

バルキング対策における 次亜塩素酸ナトリウム添加の効果の検証

横浜市 ○中村慈実
佐藤直之

1. はじめに

横浜市南部水再生センターでは、水処理施設能力の余裕が小さく、最終沈殿池に活性汚泥が堆積しやすい。硝化に必要な SRT を確保するには MLSS を 2,000~2,500mg/L まで上げる必要があるが、SVI が 300 程度に上昇すると最終沈殿池で活性汚泥界面が上昇し、降雨時には汚泥が越流し、処理水質が大幅に悪化する。

その対策として、当センターでは SVI 上昇時に活性汚泥への次亜塩素酸ナトリウム（以下 NaClO）の添加を行っている。しかし、NaClO 添加の SVI 抑制効果は一様ではなく、処理水質に悪影響を与えることもある。そこで今回、NaClO 添加の効果と処理水質への影響について、実施設での添加時のデータと机上実験により検証を行ったので報告する。

2. 施設概要と NaClO 添加の状況

(1) 施設概要

当センターは、処理区域 21km²、処理人口 36 万人の合流式終末処理場である。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。放流先は東京湾であり、窒素・リンの規制を受けている。処理水量は晴天時約 14 万 m³/日であるが、大雨時は約 30 万 m³/日 まで上昇することがある。施設概要を表-1 に示した。

(2) NaClO 添加方法と実績

当センターでは、平日の日中、諸条件（SVI300 以上、最終沈殿池汚泥堆積状況、処理状況、降雨の有無、など）を考慮し、NaClO 添加を実施している（平成 25・26 年度の添加実績は表-2 参照）。NaClO は系列ごとに返送汚泥に添加し、4~5hr の添加を 1~2 日間実施した。添加は 180L/hr 一定で行い、これは晴天時流入量 7 万 m³/系/日、返送汚泥率 60%、NaClO 濃度 12%のときの、有効塩素濃度 5.4ppm に相当する。この添加濃度は、過去の添加状況から経験的に設定されたものである。

3. 調査内容と方法

(1) 実施設データの検証

NaClO 添加による SVI と処理水質の変化について、過去データ（平成 25・26 年度）を用いて検証した。水質データは日常試験のデータ（SVI）および全自動計測器（T・P・T・N・COD）の値を用いた。

(2) 机上実験

処理水質への影響の詳細を把握するため、ビーカー内で再現実験を行った。装置概要図を図-1 に示す。反応時間は 4 時間とし、最初の 1 時間を嫌気、その後 3 時間を風量一定 0.2L/min の好気とした。室温で実施した（ビーカー内水温約 19 度）。机上実験は平成 28 年 2~3 月の間に 3 回行った。試料の最初沈殿池流出水と

表-1 施設概要

二次処理水量※	79,000 m ³ /系/日
反応タンク	
処理方式	疑似嫌気好気法
嫌気・好気比	1 : 3
滞留時間※	5.4hr
返送汚泥率※	63%
最終沈殿池	
滞留時間※	3.7hr
水面積負荷※	23 m ³ /m ² /日

※平成 25・26 年度平均

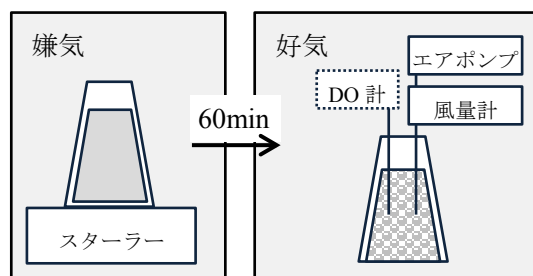


図-1 実験装置概要

返送汚泥は実験日に採水し、NaClO の添加量を変えた 3 条件を比較した (条件 1~3、表-3 参照)。試料は混合開始後 60・90・120・150・180・240 分で一部抽出し、遠心分離 (3,000rpm, 1 分) した上澄液をメンブレンフィルターでろ過した後、 $PO_4\text{-P}$ 、 $NH_4\text{-N}$ 、 $NO_2\text{-N}$ 、 $NO_3\text{-N}$ を分析した。なお、最初沈殿池流出水と返送汚泥についても分析し、その値の加重平均を、0 分の値とした。濃度推移から各反応速度 (りん放出・摂取、硝化) を算出した。また、反応終了後の MLSS と上澄液の COD_{Mn} を分析した。分析方法は下水試験方法に準拠した。

