

近年発生した津波災害からの教訓

富田孝史¹, 有川太郎¹, 辰巳大介¹, 今村文彦², 藤間功司³

Takashi TOMITA¹, Taro ARIKAWA¹, Daisuke TATSUMI¹, Fumihiko IMAMURA²
and Koji FUJIMA³

¹ 独立行政法人港湾空港技術研究所アジア・太平洋沿岸防災研究センター

² 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター

³ 防衛大学校建設環境工学科

2006年以降、毎年のように世界では大きな津波災害が発生している。2006年ジャワ島南西沖地震、2007年ソロモン諸島地震、2009年サモア諸島地震、そして2010年チリ中部地震などである。それぞれの津波は水深や地形の影響を受けて特徴があるが、津波に対して脆弱な所で大きな災害が発生している。また、人的災害の多少には住民の避難が大きく影響している。これらの災害を教訓とすると、日本だけでなく世界においてこれからの津波災害を防止・軽減するためには、その地域で起こりうる災害の予測、海岸樹林帯や警報システムを含めその地域に適切な対策の整備、そして住民等の災害に対する意識と対応能力の向上を一層進展させる必要がある。

キーワード：津波、浸水、破壊、漂流物、避難

1. はじめに

21世紀に入って、アジア・太平洋地域では甚大な津波被害が頻発している。2004年インドネシア・スマトラ島沖地震によるインド洋津波、2006年インドネシア・ジャワ島南西沖地震津波、2007年ソロモン諸島地震津波、2009年サモア諸島地震津波、そして2010年2月27日のチリ中部沿岸地震津波によって多くの人命が失われ、沿岸の集落が壊滅的な被害が発生している。特に津波は、インド洋津波のように、一都市だけでなく国境を超えて広範囲に被害を及ぼす地球規模の災害である。

日本では、2万2千人が犠牲となった1896年明治三陸地震津波など、数多くの津波災害をこれまで経験してきた。近年でも、1983年日本海中部地震津波（死者・行方不明者104名）、1993年北海道南西沖地震津波（230名）および2003年十勝沖地震津波（2名）による災害を経験した。しかし、それ以降大きな津波災害は発生していない。その一方、津波警報や注意報は毎年何回か発表されている（表-1を参照）。市民の「警報なれ」が心配される。

津波防災は災害をイメージすることから始まるので、本稿では、これから起こりうる日本や世界における津波に備えるために、近年の津波災害と防災上の課題を取りまとめる。

表-1 2006年以降の津波警報と津波注意報の発表回数

年	津波警報	津波注意報	備考
2006	1	0	
2007	1	5	
2008	0	2	
2009	0	5	
2010	2	2	10月12日まで

注) 注意報の回数には警報が発表された場合を含まない。

2. これまでの津波防災への取り組み

死者・行方不明者5千人以上となった1959年伊勢湾台風による高潮災害を契機として、防災に関する最も基本的な法律である災害対策基本法が1961年に作られた。1956年には、津波、高潮等による被害から海岸を防護し、国土を保全することを目的とした海岸法が制定されており、海岸保全施設の整備によるハード対策がその後進展している。

特に、1960年チリ地震津波は、三陸や四国沿岸に大きな災害を発生させた。この災害を受けて、大船渡港などの湾口部に津波防波堤（湾口防波堤）が建設されてきている。今年、釜石港の湾口防波堤が完成し、世界最深部の防波堤としてギネスブックにも登録された。また、チリで発生した津波がハワイや日本など遠く離れた地域にも被害を及ぼしたことから、太平洋における津波防災を進めるために、ユネスコ・政府間海洋学委員会（IOC）の下に太平洋沿岸諸国が参加する太平洋津波警報組織が1968年につくられ、太平洋における津波警報を米国大気海洋局（NOAA）の津波警報センターが担うことになった。現在、太平洋沿岸で地震が発生すると津波警報（Tsunami Warning）、津波注意報（Tsunami Watch）、津波情報（Tsunami Information）が必要に応じて太平洋津波警報センター（PTWC）より発表される。さらに、2004年インド洋津波を契機として、インド洋などその他の海域においても同様な津波警報システムが検討、構築されている。

1993年北海道南西沖地震津波による奥尻島等の大災害の後には、「地域防災計画における津波対策強化の手引き」が、津波対策を行う省庁（国土庁、農水省構造改善局と水産庁、運輸省、気象庁、建設省、消防庁）の協力の下に1998年にとりまとめられた。その中では、公助に合わせて「自分の身は自分で守る」という自助や「自分のまちは自分でまもる」という共助の重要性、ハード対策とソフト対策を一体とした防災対策の必要性が盛り込まれている。さらに

手引きの別冊として「津波災害予測マニュアル」もとりまとめられ、浸水予測計算手法などが解説された。現在における津波計算の実務はこの手法が基本となっている。

2004年インド洋津波によって南アジアで発生した激甚な津波災害の直後の2005年3月には「津波対策検討委員会の提言」がとりまとめられ、日本における津波防災の現状と課題、そして緊急的及び中長期的な防災目標が整理された。緊急的に取りむく対策の一つとして津波ハザードマップの整備が取り上げられるとともに、2004年3月に内閣府（防災担当）と海岸4省庁によって「津波・高潮ハザードマップマニュアル」が発表されていたことも助けとなって、津波ハザードマップの整備が急速に進んでいる。

