

都市河川の汚濁特性について (第1報)

——不老川——

Some Characteristics of Water Pollution in Urban Rivers (Part 1) — Furō River —

河川水質科 野口 勝 松本賢一

要 旨

埼玉県で最も汚濁が著しい不老川の汚濁特性を明らかにすることを目的として調査を行ったところ、汚濁流達率は、BOD 0.20～1.17, COD 0.28～0.58, SS 0.05～0.22, N 0.29～0.74, P 0.18～0.47の範囲であった。不老川の特徴は、流量のほとんどが流域からの排水であり、自然流量は少なく家庭からの雑排水の占める割合が大きいことがわかった。

1 はじめに

県内河川の汚濁状況は、おおむね横ばいの傾向を示しているか、都市部を中心になお汚濁の著しい河川もみられる。このような汚濁の著しい河川の浄化対策を策定するためには、単に水質を定期的に測定するのみでなく、河川の汚濁特性を適確に把握することも必要である。

このようなことから、今回、県内で最も汚濁が著しい不老川において、汚濁負荷及び汚濁特性を明らかにすることを目的として、調査を行ったものである。

2 流域の概況

図1に示すように、不老川は流域面積約56km² (東京都4km²)、流路約17kmであり、東京都瑞穂町に源を発し、入間市・所沢市・狭山市・川越市を流下し新河岸川に合流する河川である。流域はかつて野菜栽培・畜産等の盛んな農業地帯であったが、近年、住宅開発が進み急激に人口が増加した地帯 (人口密度約3,100人/km²) である。

入曽橋の水質をみると、昭和55年度から昭和57年度にかけてBOD年平均値が県内ワースト1¹⁾となっている。

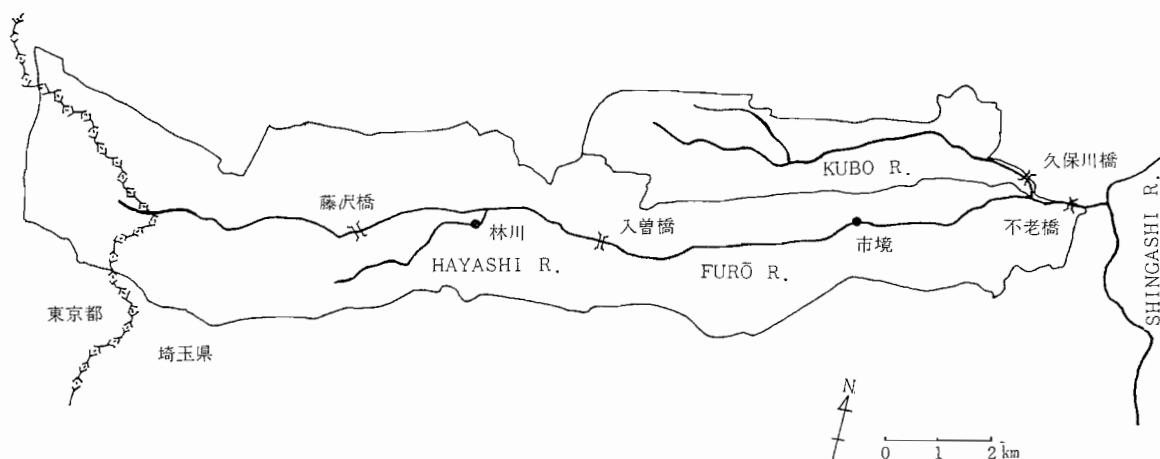


図1 調査地点図

3 調査方法

3・1 調査地点

調査地点は図1に示すように、不老川本川の4地点(藤沢橋・入曽橋・川越狭山市境(以下、「市境」という)・不老橋)及び支川の2地点(林川・久保川橋)である。不老橋・入曽橋は、埼玉県水質測定計画に基づく測定地点であって、この地点の河川に係る水質環境基準はE類型にあてはめられている。

