

土壌による排水の浄化に関する研究 (その1)

——実験装置の概要と予備実験結果——

喜田大三 田中辰明
塩出忠次 平松 功

Purification of Wastewater in Soil (Part 1)

——Outlines of the Experimental Facility and Results of Preliminary Examination——

Daizo Kita Tatsuaki Tanaka
Chuji Shiode Isao Hiramatsu

Abstract

In recent years, attention has been given to soil filtration as an alternative for advanced wastewater treatment. For the purpose of investigating the purification capability of soil, a land treatment research facility was constructed and operated for about four months as a preliminary experiment. Effluent from a septic tank was diverted to the experimental facility at the rate of $50 \text{ l/m}^2 \cdot \text{day}$. The results below were obtained from these preliminary experiments. (1) Treated water was almost as clean as tap water in appearance and odor. (2) BOD and COD were purified to a considerable extent. (3) SS and phosphorous were perfectly removed. (4) Although nitrification occurred to some extent, there was almost no elimination of total nitrogen.

概要

排水の土壌処理は古くから行われていた方法であるが、最近になってこの方法を三次処理として使おうという動きが盛んになり、再び注目されるようになった。そこで、土壌のもつ浄化能力を調査し、土壌処理の可能性を明らかにするために、当技術研究所内に実験装置を製作し、実験を開始した。流入原水には浄化槽排水を用い、散水負荷 $50 \text{ l/m}^2 \cdot \text{日}$ で約4ヶ月間散水を行った。今回の実験は基礎的データを得るということを目的として、植物を植えてない裸地の状態で行った。その結果次のことがわかった。(1) 色、臭いは完全に除去され、水道水と変わらない程度になった。(2) BOD, COD はほとんど問題にならない程度まで浄化された。(3) SS, リンは完全に浄化された。特に土壌のもつリンの浄化能力は非常に大きいことがわかった。(4) 窒素はアンモニアの硝化が起こった程度で全窒素ではほとんど除去されなかった。

1. はじめに

欧米では、排水の土壌処理(浸透処理)は古くから行われていたが、20世紀に入って、散水ろ床法や活性汚泥法などの新しい水処理技術が発展するに伴い、次第にその数は減少していった。ところが、最近になって活性汚泥法を中心とする新しい水処理技術にも次のような問題点が出てきた。

(1) 処理水量の増大に伴う処理施設の大型化によって、放流水の環境に与える影響が大きくなり、処理場自体が新たな汚濁源になる危険が出てきた。

(2) 富栄養化の原因物質であり、潜在的な汚濁源とも

いえる窒素、リンが現状の処理施設では十分除去できない。

これらの問題点を解決するためにさまざまな処理技術が開発されてきているが、これとは平行して、古い技術である土壌処理を新たに三次処理として使おうという動きが米国を中心に盛んになってきた¹⁾。

一方、我国においては、我国独特の土壌処理方式も開発されており²⁾、山間部の保養所やホテル、ゴルフ場などで採用されるケースが増えている。特に、放流先がないところや、放流先はあってもその水量が少ないところなどでは、今後も土壌処理が採用される可能性が増えるものと考えられる。

土壌は、本来有機物や固型物の除去能力が高く、窒素やリンの栄養塩の除去効果も持っている。したがって、上述の問題を解決する一つの方法として、土壌を活用することは非常に有効と考えられる。しかしながら、土壌処理は処理水の浄化の良否を直接確認することが困難であるため地下水汚染の危険性という問題点を常にはらんでおり、そのため、散水負荷や散水方法などの運転条件の決定は慎重に行わなければならない。そこで、土壌の浄化能力を明らかにし、土壌処理施設の適切な運転条件を得ることを目的として、当技術研究所内に実験装置を作り、実験に着手したのでその概要を報告する。

2. 土壌中での汚濁物質の除去機構

土壌中での汚濁物質の除去の概念図を図-1に示す。土壌の有する浄化作用としては、吸着、凝集、ろ過、イオン交換、微生物による分解などが挙げられるが、この他にも植物や土壌中の小動物も浄化に関与しており、その機構は複雑である。以下に、主な汚濁物質の土壌中での浄化機構を概説する。

