

都市型水害対策について



湧川勝己
調査第一部
次長



藤井康嗣
調査第一部
主任研究員

研究の背景と目的

都市における水害は、ただ単に被害規模が大きいということだけではなく、床下浸水程度の浸水であっても、地下鉄、地下街などの地下空間への浸水、鉄道、道路等の交通機関の混乱など、都市機能の麻痺が発生するなど、一般の地域での水害とは被害の形態に大きな違いがある。

都市域における浸水を防除するための施設としては下水道と河川とがあり、それぞれの計画対象となる集水区域の大きさに応じた時空間スケールを有する降雨を対象として計画的に整備が進められている。

河川では、河道の整備や遊水地、放水路の設置といった河川等の対策、流域における貯留・浸透対策等といった流域全域での様々な対策を有機的に組み合わせた総合的な治水対策が実施され、対象流域での治水安全度は確実に向上されてきた。

一方、下水道でも、貯留施設の設置や内水排除施設の整備などが実施され、対象流域での治水安全度の向上に寄ってきた。

しかしながら、河川・下水道施設の整備がある程度に進んできた都市域における浸水被害の状況（平成11、15年の福岡市、平成12年の名古屋市における水害等）を鑑みると、近年の地下空間の利用を始めとする土地利用の高度化が進むなどの計画当時に想定していなかったような流域状況、河川・下水道の相互影響などによる流出・氾濫形態の変化がみられ、今までのように河川・下水道の個別の施設計画、施設整備だけでは効果的・効率的に浸水被害を防御できなかつたり、予想されない箇所でも浸水被害を生じたりするなどの問題が顕在化してきた。

上述したような問題に対応することを目的として、平成15年に「特定都市河川浸水被害対策法」が制定された。この法律は、著しい都市水害が発生するおそれのある地域

において、浸水被害対策を流域が一体となって総合的に推進するため、河川管理者、下水道管理者、関係都道府県知事及び市町村長が共同して「流域水害対策計画」を定め、対策を推進することとしている。

JICEは、この一連の検討経過の中で今までに実施・展開されていた総合治水対策の評価を行うとともに、新法の運用のための、対象河川の指定、流域水害対策計画に定める事項、雨水貯留浸透施設の技術基準、流出抑制対策の考え方、都市洪水想定区域の考え方など、政令、省令の骨格となる技術検討を実施してきた。都市化の進んだ地域における水害対策は、流域対策とともに、河川と下水道を一連の都市雨水排水システムとして捉えようという対策計画を検討することが不可欠であることから、本報告では、対策計画策定の基本事項である都市域における水災シナリオ、降雨外力の設定、流出・氾濫モデルの構築等の考え方についてとりまとめた「都市型水害対策検討の手引き（案）- 河川と下水道の連携 -」（都市型水害対策検討委員会¹⁾の内容を中心に紹介する。

都市型水害対策の検討

1 総合治水対策についての評価

総合的な治水対策は、昭和54年度より都市化の進展が著しく、通常の河川改修のみでは浸水被害防止が困難な流域において、河道、遊水地、放水路の整備等による河川の対策、流域における貯留・浸透等の対策及び流域における土地利用の誘導等の対策を一体的に実施し、浸水被害の軽減を図ることを目的とした施策である。

特に都市化の著しい都市河川流域を、総合治水対策特定河川事業河川流域として全国で17河川を指定し、昭和54年より事業を実施してきた。平成14、15年度に行われた

プログラム評価²⁾の結果では、浸水面積の軽減という点では、ほとんどの対象河川において計画完成時の80～100%の効果が発現しており、費用対効果という点では17河川における現在までの総投資3兆7千億円に対し、12兆3千億円の想定被害軽減効果があったという評価がなされている。

一方では、河川と下水道の計画手法が異なること、内水ポンプの運転調整ルールが個々に設定されていることから、十分な効果が発現されているとは必ずしも言えない面があり、分析手法の開発・評価を行い、河川事業と下水道事業の整合を図っていくとともに、運転調整ルールも流域

を一つのシステムとしてとらえた手法を用いて解析を行っていく必要があるという指摘も受けている。

また、総合治水対策として河川における対策の促進と流域における貯留対策が一体となった整備も進められてきたが、流域対策の立ち遅れや、調整池が法的強制力のない指導であるため埋め戻され、その調整機能を損なうなどの事態も発生している。

