

## II-464

酸性河川モデル化実験における鉄酸化バクテリアの挙動  
——細菌数推定モデルを使用して——

新日鐵（株）

○ 正員 小野信行

東北大学

正員 野池達也

正員 吾妻貞男

特許庁

砂川 充

## 1. はじめに

第一鉄イオンを含んでいる酸性河川では、多くの場合、鉄酸化バクテリアが生息しており、その中でも付着状態にある鉄酸化バクテリアによって、河川中の第一鉄イオンが第二鉄イオンに酸化されている。そこで、酸性河川のモデル化実験として浸透層を有する開水路を作成し、鉄酸化バクテリア細菌数の挙動を検討した。また、細菌数においては、細菌数推定モデルを使用し、回分実験データより細菌数を推定している。

## 2. 実験装置および方法

2. 1 連続反応槽 酸性河川のモデル化実験のために用いた水路の概要を図1に示す。水路は塩ビ製であり、二重になっている。外側の水路は恒温槽、内側の水路は反応槽本体である。反応槽本体は逆流式で、直径15mmの磁製球を1層有し、長さ350cm、幅11cm、水深3cm、平均流下時間15分、水温30℃である。水路に基質として0.2K培地（ $\text{Fe}^{2+}$ 濃度200ng/l、pH1.6、水道水使用）を1日あたり16リットル投入し、定常状態に達した後、第一鉄濃度、鉄酸化バクテリア細菌数（直視法、細菌数推定モデルにより推定）を測定した。測定地点は50cm毎とし、図1に示すように8ヶ所である。なお、反応槽壁面に存在する付着菌を評価するために、反応槽の磁製球の上に塩ビ板（表面積21.4cm<sup>2</sup>）を置いている。

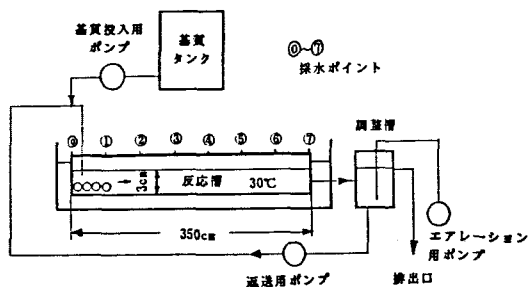


図1 連続反応槽

測定地点は50cm毎とし、図1に示すように8ヶ所である。なお、反応槽壁面に存在する付着菌を評価するために、反応槽の磁製球の上に塩ビ板（表面積21.4cm<sup>2</sup>）を置いている。

2. 2 回分反応槽 定常状態に達した連続反応層の培養液を用いて動力学パラメータおよび細菌数の推定のために回分実験を行なった。広口びん（容量約1リットル）にゴム栓をし、培地（pH1.6、水道水使用）と連続反応槽の培養菌を入れ全容量を600mlとし、初期 $\text{Fe}^{2+}$ 濃度を50ng/l、水温を30±1℃とし、エアレーション（毎分約1リットル）を行ない混合した。経時的に $\text{Fe}^{2+}$ 濃度を測定した。

## 3. 細菌数推定モデルの誘導

一般に回分培養での菌体増殖、基質消費は、死滅係数が比増殖速度に比べ無視できる場合は以下の様に表現される。

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu_m \times S}{(K_s + S)} \times X \quad \text{--- (1)}$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y} \times \frac{dX}{dt} \quad \text{--- (2)}$$

ただし、 $X$ ：細菌数(cells/l)、 $S$ ：基質濃度(ng- $\text{Fe}^{2+}$ /l)、 $Y$ ：増殖収率(cells/ng- $\text{Fe}^{2+}$ )、 $\mu_m$ ：最大比増殖速度(1/hr)、 $K_s$ ：基質飽和定数(ng- $\text{Fe}^{2+}$ /l)

これらの式より、反応時間と基質濃度の関係を示す(3)式が得られる<sup>1)</sup>。

$$\mu_m \times t = \frac{1}{A} \left[ -K_s \times \ln \frac{S}{S_0} + (A + K_s) \times \ln \frac{S_0 + (X_0/Y) - S}{X_0/Y} \right] \quad \text{--- (3)}$$

ただし、 $X_0$ ：初期細菌数(cells/l)、 $S_0$ ：初期基質濃度(ng- $\text{Fe}^{2+}$ /l)、 $A = S_0 + X_0/Y$

動力学パラメータおよび初期細菌数の決定方法は次の①～⑤の通りである。

- ①直視法により接種細菌数の実測（ $X_0$ ）、②回分実験により基質の経時変化を測定（ $S_0$ 、 $S$ 、 $t$ ）、③(3)式に①②のデータをあてはめ、最適な動力学パラメータ（ $\mu_m$ 、 $K_s$ 、 $Y$ ）の決定、④あらたな回分実験により基質の経時変化を測定（ $S_0$ 、 $S$ 、 $t$ ）、⑤(3)式に④のデータをあてはめ、浮遊細菌数

