

汚泥の持つ潜在的りん除去能力の推定と その変化について

横浜市 ○紺野繁幸

1 はじめに

りん除去において活性汚泥内の PHB 等の有機物量を把握することは重要である。しかしガスクロなどの分析機器を有しない多くの水再生センターでは日常分析には適さない。そこで著者は活性汚泥にりんを加えそれを曝気し、前後のりん酸濃度の差から内部有機物量に由来する潜在的りん除去能力を推定する方法を考案した。本論文では 1)推定法の原理、2)実施設での時系列変化、3)嫌気槽の攪拌時と無攪拌時でのりん放出量、放出時獲得した内部有機物量および最終的なりん除去能力の違いについて、モデル実験で得られた結果を報告する。

2 原理と測定方法

2-1【原理】 図-1 に、北部第一水再生センター第 1 系統で行った、オルトリンに関する疑似嫌気好気法の水路別調査結果を示す。第 1 系統は返送汚泥と反応タンク流入水を共通とする三つの系列からなり、1 系列が疑似嫌気好気法、2,3 系列が標準法で運転していた。結果として疑似嫌気好気法を行っている 1 系列のみでなく標準法の 3 系列においても同時にりんが除去されることが分かった。このことから活性汚

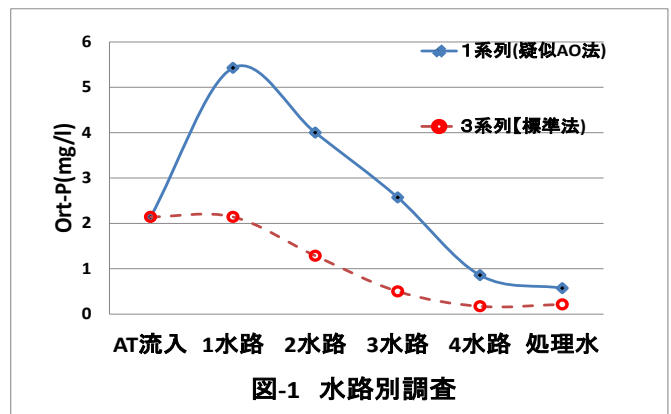


図-1 水路別調査

泥内に十分なりん蓄積細菌と PHB などの内部有機物が含まれていれば、嫌気状態（りん放出過程）を経ずに好気状態でも、内部有機物を利用して汚泥内にりんを吸収することができると考えられる。ゆえに曝気前後のりん酸濃度 $PO_4\text{-P}$ の差が分かれば、内部有機物量に由来すると思われる汚泥の持つ潜在的りん除去能力を推定することができると考えられる。

2-2【測定方法】 試料として高度処理施設(A₂O法)5 系列の返送汚泥を採取。返送汚泥 100mlに KH_2PO_4 溶液 (0.88mg/l)200mlを添加し全体

(300ml)の $PO_4\text{-P}$ 濃度が約 20mg/lになるよう設定、その後振盪器にて 3 時間曝気(振盪回数 100 回/分、設定温度 25°C)、実験前後の $PO_4\text{-P}$ 濃度の差から MLSS(g) 当たりの減少 $PO_4\text{-P}$ 濃度 $PO_4\text{-Pmg/g} \cdot \text{hr}$ (以下、 $\Delta P/s$ と称す) を求めた。りんを資化するのに利用可能な有機物は返送汚泥内部にしか存在しないので、この値を汚泥の持つ潜在的りん除去能力とした。

