

7. 生活排水による有馬川の汚濁実態調査

Investigation of Water Pollution Due to Wastewater in Arima River

小池 順一	Junichi KOIKE
山田 健二郎	Kenjirō YAMADA
林 幸子	Sachiko HAYASHI
永田 正信	Masanobu NAGATA
山田 茂	Shigeru YAMADA

1 はじめに

近年、市内中小河川の汚濁が著しいが、これは宅地開発等による流域人口の増加に伴い河川に流入する家庭雑排水の増加に起因している。そこで、河川の水質浄化対策の資料とするために、市内河川の中でも特に生活排水による汚濁が著しいとされる有馬川について汚濁実態調査を行い、生活排水による河川汚濁の状況を把握するとともに、実測値から求めた河川汚濁負荷量と流域人口から割り出した排出汚濁負荷量との比較検討を行った。

2 有馬川の概況

有馬川は図1に示すように市内西北部に位置する鶴見川系の上流支川であり、流域面積 5.1 km²、流路延長 5.4 km の小河川である。流域人口は約 4,400 人で、上流ではここ数年マンションの建設等宅地の開発が進み人口の増加が著しい。また、中流域には大きな団地があり、下流域では住宅が密集している。この流域には、特定事業場などで特に大きなものはない。そして、下水道未整備の住宅地帯を流れる有馬川は、生活排水に汚染された典型的な都市型河川である。

3 調査方法

3-1 調査地点及び期日

有馬川流域の予備調査を昭和57年6～7月にかけて行った結果、本調査地点としては図1に示すように上流から下流までの間に5地点を選定し、夏季は昭和57年8月5日、及び、8月19～20日の2回、冬季は昭和57年12月13～14日の1回、流量及び水質の通日調査を行った。

3-2 調査項目及び分析方法

調査項目は、流量、PH、BOD、COD、SS、T-N、T-P、PO₄-P、MBAS、TOC、Cl⁻、DO、気温および水温である。流量については、調査地点の状況から測定しやすいウキを流して流速を求め、これに河川断面積を乗じて算出した。水質分析方法は表1に示すとおりである。

