

高 潮 ・ 津 波 防 災

Storm Surge and Tsunami Disaster Reduction

河 田 恵 昭

Yoshiaki KAWATA

1. 緒 言

わが国の高潮や津波防災の最大の特徴は、これらの災害を発生させないことにある。つまり同じ災害を2度と繰り返さないために、事前対策に防災投資を集中してきたことである。事前対策の中心となるのは防災構造物の建設であり、既往最大もしくは超過確率の観点などから設計外力が決められてきた。そこでは、土木工学、とくに海岸工学の研究成果が非常に役に立ってきた。そして、近年これに防災のソフトウェアとして災害情報の充実が加味され、いわゆる総合防災”的”な形態をとって現在に至っている。この方法でほぼ完全なのであろうか。答えは否である。だからこそ、総合防災と断言していないのである。

その理由として、つぎの5点が指摘できる。すなわち、1) 災害常襲地帯でないところ、言い換えれば近代に入って大きな被害をもたらした高潮や津波に襲われたことのない地域では、それらの対策事業そのものが存在しない。そこに高潮や津波が来襲すれば不意打ち災害になる、2) 超過外力にどう対処してよいのかについて不明である、3) 都市災害としての両災害の捉え方が不十分である、4) 被災者の立場からどのような過程を経て従前のような生活に復帰できるのかという視点がまったく欠落している、及び5) 災害情報は災害前のものがほとんどであって、災害後のものが少ない、ということである。

総合防災の実現のためには、以上の5点に加え、もう一つ考慮しなければならない点がある。それは今後ますます進むわが国の高齢化であって、相対的に防災投資が減少せざるを得ない局面に遭遇していることである。今はやりの言葉で言えば、持続的発展 (sustainable development) をどう実現するかということである。防災の事業に経営の概念を導入する時代に来ているのである。したがって、ここでは防災マネジメントの立場から、高潮・津波防災の問題を論ずることにする。

2. 高潮と津波の特徴

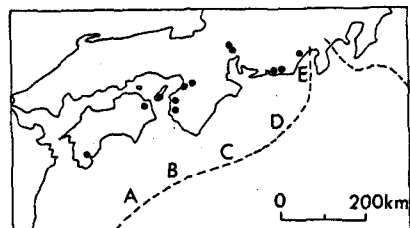
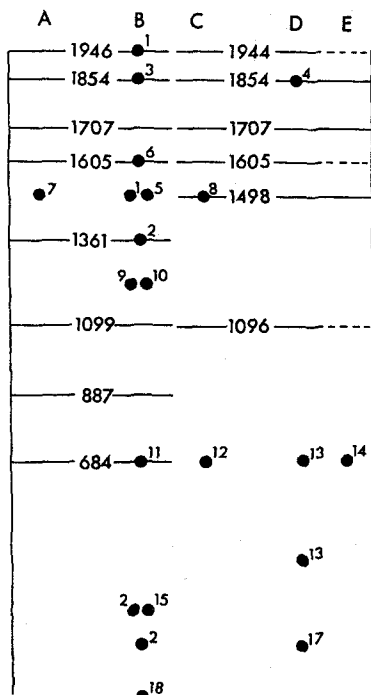
高潮と津波防災のマネジメントをするにしても、両現象を理解していなければ困る。そこで、ここではできるだけ平易に、両現象の特徴を要約する。

(1) 高潮と津波の特徴

高潮と津波災害の最大の特徴は、低頻度災害ということである。どのくらい低頻度かと言えば、たとえば、巨大津波については表-1¹⁾に示すように、東南海と南海道の例では、およそ100から150年間隔でマグニチュードが8を超す海洋性大地震とそれによる津波災害が起こっている。また、前者が後者よりほぼいつも先に起こる双子地震であって、現在、東海地区では歪エネルギーを放出していないという理由から東海地震はいつ起こっても不思議ではなく、南海地震は2010年頃に発生すると予測されている。また、三陸海岸の場合には、津波来襲の間隔はおよそ50年から60年であることがわかっている。さらに、巨大高潮については、図-1²⁾のように大阪の場合、やはり平均すれば約150年間隔である。

つぎに、それ以外の津波と高潮の諸特徴をまとめたものが、表-2である。このような知識は海岸工学の教科書に断片的に紹介されているに過ぎず、それが津波や高潮の挙動に対する誤解につながっているような気がする。とくに、高潮は低気圧による吸い上げと吹き寄せのために、平均

表-1 南海地震と東海地震の発生時期（黒丸印は遺跡で地震跡が検出されたもの）¹⁾



- | | |
|-----------|------------|
| 1 宮ノ前遺跡 | 2 黒谷川宮ノ前遺跡 |
| 3 神宅遺跡 | 4 御殿二之宮遺跡 |
| 5 古城遺跡 | 6 黒谷川古城遺跡 |
| 7 アソノ遺跡 | 8 尾張国府跡 |
| 9 石津太神社遺跡 | 10 藤並遺跡 |
| 11 川辺遺跡 | 12 田所遺跡 |
| 13 坂尻遺跡 | 14 川合遺跡 |
| 15 志紀遺跡 | 16 鶴松遺跡 |
| 17 下内膳遺跡 | |

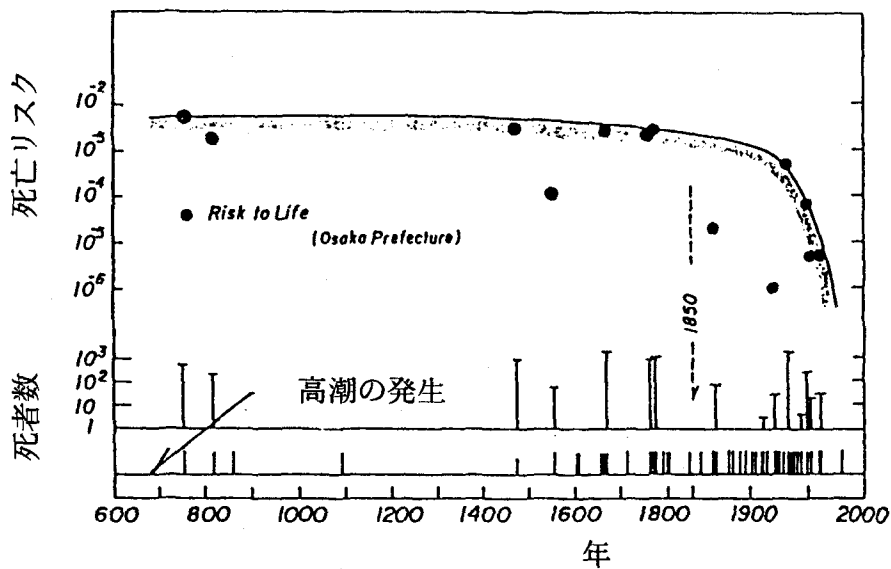


図-1 大阪における高潮災害の発生数、死者数及び死亡リスク

水位が上昇もしくは下降（これを揺れ戻しと言う）する現象であり、ほぼ静水圧分布をするのに対し、津波は大きな運動エネルギーをもっていることに注意しなければならない。そのために、もし津波が海岸構造物に衝突するようなことが起こると、衝撃力が発生し、しかも波高分くらの高さの障害物を容易に乗り越えて通過することができる。

(2) わが国の近年の高潮災害の実態

大都市での潮位偏差2m以上の高潮の発生は、1961年の大阪での第二室戸台風高潮（最高潮位T.P.+2.82m、最大偏差2.45m）以来、幸いにも30年以上発生していない。一方、外洋性高潮による顕著な災害は、1970年に高知で発生した（最高潮位T.P.+3.14m、最大偏差2.38m）。外洋性高潮については台風7919号によって富士海岸で発生したものを含めて、これ程の水位上昇を数値計算で未だ追算できていない。高潮時のwave set upの効果であるとも言われているが³⁾、検証された訳ではない。

