

神戸大学大学院 学生員 寺西章浩

神戸大学大学院 学生員 広瀬 稔

神戸大学工学部 正 員 飯田幸男

1. はじめに

我々は過去数年間にわたって、浸漬ろ床槽によって窒素の除去を主体とした都市下水の高度処理に関する研究を行ってきた。本法は、メタノールのような外部有機炭素源を添加することなく、単一ろ床槽で硝化-脱窒を進行させ、しかも維持管理が容易で経済的観点からも実用が可能な方法の開発を目的としている。今回は、昨年度本学会で報告したパイロットプラントを用いてさらに実験を進め、本法の有効性を確認したので報告する。

2. 実験装置と方法

図-1および表-1にパイロットプラントのフロー図と仕様をそれぞれ示す。パイロットプラントは神戸市S処理場内に設置し、実験原水として最初沈殿池越流水を用いた。自動サンプラーを用いて2時間おき、24時間にわたって同時に採水した流入水と処理水を試料とし、水質分析を行った。また、浸漬ろ床槽には深さ方向に中間採水点を5点設け、槽内部の水質変動を調べた。RUN 1からRUN 9までの操作条件を表-2に示す。ここに交互周期とは、タイマーに連動させた電磁弁を用い間欠的にエアレーションを行った際の

エアレーション時間とエアレーション停止時間の繰返しを意味する。また、未処理のまま放流される処理水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ を効果的に除去するために、処理水を再び浸漬ろ床槽下部へ返送する処理水の循環を行った。ここに循環比とは、流入原水流量に対する循環処理水量の比を表す。

3. 結果と考察

表-3よりRUN 1における流入水 K-N-N 濃度は平均 46.2 mg/l と高く、

水温も 14°C と低温であったため硝化が進まず $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率、 T-N 除去率ともそれぞれ 63.2% 、 40.5% と低かった。RUN 2の実験に移ると水温が 20°C に上昇し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率も 92.8% と硝化反応は著しく促進したが、処理水中の平均 $\text{NO}_3\text{-N}$ は 8.4 mg/l とやや高かった。そこで脱窒反応を進めるためにRUN 3においてエアレーション1時間-エアレーション停止2時間と交互周期の操作変更を行った。その結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率が 83.9% 、 T-N 除去率が 50.5% と低下を示した。次にRUN

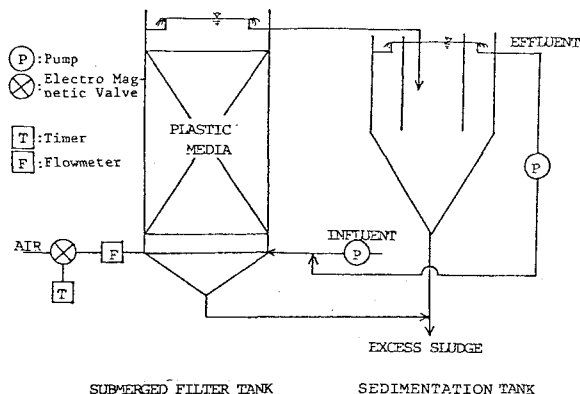


FIG.-1 FLOW SHEET OF PILOT PLANT

TABLE-1 SPECIFICATION OF PILOT PLANT

Submerged Filter Tank	Size(m)	1.2 ^Φ x 3.7 ^H Cylinder
	Volume(m ³)	3.28
Media	Material	Plastic Net
	Void Ratio	95%
	Specific Surface	500 m ² /m ³
	Size(m)	1.2 ^Φ x 0.95 ^H x 50 ^P
	Volume(m ³)	2.80
	Fill up Ratio	85.4 %
Sedimentation Tank	Size(m)	Upper : 1.2 ^Φ x 0.8 ^H Cylinder Lower : 1.2 ^Φ x 2.6 ^H Reverse Cone
	Volume(m ³)	1.88