3・2 調査期間

通年調査として、昭和57年4月から昭和58年6月までの間、不老川本川4地点・支川2地点(市境・林川については昭和57年7月から)について毎月1回測定した。

通日調査は、昭和57年5月及び昭和58年2月に降雨による影響のない日を選んで実施した。5月25日の通日調査として藤沢橋・入曽橋・不老橋・久保川橋について、午前12時から翌日午前12時までの間、昼間は2時間おき、夜間は3時間おきに12回水質などを測定した。2月28日の通日調査として林川・入曽橋・市境・不老橋について、午前10時から3月1日午前10時までの間、昼間は2時間おき、夜間は3時間おきに12回水質などを測定した。

3・3 測定項目及び方法

流量は、測定地点の断面積と流速の積で求めた。その他の分析項目及び方法を表1に示す。

表1 分析項目及びその方法

項 目	分 析 方 法
pH	J I S K 0102
DO	
BOD	
COD	
SS	
T-P	過硫酸カリウム分解法
$PO_4^{3-}-P$	J I S K 0102
T-N	上水試験法 (1970)
NH_4^+-N	電 極 法
NO_2^--N	G R 法
Cl^-	モ ー ル 法
SO_4^{2-}	硫酸バリウム比濁法
MBAS	J I S K 0102
EC	

4 結果と考察

4・1 通年調査について

昭和57年7月から昭和58年6月まで1年間、毎月1回測定した結果から、各地点における水質の年平均値を表2に、流量とBODの季節変動を図2に示す。

表2 通年調査の水質平均値

項目	地点	不老橋	市 境	入曽橋	藤沢橋	久保川橋	林 川
pH		7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	7.1
DO (mg/l)		5.9	5.1	5.4	7.5	7.5	3.4
BOD (mg/l)		46	84	71	21	35	130
COD (mg/l)		27	44	37	17	19	63
SS (mg/l)		23	59	40	10	27	100
EC (μS/cm)		580	560	490	650	460	480
T-P (mg/l)		1.6	3.3	2.2	0.90	1.7	3.2
$PO_4^{3-}-P$ (mg/l)		0.96	1.7	1.1	0.54	0.96	1.5
T-N (mg/l)		16	22	18	16	17	15
NH_4^+-N (mg/l)		7.8	13	7.2	5.2	12	8.2
Cl^- (mg/l)		68	40	39	44	37	43
MBAS (mg/l)		1.4	2.7	4.1	0.60	1.4	8.9
水温 (℃)		16	16	17	17	17	18
透視度		24	11	12	31	22	7
流 量 (m³/s)		1.3	1.2	0.77	0.44	0.36	0.10

(昭和57年7月から昭和58年6月まで)

