

II-468 砂層による埋立汚泥浸出水の浄化について

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。一方、この浸出水の濃度は埋め立てる際に用いられる残土などの層を通る際にある程度低下することが知られている。本実験は砂カラムを用いて、砂層を流れる間の浸出水の浄化特性と浄化機構を明らかにするための基礎的なデータを得ることを目的としている。そのためにカラム流入浸出水に生物の活性を低下させる目的で水銀を混合した系を設けた。また、砂層を流下する際の流下特性も浄化に影響を与える因子であると考えられるので、飽和流と不飽和流で流下する場合の比較もあわせて行った。

2. 実験方法および砂の吸着実験

実験には表-1に示すA・B・C・Dの4本のカラムを使用した。このカラムの構造を図-1に示す。A・Bカラムは不飽和流で流下するものでありC・Dカラムは飽和流で流下するものである。B・Dカラム流入浸出水には生物活性を低下させるために水銀(HgCl₂)を混入させてある（混入後の水銀濃度 36.9 mg-Hg/l）。カラム充填砂には、予め付着している有機物を洗い流した川砂を使用した。充填後の間隙率は37.5%であった。実験に使用した浸出水は、生脱水汚泥にこれと同重量の蒸留水を加え10日間ほど放置した後の上澄水であり、これをカラム流入水とした。流入水は1週間に一度60mlを間欠的に流入させた。カラム流出水の分析は2週間分の混合サンプルについて行った。実験に際しては菌の植種は行わなかった。また、実験は20℃の恒温室内で行った。

カラム実験に先立ち、カラム実験に用いる砂に対する浸出水の吸着実験（20℃、静置状態での吸着）を行った。この結果を図-2に示す。NH₄-Nを除く他の水質項目、TOC、塩化物イオン、T-N、T-Pについては砂への吸着が認められた。TOC、塩化物イオン、T-Nの吸着量は初期に大きく16日目以降はほぼゼロであった。一方、T-Pについては、その吸着量は初期に必ずしも大きくなく、34日目に於て濃度の減少が認められた。pHについては1日目に9.19まで低下し、16日目以降はほぼ一定値7.5を示した。

3. 実験結果および考察

考察に当たり水収支を考えると、54週までの累積流入量と累積流出量はほぼ等しく水収支は取れていたものと考えられる。また実験開始にあたってはカラムの間隙は蒸留水で満たされている状態からスタートした。従って実験初期のカラム流出水はこの蒸留水で希釈さ

表-1 実験条件

カラム名	A	B	C	D
水銀	×	○	×	○
流下方式	不飽和流		飽和流	
滞留時間	2.6週		6.5週	

表-2 流入水、流出水の平均値

項目	流入水	流出水			
		A	B	C	D
pH (-)	11.8	7.9	7.7	7.4	7.3
SS (mg/l)	193	110	105	144	156
TOC (mg/l)	6950	1450	1450	5800	5640
T-N (mg/l)	1520	1530	1480	1500	1580
NH ₄ -N (mg/l)	233	1320	1310	1310	1340
T-P (mg/l)	32.4	5.3	5.3	2.0	2.1
有機酸(mg/l) (酢酸換算)	1540	1040	1070	5330	6010

流入水……0～54週までの平均値
流出水……安定してから平均値

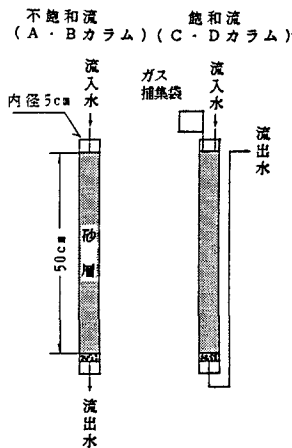


図-1 実験装置

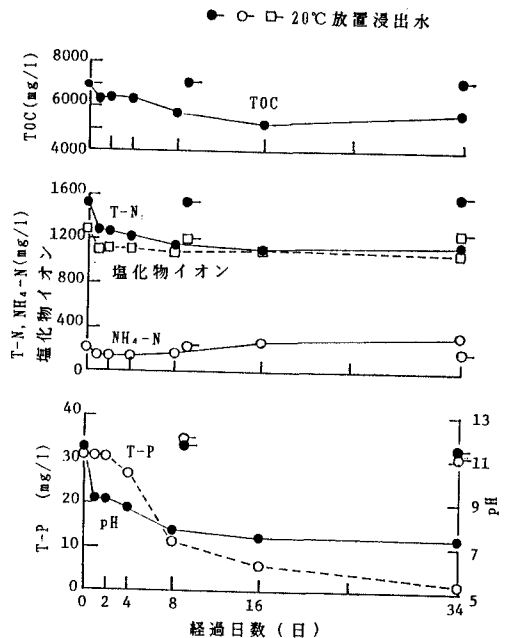


図-2 吸着実験の結果

れていることになる。塩化物イオンの流出率からこの希釈の影響のおよぶ長さはA・Bで6週まで、C・Dで16週までであることがわかった。

(1) TOC、有機酸の変化 TOCの変化を図-3に示す。流出水TOCの変化は、A・BとC・Dで大きく異なり、A・Bでは10~12週目以降大きく減少していることがわかる。これに対してC・Dは徐々に増加し、22週目以降は安定して流出しておりA・Bのような減少はみられなかった。有機酸濃度も各カラムともTOC濃度と同様な変化を示した。有機酸中の炭素量を計算で求めるとC・DではTOCの50~60%程度を示しており、A・Bでは有機酸が減少して安定するまでの期間(Aは32週、Bは42週)では50~60%、その後は約30%を示した。これらのことから、TOCに占める有機酸中の炭素の割合が大きいといえるので、TOC濃度は有機酸濃度に左右されることがわかる。また、有機酸濃度はそれぞれ水銀を混入したカラムの値が高くなる傾向にあり、水銀混入の影響が多少現れた。