さて、台風9119号による高潮は、大きな潮位偏差をもたらした。例えば、有明海では大浦で

表-2 津波と高潮の概要

津 波 発生原因：海底地震（震源が120km以浅、マグニチュード6以上）、火山の噴火など 特徴： 1) 海底地盤が盛り上がると、第1波は押し波となる。逆の場合は引き波となる。 2) 伝播速度は、重力と水深の平方根で与えられる。たとえば、水深1000mでは、時速360km。 3) 津波の来襲波高は、海底地形と湾形で変化し、水深が浅く海域が狭くなると増幅する。 4) 大きな運動エネルギーをもっているため、たとえ防波堤や護岸の高さと津波の高さが等しくても、津波が衝突すると容易に乗り越えられる。 5) 波長は、およそ断層の大きさに決まり、たとえば、大阪湾に來襲する南海津波の場合は約50kmにもなる。また、複数回来襲する場合が多い。 6) 津波の伝播に伴い海面から海底までの全体の海水が動くため、陸上での反射が大きく、日本海や湾内では反射波が重なって大きくなったり、半日くらい津波が來襲することがある。 7) 精度の高い初期波形と海図があれば、計算誤差は数%以内。
高 潮 発生原因：台風などの通過によって、吸い上げと吹き寄せが起こり、これが長波となって伝播 特徴： 1) 1ヘクトパスカルで約1cm吸い上げられる。 2) 台風の東側では台風の進行速度が加わるため、風速が大きくなり、吹き寄せ量も大きくなる。 3) 吹き寄せ量は気圧差にほぼ比例する。 4) 高潮としての海面の上昇と低下が数時間継続する。 5) 圧力は、ほぼ静水圧分布する。 6) 満潮時と重なると、最高潮位は大きくなる。 7) 高潮の計算精度は、風の場の推定精度でほぼ決まる。

2.16mを記録し、瀬戸内海西部の高潮常襲地帯である山口県から広島県にかけて（この海域は周防灘、安芸灘と呼ばれる）、3mを超える潮位偏差となった（例えば、小野田3.09m、長府2.84m）。3mを超える潮位偏差の発生は1959年の伊勢湾台風高潮以来、実に32年ぶりであった。ただし、幸いなことにこれらの地域では、高潮のピークと満潮が重ならなかった（正確には、いずれも平均潮位前後で起こっている）ために、最悪のケースを免れた。それでも、竹原市を始め瀬戸内海沿岸各地で高潮氾濫災害が発生した。ただし、高潮による死者は、愛媛県で海岸沿いの道を走行中の乗用車が運転者もろとも高潮と高波によって海中に転落して発生した1例があるのみであった⁴⁾。

(3) わが国の近年の津波災害の実態

1960年のチリ地震津波以来、1983年に日本海中部地震津波、1993年に北海道南西沖地震津波が発生した。とくに北海道南西沖地震津波については、情報化時代のまただ中で発生した災害であったため、被災映像がお茶の間に届き、今更ながら自然の猛威の前の私たちの社会の脆弱さを思い知らされた。この災害に関しては、災害直後に首藤⁵⁾が詳しい速報をまとめており、その後この災害に関しては多くの報告書がすでに出版されている⁶⁾。この災害の最大の特徴は、大きな被害のあった地域に津波警報が届く前にすでに津波が来襲したことである。避難が間に合わずに亡くなった方が多かった。このような地震直後の津波に関しては、日本海中部地震津波でも秋田県各地で経験されたことであるが、地震直後5分前後というのは初めてであった。そのために死者・行方不明者231名に達する災害となった。首藤⁵⁾は速報の中で、津波防災上の問題点として、つぎの3つの点から考察している。すなわち、1) 防災施設は効果があったか、2) 津波に強い町であったか、及び3) 防災体制は旨く働いたか、ということである。これらの点について後で触れるが、現存の津波防災事業が有効かどうかを判定する災害になったことは事実である。その上、被災者の物心両面の救援という点で、つぎのような幾つかの新しい問題を提起したことも事実である。それは、1) 防災ボランティア制度の考え方、2) 被災関係者の心の傷をどのように癒すか、及び3) 緊急時マネージメント（emergency management）の観点からの災害対応の欠如、である。この災害を教訓として、新しい津波防災対策が必要となってきたことが強烈な印象となっている。

3. 高潮・津波防災マネージメント

高潮と津波防災は、防災構造物というハードウエアと、災害情報というソフトウエアによって構成されている。そこでは、情報として災害前におけるものが大半であったから、もし不幸にして起これば、それでは不十分になってしまう。災害先進国の米国でもかつてはそうであった。しかし、この考え方を根本的に変えざるを得ない事件が発生した。それは、スリーマイル島の原子炉事故であった。起こるはずのない災害が起ってしまったために、社会的大混乱が生じた。その他に、広い意味での危機管理は人種暴動などの処理でも、大いに有効性を発揮してきた。むしろ、その度毎に改良されてきたと言ってよいであろう。危機管理の一貫としての防災マネージメントの重要性は、米国の被災の歴史から当然のこととなっている。すなわち、1989年のロマ・ブリータ地震から始まった被害額の増加が、1994年のノースリッジ地震による約300億ドルまで、1992年のハリケーン・アンドリュー災害、1993年のミシシッピ川洪水災害を通して増加の一途だからである。ここでは、防災に関係するマネージメントについての私見を紹介する。

3.1 防災マネージメントの枠組み

まず、自然災害を対象とした防災マネージメント（disaster prevention management）の枠組みの提案をここで試みてみよう。防災マネージメントとは、災害の発生前から発生後にかけて、個人と社会に対する影響がなくなるまでの全期間において、災害にいかに対応し、いかに防災を試みるかということである。それは、防災構造物（ハードウエア）、災害情報（ソフトウエア）及び人間対応（ヒューマンウエア）の3つのマネージメントから構成される。ヒューマンウエアはソフ

トウエアに含めてもよいが、災害時の人間行動や心理的なダメージからの回復は、人間を直接対象としたものであって、別個に扱った方がわかりやすい。これらは対象別のマネジメントであるが、これとは別に、災害発生の時系列に沿ったマネジメントがある。全期間にわたるものを緊急時マネジメント（emergency management）、災害発生前に行われるものをリスク・マネジメント（risk management）、災害発生時から発生後を対象とした危機マネジメント（crisis management）がある。表-3はそれらをまとめたものである。

さらに、その対象となる項目であるが、代表的なものを表中に示した。なお、防災マネジメントの対象となる項目の一例を表-4⁷⁾に示した。表現によって若干の変更があろうが、関係する事項がいかにも多いかがわかる。一口に防災マネジメントと言っても、何を対象とするかを明らかにしないと、議論が空回りする危険性がある。

3.2 高潮・津波防災マネジメント

図-2⁸⁾は地震（この場合津波を含んでもよいと考えられる）と洪水や高潮による外力作用直後からの必要な情報の種類を示したものである。たとえば津波の高さと高潮の最高潮位が等しくても、前者の方がインパクトが大きいため、人的被害が大きくなる可能性がある。わが国の歴史的な津波災害では、全死者数の94%が、件数ではわずか12%に過ぎない巨大津波災害（巨大とは死者数およそ千人以上を意味する）で生じているのに対し、高潮の場合は、それらが59%、9%となり、いかに津波災害が激甚かがわかる。このように、同じ氾濫災害といえども、被災の特徴は大きく相違する。わが国の防災対策では、表-3からリスクマネジメントに大きなウエイトが置かれていることがわかる。この原因の1つとして、過去30年以上にわたって、幸いなことに大都市が大津波や大高潮に直撃されておらず、むしろ地方で田園災害の形で発生してきたことが大きい。これに対しては、傷口を押さえるバンドエイド的な対策⁹⁾でも結構間に合うものである。しかし、同じようなことが人口稠密な都市での災害でも当てはまるかどうかは、はなはだ疑問である。

4. 防災構造物（ハードウェア）マネジメント

4.1 北海道南西沖地震津波復興計画

1983年に策定されたわが国の津波総合防災対策¹⁰⁾における防災施設整備の目標は、つぎの2点に集約されている。

表-3 防災マネジメントの構成

	緊急時マネジメント	
	リスクマネジメント	危機マネジメント
ハードウェア・マネジメント	外力の再現期間、遭遇確率	フェイルセーフ、リダンダンシー
ソフトウェア・マネジメント	予・警報、防災教育、地域計画	リアルタイム情報、各種生活情報
ヒューマンウェア・マネジメント	ケースワーカ等のネットワーク	各種メンタルケア、治療

以前 ← → 以後
災害発生

(1) 中規模の津波の侵入は完全に防止する。

(2) 対象津波及びそれ以上の津波が来襲すると、防災施設を越流することがある。しかしながら、

防災施設が浸水量及び浸水する海水の流勢を低減させるので、浸水区域を減少させ、浸水区域においても資産の被災を減少させる。

さらに、これらの地域では、巨大津波の侵入はやむを得ないとしていることから、巨大津波来襲時の避難体制が重要となる。幸い、このような地域では近くに避難に適した高地があり、地域住民の連帯意識が強いなどの利点があり、これらを活用した体制の確立を図る必要がある、と述べられている。

以上は一般論であるが、実際に、1993年の北海道南西沖地震津波災害後「同地震津波検討委員会」で策定された方針は、次の通りである¹¹⁾。まず、計画外力は、各海岸の津波波高より、つぎの前提条件で各海岸の汀線部における堤防、護岸天端高を1次元数値シミュレーションにより算出する。

