

II-24 土壌による排水処理の実験 その1

北海道工業大学 正会員 宇土沢 光賢

小林 典之

佐藤 祐典

高橋 浩二

1. まえがき

近年下水道の急速的な普及に伴って、下水道水量が著しく増大して処理下水の放流先、下水汚泥の埋立、投棄先の選定確保および水域に与える環境汚染あるいは処理の経済性など幾多の困難に直面している。また現在までの水処理技術の発達を大きく眺めてみると、いかにして処理場の面積を縮小するかということにある。たとえば、今 $BOD 200 \text{ mg/l}$ の汚水を処理するのに大抵、ばに見てどのくらい面積が縮小されてきたかという、 $BOD 90\%$ 以上の除去率を得るためには土壌のそ水を1とする(緩速浸透法で $10 \text{ l/m}^2 \cdot \text{日}$ とする)生物酸化池 $1/8$ ・間欠砂濾過 $1/30$ ・散水濾床(碎石型) $1/10$ ・プラスチック型散水濾床 $1/4000$ ・活性汚泥 $1/2000$ ・超深層曝気 $1/6000$ すなわち、現在実用化されている処理方法のうちもっとも面積を必要としない超深層曝気法(活性汚泥法の一種)は土壌処理に比べて6万分の1の面積でよいことになる。¹⁾以上のように土壌法は面積的に不利とされてきたが土地広大な土壌面積を持つアメリカや我国の北海道は敷地面積が十分にとれる立地条件をそなえているのみ土壌処理は非常に魅力に富んだ方法といえる。また近代的な処理法によれば敷地面積は節約できるが、その分だけ設備・動力など構造が複雑化すると同時に維持や高等の技術力を要し、かつ非常にコスト高となる。土壌処理は単純であると同時に複雑な施設を必要とする高度処理に匹敵する機能をそなえている。

汚水が土壌中を浸透するとき汚水中の成分が復合した機構による変化は、第1)汚水は土壌粒子間の間隙を移動するのであるから間隙はその大きさによって懸濁成分を篩別する役割をする。第2)土壌粒子はイオン結合その他の結合力によって汚水成分の一部を土壌粒子に吸着させる。

第3)汚水中の成分は土壌中の化学反応もしくは土壌中の微生物の作用によって生物化学的变化を受ける。これらの諸機構により汚水が土壌中を浸透するとき、どのような機構が進行するかは土壌と汚水の物理的、化学的ならびに微生物その他の生物化学的性質と汚水が浸透するときの条件によって変動する。²⁾

このような観点から本報告では汚水を各種土壌中へ浸透させ、各種成分変化について汚水の土壌処理に関する基礎的な研究を行い、若干の知見を得たので報告することとした。

2. 実験装置および実験方法

四種類の土壌を 5 cm および 100 cm の長さに均一にカラムに詰め、下水の土壌処理を行う実験である。

これに使用した四種類の土壌は砂(浄水場を用いられる濾過砂)、赤玉土、バーミライト(商品名)、黒土でありそれぞれの特性は表-1のとうりであり図-2のような粒土分布をもつ。

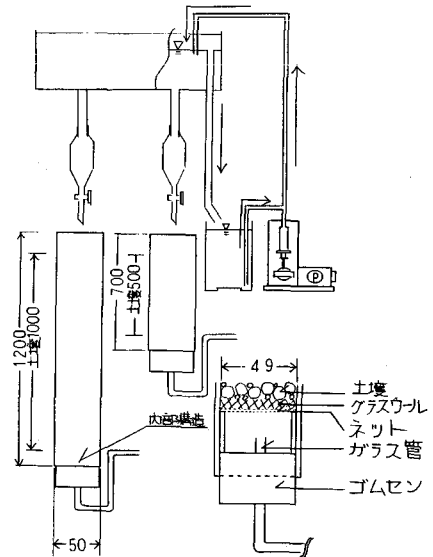


図-1 実験装置 (単位: mm)

実験装置は図-1に示すように内径4.9 cm長さ約120 cmおよび70 cmの不透明な塩ビ管下端にゴム栓をする。このゴム栓の中央には先端にゴム管の取り付けられたガラス管が取り付けられており、このゴム管はカラム土壌内に排水口から空気の進入するのと、ガラス管とゴム管にサイフォンが起らないように加工を施した。またゴム栓にも排水の抜けがよく詰まらない工夫をした。