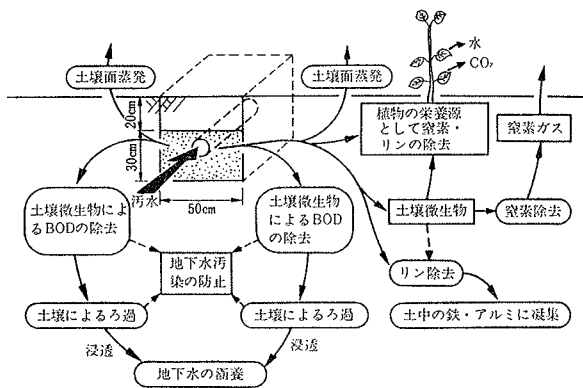


図-1 散水装置および土壌中での汚濁物質の除去過程

2.1. 有機物

有機物の除去は、主に生物学的作用によって達成される。土壌および土壌水によって抑留された有機物は、土壌中の微生物活動によって分解される。そのため、土壌の浄化能力は再生され、散水負荷を微生物の分解能力以下にすれば、有機物の除去能力は衰えない。

微生物による分解は、好氣的分解と嫌氣的分解に分けられる。好氣的分解においては、好氣性微生物は、酸素の存在下において排水中の有機物を酸化分解してエネルギーを獲得（呼吸）し、このエネルギーの一部を利用して新しい原形質を合成する。

土壌処理においては、嫌氣的分解が起こることは目詰まりを起こす原因ともなるため、好氣的分解により処理が行われる必要がある。

2.2. SS

土壌処理においては、SSは主としてろ過作用によって除去される。したがって、目詰まり防止のためには、流入原水中のSSをできるだけ小さくしておく必要がある。特に有機性のSSの多い場合には、嫌氣的状態になりやすく、目詰まりが起こりやすい。しかしながら、土壌処理法には、目詰まりが生じた場合でも適当な休憩時間をとることによって、目詰まり要因が生物学的もしくは物理的作用によって取り除かれるという特長があるため、運転管理を適切に行うことによって目詰まり問題に対処することができると考えられる。

2.3. 窒素

土壌処理における窒素の除去は、イオン交換や生物学的脱窒によって達成される。しかし、イオン交換は、その交換容量があまり大きくないため、基本的には生物学的脱窒で除去が達成される必要がある。

土壌は地表面下数10cm以上でも嫌氣的状態になっているため、脱窒を行うには都合のよい環境といえるが、土壌中で硝化も行ってしまうことは、排水の土壌中での滞留時間を考えた場合困難であるといえる。したがって、土壌処理の前処理の段階で硝化を十分に行っておく必要があると考えられる。

2.4. リン

土壌中でのリンの除去は、凝集や吸着というような物理化学的作用によって達成される。したがって、散水負荷を決定するにあたっては、土壌の吸着容量を十分調査しておく必要がある。

リンの除去に関しては、散水を休息することによってリンの吸着能力が回復するという報告もあり³⁾、単に物理化学的作用だけでなく、生物作用も関与しているのではないかと見られているが、まだはっきりとはわかっていない。

なお、窒素やリンは植物の吸収によっても除去されるので、散水された水が植物の根によく吸収されるような散水方法を取ることも重要である。

2.5. 臭気

土壌は本来大きな脱臭能力をもっている⁴⁾。土壌による脱臭の大きな特長は、脱臭過程に微生物が関与している点である。

臭気物質は土壌層の微細孔組織を通過し、土壌粒子の表面に接触する。そこで、それらは吸収や吸着のようなさまざまなメカニズムによって抑留される。抑留された臭気物質は土壌微生物による酸化分解を受け、土壌の脱臭能力は再び回復する。したがって、吸着剤を使った脱臭法などと違って、土壌の交換を行わなくても脱臭能力を維持することが可能となる。

3. 実験概要

3.1. 実験装置

実験装置のフローシートを図一2に、装置の外観ならびに集水管および散水管を写真一1～3に示す。

浸透させた水を全量収集するため、関東ローム(赤色)層に、幅2m、長さ10m、深さ1.7mの穴を掘り、その中に防水シートを敷いて、再び土を埋めもどしてそれを模擬地面とした。土壌表面には通常は植物が生育しているが、今回は基礎的のデータを得るということで、裸地のままとした。散水装置は図一1に示したように、地面に幅50cm、深さ50cmのトレンチを掘り、中に砂質状の石炭灰を入れ、その中に散水管を通したものである。散水された水は、土壌中を浸潤運動によって広がってゆきながら浸透し、土壌による浄化を受け、集水管を通して集水槽に集められる。

3.2. 実験条件

実験条件は次に示すとおりである。

- (1) 原水：当研究所の敷地内にある社宅の浄化槽排水
- (2) 散水量：1 m³/日
- (3) 散水面積負荷：50 l/m²・日
- (4) 散水方法：1時間に1回41.7lを回分的に供給

