

木炭と廃プラスチック顆粒による下水の水質浄化について

名 取 潤

Effect of Water Purification on the Two Sewerage Systems by Charcoal and Recycled Plastic Granules

Jun NATORI

Summary : The two sewerage systems which were made by charcoal and recycled plastic granules were examined on miscellaneous drainage of household.

It was proved that the effect of the water purification of each system is microbiological and those need regular replacement of each material to keep the purification effect.

要旨：木炭と廃プラスチック顆粒を濾過資材とする2種類の水質浄化装置を考案し、実際の家庭雑排水の河川への最終放水部に取り付けた場合の水質浄化能力について検討した。これらの装置による水質浄化は微生物浄化であり、一定の間隔で濾過材を取り替えないと正常の浄化機能が発揮されないことが明らかになった。

1. はじめに

下水未普及地域での家庭雑排水による河川の汚濁が問題となり、水質汚濁防止法の改定においてもこの問題に対する項目がもり込まれた。

本調査は、木炭と廃プラスチック顆粒を濾過資材とする2種類の水質浄化装置を考案し、実際の家庭雑排水の河川への最終放水部に取り付けた場合の水質浄化能力について、約一ヶ月に1回水質を調査することにより検討したので報告する。

2. 調査方法

1) 水質浄化装置の概要

(1) 散布濾床式水質浄化装置

図-Aに示すような装置で、長坂町内のA社の数名の宿泊している従業員の生活雑排水、給食の配送センターとなっているため、それらの排水、し尿の浄化槽からの流出水が流入する合併浄化施設で、浄化施設を設置する前は、浸透ますをもうけて地下浸透させる構造となっていた。一日当りの排水量は把握していないが浸透ますからのオーバーフローが見られないことから一時的な排水量は浸透ますの容積から計算して600ℓ以下と考えられた。散布濾床式水質浄化装置の浄化槽は70cm×100cmの

断面を持つ長さ400cmの不透水性角型容器の上面にφ30mmの排水散布用有孔パイプを3本設け、その下に約20ℓ入りの網袋に廃プラスチック顆粒(12mm~20mm程度の大きさ)と、数cmから10cmくらいの大きさに砕いたアカマツ木炭をつめたものを140袋積んで濾過層とした。木炭使用量は約1m³、廃プラスチック顆粒の使用量は1.8m³となった。濾床の下部に濾過水の集水用有孔パイプをもうけ、その先に滞留時間調節用バルブをもうけた。滞留時間は実測値で200ℓ流入した場合約70分かけて流出するように調節したが初めの流入水は約3分後に流出して来た。排水は常時流入している状況ではなかったため、水質検査用の水を採取後、約100ℓの水を装置にバケツで流し込み、流出してくる濾過水を採取して、流入水と同様の手順で水質検査用の試料水とした。濾過層の状況は、常時水が流入してないためか、表層に顕著な微生物

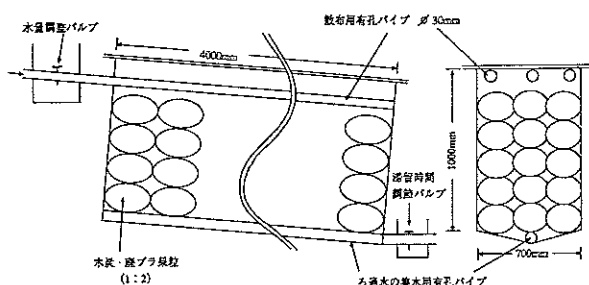
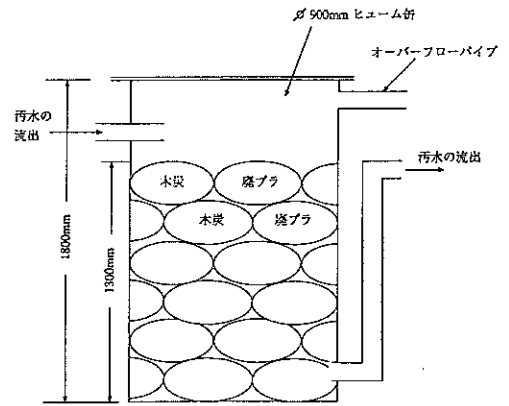


図-A 散布ろ床式水質浄化装置

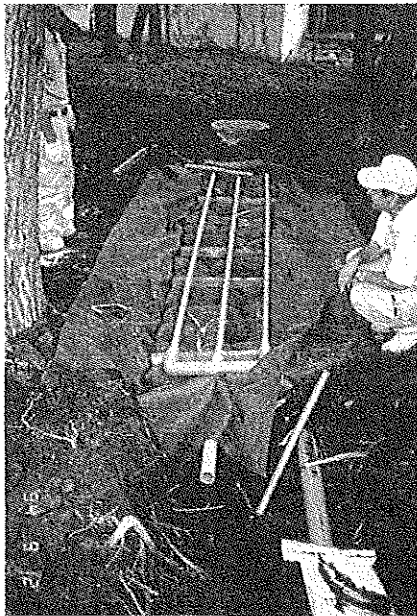
被膜は観察されなかった。採水時間はほぼ一定しており、10時～11時ころに採水した。写真－1、2に装置の内部構造、外観を示す。

