

最終沈殿池の定量的管理手法の検討

横浜市 ○野村悠介・佐藤直之・中村慈実

1. はじめに

横浜市南部水再生センターでは、バルキングによる SVI の上昇や冬季の高 MLSS 運転等が要因となり、最終沈殿池（以下、終沈）において活性汚泥が堆積し汚泥界面の上昇が発生する。その結果、降雨時に活性汚泥が流出し処理水質の悪化に繋がることがある。この対策として、余剰汚泥引抜量の調整や返送率の変更等の運転調整に加えて、返送汚泥への次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) の添加を実施しているが、NaClO 添加の実施判断を含めた終沈の管理においては経験的な判断に依存する部分が多く、明確な指標が存在しないことが課題点として挙げられる。そこで今回、過去の実測データと各種指標に基づいた定量的な終沈の汚泥管理手法の検討を行ったので報告する。

2. 施設概要

当センターは処理区域 21km²、処理人口 36 万人の終末処理場である。処理系列は 10 系・20 系の 2 系列からなり、流入下水は沈砂池を通過後 2 系列に振り分けられ、最終沈殿池まで独立して処理される。下水の排除方式は完全合流式であるために、降雨時には処理水量が晴天時の 2 倍以上に上昇し、終沈水面積負荷は最大約 50 m³/日と余裕のない状態となる。施設概要を表 1 に示した。

表 1. 施設概要

反応タンク(3池/系)	
容積	17,325 (m ³ /系)
滞留時間*	5.0 (h)
処理方式	擬似嫌気好気法
嫌気・好気比	1:3
最終沈殿池(6池/系)	
容積	12,030 (m ³ /系)
滞留時間*	3.6 (h)
水面積	3,645 (m ² /系)

※平成27年度平均

3. 検討内容・方法

終沈における活性汚泥の沈みやすさは、水面積負荷と沈降速度との関係によって規定される。理論上、汚泥の沈降速度が終沈の水面積負荷より十分大きければ汚泥の堆積は生じないが、接近した値になると活性汚泥が沈みにくくなり終沈において汚泥界面が上昇する。この関係を汚泥管理に活用するために、当センターにおける H27.4.1~H28.3.30 の水面積負荷と沈降速度を算出し、汚泥界面の実測値との比較を行い、SVI や MLSS の値との関係性を定量的に検討した。

また、MLSS の管理においては処理水質への影響を考慮する必要がある。硝化細菌は有機物分解を行う従属栄養微生物に比べて比増殖速度が小さく、十分長い SRT を確保する必要があるため、硝化は MLSS の変動の影響を受けやすい。そこで過去のデータから MLSS と硝化、SRT の関係性について検討を行った。

1) 水面積負荷、沈降速度の算出

活性汚泥の沈降速度(V)は $V=1.78 \cdot 10^7 \cdot S_M^{-1.46} \cdot T^{0.853} \cdot S_I^{-0.804}$ (式①) より算出した[1]。MLSS(S_M)と SVI(S_I)は日常分析のスポットデータ、水温(T)は反応タンクの日間平均値を用いた。水面積負荷(U)は、 $U(m^3/日) = 処理水量(m^3/hr) \times 24(hr) / 終沈面積(m^2)$ (式②) より算出した。処理水量は汚泥界面測定時の時間平均水量を使用した。

2) 終沈汚泥界面の測定

界面検知器を用いて、終沈の中間部（スカムスキマー付近、水深 3.5m）および末端部（出口付近、水深

3.0m) の 2 箇所測定を行った。

3) 硝化に必要な A-SRT の算出

硝化に必要な A-SRT は、 $A-SRT \text{ (日)} = 20.6 \cdot \exp(-0.0627 \cdot T)$ (式③) より算出した[2]。水温(T)は反応タンクの日間平均値を用いた。

4. 結果・考察

1) 水面積負荷と沈降速度の推移

平成 27 年度の日常分析データをもとに式①、式②より算出した終沈の水面積負荷と沈降速度の推移を図 1 に示した。沈降速度は季節による変動が大きく、冬季は夏季に比べて 1/4~1/5 程度まで低下していた。5 月~8 月にかけては、沈降速度は水面積負荷に対しておよそ 2 倍以上と高い値で推移しており終沈に余裕があるが、12 月~2 月にかけては沈降速度が水面積負荷とほぼ同程度となり終沈に余裕がない状態となっていた。

