

# 濾過を用いた家庭下水の浄化法

上 條 直 秀\*

## Domestic Wastewater Treatment Filter

Naohide KAMIJO

The recent increase in domestic sewage with the advancement of the equalization of a high standard of living has actually caused the problem of water-quality management connected with the environmental deterioration in developing areas. As far as we know, there is the stronger demand to convert a lavatory into a water closet. For the purpose of the improvement in the quality of wastewater, we made an experiment by the simplified plant of granular water filters. This is the report about our effective filters. We used wastewater in our school sewage disposal plant as water samples, river sand and activated charcoal as filter medium. According to our experiment, to remove more than 80% of the average 245ppm COD, our filter must be composed of grain size 0.3 to 1.2mm, depth 710mm of the filter layer. It was also possible to remove more than 80% of the average 124ppm SS by grain size 0.3 to 1.2mm, depth 450mm. In the case of pH and DO, required criterion was satisfied before filtering. As for Coliform group remarkable effectiveness of filtration was recorded at the rate of nearly 90% removal by the filter composed of filter medium, grain size less than 0.6mm, layer depth 600mm.

### 1. ま え が き

我が国の下水処理人口の普及率は、60年度末で34%となっている。前報でも述べた通り、毎年2兆円近い予算を投資しているにもかかわらず、伸び率は数パーセントに止まっている現状である。人口集中地域の下水道は一応整備され、都市周辺部に建設の主体が移りつつあることは、今後益々投資効率、伸び率共に純化していくものと思われる。公共下水道排水区域外の地域においても、生活様式の均質化が進み、便所の水洗化指向が強まると共に、環境問題が少なかったこれらの地域においても、生活雑排水、管理の悪い浄化槽排水等によって水質問題が顕在化してきた。これらの地域の生活改善と、水質悪化防止のため、台所、風呂、水洗便所等の家庭排水総べてを、下水処理場の排水基準値と同程度まで処理することと、管理、維持に特別な技術が必要としないこと。この2つを主眼として、砂濾過槽を用いて、家庭下水処理を検討してみた。

---

\* 土木工学科 助教授  
原稿受付 昭和62年9月30日

## 2. 処理のフローシート

下水処理場で行われている一般的な処理過程は、沈砂、スクリーン、最初沈殿、活性汚泥法、最終沈殿、消毒、放流。これで液部の処理は終了する。この過程において、最初沈殿、最終沈殿によって発生する汚泥を処理して、下水の処理は完了する。一般家庭でこのままの処理方法で行って問題になるのは、運転管理と汚泥の処理であろう。このことから家庭で行う処理においては、次の2つの点に留意した。①管理が容易であること。②汚泥量が増えなく、処理し易いこと。この結果、汚泥処理、液部の処理共に濾過法を用いることとし、実験を行い検討してみた。特に汚泥の処理については、液部の濾過効率を高めるためと、汚泥量を増さないために最初に除去してしまう方法を考えた。図-1に処理のフローシートを示す。

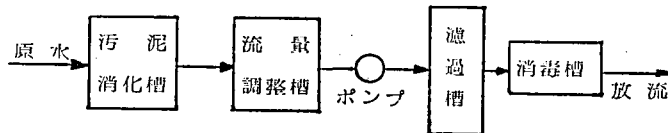


図-1 処理のフローシート

汚泥消化槽は、粒径10~30mmの濾材を厚さ30cm、長さ150cm位とする。ここで大きな固形物の除去を行う。この槽は2~3ヶ設置し、1.5~2ヶ月の汚泥消化期間をとることによって再び使用可能となる。次にプールであるが、これは家庭排水は時間的に排水量が異なるため、次の濾過槽での濾過速度を一定にするための水量調整タンクである。ここで水位を上げるためにポンプが必要となる。濾過槽については、1人1日250~400lの排水量、4~5人家族で1500~2000l/日の排水処理が可能な事が必要となる。最後に消毒により、細菌類の殺菌を行い、放流になる。本報文は、以上の処理過程のうち、液部の処理、このフローシートでは、濾過槽についての実験結果である。

