

# 18 ステップ脱窒法の運転条件とその効果

横浜市 ◎ 北谷道則  
 蓮野智久  
 片山昌子

## 1. はじめに

窒素、リン負荷削減のために、既存の下水処理場においても高度処理の実験が試みられ、研究論文も多数報告されている。既存の処理施設で脱窒、脱リンを行うには、エアレーションタンクの好気槽の一部を嫌気槽に変更する必要がある。しかし、好気槽を嫌気槽に変更するための設計基準が不明確であるため、実施設を改造して高度処理を行う処理方法の普及が進んでいない。今回、横浜市中部下水処理場において、ステップ流入脱窒法（以後、ステップ脱窒法）を用いて脱窒を行った結果と、前報で報告した北部第二下水処理場の結果とを比較して、運転条件の決定、並びに脱窒の効果について若干の知見が得られたので報告する。

## 2. 施設概要

中部下水処理場は、日最大汚水量96,300m<sup>3</sup>の、又北部第二下水処理場は、日最大汚水量86,400m<sup>3</sup>の合流式下水処理場である。北部第二下水処理場では、汚泥処理施設から日量1,200m<sup>3</sup>の返流水の返流を受けているが、中部下水処理場では返流を受けていない。

実験に供したエアレーションタンク（以後ATとする）の処理フローを図-1, 2に示す。ATの構造は、前者は1池が4分割されているのに対し、後者は16分割されている。また、エアレーションタンクの運転制御は、どちらも前段、後段2段のDO制御を行っている。

## 3. ステップ脱窒法での運転方法

中部、及び北部第二下水処理場でのステップ脱窒法の運転方法は図-1, 2に示すとおりである。ステップ流入方式は、中部下水処理場では流入水を1, 3槽目より流入させた。一方、北部第二下水処理場では1, 9槽目より流入させた。ステップ脱窒法での嫌気槽は、

中部下水処理場では3槽目の、北部第二下水処理場では1, 2槽目と9, 10, 11槽目の空気弁を絞り嫌氣的雰囲気にして運転した。

## 4. 結果及び考察

### 1) 硝化反応の把握

実施設において脱窒を行うには、好気槽で硝化を確実に進めておかなければならない。そのために、硝化槽での硝化反応を把握する必要がある。図-3, 4は、中部、及び北部第二下水処理場において、標準法で運転したときの硝化反応の違いを示している。図-3

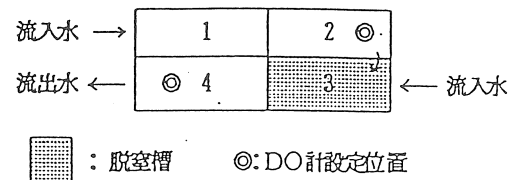


図-1 中部下水処理場ステップ脱窒法処理フロー

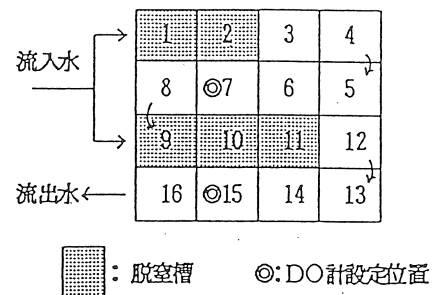


図-2 北部第二下水処理場ステップ脱窒法処理フロー

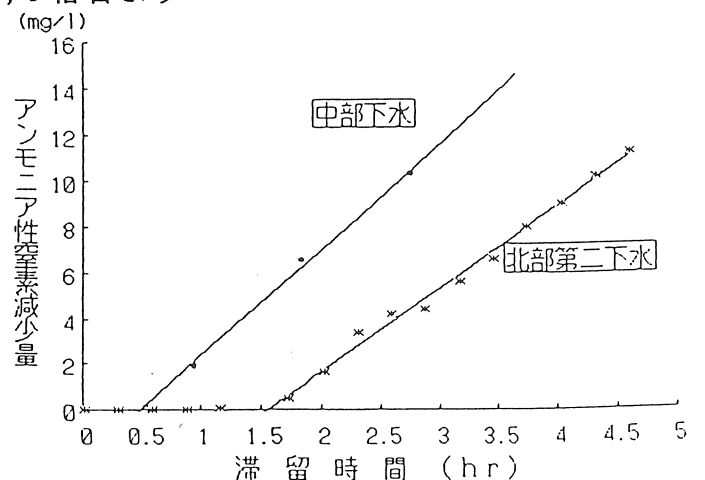


図-3 滞留時間とNH<sub>4</sub>-Nの減少量の比較

は流入水のNH<sub>4</sub>-Nの減少量と滞留時間との関係を示す。また、図-4は流入水のNH<sub>4</sub>-Nの減少量と送気量との関係を示す。

