

結合固定化担体を用いた
間欠曝気式流動床による窒素除去

神戸製鋼所 技術情報企画部 ○赤木文行
生物研究所 高原義昌

1. はじめに

微生物の固定化は、固定化の対象となる微生物のSRTを長くし、また他の細菌との競合に有利な状況をもたらす。その結果、対象微生物の濃度が高く維持され、反応速度の向上、処理の安定性等が期待できる。昭和60年度より、筆者らは、窒素除去バイオリアクターにおける硝化細菌、脱窒細菌の固定化方法として結合固定化法を選択し、菌体を固定化するのに適した材料、固定化方法を検討するとともに、その固定化担体を用いた「間欠曝気式流動床バイオリアクター」に関する開発検討を行ってきた。^{1)～5)} 本報では、実下水を用いたパイロット実験により、季節的な水温変化および流量変動の処理性能に与える影響を主として検討した。

2. 実験方法

(1) 実験装置

10m³/日規模のパイロットプラントを神戸市垂水処理場（分流式）内に設置し、実験した。パイロットプラントのフローシートを図-1に、主要諸元を表-1に示す。

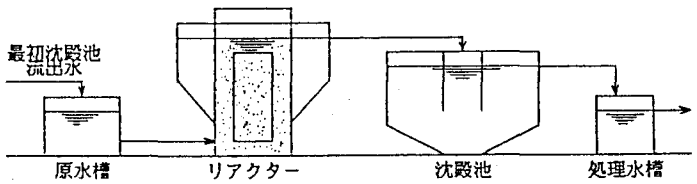


図-1 実験装置のフローシート

表-1 実験装置の主要諸元

項目	幅 (m)	長さ (m)	有効水深 (m)	有効容量 (m ³)	備 考
原水槽	1.0	1.0	0.8	0.8	
リアクター	0.7	1.7	2.8	1.37	沈降部は0.45m ³
沈殿池	1.3φ		1.5	1.6	
処理水槽	0.5	0.5	0.5	0.1	

(2) 供試担体

別途選定した珪砂（粒径0.2～0.3mm）を無機系結合固定化担体として使用した。担体濃度はリアクター反応部容積に対して約8v/v%である。

(3) 供試原水

供試原水は処理場の最初沈殿池流出水である。ただし、小配管の目詰まり防止のため、目開き5mmの金網を通して夾雑物を除去した。

(4) 曝気条件

曝気時間12～15分、曝気停止時間18～15分のタイムサイクルで間欠曝気を行った。曝気時にはDO自動制御運転を行った。曝気停止時には、ほとんどの場合、攪拌を全く行わなかった。機械攪拌やガス攪拌を試行したこともあるが、いずれも攪拌力が弱く、攪拌の効果は明確ではなかった。

(5) 分析方法

サンプルは、流量比例のコンボジットサンプルとした。溶解性物質の分析に際しては、サンプルを孔径1μmのガラス繊維ろ紙でろ過した。NH₄-Nはオードナジヤ（フェノール次亜塩素酸法）を、S-T-NはTNアナライザー（触媒酸化・化学発光方式）を用いて分析し、その他は下水試験方法に準拠して分析した。

3. 実験結果

実験条件を表-2に、実験結果を表-3に示す。各季節においてパイロットプラントを一定の条件下で1カ月以上運転し、四季における処理性能を把握した。その結果、四季を通じて安定した処理がなされた。さらに、夏期と冬期に流量を50～170%の範囲で時間的に変化させたところ、24時間一定流量時とはほぼ同程度の処理結果を得ることができた。また、前々年のパイロットプラント実験²⁾で確認したことであるが、BOD除去には後続の固液分離が重要であり、窒素除去についてはリアクター内での脱窒反応が律速になっていることを再確認した。

表-2 実験条件

項 目	単位	春期試験	夏期試験		秋期試験	冬期試験	
			流量変動	流量一定		流量変動	流量一定
運転期間	月/日	5/8～6/21	8/1～8/7	8/8～9/8	10/17～11/29	1/30～2/6	2/7～3/5
水温	℃	22.9	28.5	28.1	22.2	13.8	16.0
処理水量	m ³ /時	0.42	0.39	0.42	0.42	0.27	0.29
滞留時間	時	3.3	3.5	3.3	3.3	5.1	4.7
A/O比	分/分	15/15	18/12	18/12	18/12	15/15	15/15
曝気時のDO制御	—	あり	あり	あり	あり	あり	あり
曝気時DO	mg/l	2	2.5	2.5	2	1～3	1～2
曝気停止時の攪拌	—	なし or 空気攪拌	機械攪拌	なし or 機械攪拌	なし or 機械攪拌	なし	なし
MLVSS	mg/l	8800	10500	10900	13700	19300	16300
BOD容積負荷	kg/m ³ ・日	0.95	0.53	0.58	0.66	0.60	1.46
T-N容積負荷	kg/m ³ ・日	0.36	0.27	0.27	0.29	0.21	0.68
BOD-SS負荷	kg/kg・日	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03	0.07
BOD/T-N比	—	2.6	2.0	2.1	2.3	2.9	4.1