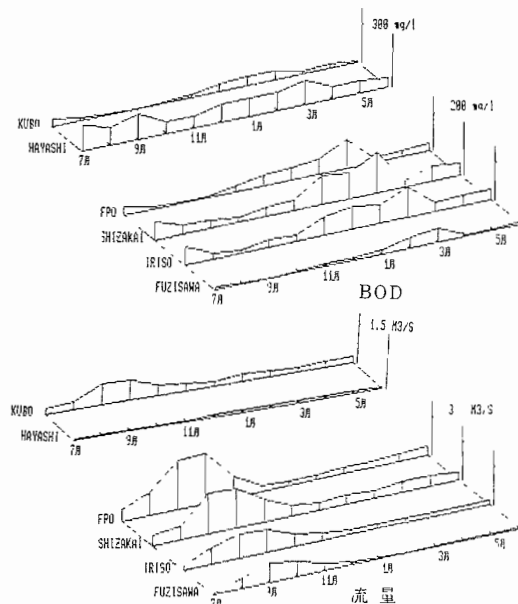


図2 流量とBODの季節変動

不老川本川のBOD年平均值をみると、藤沢橋で21mg/ℓであったものが、入曽橋では71mg/ℓと急激に悪化しさらに、市境で84mg/ℓと最高値を示し、不老橋になると46mg/ℓと減少していた。COD、P及びNは、BOD変化とはほぼ同様な傾向を示したが、市境の汚濁が著しかった。また、流量は藤沢橋で0.44m³/sec、入曽橋で0.77m³/sec、市境で1.2m³/sec、不老橋で1.3m³/secと順次増加していた。台風による降雨のため、9月・10月の流量は年平均值の約3倍と増え（林川を除く）、BODは希釈により低い値を示した。林川は流域面積が小さく、生活系排水の占める割合が高いので降雨の影響は少なかった。林川のBOD年平均值は、130mg/ℓと測定地点中最も高い値であった。

4・2 通日調査について

昭和57年5月及び昭和58年2月に実施した通日調査の結果、各地点の水質平均値を表3・表4に示す。入曽橋のBOD平均値は、5月70mg/ℓ、2月200mg/ℓ、また、不老橋のBOD平均値は、5月48mg/ℓ、2月110mg/ℓと、2月の水質は5月に比較して悪化していた。林川のBOD負荷量は1.100kg/dayで、林川合流後の入曽橋のBOD負荷量は3,600kg/dayであり、入曽橋で流下するBOD負荷量の約1/3は林川によるものであった。久保川橋のBOD平均値は14mg/ℓで、BOD負荷量は180kg/dayと、不老川本川に比較して低い値であった。

表3 通日調査の水質平均値（昭和57年5月）

項目	地点	不老橋	入曽橋	藤沢橋	久保川橋
水温 (℃)		22	21	23	22
透視度		19	11	12	27
pH		7.3	7.2	7.6	7.3
DO (mg/ℓ)		3.0	1.2	3.7	5.2
BOD (mg/ℓ)		48	70	91	14
COD (mg/ℓ)		38	55	60	23
SS (mg/ℓ)		35	40	58	7
EC (μS/cm)		590	680	940	570
T-P (mg/ℓ)		3.3	4.5	3.6	2.2
PO ₄ ³⁻ -P (mg/ℓ)		22	3.2	2.4	1.8
T-N (mg/ℓ)		18	24	28	22
NH ₄ ⁺ -N (mg/ℓ)		13	18	20	19
NO ₂ ⁻ -N (mg/ℓ)		0.1	0.02	0.26	0.41
Cl ⁻ (mg/ℓ)		62	62	79	48
SO ₄ ²⁻ (mg/ℓ)		70	91	180	96
MBAS (mg/ℓ)		1.7	3.6	0.86	0.74
流量 (m ³ /s)		0.59	0.14	0.04	0.15
流速 (m/s)		0.39	0.10	0.10	0.55

（5月25日午前12時から5月26日午前12時まで）

表4 通日調査の水質平均値（昭和58年2月）

項目	地点	不老橋	市境	入曽橋	林川
水温 (℃)		9.7	9.3	9.9	10
透視度		9	7	6	6
pH		7.0	7.1	7.2	6.8
DO (mg/ℓ)		5.1	5.6	4.5	4.0
BOD (mg/ℓ)		110	89	200	160
COD (mg/ℓ)		43	48	60	60
SS (mg/ℓ)		68	52	65	68
EC (μS/cm)		640	670	800	590
T-P (mg/ℓ)		3.1	3.8	4.5	3.6
PO ₄ ³⁻ -P (mg/ℓ)		1.7	2.1	2.7	2.1
T-N (mg/ℓ)		20	23	32	18
NH ₄ ⁺ -N (mg/ℓ)		14	15	22	14
NO ₂ ⁻ -N (mg/ℓ)		—	—	—	—
Cl ⁻ (mg/ℓ)		70	61	69	59
SO ₄ ²⁻ (mg/ℓ)		75	84	127	60
MBAS (mg/ℓ)		2.5	3.0	3.6	5.2
流量 (m ³ /s)		0.34	0.29	0.25	0.08
流速 (m/s)		0.48	0.36	0.17	0.72

