

「放流水りん濃度変動に対応した凝集剤添加設備の運転方法の検討について」
調査研究報告書（平成28年度）

公益財団法人山梨県下水道公社
桂川清流センター

1 目的

「第2期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画の施策の一つである「相模川水系上流域対策の推進」の具体的対策として、山梨県は神奈川県との共同事業として桂川清流センターのりん除去を目的とした凝集剤添加設備を平成26年度に供用開始している。

りん除去は、当該設備により添加されるPAC（ポリ塩化アルミニウム）による反応タンクでの物理化学的除去によるもの他、活性汚泥による生物学的りん除去効果も含めた環境にて、目標水質を満足するためのPAC添加率等設定がなされている。

しかし、一定のPAC添加率とした運転状況において放流水りん濃度が一時的に上昇する現象が確認されており、原因として生物学的りん除去効果等の変動が想定される状況にある。

そこで、安定したりん除去効果を得ることを目的とし、最適なPAC添加方法等の検討を行うこととした。



写真-1 凝集剤添加設備
(手前 PAC, 奥アルカリ剤)

2 桂川清流センターについて

桂川清流センターは、全体計画処理水量53,445m³/日、認可計画処理水量23,049m³/日、現有処理能力15,000m³/日の標準活性汚泥法による流域関連公共下水道終末処理場である。平成27年度では供用開始区域内の面積は779.38ha、人口は28,352人となっており、流入下水量は処理区域の拡大、水洗化の進捗に伴い増加傾向を示し、年度平均で6,173m³/日である。

主ポンプが無く汚水が強制流入する設備構造を持つが、水処理能力に対し流入下水量が少ないことから、3時間帯(6:00~13:00, 15:00~20:00, 22:00~3:00)に区分し曝気装置等の間欠運転を行っている。

加えて、流入下水量の約半分が、中継ポンプ場より処理場直上流に圧送される状況にあり、その水量変動等の影響を受ける特徴を有している。

一般的な凝集剤添加型活性汚泥法と異なる状況があることから、次に示す設備構造としている。

- ・アルカリ剤添加設備を併設し、PACによるアルカリ度低下を相殺し、必要濃度を確保
- ・反応タンクの間欠運転に対応するため、PAC添加箇所として反応タンク第4槽（最終槽）上流部を追加

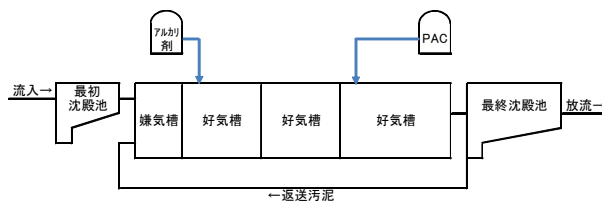


図-1 処理フロー

3 平成27年度(調査前年度)の運転状況

稼働開始当初の運転条件は、実施設計時の運転条件として PAC 溶液(Al₂O₃10%相当)を66mg/L(対初沈流出水 PO₄-P(りん酸態りん)モル比2.0)、アルカリ剤(25%苛性ソーダ溶液)は22mg/L(PAC 添加率に対するアルカリ度消費量の回復相当量)とした。その後の各薬品添加率は、公定法による水質試験結果及び簡易測定器による測定結果を参考に添加率の変更を適時行い、平成26年9月以降は PAC35mg/L、アルカリ剤11mg/L を最適値と判断し、通年で一定添加率にて当該設備の運転を行った。

