導

入する場合よりも導入費は安価となる。

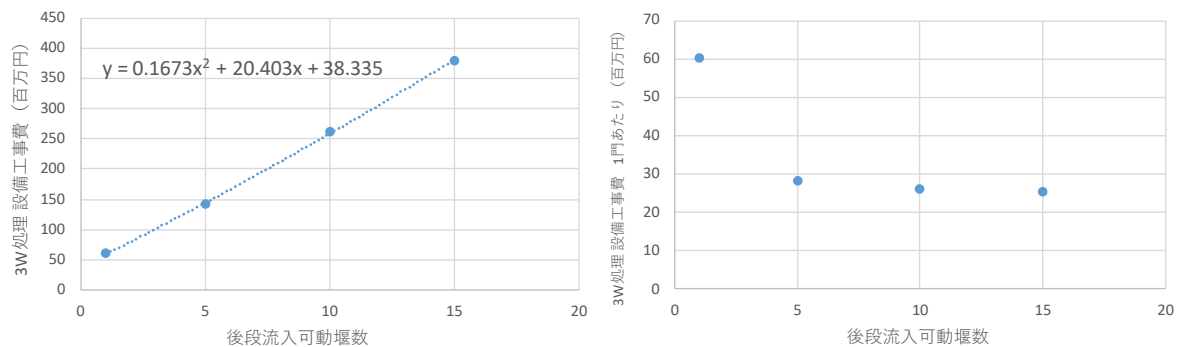


図 4-1 3W 処理導入費用 (2024 年度単価)

<維持・運転費>

3W 処理の維持・運転費としては、ステップ流入可動堰作動時の電力が必要となるが、使用電力が小さいため、導入検討時は考慮しない。

使用電力：年間では少量のため考慮しない

基本料金：3W 処理を導入したとしても契約電力を上げることはないと考えられるため考慮しない※

※流入可動堰は、連続して動作することではなく、例えば設備電力が 1.5kW の可動堰が 20 基増えたとしても、デマンドが 30kW (1.5×20) 上がることはなく、処理場内の他の大型電気容量の機器の変動の範囲内となるため、契約電力を上げる必要はないと考えられる。

§17 費用対効果（単位金額あたりの汚濁負荷削減量）の比較

3W 処理法は、他の合流改善施策と比較しても費用対効果（単位金額あたりの汚濁負荷削減量）に優れている。

【解 説】

削減負荷量あたりの導入費用を表 4-3 に示す。水理的に問題のある個所の改造を行う土木工事費（嵩上げ、水路・可動堰の拡幅等）を含む場合であっても、3W 処理法は、他の合流改善施設と比較して費用対効果が優れている。

また、合流改善計画における 3W 処理法導入検討ハイドロ図の例を図 4-2 に、3W 処理法と雨水滞水池を対象に負荷量削減効果及び費用を比較した結果を表 4-4、図 4-3 に示す。

BOD 負荷削減効果が同程度となる規模で比較した場合、3W 処理施設の年経費は、雨水滞水池の約 1/10～1/40（雨水滞水池整備に係る用地費除く）であり、3W 処理法は費用対効果に優れていると言える。

表 4-3 BOD 削減負荷量あたりの費用¹⁰⁾

対策施設	削減 BOD 負荷量あたり費用 百万円/t・BOD
3W 処理法（平均工事費）	0.05
3W 処理法（最大工事費（土木工事含む））	0.11
雨水滞水池	0.99～1.25
凝集剤添加傾斜板沈殿池	0.46～0.65

※3W 処理法は、大阪市実績工事費より算定

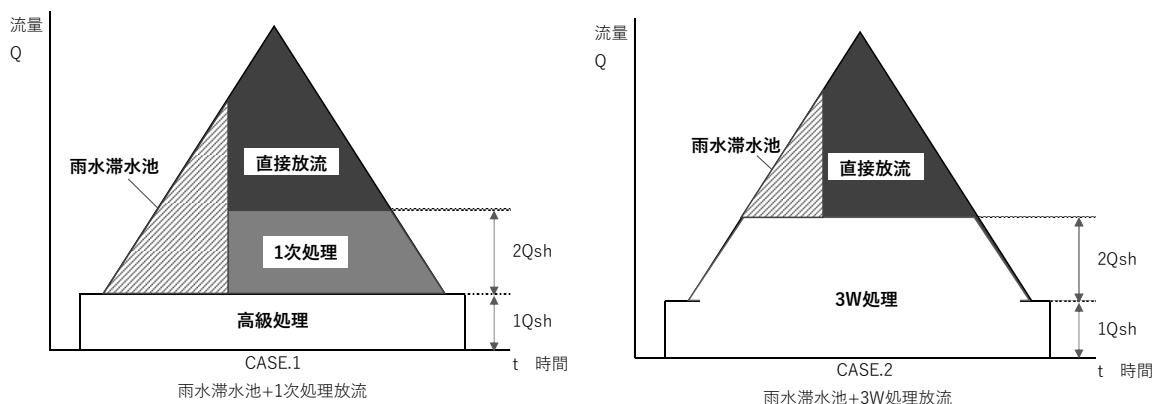


図 4-2 合流改善計画における 3W 処理法導入検討ハイドロ図の例

表 4-4 3W 処理と雨水滞水池の比較 ¹⁰⁾

	年間 BOD 負荷 削減量※ t/年	建設費（百万円）			年経費 （百万円）
		土木	機械	計	
3W 処理 （建設費実績平均）	319	2	215	217	12
3W 処理 （建設費実績最大）	319	325	500	825	33
雨水滞水池 中	284	9,660	2,265	11,925	318
雨水滞水池 大	357	13,524	3,171	16,695	444

※ 3W 処理は実績平均値 雨水滞水池はシミュレーション値

※ 2004 年段階の積算体系、単価設定であるので、地域、年度等実情の勘案が必要
（比較条件）

- ・ 対象処理区面積 1,500ha
- ・ 対象時間最大汚水量（Qsh） 285,000m³/日
- ・ 3W 処理対策規模 処理水量 3Qsh 855,000m³/日
- ・ 雨水滞水池対策規模 貯留容量 中 5mm 75,000m³
大 7mm 105,000m³
- ・ 建設費 土木工事費、機械電気工事費、用地費（雨水滞水池）
（用地費は含まない）
- ・ 年経費 維持費＋減価償却費
減価償却費＝土木工事費/50 ＋ 機械電気工事費/20

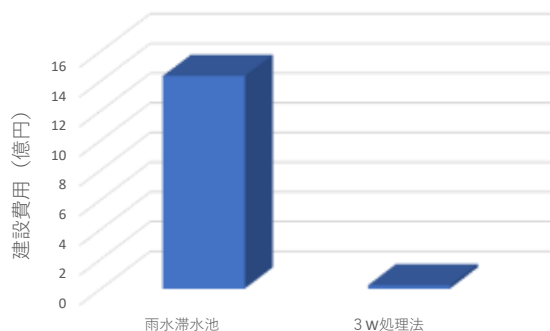


図 4-3 3W 処理法 費用削減効果

※3W 処理法は実績平均値 雨水滞水池は中規模、大規模の平均値

第2節 分流式下水道における雨天時浸入水対策

§18 分流式下水道における雨天時浸入水の実態

分流式下水道を採用する過半の地方自治体において、雨天時等における浸入水に関して維持管理上の問題があり、早急な対策が必要とされている。

【解説】

国土交通省では、2018年度に分流式下水道を採用する地方公共団体を対象に雨天時浸入水に関するアンケート調査を実施し、2020年度に雨天時浸入水対策ガイドライン(案)³⁾を公表した。

同ガイドライン(案)によれば、アンケートに回答した全国 2,962 処理区のうち、半数以上の 1,681 処理区(約 57%)が維持管理上の問題があると回答する一方で、実際に発生箇所や原因調査を行っているのは、そのうち 40%に過ぎなかった。発生源対策を行ったことのある団体はさらに少なく、雨天時浸入水の問題を認識しつつも、その対応が進んでいない実情が明らかとなり、効果的かつ効率的な対策が急がれる状況にある。

このような状況の中、分流式の処理場では、国交省事務連絡「雨天時浸入水に起因する事象報告について」(令和 2 年 4 月 1 日)(資料 3)により、未処理及び一次処理放流などを行った場合は、国土交通省へ報告するようになっている。

§19 分流式下水道における雨天時処理の実情と課題及び対策

現行の雨天時浸入水対策は発生源対策を中心とし、下水道への浸入防止や浸入水量の削減に重点が置かれ、晴天時処理能力を超えて流入する下水の処理に関する対策や実例は示されていない。3W 処理法はこれに対して効果的な対策となる。

【解 説】

「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）（2020）」³⁾は、雨天時浸入水対策として発生源対策を講じ、それでも浸入する雨天時浸入水に対しては雨天時計画汚水量に見込み、運転管理の工夫や施設対策による総合的な対策を講ずることとしている。

「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）Q&A」（2022 年 3 月版）⁴⁾では、分流式下水道での簡易放流や緊急放流は想定しておらず、発生源対策や施設対策、貯留対策を実施した上で通常処理での運転管理の工夫が望ましいとしている。

この施設対策として同ガイドラインでは、「ポンプ能力の増強」、「凝集剤添加等沈殿能力の増強」、「高速ろ過設備の設置」、「消毒設備の増強」、「塩素注入量の増加」の対策に加えて「反応タンクステップ流入（雨天時下水活性汚泥法など）」を挙げている。

しかし、同ガイドライン（案）事例集（2022 年 4 月）⁶⁾においても、広範囲の調査を要するなど実施が困難な発生源対策と比較して、雨天時下水の処理に関して、実施設への適用に必要な情報が十分に提供されているとは言い難い。

3W 処理は、雨天時等における流入下水量の増加時の下水処理技術として、分流式下水道でもその有効性を確認した報告が増加している。3W 処理法は費用対効果が高く、運転開始までの期間も短く、またガイドラインにも記載されていることなどから、分流式下水道の施設対策として適している。

§20 分流式における 3W 処理法導入効果

分流式下水道において、雨天時の不明水対策として運転管理の工夫の一環として 3W 処理の導入事例がある⁹⁾。本方式を導入することにより 1 次処理放流回数の削減が期待でき、雨天時の汚濁負荷削減に寄与する。

【解 説】

図 4-4 に示すとおり、流入倍率 n を上げることにより、1 次処理放流回数を削減できると推定される。

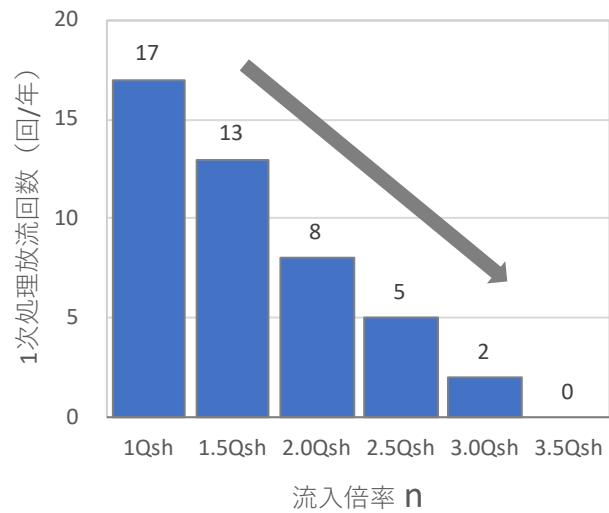


図 4-4 3W 処理法導入による 1 次処理放流回数の削減イメージ

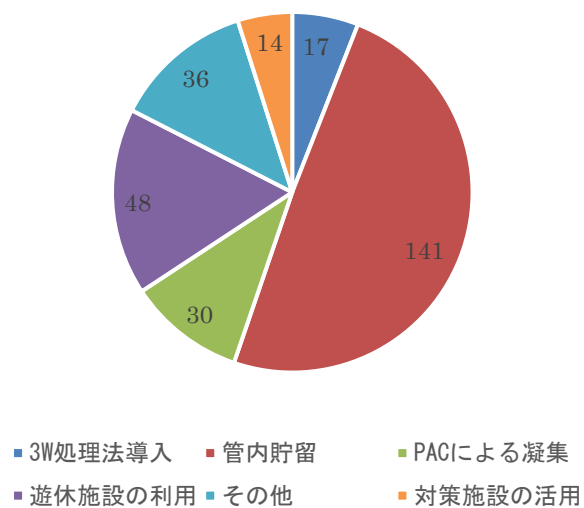


図 4-5 分流式における不明水対策として工夫事例³⁾

図 4-5 に示すとおり多い対策は管内貯留で 50%程度を占めている。管内貯留では上流管きよへの背水の影響、管内での汚泥堆積、ポンプ場流入部のゲート制御、貯留量超過時など浸水リスクが高くなるといった課題もあることから、不明水を含む流入下水を連続処理することが可能な 3W 処理法は、有効な対策手法となり得る。

第5章 導入に向けた検討

第1節 3W 処理法の適用可能な処理方式

§21 3W 処理法の導入事例

3W 処理法は、合流式下水道改善対策及び分流式下水道の雨天時浸入水対策施設として全国で 30 か所以上の下水処理場において導入・実施事例がある。

【解 説】

3W 処理法は、合流式下水道改善対策及び分流式下水道の雨天時浸入水対策施設として全国で 20 か所以上の都市の 30 か所以上の下水処理場において導入・実施事例がある（2024 年現在）。

表 5-1 3W 処理法 導入・実施事例^{※1}

対策	導入自治体
合流式下水道改善対策	兵庫県、大阪市（12）、明石市、今治市 ^{※2} 、大牟田市、観音寺市、岸和田市、札幌市、静岡市（4）、吹田市（2）、西宮市、鳥取市、苫小牧市、八幡浜市、防府市、姫路市、松本市、都城市
分流式下水道雨天時浸入水対策	愛知県、神戸市、小山市 ^{※3} 、熊本市（2）、広島市

※1 当社独自調査結果（ヒアリング調査、各種報告書、インターネット調べ）手動ゲート操作による実施含む

※2 一部分流区域含む

※3 一部合流区域含む

§22 適用可能な処理方式

標準活性汚泥法に代表される浮遊式活性汚泥法への適用は、ほとんどの場合、可能であるが、その方式の設備形状・機構から対応できない場合もある。活性汚泥変法、活性汚泥変法（高度処理）には、ほぼ全て適用可能であるが、オキシデーションディッチ法や回分式には適用できない。

【解 説】

標準活性汚泥法以外への処理方式への適用性は、基本的に標準活性汚泥処理法と同様に評価できる。現在までに、嫌気好気活性汚泥法、ステップ流入式硝化脱窒法に対して 3W 処理法を適用し実用運転を行っている。

標準活性汚泥処理法と比較して、循環式硝化脱窒法など MLSS が高濃度の場合や、分流式下水処理場など SVI が高い場合は、活性汚泥の沈降速度が低くなり、最終沈殿池での固液分離性が低下するため、最終沈殿池の処理能力評価に留意する必要がある。（§ 34、第 7 章第 3 節参照）

なお、後段から流入した下水は滞留時間が短く、無酸素槽・嫌気槽等を経ていないため、当該水量分については生物学的な高度処理は行われていないことに留意する必要がある。また、OD法の反応タンクは、標準活性汚泥法とは異なり無終端水路であり、標準法における反応タンク最終槽がないため、3W処理法の適用は困難である。（§8参照）

表 5-2 3W 処理法の導入可否

分類		生物処理法
浮遊生物法	活性汚泥変法	◎標準活性汚泥法
		◎ステップエアレーション法
		○酸素活性汚泥法
		○長時間エアレーション法
		×オキシデーションディッチ法
		×回分式活性汚泥法
	活性汚泥変法（高度処理）	○循環式硝化脱窒法（窒素除去）
		○硝化内生脱窒法（窒素除去）
		○ステップ流入式硝化脱窒法（窒素除去）
		○嫌気無酸素好気法（窒素・リン除去）
		◎嫌気好気法（リン除去）
固着生物法（生物膜法）	×回転生物接触法	
	×散水ろ床法	
	×接触酸化法	
	×好気性ろ床法	
固定化微生物法　担体法		×

◎適用可能（ステップ水路あり） ○実績はないか少ない、理論的に可能 ×適用不可

担体添加型処理法は担体法と併用する場合は、担体分離スクリーンの水量増加への対応や、目詰まり防止が課題となる。

膜分離活性汚泥処理法は膜分離槽に下水を導水するため、膜の目詰まりが生じやすくなるので3W処理は採用できないと考えるが、本法は、過年度の運転実績から雨天時に2Qshまでの高級処理能力を有している。

§23 反応タンクの構造

反応タンクの構造として、通常の流入装置に加えステップ流入水路を設置する必要がある。また、後段の雨天時投入水量（返送汚泥量含む）に対して、後段滞留時間は 20～30 分程度とする。

【解 説】

3W 処理においては、雨天時に超過水量を反応タンク後段からステップ流入させることで、最終沈殿池への固形物負荷が削減される。また、ステップ流入した雨天時下水の汚濁物質は活性汚泥の初期吸着力によって除去される。

反応タンク全容積に対するステップ流入後の反応タンク出口までの容積の比をステップ比とすると、最終沈殿池に流入する固形物負荷はステップ比を小さくするほど減少するが(図 5-4)、その一方で活性汚泥の初期吸着反応時間は短くなる。活性汚泥の初期吸着時間を確保するため、反応タンク最後段の滞留時間は 20～30 分程度とする。

一方で、後段の滞留時間を大きくする（＝ステップ比を大きくする）と、後段ステップ比が最終沈殿池への固形物濃度、固形物負荷が増加する。

ステップ流入水路を有する既設処理場へ導入する場合は、反応タンク最後段のタンク容積と必要滞留時間から、処理可能水量を評価する。

新設、または、ステップ流入水路がない既設の処理場の場合は、目標処理水量（返送汚泥量を含む）に対して約 30 分程度の滞留時間が確保できるよう、後段のステップ流入施設の設置位置を検討する。

(計算例)

② 既設の場合

標準活性汚泥法は、大都市の事例や日本下水道事業団等の基準では 1 : 1 : 1 : 1 の 4 カラムで池を分割し、また、ステップエアレーション法もできるような構造で設計・施工された事例が多い。図 5-1 に池割と流入量配分の例を示す。

