

II-483

粒度特性を考慮した汚濁物流出管理手法についての基礎的研究

立命館大学大学院 学生員 市木 敦之

立命館大学理工学部 正 員 山田 淳

立命館大学大学院 学生員 樹谷 啓介 持田 雅司

1. はじめに 都市域では、不透透域の拡大や雨水排水系統の整備のために、環境堆積物が降雨によって公共用水域へ流出しやすくなっており¹⁾、こうした汚濁物の降雨時流出を如何に管理するかが課題となっている。本報告では、中小都市河川において測定した降雨時水質とSS成分粒度をもとに求めた汚濁物の粒度特性²⁾を用いて、その流出管理手法についての基礎的な検討を行う。対象としたのは、流域の都市化がほぼ完了した山科川（京都市）と近年都市化の著しい伊佐々川（滋賀県草津市）である。調査は、降雨時に10～20分間隔で採水および降雨量、流量の測定を実施し、その後粒度分析（レーザー回折法）と水質分析を行った。調査降雨の概要を表-1に示す。

2. 汚濁物の降雨時流出パターン 対象河川における平均的な降雨時流出パターンを調べるため、ここでは、基準流量（伊佐々川：0.85m³/s、山科川：7.00m³/s）によって調査データの流出期を区分し、基準流量以上をピーク期とし、さらに基準流量未満を流量変動で増加期と減少期に区分して、各流出期における流出流量と負荷量の積算値から平均水質を求め、表-2に示した。流量やCOD、T-N、T-Pは、山科川の方が伊佐々川より格段に大きいものに対して、SS水質ではピーク期を除いて差がない。粒径区分別のSS水質において、ピーク期の74～2,000μmの粗い粒径区分を除いてほとんど差がないことから、SSのピーク期における両河川の差は、こうした粗粒子の流出量の違いにほかならないことが分かる。両河川とも調査降雨の中には、明瞭なファーストフラッシュ現象が認められるものと、下流域での下水道整備の影響で流出後期まで高濃度の負荷流出が続くものとが混在しているため、平均水質では流量増加期と減少期にほとんど差がみられない。

3. 粒径区分別の汚濁物含有特性 汚濁物の粒径依存性を調べるため、降雨Ic1-1～Ic1-8および降雨Yc2-1～Yc2-5では、流出期別にコンポジットした試料を25μmと74μmのフルイで分画し、各分画試料についての水質を測定した。粒径区分別の汚濁物含有率を、別途SSと粒度分析結果より求めた分画SSに対する分画水質の比率として算出し、流出期毎に平均して表-3に示す。分析降雨が限られているため普遍性は低いものの、両河川ともピーク期ではCOD含有率が小さく、無機成分が卓越していることを示している。また、減少期にはいずれの指標も1～25μmの微細な粒径区分で含有率が高いことから、流出後期まで高濃度の負荷流出が継続するのは、こうした汚濁物が付着した微細粒子が流出しているためであることが分かる。降雨Ic1-1～Ic1-8と降雨Yc2-1～Yc2-5での測定水質について、(1)式により算出した推定値と実測値の関係を図-1に示す。いずれの河川でも、比較的懸濁性依存の強いCODとT-P

表-1 調査降雨の概要

河川	降雨番号	調査年度	先行晴天日数(day)*	降雨量(mm)	平均流量(m ³ /s)
伊佐々川	Ic1-1	1992	9	7.5	0.51
	Ic1-2	1992	15	3.0	0.43
	Ic1-3	1992	16	2.0	0.44
	Ic1-5	1992	22	7.0	0.37
	Ic1-6	1992	25	9.0	0.44
	Ic1-7	1992	26	0.5	0.41
	Ic1-8	1992	9	18.0	0.74
山科川	Y-1	1989	2	31.5	8.24
	Y-2	1989	5	16.5	7.35
	Y-3	1989	23	9.0	1.69
	Y-4	1990	12	5.0	1.43
	Y-5	1990	3	7.0	4.90
	Y-6	1990	38	14.0	7.12
	Yc1-1	1991	2	12.0	2.55
	Yc1-2	1992	1	22.5	3.42
	Yc1-4	1991	41	11.0	4.67
	Yc2-1	1992	20	4.5	1.65
	Yc2-2	1992	31	22.0	4.04
	Yc2-3	1992	3	10.0	3.42
	Yc2-4	1992	3	33.5	5.24
	Yc2-5	1992	1	12.5	2.72

