

# ヤンゴン都市圏における水害と住民対応の実態および防災教育が避難行動に与える影響の分析

山下 直樹<sup>1</sup>・大本 照憲<sup>2</sup>

## Situations of Flooding and Local People's Response in Greater Yangon and Analyses on Effects of Disaster Educations on Evacuation Behavior

Naoki YAMASHITA<sup>1</sup> and Terunori OHMOTO<sup>2</sup>

### Abstract

The Greater Yangon, the largest metropolitan area in Myanmar, is developed rapidly but flood inundations occur in the area every year. This paper analyzed flood responses by local people using an interview survey data from 10,069 households conducted in 2012. 46.2% of respondents have experienced flood inundation in their house areas in which 2,482 households have experienced large floods forcing evacuation. We analyzed their preconditions of flood disasters and evacuation behaviors. Effect of disaster educations on household who evacuated was examined by estimation of expected a posteriori of difference in risk, risk ratio and odds ratio. It was revealed that the educations do not positively effect on their proper evacuations and disaster preparedness although 86.0% of them have experienced some disaster educations.

キーワード：洪水対応，避難行動，防災教育，世帯訪問調査，ミャンマー国，ヤンゴン都市圏

Key words: flood response, evacuation behavior, disaster education, household interview survey, Myanmar, Greater Yangon

### 1. はじめに

世界各地の発展途上国の都市部では、内水氾濫による被害が頻発している。短時間降雨強度の強

さ、外水位の高さなど、元来の自然環境の厳しさに加え、急激な都市化の進展により都市域内での雨水浸透・貯留機能が低下し、また新興住宅が湿

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

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

本論文に対する討議は平成 29 年 11 月末日まで受け付ける。

地帯や水田のあった地域に形成され、さらに雨水排水施設の整備が都市化の進展に追い付いていないことがその傾向を増長させている。特に都市への人口集中に伴う問題の一つとして、都市外縁部(Urban Fringe)の無秩序化が指摘されている<sup>1)</sup>。

ミャンマー国第一の都市であるヤンゴン都市圏は急速に発展し、人口が増加しているが、毎年浸水が発生している<sup>2)</sup>。ヤンゴン市旧市街は外水氾濫のリスクが低い位置に形成されているが、潮汐の影響により雨季の雨水排水に問題がある。ヤンゴン市郊外は低平地が多くを占め外水氾濫のリスクを有し、高潮・満潮時の宅地や耕作地での浸水が常態となっている。2008年5月にヤンゴン都市圏を直撃したサイクロン・ナルギスでは、広範囲の低平地が浸水した。

柴山ら<sup>3)</sup>、平石ら<sup>4)</sup>は、ヤンゴン都市圏を含む地域でのサイクロン・ナルギスによる高潮被害の実態を調査した。既往調査(2013年)<sup>2)</sup>では、世帯訪問調査(Household Interview Survey: HIS)により、ヤンゴン都市圏全域での浸水の頻度や程度、住民の避難行動を把握している。田平・川崎<sup>5)</sup>は、ヤンゴン管区に隣接するバゴー県のバゴー郡における行政防災体制や住民の洪水対応をインタビュー調査により分析した。川崎ら<sup>6)</sup>は、2015年に発生した水害に対する政府対応を整理するとともに、バゴー川流域を対象とした現地調査により、地域における水害対応の実態を考察した。サイクロン・ナルギスによる災害以降、ミャンマー国における水害の実態や災害リスク、防災体制、住民の避難行動を分析した調査・研究は他にも多数ある<sup>7-9)</sup>。

しかし、ヤンゴン都市圏における水害の実態や住民の洪水対応、さらには防災教育の避難行動に与える影響を地区別に詳細に分析したものは見られない。これはミャンマー国内での大規模水害の多くがエーヤワディー河沿川とその三角州および同国西部を中心として発生しており、それらの地域が注目されることが多く、ヤンゴン都市圏はそれらの東側に位置するためと考えられる。人口および資産の集積が更に加速すると予測されるヤンゴン都市圏において、水害とその住民対応の実態

を分析し、洪水脆弱性の高い地域を中心とした対策を検討することは重要である。

本稿は、ヤンゴン都市圏を発達過程や現況特性ごとに8地区に区分し、既往調査(2013年)<sup>2)</sup>およびそのHIS成果<sup>10)</sup>などの現地調査成果を用いて、水害の実態と住民の洪水への対応を明らかとするとともに、過去の洪水において家屋が大きな浸水被害を受け、避難すべきと判断される世帯の防災教育が避難行動に与える影響を分析する。

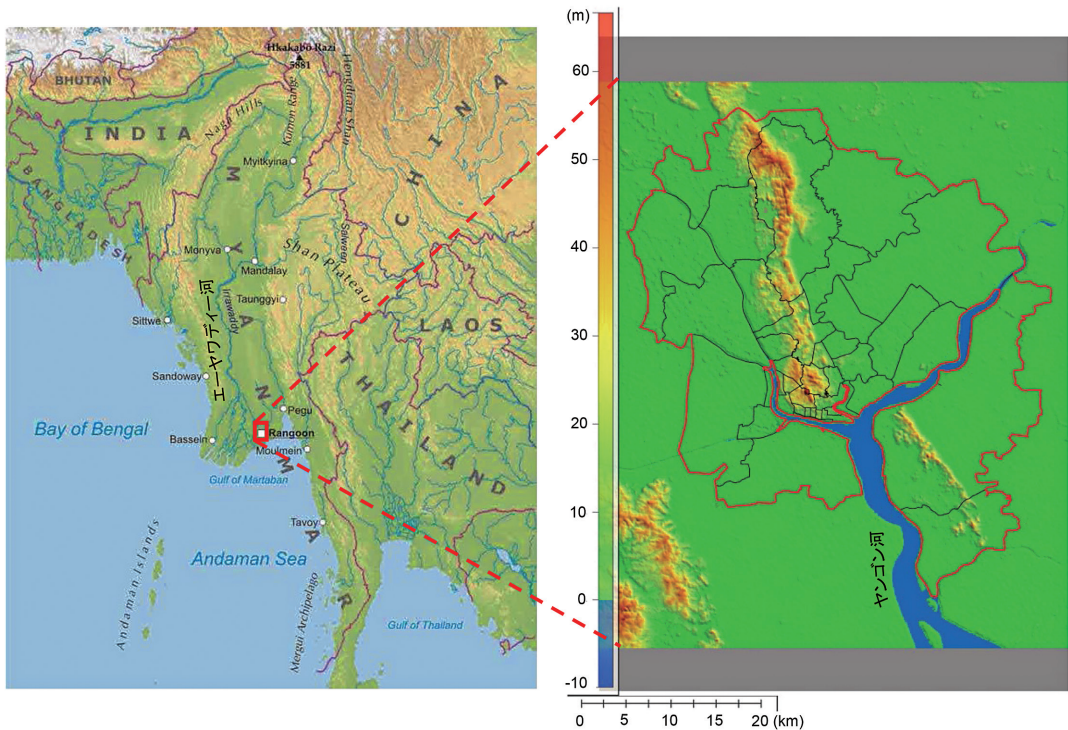
## 2. 研究対象地域の概況

### 2.1 自然条件

本研究対象地域のミャンマー国ヤンゴン都市圏は、ヤンゴン河沿いの北緯17°06'から北緯16°35'、東経95°58'から東経96°24'の範囲にあり、エーヤワディー河の三角州下流部の東側に位置する(図1<sup>2,11,12)</sup>)。ヤンゴン市中心部はヤンゴン河河口から約34 km上流に位置し、標高約30 mの小高い丘陵地がヤンゴン市の中央を南北に連なっている。ヤンゴン河は干満の潮位差が大きく、大潮時の河川水位は標高2.5~3.0 mになる。ヤンゴン都市圏周縁部には標高3.0 m以下で雨水排水の問題を抱える低平地が多い。特にヤンゴン都市圏南部は、ほとんどの土地が標高1.5~3.0 mの低平地であり、水田として利用されている。住民は、年間を通して大潮の満潮時に浸水に見舞われる。毎月の浸水は30分から1時間程度と短時間の継続であり、0.5~1.0 mの浸水深と比較的浅い。故に稲作を可能とし、地元住民は高床式の住居に住むことで、定期的な洪水氾濫を受容した生活を営んでいる。

