



Title	最終沈殿池の機能向上に関する調査
Author(s)	鈴木, 章; 中里, 卓治; 大同, 均 他
Description	第4回衛生工学シンポジウム (平成8年11月7日 (木) -8日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 調査 . 6-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 4, 238-243
Issue Date	1996-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7857
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-6-4_p238-243.pdf



6-4

最終沈殿池の機能向上に関する調査

鈴木章 中里卓治 大同均 ○田島規行 (東京都下水道局)

1. はじめに

下水処理方式のうち、大規模な下水処理場のほとんどに適用されている活性汚泥法において、最終沈殿池は固液分離により良好な処理水質を確保するとともに、活性汚泥を濃縮・返送し、反応槽内の微生物量を維持するという重要な機能を担うものである。

最終沈殿池に関しては、有機物含有比の増加等流入下水性状の変化、活性汚泥のバルキングによる汚泥沈降性状の変化等により、その機能が十分発揮されないケースは少なくないといわれている。また、再生水利用、より高度な水質保全の要請から活性汚泥法そのものに対しても安定で、高いレベルの処理水質が求められるようになってきたとともに、窒素・リン除去機能の付加が検討されるようになってきており、機能の高度化が求められている。

こうした動きに対し反応槽の改良・開発が進んでいるにもかかわらず、最終沈殿池に関しては、水面積の増大があげられるに過ぎず、大幅な技術的変革はみられていない。また一方で、最終沈殿池の固液分離機能を補完するため、活性汚泥法の仕上げプロセスとして急速砂ろ過の付加が行われている。

しかし、水面積の増大による最終沈殿池機能の改善については、十分検証されたとは言えず、また、仕上げプロセスとしての急速ろ過の付加は、最終沈殿池の固液分離機能低下の容認につながるものである。一方で膜分離などの新たな固液分離装置の実用化が進み、重力沈殿に期待する最終沈殿池の不要論も展開されつつある。

このような現状から、活性汚泥法による処理システム全体の効率化のために、最終沈殿池の改良、あるいは新しい技術の開発の余地があると考えられる。

2. 調査目的と内容

本調査は、今日の最終沈殿池がおかれた状況を踏まえ、基礎調査として最終沈殿池に関するこれまでの知見を整理し、今後求められる下水処理シ

ステムに最適な固液分離プロセスのあり方を明らかにすることを目的とした。

調査内容は次のとおりである。

① 最終沈殿池諸元の整理

区部下水処理場における最終沈殿池の実態把握を目的として、アンケート調査により、最終沈殿池の構造諸元・設備諸元を整理した。また、処理場職員の沈殿池に関する意見をもとに、沈殿池がかかえる問題点を明らかにした。

② 最終沈殿池に関する文献及び調査事例の整理

過去10年間程度の最終沈殿池に関する国内外の論文・文献を収集・整理した。

③ 最終沈殿池に関する運転データの整理・解析

区部下水処理場を対象に、既往の運転管理データを収集・整理し、最終沈殿池の運転条件が処理水質に及ぼす影響について解析を行った。

④ 固液分離技術に関する動向調査

最終沈殿池の改善技術、新しい固液分離技術の開発・下水処理分野への適用などの技術開発動向を、最近の専門誌、学会報告、メーカーヒヤリング等により整理した。

⑤ 今後の研究開発の方向性に関する検討

本調査のまとめとして、今後の最終沈殿池に関する研究開発の目的を明らかにした。

3. 最終沈殿池諸元の整理

区部下水処理場全系列を対象に最終沈殿池の構造諸元、設備諸元などを整理し、一覧表としてまとめた(東京都下水道局計画部「最終沈殿池の機能向上に関する調査委託」報告書参照)。また、処理場職員から各処理場の最終沈殿池に関する課題などをあげてもらい、沈殿池のかかえる問題点をまとめた。主なものについて以下に説明する。

3.1 形状寸法

アンケートに先立ち、形状寸法の表記方法を見直したところ、処理場間で統一されていない点も見られた。例えば、池長に関しては、①流入以降、②整流壁以降の二通りが見られた。そこで、アン

ケートでは、池長を整流壁以降、池中を一水路当りの池中とするなど、表記方法の統一を図った。

3.2 反応タンクから最終沈殿池へのフロー

反応タンクから最終沈殿池へのフローは大きく分けると、次の二つに分けられる。

- ① 葛西処理場などのように、比較的小さなブロックで反応タンクと最終沈殿池とが対応しているフロー（図3-1）
- ② 芝浦処理場などのように、比較的大きなブロックで、反応タンク越流水を導水渠などで集水し、最終沈殿池で分配するフロー（図3-2）

