

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 19 計画の手順

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

【解説】

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

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

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

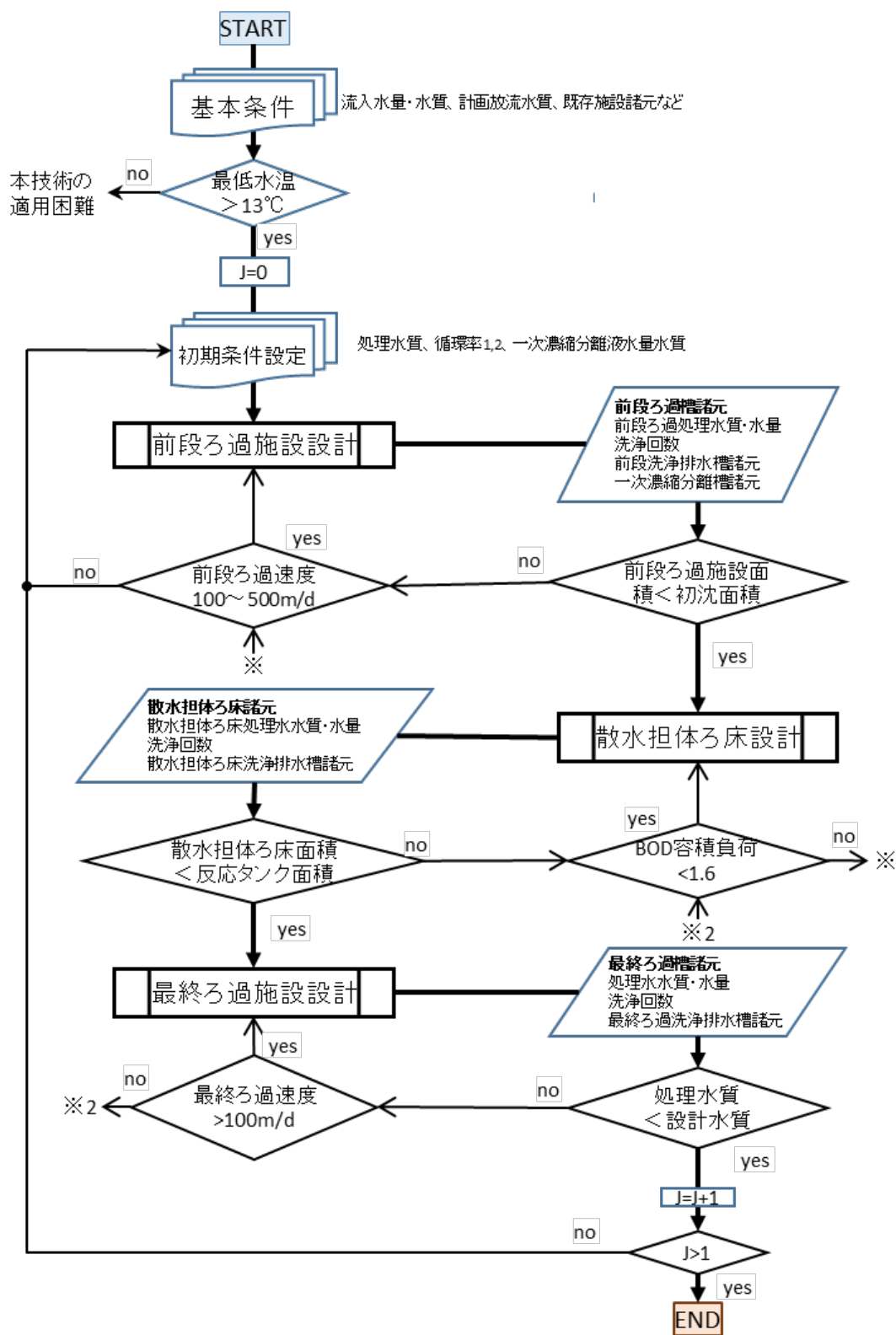


図 4-1 施設容量計算の流れ

§ 20 基本事項の把握

本技術の計画、設計に必要な情報を入手し、基本事項を定める。

【解説】

本技術導入の計画・設計にあたっての必要な情報は以下である。

(1) 水量（日最大、日平均、日間変動、年間変動）

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

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

(2) 設計水質、水温

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

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

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

(3) 水質基準、規制値

計画放流水質とその他の下水処理施設に関連する規制事項を確認する。

(4) 図面確認（処理場の水位高低図）

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

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

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

(5) 既存施設

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

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

§ 21 水処理施設の容量計算

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

【解 説】

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

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

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

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

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

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

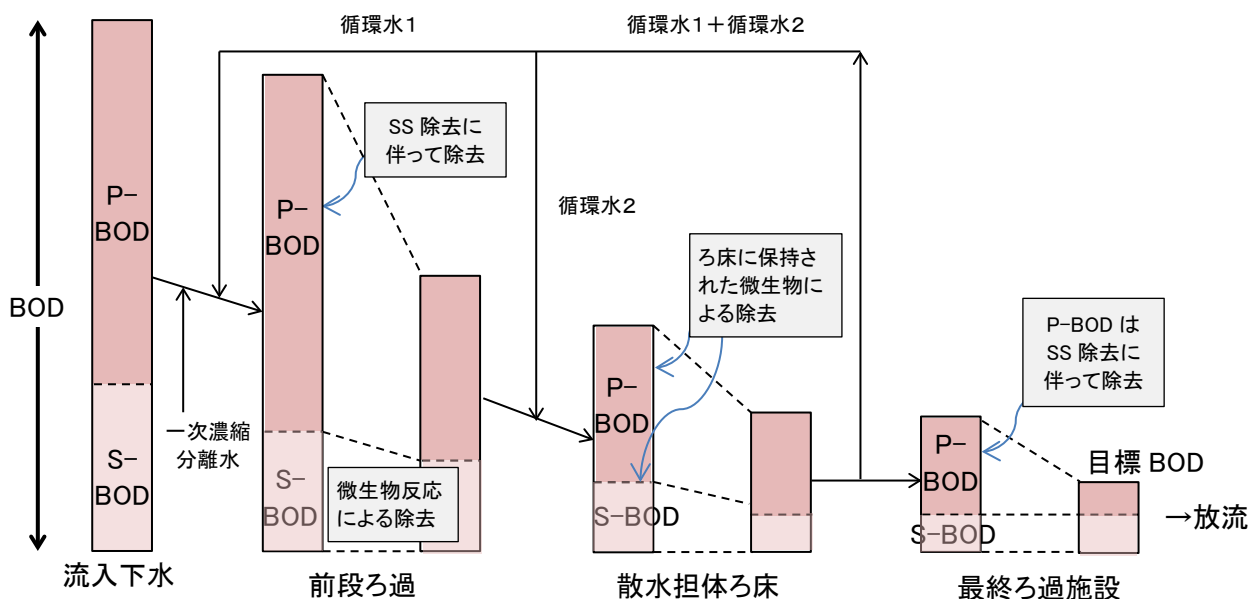


図 4-2 BOD 除去機構のイメージ

§ 22 汚泥発生量の算定と汚泥処理能力の確認、一次濃縮分離水負荷の算定

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

【解 説】

(1) 汚泥の発生箇所

本技術の固形物フローと汚泥の発生箇所を図 4-3 に示す。

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

また、最終ろ過槽では、ろ過前の沈殿部から最終ろ過沈殿汚泥も発生する。

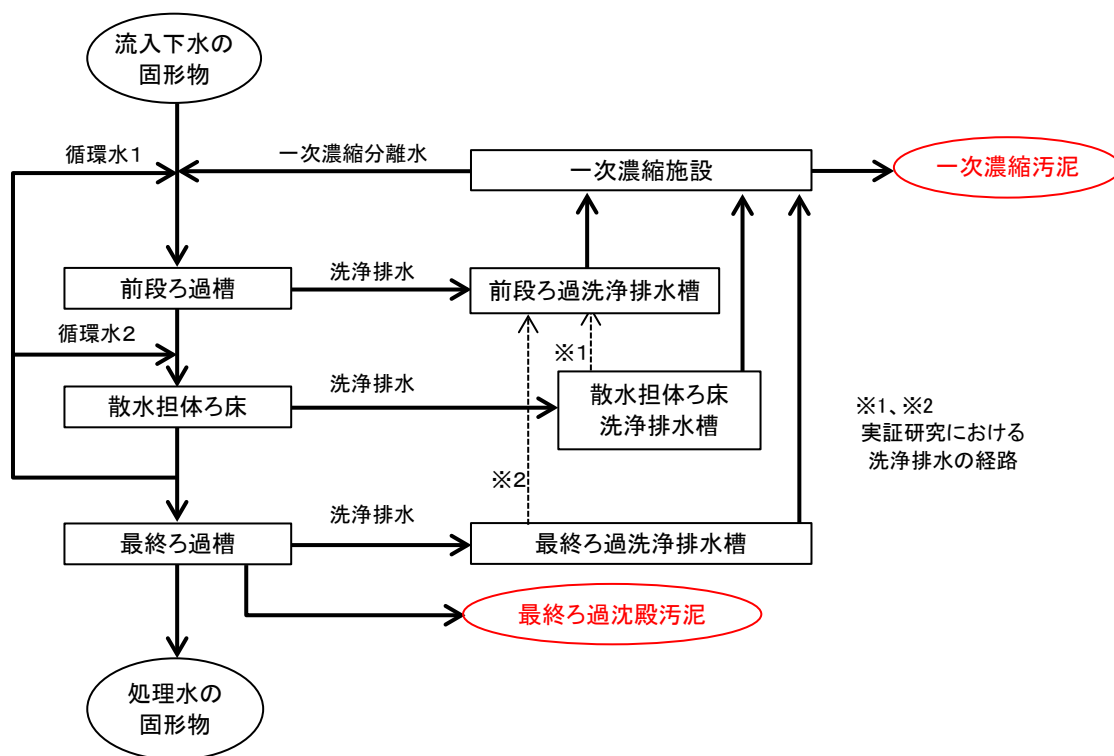


図 4-3 固形物フロー概要

(2) 固形物の系外への引抜

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

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

(3) 固形物収支

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

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

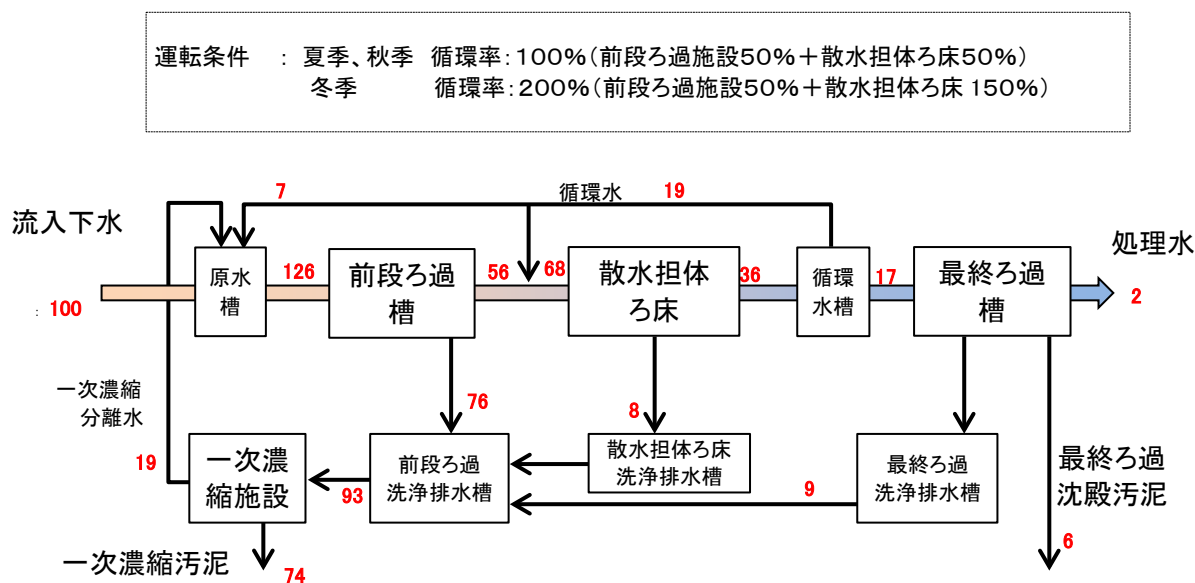


図4-4 固形物収支実測例（平均）

(汚泥発生量、一次濃縮分離水負荷の算定に用いる諸数値)

一次濃縮汚泥の発生までの固形物収支は、以下の各比率を使い算定する。

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

一次濃縮汚泥量は、

- ⑤ 一次濃縮汚泥発生量割合

により決定される。

なお、一次濃縮分離水の返流に伴う水処理系への負荷は④と

- ⑥ 一次濃縮分離水のBOD/SS比率

により算定する。

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

表4-1 設計に用いる固形物関連データ

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

(4) 汚泥発生比の内訳

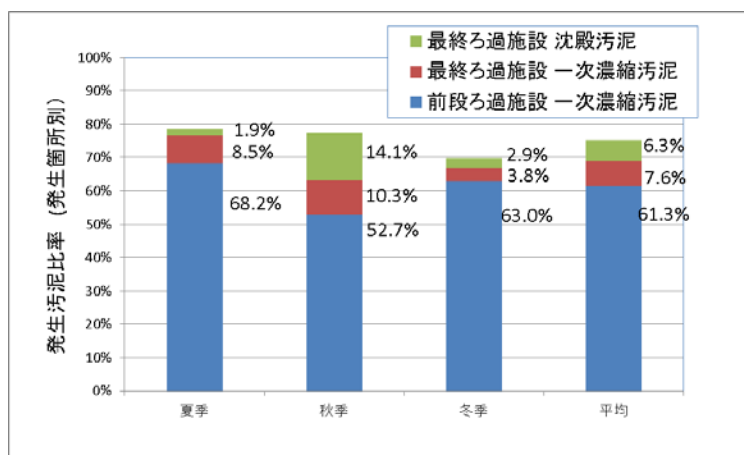
参考として図4-5に発生汚泥量の内訳（季節別3回の実測データ、平均）を示す。

(性状別)

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

(発生箇所別)

