

神戸大学工学部 学生員 ○片岡 誠
神戸大学工学部 学生員 渡辺和彦
神戸大学工学部 正 員 飯田孝男

1. はじめに

生物学的窒素除去に関し、現在種々の方法が開発されているが、従来は多段式でメタノール等を脱窒段階で水素供与体として投与するものが主流であった。それに対し我々は、既存のエアレーションタンクを改善し、単一槽で、外部から有機炭素源を添加することなしに、効率よく窒素を除去する方法について室内規模実験装置で予備実験を行ないその結果を第I報で報告した。今回、エアレーションタンクを大型化して実験を行ない、その結果を報告する。

2. 実験装置と方法

実験装置を図-1に示す。エアレーションタンク容量は0.6m³で、内部に空隙率96%の網状合成樹脂浮材を詰めた。底部には多孔性散気管を配し、好気、嫌気状態を交互に発生させるために、タイマーと接続した電磁弁を使用し間欠的にエアレーションを行なった。なお空気量は15~40ℓ/minであり、流入水として神戸市西部下水処理場最初沈殿池流出水を用いた。実験の滞留時間、交互エアレーション時間サイクル、水温を表-1に示した。

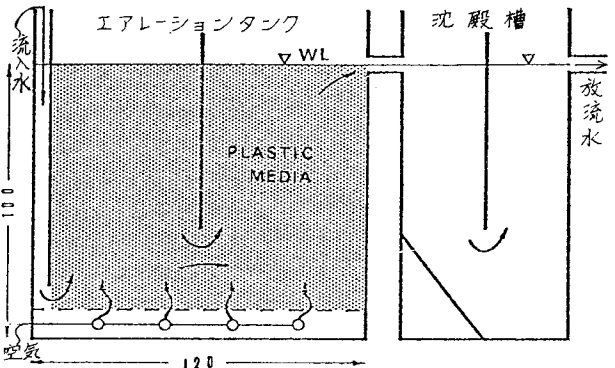


図-1. 実験装置

実験中測定されたTOCはT社計測機により、その他は、下水試験方法に準じた。

表-1. 実験概要

項目 区別	滞留 時間 (hr)	エアレ- ン時間 (hr)	停止 時間 (hr)	水 温 (℃)
実験1	12.5	2 × 2		25~28
実験2	10.0	2 × 2		25~28
実験3	6.5	2 × 2		25~28
実験4	10.0	1.5 × 2.5		21~25
実験5	10.0	2 × 2		21~25
実験6	10.0	2 × 2		21~25
実験7	10.0	2 × 2		17~21
実験8	10.0	2 × 2		13~17

3. 結果と考察

各実験の水質分析結果を表-2に総括した。表-2において、NH₄-N除去率、窒素除去率は各々次式により算定した。

$$\text{NH}_4\text{-N除去率} = 1 - \frac{\text{放流水NH}_4\text{-N濃度(mg/L)}}{\text{流入KN-N濃度(mg/L)}} \quad \text{窒素除去率} = 1 - \frac{\text{放流水全窒素濃度(mg/L)}}{\text{流入全窒素濃度(mg/L)}}$$

1) 窒素濃度に関して： 実験1,2,3(2hr×2hr 交互エアレーション、水温25~28℃)より、滞留時間の影響をみる。滞留時間が6.5~12.5hrと変化しても流入水のKN-N(ケルタル窒素)、NH₄-N濃度にかかわらず、放流水のNH₄-N濃度は常に2mg/L以下で、滞留時間に関係なく低濃度のNH₄-Nを含む放流水が得られた。一方、滞留時間が6.5hr, 10hr, 12.5hrと変化すると、放流水平均NO₃-N濃度は、7.7mg/L, 5.3mg/L, 2.8mg/Lと直線的に減少し、滞留時間により影響を受けた。また、NH₄-N除去率は、滞留時間にはほぼ無関係に95%以上の高除去率が得られたが、窒素除去率は、放流水中のNO₃-N濃度に依存し、滞留時間の減少に伴ない除去率の低下が見られた。

