



巨大津波・高潮に備えて

著者	河田 恵昭
雑誌名	環境技術
巻	29
号	8
ページ	12-17
発行年	2000
URL	http://hdl.handle.net/10112/4073

特集1・「海岸法」が改正された

巨大津波・高潮に備えて

河田 恵 昭*

1. はじめに

現代社会は、巨大高潮や大津波でなく、「普通の大きさ」の規模でも、人的・物的被害が未曾有になる危険性をもっている。私たちの社会は、日常的に大量の資源、エネルギー、情報、資金などのロジスティックスに支えられている。これらのいずれもが円滑に循環しなければ、たちまちのうちに生活が成り立たなくなる。現在のわが国のように、過度のロジスティックスに支えられた社会は、いわば『糖尿病社会』であり、その発病の一因となるのが災害である。

発病の前に何らかの兆候があるように、災害にも予兆がある。たとえば、阪神・淡路大震災は、将来、必ず起こる東京大震災の予兆であろう。1999年のJR博多駅の地下街浸水災害は、都市空間水没災害の予兆であろう。このような予兆の段階で真剣に防災対策を講じておかななくてはならない。しかし、わが国では、残念ながら被害が大きくなるまで本格的な対策をしないという悪しき伝統がある。

これは何も行政だけの問題ではない。個人レベルでも『正常化の偏見』がある。災害など、自分は関係ないと思っている人が圧倒的に多い。最近の若い女性のファッションな履き物などその好例であろう。「万が一の危険を避けるために走ることもある」ということが忘れ去られているのである。このほかにも、避難勧告になかなか従わないという問題も起こっている。

このような問題は、現代人の生き方にも深く関わっている。そこに防災問題の難しさがあるのである。ここでは、基本に立ち帰って、21世紀の防災の望ましいあり方としての津波・高潮防災論を展開しよう。

2. 危機管理としての津波・高潮対策

事前、事後の対策からなる危機管理では、基本的な枠組みをまず理解しなければならない。それは、事前にあつては、どのようなリスク（危険）が存在するかを知ることである。ここでは、誘因としての津波や高潮が、どのような条件の下で発生・増幅し、どのような確率で来襲し、どのような被害を起こす力を持つかを知ることである。これを「災害を知る」と呼ぶことにしよう。

つぎに、どのような被害が存在するかを知ることである。人的、直接、間接（経済）、精神、文化などの被害が挙げられる。そして、どの程度の被害の大きさになるかを知らなければならない。被害は必ず社会的、物理的に弱い部分に表れる。これを「弱いところを知る」と呼びたい。

つぎに、事前の対策として、ハード防災（高潮水門や津波防波堤の建設など）による被害の発生を抑えざるやり方がある。これを被害抑止という。一方、防災構造物の設計外力を上回るものがあるから、その場合には、少なくとも避難を早くしたり、あらかじめ土地利用規制して、人的被害を少なくする努力が必要である。これをソフト防災による被害軽減という。「対策を知る」というのは、これら両者の組合せを理解することである。

わが国では1923年の関東大震災以降、構造物の建設によって自然災害による被害の発生を抑止することを中心とした対策を行ってきた。しかし、現代はハード防災だけでは対応できなくなってきた。なぜなら、社会が豊かになるにつれて、防災水準を上げれば上げるほど、超過外力対策が重要になるからである。しかし、その対策を構造物でやろうとすると途方もない事業費が必要となる。私たちはそれを負担できないのである。

これでは困るのである。この辺りで防災の考え方

*京都大学防災研究所巨大災害研究センター
KAWATA Yoshiaki

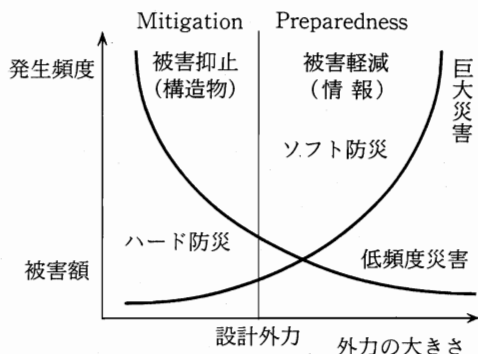


図-1 ハード防災とソフト防災の組合せによる総合防災

そのものを変える必要がある。「ハードたる防災施設は総合防災システムの一部に過ぎない」という考えへの移行である。図-1に事前対策の組合せを模式的に示した。とくに、超過外力の作用時に被害軽減に寄与するソフト防災をさらに進める必要がある。わが国でこれまでハード防災に偏った問題解決手法が好まれた理由は、官民ともに防災は専ら行政の役割との意識が強いことや、政治家が公共事業としての防災投資を、景気対策の1つとして考えてきたことにある。