* 10mm/day以上の降雨日からの日数

表-2 流出期別平均水質

河川	流出期区分	平均流量(m ³ /s)	平均水質 (mg/l)				粒径別SS平均水質 (mg/l)		
			SS	COD	T-N	T-P	1～25μm	25～74μm	74～2,000μm
伊佐々川	増加期	0.47	29.1	6.07	1.64	0.165	5.2	10.3	13.7
	ピーク期	1.13	241.5	15.39	2.46	0.608	96.0	102.1	43.4
	減少期	0.45	26.9	6.06	1.94	0.158	6.4	9.8	10.8
山科川	増加期	4.91	28.7	8.41	4.27	0.417	7.8	11.2	9.7
	ピーク期	23.71	312.0	35.48	14.33	1.318	96.8	125.4	89.7
	減少期	4.85	31.6	8.93	5.05	0.420	10.0	12.6	9.0

増加期流量：伊佐々川<0.85m³/s、山科川<7.00m³/sピーク期流量：伊佐々川≥0.85m³/s、山科川≥7.00m³/s減少期流量：伊佐々川<0.85m³/s、山科川<7.00m³/s

で推定精度が高い。T-Nは、伊佐々川では減少期、山科川ではピーク期の推定精度がそれぞれ他の流出期に比べて悪く、いずれも高濃度側へシフトしている。このため、以下の推定計算では、T-N算定値について評価が過大になる場合がある。

$$C = C_s + \sum (r_i \cdot SS_i) \quad (1)$$

ここに、C：推定水質濃度

C_s ：実測溶解成分濃度

r_i ：粒径区分 i における汚濁物含有率（表-3）

SS_i ：粒径区分 i における実測SS濃度

4. 一時貯留による汚濁物流出の抑制効果

汚濁物の流出管理手法として、初期貯留池に初期流出成分を一時貯留した場合

の流出負荷の削減効果について検討する。ここでは、調査降雨

の流出率から算定して 降雨量 5mmに相当する初期貯留池容量

（伊佐々川 2,500 m^3 ，山科川 40,000 m^3 ）を設定し、貯留した降

雨時流出成分のうち、粒径25 μm 以上の粒子が沈降除去されると

仮定した。各粒子の汚濁物含有率は表-3に示す値であるとして

各調査降雨に対する流出負荷の削減率を推定した結果を表-4

に示す。伊佐々川では、どの指標も汚濁物含有率が比較的小

さいため、SSに比べて他の汚濁物削減率は大きくない。一方山

科川では、微細粒子依存の強いCODでの削減率が比較的小さいが、

T-NやT-Pで流出負荷削減に一定の効果が現れており、特にファ

ーストフラッシュ時に懸濁成分の多くが流出してしまう T-Nに

ついてかなりの流出抑制効果が見込める。

5. おわりに

今後はさらに資料を蓄積して、具体的な施設

設計に反映させたいと考えている。＜参考文献＞1)吉富他：第46回

土木学会年講，1991.9 2)山田他：第27回水環境学会，1993.3

表-3 粒径区分別汚濁物含有率
(降雨Ic1-1～Ic1-8, 降雨Yc2-1～Yc2-5)

河川	流出期区分	水質項目	SS 平均水質 (mg/l)			溶解分 平均値 (mg/l)	
			COD 汚濁物含有率 (%)				
			1~25 μm	25~74 μm	74~2,000 μm		
伊佐々川	増加期	SS	7.0	13.1	16.5	—	
		COD T-N T-P	7.67 4.19 0.11	8.08 2.91 0.64	10.21 1.34 0.45	3.559 1.091 0.045	
		SS	97.4	97.6	32.8	—	
	ピーク期	COD T-N T-P	2.34 0.03 0.12	4.96 0.40 0.18	6.78 1.43 0.65	5.107 1.456 0.054	
		減少期	SS	5.1	7.4	7.6	—
			COD T-N T-P	26.83 6.28 1.02	7.67 1.00 0.52	7.66 4.84 0.42	3.874 1.625 0.057
	山科川		増加期	SS	8.9	16.6	16.6
		COD T-N T-P		26.22 0.84 0.71	17.23 5.59 0.94	5.58 12.08 0.88	3.937 6.362 0.060
		SS		62.3	104.4	81.9	—
ピーク期		COD T-N T-P	10.23 3.21 0.54	7.73 1.43 0.48	7.22 10.65 0.94	5.379 6.113 0.065	
		減少期	SS	16.6	26.8	24.3	—
			COD T-N T-P	20.27 17.47 0.90	11.30 5.28 0.86	2.97 3.29 0.59	4.329 6.329 0.058

