

簡易雑排水実験例とその効果

関西大学工学部土木工学科 正員○和田 安彦
関西大学工学部土木工学科 正員 三浦 浩之

1. 緒言

公共用水域への全体的な汚濁排出量は減少してきているが、生活系排水からの排水負荷量は年々増加し、その対策が必要となっている。下水道の普及率は30%余りで、し尿に関しては一応の処理体系は確立しているが、公共用水域の水質改善には生活雑排水の下水道整備以外の処理方法による早急な対策が必要となってきている。

筆者らは、各地で行なわれている雑排水対策について検討し、その実施上の課題と今後の活用の方向についてとりまとめ、雑排水対策の一例として排出負荷量を減少させるためにストッキングをフィルターとして用いた場合の雑排水負荷削減効果を調査・解析した。

2. 各種雑排水対策

生活雑排水処理施設は次の様な要件を基本的に備えていることが必要である。

- 1) 流量、水質の著しい変動に耐えられる。
- 2) 汚泥の排出以外の維持管理を行わなくとも高い除去率が得られる。
- 3) 汚泥発生量が少ない。
- 4) BOD、COD、SS以外に窒素、リンの除去も期待できる。
- 5) 薬剤や電力の消費が少ない。
- 6) 処理施設および処理水が衛生的に安全である。
- 7) 建設費が安く、敷地が少なくすむ。
- 8) 悪臭などの2次公害が少ない。
- 9) 設備の耐久性が高い。
- 10) 取り扱いが容易である。

これらの基本要件を満たし、実際に各県や各市で行われている生活雑排水対策をまとめたものが表-1である^{1)~11)}。大別して次の7つの対策があげられ、さらに各対策を早急に実行するための広報活動も考えられる。

- 1) 下水道の整備
- 2) 合併浄化槽の設置
- 3) 簡易生物処理
- 4) 沈殿槽処理
- 5) 水路利用浄化
- 6) 土壌浄化
- 7) 各種対策の組合せ

生活雑排水対策の第一には、し尿と生活雑排水の合併処理がある。従来、浄化槽はし尿処理に用いられてきたが、合併浄化槽はこれを生活雑排水にも処理可能なように小規模生活排水処理施設として要求される条件を満たすものに改良したものである。これには活性汚泥法が主として用いられてきたが、発生汚泥の処理や設備の小型化等に問題があり、近年では維持管理も容易な回転円板法や浸漬ろ床法（接触曝気法）、接触酸化処理法等が用いられる。

人口のさほど密集化していない地域での公共下水道は投資効果が極端に低くなることもあり、このような地域ではミニ下水道方式が効果的であると考えられている。

維持管理のより低減を図ったものには生活雑排水の簡易生物処理があり、嫌気性ろ床、接触材充填水路等による除去法やオキシデーションディッチ法、長時間曝気方式等がある。

処理設備のより早い普及を図れるものには比較的安価な沈殿槽があり、雑排水中の浮遊物質を除去させると同時にBOD等も除去できるが、除去率はさほど高くなく、維持管理上の制約がある。さらに、沈殿槽より浄化効率の優れた小型曝気槽で生物処理する方式も用いられている。

表-1 わが国の生活雑排水対策 (和田作成)

No.	対 策	方 式
1	下水道の整備	
2	ミニ下水道	
3	合併浄化槽の設置	回転円板法 浸漬ろ床法 (接触曝気法) 接触酸化処理法
4	簡易生物処理	嫌気性ろ床による除去 接触材充填水路 オキシデーションディッチ法 長時間曝気
5	沈殿槽による処理	沈殿槽 小型曝気槽
6	水路を用いた浄化	流下式接触酸化法 れき間接触酸化法 セリの利用 (宅地段階)
7	土壌による浄化	毛管湿润トレンチ 土壌被覆法 土壌式接触循環曝気方式 土壌利用蒸発散処理 土壌利用活性ろ過法 土壌曝気方式
8	各種対策の組合せ	流下接触酸化法+水生植物栽培 長時間曝気+表面酸化+土壌被覆 (佐久方式) 嫌気性ろ床+浸漬ろ床 循環法
9	広報活動	