備考 1) A/O比: 曝気停止時間/曝気時間比の略。
 2) 空気攪拌: 少量の空気(0.9～1.5Nm³/時)で攪拌した。
 3) 機械攪拌: ドラフト管内上部に設置したプロペラ式攪拌機(直径250mm、回転数360rpm)で攪拌した。

表-3 実験結果

項 目	春期試験	夏期試験		秋期試験	冬期試験	
		流量変動	流量一定		流量変動	流量一定
T-BOD 原水 沈殿処理水	131 21(84)	77 13(83)	79 6(92)	90 6(93)	129 26(80)	286 22(92)
S-BOD 原水 177分-処理水	39 5(86)	21 3(88)	28 3(88)	35 4(89)	45 7(85)	57 8(86)
T-N 原水 沈殿処理水	50 18(63)	40 14(65)	38 12(67)	40 14(64)	45 16(65)	69 14(79)
S-T-N 原水 177分-処理水	37 17(53)	33 14(57)	29 12(59)	35 15(56)	37 16(56)	44 13(70)
NH ₄ -N 原水 177分-処理水	27 6(78)	22 3(86)	24 4(83)	31 5(83)	20 6(72)	36 8(79)
NO _x -N 原水 177分-処理水	9	9	7	9	8	4
SS 原水 沈殿処理水	162 23(86)	134 20(86)	113 11(90)	44 4(90)	95 19(80)	403 17(96)

備考 1) 上表は平均値を示す。
 2) () 外の数値は濃度であり、単位はmg/l である。
 3) () 内の数値は除去率であり、単位は%である。

硝化速度・脱窒速度を測定するため、エアリフトにより攪拌できるようにした10ℓメスシリンダーを使用し、リアクター内の混合液を濃縮した汚泥と最初沈殿池流出水をおよそ1:2の比率で9ℓになるように混合し、回分試験を実施した。その結果、式(1)、式(2)の関係を得た。

$$\text{硝化速度 } R_N(t) = 2.74 \times 1.056^{(t-20)} \text{ ----- 式(1)}$$

$$\text{脱窒速度 } R_D(t) = 1.33 \times 1.076^{(t-20)} \text{ ----- 式(2)}$$

ここに、t:水温(℃)、 $R_N(t) \cdot R_D(t)$:t℃における硝化・脱窒速度(mgN/gMLVSS・h)である。

パイロットプラントから発生した汚泥と標準活性汚泥法で運転している処理場の余剰汚泥とについて、沈降濃縮試験と簡易ベルトプレス脱水試験を実施し、汚泥の濃縮性・脱水性を比較した結果を表-4に示す。パイロットプラントの汚泥の方が濃縮性・脱水性とも優れていた。

表-4 汚泥の濃縮性・脱水性

種類		パイロットプラント汚泥	処理場汚泥
VTS		63~75%	74~80%
濃縮性	初期界面沈降速度	0.13~0.49m/h (TS 0.73~1.12% 時)	0.05~0.16m/h (TS 0.65~0.82% 時)
	濃縮限界濃度	2.2~3.6%	1.9~2.9%
脱水性	脱水性判定数値 ⁶⁾	0.7~1.4 (難~易脱水性)	0.5~0.7 (難脱水性)
	脱水ケーキ含水率	73~81% (ポリマー0.6~0.7%添加時)	83~85% (ポリマー0.8~0.9%添加時)

汚泥の発生量は、パイロットプラント実験のデータをまとめると、式(3)、式(4)で表される。

$$\text{除去SS当りの汚泥発生量 } W_s(t) = 0.68 - 0.031 \times (t-20) \text{ ----- 式(3)}$$

$$\text{除去BOD当りの汚泥発生量 } W_B(t) = 0.70 - 0.025 \times (t-20) \text{ ----- 式(4)}$$

ここに、t:水温(℃)、 $W_s(t) \cdot W_B(t)$:t℃における汚泥発生量(kg/kg)である。

4. まとめ

結合固定化担体を用いた間欠曝気式流動床によるパイロットプラント実験の結果、(1)四季を通じて安定して処理できた。(2)夏期と冬期に時間的に50~170%の流量変動を与えたが、24時間一定流量時とほぼ同程度の処理結果を得ることができた。(3)標準活性汚泥法による処理場の汚泥と比較して、パイロットプラントの汚泥の方が濃縮性・脱水性とも優れていた。

なお、本研究はバイオフォーカスの一環として建設省土木研究所と共同で実施したものであり、実験の実施に当たりご協力頂いた神戸市下水道局殿、ご指導頂いた建設省土木研究所殿をはじめ関係者各位に深く感謝致します。

- 参考文献 1)赤木文行、伊澤良海、高原義昌：第26回下水道研究発表会講演集、p448~450,1989
 2)伊澤良海、赤木文行、高原義昌：第26回下水道研究発表会講演集、p451~453,1989
 3)赤木文行、伊澤良海、高原義昌：環境技術研究協会主催特別講演「生物学的廃水処理の新技術」テキスト、p30~33,1989
 4)F.Akaki, Y.Izawa, Y.Takahara：WPCF Asia/Pacific Rim Conference on Water Pollution Control, Poster Program Presentations, 1989
 5)赤木文行、高原義昌：第27回下水道研究発表会講演集、p372~374,1990
 6)大宮一夫、東欽一郎、木下勲他：第17回下水道研究発表会講演集、p633~635,1980