

高度処理導入による雨天時放流水質への影響について

横浜市 ○ 法木 克介
浅野 卓哉

1. はじめに

公共用水域の水質改善対策として、高度処理や合流改善の推進が課題となっている。高度処理施設は、従来の標準法と比較して高い窒素・りん除去性能が得られるが、建設・維持管理コストが高く、普及が進まないのが現状である。また、合流式下水を受ける終末処理場では、汚濁負荷削減対策として雨天時処理能力の増強が求められている¹⁾。従来の高度処理施設設計では標準法よりも雨天時処理水量が大きく低下するため、大都市に多い合流地区における高度処理普及率向上のためには、その雨天時処理能力の向上が不可欠である。

一方で、合流式 A₂O 法において雨天時処理水量を設計値より大幅に増加させることで、りん除去性能が改善されることが報告されている^{2) 3)}。高度処理施設でも標準法と同等レベルの雨天時処理能力が確保できれば、上記の問題点を大きく改善することができる。

本検討では、本市 A 水再生センターにおける雨天時放流水質モニタリング結果を用いて、合流改善対策や高度処理 (A₂O 法) 施設の雨天時処理能力の違いによる雨天時放流水質への影響について机上検証を行った。

2. 施設概要

A センター処理区域の概略を図1に、センター全体および A₂O 法施設の概要 (水量、水質) を表1に示す。A センターは処理区域の 86% が合流式であり、雨天時には雨水吐や中継ポンプ場で未処理下水を放流している。合流改善対策としてセンター隣接地に雨水滞水池が稼働しており、初期雨水を一定量取り込み、晴天時に処理している。水処理施設は標準法が 3 系列、A₂O 法が 4 系列ある。A₂O 法 4 系列のうち、1 系列は送水ポンプによる定常運転で、雨天時には晴天時設計値の 1.5 倍の水量を処理している。他 3 系列は流量調整弁開度による流量変動運転を行っている。開度は常時 100% としており、雨天時には設計値の約 2.3 倍を処理している⁴⁾。

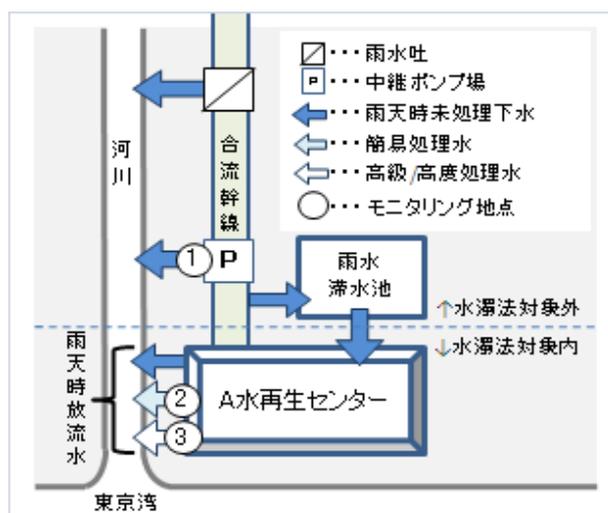


図1 処理区域概要

3. 内容与方法

本検討では、まず A センターの雨天時放流水の水質モニタリング調査を実施し、次に水量・水質データを用いて、遮集能力、雨水滞水池の有無、高度処理能力の 3 条件を変化させたときの雨天時放流水質のシミュレーションを行った。

3.1 モニタリング方法

期間 1 : H22/10/28-29 (総降雨量 40mm) および期間 2 : H23/2/28-3/1 (同 37mm) の 2 回実施した。未処理下水・簡易処理水 (反応タンク流入水)・高度処理水 (図1 ①~③) について、1 時間に 1 回自動採水器で採水し、BOD、COD、T-N、T-P 各濃度を測定した。A センター内未処理下水データは、上流ポンプ場の未処理下水で代用した。処理水 COD、T-N、T-P は自動計測器で測定し、その他の測定は「下水試験方法」に準拠して測定した。

