

合流式 A₂O 法の雨天時処理能力の検討

横浜市 ○ 浅野 卓哉
山口 茂美

1. はじめに

横浜市では、公共用水域の水質改善対策として、高度処理施設（A₂O 法など）の導入や合流改善対策を進めている。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、現状設計では雨天時の処理可能水量（処理能力）が低下するため、雨天時排出負荷が従来より増加する可能性がある¹⁾。一方、合流式 A₂O 法施設において、雨天時に処理水量を設計値より大幅に増加させることで、処理水質（りん除去）が改善されることが報告されている²⁾³⁾。本市の多くの高度処理施設では、雨天時には施設上可能な範囲で処理水量を増やして運転している。今後、更なる雨天時処理能力向上が可能となれば、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 水再生センターの A₂O 法施設において雨天時・後に処理水量を設計値より大幅に増加させ、雨天時水量増加による処理水質への影響について検証した。

2. 施設概要と現有処理能力

当センターは、処理区域の 86%が合流式で、反応槽流入水質は BOD53、COD34、T-N18、T-P1.9mg/L 程度（平成 21 年度平均値）と比較的低負荷である。水処理施設は、全 7 系列のうち 4 系列（I～IV）が標準法の改築により A₂O 法として稼働している。当 A₂O 法施設の施設概要・構造を表 1 と図 1 に示す。稼働当初は概ね設計水量通りの運転だったが、簡易処理水量削減とりん除去改善のため、現在は雨天時に可能な範囲で処理水量を増やしている。水量制御は、I～III 系は流量調整弁で行い、通常は開度 100%で運転している。IV 系はポンプ送水による水量一定運転を行い、雨天時には水量を 1.5 倍に増やしている。各系列とも風量一定制御で運転している。なお、合流改善対策として雨水滯水池（88,900m³）が稼働しており、取り込んだ初期雨水は晴天時の夜間～早朝にかけて返流処理をしている。

3. 検討内容与方法

H22/10/19～11/11（RUN1：合計雨量 177mm）と H23/2/24～3/10（RUN2：合計雨量 73.5mm）について、I～IV 系において各種データ（表 2）を収集し、雨天時処理水量増加による影響を、次の観点から検討・評価した。

- ① 処理水質への影響：期間中の処理水質（日間平均値）の目標水質達成状況および III・IV 系の処理水質の違いを評価した。目標水質は、本市計画放流水質（BOD 15、T-N 16、T-P1.4mg/L）とした。但し、BOD については連日測定を行っていないため、COD で代用した。また、BOD 値に影響する NH₄-N について、目標水質を 3mg/L に設定した。
- ② 流入負荷変動による窒素・りん除去への影響：雨天時の処理については、流入負荷変動（初期雨水、低負荷雨水、雨水滯水池返流水など）の影響を把握する必要がある。そこで、各期間の晴天時（降雨前）、雨天時（低負荷時）、雨天後（雨水滯水池返流時）の反応槽内各水質測定値を用いて、流入負荷変動による窒素・りん除去への影響について検討した。

表 1 A₂O 法施設概要

	I～III系			IV系		
	設計*	実績**		設計*	実績**	
		晴天時	雨天時		晴天時	雨天時
処理水量 (1000m ³ /d/系)	11.6	12.5	26.0	11.6	11.6	19.0
反応槽 HRT (hr)	全体	11.2	10.2	4.9	13.0	12.9
	嫌気槽	2.8	1.7	0.8	2.0	2.0
	無酸素槽	4.8	3.4	1.6	4.6	4.6
	好気槽	3.5	5.1	2.5	6.3	4.2
終沈水面積 負荷(m ³ /m ² /d)	11	12	24	11	11	16
返送率 (%)	50	30		50	30	
循環率 (%)	150	150		150	150	

*設計は日最大 **処理実績は平成22年7～9月晴天日平均

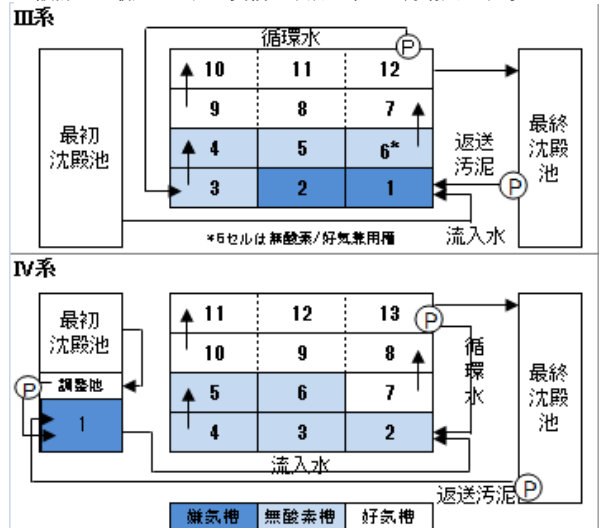


図 1 A₂O 法施設構造

表 2 収集データ

項目	対象	項目
処理水質 (日間平均値)	I～IV系平均 処理水	COD*、T-N*、T-P*、 NH ₄ -N
	III・IV系処理水	各態窒素、PO ₄ -P
反応槽 機能調査**	III・IV系反応槽、 最終沈殿池	各態窒素、水温、 PO ₄ -P、DO