次に実験2,5,7,8(滞留時間10hr, 2hr×2hr 交互エアレーション)により水温の影響を検討する。放流水のNO₃-N濃度は、水温の低下に伴ない若干増加が見られたが、Org-N(KN-NとNH₄-Nの差)は、水温によらずほぼ一定値(平均2.4mg/L)であった。一方、放流水NO₃-N濃度は、水温の低下に伴ない増加し、脱窒機能の低下が見られた。NH₄-N除去率は、水温13~17℃の時にも90%以上の高除去率が得られたが、窒素除去率は、夏期(水

表-2 実験結果総括

項目 区別		NH ₄ -N		NO ₂ -N		NO ₃ -N		KN-N		NH ₄ -N 除去率	窒素 除去率	BOD		BOD 除去率	TOC		SS		pH	
		流入	流出	流入	流出	流入	流出	流入	流出			流入	流出		流入	流出	流入	流出	流入	流出
実験 1	濃度	max	29.1	2.1	0.4	0.4	0.0	6.3	59.9	5.6		386.7	12.4		190.0	10.0	—	—	—	—
	濃度	min	15.4	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	31.5	2.5		189.2	4.4		105.0	5.0	—	—	—	—
	濃度	平均	22.0	0.7	0.3	0.2	0.0	2.8	45.2	3.7	98.5	213.8	7.6	97.2	162.0	6.9	—	—	—	—
	負荷量		0.042						0.087			0.526								
実験 2	濃度	max	29.8	1.8	0.4	0.3	0.0	10.0	65.5	4.2		269.3	6.0		163.0	18.0	—	—	—	—
	濃度	min	16.8	0.1	0.2	0.0	0.0	4.3	29.8	1.8		151.5	3.6		75.0	4.0	—	—	—	—
	濃度	平均	20.6	1.3	0.3	0.1	0.0	5.3	45.5	3.3	97.1	210.4	4.8	97.7	120.8	12.0	—	—	7.25	7.05
	負荷量		0.049						0.109			0.505								
実験 3	濃度	max	32.6	3.5	0.3	0.3	0.0	10.0	58.8	6.3		299.5	8.8		196.0	15.0	—	—	—	—
	濃度	min	16.1	0.1	0.1	0.0	0.0	5.0	29.4	1.4		122.1	4.2		82.0	5.6	—	—	—	—
	濃度	平均	21.8	1.6	0.2	0.1	0.0	7.7	36.8	3.4	95.7	201.3	6.8	96.6	122.2	9.1	166.0	3.6	7.45	7.33
	負荷量																			
実験 4	濃度	max	29.8	4.2	0.5	0.3	0.0	8.2	55.0	6.3		314.6	11.4		138.0	18.0	465.0	7.5	8.20	7.35
	濃度	min	17.9	1.4	0.0	0.0	0.0	2.6	30.8	2.5		197.6	4.2		75.0	6.0	88.0	3.5	7.45	7.00
	濃度	平均	20.3	2.4	0.2	0.3	0.0	5.4	39.8	4.6	94.0	196.2	6.9	96.5	99.2	11.3	205.1	5.7	7.66	7.08
	負荷量		0.049						0.096			0.477					0.492			
実験 5	濃度	max	33.6	4.2	0.4	0.2	0.0	13.3	50.1	7.7		313.4	9.9		235.0	18.0	480.0	17.5	8.10	7.15
	濃度	min	17.5	0.1	0.1	0.1	0.0	5.0	32.6	2.5		197.3	3.3		95.0	10.0	114.0	4.0	7.30	6.75
	濃度	平均	22.6	1.6	0.3	0.2	0.0	9.7	39.6	3.7	96.0	206.4	5.5	97.9	133.6	11.6	259.0	5.8	7.70	6.91
	負荷量		0.054						0.095			0.639					0.682			
実験 6	濃度	max	24.2	4.2	0.4	0.2	0.0	11.1	52.9	6.3		604.8	19.4		214.0	21.0	430.0	21.0	8.85	7.14
	濃度	min	19.6	0.1	0.1	0.1	0.0	5.1	31.9	2.5		294.8	11.4		129.0	14.0	97.5	5.0	7.50	6.90
	濃度	平均	20.6	2.6	0.2	0.2	0.0	8.4	42.3	4.9	93.9	440.0	13.3	97.0	194.0	17.1	210.7	6.8	8.19	6.98
	負荷量		0.049						0.102			1.056					0.506			
実験 7	濃度	max	28.9	3.5	0.5	0.3	0.0	12.2	48.7	8.1		289.7	4.6		189.0	17.0	316.0	9.5	8.85	7.10
	濃度	min	19.6	0.1	0.2	0.1	0.0	5.0	30.5	2.5		191.3	1.2		94.0	5.0	119.0	2.5	7.45	6.77
	濃度	平均	22.8	2.0	0.3	0.2	0.0	9.2	41.4	4.9	95.2	252.0	2.8	98.9	130.6	11.5	212.8	5.7	8.30	6.95
	負荷量		0.055						0.099			0.605					0.511			
実験 8	濃度	max	29.8	7.0	0.4	0.2	0.0	11.8	54.6	10.5		310.5	10.2		182.0	11.0	224.0	5.8	8.80	7.30
	濃度	min	22.0	2.4	0.2	0.2	0.0	5.4	39.9	4.2		201.4	2.4		108.0	7.0	162.0	3.5	8.50	6.70
	濃度	平均	25.7	3.8	0.3	0.2	0.0	10.6	49.2	6.3	92.3	252.1	5.1	98.0	150.6	9.5	193.7	4.3	8.64	7.00
	負荷量		0.060						0.118			0.605					0.465			

