

## 1.1 海外における洪水被害軽減体制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。平成 20 年度は、これまでに得られた成果を反映し、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災害カルテとしてまとめ、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こうというものである。平成 20 年度は、これまでに得られた成果を反映し、文献調査等で得られた情報を災害カルテとして一つのシートにまとめ、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た。

## 2. 研究手法の流れ

### 2.1 水害リストの作成

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<sup>1)</sup>）。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	<a href="http://www.em-dat.net/">http://www.em-dat.net/</a>
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	<a href="http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html">http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html</a>
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 (表-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」

表-2 抽出した 11 カ国

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

2.2 要因分析調査

国連開発計画 (UNDP) は 2006 年に EMDaT 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-1 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 カ国を要因分析の対象とした。

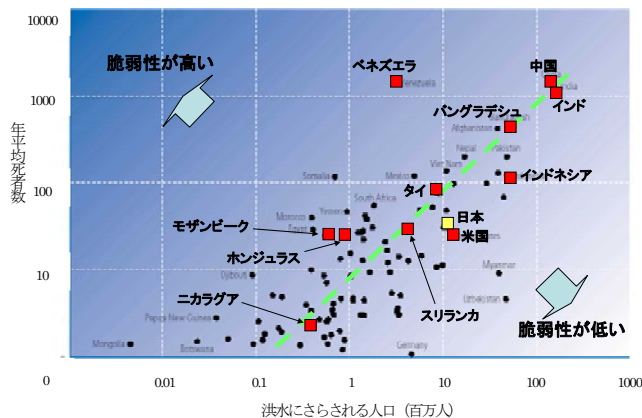


図-1 脆弱性の比較

2.3 ケースステディ

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、災害カルテの作成、仮説検証方法の一連の手順を確立していこうとするものであり、本研究では、バングラデシュ・ハティア島における 1991 年サイクロン災害と、フィリピン・インファンタ市 2004 年洪水・土砂災害を選定した。

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、雨季後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-2 バングラデシュ位置図

本研究の実施時点で、近年特に大きな被害をもたらした

たサイクロン災害は表-3 に示すように 2 件あるが、事例研究の対象として 1991 年のサイクロン災害を取り上げた。

表-3 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

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 日早朝まで継続した。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。

ベンガル湾に位置するハティア島は、図-3 に示すように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った利点もあった。

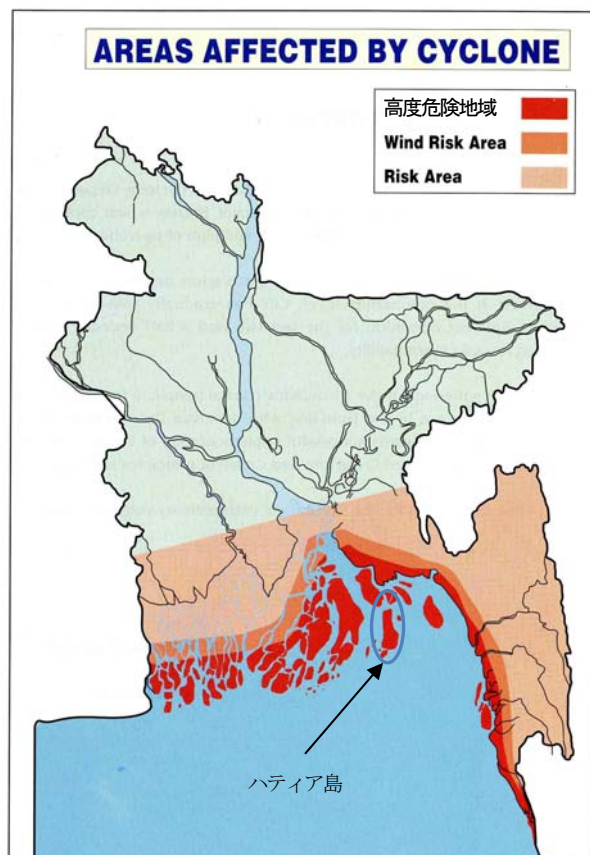


図-3 サイクロン危険地域図（赤が高度危険地域）

一方、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。

過去 100 年間の死者・負傷者を災害の種類別でみると、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。

2004 年 11 月中旬から 12 月上旬にかけて、フィリピンには 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-4）。

11 月下旬に来襲した Winnie による豪雨にともない、インファンタ市では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。

