

水災害の実態と諸問題

—いかに守り、いかに救うのか?—

関西大学環境都市工学部 教授 石垣 泰輔



1. はじめに一増え続ける水災害—

今年も7月に九州北部豪雨、9月に台風第18号、10月に台風第21号と風水害が発生して多大な被害が発生した。これらの災害は、都市域で発生する雨水排水能力を超えた豪雨による内水氾濫（雨水出水）、多大な降雨量により2015年9月に発生した鬼怒川の破堤で発生したような外水氾濫に加え、台風や爆弾低気圧に伴う高潮災害、2011年3月の東日本大震災に伴った津波災害など、水に起因することから水災害と呼ばれている。なお、豪雨による災害では浸水被害のみではなく、2014年8月に広島で発生したような土砂災害や、今年の九州北部豪雨のように流木による被害も発生している。このような水災害による被害は増加傾向にあり、その拡大要因として、自然環境の変化、都市化および高齢化社会の進展が考えられる。

地球規模の気候変動により自然環境が変わりつつあり、雨の降り方が短時間に集中することで、雨水排水施設や中小河川の計画で想定している1時間50mmを超える豪雨が頻発していることや、気温の上昇による海面上昇と海水温の変化により強化した強風と大きな気圧低下をともなう台風による高潮潮位の増大を招いている。また、都市化の進展が進むことにより、浸水に脆弱な低平地の利用、道路舗装や建物建設による浸透面積の減少により雨水出水量や流出速度の増大、さらには都市化した生活環境が招く周辺状況の把握不足などにより被害が拡大している。このように、自然環境の変化や都市化により被害が増大しているが、高齢化もその要因の一つであり次節でとりあげる。

2. 高齢化が被害の拡大要因か？

内閣府の2015年のデータによると、わが国の65歳以上の高齢化率は世界1位の26.6%であり、米国の14.8%、全世界の8.1%を大きく上回っていて2060年には38.1%に達すると予測されている。近年発生した大規模な自然災害による高齢者被害という観点から見ると、1995年の阪神・淡路大震災で58.4%、東日本大震災で65.2%の犠牲者が60歳以上であった。この傾向は2012年に米国のニューヨークを襲ったハリケーン・サンディでも56.4%が60歳以上となっていることから、高齢者が被害拡大要因の一つであることが分かる。

東日本大震災は津波、ハリケーン・サンディは高潮による水災害であり、高齢者の被害が多いが、豪雨の場合はどうであろうか。豪雨災害による犠牲者について2009年から2011年に発生した水害について見ると、土砂による被災が38%と最も多く、洪水による35%を上回っている。豪雨による災害で土砂災害の割合が多くなることは、1982年7月に発生した長崎豪雨災害で顕著になっているものの、その後の水害時でも土砂災害によ

る犠牲者が大半を占めている。

これらの被害を、被災要因と被災場所を考慮して分類し、65歳以上の高齢者について整理すると、土砂による犠牲者は屋内が多く、洪水では屋外での被災が多い（図1）。裏山が崩れるなどして土砂が家屋に流れ込んだことにより屋内で犠牲になることが多く、2階や崖などから離れた部屋に移動することで被害が軽減される。また、洪水により屋外の歩行時や用水路に落ちて流される場合や、車ごと流されるなど

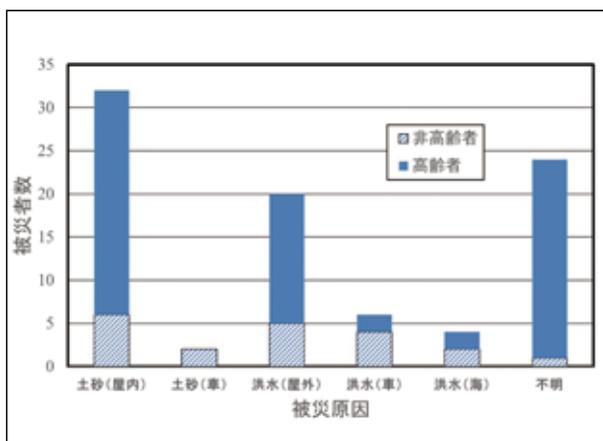


図1 水害による被災原因別の高齢者数

が被災原因であるが、浸水深と流れの速さの組み合わせが流されるか否かの限界になることが実験結果から分かっている。歩行時には水深50cm以上、流れの速さが毎秒50cm以上が危険の目安であり、車では水深50cmが脱出できるか否かの目安で、流れの速さが毎秒1.5m以上が流されるか否かの目安である。一般的に道路上や用水路の流れは速く、豪雨時に流れている場合には注意が必要である。

