

家庭雑排水の河川等への汚濁負荷量の実態調査

田中正二郎 笹本 順 笠井和平 深沢 勇*¹

水谷 均*¹ 内藤忠則*² 長田千昭*²

はじめに

生活系排水による水質汚濁が大きな問題となってきた。その対策として、し尿はし尿処理場やし尿浄化槽で処理する方法が採られている。家庭雑排水までの処理は下水道の整備が待たれるところであるが、現在その普及率は30%強であり¹⁾、多くの家庭雑排水はたれ流しの状態である。そこで合併式浄化槽が設置されてきており、その水質について昭和50年8月、昭和51年1月に調査した²⁾。しかし、まだ家庭雑排水の多くは無処理のまま河川等水域に放流されている。そこで本県での家庭雑排水について、その実態調査を行なったので報告する。

調査方法

試料は韭崎市H市営住宅(汲取り住宅)31世帯の家庭雑排水が河川に流入する排水口より採水した。

昭和54年7月25日および11月28日の2回調査した。採水時間については、通常零時から5時の間は排水量が少ない家庭排水の特性から採水を行わず、6時より23時までの18時間に14試料、また排水の流入する河川につい

て7月に3試料、11月に1試料を採水した。

試料の分析はJIS. K 0102にもとづいて行なった。なおSSはGFP法³⁾、CODはアルカリ性100°C、30分過マンガン酸カリウム法⁴⁾、NO₂-Nはスルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法、NO₃-NはCd-Cuカラム還元法⁵⁾、T-Nはケルダール窒素+NO₂-N+NO₃-N、PO₄-PはMurphyらによる改良モリブデン青吸光法⁶⁾、T-Pは5%過硫酸カリウム高圧分解⁷⁾後Murphy法により行なった。

