

横 浜 市 正 員 時尾 嘉弘
愛媛大学工学部 正 員 渡辺 政広
愛媛大学大学院 学生員 右近 雄大

都市域の雨水と汚濁負荷の流出モデルとして欧米諸国を中心に広く用いられている SWMM モデル¹⁾を取り上げ、本モデルのわが国下水道流域における雨水・汚濁負荷流出シミュレーションへの適用性と雨天時越流水対策シミュレーションへの適用について、市街地の一排水区を対象に検討した結果を述べる。

1. SWMM モデルの構成^{1) - 3)}

1.1 地表面および管渠における雨水・汚濁負荷追跡 (RUNOFF および TRANSPORT モデル)

雨水・汚濁負荷流出の基礎式については、既に、参考文献 2), 3) で述べており、ここでは省略する。

1.2 雨水滞水池における越流水追跡 (STORAGE/TREATMENT モデル)

(1) 越流流量：雨水滞水池は、ここでは、一定の水面積をもち、四角ゼキを有する貯水槽であると仮定する。なお、滞水池よりの越流流量 q は、連続の式 (1) とセキの公式 (2) より計算される。

$F \cdot dy/dt = q_{in} - q \cdots (1), \quad q = (2/3) \cdot c_Q \cdot (2g)^{1/2} \cdot B \cdot (y - y_0)^{3/2} \cdots (2)$ ここに、 F ：水面積， y ：水深， q_{in} ：流入流量， B ：セキ幅， y_0 ：セキ高， c_Q ：流量係数， g ：重力加速度， t ：時間。

(2) 流出汚濁負荷：雨水滞水池よりの汚濁負荷流出は、完全混合型の滞水池の場合には式 (3) により、プラグ・フロー型の場合には式 (4) により、それぞれ、追跡計算される。

$F \cdot d(cy)/dt = q_{in} \cdot c_{in} - K_T \cdot c \cdot F \cdot y - q \cdot c \cdots (3), \quad p = \sum (p_{in,j} \cdot f_j \cdot (1-E)) \cdots (4)$ ここに、 c ：滞水池内の汚濁負荷濃度， c_{in} ：流入水の汚濁負荷濃度， K_T ：汚濁負荷の減衰に関する係数， p ：流出汚濁負荷量， p_{in} ：流入汚濁負荷量， E ：汚濁負荷の沈澱率， f ：プラグの流出割合， Σ ：流出するプラグにわたる総計，添字 j ：プラグ番号。

2. 雨水・汚濁負荷流出シミュレーションの適用性に関する検討^{2) - 4)}

2.1 対象流域の概要：検討の対象流域は、面積 39.5 ha，幹線管渠 ($\phi=600 \sim 1650$) 延長 1.43 km の合流式の排水区である。本排水区は、典型的な商業区域で、流域の約 8 割が不透水域で占められている。

2.2 適用性の検討：対象排水区での 9 出水 (昭50～52年) を対象に、RUNOFF と TRANSPORT の両モデルによる雨水と汚濁負荷 (BOD, COD, SS) の流出シミュレーションを行い、シミュレーション結果を実測結果と対比して SWMM の適用性を検討した (図2, 3参照)。その結果、RUNOFF および TRANSPORT のいずれのモデルを用いる場合にも、雨水流出シミュレーションでは2割程度以内、汚濁負荷流出シミュレーションでは3割程度以内の相対誤差のシミュレーション結果の得られることが分かった。

3. 雨水滞水池による雨天時越流水対策 (汚濁負荷流出削減) シミュレーション

3.1 雨水滞水池の概要：まず、雨水滞水池の設置点については、排水区の下流端とし、滞水池への流入については、 $3Q_{sh}$ 以下の流量は遮集され、 $3Q_{sh}$ を越える流量が滞水池へ流入するとする。次に、滞水池での一時貯留については、図1に示すような2つの形式を検討した。すなわち、滞水池の満水後も流入が継続されるもの (Type I) と、満水後は流出水が滞水池に入ることなく放流されるもの (Type II) の2つで

