

15. 都市域における流出・氾濫モデル開発に関する調査

水害研究室 室長 金木 誠
主任研究官 三輪 準二
研究官 水草 浩一

1. まえがき

現在、IT化の進展や地下空間の高度利用が急速に進んでいる、都市域における浸水対策を早急に進めることが急務となっている。また、特定都市河川浸水被害対策法の制定によって、特定都市河川および特定都市河川流域の指定、都市洪水想定区域・都市浸水想定区域の指定、総合的な浸水被害対策のための流域水害対策計画の策定等を行うこととされているが、こうした政策を進める上でも都市域の氾濫状況把握は極めて重要になっている。

一方、これら都市区域では、一般的に下水道等排水路網が高度に発達しており、浸水氾濫対策を検討する場合にはこうした排水路網を組み込んだ氾濫状況の検討が不可欠である。そのため、地表面と下水道を同時に考慮した氾濫解析を行う必要が生じており、また一体型の氾濫解析モデルの開発は各方面で試みられている。しかし、水の挙動の表現が非常に複雑となるため、国内ではこうしたモデルの実用化に至っていないのが現状である。また海外のモデルでは既に市販されているが、中核の計算部分が非公開としているなど不透明な部分が多いため、本格的な検討に用いるには問題が多い。

そこで水害研究室では、下水道管渠の流出解析を行うPWR I (Precipitation Water Routing and Inundation) モデルの開発を継続的に行ってきた。これに地表面氾濫解析を組み込み、地表面の氾濫解析と下水道管渠内の流出解析を同時に行うことが可能なモデルとして『NILIM (New Integrated Low-land Inundation Model)』に名称を変更している。

2. 調査目的

昨今の我が国においては、河川整備率は経年的に上昇しており、従来は氾濫常習地帯であった地域においても、氾濫の危険性に関しては低減されているが、これに相反して相対的に増加しているのが内水による被害である。特に都市部においては、低水時・高水時を問わず排水を下水道に依存する割合が高まっているため、吐出先河川の影響を受ける可能性が高い。

都市域では一般に排水路・下水道の整備率が高いため、内水氾濫解析を行う場合にはこれらの施設による影響を無視することができない。排水路が開水路の場合は、一般の河川と同様に分合流に注意すれば比較的容易に解析することが可能であるが、管渠の場合は満管による圧力流れとなる場合があり、解析がより複雑となる。また、管渠内および内水氾濫の現象そのものが、非常に局地的かつ狭域的に発生するため現象の把握が困難であり、たとえその解析が可能であったとしても、その結果の妥当性の検証は非常に困難であった。

本調査では、従来は現象の把握が困難であった都市部における内水氾濫について、流出・氾濫モデルの開発と、その妥当性・精度の検証を行うものである。

3. 過去の調査結果

PWR I モデルは、旧土木研究所が開発した都市域における下水道網解析モデルを基礎としており、地表面流出・排水路内計算により、排水路からの地表面湛水を解析するモデルである。開水路流れと圧力流れが遷移する際には水位算定式を切り替えるため、精緻な管渠内の水位解析が可能である。開発当初は下水道管渠内のみの水位・流量追跡を行うモデルであったが、平成5年頃には、マンホール部からの吹き出しに由来する内水の溢水お

よび氾濫解析を行うために、旧土木研究所が開発した2次元不定流モデル（「通称土研モデル」）のうち、河道や破堤条件等を除く2次元不定流氾濫解析の箇所を付け加える改良を行った。その結果、排水路と地表面の同時解析が可能となり、マンホール部からの吹き出し湛水の移動現象や移動後に他のマンホールで再吸い込みされる現象等、従来の都市域の氾濫シミュレータでは表現が困難な複雑な解析も行えるようになった。現在PWR Iモデルは、前記以外に新たにポンプ施設、各種流出抑制施設、不陸や伏越し等による逆勾配管路等の解析も含め、呼称をNILIMに変更している。

また、実流域であるY流域（排水区面積：53.40ha）や、T流域（排水区面積：654.33ha）において、流域の雨量観測、管渠内の水位・流量観測を独自に行い、実現象の解明に向けた各種データを蓄積してきた。そして、蓄積された実績データを前記のNILIMの作成、およびその改良の妥当性の検討の際に用いることで、モデルの信頼性・精度向上を図ることが可能となった。

