

防災技術 Technology for Disaster Prevention

河田恵昭

Yoshiaki KAWATA

教授, 京都大学防災研究所地域防災システム研究センター

Professor, Research Center for Disaster Reduction Systems, DPRI, Kyoto University

Keywords: Coastal disaster, Tsunami, Storm surges, Hardware, Software, Humanware, Commandware, Disaster management, Emergency management, Risk management, Crisis management

ABSTRACT

The Great Hanshin-Awaji earthquake disaster revealed many aspects of urban disasters. If we have gigantic tsunamis or storm surges in urban areas along Osaka bay, human and property damage will be quite huge. Technology for coastal disaster prevention includes hard, soft, human and command wares. They are all controlled from the view point of emergency management. In Japan, risk management which will be applied before occurrence of disasters has been traditionally attached importance. Especially, functional design of hard countermeasures such as storm surge dikes and tsunami breakwaters involves long return period and large safety factors. Unfortunately, if they can not control tsunamis or storm surges completely, we will have the damage at the coastal lowland. In order to mitigate it, it is necessary to develop disaster management which is a typical example of emergency management. Crisis management at the moment of occurrence of the disasters and aftermath is also very important. A pair of risk management and crisis management are classified into four groups: hardware (reduction or mitigation and recovery), software (abundance and communication), humanware (preparedness and response), and commandware (tactics and strategy). Disaster Countermeasure Fundamental Act in 1961 does not imagine urban disasters which will occur at dense populated areas in city of millions of residents. The headquarters systems for disaster countermeasures was proposed to have quick recover and rehabilitation.

1. はじめに (INTRODUCTION)

兵庫県南部地震は横ずれ断層による直下型地震で、かつ震源付近の海域の水深が浅かったために、大阪湾内で10cm程度の波高の津波が観測されたに過ぎなかった。しかし、マグニチュード8以上の南海地震は、2015年頃発生すると予測されている¹⁾。そして、最悪の震源位置の場合、大阪では波高5m程度、神戸で3m程度の津波が来襲すると計算されている²⁾。しかも、大阪などの沿岸部や河川沿いでは、場所によっては震度6の地域が存在が予想されており、防潮堤や防潮水門などの既存の海岸防災施設が、もし補強されずにこのまま放置され続ければ、地盤の液状化や強い地震動によって破壊される場合も想定しておかなくてはならない。そこに津波が来襲すれば、それほど大きな波高でない場合でも、臨海低平地に氾濫し、一部は地下鉄空間や地下街に浸入する恐れがある。これは高潮の場合でも同じである。このように大阪をはじめとする臨海部では、過去の地盤沈下の累積によって災害脆弱性が大きくなっており、しかも地球温暖化によって海面上昇がこのまま継続すれば、ますますこの脆弱性は大きくなると考えられる。このような背景を十分

理解して、これからの海岸防災を進めなければならない。本小論文では、海岸防災の技術を、従来のように防災構造物の設計にのみ限定するのではなく、総合防災技術と捉え、都市のとくに防災システムの特徴と防災マネジメントについて私見を述べたい。

2. 防災システム (DISASTER REDUCTION SYSTEMS)

2-1. 都市と生体との類似性

都市を形づくるそれぞれの要素が独立ではなく、有機体のように結びついており、まるで人工的な生命をもつ生き物のようである。そのような理由から、自然災害に対する都市防御は、都市という人工的な生体の防御と言い替えることができる³⁾。Fig-1は、生体と都市の類似性の立場から各種要素と現象の模式図であり、Table-1はその対応関係を示したものである。さらに、Fig-2は、病氣と都市災害に認められる類似の諸現象についてまとめたものである。