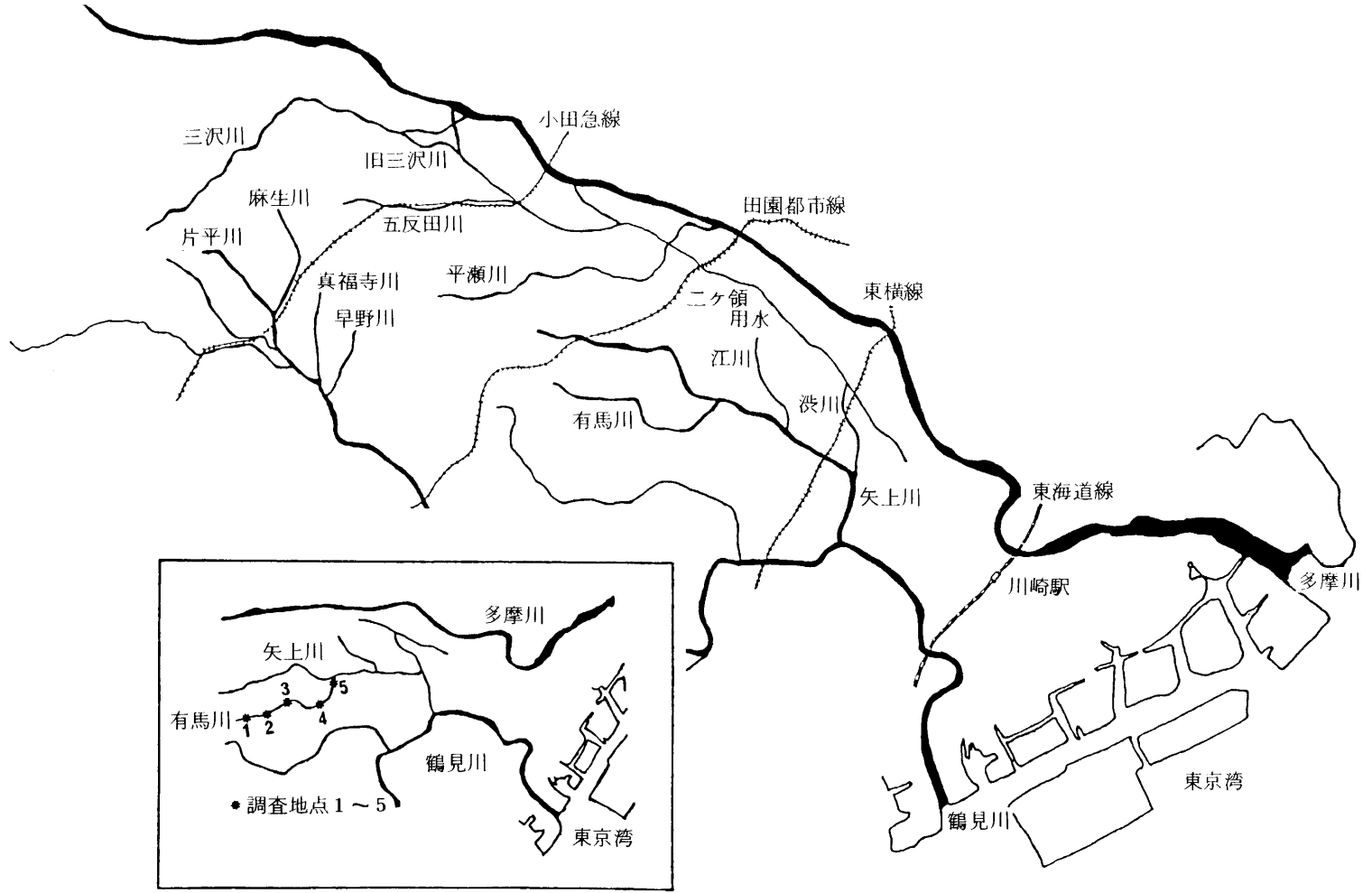


図 1 調 査 地 点

表1 分析 方 法

分析項目	分 析 方 法
気 温	JIS K0102 の 7.1 の方法
水 温	同 上 の 7.2 の方法
流速・流量	JIS.Z8764の方法
PH	JIS K0102の12.1の方法
BOD	同 上 の21の方法
COD	同 上 の17の方法
SS	同 上 の14の1の方法
T-N	オートクレーブ分解後UV吸光々度法
T-P	オートクレーブ分解後モリブデン青法
PO ₄ -P	モリブデン青法
MBAS	JIS K0102 の 30の1の方法
TOC	同 上 の 22の方法
Cl ⁻	上水試験法37の方法
DO	JIS K0102 の 32の3の方法

4 調査結果

夏季、冬季の調査結果を図と表にまとめるとともに、流量と水質の経時変化、地点別水質変化、河川汚濁負荷量について検討を行った。また、流域の汚濁発生負荷量を原単位を用いて算定し、実測負荷量との比較を行い、河川浄化について考察した。以下にその結果を示す。

4.1 流 量

有馬川のSt5における流量の経時変化を図2に示し、図3には地点別流量縦断変化を示した。夏季、冬季とも地点別の流量変化は、午前と午後ピークがみられ、炊事、洗たく、風呂などで多量の水を使用する生活パターンと一致していた。各測定地点での流量の増減は、上流から下流に向い時間のズレがあり、最上流部では午前9時頃に最大ピークがあり、最下流部では午前10時頃に最大ピークであった。また、最上流部から最下流部に向けて、ウキ及び色紙を流して流達時間を測定したところ、全長5.4 Kmの流達時間は約3時間であることがわかった。最下流部St5における夏季と冬季の流量の違いをみると、夏季3,110,000 m³/日、冬季2,210,000 m³/日であり夏季は冬季に比べ1,100,000 m³/日(1.4倍)多かった。地点別では、特にSt3～5の区間の夏季に流量増が目立っている。これはSt3～5に至る流域にわずかに水田が残っており、農業用水として夏季のみ地下水を一日中汲み上げて使用しており、この水が約500,000 m³/日の割合で流入していたためである。地下水の流入のないSt1～3については、冬と比べ夏の方がやや流量が多くみられたが、その差は少くSt3において1,500 m³/日であった。

次に、有馬川の流量パターンが生活排水の排出パターンと一致していたことから、河川全流量に及ぼす生活排水の負荷割合を算出した。まず、河川の流量は湧水等の自然流量に生活排水が加わったものであると考え、自然流量は次の2つの方法から求めた。ひとつは人間の生活々動の始まる前の朝方

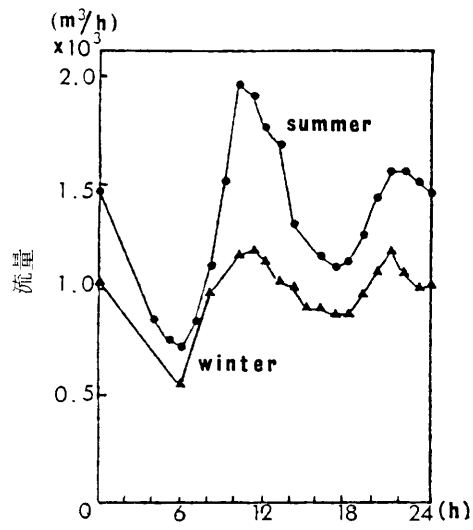


図2 有馬川における夏,冬の流量 (St, 5)

