

V-1 5 発展途上国対応洪水予警報システムに関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 17

担当チーム：防災チーム

研究担当者：吉谷純一、諏訪義雄

【要旨】

第 14 回アジア地域土木研究所長等会議において、洪水予警報セッションを設け、参加 6 カ国の洪水予警報システムについて情報収集し、意見交換を行った。

その結果、洪水事例の被害分析が少なく洪水予警報システムの有効性が確認できないこと、収集できた被害分析事例からは洪水予警報で死者・行方不明者を減らせるわけではなく被害軽減のための体制全般の中で強化すべき対象を明らかにする検討が肝要であること、予警報に対するレスポンスは国から地方までの関係行政機関の危機管理への活用が主であるが有効でサステナブルな予警報システムとするためにはコミュニティ防災による被害軽減体制が根付いた後にそれを支援するため予警報システムを整備する手順が望ましいこと、及び洪水予警報に対するニーズは河川・洪水・地域特性によって大きく異なることが明らかになった。

上記結果を受け、本研究課題は発展的に解消して新たに「海外における洪水被害軽減体制の強化支援に関する研究」を開始することとし、実際の水害を対象として被害の発生・拡大過程を分析することにより、水害対策の強化支援パーツの優先順位を明らかにし強化支援方策を検討することとした。

キーワード：被害分析、発展途上国、洪水予警報システム、レスポンス、コミュニティ防災、サステナブル

1. はじめに

津波、高潮、洪水等の予警報は、構造物対策が十分でない状況下で水害から生命等を守るために有効な非構造物対策と考えられており、本研究は発展途上国の事情を踏まえたサステナブルな洪水予警報システムのあり方の提示を目的としている。

我が国の国際協力においては、従来から洪水予警報システム構築の案件は数多く実施されてきた。しかしながら発展途上国においては、雨量計や水位計などのセンサーやテレメータ通信機器の盗難、無断居住者による観測・通信等の機械局舎の占拠、コンピューターシステム故障の放置、通信機器故障の放置等日本では想定できない状況が障害となり予警報システムが機能しなくなる事例が多く指摘されている。この維持管理問題の本質について渡辺¹⁾は、発展途上国社会は、担当者が使命感を持ってない、自分の命は自分で守るといった基本的人権の第一要件が実行できていないといった自然現象をいとも簡単に災害にしてしまう社会的欠陥が深刻と指摘している。これは、手段である“(特に機械的な)洪水予警報シ

ステム”が最終目的である“洪水による人命損害の危機に直面している人々に危険を知らせ身の安全を図ってもらう”ことにつながらない要因があることを示唆している。加えて、本来影響住民の生命を左右するはずの予警報システムの維持管理や運用が結果的に軽視され放置されるに至る背景には、予警報を本当に必要としている切実なユーザーがいないことが本質的な要因となっている可能性があり、洪水予警報システムの必要性・有効性まで掘り下げて洪水予警報の使われ方、特に被害軽減への寄与度を分析する必要がある。

2. 研究方法

国土技術政策総合研究所が 2005 年 10 月 17～28 日に開催した第 14 回アジア地域土木研究所長等会議²⁾（以下、アジア所長会議）で 6 カ国の関係機関に参加してもらい洪水予警報セッションを設け、情報の収集・整理を行うこととした。

発展途上国の事情を踏まえたサステナブルな洪水予警報システムのあり方を明らかにするためには、

途上国における洪水予警報システムの必要性・有効性まで掘り下げて洪水予警報の使われ方、特に被害軽減への寄与度を分析する必要があるが、「問題の捉え方が表面的であったとしても何か仕掛けを提案すれば途上国は決して「NO」とは言わない」¹⁾ 現実を考えると、洪水予警報が必要かと単純に問いかけてだけでは必要という答えが返ってくるだけである。そこで本研究では、洪水予警報が各国で本当に必要とされているのかを具体的に明らかにするため、(1) 実際の洪水における被害の分析と(2)洪水予警報が被害軽減につながる仕組みと道筋についての整理を行った。

(1)では、実際の洪水被害の分析を通じて強化すべき洪水対策について考察した。特に被害のうち死者・行方不明者に着目して“洪水予警報によって救うことのできる要因であったのか”という観点を重視した。(1)の分析は、「加害性の自然現象をいとも簡単に災害にしてしまう社会的欠陥が深刻」¹⁾ な途上国の状況を解明することにも寄与すると考えている。

(2)は、(1)実績に基づく分析には及ばないまでも、当該国・地域における洪水予警報の重要性を反映すると考えている。

会議に先立ち、参加国にカントリーレポート及びスペシャルセッションペーパーを作成・提出してもらい、各国の状況をとりまとめた。会議当日には、特徴的な国に事例報告をしてもらうとともに、上記(1)、(2)について討議を行った。

上記の情報収集・整理、及び討議結果から、洪水の特徴と被害の特性、洪水予警報の使われ方(特に被害軽減への寄与度の観点から)を考察し、洪水予警報システムの必要性・有効性まで掘り下げて、洪水予警報システムに関する技術協力のあり方、技術協力対象国の事情を踏まえた維持管理可能な洪水予警報システムのあり方を提示した。

3. 結果

3.1 各国の洪水被害及び洪水予警報の状況

以下、アジア所長会議での調査の結果把握できた各国の洪水被害及び洪水予警報の状況を示す。

3.1.1 ベトナム(メコンデルタ)

・ 洪水の特徴、被害の特性

メコンデルタの洪水は、伝播速度は遅いが広範囲に長期間にわたる深い浸水をもたらす、社会経済発展を阻害する一方、農地にシルトを運んで堆積させて果樹や耕地、水田を肥沃にする便益ももたらす。

2000年には、過去70年で最悪の洪水の1つが起り、死者448人(うち子供319人)、2億7,500万USドルの被害をもたらした。

・ 洪水対策の全体戦略、洪水予警報の位置付け
メコンデルタにおける洪水対策の戦略は「Adapting living with floods」であり、洪水による被害を軽減しつつ洪水の便益も有効に利用して、メコンデルタにおける総合的な社会・経済発展の条件を整備しようというものである。

