

スーパー台風による高潮と河川氾濫を想定した 防護区域の法指定と函体内蔵型多目的堤防 — 東京湾奥部低地帯の防災整備計画への適用 —

金子 大二郎¹

¹ 正会員 (株) 遥感環境モニター, 代表取締役 工博
E-mail: kand.rsem@gmail.com

気候温暖化によってスーパー台風が強大化し、高潮・河川氾濫が懸念されている。これまでに東京湾・伊勢湾・大阪湾の三大湾を対象として、国土交通省のゼロメートル地帯の高潮対策検討会において防護施設やまちづくりの緊急行動が検討される一方、内閣府や東京都では避難対策が詳しく検討されているが、避難には課題が多くその効果には限界がある。本研究は三湾の中で最も重要な東京湾奥部について、人口密度と浸水分布および木造住宅率とを使用し、災害から優先的に守るべき地域を最初に指定する。次に、想定以上の高潮・河川氾濫および津波であっても、全断面が崩壊することが無い函体内蔵型多目的堤防の配置計画を提案した。堤体内部は高規格道路や広域避難所として使用可能である。また、緑地公園として堤体法面を日常的に利用することができる。複数の河川が存在する等の守り難い地域については、ハード対策によって守られた上述の地域に避難し、ソフトとハードの両対策による減災計画とする。

Key Words : *storm surge, river flood, tsunami, multi-hazard, caisson-embedded bank, district specification*

1. はじめに

米国のNew Orleansにおいて発災したハリケーンのカトリーヌによる高潮の大災害と、近年の国内における既往最大級の台風の出現や線状降水帯に起因する豪雨の災害を受け、日本国内においても、大都市圏のゼロメートル地帯を対象とした大規模災害の見直しが、内閣府、日本学術会議、あるいは国土交通省によって検討され、その対策が提言されてきた。しかし、ハード対策の困難さから大規模な避難が検討されてきた。また、ハード対策として高規格堤防（スーパー堤防）が答申されているが、再開発事業と連携したこの整備計画は、河川堤防の全長については断面の大きさから実現には課題がある。さらに、堤防高のかさ上げも現実的ではなく、低頻度ではあるが巨大水災害への対策は、広域避難であってもとても十分とは言えない。すなわち、大災害を生じかねない状況にある。具体的には、高潮・河川氾濫・津波の襲来地帯として知られる三大湾については国土交通省の「ゼロメートル地帯の高潮対策検討会」において防護施設やまちづくりの緊急行動が検討されてきた。一方、内閣府の「首都圏水害広域避難検討会」や東京都によって避難対策が大規模かつ詳しく検討されている。本研究は、これらの検討委員会の結果を既往の成果として利用しながら、

避難ではなくハード対策によって、環境と日常利用に配慮した構造物の築造によって根本的に解決するというハード対策の立場から、生命・財産と社会資本を守る方法となって従来の緊急避難とは異なるもう一つの方法を提案するものである。

2. 従来の研究

気候温暖化が主因とされるスーパー台風の強大化によって、従来の想定を越えた大規模な高潮や河川氾濫が懸念されている。米国のスーパーハリケーンであるカトリーヌによるNew Orleansの被災状況を受けて、これまでに東京湾・伊勢湾・大阪湾の三大湾を対象として内閣府¹⁾が広域避難について答申し、日本学術会議²⁾が防災の方針や在り方について提言した。更に首都圏については国土交通省³⁾がゼロメートル地帯の高潮対策について、国土交通省関東地方整備局⁴⁾が高規格堤防の効率的な整備についてそれぞれに答申を受け、東京都⁵⁾がゼロメートル地帯における浸水問題に対し、低頻度ではあるが巨大水災害となる高潮と河川の大規模氾濫についての防災対策を検討している。内閣府の「洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難検討ワーキンググループ」では、高潮シミュレーションとその予測精度⁶⁾について示している。また、

各種の要因については例えば間瀬 肇，由比 政年，金 洙列，川崎 浩司，水谷 英朗，平石 哲也が，打上げ・越波・越流の遷移過程を導入した高波・高潮相互作用モデルとして発表している⁷⁾。利根川・荒川を含む想定氾濫域に対し国土交通省の河川氾濫検討会においてまちづくりの再開発を兼ねた高規格堤防（スーパー堤防）による緊急行動が検討されている。これに対し，内閣府や東京都では大規模避難の計画と課題が詳しく検討されてきた。しかし，巨大水災害に対する避難の規模や経路等には課題があり，人的被害の軽減のためには効果的な避難の方法としては問題点と限界がある。本研究は三湾の中で人的被害の視点に加えて国内経済に及ぼす影響から最も重要な地域として東京湾奥部を選択し，研究対象域としている。なお，三大湾の視点から巨大水

災害に対する防災を検討する場合には，津波も同様に巨大災害となる。しかし，首都圏においては湘南海岸への津波災害リスクは巨大であって別途に著者らは既に発表している経緯がある。また，東京湾については湾口が狭く，湾内に入って津波エネルギーが分散する傾向であるから津波波高は大きくない。従って，高潮によるリスクの方が津波よりも高いと考えられ，函体（ケーソン）内蔵型の高潮海岸堤防によって津波も兼ねて守ることが可能と考えている。

一方，巨大水災害からの人的被害を軽減する優先的に守るべき要因として，人口密度と浸水深分布および漂流に配慮した木造住宅率とを設定した。これらの複数の要因を合わせて持つ地域を優先的に整備する地域として指定する。これにより防災の段階計画の執行を容易にする法整備とし，事業の進捗を円滑化させる。次に，想定以上の高潮や河川氾濫および津波であっても，堤体の全断面が崩壊することが無い函体内蔵型の多目的堤防を配置する計画を提案した。この函体内蔵型河川堤防は，周囲の地域開発の如何に関わらず，単独で防災構造物として建設事業を推進することが可能であり，図-1に示すような環境（景観）と日常利用（高規格道路，緑地公園）に配慮しながら，従来は堤体の全面が崩壊するという水災害としては最悪な事態があり得た弱点を無くしている。堤体内に函体または正確には沈埋トンネルのように鋼函体との複合体の構造を持つ函体内蔵型河川堤防は，終戦直後の1947年（昭和22年）に利根川が350mにわたって全面破堤したばかりでなく大きな流速によって堤の基礎