区部では敷地的制約などから②のフローが比較的多い。しかし、維持管理などでSRTを制御する場合などは①のフローの方が容易であると考えられる。

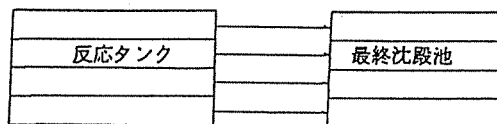


図3-1 反応タンクと最終沈殿池とが対応しているフロー

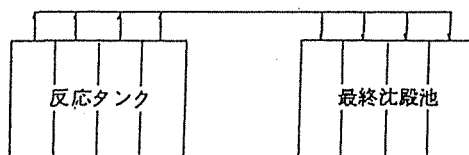


図3-2 反応タンク越流水を集水し最終沈殿池で分配するフロー

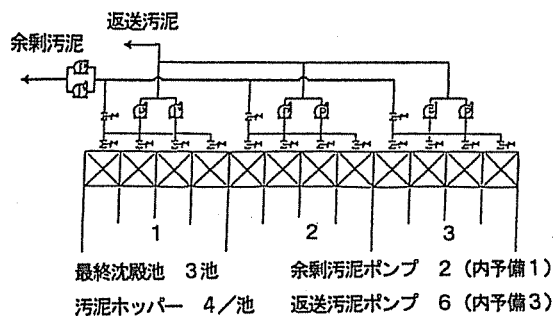


図3-3 最終沈殿池からの汚泥の引き抜きフロー

3.3 最終沈殿池からの汚泥の引き抜きフロー

最終沈殿池からの汚泥の引き抜きフローは、いずれの処理場も、複数のホッパーもしくは池に対して余剰汚泥ポンプおよび返送汚泥ポンプを設置している（図3-3）。

3.4 維持管理の計測及び操作

3.4.1 計測時間（頻度）

返送汚泥量、返汚泥濃度は連続で計測されている。余剰汚泥量は、大部分の処理場で連続で測定されているが、小菅、森ヶ崎（西系）、三河島（藍染東系）では間欠で測定されている。

3.4.2 計測方法

汚泥量の計測方法は電磁流量計と超音波流量計に大別されるが、大部分の処理場で電磁流量計を用いており、芝浦水処理センターでのみ超音波流量計を用いている。汚泥濃度は超音波式が用いられている。

3.4.3 操作方法

返送汚泥量、余剰汚泥量の操作は、ポンプ台数や運転時間、回転数制御などで調整しており、ポンプ操作と併用して弁の開度を調整しているケースもある。

3.5 最終沈殿池の課題

3.5.1 処理水質

活性汚泥の越流が主な課題である。その原因は、次の二つにまとめられる。

- ① 沈殿池の構造によるもの（各池への均等流入が困難、流入扉～越流堰間の距離が短いなど）
- ② 沈殿池への負荷変動によるもの（処理水量の増加、流入SS負荷の増加）

3.5.2 躯体

ここでは、最終沈殿池の水理的欠点が多く指摘されている。具体的には、沈殿池流入前において以下のような問題が生じている。

- ① 複数の沈殿池への均等分配流入が困難
- ② 二層式沈殿池の場合、上下段への均等分配流入が困難

また、沈殿池流入後においては、一様な押し出し流れが理想的であるが、実際には以下のような問題が生じている。

- ③ 沈殿池への流入による汚泥の巻き上げ

④ 沈殿池設備（汚泥掻き寄せ機等）による巻き上げ

⑤ 汚泥の硝化や腐敗による浮上流出

また、その他の部分でも乱流、偏流などが生じている。

3.5.3 汚泥管理

ここでの問題点は、大きく分けると次の3つに集約される。

① 流入水量の変動による汚泥界面制御の困難性（堆積汚泥量の変動）に伴う汚泥の流出

② 各沈殿池からの任意の汚泥量引き抜きの困難性（各系列毎の汚泥管理の困難性）

③ 沈殿池底部での汚泥滞留による汚泥管理の困難性

また、二層式沈殿池では、下段の汚泥の堆積状況が把握しにくいので維持管理が困難である。

3.5.4 設備

設備に関しては、整流設備、パイプスキマなどへのスカム、藻などの付着という問題点がある。また、各処理場ともスカム処理に苦心している。

4. 最終沈殿池に関する文献及び調査事例の整理

過去10年間程度の最終沈殿池に関する国内外の論文・文献を収集・整理し、文献集（東京都下水道局計画部「最終沈殿池の機能向上に関する調査委託」報告書別冊参照）としてまとめた。

