

2-2-2 リン酸計増設等による PAC 注入管理の改善について

東部第一下水道事務所 砂町水再生センター 足立 悠介

1. はじめに

砂町水再生センター（以下「砂セ」という。）内にある東部スラッジプラント（以下「東プラ」という。）では、砂セで発生した汚泥（約 32,000 m³/日）に加えて、三河島、落合、中野、みやぎ、有明の各水再生センターから汚泥（約 27,000 m³/日）を受け入れている。このため、砂セでは、東プラからの汚泥処理返流水由来のりん負荷が非常に高くなっており、砂セの水処理へ流入するりん負荷量の半分以上を汚泥処理返流水が占めている。砂セの水処理系列の中でも、主に汚泥処理返流水が流入している東陽Ⅰ、Ⅱ系水処理施設は特にりん処理が不安定になりやすい傾向があり、一時的に放流水のりん濃度が法令基準値近くまで上昇する場合があるため、反応槽に設置しているりん酸計の値をもとにポリ塩化アルミニウム（以下「PAC」という。）の注入を行っている。

しかし、これまでは東陽Ⅰ、Ⅱ系においてりん酸計が 2 台しか設置されていなかったため、各槽のりん酸性りん濃度に応じた PAC の適切な注入管理ができず、槽によって無駄な注入や注入不足が生じていた。また、特にりんが不安定になった際には、PAC が長期間連続で注入され東陽Ⅰ、Ⅱ系の PAC 貯留量が不足する事態も発生していた。

そこで、りん酸計の増設に向けた調査結果をもとに、工事要望を行ったところ、令和 4 年 10 月に増設が実現したため、今回その効果の検証を行った。また、PAC 貯留量不足への対策として、東陽Ⅲ系の PAC 貯留槽からの転送配管を設置し、一定の効果が得られたため合わせて報告する。

2. リン酸計増設について

2.1 リン酸計の設置状況と課題

東陽Ⅰ、Ⅱ系反応槽におけるりん酸計の設置状況（増設前）を図 1 に示す。令和 4 年 10 月以前については、東陽Ⅰ、Ⅱ系反応槽 16 槽のうち代表槽である 3-1 号槽及び 6-2 号槽のみ、りん酸計が設置されていた。しかし、図 2 に示す東陽Ⅰ、Ⅱ系各槽のりん酸性りん濃度の推移（令和 3～令和 4 年度）からもわかるように、同じ系列内であってもりん酸濃度に大きな差が生じる場合がある。各槽の PAC 注入制御はりん酸計により行っているため、代表槽のみ高い場合は PAC 注入に無駄が生じ、逆に代表槽以外が高い場合は適切な PAC 注入ができないという問題が生じていた。

