

傾斜板散水ろ床におけるグルコース除去特性解析

岩手大学 学生員○滝沢 茂

学生員 竹花 浩満

正 員 大村 達夫

正 員 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。液膜グルコース濃度、及び生物膜増殖を解析するにあたって、次の(1),(2) 式を導いた。

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生物膜増殖

物質収支より、式(2)が導かれる。

$$\Delta L = Y(J/A) \Delta t / X_f \quad (2)$$

XF : 生物膜密度 (mg/cm³) ΔL : Δt 後の生物膜増加量 (cm) Y : 収率 (-)

これらの式(1),(2)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

本研究に用いた装置をfig.2 に示した。本装置は、5段から成り、各ろ床の有効面積は、5 × 80 (cm²) で、傾斜角は、10° とした。table.1 に示した基質組成の人工下水を25 (ml/min) で流入させて、ろ床上に生物膜を成長させて実験を行なった。測定項目として各段の流入及び流出グルコース濃度、NH₄⁺-N 濃度、生物膜厚を経日的に、定常時に生物膜COD(cr), 生物膜Kj-N, 生物膜密度、さらに、トレーサー試験より、分散係数、流速を求めた。

4. 実験結果及び考察

fig. 3 にRUN 2 おけるグルコース残存率の経日変化を示した。グルコース残存率は、散水し始めてから3-5 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り、定常状態に達したと考えられる。次に、各段のグルコース除去 flux (J/A) と生物

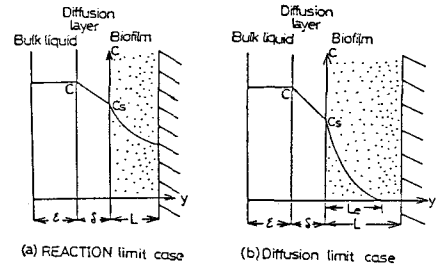


fig.1 Schematic model of trickling filtration process

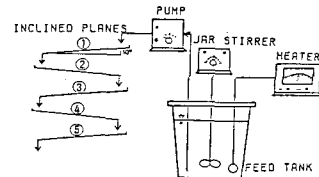


fig.2 Experimental apparatus

table.1 Component of synthetic sewage

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)

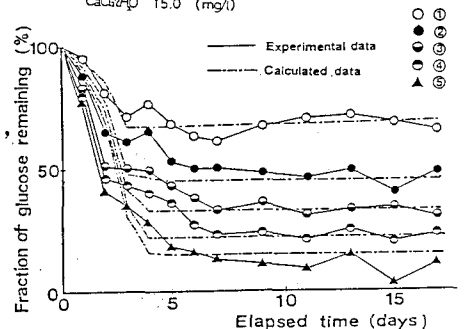


fig.3 Change in fraction of glucose remaining with time

膜厚Lの関係をfig.4に示した。膜厚Lが、一定値 L_e （活性膜厚）に達すると (J/A) は、Lに依存せず一定値となった。この関係を次式で表わした。

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad 0 < L < L_e \quad (J/A) &= \alpha L \quad (3) \\ \text{ii)} \quad L_e < L \quad (J/A) &= \alpha L_e \quad (4) \end{aligned}$$

実験値から、 α 、 L_e の値を求めて、式(1)に代入して、各段の流出の残存率を差分法で計算するとfig.3に示すように実験値とおおむね一致している。このことから、液膜におけるグルコース濃度は、式(1)で推定することができる。また、 L_e の値は、fig.4に示すように下方に行くにつれて、小さくなる傾向がみられた。ここで、fig.5に各段の定常時の流入濃度と L_e の関係をプロットすると、次式で回帰することができる。

$$L_e = A (1 - 10^{-KC}) \quad (5)$$

A, k: 定数

ここで、流入C/Nが、高くなると L_e は、小さくなる傾向がみられた。これより、 L_e は、C/Nと流入濃度に依存していることがわかる。また、本実験において L_e の値は、約50-190 (μm)であった。

fig.6にRUN2における各段の生物膜厚の経日変化を示した。生物膜は、最初ゆっくり、その後、急速に増加して、約16日前後で一定値(L_{max})に達した。ここで、式(2),(3),(4)を用いて生物膜厚増加量を計算した結果をfig.6に示すと、実験値とおおむね一致している。