ヤンゴン市の平均年降雨量は2,749 mm、平均月雨量の最大は8月の591 mm、最小は2月の3 mmである。また、最大年降雨量は2007年の3,592 mm、最大月雨量は1968年8月の868 mm、最大日雨量は2007年の344 mmである<sup>2)</sup>。

サイクロンは全般的にミャンマー国西側のベンガル湾で発生し、インド国へ向けて西進した後に旋回してバングラデシュ国やミャンマー国へ向かう。サイクロンの多くはブレ・モンスーン期の4月、5月とポスト・モンスーン期の10月、11月に



出典：既往調査 (2013)<sup>2)</sup>を基に作成

図1 調査対象地域 (ヤンゴン都市圏)

発生し、サイクロンに伴う i) 高潮, ii) 豪雨, iii) 強風が被害をもたらす。1887年から2005年にかけて1,248個のサイクロンがベンガル湾で発生し、このうちの80個 (全体の6.4%) がミャンマー国に襲来している<sup>2,13)</sup>。このうち12個のサイクロンがミャンマー国に高潮災害などの甚大な被害を及ぼし、中でも2008年5月のサイクロン・ナルギスは全国で138,373名もの死亡者・行方不明者を出した<sup>2)</sup>。

サイクロン・ナルギスはヤンゴン都市圏をも直撃し、大きな被害を発生させた。図2は、ヤンゴン都市圏へ2008年5月2日から3日にかけて襲来したサイクロン・ナルギスによる浸水区域について衛星画像を基に作成したものである<sup>2,14)</sup>。ヤンゴン都市圏南部および南西部のタウンシップ (行政単位) では、約8割の面積が浸水した。

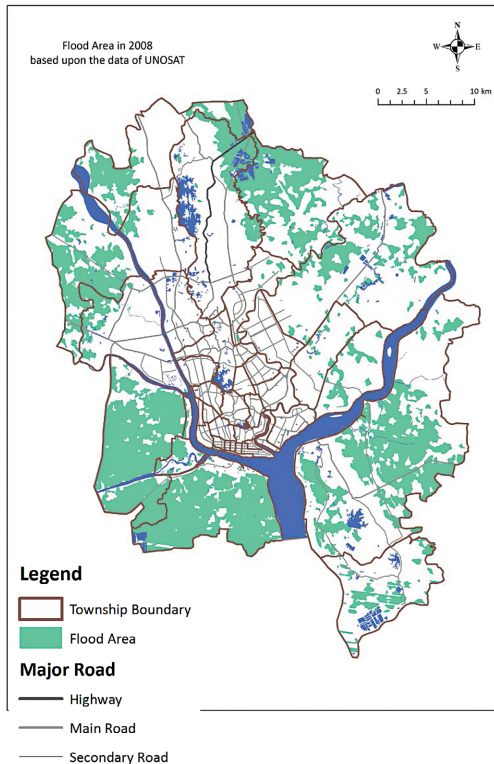
## 2.2 社会経済条件

ヤンゴン都市圏は、33タウンシップから成るヤ

ンゴン市に加えて Thanlyin, Kyauktan, Hlaegu, Hmawbi, Htantapin 及び Twantay の6タウンシップの一部から構成される。これらは発達過程や現況特性によって、図3に示す8つのタウンシップ・グループ (Township Group: TSG) に分類される<sup>2)</sup>。すなわち、中心業務地区 (Central Business District: CBD), Inner Urban Ring, Outer Ring, Northern Suburbs, Older Suburbs, South of CBD, New Suburbs, Periphery Area (ヤンゴン市周辺のタウンシップ) である。

ヤンゴン都市圏は、昨今の急速な民主化の流れを背景とする海外資本の流入や民間開発により、都市化が急速に進展している。人口は約557万人と推計されており、CBDの人口密度が最も高い (表1)<sup>2)</sup>。

ヤンゴン市における1998年から2011年の平均人口増加率は2.58%/yearであり、同期間TSG毎の人口増加率は、市中心部ではCBD: -0.10%, Outer Ring: -0.03%と微減している一方、郊外で



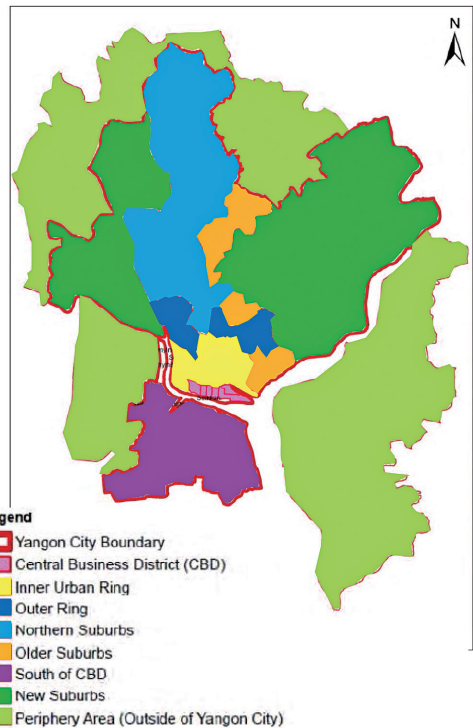
出典：既往調査 (2013) <sup>2)</sup>

図2 ヤンゴン都市圏におけるサイクロン・ナルギスによる浸水区域

表1 TSGの面積と人口

TSG	面積 (km <sup>2</sup> )	人口 (2011)	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )
CBD	6.91	252,391	36,525
Inner Urban Ring	37.94	778,156	20,510
Outer Ring	34.20	596,426	17,439
Northern Suburbs	185.18	219,512	1,185
Older Suburbs	49.42	848,153	17,162
South of CBD	110.50	805,461	7,289
New Suburbs	404.91	1,642,030	4,055
Periphery Area	705.83	430,114	609
合計	1,534.89	5,572,242	3,630

出典：既往調査 (2013) <sup>2)</sup>



出典：既往調査 (2013) <sup>2)</sup> を基に作成

図3 ヤンゴン都市圏内の行政境とTSGの定義区分

は New Suburbs: +6.01%, South of CBD: +6.93% と急増している。ヤンゴン市の主要産業は製造業、商業、サービス業である<sup>2)</sup>。労働人口2,611,977人のうち、68.1%は三次産業に従事している。