4.平成14年度の調査内容

平成14年度はNILIMに関し、下水道に由来する内水氾濫の実績の存在するある実流域で実証検討を行い、モデルの妥当性について検討した。

具体的には、過去に管渠内の水位・流速観測を行った実績のあるT排水区流域を対象としている。

5.平成14年度の調査結果

5.1 実証検討地域概要

動作確認・検証に用いたT排水区は、高度に都市化の進展した台地上の住宅密集地を流域としており、その流域地勢を図-1に示す。この排水区は、台風や集中豪雨による浸水被害を高頻度で受け、またその際の浸水実績も良好に記録されているという条件がそろっている。T排水区は、元来は小河川のT川によって排水が行われていたが、時代とともに徐々に暗渠化され、いわゆる蓋掛け河川として現在のT幹線ができあがった。このため、T幹線部に関しては全線にわたって断面形状が矩形もしくは台形となっている。またT幹線は排水区の谷地部を流れているため、集水域の地表面はこれに向かって一様に傾斜しており、幹線・準幹線・枝線ともに自然流下型であり、中間・流末にポンプ施設は存在しない。T幹線下流端においては雨水吐き室により遮集が行われ、計画量を超過した流量に関しては放流先河川に自然放流を行う合流式となっている。

雨量観測は、T流域の3箇所を設置した自記雨量計により、平成13年7月から11月を対象として連続的に観測を行った。水位観測は、自記計測式圧力センサー水位計をT流域4箇所（上

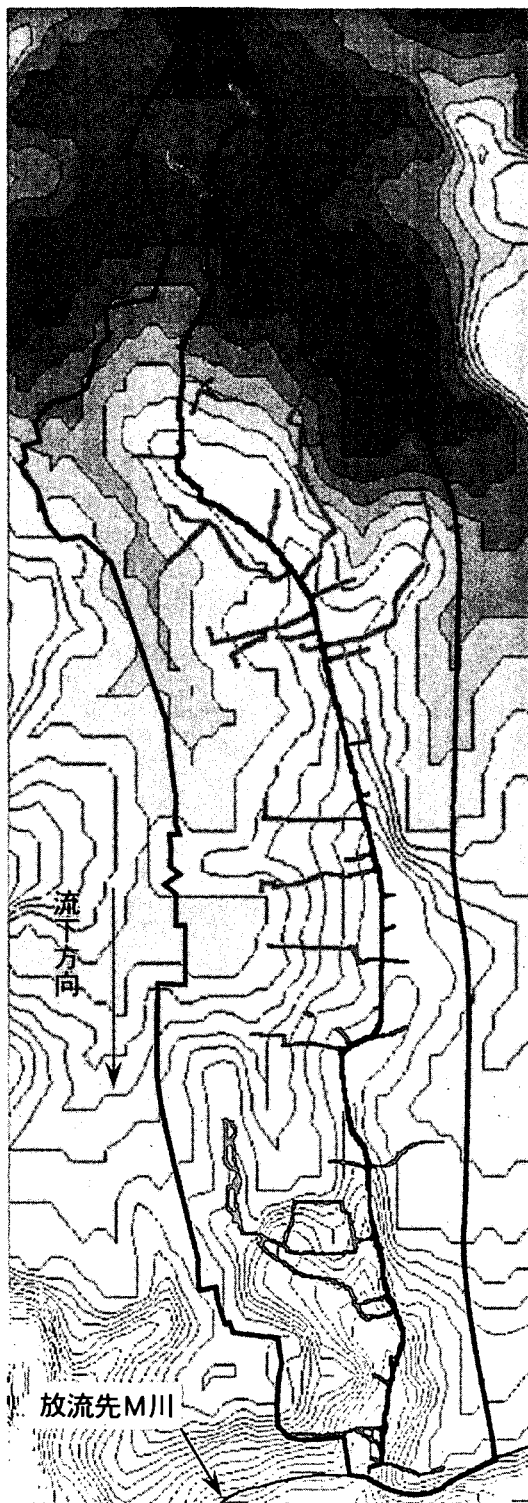


図-1 T排水区流域

流2箇所、中流1箇所、下流1箇所)の管底に設置し、連続的に観測を行った。流量観測については、観測箇所は水位計設置箇所と同地点のT流域4箇所で自記計測式の流速計を用いて行った。

