



水害に対する地域防災力向上を 目指したリスクコミュニケーション の実践的研究

山田 文彦*・柿本 竜治**・山本 幸***・迫 大介****・岡 裕二*****・
大本 照憲*

Implementation of Risk Communication for Enhancement on Community Flood Risk Mitigation

Fumihiko YAMADA *, Ryuji KAKIMOTO **,
Miyuki YAMAMOTO *** , Daisuke SAKO **** ,
Yuuji OKA ***** and Terunori OMOTO *

Abstract

Risk Communication using the continual workshops on flood risk management was proposed and implemented to enhance the capability of community flood risk mitigation. As for the case study, risk communication for flood due to heavy rain and river flooding was implemented at Kosen town-community in Kumamoto City. The variability of workshop participants' consciousness for flood risk mitigation was investigated based on the questionnaire survey. Fundamental data of residents' evacuation for flood was obtained and analyzed by conducting the evacuation drill for virtual flood scenario. Implementation of risk communication for flood was found to be effective for enhancement of residuals' consciousness for both self-reliance and mutual aid in community flood risk mitigation.

キーワード：リスクコミュニケーション，ワークショップ，水害リスクマネジメント，地域防災，実践研究
Key words : risk communication, workshop, flood risk management, community flood risk mitigation,
implementation-oriented research

* 熊本大学大学院 自然科学研究科
Graduate School of Science & Technology, Kumamoto University
** 熊本大学 政策創造研究教育センター
Center for Policy Studies, Kumamoto University
*** 熊本県庁 土木部
Civil Engineering Division, Kumamoto Prefectural Government

**** 東亜建設 横浜支店
Toa Corporation, Yokohama branch
***** NPO 法人 九州流域連携会議
Non Profit Organization for Kyushu Watershed
Cooperate Congress

本論文に対する討論は平成20年11月末日まで受け付ける。

1. はじめに

最近の水害の特徴は、一雨で累積雨量1000 mm,あるいは降雨強度(時間雨量)で100 mm/hを越す計画規模以上の豪雨が多発していることである(辻本, 2006)。現在の河川計画においては、対象とする河川によって異なるが、数10年~100年に1回程度発生する洪水に対しても、十分な河道能力を確保できるような河道計画が盛り込まれている。しかし、想定した河道能力が確保されるのは、あくまでも整備計画が完成した段階であり、現状とは異なる。また、整備計画が完了したとしても、計画規模を超える外力変動は常に存在するため、防災施設建設によるハード対策のみで水害リスク対策を行うことは非常に危険である。そのため、従来のハード対策や防災情報の提供だけでなく、行政と地域住民が協調しながらハードとソフト(防災教育、避難方法など)対策を実施し、地域防災力の向上と被害最小化を目指す、防災から減災への方向転換が進められている(例えば、玉井, 2006)。こうしたなか、水害を単に自然現象として捉えるのではなく、人間社会の中で発生する社会経済現象として捉え、水害リスクマネジメントとして防災・減災計画を取り扱う新たな手法が提案されている(例えば、小林, 2005; 多々納・高木, 2005)。

水害リスクマネジメントとは、企業経営などで用いられる組織防衛のための概念(リスクマネジメント)を水害対策に応用したものである。想定される水害リスクを可能なかぎり抽出し、その対応策を予め検討・実施するとともに、その結果を評価して事前対策の改善に結びつける一連の行動指針のことである(例えば、Plate, 2002; 多々納, 2003; 小林, 2005; Falconer and Harpin, 2005)。本研究で用いる水害リスクマネジメントの定義は、仲谷(2004)と同様であり、次の3つの項目で定義される。

- 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。

具体的には、①は災害情報システムの構築と運用、②は洪水ハザードマップや避難行動計画の作成と公表、③は防災教育、防災リーダー育成、避難訓練の実施などが含まれる。実際に地域コミュニティ(例えば校区自治会など)の防災・減災計画に水害リスクマネジメントを反映させてゆくためには、地域住民の合意形成を図ることが重要となる。近年、その有効な手段としてワークショップ形式のリスクコミュニケーションの活用が目ざされている(例えば、坂野・他, 2000; 田村・他, 2004)。

水害リスクコミュニケーションとは、専門家が協力し、行政と住民と専門家の間で、水害がもたらすリスクについて、相互にコミュニケーションを繰り返し行い、水害リスクに関する認識を共有する作業と定義される(例えば、広瀬, 2004)。つまり、水害リスクコミュニケーションとは水害リスクマネジメントを実践する上で、主要な構成要素であり、本研究では、さらに水害リスクコミュニケーションを水害リスクマネジメント全体に通底する主要な概念として捉えており、その有用性について検証を行う。従来の水害リスクコミュニケーションの代表例としては、洪水ハザードマップの公表・活用が挙げられる。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、平成19年6月末現在、全国637市町村で公表されている(国土交通省河川局)。これまでに、1998年の東日本豪雨災害や2000年東海豪雨災害時の住民避難の迅速化などで洪水ハザードマップの有効性が示されている(片田・他, 2002)。しかし、その一方で、洪水ハザードマップ作成の根拠となる累積雨量・降雨強度・降雨継続時間・堤防の破堤箇所等の計算条件(洪水シナリオ)が住民に周知徹底されていないため、有効な利用方法が理解されていないケースも多い。また、地上の建物や土地利用形態が十分には考慮されていないので、洪水氾濫状況(氾濫水の移動速度や移動方向等)が不明であり、災害時に洪水ハザードマップに示された避難経路

を選択できないケースも報告されている(例えば、片田・他, 2004; 柿本, 2005)。このような問題は情報提供が行政から住民への1方向のみであることに起因しており、水害リスクコミュニケーション本来の定義に従い、行政と住民と専門家の3者間での双方向の情報共有と理解が不可欠となる。しかしながら、地域コミュニティを対象とした防災・減災計画への水害リスクコミュニケーションの適用研究は緒に就いたばかりであり、研究例は非常に少なく、具体的な実践手法や地域コミュニティの合意形成における意識変化の過程などには不明な点が残されている(川島・他, 2005; 片田・桑沢, 2006; 片田・他, 2007)。

本研究ではワークショップや想定水害シナリオを用いた避難行動実験(社会実験)などを水害リスクコミュニケーションの一環として実施する手法を提案する。具体的には、以下の3点が本提案手法の要点である。