### 3. 世帯訪問調査

#### 3.1 実施概要

ヤンゴン都市圏における既往調査<sup>2)</sup>では、そこに生活する世帯の社会経済属性、現在の都市開発状況に対する彼らの評価と意見を把握することを目的に世帯訪問調査 (Household Interview Survey: HIS) が実施されている。調査期間は2012年9月22日から同年11月16日までの約2ヶ月間であり、延べ140名のミャンマー人調査員が動員された<sup>10)</sup>。世帯訪問は調査員2名が一組となって直接個別に実施されている。訪問した世帯の総数や協力を得た割合などは記録されていない。HISの

サンプル数は、ヤンゴン都市圏の人口の1.0~1.2%程度の10,069世帯となり、世帯構成員数は43,326人となった。TSG 毎のサンプル数を表 2 に示す。

調査項目は、(1) 社会経済情報、(2) 居住環境、(3) 日常の交通行動、交通混雑、公共交通、交通施策、(4) 景観及び歴史地区、(5) 公園及び緑地空間、(6) 水へのアクセス、(7) 衛生環境へのアクセス、(8) 排水、(9) 廃棄物収集、(10) 電力サービス、(11) 災害への脆弱性、(12) 全体評価、(13) ヤンゴン市の将来ビジョンと多岐にわたり、質問数は95項目である<sup>10)</sup>。本論文の著者は、(8) 排水の一部および(11) 災害への脆弱性についての質問14項目を作成した。このうち本研究で用いる質問項目は、(1) 社会経済情報、(2) 居住環境、(8) 排水、(11) 災害への脆弱性の中で表 3 に挙げている①回答者属性、②社会経済状況、③洪水特性・被害状況、④防災意識、⑤避難行動の5項目であり、質問項目は20項目である。

### 3.2 調査結果

#### (1) 回答者の属性

回答者の性別は男性が42.9%、女性が57.1%であり、ほぼ均等な割合で回答を得られている。世代別では、10歳代1.0%、20歳代8.0%、30歳代18.0%、40歳代27.3%、50歳代24.3%、60歳代15.1%、70歳代5.4%、80歳代以上0.9%であった<sup>10)</sup>。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。回答者の世帯主との関係は、世帯主本人が47.8%で最も多く、次いで妻32.5%、娘11.0%、息子4.4%と続く。回答者の職種は、無職または引退者が24.2%で最も多く、小売業21.1%、主婦業21.1%、家主7.5%、店舗販売員5.9%などとなっている。日中の調査であったことが、回答者の職種に影響していると考えられる。

居住年数の回答者割合は、10年未満25.4%、10~19年21.1%、20~29年15.6%、30~39年10.3%、40~49年11.3%、50年以上16.3%であり、30年未満の居住年数の割合は62.1%を占める<sup>10)</sup>。比較的居住年数の浅い世帯が多いが、その転入の主な理由は、より便利な場所へ：32.4%、新たに世

表 2 TSG 毎の HIS サンプル数

TSG	HIS サンプル数
CBD	513
Inner Urban Ring	1,522
Outer Ring	890
Northern Suburbs	1,360
Older Suburbs	1,347
South of CBD	380
New Suburbs	2,531
Periphery Area	1,526
合計	10,069

帯を構えた：15.7%、より良い職業環境のため：13.6%、より良い住環境のため：11.8%となっており、利便性を追求した転居が多い。洪水被害により転居したのは5世帯(Periphery Area: 4, New Suburb: 1)である。その他の災害関係による移転では火事によるものも数件ある。

世帯の平均月収は、100,000~300,000 MMK/月の中所得的な世帯が58.5%を占め、300,000 MMK/月以上の比較的高所得な世帯が22.2%、100,000 MMK/月未満の比較的低所得の世帯が17.7%と概ね三層に分かれる<sup>10)</sup>(参考：1 日本円 = 12.1105 MMK (現地通貨ミャンマーチャット：2016/10/14 時点)<sup>15)</sup>)。

#### (2) 洪水被害状況

図 4 は家屋または宅地における浸水被害の頻度である。調査対象全体では、5,422世帯(53.8%)が浸水被害の経験がない一方、4,644世帯(42.9%)は毎年または毎月のように浸水被害を受けている。毎年または毎月のように浸水被害を受けている世帯を TSG 別にみると、Old Suburbs および New Suburbs では、それぞれ51.4%、52.2%とわずかに多く、Northern Suburbs および Periphery Area では、それぞれ33.7%、33.8%とわずかに少ない。

家屋または宅地での浸水の流速が速いか遅いかの意見は主観的であるが、身体的危険度を判断する上で重要な指標と考えた。通常に発生する洪水による家屋・宅地での浸水の流速の聞き取り結果を図 5 に示す。全体では、とても速い：469世帯(10.1%)、速い：1,696世帯(36.5%)、遅い：2,023

表3 本研究で用いた質問項目および選択回答

分類	質問項目	選択回答
1 Attribute	Age	18 - 80's
	Sex	Male, Female
	Relationship with head of household	Myself, Wife, Daughter, Son, Mother, Father, Grandmother, Grandfather, Relatives
	Occupation	Shop Keepers, Housewife, Proprietors, Service Workers, Shop and Market Sales Workers, Jobless/ Retired
2 Socio-economic Condition	Living years in the present address	0 - more than 90 years
	Previous address	Outside of the Greater Yangon, Inner urban ring, Older suburbs
	Main reason for moving from the previous address	More convenient location, Start new family, For better work/ business, For better housing
	Total monthly household income (kyat/month)	Below 25,000 - Above 1,000,000
3 Flood Characteristics & Damage	Frequency of flood inundation at house and/or land	every month, every year, every 2 years, every 10 years, more than 10 years, no experienced
	Flow velocity	Very fast, Fast, Slow, Very slow, No answer
	The maximum inundation depth at home due to the most serious flooding in the past	Up to ankles, Up to knees, Up to waist, More than waist, no answer
	The maximum inundation duration at home due to the most serious flooding in the past	Less than half day, Half day - 1 day, More than 1 day - 3 days, More than 3days - 5days, More than 5 days, No answer
	Damages to the household members	dies/mortality, injured, sickness
4 Disaster Awareness	Have you ever been educated in the disaster preparedness?	Yes, No
	Preparation for disasters	Yes, No
5 Evacuation Activities	Do you receive warning about the flood?	Yes, No
	Source of information	Radio/TV, Neighbours, Community leader, Governmental office, Others, No answer
	Experience of evacuation due to the disaster	Yes, No
	Place of evacuation	Religious place, School, House of relatives, House of neighbours, Others
	Reason of no evacuation	No place to go, Risk of looting, Too late to evacuate, No insurance, Small depth of inundation, Flood is an ordinary event, Others