そこで、こういった総合治水対策の課題に対処し、効果的な対策を実行するため、河川管理者、下水道管理者、地方公共団体が、総合的な浸水被害対策に一体となって取り組むための新たな法的制度が必要となった。



図 - 1 総合的な治水対策のイメージ

2 特定都市河川浸水被害対策法について

このような従来の対策では十分に対処できなくなった状況に対応するため、河川管理者、下水道管理者等が一体となり浸水被害対策を講じることを目的とした特定都市河川浸水被害対策法（以下「法」という。）が平成15年6月に制定、平成16年5月に施行された。

同法においては、河川管理者、下水道管理者、都道府県知事及び市町村長が共同して、特定都市河川流域における浸水被害の防止を図るための対策に関する計画（流域水害対策計画）の策定、河川管理者による雨水貯留浸透施設の整備、雨水の流出を抑制するための規制その他の措置について定めている。

同法の全体像及び、その中での流域水害対策計画の位置付けを図 - 2 に示す。

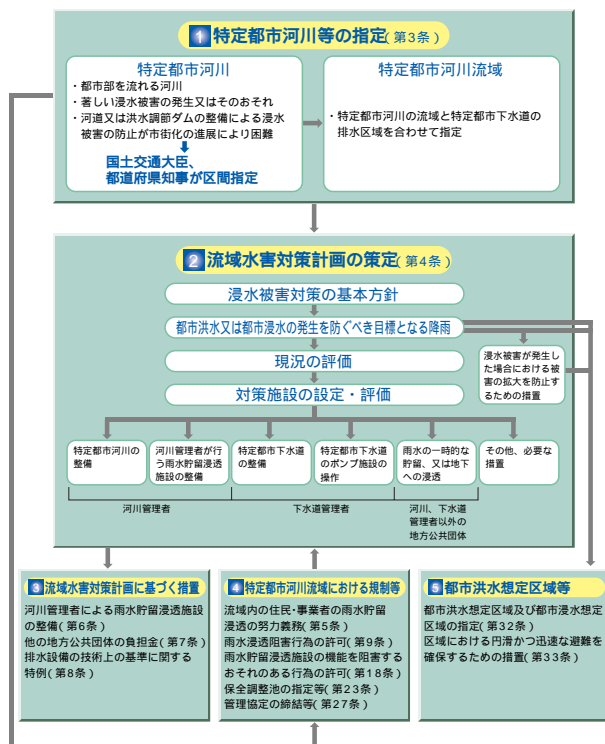


図 - 2 特定都市河川浸水被害対策法の全体と流域水害対策計画の範囲

3 水災シナリオの検討

水災シナリオとは、河川及び河川管理施設、下水道施設のある都市域に雨が降った場合の流出から氾濫、被害の発生までの一連のプロセスをいう。その検討は、2で述べた流域水害対策計画の策定における、現況施設の評価や新たな対策施設の設定・評価にあたるものである。

都市域における近年の水災では、地域住民、行政機関等が、当該地域において生起する可能性のある水災についての理解が不足していることが、被害拡大の要因となっていると考えられる事例が多い。

都市型水害対策では、河川、下水道各々の計画規模、計画手法により整備されてきた現状の施設が、起こり得る降雨外力に対してどのように機能し、どのような水災が想定されるか、という水災シナリオを検討することで、施設の整備バランスや効率的な施設活用・連携方策を進めるにあたっての問題点や課題を抽出し、その解決のための共通認識を持つことが重要である。

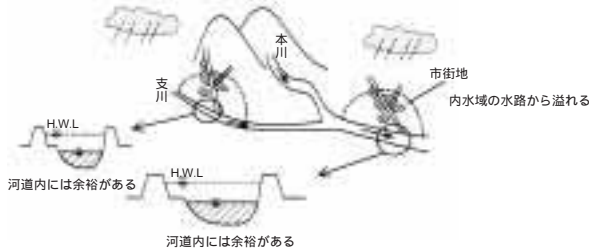
都市域において発生する水災シナリオは、降雨特性、地形特性、河川・下水道施設の整備状況、運用状況によって様々であるが、本検討では以下の4つに大別した。