表1 施設概要

A水再生センター		高度処理施設(A ₂ O法)	
計画処理人口	270000人	設計水量	
計画処理面積	2150ha	(日最大)	46400m ³ /d
現有処理能力(日最大)		実績水量	
高級処理	84000m ³ /d	(晴天日平均)	49100m ³ /d
高度処理	46400m ³ /d	(時間最大)	96000m ³ /d
実績処理水量(H21実績)		反応タンクHRT(実績)	
日平均	107000m ³ /d	(晴天日平均)	10.9hr
時間最大	257000m ³ /d	(時間最大)	8.3hr、4.9hr
雨水滞水池		設計処理水質	
容積	88900m ³	BOD	10mg/L
流入水質(H21実績)		T-N	10mg/L
BOD	110mg/L	T-P	0.5mg/L
COD	58mg/L	実績処理水質(H21平均)	
SS	89mg/L	BOD	3.9mg/L
T-N	19mg/L	T-N	6.2mg/L
T-P	2.3mg/L	T-P	0.35mg/L

3.2 雨天時放流水質シミュレーション

期間1・2について、表2に示す各条件下（ケース1~12）における雨天時放流水質（加重平均値）を算出した。高度処理の雨天時処理能力は、当センターA₂O法の処理実績（反応タンク HRT=8.3hr、4.9hr）および標準法実績（同 3.3hr）の3段階を設定し、当センター全系列に同等の施設を導入することを想定した。なお、本検討では雨天時処理水量の違いによる処理水質への影響は無視した。遮集量は、実績水量とその1.5倍（上流ポンプ場流入水量を上回らない範囲）の2条件とした。雨水滞水池については、全量使用可能時（88,900m³）と使用不可時（0m³）の2条件とした。

各水量・水質の算出は時間毎に行った。雨水滞水池流入量と簡易処理水量は実績にあわせて上限値を設け、優先順位は高度処理・滞水池流入・簡易処理・未処理放流の順に設定した。評価基準は、神奈川県上乗せ条例排水基準値とした。

4. 結果

4.1 モニタリング結果

期間1・2のモニタリング結果（水量、BOD）を図2に示す。累計降雨量が概ね5~6mmに達すると、ポンプ場での放流と滞水池の取込みが始まっていた。未処理下水のBOD濃度は、ポンプ場放流開始後3~4時間は100mg/Lを超えており、その後は低下し簡易処理水と同等レベルまで低下していた。センター内ではBOD濃度の高い初期雨水は、全量が滞水池に取込むか二次・高度処理されていた。簡易処理水流出は、滞水池取込がある程度進んでから始まっていた。なお、簡易処理水流出中、二次・高度処理水量は計画日最大水量の約1.6倍であり、A₂O法施設は実績時間最大水量を処理していた（表1参照）。センター内未処理下水の放流時間は、簡易処理と比べて短時間であった。センター放流水質（加重平均値）は、各水質項目とも排水基準を大幅に下回っていた（表3参照）。

4.2 シミュレーション結果

各ケースの雨天時放流水質最大値を表3に、BOD濃度の推移を図3に示す。

各期間・ケースとも、T-N・T-P濃度は基準を下回っていた。これは、未処理下水のT-N・T-P濃度が有機物濃度と比較して低いためである。また、BODが基準を超過したケースは、初期雨水が未処理で放流されたか、簡易処理水質が高かったかのどちらかであった（図3）。後者については、いずれもA₂O法処理能力が低いケース（1・4・7・10、図3）であった。また、滞水池のない条件ではケース9を除いて大幅にBOD・COD基準値を超過し、更に遮集量を増加したケース12では処理能力が標準法と同等でも基準を大幅に超過していた。

表2 シミュレーションケース設定

	ケース											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
高度処理能力 (反応タンクHRT, hr)	8.3	4.9	3.3	8.3	4.9	3.3	8.3	4.9	3.3	8.3	4.9	3.3
遮集量	1倍(実績)			1.5倍			1倍			1.5倍		
雨水滞水池 容積	88,900m ³						0m ³ (使用不可時を想定)					