2-2. アナロジーに基づく都市防災の方法

都市の災害対策に限らず、これまでの災害対策の基本は、同じ災害を二度と繰り返さないことであった。この方法は、被害の大きさが外力の大きさのみに依存し、災

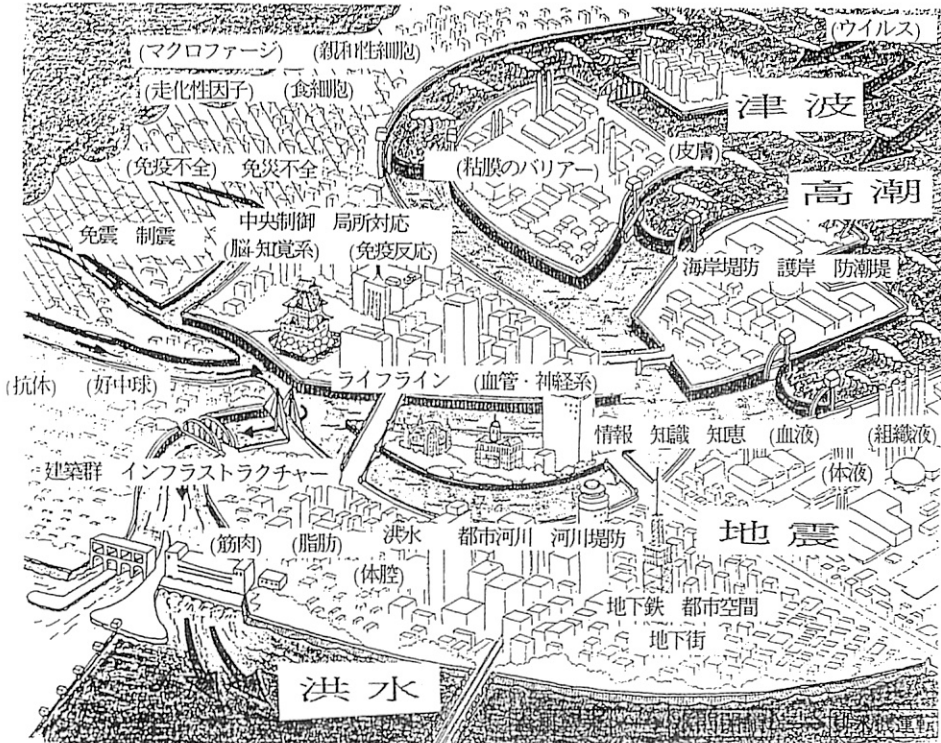


Fig-1 Comparative diagram of elements and phenomena in homeostatis and urban disaster reduction systems.

Table-1 Correspondence of elements and phenomena in disease and urban disasters.

害の性質そのものは変化しない状況下では有効であった。自然災害では、田園災害、都市化災害及び都市型災害がこれに当てはまる。Fig-3に示したように、これらは伝染病と特效薬あるいはワクチンや予防接種との関係に類似している。しかし、難病に対して対症療法しかなく、この関係は都市災害に対しては、従来の防災対策があまり効果なく、新しい防災システムを構築しなければならない事情とよく似ている。

(1)外力の特性

都市防災の対象となる外力の特性について、都市の特質との関係で今一度検討を加える。

(1)外力の特性

都市防災の対象となる外力の特性について、都市の特質との関係で今一度検討を加える。
 (a)地震災害の場合：地震の場合、エネルギーは地中を伝播し、震源位置に関係なく、都市全域にほぼ同時に来襲する。つまり、都市では面的に同時に地震力を受けるわけである。したがって、建築物や社会基盤施設はそれぞれが耐震性を持っている必要がある。地震と水災害の

a. 対応する構成要素

- 皮膚
- 筋肉、脂肪
- 気道、肺、胃腸（体腔）
- 血管・神経系
- 血液、組織液
- 細胞

- 海岸護岸、防潮堤、河川堤防
- 都市施設、建築群
- 都市河川、地下街、地下鉄、都市空間
- ライフライン
- 情報、知識、知恵
- 人間

b. 発生する現象

- 病気
- 免疫不全
- 余病併発
- 回復不全

- 都市災害
- 免災不全
- 複合災害
- 二次災害

生 体

都 市

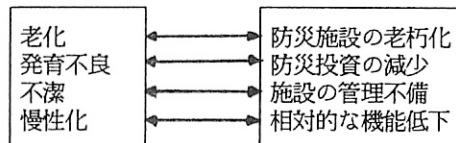


Fig-2 Vulnerability of urban area.

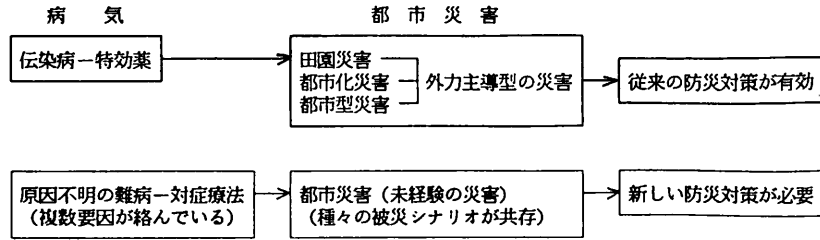


Fig-3 Development of countermeasures in disease and natural disasters.

