

□津波のメカニズム、被害及び対策

岩手県立大学総合政策学部 首藤伸夫

1. 始めに

津波は滅多に発生しないから、信頼できる資料が数少ない。過去の津波を再現するといっても、果たして正しく精度良く実行できるのかには、多くの疑問が残る。稀にしか発生しないから、被害の実態も十分明らかとは云えない。

ここでは、海底地震による近地津波を対象に、発生の機構、沿岸での増幅機構、津波による被害と対策を概説し、現在の課題にも簡単に触れる。

2. 発生の機構

海底地震に伴って海水が揺れ、海底地盤の鉛直変位の結果として津波が発生する。

地震と同じく海水が揺れるのは海震であり、津波ではない。海震を感じると、大型船なら「急にスクリューが逆回転をした」、「プロペラが空中に出た」、小型船なら「何かが絡まった」、と感ずるようである。「地震と同時に水面が泡立った」と云うのも海震の効果である。

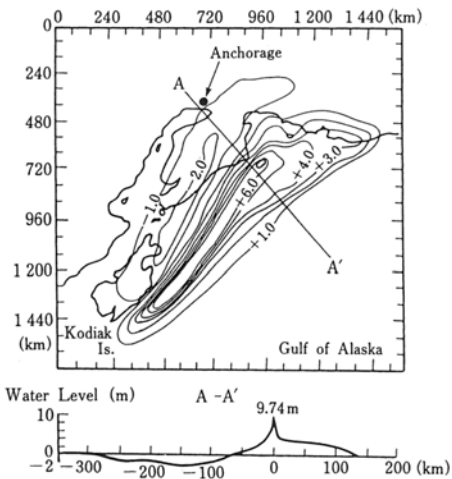
地震や海震を起こした断層運動の結果と

して海底地盤が鉛直方向にずれ、その上の海水が鉛直に変位すると、これが津波となる。日本近海で発生する大津波を想像するには、断層面を一枚とする時、長さ 200～300km、幅がその半分から 1/3 程の海底地盤が、100 秒足らずの時間内に、鉛直方向に数メートル変位したとすれば良い。その上に乗った厚さ数 km の海水は脇へ逃げる時間的余裕が無く、海底地盤と同じ鉛直変位をする。こうして津波が生まれるのである。

津波初期波形は、断層パラメタに基づき、半無限の広がりを持つ弾性体で、弾性係数は一様との仮定の下に計算される。一般には、上昇部が一つ、下降部一つの地盤変位分布が得られる。だが、現実の津波がこんなに単純なものである筈はない。

最近では、複数の断層面、スベリ量の空間的分布を想定することもあるが、まだ一般的ではない。それだけの工夫をしても、完全に近い初期波形を得ることは難しい。

1983 年日本海中部地震津波でも、1993 年北海道南西沖地震津波でも、断層パラメタから求めた津波初期波形は、現実の津波を説明出来なかった。前者では上昇量を 2.3 倍



図一 1964年アラスカ地震での海底地盤鉛直変位

しないと沿岸の津波を説明できず、しかも地震から推定されるのは逆の位置に上昇部を置かないと到達時間さえ説明できなかった。こうした差が生ずる原因は、均質弾性体内での一様な断層運動とする仮定、或は主地震以外の原因で発生したかもしれない現象の無視などであろう。

津波初期波形実測例は、図 1¹⁾に示すもののみである。断面 A-A' に沿って見ると、450km の緩やかな変位の上に、幅 30km 程の鋭い変位が乗っている。後者は津波には大きく影響するが、地震には寄与せず、これを推定する手法は今の所、存在しない。