図-3より、NH<sub>4</sub>-Nの減少、つまり硝化反応は一定時間経過後でなければ開始されないことが分かる。これは、AT混合液中の基質濃度が一定値以下にならなければ、硝化反応は開始されないことを示している。また、両下水処理場で硝化開始時間に差があるのは、ATへの流入基質等に差があることに起因している。これは、北部第二下水処理場では、汚泥処理施設から返流水が返流されるのに対し、中部下水処理場では、返流水の返流がないため、表-1に示すように、AT流入水濃度は中部下水処理場より北部第二下水処理場の方が高くなっている。このため、北部第二下水処理場の方が、硝化の開始までに要する時間が長くなると考えられる。

図-4より、送気量との関係でも、硝化の開始までに消費する送気量は、北部第二下水処理場の方が中部下水処理場より多く必要となる。また、硝化が開始されてからのNH<sub>4</sub>-Nの減少速度を比較してみても、送気量1000m<sup>3</sup>当たり、中部下水処理場では5.7mg/l、北部第二下水処理場では2.6mg/lと両処理場間で差がみられる。これは、流入基質の濃度差、活性汚泥の呼吸活性の違い、並びに散気装置の種類別で散気効率に差があるためと考えられる。このように、硝化反応が処理場ごとに違うため、処理場別、散気装置別に硝化反応を把握する必要がある。

## 2) ステップ脱窒の運転条件の決定方法

中部下水処理場においてステップ脱窒を行うにあたり、好気槽の運転条件を試算した結果を表-2に示す。まず、脱窒するにあたり好気槽の一槽を嫌気槽に換える必要がある。流入水の流入比率を、前段：後段=65:35(%)に分配すると、返送率を含めた滞留時間は、好気槽では、前段2.3時間、後段0.9時間となり、嫌気槽では0.9時間となる。つぎに、流入水のNH<sub>4</sub>-N濃度を16mg/lとした場合、AT内で硝化を完了させるのに必要な送気量は、まず、硝化を開始するまでに500m<sup>3</sup>必要となり、つぎに、硝化を完了させるのに前段で1,590m<sup>3</sup>、後段で660m<sup>3</sup>必要となる。

ただし、これは送気量1000m<sup>3</sup>当たりのNH<sub>4</sub>-N減少量を5.7mg/lで計算した。これをブローの送風量に換算し直すと、前段では、硝化を開始するまでに必要な送風量を加味すると、15.1m<sup>3</sup>/minとなり、後段では、12.2m<sup>3</sup>/minとなる。

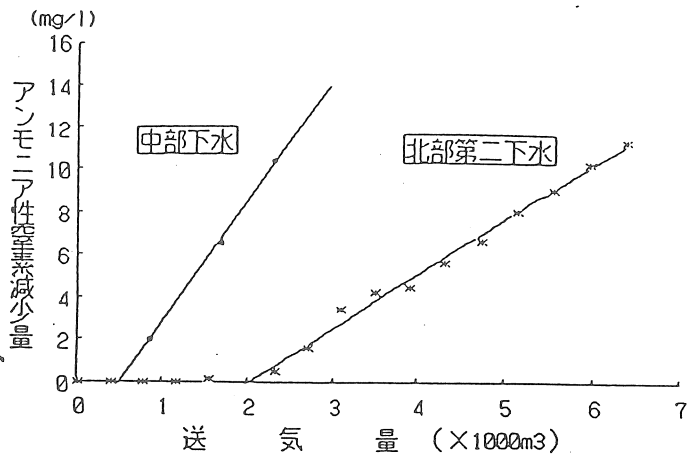


図-4 送気量とNH<sub>4</sub>-Nの減少量の関係

表-1 AT流入水水質結果

分析項目	北部第二下水処理場	中部下水処理場
T-N	27	20
NH <sub>4</sub> -N	18	12
COD	46	40
BOD	83	79
S S	40	36

(H4年度平均) 単位: mg/l

表-2 中部下水処理場ステップ脱窒法好気槽運転条件試算結果

流入水量	450(m <sup>3</sup> )	エアタン容積	2300(m <sup>3</sup> )	返送率	50(%)
ステップ流入比率	65:35(%)	流入水NH <sub>4</sub> -N	16(mg/l)		
実滞留時間	前段	2.3(時間)	後段	0.9(時間)	
送気量1000m <sup>3</sup> 当り硝化量	5.7(mg/1000m <sup>3</sup> )				
硝化が開始されるまでの送気量	500(m <sup>3</sup> )				
硝化反応に要する送気量	前段	16*0.65/(0.65+0.5)/5.7*1000=1590(m <sup>3</sup> )			
	後段	16*0.35/1.5/5.7*1000= 660(m <sup>3</sup> )			
ブロー	前段	(1590+500)/2.3/60=15.1(m <sup>3</sup> /min)			
送風量	後段	660/0.9/60=12.2(m <sup>3</sup> /min)			

上記運転条件で運転した場合の予測値と実測値とを比較したものを図-5に示す。これによると、実測値の前段において、硝化が開始するまでに若干時間がかかったことと、後段の嫌気槽で、硝化が若干進んだ以外硝化反応は同じに推移した。