ベトナム政府は、洪水予警報の改善を、少なくとも短・中期的には非構造物対策の重要な項目の1つとして位置付けている。

・ 洪水予警報システム、レスポンスの概要

メコン川委員会が予警報に必要なソースデータを提供している。メコンデルタでは3種類(long<season, month>, medium<10days>, short<3-7days>)の洪水予警報がある。予警報情報の流れは図-1のとおりである。

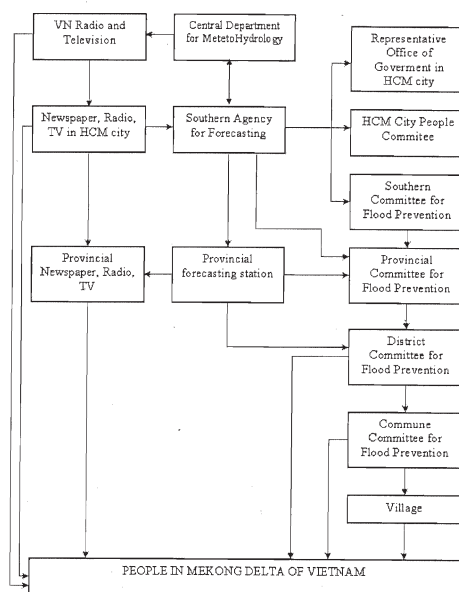


図-1 ベトナムにおける洪水予警報の流れ

情報は、基本的に予報部局→Southern Committee for Flood Prevention(以下 CFP)→Provincial CFP→District CFP→Commune CFP→Village→People で流れるが、ラジオ、テレビ等を通じて直接住民に伝達される流れもある。

予警報を受けてのレスポンスとしては、堤防を守るための水防活動、早期の収穫、早期収穫命令の発令等被害軽減のためのたくさんの活動が位置付けられている。ベトナム赤十字は安全な場所へのアクセスや救援物資の供給を確実にするために地方政府と密接に協力する。

・ 被害分析と強化すべき対策、洪水予警報システムの有効性

洪水予警報とそれに対するレスポンスについて、具体的な洪水被害の要因分析に基づく評価は特にな

されていない。レポートの中で、1991年から2002年までの各年の洪水被害の数値が死者数も含めてまとめられており、158～448人の3桁の死者が出ていることはわかるが、死因分析、例えば予警報が伝わらなかったために逃げ遅れて溺死した等洪水予警報で防げる死因だったのか等の考察がない。今後上記観点での被害分析と洪水予警報とレスポンスの評価が望まれる。

意見交換時に2000年洪水における死者448人(うち子供319人)の死因について尋ねたところ、毒蛇に噛まれる、両親ともに働きに出て子供だけになった家庭の子供達が、浸水域で泳いで遊んでいるうちに、バックウォーター(発生要因・メカニズムは不明)に巻き込まれる等であり、両親がいない子供へのケアが洪水による死者を減らすポイントであるとのことであった。

レポートには予警報伝達に特化した課題が記載されており、それによれば、予警報が住民に受け入れられない限界は、遠隔地に情報が不足すること、遠隔地の運河沿いに不法占拠で住んでいる貧しい農業従事者が情報を得られないこと、放送局やラジオ局などのコミュニケーション方法が不足していること、人々の知識が不足しており予警報を理解していないこと等が挙げられている。

両親がいない子供へのケアが洪水による死者を減らすポイントで、早期の収穫・早期収穫命令という日本では考えられない特異なレスポンスが位置付けられていることを考えると、洪水予警報は人命損失を減らすためというよりは農業被害の最小化のための対策として重点がおかれているようである。

・ その他

なお、デルタ地域は潮位の影響や高潮等台風被害も河川洪水と同様あるいはそれ以上に懸念されると想像するが、特に台風による被害についての記述はなかった。もし、台風被害も懸念されるのであれば予警報とそれを受けてのレスポンスについては洪水だけを特化して扱うのではなく洪水と台風の両方で使える一体となった取り組みが必要と考えられる。

3. 1. 2 タイ(具体事例はチャオプラヤ川)

・ 洪水の特徴、被害の特性

タイでは、洪水は年平均10回起きており、うち2～3回は深刻なものである。年平均の影響人口は804,071人、死者数は112人、農業と公共施設が受ける経済被害は約40.94億パーツと見積もられる。

チャオプラヤ川は、たくさんの洪水を経験しており、1983年と1995年の洪水は最も深刻だった。

河川沿いの広い浸水区域は天然の貯留機能を有しており、Upper Central Plain, Nakhon Sawan Area, Higher Delta, Lower Deltaの4つのエリアに分けることができる。

1995年には160億 m^3 を越える浸水があったが、この巨大な浸水はバンコクのような下流にある都市

をカストロフィックな災害から助けた。

・ 洪水対策の全体戦略、洪水予警報システムの位置付け

政府は、洪水と渇水問題の解決のため、2006～2009の間に、水資源に約2,000億パーツの投資をする政策を持っている。

チャオプラヤ川では現在、Bangkok Metropolitan Administration (BMA)によってバンコク首都圏で洪水防御の嵩上げが、Public Works Department (PWD)によって排水システムの改良を合わせたポルダースシステムの提供が、Royal Irrigation Department (RID)によってデルタエリアにおいて既に完成した河川改修とセットで「monkey cheek」と呼ばれる排水システムの改良が、また同じくRIDによって多目的ダムの建設とバンコク港のショートカットが実施中である。

上記事業が実施されている中で、将来の流域開発による洪水被害の増加、Pathum ThaniとNonthaburiの防護事業によるバンコクでの洪水安全度の低下、農業地域における洪水安全度が低い状況の継続が主要な論点となっている。

この論点を踏まえて、洪水被害が予想されるエリアにおける流域開発のガイダンスと規制を通じて将来の洪水被害の増加を最小限にするため現在の自然遊水機能を保全する(これは現在のグローバルな洪水減災対策のコンセプトであり、タイで実際に行われている「monkey cheek」のコンセプトでもある)、農業地域における安全レベルを向上させバンコク及びその他の都市地域の洪水安全度を保証する適切な手段の導入を基本コンセプトとするマスタープランがある。

