

津波被害の実態と今後への備え

— インド洋津波の教訓 —

早稲田大学理工学術院 教授
横浜国立大学 名誉教授

柴山 知也 *Tomoya Shibayama*

1. はじめに

2009年9月に発生したサモア沖地震津波に見られるように、世界中で毎年のように重大な沿岸災害が起こっている。沿岸災害に対して地域住民はどう備えたらよいかについて、本論では特に津波災害を中心に述べたい。

津波の調査や災害後の復興プロセスの支援については、日本は重要な役割を果たすことができる。この25年ほどの間に、日本の大学で英語を使用言語として博士や修士の学位を取得し、現在はそれぞれの母国を基盤にして国際的な活躍をしている外国人研究者の数が増加している。その数は、土木工学の分野だけでも、既に400人を超えている。日本留学経験者の増加は、多数の途上国における

基幹的人材の育成を促進しただけでなく、日本の大学を中核とした恒常的な研究者ネットワークの形成にも寄与したわけである。筆者は2005年1月から2月にかけて、2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震の津波調査を複数の地域で行ったが、この調査においても元留学生ネットワークがきわめて有効に機能した。調査チームの一員であるスリランカ南部・ルフナ大学のニマル・ウィジャヤラトナ上級講師とインドネシア・アチェのシアクアラ大学のマシミン講師は、共に筆者の横浜国立大学における研究室の元留学生である。調査の全過程に現地研究者が参加することにより、当事者の視点からの被災時の状況把握に基づいた貴重なデータを収集することができ、また復興のプロセスにも深くかかわっていくことが可能となった。

留学卒業生を含めた当事者の視点から調査を進めた結果、津波の高さで一概に被害が決まるわけではなく、自然的・社会的な条件から被害の発現の仕方が多様であることがわかった。例えば、スリランカ南部のHambantotaでの津波痕跡高は10.6mであったが、その近傍にあるPolhenaの海岸はさんご礁に守られていたためHambantotaよりも津波高は低く、痕跡高は2.6mにすぎなかったにもかかわらず、不意に津波に襲われたため、被害者の数が多かった。また、スリランカでは海岸近傍に被害が限られていたが、インドネシア・Aceh市内では、津波被害が平面的に内陸部に広がっ



図1 スマトラ島沖地震の震源地と周辺の津波被災国

図2 スマトラ島北部図

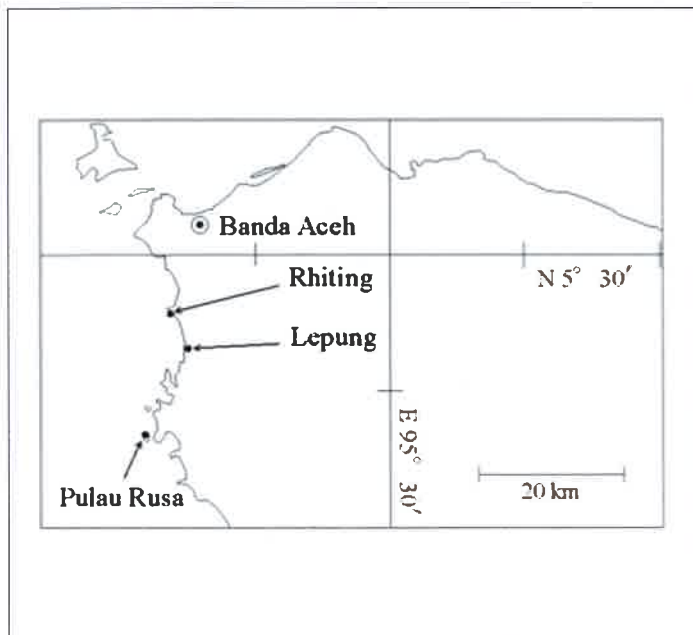
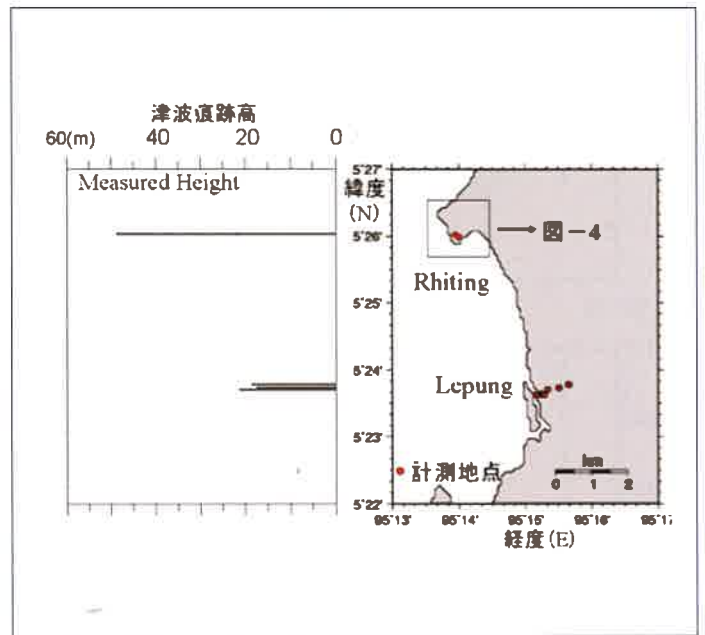


