

2004年スマトラ沖地震津波のスリランカ南部被害調査

柴山知也* ・岡安章夫**・Nimal Wijayaratna***・佐々木 淳****
鈴木崇之*****・Ravindra Jayaratne*****

2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震津波による被害のスリランカ南部での調査を実施した。Hambantotaでは10.9 mに達する津波痕跡高を記録した。前面の海底は1/7の急勾配となっており、また、岬および湾状の地形が津波エネルギーを集中させた結果である。Polhenaはサンゴ礁のリーフに囲まれた地形のため津波痕跡高は最大でも2.7 m程度と小さく、家屋は残存していたが、多くの住民が浸水によって溺死した。こういった局所的な地形条件や土地利用の相違、あるいは住民の意識の違いによる津波被害の発現の相違について、当事者に近い視点から考察を行い、地域の実情に合った防災対策を進める上で有用な知見を得た。

1. はじめに

2004年12月26日に発生したスマトラ島沖地震によるインド洋大津波は東南アジアおよび南アジア地域を中心に未曾有の大災害を引き起こした。12月26日6時58分49秒（スリランカ現地時間）に発生した津波（図-1）は、同9時30分頃にインド洋をはさんだスリランカに到達し、スリランカ海岸線のほぼ全域にわたり多大な被害をもたらした。これによりスリランカはインドネシア（柴山ら、2005）とならび最も人的被害の大きかった地域となり、津波による死亡者の数は3万人以上（WHO 集計、2005年2月1日現在）に上った。そこで本研究では、スリランカにおける津波被害の実態とその要因を解明すべく、Colombo市付近から南西部のGalle市までの被害調査を実施した先発隊（富田ら、2005）の後を引き継ぎ、津波発生から間もない時期のGalleから南東部のKirindaまでのスリランカ南部において、津波の痕跡高、人的物的被害等の状況調査を実施した。その結果を基に被害の全体像を把握すると共に、被害の発現状況が地域によって異なる要因を地形条件や土地利用条件から考察し、現地の視点に立ちそれぞれの地域に合った防災対策を進める上での有用な知見を導くことを目的とする。

2. 調査の概要と方法

(1) 概 要

津波発生から約1週間後の2005年1月3日にスリラン

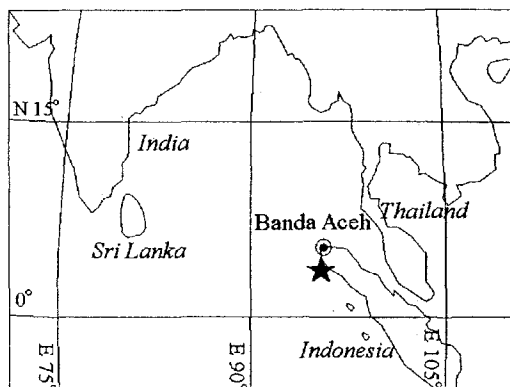


図-1 スマトラ沖地震の震源地

カに到着した。京都大学・東北大学・（独法）港湾空港技術研究所による第1陣の調査隊は、ColomboからGalleまでのスリランカの南西海岸の津波被害調査を実施した（富田ら、2005）。著者らは1月6日にスリランカのColomboに到着し、翌1月7日朝にガラダリホテルで開かれた第1陣調査隊による調査報告会に出席し、現地の様子や調査方法等について引き継いだ後、津波被害調査に着手した。Galleまではすでに第1陣により津波痕跡高や被害状況調査が実施されていたので、著者らはGalleから可能な限り東に向かって調査を実施することとした。幸い海岸線を走る道路は復旧しており、南東部のYala国立公園西端に近いKirindaまで調査を実施することができた。調査対象域を図-2中の四角形で示す。

調査日数に限りがあるため、調査地点の選定にあたっては、地理的な偏りを避けて主要な街を網羅すると同時に岬や河口といった特徴的な地形を有する場所を含むよう考慮し、さらの現地で得た情報を基にそれぞれの街で特に被害の大きかった地点を選定した。1月7日は、Colomboでの引き継ぎ後、できるだけ東へ急ぎ、Galleの東にあるMataraまで到達し、そこで最初の調査を行った。スリランカ南東部ではまだ宿泊施設のほとんどが