（2月28日午前10時から3月1日午前10時まで）

図3に各地点の流量の経時変化を示す。多少の時間差はあるが、各地点とも流量は10時から12時と20時から翌日1時にかけてピークがあり、4時から6時にかけて最低となった。これらの変動パターンは、典型的な生活排水のパターンに類似していた。²⁾

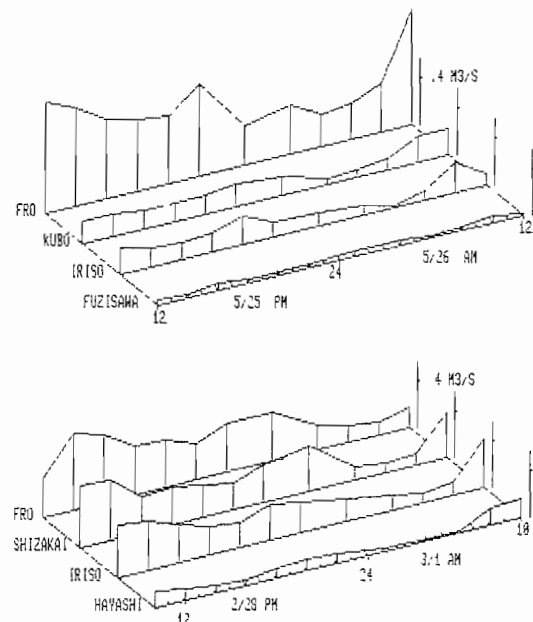


図3 流量の経時変化

図4・図5に各地点のBOD・CODの経時変化を示す。5月の藤沢橋では1時にBOD 170mg/ℓと特徴的なピークがあった。入曽橋では6時にBOD 95mg/ℓ

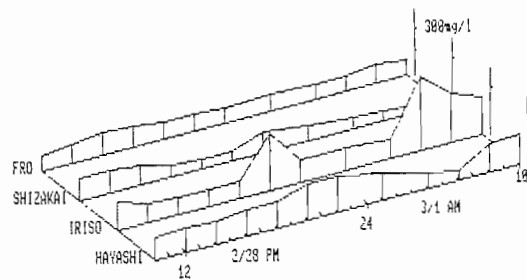
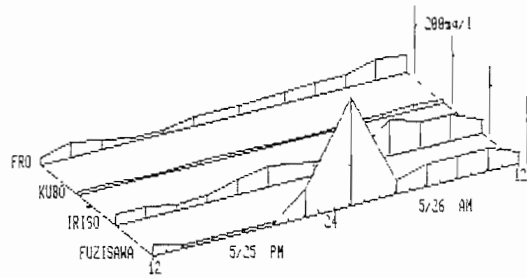


図4 BODの経時変化

のピークがあることは、藤沢橋の1時のピークが流下したものと考えられる。また、2月の入曽橋では6時にBOD 470mg/ℓのピークがあり、5月と同様な変動パターンであったと思われる。この時間はいずれも採水時に強い畜産系ふん尿臭が認められた。COD (BODとの相関係数 $r=0.82$)・P (同 $r=0.73$)・N (同 $r=0.67$)・透視度 (同 $r=-0.68$) 等もほぼ同様な経時変化であった。図6に5月のMBASの経時変化を示す。藤沢橋のMBASは、BOD等の経時変化とは異なり夜1時の特徴的なピークはなかった。このことは、このピークが生活排水に由来するものでないことを示している。

