

## 1.5 発展途上国における持続的な津波対策に関する研究（2）

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 22

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】

本研究の防災チーム担当項目は、研究対象とする都市において、津波・高潮外力の被害想定を行うための災害リスク評価を行うことである。既往の災害履歴・地域特性を基に、津波災害における研究対象都市としてインドネシア国バリ島、高潮災害における研究対象都市としてバングラデシュ国チッタゴンをそれぞれ選定した。平成 20 年度は、昨年度津波による浸水想定を行ったバリ島クタ地区周辺を対象に、被害想定（人的被害、建物被害）の計算と津波災害リスクマップの作成を行った。

キーワード：津波、災害リスク、バリ島、リスクマップ

### 1. はじめに

本研究で防災チームが担当する項目は、特定都市において、津波・高潮外力の被害想定を行うための災害リスク評価を行うことを目的としている。昨年度までに津波・高潮の研究対象としてそれぞれ選定した 2 都市のうち、バリ島における津波の外力設定と浸水想定を行った。

平成 20 年度は、前年度の結果取りまとめ以降に得られた学識者からの助言を参考に、改めて外力設定を行い、その設定を元に浸水想定と被害想定を行った。さらにその結果を津波災害リスクマップとして整理した。

## 2. バリ島における津波の外力設定と浸水想定

### 2.1 外力の設定

津波の外力は、インドネシア周辺の類似事例を参考に設定した。断層については、2006 年ジャワ島南部 (M7.7) で発生した津波の原因となった断層と同等のものがバリ島南部にあるものと仮定した。規模については、上記事例とともに 2004 年スマトラ島地震 (M8.8) を考慮した 6 ケース (M7.0、7.5、7.7、8.0、8.5、9.0) を設定し、図-1 に示す領域で浅水理論に基づくシミュレーションを行った。その際の計算条件を表-1 に示す。

図-2 はシミュレーションによる津波の水位変化（凡例の単位は m、上昇がプラス）の事例 (M8.5) で、横軸および縦軸は UTM 座標である。バリ島を含むインドネシア南部には始めに引き波（青で着色、水位が低下）が押し寄せ、この事例では津波の発生後 25 分程度で第 1 波（赤で着色）がバリ島南部に襲来する。

### 2.2 浸水想定

2.1 で行ったシミュレーション結果をもとに、バリ島クタ地区における浸水状況を再現した。図-3 はクタ地区における最大浸水深の分布を示しており、ホテルやショップ等が並ぶ海岸から 1 km 以内では 4 m 程度の浸水が想定される。なお、2004 年スマトラ島地震を想定した M9.0 のケースでは、クタ地区を含むバリ島南部のほぼ全域で 2～4 m の浸水が発生する結果となった。

## 3. バリ島における津波の被害想定

### 3.1 被害想定シナリオの設定

被害想定は、人的被害および建物被害（家屋、ホテル、ショップ、ビーチ）を対象に行った。表-2 は諸条件を整理したものである。シナリオでは、クタ地区がマリニリゾート地であることを考慮して最も人が集まる 8 月の夕方を想定時期とした。1 世帯あたりの人口は 2000 年人口センサスよりバリ島のデータ 3.9 人を用いた。ホテルの宿泊者数は、クタ地区の総部屋数（493 ホテル、18,568 部屋）、8 月のホテル稼働率（53.89%）に対し、1 部屋あたりの宿泊者数と夕方にホテル敷地内にいる宿泊者の割合をそれぞれ 2 名、40% と仮定し、津波の影響を受ける人数を 1 ホテルあたり 16.2 名と想定した。また、この時間帯にビーチにいる人数は現地調査によって 0.1 人/m<sup>2</sup> とし、ショップにいる人数は算定が困難であるため 1 世帯あたりの人口 3.9 人を用いた。死亡率については浸水深との相関式を使うこととし（表-3）、日本（中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」）およびスリランカ（2004 年スマトラ島地震）の事例を用いた。日

