

分布型土研モデルの適用性の向上について

国土交通省四国整備局	正 員	○和田敏彦
愛媛大学大学院	学生員	重田尚秀
愛媛大学大学院	正 員	渡辺政広
(株)デンロコーポレーション	非会員	藤永 渉

1. はじめに

合流式下水道流域では、雨天時の未処理放流が公共用水域の水質を悪化させていることが問題となっており、これを軽減・防止する対策が必要とされている。このような対策の効果を検討するには、任意地点の雨水・汚濁負荷の流出を詳細にシミュレートできる分布型のシミュレーションモデルが必要である。

本研究では、流域を一括して解析を行う集中型モデルである土研モデル¹⁾を分布型へ改良したモデル（分布型土研モデルとする）を提案し、本モデルの適用性について検討を行った。

2. 分布型土研モデル²⁾

分布型土研モデルは、流域モデリング、雨水損失(有効降雨)モデル、雨水流出モデル、汚濁負荷流出モデルの4つのサブ・モデルから構成されている。ここでは、汚濁負荷流出モデルについて説明する。

(1) 地表面汚濁負荷流出モデル

地表面の汚濁負荷流出は Sartor and Boyd モデルを採用する。本モデルにおいて、従来は、汚濁負荷流出は有効降雨の r_e に比例するとしていた。しかし、市街地の流出面における汚濁の流出特性を見ると、溶解性の汚濁は弱い降雨強度でも流出しているのに対し、掃流性の汚濁は降雨強度の変動と同じ挙動を示しており、降雨強度に対する感度が高いことがわかった。この掃流性物質の挙動を再現するために式の改良を行い、浮遊成分を計算する際は有効降雨の1乗が、掃流成分を計算する際は有効降雨の2乗が汚濁負荷流出に影響するとした。

以上より、地表面におけるSSの汚濁負荷の流出の式、連続の式は、それぞれ次式ようになる。

$$\text{SS 流出の式: } L_{WS,D} = (1/3600) \cdot C_{WS,D} \cdot P_{WS,D} \cdot (r_e - r_{ec}) \quad (\text{浮遊成分}) \cdots \cdots (1)$$

$$L_{WS,S} = (1/3600) \cdot C_{WS,S} \cdot P_{WS,S} \cdot r_e \cdot (r_e - r_{ec}) \quad (\text{掃流成分}) \cdots \cdots (2)$$

$$\text{連続の式: } dP_{WS,D}/dt = D_{WS,D} - L_{WS,D} \quad (\text{浮遊成分}) \cdots \cdots (3)$$

$$; D_{WS,D} = D'_{WS,D} \cdot A_W$$

$$; P_{WS,D} = 1000 \times \alpha_S \cdot P'_{WS,0} \cdot A_W$$

$$dP_{WS,S}/dt = D_{WS,S} - L_{WS,S} \quad (\text{掃流成分}) \cdots \cdots (4)$$

$$; D_{WS,S} = D'_{WS,S} \cdot A_W$$

$$; P_{WS,S} = 1000 \times (1 - \alpha_S) \cdot P'_{WS,0} \cdot A_W$$

ここに、 α_S : 地表面汚濁の浮遊成分の存在割合を示す係数 ($0 \leq \alpha \leq 1$)、 L_{WS} : 汚濁負荷流出量 (g/s)、 $C_{WS,D}$ 、 $C_{WS,S}$: 負荷流出係数 (1/mm, h/mm²)、 P_{WS} : 堆積負荷量 (g)、 P'_{WS} : 単位面積当たりの堆積負荷量 (kg/ha)、 D_{WS} : 補給負荷量 (g/s)、 D'_{WS} : 単位面積当たりの補給負荷量 (g/s·ha⁻¹)、 A_W : 降雨による負荷発生に関与する面積 (ha)、 r_e : 有効降雨強度 (mm/hr)、 r_{ec} : 限界降雨強度 (mm/hr)、 t : 時間 (s)、である。また、第1下添字 W は地表面(雨天時)に関する諸量、第2下添字の S は、SSの諸量、第3下添字は、 D 、 S それぞれ浮遊成分、掃流成分であることを示す。

