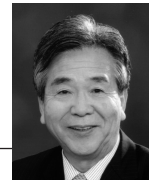


■特集／都市水害対策の新たなステージ

# 今後の都市の水害対策はどうあるべきか

What urban inundation should be like in the future

キーワード：都市水害、減災、河川の実力、災害リスク、河川と下水道の連携



福岡 捷二  
Shoji FUKUOKA  
中央大学 研究開発機構 教授

## 1. まえがき

我が国の大都市は低平地に位置しており、大水害や大地震の発生は、社会・経済のあらゆる面で甚大な影響を与え国民生活の大混乱をもたらすのみならず、世界の社会・経済にも大きな影響を及ぼすことになる。このような自然災害の発生は避けられないものの、災害の多い我が国では、大洪水、高潮、津波等の災害に対し都市の減災をいかに図るかは、最重要政策課題の一つである。

近年の豪雨の多発は、各地で深刻な被害を引き起こしている。その最大の理由は、降雨外力に対して治水施設の整備が十分でないことによる。しかし、少子高齢化・人口減少、大規模災害の発生等、急速な社会・経済の変化が起きている中で、財政的な制約や地域の状況等により河川整備の進捗速度は遅い。このような中であっても、治水政策の積極的な展開は待たなしの状況にあり、このためには他事業との有機的な連携、ハードとソフトの連携により戦略的、計画的に防災・減災を進めていかなければならない。

平成 27 年 2 月 27 日には、国土交通省の社会資本審議会河川分科会「気候変動に適應した治水適應策検討小委員会」は、水災害分野における気候変動のあり方に関する中間とりまとめ（委員長 中央大学研究開発機構教授 福岡捷二）を公表した<sup>1)</sup>。中間とりまとめでは、気候変動に適應した治水適應策の検討を契機に治水政策の重要なパラダイム・シフトが提示されている。

本文では、特に、この中間報告を念頭に置き

ながら、今後の都市の水害対策はどうあるべきかに焦点をあて述べている。

## 2. 河川の実力の適正な評価

洪水対策の基本は、治水施設を適切に配置して、洪水流を河道で安全に流下させることである。現在の治水施設の低い整備水準から判断して、治水の要諦は計画規模洪水に対する施設整備を着実に進めることである。高い頻度で起こる洪水災害に対し、出来るだけ速やかに治水施設を整備し、河川の安全度を高めていくことが急がれる。ハード施策に代えて、ソフト的対策に頼ることが散見されるが、計画規模の洪水に対しては、治水効果が高いハード整備が優先されなければならない。これを実行するためには、河川管理者は、現在の河道や治水施設の持つ実力を技術的に正しく評価し、そのうえで、河川全体から見て効率的、効果的に河川の実力を高めるには、どのような技術的対応が必要かを明らかにし実行しなければならない<sup>2)</sup>。このためには、当該河川の洪水流や河床変動等の河道特性を理解し、これに基づき計画的に施設整備を行うことが大切であるが、施設の能力を上回る洪水外力に対しても施設の運用、操作手順等を工夫し、また将来的に施設の改造ができるような構造形式にする等、順応的に対応することが必要と考える。

近年、洪水流の観測技術、解析技術が著しく進展してきた。特に、全国の直轄河川で縦断的に密な間隔で測定される水位ハイドログラフ、すなわち洪水時の水面形の時間変化の観測値を

