

清水建設(株)研究所 正員 ○平山照康

同 正員 丹羽千明

1. はじめに

ワンパス型の生物学的脱窒法においては、脱窒のための有機栄養剤等が必要であるため、これら薬剤のランニングコストに占める割合が大きくなるものとなる。本報では、前回報告したポンプ循環型好酸化法において硝化水を脱窒槽に循環し、原水中の有機物を利用して脱窒をする、いわゆる循環生物脱窒法により連続運転を行い若干の知見が得られたので報告する。

2. 実験装置及び実験方法

実験装置は図-1に示したように、脱窒槽、BOD除去槽、硝化槽の3槽から構成されている。

3槽ともポンプにより槽内水を循環しているが、脱窒槽では、吐出配管を水面下に水没させ嫌気循環を行い、BOD除去槽及び硝化槽では、吐出配管を槽上に設け、水面に向けて散水する好気循環を行う。尚、充填材として塩ビ製、板状のもの（比表面積 310%）を用いた。実験に用いた原水

は、表-1に示した組成の人工下水であり、有機物としては、ペプトン、肉エキス、尿素の3種である。装置の仕様、実験方法の概要を表-2に示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 循環脱窒による窒素除去率について

硝化槽で有機性窒素(Org-N)及び $\text{NH}_4\text{-N}$ は全て $\text{NO}_3\text{-N}$

又は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ まで酸化され、かつ脱窒槽での脱窒率を100%とすると、窒素除去率Eは、①式で示される。

$$E = (R/I + R)(1 + C_b/C_o R) \quad \text{--- ①} \quad \text{ここで } R: \text{循環比(循環水量/処理水量)} \quad C_o: \text{流入水のT-N濃度}$$

C_b : 生体への採取(プラス)又は生体からの放出(マイナス)によるT-N濃度(原水流量に対する濃度換算表示)

3.2 滞留時間の影響について

全滞留時間を変化させたときの窒素、BOD、COD除去率等を図-2に示す。

図-2より、低水温においてもBOD、COD除去及び脱窒反応はよく進行し、①式で計算される値 $E=72.8\%$ にほぼ

近いものであった。又、この図より

滞留時間の違いによるT-N除去率の違いは殆んどなかったため、以下については滞留時間15[hr]のものについての検討結果を示す。

3.3 水温とBOD、COD除去及び脱窒との関係

図-3に水温とBOD、COD除去率、脱窒率の関係を示す。BOD、CODは水温の上昇とともに、その除去率が向上するが、T-N(全窒素)については除去率がほぼ70%前後と殆んど変化しないことがわかった。そこで、水温の高低

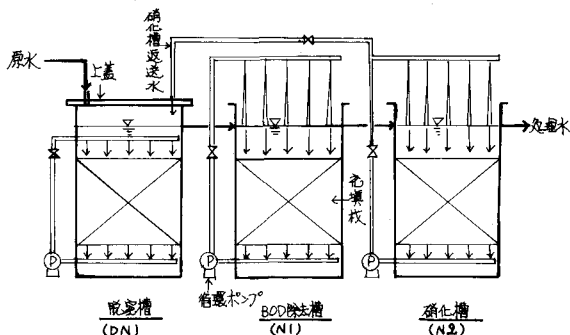


図1 実験装置概略図

ペプトン	12g
肉エキス	8g
尿素	2g
NaCl	0.6g
Na_2HPO_4	2g
CaCl_2	0.28g
KCl	0.28g
MgSO_4	0.1g

表1 人工下水の組成
(N:10mg/l, BOD=200mg/l)

	単位	脱窒槽	BOD除去槽	硝化槽
槽形状	[mm]	50x50x50	同左	同左
槽有効容量	[L]	9.4	同左	同左
充填材容量	[L]	14.6	同左	同左
空間速度SV	[hr ⁻¹]	7	50	30
噴出高さ	[cm]	水深	30	30
噴出口径	[mm]	5x10個	同左	同左

表2 装置の仕様及び実験方法

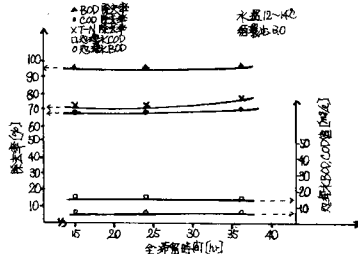


図2 全滞留時間とT-N, BOD, COD除去率との関係

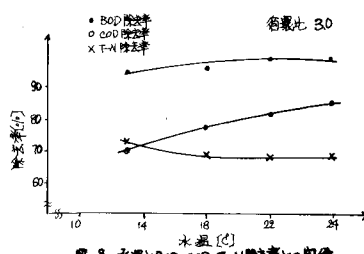


図3 水温とBOD, COD, T-N除去率との関係

による水質の変動パターンをそれぞれ

図-4及び図-5に示す。T-Nのパターンはほぼ同様であるが、低水温時には、硝化槽からの流出水に亜硝酸性窒素が多く含まれている。つまり、低水温においては、 NO_2^- まで反応が進行せず NO_2^- の形で脱窒反応が進行している

