

バングラデシュ国北東部の洪水常襲地域における土地利用形態と大規模水害時の住民対応

山下 直樹¹・大本 照憲²

Land Use Pattern and Response to Flood Disasters by Local People Living in Flood Prone Areas of Northeast Bangladesh

Naoki YAMASHITA¹ and Terunori OHMOTO²

Abstract

Living adapted with flooding has been practiced in flood prone areas in Bangladesh. That being properties are protected against flooding through villages formulated in fine highlands as natural levees, and lowlands are utilized as agricultural lands in dry season. As a result, it remains to spread condition of flood inundation and exempts necessity of strengthening measures against flood. This paper reports findings of the land use adopted in flood inundation, situation of local people during large scale flood disasters, their awareness for flood disasters, evacuation behaviors against flood disasters in flood prone areas in the Northeast Region of Bangladesh which derived from a questionnaire survey. In addition, the findings are compared with the similar case study of Sendai River Basin in Japan in order to extract similarities and differences of both case and universality of flood responses by local people.

キーワード：水害対応，土地利用形態，避難行動，質問票調査，バングラデシュ国，洪水常襲地域
Key words: flood response, land use, evacuation behavior, questionnaire survey, Bangladesh, flood prone area

1. はじめに

バングラデシュ国において、モンスーン季の洪水氾濫が常態である地域では、洪水発生に適応した生活が営まれてきた。地域住民は自然堤防など

の微高地に集落を形成することで資産を洪水から防御し、氾濫原で乾季を中心としてわずかの水文環境の差に応じた環境適応的¹⁾な農業生産を行っている。これにより洪水外力が分散した状態を保

¹ 日本工営（株）コンサルタント海外事業本部水資源事業部 水資源エネルギー部
Water Resources & Energy Dept., Nippon Koei Co., Ltd.

² 熊本大学 大学院自然科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

本報告に対する討論は平成27年11月末日まで受け付ける。

持し、対策強化の要を免れている。発展途上国において、洪水氾濫を受容する湿地帯は今後開発される可能性があるが、洪水・土砂制御機能をはじめとした多様な機能と土地開発した場合の水害ポテンシャルを定量的に評価することが湿地帯の適切な開発と保全を行う上で重要となる。湿地帯の機能研究として、著者ら²⁾はバングラデシュ国北東部に位置するメグナ川の支川クシヤラ川中流域の湿地帯での洪水・土砂制御機能を定量的に明らかにした。しかし、湿地帯住民の洪水氾濫への対応や意識構造については調査・研究されていない。

バングラデシュ国における洪水被害の実態や住民の洪水対応についての調査・研究としては、村本ら³⁾がバングラデシュ国で1987年に発生した洪水被害を調査し、同国の水害環境を分析している。この中で小田は住民の水防意識と行動を分析し、洪水氾濫による人的・物的被害の地域差とその要因を明らかにすることを試みている。内田ら⁴⁾は、バングラデシュ国の農民の洪水への適応を稲作や畑作などの栽培技術の観点から明らかにしている。ここではバングラデシュ国の農民にとって洪水は伝統的には制御・管理するものではなく、適応しながら「共に生きる」べきものであったことをバングラデシュ国北東部の農村における事例を通して論述している。野間⁵⁾はバングラデシュ国を含むベンガル低地の農業は熱帯モンスーンに第一義的に規定されると説いている。低地開発の歴史において、圧倒的洪水量に対して堤防による治水を行う発想は支配者・地主側にほとんどみられず、農作物の品種選択を中心とした土地環境へのミクロな対応が主体であったとし、その農民的適応の技術体系を論考している。また既往研究⁶⁾では、水災害の背景となるバングラデシュ国の特徴を整理した上で、被害の発生・拡大に至る状況や課題を検討し、被災地域の社会経済構造・被災者の避難行動・被害軽減システムを分析することにより、被災の特徴を抽出している。Islam⁷⁾は、河川洪水、フラッシュフラッド、高潮洪水の三形態の洪水における家屋被害および住民の対応、意識構造について質問票調査から分析している。フラッシュフラッドのサンプル地域と

して、バングラデシュ国北東部の Habiganj 県にて122世帯を対象として調査し、住民が雨季には居住地周辺の降雨・洪水状況や河川水位を注視しながら生活している実態を把握した。Sultana ら⁸⁾は、2005年の洪水被害の直後、4県において層化無作為抽出法により595世帯の被災世帯を抽出し、訪問面接により被災者の被害発生後の対応として食料や生活必需品を購入するための臨時資金の調達状況を調査した。Hoque ら⁹⁾は RADARSAT remote sensing (解像度50 m x 50 m) を用いて2000年から2004年のバングラデシュ国北東部における洪水氾濫図を作成しており、広範囲の面的な浸水情報は捉えているものの浸水深や浸水時間は把握できていない。このようにバングラデシュ国における洪水の自然的特徴や洪水対応の社会的特徴に関する既往研究は数多くあるが、バングラデシュ国北東部の洪水常襲地域での洪水氾濫に適応した土地利用形態を定量的に調査・分析した事例は見られない。

他方、末次ら¹⁰⁾は我が国における氾濫許容型治水方式の事例を収集し、洪水氾濫を受忍する地域性、対応措置、氾濫水の誘導について分析しており、特に過去の鹿児島県川内川流域の菱刈盆地での土地利用にみられる洪水氾濫許容の工夫に注目している。菱刈盆地は過去に浸水常襲地帯であり、水害軽減のための土地利用が展開されていた。菱刈盆地の住民は、バングラデシュ国北東部の洪水常襲地域での洪水適応と同様に家屋や幹線道路を高い土地に設けるなどして棲み分けし、低地では稲作を中心とした農業を行っていた。しかし、ダムや堤防改修の進展に伴って“水害に強い土地利用”が変化していることが指摘されている。この事象の背景として、近代化以降の社会では住民が災害への気遣いを専門家や行政に委任し、「外化」することを通じて安心するという関係性のスタイルをとっていることによるとも指摘される¹¹⁾。川内川流域では平成18年7月梅雨末期の記録的な豪雨によって甚大な洪水被害が発生した。著者ら¹²⁾は、水害後の住民アンケート調査結果を基に避難すべき住民として家屋が床上浸水、半壊、全壊した世帯を選び、そのなかで避難した住民と避難し

なかった住民を分け、避難行動を規定する要因を統計的に明らかにした。さらに災害外力の大きさを家屋被害に関連付けて自助、共助および公助がどの様に機能したかについて検証している。

バングラデシュ国北東部の洪水常襲地域と川内川流域では降雨や洪水などの自然特性が異なり、またかつては同様な土地利用形態で水害に対処していたが、現在の川内川流域では社会基盤整備状況などの社会特性が変化している。その中で両地域の住民による洪水対応の相違点或いは類似点を分析することは、日本における超過洪水対策、土地利用規制、建築規制を検討する上で貴重な知見が得られると考えるが、そのような研究は見当たらない。本研究では、バングラデシュ国北東部の洪水常襲地域に所在する8箇所の村（以下、「バングラデシュ国調査対象村」）での土地利用形態や大規模水害発災時の被災者の状況、対応、意識構造について質問票調査から検討すると共に、2006年7月洪水について類似のアンケート調査が実施された川内川流域での洪水対応との比較から相違点と類似点を分析し、地域住民による洪水対応にある普遍的課題を抽出した。

