

都市水害の被害想定手法に関する一考察

京都大学大学院 学生員 ○桑野 靖子
 京都大学防災研究所 正会員 米山 望

1. はじめに

近年、日本の水害による死者数は減少傾向にあるものの、単位浸水面積あたりの被害額は年々増加している。また、避難中の事故も多数発生している。かつて水害といえば外水氾濫が多かったが、近年では内水氾濫が増加するなど、被害想定手法策定時には考えられていなかったようなタイプの災害が頻発していることから、被害想定手法自体も、氾濫事象の変化に対応した見直しが必要と考えられる。

そこで本研究は、水害の際の既存の被害想定手法について考察し、より現実に即した被害想定手法のあり方について考察することを目的としている。そこで、流出および氾濫シミュレーションを行い、得られた結果をもとに被害想定を行う。人的被害については、避難せずに自宅で死亡する場合および避難中の事故で死亡する場合の二通りを考える。物的被害についてはわが国の治水経済調査マニュアル^[1]を使用し、その際、水害廃棄物処理費用^[2]等、現在のマニュアルに記載されていない項目についても試算を行う。

2. 被害想定手法

2.1 人的被害想定手法

国内には、幅広く用いられている死者数算定プログラムが見当たらなかったため、在宅状況での死者については、米国で開発された死者数算定プログラム『Life-Sim モデル』^[3]を用いる。図-1に示すように、このモデルでは、水害の際に、65歳以上のものは、建物の最上階の居住階へ、64歳以下のものは、さらに屋根の上などに避難できると仮定し、浸水深により死亡率（危険度）が異なる。

避難行動中の危険性の評価には、水深と流速をもとに算出される単位幅比力を用いる。浅井らの研究^[4]によれば、成人男性の場合、比力 M が $0.125\text{m}^3/\text{m}$ より大きくなると、安全な避難が困難となる（避難困難指標）。さらに、比力が $0.25\text{m}^3/\text{m}$ を超えると避難は危険となる（避難限界指標）。比力は $M = \frac{u^2 h}{g} + \frac{h^2}{2}$ で表わされる。ここに、 g ：重力加速度、 h ：水深、 M ：単位幅比力、 u ：流速である。この避難困難度指標は、避難者の性別・年齢により異なる。本研究では、成人男性の指標を使用する。



図-1 Life-Sim モデルにおける年齢別の水深ごとの危険度

2.2 物的被害想定手法

物的被害は、家屋被害額、家庭用品被害額等の項目について、治水経済調査マニュアルを参考に、浸水深にもとづき算出する。

尚、家屋被害額については、水深だけでなく流速にも大きく影響される可能性が、羽鳥らの研究^[5]等で指摘されている。羽鳥らの研究によれば、全被害家屋中の全・半壊戸数を表す破壊率 D (%) は $\alpha\sqrt{h}$ で表わされる。ここに、 h ：水深、 v ：流速、 α ：定数であり、 $\alpha=9$ である。

さらに、環境省の指針に従い、水害廃棄物処理費用を、 $(3.79 \times \text{床上浸水家屋} + 0.08 \times \text{床下浸水家屋数}) \times 1\text{t}$ 当たり処理費用(円/t) で求めた。

3. 対象領域の概要および降雨条件

3.1 長崎市中島川流域

長崎市中島川流域のうち、面積は約 1.5km^2 、人口は約2万4千人の領域を氾濫解析の対象とした。中島川流域は勾配が急であり、氾濫流は大きな流速を伴う恐れがある。流出解析では、kinematic wave モデルを用いて、河川流量を求める。中島川の河道を含めた市街地の氾濫解析は、非構造格子を用いた平面二次元解析である。

3.2 寝屋川流域

寝屋川流域は、大阪府北部から中部に位置する流域であり、流域面積のうち、面積は約 250km^2 、人口は約200万人の領域を氾濫解析の対象とした。寝屋川流域は、その大部分が低平地であり、流域の約3/4が、雨水が自然に河川に排出されない『内水域』である。流出解析、市街地の氾濫解析では、中島川流域と同じとした。ただし、氾濫解析は、下水道についても考慮するとともに、河道部分については独立して解析した。

キーワード 都市水害, 数値シミュレーション, 被害想定手法, 人的被害, 物的被害
 連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所流域災害研究センター都市耐水研究領域

3.3 降雨条件

対象領域において、再現期間を10~200年まで10年間隔で変化させた雨を与える。降雨継続時間は、1時間、5時間の2パターンとした。降雨継続中は降雨強度を一定とした。再現期間ごとの降雨強度は、土木研究所の『アメダス確率降雨計算プログラム』^[6]を用いて求めた。



図-2 中島川流域図



図-3 寝屋川流域図

4. 結果

4.1 浸水解析結果

同じ再現期間では、中島川流域の方が、寝屋川流域より、水深・流速ともに大きな値となった。図-4、5に、降雨継続時間1時間の場合の、両対象領域の再現期間ごとの流速の推移を示す。中島川流域では、再現期間が40年より長くなると、レンジ3(流速1.0~2.0m/s)の領域が10~20%を占めるようになる。また、全再現期間を通して流速が3.0m/s以上の領域が存在する。一方寝屋川流域では、全再現期間を通して、1.0m/s以上となる領域はほとんどない。