table.2に数値計算に用いた値を示した。生物膜乾燥密度 X_f 、 L_e 、最大膜厚 L_{max} は、下方に行くにつれて小さくなる傾向がみられた。逆に収率Yは、高くなる傾向がみられた。この傾向は、他のRUNでも同様であった。

table.3にRUN2における各段の生物膜COD(cr)、生物膜Kj-Nを示した。生物膜COD(cr)は、下方に行くにつれて、小さくなり、生物膜Kj-Nは、ほとんど変化がなかった。他のRUNについての実験も、生物膜COD(cr)は、ほとんど同様の結果を示した。

5. まとめ

- 1) 傾斜板散水ろ床の流下方向のグルコース濃度及び生物膜厚は、式(1)-(4)を用いて、推定できる。
- 2) 活性膜厚 L_e は、流入C/Nと定常時の液膜グルコース濃度に依存し、50-190 (μm)の値となった。
- 3) 生物膜乾燥密度、最大膜厚は、下方に行くにつれて小さくなったが、収率は、大きくなった。
- 4) 生物膜COD(cr)は、下方に行くにつれて、減少したが、生物膜Kj-Nは、ほとんど変化がなかった。

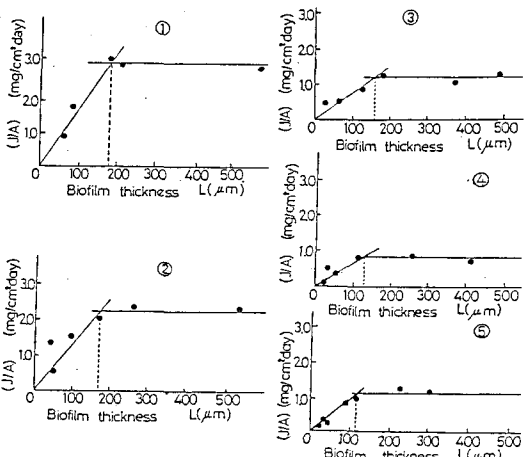


fig.4 Relationship between (J/A) and biofilm thickness

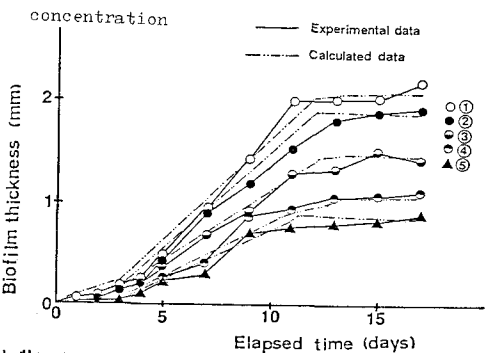
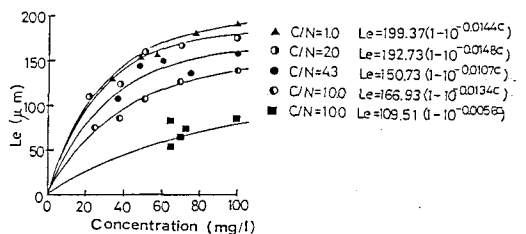


fig.6 Change in biofilm thickness with time

table.2 Kinetic parameters in RUN2

	①	②	③	④	⑤
X_f (mg/gss)	3714	2746	3034	2185	2369
Y (-)	0.185	0.205	0.304	0.309	0.323
L_{max} (mm)	2.05	1.85	1.44	1.05	0.82
L_e (μm)	172	169	160	124	106
α (mg/cm²/day)	165.6	128.93	737	661.4	861

$$\begin{aligned} D &= 22.75 \text{ (cm}^2/\text{sec)} \\ U &= 1.16 \text{ (cm/sec)} \\ \epsilon &= 0.0668 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

table.3 COD(cr) and Kj-N in biofilm

	①	②	③	④	⑤
Biofilm COD _{cr} (mg/mgss)	107	115	0.95	0.92	0.91
Biofilm Kj-N (mg / mgss)	0.082	0.091	0.089	0.088	0.092
Biofilm COD/Kj-N (-)	14.88	12.60	10.74	10.42	9.89