このようにこれまでは大きな災害を経験して防災の考え方や技術が進歩してきた。近い将来に発生すると考えられる東海地震、東南海地震、南海地震などのよる大津波に対しては、その時に後悔しないように、これまで日本や世界各地で起きた災害から起こりうる災害やその対処法を学び、準備しなければならない。

3. 近年の津波災害

(1) 2006年ジャワ島南西沖の地震津波

a) 概要

2006年7月17日15:19（現地時間）、インドネシアのジャワ島南西沖で発生したMw7.7の地震による津波は、地震発生から約20分でジャワ島南岸に到達した。図-1に示すように、約200kmの海岸に平均的に5mの大津波が来襲した。局所的には5mを超える浸水高（津波来襲時の推定天文潮位を基準にした高さ）を記録した地点も各所にある¹⁾。

b) 人的被害と避難

この地震による揺れは海岸近くでは大きくなかったと住民は言っている。さらに、この津波に対する注意喚起は、インドネシア気象庁が15:26に関係機関に連絡したが、ジャワ島南岸の住民までには伝わらなかった。したがって、住民たちは津波を見てから逃げるといった状況となり、その結果600名を超える人たちが犠牲になった。とくに、ウィダラペイ・ウェタンの海浜公園でカニ採りをしていた人たち60名が亡くなった¹⁾。

c) 浸水被害など

トンボロの上に発展したパンガンダランを襲った津波は、周辺地域と比べて特異的に高いものではないが、トンボロという地盤高の低い土地に多くの人々が住んでいたために大きな被害になった。一方、来襲津波よりも高い海岸の砂丘の背後では被害はほとんど発生しなかった。しかし、砂丘を分断する河川や道路がある所では、それらが津波の進入路になって背後地に被害を発生させた¹⁾。

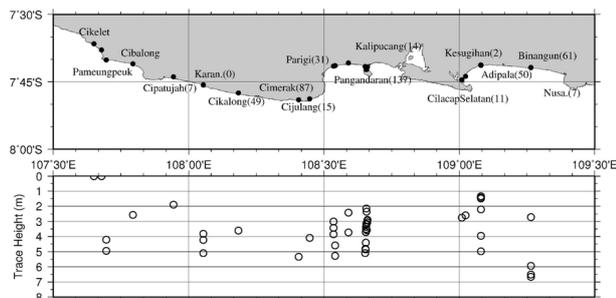


図-1 2006年ジャワ島南西沖地震によるジャワ島南岸の津波痕跡高

(2) 2007年ソロモン諸島地震津波

a) 概要

2007年4月2日7:40（現地時間）、オーストラリアの北東に位置するソロモン諸島の沖合で発生したMw8.1の地震による津波は、震源域近くのソロモン諸島の島々に20分以内に到達した。図-2は、震源近くに位置する5つの島に来襲した津波の痕跡高さを示しており、図の右側に津波の痕跡を測量した地点、左側に測量した遡上高（△印）および浸水高（○印）を示している。なお、遡上高および浸水高ともに津波来襲時の推定天文潮位を基準にした高さである。図から、震源近くの島々を襲った津波は4m以上の高さの大津波であったことが推定される²⁾。最高の遡上高はシンボ島の9mである。浸水高もシンボ島で5.2m、ギゾ島で4.6m、ベララベラ島で4.4mであった。このような大津波は沿岸にある集落を壊滅させた。図-3はギゾ島東南部のマラケラバにおける被害状況であり、海岸沿いの狭い平地にあった住居などが津波の作用により無くなっている。

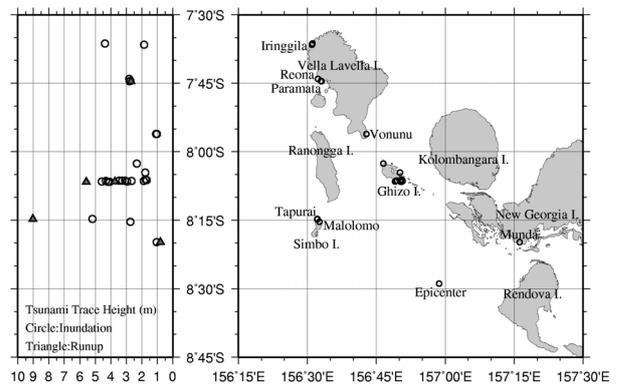


図-2 ソロモン諸島地震津波による震源近くの島々における津波遡上高および浸水高



図-3 ギゾ島マラケラバの被害

b) 人的被害と避難

この津波に対して、米国大気海洋局（NOAA）の太平洋津波警報センター（PTWC）は、地震発生から15分後にソロモン諸島とパプア・ニューギニアに津波警報と各地の津波予想到達時刻を発表した。しかし、ソロモン諸島にはこの種の情報を瞬時に住民に伝える手段が整備されていなかったため、この警報は住民にまで届くことはなかった。しかし、犠牲者は全体で52名であった。例えば、最多の犠牲者数となったギゾ島では、人口6千人に対して死者・行方不明者は33人であり、犠牲者率は0.6%であった。

避難に成功した要因は二つある。その一つは、住民たちが急いで逃げたことである。逃げる切っ掛けは地震による揺れを体感したことである。この地震は、住民のほとんどが恐怖心を抱くような大きな揺れを発生させた。住民の中には、この大きな揺れから2004年インド洋津波災害を思い出し逃げたという人たちがいた。

