

洪水被害に対する住民意識構造と洪水危機管理システムの向上

RESIDENTS' CONSCIOUSNESS TO FLOOD DAMAGE AND IMPROVEMENT IN FLOOD RISK MANAGEMENT

大本照憲・山田文彦・柿本竜治

Terunori OHMOTO, Fumihiko YAMADA and Ryuji KAKIMOTO

1. はじめに

国土交通省（旧建設省）は平成5年から6年にかけて全国の直轄管理河川において「洪水氾濫危険区域図」の公表を行った。平成6年には「洪水ハザードマップ作成の推進」及び「洪水ハザードマップ作成要領」を通知し、市町村に対し洪水ハザードマップの作成を促すとともに、各地方整備局及び都道府県の支援のもと市町村において洪水ハザードマップの作成を進めてきた。また、平成12年の東海豪雨を受けて同年12月に、河川審議会より洪水ハザードマップは水害の防止上極めて有効な施策と位置付けられ、洪水ハザードマップの積極的な作成及び公表が必要である旨の答申「今後の水災防止のあり方について」が出された。さらに、平成13年には水防法の一部が改正され、現在では多くの自治体が洪水ハザードマップの作成に取り組むようになった¹⁾。

これまでに作成・公表された洪水ハザードマップが、1998年の東日本豪雨災害や2000年東海豪雨災害など、実際の豪雨災害時に利用された事例があり、それらの豪雨災害時における住民避難の迅速化・円滑化に効果があったことや、適切な時期での避難情報の発令など、行政の防災対応に際して役立ったことが報告されている^{2,3)}。

しかしながら、既存のハザードマップには水害対象となる地域住民の意向は取り込まれていない。激甚な被害が想定された箇所が避難場所に設定されている場合もあり、改善すべき点が多くみられるのが現状である。また、洪水ハザードマップを作成し、配布を行っても、時間の経過に伴って洪水ハザードマップを紛失してしまう住民がかなりの割合で存在する。このように、洪水ハザードマップを通じた災害情報をめぐる行政と住民との間には認識にずれが生じているのが現状であり^{4,5)}、その実態を把握し、課題を抽出することは今後の洪水ハザードマップを作成・公表するうえで意義のあることと考えられる。

本論では、平成17年台風14号に伴う記録的な豪雨によって甚大な洪水被害を受けた宮崎県大淀川流域⁶⁾を事例として、洪水被害に対する住民の意識構造や洪水ハザードマップの住民認知度の実態および災害時の避難行動における効果を明らかにし、洪水ハザードマップに求められる防災上の役割を検討した。

また、防災力向上のためのソフト対策においては、地域住民や地域コミュニティ（例えば、校区自治会など）が主体となって行政や専門家などと連携を取り、自助・共助・公助のネットワークを実効性のあるものとするとともに、相互補完による多様性を実現することが重要となる⁷⁾。そのためには、次の3つのプロセス、①被害の軽減防止策（Mitigation）、②災害への備え（Preparedness）、③災害時の対応策（Response）について十分な検討が必要となる⁸⁾。水害リスク管理での具体例を挙げると、①には河川改修や河川構造物の補強および災害予警報の発令、②には防災・減災計画マニュアル整備やリスクファイナンスおよび地域防災リーダー等の人材育成、③には水害発生後の対応などが含まれる。つまり、①、②は水害に対する事前対応（水害リスクマネジメント：水害リスク管理）、③が事後の対応（クライシスマネジメント：危機管理）に相当する。

本論では、②のカテゴリーに属する水害リスクマネジメントに着目し、その具体的な実践方法として、水害リスク管理に関するワークショップを水害リスクコミュニケーションとして取り扱う。以下では、その実践方法およびケーススタディ事例について紹介する。ケーススタディとしては、熊本市壺川校区を対象とし、降雨にともなう内水氾濫や2級河川である坪井川の洪水氾濫に対して水害リスクコミュニケーションを実施し、ワークショップ参加に伴う参加者の防災意識の変化をアンケートにより調査した。また、実際に校区住民が参加した水害避難訓練（社会実験）を計画・実施し、仮想水害時の住民の避難行動に関する基礎データを取得・分析することで、地域避難計画の一助とした。

2. アンケート調査の実施概要

大淀川流域の被害状況や避難行動、洪水ハザードマップの所持・閲覧実態を調査するためにアンケート調査を実施した。住民はどのような避難行動を取ったのか、避難行動の意思決定はどのような様になされたのか、洪水ハザードマップの所持・閲覧は避難行動にどのように影響するのかなどを検討する。

アンケート調査の対象地域は、浸水被害が発生した大淀川下流域に位置する宮崎市、東諸県郡高岡町、国富

町、綾町の1市3町とした。この地域から今回の台風14号によって被災した地区と被災を免れた地区の両方の被験者を住民台帳を基に無作為に抽出した。宮崎市8,000人、高岡町・国富町・綾町はそれぞれ1,000人の調査対象者に対して郵送配布、郵送回収の方法を採った。調査期間は平成17年12月9日～12月19日であり被災から約3ヶ月経過している。地域別のアンケートの回収率は表-1に示す通りであり、宮崎市で31.5%、高岡町で46.6%、国富町で44.0%、綾町で47.6%、全体で31.9%であった。アンケートの回収率を高めるためにNHK宮崎放送局および宮崎日日新聞にはアンケート期間中に、土木学会緊急調査団によるアンケート実施の広報を依頼した。調査の内容は、表-2に示す通りで、①回答者属性、②被害状況、③避難行動、④洪水ハザードマップの利用状況、⑤水害に対する住民意識の5大項目であり、質問は49項目であった。

表-1 地域別のアンケートの回収率

	配布数	回収数	回収率
宮崎市	8,000	2,523	31.5%
高岡町	1000	326	32.6%
国富町	1000	308	30.8%
綾町	1000	333	33.3%
合計	11,000	3,510	31.9%

2.1 アンケート調査結果と考察

(1) 回答者の属性

回答者の属性を図-1に示す。性別では全体で男性が49.2%、女性が50.8%であり同程度の割合となっている。年齢別では、各世代に対してアンケート用紙を均等に配布した回収結果であり、50歳代～70歳代の回収率が高く、全体に占める50歳以上の割合が64.3%であることから、アンケート結果は相対的に高い年代の意見を反映したものとなっている。居住形態は、一戸建ての平屋住まい51.4%、一戸建ての平屋住まい（二階以上）36.2%、アパート・マンション住まい9.5%であることから、一戸建ての割合は87.6%である。

(2) 浸水被害状況

図-2は、浸水被害の程度に関する問いについての回答を示す。全体で35.4%の人が被害を受けており、高岡町では59%を超える人が被害を受けた。次に、受けた被害程度に対しての回答を図-3に示す。全体で1063人が被害を受けたと答え、そのうち避難のみが1.7%、床下浸水が13.5%、床上浸水が62.1%、軒下浸水が10.1%、その他の被害が12.6%となっている。特に被害が集中している地区は、大淀川中流域で大きく蛇行した位置に当たる宮崎市富吉地区、瓜生野地区、大淀川右支川の太谷川左岸側に位置する小松地区、跡江地区では特に浸水被害が深刻な場所である。物的被害で大きい物として答えた割合は、家財道具が33.9%、家屋が30.2%、自家用車が24%であった。一戸建て住まいの割合が高いことと対応していることが認められる。その他の被害として、田畑などの農地や倉庫が浸水による被害や、アパート一階に設置されたポンプが浸水したため断水したという回答が見られた。

(3) 避難行動

図-4は避難の割合を示したもので、避難した場合には家族全員か一部かについての回答結果である。床上浸水の割合が大きい高岡町では40.3%が家族全員、6.8%が家族の一部が避難し、避難割合が最も高く、被害の小さい綾町は避難の割合が低いことが分かる。

図-5は、避難時の移動手段を示す。自家用車の割合が63.8%で最も高く、続いて徒歩が21.6%を占めている。その他には、避難する際にはすでに浸水しており、ゴムボートで救助される例が含まれている。ハザードマップでは、避難には徒歩を前提としている場合が一般的であることを考えれば、前提とは大きく異なっていることが分かる。避難しなかった理由および避難した理由を、それぞれ図-6および図-7に示す。避難しなかった理由としては、自宅にいるほうが安全だと思ったからが27.4%、続いて危険を感じなかったからが23.5%、過去の台風情報から判断して被害が出るとは考えなかったという人が23.2%であり、自宅を安全と考えた割合は全体で74.1%を占めている。また、それ以外に避難しなかった理由として、避難勧告や避難指示に気がつかなかった割合が4.2%、避難が困難な家族がいたことを理由に挙げた割合が2.0%である。少数数とは言え、人的被害に繋がることからきめ細かい対応が求められる。また、その他には避難を呼びかける広報車やサイレンの音が風雨に紛れて全く聞こえなかったという意見がほとんどを占めた。

一方、避難した理由については、近隣の人や消防団から避難を直接呼びかけられたからが26.3%と最も高く、次に自宅が浸かり始めたからが25.0%、避難勧告21.6%、避難指示10.4%の割合になっている。避難しなかった理由にも見られるように、地域の治水安全度に対する理解が不十分な状態で水害に対して安全を過信している

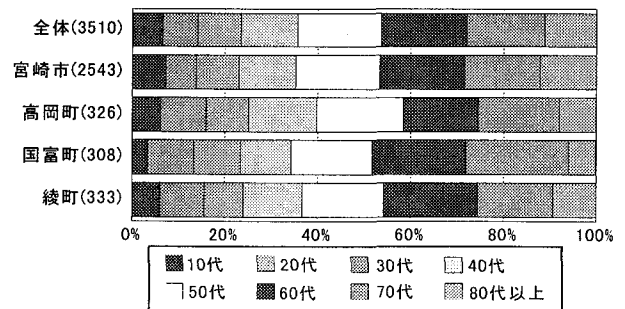
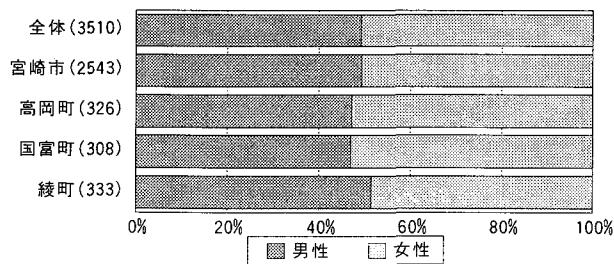


