

# 「生物学的りん除去の安定化のための運転方法の検証について その3」 調査研究報告書（令和2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おり、平成29年度からは第3期の水源環境保全・再生のための取組が5か年継続されることとなった。

平成26～令和元年度において、目標とされる放流水りん濃度0.6mg/L以下に対し、いずれの年度においても達成してきたが、目標値を上回る放流水りん濃度のピーク形成があり、安定性の向上が望まれる。

りん除去は、当該設備により添加されるPACによる反応タンクでの物理化学的除去によるものの他、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添加率の制御が必要とされる。

本調査研究では、放流水りん濃度の変動傾向等から、適切な有機物の供給が必要とされることが推定されており、平成30年度、令和元年度に引き続き、生物学的りん除去の安定化に必要な運転方法の検証を行い、りん濃度上昇時の対処として日常的に可能な操作手順を整理する。



写真-1 凝集剤添加設備  
(手前PAC, 奥アルカリ剤)

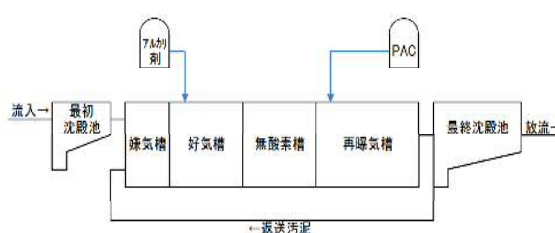


図-1 処理フロー

## 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23,759m<sup>3</sup>/日、認可計画処理水量17,116m<sup>3</sup>/日、現有処理能力15,000m<sup>3</sup>/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。令和元年度末の処理区域内面積は834.54ha、人口は27,596人となっており、流入下水量は平均6,647m<sup>3</sup>/日である。

水処理施設の運転方式は、AOAO法(嫌気・硝化内生脱窒法)としているが、水処理能力に対し流入下水量が少ないことから、3時間帯に区分し曝気装置等の間欠運転を行っている。

PAC及びアルカリ剤は水量比例注入とし、添加箇所はPACが反応タンク第4槽(最終槽)上流部、アルカリ剤は第2槽としている。

## 3 日常モニタリング調査結果

令和2年度の簡易測定器(パックテスト)によるPO<sub>4</sub>-P測定結果と薬品添加率の関係を図-2に示す。

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添加率は、4に示す添加率制御方法により35mg/L及び45mg/Lのいずれかとした。当年度においても放流水のりん濃度のピーク形成が確認された。

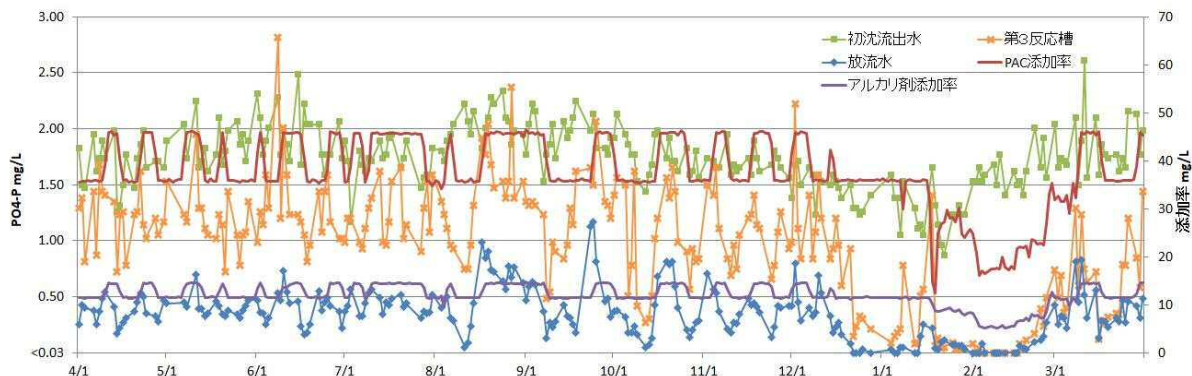


図-2 PO<sub>4</sub>-P測定結果と薬品添加率の関係

※令和3年1月18日から3月9日までのPAC添加率は、汚泥処理設備の故障対応に伴う初沈池排水ポンプ運転(1月16日から2月15日)他のため、通常の初沈流入水量に対する注入比率一定制御運転から固定速運転(流量一定運転)に切り替えているため、変動が大きくなっている。