- ①洪水ハザードマップを活用したワークショップを複数回実施し、洪水ハザードマップの利点と欠点を理解するとともに、地域に潜む水害リスクを認知する。さらに、災害図上訓練などを通して、地域独自の水害避難経路マップを作成する
- ②作成した水害避難経路マップの有効性について確認するために、想定水害シナリオを用いた社会実験を実施する。社会実験には、幼児から老人まででできるかぎり多数の方に参加してもらい、避難行動データを取得するとともに、参加者からの意見を反映し、避難場所や避難経路の修正を行う。
- ③ワークショップや社会実験への参加者の防災・減災意識の変化について継続的にアンケート調査を行い、地域コミュニティの合意形成における意識変化過程の基礎データを取得する。

なお、本水害リスクコミュニケーション手法の有効性については、地域コミュニティを選定し、ケーススタディとして実践した。ケーススタディは現在も継続中であるが、今回は約1年間の調査結果を用いて検証を行う。

ここで、本研究に関連した先行研究例としては、

田村・他(2004)の戦略計画の概念をワークショップに適用し、地域防災計画を策定した研究事例、川島・他(2005)の地域コミュニティレベルでの水害リスクコミュニケーションを支援するシステム開発の研究事例、および、片田・他(2007)の行動指南型の洪水ハザードマップを用いた水害リスクコミュニケーションの提案などが存在する。これらの先行研究例と比較した本研究の特徴は、まず田村・他(2004)とは異なり、水害リスクコミュニケーションを戦略計画ではなく、マネジメントサイクルとして捉えている点である。また、川島・他(2005); 片田・他(2007)に対しては、基本的な考え方は共通する部分が多いが、彼らがシステムやツールの開発に重点を置いているのに対して、我々は水害リスクコミュニケーション具体的な実施手法を提案し、実践を通してその効果の計測を試みている点があげられる。

以下、本論文の構成は次のとおりである。2章では、まず、本研究で提案する水害リスクコミュニケーションをマネジメントサイクルの1つであるPDCA(Plan, Do, Check, Actionの略語)サイクルとして捉え、次いで、ケーススタディとして熊本市壺川地区を対象に行った内水・洪水氾濫に対するワークショップや災害図上訓練の概要とその結果について説明する。3章では、校区住民が参加した社会実験の概要とその避難行動データの分析より、地域防災対策の現状と課題について説明する。4章では、水害リスクコミュニケーションによる参加住民の意識変化を調べるために行ったアンケート調査の概要とそのデータ分析結果について説明する。最後に、5章で、本研究のまとめについて述べる。

2. 水害リスクコミュニケーションのケーススタディの概要と結果

2.1 PDCAサイクルとして捉えた水害リスクコミュニケーション

岡田(2006)は、地域防災力の向上には、地域住民や地域コミュニティ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ことの重要性

を述べた。さらに、21世紀型の総合防災計画論では、先見的・事前警戒的な適用型マネジメントが重要であり、その概念図をPDCAサイクルとして示した。この適用型マネジメントを水害対策に適用した場合、本研究で提案する継続的な水害リスクマネジメントの実施と同義であると考えられる。そこで、本水害リスクコミュニケーション手法をPDCAサイクルとして捉えた概念図を図1に示す。PDCAサイクルにおいて本提案手法は、以下の4つのプロセスで構成される。

プロセス① 水害避難経路マップと防災・減災

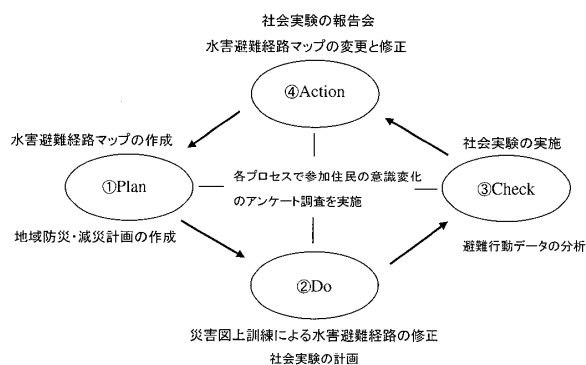


図1 PDCAサイクルとしての水害リスクコミュニケーションの概念図

計画の作成 (Plan)

プロセス② 災害図上訓練による水害避難経路マップの修正と社会実験の計画 (Do)

プロセス③ 社会実験の実施および避難行動データの取得・分析 (Check)

プロセス④ 社会実験結果の報告会と水害避難経路マップの変更・修正 (Action)

なお、各プロセスにおいて、参加住民の意識変化についてアンケート調査が行われる。次節で述べるケーススタディの現状は、PDCAサイクルの1回目の循環が完了した段階であり、ワークショップを継続しながら地域独自の防災・減災計画を検討中である。今後も地域住民の防災意識や地域防災力の持続的な向上を実現するためには、このPDCAサイクルを必要に応じて修正を行いながら、経年的に循環させて、地域防災・減災計画を実践可能な段階まで練り上げ、地域に浸透させてゆくことが重要である。

