

富山市における大規模水害シミュレーションとその結果に基づく危険度評価

富山県立大学工学部 学生会員 ○石川 稜

富山県立大学大学院 正会員 手計太一, 下坂将史

1. はじめに

近年、気候変動や異常気象に伴う豪雨の発生、それに起因する水災害が多発し世界各国で社会・経済問題となっている¹⁾。IPCC 第5次評価報告書によると、降雨頻度や降雨強度の増加に警鐘を鳴らしており、極端な気象現象の発生前から対策を練る必要性がある²⁾。また、大河川で同時多発的に氾濫、津波と洪水が同時、もしくは連続発生するような大規模複合災害も考慮しなければならない³⁾。さらに、少子・高齢化社会によって災害弱者が増加していることや、福祉施設や地方自治体のタイムラインによる災害対策が進んでいないという社会的問題も挙げられる。

平成27年11月19日に施行された水防法の改正では、洪水については、想定し得る最大規模の降雨を前提とした浸水想定区域を示すこととなった。

本研究では、想定し得る最大規模の降雨の設定方法を提案するとともに、それを入力値とした洪水氾濫計算を行い、富山市中心部の避難施設への影響を分析した。

2. 研究対象河川とその地域

本研究で対象としたのは、岐阜県高山市から富山県を南北に縦断し富山湾へ流下する一級河川の神通川(流域面積: 2,700 km²)と富山県南東部に位置し、我が国の急流河川の代表である常願寺川(流域面積: 368 km²)である。

いずれの河川ともに、富山県内人口の約40%を占める富山市内を流れている。流域内には県庁や富山駅等の重要な公共施設が多数存在し、さらに富山市のコンパクトシティ化が進んでいるため、資産や人口が集中している。

歴史的に極めて幾多の甚大な水害を経験してきた地域であるものの、最近10年以上、大きな出水がなく一般市民の水害への意識は低くなりつつあるのが実情である。

3. 研究方法

(1) 想定し得る最大規模の降雨に基づくハイドログラフの作成

本研究では、気候変動による災害外力であるL2外力の上昇を想定し、以下に示す3つの降雨量と降雨波形について検討した。

まず、気象庁の歴代最大日降水量を記録した高知県魚梁瀬における2011年7月19日とその前日を合わせた48時間の降雨量をCase1とする。次に、平成23年の新潟・福島豪雨で最大雨量を観測した福島県只見観測所の最大時間雨量を含める48時間の降雨量をCase2、そして対象河川の計画降雨量をCase3とした。

図-1、図-2、図-3にそれぞれCase1~3のハイトグラフとハイドログラフを示す。図中の赤線と青線は、それぞれ神通川、常願寺川における想定流量を示す。想定流量は上述した降雨量と降雨波形を利用し、対象2河川流域の上流域面積を単純に乗じて算出した。その値を河口から約20kmの地点に上流端境界条件として与えた。

例えば、図-1、図-2のように、神通川の上流域面積が大きいため、基本高水(9,700 m³/s)と比較しても、5倍以上のピーク流量になっている。一方、常願寺川は上流域面積が小さいため、既存の計画流量を少し超える程度のピーク流量である。既往方法のように、流出計算をしないことによって、想定し得る降雨量は全て流出されるという最大値を提案している。

(2) 洪水氾濫計算

本研究では、前項のハイドログラフを入力値として非定常平面2次元流計算を用いて、神通川、常願寺川の同時氾濫計算を行い、その計算結果に基づき避難施設への影響を評価した。

表-1に計算条件を示す。地形データは、国土地理院の10m数値標高モデルを用い、河道は河道断面を正確に反映させるために、神通川は平成25年、常願寺川は平成24年の定期横断測定のデータ(200m

毎)を用いた。天端位置の格子点は天端高の標高にし、河道内の格子点は、その格子点に最も近い横断測量の最深値に、その横断測量の最高値と最深値の差の1/5の値を足した値に合わせた。

現在、国や自治体が公表している浸水想定区域図は表-2に示す通り、基本高水流量(神通川: 9,700 m³/s, 常願寺川: 4,600 m³/s), 計画降雨(神通川: 264 mm/2日, 常願寺川: 498 mm/2日)と計画波形を想定し、それぞれ破堤点を設定して作成されているが、本研究では破堤は考慮していない。

(3) 危険度評価方法

避難施設の危険度評価は、富山市が7つの地域に分けて指定しているうち、図-4に示す富山地域(旧富山市)の第1次避難所、第2次避難所、第3次避難所、その他避難所、および福祉避難所を対象に行った。表-3に区分ごとの避難所の施設数を示す。

