

「凝集剤添加設備によるりん除去効果等に関する調査研究」
調査研究報告書（平成27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。

そこで、過去の調査により生物学的りん除去を困難とする要因があることが想定されたことから、処理施設に関連する調査を行い、更なるりん除去等への安定化をはかる方策を検討することとする。



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26年度では供用開始区域内の面積は771.65ha、人口は28,301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6,047m³/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

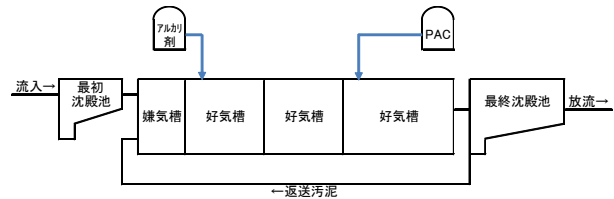


図-1 処理フロー

3 平成26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、PAC35mg/L、アルカリ剤11mg/Lを最適値と判断し、9月以降は一定添加率にて運転し、放流水りん濃度の事業目標値を下回る結果を得た。

平成26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。

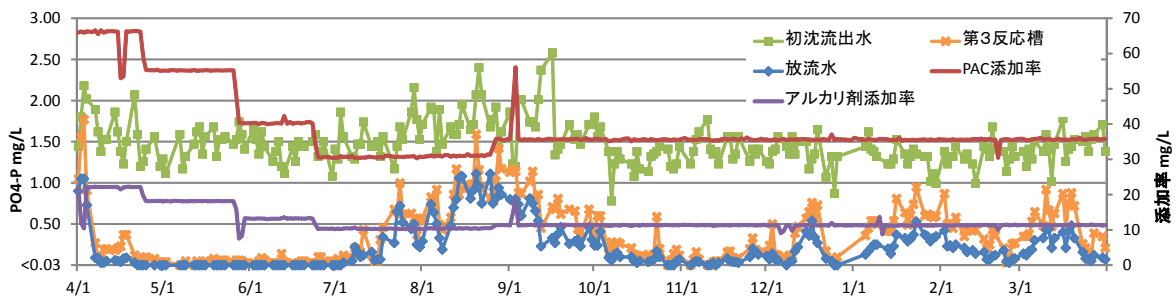


図-2 PO₄-Pと薬品添加率 (H26年度)

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。

PAC添加率35mg/Lとした9月下旬以降、ほぼ目標値を満足する結果を得たことから、緩やかなピーク形成が複数回確認される状況にあった。

よって、安定したりん除去を行うため、このピーク形成要因について調査を行い要因の推定等を行うことを課題とした。

4 日常モニタリング調査結果

平成27年度は、前年度の運転状況から 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-3に示す。

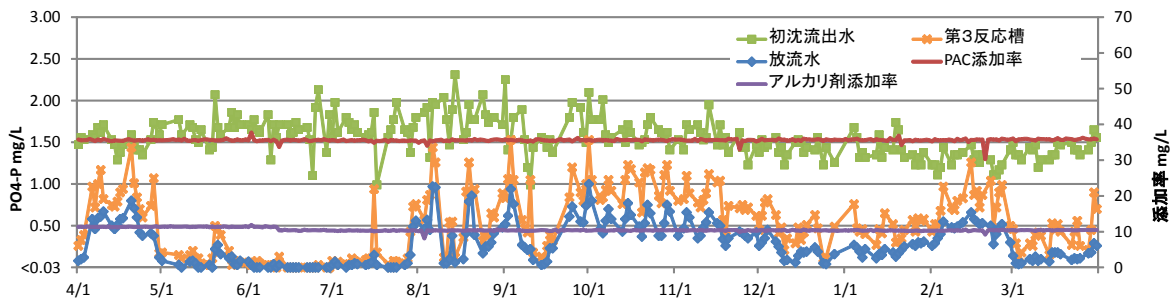


図-3 PO4-P と薬品添加率 (H27年度)

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た。しかし、その形成時期については昨年度と比較して相違があることから、季節変動によらないピーク形成要因があることが推察された。

表-1 精密試験結果 (年24回平均)

また、平成27年度は放流水りん濃度が前年度と比較して平均値が上昇した。これは、ピーク形成期間が秋季から冬期にかけて長期化したことが一因であった。

当会社にて実施した、公定法による精密試験結果を表-1に示す。

	mg/L					
	T-P			PO4-P		
	流入水	初沈流出水	放流水	流入水	初沈流出水	放流水
平成26年度	4.38	2.75	0.38	1.58	1.57	0.28
平成27年度	4.73	2.83	0.47	1.69	1.65	0.41