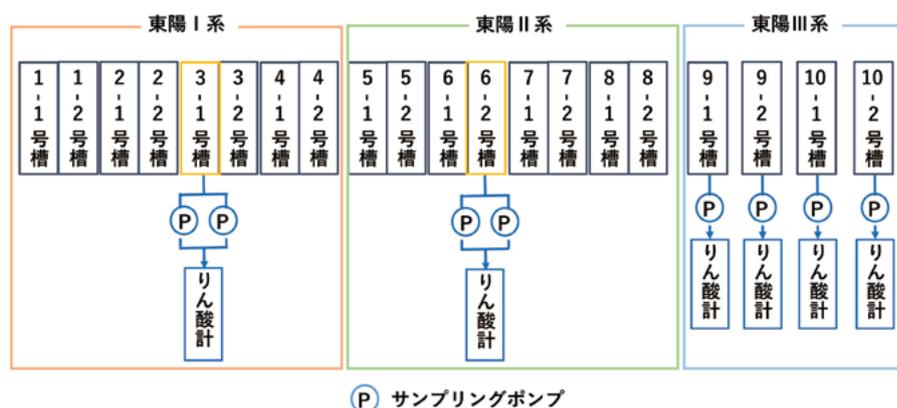


図 1 東陽Ⅰ、Ⅱ系反応槽におけるりん酸計の設置状況（増設前）

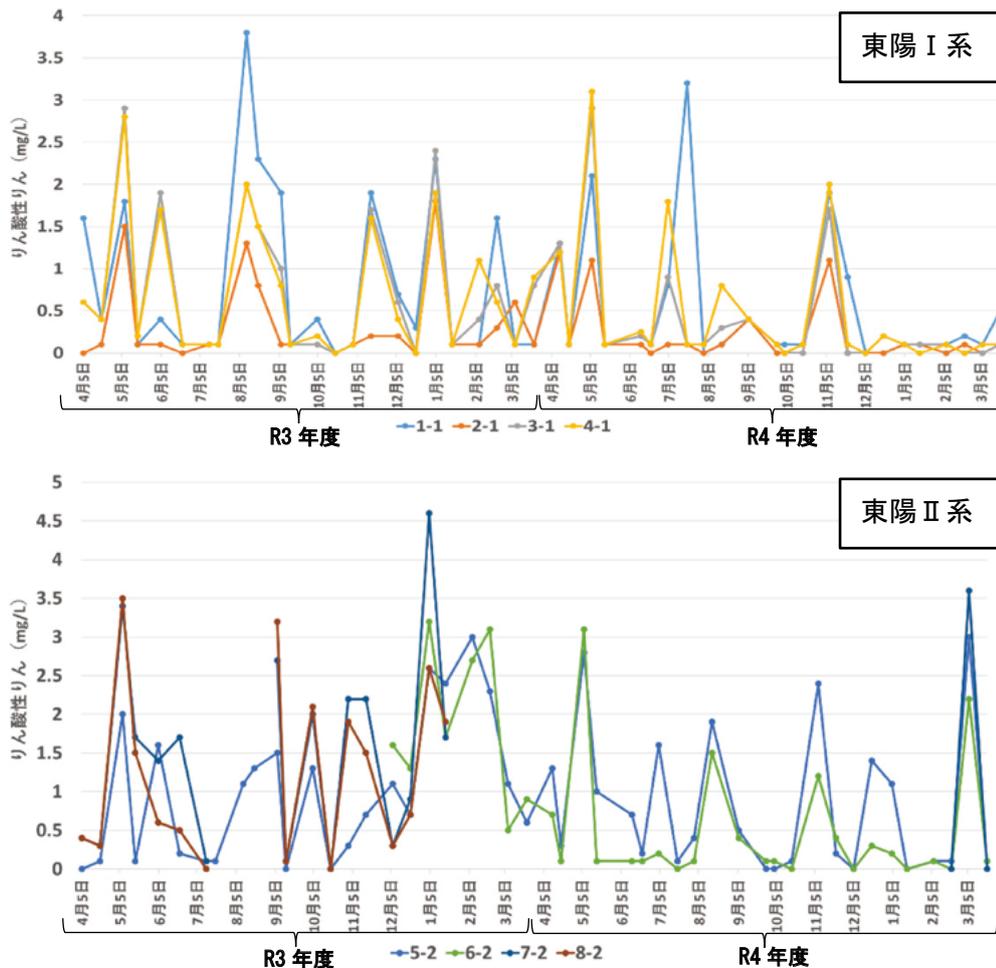


図2 東陽 I、II系各槽のりん酸性りん濃度推移 (R3~R4)

2.2 りん酸計増設に向けた検討

上記のような課題を解決するためにりん酸計増設に向けた検討を行った。各槽の水質の把握を優先した理想的なりん酸計の増設案としては、図3のように東陽系の各槽にりん酸計を設置する案が考えられた。しかし、りん酸計の導入コストが高いこと(約2,000万円/台以上)や台数が大幅に増えることによる運用コストの増加等もあり、この案は現実的ではないと考えられた。



図3 東陽系水処理施設におけるりん酸計の増設案 1

そこで、図4のように採水箇所を1時間ごとに交互に変えることで、1台のりん酸計で2槽測定する方法を取ることにした。この方法であれば、連続測定ではなくなるものの、りん酸計を8槽に増設する案に比べ台数を半分以下に減らすことが可能となり、大幅にコストを削減することができる。

なお、PACの注入方法については、交互に測定している槽のどちらかが設定値を超えた場合、4槽にそれぞれ1 L/min 注入する制御とした（例えば、1-1号槽が設定値を超えた場合、1-1、1-2、2-1、2-2号槽にそれぞれ1 L/min ずつ注入）。