#### 4 PACの添加率制御の状況

令和2年度の添加率制御方法は平成28年度以降と同様の方法とし、日常モニタリング調査における放流水PO<sub>4</sub>-P濃度に応じ、添加率を35mg/L及び45mg/Lに設定した。添加率の設定と放流水PO<sub>4</sub>-Pの関係を図-3に示す。令和2年度は19回の添加率の制御操作を行い、平成27年度に35mg/Lの一定添加率とした時と比較して回復に要した日数は短縮されている。

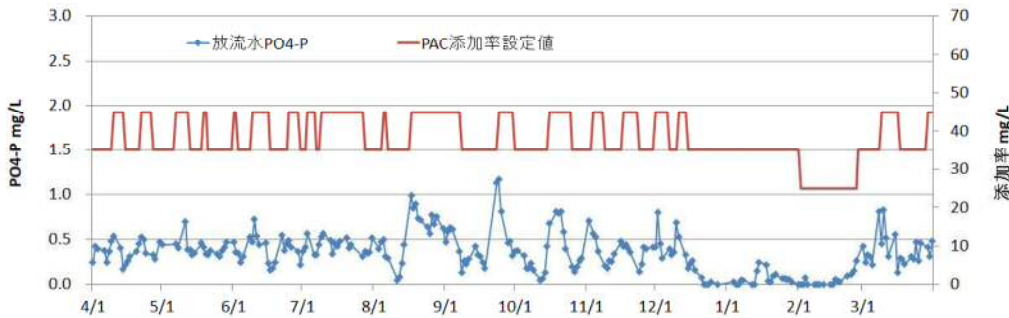


図-3 添加率の設定と放流水PO<sub>4</sub>-Pの関係

※令和3年1月18日から3月9日までのPAC添加率設定値は、初沈池排水ポンプ運転（1月16日から2月15日）他の理由により固定速運転（流量一定運転）としているため、流量算定のための平均添加率を表示している。（注入比率一定制御の設定値とは異なる。）

#### 5 有機物供給の効果検証

放流水りん濃度のピークの発生については、過年度の調査から生物学的りん除去に必要とされる有機物の不足が要因と推察される。効果的な対処方法として、流入水の一部初沈バイパスについて効果検証を行ってきたが、特に夏季において放流水りん濃度の上昇傾向がみられるため、この時期の検証を行うこととした。また、汚泥処理（初沈汚泥及び余剰汚泥の混合比）に対する影響が大きいため、バイパス比率の調整方法としてバイパスゲートの開度調整に加え、バイパス時間による調整の検証を行うこととした。

##### 1) 調査期間

令和2年8月5日（水）～9月30日（水）

バイパス期間は以下のとおり。

令和2年8月5日（水）～8月11日（火）、8月31日（月）～9月6日（日）、9月14日（月）～9月23日（水）

※当初の計画では7日～14日程度の期間、連続してバイパス運転を実施する予定であったが、降雨による流入下水量の増加、重力濃縮汚泥界面の低下などにより、水処理、汚泥処理運転への影響を回避するため、期間の短縮を行った。

##### 2) 流入水の初沈バイパス比率について

流入水の20～30%程度を目標とした。

##### 3) 調査結果

調査期間中の放流水PO<sub>4</sub>-P濃度の経時変化を図-4に示す。



図-4 放流水PO<sub>4</sub>-Pの経時変化

##### ①ピーク抑制効果

・バイパス調査開始後バイパス比率として20%以上が確保されれば、放流水PO<sub>4</sub>-Pが低減され、またバイパス未実施の期間においては放流水PO<sub>4</sub>-P濃度の上昇及び添加率の増加が必要となる傾向を示したことから、バイパス操作による有機物投入が有効に効果を示したものと推察する。

※バイパス実施中の9月23日に放流水りん濃度の顕著な上昇がみられるが、これは9月16日にバイパスゲートの操作ミスがあり、その後の脱水機運転計画の変更（9月21日の脱水機運転を停止）が必要となったためである。過年度の運転状況より脱水機の運転を停止すると概ね2日後に放流水りん濃度の上昇傾向が確認されている。また、バイパス未実施の10月上旬に低下がみられるが、降雨の影響で流入下水量が増加し、これによりPAC添加量が増加したためと考えられる。

##### ②汚泥処理への影響

・過年度の調査からバイパス実施中は、汚泥脱水機運転の含水率及び薬注率がやや上昇する傾向が確認され、バイパス操作による余剰汚泥発生量の増加に伴う初沈/余剰比の減少によ

