

II-519

都市河川における降雨時汚濁負荷流出特性 (I)

— 下水道整備による流出量の変化 —

東京都立大大学院 学生員 足立 晃一
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

1. はじめに 近年、下水道は公共投資の最優先課題として各地で整備進捗が図られており、その整備効果には、晴天時流出量において一定の評価が与えられている¹⁾。しかし、年間流出負荷量の大部分を占める降雨時流出分について検討された例は少なく、受水域が最終的に受ける影響を充分定量できているとはいえない。本報告は、下水道の整備進捗下にある都市河川における調査から、下水道による降雨時流出量の変化およびその年間流出負荷量に及ぼす影響の検討を行い、そこから得られた知見を示すものである。調査対象とした河川は、京都市北西部に位置し桂川に流入する一級河川T川である。流域の土地利用状況は、上流域が山地と住居地、中流域が住居地、下流域が工業地と住居地と、比較的明瞭に区別されており、下水道の排除方式は、右岸が分流式、左岸が合流式である。表-1に過去10年間(1980~1989年)における晴天時流出量の変化(「京都府公共用水域測定結果」)を流域の下水道整備状況とともに示す。この10年間で本流域の下水道整備は著しく進み、それに伴って流量およびすべての水質項目で流出量は大幅に削減されてきた。以下降雨時流出分について検討する

ため、過去10年を 期間 I (1980~1984年)、期間 II (1985~1989年)に分け、各期間において行った降雨時調査(期間 I : 7降雨, 期間 II : 6降雨)からそれぞれ晴天時分を差し引いた一降雨積算値について解析を行った。

表-1 下水道普及率と晴天時流出量の変化

年度	流域人口 (千人)	流域面積 (km ²)	下水道普及率 (%)		流量 (m ³ /s)	負 荷 量 (g/s)				
			合流式	分流式		T-SS	T-COD	T-N	NH ₄ -N	T-P
1980	157.8	25.75	26.5	0.0	1.9	83.8	79.0	11.64	3.96	—
1983	154.9		81.1	11.3	1.0	71.5	42.4	5.66	2.07	1.04
1986	154.1		100.0	54.2	0.7	62.0	15.26	3.01	0.77	0.46
1989	153.3		100.0	66.0	0.6	5.5	9.95	2.10	0.25	0.22
増減 %	-2.9	—	—	—	—	-93.4	-87.4	-82.0	-93.7	—

注) 1. 下水道普及率: 人口普及率 2. 流量, 負荷量: 75%非超過確率値 3. 増減 %: 1980年~1989年の増加率

2. 降雨時汚濁負荷流出量の変化 一降雨積算流出量は (1)式で回帰できる²⁾ことから、各期間別に回帰分析を行った結果を表-2, 図-1に示す。

$$\Sigma L/A = a \cdot (\Sigma Q/A)^n \quad (1)$$

ここに $\Sigma L/A$: 積算比負荷量 (kg/km²), $\Sigma Q/A$: 積算比流量 (m³/km²), a : 係数, n : 指数

懸濁性の強い指標では、下水道が合流式、分流式併せて80%以上整備された期間IIにおける回帰線が、下水道整備途上である期間Iと、雨水流出率を考慮して降雨量約20mmに相当する点

表-2 積算比負荷量と比流量に関する回帰分析結果

水質	期間 I			期間 II		
	a	n	R ²	a	n	R ²
T-SS	1.8125	0.83	0.977	0.0001	2.00	0.678
DM	0.5855	0.80	0.976	0.0657	1.12	0.917
T-COD	0.9420	0.66	0.996	0.0006	1.57	0.780
P-COD	1.0400	0.62	0.995	0.0006	1.45	0.480
S-COD	0.0093	0.99	0.756	0.0011	1.34	0.727

R²: 決定係数

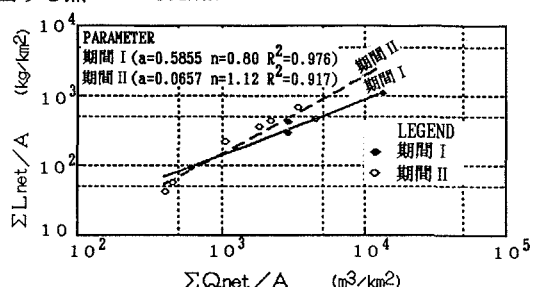
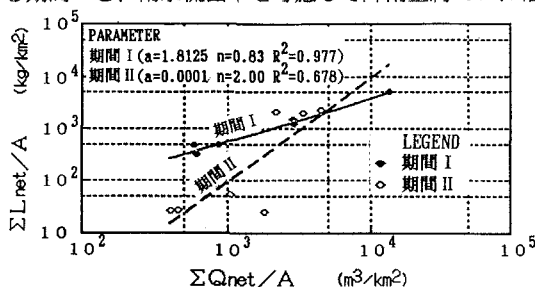


