

浸水確率マップを活用した洪水危機管理計画 ～床上浸水リスク等の時空間的把握に基づいて～

大原美保・南雲直子・Badri Bhakta SHRESTHA・澤野久弥

1. はじめに

開発途上国では一般に、頻発する災害のたびに甚大な社会的影響を受け、地域の持続的な発展が妨げられている。地域の持続的な発展を促進するためには、過去の被災実績やシミュレーション等を踏まえて、あらかじめ災害を想定した上でリスクを定量的に把握し、必要な事前対策を検討しておく必要があるが、開発途上国ではこのような検討は十分ではない。これらの現状に対して、土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM)では、定量的な分析に基づいてコミュニティの洪水危機管理計画の立案を行うことを提唱し、アジアの洪水常襲地帯の一つであるフィリピン共和国ルソン島のパンパンガ川流域をケーススタディエリアとした2年間に渡る実践活動に取り組んできた。本活動の概要については、2016年12月号でも一部報告しているが、本稿では更に詳細な報告を行う。

2. 地域特性を考慮した危機管理計画の作成方法の提案

アジアの洪水常襲地帯では、毎年のように洪水が発生しているものの、例年の発災規模を超える洪水時には、構造物の対策の整備水準が低いため浸水が地域全体に広がり、自治体の行政機能の喪失により地域の業務継続が困難になる可能性が高い。これらの地域では、発生規模に応じた災害による影響度合いの違いを考慮した上で、例年の発災規模を超える災害時にも地域機能を継続できるようあらかじめ備えておく必要がある。また、浸水は徐々に広がるため、河川の上流・下流等の場所に応じた浸水状況の時系列での変化をあらかじめ想定し、これらの動的な変化に応じた事前計画をあらかじめ立案しておくことが重要である。

これらの地域特性を踏まえた上で、本節では、

洪水常襲地帯における危機管理計画の作成方法を提案する。事業継続マネジメントシステムに関するISO22301(JIS Q22301)は、事業影響度分析(Business Impact Analysis)及びリスクアセスメント(Risk Assessment)に基づく事業継続戦略(Business Continuity Strategy)の決定及び事業継続計画(BCP)の作成を提唱している¹⁾。また、日本では、2014年4月1日に施行された災害対策基本法改正により、市町村内の一定の地区の居住者及び事業者が、「災害時に、誰が、何を、どれだけ、どのようにすべきか」を検討し、地区防災計画を定めることができる制度が創設され、地区防災計画ガイドライン²⁾では、地区において平常時・発災直前・復旧期・復興期の各段階で想定される防災活動を整理しておくことが重要とされている。本研究では、これらの両取り組みを踏まえつつ、①現状認識、②リスクアセスメント、③地域へのインパクトの解析、④地域での対応戦略の策定、⑤危機管理計画の作成、⑥危機管理計画の共有という6つのステップによるコミュニティの危機管理計画の作成手法を提案する。計画立案手法としては、ISO22301の概念を踏まえているが、アジア諸国ではまだBCPの概念そのものが普及しておらず、なじみがない。よって、佐賀平野大規模危機管理計画³⁾を参考にしつつ、「危機管理計画(Contingency Plan)」という名称を用いることとする。

なお、6つのステップのうち、ステップ2: リスクアセスメントは技術的な知見を要するため、更なる上位機関である国、州、県などの関係機関とも連携することを想定している。

3. 実践活動の対象地域

提案手法について、ルソン島のマニラ首都圏の北西部に位置するパンパンガ川流域の南端にあるブラカン州カルンピット市(Calumpit Municipality)をケーススタディ地域として、提案手法の検証を目的とした実践活動を行った。カルンピット市は、人口約10万人の小都市であ