マスタープランは、構造物対策と非構造物対策からなっている。自然遊水機能の保全のためには非構造物対策特に土地利用の規制・ガイダンスを内容としている。バンコク等都市の安全度確保のためには貯水池運用ルールの見直し・洪水予警報・水防・土地利用規制及びガイダンス等非構造物対策と排水システムを持った輪中堤整備による構造物対策を内容としている。農業地域の洪水安全度向上のためには貯水池運用ルールの見直し・洪水予警報・水防・土地利用の規制及びガイダンス等非構造物対策を内容とする。

・ 洪水予警報システム、レスポンスの概要

チャオプラヤ川では、Nam and Yom Basinにプロジェクトで整備された洪水予測システムがある。ラジオ・UHF/VHF・衛生通信回線を利用したテレメータシステムで雨量・水位・蒸発・貯水池情報を収集管理し、流量・水位・警報を発信するシステムが整備されている。

洪水被害を減らすための洪水予警報の活用方策として、適切な予警報で認識した脅威に対する迅速なレスポンスを可能にするシステムはまだ整備されていない。机上の考えとしては、予警報システムは単に人々に災害が切迫していることを警告するだけで

なく、人々が避難する際の避難先やルートの同定を支援し、(飲料水供給、下水処理、衛生管理への支援、輸送等)必要となる災害対応サービスのトリガーとなるべきであると考える。

・ 被害分析と強化すべき対策、洪水予警報システムの有効性

具体的洪水における被害分析を通じた洪水予警報の有効性についての議論が必要である。レポートでは、Losses due to flooding が average の整理になっており、洪水予警報によって被害の減少が期待できるのかわからない。洪水予警報の目的が死者を減らすための直接的被害を減らすためのものか判断できない。

レポートでも報告されているとおり、洪水予警報を受けてのレスポンスが明確でない。具体的洪水における被害分析により洪水予警報で減らすべき被害を明らかにした後は、望ましくはレスポンスの体制整備が先に、せめて予警報システムと同時に整備される必要がある。

3. 1. 3 ラオス

・ 洪水の特徴、被害の特性

ラオスは土地が不足しており、この地域では最も発展が遅れている国である。いまだに農業に大きく依存しており、労働力の76%が農業に従事している。

洪水と渇水が国の主要な自然災害である。洪水は5~9月のモンスーンシーズンにメコン川沖積平野と支川で起こり、過去35年で13の主要な洪水が発生した。特に、1995年と1996年の洪水は特に深刻であった。

1995年洪水では、ピエンチャン平原だけでも影響を受けた人口153,398人、世帯数26,603世帯、集落数で427だった。稲作面積61,142haのうち、34,471haが浸水し、30,962haが被害を受けた。その他の農地では、17,167haのうち7,866haが浸水し、4,313haが被害を受けた。

様々な環境悪化により、過去10年で人々の脆弱性が増し、損失が増加している。例えば、以前は決してそのような災害を見ることがなかった地域でフラッシュフラッドや地滑りが起こっている。

メコン川と支川の洪水は頻発する事象であり、農業生産、地方のインフラ、集落に対する被害の度合いを年ごとに変化させるものであり、家畜や人命の損失をもたらす場合もある。

ラオスの洪水パターンは、ラオ山脈における豪雨によりタイの洪水よりも頻繁で急激に出水するので、カンボジアやタイの洪水とは区別できる。

・ 洪水対策の全体戦略、洪水予警報システムの位置付け

人口の大多数は貧困のため災害対応をする能力を持っていない。交通とコミュニケーションの困難さが国土開発、特に災害対応の制約である。国土の限られた部分だけが全天候使える道路がつながって

り、大部分の地域は災害時にアクセスできなくなる。

災害対応に関する行動の優先順位は、国からコミュニティレベルまでの災害対応の人材育成、洪水と渇水のための早期警戒システム、公共への啓発であり、その他事前準備、予防と被害軽減、緊急対応と復旧活動の整備もある。

意見交換において、渇水予警報に対するレスポンスについて尋ねたところ、灌漑施設のオペレーションに反映させたいとのことだった。

・ 洪水予警報システム、レスポンスの概要

メコン川下流域における洪水予警報のオペレーションは、メコン川委員会によって1970年に整備され、以来毎年このオペレーションが繰り返されている。メコン川委員会は、7~10月の洪水期におけるメコン川中上流域の予測にSSARRモデルを適用している。リアルタイムの水位・雨量データは、タイの5つのキー観測局とラオスの5つのキー観測局からのデータが使われる。ラオスのデータは、毎日17:00に、洪水ピーク時には11:00と17:00の2回ラジオ回線で送られる。予測は5日先まで行われ、毎日17:00に確定した予測結果が加盟各国の国内委員会に送られる。

国内メコン川委員会は、ラオスの洪水に関係する主要部局である、Department of Meteorology and Hydrology (DMH)、Inland Waterways Division (IWD)、Flood Management Unit (FMU)の3つに洪水予警報の情報を送付する。

メコン川国内委員会とDMHはメコン川本川の洪水予警報に直接の責任を有する機関である。メコン川委員会から送られてきた警報局の予測水位がCritical Stageに達する場合には、DMHは予警報を準備して、適切な政府関係機関に伝達する。予警報は、総理大臣官邸に送られると共に、開発段階にある影響地域住民が人命の損失とともに財産への被害を最小化することを援助するため、ラジオ、新聞、テレビ放送が住民に伝達できるようラオス政府情報部に送られる。また、続いてとられる活動に役立つよう、予警報は浸水区域にある地方政府にも送られる。