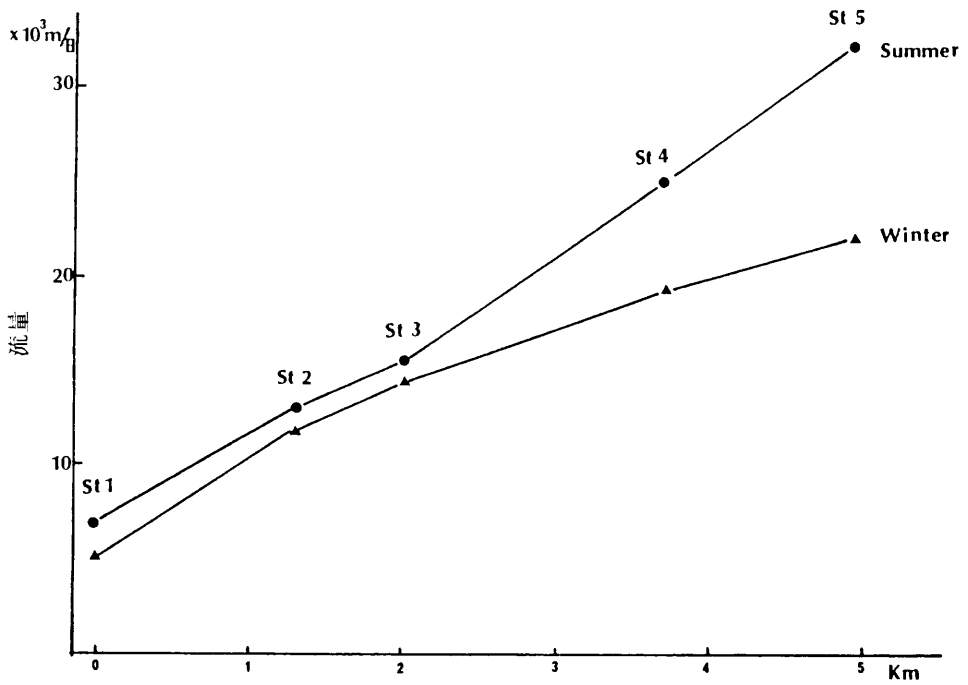


図3 有馬川の水量縦断変化

の最低流量を自然によるものとし、もうひとつは、全体の流量から一人当りの一日平均使用水量と流域人口を乗じたものを差し引いて自然流量と仮定する方法である。この両者により求められた値を比較すると、表2に示すとおりほぼ一致していた。そこで、河川全流量に対する生活排水の割合をみると、夏St5で生活排水が40%であったが、St5の冬、St3の夏、冬では50%近くを占めており、有馬川は流量の約半分を生活排水に依存していることを示していた。

表2 実測流量と自然流量

地点 季節		St 3		St 5	
		Summer	Winter	Summer	Winter
		実測流量	15600	14500	311000
自然流量	最低流量×24 $\frac{m^3}{h}$	7800	9000	17400	13200
	実測流量— 理論生活排水量	7600	6500	20300	11300

理論生活排水量：(合併処理施設利用家庭人口+単独し尿処理施設利用家庭人口)×250ℓ
+(し尿汲み取り利用家庭人口×200ℓ)

4.2 水質の日変動

有馬川のSt3,5における水質調査結果をまとめ表3に示した。夏、冬の水質の違いについて各項目ごとと比較してみると、T-Pを除くCOD, BOD, T-N, MBASは夏より冬の方が高くなっており、水質は冬の方が悪化しているといえる。次に各項目の経時変化をみるため一例として、St3と5における夏のBODの結果を図4に示した。これにみられるように、BODは河川流量と同様午前と午後ピークがみられた。この様な時間的濃度変化は、他の項目においても同様な傾向を示しており水質汚濁は生活パターンがそのまま反映していることがわかった。

表3 St 3, 5の水質測定結果

			mg/l						
			COD	BOD	TOC	T-P	T-N	SS	MBAS
St 3	Summer	MAX.	27	28	16	2.4	12	56	6.3
		MIN.	12	9.5	9.7	1.4	6.5	8	1.7
		AVE.	19	18	13	1.8	8.5	21	4.0
	Winter	MAX.	38	57	—	2.0	15	50	6.7
		MIN.	15	16	—	0.9	11	14	1.7
		AVE.	27	35	—	1.3	13	35	4.1
St 5	Summer	MAX.	40	23	17	1.8	22	31	3.9
		MIN.	10	7.5	11	1.2	5.8	5	1.7
		AVE.	19	14	13	1.5	9.1	12	2.7
	Winter	MAX.	56	45	—	1.9	19	65	5.1
		MIN.	14	11	—	0.7	8.5	11	2.3
		AVE.	28	27	—	1.1	12	24	4.0

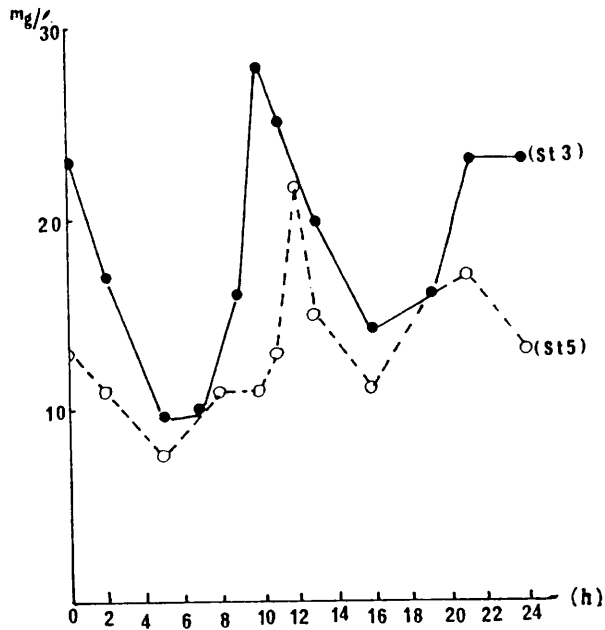


図4 有馬川のBOD経時変化 (St 3, 5)

4.3 実測負荷量

St3と5における水質各項目に流量を乗じて実測負荷量を求め、その経時変化を図5に示した。各項目の負荷量は水質結果と同様に日変動が大きく、午前と午後ピークがみられ生活パターンと一致していた。また、T-Pを除く他の項目はすべて冬に高い値を示しており、冬の方が負荷が大きいことを示している。