5.2 下水道管路モデルの改良

5.2.1 実証検討地域のNILIMへの導入

T排水区におけるマンホール数は、図-2に示すとおり、約6,100個である。検証においてこれら全てを解析した場合、その設定、解析、集計に多大な時間と労力を必要とし、またそれに見合う程度の効果も期待できないことから、解析の妥当な精度を確保する程度に、図-2中の「●」印の管径900mm以上の管路を解析対象とした。なお、幹線部分は全て矩形管渠、準幹線・枝線部分は円形管渠となっている。

5.2.2 管渠内水位解析

1) 対象降雨

全観測地点において管頂部まで水位が達しなかった平成13年度に観測された降雨を用いて、管渠内での水位解析を行った。

2) 管路内水位の再現結果

図-3は4箇所ある観測地点のうち、中流部観測地点の実測水位と計算水位の比較である。降雨前半の時間雨量強度100mmを超える雨量に対し、計算水位は鋭敏な立ち上がりを示している。立ち上がりと比較すると、ピークから減少する過程で差異が見受けられるが、その規模は10分程度である。これは、前期降雨による流出率や土壌の浸透能に関しては考慮せず一律の値を用いていることや、全対象流域一律降雨を用いている影響が考えられる。いずれを考慮しても、再現状況は総合的観点から概ね良好であると考えられる。

また、ピーク時における幹線部分の縦断的な水位変化について、図-4に示す。管渠内の実際の縦断水位に関しては、その連続的な把握はほぼ不可能であるため、解析の妥当性を検討する際は非常に困難を極める。本調査においても、縦断水面形の照査が可能な地点は全4箇所(上流2箇所は至近距離に設置)のみである。しかしながら、図-4からは概ね良好な再現状態を示している。