- ・シナリオA：降雨パターン及び流域特性の違いによる河川・下水道の流出に起因する水災
- ・シナリオB：河川流域と下水道排水区域の面積が同程度の地域で河川の計画手法及び施設計画の在り方に起因する水災
- ・シナリオC：河川・下水道施設の段階整備における整合性の問題に起因する水災
- ・シナリオD：河川・下水道施設の運用管理に起因する水災

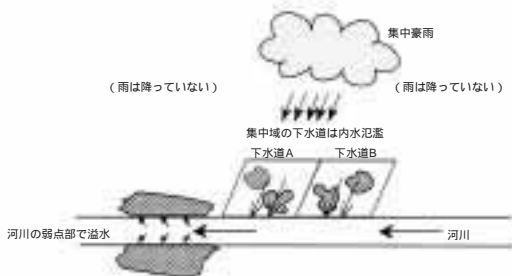
また、本検討ではこれら4つのシナリオをさらに細分化し、11種の水災シナリオの想定を行った(図 - 3)。これは、被害想定を体系化したものであり、個々の地域ではこれら

の想定が複合して発生することも考えられる。実際の計画検討においては、検討対象となる各流域において問題となっている事項を十分考慮し、対象地域の固有の水災シナリオを想定する必要がある。

想定1：下水の施設能力を超える降雨での浸水被害(シナリオA)

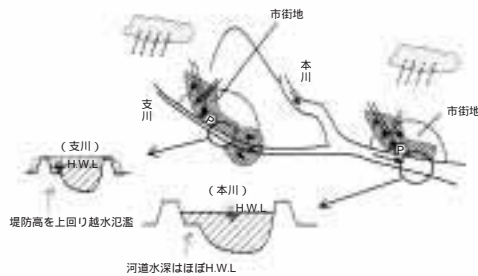


想定2：局地的集中豪雨における浸水被害の偏在(シナリオA)



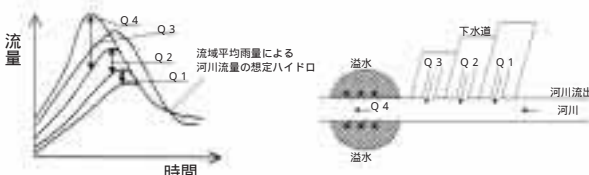
想定3：本川計画規模相当の降雨時の支川、下水道での浸水被害(シナリオA)

本川計画規模相当の降雨の場合

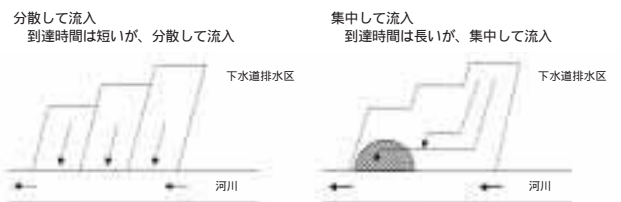


想定4：下水道流量の想定と実態の差異による浸水被害(シナリオB)

下水道流量のピークの重なり方で河川流量が大きく変わる

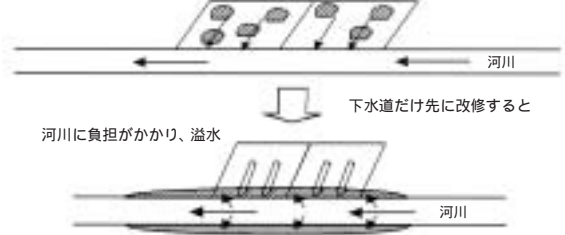


想定5：下水道の平面的な配置の変更による浸水被害(シナリオB)

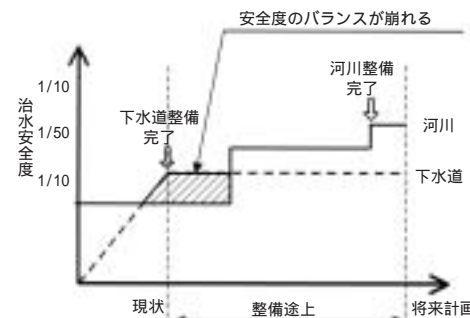


想定6：支川・下水道での計画・整備が先行することによる浸水被害(シナリオC)