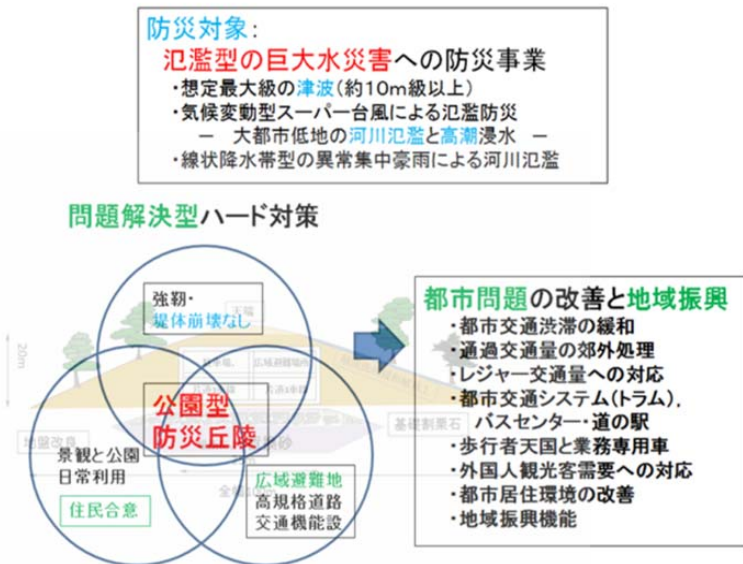


図-1 巨大水災害を対象としたハード対策の課題（強靱化，景観と日常利用，広域避難地）とその要請に応える構成要件¹²⁾との関係。鎌倉市の津波防災丘陵の例を他の地域の巨大水災害を対象にして一般化。

を深掘りし，氾濫流が東京東部のゼロメートル地帯の葛飾区まで流下するような事態を避けることが可能である。この函体内蔵型の多目的堤防によるハードの対策と配置計画および防災地区の法指定を提案し，東京湾について荒川に利根川からの氾濫流を加えた河川氾濫および高潮・津波の総合的な配置計画を図-2に提案した。この函体内蔵型の各規模の堤防については，目的別に6節において詳述する。

3. 研究方法

産業集積地帯でありながら高潮襲来地帯として知られる東京湾・伊勢湾・大阪湾の中で，国の産業・経済上で最も重要な東京湾を対象に，気候温暖化によって強化することが懸念されているスーパー台風を主として想定する。これらの三大湾を対象としたハードによる高潮と河川氾濫の対策の基礎研究として，著者は人命リスクとハード対策を検討して来た^{8), 9), 10), 11), 12)}。本研究の対策は，想定以上の台風による高潮・河川氾濫および津波であっても，被害が予想される都市域の低地帯において，従来の様な全断面が崩壊することが無いという特性を持つ函体内蔵型の多目的堤防によるハード対策を示している。また，その配置計画および防災地区の法指定を提案している。なお，今回は東京湾を対象として検討しているが，同様な問題を持つ大阪湾や伊勢湾についても，地域特性の相違があるものの同様の防災計画を立案することが可能である。

本研究は、従来からのこれら地域に対する前述した検討委員会の結果を利用しながら、ハード対策によって避難ではなく、環境と日常利用に配慮した構造物の築造によって根本的に巨大水災害を解決するという目的を持ち、抜本的な解決方策として提案するものである。函体内蔵型多目的堤防の堤体内部は、高規格道路や広域避難所が配備されている。また、緑地公園として堤体法面を日常的に利用することが可能である。複数の河川が存在する等の理由によって水災害から守り難い地区については、ハード対策によって守られた上述の優先防護地域に防御対策が困難な地区から避難させることによって、ソフトとハードの両対策による当面の減災計画とすることが可能となる。

4. 対象地域

メッシュの人口密度データを分解能250mに内挿。本研究の巨大水災害に対する防災対策の研究対象域は、狭義には東京東部のゼロメートル地帯であるが、首都圏南部の津波・高潮・河川氾濫による災害対策を目的とした東京・神奈川・千葉の各県を含んでいる。これら首都

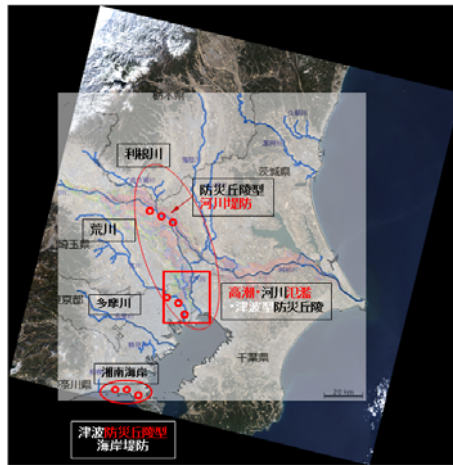


図-2 利根川栗橋付近の破堤に対する函体内蔵型河川堤防(防災丘陵⁸⁾・¹²⁾の配置, および利根川破堤を考慮した衛星データであるLandsat8のNatural画像。浸水図は「川の防災情報 浸水想定区域:利根川¹³⁾」。



図-3 水災害のためのALOS衛星から抽出した木造住宅の分布図。黄色土色部分の画素が木造住宅, 10mの分解能で5220x7017画素範囲。

圏の人口密度分布の中で、東京湾を囲む三県の人口密度分布を図-4に示した。首都圏整備法により首都東京への一極集中の緩和が図られてきたが、この人口密度分布によって都心の集中ぶりが確認できる。なお、東京との人口のピークの子想は、東京都政策企画局(2015年)によれば2025年であり1,398万人となっている。また、相模湾湘南海岸は都心への通勤者のための住宅地域となっているため想定最大10mを越える(鎌倉市は14.5m)津波が遡上^{9),10)}(図-2の位置を要参照)することによる人命リスクを含めて複合災害として捉え、首都圏の災害時

