

津波や高潮災害に対する地域防災力を高める～2004年インド洋大津波などを例として～

関西大学特別任命教授・社会安全研究センター長 京都大学工学博士 河田 恵昭
(京都大学名誉教授・関西大学名誉教授)

なぜ津波や高潮災害では多数の住民が犠牲になるのか

わが国で、過去1,500年間にわたって、死者が千人以上となったと考えられる巨大災害は、99回起こっており¹⁾、津波、高潮、洪水、地震がそれぞれ20から30回発生しています。そこで、ここでは津波を中心に高潮を含め世界的な巨大災害事例を取り上げ、地域防災力について解説しましょう。国連の発表した20世紀後半における自然災害死者数をみると、最大の犠牲者はバングラデシュの高潮災害で記録されています。図1は1960年以降、1986年までの記録を图示したものです²⁾。来襲した高潮の潮位が高くなると、住民の死亡リスクが単調に増えることがわかります。つまり、社会の防災力がほとんどない状態では、被害は外力の大きさとしての高潮の高さに支配されることがよく分かります。1991年バングラデシュ・高潮災害では、約14万8千人が犠牲になりました。筆者はその調査団に加わり、現地調査を実施しました³⁾。遺体が高い木の梢に放置されている光景を忘れることはできません。2004年にはインドネシア・スマトラ沖地震・津波（一般にインド洋大津波と呼ばれるので、ここではこれを用いることにします）が起こり、表1のように、津波犠牲者は約22万6千人以上を数えました⁴⁾。この災害の国際調査隊の隊長も務め、直後にスリランカに行きました。最大の教訓は、大津波が来襲した地域住民のほとんどすべてが、そもそも津波とはどういうものかを知らなかったことです。だから避難しないのです。たとえば、1992年インドネシア・フローレス島の津波⁵⁾でも約2千人が犠牲になりました。津波が水深の浅い海岸近くに来た時、海底の砂や石を動かしますので、ゴロゴロとかザーという大きな音が響くことがあります。でも、住民は飛行機が近づいてきたと誤解して、避難しませんでした。1998年パプアニューギニア津波でも約3千人の住民が犠牲になりました⁶⁾。住民はイエスキリストの怒りに触れて『大きな波』（実際は津波）が襲ったと信じていました。これでは避難をしないのです。今度は、わが国の例です。13年前に起こった東日本大震災の時の事情も同じです。この地震が起こって最初に津波が来た岩手県沿岸部でも、地震後約30分、仙台市でも約50分も避難するための時間はありました。必死に避難しておればほとんどの住民が助かったのです。マスメディアが伝

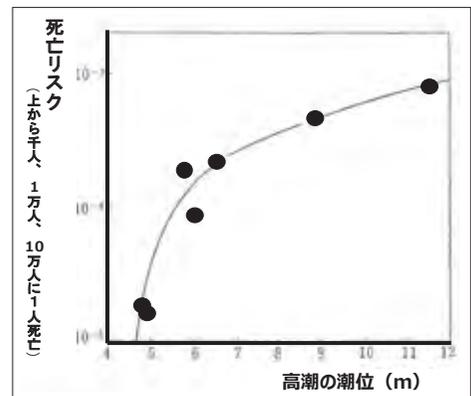


図1 バングラデシュにおける高潮災害の死亡リスク（1960年～1986年）

国・地域	死者 (人)	行方不明者 (人)
インドネシア	131,029	37,063
スリランカ	31,229	5,637
インド	12,407	—
タイ	5,395	3,071
モルディブ	83	0
マレーシア	68	0
ミャンマー	60-80	—
バングラデシュ	2	—
ソマリア	300	—
タンザニア	10	—
セーシェル	1	—
ケニア	1	—
合計	180,525	45,771