境界条件として、洪水流と河床変動解析を同時に行うことによって、河道における洪水流の流下状況を理解し、河川の実力を検討できるようになった。図-1に、水面形時系列データに基づく洪水流と河床変動解析のイメージを示す。この水面形観測と洪水流と河床変動の一体的解析法の適用によって、河道の流量ハイドログラフ、流速分布、河床変動等の縦横断的な洪水水理現象を明らかにすることが可能になった<sup>3)</sup>。また、東京都の神田川本川の洪水観測水面形の時間変化を用い、豪雨時の下水道幹線（桃園川幹線、十二社幹線）から河川に流出してくる下水道流量ハイドログラフが高精度に算定可能になった<sup>4)</sup> これらの検討結果を用いることによって、現況河道の治水の実力を評価・判断することが出来るようになった。また、得られた水面形の時間変化を詳細に調べることによって、洪水時に河道で起こっている各種水理現象を的確に読み取ることが出来、洪水水理情報の見える化が可能になった<sup>5)</sup>。この延長上には、種々の規模の洪水流量に対して、河道をどのように改修するのが望ましいのかを技術的に判断するための重要な情報が得られる。すなわち、過去に起こった大きな洪水の観測、解析から同定した水理パラメータを用い洪水流、河床変動解析を行うことによって、信頼性の高い計画河道の検討が可能になる。

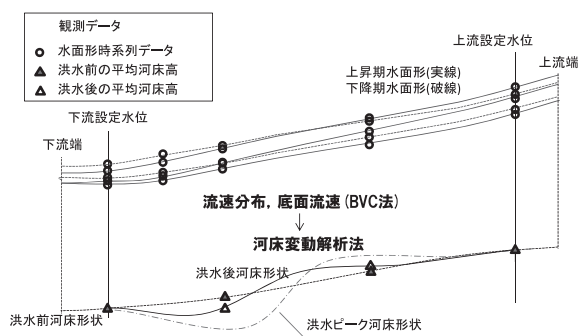


図-1 水面形時系列データに基づく洪水流、河床変動解析のイメージ

中小河川では、水位観測を行っている河川は多くない。しかし、安価で、取扱いの容易な圧力式水位計を河道沿いに縦断的に設置し、中小河川の洪水水位ハイドログラフデータの観測に

よる、水面形に着目した河川管理が行われ始めている<sup>6)</sup>。都市を流れる中小河川においても、河川管理の基本情報である水位ハイドログラフを観測し、中小河川の実力を評価し、合理的な河川計画につなげる取り組みを進めることが必要である。

### 3. 都市の大規模水害軽減のために必要なこと

社会資本整備の重要な柱の一つは、安全・安心な都市づくりにある。我が国の都市構造は、海外の大都市に比べて洪水氾濫に対する脆弱性が高く、ひとたび大規模氾濫が起ると国内外の社会・経済に与える影響は甚大である。そのため、都市の浸水被害を小さくする減災対策の一つに河川事業と都市事業の協働がある。これまで、平常時の都市の機能を高める施設計画には関心が払われてきたが、洪水という異常時に備えるまちづくりへの配慮はほとんど行われていない。特に、低地に発達している大都市では、豪雨災害の危険性は高く、地下街や、地下鉄への浸水被害が大きな問題となっている。

洪水外力の増大により、都市での外水、内水氾濫は、河川や下水道等の治水施設による防災対策だけでは対応できず災害に強いまちづくり、地域づくりを含めた減災対応が求められている。氾濫水の防御を考えて河川事業と都市事業が一体的に行われることは多くはないが、総合治水対策事業と特定都市河川浸水被害対策法<sup>7)</sup>に基づく事業は協働の事業である。特に、後者は、治水機能を発揮すれば、都市の防災、減災の向上に資するものであるが、法の目的が開発抑制を目指していることから既成市街地では有効に機能し得ていないのが残念である。

特定都市河川浸水被害対策法<sup>7)</sup>は、河道等整備による浸水被害の防止が困難な都市部の河川流域について、従来の総合治水対策ではできなかった対策を河川管理者、下水道管理者、関係地方公共団体が共同で浸水被害対策の計画を策定し、流域での雨水貯留浸透施設の設置や、雨水浸透阻害行為の規制等、都市河川の氾濫・浸水対策に実効性を持たせるために制定されたものである。著しい被害の発生やその恐れがあり、

