

河川砂防技術研究開発 【成果概要】

①研究代表者	氏名 (ふりがな)	所属	役職	
	塚井 誠人 (つかいまこと)	広島大学	准教授	
②研究テーマ	名称	関係主体間の境界領域における対応の遺漏に着目した洪水ハザードマップの活用状況と住民の防災・減災意識形成の実態分析		
	政策領域	[分野]	融合技術	
		[公募課題]		
③研究経費 (単位: 万円)	平成24年度	平成25年度	平成26年度	総合計
※端数切り捨て。	129	231	136	497
④研究者氏名	(研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)			
氏名	所属・役職 (※平成27年3月31日現在)			
椿涼太	広島大学大学院工学研究院			
⑤研究の目的・目標	(申請書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)			
<p>洪水ハザードマップは、対象地域内の住民が同図を適切に理解した上で、必要に応じて避難行動を喚起することを目的として、整備されている。しかし近年では、局所局時的豪雨の頻度の増加、および自力避難が困難な高齢者の増加を背景として、発災時の避難指示に関する自治体の役割は、以前よりも大きくなっている。また技術面では、携帯端末やWebGISを介した新しい情報提供手段等が開発される一方で、実際に住民対応にあたる自治体では、効率化や広域化の進展のため対応人員の不足が起こる場合もあり、被災経験がインフラ整備によって希薄化していく状況も影響するため、災害対応力の低下が懸念される。</p> <p>住民に適切な避難行動を起こさせるには、洪水ハザードマップの内容の正しい理解を促すと共に、発災時の関係主体（住民・コミュニティ・行政）の対応力の限界を踏まえて、情報伝達や救難の遺漏を防ぐ必要がある。すなわち、関係主体が相互に期待する、避難活動関連の課題について、特に境界領域で重要な項目はフェイルセーフを図る必要がある。</p> <p>以上の問題意識の下で、本研究では特に境界領域で重要な項目を抽出し、フェイルセーフを図るための方策を提案することを目的とする。さらに中長期的に洪水リスクと共存する土地利用方策を、調査・検討する。</p>				

⑥研究成果

(様式 H-10と同じ内容について、具体的にかつ明確に記入下さい。)

(1) 平成24年度の研究内容

平成24年5月15日に、広島市消防局、下水道局計画調整課、同河川課、都市整備局指導部建築指導課を対象に、研究課題に関連するヒアリングを行った。その結果、以下の内容が明らかとなった。

- ・広島では高潮よりも降雨に伴う地盤災害と内水氾濫の被害が大きいため、両ハザードを併記する地図を作製した。洪水ハザードマップ上には概略を示し、また内水と外水の区別も、厳密には行っていない。なお想定災害では、再起確率などの確率事象の意味を分かりやすく記載する方法に苦勞した。
- ・ハザードマップの読者として想定しているのは住民であり、説明者は特に想定していない。実際には避難対応に当たる消防局が説明に当たっている。ハザードマップは公民館等に配置しており、住民は自由に持ち帰ることができる。問い合わせは、防災の日などにおいて行われる訓練の折に寄せられることがある。
- ・小規模な斜面や団地の法面等について、新たに調査が進むことでハザード情報が更新されるが、紙面マップは古いままになる。この更新情報を伝達する方法に苦勞している。
- ・防災マップの更新はHP上で行っており、紙ベースの情報を更新する予定はない。
- ・関係機関との連携体制は、既に構築されており、訓練も行っている。ただし河川防災に関連するすべての部署が一堂に会した合同訓練は未実施である。
- ・地権者からの強い反発は、これまでのところは無い。内水氾濫については、特に南区などで浸水がある程度発生しており、住民も災害に慣れている。なお現在大規模な雨水管の設置が進められており、これが完成すると市南部の内水氾濫は抑えられる。

一連の情報収集より、発災後に直面する危険性認識の希薄さが明らかになるとともに、実際の地域において、他地域にも応用可能な知見として対策を立案することが困難になるという懸念が明らかとなった。