2. 研究対象地域の概況

2.1 地理

バングラデシュ国調査対象村の所在するバング

ラデシュ国北東部は、図1に示すとおり、南西部をオールドブラマプトラ川、北方をインド領メガラヤ山地、南東部をインド領トリプラ山地に囲まれた約20,000 km²の面積を有する地域である。既往文献^{13,14)}にその概況が記されている。バングラデシュ国北東部へ流入するインド領の河川流域は、1) 北方のメガラヤ山地流域（面積=9,368 km²）、2) 東方のバラク川流域（面積=25,260 km²）および3) 南東側に位置するトリプラ山地流域（面積=4,609 km²）の3地域に大別できる。雨季に発生する洪水は、図1右のDEMに示す標高の低いバングラデシュ国北東部中央部を中心に所在するハオール（内陸性低湿地帯）を水没させ、バングラデシュ国北東部の約6割が数ヶ月に亘って水深3m以上の湛水となる。これにより乾季には独立している湖沼や河川が水面で連続的に繋がりがり、対岸までの距離は数十キロメートルにもなる。他の地域でも標高5~10mの平地が大半を占め、標高20mを超える丘陵地域は北部や南東部のインド国境付近などの一部に存在する。

2.2 降雨

バングラデシュ国北東部は亜熱帯モンスーン気候帯に位置し、年間の気候は4月から9月までの雨季（南西モンスーン）と10月から3月までの乾季に区分される。季節的な降雨パターンに

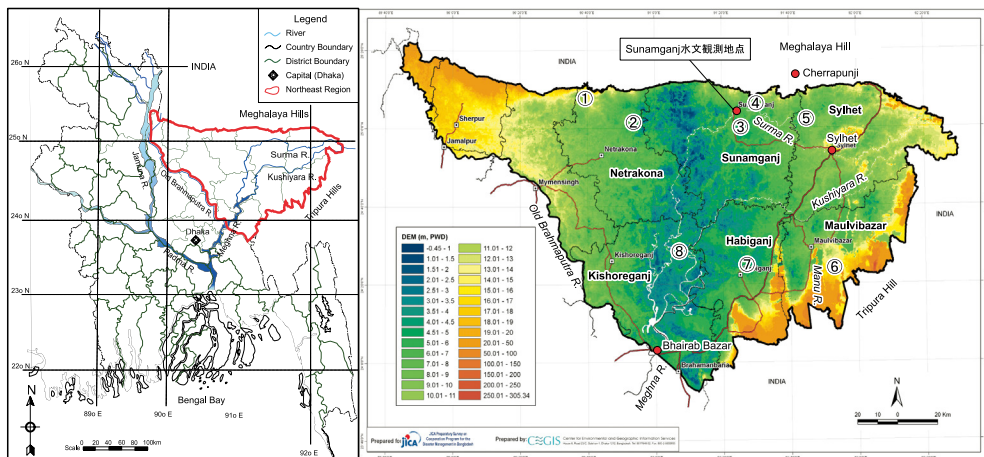


図1 バングラデシュ国調査対象村

は、南西モンスーン季の到来と終結が支配的な要素となり、年降雨量のうち8～9割程度がモンスーン季に発生する。年間平均降雨量は2,200～5,800 mmであり、複数の文献¹⁴⁻¹⁶⁾にある年平均等雨量曲線図が示すとおり、降雨量はバングラデシュ国北東部の北方ほど多くなる。メガラヤ山地流域には、年間降雨量の世界記録(26,461 mm, 1860年8月-1861年7月)で有名なチェラプンジ(Cherrapunji)があり、この降雨観測所の年平均降雨量は約12,000 mmである。

図2は、スルマ川 Sunamganj 水文観測地点の月降雨量および月平均河川水位について、1964年から2010年までの平均とバングラデシュ国における既往最大洪水が発生した1988年のものとを比較したものである。Sunamganj 水文観測地点での年平均降雨量は5,822 mm(1964年-2010年)であり、1988年にはその1.50倍もの8,720 mmの年降雨量を記録した。特に8月には平年比2.20倍の2,515 mmの降雨に見舞われている。月平均水位の1988年と平年との差の最大は9月の0.55 mであり、降雨量の差ほどに大きな水位差がなく、流域での広範囲な洪水氾濫を示唆するものである。Murataら¹⁷⁾はスルマ川 Sunamganj 水文観測地点の上流にあたる Sylhet 地点の日水位と Cherrapunji 地点の日雨量にある程度の相関関係があることを整理しており、また1973年から2003年までの Cherrapunji 地点での観測雨量から

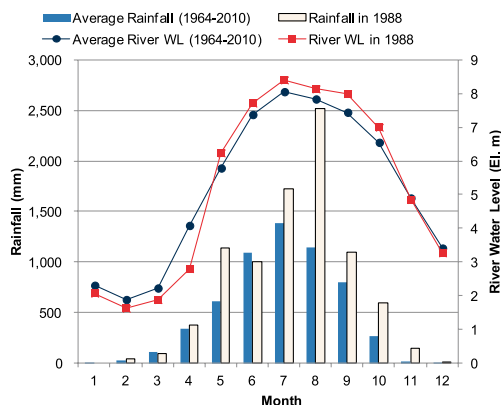


図2 スルマ川 Sunamganj 水文観測地点の月降雨量および月平均河川水位

同地点での最高月平均雨量は7月の3,000 mmであることを確認している。Sunamganj 水文観測地点において、1988年の最高月平均水位が7月で最高月平均雨量の8月発生を先行しているのは、Cherrapunji 地点を含む上流域における雨量が当該地点水位の支配要因となることを示唆する。

2.3 洪水

研究対象地域の洪水は、主に4月、5月に発生するプレモンスーン洪水と6月から9月にかけて発生するモンスーン洪水の二つに大別できる。河川近傍の地域で数時間に急激に水位上昇させるフラッシュフラッドは南西モンスーン季を通して発生する。

当該地域の河川は、洪水流量の全てを河道で処理せず支川への背水や派川への流入、堤防の越流により後背地で標高の低い湿地帯などに流入させている。また、洪水はガンジス河の背水の影響を強く受けて湿地帯に貯留している。よって、河川下流の観測流量だけではその洪水規模を把握することができない。既往研究¹⁸⁾での試算によると、当該地域への1991年の年間流入量と流出量の収支は一致しているが、ピーク時の洪水はハオールへ一時的に貯留され、ピーク流量を低減させかつ洪水到達時間を遅らせている。試算では一時貯留された洪水量は250億 m^3 、ピーク流量は約22,400 m^3/s から約14,000 m^3/s へとおよそ3分の2にまで低減されている。1988年7月11日にはメグナ川下流 Bhairab Bazar 地点で既往最大流量19,800 m^3/s を観測した¹⁹⁾。

2.4 洪水被害とその対策

図1左の赤枠で囲むバングラデシュ国北東部の人口は約15百万人であり、このうちの約9割が農村に生活している^{6, 20)}。ハオールでの農業は乾季からプレモンスーン期にかけての水稲(ボロ米)の一期作が中心である。洪水被害としては、プレモンスーン期の作物の浸水被害、雨季の河岸侵食やハオールでの貯留水で発生する波浪による宅地侵食および家屋流失、宅地の浸水による衛生悪化や家屋の機能不全が挙げられる。