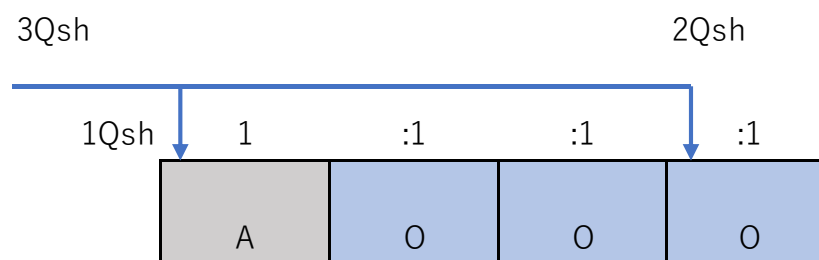


図 5-1 標準的な反応タンクの池割の 3W 処理法適用例

この時、後段の滞留時間は以下のとおり算定される。

- ・標準活性法（ステップエアレーション可能）
- ・滞留時間 DT 8 時間
- ・前段流入量 $1Q_{sh}$ 、後段流入量 $2Q_{sh}$
- ・日最大水量 $1Q_{sd}$
- ・返送汚泥量 Q_r

後段容量 $V = Q_{sd} \text{ (m}^3\text{/日)} \times 1/4 \div 24 \text{ 時間} \times 8 \text{ 時間} = 0.083Q_{sd} \text{ (m}^3\text{)}$

後段部滞留時間 $DT = V / (3Q_{sh} + Q_r)$

$1.0Q_{sh} = 1.2Q_{sd}$ 、 $Q_r = 0.3Q_{sd}$ と仮定すると

$$DT = 0.083 Q_{sd} / (3.6Q_{sd} + 0.3Q_{sd} / 24)$$

$$= 0.51 \text{ 時間} > 0.5 \text{ 時間 OK}$$

標準活性汚泥法 JS 基準（H7 年）では高度処理への対応なども踏まえて 1 : 1.5 : 1.5 : 2.25 の池割を標準としている（図 5-2）。この場合、後段 3 段目へのステップ流入は可能であり（4 槽目へのステップ流入できる場合は 4 槽目へ流入させる）、後段容量比は $(1.5+2.25) / 6.25 = 60\%$ である。



図 5-2 事業団仕様でのステップ比

この時、3 段目以降の滞留時間は、図 5-1 の場合よりも長く十分に処理可能であるが、一方で、活性汚泥の希釈率が低下するため、最終沈殿池への固形物負荷は、3～4 段目全体が完全混合条件とした場合でも、図 5-1 と比較して 1.3 倍程度に高くなり（図 5-4）、また、活性汚泥の沈降速度は約 9 割程度に低下するため、最終沈殿池での固液分離に支障をきたす恐れがある。

この場合、4 段目へステップ水路を設置することにより、後段容量比は $2.25 / 6.25 = 36\%$ となり、最終沈殿池への固形物負荷を軽減できる。

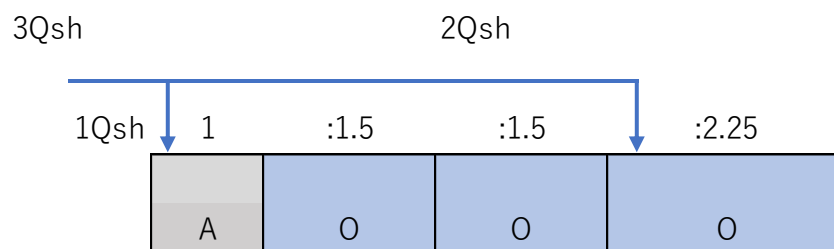


図 5-3 3W に適したステップ比

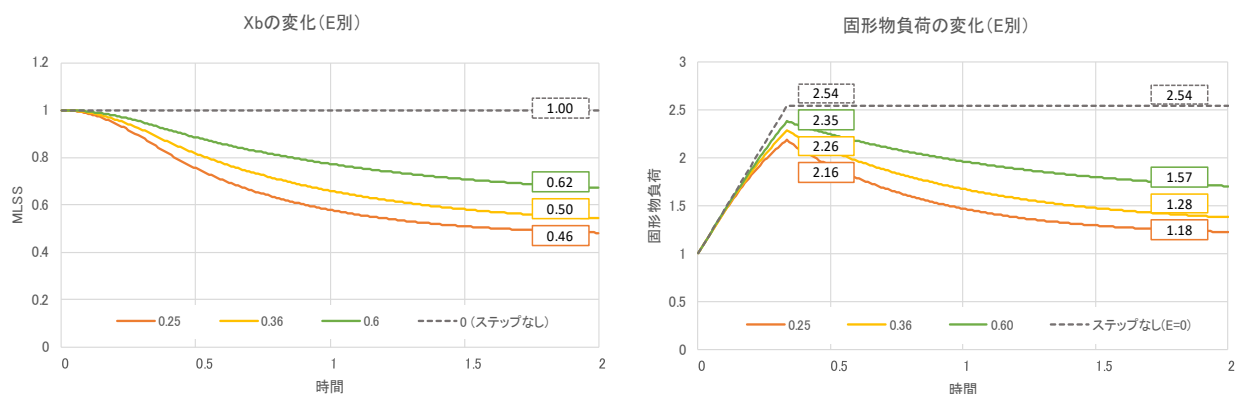


図 5-4 ステップ比と固形物負荷の関係

この時、最終段の滞留時間は、以下のとおり算定される。

- ・標準活性法 (H7 年度 JS 標準設計パターン)
- ・滞留時間 DT 8 時間
- ・前段流入量 1Qsh、後段流入量 2Qsh
- ・日最大水量 1Qsd
- ・返送汚泥量 Qr
- ・後段容量 $V = Q_{sd} \text{ (m}^3/\text{日)} \times 0.36 \div 24 \text{ 時間} \times 8 \text{ 時間} = 0.12Q_{sd} \text{ (m}^3\text{)}$
- ・後段部滞留時間 $DT = V / (3Q_{sh} + Q_r)$

1.0Qsh=1.2Qsd、Qr = 0.3Qsd と仮定すると

$$DT = 0.12 Q_{sd} / (3.6Q_{sd} + 0.3Q_{sd} / 24)$$

$$= 0.74 \text{ 時間} > 0.5 \text{ 時間 OK}$$

なお、高度処理実施処理場では、最終段のステップ比は以下のとおりである。

- ・嫌気無酸素好気法の事例では 構造的に 30%である
- ・ステップ流入式硝化脱窒法

2 段ステップ

1 : 1 : 1.5 : 1.5 の池割の場合 $1.5 / 5 = 30\%$

3 段ステップ

1 : 1 : 1.5 : 1.5 : 2.25 : 2.25 の場合 $2.25 / 9.5 = 24\%$

ただし、ステップ水路の水理的に問題なく規定の流量が流下できるかの確認が必要である。

③ 新設の場合

- ・ステップ水路は、規定の流量が流下できる水路寸法の確保が必要である。
- ・ステップ比は、標準活性汚泥法の場合、ステップエアレーション法も可能な構造であれば、後段のステップ比 25% を基本とする（図 5-1）。
- ・高度処理対応を踏まえた仕様であれば、ステップ比は 60% となる（図 5-2）。この場合、ステップエアレーション法や 3W 処理時の固形物負荷軽減が可能となるように 4 段目へのステップ投入が可能となる水路を設置するのが望ましい（図 5-3）。

§24 活性汚泥の性状確認

3W 処理法の適用にあたっては、晴天時の糸状性細菌の有無や発生度合いなどの活性汚泥性状（SVI、MLSS、水温）の年間変動などを把握する。

【解 説】

糸状性細菌など、活性汚泥の沈降性に影響を及ぼす汚泥性状を確認する。これは、3W 処理法適用時には、水量増加に伴い最終沈殿池での沈殿時間が短くなるとともに固形物負荷が上がり、晴天時よりも沈殿処理が困難となることから、晴天時運転における糸状性細菌によるバルキングを抑制しておく必要があるためである。

活性汚泥性状としては、汚泥の沈降性を示す指標や、汚泥の沈降性に影響を与える（第 7 章第 3 節 § 40 § 40 参照）以下の項目について、データ収集整理が必要である。

- ・ SVI
- ・ MLSS
- ・ 水温 （反応タンクにおけるデータが望ましい）

§25 最終沈殿池の条件と評価

最終沈殿池の水面積負荷から最終沈殿池における処理能力を評価する

【解 説】

最終沈殿池の水面積から、良好な固液分離が可能な処理水量を評価する。過去の合流式処理場の 3W 処理運転実績から良好な固液分離が行われた際の水面積負荷は、 $60\sim 110\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ であった¹⁰⁾。

ただし、最終沈殿池の固液分離性能は、活性汚泥の沈降性や最終沈殿池の構造(特に流出設備)によって影響を受けるため、水面積負荷の設定に当たっては、3W 処理時の汚泥沈降速度や最終沈殿池の構造を考慮した詳細な検討が必要である。(§ 58 参照)

§26 運転条件の確認

晴天時運転から 3W 処理運転への切り替えに際して、返送汚泥率、返送汚泥濃度等現状の運転の条件を確認しておく。

【解 説】

3W 処理実施時は、晴天時運転から 3W 処理運転への切り替えが必要になるので、導入検討・設計に際し、晴天時における § 24 に示す反応タンクの運転状況のほか、返送汚泥率、返送汚泥濃度等、現状の運転の条件を維持管理年報等で確認しておく必要がある。

第2節 既存施設への導入時の検討手順

§27 3W 処理法に必要な施設の改造

3W 処理法に必要な改造箇所は、主に、反応タンク流入可動堰、反応タンク後段ステップ流入可動堰、最終沈殿池の流出水路の断面形状等、水理的なボトルネックの解消、反応タンク導水きょへの水位計設置などである。

【解 説】

3W 処理法の導入には、所定の水量を反応タンクの流入部と後段に、それぞれ送るための設備改造が必要である。

基本的には、反応タンク後段ステップ流入可動堰の電動化（電動可動堰、可動堰運転監視制御設備、可動堰制御のための水位計）のみで導入は可能であるが、現有施設が 3W 処理水量に対して、水理的に能力不足になる場合には、ステップ流入可動堰の電動化以外の施設改造が必要となる場合がある。

大規模な土木構造物の改造を実施する場合は、費用が高額になるため、費用対効果を十分に検討する必要がある。

主な改造施設の例

- ・ 反応タンク流入可動堰（堰高、堰幅）
- ・ 反応タンク後段可動堰（電動化、堰高、堰幅、後段可動堰の運転監視制御システム）
- ・ 最初沈殿池流出渠、反応タンク流入渠
- ・ 最終沈殿池の流出設備（最終沈殿池流出渠、最終沈殿池流出管のランクアップなど）
- ・ 水位計（ステップ流入可動堰の自動制御用）
- ・ その他（濁度計などの水質確認用の計測機器）

第3節 新設時の検討手順

§28 3W 処理法導入の目的と位置づけ

新設施設に導入する場合も、基本的には既存施設への導入時の検討手順で実施する。なお、新設時は不明水・浸入水の流入実態や合流改善計画との整合等を踏まえ、適切な処理水量を設定することが重要である。また、3W 処理法による運転、簡易放流による運転等、想定される運転条件について適応するよう水理検討・構造検討を実施する。

【解 説】

近年、晴天時の時間最大汚水量が減少しているため、合流式下水道では、遮集倍率などが、合流改善計画策定時当初と大きく異なっている場合が多い。これらを踏まえた効果検証（シミュレーションにより効果を定量化するなど）を行い計画の遮集量、遮集倍率を踏まえて、処理倍率（何 Qsh 処理するか）を決定する。その量に応じて反応タンク後段流入量、最終沈池規模を検討する。

また、分流式の場合も簡易処理の実績など踏まえて、その流入規模を決定する。最終沈殿池の水面積負荷により処理可能量が制約を受けるので留意する必要がある。

§29 施設供用後における 3W 導入に向けた準備的対応措置

水理計算等をもとに設計、建設した施設、設備に対して、降雨日、降雨量など踏まえて試運転等を実施し、運用上問題ないことを確認する。

【解 説】

水理計算等は定常流による机上計算であり、刻々と変化する水量に対する水位変動などは把握できていない。理論上の分配などが問題なくできているかを実測し確認する。その中で課題などが確認された場合、速やかに停止、原因究明に努めることが必要である。

第6章 設計の基本的な考え方

第1節 基本設計

§30 導入検討フロー

3W 処理法の導入にあたっては、対象の下水処理場の処理状況を把握した上で、ステップ流入可動堰などの改造施設の計画・設計を行い、その結果に基づき費用対効果を検証する。

【解説】

施設導入時の検討フローを図 6-1 に示す。

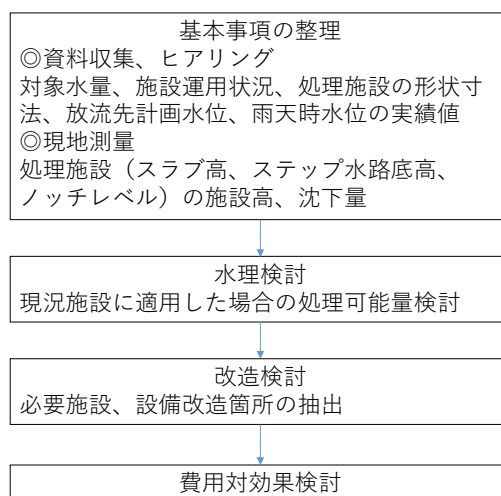


図 6-1 検討フロー

(1) 基本事項の整理

資料収集、ヒアリング調査を行う。下記の事項を整理する。

- ・検討対象水量（計画日最大水量、3W 処理水量、簡易処理放流量、系列分配量、等）
- ・現在の施設運用状況（晴天時・雨天時汚水ルート、簡易放流制御方法、等）
- ・水処理施設詳細部（配管、可動堰堰高を含む）の形状寸法
- ・放流先水位の計画水位と雨天時水位実績値

また、現地測量により、水処理施設詳細部（施設スラブ高、ステップ水路底高、ノッチレベル、等）の施設高及び沈下量を把握する。

(2) 水理検討

(1) で設定した放流水位、3W 処理水量を現況施設の構造寸法、施設高さ（3W 処理時の運用池数）に適用した場合の水理検討を行う。

特に 3W 処理水量で能力不足になる可能性の高い、下記の施設について処理可能水量を水理計算により検討する。

- ・反応タンク流入可動堰
- ・最終沈殿池流入及び流出水路（連絡管）

（３）改造検討

（２）の結果より、3W 処理が困難である場合は、改造の方向性を検討し、3W 処理が可能な場合は、3W 処理に必要な改造箇所を抽出し、改造施設・設備の概略規模を決定して概略設計を行う。

（４）費用対効果検討

（３）の改造内容に対する概算工事費の算定結果と、改造による汚濁負荷削減効果より費用対効果を検討する。削減効果については、雨水滞水池などの他の対策施設との比較検討を行う。

§31 設計の考え方、設計諸元の適用性

本マニュアルにおける設計の考え方及び設計諸元は、合流式下水処理場への適用事例を基にまとめたものであるが、基本的に分流式下水処理場へも適用が可能である。

【解 説】

3W 処理法は、合流式下水道の改善対策として開発された処理方法であるため、本マニュアルにおける設計の考え方及び設計諸元は、合流式下水処理場への適用事例を基にまとめている。下水処理場の水処理方式は、合流式と分流式で同じであることから、分流式下水道に対しても基本的に同様の設計の考え方、設計諸元を適用できる。

ただし、分流式下水道の場合、以下の事項が異なるため留意が必要である。

・流入～最初沈殿池の対象処理水量

合流式下水道の場合、雨天時計画汚水量（大阪市の場合、3Qsh）を対象に汚水ポンプ～最初沈殿池までの施設は設計されているが、分流式下水道の場合は、雨天時の処理水量の増大は想定されておらず、流入から放流まで計画時間最大汚水量を対象に設計されている。このため、3W 処理にあたり、新たに導水施設が必要となる場合がある。

・最初沈殿池水面積負荷

最初沈殿池の水面積負荷は、分流式下水道では $35 \sim 70 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ 、合流式下水道では $25 \sim 50 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ ⁵⁾と、分流式下水道の方が高く設定されているため、合流式下水道と比較して水量増大時に最初沈殿池処理水質が悪化する可能性がある。

§32 最大処理水量の設定 (nQsh)

最大処理水量の設定は、3W 処理法における重要な設計因子となる。合流式下水道、分流式下水道で、それぞれ雨天時の流入実態を考慮して設定する必要がある。

【解 説】

本法の最大処理水量は、合流式下水道では、施設の処理能力に基づき、時間最大下水量(1Qsh)の3倍量を基本とする。ただし、1Qshは、社会的背景から減少しており、その一方で、雨水量は増加傾向にあるため、投資費用、投資効果を考慮(シミュレーションによる導入効果定量化などを含む)して最大処理水量を決定する(§28参照)。

一方、分流式下水道では、管路等における雨天時浸入水量を雨天時浸入水対策ガイドライン³⁾等に示す手法で把握し、未処理放流や1次処理放流の回数の削減効果(§20、§28参照)などを定量化し、投資費用、投資効果を考慮して必要となる最大処理水量を決定する。

なお、既設処理場の場合、反応タンク、最終沈殿池の設計条件から、処理可能水量をそれぞれ求め(§37、§41参照)、反応タンク、最終沈殿池のうち、どちらか小さい方が処理可能水量となる。また、既存のポンプ能力(予備機含む能力やQ・H曲線)や水処理施設の水理的な能力(溢水がないなど)を考慮して決定する。場合によっては、予備機の増強なども検討する。

§33 最大処理水量時における施設運転状態の確認

3W 処理の設定水量の下水を集・揚水し、処理施設の各所を問題なく通過できることを確認する。

ポンプや幹線の容量、ポンプ起動水位の設定により、そもそも沈殿池まで設定処理水量を送水できない場合がある(図6-2)ため、ポンプや幹線での下水の揚水量や流下容量を確認する。

また、処理施設の各所を3W処理水量の下水が通過できることを確認する。一般的な下水処理場において、3W処理を実施するために何らかの対策を必要とする水理学的な不良箇所や、土木的改造箇所の事例(大阪市検討事例)は図6-3のとおりである。

遮集不良の例

遮集不良の原因

- ・ポンプ能力、送水量不足
 - ・沈殿池汚泥ポンプの閉塞
 - ・水理的問題
- (水かあふれる、容量不足)
- ・放流量制限 等

大阪市処理場ヒアリング結果(H12年)