住宅規模は31世帯、7月調査時104人、一世帯当りの家族数3.35人、11月調査時109人、一世帯当りの家族数3.52人であった。

また、各戸にアンケート用紙を配布し在宅時間、食事時間、洗濯時間および入浴時間の回答をお願いした。

結果および考察

1. 流量について

一般に家庭排水の流量は朝と夜の2つのピークを持つとされている。流量の経時変化を図1に示した。7月、

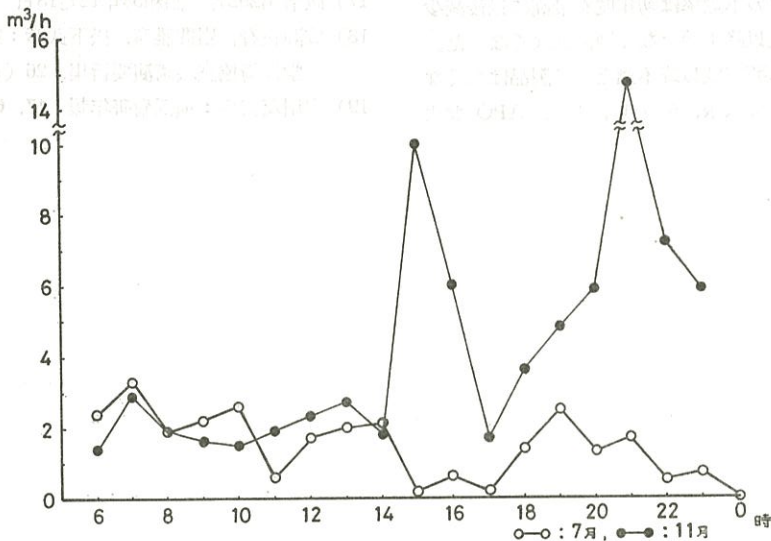


図1 家庭雑排水流量の経時変化

*¹ 環境衛生課 現在、環境公害課 *² 韭崎保健所

表1 7 月 調 査 結 果

採水時刻	家 庭 雑 排 水												河 川 水				
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	13:00	15:00	17:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	7:00	13:00	20:00
気温 °C	24.9	27.8	27.8	30.2	31.5	33.0	34.5	32.0	29.2	21.7	22.5	22.5	22.0	21.8	—	—	—
水温 °C	21.6	22.3	23.4	23.9	22.8	27.8	25.8	26.8	26.4	24.6	24.4	25.0	24.3	24.1	21.9	27.1	24.3
透明度 cm	20.0	13.5	18.7	20.8	>30	25.2	>30	20	12.6	8.3	13.8	4.3	11.4	12.4	>30	>30	>30
pH	7.02	7.07	7.15	7.08	7.12	7.26	7.50	7.36	7.20	7.40	7.38	7.32	7.17	7.51	7.40	8.50	7.63
導電率 µS/cm	270.5	368.5	384.0	324.5	283.0	276.5	240.0	280.5	379.0	536.0	289.0	372.0	316.5	326.5	161.0	155.0	153.0
SS mg/l	31.4	45.3	20.6	16.3	12.7	13.7	13.0	19.0	28.9	74.5	38.0	76.9	51.2	35.6	6.2	7.4	22.8
BOD mg/l	68.8	66.8	63.4	43.6	30.9	31.2	15.8	35.8	89.6	189	253	312	279	168	0.8	1.0	2.1
COD mg/l	23.7	24.9	24.1	19.1	10.7	17.6	8.1	15.9	29.0	65.1	91.9	157	72.4	40.2	1.3	1.6	2.9
NO ₂ -N mg/l	0.062	0.086	0.043	0.035	0.032	0.022	0.015	0.038	0.007	0.105	0.062	0.050	0.043	0.007	0.006	0.006	0.012
NO ₃ -N mg/l	1.73	0.69	0.54	0.21	0.97	0.38	1.23	0.26	0.04	1.14	1.17	0.23	0.49	0.01	0.14	0.25	0.32
NH ₃ -N mg/l	1.07	0.07	0.05	0.05	0.10	0.20	0.05	0.08	0.08	1.25	0.30	0.12	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ケルダール-N mg/l	5.53	3.81	2.73	2.42	2.10	2.46	1.55	2.90	5.25	8.05	7.30	8.45	4.85	2.76	0.15	0.17	0.29
T-N mg/l	7.32	4.59	3.31	2.67	3.10	2.86	2.80	3.20	5.30	9.30	8.53	8.73	5.38	2.78	0.30	0.43	0.62
PO ₄ -P mg/l	0.048	1.296	0.544	1.008	0.448	0.560	0.272	0.448	0.864	2.160	0.912	1.792	0.976	0.688	0.013	0.027	0.042
T-P mg/l	0.176	2.184	0.872	1.376	0.680	0.768	0.576	0.648	1.184	4.080	4.864	3.104	1.232	0.896	0.048	0.070	0.145
MBAS mg/l	12.2	11.8	11.2	13.0	11.4	8.8	4.6	7.6	8.2	50.0	19.0	13.5	18.6	9.3	0.02	0.02	0.02
Cl ⁻ mg/l	19.4	16.9	51.4	30.3	13.0	15.8	8.5	17.3	39.8	27.8	19.0	28.2	21.5	18.0	3.5	3.5	3.9
n-Hex. 抽出物 mg/l	4.1	4.7	9.4	1.7	2.9	3.1	3.9	2.8	7.9	19.8	92.7	97.6	12.4	22.6	—	—	—