3. 防災の基本の第1

一 災害を知る

総合防災システムを推進するためには、前述した防災の3つの要素を理解しなければならない。それを図-2に示した。まず、津波や高潮がなぜ起こるのかという物理のメカニズムを正確に理解することが、津波・高潮防災の前提になろう。

1) 津波とは：ほとんどの場合海底地震に伴って起こり、火山噴火や地滑りなどによっても起こる。したがって、一度起こった地域で、再び津波が発生するまでには通常、数10年以上かかる。地震マグニチュード6以上で震源の深さが120kmより浅い場合に発生することが経験的にわかっている。また、逆断層のプレート境界地震のように、断層が鉛直方向に大きく動き、しかも震源付近の海が深いほど、大きな津波が押し寄せる。また、湾奥に向かって湾の幅が狭くなったり、水深が浅くなると津波の高さは増大する。

夏の海水浴シーズンに津波注意報が発令された場合、遊泳客は浜に上がらなければならない。なぜなら、たとえ波高が数10cmと小さくても、波長(海面の盛り上がった部分の沖方向の距離)が数10kmと長ければ(たとえば、1960年に発生したチリ津波がそうであった)、浮き袋に掴まって浮いている幼児は下手をすると1km以上沖に流されることも起こるからである。これは現行の津波注意報が『津波の高さ』だけが問題であるかのような錯覚を与えることも一因である。津波は「流れ」としても危険であることを知っておいた方がよい。

また、第1波より第2、第3波の方が大きい場合がある。これは、津波が陸上でほぼ完全反射して、それらが重なるからである。人的被害も引き波で海に引き込まれる過程で多く発生している。いずれにしても、同じような被災形態を繰り返さないことに注意しよう。なお、津波地震のように揺れに比べて津波が極端に大きくなる場合がある。1896年の明治三陸津波はその例で、およそ2.2万人が犠牲にな

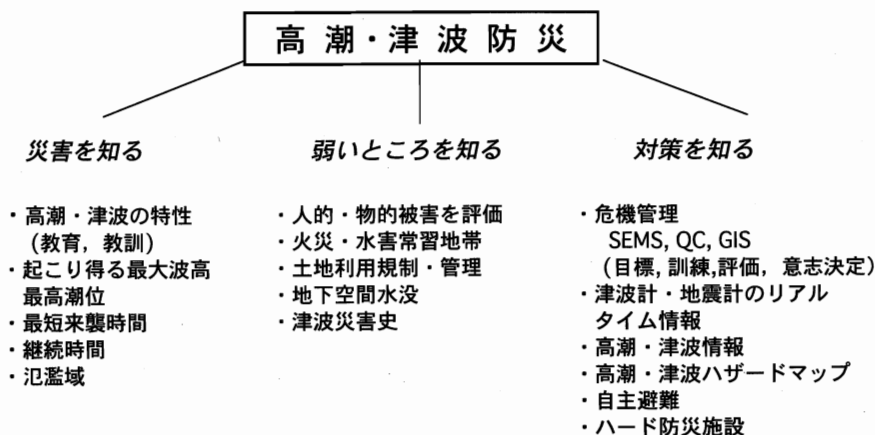


図-2 高潮・津波防災の内容

った。現在でも、地震が起こった直後の津波の初期波形はよくわかっていない。

2) 高潮とは：ほとんどのものが台風によって起こるから、毎年、同じ地域を襲う可能性がある。津波と大きく違う点である。台風は低気圧であるから、中心付近の海面は数10cm程度盛り上がっている。しかし、風による吹き寄せ量は風速の2乗に比例するので、大型台風では数mに達する。北半球では台風による風は進行方向に向かって半時計方向に吹き込むから、台風の東半円では、台風の進行速度も加わって、風速が早くなる。わが国には歴史的に高潮の常習地帯があり、中でも大阪湾でもっとも大きな高潮が発生しやすいことがわかっている。これは、太平洋に向かって紀伊水道がラップ状に開いており、大阪湾が浅いためである。高潮では潮位が上がることにのみ目を奪われがちであるが、実は台風の通過後、同じくらい潮位が下がる（揺れ戻しという）ことに注意しなければならない。

