

合流式 A₂O 法の雨天時処理能力の検討

水再生水質課 ○ 浅野 卓哉

1. はじめに

本市では、公共用水域の水質改善対策として、高度処理施設の導入や合流式下水道の雨天時未処理放流水（CSO）対策を計画・実施している。現在採用されている高度処理法（A₂O 法）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、雨天時の処理可能水量（処理能力）が低下する。今後、CSO 対策として雨天時計画汚水量（遮集量）の増量が計画されている¹⁾が、高度処理の雨天時処理能力向上を図らないと、増加分の多くが高度処理されずに放流される可能性が高い。

一方、本市や他都市において、合流式 A₂O 法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)~4)}。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、北部第一水再生センターの A₂O 法施設と雨天時放流水質に関するデータを収集し、雨天時処理水量増加による高度処理への影響および雨天時排出負荷削減効果について検証した。

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、反応タンク流入水質は低く、BOD53、COD34、T-N18、T-P1.9mg/L 程度（平成 21 年度平均値）である。現在 1 系統 3 池が標準法（擬似 AO 法）、2 系統 4 池が A₂O 法として稼働している。両系統の処理能力（設計値・実績値）を表 1 に示す。7 系以外の反応タンク容積は等しく、最終沈殿池容積は全系等しい。2 系統の処理水量は 4~6 系は流量調整弁で、7 系はポンプ吐出量により調整している。なお、合流改善対策として雨水滞水池（88,900m³）が稼働している。また、各系列とも風量一定制御で運転している。

平成 21 年度の 4・5 系稼働後、2 系統は概ね設計水量通りの運転だったが、雨天時の簡易処理水量増加とりん除去悪化が顕著であった。このため、22 年度からは雨天時には現有設備で流入可能な最大水量を処理している。その結果、簡易処理水量の低減と同時に処理水質も改善している⁵⁾。

3. 検討方法と内容

平成 22 年 10/19~11/11 の 24 日間（合計雨量 177mm）について、表 2 の項目についてデータを収集し、次の 2 点の検討を行った。両検討の評価基準を表 3 に示す。

① A₂O 法の雨天時処理能力の検討

期間中の処理水質や反応タンク内水質挙動から、雨天時水量増加による処理水質への影響を評価した。BOD 基準を満たすには NH₄-N 除去が必要だが、水量増加による好気時間短縮は硝化反応にマイナスに寄与するため、NH₄-N 除去についても検討した。

② 雨天時放流水質の検討

10/28~29 の降雨期間に採取したデータを用いて、当センター全系に高度処理を導入した場合の処理能力の違いや遮集量増加による雨天時放流水質への影響を解析した。なお、当施設ではセンター直接放流水の採水が困難であるため、上流ポンプ場の雨水排水のデータを代用した（表 2）。

表 1 各系列処理能力

1 系統（1~3系） 処理方式：標準法（擬似AO法） 計画：AO法		日最大		時間最大	
		設計値	実績*	設計値	実績*
処理水量（1000m ³ /d）		84 28/池	48 16/池	126 42/池	115 38/池
反応タンクHRT（hr）		4.6	7.9	3.0	3.3
終沈水面積負荷（m/d）		26	15	39	35
2 系統（4~7系） 処理方式：A2O法		日最大		時間最大	
		設計値	実績*	設計値	実績*
処理水量（1000m ³ /d）	全体	46	49	-	96
	4~6系	11.6/池	12.5/池		26/池
	7系		11.6/池		18/池
反応タンクHRT（hr）	4~6系	11.2	10.2		4.9
	7系	13	13		8.3
終沈水面積負荷（m/d）	4~6系	11	12		24
	7系	11	11		16

*実績は、平成22年7~9月のデータ（日最大は晴天日平均）
HRT=水理学的滞留時間（処理時間）

表 2 水質調査項目

項目	期間	対象	項目
水質調査	全期間	1・2系統処理水（日間平均値）	COD*、T-N*、T-P*、NH ₄ -N
反応タンク機能調査*	期間中 7回実施	6・7系反応タンク、最終沈殿池	各態窒素、水温、PO ₄ -P、DO
雨天時放流水質調査	10/28-10/29の降雨期間（時間毎）	樽町ポンプ場放流水	BOD、COD、T-N、T-P
		簡易処理水	BOD、COD*、T-N*、T-P*

*機能調査は、各日も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・測定を行った。

表 3 評価基準 (mg/L)

項	対象試料	BOD	COD	T-N	T-P	NH ₄ -N
①	日間平均試料	放流水の水質の技術上の基準*				3.0***
		(15)**	15**	16	1.4	
②	各時間試料	排水基準（県条例）				-
		(25)	25	40	5	

