

## 初沈汚泥投入によるリン除去の向上

佐藤明雄\*、金谷利憲\*、中村正一郎\*\*  
倉田学児\*\*\*、津村和志\*\*\*\*

- \* (株)安川電機 公共システム技術部  
北九州市小倉北区大手町 12-1
- \*\*新南陽下水浄化センター  
山口県新南陽市港町 8-1
- \*\*\*豊橋技術科学大学 工学部エコロジー工学系  
愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1
- \*\*\*\*京都大学工学部環境地球工学教室  
京都市左京区吉田本町

### 概要

筆者らは、標準活性汚泥法の施設を改造して嫌気・好気法による生物学的窒素・リン除去について研究を進めてきた。その結果、硝化反応が進行している状態で、生物反応槽に流入する有機物濃度の低下が起こると、リン除去が悪化することを見出した。

そこで、この有機物不足を解消する手段として、初沈汚泥の利用について検討を行った。IAWQ Model No.2を用いた計算機シミュレーションでは、初沈汚泥の生物反応槽への投入およびASRTの短縮によって、リン除去が向上すると予想された。続いて、実施設にて初沈汚泥を生物反応槽に投入し、検証実験を行った。その結果、約半年間にわたって、高率の窒素・リン除去運転を実現することができた。

### キーワード

初沈汚泥、生物学的窒素・リン除去、生物反応槽流入水有機物濃度

### 1.はじめに

嫌気・好気法による生物学的窒素・リン除去において、流入下水中の有機物負荷量は、窒素・リン除去性能に大きな影響を与えると考えられる。特に、生物学的リン除去の場合、その除去は流入する有機物濃度に非常に大きく左右され、有機物濃度の低下により、リン除去が不安定となる場面が多々みられる。そのため、下水プロセス中の有機物を最大限に利用し、安定した生物学的リン除去が可能となるように、プロセスの改造や運転方法の工夫を行うことが重要であると考えられる。

新南陽下水浄化センターでは、標準活性汚泥法の施設を嫌気・好気法に改造し、生物学的窒素・リン同時除去を目指して研究を行ってきた。そして、これまでの研究の中で、流入下水中の有機物量不足により生物学的リン除去が不安定となっていることが明らかとなっている<sup>1)</sup>。

筆者らは、下水プロセス中の有機物源として初沈汚泥に着目し、これを生物反応槽に投入することを試みた。以下にその結果について報告する。

### 2.施設および運転の概要

新南陽下水浄化センターのフロー図を図1に示す。当浄化センターは、分流式処理場として、1979年12月より供用を開始し、水処理系列は1系列3水路、処理能力は24525m<sup>3</sup>/dayで1995年度の平均流入水量は12413m<sup>3</sup>/dayであった。生物反応槽は6槽に等分割され、第1槽、第2槽に機械攪拌装置

を設置し、1991 年度より嫌気・好気法による生物学的脱窒・脱リン運転を開始した。運転方針としては、硝化促進運転を基本とし、生物学的に可能な限りリン除去を行うようにしている。

さらに、硝化促進運転における重要な運転管理指標である ASRT については、計算機による制御を行っている<sup>2</sup>。通常 ASRT は、水温の高い夏場は 10 日、水温の低い冬場は 12 日に設定している。

また、脱窒については、硝化液循環設備を備えていないため、汚泥返送比率を通常よりも高く設定(50%)し、返送汚泥を生物反応槽の入口に返送している。

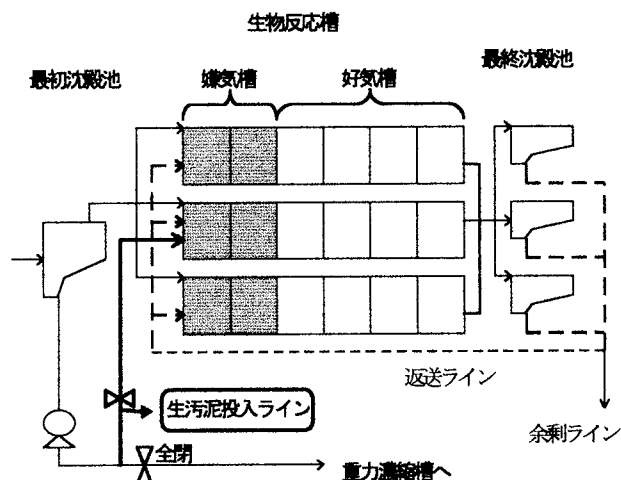


図 1 初沈汚泥投入ライン

3.初沈汚泥投入による有機物不足の解消

(1)シミュレーションによる検討

新南陽下水浄化センターにおける過去の研究<sup>1</sup>から、リン除去率の低下は、生物反応槽流入水中の有機物不足が原因であることが判明している。そこで、80%以上の有機分を占める初沈汚泥を反応槽に投入することで、リン除去率の向上を図ることを検討した。

