

降雨流出氾濫モデル（RRIモデル）を活用した 洪水リスク評価手法の提案

澤野久弥・栗林大輔・大原美保

1. はじめに

近年、わが国においては洪水による大きな被害が毎年のように発生している。2015年9月の関東・東北豪雨では、直轄河川である鬼怒川沿川の茨城県常総市において甚大な被害が発生した。これを受け、2015年12月には国土交通省により「水防災意識社会 再構築ビジョン」が策定され、すべての直轄河川とその沿川市町村において、水防災意識社会を再構築する取り組みが行われることになった。特にソフト対策として、住民自らがリスクを察知し主体的に避難できるよう、リスク情報の周知や事前の行動計画・訓練や情報のリアルタイム提供などの、より実効性のある「住民目線のソフト対策」が重点的に取り組まれることとなっている¹⁾。2016年8月には、直轄河川でない岩手県小本川での洪水氾濫によって、川沿いの要配慮者利用施設の多くの高齢者が犠牲になった。その結果、直轄河川だけでなく都道府県管理河川においても河川管理者が市町村長へ直接河川情報を伝達する「ホットライン」の活用が検討され始めるなど、わが国における洪水対策は喫緊の課題となっている。

土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM)のリスクマネジメントチームでは、国内外において降雨流出氾濫モデル（以下「RRIモデル」という）による流出・氾濫解析結果をもとに、洪水リスク評価および洪水リスク軽減手法などのリスクマネジメントに関する研究活動を行っている。本稿では、RRIモデルを活用した、国内外での新たな洪水リスク評価手法に関する3つの研究活動について、概要を紹介する。

2. RRIモデルについて

RRIモデルは、分布型流出モデルと洪水氾濫モデルを一体化し、降雨から氾濫までを一連の流れとして解析できるモデルである²⁾。山地・平野を

問わず流域全体をグリッドセルに分割し、降雨分布や標高、土地利用などに関するデータを入力すれば、河道流量や水位に加え、任意の氾濫原の浸水深などが出力される。RRIモデルについての詳細は本誌の別報文を参照されたい。

3. RRIモデルを活用したリスク評価および リスク軽減手法研究の事例

本章では、RRIモデルを活用したリスク評価およびリスク軽減手法研究の事例として、新潟県阿賀町における地区レベルでの洪水リスク評価に関する研究、フィリピンのカルンピット市での洪水リスク評価を活用した危機管理計画に関する研究、およびアジアの河川5流域での洪水による農業被害リスク評価に関する研究のそれぞれを紹介する。

3.1 「洪水カルテ」「洪水ホットスポット」による 地区ごとの洪水リスク評価手法の提案

本研究は、土木研究所プロジェクト研究の一環として、平成26年度から平成27年度にかけて実施した。なお詳細については、土木技術資料第58巻9号³⁾で報告済みであるためそちらも参照されたい。

本研究の対象は、地形が急峻で構造物対策での対応が困難であり、かつ大河川とは異なって洪水予測が行われていない中小河川を抱える国内の中山間地の自治体である。本研究では、そのような自治体の防災担当者が、事前に洪水減災対策の立案を効果的に進めることを目指し、各地区の洪水危険度を、評価軸別に医療カルテのように一覧表の形で示す「洪水カルテ」の作成手法を提案した。さらに、その結果をもとに、洪水に対して特に脆弱な地区を「洪水ホットスポット」として特定する手法を提案した。モデル地域は、2011年に大きな洪水災害を経験した新潟県阿賀町とした。

表-1 5つの評価軸と用いた指標およびその閾値一覧

評価軸	指標	ランク(配点)	閾値		
①避難のための時間を考慮した危険度評価	地区内代表点の浸水深が0.1mから0.5mに達するまでの時間	d (0点)	(0.5mに達しない場合)		
		c (1点)	6時間以上		
		b (2点)	3時間以上6時間未満		
		a (3点)	3時間未満		
②人的被害を考慮した危険度評価	地区内代表点の最大浸水深	d (0点)	0.1m未満		
		c (1点)	0.1m以上0.5m未満		
		b (2点)	0.5m以上1.7m未満		
		a (3点)	1.7m以上3.2m未満		
③避難所を考慮した危険度評価	地区内の避難所の最大浸水深	d (0点)	0.1m未満		
		c (1点)	0.1m以上0.3m未満		
		b (2点)	0.3m以上0.5m未満		
④災害時要配慮者を考慮した危険度評価	地区内の乳幼児率と高齢化率(クロス評価)	乳幼児率	~43.5%		
		高齢化率	43.6%~47.5%		
		~6%	c(1点)	b(2点)	a(3点)
		6%~	b(2点)	a(3点)	
⑤避難が必要な期間を考慮した危険度評価	地区内代表点の0.5m以上浸水継続時間	d (0点)	0.1日未満		
		c (1点)	0.1日以上0.5日未満		
		b (2点)	0.5日以上1.0日未満		
		a (3点)	1.0日以上		

