

1. 緒 論

公共用水域の都市河川は直接的、間接的に下水道放流負荷や、生活排水、工場排水等の流入負荷が河床に堆積しやすい。都市河川は雨水排除等に重要な役割を果たしているが、負荷が水系内に沈殿していることが多く、堆積負荷の巻き上げや掃流により、水質汚濁が顕在化しているものが多い。そのため、処理場等から処理された排水基準以下の良好な水質が放流されていても、河床等の巻き上げや溶出負荷のため、河川水質が改善されない事態も生じている。また、負荷の沈殿等により、表流水が必ずしも河川水質の代表値を示さず、汚濁河川にあるにもかかわらず、水質が良好という結果が表われたりすることもある。

都市河川水質を改善し、公共用水域の水質を環境基準以下に保つためには、底泥堆積負荷の状態の把握とその定量が重要である。しかし、都市河川の底泥堆積負荷量がどの程度なのかは、定量されていない河川が多いのが実状である。ここでは、都市河川の底泥堆積負荷量の定量と、それらが表流水や処理放流負荷、雨水吐出負荷とどのような対応関係にあるのかを検討する。

2. 河床底泥堆積負荷量¹⁾

(1) 対象水域と調査法

1) 対象水域

対象水域には、都市化がかなり進行した都市河川をとりあげ、寝屋川北部流域にある都市計画区域内河川の西三荘水路、第一寝屋川、古川である。それぞれの流域面積は808.8 ha、13,298.2ha、1,188.1haで、調査地点は図-1の○印で示すところである。

2) 調査法

河川表流水と河床堆積泥の採取を調査地点で同時に行った。表流水は流心で、堆積汚泥は採泥器を用いて行った。砂レキ等が河床に多く、採泥の困難な地点については、特製ジョレンにて採泥を行った。採泥は河川中央、両端の計3箇所を採取した。

3) 都市河川容量

対象とする河川の各リーチ（河川を流下方向に垂直で区切る）の水面積 A_i は式-1で求められ、

$$A_i = \frac{b_i + b_{i+1}}{2} \ell_i \quad (1)$$

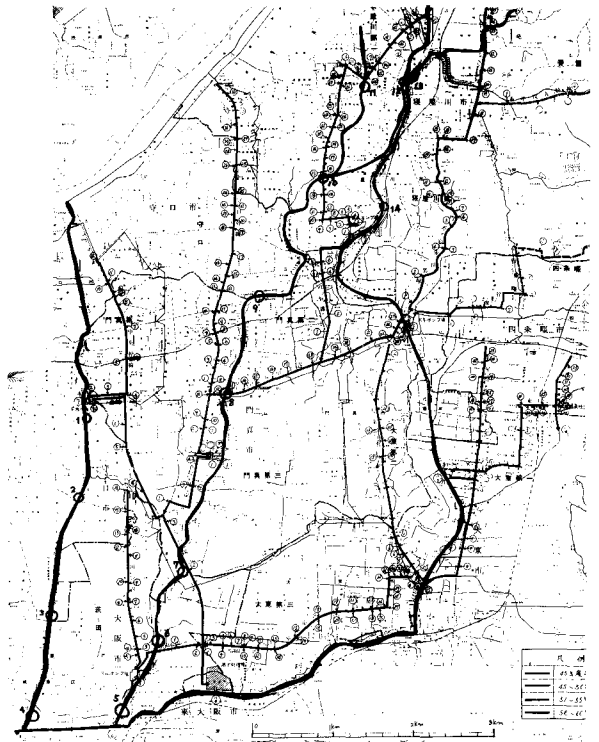


図-1 調査地点

各リーチの現存水量 V_i は式 - 2 で求められる。

$$V_i = \frac{h_i + h_{i+1}}{2} A_i \quad (2)$$

ここで、 b_i ; リーチの河川幅、 h_i ; リーチの水深、 ℓ_i ; 河川リーチ長

対象河川の延長は、西三荘水路 6,700 m、古川 13,120 m で、晴天時の貯留水量は、それぞれ 53,647 m^3 、121,067 m^3 である。

(2) 底泥堆積負荷量

1) 堆積量

河床底泥堆積量 V_b は、各リーチごとに、式 - 3、4 によって求められる。

$$V_b = \sum_i V_{b,i} = \sum_i \frac{h_{b,i} + h_{b,i+1}}{2} A_{b,i} \quad (3)$$

$$A_{b,i} = \frac{b_{b,i} + b_{b,i+1}}{2} \ell_{b,i} \quad (4)$$

ここで、 $h_{b,i}$; リーチ i の底泥堆積深、 $b_{b,i}$; リーチ i の底泥堆積幅、 $\ell_{b,i}$; リーチ i の長さ

各調査地点の河川断面、河床堆積泥を表わすと図 - 2 のようになり、主な特徴は次のようになる。

① 西三荘水路 ; 下流になるに従って水深は大きくなるが、平均水深は 1.02 m で、その底泥堆積厚は、0.131 m となり、水深の 12.0 % 程度の堆積泥厚がある。

