

アジア開発銀行との連携協定による 地域技術協力プロジェクト(ADB TA7276)最終報告

日比野繁信* 岡積敏雄** バドリ シュレスタ*** 鍋坂誠志**** 宮本 守*****

1. はじめに

土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター（以下「土研ICHARM」と言う）では、2009年11月にアジア開発銀行（以下「ADB」と言う）との間で連携協定を結び、水災害管理への投資の支援（Technical Assistance No. 7276, Supporting Investments for Water-Related Disaster Management: TA7276）を遂行してきた。この度、2013年3月末に全ての業務を完了したので、ここに報告する。

TA7276は各国への防災管理への防災関連投資を今後積極的に行うための環境作りに資することを目標として、ADBと土研ICHARMの間で締結した連携協定（Partnership Agreement）に基づいて実施してきた。土研ICHARMは、2007年大分県別府市で行われた第1回アジア太平洋水フォーラムにおいて水災害に関するリード組織として活躍し、その取りまとめの重要な役割を果たした。その後2008年に「災害リスク軽減と洪水管理」に関する知識ハブ（Knowledge Hub）としての任命を受けることとなった。この取組みの一環として、ADBプロジェクトを支援する連携協定という枠組みを作りTA7276が開始された。具体的には土研ICHARMは自らの人的資源を提供し、必要な経費はADBから支出するというADBと土研ICHARMの双方が協力する体制となった。

土木研究所としても連携協定によるプロジェクトを実施した初のケースであるとともに、国際機関としての土研ICHARMの新たな活動の幅を広げる大きな挑戦となった。

本報文はこのTA7276の実施を通じて、明らかになった点、苦心した点等、今後海外での活動を展開する方の参考にして頂くためにまとめたものである。

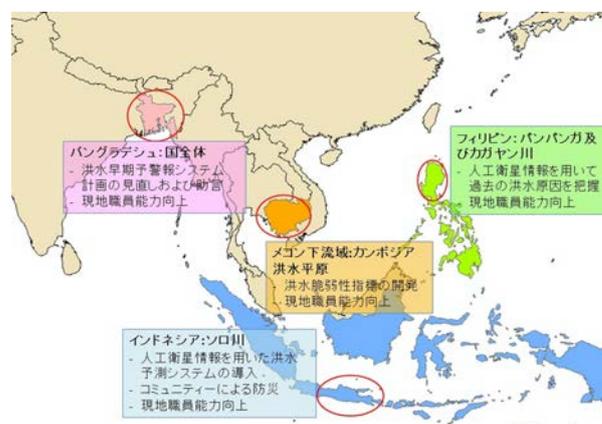


図-1 TA7276実施対象国とその概要

2. 土研ICHARMの基本方針と課題

水災害による被害を軽減するためには、適切な水災害のリスクアセスメントを事前に行い、ハードやソフトを含めた適切な被害軽減策を行うことが誰もが知っている対策であり、途上国においてもその対策の適用が期待される。今回のADBプロジェクトではそのうち洪水リスク評価手法と洪水予警報を中心に取り組みを行った。土研ICHARMでは今までも様々な技術開発に取り組んできたが、今回のADBと土研ICHARMによる連携プロジェクトは、その技術を途上国の現場で適応する絶好の場となった。

2.1 土研ICHARMの方針 -ローカリズム-

土研ICHARMでは実施にあたり、決して机上の計算だけで終わらせることの無いように心がけた。具体的には、必ず現地調査で洪水氾濫の状況、観測の状況、背後地の生活状況、流域の開発状況などを把握して、現地から把握できる情報を最大限取り入れて、洪水予測、洪水リスク評価等を行った。対策としてもその国、流域が抱えている問題点を把握しつつ、それぞれにあった解決手法を提案するという、いわゆるローカリズムを取組み方針とした。その方針に則り、各国の事情を勘案しつつ、洪水関連の問題解決にあたった。

2.2 課題1 データ不足を補う

途上国で技術移転をする場合の大きな課題となるのがデータの不足である。水文観測所の整備が十分でなく、雨量・河川水位・流量データが揃っていない、あるいは存在しても、観測数が足りない、精度が乏しく欠測も多いなど解析や予測には致命的な問題となる。地形図、地質データも流出計算には不可欠である。さらには、人口、資産などの社会経済データもリスク評価には重要な情報となる。しかし、ほとんどの場合、我が国ほど精度の高い充実したデータを入手することは困難である。

