

# 北部第一水再生センターにおける

## りん除去向上対策

水再生水質課 浅野 卓哉

○ 知里口 尚子

### 1. はじめに

横浜市では東京湾の富栄養化対策として、窒素・りん除去向上を目的とした高度処理法の導入を既存施設の更新にあわせて進めている。また、既存の標準法施設でも反応槽の前段の曝気風量を絞る擬似嫌気好気法（擬似 AO 法）運転を実施し、その結果、多くのセンターで窒素・りん除去が向上している。

北部第一水再生センターでは、現在、高度処理法として嫌気・無酸素・好気法（A<sub>2</sub>O 法）と擬似 AO 法で水処理を行っている。A<sub>2</sub>O 法は、晴天時には概ね良好な処理性能が得られているが、雨天時や最終沈殿池のトラブル時にりん除去の低下が確認される。また、擬似 AO 法では反応槽流入部の風量抑制により窒素除去は向上したが、りん除去は不安定な状態が続いている。本報告では、当センターのりん除去変動の原因と課題点について報告する。

### 2. 施設概要とりん除去状況

当センターは、現在 1 系統（1～3 系）が標準法（擬似 AO 法）、2 系統（4～7 系）が A<sub>2</sub>O 法として稼働している。処理区域の 86% が合流式である。平成 20 年度から北部第二へ約 24,000m<sup>3</sup>/d の流入下水を送水しており、現在の晴天時処理水量は約 100,000m<sup>3</sup>/d である。各系列の施設概要を表 1 に示す。7 系を除いて反応槽および終沈容積は 1・2 系統とも同等であり、2 系統は A<sub>2</sub>O 法導入により反応槽処理能力は減少しているが、その分最終沈殿池能力は余裕が大きくなっている。このため、現在はりん除去安定化のため返送率を 30% と低く設定している。また、MLSS は各系とも好気時間に余裕があるため、1,800mg/L と低めに設定している。なお、各系の水量調整は、1 系統は手動ゲート開度で、4～6 系は流量調整弁開度で、7 系はポンプ吐出量（定量運転）で行っている。

表 1 各系列施設概要と処理実績

	1系統: 擬似AO法		2系統: A <sub>2</sub> O法				
	1～3系		4～6系		7系		
	設計*	処理実績**	設計*	処理実績**	設計*	処理実績**	
処理水量 (m <sup>3</sup> /d/系)	28,000	16,000	11,600	12,500	11,600	11,600	
反応槽 HRT (hr)	全体	4.6	8.0	11.2	10.2	13.0	12.9
	嫌気槽	-	2.0	2.8	1.7	2.0	2.0
	無酸素槽	-	-	4.8	3.4	4.6	4.6
	好気槽	4.6	6.0	3.5	5.1	6.3	6.3
終沈水面積負荷(m/d)	26	15	11	12	11	11	
返送率 (%)	50	70	50	30	50	30	
循環率 (%)	-	-	150	150	150	150	
MLSS (mg/L)	-	1,800	3,000	1,800	3,000	1,800	

\*設計は日最大 \*\*処理実績は平成22年7～9月晴天日平均

平成 21 年 11 月以降（4・5 系安定稼働後）の 1 系統と 6・7 系の処理水 T-P 濃度の推移を図 1 に示す。6・7 系は、晴天時は良好だが雨天後の上昇しており、特に 7 系の除去悪化が顕著で、本市計画放流水質（全体計画 1.4mg/L）を超過することもあった。擬似 AO 法運転の 1 系統のりん除去は非常に不安定で、降雨以外の要因でも変動していると考えられた。