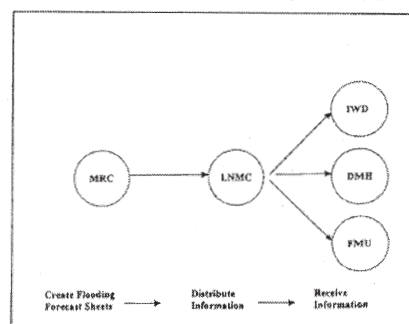


図2 ラオスにおける洪水予警報情報の流れ

・ 被害分析と強化すべき対策、洪水予警報システムの有効性

洪水被害の関心は、農業被害が中心である。レポ

ートの被害実績データからは、ラオスで洪水による直接の被害で死者が出るのかが不明であった。直接被害で死者が出るのなら、具体的な水害での死因分析が洪水予警報によって防止できるものなのかという観点からなされるべきである。洪水による直接被害で死者出ないのなら、洪水予警報で何の被害を減らすことを意図しているのか（例えば農業被害を減らすことを目的にしている等）、それを達成するためのローカルレベルでの予警報の具体的な活用方法（特にローカルレベルでの）について分析を深める必要がある。

洪水被害の関心が農業被害中心であること、渇水の予警報をもとに灌漑施設のオペレーションを行いたい期待があることから判断すると、日本でいうところの（人命損失最小化のための）洪水予警報というよりは低水高水両方の予測ができる、気象サービスに近い農業被害を減らすための水資源動向予測サービスが望まれているようである。

3. 1. 4 カンボジア

・ 洪水の特徴、被害の特性

カンボジアにおける最大の地形的な特徴は、メコン川流域につながったトンレ・サップ湖が中央に位置している広大で平坦な中央平原と北から南に国土を横断して流れるメコン川の存在である。中央平原は国土面積の 3/4 を占め、密林と人口密度の低い山地に囲まれており、大部分がメコン川、トンレ・サップ湖、バサック川の沖積堆積物で形成されている。

メコン川下流域では、天然の洪水がメコン川沿いの平野部に住んでいる 900 万人を越える人々の生計の手段となっている。ここ数年、カンボジア国内では洪水と渇水の深刻さが顕著に増加している。

アジアで最も災害を受けやすい国の 1 つという有り難くない称号を持っているカンボジアでさえ、2000 年は国民と国内資源に災害が与えた影響という面からは特に厳しかった。その洪水は、毎年訪れる季節洪水に慣れている国にとっても、この 40 年強の中で最悪と見積もられている。洪水は、社会、経済、生命、活動そして公共施設の深刻な被害を人々にもたらす原因となった。

総理大臣が議長である National Committee for Disaster Management (NCDM) は最初から救援活動の指揮と調整を行った。焦点は、最初は食糧と毛布、医薬品の配布、避難場所の提供だった。政府、(UNDP と WFP が共同議長を務める) 財務委員会、カンボジア赤十字の間でもたれた定期会合を通じ、密接な連携がとられた。

最悪の 2000 年洪水が社会に与えたインパクトは、カンボジアで毎年起こる洪水の中で最大の経済損失をもたらしたのものとして NCDM によって以下のとおり報告された。

被害人口 750,618 世帯 3,448,629 人、避難人口 84,717 世帯 387,365 人、死者 347 人、負傷者 873

人、被害家屋半壊 317,975 軒、全壊 7,068 軒

全被害額は 156.7 百万 US ドルだった。内訳は、農業被害 66.55 百万 US ドル<稲作(被害 616,749ha うち破壊面積 374,107ha)、その他作物(被害 51,272ha うち破壊 47,461ha)、家畜(2,309 頭の牛と 1,619 頭の豚死亡)>、教育被害 15.2 百万 US ドル<13 自治体の学校に被害、小学校 860、高校 128>、厚生・医療関係被害 693 千 US ドル<158 の健康センターと病院>、地域開発関係被害 10.9 百万 US ドル<鉄道線路 1.521km、19 の橋梁・カルバート、11.967 個の井戸・パイプ・ポンプ>、水資源<16 自治体 123,625ha をカバーしている 123 の水文施設>、公共施設・運輸関係被害 46.6 百万 US ドル<国道・県道 2,624km・地方道 1,500km、線路 34km、橋梁 115>である。

・ 洪水対策の全体戦略、洪水予警報システムの位置付け

水害対策全体の戦略とその中における洪水予警報の位置付けについては特に記載はなかった。

・ 洪水予警報システム、レスポンスの概要

水文気象情報を作成するキーとなる部署は、Ministry of Water Resource and Management (MOWRAM) であり、メコン川の水位と国内の気象情報の生データを提供している。MOWRAM から提供されたデータに基づいて、NCDM が関係省庁のメンバーと地方の災害委員会支部に伝達する。毎日収集・記録される水文データをもとに、MOWRAM は洪水予警報速報を作る。速報には、現在水位と 3 日後までの水位予測が載っており、比較水位として前日の水位、前年・過去数年の水位が掲載されている。

国内システムとは別に、中国からベトナムまでの水位予測についてのメコン川委員会の情報もあり、Web 上に提供されている。

MOWRAM は、必要な時に洪水予警報を発令する。地方毎に、主要水位予測局と警報水位に達したかどうか相関をとることで判断できる補助水位局を持っている。

情報省を通じて、国営テレビとラジオ放送局の Daily News 番組の終わりに毎日文気象情報が広く周知されており、時には政府から被害が発生する可能性のある地域に対する予警報が周知される。

洪水期間中に注目すべきものとして、メコン川委員会が、メンバー各国からの水文データについて報告をとりまとめて情報を周知している。この情報は、過去の災害を参考に意志決定者の間で情報共有する上で重要かつ不可欠なものである。

災害が起こった地域では、国防省から軍隊が、内務省から警察が配備され、集落やコミュニティー委員会が続いて起こるケースから住民を避難させたり予防したりするアクションに対して治安や地域への支援のために協力する。

上流のラオスで水位がクリティカル水位に達する

と、カンボジアは NCDM を通じてプロビンスレベルまでの情報周知要求を開始し、予想される災害に対して防止策を準備できるようコミュニケーションあるいはディストリクトに中継する。各プロビンスにおけるクリティカルレベルに対するレスポンスとしては、プロビンスの災害対策委員会が、住民が家族や家畜を安全な場所に避難させるよう警告するか警報を発するか意志決定する。