*本市計画放流水質（全体計画値）、本来は降雨の影響の大きい時は適用外だが、ここでは雨天後滞水池返流時等を考慮して本基準を設定した。

**BODは毎日の測定が困難なため、CODで代用した。

***N-BODが15mg/Lを超えない程度の値を設定した。

4. 検討結果

① A₂O 法の雨天時処理能力の検討

期間中の各水量、2系統の反応タンク HRT および処理水質の日間平均値の推移を図1に、反応タンク機能調査結果事例を図2に示す。

期間中、COD、T-N、T-P は基準値を大きく下回っていた。T-P の雨天後除去低下は11/3の0.85mg/Lが最大で、11/7以降はほぼ晴天時レベルまで回復していた。図2をみると、雨天時・後ともにHRTの短い6系のほうが7系よりもリン除去低下が抑制されていることがわかる。

NH₄-N は雨天時は1mg/L以下であったが、雨水滞水池からの返流のあった11/3～11/8の間は2mg/L以上に上昇した。図2をみると、特に6系の硝化が遅れている。これは、好気槽HRTが短いことに加え、DOの不足が要因と考えられる。同日の7系では好気槽の4/7(2.4hr)で硝化がほぼ完了しており、6系でも好気槽前段のDOが確保できれば、滞水池返流時にも硝化は十分進むと考えられる。

以上のことから、本検討条件では雨天時・後に水量をHRT4.9hr程度に増やしても、滞水池返流時に適切な運転条件を整えることで放流水質基準を余裕を持って満足でき、1～2mg/L程度のNH₄-N残存を許容すれば、HRT4hrでも十分処理可能だといえる。