外力は、いずれも都市環境の影響を受けて変化もしくは増幅するのであって、そこに到達するまでは変化しない。(b)氾濫災害の場合：河川の洪水、内水、高潮および津波が都市域での氾濫災害の外力である。その内、洪水、高潮及び津波は、外力がまずウオータフロントに作用するのに対し、内水の場合は地震の場合と同じく面的に影響を及ぼす。高潮と津波では、前者では高潮位が数時間継続するのに対し、後者では1波当たりの高潮位の継続時間は数分から10分位であるが、通常数波来襲し、しかも長波として陸地でほぼ完全反射するので、極端な場合には半日程度も高潮位が不連続に継続する。

(2)都市の面的防災

(a)地震対策：Table-2に示すように、個々の構造物は耐震、制震、耐震、耐火性を持っていないといけない。この場合、従来の視点で忘れられているのは、地震はエネルギーの伝播現象であるということである。すなわち、このエネルギーを都市域に伝播させないような努力、あるいは進入したエネルギーを捕捉することなく通過させる方法を都市計画の中で検討することも必要であろう。とりわけ、新旧の構造物が混在する現状では、地域の面的耐震性の向上が図られるべきであって、個々の構造物の改良は、時間と経費の点から得策でない場合も発生する。例えば、埋立地の場合には、従来であれば個々の構造物や施設が液状化などによって被害を受けないような設計がなされてきた。この場合、外郭施設で囲まれた堤内地を浮体工法によって築造して、地震エネルギーの伝播を遮断するのも1つの方法であろう。土木工学的な発想に立てば、構造物の基礎の部分に土があることを前提としているが、構造物の耐用年数を考慮すれば、このような方法も現実性のあるものと考えられる。要するに、与えられた環境下での設計が、トータルに考えて、必ずしも最適でない場合が起こりうるわけである。次に、ほとんどのライフラインはネットワークとして運用されているので、特定の被災が全体に波及しないように、ブロック化を進める必要がある。さらに、生体防御とのアナロジーから、個々のライフラインは故障箇所、あるいはその近傍で単独に応急措置が講じられるようになっていく必要がある。それと同時に、その情報が中央の指令室に伝わらなければならない。

(b)水害対策：外力としての水位の上昇に対して、都市内の地下空間を含む湛水量のマクロな評価を行ない、都市が許容できる量をまず決める必要がある。わが国のウ

Table-2 Countermeasures in earthquake and flood disasters.

	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)

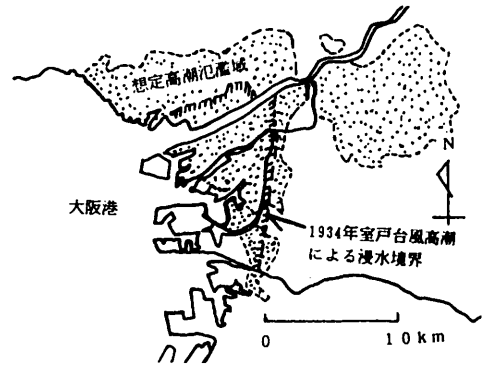


Fig-4 Estimated inundation area of flooding due to storm surges in Osaka.

オータフロントでは各種の堤防はほとんど1線堤であるから、外力がこれを突破すれば、背後地は浸水災害を蒙る。Fig-4は1934年の室戸台風高潮が現在の大阪に来襲し、防潮システムが不完全の場合に浸水する地域を示したものであって、面積は2倍以上となっている。各種の原因による氾濫災害は沖積平野では宿命であって、これを是正するには地上げによる方法が最良である。とくに海拔ゼロメートル地帯と呼ばれる地域では、水害の危険性が常在しているので、これを緩和する方向で都市計画を進めるべきであろう。

また、水害対策で考慮しなければならない新しい事項は、地下空間対策であろう。津波が来襲したり、地震が満潮時に起こり液状化によって水防災施設が破壊され、地震水害が起こって、ゼロメートル地帯に伝播した場合には、対策を立てる時間的な余裕がない。

Table-3 Classification of disaster management.

