

# 高波災害対策に関する研究

高橋 裕輔<sup>1</sup>・諏訪 義雄<sup>2</sup>・漆原 和也<sup>3</sup>・渡辺 昌彦<sup>4</sup>  
桶川 勝功<sup>4</sup>・菊池 秀之<sup>5</sup>・鎌田 卓<sup>6</sup>・工藤 雄一<sup>7</sup>

<sup>1</sup>河川局 海岸室 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

<sup>2</sup>国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

<sup>3</sup>東北地方整備局 河川部 河川工事課 (〒980-8062 宮城県仙台市青葉区二日町9番15号)

<sup>4</sup>北陸地方整備局 河川部 河川管理課 (〒950-8801 新潟県新潟市美咲町1丁目1番1号)

<sup>5</sup>中部地方整備局 河川部 河川計画課 (〒460-8514 愛知県名古屋市中区三の丸2-5-1)

<sup>6</sup>四国地方整備局 河川部 地域河川課 (〒760-8554 香川県高松市サンポート3番33号)

<sup>7</sup>九州地方整備局 河川部 河川計画課 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7)

高波災害に関する全国的な水防活動の充実策として、水防警報海岸の指定拡大、波浪うちあげ高予測の技術開発、水防活動の強化支援などを推進するため、海岸における水防活動等の現状整理、水防警報の発令基準、波浪うちあげ高の観測方法及び高精度な予測方法の検討を実施し、海岸における高波災害対策の強化を図る。今年度は、海岸における水防活動等の現状、水防警報の発令基準の策定例、波浪うちあげ高予測システムの概要について報告する。

キーワード 海岸、高波、水防、うちあげ高

## 1. はじめに

平成20年2月24日に発生した富山湾沿岸の高波災害を受けて国土交通省が設置した高波災害対策検討委員会の中間とりまとめでは、高波災害に関する全国的な水防活動の充実策として、水防警報海岸の指定拡大、波浪うちあげ高予測の技術開発、水防活動の強化支援などが挙げられており、これらの実現に取り組んでいく必要がある。

本研究では、海岸における水防活動等の現状整理、水防警報の発令基準、波浪うちあげ高の観測方法及び高精度な予測方法の検討を実施し、海岸における高波災害対策の強化を図る。今年度は、海岸における水防活動等の現状(2～5章)、水防警報の発令基準の策定例(6章)、波浪うちあげ高予測システムの概要(7章)について報告する。

海岸における水防活動等の現状に関しては、海岸における水防警報発令の現状、発令基準の例(2章)、海岸における水防活動の現状、取り組み例、配慮事項(3章)、海岸におけるメディアや住民等への情報提供の現状、課題(4章)、災害体験や防災知識の継承、普及のための取り組み例(5章)を対象に、河川局所管の直轄海岸については各地方整備局へ、都道府県管理海岸については各都道府県へアンケート調査を実施し、平成21年5月時点でとりまとめた。

## 2. 海岸における水防警報発令の現状、発令基準の例

### (1) 調査方法及び調査項目について

水防警報などの基準や発令の現状を把握するため、以下の調査項目を記載した様式を送付し回答する方式とした。

#### a) 防災体制発令基準となる指標設定の有無

高波災害などの海岸災害において、防災体制発令基準を定めているか否か。定めている基準は定性的表現(「～おそれのある時」など、数値基準が定められていない表現)か、具体的な数値基準を定めているか。