TABLE-2 OPERATION CONDITIONS

RUN No.	Period	Alternate Cycle (hr-hr)	Recirculation Ratio	Inf. Flow Rate L(m ³ /hr)	Air Flow Rate G(m ³ /hr)	G/L (m ³ /m ³)	Detention Time (hr)
RUN 1	3/1-3/25	2-2	0	0.30	3.0	10.0	11.0
RUN 2	3/26-4/28	2-2	0	0.30	3.0	10.0	11.0
RUN 3	4/29-5/21	1-2	0	0.30	3.0	10.0	11.0
RUN 4	5/22-6/5	1-2	0	0.48	4.8	10.0	7.0
RUN 5	6/6-7/11	2-2	0	0.48	4.8	10.0	7.0
RUN 6	7/12-8/1	2-2	1	0.48	4.8	10.0	7.0
RUN 7	8/2-8/16	2-2	2	0.48	4.8	10.0	7.0
RUN 8	8/17-9/8	2-2	3	0.48	4.8	10.0	7.0
RUN 9	10/24-11/23	2-2	4	0.48	4.8	10.0	7.0

Note Alternate Cycle : Aeration Time - Aeration Stop Time
 Recirculation Ratio : Recirculation Rate/Influent Flow Rate
 Detention Time : Based on the Filter Void Volume

4で滞留時間を7時間と短縮したため、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率が65.1%と大幅に低下し、硝化反応の進行不全が認められたためRUN 5では交互周期を2時間-2時間にもどした。この操作によって $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率は95.8%とかなり改善され硝化反応の回復が認められたが、 T-N 除去率は50.2%とやや低く、脱窒反応の進行は不十分であった。

交互周期を2時間-2時間、滞留時間を7時間と固定し、循環比の検討を行った。RUN 6~RUN 9の結果より、硝化反応の進行は無循環のRUN 5に較べてさらに促進され $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率で97.5%以上を常に示している。脱窒反応に関しては、循環比を1とすることによって無循環の場合に較べて T-N 除去率で77.9%と約20%の飛躍的な向上を示した。循環比を2とすれば T-N 除去率で79.2%とさらに窒素除去率が上昇した。循環比をさらに3、4と高めると、逆に T-N 除去率が低下した。

表-4にBODおよびSSの濃度と除去率の総括を示す。BOD、SSに関しては、流入水の大幅な変動や操作条件にかかわらず、常に良好な除去率を示していたので特に問題はなかった。

4. おわりに

以上の実験結果より次のことがわかった。(1)浸漬ろ床槽を間欠的にエアレーションすることによって、硝化反応および脱窒反応を促進することが可能であることがわかった。(2)処理水の循環を行うことにより、脱窒反応を促進させ T-N 除去率を向上させることができる。最適循環比は1~2であった。(3)pHの調整は特に行わなかった。