プレモンスーン期に収穫される水稻を洪水から防御するため、水田外周には Submersible Embankment (潜水堤防) が築造されている。これは雨季には数カ月にわたって水没するものであり、古くは13世紀にスルタン朝の圧迫を逃れたヒンドゥ教徒の入植者コミュニティにより建設されている^{21, 22)}。潜水堤防は現在でも政府や NGO, 地域コミュニティにより建設されており、その堤防高はプレモンスーン期の10年確率洪水水位に余裕高0.3 mを加えた高さを標準とする²³⁾。また広域的な洪水氾濫が常態であるため、幹線道路の天端高は洪水氾濫水位に余裕高を加えた標高となるよう設計基準が設けられている²⁴⁾。

3. 質問票調査

3.1 実施概要

研究対象地域における洪水被害の特性や住民の洪水対応を把握するため、8箇所の村で各50世帯、合計400世帯の質問票調査を2011年9月から10月にかけて実施した。調査対象の村の選定にあたっては、1) 洪水被害の頻度や規模が大きい地域、2) 河川管理機関が将来的に洪水対策を実施したいと考えている地域の2点を主な選定基準とし、河川管理機関の各県出先機関へのインタビューにより得られた具体的な洪水被害情報を参考として表1に示す村を選定した(位置は図1右に対象村の番号を図示)。

調査方法としては、バングラデシュ国では識字率が低いために訪問面接による調査、対象世帯を無作為に抽出した。専門が社会環境の4名と土木工学の4名のバングラデシュ人調査員を雇い、専

門の異なる2名を1組として4グループがそれぞれ2つの村を訪問し、約50日間をかけて調査した。聞き取りでの不必要なバイアスを避けるため、日本人は基本的に現地でのインタビューに携わっていない。

調査項目は、①回答者属性、②社会経済状況、③被害状況、④避難行動を含む洪水対応の4大項目であり、質問項目は81項目であった。本研究では、このうちの表2に挙げている21項目への回答について分析した。

3.2 調査結果

1) 回答者の属性

回答者の属性は、性別では全体で男性が89.5%、女性が10.5%であり男性の割合が大きくなっている。これは世帯訪問の調査において、1) 世帯主が代表して回答したこと、2) 調査員が男性のみで構成されていたことによると考えられる。世代別では、10歳代0.5%、20歳代10.5%、30歳代21.5%、40歳代24.5%、50歳代25.8%、60歳代12.3%、70歳代3.8%、80歳代以上1.3%であった。40歳代と50歳代の回答がやや多く、調査では若年から高齢者まで幅広く面接できている。

回答者の職種は自作農34.0%、小作農11.5%、漁業11.8%、商業9.8%、日雇労働10.8%、その他22.3%となっており、様々な職業者からの回答を得ている。回答者には兼業者もいるが、各職種からの収入や労働時間から当人の判断により、1つの職種を回答してもらった。回答者全体の識字率は72.5%であり、バングラデシュ国北東部の識字率38.0%に比べて高い。非識字者の一部からは質問票への回答の協力を得られなかった可能性がある。これが調査結果にどれほどの影響を及ぼす可能性があるのか、あるいは無視し得るのかの判断は難しいため推論はせず、調査条件として述べるに留める。

居住年数の回答者割合は、10年以下5.3%、11~20年9.3%、21~30年18.0%、31~40年22.3%、41~50年22.3%、51年以上23.0%であり、31年以上の居住年数の割合は全体の67.5%を占める。7割近くの回答者が既往最大といわれる1988年洪水

表1 調査対象の村

番号	県名	村名
①	Netrakona	Kullagora
②	Netrakona	Barkhapan
③	Sunamganj	Laxmanshree
④	Sunamganj	Rangarchar
⑤	Sylhet	Talikhhal
⑥	Maulvibazar	Munshinbazar
⑦	Habiganj	Tegharia
⑧	Kishoreganj	Dhaki

表2 本研究で採用した質問項目および選択回答

分類		質問項目	選択回答
1	Attribute	Sex	Male, Female
		Age	
		Occupation	Farmer (Owner), Farmer (Shared cropper), Fish Farmer, Fishermen, Merchant/small business, Day Labour, Others
		Literacy	Yes, No
		How many years have you been living here?	
2	Socio-economic Condition	Annual Income (Taka)	
3	Flood Characteristics & Damage	How often do floods hit your family?	every year, every 2 years, every 3 years, every 5 years, more than 5 years
		the most serious floods that you experienced?	Year
		Inundation depth at home and agricultural field (cm)	
		Inundation duration at home and agricultural field (day)	
		Flood/inundation damages in the most serious flood (person)	deid, insured, sickness
		House damage	Totally flushed, Partially flashed, Totally inundated, Partially inundated
4	Flood Protective Measure	Do you receive prior information about the flood?	Yes, No
		What is the main source of the information?	Radio/TV, Neighbours, Union leader, Government office, Others
		How many hours/days before you receive this information?	Less than 0.5 hr, 0.5-1.0 hr, 1.0-3.0 hr, 3.0-6.0 hr, 6.0-12.0 hr, 1 day, More than 1 day
		Have you evacuated from floods?	Yes, No
		Where did you evacuate?	Evacuation place, House of relatives, House of neighbours, Others
		What made you evacuate?	Issurance of warning by police, Issurance of warning by Union Parishap, Issurance of warning by Upazila office, Issurance of warning by other governmental office, Inundation height was too high, Others
		Why didn't you evacuate?	No place to go, Risk of looting, Too late to evacuate, No issurance, Small depth of inundation, Flood is an ordinary event, Others
		Have you ever participated in the evacuation drill?	Yes, No
		Do you know the reasons of flooding/flash flooding in your area?	Yes, No, If yes, Please explain the reasons in short words (by one or two words)

をその居住地で経験していることになる。

表3に各村の世帯年収を整理した。回答者の平均世帯年収は約159,000タカ（日本円で約209,000円）である。世帯年収は② Barkhapan および③ Laxmanshree で比較的高く、④ Rangarchar では年収6万タカ未満の世帯が24世帯と比較的に低所得世帯が多い。

2) 洪水被害状況

図3は洪水被害の頻度である。④ Rangarchar では、洪水被害を毎年受けている回答者の割合が84%である。ただし、これまでで最も大きな被害をもたらした洪水が発生した年（以下、最大水害発生年）の同地域での家屋被害は、全て流失が50世帯中1世帯、一部流失が18世帯と局所的なもの

表3 回答者の世帯年収

Unit: BDT

	Nos. of Respondents								
	(1) Kullagora	(2) Barkhapan	(3) Laxmanshree	(4) Rangarchar	(5) Talikhal	(6) Munshinbazar	(7) Tegharia	(8) Dhaki	Total
More than 300,000	3	9	10	1	7	5	5	4	44
120,000 - 300,000	13	17	19	7	20	18	18	20	132
60,000 - 120,000	30	16	16	18	22	25	20	20	167
Below 60,000	4	8	5	24	1	2	7	6	57