このように、出発点から不明確な問題を抱えている。奥尻の津波では、標準的な発生機構では説明できない、3、4分早く到達した津波で、3名が命を落としている。

3. 浅海での増幅

津波エネルギーは水深によって違う速度で伝わる。単純には、水深(m)を10倍し、その平方根を取れば良い。

水深 4,000m の太平洋なら 200m/s、時速 720km である。

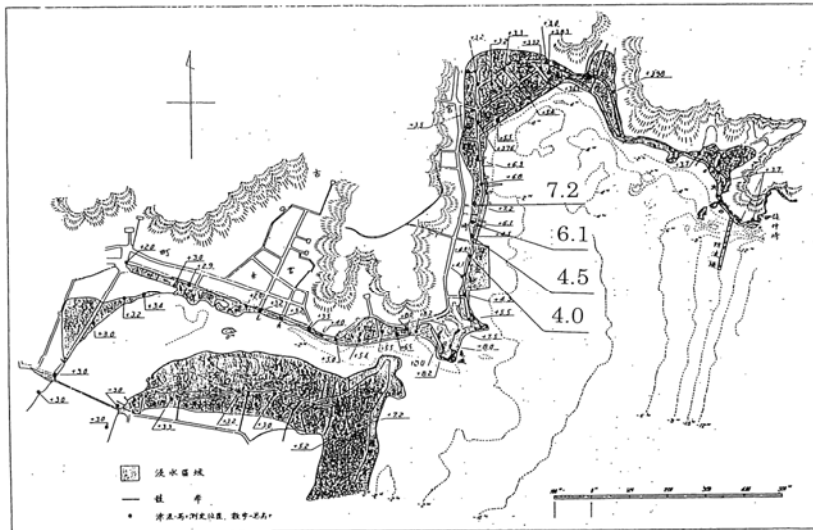
浅い程遅く、深い程早い。この結果、進行とともに等深線に直交するように方向を変える。これが屈折である。屈折次第で、津波の集中する所、分散する所が生じ、集中箇所では津波が大きくなる。集中効果という。広い湾口から入った津波が狭い湾奥に押し込まれるときにも、集中効果で大きくなる。

津波先端が浅い場所に到達し速度が落ちても、後端はまだ深い場所にあつて追い付いて来る。津波は背が高くならざるを得ない。これが浅水効果である。

すべての水の入れ物には、器の寸法と水深とで決まる揺れ易さがある。これを固有振動という。固有振動周期と似た周期の津波では共振が起こり、湾奥で津波が大きくなる。

津波では、海水が勢い良く走って来て、高い所まで駆け上がる。僅かな地形の差、障害物の有無で、津波高に大きな違いが出来る。数十 m 横に離れただけで高さが 2、3m 異なるのは珍しくない。図-2 に、宮古市鉾ヶ崎での昭和三陸大津波の実績²⁾を示す。

現在最も多い誤解は、気象庁予報の津波高の解釈であろう。非常に丹念に行われた数値計算に基いて作られた量的予報であるが、ほぼ 1 県当りの、沖合での平均値が予報されるに止まっている。これが沿岸に来るまでに場所々々の海底地形特性によって屈折・集中・浅水・共振などの効果をうけて



図一 昭和三陸大津波での宮古・嶽ヶ崎の津波高分布

変形し、更には、もっと小さい地形効果によって図-2のように強い局地性を生ずる。津波予報には、このような事は考慮されていない事実を認識しておく必要がある。予報で「4m」と云われた県の、或る海岸の一部では、局所的ではあっても「8m」にもなりうるのである。

4. 津波による災害

人命被害以外にも様々な被害がある。過去に記録された被害を表-1にまとめて示す。

わが国の沿岸地帯は、ここ 2、30 年の間に急速に変貌した。過去の津波来襲時には無かった施設が存在している。また、過去に存在してはいても、その頃とは比較にならない程、大規模となったものもある。こうした状況が、被害の種類・規模に大変化をもたらすに違いない。想像力を逞しくして、起こりうる大災害に備えなくてはならない。

なかでも最も危険がありうるのは、「津波・火事・可燃物」が結びついた大火災であろう。世界で 5 例在る。沿岸部のタンク類は西伊豆町が行ったように地下化するのが良い。

5. [地域防災計画における津波対策強化の手引き]³⁾

平成 9 年に関連七省庁が合意した、この手引きの要点は次の 2 点である。

まず、計画対象津波として、(1)信頼できる資料が得られる過去最悪の津波、(2)今後発生が予測される最大地震で起されるであろう津波、の二つから大きな方を選ぶ。

次に、これに対し、ハード対策である構造物、ソフトな防災対策、そして津波に強いまちづくり、の三つを、場所に依じて組み合わせる。構造物が津波を完全に防いでくれる事を期待していない。これを超える津波が無いとは云えない。建造後何十年も経って