表-2 「洪水カルテ」の例

外カパターン 危険度評価軸	流域雨量 豊実ダム 放流量	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4	パターン5
		H23年実績降雨 H23年実績放流量	想定最大外力相当降雨 H23年実績放流量	H23年実績降雨 基本方針引延し放流量	想定最大外力相当降雨 基本方針引延し放流量	ゲリラ豪雨 平常時流量
①避難のための時間を考慮した危険度評価		d	d	a	a	d
②人的被害を考慮した危険度評価		d	c	b	a	d
③避難所を考慮した危険度評価		d	d	d	b	d
④災害時要配慮者を考慮した危険度評価		b	b	b	b	b
⑤避難が必要な期間を考慮した危険度評価		d	d	c	b	d
①~⑤を合計 (aa:4点、a:3点、b:2点、c:1点、d:0点)		2	3	8	12	2
ランク換算(10点以上:A評価、7~9点:B評価、6点以下:C評価)		C	C	B	A	C

具体的には、まず代表的な外力パターンを5つ設定し、それぞれRRIモデルに入力し、最大浸水深や浸水継続時間を算出し、指標化した。

並行して、地区ごとの高齢化率などの指標を考慮して、5つの評価軸・指標・閾値を表-1のように設定した。次に、洪水に脆弱と思われる町内19地区を抽出し、表-1に基づいて、外力パターンごとの得点およびランクを算出し、「洪水カルテ」として整理した。表-2に「洪水カルテ」の例を示す。さらに、外力ごとの得点を合計した総合得点を各地区で比較し、得点が上位の地区を、特に洪水に脆弱で優先的な対策が必要とされる「洪水ホットスポット」地区と特定した。

本手法により、各地区が外力パターンに応じどのような点が脆弱なのか把握出来るとともに、地区の脆弱性を総合評価することで、優先的に対策をとるべき地区が明らかになり、今後の洪水対策を効果的に進めることにつながる。

3.2 フィリピン・カルピット市における「洪水危機管理計画」作成支援活動

本研究も、土木研究所プロジェクト研究の一環として、平成26年度から平成27年度にかけて実施した。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に位置するパンパンガ川流域のブラカン州カルピット市をモデル地域とし

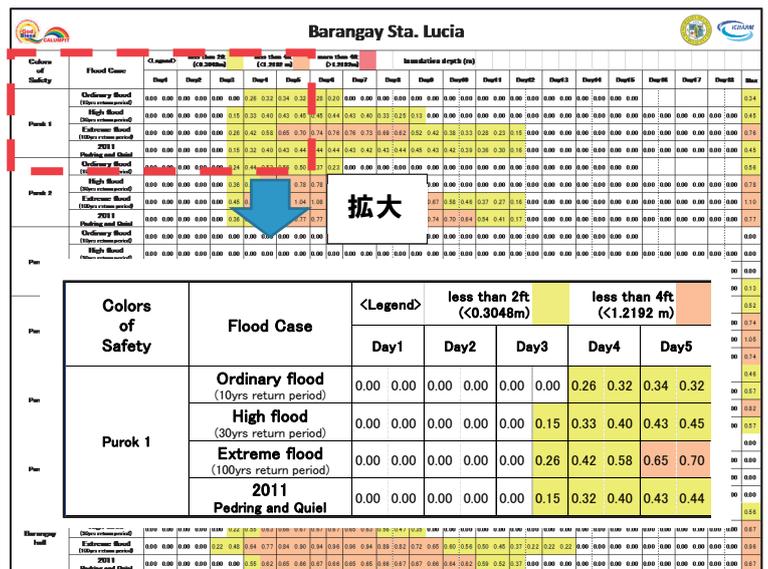


図-1 浸水チャートの例

て、RRIモデルによる洪水氾濫シミュレーションに基づくコミュニティレベルでの「洪水危機管理計画(洪水対応計画)」の作成支援活動を行ったものである。

具体的には、フィリピン共和国大気地球物理天文局(PAGASA)及び国家地理資源情報庁(NAMRIA)の協力を得ながら、RRIモデルを用いて、市内に29あるコミュニティごとの時系列での浸水状況を示した浸水チャートや洪水ハザードマップの作成・提供を行った。