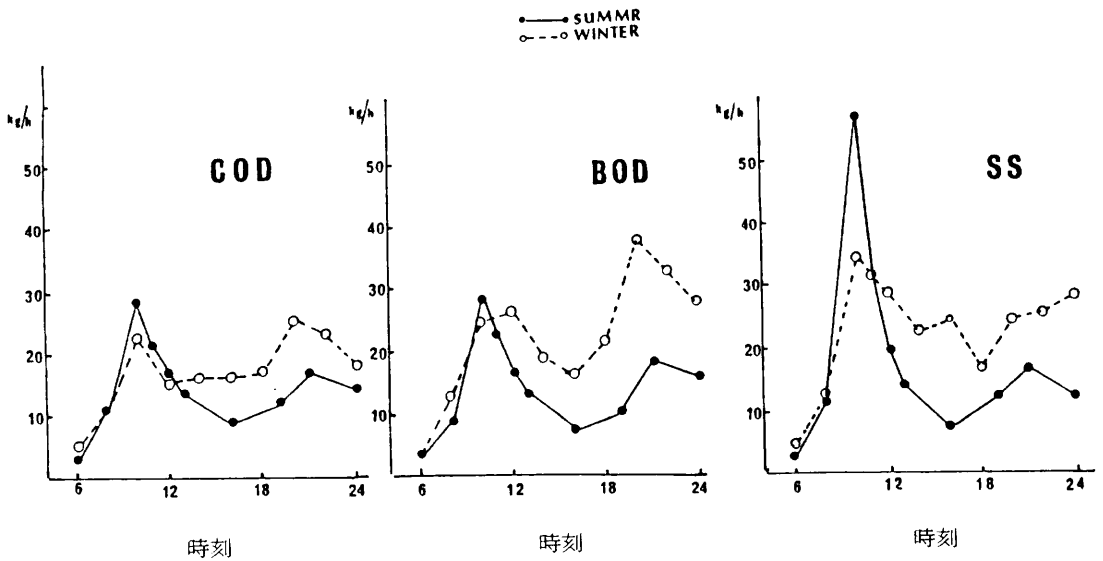


図5-1 季節別負荷量経時変化 (St, 3)

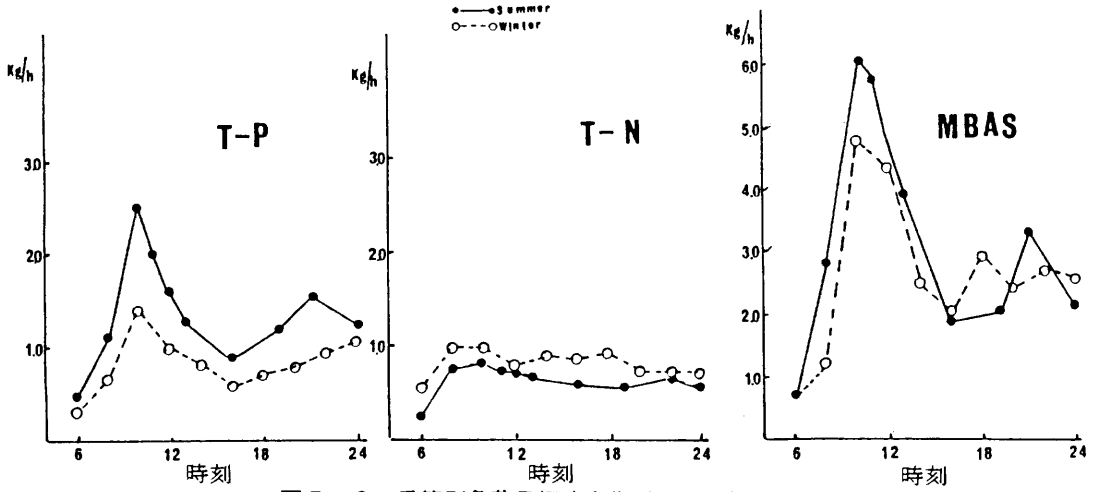


图 5-2 季節別負荷量經時变化 (St, 3)

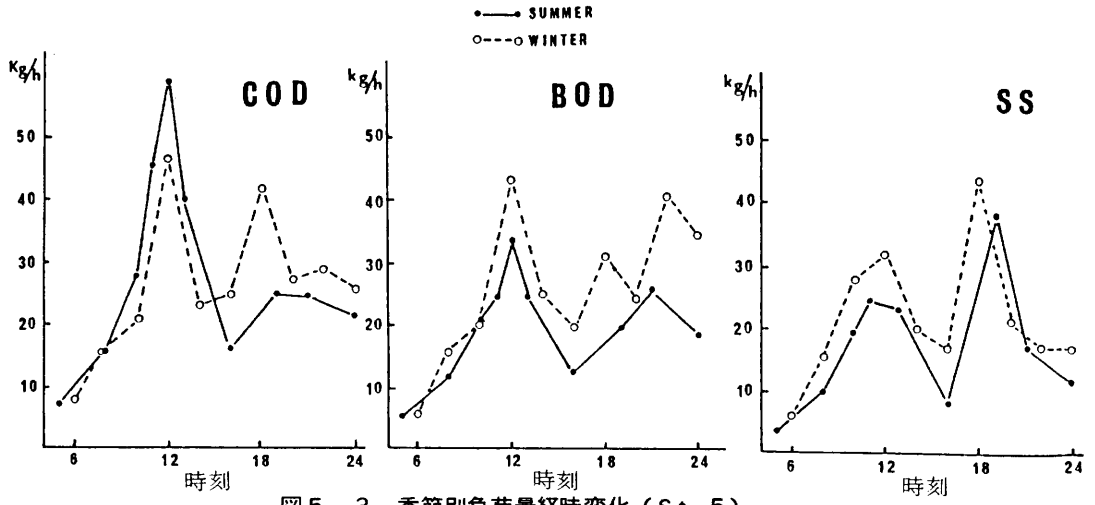


图 5-3 季節別負荷量經時变化 (St, 5)