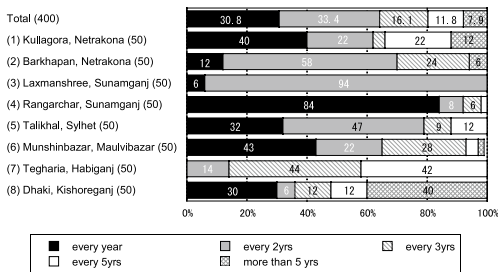


図3 洪水被害の頻度

である。一方、⑦ Tegharia では、毎年被害があると回答者はなく、洪水被害年の間隔が5年以上とする回答が40%を占め、バングラデシュ国調査対象村中では被害頻度が比較的小さい。

最大水害発生年については、1988年洪水を挙げる回答が⑦ Tegharia: 100%, ① Kullagora: 98%, ⑧ Dhaki: 88%, ④ Rangarchar: 84%, ⑤ Talikhal: 68%であった。③ Laxmanshree および⑥ Munshinbazar では2010年洪水(プレモンスーン期の洪水)と回答したのがそれぞれ50%, 44%であり、② Barkhapan では2009年洪水が48%と多数を占めている。統計データ²⁵⁾をみると2009年および2010年の洪水被害は大きくないため、② Barkhapan, ③ Laxmanshree および⑥ Munshinbazar では1988年洪水への記憶の風化も考えられる。あるいは、これらの村において局地的な大被害があったかもしれないが把握できていない。

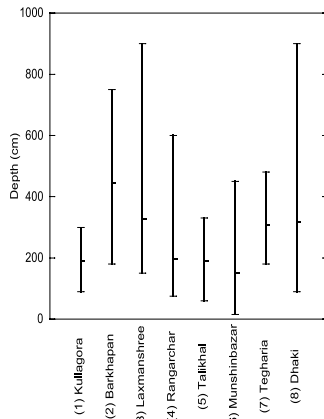
図4は最大水害発生年の家屋および農地における最大浸水深、浸水期間さらに家屋と農地にお

けるこれらの比を示したものである。農地では、最大浸水深が概ね100 cm から900 cm の範囲であり、平均で300 cm 程度である(図4(a))。浸水期間は標高の低い下流側の⑧ Dhaki で240日間に及ぶ農地がある一方、山地に近く地形勾配の急な① Kullagora, ⑥ Munshinbazar では平均20日間程度と比較的短い(図4(b))。

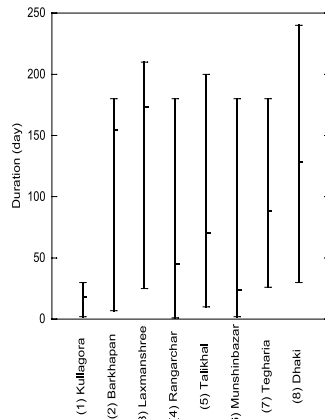
自然堤防などの微高地およびそれを更に嵩上げた土地に立地する家屋では、最大浸水深は村別平均で50 cm 未満、浸水期間の村別平均は10日未満である(図4(c), (d))。家屋の最大浸水深が100 cm を超えているのは、② Barkhapan: 1件、③ Laxmanshree: 2件のみである。しかし、その② Barkhapan の1件は最大浸水深が200 cm を超えており例外的である。34%の家屋が浸水被害の経験がなく、また被害のある場合でも浸水深50 cm 未満が52.5%を占める。各村の平均最大浸水深をみると、② Barkhapan が農地:444 cm, 家屋: 39 cm でありいずれの場所でもバングラデシュ国調査対象村の中で最も大きい。

図4(e), (f) はそれぞれ最大浸水深と浸水期間について家屋のものを農地のもので除して無次元化している。全般的に家屋の最大浸水深は農地でのものに比して0.1程度にまで減じられている。⑥ Munshinbazar での比率は約0.3と比較的大きいが、当地の家屋での平均最大浸水深は37 cm と大きくないため深刻な被害にはならなかったと推察される。浸水期間の家屋と農地での比率も全般的に0.1程度にまで減じられている。① Kullagora, ② Barkhapan および⑥ Munshinbazar では比率1.0の世帯があるが、これらは比較的急な地形勾配を有することから浸水期間に1日の差もなかったものであり、また、いずれの世帯での浸水期間も9日間未満と比較的短い。これらの図から、家屋は微高地やそれを更に嵩上げた場所に立地し、資産は洪水から自衛的に防御されている実態が分かる。

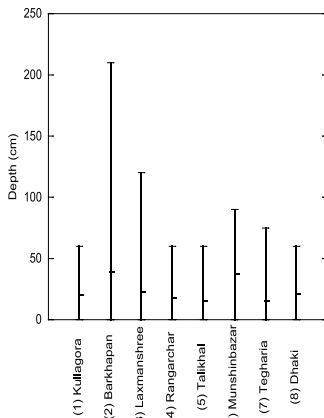
表4に最大水害発生年の家族の人的被害を示す。死亡者については、⑤ Talikhal: 3名、⑦ Tegharia および⑧ Dhaki で各1名あった。バングラデシュ国調査対象村全体の全ての人的被害



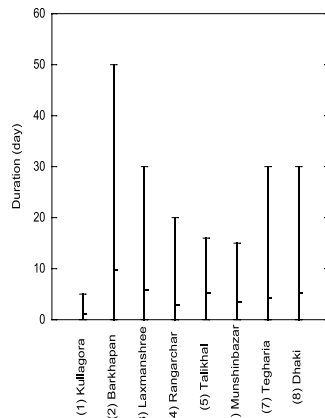
(a) Inundation Depth on Agricultural Field (cm)



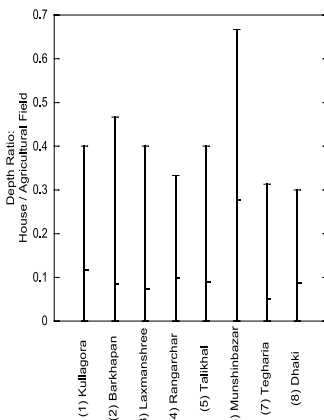
(b) Inundation Duration on Agricultural Field (day)



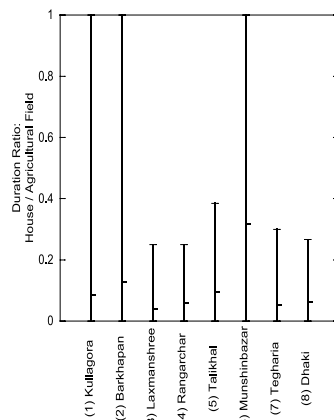
(c) Inundation Depth on House (cm)



(d) Inundation Duration on House (day)



(e) Inundation Depth Ratio House / Agricultural Field



(f) Inundation Duration Ratio House / Agricultural Field

Note: Horizontal bar located in middle of each vertical bar is averaged

図 4 最大水害発生年の家屋および農地における最大浸水深、浸水期間および家屋と農地におけるこれらの比率

(237件)のうち、洪水災害に伴う衛生状態の悪化、マラリアの発症原因となる蚊などの害虫の異常発生、栄養失調、精神的ストレスなどが原因での病気が226件で、全体の9割以上を占めていた。⑤ Talikhal および⑦ Tegharia では、家屋被害が少なかったにも関わらず死亡者が発生している。死亡原因は聞き取りできていないが、この2地域では病気の発症が多いことからその悪化によるものや、洪水時に頻発するといわれる船舶の転覆、毒蛇による被害などの事故が考えられる。人的被害が無かった世帯の数は、① Kullagora: 48、⑥ Munshinbazar: 42、と村別対象の大半を占め、全体でも275である。

