

「津波、被害、そして対策」

岩手県立大学総合政策学部教授 首藤伸夫

はじめに

いまテレビではスマトラ津波に関して様々な映像が流れているが、こうした映像は本物の巨大津波を表してはいない。巨大津波を相撲の朝青龍に例えるなら、テレビの映像の多くは、さながら小学校の相撲部のキャプテンといったところだ。巨大津波は波の高さが34mにも達することがあり、そのメカニズムは完全には解明されていない。先日インドネシア・アチェ州の沿岸を襲った津波の詳細は不明なことが多いが、いわゆる巨大津波といってよい。ここでは、津波そして津波被害とはどういうものか、これまでの事例をもとに分析し、今後の対策について考えてみたい。

太平洋を広がる 1946 年アリューシャン津波

1946 年のアリューシャン津波では波の高さは 30m で、海面上 10m のところにあった高さ 18m の灯台が一気に消失した。津波はハワイにまで到達した。ハワイでは小中学生が津波到達の前に異変に気づいて警告したが、1946 年 4 月 1 日のエイプリル・フールの日だったこともあり、大人たちは聞き入れず、大きな被害を出した。平均水深 4.2m の太平洋も、波長が数 100km という津波にとっては極めて浅い水溜りではない。アリューシャン津波の例でもわかるように、広大な太平洋でも、小さい水溜りに石を投げ入れたときと同様、波はすぐに伝わっていく。

津波のダイナミクスと予測の難しさ

津波は、原則として発生したときには波長が数 100km の山ひとつ、谷ひとつである。沖で津波が起こっても船上では気づくことは難しく、波の前にいるか後ろにいるかで見える風景が違うという程度の変化しか分からない。岸に近づくと波がより高くなり、波長は 4-5km に縮む。普段の風波では 3-5 秒程度の間隔、長くても 30 秒間隔なので、波は岸で砕けて低くなる。しかし津波の場合は 3 分から 50 分間隔で、波は砕けても高さは一向に低くならず、さらに長く続く。それが津波の恐ろしいところだ。

波には砕波段波、波状段波の 2 種類があり、先述のアリューシャン津波、十三湖の 1983 年日本海中部地震津波などは砕波段波型津波であった。2003 年の十勝沖地震津波のように砕波段波と波状段波が混在することもある。岸沿いに走る砕波段波の動きについては現在、適用理論は開発途上で、その計算手法は 85% くらいしか完成されていない。

津波の進む速度は、 $[\text{速度} = (\text{水深} \times 10)^{1/2}]$ で表され、波は浅いところでは遅く、深いところでは速く動く。太平洋ではジェット機並みの速さだが、水深が 4 分の 1 になれば速度は半分になる。また津波には、海底地形に大きく依存し浅瀬の方へ曲がりこむ屈折、浅くなると波が高くなる浅水効果、湾の奥は波が高くなる集中効果、ブランコを揺らすときのように波が高くなっていく共鳴効果などがある。

このように、地震の規模や海域、沿岸域の条件によって津波の発生や動きが大きく異なってくる。さらに津波被害には、津波から逃げるタイミング、沿岸域の建物や生活形態など社会経済的な要因が大きく関わってくるため、その予測は極めて困難である。

津波からの避難

1960年チリ津波の際、宮城県女川町の住民が足元まで迫る津波を見ながらも逃げおおせた写真が残っている。一方で、小さい津波にでも追い付かれてしまう場合もある。1983年の日本海中部地震津波の際には、十三湖の岩木川河口では水の厚さが70cm 足らずの津波に、懸命に逃げている途中の釣り人がさらわれてしまった。

気象庁などによるさまざまな予測方法が発達してきたが、それにすべて依存するのはあぶない。特に注意すべきなのは、気象庁の津波警報で発表される県別の波の高さは、各県の海岸の平均値であるため、実際には少し距離が離れれば波の高さは大きく異なることだ。津波警報で3mと発表されたら、6mの津波が来るかもしれないと考えたほうが良い。今回のスマトラ津波でバンダ・アチェの映像をご覧になったと思うが、水はものすごい勢いで走ってくる。3mの津波に巻き込まれたら、ほぼ命はない。

