

郡山市下水道部	寺山	喜信
日本大学工学部	西村	孝
日本大学大学院	中出	淳一

好気性ろ床を硝化槽、接触ろ材として材質が塩化ビニリデンひも状のものを充填した脱窒槽を組み合わせた循環式硝化脱窒法（処理量 $50 \text{ m}^3/\text{日}$ ）の実証実験プラントを二系列用意し、定常運転と変動運転の比較ができるようにして処理実験を行った。

本報告では、脱窒槽下部に汚泥を貯留した場合の処理性能、特に原水と循環水を脱窒槽下部から混合導水した場合の処理特性など脱窒を効率的に行うための脱窒槽の構造を主眼にして実用化に向けての問題点を検討した。

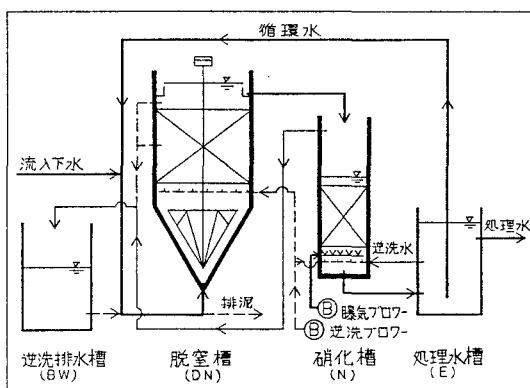


図-1 実験フロー

2. 実験方法

好気性ろ床を用いた循環式硝化脱窒法のフローを図一1に示す。

表-1 計畫水質

項 目	TN (mg/l)	BOD (mg/l)	SS (mg/l)
原 水	40	200	200
処理水 (目標値)	10	10	10

表-2 実験施設仕様 (1 系列分)

計画水質は表—1に示す。なお、処理水温10℃前後で処理水NH₃-Nが零、T-N10mg/lという水道水源対策としての目標値が定められている。表—2に実験施設仕様、表—3に実験方法及び操作条件を示す。

実 験 装 置	仕 様
脱 窒 槽 : DN 槽 数 : 1 槽	反応槽容積 : 28. 1 m ³ 径 3. 20 m × 反応水深 3. 50 m 充填材容積 : 16. 1 m ³ り材高 2. 00 m (1 m × 2) ろ 材 : 塩化ビニリデン類も状 (太目径 4 mm) 通水速度 : 6. 2 m ³ /d 滞留時間 : 7. 7 h r * Q s = 50 m ³ /d
硝 化 槽 : N (好気性ろ床) 槽 数 : 2 槽	反応槽容積 : 6. 6 m ³ 径 1. 60 m × 反応水深 3. 30 m 充填材容積 : 4. 0 m ³ り材高 2. 00 m ろ 材 : アンスラサイト (有効 3 層) 通水速度 : 12. 4 m ³ /d 滞留時間 : 3. 8 h r * Q s = 50 m ³ /d
処 理 水 槽 : E 槽 数 : 1 槽	有効容積 : 8. 0 m ³ 径 2. 35 m × 水深 1. 85 m
逆 洗 排 水 槽 : BW 槽 数 : 1 槽	有効容積 : 10. 0 m ³ 径 2. 15 m × 水深 2. 75 m

3. 実験結果及び考察

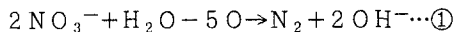
今回報告する実験は脱窒槽に汚泥を貯留した処理結果である。Run 1 から Run 9 に分けられ、原水流量は水温により設定され、低水温期 (Run 1, 8, 9) 及び中水温期 (Run 2, 3, 6, 7) は $50 \text{ m}^3/\text{日}$ 、水温が 20°C 以上となる 7, 8 及び 9 月の高水温期 (Run 4, 5) は $75 \text{ m}^3/\text{日}$ で処理された (図-2)。

