

N-3 通気性土壌による排水処理法「TSS汚水処理システム」にかかる浄化実験 —四万十川水質浄化実験プロジェクトにおける実証実験から—

国土交通省国土技術政策総合研究所流域管理研究官 ○和田 一範
 帝人エコ・サイエンス株式会社 本田 健二
 大成工業株式会社 佐藤 幹

1. はじめに

最後の清流で知られる四万十川流域において平成8年度から6年間に渡って、「四万十川水質浄化実験プロジェクト」として流域内の12箇所において水質浄化実験が取り組まれた。プロジェクトの課題は、1) 四万十川の水質汚濁の要因となる支川、排水路や特定汚濁源を対象とした高効率浄化技術の開発、2) 四万十川の社会・自然環境特性に合った、小集落対象の小規模浄化技術を中心とした新たな浄化技術の開発、3) 取り組み自体を社会実験的取り組みとして位置付け、実験を通じて専門家の手を必要としない維持管理システム構築、地域の人材育成や保全思想の啓蒙、などである。本論文で紹介する「TSS汚水処理システム」は本プロジェクトにおいて採用された技術の一つであり、四万十川支川に排出されている公立施設の既設単独浄化槽の処理水を対象として浄化実験を行ったものである。四万十川の流域と実験場所の位置を図1に示す。

2. 実験装置及び実験方法の概要

2. 1 実験装置

排水を土壌へ浸透させて浄化する方法は古くから知られたものであるが、排水の浸透方法や、処理する水量と汚濁質の負荷を適切に設定することが重要である。充填土壌についても、土壌内で好気性分解を促進するため通気性を保つことが必要となるが、通気性がよいと水の浸透もはやくなり、生物分解のための滞留時間が確保できなくなる。通気性のある土壌を使用しながら水の流れを緩やかにするため、不飽和流（浸潤）の形成を実現した土壌処理法がTSSシステムで、直接原水を取り入れる場合は沈澱槽や消化槽などと組み合わせた後処理に適用することができる。

実験装置は敷地内に掘削したトレンチに通気性土壌（製紙スラッジ焼却灰）を充填したもので、ほぼ中央の高さに流入水を導き周囲に浸潤させるための一体型装置（製品名タフガード）を埋め込み、槽の最下部に集水管を布設して排水する構造とした（図2）。表1は土壌処理法で用いられる土壌の性状などを比較したもので、用いた焼却灰は団粒構造からみると黒ボク土に近いが、透水係数は黒ボク土などよりはるかに大きい。送水管から浸出した流入水は、タフガードを構成する不織布を伝って土壌内を水平方向に伝わる。水平方向への水輸送は、土壌槽の上面からゆっくり散水したのと同じ効果をもたらす。水平方向に広がった汚水は、次第に重力によって下方へ伝わるが、不飽和状態であるため、毛管力と重力のポテンシャルのバランスによって流動が制御されるようになる。不飽和状態における透水性は飽和状態におけるよりはるかに小さく、

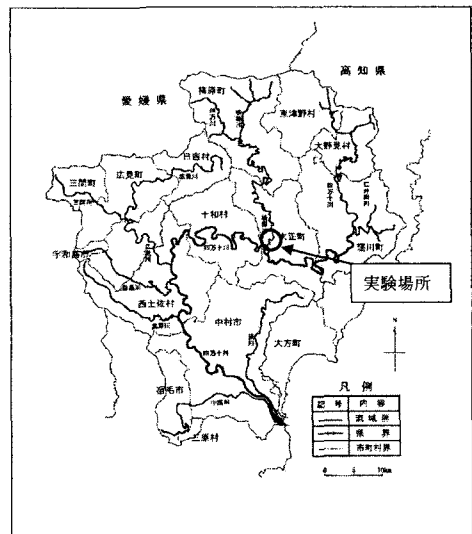


図1 四万十川流域と実験場所の位置

また土壌間隙の含水率によっても異なる。

土壌槽の規模は既往の土壌処理トレンチ設置基準に準じ 100L/m/日を目安として設定したが、実験における処理水量が 0.01L/sec (0.864 m³/日) であったことから、延長 12.5m、幅 2.0m、深さ 0.5m (地盤下、これに地盤上 0.2m の余盛りを施工) とした。