(2) 汚水停滞型濾過装置

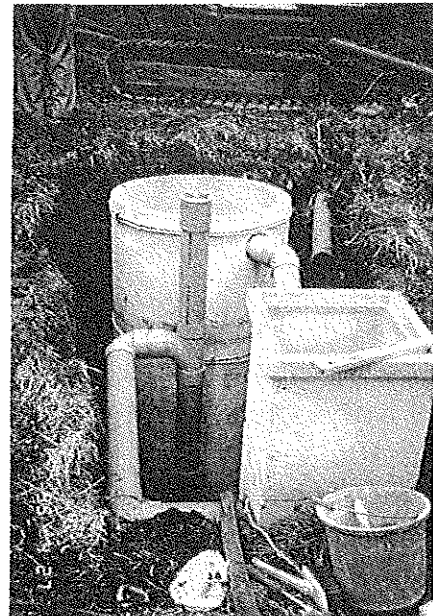
図－Bに示すような装置で、B町の20数戸の町営住宅の生活雑排水の集水槽から流出してくる排水が河川に流入する手前にもうけた。この装置は、約800ℓの濾過層に数cmから10cmくらいに砕いた木炭と、12mm～20mm程度の大きさの廃プラスチック顆粒を別々の網袋につめ、ほぼ等量か廃プラスチックが約1割増し程度の割合で、



図－B 汚水停滞型ろ過装置装置



写真－1 散布濾床式水質浄化装置の内部構造



写真－3 汚水停滞型濾過装置の設置過程



写真－2 同装置の外観



写真－4 同装置に汚水が流入している状況

すきまがないようにヒューム缶につめ浸透性が悪くなってオーバーフローパイプを汚水が流れるようになるとつめかえる形で使用した。この装置は常時汚水が流入しており、流入水の悪臭対策を求められ取り付けたもので、濾過層の表面には微生物による被膜が形成された。流入量は一定しておらず数回の測定結果では0.22ℓ/分から12ℓ/分までバラついた。写真-3、4に装置の設置過程、汚水の流入している状況を示した。流入水、流出水の採水は、装置手前の溜めますと、河川に放水するパイプから採水する方法で行い、pH、水温、透視度を測定後、水質検査用の水を採取した。採水時間はほぼ一定しており、11時～12時ころ採水した。

2) 水質の検査項目

(1) BOD（生物化学的酸素消費量）

バクテリアが汚れ（有機物）を食べる活動のために消費した酸素の量のこと、数値が大きいほど汚れがひどいことを表す。水質汚濁防止法では工場などから排出される水を規制するために事業者が守らなければならぬ排水基準が定められており、その基準は160mg/ℓ（日間平均120mg/ℓ）である。そのほかに処理場や浄化槽の放流水基準では、し尿処理場では30ppm以下、下水処理場20ppm以下、単独浄化槽90ppm以下、合併浄化槽20ppm以下となっており、1mg/ℓは、1ppmと同値である。河川のような流水の測定に用いられる。

(2) COD（化学的酸素消費量）：水のなかに酸化力の強い試薬（過マンガン酸カリウムや重クロム酸カリウム）を入れ、酸化されやすい物質（おもに有機物）が酸化されて行く。この水のなかに有機物が酸化するのに必要な試薬の量を酸素の量に換算して表したもので、おもに湖沼水域で用いられる。水質汚濁防止法上の排水基準はBODと同様160mg/ℓ（日間平均120mg/ℓ）となっている。10ppm以上が下水、汚水と見なされている。

(3) SS（浮遊物質）：水の中に懸濁している不溶性物質のことで、水質のおおまかな目安を示す。現行の排水基準では、200mg/ℓ（日間平均150mg/ℓ）となっている。

(4) 全窒素：生活排水、肥料、し尿などに起因して水中に存在するもので、その窒素の含まれる状態により、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、有機態窒素などにわかれるが、水質汚濁防止法の排水基準では全

窒素量として、120mg/ℓ（日間平均60mg/ℓ）以下となっている。

(5) 全リン：リンは自然界では動物や植物の死骸が分解してできるものである。人工的なものではリンが含まれる合成洗剤や台所の生活排水、化学肥料、農薬などである。本調査の対象となる水では、合成洗剤や生活排水に起因するものと思われる。河川の下流などでは0.1～1.0ppm程度である。