## 3. 資料および実験方法

資料は、本校の生活排水処理場(活性汚泥法)に流入する下水とした。分流式、寮生約300人。昼間人数約950人。実験期間は10月より1月までの4ヶ月間、資料採取時間は朝10時30分頃に一定した。この時間は寮生の朝の生活排水が流入し終る頃である。表-1に資料下水の水質を示す。

表-1 資料の指標と水質

指標 水質	pH	DO (ppm)	COD (ppm)	SS (ppm)	T-N (ppm)	T-P (ppm)	大腸菌 (万ヶ/cc)
最高値	8.4	5.9	399	144	3.57	0.50	129
最低値	7.4	0.15	132	83	0.31	0.10	11
平均	7.9	3.8	254	124	2.96	0.31	47.5

今回の実験は、汚泥消化槽を通さずに行ったため、原下水をそのまま資料とした。しかし、

表一 濾過槽の濾材粒径と濾層厚 (単位mm)

A 槽		B 槽		C 槽		D 槽		E 槽		F 槽		G 槽		H 槽	
濾材粒径	濾層厚	濾材粒径	濾層厚	濾材粒径	濾層厚	濾材粒径	濾層厚	濾材粒径	濾層厚	濾材粒径	濾層厚	濾材粒径	濾層厚	濾材粒径	濾層厚
1.2~5	40	0.3~1.2	50	0.3~1.2	220	5~10	60	15~20	230	~0.6	220	~0.6	100	~0.6	130
5~10	20	1.2~5	25	0.3~1.2	250	2.5~5	50	10~15	150	活性炭	150	活性炭	30		
10~15	40	5~10	25	0.3~1.2	240	0.6~1.2	30	5~10	50	~0.6	170				
15~25	50	10~15	40			活性炭	30	2.5~5	120	活性炭	120				
		15~25	50					0.6~1.2	200						
								活性炭	200						
計	150		190		710		170		950		660		130		130

実際にはフローシートに示したように、汚泥消化槽を通過した後に濾過槽に入るため、大きな浮遊物だけあらかじめ除去したものを資料とした。測定に使用した器械は次の通りである。pH. M-7E. DO-1B. COD, COD-20E. SS, SEP-CS500. また大腸菌については、デスオキシコール酸塩培地法によった。

実験方法は、砂濾過法を用いた。濾材は手近かな河川砂利を使用した。実験に用いた濾過槽の濾層厚と、濾材の粒径を表一に示す。A, B, D, H, 各濾槽は、170×300×240mmの長方形表面であり、下部流出孔はφ23mmである。C, E, F, の各濾槽は、φ87×1300mmの円形表面で、下部流出孔は、φ13mmである。濾過速度は、コントロールせず自然流下とした。A, B槽はこの状態で全く表面に滞水することはない。D, E槽は、濾材粒径の大きなものを上段とし、狭雑物が濾層全体に亘るようにした。C槽は、同一粒径であるが、表に示した各濾層厚の位置から処理水を引き抜けるようにしたものである。F, G, H各槽は濾材粒径を0.6mm以下とし、濾層厚と活性炭の効果を比較してみた。

#### 4. 実験結果および考察

実験データをE槽を例にして、表一に示す。

pH, DO, COD, SSについては、2回測定し、10%以内の差であればその平均を取った。T-N, T-Pは3本セットで測定した。大腸菌群試験については、1つの値を示してあるが、デス培地法のため、希釈倍率をすべて4段階として求めた値である。

pH. 今回の実験においては、濾層厚、濾材粒径の大小、活性炭の有無いずれもpHの変化と無関係の値が出た。pH値が上がったものの最高値は、原水7.8から8.3まで変化した。逆に下がったものの最大幅は、8.1から6.9になったが、同一濾槽で4回繰り返したところ、再び7.9まで変化した。8つの濾過槽全体的に見ると、原水のpH値の幅より減少し、最高値8.2、最低値7.3、平均7.64となった。一般的には、軟水地域の下水のpH値は、7.2位の値を示すようであるが、本校の場合、便所等一部で地下水を利用しているため、少し硬度の影響があるか。いずれにしても、下水処理の放流基値5.8~8.6の範囲内には収まる結果となった。