*自動計測器による測定 **機能調査は、各日とも9:30に流入水と返送汚泥を採水後、実HRTにあわせて各セルの採水・測定

4. 検討結果と考察

① 処理水質への影響

期間中の各水量、反応槽 HRT および I~IV 系の平均処理水質の推移を図1に、III・IV系の処理水質平均・最大値を表3に示す。反応槽 HRT は時間値ではほぼ表1実績の範囲内であった。処理水質は、COD・T-N・T-P はいずれも基準値を大きく下回っており、特に雨天後 1~2 日間は低値であった。雨天後のりん除去

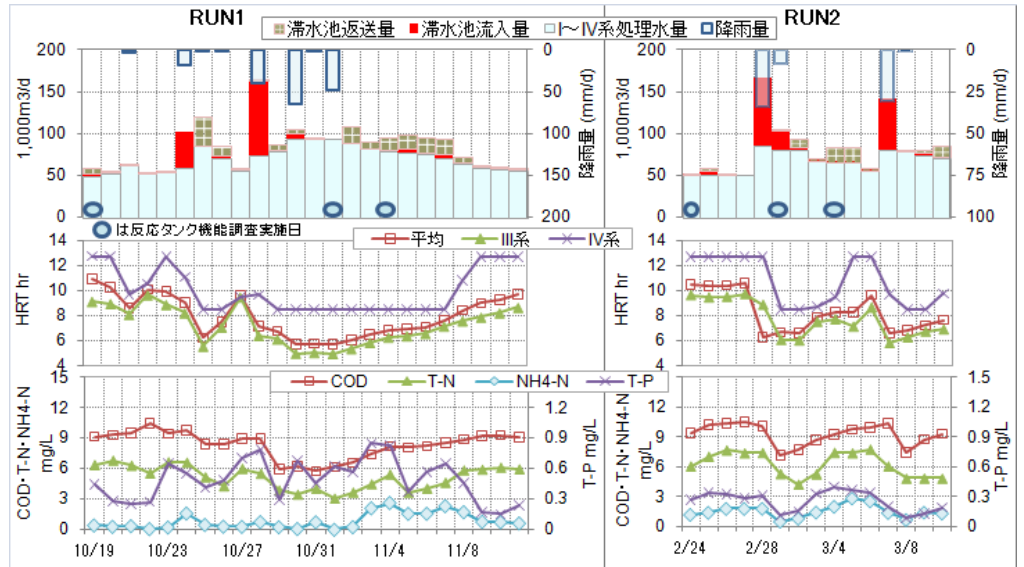


図1 期間中の水量、反応槽 HRT、処理水質の推移

低下も T-P1.0mg/L 以下と低レベルであった。NH₄-N は各 RUN とも晴天時から雨天時の間は 2mg/L 以下だが、滯水池返流時に 3mg/L 近くまで上昇していた。III・IV 系を比較すると (表3)、窒素除去はほぼ同程度だが、りん除去は IV 系の最大値が高かった。これは、雨天時の反応槽 HRT が IV 系のほうが長いことが影響していると考えられる 2)。

② 流入負荷変動の影響

各 RUN の反応槽機能調査結果を図2、図3に示す。晴天時にはいずれも良好な窒素・りん除去反応が進んでいた。雨天時にはりん放出・摂取反応や嫌気・無酸素槽での脱窒反応がともに低下していたが、流入水質が低いため、処理水質の大きな上昇はなかった。滯水池返流時には、脱窒反応は概ね回復していたが、りん放出・摂取反応は RUN1 では雨天時とほぼ同レベルであったが、処理水質は目標水質は大きく下回っていた。また、硝化反応は RUN1 の III 系と RUN2 の IV 系で遅れており、これは主に好気槽前段での DO 不足が原因と考えられる。図2・3のデータから算出される好気槽最大硝化速度を表4に示す。RUN2 では反応槽水温低下の影響があるものの、概ね 1.5~2.0mgN/gMLSS/hr 程度と平均的な数値が得られていた。このことは、

表3 期間中処理水質 (III・IV 系)

