

東北大学 正 松本順一郎

東北大学 正の久保俊治

川村エンジニアリング 鶴巻 山 孝 夫

1. はじめに 地下水人工涵養は水資源の保全の実用的な方法であると考えられる。人工涵養池においては、長期間にわたる高い透過速度の維持、目詰り過程の解明さらに透過速度の変化の予測が重要であり、目詰りがしばしば問題となる。目詰りの要因として、化学的、物理的ならびに生物学的なものがあるが、下水2次処理水を用いる場合には生物学的目詰りが大きな問題となる。本研究では、溶解性有機物に起因する生物学的目詰りに及ぼす初期比流量、流入有機物濃度ならびに温度の影響について検討した。

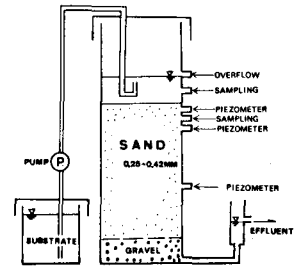


図1 実験装置

2. 実験装置および方法 図1に実験装置の概要を示す。粒径0.25~0.42mmの河過砂を約40cm高に充填し、定水位浸透河過方式でグルコースを主体とする人工基質を連続的に投入した。砂充填カラムの間隙率は約45%、初期透水係数は約 $2 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ であった。初期比流量、流入有機物濃度、温度を変化させ、比流量の変化を調べた。

3. 実験結果および考察 地下水人工涵養池における累積比流量 $Q(\text{m})$ について2次式が成立すると仮定する。(1) $Q = \frac{K_1 Q_0 T}{K_2 + T}$ (1) ここで、 Q_0 : 初期比流量(m^3/m^2)、 T : 経過日数、 K_1, K_2 : 種々の因子に依存するパラメーター。各実験条件での累積比流量の変化は(1)式に近似し、直線回帰分析より K_1, K_2 を決定した。表1に実験結果の要約を示す。

3.1 初期比流量の影響 図2に累積比流量 Q の実験値と近似式の比較を示し、図3に初期比流量 Q_0 と決定された K_1, K_2 との関係を示す。 Q_0 が $4.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ~ $18.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ では、 K_1, K_2 の値に大きな差は認められなかった。 $Q_0 = 18.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ の砂カラムでは砂層下部(石表面下4cm~22cm層)において透水係数の低下が認められ、 Q_0 が大きくなるに従い砂層下部での目詰りが進行するものと考えられる。

3.2 流入有機物濃度の影響 生物学的目詰りは微生物の代謝、増殖に起因するもので、流入有機物濃度は目詰りに大きな影響を及ぼすと考えられる。

流入TOCを7.2~21.6 mg/L に変化させた実験を行い、図4に決定された K_1, K_2 値と流入TOC濃度 C との関係を示す。 K_1, K_2 の近似式として次式を得た。

$$K_{1,20^\circ\text{C}} = 349 C^{-1.32} \quad (2)$$

$$K_{2,20^\circ\text{C}} = 195 C^{-1.32} \quad (3)$$

表1 実験結果

Run No.	1	2	3	4	5	6	7	8
初期比流量(m^3/m^2)	3.9	3.7	4.2	8.7	18.1	4.5	5.0	5.0
流入TOC(mg/L)	7.2	14.4	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6
温度($^\circ\text{C}$)	20 $^\circ\text{C}$	20 $^\circ\text{C}$	20 $^\circ\text{C}$	20 $^\circ\text{C}$	20 $^\circ\text{C}$	5 $^\circ\text{C}$	15 $^\circ\text{C}$	25 $^\circ\text{C}$
K_1	25.8	10.7	5.57	7.4	6.57	15.0	7.12	4.56
K_2	14.4	3.75	4.77	2.65	3.94	7.63	2.74	2.64

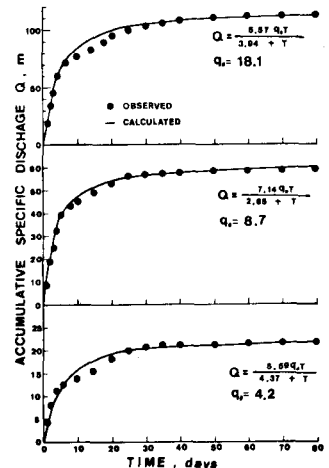


図2 実験値と近似式比較

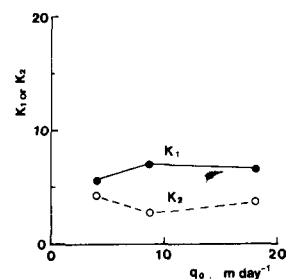


図3 初期比流量の影響

20 mg Carbon/l 以上の C には K_1, K_2 は流入 TOC の影響をあまり受けるが、流入 TOC が低くなるとともに K_1, K_2 は流入濃度の影響を大きく受ける傾向が見られた。