表一 過去の津波災害の例

人命被害	<p>形態（溺死、漂流物による打撲・骨折、漂流中の異物呑込みによる病気等）</p> <p>原因（避難行動無し…無知識、津波軽視、地震無感知及び警報非伝達等。 避難の遅れ…水中作業、体力過信、過多情報への不信感、立ち返り、交通渋滞、避難路の不備。 救命胴衣不着用）</p>
家屋・財産被害	<p>形態（家屋の流出・破壊・浸水。浸水による電気製品などの障害。自動車の流失・浸水による障害）</p> <p>原因（津波による波力・浮力・流水力。流木・流出船舶・流出家屋・車の衝突力）</p>
防災構造物被害	<p>洗掘による破壊、倒壊、変位。漂流物衝突に起因する大外力による破損。 ブロック堤の沈下・散乱。落石防止工の転倒。</p>
交通障害	<p>鉄道（法面洗掘、道床欠壊、軌条移動、鉄橋変位、臨港線埋没）</p> <p>道路（漂流物衝突による変位や落橋、橋台周辺の洗掘が原因の落橋、法面洗掘、漂流物堆積による交通閉鎖）</p> <p>港湾（土砂堆積による水深低下、局所洗掘による港湾構造物の破壊、流出物による港口閉塞等の機能障害）</p>
ライフライン被害	<p>水道（漂流物衝突による消火栓・給水栓破壊、河川よりの取水口の破壊）</p> <p>電力（電柱倒伏・流出による送電停止、発電所浸水による障害や停電）</p> <p>通信（電柱や架空ケーブルの被害、地下ケーブルの立ち上がり部切断、電話機の冠水被害、海底ケーブルの流失）</p> <p>下水道（排水溝を通じた浸水）</p>
水産業被害	<p>養殖筏や漁網の流出、水産物流失・死滅、漁船流出・破壊、漁船発火焼失。</p>
商工業被害	<p>浸水による商品価値の喪失。</p>
農業被害	<p>冠水による作物被害、流入土砂による農耕地埋没、土砂または漂流物による用水路埋没。</p>
森林被害	<p>幹折れ・倒伏・土壌洗掘などの物理的被害、浸塩水・埋砂による生理害。</p>
火事	<p>流出家屋台所から出火、漁船機関室からの出火、ガソリン保管庫への漂流物衝突による出火、スイッチボックスへの漂流物衝突による出火、漏電による発火。</p>
石油流出	<p>火事の火元及び延焼の原因、環境汚染。</p>
地形変形	<p>河口砂州切断、浅瀬の変化、砂浜の変形、河川内堆砂。</p>

やってくる津波に対し、構造物が万全の機能を保持して待ち構えてくれるとの保証もない。構造物は資産の損失を軽減はするが、人命財産を完全に守ってくれるものではない。

6. 終わりに

津波対策上の最大の問題は、時間の経過と共に人々の意識が薄れ、また世代が交代する事によって行動原則としての経験が伝わらない事である。また、科学技術の発達、情報や行政への住民の寄り掛かりを助長する傾向にある事は、憂慮すべき事態である。

津波は一つ一つ異なる。同じ津波でも場所が変われば違う顔を見せる。まだ科学技術はその全貌を解き明かしてはいない。明治三陸大津波を伝える巖手公報には、過去の津波経験者の方が判断を誤った例が幾つか報じられており、風俗画報下巻31頁には、「経験者多く死す」とされて居る。心すべき事であろう。

引用文献

1. Plafker, G. (1965): Tectonic deformation associated with the 1964 Alaska earthquake, Science 148, 1675-1687 頁.
2. 松尾春雄(1933): 三陸津浪調査報告、内務省土木試験所報告 24、83-122 頁.
3. 国土庁・農林水産省構造改善局・農林水産省水産庁・運輸省・気象庁・建設省・消防庁(1997): 地域防災計画における津波対策強化の手引き、99 頁.