#### b) 水防警報発令基準となる指標設定の有無

海岸災害において、水防警報発令基準を定めているか否か。定めている基準は定性的表現か、具体的な数値基準を定めているか。

#### c) 海岸における水防警報発令の実績

平成16年～20年度を対象に、水防警報発令回数、発令内容(準備、出動など)、発令時期について。

### (2) 調査結果

直轄海岸は、河川局所管の12海岸から回答を得た。都道府県海岸は、海岸保全施設を有する39都道府県(以下、都道府県は「県」で表記)から回答を得た。

#### a) 防災体制発令基準となる指標設定の有無

海岸災害に対する防災体制発令基準については、直轄12海岸については、すべて防災体制発令基準を有していた。発令基準の内容は、12海岸全てにおいて、気象情報（高潮・波浪に関する注意報、警報）が位置づけられており、うち5海岸（仙台湾南部、新潟、下新川、石川、高知）については、所管観測所データを用いて波高による数値的な指標も組み合わせた発令基準としていた。基準は、「〇〇气象台より、波浪、高潮警報が発表され、災害の恐れがある時」とするものが多く、初段階の「注意体制」については、警報の発表段階としている海岸が7海岸あった。都道府県海岸については、回答を得た39県のうち防災体制発令基準を有している県は30県であった。そのうち発令基準を気象情報のみとしているのは28県、潮位計の数値と組み合わせた発令基準としているのは2県（福井、大阪）であった。

**b) 水防警報発令基準となる指標設定の有無**

水防警報発令基準は、平成21年5月現在、直轄12海岸では、1海岸（下新川海岸）が基準を有していた（図-1）。都道府県海岸で、水防警報区域指定を行っているのは13県、129海岸である。そのうち、水防警報発令を、気象情報のみとしている海岸は4県、50海岸となっていた。水防警報発令に数値基準を有している海岸は9県、79海岸となっており、うち7県、63海岸は潮位を基準としていた。波高を発令基準としている海岸は2県（福島、富山）16海岸であった（図-2）。

**c) 海岸における水防警報発令実績**

平成16年～20年度の期間内において、都道府県海岸で水防警報の発令を行っているのは8県、84海岸であった。発令内容は、「準備」が延べ179回、「出動」が延べ113回となっていた（図-3）。

発令時期は7～10月に94%が集中しており、要因は台風による高潮位によるものと考えられる。

**(3) まとめ**

全国海岸の防災体制及び水防警報の発令基準などをアンケート調査により把握した。その結果、防災体制及び水防警報の発令基準とも、気象情報をもとに判断する傾向が示された。なお、数値指標を組み合わせている海岸でも、その指標は潮位データの数値を採用している海岸が多いことが確認できた。

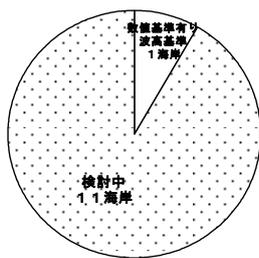


図-1 水防警報発令基準（直轄12海岸）

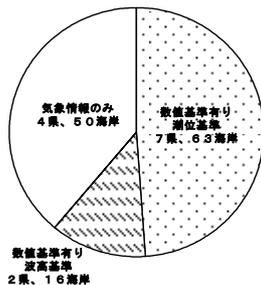


図-2 水防警報発令基準（都道府県129海岸）

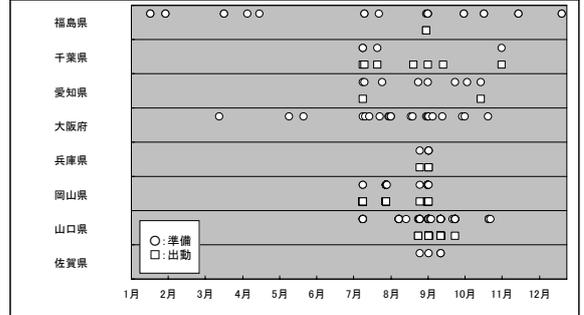
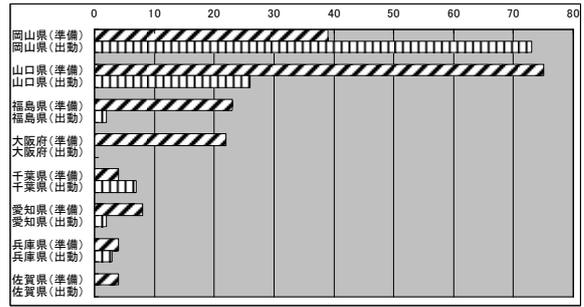