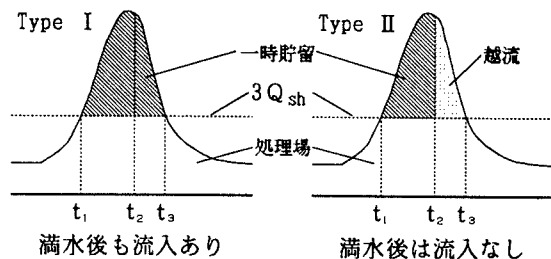


図1 雨水滞水池のタイプ

ある。さらに、Type I の滞水池内での汚濁負荷の流動については、完全に混合されるタイプ（完全混合型）とプラグ・フロー的に流されるタイプ（プラグ・フロー型）の2つについて検討した。なお、滞水池の貯留容量については、500, 1000, 1500, 2000 m³ の4種類を想定した。

3.2 汚濁負荷流出削減のシミュレーション

先述した9出水の中で比較的規模の大きい4出水を対象に、上述の3タイプの滞水池（Type I－完全混合型、Type I－プラグ・フロー型、Type II）を用い、それぞれ上の4種の貯留容量を想定して汚濁負荷削減の流出シミュレーションを行った。流出シミュレーション結果の例として、滞水池のタイプの違いによって削減割合に最も大きい相違がみられた、貯留容量が1500 m³ の場合の結果を、図2～5に示す。

これらシミュレーションを通じて得られた知見を要約すると、以下のようなものである。

① Type I の滞水池において、プラグ・フロー型の削減効果は、完全混合型に比べて常に大きく、最大で、BOD、COD については10%程度（図4）、SS については20%程度も高くなる（図5）。② Type II と Type I－プラグ・フロー型の削減効果を比較すると、出水初期に多量の汚濁負荷が流出する傾向にあるBOD と COD については、Type II のそれが20%程度も高くなる傾向がみられた（図4）。③ 一方、管渠に比べて地表面での滞積負荷量が多いSS については、Type I－プラグ・フロー型の削減効果が15%程度高くなる傾向がみられた（図5）。

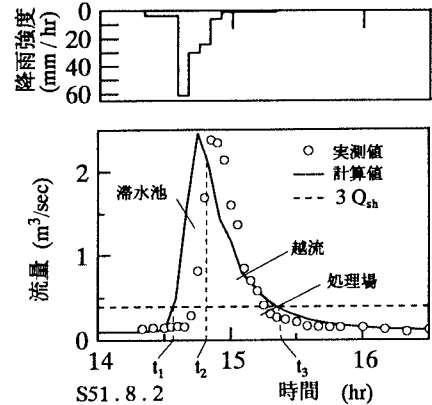


図2 流域下流端（滞水池雨水設置点）での流量ハイドログラフ

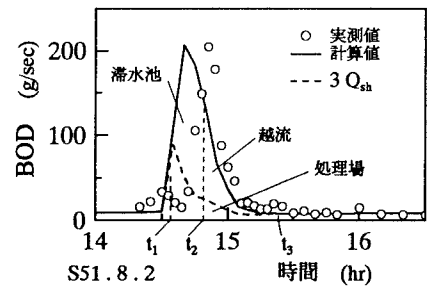


図3 汚濁負荷削減の流出シミュレーション

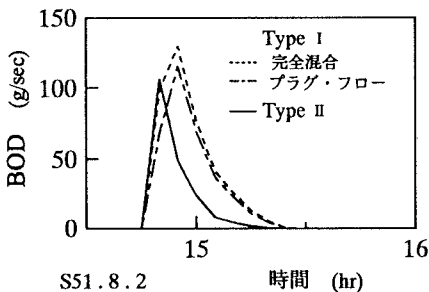


図4 雨水滞水池よりの流出負荷量ハイドロ(BOD)

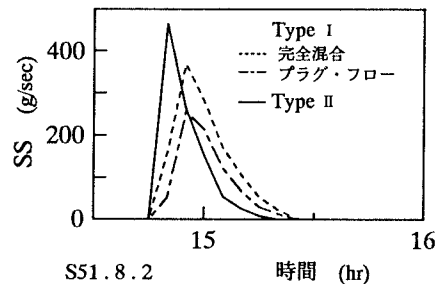


図5 雨水滞水池よりの流出負荷量ハイドロ(SS)

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: 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, 平成5年度土木学会中四国支部研究発表会講演概要集, pp. 170～171, 1993年. 3) 渡辺・時尾・近藤: 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), 平成6年度土木学会中四国支部研究発表会講演概要集, pp. 298～299, 1994年. 4) 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道に関するデータベース(その1: 自然排水区), 1979年.