図-1 回答者の属性

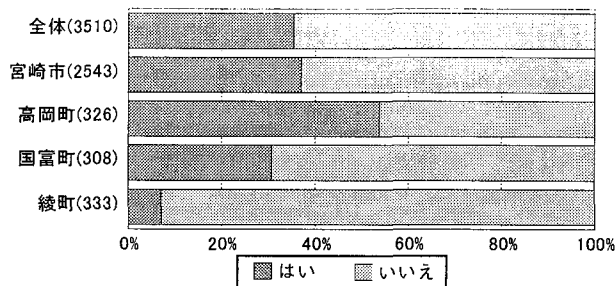


図-2 浸水被害有無

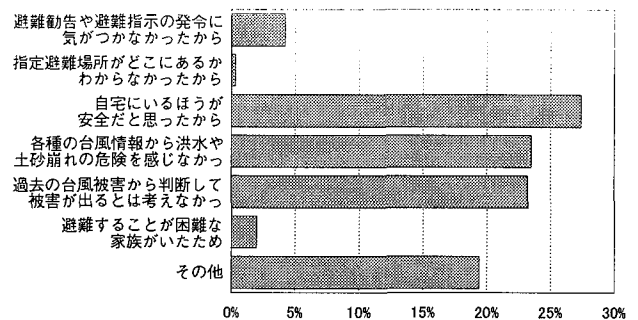


図-6 避難しなかった理由

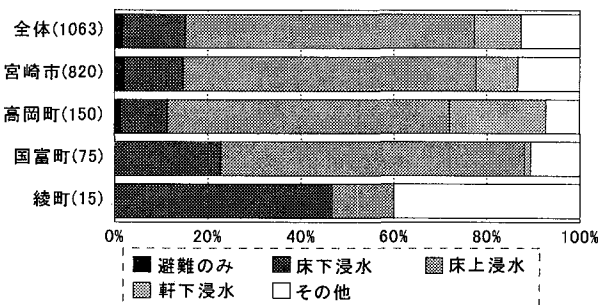


図-3 浸水被害の程度

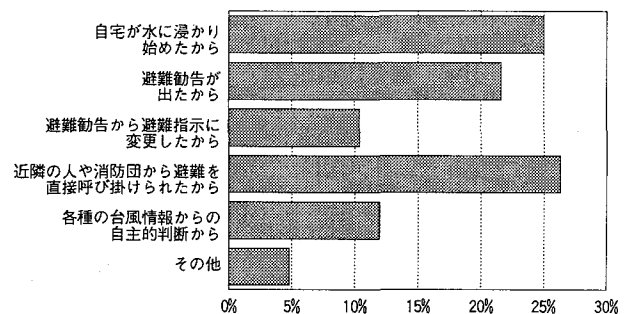


図-7 避難した理由

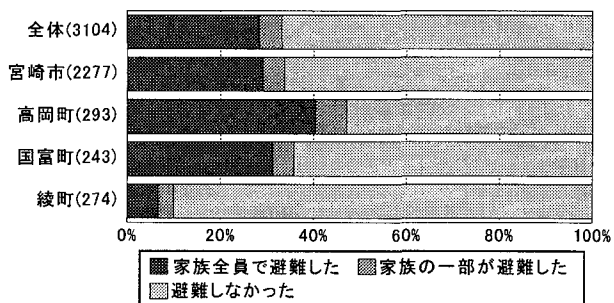


図-4 避難の割合

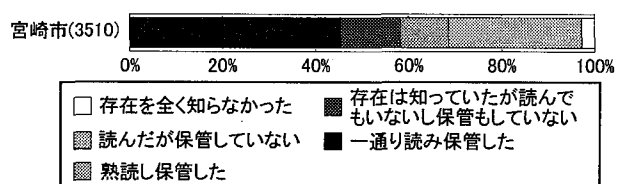


図-8 水害前に洪水ハザードマップを読んだか

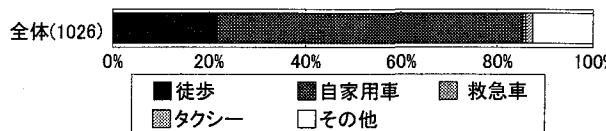


図-5 避難時の移動手段避難の割合

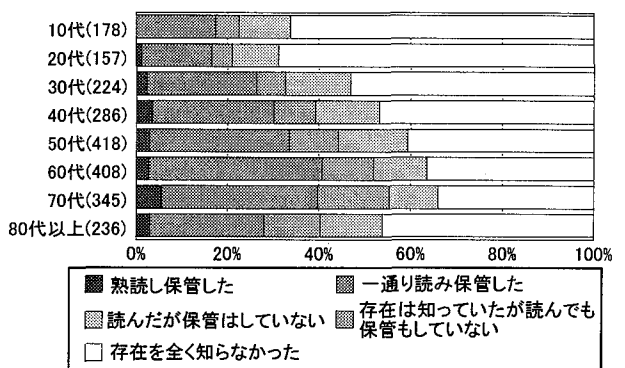


図-9 洪水ハザードマップと年代属性との相関

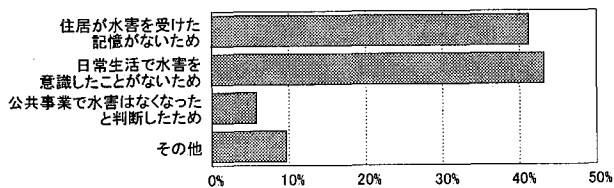


図-10 洪水ハザードマップを読まなかった理由

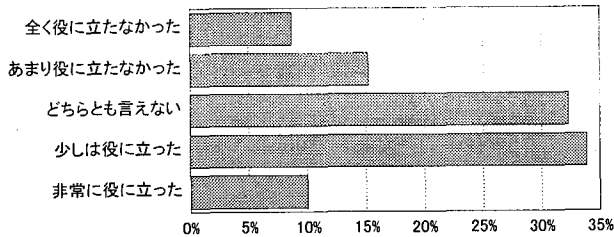


図-11 洪水ハザードマップが役に立ったか否か

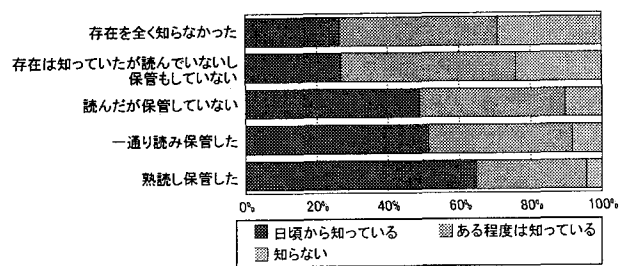
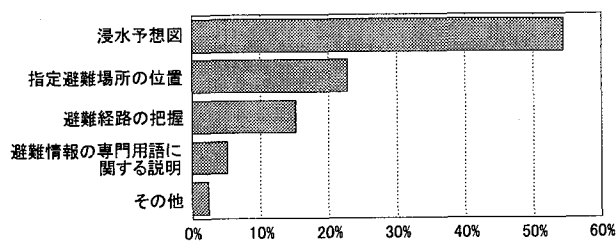


図-13 洪水ハザードマップと避難場所、経路の把握

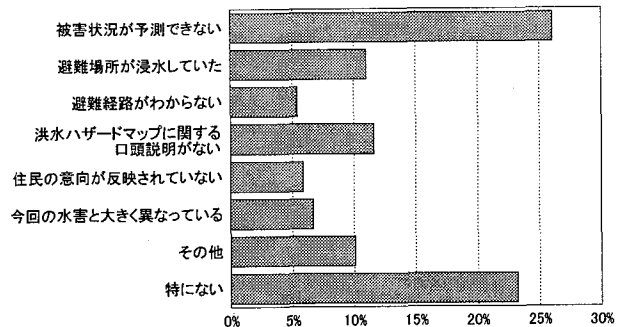


図-14 洪水ハザードマップに対して不満を感じた点

ことが示唆される。水害体験を風化させることなく住民の防災意識を高め教訓としていかに活かすかが課題である。

(4) 洪水ハザードマップに対する住民認知の実態

アンケート調査の対象となった1市3町のうち、宮崎市は、大淀川下流域の洪水ハザードマップを平成17年3月に作成し、同年5月に宮崎市全世帯に配布した。今回の台風14号において洪水ハザードマップが有効に活用されたか否かを調査するため、洪水ハザードマップの認知度の実態や避難行動への影響を検討した。

図-8は、「今回の水害前（平成17年5月）に宮崎市によって配布された洪水ハザードマップを読みましたか？」という質問に対する回答を示す。存在を全く知らなかった人が45.4%、存在を知っていたが読んでいないし保管もしていない人が12.8%、読んだが保管していない10.3%、一通り読み保管した28.7%、熟読し保管した3.0%である。宮崎市内の全世帯に配布されたにもかかわらず、洪水ハザードマップを見ていない人が58.2%であり、災害時に洪水ハザードマップが利用される可能性のある割合は31.7%である。なお、これらの数字は49項目の質問に答えた、比較的自然災害に関心の高い人々であることを考えれば、母集団である一般住民の洪水ハザードマップに対する認知度は極めて低いことが予想される。洪水ハザードマップと年代属性との相関を示したのが、図-9である。80歳以上の層を除けば、年代の増大に比例してハザードマップの認知度は高くなっていることが認められる。特に10代、20代の若年層は、ハザードマップの存在を知らない割合が75%を越えている。

さらにこの質問で、「洪水ハザードマップの存在を知っていたが、読んでいないし保管もしていない」と回答した人々を対象に洪水ハザードマップを読まなかった理由を尋ねた。その回答結果を図-10に示す。日常生活で水害を意識したことが無いためと答えた割合が43.2%、被害を受けた記憶がないためという答えが41.2%であり、要するに水害を想定していなかったという理由が8割以上も占めている。宮崎市の防災係によれば、宮崎市では浸水家屋が100棟以上の水害は1997年の台風9719号であることから、少なくとも過去10年間に避難指示が発令されていないとのことから、日常生活の中で水害を意識することは難しく、今後は洪水ハザードマップや防災訓練などを利用して住民の危機意識を高めていくことが必要であると考えられる。

(5) 洪水ハザードマップの効果

図-11は、洪水ハザードマップを読んだ人を対象に、今回の水害で洪水ハザードマップが役に立ったか否かを尋ねた回答結果を示す。少しは役に立ったが33.9%、非常に役に立ったが10.0%であることから、役に立ったと答えた人が43.9%に達している。どちらとも言えないが32.3%、役に立たなかったが23.9%である。さらに、図-12は洪水ハザードマップが役に立ったと答えた人を対象に、複数回答で洪水ハザードマップの記載内容で役に立った項目を示す。図より浸水予想図が54.4%と最も大きく、次いで指定避難所の位置の確認が22.8%、避難経路の把握が15.2%となっている。

次に、図-13は洪水ハザードマップの認知度が日常における避難場所や避難経路の把握に与える影響を示す。洪水ハザードマップを熟読し保管している人は、日頃から避難場所や避難経路を知っている64.7%、ある程度知っている30.9%であり、知らないと答えた割合は僅か4.4%にすぎない。一方、洪水ハザードマップの存在を全く知らない人は、日頃から避難場所や避難経路を知っている26.3%、ある程度知っている44.5%であり、知らないと答えた割合は29.2%である。洪水ハザードマップの認知度が高い人は、平常時から避難行動への意識が高いことが認められる。

図-14は、洪水ハザードマップを読んだ人が洪水ハザードマップに対して不満を感じた点を複数回答で答えた結果を示している。図より、被害状況が予測できない点が最も高く26.1%、洪水ハザードマップに関する口頭説明がないが11.6%、避難場所が浸水していたが11.0%、住民の意向が反映されていない6.7%、避難経路がわからないが5.4%となっている。纏めれば、洪水ハザードマップが水害実態を十分に予測されたものとなっていないことに対する不満が全体で46%を占め、次に洪水ハザードマップに関する住民説明会の必要性12%、さらに住民の意向が反映された自助、共助に関わる情報の欠落7%が挙げられる。洪水ハザードマップの周知徹底を図ると共に、信頼性が高く、地域の特性を反映した実際の避難行動に役立てることができるきめ細かい洪水ハザードマップを作成することが必要である。

(6) 洪水被害に対する住民意識

図-15は、台風14号による水害を人災または天災のどちらと見たかについての回答結果である。大淀川の最大水位は計画高水位を超えたが越流は無く、県管理河川の大谷川においては大淀川との合流点近傍において越流氾濫が発生した。洪水外力は堤防の設計基準を超えたものであった。図は洪水被害の増大に伴って人災と捉える割合が増えていることが明瞭に認められ、小松等の結果と一致する⁹⁾。以下では、人災と捉えた住民意識の傾向を数量化Ⅱ類により詳細に分析する。判別関数の説明変数には、「居住年数」、「過去の水害経験」、「水害保険への加入の有無」、「被害の有無」、「洪水ハザードマップ(HM)の熟読度」、「堤防決壊の発生確率の認識」の6つの変数を用いる。なお、これらの変数はカテゴリー変数であるので、表-2に示すダミー変数に変換して使用する。また、判別関数の推定には、すべての変数について有効な回答がなされている1934サンプルを用いた。この1934サンプル中人災と捉えているのは、734サンプル(38%)である。

判別関数の推定結果および分類結果を表-3に示す。推定された判別関数を用いた分類結果は、1934サンプル中1347サンプルについて正しく判別しており、正解率は70%である。しかし、推定された判別関数は被害有無の影響が大きく、被害にあった人で人災と捉えなかった人と被害にあわなくても人災と捉えた人の分類精度が低くなっている。被害にあった人と被害にあわなかった人では、今回の洪水を人災と捉えるか否かを決定した要因の構成に差があるようである。そこで、被害の有無でデータを分割し、同様に数量化Ⅱ類により分析を

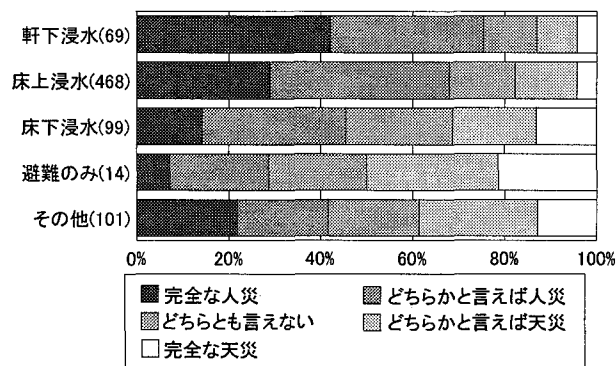


図-15 台風14号による水害は人災と天災のどちらと見たか

行った。なお、被害有データを用いる場合には、説明変数に被害の程度（床上浸水以上の被害を受けたか否か）を表す変数を導入している。判別関数の推定結果および分類結果を先程と同じ表-3の中に示す。

被害を受けた人のうち、床上浸水以上の被害にあった人は、今回の水害を人災と捉える傾向が強く出ている。また、ハザードマップをよく読んだ人にもその傾向が見られるようである。被害を受けなかった人でも長年そこに暮らし、堤防の決壊の可能性を強く認識している人も人災と捉える傾向にある。

今回の結果からは、被害を受けた程度が大きい人ほど自然災害を人災と捉える傾向が見られた。また、ハザードマップを熟読した人や長年そこに暮らし、堤防の決壊の可能性を強く意識している人にも今回の災害を人災と捉える傾向が見られた。これは、水害を予測しハザードマップを作成できるのであれば、行政の対応により被害が防ぎきれるとの判断が働いているのかもしれない。災害発生後のコンフリクトの発生をより小さくさせるためのリスクコミュニケーションツールとしてハザードマップを位置付けるには、ハザードマップの配布だけでは、不十分であると言える。