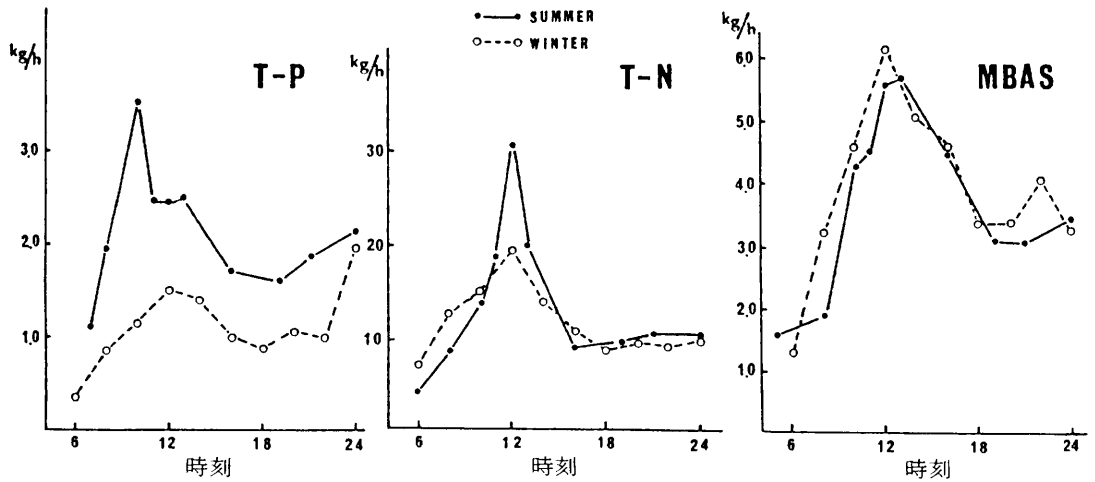


图 5-4 季節別負荷量經時变化 (St, 5)

4.4 算定排出負荷量

流域内における特定事業場数は27であるが、501人以上の合併浄化槽施設と学校等を除くとほとんどがクリーニング店やガソリンスタンド等で特に大規模の事業場はない。そこで、流域算定排出負荷量としては市内生活排水実態調査結果の1人当りの排出負荷原単位(表4)と、有馬川流域内し尿処理形態別人口(表5)から生活系の汚濁負荷量は原単位に利用人口を乗じて求めた。次に、生活系以外の負荷量については、川崎市の調査報告書の試算値と市内の二ヶ領流域調査における窒素・リン負荷割合の平均を用いて負荷量区分表(表6)をつくり、先に求めた生活系の負荷量に対する割合から算出した。

表4 生活排水排出負荷原単位

g/人・日

	COD	BOD	T-P	T-N	MBAS
合併浄化槽利用家庭	3.2	2.1	0.91	2.5	0.06
単独し尿浄化槽利用家庭	1.3	2.4	0.90	4.4	2.1
汲み取り利用家庭	8.2	1.9	0.35	0.88	2.1

表5 し尿処理形態別人口割合

%

地点	形態	単独し尿浄化槽利用家庭	汲み取り利用家庭	合併浄化槽利用家庭
St.5		6.7	1.6	1.7

表6 有馬川流域負荷量区分(試算)

%

項目	区分	生活系	事業場系	畜舎系	営業系	自然系
COD		79.9	0.4	0.8	18.8	0.1
BOD		80.9	0.2	0.5	18.3	0.1
T-N		75.0	0.3	0.6	24.0	0.1
T-P		80.4	0.4	0.6	18.5	0.1
MBAS		80.6	0.3	0.6	18.5	-

このようにして求めたSt3と5の算定排出負荷量と実測負荷量を表7に示し、さらに算定値と実測値の差を算定値で除した値を減少率として表7に示した。表7で負荷量を通覧するにT-Pを除く各項目は冬高くなっていた。また、減少率はT-Pを除いた各項目において冬の方が低かった。しかし、有馬川における夏及び冬を通じての平均減少率は、BOD54%、MBAS28%、T-P24%、COD14%、T-N6%の順でBODの減少率は著しかった。

表7 実測負荷量と算定排出負荷量

$$* C = (A - B) / A \times 100$$

項 目	COD		BOD		T-N		T-P		MBAS		
	St3	St5	St3	St5	St3	St5	St3	St5	St3	St5	
算定排出負荷量(A) Kg / 日	464	640	794	1114	222	275	36	46	79	114	
実測負荷量(B)	Summer Kg / 日	299	536	286	408	119	258	28	46	64	81
	Winter Kg / 日	377	565	493	558	118	258	19	24	55	85
* 減少率(C)	Summer %	36	16	64	63	46	6	22	0	19	29
	Winter %	19	12	38	50	47	6	47	48	30	26

4.5 河川中の浮遊物質に起因するBOD, COD, 窒素およびリンについて

河川水の浄化を考慮するうえで、浮遊物質(以下SS)の存在を無視することはできない。そこで、SSに起因するBOD, COD, 窒素およびリンについて検討を行った。SSに起因するBOD, COD, 窒素およびリンは、SSを含む試料とこれを濾過したる液(以下溶解性)のBOD, COD, 窒素およびリンを測定し、それぞれの差より求めた。St3と5において各項目ごとに溶解性とSSに起因するものとの割合を季節別にまとめ図6, 図7に示した。また、表8には1mg/l当りのSSが示すBOD, CODの濃度を示した。図7, 表8からSt3と5の地点間の差はあまりみられない。