第1次避難所とは、災害発生時等において第1次に開設する避難所で、主に小学校が指定されている。第2次、第3次、およびその他避難所は、第1次避難所に収容しきれない場合において、順次開設される避難所のことである。主に、第2次避難所は中学校、第3次避難所は高等学校が指定されている。また、福祉避難所とは、避難者のうち、避難所生活において特別な配慮を必要とする人を受け入れる避難所のことである。全施設を合わせて、平成27年11月時点の富山地域の人口(321,869人)の18%が避難できる収容人数になっている。

昭和25年に施行された建設基準法では、学校の教室でその床面積が50 m²を超えるものは、天井の高さが、3 m以上でなければならないと規定されている。この法令は平成17年に改正され、現在は2.1 m以上となっているが、本研究では、平成17年度以前の建設基準法に準じて、施設の階層に関しては表-4の通りに基準を設定した。

危険度評価の方法は、施設地点の最大湛水深と表-4の基準を基に、各施設において浸水すると計算された階層分の収容人数や施設数を算出し、洪水氾濫時に避難にどのような影響があるかを分析した。

4. 結果

表-5に、3つの洪水氾濫計算の結果に基づき全対象施設の危険度を評価し、洪水氾濫時、浸水して収容不能になると判断された階層分の収容人数を災害時

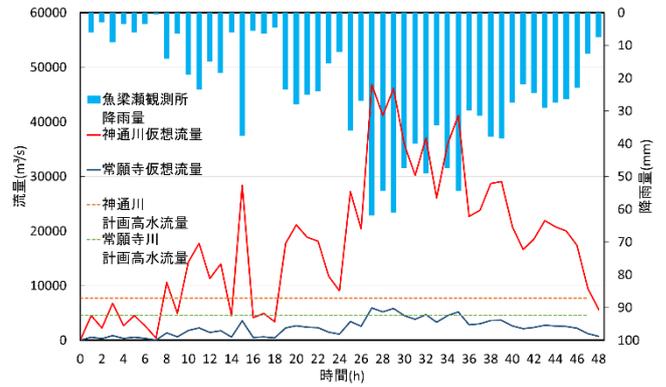


図-1 Case1(高知県魚梁瀬)のハイエイトグラフとハイドログラフ

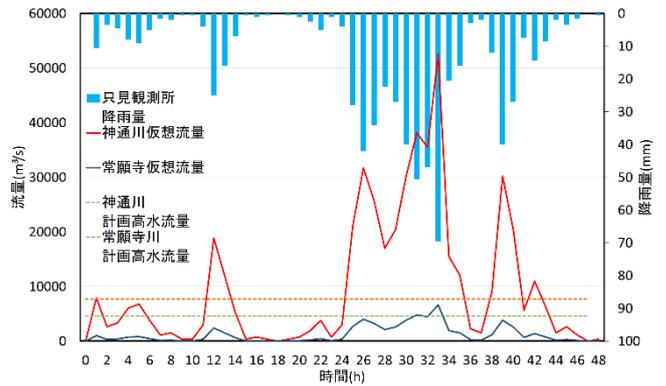


図-2 Case2(福島県只見)のハイエイトグラフとハイドログラフ

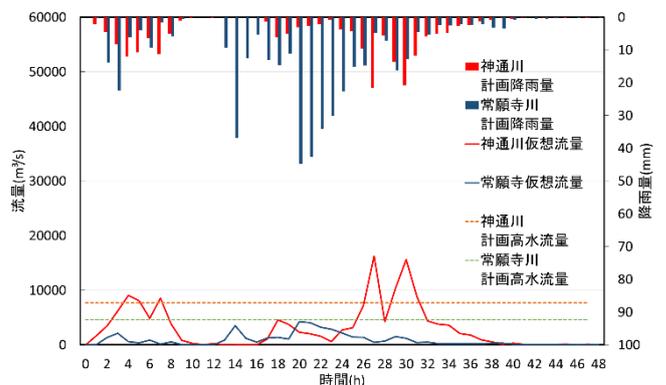


図-3 Case3(計画降雨)のハイエイトグラフとハイドログラフ

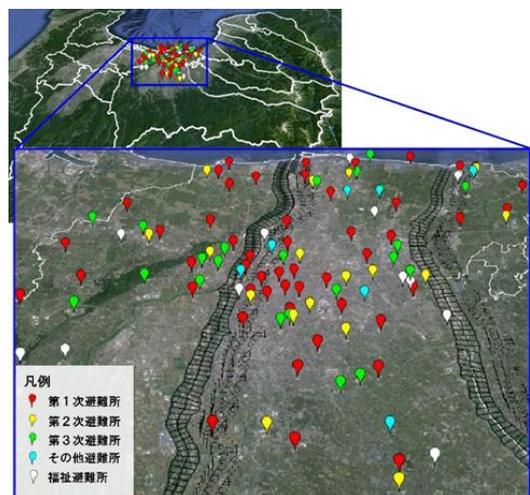


図-4 危険度評価対象施設の位置図

表-1 計算条件

地形データ	国土地理院数値標高モデル 10 mメッシュ
河道データ	神通川：平成25年定期横断 測量(200 m毎) 常願寺川：平成24年定期横断 測量(200 m毎)
格子サイズ	100 m×100 m
格子数	i (縦断方向) 220 ×j (横断方向) 261=57420
時間	48時間
Δt	1秒
粗度係数	全格子 $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$

表-2 現況の浸水想定区域図作成条件

基本高水流量	神通川	9,700 m ³ /s
	常願寺川	4,600 m ³ /s
計画降雨量	神通川	264 mm/2日
	常願寺川	498 mm/2日
破堤点	神通川	左岸：13 右岸：16
	常願寺川	左岸：14 右岸：11
波形	計画波形	