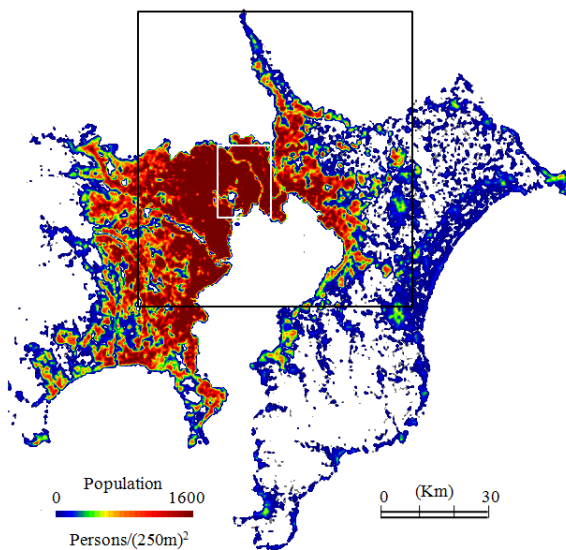


図-4 首都圏南部の巨大水災害(河川氾濫・高潮・津波)用の東京湾周辺における人口密度分布。500m

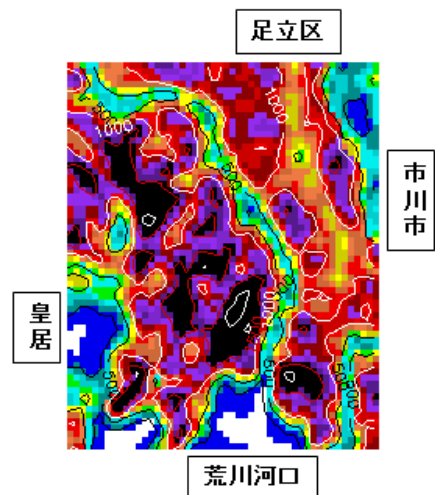


図-5 東京湾荒川・隅田川下流部の人口密度分布(図-4)の白枠内を拡大して示したゼロメートル地帯人口密度分布。赤黒い地域が1500人/(250m²)以上、紫色が1000人の等値線。

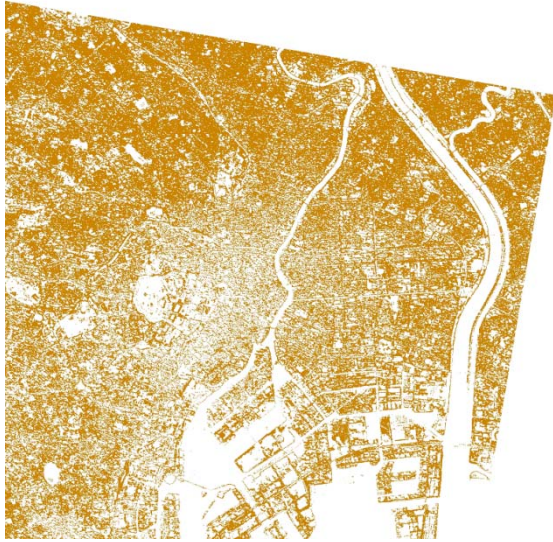


図-6 優先度の高い東京湾荒川・隅田川下流部の木造住宅分布 (黄土色の各ピクセルが木造住宅)

のリスクの高さが人口密度分布の図-4によって示されている。この図-4に示した二重の四角枠で囲まれた白線内の地域が標高-1mから-2mのゼロメートル地帯であり、本研究の主たる防災対策の区域である。図-5にゼロメートル地帯の人口分布を切り出して拡大して示した。低地帯であっても1,500人/(250m)²を越えた地区があり、都心部と同等の人口密度の高さであって、荒川右岸に巨大な水災害が懸念される。なお、水災害のリスクについては、後述するように被害を受けやすい木造住宅率の高い地域と浸水深(またはマイナスの標高値)の分布も同時に考慮せねばならない。

5. 使用データ

首都圏において巨大な高潮と河川氾濫による複合的な水災害が懸念される地域として、東京東部のゼロメートル地帯を対象として各行政機関が検討している経緯により、多くのデータが防災情報の周知を目的として公開されている。最初に標高は、内閣府が提供する東南海地震9系の海陸の水深・標高の地形データであり、10mの細メッシュで有用である。一方、これら地域内に流れる隅田川、荒川、江戸川に挟まれた人口密度の高い河川下流域は、ゼロメートル地帯(図4)と呼ばれており、その人口については、(財)地図センターが提供する500mメッシュの人口¹⁴⁾と数値地図¹⁵⁾を入手した。また、河川氾濫の浸水域分布図⁹⁾については東京都庁による「想定最大規模の浸水想定区域図」である。また、国土交通省の「ゼロメートル地帯の高潮対策検討会」により緊急事業が公表されており、更に、利根川浸水図については、国土交通省の「川の防災情報」¹³⁾から取得した。更に、

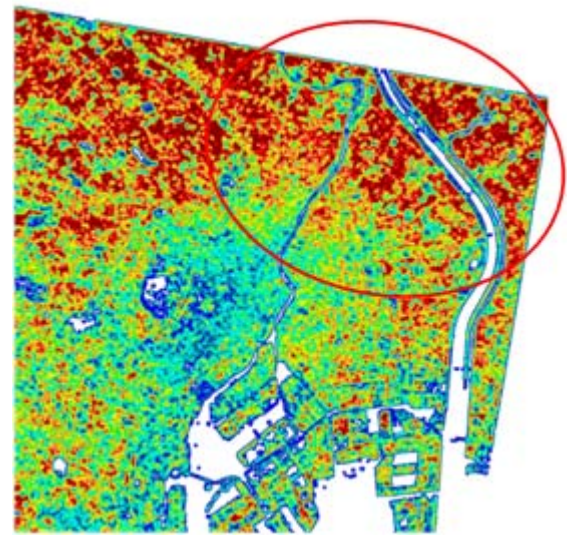


図-7 東京湾荒川・隅田川下流部の木造住宅率分布 (赤色が100%, 青がゼロ%, 赤丸印が高住宅率地域)

首都圏三環状道路計画¹⁷⁾は国土交通省により公開された整備計画図を利用した。

次に広域データとして利根川を意識した関東全域を観測する衛星データとして、米国農商務省(USDA)からの観測範囲と解像度(30m)が適した新しいLandsat8号を利用し、Natural画像を作成(可視2,3,4バンドを使用)した。また、(財)リモートセンシングセンターか

