

## II-106

## 緩速ろ過の硝化速度に関する検討

八戸工業大学 正員○桂山 清美、佐藤 米司、福士 憲一

### 1. はじめに

緩速ろ過における硝化速度を詳細に検討した例は、あまり多くない。そこで、長期間運転した実験用ろ過筒からろ材を採取し、硝化速度を測定した。また、求めた速度係数が妥当なものかどうか、簡単なモデル計算を行い、実際の運転結果と比較検討した。

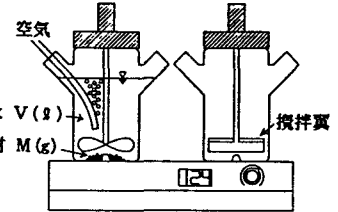


図-1 実験装置

### 2. 実験方法

(1) ろ過筒の運転 速度測定に先だち、5%下水生物処理水を3週間、さらに  $\text{NH}_4\text{-N}$  1.5mg/lの原水を3週間以上通水し（3m/日または100m/日）、硝化が十分に行われていることを確認した。ろ材は標準的な急速ろ過砂およびガラスビーズ（平均径0.92mm）を用いた。ろ過筒はφ10×150cm（塩ビ製）またはφ5×100cm（アクリル製）を用い、暗視条件とした。

(2) 硝化速度の測定 図-1に示す装置（4連）を用い、回分方式で測定した。ろ過筒上部の水を抜き、ろ層表面からろ材を湿潤状態で採取して所定量を反応容器に入れ、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化を測定した。水温20℃、試料水量1.2g、初期 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度1.5mg/l、攪拌は124rpmで実験を行った。実験終了後、採取ろ材の乾燥重量を秤り、比表面積を計算した。

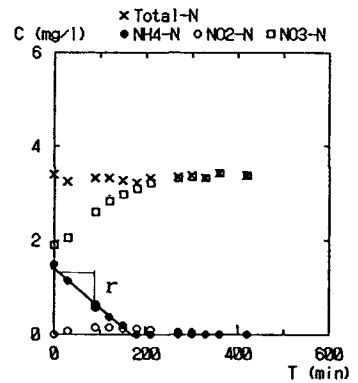


図-2 硝化速度の測定例

(3) 速度の測定例 図-2より、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の蓄積がなく、窒素の収支も取れているので、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去速度を硝化速度とみなすことができる。反応は0次反応で記述され、他の実験でも同様であった。緩速ろ過の生物反応では、生物量が多くの場合、境界膜拡散抵抗と生物膜内拡散抵抗は小さく、反応律速（0次反応）となると言われている。<sup>1), 2)</sup> 本実験で用いた攪拌方法は妥当なものと言えよう。

### 3. 実験結果

#### (1) 表面積当りの硝化速度係数

図-2の傾き  $r$  は、みかけの硝化速度係数である。これを普遍化するために、表面積当りの硝化速度係数  $r_s$  (mg/m<sup>2</sup>/hr) を定義する。

$$r_s = r \cdot V / S \quad \dots\dots\dots (1)$$

$V$ : 試料水量 (g)、 $S$ : ろ材の全表面積 (m<sup>2</sup>)、 $r$ : みかけの硝化速度 (mg/l/hr)

図-3より、データに若干のばらつきはあるが、実験の各系列ごとに式(1)がほぼ成立している。

#### (2) 運転条件による硝化速度の違い

図-3には、ろ過筒の運転条件別に5種類のデータをあげているが、ろ過速度が大きい場合ほど硝化速度係

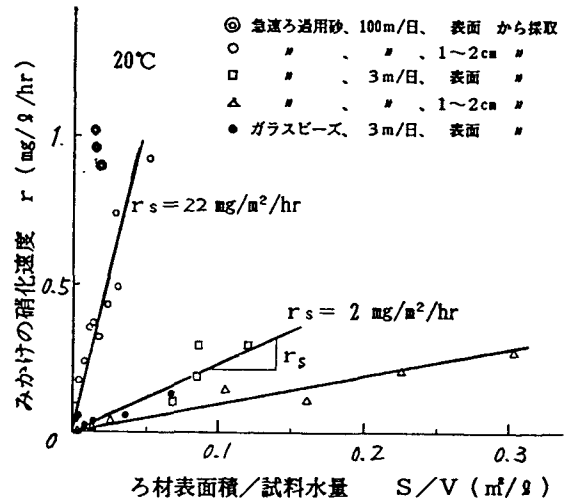
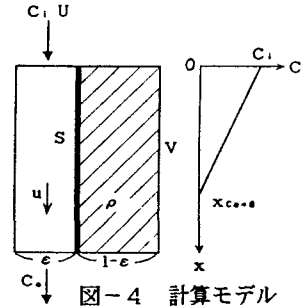