3.3 温度の影響 生物反応は温度に大きく影響されることが知られており、温度と反応速度に関して種々の式が提案されている。本実験では砂カラムを 5°C, 15°C, 20°C, 25°C に制御し、比較検討した。決定された K_1, K_2 値と温度の関係を図 5 に示す。反応速度定数の温度依存性を示す Arrhenius の温度係数と同様な方法で整理し次式を得た。

$$K_{1,t^{\circ}\text{C}} = K_{1,20^{\circ}\text{C}} 1.0608^{-(t-20)} \quad (4)$$

$$K_{2,t^{\circ}\text{C}} = K_{2,20^{\circ}\text{C}} 1.0608^{-(t-20)} \quad (5)$$

3.4 果積比流量の推定 果積比流量 Q に及ぼす初期比流量 Q_0 、流入 TOC 濃度 C_i による温度 T の影響については検討した結果をまとめ、果積比流量 Q の推定式を考へる。 Q は Q_0, C_i ならびに他の関数であり、時間 (T) にも依存する。それ以外の変数が独立であると仮定すると次式を得る。

$$Q = \frac{K_{1,t^{\circ}\text{C}} Q_0 T}{K_{2,t^{\circ}\text{C}} + T} \quad (6)$$

$$K_{1,t^{\circ}\text{C}} = 349 \cdot 1.0608^{-(t-20)} C_i^{-1.32} \quad (7)$$

$$K_{2,t^{\circ}\text{C}} = 195 \cdot 1.0608^{-(t-20)} C_i^{-1.32} \quad (8)$$

図 6, 図 7 に $K_{1,t^{\circ}\text{C}}, K_{2,t^{\circ}\text{C}}$ の推定値と実験結果から決定された K_1, K_2 の比較を示す。 $K_{1,t^{\circ}\text{C}}$ 値は透過日数 T の増加に対する Q/Q_0 の限界値を示し、 $K_{2,t^{\circ}\text{C}}$ 値は Q/Q_0 が最大値の 1/2 になる時の透過日数 T を示している。地下水人工海養池の設計および操作 (運転) の最適化のためは、果積比流量 Q の推定が必要であり、(6)(7)(8) 式により溶解性有機物による生物学的目詰りをある程度把握できるものと考えられる。

4. おわりに 生物学的目詰りの指標として果積比流量を用い、初期比流量、流入有機物濃度ならびに温度の影響について

調べ、果積比流量の推定式を提案した。

今後は生物学的目詰り過程を明らかにするため、生物増殖量と物質変化について定量的な研究を行う必要があると考えられる。

<参考文献>

- (1) 松本久保: 工学会 34 周年誌 (1979)
- (2) TOKUBO and J. MATSUMOTO: Water Resour. Res. 15, No. 6 (1979)
- (3) 松本久保: 第 16 回衛生工学研究計協会 (1980)

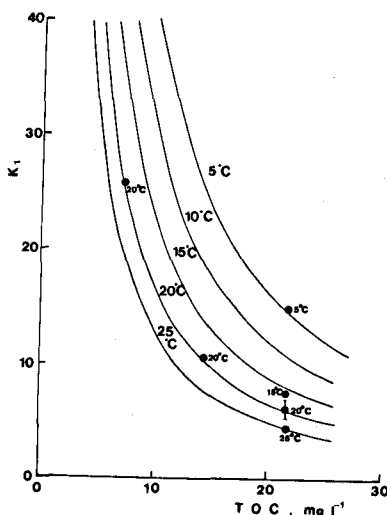


図 6. $K_{1,t^{\circ}\text{C}}$ の推定値

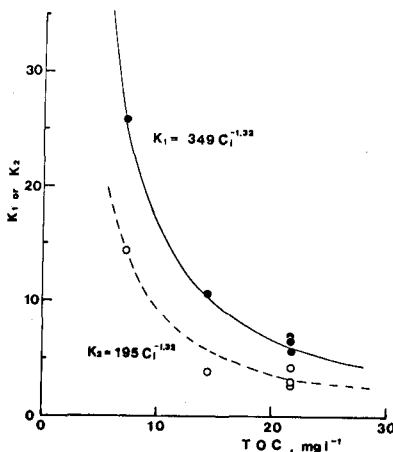


図 4. 流入 TOC の影響

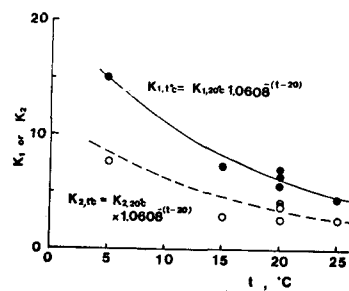


図 5. 温度の影響

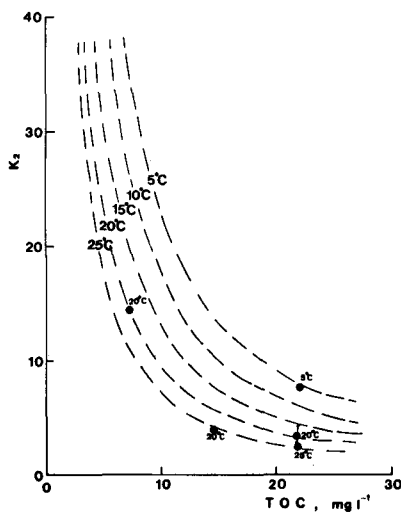


図 7. $K_{2,t^{\circ}\text{C}}$ の推定値