

都市地域における浸水被害の軽減



危機管理技術研究センター 水害研究室長 金木 誠

1. はじめに

近年、河川整備の着実な進捗により、かつてのような大河川からの氾濫は減少しているものの、一方で、局所的な集中豪雨は増加傾向にあり、内水や中小河川からの氾濫は頻発している。また、人口や資産および各種の中核的機能が集中する大都市の多くは、元来浸水を受けやすい河川下流部の沖積平野に位置し、地下空間を含めた都市構造は複雑で多層な土地利用が行われている。そのため、一度水害に見舞われると予想される被害には計り知れないものがある。その代表例が、都市内の河川や下水道からの氾濫により都市機能を麻痺させた2000年の東海豪雨水害（写真・1参照）、地下街や地下室に浸水し死者が発生した1999年の福岡水害である。



写真 - 1 東海豪雨水害における洪水氾濫状況

都市部における浸水被害や地下水害の被害を軽減するためには、まず、都市域における浸水被害の危険度の定量化が不可欠である。そのためには、都市域の浸水をより高い精度で予測できる氾濫解析モデル、地下空間水害の被害の危険度評価と浸水対策手法、及び中小河川での局所的豪雨を反映可能な洪水予測システムなど、研究開発すべき技術は山積されている。

ここでは、都市型水害や地下水害対策に関わる昨今の動向（特に、国の取り組み等）を踏まえた、都市地域におけ

る浸水被害の軽減に関する研究について紹介する。

2. 都市地域における浸水被害の危険度評価と危機管理対策の取り組み

1999年に福岡、東京で地下水害による死者が発生した後の同年8月、当時の建設省、国土庁、運輸省および消防庁の4省庁からなる地下空間洪水対策研究会は、『地下空間における緊急的な浸水対策の実施について』と題する提言をまとめた。また、2000年9月に発生した東海豪雨では、新川における破堤（外水氾濫）によって大きな被害が生じるとともに、内水氾濫が各所で発生し、地下鉄等の浸水による交通麻痺や各種のライフライン被害が生じた。

以上のことから、外水に加えて内水氾濫の危険性、地下空間を始めとする都市の水害への脆弱性が明らかとなった。このような状況を受けて、『都市型水害に関する緊急提言』（2000年11月）が出され、以下に示す対策メニューと今後の検討課題等が示された。

水災対策の基礎調査、影響予測

水災危機管理、被害軽減

水災時の情報提供等

河川、下水道等の整備

治水システムの新たな展開、ステップアップ

また、2001年6月には、東海豪雨等の経験を踏まえて水防法が改正され、都道府県知事が「洪水により相当な損害を生ずる恐れのある河川」と判断した河川については、洪水予報河川の指定を行い、気象庁長官と共同して洪水予報の発令を行うとともに、浸水想定区域及び浸水深の指定や公表が義務付けられた。

以上のような課題と取り組みを踏まえ、国総研では、都市型水害の具体的な危険性を住民や防災担当者に分かりやすく提示し対策の促進を図るための「浸水（水害）被害の危険度評価技術の開発」や、洪水時の迅速で的確な水防・避難活動に役立てるための「中小河川における洪水予測技術の開発」などに関する研究を推進している。以下に、そ

これらの研究についての概要を示す。

3. 浸水（水害）被害の危険度評価技術の開発

(1) 水害発生の原因と形態に応じた氾濫解析技術の開発

従来の氾濫解析やハザードマップの作成は、大川川の氾濫（外水氾濫）を主たる対象としている。これは、大川川が決壊して洪水氾濫が生じる場合には、人命、資産や産業などに甚大な被害を及ぼす危険性が高いからである。

また、下水道（雨水）等の排水不良や排水機場の排水不全などに起因する内水氾濫の被害構造は、発生頻度は多いものの、被害程度は外水よりも相対的に小さいのが一般的であるとされてきた。しかし、東海豪雨では、河川からの外水氾濫と同時に内水氾濫により甚大な被害が発生した。

このため、今後は、外水氾濫に起因するハザードマップだけでなく、内水と外水の双方に起因する氾濫に対するハザードマップの作成手法の開発が重要となってきている。

都市域の内水・外水双方に起因する氾濫現象をシミュレートする場合には、下水道等の排水施設を考慮する必要がある。そこで、従来の外水氾濫解析に加え、下水道等に起因する内水氾濫現象をシミュレート可能な氾濫解析モデルの開発を行っている。これにより、外水・内水双方を考慮したハザードマップの作成や都市域における浸水危険度の評価が可能となる。（図・1 参照）

