

1-1 海外における洪水被害軽減対策の強化支援に関する事例研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：水災害研究グループ（防災）

研究担当者：吉谷純一、野呂智之

【要旨】

本研究は、海外における地域ごとの水害脆弱性の分析と実現可能な被害軽減体制強化方策を事例ごとにとりまとめるものである。これまでにフィリピン、スリランカ、ホンジュラスを対象に洪水の発生要因、洪水被害の実態、そのときの行政対応を主に文献調査によって整理し、要因分析を実施した。また、バングラデシュ、フィリピンを対象に被害の発生・拡大要因および被害軽減体制に関する対策の効果について、現地ヒアリング等で可能な限り詳細な情報を収集した。これにより、文献調査等で得られた情報を「災害外力」「地域特性」「対策状況」「被害状況」に分類した一つのシートにまとめたものを災害カルテとし、現地調査で内容を補足する一連の手法を実施フローとしてとりまとめることができた。

キーワード：洪水、災害リスクマネジメント、要因分析、ケーススタディ

1. はじめに

水災害に対する被害を軽減するためには、災害発生後の応急対応、復旧・復興、同じ規模の災害の予防・減災、事前準備の4つのフェーズからなる防災サイクルを機能させ、地域の防災力を向上させることが重要である。さらに各フェーズで一人一人が洪水時に適切な行動をとる「自助」、コミュニティを形成する人々が助け合う「共助」、行政機関が被害の予防・最小化のために行う「公助」の3者すべてが適切に行動することが必要である。このような防災力の向上は被害発生の実態把握と根本要因の分析などを元に、その地域にとって有効・適切な施策が計画・実行されて始めて防災力が強化される。

本研究では、洪水災害の状況、コミュニティの状況、住民の意識、被害軽減対策等について特に脆弱な海外の事例を対象に調査を行い、対象地域の地域防災力を最大限に発揮する方策を事例的に提案していくというものである。

2. 研究方法

2. 1 要因分析

対象国を選定するために、海外における水災害について公表されている災害データベースを用いてリストを作成した。そのリストの中から災害規模等を勘案して要因分析を行う災害事例を選定し、文献調査により得られた情報をもとに要因分析を行った（図-1）。

2. 2 ケーススタディ

要因分析を実施した国の中から、被災内容や現地へのアクセス等を勘案してケーススタディを行う災害事例を選定し、関係者へのヒアリングを含む現地調査を行った。

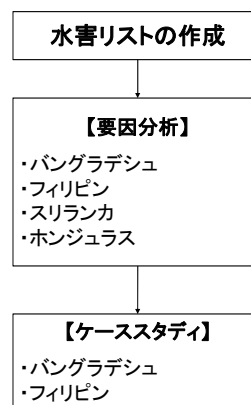


図-1 研究の流れ

3. 研究結果

3. 1 水害リスト

水災害に関するリストとしては、1960年ごろまでの世界の著名な洪水や台風、高潮災害について整理されたリストがある（例えば、矢野¹⁾）。本研究では、これをベースに最近整備されてきた災害に関するデータベースを活用して近年の洪水、風害、高潮災害を補完するとともに、津波、土砂災害を加えたリスト

を作成した。近年、整備・公開されている災害のデータベースとしては以下のようなものがある（表-1）。

表-1

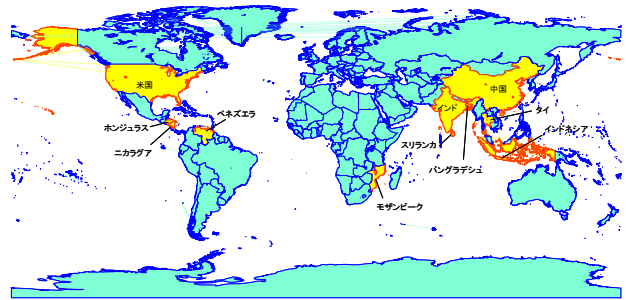
名称	EMDat, Center for Research on the Epidemiology of Disaster (CRED)
URL	http://www.em-dat.net/
対象災害	地震、地すべり、土石流、火砕流、火山、干ばつ、洪水、津波、高潮、異常高温、山火事、伝染病、凶作、害虫の発生 等
対象期間	1900～現在
その他	ルーベンカトリック大学（ベルギー）が登録を実施。 登録される基準は、以下の何れかに当てはまる災害 「10人以上が死亡」 「100人以上が影響を受けた」 「緊急事態宣言が発出された」 「国際的な支援が呼びかけられた」

名称	Dartmouth Flood Observatory
URL	http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html
対象災害	洪水
対象期間	1985～現在
その他	ダートマス大学（米国）が登録を実施。 衛星画像を元に大規模洪水が発生した位置を特定し、災害規模とともにデータベース化。

本研究では、国連開発計画（UNDP）をはじめとする各機関における活用実績を勘案して EMDaT をベースとしてリストを作成した。また、世界中の様々な災害事例を網羅するとともに社会特性との関係で水災害を論じている文献として「At Risk」を取り上げ、リスト作成の参考にした。

EMDaTには1900年以降の1万件以上の災害が登録されているため、以下のような条件を設けて155件に絞り込み、地域性や死者数の多い災害が発生している等を考慮して、11カ国を抽出した（図-2）

- (1) 自然災害
- (2) 洪水、津波、暴風雨、高潮、土砂災害
- (3) 以下の何れかに当てはまる災害
 - 「2000名を超える死者数」
 - 「50億USドルを超える被害額」
 - 「At Riskに記載されている」
 - 「矢野が作成したリストに記載されている」



地域	国名
北米	米国
中南米・カリブ	ホンジュラス
	ニカラグア
	ベネズエラ
アフリカ	モザンビーク
東アジア	中国
南アジア	バングラデシュ
	インド
	スリランカ
東南アジア	インドネシア
	タイ

図-2 抽出した11カ国

3.2 要因分析

国連開発計画（UNDP）は2006年にCREDのデータを用いて世界各国の洪水、暴風雨災害に対する脆弱性を相対比較しており、このうち洪水について今回抽出した11カ国の位置を落とすと図-3のようになる。なお、縦軸は年平均死者数、横軸は洪水にさらされる人口（百万人）である。

これらの検討結果、ホンジュラス、バングラデシュ、スリランカ、さらに近年大きな災害が発生したフィリピンを加えた4カ国を対象に要因分析を実施した。このうち、代表例としてバングラデシュ及びフィリピンの事例を以下に報告する。

