

流出解析モデルにおける有効降雨に関する一考察

日本上下水道設計（株） 西澤 政彦
館 紀昭

1. 概要

下水道流出解析においては、ソフト内のパラメータ関数を用いて地表面流出モデルを構築することが多いが、算出の過程をより明確に意識できるように、流域内の土地利用を詳細に区分し、土地利用種別ごとに有効降雨を作成してモデルに与える手法について検討を行った。これによって、 f_1 -Rsa 法や、タンクモデル等の概念を用いた有効降雨の設定が可能となり、より再現性の高いモデル同定作業を実現できた。

2. 下水道流出解析における現状と本稿の目的

下水道計画では一般に土地利用種別毎に表-1 に示す固定流出係数值を与え、排水区の平均流出係数をもって、施設計画が行われることが多い。

一方、河川計画では流域に同一の降雨があっても初期損失雨量が土地利用によって異なることを前提としたモデル(f_1 -Rsa 法)や、流域内の貯留・中間流出を考慮したタンクモデルを組み合わせた解析が行われている。

下水道計画と河川計画の流出解析モデルでは、農地からの流出に対する考え方で顕著な違いが見られる。特に水田の評価は難しく、水の無い状態では流出係数 0 となり、水を張っている状態では 1.0 になるものと考えられるが、下水道計画では一般的にこの中間的な値（例えば固定流出係数 0.5）を用いて施設規模の根拠としていることが多い。

最近では計算機・解析ソフトの発達により、下水道流出解析モデルを用いて流出解析を行い、施設計画の評価を行うことが多くなってきた。このような解析では、ソフトが提供する降雨損失モデルと表面流出モデルを使うことが一般的だが、検討過程がブラックボックス化しているため、これらを適正に評価し、モデルの精度を高める必要がある。

そこで本稿では、有効降雨の算出過程をより明確に意識できるように、有効降雨を解析ソフト外で検討し、モデルに与える方法を試みた。これは、図-1 太枠内に示す降雨損失モデルと表面流出モデルを代替していることとなる。

表-1 下水道計画の流出係数

土地利用	標準値	流出係数中央値
道路	0.8 ~ 0.9	0.85
公園	0.05 ~ 0.25	0.2
山林	0.20 ~ 0.40	0.3
間地	0.10 ~ 0.30	0.2
屋根	0.85 ~ 0.95	0.9
水面	1.0	1.0

「下水道施設計画・設計指針と解説」より

表-2 河川計画の流出係数標準値（上）及び有効降雨モデルパラメータ標準値（下）

1)河川計画流出係数

土地利用	流出係数
密集市街地	0.9
一般市街地	0.8
畑、原野	0.6
水田	0.7
山地	0.7

	f_1	Rsa(mm)	isa
田	0.0	50.0	1.0
山地	0.25	150.0	1.0
畑	0.15	300.0	0.6
市街地	0.6 ~ 0.9	55.0	1.0

「河川砂防技術基準（案）同解説 計画編」より

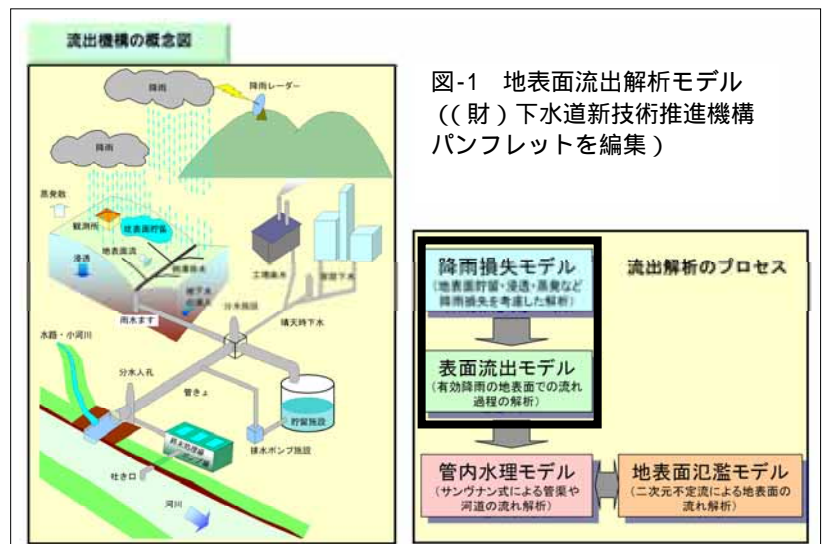


図-1 地表面流出解析モデル（（財）下水道新技術推進機構パンフレットを編集）

3. 検討方法

(1) 有効降雨の設定

まずモデル流域内の土地利用を図-2 に示す 8 種に分類し、各々の流出パラメータについて検討を行った。パラメータは下水道計画で使用される標準的な固定流出係数を基本とし、 f_1 -Rsa 法やタンクモデルの概念を取り入れる。