(2) 地下空間の浸水危険度の評価と浸水対策技術

地下空間における浸水では、避難できずに閉じ込められて水死する事例も見られ、地上における浸水被害とは異なる災害特性が見受けられる。具体的には、

避難方向が地上へ向かう開口部のみに限定され、水の流入方向と人の避難経路が重なる可能性が高いこと

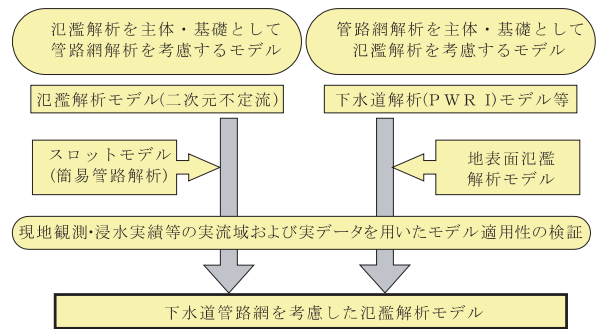
地上と隔離されている状況下にあるため、状況判断が遅れ避難行動の開始が遅れる傾向にあること

一旦開口部からの浸水が始まると氾濫水が一気に流れ込むため、時間の猶予が少ないこと

機電施設の中核部分は地下にある場合が多く、設備機能が停止する可能性が高いこと、などが挙げられる。

このため、浸水が想定される地下空間では、利用者等の円滑かつ迅速な避難が確保されるよう適切な措置を講ずる必要があり、防災担当者による支援策も重要となる。

河川、下水道等の治水排水施設整備と合わせて、地下空間管理者や防災担当者による浸水対策としては、地下空間



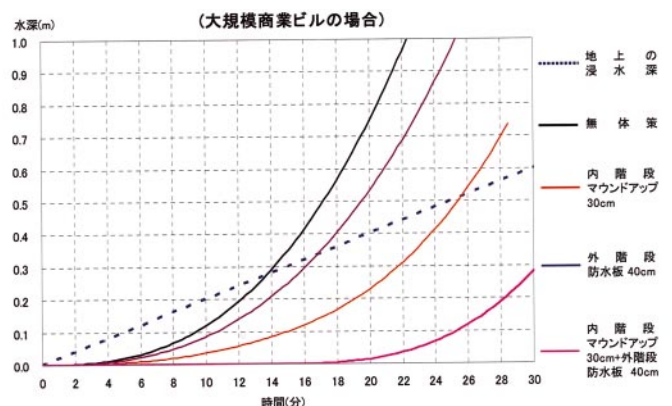
図・1 水災シナリオ別氾濫解析研究の方向性

入口のかさ上げ、防水板の設置などのハード対策とともにソフト対策についても検討・実施することが必要となる。

このため、“浸水危険度の情報公表による管理者や利用者の防災・危機管理意識の啓発”や“地下空間における浸水対策技術の評価”を目的として、地下空間における浸水危険度評価と対策技術の確立を目指した研究を行っている。

その具体的な研究内容としては、以下の技術開発を目指している。

地表面と地下空間の氾濫水理解析による地下空間の浸水危険度評価手法、及び浸水深変化や避難時間等で把握可能な浸水対策効果の評価手法(図・2 参照)の開発



図・2 対策別の浸水深変化の比較

注) 図-2により、同一の時間内における各対策を実施した場合と無対策の場合の浸水深変化を比較することにより、その効果が定量的に把握可能である。
 地下空間浸水対策の促進を図るための簡易で分かりやすい水害リスク評価指標、及び浸水危険度ランクを表示する手法(図-3参照)の開発