また、揺れに驚いて外に出たときに海面の異常を見て、2004年インド洋津波や「海が異常に引いたら丘へ逃げなさい」という伝承の記憶から逃げ始めた人たちも少なくない。このように、異常な体験を切っ掛けとしながら災害の記憶や知識に促されて避難している。

もう一つの要因は、居住地域の直ぐ近くに避難する高所があったことである。海面の異常を見てから逃げる場合、避難に費やすことのできる時間は極めて短い。したがって、避難するための場所が近くにあることが避難成功のためには不可欠である。前出の図-3に例示したように、大きな津波に襲われた島々では、海岸に面した平地は狭く、すぐ背後が丘陵地になっていた。この地形特性が素早く高所に避難することを助けた。さらに、ソロモン諸島の伝統的な家屋形式である高床式住居に津波の流れの中を逃げ込んで助かった人もいた。細い脚の上に住居を乗せる形式の家屋なので地震動には弱いですが、地震の揺れに耐えるような家屋にすれば避難場所にもなりうることが実証された。

一方、ギゾ島の中のティティアナ村だけに着目すると、人口520人に対して死者数は13人だったので犠牲者率は2.5%に達した。この比率は、インド洋津波に襲われたスリランカのアンパラ県における2%（犠牲者数1万人）に匹敵する。犠牲者が多くなった理由の一つは、ティティアナはキリバスからの移民による村であったために、前述した「海が異常に引いたら丘へ逃げよ」という伝承が伝わっていなかったことである。さらに、犠牲者の半数以上が津波により海が引いた際に海に魚を採りに出た子供たちであることから、インド洋津波の経験が子供にまで伝わっていなかった可能性もある。

c) 浸水被害など

図-4は、9mの遡上があったシンボ島タプライの平地部で唯一残った建物である²⁾。この高床式住居の脚部には津波で流された木の皮などが巻きついていて、津波がこの住居の下を流れたことは確かである。この建物が丘陵地のすそ野部にあって地盤が高かったことと長い脚部があったことが流失被害を防いだと考えられる、すなわち、建物の建っている場所とその形式が津波防災で考慮すべき事項の一つである。



図-4 シンボ島タプライにおいて残存した高床式住居

地盤高の差異によって発生する被害の程度に差が出る。ことが、ベララベラ島にあるパラマタとレオナという隣接した村の被害を比較から明確になった。二つの村は、図-5に示すように、図の下方から来襲した津波に対してそれらの前面海域やサンゴ礁の状況は似ており、さらに津波による浸水高はパラマタが2.7m、レオナが2.8mであったので、ほぼ同じ高さの津波が来襲したと考えられる。しかし、建物被害の状況は異なった。パラマタでは、全壊や流失した建物はなく、浸水により床部が浮きあがったことによる損傷など部分的な建物被害であった。一方、レオナでは、津波により50m流された木造の高床式住居の住居部、流失は免れたもののほとんどの壁面が無くなった高床式住居などがあつた。パラマタとレオナを比較して、建物の構造、高床式住居の床下高、海岸線から建物までの距離に大きな違いは無いが、地盤高はパラマタが1.8m以上であったのに対し、レオナが1.1mであった。地盤高が0.7m低かったレオナで被害程度が厳しくなった反面、地盤が高いことがパラマタの被害程度を低くしたと考えられる²⁾。

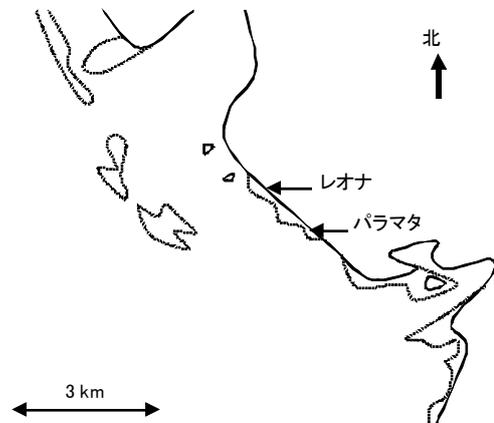


図-5 ベララベラ島パラマタとレオナ周辺の衛星写真のトレース（実線が海岸線、点線がサンゴ礁を示す）

(3) 2007年南スマトラ地震津波

a) 概要

2007年9月12日18:10（現地時間）、インドネシア・スマトラ島南部沖で発生したMw8.5の地震による津波は、スマトラ島南部の西海岸に浸水被害を及ぼした。沿岸における津波の遡上高さは2~4m程度であり、津波の波源域の中心に面するセランガイでは、津波エネルギーの指向性やポケットビーチ状の海岸地形により津波が増幅し、4.1mの浸水高となった。この津波により木造家屋が押し流されるなどの被害が発生した^{3),4)}。

b) 人的被害と避難

ヒアリング調査³⁾によると、強い地震動の後に住民は迅速に避難したようである。その結果、津波による犠牲者はゼロとなった。この背景には、2004年インド洋津波の後に行われたメディアなどを通じた啓発によって住民の津波に対する意識向上がある。

ただし、パンタイインダにおける住民の証言⁴⁾によると、2004年インド洋津波の被災状況の報道を通じて、津波の恐ろしさを知っていたため、地震の揺れを感じたときに津波が来襲すると考え、逃げようと思った。しかし、どのように逃げれば良いのか、また、どこに逃げれば良いのか分からなかった。とにかく海から離れなければならないと感じたそうである。この避難行動は、知識の普及だけでなく、避難訓練などの実践の重要性を示唆している。パンタイ