住民アンケート調査の設計の参考とするため、広島大学の学生を対象とする予備調査を実施した。対象者は次年度の調査対象地域を想定して、広島市中区、東区、南区、西区、安佐南区に住所を持つ者とした。その結果、標本数25を得た。その結果、事前に想定される雨量と危険性の対応、河川の蛇行による危険性、河川の合流による危険性、および河川沿いの道路の危険性が理解できないことや、等高線の判読と地形の持つ危険性の理解が難しいこと、地域で救助を担当する消防団長の職掌の範囲がよく分からないことが明らかとなった。以上より、次年度以降は基礎的な情報読解力の必要性和、災害時対応を同時に学べる図上演習やゲーム形式の防災訓練を行うこととした。

(2) 平成25年度の研究内容

平成25年度は、浸水危険地域を抽出して、洪水発災時の自助・共助に関する意識調査を行った。また、同地区について自治体が作成したハザードマップの認知についても調査を行った。

この分析では、浸水の危険性がある地域を対象に、避難時に回答者が認知している要援護者の避難に関する共助について意識調査を行う。具体的には、近隣に住む要援護者の性別や年齢と、回答者の個人属性の関係をモデル分析によって明らかにして、要援護者のコミュニティ間の認知傾向について考察を行う。さらに、上述の回答者特性と要援護者に対する救護行動の特性を明らかにした。

調査は、平成25年11月14日、15日の2日間に分けて広島県広島市安佐南区東野小学校区(東原1~3丁目、東野1丁目)に居住する住民を対象として、訪問配布・郵送回収の形式で行った。同地区は、太田川と古川に囲まれており、堤防よりも低い地盤に住宅地が広がっているため、太田川の水位が上昇すると地区内の排水が間に合わず、深刻な浸水被害を招く恐れがある。

調査票は、対象地区：約3500世帯から1000世帯を無作為抽出して配布した。欠損を除いた有効回答数は310世帯であった。回答者の年齢層を、20~30代と40~50代、60代以上の3層に分類したところ、それぞれ30%、38%、32%となった。世帯構成は親子が61%、以下夫婦が28%、独身、または親子孫の3世代で暮らしている人は、それぞれ5%であった。居住年数は、1~5年の世帯が39%、6年~20年の世帯が34%、20年以上の世帯が27%であり、居住年数が比較的短い世帯が多くを占めている。住居形態は戸建て住宅が62%、集合住宅が38%であった。

⑥研究成果（つづき）

紙面の都合上、発災後の仮想状況下で住民がとる要援護者への救護行動について述べる。仮想的に設定した発災後の状況は、A. 避難情報は発令されていないものの周囲の状況に危険が迫っている場合と、B. 避難情報が発令されているが周囲の状況は安全な場合である。仮定した状況数は、A および B についてそれぞれ詳細に設定した3状況の合計6状況である。しかしモデルの適合度が不良だったため、救護者が救護にあたる場所から何もしない、要援護者の自宅、要援護者と避難所に避難、を設定した。その結果を、図1に示す。同図より、A-①：行政からの避難勧告が出ておらず、