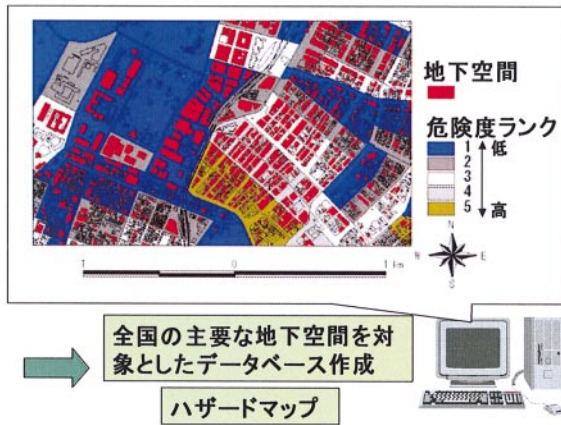


図-3 地下空間に関する浸水危険度表示のイメージ図

(3) レーザースキャナの氾濫解析技術への活用

特に都市域での浸水リスク評価に当たっては、年齢、障害の有無等による避難者の属性に応じて、避難路の想定浸水深での徒歩等による避難可能性判断を的確に行うために、氾濫原等に関する精度の高い地形データが必要となる。

そのためには、微地形まで把握できる標高モデル整備(氾濫原及びデータが不十分な中小河川の横断データ等)が前提となり、1つの方法としてレーザースキャナ測量システム(図-4参照)の活用が有効である。

レーザースキャナにより取得した標高データは、これまで一般的に用いられてきた都市計画図等から得られる標高

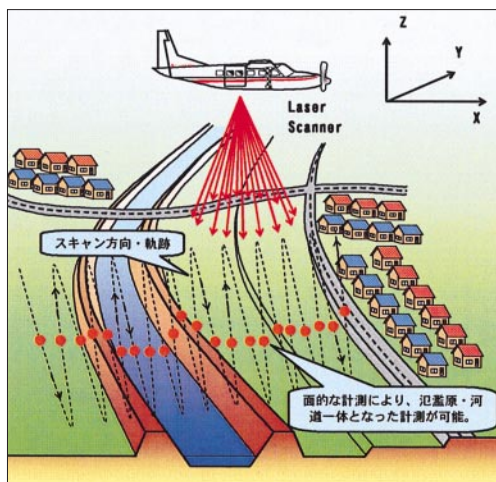


図-4 レーザースキャナによる測量の概念図

よりも、高精度・高密度のデータを入手できるため、氾濫解析に活用した場合に、以下の利点を挙げるができる。

高精度の地盤高を作成できることで、窪地や地形起伏など実態に即した氾濫解析が行えること

高密度の構造物の標高を入手できるため、詳細な構造物データ(盛土等)が作成できること

詳細な地形モデルを要するシミュレーション手法(不定形メッシュ等による解析)への適用性が高いこと

そこで、レーザースキャナデータを利用して、氾濫解析に必要なデータの作成、氾濫解析精度の向上に向けた研究を行っており、主な検討内容は以下のとおりである。

地形形状を表現する氾濫解析用の地盤高データ及び不定形・矩形メッシュの作成方法の検討

中小河川等における河道横断データ作成手法の検討

4. 中小河川における洪水予測技術の開発

都市域も含めた中小河川の洪水氾濫に対して、出水規模・時刻等を迅速に予測し、防災担当者や住民による的確かつ迅速な洪水予警報や水防・避難活動等に役立てて、水害被害軽減に資することが極めて重要である。

しかし、中小河川の洪水予測に関しては、流域規模の大きい大臣管理区間と比べて、洪水到達時間が短く、水文データが十分でない場合も多いため、洪水予測システムの構築に課題を抱えている河川も少なくない。そこで、水害研究室では、水文データと洪水予測モデルの組合せ手法について検討するとともに、時々刻々での予測値のフィードバック補正(オンラインキャリブレーション)や予測雨量を用いた洪水予測モデルなどの研究開発を行っている。

(1) 水文データと洪水予測手法の組合せ検討

全国における条件の異なる中小河川への適用を目指して、雨量、水位・流量等の水文データと洪水予測手法の組合せ(図-5参照)により、洪水予測モデルの適用性を研究している。ここでは、数ケースの水文データ別洪水予測モデルを検証することにより、水文データ整備状況の異なる中小河川の管理者に、各種洪水予測モデルの適用性と精度を示すことが可能となる。