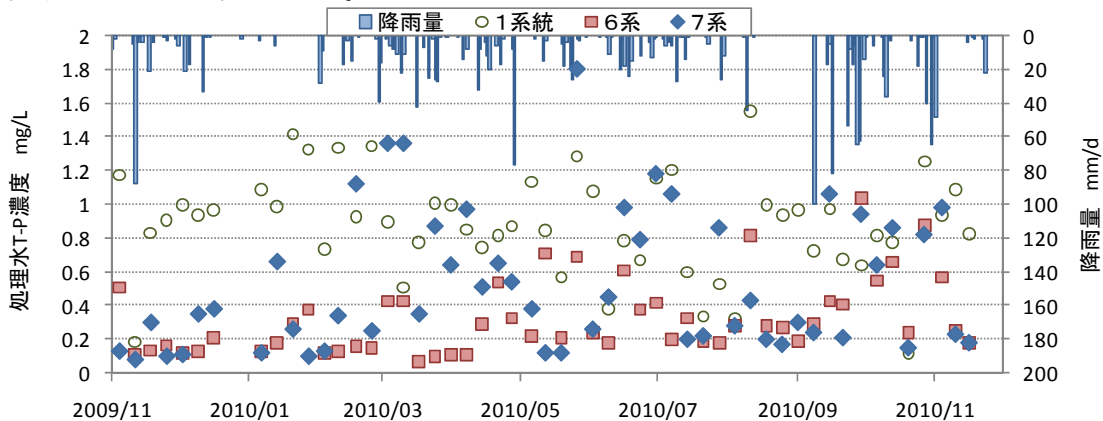


図 1 処理水 T-P 濃度の推移

### 3. りん除去変動の原因と対策

#### 3. 1. 雨天後りん除去低下(A<sub>2</sub>O 法)

合流式 A<sub>2</sub>O 法における雨天後のりん除去低下は一般的にみられる現象であり、その原因は有機物負荷減少と DO 流入によるりん摂取能力低下および蓄積りんの流出にある<sup>2)3)</sup>。過去の検討結果から、雨天後除去低下を抑制する運転手法として、表2に示す項目が挙げられる<sup>3)</sup>。①～④で最も効果が高いのは循環停止と流入水量増加の組み合わせだが、循環停止は窒素除去低下につながり、また6系では現状の運転で処理水 T-P 濃度は 1mg/L を超えることがほとんどない(図1)ため、今回は流入水量増加のみによる効果を検討した。

平成 22 年 4～11 月の 6・7 系の反応槽滞留時間 (HRT) および処理水 PO<sub>4</sub>-P 濃度 (毎日測定) の推移を図2に示す。6系は流調弁開度を 100%としており、雨天時には最大 1,100m<sup>3</sup>/hr 程度 (HRT 約 4.8hr) と設計水量の約 2.3 倍を処理している。一方、7系は定量運転 (HRT 約 13hr) を行っていたが、8 月以降は降雨直後から水量減少 (雨水滞水池返送処理完了) までの間、水量を 1.5 倍に増やして運転した。その結果、9 月中旬以降は 6 系を約 0.2mg/L 上回る程度まで悪化が抑制された。

以上のことから、当センターの A<sub>2</sub>O 法施設では、雨天時に水量を大幅に増加 (HRT5hr 程度) することで、処理水りん濃度の上昇を 1mg/L 程度に抑制できるといえる。7系は現有設備では最大 820m<sup>3</sup>/hr 程度 (HRT7.6hr) であり、簡易処理水量削減の観点からも、処理可能水量を増やす措置を行うことが望ましい。

#### 3. 2. 最終沈殿池でのりん溶出

平成 22 年 4～10 月の 4 系 (最終沈殿池 41 池・42 池) と 5 系の処理水 PO<sub>4</sub>-P 濃度の推移を図3に示す。両系はほぼ同等の条件で運転しており、試料は各最終沈殿池で手汲み採水している。5 月以降、徐々に 4 系 42 池の PO<sub>4</sub>-P 濃度が上昇し、7 月以降は 5 系との差が 0.5mg/L 以上となった。調査の結果、処理水質の低下は 42 池のみでみられ、42 池の流入部 (汚泥ピット上部) で腐敗汚泥の堆積とそれに伴うりんの再溶出が確認された。汚泥堆積の原因は、返送汚泥引抜の不具合であり、対応措置を行ったところ、症状は改善された。

このように、りん除去安定化のためには、活性汚泥中のりんの再溶出を防ぐ必要があり、最終沈殿池の適切な管理が重要である。

表2 雨天時りん除去対策(文献<sup>3)</sup>)

操作因子		りん除去向上効果
① 嫌気槽HRT延長	循環停止	++
	槽配分変更	+
② 好気槽HRT短縮	流入水量増加	++
	槽配分変更	+
③ DO濃度抑制	空気量抑制	+
④ 返送・循環率抑制	返送率抑制	+
	循環率抑制	+