る影響であることが推察されたが、今回の調査においてはバイパス比率の調整方法としてバイパスゲートの開度調整に加え、バイパス時間による調整を実施しバイパス比率として20%程度に調整すると汚泥脱水機運転に対する大きな影響は認められなかった。ただし、重力界面は低下することとなるので長期間の連続的な実施には適さないものと判断する。

③水処理への影響

・調査範囲において、曝気風量の増加も軽微な範囲であり、その他支障は確認されなかった。

④今後の課題

・水処理への影響

曝気風量の増加は軽微な範囲であったが、今後の運転においても注意する必要がある。

・汚泥処理への影響

バイパス比率として20%程度に調整することで大きく影響することはなかったが、流入水量によりバイパス比率が変動するため、今後の運転においても注意する必要がある。

・バイパス比率の調整

バイパスゲートによる開度調整に加え、バイパス時間による調整を実施すると操作回数が増加することとなり、操作ミスが発生し易くなるため注意する必要がある。

⑤流入水の一部初沈バイパスについての有効性

・流入水の一部について最初沈殿池をバイパスする方法は、長期間の連続的な実施には適さないが、運転条件を整えた上で1週間程度の実施は可能であり、放流水りん濃度上昇のピークカット、ピーク期間の短縮化に有効と考えられる。また、水処理、汚泥処理への影響の回避、バイパスゲートの操作ミスの回避は運転条件の設定、操作の簡略化・手順の整備により可能と考えられる。

6 放流水りん濃度上昇時の対処

PAC添加率を放流水りん濃度変動に応じて増減させる運転方法を継続して実施することにより、放流水りん濃度（平均）を事業目標値以下に維持できているが、生物学的りん除去効果の変動に伴うりん濃度変動が認められる。これを緩和させるためには、反応タンクへ流入する有機物の確保が重要であり、流入水の一部について最初沈殿池をバイパスする方法を検証してきたが、これまでの結果から、りん濃度上昇時における対処として日常的に可能な操作手順を整理することとした。

1) 放流水りん濃度上昇時の傾向について

放流水りん濃度上昇について、ピーク発生回数及び期間を表-1に示す。概ね4～5月、12月～3月は回数が少なくピークの継続期間も短くなっているが、一方で6月～11月は回数としては同様であるが1回あたりのピーク期間が長期化する傾向がある。特に平成30年度以降の3年間では、20日間を超える長期のピークが7月～9月に集中している。（9月については、8月に発生したピークが継続しているケースがあり、これは表-1には反映されていない。）

2) 放流水りん濃度上昇時の対処方法について

放流水りん濃度上昇について、特にピークが長期化し易い6月～11月について、ピーク発生回数と内訳を表-2に示す。特に平成30年度以降の3年間では、20日間を超える長期のピークは7月、8月に集中しており、また、10日間を超えると20日間以上の長期ピークとなり易い傾向が認められ、原因としては過去の調査より反応タンクへ流入する有機物の継続的な不足と考えられる。

この対処方法としては、流入水の一部について最初沈殿池をバイパスする方法が有効と考えられる。この方法については、長期間の連続的な実施には適さないが、運転条件を整えた上で1週間程度の実施は可能であり、7月～9月の期間に条件が整っている場合に実施することで、放流水りん濃度上昇のピークカット、ピーク期間の短縮化が可能と考えられる。

表-1 ピーク発生回数及び期間

年度	R2	R1	H30	H29	H28	H27
ピーク発生回数	18	19	14	14	11	9
(4月) 回数	2	1	1	2	1	1
最長ピーク期間	5	5	6	14	5	23
(5月) 回数	2	2	3	2	1	0
最長ピーク期間	6	6	10	10	11	0
(6月) 回数	3	2	1	1	2	0
最長ピーク期間	8	10	7	7	22	0
(7月) 回数	2	1	1	2	1	0
最長ピーク期間	19	43	7	13	18	0
(8月) 回数	2	1	1	0	1	2
最長ピーク期間	22	22	55	0	9	9
(9月) 回数	1	2	0	2	2	2
最長ピーク期間	7	7	0	19	15	30
(10月) 回数	1	2	2	1	1	1
最長ピーク期間	10	15	11	6	11	12
(11月) 回数	2	2	1	2	1	2
最長ピーク期間	7	6	19	6	6	7
(12月) 回数	2	0	1	0	0	0
最長ピーク期間	6	0	4	0	0	0
(1月) 回数	0	3	1	2	0	0
最長ピーク期間	0	6	6	7	0	0
(2月) 回数	0	0	1	0	0	1
最長ピーク期間	0	0	5	0	0	22
(3月) 回数	1	3	1	0	1	0
最長ピーク期間	8	6	5	0	3	0