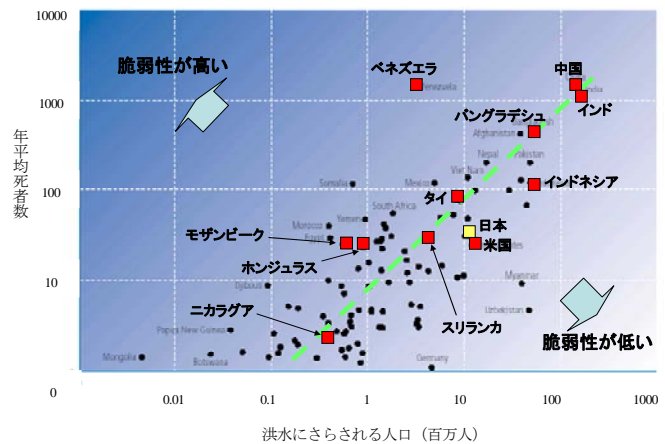


図-3 脆弱性の比較

3. 2. 1 バングラデシュ

バングラデシュは熱帯モンスーン気候に属し、雨季（6～9月）と乾期（10～5月）に分かれ、サイクロンの襲来時期はモンスーンの前（4～5月、10～11月）である。雨季前のサイクロンはバングラデシュ南東部沿岸地域を、雨季后のサイクロンはベンガル湾西部のインド側を通過する頻度が高い。ベンガル湾に面した沿岸地域では年間降水量が3,000mmに達するが、バングラデシュの全国平均降水量は約2,200mmであり、雨季の4ヶ月間に年間降水量の2/3が集中している。バングラデシュでは毎年のようにサイクロンが来襲しており、このうち人命や家畜に被害を与えまた経済的にも大きな損失をもたらしたとされる事例だけでも25年間（1975～2000年）で14にのぼっている。



図-4 バングラデシュ位置図

特にベンガル湾ではその地形的特徴から被害が大きくなることが多い（図-5）。湾の形が北を頂点とした三角形を呈し、サイクロン外力が集中することにより大規模な高潮を引き起こす。サイクロンの襲来が満潮、特に大潮と重なる場合には波高5～9mの波が沿岸に押し寄せるため、国土の大部分が低地に属するバングラデシュでは内陸部5～8kmまで海水が侵入する場合もある。サイクロンによる犠牲者の97%は高潮に飲み込まれた結果の溺死であるとの調査結果がある²。

全人口の14.8%にあたる約15百万人（2002年）が沿岸地域・沿岸諸島に居住しているとされ、サイクロンの高度危険地域（高潮の水深が1m以上に達し、多くの犠牲が出る可能性の高い地域、図-5）には約640～800万人が居住しているとされる。

図-5で示しているように、沿岸部はA（Sunderban Region）、B（Meghna Estuary）、C（Eastern Region）に分類される。A地区は森林が密に分布しており、海水面とほぼ同じ標高である。C地区は疎な森林分であるが標高10～75mと海水面からの比高が比較的大きい。B地区には森林がなく、標高も海水面と

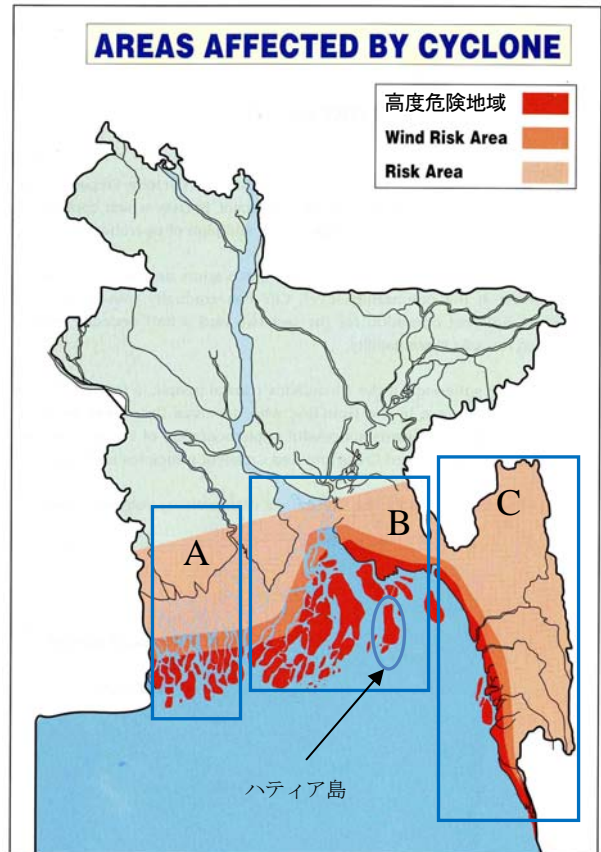


図-5 サイクロン危険地域図
（赤い着色が高度危険地域）

ほぼ同じであることを考慮するとサイクロンに対しては最も脆弱性の高い地域と言える。

沿岸地域では肥沃な土壌を生かした農業が中心であり、ベンガル湾のデルタ地帯では労働者の80%が農業に、10%が漁業に従事している。また、雇用機会を求めての国内移動（季節労働）が盛んであるが、沿岸地域にも多くの季節労働者が集まる。サイクロン襲来時期（4～5月、10～11月）は農作物の作付け・収穫期とも重なっており、季節労働者による一時的な人口増加もサイクロンによる被災人口を増大させる一因となっている。

本研究の実施時点で、近年特に大きな被害をもたらしたサイクロン災害は表-2に示すように2件あるが、本研究では具体事例として1991年のサイクロン災害をとりあげた。

1991年サイクロンは、東部沿岸地域（チッタゴン）に上陸した後、北東に進みインドへ抜けている。6m以上（最大8m）の波高を持つ高潮が29日深夜から30日早朝まで続いた。風速は過去最大を記録し、平均風速260km/h、瞬間最大風速は315km/hに達していることから、高潮による溺死だけでなく強風に

ともなう飛来物による犠牲者も多かった可能性が高い。さらに、不十分な衛生管理から被災後の一般的感染症、壊疽、下痢、呼吸器疾患等による病気が蔓延し、半月後の5月半ばの時点で6,500人が下痢で死亡している。これら病気による犠牲者は死者数に含まれていない可能性も高い。

表-2 1970年、1991年サイクロン概要

	1970年	1991年
日時	11月12～13日 夜間	4月29～30日 深夜
サイクロンの規模	風速241km/h 高潮高6～10m	風速260km/hが8時間継続 高潮高6～8m
被災地域(沿岸地域)	西部・中央部	中央部・東部
死者数	30～50万人	138,868人
被災者数	350万人	450万人
被害規模	釣り船2万隻 牛100万頭以上 家屋40万戸 教育施設3,500件	全壊52万戸 半壊43万戸 牛44万頭 破堤434km 水没地域延長160km

1960年から整備が開始された防潮堤は総整備延長4,000kmが終了していた。しかし、設計高4.5mの防潮堤では最大8mに及ぶ波高には十分な効果を発揮できなかった。また、以前は高潮に対して自然の堤防の役割を果たしていたマングローブ林は1985年以降に7,500haがエビ養殖場に転換されており、従来は被害を受けなかった内陸部の集落が被災している。これは人的要因により脆弱性が増加した事例である。一方、1986年に日本の援助により整備された気象レーダーや1972年に開始された住民に対するサイクロン防災プログラム(予警報伝達システム等)により、住民の予警報受信率は生存者の100%におよんでいた。また、全住民に対するキャパシティはないものの、約770棟のサイクロンシェルターが整備されていたなど、防災対策が進展している面も見られる。

