

河川の汚濁負荷流達率に関する研究(その4)

— ポルトグラフシミュレーションのモデル化について —

山口大学工学部 ○正員 浅田正夫 正員 中西 弘
 錦 建設 (株) 砂田寿紀

1 研究目的 本研究は河川の汚濁負荷流達率に関する研究の一環として、通年の汚濁負荷流達率が年間の降雨量の大小によって大きく影響を受けることに着目し、降雨量データと汚濁負荷発生源データから出発してポルトグラフシミュレーションを行うことにより、これらの間の関係を定量的に明らかにすることを目的としている。従来からよく行われている統計的な予測モデルではなく、人為的な排出負荷の原単位計算までを含めることによって、河川の水質管理を容易にすることを目指したものである。

2 研究方法 研究対象とした流域は山口県の2級河川厚東川(324 km²)であり、図1に示すようにダム湖である小野湖への流入水質および負荷の予測を行った。流域を5分別流域特性を表1に示す。研究方法の概要は図2に示すとおりである。すなわち、i)タンクモデルにより流量を再現する、ii)原単位計算によりCOD、N、Pの排出負荷を点源と面源に分別して算出する、iii)晴天時流達率(流出率×流下率)を流程の関数として設定する、iv)掃流モデルにより晴天時に重複した点源由来の負荷や面源由来の負荷を掃流させ、降雨時の流達負荷や水質を推定する。

検証用のデータとしてはダムサイトの水深19 m位置よりトンネルで送水されてきた工業用水原水の毎日水質の分析値とダム管理事務所管理日誌より流入水量およびダム通過流量を用いるが、湖内での水質変化や水深方向の水質分布の偏在が考えられるので、直接に計算値と実測値を対応させることができない。

3 研究結果 ①タンクモデルによる流量解析 試行計算により図3に示すようなタンク構成と諸係数を設定し、表面流出、中間流出、地下水流出に分けて流出高の計算を行った1例を図4に示す。流域を一括して扱った場合と3区分し、流下時間のずれも考慮した場合の精度の比較を表2に示している。後者の方が精度が高くなっているが、後のポルトグラフ予測には便宜上、一

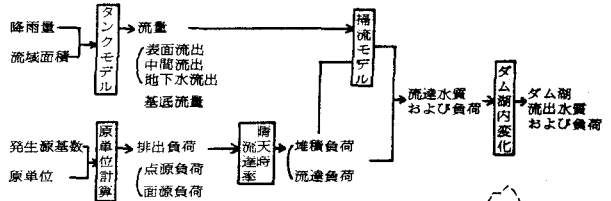


図2 厚東川ポルトグラフシミュレーションの方法

表1 流域分別流域特性

地区	1 美東町	2 秋芳町	3 楠町	4 美祿市の一部	5 宇部市小野地区
流域面積(km ²)	123	115	24	12	50
流域人口(人)	6750	8330	1530	370	2470
宅地面積(km ²)	1.32	1.37	0.15	0.08	0.34
流下距離(km)	19	24	4	19	0.8

表2 タンクモデルによる計算流量*と実測流量との相関係数

	路55.6.1 ~7.25	路55.11.16 ~12.20	路56.5.10 ~7.22
流域一括モデル	0.81	0.94	0.79
流域三区分モデル (時間差を考慮)	0.92	0.89	0.92