排水路自身の浄化能力を積極的に利用しようとするものもあり、水路に接触材を敷き詰めて自浄作用を高めるもの等は、既設水路の活用が比較的容易である。

また、接触材の代わりに溝に豆砂利を敷き詰めてセリ等を栽培する、水生植物の浄化能力を利用するものもある。さらに、水路から流出した排水を支川から本川へと合流するまでに取水し、本川の高水敷と自然れきを利用してれき間接触酸化を行う方法も行なわれている。

一方、土壌の浄化能力を用いた雑排水の浄化には、沈殿槽を活用し、土壌に不飽和浸透させ汚濁物の除去を行なう毛管湿润トレンチ、各種処理槽を通気性土壌で被覆する土壌被覆法、曝気槽等を地下に設置しれきを充填した上で土壌被覆した土壌式接触循環曝気方式や土壌利用蒸発散処理、土壌利用活性ろ過法、土壌曝気方式等がある。

また、これらの処理方式を組合わせてより処理能力をたかめようとした流下式接触酸化法と水生植物栽培の組合せ方式、長時間曝気に接触表面酸化方式を取り入れさらに土壌被覆した方式、及び嫌気性ろ床と浸漬ろ床を組合せたものがあり、小型の合併式浄化槽に嫌気性ろ床を前置して脱窒効果を高めようという方策 (循環法) もなされている。

生活雑排水対策としてはこのような実質的な対策と共に、住民の生活活動により排出される雑排水が、河川、海域等の公共用水域の水質にいかにか影響しているのかを認識させ、生活雑排水処理の必要性を感じさせる広報活動も重要である。

3. 各種雑排水対策の効果

各種の生活雑排水対策が各地で実施されており、それぞれ除去能力や運転管理に特有の性質がある。各種の実施例や実験例の結果をもとに以下に述べる。

(1) 合併浄化槽

- ① 回転円板法：流入負荷変動に強く、曝気、汚泥返送を必要としないばかりでなく、ろ床を回転させているため閉塞の心配もない等その性能は高い。
- ② 浸漬ろ床法：流入負荷変動に強く、処理水質が回転円板法よりも優れているばかりでなく、処理の安定性も高い処理法である。
- ③ 活性汚泥法：一般的な排水の生物処理方法であるが、流入負荷の変動にはあまり強くなく、余剰汚泥が多量に発生するためその処理が必要となる。
- ④ 接触酸化処理法：水量、水質、水温等に体する抵抗力が強く、生物膜と汚水との接触効率が確実で安定している。
- ⑤ 嫌気性ろ床法：汚泥発生量は少なく、脱窒機能もあるが、除去率は低くBODでも50%程度であり、前処理として用いるのが適当である。
- ⑥ 循環法：雑排水の単独処理でも、滞留時間1.0~1.5日でBODは60~70%除去できる。最終の処理水T-Nはほとんどが酸化態の窒素に酸化されており、これを嫌気ろ床に戻すとT-Nは60~70%除去される。

(2) 沈殿槽：沈殿槽は、安価で設置面積も少ないため、比較的多くの地域で普及しているが、汚濁

物除去率はあまり高くない。スカムや汚泥が過剰に蓄積すると沈殿効果が低下するため汚泥の処理が必要とされる。

(3) 小型曝気槽：小型曝気槽は沈殿槽より浄化効率が優れ、BODでは約70%の除去効果が期待できる。

(4) オキシデーショondiッチ法：オキシデーショondiッチ処理は、建設費が安く、維持管理も容易なため、小規模下水道における処理方法としても用いられている。

(5) 流下式接触酸化法：水路等に適用し自然の場を利用するもので比較的容易に実施できるが、汚泥や水生植物の除去や雨水増水時の処理効果に問題がある。

(6) れき間接触酸化法：当法は、自然の浄化能力を活用するもので、自然れきを利用することができる。

(7) セリの利用：自然の地形をそのまま利用でき、建設費も安い。現在まだ実験段階ではあるが、小型曝気槽よりも処理効果は高いと考えられている。

(8) 毛管湿潤トレンチ：この処理法はある程度の土地が必要であるが、装置の構造が簡単で、建設費も安く、維持管理上は高度な技術は必要でないため、雑排水の小規模分散処理に適している。しかし、土壌による雑排水処理能力は時間とともに衰えることもあり、地表水、地下水への影響も問題点となっている。