2.2 ケーススタディ対象地区の概要

ケーススタディでは地域からの要請もあり、熊本市壺川校区を対象とした。図2に壺川校区の航

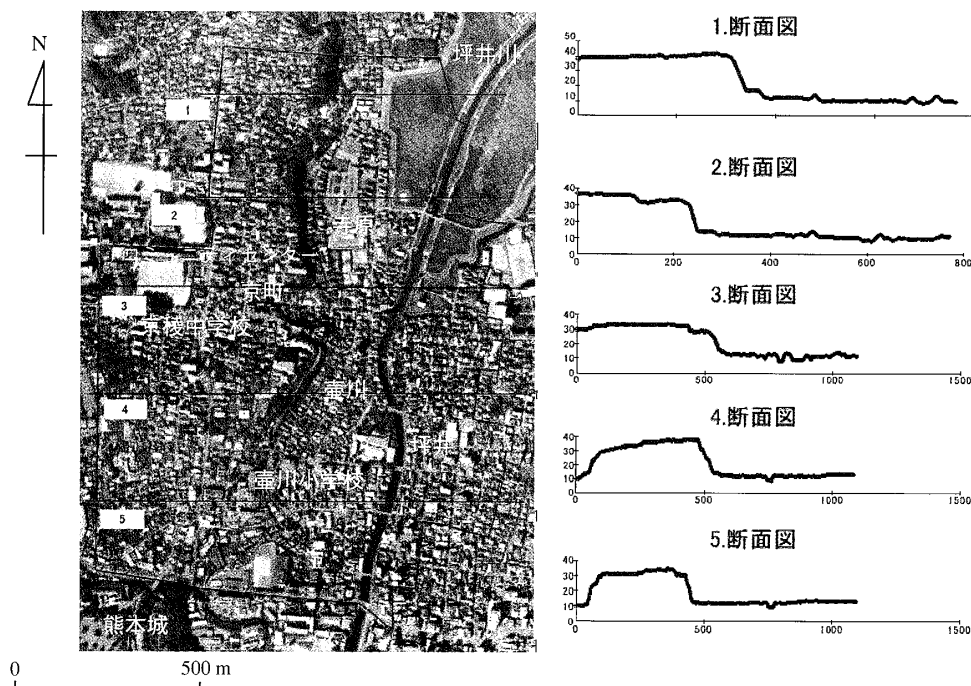


図2 壺川校区の航空写真および横断面図

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図を示す。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、有明海に注いでいる。壺川校区は南北・東西方向ともに約1 km四方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。壺川校区の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である。近年の代表的な既往水害を表1に示す。坪井川の基本計画高水は昭和32年の水害を基に320m³/sであるが、現在の河道能力は壺川校区付近で190m³/s（50年確率）である。

2.3 ケーススタディの実施内容と参加者数

表2に本研究で実施したケーススタディ（水害リスクコミュニケーション）の内容と参加者数を示す。熊本市壺川校区において、2006年1月・2月・6月に合計3回のワークショップを実施し、2006年10月には校区住民が参加した想定水害に対する避難行動実験（社会実験）、さらに、同11月には社会実験の報告会を行った。各回の参加者は、ワークショップが3回の平均として、校区住民が34名、行政2名、NPO1名、大学関係者18名、社会実験の参加者は住民86名（52世帯、大人55名；子供31名）、行政8名、NPO1名、大学関係者46

名、社会実験の報告会には住民59名、行政8名、NPO1名、大学関係者23名が参加した。社会実験とその報告会の詳細は4章で述べるので、以下ではワークショップの内容と成果についてについて説明する。

2.4 ワークショップの内容と成果

3回実施したワークショップの校区住民の参加者については、壺川校区全17町内の自治会長や民生委員の方を中心に各町内から2名程度の参加を連合自治会長に依頼し、毎回平均で34名の参加があった。ワークショップでは、校区住民が積極的に意見交換が可能なように、ファシリテーターの先導によって進行した。ファシリテーターは九州流域連携会議の議長で5年以上のワークショップ運営の経験を有する岡氏（本論文の共著者）が勤めた。進行シナリオは研究グループ全員で協議しているため、今回のファシリテーターのワークショップでの主な役割は、①参加住民との目的の共有、②議論の円滑化、③時間管理、④参加者とのまとめの共有、⑤次回課題の提示、の5つである。

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、校区独自の水害避難経路マップ作りなどを行った。ここで、白川は熊本市内を流れる1級河川であり、約400年前に加藤清正によって坪井川と分離されるまでは両河川は熊本市中心部の熊本城付近で合流していた。そのため、現在でも白川の洪水氾濫の影響は坪井川にも影響を与え、表1に示す昭和28年の大水害は白川の洪水氾濫の影響が坪井川に及んだものである。熊本市は白川洪水ハザードマップを作成し、2005年6月に

表1 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480 mm
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

市内の全世帯に配布している。水害避難経路マップ作りでは、住民を居住の町内ごとに、以下の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記入した(写真1)。

- ①京町地区(京町本町, 京町2丁目)
- ②壺川地区(京町1丁目, 壺川1丁目)
- ③坪井地区(坪井1丁目, 坪井5丁目, 内坪井)
- ④寺原地区(壺川2丁目, その他)

表2 水害リスクコミュニケーションの内容と参加者数

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 ・校区独自の水害・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説明 ・校区独自の水害・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	・想定シナリオを用いた災害図上訓練の実施	住民 35 行政 4 NPO 1 大学関係 30
4	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	・想定シナリオを用いた避難行動実験(社会実験)	住民 86 (世帯数 52) (大人 55) (子供 31) 行政 8 NPO 1 大学関係 46
5	2006年11月19日 10:00-14:00 壺川小学校	・社会実験の報告会	住民 59 (大人 47) (子供 12) 行政 8 NPO 1 大学関係 23

() は参加住民の内訳

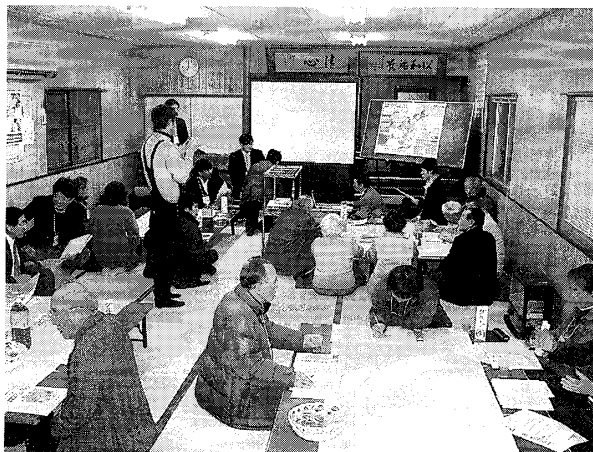


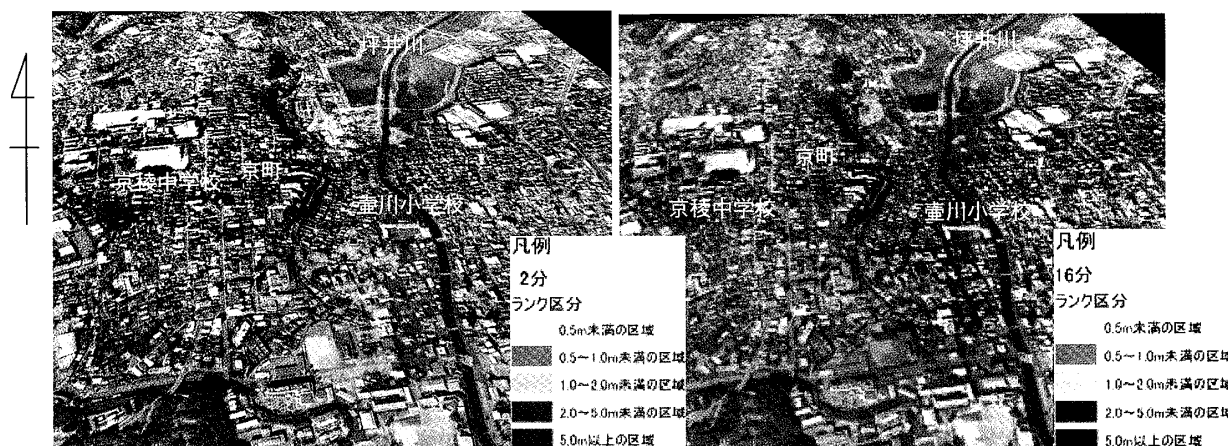
写真1 校区独自の水害避難経路マップ作りの様子(第1回ワークショップ)

