

B-8 晶析法による活性汚泥中含ありんの効率的除去技術

東京都下水道局
三菱マテリアル(株)
日立プラント建設(株)
前澤工業(株)

鈴木清志
小島利広
松本学
○ 長坂俊樹

1. はじめに

下水中のりんを除去する方法として生物学的りん除去法が導入されつつある。しかし、生物学的りん除去法では汚泥処理系でのりんの再放出や処理の不安定性の問題がある。また、汚泥中のりんは汚泥の有効利用に支障となることがある。これらの問題を解決し、さらにりんを有効利用可能な形で取り出すことを目的に、活性汚泥からりんを回収する技術について研究開発を行った。実験は東京都小菅処理場で行い、その結果を報告する。なお、本研究は共同研究として東京都下水道局および上記メーカー三社にて行ったものである。

2. 開発システムの概要

2.1 開発システムフロー

図1に水処理系を含めた開発システムを示す。返送汚泥の一部からりんを回収して返送することにより生物学的りん除去の安定化を図るとともに、晶析材により回収したりんをりん酸肥料として有効利用するものである。実験範囲は図1のとおりである。

2.2 開発システムの各プロセス

(1) りん放出および固液分離プロセス

返送汚泥に有機源として一沈汚泥を添加し、嫌気条件下で返送汚泥からりん酸を放出させ、固液分離を行う。固液分離した上澄水からりん回収槽で晶析法によりりんを回収する。一方、分離した汚泥の一部は余剰汚泥として引き抜き、他は返送汚泥として反応槽に返送する。こうすることにより、汚泥のりん含有率が減少するため、返送分については水処理系でのりん除去の安定化が期待でき、余剰分についても汚泥処理系でのりん再放出の抑制や有効利用の適用範囲の拡大につながる。

(2) りん回収プロセス

上澄水から晶析法によりりんをヒドロキシアパタイト(以下、HAp)として回収する。晶析材は珪酸カルシウム水和物が主成分の工業製品で品質が安定しており、炭酸、SSの影響を受けにくいことが実験的に明らかになっている。HApの付着した晶析材は肥料として再利用される¹⁾。