表-2 人災意識分析のための変数

居住年数	X12	X13	水害経験	X2
0～10年	0	0	無	0
11～30年	1	0	有	1
31年以上	0	1	水害保険加入	X3
HMの熟読度	X52	X53		
読んでいない	0	0	無	0
一読した	1	0	有	1
熟読した	0	1	被害	X4
			無	0
			有	1
堤防決壊の発生	X62	X63	X64	
まったく無し	0	0	0	
低い確率で起こる	1	0	0	
高い確率で起こる	0	1	0	
必ず起こる	0	0	1	
被害の程度：X7	床上浸水：1, その他0			

表-3 人災意識の有無に関する正準判別係数

変数	全データ	被害有	被害無
X12	0.237	-0.124	0.702
X13	0.634	0.451	1.963
X2	0.049	0.018	0.008
X3	0.128	0.221	0.234
X4	2.070	—	—
X52	-0.032	0.250	-0.414
X53	0.179	0.757	0.333
X62	-0.159	0.120	0.087
X63	-0.046	0.100	0.487
X64	0.439	0.360	2.299
X7	—	2.075	—
定数項	-1.920	-1.064	-1.251
的中率	69.6%	65.0%	59.4%
サンプル数	1934	672	1213

3. 水害リスクコミュニケーション・ツールとしての洪水ハザードマップ

(1) 水害リスクマネジメントと水害リスクコミュニケーション

水害リスクマネジメントとは、一般に水害が発生した場合の被害を最小限に抑えるための準備活動の総称であり、①常時水害を監視し、発生を的確に予測すること、②予測される水害に対する対策を迅速かつ効果的に実施すること、③水害時に個人が的確な行動を取れるように水害や対応行動に関する教育・訓練を計画・実施することなどが含まれる¹⁰⁾。

さらに広義の定義によると、リスクの生起確率ないしリスク発生時の損害そのものを減少させる技術である“リスクコントロール”と災害時により生じた被害を社会全体に分散させる技術である“リスクファイナンス”の2つのカテゴリーにより構成されるものと考えることができ、地域防災力の向上のための水害リスク管理において重要な概念となる^{11,12)}。本論でも水害リスクマネジメントを広義に捉え、この“リスクコントロール”と“リスクファイナンス”を如何に有機的に融合させ、水害リスクをコントロールすることが、地域防災力の向上の鍵と考えているが、現在までのところ、水害分野において、そのような実践的研究事例は非常に少ない^{13, 14)}。

そこで我々は、水害リスク管理に関して継続的に実施するワークショップ形式の水害リスクコミュニケーションにより、最終的にはリスクコントロールとリスクファイナンスとの融合を行い、地域防災力の向上を可能とする手法について検討を行っている。今回は、研究の初段階として、主にリスクコントロールに対して水害リスクコミュニケーションを適用した結果について述べる。

本研究における水害リスクコミュニケーションをPDCA (Plan, Do, Check, Actionの略語) サイクルとして捉えた。ここで、PDCAサイクルとは、以下の4つのプロセスを指す。

- ① 水害に対する防災対策や避難計画(案)検討プロセス (Plan)
- ② 計画された対策や避難計画の(仮)導入を行うプロセス (Do)
- ③ 対策や避難計画の(仮)導入後の観察・診断プロセス (Check)
- ④ 対策や避難計画の変更・修正を行うプロセス (Action)

ここでは、水害リスクコミュニケーションをPDCAサイクルの中心に据え、すべてのプロセスと密接に関係する。本論では、このPDCAサイクルを適切に、かつ、継続的に循環させてゆくことで、地域住民の防災意識や地域防災力の持続的な向上を目指した手法を提案する。

(2) 洪水ハザードマップの見方と役割

洪水ハザードマップとは、洪水発生時に想定される被害や避難の情報を1つの地図にまとめたものであり、万一の洪水災害時における住民の迅速かつ円滑な避難行動や防災意識の高揚に役立てるために、以下の内容が明示されている。

- 1) 洪水時に危険な場所(浸水の予想される区域:浸水想定区域と呼ぶ)
- 2) 危険度(水害リスク)の程度(想定される浸水の程度:浸水深と呼ぶ)
- 3) 避難場所、避難経路、緊急連絡先等の災害対応のための情報など

この洪水ハザードマップは、2001年6月の水防法改正により、浸水想定区域制度が創設されたことを受けて、多くの自治体で作成されるようになってきており、2006年9月末現在、全国496市町村で公表がなされている^{注1)}。

熊本市は2005年6月に同市内を流れる1級河川である白川・緑川の洪水ハザードマップ(洪水避難地図)を作成し、同市の全世帯に配布している。白川・緑川の洪水で水害が発生した場合を想定して、浸水の範囲とその浸水深を色別に表示した地図に、避難場所の位置や避難行動などが具体的に記載しており、実物の大きさは縦78cm×横110cmのA0判両面カラー刷りである。白川洪水ハザードマップを図-16に示すが、熊本市が作成した洪水ハザードマップは、現状では紙媒体のみでの配布であり、熊本市役所や市民センター等で入手可能である。ホームページ上でも閲覧可能な情報としては、国土交通省九州地方整備局熊本工事事務所(現熊本河川国道事務所)が作成した白川浸水想定区域図^{注2)}がある。

洪水ハザードマップの有効性については、1998年の東日本豪雨災害や2000年の東海豪雨災害において、洪水ハザードマップを熟知していた住民は避難率が高いことや避難開始時間が1時間早かったことなど、避難行動の迅速性に効果があったことが、災害後のアンケート調査により示されている。また、その有効性は、住民避難だけにとどまらず、避難所の配置や避難情報の発令タイミングなどの危機管理を担当する防災行政において

も確認されている^{15, 16)}。このような状況を反映して、洪水ハザードマップは水害リスクコミュニケーションの代表的なツールとして位置付けられるようになっている。

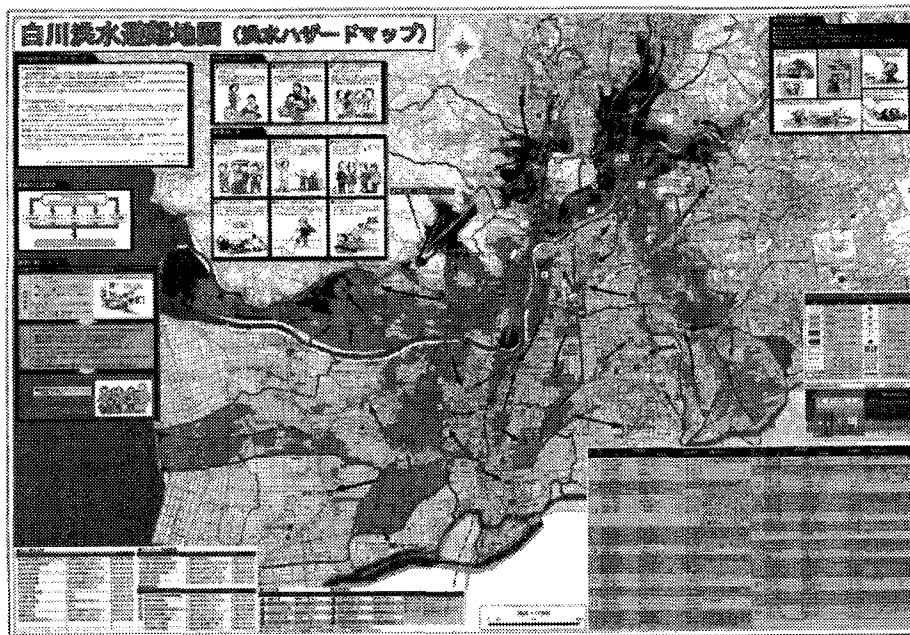


図-16 白川洪水ハザードマップ（熊本市作成）

(3) 洪水ハザードマップの問題点

前節では、洪水ハザードマップが洪水時に想定される浸水範囲などの被害情報を示していることを述べたが、では、この被害情報はどのようにして決定されているのかご存知だろうか？洪水ハザードマップは、対象とする河川の既往洪水による浸水実績を示した、いわゆる浸水実績図ではない。対象河川の最新の治水条件を考慮し、コンピュータを用いた洪水氾濫シミュレーションによる浸水状況などの計算結果を表示したものである。しかし、計算に用いられた洪水氾濫の想定シナリオ（具体的には、累積降雨量・降雨強度・降雨継続時間・堤防の破堤箇所などの条件）は通常洪水ハザードマップには明記されておらず、また、行政側からもそれに関して十分な説明もないままに配布されるため、一方向の情報発信に終わっているケースが多い。そのため、住民のみでは洪水ハザードマップに示された有益な情報を読み取れず、有効な利用がなされないケースも多いといった問題点が指摘されている。

他の問題点としては、現状の洪水ハザードマップは、行政範囲全体での水害リスクを空間分布として把握するには非常に便利である反面、氾濫水の移動を含めた時間的な情報が不足しており、住民の立場からすると、氾濫状況に合わせてどのように避難経路を選択すればよいのか判断が難しい。また、計算に用いる地物情報（建物や盛土など）や土地利用形態（道路・家屋・農地など）の再現性が低く、地域の実情を必ずしも正確には反映していないため、場所によっては2階付近まで水没する建物が避難場所として指定されている場合がある。このような問題点を解決するためには、行政と住民の双方向での情報共有と理解とが不可欠であるが、現状では、両者の理解度にはかなりの開きがあり、また、行政側には十分な説明の時間や余裕がないのが実情である。そこで大学やNPO関係者が第3者的な立場で行政と住民との意見・情報交換の手助けを行い、行政と住民の双方向での情報共有と理解を実現することができれば、非常に有益である。そこで次節に、水害リスクマネジメント手法の一つとして、ワークショップ形式による水害リスクコミュニケーションを活用した地域防災力向上の取組について説明する。

4. ワークショップ形式での水害リスクコミュニケーション

(1) 対象地区の概要

ケーススタディでは、熊本市壺川校区を対象としており、同校区の中心部を坪井川が流れている。坪井川は、流域面積141.7km²、流路延長が23.5kmの2級河川であり、鹿本郡植木町の東南を源として南下し、堀川と合流し

熊本市中心部を経て植木台地と金峰山東側の伏流水を源とした井芹川と併せ、有明海に注いでいる。坪井川はこれまで何度も水害に見舞われてきており、近年の代表的な既往水害を表-4に示す。その中でも1957年7月26日の大水害を取り上げ、その概要を簡単に述べる。同年7月24日に梅雨前線は関東沖から九州南部、黄海南部に南下し、25日朝には前線上の黄海南部に低気圧が発生して東に進み、前線が北上して活発化した。長崎、熊本、佐賀県では大雨となり、長崎県瑞穂町西郷（農林省の観測所）では24時間降水量が1,109mmの記録的な豪雨となった。7月25日～26日の熊本地方の日雨量は480mmに達し、熊本气象台開設以来の記録を作り、さらに、7月24日～28日の累計雨量は627mmであった。この大雨により、熊本県下でも熊本市が井芹、坪井両水系の氾濫で、下通り町など中心街をはじめ西部一帯が水浸しとなり、金峰山周辺の各地で山津波やがけ崩れが起こり、死者171人、家屋全半壊287戸、流出76戸もの犠牲を出した¹⁷⁾。この水害時の坪井川の流量は泥川付近で320m³/sであり、これは現在の坪井川の河川整備基本方針での基本計画高水（泥川付近）となっている。なお、現在の坪井川の通水能力は泥川および壺川校区付近で190m³/sであり、50年確率で堤防等の河道や遊水地の整備が行われている。

表-4 近年の坪井川における代表的な水害

西暦	年号	内容
1953年	昭和28	白川、坪井川、井芹川が氾濫し、「6・26大水害」発生熊本市内が水没。死者・行方不明者563人、熊本市の最大日雨量 411.9mm
1957年	昭和32	坪井川、井芹川が氾濫し、「7・26大水害」発生。熊本市内外を含め死者183人、重軽傷者63人、熊本市の最大日雨量 480mm
1980年	昭和55	8月の集中豪雨（8・30出水）で約3000戸が浸水被害を受け11月に第2次激甚災害対策特別緊急事業に着手

壺川校区の航空写真および航空機レーザープロファイラーにより取得した地盤標高データを用いた校区内の東西方向の横断面図を図-17に示す。壺川校区は南北、東西方向ともに約1 km四方面程度の大きさであるが、地盤標高の高低差は最大で30m程度あり、洪水氾濫に対して安全な台地（京町地区：標高30～40m T.P.）と危険性の高い低平地（坪井・壺川・寺原地区：標高10m T.P.程度）が共存する特徴的な地形形状を呈している。低平地部は過去何度も坪井川の氾濫を経験しており、住民からの水害を想定した避難行動訓練の要望は高く、熊本市においても水害防災教育の必要性が高い校区の一つとなっている。