(9) 土壌被覆法：土壌被覆法は、直接的な雑排水除去法ではないが、各種装置を土壌で被覆するもので保温効果を高め、発生汚泥量の減少や汚泥のスカム化防止に有用である。

(10) 土壌曝気方式：曝気槽のBOD容積負荷が普通の接触曝気方式に比べて非常に低いため、広い土地が必要となり、コスト高となる。

4. 簡易フィルターによる雑排水対策実験

雑排水対策の基本は発生負荷量を減少させることと、処理等によって排出負荷量を減少させることにある。ここでは前者のために流し台の残さカゴのフィルターとしてストックングを用いて実験を行なった。構造上不可能な場合に限り各家庭の排水口に取り付けた。実験は京都市公害対策室が実施し、その調査資料をもとに解析を行なった。なおストックングは2～3日に一回とりかえた。

(1) 調査法

調査は排水水質調査分析と質問紙調査法によって行なった。

1) 対象戸数

対象地域は京都市内A団地で、この中にある標準家庭21戸をとりあげ排水系によって3ブロックに区分した。

2) 調査

調査は一戸建住宅を対象に未水洗家庭のみで、各家庭からの雑排水の集中してくるところで採水を行なった。水使用量は水道メーターにより求め、水質は30分ごとにサンプリングを行なった。それらをコンポジットサンプルとして取り扱った(日、水曜日は30分×4回(2時間)コンポジットサンプル、他の日は30分×48回(24時間)コンポジットサンプル)。

調査の第一週は現況のままでの排水調査であり、第二週目も粉石けん、合成洗剤利用の一般的な状態のもので、第三週は粉石けんに統一したものである。

家庭排水の状況や生活様式、使用洗剤等は質問紙調査により各戸ごとに全戸調査した。また、日々の水使用量は水道メーターを毎日3週の間読みそれによって求めた。

調査は昭和57年5月9日から29日までである。

(2) 生活様式

調査対象人数は83人で家庭の在宅状況(表-2)は、常時在宅者(主婦、老人、幼児等)20人、昼間

または夜間不在者は62人、パートタイマー1人である。表-2 A団地生活排水実態アンケート調査結果
—生活様式について—
家族数の1/4は常時在宅者である。

在 宅 状 況		人 数
常時在宅者	(主婦、老人、幼児等)	20人
昼間又は夜間不在者	(サラリーマン、学生等)	62人
その他	(パートタイマー等)	1人
合 計		83人

(3) 使用洗濯洗剤

使用洗濯洗剤は平均的には有リン合成洗剤2戸、無リン合成洗剤10戸、粉末石けん9戸である。1か月当たりの洗剤使用量は平均2.2kg/戸・月である。

(4) 水使用量

調査対象家庭の1戸当たりの水使用量は725~1,102ℓ/戸・日にあり、平均1,019ℓ/戸・日である。定住人口をみると1人1日当たりの水使用量は104~339ℓ/人・日にあり、平均230ℓ/人・日となっている。この区域は、未水酸化地域であり、この値は全国の都市用水量と比較して大きい値であるといえる。

5. 簡易フィルターによる排出負荷の除去効果

表-3 雑排水排出濃度 (mg/l)

5-1. 簡易フィルターによる排水水質軽減効果

雑排水の排出負荷量を軽減するためフィルターとしてストッキングを用いたが、その水質軽減効果は明らかに表われている。

雑排水排出濃度の週間平均値(表-3)でみると、BODではストッキングによる濃度の低減はほとんどないが、COD、SSでは20%程度の濃度減少がみられる。TODではさらに25%前後の濃度減少がみられ、T-N、T-Pでは40%前後の排出濃度減少がみられる。