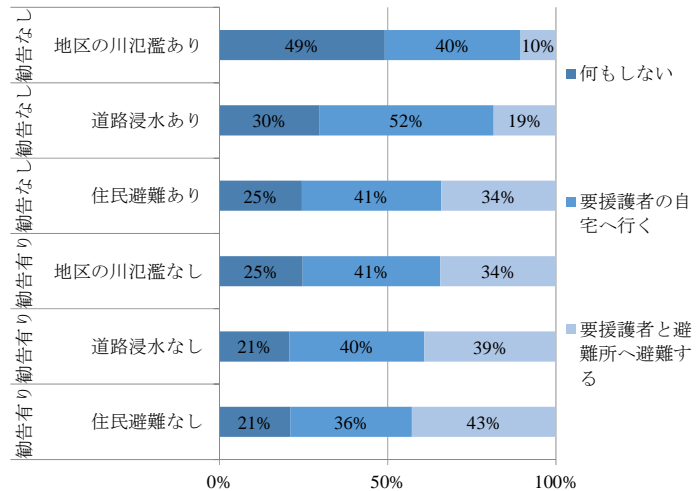


図1 救護行動の集計結果

地区の川が氾濫しそうな場合では、救護行動を特に何もしないと回答する人が多い。同様にA-②：行政からの避難勧告がなく道路が浸水している場合も、住民は自宅を待機して様子を見る傾向がある。次に、A-③：行政からの避難勧告は発令されておらず近所の住民が避難している場合、およびB-①～③：避難勧告が発令されているが地区の川の氾濫、道路浸水、近隣住民の避難が、それぞれみられない場合の行動に着目すると、救護行動の3選択肢の間で大きな差は見られない。また、近隣住民の判断よりも、周囲の被害状況に基づいて選択する傾向がみられる。以上から、対象地区の住民は、周囲の状況が危険な場合は自宅待機し、まだ安全な場合に救護行動を行う傾向がみられた。

数量化理論Ⅱ類を用いて、各年齢層の要援護者に対する救護行動に影響する要因を分析した。モデルの推計結果を表1に示す。20歳未満の要援護者のモデルの相関比は0.490であり、モデルの適合度は比較的良好である。外的基準の軸の中心より、スコアが正のとき要援護者と共に避難所へ避難する、または要援護者の自宅へ行く傾向が強く、負のときは何もしない傾向がある。偏相関係数の上位3アイテムに着目すると、地区の川が氾濫しておらず、避難勧告ありの状況で、町内会非加入の回答者が救護行動を行う傾向が強いことが明らかとなった。

21～64歳の要援護者のモデルの相関比は0.563であり、モデルの適合度は良好だった。外的基準の軸の中心より、スコアが正のとき要援護者と共に避難所へ避難する、または要援護者の自宅へ行く傾向が強く、負のときは何もしない傾向がある。偏相関係数の上位3アイテムに着目すると、65歳以上で家事または会社員に従事している、または町内会加入の回答者が、救護行動を行う傾向が強いことがわかった。

65歳以上の要援護者のモデルの相関比は0.394であり、モデルの適合度は中程度だった。外的基準の軸の中心より、スコアが正のとき要援護者と共に避難所へ避難する傾向が強く、負のときは何もしない、または要援護者の自宅へ行く傾向が強い。偏相関係数の上位3アイテムより、65歳以上の女性で自営業または無職の回答者が救護行動を行う傾向が強い。

3モデルの外的基準の軸の距離より、以下の考察が得られた。65歳以下の対象者では、救護行動をおこす／おこさないの敷居が高いのに対して、65歳以上の対象者では避難所へ避難する／しないの敷居が高い傾向が見られる。偏相関係数の順位に着目すると、20歳未満では地区の川の氾濫や避難勧告の発令が上位となったが、他のモデルでは年齢や仕事が上位となった。さらに21～64歳の要援護者と65歳以上の要援護者では、前者は65歳以上の高齢者、または家事・会社員、あるいは町内会非加入の方が積極的な救護行動を行うのに対して、後者では自営業・無職、65歳以上の高齢者、女性が積極的な救護を行うという違いが確認された。

実際の発災時における共助では、20歳未満の要援護者が独居の可能性は低く、災害時は家族による避難支援が期待できる。一方高齢者については、非有職者または町内会加入者からの認知は高いものの、高齢の要援護者の避難援助に積極的な住民は、主に高齢者である。したがって、体力的に他者の救護を自ら行えないことが懸念される。さらに、今後高齢者数が増加すると、援護者が減り、要援