RUN	項目	III系		IV系	
		平均	最大	平均	最大
1	NH ₄ -N	0.99	3.9	0.24	1.2
	NO _x -N	4.1	5.6	4.5	5.3
	PO ₄ -P	0.29	0.6	0.36	0.81
2	NH ₄ -N	0.85	2.3	0.69	2.8
	NO _x -N	5.2	5.8	4.8	5.7
	PO ₄ -P	0.13	0.27	0.19	0.77

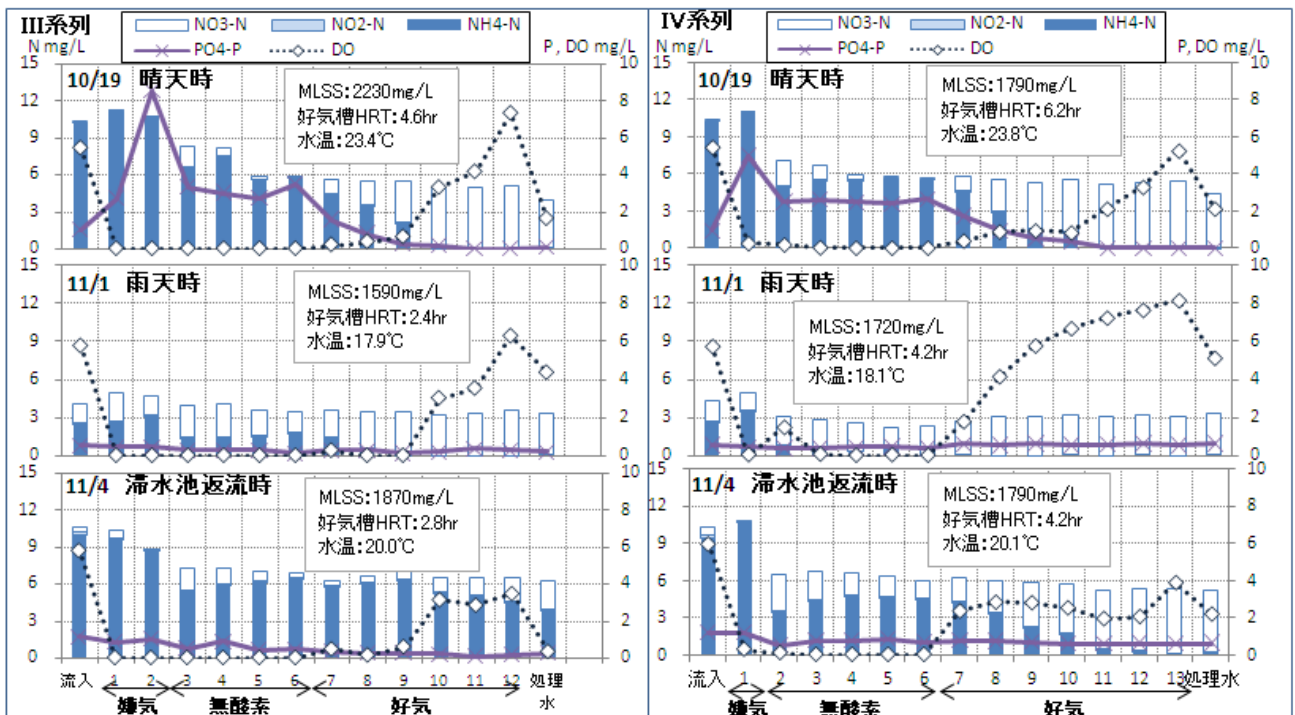


図2 反応槽機能調査結果 (RUN1)