TABLE-3 NITROGEN CONCENTRATION

RUN No.		RN-N Conc. (mg/l)		$\text{NH}_4\text{-N}$ Conc. (mg/l)		$\text{NO}_3\text{-N}$ Conc. (mg/l)		$\text{NO}_2\text{-N}$ Conc. (mg/l)		T-N Conc. (mg/l)		$\text{NH}_4\text{-N}$ Removal (%)	T-N Removal (%)
		Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.	Inf.	Eff.		
RUN 1	Max.	60.6	24.6	24.6	18.5	0.0	5.7	0.0	0.2	60.6	30.5		
	Min.	39.1	23.1	15.8	16.2	0.0	1.8	0.0	0.0	39.1	24.9		
	Ave.	46.2	23.9	20.3	17.0	0.0	3.6	0.0	0.0	46.2	27.5	63.2	40.5
RUN 2	Max.	57.4	7.6	35.1	4.2	0.0	11.5	0.0	0.3	57.4	19.4		
	Min.	38.5	5.7	18.1	2.1	0.0	6.6	0.0	0.0	38.5	12.3		
	Ave.	43.1	6.6	21.8	3.1	0.0	8.4	0.0	0.1	43.1	15.1	92.8	65.0
RUN 3	Max.	57.8	13.3	31.6	8.3	0.0	17.7	0.0	0.3	57.8	25.6		
	Min.	26.7	7.0	14.3	3.9	0.0	4.2	0.0	0.0	26.7	15.4		
	Ave.	40.4	9.7	20.2	6.5	0.0	10.1	0.0	0.2	40.4	20.0	83.9	50.5
RUN 4	Max.	51.1	17.8	21.3	12.3	0.0	3.9	0.0	0.3	51.1	20.4		
	Min.	20.3	12.3	11.3	9.8	0.0	2.3	0.0	0.0	20.3	14.8		
	Ave.	31.5	15.1	17.1	11.0	0.0	2.9	0.0	0.2	31.5	18.2	65.1	42.2
RUN 5	Max.	55.4	4.9	27.0	2.5	0.0	12.9	0.0	0.2	55.4	18.0		
	Min.	23.7	1.8	12.6	0.6	0.0	10.2	0.0	0.1	23.7	12.5		
	Ave.	31.1	3.5	16.7	1.3	0.0	11.9	0.0	0.1	36.2	15.5	95.8	57.2
RUN 6	Max.	43.1	2.8	18.1	0.4	0.0	7.5	0.0	0.1	43.3	9.9		
	Min.	29.1	0.8	11.5	0.4	0.0	3.2	0.0	0.0	29.5	5.5		
	Ave.	36.0	2.1	15.2	0.4	0.2	5.8	0.0	0.1	36.2	8.0	99.0	77.9
RUN 7	Max.	50.4	5.4	24.9	2.8	0.3	6.7	0.0	0.2	50.5	9.8		
	Min.	31.9	2.1	14.7	0.4	0.0	3.4	0.0	0.1	31.9	7.3		
	Ave.	39.7	3.2	17.4	1.0	0.1	4.9	0.0	0.2	39.8	8.3	97.5	79.2
RUN 8	Max.	59.5	2.7	27.3	0.8	0.2	8.4	0.0	0.1	59.5	11.0		
	Min.	26.2	1.5	11.1	0.4	0.0	5.4	0.0	0.0	26.3	8.0		
	Ave.	35.0	2.2	15.0	0.3	0.1	7.0	0.0	0.1	35.1	9.2	99.1	73.8
RUN 9	Max.	48.7	3.2	18.7	0.5	0.2	12.5	0.0	0.2	48.9	14.3		
	Min.	37.5	1.6	15.3	0.4	0.0	8.2	0.0	0.0	37.6	11.1		
	Ave.	41.1	2.2	17.4	0.5	0.1	10.2	0.0	0.1	41.2	12.4	99.5	69.9

TABLE-4 BOD₅, SS CONCENTRATION

RUN No.		T-BOD ₅ Conc. (mg/l)		SS Conc. (mg/l)		T-BOD ₅ Removal (%)	SS Removal (%)
		Inf.	Eff.	Inf.	Eff.		
RUN 2	Max.	246.0	33.8	248.0	29.6		
	Min.	151.0	8.5	144.0	13.0		
	Ave.	207.8	22.3	188.4	21.7	89.3	88.5
RUN 3	Max.	265.7	22.6	330.0	32.0		
	Min.	153.8	5.1	166.7	10.5		
	Ave.	202.8	13.0	228.8	17.0	93.6	92.6
RUN 4	Max.	205.2	17.2	127.5	10.0		
	Min.	116.6	2.1	85.0	4.0		
	Ave.	161.9	10.7	111.4	6.6	93.4	94.1
RUN 5	Max.	242.8	8.3	180.0	15.5		
	Min.	73.6	2.7	43.3	4.0		
	Ave.	134.3	5.4	87.5	6.9	96.0	92.1
RUN 6	Max.	242.5	8.2	200.8	15.0		
	Min.	111.4	4.2	80.0	1.0		
	Ave.	174.1	6.1	123.3	8.4	96.6	93.2
RUN 7	Max.	270.2	9.6	560.0	17.5		
	Min.	133.4	3.4	190.0	4.0		
	Ave.	201.7	6.2	292.9	6.1	96.9	97.9
RUN 8	Max.	223.1	7.3	305.0	16.0		
	Min.	96.9	3.0	132.0	5.0		
	Ave.	176.8	4.0	202.2	10.6	97.7	94.8
RUN 9	Max.	311.8	14.9	428.0	38.3		
	Min.	154.0	3.0	246.7	10.5		
	Ave.	228.1	4.4	305.8	21.3	98.1	93.0