

地表面汚濁負荷流出（分布型土研モデル）について

(株)ゼロ 正会員 ○魚谷牧夫 愛媛大学大学院 学生会員 重田尚秀
日本興業(株) 正会員 右近雄大 愛媛大学大学院 正会員 渡辺政広

1. はじめに

合流式下水道区域では、雨天時未処理放流が問題となっている。この問題の改善対策を検討するため、排水区域の地表面と下水管渠システム内における雨水・汚濁負荷流出を精度高くシミュレートし得る分布型の非定常流出解析モデルを早期に開発することが重要な課題の1つである。

本文では、地表面の雨水・汚濁負荷流出特性に着目し、地表面汚濁負荷流出モデルについて検討を行った結果について報告する。

2. 地表面の雨水・汚濁負荷流出シミュレーションモデル

(1) 雨水流出モデル

a) 雨水損失の算定

市街地の流出面を、表-1 に示すように分類する。浸透損失には Horton の浸透能式¹⁾を、凹地損失には Linsley らの指数関数型の近似式²⁾を適用する。

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \cdot \exp(-kt) \tag{1}$$

$$V_s = S_d \left\{ 1 - \exp(-P_e/S_d) \right\} \tag{2}$$

ここに、 f ：浸透能 (mm/hr)， f_c ：下限浸透能(mm/hr)， f_0 ：初期浸透能(mm/hr)， k ：低減係数 (hr⁻¹)， V_s ：累加凹地貯留量 (mm)， S_d ：最大凹地貯留量(mm)， P_e ：累加余剰降雨量 (mm)， t ：時間 (hr)である。

b) 雨水流出の追跡

流出面上の流れは、kinematic wave 流れとして取り扱う。

(2) 汚濁負荷流出モデル

流出面に堆積した汚濁物質の降雨による流出は、次式のように表される。

浮遊性： $L = 1/3600 \cdot C \cdot P \cdot r_e \cdot A, dP/dt = -L/A \tag{3}$

掃流性： $L = (1/3600)^2 \cdot C \cdot P \cdot r_e (r_e - r_{ec}) \cdot A, dP/dt = -L/A \tag{4}$

ここに、 L ：汚濁負荷流出量 (g/s)， C ：汚濁負荷流出係数 (mm⁻¹, mm⁻²s)， P ：残存汚濁負荷量 (g/ha)， r_e ：有効降雨強度 (mm/hr)， r_{ec} ：限界有効降雨強度(mm/hr)， A ：排水面積 (ha)， t ：時間 (s) である。

3. シミュレーションによる雨水・汚濁負荷流出特性の検討

(1) 対象排水区

図-1 に示す一つの単位排水区を検討対象排水区とした。

対象排水区の概要を表-2 に示す。

(2) シミュレーション条件

a) 流出面

流出面を均一とした場合 (uniform) と不均一とした場合 (non-uniform) の比較を行う。

表-1 流出面分類と雨水損失

流出面	雨水損失	
	浸透損失	凹地貯留
屋根	×	×
道路	×	○
裸地	○	○

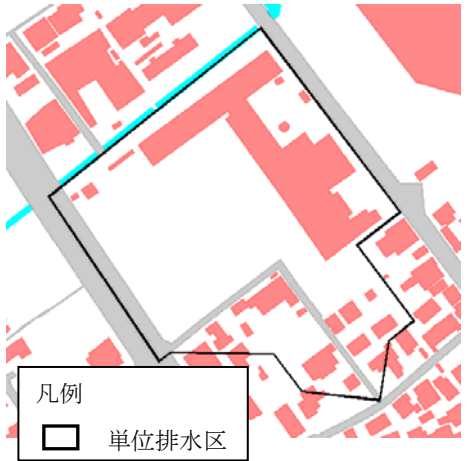


図-1 対象排水区

表-2 対象排水区の概要

流出面	面積 (ha)
屋根	0.44
道路	0.19
裸地	1.23
計	1.86

流出面を不均一とした場合, 対象排水区は表-3 に示す標準的な流出面が複数で構成されているものとする。

b) 対象降雨

松山地方気象台で観測された平成 21 年 1 月 18 日の降雨記録を用いた。

(3) シミュレーション結果

a) 雨水流出

雨水流出のシミュレーション結果を図-2 に示す。non-uniform の結果より、勾配が急で、粗度係数が小さく、浸透損失がない屋根面、道路面から流出が始まる。勾配が緩く、粗度係数が大きい裸地面は遅れて流出が始まり、降雨終了後もしばらく流出が続いている (図-2(a))。uniform では有効降雨強度に沿った変動を示しているが、non-uniform では上述の流出面による流出特性の違いによって有効降雨強度とは異なった変動を示している (図-2(b))。

b) 汚濁負荷流出

汚濁負荷流出 (SS) のシミュレーション結果を図-3 に示す。non-uniform では、流出面毎の雨水流出特性の違いにより、降雨初期に屋根面、道路面からの流出が、降雨後半で裸地面からの流出があることから、uniform では発生しない汚濁の流出が見られた。