収容不能人数としてそれぞれ示した。また、表-6に、区分別に最大湛水深が大きかった上位2施設の収容人数、建物構造、および最大湛水深を示した。

今回行った3つの洪水氾濫計算の中で、Case2の結果が全ての区分において最も避難所への影響が大きかったことがわかった。全避難所の評価結果をまとめると、Case1では24.3%、Case2では25.3%、Case3では8.1%が避難者の受入が不可能であった。特に、Case2の場合では、避難施設全体で14,776人、避難対象となる富山地域人口の4.6%が避難所を失う結果となった。

次に、区分別に割合平均を比較すると、今回行った危険度評価では、第2次避難所が最も大規模洪水氾濫の影響を受けにくいという結果になった。反対に、その他避難所が最も大規模洪水氾濫の影響を受けるという結果になった。このような結果になった要因としては、第2次避難所は、すべての施設が3階建て以上であるのに対し、その他避難所はすべての施設が2階建て以下であり、そのほとんどが体育館である。さらに7施設中5施設が1階建てということが挙げられる。また、その他避難所のうち、表-6に示す最大湛水深が大きくなった上位2地点の、総合体育館と旧安野屋小学校体育館はどちらも神通川近傍に位置し、洪水氾濫時に影響を強く受けやすい位置だったと考えられる。

表-3 区分ごとの施設数と収容人数

	施設数	収容人数
第1次避難所	50	23,570
第2次避難所	18	10,480
第3次避難所	23	18,880
その他避難所	7	3,930
福祉避難所	12	1,446
計	110	58,306

表-4 本研究における危険度評価基準

階層	危険度評価条件
5階	水深12 m以上で浸水
4階	水深9 m以上で浸水
3階	水深6 m以上で浸水
2階	水深3 m以上で浸水
1階	水深0.5 m以上で浸水

その他避難所はCase1とCase2の場合で、収容不能人数割合が73.5%という結果になり、大規模洪水氾濫時に、その他避難所の多くは利用できないということが分かった。反対に、最も収容不能人数割合が低くなったのは、第2次避難所のCase3の場合で、1.8%という結果になった。

富山市は第1次避難所で合計23,570人を収容できるとしているが、今回想定したCase1やCase2のような大規模洪水氾濫が起きた場合、5,538人(23.5%)が、第1次避難所に避難できないという結果が得られた。

表-6より、今回想定した大規模洪水氾濫では、どのケースにおいても、第3次避難所の富山工業高校地点の最大湛水深が最も大きくなり、最大で5.92 m、続いて福祉避難所の富山聴覚障害者センターの値が大きくなり、最大で5.76 mとなった。

富山工業高校地点の最大湛水深の値が大きくなった要因としては、富山工業高校は神通川左岸側、呉羽山と神通川の間に位置しており、洪水は呉羽山を越えることがないため、水が留まりやすい。また、富山工業高校地点の地盤高は、周辺と比較して低い。このような、地形的要因が最大湛水深に影響していると考えられる。