表1 2004年インド洋大津波における各国の犠牲者数（国連発表）

えたように、想定外の巨大な津波だったから沢山の住民が亡くなったというのは正確ではありません。沿岸住民の約27%がすぐに津波避難しなかったことがわかっています。図2は、それを証明しています。この原因は、社会現象としての『相転移』が起こったことが、最近の研究で明らかになりました⁷⁾。詳しく説明しましょう。1896年明治三陸津波（死者約2万2千人）、1933年昭和三陸津波（死者約3千人）、2011年東日本大震災（死者約2万2千人、ただし、災害関連死を含む）の時の岩手県宮古市田老地区（旧田老町）の住民の死亡率を示しています。3つのデータが1本の曲線上に位置しているのは、同じ理由で犠牲者が出ていた証拠です。『津波はやってこない。だから命を失うはずがない』と考える住民を早く避難させることは至難の技です。だから、この震災では、住民を避難誘導しようとした消防職員や消防団員の多くが犠牲になりました。殉職した27名の消防職員、254名の消防団員（消防白書による）の尊い犠牲が生じた主たる原因となっています。防災・減災活動では、住民の災害に対する基礎知識がなければ、あるいは防災意識が低ければ地域防災を進めることはとても困難です。

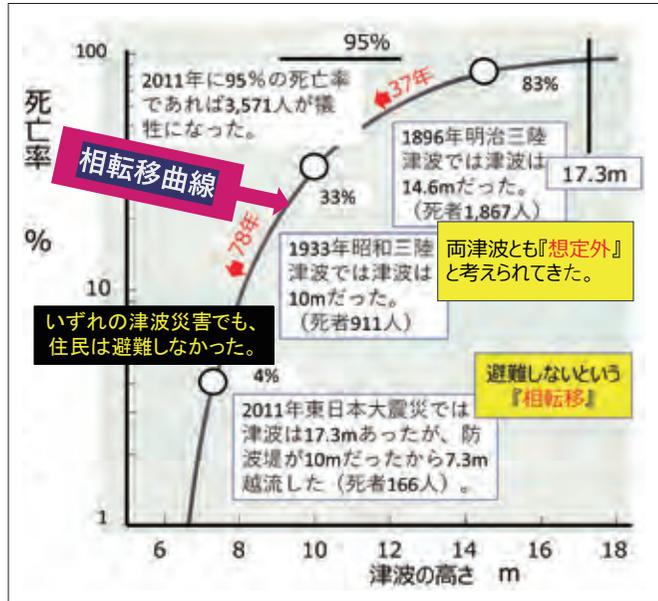


図2 宮古市田老地区（旧田老町）で発生した明治、昭和、平成三陸津波における津波の高さと死亡率の関係（「津波避難しない」という相転移が発生したことを示す）

インド洋大津波の実態と被害

2004年12月26日午前8時頃（現地時間）に発生したインドネシア スマトラ沖地震（M9.1）は、東側のユーラシアプレートと西側のインド・オーストラリアプレートの境界でのプレート間（境界）の逆断層地震であり、余震観測結果から震源域は南北約千キロメートル以上にも達し、世界最大級の規模となりました。地震で生じた津波は、直後にインドネシア沿岸を襲い、その後、タイ、マレーシア、バングラディッシュ、さらにはインド東岸、スリランカ（波源から1,600km）にも達しました。驚くべきことに、アフリカ（波源から約6,000km）および南極にも来襲しました。図3は、津波の第1波の等時ライン（同じ時刻でどこまで津波の第1波が伝播していたのかを示す線）を示します。