平成27年度の簡易測定器による PO₄-P 測定結果と PAC 添加率の状況を図-2に示す。

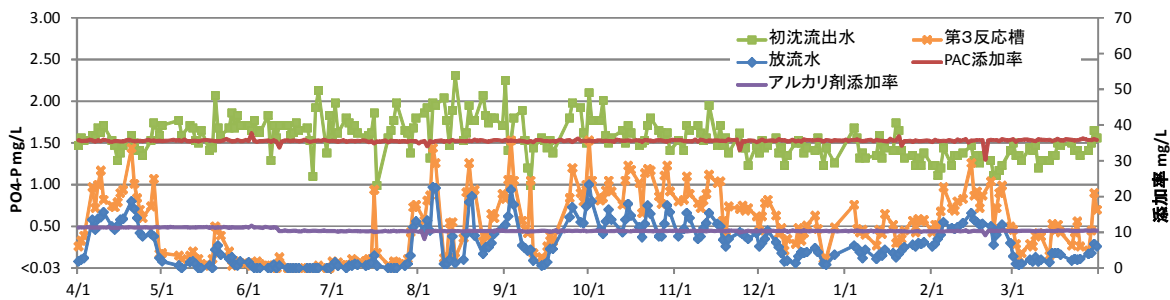


図-2 PO₄-P と薬品添加率 (H27年度)

簡易測定器の調査地点は、初沈流出水、反応タンク第3槽上澄水(PAC 添加直前地点として)及び放流水としている。

平成26年度の測定結果と同様に、複数回にわたり放流水にてピークが形成され、調査により反応タンクへの有機物の供給不足に由来することが推察された。

平成27年度においても、PAC 添加率に依存しない濃度のピーク形成要因が発生しており、その要因のさらなる特定及び PAC 添加率を変更するための制御に関する検討が課題となった。

4 PACの添加率制御の検討

当該設備の安定稼働以降、PAC 添加率を35mg/Lとして運転してきたが、放流水りん濃度が上昇した時に、一定条件設定のもとに添加率を上げることによりりん濃度上昇を抑制することとした。
制御のイメージを図-3に示す。

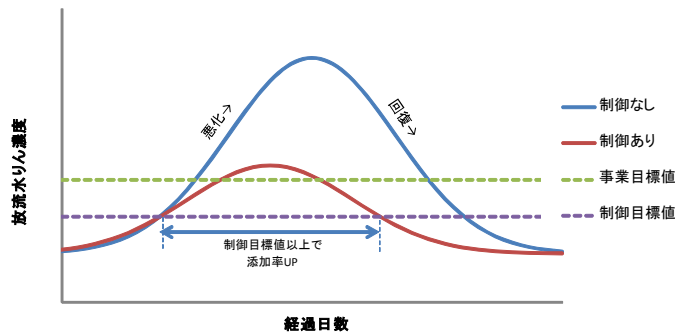


図-3 制御イメージ

添加率制御方法について表-1に示す。
事業目標値を参考に制御目標とする PO4-P 濃度を0.4mg/Lとした。
日変動の影響による頻繁な設定変更を予防するため、2日連続で目標値を超過(回復)した場合に添加率を変更することとした。

表-1 添加率制御方法

	従来	H28.4~	H28.9~
制御目標値PO4-P (mg/L)	-	0.40	0.40
制御目標値連続超過日数 (日)	-	2	2
〃 回復日数 (日)	-	2	2
標準時PAC添加率 (mg/L)	35	35	35
増加時PAC添加率 (mg/L)	-	40	45