一方、住民側には災害の危険性を認識しながら避難をしていないなどの課題もある。(1)～(4)は1970年サイクロンと1991年サイクロン時における住民側の言い分である。(5)は警報が発出されるようになった1970年以降に新しく出てきた理由であり、警報の空振りが重なることで出てきた原因と思われる。

- (1) 家財盗難の心配
- (2) 家畜被害の心配
- (3) 避難時の家族離散
- (4) シェルター使用料金の心配
- (5) 警報への不信感

災害軽減のためには、構造物対策と同時に非構造物対策がバランスよく継続的に進められていくことが必須であり、ことバングラデシュのサイクロン被害軽減対策については、課題はあるものの両輪が組み合せて進められていると言える。

3. 2. 2 フィリピン

フィリピンは世界でも最も自然災害の多い国の一つであり、災害形態は台風、暴風雨、洪水、火山噴火、地震、干ばつ、自然火災、斜面災害、高波・高潮など多岐にわたる。1980年以降に発生した顕著な災害の中でも特に人的被害が大きかったのは、1991年11月の台風ウリンによるオルモック(レイテ島)における土砂災害(死者5,101人、行方不明者3,000人)で、被害額が最も大きかったのは1990年7月のルソン中部地震(被害額122億ペソ、約240億円)である。また、1991年のピナツボ火山噴火は、地域産業はもとより国家経済にも大きな打撃を与え、この年のGDPは前年比マイナスとなった。

過去100年間の死者・負傷者を災害の種類別で見ると、台風・暴風によるものが死者数、負傷者数、影響人数とも全体の6～7割と突出して大きく、これらの分野での抜本的な対策、支援が防災分野全体において特に重要であると言える。

洪水と鉄砲水は台風、熱帯低気圧、局所的暴風雨により発生している。農場、村落、街や都市を含む河川沿いの沖積平野の地域は、洪水による冠水被害が発生している。さらに、不十分な排水システムにより都市域における排水上の問題がフィリピンにおける洪水の一因となっている。

フィリピンは、1990年から2003年だけでも年平均3.5回の壊滅的な台風被害に遭っている。その被害額は累計965.7億ペソ(約1,900億円)に上り、そのほとんどの原因は洪水による一般資産や公共構造物、農産物に対する被害である。また、年平均死者数は632人、被害額は76億ペソ(約150億円)に達する。これは洪水被害額は国家予算の2%、DPWH(Department of Public Works and Highways、公共事業道路省)の治水予算額の2倍に相当する。

フィリピンでは、洪水と土砂災害は特にミンダナオ北東部、ビサヤ、ミンドロとルソン全島で台風による

より引き起こされている。ミンダナオでは、一般に洪水は熱帯低気圧と局所的豪雨のような原因で生じている。さらに、台風はたびたびフィリピン海域で高潮を引き起こし、海岸沿いの村落に破壊的被害を与えているが、観測網の不足に加えて被災地域へのアクセスが困難であるため、高潮の実態や発生条件等は十分に分かっていない。

具体事例として、2000年12月のキャピツ州洪水をあげる。同州はしばしば広範囲に深い湛水域をとまなう洪水被害を受けてきた。2000年12月7～8日にかけてフィリピン中部を通過した台風 *Upiang* にとまなう洪水により、パナイ流域（流域面積 $2,181\text{km}^2$ ）のうち 320km^2 が2～10日間にわたって冠水し、22万人が影響を受けるとともに5.3億ペソ（約10億円）の資産被害があった。

パナイ流域にはほとんど洪水制御施設がなかった。また、住民に対する警報と避難誘導が幾度か PDCC（Provincial Disaster Coordinating Council、州災害調整委員会）や MDCC（Municipal Disaster Coordinating Council、市町村災害調整委員会）、BDCC（Barangay Disaster Coordinating Council、集落災害調整委員会）から出されたものの、多くの人々は警報に従わずに家が浸水するまで自宅に留まった。湛水域の54%の人が自宅に留まり、屋根の上等へ避難したとの調査結果が JETRO により報告されている。

道路が冠水し通行できなかつたため多くの人は避難することが出来なかつた。PDCC と MDCC は湛水域の人々の救出のためダンプトラックとゴムボートを出した。避難センター（多くは学校）のいくつかも浸水したため、避難者は2階以上にあがらざるを得ず、1人当たりのスペースは狭く、毛布や水、菓、電気、トイレなどの物資や資材は十分ではなかつた。また、極度に被害を受けた町をそうでない周辺の町が支援するためのネットワークはほとんど無かつた。

キャピツ州は、台風の来襲による洪水被害をたびたび受けており、湛水被害を軽減するための伝統的なピロティ方式の住居がつくられてきたが、近年では非ピロティ方式の家屋が増加している。また、警報が出されて避難誘導が行われたものの、住民の大半がその指示に従っていなかったことは、留守中の盗難を心配するなど自分の財産は自分で守らざるを得ない社会状況があったと考えられる。こうした災害に対する地域の防災のために考えなければならないこととして、

(1) 災害文化の継承を住民を含めたかたちで実施

していく枠組み

(2) 被災地のみならず、周辺地域を含めた総合防災ネットワークの構築による地域防災力のポテンシャルを高める

3. 3 ケーススタディ

3. 3. 1 バングラデシュ・ハティア島（1991年サイクロン災害）

ケーススタディでは、被害の発生・拡大要因と被害軽減体制に関する取組・対策の効果について分析し、評価を試みた。この結果は、将来他国や他地域に対して被害軽減体制に関する対策を実施する際のポイントや留意事項等の提案を行うとともに、カルテの作成、仮説検証方法の一連の手順を確立していることとするものである。

文献調査を追加してハティア島における災害の関連情報・諸データを収集・整理するとともに、国内において関係者にヒアリングを実施した上でさらに詳細な資料収集を行った。この文献調査および国内ヒアリング調査に基づき、4つの災害カルテ（災害外力カルテ、地域特性カルテ、対策状況カルテ、被害状況カルテ）を試作するとともに、水害における被害の発生・拡大要因、被害軽減体制に関する取組・対策の効果に関する仮説を設定した。その上で現地において未確認データの収集を試みるとともに、現地住民から災害時の体験談をヒアリングし、災害カルテを更新・補完した。最後に、試作した災害カルテのデータと現地調査からの確認結果から上記の仮説を検証した。

対象地域・災害は、文献調査の結果から1991年ハティア島のサイクロン災害とした（図-5）。

ベンガル湾に位置するハティア島は、前述の通りサイクロン高度危険区域に指定されている。島嶼であるため物流、通信、その他防災上の環境が整っていない状況である。日本赤十字社が援助活動の拠点としていたため、当時の関係者から比較的情報を集めやすかつた利点もあつた。