ンダのほとんどの住民は、徒歩もしくはバイクで、内陸4～5kmまで避難したようである。なかには、バイクによるピストン輸送で、高齢の家族や子供を避難させた住民もいた。このように時間を要する避難行動によっても避難が成功したのは、まず津波の第1波は足首程度に浅かったために津波の浸水の中を避難することができたこと、さらに住民の避難完了の後に最大波が来襲したことが幸いしている。

(4) 2006年/2007年千島列島地震津波

a) 概要

2006年11月15日20:15（日本時間）、千島列島沖でMw8.3の地震が発生した。これによる津波は日本に来襲し、例えば北海道や東北地方の太平洋沿岸には地震から1～2時間後に第1波目が到達した。観測された最大の津波は三宅島で地震後約8時間たった16日4:09に現れた84cmである。

これと同じような海域で再び、2007年1月13日13:23（日本時間）にMw8.1の地震が発生し、津波を生じさせた。この津波も11月の津波と同様に、第1波目は地震後1～2時間たって北海道および東北地方の太平洋沿岸に到達した。最大の観測津波も三宅島の43cmであり、地震後約8時間経った同日21:21時に発生した。このような到達時刻の比較から、津波の伝播特性は、11月の津波も1月の津波も同様であったと考えられる。なお、津波の第1波の到達から数時間が経って日本に到達した津波は、陸棚上を多重反射しながら伝播するエッジ波だけでなく、波源域から太平洋を南下して天皇海山列にぶつかり、そこから反射して日本に到達した津波もあることが数値解析により明らかにされている⁵⁾。

b) 人的被害と避難

11月および1月の地震それぞれにおいて、気象庁は津波警報や注意報を発表して警戒を促した。これと合わせて地方自治体も避難指示や勧告を発令して、住民の避難を図った。しかし、消防庁の調査⁶⁾から、避難率は高くなかったことが判明している。表-2に示すように、11月の津波のときには、津波警報と避難指示が出された地域の避難率は74.2%と高かったが、それ以外の津波警報と避難勧告の地域では12.8%、津波注意報と避難指示の地域では0.4%、津波注意報と避難勧告の地域では5.0%と低く、全てを合計した避難率は11.4%であった。1月の津波のときには、避難指示は出されておらず、津波警報と避難勧告の地域では8.7%、津波注意報と避難勧告の地域では2.9%となり、合計で7.9%の避難率になった。全体および同じ地域区分（津波警報と避難勧告の地域および津波注意報と避難勧告の地域）における比較ともに、11月に比べて1月の方が、避難率が低下していることが懸念される。

11月の津波の時の北海道における住民の避難行動に関する詳細なアンケート調査⁷⁾によると、避難すべき人のうち57.4%の人が避難しなかった。避難しなかった理由は、身に危険が及ぶような津波は来ないと思ったから、予想さ

表-2 2006年11月および2007年1月の千島列島沖地震津波の際の避難率

防災情報		2006年11月	2007年1月
津波警報	避難指示	74.2	-
津波警報	避難勧告	12.8	8.7
津波注意報	避難指示	0.4	-
津波注意報	避難勧告	5.0	2.9
合計		11.4	7.9

れる津波の高さが1mまたは2m程度だったからなどであった。なお、避難率が、消防庁の結果と違うのは、この調査では避難所に行かず別の場所に避難した人なども避難者数にカウントしているからである。

(5) 2009年サモア諸島地震津波

a) 概要

2009年9月29日6:48（現地時間）、サモアのウポル島南方約190kmで発生したMw8.1の地震による津波は、サモアや米領サモアに大きな津波被害を及ぼした。図-6はサモアにおける津波の遡上高および浸水高を示したものである⁸⁾。最大遡上高は13.2mであり、東部の方が西部よりも高くなっている。浸水高も同様に南東部で8～9m、南西部では5mである。この津波により南岸に大きな被害が発生した（図-7を参照）。一方、北岸にはほとんど被害が発生していない。

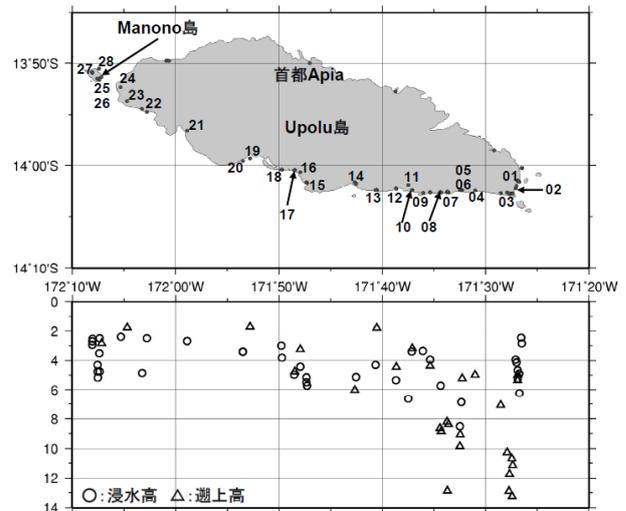


図-6 2009年サモア諸島地震津波によるサモアにおける津波遡上高及び浸水高



図-7 2009年サモア諸島地震津波によるサモア・ウポル島ババウ（図-6中の07地点）の被害

b) 人的被害と避難

南海岸の東から西にわたって13人の住民からヒアリングした結果⁸⁾によると、地震の発生から津波の来襲まで5分程度以下という人が多かった。しかし、震源域の位置から推定されるサモア南岸に津波が到達する時刻は、地震から10～15分後であるので、住民の証言とは若干の差異がある。

