

# 都市流出シミュレーションモデルの適用性について

愛媛大学工学部 正員 豊國永沢、○渡辺政広  
愛媛県 正員 永井康生

都市域の雨水流出システムは、不均一な流出面の構成、管渠システムで豪雨時に発生する満管流やマンホールからの吹き上げの現象など、複雑なものとなっている。これに都市域の流域モデリングとその流出シミュレーションについて検討を進めているが、本報告では、それらの流出シミュレーションモデルを松山市の1幹線区域( $0.234 \text{ km}^2$ )に適用し、実測結果と対比してその適用性を検討した結果である。

## 1. 都市流出シミュレーションモデル

流域モデリング；流域調査結果をもとに、まず、規格化された流出面(5つの代表流出面)と管渠システム(幹線、支線、小支線、各管渠)からなる基準流域モデル(Modular Model)を構成する。次に、基準流域モデルの各流出面ならびに小支線、支線の各管渠を順次、等価斜面へと統合してランピングを進め、各種の等価流域モデル(Model III, II, I)を構成する。これらの流域モデルは解析目的に応じて選択される。

雨水損失モデル(URL法)；各工種の流出面は不透流域と浸透流域に大別され、不透流域では凹地貯留( $D_t$ )と、浸透流域では凹地貯留( $D_p$ )と浸透損失 $f$ (補給能モデル)を考慮し、それぞれ雨水損失を算定する。なお等価流域モデルの等価斜面における有効降雨は、各流出面での雨水損失をもとに、不透流域と浸透流域の占有割合をウェイトとして算定した。

表面流の流出モデル；基準流域モデルの各流出面ならびに等価流域モデルの各等価斜面における雨水流は、いずれもkinematic wave流として取扱う。

管渠システムの流出モデル；管渠システムにおける流出は通常、開水路流れの状態であるが、豪雨時には開水路流れとパイプ流れが発生し、しかもそれらの領域が時間的、場所的に変動する複雑なものとなる。これに流出を詳細に追跡するにはDynamic Waveモデル(Detailed model)を、また実用上からはSimplified model(Kinematic Waveモデル, SURKNETモデル)を用いる。

i) DWモデル；開水路流れとパイプ流れを共にdynamic waveとして取扱う。パイプ流れに対し、仮想スロットを想定する手法を用い、管渠システムの流出を一貫して開水路流れとして取扱う。このとき重要となるモデル・パラメータ(パイプ流れにおける圧力波の速度)について、これまでの検討結果より、数10 m/sec程度の値を用いて良い。

ii) 簡易モデル(KWおよびSURKNETモデル)；開水路流れに対し実用上kinematic wave近似を、サーチャージ状態では管路定流の式とマンホールで連続式を組合せて用いる。SURKNETモデルでは開水路流れの基礎式を貯留関数表示し、さらにパイプ流れの計算ならびに遷移(開水路流れ→パイプ流れ)の取扱に簡易化の工夫がはかれている。

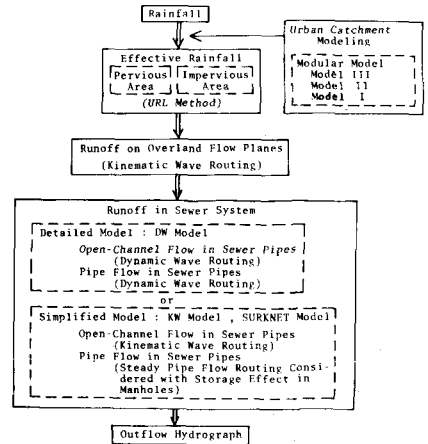


図1 都市流出シミュレーションモデル

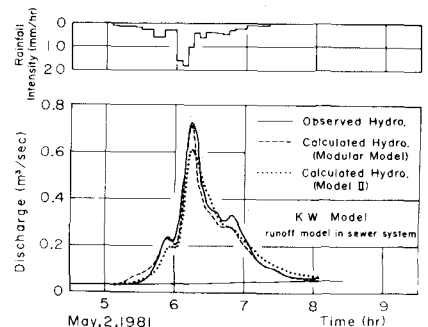


図2 流域モデリングと流出シミュレーション結果

## 2. シミュレーションモデルの適用性

上述した都市流出シミュレーションモデルを松山市街地91幹線区域( $A = 0.234 \text{ km}^2$ )に適用し、実測結果と対比してその適用性を検討した。