(6) 透視度：水の濁りぐあいを表す数値で、筒状の容器に水を入れ、下面の一定の基準の十字線が確認できる水の高さで表す。数値が大きいほど水が澄んでいることを表す。

(7) pH値（水素イオン濃度）：酸性、アルカリ性を表す値で7が中性を示す。水質汚濁防止法の排水基準では、5.8以上8.6以下となっている。

(8) 水温：水温も微生物の繁殖などにとって重要な要素となる。

これらの排水の水質試験は、日本規格協会の工場排水試験法（JIS K0102（1993））によった。

3. 調査結果

1) 散布濾床式水質浄化装置

(1) BOD（生物化学的酸素消費量）

散布濾床式水質浄化装置の月別の流入水と流出水の変化を図-1に、また除去率の月別変化を図-1-1に示した。本装置は前述したように、常時は排水の流入がないので、流入水の浄化結果が流出水の水質に現れているものと考えられる。また表-1に平均の水質を示した。流入水の水質は、一時的にBODの高い時もあるが、し尿との合併槽としては、表-1にみるように平均BODも18.9でし尿処理場の放流水基準30ppm以下をみている。除去率は実験室的装置¹⁾の60～80%にはおおよばないが、平均で49%程度の除去率を示した。

表-1 散布ろ床式水質浄化装置の平均水質

BOD (mg/l)			COD (mg/l)			SS (mg/l)			透視度 (cm)	
流入	流出	除去率	流入	流出	除去率	流入	流出	除去率	流入	流出
18.9	5.9	49.0	11.0	7.0	16.2	11.1	2.8	56.7	41.0	47.2
全窒素 (mg/l)			全リン (mg/l)			pH			水温 (°C)	
流入	流出	除去率	流入	流出	除去率	流入	流出		流入	流出
7.3	3.8	33.6	1.2	0.7	20.7	7.4	7.2		23.5	24.0

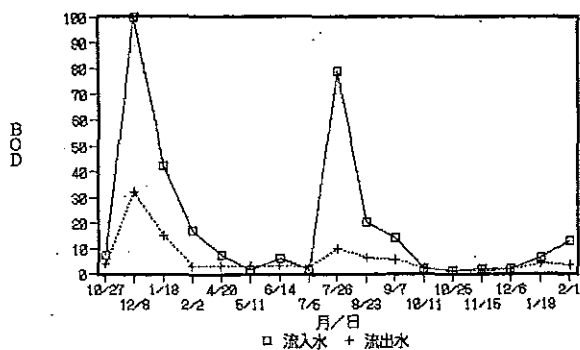


図-1 散布ろ床式水質浄化装置 BODの月別変化

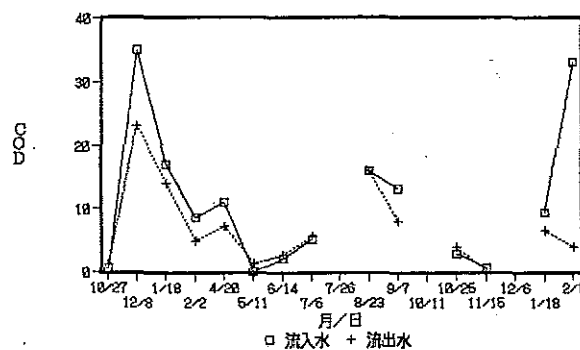


図-2 散布ろ床式水質浄化装置 CODの月別変化

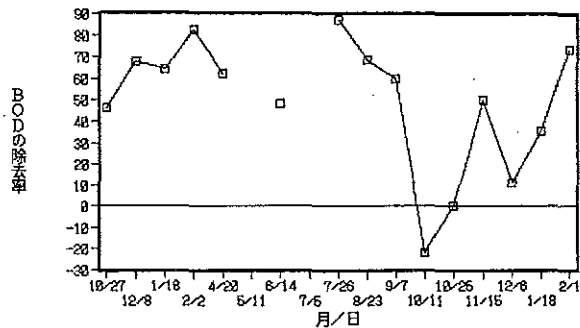


図-1-1 散布ろ床式水質浄化装置 BODの除去率の月別変化

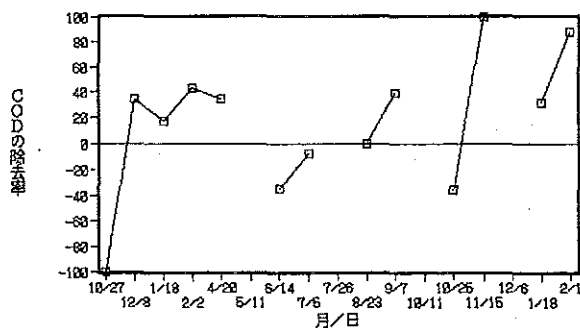


図-2-1 散布ろ床式水質浄化装置 CODの除去率の月別変化

(2) COD (化学的酸素消費量)

同様なCODの月別の変化を図-2に、また除去率の変化を図-2-1に示した。7月26日の異常な高い値(470mg/l:図-2のグラフからは削除:また10/11、12/6は、データが欠落しているので図中には記載していない)を除くと、流入水の平均CODも11.0で流出水は7.0で河川に対する負荷も軽減されるであろう。平均除去率は16.2%で流入水のCODの値が低いときは除去効果がほとんどなかったり、かえって流出水の方が汚れている場合も見受けられた。