また、高潮の計算精度は、ひとえに風の変化を正確に予測できるかどうか依存している。わが国のように海岸に山が迫っている地形では、台風の陸上接近に伴って、風場が大きく歪むことがわかっている。このため、たとえば、瀬戸内海を通過するような台風による沿岸各地の高潮の推算精度は残念ながら低い。

図-2の教訓とは、過去の体験者の教訓は必ずしも一般的ではないという注意である。たとえば、高潮の水位は台風の強さやコースによって変化し、しかも満潮と重なると高くなることから、その地域にとって最悪の高潮がまだ経験されていない恐れが大きい。高潮にしても津波にしても過去に起こった事例が最悪であるという保証はどこにもない。

起こり得る最大波高や潮位、最短来襲時間は住民が早期自主避難するために必要な最低の情報であろう。また、いつまで津波や高潮の来襲が続くかについても重要な情報である。近年、気象情報の発令の増加の一方で、避難勧告の発令と解除のタイミングが問題となっている。また、氾濫が起こった場合に、どこまでの地域が浸水するかを明示して、住民がそれをあらかじめ知っておくことが必要であろうし、旅行者のように一時的にしか滞在しない人たちや日本語を読めない外国人のために、絵文字などによる案内板も必要であろう。この場合、都道府県ごとにバラバラに整備せず、標準タイプを是非作ってほし

い。

4. 防災の基本の第2 —弱いところを知る

被害がどこで起こりやすく、どの程度になるかを知っておくことは重要である。しかも、安全側と危険側の人的被害の見積もりはとくに必要であろう。物的被害の評価は長期的な都市計画、地域計画策定で反映されなければならない。とくに、大きな津波が来襲すれば、火災を覚悟しなければならない。火災の原因は、

- (1) 地震による家屋の倒壊によって発生する。
- (2) 漁船や汽船が陸上に上がって横倒しになり、燃料油に引火し延焼する。
- (3) 漁船や汽船が岸壁や消波ブロックに衝突し、燃料タンクに亀裂が入って漏出し、これに火がつく。

また、流出油による広域環境汚染も同時に起こることなどが考えられる。そのほか近代港湾都市を大津波が襲えば、10万トンを超えるタンカーなどが津波と一緒に陸上に押し寄せ、乗り上げる光景を想像するだけでも身の毛がよだつ。

また、地下街や地下鉄空間の水没も残念ながら起こらないとは断言できない。1999年のJR博多駅前地下街の浸水災害は、将来深刻となる地下街水没災害の予兆と考えなければならない。土地利用規制・管理はもっとも大事な項目であって、行政の担当部局間の調整の困難さや、土地の私有権が排他的に保護されている状況では、ほとんど無策に近い状態が長く続いた。したがって、災害常習地帯は歴史的に同じ場所であり続けるわけである。これを、土砂災害対策のみならずこれからの高潮、津波、洪水による都市氾濫防災の大きな柱にしなければならない。また、過去に起こった津波や高潮氾濫災害図を復元して、現在起こればどうなるかをわかりやすく解説する展示を是非、各自治体をお願いしたい。

5. 防災の基本の第3 —対策を知る

まず防災対策としての危機管理の内容が問われよう。SEMSとはStandardized Emergency Management Systemsの頭文字を取ったもので、危機管理の標準化と訳される。広域に被害が発生する高潮や津波災害の場合、複数の自治体が協力して対処