地震を感じたら高い所に逃げるのが鉄則である。だいたい20mほどの高さでよい。ごく稀だが、これ以上になる場所も生ずるから、避難した高所でも海をしっかりと眺め、必要に応じて更に高いところに逃げなくてはならない。しかし残念なことに、このルールは9割程度しか通用しない。小さい揺れでも津波が極端に大きいことがあるからだ。地震マグニチュードと津波マグニチュードは多くの場合、比例関係にあるが、地震の割には津波の大きい「津波地震」がある。死者2万2千人を出した明治三陸大津波では、震度2程度でしかなかったため、避難しようとする人はほとんどおらず、多くの人命が失われた。

また、海が引いたら山に逃げろという言い伝えがあるとおり、津波は引きで始まると思っている人が多いが、入道崎の1983年日本海中部地震津波のように、押しで始まる津波もある。漁港外は渦一つをのぞいて静かであったし、漁港内も静穏だったのに、突然、海面が上昇し防波堤を超える津波が押し寄せた。

過去の津波災害

津波被害というと、命を落とす、家が流される、漁船が流されるといったものが一番の関心事だろう。しかし、過去の災害を分類してみると、現実には様々な種類の被害が生じてきたことがわかる。こうした過去の事例は、今後の被害の予想や対策に役立つが、時間がたつにつれて沿岸地帯の状況と社会構造が大きく変わっていることに留意し、想像力を働かせて、新たな種類の災害をも予見できるようにできれば、津波防災はできないだろう。

様々な被害のなかでも人命被害が一番大きいのが、これを想定することは難しい。逃げる速さによって死亡率は3桁も違ってくる。速く逃げさえすれば死者ゼロにすることができるし、もちろんそれを目指したいが、現実には難しい。過去の巨大津波では、ものすごい数の死者がでて、遺体の回収すらままならなかった事例もある。

津波の強度と被害の程度を対応させてみると、木造家屋は津波が2mを超えたら大体だめ

になり、船は津波が4mを超えると半分だめになってしまう。日本のビルは、耐震基準を満たしていれば5～6mの津波なら大丈夫である。また、本当に怖いのは水よりも漂流物だ。波によって陸上に運ばれた船が家屋をつぶしたり、流木で日本家屋が壊されて将棋倒しが起こることも過去にあった。

また、津波予報が出ると、漁業者は漁船を守るために海辺に出ようとするかもしれないが、これは危険である。もし、津波が到達するまで2時間半ぐらい時間があるなら行っても良いが、時間が無ければ命を落とすことになる。漁業者は漁船に住宅の何倍ものお金をかけている場合もあり、保険をかけていないことが多いので、船を守ろうとする。しかし、引き波で船が座礁したところへ次の押し波が来ると危ない。安易に船を「沖出し」という判断は危険だ。

津波ではいろいろなものが流れてくる。明治三陸大津波後の釜石では、大量の砂が津波によって持ち込まれ、人々が埋められてしまった。安政東海の津波では、高さ8mの丘ができてしまった。1960年チリ津波の八戸港小中野第二魚市場は、流れによる洗掘が主因で破壊された。港の入口の流速は引き潮時に最大13m/s、上げ潮時に最大8m/sであり、魚市場の岸壁は洗掘によって、ゆっくりと倒壊して水没した。

一番怖いのは津波のときの火事だ。1700年1月、岩手県宮古の鉾ヶ崎で、地震もないのに津波がきて、家が倒壊して火事になった記録が残っている。昭和三陸大津波では、釜石で、第3波がきて住民が逃げている間に火事になったが、これは漏電によるものと言われている。さらに、油が加わると悲惨になる。1964年には新潟、アラスカ、カリフォルニアで、津波によって石油タンクやタンクローリーの油が水面に広がり、そこに引火して火災となる例が相次いで起こった。火災がなければ、被害はせいぜい床下浸水で済んでいただろう。