表2 11 月 調 査 結 果

採 水 時 刻	家 庭 雑 排 水											河川水			
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	13:30	14:45	15:30	17:00	18:00	20:00		21:10	22:30	23:00
気 温 °C	6.5	6.0	6.5	6.7	7.0	6.3	8.0	8.0	7.7	7.4	7.0	6.8	7.8	7.8	—
水 温 °C	10.6	11.9	15.1	12.5	12.0	8.2	9.3	9.2	10.0	11.0	9.0	9.0	9.5	10.0	—
透 視 度 cm	9.5	8.4	15.5	29.0	15.6	6.2	7.2	4.0	6.2	7.7	7.6	8.0	12.6	10.6	—
pH	7.20	7.14	7.56	7.40	7.46	7.40	6.97	7.15	7.24	7.13	7.15	7.24	7.23	7.47	7.50
導 電 率 $\mu\text{S}/\text{cm}$	535.0	369.0	392.0	291.5	373.0	60.70	52.40	47.45	98.00	264.5	89.50	61.85	48.30	66.10	114.0
SS	56.2	213	40.3	10.5	33.4	68.7	53.7	117	69.9	65.0	69.1	73.3	38.6	46.9	6.7
BOD	195	184	90.0	46.4	90.6	10.6	7.4	6.8	23.7	84.0	44.2	21.7	14.4	25.0	1.9
COD	47.7	54.4	26.5	17.3	26.9	7.1	5.9	8.3	16.1	41.3	11.2	9.9	7.3	11.0	1.91
NO ₂ -N	0.049	0.071	0.077	0.051	0.099	0.031	0.031	0.019	0.031	0.033	0.026	0.020	0.019	0.024	0.009
NO ₃ -N	0.02	1.26	0.89	0.56	1.09	0.86	0.50	0.37	0.44	0.74	0.67	0.26	0.22	0.37	0.48
NH ₃ -N	0.16	0.41	0.09	0.19	0.24	0.06	0.21	0.09	0.08	0.05	0.05	0.05	0.06	0.31	0.05
ケルダール-N	5.51	7.44	2.14	1.78	3.44	1.21	1.05	1.15	2.40	3.50	1.51	1.07	1.46	3.13	0.27
T-N	5.58	8.77	3.11	2.39	4.63	2.10	1.58	1.54	2.87	4.27	2.21	1.35	1.70	3.52	0.76
PO ₄ -P	3.780	1.284	2.784	0.860	1.496	0.164	0.156	0.103	0.240	0.444	0.140	0.160	0.168	0.136	0.032
T-P	4.260	2.660	3.200	1.180	2.620	0.300	0.280	0.148	0.300	0.700	0.240	0.500	0.200	0.160	0.047
MBAS	19.2	14.6	23.4	16.8	21.2	0.8	0.7	0.6	1.3	2.1	0.7	2.3	0.8	4.8	0.1
Cl ⁻	38.7	18.7	33.6	15.1	15.1	2.5	1.8	1.8	6.3	46.5	3.9	1.8	2.1	1.8	3.2
n-Hex.抽出物	24	13	23	8.9	20	3.8	1.4	7.1	2.2	4.2	39	1.6	2.6	4.4	1.8

11月共に明瞭な2つのピークはみられなかったが、7月には7:00~10:00, 12:00~14:00 および 18:00~21:00に流量が増し、炊事、洗濯、入浴といった生活活動時間と一致する。11月については、10時以降から雨となり、その雨水の流入により流量が増加し特徴あるパターンはみられなかった。

アンケート結果からみると、朝食時間は7月には6:00~7:30に全体の88%, 11月は6:30~7:30に88.9%であった。夕食時間は7月に18:30~20:30に全体の85.9%, 11月は18:00~19:00に85.1%と7月より少し早くなっている。入浴時間は7, 11月共に20時前後が一番多かった。洗濯時間は7月は6:00~7:30が多く、ついで21:00~22:00であり、11月は7:00~10:00と19:00~20:00に多かった。

7, 11月共に予想より朝早くから活動があり、採水の開始時間は1時間早く始めた方が良かった。

排水量は7月28.9 m³/18時, 11月77.8 m³/18時であり、18時間を約1日に近い値とみて一人一日当たりではそれぞれ278 l, 713 lであった。生活排水量原単位は文献⁹⁾によると汲み取り便所使用者の場合240 l/人・日で7月の排水量はそれに近い値であった。11月の排水量は雨水の流入のために高い値となった。

2. 水質について

各成分の濃度変化を表1, 2に示した。

水温は7月21.6~27.8°C (平均24.5°C), 11月は8.2~15.1°C (平均10.5°C)であった。7月は気温の変動に対し水温の変動は比較的小さいのに対し、11月は逆に気温の変動より水温の変動の方が大きかった。11月調査日は天候が曇りのち雨であったため気温の変動が小さかったと思われる。