このように、雑排水の排出濃度の軽減のために家庭雑排水口にストッキングを用いて簡易ろ過して放流することは、T-N、T-Pの排出濃度には大きな軽減効果が表われ、CODやSS系、TOD系物質にも20~25%程度の排出濃度の減少がみられる。

項 目	週	範 囲	平均	排出濃度割合	減少率
BOD	1	104 ~ 163	116.0	100.0(%)	-
	2	80 ~ 156	105.0	90.5	9.5(%)
	3	109 ~ 182	131.0	112.9	-
COD	1	46 ~ 76	62.8	100.0	-
	2	30 ~ 75	49.6	79.0	21.0
	3	39 ~ 67	53.0	84.4	15.6
S S	1	27 ~ 100	69.5	100.0	-
	2	38 ~ 87	55.7	80.1	19.9
	3	32 ~ 83	54.0	77.7	22.3
TOD	1	169.3 ~ 231.3	202.4	100.0	-
	2	76.3 ~ 195.2	149.9	74.1	25.9
	3	110.8 ~ 199.3	151.4	74.8	25.2
T-N	1	4.58 ~ 7.44	5.92	100.0	-
	2	3.39 ~ 4.49	3.79	63.7	36.3
	3	2.89 ~ 4.75	3.54	59.7	40.3
T-P	1	1.36 ~ 3.09	2.14	100.0	-
	2	0.70 ~ 1.79	1.22	57.0	43.0
	3	0.44 ~ 0.83	0.59	27.5	72.4

5-2. 簡易フィルターによる排出負荷の経日変化

(1) 排水水質の時間変化

調査対象家庭からの排水水質の時間変化をT-N、T-Pを例として表わしたものが図-1である。これは24時間の時間変化の明らかな日のみ(日、水曜日)を表わしており、主な特徴は次のようになる。

- 1) すべての水質項目において、簡易フィルターを使用した後の排水水質の時間変化は小さくなっており、フィルターの効果が表われている。
- 2) pHは8時~10時及び17時前後にやや上昇(弱アルカリ)する傾向があるが、7±0.5前後の時間変動ではほぼ安定している。
- 3) BODは比較的大きな変動を示し(25~470mg/l)、8時~10時及び、18時~24時前後に濃度が高くなり、1時~5時及び、12時~15時前後に減少している。BODの経時的変動は周期がおおよそ10~12時間の波動性を示す傾向にある。
- 4) SSは約20~140mg/lで、8時~10時及び、18時~22時前後に上昇し1時~5時前後に減少する傾向にある。SSもBODと同様に、10~12時間の周期をもつ波動性を帯びている。
- 5) CODは、特殊なデータを除き、さほど大きな変動はなく(10~100mg/l)、BODの経日変化とほぼ対応している。また、8時~10時及び、17時~23時前後に水質濃度が上昇している。CODもおおよそ10時~12時間の周期をもつ波動性を帯びている。
- 6) T-Pについては、9日(日)のデータを除くとほぼ安定した値をとり(3mg/l以下)、変動は小

