

立命館大学理工学部 山田 淳

立命館大学大学院 市木 敦之 ○持田 雅司

(株)建設技術研究所 長谷川 祐一

1. はじめに 筆者らは、水質タンクモデルを構築し、これまでに淀川を対象とした時間スケールの長い流出解析を実施して、このモデルが大河川における汚濁物流出の再現性に優れていることを確認してきた¹⁾。本報告では、このモデルが、さらに降雨に対する流出応答の鋭敏な流域における再現性についても適用できると考え、都市域中小河川における実測結果を用いて、汚濁物の流出形態からみたモデルの諸特性を考察した。

2. 水質タンクモデルの構造 水質タンクからの汚濁物流出は、図-1に示す流量タンク内に設置したフルイ上の汚濁物堆積高 S とタンク内水位 X との関係から次式で表現される。

$$X \leq S \text{ のとき } L = \alpha X \cdot \frac{1}{X} \int_0^X \beta B x^n dx \quad (1)$$

$$X>S \text{ のとき } L=\alpha X \cdot \frac{1}{X} \int_0^S \beta B x^n dx \quad (2)$$

ここに L : 汚濁物流出高, α : 流量タンク流出係数,

β : 汚濁物流出係数, B : 堆積高変換係数 であり、

とりわけ αX は流量流出高， x^n はフルイの形状を示す。

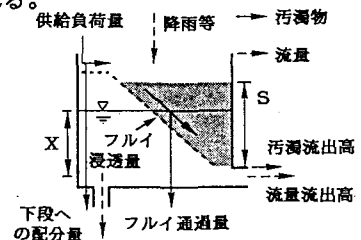


図-1 水質タンクモデルの概念図

3. 対象流域と調査結果の概要 対象としたのは、琵琶湖へ東岸から流入する都市域中小河川、伊佐々川である。集水面積は 3.93km²、流域人口は 9.0千人であり、上流部が山地と田畑、中流部が住宅地となっており、下流で草津市の中心部を流下している。この近年都市化が著しい流域では、分流式下水道の整備が進んでおり、人口普及率は65.4%に達している。ここでは、流域の構造を直列3段型のモデルで表し、流域の土地利用状況を考慮して、図-2に示すような汚濁源別の汚濁物流出過程を仮定した。調査²⁾は、連続した

水質タンクの連結	汚濁源の種別		水質構成
上段タンク	自然域	非特定汚濁源	汚濁性 溶解性
	85.3 (懸濁成分)		
	都市域		
	住居地13.4 工業地13.1 商業地8.2		
	100		
中段	ウェットエリア		
	〔河川、水路等の堆積負荷〕		
	自然域		
	(溶解成分)		
下段	特定汚濁源 (家庭、工場排水等)		

数字は伊佐々川流域ドライエリア
に占める面積比率 (%)

表-1 調査結果の概要

降 雨 番 号	調査期日	先行降 雨	総降 雨量	降雨継 続時間	平均 流量	平均水質 (mg/l)			
		(mm)	(mm)	(hrs)	(m ³ /s)	SS	COD	T-N	T-P
調査全体		—	48.0	—	0.40	14.7	4.19	1.49	0.101
92/10/23-11/26		(8) **				3.16	1.39	0.044	
降雨 Ic1-1	92/10/24	26.0	7.5	6.0	0.51	11.4	4.56	1.32	0.114
						3.25	1.00	0.050	
Ic1-2	92/10/30	8.0	3.0	1.0	0.43	28.9	7.38	2.92	0.191
						4.50	2.15	0.053	
Ic1-3	92/11/ 1	7.0	2.0	6.0	0.44	14.8	5.58	1.42	0.127
						4.00	1.24	0.049	
Ic1-4	92/11/ 3	9.0	0.5	1.0	0.26	1.3	3.29	1.16	0.053
						3.05	0.92	0.034	
Ic1-5	92/11/ 6	4.0	7.0	11.1	0.37	18.3	5.72	1.74	0.128
						4.04	1.38	0.039	
Ic1-6	92/11/ 9	12.0	9.0	7.0	0.44	29.8	4.98	1.53	0.173
						2.94	1.23	0.066	
Ic1-7	92/11/10	12.0	0.5	1.0	0.41	7.9	3.69	1.99	0.082
						2.79	1.91	0.038	
Ic1-8	92/11/20	14.0	18.0	9.6	0.74	141.0	11.72	2.36	0.403
						5.18	1.60	0.051	

平均水質欄：上段は 懸濁性+溶解性 (T)，下段は 溶解性 (S)

* 先行10日間の降雨量, ** 観測降雨数

図-2 水質タンクモデルの汚濁物流出過程

複数の降雨を含む期間について、降雨量の測定および30分～1時間間隔の流量測定と採水を行い、その後水質分析を行った。なお、晴天時については1～6時間分をコンボジットしたものを分析試料とした。調査結果の概要を表-1に示す。流量に変動を与えた降雨は8降雨観測されたが、降雨Ic1-8は流量ピークの2回ある2山降雨であった。