透視度は7月30cm以上~4.3cm (平均17.2cm), 11月は29.0~4.0cm (平均10.6cm)と7月より11月が悪い値であった。一般に流量も少なく、水質も良くなる14:00~16:00に雨水といっしょに流入した砂等が濁りの原因となり悪い値となったと思われる。このことはSSについてもいえる。SSは7月12.7~76.9 mg/l (平均34.1 mg/l), 11月10.5~213 mg/l (平均68.3 mg/l)であった。

BODは7月15.8~312 mg/l (平均117.6 mg/l), CODは8.1~157 mg/l (平均42.8 mg/l)であった。11月にはBOD 7.4~195 mg/l (平均60.3 mg/l), CODは5.9~54.4 mg/l (平均20.8 mg/l)であった。BOD, COD共に7月は11月のおよそ2倍の高い値であった。

窒素成分については、7月はNO₂-N 0.007~0.105 mg/l, NO₃-N 0.01~1.73 mg/l, NH₃-N 0.05以下~1.25 mg/lであり、11月はNO₂-N 0.019~0.099 mg/l,

NO₃-N 0.02~1.26 mg/l, NH₃-N 0.05以下~0.41 mg/lであった。T-Nは7月2.67~9.30 mg/l (平均4.99 mg/l), 11月1.35~8.77 mg/l (平均3.26 mg/l)であった。

リン成分についてはPO₄-Pは7月0.048~2.160 mg/l (平均1.001 mg/l), 11月は0.103~3.780 mg/l (平均0.851 mg/l)であり、T-Pは7月0.176~4.864 mg/l (平均1.617 mg/l), 11月0.148~4.260 mg/l (平均1.196 mg/l)であった。

MBASは7月4.6~50.0 mg/l (平均14.2 mg/l), 11月0.6~23.4 mg/l (平均7.8 mg/l)であった。

n-Hex. 抽出物は7月1.7~97.6 mg/l (平均20.4 mg/l), 11月1.4~39.0 mg/l (平均11.1 mg/l)であった。

以上、窒素、リン、MBAS および n-Hex. 抽出物いづれも7月の方が11月より高い値であった。

家庭雑排水中の窒素の大部分は風呂と炊事排水に、リンは洗浄排水によるといわれている⁹⁾。リンと洗剤については幾つかの報告があり¹⁰⁻¹²⁾、今回の調査においても後に述べるが二者間には相関関係がみられた。窒素についても、台所用洗剤、シャンプー等にも多く含まれており¹²⁾、T-Nの高い値の時間帯は炊事、入浴の時間帯と一致している。

3. 水質の相関について

CODとBODの関係、MBASとT-Pの関係をみると、表3, 図2, 3のようであった。

CODとBODは高い相関関係があるといわれているが、今回も相関係数 $r=0.927$ と高い相関があった。

MBASとT-Pは相関係数 $r=0.766$ と相関関係がみられ、特に11月には $r=0.901$ と高い相関がみられた。家庭雑排水のリンは主として洗剤に由来すると言える。

4. 負荷量について

各成分について負荷量を求め図4に示した。実測値のない時間は前後の測定の交点から求めた。

7月と11月の負荷量を比べてみると、(11月の負荷量/7月の負荷量)×100の値でBODは116, T-N 136, T-P 107, MBAS 67.3, n-Hex. 抽出物 188, SS 610 および COD 125 となり MBAS 以外は11月の負荷量の方がわずかに増加している。11月の調査日には雨水が流入したことから、家庭雑排水以外の起原による増加と思われる。

一日一人当たりの負荷量をみると、BODは7月25.6 g 11月28.3 g, T-Nはそれぞれ1.43, 1.86 g, T-Pは0.48, 0.49 g および MBASは4.67, 2.96 g であった。

家庭雑排水の汚濁原単位を幾つかの文献値^{8, 11, 13~15)}で

みると BOD は 20~30 g/人・日、窒素 2~3 g/人・日、リンは 0.5~1.0 g/人・日であり、今回の調査値を比べてみると、BOD は原単位に近い値であるが、窒素、リンについては原単位に比べ約 50% と低い負荷量を示した。