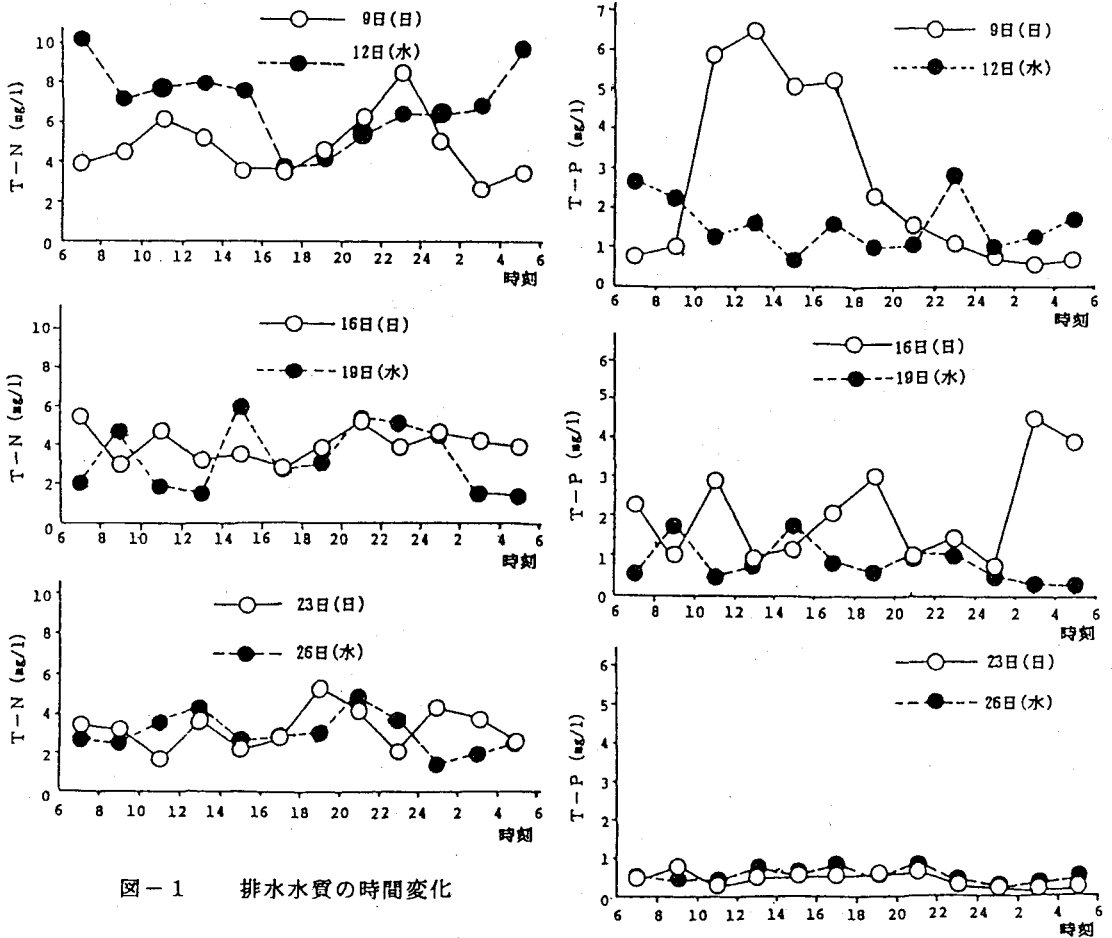


図-1 排水水質の時間変化

さい。調査第1、2週の8時～10時及び、19時～23時前後に洗剤等の影響が表われているが、粉石けんのみ使用の第3週にはこの傾向はみられない。

- 7) T-Nは、T-Pとほぼ同様な傾向を示しているが、T-Pに比べておよそ3～4 mg/l前後、大きな値をとり、変動も大きい。また、8時～12時及び、19時～23時前後に濃度の上昇がみられる。
- 8) TOD濃度は高く大きな変動(25～720mg/l)があり、BODとほぼ同様な時間変動を示している。

(2) 雑排水排出負荷量の経日変化

雑排水排出負荷量の日間変化を示したものが図-2である。

- 1) BODは日間変動は比較的大きく、いづれの週も週末に高い値を示す傾向にある。また、排出負荷量は約17～41g/人・日前後の値をとるが、水曜、木曜などウィークデイには急減の傾向にある。平常時(簡易フィルターを用いないとき)はおよそ25～30g/人・日程度の値を示し、その変動状態は顕著ではない。合成洗剤使用時で簡易フィルターを用いた時の排出負荷量は、フィルターを用いない場合より10g/人・日前後少なくなっている。しかし、粉石けん使用時の雑排水の変動は大きく、排出負荷量は相対的にやや高い値を示す傾向にある。
- 2) CODは全体として比較的変動も小さく(7～18g/人・日)、週初め、週末に比較的大きな値を

示す。簡易フィルターを用いない時の変動は比較的大きいが(10~25g/人・日)、フィルター使用時はその変動は小さくなり(7~15g/人・日)、負荷量自体も少なく、フィルターの効果が表われている。