1) 天端高は、汀線部に護岸、堤防を設置し、計算上越波を阻止する場合を想定した。

2) 天端高の算定は、設定した計画外力に基づき、汀線直角方向から津波が来襲した場合を想定する。

これに基づいて計画されている、たとえば奥尻島南海岸では、図-3のように天端高がT.P.+10.8～12.3m（津波痕跡高T.P.+6.3～16.1m）の護岸が計画されている。そして、留意事項として、(a) 背後のまちづくり、地域防災対策等のソフト面も考慮、(b) 港湾、漁港地区ではこれらの施設の津波減衰効果を配慮、及び(c) 沖合施設の計画では、施設の効果を十分検討、を挙げている。

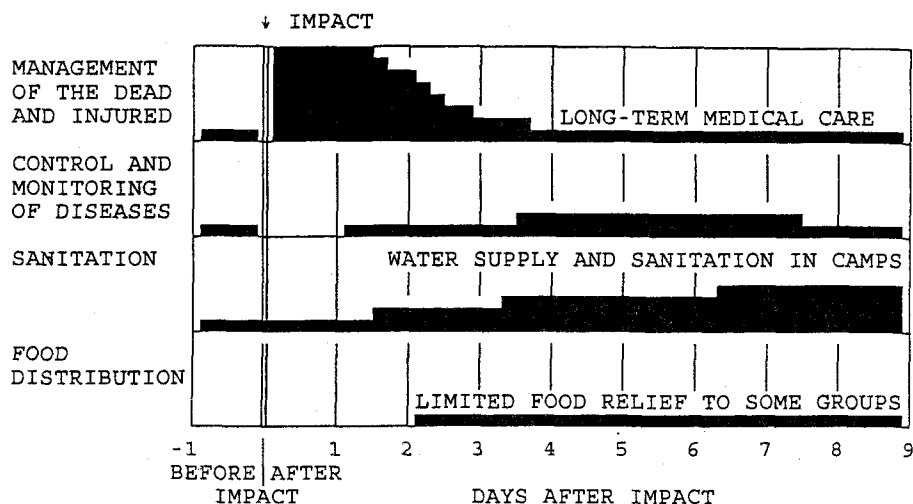
これらの計画は専門雑誌に一部紹介されるだけで、決して広く国民の目に触れることはない。

表-4 防災マネジメントの構成要素⁷⁾

-
- *Physical occurrence:*
 - Probability
 - Frequency
 - Transience (duration)
 - Physical magnitude
 - Energy expenditure
 - Physical effects: direct, indirect and secondary
 - Area affected: directly and indirectly
 - Degree of spatial concentration or ubiquity
 - Volume of products (e.g. lava, floodwater)
 - *Predictability:*
 - Short-term (for avoiding action)
 - Long-term (for structural and non-structural adjustment)
 - *Controllability:*
 - Can physical processes be modified?
 - Can physical energy expenditure be reduced?
 - Can effects be mitigated?
 - Can effects be modified?
 - *Socio-cultural factors:*
 - Belief systems inherent in societies
 - Degree of knowledge of risk
 - Complexity of social system and its constituent groups
 - *Ecological factors:*
 - Environmental damage propensity
 - Environment compatibility of mitigation measures
-

マスコミは被害の実態を大々的に取り上げたのであるから、その復旧対策をもっと紹介してほしいものである。津波発生過程から考えて、今後少なくとも10年以上は今回の被災地に同等の津波が来襲しないことは、半ば常識であろう。そうであれば、津波に強いまちづくりを先行させてもよいのではないだろうか。視界を遮る防波堤や護岸の建設は、見た目には丈夫そうであるが、超過外力対策は万全であるのか、堤内地に津波氾濫水が湛水した場合にその排水は迅速に

(a) Earthquakes



(b) Floods and sea surges

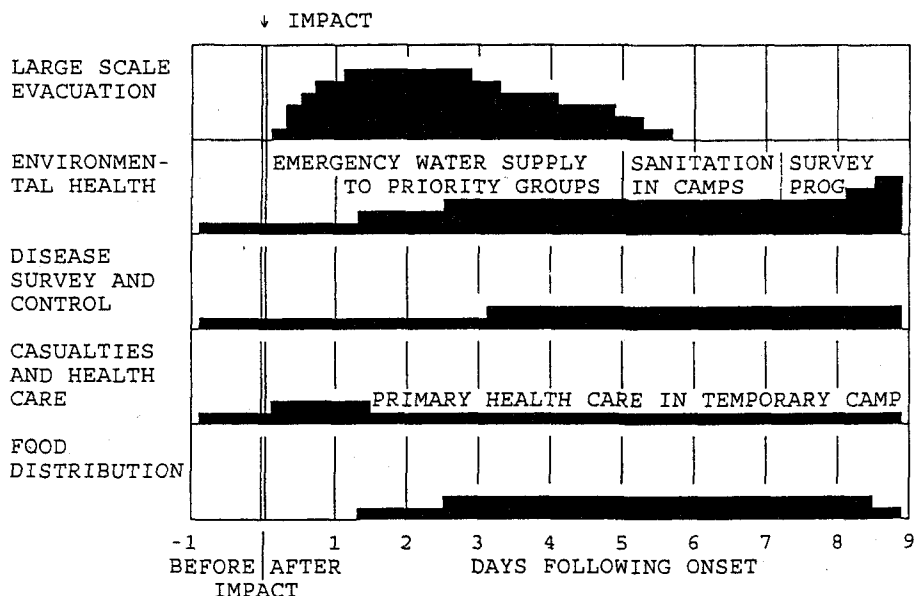


図-2 地震及び氾濫災害発生後の各種必需品と優先度の時間的変化⁸⁾

留意事項にも指摘されていたように、地域計画や防災計画はソフトウェア対策に含まれるものである。しかし、決してハードウェア対策がこれと無縁にあってよいわけではない。

防災マネジメントの対象項目は表-4に示したとおり、非常に多い。しかし、表中のphysical occurrenceとは防災構造物が対象とするものであって、外力を如何に評価するかは重要である。高潮や津波の防災構造物による対策は、たとえば高山¹²⁾や首藤¹³⁾が紹介しているので、参照されたい。また、北海道南西沖地震津波来襲時の防波堤による津波低減効果や港湾・漁港構造物の被災については、詳細な報告がなされている^{14,15,16)}。なお、現地を視察した限りでは、寒地のせいもあるだろうが、被災構造物に施工不良の跡が随所で観察された。小さなことであるが決して看過されるべきではなかろう。

Technical drawing of a dam cross-section showing structural details, elevations, and dimensions.

Structural Details:

- TP+11.0(+10.8)**: Top of the dam structure.
- 12.0(+11.8)**: Elevation of the left abutment.
- 10.0(+9.8)**: Elevation of the right abutment.
- 0.5**, **0.3**, **3.0**: Dimensions of the top structure.
- 2.0**, **1.0**, **1.0**: Vertical dimensions of the left abutment.
- 1:0.1**, **1:0.45**: Slopes of the dam body.
- 1:1.5**: Slope of the downstream toe.
- 0.3**, **8.3(8.15)**, **0.3**: Dimensions of the base.
- 8.9(8.75)**: Total width of the base.

Elevations and Water Levels:

- HHWL +0.9**: Highest High Water Level.
- HWL +0.3**: High Water Level.
- MLWL +0.0**: Mean Low Water Level.
- LWL -0.1**: Low Water Level.

Materials and Dimensions:

- 水叩コンクリート t=0.2m**: Water hammer concrete, thickness 0.2m.
- 基礎切込砕石 (0~40) t=0.2m**: Foundation cut-in crushed stone (0~40), thickness 0.2m.