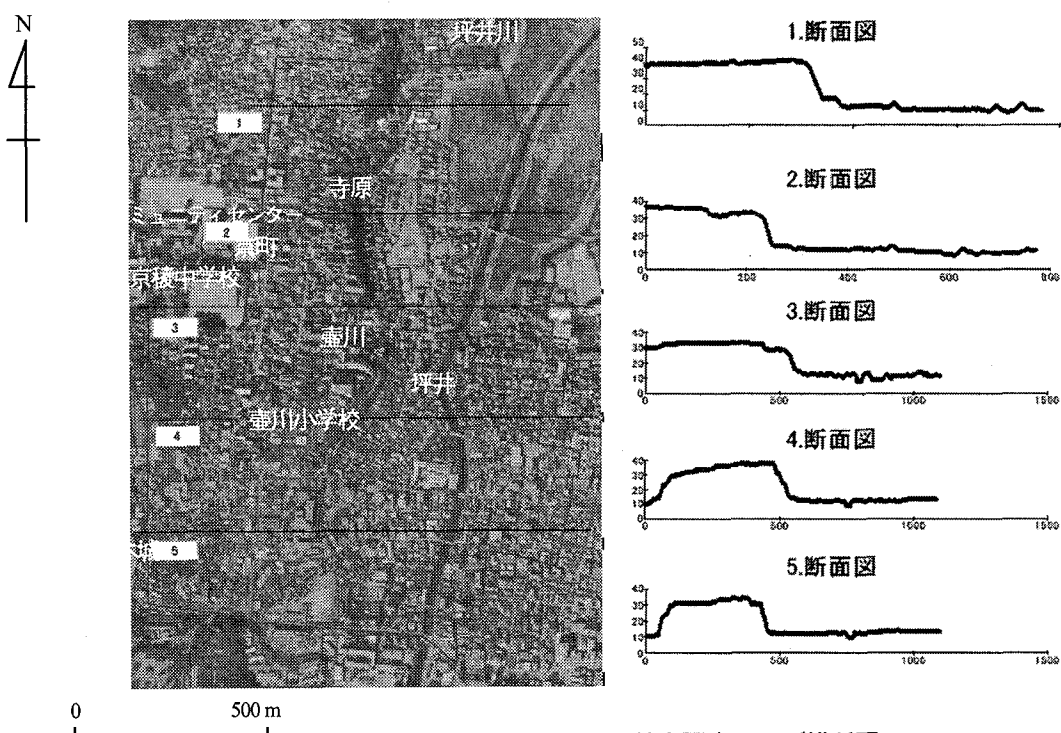


図-17 壺川校区の航空写真および横断面図

(2) ワークショップの内容と成果

2006年1月・2月・6月の合計3回のワークショップを熊本市壺川校区で行った。毎回のワークショップには、平均して校区住民が約30名、行政2名、NPO 1名、大学関係者18名の合計約50名が参加した。また、校区住民が積極的に意見交換可能なように、ファシリテーターの先導によって進められた。表-5にワークショップの内容や参加者数を示す。なお、校区住民の参加者については、連合自治会長に依頼し、対象校区17町内の自治会長や民生委員の方を中心に参加いただいた。

第1回ワークショップでは、水害リスクコミュニケーションの説明、白川洪水ハザードマップの見方の説明、オリジナル防災・避難経路マップ作りなどを行った（図-18）。白川洪水ハザードマップの見方では、洪水氾濫シミュレーションの考え方や計算条件（累積降雨量や破堤条件など）を説明するとともに、白川は熊本市内中心部で天井川になっており、万一、白川が氾濫した場合は、熊本城と熊本市役所の方向に向かって氾濫水が集まり、市役所付近から坪井川の水位が上昇し、坪井川の通水能力が下がるとともに、そこから上流の壺川校区の方に向かって河川水位の上昇が伝播し、坪井川も氾濫が生じる危険性が高くなることを説明した。

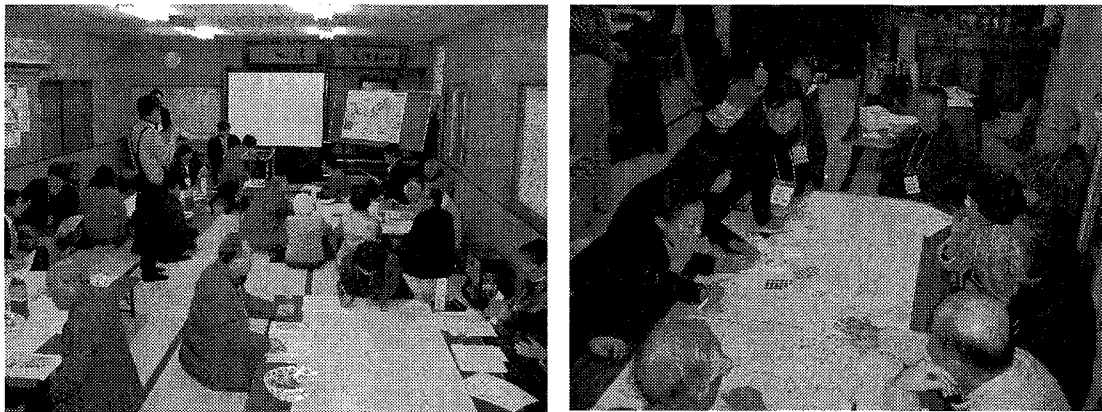


図-18 オリジナル防災・避難経路マップ作りの様子（第1回ワークショップ）

表-5 ワークショップの内容や参加者数

回	実施時期・場所	検討内容	参加者
1	2006年1月24日 19:00-21:00 壺川公民館	・白川洪水ハザードマップの見方 ・校区オリジナルの防災・避難経路マップの作成	住民 33 行政 1 NPO 1 大学関係 14
2	2006年2月26日 10:00-12:00 壺川地域コミュニティセンター	・大学が実施した壺川校区内の詳細氾濫解析シミュレーション結果の説明 ・校区オリジナルの防災・避難経路マップの修正・追加	住民 34 行政 2 NPO 1 大学関係 19
3	2006年6月4日 10:00-12:00 壺川地域コミュニティセンター	・仮想氾濫シナリオを用いた災害図上避難訓練の実施（内水・洪水氾濫）	住民 35 行政 4 NPO 1 大学関係 30

オリジナル防災・避難経路マップ作りでは、住民を自宅の町内ごとに、京町地区（京町本町、京町2丁目）、壺川地区（京町1丁目、壺川1丁目）、坪井地区（坪井1丁目、坪井5丁目、内坪井）、寺原地区（壺川2丁目、津浦町、その他）の4つのグループに分け、現在の避難場所、避難経路を地図上に復元した。

さらに防災の視点から、普段危険に感じる場所や気づいた点をマップに書き込んで、オリジナルの防災・避難通路マップを作成した。第1回ワークショップで作成したオリジナル防災・避難経路マップの一部を図-19に示す。各々の住民の住居と現時点で考える避難場所と避難経路で記し、更に普段住民が危険に感じている箇所、

気になる箇所などを地図上に再現した。全体的に坂の多い地域ということもあって、坂道流れ込む水が危険といった声や、高齢者の多い地域のために避難に時間がかかるという声も目立った。

第2回ワークショップでは、壺川校区内でのより詳細な氾濫水の動きを調べるために、大学側で行った氾濫シミュレーションの結果について説明を行った(図-20)。計算には累積降雨量として坪井川上流域で1,000mmを想定し、坪井川流域の過去の流出解析結果を分析し、坪井川で700m³/sの出水量となる条件とした。また、氾濫条件は破堤ではなく、越水で生じる場合を設定した。今回の計算に用いた累積降雨量や坪井川流量は、既往降水量や現状の基本高水流量を大きく上回るものであるが、降雨に関しては、実際に2005年の台風14号で宮崎では1,200mmを超える豪雨が2日間で観測され、大きな被害をもたらしている。今後の地球温暖化では局地的な大雨の確率が増えることも予想されており、今回は想定範囲内の降水リスクと考えて計算を行った。洪水氾濫計算手法の詳細は岩佐ら¹⁸⁾、山田ら¹⁹⁾を参照いただきたい。

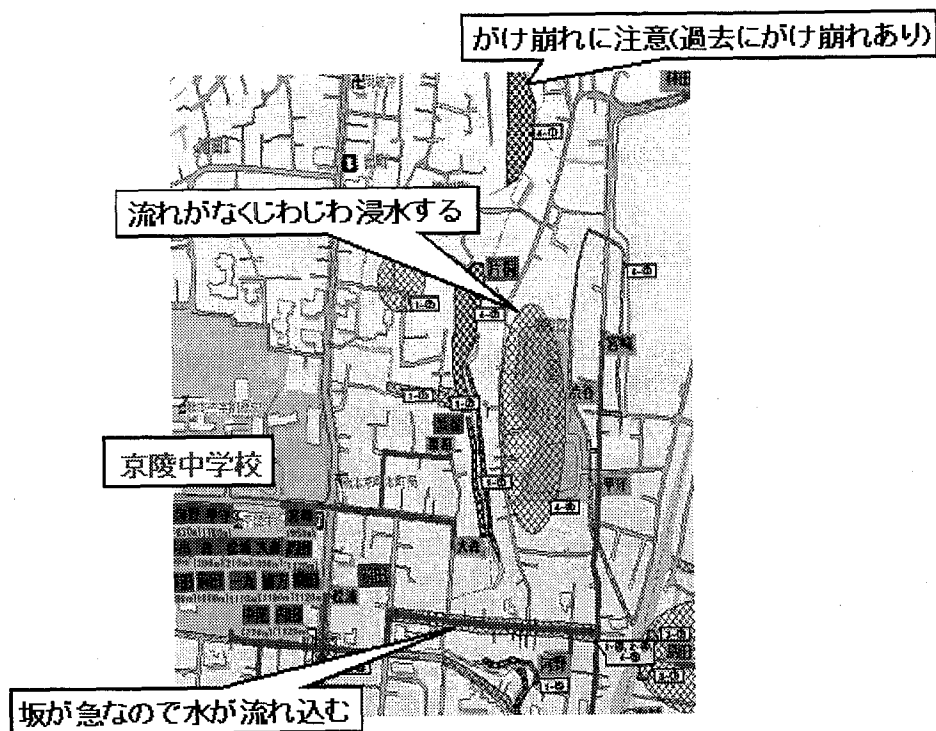


図-19 壺川校区オリジナルの防災・避難通路マップの一部

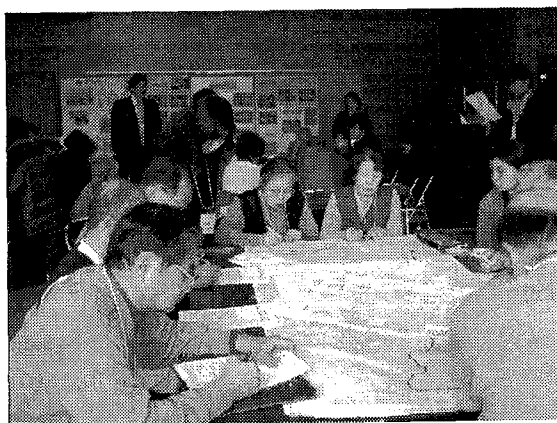
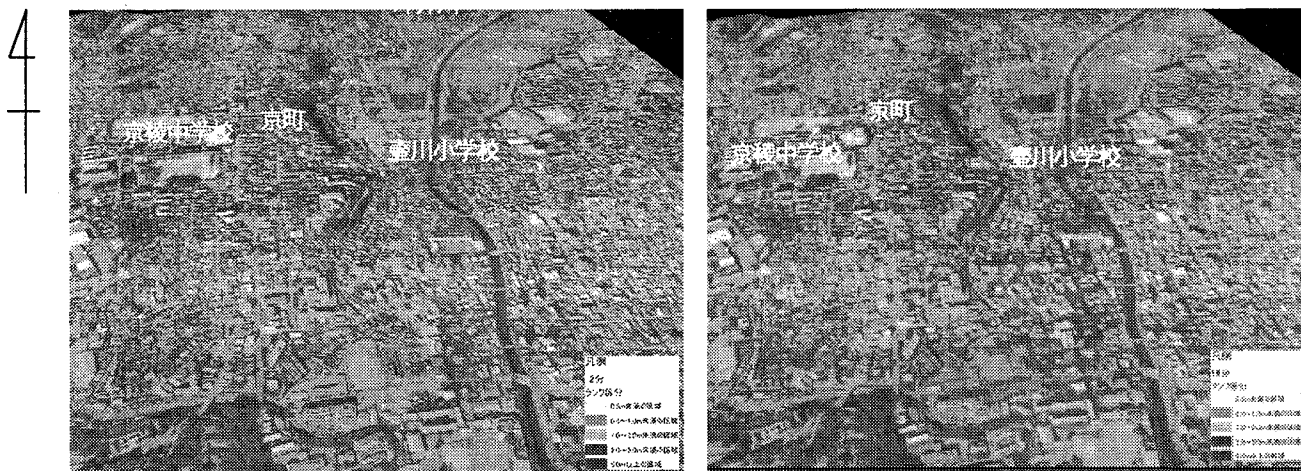