- ・ 被害分析と強化すべき対策、洪水予警報システムの有効性

洪水を受けての教訓としては、住民が家族の安全を守るために自らの意志で意志決定すること、局地的なサイクロンや嵐のような他の自然災害を避けるために地方当局から気象に関する情報が要求されている。

2000年の洪水では死者は347人だったが、その死因分析（洪水予警報で助かる人なのか、死者347人は少ないと評価するか、少ないとすればそれはFFWSのおかげなのか、予警報情報をもとに避難して助かった具体的地域の事例を紹介等）を通じた洪水予警報がもたらす被害軽減効果についての評価は残念ながらなかった。

意見交換において死因を聞いたところ、避難用ボートに家畜を含めて乗りすぎて転覆し溺死、毒蛇に噛まれた等とのことだった。課題としては、住民が家畜を大切にするので家畜の避難対策とのことであった。

洪水予警報とは関係ないが、2000年洪水災害について、氾濫流による道路災害がもたらした被害の発生・拡大過程を分析した事例が紹介された。主要道路が氾濫流で破壊され長期にわたって不通になったことが社会的に大きな被害。氾濫流で壊れない道路を確保することが重要とのことであった。

（家畜を含めた）避難方策そのものの改善、氾濫流で破壊されない道路の確保が洪水対策上の大きな課題であり、洪水予警報が避難方策そのものの改善に資するのかどうかの分析をしっかりと行った後に洪水予警報システムの優先度を判断すべきである。

3. 1. 5 インド

- ・ 洪水の特徴、被害の特性

インド国土の大部分は、洪水、サイクロン、地震、津波、地滑り等の自然災害を被りやすい。毎年、国は主要な河川流域で洪水に直面し、豪雨や土砂降りの雨による局所的なフラッシュフラッドも経験する。

洪水問題を適切に正しく認識するために、国内を大きく、ブラマプトラ地域、ガンジス平原、北西地域、中央インド&デカン地域、貧弱な自然排水、サイクロン・豪雨に分けることができる。

ブラマプトラ地域は、源流のヒマラヤからの土砂流出が激しいので、河川からの溢流、排水不良、流路が変動しやすいことが支配的な課題であり、最近ではブラマプトラの堤防沿いの侵食が深刻な問題とな

っている。

ガンジス川平原は、洪水問題の大部分がガンジス川北岸に限定され、ガンジス川北岸支川での溢流・頻繁な流路変動に起因する被害である。ガンジス川本川は巨大河川であるが、浸水・侵食の問題は Utter Pradesh, Bihar, West Bengal 各州の数カ所に限定される。

北西地域は、洪水はほとんどが Haryana&Punjab 州での排水と水木材伐採に関係している。Ghaggar 川は、Haryana&Punjab 州を流れた後、Rajasthan の砂丘で消える。ここ数年は、Rajasthan 地域で活発になっていて時には広大な地域を浸水させる。

中央インド・デカン地域では、Andhra Pradesh の洪水問題は、中小河川の溢水と Kolleru 湖沿岸辺境地域の浸水に限定される。加えて、沿岸地域デルタ地帯では排水問題がある。Narmada と Tapi は時々 Gujarat 下流地域で大きな洪水に見舞われる。Orissa では、洪水被害は Mahanadi, Bramani, Baitarni が同時に洪水が起ると氾濫水が混じり合い特筆すべき大災害になる共通のデルタを持っていることに起因する。洪水と高潮が同時に起こった時に問題が倍加する。東海岸に流れる Godavari 川 Krishna 川は、深刻な排水問題を抱えており、特にサイクロンの嵐の後洪水に直面する。洪水時には Kerala の小河川は大きな被害の原因となる。

河川洪水は、第一には国内での降雨の異常によって生じ、これらの洪水はインドで最も頻繁な災害であり、しばしば最も破壊的な災害である。国土の約40百万haが洪水に直面しており、毎年平均して18.6百万haの土地が被害を受ける。

全降雨の75%近くが6~9月の4ヶ月のモンスーン季に集中し、河川はこの期間大量の流出に直面し、広範囲にわたる氾濫を起こす。洪水の問題は、土砂堆積、排水の集中、沿岸の平野では満潮と河川洪水が一致することにより複合的になる。

1953年~1994年のデータに基づく年平均の洪水被害は、被害面積7.56百万ha、被害人口32.03百万人、死亡者1,504人、家畜被害96,713頭、被害家屋11,683軒、穀物被害46億Rs(3.7百万ha)、公共施設被害37.7億Rs.である。

- ・ 洪水対策の全体戦略、洪水予警報システムの位置付け

洪水被害軽減方策は、構造物対策と非構造物対策の両方からなる。ダム、堤防、洪水壁、河川改修、排水改良、放水路等の構造物対策は国内で広く使われてきた。非構造物対策は、損害負担を緩和すると同様に洪水被害の影響を緩和することを目的とし、洪水予警報、救援、氾濫原のゾーニングや地上上げ等事前準備対策を含めた氾濫原マネジメントからなる。

このような観点では、仕組み・制度はマルチハザード災害マネジメントに発展してきた。Ministry of Home Affairs (MHA) は洪水を受けやすい州全てに国家災害リスクマネジメントプログラムを手ほどき

してきた。支援が州に提供され、州、ディストリクト、ブロック/Taluka、集落レベルで災害マネジメントプランを作成した。洪水事前準備と被害軽減方策の必要性について全ての関係者が敏感になるよう認識醸成キャンペーンが行われている。

最近では、インド政府の内務省は、Model Building Bye Laws をつくるために委員会を組織しており、City, Town and Country Planning Act と Zoning Regulation をレビューしている。そこでは、CWC によって準備されたインドの Flood Atlas を使って河川沿平野の洪水を受けやすい地域を同定すること、より大きなスケールで、低地浸水、排水路からの逆流、不十分な排水、防止施設の崩壊等による豪雨の下での浸水区域を加え、インドの Vulnerability Atlas に作り直すことが述べられている。その中では洪水に対する安全のため土地利用ゾーニングが推薦されている。そこでは、土地利用ゾーニングのためのレギュレーションと水深コンター図の準備が述べられている。