本の事例では防災意識の高低によって2 ケースを想定した。

家屋被害については、持ち主等に対するヒアリング結果をもとに、建物の価値についてはホテル（4 階建て）を500 億ルピア（約5 億円）、家屋を10 億ルピア（約1,000 万円）とした。家財道具の価値については、同様にホテルおよびショップを10 億ルピア（約1,000 万円）、家屋を0.75 億ルピア（約75 万円）とした。被害率については浸水深との相関式を使うこととし、前述のスリランカの事例を用いた（表-4）。

### 3. 2 人的被害の想定

シミュレーションを行った各マグニチュード毎に死者数を整理した結果を図-4 に示す。ケースA は日本の津波事例による死亡率でA-1 は防災意識が高い場合（警報後直ちに避難）、A-2 は低い場合（警報後しばらくしてから避難）である。ケースB は2004 年スマトラ島地震におけるスリランカの事例であり、住民には津波の知識も避難情報もない状況で津波が来襲した場合である。図-2 で例示したM8.5 クラスの津波が来る場合には、死者数が169 ～12,784 人と推定され、防災意識の啓発や予警報システムの有無によって死者数が最大1/100 程度に軽減される可能性を示している。

### 3. 3 建物被害の想定

各マグニチュード毎に得られた建物被害（被害額）の結果を図-5 に示す。図-2 で例示した津波の事例では、建物及び家財道具の被害額は2 兆8 千億ルピア（約280 億円）にのぼる結果となった。

### 4. 災害リスクマップの作成

クタ地区における津波災害のリスクを地図上に整理することを試みた。家屋は無いが人が集まるビーチ（評価エリア1）、家屋が集中する住宅地（評価エリア5）等クタ地区を6 エリアに分類した結果を図-6 に示す。各地区毎に人的被害、家屋被害等をレーダチャートで表現したものが図-7 である。例えば、リスクのうち死者率は「死者数/エリア人口」で表しており、1（最大値）の場合はエリア内の全人口が犠牲となることを意味する。

### 5. まとめ

今回の研究では、バリ島南部で発生する津波に対して、クタ地区の津波災害リスクをエリア毎に評価することが出来た。これにより、将来構築されるべき的確な防災体

制のための基礎資料とすることができる。例えば、人が多く集まるエリアには予警報システム、家屋が密集するエリアには予警報システムに加えて浸水そのものを物理的に低減させる対策（防潮堤、マングローブ林等）といったように地域の状況に応じた組み合わせである。

なお、平成21 年度は今回津波に対して試みた手法を用いて、バングラディッシュ国チッタゴンにおける高潮被害の想定を行うとともに高潮災害リスクマップを作成する予定である。