かつ市街化の発展により河道の整備による浸水被害対策が困難な都市を流れる河川流域においては、河川整備と流域対策の組み合わせによる総合的な水害対策として、平成16年5月に特定都市河川浸水被害対策法が施行された。この法律に基づき、流域水害対策計画が策定された河川は、現在まで6河川（鶴見川、新川、寝屋川、巴川、境川、猿渡川）と非常に少なく効果は上がりつつあるが、総合治水対策河川の整備の進捗状況とそれほど変わらないようである。

法制定時の特定都市河川浸水被害対策法の狙いや施策は画期的なものであったが、市街化が進み、現行法に基づき浸水被害の防止を行うことは困難な状況にある。流域の新規開発よりも再開発の時代への変化等、社会構造の変化を考慮した河川指定の在り方や、河川と下水道の一体的排水計画の検討、下水道ポンプの排水のルール化、建物群の地下等に雨水貯留施設を設置した場合の建物の容積率の緩和など、既成市街地における流出抑制策に向けた法的検討が必要になっている。

一方、水防法は、都市の水害を契機に平成13年、17年、23年、25年と4度にわたり改正が行われ都市の洪水災害軽減に向けて水防法の重要度は増している。平成25年6月の改正では、水防活動への河川管理者の協力の推進、浸水想定区域内の地下まち等、高齢者利用施設及び大規模工場等について、洪水時に施設の所有者等が利用者の避難を確保し、また施設への浸水を防止する取り組みを自主的に進めることが求められている。

今後想定される巨大な洪水に対し、都市と河川に関わる現行の法律・制度等が、減災を目的としてどのような活用、運用が可能なのか、またそれらの法律、制度ではうまくいかないとするればそれは何か、どのような改正が望ましいのかについて真剣な協議、検討が必要である。都市では、多くの人々が生活し、資産、中枢機能が集中していることから、都市と河川の連携した減災施策が必要不可欠である。関係する多くの機関、分野が知恵を出し合い、総力を挙げて調査・研究をするべき時である。

#### 4. 超過洪水に対する災害リスク評価とリスクマネジメントの必要性

2013年に発生した東北津波災害に対する復旧・復興と東海、東南海、南海地震という巨大地震災害に備えるための法律として「津波防災地域づくり法」が制定された。この法律は、人の命を守ることを最優先としており、このために社会資本の各事業間連携、ハード・ソフト施策を組み合わせた「多重防御」を基本としている。

今後想定される気候変動による超過洪水の発生頻度の増大、規模の強大化に対しても、「流域」、「まち」、「地域」、「住民」のすべてのレベルで多重防御の考えを適用した氾濫災害リスクを軽減することが必要で、そのためには、3.で述べた大規模水害に対する施策の展開が必要となる。

河川の超過洪水には、整備途上状態にある河川についてその治水レベルを超えるもの、計画を達成した河川についてその計画規模を超えるものの2つがある。いずれの超過洪水に対しても、実効性の高い減災対策が求められる。これまでは、河川部局から主に計画を超える超過洪水に対するハザードマップの提供があり、その活用については都市計画部局に任されてきた。しかしこのような大きな外力のハザードマップだけでは、減災まちづくりに生かすことは出来なかった。今後は、異なるレベルの超過外力に対する洪水ハザードマップを示すことにより、河川、都市部局が協働してより具体的に減災まちづくりを進めていくことが可能である。このため、まずは、2.で述べたように、計画規模までの洪水外力を確実に施設で対応できるように河川整備計画、河川整備基本方針に基づく施設整備を進める。一方において、超過洪水による氾濫被害を軽減するために地域づくりと一体となった適応策も進める。後者のためには、現況河道能力および計画規模を超える超過洪水が生じた場合に、流域、まち、地域、住民のレベルでどのような洪水災害リスクが生じるかを評価し、これを、被害の少ないまち、地域づくりに活かすことになる。