図-1は、カルピット市内のコミュニティ

(Barangay)内の小地区(Purok)における、規模別に設定した4つの洪水ケースごとの降雨開始から半日ごとの浸水深を表す浸水チャートである。4つの洪水ケースは、再現期間10年の「Ordinary Flood」、30年の「High Flood」、100年の「Extreme Flood」、そして近年で最大規模の被害をもたらした「台風Pedring」と同規模の洪水とした。図中の色分けは、図-2の「Colors of Safety」の色に対応している。「Colors of Safety」は、現地で活用されている、電柱を利用したコミュニティの警報システムである。現地では、電柱を2フィート(約60cm)ごとに黄・橙・赤色に色づけし、はん濫水が「赤色」の高さ(約120cm)に達するまでには必ず避難を完了するよう、住民への意識啓発を行っている。作成した浸水チャートや洪水ハザードマップでは、浸水深をこの3色で色分けし、現地の住民にとってわかりやすい表現になるよう工夫している。図-3は、最大浸水深を示す洪水ハザードマップの一例である。チャートやマップは、現地コミュニティとの複数回の協議を経て、現地住民にとって理解しやすい表現方法を採用し、現地語(タガログ語)への翻訳も行った。その上で、これらのチャートやマップを、コミュニティごとに作成する災害時の情報伝達・避難・救助等に関する「洪水危機管理計画」での活用につなげることで、コミュニティによる災害対応を支援した。研究の最後には、市内の全コミュニティの災害対応担当者及び市・州・国の担当者らを招いたワークショップを開催し計画作成手法の共有を図った。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名の担当者が参加した(写真-1)。

本手法を用いて、各コミュニティレベルでの浸水状況を時系列に表すことで、時間的余裕を考慮しながらのコミュニティレベルでの効率的な洪水対応が可能となる。

なお、これらの活動に対して、カルンピット市のJessie P. De Jesus市長から本活動にかかわったICHARMの研究者に感謝状が贈呈された(写真-2,3)。

3.3 気候変動を考慮した農業洪水リスク評価手法

ICHARMは平成24年以降、文部科学省研究開発プログラム「気候変動リスク情報創生プログラム」に参画し、アジアの5流域(フィリピン・パ

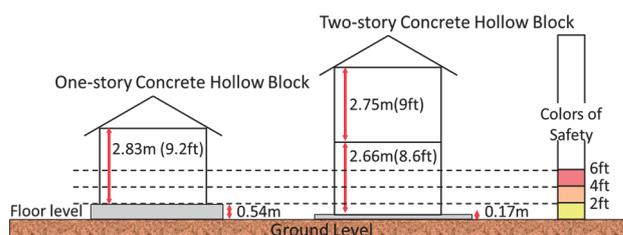


図-2 カルンピット市における平均的な家屋の各値と「Colors of Safety」の比較

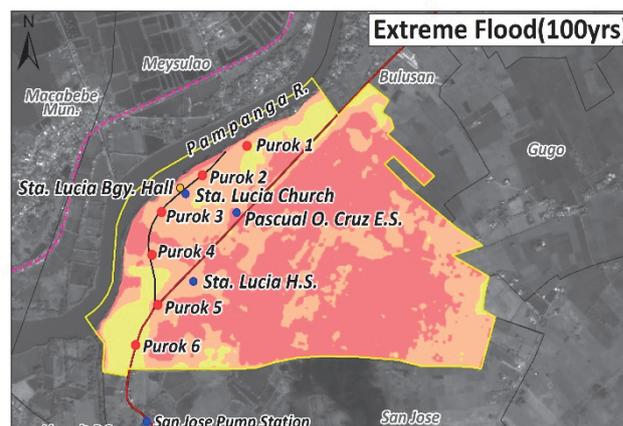


図-3 作成した洪水ハザードマップの例



(下から時計回りに)

写真-1、2、3 現地ワークショップ参加者との集合写真・市長からの表彰状授与・表彰状

ンパンガ川, インドネシア・ソロ川, メコン川下流域, タイ・チャオプラヤ川, パキスタン・インダス川)を対象として、RRIモデルを用いた氾濫シミュレーションによる洪水ハザード・洪水リスクの評価、および将来の気候変動下でのリスク変化の評価に関する各種情報を創出する研究を行っ