(3) SS (浮遊物質)

図-3にSSの月別変化を示した。平均水質は表-1に示すように流入水が11.1mg/l、流出水が2.8mg/l平均除去率56.7%と比較的良好な除去効果を示している。水質環境基準では水道利水の類型では河川の場合25mg/l以下となっており汚染の程度は低い。

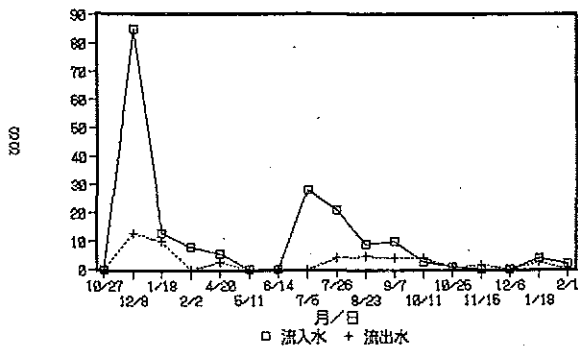


図-3 散布ろ床式水質浄化装置 SSの月別変化

(4) 全窒素

図-4 に全窒素の月別変化を示した。また除去率の月別変化を図-4-1 にまた平均水質を表-1 に示してある。流出水の平均水質は3.8mg/lでし尿との合併浄化処理施設の排水としては比較的良好な水質で、除去率も実験室的装置¹⁾の20%よりやや高い能力を通年をとおして維持していた。

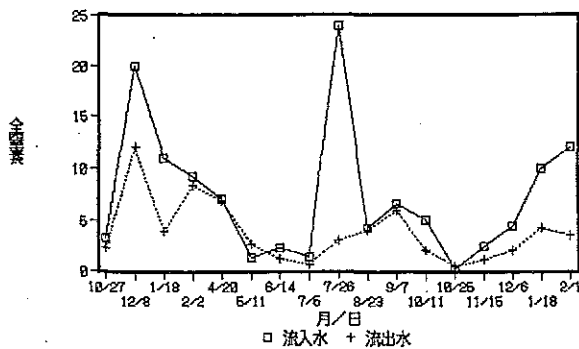


図-4 散布ろ床式水質浄化装置 全窒素の月別変化

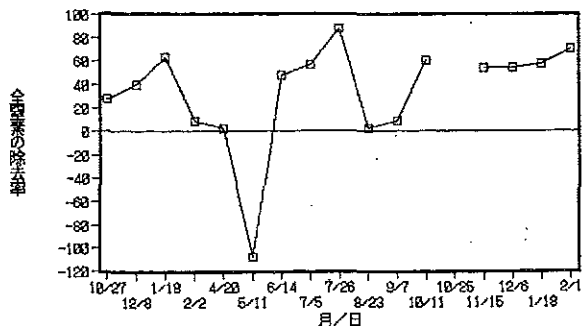


図-4-1 散布ろ床式水質浄化装置 全窒素の除去率の月別変化

(5) 全リン

図-5 に全リンの月別変化を、また除去率の月別変化を図-5-1 に示すとともに平均水質を表-1 に示した。流出水の平均水質は0.7mg/lと低く除去率も実験室的装置¹⁾の9%より高い20.7%を示した。