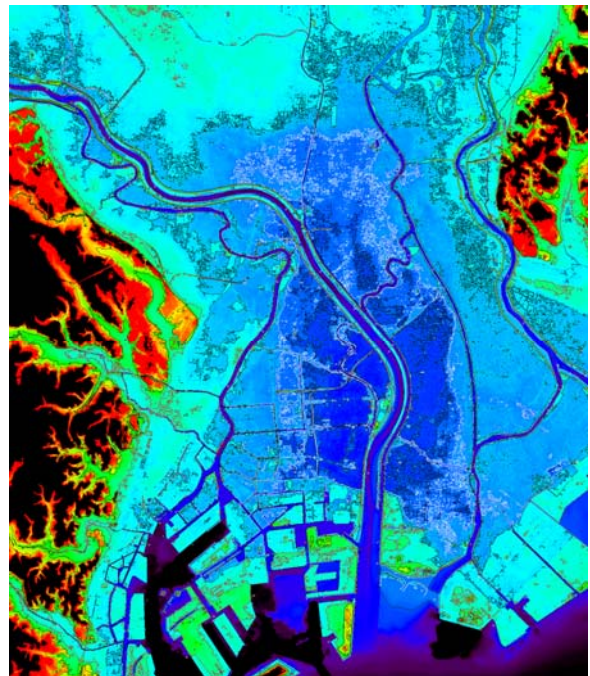


図-8 東京ゼロメートル地帯の標高分布, (淡青・濃青色が標高-1m, -2mのコンターで危険地帯)。東西20km, 南北23kmの範囲で高潮浸水分布と極めて類似。

らALOS衛星データ（解像度10m）を入手し、土地被覆分類のデータ処理によって災害を受けやすい木造住宅を抽出している¹⁰⁾。

6. 函体内蔵型多目的堤防の配置計画とその意義

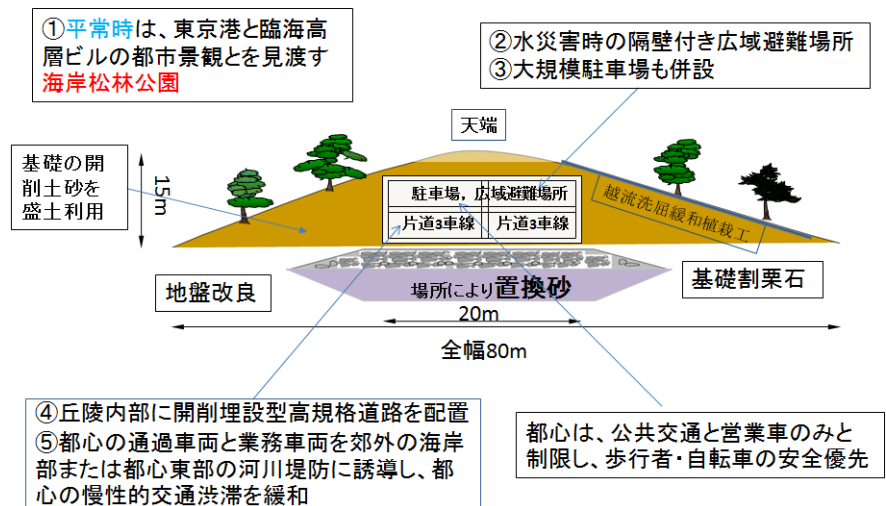
東京湾奥の平均海面よりも低い標高によって水災害が繰り返され易い地域に対し、避難するのではなく、函体内蔵型多目的堤防は、河川氾濫流や高潮・津波の遡上による水害そのものを各種の堤防によって抑止することができるという意義がある。この方策は、三大湾に共通して適用可能であり、高潮・河川氾濫・津波の被害に対応可能なハード対策である。

(1) 配置計画地域

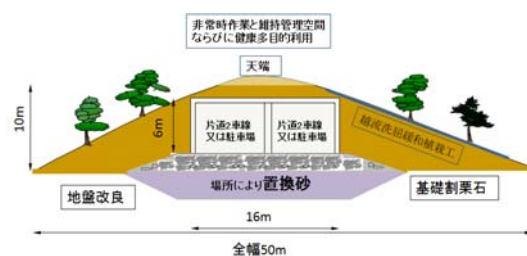
標高、浸水域およびその浸水域の人口密度を考慮し、主たる対象として墨田区・江東区・墨田区・江東区等を優先的に函体内蔵型の堤防を整備する必要がある指定地域とする。その後、東京東部のゼロメートル地帯の荒川右岸（西岸）の臨海部に高さ6~10m級の長さ約5kmの函体内蔵型高潮堤防（小型の防災丘陵⁸⁾・¹²⁾）を臨海公園も兼ねながら配置すると共に、現在の位置の荒川堤防に代わり高さ15m級であって長さ約20kmの函体内蔵型河川堤防に置き換える改修をし、堤体が越流によって破堤しない構造とする。一方で、荒川左岸の江戸川区・葛飾区・足立区については、遙か北方の背後に位置する利根川からの氾濫流のリスクがあることにより、巨大水災害の防災対策としては災害から守り難い地形である。従って、過去に発生した利根川の破堤と計画高水流量を参考にしながら、利根川栗橋周辺の右岸に大型の函体内蔵型河川堤防を先に整備した後、次の段階の整備として同じく15m級の平均的な規模の函体内蔵

型河川堤防（図-9）を荒川左岸に配備する。函体内蔵型河川堤防と同型であるが少し小型の高潮堤防の堤体高さについては、標高、計画高水位または高潮偏差および朔望平均満潮位、余裕高を考慮して規模（天端と基礎面の高さ等）を概略値として定めた。人命リスクの高い地域は、図-6の木造住宅分布から得られた木造住宅率が図-7に示す通りに大きく、かつ図-8に示す様に浸水深が大きい葛飾区であることが判る。なお、函体内蔵型高潮堤防の位置については、海岸部の現在の土地利用から判断し、住宅地と産業地区の境界に設定した。しかし、臨海部の高密度な土地利用があるため土地収用は容易で無く、高潮による災害時の復興計画として準備すると考えると課題が少ない。

概念図：高規格道路と広域避難所兼レジャー客用駐車場を埋設した高潮海岸堤防または防災丘陵型河川堤防



(a) 河川氾濫用の防災丘陵型巨大水災害堤防



(b) 東京湾の高潮・津波用の防災丘陵型巨大水災害堤防

図-9 高潮・河川氾濫・津波遡上用の函体内蔵型巨大水災害堤防（防災丘陵）の形状と規模。

(a) は荒川右岸の江東・墨田区等を想定した函体内蔵型河川堤防の規模。(b) は東京湾奥を対象とした函体内蔵型高潮堤防の規模。また、利根川栗橋付近を想定した場合の函体内蔵型河川堤防の高さは30m級となり、湘南海岸の津波用防災丘陵の最大25mの高さを上回る規模となる概算結果。規模と盛土のために利根川の堤防はその自重により圧密沈下しており、嵩上げ工事をした経緯あり。