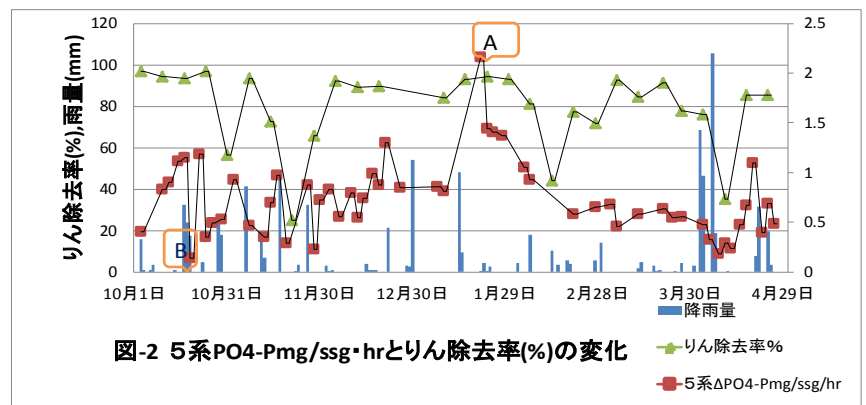


図-2 5系 $PO_4\text{-Pmg/ssg} \cdot \text{hr}$ とりん除去率(%)の変化

3 実施設での時系列変化

3-1 5 系列反応タンクのりん除去率と返送汚泥 $\Delta P/s$ の時系列変化

図-2に5系列の返送汚泥の $\Delta P/s$ (□)とリンの二次処理除去率(以下 $\Delta T-P$ と称す。 Δ)の変化を示す。前者(□)は一点採水、後者(Δ)は混合試料の分析値である。期間は平成24年10月1日から平成25年4月30日。また、表-1にこの間の処理実績(平均値)を示す。全期間中の $\Delta P/s$ の平均値は $0.73\text{mg/g}\cdot\text{hr}$ (最小値 $0.14\sim$ 最大値 $2.2\text{mg/g}\cdot\text{hr}$)、 $\Delta T-P$ は80%(25~97%)であった。全期間を降雨の多寡により①10~11月(平均降雨量 4.9mm)、②12~2月(2.3mm)、③3~4月(5.5mm)に分けると、降雨の少ない冬季にあたる②は $\Delta T-P$ が83%、および $\Delta P/s$ は $0.99\text{mg/g}\cdot\text{hr}$ であり、双方の値とも①、③の期間より抜きんでて高かった。 $\Delta P/s$ の最大値 $2.2\text{mg/g}\cdot\text{hr}$ (A:平成25年1月21日)は最小値 $0.14\text{mg/g}\cdot\text{hr}$ (B:平成24年10月14日)および平均値 $0.73\text{mg/g}\cdot\text{hr}$ と比べても非常に大きな値であり、リンの潜在的除去能力が急激に高まり蓄積される時期があることを示している。

表-1 処理実績

	降雨量	$\Delta P/s$	$\Delta T-P$	5系処理水T-P
	mm/日	mg/ssg \cdot hr	%	mg/l
①10-11月	4.9	0.67	77	0.4
②12-2月	2.3	0.99	83	0.32
③3-4月	5.5	0.52	79	0.36
全期間	4	0.73	80	0.36

図-3に調査期間中の $\Delta P/s$ と $\Delta T-P$ の相関図を示す。図より $\Delta P/s$ と $\Delta T-P$ の間に直線的な相関性は認められない。しかし $\Delta P/s$ が $0.4\text{mg/g}\cdot\text{hr}$ 以下になると急激にりん除去率が下がることわかる。逆に $\Delta P/s$ が $0.4\text{mg/g}\cdot\text{hr}$ 以上あれば高いりん除去率を保つことができる。この値はりんを資化する際、汚泥に含まれる必要最低限の内部有機物量を示唆しているものと思われる。

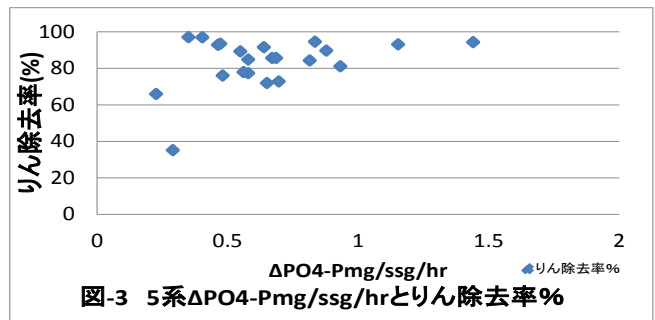


図-3 5系 $\Delta PO4-P\text{mg/ssg/hr}$ とりん除去率%

4 嫌気槽攪拌時と無攪拌時のりん放出およびりん処理特性について

坂本(2005)は高度処理でりんを除去する際に、嫌気槽での攪拌を停止してもりん除去に支障はないことを第42回下水道研究発表会で報告した。その結果をもとに横浜市では嫌気槽攪拌機の間欠運転を行っている。そこで、嫌気状態においてりんの放出およびそこで獲得した内部有機物量は1)攪拌した場合と2)静置した状態でどう違うかを調べるために以下の実験を行った。図-4に実験方法を、表-2に実験結果を示す。