また、モデル中小河川の流域面積が異なる複数の代表地点において、各種洪水予測モデルによる結果を比較検証することにより、流域規模、地形条件等の差異も考慮している。

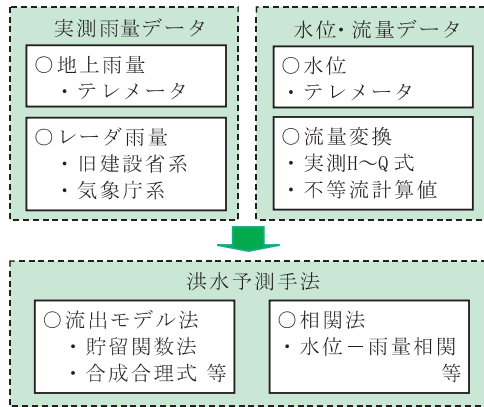


図-5 水文データと洪水予測手法の組合せ要素

(2) オンラインキャリブレーション手法と予測雨量

洪水予測モデル構築の際には、既往洪水による実測雨量、実測水位・流量を用いた検討（定数解析等）により、水文データ整備状況に応じて、(1)で示した各種洪水予測手法の中から、最も適用性、精度の高いモデルを選定することとなる。しかし、実際に洪水予測システムを運用し洪水予警報を行う場合には、降雨パターン等により、構築したモデルが、各々のケースで必ずしも同程度の精度を有するとは限らない。さらに、中小河川では、洪水到達時間（降った雨が洪水として対象地点に到達するまでの時間）が、例えば1～2時間程度と非常に短いケースも見られる。一方、洪水予測計算の開始から避難等による危険回避までに要する時間が通常3時間程度必要とされるため、洪水予測モデルに投入する降雨データは、実測雨量ではなく予測雨量とする必要性が高い。

よって、図-6に示す各種オンラインキャリブレーションを行った場合、及び予測雨量を用いた場合における予測値の誤差評価を事前に実施することが重要であるため、オンラインキャリブレーション手法と予測雨量についての、適用性と精度評価を行っている。

精度評価については、図-7に示すとおり、予測雨量を用いて予測した1～3時間先予測値とリアルタイムに入手した実測値の誤差等を評価するものであり、

オンラインキャリブレーションによる予測精度の把握

予測雨量を用いた場合の予測精度の把握

各種洪水予測モデルの安定度の把握

を行い、今後、洪水予報河川に指定される中小河川で構築される洪水予測システムに対し、水文データの蓄積やオンラインキャリブレーションの重要性、予測雨量を用いた場

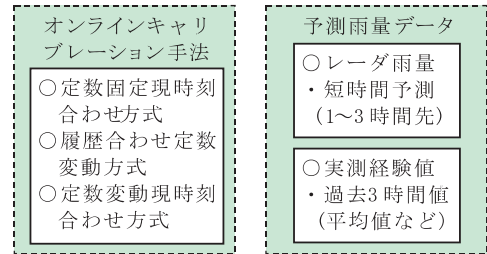


図-6 オンラインキャリブレーション手法と予測雨量

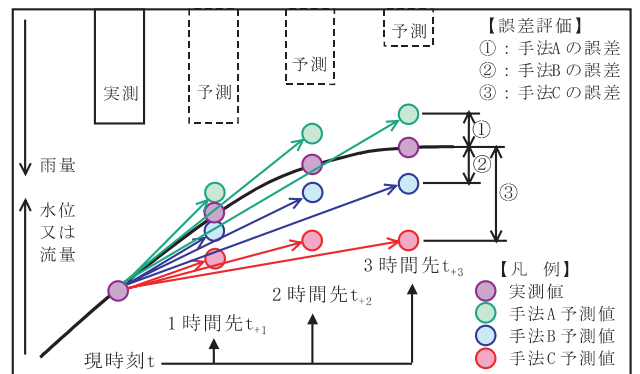


図-7 予測雨量を用いた3時間先洪水予測の概念図

合の精度等を示すことが可能となる。

5. おわりに

近年、都市地域の水害は、地下空間を含む都市化の進展の著しい地域で頻発する傾向が見られ、ハード・ソフト対策を含めた総合的な浸水被害の軽減対策を早急に検討・実施することが求められている。

そのため国総研では、本報告で述べた浸水リスク評価、地下空間浸水対策、洪水予警報等の技術開発を始めとして、人命被害回避を最優先とした対策技術の開発を行っている。今後、これらの浸水対策検討に資する氾濫解析や洪水予測に関する技術マニュアルやガイドラインの作成を進めていく予定である。また、浸水被害軽減を図るためには、浸水被害の危険度に応じた土地利用・建築物の規制・誘導のあり方等を制度面から確立していくことも必要であり、そのための技術的検討も進めていくこととしている。

【参考文献】

- 1) 平成13年度 都市水害に関するシンポジウム講演概要集：土木学会西部支部・九州大学西部地区自然災害資料センター主催，2001年10月