文献調査により収集した資料に基づいて「災害外力カルテ」「地域特性カルテ」「対策状況カルテ」「被害状況カルテ」を整理した結果は以下の通りである（表-3）。

表-3 試作した災害カルテ
(1991年ハティア島)

災害外力カルテ	1991年4月のサイクロン襲来時における対象地域の最大平均風速は176~220km/hと推定。 来襲時は満潮と重なったため、5~6mの最高潮位が東部地区沿岸部を襲ったと推測。 防潮堤は設計基準高4.5mで、高潮洪水対策として建設されたもので、サイクロンや津波による高潮に対する越水防止機能は期待できなかった。
地域特性カルテ	ハティア島の面積は約1,000km ² で、1991年サイクロンの来襲前の人口は30万人弱(人口密度300人/km ²)。当時のバングラデシュ平均の人口密度774人/km ² よりは小さい。 ベンガル湾のガンジス川河口に位置しており、ガンジス川の流が直接ぶつかる北部河岸は激しい浸食作用に見まれていた一方、南部河岸では堆積傾向であった。堆積が進む南部堤外地には土地を持たない貧困層が移住してきていた。
対策状況カルテ	高潮から防御するため、島の周囲を防潮堤が(4.5m高)が設けられていたが、通常の高潮対策を目的としており、サイクロンによる高潮に対する越水防止機能は期待できない。 被害軽減のためサイクロンシェルターが種々の援助機関によって建設されたが、1991年当時は島の人口に対し1割程度の収容量しかなかった。 ソフト対策として気象庁が発するサイクロン警戒信号に応じて、CPP(Cyclone Preparedness Programme)と呼ばれる警戒伝達システムがあったが、警報の空振りが多かったため住民の信頼性は低下していた。また、警報に従って避難すると、留守宅の家畜や家財が盗難にあうこともあったため、逃げない人が多数であった。
被害状況カルテ	死者数は約3,000人であり、その大半は自宅から動かなかった貧困層が高波に飲まれて溺死している。特に、泳いで立木や漂流物に捉まる力の弱い女性、子供、高齢者の割合が多い。赤新月社のサイクロンシェルター利用率は52.7%との報告があるが、その多くは家屋が破壊されたために仕方なく避難してきた人々だった。

災害外力カルテでは、最大風速分布、上陸時間、サイクロンルート図が得られた。地域特性カルテでは、人口、土地利用、職業などの各種統計値を入手できたが、対象年やどの地域の統計値であるのか等具体は不明である。また、SRTMなどの衛星画像を用いることでハティア島の海岸線の経年変化をうかがい知ることが可能となった。対策状況カルテでは、ハード対策としてハティア島の周囲に防潮堤が建設されているが、1991年サイクロンの高潮対策としては高さが足りないことが明らかになった。防災ボランティアが2005年には1,728名いるとのことであるが、1991年当時の人数や体制を明らかにすることは出来なかった。被害状況カルテでは、1991年サイクロンでバングラデシュ全体として14万人が死亡したとの情報に対し、ハティア島における被害状況についてはほとんど情報を得ることが出来なかった。

作成した4つのカルテおよび国内ヒアリングの結果から、ハティア島における被災状況の概要を把握することができ、それに基づいて1991年サイクロンによるハティア島の被災状況に関する仮説を立てた。

次に仮説の確からしさを検証するため、ハティア島における現地調査を実施した。現地調査では、現地NGOからの徹底したヒアリング、住民からのヒ

アリング、防災施設の条項や住民の生活実態の確認を行った。

(1) なぜ、犠牲になったのか?

この観点については「高波に飲み込まれて溺死した」「強風による飛来物がぶつかって死亡」という2つの仮説を設定した。

一方、現地調査で明らかになったことは、「高潮が堤防を越水、または破堤したことにより家ごと流されて死亡」「堤外地で高潮に飲み込まれて死亡」「浸食により堤防・護岸が流出しており、高潮に飲み込まれて死亡」「突風により飛んできたタンや物が直撃して死亡」「崩壊した家の下敷きになり、体力が消耗して死亡」というものであった。

(2) なぜ、逃げなかったのか?

この観点については、「サイクロン警報が空振りする」「避難すると家畜・家財が盗まれる」「サイクロンシェルターが近くにない」「サイクロンは神の思し召し」「社会的、宗教的な制約により女性は避難できない」「家族離散のおそれ」という6つの仮説を設定した。

これに対し現地調査で明らかになったのは、「1970年サイクロンでは越水・破堤はなく、今回も大丈夫だと思った」「サイクロンシェルターが遠く、また満員であると考えた」「浸水により家財が流されるのを防ぎたかった」というものであった。

(3) なぜ、逃げられなかった?

この観点では「道がぬかるんで歩行が困難」「サイクロンシェルターは使用料を徴収される」という2つの仮説を設定した。

これに対し、現地調査の結果からは「避難しようにも道がぬかるんでまともに歩けなかった」「警報を受けたときには風雨が非常に強く、まともに立って避難するのが困難」ということを確認できた。

(4) 特定の人たちが多く犠牲になった?

この観点では、「南部堤外地(高リスク地帯)に貧困層に集中した」「犠牲者の90%が女性、子供である」「堤防のある島の居住者の30~40%が死亡した」という3つの仮説を立てた。

現地調査では、「富裕層から貧困層まで広い階層の人たちに被害が及んだ」「南部堤外地だけでなく東部地区、北部地区、その他地域でも犠牲者は多かった」「女性や子供も助かった者が多くいた」ということが明らかになった。

また、カルテで課題として整理された内容は言い換えれば今後の防災体制を充実させるために必要な

対策項目でもある。ハティア島については「サイクロンの外力を想定した防潮堤の設置」「住民の信頼を得るような空振りの少ない警報の発令」「住民に避難を躊躇させないような留守宅の防犯対策」といったものを提案することができる。

3. 3. 2 フィリピン・インファンタ市 (2004 年洪水・土砂災害)

対象地域・災害は、国内ヒアリングや文献調査の結果を勘案し、2004 年インファンタ市の洪水・土砂災害とした。

2004 年 11 月中旬から 12 月上旬にかけて、4 つの熱帯低気圧、台風 (Unding, Violeta, Winnie, Yoyong) が立て続けにルソン島を襲い、大規模な災害が起きた (図-5)。