4. 結果および考察

(1) 実施設調査

1) SVI

NaClO 添加前から 14 日後までの SVI 変化を表-2 に示した。SVI 変化の主な傾向として、1-3 日後には低下が始まり 6-7 日後または 8-14 日後に最小値となることが多く認められた。一方、8-14 日後には上昇に転じているケースも 1/4 程度あった。また、添加後の SVI が 4 割以上低下したケースが 10 回あったが、2 割以下しか低下しなかったケースも 3 回あり、添加による効果には差が認められた。効果の違いは、添加時の活性汚泥の性状が異なること、また、実施設では NaClO を量一定で添加しており、添加時の水量や攪拌状況などで添加濃度が異なるためと考えられる。

2) T-P・T-N・COD

平成 25 年 8 月 14-17 日の NaClO 添加による T-P・T-N・COD の濃度変化を図-2 に示した。添加は 14・15 日の 10-14 時に 2 回、10 系列に行った。その結果、無添加の 20 系 T-P は全く上昇がみられなかったが、添加した 10 系 T-P は 1・2 回目ともにピークが形成され、NaClO 添加の影響を受けていることが示された。一方、T-N・COD は 10 系・20 系の濃度変化に差がみられず、添加による影響は認められなかった。

なお、その他の期間についても、T-P は影響を受けるケースと受けないケースがあったが、T-N・COD は影響はみられなかった。

(2) 机上実験

実験条件および結果 (各反応速度、COD 濃度) を表-3 に整理した。また、 $PO_4\text{-P}$ と $NH_4\text{-N}$ 、 $NO_2\text{-N}$ 、 $NO_3\text{-N}$ の反応経過の一例を図-3、図-4 にそれぞれ示した。なお、実験結果は、実施した 3 回とも概ね同様の傾向であった。

1) りん放出・摂取反応

嫌気条件でのりん放出速度は、条件 1,2 と条件 3 の間に大きな違いがあった。好気条件でのりん摂取速度は、条件 1 と比較して条件 2 は半分程度であった。条件 3 では嫌気条件から実験

表-2 NaClO 添加日と SVI の変化

添加日	SVI				
	添加前	1-3 日後 Ave	4-5 日後 Ave	6-7 日後 Ave	8-14 日後 Ave
H25.4.4	296	○200	210	223	279
H25.4.11	259	274	276	250	○213
H25.8.14	328	199	182	186	○173
H25.9.24	435	296	295	306	○283
H25.9.30	446	342	-	○233	245
H25.11.6	273	192	○122	131	208
H25.11.20	349	271	247	○244	271
H26.12.3	336	203	○161	166	223
H26.12.18	373	217	167	129	○114
H26.12.24	312	209	-	-	○114
H26.4.10	307	298	282	○276	291
H26.4.15	300	278	234	○226	236
H26.4.23	299	248	213	200	○188
H26.9.9	346	299	-	○252	257
H26.11.19	372	294	○215	221	228
H26.12.17	347	245	○204	207	217
H26.12.22	314	261	-	-	○243
H27.1.6	274	133	144	○132	171
H27.1.28	300	275	265	○250	260
H27.2.6	328	249	223	241	○222
H27.3.4	354	209	200	○190	208
H27.3.11	298	256	253	○238	241
平均値	325	248	216	○215	222

セル色付は 10 系、色無は 20 系。SVI の○は最小値。

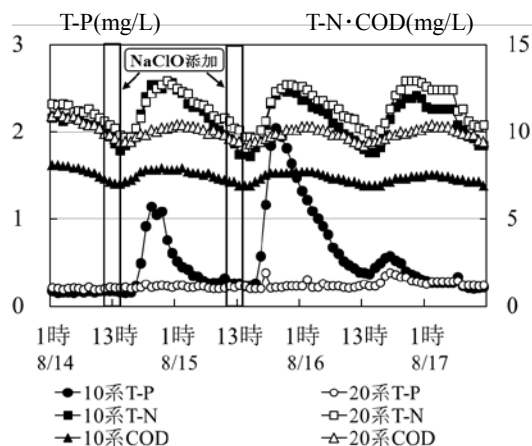


図-2 処理水質 (T-P,T-N,COD) の推移例

終了まで放出が進んでいた。これは NaClO により、りん蓄積細菌がダメージを受け、菌体内に蓄積したりんが溶出したためと考えられる。

2) 硝化・脱窒反応

好気条件での硝化速度は、条件 1 と比較して条件 2 は半分程度であった。条件 3 では硝化は全く進行しなかった。また、条件 2 および条件 3 で 90 分後以降、NO₃-N の上昇がみられた。これは活性汚泥中の窒素成分が分解・酸化されて生成したものと考えられる。なお、嫌気条件での脱窒は条件 1,2 では各回とも完了していたが、条件 3 では完了していなかった。