図-20 オリジナル防災・避難経路マップ作りの様子(第2回ワークショップ)



1) 氾濫2分後 2) 氾濫16分後
図-21 洪水氾濫シミュレーション結果の鳥瞰図表示の一例 (第2回ワークショップ)

図-21は、航空機レーザープロファイラーでの標高データを用い、家屋1軒が認識できる5m間隔の計算格子を用いて計算した氾濫シミュレーションの結果の一例である。計算より氾濫開始2分後には避難場所となる壺川小学校に氾濫水が到達している。第2回目のワークショップでこれらの計算結果のアニメーションを見ていただき、実際の氾濫水の挙動を考慮しながら、1回目のワークショップで作成した防災マップと比較・検討を行い、地域特性を反映した防災マップ作りを行った。なお、このワークショップの中で、壺川校区の浸水には、その地形的特長から、坪井川が氾濫する以前に、まず、京町台地に降った雨が、一気に斜面を下って低平地に流れ込む内水による氾濫（内水氾濫）が問題であることが分かった。これは、低平地にはポンプ場が4箇所設置してあるが、時間50mm以上の雨が数時間継続すると処理能力を超える場合もあり、処理できなくなった雨水が低平地に氾濫するためである。

第3回ワークショップでは、第2回のワークショップで指摘された降雨による内水氾濫を考慮して、壺川校区における内水・洪水氾濫シナリオを作成し、これまでのワークショップを通して作成してきたオリジナル防災・避難経路マップを使用した図上避難訓練を実施した（図-22）。これはあくまでも仮想のシナリオであるが、既往水害の記録や解析結果などを考慮しながら、表-6に示す時間進行型のシナリオを我々の研究グループで作成した。なお、このシナリオ中に登場する専門用語、例えば、警戒水位などは坪井川水位の危機管理情報として表-7に、また、避難勧告などは自治体が発令する避難情報として表-8にまとめている。

今回の図上避難訓練では、オリジナル防災・避難経路マップ作成時と同様に、住民を自宅の町内ごとに4つのグループに分け、ファシリテーターが進行役をつとめ、シナリオを読み上げながら、それに応じた住民の行動パターンを調査した。各グループの住民6～8名に対して、学生・教員らが5～7名でサポートし、住民の意見

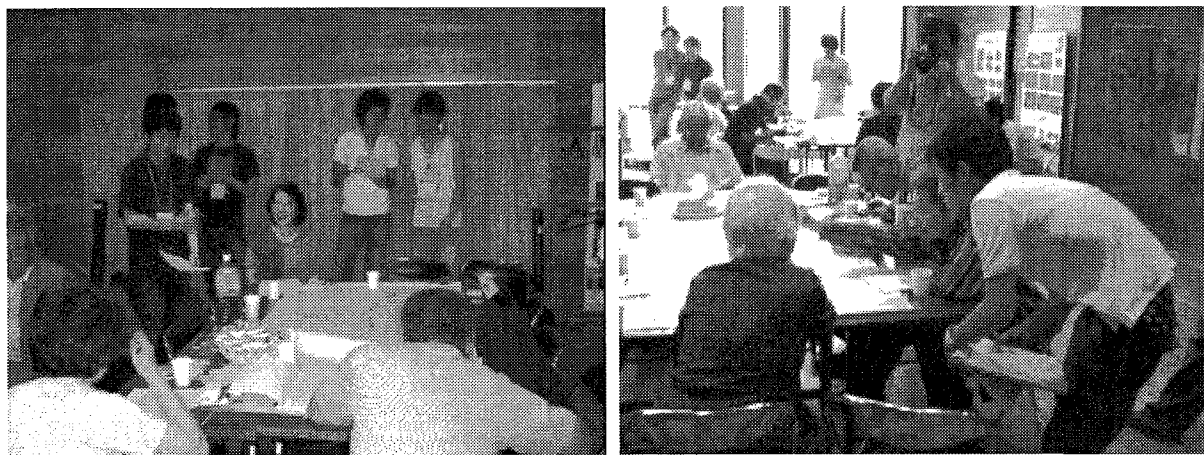


図-22 図上避難訓練の様子 (第3回ワークショップ)

表-6 内水・洪水氾濫のシナリオ（図上避難訓練用）

時 間	想 定 シ ナ リ オ
17:00	1週間前から降り続いた雨が、夕方から（朝から大雨洪水警報発令中）急に強くなる。
18:00	降雨に伴う内水が掃けなくなり、寺原付近で道路が冠水し始める。
18:15	阿蘇地方でも雨あしが強くなり（局地豪雨）、白川の水位がみるみるうちに上昇し、危険水位を超える様相を示した。
18:30	警戒水位まで来ていた坪井川の水位が急に増え、遊水池に濁流が流れ込む。
18:45	熊本市より白川沿線に避難指示が出される。
19:00	遊水池が満水となり、決壊の危険性が出てきた。一部では越流を始める。 泥川が氾濫する。
19:45	この先3時間ほど時間雨量50mm越の雨が続きことが予想されるとの情報が気象台より熊本市に報告される。
20:00	熊本市より白川沿線に避難勧告が出される。
20:45	白川が氾濫し、銀座橋際より市街地に濁流が流れ込む。3号線・下通りが冠水
21:00	遊水池の堤防が決壊
21:30	子飼橋上流で越流し、中町通り方面に濁流が押し寄せる
21:45	壺川小学校付近が3m冠水
22:15	熊本市役所付近が3m冠水
23:00	熊本市が非常事態宣言・自衛隊へ出動要請

表-7 坪井川水位の危機管理情報^{注3)}（熊本県坪井観測局：泥川付近）

水 位	標高(m; T.P.)	HP*上の表記(m)	水防活動
危険水位	12.27	6.12	氾濫が起る可能性がある水位
特別警戒水位	11.73	5.58	避難の目安になる水位
警戒水位	11.45	5.30	水防団が出動する目安
指定（通報）水位	9.18	3.03	水防団が準備・待機を開始する目安

*HP：熊本県統合型防災情報システムのホームページの略、アドレスは注3)を参照

表-8 日本の自治体が発令する避難情報

種 別	避難情報の内容	法 律
避難準備情報	避難勧告や避難指示が発令されてからでは「災害時要援護者」の避難終了が間に合わないことから、日本独自の防災システムとして考案されたもの。2005年6月28日に発生した新潟県での水害時、三条市や長岡市などにより適用された。	法令による根拠はなく、市町村が地域防災計画の中で定める。
避難勧告	当該地域又は土地、建物などに災害が発生するおそれがある場合、居住者に立ち退きを勧め促すもの。（避難を強制するものではない）	災害対策基本法
避難指示	状況がさらに悪化し、避難すべき時機が切迫した場合又は災害が発生し、現場に残留者がある場合に発令されるもので、「勧告」よりも拘束力が強くなります。しかし、指示に従わなかった方に対して、直接強制することはない。	災害対策基本法、水防法、地すべり等防止法、自衛隊法、警察官職務執行法

や行動パターンなどを記録した。

今回、オリジナル防災・避難マップの作成やそれを用いた図上避難訓練などの共同作業を通して、地域の実情に応じた避難場所や避難経路、代替経路などを議論することができ、有益であったとの感想を持たれた住民の方が多かった。また、3回のワークショップを通した水害リスクコミュニケーションを実施した中で、参加者同士が水害リスクという共通テーマについて議論を掘り下げることで、自助から共助の視点で地域防災に取り組む姿勢が見られるなど、住民の防災対策に対する意識に変化が感じられた。1章で既に述べたとおり、今回のワークショップでは、水害リスクコミュニケーションを通した参加者の地域防災意識の変化についても調べることを目的の一つとなっており、「水害対策への意識に関するアンケート調査」を合わせて実施した。このアンケートの概要と結果については次章で報告する。

また、ワークショップ参加者からは、今回の取組を、図上訓練だけに留まらせるだけではなく、実際に校区内の他の住民方も参加した避難訓練（社会実験）として行うことが必要との意見が多く、至急計画を練り、本年の10月に実施することとなった。その概要と結果については5章で報告する。

5. 水害対策への意識およびその変化に関するアンケート調査

(1) 個人属性アンケート調査

ワークショップに参加している住民の水害対策への意識およびワークショップ参加による防災意識の変化を見るために、ワークショップ参加前と参加後の2回、「水害対策への意識に関するアンケート調査」を行なった。第1回、2回ワークショップへの参加住民は総計52名であり、そのうち事前アンケートについては49名の参加住民から、事後アンケートには31名から回答を得た。

ワークショップ参加者の個人属性は、図-23に示すとおりである。参加者の約7割が男性であり、約7割が60歳以上の高齢者であった。そのため、約5割の住民が対象地区に30年以上居住しており、この地区で水害を経験している。ただし、1997年の坪井川遊水地の運用開始以降この地区では水害の経験をしている参加者はいなかった。参加者の9割以上が避難場所を認知しており、また、約3割の参加者がこれまでに水害学習会の参加経験者であった。ハザードマップについては、参加者の1/3がその存在さえ知らなかった。ハザードマップを読んだ人の9割はその意味を理解しており、浸水想定区域図や指定避難場所が把握出来たことを評価している。その反面、被害状況が把握できない、避難場所が浸水している、避難経路が分らない等の情報不足や地域の実情が反映されていないなどの不満も見られた。

(2) 水害対策への意識に関するアンケート調査

水害対策への住民意識について調べるために、アンケートの問に対する対応策を自助・共助・公助のいずれで行うべきかを「すべて個人で対応すべき」から「行政で対応すべき」までの7段階に分けて調査した。ワークショップでの水害リスクコミュニケーションを体験する前段階での意識調査結果を図-24に示す。

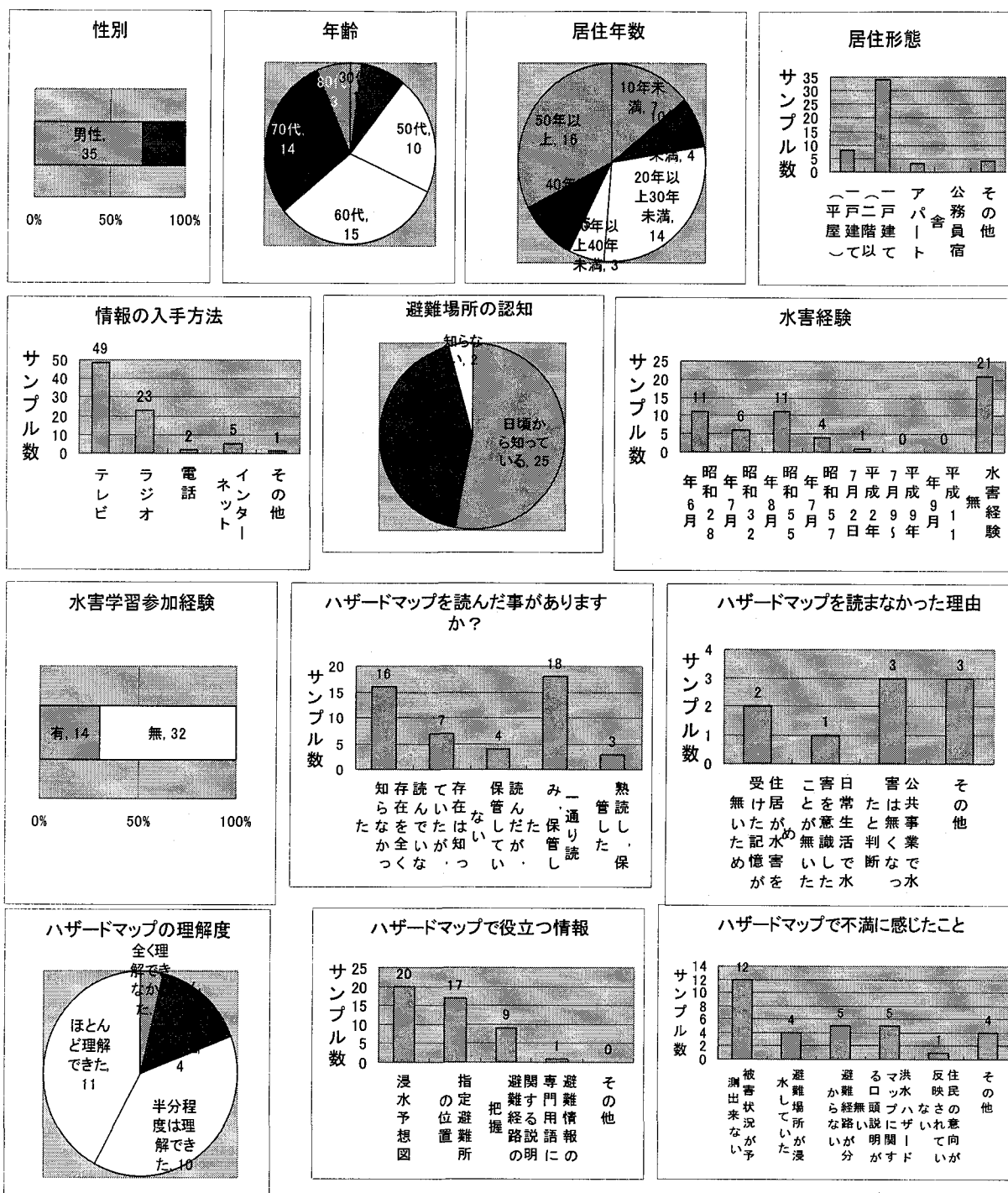
事前対応では、「保険加入」および「飲料水・食料品の備蓄」を除いた項目については、大半の参加者が地域で対応するとの認識を持っていた。「水害保険」については、個人で対応すべきとの認識が大半を占めていたが、「飲料水・食料品の備蓄」については、個人および行政で対応すべきとの認識であった。