(2) 函体内蔵型堤体内の高規格道路の活用

一般に想定最大級の水災害対策としての津波海岸堤防や河川堤防の場合には、所要の越流対策として大規模な工事となることにより事業費が多額となる。そのため多目的な意義を持たせて投資効果を高めることが望ましい。函体内部を高規格道路（図-9）に利用することは、国の事業費の配分に占める道路事業予算が突出する実態を活用する財源確保上の政策となる。そのためには河川法の防災に関する河川構造令の一部改正が必要となる。堤体内に内蔵することによって高規格道路を併設する意義は、放射道路等の主要な高規格道路と接続し、物流に貢献するという効果がある。この意義については6.（4）節で後述する。一方で、築造する位置の地盤によっては、堤体沈下による堤体上端（天端）の標高が低下し、越流防止の対策が必要となる。逆に、函体の持つ浮力に対する配慮として、沈埋トンネルの鋼構造を含んだ函体と同様の形状とし、函体が水圧（揚圧力）によって滑動しないような構造とする。これらの対策により函体内蔵型堤防の安定性と道路機能の確保を目的とした空間構造を実現する設計が必要である。

(3) 函体内蔵型多目的堤防（防災丘陵）と高規格堤防（スーパー堤防）の併用

これまでの調査研究では困難であった低頻度ではあるが想定最大級の可能性がある災害に対して、ハード対策であっても日常利用が可能な函体内蔵型の多目的堤防により防ぐことができる。その計画の具体的な各段階において、網目状になった派川や旧河道等の不利な地形条件のために一度に全ての地域を水害から守ることができない課題がある。対象域の住民合意を得るために、優先的に守るべき地域と住宅の高層化等の別途の避難対策をとる地域に分類する。一方で、大規模な予算の必要なハード対策について、十分な投資効果と水理上の地域特性に対処した地域指定をすることにより、事業の円滑な実施に配慮する。

複数の要因によって水害の防ぎにくさの課題がある荒川左岸については、江東区の海岸沿いに防災丘陵型の高潮海岸堤防を計画し、もう一つは荒川の右岸（西岸）に函体内蔵型河川堤防を配備する。過去の大水害については、カスリーン台風により遙か北の利根川中流域である栗橋市の西隣にある東村（現、加須市）の位置において、昭和22年（1947年）に破堤して氾濫流が東京湾に流れ込んだ。同時に、荒川も熊谷市と現在の鴻巣市において決壊し氾濫した。なお、当時は大型台風のみでなく関東に前線が存在し豪雨となった。現代では現象をより理解しており、前線による線状降水帯とスーパー台風による高潮および既往最大級の記録的豪雨というメカニズムによる巨大水災害として考えることができる。これらの経緯

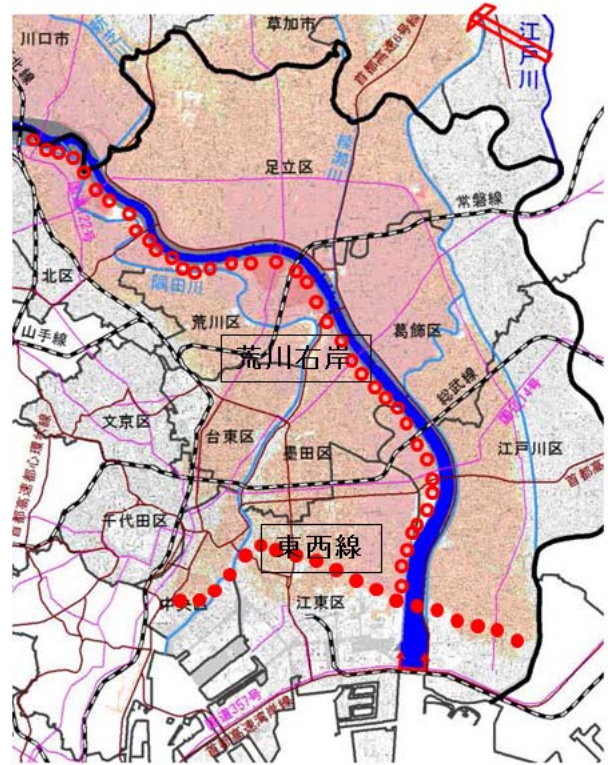


図-10 荒川下流の浸水域と函体内蔵型堤防の配置計画（○印が防災丘陵型河川堤防，●印は防災丘陵型高潮海岸堤防，◎印はスーパー堤防），浸水図は東京都より⁵⁾

と背景から、利根川右岸の栗橋の上下流一帯（埼玉県と栃木・千葉の県境）において函体内蔵型河川堤防（図-1）と、この右岸の函体内蔵型堤防によって発生する残土を利用して堤防の断面急変部の位置に“高規格堤防（スーパー堤防）”を築き、多重性を持たせて一部の破壊が遙か下流の東京北部へ破壊の影響が及ばない様にリダンダンシー（冗長性、余裕）を持たせ強靱化する。また次の段階計画として荒川の左岸（東岸、図-10），第三段階として江戸川の右岸（東岸）に防災丘陵型河川堤防を築く対策をとり、ゼロメートル地帯に対して巨大水災害に対して安全性を確保する（図-10）。

一方において、特に複合水災害を受け易い地域については、高規格堤防（スーパー堤防）を併用し、漸時に住居の移転または高層建築物にする“再開発によるまちづくり”によって被害の軽減を図る方法を併用することにより、ゼロメートル地帯の複合災害を軽減することが可能となる。

(4) 発現する防災効果と物流機能

この第一段階による荒川右岸に対する函体内蔵型堤防により、人命・財産の被害の抜本的な削減ばかりでなく、社会資本の被害の一つとして、東京都心に近い図-4に示した高密度の人口地帯と浸水し易いと容易に考えられる地下鉄や地下街とその商品等の被害を未然に防ぐことが

可能となる(図-11)．第二段階として利根川中流からの氾濫流(図-12)や荒川左岸の破堤による浸水を防ぐことになる．一方、暫定的に木造密集地帯の再開発を含めた高規格道路(スーパー堤防)によって被害が拡大しやすい地域を街づくりによって減災する．利根川からの氾濫流を防ぐことが実現すれば、東側の対岸である荒川左岸を函体型河川堤防により完全に防ぐことも可能となる．