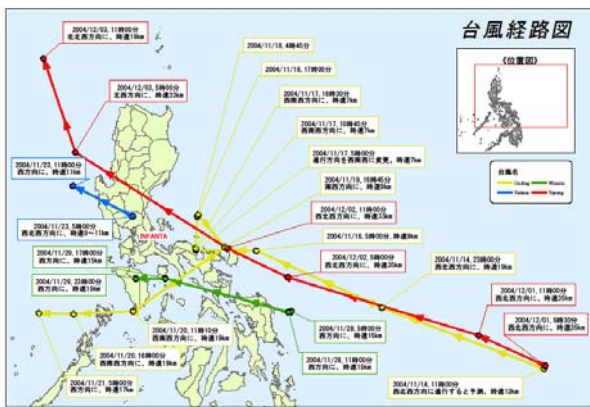


図-5 2004 年の 4 台風経路

11 月下旬に来襲した Winnie によりインファンタ市では豪雨が続き、その影響で洪水や鉄砲水が発生した。インファンタ市の被害調査報告によると全人口 (59,000 人) の 75% に相当する 47,000 人が被災し、市内のみで死傷者 176 人 (死者 112 人、負傷者 11 人、行方不明者 53 人)、全壊 2,047 戸を含む 5,087 戸の家屋が破壊されるとともに、農業・漁業への影響も甚大であった。海が荒れていたため救援活動が停滞し、災害発生から 4 日間は食糧、水、医薬品などの救援物資が被災地に届かなかったことも被害を拡大させた。

この洪水被害を受けてインファンタ市ではコミュニティ・ベースのリスク軽減対策が検討され、コミュニティ防災活動が進んでいる。また、集落 (バラングイ) レベルの防災調整委員会が置かれ、国一州一市一集落の連携による防災対策が試みられている。

文献調査・国内ヒアリング調査で収集した資料をもとに 4 つの災害カルテ (災害外力カルテ、地域特性カルテ、対策状況カルテ、被害状況カルテ) を整理した (表-4)。このカルテは後に行ったインファンタ市の現地調査に基づいて更新・補完した。

作成した 4 つの災害カルテにより、インファンタ市における被災状況の概略を把握することが出来る。この情報に基づいて、2004 年インファンタ市の災害について「なぜ、犠牲になったのか?」「なぜ、避難しなかったのか (できなかったのか)?」「構造物対策、流域対策はなされていたのか?」の 4 つの観点から仮説を設定した。

表-4 試作した災害カルテ (2004 年インファンタ市)

災害外力カルテ	<p>2004 年 11 月中旬～12 月初旬にかけ、フィリピンルソン島に 3 つの熱帯低気圧、1 つの巨大台風が上陸。年平均 20～30 個の台風が上陸するルソン島でも、短期間に 4 つが続くのは珍しい。特に Winnie (ウィニー) はインファンタ市周辺で 10 時間で 15 日分の雨をもたらした。この集中豪雨により、インファンタ市は以後のシェラ・マドレ山で地すべりが発生、一時的に形成された天然ダムが決壊し鉄砲水が発生した。また、河川の増水により各地で洪水が発生した。Unding である程度の雨が降っており、Winnie は 400mm 近くの雨をもたらした。それによってフラッシュフラッドが発生した。Yoyong は強風をもたらしたが雨はたいしたものではなかった。Unding や Violeta の雨によって土壌に浸透していた水がかなり多かったと考えられ、Winnie が来たときは土砂災害の発生が多かった。特に Kanan 川沿いはひどかった。Kanan 川の勾配は急で、ひっかき傷のような崩壊が結構見られる。それに比べると Kaliwa 川 (左側) の勾配は多少緩やかである他、報告されていない土砂災害は発生した。DENR の試算によると、アゴス川からインファンタ市やジェネラルナカル市に流出した土砂量は 2,000 万 m³ である。</p>
地域特性カルテ	<p>インファンタ市は海と山脈に囲まれており、ケソン州における最も古い都市の一つで、ケソン州北部の行政機関が集中している。市の人口は約 6 万人、主要な産業は農業、漁業、貿易とサービス業である。無計画な森林伐採がシェラ・マドレ山で行われており、被害を拡大させた要因としてインファンタ市ホームページで紹介されている。災害発生後に違法伐採を防ぐための取り締まりが強化された。アゴス川からは灌漑用水が取水されているが、この災害で灌漑地域も被災している。荒れた農地は手付かずで、インファンタ市からマニラへ人が流出している要因となっている。</p>
対策状況カルテ	<p>リスク軽減対策の一環として、コミュニティベースの防災体制を強化するため、1978 年に大統領令第 1566 号が交付されている。この大統領令に基づいて国内各地の集落 (バラングイ) で独自の警報システムや防災体制のあり方が検討されることになっている。しかし、2004 年災害前のインファンタ市では防災に予算が充てられていなかったため、警報システムや防災体制の機能が不十分であったようだ。</p> <p>災害後、アゴス川は DPHW が 2005～2006 年の 2 カ年事業で低水護岸事業を実施している。また、防災教育、研修等のソフト対策も強化された。</p> <p>インファンタ市でも災害後は防災に関する予算が確保され、行政担当者の防災訓練、地形・地質を考慮した技術的検討、観測精度の向上や住民意識の啓発等が行われるようになってきている。また、被害の拡大要因としてあげられた違法伐採は災害直後に規制された。</p>
被害状況カルテ	<p>主な被災地はインファンタ市、リアル市、ジェネラルナカル市で、死者の 9 割以上が集中した。リアル市では、Winnie により多くの住民が避難していた建物が土砂に埋まるなどの被害も発生した。</p> <p>死者は 158 名 (行方不明者 41 名含む)、負傷者は 198 名であり、犠牲者のほとんどは子供や高齢者である。このことから、土石流・洪水は突如押し寄せ、地域住民はパニックに陥り逃げ出すのもやっとなので、どうしても体力的に不利な子供や高齢者に死者が集中したものと推測。直接的な土砂災害・洪水災害とともに、土砂災害により主要道路の多くが通行止めとなり、また強風のため海・空からの救援、救助が不可能となり、孤立地域では食糧・水・医薬品が不足した。これも被災を拡大させた要因と考えられる。電力供給、通信網などインフラ施設にも多大な被害が生じた。</p> <p>既存の避難施設 213 箇所のうち、40 箇所しか使えなかった。災害後、人口 6 万人の 8 割以上 (5 万人) が救援物資を求めた。</p>

表一6 検証結果

設定した仮説を客観的に検証するためには、データや記録などの事実確認による裏付けが望ましく、不足資料を現地調査によって入手することを想定していたが、残念ながら現地調査では地図や住民からのヒアリング回答に関する資料の入手にとどまった。これらの仮説について検証した結果を表一5、6に整理した。定量的に評価を実施できたのは仮説10のみである。