5 ピーク形成要因の推定

1) 平成27年度のピーク形成状況

①4月の状況

反応タンクの曝気倍率が平成26年度平均で3.0倍であったところ、平成27年4月平均として3.4倍であった。

放流水透視度及び SS 等が一時的に悪化した期間(4/20~26の間、終沈透視度が100cm以下)が含まれる。

当該期間において曝気不足の傾向が曝気倍率等により示されていることから、好気槽における生物学的りん除去工程に何らかの不足が生じたものと推定した

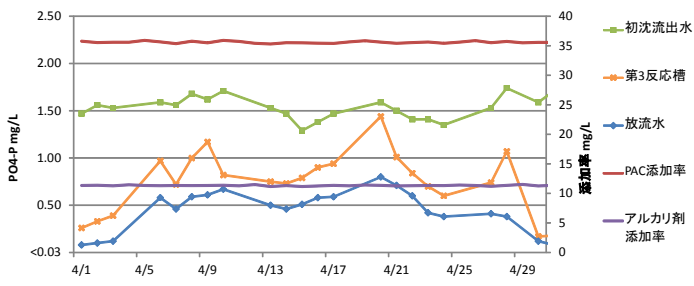


図-4 ピーク形成状況 (4/1~4/30)

②7月下旬~9月上旬の状況

当該期間中、脱水休止日の翌日の第3反応槽から濃度上昇が確認され、その翌日に放流水も上昇を示す現象が複数回確認されたことから、脱水休止による何らかの影響が濃度増加の要因となることが推定される。

(脱水休止日: 7/28, 8/4, 11, 16, 21)

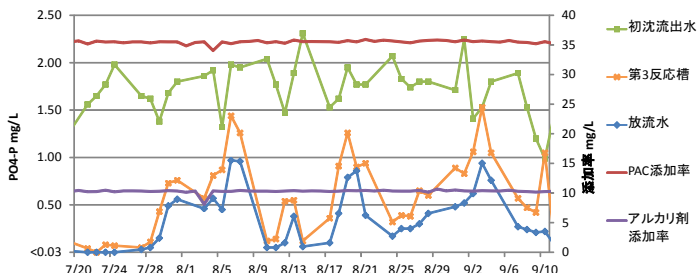


図-5 ピーク形成状況 (7/20~9/10)

③9月下旬~12月中旬の状況

9/1~11/3の間、污泥脱水機運転の休止日が毎週火曜日となっていた。この休止日設定期間中、毎週木曜日に放流水りん濃度のピークが形成された。

11/12に、脱水休止日を木曜日に変更したところ、放流水りん濃度のピーク形成が土曜日にシフトした。

状況を図-7に示す。

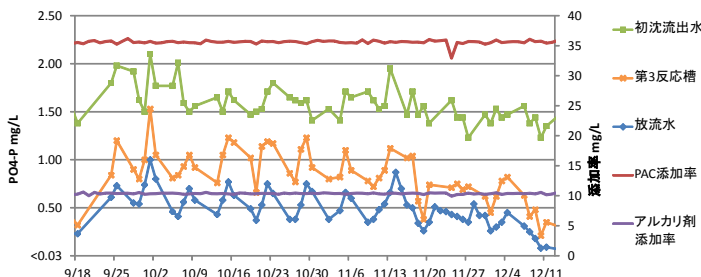


図-6 ピーク形成状況 (9/18~12/11)

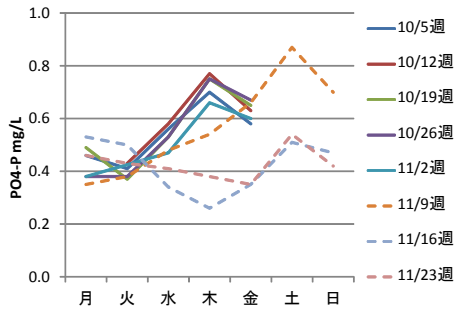


図-7 放流水 PO4-P の週変動

④2月の状況

当該期間中の慢性的な高濃度傾向に関しては、要因が状況からは明らかとなっていない。

2/28以降の低減傾向については、機器修繕に伴う2/22～24の脱水機休止期間後の運転再開及び汚泥貯留量増加の影響時期と一致していることから、低下傾向を示した要因と推定する。

脱水休止周期と放流水りん濃度のピーク発生周期が複数回一致し、かつ脱水休止曜日の変更により、放流水りん濃度のピーク発生曜日が変化したことから、脱水休止影響をピーク形成期間中の変動周期を形成する要因として推定した。