また、防災丘陵型河川堤防は主たる水災害対策としての効果ばかりでなく、堤体内部の高規格道路が、荒川左岸に隣接する首都高速中央環状線と首都高速湾岸線および北関東と東北方面の放射道路等の主要な高規格道路と接続する．この効果によって、首都圏の3環状9放射線の道路整備の中で、放射状高規格道路に比べて整備の遅れていた環状線の増強が続いている現状において、首都圏の物流の中で最も内側の環状線的能力を強化するという投資効果がある．すなわち、都心の最も内側に位置する東側半分の形状をした弓形の新たな環状線となり、対岸の首都高速中央環状線の通過交通容量を拡大するという物流上の意義があり、函体型河川堤防が発現する本来の目的である防災効果に加わり、多目的な投資効果となるのである．

7. 防護区域と避難地域の二つの指定

人口の高密度地帯または木造住宅密集地域については、素朴な考え方としては、その重点地域のみを順次に輪中堤の特徴を生かして築造する方法によって守ることが考えられる．しかし、東京は自然のままの氾濫原ではなく、高度な土地利用地区において四方を堤防で囲むためには多額の工事費が必要となり、輪中堤は不適切な方法となる．従って、止むを得ない城郭内に守るような重要な場合にのみ採用することにし、より適切な他の方法を検討する．その対策として、優先順位の考えを導入し地域指定を取り入れる．すなわち、荒川右岸(西岸)に位置する墨田区・台東区・荒川区・江東区・一部の江戸川区については図-5に示される様に人口密度が高いことから防災の大規模水災害の守るべき指定区域とする．ただし、江東区は高潮災害も受けるために、函体内蔵型高潮堤防よりも南側は避難地域と指定する．この江東区は図-4に示される様に木造住宅率が低いので、避難ビルとしてのコンクリート構造物への避難は容易であると考えられる．

一方、荒川左岸の足立区・葛飾区・江戸川区の大半については、南から襲来する既往最大級以上の高潮を防いでも、北部の荒川左岸からの氾濫や特に都行政の範囲外にあって、河川法で指定する一級河川の特徴を顕著に持った利根川の影響がある．その中流域から流れ下る氾濫流を防ぐ必要があり、四方からの濁流が襲う理由によって防災対策は容易なことではなく、避難地域と指定する．

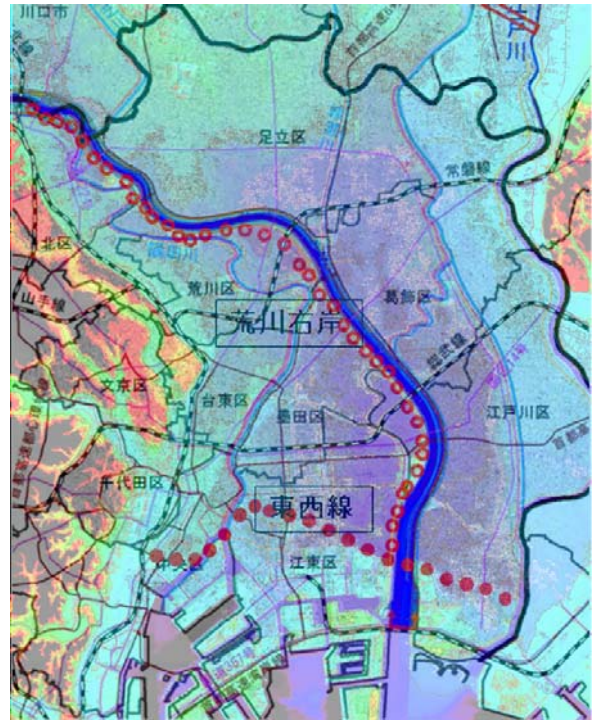


図-11 東京東部の標高と函体内蔵型河川堤防の配置図および数値地図との透視合成図．優先地域とする荒川右岸の破堤と高潮による水災害の防止を優先．同時に、荒川左岸は部分的な高規格堤防と再開発．第二段階として利根川栗橋地域の右岸と荒川左岸に函体内蔵型河川堤防を整備．

