家庭雑廃水による物質負荷量の検討

三宅 紀治*

I 緒 言

近年、河川の水質汚濁が進行するにつれて、その汚濁源は環境庁(1975)によると工・鉱業など産業排水によるものばかりでなく、住宅地化とともに生ずる家庭排水に起因する場合が注目されている。

人間の生活活動に伴って生産される溶存物質の定量的考察としてこれまで、小林ほか(1970)は1人1日当たりに排出されるし尿中の主な無機溶存物質量を求めており、加藤・志田(1970)は堰流量、水質濃度の連続観測によりいくつかの溶存物質についての送流量を算出している。また大井・田中(1972)は都市河川における流量、水質濃度観測結果から物質収支式を用い、家庭排出による排出量の原単位を推定、検討した。

だが後2者の研究では、住民の使用する井戸水、水道水などの生活用水に由来、溶存している物質量を含めたまま定量的考察を行なっている。そのため、生活用水の水質濃度によっては結果が異なってくる場合もありうる。

II 調査目的と調査域の選定

本稿においては、異質の水が混合しても、それぞれに溶存していた各物質の絶対量は変化しないという仮定のもとに、日常生活という消費活動が河川水質に与える影響を知る目的で、し尿を除く排水(ここでは家庭雑廃水と称した)を対象に小住宅域排水口における流量、水質濃度の連続測定を実施した。また調査域人口、年齢構成、食事・洗濯時間帯、年収などの生活活動状況を考慮することにより、家庭雑廃水に含まれる無機溶存物質、T-N(総窒素)、ABSなどについて水質濃度日変化パターン、1人1日当たりの排出量の原単位を求めることとした。

調査目的にかなう調査域を選定するにあたって注意した点をまとめると以下の通りである。

(1) 社会的、水文的条件が等質な住宅域であり、その中に水利用を異にし、特殊な物質を廃棄する工場、畜舎、学校、ガソリンスタンド、魚屋、八百屋などの事業場があってはならない。

(2) 各家庭が井戸水のように地域により異なる水質を持つ用水を使用している場合は、排出の原単位を求めにくくなるので、調査域の住民は水道水、簡易水道水のような同一水源である生活用水を使用していること。

(3) 家庭雑廃水の排水システムが単純であり、観測、採水地点まで浸透などによる漏出がなく、採水、流量観測が容易に行なえる排水口を有すること。

以上の条件を満たす調査域として、東京都八王子市大塚団地を選定した。

III 調査域と調査内容

大塚団地は第1図に示す通りであり、第三紀層か

第1図 調査域図

* 国際気象海洋株式会社

らなる丘陵地を刻む谷を造成して作られたものである。団地およびその付近は多摩川水系大栗川支流の晩壮年期多摩丘陵谷部にあり(寿円, 1969), 谷頭部には湧水が認められ, 支流への基底流出となっている。また流域内には水田のなごりがあるが調査時より数年前から全く耕作しておらず, 水田付近の表流水は調査対象排水管へ流入しない。

住宅地から排出される家庭雑廃水は団地内道路わきにある雨水(側)溝, あるいは道路下の暗渠排水路に集水し, 2箇所の排水口 No. 1, No. 2 へと流下する。生活用水は団地北西部上端にある深さ約50mの深井戸により, 深層地下水が揚水され団地へ給水されている。また個人所有の井戸は存在しない。

排水口 No. 1 へは流域右部から若干の湧水が流入するが No. 2 へは流入せず, また調査を降雨後1週間以上経過した時期に行なったので雨水流出は認められなかった。したがって, 排水口 No. 1, No. 2 へは, ほとんど使用された深井戸水が流出することになり観測時にこの深井戸水をあらかじめ団地内で数点採水し, 水質濃度を測定し¹⁾, さらに排水口 No. 1 へ流入する湧水の水質濃度および湧水量を考慮すれば, 団地住民の生活によって負荷された排出量の原単位が求まることになる。団地人口など人文的状況は第1表に示す通りである。家屋は二階建て, 平屋が約半々であり, さらに当団地はやや都市郊外にあることから, ほとんどの家庭が自家用車を所有しており, 洗車は通常ガソリンスタンドで行なうが, 約半数は1~2週間に1回程度, 土・日曜に家庭で実施している。また団地のし尿はすべてくみ取り式に