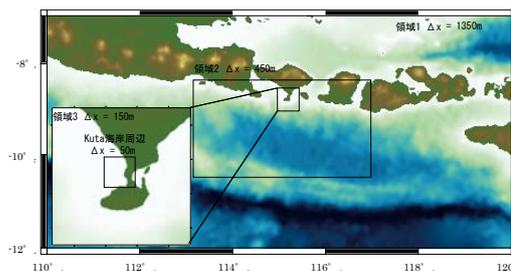


図-1 解析対象範囲

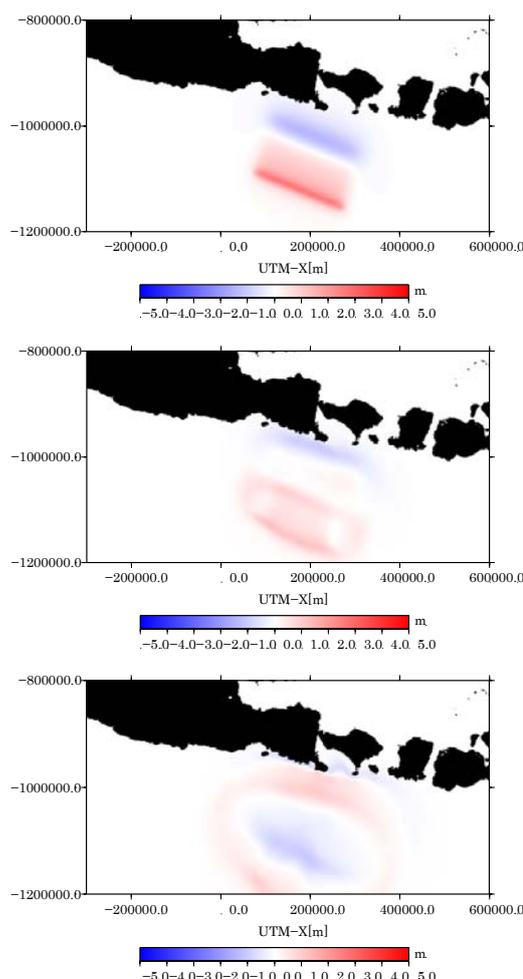


図-2 津波の水位変化

(上から順に「発生直後」「発生10分後」「発生25分後」)

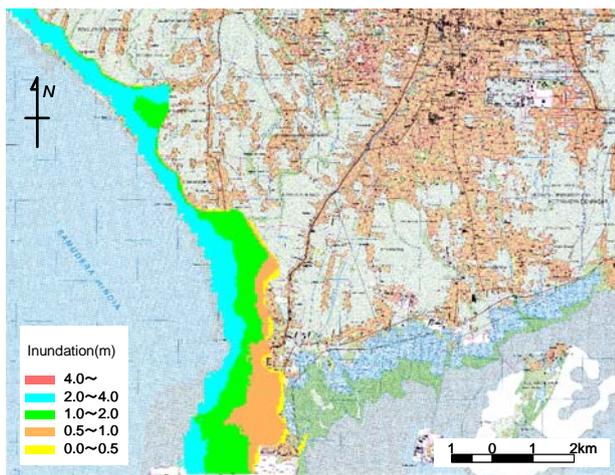


図-3 津波によるクタ地区の最大浸水深 (m)