最終沈殿池に関する文献は、①汚泥と上澄水の固液分離に関するもの、②活性汚泥の濃縮に関するものの二つに大別することができた。

4.1 固液分離に関する文献

固液分離に基づく沈殿池の古典的な設計理論は、1902年のHazenの理論であり、流れ方向に沈殿池を分割したときの粒子の除去率を提案した。その後、Dobbins(1944年)は、Hazenの仮定を一部修正し、除去率を提案した。Dobbinsの提案した除去率は、水深をパラメータの1つとしている。ついで、Camp(1945年)により、現在の設計で用いられている水面積負荷の考え方が提案された。

また、沈殿池を理想化した設計理論であるHazenやCampの理論を発展させ、密度流や短絡流などによる影響を考慮した理論が、Fair、栗谷、楠田により提案されている。

4.2 濃縮に関する文献

濃縮に関する理論は、流速理論（Flux Theory）と力学理論の2つに大別できる。1916年にCoe-Clevengerにより流速理論の原始的な概念が示され、1952年にKynchにより理想汚泥仮定を出発点とした理論が構築された。その後、吉岡ら(1957年)、Dick(1972年)などにより沈殿池操作理論に発展した。一方、力学理論は、楠田ら(1980年)により展開され、松尾ら(1988年)により実用化に向けての提案がなされている。

5. 最終沈殿池に関する運転データの整理・解析

解析に用いたデータは、区部10処理場16系列を対象に処理場系列毎の年間平均値とし、収集の期間は昭和62年度から平成3年度までの5ヵ年分とした。

5.1 各処理場における水処理負荷条件

最終沈殿池の機能に関連する運転条件において特徴のある処理場を整理すると以下ようになる。

(1) 小台処理場

① 水面積負荷が高い。

② エアレーション時間が小さいにもかかわらずBOD-SS負荷は小さい（MLSS濃度を高め（1700～1800mg/l）に設定している）。

③ 最終沈殿池に対する固形物負荷が大きい。

(2) 三河島処理場（藍染系）

① 水面積負荷が高い。

(3) 落合処理場（北系）、芝浦水処理センター（本系）

① MLSS濃度が低め（1000mg/l前後）に設定されており、BOD-SS負荷は大きい。

(4) 小菅処理場（東系）、葛西処理場、中川処理場

① 水面積負荷、BOD-SS負荷とも負荷が小さい。

5.2 解析結果

年間平均の運転条件及び処理水質をもとにした解析から得られた内容を以下に要約する。

① 最終沈殿池機能に係わる運転条件は、処理場間で大きなばらつきがみられる（図5-1）。

② 最終沈殿池水面積負荷と処理水SS濃度の間には相関関係が認められ、水面積負荷20m²/日以下

では処理水SS濃度は5mg/l以下となっている(図5-2)。

- ③ 処理水SS濃度に、活性汚泥の沈降性指標であるSVIが関与しているということはなかった(図5-3)。
- ④ 越流せき負荷と、処理水SS濃度との関連は認

められない(図5-4)。

- ⑤ 40m/日以上の水面積負荷でも8,000 mg/l程度の返送汚泥濃度は維持できるという結果が得られ、水面積負荷が高い処理場においても最終沈殿池における活性汚泥の濃縮機能に対する支障はみられなかった(図5-5)。