り、図-1に示す通り、複数の河川の合流点に位置するため、洪水の危険性が高い。市内には29のコミュニティ（地区）が存在する。

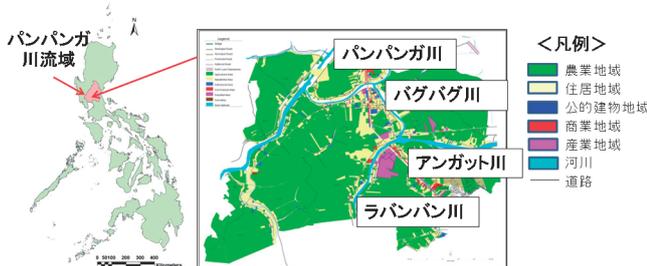


図-1 パンパンガ川流域及びカルンピット市の状況⁴⁾



図-2 コミュニティー警報システムに用いる電柱

カルンピット市は周辺の洪水常襲地帯の中でも災害対策への関心が高い自治体であり、2014年にはフィリピンの防災の法律であるRepublic Act No.10121に基づき、市の災害対応計画であるContingency Plan⁴⁾を作成している。この計画では、近年最大規模である2011年の台風Pedringと同程度の洪水を想定して市の各部署の取るべき災害対応を記述している。また、市内にある約190本の電柱を図-2のように高さ2フィートごとに塗り分けて浸水の程度を把握し、避難誘導を促す「Colors of Safety Markers」という独自のコミュニティ警戒システムを持っている。市では29あるコミュニティに対して、災害時の対応計画を作成するよう奨励しているが、作成済みのコミュニティの対応計画は、時系列での対応や被害の空間分布を考慮しておらず、初歩的な内容に留まっていたため、本活動を通して現地の洪水危機管理計画の作成支援を行うこととした。

4. コミュニティーの危機管理計画の作成

洪水危機管理計画の作成支援は、2.の提案手法に沿って、図3に示す6つのステップに従って進めた。活動は、市の防災担当部局（MDRRMO）及び、洪水警報の発表を行っているフィリピン共

和国大気地球物理天文局（PAGASA）の協力を得て進めた。ステップ1及び2は市内に29ある全てのコミュニティを対象に行ったが、ステップ3以降は、特に浸水リスクの高いパンパンガ川沿いの2つのコミュニティを対象とした。

4.1 ステップ1 現状認識

過去の洪水履歴や被害データ、地形、土地利用、人口・建物の分布状況など、地域の現状を把握した。市に蓄積された過去のデータを収集したほか、市職員らと協同で各コミュニティの家屋高さや浸水高さ等のサンプル調査を行い、洪水時の行動などについて住民へのインタビューを実施した。

4.2 ステップ2 リスクアセスメント

ICHARMで開発された降雨流出氾濫モデル（RRIモデル）を用いて、再現期間10年、30年、100年、既往最大洪水という4パターンの洪水氾濫シミュレーションを行った。この際、協定に基づきフィリピン共和国の国家地理資源情報庁（NAMRIA）から、レーザー測量による高精度の標高データであるifSAR DEM（5mメッシュ）の提供を受け、シミュレーションに用いた。これらの解析結果に基づき、①衛星画像上にコミュニティの集会所や避難所等の拠点の位置を示した地域資源マップ、②既往最大洪水と同規模の再現期間30年の洪水による浸水マップ（ハザードマップ）、③ステップ1で把握した1階建て家屋の平均床高を閾値として用いた床上浸水発生確率マップ（リスクマップ）、④コミュニティの代表地点や、市庁舎などの重要施設の地点での浸水の進展状況を示した浸水チャート、という4種類のリスク情報のコンテンツを作成し、現地のコミュニティに提供した。マップやチャートでの浸水深さはコミュニティ警報システムの3つの色（図-2）を用いて表現し、現地語（タガログ語）への翻訳も行い、わかりやすい表現に努めた。②の浸水マップは当初は再現期間10年、30年、100年という3種類を作成していたが、再現期間の概念が理解しづらく、複数のマップがあると分かりづらいとの現地住民からの意見を得た。よって、既往最大洪水と同規模の再現期間30年の浸水マップを提供した上で、再現期間の違いに応じた浸水域の変化を知るための情報として、3種類の再現期間のマップを統合した③床上浸水発生確率マップを新たに作成し、提供した。