実験に先立って、IAWQ Model No.2 を用いた計算機シミュレーションにより、初沈汚泥投入による生物学的リン除去への効果を検討した。その結果、初沈汚泥の投入開始から数日後に処理水のリン濃度が低下し、リン除去が向上すると予想された。また、ASRT を短縮することで高率のリン除去を維持できるという計算結果も示された<sup>3</sup>。

そこで、実施設を用いて検証実験を行うことにした。初沈汚泥の投入は、図 1 の太線のように、初沈汚泥引き抜きポンプから仮設ラインを設け、ポンプを連続稼働させることにより行った。投入先は、第 2 水路の生物反応槽入口(嫌気槽)で、配管路での汚泥の詰まり等を防ぐため、ある程度の流量を確保した。

表 1 に、投入した初沈汚泥と初沈流出水(生物反応槽流入水)の性状を示す。初沈汚泥の投入は 24 時間連続して行ったが、引き抜き量が多いため、汚泥濃度や Total-COD は流入下水の負荷変動によって大きく変化した。また表 1 に示すように、初沈汚泥の溶解性 COD は初沈流出水の溶解性 COD の値とあまり変わらないことから、初沈汚泥の COD 有機分のほとんどは、SS 性の COD 有機物に起因するものであると考えられた。

表1 生物反応槽流入水と初沈汚泥の性状

	初沈流出水		初沈汚泥	
流量 m <sup>3</sup> /day	min.	11300	min.	50
	max.	26000	max.	300
	avg.	13800	avg.	200
SS mg/l	min.	15	min.	20
	max.	67	max.	17900
	avg.	31	avg.	5300
Total-COD mg/l	min.	57	min.	42
	max.	97	max.	6580
	avg.	69	avg.	1673
溶解性 COD mg/l	min.	31	min.	32
	max.	50	max.	73
	avg.	39	avg.	53
NH <sub>4</sub> -N mg/l	min.	10	min.	8.6
	max.	32	max.	30.8
	avg.	20	avg.	18.7
PO <sub>4</sub> -P mg/l	min.	2.5	min.	1.96
	max.	4.5	max.	11.49
	avg.	3.4	avg.	4.24
T-P mg/l	min.	2.6		
	max.	10.4		
	avg.	4.84		
T-N mg/l	min.	19.3		
	max.	56.3		
	avg.	29.7		

4.結果と考察

初沈汚泥投入前後の水質変化の様子を表2に、T-N、T-P除去率の推移を図2に示す。この図より、初沈汚泥投入前の全リン除去率は、平均約50%ぐらいであったが、投入を開始して5日後から100%付近にまで上昇したことが分かる。そしてこの高除去率は、水温の低下する冬期を含む約6ヶ月間にわたって継続されている。

次に、初沈汚泥投入の効果を再確認するため、'96年5月に初沈汚泥投入を停止した。これにより、初沈汚泥投入から約6ヶ月、安定的に高除去率を示していた全リン除去率が、初沈汚泥投入開始前のように不安定な状態となった。

窒素除去においては、冬場でもアンモニア性窒素の除去率は、ほぼ100%であり、T-Nについては70%前後の除去率を達成できている。このT-N除去率70%という数値は、現在の運転では、ほぼ上限値に達していると思われる。以前は、窒素除去とリン除去はトレードオフの関係にあったが、初沈汚泥の投入によって窒素、リンの同時除去が達成されたと考えられる。

今回の実験では、初沈汚泥を投入してからリン除去が良好となるまでに、数日間のタイムラグが見られた。これは、年末年始期の実験結果<sup>1</sup>および計算機シミュレーションの結果<sup>3</sup>と一致した。このタイムラグは、有機物不足により活性度の下がっていたリン除去細菌が、有機物を取り込んで蓄積し、活性度が上がるまでにかかった時間であると考えられる。

初沈汚泥の生物反応槽への投入は、3水路中の1水路のみに行ったが、リン除去はすべての水路で良好となった。これは、返送汚泥ラインが3水路共有の1本であるために、活性度の上がった汚泥が、返送汚泥とともに全水路に再び供給されたためと考えられる。

表2 生汚泥投入前後の反応槽流出水質の変化

	投入前	投入2日後	投入5日後	投入2週間後	投入1ヶ月後
MLSS(mg/l) (ASRT一定)	1500	1600	1700	2300	2900 (ASRT 5日)
NH <sub>4</sub> -N(mg/l)	0	0.1	0	0	0
NO <sub>3</sub> -N(mg/l)	5.5	8.5	-	4	5.4
PO <sub>4</sub> -P(mg/l)	1.5	1.5	0.02	0.04	0.03
T-N(mg/l)	12	-	-	11.2	5.6
T-P(mg/l)	1.6	-	-	0.04	0.12