地震発生から2ヶ月経過しても避難

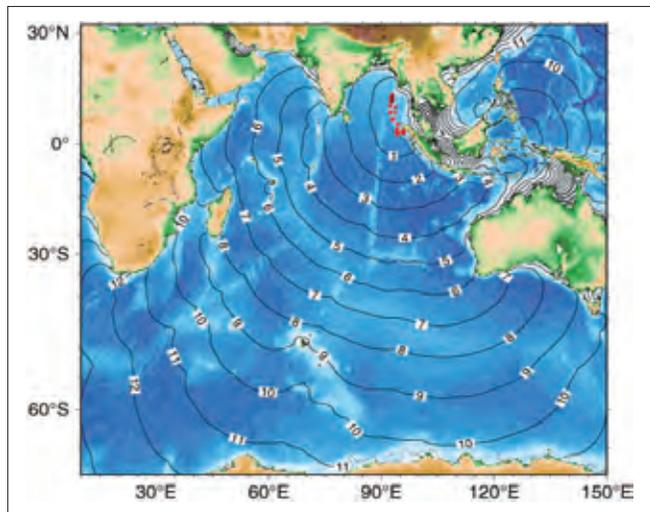


図3 インド洋大津波の第1波来襲の等時曲線

者数は150万人（インドネシアだけで60万人）に達していました。記録に残っている世界の津波災害の中でも最悪となりました。インド洋全域に伝播した大津波は、1883年インドネシアのクラカタウ火山噴火に伴う津波（約3万6千人死亡）以後、なかったことがわかっています。地震のほかに火山噴火でも津波は発生するのです。インド洋沿岸諸国の住民にとっては、100年以上も津波災害を経験したことがないので（後述するインドネシアのシムル島では過去に経験があったそうです）、津波に関する知識が皆無に近かったと言えます。

津波の発生

震源の西側のインド洋は平均水深が約4,000mであり、そこでの津波の伝播速度は時速720kmに達し、僅か2時間でインドの東沿岸やスリランカに到達します。一方、東のアンダマン海では、平均水深が400mであり、伝播速度は時速200km以下になります。タイやマレーシアにも2時間程度で津波が到達しました。このような数値シミュレーションから詳細な情報が得られますが、実際の現地データと照らし合わせて、その再現性の確認をしなければなりません。特に、今回のような巨大地震による津波の発生メカニズムを従来の理論で説明できるかどうかは、科学的な関心事でしたが、発生当初にはよくわかりませんでした。なお、大きな問題が1つ残ります。それはインド洋の海図（海底の地形図）の海域毎の精度が悪く、しかも一定でないことです。インド洋全域の海図は、特定の沿岸域、港湾部分を除いておよそ70年以上前にイギリス海軍が作成したものです。そのため、津波の数値シミュレーション結果も高精度とは言えないのです。これでは、住民に対する説得力は低いのです（津波の計算はできるが精度は悪いと言えば、信頼されなくなります）。

津波と被害の特徴

被害の発生したインド洋沿岸諸国はすべて途上国であり、地震計や潮位計の設置台数も少なく、震度の推定はもとより、津波高に関しても自動的に求められるようなものは皆無に近かったのです。だから、被災国からの被害報告は、直後は無く、もっぱらメディアを通じた被害映像に頼らざるを得なかったのです。発生から2ヶ月経過した時点でも、犠牲者に関する数字でさえほとんどの被災国で確定していませんでした。唯一の科学的調査は、直後に実施されたわが国の文部科学省による国際的な突発災害調査（プロジェクト名：平成16年12月26日に発生したスマトラ島沖地震津波災害の全体像の解明、研究代表者：京都大学防災研究所巨大災害研究センター 河田恵昭）だけでした。ここでは、被害調査結果の概要は、死者数の多かったインドネシアとスリランカ、観光客の犠牲の多かったタイについて報告しましょう。

インドネシア：今回最も被害の大きかった地域は、スマトラ島であり、強震動と突然の大津波の来襲により沿岸地域は壊滅に近い状態で、約17万人が犠牲になりました。震源から最短80kmしか離れておらず、津波の第1波は15分前後で来襲しました。最大の津波高は、48.9mで世界記録でした。

スリランカ：東部、南部の海岸沿いのほか、島陰に当る南西部のコロンボ以南でも被害が出るなど、死者は約4万人を



写真1 スリランカ・ヒッカドアで津波によって脱線転覆した列車



写真2 タイ・カオラックで津波によって破壊された沿岸のホテル

数えました。海岸沿いでは大部分がレンガ造の住宅からなる集落が津波で丸ごとなぎ倒されたように破壊されました。写真1は、南西部海岸のヒッカドアで10両連結の列車が高さ10mの津波に襲われ、少なくとも約千名の乗客が犠牲になりました。