⑥研究成果（つづき）

表 1 要援護者の年齢層別の救護行動

説明変数	カテゴリ	65歳以上の要援護者			21～64歳の要援護者			20歳未満の要援護者		
		度数	スコア	偏相関※	度数	スコア	偏相関※	度数	スコア	偏相関※
町内会	加入	396	0.010	0.005	96	-0.702	0.305	156	-0.507	0.174
	非加入	96	-0.041	(8)	120	0.562	(2)	234	0.338	(3)
住居形態	戸建て	408	0.042	0.026	126	0.175	0.100	174	0.100	0.040
	集合	84	-0.205	(7)	90	-0.245	(8)	216	-0.080	(8)
性別	女	228	0.533	0.179	132	0.280	0.167	270	0.131	0.108
	男	264	-0.461	(3)	84	-0.441	(5)	120	-0.295	(6)
仕事	家事	102	-1.328		6	0.400		12	0.998	
	会社員	138	-0.176	0.295	84	0.678	0.299	156	-0.185	0.158
	自営業	120	0.653	(1)	102	-0.464	(3)	210	0.012	(4)
	無職	132	0.616		24	-0.503		12	1.211	
年齢	20～39歳	48	-1.061	0.213	66	-0.439	0.348	228	-0.078	0.046
	40～64歳	240	-0.352	(2)	114	-0.235	(1)	150	0.114	(7)
	65歳以上	204	0.663		36	1.550		12	0.057	
地区の川の氾濫	あり	82	-0.381	0.057	36	-0.638	0.149	65	-1.207	0.229
	なし	410	0.076	(6)	180	0.128	(6)	325	0.241	(1)
住民避難	あり	82	0.679	0.100	36	0.626	0.147	65	0.658	0.127
	なし	410	-0.136	(5)	180	-0.125	(7)	325	-0.132	(5)
避難勧告	あり	246	0.459	0.138	108	0.446	0.211	195	0.497	0.194
	なし	246	-0.459	(4)	108	-0.446	(4)	195	-0.497	(2)
外的基準	何もしない		-0.330			-0.758			-0.798	
	自宅に行く		-0.124			0.124			0.086	
	共に避難所に避難する		0.672			0.686			0.475	
判別率			50.6%			61.6%			55.1%	
相関比			0.394			0.563			0.490	
標本数			492			216			390	

※括弧内の数字は、アイテム別の偏相関係数の順位

護者が増加することも予想される。つまり、他者を救護できる余力のある他の住民との情報共有が必要と考えられる。

ハザードマップの閲覧経験は、町内会加入者が6割に対して、非加入者は4割に過ぎなかった。同封したマップに記載されていない情報の中で、記載希望の最も多い情報は避難経路上の危険箇所であった(23%)。2番目に多い意見は、浸水時に得られる情報とその取得方法（インターネット等住民自らが取得する情報）と、避難情報の伝達方法(それぞれ18%)であり、これらを合計すると、情報伝達に関する項目が意見の約36%を占めていた。また、自由意見としては避難場所の変更を要望する声が多かった。これは、マップの想定水害の下では、指定避難所も浸水するとされているためだろう。2番目に多い意見は追加情報であり、マップの浸水深をもたらず雨量、避難に必要なもの、自主防災組織や消防署の連絡先、および避難所の収容人数などが上げられた。3番目に多い意見は、情報の更新である。今回同封したマップは、平成21年12月に作成されていたが、それ以降は更新されていないため、平成25年現在の土地利用などとの相違が見られたためと考えられる。

(3) 平成26年度の研究内容

平成26年度は、前年に実施した調査に基づいて、主に住民への情報遺漏を防ぐ防災教育ゲームの開発を行う予定だったが、広島市豪雨・土砂災害の発災によって実施予定地区が被害を受けたため、当初の研究計画の遂行が困難となった。そこで、同災害を契機として重要性が指摘されるようになった土地利用の集約化に向けたシミュレーションを実施した。