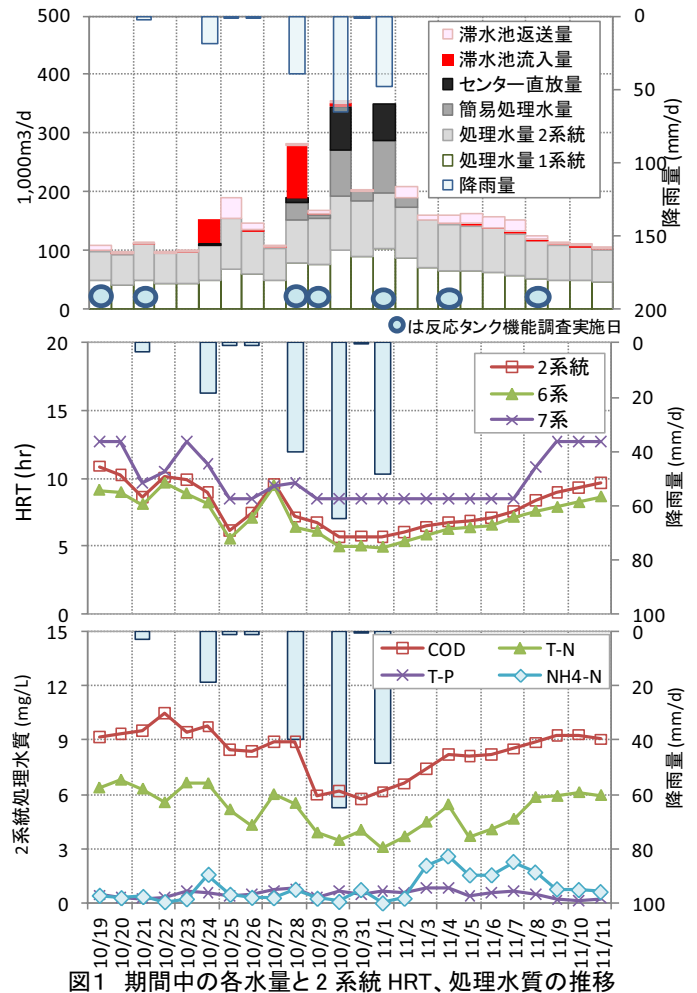


図1 期間中の各水量と2系統 HRT、処理水質の推移

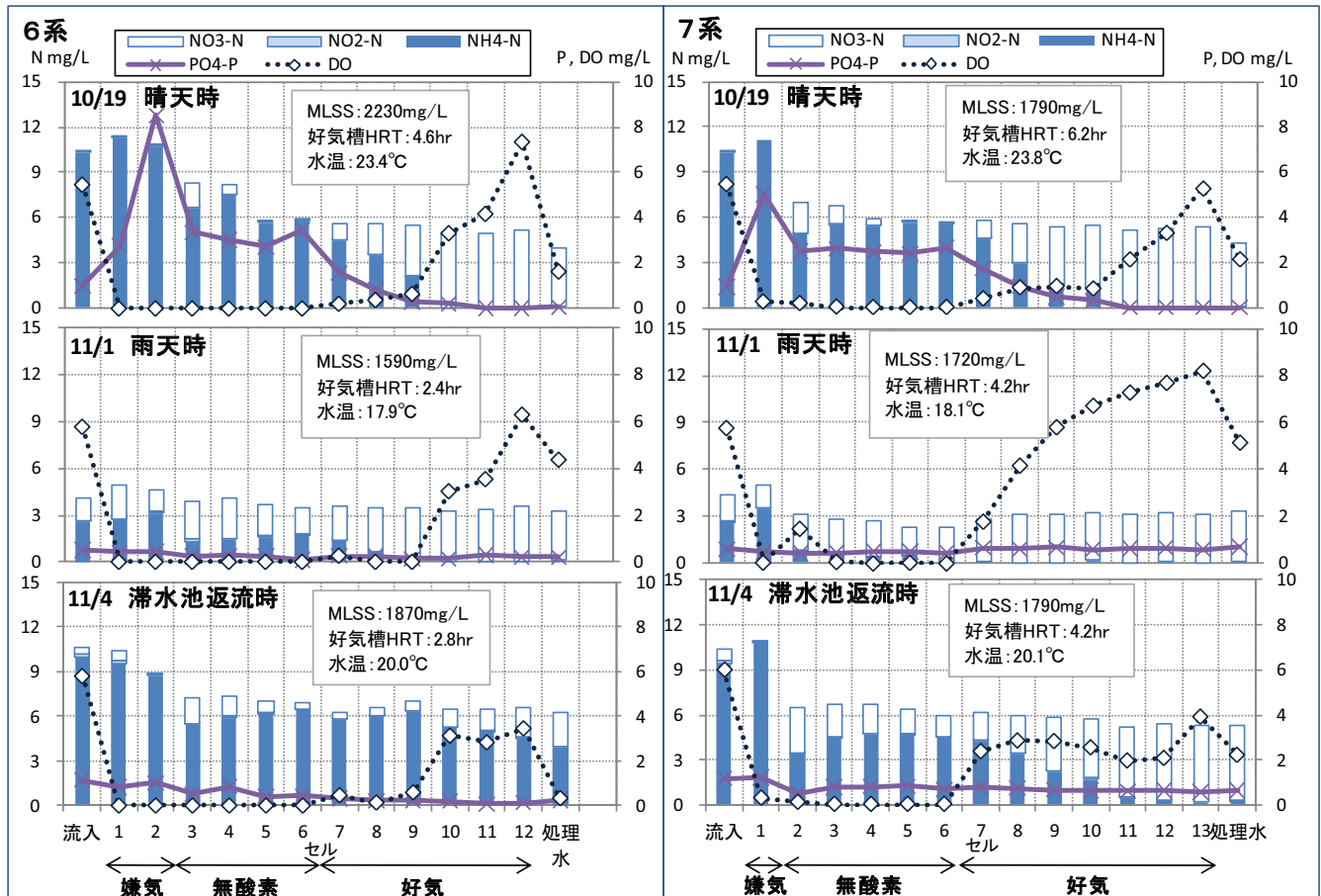


図2 反応タンク機能調査結果(10/19、11/1、11/4)

② 雨天時放流水質の検討

10/28-29の各水量とCOD濃度測定値の推移を図3に示す。当センター処理区域は比較的遮集能力が小さく¹⁾、雨水はポンプ場排水の割合が高い。また初期雨水は非常に高濃度であったが、雨水滞水池が有効に機能しており、センター放流水質は各水質項目について基準値(表3)を大幅に下回っていた。

次に、同データを用いて、処理能力や遮集量を変化させた場合の雨天時放流水質のシミュレーションを行った。当センター全系に同等のA₂O法施設を導入したと仮定し、各水質、処理施設容積、簡易処理最大水量、滞水池流入最大水量は本検討期間実績値の値を用いた。遮集量増加はポンプ場排水時にセンター流入量が最大1.5倍となるように設定した。シミュレーション設定条件と放流水質算出結果(COD)を図4に示す。

放流水質は、処理能力が大きいほど低い値となった。遮集量を増加した場合、ケース4では初期雨水がセンターで放流されたため、基準値を超過する結果となった。ケース5と6では滞水池に取込めない分は高度処理を行ったため、基準値を下回っていた。なお、各ケースについて滞水池取込みを行わない条件で計算すると、ケース3を除いて基準値を大幅に超過した(データ非掲載)。