各項目ごとのSSに占める割合を季節別にみると、CODは夏23~34%, 冬23~41%, BODは夏41~46%, 冬63~88%, 窒素は夏26%, 冬3~5%, リンは冬9%であった。以上の結果からBODとCODはSSに占める割合が多く、窒素とリンは溶解性に占める割合が多かった。このことから、河川浄化方法の1つとして、なんらかの方法でSSを除去することができればBOD, COD値もかなり下げることができる。

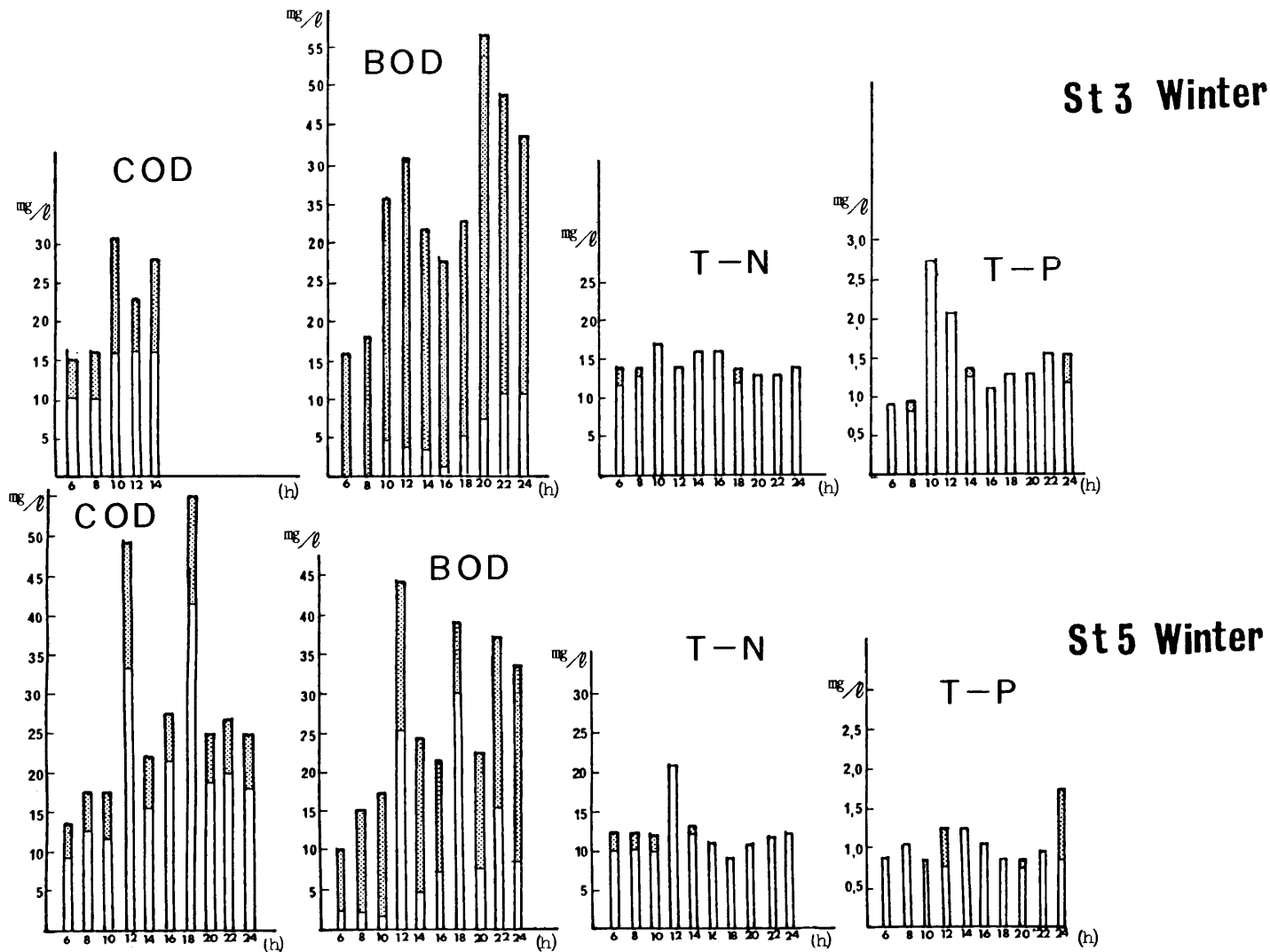
表8 SSと懸濁性COD, BODとの比率

季 節	項 目	St.3	St.5
Summer	COD	0.39	0.42
	BOD	0.49	0.58
Winter	COD	0.32	0.33
	BOD	0.90	0.90

