特集・〈第4回環境用水の汚濁とその浄化シンポジウム〉より

土壌による河川水の浄化

大西 敏夫*・大西 博之*・中川 麻衣子*・菅原 正孝*

1. は じ め に

現在、水質汚濁防止の浄化法として様々な手法が試みられている。その中で省エネルギー型処理であり、本来あるべき姿である水の土壌への還元という性質を持つ土壌浸透法に注目した。

土壌がもっている水の浸透・保持機能および無機物の吸着、有機物の無機化などの浄化機能は水循環を円滑にするうえで極めて重要な要素である。その中でも、土壌中に生息する微生物には有機物を分解する働きがあり、水の浄化を効率よく行ううえで重要な役割を担っている。このような自然の浄化作用を水処理に応用した土壌浸透法において、浸透水中のSS成分などが原因となって生じる目詰まりは処理量の低下を引き起こす大きな問題であり、さらには浄化機能の低下につながるものである。そこで本研究では、微生物活性助剤を添加することにより、土壌浸透法における河川水の浄化への効果を検討した。

今回の実験では微生物活性助剤として、下水処理施設での好気性処理や、油脂の分解などに用いられ

実績をあげているサポニンを採用した。

サポニンとは植物に含まれる配糖体のうち界面活性作用を持つものの総称で、古くから南米諸国やヨーロッパでは、洗浄剤、乳化剤、発泡剤、薬品および化粧品として多く使用されており、安全性も確認されている。今回使用したサポニンはキラヤサポニン（以下サポニン）といい、その性状を表1に示す。サポニンには、生理活性作用により微生物反応を促進する作用があり、こういった特性をもつサポニンを土壌浸透法に適用することにより、土壌中の微生物の活動を活性化し、土壌浸透法の処理性能を向上させることができると思われる。

2. 実 験 方 法

今回の実験で使用した室内用小型トレンチを含む実験装置を図1に示す。トレンチ内の土壌には、透水性の良いマサ土を充填し、その性状を表2および図2に示す。処理水への土壌の流出を防ぐために、トレンチ底部には碎石層を設けた。また、土壌

形状	黄褐色液状	
pH	4.65	
比重	1.2	
成分	トリテルペノイドサポニン (天然サポニン)	4.0%
	糖 類	19.5%
	粗タンパク	1.1%
	灰 分	3.1%
	粗 脂 肪	0.1%
	エタノール	9.8%
	水	60.6%
	その他(無機SS他)	1.8%

図1 室内トレンチ型浸透実験装置（単位：mm）

* 大阪産業大学工学部 Toshio OHNISHI, Hiroyuki OHNISHI, Maiko NAKAGAWA, Masataka SUGAHARA

図一 2 粒径加積曲線

中の生態系の変化を防止するために、実験装置は暗幕で覆っている。

試料として大阪府下を流れる河川の水（表 3）を用い、河川水は

貯水槽から定量ポンプによってトレンチへ水位を一定に保ちながら注入できるような構造となっている。貯水槽では、SS成分の沈殿を防ぐために水質が変化しない程度に緩やかな攪拌を行っている。

トレンチからの処理水量は 1 日に 8 時間程度、30 分毎に測定し、トレンチからの処理水を採取して水質分析用の試料として使用した。

トレンチからの流量が一定となったところで、ト

表 2 マサ土性状

pH	5.99
含水比(%)	6.60
比重	2.52
間隙率(%)	42.5
間隙比	0.74

表 3 河川原水水質

経過日数 (days)	pH	濁度 (ppm)	SS (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
1	7.1	10.0	12	12	4.7	1.5
21	6.8	9.6	7	23	5.2	1.0
36	7.4	9.8	16	22	9.1	1.0
51	7.6	8.0	16	25	8.6	1.2
58	6.9	4.1	14	24	7.9	1.1
73	6.9	2.6	8	18	4.2	1.7
85	6.8	3.4	12	19	7.0	1.1
99	6.7	3.9	9	17	4.0	1.3
121	6.8	2.6	10	15	7.4	1.7
131	7.0	—	13	7	2.8	1.2
149	7.1	15.0	7	7	2.8	—
176	7.4	—	13	16	6.9	1.7
178	6.9	—	14	18	6.5	1.4
192	6.8	5.6	8	12	5.5	1.4

レンチ No. 1 に微生物活性助剤であるサポニンをトレンチ容積に対し 2 ppm 添加することによってその性能の向上を確認した。

3. 結果と考察

トレンチ No. 1, No. 2 からの処理水の水質分析結果を表 4, 表 5 に示す。

3.1 処理水量

処理水量の経日変化を図一 3 に示す。本来ならば、処理水量は徐々に増加し、その量がピークに達した後、目詰まりや水みちの発生によって徐々に減少傾向を示すと考えられる。しかし図一 3 においては経

表 4 トレンチ No. 1 処理水水質 (サポニン添加)