図5は、最大水害発生年の家屋被害状況を示している。全体では完全に流失47(11.8%)、一部流失91(22.8%)、全て浸水13(3.3%)、一部浸水166(41.5%)、被害なし83(20.8%)であった。地域別にみると、家屋の流失被害はManu川沿いに立地し河岸侵食が進行中の⑥ Munshinbazar で19件

と最も多く、② Barkhapan、④ Rangarchar、⑧ Dhaki では一部流失の被害が多く発生している。⑤ Talikhal および⑦ Tegharia では比較的家屋被害が少ない。この家屋被害状況と先の家屋の最大浸水深および浸水時間とをクロスチェックしたところ、洪水外力が大きく作用して家屋が流失または全て浸水し、避難すべきと判断される住民は71件であった。これらの世帯を「避難すべき住民」と定義する。

4. バングラデシュ国調査対象村での洪水対応の分析

4.1 家屋立地選好による予防的減災対策

バングラデシュ国調査対象村での住民の予防的減災対策としての家屋立地選好や家屋高上げによる効果を評価する。ここで最大水害発生年の浸水被害ポテンシャルを単純に「最大浸水深×浸水時間」とし、また家屋立地での浸水被害軽減効果を農地と家屋での浸水被害ポテンシャルの差分と考え、以下の数値から分析する。

$$H = H_{Dep} \cdot H_{Dur} \tag{1}$$

$$A = A_{Dep} \cdot A_{Dur} \tag{2}$$

$$H_{max} = (H_{Dep} \cdot H_{Dur})_{max} \tag{3}$$

ここで、 H_{Dep} ：家屋の最大浸水深、 H_{Dur} ：家屋の浸水時間、 A_{Dep} ：農地の最大浸水深、 A_{Dur} ：農地の浸水時間、である。

図6(a),(b)に H/H_{max} および H/A をそれぞれ示している。 H_{max} は② Barkhapanの世帯にあり、村別の平均でも H/H_{max} は② Barkhapanが最も高く、家屋の浸水被害ポテンシャルが相対的に大きいことが示される。世帯別では③ Laxmanshree や⑦ Teghariaでも大きな数値がある。図6(b)の H/A が小さいほど微高地での家屋立地や家屋高上げによる相対的な浸水被害軽減効果が認められる。⑥ Munshinbazarは、 H/H_{max} が大きいものの H/A が突出して大きく、他の村と比べて効果が小さいことが見受けられる。例えば、⑥ Munshinbazarの一世帯は $H/A = 0.316$

表4 最大水害発生年の家族の人的被害

		(1) Kullagora	(2) Barkhapan	(3) Laxmanshree	(4) Rangarchar	(5) Talikhal	(6) Munshinbazar	(7) Tegharia	(8) Dhaki	Total
Physical Damage (Person)	Mortality	0	0	0	0	3	0	1	1	5
	Insury	0	0	0	0	1	4	1	0	6
	Sickness	6	20	39	41	54	6	46	14	226
	Total	6	20	39	41	58	10	48	15	237
None (household)		48	34	35	32	19	42	26	39	275

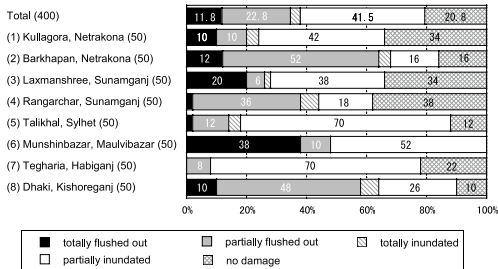
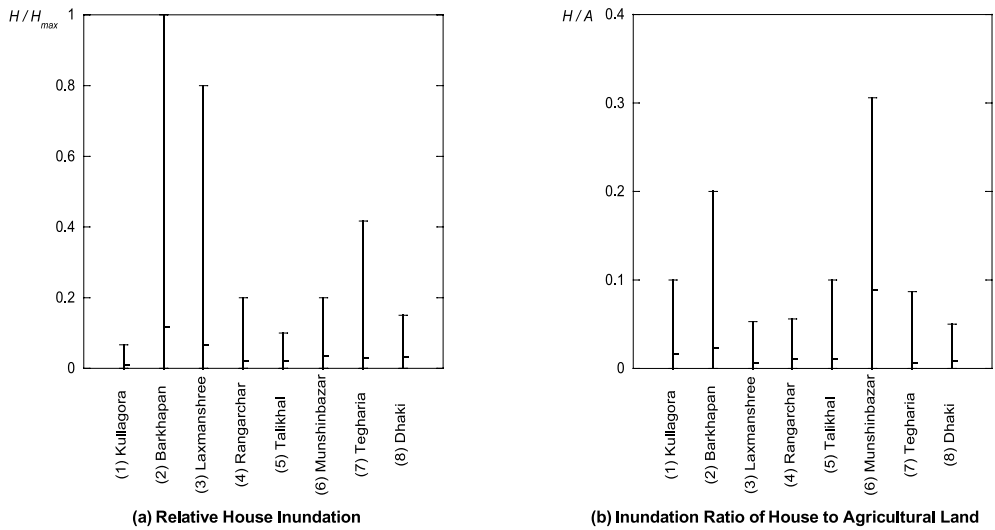


図5 最大水害発生年の家屋被害状況



Note: Horizontal bar located in middle of each vertical bar is averaged

図6 最大浸水深比 H/H_{max} および H/A にみる家屋立地による浸水被害軽減効果

であるが、その浸水深は農地 = 210 cm, 宅地 = 90 cm と大きな軽減効果が見られない。また、② Barkhapan の H/A もやや大きく、 H/H_{max} が大きいにも関わらず家屋嵩上げなどによる浸水被害軽減の自助努力が不十分であることがうかがえる。

家屋立地選好による予防的減災対策の効果は H/H_{max} と H/A のいずれか一つの指標のみでは評価できず、また洪水被害には河岸侵食などによる家屋流失もあるため、家屋立地による水害軽減効果は次式により求められると仮定した。

$$M_d = \frac{1}{f} \left\{ 1 - \left(\frac{H}{H_{max}} \cdot \frac{H}{A} \right)^{0.1} \right\} \quad (4)$$

ここで、 M_d : 家屋被害軽減効果度数、 f : 家屋流失被害係数 ($f = 1$ とし、家屋全てが流失の場合、 $f = 10$ とする) である。

算定した家屋被害軽減効果度数 M_d を図7に示している。家屋被害が無かった世帯は $M_d = 1$ となる。浸水被害の軽減効果だけを見ると、村別では H/A が大きい⑥ Munshinbazar の度数が0.538で最も低く、また世帯別では② Barkhapan に度数の最も低い0.259があった。これに家屋の完全

