

II-120

実河川データに基づいた急速ろ過による硝化のシミュレーション

戸工業大学 正員 ○ 福 士 憲 一、佐 藤 米 司

1. はじめに 急速ろ過における逆洗をとまなう非定常生物膜モデルを考え、主として硝化に関してシミュレーションや実験による検証を行ってきた。これを実際の河川水（馬淵川）に適用し、主に水温と基質濃度の影響に着目し、どのような結果になるかをシミュレーションしてみたので報告する。

2. モデルの概要¹⁾

(1) 低濃度系のフラックス式

$$J = k \cdot X_f \cdot L_f \frac{S}{K_s + S}$$

(2) 生物膜の消長式

$$\frac{dL_f}{dt} = (Yk \frac{S}{K_s + S} - b - b_s) L_f$$

(3) 固定層への適用

$$\varepsilon \frac{\partial S}{\partial t} = D_H \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} - v \frac{\partial S}{\partial x} - a \cdot J$$

$$v \cdot S_0 = v \cdot S - D_H \frac{\partial S}{\partial x} (x=0), \frac{\partial S}{\partial x} = 0 (x=1)$$

(4) 逆洗のモデル化

< 逆洗直前までは >

$$\frac{dL_f(i, j)}{dt} = \{Yk \frac{S}{K_s + S} - b - b_s\} L_f(i, j) \quad (1, j=1 \sim N)$$

$$J(i) = k X_f \frac{S(i)}{K_s + S(i)} \frac{1}{N} \sum_j L_f(1, j) \frac{S(i)}{K_s + S(i)} \quad (6)$$

- a: ろ層比表面積(cm^{-1}), b: 自己分解係数(day^{-1}),
 b_s : 剪断剝離係数(day^{-1}), d_p : ろ材径(cm),
 (1) D_b : 水中での分子拡散係数(cm^2/day),
 D_f : 生物膜内での分子拡散係数(cm^2/day),
 D_H : 混合拡散係数(cm^2/day),
 J : フラックス($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{day}$),
 (2) k : 最大比消費速度(day^{-1}),
 K_s : Monod飽和定数(mg/cm^3), l : ろ層全長(cm),
 L_f : 生物膜厚(cm),
 L_d : 境膜厚(cm), S : 砂層基質濃度(mg/cm^3),
 (3) S_0 : 原水濃度(mg/cm^3), S_f : 膜内基質濃度(mg/cm^3),
 S_s : 生物膜表面基質濃度(mg/cm^3), t : 時間(day),
 v : ろ速(cm/day), X : ろ層深(cm),
 X_f : 膜内微生物濃度(mg/cm^3), Y : 収率係数(-),
 z : 膜表面からの距離(cm), ε : 空隙率
 $L_f(1, j)$: 任意の砂層深(i), 水平位置(j)における生物膜厚(cm),
 $\bar{L}_f(i)$: 任意の砂層深(i)における平均生物膜厚(cm),
 $S(i)$: 砂層深(i)におけるバルク基質濃度(mg/cm^3),
 N : 砂層の分割数, i, j 方向同数,
 (5) w : 逆洗による生物膜流出係数(-), $0 \leq w \leq 1$ であり、初期(第1回目の逆洗時)は w 。

< 逆洗直後は >

$$L_f(i, j) = (1 - w) \bar{L}_f(j) \quad (i=1 \sim N) \quad (7)$$

3. シミュレーション

(1) 水温と NH_4^+ -N濃度の与条件

図-1, 2に、非定常計算に使用した水温と NH_4^+ -N濃度変動を示す。これらは、八戸市白山浄水場が取水した馬淵川表流水の昭和52年から昭和61年度までの10年間の平均値であり、八戸圏域水道企業団の水質年報から求めた。シミュレーション計算では、これらをプログラム内に取り込み、4月から3月までの1年間単位で計算した。

(2) 計算条件

(3), (4)式の基礎式に(1), (2), (5)~(7)式を導入して差分による数値計算を行った。計算条件は硝化反応に係わる係数として、 $k=2.5\text{day}^{-1}$, $K_s=0.7\text{mg}/\ell$, $b=0.05\text{day}^{-1}$ (いずれも 20°C で) $b_s=0.005\text{day}^{-1}$, $Y=0.39$, $X_f=10\text{mg}/\text{cm}^3$ とし、温度補正係数は $\theta_k=1.06$, $\theta_{K_s}=1$, $\theta_b=1.06$ とした。砂層と流れの条件としては $l=60\text{cm}$, $d_p=0.0772\text{cm}$, $\varepsilon=0.43$, $v=100\text{m}/\text{day}$, $D_H=670\text{cm}^2/\text{day}$ である。なお、初期生物膜厚は $L_{f0}=10\mu\text{m}$ とし、予めこの厚さになるまで砂層を馴養した後に運転開始する条件とした。計算上の砂層分割数 $N=12$, 時間刻み $\Delta t=30$ 秒, 逆洗による生物膜流出係数は $w=0.025$ とした。