ものと考えられる。図-6に処理水におけるT-N中の亜硝酸性窒素と硝酸性窒素の含有率を示す。水温の上昇とともに亜硝酸性窒素が減り、硝酸性窒素が増える。

3.4 循環比とT-N除去率との関係

図-7に循環比とT-N除去率との相関に關し、計算値と実測値を比較して示した。但し、計算値は式において C_0 を0とした場合、即ち窒素分の生体への摂取及び生体からの放出がない場合についてである。実測値と計算値は、ほぼ一致するが、循環比の高いところで、計算値より実測値がやや低い。これは循環比の高いところでは、N1、N2、で平均BOD濃度が低くなり、より自己消化を起しやすい環境が作られているため窒素分の生体放出が主じ、全体の除去率を低下させていること、及びN2からの待込み酸素絶対量が大きいことによるDNでの脱窒率の低下に起因するものと考えられる。

3.5 M-アルカリ度と窒素分の物質収支との関連

表-3に窒素分の物質収支に基づく系内のM-アルカリ度の増減の計算値と分析値の比較例を示す。表-3からわかるように脱アミノ反応、硝化、脱窒の各反応から計算値と分析値は良好な一致をみた。

3.6 切り換え運転による汚泥の目詰まり防止の可能性

本法は殆んど100%固着汚泥による処理であるため、汚泥の増殖に比べて余剰汚泥の発生はほとんどないが、反面微生物体の自己消化による窒素の放出がみられることがNに関する収支の検討から明らかになった。その一例を図-8に示す。3~4月、運転継続後もN1、N2においては、顕著な汚泥の増殖がみられなかった。これは、DN、N1、N2を切り換え運転することにより目詰まりすることなく、半永続的に循環脱窒処理が可能であることを示唆するものである。

図-8に示す。3~4月、運転継続後もN1、N2においては、顕著な汚泥の増殖がみられなかった。これは、DN、N1、N2を切り換え運転することにより目詰まりすることなく、半永続的に循環脱窒処理が可能であることを示唆するものである。

4. まとめ

(1) 本報においてT-N除去率は、水温の変化(12~25℃)に変わらず、ほぼ一定で循環比30では70%前後の数値が得られた。さらに全実験を通じて、BOD10%以下、COD20%以下の処理水を得ることができた。

(2) 水温が高いときは主として、 NO_3^- 型により、水温が低いときは NO_2^- 型により脱窒反応が進行した。

(3) 窒素分の生体摂取あるいは、放出がないと仮定したときの計算値と実測値は、ほぼ一致していたが、循環比を増すと計算値より若干除去率が低下した。これは、希釈された環境下で、N1、N2での生体膜の自己消化が進むことにより、生体から窒素分の放出が起ったためと考えられる。

参考文献 1) 第34回土木学会講演概要集 丹羽、平山。

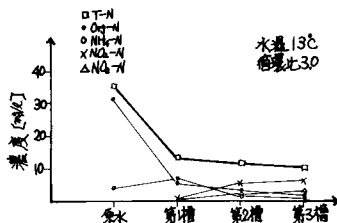


図-4 低水温時の水質変動パターン

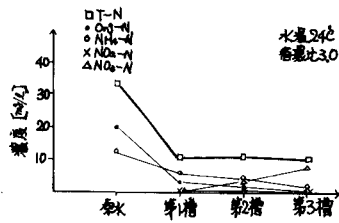


図-5 高水温時の水質変動パターン

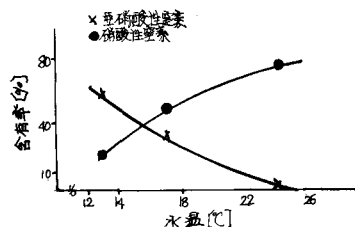


図-6 水温と処理水T-N中の NO_2^- と NO_3^- の含有率との関係

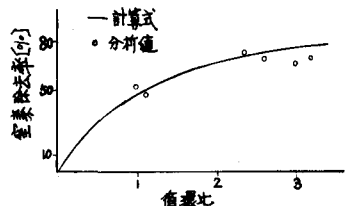


図-7 循環比と窒素除去率との関係

階層	反応機構	M-アルカリ度(%)
		計算値 分析値
DN	1. 脱アミノ反応によるアルカリ度の上昇(N18当り, 3.57上昇) 2. 脱窒によるアルカリ度の上昇(N18当り, 3.57上昇)	59.3 55.6
N1	硝化反応によるアルカリ度の消費(N18当り, 7.43消費)	18.6 17.5
N2	同上	12.2 12.9

表-3 M-アルカリ度の計算値と分析値の比較

32.1 (0.5)	8.1 (0.7)	2.8 (0.6)	1.5 (0.3)
DN	N1	N2	
R=30			
注) 数字はTK-N濃度(mg/L)内は $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ の分析値			
DN	N1	N2	
生体摂取率	生体放出率	生体放出率	
12.4%	19.8%	4.9%	
処理水中の $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ の計算 $32.1 \times 0.953(1-0.124) \times (1+0.247) \times \text{本}$ $= 8.8 \text{ 計算値 } (9.3 \text{ 分析値})$			

図-8 窒素分の物質収支について