表一5 設定した仮説

仮説1	「洪水に飲み込まれて死亡」 市担当者からのヒアリングでは、流木等が直撃して溺死した人が多かったと言っていた。
仮説2	「土砂に埋もれて死亡」 上流渓谷部のクリークの多くで土砂流や土砂崩れが発生し死者が出ている。
仮説3	「避難生活の悪条件により死亡」 市の衛生当局が水道水の塩素消毒を行い、下痢等の発生を予防した。住民からも死者が出たとの証言はない。
仮説4	「警報が行政から住民まで行き届かなかった」 市は正式な警報発令をしていなかった。集落の中には、浸水前の住民に避難を呼びかけていたところもあったが対応はまちまちだった。
仮説5	「行政担当者が避難の判断を下せなかった」 これまで未体験の大出水だったため、想定外の早さで浸水し、市の防災体制も整っていないかった。
仮説6	「地域住民の意識が低く、避難しなかった」 市民のほとんどが水害で大きな被害を被ったことがなく、住民の危機意識は低かった。
仮説7	「アゴス川の堤防整備や土砂災害対策が不十分」 アゴス川には、中小洪水対策としてごく一部にコンクリート護岸があったが、2004年洪水で破壊された。
仮説8	「アゴス川の河川整備、流域整備が不十分」 国および地方レベルでアゴス川の河川整備や流域管理に係る計画は検討されていない。
仮説9	「犠牲者の多くが女性、子供、高齢者」 市担当者の証言では、一般的に体力の弱い女性、子供、高齢者等が多く犠牲になったとのことである。
仮説10	「犠牲者の多くが高リスク地域の住民」 上流渓谷部沿いおよびアゴス川隣接地区高リスク地域の死者・行方不明者数は146人にのぼり、市全体の死者・行方不明者の約9割を占める。

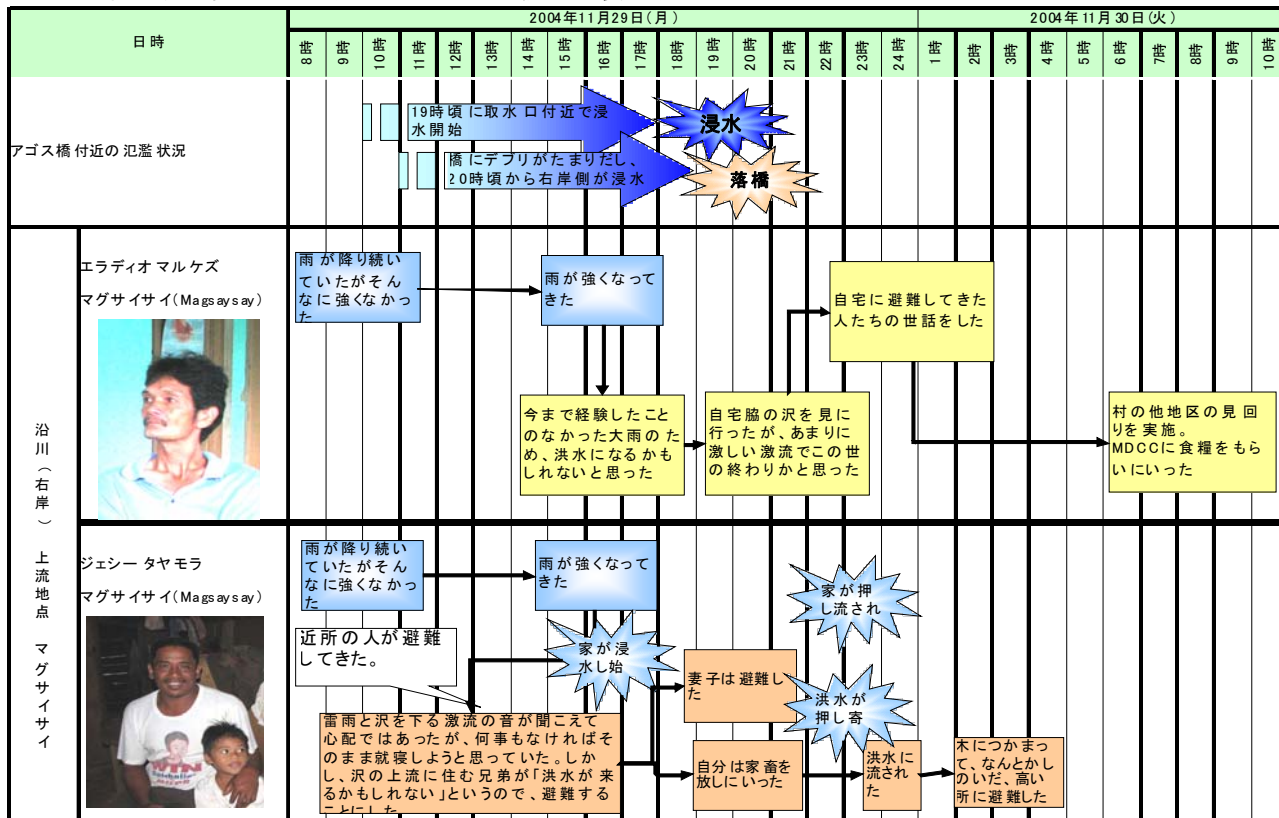
	No.	仮説	検証結果	備考
かなげ、犠牲になったのか？	1	洪水(堤防の破堤による氾濫やフラッシュフラッド)に飲み込まれて死亡した。	●	市担当者の証言より(氾濫水だけでなく流木等のデブリが直撃したため)
	2	土砂(土石流、土砂崩れ)に埋もれて死亡した。	○	市担当者、住民の証言より
	3	避難生活時の悪条件(衛生状態が悪化、食糧・飲料水が不足)によって死亡した。	●	市担当者の証言より(消毒等によって下痢等を防止)
かのか、出避難しなかったのか？	4	警報が行政から地域住民まで行き届かなかった。	△	市担当者、住民の証言より(イログにより対応が異なっていた)
	5	行政担当者が適切に避難に関する判断を下すことが出来なかった。	○	市担当者の証言より
	6	地域住民の防災意識が低く、避難しなかった	○	市担当者、住民の証言より
たの構築物か？	7	アゴス川の堤防整備や土砂災害に対する構造物対策が不十分であった。	○	現地調査より 市担当者の証言より
	8	アゴス川流域に着目した河川整備、流域整備が不十分であった。	○	市担当者の証言より
たの多様な犠牲者か？	9	犠牲者の多くが女性や子供、高齢者の災害弱者であった。	○	市担当者の証言より
	10	犠牲者の多くが高リスク地域(災害常襲地区)の住民であった。	○	数値を用いて定量的に検証

○：事実⇔仮説であった。
●：事実と仮説に相違があった。新たな事実が確認された。
△：証言により内容が異なり、明確に確認できなかった。

2004年災害で被害の多かったアゴス川隣接の集落および上流渓谷部の集落において住民ヒアリング調査を実施した。ヒアリング対象者の絞り込みは、まず市担当者から集落のリーダーを紹介してもらい、彼から被災体験を語る事が出来る人物を紹介してもらおう手法をとり、最終的に9人に対してヒアリングを実施した。このうち上流渓谷のマグサイサイ集落の2人と市中心部にいた1人の避難行動を図一6に示す。

ハティア島と同様に整理したカルテから提案すべき対策を読み取ると、インファンタ市については「森林の違法伐採の取り締まり強化」「必要な防災予算の確保」「住民に対する意識啓発の取り組み」「災害による地域の孤立を想定した災害応急計画の立案」などが挙げられる。

■アゴス橋上流－高リスク地域(クリーク沿いの浸水常襲区域)