* 表面、中間、地下水流出高の合計
 ** (実測流量-基流流量)/流域面積

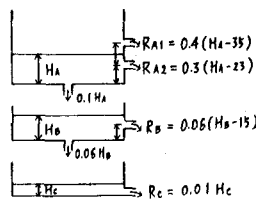


図3 タンクモデルの諸係数

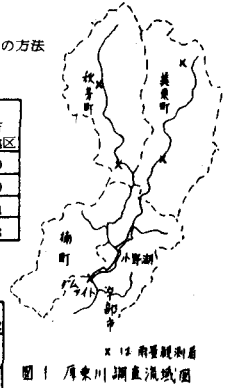


図1 厚東川調査流域図

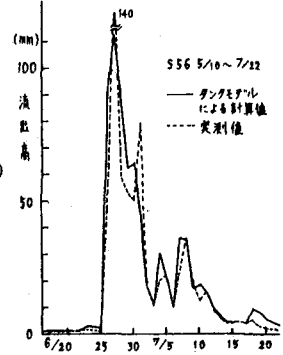


図4 流出高のシミュレーション結果

表3 排出負荷計算結果

地区		1	2	3	4	5
COD	点源負荷	117	121	16	16	19
	家庭下水	3	14	1	—	5
	工場排水	94	69	10	9	23
	家畜汚水	214	204	27	25	47
	小計	305	301	51	33	84
	面源負荷	1	1	—	—	2
N	家庭下水	16	16	3	2	4
	家畜汚水	74	80	21	6	33
	肥料流出	91	97	24	8	37
	小計	181	193	48	16	74
	合計	305	301	51	33	84
	合計	305	301	51	33	84
P	点源負荷	65	47	6	5	17
	家庭下水	150	145	32	15	59
	工場排水	215	192	38	20	76
	家畜汚水	8.8	7.5	0.9	0.8	1.8
	肥料流出	4.8	5.3	1.3	0.5	1.9
	小計	13.6	12.8	2.2	1.3	3.7
合計	合計	13.6	12.8	2.2	1.3	3.7
	合計	13.6	12.8	2.2	1.3	3.7

表4 点源負荷に対する晴天時流達率

地区	1	2	3	4	5	
流出率 f_1 COD	0.77	0.76	0.91	0.94	0.84	$k_1=0.1$
N	0.88	0.87	0.96	0.97	0.94	$k_1=0.05$
P	0.77	0.76	0.91	0.94	0.84	$k_1=0.1$
流下率 f_2 COD	0.09	0.048	0.60	0.09	0.90	$k_2=0.05$
N	0.32	0.23	0.79	0.32	0.95	$k_2=0.026$
P	0.26	0.18	0.75	0.26	0.94	$k_2=0.031$
流達率 $f = f_1 \times f_2$	0.069	0.036	0.55	0.085	0.76	
N	0.28	0.20	0.76	0.31	0.89	
P	0.20	0.14	0.68	0.24	0.79	

$f_1 = 10^{-A_1/8}$, $f_2 = 10^{-A_2/8}$, k_2 は実測値に合わせて逆算

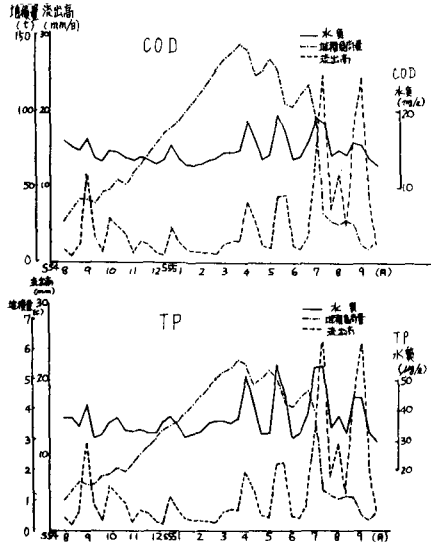


図5 年間ポルトグラフシミュレーション結果

括モデルの方を用いた。

② 原単位計算による排出負荷の推定 従来行っている著者らの方法により、COD、N、Pの人為的発生源からの排出負荷を点源、面源別に計算した結果を表3に示したとおりである。

③ 晴天時流達率の設定 流出率は宅地面積の平方根の、流下率は流下距離の指数関数として表現し、流出率は昨年の調査より、流下率は昭和54年11月に行った小野湖流入負荷量調査時の実測値に適合するように設定した。昨年の調査では宅地面積のかわりに、流域面積から山林原野等を除いた面積を用いたために、表4では流出率は過大、流下率は過小となっている可能性がある。

④ 掃流モデルによる年間ポルトグラフ解析 表5に示すような流達、堆積、掃流のモデル化を行い、先に求めた排出負荷と晴天時流達率を用いて、タンクモデルと掃流モデルを組み合わせた計算を行った。昭和54年8月～翌年7月と昭和55年10月～翌年9月の2年分について、 $\Delta t = 1$ 日で5年間の計算を行った。流量、水質、堆積量の5年めの結果を10日間ごとの平均値として図5にその1例を示した。また流量計算値の年間累計とダム通過流量の年間累計、流入負荷計算値とダム湖底における実測負荷の年平均値の比較を表6にまとめた。

