第Ⅱ部門　　都市雨水排除系における汚濁負荷流出のモデル化

神戸大学大学院　　正会員　○和田　有朗
神戸大学工学部　　非会員　辻　義和
神戸大学工学部　　正会員　道奥　康治
和歌山大学システム工学部　　正会員　石塚　正秀

1. はじめに

近年，下水道システムは都市の水問題にさまざまな影響を及ぼしている．公共用水域の水質保全，水域環境の改善のためには，従来以上に精度の高い汚濁負荷発生量の算定及びその評価と流出過程，流出機構の解明，さらには公共用水域への影響の分析と解析が可能な雨水と汚濁負荷の非定常流出解析が必要となる．

本研究では，都市域の雨水排除系における汚濁負荷流出の特性を実証的に明らかにし，適正な都市流域の管理方法を構築することを目標として， Storm Water Management Model[1)]（SWMM）を神戸市内の都市流域へ適用し，雨水，汚濁負荷の流出現象を再現する．

２．対象流域の概要とモデル化

試験流域は北から南へ傾斜しており，流域面積は 4.81ha で北から南にかけての勾配が 2～11%の急峻な斜面を構成している．下水排除方式は分流式を採用しており，下水配管網は開渠構造の道路側溝と，暗渠構造の雨水管渠からなる．降雨時の排水は道路側溝から駐車場脇の水路を通過し，流域外へ流出する．**図-1** の土地利用区分をみると，住宅団地，一戸建て住宅，駐車場，集合住宅，公園，舗装道路からなり，流域の大半を不浸透域が占めている．

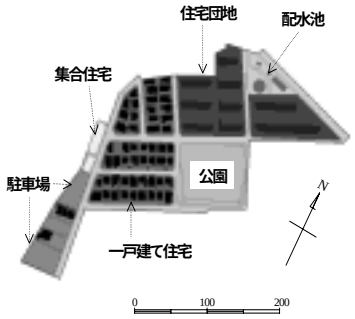

図-1　土地利用区分

対象流域を複数のサブキャッチメント（集水域）に分割し，各サブキャッチメントに 1 つの雨水流入点（ノード）とこれを結ぶ管渠（リンク）を設定する．管渠長や雨水流入点の地盤高などを与え，面積や勾配などのパラメータを決定する．本研究では**図-2** に示すように可能な限り流域を細分したサブキャッチメント 21 個のモデルを使用する．

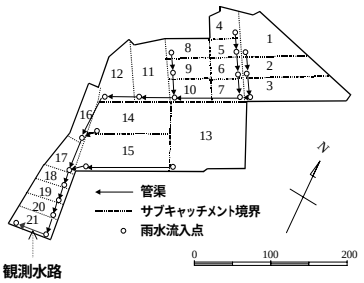

図-2　試験流域のモデル化

３．実測降雨におけるモデルパラメータの調整

(1) 降雨概要

表-1 に流出解析に用いる 2 回の降雨事象の諸元を示す． 2003 年 9 月 12 日，2003 年 11 月 29 日の二降雨はともに降雨継続時間が 6 時間を越える長雨である．二つの降雨事象を比較すると，11 月 29 日の降雨は平均降雨強度，総降雨量ともに 9 月 12 日の降雨を大きく上回っている．

表-1 対象降雨の諸元

観測日	2003/9/12	2003/11/29
総降雨量 (mm)	9.9	28.2
降雨開始時刻	15:12	23:42
降雨終了時刻	0:41	17:32
降雨継続時間 (h)	9.5	17.8
平均降雨強度 (mm/h)	1.0	1.6
先行晴天日数 2mm (日)	2.2	4.5
SS(kg)*	**4.04**	**4.53**
BOD(kg)*	**0.054**	**0.27**
COD(kg)*	**0.96**	**0.38**

＊：推定値

(2) 雨水流出パラメータ

雨水流出パラメータについて，調整値を用いて得られた流出解析結果を**図-3** に示す．各パラメータとも初期の設定値によって実測値を概ね再現できているが，多少の調整によってさらに再現精度は改善される．例えば 2003 年 9 月の降雨の場合，初期設定値を用いたシミュレーション結果は降雨開始時において実測よりも流量の立ち上がりが遅れているが，不浸透域での凹地貯留のパラメータの値をやや小さく調整することによって同図の実線のように再現性が向上する．

キーワード：SWMM　汚濁負荷流出　パラメータ　感度解析
連絡先：〒657-8501　神戸市灘区六甲台町 1－1　Phone:(078)803-6056,FAX:(078)803-6069