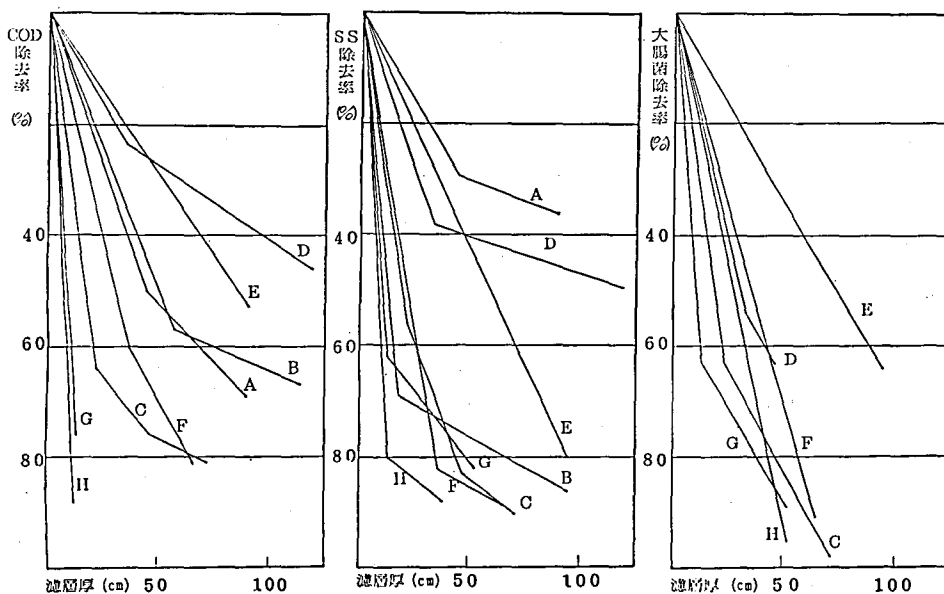
DO. 溶存酸素の量は水温や、圧力によって異なるが、大気圧で新鮮な水中における溶存酸素は、30°Cで7ppm、0°Cで14ppm程度をされる。長時間流下した下水中には、殆んど溶存酸素は含んでいない。長野市処理場のデータでも、10月～1月頃の平均値としては、1.3ppmとなっている。本校の処理施設に流入する下水は、同時期と比較しても相当高い値となっている。これは、下水発生からの時間経過が短いため、有機物分解のための酸素がまだ十分消費されておらず、そのまま残っていることによるものと思われる。今回の実験では、濾層厚、濾材、活性炭の有無による顕著な差は見られなかった。しかし、濾槽を通すことによって、総べての処理水が、原水に対してDOの値が上が

った。最高値は、E槽を3回通したときに5.8ppmから8.9ppmとなった。また最も変化の中の大きかったものは、C槽で0.15ppmから6.7ppmまで増加した。原水のDOが小さいもの程変化の幅は大きくなる。いずれの濾過槽でも数回濾過槽を通して行くと、6.3～8.9ppmの間に殆んどが入ってしまった。また、エアレーションの効果を見るために、濾過する前の原水に、15分間、2時間の2種類の時間別のエアレーションを行った。2種類共4回行った結果は、15分エアレーションで、4.5ppmから8.2～8.8ppmになり、2時間のエアレーションでは、3回が8.5～8.9ppmとなり、1回は9.6ppmとなった。これは家庭下水のような、下水発生から短時間のうちに処理するような場合は、エアレーション時間はごく短い時間で充分といえる。