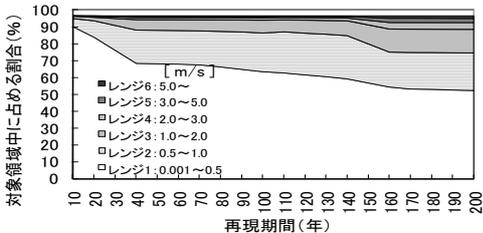


図-4 流速レンジ別の対象領域中に占める割合(中島川)

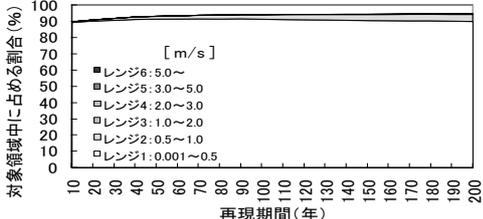


図-5 流速レンジ別の対象領域中に占める割合(寝屋川)

4.2 被害想定結果

4.2.1 人的被害：Life-Simモデルによる死者数想定では、どちらの領域においても、死亡する確率は、数万人~数十万人に一人と小さな値となった。また、比力を用いた避難行動中の危険性の評価では、両領域において、数人~数十人に一人の確率で、避難行動中に、避難困難指標、あるいは避難限界指標に達することがわかった。

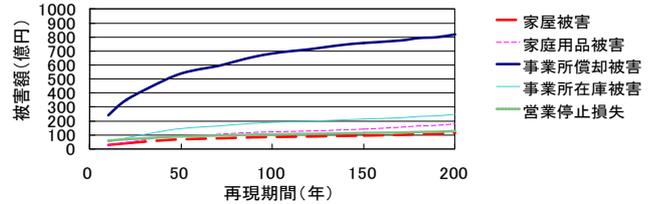


図-6 治水経済調査マニュアルに基づく被害想定(中島川)

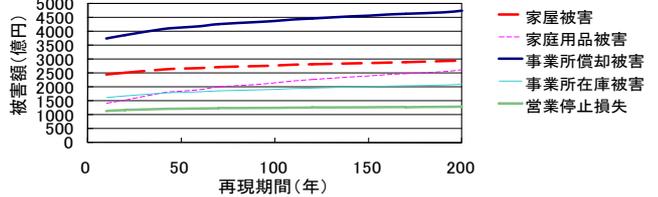


図-7 治水経済調査マニュアルに基づく被害想定(寝屋川)

4.2.2 物的被害：治水経済調査マニュアルをもとにした家屋等の被害額は、最大で、中島川領域では数百億円規模、寝屋川流域では数千億円規模となった。降雨継続時間1時間の場合の被害想定結果を図-6、7に示す。

また、水害廃棄物処理費用は、中島川流域で、最大で数億円程度(降雨継続時間1時間、再現期間200年のとき2億5212万円)、寝屋川流域では数十億円程度(同、37億3114万円)となった。さらに、羽鳥らの研究^[5]を参考に、水深と流速をもとに算出した、全・半壊家屋被害額は、全再現期間を通して、全家屋被害額の2割程度を占めた。

5. おわりに

人的被害に関しては、在宅の死者数を算定する『Life-Simモデル』^[3]と、避難行動中に危険にさらされる人数を算定する比力を用いた手法では、結果が大きく異なった。両者を同じ意味で用いることはできないが、『Life-Simモデル』のみでは、水害による死亡の可能性を過小評価する可能性がある。よって、人的被害想定の際には、在宅で死亡する人と、避難の途中に死亡する人の両方を想定する必要がある。

物的被害については、治水経済調査マニュアル^[1]を用いて被害想定を行うとともに、全・半壊家屋被害については、羽鳥らの研究^[5]を参考に算定を試みた。また、水害廃棄物処理費用は、家屋被害額などと比較すると、10分の1以下ではあるが、自治体が一括して負担する費用であるため、これを試算することは意義があると考えられる。

参考文献

[1] 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル, 2005
 [2] 環境省廃棄物対策課：水害廃棄物対策指針, 2005
 [3] Interagency Performance Evaluation Task Force : Estimating Loss of Life from Hurricane-Related Flooding in the Greater New Orleans Area, Loss-of-Life Modeling Report, May 22, 2006
 [4] 浅井良純, 石垣泰輔, 馬場康之, 戸田圭一：高齢者を含めた地下空間浸水時における避難経路の安全性に関する研究, 水工学論文集, 第53巻(2009), p859-864
 [5] 羽鳥徳太郎：津波による家屋の破壊率, 地震研究所年報 vol.59(1984), pp.443-439
 [6] 独立行政法人, アメダス確率降雨計算プログラム