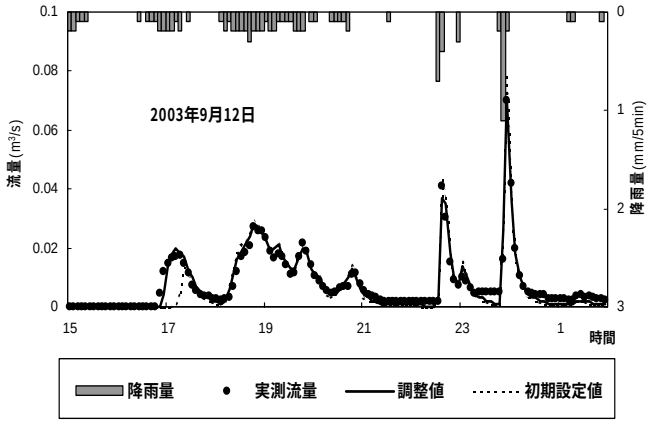

図-3　雨水流出解析

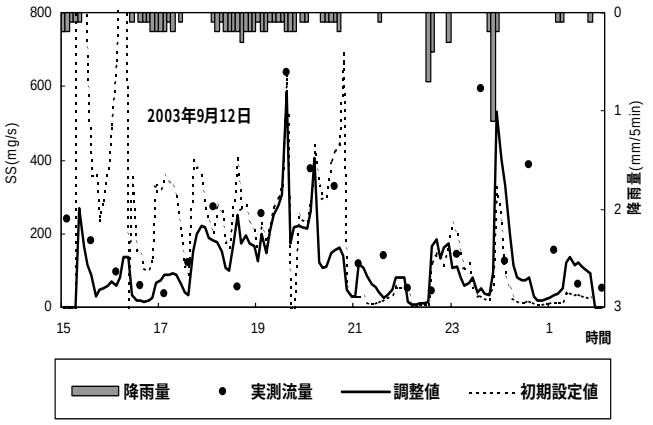

図-4　汚濁負荷流出解析

(3) 汚濁負荷流出パラメータ

パラメータを調整した後に得られたポリュートグラフの再現例として2003 年 9 月 12 日の降雨に対して得られた SS の解析結果と実測値との比較を**図-4** に示す．モデルパラメータの初期設定値を用いた場合（同図の点線）には，降雨開始後の早い段階において SS の流出負荷量が過大に評価されており，実測よりもかなり早い 15～17 時頃の段階ですでにピークがあらわれている．汚濁負荷流出の再現性を向上させるために，堆積量と流出量に関するパラメータを調整することによって堆積物質の流出速度を調整したところ（図中の太い実線）再現精度が相当改善された．

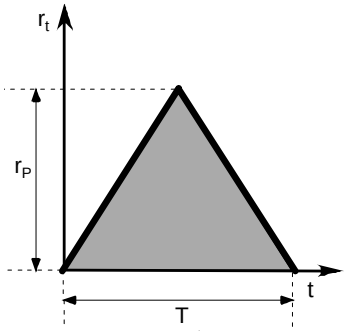

図-5　モデル降雨

４．モデル降雨を用いた感度解析

単純化された降雨波形を用いて，降雨継続時間，ピーク雨量強度，総降雨量など降雨特性が汚濁負荷流出におよぼす影響を感度解析する．**図-5** に示すような三角波形のモデル降雨を想定し，ピーク降雨強度 r_p(mm/hour)と降雨継続時間 T(hour)が異なる複数の降水事象に対して汚濁負荷流出解析を実施した．雨水流出パラメータ，汚濁負荷流出パラメータについては調整値を基準として変化させる．感度解析の対象項目として SS を選び，降雨水質としては SS：10mg/l と設定した．**表-2** に感度解析から検証された汚濁負荷流出への影響について示す．また，モデル降雨に対する SS 濃度，負荷量の応答解析例を**図-6** に示す．濃度ピークの方が負荷量ピークより先行するファーストフラッシュの特徴が確認できる．

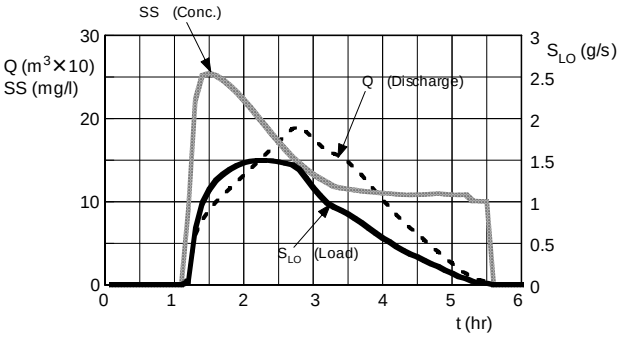

図-6　モデル降雨に対する SS 濃度と負荷量 S_{LO} の応答例

表-2　感度解析より得られた降雨特性と汚濁負荷流出との関係

	降雨強度			降雨継続時間		
	大	←→	小	長	←→	短
ピーク濃度発生時間	早	←→	遅	遅	←→	早
ピーク濃度	大	←→	小	小	←→	大
ピーク負荷量発生時間	影響なし			遅	←→	早
ピーク負荷量	影響なし			影響なし		
堆積負荷の流出量	大	←→	小	大	←→	小

参考文献

1) Wayne.C. Huber et al：Storm Water Management Model, Version4, ; User's Manual,U.S.EPA/ 600/3-88/001a,1988.
2) 和田安彦：ノンポイント負荷の制御，技報堂出版, pp.61-72,1994.