

# 高潮氾濫の危険度評価

河川研究部 海岸研究室長 鳥居 謙一  
河川研究部 海岸研究室 主任研究官 加藤 史訓



## 1. はじめに

高潮とは、台風などの低気圧の接近に伴い、主として風による海水の吹き寄せと気圧低下により、潮位が高くなる現象である。わが国の歴史において、台風は高潮氾濫による壊滅的な被害をたびたび引き起こしてきた。たとえば、1959年の伊勢湾台風では、主に高潮氾濫により死者・行方不明者は約5,000人に上った。気象予報システムの改良と海岸堤防等の整備により、近年では高潮による大規模な氾濫災害は稀な現象になったが、熊本県の八代海沿岸（写真・1参照）や山口県の周防灘沿岸などで広域的な浸水被害をもたらした1999年の台風18号による高潮など、依然としてわが国の沿岸域では高潮氾濫が生じている。伊勢湾台風の頃とは異なり、現代の都市域では地上空間と地下空間が複雑に結合しており、海岸防護の計画レベルを上回る高潮が生じた場合には従来とは異なる過程で甚大な氾濫災害が生じる可能性がある。

高潮災害に対する効果的な対策の一つとして、氾濫危険度の周知による被害軽減を目的とした、想定される浸水深などの氾濫危険度を地図上に示したハザードマップの作成と公表がある。2001年3月に関係省庁により作成された「地域防災計画における高潮対策の強化マニュアル」では、高潮対策の強化策の一つとしてハザードマップの作成が挙げられており、市町村長が国、都道府県等の関係機関の支援や協力を得ながらハザードマップを作成するものとされている。しかし、ハザードマップに表示する氾濫危険度の評価手法が確立されておらず、高潮ハザードマップは全国規模では整備されていないのが現状である。

当室では、以上のことを踏まえ、高潮氾濫の危険度評価における課題を整理し、高潮氾濫の危険度の評価手法を検討している。本稿では、その課題と評価手法の全体的な流れとともに、その評価手法の第一段階である潮位および越波量の設定を中心に成果を紹介する。

## 2. 高潮氾濫の危険度評価における課題

図-1のように、高潮による評価対象地域への海水流入を予測し、それによる被害の指標となる浸水深などを見積もることにより、高潮氾濫の危険度は評価される。



写真-1 1999年の熊本県松橋町での高潮氾濫  
(熊本県河川課提供)

高潮による海水流入の予測においては、以下の2つの課題が残されている。

一つ目の課題は、海水流入の予測に用いる、海岸堤防での潮位および越波量をどのようにして設定するかである。わが国では潮位の観測期間が限られているため、ハザードマップで対象とする数十年から数百年に1回程度の頻度で生じる潮位が正確に評価されていない。また、越波量についても、その頻度の評価法が確立していない。その一因として、越波量の算定に用いられる潮位と波高はいずれも台風接近時には高くなることが多く、さらに潮位は浅海域では波高に影響することから、越波量の頻度を算定する際にこの両者を独立した事象として取り扱うことができないことが本稿

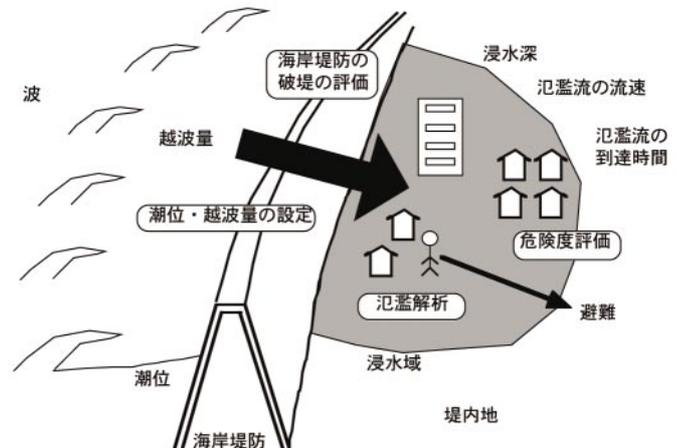


図-1 高潮氾濫の危険度評価の概要

二つ目の課題は、海水流入量を著しく増大させる海岸堤防の破堤をどのように想定するかである。わが国の沿岸域のほとんどは、海岸堤防により計画レベルの高潮や高波から守られている。また、伊勢湾台風や1953年の台風13号による高潮で破堤した海岸堤防の多くはコンクリートやアスファルトで表面が被覆されていなかったが、今日ではほとんどの海岸堤防はコンクリート等で被覆されている。コンクリートで被覆された海岸堤防の破堤事例は少ないため、どの程度の潮位や波浪により海岸堤防が破堤するか評価する手法は確立していないのが現状である。