増加時の添加率設定を、導入当初の平成28年4月から40mg/Lとし、放流水 PO4-P 濃度の動向をみながら、同年9月から45 mg/Lとした。

5 日常モニタリング調査結果

平成28年度の簡易測定器による PO4-P 測定結果と PAC 添加率の状況を図-4に示す。

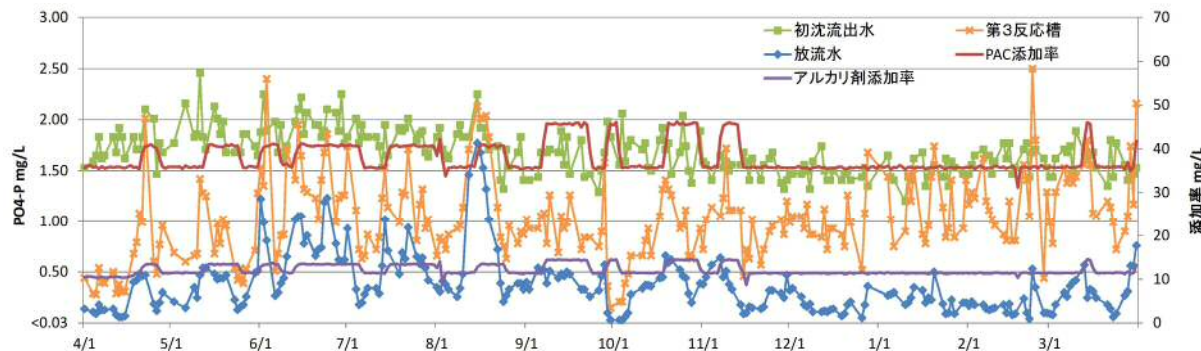


図-4 PO4-Pと薬品添加率 (H28年度)

PACの添加率制御の実施により、放流水 PO4-P を指標に PAC 及びアルカリ剤の添加率を増減した。平成27年度と比較(図-2)すると、放流水が平成27年度が0.29mg/L に対し平成28年度が0.38mg/L と増加した。PAC 添加率制御の実施により、PAC 使用量は約7%増加させピーク抑制をはかったところであるが、増加要因としては、ピーク形成時の濃度が高い傾向を示した事が一因であると考えられる。
また、放流水の濃度変動を比較すると、季節的傾向の異なるピーク形成が発生したことが示された。

6 PAC 添加率制御の効果

PAC 添加率制御の実施結果を表-2にまとめた。

表-2 添加率制御の実施結果

前述のとおり、制御実施前の年度に対し放流水りん濃度低減効果は示されなかった。

調査年度 調査期間 制御方法	平成27年度		平成28年度	
	H27.4.1~H28.3.31	H28.4.1~H28.8.31	H28.9.1~H29.3.31	
制御方法	-	35→40mg/L	35→45mg/L	
ピーク発生頻度	回/月	0.8	1.2	0.9
ピーク発生期間(割合)	日(%)	121(33%)	71(46%)	39(18%)
回復に要した日数	日	12	12	8
放流水PO4-P(簡易法)	mg/L	0.29	0.52	0.28

しかし、主に添加率45mg/L 増加設定期間に、発生したピークの回復に要した日数が短縮される傾向から、平成27年度には121日あったピーク発生期間が110日に短縮された。

7 有機物供給の効果検証

これまでの調査により、汚泥脱水機運転休止後のりん濃度上昇や重力濃縮槽汚泥界面高さとりん濃度の変動傾向等から、放流水りん濃度のピーク形成要因として、生物学的りん除去に必要とする有機物の不足傾向が推定される状況にある。

そこで、重力濃縮汚泥の一部を水処理施設へ返送し、有機物供給の効果を検証することとした。
返送方法として、重力濃縮汚泥移送ポンプの仮設配管から汚泥処理系統の返流水槽経由で水処理施設に返送することとした。

検証方法として、脱水機運転休止日を中心に脱水分離液に由来する有機物代替として返送することで、脱水機運転休止後のピーク形成抑制の良否で、その効果を検証することとした。

調査は、次の日程で2回実施した。

- ・2月調査（平成29年2月20～24日実施）
- ・3月再調査（平成29年3月29～31日実施）

2月調査は、移送ポンプ運転時に終日運動して返送される設定としたが、目標とした返送量2.1m³/d（日重力濃縮移送量の1割程度）に対し0.5m³/d程度と少ない量にとどまり、関連する諸データも影響が示されなかった。