2) 汚泥界面の推移

終沈の汚泥界面の推移を図 2 下段に示した。5 月~8 月にかけては末端部では汚泥界面の上昇は全く見られず、中間部でも界面は 1.0 m 以下で推移した。9 月以降は末端部でも界面の上昇が多数見られ、中間部では 1.0 m を超えることが多くなった。図 2 上段は沈降速度/水面積負荷比の推移を示しており、沈降速度が低下し比率が 1 に近づく期間と、末端部で汚泥界面の上昇が起こる期間との一致が認められた。

3) 沈降速度/水面積負荷比率と汚泥界面の関係

終沈における沈降速度を水面積負荷で割った比率と汚泥界面の関係を図 3 に示した。比率が 2 倍以上の場合、末端部で汚泥界面はほとんど発生せず、中間部は 1.0m 以下であった。一方、比率が 2 未満の場合、末端部でも汚泥界面の上昇が見られ、比率が低くなるほど末端部も中間部も急激に界面が上昇していた。

また、沈降速度/水面積負荷の比率ごとに、終沈末端部で界面が生じている割合を整理した結果、比率が 0.7~1.1 では 96%、1.2~1.4 で 75%、1.5~1.6 で 38%、1.7~1.9 で 24%に減少し、2.0~9.0 ではほとんど界面はないことがわかった。以上の結果から、比率は少なくとも 1.2 以上となる管理が必要であり、可能であれば 1.5 以上となるように SVI や MLSS 等を調整する必要があると考えられた。

4) 硝化と SRT の関係

平成 26~28 年度のデータを用いて、SRT と硝化の関係性について検討を行った。当センターにおける A-SRT の実績値を、式③から計算される必要値で割った値 (実/必要 SRT 比率) と、 NH_4^+ 除去率との関係を図 4 に示した。比率が低くなるにしたがって除去率の低下するケースが多くみられるようになるが、比率が 0.8 以上であれば NH_4^+ 除去率は 90%以上に保たれている割合が高く、終沈に余裕がなく MLSS を下げる必要

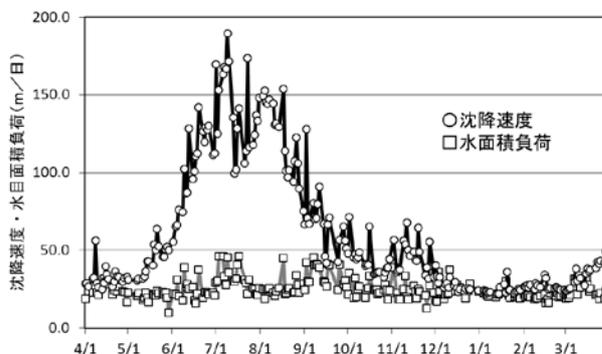


図 1. 終沈水面積負荷と沈降速度の年間推移 (平成 27 年度、10 系 20 系平均値)

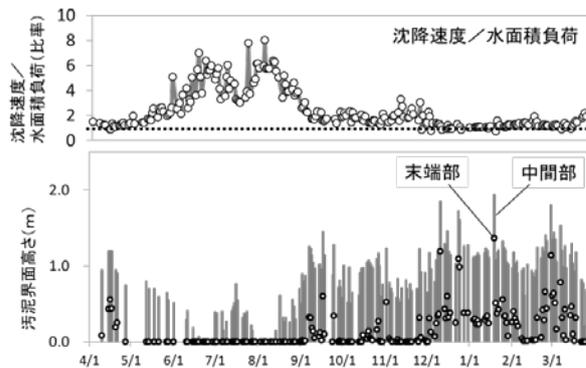


図 2. 沈降速度/水面積負荷比と終沈汚泥界面の年間推移 (平成 27 年度)