土のカラム内への詰め方方法であるが、50 cm、100 cmのカラムとも500 g づつの土壌（バーミライトのみ100 g）を軽く入れ、木づちで3度横からたたき、これをくり返し、50 cm、100 cmの土壌の厚さを持たせる。ただし、最終的に厚さを合わせる時は、微量づつ入れ調整した。流入水は一定水位から滴下し、流量は平均1014 ml/dayである。またカラム内で土壌処理された流出水の採取は測定毎に8本のカラムから同時にそれぞれのビーカーに受ける。その試料には浮遊物が微量であるが含まれるのでろ過した試料についてそれぞれの測定項目に用いる。

測定項目はガスクロマトグラフを使ったTN・TOC・NH₄-N・NO_xの測定、過マンガン酸カリウム酸性法によるCODの測定、モリブデン青法による正リン・重台リンの測定、およびpH、濁度、波長220 nmの吸光度、電導度、酸化・還元電位、水温である。またこれと平行して赤玉土を用いて20分毎に試料を採取し、時間経過によるTOC、正リンの変化を観測した。この実験に用いたカラムは先の構造と同じとし、長さ約35 cmの不透明な塩ビ管に赤玉土を100 g づつ同じ方法で25 cm 充てんしたものである。流入水の流量は1.38 ml/minで滴下した。

3. 結果

図-3は25 cm赤玉土のTOC経時変化を見るグラフである。カラムに流入水を滴下し始めて試料を採取できたのは3時間目からである。初期の急激な全体的に値が高いのは土壌中に含まれる溶解性成分や浮遊成分が、洗い流されたのが原因であると思われる。

グラフの中で25, 39, 47,

表-1 各土壌の特性

項目 土壌	pH	乾土100 gに含まれる			含水比 (%)	間隙率 (%)
		Ca (g)	Mg (g)	陽イオン交換 容量(meq)		
石少	6.55	0.28	0.51	6	0.1	40.2
赤玉土	4.70	1.06	0	87	14.59	71.0
バーミライト	7.45	0.87	1.90	389	0.4	
黒土	5.90	1.77	3.27	97	21.9	65.7

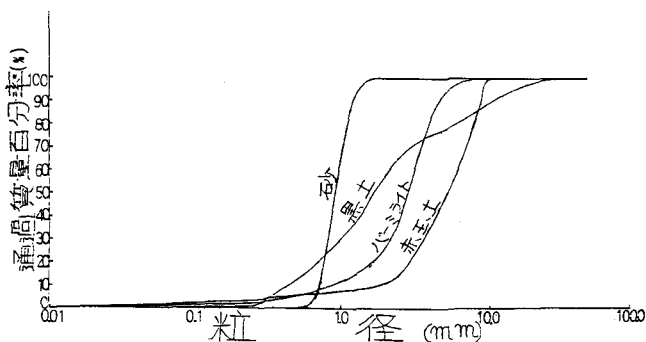


図-2 粒土分布

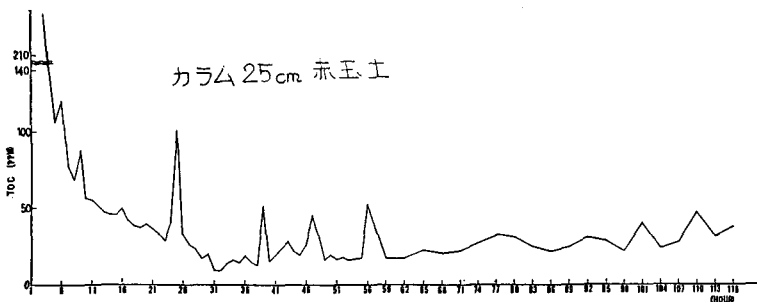


図-3 TOC経時変化

56時間目のTOCの値が極端に高いのは測定誤差と思われる。これらの測定誤差を無視し、グラフを見るとその後は多少の波はあるものの、TOC経日変化グラフの赤玉土と対応している。(参照

図-5, 6)

図-4 正リン酸イオン経時変化

図-4の正リン酸経時変化における赤玉土のリン酸濃度は、実験開始48時間まではわずかに増え続けるが、その後48時間から56時間までは急激に増え続け、56時間後にはある程度安定した濃度で推移し続けた。これは経日変化のグラフでも同じことが言え一致している。このことから赤玉土に関しては、実験開始後2日間で濃度がある程度決まり、その後は安定して推移していると思われる。経時変化は5日間しか行なわなかったため、その後の解析は経日変化のグラフで述べる。