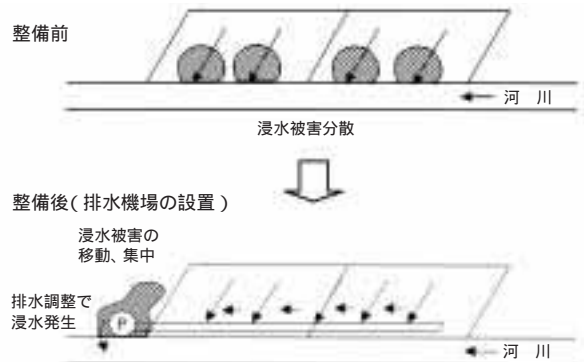
現状では内水氾濫が起きる



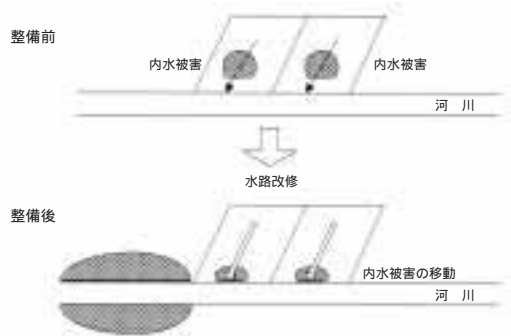
想定7：段階整備の不整合による浸水被害(シナリオC)



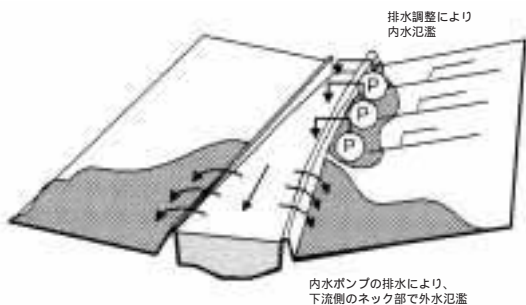
想定8：施設の能力を超える降雨での低地部における浸水被害の移動、助長(シナリオC)



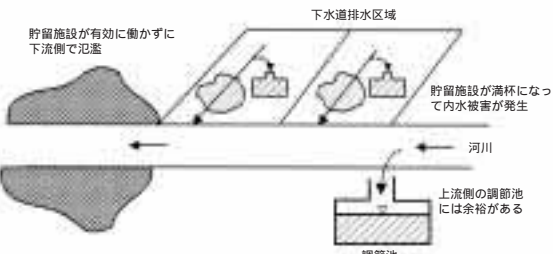
想定9：施設の能力を超える降雨での台地部における浸水被害の移動、助長（シナリオC）



想定10：排水機場の運転調整等による浸水被害（シナリオD）



想定11：貯留施設の有効活用に関する課題（シナリオD）



4 降雨の設定

3で想定したような水災シナリオを検証し、その要因分析や対策の効果を評価するためには、検討に用いる降雨を設定する必要がある。

流出、氾濫の外力となる降雨は、その規模、地域分布、時間分布等が様々であり、降雨要因や対象とする地域、地

形により様々な特性を有している。

一般に、河川と下水道では計画対象の空間スケールが異なることから、計画対象降雨を設定する場合、それぞれの洪水到達時間に応じて河川では数時間の長時間雨量を、下水道では数十分の短時間雨量を対象とすることとなる。

表 - 1 河川・下水道における計画規模等の違い

	中小河川	下水道
計画上の目標	1/30～1/100程度	1/5～1/10程度
流域規模	およそ200km ² 以下	一般に2km ² 以下
洪水到達時間	30分～およそ4時間程度	5～30分程度
確率降雨算出法	地点雨量、流域平均雨量による	地点雨量による
流出計算法	合理式、準線形貯留型モデル、貯留関数法等	合理式、実験式

水災シナリオは、河川、下水道において、各々の計画に則して整備された施設が一体的な都市雨水排水システムとしてどのような問題や課題を有しているかを検討するためのものであるため、計画に用いられているような仮想的なモデル降雨、つまり、問題を把握するための時空間分布を有する仮想的な降雨を作成することは現在においては困難であるので、過去に発生した実際の降雨の時空間分布を対象とし、想定した水災シナリオの課題に応じて抽出・設定する必要がある。検討に用いる降雨の設定にあたっての方針をまとめると、以下のようになる。