[注] 濃度 (mg/l) 負荷率 (kg/m³・day) 除去率 (%)

温 25~28℃)では80.9%、冬期(水温13~17℃)では65.5%で、約10℃の温度低下は、約15%の窒素除去率低下をもたらした。なお、NO₂-N濃度は、滞留時間、水温によらず流入水、流出水とも0.5mg/l以下であった。

2) BOD濃度、TOC濃度に関して：BOD除去は滞留時間(6.5~12.5hr)、水温(13~28℃)の変化、BOD負荷(0.64~1.1kg/m³・day)の変動に関係なく、常に96%以上の高除去率が得られた。TOCに関して同様で、外因子的の変動に関係なく常に90%以上の除去率であった。

3) SS、pHに関して：全実験期間中の流入水SS濃度は平均222.3mg/l、流出水SS濃度は平均6.7mg/lであった。流出水SS濃度(エアレーションタンクからの流出SS濃度)は、エアレーション中、平均132.6mg/l、停止中、平均14.2mg/lと非常に異なっていた。沈殿池におけるSSの沈殿性は良好であった。またエアレーションタンク中の活性汚泥量は、タンク横方向、深さ方向で付着状態が異なり、さらに浮遊性汚泥と、付着性汚泥があるため、把握が困難であった。pHに関しては、流入水は7.25~8.40(平均7.9)、流出水は6.7~7.3(平均7.0)であった。

3. 結 び

以上の実験結果より次のことがわかった。(1)本法は、外部からの有機炭源の添加を必要とせず、下水中の有機物を有効に利用して、簡単な操作で有機物除去はもちろんのこと、かなりの窒素が除去された。(2)窒素除去率は、滞留時間、及び水温の変化によりかなり影響されるが、BOD除去率に関しては、それらの影響は殆どなかった。(3)汚泥の返送を必要とせず、エアレーションタンク中に高濃度の活性汚泥を維持することができた。(4)間欠エアレーションを行っているため実験期間中浮材の閉塞は起らなかった。なお、より窒素除去効率を上げるため、流入水の投入方法、流出水の循環等について検討している。