

立命館大学理工学部 正員 ○西本 安範
" " 山田 淳

1. まえがき 雨天時における汚濁物の流出挙動に関する調査は採水・分析の作業量の限界性より本川下流端にとどまるものが多いが、上流支川の流出挙動が下流端での測定結果に鋭敏に反応する中小河川では下流端の測定結果のみでは流出挙動の特性を明確にすることが困難となる。こうしたことよりここでは中小都市河川での同時調査（上流2地変、下流1地変）結果のうちCOD(S),(P)(S:溶解性,P:浮遊性)をとりあげ、雨天時における流出挙動の特性を述べるとともに、下流部の実測流出負荷量に対して $Q_S = KQ^a$ モデルをベースとして、下流部の実測結果を用いた場合と支川の測定結果を考慮した場合とのシミュレーション比較について報告する。

2. 流域の特性 対象とした天神川は図-1、表-1に示すように6つの支川ブロックより構成されるが、上流域が山地と住居地、中下流域が工業地と住居地と土地利用が明瞭に区分される流域であり、本川下流部での流出挙動はこの土地利用を反映して、晴天時には下流支川の流出挙動で代表されるが、雨天時には上流域の流出量のウエイトが大きくなる。

3. 流出挙動の特性 図-1に示す地変で実施した調査結果の1例を図-2、表-2に示す。①表-2に示す値のmax/minは流量で37~74であるのに対して、Pでは濃度で24~114、負荷量では79~647と集中性のない小降雨（総降雨量:10.5mm、平均降雨強度:3.5mm/hour）にもかかわらず浮遊性物質の流出量は大きい。Sは濃度で15~4、負荷量で6~19で水質変動が小さく負荷流出量も小さい。②降雨による流出応答はピーク量で流量では20分、濃度ではSで35分、Pで30分程度地変2の方が早い。また地変1、2から地変4までの到達時間はPの濃度や負荷量のピーク波形より40~45分程度と推定される。③Pは各地変とも流量ピークが濃度のピークより早く出現するため流量と負荷量との経時的な変動は左まわりのループを描くことになり一般の河川で指摘されている右まわりとは異なる。図-3に図-2に示す地変4の流出量(A)、地変1と2の流出量が約200m下流で合流し地変4に達することより地変1と2の実測値の合計量を45分遅らせたもの(B)、 $C = A - B$ として求めた中下流支川からの流出量の挙動を示した。また同図に示

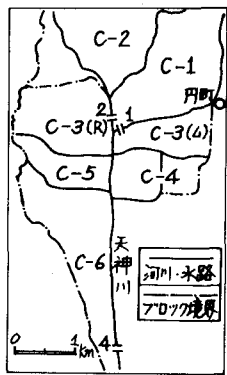


図-1 流域ブロックと採水地変

表-1 天神川流域の概要

支川ブロック	流域面積 (km ²)	土地利用				
		山林地	住居地	工業地	商業地	
C-1	7.33	4.57	2.01	0.39	0.37	
C-2	11.91	7.21	4.45	0.16	0.09	
C-3(R)	1.14		0.84	0.22	0.09	
C-3(L)	0.72			0.63	0.09	
C-4	0.83			0.77	0.06	
C-5	0.64		0.18	0.46		
C-6	1.75	0.13	0.88	0.72	0.01	
計	24.32	11.91	8.36	3.35	0.71	
(%)	(100.0)	(49.0)	(34.4)	(13.8)	(2.8)	

表-2 雨天時における流出挙動の特性

地変	流量 (m ³ /sec)		濃度 (PPM)				負荷量 (g/sec)			
			COD(S)		COD(P)		COD(S)		COD(P)	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
1	1.360	0.184	15.5	5.2	102.5	0.9	19.16	1.03	109.95	0.17
2	2.994	0.806	14.1	3.6	120.0	5.0	42.22	3.09	291.05	4.03
4	4.809	1.100	17.0	11.2	93.4	1.7	81.75	12.98	410.71	2.02