図-3 水防警報発令実績 (H16～H20)

**3. 海岸における水防活動の現状、取り組み例、配慮事項**

**(1) 調査概要**

海岸における水防活動等の現状を把握するため、水防活動の取り組み事例等について、アンケート調査を行い、その結果について取りまとめ、分析を実施した。直轄海岸については海岸単位で、都道府県海岸については都道府県単位（1海岸でも該当すればその都道府県は該当とする）で集計した。

**(2) 調査結果**

**a) 水防活動の現状及び取り組み事例**

21年5月現在における水防活動等の現状及び取り組み事例を図-4、5のとおり整理した。

巡視等の事例は直轄海岸、都道府県海岸とも比較的多くなっており、都道府県海岸では備蓄材の保有や重要水防箇所の指定も多くなっている。

しかしながら、実際に水防団が出動しての土のう積み、ポンプ排水活動については、2割程度を下回る低い実績しかないことがわかった。

**b) 管理者別水防活動実績**

直轄海岸では、巡視等の取り組みは全12海岸で実施されており、CCTVによる監視は、12海岸中10海岸と非常に高い数字となっているが、重要水防箇所の指定が1海岸と非常に低い結果となった（図-6）。また、現地での土のう積み等の水防活動の実績もほとんど見られない。

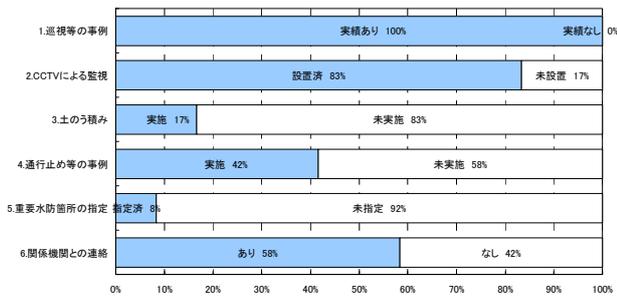


図-4 水防活動の現状及び取り組み事例（直轄海岸）

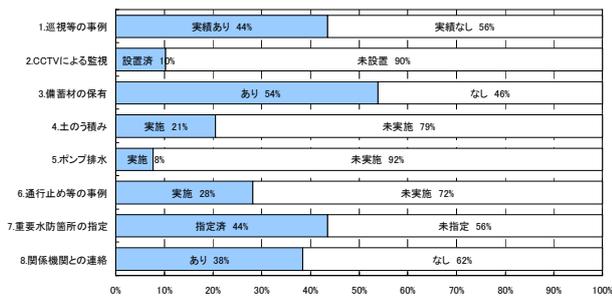


図-5 水防活動の現状及び取り組み事例（都道府県海岸）

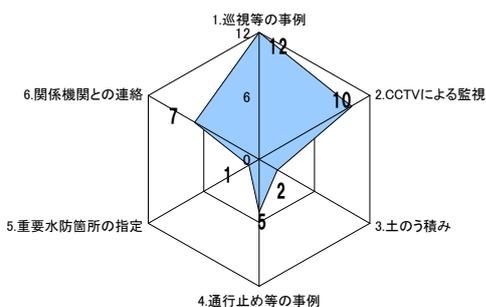


図-6 直轄海岸における水防活動の現状

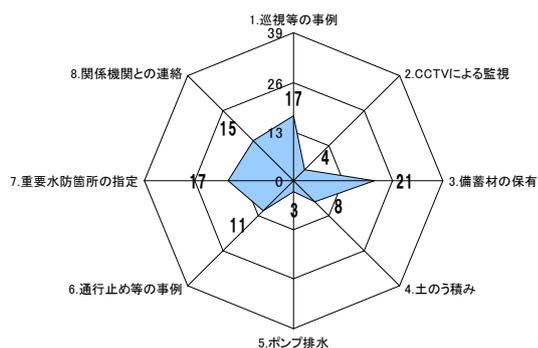


図-7 都道府県ごとの水防活動の現状

都道府県ごとの海岸では、重要水防箇所の指定状況は、直轄海岸に比べかなり高い整備状況となっているが、情報通信網等のハード整備が必要となるCCTVによる監視、巡視等の現状は直轄海岸に比べ低い実施状況である（図-7）。

