固定床循環式硝化脱窒法による運転方法と反応槽（N・DN）比について

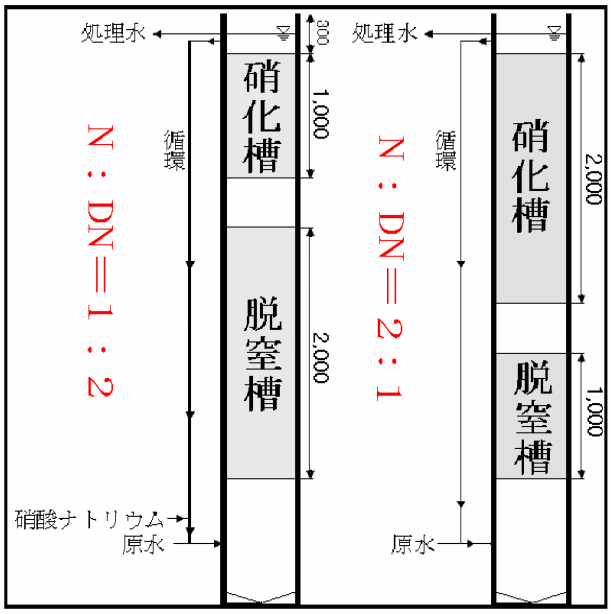
日本大学大学院　学生会員　○吉村　友次郎　日本大学大学院　学生会員　武田　明仁
日本大学大学院　学生会員　田母神　維孝　日本大学大学院　学生会員　福田　友一
山岡工業（株）　山岡　和男　日本大学工学部　正会員　西村　孝

１．はじめに

循環式硝化脱窒法は原水中の BOD を利用して脱窒し、T-N 除去率は 60～70%期待できる。BOD 及び SS についても標準法を上回る除去率が得られる。

一般に、都市下水中から窒素除去を必要とする場合、寒冷地（水温 10℃前後）で水道水源対策として求められる場合が多い。

ところで、脱窒槽の容積は汚泥濃度を高め、単位容積あたりの脱窒速度を大きくすることにより縮小できる。これに対し硝化槽容積は汚泥日令から決定される。すなわち、硝化槽容積は増殖速度の遅い硝化細菌を系内に存続できる汚泥日令を保証しなければならない。



図－１　実験装置概略図

以上のような問題意識の上に立って、著者らは浮遊性の処理方式ではなく汚泥日令を維持し易い固定床の処理方式に注目し、種々の実験を展開してきた。また、固定床方式を実装置として郡山市湖南浄化センターに適用し、寒冷地の水道水源対策として窒素除去効果のあることを実証した。

今回は、固定床ろ材として、浮上ろ材を用いて縦型循環式硝化脱窒法の連続実験を行った。その一連の実験効果ならびに反応槽比について報告する。

２．実験方法（図－1・表－１参照）

実験装置は、N：DN＝1：2 では、硝化槽を 1m、脱窒槽を 2m とし、N：DN＝2：1 では、硝化槽を 2m、脱窒槽を 1m とする全長 4m の縦型の装置を用いた。脱窒槽・硝化槽ともに担体は直径 4mm の浮上ろ材を用いた。原水は一般の都市下水を想定した人工下水を用い、BOD 濃度 200mg/l となるように酢酸ナトリウムを、T-N 濃度 40mg/l となるように塩化アンモニウムとポリペプトンを配合した。槽内水温は 20±1℃となるように温度コントロールした。運転方式は原水 Qs と循環水 3Qs を混合し、装置下部から原水を流入させ、硝化槽上部で処理水を得る上向流方式である。

表－１　実験装置仕様

反応槽形式	N:DN=1:2		N:DN=2:1	
	N	DN	N	DN
装置寸法　(mm)	78φ×4,500H			
原水流量　(l/d)	Qs(50.0)			
循環流量　(l/d)	3Qs(150.0)			
ろ材高さ　(mm)	2,000	1,000	1,000	2,000
ろ過面積　(m^2)	4.78×10^{-3}			
反応槽容積　(m^3)	9.56×10^{-3}	4.78×10^{-3}	4.78×10^{-3}	9.56×10^{-3}
通水速度　(m/d)	10.5			
滞留時間　(hr)	4.6	2.3	2.3	4.6

初期運転方式として、N：DN＝1：2 では、散気方式と薬品添加方式を行い、N：DN＝2：1 では散気方式のみで運転を行った。散気方式は、硝化の進行に応じて散気の位置をコントロールして徐々

に硝化槽の位置に硝化細菌を付着させる運転方式である。薬品添加方式は、脱窒槽下部にNOx^-を添加することにより脱窒槽で有機物を強制的に消費し、硝化の促進を図る方式である。