そこで土研ICHARMでは人工衛星データの活用により、地形データ、地質データ、土地利用データ、さらには雨量データを有効に活用し、それに土研ICHARMの高度な技術を組み合わせて、データ不足を克服する手法を用いた。

衛星の地形データ（主にSRTM）を活用して、衛星雨量データ(主にGSMaP)をインターネットから無償でダウンロードし、土研分布型モデルを内蔵した統合洪水解析システム(IFAS)での流出計算を行えるモデルでそのデータ不足を補いつつ、インドネシアとフィリピンで洪水管理に関するトレーニングを実施した。

また、メコン川下流では衛星地形データに加えて、特有の洪水特性を踏まえた既存水文データ分析からの氾濫推定手法を開発した。さらには現地の家屋被害調査結果の統計的分析により洪水被害曲線を作成し、洪水脆弱性評価をGISをベースに行った。

水災害リスク指標のプロトタイプ開発では、データの在・不在、質・量によるところが大きい。そのため、土研ICHARM開発の流出モデル、洪水氾濫推定モデルの分析に加えて、衛星地形データ、GISベースのデータ等で解析を実施した。

2.3 課題2 カウンターパートのコンピュータ能力不足を補う

近年、途上国でも最新PC機器やスマートホンなどの新たな装置が普及しているが、まだ関係機関の全てでコンピュータが備わっているとはいえず、ましてやそれらを使いこなす能力も十分とはいえない。そのため、高度な技術で解析をしても、技術移転はできないという課題がある。そのため、フリーソフト対応のトレーニング、極めて単純化

したExcelベースのトレーニングキットの作成など、研修生のスキルの差に応じたトレーニングに配慮した。

2.4 課題3 その他の課題への対処

幸いにして身の危険を感じる事故には土研ICHARMの職員は遭遇しなかったが、航空便の突然のキャンセルなどそこまで至らない障害は多数発生した。PC機器の補充、ソフトウェア海賊版対策、インターネット環境の配慮、停電対策等、細かな配慮は数え切れないほどであった。徹底したきめ細やかな準備と、ことが起こったときの大胆な決断、そして何が起きてもくじけない精神力が途上国での活動の肝心なところである。

3. 各部門の取り組み

3.1 メコン下流域 洪水脆弱性の評価

カンボジア洪水平原は、河川の水位が高いときに自然に水が耕作地に流れ込むコルマタージュという河川と横断方向の水路が整備されている。毎年の同じ時期に同じ程度の水位までの洪水であれば耕作のために必要なものである。その水位が通常より高くなったり、時期がずれたりすると耕作への被害の原因となる。そのため、メコン川の氾濫の特性と被害の関係を詳細に把握することから始めた。

洪水脆弱性は様々な定義があるが、洪水脆弱性を評価するためには、まず脆弱性の単位は何かを明確にする必要がある。脆弱性の単位が分かれば、評価手法を開発する上で、検討項目の物理的意味合いを明確にすることができる。このような条件から、土研ICHARMではJones & Boer (2003)¹⁾が定義した「脆弱性= 起こり得る最大の被害の合計」を採用し、洪水脆弱性を金額で表現することとした。本手法を開発する上で、以下の項目に留意した。

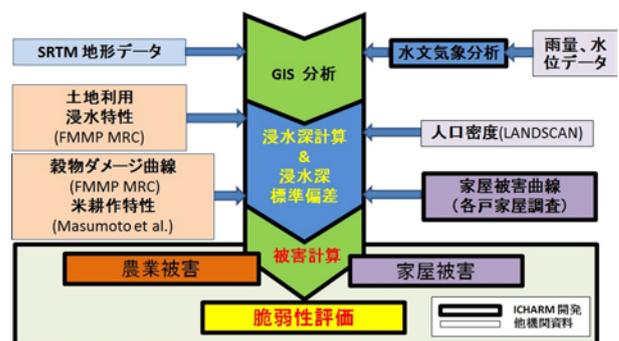


図-2 洪水脆弱性評価手法の流れ

- 入手既存データ（地形データ、河川水位データ、地上雨量計データ、人口分布データ、土地利用図等）の範囲内でコストを含む脆弱性まで表現する。
- 洪水平原における微地形（平坦地における微小な高低差）に注目する。
- 主要な産業である農業及び家屋の洪水脆弱性を評価する。

