

20 標準活性汚泥法およびステップエアレーション法

における硝化・脱窒反応の解析

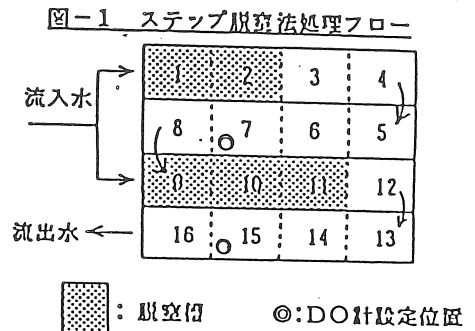
横浜市 ○ 北谷道則
多田 実
谷合司吉
飯田博久

1. はじめに

横浜市北部第二下水処理場では、標準活性汚泥法とステップエアレーション法を用いて、硝化反応および窒素除去について、平成3年度より比較実験を行ってきた。その結果、硝化反応は、DO設定値、初沈流出水NH₄-N濃度変動、返送率等に影響を受け、処理方式の違いにより窒素除去にも差があることを前報で報告した。平成4年度も引き続き、エアレーションタンク内の機能調査をした結果、実施施設での硝化、窒素除去について、新たな知見が得られたので報告する。

2. 実施施設の運転方法

使用したエアレーションタンク（以後、AT）を図-1に示す。ATは16槽に分割されており、DOは前段8槽、後段8槽を独立して制御できる。また散気装置は、粗大気泡型1種類、微細気泡型2種類（散気筒と散気板）を使用しているため、3種類についてATの硝化反応を調査した。標準法は全量を1の位置より、ステップエアレーション法（以後、ステップ法）では、1及び9の位置より下水を流入させた。ステップ脱窒法では、ステップ法の前段2槽、後段3槽の空気弁を絞り込み、槽内を嫌気状態とした方法である。ステップ法およびステップ脱窒法ともステップ流入比は、前段：後段を4：6～6：4の範囲で運転した。



3. 結果及び考察

1) 標準法とステップ法での硝化反応の違い

標準法とステップ法でのNH₄-Nの減少量の違いを図-2に示す。ステップ法は、流入水が二分割されるため、前段のNH₄-N濃度は、標準法よりも低くなる。しかし後段では、再度流入水が流入するため、流入地点でのNH₄-N濃度は標準法と同程度になり、AT出口での硝化量には大差がなくなる。

また、流入水が二分割されるステップ法では、流入水質の変動に対して、TOC等の処理水質は安定していた。

2) 硝化反応とDOとの関係

同じく、図-2に槽内のDO分布を示す。NH₄-NがNO₃-Nに酸化されている間は、槽内のDOは長時間0.5mg/l以下で推移している。これは、各槽に供給された酸素量が、有機物処理および硝化反応による酸素要求と比較して小さいため、直ちに消費されられてしまい、長時間低DOレベルを保ったものと推測できる。特に、標準法の後段では、DOが0mg/l付近でも硝化が進んでいることから、有機物の処理が終了した後でも、酸素の供給があれば、DOレベルにかかわらず、微好気でも硝化反

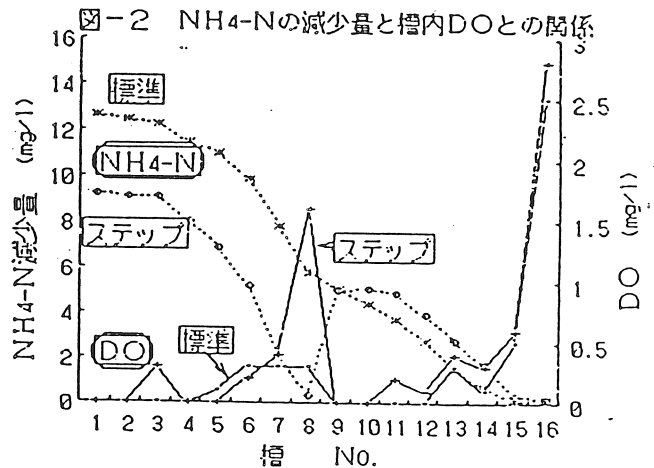


表-1 ステップ法における硝化量比較（平均値）

AT	滞留時間 (H)	MLSS (mg/l)	硝化量 (mg/l)	空気量 (m ³ /H)	空気量当硝化量 (mg/l/m ³ *1000)	g-ss当硝化量 (mg/l/gss/H)
前段	3.9	2,700	10.1	1,760	1.5	0.88
後段	2.8	1,850	8.0	2,090	1.5	1.6