より処理され, 浄化槽を用いる家庭は存在しない。

観測・採水は昭和47年11月27日(日)16:00~28日(月)15:00に実施した。観測時間は水質濃度, 排出量変動の少ないと思われる21:00~5:00にわたっては2時間ごと, 他の時間帯については1時間ごとに採水・流量測定を行なった²⁾。ただし, ABSについての採水・流量測定は同年8月27日(日)17:00~28日(月)15:00にも実施した。測定項目と方法は以下の通りである。

(1) 現場測定項目

水温: 水銀棒状温度計(後に標準温度計で検定)

電気伝導度: 淡水用電気水質計

pH・RpH: 比色法

排水口流量: 容器に集水後メスシリンダーで測定

(2) 実験室分析項目

K⁺: 炎光光度法

Ca²⁺, Mg²⁺: EDTA 硬度法

Cl⁻: 硝酸第二水銀法, モール法を併用

4.3 Bx: 硫酸滴定法

T-N: ケルダール法

ABS: メチレンブルーとの複合体をクロロホルム層に移し, アニオン界面活性剤を定量する方法

また ABS 検水には前処理として AgCl₂ を加え, T-N 検水と同様, 現場で冷凍した。なお, 水質分析に際しては検水を遠心分離機などにかけ懸濁物を除去した。

IV 家庭雑廃水水質濃度とその日変化

測定した流量, 水質濃度日変化を第2図に示した。

(1) 流量 排水口流量は朝食およびその片づけ, 洗濯, 夕食の片づけ, 入浴といった活動を反映して No. 1, No. 2 とも 8:00, 20:00 にはほぼ最大となっている。1:00~5:00における時間帯は1日のうちで最低値を示している。ただ No. 1 においては前述したように, 流域湧水が約 0.35 l/sec 流入しているため, 湧水の流入しない No. 2 に比べて, その流量は約2倍の値となっている。

(2) 電気伝導度 No. 1, No. 2 とも 17:00~21:00, 7:00~10:00 に比較的高くなっており, 流量変化傾向と類似している。夜間では1:00~5:00に最低値を示すが No. 2 では流域からの湧出がないため, No. 1 に比べ, 希釈効果がなく高い値を持つ。

第1表 大塚団地人文的状況
(1972年11月)

住宅軒数	158軒
人 口	595人
平均人口/戸	3.77人/戸
昼間平均人口(老人, 主婦, 幼児等)	239人
小・中・高・大学生	151人
起床~朝食時間	6:00~7:30
昼食時間	12:00~13:00
夕食~入浴時間	19:00~22:00
洗濯時間	8:00~9:30
風呂所有軒数	158軒
個人所有井戸	なし
浄 化 槽	なし
年収/戸	250万円

第2図 排水口における水質濃度日変化
ABS*: 昭和47年8月27日～8月28日 第2表, 第3,4図も同表示

この傾向は以下の各溶存物質濃度変化についても言える。

- (3) K^+ , Cl^- : 午前よりも夜間に高濃度を示す。
- (4) Ca^{2+} , Mg^{2+} , 4.3Bx: 比較的日変化が少ない。
- (5) T-N, ABS: 午前, 夜間に高濃度を示すが, ABSは洗濯時間帯との関係で午前中にやや高濃度となっている。

V 家庭雑廃水流量と水質濃度

排水口流量は午前中に最大となるが, 水質濃度は物質によっては必ずしも流量に比例しないものも認められる。流量と水質濃度との関係を第3図に示した。相関の程度はまちまちであるが, 電気伝導度, ABSが比較的良好な相関を呈している。それ以外は K^+ , Cl^- などのように時間帯によって廃棄される程度が