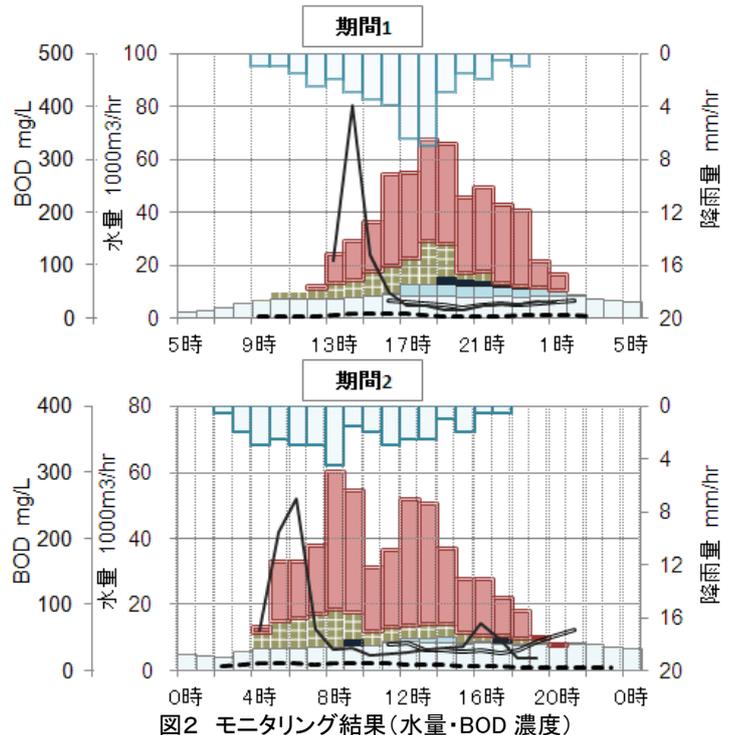


図2 モニタリング結果(水量・BOD濃度)

表3 シミュレーション結果(センター放流水質最大濃度)

期間	水質項目	排水基準	ケース別最大濃度 (mg/L)												
			実績	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			1	BOD	25	11	21	15	10	44	22	16	124	40	17
COD	25	9.8		17	14	12	28	17	15	61	26	16	100	75	46
T-N	30	7.1		11	8.6	8.3	12	12	11	15	12	11	17	15	12
T-P	4	1.1		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.7	1.1	1.1	2.4	2.0	1.4
2	BOD	25	14	35	12	11	47	31	21	115	65	27	163	129	90
	COD	25	13	26	12	12	26	20	16	55	34	18	76	62	45
	T-N	30	8.6	11	8.7	8.7	13	10	9.4	13	12	10	14	13	12
	T-P	4	0.9	1.2	0.9	0.9	1.5	1.2	1.0	1.9	1.5	1.2	2.1	1.8	1.5