土研ICHARMが提案した洪水脆弱性の評価手法（ICHARM水文地形法：IHGM）の流れは図-2のとおりで、人工衛星によるデジタル標高データを地形データとしてGISをもとに解析することで広大なカンボジア平原全体について洪水脆弱性を評価することを可能とした。

特徴としては、前述のコルマタージュを活用した農業形態により、洪水時の高水位において本川水位と氾濫原の水位はほぼ同じであるというカンボジア平原の特性により複雑な氾濫計算をせず、河川水位から、氾濫原の水位を求め、さらに地盤標高（デジタル標高データ）の差から水深を求めた。

農業面では、雨季米の被害が農業全体の被害を代表し、さらにカンボジアの産業への影響の支配

的要因となっていることから、降雨量からの田植えの時期や収穫時期の特定、稲作に影響を与える浸水深および浸水日数から農業被害を想定した。

家屋については、メコン川委員会が実施した2006年洪水に関するアンケート結果から、家屋の被害と浸水深との関係（被害曲線）を導き出し、さらに家屋価値と分布の一般形を導き出して統計的手法により、家屋被害額を推定した。

洪水脆弱性指標の開発をするにあたり、過去17年のデータから2006年洪水を平均年洪水として捉え、農業被害(Agricultural Damage: AD)と家屋被害(Household Damage: HD)をグリッド毎に計算し、式(1)で、洪水脆弱性の空間分布を指標として示している。

FVI_AF（洪水脆弱性指標-平均年洪水-空間変動）は以下のように定義した。

$$FVI_AF = \frac{\text{グリッド毎の被害値}}{\text{全グリッドにおける被害の最大値}} \quad \text{式(1)}$$

農業の場合、この指標が高いと平均年洪水でも農業被害が大きい場所であることを示す。図-3（上）に示されているとおり、農業被害の大きい場所はメコン川沿いとカンボジア-ベトナム国境に多く分布している。図-3（下）に示される家屋の場合、高床式住居もしくは洪水被害を避けるために微地形を利用して少しでも標高が高い場所に家屋を建てるため、指標の値は全体的に低い傾向にある。

一方、2000年のような最大規模洪水時の被害と平均年洪水時の被害の差を平均年洪水時の被害で割ることにより、各地点での被害比率の変動が理解できる。これにより、平均的には洪水が少ないが、大きな洪水では被害が大きい地区が把握でき、その地区においては洪水に対する準備体制をしっかりと保つことが必要となる。

現時点の洪水脆弱性指標は、カンボジア平原に対する洪水特性を踏まえた手法となっており、堤防が備わっているベトナム、支川のフラッシュフラッドによる氾濫が顕著なラオスなど他地区への適用へはまだ解決する課題が残されている。

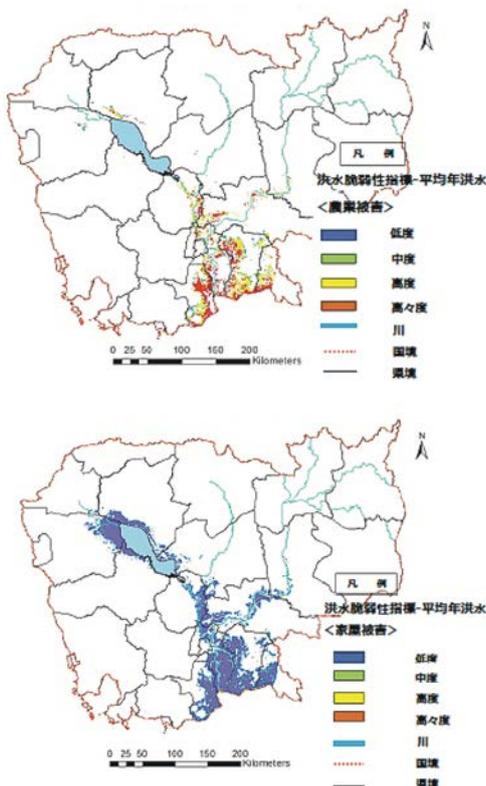


図-3 洪水脆弱性指標-平均年洪水 農業(上)家屋(下)