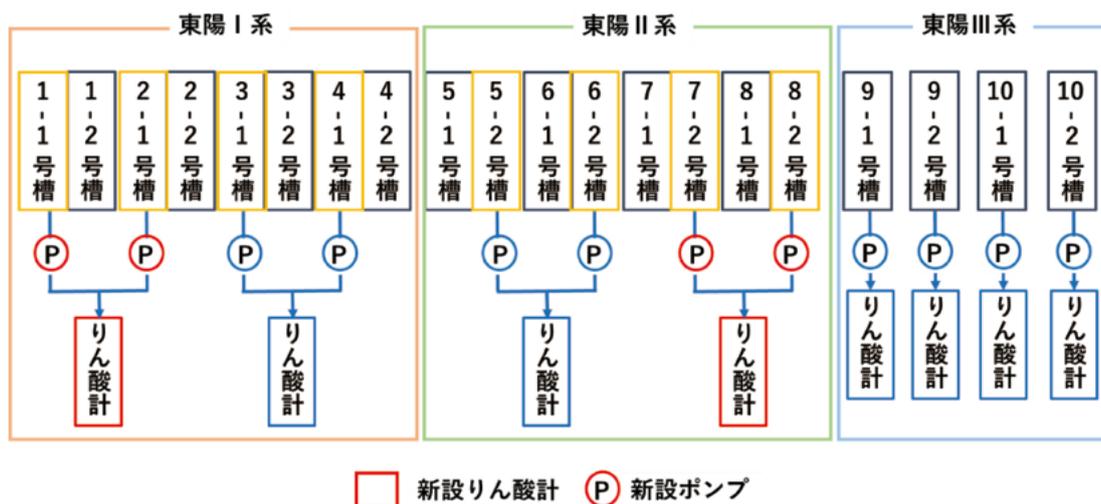


図4 東陽系水処理施設におけるりん酸計の増設案 2

2.3 りん酸計増設による効果

次に、りん酸計増設の効果を検証した。りん酸計増設の効果として第一に考えられるのが PAC 注入量の削減である。図5にりん酸計増設以降（令和4年10月～）と過去3か年平均（令和1～令和3年度）のPAC注入量を比較した結果を示す。令和5年2月については、設備故障による余剰汚泥の引抜制限により、汚泥が流出したことが原因でPAC注入量が非常に多くなっているが、それ以外の月については、概ねりん酸計増設後のほうがPAC注入量は少なくなっていることが分かった。比較期間のPAC使用量の合計（2月の結果を除く）は、過去3か年平均 約363,000 Lに対し、りん酸計増設後 約189,000 Lであった。ただし、PAC注入量はその時のりん処理の状況によって大きく左右されるため、今後も注入量の変化を継続して検証していく必要がある。