一方、土砂災害は、がけ崩れ、土石流、地すべりに分けられるが、がけ崩れの発生が予測される急傾斜地崩壊危険箇所が傾斜度30度以上かつ高さ5m以上で指定されることから一つの目安となる。土石流危険渓流の指定が渓流勾配1/20（3度）以上、地すべりは地すべり地域であるか否かが一つの目安になる。なお、土砂災害からの避難は、土砂の流れる方向と直角方向に逃げるのが重要である。さらに、渓流では土砂とともに流木が流れてくることがあり、前述した九州北部豪雨では流木が被害の拡大要因となった。これは、植樹された根の浅い木々が風や雨によって倒木となり、豪雨時に流されて被害を激甚化させた結果である。

3. 都市を襲う水災害の危険性—何が起るのか？—

わが国は山地が多く、可住面積は国土の30%程度であり、河川が運んできた土砂が堆積した沖積平野に多くの都市が存在している。国土の10%の沖積平野に、50%の人口と75%の資産が集中しており、浸水被害が発生すると大きな被害となるため、仁徳天皇の時代から治水対策が実施されている。わが国の都市が河川沿いや沿岸域に発達していることから浸水に対して脆弱となる理由であるが、地盤沈下と都市の高度化も被害を拡大する要因と考えられる。

3大都市圏の東京湾、伊勢湾（名古屋）、大阪湾沿岸についてみると、それぞれ4m、1.5m、2m程度の地盤沈下が発生し、平均海面より低いゼロメートル地帯に多くの人々が住んでおり（東京湾：116km²に176万人、伊勢湾：336km²に90万人、大阪湾：

124km²に138万人)、そこに地下鉄や地下街などの地下空間が存在していることが浸水脆弱性に関係している。以下では、大阪市の梅田地区を対象とした水災害に関する検討結果を用いて都市を襲う水災害の危険性について述べる。

わが国でも最大規模を有する地下空間が存在する大阪の密集市街地を研究対象としてきた。この地区は四方を河川に囲まれていて、浸水した場合にはポンプによる排水に頼らざるを得ない地区である。この地区の浸水リスクとしては、数年から数十年規模以上の降雨による内水氾濫、200年に1回の洪水に対する洪水防御計画が実施されている河川からの外水氾濫、100年から1,000年規模の津波や高潮による氾濫が考えられ、それぞれを対象としたハザードマップが作成され公表されている。そこで、管径200mm以上の雨水排水管、道路冠水、および地下街や地下鉄などの地下空間への浸水を考慮したモデルを用い、極端な浸水被害が想定される4つの外力条件で計算した(図2)。内水氾濫については、2008年8月の岡崎豪雨(最大1時間降水量146.5mm、総雨量242mm)が降った場合、外水氾濫については計画雨量の約2倍に相当する2000年9月の東海豪雨で淀川が氾濫した場合、津波はマグニチュード9.0の南海トラフ巨大地震に伴う津波による氾濫、高潮については900hPaのスーパー台風が来襲した場合を想定した解析を行った。その結果