- ・河川と下水道が協働して都市型水害対策を計画していくためには、地域での被害を評価項目とした検討が必要であるため、河川と下水道施設に対して同一の（同時に生起する）降雨を設定する必要がある。
- ・降雨の時空間分布の違いにより浸水形態が様々となるため、過去に発生した実際の降雨の時空間分布を対象とする。
- ・過去の実績降雨を、河川の洪水到達時間内雨量と下水道での到達時間内雨量の関係から分類し、対象とする地域の河川、下水道における想定した水災シナリオに応じた特性（降雨要因、降雨波形、空間分布、規模等）をもった降雨を抽出、選定する。
- ・検討の対象とする降雨の規模は、河川及び下水道の現況

能力規模から計画における規模の間の実績降雨とする。

図 - 4は、既往の降雨を長時間とピークの短時間の双方で捉えて、河川と下水道の能力を雨量換算して評価し、その発生分布及び内外水被害のイメージを整理した例である。

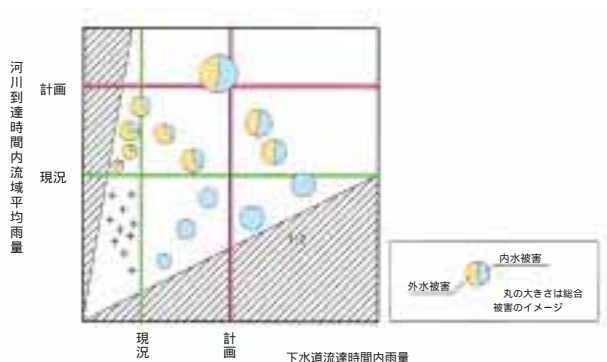


図 - 4 検討に用いる降雨の規模の評価と内外水被害の整理イメージ例

想定した水災シナリオの氾濫特性等を踏まえて、それに対応した降雨を検討に用いる降雨として設定することになるが、前節で示した水災シナリオの例に対応する降雨で分類すると次表のようになる。

表 - 2 検討に用いる降雨の分類と水災シナリオ

実績降雨分類	水災シナリオ
下水道の能力未満であるが河川の能力以上の降雨	想定3、想定4、想定5、想定7、想定11等
河川の能力未満ではあるが下水道の能力以上の降雨	想定1、想定2、想定4、想定5、想定6、想定7、想定8、想定9、想定10、想定11等
下水道・河川の現況能力をともに超える降雨	想定3、想定4、想定5、想定7、想定8、想定9、想定10、想定11等

5 流出・氾濫解析モデルの構築及び現況施設の評価

都市型水害対策検討を行うための流出・氾濫解析モデルは、様々な時空間分布を持つ降雨に応じて、対象地域の河川・下水道における流域からの流出、流下、貯留などの流出現象、及び内・外水を合わせた氾濫現象を再現すること

ができ、今後の施設整備状況に応じた水災シナリオの分析が行えるように構築する必要がある。

河川・下水道の流出・氾濫を一体的に解析するにあたって必要となる要件を降雨、流出、河川、下水道、氾濫原則に分類して整理すると次表のようになる。

表 - 3 解析モデルの要件一覧表

分類	解析モデルの要件
降雨・流出	降雨の時空間分布が考慮できること
	上流域からの流出、下水道における流出、氾濫域における流出現象が解析できること
河川	下水道の流出波形を取りこめること
	河川からの外水氾濫(溢水、越水)を解析できること
	調節池等の付帯施設を表現できること
下水道	外水位とポンプ排水量の関係を考慮できること
	下水道の圧力管状態が表現できること
	内水氾濫量を解析できること
	外水位と下水管渠内の水のやり取りが可能なこと
	調整池等の付帯施設を表現できること
氾濫原	排水ポンプの調整を考慮できること
	氾濫水の面的流下が表現できること
	表面流出、氾濫及び浸透現象(貯留、流下、拡散)が解析できること
	浸水域、浸水深(最大、時間変化)が再現できること
	内外水氾濫と河川・下水のやり取りを表現できること