空気量当硝化量=硝化量/(空気量*滞留時間)*1,000

応は進むことを示している。

つぎに、NH₄-Nが存在しなくなった状態では、酸素消費が減少するため、DO値が急に高くなる。これは、標準法及びステップ法とも共通した現象である。

3) ステップ法での硝化速度とMLSSの関係
ステップ法での7実験のNH₄-Nの減少速度を図-3に示す。これらは、返送率は60%で一定であるが、流入水のステップ流入比率が、前段側で40~60%の範囲で変動しているため、前段での滞留時間は実験間で若干ずれる。また、7実験の平均結果を表-1に示す。

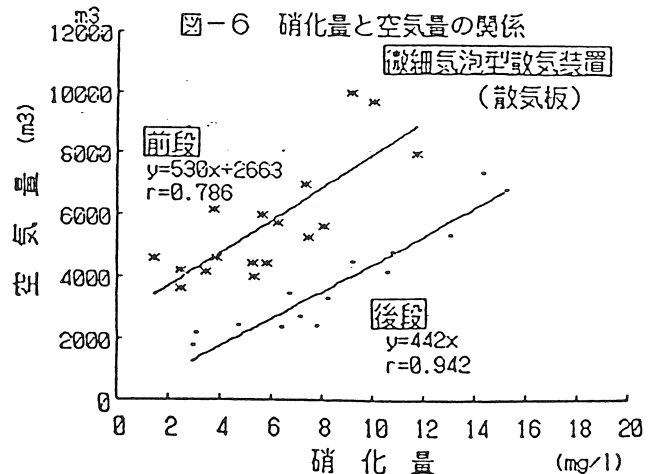
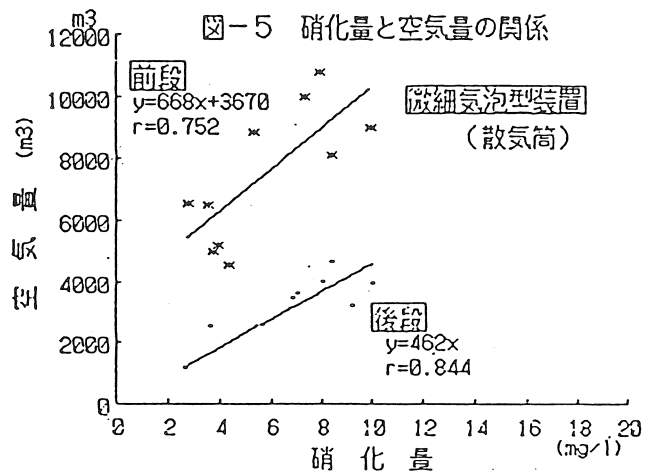
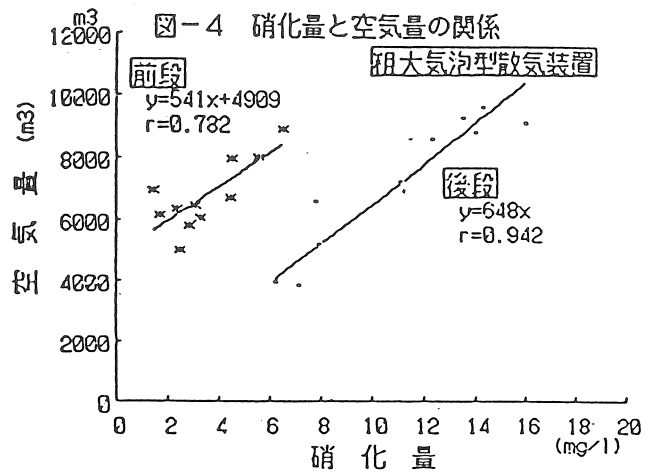
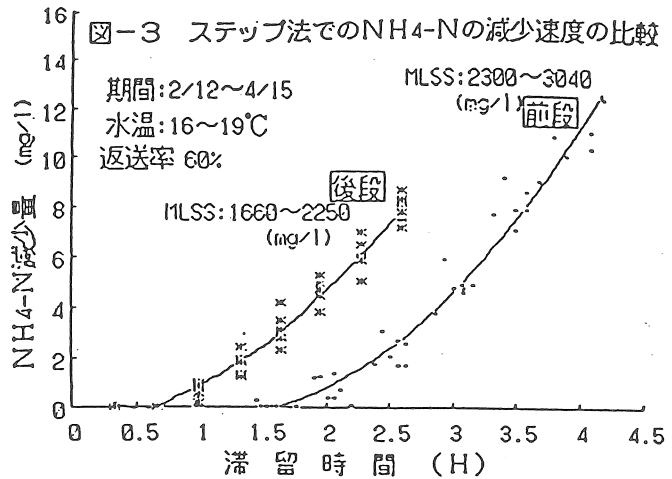
図-3の7実験とも、AT内の硝化反応は同じような挙動を示した。前段は、後段より有機物濃度および流入部における嫌気度が高いため、硝化反応の開始時間が1時間程度遅れる。しかし、硝化が開始されてからの両反応は相似曲線となり、硝化開始時点からの硝化量の増加は、前段、後段とも同じになる。