■非沿川地域－インファンタ市庁舎・市中心部

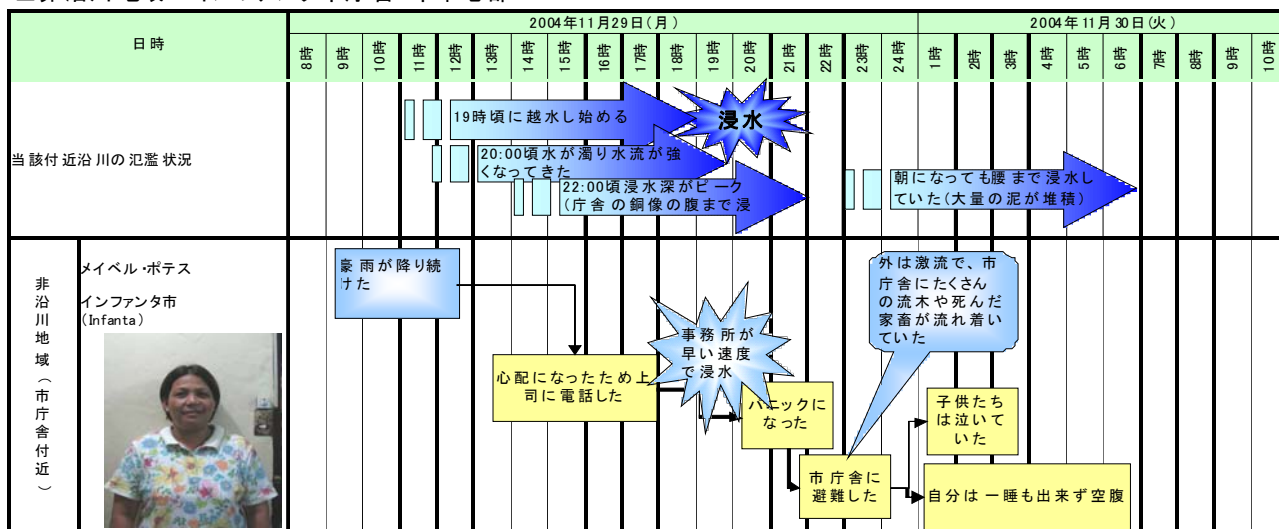


図-6 2004年災害時の被災者の行動(上: マグサイサイ地区、下: 市中心部)

3. 4 事例研究手法の整理

本研究では、水災害の影響を受ける対象国の地域特性や社会経済構造に適した被害軽減対策やそのために求められる支援を提示することを目的としており、水災害においてさまざまな自然災害リスクが人的・物的資源に与える影響と、災害に対する被害軽減対策や避難状況について過去の事例等を整理するため、文献調査を主体とする要因分析および現地調査を主体とするケーススタディを実施してきた。

ここで、これまで実施してきた一連の調査手法について改めて整理する。

3.4.1 要因分析調査の手法

要因分析は、文献や資料、インターネットによる情報・データに基づいて調査対象国の特徴や社会経済構造などを整理するとともに、顕著な水災害に関する事例を調査するものである。具体的には、対象災害における人的・物的被害の概要把握と被害拡大要因の分析であり、実施フローは図-7 のとおりとなる。

(1) 情報・データ収集、整理

当該国の踏み込んだ基本情報や社会分析などにあ、研究所・大学などの研究機関による学術論文、JICA等による報告書が有益である。また、新聞記事は災害発生後の時間と被害の推移を把握する方法として、被害拡大に至る背景の状況分析に有用である。JICAの図書館では比較的新しい報告書はデジタル化されているものがある。

入手した情報・データを用いた分析を容易にするため、対象国の概要、自然・社会的特性、防災体制、顕著な水災害の概要という視点で整理をする。

(2) まとめ図、要因分析図の作成

まとめ図は、災害や被害状況の全体像把握を容易にするために作成する。対象災害における被害状況や被害の拡大要因について、対策状況、対応状況、人的・物的被害状況、自然および社会的加害要因の項目別に整理し、要素ごとに簡潔にまとめる。

要因分析図は、被害状況を系統立てて理解するために作成する。整理された情報やデータをもとに被害拡大につながった要因を分析し、列挙された要因相互の関係、および要因と事象の関連性を図式化して整理する。

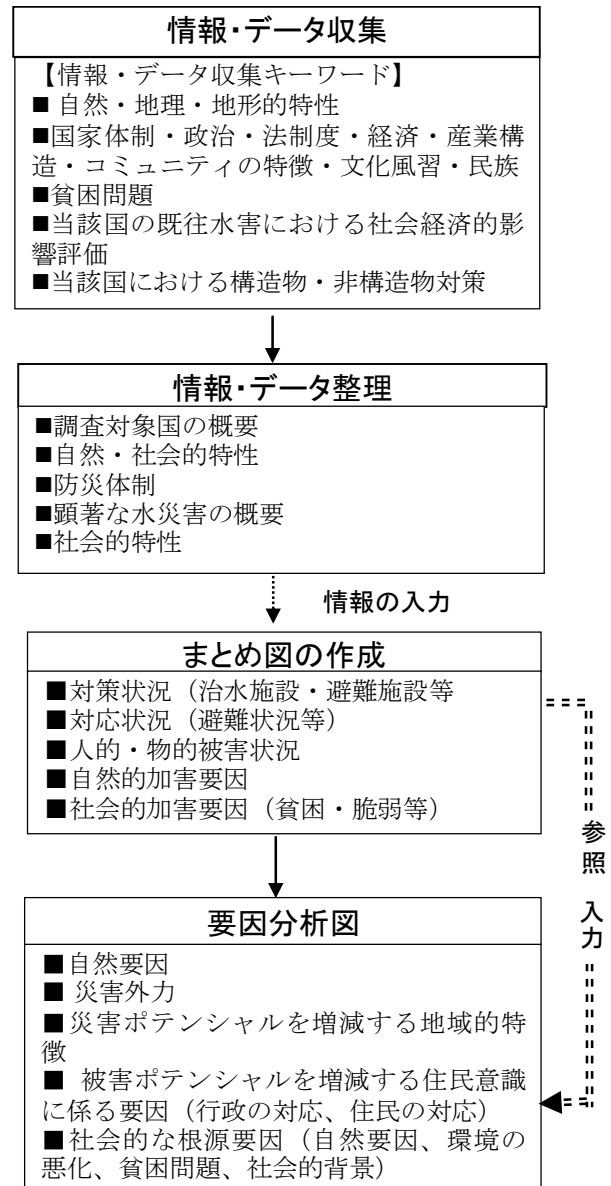


図-7 要因分析調査の実施フロー

3.4.2 ケーススタディ調査の手法

ケーススタディは、対象とする地域や水災害を絞り込み、対象災害の発生要因や被害拡大要因などについて明らかにするものである。要因分析で概要を把握した後に、対象地域に関する文献調査の追加や関係者等へのヒアリング調査をもとに被害拡大要因に関する仮説を設定し、さらに現地調査により具体的な分析や定量的評価を行い検証するものである。実施フローは図-8 のとおりである。

