

2-1-3 LAC 注入による汚泥処理返流水のりん負荷低減について

東部第一下水道事務所 砂町水再生センター 杉本 太郎
代田 吉岳
山本 崇人
(現・みやぎ水再生センター)

1. 概要

東部スラッジプラント(以下、東プラ)では、砂町水再生センター(以下、砂セ)で発生した汚泥(25,000 m³/日)に加えて、五つの水再生センターからの汚泥(計 26,000 m³/日)を集約処理している。東プラで発生する汚泥処理返流水はすべて砂セへ流入しており、砂セの水処理にかかるりん負荷量の半分以上が、この返流水に由来するものである。そこで、返流水のりん負荷を低減するため、液体塩化アルミニウム(以下、LAC)を注入している¹⁾。

本調査では、下水試料を用いた机上試験により、LAC とりんの反応効率及び LAC 過注入によるりんの再溶出について調査した。次に、その結果に基づいて、実施設における LAC の注入箇所及び注入量を最適化し、汚泥処理返流水中のりん負荷が効率よく低減できることを実証した。

2. LAC とりんの反応効率(机上試験)

LAC を注入する際、汚泥の性状によって、固定できるりんの量に差があることが知られている²⁾。そこで、東プラでの汚泥処理工程のうち、複数箇所から試料を採取し、LAC 注入によるりんの固定量を調べた。各試料をビーカーに 200 mL 取り、設定した注入率(0～0.1%v/v)となるように LAC を加え、10 分間攪拌した。注入前後の試料をろ過し、ろ液に含まれるりん酸性りん(以下 PO₄-P)濃度の差から、りんの固定量を求めた。この際、LAC とりんの反応効率を数値化するために、LAC 中のアルミニウム原子と、固定されたりん原子のモル比を(1)式で算出した。

$$(\text{モル比}) = \frac{\text{添加した Al のモル数}}{\text{除去した P のモル数}} = \frac{(\text{LAC 注入量} * \text{LAC の Al 含有率} / \text{Al 原子量})}{(\text{固定化した P の量} / \text{P 原子量})} \quad \dots (1)$$

モル比の値が小さいほど、同じ量の LAC で、多くのりんを効率よく固定できることを意味する。表 1 に示すように、遠心脱水分離液への添加は、濃縮汚泥や混合汚泥(一沈汚泥と余剰汚泥の混合物)への添加よりもモル比が小さく、LAC とりんの反応効率が高いことがわかる。これは、SS が少なく PO₄-P 濃度が高いという、遠心脱水分離液の性状によるものだと考えられる。

表 1 各試料の性状とモル比

試料	SS (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	モル比
遠心脱水分離液	400 ～ 500	90 ～ 100	1.0 ～ 1.2
濃縮汚泥	17,000 ～ 25,000	160 ～ 200	1.2 ～ 1.4
混合汚泥 (一沈+余剰)	4,400 ～ 4,900	26 ～ 30	1.3 ～ 1.5

3. LAC 過注入によるりんの再溶出（机上試験）

LAC は強酸性であることから、過剰注入すると pH が低下し、りんが再溶出することが知られている³⁾。そこで、遠心脱水分離液槽から採取した試料を用いて、LAC 注入率と再溶出の関係を机上試験で調査した。試料をビーカーに 200 mL 取り、設定した注入率になるよう LAC を注入して、10 分間攪拌した。その後試料をろ過し、PO₄-P 濃度と pH を測定した。結果を図 1 に示す。LAC 注入率の上昇に伴い pH は低下し続ける。一方、りんが固定されることで PO₄-P 濃度が一旦低下するが、ある点からりんの再溶出が始まり PO₄-P 濃度が上昇した。図 1 の下部には、再溶出が起こるまでの各区間におけるモル比を示した。LAC 注入率が上がると、モル比が徐々に大きくなることから、LAC とりんの反応効率が徐々に低下することがわかる。

