



脱窒・脱磷活性汚泥法に関する研究

研究ノート

橋本 墾* 古川 憲治**

水環境の富栄養化防除を目的とする下廃水中の窒素・磷の除去法として、筆者等の研究室でこれまで長年研究開発に取り組んできた嫌気-好気式高濃度活性汚泥法は効果的な脱窒法ではあるが、磷は除去できない欠点があった。

そこで、この方法にP除去機能を付加させる方法として、汚泥を約5時間以上嫌気状態下に保持することにより、汚泥に取込まれたPを放出させる方法を考え、磷と窒素の同時除去を目的として、ベンチスケールの実験装置で種々検討した。

実験装置と方法：実験に用いた供試汚泥は、表-1の組成の合成下水に長期間（半年以上）、fill and draw方式で馴養した硝化活性の高い汚泥を使用した。嫌気脱窒槽の攪拌はターピン

表1 合成下水組成

COMPONENT	g/l
peptone	0.375
meat extract	0.250
NaCl	0.0375
KCl	0.0175
CaCl ₂	0.0175
MgSO ₄	0.0125
NaHCO ₃	0.105

TOC = 200 mg/l, Total-N = 70 mg/l,

T-PO₄ = 23 mg/l

翼による緩速機械攪拌(100rpm)で、好気槽は空気曝気により槽内DO濃度を3.0mg/l以上に維持した。濃縮槽を組み込まない実験では、固液分離は最終槽に設けたフィルタセパレータで行った。分析は全て下水試験方法によった。

1. 嫌気-好気式高濃度活性汚泥法¹⁾によるN, Pの除去

表-2には、約40日間の連続運転で処理水質

*橋本 墾 (Susumu HASHIMOTO), 大阪大学, 工学部, 環境工学科, 教授, 医博・工博

**古川憲治 (Kenji FURUKAWA), 大阪大学, 工学部, 環境工学科, 橋本研究室, 助手, 工博

表2 嫌気-好気式高濃度活性汚泥法によるN, Pの除去成績

	INF	AER	ANO(EFF)	REMOVAL
TOC (mg/l)	411	15.8	18.3	95.5%
T-N "	191	58.2	48.4	74.6%
NH ₄ -N "	58.9	0.1	25.5	
NO ₃ -N "	—	56.7	9.93	
PO ₄ -P "	8.34	12.7	11.8	
T-PO ₄ "	12.5	12.7	11.8	5.6%
MLSS (mg/l)		7371	6414	
t _s (days)			200	
T-P content		1.4%	1.3%	

■ AEROBIC TANK (AER), ■■■■■ ANOXIC TANK (ANO)

INF:INFLUENT, EFF:EFFLUENT, FS:FILTER SEPARATOR

の安定した定常域におけるN, Pの処理成績を示した。T-Nは約75%除去されるのに対して、T-PO₄はわずかに5.6%しか除去されない。この5.6%のT-PO₄除去値は、汚泥試験により系外に引抜かれた汚泥中のPからほぼ説明できる。なお、汚泥のT-P濃度は、1.3~1.4%と低い値であった。

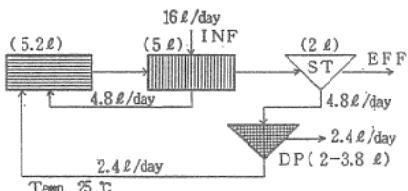
2. 濃縮槽を組込んだ嫌気-好気式高濃度活性汚泥法によるN, Pの除去¹⁾

この方法では、嫌気槽に供給された磷は嫌気槽、好気槽の汚泥により吸収除去される。磷を摂取した活性汚泥は、最終沈澱池の底部から0.2~0.3Qsの流量で汚泥濃縮槽に送られ、6~15時間嫌気状態下で維持される。

濃縮槽にはロート状のカサがついており、カサの内部は、円板付ターピン翼により緩速攪拌混合(またはN₂ bubblingにより混合)される。6~15時間の嫌気攪拌操作で、窒素除去過程で汚泥内に取込まれた磷が主としてPO₄³⁻の型で上澄み液中に放出される。磷放出汚泥は0.1~0.15Qsの流量で好気槽に返送される。