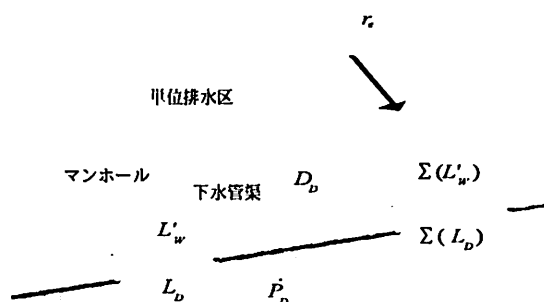


図-1 下水管渠における汚濁負荷量の流入

(2) 管渠内汚濁負荷流出モデル

管渠内汚濁負荷流出は、集中型土研モデルで採用されていたものを分布型に改良したものをを用いる。図-1のよう
に地表面と同様に下水管渠内においても浮遊成分と掃流成分を考慮すると、管渠内の流出の式、連続の式は、
次式ようになる。

$$\text{SS 流出の式: } L_S = L_{DS} + L'_{WS} \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$; L_{DS} = C_{DS} P_{DS}^2 (Q - Q_c) \quad \text{(掃流成分)} \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$; L'_{WS} = Q \delta_{WS} \quad \text{(浮遊成分)} \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{連続の式: } dP_{DS} / dt = (1 - \beta) D_{DS} - L_{DS} + (1 - \alpha) L_{WS} + \sum (L_{DS}) \quad \text{(掃流成分)} \quad \dots \dots \dots (8)$$

$$d(\nabla \delta_{WS}) / dt = \beta \cdot D_{DS} + \alpha \cdot L_{WS} - L'_{WS} + \sum (L'_{WS}) \quad \text{(浮遊成分)} \quad \dots \dots \dots (9)$$

ここに、 β ：管渠内補給負荷汚濁の浮遊成分の存在割合を示す係数($0 \leq \beta \leq 1$)、 L_S ：掃流成分と浮遊成分を合わせた発生汚濁負荷量 (g/s)、 L_{DS} ：
掃流成分としての発生汚濁負荷量(g/s)、 P_{DS} ：掃流成分としての堆積汚濁
負荷量(g)、 C_{DS} ：汚濁負荷流出係数 (s/m⁶)、 D_{DS} ：補給汚濁負荷量 (g/s)、
 $\sum (L_{DS})$ ：上流管渠よりの掃流成分としての流入汚濁負荷量の合計 (g/s)、
 L'_{WS} ：浮遊成分としての発生汚濁負荷量 (g/s)、 $\sum (L'_{WS})$ ：上流管渠よりの
浮遊成分としての流入汚濁負荷量の合計 (g/s)、 δ_{WS} ：浮遊成分の下水管
渠内における濃度 (mg/l)、 Q ：計算流量 (m³/s)、 Q_c ：限界流量 (m³/s)、 ∇ ：
下水管渠内の貯留量 (m³)、である。

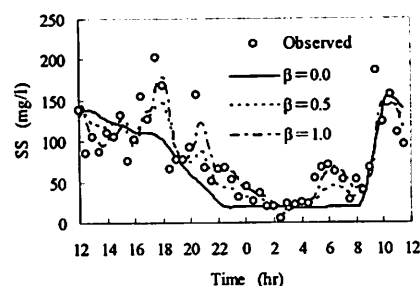


図-2 計算値と実測値の比較
(晴天時)

3. 実流域への適用

上述した汚濁負荷流出解析モデルを、合流式ポンプ排水区に適用し、シ
ミュレーション結果を実測結果と比較して、本モデルの実流域への適用性
について検討した。シミュレーション結果の一例を図-2、図-3に示す。

晴天時の汚濁負荷流出解析を行って管渠内の浮遊係数 β の適値を求め
たところ、従来の研究 ($\beta=0.0$)による結果より、浮遊成分を考慮して求め
た結果の方が実測に近い挙動を示していることがわかった(図-2)。また、
複数の雨天時の汚濁負荷流出解析を行い、地表面の浮遊係数 α を算定
した(図-3)。

以上より、本排水区における SS, BOD, COD の α 、 β の適値をまと
めたものを表-1に示す。

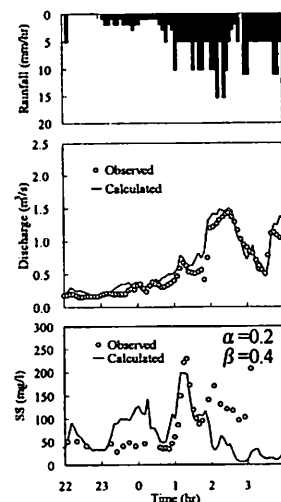


図-3 計算値と実測値の比較
(雨天時)

表-1 浮遊係数の適値

	SS	BOD	COD
α	0.0～0.2	0.6～0.8	0.6～0.8
β	0.4～0.6	0.6～0.8	0.6～0.8

参考文献

- (社)日本下水道協会：合流式下水道越流水対策と暫定指針－1982年版－，1982。
- 永吉光一，石田和広，渡辺政広，李 大民：分布型土研モデルによる合流式下水道の雨天時汚濁負荷流出解析，
水工学論文集，第49巻，pp.1591～1596，2005。