図3 スマトラ島北西部計測地点と津波痕跡高



ており、西部のLepungでは、海岸から800mにわたって泥の荒野が広がっていた。以下ではインドネシアとスリランカの調査事例を示すが、図1に示すように震源地(図中の★で示す)からの距離はインドネシアの方がスリランカよりもはるかに近く、従って津波の高さも高かった。

m程度にとどまっていた被害がBanda Acehでは押し寄せた津波のエネルギーレベルがはるかに大きく、被害は平面的に広く発生していた。Banda Aceh西のRhitingでは、半島の2つの丘の鞍部を津波が乗り越え(図4参

2. インドネシア Banda Acehの被害調査

*以下の記述は(柴山ら, 2005A)に拠っている。

インドネシアでは、スマトラ沖地震津波で甚大な被害を被ったスマトラ島北部、Banda Aceh周辺における津波痕跡高および海岸侵食被害の調査を行った。図2にスマトラ島北部の全体図、図3には計測地点と津波痕跡高を示す。調査結果を基に、局所的な地形条件による痕跡高やその被害を考察することができる。これらの考察は今後、それぞれの地域に適した防災対策を進める上で有用である。

スリランカ南部では海岸線より内陸へ300

図4 Rhitingの平面図

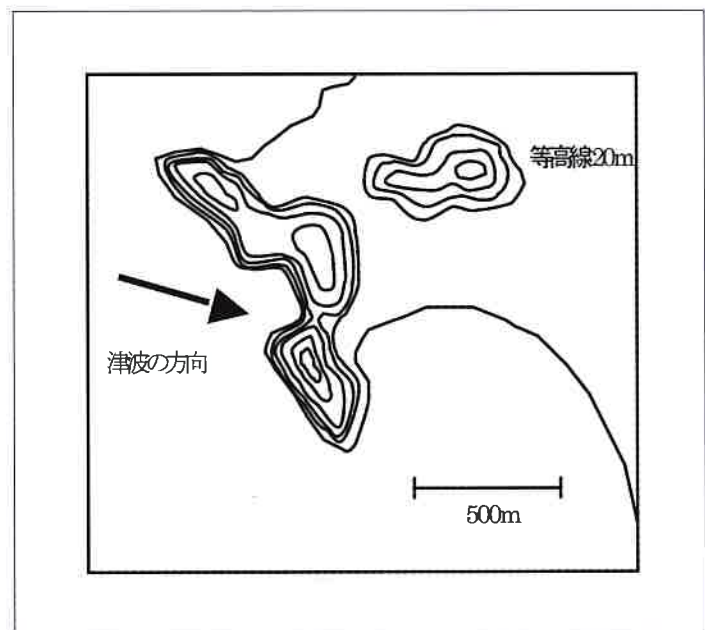


図5 津波よりすべてが荒野と化した平地 (Lepung)