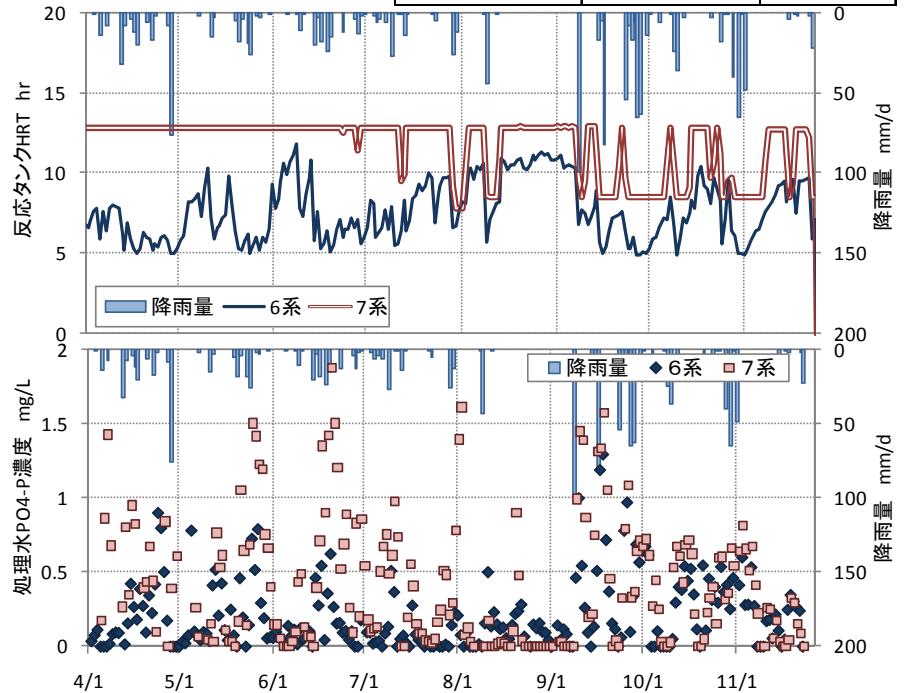


図2 反応タンク HRT と処理水 PO<sub>4</sub>-P 濃度の推移(6・7 系)

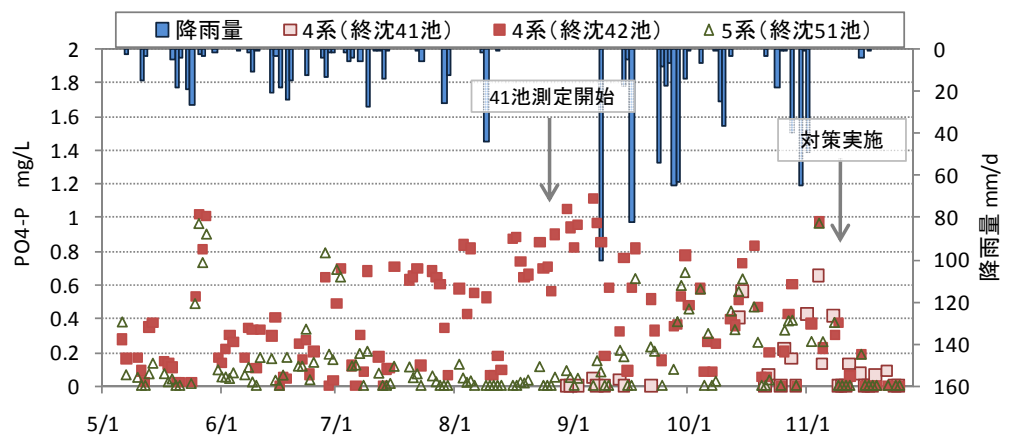


図3 処理水 PO<sub>4</sub>-P 濃度の推移(4・5 系)

### 3.3. 擬似 AO 法のりん除去性能

平成 22 年 4～11 月の 1 系統処理水 PO<sub>4</sub>-P 濃度（毎日測定）の推移を図 4 に、期間中の流入水と処理水の PO<sub>4</sub>-P 濃度の相関を図 5 に示す。処理水濃度は大きく変動しているが、降雨による流入水質の変動と傾向は概ね一致しており（図 5）、生物学的りん除去があまり機能していないことがわかる。期間中、晴天時に処理水濃度が低い期間があるが、これは図中に示す事象が原因だと考えられる。当系統の返送汚泥は、テレスコ管で終沈から返送汚泥井に引抜いた後にポンプで送水する。このため、ポンプ吐出量の上下限を狭い範囲で運転しており、晴天が続く水量が低下すると返送率が 70% 以上に上昇する。返送汚泥による嫌気槽への NO<sub>x</sub>-N 流入はりん除去を阻害するため、返送率を低くするか硝化を抑制すると、りん除去が向上する<sup>1)</sup>。

このようなことから、当系統でりん除去が不安定な主因は返送汚泥中の NO<sub>x</sub>-N の嫌気槽への流入であり、返送率を下げる事が可能であれば、擬似 AO 法でも除去率は向上すると考えられる。