3. 実験方法

3.1 りん放出プロセス

表1にりん放出槽の運転条件を示す。得られたデータを基に、汚泥からのりん放

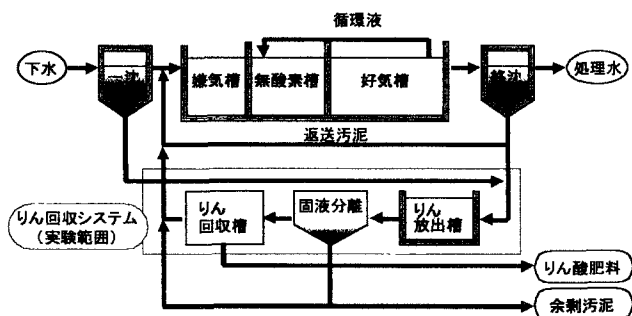


図1 開発システムフローおよび実験範囲

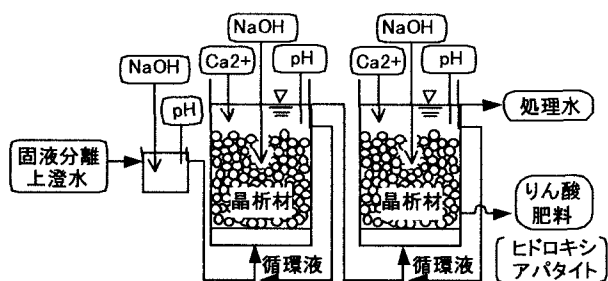


図2 りん回収装置フロー

出濃度に関連する因子とその関係について調べた。

3. 2 りん回収プロセス

図2にりん回収装置の概略を、表2に晶析材の仕様をそれぞれ示す。装置形式は、循環ポンプにより槽内の流動状態を維持する膨張床式とした。これは、流入SSによる閉塞を防止するとともに、薬液の速やかな混合を促進し局所的な凝集沈殿の沈降を防ぐためである。この凝集現象とそれによるりん回収率の低下は事前のカラム実験からも懸念された。そこで、りん回収槽を2段とし前段のpHを低めに設定したり回収槽流入前である程度までpHの前調整を行い、アルカリ注入速度の緩和を試みた。また、薬品添加は各段にて行い、カルシウムとしてCaCl₂、アルカリ剤としてNaOHを用いた。また、NaOHは槽の高さ方向に3点分割注入を行った。

表3にりん回収プロセスの運転条件を示す。接触時間、pH等を操作してその最適な運転条件および各因子の影響について検討した。なお、りんの回収性能については、右式より算出した晶析率、凝集率により評価した。その一方で、実験に用いた晶析材について各種の分析機器によりその化学成分や表面状態等を調べ、りんの晶析状況を確認した。

3. 3 りん回収プロセスに用いた晶析材の肥料化試験

実験に使用した晶析材について、肥料としての適用性の検討を行った。試験内容は、2種類の栽培試験(植害試験および肥効試験)と重金属の含有および溶出試験などの化学分析からなる。試料として用いた晶析材は、装置から引き抜いた後、自然乾燥した上で試験に供した。

4 実験結果と考察

4. 1 りん放出および固液分離プロセス

図3に返送汚泥SSに対する一沈汚泥BOD比と返送汚泥からのりん放出速度との関係を示す。一沈BOD/返送SS比が高くなるに従いりん放出速度が高くなっている。図3より、以下のような回帰式を得た。

$$r_p = 21.9 \times R_{BOD/SS} + 0.14$$

r_p : 返送汚泥あたりのりん放出速度(mg-P/g-SS返送/hr)

$R_{BOD/SS}$: 返送汚泥に対する一沈汚泥BOD比(mg-BOD一沈/mg-SS返送)

また、固液分離槽は、水面積負荷6.4~8.5m³/d、汚泥濃縮倍率2~3倍にて運転した。上澄水SS濃度は、固形物負荷90kg/m²/d以下の条件では約300mg/L以下で安定していた。

4. 2 りん回収プロセス

図4にりん回収槽の運転条件および処理結果を示す。原水りん酸濃度は20~80mg/L程度であった。

まず、接触時間が0.5hrと短いRUN2およびRUN4において、明らかに晶析率が低下し不安定であった。

つぎに、RUN3における実験結果より、接触時間1hr、一段目pH7.8以上、二段目pH8.0以上のとき、晶析

表1 りん放出プロセス運転条件

処 理 量	100L/hr
滞 留 時 間	3.0~3.3hr
返送汚泥に対する一沈汚泥の混合比	0.33~0.50

表2 晶析材仕様

真比重(材料)	2.4
嵩比重	1.2
単位容積質量	0.72kg/L
粒径	2.0mm(1.7~2.4mm)

表3 りん回収プロセス運転条件

形 式	膨張床式二段
処 理 量	33~100L/hr
各段あたりの接触時間	0.5~1.4hr
pH	7.5~8.5
カルシウム添加量	100mgCa/L
前調整pH	なし/7.0

$$\text{晶析率} = \frac{\text{晶析りん濃度}}{\text{原水 } PO_4\text{-P 濃度}} = \frac{(T-P)_{in} - (T-P)_{out}}{(PO_4\text{-P})_{in}}$$

$$\text{凝集率} = \frac{\text{凝集りん濃度}}{\text{原水 } PO_4\text{-P 濃度}} = \frac{\Delta(PO_4\text{-P}) - \Delta(T-P)}{(PO_4\text{-P})_{in}}$$