サモアにおける津波警報の住民への伝達は、まず政府から教会に伝達され、教会は鐘を鳴らして住民に伝えるという手段であり、事前に準備されていた。しかし、ヒアリングした住民のほとんどは、津波を見たから避難したと回答している。なかには津波来襲に伴う異常な音を聞いたと答えた人もいる。すなわち、このときには警報はうまく機能したとは言いがたいようである。ただし、事前に行っていた避難訓練は役立っており、早く高い所に逃げるという意識は住民に形成されていた。

(6) 2010年チリ地震津波

a) 概要

2010年2月27日3:34（現地時間）、チリ中部沿岸でMw8.8の地震とそれに伴う津波が発生した。チリの沖合にはナスカプレートが南アメリカプレートの下に潜り込むプレート境界があり、日本と同様に繰り返し地震と津波が発生している。2010年の地震の震源域は1960年のMw9.5の地震のすぐ北側に位置し、約80年周期で繰り返し地震が発生している地域である。

検潮所の記録によると、津波の波源域に近いタルカワノやバルパライソには地震発生から約20分後に津波が到達した。津波の第1波はタルカワノを除いて押し波初動であった。また多くの地域における住民の話では、最大波は第1波ではなく、それ以降の波であった。例えば、沿岸のまちが壊滅したディチャットでは第4波目であったという住民の証言がある。

津波の高さは、図-8に示すように、チリ本土沿岸では平均的に5～8mであり、最大の遡上高さはコンスティテューションの28mである⁹⁾。浸水高はロビンソンクルーソー島で14.7m、チリ本土沿岸でもペリウモにおいて9.7m、ディチャットにおいて9.2mとなった^{10), 11)}。

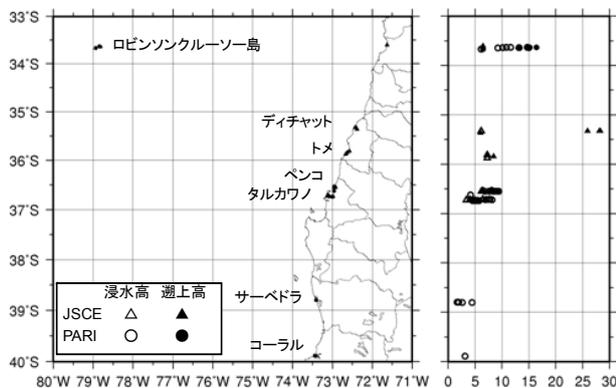


図-8 2010年チリ地震津波によるチリ沿岸における津波遡上高及び浸水高

チリで津波警報の発表を担当する機関（SHOA）は、警報を地震発生から17分後の3:51に発表した。しかし、4:49に住民に対して警報などの情報を伝達する機関（ONEMI）に、潮位観測記録などに基づいて被害を伴う津波は発生しないと伝え、4:56に津波警報を解除した¹¹⁾。しかし、それ以降に大きな津波が来襲して各地に被害を及ぼした。

b) 人的被害と避難

コリウモ湾の湾口から沖合が見通せる海岸に沿って発展したディチャット（後出の図-14を参照）は、人口4千人程度であるが海洋性リゾート地であるために夏季には一万人にも達するまちである。津波来襲時も夏季休暇の終わりの週末であり、多くの観光客がいた。ここでの浸水高は

8～9mであった。津波の第1波の到達は地震から40～50分であり、最大の津波は第4波目で7時半頃に来襲したとの住民の証言がある。

住民からのヒアリングによると、津波警報を聞かなかったが、地震後速やかに丘陵地に避難した人が多かった。その中には、1960年の津波被害の経験に基づいて迅速な避難を行った人が少なからずいた。ディチャットは、1960年チリ地震津波の際にも浸水しており、その時の被害程度は今回よりも小さかったが、その災害を記憶している人が多く残っていた。それらの人に促されて避難した住民もいる。

一方、観光客のような外来者には、避難しない人やどこに避難したら良いのか分からない人が多かったようである。また、住民、観光客ともに車で逃げた人が少なからずおり、道路渋滞を引き起こした。渋滞を避けようとして避難路が分からなくなった外来者の車が右往左往している様子が避難途中の住民により目撃されている。さらに、車に乗ったまま津波に流される人も目撃されている。

また、いったん丘陵地に逃げた人のなかにも津波警報の解除を知り、丘陵地を降りた人がいた。そのような人たちの中に、その後来襲した津波の犠牲になった人がいる。

ロビンソンクルーソー島では、600人ほどの住人の内16人が犠牲となり、死亡率は約2.7%であった。避難した人の中には、地震後に海の異変に気付いて逃げた人もいる。ここでは津波の第1、2波は大きくなく第3波目が大きかったが、第3波の到達は第1、2波から10～20分と短かった。このため、海岸に面した平地に広がった居住地のすぐ背後にある山や崖に逃げれば助かったかもしれないが、道路を通して丘陵地に逃げようとした人たちが津波に飲み込まれた。ただし、一度津波に流された人たちの中にもボートで助け出された人がいる¹¹⁾。

c) 浸水被害など

2010年チリ地震津波災害で特筆すべきは大規模なコンテナ流出である。タルカワノ港では約680個のコンテナが流出し、その内の7割が陸上を流れ、残り3割が海上に流出した（図-9を参照）。陸上を漂流したコンテナは鉄筋コンクリートの建物に衝突して、建物に損傷を与えた。