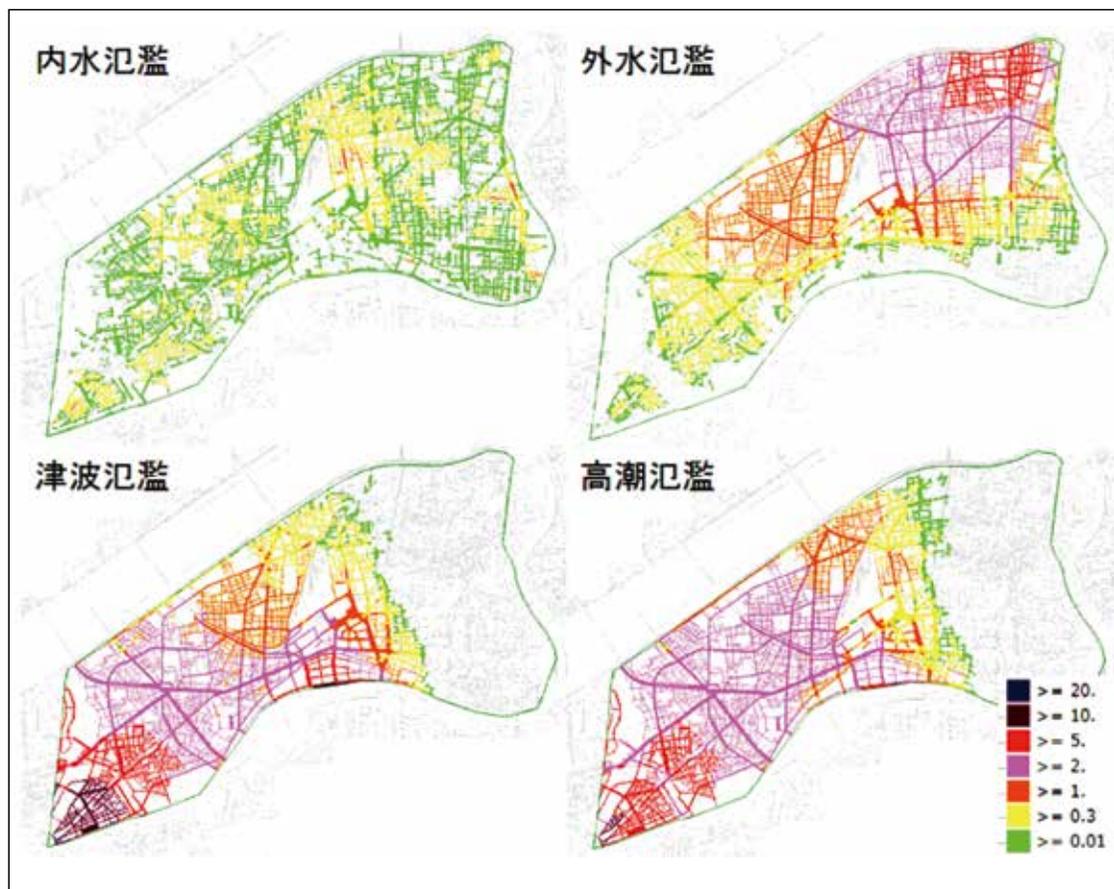


図2 極端な条件下での浸水解析結果例

によると、豪雨でマンホール等から路上に溢れた水は局所的に低い場所に湛水するために対象地区全域で浸水被害が発生するが、その深さは最大で1 m前後であり、建物や地下への流入は止水板や土嚢で軽減することが可能である。しかしながら、淀川が氾濫する外水氾濫では浸水深が2 mを超すため建物や地下入口からの流入を防ぐためには入口全体を覆う必要があり、高潮や津波の場合も同様である。また、道路が水路となって流れるために路上の車等が流され、歩行者との衝突や火災等の2次被害が発生する可能性がある。

上記した解析結果では地下街や地下鉄等の地下空間へ大量の氾濫水が流れ込む結果となっており、内水氾濫では総雨量の13%、外水氾濫、津波氾濫、高潮氾濫では、それぞれ総氾濫量の73%、50%、56%が地下空間に流入し、その大半が地下鉄トンネルを通じて大阪全域に浸水被害が拡大するという結果が得られている。このような極端な災害誘因が発生する可能性が無いとは言えず、ゼロメートル地区の無いニューヨーク・マンハッタン島におけるハリケーン・サンディによる道路や鉄道トンネルの水没事例を考慮すると、水災害に脆弱なわが国での発生を想定しておくことが必要である。

4. おわりに—いかに守り、いかに救うか?—

以上、水災害について、「何が起きているのか? 何が起きるのか?」を述べたが、ここでは、その被害から「いかに命を守るか? いかに救うか?」についての問題を挙げる。水災害では浸水災害と土砂災害が発生するが、土砂災害については前述したので、ここでは浸水災害について述べる。浸水災害から命を守るためには、浸水深と流れの速さを考える必要があることは前述したが、水圧についても考えておく必要がある。これは、水没した車や地下空間からの避難の際、ドア全体には大きな水圧が作用するが、1,000名以上の体験実験結果でドアが15cm以上水没すると開けることができなくなる人がおり、50cm以上になると1割程度の人のみ脱出できることが分かっている。

従来、地下街や地下室からの避難では火災が想定されており、避難方向にドアが開くために浸水時には大きな水圧が作用したドアを押し開ける必要がある。1999年には福岡や東京の新宿区で地下室からの避難ができずに亡くなるという被害が発生している。一方、流れがある場合について、実物大の階段模型を用いた実験では、地上から流れ込む水深が30cmを超えると、歩行が困難になり立ち止まってしまう人がいることから、地上水深30cmが自力避難限界の目安となる。このような状況で、地下に流入している場合の救助では、流体力や水圧が作用する危険性や水没までの時間約制約もあり、救助者の2次被害をも想定した救助方法の検討が必要である。

以上、水災害への対応について述べたが、最も重要なことは早期対応と早期避難である。そのためにはローカルでパーソナルな情報を、いかに伝達するかが重要な鍵である。また、都市域では数万人以上の大規模避難を想定する必要があることから、何時、何処で、誰が、何をするか、という災害前後のタイムラインの整備が喫緊の課題である。最後に、この報告が一人でも多くの人に役立つことを望みます。