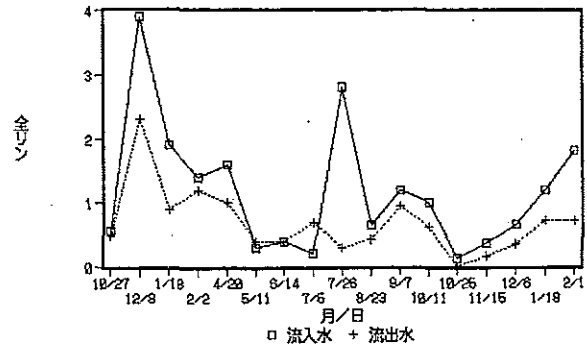


図-5 散布ろ床式水質浄化装置 全リンの月別変化

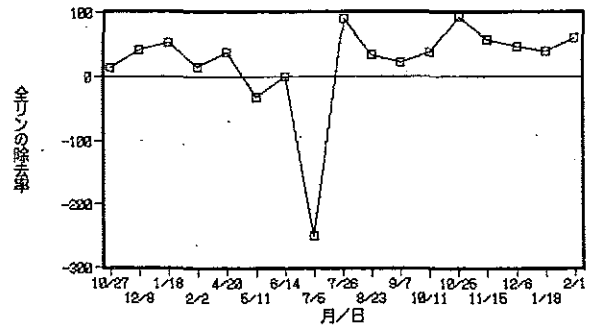


図-5-1 散布ろ床式水質浄化装置 全リンの除去率の月別変化

(6) 透視度

透視度は極端に悪い月も数回あったが図-6 の月別変化、表-1 の平均水質に示すように総じて良好で、下水とは思われない水質であった。

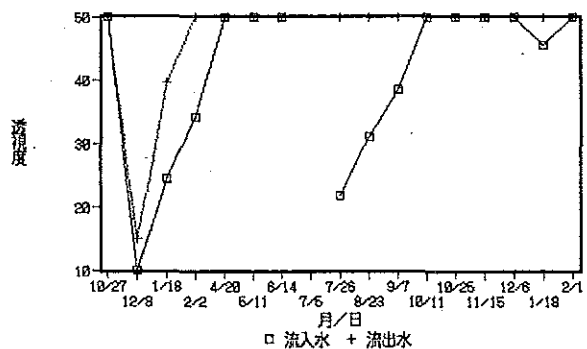


図-6 散布ろ床式水質浄化装置 透視度の月別変化

(7) pH 値 (水素イオン濃度)

図-7 に月別の変化を、表-1 に平均水質を示した。ごく普通の水質と言える。

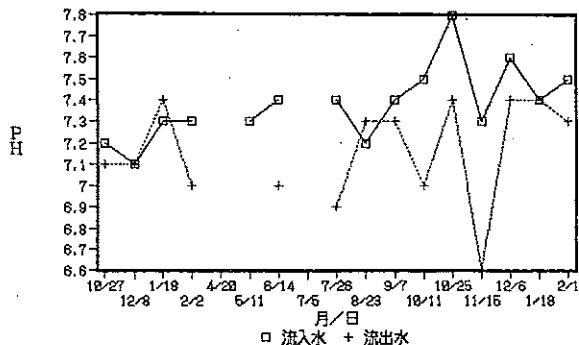


図-7 散布ろ床式水質浄化装置 pH の月別変化

(8) 水温

水質の測定時刻がちょうど風呂か何かの排水時刻と一致していたのか図-8、表-1 に示したように、冬期でも水温が高い値を示した。

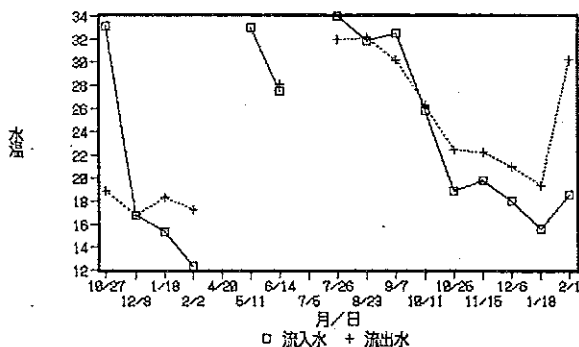


図-8 散布ろ床式水質浄化装置 水温の月別変化

(9) 全体評価

以上を総括すると、水質は採水する時間によって変化するものなので、この測定値のみで全体を評価することはできないが、採水された水質のみから評価すると、し尿との合併排水としては水質も良く、浄化施設を取り付ける設定場所としては、適切でなかったように思われる。

装置全体の問題点としては、散布用有孔パイプにゴミがつまりやすいこと。また浄化装置に汚水を流れやすくするため、浸透ますを浸透しないようにゴム性容器でおおい、流出水は第二浸透ますを設けて再浸透させる構造にした。しかし、第二浸透ますの浸透性が悪くしばしばオーバーフローが見られた。従ってゴム性容器を撤去して元の浸透ますも浸透可能なように改善した方が良いと思われる。

2) 汚水停滞型濾過装置

(1) BOD (生物化学的酸素消費量)

図-9 に汚水停滞型濾過装置の流入水と流出水のBODの月別変化を、また図-9-1 に除去率の月別変化を示した。本装置には常時汚水が流入しており、流入量が一定していないので滞留時間も一定していないが、数回の流入量の測定結果と装置の貯水量約400ℓ(貯水槽容積800ℓ、空隙率50%として算出)から計算すると流入量が0.22ℓ/分の場合約30時間、12ℓ/分の場合33分と、極端に異なる。BODの除去率は設定してから一ヶ月程度は低い値を示しているが(7月20日に濾過層を詰め替えている)、微生物の繁殖にともなって30~40%まで上昇する。しかしこのころになると微生物のために透水性も極端に落ちて、オーバーフロー管を通して排水されるようになる。即ち80日から90日に一度濾過層の詰め替えといったメンテナンスをして行く必要がある。BODの除去率は実験室的装置の滞留時間1時間の平均除去率62%¹⁾よりはるかに低く、表-2に示すように平均除去率は15.9%にとどまっている。しかし微生物が良く繁殖した状況下では40%近くの値を示す。また濾過層を詰め替える場合古いものを半分程度残して詰め