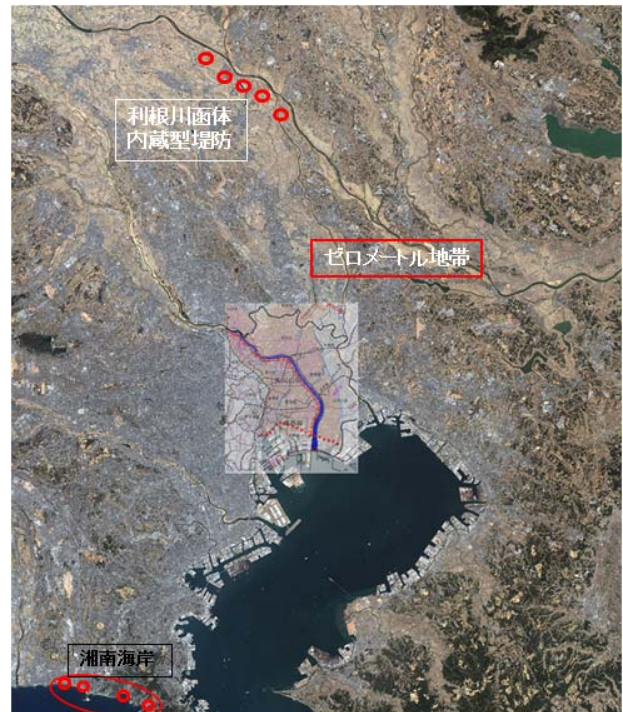


図-12 Landsat衛星上に示した巨大水災害のための利根川右岸への函体内蔵型河川堤防と、東京のゼロメートル地帯の氾濫域．首都圏の複合災害の全体図



図-13 高規格道路を含む函体内蔵型堤防に内蔵される高規格道路と首都圏の3環状9放射線の高規格道路網との配置

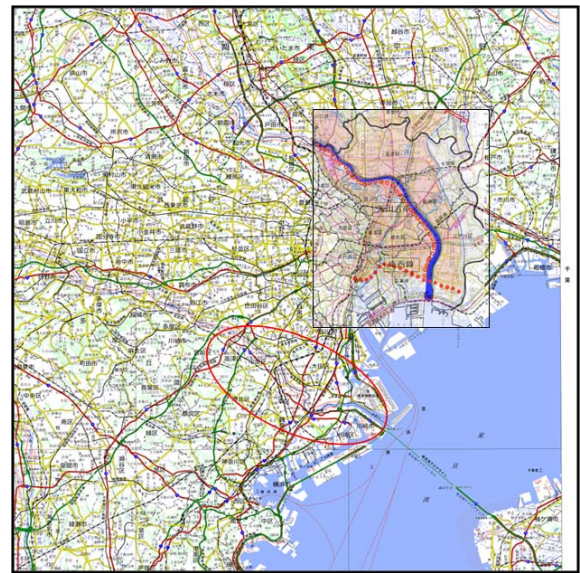


図-14 数値地図上に透視した東京東部のゼロメートル地帯の浸水域および歴史的多摩川堤防計画の配置図

某研究者からの住民は“みな逃げなさい”との主張はニューオリンズの場合と同様に現状では妥当なのである。これらの荒川東部の4区については、再開発地域と一体化した高規格堤防（スーパー堤防）によって部分的に救済し、避難地の機能を兼ねる。他の地域については第二段階の函体内蔵型河川堤防を整備するまで、ベネチアやオランダの様な浸水に強い街づくりとすることが考えられる。ベネチアは歴史的建造物の1階部が浸水を前提とした日常の小型船用の船着場となっている。

8. 首都圏の放射状高規格交通網との接続効果

荒川の河口部を含む東京湾岸道路の周辺には、首都圏の中で最大規模の多数の倉庫群が物流のために立地している。一方で、東京を中心とした各方面に向かう放射状の高規格道路は十分に整備されているのであるが、従来から指摘されているように遅れていた環状道路の整備が進められてきた。新たに函体内蔵型河川堤防として荒川右岸に埋設された高規格道路は、首都圏の3環状の最も内側に建設された首都高環状線よりも、荒川を横切って西側に越えた都心側に位置する貴重な環状自動車道となり、放射状の高規格道路を横切る数少ない東京東部の環状道路（図-13）となる。この環状道路の新たな機能により、関東北部の関越自動車道や東北自動車道と連結し、南北への物流能力を強化する幹線ルートの一つになる。函体内蔵型河川堤防によって断面を小さくすることなく幅を片道3車線とした高規格道路とする。また、既存の堤防の位置に用地買収することもなく、都内において貴重な道路空間を河川堤防内に整備することが可能である。

9. 関係法と優先整備位置の指定

利根川の函体内蔵型河川堤防と高潮対策を含めた函体内蔵型の三種の規模（図-9）の防災丘陵を整備するためには、防災対策基本法第40条の地域防災計画を作成せねばならない。東京都は多摩川（図-1, 図-14）について地域防災計画を作成すると共に、予防の対策として防災設備と防災情報を提供している。一方、新河川法に基づき一級河川については国土交通省が所管し、当該研究域であるならば、荒川と利根川の河川整備基本方針に函体内蔵型河川堤防を加える必要がある。同時に、河川管理施設等構造令を修正すると共に、巨大水災害の優先地域について地域指定する条文を河川整備基本方針に設けねばならない。これらによって地域説明会を開催し地域住民の合意形成を図り、函体内蔵型の河川堤防事業や高潮堤防の円滑な推進に配慮せねばならない。

著者は、これまでに想定最大級の津波災害に対して景観と日常利用を可能とした防災丘陵を提案してきた^{8), 9), 10), 11), 12)}。従来のハード対策は住民合意を得る必要性の視点から困難であると考えられて来た。しかし、ハード対策であっても函体内蔵型多目的堤防により堤体の全面崩壊を回避しながら、景観と公園利用および内部の高規格道路または広域避難地として日常利用することにより、従来の弱点を克服して住民合意が可能である。

次に財源の視点から事業化を考察する。東京東部のゼロメートル地帯の全域についてハード対策を講じて全ての水災害から守るには、工事予算や完成年度の制約から優先度の高い地域から工事する必要がある。そのためには、重要性の高い地域を対象に地域指定し、対象地域に共通する被害を受ける住民に対し周知と合意を得る必要

がある。したがって、各地区の危険性を現地説明会とネット公開情報によって明示し、巨大水災害に対する地域指定と危険度のランク、言い換えれば優先度を周知する必要がある。さもないと共通の被害を想定される人々の反対によって人命に関わる防災事業の計画も実施も頓挫する事態が生じる恐れがある。これらの住民合意を事前に準備し、工事着工の遅延を回避するためである。この準備が無いと東日本太平洋沖地震による津波災害のように予算を大規模に確保しても計画の合意が得られず、数千億円から兆円単位で執行できない予算の繰り越し状態が続くことになりかねない。参考となる予算として、会計検査院による東日本大震災の集中復興期間の5年間についての中間評価報告¹⁸⁾(平成30年)によれば、復興費の執行率は82.4%であり、未使用額は17.6%、執行額27兆6231億円、翌年度繰越額1兆4111億余円、不用額4兆4579億円であって、未使用額は5兆円を越える巨額である現実に注意せねばならない。

10. おわりに

本研究は巨大水災害となるスーパー台風による高潮・河川氾濫や津波災害に対し、従来からの避難とは異なるハードの立場から生命・財産と社会資本を守る防災対策を提案した。なお、首都圏の場合には、津波災害によって知られた湘南海岸の三都市を別途に発表しており、本研究では、高潮と河川氾濫に対する二種類の函体内蔵型堤防とその配置に関する地域指定、および整備の段階計画を提案した。結論は以下に示す通りである。

- 1) 従来のコンクリート構造物である高潮または津波に対する海岸堤防は、海岸環境にそぐわない圧迫感があつて、景観と日常の利用が乏しいコンクリート構造物であつた。これらの理由によって、住民合意の問題で津波防災事業が滞る課題が続いてきた。一方で、スーパー台風による河川氾濫に対しては、有効なハードの防災対策が少なく、避難が中心であつた。また、高規格堤防(スーパー堤防)は、再開発を兼ねた部分域の防災対策であつて、想定最大級の豪雨に対し、河川堤防の全長を守る方法ではなかつた。その対策として景観に配慮した公園である函体内蔵型高潮堤防(防災丘陵)の断面を東京湾ゼロメートル地帯に提案した。一方で、植栽のある緑地であると共に高規格道路を内蔵していることから、日常利用も可能な函体内蔵型河川堤防である。
- 2) 東京湾ゼロメートル地帯にこの堤防を適用する場合には、複合災害を受ける地域であるので、優先度を考慮した段階計画が必要であることを示した。
- 3) これらのハード対策により、人命や私有財産・社会資本を守るばかりでなく、高規格道路の内蔵によつ