B - 2 - 8

まず、高潮氾濫の場合、最高潮位時に最大風速が観測されていることが多い。したがって、臨海区では氾濫と強風のいずれによって家屋の被害が生じているのか区別が難しい状態である。そこで、ここでは図-4に示すような高さ h_T 、幅 B_p の木造家屋を対象として、氾濫水と強風が共存する場合の破壊時の力のモーメントを考えてみよう。いま、一様流中の2次元物体に作用する流体力 F は、次のように表される。

$$F = (1/2) \rho C_D u^2 A \quad (1)$$

ここに、 ρ ：流体の密度、 C_D ：抗力係数、 u ：一様流速及び A ：代表断面積である。この流体力によるA点回りのモーメント M は、簡単のために浮力を無視すれば、次式で表される。

$$M = F_w h_w + F_a (h_a + h_p) \quad (2)$$

ここに、添字 w および a はそれぞれ水と空気を表し、 h は水深である。いま、 $h_w = \alpha_1 h_p$ 、 $h_a = \alpha_2 (h_T - h_p)$ とおくと、モーメント M は、結局、次式で与えられる。

$$M_0 = (A_w + A_a (u_a/u_p)^2 ((h_T/h_p) - 1)^2) h_p^2 u_p^2 B_p \quad (3)$$

ここに、 $A_w = (1/2) \alpha_1 \rho_w C_{Dw}$ 及び $A_a = (1/2) \alpha_2 \rho_a C_{Da}$ である。

次に、木造家屋では水深が1階の天井に達すると極めて容易に流失あるいは破壊されるといわれているので、その時の浮力や摩擦力を評価することを試みる。水深が天井に届くと急に浮力が増加する原因については、つぎのものが考えられよう。まず、天井は木製であり、これ自体が浮こうとするほか、床上浸水によって家屋中の水中に浮かんでいた家財道具や上流側から侵入した流木などが水深の上昇とともに天井に達し、これを押し上げようとする力である。さらに、家屋の上流側から氾濫水が浸入し、下流側の窓や壁が流水によって突き破られている場合には、家屋に働く流体力は小さいと考えられるが、水深が天井に達すると天井が流れの摩擦によって下流側に動こうとし、モーメントが働くであろう。そこで、浮力については、天井の面積と流水に対する幅の積で表される容積に比例すると仮定しよう。また、天井に達した水流によって、これに働くモーメントも評価することができる。結局、氾濫水が天井まで達した木造家屋に働く流体力によるモーメントは、次式のようになる。

$$\begin{aligned} M_T &= M_0 + M_b + M_f \\ &= (A_w + A_a (u_a/u_p)^2 ((h_T/h_p) - 1)^2) h_p^2 u_p^2 B_p \\ &\quad + (\alpha_3/2) \rho_w g B_p^2 L_p^2 + \rho_w f_w g B_p L_p h_\infty u_\infty^2 \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、右辺第2及び第3項は、 $h > h_\infty$ の条件で付加される量である。木造家屋がどの程度のモーメント M_L で破壊されるかを評価することは困難であるが、室田らによる実大木造家屋への静的水平加力実験結果を参照すれば推定できる。そこで、 $M_T > M_L$ の場合に建物が破壊すると考え

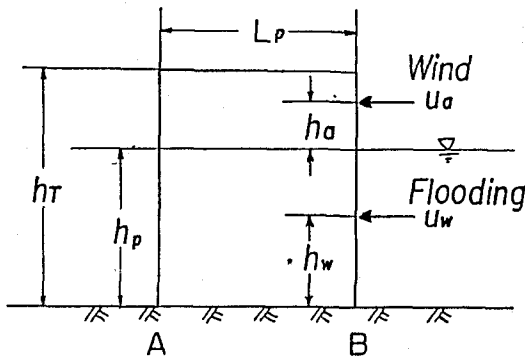


図-4 家屋に作用する流体力の定義

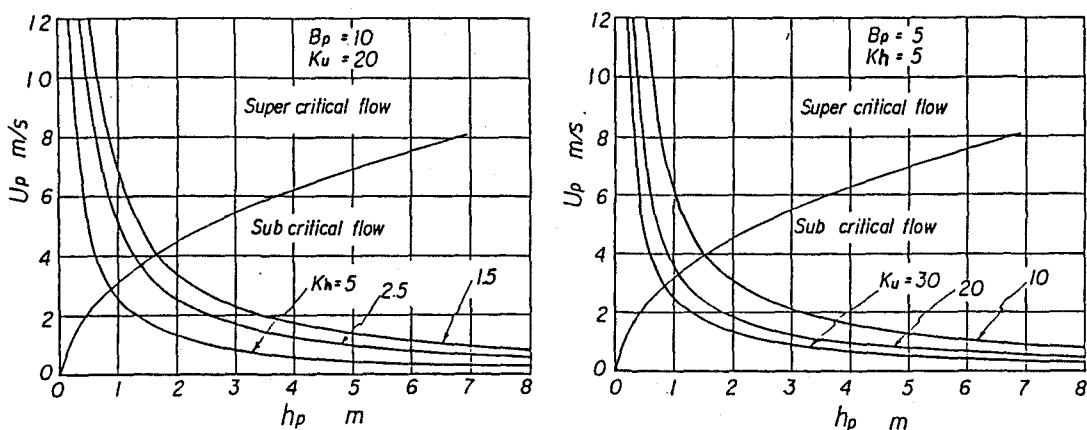


図-5 家屋被害をもたらす氾濫水の限界流速と限界風速

れば、外力は次式で表示される。

$$u_p h_p = c / \sqrt{B_p} \quad (5)$$

ここに、 c は M_L 、 A_w 、 A_s 、 $K_u (= u_s / u_p)$ 及び $K_h (= h_T / h_p)$ の関数である。

図-5は K_u 及び K_h をパラメーターとして、建物の幅を5m及び10mとした場合の家屋被害のための限界の流速と水深の関係を表している。これから、同一の氾濫水深に対して、風速の増加とともに家屋が破壊される氾濫水の流速が小さくなり、 K_u が同じであれば、 K_h の増加とともに氾濫水の流速が小さくなることが見いだされた。氾濫水のみによる場合と比較すると、強風の効果がかなり大きくなるので、台風時に氾濫が起ると、通常の河川の増水による氾濫よりも低流速で建物の破壊が生ずることが定量的に表示された。津波の場合には風の寄与がほぼなくなるが、高潮に比べて氾濫水の流速が大きくなるので、両者の流体力の差は小さくなると考えられる。

4.3 津波防波堤

1967年に大船渡湾でわが国最初の津波防波堤が建設され、現在、須崎湾でも建設中である。この防波堤は津波による外海からの浸入流量を制御することによって、湾内の津波波高を減衰させようというものである。津波防波堤の効果は、つぎのようにまとめられている¹⁹⁾。

- (1) 津波の波高の減衰
- (2) 湾奥部の防潮堤の天端高を低く押さえられ、海陸域一体のまちづくりができる。
- (3) 港内静穏度が高まり、港湾機能が充実する。

一方、欠点としては、湾内の海水交換機能が阻害されるので、水質悪化が起ることである。しかし、建設前は外海に悪水を流していたわけで、もともと津波防波堤建設と切り離して処理すべきものであろう。市街地での下水処理の未整備、湾内流入河川の水質問題及び湾内養殖の過剰給餌に適切に対応しなければならない。

5. 災害情報（ソフトウェア）マネジメント

防災構造物や災害情報の充実、これまで、行政側が用意したものを住民側がそのまま認めるという1方向であって、住民側からの反応を考慮してフィードバックして最終的に計画・施工されたものはほとんどない。たとえば、視野をさえぎる巨大な堤防の建設や、専門用語の入った警報などはその典型例であろう。これを言い替えば、防災事業は受益者である住民からの反応なしに、行政側がこれでよいとの判断で実施してきたと言ってよいだろう。高潮や津波のように、低頻度災害の場合、その重大性を日常的に忘れないためにも、情報や知識について発

信と受信という双方向性が重要であると指摘できる。そこで、ここでは、実際に被災する住民の側に立って、高潮・津波防災の情報の問題を考えてみよう。

5.1 災害時の人間行動からみた4つの危険性

林²⁰⁾は、発生した災害に対して、住民がどのように対応するかを、その際に起こりうる危険性との関係から、つぎのような4種類の危険性が存在すると指摘している。

(1) 無覚知行動：災害が発生したことを知らないままに行動する危険性、いわば、「何が起きているのかわからない」ために生ずる危険性を指して。この背景は、個人の災害に対する知識の不足が考えられる。これは、防災担当者にとっても、災害の発生状況の正確な把握が遅れることをもたらし、大変危険であると言える。

(2) 心理パニック：危険であることを正しく認識していながら、効果的な対応方法や行動ができない状態である。いわば「どうしていいかわからない」ために生ずる危険性である。

(3) 集合パニック：個人は正しい状況認識をもち、最良の対応行動を選択しているが、これが同時に多量に発生すると住民や集団全体としてアンバランスになる危険性である。

(4) 状況の変化と対応行動とのタイミングのずれ：ある条件下での最良の行動が、条件が変化したことを理解できない場合、対応行動がもはや有効とは言えなくなるという危険である。

