

京都大学 工学部 学 有田一彦
 京都大学 工学部 正 宗宮 功
 京都大学 工学部 正 河村清史

われわれは 活性汚泥処理プラントの前部に嫌気ゾーンを設けることによって、循環式フンスラッジ方式で、窒素の高率除去を行なうための調査研究を継続しており、かなりの成果をおさめている。本研究は、その処理プラントにおけるリンの挙動を 形態変化に着目して調査検討を加えたものである。

1. 実験装置および実験方法

実験は 京都大学工学部衛生工学教室水質汚濁制御シミュレーション設備内の活性汚泥パイロットプラントを用い、下水は隣接する大津市終末処理場から導入した。曝気槽流入水（以下、流入水）は、約1 m³/hr、返送汚泥は、約2 m³/hrで運転し、実験はRun 1からRun 3まで行なった。ただし、Run 3においては、脱窒槽もairを吹き込み、全槽曝気とした。サンプルは、流入水、脱窒槽流出水、曝気槽流出水、終末流出水（流出水）、返送汚泥の5種であり、8時、12時、16時、20時、24時に採水したものを等量づつコンポジットしたものである。なお 解析対象であるリンの分析については、図-1に示すような手順を経て、表-1のように分類した。以下、使用するリンについての用語は、この分析、分類にしたがう。

2. 実験結果とその考察

(2-1) 除去率の検討

各Runにおける流入、流出リ

ン濃度、リン除去率を形態別に示す。（表-2）併せて 曝気槽における平均MLSS濃度、DO濃度も示す。従来、活性汚泥法におけるリンの除去率は、30%前後といわれているが、この結果はそれをはるかに上回っている。Run 3の除去率が若干低めであるが、これは、Run 3における全リンの流入濃度が低いことに起因する。したがって プロセスの違いには関係なく、8~9割の高除去率を示しているといえよう。海外の文献によれば、このような高除去率を示す処理場もかなりあり¹⁾、操作因子の設定等、種々の検討がなされているが、未だによくわかっていない。

流入水中におけるリンの形態分布を表-3に示す。これによると 各Runにおいて 溶解性部分と浮遊性部分の比率は、ほぼ同じであるが、浮遊性部分の中味は、オルトPが多かったり、ホリPが多かったり、その内容が異なっているのがわかる。

図-1. リンの分析方法

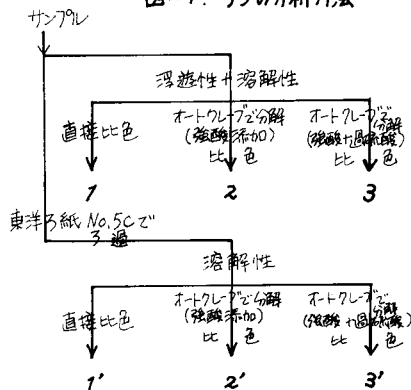


表-1 リンの分類

	Total	溶解性 S.	浮遊性 P.
全リン酸	3	3'	3-3'
オルトリン酸	1	1'	1-1'
ホリリン酸	2-1	2'-1'	2-1-2'+1'
有機リン酸	3-2	3'-2'	3-2-3'+2'

表-2 リンの流入流出濃度、リン除去率（単位：mg/l）

			流入水中のリン濃度		流出水中のリン濃度		リン除去率 (質量計算)	バク気槽 MLSS濃度	バク気槽 DO濃度
Run 1 8/4~8/10	S.オルトP	P.オルトP	2.08	1.80	0.14	0.13	93.7%	2369 (%)	2.86 (%)
	S.ホリP	P.ホリP	0.34	0.66	0.20	0.15	68.2 "		
	S.有機P	P.有機P	0.36	1.33	0.12	0.09	98.0 "		
	Total P		6.57	0.83	88.4 "				
Run 2 9/2~9/8	S.オルトP		2.13		0.10		4276	1.67	
	S.ホリP		0.27		0.08				
	S.有機P		0.03		0.02				
	Total P		5.62	0.52	91.30%				
Run 3 10/8~10/22 全槽曝気	S.オルトP	P.オルトP	1.45	0.45	0.39	0.50	53.8%	4222	4.59
	S.ホリP	P.ホリP	0.10	2.06	0.05	0.01	97.5 "		
	S.有機P	P.有機P	0.18	0.47	0.05	0.06	92.6 "		
	Total P		4.71	1.00	78.4 "				

リンの除去は、二の流入リンの溶解性部分が摂取や吸着等により汚泥部分へ移行したり、浮遊性部分が付着等により汚泥部分へ移行するという形でなされる。したがってこれらの挙動を検討する必要がある。

