

東北大学 正 松本 順一郎
東北大学 正。大久保 俊治

1. はじめに

地下水人工かん養は下水の再利用及び水資源の合理的利用の実用的システムであると考えられるが、下水処理水あるいは汚染された河川水かん養する場合の土壌中での水質変化及び生物学的目づまりに関する知見は乏しい。

本研究は溶解性有機物の除去及び生物学的目づまりに及ぼす浸透速度の影響に関して砂カラムを用いて実験的に検討したものである。

2. 実験装置及び方法

図1に実験装置の概要を示す。内径10cm、長さ70cmの不透明塩ビ製装置に砂利を敷き、粒径0.25~0.42mmの河過砂を約40cm高に充填した。砂表面から10cm上に越流口を設け、定水位減衰過方式で連続的に基質を投入した。水位差Hを3段階に変化させ、浸透速度の影響について検討した。なお、基質投入前、水道水を約1週間浸透させ、透水係数、浸透速度が安定するのを確認した。

実験装置は温度を $18 \pm 2^\circ\text{C}$ にコントロールした。表1に実験の初期条件を示し、表

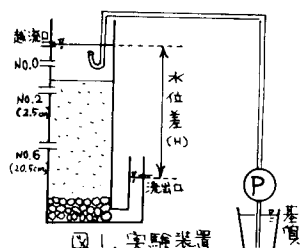


図1. 実験装置

表1. 初期条件

	A	B	C
初期浸透速度(%)	18.1	8.7	4.2
水位差(cm)	32.8	19.9	8.6
砂層高さ(cm)	39.5	42.9	39.0
間隙率(%)	46.2	45.5	46.3
配水速度(9.6)	1.52	1.43	1.54

2に人工基質組成、測定項目及び分析方法を示す。サンプルは流入、No.0、No.2、No.6及び流出口で採取した。分析は東洋3紙No.5cで濾過した試料について行った。

3. 実験結果及び考察

図2にAカラムのDOの経日変化を示す。B、Cカラムと同様の傾向であった。砂表面下20.5cm (No.6)では、浸透開始後6日目にDO ≈ 0 となり、砂表面下2.5cm (No.2)では9日目にDOは 1mg/l 以下になった。また、砂層上部の貯水層 (No.0)でも約15日目にはDOは 1mg/l 以下となり、砂表面上に好氧的微生物の増殖が起きていると考えられる。図3にAカラムのCODの経日変化を示す。

0~25日では砂層下部ほどCODは低いが、25日以後にNo.2のCODは急激に上昇した。しかし、流出CODはほぼ安定していた。25日以後のCODの除去は砂層下部で行われておりと考えられる。No.2でのCODの上昇現象は好氧的微生物あるいは生物に起因する蓄積物の嫌氣的分解によるものと考えられる。Bカラム、Cカラムとも同様の傾向であり、全期間でのCOD除去率は平均してAカラムで25.8%、Bカラムで26.1%、Cカラムで31.4%であった。図4、5にCOD累積除去量を示す。図4より、基質投入後30日以後の嫌氣的状態では、CODの除去能は小さいが、これは浸透速度の減少に起因していると考え

表2. 基質、測定項目及び分析法	
<基質>	
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	54 mg/l
NH_4Cl	57 mg/l
KH_2PO_4	8.16 mg/l
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	50.1 mg/l
水道水	1 l
C/N=1.44, BOD $\approx 36\text{mg/l}$	
<測定項目、分析法>	
COD _{Cr}	下水試験法
グルコース	グルコース試薬法
DO	下水試験法
$\text{NH}_4\text{-N}$	インドフェノール法
有機酸	カスプロ法

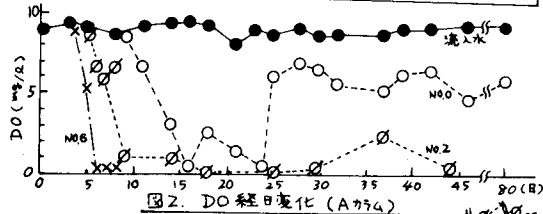


図2. DO経日変化 (Aカラム)

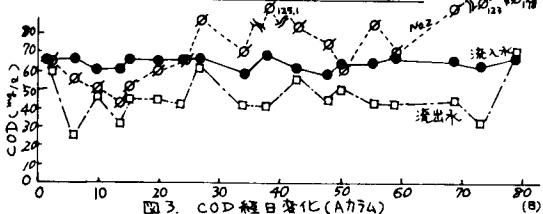


図3. COD経日変化 (Aカラム)

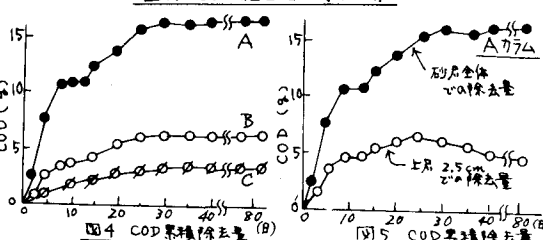


図4. COD累積除去量 (B)

図5. COD累積除去量 (Aカラム)

