

下水道研究室 ○ 本橋 孝行
伊藤 健彦

1. はじめに

横浜市では、河川・海域等への富栄養化対策に向けて既存施設から高度処理施設への改良を現在進めている。窒素・りん同時除去法については多々あるが、前報では実験プラントを用いて、嫌気・無酸素・好気法(A₂O法)と嫌気・硝化内生脱窒法(AOAO法)との比較を行った。その結果、槽比率が同一で水温20℃前後の場合、両方式の窒素・りんの除去率に大きな差は見られず、滞留時間が8時間程度までなら目標水質(窒素10mg/l, りん1.0mg/l)を十分に満たす結果が得られた。本報では槽をさらに細分化し、特にAOAO法に着目して低水温時(15℃前後)における処理の挙動等の詳細な検討を試みた。この結果、若干の知見が得られたので報告する。

2. 実験方法

(1) 実験装置概要

実験プラントの概略を図-1、仕様を表-1に示す。今回、実験プラントを6分割から12分割へ細分化し使用した。供試原水は中部下水処理場の最初沈殿池流出水を用い、1日1回原水タンクに貯留して濃度を均一化し、一定流量で反応タンクに送水した。

表-1 実験プラント使用

装置	仕様
原水箱	6m ³ x1槽
反応槽	600mmLx225mmWx1000mmD x12槽=1.05m ³
最終沈殿槽	600φx1500mmH = 220ℓ

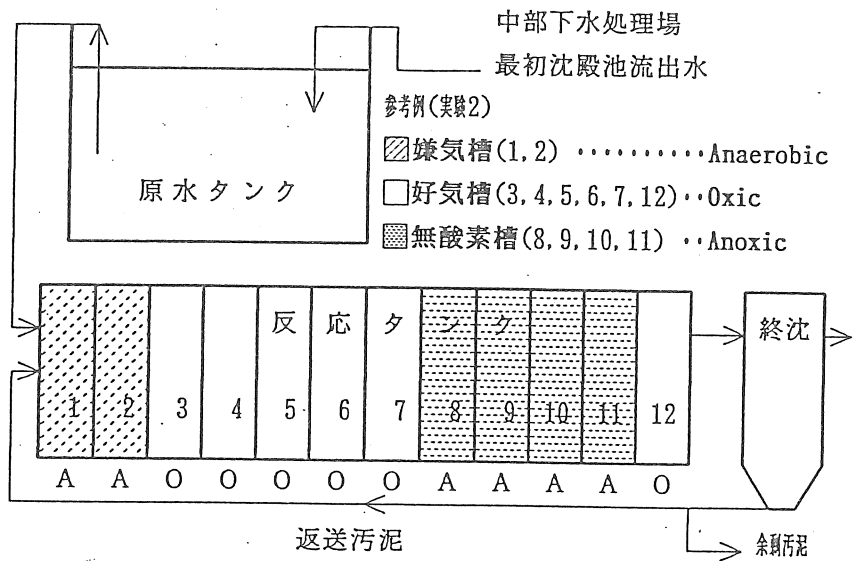


図-1 実験プラント概略図

(2) 実験条件

前報での結果から、好気、無酸素の各槽配分(滞留時間)を変化させて脱窒及びりんの挙動を確認した。実験条件を表-2に示す。なお、予備調査により嫌気槽は前報と同様とし、後段好気槽は前報の半分とした。また硝化能力を安定して維持するため、好気時間は前段後段を合せて4

表-2 実験条件

実験	嫌気	好気	無酸素	好気	合計
1	2 (1.7)	4 (3.3)	5 (4.2)	1 (0.8)	12 (10)
2	2 (1.7)	5 (4.2)	4 (3.3)	1 (0.8)	12 (10)
3	2 (1.3)	5 (3.3)	4 (2.7)	1 (0.7)	12 (8)
4	2 (1.3)	6 (4.2)	3 (2.0)	1 (0.7)	12 (8)

()内戻送汚泥を含まない滞留時間

時間を下限とした。水温は15℃一定、目標MLSS 2000mg/l、返送率50%で運転し、好気槽の運転は前段好気槽末端でDO制御を行い、嫌気槽は機械攪拌で運転した。この実験期間中の原水の性状を表-3に示す。合流式下水道のため、降雨の影響により流入基質が若干低めで推移した。