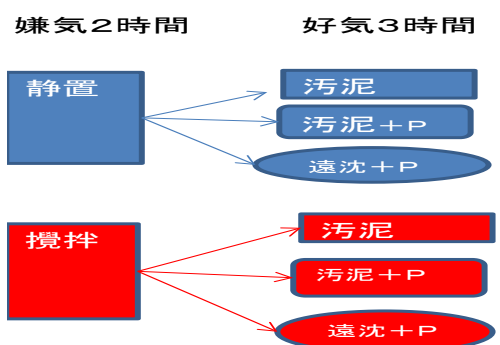


図-4 実験方法

4-1 実験方法

4-1-1 攪拌と静置とで【りんの吐出し】の比較

反応タンク流入水(2l)+返送汚泥(1l)を3lのビーカーに入れ、発泡スチロールで蓋をして2時間 a)攪拌(スターラで汚泥が沈まない程度)した汚泥と、b)静置させた汚泥とで各々の吐き出したオルトリン濃度を比較した。

4-1-2 攪拌した汚泥と静置した汚泥で好気状態での【りんの再吸収および $\Delta P/s$]を比較する

嫌気状態終了時から上述の条件で3時間振盪させ振盪初期と振盪終了時のオルトリンの濃度の差、および $\Delta P/s$ を求め比較する。試料はそれぞれ300mlで①そのままの汚泥②汚泥に KH_2PO_4 溶液を添加した汚泥、③遠沈後上澄みを捨て300mlに水でメスアップし、 KH_2PO_4 溶液を添加した汚泥(②、③とも $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が 20mg/l になるよう目指したが②については吐出し $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度を高めに予想したため KH_2PO_4 溶液の添加量が少なく 16mg/l と目標濃度に達しなかった)用意し、振盪させた。①②は汚

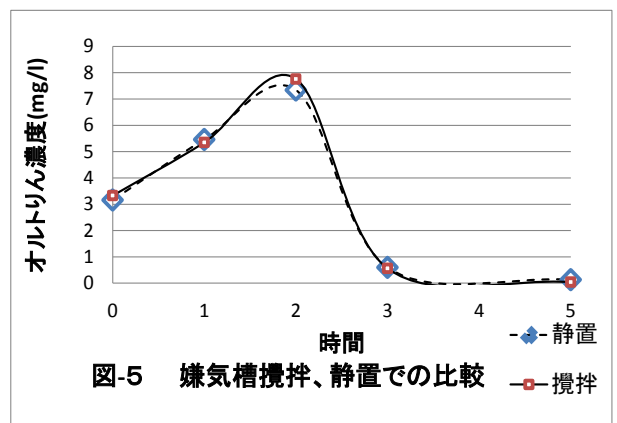


図-5 嫌気槽攪拌、静置での比較

泥内部と外部の有機物の影響③は内部有機物の影響を調べるために用意した。

4-2 実験結果

4-2-1 攪拌と静置の比較

図-5 に攪拌汚泥と静置汚泥の結果を示す。実験開始から嫌気終了時までのオルトリンの変化と(差)は静置が 3.2→7.3mg/l(4.1mg/l)、攪拌が

表-2 攪拌・静置実験結果

時間		オルトリン濃度					
		静置	攪拌	静置+P	静置+P遠	攪拌+P	攪拌+P遠
0		3.2	3.3	-	-	-	-
1	嫌気	5.5	5.3	-	-	-	-
2		7.3	7.8	16.4	19.4	16.7	18.6
3		0.6	0.6	9.4	12.8	8.5	12.4
4	好気						
5		0.1	0.0	5.8	9.6	5.0	9.1
△オルトリン(mg/l)		7.2	7.7	10.7	9.8	11.7	9.5
mlss(mg/l)		3700	3600	3800	3600	3700	3500
△P/s.h(mg/ssmg·hr)		0.65	0.72	0.94	0.90	1.05	0.91

3.3→7.8mg/l(4.5mg/l)、これを時間 MLSSg あたりに換算すると静置 0.55mg/g・hr、攪拌が 0.63mg/ssg・hr であり、攪拌したほうが静置より放出速度は大きかった。吸収での差は静置 7.3→0.1mg/l(7.2mg/l)、攪拌が 7.8→0.0mg/l(7.8mg/l)、△P/s は静置が 0.65mg/ssg・hr、攪拌が 0.72 mg/g・hr で、りんの再吸収も攪拌汚泥のほうがやや大きかった。

