

柳日水コン 正 員 〇滝沢 茂 宮古市役所 竹花 浩満
岩手大学 正 員 大村達夫 大沼 正郎

1. はじめに 散水ろ床の浄化能は、水量負荷、有機物負荷、水温などの因子が、影響していると報告されている。本研究では、傾斜板散水ろ床を用いて、人工下水のC/Nを変化させた場合のグルコース除去、及び 生物膜増殖の機構を明らかにし、それらを数理的に解析したものである。

2. 基礎方程式 FIG.1 に示すように傾斜板散水ろ床は、3相(液膜、拡散層、生物膜)からなる。これを解析するには、以下に示す4つの式が、必要である。

①液膜 (Bulk liquid)

傾斜板散水ろ床における液膜の物質収支より、式(1)が、導かれる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -U \frac{\partial C}{\partial X} + D \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} - r \quad (1)$$

C: 液膜のグルコースの濃度 (mg/cm³) U: 液膜の流速 (cm/sec) D: 液膜の分散係数 (cm²/sec)
x: 流下方向距離 (cm) r: 反応速度 (mg/cm³sec)
t: 時間 (sec) ここで、 $r = (J/A) / \varepsilon$ (面積基準から体積基準に換算) (J/A): グルコース除去Flux (mg/cm²sec) ε : 液膜厚 (cm)

②拡散層 (Diffusion layer)

生物膜表面-液膜の間(拡散層)の分子拡散流束は、微生物の基質消費に等しいということから、式(2)が導かれる。

$$(J/A) = -D_w \frac{\partial C}{\partial y} = D_w \frac{C - C_s}{\delta} \quad (2)$$

δ : 拡散層厚 (cm) D_w : 水中の分子拡散係数 (cm²/sec)

C_s : 生物膜表面グルコース濃度 (mg/cm³)

③生物膜 (Biofilm)

生物膜内の物質収支より、式(3)が導かれる。

$$\frac{\partial C_b}{\partial t} = D_c \frac{\partial^2 C_b}{\partial y^2} - r_a \quad (3)$$

C_b : 生物膜内のグルコース濃度 (mg/cm³) D_c : 生物膜内の分子拡散係数 (cm²/sec)

r_a : ($= \nu_{\max} X_f C_b / (K_s + C_b)$) y: 生物膜方向距離 (cm) X_f : 生物膜密度 (mg/cm²) $\nu_{\max}$: 比グルコース消費速度 (1/sec) K_s : 飽和定数 (mg/cm³)

④生物膜増殖

物質収支より、式(4)が導かれる。

$$\Delta L = Y (J/A) \Delta t / X_f \quad (4)$$

ΔL : Δt 後の生物膜増加量 (cm) Y: 収率 (-)

これらの式(1)-(4)を本研究の数理解析の基礎式として、以下で用いることとする。

3. 実験方法 本研究は、FIG.2 に示す5段から成る傾斜板散水ろ床を用いて実験を行なった。TABLE.1 に示す人工下水をろ床に流入させて、生物膜を成長させた。測定項目は、各段の

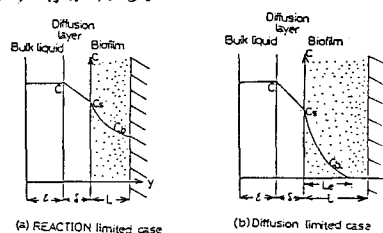


FIG. 1 散水ろ床の模式図

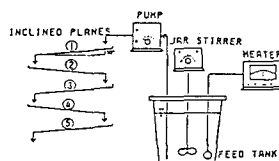


FIG. 2 実験装置

TABLE. 1 人工下水の基質組成

RUN	1	2	3	4	5
C/N	1.0	2.0	4.3	10.0	100.0
C ₆ H ₁₂ O ₆	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
NH ₄ Cl	162.6	76.3	33.3	16.2	1.62

FeCl₃ MgSO₄ KCl KH₂PO₄ NaHPO₄
CaCl₂·2H₂O 15.0 (mg/l)

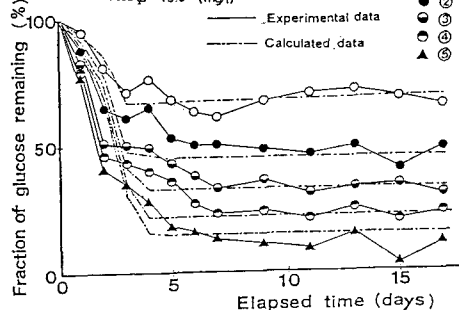


FIG. 3 グルコース残存率の経日変化

流入及び流出グルコース濃度、生物膜厚を経日的に、定常時にトレーサー試験より混合特性、及び生物膜内拡散係数、比グルコース消費速度（回分実験より）をそれぞれ測定した。