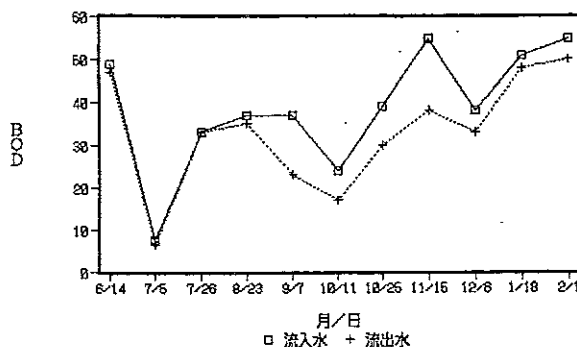


図-9 汚水停滞型ろ過装置 BODの月別変化

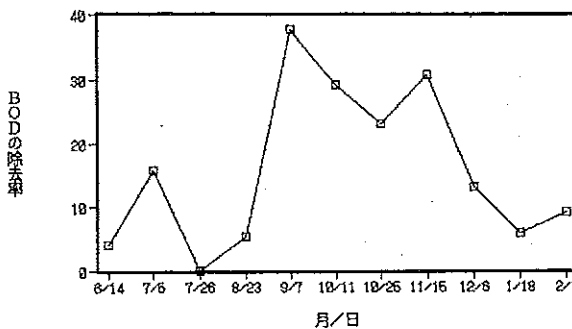


図-9-1 汚水停滞型ろ過装置 BOD除去率の月別変化

表-2 汚水停滞型ろ過装置の平均水質

BOD (mg/l)			COD (mg/l)			SS (mg/l)			透視度 (cm)	
流入	流出	除去率	流入	流出	除去率	流入	流出	除去率	流入	流出
38.7	32.8	15.9	22.2	17.4	19.6	14.8	7.4	31.6	21.8	31.6
全窒素 (mg/l)			全リン (mg/l)			pH		水温 (°C)		
流入	流出	除去率	流入	流出	除去率	流入	流出	流入	流出	
5.4	5.1	5.5	0.5	0.4	3.9	7.8	7.2	12.7	12.8	

替えると除去能力もあまり低下しないこともわかった (10月18日に2回目の詰め替えを行っている)。しかし冬期になると水温が低下して微生物の活動にもぶるためか、除去率も10%台に低下した。水質を処理場や浄化槽の放流水基準にてらして見ると表-2に示すように平均水質で流出水が32.8mg/lで、し尿処理場の30ppm以下、下水処理場の20ppm以下を上回っている。当施設はし尿は混入していないので20ppm以下におさえる必要がある。その意味からすれば、装置の規模もしくは方式が20数戸の下水処理をするには不十分であると言わざるをえない。水質汚濁防止法の規制値160mg/l、単独浄化槽の90ppmは満たしていても何らかの改善を図って行く必要がある。

(2) COD (化学的酸素消費量)

図-10にCODの月別変化を、また図-10-1にCODの除去率の月別変化を示した。また表-2に8ヶ月間の平均水質を示した。CODの除去率もBODとほぼ同じ傾向を示し、微生物の繁殖によって高まった。しかし平均除去率は約20%で、流出水の平均水質は17.4mg/lであった。10ppm以上は下水、汚水とみなされるので、施設の改善が必要であろう。

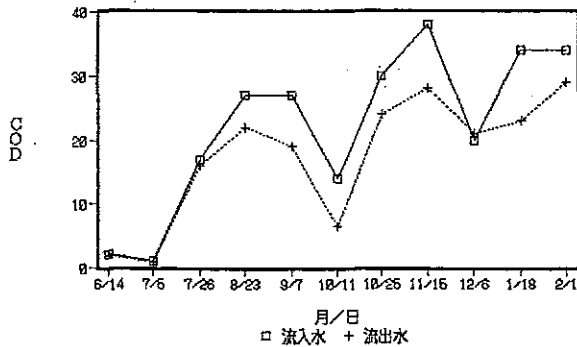


図-10 汚水停滞型ろ過装置 CODの月別変化

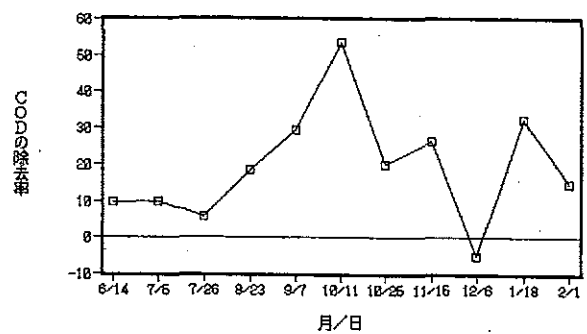


図-10-1 汚水停滞型ろ過装置 CODの除去率の月別変化

(3) SS (浮遊物質)

図-11にSSの月別変化を、また表-2に平均水質を示した。SSの平均除去率は比較的高く31.6%を示し、流出水の値も7.4mg/lで、水質環境基準の25mg/l以下を満足している。このことが後述する透視度の改善につながっているものと思われる。