さらに、普段危険に感じる場所や水害時の経験などを避難経路マップに書き込むことで、過去に浸水した範囲や斜面崩壊の生じた場所が明らかになった。なお、今回作成した壺川校区独自の水害避難経路マップの一部が山田・柿本(2007)にカラー写真で掲載されている。

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理解していただくために、大学側で作成した氾濫シミュレーション結果について説明を行った。計算には累積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、越水が生じる場合を設定した。今回の計算に用いた累積雨量や坪井川流量は、既往降水量や基本高水流量を大きく上回るものであるが、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・他(1980)、山田・他(2001)と同様である。図3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た氾濫シミュレーション結果の一例である。熊本市作成の白川洪水ハザードマップでは壺

川校区の避難場所は壺川小学校が指定されている。しかし、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ことがわかる。ワークショップでは、これらの計算結果のアニメーションを見ていただき、1回目のワークショップで作成した校区独自の水害避難経路マップに対して、校区内の氾濫水の挙動を考慮して再検討を行った。ところで、壺川校区の浸水形態には、その地形的特徴から、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氾濫が問題となっていることが、ワークショップに参加している地元住民の指摘により判明した。低平地にはポンプ場が数箇所設置してあるが、降雨強度50mm/h以上の降雨が数時間継続すると、高台からの雨水が一気に低地部に流れ込み、ポンプの処理能力を超える場合があり、坪井川本川への排水処理できなくなった雨水が、低平地内に氾濫し、内水氾濫が生じるものである。実際、ワークショップを実施している2006年6月26日と7月23日の2回、内水氾濫が生じた。特に、2006年6月の内水氾濫は規模が大きかったため、後述する2006年10月に実施した社会実験時の想定シナリオに用いた。

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た、壺川校区の内水・洪水氾濫シナリオを作成



1) 氾濫2分後

2) 氾濫16分後

図3 洪水氾濫シミュレーション結果の鳥瞰図表示の一例

し、これまでのワークショップを通して作成してきた校区独自の災害避難経路マップを使用した災害図上訓練 (DIG: Disaster (災害), Imagination (創造力), Game(ゲーム)の略;小村・平野, 1997) を実施した。想定シナリオは、既往水害の記録や解析結果などを考慮しながら、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(表3)。今回のDIGでは、災害避難経路マップ作成時と同様に、住民を4つのグループに分け、各グループの住民7~9名に対して、学生・教員らが5~7名でサポートした。また、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意見や行動パターンなどを記録した(写真2)。

今回、校区独自の災害避難経路マップの作成やそれを用いた災害図上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った住民の方が多かった。また、計3回のワークショップを通じ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

表3 災害図上訓練用の内水・洪水氾濫シナリオ

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 越の雨が続く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3 m 冠水。
22:15	熊本市役所付近が3 m 冠水。
23:00	熊本市が非常事態宣言・自衛隊へ出動要請。



写真2 災害図上避難訓練の様子(第3回ワークショップ)

ることで、住民の防災対策に対する意識に変化が感じられた。また、行政や専門家の方にも、実際にワークショップを通して、地形図や既存データのみでは知ることのできない、地域内の危険箇所や内水氾濫の危険性など、災害の地域特性を把握することができたことは非常に有意義であった。

3. 水害避難行動に関する社会実験

3.1 調査概要・シナリオ設定

第3回ワークショップで行った災害図上訓練は、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。しかしながら、地図を見て考えるだけでは危険箇所を拾いもらず可能性があり、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る機会とするとともに、社会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・減災計画に反映する。

水害避難行動に関する社会実験の日時・参加者数は表2のとおりである。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。図4に6月23～27日にかけての熊本市内の降雨強度（時間雨量）・累積雨量と坪井川水位の時系列を示す。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）降雨強度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部に流れ込み、寺原・壺川付近で最大1mを越える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

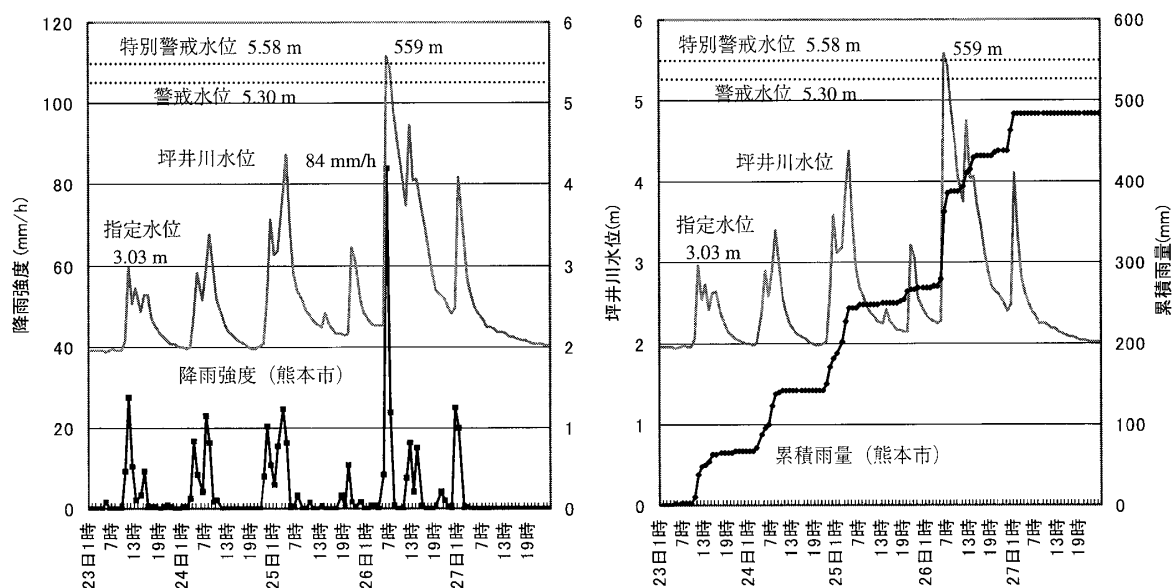


図4 熊本市内の降雨強度、累積降雨量と坪井川水位の時系列（2006年6月23～27日）

に降雨がおさまったため、坪井川の洪水氾濫は免れた。しかし、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。社会実験に使用した想定シナリオを表4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（例えば、竹内・他、2004）により、15分ごとに計算で再現した（図5）。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、社会実験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に浸水の可能性が高いと判断し、京町台地の壺川地域コミュニティセンターとした。社会実験の当日の様子を写真3に示す。