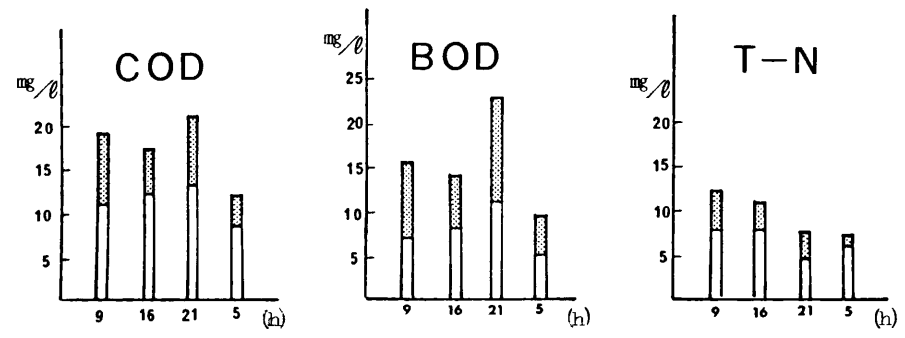
5 考 察

雑排水とは、いままでもなく生活雑排水のうちし尿を除いたものをいい、主なものには厨房、風呂場、洗たく場等からくるものである。これら雑排水は本来、し尿とともに下水処理場で処理すべきものであるが、現在有馬川流域では下水道が普及していない。有馬川流域でのし尿処理状況を人口比率で見ると、し尿と雑排水を一緒に処理する合併浄化槽利用人口はわずか17%で、単独し尿処理人口が67%で多く、残りは汲み取り利用の16%である。このように83%の家庭の生活雑排水が未処理のまま河川に排出されている。この処理形態別の排出負荷割合を図8に示した。図からもわかるように8割以上の汚濁の原因は生活排水にあり、有馬川の水質汚濁の要因は生活排水にあるので、早急にこれらの生活排水対策を実施する必要がある。そこで、この対策として生活排水を処理する合併処理への転換と河川におけるSSの除去を行った場合について検討した。まず、有馬川流域の生活排水がすべ

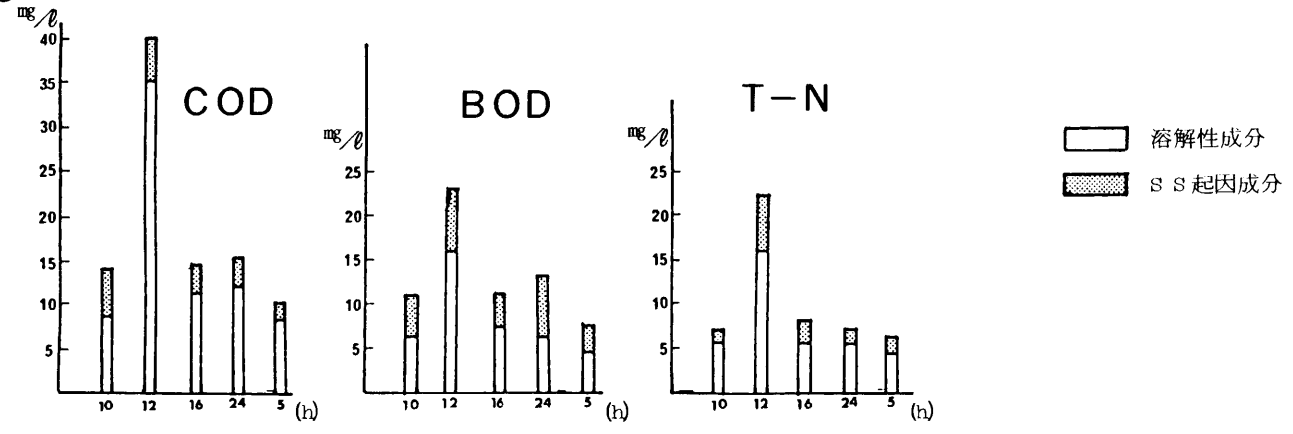
図6 各項目におけるSSの占める割合 (St 3, 5)