また、土のう積み等の水防活動実績も直轄海岸に比べると多くの事例が見られる。

### c) 水防活動等における安全管理等への配慮状況

全国の海岸において、水防活動等を行う際に安全管理等に配慮しているかどうか確認した結果、直轄海岸では、58%が配慮しているが、都道府県海岸では、16%しか配慮していない状況であった。（図-8, 9）

配慮されている事項としては、「巡視等の現地作業において、巡視員、作業員の安全確認を優先し、二次災害を起こさない」等の回答が多かった。

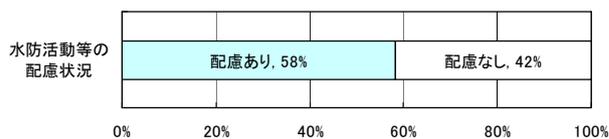


図-8 安全管理等への配慮状況（直轄海岸）



図-9 安全管理等への配慮状況（都道府県海岸）

### (3) まとめ

海岸管理者ごとに取り組み実績に違いはあるが、直轄海岸では巡視、CCTV監視の整備が進んでおり、越波、浸水状況等の現場状況の把握が迅速に対応可能であり、連絡体制の確保も半分程度が整備されていることから、被災情報の提供がある程度可能な体制であると考えられる。

都道府県海岸では、管理延長が直轄海岸に比べ長いため、整備に高いコストが必要となるCCTV等の情報通信整備が遅れているが、過去の被災、海岸保全施設の整備、背後地の状況等から重要水防箇所が多く指定されており、広範囲の管理区間において、より重点的な水防活動を行う体制となっている。

### (4) 今後の方針

今後は、海岸管理者として、上記アンケート結果から未整備な項目の整備を図っていくことにより、水防団による水防活動が安全・安心をもって行えるよう努力していくことが大事であると考えます。

#### 4. 海岸におけるメディアや住民等への情報提供の現状、課題

高潮時等における住民等への情報提供の実績の有無・内容等について、河川局所管の直轄海岸及び都道府県海岸で調査を実施した。併せて、今後水防警報発令を行うにあたっての意見・課題等についても調査を実施した。

##### (1) 調査方法

アンケート方式で以下の項目について尋ねた。

##### a) 高潮時等における情報提供の実施状況

・高潮や高波に関し、警戒・避難に係る情報を、地域住民やマスメディアに提供した実績の有無

##### ①情報提供内容等

- ・情報提供者
- ・情報提供先
- ・情報提供内容
- ・情報伝達手法

##### ②情報提供に至った経緯

##### ③情報提供における課題等

##### b) 高潮ハザードマップ等の作成・検討状況

##### c) 今後水防警報発令を行うにあたっての課題

##### (2) 調査結果

##### a) 高潮時等における情報提供の実施状況

高潮・高波に関する警戒・避難に係る情報提供の実績は、全国的にみてもまだ少ない状況である。

##### ①情報提供内容等

実績があるところでは、表-1のように情報の提供が行われていた。

表-1 情報の提供先、伝達手段、内容

情報提供者	情報提供先	伝達手段	情報内容	実績あり件数
都道府県	住民	インターネット	海象情報	4
	マスコミ	記者発表	水防警報	1
	市町村	災害情報システム インターネット	海象情報	2
			FAX	1
市町村	住民	防災無線	海象情報	1
直轄事務所	住民	インターネット	海象情報	3
			CCTV画像	3
	マスコミ	記者発表 専用回線(動画)	海象情報	1
			CCTV画像	3
	県市町村	ホットライン インターネット 専用回線 FAX	海象情報	2
			海象情報	3
			CCTV画像	2
			海象情報	1