### 3．高潮氾濫の危険度評価の流れ

前述の課題を踏まえ、人的被害軽減の観点から高潮氾濫の危険度評価手法を以下のように整理した。

#### (1) 潮位・越波量の設定

対象海岸における潮位および越波量の生起確率を評価し、ハザードマップで対象とする期間に発生しうる最大規模となる時系列の潮位および越波量を設定する。

#### (2) 海岸堤防の破堤の評価

(1)で設定された時系列の越波量を用いて海岸堤防の被覆工の破壊判定を行い、その時系列における破堤のタイミングを設定する。

#### (3) 氾濫解析

(1)で設定された潮位および越波量、(2)で設定された破堤のタイミングをもとに、堤内地に流入した海水の挙動を数値シミュレーションで推定し、堤内地の浸水深、氾濫流の流速や到達時間等を予測する。

#### (4) 危険度評価

(3)で得られた浸水深等の予測に基づいて、人的被害の危険度を評価し、その結果を地図上に表示する。

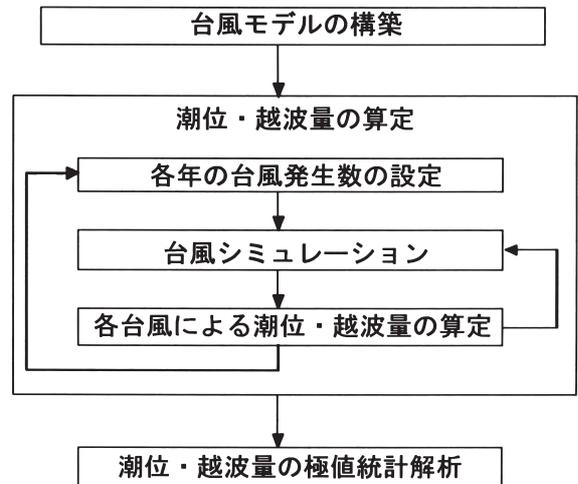


図 - 2 潮位・越波量の設定

### 4．潮位・越波量の設定

ハザードマップで対象とする高潮の規模については、評価された危険度が住民にとって現実性があるように、かつ危険度を過小に評価しないように設定するとともに、住民にとってわかりやすい説明が求められる。たとえば、その対象規模を海岸堤防の設計高潮位と同じとすることが考えられるが、そのような高潮がどの程度の頻度で起こりうるものなのかという問いに対する答えが必要である。

潮位および越波量の生起確率の評価は、前述のように実測値を用いて行うことは難しい。そこで、その評価手法の一例として、図 - 2 のように既往台風の特性から台風モデルを構築し、極値統計解析に十分な期間について台風のシミュレーションを行い、各台風時の最大の潮位および越波量を算定し、その結果から潮位および越波量の再現期間を評価した。その概要を以下で述べる。