*網掛は基準超過

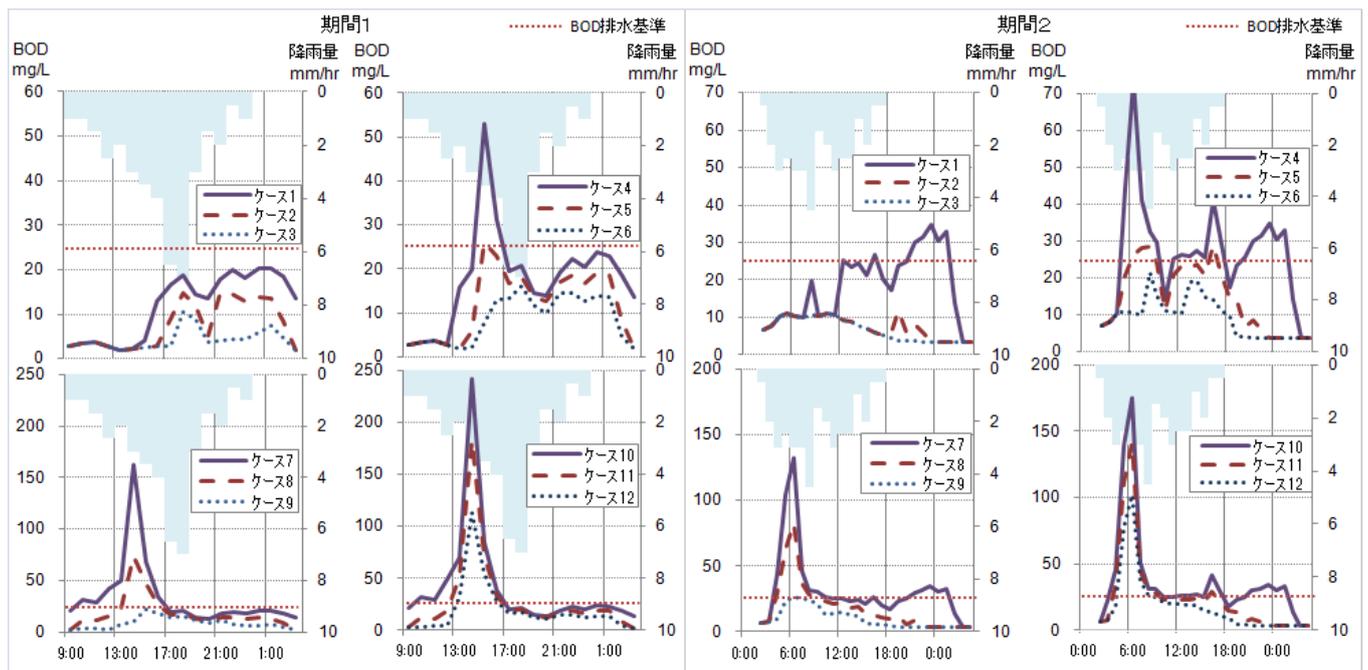


図3 シミュレーション結果(BOD 濃度推移)

5. 考察

本検討では、降雨量 40mm 程度の比較的まとまった降雨を対象とした。当センターでは現在、 A_2O 法処理能力を施設設備上最大限(表1)まで上げており、時間 3mm、累計 20mm 程度の降雨では未処理下水や簡易処理水の発生を抑制可能である。また、40mm 以上の降雨の場合においても、初期雨水以降の未処理下水は希釈効果が続くことから、本検討結果と同様の傾向を示すと考えられる。

シミュレーションにおいて期間 1・2 ともに全水質項目の基準を下回ったのは、ケース 2・3・6 のみであった。当センターで雨天時に排水基準を遵守するには、 A_2O 法雨天時処理能力を現状(表1)以上に保つことと、雨水滞水池の稼働が必要条件であるといえる。また、合流改善対策を進めるには上流ポンプ場での放流量を減らすことが不可欠であり、そのためには遮集量の増加が必要となる。遮集量増加ケースでは、 A_2O 法雨天時処理能力を標準法レベルまで上げる必要があった(ケース 6)。当 A_2O 法施設は標準法施設の改築により導入されており、最初・最終沈殿池能力は標準法と同等である。しかし、反応タンクについては HRT を標準法レベルまで短縮した場合の実証が出来ていない。特に初期雨水を含む下水を短い HRT で処理する場合は、処理水質の低下が懸念される。ただし、初期雨水による高負荷は 3~4 時間程度で解消され(図2)、後は希釈され通常より低負荷の下水の流入が続く。従って、適切な運転条件(好気タンク HRT、空気量など)が整っていれば、日間平均値で見れば高度処理の放流水質基準(計画放流水質)を超過する可能性は小さいと考えられる⁴⁾。

なお、初期雨水流出を抑制するには雨水滞水池の増設も有効である。ただし、この場合も高度処理能力を上げないと、次の降雨までに逆流処理が完了せず、初期雨水流出リスクが高まる点に注意が必要である。

6. まとめと今後の課題

上記検討結果から、雨天時における排水基準遵守の観点において、高度処理導入と合流改善を同時に進めるためには、高度処理の雨天時処理能力の向上が不可欠だといえる。更に、高度処理施設においても既存標準法と同等レベルの雨天時処理能力を確保することが望ましいことがわかった。今後は、合流式 A_2O 法の更なる雨天時処理能力向上に関して実地検証を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省下水道部「効率的な合流式下水道緊急改善計画策定の手引き(案)」平成 20 年 3 月
- 2) 浅野卓哉他:「合流式 A_2O 法における雨天時りん除去対策の検討」:下水道協会誌 Vol.47 No.570 pp.107~115 (2010)
- 3)「流域 A_2O 法施設の最適な運転管理方法」:東京都下水道局技術調査年報 2007 2-(2)-1
- 4) 浅野卓哉他:「合流式 A_2O 法の雨天時処理能力の検討」:第 48 回下水道協会研究発表会講演集

連絡先: 横浜市環境創造局下水道水質課 法木克介 045-621-4343 ka00-houki@city.yokohama.jp