洪水災害リスクを評価するためには、土堤防

の破壊確率の縦断分布を求める必要がある。計画高水位を超え堤防の余裕高部分を通る超過洪水に対する堤防の浸透と滑り破壊確率は、浸透と滑りを記述する式と堤防土質のボーリングデータの確率分布を考慮した信頼性解析から求めることが出来る。図-2に、計画高水位を超える洪水流による信濃川下流左岸堤防の浸透または裏のり滑りの破壊確率の縦断分布の解析例を示す<sup>8)</sup>。平成23年7月の実績洪水とその洪水の流量を1.5倍した超過洪水に対する解析結果である。詳細については、文献8)を参照していただきたい。次に、異なる超過確率洪水に対する破壊確率の計算結果を用い、堤防の破壊リスクの期待値を計算する。さらに、流域のブロックごとの人口、資産、住まい方等を考慮し水害リスクの評価を行う。この水害リスクの推算結果に基づいて、流域や各ブロックについて適応策を検討することになる。具体的には、河

川と下水道、雨水貯留施設、洪水貯留施設等ハードの整備とそれらと有機的に機能するソフト施策を用いた適応策が考えられる。今後、「流域」、「まち」、「地域」等を選んで、それぞれの超過洪水について災害リスクの軽減策が検討される。検討の場としては、河川、都市の行政部局を含む流域、まち、地域等の代表者からなる協議会等が考えられる。

以上の検討に際しては、気候変動の不確実性、予測の不確実性、また気候変動現象の理解の進展を踏まえ、適宜、計画外力の見直しが必要になる。また、超過外力としては、現実に想定される最大の外力を設定し、最大外力を含む異なる規模の外力を対象とすることになる。この際に、気候変動や社会、経済の変動によって、災害リスクがどのように変化するか、また、治水適応策の進捗や流域の社会条件の変化などによる時間軸上でのリスクの変化についても考慮する。