5.2 高潮・津波来襲時の危険性の軽減

災害時の一般的な人間行動の危険性が、具体的に高潮・津波来襲時にどのような形態をとるのか、またその軽減等について述べる。

(1) 無覚知行動を避ける：まず、高潮や津波とはどういうものかを知る必要がある。むつかしいメカニズムを理解するのではなく、これらがなぜ起こり、どのような特性をもっているかを知ることである。基礎方程式のかわりに、言葉で簡単に表現できる方法を見出してそれを普及する努力が必要である。1992年のインドネシア・フローレス島の地震津波災害は（津波で約1,000人死亡）、津波被害を受けたところではほとんど地震後5分以内に津波がやってきているが、住民は津波の存在すら知らなくて、ぼう然と海をながめていたことがわかっている。1993年の北海道南西沖地震津波の場合には、各人の津波体験と知識の質の差が、避難行動のタイミングの差となって現れたと言ってよい。台風9119号で高潮被害の大きかった山口県・広島県沿岸は、もともと高潮の常襲地帯であり、たまたま過去30年間は大きな台風が通過しなかったから起きなっただけであって、歴史的にはすでに明らかな事実を忘れていたとも言える。

(2) 心理パニックを避ける：わが国のような地震国では、地震を感じれば津波がやって来るとかも知れないとすぐに考える反射的な対応が必要であろう。海辺でのキャンプ、磯釣り、海浜レジャーの最中に最悪の場合、危険に遭遇するかも知れないという自覚が大事であろう。災害に対して効果的な対応がとれないことを理解した上での行動であれば、もはや個人の判断に責任が帰されるべきであろう。

(3) 集合パニックを避ける：1982年の長崎水害では河川の氾濫の際に車で避難したり、帰宅を試みた人が多く犠牲になった。水深が深くなればエンジンが止まるし、車が簡単に浮くという事実を知らない、もしくは忘れた結果であろう。また、北海道南西沖地震津波でも、車で避難しようとして、前の車が何らかの原因で停車したため、後続の車が立ち往生して、犠牲者がかなり発生した。車を利用する人が1人なら問題はないが、多勢となると極めて危険となる。このために、多くの人々が1つの行動に集中させないようにすることが重要である。たとえば避難路が狭ければ、ここに住民が集中して思わぬ被害に結びつく危険性があろう。住民の避難を空間的に分散する必要がある、このためには地域計画などの段階で是非考慮されるべきである。

(4) 行動と状況のタイミングのズレ：地震後に広域避難場所へすばやく移動して難を逃れたとする。もしこの広域避難場所が河川の高水敷であれば、津波が浸入して、河川の水位や津波の

波高の大きさによってはそこが津波によって水没する場合が発生しよう。また、たとえ鉄筋コンクリート造の堅固な建物に避難できたとしても、そこが低層の建物の場合、津波に対して安全でない場合が出てくる。高潮の場合、避難勧告が発令されても、安全な避難場所に逃げずに自分の家の2階に仮に避難したとして、高潮の氾濫水位が高くなり建物が流失したりすることが起こる場合などが起ころう。氾濫災害の場合、住民の多くは2階に避難することがわかっている²⁾。これを最初に安全な公共施設へと誘導するための何らかの動機づけが必要と鳴ろう。これらの危険を避けるには、個人が災害の全過程にひそむ危険性を理解し、それぞれの局面でどのように対処するかを知っている必要がある。このためには、防災を行政側にゆだねるのではなく、あくまでも自助努力でやるということを自覚することが大切である。また、行政側も必要な情報を各個人に確実に伝える努力を要しよう。

5.3 高潮・津波防災上の必要情報

ここでは、災害情報についての一般的特徴を示したあと、地震直後の津波防災の問題をとりあげることにする。

(1) 災害情報の時系列

これまで、災害情報と言えば、ほとんどが災害発生前のものを指していた。すなわち、台風が接近しており、何時頃上陸するとか、高潮の襲れがあるとか、地震が起こった時、津波の心配があるのかどうか、あるいはその津波についての情報であった。これに伴って、注意報や警報が発令されてきた。これらの情報の内容については、つぎのような改善点がある。

1) 情報を何に使うのかという視点：従来の高潮・津波情報は、どれくらいの高潮・津波がいつ頃やって来るから注意してほしいという主旨であった。この場合、情報の受け手である住民にとって、個々の現象の理解度、関心の深さによって、その後のとるべき行動が変化する。この場合、避難へと結びつく具体的な情報の提供が必須となっている。たとえば高潮の場合、従来の予・警報の場合、台風の通過と満潮と重なった場合、どれくらい潮位が上がるから注意する必要があるということが中心であった。気象業務法で定められた内容はこれでクリアーしているわけである。しかし、仮に大阪の臨海低平地に住む住民にとって過去の室戸、ジェーン、第2室戸台風のときの高潮と比べて大きいのか、小さいのか、もし、防災システムが完全に作動しないことが起こるとどの程度まで水没するかの情報も必要であって、そのような具体的情報の提供があって、はじめてつぎの行動に移れるわけである。津波であれば、何時、どれくらいの波高の津波が来る危険性があるのかとか、過去の津波は地震後どれくらい経過してからやってきて、どのような規模でどのような被害があったのかの情報を伝えることだろう。要するに現在の情報の伝え方は、通り一遍すぎて情報が生きていないと言ってよい。

2) 情報がどれくらいの時間、有効であるか、という視点：従来の高潮・津波の予警報は、発令されて、それが解除されるまで、途中で何が起きているかについての情報はほとんど欠けている。つまり、途中経過がブラックボックスとなっているため、もし、その時間帯で大きな変化が起これば、住民は現実と予測とのギャップに直面し、心理的に大変不安になろう。防災行政は、住民の災害からの自助努力を支援するのが基本であるから、現在、何が起ころつつあるのかについての情報は非常に重要といえる。さらに、不幸にして氾濫災害になった場合、排水日数とか、どの地域まで浸水するかどうか情報を適格に出す必要があろう。

3) 情報がどれくらいの地域に対して有効であるかという視点：高潮の場合、台風の規模、経路、天文潮の状態に、津波の場合、地震マグニチュード、震源位置に関係して、それぞれの特性が推定される。住民にとっては、自分の住んでいる所が安全か危険かの判断を迅速にしなければならぬ。したがって、個別的な地域情報がやはり必要である。

4) 状況のリアルタイムな捕捉と伝達という視点：高潮や津波外力が作用し、あるいは通過し

つつあるときに、一体何が起こりつつあるのかを知ることは、複合災害や二次災害を軽減するためにも必要であろう。たとえば、昔のように台風の通過を息をひそめて待つというような受け身の（その間は何の情報もない）体制では困るであろう。災害に情報が積極的に立ち向かう姿勢を支援する。

5.4 日常生活回復のための必要情報

(1) ヒューマンウエア・マネージメント

これまで、わが国の防災対策では、前述したように災害を発生させないことに主眼が置かれ、起こってしまうとまさに、全員一丸となって復旧に対処するという、“竹やり精神”であった。このような問題処理プログラムのない状態は、いたずらに対策からの回復を遅らせ被災者に大きな負担を強いることになってきたと言ってよいであろう。わが国では、災害復旧対策は、公共事業として防災構造物の原形復旧中心であって、一部、改良復旧が認められてきたにすぎない。これでは、被災者にとって血の通った対策とは必ずしも言えない。行政は住民とface to faceの立場で、被災者対策を実施すべきであろう。そこで、ここでは、1994年1月17日に発生した、米国ロスアンジェルス・ノースリッジ地震災害における、ヒューマンウエアに関する対策事例を紹介する。

(2) ヒューマンウエア対策

ノースリッジ地震の場合、被害回復についての組織の構成は、つぎのようである。まず、連邦政府関係ではFEMAが窓口になっている。FEMAは正式にはFederal Emergency Management Agencyであり、連邦政府の自然災害対策の中心となっている。一方、州政府レベルではOES(Office of Emergency Services)が中心となっている。これらとロスアンジェルス郡、市の4つの行政組織がFEDERAL/STATE/LOCAL COORDINATING OFFICEを構成している。米国の行政機構の長所は、組織構成がたて割りの的であるにもかかわらず、運営が非常に柔軟なことである。FEMAに属する連邦政府の役人は、担当になれば、被災地が回復するまで原地に長期に渡って滞在し、現地のスタッフと協力して事業に当たることになる。災害後のこのプログラムはDACs(Disaster application Centers)と呼ばれ、ノースリッジ地震ではつぎのようにまとめられる²²⁾。

