

II-431 降雨時の汚濁物質流出とその粒度特性

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. 研究の目的 陸域や水域における環境堆積物に含まれる汚濁成分が微細粒子に集中していること、また、これらの堆積物が降雨による水理的な条件によって流出することから、懸濁性物質の粒度構成の把握が、汚濁物質の流出機構の解明に重要な役割を果たすものと考えられる。昨年の本会においては、都市と農業地域での流出特性の比較から、都市中小河川では、①SSと粒度の間にループ特性があること、②SSは微細粒子の構成比に支配されていることを示した¹⁾。ここでは、その後、他の都市河川で行った3回の降雨時調査²⁾を加えて、汚濁物質の流出特性とその粒径依存特性について検討した結果を示すものである。

2. 調査・分析の概要とその結果 調査対象は、京都市内を流れるT川とY川である。T川は、上流部から下流部へ山地、住居地域、工業地域と、土地利用が比較的明瞭に区分されている。一方、Y川は、上流部が山地、その他は住居地域を主体とする工場や田畑が混在した流域となっている。調査は、降雨の影響のある期間を対象に、10～20分間隔で、降雨量、流量の測定と採水を実施し、その後粒度分析（島津SALD-1000使用）、水質分

表-1 調査結果の概要

降雨 番号	流域 面積 km ²	先行晴 天日数 days	総降 雨量 mm	継続 時間 hrs	降雨 強度 mm/h	調査 時間 hrs	平均 流量 m ³ /s	最大 流量 m ³ /s	最小 流量 m ³ /s	総流 出量 10 ⁴ m ³	平均水質 (mg/l)				
											SS ₅₀₀	SS ₅	COD	T-N	T-P
T	24.3	3	4.5	1.7	2.7	3.7	0.4	2.4	0.6	1.7	36.8	4.7	—	5.3	0.6
Y-1	36.1	2	26.5	5.3	5.0	19.8	7.7	35.8	3.0	54.4	125.5	31.6	24.7	15.2	0.5
Y-2		5	16.5	4.7	3.5	5.8	10.6	15.7	4.1	22.2	32.6	4.1	9.3	4.4	0.3
Y-3		22	9.0	1.5	6.0	12.8	2.0	9.8	1.0	9.1	287.6	29.2	56.8	16.3	3.5

継続時間：降雨継続時間，先行晴天日数：10mm/day以上の降雨日からの日数，SS₅₀₀：500 μ m以下のSS

3. SS-流量，SS-粒度のループ特性 降雨Y-1について、SS₅₀₀（500 μ m以下のSS）と流量の経時変化を図-1に、SS₅₀₀と50%加積粒径D₅₀の経時変化を図-2に示す。図-1ではファーストフラッシュ特有の時計まわりのループ特性はみられない。他の3降雨についても同じ傾向であったことから、下流域での下水道整備の影響を受けているのではないと思われる。また、図-2でも反時計まわりのループを描いており、流量増加時に比較的大きな粒子が流出し、減少時には小さな粒子が卓越することを意味している。これらのことは、大きな粒子が「有限供給源」であり、小さな粒子が「無限供給源」であることをも表しており、微細粒子に含まれた汚濁物が降雨初期に流出してくるとされる従来の考え方とは異なっていることを示している。

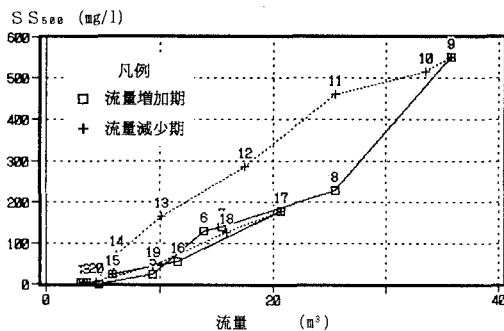


図-1 SS₅₀₀-流量のループ特性 (Y-1)

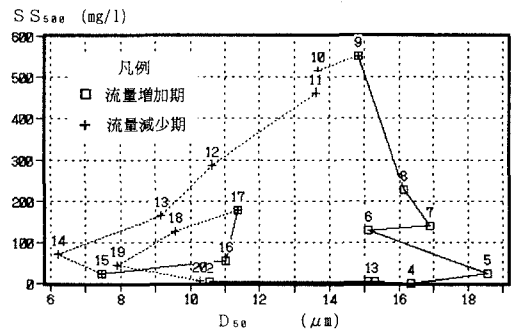


図-2 SS₅₀₀-D₅₀のループ特性 (Y-1)