また表-1の結果より、空気量(1000m₃)当りの硝化量は、前段、後段とも1.5mg/lと同じであるがg-ss当りの硝化量は、前段0.96mg/l、後段1.6mg/lとなり、MLSSの高い前段の硝化反応が、後段の反応より落ちる結果となる。これは、前項で述べたごとく、実際のAT内では、硝化による酸素消費が大きいのにに対して、散気された気泡から供給される酸素量に制限があるため、実施での硝化量は、MLSS(硝化菌体数)に比例するのではなく、滞留時間内に供給された総空気量に比例しているものと思われる。

4) 硝化量と空気量の関係

標準法における硝化量と空気量の関係を図-4、5、6に示す。図-4は粗大気泡型での関係である。図-5は散気筒を、図-6は散気板を使用した微細気泡型での関係を示す。各図とも、同じ濃度の窒素を硝化するには、後段よりも前段側で、より多くの空気量を必要とする。図-4の粗大気泡型では約5,000m³、図-5の散気筒では約4,000m³、図-6の散気板では約3,000m³前段側の空気量が多い。また前段では、データにばらつきがあるが、後段は、硝化量と空気量の相関が非常に高い。

以上のことから、前段では、硝化反応が消費する空気量に、有機物が消費する空気量が加算された結果、後段よりも空気量が多くなっている。また、前段でのデータのばらつきは、流入水中の有機物濃度の変動に比例して、空気量も変動する結

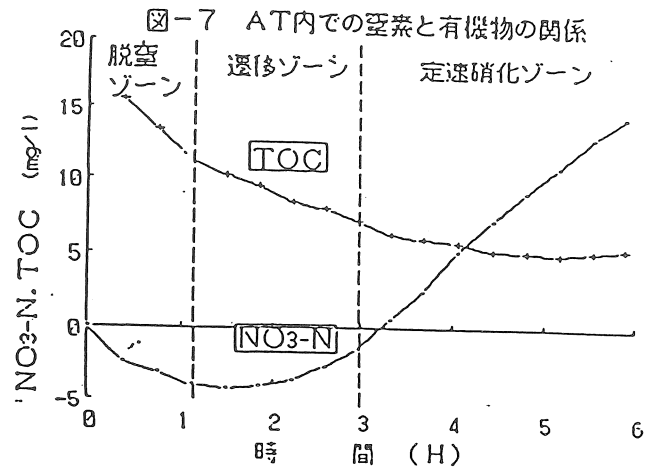


果起こるものと推測できる。逆に、有機物処理が前段で終わるため、後段では、有機物の影響を受けずに、供給された空気は主に硝化反応で消費される。このため、空気量と硝化量の相関が高くなり、データのばらつきが少ないものと思われる。いずれにしても、実施設での硝化量と空気量との相関が高いことから、低DO下のAT内では、供給される酸素量に比例して硝化が進行するものと思われる。