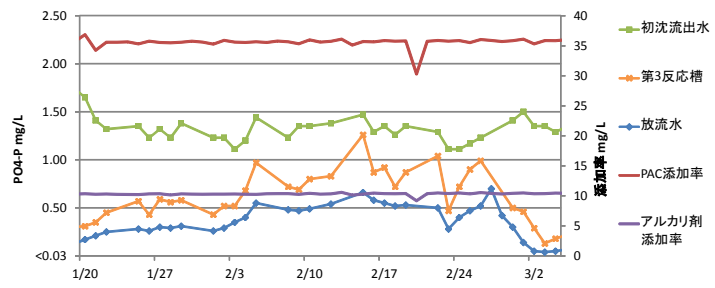


図-8 ピーク形成状況 (1/20～3/4)

2) 平成26年度との運転上の相違点

ピーク形成の長期化に対する考察にあたり、平成26年度との運転上の相違点について次に示す。

①返送率の変更

当センターでは、放流水の窒素除去率向上のため、主に反応タンク（嫌気槽）による脱窒反応促進を目的として、汚泥返送率を38%程度であったところ、6/12より50%に増加させている。

②松留中継ポンプ場及び川合中継ポンプ場の圧送管酸素注入量の増加

両中継ポンプ場では、管渠の腐食防止のため酸素注入設備が整備されており、適正な注入量となるよう調整を行っている。この運転状況から、両年度を比較すると平成27年度の方が夏期を中心に高い注入量としてきた結果となった。

3) ピーク形成の長期化要因の推定

平成27年度のピーク形成時の状況から、長期化に及んだ要因について推定する。

①有機物の不足影響

放流水の通日試験にてりん濃度測定を実施した8/11～14の状況を図-9に示す。8/11の脱水機休止日の設定により、比較的返流負荷が低い状況であったが、8/12の第3反応槽 PO4-P の急な上昇が確認された。その後、時間差を受け放流水通日試験 PO4-P にて8/12の2:00付近より上昇が確認された。

汚泥脱水機の運転休止日は、その分離液に含まれる、りん及び BOD（有機物）の高濃度排水が返流されない。

しかし、休止影響を受ける時間帯にある第3反応槽以降で増加を示し、その後の脱水機運転の影響が戻る時間帯から低下を示したことから、有機物の不足がりん除去に対して影響を与えているものと予測する。

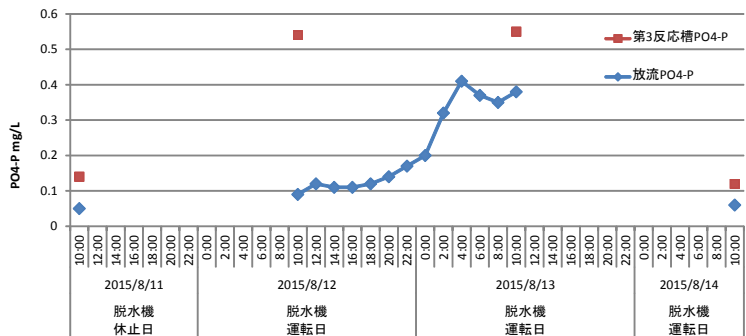


図-9 りん濃度の経時変動 (8/11～14)

ここで、反応タンク嫌気槽への有機物供給量の目安となる、流入水溶解性 BOD 及び初沈流出水 BOD の経年変化を図-10に示す。

4～9月にかけ、比較的高かつ大きな増減傾向を示した後、10～12月は比較的低く増減も少ない安定した値を示した。1月以降はやや増加傾向を示した。

当年度の放流水りん濃度ピーク形成期間として最も長期化した、平成27年9月下旬～12月中旬の時期と BOD の低い時期が一致することからも、その影響を受けたものと想定する。

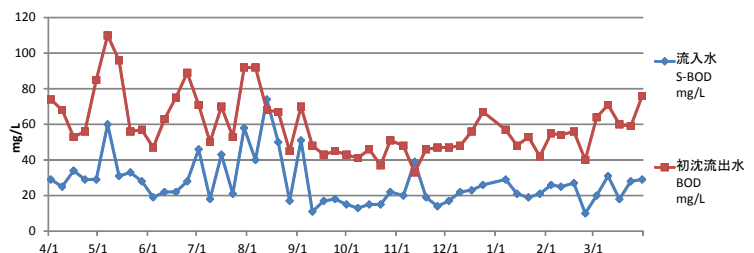


図-10 H27度流入水 S-BOD と初沈流出水 BOD

②返送率変更の影響

6/12より汚泥返送率を増加させることで、窒素除去率向上をはかった所であるが、昨年度の放流水全窒素平均値12.2mg/Lに対し、11.9mg/L程度にとどまった。