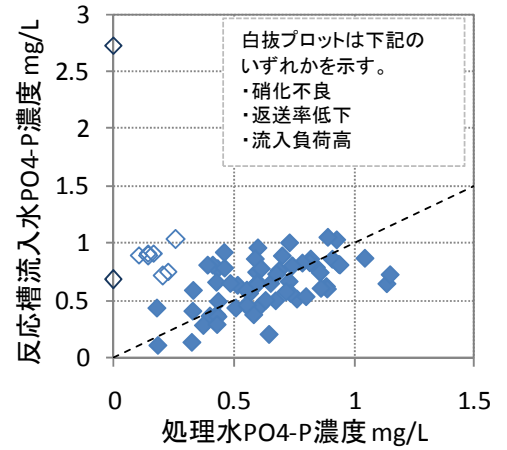


図5 流入水質と処理水質の関係 (PO<sub>4</sub>-P、1系統)

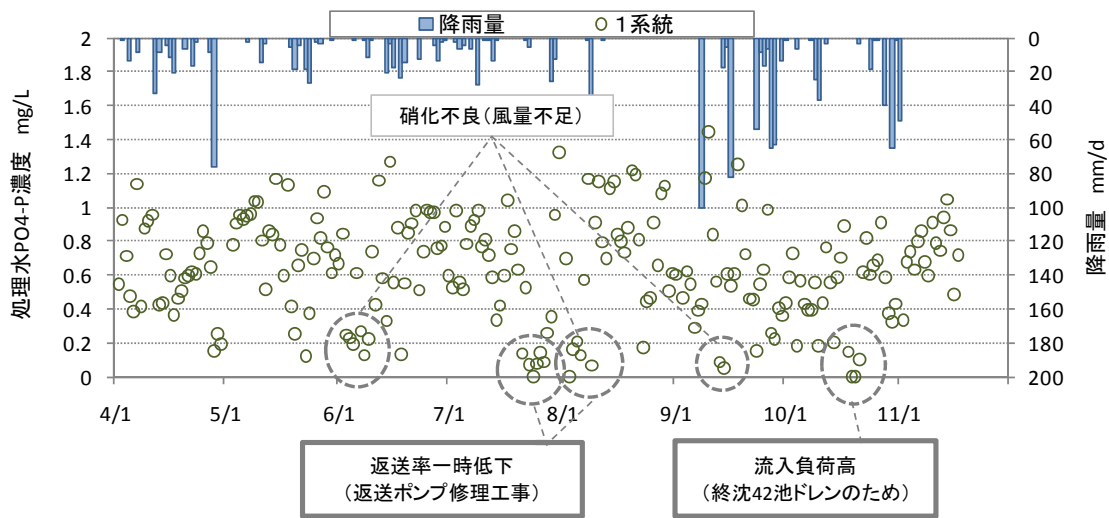


図4 処理水 PO<sub>4</sub>-P 濃度の推移と変動要因(1系統)

### 4. まとめ

当センターの A<sub>2</sub>O 法と擬似 AO 法におけるりん除去について、以下のことがいえる。

#### <A<sub>2</sub>O 法>

- ・晴天時には安定して良好な処理水質が得られている。
- ・雨天時に水量を増加する（HRT5hr 程度）ことで、放流水質基準（計画放流水質）遵守が可能である。
- ・最終沈殿池の能力は余裕があり、返送率 30% で安定した処理が可能だが、汚泥の堆積状況等に注意する。

#### <擬似 AO 法>

- ・りん除去は不安定であり、その主な原因は返送率が高いことにある。
- また、より効率的・効果的なりん除去を行うためには、以下の点の設備改良を行うことが望ましい。

#### <A<sub>2</sub>O 法>

- ・(特に 7 系の) 最大処理能力を引き上げる。反応槽 HRT5 時間程度であれば問題なく処理可能であり、他の検討結果では 4 時間でも対応できると考えられる<sup>3)</sup>。

#### <擬似 AO 法>

- ・最終沈殿池のテレスコ管による汚泥引抜きをやめ、返送ポンプ配管で直接引き抜くようにする。

### 参考文献

- 1) 折目孝子他:「擬似嫌気好気法におけるりん除去向上効果の検討」: 第 45 回下水道協会研究発表会講演集 p749
- 2) 浅野卓哉他:「合流式 A<sub>2</sub>O 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 A<sub>2</sub>O 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)