照)、津波痕跡高は48.9mに達した。この丘の反対側にあったリゾート地ではほとんど時間差なく2方向から津波(丘を越えた波と回折により半島の南側から来た波)が押し寄せたと考えられる。一方、Lepungでは、海岸線から約900mに位置する崖の斜面で18.6mの津波痕跡高を計測した。また、この斜面に当たった津波が反射し、進行波と反射波が重なった地点での痕跡高は2カ所でそれぞれ17.5m、21.4mであった。Lepungの村は津波により壊滅し、8,000人の住民のうちわずか400人のみ生存しているとのことだった(図5参照)。津波発生から40日が経過しても、荒涼たる泥の海の中に廃材と遺体の埋葬跡が続いていた。また、スリランカ南部とは異なり椰子の木のほとんどが根元から流失しており、これは枝のある上部にまで水が達し、水流による抵抗力を強く受けたためと考えられる。

筆者らが過去に海岸侵食の調査をしていたBanda Aceh北部海岸Syiah Kuala(インド

ネシアに最初にイスラム教をもたらしたイスラム学者)の上陸記念の丘周辺では、これまでも侵食対策が行われていたが、津波により50~100m程度の汀線位置の後退を観測した。津波により高さ3mの丘の上にあった石塀は崩壊し、Syiah Kualaの墓(石造)も崩壊していた。この他、Aceh市沿岸部では広範に湛水した地域が見られたが、これは海岸構造物や路盤その他の状況から地盤沈下が原因ではなく、津波により砂質地盤が流出したことによるものと考えられる。砂質地盤の低下についても代表的な地点で測量を行った。このように今回の津波でスマトラ島北部とスリランカ南部の両地域は共に大きな人的被害を受けたが、津波のエネルギーはスマトラ島の方が大きく、被害の様相は大きく異なっていた。津波の痕跡を見ると、スリランカ南部では10m程度であったものがスマトラ島北西部海岸の多くでは20mを越えており、先に述べたRithingのような特異な地形では50m程度に達した。

図6 スリランカ南部の調査範囲

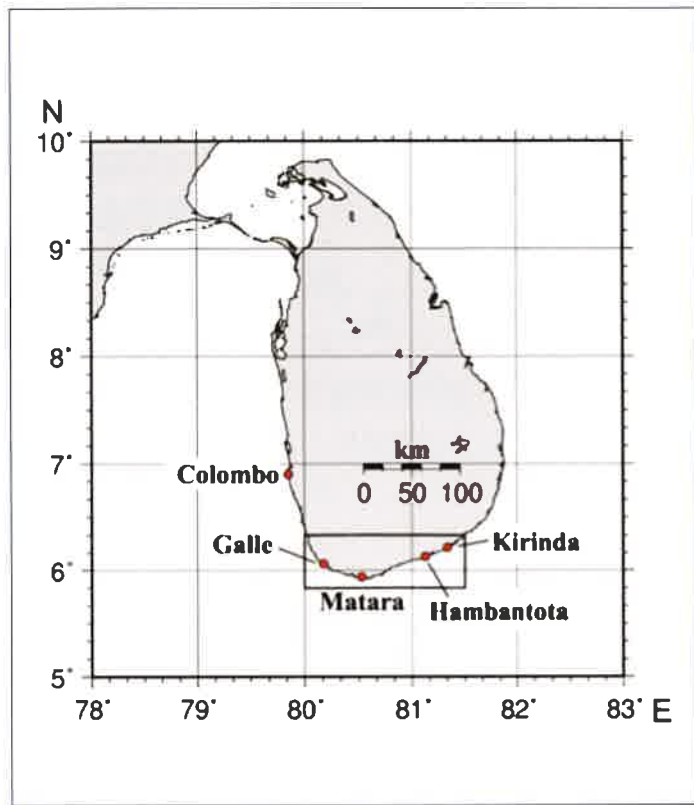
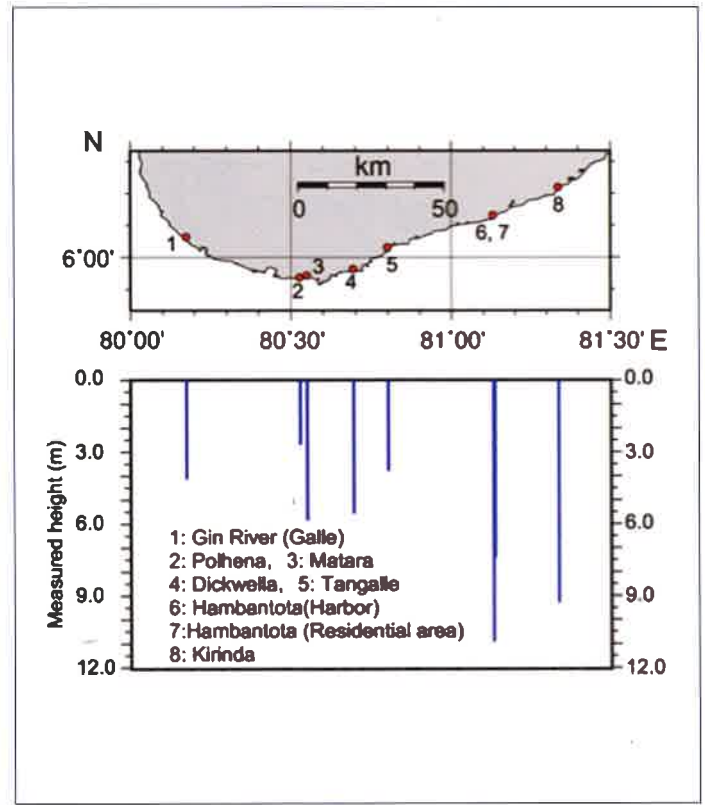