3.3. 実験方法

調整槽に一旦貯えられた排水は、水中ポンプで

1時間に1回41.7lが回分的に接触酸化槽に送られ、接触酸化槽でオーバーフローした水が散水管を通して土壌中に散水される。土壌中に散水された水は集水管によって集水槽に集められるが、本実験では、接触酸化槽オーバーフロー水を原水、集水槽に集められた水を処理水として水質測定を行い、土壌の浄化能力を調査した。なお、浄化槽排水だけでは水量的にやや不十分であったのと、水質的にもやや高かったので、水道水を希釈水として0.5～1 m³/日程度の割合で加えた。散水は昭和54年1月4日より開始し、測定は6週間経過後より行った。

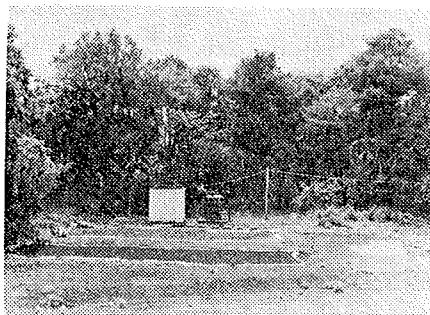
3.4. 水質測定方法

水質測定は下水試験方法⁵⁾に準拠して行った。

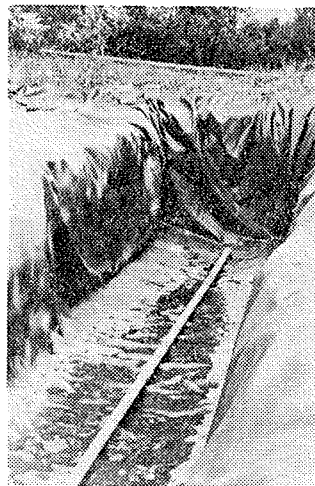
4. 実験結果および考察

流入原水および処理水の主な水質測定結果を表一1および図一3に示す。

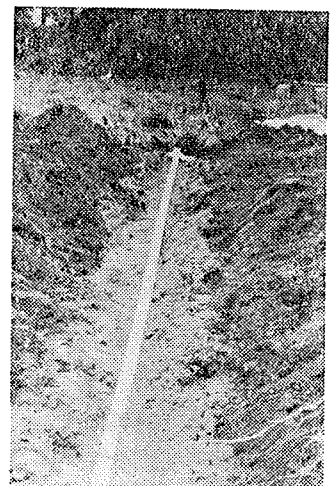
処理水は外観的にはほとんど完全に浄化されており、原水が黄濁色ないし微黄濁色であるのに対し、処理水は無色透明で水道水とほとんど変わらなかった。臭気についても、原水にはまだし尿臭が残っていたが、処理水ではほとんどそれが消えていた。



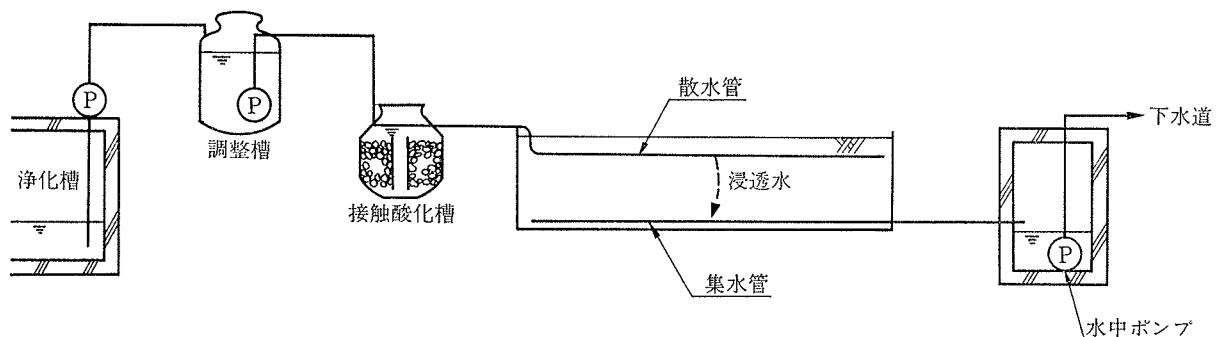
写真一1 実験装置外観



写真一2 防水シートと集水管



写真一3 散水管



図一2 実験装置フローシート

項目	原水	処理水	除去率(%)
pH (-)	7.9	7.0	—
電気伝導度(μS/cm)	1230	980	—
BOD (mg/l)	42.1	9.9	76.5
COD (mg/l)	41.3	7.4	82.1
SS (mg/l)	20.8	1.1	94.7
T-N (mg/l)	134.0	99.0	26.1
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	93.5	41.5	55.6
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	28.4	0.06	99.8