細部については検証データの不揃いによってモデルの妥当性を確認することはできないが、計算の安定性や、季節変化の形状特性からみて可能性のあるモデルと考えられる。

4 結論 原単位計算、タンクモデル、掃流モデルを組み合わせ、実用性のあるポルトグラフシミュレーションのモデルを提案した。今後は検証データのある河川についてこのモデルを適用し、各係数の妥当性の検討を行い、モデルの普遍性を確かめるとともに改良をはかっていく必要がある。本研究は昭和54年度科学研究費(試験研究1 代表九州大学田中宏平教授)の援助を受けた。

引用文献 1) 河田正夫他、河川の汚濁負荷流達率に関する研究(その3)、昭和57年度土木学会中国支部学術講演会

表5 掃流モデルの概要

	晴天時 ($R_A=0$)	雨天時 ($R_A>0$)
流量 ($10^3 \text{ m}^3/\text{D}$)	$Q = (R_A + R_B + R_C) \cdot A$	
流達率	点源 $L_p = L_{po} \cdot f \cdot (1 + k_1 \cdot f_c)$ (f_c): COD	$L_p = k_1 \cdot L_{po} \cdot R_A^{1.5} + k_2 \cdot L_{po} \cdot (1-f) \cdot R_A^{1.5}$ $+ L_{po} \cdot f \cdot (1 + k_1 \cdot f_c)$
面源	$L_r = 0$	$L_r = k_3 \cdot L_{rs} \cdot R_A^{1.5} + k_4 \cdot L_{rs} \cdot R_A^{1.5}$ (N については) $L_r = k_5 \cdot L_{rs} \cdot R_A^{1.5} + k_6 \cdot L_{rs} \cdot R_B$
堆積量 (kg)	点源 $L_{ps} = L_{po} \cdot (1-f)$ 面源 $L_{rs} = L_{rs} \cdot f_c$	$L_{ps} = L_{po} \cdot (1-f)$ $L_{rs} = L_{rs} \cdot f_c$
河川水質 (g/m^3)	$C = L/Q$, $L = L_p + L_r + C \cdot Q$	

L_p, L_r : 点源あるいは面源からの流達量 (kg/D); L_{ps}, L_{rs} : 点源あるいは面源からの堆積量 (kg/D)
 L_{po}, L_{ro} : 点源あるいは面源からの排出負荷 (kg/D); f_c : CODの内部負荷率 (40~200kg/D)
 f : 流達率 (表2); f_c : L_c の流達率 ($=0.29$); k_1, k_2 : 堆積係数 $k_1=0.0009, k_2=0.0025$
 R_A, R_B, R_C : 表面、中間、底層からの流量 (mm/D); R : 基盤からの流量 (0.78mm/D); $k_3=k_4=0.00026$
 C_o : 河川のCOD (N) $C_o=0.3+0.021 \sqrt{R/R_o}$ (P) $C_o=0.015+0.004 \sqrt{R/R_o}$
 C_o : 基盤のCOD $C_o=1.0+0.07 \sqrt{R/R_o}$

表6 年間ポルトグラフシミュレーションによる流量、負荷量と実測値の対応

		昭和54.8～昭和55.7		昭和55.10～昭和56.9		備考
年降雨量 (mm/年)		2049		2013		5局平均値
流出高 (mm/年) (計算値)		1629	表面 1036 中間 302 地下水 6 基底 285	1648	表面 1062 中間 295 地下水 6 基底 285	
ダム通過流量 (mm/年)		1304		1489		日誌より集計
		人為性の のみ		自然性の のみ		
ダム湖に流入する 年平均負荷計算値 (t/日)		COD N P	1.05* 0.54 0.034	2.76 1.43 0.079	0.89* 0.54 0.034	2.88 1.14 0.085
ダム湖底における 実測負荷および (排出負荷計算値)		COD N P	(0.77)** (0.54) (0.034)	3.78 0.51 0.062	(0.77)** (0.54) (0.034)	3.78 0.91 0.069
						左欄()が 排出負荷 ***内部生産を 含む