

降雨時における流出汚濁負荷量の推計手法

徳島大学 大学院 学生員○中川 紀雄
 (株)フジタ建設コンサルタント 正会員 渡辺 章弘
 徳島大学 工学部 正会員 中野 晋

1. はじめに 河川の汚濁状況は晴天時と雨天時において大きく異なる。そこで本研究では降雨時における流出汚濁負荷量の推計手法を得るとともに、その手法を用いて降雨時における流出汚濁負荷量のシミュレーションを行なうことを目的とする。

2. 推計手法の概要

①流出モデル：まず始めに、降雨による河川への流出流量を求めた。本研究では特に都市域の狭い範囲での降雨流出を対象としており直接流出量を推定する手法を用いる必要がある。そこで、今回都市域での直接流出の状況を図-1に示すタンクモデルで表現した。このモデルでは流域内の水位 H は次式で表される。

$$A \frac{dH}{dt} = Q_{rain} - Q_1 - Q_2 \quad (1)$$

ここに、 Q_{rain} ：単位時間当たりの降雨量、 Q_1 ：単位時間当たりの河川への流出量、 Q_2 ：地下への浸透や蒸散などによって単位時間に失われる量、 A ：流域面積、である。また、 Q_{rain} 、 Q_1 、 Q_2 はそれぞれ

$$Q_1(t) = a_1 \sqrt{2g \{H(t) - h_1\}} \quad (2)$$

$$Q_2(t) = a_2 \sqrt{2g \{H(t) - h_2\}} \quad (3)$$

ここに、 R ：降雨強度、 a_1 ：直接流出に対する流出係数、 a_2 ：失われる流量に対する流出係数、 h_1 ：流域での降雨貯留高さ、 h_2 ：地下浸透などに対する貯留高さである。また a_1 によって河川への流達時間に変化するため、これを流出の遅延時間を表す値と考える。流達時間の遅れを、ここでは河川までの到達距離を代表するパラメータとして流域面積を考え、

$$a_1 = \alpha \sqrt{A} \quad (\alpha : \text{流域に固有な定数}) \quad (4) \quad \text{で代表させた。}$$

式(1)を予測式・修正式法を用いた差分化を行い、式(3)から河川への流出量 Q_1 を求めた。

②汚濁負荷原単位：都市部での雨天時の汚濁負荷としては、雨水樹や下水管渠内堆積負荷、屋根負荷等多くの負荷因子が考えられるが、用途地域別の堆積負荷で代表できるものとしてモデル化を行った。表-1は、和田ら¹⁾が各用途地域別に、路面堆積負荷の調査を行った結果を単位面積当たりに平均的に堆積している負荷量として表したものである。また、用途地域指定以外の区域については田畑や山林等人的活動に伴う負荷が少ないため、原単位の最も小さい第1種住居専用地域の10分の1の値を想定して考えた。

表-1 用途地域別堆積負荷量原単位

	BOD (g/m^2)
	Average
第1種住居専用地域	0.01980
第2種住居専用地域	0.04480
住居専用地域	0.06980
近隣商業地域	0.06070
商業地域	0.05010
準工業地域	0.14850
工業地域	0.34820
工業専用地域	0.28400
その他	0.00198

③流出水質：降雨時の流出水質は次のように考えた。降雨初期には流出汚濁負荷濃度は高い値を示すことを考慮し、ある時点での累積雨量が R_p に達すると、その時点での堆積負荷量がすべて流出されてしまうと考える。 R_p を最初に条件として与えておき、 R_p により降雨初期の流出汚濁負荷の流出濃度を決定した。