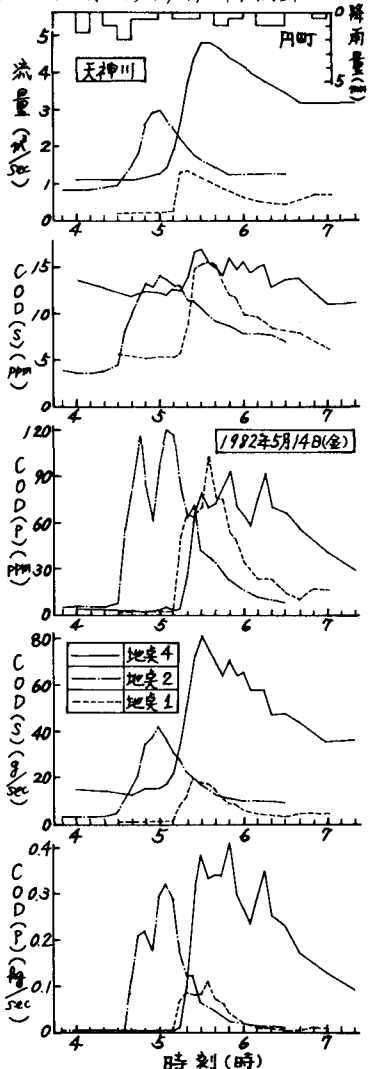


図-2 雨天時における流出挙動

との関連をみると、①地奥1は流域全体に対する面積比(X)が0.30近くを占めるが合流式下水道の整備効果もあらわれて、流量でXの0.54、Sで0.40、Pで0.43倍と小さい。②地奥2はXで0.49、流量でXの0.92、Sで0.70、Pで0.89とXの7〜9割程度の流出量となる。③CはXで0.21、流量でXの1.83、Sで2.54、Pで2.07倍と高く地奥1,2〜4までの流出量もかなり大きい。

4. 負荷流出モデルと計算結果 負荷流出モデルとしては流出負荷量(Qs)と流量(Q)とがループを描くことから問題はあるが、図-3に示す期間の地奥1,2,4のQsとQとの相関係数が高いことと調査資料が蓄積段階にあるため、ここでは $Q_s = KQ^n$ モデルをとりあげ地奥4の実測流出負荷量 Q_{s4} に対して、 $Q_{s4} = K_4 Q_4^n$ とした場合(計算値I)とtime lag 45分を考慮して $Q_{s4} = \sum_{i=1}^3 K_i Q_i^{n_i}$ とした場合(計算値II)とのシミュレーション比較を試みた。計算では表-4に示す適合度指標PTが0.995〜1.005の範囲でnも0.1刻みで変化させFが最小となるものを最適とした。計算結果を表-4と図-4に示す。④S-計算値Iでは地奥1の実測値と計算値とにピーク量で時間差が生じたためFの値が大きくなり適合性が若干悪いが、他の地奥では図-4に示すC:地奥(4-1-2)の結果も含めてFの値が小さくRの値も高く適合性がよい。計算値IIの結果は計算値Iより適合性が悪いが差はほとんどみられない。計算値IIIは地奥1,2の計算値IにCの実測流出負荷量 RQ_{s3} を加えたもので、当然のことながら適合性はよくなるが計算値Iとの差はわずかである。このように水質変動の少ない溶解性物質に対しては支川の特性を考慮するメリットは少ないといえる。⑤P-計算値Iでは地奥1,2のRが高く適合性はよいといえるが、図-4に示すCはQsとQとの相関性が極めて低く計算結果もRが0.297と適合性が悪い結果となった。地奥4はRが0.855、Fが0.288で適合性が比較的高いといえるが実測値の第3ピークをとらえていないために問題が残る。計算値IIではCの適合性が悪いことより計算値Iよりもわずかに悪い結果となった。計算値IIIでは第1,第2ピーク付近での実測値との対応が悪いが、第3ピークでの改善がみられて全体としては計算値Iより若干適合性がよかった。浮遊性物質に対しては中下流域での支川特性を明確にすることでモデルの適合性を高める余地が残されているといえる。