生活排水の窒素、リン負荷量を文献値¹⁴⁾から、し尿と雑排水の比率として算出すると、表 4 に示す様になり、生活排水中雑排水の占める窒素、リンの負荷量はそれぞれ

17%、42% である。そこで昭和 50、51 年に当研究所で調査した²⁾合併処理施設流入水の負荷量を用いて、今回調査の雑排水の比率をみてみると、表 5 に示すとおりであり、雑排水の占める窒素、リンの負荷の割合はそれぞれ 19%、45% となり文献のそれに近い値であった。調査時間が 18 時間、前述のように生活活動開始時間が朝早かったことから、幾らかのロスはあるが、本県の家庭雑

表 3 家庭雑排水水質の相関係数と回帰式

	月	N 検体数	r 相関係数	α^*	回 帰 直 線
COD-BOD	7	14	0.927	0.652	BOD=18.98+2.31 COD
	11	14	0.950	◇	BOD=15.52+3.65 COD
	7, 11	28	0.927	0.479	BOD= 7.86+2.53 COD
MBAS-T-P	7	14	0.662	0.652	T-P =0.40+0.09 MBAS
	11	14	0.901	◇	T-P =0.08+0.14 MBAS
	7, 11	28	0.766	0.479	T-P =0.26+0.10 MBAS

* α : 1% (N-2) で有意水準を示す相関係数

表 4 生活排水の窒素、リン負荷量に占めるし尿と雑排水の比率 (1)

	Ng/人・日	%	Pg/人・日	%
生活排水合計	12.84	100	1.949	100
雑排水	2.19	17	0.814	42
し尿	10.65	83	1.135	58

表 5 生活排水の窒素、リン負荷量に占めるし尿と雑排水の比率 (2)

	Ng/人・日	%	Pg/人・日	%
合併処理施設流入水	7.5	100	1.1	100
今回調査家庭雑排水	1.4	19	0.5	45
差(し尿)	6.1	81	0.6	55