- 1) Disaster loans to individuals and business : 保険に加入していない被害財産に対する低利の融資。1家庭/個人/企業への上限額は20万ドル/4万ドル/150万ドル
- 2-1) Disaster housing assistance program : 家を失った被災者に対して、住宅が建て直されるまでに安全な場所で生活するための援助を提供
- 2-2) Disaster mortgage and rental assistance program : 災害のために失業、倒産、家屋の抵当権喪失あるいは立ち退きをふせぐための援助
- 3) Grants to individuals and families : 災害復旧に必要な家族もしくは個人を対象に最大限12,300ドルに及ぶ援助金交付
- 4) Low interested deferred payment program : 家屋もしくは借家の所有者が修理に要する費用を援助
- 5) Housing and urban development program : 世帯収入2万ドル以下の家族を対象に、レンタルコストの70%を18ヶ月にわたって援助
- 6) Income tax advice and assistance : 被害者に対しての減税措置の援助
- 7) Loans to farmers, ranchers or low income rural residents : 地方で農業、牧畜業を行っている者、あるいはそれによって雇用されている者に対する低利の融資
- 8) Social security assistance : 生活保護者の援助
- 9) Veteran's assistance : 死亡保険、年金手続の援助
- 10) Emergency individual and family needs : 食料、衣料品、治療等の経費の援助
- 11) Contractor's licensing : 登録建築業者の紹介
- 12) Insurance information : 保険金請求援助
- 13) Crisis counseling : 被災者の悩みごとや心理的に受けた傷のケア

14) Disaster unemployment assistance : 災害による勤労者、自営業者の失業保険と再就職援助

これらは、FEMAが予め用意した基本メニュー²³⁾に災害の特性を加味したものである。なお、従来、これらの事業に対する連邦政府の財政負担率は75%であるが、今回は90%であり、残り10%はカリフォルニア州政府の負担と聞いている。

6. 地震後津波の警報システムと避難マニュアル

北海道南西沖地震津波によって、奥尻島を中心とする北海道南西部の日本海沿岸地域に大きな被害が発生した。地震直後に来襲した津波に対して津波警報が間に合わなかったことが大きな原因だと言われている。現在の津波予警報体制では、地震発生後、津波の計算、予警報の発令、住民への伝達の一連の作業に約10分を要する。したがって、地震直後の津波の場合、予警報の発令を待たずに、住民が自主的な避難行動をとることが必要となってくる。ところが現状では、これを想定した住民避難マニュアルがなく、また、住民の津波に対する知識の不足などのため、自主的な避難行動を期待することが困難となっている。そこで、ここではまず、津波予警報伝達体制の現状を明かにし、その問題点を指摘する。つぎに、地震直後の津波に対してどのような避難マニュアルを作る必要があるかということについて述べる。さらに、避難マニュアルの内容例を示し、気象庁が採用した新しい警報システムを紹介する。

6.1 警報伝達体制の現状と問題点²⁴⁾

北海道南西沖地震津波によって大きな被害を受けた奥尻島及び渡島半島の日本海側地域の警報伝達体制の現状を明かにするために、奥尻町と渡島半島の函館市から寿都町までの16市町村の防災無線の設置状況を調べてみた。表-5はその結果をまとめたものである。表-5を見ても、今回調査した16市町村の大部分においては、警報伝達体制がまだまだ不十分であることが明かであり、問題点はこの点に集約できると思われる。この結果から、全国的には不十分な警報伝達体制しかもちあわせていない市町村がまだ多くあるものと推定される。確かに、数10年に1度、場合によっては100年以上に1度来るかどうかという津波に備えて防災無線網を充実させるといった状況下では、現在のような地方自治体まかせの状態では、急速な整備は困難となっている。警報伝達体制の確立を目指すのであれば、どのような体制がその地域にとって理想であるとか、住民にとって警報体制が何故早急に必要であるかについての同意を得て、これを隣接市町村と整合性を保ちながら充実させることが肝要であろう。ついで、このような設備の導入では多額の予算が必要であって、その意味から、この問題を地域ごとの問題としてではなくもっと大きな視点から、国の津波防災プロジェクトとして取り組まなくてはならないだろう。

6.2 津波に対する避難マニュアル

(1) 避難マニュアル作成に必要な構成要素²⁴⁾

避難マニュアル作成に先立ち、まず、地震発生から津波来襲以前に住民が避難を完了するまでの過程に存在する現状の問題点を明らかにし、それらの解決方法を考えなくてはならないだろう。図-6は現在の津波警報伝達のおおよその流れと、その問題点を示したものである。それぞれについて検討してみよう。

1) 現在の津波予報は震源の深さ、震源までの距離、地震の規模の3要素を基にして判断されているために、「地震は小さかったが、大きな津波が発生した。（専門的には津波地震という）」というような場合には、津波警報は発令されない。もし、このような事態が起これば、津波警報自体が発令されないわけであるから、住民の対応の遅れから、大きな人的被害を招くものと思われる。この問題については、地震のエネルギーと津波発生との関係などの研究を推進して、新たな津波予報体制を作り出すことによって、解決されることが期待される。

2) 津波予警報を受けた各地方自治体の長が情報不足や知識不足のために、住民に対する避難

表一5 北海道南西沖地震津波の被害を受けた市町村の防災無線の設置状況

市町村名	津波警報受信時刻	避難勧告発令時刻	同報系無線		移動系無線		その他の警報伝達手段
			屋外受信子局	戸別受信子局	車載機	可搬機	
A	22:23 (ラジオより)	避難勧告は出していない	0	0	0	移動系は合計で200機	地域防災無線 (役場内のみ)
B	22:28 (気象台より)	22:45 (消防に広報を要請)	0	0	有り	有り	消防の広報車
C	不明	避難勧告は出していない	0	0	0	0	消防の広報車
D	不明	22:40 (消防に広報を要請)	0	0	0	3	有線のスピーカー
E	不明	役場に有る防災無線の機体が地震時に落下して機能不能	3	0	0	3	0
F	22:27頃	22:27 (消防に広報を要請)	20	0	0	0	0
G	22:27	22:27	0	0	0	5	0
H	22:23	22:40	0	0	0	移動系は合計で9機	0
I	不明	22:30	0	0	0	2	5
J	不明	22:36 (22:29に消防が独自で避難勧告を出していた)	22	1670 (全戸)	有り	有り	消防防災システム 17:15以降は防災無線の本局を消防に切り替えて24時間体制
K	22:22 (TVより)	22:23	0	0	0	0	消防本部から消防団へのスピーカー・サイレン
L	23:16	22:24 (コミュニティセンターのサイレンを鳴らす)	0	0	0	0	町内6箇所のコミュニティセンターと消防署の情報ネットワーク
M	不明	22:30	0	0	0	0	サイレン (中心部のみ)
N	不明	不明	0	0	0	0	0
O	不明	不明	0	0	0	0	0
P	不明	不明	有り (全地域をカバー)	1747 (全戸)	有り	有り	0

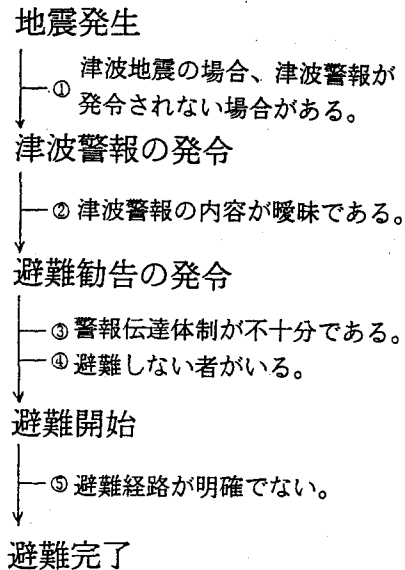


図-6 津波警報の伝達順序

勧告の発令を遅らせてしまったり、誤った判断を下して避難勧告を出さなかったりするといった事態を招く恐れがある。その点についての解決策としては、気象庁側の津波警報の内容をさらに詳しいものに見直すこと、および地方自治体側に避難勧告発令のための一定の判断規準、もしくは自動化をすすめることなどが考えられる。

3)適切な判断により、出された避難勧告も、すべての住民にすばやく伝わらなくては、宝の持ち腐れである。そのためにも、充実した防災無線網は必要不可欠である。

4)適切な避難勧告が出されたとしても、住民側がこれに従い、すみやかに避難を開始しなくては、津波による人的被害の減少は望めない。この点については、結局、住民の自主的な判断に頼るしかないであろう。

5)現在、各市町村では、それぞれの防災計画に基づいて、災害発生時の避難場所については、指定されている場合が多い。しかし、そこに至るまでの避難経路については、はっきりしていない場合が多いようである。安全な避難場所を確保しておいても、安全な避難経路を確保しなくては、意味がない。この点の解決策としては、避難経路の災害発生時の安全性や、多人数が一度に避難できるだけの道幅があるのか、などについて各市町村が検討し、避難経路を指定することによって解決できるであろう。