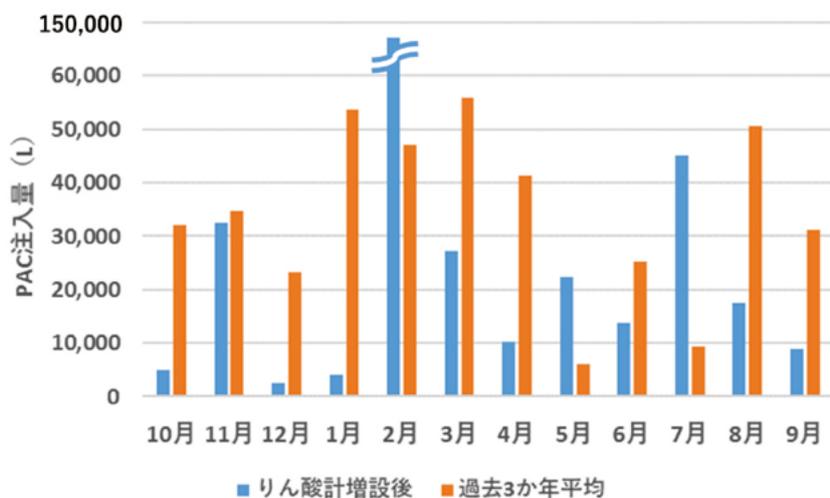


図5 PAC注入量の比較（りん酸計増設後、過去3か年平均（R1～R3年度））

次に、代表槽（3-1号槽、6-2号槽）のみ PAC 注入開始のりん酸性りんの設定濃度（2.5mg/L）を超え、それ以外の槽については設定濃度を越えていない事例を調べた。図6に東陽I系における一例を示す。仮に、増設以前のように測定が代表槽のみだとすると、PAC 注入の設定濃度 2.5mg/L を超えている期間は東陽 I 系全槽に PAC が注入され、過剰に PAC が消費されてしまうが、りん酸計増設により代表槽以外への注入を制御することができる。このような事例が令和 5 年 4 月から 9 月までの期間にどの程度あったか調べ、代表槽が設定値を超えた際に、各系列全槽に 1 時間 PAC が注入されると仮定した場合、りん酸計増設によって PAC 注入量をどの程度削減できたか推測を行った。その結果、今年度（4 月～9 月）は、少なくとも東陽 I 系で約 10,000 L、東陽 II 系で約 7,000 L の PAC が削減できていることが分かった。

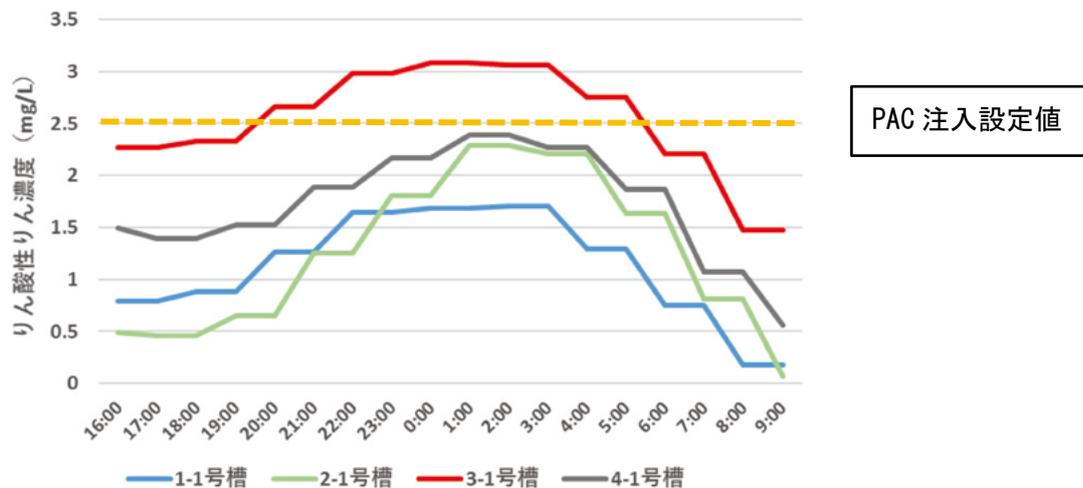


図6 代表槽のみりん酸計測定値が高い事例（東陽 I 系）

3. PAC 貯留量不足への対策について

図7に東陽系における PAC の注入配管図（整備前）を、図8に各水処理系統における年間 PAC 使用量（過去3か年平均（令和2～令和4年度））を示す。東陽 I、II 系貯留槽は、東陽 III 系貯留槽に比べて小さく、りん処理が特に不安定になった際には、PAC 貯留量が枯渇する事態が発生していた。逆に、図8からわかるように東陽 III 系は PAC 使用量に対して貯留槽が大きいことや注入先が固定の槽であることにより、貯留槽内の PAC の入れ替わりが少ない。そのため、図9に示す各処理系統の貯留槽内の PAC 性状比較からもわかるように、PAC の劣化による白濁や配管の閉塞が発生し、定期的な洗浄作業等が必要であった。

