

# 海岸災害とその防災マネジメント

河田 恵昭

京都大学防災研究所教授

## 1. 海岸防災の対象と近年の動向

瀬戸内海を主たる対象海域とした場合、起こりうる海岸災害としては、1)波浪災害、2)津波災害、3)高潮災害及び4)漂砂災害であり、臨海低平大都市圏である大阪湾沿岸では、海岸災害が一部を構成する5)都市災害として、複合災害の発生が憂慮されている。1)と4)が局所的に限定される災害であるのに対し、それ以外は広域災害となる危険性がある。海岸防災の基本は、種々の防災施設を建設することである。この場合、従来にも増して生態系や環境、景観、利用面に配慮した設計が要求される。さらに、地球温暖化に伴う海面上昇の動向は、最悪の場合、海岸災害の多発・激甚化となるので、関心をもち続ける必要がある。

まず、波浪防災では、防波堤や護岸によって港湾や海岸施設を守ったり、越波を起こさないようにする。近年、離島での石油備蓄基地建設や泊地の大型化に伴って、大水深に防波堤を築造する例が多くなり、防波堤被災例が増えている。これは、波浪予知の方法や浅海における不規則波の特性の記述方法が未だ確立されておらず、その上、わが国で多用されている混成堤の設計公式に改良の余地があることを示している。

次に、津波防災では、津波防波堤や津波水門などの構造物による方法が主流を占めている。しかし、1993年の北海道南西沖地震直後の津波のように、地震直後に津波が来襲し、しかも津波防災施設が十分でない場合には、やはり早期の自主避難が人的被害を軽減させるのに有効である。津波のように発生間隔が数十年から百年単位という低頻度では、被災直後の防災施設の建設が、時間の経過とともに住民に過度の安心感をもたらすと言われる。東海地震や2015年頃発生すると予測されている南海地震では、震源に近い沿岸には数分以内に来襲する場合は起こる。

高潮防災では、わが国の常襲地帯ですでに防潮堤や防潮水門が整備されている。しかし、これらの地域には1960年代半ばより30年以上にわたって大型台風が直撃しておらず、設計外力に相当する外力を経験していないので、防災施設の有効性は確認されていない。この間の大規模埋立地の建設は、その背後地のウオータフロントの防災の重要性より、親水性を優先させる傾向があり、調和の取れた再開発に留意する必要がある。

漂砂災害は、港湾、取水口埋没と海岸侵食に大別される。いずれの問題も、漂砂と波、海浜流の特性を現地データの解析と数値シミュレーションなどによって精度よく把握することが肝要である。空間としての砂浜の重要性は、国民の余暇時間の増大と共に大きくなっており、人口稠密地帯をもつベイエリアではとくに貴重な自然環境を提供している。海岸侵食工法として面的防衛方式が採用され、砂浜海岸の高い消波機能を活かした安定海浜工法、ヘッドランド工法やリーフ工法が開発・施工されている。前浜が十分広くない場合には、侵食対策としての護岸はむしろ有害であって、控堤の機能しかないことを理解する必要がある。このほか離岸堤や緩傾斜堤も単独施工の場合には、沿岸漂砂の連続性を確保する観点から、その欠点を十分理解する必要がある。

都市災害では、異種の被災形態が同時進行する複合災害が起こる危険性が高い。とくに、高度情報化された臨海低平大都市が問題になる。そこでは、例外なくゼロメートル地帯が存在し、地震などで地盤の液状化や防潮堤などの海岸構造物が破壊すれば、無尽蔵の海水が侵入する危険性がある。つまり、津波などの海岸災害の外力が作用する前に、氾濫災害が発生し、最悪の場合には、地下鉄や地下街などの地下空間が浸水する事態が発生する。わが国の臨海低平大都市はすべて大地震の発生域もしくはその近傍に位置しており、地震時に津波によってのみならず、前述のような過程で氾濫災害が起こる危険性があることを理解しておかなければならない。また、高潮と内水災害の同時発生も考慮すべきであり、海面上昇が継続すれば、これがとくに21世紀には重大な問題となろう。

## 2. 高潮・津波防災

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。これにたとえ、災害情報の充実が加えられても総合防災とは言えない。

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。

### 2.1 高潮と津波の特徴

高潮と津波災害の最大の特徴は、低頻度巨大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、巨大津波については表-1<sup>1)</sup>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を越す海洋性大地震とそれによる津波災害が起こっている。巨大高潮については、図-1<sup>2)</sup>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。

### 2.2 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。

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）、

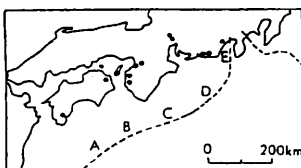


表-1 南海地震と東海地震の発生時期  
(黒丸は遺跡発掘で検証されたもの)

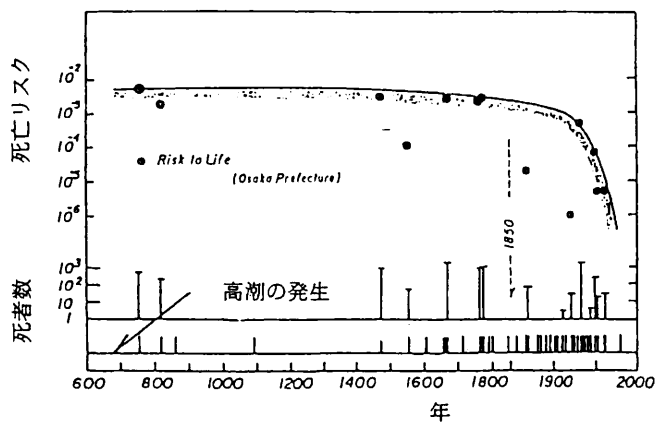
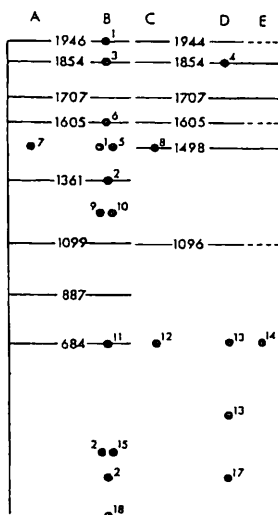