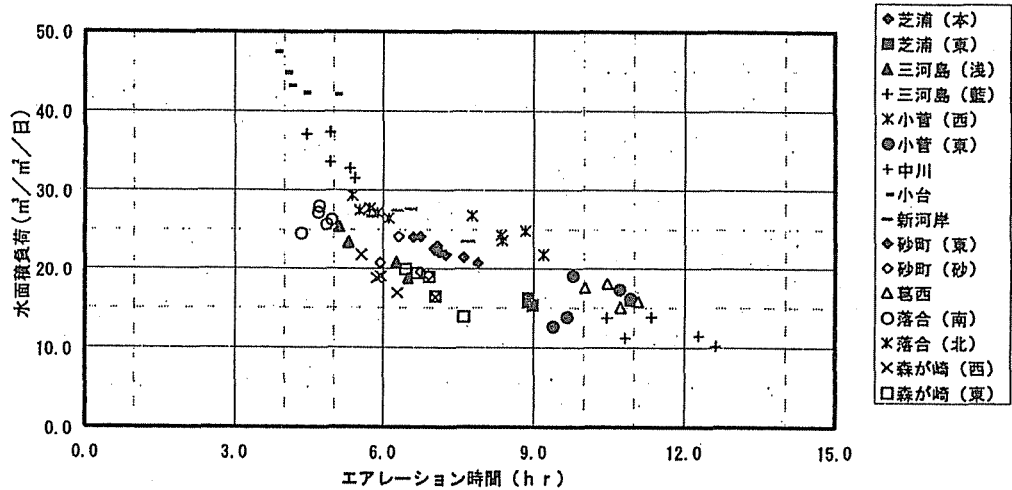


図5-1 区部処理場のエアレーション時間とBOD-SS負荷

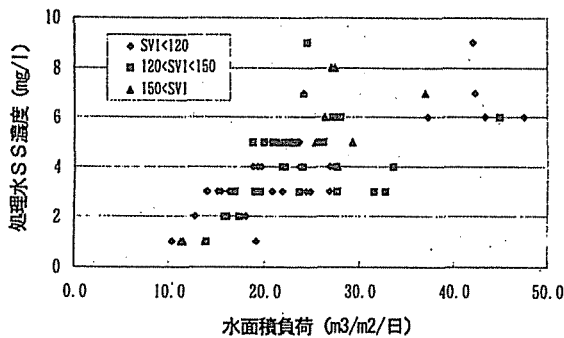


図5-2 水面積負荷と処理水SS濃度

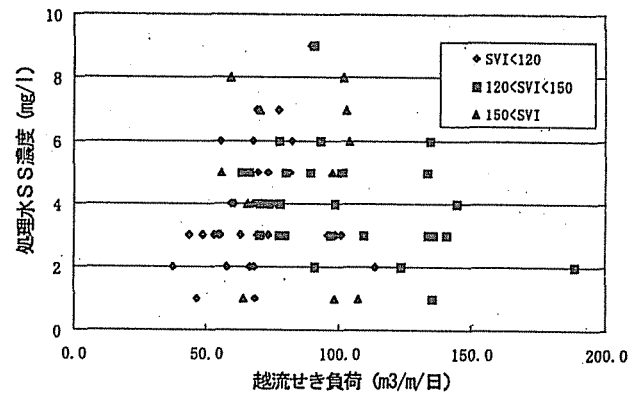


図5-4 せき負荷と処理水SS濃度

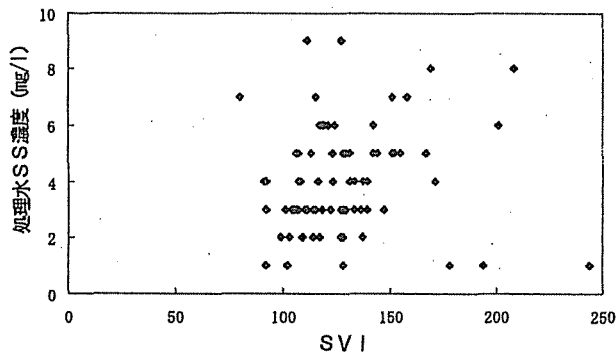


図5-3 SVIと処理水SS濃度

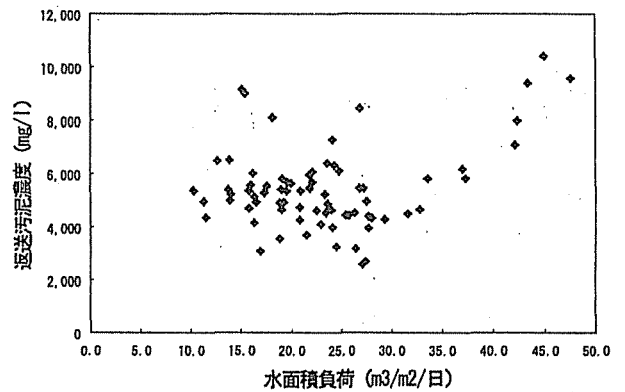


図5-5 水面積負荷と返送汚泥濃度

6. 固液分離技術に関する動向調査

6.1 下水処理技術分野

下水処理における固液分離技術の動向は、①活性汚泥の沈降性不良等による最終沈殿池における汚泥管理の困難性を克服するために、進歩の著しい膜分離技術を応用する、②従来、重力沈殿に依存していた最初沈殿池に、二次処理プロセスへの負荷軽減及び省エネルギー、発生汚泥の質の変換を目的に、より固形物除去能力の高い固液分離技術を応用するなどがある。前者については、浸漬型セラミック分離膜を用いた活性汚泥排水処理、後者については、凝集沈殿や最近開発された浮上る材を用いたろ過などがある。