本報告はBB57年度 河野善雄 並河俊郎 君との卒業研究の一部とまとめたものである。

1) 京都市: 京都市水質管理計画, BB52.3, 2) 第17回日本水質汚濁学会, 3) BB58年度土木学会関西支部

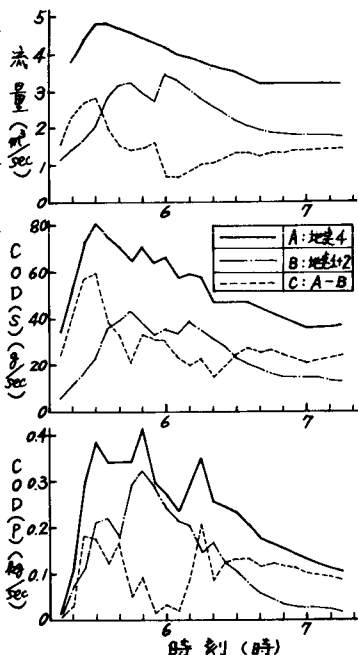


図-3 雨天時における流出量の収支

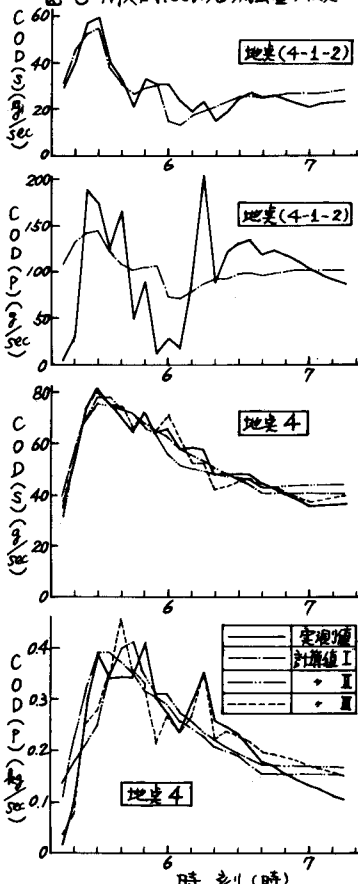


図-4 シミュレーション結果

表-3 流出量の割合

地奥	流量		COD(S)		COD(P)	
	(m³/d)	(%)	(ton)	(%)	(ton)	(%)
1	4,436	16.2	0.047	12.1	0.220	12.9
2	12,377	45.3	0.133	34.4	0.742	43.7
(4-1-2)	10,539	38.5	0.207	53.5	0.737	43.4
4	27,352	100.0	0.387	100.0	1.699	100.0

表-4 シミュレーション結果一覧

項目	地奥	n	K	PT	F	R
COD(S)	I 1	1.2	11.25	1.000	0.408	0.889
	I 2	1.6	7.400	1.001	0.083	0.990
	I (4-1-2)	1.0	19.50	0.995	0.185	0.868
	I 4	1.6	6.307	1.004	0.069	0.966
COD(P)	II 4	—	—	0.999	0.105	0.925
	III 4	—	—	1.001	0.056	0.978
COD(S)	I 1	1.7	56.20	0.996	0.432	0.932
	I 2	2.2	27.28	1.004	0.468	0.882
	I (4-1-2)	0.5	86.19	1.004	0.500	0.297
	I 4	2.3	60.34	0.997	0.231	0.855
COD(P)	II 4	—	—	1.003	0.268	0.793
	III 4	—	—	1.001	0.203	0.866

◇ シミュレーションモデル

計算値I: $Q_s = KQ^n$

II: $Q_{s4} = \sum_{i=1}^3 K_i Q_i^{n_i}$

III: $Q_{s4} = \sum_{i=1}^3 K_i Q_i^{n_i} + RQ_{s3}$

Qs: 流出負荷量

K, n: 定数

RQs3: 地奥(4-1-2)の計算実測負荷量

◇ 適合度判定指標

$F = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (CQ_{si} - RQ_{si})^2 / N}{\sum_{i=1}^N RQ_{si}^2 / N}}$

R: CQ_{si} と RQ_{si} との相関係数

PT: $\frac{\sum_{i=1}^N CQ_{si}}{\sum_{i=1}^N RQ_{si}}$

Qs: (g/sec), Q: (m³/sec)

N: 7データ

RQs2: 実測流出負荷量

CQs2: 計算流出負荷量