

II-450 砂層による埋立汚泥浸出水の浄化（流下特性の影響）

東北工業大学 正員 中山 正与
江成 敬次郎

1. はじめに

下水汚泥を陸上において埋め立てた場合、降雨等に伴って悪質な浸出水が発生する。この浸出水濃度の低減化の簡便法として、埋め立て時に使用する介在砂層の利用が考えられる。この方法の評価を行なうために、これまで砂カラム実験を実施し、介在砂層として使用する砂の種類、ならびに砂層内滞留日数の違いによる浄化効果を比較した。この結果から、砂の粒径が細かいと浄化効果も大きいこと、滞留日数が長くなれば除去率も増加することなどの知見を得ている。しかしながらこれらの実験結果は砂層内を浸出水が飽和して流下する場合のものであり、砂層内での浸出水の浄化を考える際には、その流下特性も大きな影響を及ぼす因子であると考えられる。このことから本実験では砂層内における浸出水の流れモデルとして飽和流と不飽和流の場合についての比較実験を行ない検討を加えたものである。

2. 実験方法

(1) 実験の概要 実験には内径5cmの亚克力製円筒カラムを用いた（図-1）。これに供試砂を25cmの高さに詰めたもの（Aカラム）と、50cmの高さに詰めたもの2本（B、Cカラム）の合計3本を一組として用いた。A、Bカラムでは流

入口、流出口は常時開いておき上部より浸出水を流入させ下部より流出させた。従って流れモデルとしては不飽和流を想定している。Cカラムは上部より浸出水を流入させカラム内滞留水は上部の砂層面と同じレベルから押し出されて流出する方式とした。流れモデルとしては飽和流を想定している。Cカラムではガスの発生量と成分を知る目的で、ガス捕集袋をカラム上端に取り付けたことから、浸出水の流入口は、浸出水の流入の際にのみ開けることとした。浸出水は1週間に1度、週の始めに60mlを間欠的に流入させた。カラムの断面積が19.6cm²であることからこの注入量は降雨量に換算すると1560mm/年となり日本の平均降雨量に見合うだけの浸出水が砂層に流入することに相当する。カラムからの流出水はその都度冷蔵庫に保存し1カ月分のコンボジットサンプルについて分析した。実験は20℃の恒温室内でカラムを遮光して6カ月間にわたって行なった。実験に供した砂は水道水で十分に洗浄した川砂である。有効径は0.35mm 均等係数は2.74であり、これをカラムに充填した場合の間隙率は40.2%であった。

(2) 浸出水 カラムへ流入させる浸出水は石灰系の生脱水汚泥から作製したものである。この汚泥にイオン交換水を加え1週間放置した後、3000rpm、10分間の遠心分離を行いこの上澄水を模擬浸出水とした。

3. 実験結果

(1) 流下特性 塩素イオンをトレーサとして砂カラムの流下特性を調査した結果を表-1に示す。A、Bカラムの流下特性を比較すると砂層厚

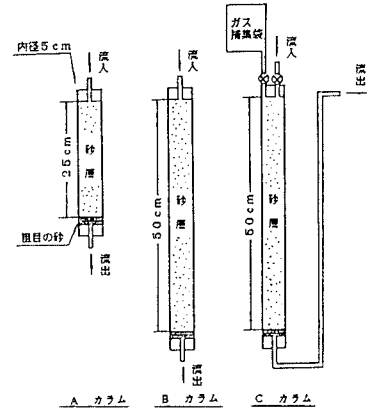


図-1 実験装置

表-1 流下特性

カラム	A	B	C
平均滞留日数(日)	7.8	9.7	45.3(46.0)
95%累積流出量が得られるまでの日数(日)	21	21	56

() 空間容積から計算

表-2 流入水・流出水平均濃度

項目	分析結果
流入水	
pH (-)	8.3
TOC (mg/l)	8550
K-N (mg/l)	2510
NH ₄ -N (mg/l)	1640
T-P (mg/l)	36.0
PO ₄ -P (mg/l)	14.4
流出水	
pH (-)	A 7.5 B 8.6 C 8.8
TOC (mg/l)	A 5960 (30.3) B 3170 (62.9) C 2370 (72.3)
K-N (mg/l)	A 2510 (0) B 2450 (2.4) C 2170 (13.5)
NH ₄ -N (mg/l)	A 1860 B 1930 C 1850
T-P (mg/l)	A 16.4 (54) B 5.6 (84) C 6.9 (81)
PO ₄ -P (mg/l)	A 2.4 B 1.1 C 1.6

A, B, C …… カラム名
() …… 除去率(%)
流入水は6カ月の平均値
流出水は5・6カ月の平均値

が2倍になっても平均滞留時間は1.2倍にしかならず、95%が流出するまでの日数も同じ21日であった。一方、Cカラムの平均滞留時間は45.3日でありこの値は空筒容積から計算した値と大差なかった。また、95%が流出するまでの日数は56日であった。