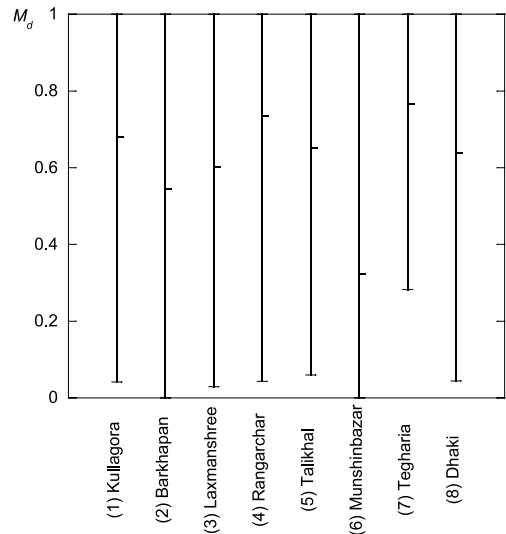


図7 家屋被害軽減効果度数 M_d

流失を考慮すると、村別平均では完全流失が19件あった⑥ Munshinbazar での度数が0.324で最も低くなる。

バングラデシュ国では貧困層が水害に脆弱な存在であると多くの機会の中でいわれる。これを論証する研究は多数あり、例えば Rayhan²⁶⁾ は貧困

と水害リスクとに高い正の相関関係があることを示している。ハオールでは居住する土地の高さが村の貧富の差、村落内の血縁・地縁集団の格付けになっている⁵⁾。現地を踏査すると、大地主が標高の高い土地に家屋を建て、貧困層は水害に脆弱な河岸や砂州などの土地に住む様子がしばしば観察される。小田³⁾も同様のことを指摘している。本研究で求めた家屋被害軽減効果度数 M_d と世帯年収との関係(図8)から、その傾向について予備的検証を試みた。図に示すとおり、年収の多い三世帯は度数が高い。しかし、年収が低い世帯の度数は広範囲に分布しており、度数と世帯年収とは一義的な比例関係は認められない。年収が低い世帯でも家屋立地選好などにより家屋被害を軽減させている実態が明らかとなった。

人的被害については、家屋被害が小さくとも屋外での事故や世帯構成員の体力などによって大きくなることが考えられ、自助による家屋での水害軽減効果が人的被害を低減させていると推測できても、その結果としての両者の相関関係は確認できなかった。

4.2 住民の洪水情報取得と避難行動

図9は洪水予警報の事前取得状況である。全体では、400名中114名(28.5%)が洪水情報を事前に取得可能としている。② Barkhapan では92%、③ Laxmanshree では66%の回答者が情報を事前取得し、また、それぞれ66%、48%の世帯が1日以上前に情報を入手できており、避難行動をとるに十分な時間も確保できている。他地域では7割強以上が事前取得していない。④ Rangarchar では事前取得が全くできていない。その情報源はテレビ・ラジオ:58、近所:40、地域コミュニティの指導者:8、行政機関:4、その他:4であった。洪水予警報の主な情報源はラジオやテレビであるが、③ Laxmanshree では28世帯(56%)が近隣住民から情報を入手しており、災害に対する「共助」体制がある程度整っていることが伺われる。この③ Laxmanshree では毎乾季に潜水堤防の修繕を無償での住民参加により実施しているとのことである。また回答者の一人は、出水時の水防活動に

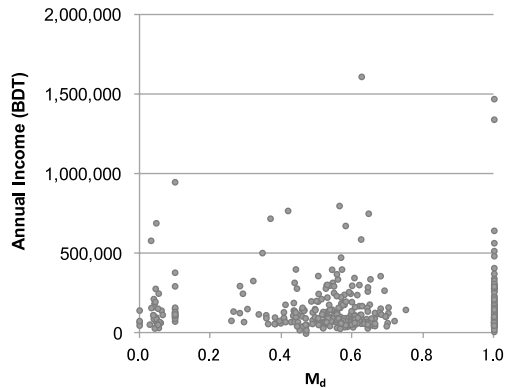


図8 家屋被害軽減効果度数 M_d と世帯年収との関係

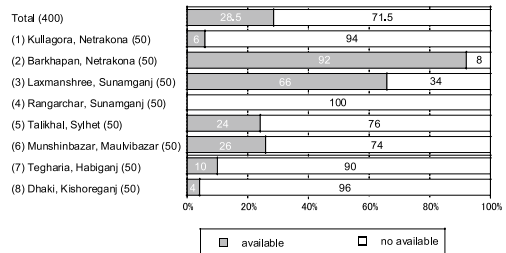


図9 洪水予警報の事前取得状況

おいて、土嚢を積むための袋600個を無償提供したことがあったという。日頃からの防災活動が洪水情報に対する関心を高め、またその協働活動が防災情報の共有につながっているものと考えられる。このような協働活動の背景に宗教指導者、自治体首長、大地主などリーダーシップを発揮できる存在があるのか確認できなかった。海田¹⁾は、マタボールと呼ばれる伝統的な村のリーダーは村人たちの多大な信頼を集めているが、彼らがリーダーシップを発揮するのは、未だ宗教的な、または日常生活を律する規範に関する事柄に限られ、多くの場合、開発問題には及ばないと指摘している。③ Laxmanshree の事例は、研究対象8つの村における例外的ケースとも考えられる。

図10は避難すべき住民の避難経験である。「避難すべき住民」の避難率は25.4% (18件) と調査対象全体での避難率24.5%とほぼ同じ比率である。このうちの14件は家屋での浸水深を避難理由に挙

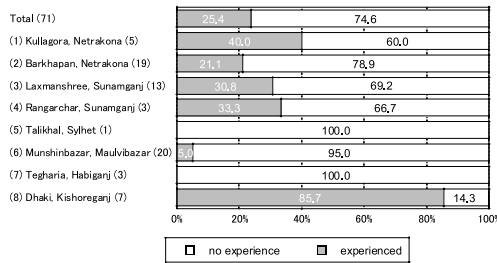


図10 避難すべき住民の避難経験

げており、それは被害が増大した段階での余儀なき避難であって予防的減災対策ではない。「避難すべき住民」の避難場所は、共助：7（親戚の家：3、近所の家：4）、自助：6（道路や堤防、その他公共施設など）、公助：5（公的な避難所）の順であった。広域的な洪水氾濫が常態であるバングラデシュ国では、水害時の救援活動や流通確保のために幹線道路を嵩上げており、これが住民の一時避難にも利用された事例を少ないながら確認した。「避難すべき住民」のうち、避難しなかった住民（53件）のその理由としては、避難できる場所がない：18、洪水は頻繁に起こる：15、家屋不在中の空き巣の恐れ：8、浸水深の過小評価：7、その他：4、気づくのが遅れた：1が挙げられている。「避難すべき住民」のうち、避難しなかった住民の43.4%は洪水情報を事前取得していたにも関わらず、上記のような理由から避難していない。

避難訓練を受けたことがあるのは400名中17名に過ぎず、そのうち「避難すべき住民」は2名であり、本来訓練が必要な住民にその機会が与えられていない。訓練を受けた2名のうち避難したのは1名である。