ただし、本実験は、並列同時運転ではない。

３．結果及び考察

表－２　平均水質

平均水質 ＼ サンプル		原水	N:DN=1:2 処理水	N:DN=2:1 処理水
pH	(−)	7.5	8.2	7.6
アルカリ度	(mg/l)	197.5	149.7	176.3
BOD	(mg/l)	172.7	2.7	4.9
COD_{Cr}	(mg/l)	264.1	13.1	14.2
COD_{Mn}	(mg/l)	22.4	4.8	6.2
T-N	(mg/l)	39.0	—	8.5
NH_4-N	(mg/l)	30.7	0.0	0.0
Org-N	(mg/l)	—	0.5	1.0
NO_X-N	(mg/l)	8.7	—	7.5
PO_4^{3-}−P	(mg/l)	6.0	5.1	5.7
BOD除去率	(%)	—	98.4	97.2
COD_{Cr}除去率	(%)	—	95.0	94.6
T-N除去率	(%)	—	—	78.2

注　N：DN＝1：2 はNOx^-を添加している

3.1　N：DN＝1：2 によるNH_4-N経日変化（図－2・表－2・3 参照）

N：DN＝1：2 の初期運転での運転当初は散気方式で行った。まず、定常運転で開始したが硝化が起こらなかったので、散気方式を全面散気にして全槽を好気的にし、硝化の促進を図った。だが、硝化がなかなか生じなかった。

そこで、両面散気を行うことで空気量の増加による硝化の促進を試みた。空気量の増加で硝化が促進された。

ただし、脱窒槽が 2mあることによって、脱窒槽の上部にも硝化細菌が付着していることがわかり正常散気に移行すると、その位置での硝化細菌が死滅し硝化が悪化した。

次に、薬品添加方式として、NOx^-を添加して運転を開始したところ、最初のうちは硝化がうまく進行しなかったが、硝化が進行し始めると、短期間で完全硝化に至った。だが、NOx^-の添加を止め、数日経つと完全硝化ではなくなり硝化が安定しなかった。

表－3　運転条件

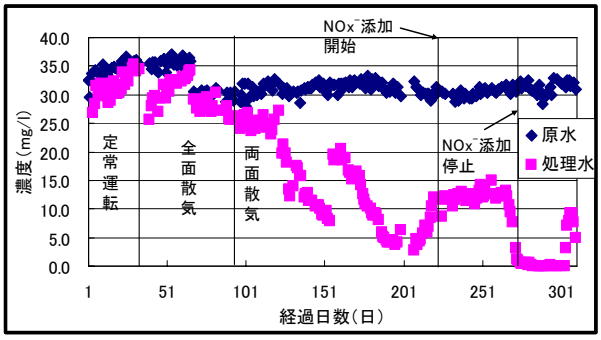
名称	散気方式
全面散気	脱窒槽のみ
両面散気	硝化槽+脱窒槽
正常散気	硝化槽のみ

3.2　N：DN＝2：1 によるNH_4-N経日変化（図－3・表 2・3 参照）

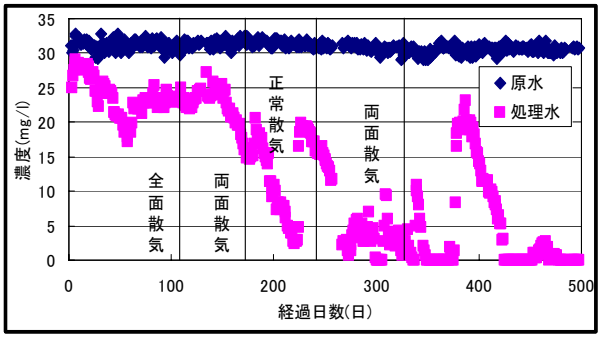
N：DN＝2：1 での初期運転は散気方式のみで行った。前回の実験で問題となった脱窒槽の上部に硝化細菌が付着することを防ぐために脱窒槽を 1m とし、硝化槽を 2m とすることで硝化の安定を図った。今回は面散気で運転を始めた。

その結果、NH_4-N硝化率は 24%で停滞したため両面散気にすることで更なる硝化を期待した。

その後、NH_4-N硝化率が 50%程度になったので両面散気に移行し硝化が進行したが全層逆洗により硝化が悪化したため、再び、両面散気に移行し、完全硝化達成後、定常運転に以降試運転した。



図－２　N：DN＝1：2 のNH_4-N経日変化



図－２　N：DN＝2：1 のNH_4-N経日変化

４．まとめ

N：DN＝1：2 と N：DN＝2：1 では硝化の安定を考えると N：DN＝2：1 の方が安定して硝化が継続する事がわかった。

また、NO x $^-$添加は硝化悪化時には有効だが、初期運転方法としてはランニングコストが大きいため散気方式を用いた方が良いと考えられる。