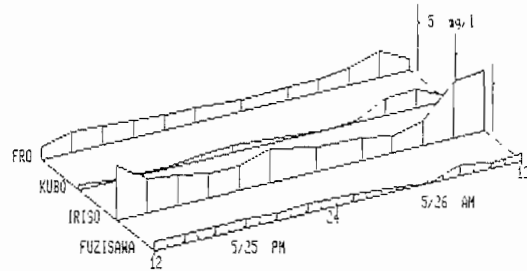


図6 MBASの経時変化

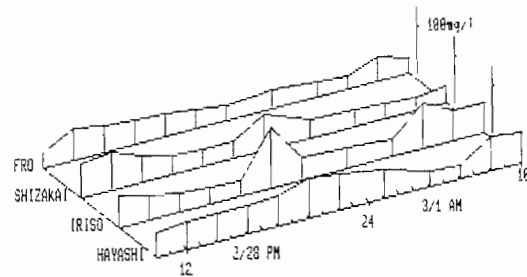
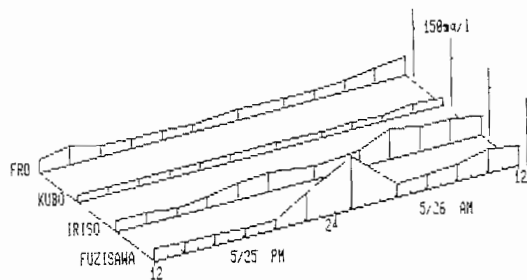


図5 CODの経時変化

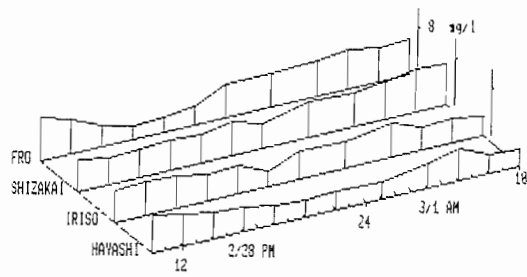
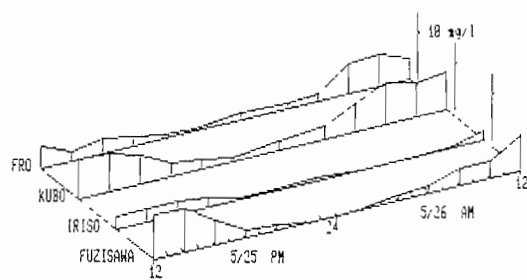


図7 DOの経時変化

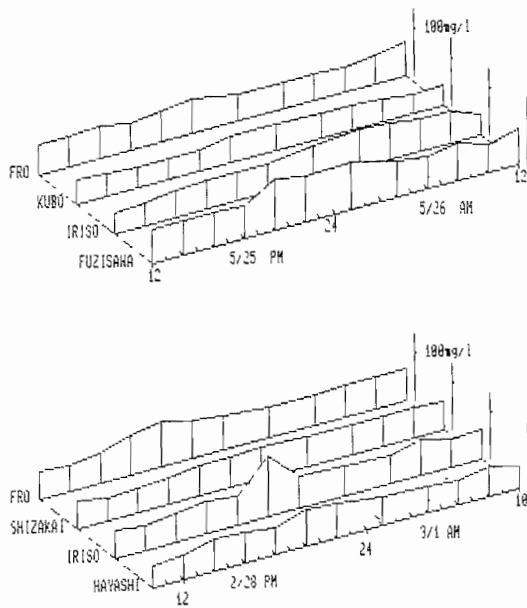


図8 CI⁻の経時変化

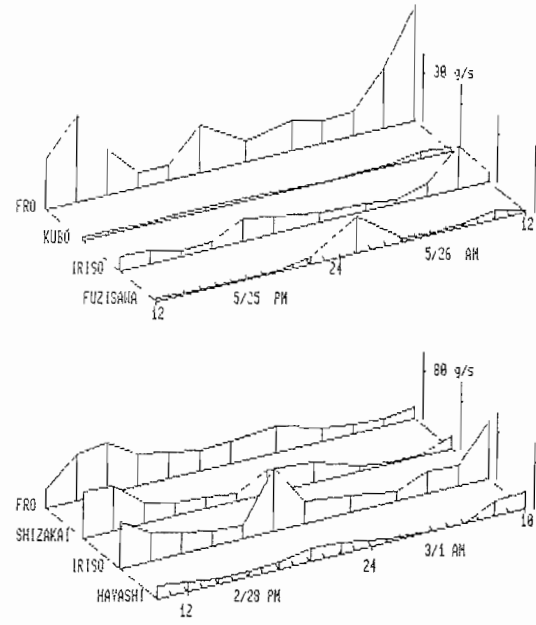


図9 BOD負荷量の経時変化

図7に各地点のDOの経時変化を示す。5月では各地点とも昼間に高い値を示し、夜間に低い値を示した。また、入曽橋では4時から8時にかけてDOが0mg/lの状態が続いた。2月の経時変化は、5月のパターンとは異なり顕著な変動はなかった。

