

1. はじめに

水資源の保全および有効利用を行う一つの方法として、地下水人工涵養システムが挙げられる。地下水人工涵養システムにおいては長期間にわたる浸透能の維持が重要であり、特に下水処理水を人工涵養する際には、生物学的目づまりの解明が不可欠になるものと考えられる。著者らは、すでに生物学的目づまりが好気期、好気-嫌気遷移期、嫌気期に分類でき¹⁾、各種影因から浸透水量の実験式を提案している²⁾。しかし、微生物の増殖特性を含めた透水性の低下についてはまだ検討されていない。本研究は下水処理水の砂層浸透を対象として、砂層表面における微生物の増殖と透水性の変化について定量化を試みたものである。本論文は透水性を検討した実験Ⅰと増殖特性と把握する実験Ⅱより構成されている。

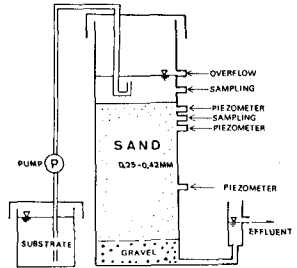


図1(1) 実験装置(I)

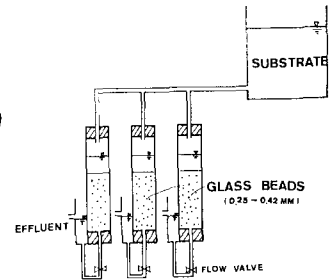


図1(2) 実験装置(II)

2. 実験装置および実験方法

2-1 実験Ⅰ(透水性について) : 図1(1)に実験装置の概要を示す。内径10 cm、長さ74 cmの円筒カラムに粒径0.25~0.42 mmの3過砂を約40 cm高に充填した。表-1に示す合成基質を定水位減衰式³⁾(表-2参照)で連続的に投入し、DO、TOCの水質分析に加えて損失水頭、浸透水量などの測定を行った。実験は20±2℃で行った。

2-2 実験Ⅱ(増殖特性について) : 図1(2)に示す装置(内径2.6 cm、長さ13 cm、0.25~0.42 mmガラスビーズ充填)を用いて、実験Ⅰと同様な条件で、DO、TOC、SS等の水質分析およびカラム内生物量の測定を行った。

3. 実験結果および考察

3-1 砂層における透水性の低下 : 砂層における透水係数の変化は概ね図2のように示せる。透水係数の変化は好気期、好気-嫌気遷移期、嫌気期に分類できる。また、表層数cm層を除くと、砂層中層での透水係数は好気期にはほとんど減少しないが、嫌気期にうつるとともに表層で増殖した微生物がはく離等により下層に移動し、中層での透水係数が徐々に低下するものと考えられる。実験Ⅱでは、表層における微生物の増殖が影響する範囲を砂層10 cmとした。¹⁾

3-2 砂層表面における微生物の増殖 : 図3にカラム内の微生物量、流出水SS、流出水DOの経日変化を示す。流出DOは初期7日間急激

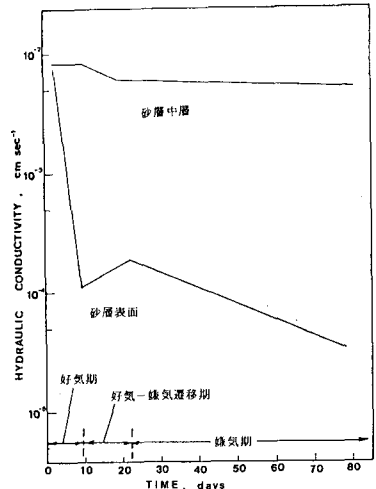


図2 砂層における透水係数の低下

表1 合成基質の組成

組成	濃度	備考
グルコース (C ₆ H ₁₂ O ₆)	54 mg/L	(1) C:N:P = 10:7:3
NH ₄ Cl	57 mg/L	
KH ₂ PO ₄	8.2 mg/L	(2) BOD
Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O	50 mg/L	±3.6 mg/L

表2 充填カラム初期条件

項目	数値
初期浸透速度 (m/日)	4.2
初期透水係数 (cm/s)	1.65 × 10 ⁻²
動水勾配 (—)	0.22
間隔率 (%)	4.63

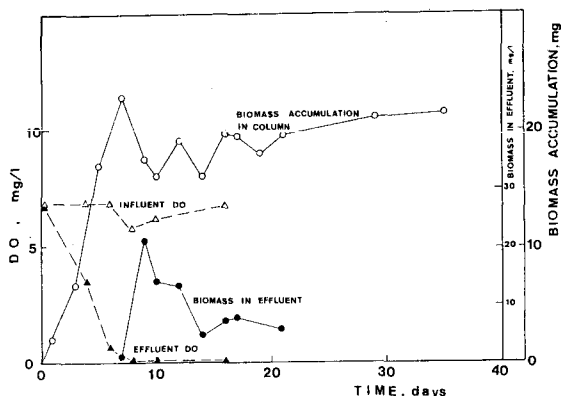


図3 カラム内微生物量とDOの挙動

に減少し、それとともにカラム内の生物量はほぼ直線的に増加している。その後カラム内の生物量はいったん減少し、15日後から徐々に増加する傾向がみられる。一時的な生物量の減少は流出SSの増加に対応しており、好気状態で増殖した微生物の一部が嫌気状態への遷移により流出したものと考えられる。