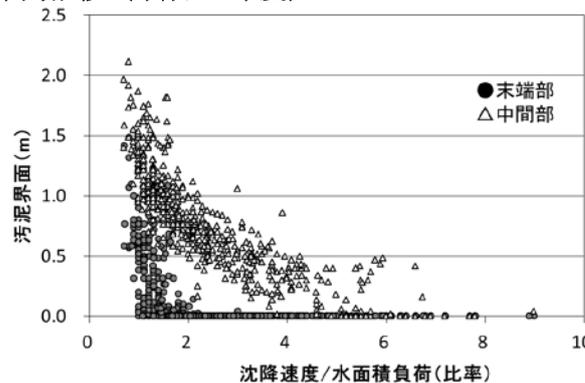


図 3. 沈降速度/水面積負荷比率と汚泥界面の関係

がある場合には実/必要 SRT 比率 0.8 を目安に管理を行えば良いと考えられた。

5) 終沈の定量的な汚泥管理手法の検討

実例を用いて、終沈の定量的な汚泥管理手法について検討を行った。平成 28 年 1 月 15 日、10 系の SVI は 313、MLSS は 2430 で沈降速度/水面積負荷比率は 1.0 となっており、終沈末端部において平均 0.5m の汚泥界面が生じていた。表 2 に、SVI、MLSS をそれぞれ変化させた場合の沈降速度/水面積負荷比率の変化、および各 MLSS に対する実/必要 SRT 比率の値を示す。SVI、MLSS の調整によって、界面解消に大きな効果の期待できる沈降速度/水面積負荷比率 1.5 まで上昇させる場合、SVI 単独では 200 まで下げる必要があることが分かった。しかしこれまでの添加実績では NaClO 添加により SVI が 313 から 200 まで下がることは稀である。MLSS を下げて対処する場合、MLSS 単独では 1900 まで下げる必要があるが、MLSS1900 の場合、実/必要 SRT は 0.69 となり硝化への影響が懸念される。そこで実/必要 SRT 比率が 0.8 以上となるよう、MLSS2200 を下限に MLSS を調整することで処理水質の維持が可能であると考えられ、MLSS2200 の場合、沈降速度/水面積負荷比率は、SVI240 まで下げれば 1.5 となる。これらの目標値を目安に余剰汚泥引抜量の調整、NaClO 添加を行うことで、処理水質を維持しつつ汚泥界面の解消が期待できると考えられる。

5. まとめ

- ・沈降速度/水面積負荷の比率と汚泥界面との関係から、比率が 1.2~1.5 以上となるように MLSS, SVI を管理できれば、汚泥界面上昇を抑制できることが示唆された。
- ・硝化に必要な SRT から、MLSS 調整における下限の目安を決定でき、沈降速度/水面積負荷の比率と合わせて SVI の目標値を計算することができた。

今後は、NaClO 添加による SVI の上昇抑制効果についてより詳細に分析し、効果的な添加方法について検討を行いたい。

参考文献

- [1] 川口 幸男、堺 好雄、見上 博 (2000)「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 p.107-119
- [2] 鈴木 穰 (2003)「高度処理施設設計資料検討プロジェクト報告書の概要」下水道協会誌 Vol.40 No.486 p.56-63

問い合わせ先：横浜市環境創造局下水道水質課 野村悠介 TEL:045-761-5251 yu06-nomura@city.yokohama.jp

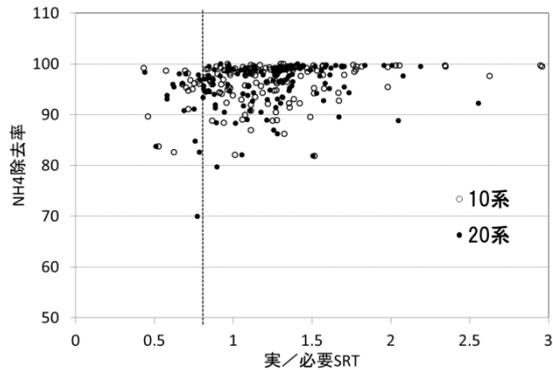


図 4. 実/必要 SRT 比率と NH₄⁺除去率の関係

表 2. SVI, MLSS の調整による沈降速度/水面積負荷比率および実/必要 SRT 比率の変化

		SVI (mL/g)				実/必要SRT
		313	280	240	200	
MLSS (mg/L)	2430	1.0	1.1	1.3	1.5	0.88
	2300	1.1	1.2	1.4	1.6	0.83※
	2200	1.2	1.3	1.5	1.7	0.80※
	2100	1.3	1.4	1.6	1.8	0.76※
	2000	1.4	1.5	1.7	2.0	0.73※
	1900	1.5	1.6	1.8	2.1	0.69※

※実SRTは余剰汚泥引抜量を1300(m³/d)として計算した

年月日	H28.1.15
系列:	10系
処理水量:	3500 (m ³ /hr)
反応タンク水温:	18.4°C
余剰汚泥引抜量	1200 (m ³ /d)
平均汚泥界面:	0.5 (m)