脱磷濃縮槽を付加した嫌気-好気式高濃度活性汚泥法によるN, P同時除去の連続試験成

表3 濃縮槽を組込んだ嫌気一好気式高濃度活性汚泥法によるN, Pの除去成績



	INF	AIR	ANO	DP	EFF	REMOVAL
TOC (mg/l)	200	—	—	—	13.5	93.0 %
T-N "	75.5	—	—	—	14.2	81.2 %
NH ₄ -N "	—	0	8.3	—	5.8	
NO ₃ -N "	—	—	—	—	—	
PO ₄ -P "	—	6.05	7.12	21.8	7.76	
T-PO ₄ "	24.0	—	—	22.3	8.82	63.3 %
pH		6.9	7.7	7.4	7.8	
ORP (mV)		+35	-110	-240		
MLSS (mg/l)		4600	3418			
SVI		78.3	55.6			
VOLUME (l)		5.2	5.0	2.0		

DP : DEPHOSPHO THICKENER · ST : SETTLING TANK

績を表-3に示した。2.0 lの容量の濃縮槽を用い、脱磷濃縮時間を10時間にとったところ、T-Nは81%，T-PO₄は63.3%の効率で同時に除去することができた。この方法では、長時間にわたり安定した磷除去が達成できた。汚泥内T-P濃度は、運転開始当初1.5%であったものが、1カ月後に約2.0~2.5%にまで上昇したが、それ以上の上昇はみられなかった。

脱磷濃縮槽は、特別にコントロールを行わなかつたため、濃縮槽内の温度が20°C以下に低下したので、磷放出速度が大幅に低下し、T-PO₄除去率が50%以下に低下した。

そこで、濃縮槽容量を3.8 lに増やし、濃縮槽滞留時間を19時間に上げた。その処理成績を表-4に示した。T-PO₄除去率は76%にまで上昇し、処理水T-PO₄濃度は5 mg T-PO₄/lにまで低下した。T-N除去率は75%と若干低

表4 N, Pの同時除去成績

	INF	AIR	ANO	ST	DP	EFF	REMOVAL
TOC (mg/l)	200	—	—	—	—	14.0	93.0 %
T-N "	75.5	19.7	22.4	—	30.7	19.3	74.4 %
NH ₄ -N "	—	4.1	12.8	12.8	18.8	11.6	
NO ₃ -N "	0	10.4	tr	tr	0	0.3	
PO ₄ -P "	—	1.35	4.6	5.1	23.3	4.69	
T-PO ₄ "	24.2	—	—	—	29.3	5.71	76.4 %
pH	7.2	7.4	7.8	7.7	6.45	7.85	
ORP (mV)		+20	-260	-200	-180		
MLSS (mg/l)		3580	2660				
SVI		67.0	60.2				
VOLUME (l)		5.2	5.0	2.0	3.8		
t _s (days)		100					

tr : trace

下したが、これは好気槽中の未硝化のTKN濃度が9.3 mg/lにまで増加したことから、濃縮槽での嫌気操作で硝化菌の活性が抑えられたことに起因するものと推察された。それ故、濃縮槽を用いて磷を放出させるこの方法では、水温の低下する冬期の操作には十分の留意が要求される。

3. 硫黄補填好気一嫌気式活性汚泥法によるN, Pの除去²⁾

汚泥循環式硝化一脱窒法は、現在のところ最も効果的な窒素除去法であるが、硝化槽から脱窒槽へ汚泥混合液を流入下水量の2~4倍の流量で返送循環しなければならぬので多大の動力が要求され、必ずしも経済的な窒素除去法とは言い難い。Wuhrmann法³⁾は、汚泥混合液の大量返送なしに窒素を除去する方法であるが窒素除去効率が低いことから、広く採用されるには至っていない。