② 古川 ; 平均水深は 0.786 m で、その底泥堆積厚は平均 0.33 m と大きく、堆積泥厚は水深の 42.4 % になり、堆積泥厚は場所的に変化はするものの、どの地点においても堆積泥厚は大きい。

なお、堆積泥量は西三荘水路 6,890 m^3 、古川 51,292 m^3 で、平均流路長当たりの堆積泥量は、それぞれ 1.03 m^3/m 、3.91 m^3/m である。

2) 堆積負荷

河床底泥堆積負荷量 L は、式 - 5 で求められる。

$$L = V_b \cdot \rho \cdot (1 - \omega) a_j \quad (5)$$

ここで、 ω ; 底泥含水率

ρ ; 底泥密度

V_b ; 底泥堆積量

a_j ; 水質項目 j の乾泥単位体積含有負荷量

このようにして求めた各地点の堆積泥量、含有負荷量は表 - 1、2 のようになり、その主な特徴は次のようになる。

① 堆積泥の比重は、西三荘水路 2.69、古川 2.51 と大きく、粘土、シルト状の土が多く、砂利混じりの砂等の中に汚濁物質が混入している。

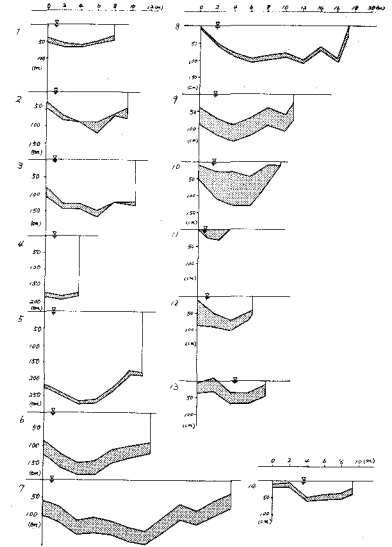


図 - 2 調査地点の水路断面

② 燃焼減量をみると、各調査

地点でばらつきがあるものの、

西三荘水路0.87～6.21%

(平均2.73%)、古川2.39

～11.84%(平均10.98%)