図8に各地点のCI⁻の経時変化を示す。各地点ともCI⁻は変動が少なく、ほぼ一定であった。

図9に各地点のBOD負荷量の経時変化を示す。汚濁負荷量は、濃度と流量の積で表わされる。濃度の変化量より流量の変化量が多い不老川では、汚濁負荷量の変動パターンは流量の変動パターンをよく反映していた。ただし、5月の藤沢橋1時と2月の入曽橋6時には、前述のようなBODの急激な上昇によるBOD負荷量のピークが表われていた。

表5 原単位等一覧

		排水量	BOD	COD	SS	N	P	備 考
生活系排水	し尿	50	13	10.1	21	9.0	0.9	除去率（下記） 単位 ℓ/人・日 g/人・日
	雑排水	200	37	19.2	49	3.2	0.9	
畜産系排水	牛	90	640	530	3,000	378	56	大地還元率 90% （豚のCODのみ 80%） 単位 ℓ/頭・日 g/頭・日
	豚	13.5	200	130	700	80	75	
	馬	90	640	530	3,000	167	41	
その他系排水	山林	—	8.42	2.5	0	1.9	0.5	流出率 100% 単位 g/ha・日
	水田	—	8.8	17.5	0	7.6	1.0	
	その他	—	10.0	10.0	0	1.9	0.5	

除去率 %	排水量	BOD	COD	SS	N	P	備 考
（し尿）	—	85 (88)	65 (50)	72 (72)	35 (25)	35 (15)	上段：501人以上 合併浄化槽 下段：500人以下 合併浄化槽
（雑排水）	—	70 (65)	50 (50)	72 (72)	35 (25)	35 (15)	

（ ） 単独浄化槽

4・3 汚濁流達率

4・3・1 発生負荷量

不老橋上流流域、入曽橋上流流域におけるBOD・COD・SS・P・Nの発生負荷量及び排水量は、埼玉県水質環境情報システム(昭和56年度)から算出した。同システムでは、汚濁発生源を生活系排水・産業系排水・畜産系排水及びその他系排水に分類している。生活系排水・畜産系排水及びその他系排水は表5に示す原単位を適用して算出し、産業系排水については水質汚濁防止法・埼玉県公害防止条例の対象工場の実測値あるいは届出値を基にして算出している³⁾。

不老橋上流流域におけるBODとPの発生負荷量及び排水量の各系の占める割合を図10に示す。生活系排水の占める割合は、排水量で78%、BODで87%と高い値で、COD 79%、SS 61%そしてPは50%と最も低い値であった。Pでは、生活系排水に次いで畜産系排水の占める割合が39%と高い値であった。生活系排水の処理形態別利用人口を図11に示す。流域における下水道普及率は10%で、し尿処理場及びし尿浄化槽で処理されるのは各45%であった。全体の29%(し尿浄化槽の64%)は500人以下の単独浄化槽であって、そのほとんどが一般家庭用のし尿浄化槽であると思われる。また、生活系排水の排水量及びBOD負荷量の処理形態別割合を図12に示す。雑排水の占める割合は、排水量で66%(産業系排水等を含む全排水量の52%)、BOD負荷量で91%(産業系排水等を含む全BOD負荷量の78%)と高く、未処理の雑排水が多量に不老川へ流出していると思われる。