4-2-2 ②③汚泥での比較

吸収での(差)は②≪静置+P≫が 16.4→5.8mg/l(10.6mg/l)、②≪攪拌+P≫16.7mg/l→5.0mg/l (11.7mg/l)、△P/s は≪静置+P≫が 0.94mg/g・hr、≪攪拌+P≫が 1.1 mg/g・hr でりんの再吸収も△P/s も攪拌の方がわずかながら大きかった。

③≪静置遠沈+P≫では 19.4→9.6 mg/g・hr(9.8mg/l)、③≪攪拌遠沈+P≫は 18.6→9.1mg/l(9.5mg/l)、△P/s は≪静置遠沈+P≫が 0.90mg/g・hr、≪攪拌遠沈+P≫0.91mg/g・hr で差は認められなかった。

上記結果より、りんの吐出しおよびその速度は攪拌したほうがやや大きいとはいえ静置との差はわずかであり、その後の再吸収にかんしても大きな違いは生じなかった。また、遠沈した汚泥での比較において実験に供したイ)攪拌、静置汚泥は MLSSg あたりのりん蓄積細菌数は同じであると考えられること、ロ)△P/s の値が異ならないということから攪拌と静置汚泥で内部有機物量に差は認められなかった。

4-2-3 静置汚泥水系汚泥系別のりん吐出し比較

また、この実験とは別に、静置した汚泥 3l を 1 時間後用、2 時間後用二つ用意し、A)上澄み液(水面下 2cm)と B)沈殿汚泥(底部)、C)サンプリング前に混合した汚泥、それぞれのオルトリン濃度を時間ごとに測定した。結果を図-6 に示す。時間ごとの濃度は A)上澄み液：

2.9mg/l→4.1mg/l→5.1mg/l、B)沈殿汚泥：

2.9mg/l→16.5mg/l→30mg/l、C)サンプリング前に混合し

た汚泥：2.9mg/l→8.7mg/l→12.2mg/l と変化した。A)、B)の結果から 2 時間後の容器全体の平均濃度を計算すると、3l 中の沈殿した汚泥容量は 850ml であったことから予想される平均濃度は

(5.1mg/l×2150ml+30mg/l×850ml)/3l=12.2mg/l となる。この値は 2 時間後サンプリング前に混合した時の測定値 C)12.2mg/l と同じであり、静置して汚泥が沈殿しても汚泥からのりんの吐出し量は全体では変わらなかった。

以上より、りんの処理については嫌気槽での攪拌の有無にかかわらず大きな相違は認められず、坂本の報告に基づき横浜市で続けている嫌気槽での攪拌機の間欠運転は処理的にも省エネ的にも合理的であると考えられる。

5 まとめ

- ① 潜在的りん除去能力を推定する簡易法として曝気前後のオルトリン濃度の差△P/s を利用できる。
- ② 実施においてこの値が急激に変化する実態を把握できた。
- ③ ビーカー実験で嫌気槽で攪拌の有無にかかわらずりん処理に大きな違いはないことが分かった。

【参考文献】坂本ら「高度処理における嫌気槽、無酸素槽の間欠攪拌について」第 42 回下水道研究発表会
問い合わせ先：環境創造局下水道水質課 紺野繁幸 TEL:045-572-2281 e-mail:sh01-konnno@city.yokohama.jp

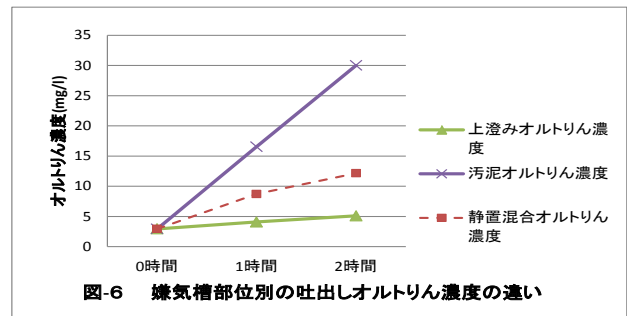


図-6 嫌気槽部位別の吐出しオルトリン濃度の違い