実験時の住民避難行動データ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実験に参加する住民の方は、全員番号のつい

たゼッケンを着用する。

②校区内の道路交差点（27地点）全地点に学生1名を配置し、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、実験開始後2分ごとに全員の位置情報の取得をパソコン側から行う。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するので、電話を受け取った時刻および避難を開始した時刻は各参加者が記録する。

なお、実際の社会実験では、実験開始後15分ごとにレベル湛水法の計算結果に基づいて、通行不可能となる通路（トラップ）が設定される仕組みになっている。このトラップの周知方法については、事前には参加者に通知しておらず、トラップ設定の時間になると交差点に配置された学生が、

表4 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。

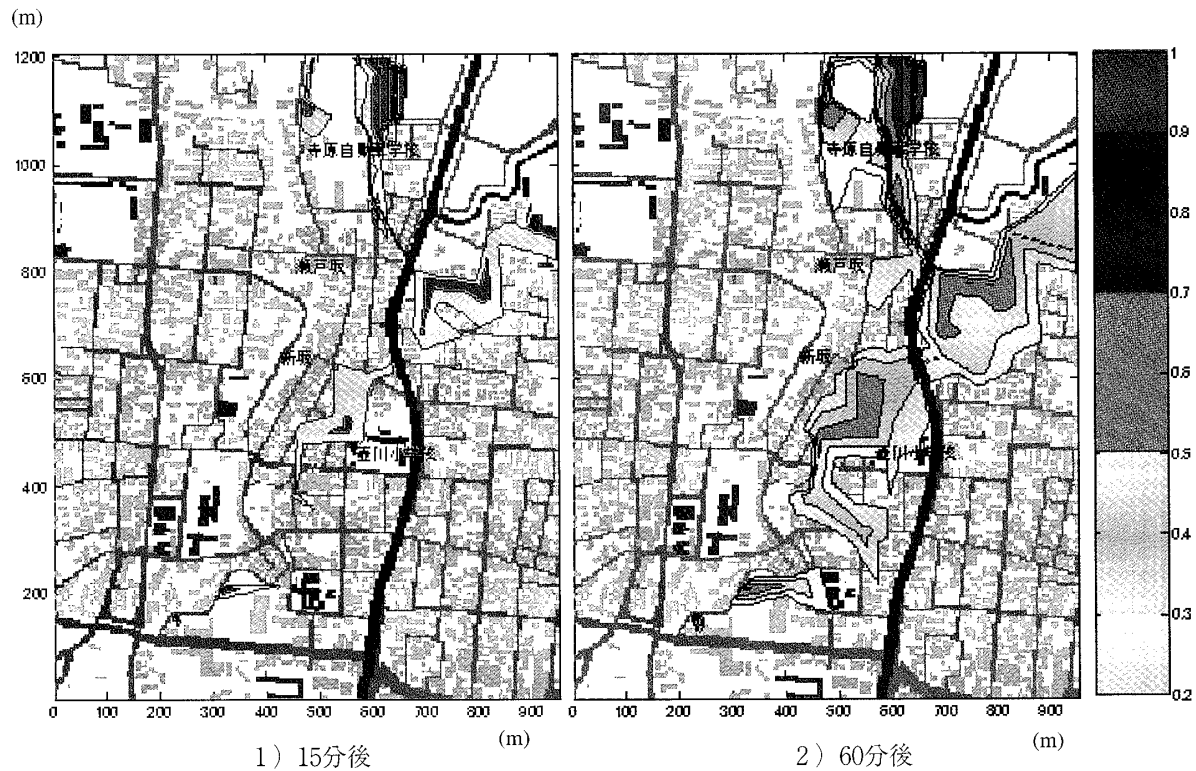


図5 レベル湛水法による内水氾濫の再現結果（降雨強度80mm/h）

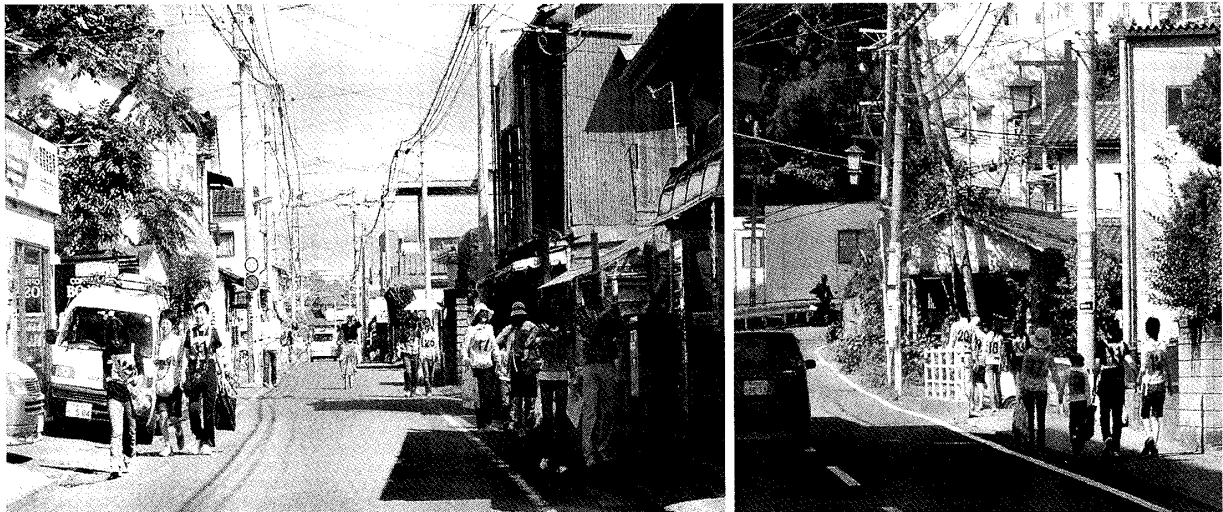


写真3 水害避難行動に関する社会実験の様子（2006年10月9日）

この先の通路は通行不可能となり、別経路を選択するように直接住民に知らせる方法を取った。これにより、想定シナリオの現実性を高め、より実際の水害時に近い状況での住民の経路選択などの避難行動データ取得を試みた。