図 6-2 遮集不良の例

処理場内の水理学的検討

外水位がH.W.Lの際に3Qshの水量を流した時の水位を放流位置から計算

- ・開水路のスラブからの溢水
 - ・可動堰、分配堰がもぐり堰になる
 - ・Vノッチの水没
 - ・着水井の溢水
 - ・会所のスラブからの溢水
- …などの問題について判定

図 6-3 水理学的な検討項目

§34 最終沈殿池の水面積負荷（OFR）

汚泥の沈降速度と最終沈殿池の水面積負荷（OFR）の関係より活性汚泥の沈降分離性を評価できる。

【解 説】

（１）処理水の清澄条件

汚泥沈降速度＞水面積負荷（処理水量／最終沈殿池水面積）であれば理論的には固液分離が可能であるが、汚泥の濃縮・引抜きを適正に行うためには、汚泥沈降速度は水面積負荷の２倍以上必要となる（§ 39 参照）。また、SS 越流の観点から流出設備の最上流端における汚泥界面の評価も必要となる（§ 55 参照）

大阪市今福下水処理場では、集水管方式の矩形最終沈殿池において、汚泥沈降速度／水面積負荷が２以上で、集水管先端部付近における集水管と沈降汚泥界面との距離１ｍ以上であることが、良好な水質の要件となった¹¹⁾。この結果は、下水道維持管理指針⁷⁾の最終沈殿池操作方法において「ブランケット（汚泥）層が水面下１～１.５ｍまで上昇すると部分的に水流により排出されることがある」とされているのとは一致するものである。

また、横浜市南部浄化センターでは、汚泥沈降速度／水面積負荷の比率を１.２～１.５以上となるよう MLSS と SVI を管理することにより汚泥界面の上昇を抑制できるとしている¹²⁾。

（２）沈降汚泥の濃縮条件

最終沈殿池では、活性汚泥が沈降分離し、上澄水が得られる工程と、沈殿汚泥が濃縮される工程に分けられる。

最終沈殿池は、沈殿汚泥が十分に濃縮され、返送汚泥として引き抜かれる固形物負荷で運転しなければならず、それ以上の負荷を供給すると、汚泥界面が上昇し水質が悪化する。

最終沈殿池の運転状況を評価し、適切な操作を行う方法として、状況ポイント解析が用いられる⁷⁾。大阪市住之江下水処理場の長期にわたる 3W 処理実用運転結果を、状況ポイント解析した結果、汚泥の濃縮や引抜き不足により処理水質が悪化したケースはなく、水面積負荷と汚泥沈降速度を比較するだけで固液分離の可否が判断できることが示されている¹⁴⁾。

第7章 施設設計

第1節 揚水・導水施設

§35 最大処理水量時における施設間を結ぶ導水能力の確認

(ポンプ場・最初沈殿池・反応タンク - 最終沈殿池→塩素混和池→放流渠・吐き口)

水理検討により、最大処理水量時における施設間の導水能力を確認する。

【解 説】

放流水位、3W 最大処理水量を現況施設の構造寸法、施設高さ（3W 処理時の運用池数）に適用した場合の水理検討を行う。

特に 3W 処理水量で能力不足になる可能性の高い、下記の施設について処理可能水量を水理計算により検討する。処理能力が不足している場合は揚水施設の追加や、施設の嵩上げ、水路・開口部の拡幅などの対応を検討する。主な確認ポイントは以下のとおりである。

- ・全体の水位高低の確認
- ・ポンプの Q・H 確認
- ・反応タンク流入可動堰
- ・ステップ流入堰
- ・最終沈殿池流入及び流出水路

本法を採用した場合、晴天時と 3W 運転時において、導水施設における流速が 2～3 倍になるため、水路などにおける晴天時の沈降防止対策、維持管理方針（曝気や浚渫）などを検討する必要がある。

§36 ステップ流入以外の活性汚泥処理法の場合

ステップ流入水路のない活性汚泥処理法への導入の場合、後段の反応タンクへ導水が必要であるので後付けで水路を設置するか、配管の設置を検討する。場合によっては、最初沈殿池出口部水路などへのポンプ設置も検討する。

【解 説】

ステップ流入水路のない活性汚泥処理法の場合でも、水路、配管の設置、ポンプ導水により 1 Qsh 以上の水量を反応タンク後段に送水することで、3W 処理を行うことが可能である。但し、ポンプ設備、送水管等の整備及び水量に応じた流量制御が必要となり、導入費用、維持管理費用が高額となるため、投資効果を踏まえて決定する。

第2節 反応タンク設計

§37 反応タンク後段の滞留時間

反応タンク全体の設計は、指針等に準拠するが、雨天時の処理能力を確保するために、最後段タンクの滞留時間（返送汚泥量を含む）は20～30分程度確保する。

【解説】

§12に示すとおり、1Qsh超過分の雨天時汚水について、最後段タンクへ流入させるのが本処理方式の特徴である。第4ステップから投入された下水中の溶解性有機物は20～30分程度の滞留（接触）時間を経て、初期吸着作用により活性汚泥に吸着する（図3-4参照）。図3-5に示すように活性汚泥は最終沈殿池で沈降分離し、返送汚泥として反応タンクに戻る過程で吸着した有機物を分解・同化し、再び吸着能力を回復することで3W処理が継続する。

よって、本法では、最後段での滞留時間は、目標とする除去率を考慮して20～30分程度確保する容量を確保する。

$$\text{最後段容量 } V \text{ (m}^3\text{)} \text{ } / \text{ (n+R) Qsh (m}^3\text{/分)} \geq 20 \sim 30 \text{ (分)}$$

§38 反応タンク後段への下水の導水施設の設置、下水量制御

3W処理法は、雨天時にステップ流入可動堰操作を要することから、反応タンク流量調整可動堰の自動化を行う。

【解説】

3W処理法は、手動による対応が難しい雨天時にステップ流入可動堰操作を要することから、反応タンク流量調整可動堰の自動化を行う。基本的に反応タンクの前段に1Qsh、残りの水量が後段ステップ流入可動堰より流入するよう、水位に連動して反応タンク流入調整可動堰開度を調整する。

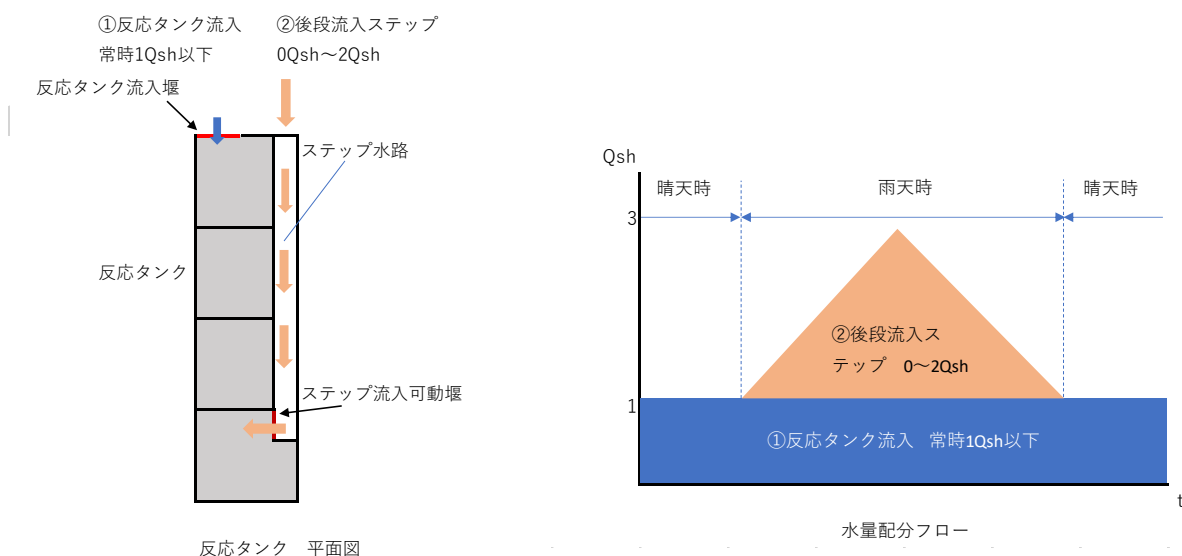


図 7-1 3W 処理時の水量配分

流量調整設備の導入事例を以下に示す。

＜流量調整設備の導入事例＞

①機械棟監視室からの遠隔操作が可能である。

②雨天が予想される場合に、3W 処理法モードを選択する。

※晴天日でも反応タンク流入水量が 1Qsh 以上に至り作動することがあるため

③反応タンク流入水路水位が危険水位に到達した時は、既設備の簡易放流可動堰操作に切り替わる。また、回復水位に戻った場合は流量自動制御による 3W 処理法モードを再開する。

※ステップ流入可動堰開度は現状維持

④可動堰開度は表 7-1 に示す 8 段階で制御される。

※これは、流入水のうち 1Qsh を反応タンク入口可動堰（堰高は固定）から、1Qsh を超える水量を後段可動堰から流入するように、流入水量に応じて後段可動堰開度を調整し流入水路の水位を一定に保つことを目的としている。また、各段階ごとに一定の待機時間を設けることで、可動堰の開閉時間を確保することにより、最終沈殿池負荷が急激に増大することを防ぐ効果もある（資料 1 ステップ流入による最終沈殿池の固形物負荷の試算参照）。最短でも最大開度に達するまでに 20 分程度確保できるよう、各段階の待機時間を調整する。

表 7-1 平野下水処理場南池における設定堰高および水位

運転状況	No.1ゲート	No.4ゲート	曝気槽上流水位(m)		流量(Qsh)		
	堰高(m)	堰高(m)	低	高	No.1ゲート	No.4ゲート	計
通常運転	+6.762	閉	—	+6.939	～1.00	—	～1.00
3 W運転	(固定)	+6.868	+6.920	+6.939	0.84～1.00	0.16～0.25	1.00～1.25
		+6.828	+6.922	+6.939	0.86～1.00	0.39～0.50	1.25～1.50
		+6.791	+6.923	+6.939	0.87～1.00	0.63～0.75	1.50～1.75
		+6.760	+6.924	+6.939	0.87～1.00	0.88～1.00	1.75～2.00
		+6.730	+6.924	+6.939	0.87～1.00	1.13～1.25	2.00～2.25
		+6.703	+6.925	+6.939	0.88～1.00	1.37～1.50	2.25～2.50
		+6.676	+6.925	+6.939	0.89～1.00	1.61～1.75	2.50～2.75
		+6.650	+6.925	+6.939	0.89～1.00	1.86～2.00	2.75～3.00

※ ゲート＝可動堰

第3節 最終沈殿池の設計

§39 設計手順

最終沈殿池の設計条件は、従来の指針等に記載されている内容を満足すれば、特に問題はない。したがって、基本的な設計諸元は水面積負荷、有効水深、越流負荷、縦横比などは従来の設計法と同様で行っても構わない。

【解 説】

最終沈殿池の設計に用いる設計因子は、沈降速度式、水面積負荷、SVI、MLSS、水温である。

これらの条件を整理して、既設の場合は、晴天時の何倍の処理水を処理できるかを決定する。新設の場合は、雨天時の3W計画処理水量（晴天時の何倍処理するか）を決めて、施設規模を決定する。図7-2に検討手順を示す。

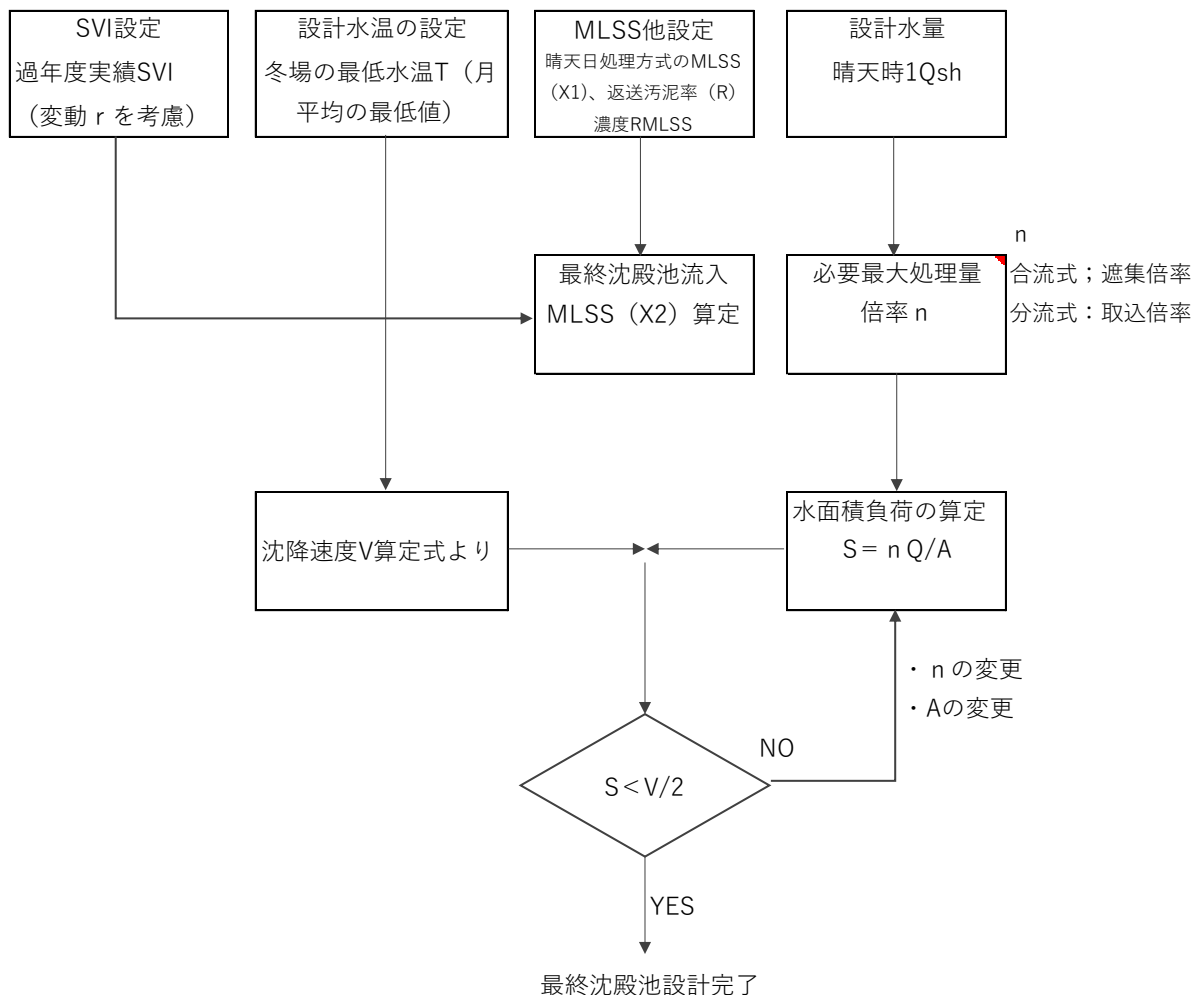


図 7-2 3W 処理法における最終沈殿池検討手順

図 7-2 に示すとおり、 $S < V/2$ を満足する必要がある。

標準活性汚泥法設計指針（案）（平成 7 年 1 月 日本下水道事業団）¹⁵⁾より以下の内容を引用する。

最終沈殿池内での濃縮・引抜きを適正に行うためには、時間最大汚水量の継続に対して最終沈殿池の滞留時間が十分に長いとすれば、最終沈殿池に流入した活性汚泥が計画日最大汚水量に対する相対的な沈降速度差（ $V-S$ ）で滞留時間内に池底に到達しなければならない。

よって以下の式が成り立つ。

$$(V-S) \cdot Tr > h$$

ここで Tr ：最終沈殿池の水理学的滞留時間（日） $= Ah / Q$

h ：最終沈殿池の有効水深（m）

この式は、以下のように変形できる。

$$(V-S) Ah/Q > h$$

よって $V > 2S$ が成立する。

§40 沈降速度 V

最終沈殿池は、一般的に水面積負荷に基づき設計されるが、適正な固液分離には、流出装置等の設備の設計とともに汚泥沈降速度が重要な因子となる。活性汚泥の沈降速度の推定式としては、指数式、累乗式などがある¹⁶⁾。

【解 説】

活性汚泥の沈降速度の推定式は、一般的に (1)式の指数式、(2)式の累乗式の形式で表される⁴⁾。累乗式としては、一般的な活性汚泥処理の濃度をカバーする $MLSS\ 1,300 \sim 3,950\text{mg/L}$ の実験結果から回帰された (3)式がよく知られている。一方、3W 処理では、ステップ流入により反応タンク最終段の $MLSS$ は 500mg/L 程度まで低下することから、低濃度の範囲にも適用できる推定式として(4)の指数式が提案されている⁷⁾。

(3)式、(4)式について、過去の実績データを用いて様々なパターンで重回帰分析を行った結果、これらの沈降速度式は、幅広い対象データを用いても高い相関をもって適用可能であり、合流式の標準法のみならず、3W 処理法、高度処理、分流式下水道等でも適用可能であることが示唆された。特に(4)式については、汚泥濃度の低い条件下においても高い相関性を有し、3W 処理法の適用性評価において有効である。

$$V = V_0 \cdot \exp(-nX) \quad \dots\dots (1)$$

$$V = V_0 \cdot X^n \quad \dots\dots (2)$$

$$V = a \cdot X^{b \cdot b} \cdot T^{c \cdot c} \cdot S^{d \cdot d} \quad \dots\dots (3)$$

$$V = a \cdot \exp(bX + cT) \cdot S^d \quad \dots\dots (4)$$

V : 汚泥沈降速度 [m/d]

X : MLSS [mg/L]

T : 水温 [°C]

S : SVI [mL/g] V_0, a, b, c, d : 定数

(5)式は分流式実験プラント及び合流式実施設における生データを(3)式に適用した場合の回帰式、また(6)式は同様に(4)式に適用した場合の回帰式である¹⁶⁾。

$$V = 1.14 \times 10^7 \cdot X^{-1.39} \cdot T^{0.599} \cdot S^{-0.697} \quad \dots\dots (5)$$

$$V = 4,355 \cdot \exp(-0.000415X + 0.0408T) \cdot S^{-0.837} \quad \dots\dots (6)$$