4. 連続流出モデルの適合性 水質タンクモデルのパラメータの同定は、次の手順で行った。1) 年間流出負荷量を推定し、それをもとに供給負荷量、初期堆積量および各タンクへの配分率を定めた。2) パラメータの決定は懸濁成分、溶解成分ともまず下段タンクから行い、懸濁成分では、上段下部タンクのパラメータを降雨Ic1-1～Ic1-7の実測値と合うように決定し、その後上段上部および中段タンクについて降雨Ic1-8に合わせて試行計算により決定した。3) 溶解成分のパラメータは、実測値の波形に合うように試行計算により定めた。パラメータおよび実測値と計算値の相関係数を表-2に、降雨Ic1-6とIc1-8に関するシミュレーション結果を図-3に示す。実測値と計算値の適合性については、負荷量やT-N(P)以外の懸濁性水質で高い相関係数が得られたが、T-P(S)水質では流出ピーク期を過小に、T-N(P)やT-N(S)水質ではピーク期を過大に、かつ逓減期を過小にそれぞれ算定しているため低い相関係数に留まっており、とりわけ溶解成分の流出ピークにおける希釈作用と逓減特性の双方を同時に表現することが課題となった。

5. 汚濁物の形態とモデルの諸特性

5.1 流出孔別流出負荷量 汚濁物の構成について検討するため、流出孔別負荷量を図-4に示した。降雨に依らず溶解成分はいずれも下段タンクから流出しており、上流の自然域からの負荷がかなりのウェイトを占めていることが分かる。懸濁成分については、降雨Ic1-6のように降雨量が少ない場合には、上段上部からの流出がほとんどなく、大部分が上段下部からの流出負荷であるのに対して、降雨Ic1-8程度の降雨量になるといずれの水質項目も上段上部からの流出負荷量が飛躍的に増加しており、上段下部からの流出分とあわせてかなりの負荷量が非特定汚濁源から流出してきていることがうかがえる。

5.2 タンク内部の状態変化 水質タンクモデルでは、流域内の汚濁ポテンシャルをタンク内の汚濁物堆積高として表現している。図-3には、各段のタンク内水位と堆積高を示している。解析対象とした降雨が比較的小さく堆積高の変動が少なかったものの、降雨Ic1-8では上段および中段タンクの堆積高が減少しており、流量と負荷量のループ特性など有限供給型の流出を的確に表現し得ることが示されている。

5.3 パラメータ特性 本モデルでは、都市域中小河川における流出ピークの鋭敏性を、表-2に示したように、主に上段上部のパラメータnを大きくとることにより表現している。パラメータBは、タンク内の水位に対して汚濁物量を堆積高に変換して負荷流出に寄与する汚濁物の範囲を限定するものであり、ここでは下段を除いて概ね懸濁成分での値が溶解成分に比べて大きく設定されており、非特定汚濁源における汚濁ポテンシャルの影響が懸濁性負荷流出に顕著に現れるものとなっている。

6. まとめ 本報告では、都市域中小河川における水質タンクモデルの効用と問題点について明らかにした。さらに汚濁物のタンク内での形態変化について検討を加え、汚濁物の流出管理に適用し得るものに発展させたいと考えている。

表-2 水質タンクモデルのパラメータ

水質項目	タンク区分	供給負荷量配分率	フルイの構造		初期堆積量 (kg/m ²)	相関係数*
			n	B		
SS	上段上部	0.25	1.0	25	19097	0.731
	上段下部	0.15	0.0	30	11458	
	中段	0.10	1.0	8	7639	0.733
	下段	0.50	0.0	2	38195	
COD(P)	上段上部	0.25	1.0	7	1328	0.757
	上段下部	0.25	0.0	10	1106	
	中段	0.35	0.5	35	1367	0.678
	下段	0.15	0.0	10	632	
COD(S)	上段上部	0.25	0.0	4	23	0.892
	上段下部	0.24	0.0	4	47	
	中段	0.50	0.0	5	642	0.656
	下段	0.01	0.0	100	1665	
T-N(P)	上段上部	0.35	1.0	3.8	239	0.714
	上段下部	0.25	0.0	3.2	119	
	中段	0.25	1.0	1.2	119	0.482
	下段	0.05	0.0	9	319	
T-N(S)	上段上部	0.35	-0.25	2.5	31	0.823
	上段下部	0.30	0.0	2.0	47	
	中段	0.28	0.0	3.7	79	0.423
	下段	0.07	0.0	45	1428	
T-P(P)	上段上部	0.30	0.5	3.2	120.8	0.756
	上段下部	0.30	0.0	1.5	103.5	
	中段	0.25	0.5	1.5	69.0	0.772
	下段	0.15	0.0	5	51.8	
T-P(S)	上段上部	0.25	1.0	0.7	1.9	0.808
	上段下部	0.30	0.0	0.4	2.5	
	中段	0.35	0.0	0.5	4.1	0.032
	下段	0.10	0.0	30	74.1	