具体的には、都市の構造の変化による水害への脆弱性の変化をGIS(Geographic Information System)を用いて定量化した。将来の被害想定については、20年で大幅な治水事業が行われず浸水想定区域は変わらないとして、コンパクトシティ化を考慮したシナリオの設定に基づき脆弱性の変化を評価した。研究対象地域は広島市である。同市は、太田川によってデルタ地形を形成している。本研究では

⑥研究成果（つづき）

市内派川である旧太田川、天満川、元安川、太田川水系全体での確率年1/200の出水における浸水想定区域を元に分析を行う。

将来の都市構造として、趨勢型、一極集中型、拠点連携型の3つのシナリオを設定した。趨勢型は、国土数値情報サービスの1kmメッシュ2050年将来人口推計を用いて2010年人口データとの線形按分により、広島市の目標年次である2030年のデータを算定して使用した。一極集中型は、

地域拠点を含む非中心市街地から中心市街地に人や産業を集中させるものである。本研究では、中区の商業中心地周辺を中心市街地に設定した。また、目標人口密度を140人/haとし、2030年に都市構造の変遷が完了するものとした。拠点連携型は、設定した中心市街地に加え、広島市の都市計画マスタープランの中で設定されている各地域拠点に、非中心市街地から人口を集約させた。

人的被害については、想定死者数を「水害の指標分析の手引き」¹⁰⁾を元に浸水区域内人口と避難率、住宅階数・浸水深に応じた死亡率を乗じて算出した。死亡率はLIFESimモデルによって算出した。このモデルでは床面からの最大浸水深により、危険水位帯、準危険水位帯、安全水位帯に分類し、それぞれの死亡率を決定する。その際、65歳以上の人は住宅・建物の最上階、65歳未満の人は屋根の上に避難できるものとして死亡率を算出した。

経済的被害について国土交通省は、水害リスクによる被害算定に以下の資産を用いている：(1)家屋、(2)事業所償却・在庫資産、(3)農漁家償却・在庫資産 (4)農作物。このうち、対象地域では浸水区域に(3)、(4)の土地利用が少ないので無視し、(1)、(2)については「治水経済調査マニュアル」に準拠して算出した。

作成されたH13年とH21年の間に多少の治水事業と浸水想定区域図作成マニュアルの変更と、分派流量の配分の変更があったため、H21年の想定では放水路側の流量を減らし市内派川側の流量を増加した。H21年の市内派川側での被害と、市内派川側に流量を増加させたことにより新たに生じる浸水による被害を表1に示す。この値は市内派川での被害額の約1割を占めており、同地域の水害リスクを高めることがわかる。また、太田川放水路側に多くの流量を流しても、人口や資産が集中している太田川放水路中流部でのピーク水位があまり変化しなかった。すなわち水害リスクの観点からは、市内派川側よりも太田川放水路側に多くの流量を流すほうが良いことが明らかとなった。

土地利用の誘導によって人口分布の集約が行われた場合の想定死者数について、広島市の各区の算定結果を以下の表2に示す。2010年と趨勢型を比較すると、安佐南区の想定死者数の増加が顕著にみられた。これは、浸水深の高い地域を有する安佐南区での人口増加、高齢化によるものと考えられる。仮想シナリオのうち、(a)一極集中型は中心市街地以外から均等に人口を5%ずつ集めた場合、(b)一極集中型は中心市街地以外で高齢者が2000人以上の地域から目標人口密度に達するように16%ずつ人口を集めた場合である。

両者を比較すると(b)の死者数の方が少なく、高齢者を中心市街地に集めることでリスクを軽減できることが分かる。拠点連携型は、効果の高かった(b)一極集中型で移動させた人数と同じ人数を各拠点に移動させた結果、両者の想定死者数はほとんど同じになった。広島市がマスタープランで設定している政策であることを加味すると、実現可能性の高い拠点連携型構造を目指すことが望ましいと考えられる。以上より広島市では、中心市街地や各地域拠点に人や資産を集めるとともに、放水路側に多い流量を分派させることで水害リスクを軽減できることが確認された。