4. 実験結果及び考察 FIG.3 にRUN.2 における各段のグルコース残存率の経日変化を実線で示した。グルコース残存率は、散水し始めてから、4-5 日までは、急激に減少したが、6 日前後でほとんど一定となった。この時のグルコース除去FLUX(J/A)と膜厚L の関係をFIG.4 に示した。(J/A)は、膜厚L が一定値L_eに達するまでは、膜厚L 依存し、L_eを越えると一定値になった。ここで、L_eは、グルコース除去に有効に働く活性膜と考えられる。これらの関係を次式で表わした。

$$i) \quad 0 < L < L_e \quad (J/A) = \alpha L \quad (5)$$

$$ii) \quad L_e < L \quad (J/A) = \alpha L_e \quad (6)$$

FIG.4 に示した実験値から α 、L_eを求めるとどちらも下段で減少する傾向がみられた。これらを用いて式(1),(4)を計算した結果をFIG.3 5に点線で示した。これらは、おおむね一致した。このことから、液膜グルコース濃度、生物膜厚は、式(1),(4)で推定できる。次に各段の定常時グルコース流入濃度とL_eの関係をFIG.5 に示した。ここで流入C/N が高くなるとL_eは、小さくなり、さらに、定常時グルコース流入濃度に依存していることがわかる。

次にFIG. 7,8 に生物膜内のグルコース濃度を式(2),(3)を用いて計算した結果を示した。FIG.7 は、本研究で得られたXF（全膜において約30mg/cm）を用いたものであるがL_e付近グルコースは無くなかった。これは、活性部でXFが異なるからと考えられる。FIG.8 にXFを100 mg/cm 前後として計算した結果を示した。ここで、L_e付近でグルコース濃度は、なくなりFIG.1 に示したように(a) から(b)に遷移が起ることがわかる。

5. まとめ 以上の結果をまとめると

(1) 傾斜板散水ろ床における浄化機構は、式(1)-(4)で推定できる。

(2) 活性膜厚は、定常時グルコース流入濃度と流入C/N に依存している。

<参考文献>

- 1) P. Harremoës, "Biofilm Kinetics," Water pollution Microbiology, vol. 2 (1978)
- 2) M. Onuma, T. Omura, "Mass Transfer Characteristics within Microbial System", Water Sci. Tech. vol. 14, P553 (1982)

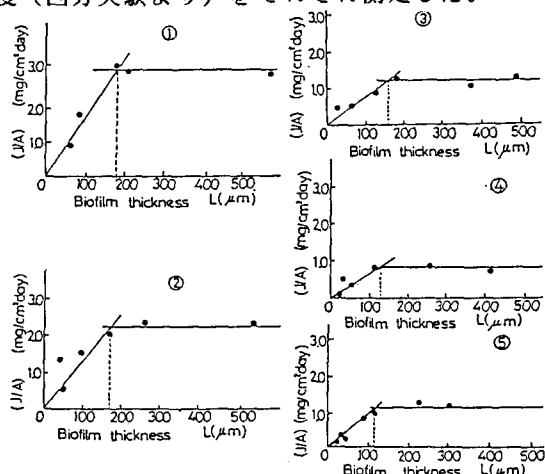


FIG. 4 膜厚Lと(J/A)の関係

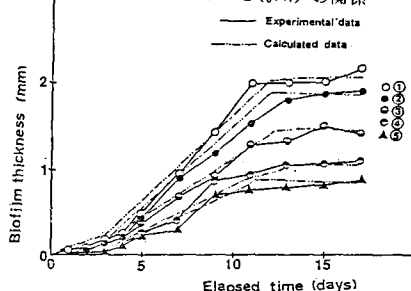


FIG. 5 膜厚の経日変化

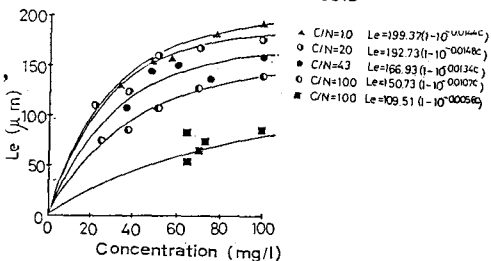


FIG. 6 L_eと定常時グルコース濃度の関係

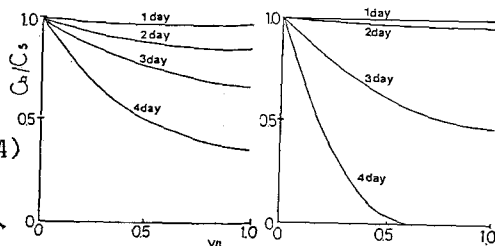


FIG. 7 生物膜内の濃度分布

FIG. 8 生物膜内の濃度分布