することが必要になる。そのとき、危機管理システムがそれぞれの自治体や国の機関で異なっていれば、連携の効果が発揮できないからである。米国のカリフォルニア州では、連邦危機管理庁、州政府、郡・市役所で共通の危機管理システムがロータスノーツをベースにして整備されている。もし、将来、東海、南海地震が同時にでも起これば（過去に2回ある）10を超える都道府県で大きな地震、津波被害が発生すると予想されるので、今からこの標準化に向けた整備が必須であろう。そうしなければ、救援に向かう自衛隊や警察、消防という公的セクターの取合いが自治体間で必ず発生するだろう。

QCとは地域防災計画の品質管理であって、この計画の達成すべき具体的目標、それに向かつての訓練プログラム、達成度の評価システム、そして意思決定者の決断というような内容が含まれる。要は自治体関係者の自己満足的な地域防災計画を作っても何の役にも立たない恐れが大きいということである。GISは地理情報システムであって、これも必要以上に作り込みすぎているきらいがある。また、このシステムが整備され始めた頃には、これさえ準備すれば被害が少なくなるという錯覚が多くの自治体関係者にあった。

自主避難の重要性は、人的被害の軽減では必須である。高潮や津波については、「正確、迅速、詳細」な情報を出せば人的被害が減ると錯覚している限り、いくら充実しても効果は薄い。むしろ、情報はコミュニケーションの一環に過ぎず、事前のリスクコミュニケーションと事後のクライシスコミュニケーションの中での情報の役割を評価できない限り同じ過ちを繰り返すことになる。なお、対策の中身は次章で示す。

- 一般に多額の費用がかかる。
- 完成までに長期間を要する。途中で津波がやってきた場合に効果が疑問である。
- 対象とする津波高以上の津波が来襲すれば被害が発生する。しかし、住民はそうは思っていない。
- 維持管理はほとんど不要である。
- 津波防波堤では遮蔽海域の水質悪化などが起こる危険性がある
- 津波防波堤の効果は、湾口の水深が深く、防波堤背後の湾内の水域が広くなければ、小さい。

図-3 津波のハード防災の特徴

6. 従来の津波・高潮対策

1) ハード防災：本格的な津波防災施設としては、1933年の昭和三陸津波災害の後に建設された岩手県田老町の高さ10mの津波護岸が挙げられる。この津波護岸は、ハード防災の問題点を象徴している。すなわち、1896年の明治三陸津波は当地で高さ15mあり、これを守れないことである。ハード防災だけでは超過外力による被害をシャットアウトできないばかりか、助長する場合も起こり得る。ここでは、護岸の海側にも市街地が広がっている。町当局もハード防災の限界を十分承知しており、避難場所、避難路や街路灯の整備も合わせて実施している。

その他に、湾口・港内津波防波堤、防潮堤、防潮護岸、防潮水門、防潮林などがある。図-3に津波のハード防災の特徴をまとめて示した。

高潮防災施設の例として、大阪の高潮恒久計画を挙げてみよう。安治川、木津川、尻無川の河口付近にスパン長65mの半円形の防潮水門がいずれも1960年代に建設されている。これで高潮を防ごうというのである。津波来襲の場合には水門を閉めないことになっている。南海地震の場合には2時間程度で津波が来襲する。避難する船が右往左往している可能性がある。しかし、水門より陸側の河川堤防は海側より1m低くなっている。その上、市内だけでおよそ350の水門が存在しており、これらをすべて閉めるのに、過去の実績で6時間かかっており、これでは南海地震津波には間に合わない。

図-4に現在の高潮対策の問題点をまとめて示した。中でも、最大の問題は、今だに既往最大の概念を用いていることである。たとえば、大阪の場合、1934年の室戸台風のコースを1959年の伊勢湾台風が移動したと仮定し、計算から出てくる潮位偏差3mを朔望満潮位に加えて計画潮位にし

- 現在の既往最大高潮から確率的な計画高潮に変更する必要がある。
- 埋め立て、干拓などによる湾岸地形の変化や水域の減少を考慮した高潮計算のやり直しが必要
- 海岸構造物の設計指針に高潮の効果を入れる必要

図-4 高潮対策の問題点

ている点である。これには、(1) 本当に室戸台風のコースが最悪か？、(2) 最高潮位の再現期間はいくらか？というような疑問が残る。いずれの高潮常習地帯の計画高潮もこのように決定されており、全面的に見直す時期にきていると言える。