(2-2) 溶解性リンの挙動

溶解性リンの濃度変化について Run 2, 3 のデータを図-2 に示す。この図より溶解性リンは曝気槽系下に伴い、明らかにその濃度の減少がみられる。さらに、従来いわれてきたように、低DO下において、リンの溶出があるという事実も確認された。(Run 2) 脱窒槽の理論停留時間が充分と短時間であるにもかかわらず、Run 2 の結果によれば、ポリP、オルトPの溶出がみられる。しかしながら、その後の曝気槽で、その溶出したリンが、全槽曝気した Run 3 と同程度に、汚泥部分へ移行することでもわかった。

このことは、溶解性リンの除去に関しては、曝気槽前部に低DO状態の脱窒槽を設けても、全槽曝気の場合と大差ないことを示している。さらに、この結果は、脱窒プラントの設計において、リン除去の観点より、その脱窒槽の位置決定に重要な示唆を与えているといえよう。

(2-3) 浮遊性リンの挙動

下水中の浮遊性リンの付着や溶解性リンの除去の結果を示す活性汚泥中のリンの挙動を、浮遊性COD当りの浮遊性リン量より検討してみる。これによると、図-3 のように、浮遊性有機リンは浮遊性CODの中に一定の比率で含まれていることがわかった。核酸(DNA+RNA) 当りについても同じことがいえた。これらは Helmers による汚泥の組成 $C_{118}H_{100}O_{51}N_{17}P$ の比率とほぼ合致する。また、右形態について、この比を比べて1例として Run 3 の場合を図-4 に示す。これによると、オルトPとポリPとの間で形態変化によるやりとりが行われている可能性があることを示している。(2-1) でみたように、みかけ上、除去率にはそれほど違いはないが、Run 3 の顕著な形態変化のように、槽内部でリンの組成変化があることがわかった。

3. おわりに

循環型フラスラッジ方式で操作されている活性汚泥改良型の処理プラントで、リン除去についての結果が得られた。さらになお、二のリン除去機構の定量的把握および操作条件の設定等々について、処理プロセス中の溶解性リン、浮遊性リンの組成変化を把握しつつ検討する必要がある。今後の課題である。最後に、実験協力をしていただいた柏谷明博氏(現、厚生省)に感謝いたします。

(参考文献) 1) たとえば、Vacker による "Phosphate Removal through Municipal Wastewater Treatment at San Antonio, Texas" J. WPCF Vol. 39, No. 5 (1967) 等 2) たとえば、Shapiro による "Anoxically Induced Release of Phosphate in Wastewater Treatment" J. WPCF Vol. 39 No. 11 (1967) 等

表-3 流入水中のリンの比率

Total P = 100		溶解性	浮遊性
Run 1	オルトP	31.9	27.8
	ポリP	5.2	9.8
	有機P	5.6	20.0
Run 2	オルトP	37.4	
	ポリP	4.4	
	有機P	0.6	
Run 3	オルトP	30.5	9.7
	ポリP	2.1	43.9
	有機P	3.8	10.0

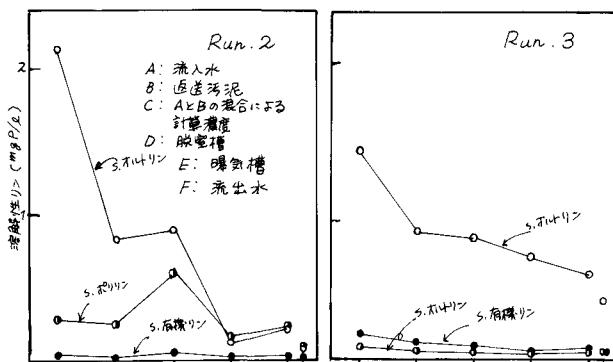


図-2. 溶解性リンの濃度変化

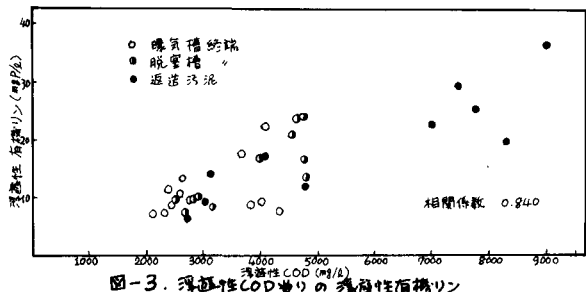


図-3. 浮遊性COD当りの浮遊性有機リン

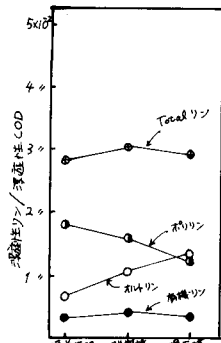


図-4. 形態別リン比率(Run3)