注意報・警報発令時における対応では、「降雨情報の把握」および「浸水対策の手配・実施」については、大半の参加者が、行政が対応すべきとの認識を持っていた。「独居老人への連絡」や「住民行動の把握」といった近隣住民への情報伝達や情報把握については、「地域で対応すべき」との認識が強いようである。それに対し、「避難準備」や「避難の判断」については、「個人で対応すべき」から「行政で対応すべき」まで、個人ごとに認識がバラついていて、災害時の対応でも注意報・警報発令時における対応での意識と同様の傾向が見られた。

(3) 水害リスクコミュニケーションによる住民の水害対策への意識変化について

ワークショップに参加し、水害リスクコミュニケーションを経験する前・後でのアンケート調査両方に回答をいただいた31名の方についてその意識変化を検討した。意識変化を捉えやすくするため、「すべて個人で対応すべき」および「どちらかという地域より個人で対応すべき」との回答を「自助」、「どちらかという地域より個人より地域で対応すべき」、「地域の住民が協力して対応すべき」、「どちらかという行政より地域で対応すべき」との回答を「共助」、「どちらかという地域より行政で対応すべき」と「行政で対応すべき」との回答を「公助」と分類した。

代表的な意識変化を表-9に示す。図中の+、○、▲は、水害リスクコミュニケーションを経験する前、つま



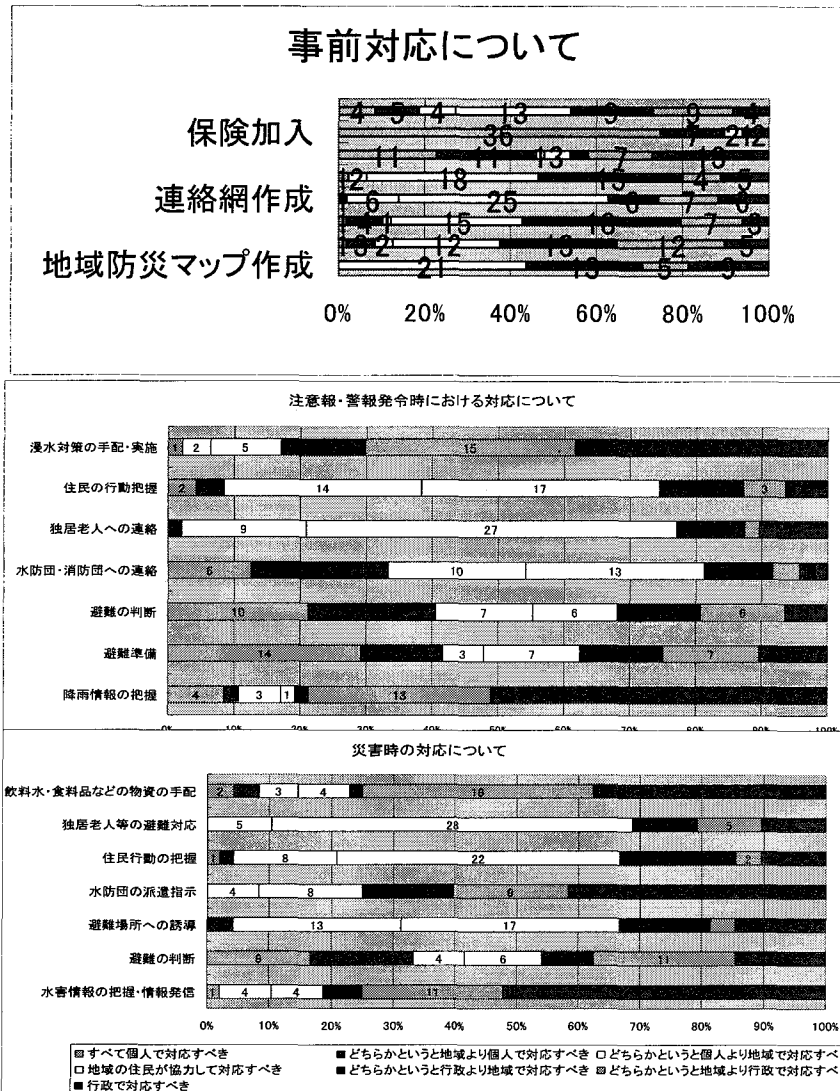


図-24 水害対策に関する意識のアンケート結果

そこで、水害リスクコミュニケーションの経験が本当に水害対策への意識変化に影響を与えたかを、統計的に検証する。ここで、今回のアンケート結果は、「自助」・「共助」・「公助」という名義尺度で計測された結果の差について検定を行うので、「 χ^2 (カイ) 2乗検定」を用いる。

$r \times c$ 分割表における2変数間の独立性を検定するための統計量 (χ^2)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \left(n_{ij} - \frac{n_{i*} n_{*j}}{N} \right)^2 \bigg/ \left(\frac{n_{i*} n_{*j}}{N} \right)$$

は、近似的に自由度 $(r-1) \times (c-1)$ の χ^2 分布に従うことが知られている²⁰⁾。ここで、 n_{ij} はセル (i, j) における

観測度数、 $n_{i*} = \sum_{j=1}^c n_{ij}$ 、 $n_{*j} = \sum_{i=1}^r n_{ij}$ 、 $N = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c n_{ij}$ であり、 $n_{i*} n_{*j} / N$ は期待値を表す。

また、帰無仮説 H_0 は、 $H_0: n_{ij} = n_{i*} n_{*j} / N$ (AとBは独立である) および対立仮説 H_1 は、 $H_1: n_{ij} \neq n_{i*} n_{*j} / N$ である。

表-9 水害リスクコミュニケーションの経験の有無による水害対策への意識変化

対応の時期	項目	水害リスクコミュニケーション経験	自助	共助	公助
注意報・警報発令時における対応	避難の判断	なし	+++++++ + (11)	○○○○○○○○ ○○○○ (11)	▲▲▲▲▲▲▲ ▲ (8)
		あり	+++++++○○○○ ○▲▲▲▲▲▲(18)	○○○○○○○▲ +++ + (11)	▲ (1)
	避難準備	なし	+++++++ ++ (12)	○○○○○○○○ ○ ○ ○ ○ ○ (12)	▲▲▲▲▲▲ (6)
		あり	+++++++ ○○○○○○○▲▲ ▲(19)	○○○○++▲▲ ▲ (9)	▲ (2)
災害時の対応	飲料水・食糧品などの物資の手配	なし	+ (1)	○○○○○○○○ (7)	▲▲▲▲▲▲▲ ▲▲▲ ▲▲▲▲▲▲▲ ▲▲▲ ▲▲ (22)
		あり	+○○▲▲ (5)	○○○▲▲▲▲ ▲▲▲▲ (11)	▲▲▲▲▲▲▲ ▲▲▲ ▲▲○○ (14)
	避難の判断	なし	+++++++ (9)	○○○○○○○○ ○ ○ ○ ○ (11)	▲▲▲▲▲▲▲ ▲▲▲ (10)
		あり	+++++ ○○○ ○○○○▲▲▲▲ (18)	○○○○○▲▲ ▲▲+ (10)	▲▲+ (3)

() 内は人数を示す

今回の計算では、行成分Aが水害リスクコミュニケーションの経験の有無を表し、 $r=2$ となる。また、列成分Bは「自助」・「共助」・「公助」という名義尺度を表し、 $c=3$ であるので、自由度は、 $(r-1) \times (c-1) = 1 \times 2 = 2$ となる。自由度が2の場合、カイ2乗分布表より、有意水準5%の値は5.991である。

よって、アンケートの各項目について、乖離値（期待値との残差の2乗項）を期待値で除した比率の合計を求め、その値が5.991より大きい場合は、帰無仮説は棄却され、水害リスクコミュニケーションの経験の有無が対象とする水害対策項目への意識変化に影響を与えることを客観的に示すことになる。逆に、5.991より小さい場合は、有意水準5%で帰無仮説は棄却されないため、水害リスクコミュニケーションの経験はその意識変化に影響を与えない。そこで、今回のアンケートの各項目について、カイ2乗検定を行った。

水害リスクコミュニケーションの経験の有無が住民の防災意識の変化に影響を与えたと、統計的に認められた項目とその χ^2 値などを表-10に示す。「注意報・警報発令時における対応」においては、「独居老人への連絡」、「避難準備」、「降雨情報の把握」の3項目について、また、「災害時の対応」については、「避難の判断」の1項目のみ、水害リスクコミュニケーションの経験により、「自助」への比率が増えることが統計的に示された。以上のように、水害リスクコミュニケーションを経験することで住民の防災対応への意識に変化をもたらすことが定量的に確認できた。

表-10 水害リスクコミュニケーションが住民の防災意識変化に影響を与えたと認められた項目

対応の時期	項目	χ^2 値	意識変化の内容
注意報・警報発令時における対応	独居老人への連絡	6.003	「共助」から「自助」へ
	避難準備	7.134	「公助」から「自助」へ
	降雨情報の把握	7.514	「公助」から「自助」へ
災害時の対応	避難の判断	6.802	「公助」から「自助」へ

6. 水害避難行動に関する社会実験

(1) 調査概要・シナリオ設定

第3回ワークショップで行った、住民の手によるオリジナル防災・避難経路マップを用いた仮想水害シナリオに対する図上避難訓練は、一般的にDIG (Disaster (災害), Imagination (創造力), Game (ゲーム) の略^{21, 22)}) と呼ばれる災害図上訓練と同じである。DIGは参加者が地図を囲んで、お互いに議論し合うことを通して、地域の災害弱点や災害時の対応策などについて、住民自らが発見・整理する教育訓練方法である。地域防災力の高揚に効果が期待されるため、最近では自治体や企業が防災訓練に取り入れる動きが活発化しているが、地図を見て考えるだけでは危険箇所を拾いもらす可能性があり、また、階段や坂道などを登る肉体的・時間的なコストについて具体的に考えることが難しい面も指摘されている（例えば、仲谷、2004）。そこで、我々はこれらの問題点を解決するために、水害時に避難所まで徒歩で避難する場合を想定し、時間的な氾濫水の広がりによる通路の遮断（トラップ）を考慮した避難訓練（社会実験）を計画・実施した。避難訓練を通して、①避難所までにどのような危険が存在するのか、②時間の経過とともに避難経路をどのように選択するのか、③自分自身の避難時間がどの程度必要なのか、④災害緊急時の連絡体制にどれくらい時間が必要かなどを、住民が実際の体験を通して考えていただくとともに、実験時の住民行動パターンの定量的なデータ取得を行い、その分析結果を報告会で説明し、今後の地域防災対策の一助とした。

水害避難行動に関する社会実験およびその報告会の日時・参加者等を表-11に示す。社会実験に使用した想定シナリオは、2006年6月26日に壺川校区で発生した降雨に伴う内水氾濫の実績を参考に決定した。6月23～27日にかけての熊本市内の降雨強度（時間雨量）、累積降雨量と坪井川水位の時系列を図-25に示す。梅雨前線に伴い6月23日から降り出した雨は、3日間で250mmに達していた。そこに、26日の早朝（5～6時）84mm/hの雨が降ったため、京町台地に降った雨が一気に低平地部に流れ込み、寺原・壺川付近で最大1mを越える浸水（内水氾濫）が発生した。また、この時点で坪井川の水位は特別警戒水位を超えたが、それ以降、急に降雨がおさまったため、河川氾濫自体は免れた。そこで、社会実験では、この内水氾濫後も激しい降雨が続き、坪井川の洪水氾濫が生じることを想定したシナリオを作成した。訓練に使用した想定シナリオを表-12に示す。内水氾濫水が時間的に広がり、通路を遮断するトラップは、レベル湛水法²³⁾により、15分ごとに計算機で再現した（図-26）。この計算では、内水氾濫の水位を一定とし、解析領域の低地部に溜まった水量と領域内に降った降雨量が釣り合うように浸水深を決定した。また、計算の再現性については、現地聞き取り調査より、問題がないことを確認している。なお、避難訓練における、避難場所については、指定された壺川小学校は水害時浸水の可能性が高いため、京町台地の壺川地域コミュニティセンターとした。