表-3 原水の性状

項目	流入水質
S S	58 (38~88)
COD	45 (39~50)
BOD	110 (60~150)
T-N	23 (15~29)
T-P	2.5 (1.6~3.0)
NH ₄ -N	13 (7.0~17)
アルカリ度	140 (74~160)
BOD負荷	0.14 (0.09~0.20)

()内最小・最大値 単位(mg/l)

3. 実験結果及び考察

(1) 有機物処理

実験結果を表-4に示す。SS, COD, BODについては、期間中80%以上の除去率が得られ、いずれの条件でも良好に処理された。透視度については、細かいフロックの取り残しが多かったため低めで推移した。

表-4 SS等の処理結果

項目	処理水質	除去率
S S	3 (1~7)	94 (87~98)
COD	8.2 (6.9~10)	82 (79~84)
BOD	9.0 (2.5~17)	91 (72~98)
透視度	57 (36~81)	---

()内最小・最大値 単位(mg/l) 単位(%)

(2) 窒素処理

窒素の実験結果を表-5に示す。実験1では、硝化量と脱窒量とがほぼ同等で、脱窒時間を確保した分窒素除去量は高いがアンモニア性窒素の割合は高かった。実験2では、硝化時間を確保した分窒素除去量は実験1に比べて低い、アンモニア性窒素の割合は低く水質的に安定していた。実験3, 4では、処理時間を短縮した分脱窒時間を短くしたため、窒素除去量は徐々に少なくなった。表-6に回分実験及び実施設による硝化速度と脱窒速度の結果を示す。各実験とも硝化速度、脱窒速度に大きな変動はなく、それぞれ平均で2.4mg-N/g-MLSS・hr, 0.9mg-N/g-MLSS・hrであった。このため、除去量では実験1がよいが、水質的には安定した実験2が望ましいと考える。処理8時間での実験3, 4については、降雨の影響で流入濃度が低下したため処理水濃度も低めであった。硝化速度、脱窒速度に差が見られなかったため、通常の流入濃度での目標達成は難しいと考える。

表-5 窒素処理結果(平均)

実験	アンモニア性窒素			全窒素		
	原水	処理水	除去率	原水	処理水	除去率
1	14	6.4	59	25	8.2	67
2	14	1.8	89	25	9.1	64
3	13	1.2	91	21	7.7	63
4	13	0.7	95	21	8.6	59

単位(mg/l) 除去率は(%)

表-6 硝化・脱窒回分実験結(平均)

実験	硝化速度 (回分実験)	脱窒速度 (回分実験)	脱窒速度 (実施設)
1	2.4	1.0	0.8
2	2.1	1.0	0.7
3	2.4	0.8	1.0
4	2.5	0.7	0.9
平均	2.4	0.9	0.9

硝化速度・・・NH₄-N換算 単位(mg-N/g-SS・h)

脱窒速度・・・NO_x-N換算

図-2に実施設での好気槽に流入する硝化率(NO_x-N/D-T-N)と脱窒速度との関係を示す。硝化率が24~95%まで変動するのに対し脱窒速度は0.5~1.1mg-N/g-MLSS・hrの範囲であった。硝化率が低くても脱窒に影響しないことから、今回のBOD負荷(0.088~0.20kg/MLSSkg・日)の範囲内では汚泥中に吸着された有機物を無酸素槽まで維持し、脱窒に利用するのは難しいものとする。さらに前報での脱窒速度の結果0.5~1.2mg-N/g-MLSS・hrと比較してもほとんど変わらないため、ステップ流入等の外的な要因がなければ年間を通して大きな変化はないことが分かった。

(3) りん処理

表-7にりんの処理結果を示す。全体的に降雨の影響により、どの条件でも平均的な除去率は60%前後と低めで推移した。表-8に吐き出し、吸収速度等の結果を示す。なお、吐き出し速度は嫌気槽の入りと出から、吸収速度は後半横ばいになるため好気槽前段2槽分から求めた。晴天時の吐き出し速度は3.0mg-P/g-MLSS・hrで、吸収速度1.7mg-P/g-MLSS・hrの約2倍程度であった。これに対して降雨の影響を受けた場合には、吐き出し、吸収とも0.5mg-P/g-MLSS・hr以下と低い値であった。また、汚泥中のりんの含有量は24mg-P/g-MLSSで、前報での結果30mg-P/g-MLSSに比べて低めであり、これについても降雨の影響により汚泥中への蓄積が減ったためと考えられる。