・ 洪水予警報システム、レスポンスの概要

インドにおける洪水予警報は、CWC にユニットが設立された 1958 年に、デリーの Yamuna 川の洪水予警報から小規模にスタートした。今では、国内の州をまたぐ洪水常襲河川流域の大部分をカバーしている。現在は、157 局（水位予測 132 局、流入量予測 25 局）の洪水予警報を発令している。約 100 の水文観測局と約 600 の気象観測局からデータが収集され、解析され、州政府と国境地域の便益のために洪水予警報が発令される。洪水予警報局では、水文気象データの整備状況、流域の特性、予警報局に整備されているコンピューター施設、要求される予警報時間、予警報の目的によって異なる方法を用いている。

CWC は国中の予警報活動を運営しており、最終的な予警報は、関係行政機関、州の事業局、治水事業に関係するその他の部局に、通信施設の脆弱性・地域の脆弱性等地域の要因に応じた、電話、スペシャルメッセンジャー、テレグラム、無線等通信手段によって伝達される。

洪水予警報を受け取ると、上記機関は、中央政府・州政府の関係者、被害を受けるおそれのある住民に予警報を周知するとともに、洪水に巻き込まれる前に洪水被害の防止や軽減対策の強化、住民の安全な場所への避難等必要な対策を講じる。また、モンスーン季前には、災害時の窮乏を減らすために、救援物資を適切な場所にストックし配給手段を整えておく。

意見交換において、MHA が洪水予警報システムと連携して避難体制を構築している具体的な disaster management plan の事例（Village・Block レベルのもの）紹介を依頼したところ、インドは多言語国家なので、予警報情報を住民が普段使っている言語に翻訳して伝達することを支援している取り組み

を紹介してくれた。

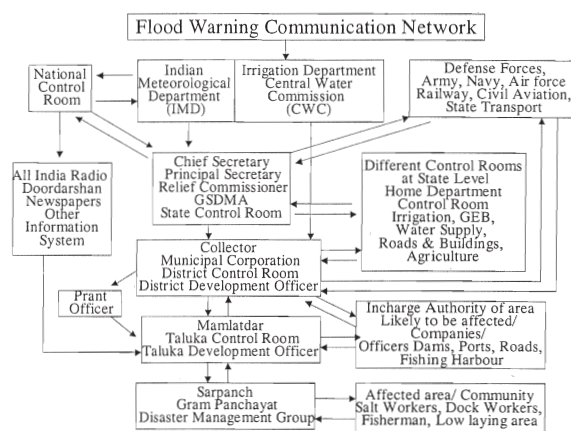


図 3 インド洪水予警報の情報の流れ

・ 被害分析と強化すべき対策、洪水予警報システムの有効性

Gujarat と Maharashtra 地域で最近起こった洪水はこれまでにない性質のものだった。これらの洪水は、例えばムンバイで 24 時間雨量 944mm（既往の日雨量最大は 515.6mm）という非常に強烈な豪雨によって引き起こされた。それは異常なことだったので、多くの人々は、このような前例のない事象に対する準備ができていなかった。現在備えられている数値気象予測モデルを用いて非常に局地的な豪雨を精度良く予測することは困難である。

この水害では、ムンバイ市で 736 人（Maharashtra 州全体で 1,059 人）死亡した。ムンバイ北西の Sakinaka では地滑りで 65 人死亡した。この前例のない雨で、ムンバイ市の 16 百万人の住民が被害を被った。豪雨は 4.5m の高潮と同時に起こった。市面積の 1/3 が浸水した。通信ラインのダウン、幹線道路の浸水・渋滞、空港閉鎖があり、郊外電車のネットワークは 36 時間にわたって運行できなかった。約 15 万人が取り残され、約 1 万 5 千人の児童生徒が学校に取り残された。人々がひどく恐ろしかったのは、バスや電車、自動車に取り残されたことだった。いくつかのケースでは、自動車が渋滞で動けなくなり乗車していた人が窒息した。安全対策のため電力供給がストップし、復旧に 3~10 日かかった。電力不足は飲料水供給を直撃した。公共交通がストップしたままだった。

水害における犠牲者の死因は、低地では避難時間がなく避難場所となる高台もなかったこと、安全でない構造物が壊れたこと、地滑り、自動車が人が乗ったまま浸水したこと、感電等である。

この水害を踏まえ、大都市での水害死者を減らす方策としては次のものが考えられる。都市は人口密度が高いので、大都市用に特別に進化した降雨予測のための別のアプローチが必要である。予警報シス

テムはより総合的なものにすべきである。低平地のような非常に洪水を受けやすい地域を同定し、集中した構造物・非構造物対策が強化されるべきである。土地利用政策は強制的に行うべきである。無秩序な開発・発展は抑止されるべきである。都市の大多数は効果的な豪雨排水システムが不足しており、現在、どんなことがあっても必ず必要なものである。雨水を貯留する湖の新設も考えられる。

洪水予警報システムの整備は既に済んでおり、予警報の課題としてはゲリラ的な局地豪雨の予測システム開発が大きなものである。水害対策としては、ゲリラ豪雨に伴う都市水害対策が大きな課題であり、このためには予警報システムの整備単独ではなく、交通システムの制御、低平地の排水対策や避難場所確保等と合わせた総合的な対策を行わないと犠牲者を減らすことは困難である。

3. 1. 6 フィリピン（主として Camiguin 島について）

・ 洪水の特徴、被害の特性

フィリピンは、その地理的条件から、台風、洪水、津波、地滑り、泥流、濁水、地震、火山噴火等様々な自然災害に晒されている。通常、5月から12月までの間に約20の台風がフィリピン領域を直撃し、うち3~4個の台風は破壊的なものである。洪水に見舞われやすい地域は、ミンダナオ東部、サマー北部、ルソン北部・中央部・南部である。台風と同時に満潮が重なると、マニラ首都圏を含む不規則な沿岸部に起こる高潮が強まる。