実験時の住民行動パターンの定量的な把握については、以下の4つの方法で実施した。①実験に参加いただいた住民の方には全員番号のついたゼッケンを着用していただく（図-27）。②校区内の道路交差点（27地点）に学生を配置し、交差点を通過する参加者のゼッケン番号・通過時間・進行方向を記録する。③GPS機能付き携帯電話30台を低平地に住む住民に事前配布しており、実験開始後2分ごとに全員の位置情報の取得をパ

表-11 社会実験およびその報告会の日時・参加者等

	実施時期・場所	参加者
社会実験	2006年10月9日 10:00-12:00 天候：晴天 避難場所：壺川地域コミュニティセンター	住民 86 (大人55, 子供31: 52世帯) 行政 8, NPO 1, 大学関係 46
報告会	2006年11月19日 10:00-14:00 壺川小学校	住民 59 (大人47, 子供12), 行政 8, NPO 1, 大学関係 23

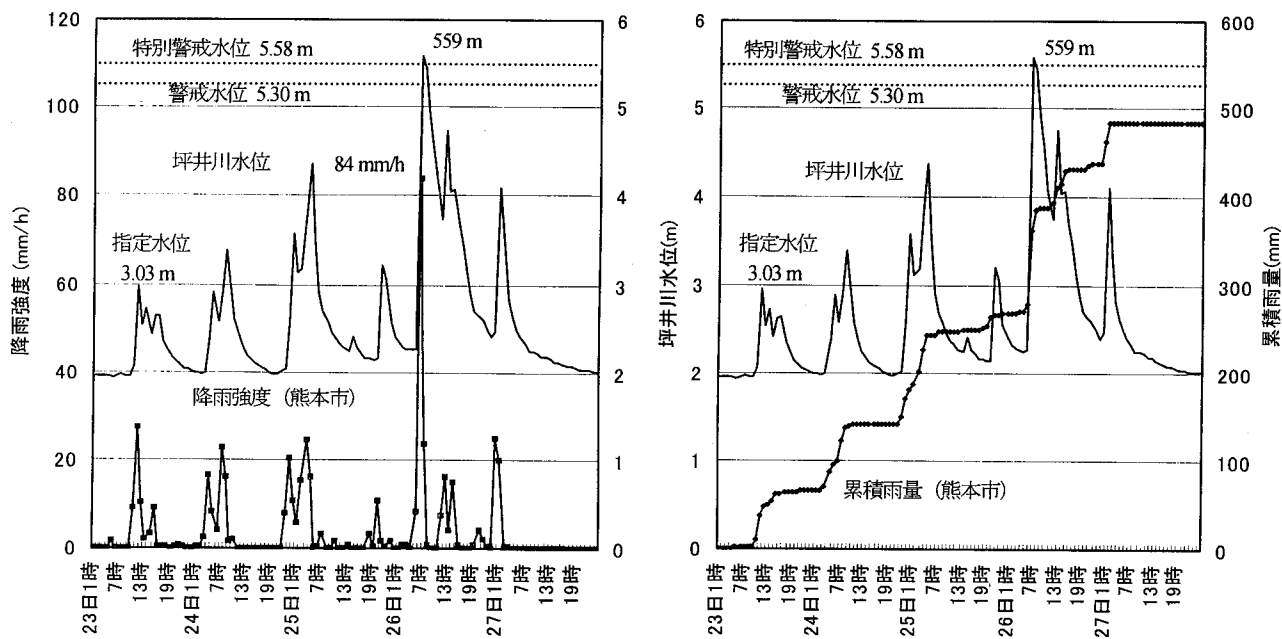


図-25 熊本市内の降雨強度（時間雨量），累積降雨量と坪井川水位の時系列

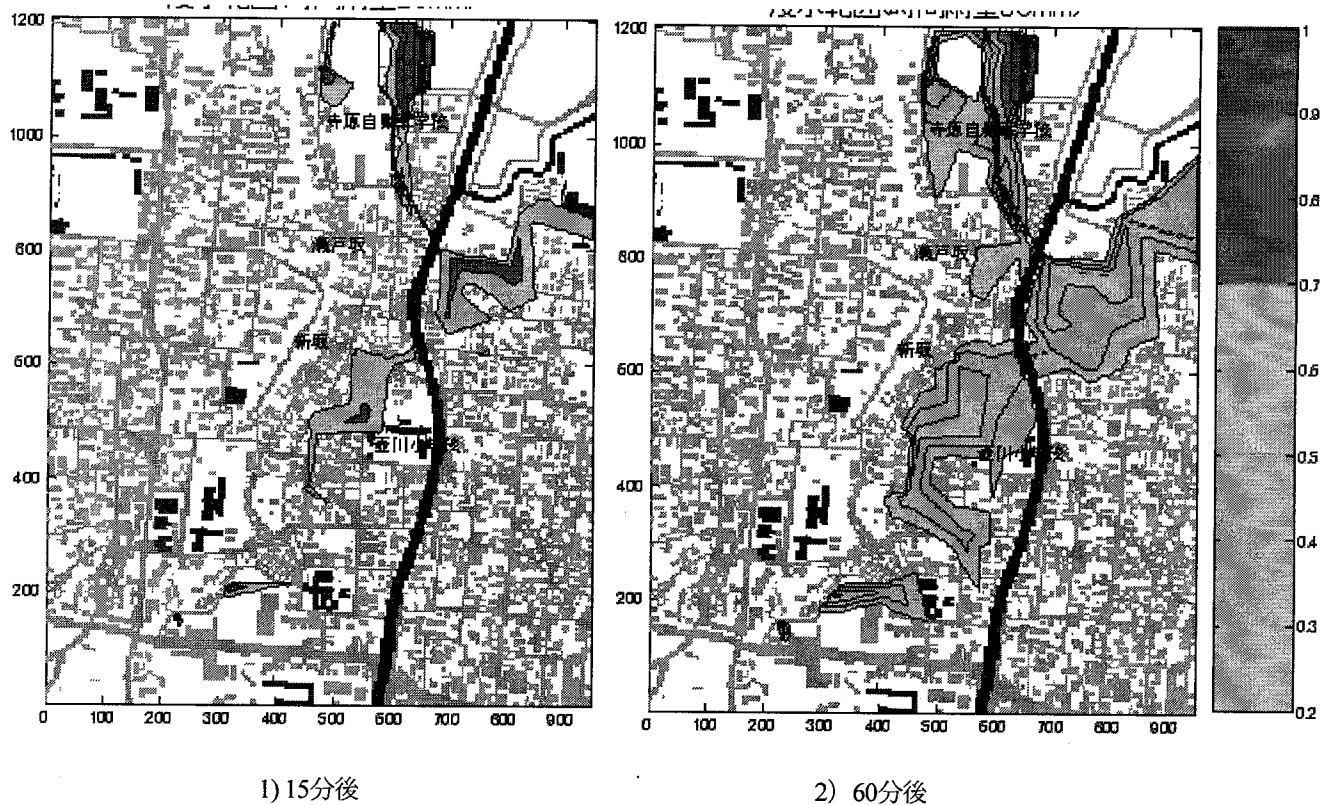


図-26 レベル湛水法による内水氾濫の再現結果（降雨強度 80 mm/h）

表-12 社会実験の想定シナリオ

時 間	想 定 シ ナ リ オ
午前10:00	3日前より熊本市から阿蘇に向かって舌状に伸びた雨雲が原因となって、雨が断続的に降り続き、白川は危険水位を超えた。レーダー観測によって、午前から午後にかけて、さらに時間雨量50-80mmの雨が予想され、白川の氾濫が現実味を帯びてきたため、熊本市では午前10時に白川沿線および内水による浸水が心配される地域（坪井・寺原等）に避難指示を出した。同じ頃、壺川地域では坪井川への排水が困難になり、坪井や寺原では、道路が冠水を始めていて、瀬戸坂は流れ込む雨水で通行が困難な状況となっている。坪井川も急速に水量が増し始め特別警戒水位に近づいている。
午前10:15	10時頃より激しく降り始めた雨が、京町台地から流れ込み、ポンプの許容範囲を超えたため、寺原や坪井の低地では冠水している地域が広がり始め、公民館付近も冠水している。坪井川も危険水位に近づいてきた。
午前10:30	10時頃より激しく降り始めた雨が少し弱まったが、京町台地から流れ込みがひどく、瀬戸坂は滝状態になっている。寺原や坪井の低地、公民館前付近では1m近く溜って入るところが見受けられる。白川は特別警戒水位を超えた。坪井川も水位が上がり始めている。
午前10:45	坪井川も水位が上がり始め、危険水位を超えたため、排水ポンプがまったく作動せず、急激に内水氾濫の場所が拡大してきた。一方、白川は計画水位を超え、一部では越流を始め、国道3号線が10cm浸かり、その流れが下通へ流れ込んでいる。
午前11:00	少しおさまった雨が、再び激しく降り始め、坪井川が氾濫し始めた。京町台地から流れ込みと相まって、京町台地を除く壺川校区の大部分が浸水している。白川からの越流水が坪井川に流れ込み始め、すでに下馬橋付近でも30cmの浸水となっている。
正午	市役所付近では、3mを超える浸水が見られ、市街地中心部は昭和28年6月26日と同規模の水害となっている。坪井川の下流では、白川から流れ込んだ流木や坪井川沿線の倒壊家屋の材が橋に絡まり、塞き止めて流れなくなっている。壺川小学校では、1階部分の半分の高さまで浸水している。

ソコン側から行った。この操作はKDDIのGPSMAPサービスを利用した。④今回の実験では避難指示の連絡体制として、電話連絡網を利用したので、電話を受け取った時刻および避難を開始した時刻は各住民に記録を取っていただいた。なお、訓練開始後、時間の経過とともにトラップが設定され、通行不可能となる道路については参加者には事前に通知しておらず、設定時間になると交差点に配置された計測系の学生が、この先は通行不可能となったことを直接住民に知らせる方法を取った。

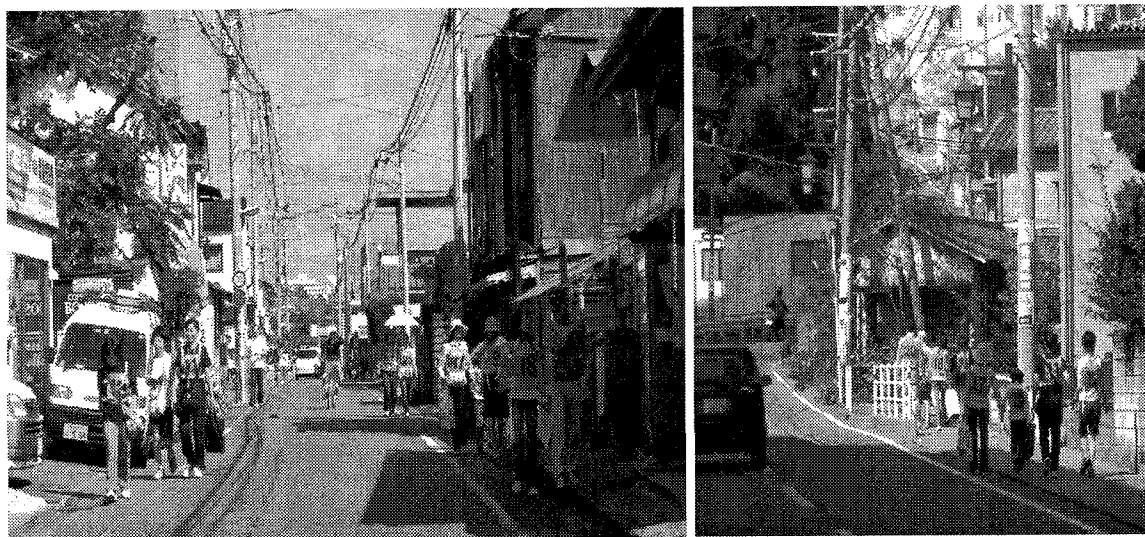


図-27 水害避難行動に関する社会実験の様子（2006年10月9日）

(2) 調査結果

避難情報の発令タイミングに関する調査結果のまとめを表-13に示す。まず、電話連絡網に関する結果では、今回参加いただいた52世帯の平均待ち受け時間は約7分であるが、避難情報の発令タイミングを考える場合には、その最大値が重要であり、実験では17分を要している。

また、避難指示を受けて実際に避難行動に移るまでに要した時間は、平均で約5分、最大値で10分である。この結果は、86名の方が連絡を受けて、全員が自宅を出るまでには最大30分程度が要したことを示している。つまり、避難情報の発令タイミングを考えた場合、避難指示の前に30～60分程度の準備時間が必要あり、現在、全国の自治体で導入が進められている「避難準備情報」の導入は有効と考えられる。実際、住民からの聞き取り調査によると、特に、壺川校区の低平地部の住民は、雨の状況などを見ながら、内水氾濫の恐れがある場合は、まずは京町台地に乗用車を避難させることがわかり、人命だけでなく、資産を守る観点からも「避難準備情報」を有効に活用することが望まれる。