すなわち任意の時点における流出濃度を L_B として,

$$L_B = D_B / q_P \quad (5)$$

$$q_P = R_P \times C_C \times A \quad (6)$$

とした。ここで、 D_B : 任意の時点における路面堆積負荷量、 q_P : 降雨量 R_P の時点における降雨流出量 C_C : 流出係数、 A : 流域面積、とする。このように定義した流出濃度 L_B と、すでに検討している降雨流出量 Q_1 との積を、各タイムステップにおける流出汚濁負荷量 q_B とする。すなわち、

$$q_B = Q_1 \times L_B \quad (7)$$

より流出汚濁負荷量 q_B を求めることとした。ところで、路面堆積負荷量は単位面積当たり毎日同じ負荷量が堆積したものとして考えている。表-1の原単位の堆積期間は先行晴天日数で10~20日であるので、表-1の値を15分の1して1日当たりの路面堆積負荷量とし、次式により D_B を算出した。

$$D_B = \Sigma \{1 \text{ 日当たりの各用途地域別堆積負荷原単位} \times \text{各用途地域別流域面積}\} \times \text{先行晴天日数} \quad (8)$$

④流出係数：1991年10月2日~12月2日に実施した徳島市渭北排水区での渭北地区排水量調査を基に、流出係数を検討した。61日間での累積排水量は $4.454 \times 10^5 \text{ m}^3$ であったが、この累積排水量は、晴天時における日常排水と、降雨による流出が含まれている

表-2 流出係数

① 累積排水量	4.454×10^5 (m^3)
② 日平均排水量 $\times 61$ 日	3.0922×10^5 (m^3)
③ 降雨流出量 (① - ②)	1.3618×10^5 (m^3)
④ 総雨量	269 (mm)
⑤ 下水管配備区域面積	7.9×10^5 (m^2)
⑥ 降雨流入量 (④ $\times$ ⑤)	2.1251×10^5 (m^3)
流出率 (③ $\div$ ⑥)	0.641

降雨流出率 = 流出量 / 流入量

に従って求め、降雨流出率 ≈ 0.641 を得た。(表-2)

3. 推計結果と考察 以上のように検討してきた汚濁負荷流出モデルに従い、徳島市内渭北地区について過去

の実際の降雨データを用い流出汚濁

負荷量のシミュレーションを行った。

シミュレーション結果を図-2に示す。

計算上の諸係数はそれぞれ、 $R_P = 10 \text{ mm}$,

$a_2 = (1 - 0.641)a_1$, $\alpha = 0.0032 \text{ 1/m}$,

$h_1 = 0.00056 \text{ m}$, $h_2 = 0.0 \text{ m}$, とした。

14日間のシミュレーション結果から以下のことがいえる。一継続降雨について考えると、和田ら²⁾による路面堆積負荷流出シミュレーションの結果と類似した流出形態を示しており、これにより今回検討してきた汚濁負荷流出モデルについて、ある程度の信頼性が

得られたということがいえると思われる。しかしながら図-2を見てわかるように、路面堆積負荷が線形的に増加しているが、現実には汚濁堆積量が増え続けるとは考えにくい。したがって、こうした点も考慮できるようにさらにモデルの改良をする必要があると思われる。

参考文献

- 1) 和田安彦：ノンポイント汚染源のモデル解析，技報堂，214p.，1990.
- 2) 國松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析，技報堂，266.，1989.

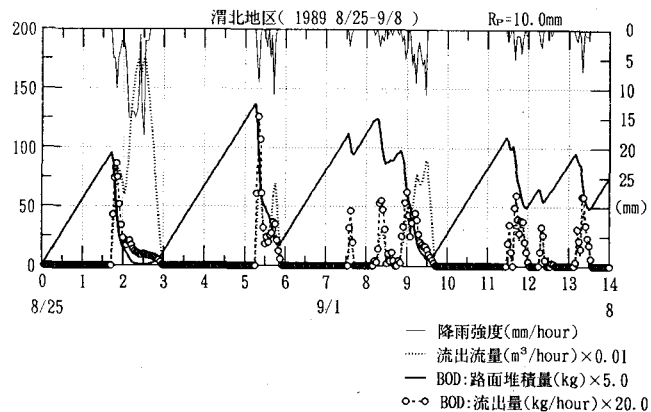


図-2 降雨時汚濁負荷流出シミュレーション