4・3・2 汚濁流達率

流域に発生した汚濁物質は、種々の過程を経て河川に流出し、さらに自浄作用等を受けながら下流へ流達する。この汚濁物質の流出過程における汚濁物質収支を総合的に把握する指標として、和田ら⁴⁾は汚濁流達

率を次のように定義している。

$$\text{汚濁流達率} = \frac{\text{対象流域下流部での実測負荷量}}{\text{対象流域の発生負荷量}}$$

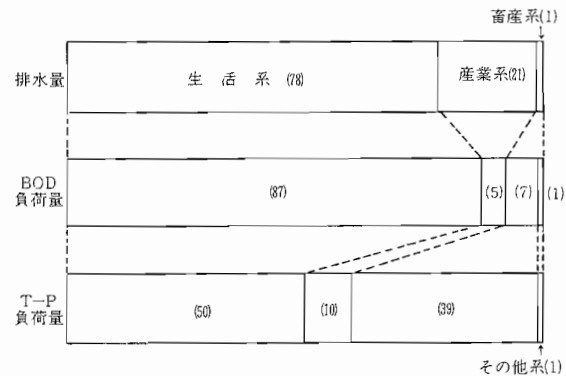


図10 発生負荷量及び排水量の発生源別割合

() 内の数値 %

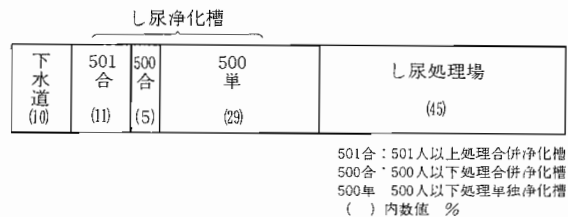


図11 生活系排水の処理形態別利用人口

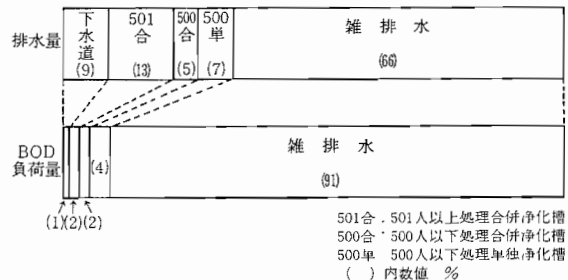


図12 生活系排水の処理形態別割合

表6 汚濁流達率

項目	地点	入 曽 橋			不 老 橋		
		実測負荷量 ①	発生負荷量 ②	流達率 ①/②	実測負荷量 ①	発生負荷量 ②	流達率 ①/②
BOD	kg/日	570	2,900	0.20	2,000	5,600	0.36
		3,400		1.17	3,300		0.59
COD	kg/日	540	1,900	0.28	1,700	3,500	0.49
		1,100		0.58	1,300		0.37
SS	kg/日	230	4,900	0.05	1,400	11,000	0.13
		1,000		0.20	2,400		0.22
T-N	kg/日	200	680	0.29	880	1,500	0.59
		500		0.74	620		0.41
T-P	kg/日	37	210	0.18	150	360	0.41
		98		0.47	88		0.24
※ 流量	m³/日	11,000	21,000	0.52	47,000	46,000	1.02
		19,000		0.90	29,000		0.63

※ 流量欄については、左欄より実測流量・発生排水量及び収支を示す。

入曽橋・不老橋におけるBOD・COD・SS・P・Nの汚濁流達率及び流量収支を表6に示す。実測負荷量は、昭和57年5月及び昭和58年2月に実施した通日調査の結果から東京都分の汚濁負荷量を差し引いて求めた。汚濁流達率は、BOD 0.20～1.17, COD 0.28～0.58, SS 0.05～0.22, P 0.18～0.47, N 0.29～0.74の範囲であった。入曽橋における2月の汚濁流達率は5月に比較して2～6倍高く、BODの汚濁流達率は1.17と1を超えていた。SSの汚濁流達率は、入曽橋で0.05・0.20, 不老橋で0.13・0.22と他の項目より低い値であった。流下過程においてSS分は、沈澱し堆積しているものと思われる。流量収支は、0.52～1.02の範囲であった。両通日調査は降雨に影響されず、自然流量は少なく、不老川の流量はほとんど流域からの排水によるものと思われる。

