

SWMM-RUNOFF・TRANSPORT モデルによる汚濁負荷の流出シミュレーション (2)

愛媛大学工学部 正 員 渡辺 政広
愛媛大学大学院 学生員 ○時尾 嘉弘
水資源開発公団 正 員 近藤 崇

これまで、雨水流出と汚濁負荷流出の両者を実用的にシミュレートでき、欧米の各国で広く用いられている SWMM モデル¹⁾を取り上げ、そのわが国の下水道流域への適用性について検討²⁾を進めている。

本報告では、SWMM の RUNOFF モデルおよび TRANSPORT モデルの汚濁負荷流出解析への適用性について、合流式の下水道流域を対象に検討した結果を述べる。

1. RUNOFF・TRANSPORT モデルの構成¹⁾

1.1 地表面追跡 (RUNOFF モデル)

(1) 雨水流出：まず、流域を幾つかのサブ流域に分割し、各サブ流域をプリズマチック管渠と矩形斜面に単純化する。また、各サブ流域の斜面を、凹地のない不浸透流出面、凹地のある不浸透流出面、および浸透流出面に分類する。次に、凹地のある不浸透域では凹地損失を、浸透域ではさらに浸透損失を考慮して有効降雨を算定する。各流出面からの流量 Q_s は、次の貯留式 (1) と連続の式 (2) より算定される。

$$Q_s = W \cdot (1/n_s) \cdot (h - d_p)^{5/3} \cdot S_s^{1/2} \cdots \cdots (1), \quad A_s \cdot (dh/dt) = A_s \cdot r_e - Q_s \cdots \cdots (2)$$

ここに、 h ：水深、 r_e ：有効降雨強度、 d_p ：凹地貯留量、 A_s 、 W 、 n_s 、 S_s ：流出面の面積、幅、粗度係数、勾配、 t ：時間。

(2) 汚濁負荷流出：汚濁負荷の流出量 L は、次式 (3) および (4) により記述される。ここで、降雨期間中の汚濁負荷の供給はないものとしている。

$$L = a \cdot r_e^b \cdot P_s \cdots \cdots (3), \quad dP/dt = -L \cdots \cdots (4)$$

ここに、 P_s ：残存負荷量、 a 、 b ：係数。なお、流出計算に先立ち、初期残存負荷量 P_{s0} ($t=0$ のときの P_s 値) は、前期無降雨日数に比例して増加するとして算定しておく。

1.2 管渠内追跡 (TRANSPORT モデル)

(1) 雨水流出：雨水流を kinematic wave 流れとして取り扱う。すなわち、次の運動方程式 (5) および連続の式 (6) を適用する。

$$Q = A \cdot (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \cdots \cdots (5), \quad \partial A / \partial t + \partial Q / \partial x = 0 \cdots \cdots (6)$$

ここに、 A ：流水断面面積、 Q ：流量、 R ：径深、 n 、 S_0 ：管渠の粗度係数、勾配、 x ：距離。

(2) 汚濁負荷流出：完全混合を仮定し、汚濁負荷の巻き上げ・沈殿と化学的变化 (通減・生成) を考慮した次の物質収支式を適用する。

$$d(V \cdot C) / dt = Q_{in} \cdot C_{in} - Q \cdot C - K \cdot V \cdot C + L_s \cdots \cdots (7)$$

ここに、 V ：管渠貯留量、 Q ：流出流量、 C ：流出負荷濃度、 Q_{in} ：流入流量、 C_{in} ：流入負荷濃度、 K ：通減・生成に関する係数、 L_s ：巻き上げ・沈殿量。

なお、流出計算に先立ち、晴天時の補給負荷量と前期無降雨日数をもとに、(管渠における) 初期残存負荷量 P_0 を算定しておく。

2. 適用性に関する検討

2.1 対象流域の概要³⁾

検討の対象とした流域は、流域面積が 39.5 ha、幹線管渠 ($\phi = 1,650 \sim 600$) 延長が 1.43 km の A 合流排水区である。本排水区は典型的な商業区域で、流域の約 80 % が不浸透域で占められている。