今回、好気槽と無酸素槽の槽配分を変えて実験を行ったことで、負荷の増加等で無酸素槽への硝酸性窒素が不足し、りんが再放出するケースが見られた。無酸素槽で再放出したりんは後段好気槽だけでは吸収しきれず、結果としてりん除去が低下した。一例として回分実験での嫌気槽、無酸素槽の吐き出し変化を図-3に示す。嫌気槽の吐き出し速度に比べて無酸素槽の吐き出し速度が低いのは、有機物の有無が関与しているものと思われる。以上のことから、降雨の影響、無酸素槽でのりんの放出については、凝集剤添加以外の方法についても今後検討していく必要があると思われる。

4. まとめ

以上のことを整理すると①低水温での硝化速度、脱窒速度は平均でそれぞれ2.4mg-N/g-MLSS・hr, 0.9mg-N/g-MLSS・hrであった。②今回の窒素、りんの負荷範囲ならば10時間の滞留時間が必要であり、水質を安定させるのが望ましい。③現状の負荷では無酸素槽まで有機物を維持し、脱窒に活用するのは難しい。④晴天時のりんの吐き出し速度は吸収速度の2倍程度であり、雨天時については吐き出し、吸収とも低い値であった。⑤好気槽と無酸素槽の槽配分を変えて実験を運転を行ったことで無酸素槽でりんが再放出するケースが見られた。

今後、より高い水質を目指すために、より細かな管理が必要になると考える。まだまだ改良により向上する可能性をもった処理方式であるため、より一層の検討が期待される。

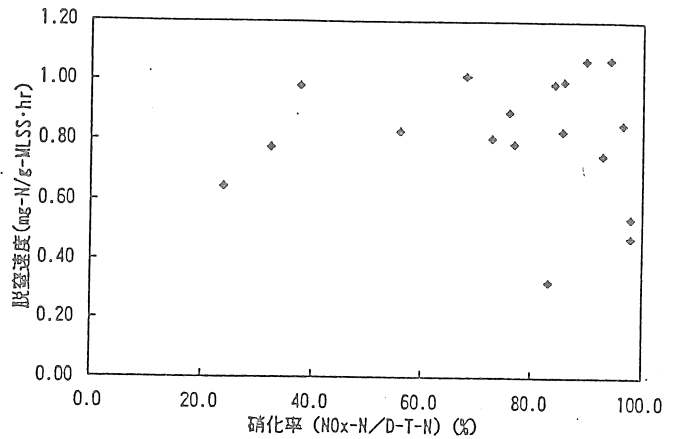


図-2 硝化率と脱窒速度との関係

表-7 りん処理結果

実験	処理水	除去率
1	1.0 (0.2~3.3)	62 (0~93)
2	1.0 (0.5~1.3)	59 (38~75)
3	1.1 (0.2~2.0)	61 (23~93)
4	1.0 (0.1~2.2)	63 (27~94)

()内最小・最大値 単位(mg/l) 除去率は(%)

表-8 吐き出し・吸収速度等の結果

	吐き出し速度	吸収速度	汚泥中のりん含有量
晴天時	3.0 (1.4~4.0)	1.7(0.75~2.5)	24 (20~29)
雨天時	0.18(0~0.47)	0.21(0~0.45)	

速度単位(mg-P/g-SS・hr) 含有量単位(mg-P/g-ss)

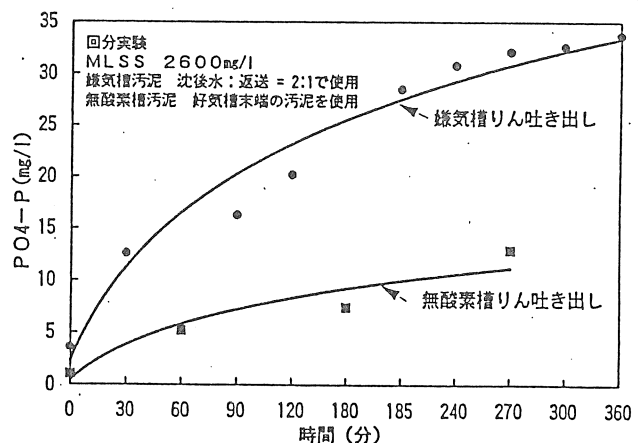


図-3 嫌気槽・無酸素槽の吐き出し(回分)