3) COD

条件 1 と比較して、条件 2,3 ではそれぞれ約 1.4 倍、5.0 倍上昇していた。なお、実験後の上澄み液は NaClO が高いほど懸濁しており、実験後の活性汚泥を鏡検すると、条件 3 では活性汚泥の解体がみられた。

(3) 考察

実施設では T-P 以外の水質に影響はみられなかった。しかし机上実験では、実施設とほぼ同等の濃度（条件 2）で、りんや硝化に影響がみられた。実際の NaClO 濃度次第では同様の処理悪化が実施設で起きる可能性がある。特に過剰な添加（条件 3）は、汚泥解体により処理水質全般が悪化すると考えられる。

当センターで設定されている添加量は、SVI 低下効果と処理水質への悪影響のバランスを踏まえて経験的に求められた値である。実際には、水量の日間・季節変動や降雨による水量・水質の変動なども効果に影響を及ぼすものと考えられる。より確実な効果を得るためには、NaClO 添加は量一定ではなく濃度制御をするほうが望ましいといえる。

5. まとめと今後の課題

当センターのバルキング対策としての NaClO 添加の効果と処理水質への影響について検証した結果、以下のことが示された。

- ・ 実施設データを検証した結果、SVI 低下効果には差が認められ、処理水 T-P 濃度の上昇が認められた。
- ・ 机上実験の結果、過剰な NaClO 添加は著しい処理水質の悪化につながることを示された。
- ・ 上記のことから、NaClO 添加により適切な SVI 低下効果を得るには、添加濃度の管理が重要であることが示された。

今後は、NaClO 添加濃度の適正化や雨天時における添加の影響などについて、引き続き検討していきたい。

参考文献：佐藤直之，手塚 寛也，長楽 陽子：擬似嫌気好気法の導入による処理状況の検証、第 52 回下水道研究発表会講演集,pp.767-769,2014

問い合わせ先：横浜市環境創造局下水道水質課 中村慈実 TEL:045-761-5251 sh27-nakamura@city.yokohama.jp

表-3 実験条件および結果

		条件 1	条件 2	条件 3
条件	返送率(%)	70		
	NaClO(有効塩素濃度,mg/L)	0	5.4	10.8
結果	嫌気りん放出速度(mgP/gSS/hr)	2.0	2.4	1.3
	好気りん摂取速度(mgP/gSS/hr)	1.2	0.55	-0.79
	硝化速度(mgN/gSS/hr)	4.6	2.6	-0.18
	上澄水 COD(mg/L)	9.4	12	42

※各速度および COD 濃度は 3 回の実験の平均値

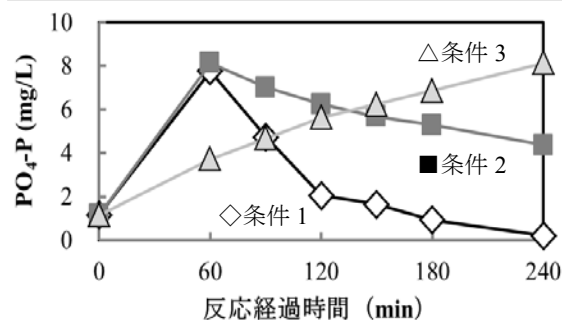


図-3 NaClO 添加による PO₄-P の反応変化

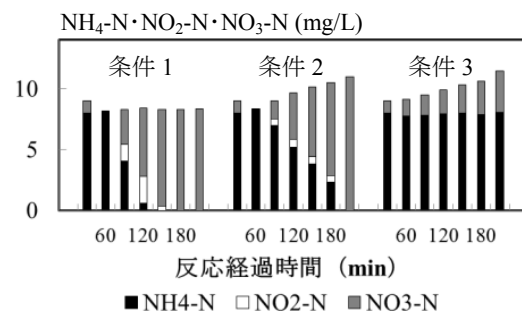


図-4 NaClO 添加による NH₄-N・NO₂-N・NO₃-N の反応変化