

Ⅱ - 497

雨天時年間汚濁負荷流出予測に関する研究

鳥取大学工学部
(株)クボタ建設
(財)鹿児島県環境技術協会
鳥取大学大学院

正会員 細井由彦、正会員 城戸由能
正会員○坂田浩司
正会員 和田 努
学生員 鬼木 哲

1. はじめに

近年、閉鎖性水域への多量の栄養塩類の流入により富栄養化現象が発生し、その対策を考えるためには、より正確な汚濁負荷流入量予測、特に、雨天時の流入負荷量の評価が重要となりつつある¹⁾。本研究では、鳥取市の湖山池流入河川を対象にした流出観測に基づいて作成した汚濁負荷流出モデルと別途作成したタンクモデルおよび年間降雨データを統合したモデルシミュレーションにより雨天時の年間汚濁負荷流出量を予測した。

2. 汚濁負荷流出モデルの作成

湖山池への流入河川において昨年までに観測された¹⁾山地を主とする流域(長柄・枝)に加え、市街地(北岸)および農地(東岸)を主とした流域において観測を実施し、降雨量、流量、水質などのデータ収集を行った。図1に流域全体図と各河川流域の面積、土地利用割合を示す。図2に北岸流域の流量と負荷量の観測結果を示す。図2より一降雨の前後半で流出負荷量に差があるループ現象が顕著に現れており、市街地系の流域では流域内に存在する負荷量の影響が強く現れている。

観測データを用いて、流送能力型汚濁負荷流出モデル $L = kQ^n$ (以降 LQ モデル) と、堆積負荷量を考慮した改良モデル $L = kS^m Q^n$ (以降 LSQ モデル) を作成し、それぞれ観測データをもとに回帰分析によりパラメータを同定した。図3に両モデルにおける観測値と計算値の相関図の一例を示す。流域ごとにデータを統合した回帰分析により同定されたパラメータ値をみると(表1)、 n 値に大きな差異はなく流量依存性の強さは両モデルで同等に表現されることが確認できた。その特徴をまとめると、山地系の割合の大きい長柄、枝両河川流域では汚濁型($n > 1$)を示し、市街地割合の大きい北岸では希釈型($n \leq 1$)の傾向が見られる。また、 k 値については、 LQ モデルでは観測データによってはばらつきが大きく補正項的な性格を有していたが、堆積負荷量 S を考慮したことによって、低流量時に安定して流出する汚濁負荷量の限界を示す本来の意味がより明確になった。総じて、山地系流域では流量の増加に伴って汚濁負荷量が継続的に供給されるのに対し、市街地系流域では降雨流出の継続によって供給される汚濁負荷量が減少するという流域特性を LSQ モデルにより十分説明することができた。

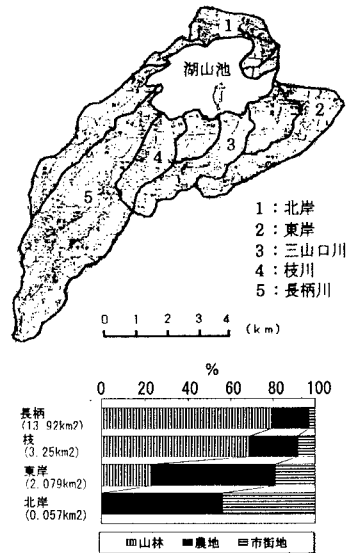


図1 流域図と観測流域の土地利用割合

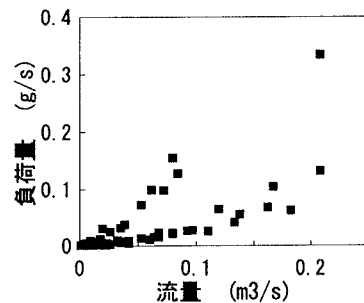


図2 北岸流域の流量／負荷観測結果

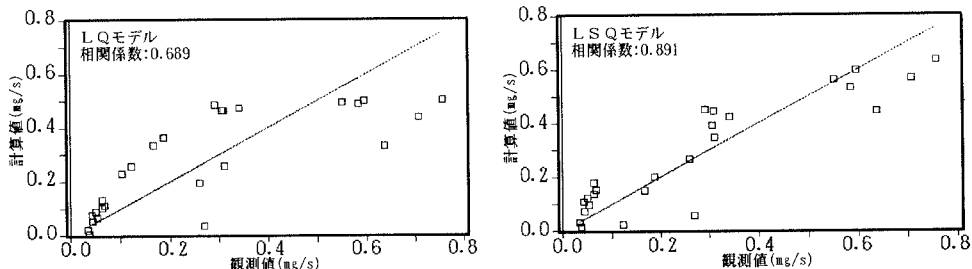


図3 2つの汚濁負荷流出モデルの観測値／計算値の相関(長柄川:T-P:92/10/20)

表1 2つの汚濁負荷流出モデルのパラメータ値

流域名	水質項目	L Q		L S Q			流域名	水質項目	L Q		L S Q		
		k	n	k	n	m			k	n	m		
北岸	C O D	2.54	0.842	1.02	0.873	0.124	長柄川	C O D	3.18	2.156	0.08	2.087	0.275
	T - N	2.00	0.874	0.28	0.961	0.291		T - N	0.81	2.158	0.34	1.799	0.075
	T - P	0.46	1.067	0.05	1.232	0.473		T - P	0.16	2.372	0.03	1.917	0.182
東岸	C O D	160.75	2.444	80.96	2.566	0.111	枝川	C O D	5.75	1.041	1.11	1.513	0.162
	T - N	11.73	1.736	5.24	1.914	0.157		T - N	3.21	1.199	3.19	1.264	0.005
	T - P	12.45	2.461	6.01	2.717	0.218		T - P	0.58	1.058	0.07	1.487	0.250