で、古川では含有有機物がか

なり大きい。

堆積総負荷量をみると、西三荘

水路(6,700m)では、BOD

29.98t、COD51.64t、

SS460.0t、NH₄-N1.01t、

PO₄-P0.296tである。比較

的難分解性成分が多く、COD物

質が多い。

古川での(13,120m)底泥堆

積総負荷量は、BOD352.9t、

COD382.9t、SS17,804t、

NH₄-N3,000t、PO₄-P

6.359tである。有機性物質が

非常に多く、沈降生物質も多い。特

に、微粒子の有機性物質が多く堆

積している。このように、堆積負

荷量の大きい原因には次のものがあ

げられる。

① 古川は寝屋川のback-waterをそのまま受けており、西三荘水路はポンプにより寝屋川に直接放流している。

② 古川の流域面積、河川水面積、河川容量が大きい。

③ 古川流域人口密度は大きく、新興住宅地がかなり多く、直接生活排水を放流してる。

このように、流域の人口密度、河川流域の住宅化、流域条件が河床堆積負荷に大きな影響を与えている。

また、SS等の堆積負荷量の大きいのは上記の理由の他に、

④ 田畑や空地の未舗装域からの降雨時の流出に伴う土砂等の流入

⑤ 周辺住宅地からのごみの投棄およびその分解

があげられる。

(9) 単位水路長堆積負荷量

各河川ごとの単位流路長当たりの底泥堆積

負荷量は表-3のようになり、次のような特

表-1 寝屋川水系の堆積泥量

水系	地点	面積 (m ²)	水深 (m)	底面積 (m ²)	底厚 (m)	底の積 (m ³)	底の積 (%)	底の積 (t/ha)	含有率 (%)	底の積 (t/ha)	底の積 (%)	比 率
西三荘水路	1	7.4		0.470	0.108			2.72	16.0		1.81	2.72
	2	9.5		0.558	0.172			2.63	30.6		8.21	2.63
	3	10.5		1.250	0.147			2.48	13.6		2.02	2.68
	4	4.0		1.700	0.100			2.74	3.7		0.87	2.74
	平均	7.85	52.595	1.020	53.646.9	0.131	6,889.9	6,700	2.69	16.0	15.568	2.73
古川	5	11.5		2.229	0.300			2.67	23.3		2.39	2.67
	6	12.5		1.150	0.375			2.67	46.5		4.97	2.67
	7	22.0		0.919	0.450			2.28	52.2		7.75	2.28
	8	17.3		0.645	0.075			2.44	53.5		11.84	2.44
	9	11.0		0.550	0.500			2.63	51.8		11.01	2.63
	10	9.5		0.728	0.600			2.56	30.6		3.80	2.56
	11	3.6		0.138	0.000			—	—		—	—
	12	6.5		0.456	0.384			2.31	51.6		35.10	2.31
	平均	11.74	154,028.8	0.796	121,666.6	0.333	58,291.6	13,120	2.54	44.5	71.451	10.88
寝屋川	13	8.0		0.140	0.325			2.58	39.8		3.46	2.58
	14	9.3		0.267	0.150			2.57	23.6		4.87	2.57
	平均	8.65	134,075	0.204	27,351.1	0.238	31,905.9	150,500	2.58	31.7	56,230	4.07

表-2 堆積底泥含有負荷量

地点	含有負荷量(乾重)							水 質 (ppm)							比 率
	BOD (mg/g)	COD (mg/g)	T-S (mg/g)	SS (mg/g)	DS (mg/g)	NH ₄ -N (mg/g)	PO ₄ -P (mg/g)	BOD	COD	T-S	SS	DS	NH ₄ -N	PO ₄ -P	
1	1,988	2,945	92,143	20,714	71,429	0.071	0.023	18.3	22.73	340.0	28.0	312.0	1.10	1.25	2.72
2	3,468	6,536	127,954	62,968	64,986	0.094	0.029	10.8	23.07	556.2	21.0	535.0	17.60	2.45	2.63
3	1,875	3,500	61,111	33,829	29,282	0.060	0.017	9.5	21.35	756.0	11.0	745.0	7.68	8.10	2.68
4	0,384	0,286	25,753	2,504	22,249	0.036	0.005	8.3	19.28	490.0	28.0	462.0	5.80	5.35	2.74
5								10.4	17.91	440.0	16.0	424.0	5.50	8.65	—
6	3,701	7,579	182,803	32,336	150,467	0.056	0.005	29.2	25.27	416.0	25.0	391.0	4.55	4.25	2.67
7	5,669	10,498	197,490	81,793	115,690	0.094	0.146	28.1	24.79	334.0	39.0	295.0	4.55	5.15	2.26
8	0,630	1,050	520,469	407,923	112,547	0.046	0.059	24.6	14.21	434.0	20.0	414.0	10.59	19.60	2.67
9	10,151	6,515	858,495	672,688	185,806	0.022	0.054	32.4	13.26	327.0	8.0	314.0	1.70	9.08	2.44
10	6,515	7,369	218,672	190,349	28,323	0.044	0.006	41.3	13.50	274.0	9.0	265.0	2.05	3.50	2.63
11	3,674	1,396	126,851	118,612	8,790	0	0.207	37.3	16.34	346.0	17.0	329.0	5.40	4.08	2.56
12	—	—	—	—	—	—	—	27.5	14.45	374.0	14.0	360.0	3.85	5.41	—
13	4,224	2,961	255,603	241,379	14,224	0.034	0.086	29.5	14.45	349.0	14.0	326.0	4.12	12.24	2.33
14	2,774	2,832	89,701	70,268	19,433	0	0.053	20.6	11.97	286.0	4.0	282.0	2.12	18.63	2.58
15	1,152	1,085	86,649	56,806	29,843	0.087	0.059	6.9	8.17	196.0	12.0	184.0	2.81	5.65	2.57

表-3 単位水路長堆積負荷量

	BOD	COD	SS	NH ₄ -N	PO ₄ -P
西三荘水路	4.48 Kg/m	7.71 Kg/m	68.66 Kg/m	0.151 Kg/m	0.044 Kg/m
古川	26.90 Kg/m	29.19 Kg/m	1357 Kg/m	0.229 Kg/m	0.485 Kg/m