- 3) SSは全体的に変動は小さく、およそ7~26g/人・日前後の値を示し、CODと同様に週初め及び週末に比較的高い値を示す。平常時は(簡易フィルターを用いないとき)比較的大きな変動を示す(7~26g/人・日)が、フィルターを使用した場合はその変動も小さく(8~17g/人・日)、かつ負荷量自体も比較的小さな値を示す。

また、フィルター使用時に合成洗剤使用の場合は、粉石けんのみ使用の場合に比べて、その変動も小さく、かつ、負荷量も小さい値を示す傾向にある。

- 4) TODの変動状態は著しく(およそ17~56g/人・日前後)、週初め及び週末には比較的高い値を示す。簡易フィルターを使用した場合、合成洗剤使用時の方が、粉石けんのみ使用時よりも、比較的小さな変動を示し、排出負荷量も小さい。

- 5) T-Nは比較的大きな変動を示し(0.6~1.8g/人・日)、全般的に、週初め及び週末に比較的大きな値を示す。また、平常時は(簡易フィルターを用いない時)変動量、負荷量ともに大きな値を示すが、フィルターを使用すると両者ともに小さな値を示し、顕著にその効果が表われている。

- 6) T-Pは比較的小さな日間変動状態を示しているが、フィルター使用時はフィルター効果が顕著に表われ、かつ、合成洗剤使用時よりも粉石けんのみ使用時の方がより小さな値を示す。

5-3. 簡易フィルターによる排出負荷除去効果

雑排水の排出負荷量を定量したのが表-4であり、日発生負荷量の週平均でみると、BODでは現況下27.11g/人・日となるが、ストックフィルターを取り付けた第2週以降は21.92~30.98g/人・日と20%程度減少している。

CODでは同様に(15.20g/人・日が10.50g/人・日、12.38g/人・日に)19~31%程度排出負荷が減少している。

表-4 雑排水排出負荷量 (g/人・日)

項目	週	範囲	平均	排出負荷割合	減少率
BOD	1	25.00~30.76	27.11	100.0(%)	-
	2	16.52~35.50	21.92	80.9	19.1
	3	9.93~13.95	30.98	114.2	-
COD	1	11.06~18.16	15.20	100.0	-
	2	7.53~16.22	10.50	69.1	30.9
	3	9.93~13.95	12.38	81.4	18.6
SS	1	6.49~26.80	16.54	100.0	-
	2	8.27~16.81	11.60	70.2	29.8
	3	8.69~18.92	12.67	76.6	23.4
TOD	1	39.94~54.43	47.34	100.0	-
	2	16.77~42.50	31.63	66.1	33.9
	3	22.91~55.59	36.22	75.7	24.3
T-N	1	0.86~1.80	1.425	100.0	-
	2	0.63~0.87	0.798	56.0	44.0
	3	0.65~1.33	0.853	59.9	40.1
T-P	1	0.33~0.73	0.508	100.0	-
	2	0.16~0.39	0.257	50.6	49.4
	3	0.17~0.23	0.141	27.8	72.2