図-1 (1) T-SS 積算比負荷量と積算比流量の関係

図-1 (2) DM 積算比負荷量と積算比流量の関係

で交差する。これは、小降雨の場合には、期間Ⅱにおいて下水道による負荷の削減効果がみられるものの、降雨規模が大きくなると、期間Ⅱの流出負荷量が期間Ⅰを上回ることを示しており、合流式下水道からの越流負荷と分流水雨水管を介して流出するノンポイントソースからの負荷の増大によるものと考えられる。一方、溶解性物質（DM）など溶存性の指標では期間Ⅰ、Ⅱの回帰線に大きな差異は認められず、下水道整備の影響は懸濁成分ほど顕著ではなかった。

3. 降雨時流出に及ぼす汚濁ポテンシャルの影響 降雨時流出負荷量は、流域内の汚濁ポテンシャルの大小によっても異なる。そこでこうした汚濁ポテンシャルの降雨時汚濁負荷流出に及ぼす影響の変化を検討するため、一降雨積算値について（2）式を用いて回帰した結果を表-3に示す。

$$\Sigma L/A = k \cdot S^m \cdot (\Sigma Q/A)^n \quad (2)$$

ここに k：係数，m：指数

表-3 汚濁ポテンシャルを考慮した
積算比負荷量と比流量に関する回帰分析結果

Sは流域内の汚濁負荷のポテンシャルを示すパラメータであり、ここでは先行10日間における降雨量を用いたが、S=0となる場合は分析対象から外した。総じて決定係数R²は、（1）式による回帰分析結果におけるものより高い値であり、かなり改善されている。パラメータSの影響はmの値で表現されるが、期間Ⅰではいずれの指標においてもm≒0であったものが、期間Ⅱではその絶対値が大きくなっており、流域内の汚濁ポテンシャルの影響が降雨時流出負荷量に強く現れるようになってきている。

水質	期間Ⅰ				期間Ⅱ			
	k	m	n	R ²	k	m	n	R ²
T-SS	1.5085	0.06	0.82	0.994	0.0004	-0.20	1.85	0.705
DM	0.8336	0.06	0.72	0.980	0.1447	-0.11	1.04	0.953
T-COD	1.2398	0.03	0.61	0.988	0.0011	-0.24	1.54	0.860
P-COD	1.2472	0.06	0.58	0.997	0.0011	-0.24	1.42	0.537
S-COD	0.0613	-0.08	0.81	0.930	0.0021	-0.25	1.31	0.839

R²：決定係数

4. 年間流出負荷量の推定 年間流出負荷量に及ぼす下水道整備効果を検討するため、京都地方気象台で観測された過去10年間の降水量のうち、1980, 1984, 1986年の3か年の降水量列をそれぞれ出水年、渇水年、平水年とみなして、有効降雨量に変換した後、表-3の期間Ⅰ、期間Ⅱのパラメータを用い（2）式によってシミュレーションを行った。表-4にそのシミュレーション結果を示す。ここで晴天時流出量は、別にT川で行った晴天時調査結果を基に算定した

表-4 年間比流出負荷量の推定（（2）式による）

値である。下水道整備が進んだ期間Ⅱについて求めた年間流出負荷量は、下水道整備途上にある期間Ⅰよりどの指標、降雨をとっても少なくなっており、特に懸濁性のT-SS、P-CODでは出水年の1980年降雨で両者に100倍前後の差が現れたが、溶存性のS-CODにおいては10倍以下の差となっており、いずれも下水道の整備効果が大きかったことを示している。次に、年間流出負荷量に対する降雨時流出分の

水質	年度	年降水量 (mm)	期間Ⅰ（下水道普及率:39.2%）			期間Ⅱ（下水道普及率:82.4%）		
			晴天時 流出比負荷量 (t/km ² /year)	降雨時流出量		晴天時 流出比負荷量 (t/km ² /year)	降雨時流出量	
				比負荷量 (t/km ² /year)	降雨時 比率 (%)		比負荷量 (t/km ² /year)	降雨時 比率 (%)
T-SS	1980	2041.0	25.13	1090.92	97.7	5.01	7.96	61.4
	1984	1170.5		473.19	95.0		1.84	26.9
	1986	1473.0		817.26	97.0		6.81	57.6
T-COD	1980	2041.0	37.40	428.52	91.9	4.96	4.68	48.5
	1984	1170.5		219.52	85.4		1.46	22.7
	1986	1473.0		300.42	88.9		3.65	42.3
S-COD	1980	2041.0	29.22	25.31	46.4	4.12	3.23	44.0
	1984	1170.5		12.45	29.9		1.23	23.0
	1986	1473.0		18.60	38.9		2.40	36.8

（降雨時比率）＝（降雨時比流出負荷量）／（晴天時比流出負荷量＋降雨時比流出負荷量）

においていずれも80～100%近くあったものが、期間Ⅱでは概ね50%前後に減少しており、特に期間Ⅱの渇水年では20%程度まで減少している。こうしたことから、下水道整備は、降雨時流出分の比率を減少させたものの、降水量やその集中性によってその比率がかなり変わることも明らかになった。

5. おわりに 本研究においては、下水道整備の降雨時汚濁流出量に関わる影響を定量することができた。なお、本研究の調査、分析にあたっては、西本安範助手、吉富雅春君をはじめとする衛生研究室のメンバーの協力を得たこと記して謝意を表する。

<参考文献> 1) 山田他：第25回水質講義，1991.3 2) 海老瀬：国立公害研報告，第50号，1984