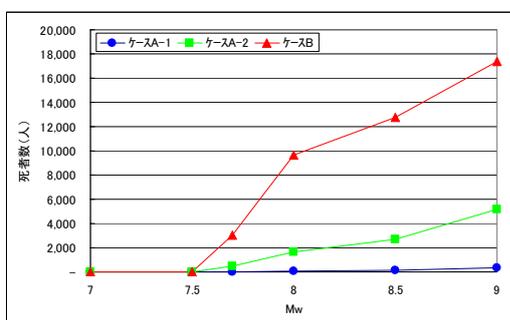


図-4 人的被害の想定結果

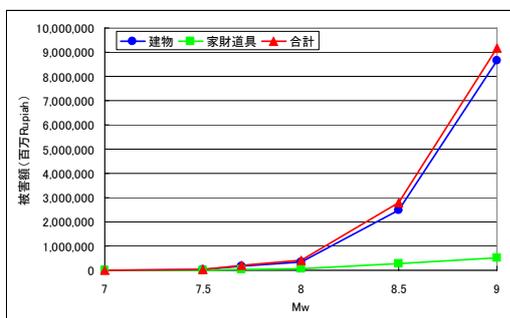


図-5 建物被害の想定結果

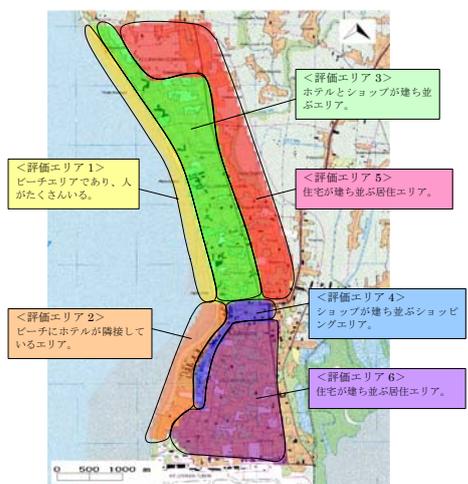


図-6 エリアの設定

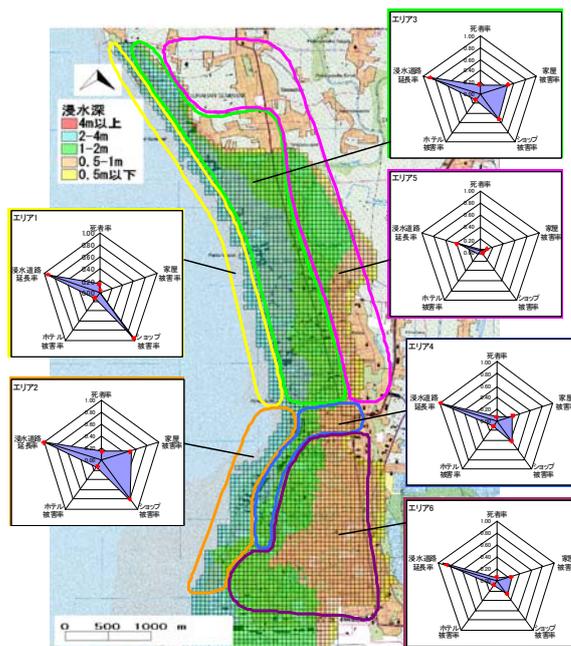


図-7 クタ地区における津波災害リスクマップ

表-1 計算条件

項目	内容			
計算格子間隔	1350m	450m	150m	50m
計算格子分割	1122x567	896x548	332x302	263x263
計算時間間隔	0.5s			
基礎方程式	線形長波	非線形長波		
計算手法	差分法 (時間リープ・フロッグ法、空間スタaggerド格子)			
沖合境界条件	自由透過	水位・流量を接続		
海底摩擦	Manningの粗度係数 n=0.025		衛星データによる土地利用分類	
陸側境界条件	完全反射		灘上境界	
越流計算	なし			
初期条件	Manshinha and Smylie(1971)の方法			
想定津波	1977/8/19 Sumba 島地震津波 (加藤・Sunarjo・都司)			
潮位条件	0.0m			
計算再現時間	地震発生から3時間			

表-2 被害想定の際条件

項目	想定時期		想定時間帯	
	8月		夕方	
シナリオ	8月		夕方	
項目	人数	建物価格	家財道具価格	
家屋	3.9人	10億 Rupiah (625m <sup>2</sup> あたり)	0.75億 Rupiah	
ホテル	16.2人	125億 Rupiah (1階あたり)	10億 Rupiah	
ショップ	3.9人	10億 Rupiah	10億 Rupiah	
ビーチ	0.1人/m <sup>2</sup>	-	-	

表-3 死亡率の推定式

設定	死亡率推定式	
ケース A	日本の事例	$Y = 0.0282e^{0.2328X}$
ケース B	スリランカの事例	$Y = 0.029e^{0.225X} + 0.112$

Y: 死亡率(%)  
X: 浸水深(m)

表-4 建物被害率の推定式

$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{30}^x \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] dx$	P(x): 被害発生率(全壊および被害有り) x: 浸水深(m) μ: 全壊: 2.7m、被害有り: 0.6m σ: 全壊: 0.6m、被害有り: 0.8m
--	---

## STUDY ON SUSTAINABLE MEASURES AGAINST TSUNAMI IN DEVELOPING COUNTRIES (2)

**Abstract** : The object for disaster prevention research team's components of this theme is to analyze and evaluate disaster risks induced by tsunami and tidal waves in specific cities. As a selection study, we chose Bali Island, Indonesia as the study area on tsunami disaster, and Chittagong, Bangladesh as the study area on tidal wave disaster considering availability of disaster records and vulnerability of the cities to these disasters. In fiscal 2008, we estimated damages of human life and buildings, and made risk map against tsunami disaster in Kuta area in Bali Island.

**Key words** : Tsunami, Disaster Risk, Bali Island, Risk map