これらの技術は、大都市において多用されてきた重力沈殿による活性汚泥濃縮と汚泥返送による反応槽内生物量の維持という処理概念を大きく変えるものであり、固液分離機能の維持が容易でないことが発端となっていると考えられる。

6.2 そのほかの技術分野

し尿処理においては、窒素除去に重点をおいた無希釈高負荷処理が一般的になりつつある。システムのコンパクト化、より安全で高度な処理水質の安定的確保を目的として、膜分離技術（限外ろ過膜）を応用する動きがある。既に回転平膜、チューブラ型等いくつかの膜モジュールを用いた装置が実用化の域にあるといわれている。

また、大都市域においては、オフィスビル等業務施設の大規模化に伴い、従来の水供給施設による対応が困難になってきている。このため、施設内で低水質でも支障のない用途に水を有効利用するとともに排水量を減少させるため、個別・地区循環中水道の導入が進んでいる。これに対応した技術として、生物処理に砂ろ過等を付加したプロセスが多かったが、膜処理技術の進展に伴い、限外ろ過膜によるビル排水の再生利用の実績が積み重ねられている。

膜分離装置の場合、大規模化の問題があるが、下水処理においても特に処理水の疫学的安全性の面から注目すべきと考えられる。

7. 今後の研究開発の方向性について

本調査で得られた知見に基づき、今後の固液分

離プロセスに関する研究開発の目的は、以下のよう

- に要約される。
- (1) 「現状の最終沈殿池がかかえている課題の解決を図る。」
 - ① 安定した処理水質確保のための固液分離プロセスのあり方
 - ② 雨天時及びその後の処理システム機能維持のための固液分離プロセスの提示
 - (2) 「今後新たに要請される機能に応える。」
 - ③ 窒素・リン除去を目的とした下水処理システムにおける固液分離プロセスの提示

7.1 安定した処理水質確保のための固液分離プロセス

最終沈殿池は、現状の排水基準を達成するには、その機能を発揮していると考えられるものの、より安定的に良好な水質を確保していくためには、以下の点を検討していく必要がある。

- (a) 現在の最終沈殿池は、理想的な押し出し流れと単粒子の沈降理論を前提に設計されているが、現実には混層流、越流部での上昇流など水理的に複雑で、活性汚泥の沈降についても単粒子沈降とは異なっている。より安定な処理水質を確保していくために、現実に生起している現象を把握することが不可欠である。
- (b) 重力沈殿による固液分離では、活性汚泥の沈降性が変化することによって、必ずしも安定な処理水質が得られているとはいえない。重力沈殿による固液分離の限界を明らかにし、他の方法あるいは他の方法との併用による固液分離プロセスの導入を考える余地がある。

7.2 雨天時及びその後の処理システム機能維持のための固液分離プロセス

最終沈殿池の設計水量は日最大汚水量とされているが、合流式の排水区における雨水貯留池整備が進むことにより、数日間にわたり大きな水量負荷が継続することになる。

水量負荷増大の影響は、以下の2点がある。

- (a) 水量増大時の固液分離機能への影響
- (b) 水量増大時の活性汚泥の濃縮・返送機能が十分でない場合、反応槽内の生物量低減による降雨終了後の処理機能への影響

雨天時の処理機能の良否は、年間の汚濁負荷削減量に対する影響も少なくないことから、実態把握に基づいた改善対応の明確化が必要である。

7.3 窒素・リン除去を目的とした下水処理システムにおける固液分離プロセスのあり方

水の再生利用、公共水域の水質レベル高度化の要請などの観点から、下水処理システムに対して高度な処理機能、すなわち窒素・リンの除去あるいは有機物、浮遊物に対する処理水質の向上が求められている。一方、処理の高度化に対するエネルギー消費の増大や機器の増加は、可能な限り抑える必要がある。固液分離プロセスも高度化を進めるとともに、省エネルギー・省スペースなどのニーズに対応していかなければならない。

高度処理との関係で、最終沈殿池機能と関連性が高いものとして、硝化反応があげられる。硝化反応を促進するために、生物反応タンクにおいては高いMLSS濃度の維持が求められる。MLSSを高濃度にすれば、最終沈殿池に対する固形物負荷が増大し、汚泥の濃縮・返送機能を改善していかなければ、最終沈殿池内に汚泥が滞留し、反応槽における生物量維持が困難になる。また、雨天時の水量負荷の増大が継続すると生物量が減少し、硝化反応に影響を及ぼす。

このように増大する固形物負荷に対して、これまでの最終沈殿池の設計条件のなかでの、適切な水面積負荷の確保、汚泥返送能力の増大による対応には限界があると考えられ、新たな方法による固液分離技術の研究が望まれている。