出典：HIS 成果 (2013) <sup>10)</sup>

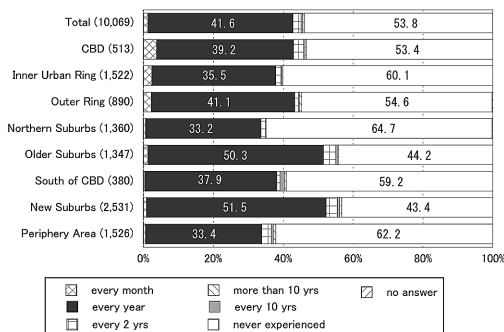


図4 家屋・宅地での浸水被害の頻度

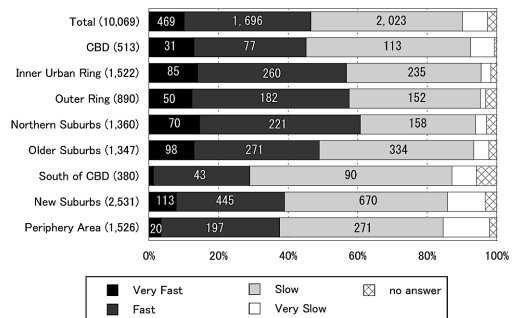


図5 通常の洪水による家屋・宅地での浸水の流速

世帯 (43.6%)、とても遅い：329世帯 (7.1%) となっており、速いと遅いでほぼ均等に二分される。TSG 別にみると、浸水の流速が速いと回答しているのは、Northern Suburbs で、とても速い：14.6%、速い：46.2%と比較的多くなっており、遅いと回答しているのは、South of CBD で、遅い：58.1%が過半数を占め、とても速い：1.3%、速い：27.7%となっている。地形が比較的急峻な Northern Suburbs と比較的平坦な South of CBD において、地形勾配の緩急や下流との水位差に支配される浸水の流速を住民がよく観察していることが見て取れる。

以下、過去最悪の洪水における家屋での浸水深と浸水継続時間について考察する。「過去最悪の洪水」とは、各調査対象世帯が過去に経験した最悪の洪水である。ただし、各世帯にとっての「過去最悪の洪水」がいつのものであったのか、本 HIS では意図せずに設問していない。2008年5月のサイクロン・ナルギスが過去最大の被害をもたらしたという意見は多いが、各世帯がそのように認識していると限らないことは勿論のことである。図6は過去最悪の洪水による家屋での浸水深である。全体では浸水被害の経験の有する4,644世帯において、平年の家屋での浸水深は、踝まで：2,251世帯 (48.5%)、膝まで：2,013世帯 (43.3%) がほとんどを占め、それ以上の水深では、腰まで：280世帯 (6.2%)、腰以上：64世帯 (1.4%) となっている。30世帯は回答を得られなかった。TSG 別にみると、South of CBD では、腰まで：16.8%、腰以上：3.2%、Periphery Area では、腰

まで：15.9%、腰以上：4.9%と比較的浸水深が深かった。Periphery Area では被害を受ける家屋の浸水深が比較的深いなかで、毎年浸水被害を受ける世帯の割合が38.2%と相対的に小さい。これは浸水深の深い被害を受けたことで家屋の高床化を進め、浸水被害の常態を避けたためと推論できる。

過去最悪の洪水について、衛生面から健康被害の発生に関係性のある家屋での浸水継続時間を図7に見ると、全体では、半日未満：2,676世帯 (57.6%)、半日以上1日未満：845世帯 (18.2%) と継続時間の比較的短い世帯が大半を占める。一方、1日以上3日未満：496世帯 (10.7%)、3日以上6日未満：225世帯 (4.8%)、6日以上：372世帯 (8.0%) と継続時間の比較的長い世帯も少なからず有ることが認められる。TSG 別にみると、South of CBD で3日以上6日未満：18.7%、6日以上：19.4%、Periphery Area で3日以上6日未満：6.2%、6日以上：27.9%となり、浸水深同様に比較的被害が大きい。New Suburbs においても3日以上6日未満：8.8%、6日以上：10.1%であり、先の2つのTSGに次いで浸水継続時間の長い世帯の割合が大きい。South of CBD および Periphery Area の南部分は下流側の標高が低い地域であり、潮汐により浸水継続時間が長くなったものと考えられる。

表4は世帯訪問調査対象の洪水による人的被害数を示す。ここでは、サイクロン・ナルギスによるものとそれ以外の河川洪水や高潮などを通常の洪水によるものとして分類している。通常の洪水に比してサイクロンによる人的被害がかなり

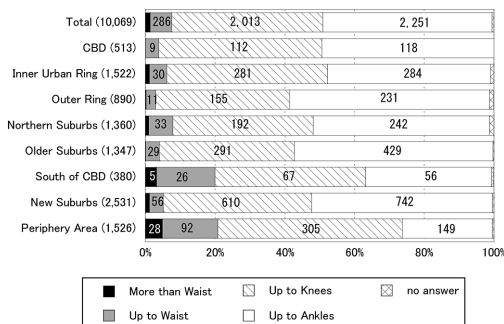


図6 過去最悪の洪水による家屋での浸水深

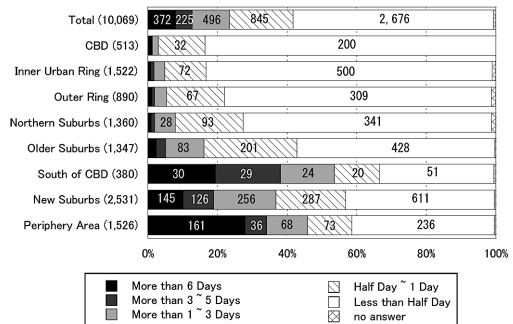


図7 過去最悪の洪水による家屋での浸水継続時間

表4 世帯訪問調査対象の洪水による人的被害  
単位：人数

人的被害	病気		負傷		死亡	
	C	F	C	F	C	F
原因	C	F	C	F	C	F
合計	286	7	204	4	165	5
CBD	5	0	1	0	0	0
Inner Urban Ring	18	4	6	0	0	0
Outer Ring	9	0	7	0	4	0
Northern Suburbs	38	0	35	0	35	0
Older Suburbs	6	0	7	0	0	0
South of CBD	17	0	2	0	0	0
New Suburbs	52	2	21	0	6	0
Periphery Area	141	1	125	4	120	5

Note: C: Cyclone, F: Normal Flood

多く死者が165名あるが、本調査では個別の死因を特定していない。関係機関への聞き取りによると、サイクロン・ナルギスの暴風で家屋の屋根が吹き飛ばされ、これに驚き慌てて屋外へ逃げ出した住民が溺死するケースが多かったという。Periphery Areaではサイクロンによる死者が120名あるとともに通常の洪水による死者が5名あり、特に洪水に対して脆弱である。これに次いで、Northern Suburbsでも死亡者35名、病気・負傷者73名と多くの被害が発生していることが注目される。Northern Suburbsの家屋での浸水深・浸水継続時間はSouth of CBDおよびPeriphery Areaに比して軽度だが、サイクロンなどの風水害では別の外力(例えば、倒木など)が働き、それへの対策も必要と考えられる。

#### 4. ヤンゴン都市圏における洪水対応の分析

##### 4.1 全体の洪水対応

図8は洪水予警報の事前取得状況である。全体では、6,069世帯(60.3%)が洪水情報を事前取得可能としている。TSG別にみると、Northern SuburbsおよびOlder Suburbsでそれぞれ73.5%、74.0%と比較的高い割合である一方、Inner Urban RingおよびPeriphery Areaではそれぞれ45.1%、43.6%と比較的低い割合である。