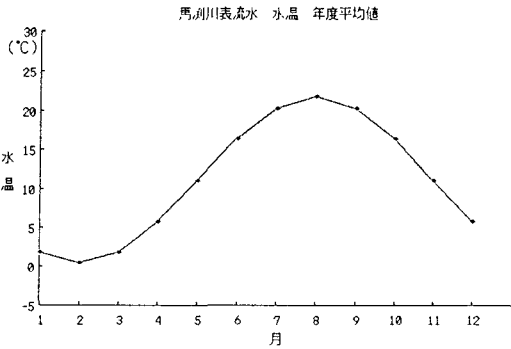
(3) シミュレーション結果

図-3に結果を示す。運転開始後、生物膜が徐々に減少してゆき NH_4^+ -Nがリークしている。また、冬季間はほとんど硝化されない結果となっている。馬淵川の NH_4^+ -N濃度程度では基質が不足し、かつ水温の影響を大きく受けるためと考えられる。図-4は、図-2の NH_4^+ -N濃度変動に一律に NH_4^+ -N $2\text{mg}/\ell$ を加えて計算した結果であり、図-5は同様に $4\text{mg}/\ell$ 加えて計算した結果である。基質を加えたことにより生物膜が何とか維持され、冬季間でも NH_4^+ -Nのリークが無くなってゆくことがわかる。なお結果は略すが、2年目以降についても同様の計算を続行したが、1年目とほとんど変わらない結果を得ている。

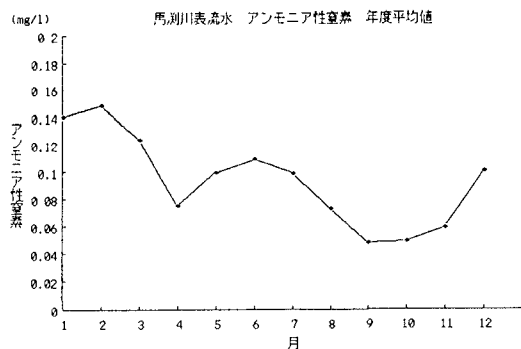
4. おわりに

以上より、基質濃度の影響はかなり大きく、馬淵川の NH_4^+ -N濃度程度では生物膜を維持することはできず、もっと汚染した河川であれば適用できそうな結果となった。ただし、実験では¹⁾もう少し

低濃度でも良好な結果を得ており、今回の計算結果はかなり危険側に出ている。今後とも検討してゆきたい。
 <参考文献> 1) 福士、佐藤：急速ろ過における硝化のシミュレーション、土木学会年講(1992.9)

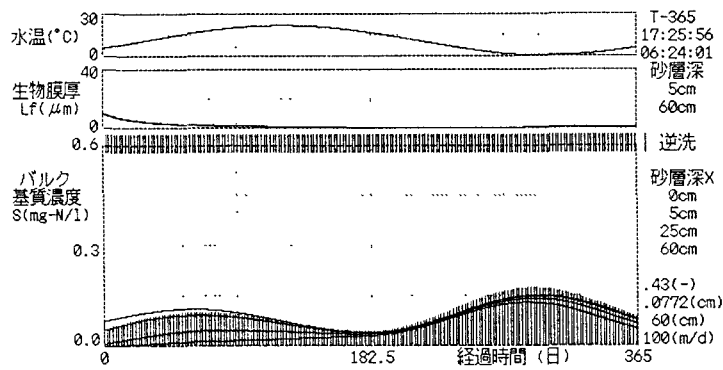


図－１ 水温変動の条件（馬淵川）

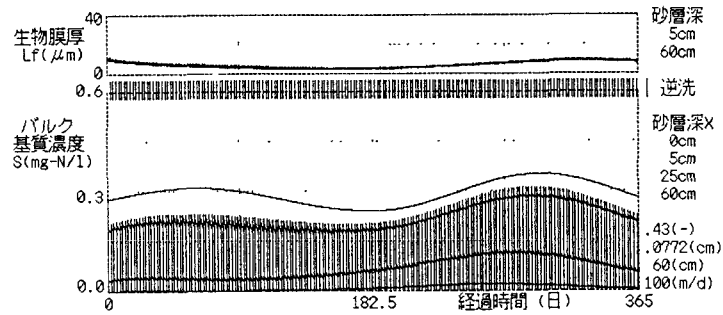


図－２ NH₄⁺-N濃度変動の条件（馬淵川）

図－３ シミュレーション結果
 （図－１，２の条件）



図－４ シミュレーション結果
 (NH₄⁺-N +0.2mg/l)



図－５ シミュレーション結果
 (NH₄⁺-N +0.4mg/l)

