

VII-6 分布型流出モデルをベースにした水系の水質評価手法に関する研究

日本工営(株)中央研究所 正会員 野原昭雄 高木康行

1. はじめに

流域の水管理を行うためには、流域の土地利用や人間活動の変化が水系の水量・水質に及ぼす影響を評価できる手法が必要である。水量については、分布型流出モデル(水循環モデル)が構築され、実流域への適用も行われている。水質については、流域における発生負荷量を原単位法で算定し、流達率を乗じることによって水系への影響評価が行われてきた。しかし、この方法では無降雨時における点源負荷の流出による水質の評価しかできない。汚濁負荷の最終的な流出先である閉鎖性水域への影響を考えると、降雨時における非点源負荷の流出も加わった水質を評価することも必要になる。

そこで、無降雨時に加えて降雨時における点源・非点源負荷の水系の水質に与える影響を評価できる分布型汚濁負荷流出モデルの開発を行った。

2. モデルの概要

開発した分布型汚濁負荷流出モデルにおいて、表面流出量をはじめとする水量に関する情報は、弊社で既に開発している分布型流出モデル¹⁾の計算結果を入力データとして用いた。よって、対象流域の分割は分布型流出モデルにならい、水平方向にメッシュ(500m)とした。鉛直方向は、最終的に多層型(地表面、表層土壌、帯水層)の分割を考えているが、本検討では水系に流出する非点源負荷の大部分が発生する地表面のみを対象とした。

モデルは、①発生源(メッシュ)における汚濁負荷排出量評価、②河川への流出経路における汚濁負荷変化量評価、③河川(流下経路)における水質評価の3つの部分から構成される。各部分は次のようにモデル化した。

①発生源(メッシュ)における汚濁負荷排出量評価

点源については、家庭・工場系・営業系・家畜に分けて原単位法によって下水道整備状況・接続率を考慮して各メッシュ毎の排出負荷量を定量化した。また、下水処理場については平均水質の実績値を用いた。非点源については、市街地の不透透域を屋根と路面に分けて、無降雨時に汚濁負荷が堆積し、降雨時に表面流出によって掃流されて河川へ流出するとした。堆積負荷量 S_{sf} 、流出負荷量 L_{sf} は和田ら²⁾の提案している次式によって定量化した。

$$S_{sf}(t) = S_0 e^{-Kt} + \frac{a(1 - e^{-Kt})}{1 - e^{-K}}, \quad L_{sf}(t) = K_{sf} \cdot S(t)^{mR} \cdot Q_{sf}(t) + L_R(t), \quad S_{sf}(t+1) = S_{sf}(t) - L_{sf}(t) / A$$

ここに、 S_0 : 前回降雨終了時の残存堆積負荷量(g/m²)、 K : 堆積負荷減衰係数(1/日)、 n : 無降雨時間(日)、 a : 負荷堆積速度(g/m²/日)、 K_{sf} : 負荷流出(掃流)係数、 $L_R(t)$: 降雨含有負荷量、 mR : 運動式の係数、 A : 排水区域面積(m²)

市街地の不透透域についても、屋根と同等の汚濁負荷が無降雨時に堆積するとして同様に定量化した。

②河川への流出経路における汚濁負荷変化量評価

下水道未整備地域の点源排出負荷は、無降雨時に全量が河川へ流出せず、一部が側溝に堆積し、降雨時に表面流出によって掃流されて河川へ流出する。この現象をモデル化するために、無降雨時の流達率を河川水質実測値などから設定し、(1-流達率)×排出負荷量は各メッシュに堆積させて、降雨時の表面流出によって掃流されて河川へ流出するとした。降雨時の流達率は1.0と仮定した。

非点源排出負荷については、降雨時に各メッシュから掃流された堆積負荷が等価水路に流入し、河川へ流出するとしてモデル化した。分布型流出モデルにおいて地表面上を流れる表面流出量を等価粗度法の等価水路(斜面)上を流れ下る kinematic wave としてモデル化しているので、流量のデータを得ることができる。等価水路における物質変化としては移流のみを考慮した。