1990~2004の間に、毎年主要災害が起きており、被害は平均して年間死者841人、行方不明者337人、被害額74.3億ペソに上る。

Camiguin 島は、長さ37km、幅14km、面積292km²の島内に5つの自治体、人口74,000人以上が住んでおり、火山と急流河川の存在が特徴である。その地形条件から、フラッシュフラッドと土石流が永遠の課題である。フラッシュフラッドと土石流による災害は、1964年、1971年7月、1984年、1990年、1999年、2001年11月、2002年8月、2003年7月等頻繁に起きている。

・ 洪水対策の全体戦略・洪水予警報システムの位置付け、洪水予警報システム・レスポンスの概要

Camiguin に影響する気象の異常は PAGASA が予報している。PAGASA は、特別警報を準備し、Provincial Disaster Coordinating Council (PDCC) に送付する。特別警報は、気象状況に関するより詳細な記述と、どのような影響が Camiguin に予想され、住民に影響が及ぶ時間の予測が書かれている。

大量の降雨は山間部の土砂を動きやすくする。この量は、雨量計で測ることができる。Camiguin には6つの雨量計が設置されている。Municipal Disaster Coordinating Council (MDCC) は気象局 (PAGASA)

が Camiguin に影響が及ぶ異常気象の予警報を発令した時から、3時間毎に降雨量を観測する。観測は、MDCC が通常の降雨観測に戻すよう命令するまで続けられる。

降雨情報は、状況を把握し避難するかどうかを判断する最も重要なデータの1つである。正確な降雨観測は Municipal Agricultural Offices (MAOs) によって実施され、観測期間中報告されているが、Camiguin のような複雑な地形の島では降雨の強さが場所によって異なり、PDCC、MDCC、BDCC (Barangay Disaster Coordinating Council) 間の通信が豪雨や風やその他の要因で途絶している可能性もあるので、全ての Barangay がフェイルセーフ対策として自前の雨量情報源を持っている。ラフな見積もりが目的なので、降雨量は瓶やバケツ等単純な方法で観測される。リスクの高い Barangay の BDCC には 35mm のところに線を引いた観測用バケツが提供されており、ラフな降雨観測が実施可能である。避難を決心するための降雨量の基準を Preparatory Stage と Evacuation Stage の2段階定めており、1時間35mm は Evacuation Stage の基準の1つである。

水防活動の準備レベルを改善するため、DPWH (Department of Public Works and Highway) 地方事務所が協力してフラッシュフラッドと土石流の予警報システムを含めた Province のための防災計画を準備した。Camiguin には4段階の予警報レベルと各レベルに応じたアクションが定められている。

- ・ レベル1の Standby Stage では PDCC は地域の気象状況の観測を開始し、MDCC は毎時間の降雨観測を命令し、BDCC は河川や周辺状況の観測を命じる。
- ・ レベル2の Alert Stage では PDCC 議長が委員会を招集し、タスクメンバーはハザードの状況を評価する。
- ・ レベル3の Preparatory Stage では、PDCC は時期を逸さない避難を要請し、BDCC は危ないコミュニティに対して避難の準備をするよう助言する。
- ・ レベル4の Evacuation Stage では、MDCC は BDCC にコミュニティを避難させるよう助言し、BDCC はコミュニティに避難するよう命じる。

予警報情報の流れは図4のとおりである。

災害時におけるコミュニティ活動の第一の目的は「犠牲者を0に」であり、それは土石流が到達する前に危険地域住民を避難させることである。避難の効果を上げるために関係機関は、1 危険な住民の名簿、2 安全な避難先、3 避難用自動車、4 避難経路、5 セキュリティ（家屋や避難所が安全でセキュリティが保たれること）、6 避難チーム (DCC メンバー、ボランティア、集落リーダー、医療スタッフ、健康ボランティア、地方警察) という最小限の要求を満たすべきである。

リスクの高い Barangay ではコミュニティのために Hazard Boundary map が準備されている。このマップに基づいて危機に直面した住民・家族あるいは集落が同定される。これらのマップにはフラッシュフラッドや土石流から安全か安全でないか、危険な地域は赤、青、黄色の3色に分けて示されている。

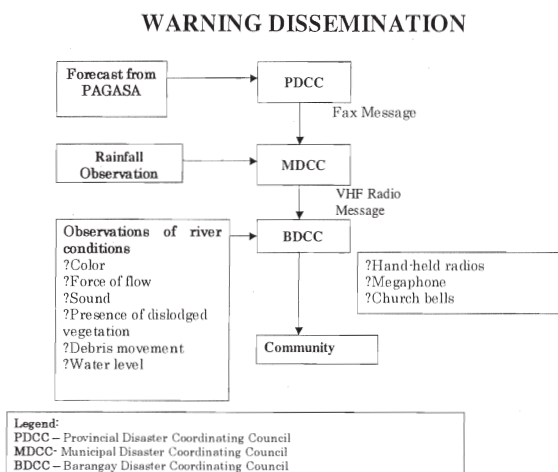


図 4 フィリピン Camiguin 島における予警報伝達フロー図

・ 被害分析と強化すべき対策、洪水予警報システムの有効性

Camiguin で起きた既往のフラッシュフラッド、土石流で、(特に Barangay レベル、Community レベルの視点から) 洪水予警報と避難システムのおかげで避難がうまくいき、死者が少なかったという具体的成功事例、逆に死者が多く出てしまった事例における洪水予警報と避難システムの改善点分析事例があれば積極的に周知すべきである。

このほか Camiguin 島に限らず、Country Report では、オルモックにおける 1991 年死者 8,000 人の災害が紹介されていたが、洪水予警報によって防げる犠牲者だったのかという視点から死因分析がなされるとよい。

また、Agno River における Social Develop Component は、コミュニティ防災の成功事例である可能性があるため、その概要と実際の洪水における評価(避難して死者が最小限になった成功事例と改善すべき課題等)がなされるべきである。