2.2 適用性の検討

A 排水区の 9 出水 (昭和50～52年) を対象に、RUNOFF モデルと TRANSPORT モデルによる雨水・汚濁

負荷の流出シミュレーションを行い、実測結果に近いシミュレーション結果が得られるモデル・パラメータの適値を検索し、SWM の適用性について検討を加えると共に、それら適値の（わが国下水道流域における）標準値としての可能性について考察を加えた。

(1) 雨水流出シミュレーション：流出シミュレーション結果の1例を実測結果と対比して図1に示す。また、地表面に関するモデル・パラメータの適値（9出水の平均的な値）を表1に示す。

これらより、RUNOFF および TRANSPORT モデルのいずれによっても、十分に実用しえるシミュレーション結果の得られるであろうこと、ならびに得られた適値も妥当なものであることが分かる。

(2) 汚濁負荷流出シミュレーション：ポリユートグラフの1例を実測結果と対比して図2に示す。本検討により得られた知見の幾つかを以下に列挙する。① RUNOFF および TRANSPORT の両モデルにおいて、a および b の適値は、 $a=0.02$ (BOD), $=0.01$ (COD), $=0.008$ (SS), $b=2$ である。② 汚濁負荷流出が地表面のみから発生するとして取り扱う RUNOFF モデルによっても、全般的には、十分実用しえる結果が得られる。③ しかし、RUNOFF モデルでは、必ずしも十分であるとは言えない再現結果となっている出水も幾つか見られた（図3）。④ 一方、汚濁負荷流出が地表面と管渠内とから発生するとして取り扱う TRANSPORT モデルを用いる場合には、こうした適合度の低下をも概ね改善できる（図3）。

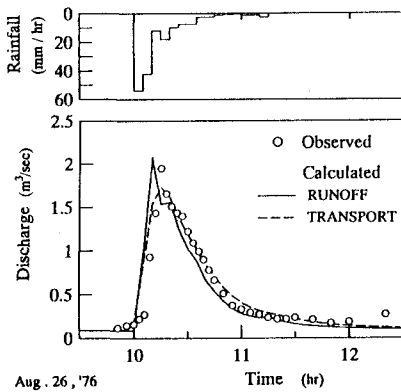


図1 雨水流出シミュレーション結果

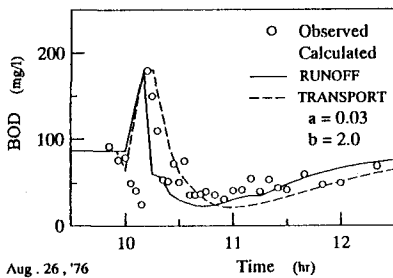


図2 ポリユートグラフ (RUNOFF: $P_{S0}=254\text{kg}$,
TRANSPORT: $P_{S0}=56$, $P_0=125$)

表1 モデル・パラメータの適値

Surface Slope		0.005
Manning's Roughness	Impervious	0.013
	Pervious	0.15
Depression Storage	Impervious	2 mm
	Pervious	6 mm
Infiltration Capacity		5 mm/hr

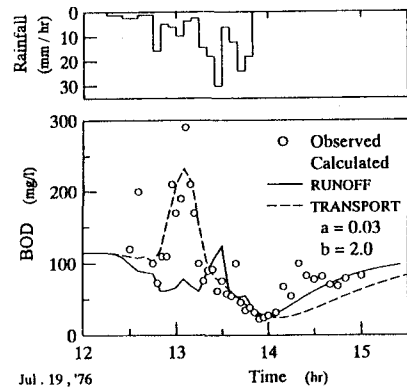


図3 ポリユートグラフ (RUNOFF: $P_{S0}=240\text{kg}$,
TRANSPORT: $P_{S0}=39$, $P_0=104$)

参考文献：1) Huber, W. C. et al.: Storm Water Management Model; Ver. 4 -- Part A; User's Manual, U.S. EPA/600/3-88/001a, 1988. 2) 渡辺・時尾・石丸：SWM-RUNOFFモデルによる汚濁負荷の流出シミュレーションに関する検討，平成5年度土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集，pp. 170～171，1993年。3) 建設省土木研究所下水道研究室：土木研究所資料第1478号・合流式下水道の雨天時下水に関するデータベース（その1：自然排水区），1979年。