表一 水質測定結果 (平均値)

BOD, COD については、ほぼ問題のない程度まで浄化されている。COD のみについてみれば、原水の値がかなり変動している(希釈水道水の流量調整がうまく行えなかったためこのように大きく変動した)のに対し、処理水は 5~10 mg/l の間で比較的安定している。下水の二次処理水の BOD, COD の値が原水の値と同じ程度、あるいはそれ以下であることを考えれば、土壌処理を三次処理として用いることはかなり有望であるといえる。

SS, リンについては、土壌によって完全に除去されている。特に、リンについては、原水濃度が 30 mg/l と非常に高いのに対し、処理水はほぼ 0 であり、その除去率は 99.8% にまで達している。実験に用いた土は関東ロームであるが、関東ロームはアルミニウム塩や鉄塩の含有率が高いため、このような高い除去率が得られたと考えられる。

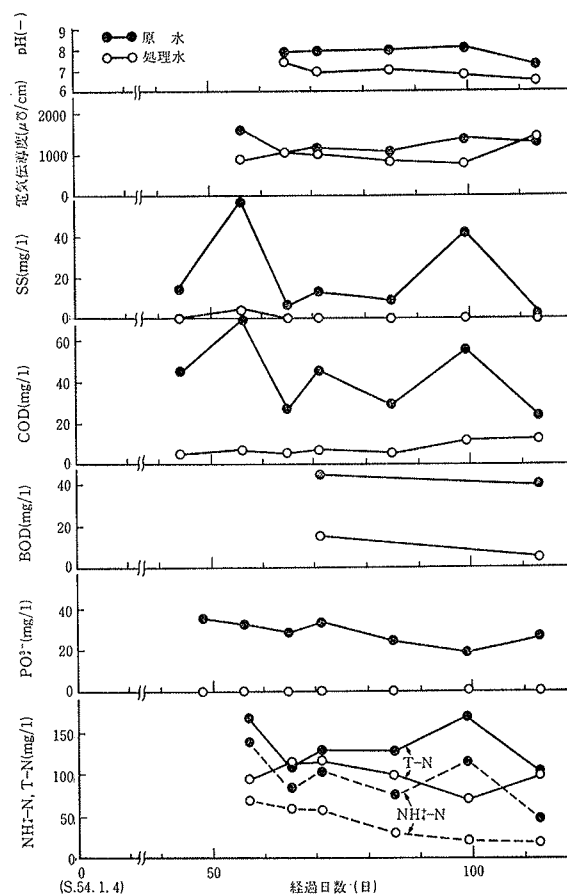
これに対し、窒素の除去は、アンモニアの硝化が起きている程度で、全窒素としてはほとんど除去されていない。この原因としては、

- (1) 流入水の窒素濃度が有機物濃度比べて高すぎる(C/N 比が小さすぎる)うえ、その大部分がアンモニア性窒素であった。
- (2) 裸地での実験であるため、植物による吸収が全くなかった。
- (3) 冬期に実験を開始したので、土壌中の微生物の活動が盛んでなかった。

などが考えられる。

5. まとめ

土壌のもつ浄化能力の基礎データを得ることを目的として、裸地での実験を行った。土壌のもつ浄化能力は大



図一 水質測定結果

きく。窒素以外の項目については良好な処理結果が得られた。特に、SS, リンはほぼ完全に除去された。窒素については、根本的問題もあるので、それらの解決を含めて今後研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) EPA: Alternative Waste Management Technique for Best Practicable Waste Treatment, EPA-430/9-75-013, (1975)
- 2) 新見, 有水: 汚水の土壌浄化法研究—総論—, 毛管浄化研究会, (1977)
- 3) Tofflemire, T. J.: Phosphate Removal by Sands and Soils, Ground Water, 15-5, (1977), pp. 377~387
- 4) Helmer, R.: Desodorisierung von Geruchsbeladener Abluft in Bodenfiltern, Ges.-Ing., 95-1, (1974), pp. 21~26
- 5) 日本下水道協会編: 下水試験方法, (1974)