St 3 Summer

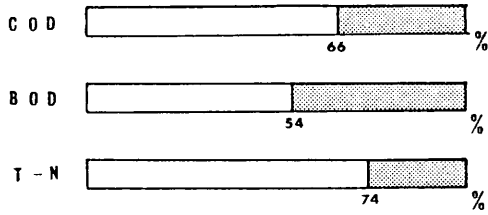


St 5 Summer

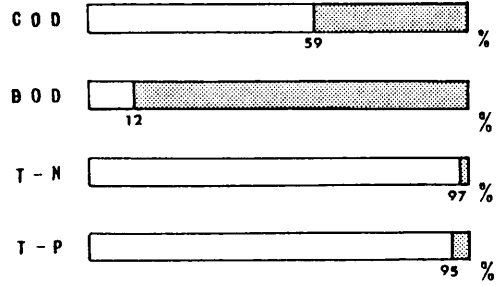


溶解性成分
S S 起因成分

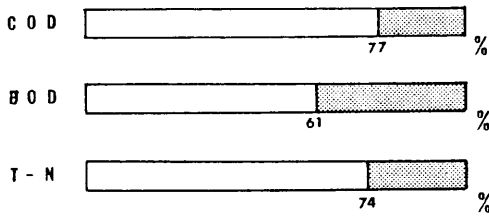
St 3 Summer



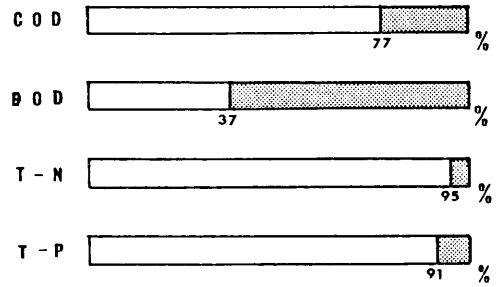
Winter



St 5 Summer



Winter



□ 溶解性成分
 ■ SS起因成分

図7 各項目別のSSの占める割合

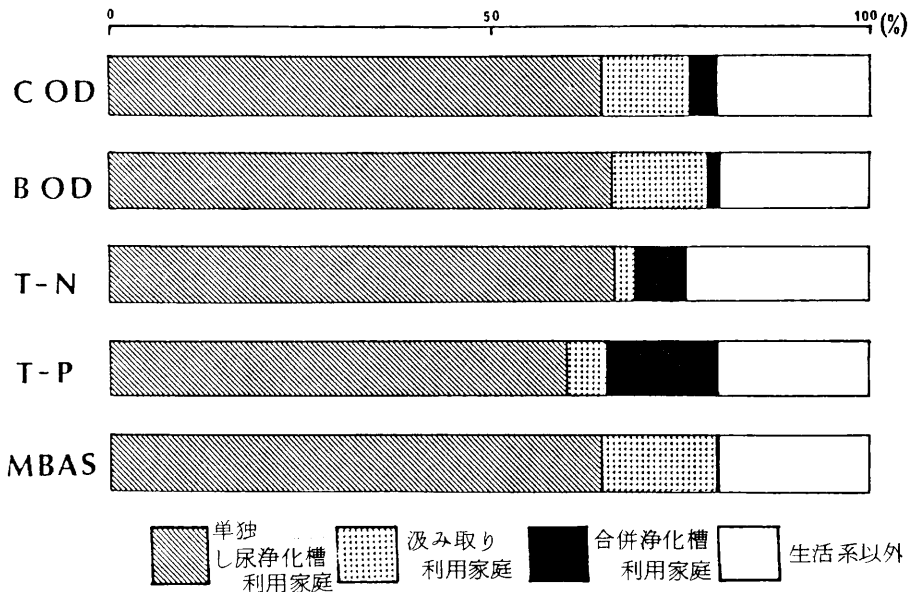


図8 有馬川流域の排出負荷量割合

て合併処理と同等の処理がなされたと仮定した場合の流域発生汚濁負荷量を求め、これに本調査の減少率を乗じて夏と冬の河川汚濁負荷量を算出するとともに、水量で除して年平均水質を求めた。また、SS除去時の負荷量は、St5における各項目の実測負荷量から図7のSSの割合分を除いて求め、これを水量で除して年平均水質とした。これらの結果は表9に示した。まず合併処理転換により、CODで58%、BODで72%、T-Nで42%、MBASで78%の負荷量が削減されると考えられる。

表9 有馬川の水質試算値

		COD	BOD	T-N	T-P	MBAS	
合併処理転換時の流域発生負荷量Kg/日		270	306	160	49	25	
合併処理転換時の負荷量と水質	Summer	Kg/日	227	113	150	49	18
		mg/l	7.3	3.6	4.8	1.6	0.6
	Winter	Kg/日	238	153	150	24	18
		mg/l	11	6.9	6.8	1.1	0.8
SS分除去時の負荷量と水質	Summer	Kg/日	413	249	191	-	-
		mg/l	13	8.0	6.1	-	-
	Winter	Kg/日	435	206	245	22	-
		mg/l	17	9.3	11	0.99	-
本調査(夏・冬)水質平均値		mg/l	24	20	10	1.3	3.4
合併処理転換時の水質		mg/l	9.2	5.2	5.8	1.4	0.7
SS分除去時の水質		mg/l	15	8.6	8.6	-	-

また、SSの除去でBODで50%、CODで23%、T-Nで16%の負荷量が削減されると考えられる。水質は、合併処理の転換でBOD5.2mg/l、CODは9.0mg/lとなり、オイカワなどの魚が住める割合きれいな河川になり、SSの除去によりBOD8.6mg/l、COD15mg/lとなりドジョウ、フナなどがみられる今よりきれいな河川になると考えられる。

6 まとめ

有馬川の通日調査結果および算定負荷量解析から有馬川の汚濁の主要因は生活排水にあることが明らかになった。その概要は以下のとおりである。

- ① 上流から下流までの約5.4Kmの流達時間は約3時間であり、流量、水質の日変動、負荷量パターンが生活パターンと一致しており、有馬川は典型的な生活排水流入河川である。
- ② 河川流量は、農業用水として地下水を利用している一部地点では夏の方が冬よりも多かったが、地下水の影響のない地点では季節の差はあまりなかった。
- ③ 水質、負荷量ともT-P以外は冬の方が高い値を示しており、季節の差がみられた。
- ④ 有馬川は自然流量が50%で、流量の約半分を生活排水に依存している。
- ⑤ 有馬川流域における汚濁発生負荷量の算定値と河川水質の実測値から求めた河川汚濁負荷量との差を算定値で除した減少率でみると、BODは54%、MBAS28%、T-P24%、COD14

%, T-N 6 % の順であり, BOD の減少率が最も高かった。

- ⑥ S S に起因する B O D , C O D について, S S の単位容量当りに示す B O D , C O D 濃度に地点間の差はみられなかった。
- ⑦ 各項目ごとに S S 成分と溶解性成分に分けて比較してみると, B O D と C O D は S S 成分がかなり関与しているが, 窒素, リンは, ほとんど溶解性成分であった。
- ⑧ 有馬川流域において家庭雑排水が合併処理と同等の処理がなされると仮定した場合, C O D 5 8 %, B O D 7 2 %, T - N 4 2 %, M B A S 7 8 % の負荷量の削減が算出された。また, S S の除去により, C O D 2 3 %, B O D 5 0 %, T - N 1 6 % の負荷量が削減されることになり現状よりかなり良好な水質が期待できる。

謝 辞

本調査を行うにあたり, 御協力をいただいた川崎市清掃局浄化槽指導係, 公害局水質課の諸氏に深く感謝致します。

文 献

- 1) 小林節子ほか: 公害と対策 14, (1)47(2)79(1978)
- 2) 千葉県水質保全研究所
河川総合診断要約と県内河川の特徴水質汚濁解析方法(1981)
- 3) 川崎市
環境水質自動監視局の整備に関する基礎調査報告書(昭和56年)
- 4) 水野勝ほか: 愛知県公害センター所報 9, 140(1981)
- 5) 安藤晴夫ほか: 東京都公害研究所年報 97(1982)