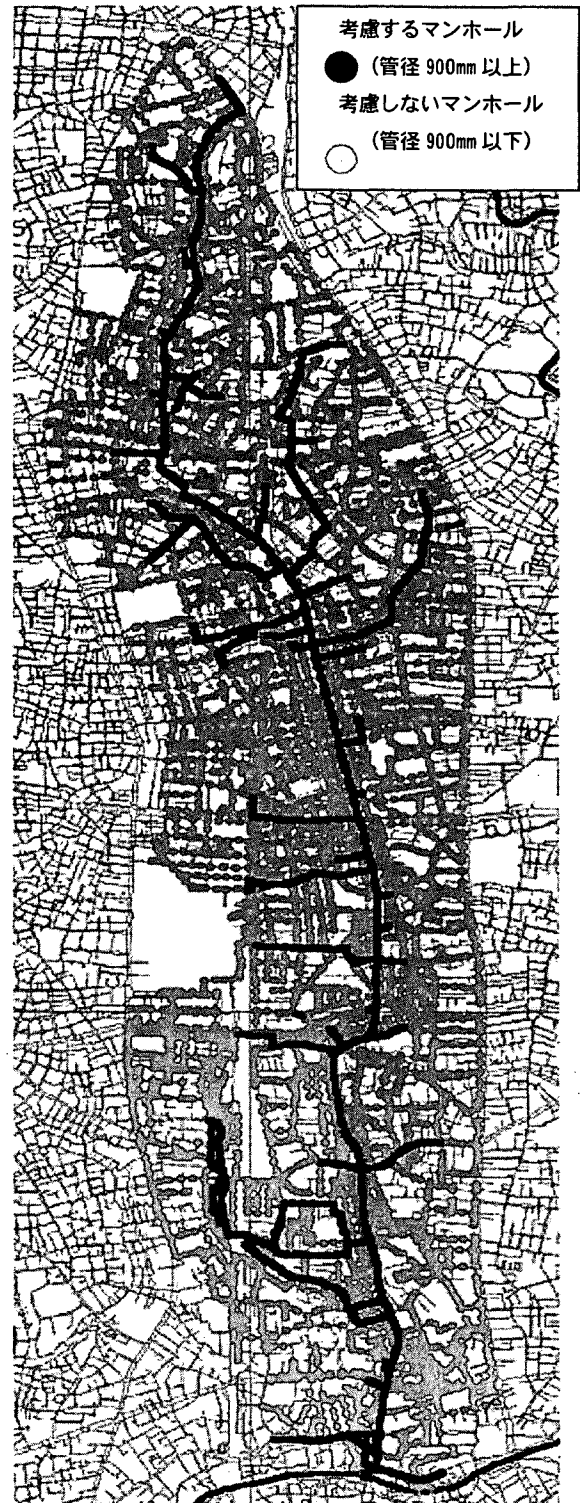


図-2 検証対象管渠

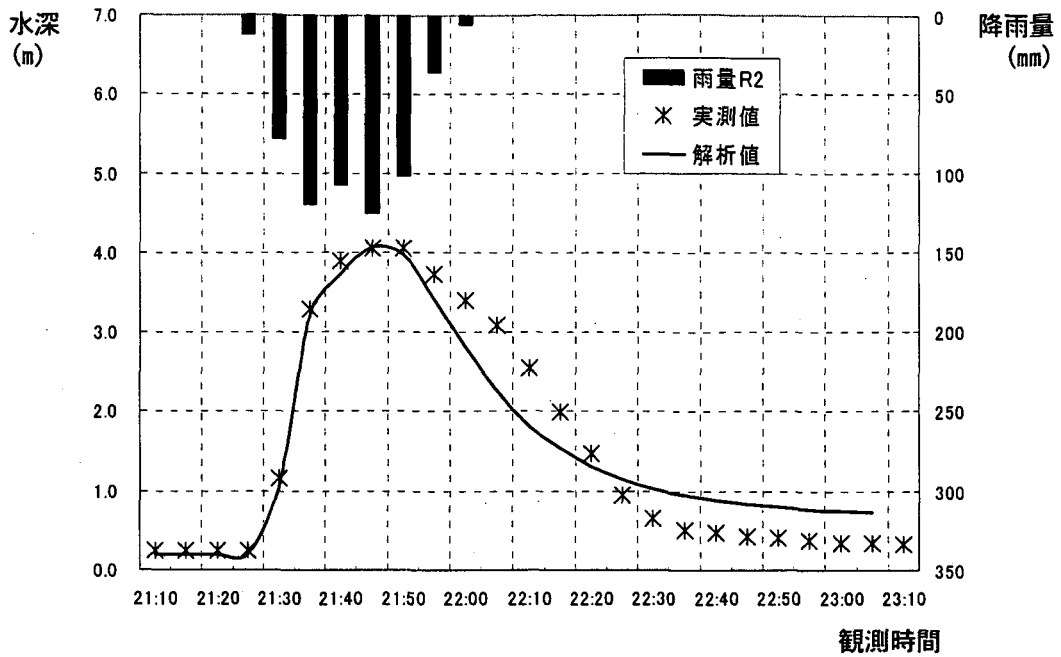


図-3 中流部観測地点時系列水位

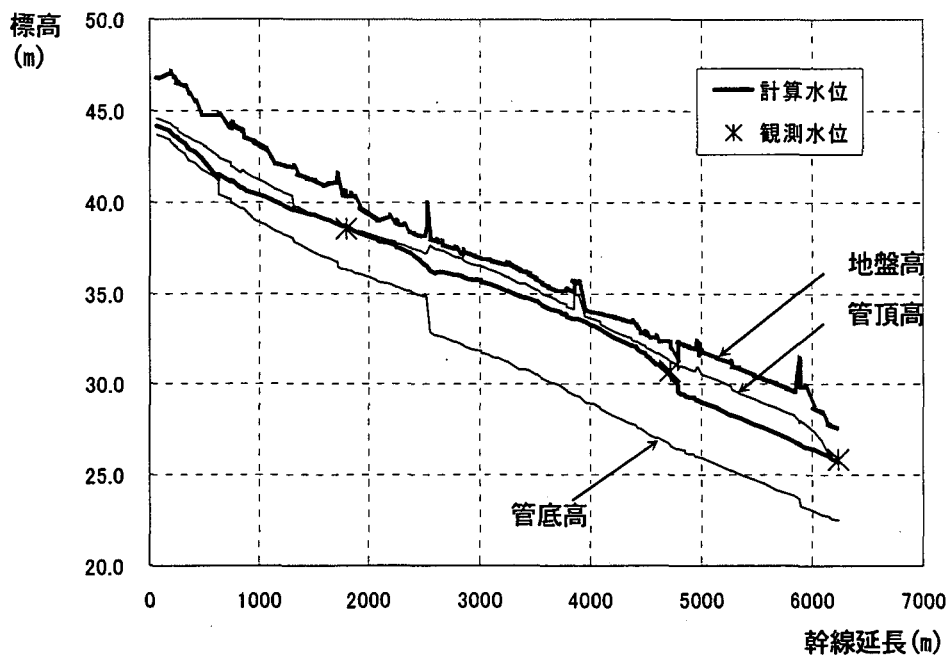


図-4 T幹線縦断水位（ピーク時）

5.2.3 氾濫解析

1) 対象降雨

過去の浸水実績が残存する実降雨のうち、継続時間の長い台風性降雨と、最大降雨量が大きい集中豪雨性降雨の2種類について平成14年度は解析を行った。本報告書では、集中豪雨性の降雨についての結果を示し、図-5にはその時の浸水実績を示す。

対象となる集中豪雨性の降雨は、最寄りのアメダス観測所で時間最大雨量131mm、総降雨量151mmであった。降雨継続時間としては2時間程度であったが、特に降雨前半は、10分間に20mm程度の激しい降雨が50分間にわたって継続している。