今回漂流したコンテナの多くは空の40ftコンテナであった。その重量は3～4tであるので、喫水深さは9.9～13.4cmである。タルカワノ港における津波の浸水深（地面を基準とした深さ）は3mであるので、4段積み（現地調査時に積んであった段数）のコンテナでも容易に浮遊させる



図-9 タルカワノ港におけるコンテナ流出被害（国際赤十字・赤新月社連盟の写真）

ことができる。実際、被災直後の写真を見ると、数は多くないが2段積みや3段積みの状態で鉄筋コンクリートの建物にぶつかって止まっているコンテナがあった。もしコンテナが満載で所定の最大総重量の 30.48t であれば、喫水深さは 1.05m になる。この場合でも、3m の浸水深の津波に対して浮遊しないようにするためには 3 段以上積み上げなければならない。また、海上を漂流したコンテナの一部は、コンテナ埠頭から約 5 km 離れた海岸にも打ち上げられていた。漂流したコンテナは、港外に出て遠く離れた海岸にまで打ち上がることが実証された (図-10 を参照)。

また、ディチャットでは地盤高の差異により被害程度に差異が出た。浸水高が海岸から約 500m 内陸に入った地点でも海岸付近と同様な高さであったので、津波は段波状ではなく速く水位上昇する潮汐のような状態で来襲したと考えられる。まちの中心部にはまちを横断するように河川が流れており (図-11 中の太い点線)、その周囲は低平地になっている。まちの被害状況から判断すると、津波は主にこの河川に沿って、河川周囲の低平地に流れ込んだと思われる。この津波により、図-12 に示す測線 L2 では、低平地において 4m の浸水深になった場所もあり、そこではほとんどの建物は全壊となった。一方、図-13 に示す測線 L1 では、海岸から約 180m しか離れていなくても地盤高が 7m あるところでは浸水深は 1m 程度と低く、そこでは建物に構造的に大きな被害は発生せず、図-11 に示すように被災後の写真にも人家が残っている。

また、図-14 に示したトゥンベス半島を挟んで隣り合うコンセプション湾とサンビセンテ湾でも津波被害の程度

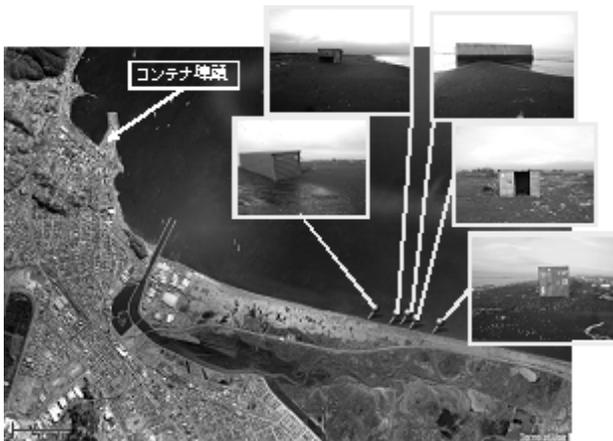


図-10 タルカワノ沿岸に漂着したコンテナの一部

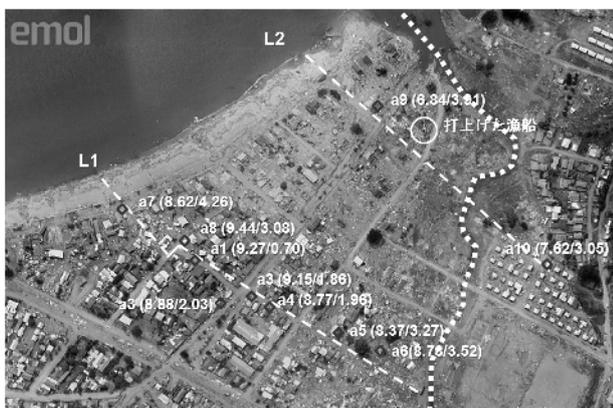


図-11 ディチャットの被災

に差が生じた。コンセプション湾では、前述したようなタルカワノ港の被害や、ベンコにおいても浸水高が 8.1m となって建物損傷などの被害が発生した。一方、サンビセンテ湾の湾岸に位置するワチパト (太平洋) 製鉄所では、津波被害は発生しなかったという証言を製鉄所の職員から得ている。図-15 に示したのは津波後の製鉄所の栈橋であり、この栈橋を含めて製鉄所には津波は遡上していない。地盤高が 5m 以上と高かったことが、津波被害が無かったことの一因である。しかし、タルカワノ港と同程度の 7~8m の浸水深を引き起こす津波が来襲していれば、この地盤高でも浸水することになるので、サンビセンテ湾に来襲した津波はタルカワノ港に来襲した津波よりも低かったと推定できる。これは、津波の来襲方向や局所地形に影響されて津波高が変化することによって、隣り合う湾であっ