4.3 住民の大規模水害に対する意識構造

高田²⁶⁾は、2005年にバングラデシュ国の河岸侵食被災地で聞き取り調査を行った。洪水の主要原因を問うたところ、「アッラーの意思」が31%で首位を占め、2位の「過剰な降雨」：14.3%を大きく引き離していた。また、既往研究⁶⁾でも災害時の避難に対する住民意識の一つとして、“サイクロンは神が与えた試練であり受け入れざるを得ないものであるという認識”が住民の避難行動に影

響していると宗教的背景を指摘している。他方、Islamの質問票調査⁷⁾では洪水への態度として“神の意志としてその場で受け止めるより他にない”という設問に対して、フラッシュフラッドエリア（バングラデシュ国調査対象村）では賛成：40%、反対：48%、分からない：12%であり、高潮洪水エリア（沿岸部）では賛成：32%、反対：28%、分からない：40%であった。バングラデシュ国調査対象村では半数近くが否定し、高潮洪水エリアでは多くが結論しかねている。

今回の質問票調査において洪水原因の知識を問うたところ、400名中390名の回答者が洪水の原因が雨に由来すること、河川での堆砂、潮位が影響し、さらにその対策の未整備または機能していないことなどを正しく理解していることが確認された。調査結果からは、高潮洪水に比して外力が弱く浸水被害などある程度の対策可能な水害については、神の意志としてあきらめて受け入れているようには見受けられない。

5. バングラデシュ国調査対象村と川内川流域での洪水対応の比較分析

5.1 川内川流域における水害とその調査

川内川流域では、2006年7月22日から23日にかけて梅雨前線の停滞によって記録的な豪雨が発生、流域内4箇所の雨量観測所において7日間雨量が1,000 mmを超過した。これは流域内の7月の月平均雨量の約2倍に相当する。川内川の水位は15観測所の内11箇所で既往最大水位を上回り、7箇所で計画高水位を越え、内水および外水氾濫が発生した。これにより、死者25名、行方不明2名、負傷者55名、家屋被害として全壊51件、半壊84件が発生した。

この災害における被害状況や洪水対応について、表5に示す要領にて住民アンケート調査を実施した。調査項目は、バングラデシュ国調査対象村での調査と類似した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見の5大項目であり、質問項目は57項目であった。アンケート調査回収数2,943件のうち、災害外力が大きく作用し家屋が

表5 川内川流域水害アンケート調査の要領

実施時期	2007年3月2日～3月14日
調査対象	浸水被害のあった流域内3市3町において、住民台帳を基に無作為に抽出された世帯
配布方法	郵送配布
回収方法	郵送回収
配布数	10,000票
回収数	2,943票(回収率29.4%)

床上浸水、半壊、全壊した「避難すべき住民」は460件であった。

5.2 二地域での住民の洪水対応の比較

前章まででバングラデシュ国の洪水常襲地帯における土地利用形態と住民の洪水対応を分析したところ、家屋の立地や幹線道路の天端高を高くすることで、洪水に対する「暴露」を重点的に低減し、人的被害や家屋被害を軽減させている実態が定量的に明らかとなった。川内川流域でもかつては同様な方法を採用していたが、低地全域の「損害の受けやすさ」を河川改修事業および治水ダム建設、「対処能力」をハザードマップの作成および配布、洪水情報伝達、避難施設整備といった「公助」により改善してきた。これにより洪水氾濫への「暴露」を増しながらも「脆弱性」を補って土地の生産性を高めてきた。二地域の治水方式に大きな違いが生じているが、これにより住民の「対処能力」にどのような相違点が形成され、またどのような類似点が残存しているのか、バングラデシュ国調査対象村と川内川流域での住民の洪水対応の比較から相違点と類似点を分析する。

まず相違点として、洪水予警報の事前取得状況は、バングラデシュ国調査対象村：28.5%であるのに対して、川内川流域では複数の情報源から事前取得可能である。ただし、川内川流域では「避難すべき住民」で避難しなかった人の25%強が全く情報を得ていない。「避難すべき住民」の避難率は、バングラデシュ国調査対象村：25.4%、川内川流域：80.2%であり、バングラデシュ国調査対象村の方がかなり低い比率となっている。その背景として、浸水期間が数十日と長期化することや治安状況などの自然・社会環境から公助としての

ソフト対策である避難施設が十分に整備されていないことが確認された。バングラデシュ国調査対象村では避難場所として、共助や自助が多く挙げられているが、公助としての公共施設（幹線道路を含む）への避難は少ない。川内川流域では24.1%が避難訓練を受けた経験から避難行動を取っている。バングラデシュ国調査対象村では避難訓練の経験が4.3%で、そのうちの「避難すべき住民」で行動したのは2.2%であった。ここにも公助としての避難訓練の機会と活用に関連点が認められる。

両地域の「避難すべき住民」に類似点が見られる。洪水情報を事前に取得していながら避難していなかった世帯は、バングラデシュ国調査対象村：43.4%、川内川流域：70.0%と情報への対応が悪い。さらに、避難した世帯の避難理由として自宅の浸水深を挙げているのはバングラデシュ国調査対象村：77.8%、川内川流域：42.7%で最も多く、避難行動が予防減災的ではなく、被害が増大した段階での余儀なきものであったことが抽出される。

6. まとめ

本研究では、既存資料と400世帯を対象とした質問票調査の結果から、バングラデシュ国調査対象村での土地利用形態や大規模水害発災時の被災者の状況、対応、意識構造について質問票調査から検討し、またかつてはバングラデシュ国調査対象村と同様な土地利用で水害に対処していた鹿児島県川内川流域における2006年7月洪水での住民対応との比較から相違点と類似点を分析した。得られた主な知見を以下に示す。

- 1) バングラデシュ国調査対象村における最大水害発生年の浸水状況では、最大浸水深および浸水期間について、宅地では農地に比して1割程度にまで減じられており、家屋立地の選好や家屋嵩上げによる予防的減災効果が定量的に確認できた。
- 2) バングラデシュ国調査対象村での最大水害発生年の人的被害は、病気が226件で、全体の9割以上を占めていた。また、275世帯で人的被害がなかった。

- 3) バングラデシュ国では貧困層が水害に脆弱な存在であるといわれるが、バングラデシュ国調査対象村住民の家屋立地選好や家屋嵩上げによる家屋被害軽減効果と年収とには一義的な比例関係は認められず、年収が低くとも予防的減災効果を挙げている世帯が多い。
- 4) バングラデシュ国調査対象村と川内川流域での住民の洪水対応の相違点は、洪水予警報の事前取得状況、「避難すべき住民」の避難率および避難訓練の機会および活用に認められる。公助によるソフト対策の充実度が反映され、川内川流域の方が高い比率となっている。
- 5) 両地域の類似点は「避難すべき住民」に見られる。それは、i) 洪水情報を事前に取得していながら避難していなかった世帯が多いこと、ii) 避難した世帯の避難理由として自宅の浸水深が最も多く、被害が増大した段階での余儀なきものであったこと、である。