また、下水道設計指針⁵⁾においては、次の式が示されている。

$$V = 1.78 \times 10^7 \cdot X^{-1.46} \cdot T^{0.853} \cdot S^{-0.804} \quad \dots\dots (7)$$

式(5)、(6)、(7)における V の値を計算した結果を図7-3に示す。3W処理法における最終沈殿池流入MLSS濃度の主な変動範囲である、MLSS濃度1,000 mg/L以下においては、式(6)と比較して、式(5)と式(7)は、沈降速度が大きくなる。

式(5)と式(6)の計算値と実測値の比較を図7-4¹⁶⁾に示す。(5)式においては、3W処理法の実施時のように汚泥濃度が低く沈降速度が比較的大きい場合に、実測値よりも計算値が大きく計算されることから、3W処理法の適用にあたっては(6)式から沈降速度を推定する方が安全側であり望ましいと考えられる。

よって、本マニュアルでは式(6)を用いて検討を進める。

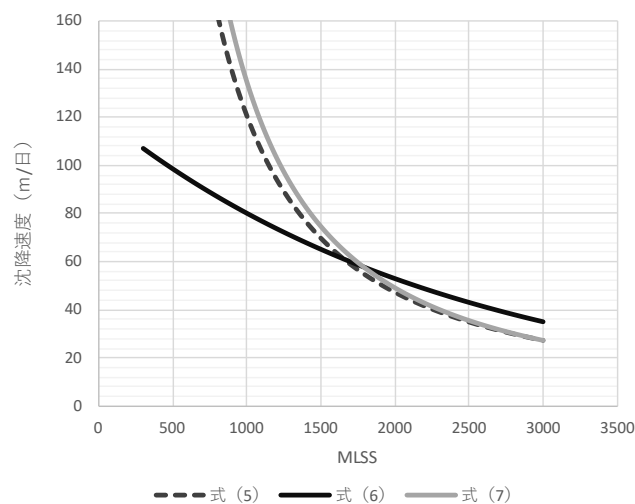
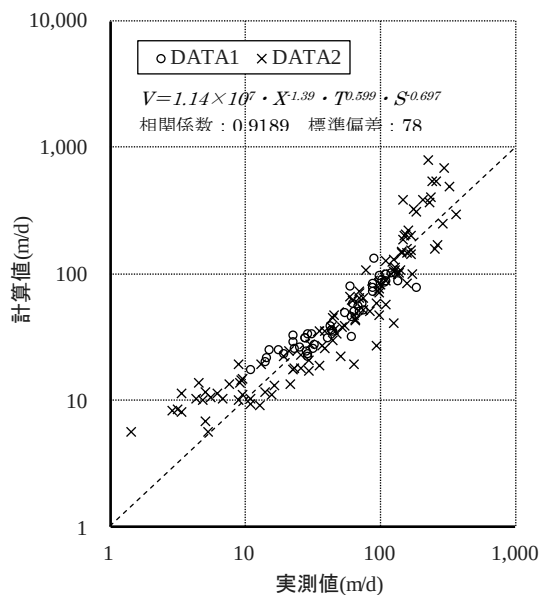
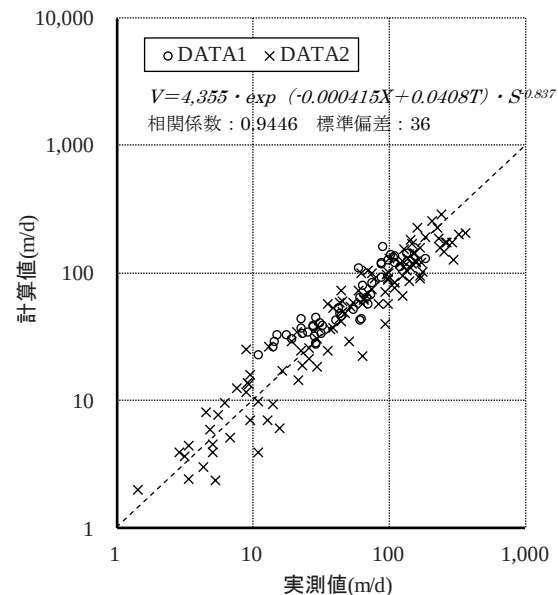


図 7-3 水温=15°C、SVI=150 における MLSS と沈降速度との関係



(5)式：累乗式



(6)式：指数式

図 7-4 計算値と実測値の比較

§41 水面積負荷 S (OFR)

3W 処理法導入における最終沈殿池の水面積負荷 S (OFR) は、計画 1 日最大汚水量時の水面積負荷の約 4 倍程度の値を設定し最大処理能力の目安とする。

ただし、SVI、水温、初期 MLSS などの数値から、§39 に示すフローに従い検討を行い沈降速度も考慮して決定する。

【解 説】

一般に、最終沈殿池は、標準活性汚泥法では計画 1 日最大汚水量に対して、水面積負荷 $20\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ を標準⁵⁾として設計されている場合が多く、高度処理法では $15\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 前後で設定されている事例が多い。3W 処理においては、設計水面積負荷 S を超えて処理を行うことになる。「固液分離が可能な水量（水面積負荷）」（＝「最終沈殿池の最大処理能力」）は、固形物負荷、汚泥の沈降性、最終沈殿池の形状、流出施設の構造などにより異なるため、事前に既存の運転結果や実施設における水質調査またはシミュレーション調査などにより最大処理能力の評価を行う（§34 参照）。合流式下水処理場では、遮集倍率 3 であれば以下の値の範囲となる。

$$\begin{aligned} \text{最大処理能力時の } S &= (15 \sim 20) \times (1.2 \sim 1.5) (\text{変動比} = \text{時間最大/日最大}) \times 3 \text{ 倍 (n)} \\ &= 54 \sim 90 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日} \end{aligned}$$

例えば、大阪市の新設処理場の場合は処理量最大時の $S = 72 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ とされている。

分流式の場合は、未処理放流の削減、浸水対策から決定した最大処理水量 nQ_{sh} に対する水面積負荷 S を検討する。

§42 SVI 指標の活用

§40 に示すとおり汚泥沈降式を用いて SVI、MLSS 濃度、水温から活性汚泥の沈降速度を推定できることから、設計段階では最終沈殿池の処理能力評価に、維持管理段階では MLSS 濃度の管理目標値の設定に活用できる。

【解 説】

活性汚泥の沈降速度は汚泥沈降管を用いて実験的に測定できるが、測定に時間を要するため、日常管理としては、一般的な管理値である MLSS、SVI、水温から前述（§40）の汚泥沈降速度式を用いて推定するのが便利である。

SVI は、汚泥の沈降性を表す指標の一つであり、測定も容易である。SVI と沈降速度式より、設計段階では最終沈殿池の処理能力評価に、また、維持管理段階では MLSS 濃度の管理目標値の設定に活用できる。ただし、期別（雨の多い時期、雨の少ない時期）における処理能力を判断するため、年間の変動パターンを把握し、悪化時の処理能力も推定しておくことが重要である。

§43 3W 処理法導入時の MLSS の評価

3W 処理法では、最終沈殿池へ流入する MLSS は、最終沈殿池能力を判断する場合、重要な設計因子であるので固形物収支により、その濃度を推定する必要がある。

【解 説】

最終沈殿池への流入 MLSS（＝反応タンク後段 MLSS= X_2 ）は、図 7-5 に示す固形物収支より算定できる。

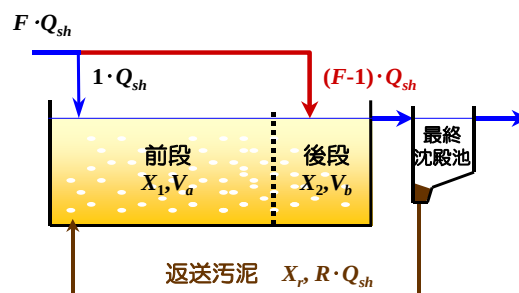


図 7-5 反応タンク、最終沈殿池における固形物収支と各 MLSS

ここで、

Q_{sh} [m³/h] : 時間最大汚水量

F [-] : 流入水量比 ($F = \frac{\text{流入水量}}{Q_{sh}}$)

- X_i [mg/L] : 初期汚泥濃度
 (反応槽の当初平均活性汚泥濃度)
 V_a [m³] : 反応槽前段容積
 V_b [m³] : 反応槽後段容積
 R [—] : 汚泥返送比 (対時間最大汚水量)
 A [m²] : 最終沈殿池面積
 X_r [mg/L] : 返送汚泥濃度
 X_1 [mg/L] : 反応槽前段活性汚泥濃度
 X_2 [mg/L] : 反応槽後段活性汚泥濃度

(試算条件)

- ・ 余剰汚泥の引き抜きは無し
- ・ 活性汚泥の生物学的増減量、流入 SS 量は無視
- ・ 最終沈殿池と返送汚泥系の容積は無視
- ・ 反応タンク前段、後段それぞれの槽で完全混合とした。
- ・ 初期汚泥濃度 X_i を 1000mg/L、反応タンク滞留時間 6.5 時間
- ・ 反応タンク前段と後段の体積比 3 : 1
- ・ 汚泥返送比は 0.25 (= [日最大汚水量にたいする汚泥返送率 : 0.3] / [日最大汚水量に対する時間最大汚水量の比 : 1.2])

微小時間 dt での反応槽前段・後段における固形物収支をとると、

$$V_a \frac{dX_1}{dt} = X_r \cdot R \cdot Q_{sh} - X_1(R+1) \cdot Q_{sh} \quad \dots(1)$$

$$V_b \frac{dX_2}{dt} = X_1(R+1) \cdot Q_{sh} - X_2(R+F) \cdot Q_{sh} \quad \dots(2)$$

となる。また、反応槽内の汚泥の総量は変化しないので、

$$X_1 \cdot V_a + X_2 \cdot V_b = X_i (V_a + V_b) \quad \dots(3)$$

定常状態では(1)(2)式の左辺は 0 となるため、これを解くと、

$$X_1 = \frac{X_i(V_a + V_b)}{V_a + \frac{R+1}{R+F} V_b} \quad \dots(4)$$

$$X_2 = \frac{X_i(V_a + V_b)}{\frac{R+F}{R+1} V_a + V_b} \quad \dots(5)$$

$$X_r = \frac{X_i(V_a + V_b)}{\frac{R}{R+1}V_a + \frac{R}{R+F}V_b} \quad \dots(6)$$

【標準活性汚泥法の場合】

晴天時 返送汚泥濃度=5,000 mg/L 返送率=0.25 で MLSS=1,000 mg/L となる。雨天時に 3 倍 (n=3) の 3Qsh 場合、最終沈殿池の流入部の MLSS=455mg/L となる。

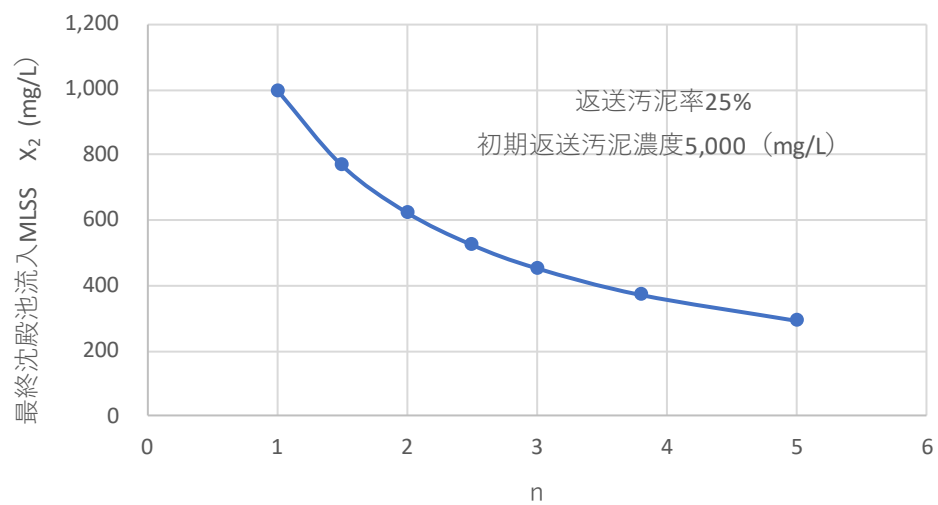


図 7-6 3W 処理法に運転時における倍率 n と最終沈殿池 流入 MLSS の関係 (標準法)

【高度処理の場合】

晴天時 rMLSS 返送汚泥濃度=6,900 mg/L 返送率 R=0.5 で X1 : MLSS=2,300 mg/L となる。雨天時に 3 倍 (n=3) の 3Qsh 場合
最終沈殿池の流入部の MLSS=1,150 mg/L となる。

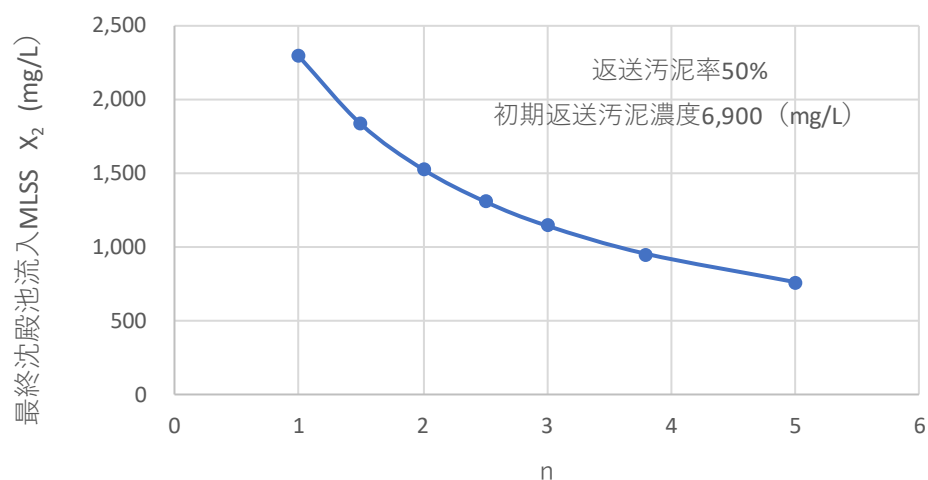


図 7-7 3W 処理法に運転時における倍率 n と最終沈殿池 流入 MLSS の関係（高度処理法）

§44 水温の評価

§40 に示すとおり、水温は汚泥の沈降速度を算定する場合に重要な設計因子であるので、年間変動などを把握しておく必要となる。

なお、設計で用いる水温の設定は、月平均の値を用いることで能力評価が過少、過大にならないようにする。

【解 説】

水温と処理可能水量の変動の一例を図 7-8 に示す。MLSS、SVI が一定の場合、水温の変動により、処理可能水量は年平均値に対して約 0.8～1.2 倍変動する。

水温は、同一月内でも日変動が大きい場合があり、月平均値を用いると処理能力を適切に評価できない場合がある。設計時には、日単位での変動も考慮して検討対象とする水温を設定するのが望ましい。

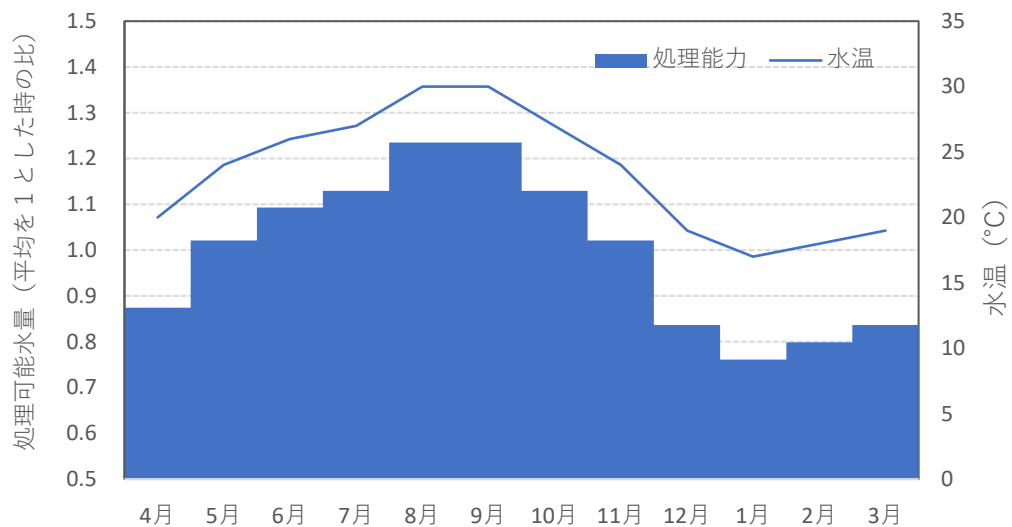


図 7-8 水温と処理可能水量の推移

§45 流出施設

(1) 新設の場合、最終沈殿池の処理水流出設備は、通常の活性汚泥法と同様に三角ノッチ形式とする。集水管を採用する場合は、三角ノッチに比べ損失が大きくなるため、集水管径、枝管の孔径は、通常に比べ1ランク大きくするなどの配慮をする。

(2) 一般に、最終沈殿池の流出堰は、従来の指針等をもとに越流堰負荷 $120 \sim 150 \text{ m}^3/\text{m}/\text{日}$ で算定した長さで配置しても、これまでの運転実績から問題ないが、越流堰が終端に集中すると汚泥の密度流の発生などによる巻き上げの原因となるので留意する必要がある。

【解 説】

一般的に堰部の構造は、図 7-9 に示すとおりである。一般的な負荷で配置した場合でも終端に堰が集中することもある。越流堰が終端に集中すると汚泥の密度流の発生などによる巻き上げの原因となるため、堰長については、集水の分散化や 3W 処理時には $1Q_{sh}$ 以上を流すことから、下流端から 50～66% ($2/3L$) の位置までの延長も検討する。