以上が現在、推定される問題点である。このうち、4)以外の問題については、比較的、解決策が見出しやすいものと思われる。4)については、住民の判断を促すためのなんらかの方法を考えねばならない。この問題が解決されれば、津波による人的被害はかなり減少するであろう。ただし、これは地震発生後、津波の来襲までに、ある程度の時間があればという条件下の場合である。地震直後に来襲する津波による人的被害を減少させるためには、地震発生から、住民が避難を完了するまでの所要時間を、大幅に短縮する必要がある。そのためには、住民の反射的な避難行動が必要になってくるであろう。

住民避難マニュアルには、津波に対する正確な知識を住民に記憶してもらうための工夫が必

要不可欠である。そのために

- 1) 津波危険地区の指定
- 2) 津波の知識の普及
- 3) 最大津波と最短来襲時間の推定

がとくに必要であろう。

(2) 避難マニュアルの内容例²⁵⁾

ここでは、南海道沖で過去に発生した大地震の震源分布を考慮して地震断層モデルを人為的に移動させ、数値計算によって津波の伝播特性を調べ、その結果に基づいて津波危険度を定量的に評価することを試みた。まず過去の震源分布を考慮して、図-7のように南海トラフ沿いに断層モデルを18ヶ所にわたり人為的に移動させ、それぞれの断層モデルに対して津波の到達時間と最大水位の地域分布を数値計算によって求めた。つぎに、それらの結果をすべて重ね合わせて、津波の最短到達時間と最大水位の地域分布を明らかにした。さらに、これらに基づいて人的被害を定量的に予測するために、4つの方法、すなわち1) 外力、2) 到達時間、3) 発生確率、4) 外力と発生確率との組み合わせ、による方法を用いて、沿岸域における津波危険度を評価した。

図-8は、18ケースの断層モデルに対してそれぞれ到達時間の等時曲線を描き、それらを重ね合わせて、3つの時間区分に基づいて求めた紀伊水道沿岸域における最短到達時間の地域分布の1例である。その3つの区分とは、地震発生から(1)10分以内、(2)10～20分及び(3)20分以上に津波が到達する場合である。この図から、ある対象地域に複数の時間帯で津波が到着しており、津波の被災経験に基づく到着時間の先入観に従って避難行動を取ることは、極めて危険な場合が起こりうることをわかる。また同図から、地域によって津波の到着時間にかなりばらつきがあることもわかる。したがって、同一県内で同じような警報伝達・避難体制を取ることは不合理であり、たとえば10分以内で津波が到着する可能性がある地域では、従来の避難体制に加えて自主避難体制を併用するなど、各地域で独自の避難体制を考える必要があると言える。

2) 一方、図-9は紀伊水道沿岸のT市に対して、断層モデルの位置によって最大水位がどのように変化するかを計算した結果である。これから、断層の位置によって沿岸域を襲う津波の水位は倍以上も差があり、最悪の場合には、過去に記録した最高水位をはるかに超える津波に襲

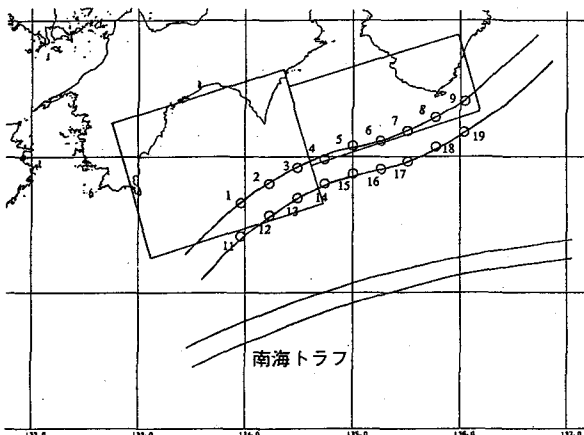


図-7 断層モデルの移動

われる地域があると言える。現在のわが国の地震予知では、とくに地震がいつ発生するかに力点がおかれているが、被害の評価では震源の位置も極めて重要であると指摘できる。3) つぎに、表-6は前述した4つの評価法を用いて、T市における津波危険度を求め、それらを比較したものである。外力および到達時間による評価は、津波来襲を前提にした危険度である。したがって、地域ごとの危険度の相対的な比較をすることはできるが、津波がいつ来るか、すなわち海

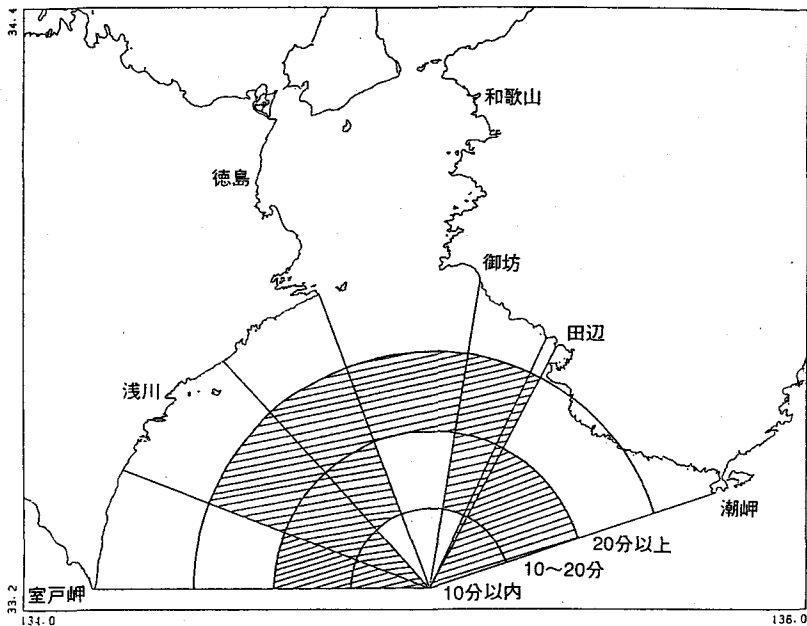


図-8 津波の最短到達時間の地域分布

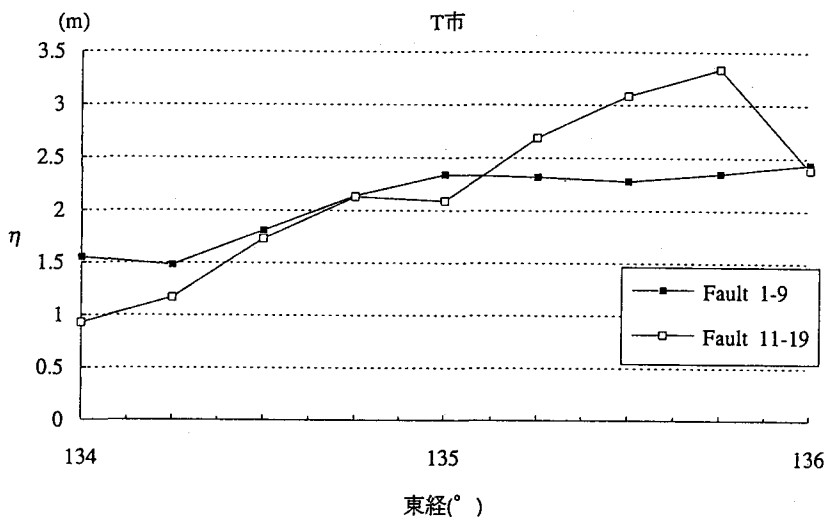


図-9 断層モデルの位置による最大水位の変化

表-6 津波危険度の表示

評価方法	外力	到達時間	発生確率	外力+発生確率
津波危険度	0.046 (死亡リスク)	0.038 (死亡リスク)	0.0704 (確率)	0.0032 (死亡リスク)

洋性地震の発生の履歴特性を考慮していないため、危険度としては適切な評価ではないと言える。一方、発生確率のみによる評価法は逆に、津波が発生した後どのような被害になるかについて明らかにすることはできないという問題がある。そこで、外力と発生確率の両者を考慮して、すなわち津波来襲確率という時間的評価と津波来襲後の被害評価の両面から評価を行えば、現実的な津波危険度としてもっとも理解しやすく、また妥当であると考えられる。実際、この方法で得られたT市の津波による死亡リスクは現時点で0.0032となり、毎年少しずつ大きくなることがわかった。この値は、同市の交通事故による死亡リスク0.00011および病気による死亡リスク0.0076などとくらべて、日常生活上も決して小さい数字とは言えず、津波防災の日常的な重要性があらためて認識された。

(3) 避難マニュアルの普及方法

避難マニュアルの内容を住民に理解させるための、方法をいくつか提案してみる。

- 1) 広報活動
- 2) 学校における防災教育
- 3) 住民の避難マニュアル作りへの参加

以上が主な方法であるが、避難マニュアルを作成し、それを利用するにあたっては、常にそれらの問題が地域住民にとって身近なものであり続けるようにすることが最も重要なことであろう。