* フェロー	工博	横浜国立大学教授 大学院工学研究院システムの創生部門
** 正 会 員	工博	東京海洋大学教授 海洋科学部海洋環境学科
***	博(工)	ルナ大学上級専任講師 工学部土木環境工学科
**** 正 会 員	博(工)	横浜国立大学助教授 大学院工学研究院システムの創生部門
***** 正 会 員	博(工)	(独法)港湾空港技術研究所海洋・水工部漂砂研究室研究官
*****	博(工)	Lanka Hydraulic Institute 研究員

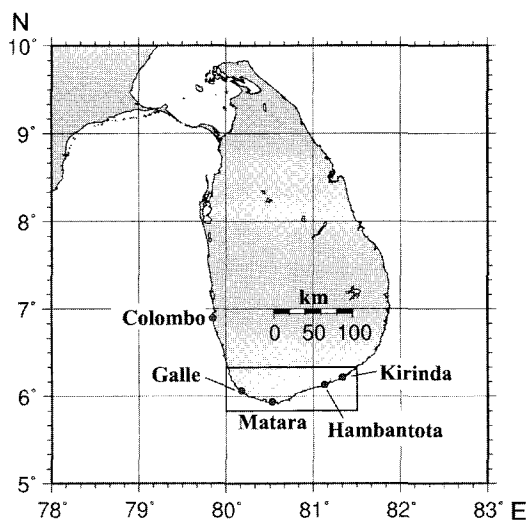


図-2 スリランカ南部の調査範囲

営業していなかったため Galle にあるルフナ大学のゲストハウスを宿泊先および調査拠点とした。

2 日目はまず車で到達可能な最東端に近い Kirinda へ向かった。Kirinda には日本の政府開発援助で建設された Kirinda 漁港があり、その被害状況の調査を実施した。その後 Galle へ向かって西へ戻りながら調査を継続し、Hambantota へ向かった。Hambantota 市街では4,000 名以上もの人命が失われ、今回の調査の中でも特に甚大な被害に見舞われた地域であった。ここでは被害の大きかった海岸沿いの住宅密集地とやや小高い位置にある小さな漁業・商業地域において調査を行った。続いて Tangalle を経てから Dickwella へ向かった。ここは河口に面した街で今回調査を実施した中では比較的緩やかな勾配を持つ海浜であった。この日も Galle のルフナ大学ゲストハウスに宿泊した。

最終日の3 日目は初めに Matara の Polhena で調査を行った。Polhena は現地語で「ココナッツランド」の意味を持ち、現地の人々のリゾート地としての役割を担っていた。海岸一帯には宿泊施設や住宅が密集していたが、その多くは壊滅的被害を受け、まだ復旧作業も手つかずといった惨状はまさにゴーストタウンの様相を呈していた。最後に Galle 西部を流れる Gin 川下流域において、津波の河川遡上と遡上波の氾濫について調査を実施した。

(2) 調査の方法

各調査点においては計測時平均海面を基準とした津波痕跡高の測量（調査実施後に津波来襲時の海面基準に換算）、被害状況の記録、および被災住民への被害状況に関するヒアリングを行った。津波痕跡高の調査ではまず、最寄りの海面にスタッフ（長尺）を立て、GPS（GAR-

MIN 社、eTrex Legend）による緯度経度を記録すると共にオートレベル（ソキア社、B21）を用いて海面を基準としたレベル高を計測した。次に建物等に残る津波の痕跡を見つけてスタッフをあて、スタッフ位置の地盤高を基準としたレベル高を出し、これを先に求めた海面基準のレベル高から差し引くことで、海面を基準としたスタッフ位置の地盤高を算出した。その際、必要に応じてレベルの移し変えを行っている。最後にスタッフを用いて地盤から津波痕跡までの高さを計測することで、海面を基準とした津波痕跡高を算出した。なお、海面は潮汐によって変動するため、Galle における推算潮位（Tsujira, 2005-2-17参照）を用いて津波来襲時の天文潮位を基準とした値に補正した。さらに、適宜レーザー距離計（ニコン社、Laser800）を用いて、海岸線から痕跡までの距離も計測した。

一方、津波痕跡高の調査と平行して、被災住民らから津波被害の状況、道路上での津波の最大遡上点や津波来襲時の避難状況等について聞き取り調査を行った。

3. 調査結果

津波痕跡高に関するすべての調査結果を表-1 および図-3 にまとめて示す。ここで、表-1 中の痕跡高の欄に付加されたアルファベット記号は図-4 から図-8 中の同記号の痕跡高に対応している。以下においては Kirinda 漁港から Galle に向かって東から西へ順に各調査地点の調査結果の詳細を示す。