図7 スリランカ南部の津波痕跡高の調査結果



スマトラ島北西部海岸に押し寄せたような津波が来襲した場合、建物等の被災を海岸構造物で守るには限界があり、早期警報による高地避難以外の対応を取ることは極めて難しかったと思われる。また、スリランカ南部では地震発生から津波到達まで約2時間であったが、スマトラ島北部の場合には30分ほどで第一波が来襲し、時間的余裕もなかった。

3. スリランカ南部の被害調査

*以下の記述は(柴山ら, 2005B)に拠っている。

Colomboから南西部のGalleまでの被害調査を実施した京大・東北大隊(参考文献³⁾参照)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、津波高さ、人的物的被害等の状況調査を実施した。図6の四角形内

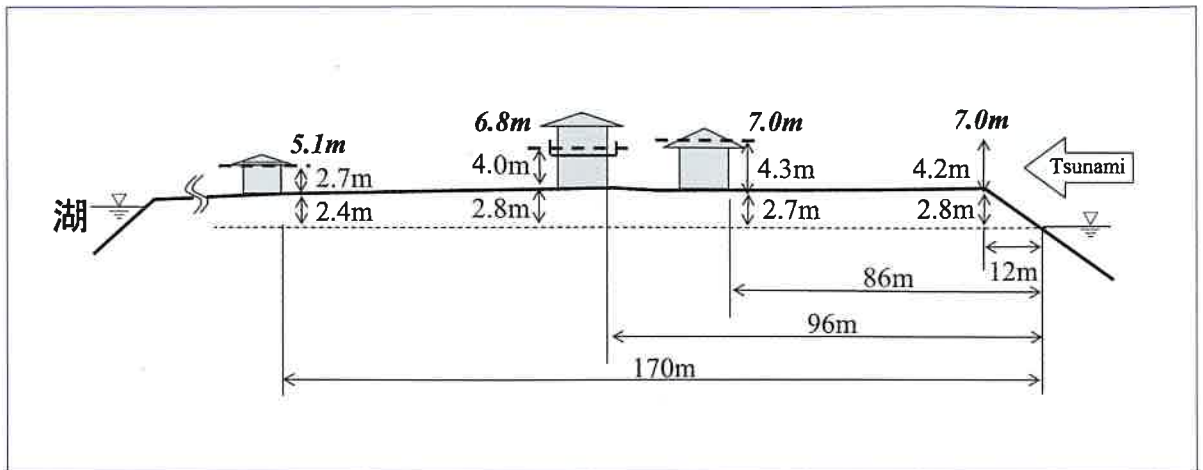
が調査域である。痕跡高の調査結果は図7に示してある。その結果を基に被害の全体像を把握するとともに、被害の発現状況が地域によって異なる要因を地形条件や土地利用条件から考察した。各調査地点ではオートレベルによる海水面を基準とした地盤高の測定と津波痕跡高の計測、およびヒアリングを含む被害状況調査を実施した。