このような要件を踏まえ、河川、下水道を一体としてとらえた流出・氾濫解析モデルを構築した。図-5は自然排水区域におけるモデルのイメージである。

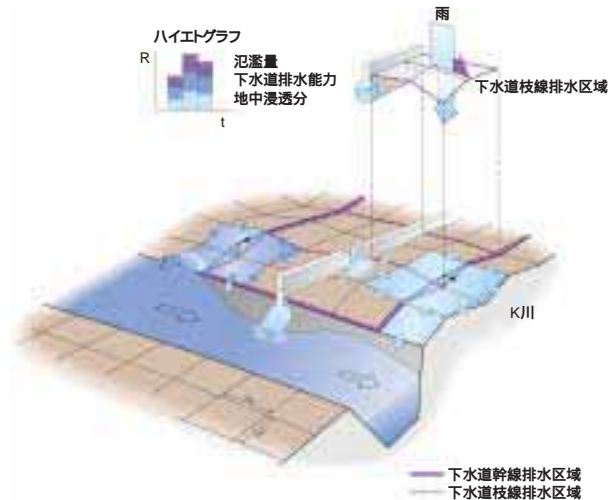


図 - 5 流出氾濫解析モデルイメージ図(自然排水区域)

モデル構築にあたっての工夫点は、以下のとおりである。

- ・降雨データについて、観測所データ（10分雨量）より等雨量線図を作成し、各解析格子に時空間分布のあるデータを与える
- ・降雨のうち、地中浸透分、下水道排水能力分を差し引いた雨量を氾濫流量とした
- ・下水道幹線についてはプライスマンスロットにより下水管渠内の一次元開水路流れ、圧力管流れを表現
- ・マンホールからの下水の溢水及びマンホールへの氾濫戻りを便宜的に越流公式により表現
- ・河道については、一次元不定流により水位、流量の時間変化を表現
- ・流域については、平面二次元不定流によりメッシュ毎の内水氾濫の浸水深、平面流速の時間変化を表現
- ・外水氾濫についても内水氾濫と同様に、メッシュ毎の浸水深、平面流速の時間変化を表現
- ・下水道幹線合流点については、下水道水位と河川水位との関係に基づいた下水排水を表現
- ・下水道台帳のマンホール標高データや地形図、都市計画図の点標高よりメッシュ平均地盤高データを作成
- ・メッシュ毎（節点毎）に流出係数を設定

本検討では、このモデルを用いて神田川流域における流出・氾濫解析を、現況施設に対して河川流域として計画規

模を超える台風性降雨（1982.9.12）及び下水道施設能力規模を超える雷雨性集中豪雨（1987.7.24）の2降雨について、解析を行った。

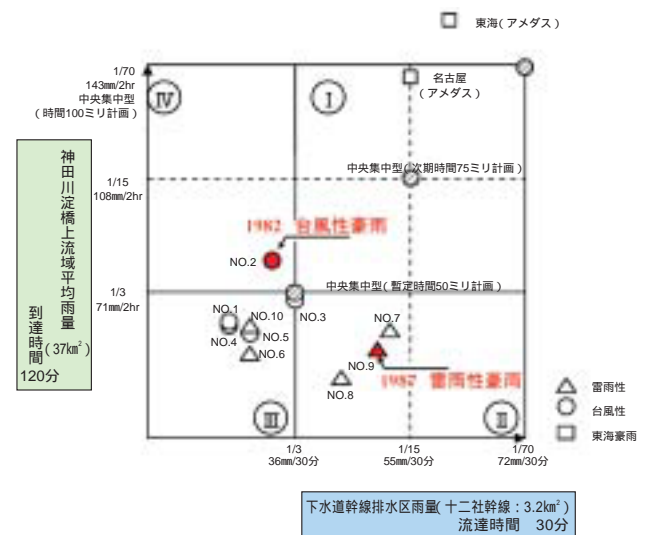


図 - 6 神田川の実績降雨の整理 (例)

各豪雨による浸水実績が図 - 7、モデルを用いて流出・氾濫解析から得られた浸水箇所を示した結果が図 - 8、図 - 9 である。台風性豪雨では河川沿いの浸水が目立ち、雷雨性豪雨では河川から離れたところの浸水が目立っているように、降雨特性の違いによる流出氾濫形態の相違点を表現できており、概ね良好な解析結果が得られた。