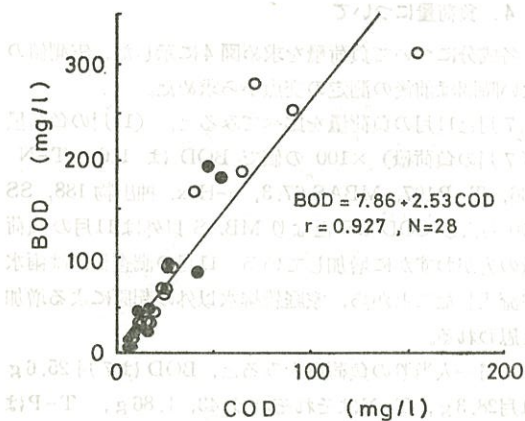


図 2 家庭雑排水の COD と BOD の関係

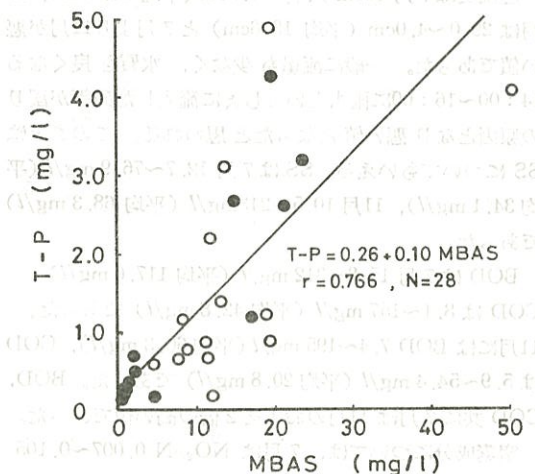


図 3 家庭雑排水の MBAS と T-P との関係

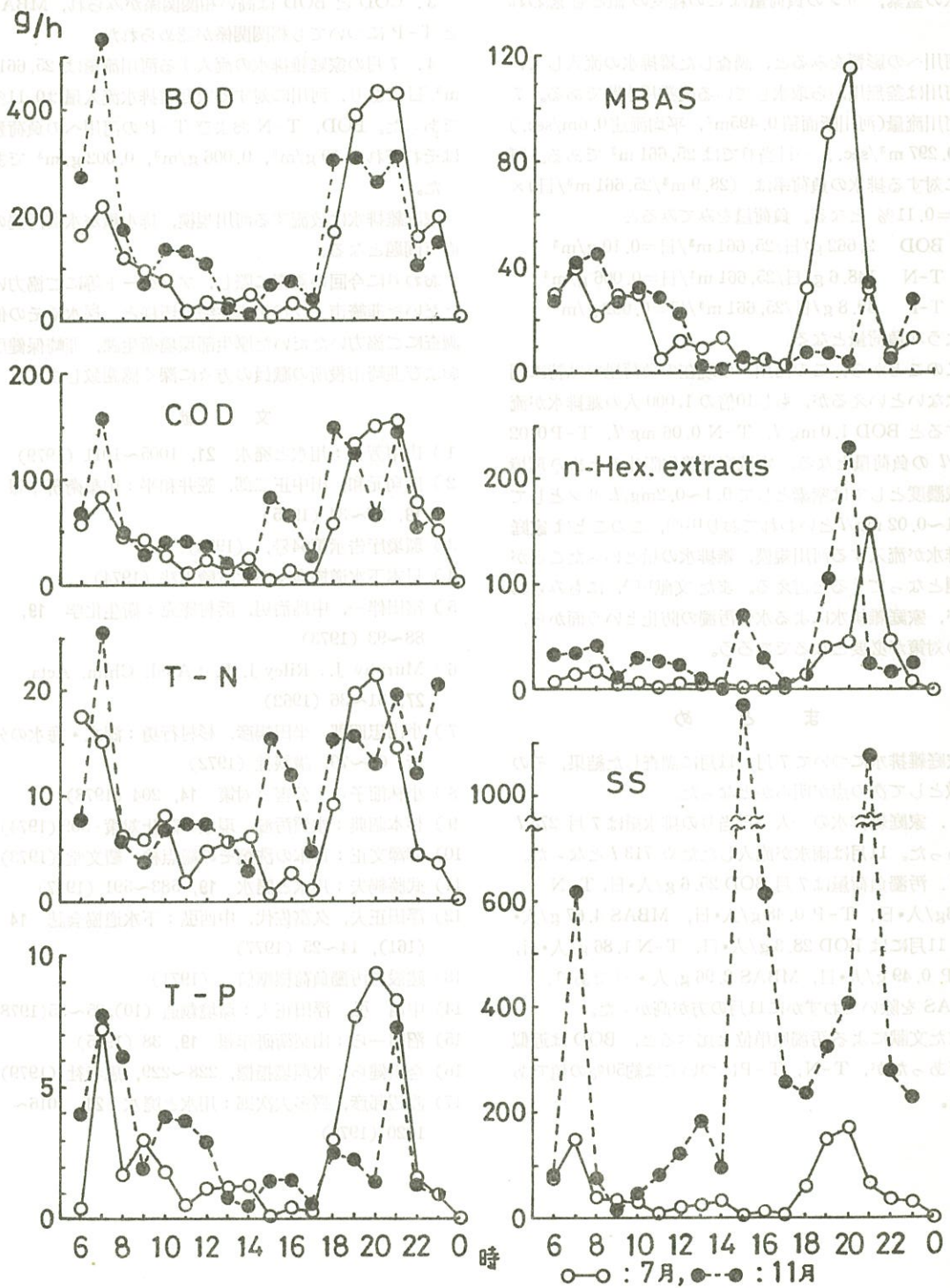


図4 家庭雑排水負荷量の経時変化

排水の窒素，リンの負荷量はこの程度の値とも思われる。

河川への影響をみると，調査した雑排水の流入している河川は釜無川から取水している農業用水路である。7月河川流量(河川断面積 0.495m^2 ，平均流速 0.6m/sec.)は $0.297\text{m}^3/\text{sec.}$ ，一日当りでは $25,661\text{m}^3$ である。河川に対する排水の負荷率は $(28.9\text{m}^3/25,661\text{m}^3/\text{日})\times 100=0.11\%$ となる。負荷量をみてみると