3.2 インドネシア IFAS導入及びコミュニティ防災

インドネシア国ジャワ島に位置するソロ川流域は、洪水被害多発地域である。ソロ川流域全体の洪水早期警報システムとして、土研ICHARMの開発した総合洪水解析システム(IFAS)(図-4)を導入し、あわせてインドネシア国政府機関のトレーニング等を実施した。

また、土研ICHARMはIFASのカスタマイズで予測精度向上を努力するとともに、ソロ川事務所の要望を聞きながら、自動で衛星雨量情報を取り込み流出計算を行うAutoIFASの開発、地上観測系が徐々に充実してきたことから地上観測系のデータを取り込むモジュールの開発などを行い、多機能のソロ川IFASの開発を行った。これにより、他河川への適応能力も向上した。

さらに、ソロ川ではコミュニティの防災・洪水準備態勢強化のためのモデル的実践として、ソロ川流域内の2つのコミュニティを選定し、住民参加の上で、防災マップの作成、避難訓練等を実施した。

特に支川の小流域のコミュニティについては雨が降り始めてから浸水が起こるまでの時間が短いことから、自動雨量計警報システムを導入し、一定の累積雨量に達したら、コミュニティリーダーの携帯電話にショートメッセージサービス(SMS)で情報が流れ、避難情報を住民に出すことを可能としたシステムの導入も試験的に行った。2013年1月の洪水では実際に有効に機能したとの報告があった。

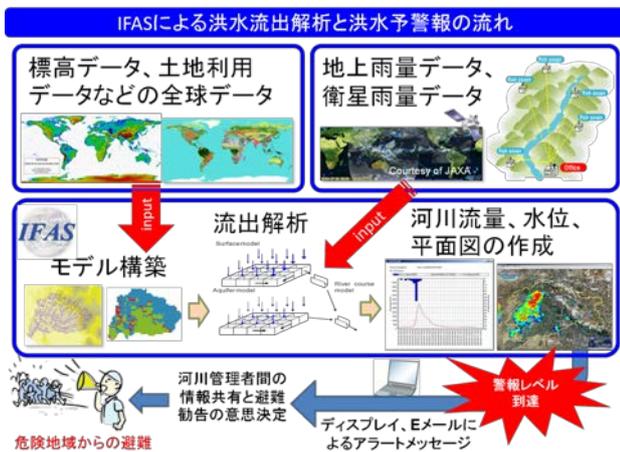


図-4 IFAS概念図

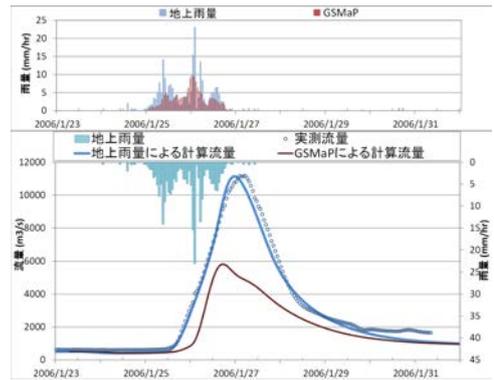


図-5 カガヤン川雨量データによるIFAS結果比較

3.3 フィリピン IFASの導入及び洪水原因把握

フィリピン国パンパンガ川およびカガヤン川では1970年代より日本の援助で洪水予警報システムが整備されてきているが、TA7276では、さらなる向上を期待して既存システムの補足情報としてIFASによるトレーニングが要請された。そのため、2流域にIFASを適用して、あわせてIFASを用いた過去の洪水原因の特定等を行う洪水管理トレーニングを行った。図-5のように地上雨量観測系、衛星雨量等の比較による議論を行うことにより、IFASの活用方法の理解とともにデータの重要性の認識を高めることができた。