増加期流量：伊佐々川 $< 0.85 m^3/s$ ，山科川 $< 7.00 m^3/s$
ピーク期流量：伊佐々川 $\geq 0.85 m^3/s$ ，山科川 $\geq 7.00 m^3/s$
減少期流量：伊佐々川 $< 0.85 m^3/s$ ，山科川 $< 7.00 m^3/s$

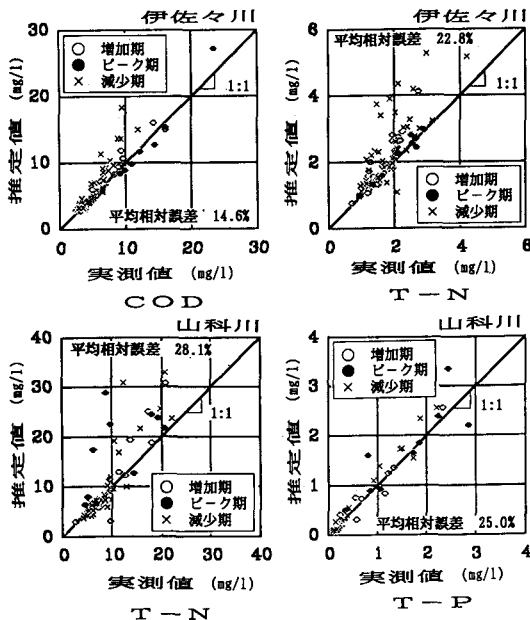


図-1 実測水質と(1)式による推定水質の関係
(降雨Ic1-1～Ic1-8, 降雨Yc2-1～Yc2-5)

表-4 初期貯留池による流出負荷削減率の推定

降雨番号	総流出量 ($\times 10^4 m^3$)	貯留量 ($\times 10^4 m^3$)	貯留率 (%)	流出負荷削減率 (%)			
				SS	COD	T-N	T-P
Ic1-1	1.84	0.25	13.59	20.76	4.76	3.83	11.27
Ic1-2	0.62	0.14	22.85	38.86	11.65	11.39	27.41
Ic1-3	0.72	0.19	27.25	35.75	7.49	14.41	18.65
Ic1-5	2.20	0.25	11.19	24.79	6.58	7.49	17.10
Ic1-6	2.71	0.25	9.34	9.79	4.81	3.69	8.44
Ic1-7	0.59	0.10	16.57	17.18	3.05	1.88	8.10
Ic1-8	6.35	0.25	4.05	2.28	2.30	2.30	4.05
Y-1	67.52	4.00	5.94	1.64	0.72	0.47	2.80
Y-2	15.44	4.00	25.91	32.92	9.52	14.77	24.27
Y-3	14.52	1.32	9.09	22.62	10.11	21.43	14.03
Y-4	23.81	4.00	16.80	14.63	1.26	0.68	1.79
Y-5	8.82	4.00	45.13	52.83	27.05	64.95	27.03
Y-6	12.82	4.00	30.93	38.07	29.40	—	—
Yc1-1	39.98	4.00	10.11	13.10	4.54	7.43	9.36
Yc1-2	90.21	4.00	4.29	10.59	1.36	2.24	2.92
Y-7	11.43	4.00	34.59	49.76	36.98	—	—
Yc2-1	14.85	3.21	21.64	16.13	1.45	0.90	3.33
Yc2-2	14.77	4.00	26.92	28.11	19.18	19.55	28.18
Yc2-3	8.61	4.00	45.78	50.57	38.76	65.66	52.80
Yc2-4	33.97	4.00	13.74	14.85	12.29	22.24	20.68
Yc2-5	8.81	4.00	45.13	47.70	14.20	8.48	48.75

貯留容量：伊佐々川 = 2,500 m^3 ，山科川 = 40,000 m^3

* (貯留率) = (貯留量) / (総流出量) $\times 100$ %

—：特異値のため除外