図-1 大阪における高潮災害の発生数、死者数及び死亡リスク

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、高潮のピークと高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。

### 2.3 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、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。

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<sup>3)</sup>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。また、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) 危機管理（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の必要性を強く印象づけた。

## 3. 高潮・津波防災マネジメント

高潮と津波防災は、防災構造物というハードウェアと、災害情報というソフトウェアによって構成されている。ここでは、防災に関係するマネジメントについての私見を紹介する。

### 3.1 防災マネジメントの枠組み

防災マネジメントとは、災害の発生前から発生後にかけて、個人と社会に対する災害の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（ハードウェア）、災害情報（ソフトウェア）及び人間対応（ヒューマンウェア）の3つのマネジメントから構成される。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。

### 3.2 高潮・津波防災マネジメント

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は極めて多い。わが国の歴史的な津波災害では、全死者数の94%が、件数ではわずかに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。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。

表-2 津波と高潮の概要

<p><b>津波</b> 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</p> <p>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する。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、大阪湾に来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なり、日本海や湾内では反射波が重なって大きくなったり、半日くらい津波が来襲することがある。 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。</p>
<p><b>高潮</b> 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</p> <p>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) 高潮時と重なると、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。</p>

### 3.3 臨海都市の災害制御<sup>4,5)</sup>

都市の災害は表-4のように区分される。また、都市災害の危険度は図-2のように、社会の防災力を表す平均寿命と死亡リスク（人口当たりの死者数）の関係で、非免疫災害として憂慮される。その制御方法は生体防御とのアナロジーで議論できる。アナロジーの1例を表-5に、方法例を表-6に示す。災害脆弱性の増大例は、大阪の地盤沈下による氾濫域の増大となって、図-3のように表される。

#### 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) 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.
- 4) 河田恵昭：都市災害の特質とその巨大化のシナリオ、自然災害科学、Vol. 10、No. 1、1991、pp. 33-45.
- 5) 河田恵昭：都市防災システム論、京大防災研年報、第37号B-2、1994（印刷中）.

表-3 防災マネージメントの構成

	緊急時マネージメント	
	リスクマネージメント	危機マネージメント
ハードウェア・マネージメント	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・マネージメント	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・マネージメント	ケースワーカー等のネットワーク	各種メンタルケア、治療

以前 ← → 以後  
災害発生

表-4 都市の災害の分類

	被災地域の人口密度	都市基盤・防災施設整備	被災の種類	主たる被災過程
都市化災害	経年的に増加中	整備途上	古典的	単一
都市型災害	国の人口密度の数倍から10倍程度	一応整備完了	物的被害に集中	既知
都市災害	同20倍程度以上	不均衡	人的・物的巨大被害	未知

表-5 生体防御と都市防御のアナロジー

#### a. 対応する構成要素

皮膚 ----- 海岸護岸、防潮堤、河川堤防  
 筋肉、脂肪 ----- 都市施設、建築群  
 気道、肺、胃腸（体腔） --- 都市河川、地下街、都市空間  
 血管・神経系 ----- ライフライン  
 血液、組織液 ----- 情報、知識、知恵  
 細胞 ----- 人間

#### b. 発生する現象

病気 ----- 都市災害  
 免疫不全 ----- 防災不全  
 余病併発 ----- 複合災害  
 回復不全 ----- 二次災害

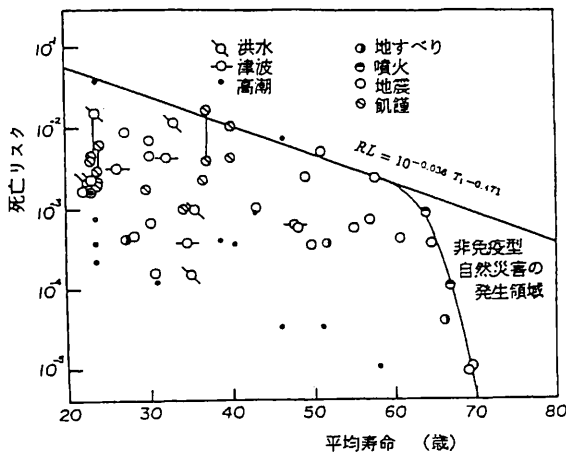


図-2 12世紀以降の世界の巨大災害における死亡リスクと平均寿命

表-6 都市の防災方法

	地震災害	洪水・津波・高潮災害
第1次防御	耐震、耐火、制御、免震化	高規格堤防・水門化
第2次防御	地域のブロック化	地上げ
第3次防御	ソフトウェアの開発	ソフトウェアの開発（災害文化の育成など）

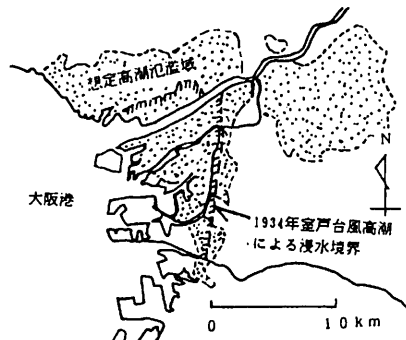


図-3 想定高潮氾濫域（1934年の室戸台風高潮と同じ規模）