第3図 排水口流量と水質濃度

異なり、水質濃度が流量と比例して日変化をしない場合もあり、流量と水濃度との相関性は良くない。

VI 家庭雑廃水における K^+ , Cl^- , ABS, T-N の排出量の原単位

団地住民の使用する深井戸水質濃度、排水口 No. 1 については湧出量と湧水水質濃度を実測し、以下の物質収支式を用い、 K^+ , Cl^- , ABS, T-N の家庭雑廃水による排出量の原単位を求めた³⁾。

排水口 No. 1

$$X_1 = C_1 Q_1 - \{C' Q' + C'' (Q_1 - Q')\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 X_1 : 排水口 No. 1 での家庭雑廃水によ

る排出量

C_1 : 排水口 No. 1 での水質濃度

Q_1 : 排水口 No. 1 での流量

C' : 排水口 No. 1 に流出する湧水水質濃度

Q' : 排水口 No. 1 に流出する湧水流量

C'' : 団地住民の使用する深井戸水質濃度

排水口 No. 2

$$X_2 = Q_2 (C_2 - C'') \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 X_2 : 排水口 No. 2 での家庭雑廃水による排出量

Q_2 : 排水口 No. 2 での流量

C_2 : 排水口 No. 2 での水質濃度

第4図 家庭雑廃水を起源とする物質排出量日変化

第2表 家庭雑廃水を起源とする単位時間当たりの物質排出量

	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00
Discharge l/sec	2.01	2.54	2.78	1.61	4.16	2.03	1.19	0.47	0.46	1.45
K ⁺ mg/sec	3.40	10.09	11.05	9.65	15.16	5.20	1.23	0.19	0.14	0.66
Cl ⁻ mg/sec	11.86	34.61	55.77	53.34	74.00	30.96	9.83	0.52	1.15	3.57
T-N mg/sec		17.79		21.93		20.55	7.84	3.56	2.11	6.80
ABS mg/sec		24.58		37.32		34.37	16.26	4.31	3.59	11.48
ABS* mg/sec		27.13		34.37		30.23	9.35	1.87	1.55	2.76
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
Discharge l/sec	2.45	3.40	8.23	5.43	6.95	4.06	1.60	1.04	0.94	1.31
K ⁺ mg/sec	1.02	3.95	11.08	5.74	8.85	4.75	3.42	2.54	2.00	2.01
Cl ⁻ mg/sec	7.09	49.14	102.96	40.85	54.73	32.50	12.07	16.33	11.02	13.34
T-N mg/sec		33.44		53.96		15.67		6.99		7.88
ABS mg/sec		30.10		103.88		82.91		9.45		10.21
ABS* mg/sec		60.37		113.34		47.58		14.83		36.42

であり、

$$\left(\begin{array}{c} \text{単位時間当たり} \\ \text{排出量の原単位} \end{array} \right) = \frac{X_1 + X_2}{(\text{人口})} \dots\dots\dots (3)$$

となる。

また ABS は天然に存在しないので、排出量はすべて家庭雑廃水起源と考えた。T-N も家庭雑廃水起源とみなした。

1) 排出量日変化

(1), (2)式により求めた No. 1, No. 2 における家庭雑廃水を起源とする単位時間当たりの排出量の合計値 $X_1 + X_2$ を第 2 表, 第 4 図に表わした。水質濃度日変化パターンと比較した排出量日変化は, T-N, ABS のように午前中に高濃度を示すものは, 午前中の流量が多いため排出量も同様に午前中に多くなる。 K^+ は水質濃度日変化と類似し, 夜間に高排出量を示す。また Cl^- の排出量は午前中にピーク値を持つ。

2) 1 人 1 日当たり排出量の原単位

(3)式から得た値を 1 日の値に換算し, さらに大塚団地人口を考慮して求めた排出量の原単位は, 水使用量; 351 l/人・日, K^+ ; 0.65 g/人・日, Cl^- ; 3.89 g/人・日, T-N; 2.40 g/人・日, ABS; 4.46~4.60 g/人・日であった。

V ま と め

家庭雑廃水による無機溶存物質, T-N, ABS などについて水質濃度日変化, 日排出量変化, 1 人 1 日当たりの排出量の原単位を知る目的で東京都八王子市大塚団地を選び, 昭和 47 年 11 月 26 日~27 日に観測調査を行ない考察を加えた。