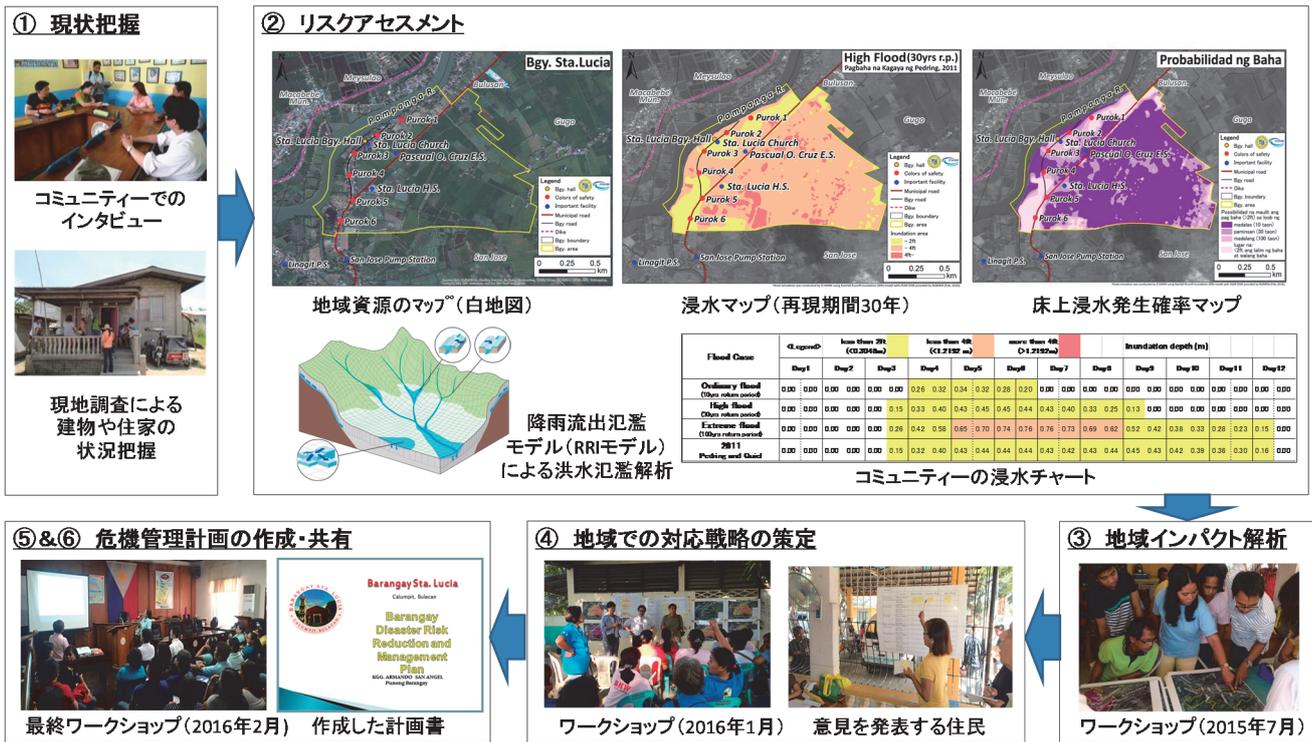


図-3 6つのステップによるコミュニティの危機管理計画の作成プロセス

4.3 ステップ3 地域インパクト解析

作成したマップや浸水チャートに基づき、2015年7月に市内の2つのコミュニティでワークショップを開催し、再現期間10年、30年、100年の洪水で想定される、「情報連絡、避難、住まい、水や食料、医療対応、交通、その他」の各項目に関する懸案事項について意見を挙げてもらい、表-1に示した課題を抽出した。再現期間100年の大規模洪水は未経験ではあるが、避難場所の不足や復興のための建設資材の不足等が懸念された。このように異なる発災規模の被災状況も事前に想定しておくことにより、例年にない規模の洪水が

表-1 3種類の洪水による地域インパクト

| | 日常的な洪水 (Ordinary Flood) | 既往最大の洪水 (High Flood) | 最大規模の洪水 (Extreme Flood) |
|------|-------------------------|--|--|
| 情報連絡 | | ・固定電話・携帯電話の使用不能(停電によるバッテリー切れ) ・浸水情報の欠如 | |
| 避難 | | ・急激な浸水による避難の困難 ・避難所のスペースの不足 ・避難の呼びかけに応じない住民 | ・急激な浸水による避難の困難 ・避難所のスペースの不足 ・1階の水没により屋外避難が必要となる世帯の増加 |
| 住まい | ・高床式ではない住宅の浸水 | ・浸水した住宅の清掃の困難 | ・浸水した住宅の清掃の困難 ・住宅再建のための建設資材の不足 |
| 水や食料 | ・断水による飲料水の不足、停電 | ・断水による飲料水の不足、停電、トイレの問題 ・救援物資の不足、配布の遅れ ・市庁舎から救援物資を移動する際の救援物資の浸水 ・救援物資の保管場所の浸水、浸水しない保管スペースの欠如 | |
| 医療対応 | | ・医療支援のニーズ、レプトスピラ症・発熱・下痢等への薬のニーズ | |
| 交通 | | ・嵩上げ道路以外の道路の浸水による移動の困難 ・民間支援船の船賃の高騰、買い物・通勤等のための移動の困難 ・救援物資の受取りのための市庁舎への移動手段の欠如 | |
| その他 | | ・田畑の被害 ・学校閉鎖による教育の遅れ、学校図書館の書籍の水没 | |

発生した場合に備えて、実効性のある事前対策を行うことが可能になると考えている。

4.4 ステップ4 地域での対応戦略の策定

続いて2016年1月に再度コミュニティでのワークショップを開催し、ステップ3に基づき、地域の機能継続のために平常時・浸水中・浸水後にコミュニティが取るべき戦略を整理した。具体的には、コミュニティ警戒システムを活用した市への情報連絡や迅速な避難行動、高齢者等の避難行動の支援、救援物資の確保と保管、迅速な生活再建の支援等に関する戦略が挙げられた。