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



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

図4-5 発生汚泥量の内訳

(5) 本技術と標準活性汚泥法の総汚泥発生量の比較

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

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

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

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

(6) 汚泥処理能力の確認

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

§ 23 施設配置の検討

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

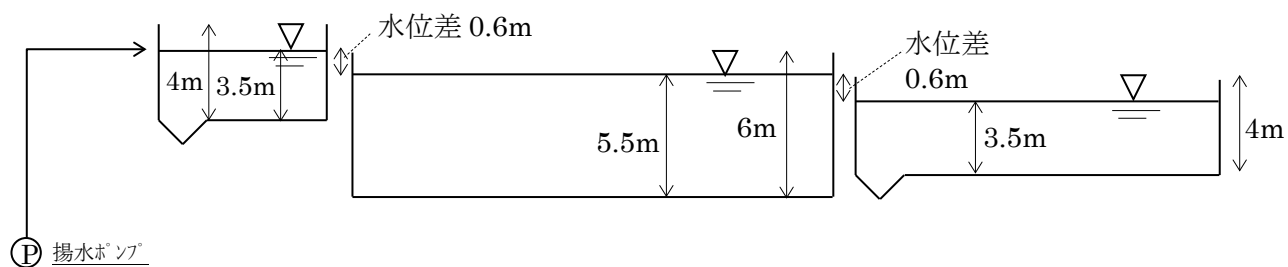
【解 説】

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

(1) 水位高低計画

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

既設（標準活性汚泥法）



本技術

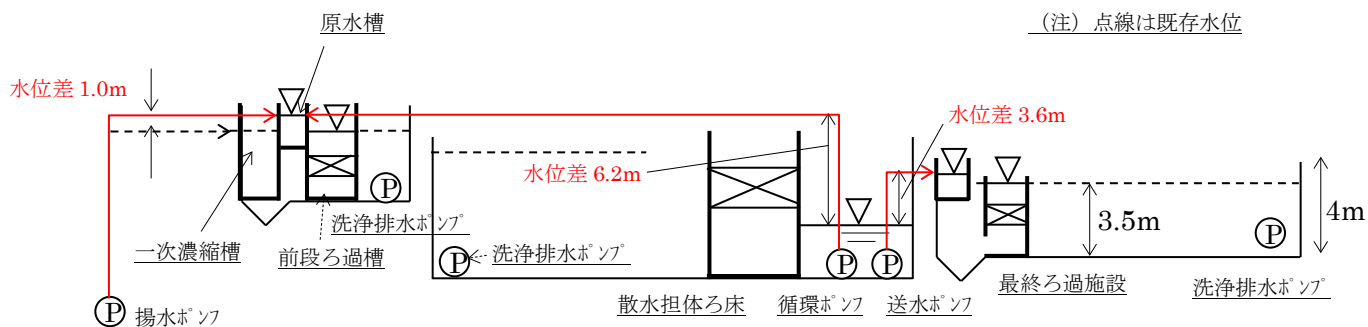


図 4-6 本技術の水位高低の設定例

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

(2) 平面配置計画

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

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

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

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

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

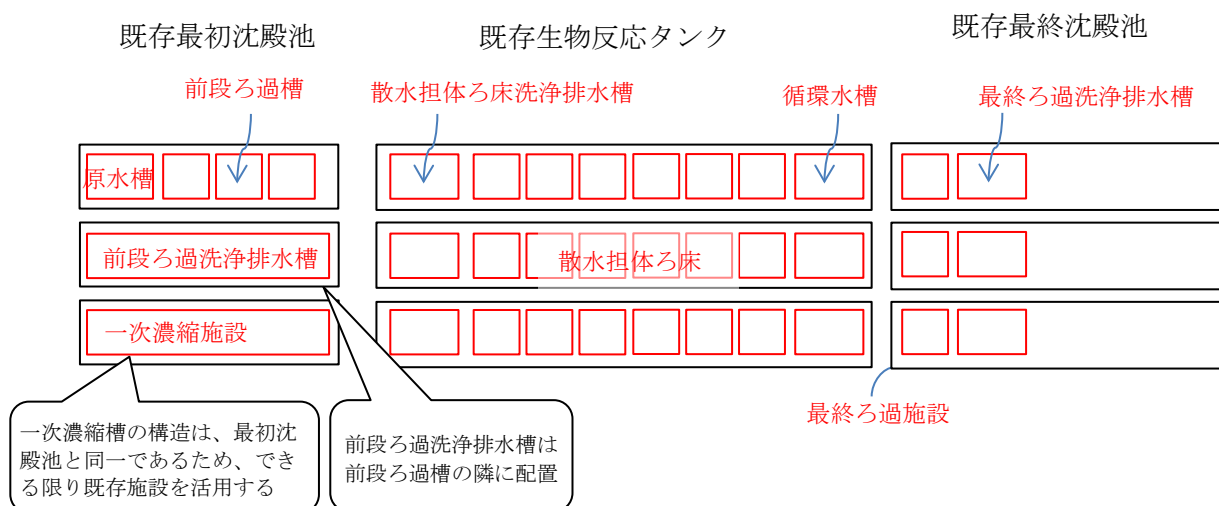


図 4-7 本技術の平面配置計画の設定例

§ 24 導入効果の検証

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

【解 説】

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

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

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

第2節 施設設計

§ 25 本技術の施設設計の全体的な考え方

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

【解説】

(1) 施設間の相互関係

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

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

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

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

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

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

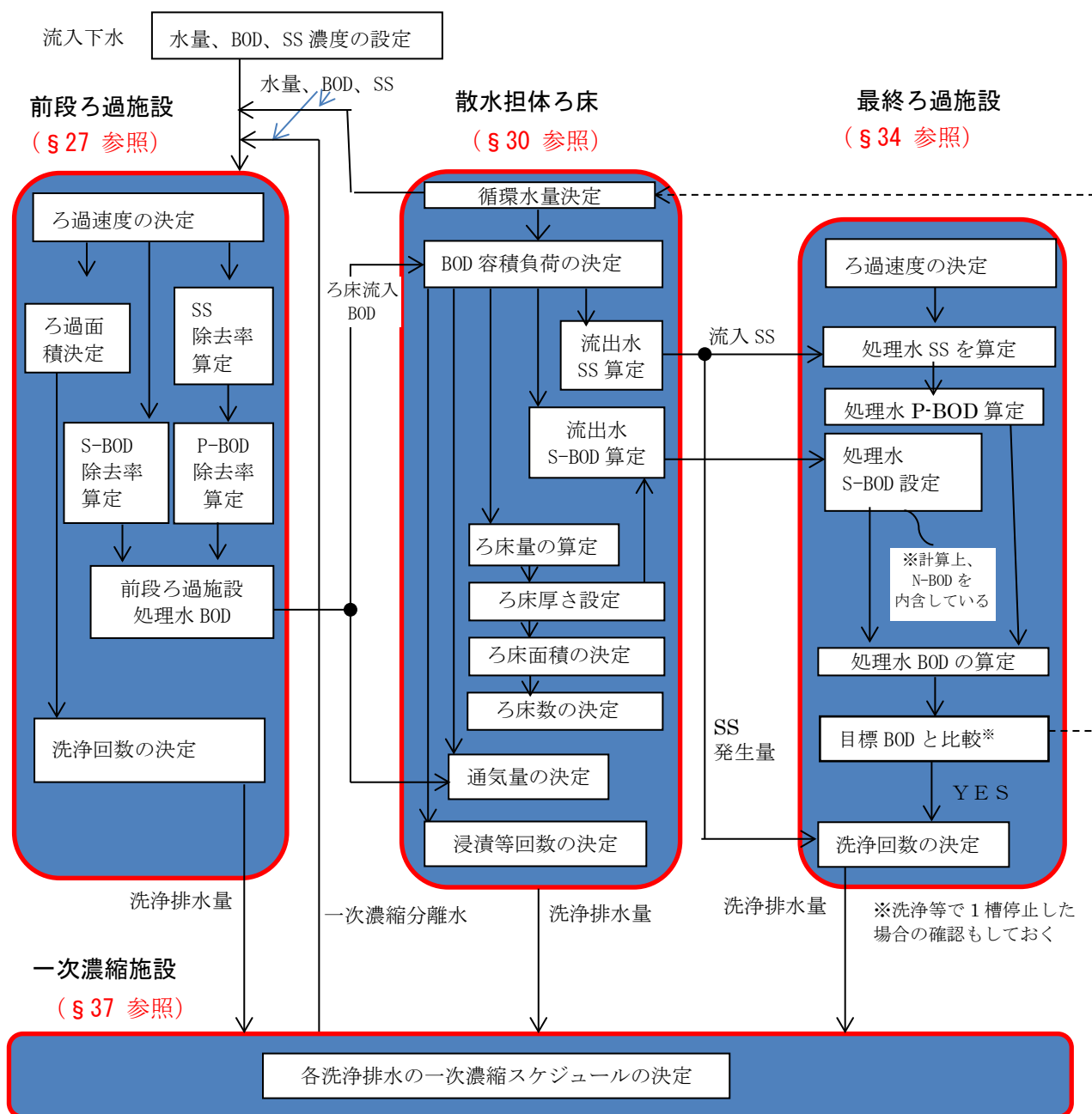
(2) 処理水 BOD の目標値の設定

計画放流水質を年間を通して遵守できる、処理水 BOD の目標値を設定する。

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

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