（2）流入浸出水およびカラム流出水の分析結果 カラム流入浸出水（流入水）の平均濃度、ならびにカラム流出水の5・6カ月の平均濃度と除去率を表-2に示す。①TOCの変化（図-2） 流出水は各カラムとも2〜3カ月目にピークを示した後に減少する傾向にあった。カラム内の間隙はすべて蒸留水で満たされている状態から実験を開始した。従って流入水が流出しきるまでには2カ月程度の日数を要するので1〜2カ月目までは希釈の影響が残っていることになる。流入水の変動も考慮しなければならないが、3カ月以降のTOCの減少は除去速度の増大を示していると考えられる。6カ月目のTOCは、Cカラムが最も小さかった。Cカラムにおいてはメタンガスの発生が認められたので、TOCの除去には嫌氣的な分解が関与していることがわかった。②K-N、NH₄-Nの変化（図-2）

流出水K-N、NH₄-Nは各カラムとも徐々に増加し、3カ月以降は流入水とほぼ同じような濃度となり、TOCのように増加した後に減少するというパターンとは明らかに異なっていた。希釈の影響がおよばない3カ月以降もK-N濃度の減少はみられなかったことから、K-Nの除去速度は小さいものと考えられる。K-Nの除去率はいずれのカラムでも小さく0〜13.5%であった。不飽和流の場合には硝化が進行しK-Nが減少することも考えられるが本実験ではそれが観測されなかった。この原因としてはTOC、K-Nの濃度が高かったため嫌氣的になったためであると考えられる。③T-Pの変化（図-2） どのカラムにおいても流出水T-Pは比較的小さく、変動も少なく良好に除去されていた。除去率は54〜84%であった。T-Pの除去には砂の吸着作用が大きく関わっているものと考えられる。TOC、K-N、T-Pのこのような流出パターンの違いは砂層の除去機構（物理学的、化学的、生物学的）と密接な関係があるものと思われる。

4. おわりに

浸出水の砂層による浄化に関わる流下特性の影響を実験的に検討した結果、次のことが明らかになった。

- （1）TOCについては50cmの砂層厚の場合、飽和流で流下するほうが、不飽和流の場合よりも除去率が高い。
- （2）K-Nの除去については、いずれの流下方式でも顕著な差はみられず、大きな除去は期待できない。
- （3）T-Pについては、50cmの砂層厚の場合、飽和流、不飽和流にかかわらず80%以上の除去率を示した。
- （4）不飽和流でカラム長を1/2にすると、TOC、K-N、T-Pの除去率はいずれも小さくなった。

今回の実験では、B、Cカラムのように滞留日数が4.7倍の違いがあっても、カラム流出水にはそれほど大きな差はみられなかった。今後の課題としては、より長期的な浄化の過程を知るために、砂層の目詰まりの観測をも含めた長期間にわたる実験を行なうとともに浄化の機構を明らかにすることが必要であると考えられる。

最後に、本研究を進めるにあたり御指導いただきました建設省土木研究所下水道部污泥研究室 大嶋吉雄氏ならびに下水道部の皆様に感謝いたします。

〈参考文献〉

中山、大嶋、江成：砂層による埋立汚泥浸出水の浄化（その2），第25回下水道研究発表会講演集（1988）

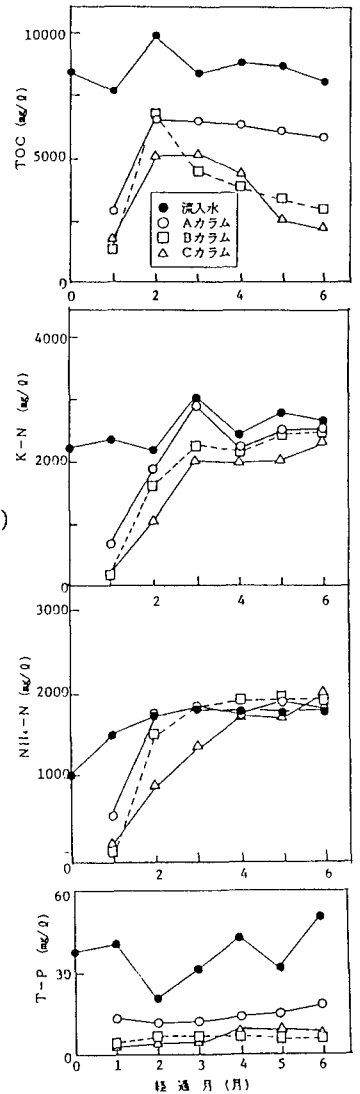


図-2 TOC、K-N、NH₄-N、T-P
の変化