

荏原インフィルコ(株) 正員 田中 俊博
同 正員 松尾 吉高

1. はじめに

リン除去法としては従来、主として化学的方法が検討されてきた。最近、内外で活性汚泥を応用した生物脱リン法の開発が進められている。生物脱リン法の開発は、活性汚泥法で時として異常にリン除去が行われる現象(Luxury Uptake)の観察に端を発しており、汚泥返送経路で汚泥に含まれるリンを生物・化学的に抽出するフォストリップ法が開発された。

さらに最近、南ア連邦で原水流入端にDOもNO_x⁻も存在しない嫌気槽を単に設けるだけで、リン含率の高い汚泥を生成することにより、リン抽出操作を必要としない純生物学的なリン除去が可能との知見が報告されている。

筆者等は、生物脱リン技術のし尿処理・下水処理への実用化を検討するために、し尿処理では循環式硝化脱窒法の生し尿注入端に嫌気槽を設ける「循環式硝化脱窒変法」を、また下水では曝気槽の前段に嫌気槽を設けた活性汚泥変法の研究を行なっている。ここではし尿処理での研究結果を報告する。

2. 実験装置および実験方法

図-1に実験装置の概要を示す。嫌気槽、第1および第2脱窒槽は気密構造でガス攪拌されている。沈殿槽以外は恒温水槽に設置し、水温を20℃に制御した。

供試し尿は20M/Sろ過し尿で、冷蔵庫内に設置したSS沈積防止水流攪拌器付貯留タンクより供給した。ポンプづまりを防ぐため、この供給はタイマーを利用し間欠的に行なった。作動間隔は滞留時間に比べて充分短いので、ほぼ連続供給と考えてよい。運転条件を表-1に示す。なおCH₃OHは流入NO₃⁻-Nに対し3~4倍添加した。

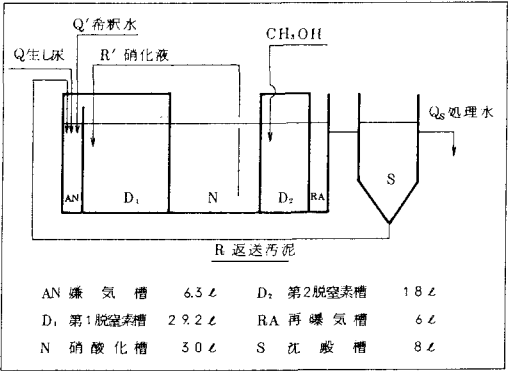


図-1 実験装置

表-1 実験条件

RUN. 号	期 間	T-PO ₄ 負荷 ($\frac{T-PO_4}{kg}$) ($\frac{kg}{SSB}$)	水 量 (L/日)		硝化槽 MLSS ($\frac{mg}{L}$)
			生し尿	希釈水	
1	8/30 ~ 10/30	0.003	4.5	40.5	12,000
2	10/31 ~ 11/20	0.004	6.0	54.0	12,000
3	11/21 ~ 12/4	0.006	6.0	54.0	9,000
4	12/5 ~ 12/25	0.01	6.0	54.0	7,000

$Q' = 7 \sim 9 Q$ $R = Q_s \sim 4 Q_s$
 $Q_s = 8 \sim 10 Q$ $R' = 60 Q \sim 100 Q$

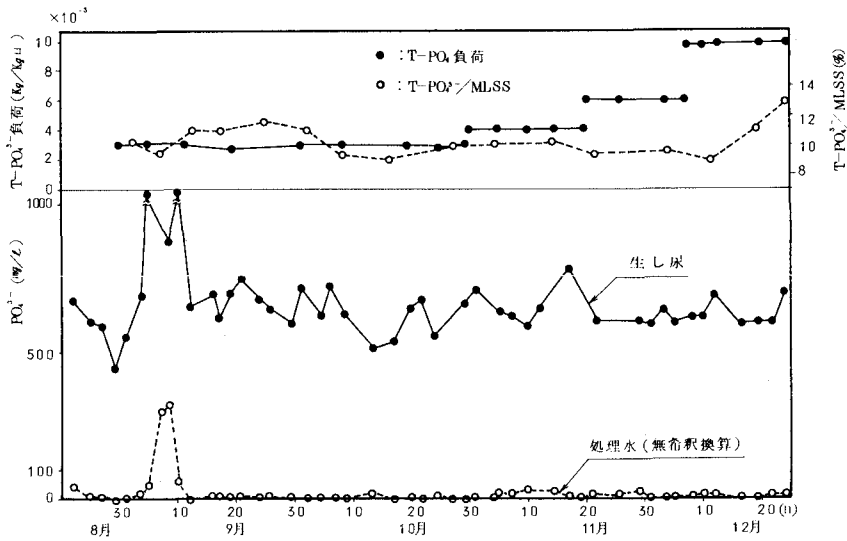


図-2 連続運転結果

3. 実験結果と考察

1) 連続運転結果

処理が安定してから4ヶ月間の PO_4^{3-} 除去成績を図-2に、また各水質データ例を表-2に示す。表-1に示すように、この期間の T-PO_4^{3-} 負荷(流入 T-PO_4^{3-} /嫌気槽、沈殿槽以外の反応槽内のMLSS量)を $0.003 \text{ Kg/Kg} \cdot \text{日}$ から $0.01 \text{ Kg/Kg} \cdot \text{日}$ と増加させたが処理水の PO_4^{3-} は $0.2 \sim 3 \text{ mg/L}$ と安定しており、除去率は95%以上であった。また、窒素、BODの除去も従来の循環式硝化脱窒法と同等で脱リン現象はこれらの物質の除去に何ら影響は与えなかった。この期間、余剰汚泥中の PO_4^{3-} 含率に若干の変動はあるが約10%である。RUN3でのリン酸収支例を図-3に示す。嫌気槽から流出した PO_4^{3-} は第1脱窒槽と硝化槽で汚泥に摂取されている。第1脱窒槽でもリン吸収が行なわれていることは、 PO_4^{3-} 摂取にとって NO_x^- とDOとが等価であり、 PO_4^{3-} 摂取が呼吸代謝と共役していることを示している。