表-3 実験方法及び操作条件

実験 No. (期 間)	脱 窒 槽		硝 化 槽	
	通水速度 (m/d)	滞留時間 (hr)	通水速度 (m/d)	滞留時間 (hr)
低水溫期: Run 1. 8, 9 (H8. 4. 10~5. 9, H8. 12. 27~H8. 3. 6) Qs : 5. 0 m ³ /d RQ : 3. 0 Qs	6. 2	7. 7	12. 4	3. 8
中水溫期: Run 2. 3, 6, 7 (H8. 5. 10~7. 9, H8. 9. 17~12. 26) Qs : 5. 0 m ³ /d RQ : 3. 0 Qs	6. 2	7. 7	12. 4	3. 8
高水溫期: Run 4. 5 (H8. 7. 10~9. 16) Qs : 7. 5 m ³ /d RQ : 3. 0 Qs	9. 3	5. 1	18. 7	2. 6

本プロセスの脱窒槽はろ床下部を汚泥貯留部としてあり、脱窒効果を高めることが出来る。汚泥貯留部における $\text{NO}_x\text{-N}$ 及び溶解性 COD_{cr} の挙動について検討した。Run 7（11月15日調）における脱窒槽の流下方向水質変化に基づき、溶解性 COD_{cr} 消費量と $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去量の関係を求めた（表一4）。

窒素1kg脱窒するのに必要なBOD量は次式で示される。



①式で求められる値の25%増しと考えると、窒素1kg脱窒するのにBOD3.5kg必要とすると仮定する。さらに、本実験ではCOD_{cr}で7kg必要と仮定した。

脱窒に利用可能なCOD_{cr}量は表一4に示すS-COD_{cr}消費量から持ち込みDO量を差引いた値で示される。また、持ち込みDO量の計算には処理水DO濃度を7.5mg/l(水温16℃)とした。脱窒槽で脱窒されるNO_x-N量は、0.61kg/日(定常)及び0.36kg/日(変動)となる。これらの値は現実に脱窒されている量(NO_x-N除去量)に比べ、30~40%少ない。

循環水として処理水を利用する固定床型の硝化・脱窒では好気性ろ床のDO濃度を制御すると共に、処理水を出来るだけ速かに循環する工夫を必要とする。表一4に示すS-COD_{cr}消費量とNO_x-N除去量はほぼ8倍である。しかし、S-COD_{cr}消費量は貯留汚泥からの溶出量も消費しており、窒素1kg脱窒するのに現実には8倍以上のS-COD_{cr}(溶解性:GF/B)を消費しているものと思われる。

Run 8(1月18日調)において、脱窒槽の汚泥貯留部とリングレース部における脱窒割合を調べるため、窒素収支(図一3)をとってみた。脱窒割合はほぼ9:1となり、低水温期における脱窒は大部分が貯留汚泥で行われていた。この時の汚泥の脱窒速度は0.7g/kgSS/hであった。

Run 8及び9の平均水質(表一5)から、脱窒割合が9:1で行われているものと考え、脱窒速度を求めたものである(表一6)。

汚泥濃度の低いRun 9の方が脱窒速度が大きく、ある程度汚泥が浮遊している状態の方が原水との接触混合がうまく行われるものと考えられる。なお、このときの脱窒槽の通水速度(循環水を含む)は24.8m/日であった。

4. まとめ

本脱窒槽で安定して脱窒運転を行うためには、水温20℃を境にして水温の低下にしたがって貯留汚泥量の増加を図り脱窒を補強していく、水温20℃以上の時はリングレース部のみで脱窒を行う技術と言える。

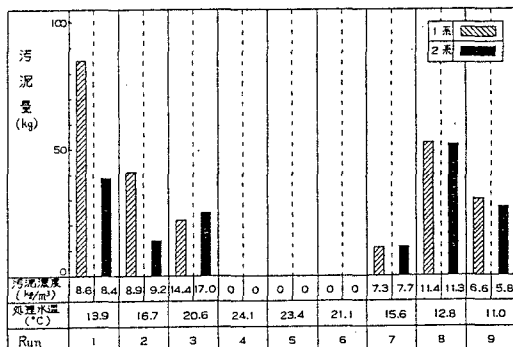


図-2 実験区(Run)における汚泥貯留量

表-4 S-COD_{cr}およびNO_x-N収支

貯留汚泥量 (kg)	S-COD _{cr} (kg/d)		NO _x -N(kg/d)		S-COD _{cr} 消費量 (kg/d)		NO _x -N除去量 (kg/d)	
	流入量	流出量	流入量	流出量	流入量	流出量	流入量	流出量
DN ₁	13.1	14.7	8.2	1.1	0.3	6.5	0.8	0.8
DN ₂	18.6	14.7	9.9	0.8	0.2	4.8	0.6	0.6