た。洪水リスク評価においては、これまでに収集した情報をもとに、稲作被害曲線を開発して、洪水により想定される被害を定量的に評価した。図-4に現在気候・将来気候で、それぞれ浸水面積が最大となる年での、浸水面積や農業被害額の試算結果を示す。この結果、将来においては被害額は約2割増加することが示され、本研究により、気候変動下でのリスク変化を定量的に評価出来た。

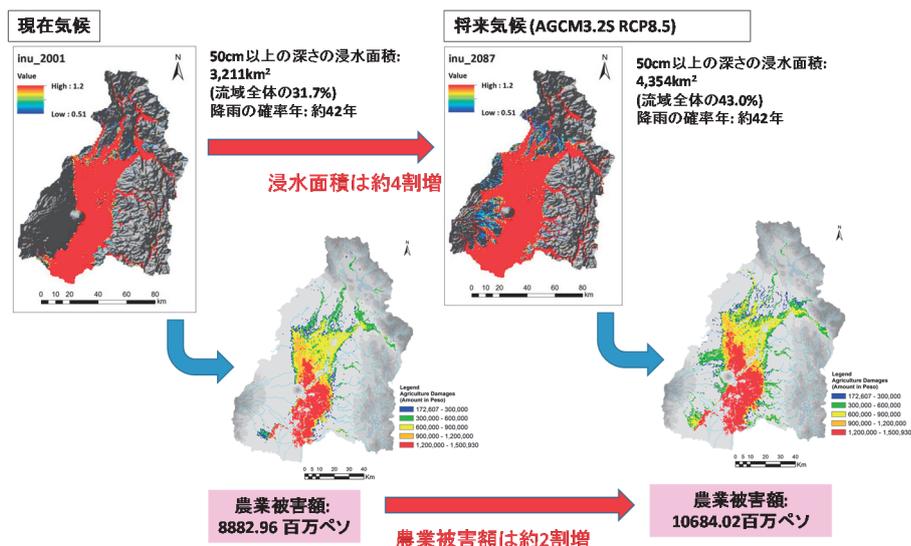


図-4 現在気候・将来気候における米被害額の比較の例 (フィリピン・パンパンガ川流域)

4. まとめ

本稿で紹介したように、RRIモデルの活用により、洪水リスクによる地区ごとの脆弱性が、脆弱性をもたらす個別の要因ごとに評価されるとともに、洪水リスクの総合的な評価を行うことが可能となる。また、洪水リスクの変化が時系列に示されることで、危機管理計画をより状況に応じた具体的なものとする事が出来る。さらには、農業被害額を算出することで、洪水リスクによる社会経済活動への具体的な影響を評価できるようになる。

ICHARMリスクマネジメントチームは、世界の水災害被害の軽減に向け、今後も現場での有用性を踏まえつつ、国内外の行政機関・研究機関と連携しながら研究を推進し、その成果について積極的に情報発信を行っていく所存である。

謝 辞

これらの研究遂行にあたり、新潟県阿賀町役場の皆様、およびフィリピン・カルンピット市の皆

様の多大なご協力を頂いた。また、農業洪水リスク評価手法研究は、文部科学省委託事業気候変動リスク情報創生プログラム「課題対応型の精密な影響評価」のもとで行われた。記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 ホームページ：水防災意識社会再構築ビジョン <http://www.mlit.go.jp/river/mizubousaivision/>
- 2) 佐山敬洋、建部祐哉、藤岡奨、牛山朋来、萬矢敏啓、田中茂信：2011年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測、土木学会論文集B1(水工学)、Vol.69、No.1、pp.14～29、2013
- 3) 栗林大輔、大原美保、澤野久弥：RRIモデルを用いた「洪水カルテ」による地区レベルの洪水危険度評価手法の提案、土木技術資料、第58巻、9号、pp.14～17、2016
- 4) 大原美保、南雲直子、Badri Bhakta SHRESTHA、澤野久弥：地域データの乏しいアジアの洪水常襲地帯における簡便な洪水リスク評価手法に関する研究—フィリピン共和国パンパンガ川流域を対象として—、地域安全学会論文集、No.27、pp.225～235、2015

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水災害研究グループ 上席研究員
Hisaya SAWANO

栗林大輔



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
Daisuke KURIBAYASHI

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水災害研究グループ 主任研究員、博(工)
Dr. Miho OHARA