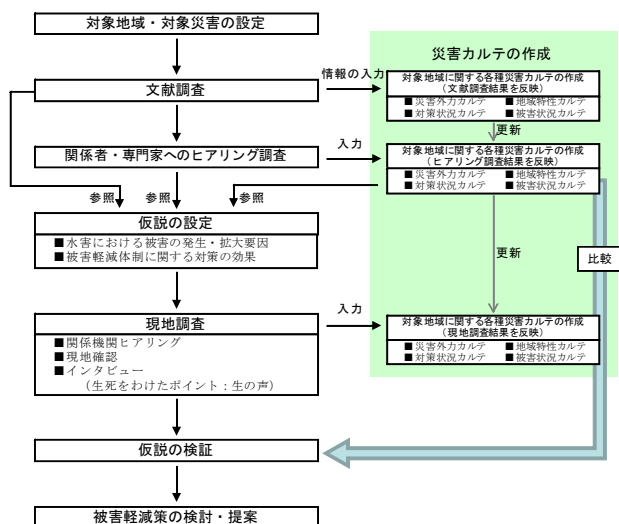


図-8 ケーススタディの実施フロー

(1) 対象災害、地域の選定

対象災害の選定については、既往災害データをもとに被害が顕著である水災害を抽出することを基本とする。地域の選定は、対象災害の頻度とともに災害に対する脆弱性（貧困率、コミュニティの成熟度等）にも配慮する必要がある。

(2) 災害カルテの作成

災害カルテは、災害の発生要因、被害の拡大要因といった災害の要因連関を明らかにするツールとして位置づけられる。諸文献の整理結果や関係者等に対するヒアリング調査によって得られた情報を、「災害外力」「地域特性」「対策状況」「被害状況」に分類して整理する。災害外力の具体例としては例えばサイクロンであれば風速、降水量、潮位、浸水深などがあげられる。地域特性は地域の自然・地形・社会的特性であり、対策状況は構造物（ハード）対策と非構造物（ソフト）対策について整理する。被害状況では、人的・物的被害、直接的・間接的被害の情報を整理する。

(3) 関係者等へのヒアリング

途上国では、行政機関のキャパシティや人材不足のため、災害が発生しても十分な調査が行われないことが比較的多い。そのため、当該国において活動を実施し現地の状況に精通している関係者等に対しヒアリングを行い、より詳細な情報収集に努める。

(4) 仮説の設定

それまで収集した情報をもとに作成した災害カルテを活用し、「水災害における被害の発生・拡大要因」「被害軽減体制に関する対策の効果」という観点で被災状況の仮説を立てる。

(5) 現地調査

設定した仮説を検証するため、被災箇所の実地調査や現地行政機関、NGO、被災地の住民に対するヒアリングを実施する。対象地域において多数の被災者が発生した地区を明らかにするとともに、災害発生前から被災に至るまでの状況や避難の実態を時系列的に整理をする。

(6) 仮説の検証

現地調査によって入手した情報やヒアリング結果により、設定した仮説の検証を行う。

(7) 被害軽減策の検討、提案

災害被害軽減のためには、構造物対策と非構造物対策がバランスよく継続的に進められることが重要であるとともに、当該国の地域特性や社会経済構造に配慮した防災対策が求められる。

4. まとめ

本研究では、洪水被害軽減に必要な体制強化策を提案するために、必要な一連の調査手法を整理した。その結果、今回試みた一連の調査手法が海外で発生した洪水災害のケーススタディとして有効であることを確認した。すなわち、文献調査や国内の関係者に対するヒアリングを行って選んだ対象国に対して、災害に対する概略的な要因分析を実施し、仮説を立てた項目について現地調査や被災者等へのヒアリングで検証するという手法である。

調査手法に関する検討はこれで一区切りを付け、今後は総合的な洪水リスクマネジメント方策の立案に資するため、構造物対策や非構造物対策による被害軽減効果を定量的に評価する手法の開発につなげていきたい。

参考文献

- 1) 矢野勝正：「水災害の科学」、技報堂出版、1971
- 2) Ben Wisner, Piers Blaikie, Terry Cannon and Ian Davis : "At Risk", Natural hazards, people's vulnerability and disasters, 2nd edition, 2005
- 3) Haque, C. E. and Blair, D. : "Vulnerability to Tropical Cyclones : Evidence from the April 1991 Cyclone to Coastal Bangladesh", 1992
- 4) Junichi Yoshitani, Norimichi Takemoto, Tarek Merabtene : "Factor Analysis of Water-Related Disasters in Sri Lanka", Technical Note of PWRI, No.4066, 2007.6
- 5) Junichi Yoshitani, Norimichi Takemoto, Tarek Merabtene : "Factor Analysis of Water-Related Disasters in The

Philippines", Technical Note of PWRI, No.4067, 2007.6

- 6) Junichi Yoshitani, Norimichi Takemoto, Tarek Merabtene :
"Factor Analysis of Water-Related Disasters in Bangladesh",
Technical Note of PWRI, No.4068, 2007.6
- 7) 吉谷純一、竹本典道、タレク・メラブテン：「バングラ
デシュにおける水災害に関する要因分析」、土木研究所
資料、第 4052 号、2007.6
- 8) 吉谷純一、竹本典道、タレク・メラブテン：「スリラン
カにおける水災害に関する要因分析」、土木研究所資料、
第 4069 号、2007.6
- 9) 吉谷純一、竹本典道、タレク・メラブテン：「フィリピ
ンにおける水災害に関する要因分析」、土木研究所資料、
第 4070 号、2007.6
- 10) Junichi Yoshitani, Norimichi Takemoto, Adikari Yoganath,
Ali Seyed Chavoshian : "Case Study on Risk Factor
Analysis of 1991 Cyclone Disaster in Hatiya Island,
Bangladesh", Technical Note of PWRI, No.4094, 2008.2
- 11) 吉谷純一、竹本典道、アディカリ・ヨガナス、アリ・
セイエッド・チャボシアン：「バングラデシュ・ハティ
ア島における 1991 年サイクロン災害要因に関する事
例研究」、土木研究所資料、第 4093 号、2008.2

CASE STUDIES ON ASSISTANCE FOR STRENGTHENING FLOOD DAMAGE MITIGATION MEASURES

Abstract: This study project aims to analyze vulnerability to flood in several countries/regions, and to propose feasible measures for strengthening coping capacity. We have chosen the nations of the Philippines, and Sri Lanka and Honduras for factor analysis regarding cause and characteristics and governmental response on flood disaster by literature survey. Followed by national scale analysis in Bangladesh and the Philippines, we have done interview survey on the cause of flood occurrence, the cause of expansion of disaster and effectiveness of countermeasures for mitigation system. In fiscal 2008, we drafted "Disaster Profile Sheet" based on literature survey and finalize it with interview survey, and made a implementation flowchart as a standard method.

Key words: Flood, Disaster Risk Management, Factor Analysis, Case Study