#### (1) 台風モデルの構築

1951～1997年の47年間に発生した1,282個の台風のうち

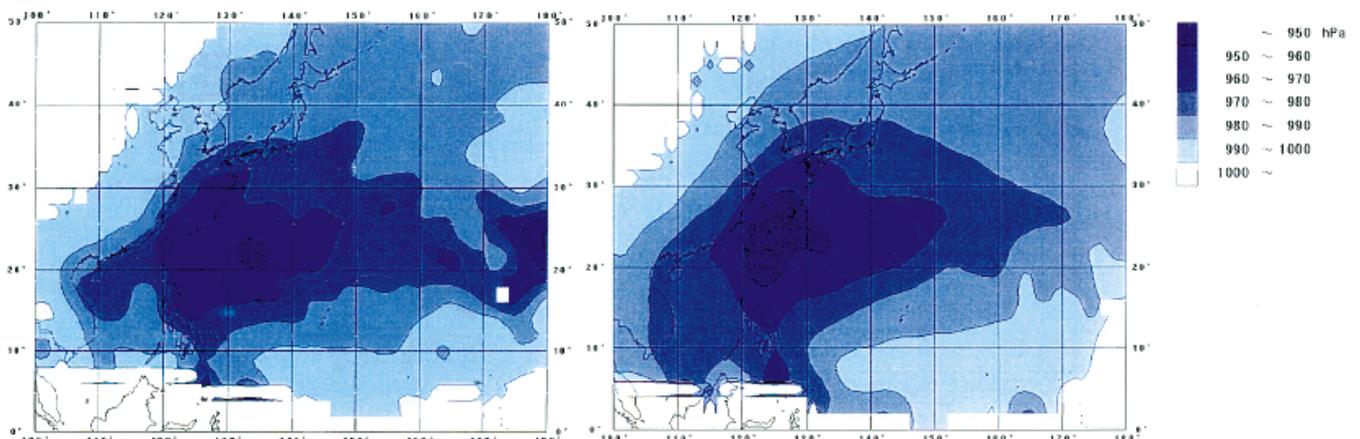


図 - 3 台風の中心気圧の平均値（左：実測値、右：計算値）

図-3 台風の中心気圧の平均値（左：実測値、右：計算値）

危険度	最大浸水深	住宅	洪水到達時間	各世帯で浸水に気づいた時点で避難を開始した場合	対応	望ましい避難形態
A	床上浸水以上	/	避難所や歩行可能な避難路までの移動時間より短い	安全に避難できない	堤防から海水が溢れ始める前に避難を始めないと安全に避難できない。	事前避難
B	床上浸水以上		避難所までの移動時間より短い、歩行可能な避難路までの移動時間より長い	安全に避難できない	堤防から海水が溢れ始めた時点で避難を始めれば、氾濫流に追いつかれるものの、何とか避難できる。	
C+	床上浸水以上		避難所や歩行可能な避難路までの移動時間より長い	安全に避難できない	堤防から海水が溢れ始めた時点で避難を始めれば、氾濫流に追いつかれることはない。しかし、各世帯で浸水に気づく前に避難を始めないと、安全に避難できない。	
C-	床上浸水以上		避難所や歩行可能な避難路までの移動時間より長い	安全に避難できる	堤防から海水が溢れ始めた時点で避難を始めれば、氾濫流に追いつかれることはない。各世帯で浸水に気づいた時点で避難を始めると、安全に避難できる。	自主避難
D	床上浸水以上	高層化または耐水化されている			住宅内で待機していれば大丈夫。	自宅待機
E	床下浸水				避難する必要なし。	
(なし)	浸水なし				避難する必要なし。	

氾濫解析で得られた浸水深等の予測に基づいて、人的被害の危険度を、避難の必要性および安全性、家屋の安全性などの観点で評価する。危険度の指標として、最大浸水深や氾濫流の到達時間のほか、それらを用いた避難の必要性および安全性の相対評価が表2のように提案されている<sup>1)</sup>。ハザードマップには、安全な避難場所や避難路とともに、各市町村の各地区の危険度が地図上に表示される。

## 7. おわりに

これまで述べてきた手法により、高潮氾濫の危険度評価が可能となった。この評価における技術的事項の詳細については、ケーススタディを通じてさらに検討していく予定である。

また、吹き寄せや気圧低下とともに波浪などが台風接近時の潮位上昇に大きく寄与することが指摘されている<sup>2)</sup>ことから、台風接近時の水理現象の解明も重要である。当室では、全国の海岸で取得された波浪や潮位などのデータを

「海象年表」として毎年とりまとめ関係機関に配布するとともに、高波浪時の水理現象に関して継続的に研究を行っている。

なお、沿岸域は、台風時に、高潮に加えて河川の洪水氾濫や内水氾濫などにより浸水する可能性がある。高潮、河川の増水、堤内地の排水能力を上回る大雨が同時に生じする確率を評価する手法は確立されていないが、沿岸域の浸水危険度を総合的に評価する上で重要である。当室では、共同研究機関である京都大学防災研究所などと連携して、この課題にも取り組むこととしている。

### 【参考文献】

- 1) 鳥居・加藤：高潮災害に関する研究、土木研究所資料、第3803号、97p.、2001.3
- 2) 柴木・加藤・山田：密度成層とWave Setupを考慮した土佐湾異常高潮の推算、海岸工学論文集、第48巻、pp.286-290、2001.10

心気圧が980hPa以下に発達したものについて、一年間の平均発生個数を算出するとともに、台風属性（台風の中心位置、中心気圧、移動速度、移動方向、半径）の統計的特性を解析した。解析では、北緯0～50°、東経100～180°における6時間毎の台風属性およびその変化量について、2°格子毎に平均値と標準偏差を求めた。