いずれも流出係数 $\beta=1.0$ ，フルイの通過率 $=0.01$

* 上段：負荷量，下段：水質

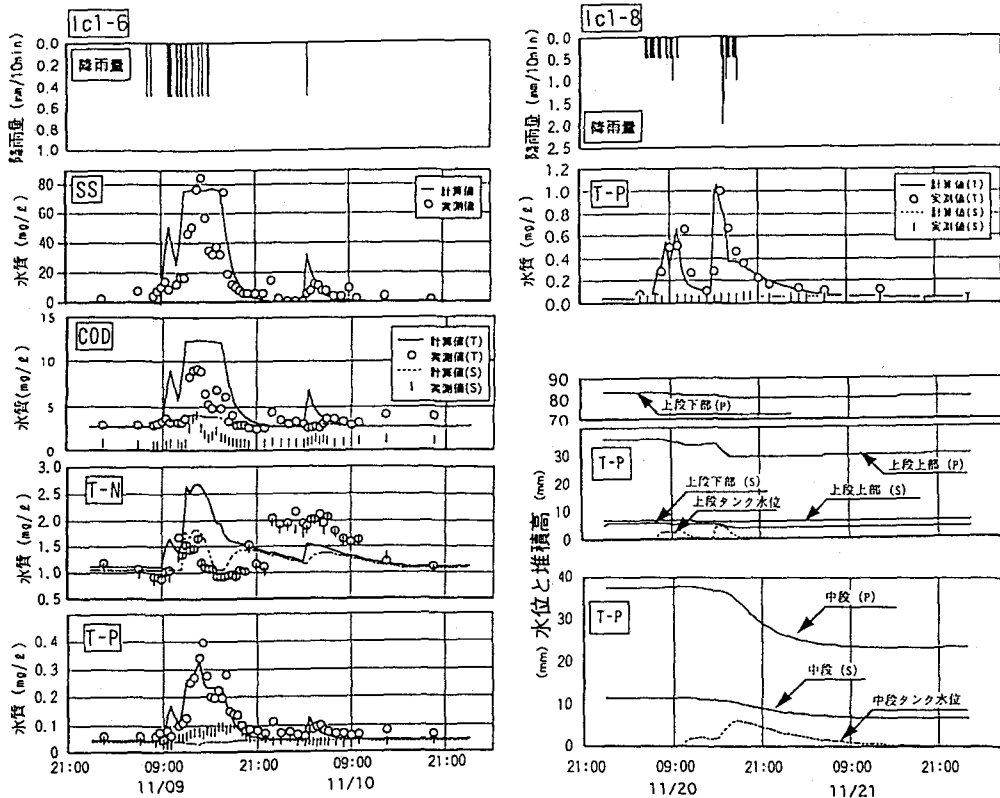


図-3 水質タンクモデルによるシュミレーション結果

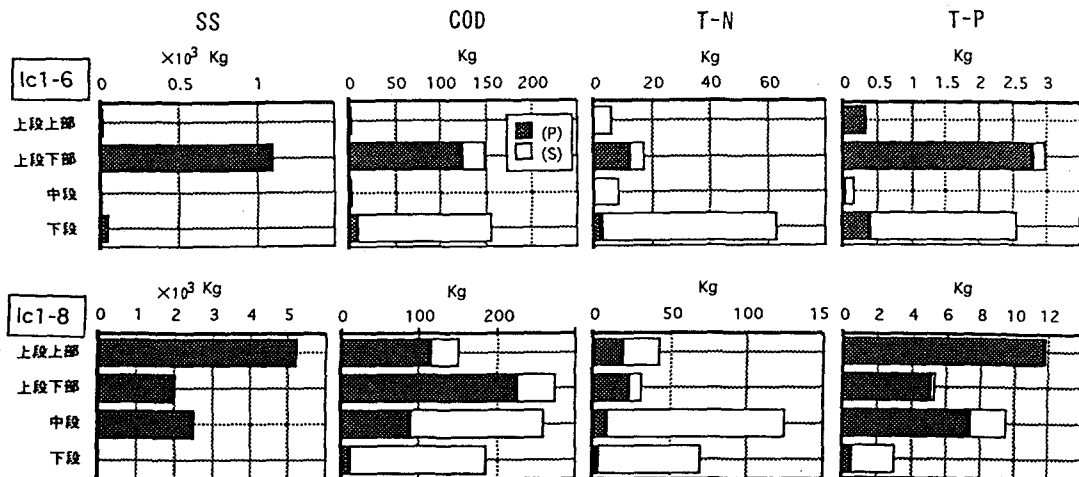


図-4 流出孔別流出負荷量の構成

<参考文献> 1) たとえば Hasegawa Y. et al: 6th ICUSD, 1993.9 2) 市木, 山田: 環境システム研究 Vol. 21, 1993.8