4. SSの粒度構成変化

各調査のSS成分の粒径別流出変化を図-3に示す。ここでは、各調査毎に、流量によってデータを区分し、増加期(U1,U2),ピーク期(P),減少期(D1,D2)としてまとめた。いずれも、SS成分の50~90%を25 μ m以下の粒子が占めており、先行晴天日数が多いほど粗粒子の構成比が大きい。また、Y-1~Y-3では、25 μ m以上の粗粒子の初期流出がみられるものの、Tでは顕著でない。特に、Y-1とY-3では、流出後期に25 μ m以上の粒子がほとんど流出しておらず、供給源の有限性がみられる。

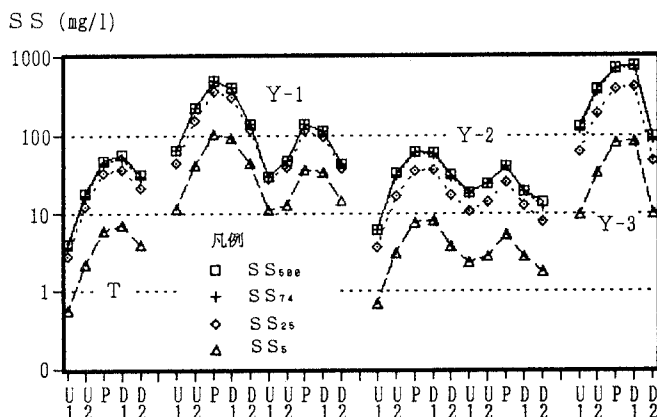


図-3 粒径別SSの変化

5. 汚濁物質の流出特性 汚濁物質は、それぞれ固有の力学的特性に支配されて流出していると考えられるので、一雨出水について、任意の時刻までの各水質項目に対する累積流出負荷量をその項目の総流出負荷量で除した比の2例を図-4に示す。

流量と負荷量が途中で逆転しており、後期流出型であったことがわかる。また、SS₅₀₀と比較して他の汚濁物質の流出は早く、特にT-Nのファーストフラッシュが著しい。しかし、SS₅₀₀以外の汚濁物質は、早期に頭打ちとなり、残存堆積量が少なくなっていることを意味している。こうした結果から、各水質指標の依存する懸濁性物質の粒径区分にかなりの差異があると考えられる。

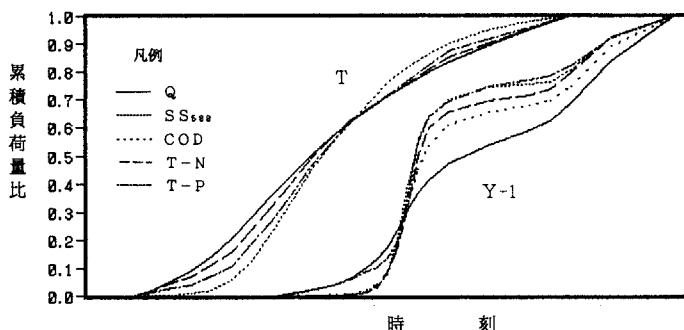


図-4 汚濁物流出の累積負荷量比

6. 汚濁物質の粒径依存特性 汚濁物と粒度の相関分析結果を表-2に示す。SS₅₀₀は、T, Y-1~Y-3でそれぞれ250,74 μ m以下のSSと一様に相関が高いが、TではT-Nが5~25 μ mで特に高い相関を示している。また、Y-1~Y-3では、SS₅₀₀とCODは5~25 μ mで相関が最も高いのに対して、T-N, T-Pは25~74 μ mで相関係数が最大となるなど、ここでも、水質指標により明瞭な差がみられるが、全体として微細粒子との相関性が高い。

7. おわりに 本報告では、下水道が一定整備された都市中小河川における降雨時の汚濁物質流出特性が明らかになった。同時に粒度構成についても一定の把握ができた。さらに、事例を加えて粒度特性の役割を明確にしたい。

<参考文献> 1) 市木他：第44回年講，1989 .10 2) 山田他：第24回水質講，1990.3

表-2 汚濁物と粒度の相関

粒径区分別SS (μ m)		~ 5	5~25	25~74	74 ~250	250 ~500
T	SS ₅₀₀	0.965	0.998	0.993	0.961	0.591
	TN	0.829	0.920	0.873	0.837	0.681
	TP	0.941	0.980	0.970	0.941	0.729
Y-1 ~Y-3 平均	SS ₅₀₀	0.976	0.995	0.993	0.488	—
	COD	0.901	0.923	0.919	0.424	—
	TN	0.759	0.798	0.820	0.400	—
	TP	0.736	0.759	0.765	0.288	—