(1) Kirinda 漁港

Kirinda 漁港は1984年に日本の政府開発援助（ODA）で建設されたが、開港当初から沿岸漂砂によってしだいに港内が砂で埋まり、使用不能の状態に陥った。1992年に堤防の延長や港内の浚渫が実施されたが、2001年には浚渫船が座礁する事故が起り、その後は大型漁船に対する漁港としては機能しない状態が続き、津波発生前には船外機付の小型漁船がかりうじて港内に入ることができた状態であった。津波発生時に港口に停泊していた浚渫船は約200 m 陸に入った地盤高約7 m の地点にまで運ばれていた。

Kirinda 漁港における調査断面の模式図と津波痕跡高を図-4 に示す。Kirinda は今回の調査地点の中で最も震源に近い位置にあるため、痕跡高の最大値は9.3 m にも達した。砂で埋まっていた港内の水深は岸壁至近でも2 m あり、港内に堆積していた砂のほとんどが津波の引き波によって排出されたかあるいは押し波によって陸上に運ばれたものと推定した。港の荷降ろし場を中心に砂が堆積していたことから、港外だけではなく、陸上にも運ばれたと考えられる。排出された砂の総量は概算で10,000 m³であった。

表-1 現地調査結果のまとめ

No.は図-3中の地点番号に対応、緯度経度は世界座標系の値、長さの単位はm.

No.	北緯	東経	痕跡高	距離	痕跡状況
1	6:03:49.4	80:10:26.2	4.10		河川にある橋の上、橋の桁高
	6:04:26.1	80:10:42.3	2.11	48	河岸までの距離、家屋外壁の泥の痕跡
			1.38	24	河岸までの距離、遡上地盤高(証言)
	6:05:15.0	80:10:57.1	1.75	40	河岸までの距離、遡上地盤高(証言)
2	5:56:09.4	80:31:35.1	k)2.68	389	
			2.35	461	ゲートの泥の痕跡
			2.15	905	
			l)2.30	640	家屋外壁の泥の痕跡
3	5:56:35.4	80:33:00.2	5.82	102	フェンスについたゴミ
			4.95	51	家屋外壁の泥の痕跡
			i)5.54	66	
4	5:57:47.5	80:41:33.2	j)4.73	108	
			4.60	59	店舗内壁の泥の痕跡
			3.78	134	
5	6:01:51.1	80:47:58.0	2.90	220	塀の泥の痕跡
			3.09	180	家屋外壁の泥の痕跡
			2.43	412	小屋外壁の泥の痕跡
			1.63	600	(最大遡上点)
			1.88	510	家屋外壁の泥の痕跡
			g)10.29	9	草の潮枯れ
6	6:07:24.8	81:07:38.0	h)10.87	88	(最大遡上点)
			c)7.38	12	
			d)7.38	86	家屋外壁の泥の痕跡
7	6:07:52.3	81:07:42.9	f)5.50	170	屋根の破損
			e)7.17	96	家屋外壁の泥の痕跡
			9.26	196	屋根の上のブイ
8	6:13:5.2	81:20:12.1	6.93		
			a)8.36	166	屋根の破損
			6.98	20	砂丘の痕跡
			6.99	40	砂丘の痕跡
			7.65		木の潮枯れ
			b)9.19	250	家屋外壁の泥の痕跡
			8.60	242	遡上地盤高(証言)