3.4 バングラデシュ 洪水早期警報システムに関する国家基本方針の作成

バングラデシュ政府は洪水早期警報システムの必要性を認識し、洪水予報警報センターを立ち上げた。しかしながら、センターの発展のための基本方針が存在しないため、有効な施策がとられていないという問題がある。そのため、TA7276では既存計画や提言などを技術的側面から見直し、ワークショップやインタビューなどを通じて防災管理を担う技術者やマネージャーの能力育成も目

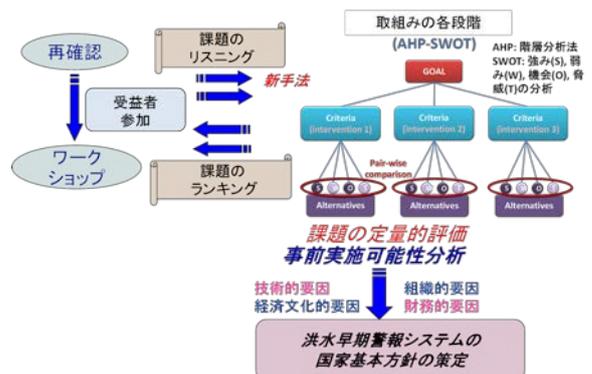


図-6 バングラディッシュ国家基本方針作成手順

的とした技術支援を実施した。

この中で定量的な評価を行い、合意形成を促す手法として、都市計画でよく使われる多基準分析(MCA)やSWOT-AHP分析(SWOT:強み、弱み、機会、脅威を評価し、目的を達成するための意思決定を行う分析法。AHP:階層分析法)(図-6)の意思決定ツールを適用した。この手法を用いて数多くのインタビュー、ワークショップ等で聞いた意見を分析し、優先順位の高い項目について、事前実施可能性分析(Pre-Feasibility)を実施し、実現可能性のある実施スケジュールを作成し、洪水早期警報システムの国家基本方針を策定した。さらにはそれを紹介して浸透させる目的で資金援助機関も参加したワークショップを開催して合意形成を図った。

3.5 水災害リスク指標 (WRDRI)プロトタイプの開発

水災害は他の災害の中でも世界各国で最も多く頻発しており、人命や財産に直接影響を及ぼすことから、災害管理を行う上でも水災害リスクを把握することは重要である。水災害被害の軽減に役立つための水災害リスク指標 (Water-Related Disaster Risk Index: WRDRI)はプロトタイプの開発を行った。特徴は以下の通りである。

- ・ 水関連災害(洪水、高潮、干ばつ)のリスクは最終的なリスクとして活用されやすいように人的被害と資産被害を別々に計算する。
- ・ データ入手の困難さを克服するため土研 ICHARMの流出モデル、氾濫推定モデル等の技術を活用する。
- ・ リスクを計算する基本理念である増圧・減圧(PAR)モデル²⁾の概念を拡張し、各国政府の災害に関する取組みも考慮するように、以下の式を適用した。

$$\text{リスク} = \text{災害力} \times \text{被災可能性} \times \frac{\text{基本脆弱性}}{\text{災害耐性力(ソフト+ハード)}}$$

ここで人的被災可能性を計算するために、BTOPモデル³⁾を用いて1/50の洪水ピーク流量を計算、その流量を元に地形データの比高から氾濫範囲を推測する氾濫浸水深(FID)モデル⁴⁾を適用した。この氾濫域とLandscanの人口分布を重ね合わせると、1/50の洪水規模で影響を受ける人口を推定することが出来る。フィリピン国ルソン島の主要な流域と氾濫浸水深モデル結果と人口分布を重ね合わせた例は図-7のとおりである。同様の検討をネパールでも実施した。

また、洪水の指標に関して計算した結果では、フィリピンの方がネパールよりもリスクが高く、一般的にフィリピンは台風や高潮による被災可能性が高いこと、経済状況が高いこと等ともほぼ傾向が一致していると読み取れる。WRDRIは特に土研 ICHARMの独自技術を駆使して水関連災害状況を把握し、影響人口等を想定した。

なお、さらに対象国を広げて実証を進めていくことが必要である。

4. まとめ

各国それぞれで人工衛星データと高度技術を組み合わせ、洪水脆弱性評価手法、洪水予警報等の新たな技術および手法を開発してきた。他の河川への適応もそれぞれの河川の特徴を踏まえてカスタマイズすることで十分適用可能性であり、このTA7276での取組みは今後の発展性を広げる大きな成果と言える。