BOD $2,662\text{g}/\text{日}/25,661\text{m}^3/\text{日}=0.10\text{g}/\text{m}^3$

T-N $148.6\text{g}/\text{日}/25,661\text{m}^3/\text{日}=0.006\text{g}/\text{m}^3$

T-P $49.8\text{g}/\text{日}/25,661\text{m}^3/\text{日}=0.002\text{g}/\text{m}^3$

のような負荷量となる。

このことから，この河川への現在の負荷量では特に問題はないといえるが，もし10倍の1,000人の雑排水が流入するとBOD $1.0\text{mg}/\text{l}$ ，T-N $0.06\text{mg}/\text{l}$ ，T-P $0.02\text{mg}/\text{l}$ の負荷量となる。水域富栄養化阻止のための環境水域濃度としては窒素として $0.1\sim 0.2\text{mg}/\text{l}$ ，リンとして $0.01\sim 0.02\text{mg}/\text{l}$ といわれており^{11,16)}，このことは家庭雑排水が流入する河川規模，雑排水の量といったことが問題となってくると言える。また文献¹⁷⁾，にもみられるが，家庭雑排水による水質汚濁の防止という面から，その対策が必要となるであろう。

ま と め

家庭雑排水について7月，11月に調査した結果，その特徴として次の点が明らかとなった。

1. 家庭雑排水の一人一日当りの排水量は7月 278l であった。11月は雨水が流入したため 713l となった。

2. 汚濁負荷量は7月BOD $25.6\text{g}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，T-N $1.43\text{g}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，T-P $0.48\text{g}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，MBAS $4.67\text{g}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，11月にはBOD $28.3\text{g}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，T-N $1.86\text{g}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，T-P $0.49\text{g}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，MBAS $2.96\text{g}/\text{人}\cdot\text{日}$ であり，MBASを除いてわずかに11月の方が高かった。

また文献による汚濁原単位と比べると，BODは近似値であったが，T-N，T-Pについては約50%の値であった。

3. CODとBODは高い相関関係がみられ，MBASとT-Pについても相関関係が認められた。

4. 7月の家庭雑排水の流入する河川流量は $25,661\text{m}^3/\text{日}$ であり，河川に対する家庭雑排水流入量は 0.11% であった。BOD，T-NおよびT-Pの河川への負荷量はそれぞれ $0.10\text{g}/\text{m}^3$ ， $0.006\text{g}/\text{m}^3$ ， $0.002\text{g}/\text{m}^3$ であった。

家庭雑排水は放流する河川規模，排水量が水質汚濁の面で問題となる。

おわりに今回の調査に際し，アンケート等にご協力いただいた斐崎市一ツ谷市営住宅の皆様と，採水やその他調査にご協力いただいた厚生部環境衛生課，斐崎保健所および斐崎市役所の職員の方々に深く感謝致します。

文 献

- 1) 山中芳夫：用水と廃水 21, 1005~1011 (1979)
- 2) 庄司元和，田中正二郎，笠井和平：山梨衛研年報 19, 27~34 (1975)
- 3) 環境庁告示第64号，(1974)
- 4) 日本下水道協会：下水試験方法 (1974)
- 5) 富田伴一，中島治男，浜村憲克：衛生化学 19, 88~93 (1973)
- 6) Murphy J., Riley J. P. : Anal. Chim. Acta. 27, 31~36 (1962)
- 7) 小山忠四郎，半田暢彦，杉村行勇：湖水・海水の分析，69~70，講談社 (1972)
- 8) 小林節子ら：公害と対策 14, 204 (1978)
- 9) 杉本昭典：水質汚濁 -現象と防止対策- 509 (1974)
- 10) 柳澤文正：日本の洗剤その総点検，續文堂 (1973)
- 11) 武藤暢夫：用水と廃水 19, 583~591 (1977)
- 12) 浮田正夫，久富佐代，中西弘：下水道協会誌 14 (161), 14~25 (1977)
- 13) 建設省汚濁負荷標準値 (1971)
- 14) 中西 弘，浮田正夫：環境創造 (10), 25~35 (1978)
- 15) 沼田一ら：山梨衛研年報 19, 38 (1975)
- 16) 合田健ら：水環境指標，228~229，思考社 (1979)
- 17) 渡辺邦彦，喜多大次郎：用水と廃水 21, 1016~1020 (1979)