##### ②情報提供に至った経緯

○波浪警報が発令され、越波する可能性や海岸保全施設への被害が予想されたため

○迅速な避難行動に資するために、災害時の情報ツールとして提供

##### ③情報提供における課題等

○迅速かつ正確な情報発表に苦慮している

▲該当箇所が多いことが課題

○関係自治体への情報提供を実施する基準が定められていない。

○一般住民への防災情報提供内容

▲10分毎データ、動画画像の提供が課題

##### b) 高潮ハザードマップ等の作成・検討状況

高潮ハザードマップ等についても、作成されているという回答があったのは14件に過ぎず、まだ充実している場所が多いとは言い難い状況である。

##### c) 今後水防警報発令を行うにあたっての課題

○一連の海岸線で、水防警報を発令する地区としない地区が発生することによる地方公共団体との調整

○一連の海岸線で、所管が違う場合の取り扱い

○警報基準を設定する上で、うちあげ高等の高精度予測技術開発

○寄り回り波の予測手法の確立

○CCTVカメラの設置基数が少ないので現状の把握がしにくい

○急激な気象の変化に対応するため現場の水防団と緊密に連携できるような連絡システムの確立

○波浪の立ち上がりが早いいため、水防警報を出すタイミングの検討

○台風時には越波により通行止めとなり危険な状態であるため水防活動が限られる中で何を実施するかの検討

○気象業務法に基づく注意報・警報との調整

##### (3) まとめ

何のために警戒・避難に資する情報をマスコミや地域住民・地方自治体に提供するのか、ということを考えるとき、高潮時等に住民自らが状況を適切に判断でき、自助・共助のための行動を起こせるようにすることに大きな目的があるはずである。

このためには、高潮時等というような「非日常のまちな姿」を地域住民自らが普段からイメージできるようにし、いざ高潮などが起こっているときには、リアルタイムで「まちな姿」が今どのような状況になっているのかが判断できる情報を、住民が得られるようにしていくことが理想だと考えられる。

このようなことに役立つツールとして、地域住民と行政が一緒になって「マイハザードマップ」をつくるなど、各地で有効な取り組みが広がりを見せており、また地域住民が「非日常を判断できる情報」を得ることができる

仕組みも充実してきているものと考えられる。

しかしながら今回の調査で、高潮や津波に関するこれら地域住民に発信すべき情報について、意外と充実していない状況が浮き彫りとなった。これは河川の水防警報や土砂災害警戒情報などと比較して、高潮や津波に関する情報が出る頻度が少ないこともその原因として考えられるが、海岸災害の場合は一旦発生するとその被害が広範囲に及ぶようなものも少なくないと思われ、決して軽く考えて良いものではない。

このため、水防警報を始めとする海岸に関する防災情報についても、今後地域とよく話し合いながら充実を図る必要があるものと考えられるが、一方で海岸特有の防災時の危険や現状把握の難しさ、うちあげ高予測の難しさなどについても課題としてあげられており、今後情報発信を充実させていくに当たっては、これら課題についても併せて対応を考えていくことが望まれる。

小学校の教員向けの研修でこの教材等の説明を行い、普及に努めた。

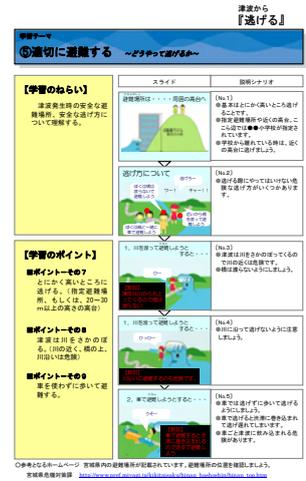
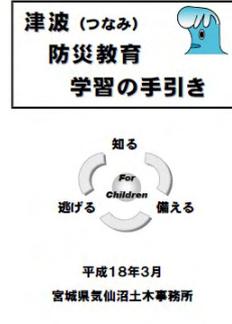


図-10 津波防災教育学習の手引き

### 5. 災害体験や防災知識の継承、普及のための取り組み例

#### (1) 調査方法

各地区に古くから伝わっている災害知識の継承の仕方、現在取り組まれている事例、各県、各地方整備局における主な取り組みについて、国、県等を対象に聞き取りを行い、その結果をとりまとめた。