図9は水害情報の入手先である。全体では洪水情報を事前取得可能とした世帯のうち、5,384世帯(88.7%)がRadio/TVを情報源としている。

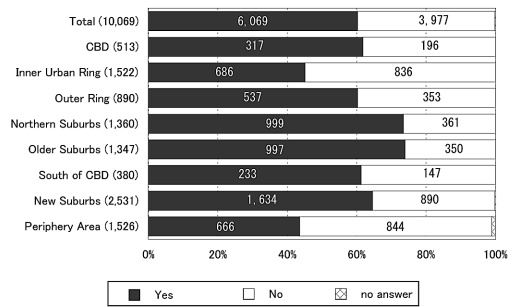


図8 水害情報の事前取得状況

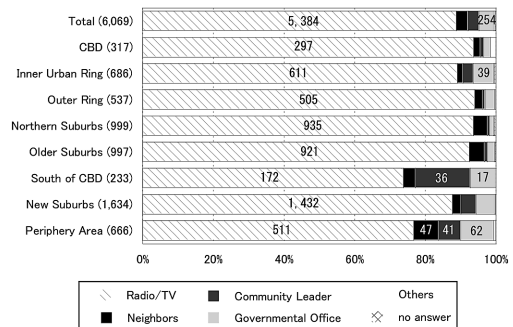


図9 水害情報の入手先

これらは一般的な情報源として有用ではあるものの、情報が広域を対象としており局地情報がないため、住民の洪水への危険認知につながりにくい。TSG別にみると、South of CBDではコミュニティ・リーダー：15.5%、役所職員：7.3%、Periphery Areaでは近所の住民：7.1%、コミュニティ・リーダー：6.2%、役所職員：9.3%と比較的大きな割合になっており、浸水深が深く浸水継続時間の長い地域においては、より地域性の高い情報もたらされていることが考えられる。

図10に防災教育の経験を示す。全体では8,645世帯(86.0%)が防災教育を受けた経験を有している。しかし、本HISでは各回答者がどのような防災教育を受けているのか具体的に把握できていない。行政機関などへの聞き取りによると、防災教育はサイクロン・ナルギスによる被災後に活発化している。ミャンマー国運輸省気象水文局(Department of Meteorology and



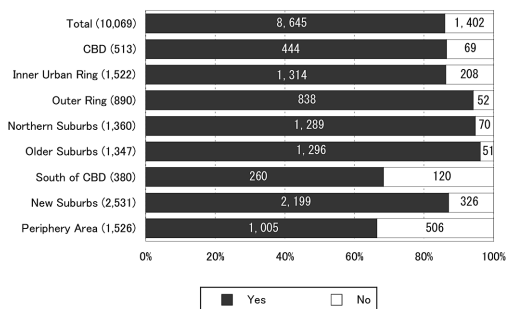


図10 防災教育の経験

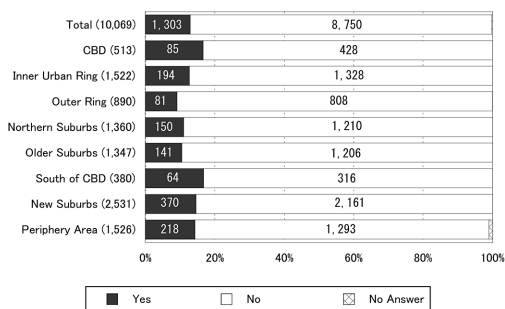


図11 災害への備え状況

Hydrology: DMH) は、過去に水害啓蒙のためのパンフレットを作成・配布していたとのことである。社会福祉・救済復興省救済復興局 (Relief and Resettlement Department: RRD) は、サイクロンシェルターを建設する一方で、1) 地方防災行政官の教育・訓練、2) 地域住民への防災啓蒙活動、3) 洪水避難訓練などを行っている。複数の国際 NGO が児童を対象とした防災教育教材を作成して防災教育を行っている<sup>2)</sup>。しかし、これらの事業地域の多くはヤンゴン都市圏外のエーヤワディー河沿川とその三角州とみられる。ヤンゴン都市圏で避難住民を受け入れている宗教施設では、僧侶が日常の地元住民への説法で災害の備えの重要性を説いている。国内のテレビコマーシャルで放映される災害啓蒙を視聴することを防災教育と解釈する者もいる。

このような防災教育の諸施策実施にも関わらず、災害への備え (非常食, 非常用具など) を行っている割合は図11に示すとおり小さく、全体では1,303世帯 (12.9%) が備えているに留まっている。現行の防災教育が対象者を限定させていたり、当事者意識を持たせる効果に至っていない可能性がある。

#### 4.2 避難すべき世帯の洪水対応

##### (1) 避難すべき世帯の抽出

家屋での浸水深と浸水継続時間を近似的に表5のとおり数値化し、その積を浸水被害程度 (Magnitude of Inundation Damage: MID) とする (式 (1))。過去の洪水において家屋が大きな浸水

表5 家屋での浸水深および浸水継続時間の数値化

浸水深		浸水継続時間	
HIS の回答	数値化 (cm)	HIS の回答	数値化 (day)
Up to ankles	5	Less than half day	0.25
Up to knees	50	Half day - 1 day	0.75
Up to waist	100	More than 1 day - 3 days	2.00
More than waist	150	More than 3days - 5days	4.00
		More than 6days	7.00

被害を受け、避難すべきと判断される世帯を「避難すべき世帯」と定義する<sup>16,17)</sup>。本論文では、過去最悪の洪水で家屋が全て浸水した (膝まで以上浸水)、すなわち MID が12.5 (回答の組み合わせ上, Up to Knees: 浸水深50 cm × Less than half day: 浸水継続時間0.25day) 以上の世帯を「避難すべき世帯」とし、その避難状況とその要因を分析する。なお、住居を高床にして浸水にある程度の対応をしている世帯が膝まで以上の浸水を免れている場合も考えられ、それはここでの定義上「避難すべき世帯」と捉えていない。

$$MID = \text{浸水深}(cm) \times \text{浸水継続時間}(day) \quad (1)$$

MID 算出の結果、「避難すべき世帯」の総数は2,482 (24.6%) となった。表6に MID 算出値の範囲を整理した。Periphery Area では、MID 700以上が90世帯 (5.9%) ある。MID の最高値は1,050で38世帯あり、その内訳は Periphery Area: 25, New Suburbs: 11, South of CBD: 2であった。MID 1,050は、家屋での浸水深が腰以上と浸水継

表6 MID算出結果

MID	12.5 >	12.5 - 25	25 - 50	50 - 200	200 - 400	400 - 700	700 <=	Total
CBD	390	94	22	5	2	0	0	513
Inner Urban Ring	1,202	229	62	15	12	1	1	1,522
Outer Ring	722	107	42	10	8	0	1	890
Northern Suburbs	1,127	127	66	25	12	1	2	1,360
Older Suburbs	1,019	125	103	64	30	3	3	1,347
South of CBD	255	30	38	21	24	6	6	380
New Suburbs	1,783	202	78	44	82	16	26	2,531
Periphery Area	1,089	119	74	57	90	7	90	1,526
Total	7,587	1,033	585	341	360	34	129	10,069

続時間が6日以上を組み合わせからなり、回答可能最大値である。

(2) 洪水対応の分析

図12は避難すべき世帯2,482世帯の防災教育の経験である。全体では「避難すべき世帯」2,482世帯のうち、2,074世帯(83.6%)が防災教育の経験を有している。しかし、South CBD および Periphery Area では、それぞれ87世帯(69.6%)、272世帯(62.2%)と両TSGでは比較的低い割合になっており、比較的低浸水深の大きい被害を受けている世帯に防災教育が行き渡っていないことが判明した。