徴がみられる。

- 1) SS 性物質の沈降量が多く、河川水中にある微細な沈降粒子が河床に堆積し、堆積泥中に微細粒子が非常に多い。
 - 2) 古川の堆積負荷量は特に大きく、西三荘水路と比較して、水路長では 1.96 倍、河川貯水量は 2.26 倍であるが、その負荷量は、BOD で 6 倍、COD で 3.8 倍、SS で 19.8 倍となっている。特に、BOD、SS の堆積負荷量が大きいのが注目される。
 - 3) 以上のことから総合的に判断すると、河川下流部の停滞水域や、感潮河川水域では、特に河床への有機系負荷の沈殿、堆積が大きい。
3. 下水道放流負荷と河床堆積負荷の検討

河床堆積負荷量は大きい、下水道処理放流負荷とはどのような関係にあり、雨天時にポンプ場から放流する負荷量とはどのような割合にあるのかについて検討し、堆積負荷量の相対的な大きさについて考察する。また、表流水負荷と堆積負荷とはどのような割合にあり、河川中の負荷の分布がどのようにになっているのかについても検討し、河床堆積負荷の発生源について考察する。

(1) 表流水負荷と堆積泥負荷

河川の表流水に含まれている表流水負荷と堆積泥負荷を比較すると表－4 のようになり、後者の方が圧倒的に多く、西三荘水路では BOD、COD、SS についてみると、表流水負荷は、堆積泥負荷のそれぞれ 2.6 %、2.2 %、0.3 % となり、古川でのそれは 1.1 %、0.6 %、0.01 % になる。

すなわち、

- 1) 表流水負荷の占める割合は、堆積泥負荷の数パーセントで、大半の負荷は河床堆積負荷である。
 - 2) 有機負荷は下流域や、バックウォーターの影響の大きい都市河川に多く堆積している。
- 従って、このような都市河川において、表流水の水質の測定は、当河川全体の負荷量を妥当に評価していることにはならず、表流水の水質測定のみで、河川水質の状況を把握したことにはならない。

(2) 堆積泥負荷とポンプ場吐出負荷

この流域の都市河川には、合流式下水道の雨水吐き室からの雨水流入がある。当流域ポンプ場の実測調査結果から、その平均値を用いて検討すると、排水面積 200ha の A ポンプ場から吐出される負荷は BOD 2.0 t、SS 2.5 t として、堆積泥負荷は西三荘水路では BOD で約 15 倍、SS で 20.7 倍となる。

今、10日に1回の降雨があり、流出負荷量が約1ヶ月間河川内に滞在しているとすると、BOD除去速度係数を $k_1 = 0.05$ (1/日) として、流出負荷は BOD 0.446 t となる。これは西三荘水路堆積負荷の約 67.2 倍となる。従って、雨水吐出負荷のみとすると約 2 年分の堆積負荷となる。

(3) 流下負荷と沈殿負荷

当該河川は流水エネルギー勾配が小さく、晴天時にはほとんど流速はなく、平均流速 0.1 m/s とすると、

表－4 表流水と沈殿負荷の割合

水路名	区分	BOD	COD	SS	TS	DS	NH ₄ -N	PO ₄ -P	有機負荷 (乾物質量)
西三荘水路	表流水(t)	0.803	1.159	1.180	28.725	27.545	0.429	0.230	
	沈殿負荷(t)	29.984	51.639	460.486	1,194.69	734.22	1.012	0.296	425.395
	表流水の割合(%)	2.6	2.2	0.3	2.3	3.6	29.8	43.7	
古川	表流水(t)	3.782	2.123	2.209	42.979	40.769	0.559	0.973	
	沈殿負荷(t)	352.896	382.908	17,804.45	24,092.56	6,288.19	3.001	6.359	
	表流水の割合(%)	1.1	0.6	0.01	0.2	0.6	14.5	13.3	
後藤川上流	表流水(t)	0.376	0.112	0.219	6.592	6.373	0.067	0.332	
	沈殿負荷(t)	110.379	110.155	3,572.629	4,958.08	1,385.45	0.506	3.149	
	表流水の割合(%)	0.3	0.1	0.06	0.1	0.5	11.7	9.5	

西三荘水路、古川のBOD日流下負荷量は、1.04t/日、2.31t/日となり、これを河床堆積泥負荷と比較すると、それぞれ3.35%、0.65%となる。河床堆積負荷量は、晴天時流下負荷のそれぞれ29.9日、153.8日分である。

また、この水系に放流するB処理場からの放流負荷はBOD 1.35t/日、COD 1.29t/日、SS 0.75t/日（昭和50年平均）であり、これは古川の表流水含有負荷のそれぞれ35.7%、60.8%、34.0%である。処理水の放流負荷は表流水負荷の $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 程度である。これからも明らかなように、処理放流負荷は河床にかなり堆積していることを示している。