表2 分派後の河川被害

河川名	想定死者数(人)	家屋被害(億円)	産業別被害(億円)							
			製造		卸売・小売		飲食店・宿泊		サービス	
			償却	在庫	償却	在庫	償却	在庫	償却	在庫
市内派川	3	620	16.6	11.3	16.9	10.6	6.9	0.3	12.6	0.4
増加	0	65	1.4	0.92	1.6	0.98	0.65	0.02	1.4	0.04

表3 各シナリオでの区別想定死者数

	2010年想定(人)	趨勢型(人)	(a)一極集中型(人)	(b)一極集中型(人)	拠点連携型(人)
安佐南区	218	554	526	472	473
安佐北区	131	163	154	163	165
西区	49	55	53	48	44
中区	13	14	16	6	13
東区	209	235	224	204	203
合計	620	1021	973	893	898

⑦研究成果の発表状況

(本研究の成果について、予定しているものも積極的に記入して下さい。(以下記入例))

- ・これまでに発表した代表的な論文
- ・著書(教科書、学会妙録、講演要旨は除く)
- ・国際会議、学会等における発表状況
- ・主要雑誌・新聞等への成果発表
- ・学術誌へ投稿中の論文(掲載が決定しているものに限る)
- ・究開発成果としての事業化、製品化などの普及状況
- ・企業とのタイアップ状況
- ・特許など、知的財産権の取得状況
- ・技術研究開発成果による受賞、表彰等)

赤池美奈, 塚井誠人: 水害時の避難における地区コミュニティ成員の共助意識に関する研究, 都市計画論文集 49(3), 339-344, 2014

速見直紀, 椿涼太, 河原能久: 広島市における都市再編と治水方策を踏まえた水害脆弱性の変化の分析, 平成27年度土木学会全国大会年次学術講演会(投稿中), 2015

⑧研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

広島市豪雨・土砂災害の発災のため未実施

⑨表彰、受領歴

(単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。)

なし

⑩研究の今後の課題・展望等

(研究目的の達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や道路政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

意識調査分析の対象地区では、予算的な制約から紙面ベースのハザードマップの配布が進んでいなかったためその認知度が極めて低く、活用が進んでいない実態が明らかとなった。そこでアンケート調査時に添付して配布したところ、当該地区の浸水深の大きさや避難先の安全性などに対して強い関心が寄せられ、ハザードマップに示した比較的詳細な情報まで読み取る姿勢が見られた。このように、具体的な地図による危険性伝達による防災意識の喚起効果は高いと思われる。浸水被害時の要援護者に関しては年齢層ごとに認知する相手が異なることが明らかとなった。また要援護者の年齢階層別の分析からは、特に高齢者から認知されることが多いため、体力的に他者の救護を自ら行えないことが懸念された。さらに今後高齢者数が増加すると、援護者が減り、要援護者が増加することも予想される。つまり、コミュニティで実施する防災訓練において、要援護者認知につとめることによって、災害時の対応遺漏の防止を図る必要がある。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、河川政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

広島市においてコミュニティによる共助を図るには、現状では大きな限界があることが明らかとなり、要援護者の認知を徹底することによって被害を最小化することができると考えられる。また、水理的な検討から求めた浸水深に基づいて、広島市内の人口分布の誘導による経済的・人的被害の違いを試算したことにより、これらが有効な減災効果を有していることが明らかとなった。すなわち土地利用の誘導による人口の再配置策は有効である。その一方で、これらの対策による人的被害の減少はわずか10%程度にとどまっていた。したがって、実際の発災に至るまでにある程度時間的な余裕がある浸水被害では、避難行動を適切にとることによって減災につながる事が明らかであり、浸水被害が想定される危険地帯からの人口分布の再配置ばかりでなく、各自が適切な避難行動をとることによる減災効果を増すことができる。