平成27年12月に、返送率変更後の反応タンク嫌気槽の窒素及びりんを中心とした調査を、汚泥処理逆流負荷の高低により、試料採取時刻を2区分することにより実施した。

この調査における嫌気槽内の溶解性 BOD は、低負荷時は初沈流出水が17mg/L のところ、嫌気槽内では1.4mg/L まで消費されていた。高負荷時においても、初沈流出水が40mg/L のところ、嫌気槽内では2.2mg/L まで消費されていた。

嫌気槽内では、脱窒反応の他生物学的りん除去機構によるりん放出についても有機物が必要とされており、その他を含む諸反応が有機物獲得のための競合関係にあることが予測される。

その中で有機物の不足により、りんの放出が慢性的に不十分な状況に傾倒したことが要因として推察される。

③中継ポンプ場酸素注入設備の酸素注入量増加の影響

平成27年度は、酸素注入量を前年度と比較して高い設定による運転を行っている。

過去の調査研究によると、川合ポンプ場の酸素注入設備の稼働が、反応タンク嫌気槽の ORP の上昇（りん除去に関しては悪化）傾向として影響を与えていることが示されている。

加えて、当該設備の酸素注入が、有機物の酸化分解に寄与することが予測されるため、流入 BOD 負荷が昨年度と比較して低下した要因として推察される。

しかし、当該設備の管路設備保全に対する重要性を勘案すると、注入設備の適切な稼働は不可避の状況にあるため、注入量をりん除去への影響を目的として変更することは不可能と考えるべきである。

6 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

PAC 添加率35mg/L の流量比例注入により、精密試験結果及び日常モニタリング調査結果にて、目標放流水 T-P の平均値0.6mg/L 以下に対して満足する結果を得たが、昨年度平均値より高い値を示したため、昨年度と同等の結果を維持するためには今後の運転方法の見直しを要する。

2) 放流水りん濃度のピーク形成要因について

生物学的りん除去機構に対し次のいずれかがピーク形成要因となることが推定された。

- ・ 汚泥脱水機の休止・再開等から発生する有機物負荷量の増減の影響を受けた。
- ・ 曝気不足等の処理工程上の障害から不足が生じた。
- ・ 汚泥返送率の増加に伴い、生物学的りん除去に必要な有機物の不足傾向が生じた。
- ・ 中継ポンプ場の酸素注入量の増加により、反応タンク嫌気槽に対する ORP の低下や水処理施設への負荷量の低下が影響した。

なお、りん濃度に対する変化の他は、水質項目測定値に顕著な変化は確認されなかった。

また、汚泥処理への影響については、汚泥処理 No.2濃縮機（ベルト濃縮機）にて、一時的な濃縮汚泥濃度低下が確認されたが、給泥流量の調整等により継続運転を可能とした。

7 今後の課題

次年度以降における凝集剤添加設備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。

1) 汚泥返送率の見直し

窒素除去を目的とした返送率増加が、有機物の不足傾向の制約から想定した効果が得られなかったことから、汚泥返送率の見直しを行う。有機物供給の方策の検討を要することとなる。

2) 放流水りん濃度のピーク形成時の添加率制御の実施

PAC 添加率35mg/L として放流水りん濃度が低い値にて安定した以降、添加率一定にもかかわらず当該濃度の上昇及び下降する状況が当年度においても確認された。

このことから、PAC 添加率に依存しない濃度のピーク形成要因に対し、一定条件の設定のもと、添加率を増加した運転方法について実施・検証していく。

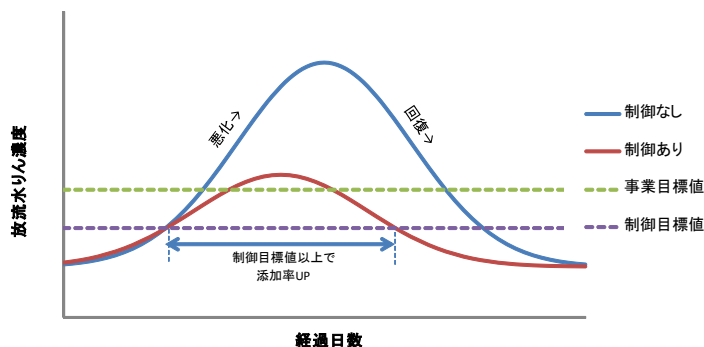


図-11制御イメージ例