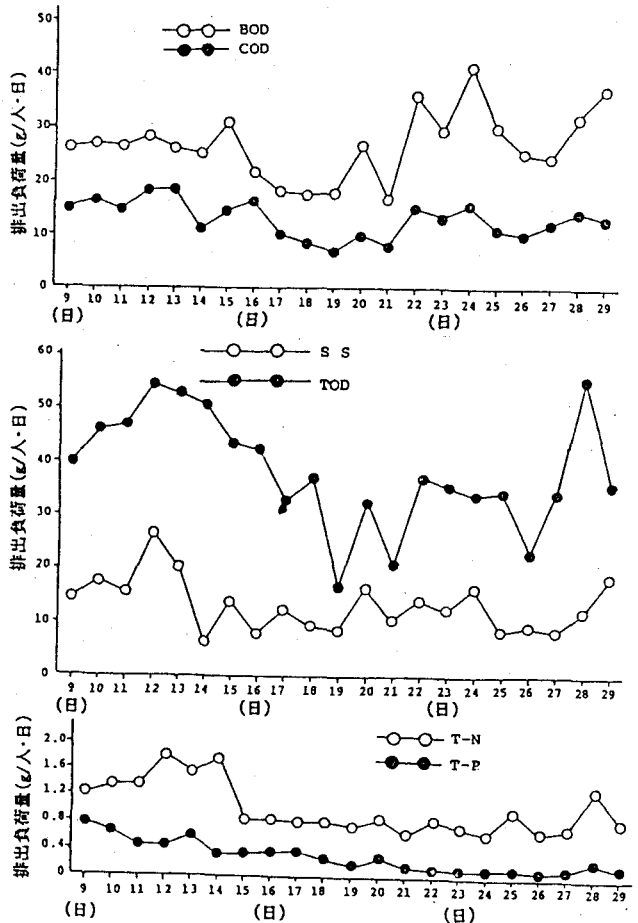


図-2 排出負荷量の経日変化

SS, TODも同様にそれぞれ23~30%, 24~34%程度排出負荷が減少している。

最も多く減少している水質項目はT-N, T-Pであり、T-Nでは40~44%, T-Pでは49~72%の減少率があり、排出負荷量は半減している。

ここで求めた排出負荷は発生負荷が排出口から側溝に流れ出た後、雑排水が集中した点で採水しているため排水負荷には流達率がかかり発生負荷量よりも小さくなっている。

以上のことから、BOD, COD等の有機系物質やSS系物質では20~30%程度の排出負荷軽減効果が表われ、TODではさらにその排出負荷軽減効果が大きく、T-N, T-Pでは排出負荷量が半減することが明らかとなった。

6. まとめ

生活雑排水対策として現在各地で実施されている様々な方策についてとりまとめ、考察を加え、排出負荷量を少しでも減少させる方法として、簡易フィルターとして雑排水排出口にストッキングをとりつけた場合の効果を解析した。

その結果、排水水質ではT-N, T-Pにおいて排出濃度が半減する等大きな軽減効果が表われ、CODやSS, TOD系物質にも20~25%程度の減少がみられた。

排出負荷量では、BOD, COD等の有機系物質やSS系物質では20~30%程度の排出負荷軽減効果があり、T-N, T-Pでは排出負荷量が半減することが明らかとなった。

このような簡易フィルターを用いて発生源での負荷量を減少させることは非常に大きな効果があり、地域住民の理解を得て、発生負荷量を極力減少させることが今後有用であることを示唆しうる。

終わりに調査、研究に資料をいただき協力をたまわった京都市公害対策室の方々には厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 須藤隆一：生活雑排水からの負荷とその処理対策、用水と廃水、Vol.24, No.4, 1982年4月
- 2) 吉田一良：土壌浄化法による生活雑排水対策、用水と廃水、Vol.24, No.4, 1982年4月
- 3) 勝木依正：滋賀県における生活雑排水対策、用水と廃水、Vol.24, No.4, 1982年4月
- 4) 伊藤光一：兵庫県における生活雑排水対策、用水と廃水、Vol.24, No.4, 1982年4月
- 5) 坂本憲照：茨城県における生活雑排水対策、用水と廃水、Vol.24, No.4, 1982年4月
- 6) 山中芳夫：生活系廃水の現状と今後の規制動向、環境技術、Vol.7, No.10, 1978年10月
- 7) 大森英昭：ろ材レユースYを用いた浸漬ろ床法による生活系排水処理、用水と廃水、Vol.21, No.9, 1979年9月
- 8) 東 信治、広瀬道朗、大谷光伸：接触酸化法（網状基材正規配列・全面曝気方式）による生活系廃水の処理、用水と廃水、Vol.21, No.9, 1979年9月
- 9) 田村忠重：佐久市における生活雑排水の共同処理、用水と廃水、Vol.24, No.4, 1982年4月
- 10) 水道産業新聞：雑排水への取り組み、第2181号、他、1982年
- 11) 北尾高嶺：生活排水対策における技術的動向、環境技術、Vol.12, No.11, 1983年11月