タイ：地震後約2時間で津波が来襲しました。第1波は引き波で始まりましたが、それほど大きくなく、第2波が最も大きく第3波と続きました。現地時間で午前10時頃の来襲となったため、海岸リゾートで水泳などを楽しんでいた海外からの観光客や地元住民が犠牲になりました。写真2はホテルの3階まで水没したことを示しています。とくにスウェーデンやドイツからの観光客は津波のことをまったく知らず（同国では津波災害の経験はありません）、犠牲者が大量に発生しました。

この津波災害で生まれた教訓とその後得られた関連の知識

次のような貴重な教訓と知識が生まれ、もちろんわが国でも通用します。

- 1) 津波が氾濫し、市街地に入ると大量の浮遊物、たとえば車、家の残骸、家具などが含まれ、破壊力が大きくなります。そのため、犠牲者は単なる水死ではなく津波の浮遊物で負傷して、これが原因で息ができなくなって溺れ死ぬ場合が多いです。
- 2) 津波は数波来襲し、第1波が必ずしも大きいとは限りません。これは将来、わが国で南海トラフ巨大地震が起こった場合は、大津波は6時間も継続して来襲し、その間は避難所にいなければならないという教訓につながります。
- 3) 津波が来襲するときは海底地形の影響を受けます。そのために、沿岸方向に高さが不ぞろいになり、場合によっては渦を巻きながらやってきます。そのため、一般に養殖いかだなどの係留ロープは流速が秒速50cmを越えるとすぐに切れて津波と一緒に漂流します。
- 4) 鉄筋コンクリート造以外の建物は高さ数m以上の津波では全壊します。10m以下の高さの建物にいる場合、避難しなければ犠牲になる危険性が大きいです。
- 5) 津波が来襲する危険のある観光地では、駅の旅行センターや観光センターで配布するパンフレットや観光スポットの看板などで積極的に津波防災情報や津波避難場所とその経路を発信し、周知・徹底するのが海外の先進国の常襲地帯、たとえば米国西海岸では常識になっています。
- 6) 現地住民がたまたま津波の挙動を知っている場合に、助かる例があります。今回の震源近くのインドネシア・シムル島では1907年に津波被害を蒙っており、この経験が日常、よく歌う歌詞になっていたために、すばやい避難につながり、人的被害軽減に役立ちました。また、英国から来ていた少女が、たまたま小学校で習った津波のことを覚えていて、津波の引き波を見た途端にこれを思い出して、付近の人たちとともに避難して助かった例などが挙げられます。
- 7) 漁師は漁船を津波から守ろうとして漁港に駆け付けようとしてします。しかし、津波が3m以上に高くなるとロープなどでは固定できず、漁船が岸壁を越え、凶器に早変わりします。もし、大津波警報（3m以上）が出ているにもかかわらず、漁師が漁港に駆け付けると命を失うことにつながります。

参考文献

- 1) 河田恵昭 (2014)：自然災害の変遷と課題、そして今後の対応、土木学会誌、Vol.99、No.11、pp.46-49.
- 2) 河田恵昭 (1986)：災害の科学—高潮との戦い—、NHK市民大学テキスト、pp.92-104.
- 3) 河田恵昭 (1994)：バングラデシュ国のサンドウィップ島とハチア島の高潮災害調査、自然災害科学、Vol.13、No.3、pp.33-45.
- 4) 河田恵昭 (2005)：スマトラ沖地震津波災害、京都大学防災研究所年報、48号A、pp.203-213.
- 5) 河田恵昭ほか (1993)：1992年12月12日インドネシア・フローレス島地震による津波災害の特性とその教訓、自然災害科学、Vo.12、No.1、pp.63-71.
- 6) 河田恵昭 (2000)：パプアニューギニアの津波災害、国際建設防災、No.9、pp.45-53.
- 7) ニュートン別冊 (2024)：社会現象「相転移」発生と防災、最新予測 巨大地震の脅威、pp.142-145.