4. まとめ

地表面からの汚濁負荷流出について、流出面を均一とせず計算すると、屋根面、道路面からは早期に流出が始まり、裸地面からは遅れて流出が始まることからわかった。このことは、non-uniform による地表面汚濁汚濁負荷流出計算を行うことで、ファーストフラッシュ現象や、降雨後半の流出濃度の上昇について再現性を向上させることができることを示唆している。

参考文献

- 1) Horton, R. E. : An approach towards a physical interpretation of infiltration capacity, Soil Sci Soc. Am., Proc. no. 5, pp. 399-417, 1940.
- 2) Linsley, R. K. et al. : Applied Hydrology, pp. 268~271, McGraw-Hill, 1949.

表-3 流出面の標準値

流出面	斜面長 (m)	斜面勾配 (sinθ)	流路長 (m)	流路勾配 (sinθ)	粗度係数 ($m^{-1/3}s$)
屋根	6	0.01	10	0.006	0.01
道路	3.5	0.03	50	0.006	0.02
裸地	30×2	0.001	50	0.001	0.25

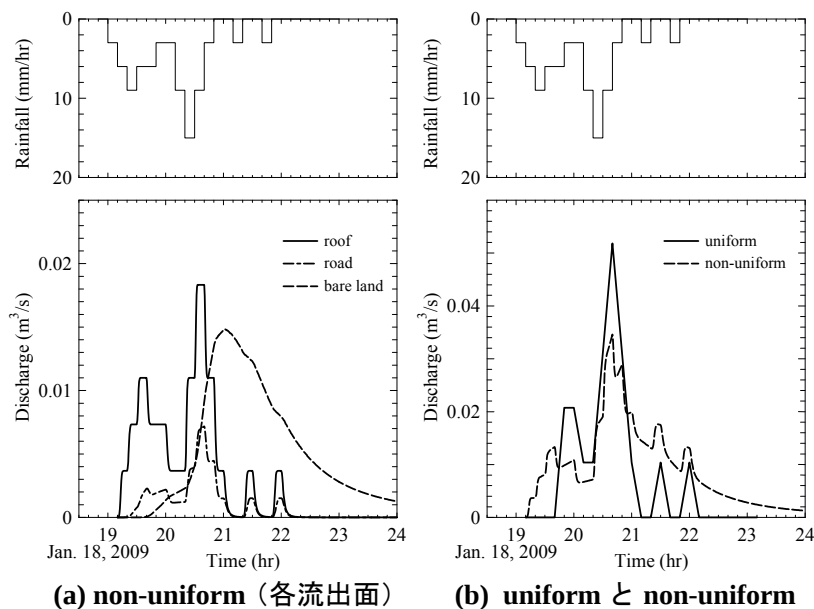


図-2 雨水流出シミュレーション結果

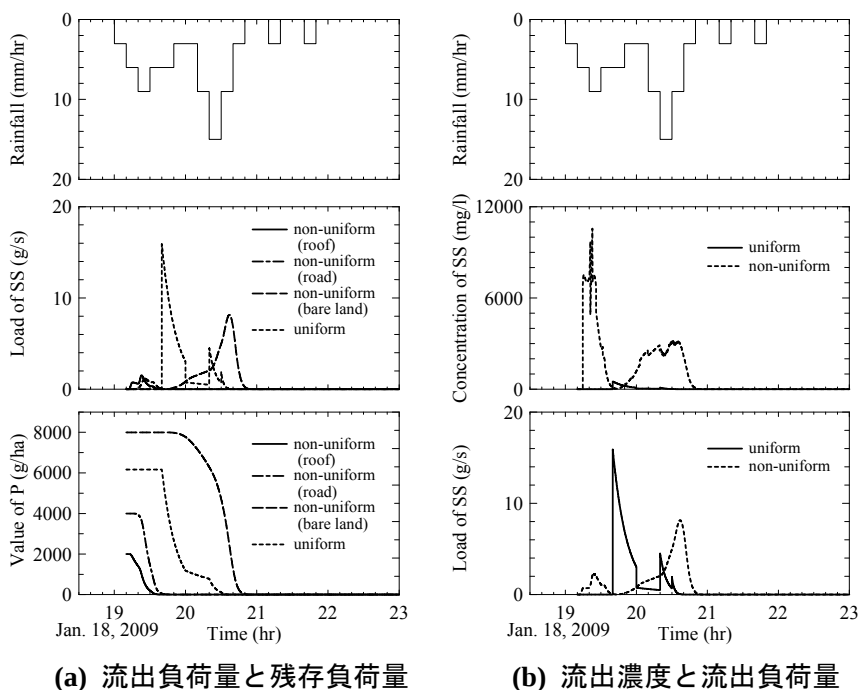


図-3 汚濁負荷流出シミュレーション結果