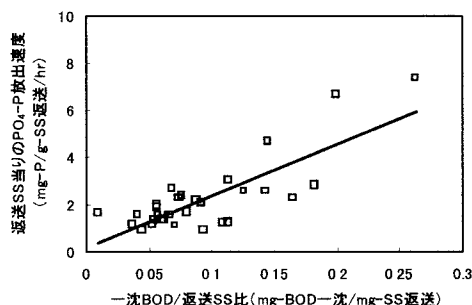


図3 一沈BOD/返送SS比とPO₄-P放出速度の関係

率 75%前後を達成している。さらに、RUN1, 5, および 7 における試験結果についても考慮すると、各段あたりの接触時間を 1hr, Ca 添加量 100mgCa/L, 一段目と二段目の pH をそれぞれ 7.5～7.8, 8.0～8.3 とすることで回収率 75%程度の結果を得た。

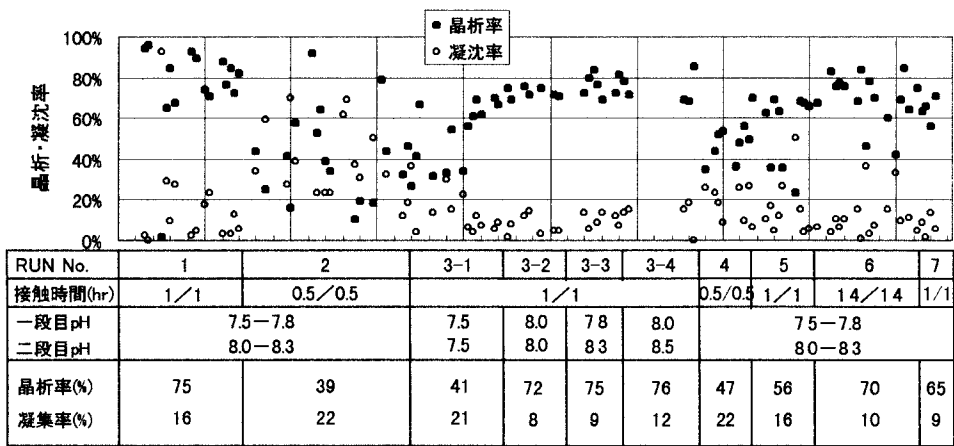


図 4 りん回収槽の運転条件および実験結果

また、化学分析により、通水 155 日間で晶析材中含有的りん量が 12%程度 (P₂O₅ 質量%) 増加していることが確認された。

4. 3 りん回収プロセス使用後の晶析材の肥料化試験

肥料化試験の結果の一部を写真 1 および表 1 に示す。試料には 230 日間通水した晶析材を用い、その総 P₂O₅ 含有率は 16.2%でクエン酸 2%溶液による溶解性りん酸)であることが確認された。栽培試験によりその肥料としての効果も通常の肥料と比較して遜色ないことが確認され、重金属についても 230 日通水時点でもすべて肥料規格を満たしていた。



写真 1 栽培試験結果
(左から、晶析材 0.35, 0.70, 対照肥料 0.35, 0.70, 無施肥、単位: gP₂O₅/鉢)

表 4 重金属含有量の分析結果(単位: mg/kg)

名 称	As	Cd	Hg	Sb	Se	Ni	Cr	Pb
運転開始時	13	0.6	0.004	3	<1	87	78	74
230日運転時	2	0.3	0.023	3	<1	110	69	23
肥料規格	<50	<5	<2	-	-	<300	<500	<100

5. まとめ

- (1) 小菅処理場にてりん放出槽, 固液分離槽, りん回収槽からなる晶析法によるりん回収システムの長期連続運転を行い、りん回収率 75%を達成した。
- (2) 栽培試験および重金属分析の結果、りん回収に用いた晶析材は乾燥のみの後処理で肥料として十分に利用できることがわかった。

参考文献: 1) 森山ら:「珪酸カルシウム水和物を種結晶とした晶析脱りん法」、下水道協会誌、vol.137, No.455, p107-119(2000,9)