集水管方式の流出施設の例を図 7-10 に示す。集合式流出管は流出量が上下流にわたって均一になるよう、枝管の流入孔数を下流に向かって減ずる設計が重要である。

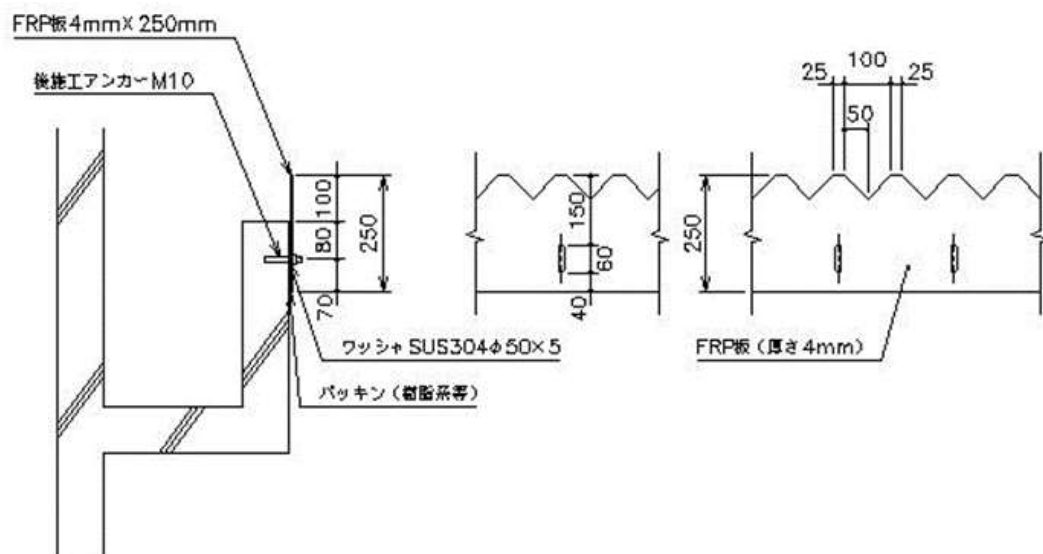


図 7-9 三角ノッチの標準図（日本下水道事業団資料より）

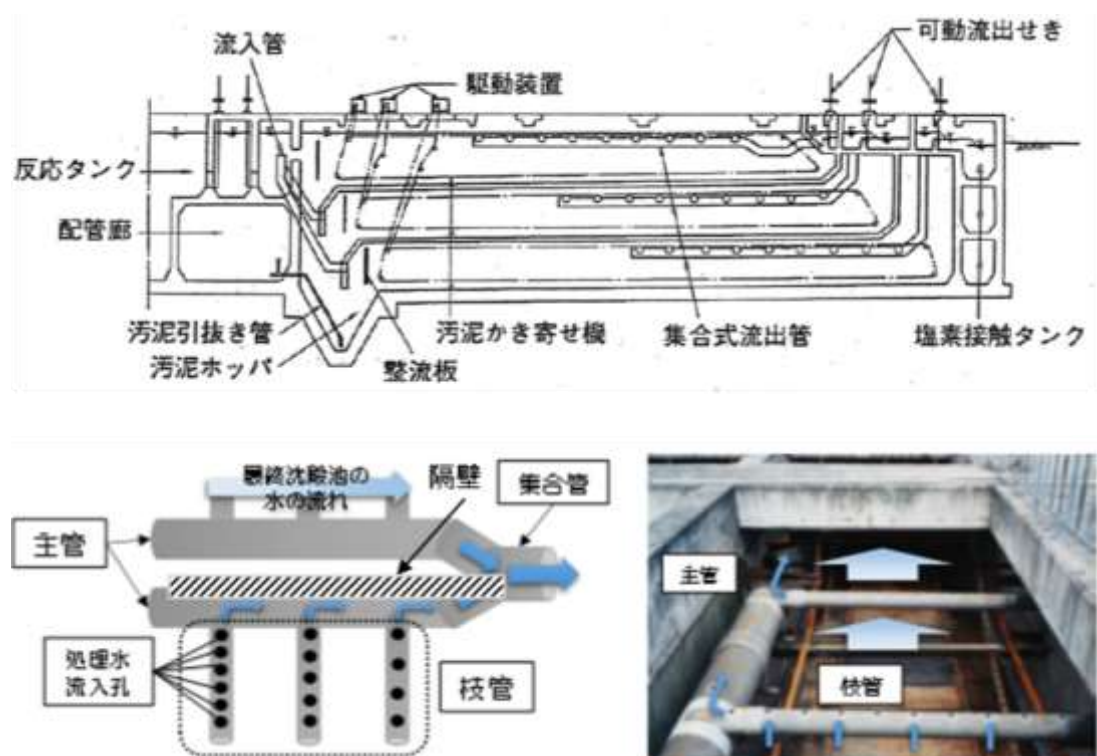


図 7-10 多階層沈殿池における集合式流出管

§46 最終沈殿池能力の計算例

最終沈殿池能力の計算例を以下に示す。

【解 説】

(1) 標準活性汚泥法

- ・ 設計水温 20℃
- ・ $SVI=100$
- ・ 標準活性汚泥法 3.0Qsh 処理
- ・ 晴天時の水面積負荷 20m/日 (日最大時)
- ・ 変動比=時間最大/日最大=1.3
- ・ 最大能力時 $S=20 \times 1.3 \times 3 \text{ 倍}=78$
- ・ § 43 のとおり、最終沈殿池入口の $MLSS=455 \text{ mg/L}$
- ・ 沈降速度 $V=173\text{m/日}$
- ・ $S < V/2$ の満足の確認
 $S=78 < V=173/2=86.5 \quad \text{OK}$

(2) 高度処理

- ・ 設計水温 20℃
- ・ $SVI=100$
- ・ 嫌気無酸素好気法 3.0Qsh 処理
- ・ 晴天時の水面積負荷 16m/日 (日最大時)
- ・ 変動比=時間最大/日最大=1.3
- ・ 最大能力時 $S=16 \times 1.3 \times 3.0 \text{ 倍}=62$
- ・ § 43 のとおり、最終沈殿池入口の $MLSS=1,150 \text{ mg/L}$
- ・ 沈降速度 $V=129\text{m/日}$
- ・ $S < V/2$ の満足の確認
 $S=62 < V=129/2=64.5 \quad \text{OK}$

第4節 放流水の消毒、汚泥処理、計測、補完設備

§47 3W 処理運転中の放流水の消毒

3W 処理運転中の放流水の消毒は、晴天時と同等の塩素注入率で良いため、基本的に消毒設備の増設は不要である

【解 説】

長期にわたって、降雨時に 3W 処理運転を平常的に実施している、実際の下水処理場での調査の結果²⁾、3W 処理水の大腸菌群数は、塩素滅菌前の 2 次処理水で既に放流基準を下回る水準に達し、塩素注入率はいずれの場合も、晴天時の通常処理時より増加の必要はなかった。

長時間降雨時により、3W 処理が長く継続する場合は、時間経過とともに雨水による希釈効果により流入水中の大腸菌群数は減少し、塩素注入率は低く設定できる。

以上より、基本的に 3 倍程度の処理量では 3W 処理導入による消毒設備の増設は不要である。

§48 3W 処理運転による発生汚泥量の増加による汚泥処理

3W 処理により、雨天時の放流 BOD 負荷、SS 負荷の除去量が増加するため、余剰汚泥の発生量が増加するが、汚泥処理施設の貯留施設や施設能力の余裕の範囲であるので増設などは不要である。

【解 説】

3W 処理により、BOD、SS のいずれも下水処理場で除去される汚濁負荷量が増加する。その結果、余剰汚泥の発生量が増加する。

3W 処理に伴い増加する汚泥量について、大阪市平野下水処理場東池における調査結果から図 7-11 に示す結果が得られている。この結果と余剰汚泥は SRT の逆数 ($1/\text{SRT}$) で引抜くことを考慮すると、平野下水処理場東池の 3W 処理による余剰汚泥増加量は、平常時の 5% 以下となり、現有処理能力の範囲内となった。

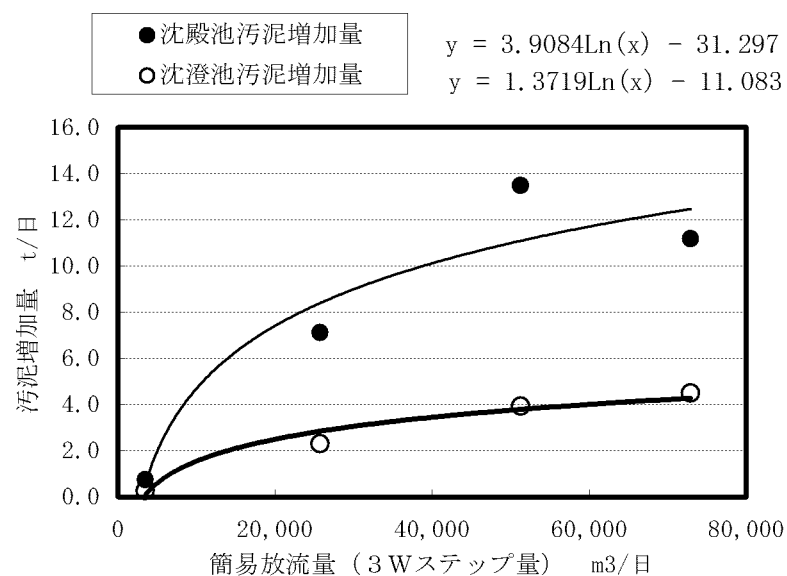


図 7-11 3W 処理時の増加水量と汚泥増加量の関係¹⁰⁾

なお、大阪市の汚泥処理計画は、3W 処理法による発生汚泥量の増加は見込まれていない。計画流入水質を過去 10 か年の平均水質+ σ として設定して汚泥量を算定しており、3W 処理等による雨天時処理による汚泥量増加分は、 σ の範囲内に収まっているものと考えられる。

また、大阪市における実運用では、これまでに 3W 処理のみに起因する汚泥処理施設の能力不足は発生していない。

以上より、3W 処理導入前に簡易処理を行っていた処理施設については、雨天時の最初沈殿池汚泥の増加量が大きいと、3W 処理導入のみによる汚泥発生量への影響は比較的小さいと考えられる。(3W 導入後の最初沈殿池汚泥の発生量は、3W 処理導入前と同じ。)

しかしながら、最初沈殿池がない処理施設や分流式の処理施設などで、これまで、雨天時に水処理系に晴天時以上の下水を導水していなかった施設については、3W 処理導入により余剰汚泥発生量が大きく増加する可能性があるため留意する。

【参考】3W 処理に伴い増加する汚泥量

- ・平野下水処理場東池における発生汚泥増加量の試算結果¹⁰⁾

平野下水処理場東池の簡易放流量(平成 13 年 3 月～平成 14 年 3 月の雨天日の平均値)は、18,420m³/日であることと図 7-11 より、最終沈殿池(沈澄池)汚泥増加量は日平均で約 2.4t/日と推定される。この量を 3W 導入前の汚泥処理に加えて処理するものとなる。(雨天時に発生する最初沈殿池汚泥量は、3W 導入の前後で変わらない。)

反応タンクで発生した汚泥は、SRT の逆数で引抜くことになり、平野下水処理場東池の SRT は概ね 6 日程度であることから、1 日あたりの増加分汚泥引抜量は、0.4t/日となる。平野下水処理

場東池の余剰汚泥発生量を約 12t/日（平成 7～9 年実績平均）を見込むと、3W 処理による余剰汚泥増加量は、晴天時の東池余剰汚泥量の 5%未満となる。この程度の増量は、現有処理能力の変動の範囲内である。

§49 計測機器の設置

水質の常時監視や運転の安定を図るため、以下の計測機器を設置する。

- ・ 水質の常時監視のための濁度計、UV 計（可視光計含む）等
- ・ 運転の安定や改築更新時の分配操作を容易にするための水位計等

【解 説】

3W 処理の際の計装機器の設置イメージを図 7-12 に示す。計装機器の多くは既設のものを利用できる。また、3W 処理法を導入するにあたって最小限整備が必要な事項は、ステップ処理を簡便に行うためのステップ流入可動堰の自動化と処理水質監視のための計器の整備であり、その他の設備は、求められる管理レベルに応じて選択するものとなる。

以下に、計装設備の特記事項をまとめた。

1) 下水処理場流入部の計装設備

3W 処理の運転自体には、下水処理場流入水の自動監視は特に必要ない。

2) 最初沈殿池の計装設備

最初沈殿池流入水質監視によって、沈殿池の処理効率を把握するための負荷量収支算定を行うことができる。しかし、3W 処理法と（想定上の）簡易放流との放流負荷量比較の目的においては、沈殿池出口水質と最終沈殿池出口水質を測定することで可能となるため、特に設置する必要はない。

水質監視機器としては、濁度計の適用が考えられるが、最初沈殿池流入、流出、反応タンク流入部に設置した計測機器は、汚れやすく洗浄頻度が多くなるため、維持管理性を考慮して設置の適否を判断する。

3) 反応タンクの計装設備

規模が大きく、反応タンク池数が多い下水処理場では、3W 処理法を迅速に、精度良く実施するために、ステップ流入可動堰の自動化が不可欠である。可動堰の自動制御のため、反応タンク流入水路に水位計を設置する（§38 参照）。

4) 最終沈殿池の計装設備

水質の常時監視のための濁度計または UV 計（可視光計含む）等を設置する。これらの計装設備により、最終沈殿池からの活性汚泥のキャリーオーバー（汚泥界面上昇による汚泥溢流）の発生など固液分離状況についても把握する。

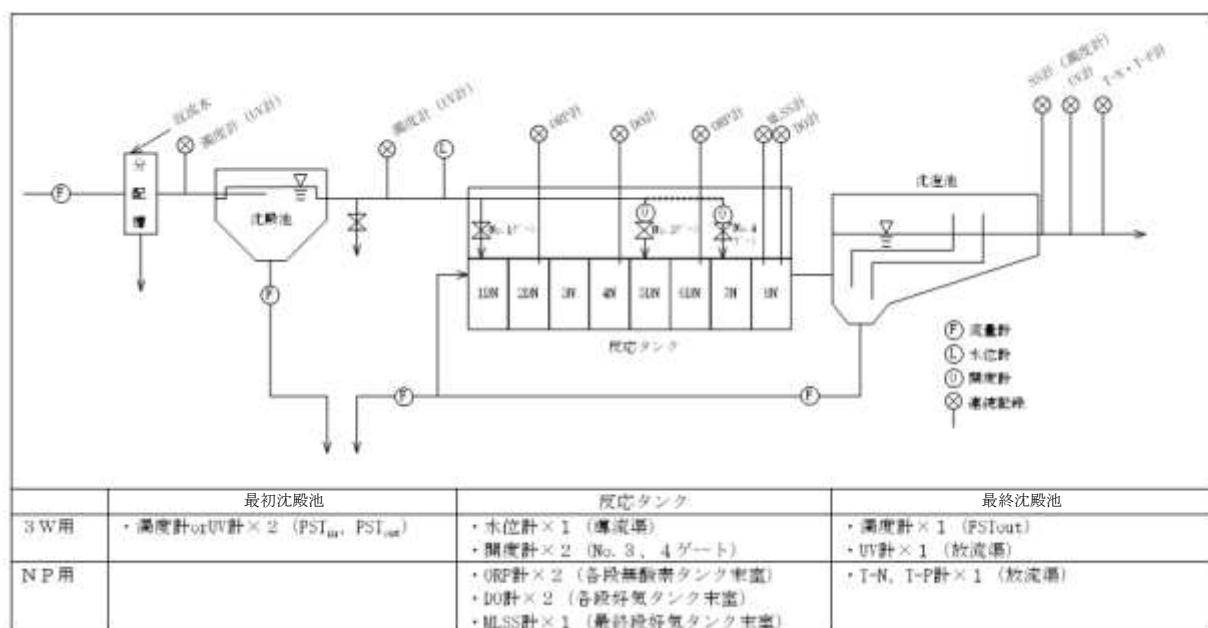


図 7-12 3W 処理の計装設備の配置イメージ（窒素・りん除去高度処理併用時）¹⁰⁾

§50 補完設備

最終沈殿池における良好な固液分離のためには、SVI を安定して運転することが重要である。バルキングなどの発生が処理に与える影響が大きいため、補完設備として活性汚泥への凝集剤添加設備の設置を検討する。

【解 説】

バルキングなどの発生により SVI が上昇すると活性汚泥の沈降速度が低下し、3W 処理により水面積負荷が増大した際に最終沈殿池から活性汚泥が流出し処理水質が悪化する恐れがある。3W 処理施設の補完設備として活性汚泥への凝集剤（PAC、ポリ鉄など）添加設備の設置を検討する。