3.2 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5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世帯の避難指示の電話連絡待ち時間は平均で約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

表5 避難情報の発令タイミングに関する調査結果

時間(分)	世帯数	平均(分)	最大(分)	最小(分)
避難指示の電話連絡待ち時間	52	7.1	17	2
避難開始までの経過時間	52	4.6	10	1

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、52世帯86名の方が連絡を受けて、全員が自宅を出るまでに最大30分程度を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分以上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。

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6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(例えば、片田・及川, 2001)。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。社会実験では、白川洪水ハザードマップで避難場所と指定された壺川小学校では水害時に浸水の可能性が高いと判断し、京町台地の壺川地域コミュニティセンターを設定したので、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。今回の社会実験時の天候は晴天

表6 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

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に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。

4. 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

4.1 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」を行った。アンケート票の詳細は柿本 (2007) に詳しい。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6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, 過去にこの地区で水害を経験している。ただし, 1997年

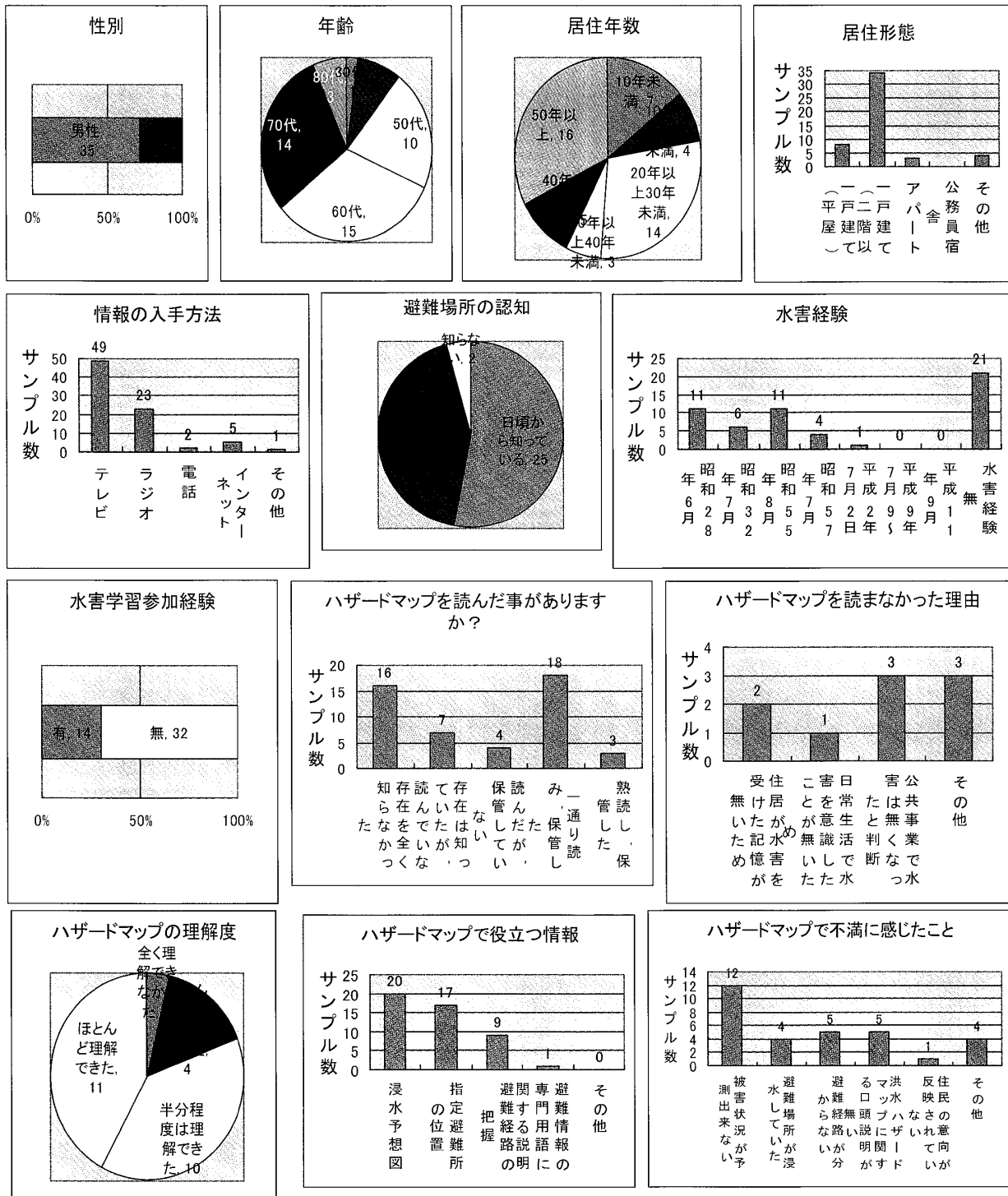


図6 ワークショップ参加者の個人属性のアンケート結果

の坪井川遊水地の運用開始以降この地区で坪井川の氾濫による水害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、避難経路が分か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。

4.2 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（自助・共助・公助の分担など）について調べるために、アンケート調査を行った。本アンケートでの地域防災体制の考え方は、自助：自分の身を守るための対応、共助：地域コミュニティとしての対応、公助：行政がすべき対応、である。つまり、地域防災力を向上させるためには、住民が地域の水害リスクを認知し、自助、共助の意識を高め、実践できる地域の防災体制を作り上げてゆくことが大切である（例えば、岡田、2003；及川・他、2005）。これに対して片田（2007）は民助と官助という新しい考え方を提案している。官助は従来の公助に相当するものと考えられるが、民助には、自分の身を守るためだけでなく（自助）、地域のため（共助）、公共のため（公助）に取るべき対応が含まれている。今後の水害リスクマネジメントにおいて考慮すべき点であると考えられる。

今回のアンケートでは、水害発生時の対応を大きく時間経過で3つの段階：①事前の対応、②注意報・警報発令時の対応、③災害発生時の対応に分けて考え、それぞれの段階で水害対策に対して想定される22項目の作業を、誰が主体となって対応すべきかをアンケート調査した。回答は1)「すべて個人で対応すべき」、2)「どちらかという地域より個人で対応すべき」、3)「どちらかという個人より地域で対応すべき」、4)「地域の住民が協力して対応すべき」、5)「どちらかとい