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



各施設間の影響ポイントまとめ

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

図 4-8 各施設の相互関係

第3節 前段ろ過施設

§ 26 施設構成

前段ろ過施設は、原水槽、前段ろ過槽、前段ろ過洗浄排水槽からなる。

【解説】

図 4-9 に前段ろ過施設の構成を示す。

(1) 原水槽

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

(2) 前段ろ過槽

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

(3) 前段ろ過洗浄排水槽

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

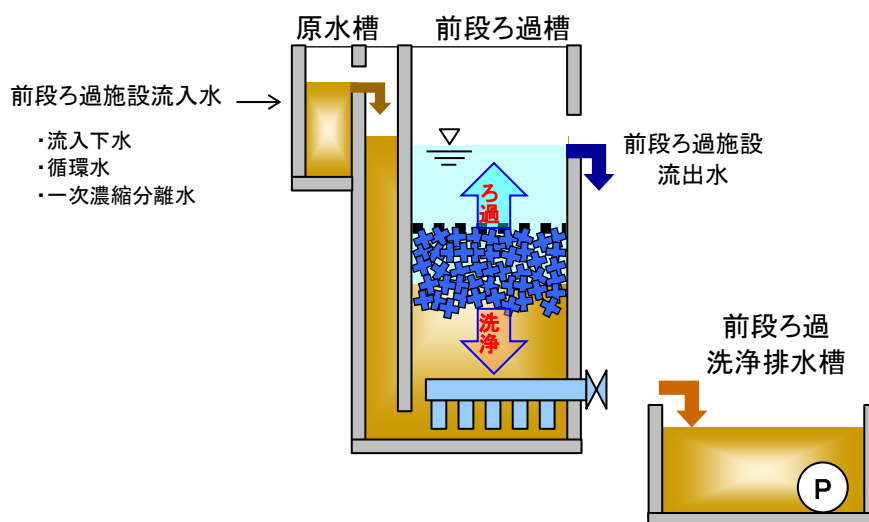


図 4-9 前段ろ過施設の構成

§ 27 前段ろ過施設の設計

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

【解説】

(1) 設計手順方法

図 4-10 に前段ろ過施設の設計手順を示す。

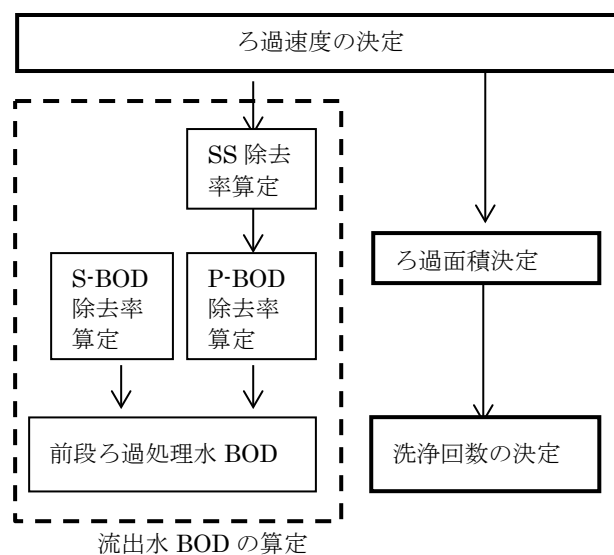


図 4-10 前段ろ過の設計手順と内容

(2) ろ過速度の決定

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

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

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

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

(3) 流出水 BOD の算定

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

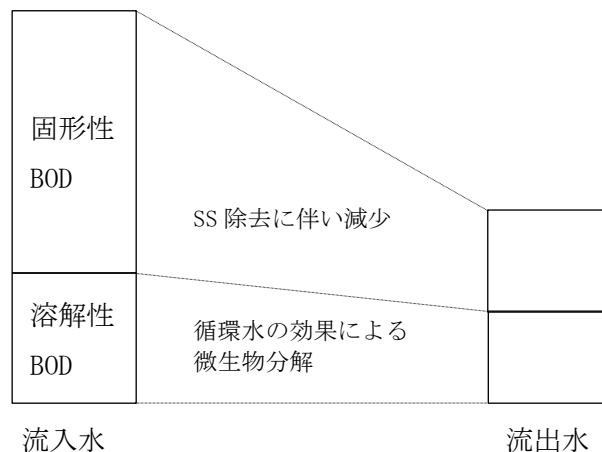


図 4-11 前段ろ過施設での BOD の処理イメージ

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

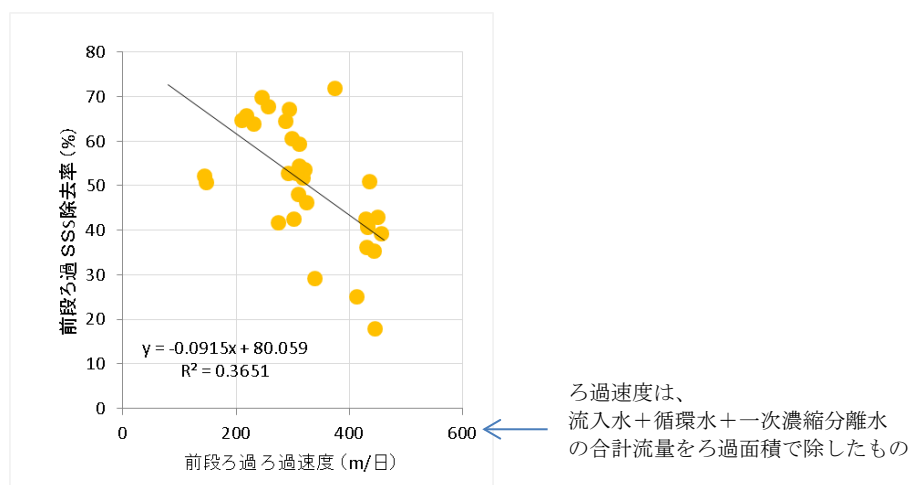


図 4-12 前段ろ過施設のろ過速度と SS 除去率の関係

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

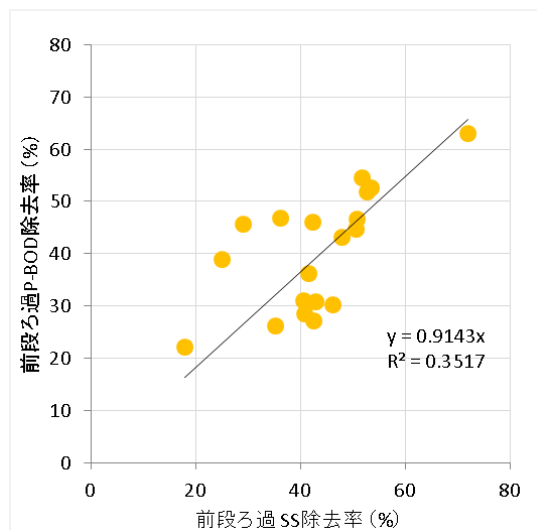


図 4-13 SS 除去率と固形性 BOD 除去率の関係

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

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

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

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

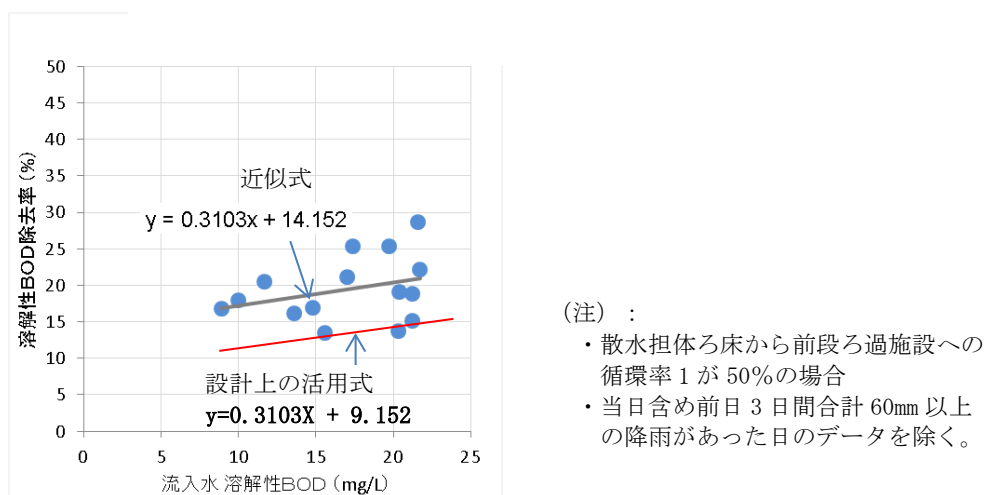


図 4-14 溶解性 BOD の除去率推定 (注)

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

C : 前段ろ過施設 流入水溶解性 BOD (mg/L)

以上より、前段ろ過施設の流出水 BOD は、以下の式で計算される。

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

B : 前段ろ過施設 ろ過速度 (m/日)

C : 前段ろ過施設 流入水溶解性 BOD (mg/L)

D : 前段ろ過施設 流入水固形性 BOD (mg/L)

(4) ろ過面積の設定

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

$$\text{ろ過面積 (m}^2\text{)} = \frac{\text{前段ろ過施設への流入水量 (m}^3\text{/日)}}{\text{ろ過速度 (m/日) (=200~400)}} \dots\dots\dots \text{(式 5)}$$