4. 堆積泥と水質汚濁

都市河川は停滞水域が多く、河川水質汚濁や富栄養化等の現象は底質の堆積物が関与しており、表層水のみで論じるのではなく、底質負荷とを総合した考え方ととらえてゆく必要がある。底質に関しては、底質からの溶出、浮遊物の沈降、掃流による浮上等の研究は多いが、河川水質を底泥を含めて総合的にどのように評価するかという研究は少ない。これは、底質含有物が溶解物であったり浮遊物であったりし、長時間堆積すると、表層水への溶出が卓越し、間隙水中の濃度が増加して、掃流時に表層水へ負荷されたりその挙動は時間的に位置的に複雑であることにもよる。

堆積泥が水質汚濁に影響する割合を次の負荷収支から検討している例²⁾もあるが、堆積泥と表流水の関係を次のように

実測水質汚濁量＝自然汚濁量＋生活排水汚濁量＋底泥の巻き上げ汚濁量＋減衰汚濁量
マクロにとらえる考え方もある。滝²⁾らによると、水質濃度の0.52～0.99もの割合が底泥に含まれている有機物量の巻き上げという例もあり、停滞水域では、底泥の巻き上げによる水質汚濁量は全体水量の50%以上に達していると指摘している。

末石³⁾らは、神崎川における濁質収支調査を2地点で同時連続観測を行い、底質が表流水に及ぼす交換量を求めている。それによると、流速が大きく、流れの状態が限界掃流力を上回っていると考えられる場合でも沈降が卓越するときがあると指摘している。これなどは、都市河川の沈降性の大きさを示す例でもあろう。また、沈降や浮上可能な底質量に限度があり、この総量がある上限値と下限値の間を変化していると指摘している。このように、停滞水域の都市河川は、移動可能な負荷量が水質に、ある時は100%影響し、ある時は影響度が小さいなど、表層水質をある範囲内に変動させていると考えられる。

当調査河川においては、沈降性負荷の大きいのが特徴である。当河川流域では、降雨時等の外部エネルギーが大きい時に堆積負荷の表層水等への移動が生じ水質に大きな変化を与えていると考えられる。

堆積泥の水質に与える影響については、モデル化によって検討している。

5. 結 言

停滞水域における都市河川水質を改善し、公共用水域の水質保全を図るためには、底泥堆積負荷の定量が重要であり、対象河川を例として底泥堆積負荷の調査定量を行った。河床底泥堆積負荷量の定量法について述べ、それらの総合負荷が、下水道処理放流負荷、ポンプ場吐出負荷、表流水含有負荷とどのような対応関係にあるのかを総合的に検討した。明らかになったことをまとめると次のようになる。

- 1) 停滞水域での都市河川下流部には、底泥堆積厚が大きく、当該調査河川では、堆積厚は水深の12.8～42.4%のことが多い。

- 2) 堆積泥の主な構成は、粘土、シルト状の土や砂利混じりの砂を含んだ有機物で、総じて砂利や砂の中に含有有機物が非常に多い。
- 3) 単位水路長当たりの堆積泥量は、西三荘水路 $1.03 \text{ m}^3/\text{m}$ 、古川 $3.91 \text{ m}^3/\text{m}$ でかなり多く、その含有負荷は BOD でそれぞれ $4.48 \text{ kg}/\text{m}$ 、 $26.9 \text{ kg}/\text{m}$ である。
- 4) 表流水負荷の占める割合は堆積泥負荷の数パーセントで、水系内の負荷の大半は河床に堆積し、大部分が SS 系や有機物負荷である。

都市河川に流入した負荷は、停滞水域のため流下能力が小さく、無限に長い一種の沈殿池のような状態となり負荷が河床に沈殿し、表流水に含有する負荷量は小さくなる。

河床の堆積負荷を定量し、この負荷が水系に与える影響を正しく評価してゆかなければ、公共用水域の水質保全は十分はかり得ないことは明白である。処理場放流処理水と都市河川水質との関係を十分検討し、公共用水域からみた処理場の総合除去率を河川底泥堆積負荷を含めた総合河川水質から検討してゆく必要がある。

調査にあたり大阪府土木部木村淳弘氏の御協力を得た。ここに厚く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 和田安彦、木村淳弘他；都市河川の底泥堆積物とその負荷の研究、第 17 回下水道研究発表会講演論文集、日本下水道協会 1980 年
- 2) 滝和夫他；市街地河川における水質変動、第 33 回土木学会年次学術講演会論文集、第 2 部、土木学会、1978 年
- 3) 脇本修自、末石富太郎他；時空間尺度からみた河川濁質の輸送特性、第 33 回土木学会年次学術講演会論文集、第 2 部、土木学会、1978 年