図-3は、台風属性を解析した47年間における台風の中心気圧の平均値について、実測値から算定したもの（図中の左）と計算値から算定したもの（図中の右）である。この両者は概ね一致している。同様の整理を台風の経路、速さ、移動方向について行ったところ、これらについても実測値と計算値は概ね一致した。これらのことから、この手法により十分な精度で台風シミュレーションを行うことができると判断される。

(2) 潮位および越波量の再現期間の評価

構築した台風モデルにより、算出した平均発生個数に基づいて各年の台風発生個数を乱数で決定した上で、各台風の初期位置を実績に基づいて乱数で決定し、初期位置における計算格子毎の台風属性およびその変化量の確率分布関数は標準正規分布に従うと仮定して台風の位置と気圧の時間的变化を予測した。このような予測計算を2,000年間について行った。

予測された2,000年間の各台風について対象海岸での潮位偏差（台風起因の潮位上昇量）および越波量を計算し、その結果を用いて対象海岸での潮位および越波量の再現期間を評価した。高潮時の潮位は、通常の潮汐による変動があることから、乱数により決定された時刻における通常の潮位に潮位偏差を加えて算出した。

表-1は、伊勢湾と土佐湾に面した各1海岸における各再現期間に対応する越波量の計算例である。伊勢湾に面した海岸の方が同一再現期間の越波量が小さいのは、海岸堤防の設計において、伊勢湾に面した海岸ではわが国最大級の伊勢湾台風による高潮が想定されているのに対し、土佐湾に面した海岸では伊勢湾台風より勢力が劣る既往台風による高潮を踏まえて設計高潮位が設定されているためと考えられる。

(3) 時系列の潮位・越波量の設定

ハザードマップで対象とする期間に相当する潮位偏差および越波量を最大値として、時系列の潮位および越波量を設定する。各台風時の潮位および越波量の最大値と継続時間との関係を整理し、その関係に基づいて潮位および越波量の継続時間を設定する。

表 - 1 越波量の計算例

湾名	再現期間 (年)				
	50	100	200	500	1000
伊勢湾	0.005	0.013	0.024	0.041	0.060
土佐湾	0.166	0.221	0.279	0.361	0.427

(m<sup>3</sup>/m/s)

5. 海岸堤防の破堤の評価

海岸堤防の破堤は、海岸堤防の海側の洗掘や、のり面や天端の被覆工の破壊等により、盛土材料が流出して生じることが多い。高潮が特に問題となる内湾では、波浪が比較的小さいので、海岸堤防の海側の洗掘の恐れは比較的小さい。そこで、図-4のように、コンクリートの被覆工の破壊をもって海岸堤防の破堤と評価することとし、被覆工の破壊が生じる越波量について検討している。

高潮時に被覆工に加わる主な外力は、海側ののり面と天端については波力であり、陸側ののり面については越波や越流により生じる流体力である。これらの外力に対する各面の被覆工の強度を越波量と関連づけて評価することにより、被覆工の破壊が生じると考えられる越波量が設定される。

高潮氾濫の危険度評価においては、前章で設定された時系列の越波量を被覆工の被災限界の越波量と比較することにより、破堤のタイミングを設定する。

6. 氾濫解析を通じた危険度評価

氾濫解析にあたっては、設定された時系列の潮位および越波量を入力条件として、破堤を評価しながら堤防の高さを境界条件として堤内地への時々刻々の海水流入量を算定し、堤内地に流入した海水の挙動を数値シミュレーションで推定する。その結果として、堤内地の浸水深、氾濫流の流速や到達時間等の平面分布を得る。

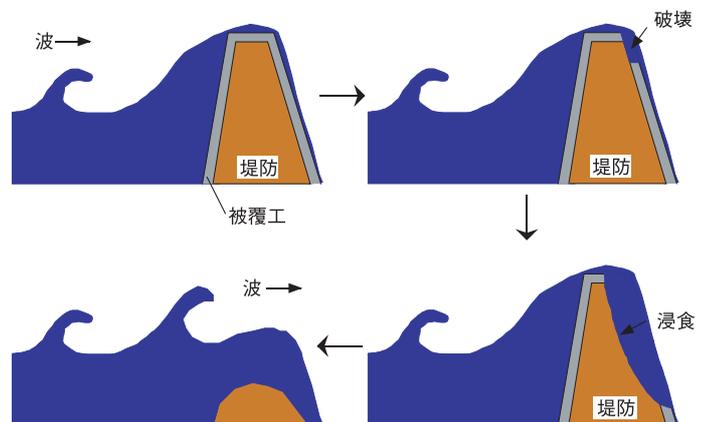


図 - 4 被覆工の破壊による破堤の過程