溶解性TOC (C , mg/L), カラム内生物量 (X , mg/cm³), みかけの滞留時間 (T , hrs) より、1次反応の反応速度定数の算出結果を図4に示す。図4は好気期でのデータを用いている。

$$-\frac{1}{X} \frac{dC}{dt} = R_c C, \quad R_c = 0.719 \text{ (cm}^3/\text{mg SS} \cdot \text{hr)} \quad (1)$$

ここで、 X : 微生物量 (mg/cm³), C : 溶解性TOC (mg/L), R_c : 反応速度定数 (cm³/mg SS・hr)。 X (微生物量) = カラム内微生物蓄積量 / 充填容積より求めた。

図5に TOC除去速度および増殖速度より求めた増殖収率定数、維持定数を示す。好気期における増殖収率(Y)は嫌気期のもれに比べ約5倍となっている。図4, 図5の結果より、微生物のカラム外流出の少ない好気期における増殖量をある程度把握できるものと考えられる。

3-3 微生物量と透水性の低下の関係: 実験Iより求めた水理抵抗(透水係数/砂層厚)と実験IIより求めたカラム内微生物量の関係を示す。水理抵抗と微生物量にはかなり相関があり、次式で表わせる。

$$HR_1 = 220 e^{11.7X} \quad (2)$$

$$K_1 = H_1 / HR_1 \quad (3)$$

$$K_1 = \frac{H_1}{220} e^{-11.7X} \quad (4)$$

ここで、 HR_1 : 水理抵抗 (sec), X : 微生物量 (mg/cm³), K_1 : 砂層表面の透水係数(砂層厚 H_1 部分, cm/sec), H_1 : 微生物増殖の影響砂層厚 (好気期) (cm)。なお、本実験では $H_1 = 10 \text{ cm}$ としている。

砂層全体での透水係数 K は次式より推定できる (好気期)。

$$K = \frac{H_1 + H_2}{\frac{H_1}{K_1} + \frac{H_2}{K_2}} \quad (5)$$

ここで、 H_2 : 微生物増殖の影響のない砂層厚 (cm), K_2 : H_2 における砂層の透水係数 (cm/sec)。

おわりに: 砂層における反応・増殖動力学より透水性の低下を定量化できる可能性が示されたが、今後はより具体的な条件でモデルの検証を行う必要がある。文献: 1) 橋本太郎「16回衛生工学研究討論・論集」(1980) 2) OKUBO, HATSUMOTO, Water Res. 17 (1983)

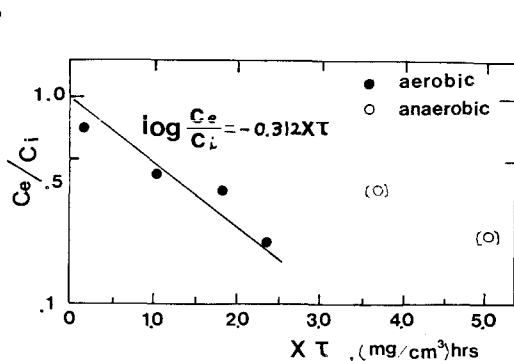


図4 好気期における反応速度定数

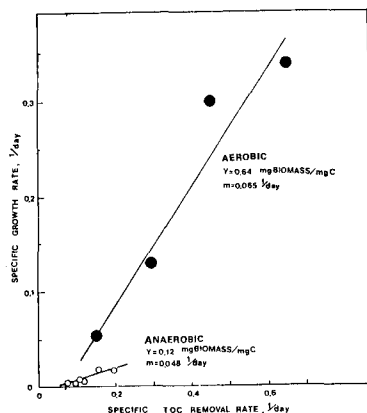


図5 増殖収率および維持定数

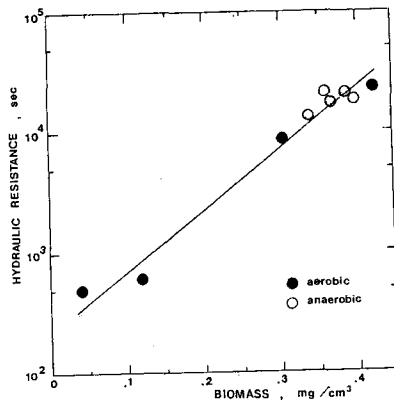


図6 カラム内微生物量と水理抵抗