

SWMM-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

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

(株) 青木建設 正会員 石丸 久人

近年、都市域の合流式下水道で、浸水はんらんの軽減・防止対策ならびに下流放流水域の水質汚濁防止対策が緊急の課題となっている。こうした水量と水質の問題を同時に取り扱うことができるシミュレーション・モデルの1つが SWMM モデルである。SWMM は、欧米諸国では古くからまた今日においても広く用いられているが、わが国での適用例は数少ない。

本報告では、SWMM モデルの中の RUNOFF モデルの適用性について、名古屋市の白川排水区(合流式)を対象に、実測結果と対比して検討した。

1. RUNOFF モデルの構成¹⁾

表面流出および地表面よりの汚濁負荷流出の追跡計算法の概要を、以下に手短かに述べる。

(1) 表面流出

- ・流域のモデリング：流域は矩形であり、管渠あるいは水路の片側に流出斜面が接続していると、あるいはそれらの両側に斜面長の等しい流出斜面が接続していると単純化する。
- ・流出斜面の分類：実用上の立場から、(a) 雨水損失の生じない不透透流出斜面、(b) 凹地損失のある不透透流出斜面、および (c) 浸透流出斜面、の3種に分類する。
- ・有効降雨の算定：不透透流出斜面 (b) では凹地損失を、浸透流出斜面 (c) では凹地損失と浸透損失 (Horton 型) を考慮する。ここに、凹地が完全に満たされるまで、表面流出は生じないとする。
- ・流出流量の計算：流出斜面を非線形貯水池と見なし、連続式と貯留式を用い、追跡計算を行う。ここに、貯留式、すなわち貯水池よりの流出流量 Q の式は、次式 (1) のように表される。

$$Q = W \cdot (1/n) \cdot (d - d_p)^{5/3} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 W ：セキ幅＝流出斜面幅、 d ：越流水深＝流れの水深、 d_p ：セキ高＝最大凹地貯留量、

S ：斜面こう配、 n ：Manning の粗度係数。

なお、流域下流端の流量ハイドログラフの算定に際し、ここでは、実用的な流出解析を行う立場から、管渠あるいは水路における洪水追跡計算は行わないこととする。すなわち、各流出斜面からの流出流量はそのまま流域下流端でのそれになるとして取り扱う。

(2) 汚濁負荷流出 (地表面)

地表面よりの汚濁負荷流出の運動方程式および連続式は、それぞれ式 (2) および式 (3) のように表される。ここに、降雨期間中、汚濁負荷の地表面への供給はないものとしている。

$$L = a \cdot r_e^b \cdot P \dots\dots\dots (2), \quad dP/dt = -L \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 L ：汚濁負荷流出量、 r_e ：有効降雨強度、 P ：残存汚濁負荷量、 a, b ：係数、 t ：時間。
式 (2)、式 (3) より、次の汚濁負荷流出の計算式が得られる。

$$P_2 = P_1 \cdot \exp \{ -a \cdot (r_{e1}^b + r_{e2}^b) \cdot \Delta t / 2 \} \dots\dots\dots (4)$$

$$L_2 = a \cdot r_{e2}^b \cdot P_2 \dots\dots (5), \quad C_2 = a \cdot r_{e2}^{b-1} \cdot P_2 / A \dots\dots (6)$$

ここに、 C ：汚濁負荷流出濃度、 A ：流域面積、 Δt ：計算時間間隔。また、添字 1, 2 は、それぞれ

時刻 $t=t_1$ および $t=t_2=t+\Delta t$ の諸量であることを示す。

2. 適用性に関する検討

(1) 調査対象流域の概要

名古屋市の白川排水区（合流式，流域面積 39.5 ha）²⁾ を調査対象流域に選んだ。本排水区は，市街地の典型的な商業区域で，不透透域が区域のおよそ 80 % を占めている。

(2) 表面流出モデルの検討

流出シミュレーション結果を実測結果と対比した 1 例を，図 1 に示す。これらより，本流域に関する限り，RUNOFF モデルの適用性は，実用上十分であることが指摘できる。

(3) 汚濁負荷流出モデルの検討

ここでは，管渠よりの汚濁負荷流出に比べて地表面よりのそれが主体を占める SS の負荷流出に対象を絞リ，シミュレーション結果（ a の単位： $(\text{hr}/\text{mm})^b/\text{s}$ ）を実測結果と対比して，本モデルの適用性を検討した。その結果，以下の興味ある知見を得た。① 対象流域に関する限り，本モデルは実用上十分な適用性をもつ（図 2）。② 従来のモデルでは，係数 $b=1$ を採用しているものも多いが，その適値は， $b=2$ と考えられる（図 2，3）。③ 係数 a の精度高い推定方法を確立する必要がある。

おわりに，本研究を推進するにあたり，建設省土木研究所下水道研究室の榊原隆氏より多くの助言を頂いた。記して感謝の意を表します。

参考文献：1) Huber, W. C. et al. : Storm Water Management Model, Ver. 4, Part A : User's Manual, USEPA/600/3-88/001a, 1988. 2) 建設省土木研究所：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），土木研究所下水道研究室，1979年。

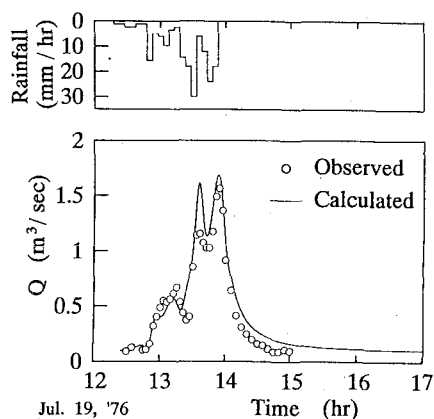


図1 流量ハイドロの実測結果との比較

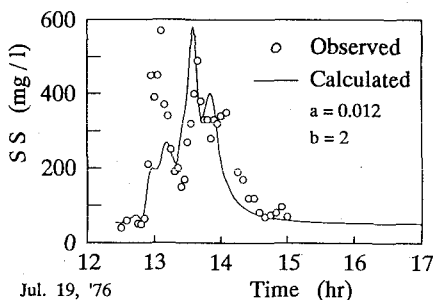


図2 シミュレーション結果の実測結果との比較

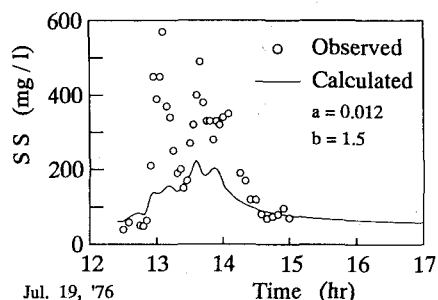


図3 b値がシミュレーション結果に及ぼす影響

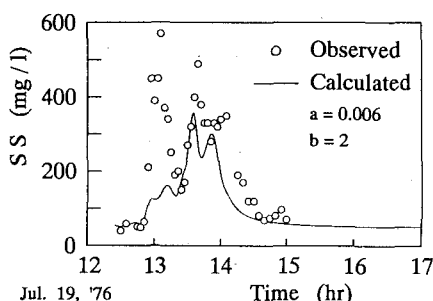


図4 a値がシミュレーション結果に及ぼす影響