今回のプロジェクト以降の他の取組みの可能性は、現在要請を受けて調整を進めているが、TA7276を遂行するために開発された土研 ICHARMの独自技術は、今後も途上国の水災害被害軽減に役立つものと期待され、今回の成果は引き続き各方面に周知するとともに、この活動も継続していくことが必要である。

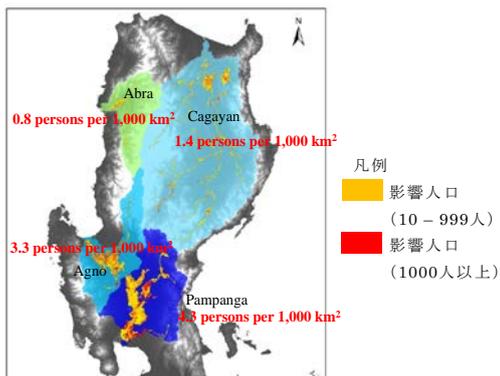


図-7 フィリピン主要流域の想定浸水域とその人口

5. 終わりに

2013年3月12日に土木研究所魚本理事長及び土研ICHARM竹内センター長がADBのチャンダー地域持続可能開発局長を訪ねて、本プロジェクトの最終報告を実施した(写真-1)。その際、土研ICHARMの成果に対して感謝と高い評価の言葉を頂き、今後の支援も要請された。また、その後のADB Water Weekで竹内センター長がプロジェクト概要を紹介した。今後も、様々な場面でこのTA7276の成果を紹介して行く予定である。

土研ICHARMとして初の試みであったADBとの連携協定は、技術的な困難、途上国特有の困難を乗り越え、無事に終了を迎えることが出来た。また、各国カウンターパート関係者とも、ワークショップやトレーニング、共同作業等を通じて良好な信頼関係を築くことが出来た。この信頼関係こそが今後のプロジェクトを形成するきっかけとなるものである。土研ICHARMの独自技術の有効性および「災害リスク軽減と洪水管理」に関する知識ハブとしての経験を示していけば、今後もアジア太平洋地域の水関連災害の軽減に貢献できるものと期待される。



写真-1 ADB持続可能開発局長への最終報告
(2013.3.12)

謝 辞

約3年3ヶ月のTA7276の実施にあたり、ADB側の担当としてご尽力いただいた光橋尚司氏、竹谷公夫氏及びRabindra Osti氏、土研ICHARMの元担当者の三宅且仁氏、Dinar Istiyanto氏及び鈴木友梨女史、その他各国カウンターパート組織をはじめとする多くの皆様より多大なご協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表す。

なお、本TA7276の実施には、執筆者以外でも、田中グループ長をはじめ、杉浦、郭、李各専門研究員、穂本事務補助員等、多くの土研ICHARMのスタッフが携わった。

参考文献

- 1) JONES RN and BOER R (2003): Assessing Current Climate Risk, Adaptation Policy Framework, Technical Paper 4, United Nations Development Programme, New York(in final review).
- 2) Ben Wisner et al (2004): At Risk second edition-Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters, London, Routledge
- 3) Takeuchi K, Hapuarachchi P, Zhou M.C, Ishidaira H, ad Magome J : A BTOP model to extend TOPMODEL for distributed hydrological simulation of large basins, HYDROLOGICAL PROCESSES, 2007.
- 4) Kwak, Y., Takeuchi, K., Fukami, J., and Magome, J.: A new approach to flood risk assessment in Asia-Pacific region based on MRI-AGCM outputs, Hydrological Research Letters, Vol.6, pp.55-60, 2012.

日比野繁信*



独立行政法人土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ専門研究員
Shigenobu HIBINO

岡積敏雄**



独立行政法人土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ上席研究員
TA7276チームリーダー
Toshio OKAZUMI

バドリ シュレストハ***



独立行政法人土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ研究員、工博
Dr. Badri SHRESTHA

鍋坂誠志****



独立行政法人土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ主任研究員
Seishi NABESAKA

宮本 守*****



独立行政法人土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ専門研究員、工博
Dr.Mamoru MIYAMOTO