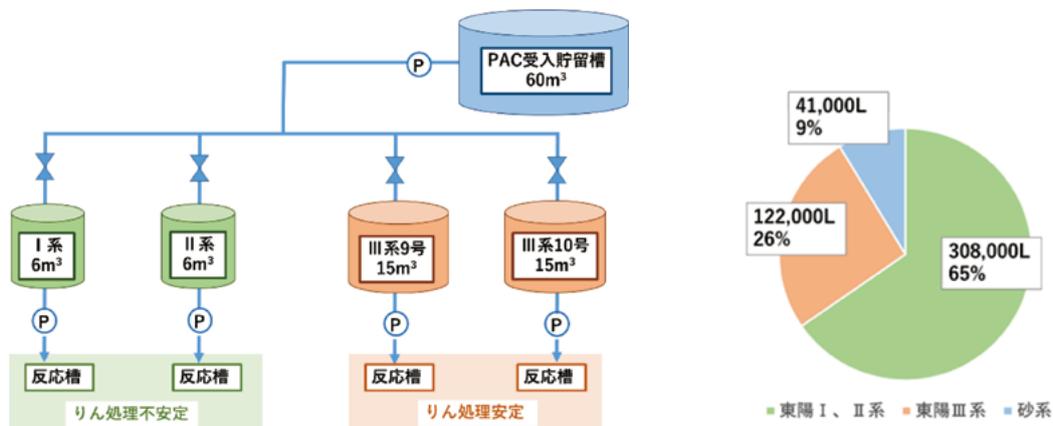
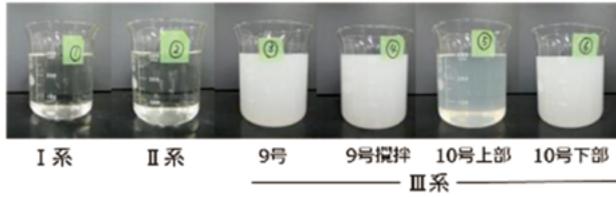


図7 東陽系における PAC 注入配管図（整備前） 図8 各水処理系統における年間 PAC 使用量（過去3か年平均（R2～4年度））



	I系	II系	9号	9号攪拌	10号上部	10号下部
濁度(度)	1.5	3.2	628	583	37	1061

図9 各処理系統の貯留槽内のPAC性状比較

そこで、図10のように転送配管を設置し、既存のポンプを活用することでバルブ操作だけで東陽III系貯留槽のPACを東陽I、II系貯留槽へ転送できるように施設変更を行った。これにより、PAC枯渇時には東陽III系貯留分を活用することが可能となり、ポンプの新規設置や大きな運用方法の変更をすることなく、東陽I、II系のPAC貯留量不足への対応力を向上させることができた。各PAC貯留槽満杯時における東陽I系（又は東陽II系）全体への連続注入可能日数は、転送配管整備前は6.3日であったが、整備後は8.9日に伸びた。さらに、定期的に東陽III系貯留槽内のPACを東陽I、II系へ転送させることで、PAC劣化、配管閉塞の防止も可能となった。

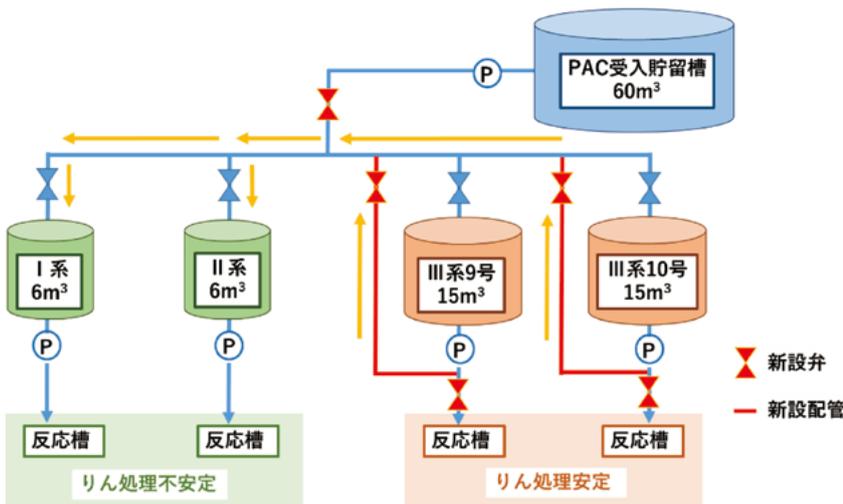


図10 東陽系におけるPAC注入配管図（整備後）

4. まとめ

- ・りん酸計の増設を要望し、コスト等を勘案したりん酸計増設を実現することができた。
- ・りん酸計増設以降、東陽I、II系におけるPAC注入量は過去3か年平均（令和1～令和3年度）と比較して減少していることがわかった。
- ・りん酸計増設により、りん酸性りん濃度が低い槽への過剰なPAC注入を防ぐことができ、令和5年4～9月の期間において、PACを東陽I系で約10,000L、東陽II系で約7,000L削減できていることが推測された。
- ・東陽III系貯留槽から東陽I、II系貯留槽への転送配管を設置することで、東陽I、II系のPAC貯留量不足への対応力向上と東陽III系のPAC劣化、配管閉塞の防止が可能となった。