主要な調査点の被害状況を要約すると次の通りである。

① Kirinda漁港

スリランカ東南に位置するKirinda漁港は日本のODAで建設された漁港で、津波前までは堆砂が深刻な問題となっていた。津波波源に面した位置にあることと、漁港背後が小高い地形となっているため、9.3mの津波高を記録した。また、津波の引き波によって港内に堆積していた砂のほとんどが排出されていた。

図8 Hambantotaの浸水状況の断面図



②Hambantota

東部の住宅密集地は地盤が低く背後が湖のため、津波が大きな運動エネルギーで人や家屋を湖に押し流し、大きな被害を出した(図8)。この地域だけで4,000名もの人命が失われたと考えられている。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、西部の漁港地区では海岸

の丘を津波が駆け上がり、10.6mの遡上高を残した。この津波高さはColomboからKirindaの海岸ではほぼ最高値と考えられる。

③Polhena(図7の地点2)

珊瑚礁の背後にあるこの地は国内向けのリゾートとして賑わう住宅密集地であった。海岸前面にはリーフが発達していたために津波のエネルギーが反射され、痕跡高は2.1～2.6mと低かった。しかし、この地域は平らな低地



図9 Polhenaの被害の様子

であったこともあり、水位の上昇によって、避難する時間的な余裕がなく、家の中で溺死した人が多かった(図9)。

④ GalleのGin川下流域

Galleを流れるGin川を津波が遡上し、下流域の一部で氾濫した。しかし元々雨期の氾濫原が形成されていたこともあり、大きな被害とはならなかった。地元民へのヒアリングから、周辺地域での津波来襲時刻の約2時間後にも遡上波があったことが判明した。これは流下した津波によって低下した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される。

ここスリランカでも、筆者の研究室で学位を取得した元留学生で被災地の大学に勤務する研究者との共同調査を実施することにより、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ことをここでも確認した。

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、それぞれの地域の実情に合った防災対策を今後進める上で有用な地形的、社会的な特徴についての知見を得ることができた。

の地震による津波予測図とは異なり、幾通りかの浸水予測図が作成されることになる。これらの予測図をどのように活用するかは地域の状況、個人の判断によって本来変わってくるものと考えられる。今後は提供される資料を基に、地域をどのくらいのリスクに対してどのように守っていくのか、住民が行政との協力の下、自らの問題として考え、対応していく必要がある。その際、技術的な側面からはリスクの定量化をより精密に行い、住民に提供していくという問題が今後の重要課題である。一般市民がどのように災害時に行動するべきかについて上記の予測図をもとに、地域社会において具体的に議論し、災害時の行動のイメージをあらかじめ明らかにし、住民と行政担当者が共有しておくことが、身を守るうえで大切である。

今回の津波は、インド洋沿岸域の環境に劇的な変化を与えており、現在は、日本留学経験を持つ現地研究者が調査を続け、それぞれの地域に合った防災、環境対策を立てている。彼らの防災への貢献を継続的に支援していくのが日本の国際的役割である。

4. 調査結果と津波への備え

現在、日本の海岸では津波ハザードマップの作成がほぼ完成している。しかしながらスマトラ島北西部とスリランカ南部でその被害状況が異なるように、地域によってどのような津波(地震)を想定すれば最悪の場合が想定できるのかについては異なっている。また、同一の地域でも数十年に1回動く断層運動に基づく津波予測図と400年、1000年に1回

参考文献

- 1) 柴山知也・岡安章夫・佐々木淳・鈴木崇之・松丸亮・Masimin・Zourawaty A. (2005A): 2004年スマトラ沖地震津波のインドネシア・アチェ被害調査, 海岸工学論文集, 第52巻, (2), 1371-1375.
- 2) 柴山知也・岡安章夫・Nimal Wijayaratna・佐々木淳・鈴木崇之・Ravindra Jayaratne (2005B): 2004年スマトラ沖地震津波のスリランカ南部被害調査, 海岸工学論文集, 第52巻, (2), 1401-1405.
- 3) インド洋地震津波災害調査研究グループ: 2004年12月26日インド洋地震津波(オンライン), <http://www-drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/sumatra/index-j.html>, 参照2005-5-12.