経過日数 (days)	pH	濁度 (ppm)	SS (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
1	7.9	0.4	nd	2.4	3.7	0.02
21	7.8	0.1	nd	2.0	1.1	0.08
36	7.8	0.1	nd	2.1	2.5	0.09
51	7.7	0.1	nd	2.3	2.3	0.05
58	7.4	0.1	nd	2.2	1.3	0.03
73	7.5	nd	nd	0.6	0.6	0.10
85	8.0	nd	nd	2.0	1.4	0.02
99	7.6	nd	nd	8.6	1.0	0.05
121	8.0	0.7	nd	—	0.7	0.29
131	7.5	—	nd	—	—	0.10
149	7.9	1.3	nd	0.6	0.2	—
176	7.6	—	nd	2.5	0.7	0.07
178	8.0	—	nd	2.8	5.3	0.01
192	7.5	nd	nd	2.2	2.9	0.43

表 5 トレンチ No. 2 処理水水質 (サポニン無添加)

経過日数 (days)	pH	濁度 (ppm)	SS (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
1	7.9	0.4	nd	3.1	4.5	0.02
21	7.7	0.1	nd	2.2	1.2	0.02
36	7.9	0.1	nd	3.3	4.9	0.10
51	7.6	0.1	nd	3.4	5.2	0.10
58	7.8	0.2	nd	3.4	4.6	0.03
73	7.8	nd	nd	0.8	2.1	0.10
85	8.2	nd	nd	1.5	2.8	0.02
99	7.7	nd	nd	2.4	1.9	0.04
121	8.0	0.9	nd	—	2.6	0.27
131	8.1	—	nd	—	1.6	0.08
149	8.1	1.3	nd	0.6	1.9	—
176	8.2	—	nd	2.0	3.5	0.05
178	7.9	—	nd	2.7	—	0.01
192	7.8	nd	nd	2.1	3.8	0.33

図-3 処理水量の経日変化

図-4 pHの経日変化

経過日数0日目から処理水量が安定しているが、これはサポニン添加以前に、流量を安定させるためトレンチ内へ河川水を流入させていたためである。すなわち、この経過日数はサポニン添加開始後のものであり、図-3の経過日数0日目においてすでに目詰まりが発生した状態となっているといえる。

トレンチ No. 1 にサポニンを添加した結果、添加開始30日経過後あたりから処理水量は著しく増加しており、60日経過後から処理水量は減少している。これより、サポニンを添加してから微生物が活性化し、土壤に影響を与えるまでの期間が約1カ月であることがわかる。

さらに、100日目に再度トレンチ No. 1 にサポニンを添加した結果、再添加後30日経過したあたりから再び処理水量が増加した。

したがって、定期的にサポニンを添加することで目詰まりを抑えることができ、無添加の場合と比較

して豊富な処理水を得ることが可能であると考えられる。

3.2 pH

pHの経日変化を図-4に示す。流入河川水のpHが7程度であるのに対し、処理水では7.5～8.0程度に上昇した。日本の土壤は全て酸性を呈しているにも関わらず、その土壤を浸透してきた水のpHが上昇するということは土壤中で化学的な変化を起こしているからであり、浸透水中の水素イオンが土壤中の陽イオン交換基についている交換性塩基と置換し、処理水のpHを上昇させたものと思われる。

3.3 濁度・SS

濁度除去率、SS除去率の経日変化をそれぞれ図-5、図-6に示す。濁度、SS共に非常に高い除去率(95～100%)を示しており、特にSSに関してはほぼ検出されない程度にまで除去された。これはトレンチ内の土壤がろ過の役割を果たしていること

図-5 濁度除去率の経日変化

図-6 SS除去率の経日変化

図一七 BOD 除去率の経日変化

図一八 T-N 除去率の経日変化

を意味している。この項目は双方とも河川の景観に影響するものであり、土壌浸透法を実際の河川に適用した場合、景観上良好となる。

3.4 BOD

BOD 除去率の経日変化を図一七に示す。BOD 除去率は80%以上を維持しているものの、トレンチ No. 1 とトレンチ No. 2 における違いは確認できなかった。今回、実験に使用した河川水の BOD は、そのほとんどが S S 性のものであることを確認しており、濁度・S S といった項目と同様にろ過機能による除去が考えられる。

3.5 T-N

T-N 除去率の経日変化を図一八に示す。窒素に関しては、土壌浸透法において除去率は比較的低いとされていたが、本実験では、サポニンを添加したトレンチ No. 1 において高い除去率が得られた。これは脱窒作用によるところが大きいと予想されるが現段階では未確認である。サポニンを添加したトレンチ No. 1 では日数が経過してもそのまま安定した除去率が得られたが、サポニンを添加していないトレンチ No. 2 では除去率は確実に低下しており、このまま日数が経過すれば逆に溶出しはじめ、除去率は負の値になることが予想される。

3.6 T-P

T-P の除去率の経日変化を図一九に示す。リンは90%前後の高い除去率を満たしており、添加開始後60日の段階でサポニンを添加していないトレンチ No. 2 は、トレンチ No. 1 と同程度の除去率を示していることがわかる。これは浸透水中のリンが土壌を通過すると、そのほとんどが土壌中のアルミニウムおよび鉄と反応して不溶性の化合物を生成し、そ