うと行政より地域で対応すべき」、6)「どちらかという地域より行政で対応すべき」、7)「行政で対応すべき」の7つの主体より1つ選ぶ方法を採用した。アンケート票の詳細は柿本（2007）に詳しい。本研究では、回答のうち、1)～2)の対応を自助、3)～5)の対応を共助、6)～7)の対応を公助、と分類した。

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7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った。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。

4.3 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分析した。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

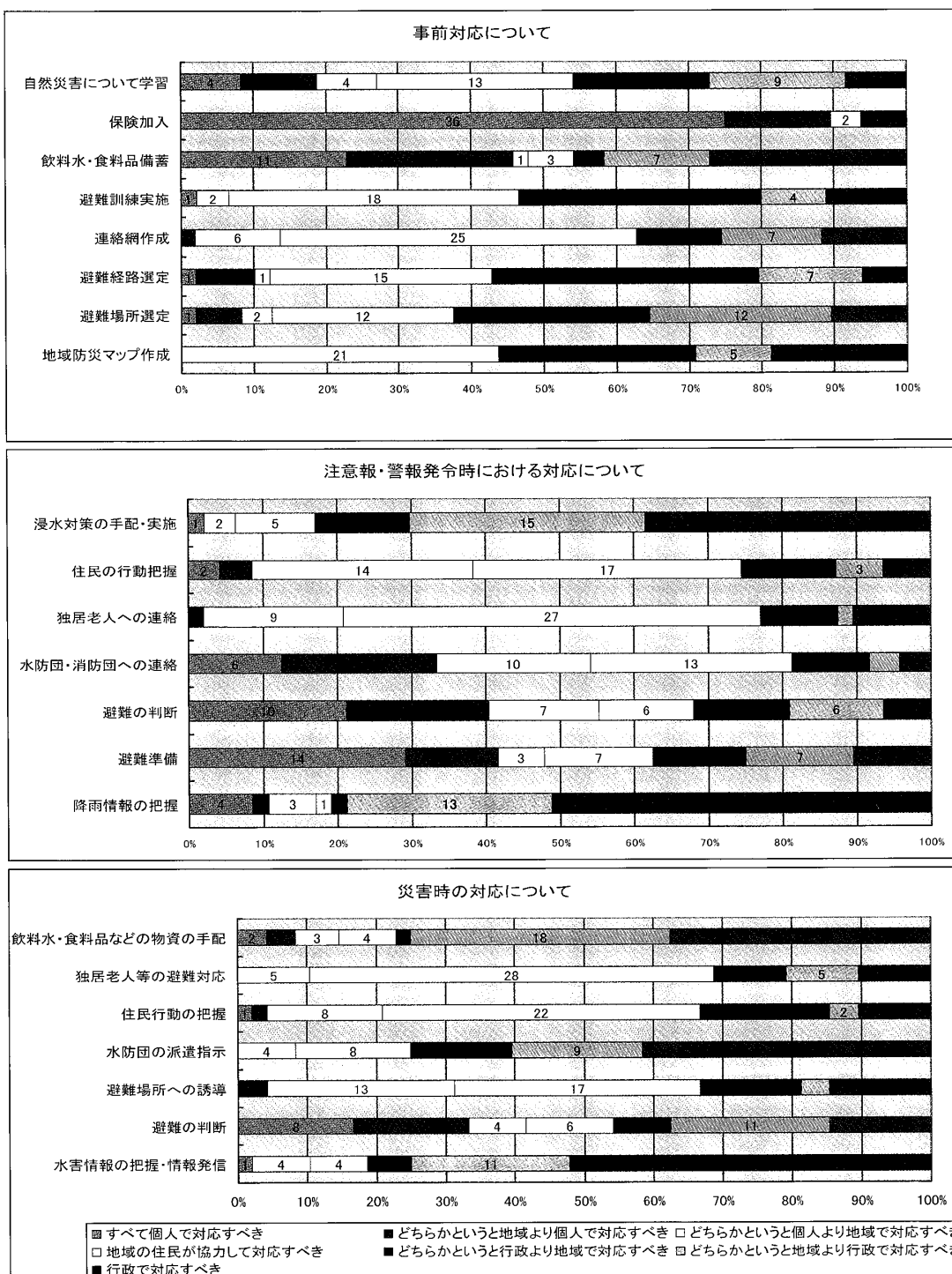


図7 水害対策に関する意識のアンケート結果

を「公助」に分類した。代表的な意識変化を表7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, つまりワークショップ参加前に該当項目に関し, それぞれ「自助」・「共助」・「公助」での防災対応の認識を持っている住

民を表している。したがって, たとえばワークショップ後に「自助」の欄に▲がある場合は, ワークショップ前はその参加者はその項目に関し防災対応は「公助」の認識であったものが, 水害リスクコミュニケーションを経験することで「自助」

に変化したことが確認できる。

表7より、注意報・警報発令時における対応では、「避難の判断」および「避難準備」への対応の認識について、水害リスクコミュニケーションを経験することで「公助」への依存度が低下している傾向が確認できる。また、災害時の対応でも「避難の判断」への対応の認識については、同様に「公助」への依存度が低下し、「自助」の認識が高まっている。「飲料水・食料品などの物資の手配」については、水害リスクコミュニケーションの経験後も「公助」でとの認識も強いが、地域で備えるべきとの「共助」の認識も生まれてきている傾向が確認される。そこで、水害リスクコミュニケーションの経験が本当に自助意識の高揚に影響を与えたかを、統計的に検証する。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) 二乗検定」を用いる。

図8に示すような $r \times c$ 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)

		B				
		B ₁	B ₂	. . .	B _c	計
A	A ₁	n_{11}	n_{12}	. . .	n_{1c}	n_{1*}
	A ₂	n_{21}	.	.	.	n_{2*}
	.	.	.	n_{ij}	.	.