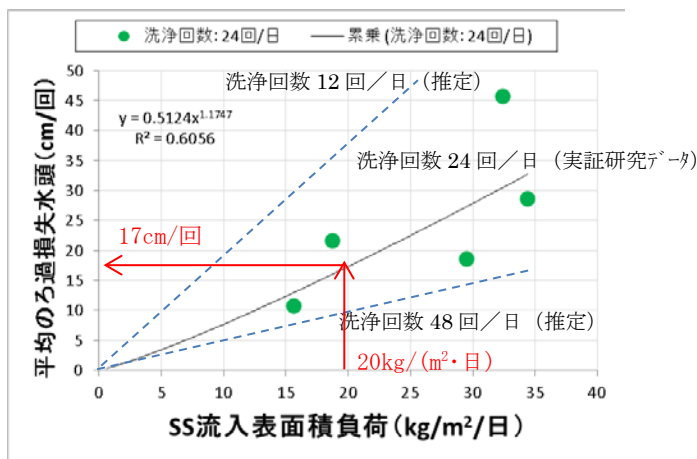
(注) 前段ろ過施設への流入水
= 流入下水 + 循環水 + 一次濃縮分離水

(5) 洗浄回数決定

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

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

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



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

図 4-15 SS 流入表面積負荷と 1 日洗浄回数と平均ろ過損失水頭

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

§ 28 既設改造の留意点

既存施設の最初沈殿池の改造にあたり、以下に留意する。

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

【解説】

(1) 原水槽設置の目的

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

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

(2) 前段ろ過槽の配置

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

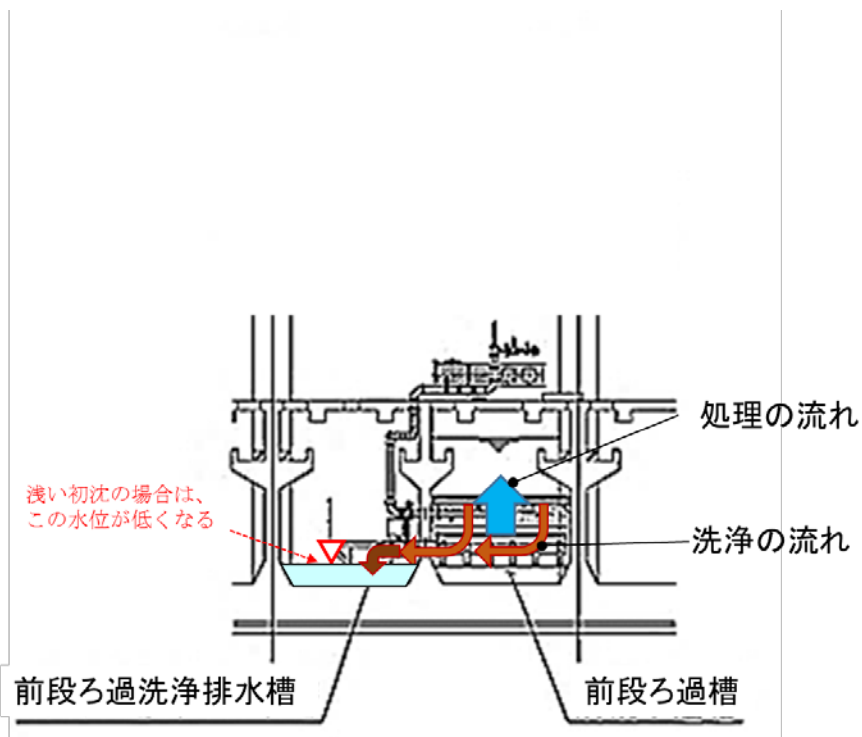


図 4-16 前段ろ過施設の設置イメージ（断面）

(3) 前段ろ過洗浄排水槽の設計

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

(4) その他

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

第4節 散水担体ろ床

§ 29 施設構成

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

【解説】

(1) 施設構成

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

(2) 流入水路

前段ろ過流出水を各散水担体ろ床に均等に供給するための流入水路である。

(3) 散水担体ろ床

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

(4) 循環水槽

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

(5) 散水担体ろ床洗浄排水槽

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

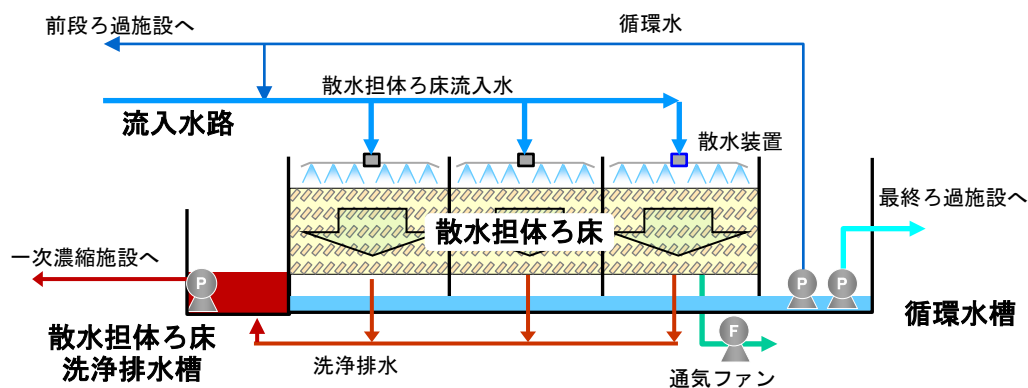


図4-17 散水担体ろ床の構成

§ 30 散水担体ろ床の設計

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

【解説】

(1) 基本的な設計手順

図 4-18 に散水担体ろ床の設計手順を示す。

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

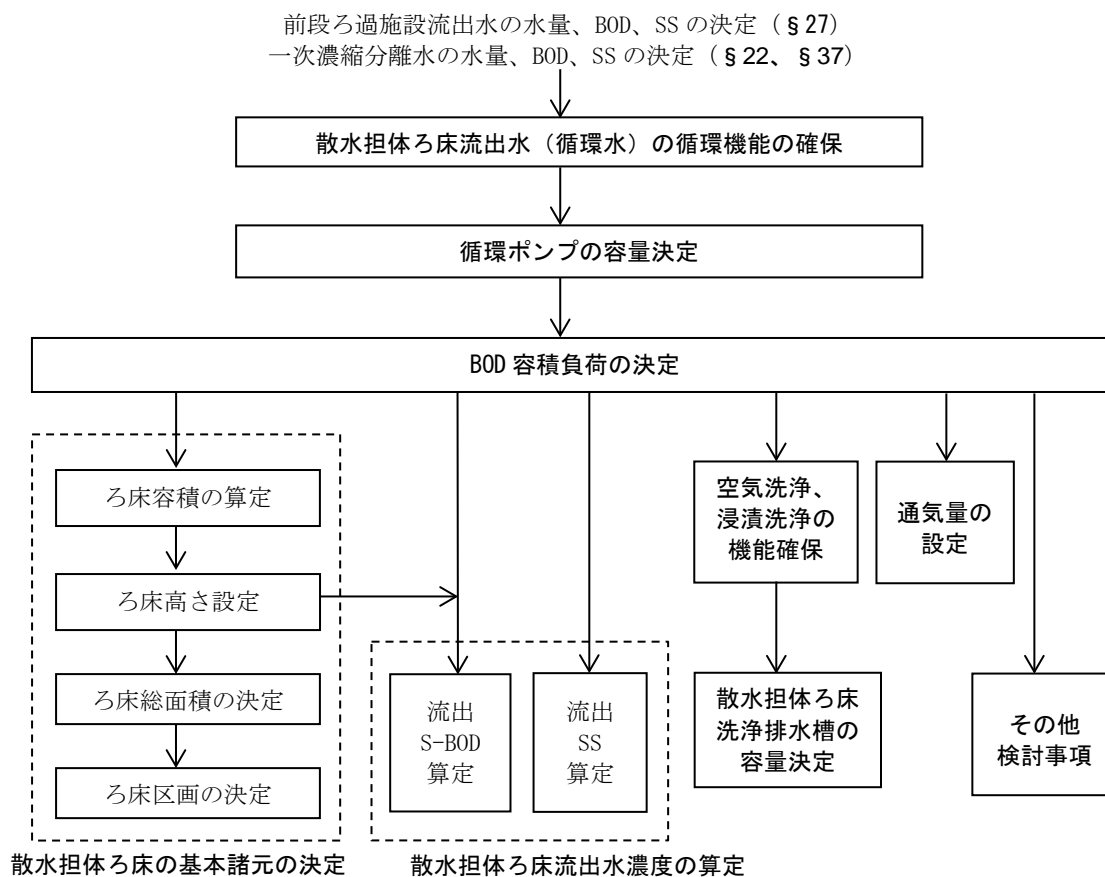


図 4-18 散水担体ろ床の設計手順

(2) 散水担体ろ床流出水（循環水）の循環機能の確保

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

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

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

(3) BOD 容積負荷の決定

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

(4) 散水担体ろ床の基本諸元の決定

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

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

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

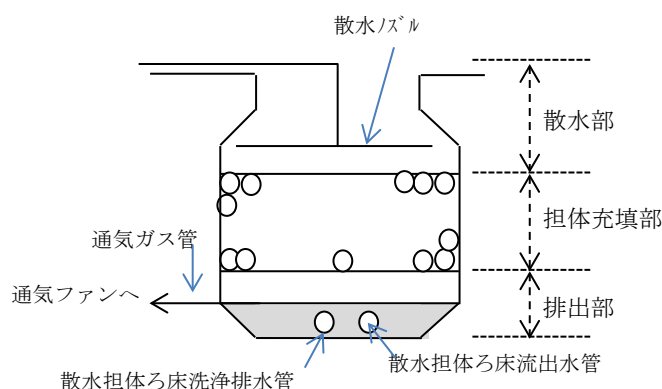


図 4-19 散水担体ろ床の断面

(5) 散水担体ろ床流出水濃度の算定