COD. 本来ならば下水の水質指標としては、BODを用いるべきであるが、この分解作用は、数ヶ月に亘って行われるものであるが、実際には5日間の値を取ることが標準となっている。BODとCODの関係は一概に論ずることはできないが、ある一定の排水については、その排水に限って両者の相関は見られる。そこで、今回の実験は濾過槽の基礎データを得ることを目的としているため、短時間で測定可能なCODによった。実験結果を図-2に示す。H、G、C、F各槽における除去効果が高いことが認められる。これはいずれも、濾材粒径が1.2mm以下のものである。H、G濾過槽についてみると、濾材の粒径はどちらも0.6mm以下であるが、活性炭を濾層厚と考えると、その効果は殆んど現われていない。同じ濾材でF槽の効果が悪いように見えるが、活性炭層が27cmもあるためであり、この結果だけから

表-3 C槽における実験データ  
(単位・表-1に同じ)

指標	pH	DO	COD	SS	T-N	T-P	大腸菌
原 水	8.0	4.1	415	112	3.57	0.36	128
	8.1	4.8	383	101	3.54	0.36	
		4.6		116	3.57	0.52	
平 均	8.1	4.7	399	114	3.56	0.41	128
濾層厚 22cmの 濾過水	6.9	5.4	153	47	3.47	0.56	46
	7.0	5.6	206	48	3.44	0.49	
				143		3.43	
平 均	7.0	5.5	148	48	3.45	0.53	46
濾層厚 47cmの 濾過水	7.0	6.4	102	19	3.50	0.51	26
	7.1	6.1	90	19	3.51	0.49	
						3.50	
平 均	7.1	6.3	96	19	3.50	0.49	26
濾層厚 71cmの 濾過水	7.9	6.8	92	10	3.36	0.46	2.9
	7.9	6.3	81	12	3.34	0.39	
				73	10	3.82	
平 均	7.9	6.6	76	10	3.35	0.47	2.9



図一 濾過槽における COD, SS, 大腸菌の除去率

判断すると、COD の除去には活性炭はない方がよいことになる。本実験で 80%以上の除去率を期待するためには、濾材粒径 0.6mm 以下で、濾層厚 15cm 以上が必要であり、最大粒径 1.2mm まで使用することにすれば、70cm 以上の濾層厚が必要ということになった。また、濾層厚を大きくするより、濾材粒径を小さくする事による効果の方が大きいこともはっきりした。

SS. 家庭下水の SS は、一般都市下水よりかなり低い値を示す。長野市の事業統計年表によると、都市下水道の処理場への流入下水に対して、殆んどが家庭下水である団地処理場への流入下水の SS は、約 80% である。水環境指標によれば 73% となっている。本実験で使用した原水の SS は、表一に示したように、最高で 144ppm、最低で 83ppm となっており幅は小さい。そして、この値はほぼ団地内処理場への流入下水と同程度である。図一に濾過による SS 除去率を示す。今回の実験は濾過速度をコントロールしなかったため、濾過作用はフルイ効果のみと考えられる。従って濾材粒径の小さな物が、より効果的であることは、結果にもはっきり現われている。A 槽のように 1.2mm 以下が全くないもの、D 槽のように 0.6~1.2mm が 3cm しかない濾過槽では 1m 以上の濾層厚に対しても 40% の除去率である。これに対して、濾材の粒径が 1.2mm 以下になると、その効果は顕著に現われてくる。E 槽について見ると、0.6~1.2mm が 20cm もあるのに効果が悪いのは、0.6mm 以下が全くないためか、粒径が他の濾槽と異なり、逆になっているためかと思われる。下水道法第 6 条放流下水の水質基準値 70ppm 以下に下げられるためには、原下水の約 65% を除去しなくてはならないが、濾材の粒径が 0.6mm を境として、それ以下ならば可能であることがわかる。