表-13 避難情報の発令タイミングに関する調査結果

時 間 (分)	人数	平均 (分)	最大 (分)	最小 (分)
避難勧告の待ち受け時間	52	7.1	17	2
避難開始までの経過時間	52	4.6	10	1

次に、避難計画・避難場所の選定に関する基礎調査結果のまとめを表-14に示す。多くの自治体では避難計画において、車の利用を控え徒歩による避難を前提としているが、水害時の歩行速度は悪条件を考慮して33m/分(2km/h)と想定し、避難場所までの移動距離は1時間以内に移動できる距離として概ね2km前後としているものが一般的である²⁴⁾。今回計測した避難速度を壺川校区の避難計画に反映してゆくためには、その最小値に注目する必要がある。ワークショップの結果より、白川洪水ハザードマップで避難場所と指定されている壺川小学校では水害時に浸水の可能性が高いと判断し、今回は避難場所として京町台地の壺川地域コミュニティセンターを設定した。高台にある京町地区に比較して低平地にある壺川・坪井・寺原地区は高低差30mを越える坂を上る必要があるため避難速度は遅くなり、その最小値は46m/分(2.8km/h)であった。今回の避難訓練時の天候は晴天であったが、水害時の悪条件では避難速度がさらに遅くなるので、一般的な避難計画で想定される避難速度33m/分(2km/h)で壺川校区の避難計画を立案することは妥当と考えられる。

次に、避難場所の選定に関しては、参加者の避難距離の平均値は1,300m、最大値は2,060mであり、また、避難に要した時間は平均で20分、最大で38分も要している。実際の水害時にはさらに時間が必要となることから、高低差30mを越える高台のみに避難所を設置することは、高齢者や障害を持った方などの災害弱者の方に対しては最適な配置であるとは言いがたい。特に、今回の訓練中に、内水氾濫により通路が遮断され、増水時の坪井川に掛かる橋を渡る方もおられたが、その避難行動には安全性からも疑問が残り、実際、避難訓練後の住民の感想でも、増水時に坪井川を渡ることはかえって危険ではないかとの指摘があった。これらの結果より、自宅から10～20分程度の徒歩圏内に避難所を設置するなど、校区全体で複数の避難場所を用意するとともに、それらの最適な配置あるいは既存施設の有効利用などを含めた、決め細やかな計画が今後必要と考えられる。

表-14 避難計画・避難場所の選定に関する基礎調査結果

		人数	平均	最大	最小
避難速度 (m/分)	全員	45	72	143	46
	京町	15	83	143	55
	壺川・坪井・寺原	30	67	103	46
避難距離 (m)	全員	46	1,300	2,060	240
	京町	15	684	1,130	240
	壺川・坪井・寺原	31	1,600	2,060	580
避難時間 (分)	全員	52	20	38	2
	京町	16	10	17	2
	壺川・坪井・寺原	36	25	38	8

7. おわりに

本論では、平成17年9月の台風14号において甚大な浸水被害を受けた宮崎県大淀川下流域を対象に住民アンケート調査を実施し、同年5月に宮崎市の全世帯に配布された洪水ハザードマップの住民認知の実態やその公表効果について検討した。得られた結果を要約すれば、以下の通りである。

- 1) 避難行動に対する回答結果から、避難しなかった理由としては、自宅にいるほうが安全だと思ったからが27.4%、続いて危険を感じなかったからが23.5%、過去の台風情報から判断して被害が出るとは考えなかったという人が23.2%であり、自宅を安全と考えた割合は全体で74.1%を占めている。行政からの的確な避難勧告・指示の発令と情報伝達体制の確立が求められると同時に、避難しなかったことが真に適切な判断であったかどうかについては正常化バイアス、楽観主義バイアスに陥らないためにも検証が必要である。
- 2) 避難時の移動手段は、自家用車の割合が63.8%で最も高く、続いて徒歩が21.6%を占め、その他には、避難する際にはすでに家屋が浸水してゴムボートで救助される例が含まれている。ハザードマップでは、避難に徒歩を前提としている場合が一般的であることを考えれば、実際はこの前提とは大きく異なっていた。
- 3) 洪水ハザードマップの認知度は極めて低く、洪水ハザードマップが活用できる住民の割合は、アンケートの回答者の32%に過ぎない。洪水ハザードマップが配布されて僅か4ヶ月程度しか経過していないことを考えれば、洪水ハザードマップの普及および広報活動には可成りの工夫が求められる。
- 4) 洪水ハザードマップを読まなかった理由としては、日常生活で水害を意識したことが無いためと答えた割合が43%、被害を受けた記憶がないためという答えが41%であり、即ち水害を想定していなかったという理由が全体で8割以上も占めていた。
- 5) 洪水ハザードマップの認知度が高い人は、水害時における避難行動への意識が高いことが認められた。
- 6) 洪水ハザードマップで不満を感じた理由として、水害実態を十分に予測したものとなっていないこと（46%）が挙げられ、次に洪水ハザードマップに関する住民説明会が実施されていないこと（12%）、さらに住民の意向が反映された自助、共助に関わる情報の欠落（7%）であった。信頼性が高く住民の意向が反映された洪水ハザードマップの作成が求められている。
- 7) 住民意識の傾向を数量化Ⅱ類により分析した結果、自然災害を人災と捉える傾向は、床上浸水の被害に加えて、ハザードマップの認知度が高く、居住年数の長く、堤防決壊の可能性を強く意識した人に多いことが明らかにされた。

次に、水害に対する地域防災力の向上を目指すために、水害リスクマネジメントの活用に着目し、ワークショップ形式の水害リスクコミュニケーション手法を提案し、その実践的研究事例から以下の様な結果が得られた。

- 1) 熊本市壺川校区を対象としたケーススタディでは、降雨にともなう内水氾濫や坪井川の洪水氾濫に対する水害リスクコミュニケーションを実施し、ワークショップ参加に伴う参加者の防災意識の変化をアンケート調査するとともに、実際に校区住民が参加した水害避難訓練（社会実験）を計画・実施し、仮想水害時の住民の避難行動に関する基礎データを取得・分析した。これらの結果より、水害リスクコミュニケーションが、“住民自らが地域を守るという意識の高揚”に有効な手法となることを示した。
- 2) 今回のように小学校校区という空間的に数km四方と限定された地域内であっても、想定される内水・洪水氾濫時の氾濫水の挙動（広がり方や浸水時間）は、場所によって大きく異なり、地域の実情に応じたよりきめ細かな防災・減災対策が必要となることが示された。このように、今後の地域防災計画においては、地域コミュニティの実情をどこまで取り入れることが出来るかが鍵であり、積極的に住民が関わっていける“地域の安全・安心の場づくり”の推進が重要である。
- 3) 水害リスクコミュニケーションの限界についても触れておく必要がある。例えば、ワークショップを実施するためには地域コミュニティの協力と活力が不可欠であるため、過疎化が進む中山間地域ではその実施が非常に難しい。また、都心部であっても、地域住民の流動化が進み、地域の災害史を知らない住民が増え、地域コミュニティの結びつきが希薄となっている地域では、やはり継続的に実施することは困難である。今後の地域の防災対策や防災教育は、どのようにして“まちづくり”と連携しながら、日常生活の中に刷り込ませてゆけるかが大きな課題となろう。

謝辞

アンケートの実施および資料提供等において、国土交通省宮崎河川国道事務所、宮崎県土木部河川課並びに

宮崎市から多大なご協力を頂いた。また、アンケート調査実施の広報に関しては、NHK宮崎放送局および宮崎日々新聞社にご協力を賜った。ここに記して深甚なる感謝の意を表します。

また、ワークショップの計画・実施を含め、終始ご協力いただいた、壺川校区各位に感謝申し上げます。本研究の一部は、熊本大学政策創造研究センター（代表：大本照憲）ならびに河川環境管理財団（代表：大本照憲）より補助を受けて実施したものであり、記して謝意を表します。最後に、研究全般において、ご協力いただいた熊本大学工学部環境システム工学科ならびに大学院環境土木専攻の学生有志に重ねて謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 国土交通省 河川局 治水課洪水ハザードマップ作成の手引き, 平成 17 年 6 月
- 2) 片田敏孝, 児玉真, 佐伯博人: 洪水ハザードマップの住民認知とその促進策に関する研究, 水工学論文集, 第48巻, pp. 433-438, 2004.
- 3) 高尾堅司, 元吉忠寛, 佐藤照子, 瀬尾佳美, 池田三郎, 福岡輝旗: 住民の防災行動に及ぼす水害経験および水害予測の効果—東海豪雨災害の被災地域住民を対象にして—, 防災科学技術研究所研究報告, 第63号
- 4) 朝位孝二, 榊原弘之, 諏訪宏行, 藤重浩雄: 近年水害経験の少ない流域の洪水ハザードマップ認知状況, 水工学論文集, 第50巻, pp595-600, 2005.
- 5) 牛山素行, 新村光男, 沼田幸大, 山口兼由: 市町村による豪雨 防災情報活用の実態, 河川技術論文集, 第12巻, pp163-168, 2006.
- 6) 杉尾哲: 記録的な豪雨による九州の被害(速報), 土木学会誌, vol. 90, no. 11. pp44-47, November, 2005
- 7) 岡田憲夫「総合防災学への Perspective」, 総合防災学への道(荻原良巳・岡田憲夫・多々納裕一編), PP9-54, 京都大学学術出版, 2006.
- 8) 重川希志依「社会の防災力とコミュニティ」, 豪雨・洪水災害の減災に向けて(辻本哲郎 編), PP275-289, 技報堂, 2006.
- 9) 小松利光, 富永晃宏, 佐々木亨, 庄建治朗, 松山龍太郎, 堤啓: 河川災害の被災の有無による住民意識の差異・変化に関する研究調査, 河川技術論文集, 第7巻, pp117-182, 2001.
- 10) 仲谷善雄「大規模災害に対する減災情報システム(前編)」, 情報処理, 45巻, 11号, PP1164-1174, 2004.
- 11) 多々納裕一「災害リスクの特徴とそのマネジメント戦略」, 社会技術論文集, 1巻, PP141-148, 2003.
- 12) 小林潔司「災害リスクのマネジメント」, 防災の経済分析(高木朗義・多々納裕一編), 勁草書房, PP3-21, 2005.
- 13) 川畠健一・松本卓也・多々納裕一・畑山満則「コミュニティレベルの水害リスクコミュニケーション支援システムの開発」, 土木計画学研究・講演集, 32巻(151), 2005.
- 14) 片田敏孝・桑沢敬行「津波に関する危機管理と防災教育のための津波災害総合シナリオ・シミュレータの開発」, 土木学会論文集D, 62巻, 3号, PP250-261, 2006.
- 15) 片田敏孝・児玉真・浅田純作・及川康・荒畑元就「東海豪雨災害を事例にした避難に関わる意志決定の状況依存性に関する研究」, 水工学論文集, 46巻, PP319-324, 2002.
- 16) 片田敏孝・児玉真・佐伯博人「洪水ハザードマップの住民参加とその促進策に関する研究」, 水工学論文集, 48巻, PP433-438, 2004.
- 17) 熊本県「坪井川改修計画書」, P90, 1969.
- 18) 岩佐義朗・井上和也・水鳥雅文「氾濫水の水利の数値解析法」, 京都大学防災研究所年報, 23巻, B-2号, PP305-317, 1980.
- 19) 山田文彦・滝川 清・壺岐智成「高潮氾濫災害の被災要因とその危険度評価」, 海岸工学論文集, 48巻, PP1401-1405, 2001.
- 20) 池日央: 統計ガイドブック(池日央 編), P68, 新曜社, 1989.
- 21) 小村隆史, 平野昌「図上訓練 DIG(Disaster Imagination Game)について」地域安全学会論文集, 7巻, PP136-139, 1997.
- 22) 高橋洋, 小村隆史「防災-訓練のガイド」, P215, 日本防災出版社, 2006.
- 23) 竹内秀典・殿最浩司・真期俊行・安藤龍平・井上雅夫「短時間越波量を考慮した堤内地における越波浸水に関する研究」, 海岸工学論文集, 51巻, PP621-625, 2004.
- 24) 片田敏孝・及川康「実効性を持った洪水時の住民避難計画のあり方に関する検討」, 土木計画学研究・講演集, 24巻, PP925-928, 2001.

【注】

- 1) 国土交通省河川局 都道府県別洪水ハザードマップ公表市町村一覧,
<http://www.mlit.go.jp/river/saigai/tisiki/syozaiti/itiran.html>
- 2) 国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所白川浸水想定区域図
http://www.qsr.mlit.go.jp/kumamoto/river/kiki/soutei_s/index.htm
- 3) 熊本県統合型防災情報システム 坪井観測局
<http://www.bousai.pref.kumamoto.jp/Dsp/GmnDsp.exe?M43A1S506>