1) BOD 容積負荷との関係

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

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

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

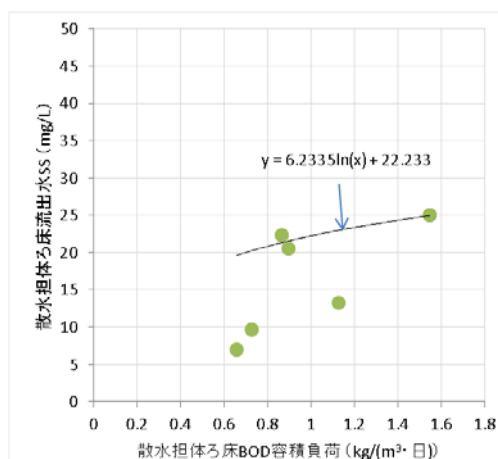


図 4-20 BOD 容積負荷と散水担体ろ床流出水 SS 濃度の関係 (ろ床高さ 2.5m)

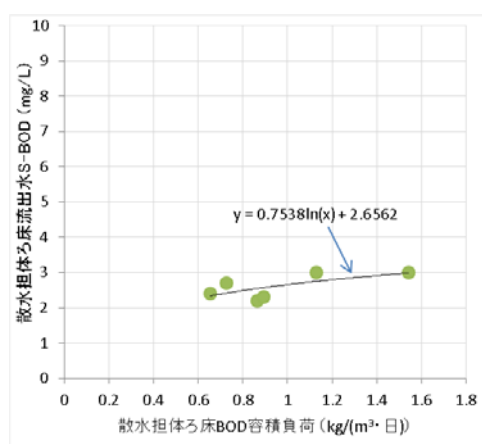


図 4-21 BOD 容積負荷と散水担体ろ床流出水溶解性 BOD の関係 (ろ床高さ 2.5m)

2) ろ床高さによる流出水濃度補正

①ろ床高さとして流出水 SS 濃度の関係

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

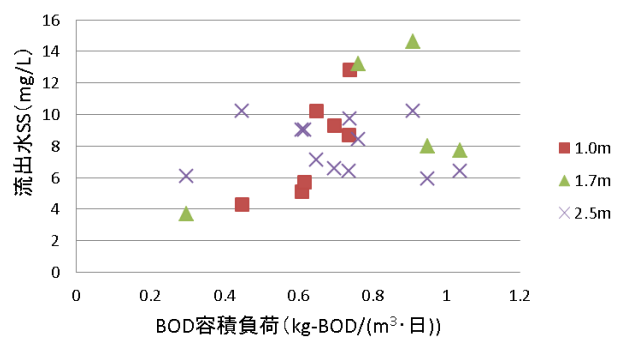


図 4-22 散水担体ろ床高さとして流出水 SS 濃度の関係 (実証研究における小型装置による実験結果)

②ろ床高さとして流出水溶解性 BOD の関係

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

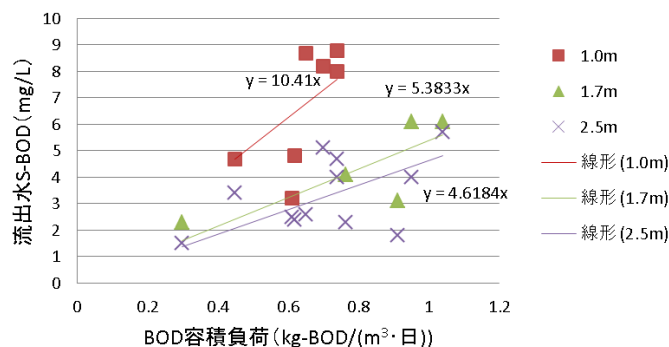


図 4-23 散水担体ろ床高さとして流出水溶解性 BOD の関係 (実証研究における小型装置による実験結果)

③ろ床高さによる流出水溶解性 BOD の補正

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

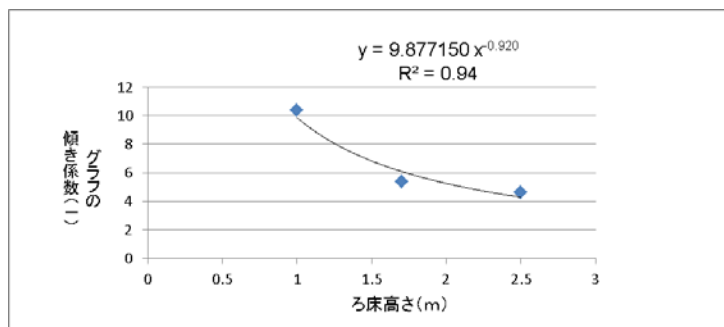


図 4-24 ろ床高さと図 4-23 のグラフ傾きの関係

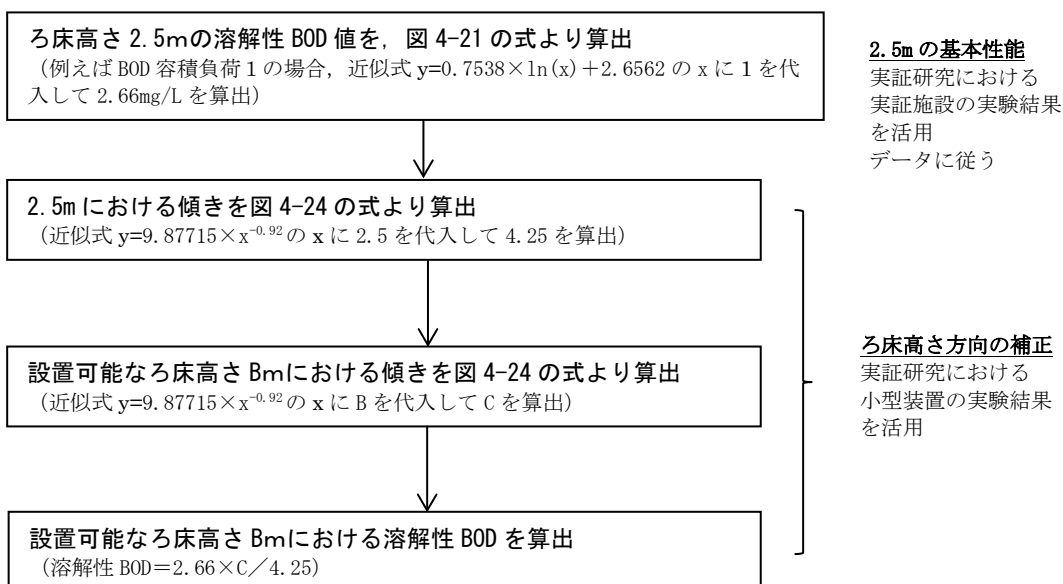


図 4-25 任意の散水担体ろ床高さでの溶解性 BOD 補正の考え方

以上をまとめると以下の(式 7)となる。

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

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

(6) 浸漬洗浄、空気洗浄の機能確保

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

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

(7) 散水担体ろ床洗浄排水槽の容量決定

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

(8) 通気量の設定

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

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

(9) その他検討事項

1) 散水器

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

2) 循環ポンプ、送水ポンプ

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

3) 覆蓋

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

4) 通気ファン、送気ファン

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

5) 採水口の設置

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

§ 31 既設改造の留意点

既存施設の反応タンクの改造では、以下に留意する。

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

【解説】

(1) 流入水路

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

(2) 散水担体ろ床

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

(3) 洗浄排水槽、循環水槽

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

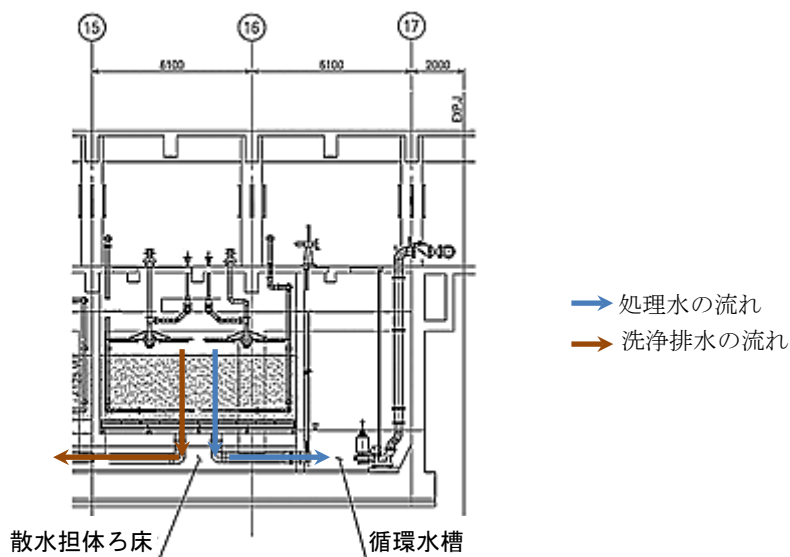


図 4-26 散水担体ろ床の設置イメージ (断面)