なお、2番目の問題は1999年の八代海で発生した台風18号による高潮にまつわる問題である。とくに、高潮時に高波浪と暴風が伴うことから、実際の海面上昇量は通常の高潮計算結果にwave setupの量を足したものよりはるかに大きくなっている。また、3つ目の問題は、新型の海岸構造物を考える場合、コストを優先する余り、施工中の被災事例が増えていることである。

2) ソフト防災：ソフト防災とは、ひとこと言えば、構造物によらない対策である。この基本となるのは、超過外力による危険が常に存在するということである。しかも、もっとも重要な点は、ハード防災といえども、フェイルセーフ (fail-safe) やフルプルーフ (fool proof) という安全工学の概念を適用する限り、その設計思想や施工管理はソフト防災の支援がなければ存在し得ないことである。阪神・淡路大震災の後、土木、建築界で「性能設計」の考え方が普及し始めているが、これなどもソフト防災の一環と位置づける必要があろう。津波のソフト防災の特徴を図-5にまとめて示した。

ソフト防災は、防災教育、訓練、評価、情報の収集・解析・共有化、ボランティア、ハザードマップ、救命・救援、二次災害防止、職員の初動態勢など多岐にわたる。ハード防災と異なり、ソフト防災では、その実施にあたって、意思決定過程を円滑に行う必要があり、強いリーダーシップがなければ成果は得られない。とくに、1998年と99年の全国各地の洪水、土砂災害でいみじくも露呈したように、市町村長の多くが過去に「避難勧告」を出した経験がないという事実は深刻である。そのために、「避難勧告」を出しそびれた、出し遅れた現象が続出した。

このような状況は、文章化したり数値に表せる「形式知」が重要視され、経験や体験などの言葉で的確に表せない「暗黙知」が逆に軽んじられている結果であろう。災害はマニュアル化できないものであると考えて、これを整備する姿勢が大事なのである。

3) ハザードマップ：災害危険図と訳されている。

- 人的被害を減らすことができる。
- ハード防災に比べて費用はそれほどかからない。
- 習慣化しないと効果を発揮しない（維持管理が必須）。
- 物的被害は軽減できない（津波来襲前に移動できるものを除く）。
- あらかじめ陸上遡上を含む詳しい氾濫シミュレーションが必要である。

図-5 津波のソフト防災の特徴

高潮や津波によってどの地域まで、どの程度の深さで氾濫するのかを示したものである。最近では、岩手山の噴火や淀川の右岸の氾濫に伴うハザードマップがイエローページの冒頭のページに「レッドページ」として掲載されるようになってきた。また、1999年6月29日の広島市の土砂災害を契機として、土砂災害のハザードマップも作られ、公表されるようになってきている。津波と高潮に関してもこのような動きが期待される。しかし、その反面、このままでは実効性の乏しいものになる可能性が大きい。なぜなら、つぎのような問題があるからである。

(a) 国土庁が作成した津波氾濫図の精度が悪いこと：全国規模でいっきに実施した事業であるが、想定された津波によって、氾濫が起らないとなった自治体は、津波防災をやらなくて良いと考えてしまうだろう。逆に、氾濫が起ることとなった自治体では、どのように対処すればよいか、住民と議会と行政の間に不信感が湧くだけであろう。もっと慎重な取り扱いが必要であったと言ってよい。

(b) 現在のハザードマップの作成は、ほとんどが行政側の判断で作っていること：本来ハザードマップは被害軽減に対する住民と行政のインターフェースとなるものであるから、住民の参画は必須である。自らが参加することによって「自分の命は自分で守る」という自助の考えが育つものであろう。このままでは、作られたハザードマップは、各戸に配布された直後に、棚や本箱などに死蔵されてしまう恐れが大きい。

7. 総合防災政策の提言

少子高齢社会で、思い切ってPFIなどを積極導入しない限り、防災事業費の漸減傾向が続くと考えられる。そのような背景では、「国土の均衡ある発展」は不可能である。重点投資の破綻となつてすでに表