第5節 その他施設の設計

§51 ファーストフラッシュ対策

雨水沈砂池に滞留する汚水の腐敗や堆積した汚泥による雨天時のファーストフラッシュを防ぐため、汚水の長期滞留を防止する対策を行うことが望ましい。

【解 説】

3W 運転時の初期運転を安定させるため、合流式では晴雨分離できる構造の沈砂池として雨天時にファーストフラッシュが発生しないように沈砂池のドライ化を検討する。

また分流式では、沈砂池の使用池数を必要最小限にとどめるなどの施設対応を検討する。

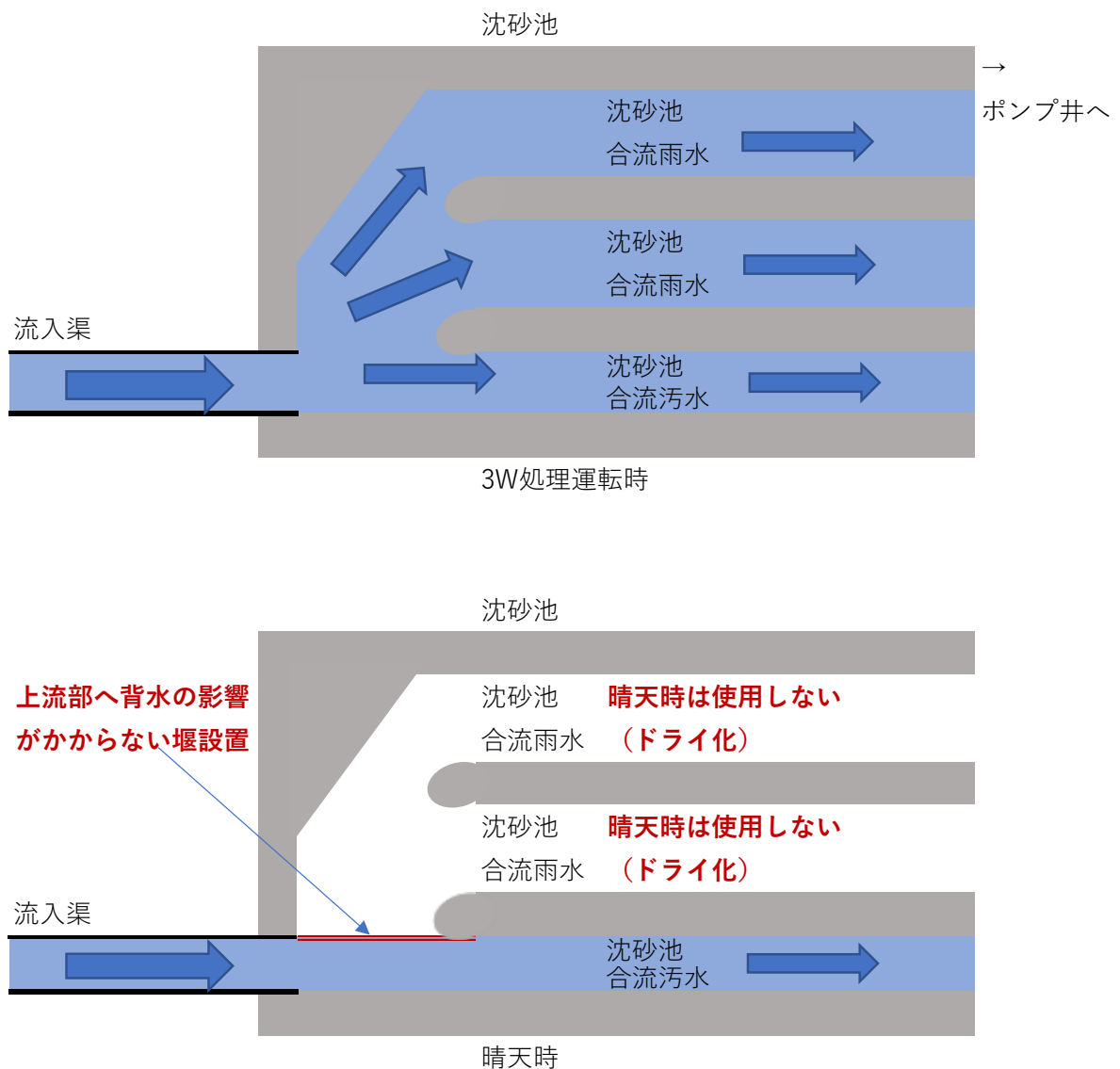


図 7-13 ファーストフラッシュ防止対策

§52 晴天時に未使用となるステップ水路等の汚泥堆積防止対策

反応タンクのステップ水路は、晴天時は未使用となる。水路に滞留する汚水の腐敗や浮遊物質による汚泥堆積を防ぐため、汚水の長期滞留を防止する対策を行うことが望ましい。

【解 説】

晴天時に、ステップ流入可動堰を自動操作により定期的に一定時間開放し、ステップ水路に滞留する汚水を入れ替えることが望ましい。

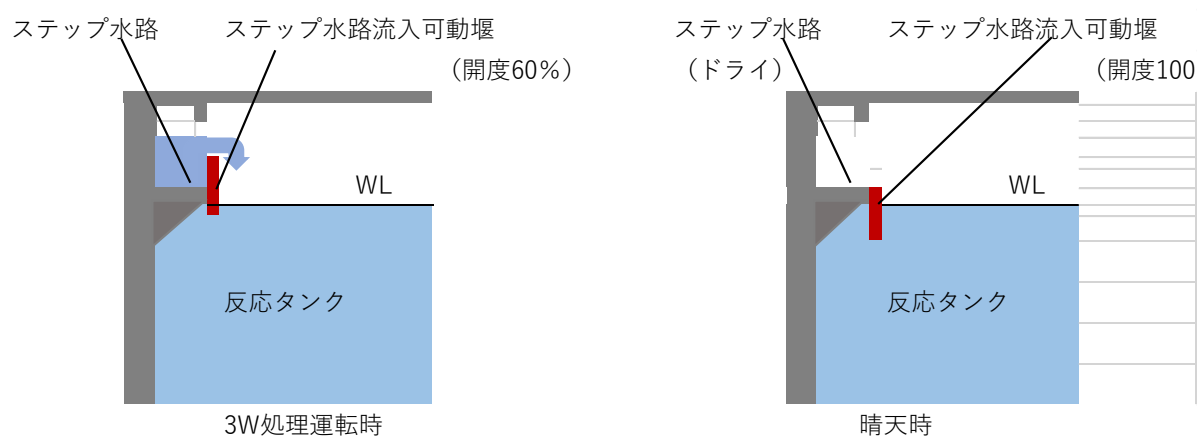


図 7-14 ステップ水路の汚泥堆積防止対策の例

第6節 診断ツール等による最終沈殿池の評価

3W 処理法は、比較的多くの都市で実証研究、ないしは実用運転が実施されており、その多くは順調に運転されている一方、想定した処理効果が得られないケースも認められている。これまでの検討では、原因として、活性汚泥の生物学的処理機能ではなく、処理水の流出機構や汚泥の沈降性悪化などに起因する最終沈殿池における固液分離不良の影響が示唆されている。このため、3W 処理法の適用では最終沈殿池の適切な設計、運転状況の評価が重要である。

本章第3節において、3W 処理の最終沈殿池の基本的な設計手法について述べた。本節では、より詳細な最終沈殿池の評価手法として、CFD 解析や固形物負荷曲線等について述べる。

§53 最終沈殿池 CFD 解析

CFD^{*}解析は、様々な条件下における最終沈殿池の水理学的な状態を3次元的に可視化できる数値解析手法であり、最終沈殿池の設計や3W 処理の検討、評価に活用できる。

【解 説】

CFD は、様々な条件下（構造、送水パターン、汚泥の沈降速度など）における水理学的な状態を可視化できる数値解析手法である。雨天時流入水増大に対応するための最終沈殿池への CFD 適用について欧米では盛んに調査研究されている。

CFD 解析の活用により、水理計算等では表現できない局所的な水、汚泥の挙動を評価し、最終沈殿池の施設の最適な設計に活用できる可能性がある。また、既設の不具合ポイントを明らかにし、既存施設の運用、改造による処理能力向上に活用できる可能性がある。国内における CFD の活用は調査研究事例が少なく、適用性の評価が今後の課題である。

※CFD（computational fluid dynamics、数値流体力学略称）：

偏微分方程式の数値解法等を駆使して流体の運動に関する方程式をコンピュータで解くことによって流れを観察する数値解析・シミュレーション手法。

§54 固形物負荷曲線の活用

固形物負荷曲線と状況ポイント図は、単位時間あたりに最終沈殿池の単位水面積を移動する物質質量である固形物負荷($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)により固液分離状況の評価する手法であり、3W 処理における最終沈殿池の処理能力の評価に活用できる⁷⁾。

【解 説】

（1）固形物負荷曲線の概要

最終沈殿池において処理水に SS が流出せず、汚泥の収支バランスが維持されている条件下では、返送汚泥濃度 (X_r) と最終沈殿池流入 MLSS (X_f) について式 (1) が成り立つ。

$$X_f \cdot (Q + Q_r) = X_r \cdot Q_r \quad (1)$$

Q : 反応タンク流入水量

Q_r : 返送汚泥量

さらに、式(1)の両辺を最終沈殿池水面積 (A) で除して ($OFR = Q/A$ 、 $OFR_r = Q_r/A$) 得られた $X_f(OFR + OFR_r) = X_r \cdot OFR_r$ を変形すると式 (2) となる。

$$OFR \cdot X_f = -OFR_r \cdot X_f + OFR_r \cdot X_r \quad (2)$$

状況ポイント (State Point, SP) とは、式 (2) の両辺を、縦軸を固形物負荷、横軸を汚泥濃度にして図化して得られる流入固形物負荷 (G_f) と返送汚泥に伴う引抜固形物負荷 (G_r) の交点をいう (図 7-15)。同ポイントのX座標は最終沈殿池へ流入する反応槽の MLSS (X_0) を示し、返送汚泥に伴う引抜固形物負荷 (G_r) の横軸との交点は返送汚泥濃度 (X_r) を示す。また、汚泥の濃度と界面沈降速度 (S) の積として求められる固形物負荷曲線 ($G = X \cdot S$) は、最終沈殿池に流入する活性汚泥の沈降ポテンシャルを示す。

したがって、状況ポイントが固形物負荷曲線の内側に存在することが、固液分離の条件となる。以上より、最終沈殿池の設計条件または実施設の運転条件を固形物負荷曲線、状況ポイントに表すことで、固液分離状況を評価し、3W 処理における最終沈殿池の処理能力の評価できる。

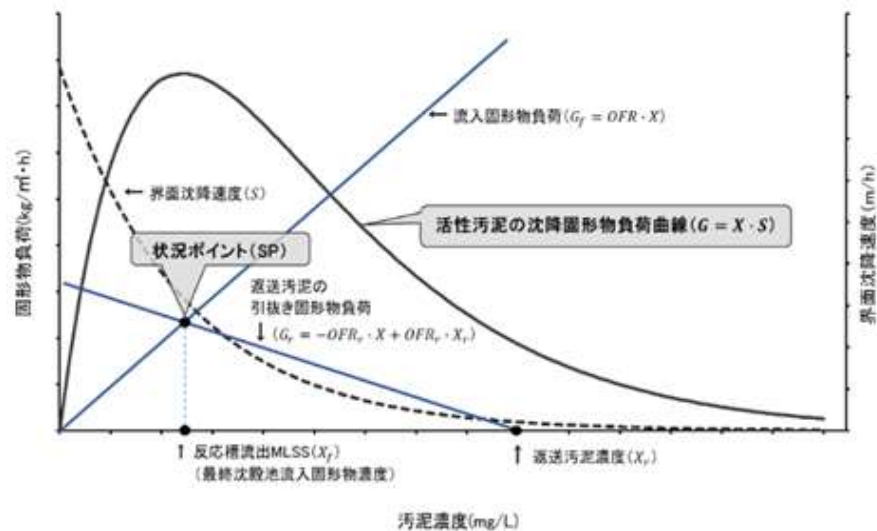


図 7-15 固形物負荷曲線と状況ポイント図

§55 汚泥界面の評価

最終沈殿池では、流出設備の最上流端における汚泥界面が水面下 1～1.5m 以上であることが、良好な固液分離条件の一つである。

【解 説】

越流堰が終端に集中すると汚泥の密度流の発生などによる巻き上げの原因となるため、堰長については、堰負荷より算定される堰長よりも長くした方が、固形分離性が高くなる（§45）。

一方、汚泥界面が十分に沈殿していないところまで流出設備を延長すると、SS が処理水に流出する恐れがある。維持管理指針⁷⁾では、「水面下 1～1.5m まで（汚泥界面が）上昇すると部分的に水流により（SS が）排出されることがある」としている。

したがって、理論的には汚泥界面が水面下 1～1.5m 沈殿するところまで流出設備を延長することが沈殿池の処理能力を最大化することとなる。

処理状況の評価においては、流出設備の最上流端において、汚泥界面が水面下 1～1.5m 以上であることが、良好な固液分離条件となる。

§56 簡易診断ツール

簡易診断ツールとは、3W 処理における反応タンク及び最終沈殿池の処理能力、処理状況を簡易に評価する計算シートである。

【解 説】

施設の構造、処理水量、SVI、MLSS、水温から、最終沈殿池への流入 MLSS 濃度の経時変化、固形物負荷曲線、汚泥界面、反応タンク滞留時間を算定することができる。簡易診断ツールとは、3W 処理における反応タンク及び最終沈殿池の処理能力、処理状況を簡易に評価する計算シートである（資料 4 簡易診断ツール概要参照）。

§57 既存施設の処理能力の増強対策、手段と設計

§56 の評価結果を踏まえ、必要に応じて処理能力の増強対策を検討する。

【解 説】

§56 の簡易診断ツール等を活用した検討の結果、既設の処理能力が不十分となる場合は、最終沈殿池の増強対策について検討する。

流出施設は、通常、三角ノッチによる堰越流であり、その延長は越流負荷 120～150m³/m/日で決定される。時間最大 3 倍程度の流入では、三角ノッチ（切り欠き高さ 50mm 角度 90° 1m 当たり 8 か所）による堰が水没することがないが、3 倍を超える流入を受け入れる場合は、

越流負荷の変更などを検討する。なお、これまでの調査結果¹⁷⁾より、最終沈殿池の流出施設の設計について、流出設備は池の上流に向かって幅広く配置するような設計が重要であることや、集合式流出管は流出量が上下流にわたって均一になるよう、枝管の流入孔数を下流に向かって減ずる設計が重要であることなど、最適な設計手法について一定の知見が得られている。小規模の施設改造により、処理能力の増強が可能となる場合もある。

§58 既存施設の処理能力の評価

水面積負荷などから既存の最終沈殿池の最大処理能力の評価を行う。

【解 説】

一般に、最終沈殿池は、計画1日最大汚水量に対して、水面積負荷 $20 \sim 30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ を標準として設計されているが、3W 処理においては、設計水面積負荷を超えて処理を行うことになる。

「固液分離が可能な水量（水面積負荷）」（＝「最終沈殿池の最大処理能力」）は、固形物負荷、汚泥の沈降性、最終沈殿池の形状、流出施設の構造などにより異なるため、事前に既存の運転結果や実施設における水質調査またはシミュレーション調査などにより最大処理能力の評価を行う。（§41 参照）

第8章 運転管理の基本的な考え方

第1節 管理指標（運転管理）

§59 3W 処理法を運転するために留意すべき施設の運転と管理指標

3W 処理運転中は、晴天時よりも多くの水量を処理し、反応タンク及び最終沈殿池の負荷が高くなるため、日ごろから活性汚泥の MLSS 濃度、SVI や最終沈殿池の水量配分に留意する必要がある。

【解 説】

3W 処理を行う処理施設における晴天時の維持管理方法は、3W 処理導入前と実質的な違いはないが、3W 処理では晴天時よりも反応タンク、最終沈殿池の水量・汚濁負荷量が高くなるため、以下の事項に留意する。

（1）MLSS 濃度

3W 運転開始時の MLSS 濃度が高すぎると、最終沈殿池における固液分離処理が不十分となり、放流 SS が高くなる恐れがある。反対に、MLSS 濃度が低すぎると、初期吸着による BOD 除去効果が低下し、放流 BOD が高くなる恐れがある。下水の高度処理を行っている場合は、硝化反応など水処理に必要な MLSS 濃度（SRT）も考慮して、晴天時の平常運転時より著しく偏った濃度とならないよう適切な MLSS 濃度で運転する必要がある。

（2）SVI

3W 運転開始時の SVI が高いと、（1）の場合と同様に、最終沈殿池における固液分離処理が不十分となり、放流 SS が高くなる恐れがある。日ごろから SVI が高くないよう留意して運転する必要がある。

（3）最終沈殿池の水量配分

多階層の最終沈殿池の場合、流出機構によっては、雨天時の水量増大時に各層の水量配分に大きく偏りが生じ、特定の階層から SS が溢流する場合がある。

多階層沈殿池において、施設改造により水量増大時の各層の流入水量を均等化することが困難な場合は、晴天時の運転に支障のない範囲で、最終沈殿池の流入可動堰（ゲート）や流出可動堰（ゲート）の調整などにより、水量が多くなる層の流入水量を減らすことで、雨天時の各層の流出水量の偏りを小さくできる。

§60 3W 処理の開始と停止

晴天時でも反応タンク流入水量が 1Qsh 以上に至ることがあるため、3W 処理の開始及び停止は手動を基本とする。

【解 説】

晴天時でも反応タンク流入水量が 1 Qsh を超えることがあるため、雨天時の場合のみ 3W 処理法モードを選択し、処理を開始する。3W 処理を行う前の運転状況データ（水温、MLSS、SVI、処理水質）を確認し、3W 処理実施の可否を判断する。

3W 処理開始後の水量調整は、ステップ流入可動堰の自動制御により行う（§ 38 参照）。降雨終了後も雨水の影響で流入水量の増加が継続する場合があるので、水量の推移を確認し、手動で 3W 処理モードを停止する。（降雨の影響が無くなってからも 3W 処理法モードを継続すると、前述のとおり、晴天時の水量増大時に自動的に 3W 処理が開始する恐れがある。）

3W 運転中は、自動計測値や現地状況確認等により、適宜、3W 処理水質を確認する。最終沈殿池における汚泥界面上昇による SS 流出などの要因で、3W 処理水質が、簡易処理放流水質や直接放流水質よりも悪化すると判断される場合は、手動で 3W 処理を停止する。

§61 3W 処理による晴天時処理への影響

標準的な活性汚泥処理を行う処理施設では、3W 処理が、晴天時処理に復帰した後の処理に悪影響を発生させることはない。

【解 説】

標準活性汚泥法およびこれに準ずる活性汚泥処理法では、3W 処理を終了し晴天時処理に復帰した後も処理機能の低下等の変化は見られない。1Qsh を超える超過下水量を投入した後段ステップ槽では、復帰時の MLSS 濃度が 500mg/L 程度まで低下していることがあるが、通常、MLSS 濃度は 3W 処理停止後速やかに上昇し、3W 処理前と同程度に戻るため処理水質に影響はない。ただし、特に 3W 処理法導入後間もない施設では、復帰後の処理機能について状況を確認し、施設の処理特性の把握に努めることが望ましい。

§62 3W 運転が行われる間の高度処理機能

窒素、リンの生物学的処理を行う処理場では、3W 運転が行われる間は、高度処理機能は低下もしくは停止する。3W 処理が停止した後、高度処理機能の復旧を確認する。

【解 説】

3W 処理中は、後段から流入した汚水は滞留時間が短いため、アンモニア性窒素が流出する。このため、3W 処理中は、生物学的窒素除去機能は低下するが、晴天時処理に復帰した後は比較的速やかに機能回復する。

また、生物学的りん除去も嫌気槽への DO 持込や、流入水の希釈による炭素源不足などにより処理能力が悪化する。生物学的なりん処理は、晴天時処理復帰後も機能回復に一定時間を要する場合があるため、施設ごとの処理特性を把握する必要がある。降雨後数日間、処理が悪化する場合もあるので、必要に応じて凝集剤添加等を行う。

以上の通り、3W 処理中には高度処理で規定されている処理水質は達成出来ないと考えられる。

なお、生物学的りん除去機能の低下に関しては、合流式下水道の雨天時処理に共通する事象であり、3W 処理だけに起因するものではない。

第 2 節 汚泥発生量の評価

§63 3W 処理による汚泥処理への影響評価

3W 処理導入前後の余剰汚泥発生量の比較等により、3W 処理導入による汚泥処理への影響を評価する。

【解 説】

3W 処理により、雨天時の放流 BOD 負荷、SS 負荷の除去量が増加するため、余剰汚泥の発生量が増加する。汚泥処理施設の貯留施設や施設能力の余裕の範囲と考えられるが(§ 48 参照)、事後評価として、3W 処理導入前後の余剰汚泥発生量の比較等により、3W 処理導入による汚泥処理への影響を評価しておく。