§ 32 脱臭

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

【解説】

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

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

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

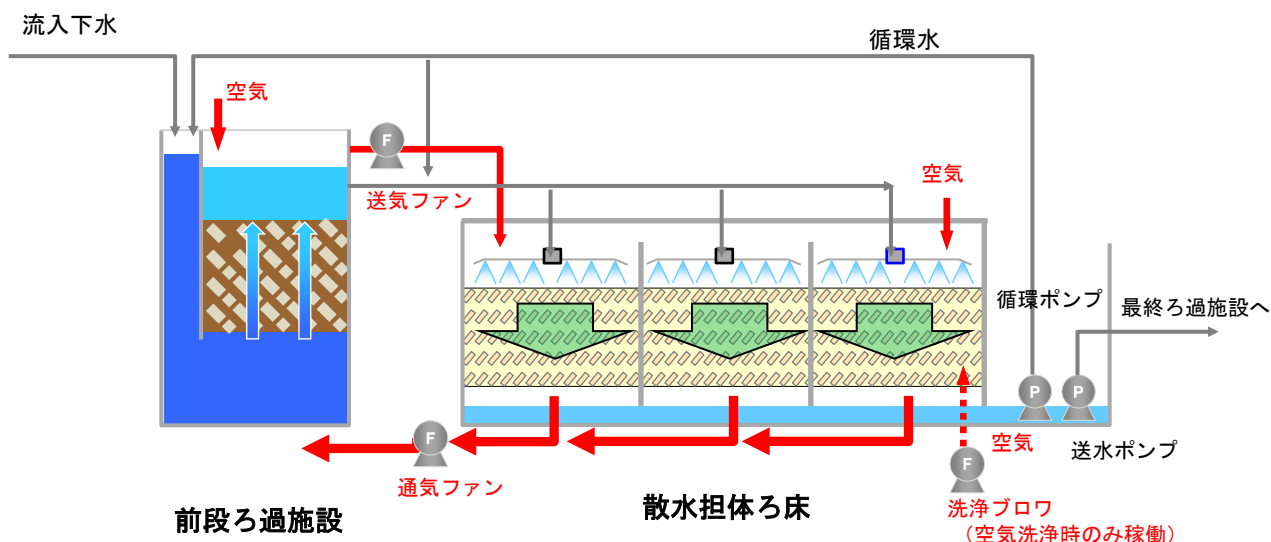


図 4-27 脱臭方法

第5節 最終ろ過施設

§ 33 最終ろ過施設の施設構成

最終ろ過施設は、最終ろ過分配槽、最終ろ過槽、最終ろ過洗浄排水槽からなる。

【解説】

(1) 最終ろ過分配槽

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

(2) 最終ろ過槽

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

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

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

(3) 最終ろ過洗浄排水槽

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

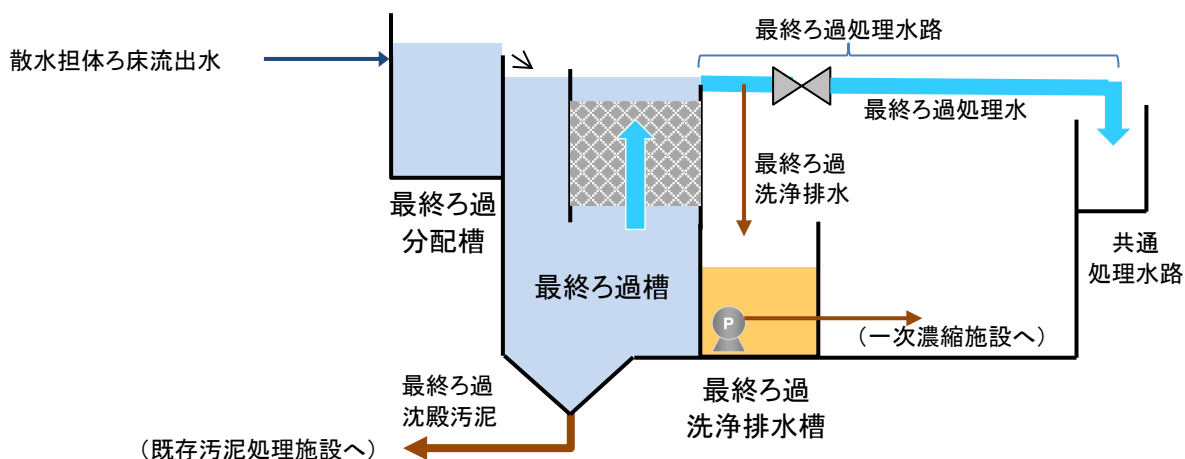


図 4-28 最終ろ過施設の構成

§ 34 最終ろ過施設の設計

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

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

散水担体ろ床流出水 SS 濃度から洗浄頻度を設定する。

【解説】

(1) 基本的な設計手順

以下に基本的な設計手順と内容を示す。

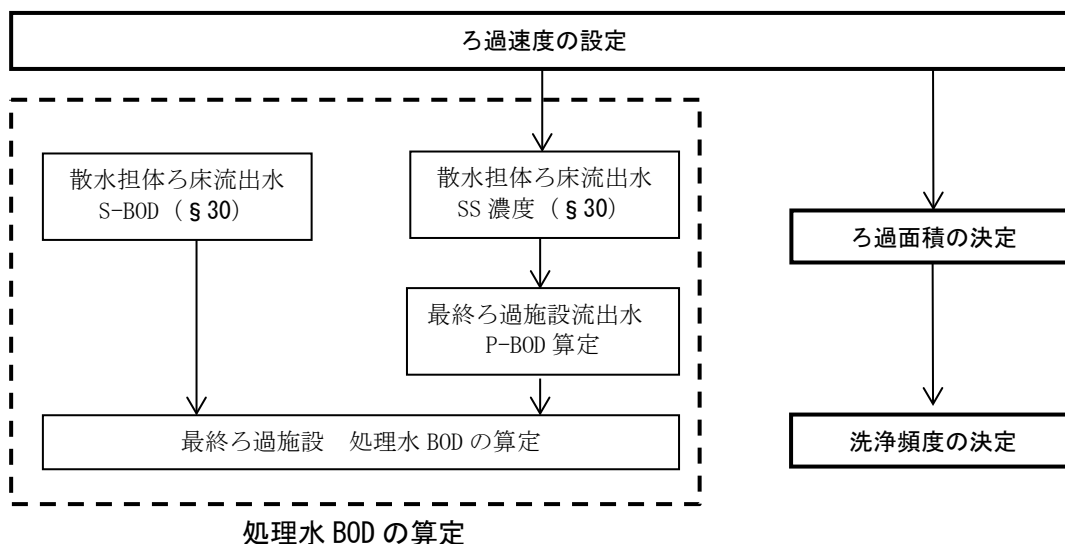


図 4-29 最終ろ過施設の設計手順

(2) ろ過速度の設定

ろ過速度は、実証研究で実施した 150m/日程度を基本として設定する。

(3) ろ過面積の決定

日最大汚水量をろ過速度で除すことにより、ろ過面積を決定する。

(4) 処理水 BOD の算定

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

1) 固形性 BOD の算定

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

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

2) 溶解性 BOD の確認

最終ろ過流入水と処理水は同一 (処理されない) とする。

3) 処理水 BOD の算定

処理水固形性 BOD と、処理水溶解性 BOD の和として算出する。

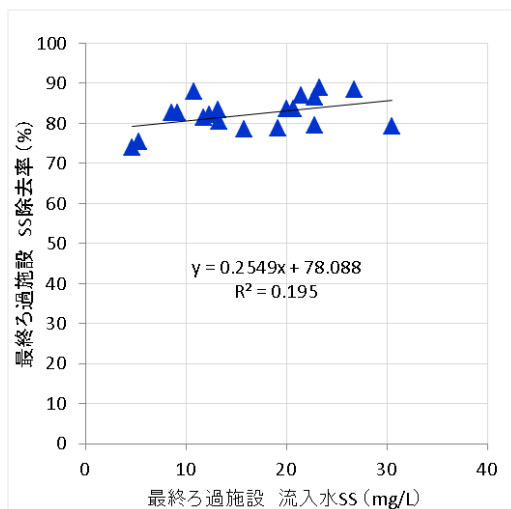


図 4-30 最終ろ過施設 流入水 SS と SS 除去率の関係

(注意)
処理水 BOD の P-BOD
は、N-BOD を内含

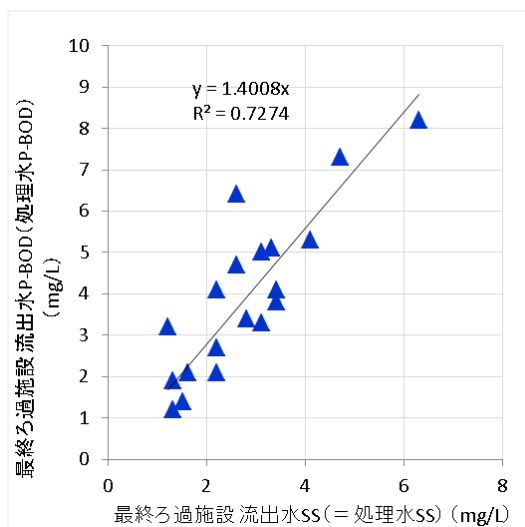


図 4-31 最終ろ過施設 流出水 SS と流出水 固形性 BOD の関係

(5) 洗浄頻度の決定

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

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

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

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

(6) N-BOD 発現の考慮

処理水に残存する NH₄-N が N-BOD として発現する可能性がある。

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

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

第6節 一次濃縮施設

§36 施設構成

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

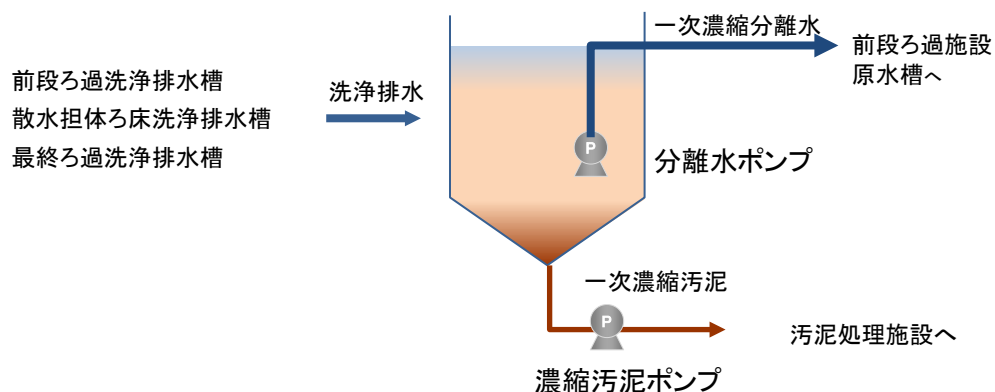
【解説】

(1) 構成

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

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

(回分式)