図-3 硝化速度の結果整理

数  $r_s$  が大きく、100m/日では3m/日の場合の約10倍の速度をもつことがわかる。ろ過筒の運転・馴養条件により硝化菌数種が異なってくるためと考えられる。また、ろ材の採取位置による速度の比較から、表層ほど硝化が活発に行われていることがわかる。なお、急速ろ過用砂とガラスビーズでは、大きな差がなく、これによっても、表面積当りの硝化速度による評価方法がほぼ妥当であることを示している。

#### 4. 簡単な計算モデルによる評価

実験により求めた硝化速度係数が妥当なものかどうか、押し出し流れの場合における簡単な計算モデルにより評価した。図-4のように、ろ層内の空隙を流れつつ、ろ材の全表面積  $S$  ( $m^2$ ) を硝化反応の場とする仮想水路を仮定する。みかけ硝化速度が  $r$  ( $mg/l/hr$ 、0次反応) であるとすれば、流出濃度  $C_o$  ( $mg/m^3$ ) と距離  $x$  ( $m$ ) の関係式は次式となる。



$$x = u \cdot \frac{1}{r} \cdot (C_i - C_o) = \frac{U}{\epsilon} \cdot \frac{\epsilon}{S} \cdot \frac{V}{r_s} \cdot (C_i - C_o)$$

$\epsilon$ : 空隙率 (-)

$C_i$ : 流入濃度 ( $mg/m^3$ )

$$= \frac{U \cdot (C_i - C_o)}{s_p \cdot (1 - \epsilon) \cdot r_s} \quad \dots\dots (2)$$

$u$ : 空隙内平均流速 ( $m/hr$ ),  $U$ : 空塔速度 ( $m/hr$ ),  $V$ : 砂層体積 ( $m^3$ )

$r_s$ : 表面積当りの硝化速度 ( $mg/m^2/hr$ ),  $s_p$ : ろ材の比表面積 ( $m^{-1}$ )

式(2)を用い、 $C_i = 1.5 \times 10^3 mg-N/m^3$ 、 $\epsilon = 0.44$ 、 $s_p = 1.5 \times 10^4 m^{-1}$ の与条件より、硝化が完全に行われ  $C_o = 0$  となる距離  $x$  を計算すると (図-2の急速ろ過用砂の場合の  $r_s$  の値を参照)、

ろ速 3m/日 ( $U = 0.125 m/hr$ 、図-2の□印) で  $r_s = 2 mg/m^2/hr$  の時、 $x = 1.1 cm$

ろ速100m/日 ( $U = 4.17 m/hr$ 、図-2の○印) で  $r_s = 22 mg/m^2/hr$  の時、 $x = 3.4 cm$

となり、いずれも極く表層で完全に硝化される計算となる。なお、流れの場の縦方向拡散係数は別の実験により測定した結果、非常に小さく、計算では無視した。

図-5は、速度測定実験の対象としたろ過筒の実際の運転記録の一部である。ろ速3m/日、100m/日の両者とも、深さ10cmまでの間で  $NH_4-N$  が完全に硝化されていることがわかる。このことから、上述の硝化速度の基本的な考え方はほぼ妥当であると言えよう。

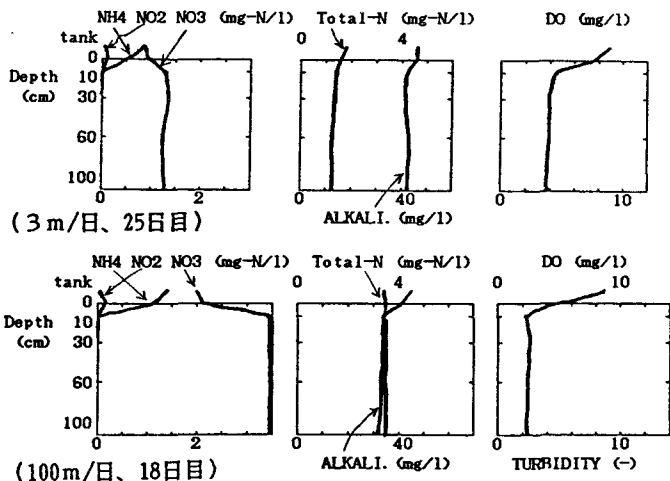


図-5 実際の運転結果

#### <参考文献>

1) 住友ほか; 生物分解による上水の高高度処理に関する研究(1)~(6)、水道協会雑誌、昭61.9~昭62.8.

2) 渡辺ほか; 回転円板法の浄化機構に

関する研究(I)、(II)、下水道協会誌、1978/9、1980/8.