本結果は、雨天時にセンターの排水基準をクリアするためには滞水池による初期雨水取込みと高度処理能力の向上が不可欠であることを示している。また、処理能力向上は、次の降雨に備えるために雨天後の滞水池返送を早期に進める点でも有利である。

5. 施設設計・運転管理上の留意点

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。

(1)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1系統と同等の処理能力があり、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、反応タンク能力にあわせて最終沈殿池も小さく設計されており、雨天時処理能力は反応タンクより最終沈殿池がネックとなる可能性が高い。このように、各施設の水面積負荷に注意が必要である。

(2)特に遮集量を増加した場合、滞水池返送水は場合によっては非常に高濃度となる。返送時の放流水質基準遵守のためには、前述の通り適切なDO濃度確保が重要であり、当センターの場合はDO一定制御運転の導入が不可欠である。また、負荷変動に合わせて好気槽容積を調節できるような設備の導入が望ましい。

(3)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、雨天時処理能力は反応タンクHRT4hr程度に向上可能である。
- ・高度処理導入と合流改善対策を同時に進めるには、高度処理の雨天時処理能力向上が不可欠である。

今後は水温の低い冬期雨天時における処理能力や、更に水量を増やした場合の実施設検証について検討していく必要がある。

参考文献

- 1)「横浜市合流式下水道緊急改善計画」:平成21年4月 横浜市環境創造局
- 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) 浅野卓哉他:「活性汚泥モデルを用いたA₂O法の雨天時最適運転条件の検討」:下水道協会誌 Vol.47 No.570 pp.116~126 (2010)
- 4)「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
- 5) 浅野卓哉他:「北部第一水再生センターにおけるりん除去向上対策」:平成22年度環境創造局業務研究改善事例発表会

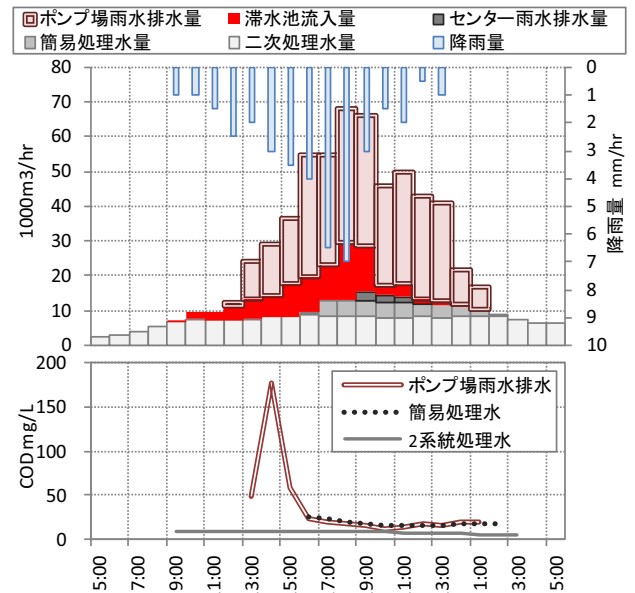


図3 期間中の各水量とCOD濃度の推移

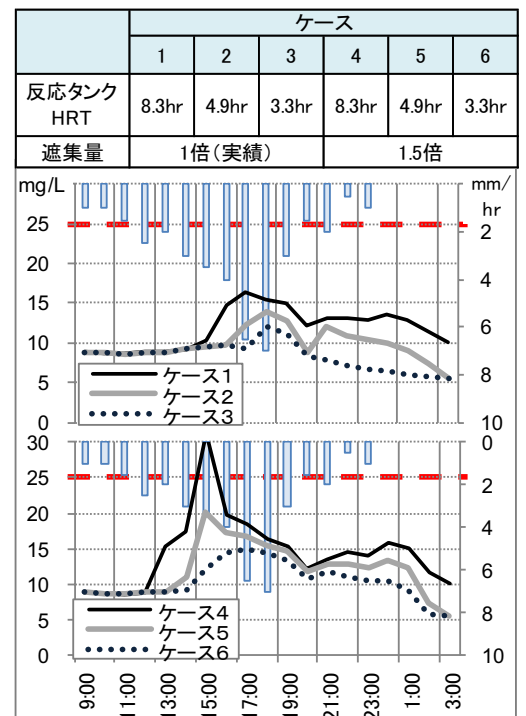


図4 雨天時放流水質シミュレーション(COD)