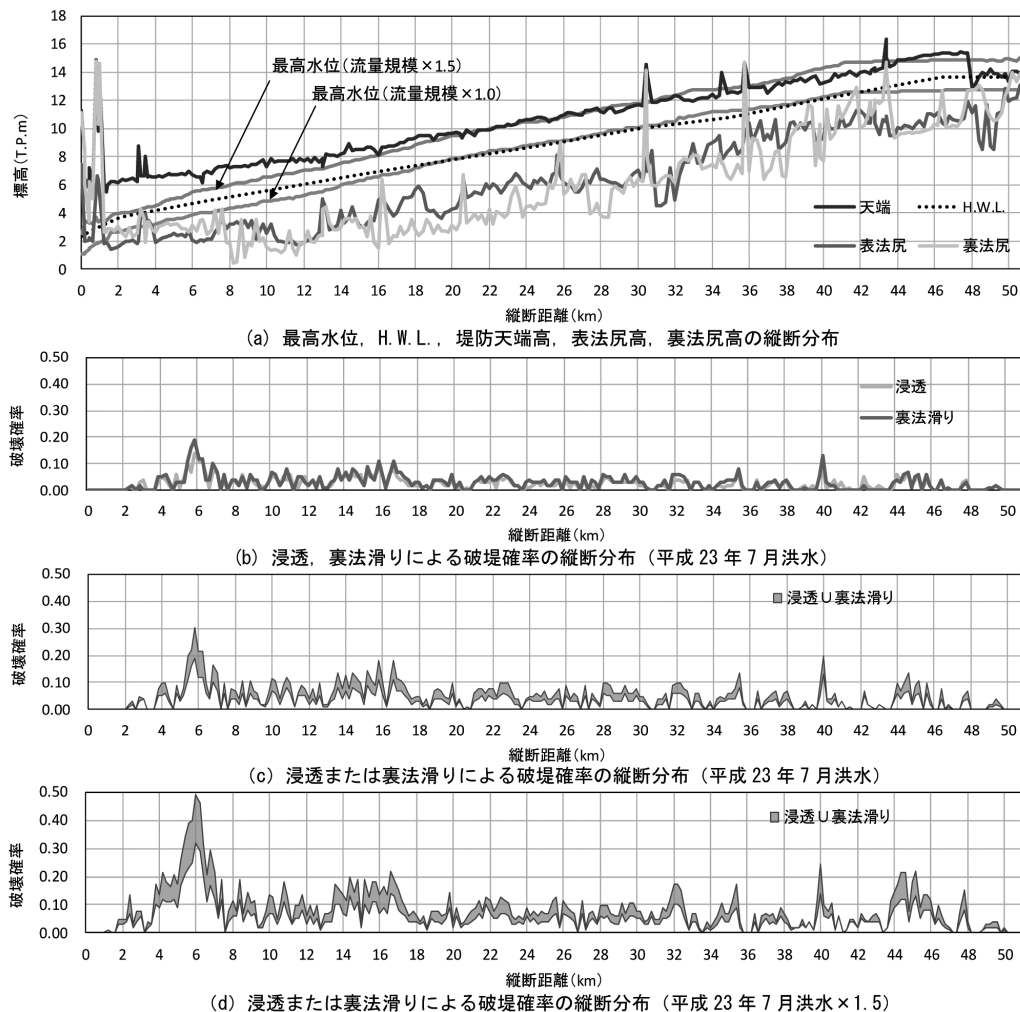


図-2 信濃川下流の水位・堤防高と破堤確率の縦断分布 (左岸堤防)

## 5. 河川と下水道による豪雨排水の統合化と今後の課題

河川は外水氾濫、下水道は内水氾濫の防止を目的に、それぞれの排水計画に基づいて施設整備が進められてきた。最近の神田川の調査で、洪水時水位が高くなると、河道と下水道管路網の水の移動は、河川水位を介して互いに影響しあうこと<sup>9)</sup>、両者は、流域の豪雨を連携して排水することの重要性が指摘された<sup>10)</sup>。

図-3は、神田川流域の激しい降雨により神田川水位の高い状態が続くときには、下水道管を通じて河川とつながっている下水道人孔（マンホール）内の水位が河川水位とほぼ同じように変化することを示している。また、環七地下調節池へ河川水が取水されている間は、神田川水位が大きく下降している。これらの検討結果から、洪水時には、河川水位が下水道吐口上端に達した時点から下水道人孔内水位は河川水位に依存するようになり、さらに河川水位が人口内分水堰高を超えると河川水が下水貯留管へ流入するようになる。環七地下調節池へ河川水が取水されている間は、和田弥生幹線貯留管への流入流量は低下する。以上のことから、神田川では、洪水の観測水面形時系列データを用い、雨水の移動実態を簡単な水理モデルにより算定した。これにより、神田川の洪水特性を適切に説明するとともに、河川洪水調節施設である環七地下調節池の取水量、下水道和田弥生幹線貯留管への流入量を算出し、算定値が現地での観測値を説明できることを示した<sup>9)</sup>。

このように、河川と下水道施設の配置関係や

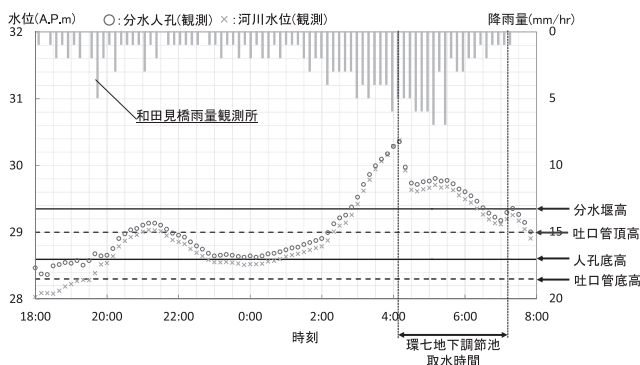


図-3 平成 25 年 10 月洪水の河川水位と分水人孔水位の観測<sup>9)</sup>

構造、さらには管理・運用を統合的に考えることにより、河道と洪水調節施設及び貯留施設を有効に使用できるように検討することの可能性が高まった。豪雨時の都市河川流域における河川と下水道（マンホール群）の水位を時間・空間的に密に測り、都市排水の機構を理解し、構築した解析方法を用いることにより、外水、内水被害を軽減する総合排水の検討を進めることが課題である。また、河川と下水道の一体的排水計画と合わせて下水道ポンプの排水のルール化も必要である。さらに、河川部局、下水道部局と都市計画部局が協働し、総合的視点から洪水に対して被害の小さい都市施設等の適正な配置についても検討を進めるべきである。