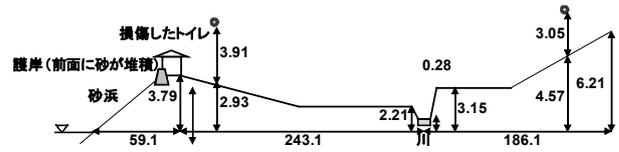


図-12 測線L2 (図-11中) の縦断面と津波痕跡 (○印)

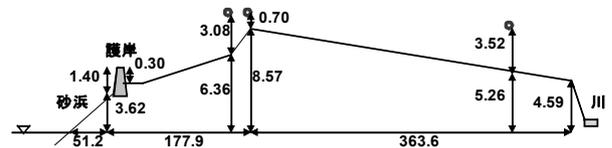


図-13 測線L1 (図-11中) の縦断面と津波痕跡 (○印)

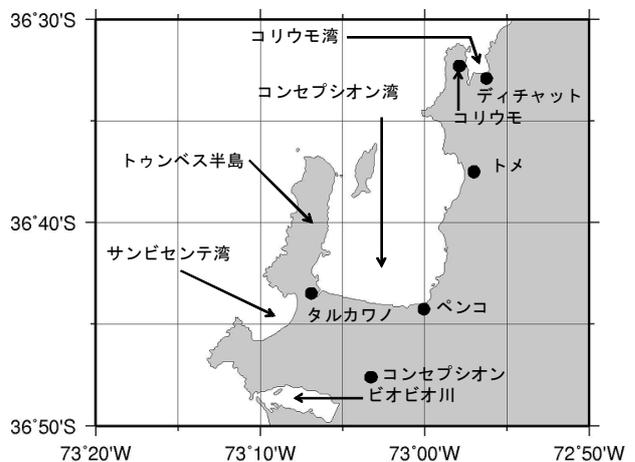


図-14 コンセプション湾とサンビセンテ湾

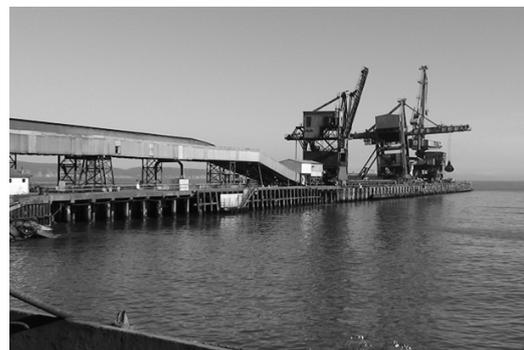


図-15 津波が遡上しなかったワチパト製鉄所の栈橋

ても被害が大きく異なった例である。詳細についてはサンピセンテ湾やその前面における水深分布を調査する必要がある。

4. 近年の津波からの教訓

(1) 人的被害の軽減

2006年以降の津波災害では、多くの住民は津波警報を聞いて避難するのではなく、地震の揺れや津波の来襲を感じ、そして過去の経験や教わった知識に照らし合わせて避難を開始している。例えば、ソロモン諸島では2004年インド洋津波に関する知識や先人からの伝承、スマトラ島でも2004年インド洋津波の経験が住民の避難に結びついている。このことから津波に対する知識の普及のための防災教育の重要性が指摘できる。ティティアナのように知識のない子供が犠牲になったこと考えると、子供にも分かるように津波の知識を伝える必要があるとともに、被害イメージがわくように具体的に示す必要がある。

また、津波の到達を見てから逃げる人も少なくないことを考えると、短い時間で安全な場所に避難できるように居住地等の中あるいは近くに避難場所（高所）を整備することが重要である。図-16は、1993年北海道南西沖地震で大きな被害が発生した青苗漁港に整備されたピロティー形式の人工地盤である。これは、津波来襲時に漁港で作業等している人たちが速やかに高所に避難し、さらに防潮堤で守られた漁港背後地域に逃げられるように整備されたものである。屋上部は平常時には漁業活動に使用さできるようになっていて、また、図-17は、速やかな高所への避難が難しい居住地域内に整備された簡易式の緊急避難施設の例である。このような施設は緊急的な避難対策の良い例である。

津波警報は基本的に重要な情報である。最近では、緊急地震速報の結果を利用して最速で2分以内に津波警報等が発表できるようになり、さらにGPS波浪計による沖合観測情報も発表されるようになってきている。2010年チリ地震津波の際にも気象庁は津波警報や注意報を発表して注意を呼び掛けた。表-3はその時に予報された津波高と津波後の現



図-16 北海道青苗漁港の人工地盤



図-17 居住地内の緊急避難施設（和歌山県串本町の例）

表-3 2010年チリ地震津波の日本沿岸における津波高の予報値と現地観測結果

県	予報値	現地調査結果
岩手	3 m	1.2 m (久慈)
		2.1 m (宮古)
		1.2 m (大槌)
		1.3 m (長谷)
宮城	3 m	1.5 m (気仙沼)
茨城	2 m	1.7 m (大洗)
和歌山	1 m	1.0 m (串本)
高知	2 m	1.9 m (須崎)

地調査から明らかになった津波高を比較したものである。予報値が実際と良く合っていることが分かる。なお、現地調査の値は、津波研究者らのメーリングリストおよび海岸工学者らのメーリングリストに現地調査を行った研究者などから報告された値である。