図13は避難すべき世帯の避難経験である。全体では、254世帯(10.2%)が避難経験を有する。CBDでは、123の「避難すべき世帯」すべてが避難経験を持たない。South of CBD および Periphery Area での避難経験を有する世帯の割合は比較的高いが、それでもそれぞれ32.8%、19.5%に留まっている。この二つのTSGに注目して、その水害事前情報の入手先をみると表7のとおりとなる。South of CBDでは過半数の22世帯がRadio/TVを最大の情報源としているが、主要な情報源の一つである役所職員の事前情報は避難行動に結びついていない。一方、Periphery Areaでは避難した世帯の半数である42世帯が外部からの水害情報を入手していないが、その他の世帯では近所、コミュニティ・リーダー、役所職員など様々な情報源から情報を得ている。このように浸水深が比較的高い地域である両地区に相違点がみられる。

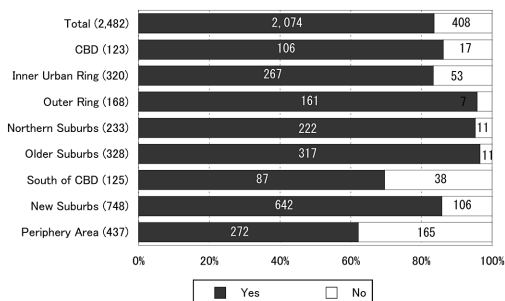


図12 避難すべき世帯の防災教育の経験

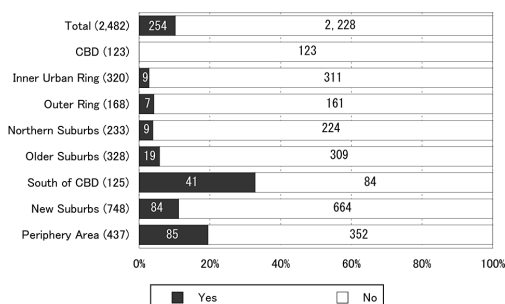


図13 避難すべき世帯の避難経験

表7 避難すべき世帯で避難経験を有する世帯の水害情報の入手先

情報入手先	South of CBD	Periphery Area
No Information	13	42
Radio/TV	22	27
Neighbors	0	5
Community Leader	6	6
Governmental Office	0	3
Others	0	1
Total	41	84

わが国では、東日本大震災や阪神・淡路大震災の発災時に公助による防災が十全の機能を果たせなかったことから、「公助の限界」と自助・共助の重要性が指摘されている<sup>18)</sup>。しかし、本研究では公助が一部効果を発揮している地区があり、傾向は一樣ではない。危険な状況を感知し、避難行動を判断するには、公助・共助による社会的支援(近所、コミュニティ・リーダー、役所職員など様々な情報源からの災害情報や避難施設の提供等)に

つながるための自助（または個人化された危険認知<sup>19)</sup>）能力が重要になると考えられる。

図14に避難すべき世帯のうちで避難した世帯の避難場所を示している。全体では寺院などの宗教施設への避難が90世帯（35.7%）で最も多く、次いで近所73世帯（29.0%）、親戚宅58世帯（23.0%）となっている。South of CBD では半数を超える22世帯（53.7%）が宗教施設へ避難している。

近隣のバゴー川流域で2011年に発生した洪水についての研究<sup>5)</sup>においても、避難した住民のおよそ半数が仏教施設へ避難したことを把握している。その理由については、1) 仏教施設は住民にとって身近な存在であり、2) 高台にあることが多く宿泊施設も備えていることから避難所に指定された可能性、3) 日常的に寄付があり、被災者が支援物資を受け取りやすいこと、と考察している。また、同じくバゴー川流域の2015年洪水についての研究<sup>6)</sup>では、中央政府からの援助物資は避難時であれば避難施設に送られるが、復旧して被災者の帰宅後には各地の寺院に備蓄されることや、寺院が住民への直接的な避難勧告や救援物資の配布など重要な役割を担っていることを確認しており、ヤンゴン都市圏においても同様の状況が考えられる。

図15は避難すべき世帯のうちで避難しなかった世帯のその理由を示している。全体では、“浸水深が小さい（Small depth of inundation）”が432世帯（19.4%）で最も多く、次いで“洪水は通常の出来事（Flood is an ordinary event）”が368世帯（16.5%）、“警報が発令されなかった（No issuance of warning）”が337世帯（15.1%）となっている。その他様々な理由、または特に理由が回答できないものもあった。浸水深が小さい、浸水は通常の出来事、というのは正常化の偏見<sup>19)</sup>と考えるが、そこに留まるよりも避難することの方が問題になるとの判断も背景にあったかもしれない。先述の既往研究<sup>5)</sup>によると、地方職員が浸水の危険が高いと判断し、所定の避難所への避難を指示したにも関わらず、地域住民の多くは自宅から離れるのを拒否している。その理由は、家財道具が流出することへの不安、洪水予報に対する住民の不信、

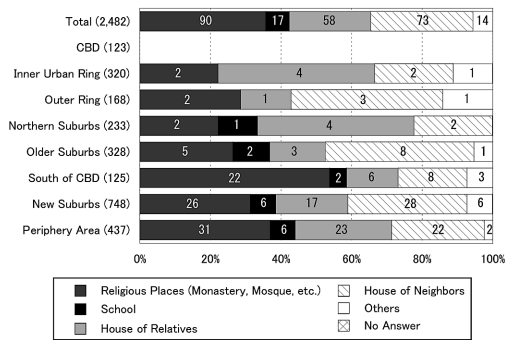


図14 避難すべき世帯の避難場所

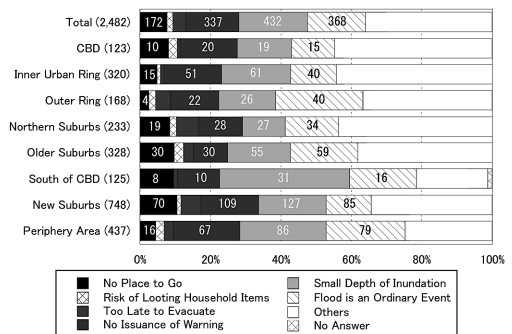


図15 避難すべき世帯の避難しなかった理由

家族に病人がいる場合の移動手段や介護の問題、鶏やアヒル等の小動物の世話、避難所のトイレや衛生状態の問題などが具体的に挙げられている。

図16は避難すべき世帯のうちで防災教育の経験を有する世帯の避難経験を示している。全体では、202世帯（9.7%）のみが避難経験を有しており、危険に直面しながら防災教育が避難行動に繋がらなかったことを示唆している。特に CBD では該当する106世帯すべてが避難経験を有していない。South of CBD では30世帯（34.5%）が避難経験を有しており比較的高い割合であるが、それでも対象の3分の1程度に過ぎない。

図17は避難すべき世帯のうちで防災教育の経験を有する世帯の災害への備え状況を示している。全体では363世帯（17.5%）が非常食、非常用具などの何らかの備えを行っている。一般に防災教育は水害前の備えや水害時の避難行動を促すために