また、東京都区部では大半が合流式下水道であり、降雨の影響を受けやすい。このため、遠心脱水分離液の水質変動が大きく、試料採取日によって、LAC 注入時の挙動にばらつきが見られた（図 2）。再溶出が始まる際の LAC 注入率と pH も一定ではなかった（表 2）。特に早い段階で再溶出が起こった試料（9/17 と 10/2）は、いずれも降雨直後に採取されたものであった。一方、降雨直後の試料でも、9/9 のように再溶出が起こりにくい場合もあった。

以上の結果から、(1)LAC 注入率が上がるとモル比が大きくなる、(2)LAC の過注入によりりんの再溶出が起こる、(3)過注入となる LAC 注入率にはばらつきがある、という知見が得られた。

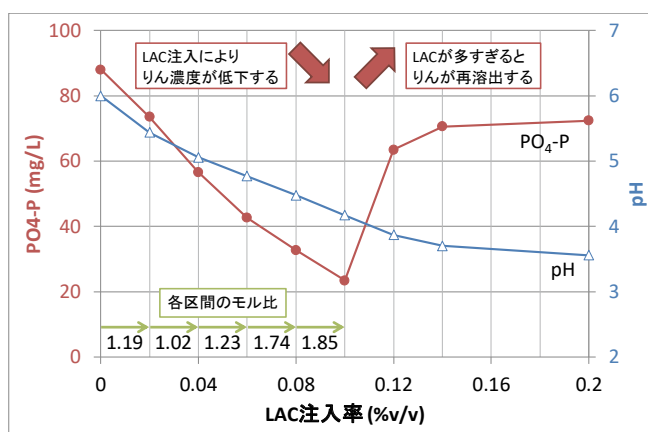


図 1 (机上)LAC 注入による PO₄-P と pH の変化

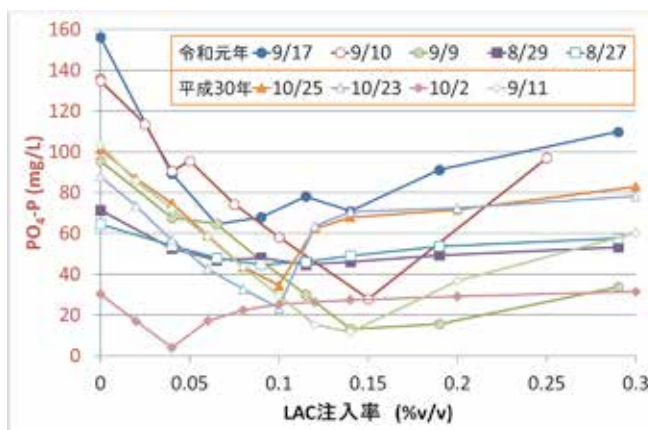


図 2 (机上)PO₄-P 濃度変化の試料採取日による違い

表 2 再溶出開始点の LAC 注入率と pH

試料採取日	令和元年					平成 30 年			
	9/17	9/10	9/9	8/29	8/27	10/25	10/23	10/2	9/11
LAC 注入率 (%v/v)	0.07	0.15	0.14	0.12	0.09	0.10	0.10	0.04	0.14
pH	4.3	3.9	4.4	3.7	3.7	4.2	4.2	5.0	4.1

※PO₄-P 濃度が最も低くなった点を、再溶出開始点とした

4. 注入点の変更と適切な注入量設定(実態調査)

机上試験の結果を踏まえて、LAC 注入点を遠心脱水分離液槽に変更した。変更にあたり、再溶出を抑えて LAC を効率よく使用できるように、3 段階の LAC 注入条件を設定した。設定条件を表 3 に示す。通常時の注入量(1.8 L/min)は、LAC が無駄にならないよう、再溶出開始点のうち最も低い LAC 注入率(表 2 の 10/2、0.04 %v/v)を基準に設定した。また、低負荷時は注入量を減らし、高負荷による反応槽のりん処理悪化時は注入量を増やすことにした。

LAC 注入点の変更と、適切な注入量設定の効果を確認するため、3 か月間実機での実態調査を行った。遠心脱水分離液槽の容量は 350 m³ ×2 槽、攪拌機が設置されており、排水量は平均 7000 m³/日である。LAC の注入量は 1.8 L/min であるため、日量に直すと 2600 L/日となる。