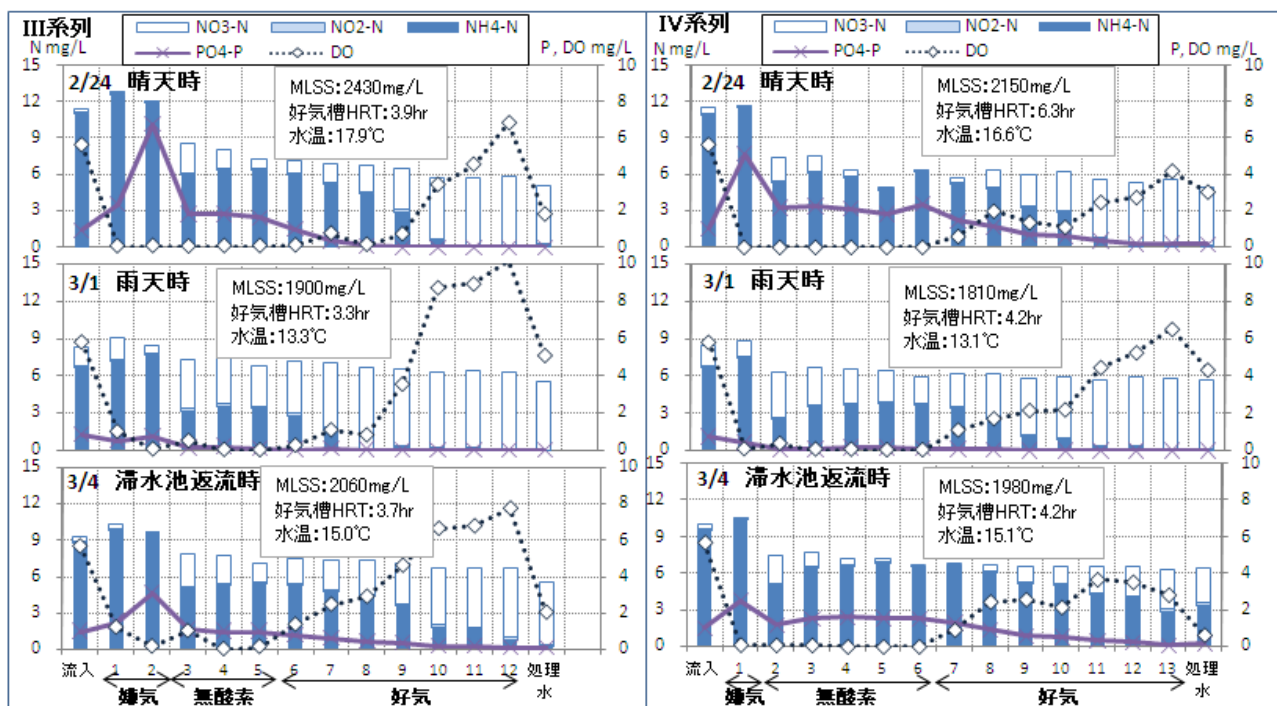


図3 反応槽機能調査結果 (RUN2)

表4 好気槽最大硝化速度 (mgN/gMLSS/hr)

系列	RUN1			RUN2		
	晴天時	雨天時	雨天後	晴天時	雨天時	雨天後
III	2	2.5	1.9	2.4	2.4	1.9
IV	1.9	-	2.1	1.6	1.8	1.5

好気槽前段で送風量増加などによりある程度の硝化速度が確保されれば、各 RUN でみられた硝化不良は解消できることを意味する。速度から算出される各 RUN 条件下における完全硝化に必要な好気槽 HRT は 3 時間程度である。更に NH₄-N 残存を 2mg/L 程度許容すれば 2 時間程度となり、反応槽全体では HRT4 時間程度に処理水量を増やしても、目標水質範囲内での処理は可能だと考えられる。

以上のことから、本検討レベルの雨天時処理水量増加は、雨天時は流入負荷低下のため問題はなく、滞水池返流時においても 2mg/L 程度の NH₄-N 残存の可能性以外は問題ないため、雨天後りん除去低下抑制や簡易処理水量削減効果を考慮すれば、環境排出負荷低減に大きく寄与するといえる。また硝化速度の観点から、適切な運転条件が整えば、反応槽 HRT4 時間程度まで水量を増加しても十分に処理可能であると考えられる。

5. 留意点

- 本検討結果を今後の施設設計や運転管理に反映させる場合には、以下の点に留意する必要がある。
- 本検討結果は雨天時・後の流入水質特性の影響が大きいため、地域・施設特性の十分な把握が必要である。
- 当センターの A₂O 法施設は標準法の改築による導入のため、最終沈殿池は標準法と同等の能力があり、本検討レベルの水量増加では問題なく対応できる。但し、例えば増築施設では、反応槽能力にあわせて最終沈殿池も小さく設計されており、雨天時処理能力は最終沈殿池がネックとなりうる点に注意が必要である。
- 特に合流改善対策として遮集量を増加した場合、滞水池返流水はより高負荷となる可能性がある。滞水池返流時の放流水質基準遵守のためには、適切な好気槽 HRT や DO 濃度の確保が重要であり、負荷変動に合わせて適切に運転条件を調節できるような設備の導入が望ましい。
- 処理能力や遮集量を増やすと、汚泥発生量が増加するため、汚泥処理能力にも留意する必要がある。

6. まとめと今後の課題

当センターの A₂O 法施設では、雨天時に反応槽 HRT4.0 時間程度まで処理能力向上が可能である。ただし、雨水滞水池返流時には処理水 NH₄-N 濃度が高くなる傾向にあるため、注意が必要である。今後は雨天時処理水量を標準法レベルまで増やした場合の実施設検証を行い、更なる環境排出負荷低減を図りたい。

参考文献

- 1) 法木克介他:「高度処理導入による雨天時放流水質への影響について」:第 48 回下水道協会研究発表会講演集
 - 2) 浅野卓哉他:「合流式 A₂O 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 A₂O 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
- 連絡先:横浜市環境創造局 浅野 卓哉 ta01-asano@city.yokohama.jp