を推定する際には $X_0$ を、付着細菌数を推定する際には $X_0$ 、 $K_s$ を未知数として推定した。これは、生物膜内の基質の拡散抵抗により $K_s$ 値は大きく異なると考えられるためである。

#### 4. 結果および考察

4.1 動力学パラメータの決定 接種菌を連続反応層のN00、2、4、7の4カ所から採取し、接種量を10、50、200mlとし、回分実験において基質濃度の経時変化を調べた。一例としてN02の結果を図2に示す。また、推定されたパラメータ値の平均は $\mu_m=0.064(1/hr)$ 、 $K_s=0.082(mg/l)$ 、 $Y=8.1 \times 10^6(cells/mgFe^{2+})$ となった。この値を使用し、細菌数を推定した際に生じる基質濃度に対する回帰曲線が図2に実線で示している。これらより、基質濃度の実測値と回帰曲線がよく一致していることがわかる。

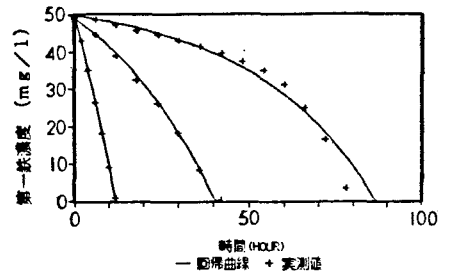


図2 回分実験における基質濃度変化

4.2 連続反応槽における細菌数分布 定常状態における流下方向に対する基質濃度変化を図3に示す。基質濃度は、反応槽上流部から下流部にいくにつれてあきらかに減少している。また、浮遊細菌数の流下距離に対する推定値および実測値の変化を図4に示す。これより、浮遊細菌数は流下距離に対してほぼ一定であり、推定値と実測値はよく一致することがわかる。これより、浮遊菌に対するこのモデルの適用性が確認できたと言える。浮遊細菌数、磁製球付着細菌数および壁面付着細菌数を回分実験より推定した値を反応槽1cmあたりに換算したのが図5である。これより、付着細菌数の方が浮遊細菌数より約10~40倍大きいことが言えた。また、付着細菌数を推定する際に得られた $K_s$ 値を図6に示す。これより、付着細菌数が大きい上流側の方が $K_s$ 値が大きいことがいえる。

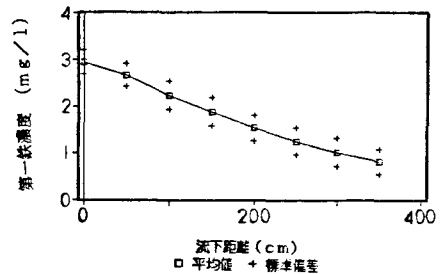


図3 連続反応槽における基質濃度変化

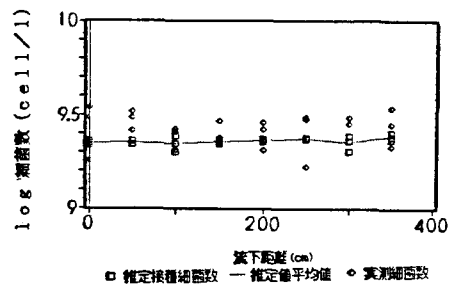


図4 浮遊細菌数推定値および実測値

#### 5. 結論

①回分実験より(3)式を使用することによって動力学パラメータ( $\mu_m$ 、 $K_s$ 、 $Y$ )、初期細菌数を推定できる。

参考文献: 1) 古米、久嶋、楠田(1990), 衛生工学研究論文集, VOL26, pp9-18

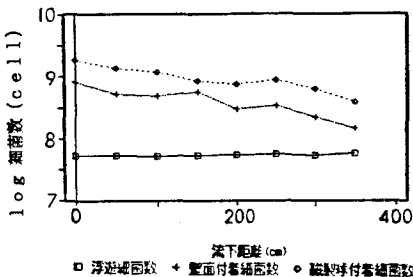


図5 反応層1cmあたりの細菌数推定値

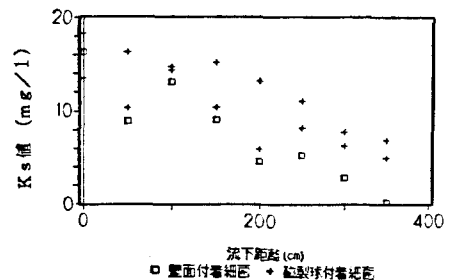


図6 付着細菌数推定の際に得られた $K_s$ 値