T-N, T-P. 長野市のデータでは、総窒素は平均で 29.1ppm 総リンは平均値 6.5ppm となっている。団地内処理では、それぞれ 21ppm, 3.5ppm となる。本実験の原下水は、こ

の値よりもなお一段低い値となった。寮生が居るといっても、一般家庭での生活形態とはかなり違うためと思われる。実験の結果は、いずれの濾過槽を通してても殆んど変化は見られず、また、小幅ながら、上がったもの、下がったものとまちまちであった。濾層厚、濾材粒径との関係は言及できない。砂濾過法では、N、P共に除去することはできなかった。

大腸菌。今回の実験では、原下水中に含まれる大腸菌群数に非常なばらつきがあった。表一。一般の都市下水でも、大腸菌に関しては大部差があり、多いときには1ml中何十億ケにもなり、少ないときには何十万ケのオーダーである。平均値で数千万ケとなっている。本実験値は、最高で129万ケとなっている。濾過法のみで、放流水基準値3000ケに達するには容易ではない。しかし、除去率は濾層深さと、濾材粒径による違いははっきりと現われている。図一。C槽の粒径0.3~1.2mmで、濾層厚71cmのとき除去率97.7%に達した。

(表一) 除去率は高いが、絶対数が大きい為、なお2万9千ケが残ることになり、消毒効果に期待せざるを得ない。

除去率のグラフは、いずれも節点から左側の勾配が、右より急になっている。これは1つの濾層を繰り返し濾過した結果を表わしたものであるが、初回に濾過した除去率に比べ、2回、3回と濾過を繰り返さずにつれ、除去率が落ちていくことを意味している。このことから、濾過槽は1m位を濾層厚の限度として、多段的に設けた方が良いと思われる。また、濾過速度の問題であるが、1日当りの排水量を2000ℓと仮定すると、濾過表面積1500cm<sup>2</sup>(50×30cm)として13m/日となる。本実験では、C槽の濾過速度が16m/日であった。しかし、この装置は、濾過表面積238cm<sup>2</sup>(φ8.7cm)に対して、流出孔(1.3cm)が1ヶ所しかなかった。従って濾層の閉塞による濾過速度の減少と、流出孔の拡大による濾過速度の増大により、この槽における濾過速度の維持は可能と思われる。勿論濾層閉塞による削り取りは行う。

以上、実験値で見える限り、下水処理区域外での水洗化に共なる合併処理を、砂濾過を主体とした処理槽を用いて行うことは、水質的には十分可能であるとの見通しは付いた。本実験は、前処理として、汚洗消化槽を通過した下水であることを前提としているため、濾過槽に流入する水質は、今回の実験で用いた下水よりも、大部良質となるはずである。各指標を除去率で考察したのもこのためである。汚泥消化槽については、現在実験中であるが、これは、汚泥消化を嫌気分解でなく、好気性分解を利用しようとするものである。そうすれば、処理装置は小型になり、管理もし易くなるものと考えている。

## 5. あとがき

生活系排水処理の意義、目的は、トイレの水洗化を達成しつつ、雑排水の処理を同時に行うことである。この目的のために公共下水道がある。しかし、水洗化に対する強い要望は、公共下水道の建設まで待てない現状である。雑排水の処理は各地で独自のものが使用されているが、管理が不十分なため、トラブルの原因ともなっている。文化的な生活の代名詞ともなっているトイレの水洗化と、水環境改善のため、下流住民に不安を与えない、安心して処理水を放流できるようにしたいものである。

最後に、本研究の実験に協力していただいた、卒業生の小林幸子、中原秀樹、布山豊三の各氏には感謝の意を表します。

### 参 考 文 献

- 1) 合田 健：水環境指標 思考社
- 2) 岩井重久他：生活系排水処理ガイドブック 理工新社
- 3) 長野市 上下水道事業統計年報 昭和55年度
- 4) 徳平 淳：衛生工学 森北出版
- 5) 上條直秀：下水処理方法の現状と将来 長野高専紀要第17号