カラム50cm, 100cmのTOC経日変化グラフ図-5, 図-6を見るとともに2日又は3日まではTOC濃度は下降している。これは初期の土壌による吸着であると思われる。そして特に黒土からの流出水濃度がともに低く、これは流入水によりカラム内の黒土が締め固められその影響が出たのだと思われる。赤玉とパーミライトは初期の段階から比較的流出濃度が安定しており、流入水濃度の影響を受けにくい。

図-7, 図-8はカラム50cm, 100cmの処理水中のCOD経日濃度変化のグラフである。初期の段階で見ると黒土を除く土壌はほぼ日目で不安定であり、それに比べて黒土は初期段階においても安定している。これは黒土以外の土壌は、カサ体積が初期段階で大きく流入水が浸透していくにつれて日目当りからほぼ一定に落ち着き、黒土は浸透後すぐカサ体積が小さくなり安定した値が得られた。3日目以後はすべてこの土壌において、流入水などの影響を受けずほぼ一定に安定した濃度となった。カラム長さによる処理水の変化は図-7, 図-8から比較して浸透距離の長い方がCOD濃度が低いのが明らかにカラム100cmの方が、除去率が高いことがわかる。

図-9, 10はリン酸イオンの経日変化のグラフである。砂、パーミライトは、わずかな除去量でそのまま推移しリンの除去については大きな期待が持たない。赤玉土、黒土は初期の段階から、かなり多くの除去がなされその後は除去量が減少する傾向にはあるが、その推移は微少なりリンの除去には大きな期待が

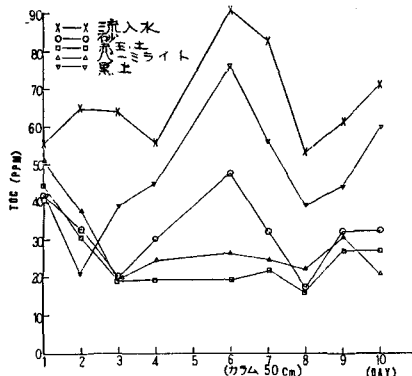
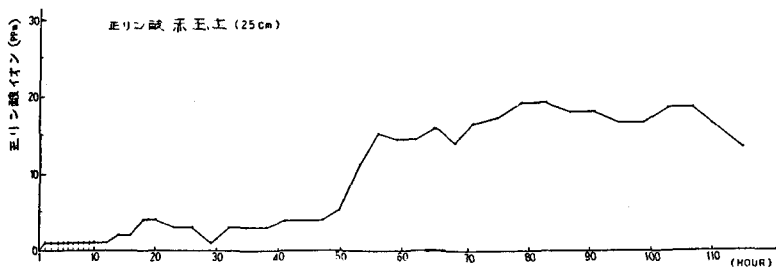