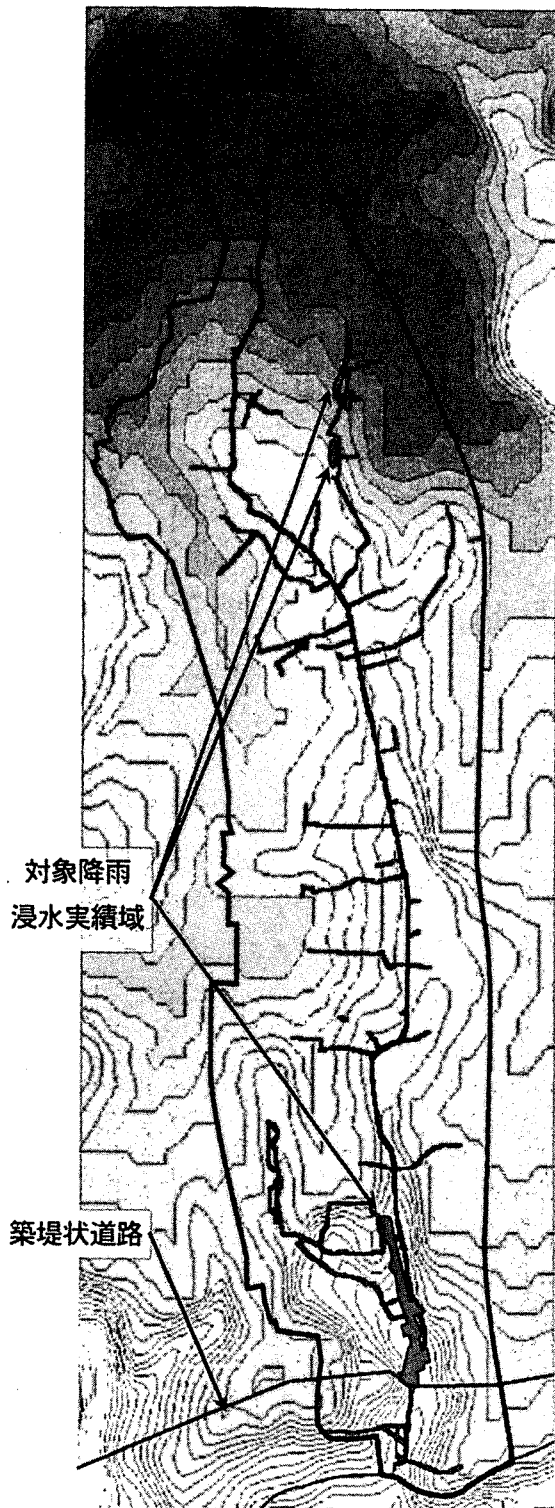


図-5 集中豪雨性降雨浸水実績

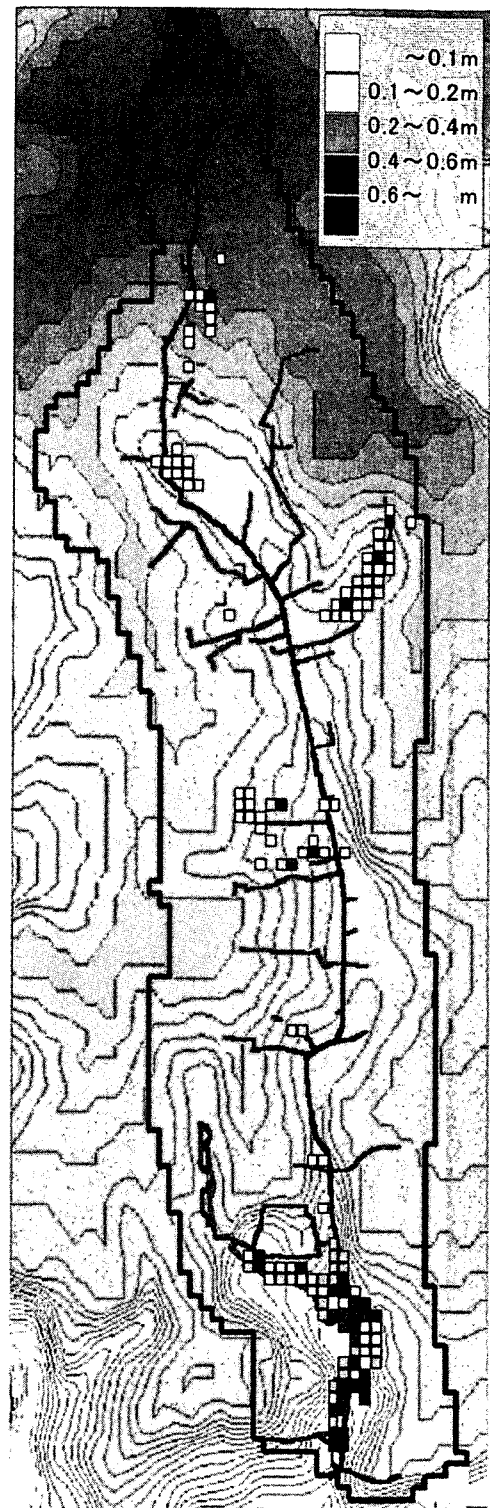


図-6 集中豪雨性降雨氾濫解析

降雨強度分布については、ティーセン分割の結果からみると、右岸側（図-5の幹線左側）が若干強い。したがって、左岸側では解析の際に降雨が過大となる恐れもあるが、対象流域の近隣に他のアメダス観測所が存在しないため、最寄りの観測所値を一律に採用した。

2) 氾濫の再現結果

地表面氾濫を考慮した解析結果を図-6に結果を示す。図下方の下流端付近における湛水状況は若干浸水範囲

が実績よりも過大である。しかし、0.2~0.3m 程度以下の浸水は流出水と混同し、実績として記録されていない可能性が考えられることから、比較的良好な結果が得られていると思われる。

上中流域においては、浸水実績とは異なる浸水域が現れている。これは今回の解析では、最寄りのアメダス観測地点データを一律用いて解析を行っており、上流域では降雨規模が実績よりも若干大きかったためと考えられる。

また、下流端付近を横断する道路が築堤式のため、氾濫阻害構造物としてこの上流側で浸水の実績が多い。これに対し、時系列の解析結果では、枝線から溢水した氾濫水が、時間経過とともに地形形状に沿って、または途中経路のマンホールに再流入しながら、下流側に伝搬し、横断道路上流側に湛水する、内水氾濫に特有の状況が概ね再現できた。

なお対象流域には、今回の検討で未考慮の管径 900 mm未満の幹線につながる枝管が多数存在するため、より細かな管路網を含めたモデル化を行えば、氾濫域の再現性をさらに高めることが可能であると思われる。

6.まとめ

今回の検討により、NILIMが内水氾濫を扱う上で有用なツールであることを実証できた。特に優位な点としては、以下のことが挙げられる。

- ・マンホールからの溢水が地表面を流下し、別のマンホールへ流入して下水道に環流する現象を再現することが可能である。
- ・管路内の水位計算は自由水面から圧力管状態までの遷移状態を表現でき、計算自体も安定している。
- ・下水道データベースが整備されている場合は、直接入力データとして活用できる。

今後の課題としては、集水域内での貯留効果や流域内の飽和状態等の考慮、KinematicWave法だけで表現するには困難な流出過程算出法の改善、集水機能等についてさらに改良していく必要があると考えられる。さらに、将来的には外水氾濫を組み合わせたモデルへの発展、様々な水災シナリオの再現・予測や対策効果検討に応じられるような改良等の総合的なモデルへの展開も必要であると考えられる。