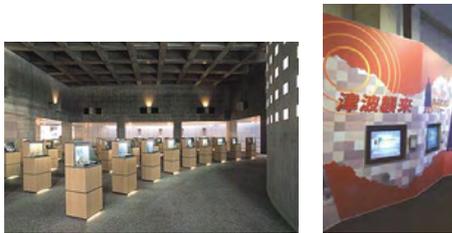


写真-1 施設の例 (左：奥尻島津波館，右：稲むら火の館)

#### (2) 災害体験や防災知識の継承普及のための取り組み例

##### a) 施設等による取り組み例

###### ・奥尻島津波館<sup>1)</sup> (北海道)

奥尻町では、北海道南西沖地震の記録と教訓、全国から寄せられた復興支援への感謝を後生に伝えている。

###### ・稲むら火の館<sup>2)</sup> (和歌山県)

濱口梧陵の防災精神や「稲むらの火」の人命尊重の精神をふまえ、来るべき津波災害から大切な生命やくらしを守ることを学ぶことができる。

##### b) 津波防災教育による取り組み例

###### ・学校で使える「学習の手引き」<sup>3)</sup> (宮城県)

宮城県が、小学校の出前講座で使用した学習メニュー及び教材を実践から得られた経験等を基に改良し、「津波防災教育学習の手引き」を作成した(図-10)。また、

##### c) 書籍冊子等による取り組み例

###### ・災害文化の伝承(宮城県、新潟県)

宮城県内の災害履歴をまとめた冊子「宮城県における災害文化の伝承<sup>4)</sup>」を平成18年3月に作成している。地震災害について取りまとめており、津波被害についても記載されている。

また、新潟県上越市においても、市民への防災知識の普及啓発活動の一環として、上越市民防災ガイドブック<sup>5)</sup>を作成し、全戸配布を実施している。

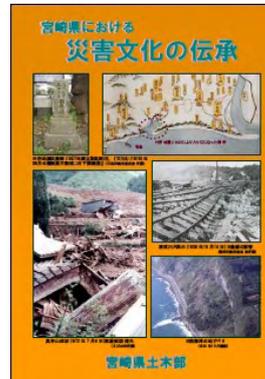


図-11 冊子等の例 (左：宮城県における災害文化の伝承，右：上越市民防災ガイドブック)

##### d) 防災訓練等による取り組み例

###### ・複合型防災訓練(中部地整)

洪水、高潮を想定し、水災時の被害を軽減するため、行政、水防団、消防団、防災関係機関、企業、地域住民の連携強化と、より実践的な訓練を実施することにより、地域住民に水防災に対するさらなる理解と意識高揚を図る。

###### ・高潮対応演習(富山県)

関係行政機関、水防団、住民と連携した高波対応演習

を行い、情報伝達訓練、現地実働訓練等を実施した。演習記録映像をDVD化し、関係行政機関、消防団に配布を行った。



図-12 防災訓練等の例（左：中部地整の複合型防災訓練，右：富山県の高潮対応演習）

#### e) 津波標識等による取り組み例

##### ・津波標識（千葉県等）

千葉県等では、各市町村が作成するハザードマップの配布に合わせて、津波浸水予測区域に想定津波高を表示した津波標識を設置し、住民や海岸利用者に津波に対する注意喚起を行っている。



写真-2 津波標識の例

#### f) 地域協議会による取り組み例

##### ・東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会（中部地整等）

濃尾平野のゼロメートル地帯においては、「東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会」を設置し、東海地方の低平地で計画規模を越える高潮や洪水が発生し、大規模浸水が生じた場合の被害を最小化するための危機管理行動計画を関係機関が共同して策定し、各機関の地域防災計画、水防計画、防災業務計画への反映を目指す。