第3節 運転継続の判断

§64 運転継続の判断

雨天時下水が希釈された後も 3W 処理法は継続する。

【解 説】

降雨が長時間になると、地表面ならびに下水道管は十分な量の降雨流出水により掃流され、さらに降雨後期の雨水によって希釈された下水は、BOD、SS が 20～30mg/L 程度にまで低下する場合がある。

簡易処理により十分に放流可能な水質に至る場合でも、3W 処理は継続する。活性汚泥との混合、接触により、処理水質は安定する。特に大腸菌群数は活性汚泥との接触により大きな効果が確認されている⁸⁾。

§65 3W 処理の継続可能時間

3W 処理は長時間にわたって運転が可能である。

【解 説】

総降雨量 165mm の長雨時において、45 時間に亘って 3W 処理を継続した際の運転状況ならびに処理状況を図 8-1 に示す。処理水質は全運転時間にわたり安定している。本法は長時間の運転継続にも対応できる⁸⁾。

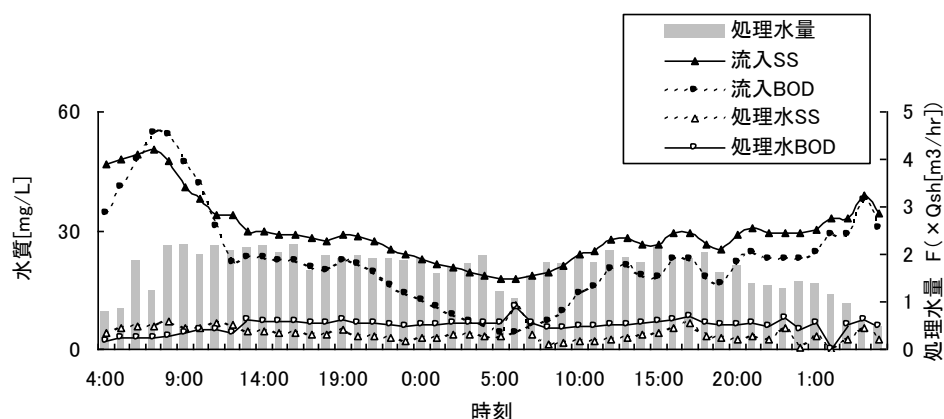


図 8-1 長時間 3W 処理運転時の処理状況

降雨が長時間に及ぶ場合、流入負荷が低い状態が続き余剰汚泥発生量が低下するため、余剰汚泥の引抜き量を調整する。特に 3W 処理中は、余剰汚泥の引抜き過ぎに気づきにくく注意を要する。反応タンクへの汚水導水量や、これまでの運転実績等から最低 MLSS 濃度を推定し、最低 MLSS 濃度を下回る場合は、余剰汚泥を引抜き過ぎている可能性があるため、余剰汚泥引抜きを減量もしくは、停止する。

第9章 運転管理

第1節 導水施設（ステップ水路など）の運転管理

§66 長期にわたって 3W 運転が行われない場合の対応

長期にわたって 3W 運転が行われない場合、導水施設への汚泥等の堆積を防止する対応をとる。

【解 説】

晴天時には前段可動堰から流入を行うため、ステップ水路内の汚水は入れ替わりにくく、腐敗などの問題が生じる。このため、処理水量が $1Q_{sh}$ 以下の時間帯などに、ステップ流入可動堰の稼働確認を兼ねて、ステップ流入可動堰を操作して反応タンクに流入させるなどにより汚泥の堆積を防止するための管理が必要である。（§52 参照）

ステップ水路の底の位置が低く、可動堰を全開にしても水路の水を全て排水することができない場合で、ステップ水路底部の堆積汚泥による処理水質の悪化が認められる場合は、水中ポンプ等による排水を検討する。

第2節 反応タンクの運転管理

§67 3W 運転中の確認項目

3W 処理運転中は、MLSS、DO、放流水質（T-N、T-P、COD、濁度）などの計装値を確認する。

【解説】

3W 処理運転中は、MLSS、DO、放流水質（T-N、T-P、COD、濁度）などの計装値により処理状況を確認する。計装設備がない場合、適宜、ポータブルの水質測定器や目視により、反応タンク、最終沈殿池の状況を確認する。

3W 処理により、晴天時と比較して一時的に処理水質は悪化するが、簡易処理（簡易処理がない場合は直接放流）と比較して汚濁負荷削減効果は高いので基本的には処理を継続する方が有利である。ただし、最終沈殿池から汚泥のキャリーオーバー（汚泥界面上昇による汚泥溢流）が生じた場合は、処理水質が大きく悪化するため、処理を停止する。（キャリーオーバーは、COD、濁度、目視により確認する。）

また、3W 処理運転開始後数時間は、ファーストフラッシュにより高負荷下水が後段から流入し、DO が低下しやすくなる。DO 不足により有機物の除去性能の低下や、生物学的りん除去を行っている処理場の場合は、好気槽におけるりんの取込み不足やりんの吐出しによる放流 T-P 濃度上昇の恐れがあるため、送風量を上げて DO を調整する。風量調整による DO の確保が困難な場合は、薬剤（鉄剤、アルミ剤）添加によるりん除去も検討する。

§68 3W 処理後の復旧確認

3W 処理が行われた時は、通常運転に復旧後、MLSS 計や放流水質計により、処理の復旧を確認する。

【解説】

通常、3W 処理後 10 時間程度でりん以外の処理水質は回復する。3W 処理が行われた時は、通常運転に復旧後、MLSS 計や放流水質計により、処理の復旧を確認する。復旧後、数時間経過しても 3W 処理開始前と比較して MLSS が著しく低下している場合は、余剰汚泥量を調整する。

生物学的りん除去を実施している場合は、3W 処理に限らず降雨後は生物学的りん除去効果が低下する場合があるので、必要に応じて、薬剤（鉄剤、アルミ剤）添加によるりん除去も検討する。

第3節 最終沈殿池の運転管理

§69 3W 処理による最終沈殿池への影響

3W 処理中は、汚泥のキャリーオーバーに注意する。3W 処理運転の後は、通常、最終沈殿池に支障は発生しない。

【解 説】

(1) 3W 処理中

最終沈殿池の流入水量が増加するため、最終沈殿池処理水中の SS 濃度に注意する。通常は、ステップ流入による最終沈殿池への流入固形物負荷の低減により最終沈殿池で支障は生じないが、3W 処理開始前の MLSS 濃度や SVI が高い場合、各池への水量配分に偏りがある場合、返送汚泥の高濃度化による汚泥引抜ライン（テレスコなど）が閉塞した場合などに、汚泥界面が上昇し汚泥が溢流（キャリーオーバー）する恐れがある。

3W 処理中は、COD、濁度、目視により最終沈殿池の状況を確認し、汚泥のキャリーオーバーが生じた場合は、処理水質が大きく悪化するため、一旦、処理を停止し、原因を究明する。

キャリーオーバーの主な原因と対策は以下のとおり。

- ・各池水量配分に偏りがあり、特定の池の水面積負荷が大きい
 - 各池の水量の平準化
- ・水面積負荷に対して汚泥沈降速度が小さい
 - 沈降速度に見合った水量負荷に調整
 - SVI を低減するため、運転条件調整（バルキング防止対策）、凝集剤添加
 - MLSS 低減
- ・テレスコ詰まり
 - 返送汚泥濃度低減（MLSS 低減、返送汚泥率上昇）
 - テレスコ掃除

(2) 3W 処理後

通常、3W 処理を行っても、処理の後に最終沈殿池に支障は発生しない。

3W 処理に限らず、雨天時や降雨度に流入負荷低下（反応タンクの BOD-SS 負荷低下）により活性汚泥の凝集性が低下し、処理水が白濁する場合があるが、通常、BOD、SS が大幅に上昇することはなく、2～3 日で凝集性は改善する。

第4節 その他の施設の運転管理

§70 3W 処理法運転中の消毒

3W 処理中において、消毒方式や塩素注入率の変更は必要ない。

【解説】

大阪市における平成12年度(1回)、平成13年度(2回)の大腸菌の計測実験においては、晴天日の通常処理と同様に水量比例で次亜塩素酸ナトリウムを注入したが、放流水中で大腸菌はほとんど検出されなかった⁸⁾。したがって3W 処理中において、消毒方式の変更、注入塩素濃度のアップ等は特に必要ない。

§71 後段のろ過処理施設への影響

3W 処理により最終沈殿池処理水のSS濃度が晴天時よりも多少高くなるため後段処理(砂ろ過、繊維ろ過など)への影響に留意する必要がある。

【解説】

3W 処理により最終沈殿池処理水のSS濃度が晴天時よりも多少高くなるため、砂ろ過などの後段処理において、ろ材の目詰まりにより逆洗頻度が上昇したり、処理水質が悪化したりする場合がある。

固定床のろ過施設の場合は、逆洗頻度は上昇するものの処理水質は大きく悪化することはないが、流動床の場合、ろ過層を洗浄しながらろ過を継続するため、日常のろ過施設の運転管理状況によっては、ろ層の洗浄が不十分となり、処理水質が悪化する場合がある。特にろ過水を場内で薬品の溶解などに再利用している場合は、処理水質の悪化により溶解設備等に不具合が生じる恐れがあるので、注意が必要である。

第10章 3W 処理の活用

§72 3W 処理法の活用

3W 処理法は、改築更新時の一時的な水処理施設能力低下対策や、栄養塩類の能動的運転管理（季節別運転）に活用できる可能性がある。

【解 説】

（１）改築更新時等の水処理能力低下対策

3W 処理は、設計処理能力を超えて活性汚泥処理を行う処理方法であることから（§ 3 参照）、施設の改築更新や自然災害等による補修修繕のため一時的に水処理施設の一部を休止させた場合に、残りの反応タンクにおいて 3W 処理を行うことで、一時的な水処理施設能力低下に対応できる可能性がある。

但し、3W 処理中は、窒素、りん除去能力が低下するため（§ 62 参照）、窒素、りんの放流水質基準が適用される処理場においては、3W 処理時の処理水質を考慮して 3W 処理法を適用する反応タンク数を調整するなど、留意が必要である。

（２）栄養塩類能動的運転管理

3W 処理法は、効率的な溶解性有機物の処理が可能であるが、窒素、りん除去には相対的に不利に働く（§ 62 参照）ことから、この特性を活かすことで、窒素、りんの除去率を通常処理よりも低下させることができる。そのため、栄養塩類の能動的運転管理に活用できる可能性がある。

（３）活用にあたっての検討事項

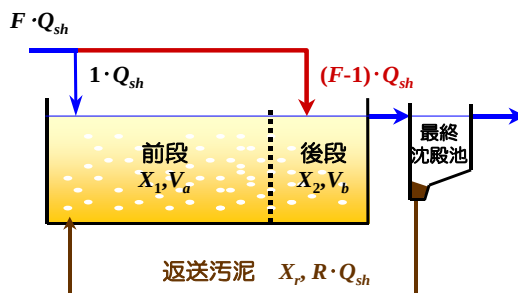
これまで 3W 処理を降雨イベントをはるかに超過する長期間に連続して継続した事例がないため、改築更新、季節別運転への活用にあたっては、長期間 3W 処理を運転した時の水処理への影響について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 下水道用語集、2000 年版、社団法人日本下水道協会
- 2) 合流式下水道改善対策指針と解説（2002 年版）、社団法人 日本下水道協会
- 3) 雨天時浸入水対策ガイドライン（案）（2020）、国土交通省水管理・国土保全局下水道部
- 4) 雨天時浸入水対策ガイドライン（案）Q&A（2022 年 3 月版）、国土交通省水管理・国土保全局下水道部
- 5) 社団法人日本下水道協会：2001 年度版下水道施設計画・設計指針と解説、前編・後編（2001）
- 6) 雨天時浸入水対策ガイドライン（案）【追加資料】事例集（2022.4）、国土交通省水管理・国土保全局下水道部
- 7) 下水道維持管理指針 実務編 2014 年版、公益社団法人日本下水道協会
- 8) 森山慎也、雨天時下水活性汚泥処理法（3W 処理法）諸問題に関する検討（改訂版）、大阪市建設局業務論文集、No.24、H17
- 9) 藤原ら、分流式下水道における雨天時の運転管理に関する工夫、第 58 回下水道研究発表会講演集、p 623、2021
- 10) 大阪市資料
- 11) 笹本ら、凝集剤添加型ステップ流入式 2 段硝化脱窒法と雨天時下水活性汚泥法の併用について、平成 28 年度大阪市建設局業務論文集
- 12) 野村悠介、佐藤直之、中村慈実、最終沈殿池の定量的管理手法の検討、下水道研究発表会講演集、No.54 2017 p841
- 13) 川口幸男、見上博、堺好雄：活性汚泥性状を考慮した最終沈殿池水面積負荷設計手法に関する考察、下水道協会誌、Vol.37, No.457, 2000/11
- 14) 川端優、竹脇精一郎、松山邦圭：沈降フラックス理論による住之江下水処理場 3W 処理の評価、大阪市都市環境局 下水道業務論文集 No.24, 2006/3
- 15) 標準活性汚泥法設計指針（案）（平成 7 年 1 月）、編著 日本下水道事業団、発行（財）下水道業務管理センター
- 16) 森山ら、雨天時浸入水対策としての 3W 処理法の適用に向けた沈降速度式の検討、第 58 回下水道研究発表会講演集、p 296、2021
- 17) 森山ら、雨天時における処理水量増大に対応できる最終沈殿池の流出施設について、第 58 回下水道研究発表会講演集、p 806、2021

資料 1 ステップ流入による最終沈殿池の固形物負荷の試算

時間最大汚水量を超過した雨天時下水を反応タンク後段にステップ流入させた場合における、最終沈殿地の流入固形物負荷を試算し、ステップ流入せずに全量を反応タンク前段から流入させた場合との比較を行った⁸⁾。



ここで

 Q_{sh} [m³/h] : 時間最大汚水量
$$F \quad [-] \quad : \text{流入水量比} \quad (F = \frac{(\text{流入水量})}{O_{sh}})$$

X_i [mg/L] : 初期汚泥濃度
(反応槽の当初平均活性汚泥濃度)

 V_a [m³] : 反応槽前段容積 V_b [m³] : 反応槽後段容積 R [—] : 汚泥返送比 (対時間最大汚水量)

A [m²] : 最終沈殿池面積

 X_r [mg/L] : 返送污泥濃度

X_1 [mg/L] : 反応槽前段活性汚泥濃度

 X_2 [mg/L] : 反応槽後段活性汚泥濃度

(試算条件)

- ・ 余剰汚泥の引き抜きは無し
- ・ 活性汚泥の生物学的増減量、流入 SS 量は無視
- ・ 最終沈殿池と返送汚泥系の容積は無視
- ・ 反応タンク前段、後段それぞれの槽で完全混合とした。
- ・ 初期汚泥濃度 X_i を 1000mg/L、反応タンク滞留時間 6.5 時間
- ・ 反応タンク前段と後段の体積比 3 : 1

- ・ 汚泥返送比は 0.25 (= [日最大汚水量にたいする汚泥返送率：0.3] / [日最大汚水量に対する時間最大汚水量の比：1.2])

微小時間 dt での反応槽前段・後段における固形物収支をとると、

$$V_a \frac{dX_1}{dt} = X_r \cdot R \cdot Q_{sh} - X_1(R+1) \cdot Q_{sh} \quad \dots(1)$$

$$V_b \frac{dX_2}{dt} = X_1(R+1) \cdot Q_{sh} - X_2(R+F) \cdot Q_{sh} \quad \dots(2)$$

となる。また、反応槽内の汚泥の総量は変化しないので、

$$X_1 \cdot V_a + X_2 \cdot V_b = X_i (V_a + V_b) \quad \dots(3)$$

となる。(2)、(3)を解くと、

$$V_b \frac{dX_2}{dt} = \frac{X_i(V_a+V_b)}{V_a}(R+1) \cdot Q_{sh} - \left\{ \frac{V_a}{V_b}(R+1) + (R+F) \right\} \cdot Q_{sh} \cdot X_2 \quad \dots(4)$$

となる。

ここで(4)式を用いて、流入水量を $F=1$ から 3 までに増加させた場合の、反応槽後段の汚泥濃度 X_2 を

$$y' = F(x, y), (x_0, y_0) = (a, b) \quad \dots(5)$$

$$y_{n+1} = y_n + 1/6(k_0 + 4k_1 + k_2)$$

$$k_0 = hF(x_n, y_n)$$

$$k_1 = hF(x_n + 1/2h, y_n + 1/2k_0)$$

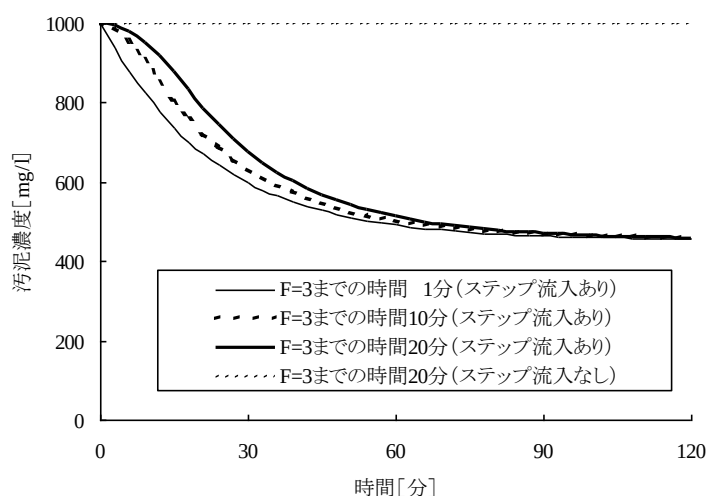
$$k_2 = hF(x_n + h, y_n + 2k_1 + k_0)$$

のアルゴリズムで微分方程式の近似計算を行うルンゲ・クッタ法(3次精度、タイムステップ 0.6 分)で求め、最終沈殿池の固形物負荷 L [$\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$]