	emergency management (危機管理)	
	risk management (災害発生前)	crisis management (災害発生後)
hardware ハードウェア	(reduction or mitigation) 再現期間, 遭遇確率, 冗長性や フェイルセーフのシステムなど	(recovery) ライフラインの耐震性強化, 仮設住宅の建設など
software ソフトウェア	(abundancy) 災害情報, 防災訓練, 防災計画, 防災教育, 避難マニュアルなど	(communication) ライフラインの復旧情報, 救援物資の配布状況など
humanware ヒューマン ウェア	(preparedness) 救急・救命体制, ボランティア, 心理カウンセラーの育成など	(response) 心的外傷後ストレスのケア, 重傷者の転院など
commandware コマンドウェア	(tactics) 災害対策本部, 指揮系統, 危機管理体制	(strategy) 後方支援, 兵站計画, 復興計画など

3. 防災マネジメント (DISASTER MANAGEMENT)

危機管理は、Table-3のような幅広い内容をもっている。巨大災害となるのは、幾つもの原因や増幅要因が連続的に現れるためである。したがって、防災・減災対策は、それらを孤立化させることである。

さて、防災のマネジメントは、災害が発生するまでを対象とするリスクマネジメント、発生時とその後を対象とするクライシスマネジメントで構成される。これら2つを危機管理(エマージェンシーマネジメント)と呼ぶのである。つぎに、災害前のリスクマネジメントの内容を簡単に示してみよう。まず、リスクマネジメントの目指すものは、ハードウェアでは直接の減災(reductionあるいはmitigation)であり、設計外力の決定には確率的な要素(probabilistic factor)がどうしても入ってくる。一方、ソフトウェアでは、災害の知識の習得、防災訓練などの豊かさ(abundancy)やヒューマンウェアでは救急医療体制の整備などの準備(preparedness)が対象となる。災害後のクライシスマネジメントが対象とする内容は、ハードウェアの場合、ライフラインの復旧や仮設住宅の建設などの復旧(recovery)である。ソフトウェアについては、ハードウェアの復旧情報や救援物資の配布状況などの広報(communication)、ヒューマンウェアについては、家族や友人が犠牲になったことによって受ける心理的な傷によるストレス(心的外傷後ストレス)の軽度化に向かったケアなどの対応(response)である。また、巨大災害の場合、コマンドウェア(commandware、緊急組織の対応、連携など)を中心としたものを独立して扱う方が制御しやすいとも考えられる。災害発生前は防災戦術(tactics)が重要である。クライシスマネジメントでは、防災戦略(strategy)が重要である。その内容は、救命・救援や復旧・復興に必要な物資や人員の輸送、給食や弁当、宿舎や宿営、飲料水や燃料の補給、保健衛生、非常通信などの兵站(logistics)・後方支援(support in rear)と復興計画(reconst-

ruction planning)が含まれる。わが国では戦争や災害対策で、歴史的にこの兵站補給の重要性が過小評価されてきている。したがって、災害が起こればその対処は全員突撃主義であり、総合的な危機管理とはほど遠いと言ってよい。

4. おわりに (CONCLUSIONS)

これまで、都市災害に対して、総合的な防災システムや危機管理体制の必要性を指摘してきた。しかし、現行の災害対策基本法の最大の欠陥は、先行投資を認めないことであり、極端に言えば、災害が起これなければ防災技術も開発されないという悪循環に陥っていたことも確かである。幸いにも、過去30年以上にわたって臨海大都市を地震や台風が直撃せず、したがって海岸・港湾構造物もほとんど無被災であった。しかし、防災技術者は、これをもって技術体系が確立したという錯覚、あるいは思い上がりの一部であったのではないだろうか。耐震設計基準を改訂すれば済み問題ではなく、技術者一人ひとりの自然観や社会的使命感が問われていると言え言い過ぎだろうか。ここでは、これからの防災技術の中心となると予想される防災システムと防災マネジメントの基本的な考え方を提示した。

参考文献 (REFERENCES)

- 1) 安藤雅孝: 南海地震は近い, 京都大学防災研究所公開講座テキスト, 1993.
- 2) 河田恵昭: 地震と津波, (海底地盤), 土質学会関西支部, 1995.
- 3) 河田恵昭: 都市防災システム論, 京都大学防災研究所年報, 第37号B-2, 1994.