遠心脱水分離液槽から採取した試料の分析結果を図 3 に示す。LAC を注入していない時期には、T-P のほぼ全てが PO₄-P であるのに対し、LAC 注入時

には、T-P に占める PO₄-P の割合が低下していることがわかる。このことから、T-P と PO₄-P の差は、LAC によるりん固定量と判断できる。この固定量から注入時のモル比を算出したところ、注入時の平均値は 1.27 となった。日変動はあるものの、実機でもモル比が小さく、効率よくりんを固定できていることがわかった。これは、りんの再溶出を起こさない、適切な量の LAC を注入できているためだと考えられる。注入量の変更については、降雨時等に LAC 注入量を 0 L/min にするケースがあったが、翌々日までには通常の状態に戻り、LAC 注入量を 1.8 L/min に戻している。

表 3 LAC 注入量設定

注入量設定	注入率(概算)	変更条件
0 L/min	0 %v/v	低負荷時 (流入下水と一沈流出水のりん濃度差が 1.5 mg/L を下回る時)
1.8 L/min	0.04 %v/v	通常時
3.6 L/min	0.08 %v/v	高負荷時 (反応槽のりん処理悪化時)

※注入率(概算)は、遠心脱水分離液の平均日量を用いた計算値

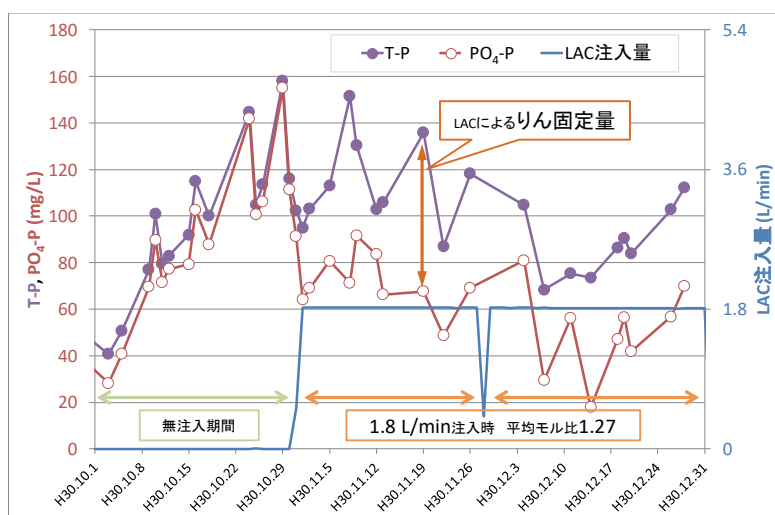


図 3 (実態調査)

LAC 注入量と遠心脱水分離液の T-P, PO₄-P

5. まとめ

- (1) 机上試験により、LAC とりんの反応について、以下の知見を得た。
 - ・遠心脱水分離液は、混合汚泥や濃縮汚泥よりモル比が小さい。
 - ・LAC 注入率が上がると、モル比が大きくなる。
 - ・LAC の過注入により、りんの再溶出が起こる。
 - ・過注入となる LAC 注入率にはばらつきがある。
- (2) (1)の知見をもとに、以下の変更を行った。
 - ・LAC 注入点を汚泥貯留槽から遠心脱水分離液槽に変更した。
 - ・水処理状況に応じた 3 段階の LAC 注入量を設定した。
- (3) (2)による変更後の実態調査の結果、以下の効果を確認した。
 - ・実機においてもモル比が小さく、LAC とりんの反応効率が高かった。
 - ・水処理へのりん負荷を効率よく低減できた。

参考文献

- 1) 佐々木 啓行、野中 時雄、田村 俊之：砂町水再生センターにおける LAC 注入によるりん除去効果について、東京都下水道局技術調査年報(平成 21 年)
- 2) 中東 寛和、岡崎 敏之、山下 博史：汚泥処理工程への凝集剤添加による放流水りん濃度の低減、東京都下水道局技術調査年報(平成 17 年)
- 3) 東京都下水道サービス株式会社 施設管理部水質管理課：汚泥集約施設における返流水対策としての「りん固定剤」の効果的な添加手法の検討(平成 26 年)