汚濁流達率は、人口密度・流域面積・河川構造・流域の土地利用等の影響を受けている。村上ら⁵⁾は我国の14の都市河川を中心に、BODの汚濁流達率を人口密度と流域面積の関係で

$$R = 100 e^{(-c \sqrt{\frac{A}{P}})}$$

R : 汚濁流達率
 C : 定数
 P : 人口密度
 A : 流域面積

と表わしている。この式は、人口密度が大きいほど、

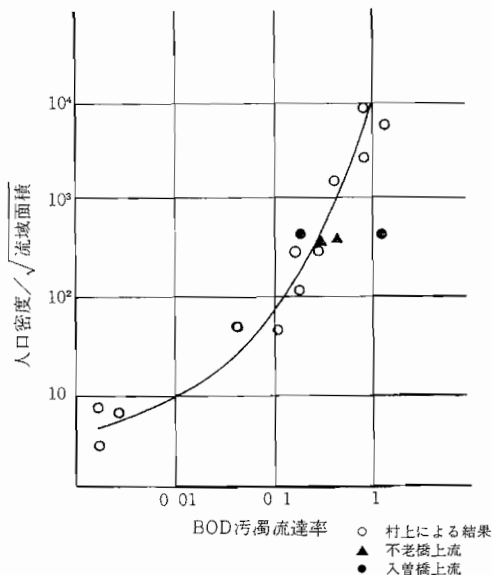


図13 BOD汚濁流達率と人口密度/ $\sqrt{\text{流域面積}}$ との関係

また、流域面積が小さいほど汚濁流達率が高くなることを示している。そこで、村上らの結果について汚濁流達率と人口密度/ $\sqrt{\text{流域面積}}$ との関係を図13に示す。発生負荷量を求める原単位等に違いはあるが、今回の調査から求めた汚濁流達率と人口密度/ $\sqrt{\text{流域面積}}$ との関係も同図に示す。村上らが調査した都市河川の汚濁流達率と人口密度/ $\sqrt{\text{流域面積}}$ との関係と不老川のそれとは、ほぼ同様な傾向にあった。

5 ま と め

不老川の汚濁特性を把握するために、種々の調査を実施した結果、次のことが見出された。

- (1) 不老川では、入曽橋・市境での汚濁が著しかった。
- (2) 入曽橋で流下するBOD負荷量の約1/3は、林川によるものであった。
- (3) 流量の経時変化は、多少時間差はあるが生活排水の排水パターンに類似していた。
- (4) 5月のDOの経時変化は昼間に高く、夜間に低い値を示した。とくに、入曽橋では、4時から8時にかけてDOが0 mg/lの状態が続いた。
- (5) 不老川流域におけるBOD発生負荷量の78%が雑排水によるものであった。
- (6) 汚濁流達率は、BOD 0.20～1.17, COD 0.28～0.58, SS 0.05～0.22, P 0.18～0.47, N 0.29～0.74の範囲であった。SSの汚濁流達率は他の項目より低い値であり、SS分は河川に沈澱・堆積していると思われる。流量収支は0.52～1.02の範囲で、不老川は自然流量が少なく、ほとんど流域からの排水によるものと思われる。

文 献

- 1) 埼玉県環境部：公共用水域水質測定結果（総括編）（1983）
- 2) 千葉県水質保全研究所：桑納川負荷解析報告書（1977）
- 3) 埼玉県環境部：水質環境情報システム 基本設計書（1980）
- 4) 和田安彦ら：河川管理における汚濁流達率の研究 (1), 用水と廃水, 18, (2), 179 (1976)
- 5) 村上健：河川の自浄作用及び汚濁負荷の流出率について、第5回衛生工学研究討論会講演集, 土木学会 (1968)