このような流出・氾濫解析の結果から、対象地域における現況施設の課題を抽出し、河川・下水道が連携し、全体として効果的に浸水被害を軽減するような対策を検討していくこととなる。

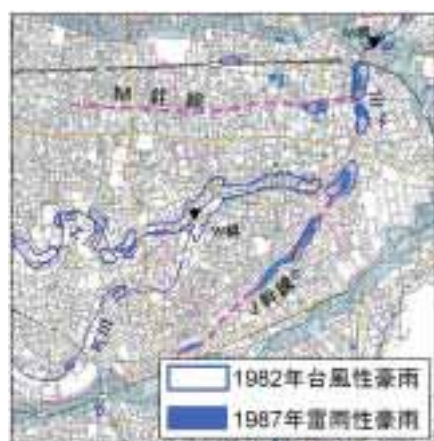


図 - 7 実績降雨による氾濫状況

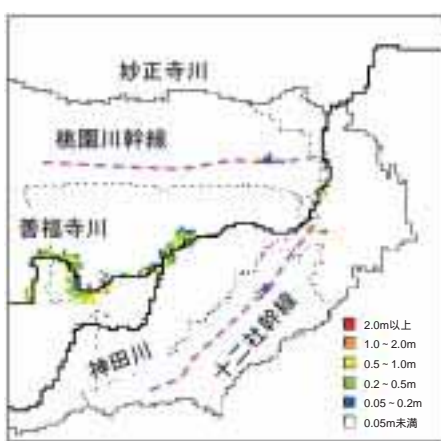


図 - 8 解析による氾濫状況(台風性豪雨)

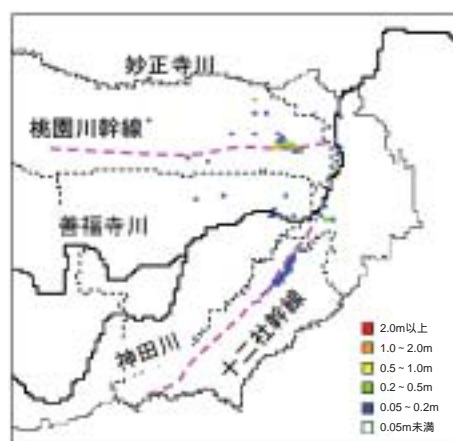


図 - 9 解析による氾濫状況(雷雨性豪雨)

おわりに

特定都市河川浸水被害対策法が策定、施行され、河川管理者と下水道管理者が一体となって都市型水害対策に取り組む新しい枠組みができたことを受け、河川管理者、下水道管理者が協働して、各々の地域、流域の特性、実情にあわせた都市型水害対策が具現化していくこととなる。

都市型水害対策の検討を行うためには、想定した水災シナリオに対して、適切な降雨を設定するとともに、対象地域の河川・下水道における流域からの流出、流下、貯留などの流出現象、及び内・外水を合わせた氾濫現象を再現でき、今後の施設整備状況に応じた水災シナリオの分析が行えるような、より精度の高い合理的な氾濫・解析モデルを構築する必要がある。

本検討においては、基礎データがある程度揃った流域において、既往の解析モデルを組み合わせ、機能を追加し、水災シナリオを検討できる流出・解析モデルを構築した

が、多大な作業を要した。

今後、全国の自治体において、都市型水害対策の検討を推進するためには、各地域で水災シナリオの検討に対応できる、汎用性を持った流出・氾濫シミュレータを開発することが望まれる。

また、より実現性に則した計画とするには、雨量情報、水位情報等の基礎データの蓄積が必要であることから、この分野における関係機関の連携が望まれる。

これらの課題を解決することにより、河川計画及び下水道計画の双方の評価軸で降雨を評価し、対象地域の氾濫モデルで内水・外水の浸水状況を表現することによって、水災シナリオを確認し、最適計画、対応の優先順位を検討することが可能となると考える。

参考文献

- 1) 財団法人国土技術研究センター、2003年3月、「施設の管理・運用も含めた総合的な治水対策の指針検討業務」
- 2) 国土交通省、2004年3月、「流域と一体となった総合治水対策に関するプログラム評価」