図一九 T-P 除去率の経日変化

して土壌中に固定されるためであり、そのため微生物活性助剤を添加したことによる生物化学的变化は確認されなかった。

しかし、双方のトレンチにおいて、徐々に除去率は低下しており、このまま継続すると土壌へのリンの蓄積が予想されるため、土壌の入れ替えが必要となる。

4. お わ り に

本実験の結果より、微生物活性助剤の添加は土壌による河川水の浄化に有効である可能性がある。

処理水の分析結果から明らかであるが、汚濁原因物質の除去率は高く安定しており、現在、河川湖沼において問題となっている景観の向上、富栄養化の防止といった水質の改善となりうるからである。

また、微生物活性助剤を添加することにより、処理水量が向上し、土壌の入れ替えや目詰まり回復に関する維持管理も容易になることが考えられる。

しかし、今回の実験ではデータおよびサンプル数が少なく、浄化機構の解明も不完全なため、これだけで水質浄化効果が明らかになったわけではない。

また、実際の河川に適用するととなると、本実験と比較して水量、微生物活性助剤の添加量等が多くなり、またその施設も非常に大きなものとなる。さらに土壌浸透法の問題として土壌への有害物質の蓄積、地下水汚染等も考えられる。

そのため、さらに研究を続けサポニンの添加濃度、土壌の違い、特に窒素除去をはじめとする浄化機構の解明などについても検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 長谷川清：土壌処理による下水中の窒素とリンの除去，土木技術資料（1981）
- 2) 國松孝男・菅原正孝：都市の水環境の創造，技報堂出版（1988）
- 3) 富岡典子・松重一夫・矢木修身・須藤隆一：土壌による水質浄化（IV），国立公害研究所研究報告第118号（1988）
- 4) 石川宗孝：添加剤による生物処理の効率化，有機排水処理における微生物の活性助剤の効用について講演集（1992）
- 5) 石川宗孝：サポニン添加による生物処理の成果と今後，生物利用新技術研究シンポジウム講演集（1993）
- 6) 岡 太郎・菅原正孝：都市の水環境の新展開，技報堂出版（1994）

とびくす

地球温暖化問題でできること

——CO₂の削減——

（環境庁）

★ CO₂は、暖房機器の効率的な利用によって減らせます。

・コタツの設定温度を1日8時間「高」（190W）から「中」（130W）にする

→1ヶ月で1.6kg削減

・ガス暖房の設定温度は20℃以下にする（暖房の設定温度を22℃から2℃下げると月に3.3㎡の削減）

→1ヶ月で1.6kg削減

・石油ファンヒーター（燃焼消費量0.29ℓ/h）の使用を1日1時間減らす

→1ヶ月で6.0kg削減

★ CO₂は、冷房機器の効率的な利用によって減らせます。

・消費電力1130Wのエアコン（100V）で夏期冷房の使用を70日として1日に1時間使用を短縮した場合

→期間中に CO₂9.5kg削減

・部屋の窓から外の熱が入ってきます。冷房中はカーテンやブラインドを使うと効率的です。

・エアコンのフィルターにほこりが詰まると冷暖房率が低下します。フィルターのこまめな掃除が重要です。

★ CO₂は、節電によって減らせます。

・消費電力110W21型のカラーテレビを1日1時間視聴時間を短縮した場合

→1年間で4.8kg削減

・主電源をテレビを見ないときはOFFにする（1日20時間）→1年間で2.2kg削減

・冷蔵庫（200145kW/月）の開閉を冷凍室15回，冷蔵室50回から冷凍室7回，冷蔵室25回にする

→1年間で4.9kg削減

★ CO₂は、ガス器具の使い方で減らせます。

ガス器具を効率よく利用することにより，ガスの消費量を節約することができます。その結果，CO₂の排出量も減り，家計も助かります。

・食器洗いは低い温度の水で（1日15分使う湯を40℃から30℃に下げる）

→1年間で19.8kg削減

・風呂は水を張って沸かさず，お湯を直接入れる（風呂釜より給湯器のほうが効率が良い）

→夏場以外の9ヶ月で1.58kg削減（夏期は朝，水を入れ気温で水温が高まってから沸かす方が合理的）

・風呂はさめないうちに家族続けて入浴する（間があくと3℃下がり追い焚きすると仮定）

→1年間で1.80kg削減

★ CO₂は、節水によって減らせます。

・洗濯は洗濯機の容量の80％程度にまとめて行なう（1回の洗濯当たりの水使用量を120ℓ，年間で180回の洗濯回数を3回に1回減らした場合）

→1年間で1.2kg削減

・風呂の水を洗濯に利用する（洗濯120回で注水を40ℓとした場合）

→1年間で0.8kg削減

・シャワーの使用時間を短くする（1人が1日1分短縮（夏期70日），1分当たりの削減水量を12ℓとした場合）

→70日間で0.1kg削減