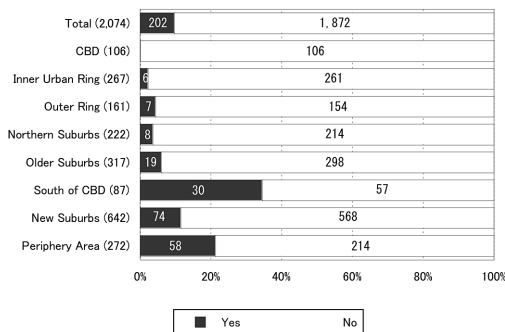


図16 避難すべき世帯で防災教育の経験を有する世帯の避難経験

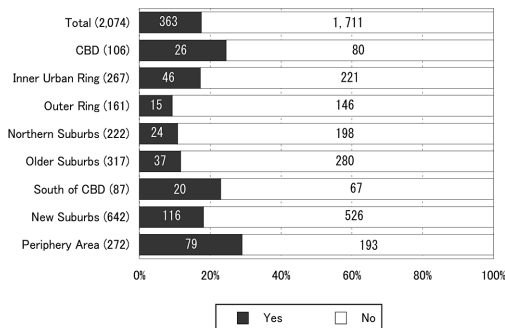


図17 避難すべき世帯で防災教育の経験を有する世帯の災害への備え状況

なされるが、ヤンゴン都市圏における防災教育はその効果をほとんど発揮していない現状が明らかとなった。また、水害を転居理由に挙げている5世帯のうち4世帯は現在の住居でも浸水被害を受けている。その4世帯のうち、避難経験および災害への備えを行っているのは1世帯のみである。避難すべき世帯の避難行動や災害への備えを促すよう、防災教育の実効的な改善が求められる。

### 4.3 避難すべき世帯への防災教育の効果の分析

避難すべき世帯の防災教育の有無と避難行動の有無をクロス集計として表8に整理した。ここでは、防災教育が避難すべき世帯(2,482世帯)の避難行動の要因となりえたのかを防災教育の有無の比率を用いて分析する。

本論文の統計解析では文献<sup>20)</sup>を参考とし、表

8のデータについて OS: Windows7 (64bit) およびソフトウェア Stan と、それを統計解析環境 R (version 3.3.1) の中から使用するためのインターフェース・パッケージ R Stan (version 2.10.1) を用いた。

「防災教育あり」を正反応とし、その比率をリスクと呼ぶ。まず、防災教育あり群と防災教育なし群において避難した世帯の比率の差(リスク差)を式(2)により算出する。

$$\delta_{p_{11}-p_{01}} = p_{11} - p_{01} = \frac{n_{11}}{n_{11} + n_{10}} - \frac{n_{01}}{n_{01} + n_{00}} \quad (2)$$

ここで、 $p_{11}$  : 防災教育あり群中の避難した世帯割合

$p_{01}$  : 防災教育なし群中の避難した世帯割合

また、比較指標としてリスク比 (risk ratio:  $RR$ ) およびオッズ比 (odds ratio:  $OR$ ) をそれぞれ式(3)、式(4)により算出する。

$$RR = \frac{p_{11}}{p_{01}} = \frac{n_{11}}{N_1} / \frac{n_{01}}{N_0} = \frac{n_{11}N_0}{n_{01}N_1} \geq 0 \quad (3)$$

$$OR = \frac{p_{11}/p_{10}}{p_{01}/p_{00}} = \frac{(n_{11}/N_1)/(n_{10}/N_1)}{(n_{01}/N_0)/(n_{00}/N_0)} = \frac{n_{11}/n_{10}}{n_{01}/n_{00}} \quad (4)$$

ここで、 $p_{10}$  : 防災教育あり群中の避難していない世帯割合

$p_{00}$  : 防災教育なし群中の避難していない世帯割合

$N_1$  : 避難した世帯の数

$N_0$  : 避難していない世帯の数

ここでは、防災教育ありなし毎の避難世帯数について2項分布を仮定して反応率  $p_{11}^0, p_{10}^0, p_{01}^0, p_{00}^0$  を推定し、比率の差  $\delta_{p_{11}-p_{01}}^0$ 、リスク比  $RR(t)$ 、オッズ比  $OR(t)$  を生成量として算出した。その結果を表9に示す。比率の差の事後期待値 (expected a posteriori: EAP) と確信区間は、 $-0.031 [-0.059, -0.004]$  と推定された。これより防災教育あり群の方が避難する割合が小さく、期待される効果が現れていない。また  $U_{\delta_{p_{11}-p_{01}} > 0}$  より、比率の差が正になる確率は0.9% [0.0%, 0.0%] となっている。 $RR$  は0.768 [0.615, 0.960] < 1 となり、防災

表8 避難すべき世帯の防災教育と避難行動のクロス集計

	避難した (= 1)	避難していない (= 0)	合計
防災教育あり (= 1)	$n_{11}$ (202)	$n_{10}$ (1,872)	$n_{11} + n_{10} = N_{1\cdot}$
防災教育なし (= 0)	$n_{01}$ (52)	$n_{00}$ (356)	$n_{01} + n_{00} = N_{0\cdot}$
合計	$n_{11} + n_{01} = N_{\cdot 1}$ (254)	$n_{10} + n_{00} = N_{\cdot 0}$ (2,228)	$N_{\cdot 1} + N_{\cdot 0} = 2,482$

表9 避難すべき世帯で避難した世帯の比率の差・RR・OR・推定結果(全体)

	EAP	Post.sd	95% 下限	95% 上限
$\hat{p}_{11}$	0.098	0.005	0.088	0.108
$\hat{p}_{10}$	0.902	0.005	0.892	0.912
$\hat{p}_{01}$	0.128	0.013	0.104	0.154
$\hat{p}_{00}$	0.872	0.013	0.846	0.896
$\hat{\delta}_{p11-p01}$	-0.031	0.014	-0.059	-0.004
$U_{\hat{p}_{11-p01} > 0}$	0.009	0.095	0.000	0.000
RR	0.768	0.088	0.615	0.960
OR	0.744	0.097	0.575	0.955

Post.sd: 事後標準偏差 (Posterior standard deviation)

教育なし群の反応率が大きい。ORは0.744[0.575, 0.955] < 1であり、ここからも防災教育が避難を促していないと推論できる。また、TSG別に分析してみても、すべてのTSGにおいて、防災教育あり群に期待される効果が認められない。

調査対象地域においては、防災教育が「ニュートラルなリスクの一方向的伝達」<sup>21)</sup>に留まり、それが「総合的情報」に過ぎないことが効果を現さない原因と考えられる。具体的には、水害啓蒙のパンフレットなど一律な情報は一般的な防災知識を普及させる効果があるかもしれないが、身の回りの洪水状況を判断する能力の向上や避難行動につながりにくい。Radio/TVから取得できる事前の洪水情報についても同様な状態である。まずは、洪水ハザードマップなどを用いて自宅の危険を認知させるとともに、防災教育および洪水情報の提供を「地域化」、「個別化」させることが求められる。

### 5. まとめ

本研究では、10,069世帯を対象とした質問票調査の結果から、ヤンゴン都市圏での水害の実態と住民の洪水への対応を明らかとするとともに、過去の洪水において家屋が大きな浸水被害を受け、