その結果, 家庭雑廃水水質濃度日変化は午前中に高濃度を示す T-N, ABS, 夜間に高濃度を示す Cl^- , K^+ , 顕著な日変化をしない Mg^{2+} , Ca^{2+} , 4.3 Bx に大別される。日排出量変化は, おおよそ水質濃度日変化と類似しており, T-N, ABS は午前中に排出量が多く, Cl^- は午前中にピーク排出量を示す。また K^+ は夜間に高排出量を持つ。

家庭雑廃水による 1 人 1 日当たりの排出量の原単位は, 水使用量; 351 l/人・日, K^+ ; 0.65 g/人・日, Cl^- ; 3.89 g/人・日, T-N; 2.40 g/人・日, ABS; 4.46~4.60 g/人・日であった。

本調査を進める上で, さらに本稿を草するにあたり, 東京教育大学の山本荘毅先生には御指導を賜り心より感謝申し上げる次第であります。また筑波大学の市川正己

先生, 東京教育大学の榎根 勇先生を始めとする諸先生からは貴重な御教示をいただいた。

現地調査, 水質分析に際しては森 和紀(三重大), 田場 譲(日本大), 吉田幸男(ライオン油脂), 上田敏夫(一橋高), 大庭孝夫, 井上清美(東京教育大), 久保隆久(日本交通公社)の各氏からは多大な御援助をいただいた。ここに記して謝意を表する次第です。本稿は 1972 年度東京教育大学修士論文の一部を加筆修正したものである。

(投稿 1976 年 8 月 16 日)

(受理 1976 年 10 月 30 日)

注

- 1) 団地上・下流域家庭にて採水した深井戸水水質濃度の違いが数%以内であり, 有意な差が認められなかったため, これらの平均値を深井戸水水質濃度とした。
- 2) T-N, ABS については毎奇数時に採水を実施した。
- 3) Mg^{2+} , Ca^{2+} , 4.3 Bx などは脂肪酸(たとえば石けん, 油)などと反応し, 不溶性塩を作りやすいため排出量計算から除いた。

文 献

- 寿円晋吾(1969): 多摩丘陵西部の地質と地下水, 首都圏における河川および地下水の水収支に関する水文学的研究報告書, No.3, 145~150.
- 環境庁(1975): 『環境白書』182p.
- 加藤武雄・志田 勇(1970): 山形市馬見が崎川扇状地における農業用水堰の水質汚染に関する社会地球化学的研究——文部省科学研究費(特定研究)水文学——。人類活動による水質の変化に関する研究報告, 90~96.
- 小林 純・森井ふじ・村本茂樹・中島 進(1970): 人類活動による水質の変化に関する研究——文部省科学研究費(特定研究)水文学——。人類活動による水質の変化に関する研究報告, 97~110.
- 大井節男・田中哲治郎(1972): 河川の水質汚濁機構の解明について——多摩川支流の宇奈根川をモデルとして。農土誌, 40, 682~687.

A STUDY OF LOAD IN DOMESTIC DRAINS

Noriharu MIYAKE*

Stream water pollution due to domestic wastes has been noticed recently with the increase of residential area in the suburbs. In this paper, some dissolved substances in the drain water were studied, and the daily variation of water concentration and the amount of load per person per day in the domestic drains excluding raw sewage, or human excrements, were measured in a small residential area near Tokyo.

The discharge of water from the drains shows a maximum peak at 8:00 a. m. and another smaller peak at 8:00 p. m. Electric conductivity is high from 7 to 10 a. m. and from 5 to 9 p. m. Total-nitrogen and ABS have their concentration peaks in the morning, Cl^- and K^+ have their concentration peaks in the evening, and Mg^{2+} , Ca^{2+} and 4.3 Bx do not have noticeable daily variations.

Daily variations of the discharge of K^+ , total-nitrogen and ABS are similar to those of concentrations. Only the discharge of Cl^- has its peak in the morning.

The unit load per person per day is revealed to be as follows, K^+ ; 0.65 g, Cl^- ; 3.89 g, total-nitrogen ; 2.40 g, and ABS ; 4.46~4.60 g.