(連続式)

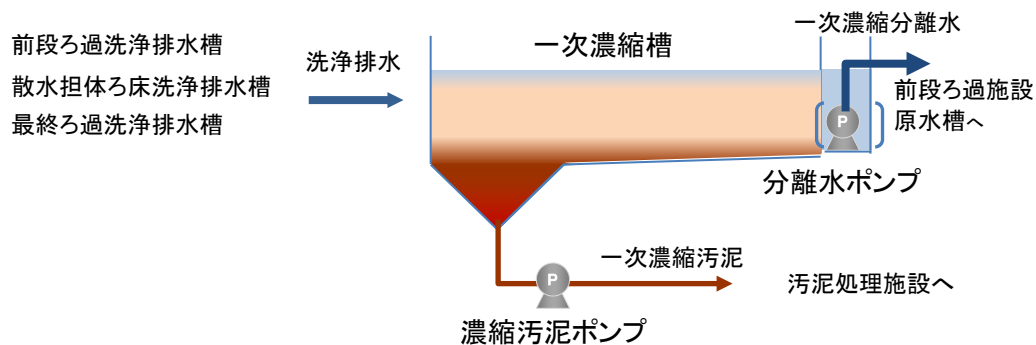


図4-33 一次濃縮施設の構成

(2) 一次濃縮槽

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

(3) 濃縮汚泥ポンプ

濃縮された一次濃縮汚泥を引抜くポンプであり、汚泥処理施設に送泥する。

(4) 分離水ポンプ

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

§ 37 一次濃縮施設の設計

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

【解 説】

(1) 設計手順

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

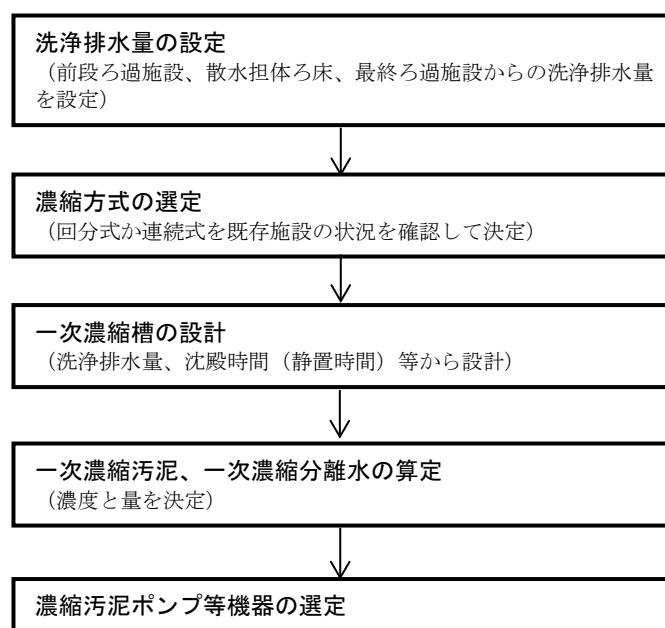


図4-34 一次濃縮施設の設計手順と内容

(2) 洗浄排水量の設定

洗浄排水量の算定にあたっては表 4-2 に示す値を参照する。

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

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

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

表 4-2 洗浄排水量の算定方法

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

(3) 濃縮方式の選定

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

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

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

以下に各濃縮方式のイメージを示す。

1) 回分式

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

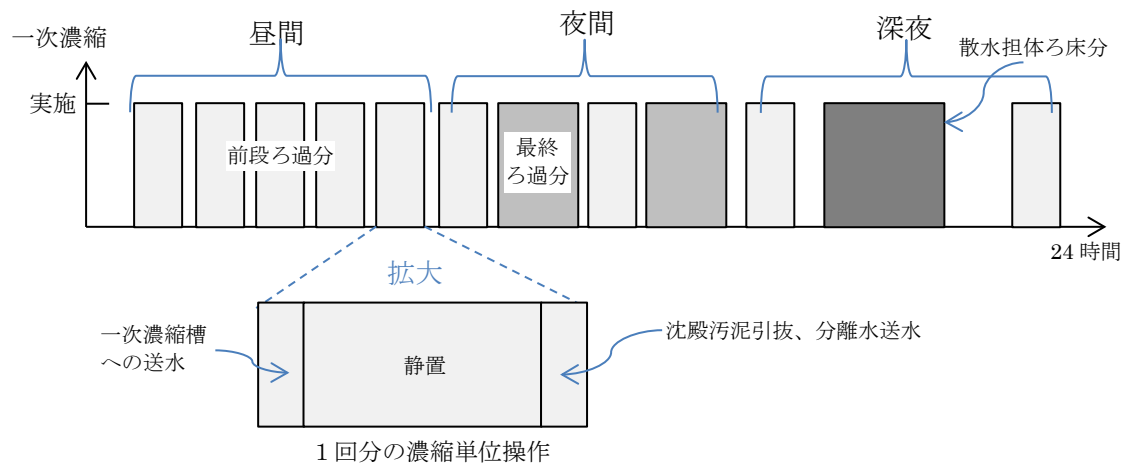


図4-35 回分式の一次濃縮の設定イメージ

2) 連続式

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

連続式一次濃縮槽への
洗浄排水送水量
(m³/分)