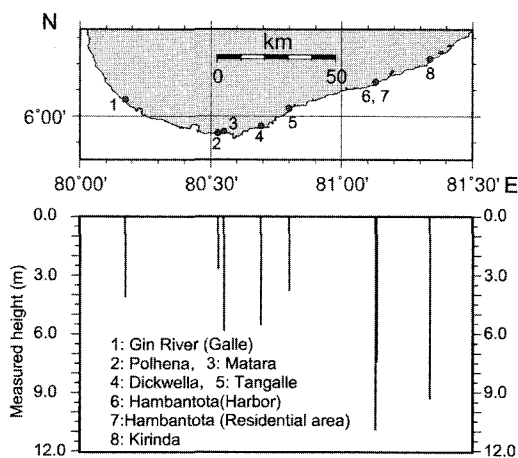


図-3 津波痕跡高の調査結果

(2) Hambantota

Hambantota はインド洋に東に突き出した半島に開けた町で、その名称は「イスラムの港」を意味する港町として、またスリランカの塩の産地として知られていた

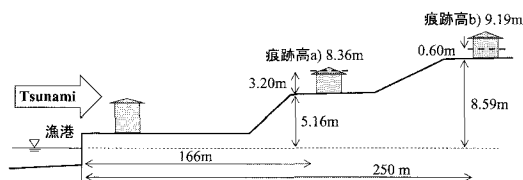


図-4 Kirinda 漁港における調査断面模式図

(図-5). 町は南東側が海に面した湾状の海岸に面して開けており、その東側は地盤の低い密集住宅地、西側はやや地盤の高い商業地区となっており、海岸部には小規模の埠頭があり漁港として使われていた。Hambantota は岬地形のために屈折によって津波のエネルギーが集中したものと推測された。それに加えて、海底は1/7の急勾配となっているため、津波のエネルギーが岸近くまであまり減衰せずに伝達され、さらに海岸線が津波の進路方向に面し、奥が狭まった湾状の地形であったために増幅された結果、他の地点に比較して大きな津波痕跡高が予想された。図-6のa)およびb)それぞれに東部の住宅街および西部の漁港地区から商業地にかけての断面地形と津波痕跡高の模式図を示す。

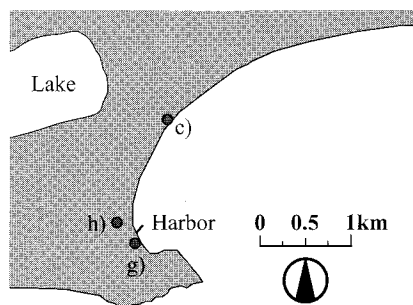


図-5 Hambantota 周辺の概略図

住宅街のある地区では海の反対側に湖があり、波高7mにも達したと見られる津波は家屋をこの湖へ押し流し、海岸に近い場所ではほとんどの住宅が基礎を残して上屋は跡形もなく流された状態にあった(写真-1)。その結果、推計4,000名を超える人命が奪われた。湖の中には家屋のがれき、自動車などが散乱していた。

一方、西の商業地域では津波が海岸に面した丘を駆け上がり、海面から10.3mの草の潮枯れが見られた位置まで遡上した。また、内陸へ向かう道路に沿って遡上した津波は目撃証言によって海面から10.9mの高さまで到達したと推定された。またこの地区には漁港が建設されており、地元漁師の1人から以下の証言を得た。「水深10mほどのところで操業していたが、小さな押し波の後、大きな引き波が来て、船が海底に乗りあげた。

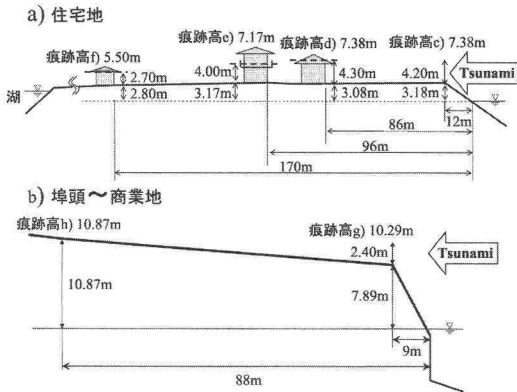


図-6 Hambantota の調査断面の模式図



写真-1 Hambantota 住宅街の被害の様子 (既に整地されていた)

きっと大波が押し寄せると思い、仲間と一緒に干上がった海底を懸命に走って丘の上まで逃げ、何とか難を逃れた。」

(3) Tangalle

Tangalle はスリランカ南海岸随一のリゾート地であり、海岸にはゲストハウスが点在していた。調査は街の東側の海岸およびその内陸部で実施した。ここでは海岸に近い場所でも津波痕跡高は3.8 m 程度であったが、住民の証言から海岸より約600 m 内陸の地点にまで津波が遡上していたことが判明した。また、海岸に近い場所の家屋はかなりの被害を被っていた(建物の外形はかろうじて原形を留めている程度)が、200 m ほど内陸に入ったあたりでは完全に浸水したと思われるものの建屋は残存していた。

(4) Dickwella

Dickwella は河口に面した村で、海浜の勾配は河川からの土砂の供給により他の地域に比べてやや緩やかであった。図-7 に調査断面地形と津波痕跡高さを示す。海岸付近の郵便局の建物は半壊し、道路の陸側にある警察署の内庭にまで津波が到達した。海岸沿いの広場では毎