表 1 土壌処理法で使用する充填材の性状調査例¹⁾

土壌性状		製紙スラッ ジ焼却灰	黒ボク土	鹿沼土
団粒 構造 (%)	>2mm	8.7	7.1	61.2
	2.0～1.0mm	4.5	17.7	14.3
	1.0～0.5mm	5.4	12.8	1.1
	0.5～0.25mm	22.9	12.9	1.4
	0.25～0.1mm	15.8	9.7	1.8
	<0.1mm	42.8	39.8	20.2
飽和透水係数 (cm/s)		2.1×10^{-2}	9.4×10^{-4}	9.0×10^{-3}

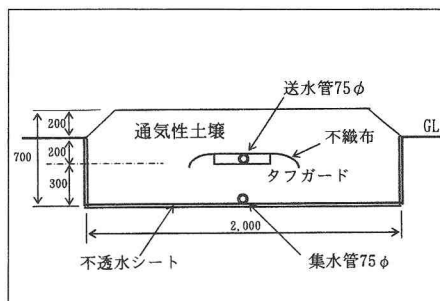


図2 土壌槽の断面図

2. 2 通水と水質調査

既設単独浄化槽からの処理水を分流するため、浄化槽の脇にポンプ柵と合流柵を設置し、ポンプで一定量を土壌槽へ送水、余水は合流柵へ放流するようにした。土壌槽内を浸潤した水は集水管を通して集水柵へ導かれ、その後合流柵へ自然流下している。実験装置における水の流れは図3の平面配置図に示している。水質調査のための採水と測定は、流入側をポンプ柵で、流出側を集水柵で行い、原則として試料採取はコンポジット方式とした。

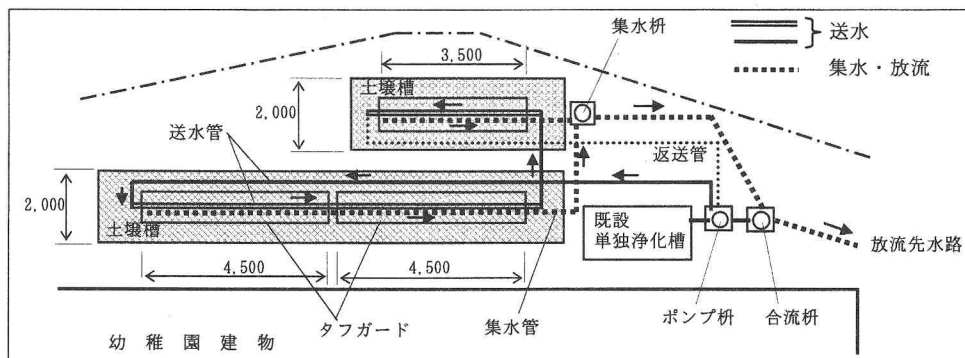


図3 実験装置の平面配置図

3. 実験結果および考察

3. 1 水質調査結果

水質の定期的な調査は平成9年10月から開始したが、メーカーによる自主的な調査も同年2月から行われており、これらの結果を表2および図4に示した。以下に結果の概要を示す。

・BODは平均流入濃度 22.5mg/L に対して流出濃度は 2.9mg/L で、目標とした 2mg/L には届かなかったが 87%という高い除去率を示し、D-BODについても同程度の除去率が得られている。経時的な水質変動(図4)をみると、一時的に性能が低下することもあったが、流出濃度は概ね 2~3mg/L 程度で推移している。

・SSについては、全データの平均(表2のSS(I))では流入 16.3mg/L に対して流出が 11.8mg/L で、期待したほどの除去効果は得られていない(目標 5mg/L)。この要因については窒素項目との関連で述べる。