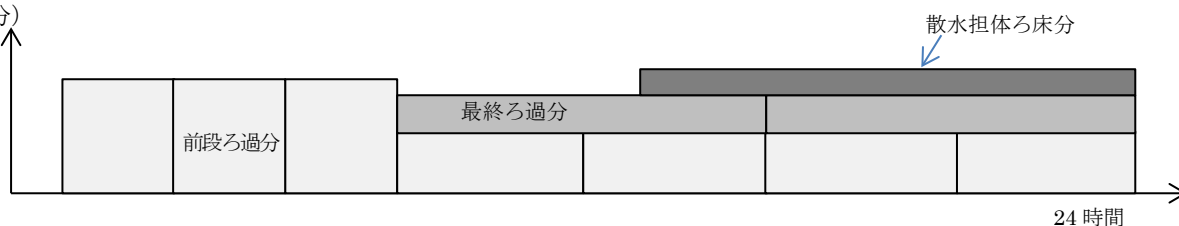


図4-36 連続式の一次濃縮の設定イメージ

(4) 一次濃縮槽の設計

1) 回分式一次濃縮槽の設計

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

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

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

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

2) 連続式一次濃縮槽の設計

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

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

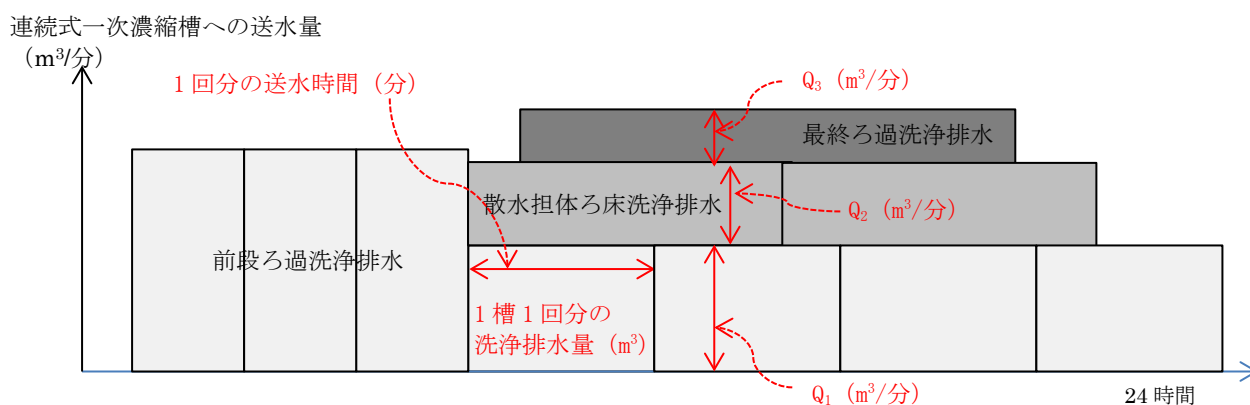


図4-37 連続式一次濃縮槽の面積算出のための水量等

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

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

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

(5) 一次濃縮汚泥、一次濃縮分離水の固形物量等の算定

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

1) 一次濃縮汚泥、最終ろ過沈殿汚泥の発生量

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

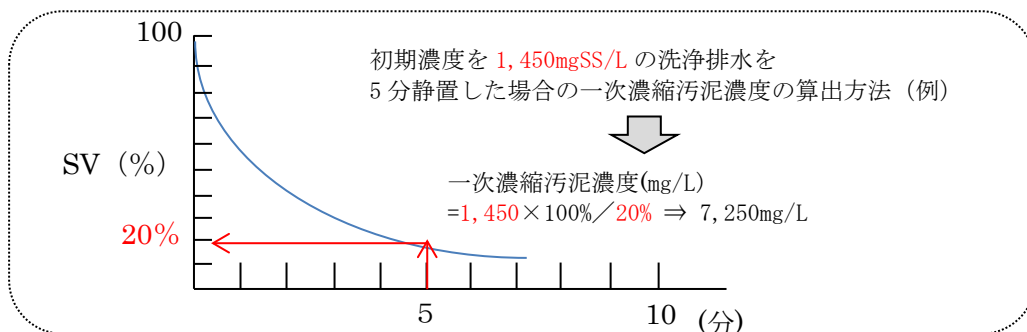


図4-38 一次濃縮汚泥算出方法

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

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

2) 一次濃縮分離水の発生量

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

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

(6) 濃縮汚泥ポンプ等機器の選定

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

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

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

(7) 一次濃縮槽の補機類

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

§ 38 既設改造の留意点

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

【解説】

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

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

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

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

上記はあくまでも一般的な考え方であり、個別の状況に応じて検討する。

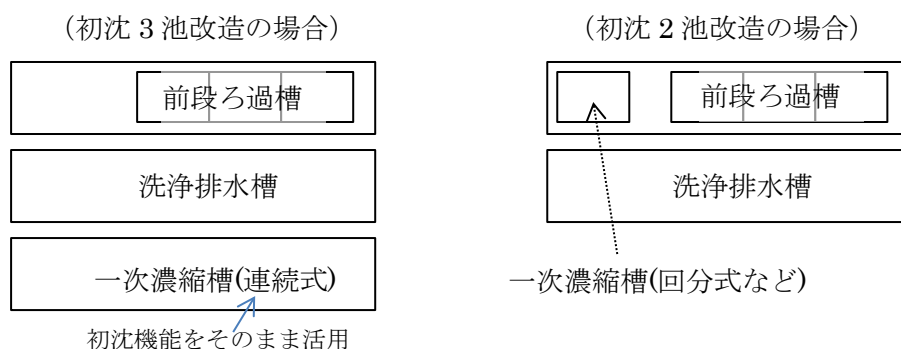


図4-39 一次濃縮槽導入の既存最初沈殿池の改造のイメージ図

第7節 その他留意点

§ 39 安全対策

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

【解説】

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

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

§ 40 環境対策

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

【解説】

(1) 臭気漏洩およびろ床バエ飛散の防止

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

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

(2) ろ床バエの発生抑制

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

§ 41 監視制御システム

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

【解説】

本技術の監視項目と位置をまとめて図 4-40 に示す。

(1) 流量の測定

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

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

表 4-4 測定すべき流量項目

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

(2) 各槽水位の測定

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

(3) 運転環境の自動計測

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

1) 温度計

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

2) 酸素濃度計

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

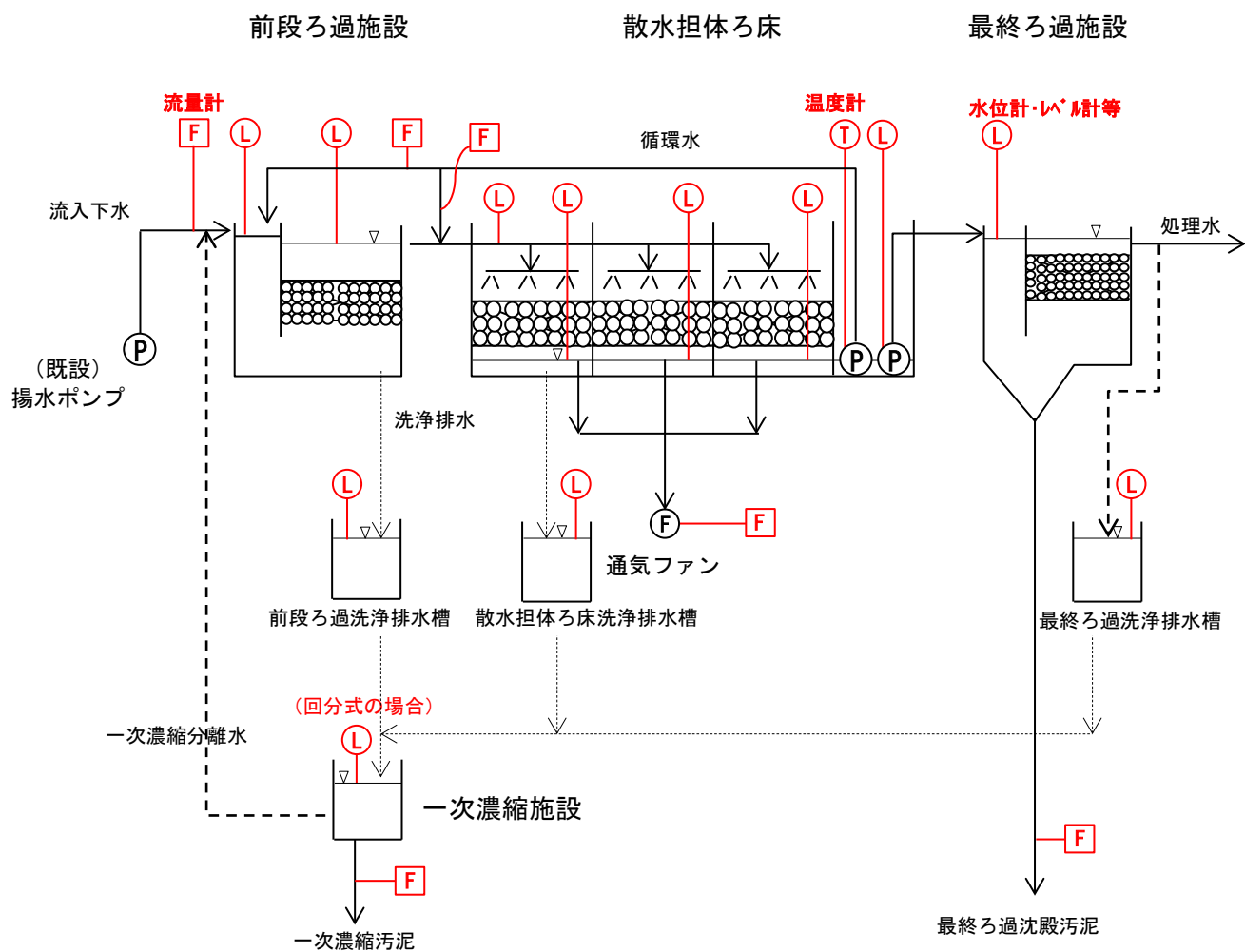


図 4-40 本技術の監視項目

§ 42 汚泥処理施設への影響

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

【解説】

図 4-41 に本項 § 42 で検討する対象を示す。

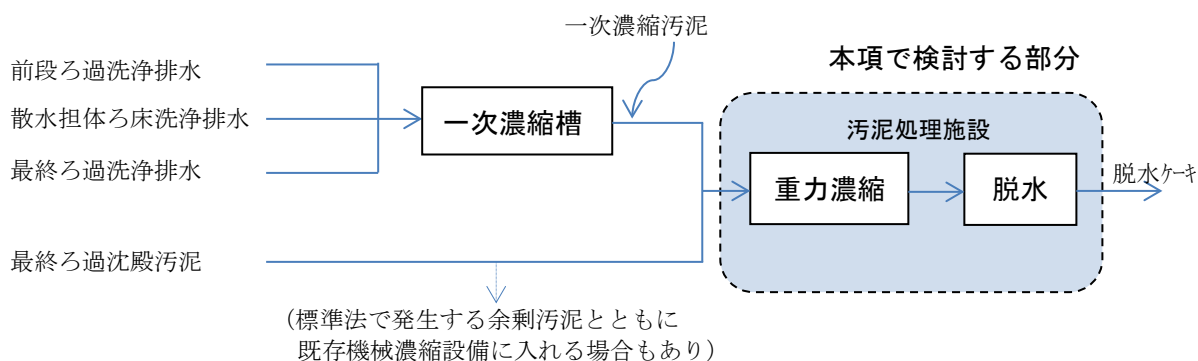


図 4-41 本項で検討する部分

(1) 汚泥発生量

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

(2) 濃縮性

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

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

(3) 脱水性

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

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

(4) 汚泥処理施設への影響

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

§ 43 災害対策

地震時の応急復旧第一段階、第二段階で運用ができるよう設計する。

【解説】

本項では、災害のうち地震に対する対策に対して記載する。

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

1) 施設の耐震性と応急復旧対応の関係

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

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

2) 応急復旧段階における発生汚泥対応

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

(1) 応急復旧の第一段階対応

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

(2) 応急復旧の第二段階対応

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

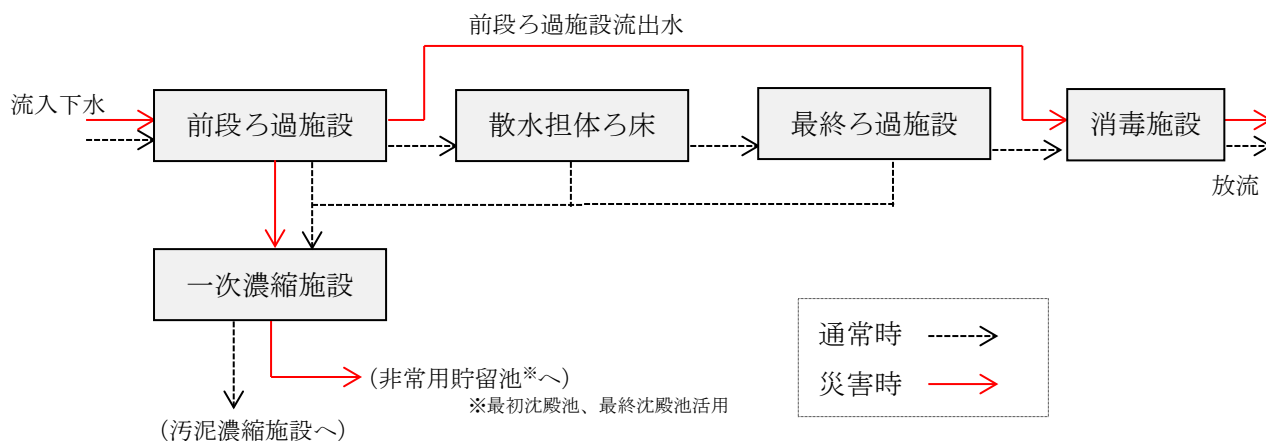


図 4-42 災害時の処理フロー