表-2 ピーク発生回数と内訳(6月～11月)

年度	R2	R1	H30	H29	H28	H27
(6月)	回数	3	2	1	1	2
	10日間未満	3	1	1	1	1
	10～20日間未満	0	1	0	0	0
	20日間以上	0	0	0	0	1
(7月)	回数	2	1	1	2	1
	10日間未満	1	0	1	1	0
	10～20日間未満	1	0	0	1	1
	20日間以上	0	1	0	0	0
(8月)	回数	2	1	1	0	1
	10日間未満	1	0	0	0	1
	10～20日間未満	0	0	0	0	0
	20日間以上	1	1	1	0	0
(9月)	回数	1	2	0	2	2
	10日間未満	1	2	0	1	1
	10～20日間未満	0	0	0	1	1
	20日間以上	0	0	0	0	0
(10月)	回数	1	2	2	1	1
	10日間未満	0	1	1	1	0
	10～20日間未満	1	1	1	0	1
	20日間以上	0	0	0	0	0
(11月)	回数	2	2	1	2	1
	10日間未満	2	2	0	2	1
	10～20日間未満	0	0	1	0	0
	20日間以上	0	0	0	0	0



### 3) 放流水りん濃度上昇時の対処操作について

放流水りん濃度上昇時の対処操作として、運転条件、運転操作を以下に示す。

#### 【運転条件】

○実施時期；7月～9月

○放流水りん濃度；日常パケットテスト（ $PO_4-P$ ）放流水0.4mg/L超過が10日間以上継続

○実施期間；1週間程度 ○MLSS；2,200mg/L以下 ○重力濃縮污泥界面；1.0m～1.5m程度

※気象条件（台風の接近等）、その他を総合的に判断する。

#### 【運転操作】

○バイパスゲート操作

①No.1バイパスゲート開度；全閉より17回転ハンドル開操作（適宜調整）

②一部初沈バイパス時間；9:30機器点検時にゲート開、22:00夜間巡視時にゲート全閉

③一部初沈バイパス期間；1週間程度とする。

○水処理施設等の設定

①流入水の初沈バイパス比率の上限；污泥処理への影響を考慮し、20～30%を目標に調整する。

②水処理・污泥処理運転；

・MLSS濃度の上昇に対応するよう余剰污泥の引き抜き量を適宜調整する。

・反応タンクへの負荷量が増加し曝気風量が不足する可能性があるため、曝気風量を適宜調整する。

・降雨の影響等により水量が増加している場合、または増加が予測される場合、適時、一部初沈バイパス運転を中止する。

○その他

・一部初沈バイパス終了後のバイパス水路の清掃については、9月下旬に実施することとし清掃実施までの期間は1回/日の頻度でゲート開閉によるフラッシングを実施する。

## 7 結果のまとめ

### 7.1 調査結果のまとめ

#### 1) りん濃度について

・PAC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い、ピーク形成期間を短縮することができた。

#### 2) 水処理施設への有機物供給による放流水ピーク形成抑制効果について

・初沈バイパス調査開始後に放流水 $PO_4-P$ が低減され、有機物投入が有効に効果を示した。

・初沈バイパス運転については、長期間の連続的な実施には適さないが、運転条件を整えた上で1週間程度の実施は可能であり、7月～9月の期間に発生し易い長期間のピークに対して、条件を整えて実施し、放流水りん濃度上昇のピークカット、ピーク期間の短縮化が可能と考えられる。

### 7.2 研究成果（過年度の研究成果を含む。）

#### 1) 運転方法

・当センターのりんの挙動に関する調査を行い、放流水りん濃度の変動緩和に関する対策として、負荷変動の主因となる污泥処理棟の逆流負荷の軽減及び平準化を図った。

・PAC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い、ピーク形成期間の短縮に寄与した。

・重力濃縮槽の污泥界面を1.5m以上に高く維持することで、反応タンクに流入する有機物の確保に有利となるが、高水温時は污泥処理の悪化原因となる可能性がある。

#### 2) 放流水りん濃度の上昇時の処置（反応タンクに流入する有機物の確保）

・流入水の20～30%程度を上限とした初沈バイパス運転により、ピーク抑制効果が期待される放流水りん濃度傾向を確認した。

・放流水りん濃度上昇時における対処として、日常的に可能な操作手順を整理した。

#### 3) 生物学的りん除去機構に対するピーク形成要因（影響因子）

・污泥脱水機の休止・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りん処理（過剰摂取現象等）の不足が生じた。

・窒素除去を目的とした污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。