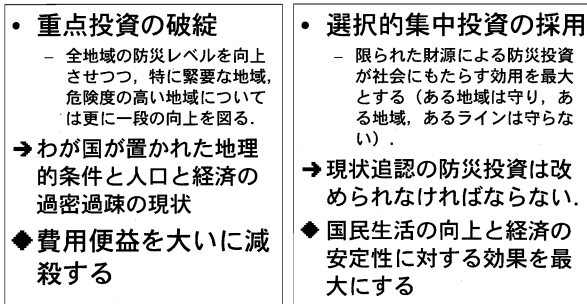


図-6 防災事業の重点投資から選択的集中投資への変更

- **ハードとソフト防災の組み合わせによる総合防災の考え方が採択されにくい。**
- **遠地津波対策と近地津波対策が相違することの理解不足がある。**
- **新しいタイプの被害発生後の対応機関、処理方法が不明である。**
- **近代以降に津波災害のない地域では、被害想定を行っていない。**

図-7 行政の津波の危機管理の問題点

れているからである。わが国のおかれた地形条件と人口と経済活動の過密・過疎の抜き差し難い不均衡の下では、防災事業における費用便益を大いに減殺することは自明であろう。

これに代わって、選択的集中投資の採用を進めなければならない。ある地域は守り、ある地域、あるラインは守らないという意味決定が必要となってきた。すなわち、現状追認型の防災投資は改められなければならない。そこでは、国民生活の向上と経済の安定性に対する効果を最大にする政策が採用されるだろう。これらを図-6にまとめて示した。

それでは、選択的集中投資を実現するために必要な要因とは何であろうか。地域単位で策定される中長期の防災対策を基本として考えてみよう。ここで、地域とは、被害の及ぶ範囲であり、決して行政界に一致するものとは限らない。そこでのリスクの軽減のために、まず、防災投資の意思決定プロセスの改革がなければならない。財政全体の中長期的な収支と整合させつつ、ソフトとハードによる多種・多様な政策手段について整備計画が、優先順位をもって時系列的・個別具体的に示され、それを実行することが重要である。1998年と99年に全国的に発生し

た洪水災害では、過去から継続してきた治水事業の虫食いの展開（手をつけやすいところから事業化してきた）のつけがいつきに露呈している。

つぎに、自己責任原則の形成が無ければならない。社会として選択した結果に伴う不利益あるいはリスクは、社会として当然甘受しなければならない。すなわち、その選択が合理的、客観的である限り、災害の責任を行政に問うべきではないということであろう。わが国のマスメディアは往々にして責任を追及する姿勢を取るので、防災

投資が総花的にならざるを得ず、結局防災投資の効用の最大化を妨げることにつながっている。もちろん、関係者には判断に必要なすべての情報が与えられなければならない。

このような理念を理解するためには、かなりの現場経験を通じた「暗黙知」が必要であるが、実務レベルでは、たとえば、津波の危機管理に関して図-7ような問題点が指摘できる。高潮についても同じようなことが当てはまる。

8. おわりに

平成12年度の「防災白書」は、はじめて自己責任の原則がうたわれた画期的なものである。これまで、公共事業費が景気対策の切り札のように位置づけられ、そこに補正予算という「どんぶり勘定」的としか言いようのない政策決定が行われてきた。しかし、21世紀型の防災事業は、政策科学的な立場から推進される必要があり、そのためには関係者の頭の切替えが必須となっている。これと同時に、どの程度の防災水準が国民の間で合意できるのかという問題も解決しなければならない。後者は、「アクセプタブル・リスク」として現在、検討の真っ最中であり、機会があればそれも紹介したい。

参考文献

- 1) 河田恵昭：都市大災害，近未来社，pp.233.(1995)
- 2) 河田恵昭：危機管理と総合防災システム，京大防災研年報，第39A，pp.83-100.(1996a)
- 3) 河田恵昭：震災計画復興試論—都市環境創造と社会ミテイクレーション—，京大防災研年報，第39B-2，pp.107-115.(1996b)
- 4) 河田恵昭：津波防災と地域防災計画，月刊海洋「津波研究の最前線」，pp.209-214.(1998)
- 5) 河田恵昭編著：水循環と流域環境，岩波書店，pp.305.(1998)