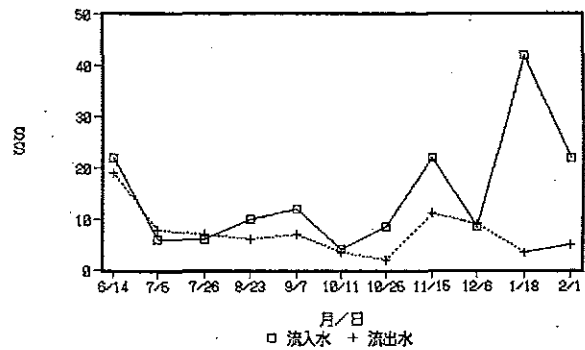


図-11 汚水停滞型ろ過装置 SSの月別変化

(4) 全窒素

図-12に全窒素の月別変化を、また図-12-1に全窒素の除去率の月別変化を示した。また表-2に平均水質を示した。全窒素の除去率は平均で5.5%と低い水準

にとどまった。水質の評価はアンモニア性窒素かどうかで異なるが、このような装置の除去能力はあまり高いものではない。

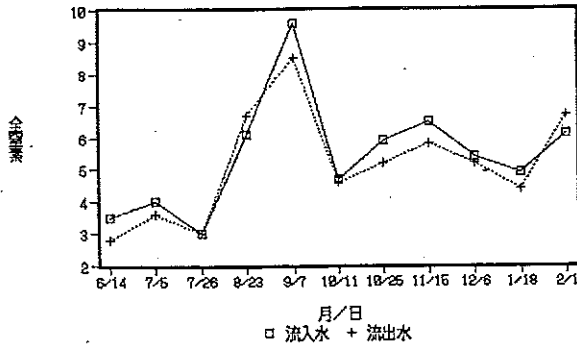


図-12 汚水停滞型ろ過装置 全窒素の月別変化

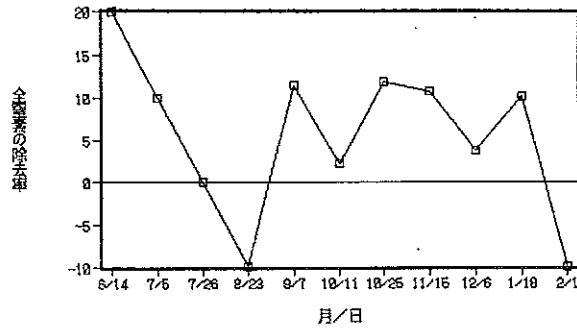


図-12-1 汚水停滞型ろ過装置 全窒素の除去率の月別変化

(5) 全リン

図-13に全リンの月別変化を、また図-13-1に全リンの除去率の月別変化を示した。また表-2に平均水質を示した。全リンの除去率は濾過層の詰め替えを行った7月20日以後では、初期は低いが、10%~20%の除去率を示し、実験室的装置の平均除去率より高い値¹⁾で推移した。平均水質は1ppm以下で下水の排水としては充分満足できるものである。

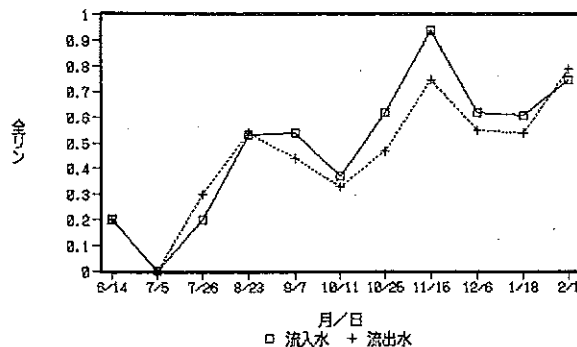


図-13 汚水停滞型ろ過装置 全リンの月別変化

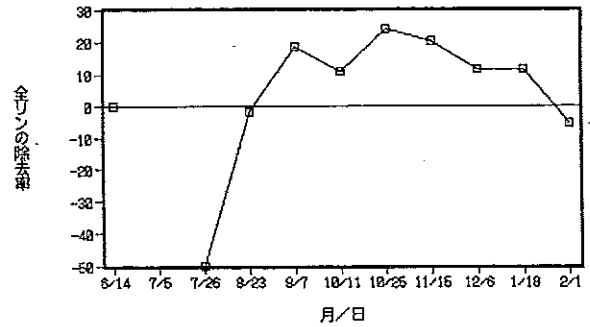


図-13-1 汚水停滞型ろ過装置 全リンの除去率の月別変化

(6) 透視度

図-14に透視度の月別変化を、また表-2に平均水質を示した。透視度は一定の向上が認められた。平均の数値で10cm程度高くなった。

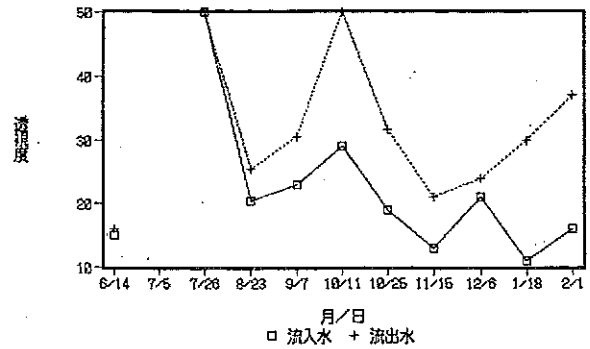


図-14 汚水停滞型ろ過装置 透視度の月別変化

(7) pH値(水素イオン濃度)