て、既存の充実した放射道路に接続するという物流のための環状道路となつて、経済的効果を発揮する整備計画であることを示した。

- 4) その課題として、首都圏においては利根川の破堤によって氾濫流が東京まで達した経緯があり、その対策として利根川の栗橋市周辺の右岸にも堤体が崩壊しない性質を持つ函体内蔵型河川堤防を配備する必要性を示した。
- 5) 荒川下流の左岸について、函体内蔵型河川堤防による改修工事で発生する土砂を利用し、高規格堤防(スーパー堤防)を都市再開発も兼ねて整備する方法を併用することを提案した。
- 6) 利根川の函体内蔵型河川堤防の整備の後に、荒川左岸の各区にあるゼロメートル地帯を浸水から守るための函体内蔵型河川堤防による第二段階の防災対策によって防災計画が完結することを示した。
- 7) これらのハード対策の段階的整備については、住民の合意が求められる。そのためには防災対策基本法と新河川法にもとづく整備計画の作成と説明会が必要であり、優先的な地域指定案と構造案を示した。今後の課題として、次の事項が挙げられる。

- 1) 巨大水災害の地区指定についての法整備をすること。および、河川堤防の構造令や道路事業との所管についての体制整備が防災対策として必要である。
- 2) 函体内蔵型の各規模の河川堤防・海岸堤防について、必要な規模と形状の諸元について、細部の検討が必要である。

謝辞:

本研究に使用した衛星データは、千葉大学環境リモートセンシング研究センターの共同利用研究費による支援を受けました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府:首都圏水害広域避難検討会,資料3 避難手段・誘導に関する課題の解決に向けた検討方針について, 46p, 2018.
- 2) 日本学術会議,土木工学・建築学委員会低頻度巨大災害分科会:低頻度巨大災害分科会,第1~第5議事録. 2018~2019.
- 3) 国土交通省:「ゼロメートル地帯の高潮対策検討会」提言本文, 20p, 2018.
- 4) 国土交通省:高規格堤防の効率的な整備に関する検討会, 19p, 2017.
- 5) 東京都庁防災課:高潮浸水想定区域図の公表に伴う対応について,東京都高潮浸水想定区域図[想定最大規模](浸水深), 5p, 2017.

- 6) 内閣府, 首都圏水害広域避難検討会, 洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難検討ワーキンググループ, 洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する定量的な算出方法と江東5区における具体的な検討, 83p, 2018.
- 7) 間瀬 肇, 由比 政年, 金 洙列, 川崎 浩司, 水谷 英朗, 平石 哲也: 打上げ・越波・越流の遷移過程を導入した高波・高潮相互作用モデル, Vol.74, No.2, p. I_547-I_552, 2018.
- 8) 金子大二郎: 津波防災丘陵の断面形と丘陵内部に備えた広域避難地および多目的機能, 特許庁, 特許公報 (B1), 特許 2018-095381, 12p, 2019.
- 9) 細山田得三, 金子大二郎, 大竹剛史: 津波脆弱性海岸における盛土構造体による津波対策工評価のための数値実験, 土木学会論文集 B1, Vol.71, 特別号・水工学論文集, Vol.59, 228, 6p, 2015.
- 10) 金子大二郎, 細山田得三: 衛星による木造住宅率と津波浸水深を用いた避難人命リスクの評価—地理・社会モデルの開発と鎌倉海岸への適用—, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.73, No.1, pp.58-70, 2017.
- 11) 金子大二郎: 津波避難ビル群の安全特性と人命リスク評価方法の開発 - 相模湾の藤沢市への適用 -, 土木学会第 73 回年次学術講演会, IV-152, 2p, 2018.
- 12) 金子大二郎: 津波避難人命リスクに対する防災丘陵の構造要件 - 概念特性と鎌倉市の津波防災への適用 -, 土木学会第 74 回年次学術講演会, CS12-69, 2p, 2019.
- 13) 国土交通省, 川の防災情報, 川の水情報, 浸水想定区域: 利根川水系利根川. 2019.
<https://www.river.go.jp/kawabou/ipHazardMapZoom.do?gamenId=01-0709&shinsuiCd=830280010001>
- 14) (財) 地図センター, メッシュ人口データ, 府県別, 2018.
- 15) (財) 日本地図センター, 国土数値情報, 250,000 分の 1. 2019.
- 16) 国土交通省, 関東地方整備局, 利根川上流河川事務所, 利根川水系利根川洪水浸水想定区域図 (想定最大規模), 1p, 2019.
- 17) 国土交通省関東地方整備局: 首都高速中央環状線 (中央環状線), 2019.
http://www.ktr.mlit.go.jp/road/shihon/road_shihon00000116.html
- 18) 会計検査院, 東日本大震災からの復興等に対する事業の実施状況等に関する会計検査の結果についての報告書 (要旨), 平成 29 年 4 月, 25p, 2017.

(2019.9. 受付)

CAISSON-EMBEDDED BANKS AGAINST SUPER TYPHOONS FOR PREVENION OF STORM SURGE AND RIVER FLOOD WITH SPECIFICATION OF DISASTER WARDS

Daijiro KANEKO¹⁾

1) Member, President, Remote Sensing Environmental Monitor Inc., Dr. Eng.

ABSTRACT

The life risks from the strongest level-two tsunamis are evaluated in three cities along the Shounan Coast in the Sagami Bay region situated near southwestern part of the Tokyo Metropolitan Area.

Social-geographical models were applied to evaluate the risks to human life arising from tsunami inundation. The normalized models include social and geographical assimilated data such as population density, evacuation distance, wooden house ratio, and flooding depth. This paper provides risk distributions for evaluating life-risks while evacuation, which reveals the districts with a high possibility of having tsunami disaster areas. The authors compared and characterized the risk factors among three cities for citizens and sightseers to mitigate the possibility of large losses of human life through soft techniques including hard countermeasures. The results of this study can help municipal officials in planning countermeasures or reconstruction activities after tsunami strikes.

Key Words: tsunami, life-risk, evacuation building, Shounan Cities, remote sensing, flood depth, wooden house