一方、予想された津波の到達時刻は実際よりも数十分早かった。著者らもそれぞれの津波計算モデルを使って津波の再現を行っているが、気象庁の予測と同様に、到達時間は実際よりも数十分早い結果となった。この現象については今後も検討していく所存である。

このように技術の進歩により警報等の発表の短時間化と精度向上が進められている一方で、2006年および2007年千島列島沖地震津波の際の避難率に例示されるように、警報等が発表されても避難しない人が多いという課題がある。ただし、津波警報と避難指示がともに発表された地域においては避難率が高かったことを考えると、避難促進のためには、住民に危険を意識させることが重要であるように思う。そのためには、津波の高さなどの予測値とそれにより生じる浸水などの被害を具体的に結び付け、住民に被害を意識させるような工夫も必要であろう。

(2) 浸水被害などの低減

津波による浸水などの被害は、その地域における脆弱なところから始まる。したがって、低平地には重要施設や居住地などを極力配置しない工夫が必要である。

また、防波堤が2010年チリ地震津波の低減に貢献したことが東北地方整備局の試算¹²⁾から示されている。1960年チリ地震津波の災害を契機として建設された大船渡港や釜石港の湾口防波堤は、津波高さをそれぞれ5割および2割低減させたことが、防波堤のない条件で計算した結果との比較から示されている。防波堤の建設には費用と時間がかかるが、地域の防災力の向上に貢献する対策である。

今後の解決すべき課題は、漂流物対策である。2重、3重に重なって押し寄せるコンテナ等の流出を防止するための対策が必要である。さらに、海上に流出したコンテナ等の漂流物の数が多いほど、その回収に要する時間が長くなる。その間は港の使用はできないので、被災地域の救援や早期復旧の支障になる。このような漂流物被害を防除・軽減するためには、流出させない対策に加えて浮遊・水没した漂流物を速やかに回収する技術の開発も不可欠である。

5. おわりに

津波災害は、波源域の広さや海底地形などによって特徴づけられる来襲津波の特性だけでなく、地域の地形的、社会・経済的、文化・文明的な特性によっても変化する。し

たがって、日本やその他世界で起こった津波災害を調査研究し、その発生原因やメカニズムを解明し、次の被害予測につなげることが重要である。さらに、その被害予測結果を生じさせないような防災対策や体制を構築して、津波に強い地域づくりを進める必要がある。とくに発展途上国の津波災害の犠牲者の多くは子供や女性であるので、予測結果を子供にも分かるように説明し、津波に強い住民づくりにも努めなければならない。

参考文献

- 1) 辰巳大介・藤間功司・Subandono Diposaptono・富田孝史・高橋重雄: 2006年ジャワ島津波の現地被害調査報告, 港湾空港技術研究所資料, No. 1157, 37 p., 2007.
- 2) 富田孝史・有川太郎・辰巳大介・本多和彦・東野洋司・渡辺一也: 2007年ソロモン諸島津波の現地調査報告, 港湾空港技術研究所資料, No. 1179, 41 p., 2008.
- 3) アイダンオメル・今村文彦・鈴木友治: 2007年9月12日インドネシア南スマトラ地震とその津波による地震動・津波による構造物・地盤の被害調査速報の概要について, 日本地震工学会, 地震報告, 日本地震工学会ホームページ(http://www.jaee.gr.jp/disaster/2007/2007sumatra/report_sumatra.pdf), 2008.
- 4) 本多和彦・東野洋司: スマトラ島南西沖の地震による津波被害に関する合同現地調査結果の報告【速報】, 国土交通省ホームページ(http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/11/110925_.html), 2009.
- 5) 越村俊一・宗本金吾・大家隆之・柳沢英明・阿部郁男・今村文彦: 2006年千島列島沖地震津波の伝播特性における天皇海山列の影響評価, 海岸工学論文集, 第54巻, pp. 171-175, 2007.
- 6) 総務省消防庁: 千島列島を震源とする地震による津波に対する地方公共団体の対応状況及び今後の対応, 府政防第60号・消防災第48号, 2007.
- 7) 群馬大学大学院工学研究科片田研究室: 平成18年11月15日千島列島の地震における北海道の行政と住民の津波対応に関する調査報告書, 2008.
- 8) 有川太郎・辰巳大介・松崎義孝・富田孝史: 2009年サモア諸島津波の現地調査, 湾空港技術研究所資料, No. 1211, 26 p., 2010.
- 9) 今村文彦・藤間功司・有川太郎: 2010年チリ地震津波の被害調査速報, 自然災害科学, Vol. 29, No. 1, pp. 97-103, 2010.
- 10) Matsutomi, H. Harada, K., Ogasawara, T., and Kataoka, S: Preliminary field survey report of the 2010 Chile earthquake tsunami, 日本地震工学会津波委員会「チリ中部地震津波調査」, 日本地震工学会ホームページ(<http://www.jaee.gr.jp/disaster/2010/2010chile.html>).
- 11) 高橋重雄・菅野高弘・富田孝史・有川太郎・辰巳大介・加島寛章・村田進・松岡義博・中村友昭: 2010年チリ地震・津波による港湾・海岸の被害に関する調査報告書, 湾空港技術研究所資料, 印刷中, 2010.
- 12) 東北地方整備局釜石港湾事務所・仙台港湾空港技術調査事務所: 2010年チリ地震津波湾口防波堤の効果を確認, 平成22年4月16日記者発表資料 (<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/sendaiigicho/topics/22/topics100416>), 2010.