流域モデリングと流出シミュレーション結果：流域モデルの精粗が流出シミュレーション結果に及ぼす影響について、基準流域モデルと等価流域 Model II による結果と実測結果と対比して検討した(図2)。ここで管渠システムには KW 追跡を用いた。Model II による結果は一般に、流量ピークが小さくかつ遅れて現われる傾向がみられ、全般的に扁平化した流出 hydro. となる。一方基準流域モデルでは出水の全体を通じて実測結果と良く再現する流出 hydro. となる。これは、Model II において、各流出面(基準流域モデル)よりの流出の不均一性をランプレ、単一の等価斜面よりの流出として取扱うに値と考えられる。ただし実用上からは、Model II を用いてもかなりのシミュレーション結果が得られることが分る。

下水道状態の流出に対する検討：管渠システムで下水道状態で流出する中小出水を対象に、前述した管渠システムの各流出モデルを用いて流出シミュレーションを行い、実測結果と対比、検討した(図3)。ここで流域モデルは Model II を用いている。まず DW モデルによる結果と実測結果と対比すると、全般的にや、扁平化した流出 hydro. となるが、上述のように基準流域モデルを用いるとさらに精度の高い結果が期待できる。次に簡易モデルによる結果は出水の全体を通じ、DW モデルのそれと殆んど一致した結果となる。これは対象とした管渠システムの管路こう配が  $3/1000 \sim 8/1000$  と急で、蓄水、貯留効果が小さいためと考えられる。このような管渠システムでは簡易モデルの適用が有効なことがわかる。なお KW モデルと SURKNET モデルによる結果は、ほぼ同一と見なせる結果と得ている。

サーチャージを伴う流出に対する検討：豪雨時下水道システムで発生する満管流、マンホールからの吹き上げなど、サーチャージ現象を伴う流出について、管渠システムに DW モデルを適用して検討した。流域モデルには Model II を用いている。昭和54年梅雨前線豪雨時のシミュレーション結果と実測結果(水位および流量 hydro.) と対比して図4に、幹線管渠にける水面変動(サーチャージ期間)の状況を図5に示す。13時20分過ぎの強雨に伴い、管渠システムの各所でサーチャージ現象が現われ、13時45分にはこれが最大状態に達している。この期間のシミュレーション結果(流量 hydro.) は、実測結果に見られる貯留効果の大きい抑制された流出特性と再現しており、本シミュレーション法の有用性が明らかとなる。

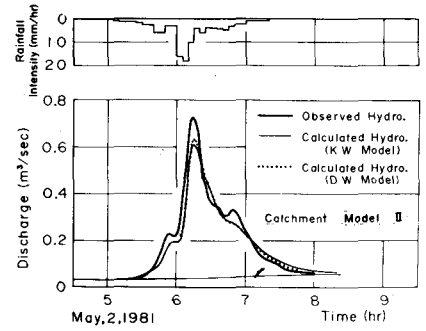


図3 流出シミュレーション結果  
(下水道流れの流出)

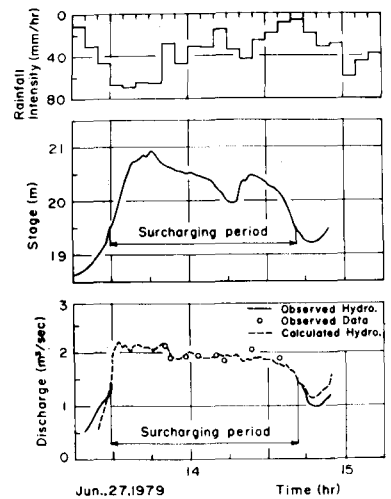


図4 流出シミュレーション結果  
(サーチャージを伴う流出)

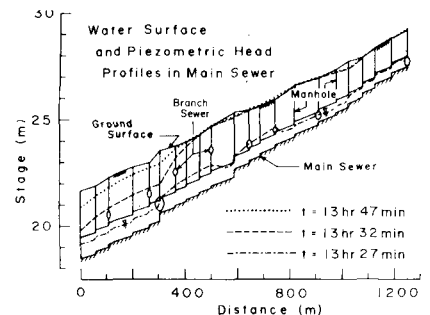


図5 水面変動の状況  
(幹線管渠、サーチャージ期間)