表2 2つの汚濁負荷流出モデルの観測値と計算値の相関係数

流域名	水質項目	L Q	L S Q	流域名	水質項目	L Q	L S Q
北岸	COD	0.959	0.965	長柄川	COD	0.858	0.918
	T-N	0.817	0.885		T-N	0.832	0.932
	T-P	0.719	0.820		T-P	0.784	0.879
東岸	COD	0.850	0.888	枝川	COD	0.873	0.874
	T-N	0.889	0.944		T-N	0.961	0.971
	T-P	0.869	0.956		T-P	0.725	0.801

表2より堆積負荷量を考慮したモデルにより再現精度があがることが確認できた。全般的に、堆積負荷量の影響は流域の土地利用形態の差よりも水質項目に強く現れ、T-Pでの改善が顕著であった。

3. 雨天時年間汚濁負荷流出量予測

1984~1993年の10年間の雨量データを収集し、降雨の基本特性を整理した上で、別途作成したタンクモデルとL S Qモデルの統合モデルを用いた湖山池への雨天時における年間汚濁負荷流出量を算定した。10年間の平均的な降雨量であった93年の1年間のシミュレーション結果の例を図4に示す。年間シミュレーションにあたり、晴天期間の負荷量の堆積を地表面堆積負荷モデル³⁾に基づいて飽和型の関数で表現し、降雨直前までの流域内堆積負荷量を算定している。また、雨水流出量が平常流量以下になった時点で負荷量の積算を終了し、厳密に雨天時のみの負荷量予測を行っている。

鳥取県の水質管理計画⁴⁾における原単位法による負荷量算定のうち、土地系(山林、農地、市街地)および点源別の各流域の流入負荷量原単位を表3に、モデルの予測結果を同等の原単位にまとめたものを表4に示す。北岸・東岸については各水質項目においてモデル予測が土地系負荷量を大きく上回り点源を加えた原単位法による負荷量と比較しても7割以上の値を占めている。市街地系の雨天時汚濁負荷流出量は大きく、閉鎖性水域への影響を考えれば予測の重要性は高い。また、長柄川・枝川のCOD・T-Nについては予測結果が土地系負荷量の半分程度であるが、観測時期が非灌漑期であるため流域内の田畑からの肥料由来の流出が少ないこと、および今回の年間シミュレーションでは無降雨期間中の流域地表面への負荷量堆積のみを考慮しており、堆積量の大きな河川底泥からの負荷供給を表現するには不十分であることが原因のひとつと予測される。一方、T-Pについては、雨天時の平均水質濃度は晴天時の3~4倍にもなり、雨天時の流出負荷量は原単位法より2~6倍にも及ぶ。特に、市街地系の流域からの雨天時の負荷流出が大きな割合を占めていることから、今後の流域開発や下水道整備などの対策を考える上では雨天時負荷予測を含めた水質管理計画が望まれる。

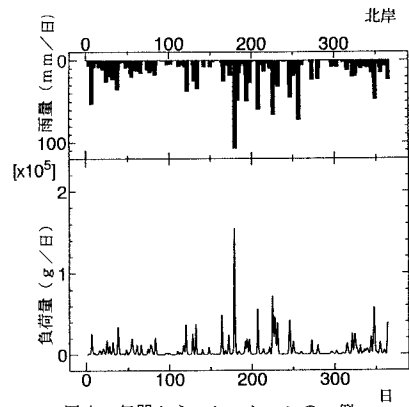


図4 年間シミュレーションの一例

表3 原単位法に基づく各流域の負荷量原単位

流域名	COD			T-N			T-P		
	土地系	点源	総計	土地系	点源	総計	土地系	点源	総計
北岸	13.8	24.8	38.6	4.2	8.2	12.4	0.21	1.04	1.25
東岸	10.0	22.2	32.2	3.3	5.2	8.5	0.17	0.96	1.13
長柄川	6.1	1.0	7.1	2.3	0.3	2.6	0.10	0.03	0.13
枝川	20.9	1.7	22.6	2.7	5.3	8.0	0.14	0.76	0.90
流域計	9.6	6.5	16.2	2.7	2.6	5.3	0.13	0.37	0.50

表4 モデル予測による負荷量原単位

流域名	COD	T-N	T-P
北岸	35.1	30.8	5.36
東岸	24.6	6.0	0.77
長柄川	3.1	0.8	0.17
枝川	12.2	6.6	1.38
流域計	7.1	2.4	0.45

(単位: kg/km²/日)

(単位: kg/km²/日)

参考文献

- 1) 細井他: 雨水流出と汚濁負荷流出モデルを用いた雨天時年間汚濁負荷流出予測、第49回年次学術講演会講演概要集、Vol. 2、pp. 1228-1229、1994
- 2) 国松孝男他: 河川汚濁のモデル解析、技法堂出版、p. 151、1989
- 3) 建設省土木研究所: 雨天時下水の合理化に関する調査報告書、土木研究所資料、第366号、1968
- 4) 鳥取県: 湖山池水質管理計画、pp. 35-36、1991