次に、後段の反応速度の相関式より、硝化量1mg/l当りの空気量を散気装置別に比較すると、粗大気泡型では648m³、微細気泡型では散気筒で464m³、散気板で442m³となる。微細気泡型同士では効率に大差はないが、粗大気泡型は微細気泡型より1.3倍空気量を消費していることが解る。

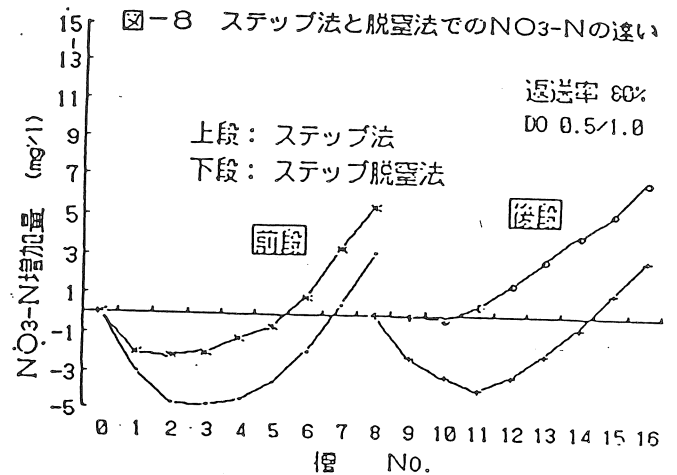
5) 実際のAT内での窒素の挙動と有機物の関係

AT内での窒素の挙動と有機物の関係を模式図-7に示す。AT内での窒素の挙動を推測すると、まず、脱窒反応と有機物除去が同時に起こる脱窒ゾーンがある。次に、有機物除去が減少しだすと同時に、硝化反応が徐々に開始される遷移ゾーンがあり、最後は、硝化反応だけの一定反応となる、定速硝化ゾーンとに分類できる。このように、実施設での硝化は、従属栄養細菌と硝化菌との競合のもとに、少ないDOを摂取しながら起こる反応であり、図-7のような過程をたどるものと推測できる。



6) ステップ脱窒法における脱窒効果

ステップ法とステップ脱窒法のNO₃-Nの挙動を図-8に示す。ステップ法では、前段の流入地点で、2mg/l程度の脱窒が見られる。これに対して、ステップ脱窒法では、嫌気槽部分で、前段5mg/l、後段4mg/l程度脱窒しており、嫌気部での脱窒効果がみられる。



次に、流入水および処理水のコンポジット試料の処理結果を表-2に示す。ステップ法に比べ、ステップ脱窒法では、T-N除去率の向上が見られる。また、ステップ法では、AT流入部の好気性条件下で、有機物処理を行っているが、ステップ脱窒法では、AT流入部の嫌気槽部分で有機物処理を行っている。これは、酸素の代わりに脱窒素菌の硝酸呼吸を利用するもので、空気を送らずに済み効率的である。その結果、ステップ脱窒法では、有機物処理で消費せずに済んだ空気量を、硝化反応に利用できるのも、好気部の槽数を前段で2槽、後段で3槽減らしても、ステップ法と同程度まで硝化できた。また処理水質でもステップ法と大差なく良かった。

表-2 処理実験結果(11/11~12)

分析項目	流入水	ステップ処理水	ステップ脱窒処理水
COD (mg/l)	42.8	9.2	8.8
TOC (mg/l)	49.2	6.7	6.8
T-N (mg/l)	26.1	15.2	10.3
NH ₄ -N (mg/l)	18.6	0.4	0.6
NO ₃ -N (mg/l)	0.2	14.3	9.2
T-N除去率(%)	-	41.8	60.5
空気倍率(m ³ /m ³)	-	6.0	5.3

4. おわりに

- 1) 実施設では、酸素供給と酸素消費が均衡するため、硝化反応は低DOレベルでも十分に進む。
- 2) 実施設では、硝化をするに必要な酸素量に比べ、気泡から供給される酸素量が少ないため、硝化量は、MLSSの濃度より、空気量との相関が高い。
- 3) AT内での硝化は、硝化細菌と従属栄養細菌とが競合しながら起こす反応である
- 4) 既存施設を用いてステップ脱窒法を行えば、窒素除去率60~70%の達成はできる。