えられる。図5より、0~25日でCOD除去総量の約40%が砂表面下2.5cmで除去され、25日以後ではCODの除去は主に砂層下部で行われていいると考えられる。図6にグルコースの経日変化を示す。6日目以後、NO₂及び流出ではグルコースは検出されなかった。表3に有機酸の平均濃度及びCOD中の有機酸の占有割合を示す。砂層上部(0~2.5cm層)では透過速度の遅いカラムほど多量の有機酸を生成するが、砂層下部(2.5cm~約40cm)では、逆の傾向が見られる。Aカラムでは砂層上部のみならず、下部にも酸生成菌が存在しているが、Cカラムでは砂層上部に酸生成菌が集中的に存在し、砂層下部には酸腐化菌が優占していると思われる。透過速度の遅いカラムでは砂層の高さ方向に微生物相が変化していると思われる。図7にNH₄-N累積除去量を示す。表4にNH₄-N平均除去率を示す。透過速度の遅いカラムほどNH₄-N除去率は大きい傾向が見られる。図8にBカラムの透過速度の経日変化を示す。Aカラム、Cカラムとも同様な傾向であったので省略した。図8より、透過速度の減少特性は四つのグループに分類できると考えられる。(I) 0~10日: 好氣的微生物の増殖による透過速度の急激な減少が起り、(II) 10~20日: 砂表面上部(貯水層: NO₂)では若干DOが存在し、砂層はDOが1mg/l以下

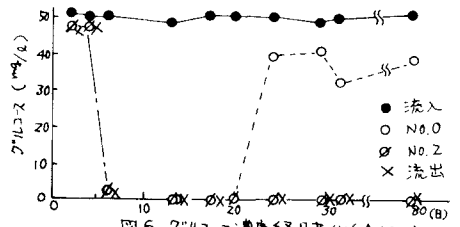


図6 グルコース濃度経日変化(Aカラム)

表3 a 有機酸濃度(平均値)(mg/l)

酸種	Aカラム	Bカラム	Cカラム
酢酸	9.3	2.7	0.2
乳酸	10.1	1.1	0.1
酪酸	14.8	14.0	0.3
バチラ酸	9.3	1.5	0.2
マロン酸	15.7	3.2	0.4
クエン酸	6.0	0.7	—

表3 b COD中の有機酸(COD換算)の割合

酸種	Aカラム	Bカラム	Cカラム
酢酸	17.7%	26.1%	26.4%
乳酸	30.8%	23.9%	17.8%

下の状態となり、透過速度はほぼ一定を維持する。(III) 20~30日: NO₂のDOは利用される(25日以後)、(I)の期間に比べやや緩い勾配で透過速度が減少する。(IV) 30~90日: 生物学的目づまりの最終段階であり、Cカラムの透過速度はほぼ一定であった。図9、10に透水係数の経日変化を示す。図9より、砂層上部の透水係数はA、B、Cカラムともほぼ同様な傾向を示し、砂層上部での生物学的目づまりは透過速度の影響をさほど受けないと思われる。また、図10より、砂層下部ではAカラムの透水係数がB、Cカラムのそれに比べ減少し、透過速度の速い場合には生物学的目づまりは砂層下部まで及びと思われる。

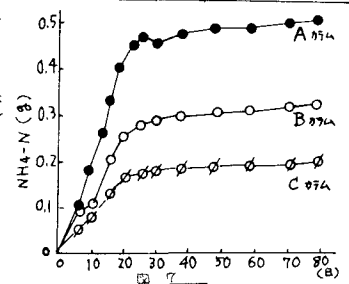


表4 NH₄-N 除去率(%)

期間	A	B	C
0~25日(平均)	8.4	9.3	10.3
25~86日(平均)	6.9	11.3	17.3
0~86日(平均)	7.3	10.7	15.5

4. まとめ

- (1) 溶解性CODの除去は透過速度の遅いカラムほど安定しており、A、B、Cカラムの平均除去率は26~32%であった。
- (2) 透過速度の遅い場合はNH₄-N除去率は大きかった。
- (3) 有機酸の生成は砂層を流下する透過速度の影響を大きく受ける。
- (4) 生物学的目づまりの発生と進行を透過速度により4グループに分類した。
- (5) 透過速度の速いカラムでは生物学的目づまりは砂層下部まで及び、透水係数の減少をきたす。

おわりに 本研究の共同実験者である高石誠氏(千葉大学)、遠藤義氏(仙台市)、河本哲男氏(当時東北大学)に感謝します。

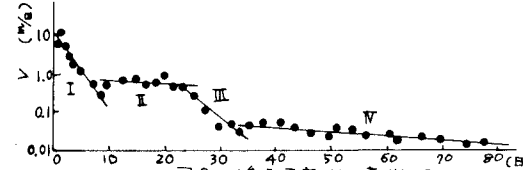


図8 透過速度経日変化(Bカラム)

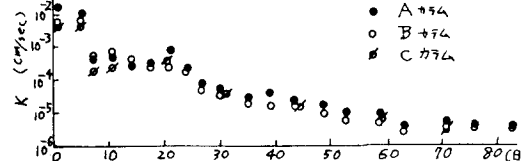


図9 透水係数(上層4.5cm)

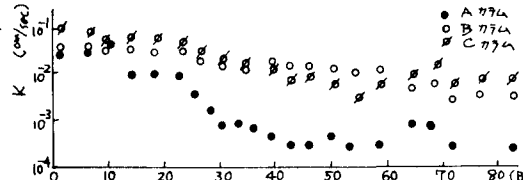


図10 透水係数(4.5cm~20.5cm層)