・T-Nについては30%程度の低減があり、流入水で主たる成分であった $\text{NH}_4\text{-N}$ が大幅に減少している。これに伴って硝化による $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加が著しく、pHのデータにあるように流出水はかなり酸性側への偏りがみられるようになった。流出水の採取は集水枡で行われたが、スカムの発生がみられ、酸性状態においてコンクリート製集水枡のセメントが溶け出したことも考えられる。流入水のSSはほとんどが有機性のものであり、流出水で増加した無機性SSはこうした影響によるものと考えられる。pHが6以上であった実験開始後1年間程度の期間におけるSS(表2のSS(2))の流出濃度は5.4mg/L、除去率は68%程度であり、低減効果は現れている。微生物処理において適切なCNP比は100:10~20:2~4程度とされており、流入水の濃度組成がCに対してNの過剰であったことが硝化から脱窒へすすまなかった要因と考えられる。なお、VSSについては実験全期間の平均でも65%の除去率が得られている。

・リンについては、T-Pで74%、 $\text{PO}_4\text{-P}$ で81%と高い除去率を示しており、土壌処理法におけるリン吸着の卓越性が立証された。

表2 水質調査結果

濃度単位: mg/L (pH除く)

	pH	DO	BOD	D-BOD	SS(1)	SS(2)	VSS	T-N	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	T-P	$\text{PO}_4\text{-P}$
流入濃度	7.3	6.2	22.5	7.4	18.3	16.9	15.1	97.3	55.9	11.8	19.4	8.24	8.63
流出濃度	5.7	5.4	2.9	1.2	11.8	5.4	5.3	67.3	16.7	4.3	52.0	2.13	1.65
除去率(%)			86.9	83.2	35.5	67.9	65.0	30.8	70.1	63.5	0.0	74.1	80.9
データ数	32	32	32	28	32	12	13	28	28	13	13	28	13

備考: 1) 調査データにはメーカーの自主調査(スポット採水)結果も含む。

2) SS(1)は全調査データについて、SS(2)はpH>6であったH9年2月からH10年3月までの結果

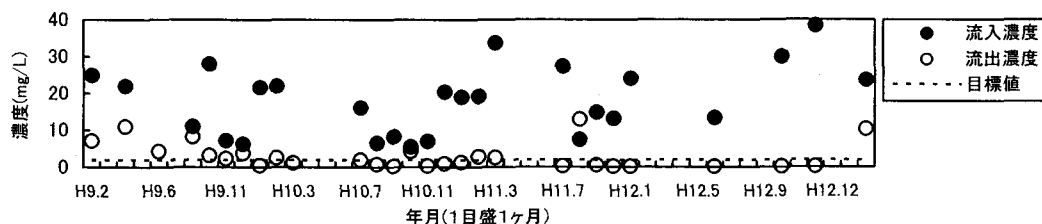


図4 BODの経時変化図

3. 2 稼働状況・維持管理

実験期間中において、取水ポンプの電気系統に関わる故障以外には、とくに通水が停止するトラブルなどは発生しなかった。また、実験期間中に土壌槽内の汚泥を排出する必要はなかった。維持管理においても、とくに専門的な経験や知識は必要とせず、管理を依頼した地元の町で十分対応可能であった。

4. 結語

土壌による排水処理は、設置スペースが確保され、処理対象の水量が多くなれば利用価値のある手法である。地下埋設方式とすることが多いため景観が阻害されることはなく、また、水位勾配が確保されれば動力も必要としない。とくに、畜産系の排水や、僻地の自然公園に設置されたトイレ排水などの処理に向いていると思われる。土壌を用いた排水処理は経験則によるところが多分にあるが、使用する土壌に対する適切な通水量と通水方法、対象とする汚水の特性との関連などについて、さらに理論的な検討が必要である。

参考文献

- 1) 吉野内 茂: 製紙スラッジ焼却灰を利用した排水処理, 水, Vol. 32, NO. 13(1990)