津波の数値計算

シミュレーションで日本に向かうチリ津波を波長700km、波高10mとして再現してみると、津波はエネルギーを保存したまま伝わり、5～6mの波高で日本に到達する。数値計算は発達したが、全てが分かったというわけではなく、数値計算の出発点が不明であるという初期値の問題、波形状による方程式の使い分けの問題、計算誤差を制御する差分式の選択など、問題点も残っている。今後さらに物理的な洞察力をきかせ、現実を再現できるような式を構築していかなければならない。

東北大学災害制御研究センターにて私達が開発した津波の数値計算技術は、ユネスコの標準手法として採用され、同センターが中心となっているTIME (Tsunami Inundation Modeling Exchange) 計画を通じて世界各国に技術移転されている。技術移転にあたっては、非営利目的とすること、利用上の不具合が生じた場合には同センターと相談の上解決する事、TIME計画による技術移転の結果であると明記すること、という3つの条件を付した。現在17カ国で200件近く利用されており、各国のハザードマップ作成などに大いに役立てられている。このような形で日本の存在を理解してもらい、世界各国の津波防災に資することも、日本の安全保障の一つではないだろうか。

総合的な津波対策を

津波被害は、さまざまな要因によって種類も規模も多様である。過去の事例に学ぶとともに現在の状況と将来予測をふまえ、防災施設、津波に強いまちづくり、防災体制を組み合わせた総合的な津波対策を考えなければならない。そのためには自然への畏怖を忘れず、津波とはどういうものかを学習してもらうしか術はない。

日本では考えられうる最大の津波を想定する場合、構造物だけでは対応できない。30-50年に一度のレベルの津波は構造物で防ぎたい。しかし、それ以上のものはソフトとハードの対策を組み合わせる津波に強いまちづくりをしていくということが重要になる。では、津波に強いまちづくりとは、どういうものだろうか。手法としては、高地移転、防浪地区、防潮林、生活線の設定などがある。昭和三陸大津波後の岩手県唐丹では高地移転が行われたが、数十年のうちに人々は低地に移り始めてしまった。防潮林と防浪地区を組み合わせるという米国案もある。

数値計算に基づいた量的予報として、10万例もの計算で作られたデータベースで予想される津波の高さを判断し、具体的な数値で発表する取り組みが行われている。遠地津波に関してはこうした取り組みは行われていないが、遠地津波予報も改善の余地はある。日本では海底ケーブル、米国ではブイを使った観測体制が構築されている。また、日本では最近GPS方式の計測で将来に有望な結果が得られたが、これは数値シミュレーションの問題点を洗い出してくれるデータを捕まえてくれた世界で最初の例である。

津波防災で難しいのは、人間は忘れやすいということだ。巨大津波は100年~200年の間隔をおいて発生するため、被害を受けた世代が交代し、記憶が薄れてゆく。長年にわたって被害を忘れられないと心に傷が残るため、忘れることも必要だ。忘れるということを前提としながら経験をつないでいく見事な例が、伊勢神宮式年遷宮での奉納だ。20年ごとにお供え物を新調して奉納する儀式だが、実物を見なくても記憶をたどって昔と同様のお供え物を再現することができる。たとえば、避難訓練への参加者数は津波の直後には増加し、時がたつにつれて減ってしまう。こうした中で、コンピュータ・シミュレーションで津波動画を見せることで津波の恐ろしさを知ってもらうことも有効だ。和歌山県での「津波祭り」なども過去を忘れないための取り組みとして重要である。

大きな津波には時間間隔があり、街も変わるために災害が進化する。それに前もってどう対策を講じていくかが私たちの課題である。

(以上)