4.5 ステップ5 危機管理計画の作成

市内の2つのコミュニティにおいて、ステップ4で議論した戦略に基づき、コミュニティ内の対応チームの行動計画を含めた危機管理計画を作成してもらった。

表-2に、作成したコミュニティの危機管理計画の目次を示す。リスク同定の章での水色の網掛けはICHARMから素材を提供した箇所であり、緑色の網掛けはワークショップで議論した結果を掲載してもらった箇所である。計画の全体及び黒字の箇所は、筆者らとの意見交換を行いながら、コミュニティ自らが作成した。コミュニティの対応計画の部分は、対応チームの組織構成、地

域の資源マップ、担当者リスト、地域での対応戦略、対応チームごとの行動計画、今年の活動計画により構成されている。

表-2 コミュニティーの危機管理計画の構成

| 分類 | 項目 |
|-----------|----------------------------------|
| 表紙 | 表紙 |
| 巻頭言 | バランガイリーダーからのメッセージ |
| 基本情報 | バランガイの位置 |
| | 人口・世帯数(Barangay Profile) |
| リスク同定 | 過去の浸水履歴 |
| | 想定浸水マップ |
| | 床上浸水発生確率マップ |
| | 浸水チャート |
| | 被災しうる人口・世帯数 |
| コミュニティの計画 | 3種類の洪水による地域へのインパクト |
| | 洪水対応チームの組織構成 |
| | 避難所・資機材・電柱等の資源マップ |
| | 各電柱に割り当てられたコミュニティ警報システムの連絡担当者リスト |
| | 地域での対応戦略 |
| | 洪水対応チームごとの行動計画(Sectoral Plan) |
| | 今年のコミュニティの活動計画 |

4.6 ステップ6 危機管理計画の共有

以上のステップによる計画作成手法の共有を図るため、市内のすべてのコミュニティの関係者及び市・州の担当者を招いた最終ワークショップを2016年2月に開催した。洪水氾濫シミュレーションの結果や洪水危機管理計画の作成方法に関するレクチャーを行い、計画作成を体験した2つのコミュニティの担当者から、自ら作成した危機管理計画を紹介してもらった。また、市内すべてのコミュニティに、ステップ2で作成したマップやチャートを配布した。ワークショップには、本プロジェクトへの高い関心のもと、約100名を超える担当者が参加した。

なお、今後同様の取り組みをフィリピンのほかの洪水脆弱地域でも進めていくにあたり、洪水氾濫シミュレーションやデータ収集等の面で国と地

方の連携や役割分担が不可欠であることから、2016年2月にはマニラ首都圏において、国レベルの防災関係機関の担当者ら約30名が集まるワークショップも開催し、ICHARMが実施した計画作成手法や課題を共有した。

5. まとめ

本研究では、3つの再現期間による浸水マップを統合した床上浸水発生確率マップを活用して、異なる発災規模のリスク評価結果に基づき、コミュニティの洪水危機管理計画を作成する手法を提案し、フィリピン共和国の洪水常襲地帯の2つのコミュニティでの実践活動を行った。この結果、一定の効果が確認されたため、今後は、本手法を他地域でも検証・普及させていくための活動を継続して行う予定である。

謝 辞

本研究は、カルンピット市の防災担当部局(MDRRMO)及び、フィリピン共和国大気地球物理天文局(PAGASA)の協力を得て進めた。また、洪水氾濫シミュレーションでは、国家地理資源情報庁(NAMRIA)からの地盤標高データの提供を受けた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 一般財団法人日本規格協会：ISO22301:Societal Security - Business continuity management systems、社会セキュリティー事業継続マネジメントシステム-要求事項、2012
- 2) 内閣府：地区防災計画ガイドライン、2014
- 3) 佐賀平野大規模浸水危機管理対策検討会：佐賀平野大規模浸水危機管理計画、2011
- 4) Calumpit Municipality：Calumpit Municipal Disaster Risk Reduction and Management Contingency Plan、2014

大原美保



土木研究所水災害・リスク
マネジメント国際センター
主任研究員
Miho OHARA

南雲直子



土木研究所水災害・リスク
マネジメント国際センター
専門研究員
Naoko NAGUMO

Badri Bhakta SHRESTHA



土木研究所水災害・リスク
マネジメント国際センター
主任研究員
Badri Bhakta SHRESTHA

澤野久弥



土木研究所水災害・リスク
マネジメント国際センター
上席研究員
Hisaya SAWANO