(2) パラメータの検証

パラメータを種々に変化させ、別途流域内に設置した水位計の計測結果と計算結果の比較を繰り返すことで、パラメータの同定を行った。実績水位と計算水位の誤差評価は図-3 に示す指標を用いた。尚、解析ソフトとしては InfoworksCS 9.5 を用い、管内水理モデルと地表面氾濫モデルの同時解析を行っている。

4. 検討結果

(1) 市街地（屋根・間地）

図-4 に、市街地（屋根・間地）での検討結果を示す。市街地に関しては、下水道計画で用いられてきた固定流出係数で実績水位をほぼ再現することができた。市街地はアスファルトやコンクリートで地表面が覆われているため、窪地のような地形的な損失や中間流出を考慮する必要がないこと、及び効率的な排水系統が整備されていることにより降雨 流出間の関係が比例的に対応するためと考えられる。

(2) 水田

図-5 に、水田のパラメータ検討結果を示す。下水道計画で用いられている固定流出係数では、実績水位と計算結果で大きな乖離が見られた。これは、初期降雨が田面内で浸透・貯留されていることや、水田からの流出時に堰・オリフイスのような機構で流出が調整されていることが原因と考えられる。そこで、河川計画で使用されている f_1 -Rsa 法とタンクモデルを適用し調整を行ったところ、実績水位とほぼ一致する結果が得ることができた。

(3) 水田の解析結果に関する考察

水田の流出解析においては、 f_1 -Rsa 法とタンクモデルの適用により、流出現象をほぼ再現することができた。モデル流域内の水田には図-6 に示すような吐出し口径 150mm 程度の排水マスが設置されており、このマスに流出調整機能が備わって

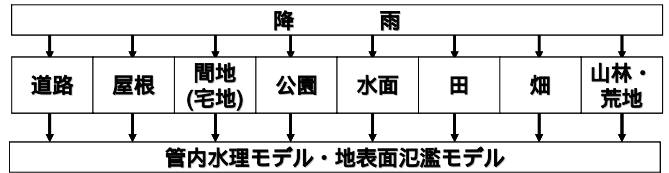


図-2 パラメータ設定の基本的な考え方
(土地利用分類)

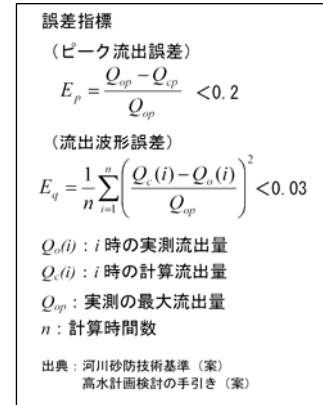


図-3 誤差検出方法

水位計上流の土地利用

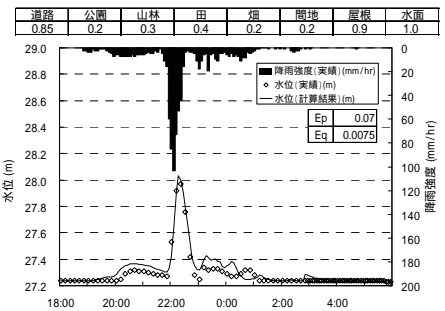
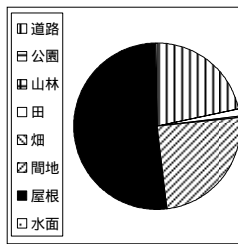


図-4 パラメータ検討結果 市街地（屋根・間地）

水位計上流の土地利用

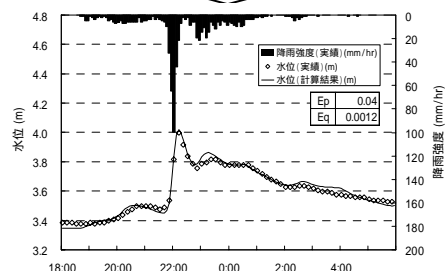
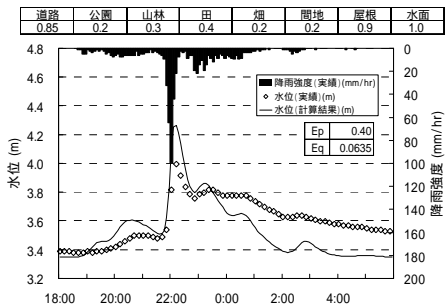
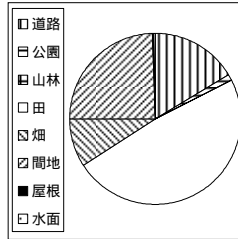