流出水のDO濃度は各カラムともほぼ0(mg/l)を示しており、カラム流出端ではいずれも嫌氣的になっていることがわかった。不飽和カラムA・BにおけるTOCの減少は微生物による分解と思われるが、このカラム内での O_2 分布については、いま一つ明らかでなく、カラム内での分解の過程については今後検討したい。C・Dについてはほとんどガスの捕集がなかったことから、有機酸が蓄積しガス化されなかったためにTOCの減少が小さかったものと思われる。

(2) T-N、 NH_4 -Nの変化 流出水T-Nは20週あたりまで徐々に増加しその後は流入水T-Nとはほぼ同じ濃度となり浄化は認められなかった。各カラム間の差は20週目までは不飽和流A・Bが大きな値を示したが、それ以降は各カラムともほぼ同じ値を示し差はなかった。流入水T-Nの平均濃度は1520mg/lであり NH_4 -Nは233mg/lであったので、その15.3%を NH_4 -Nが占めている。流出水におけるT-N中の NH_4 -Nの割合は約85~90%であった。 NO_2 -N、 NO_3 -Nは流入水、流出水ともほとんど含まれていなかった。これらのことから、各カラムとも砂層を通ることによって有機性-Nの NH_4 -Nへの分解が進行しており、その程度には今回設定した実験条件での差はみられなかった。

(3) T-Pの変化 流出水T-PはTOC、T-N、 NH_4 -Nのように変動せず実験初期から低濃度で安定して流出していた。T-Pは実験開始直後から除去されていたこと、水銀混入の影響が顕著に現われなかったことなどから砂に吸着されて除去されたものと考えられる。特に変動が小さい24週目以降の平均流出T-Pは、それぞれ表-2に示すように不飽和流のほうが若干おきな値を示していた。砂の吸着実験の結果によると、砂へのT-Pの吸着量は大きいですが、吸着する速度が小さいので接触時間が長いとT-Pの減少量も大きいことがわかった。不飽和流のT-P流出濃度が飽和流よりも大きいのは滞留時間の差によるものと考えられる。

4. おわりに 以上の実験結果をまとめると以下ようになる。(1) TOCの除去に関しては不飽和流カラムでTOCの低下が観測されたことから飽和、不飽和の違いがみられた。また、水銀を混入すると有機酸の濃度は大きくなる傾向にあった。(2) T-Nについては、有機性-Nの NH_4 -Nへの分解が進んでいることがわかったが、T-Nそのものの低下はなく各カラム間の差もなかった。(3) T-Pについては大きな除去が観察された。T-Pは砂に吸着されて除去されたものと考えられる。

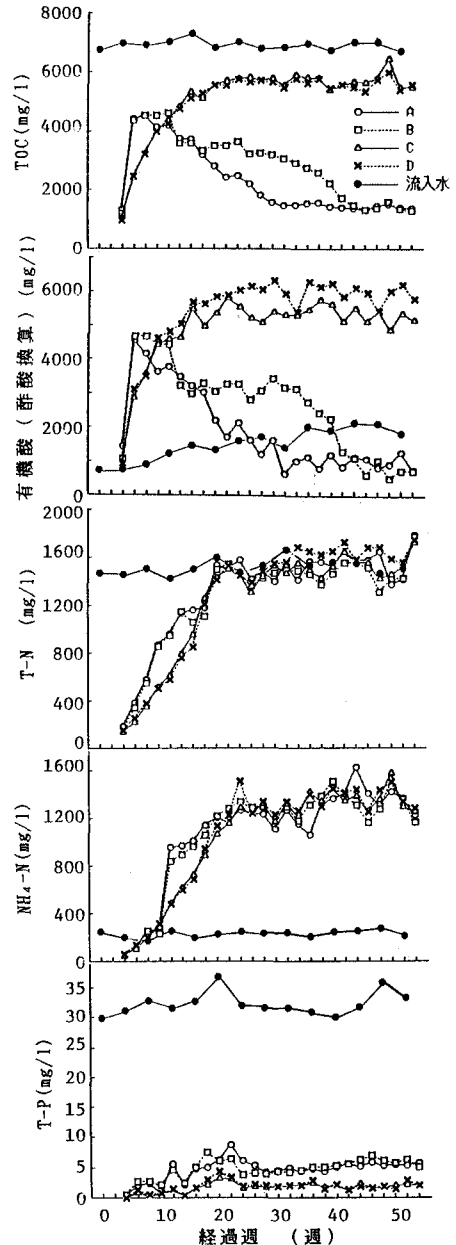


図-3 カラム流入水と流出水の変化