Camiguin の予警報とそれに対するレスポンスの体制は、機械的な予警報システムだけに頼るのではなく、Barangay 毎に自ら観測して避難の判断を行うコミュニティベースの被害軽減システムであり、はじめに述べた課題に左右されることのないサステナビリティの優れたシステムと評価できる。これが、実際の災害時に機能しているのであれば、広めるべき成功事例となる。機械的な予警報システムは、こ

のようなコミュニティレベルの体制が根付いた後にそれを支援するために整備されることが望ましい姿である。

4. まとめ

1) 被害分析について

- ・ 具体的な個別災害で被害分析をしている事例は、カンボジア道路被害、インドのムンバイ水害のみであり、カンボジアとベトナムについては意見交換で死因分析の情報を得られた。既往の災害事例として国全体の統計を提出している国が多い。具体的な水害における死因分析あるいは被害分析がないと洪水予警報の有効性、洪水対策強化の方向が見えないので実際の水害における被害分析の重要性を普及する必要がある。
 - ・ なお、ここで必要性を強調している被害分析とは正確な統計や数字の精度を意味しているのではない。肝要なことは、死者・行方不明者等の犠牲者がどのようなプロセスで被害を受けたのか、その被害を受けるプロセスを断ち切る・プロセスから抜け出すにはどのような対策が有効なのかを具体的に見いだせる分析である。
 - ・ 今回の情報収集で得られた被害分析事例において、洪水予警報システムの整備で洪水被害特に死者・行方不明者の数を減らすことができると確認できたものはない。今回確認できた事例で指摘された死者・行方不明者を減らすポイントは、両親がいない子供へのケア(ベトナム)、住民が家畜を大切にすることで家畜を含めた避難対策(カンボジア)、ゲリラ的な局地豪雨の予測システム開発及び予警報単独ではなく交通システムの制御・低平地の排水対策や避難場所確保等と合わせた総合的な対策(インド)である。
- 2) 河川・洪水特性と洪水予警報システム
- ・ 洪水予警報システムは全ての参加国に何らかの整備されている。洪水予警報を受けてのレスポンスとしては、行政機関特に地方行政機関の危機管理活動を挙げている国が多い。具体的には、ベトナム・メコンデルタ(水防活動、早期刈取命令・指示)、カンボジア(人・家畜の避難の勧告・指示)、インド(住民の避難、住民への周知)、フィリピン Camiguin 島(住民の避難)である。このうち、洪水前提の農業が営まれている、現象の速度が比較的ゆるやかで直接に氾濫流で溺死するわけではないという河川・洪水の特性があるベトナム・メコンデルタ、カンボジアは財産(稲、家畜)の保護・被害軽減に重点がある。
 - ・ 具体的な災害事例において、被害(例えば死者数等)をいかに減らしたかという観点で上記洪水予警報システムとレスポンスの効果<成功事例>・改善点<教訓>を考察・分析しているレポートはなかった。
 - ・ メコン川のような季節洪水が前提の大河川例え

ばベトナムやカンボジアでは通常の洪水が資源となっており、予警報の役割として浸水までに収穫を前倒しする（ベトナム）、渇水に対応するための灌漑オペレーション（ラオス）等農業被害軽減を期待している。

3) サステナブルな洪水予警報システムのあり方

- ・ 予警報に対するレスポンスで多かったのは、地方政府の関係機関が住民への避難命令を出す、危機管理関係機関が被害発生後の救助救援活動等のアクションに備えるというものであった。
- ・ 懸念されることは、「加害性の自然現象をいとも簡単に災害にしてしまう社会的欠陥が深刻」で、「担当者の利益・旨味」が物事の機能するキーポイントとなりがちな途上国において、受益者のアクションに至るまでに国から地方までいくつもの階層の組織を通過する被害軽減、危機管理のしくみが機能するかどうかである。
- ・ この懸念を小さくするために参考になるのは、フィリピン Camiguin 島における土石流・フラッシュフラッドの予警報とそれに対するレスポンスの体制である。それは、機械的な予警報システムだけに頼るのではなく、Barangay 毎に自ら観測して避難の判断を行う受益者に密着したコミュニティベースの被害軽減システムであり、かつはじめに述べた課題に左右されることのないサステナビリティの優れたシステムと評価できる。これが、実際の災害時に機能しているのであれば、広めるべき成功事例となる。機械的な予警報システムは、このようなコミュニティレベルの体制が根付いた後にそれを支援するために整備するという手順があるべき姿である。

4) その他

- ・ 今回情報収集を行った6カ国、災害事例の犠牲者のうち、インド・ムンバイ水害で避難場所の

ない低平地で犠牲になった人やベトナム・メコンデルタで洪水予警報の情報が得られない遠隔地の運河沿いに不法占拠で住んでいる貧しい農作業従事者は、渡辺の指摘する「“自分の命は自分で守る”という基本的人権の第一要件が実行できない社会」¹⁾にあると思われる。

- ・ 一方で、インド・ムンバイ水害の自動車に閉じこめられた人やカンボジアの家畜とともに避難中に船が沈没した人は「“自分の命は自分で守る”という基本的人権の第一要件が実行できない社会」にある訳ではないと考えられる。
- ・ 基本的人権の第一要件が実行できる人向けの対策と実行できない社会にいる人向けの対策は同じものとはならないので、違いを意識しながら検討する必要がある。

以上の結果を受け、本研究課題は発展的に解消して平成18年度からは新たに「海外における洪水被害軽減体制の強化支援に関する研究」を開始することとし、実際の水害を対象として被害の発生・拡大過程を分析することにより、水害対策の強化支援パーツの優先順位を明らかにし強化支援方策を検討する。

参考文献

- 1) 渡辺正幸：国際建設防災の視点、国際建設防災、第14号、pp110～117、2004年12月28日
- 2) National Institute for Land, Infrastructure Management, Ministry of Land Infrastructure and Transport: The 14th conference on public works research and development in Asia, Technical Note of NILIM no.291, December 2005