図-5 TOC 経日変化

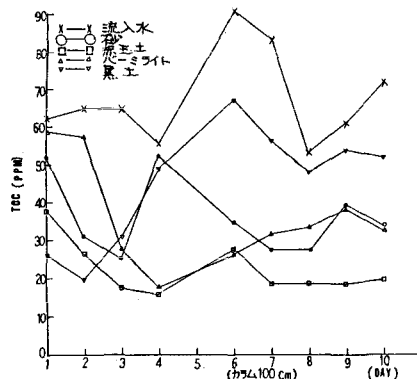


図-6 TOC 経日変化

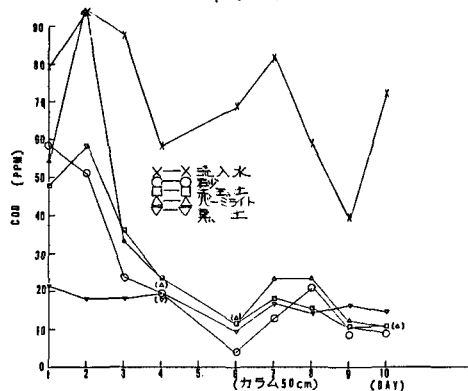


図-7 COD 経日変化

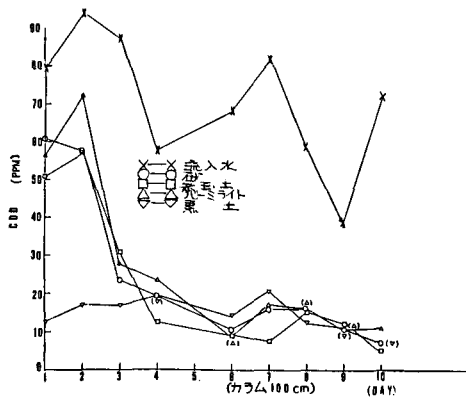


図-8 COD経日変化

持てる。これは赤玉土、黒土にアルミニウムおよび鉄化合物が多く含まれ、化学的に結合したためと考えられる。しかし吸着性の大きい赤玉土、黒土も日数が増につれて有機物吸着量の増加により反応速度が遅くなっていくと考えられる。土壌処理法によるリンの除去は、アルミニウムおよび鉄を含んだ酸柱土壌が都合がよい。しかし有機物吸着量が増加すると反応速度が遅くなるため、二次処理あるいは三次処理として土壌にかかる負荷を低減しておこなうべきであると考えられる。またカラムの長さを50cm、100cmとして実験を行なったが、リンの除去量にはあまり影響がなかった。

図-11、12は処理水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の経日変化を表すものである。流入水の濃度に影響され流入水とはほぼ同じ傾きのグラフとなった。パーミライトに関しては、ほぼ安定しているが、流入水を滴下し始めた初期において土壌が膨張したため、その影響が初期 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の昇に現われた。赤玉土に関しては、安定した除去が行なわれ特に100cmカラムにおいては、ほぼ100%であった。また黒土に関して見ると初期段階で完全な除去が行なわれたが、3日以後からは少々上昇しその後安定した。

カラム50cm、100cmのカラムについて $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の測定も行なったが、検出されなかった。これは短い期間の実験であるため、硝化作用がほとんど行なわれていないためと思われる。

引用文献

- 1) 洞沢 勇 土壌処理の設計指針 用水と廃水 Vol.26 NO.4 P365 (1984)
- 2) 相田 徳二郎 土壌浸透における浄下機構 用水と廃水 Vol.26 NO.4 P345 (1984)

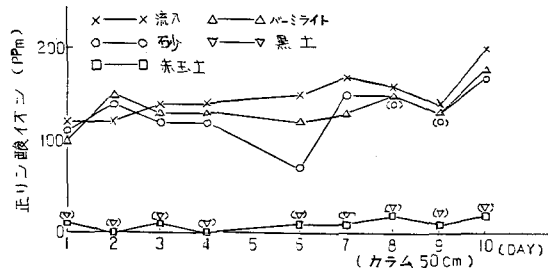


図-9 正リン酸イオン経日変化

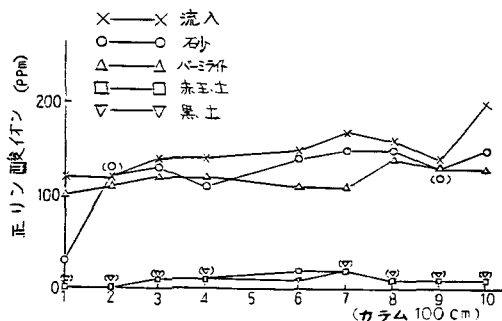


図-10 正リン酸イオン経日変化

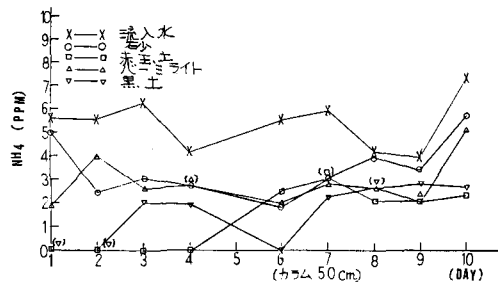


図-11 $\text{NH}_4\text{-N}$ 経日変化

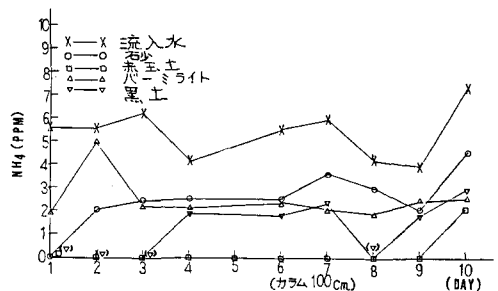


図-12 $\text{NH}_4\text{-N}$ 経日変化