6.3 警報システム

気象庁は、北海道南西沖地震津波災害の教訓に基づき、「津波地震早期検知網と緊急情報衛星同報システム」を整備し、3分程度で津波予報を発表する体制を整えた²⁶⁾。その特徴は、つぎの2点に集約される。

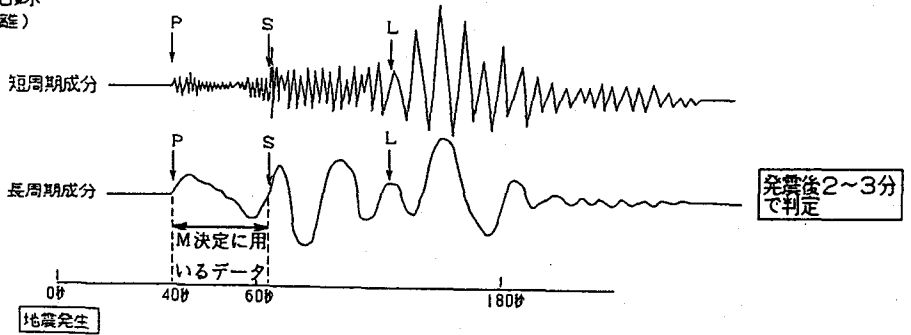
(1) 津波予報に要する時間の短縮は、震源（位置と深さ）と規模をいかに早く推定するかにかかっている。そこで、図-10に示すように、P波部分に含まれる長周期地震波成分を利用して、地震の規模を決定する。一方、震源位置は、新たに整備する津波地震観測施設10ヶ所の観測データを処理して得る。

(2) 気象衛星（ひまわり）を利用して、情報を速やかに伝達するために、緊急情報衛星同報システムを導入する。これを設置すれば、図-11に示すように、気象庁の津波予報発表と同時に直接受信でき、より迅速な防災対応が可能となる。

7. 結 語

ここでは、総合防災の観点から、筆者らがこれまで行ってきた研究成果を中心として紹介した。ここでとくに主張したかったのは、高潮・津波防災の問題は、防災構造物を主体とした取り組みでは不十分ということである。私たちの社会が豊かになるにつれて、一人ひとりの住民の顔を思い浮かべながら、防災対策を丁寧に進める時期に来ている。災害が起こる以前から災害の傷跡が完全に癒えるまでの期間を対象として、物的・精神的にすみやかな回復を目指した

新地震計の記録 (短・長分離)



注) 北海道南西沖地震を旭川で観測した場合を想定して作成
($\Delta \approx 260 \text{ km}$)

図-10 地震の規模を決定するための原理²⁷⁾

<計画>

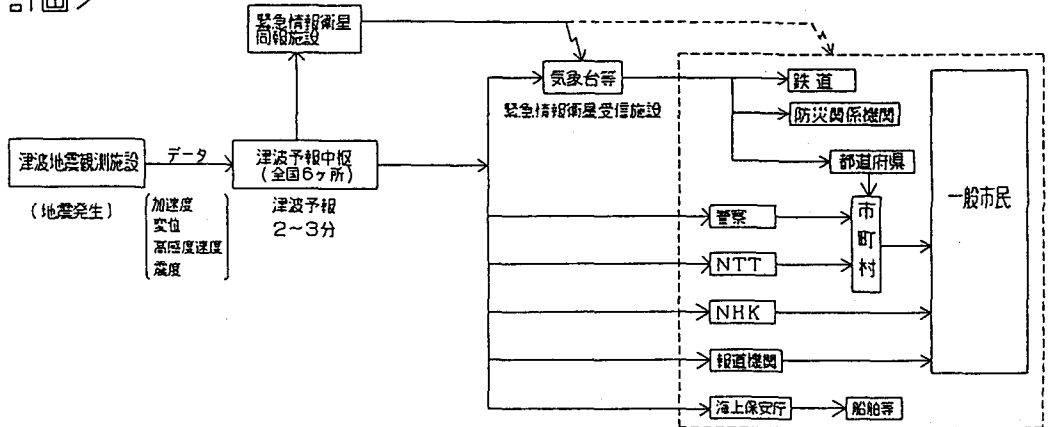


図-11 地震発生後の津波予報の発表と伝達の時間的経過²⁷⁾

多様な防災・減災プログラムを用意することからまず、始めてはいかがだろうか。ここでは、紙数の関係から、絵文字による高潮・津波危険地区の表示、被災者の心の傷 (PTSD, Post Traumatic Stress Disorder) を癒すカウンセリング、都市災害としての特徴と防災対策などの話題について触れることができなかった。これらの今後の成果を約束して、結論としたい。なお、平成5年度、京都大学防災研究所に新設された地域防災システム研究センターでは、ここで紹介した自然科学と社会科学を融合する形で低頻度巨大災害の防災対策に関する研究を進めており、災害の種類に関係なく、私たちの社会に大きなインパクトを与える危険性のある災害をすべて対象に研究を推進していくことになっている。

参考文献

- 1) 寒川 旭：地震考古学の成果と展望，歴史地震，第9号，1993，pp. 1-8.
- 2) 河田恵昭：災害史に学ぶ，NHK市民大学テキスト（災害の科学），1987，pp. 129-143.

- 3) 小西達男：外洋に面した港湾で生ずる高潮に対する Wave setup の寄与について，海と空，第66巻，第4号，1991，pp.255-267.
- 4) 気象庁予報部：災害時自然現象報告書1991年第4号，1991，pp. 8-19.
- 5) 首藤伸夫：北海道南西沖地震に伴う津波とその教訓，土木学会誌，Vol. 78-9，1993，pp. 2-17.
- 6) 自然災害科学，Vol. 12，No. 2，1993，pp. 119-120.
- 7) David Alexander: Natural Disasters, UCL Press, 1993, 632pp.
- 8) Pan American Health Organization(PAHO): Emergency health management after natural disaster, Washington, DC, 1981.
- 9) Robert E. Allinson: Global Disasters, Prentice Hall, 1993, 280pp.
- 10) 建設省・水産庁：津波常襲地域総合防災対策調査報告書，1983，243pp.
- 11) 中村隆昭：「北海道南西沖地震津波対策」について，海岸，Vol. 34，No.1，1994，pp. 52-57.
- 12) 高山知司：波浪と高潮を上手に防御するには，みなとの防災，第107号，1990，pp. 14-27.
- 13) 首藤伸夫：津波と防災，土木学会論文集，第369号／2-5，1986，pp. 1-9.
- 14) 明田定満・谷野健二・佐藤 仁：北海道南西沖地震による津波被害について（1）- 津波遡上高と防波堤による津波低減効果 -，第37回北海道開発局技術研究発表会，1993，pp. 73-78.
- 15) 山本泰司・竹田義則・木村克俊明：北海道南西沖地震による津波被害について（2）- 港湾・漁港構造物の被災 -，第37回北海道開発局技術研究発表会，1993，pp. 79-84.
- 16) 水野雄三・谷野賢二：港湾関係施設の被害と対策，開発土木研究所報告，第101号，1994，pp.85-99.
- 17) 松富英夫・首藤伸夫：津波の浸水深と流速：津波工学研究報告，第11号，1994，pp.29-32.
- 18) 室田達郎ほか：在来軸組工法木造住宅の地震時挙動に関する実大静的繰返し水平加力試験，建築研究所建築研究資料，No. 28，1981，pp. 1-47.
- 19) 岩手県大船渡市企画調整課：津波防波堤を生かしたまちづくり，みなとの防災，第112号，1991，pp. 19-23.
- 20) 林 春男：災害をうまくのりきるために一人間行動と情報のかかわりー，都市の防災，京都大学防災研究所公開講座テキスト，1993，pp. 63-85.
- 21) 河田恵昭ほか：インドネシア・フローレス島地震による津波の特性とその教訓，海岸工学論文集，第40巻，1993，pp. 191-195.
- 22) 建設省土木研究所：水害時の避難行動に関する調査報告書，緑川水系御船川昭和63年5月洪水における避難行動一，土木研究所資料，第2862号，1990.
- 23) Disaster Assistance Program Information, Los Angeles Earthquake, OES, California, 1994.
- 24) FEMA: Disaster Assistance Programs; A Guide to Federal Aid in Disasters, 1993, 17pp.
- 25) 河田恵昭・長谷川茂樹：地震津波警報の伝達と避難マニュアルについて，海岸工学論文集，第41巻，1994（印刷中）.
- 26) 河田恵昭・小池信昭：津波の伝播特性に基づく危険度評価について，海岸工学論文集，第41巻，1994（印刷中）.
- 27) 中禮正明：津波地震早期検知網と緊急情報衛星同報システム，気象，38・5，1994，pp. 8-11.