## 6. あとがき

都市には多くの人々が住み、活発な活動が行われている。市街地の発展、拡大に河川改修が追い付かず、狭い河川空間に洪水が押し込められているのが現状である。このような中で効果的な水害対策を実施することは容易ではないが、本文で述べたことを着実に進めていくことが問題の解決に通じると思う。本文では触れなかったが、大水害時に、人命を損なわないために、また企業活動が継続できるようにするために、洪水避難情報、避難手段、BCM等事前の準備は特に重要である。これらについては、文献1)の水災害分野における気候変動の在り方に関する中間報告を参照されたい。

コンパクトとネットワークは、今日の社会資本整備のキーワードであり、その中のひとつにコンパクトシティがある<sup>11)</sup>。コンパクトシティは、少子高齢化、人口減少、地方の活性化等に対応する新しい都市計画の実践である。一般的に、コンパクトシティの市街地には整備途上河川が貫流している。コンパクトシティは、安全が確保されたまちづくりでなければならない。コンパクトシティや既成市街地の水害対策に、特定都市河川浸水被害対策法をもっと活用できないものだろうか。関係者は知恵を出し、人々が次世代社会に明るい展望が持てるような社会資本整備と、ハード施策と法律・制度による規

制・誘導、企業・住民の自助、共助を促すソフト施策を一体とした水害に強い快適なコンパクトシティづくり、まちづくりを期待したい。

<参考文献>

- 1) 水災害分野における気候変動適応策の在り方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～中間とりまとめ、社会資本整備審議会河川分科会、気候変動に適応した治水対策検討小委員会、平成 27 年 2 月。
- 2) 福岡捷二、大規模洪水に適応する河道の設計・管理技術、2014 年度(第 50 回) 水工学に関する夏季研修会講義集、水工学シリーズ 14-A-7。2014。
- 3) 福岡捷二、河道設計のための基本は何か - 水面形時系列観測と洪水流 - 土砂流の解析を組み合わせた河道水理システムとその見える化、河川技術論文集、第 17 巻、pp.83-88、2011。
- 4) 沼田麻未、福岡捷二、入澤昭芳：豪雨時における神田川への大規模下水道幹線からの流入流量ハイドログラフの推算、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.69、No.4、I\_799-I\_804、2013。
- 5) 福岡捷二、実務面からみた洪水流・河床変動解析法の最前線と今後の調査研究の方向性、河川技術論文集、第 20 巻、pp.253-258、2014。
- 6) 岡田将治、和泉征良、勝端祐太、四国地方における中小河川の効率的な河道管理の手法、河川技術論文集、第 18 巻、pp.547-552、2012。
- 7) 福岡捷二、特定都市河川浸水被害対策法へ期待するもの、河川、pp.14-17、2014。
- 8) 田端幸輔、福岡捷二、瀬崎智之、超過洪水時における堤防破堤確率評価手法に関する研究、土木学会水工学論文集、第 59 巻、2016。
- 9) 沼田麻未、福岡捷二、持田智彦、中井隆亮、神田川流域における河川及び下水道施設による台風性豪雨の排水機構と連携排水に関する研究、河川技術論文集 第 20 巻、pp.431-436、2014。
- 10) 福岡捷二、巻頭言、都市の豪雨災害軽減のための下水道と河川の排水計画の一体化に向けて、下水道協会誌、Vol.50、No.608、p.1、2013。
- 11) コンパクトシティ実現のための都市計画制度、ぎょうせい、2014。