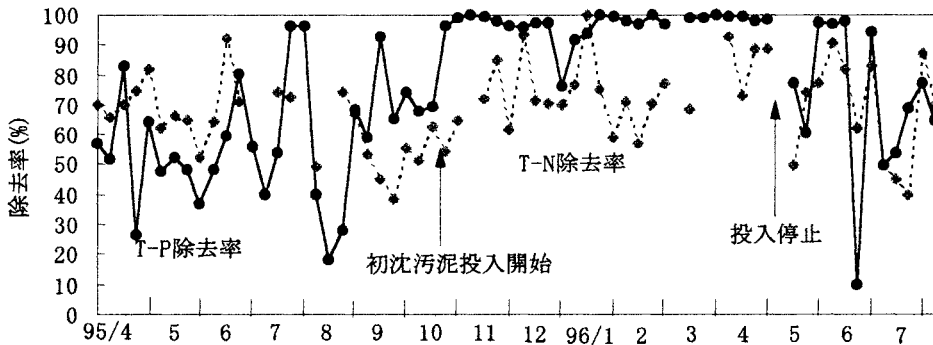


図2 T-N、T-P除去率

シミュレーションからは、ASRT の短縮により高率のリン除去率を維持できるという計算が示されていた。一方で、初沈汚泥を投入しはじめてから、MLSS、返送汚泥濃度の上昇が見られた(図3)。この MLSS の増加は、反応槽の空気量不足による DO 低下や、SV の上昇など運転に支障を招く恐れがあると考えられた。そのため、投入開始 3 週間後から ASRT を 12 日から 5 日程度にまで短縮し実験を継続した。このような ASRT の短縮は、初沈汚泥投入法においては、反応槽に流入する SS が増加するため大量の余剰汚泥を引き抜くことになる。このことも、高率のリン除去を継続できた一つの大きな要因であったと考えられる。

一方、投入した初沈汚泥は、最初沈殿池での沈降汚泥であることから、機械攪拌装置や計測器にゴミがからみつく問題が発生した。本手法を継続的に実施するには、これらの問題は解決しなければならない大きな課題であると考えている。

今回の実験では、初沈汚泥の全量を連続投入したため、結果的に初沈バイパスと同じことになった。初沈バイパスは、反応槽流入水の有機物濃度を上げることのできる一つの方法である。しかし、初沈バイパス設備を持たない既設処理場において、バイパスラインの建設は大幅な施設改造を伴うため、現実にはなかなか難しい。一方で、初沈汚泥投入法は、ランニングコストを要するが、大規模な施設の改造を必要とせず、比較的容易に導入できる。また、各種の水質計器と連動させることによって、投入負荷を調節する運転へと発展させることも可能であると思われる。

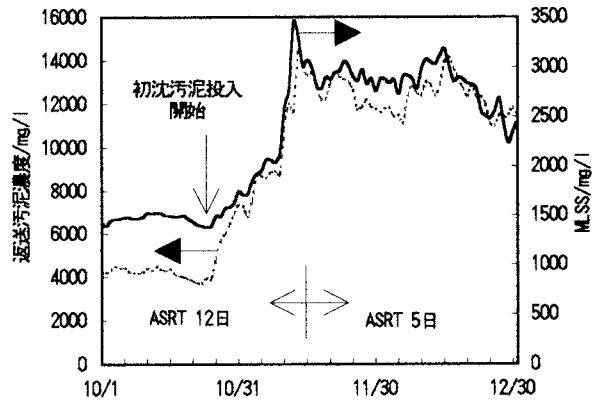


図3 返送汚泥濃度,MLSS 濃度変化

## 5.まとめ

下水処理水の高度処理に対する要求は、今後ますます強くなってくると考えられる。しかしながら、標準活性汚泥法での処理を前提として設計されている処理場において、窒素・リンの安定的な生物学的同時除去は、かなり困難な問題である。また、嫌気・好気法においては、反応槽流入水の有機物不足が、生物学的窒素・リンの同時除去を不安定化している場面がある。本研究では、反応槽へ流入する有機物量の増大手段として初沈汚泥の投入を試行した。その結果、この方法は、既設処理場における生物学的窒素・リンの同時除去処理を可能とする方法になり得ることが分かった。

今後は、計測器との連動による汚泥の間欠投入など、効率の良い運転法へと発展させていきたいと考える。また、初沈汚泥を有機物源として利用する事は、汚泥発生量低減の可能性も考えられることから、実験期間中の汚泥発生量についても検討する予定である。

最後に、本研究の推進にあたり、多大なご指導、ご協力を頂いた新南陽下水浄化センター職員、並びに実験の遂行や、運転操作に多大なご協力をいただいた(株)オルガノメンテナンスサービスの方々に感謝いたします。

1 佐藤他、"曝気槽流入水有機物濃度の生物学的リン除去への影響", 第5回環境システム自動計測制御国内ワークショップ論文集,p246-249,1994

2 佐藤他、"既設処理場における ASRT 管理について", 第32回下水道研究発表会講演集,p340-342,1995

3 倉田他、"Retrofit of Biological Nutrient Removal Process assisted by numerical simulation with Activated Sludge Model No.2"

Water Quality International '96 in SINGAPORE, 18th IAWQ Poster Session, P-NR24, p89, 1996  
問い合わせ先:(株)安川電機 公共システム技術部 技術企画グループ 佐藤明雄 E-mail:satoakio@yaskawa.co.jp  
803 北九州市小倉北区大手町 12-1 TEL:093-571-6560 FAX:093-571-5850