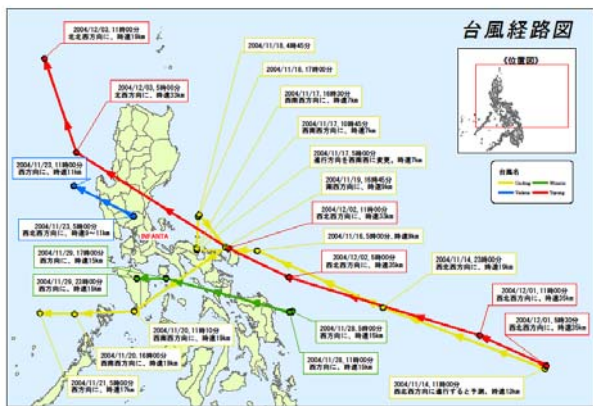


図-4 2004年の4台風経路

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。

バングラデシュ・ハティア島の1991年サイクロン災害、フィリピン・インファンタ市の2004年洪水・土砂災害に関して、収集した資料や現地調査にもとづき以下のような災害カルテを試作した（表-4、5）。

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必要な対策項目でもある。例えば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」といったものが挙げられる。同様に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。

表-4 試作した災害カルテ  
(1991年ハティア島)

災害外力カルテ	<p>1991年4月のサイクロン襲来における対象地域の最大平均風速は176~220km/hと推定。</p> <p>来襲時は高潮と重なったため、5~6mの最高潮位が東部地区沿岸部を襲ったと推測。</p> <p>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。</p>
地域特性状況カルテ	<p>ハティア島の面積は約1,000km<sup>2</sup>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<sup>2</sup>）。当時のバングラデシュ平均の人口密度774人/km<sup>2</sup>よりは小さい。</p> <p>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わっていた一方、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。</p>
対策状況カルテ	<p>高潮から防御するため、島の周囲を防潮堤が（4.5m高）が環状に設けられていたが、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。</p> <p>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年当時島の人口に対し1割程度の収容量しかなかった。</p> <p>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。</p>
被害状況カルテ	<p>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。</p>



表-5 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つが連続するのは珍しい。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、インファンタ市および周辺のセラ・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。Undng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。Yooyongは強風をもたらしたが雨はたいしたものでなかった。Undng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川沿いではひどかった。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。それと比べると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m<sup>3</sup>である。</p>
地域特性状況カルテ	<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。無尽蔵な森林伐採がセラ・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組みが強化された。</p> <p>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。インファンタ市でも災害後に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、地域住民がパニックに陥り逃げ出すのもやっとなりで、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。</p> <p>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。</p> <p>災害後、人口6万人の8割以上（5万人）が被災物資を求めた。</p>

### 3. 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。

#### 3.1 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-5のとおりとなる。

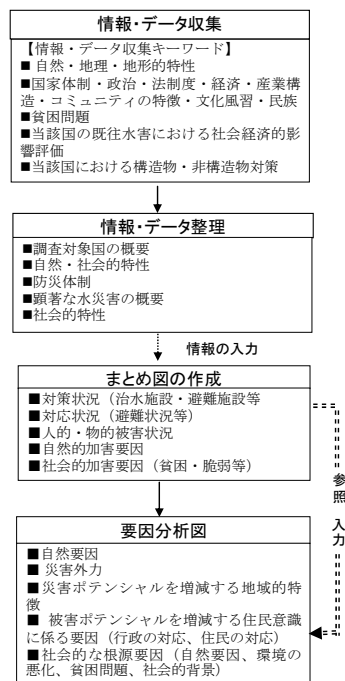


図-5 要因分析調査の実施フロー

#### (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 図書館は比較的新しい報告書をデジタル化している。

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。

### 3.2 ケーススタディの手法

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-6のとおりである。

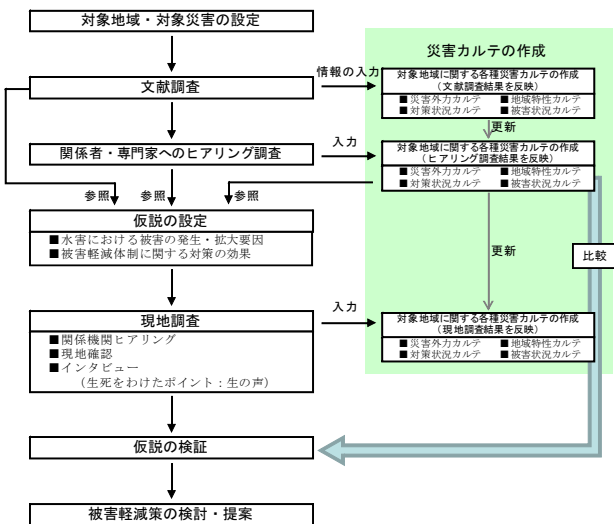


図-6 ケーススタディの実施フロー

#### (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、被災箇所の実地踏査や現地行政機関、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前提として、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。

## 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