	A _r	n_{r1}	n_{r2}	. . .	n_{rc}	n_{r*}
計		n_{*1}	n_{*2}	.	n_{*c}	N

図8 カイ2乗検定に用いる $r \times c$ 分割表

表7 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

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

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（例えば、池田1989）。ここで、 n_{ij} はセル (i, j) における観測度数、

$$n_{i \cdot} = \sum_{j=1}^c n_{ij}, \quad n_{\cdot j} = \sum_{i=1}^r n_{ij}, \quad N = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c n_{ij} \text{ であり,}$$

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

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 2、有意水準 5% の棄却限界値は、カイ二乗分布表より 5.991 である。よって、式 (1) から求められる χ^2 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、カイ二乗検定を行った。

表 8 に、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、特に「自助」の意識の高揚に影響を与えたと、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自助意識の高揚をもたらすことが定量的に確認できた。

5. まとめと今後の課題

本研究では、水害に対する地域防災力の向上を目指すために、ワークショップや想定水害シナリオを用いた避難行動実験（社会実験）などを水害リスクコミュニケーションの一環として実施する手法を提案した。校区住民が参加した水害避難行動に関する社会実験では想定シナリオによる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。また、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した。これらの結果より、提案する水害リスクコミュニケーションが、“住民の自助や共助の意識を高揚させる” 有効な手法であることを示した。しかし、地域住民の防災意識や地域防災力の持続的な向上を実現するためには、本水害リスクマネジメント手法を PDCA サイクルとして、経年的に循環させ、実践可能な地域防災・減災計画段階まで練り上げ、地域独自で対応可能となるまで地域に浸透させてゆくことが必要である。

また、今回のように小学校校区という空間的に 1 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（複数の避難場所の設定や避難経路の選択）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・減災計画においては、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

表 8 水害リスクコミュニケーションが住民の自助意識の高揚に影響を与えた項目

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

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”の推進に行政・大学・NPOなどの協力が不可欠である。

現状での本研究の成果は、自助・共助・公助の役割分担の認識に留まっている部分が大いだが、より実践的な地域防災計画の立案に向け、本研究課題は、現在も研究活動を継続中である。この研究活動を継続する事で、自助・共助・公助の相互依存関係の認識および自助・共助・公助の3つには明確には分類できない部分や見過されてしまう部分をお互いが相互に理解し合うことで、新たな協調関係の構築に踏み出せるものと考えている。

最後に、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活動してゆけるかが水害リスクコミュニケーションの大きな課題となろう。

謝 辞

本研究の一部は、熊本大学政策創造研究教育センター（代表：大本照憲教授）ならびに河川環境管理財団（代表：大本照憲教授）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。本研究の実施にあたり、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、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謝意を表します。最後に、本論文に対して貴重なコメントをいただいた3名の査読者の方に記してお礼申し上げます。

参考文献

- Falconer, R.A. and Harpin, R.: Catchment flood management, Water International, Vol. 30, pp.5-13, 2005.
- Plate, E.J.: Flood risk and flood management, J. of Hydrology, Vol. 267, pp.2-11, 2002.
- 池田 央：統計ガイドブック（池田 央 編），新曜社，p. 68, 1989.
- 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，Vol. 23, No. B-2, pp. 305-317, 1980.
- 及川 康・児玉 真・片田敏孝：水害進展過程における住民対応行動の形成に関する研究，土木学会論文集 No. 786/IV-67, pp. 89-101, 2005.
- 岡田憲夫：住民自らが行う防災－リスクマネジメント ー 事始め－，防災計画論（京都大学防災研究所編），山海堂，pp. 99-130, 2003.
- 岡田憲夫：総合防災学への Perspective，総合防災学への道（萩原良巳・岡田憲夫・多々納一編），京都大学学術出版，pp. 9-54, 2006.
- 柿本竜治：洪水被害と地域防災意識，坪井川とともにくらす（柿本竜治編），成文堂，pp. 157-180, 2007.
- 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，Vol. 24, pp. 925-928, 2001.
- 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，Vol. 46, pp. 319-324, 2002.
- 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，Vol. 48, pp. 433-438, 2004.
- 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，Vol. 62, No. 3, pp. 250-261, 2006.
- 片田敏孝：近年の災害に学ぶこれからの地域防災のあり方，自然災害科学，Vol. 26, pp. 18-22, 2007.
- 片田敏孝・木村秀治・児玉 真・及川 康：災害リスク・コミュニケーションツールとしてみた洪水ハザードマップの可能性，土木計画学研究・講演集 Vol. 35, CD-ROM (234), 2007.
- 川島健一・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，Vol. 32, CD-ROM (151), 2005.
- 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/iver/saigai/tisiki/syozaiti/itiran.html>, 2007年9月16日
- 小林潔司：災害リスクとそのマネジメント，防災の経済分析（高木朗義・多々納裕一編），勁草書房，pp. 3-21, 2005.
- 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，Vol. 7, pp. 136-139, 1997.
- 坂野容子・饗庭 伸・佐藤 滋：既成市街地のまちづくりにおいて住民参加ワークショップの果たす役割に関する一考察－ワークショップの展開と個人の意識変化を分析する方法論について－，都市計画学会学術研究論文集，Vol. 35, pp. 13-18, 2000.
- 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，Vol. 51, pp. 621-625, 2004.
- 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，Vol. 1, pp. 141-148, 2003
- 多々納裕一・高木朗義：災害リスクマネジメント施策の経済評価，防災の経済分析（高木朗義・多々納裕一編），勁草書房，pp. 72-106, 2005.
- 玉井信行：減災を目指す河川計画とは，豪雨・洪水災害の減災に向けて（辻本哲郎編），技報堂，pp. 23-50, 2006
- 田村圭子・林 春男・立木茂雄・牧 紀男・田中 聡・近藤民代・堀江 啓・馬場美智子・柄谷友香・長谷川浩一・深澤良信：ワークショップによるステークホルダー参画型防災戦略計画策定手法の開発，地域安全学会論文集，Vol. 6, pp. 129-138, 2004.
- 辻本哲郎：平成16年豪雨・洪水災害の特徴と減災に向けた動き，豪雨・洪水災害の減災に向けて（辻本哲郎編），技報堂，pp. 2-22, 2006.
- 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，Vol. 45, No. 11, pp. 1164-1174, 2004.
- 広瀬弘忠：人はなぜ逃げおくれるのか，集英社新書，238p, 2004.
- 山田文彦・柿本竜治：水害リスクコミュニケーションによる地域防災力向上の試み，坪井川とともにくらす（柿本竜治編），成文堂，pp. 131-155, 2007.
- 山田文彦・滝川 清・壱岐智成：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，Vol. 48, pp. 1401-1405, 2001.
- （投稿受理：平成19年2月2日
訂正稿受理：平成20年1月31日）