3月再調査は、返送期間を改め、脱水機休止日のみ4回に分けて目標量の投入を行った。調査時の脱水機休止後のりん濃度変動等について図-5に示す。

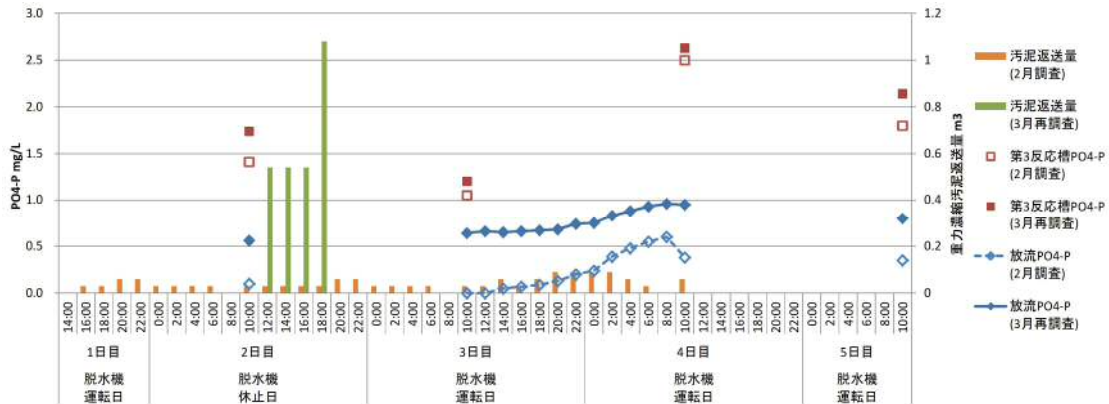


図-5 脱水機休止時のりん濃度経時変動（2月調査, 3月再調査）

放流水 PO4-P は、脱水機休止翌日10:00から翌々日10:00まで測定した通日試験期間中にいずれも脱水機休止翌日8:00に最大値を示すピークを形成した。

2月調査時は、通日試験開始時とピーク値で0.55mg/Lの濃度上昇を示し、その程度は過去の傾向と同等にあった。一方、3月再調査時は、0.32mg/Lと上昇程度は緩和された結果となった。

このことから、有機物不足に由来する事が想定される水処理施設の現環境に対し、有機物を供給することが放流水りん濃度のピーク抑制に寄与することが期待された。

8 AOA法とりん濃度の関係

窒素除去の向上を目的として、好気槽としてきた第3反応槽を無酸素槽（空気を送気せず攪拌のみ行う槽）とした処理方式（AOAO法）への移行を検討した。

AOAO法は嫌気・硝化内生脱窒法とも呼ばれ、嫌気槽-好気槽-無酸素槽-再曝気槽として構成される。

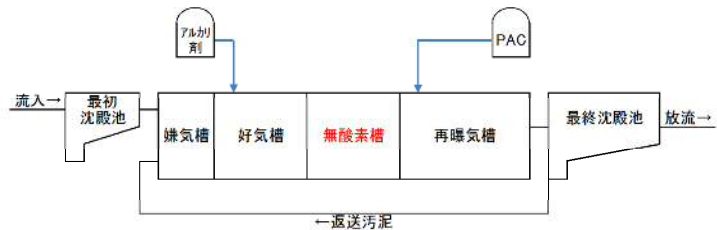


図-6 運転方式（AOAO法+凝集剤添加設備）

嫌気槽によるりん除去、好気槽における硝化反応で生成した硝酸・亜硝酸性窒素を無酸素槽にて脱窒反応により放出することで窒素・りん同時除去を行う処理方式とされている。

移行検討に際し、無酸素槽による内生脱窒の実効性及び活性汚泥のりん再放出の可能性を確認するため、第3反応槽の活性汚泥を対象に、無酸素槽を模した試料容器にて机上試験を平成28年8月に実施した。

試験結果を図-7に示す。測定した硝酸性窒素(NO₃-N)より、脱窒速度として0.45mgN/gMLSS・hを得た。また、りん濃度は、経過時間毎に徐々に低下傾向を示し、懸念された濃度上昇は確認されなかった。