### 3) ステップ脱窒法での運転状況

中部、及び北部第二下水処理場で、ステップ脱窒法を用いて運転した結果を図-5に示す。この図は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の増減を測定することにより、脱窒、及び硝化の程度を表したものである。北部第二下水処理場では、前段に嫌気槽を設けているため、 $5\text{mg/l}$ 程度脱窒しているが、中部下水処理場では、前段に嫌気槽を設けていないので、 $2\text{mg/l}$ 程度の脱窒量であった。後段では両処理場とも嫌気槽を設けているため、北部第二下水処理場では $4\text{mg/l}$ 、中部下水処理場では $3\text{mg/l}$ 程度の脱窒がみられた。

### 5) 隔壁の効果

中部、及び北部第二下水処理場の脱窒方法を比較すると、中部下水処理場ではATが4分割であるため、前段で脱窒槽を設けることができず、前段での脱窒効果が低くなる。前段で脱窒を高めるためには、第一槽の半分を嫌気槽にして脱窒効果をあげる必要がある。北部第二下水処理場のように隔壁数が多ければ、嫌気槽の数を調整でき、運転方法に幅を持たせることができる。

### 4) ステップ法とステップ脱窒法との比較

平成5年8~11月にかけて、中部下水処理場において、ステップ流入法とステップ脱窒法とを平行して運転した結果を表-3に示す。窒素除去率はステップ法で36%、ステップ脱窒法で66%となり、ステップ脱窒法での脱窒効果が高いことが分かった。

### 5) おわりに

- ① 実施設で脱窒運転をするには、まず硝化反応を解析し、必要な送気量を把握しなければならない。
- ② 硝化に必要な送気量は、硝化を開始するまでに必要な送気量と、硝化のために必要な送気量との両方を考慮しなければならない。
- ③ ステップ脱窒法では、前段と後段の二箇所脱窒したほうが効果が高い。そのため、隔壁数を多くし効率的に脱窒槽を設定した方が、除去率は高くなる。
- ④ 中部下水処理場のステップ脱窒法では、66%程度の窒素除去が可能となる。

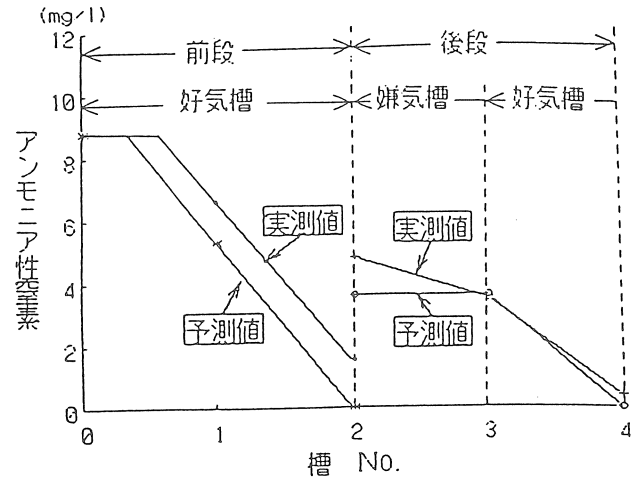


図-5 ステップ脱窒法での実測値との予測値

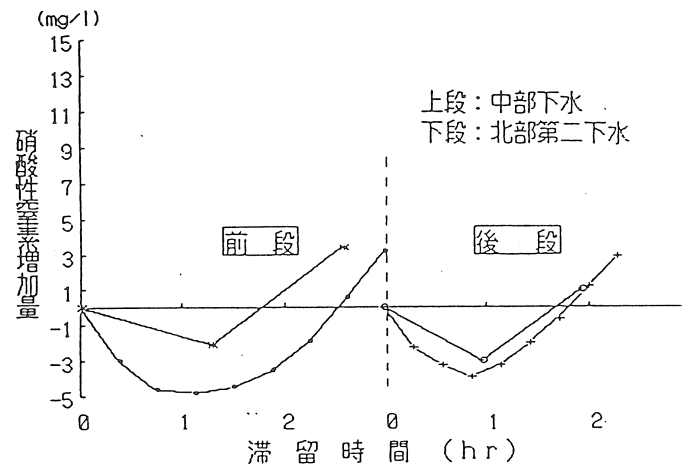


図-6 中部下水と北二下水の脱窒法での $\text{NO}_3\text{-N}$ の挙動

表-3 中部下水処理場処理実験成績表 (H5/8~11)

分析項目	流入水	ステップ処理水	ステップ脱窒処理水
C O D(mg/l)	37	8.6	8.4
S S(mg/l)	27	4	3
T - N(mg/l)	17.9	11.4	6.1
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l)	12.4	0.3	0.2
$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/l)	0.1	0.1	0.2
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)	0.3	10.1	5.2
T-N除去率(%)	-	36	66