キーワード: 分布型流出モデル、非点源汚濁負荷

連絡先: 〒300-1259 茨城県稲敷郡埴崎町稲荷原 2304 日本工営(株)中央研究所 開発研究部 環境水理グループ

TEL: 0298-71-2039 FAX: 0298-71-2022 E-mail: a4714@n-koei.co.jp

③河川における水質変化量評価

河川における水質評価は 1 次元水質モデルを用いた。対象とする河川を N 個のセグメントに分割し、各セグメントにおける物質収支を次式によって評価した。

$$V_i \frac{dC_i}{dt} = C_{i-1}Q_{i-1} - C_iQ_i - \frac{A_{i-1}D_x(C_i - C_{i-1})}{0.5(L_i + L_{i-1})} + \frac{A_iD_x(C_{i+1} - C_i)}{0.5(L_{i+1} + L_i)} - r_iC_iV_i - R_i + S_i$$

ここに、(セグメント諸量) V_i :体積、 L_i :長さ、 A_i :下流側の流積、 Q_i :流量、 C_i :物質濃度、 S_i :物質生成速度、 r :物質の 1 次減少速度、 R :物質の沈降速度、 D_x :縦方向分散係数

3. 適用例

市街地を流れる A 川(流域面積 389.9km²)に開発したモデルを適用した。設定したパラメータ値(BOD)を表-1 に示す。無降雨時の流達率の値は、河川における水質・水量の実測値をもとに支川ごとに設置したもの、他の非点源に関する値は降雨時の水質観測は行われていないことから、既往の研究例^{2, 3)}で用いられている値を参考にして設定した。

河川については、水質観測値から流下方向における減少が確認されなかったことから反応項は考慮していない。流域最下流点における計算結果を図-1 に示す。計算は時間単位で行っている。月に 1 回行われている無降雨時の水質観測値も図中に合わせて示

した。無降雨時の場合、点源の排出負荷量と流達率は年間を通じて一定としているので、平常時流量の変動によって水質が変動していることになる。実測値と計算値が一致しない部分は、点源の排出負荷量に変動があったと推測される。降雨時については実測値がないのでモデルの検証はできないが、非点源負荷の流出によるピーク濃度の発生が表現されている。図示していないが、ピーク濃度を構成している汚濁負荷の内、下水道未整備地域において無降雨時に側溝などに堆積した点源負荷が降雨時に掃流されて河川へ流出したものの占める割合が高い。年間総流出負荷量の排出源別構成比を図-2

に示す。図中の点源負荷は降雨時に流出する側溝などの堆積分も含めた値である。流域の下水道が完備されればゼロになり、処理場からの負荷量が増加することとなる。一方、非点源の総負荷量に占める割合は非常に小さいという結果になっている。今回の検討では対象流域において実測を行わず、他流域において設定されたパラメータを用いているので、小さめの値になっている可能性はある。しかし、数オーダーも異なることはないと考えられるので、今回の計算結果からは、コストを考慮しなければ下水道完備後の総流出負荷量削減策としては非点源対策を行うよりも、下水処理場の処理水準を高める方が効果的であるといえる。

表-1 設定したパラメータ値

発生源	非点源	堆積過程	道路	屋根	浸透域
		a	0.005	0.0005	0.0005
		k	0.12	0.12	0.12
		掃流過程	Ksf	0.25	0.25
			mR	1.5	1.5
流出経路	点源	流達率(無降雨時)	0.15~0.32		
		流達率(降雨時)	1.0		
		掃流係数(1/mm)	0.01		

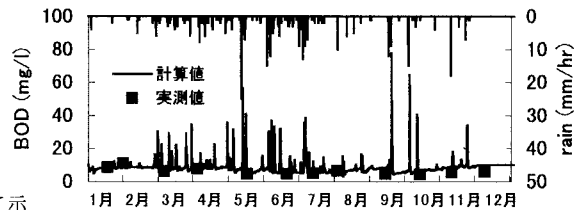


図-1 シミュレーション結果

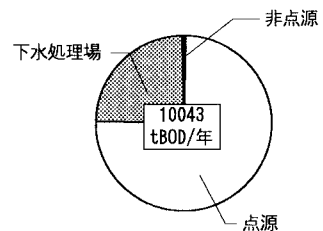


図-2 年間総流出負荷量

参考文献

- 1) S. Nakamura, M. Saito, S. Herath, Development and applications of a physically based distributed catchment model in urban area, International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century, proc. vol. II, pp.F128-223, 1996
- 2) 和田ら:都市域ノンポイント負荷の堆積・流出挙動モデルと流出制御に関する研究、土木学会論文集 No.559/VII-2、pp.61-71、1997
- 3) 浮田(國松ら編著):河川汚濁のモデル解析、技報堂出版、pp.166-171、1989