湛水深が2番目の富山聴覚障害者センターは富山駅の北側に位置している。富山駅周辺の地盤高は、富

表-5 本研究における危険度評価基準

区分	収容人数	Case	災害時収容不能人数	収容不能人数割合(%)	収容不能人数割合平均(%)
第1次避難所	23,570	Case1 (高知県魚梁瀬)	5,538	23.5	17.8
		Case2 (福島県只見)	5,538	23.5	
		Case3 (計画降雨)	1,508	6.4	
第2次避難所	10,480	Case1 (高知県魚梁瀬)	1,548	14.8	11.5
		Case2 (福島県只見)	1,868	17.8	
		Case3 (計画降雨)	187	1.8	
第3次避難所	18,880	Case1 (高知県魚梁瀬)	3,922	20.8	16.4
		Case2 (福島県只見)	4,231	22.4	
		Case3 (計画降雨)	1,115	5.9	
その他避難所	3,930	Case1 (高知県魚梁瀬)	2,890	73.5	63.2
		Case2 (福島県只見)	2,890	73.5	
		Case3 (計画降雨)	1,670	42.5	
福祉避難所	1,446	Case1 (高知県魚梁瀬)	300	20.7	16.1
		Case2 (福島県只見)	300	20.7	
		Case3 (計画降雨)	100	6.9	
全避難所	58,306	Case1 (高知県魚梁瀬)	14,147	24.3	19.2
		Case2 (福島県只見)	14,776	25.3	
		Case3 (計画降雨)	4,729	8.1	

山駅を境に南北で大きく異なっているため、富山駅北側に水が流れ込みやすいと考えられる。

また、危険度評価を行った結果、施設全体が浸水して、利用不可能になってしまう施設が、第1次避難所で1施設、その他避難所で4施設、福祉避難所で2施設あった。その他避難所は7施設のうち、半数以上の4施設が利用不可能という結果になった。第2次避難所、第3次避難所は、利用不可能となる施設はなかった。

5. まとめ

本研究では、想定し得る最大規模の降雨量と降雨波形を提案するために3つの既往降雨について検討を行った。1つ目は気象庁の歴代最大日降水量、2つ目は北陸地方で最大規模の豪雨であったH23新潟・福島豪雨の降雨量、そして3つ目に既往の計画降雨量である。それらから、上流域の集水面積を単純に乗じるだけでハイドログラフを作成するという方法を提案した。

上述のハイドログラフを境界条件として、非定常平面2次元流計算を行い、富山市富山地域内の避難所の危険度を評価した。

表-6 区分別最大湛水深上位2施設の収容人数と建物構造、およびCase別最大湛水深

区分	名称	収容人数	建物構造	Case1 (高知県魚梁瀬) 最大湛水深	Case2 (福島県只見) 最大湛水深	Case3 (計画降雨) 最大湛水深
第1次避難所	雄峰高校	370	4階建て	4.81	4.92	1.47
	奥田北小学校	520	4階建て	4.80	4.87	1.70
第2次避難所	西部中学校	560	3階建て	4.70	4.84	1.54
	芝園小学校	680	4階建て	2.98	3.07	0.24
第3次避難所	富山工業高校	750	4階建て	5.80	5.92	2.59
	富山商業高校	810	4階建て	4.95	5.10	1.64
その他避難所	総合体育館	1,560	2階建て	4.69	4.77	1.30
	旧安野屋小学校体育館	610	1階建て	4.00	4.12	1.05
福祉避難所	富山県聴覚障害者センター	100	2階建て	5.70	5.76	2.43
	富山県視覚障害福祉センター	100	2階建て	3.27	3.39	0.62

危険度評価を行った結果、今回想定した3つの洪水氾濫の場合、最大で、全施設合計14,776人、富山地域人口の4.6%が避難所を失う結果となった。

避難所区分別に比較すると、その他避難所が最も洪水氾濫の影響を受けるという結果が得られた。

避難施設ごとに比較すると、最大湛水深の値が最も大きくなった地点は、どのケースにおいても、第3次避難所の富山工業高校地点であった。

6. 参考文献

- 1) 和田一範, 村瀬勝彦, 富澤洋介: 地球温暖化に伴う降雨特性の変化と洪水・湧水リスクの評価に関する研究, 土木学会論文集, No.796/II-72, pp.23-37, 2005.
- 2) 気象庁: IPCC 第5次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約, pp.1-40, 2007.
- 3) 三澤公希, 風間聡, 鈴木武, 有働恵子, 手塚 翔也: 気候変動下の洪水と高潮の複合災害リスク推定, 土木学会論文集 G(環境), Vol.70, No.5, I_95-I_100, 2014.