図-5 パラメータ検討結果 水田
(上: 流出係数 0.4、下: パラメータ調整後)

いるものと考えられる。また、本稿で検討したタンクモデルではピーク時に田面内で30～40cmの湛水が見込まれることになったが、これについても図-6に示すような水田面内での湛水深として、想定範囲内の値となっている。このように水田の計算結果は流域内の地形・施設要因による流出調整効果を見込んだものとして妥当な結果を示していると言える。

(4) 下水道計画と河川計画の差異に関する考察

下水道による雨水排除計画は、流域数十～百ha、流達時間1時間未満の流域内の計画雨水を全量処理できる(地表面完全ドライ)計画となっており、図-7に示す、雷雨型の降雨分布を対象としている。一方で河川計画は、下水道計画より広い流域、長い流達時間という特徴から、長時間にわたって降雨が続く状況(図-7、台風型の降雨分布)を対象に計画が立案されている。河川流出モデルでは以上のような特徴により、流域内の貯留を考慮したモデルや、流達時間内の中間流出・流出の非線形性(累積降雨・降雨継続時間による流出係数の変化)について検討が重ねられてきた。また、下水道計画と河川計画で設計条件が大きく異なることから、設計思想の違いについて整合が計られていなかったのが現状である。しかし、計画規模を超えた降雨が多発する現状において、下水道計画においても一部湛水許容の計画を策定するケースが出てきている。こうした状況下で流出解析モデルの重要性はより高まっており、効率的な計画策定のために従来の考え方にとらわれず、様々な考え方を取り入れていくことが重要であると考えられる。

5. 結論

下水道計画(雨水排除計画)において現在使用されている固定流出係数は、窪地での湛水・中間流出の少ない市街地では再現性の高さが認められた。一方で、流域内貯留や表面浸透などの影響が大きい水田では、流出係数の時間変化や設置されている施設を反映した損失モデルを考慮して有効降雨を検討することで再現性の高いモデルの構築が可能となることが分かった。

- 【参考文献】 河川砂防技術基準(案)同解説 計画編 山海堂 1997年
 下水道施設計画・設計指針と解説 前編 (社)日本下水道協会 2001年
 土地改良事業計画設計基準 計画「排水」 (社)農業土木学会 2006年

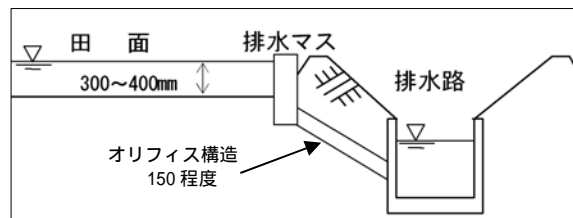


図-6 排水マス(上)及び水田面湛水の模式図(下)

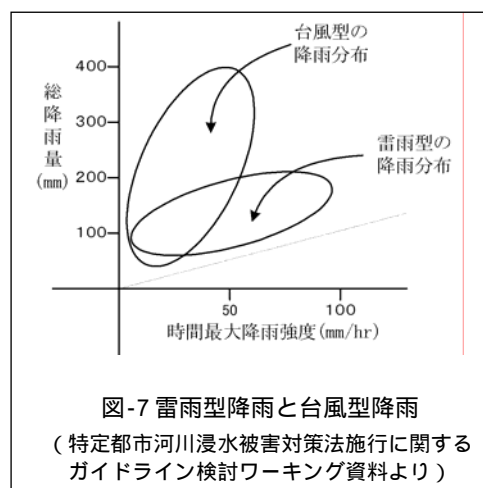


図-7 雷雨型降雨と台風型降雨
 (特定都市河川浸水被害対策法施行に関するガイドライン検討ワーキング資料より)

問合せ先：日本上下水道設計(株) 河川事業本部 河川部 館 紀昭
 〒141-0031 品川区西五反水田7-20-9(KDX西五反田ビル)
 TEL: 03-5745-2892 FAX: 03-5745-2893 E-mail: Noriaki_tate@njs.co.jp