注) DN₁: 脱窒槽1系, DN₂: 脱窒槽2系

	W	DN汚泥貯留部	DNリングレース部	N(S)
T-N (mg/l)	38.52	14.33	11.80	9.46
NO _x -N(mg/l)	—	1.44	0.87	7.56

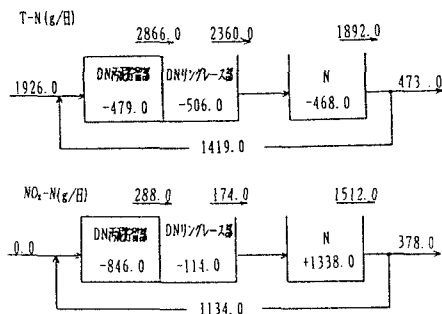


図-3 窒素収支

表-5 脱窒速度

実験池	貯留汚泥		NO _x -N		貯留汚泥		ろ材	
	速度	量	流入量	流出量	速度	量	速度	量
	(kg/d)	(kg)	(g/hr)	(g/hr)	(g-N/kg-SS/hr)	(kg/d)	(g-N/kg-SS/hr)	(kg/d)
Run 8	11.41	52.8	48.8	0.4	43.6	0.8	0.22	4.8
Run 9	6.55	30.4	53.7	7.3	41.8	1.4	0.22	4.6

表-6 処理成績

操作条件		Run 8				Run 9			
		H 8.12.27 ~ H 9.1.24 Qs=50 m³/d, RQ=3.0Qs				H 9.1.25 ~ 3.6 Qs=50 m³/d, RQ=3.0Qs			
水質項目		W	N (g/g)	N (g/g)	W	N (g/g)	N (g/g)	W	N (g/g)
水温	(°C)	13.4	12.8	12.6	12.6	11.0	10.9	11.0	10.9
アルカリ度	(°C)	7.0	6.5	6.5	7.0	6.4	6.4	7.0	6.4
DO	(mg/l)	122.0	30.6	32.0	125.5	27.0	30.4	125.5	27.0
SS	(mg/l)	2.6	7.3	9.0	3.8	7.9	9.1	3.8	7.9
	(mg/l)	174.8	5.0	5.7	172.8	4.9	4.6	172.8	4.9
BOD	(mg/l)	110.3	6.8	6.5	188.4	6.5	6.1	110.3	6.8
S-COD _{cr}	(mg/l)	51.0	3.0	2.4	49.1	2.4	2.2	51.0	3.0
COD _{cr}	(mg/l)	107.8	14.5	14.6	112.9	14.3	14.8	107.8	14.5
T-N	(mg/l)	46.5	11.3	12.1	47.5	11.8	12.2	46.5	11.3
ONH ₄ -N	(mg/l)	38.9	9.8	9.1	39.7	9.2	8.3	38.9	9.8
NO ₃ -N	(mg/l)	25.6	1.5	1.5	13.7	0.3	0.3	25.6	1.5
NO ₂ -N	(mg/l)	—	0.5	0.3	28.0	—	—	—	0.5
NO _x -N	(mg/l)	—	0.1	0.0	—	0.1	0.0	—	0.1
	(mg/l)	—	7.7	7.3	—	7.3	6.6	—	7.7
P-O-P	(mg/l)	2.2	2.1	2.0	2.2	1.9	1.8	2.2	2.1
T-P	(mg/l)	5.2	3.2	3.0	5.2	2.8	2.8	5.2	3.2