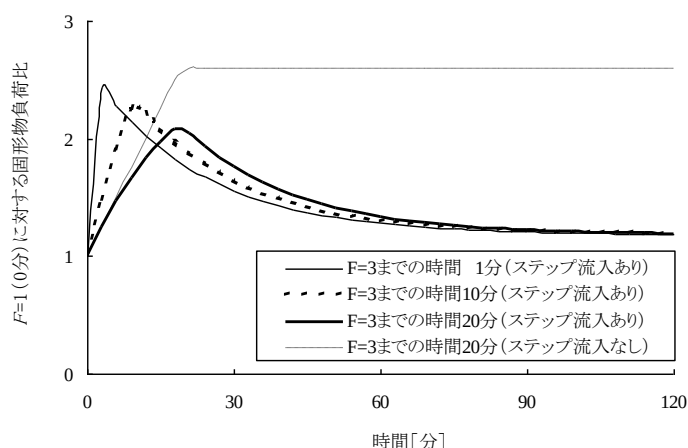
$$L = X_2(R+F) \frac{Q_{sh}}{A} \quad \dots(6)$$

の経時変化を求める。

試算条件は、実際に稼動する大阪市の下水処理施設を想定し、初期汚泥濃度 X_i を 1,000mg/L、反応槽滞留時間 $1.2 (V_a + V_b) / Q_{sh}$ を 6.5 時間、反応槽前段と後段の体積比 $V_a : V_b$ を 3:1、汚泥返送比 R を 0.25 (= [日最大汚水量に対する汚泥返送率 : 0.3] / [日最大汚水量に対する時間最大汚水量の比 : 1.2]) とした。また、水量は $F=1$ から 3 まで一次関数的に増加するものとし、 $F=3$ に達するまでの時間は、ステップ流入有りの場合については、1 分、10 分、20 分の 3 パターン、ステップ流入無しの場合については 20 分の 1 パターンを設定した。固形物負荷は、0 分 ($F=1$) の固形物負荷に対する比で表した。反応槽後段の汚泥濃度の試算結果を図②-2 に、固形物負荷の試算結果を図②-3 にそれぞれ示す。



図②-2 ステップ流入の有無と反応槽後段の汚泥濃度の経時変化



図②-3 ステップ流入の有無と最終沈殿池の固形物負荷の経時変化

ステップ流入が無い場合は、図②-2 のとおり反応槽後段の汚泥濃度 X_2 は初期汚泥濃度 X_i

のまま一定となるため、図②-3 のとおり固形物は上昇しその後一定となる。一方ステップ流入がある場合は、最終沈殿池への固形物負荷が一時期に高くなるものの図②-2 のとおり反応槽後段の汚泥濃度が減少するため、ステップ流入が無い場合と比較してピーク時の上昇が抑制され、1 時間程度で定常状態に達している。

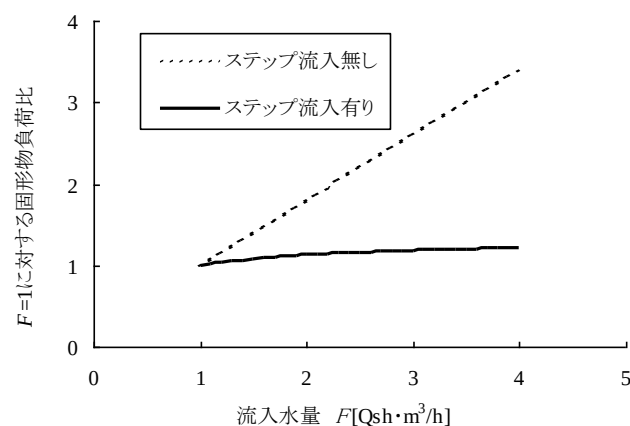
定常状態では(1)(2)(4)式の左辺は 0 となるため、これを解くと、

$$X_1 = \frac{X_i(V_a + V_b)}{V_a + \frac{R+1}{R+F} V_b} \quad \dots(7)$$

$$X_2 = \frac{X_i(V_a + V_b)}{\frac{R+F}{R+1} V_a + V_b} \quad \dots(8)$$

$$X_r = \frac{X_i(V_a + V_b)}{\frac{R}{R+1} V_a + \frac{R}{R+F} V_b} \quad \dots(9)$$

となる。ここで、流入水量と定常時における固形物負荷 L との関係を(6)(8)式より求め、結果を図②-4 に示す。なお、固形物負荷は $F=1$ における固形物負荷に対する比で表した。



図②-4 流入水量と固形物負荷比との関係

例えば $F=3$ のとき、ステップ流入をさせずに全量を反応槽前段から流入させた場合の固

形物負荷比は 2.6 倍となる一方で、時間最大汚水量の超過分を反応槽後段からステップ流入させた場合は 1.18 倍にとどまる。このとき式(8)より反応槽後段の活性汚泥濃度は X_i の 0.45 倍に希釈されていることがわかる（図 3-6 反応タンク後段汚泥濃度と最終沈殿池流入固形物負荷）。

このように、反応槽後段へステップ流入を行うことにより、流入初期における最終沈殿池への固形物負荷の上昇を大きく抑制させることができ、また、定常状態における負荷を低減させることができる。以上のことから、反応槽後段へのステップ流入を行うことにより、大量の雨天時下水を処理できる可能性が示唆された。

資料２ 実施設での運転実績

(１) 調査概況と総合処理結果⁸⁾

調査は、大阪市の２下水処理場（３処理系列）において、平成１２年９月から平成１３年１２月までの３Ｗ処理を対象として全１９降雨で実施した。

調査を行った大阪市平野下水処理場と同住之江下水処理場では、雨天時の３Ｗ処理を長期に亘って常用的に継続している。このうち平成１２年から１３年の期間を選定して詳細な運転状況を調査した。平野下水処理場には南系と東系の２つの処理系統があり、南系では１２の全系列を対象、東系では全８系列のうち他系列から独立した運転が可能な１系列を対象として調査を実施した。平野下水処理場東池のこの独立系施設では晴天時はステップ流入式２段硝化脱窒法を実施している。

表 3.1.3 ３Ｗ処理の概要と水量

No.	下水処理場	反応槽運転状況	調査日	総降雨量 mm	３Ｗ処理法		反応槽		初期条件		水温 ℃	MLSS mg/L	SVI mg/L
					開始時刻	処理時間 h	最大処理水量 m ³ /h	F	平均処理水量 m ³ /h	F			
1	平野（南池）	標準活性汚泥法	H12.9.11	165.0	5:30	45.0	13,534	2.31	10,390	1.77	29	1,510	86
2	平野（南池）	標準活性汚泥法	H12.9.23	27.9	7:15	5.6	13,151	2.25	10,943	1.87	28	1,100	81
3	平野（南池）	標準活性汚泥法	H12.10.20	17.1	9:50	10.7	12,679	2.36	9,809	1.83	25	790	127
4	平野（南池）	標準活性汚泥法	H13.1.7	16.9	13:15	11.8	11,936	2.45	8,167	1.68	17	1,850	97
5	平野（東池）	ステップ流入式 ２段硝化脱窒法	H13.3.25	16.9	9:30	4.1	1,660	1.75	1,285	1.35	16	1,300	208
6	平野（東池）	ステップ流入式 ２段硝化脱窒法	H13.6.14	52.9	7:40	7.5	1,402	1.48	1,250	1.32	26	1,970	92
7	平野（東池）	ステップ流入式 ２段硝化脱窒法	H13.10.22	28.7	18:00	3.7	3,207	3.38	2,442	2.57	25	1,320	129
8	平野（東池）	ステップ流入式 ２段硝化脱窒法	H13.12.13	17.9	3:30	4.9	2,589	2.73	1,758	1.85	19	1,700	112
9	平野（東池）	ステップ流入式 ２段硝化脱窒法	H14.1.26	14.1	17:00	2.5	2,775	2.92	2,041	2.15	16	1,550	174
10	平野（東池）	ステップ流入式 ２段硝化脱窒法	H14.3.5	51.0	18:45	7.7	2,365	2.49	2,010	2.12	19	1,210	190
11	平野（東池）	ステップ流入式 ２段硝化脱窒法	H14.3.27	29.2	5:30	7.3	2,648	2.79	2,045	2.15	20	1,330	218
12	平野（南池）	標準活性汚泥法	H13.6.19	35.5	15:00	19.0	13,993	2.39	11,077	1.89	24	970	92
13	平野（南池）	標準活性汚泥法	H13.8.21	8.0	2:00	12.0	13,583	2.32	7,643	1.31	29	1,230	81
14	平野（南池）	標準活性汚泥法	H13.10.9	60.0	18:00	13.0	15,041	2.57	9,315	1.59	24	798	100
15	平野（南池）	標準活性汚泥法	H13.10.16	34.0	15:00	19.0	13,190	2.25	9,001	1.54	24	680	100
16	住之江	標準活性汚泥法	H13.11.3	15.5	9:00	15.0	27,314	2.94	20,807	2.24	24	1,370	130
17	住之江	標準活性汚泥法	H13.11.5	8.5	21:00	11.0	23,263	2.5	16,973	1.82	22	1,280	130
18	住之江	標準活性汚泥法	H13.11.29	6.0	17:00	4.0	16,479	1.77	16,051	1.72	20	1,220	150
19	住之江	標準活性汚泥法	H13.12.4	7.0	3:00	7.0	28,572	3.07	20,745	2.23	16	1,190	140
平均				32.2		11.1		2.46		1.84	22	1,283	128

※ 平野（東池）は全８系列中の１系列で運転（独立した反応槽・最終沈殿池系）

※ 初期条件：３Ｗ処理運転を行う直前の採水による測定結果

表 3.1.4 3W 処理条件と水質

No.	反応槽		水温 ℃	初期条件		SS (mg/L)						BOD (mg/L)					
	最大処理水量			MLSS mg/L	SVI mg/L	反応槽流入水			処理水			反応槽流入水			処理水		
	m³/h	F				最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
1	13,534	2.31	29	1,510	86	51	34	43	7.5	5.0	6.2	58	22	44	5.0	3.0	3.8
2	13,151	2.25	28	1,100	81	94	30	53	11.0	5.7	7.9	51	22	37	6.0	3.0	4.6
3	12,679	2.36	25	790	127	69	33	46	14.0	5.3	9.2	72	23	43	10.0	5.0	7.1
4	11,936	2.45	17	1,850	97	130	20	87	27.0	4.0	11.9	160	90	120	21.0	5.8	12.9
5	1,660	1.75	16	1,300	208	100	90	94	11.0	10.0	10.5	49	34	43	7.4	3.6	6.3
6	1,402	1.48	26	1,970	92	81	39	70	14.0	4.0	7.2	73	16	40	9.7	5.4	8.0
7	3,207	3.38	25	1,320	129	87	64	76	12.0	2.0	7.8	87	32	63	12.0	3.2	7.2
8	2,589	2.73	19	1,700	112	78	47	58	24.0	7.5	15.7	130	50	81	14.0	5.8	11.8
9	2,775	2.92	16	1,550	174	84	66	74	10.0	4.3	7.5	140	100	123	9.8	9.3	9.5
10	2,365	2.49	19	1,210	190	83	54	69	11.0	6.0	8.2	140	39	84	12.0	4.6	9.4
11	2,648	2.79	20	1,330	218	88	64	80	11.0	9.0	10.1	87	44	57	7.5	3.4	6.2
12	13,993	2.39	24	970	92	63	22	35	20.0	4.0	9.1	61	12	27	7.8	2.3	4.4
13	13,583	2.32	29	1,230	81	66	34	52	13.0	5.0	8.6	92	56	76	10.0	3.1	5.4
14	15,041	2.57	24	798	100	83	52	68	12.0	4.0	7.7	100	40	78	7.5	4.0	5.5
15	13,190	2.25	24	680	100	80	26	43	10.0	6.0	7.9	100	29	48	9.9	4.3	5.9
16	27,314	2.94	24	1,370	130	57	25	41	26.0	3.0	11.6	77	39	52	14.0	4.3	8.5
17	23,263	2.5	22	1,280	130	52	33	42	20.0	6.0	10.4	84	30	53	10.0	3.0	6.5
18	16,479	1.77	20	1,220	150	49	35	42	8.0	3.0	5.5	98	74	85	5.8	4.3	5.0
19	28,572	3.07	16	1,190	140	60	42	51	18.0	5.0	9.9	100	50	64	12.0	4.0	7.1
		2.46	22	1,283	128	77	43	59	14.7	5.2	9.1	93	42	64	10.1	4.3	7.1

表 3.1.5 3W 処理の長期に亘る実用運転の結果要旨（抜粋）

	連続継続時間 (hrs)	最大処理水量 (Qsh)	3W処理開始時のMLSS (mg/L)
最大	45.0	3.38	1,970
最小	2.5	1.31	680
平均	11.1	2.46	1,280

表 3.1.4 のとおり、全ての 3W 処理運転において良好な処理水質が得られ適正に処理されていることが確認された。表 3.1.5 は、表 3.1.3、表 3.1.4 の 2 つの表から、3W 処理継続時間、最大処理水量、3W 処理開始時の反応タンク MLSS 濃度について、それぞれ最大、最小および全調査を通じた算術平均値を示したものである。同表より、3W 処理が継続した時間は最も長くて 45 時間、短い時で 2.5 時間（平均 11.1 時間）であり、処理水量は最大 3.38Qsh～最少 1.31Qsh（平均 2.46Qsh）、3W 処理開始時の反応タンク MLSS 濃度は 1970～680mg/L（平均 1280mg/L）であった。実質的に想定されるすべての降雨において運転が可能であること、また最大 3Qsh 程度の処理が可能であることが確認された。

No.6 において、3W 処理開始時の MLSS に 1970mg/L という高い濃度が示されているが、これは晴天時に生物学的窒素除去を行っていることによるもので、この場合も標準活性汚泥法を採る処理施設と同様の 3W 処理運転が適用できることが示された。また、いずれの調査においても、最終沈殿池からの汚泥の溢流は認められず、3W 処理の終了後は、

速やかに晴天時処理運転に復帰し、3W 処理運転以前の処理機能を発現した。

1 年余の期間中に調査を実施した 19 回の 3W 処理運転の処理水質は、平均で SS9.1mg/L、BOD7.1mg/L と良好であった。表 3.1.4 に示す平均処理水質の 90%値は BOD で 9.5mg/L であった。

(2) 高負荷下（水量・水質）の運転（表 3.1.3、表 3.1.4 No.7）

平成 13 年 10 月 22 日、平野下水処理場（東池）では、処理水量最大 3.38Qsh に到達し、反応タンク流入水の BOD 濃度は最大 87mg/L に達したが、処理水 BOD 濃度は最大で 12mg/L、平均 7.2mg/L であった。

（参考）

平成 5 年 7 月 7 日、平野下水処理場（東池）における同様の調査では、処理水量最大 4.62Qsh に到達し、反応タンク流入水の BOD 濃度は最大 60mg/L に達したが、処理水 BOD 濃度は最大でも 4.6mg/L、平均 3.3mg/L であった。

(3) 長時間運転（表 3.1.3、表 3.1.4 No.1）

平成 12 年 9 月 11 日平野下水処理場（南系）では、総降雨量 165mm の長雨により連続 45 時間に亘って 3W 処理を継続した。処理水質（平均 BOD3.8mg/L、SS6.2mg/L）は、3W 処理の運転時間を通して一貫して安定し、3W 処理法は長時間の連続運転に対応できる。

資料3 雨天時浸入水に起因する事象報告について（国交省事務連絡）

事 務 連 絡

令和2年4月1日

都道府県下水道担当課長 殿
政令指定都市下水道担当部長 殿
(地方整備局等下水道担当課長経由)

国土交通省水管理・国土保全局下水道部
流域管理官付 課長補佐

雨天時浸入水に起因する事象報告について

分流式下水道を採用している都市において、施設の老朽化の進行や地震等の被災、高強度降雨の増加等に伴い、降雨時に下水の流量が増加し、汚水管等からの溢水や宅内への逆流等が発生しています。

このような状況に速やかに対処するため、国土交通省は分流式下水道における雨天時浸入水に起因する事象に対し、効果的かつ効率的な対策及びその計画を立案するための基本的な考え方等を定めた「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」を策定するとともに、「雨天時浸入水対策への取組の推進について」（令和2年1月31日付国水 downstream 第19号）において、計画降雨以下の降雨に対して雨天時浸入水に起因する事象が発生する地方公共団体へ雨天時浸入水対策計画の速やかな策定と、効果的かつ効率的な雨天時浸入水対策の実施をお願いしています。

雨天時浸入水に起因する事象につきましては、今後も発生状況等を継続的に把握する必要があることから、これらの事象が発生した場合には、別紙にて記載いただき、報告いただきますようお願いいたします。このとき、水質事故に該当する事案においては、「維持管理事故（水質事故等）に関する事故災害報告書」の提出を求めませんのでご注意ください。

なお、各都道府県におかれましては、貴管内の市町村（政令指定都市を除く）にも周知いただきますようお願いいたします。

記

1. 雨天時浸入水に起因する事象について

分流式下水道の処理区において汚水系統の管路施設やポンプ施設、処理施設等において発生する以下の3つの事象を、雨天時浸入水に起因する事象（以下「事象」という。）としています。

(事象1) 処理場外にある汚水管のマンホール等からの溢水や宅内への逆流

雨天時浸入水により管きょやポンプ施設等の流下能力等が不足し、増水した下水がマンホール等から溢水、または宅内へ逆流した下水がトイレや宅内ます等から溢水すること

(事象2) 処理場外にある汚水管等から雨天時に増水した下水が公共用水域に流出

雨天時浸入水により管きょやポンプ施設等の流下能力等が不足することが想定される箇所において、マンホール等からの溢水対策として設置した管きょから、下水が公共用水域へ流出すること

(なお、晴天時における溢水についても、直近の降雨等の影響の可能性があることから、「維持管理事故（水質事故等）に関する事故災害報告書」ではなく、「雨天時浸入水に起因する事象に関する報告書」にて作成していただき報告してください。)

(事象3) 処理場に流入する下水の一部を二次処理せず放流または流出

雨天時浸入水の増大により処理場の処理能力が不足し、一部の下水を二次処理せずに放流または流出すること

(この場合、人の健康又は生活環境に係る被害を生じるおそれがあるときは、速やかに状況及び講じた措置の概要を環境部局等に届け出ることとする。)

2. 報告の内容

別添の雨天時浸入水に起因する事象に関する報告書（別紙1）に必要事項を記入の上、ご報告をお願いします。

以 上

83