図-15にpHの月別変化を、また表-2に平均水質を示した。pHはほぼ中性を示し、装置を通過することによってやや低くなる傾向が見られたが、水質としては特に問題はない。

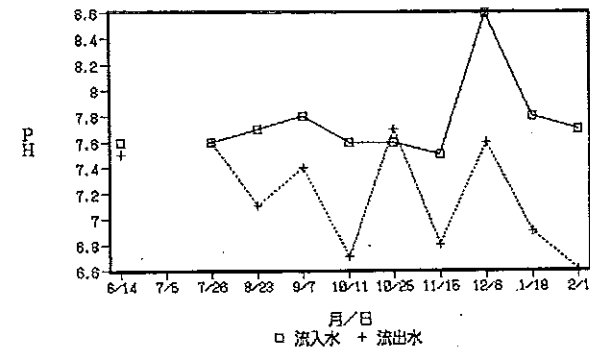


図-15 汚水停滞型ろ過装置 pHの月別変化

(8) 水温

図-16に水温の月別変化を、また表-2に平均水質を示した。水温は繁殖する微生物層や、浄化する能力に影響を与えるものと思われる。夏期は高く20℃くらいを示し、冬期は3℃くらいに低下した。BOD、CODの浄化能力も夏期に高く、冬期に低い傾向が認められ、温度が影響していることも考えられる。

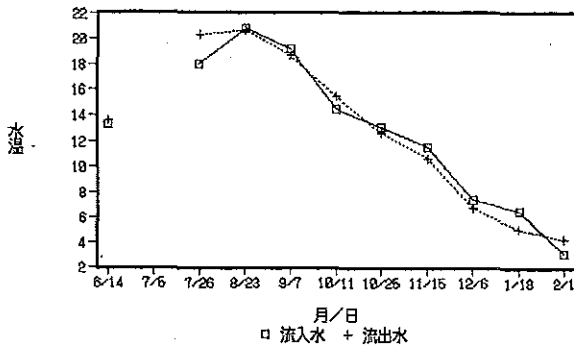


図-16 汚水停滞型ろ過装置 水温の月別変化

(9) 全体評価

以上を総括すると、本装置は排水が常時流入しているが、滞留時間は一定しておらず、水質は時間帯によって変化するものであるから、流入水の水質が濾過層を通過することによって流出水の水質に変化したと単純に考えることはできない。しかし水質の変化、除去率の算出に当たっては、流入水の水質から濾過層を通過することによって流出水の水質に変化したものと仮定して検討してみた。

流出水の水質について見ると、BOD、CODの水質は、工場排水などを対象とした水質汚濁防止法上は問題ないが、下水処理場の放流水基準から見れば問題のある数値で、装置自体が20数戸の下水を浄化するには能力不足のように思われる。また80日から90日に1回濾過材を取り替えるメンテナンスを行っていかないと正常の浄化装置として機能しないことも明らかになった。

3. おわりに

以上2種類の木炭と廃プラスチックの顆粒を用いた水質浄化装置を設置して、その水質について1年4ヶ月と8ヶ月間水質検査を継続した結果以上のことが明らかになった。

1. 散布濾床式水質浄化装置については、原水の水質が比較的良く、装置の機能を調べるには、設置場所としてかならずしも適切でなかった。装置については散水パイプの目づまり、第二浸透ますの浸透能力に問題が見られた。

2. 汚水停滞型濾過装置については、設置場所は適切であったが、装置の浄化能力を考えた場合、能力不足のように思われ、装置自体をスケールアップするなり、別の装置を検討して浄化能力の向上をはかるほうが望ましい。装置自体については、微生物浄化が主体となるため、適当な時期に浄化材を取り替えるなり、洗浄するといったメンテナンスが必要であり、木炭は現在150円/kg、廃プラスチック顆粒は15円/kg程度の単価である。木炭は土壤に埋設したり、燃料や焼却をして処理することが可能であるが、廃プラスチックの顆粒は、再度処理センターで処理する必要がある。いずれにしても他の浄化装置も視野に入れた上で、最もコストが低くて、効率の良い浄化装置を検討して行く必要があるように思われる。なお本試験を実施するにあたり、装置等の設置で協力して頂いた山梨県農業廃プラスチック処理センター、中央コンクリート工業株式会社、A社、山梨県林業振興課、B町役場、また水質の分析、本稿をまとめるにあたりご指導いただいた山梨県衛生公害研究所研究員吉澤一家氏に謝意を表したい。

参考引用文献

- 1) 吉澤一家、堤 充紀：山梨衛公研年報、34、49～51 (1990)
- 2) 河辺昌子：だれでもできるやさしい水のしらべかた、合同出版 (1993)