社会基盤が整備途上であるバングラデシュ国調査対象村では、公助としてのソフト対策である避難施設の整備および洪水予警報は不十分であり、宅地の嵩上げなど自助努力による洪水対策が基本となっている。一方、社会基盤が整備され、災害への気遣いを「外化」することで安心を得ている川内川流域の住民は、超過洪水時の初動時における洪水情報や避難施設などの公助を有効利用しきれていない。両地域は共に住民の避難行動に課題を抱えているが、その要因は異なる。換言すれば、かつてはバングラデシュ国調査対象村と同様な土地利用で水害に対処していた川内川流域では公助による洪水対策が整備されているが、これに適切にアクセスするための自助が不足している。地域住民による洪水対応にある普遍的課題として、自助の存在が対応の前提となるとともに、大規模水害に対してはハード・ソフト両面の公助によるサポートが重要であることが定量的に確認された。

謝辞

本研究に用いた質問票調査のデータは、独立行政法人国際協力機構による「バングラデシュ国災

害対策協力プログラム準備調査」で得られたものであり、その著作権は同機構に属する。データ利用にあたって深甚なる感謝の意を表します。また、質問票調査に参加頂いたバングラデシュ人現地調査員をはじめとした JICA 調査団団員の皆様に謝意を表します。

参考文献

- 1) 海田能宏、〈特集〉バングラデシュの農業と農村 バングラデシュの農村発展のための共同研究、東南アジア研究28巻3号、1990、pp.3-23.
- 2) 山下直樹・大本照憲、バングラデシュ国北東部クシヤラ川流域における湿地帯の洪水・土砂制御機能、水工学論文集、第57巻、2013.3.
- 3) 村本嘉雄・松本 淳・大矢雅彦・岡 太郎・小田利勝、1987年モンスーン季の豪雨によるバングラデシュの洪水氾濫災害の調査研究、文部省科学研究費・重点領域研究「自然災害」総合研究班、突発災害調査研究成果、No.-B-62-5、1988、pp.95-117.
- 4) 内田晴夫・安藤和雄、バングラデシュの「洪水」をめぐる農民の対応と国家政策－動的水文環境に対する農村水文学的アプローチからの提言(特集 水からみたアジア・アフリカ)、アジア・アフリカ地域研究第3号、2003、pp.1-34.
- 5) 野間晴雄、英領期ベンガル低地の開発と農業、東南アジア研究28巻3号、1990、pp.59-91.
- 6) 独立行政法人 土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター、バングラデシュにおける水災害に関する要因分析、ISSN 0386-5878、土木研究所資料第4052号、2007.6、pp.1-72 and pp. 36.
- 7) K. M. N. Islam, Impacts of Urban Floods from Micro-Macro Level Perspectives, A case study of Bangladesh, LAP LAMBERT Academic Publishing, pp.22-26, pp.48-49, 2011.
- 8) Nayeem Sultana, Md. Israt Rayhan, Coping strategies with floods in Bangladesh: an empirical study, Natural Hazard, pp. 1209-1218, 2012.
- 9) R. Hoque, D. Nakayama, H. Matsuyama, J. Matsumoto, "Flood monitoring, mapping and assessing capacities using RADARSAT remote sensing, GIS and ground data for Bangladesh", Nat Hazards 57, 2011, pp. 525-548.
- 10) 末次忠司・小林裕明・館健一郎、氾濫許容型治水について、建設省土木研究所河川部都市河川研究室、1997.11、pp.2 and pp.54.

- 11) 矢守克也・渥美公秀編著, 防災・減災の人間科学, 新曜社, 2011, pp.36.
- 12) T. Ohmoto, N. Yamashita, T. Fujimi, "Correlation Analysis Between Flood Disaster Force and Evacuation Activities by Residents", Proc. 3rd ICWFM, 2011, pp. 251-258.
- 13) 独立行政法人 国際協力機構・日本工営株式会社, バングラデシュ国 災害対策協力プログラム準備調査最終報告書, 2012.7, pp.2-1-2-9.
- 14) BHWDB, Bangladesh, CEGIS, Master Plan of Haor Area, Water Resources, 2012.4, pp.25-46.
- 15) WARPO, Ministry of Water Resources, Bangladesh, Halcrow, Mott MacDonald, National Water Management Plan Project, Development Strategy, Annex C Appendix 3, Rainfall Data Quality, 2000.8, pp.16.
- 16) H. Brammer, The Geography of the Soils of Bangladesh, University Press Ltd., Dhaka, 1996, pp.19.
- 17) F. Murata, T. Terao, T. Hayashi, H. Asada, J. Matsumoto, "Relationship between atmosphere conditions at Dhaka, Bangladesh, and rainfall at Cherrapunjee, India", Nat. Hazards 44, 2008, pp. 399-410.
- 18) BWDB, Bangladesh, SNC LAVALIN International, North Hydraulic Consultants, Flood Action Plan, Northeast Regional Water Management Project (FAP6), Northeast Regional Model, Final Report, March 1995, pp.12.
- 19) 村本嘉雄, バングラデシュにおける1987年および1988年の洪水災害, 京都大学防災研究所年報第32号 A, 1989, pp.7.
- 20) WARPO, Ministry of Water Resources, Bangladesh, Halcrow, Mott MacDonald, National Water Management Plan Project, Development Strategy, Annex O, Regional Environmental Profiles, 2000.8, pp. 40.
- 21) The World Bank, Controlling or Living with Floods in Bangladesh Toward an Interdisciplinary and Integrated Approach to Agricultural Drainage, December 2003, pp.21-22.
- 22) L. T. Soeftestad, Riparian Right and Colonial Might in the Haors Basin of Bangladesh, *Workshop in Political Theory and Policy Analysis, Indiana University*, pp.5-6, 2000.
- 23) LGED, Ministry of Local Government, Rural Development & Cooperative, Bangladesh, Small Scale Water Resources Subproject, Planning and Design Guidelines, Methodology and Common Subproject Components, pp.41-42, 2009.
- 24) RHD, Ministry of Communication, Bangladesh, Road Master Plan, Volume I: Main Text, March 2009, pp.86-87.
- 25) Ministry of Planning, Bangladesh Bureau of Statistics, Statistical Yearbook of Bangladesh 2011 (31st edition), 2012.
- 26) Md. Israt Rayhan, Assessing Household Vulnerability and Coping Strategy to Floods: A Comparative Study of Flooded and Non-flooded Areas in Bangladesh, 2005, Cuvillier Verlag Göttingen, 2008.
- 27) 高田峰夫, バングラデシュの banya, 包括的理解への試み, 災害と社会・文化, <http://www.r.minpaku.ac.jp/isaki/disaster/bng.html>, 2008.8.

(投稿受理:平成26年8月1日
訂正稿受理:平成26年11月25日)

要 旨

バングラデシュ国において、モンスーン季の洪水氾濫が常態である地域では、洪水発生に適應した生活が営まれてきた。地域住民は自然堤防などの微高地に集落を形成することで資産を洪水から防御し、氾濫原で乾季を中心とした農業生産を行っている。これにより洪水外力が分散した状態を保持し、対策強化の要を免れている。本研究では、バングラデシュ国北東部の洪水常襲地域に所在する8箇所の村での土地利用形態や大規模水害発災時の被災者の状況、対応、意識構造について質問票調査から検討すると共に、2006年7月洪水について類似のアンケート調査が実施された川内川流域での洪水対応との比較から相違点と類似点を分析し、地域住民による洪水対応にある普遍的課題を抽出した。