2) 回分実験結果-生物脱リン法の原理

本実験施設で馴養された活性汚泥の特性を調べるために、従来の循環式硝化脱窒法を採用しているF市し尿処理施設の活性汚泥を対照にして、汚泥からの PO_4^{3-} 吐出し実験を行なった。実験は三角フラスコに NO_x^- の存在しない各施設の返送汚泥と生し尿を9:1で混合し、 N_2 ガスを吹込むことにより嫌気状態で封入し、定時間隔に採水する手法を採用した。図-4に混合液上澄水の PO_4^{3-} 、 COD_{Cr} 酢酸(GC法)の経時変化を示す。

リン除去のおこなわれていないF市汚泥は、DO、 NO_x^- の存在しない呼吸不能な状態ではし尿中の有機物をほとんど摂取していない。一方、本実験汚泥は呼吸不能な状態に PO_4^{3-} 吐出しと並行して有機物を摂取している。

このことから、①呼吸不能環境を設けることにより、脱リン菌ともいふべき特殊な活性汚泥が淘汰選択され、②この脱リン菌は呼吸可能な状態にあって、細胞外の PO_4^{3-} をポリリン酸のような高エネルギーリン酸化合物として細胞内に蓄積し、呼吸不能な状態下では高エネルギーリン酸化合物を PO_4^{3-} に加水分解して有機物の能動輸送等のエネルギーを得ていると考えられる。このことが生物脱リン法の原理であろうと推定される。

4. 結論

循環式硝化脱窒法を用いて、し尿の脱リン・脱窒素を試みたところ、 $\text{T-PO}_4^{3-}/\text{MLSS}$ 負荷 $0.003 \sim 0.01 \text{ Kg/Kg} \cdot \text{日}$ でリン除去率95%以上になり、10倍希釈で 3 mg/L (as PO_4^{3-}) 以下の処理水が得られた。また連続実験と回分実験の結果より、生物脱リン法は呼吸不能状態で PO_4^{3-} を吐出し、呼吸可能状態で PO_4^{3-} を摂取する特殊な細菌-脱リン菌-によって担われていると推定される。今後、脱リン菌の生理特性については十分な検討を加える必要があると思われる。

表-2 処理結果 単位: pH以外(mg/L)

項目	試水	生し尿	嫌気槽	硝化液	処理水
pH	8.20	7.72	7.48	7.71	
アルカリ度	6800	318	121	141	
BOD	11700	944	—	14.8	
COD_{Cr}	16100	2794	127.7	122.9	
COD_{Mn}	2400	79.8	62.1	64.0	
SS	2500	—	—	21.0	
T-N	2400	—	—	7.8	
$\text{NH}_3\text{-N}$	2100	—	T_1	T_1	
$\text{NO}_x\text{-N}$	—	—	10.5	0.2	
PO_4^{3-}	643.5	194.0	0.54	1.57(1.08)	
CL ⁻	2510	—	—	370	

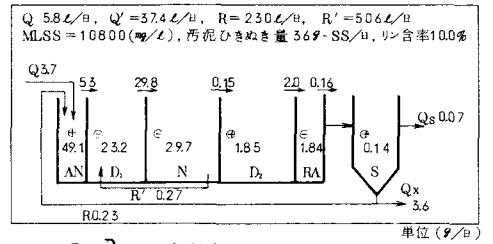


図-3 リン収支

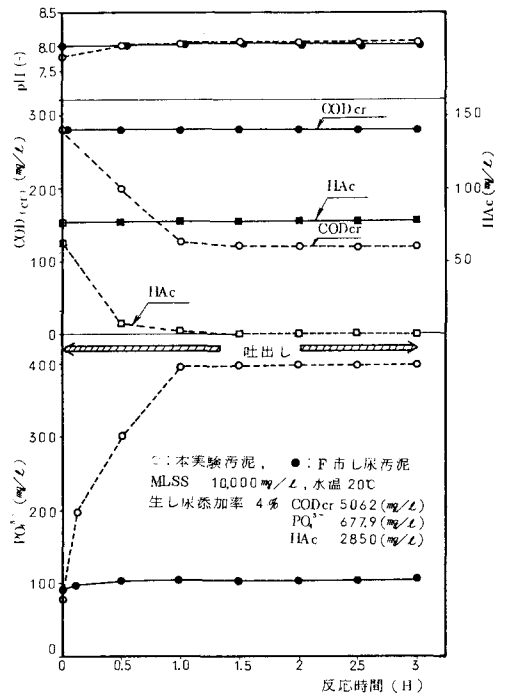


図-4 汚泥からのリン酸吐出し