避難すべきと判断される世帯の防災教育が避難行動に与える影響を分析した。得られた主な知見を以下に示す。

1) 全体では5,422世帯(53.8%)が浸水被害の経験がない一方、4,191世帯(41.6%)は毎年浸水被害を受けている。浸水被害の経験がある4,644世帯において、過去最悪の洪水による家屋での浸水深は、膝まで以下が91.8%を占める。South of CBD および Periphery Area では比較的浸水深が深かった。家屋での浸水継続時間は、1日未満が75.8%と継続時間の比較的短い世帯が多い一方、6日以上が8.0%を占める。South of CBD および Periphery Area では、浸水深と浸水継続時間が比較的深く長い。

2) 洪水による人的被害は、通常の洪水に比してサイクロンによるものがかなり多い。Periphery Area ではサイクロンによる死者が120名、通常の洪水による死者が5名あり、特に洪水に対して脆弱である。

3) 全体では、6,069世帯(60.3%)が洪水情報を事前に取得可能としており、そのうちの5,384世帯(88.7%)がRadio/TVを情報源としている。South of CBD と Periphery Area では、コミュニティ・リーダーと役所職員を情報源とする割合が比較的大きく、浸水深が深く浸水継続時間の長い地域では、より地域性の高い情報もたらされていると考えられる。8,645世帯(85.9%)が防災教育を受けた経験を有しているが、災害に備えている割合は低く1,303世帯(12.9%)に留まっている。

4) 過去の洪水において家屋が大きな浸水被害を受け、避難すべきと判断される世帯を「避難すべき世帯」と定義し、その避難状況を分析した。「避難すべき世帯」の総数2,482世帯(24.6%)のうち10.2%が避難経験を有する。South of CBD および Periphery Area での避難経験を有する世帯の

割合は比較的高いが、それでもそれぞれ32.8%、19.5%に留まっている。

5) 防災教育が避難すべき世帯の避難行動の要因となりえたのかを防災教育の有無の比率を用いて分析した。防災教育あり群の方が避難する割合が小さく、期待される効果が現れていない。また、RR および OR の算定値は1未満であり、ここからも防災教育が避難を促していないと推論できる。

本研究では、ヤンゴン都市圏外縁部における水害への脆弱性が定量的に明らかとなった。また、ヤンゴン都市圏では、事前の水害情報や避難場所、防災教育がある程度普及した環境にあっても、適切な洪水対応に結びついていない実態が明らかとなった。避難すべき世帯の避難行動や災害への備えを促す実効的な防災教育に向けた改善が求められる。

## 謝辞

本研究に用いた世帯訪問調査のデータは、独立行政法人国際協力機構による「ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査」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、世帯訪問調査に参加頂いたミャンマー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とともに、2012年の本世帯訪問調査の実施を担当され、2016年7月バングラデシュにおける事件により亡くなられた株式会社アルメック VPI の故西井夕子氏に心より哀悼の意を奉げます。

## 参考文献

- 1) 花木啓祐：都市への人口集中とサステナビリティ、ダイワ JFS・青少年サステナビリティ・カレッジ、40p. 2007.5.
- 2) 独立行政法人国際協力機構・日本工営株式会社、株式会社エヌジェーエス・コンサルタンツ、八千代エンジニアリング株式会社、株式会社国際開発センター、アジア航測株式会社、株式会社アルメック：ミャンマー国ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査 ファイナルレポート I、＜第1部：現状編＞、408p. pp.2-9, pp.2-23, pp.2-106-122, 2013.
- 3) 柴山知也・高木泰士・ヌン スウ・青木陽平：サイクロン Nargis による高潮被害の調査、土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol. B2-65, No.1, pp.1376-1380, 2009.
- 4) 平石哲也・勝田穂積・服部洋明：サイクロン NARGIS によるミャンマー国ヤンゴン港の被害について、土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol. B2-65, No.1, pp.1381-1385, 2009.
- 5) 田平由希子・川崎昭如：2011年ミャンマー国バゴー川洪水における地方防災体制に関する分析 - 住民への情報伝達と行政の支援体制に着目して -、地域安全学会論文集 No.23, pp.167-177, 2014.7.
- 6) 川崎昭如・市原裕之・落井康裕・小高 暁：2015年ミャンマー水害に対する政府の対応と河川管理施設および水路の洪水対策機能：バゴー川流域における実態調査、地域安全学会論文集 No.28, pp.1-10, 2016.3.
- 7) Tripartite Core Group with Government of the Union of Myanmar, UN and ASEAN: Post-Nargis joint assessment, 213p. 2008.7.
- 8) UNEP: Learning from Cyclone Nargis - Investing in the environment for livelihoods and disaster risk reduction, A case study-, 32p. 2009.6.
- 9) 田平由希子・川崎昭如・市原裕之：民政移行後のミャンマー中央政府の防災体制と今後の課題、地域安全学会論文集 No.21, pp.241-250, 2013.
- 10) Nippon Koei Co., Ltd., NJS Consultants Co., Ltd., YACHIYO Engineering Co., Ltd., International Development Center of Japan Inc., Asia Air Survey Co., Ltd., ALMEC Corporation: A strategic urban development plan of Greater Yangon, The project for the strategic urban development plan of the Greater Yangon, Final report I, Appendix, Appendix2, pp.1-131, 2013.4.
- 11) <http://www.turkey-visit.com>, 2016年8月
- 12) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), 2016年8月
- 13) Government of the Union of Myanmar: Hazard profile of Myanmar, 2009.
- 14) UNOSAT: Update: Flood waters surrounding Yangon city, Myanmar (5 May 2008), 2008.
- 15) Exchange-Rates.org, <http://ja.exchange-rates.org/Rate/JPY/MMK>, 2016年10月15日

- 16) Terunori Ohmoto, Naoki Yamashita, Toshio Fujimi: Correlation analysis between flood disaster force and evacuation activities by residents, Proceeding of 3rd ICWFM-2011, Vol.1, pp.251-258, 2011.1.
  - 17) 山下直樹・大本照憲：バングラデシュ国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，自然災害科学34-1号，pp.77-91，2015.5.
  - 18) 内閣府：平成26年版防災白書，[http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h26/honbun/0b\\_1s\\_03\\_00.html](http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h26/honbun/0b_1s_03_00.html)，2016年10月
  - 19) 日本災害情報学会編：災害情報学事典，pp.262, pp.266-267，朝倉書店，2016.
  - 20) 豊田秀樹編著：基礎からのベイズ統計学－ハミルトニアモンテカルロ法による実践的入門，pp.159-162, pp.221，朝倉書店，2015.
  - 21) 矢守克也：増補版＜生活防災＞のすすめ－東日本大震災と日本社会，pp.64-65，ナカニシヤ出版，2011.
- (投稿受理：平成28年10月24日  
訂正稿受理：平成29年2月28日)

## 要 旨

ミャンマー国第一の都市であるヤンゴン都市圏は急速に発展し，人口が増加しているが，毎年浸水が発生している。本論文は，2012年に実施された10,069世帯への訪問調査のデータを用いて水害への住民の対応を分析したものである。回答者のうち4,644世帯(46.2%)が自宅で洪水浸水を経験しており，また2,482世帯(24.6%)は洪水による避難を強いられた経験を有する。本論文は，ヤンゴン都市圏における水害の実態と避難行動を分析した。防災教育が避難すべき世帯の避難行動の要因となりえたのかを防災教育の有無の比率を用いて分析したところ，8,645世帯(85.9%)が防災教育の経験を有しているにも関わらず，それが彼らの避難行動や災害への備えに効果していないことが明らかとなった。