結果より、平成28年11月7日より施設運転をAOAO法に試行的に変更した。

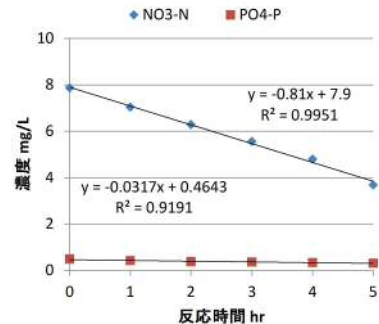


図-7 PO4-PとNO₃-Nの経時変化（水温25°C, MLSS1, 800mg/L）

AOAO法へ変更前後の放流水全窒素(T-N)の測定結果を図-8に示す。

1月1回目が年始の影響と見受けられる高い値を示したものの、その他においては公社目標値の12mg/Lを下回る結果を得た。

移行前と比較して低濃度傾向が確認されたことから、窒素除去の向上に寄与しているものと推察する。

移行後の状況としては、DO計設置箇所付近の風量の増大が制御に影響することや、各槽風量バランスの問題から曝気風量が増加する傾向が一部確認されるなど課題が残る。

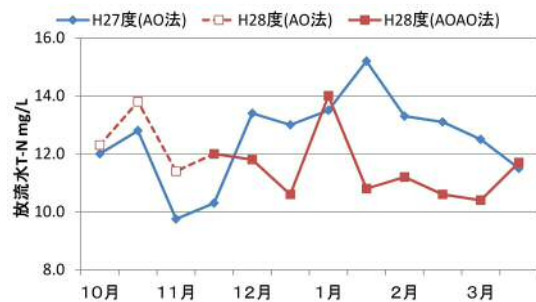


図-8 放流水 T-N (H27, 28年度)

また、放流水 T-P は、平成28年11月7日の切り替え以降、その大半が事業目標値0.6mg/L を下回る良好な結果で推移した。

第3反応槽は、切り替え以降比較的高い傾向を示した。これは無酸素槽に切り替えた影響による。机上試験から無酸素環境下によるりん放出が確認されなかったことから、この槽での生物学的りん除去機構によるりんの摂取反応が途中にあるものと推察する。

しかし、第4槽による PAC 添加及びりんの摂取により、影響なく放流水りん濃度が良好に維持されていることとなるため、AOAO 法切り替えによる放流水りん濃度の増加影響は確認されなかった。

9 まとめ

調査結果について次のとおりまとめる。

1) りん濃度について

- ・ 添加率35mg/L の流量比例注入に加え、添加率制御として放流水りん濃度ピーク形成時に、添加率を上昇させる制御を行った。
- ・ 添加率制御により、ピーク形成期間が制御実施前の平成27年度に比べ11日間縮小した。
- ・ 放流水りん濃度は、制御実施前より高い値を示したが、夏期に発生した高濃度ピークの影響が大きいため、ピーク形成抑制が今後のりん濃度低減に寄与する。

2) 放流水りん濃度のピーク形成要因について

ピーク形成の主な要因が、反応タンクへの有機物供給不足に由来することが次の点から推定された。

- ・ 重力濃縮槽の運転状況と放流水りん濃度の変動傾向
- ・ 脱水分離液が返流されないことによる有機物不足が原因と推定される、脱水機運転休止日の2日後のりん濃度上昇傾向が、重力濃縮汚泥の一部返送操作により緩和された

3) AOO 法導入によるりん除去への影響について

- ・ 反応タンク第3槽が好気槽から無酸素槽に切り替わることから、りんの摂取反応が途中となることで PO₄-P は上昇傾向にあったが、第4槽による PAC あるいは生物反応で良好な放流水りん濃度を示した。
- ・ AOO 法切り替え期間中、目標りん濃度の0.6mg/L をほとんどが達成し、AOAO 法への切り替えによる放流水りん濃度の増加影響は確認されなかった。

10 今後の課題

次年度以降におけるりん削減効果の向上のため、次の点を今後の課題として挙げる。

○反応タンクへの有機物供給方法の検討

当調査では、有機物供給として重力濃縮汚泥の一部返送によりピーク抑制効果が期待される結果を得たが、その方法は仮設備によるもので常用できる手法ではない。

現有施設を活用した反応タンクへの有機物供給方法の検討が課題と考える。

また、有機物供給は効果が期待される一方、余剰汚泥発生量の増加を伴う事が想定されることから、コスト・リスクの側面からも評価する必要がある。