週土曜日に市が開かれ多くの人で賑わっていたが、津波は日曜日に来襲したため幸い難を逃れた。

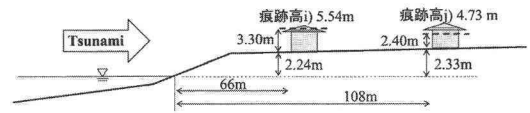


図-7 Dickwella の調査断面の模式図

(5) Matara の Polhena 海岸

Polhena 海岸は Matara の市街から西へ 3 km ほど行ったところであり、沖には約1.5 km にわたって石サンゴ類の珊瑚礁があり、浜にはサンゴの欠片が多く見られた。Polhena は現地語で「ココナツランド」の意味を持ち、ビーチ周辺の椰子林の中には家屋が点在していた。図-8 に調査断面の模式図と津波痕跡高さを示す。ここは前面に珊瑚礁の広がる遠浅の海岸であったため、津波のエネルギーがリーフエッジで反射され、またリーフ上で減衰した結果、津波痕跡高は2.1~2.7 m 程度にとどまっていた。しかし、椰子林に囲まれた村であったにもかかわらず、海岸近くでは多くの家屋が浸水による被害を受け、倒壊を免れた家屋の中でも水位上昇によって多くの住民が溺死したということで、さながらゴースタウンの様相を呈していた。復旧作業も手つかずの状態、あたりには異臭や消毒臭が立ちこめていた (写真-2)。

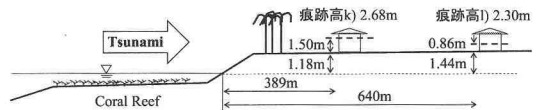


図-8 Martara の Polhena 海岸の調査断面の模式図



写真-2 Polhena の被害の様子

(6) Galle の Gin 川下流域

Gin 川河口の Gintota 橋では津波の来襲により海面から4.0 m の橋の桁下まで水位が上昇した。この津波は Gin 川を遡上し、下流域の一部で氾濫した。しかし、元々河口付近に雨期の氾濫原が形成されていたこと、現地ではたびたび小規模な水害が発生し、住民が慣れていたこともあり、大きな被害とはならなかったようである。地元住民への聞き取り調査から、Gin 川下流域での津波来襲時刻(9:30頃)の約3時間後(12:30頃)に津波来襲時より約40 cm 波高の大きい遡上波が見られたことが判明した。これは津波来襲時の遡上波が引いた際に低下した河川の水位が急激に回復する際に発生した段波によるものと推定した。

4. 考察とまとめ

筆頭および第2著者の下で学位を取得した元留学生で被災地の大学・研究所に勤務する研究者との共同調査を実施することにより、津波被害当事者の視点に近づいた正確なインタビューと状況把握による調査が実施できた。各地の調査結果の比較から、被害は津波の高さで決まるものではなく、被害の発現の仕方は多様であるということが分かった。

Hambantota では10.9 m に達する津波痕跡高が記録され、特に町の東部で甚大な被害を被った。その前面の海底は1/7の急勾配となっており、また、湾状の地形が津波エネルギーを集中させた結果であると考えられる。一方、Polhena はリーフに囲まれた地形のため津波痕跡

高は最大でも2.7 m 程度と小さく、家屋は残存していたが、非常に多くの住民が浸水によって溺死した。こういった局所的な地形条件や土地利用の相違、あるいは住民の居住形態、すなわち平屋か2階建てであるか、あるいは堅固な建物か簡易な建物かなどによる津波被害の発現の相違について、当事者に近い視点から考察を行い、それぞれの地域の実情に合った防災対策を進める上で有用な知見を得た。

Hambantota の漁師の証言にみられるように、災害の現場では一瞬の避難行動の判断が生死の境を分ける場面が多かった。津波の挙動について、事前にある程度の一般的な知識を持っていることも、住民にとって安全を守るために必要な事項である。

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費基盤研究B(15404016)(海外学術調査 代表 柴山知也)によるものであることを付記する。

参 考 文 献

- 柴山知也・岡安章夫・佐々木 淳・鈴木崇之・松丸 亮・Masimin・Zouhrawaty(2005): 2004年スマトラ沖地震津波のインドネシア・バンダアチエ被害調査, 海岸工学論文集, 第52巻, 印刷中。
- 富田孝史・有川太郎・安田誠宏・今村文彦・河田恵昭(2005): インド洋大津波のスリランカ南西部における津波実態・被害調査報告, 海岸工学論文集, 第52巻, 印刷中。
- Tsuji, Y., Namegaya, Y. and Ito, J.: Astronomical tide levels along the coasts of the Indian Ocean (オンライン), <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/namegaya/sumatera/tide/index.htm>, 参照 2005-2-17.