一方、通性嫌気性菌であるThiobacillus denitrificansは、還元体の硫黄をエネルギー源として用いて脱窒を行う能力がある。そこでWuhrmannプロセスの脱窒槽に粒状単体硫黄を補填し、T. denitrificansの働く環境をととのえることにより、汚泥循環式硝化一脱窒法と同等の窒素除去率が得られるようにプロセスを改良し、同時に脱磷濃縮槽を付加して、窒素、磷の同時除去を検討した。

図-1に示したように、流入水は好気槽に流入され、好気槽と嫌気槽の間では汚泥は循環されず、後の工程は前記2の方法と同一である。流入廃水中の窒素は好気槽でNO₃-Nに変換され、次いで嫌気槽における汚泥内生脱窒とT. denitrificansの働きで、N₂ガスに脱窒

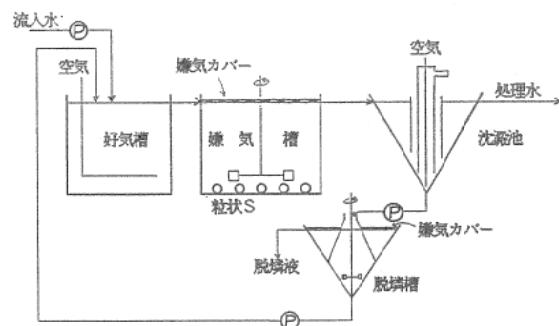


図1 硫黄補填好気一嫌気活性汚泥法の模式図

除去される。沈澱池汚泥は、流入廃水量の0.3倍の流量で脱磷濃縮槽に送られ、6~15時間の嫌気滞留で汚泥内摄取Pが主としてPO₄⁻の型で上澄液中に放出される。P放出汚泥は、流入下水量の0.15倍の流量で好気槽に返送される。

このプロセスの窒素除去能は、好気槽、嫌気槽の容量比に大きく依存し、好気槽、嫌気槽容

量を等しくすると、60%程度の除去率しか得ることができなかつた。

表-5に本法のN、P除去成績を示した。好気槽容量を3.0ℓに減少させ、嫌気槽容量を6~10ℓに増加させたところ、80%程度の安定した窒素除去率を達成することができ、磷除去率も約50~70%に得られた。

結語：われわれの研究室では、N・Pの同時除去を目指して、脱窒脱磷活性汚泥法の模索を行ってきたが、本法に更に修正・改良を加えて、窒素・磷除去率の向上に種々努力している。

文 献

- 橋本、古川：水質汚濁学会講演集，P65~70 (1983)。
- 橋本、古川：日本醸酵工学大会 講演要旨集，P93 (1983)。
- Wuhrmann, K: Verh. Internat. Verein Limnology, XV, P 580~596 (1964).

表5 硫黄補填好気一嫌気式活性汚泥法によるN、Pの同時除去成績

項目	流入水	処理水	脱磷液	除去率
TOC	177 mg/ℓ	5.0 mg/ℓ	9.1 mg/ℓ	96.6 %
Total-N NO ₃ -N TKN	56.4 " " " 56.4 "	11.0 " 4.0 " 7.0 "	20.0 " 0.6 " 19.4 "	80.5 %
T-PO ₄ PO ₄	16.0 " " " 156 mg/ℓ	4.8 " 3.8 " 7.95 mg/ℓ	40.0 " 25.0 " 7.85 mg/ℓ	70.0 %
pH Alkalinity	7.95 156 mg/ℓ	7.85 132 mg/ℓ	7.20 113 mg/ℓ	

Q_s=16.0ℓ/day, Q_{r1}(沈澱池-DP槽)=0.3Q_s, Q_{r2}(DP槽-好気槽)=0.15Q_s
Temp. 28 ℃, V_N=4.0ℓ, V_{DN}=5.0ℓ, V_{ST}=2.0ℓ, V_{DP}=3.8ℓ
ORP_N=90 mV, ORP_{DN}=-110 mV, ORP_{DP}=-250 mV