#### ::危機管理行動計画(第二版)::



東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会  
平成21年3月

図-13 危機管理行動計画の例

#### (3) まとめ

日頃から津波・高潮に対する注意喚起のため、津波標識の設置や過去の災害を風化させないため、資料館での広報活動や地域学習や災害文化の伝承や防災訓練が行われている。

また、地域においては過去の災害経験や地形特性から地域協議会等の立ち上げをおこなっている。

災害体験や防災知識の継承、普及については地域や過去からの災害箇所等に限られることもあり、全体的な事例は少なく、今後より普及の促進が必要と考えられる。

## 6. 各直轄海岸における水防警報の発令基準の検討

### (1) 仙台湾南部海岸

#### a) 仙台湾南部海岸の越波特性

仙台湾南部海岸の越波特性を把握するため、波のうちあげ高を算定した。計画高潮位T.P.+1.6m、周期12秒の場合でのうちあげ高算定結果を図-14に示す

これより、仙台湾南部海岸において越波の危険性が高い①無堤区間の存在する蒲崎海岸、②海岸侵食が進行する中浜海岸について水防警報発令基準を設定し、これを当海岸の水防警報の基準とした。

#### b) 蒲崎海岸の水防警報発令基準

##### ①設定の考え方

蒲崎海岸については、波高の増大に比例してうちあげ高が高くなることから、「波高」を基準として水防警報発令基準を設定することとした。

潮位条件によってうちあげ高に差があることから、気象庁の高潮注意報が発令された場合と発令されなかった場合との2つの潮位条件において発令基準を設けた。

##### ②距離確保波高

表-2に高潮注意報が発令された場合のうちあげ高算定結果を示す。周期12秒の時、波高3.74mで越波が発生することから、有義波高3.7m(4.6m)を距離確保波高とした。

※以下( )書きの数字は、高潮注意報が発令されてい

ない場合の発令基準

表-2 うちあげ高算定結果

		単位: 打ち上げ高(T.P.m)			
		天端高 T.P.+3.28m			
		周期(s)			
蒲崎海岸		16	14	12	10
波高(m)	6.0	4.79	4.63	4.46	4.19
	5.0	4.19	4.07	3.97	3.77
	4.0	3.55	3.47	3.41	3.31
	3.0	3.05	2.90	2.90	2.88
	2.0	2.74	2.69	2.68	2.71
1.0	2.48	2.39	2.30	2.20	
越波開始波高(m)		3.46	3.66	3.74	3.94

③距離確保準備波高

距離確保準備から距離確保に要する時間は、1時間程度である。距離確保波高3.7mを超えた3ケースの波高の時系列変化状況から、波高の最大上昇速度は、1時間で0.5m程度(実績)であった。

これより、距離確保波高3.7m(4.6m)-0.5mを距離確保準備波高とし、有義波高3.2m(4.1m)と設定した。

④出動波高

待機・準備を発令後、波高が上昇し、越波すると判断された時点を出動の発令基準と設定した。(気象情報から波浪の発達が予測され、有義波高が距離確保高3.7m(4.6m)を超えると予測された時。)

⑤待機・準備波高

最大波においても越波が発生しない有義波(距離確保波高/1.53)とし、有義波高2.4m(3.0m)と設定した。

3)中浜海岸の水防警報発令基準

①設定の考え方

中浜海岸は、海底勾配が緩く海岸侵食が進行しているため、波高の大小によらず潮位が高い場合に越波が発生する。そのため、「潮位」を基準として水防警報発令基準を設定することとした。

既往の越波災害の発生したときの波高・潮位の関係から、越波被害を発生させるほどに高潮偏差が発生し、T.P.+1.0mを大きく上回る潮位にまで上昇させる気象・海象条件として、波高2.4m以上を前提条件とした。

②距離確保潮位

波高2.4m以上の場合に越波が発生する潮位条件T.P.+1.2m(計算値)を距離確保潮位とした。

③距離確保準備潮位

既往実績より潮位T.P.+1.0mを越えてから1時間でT.P.+1.2mとなる恐れがある。これより、距離確保準備潮位はT.P.+1.0mとした。

④出動潮位

距離確保潮位T.P.+1.2mを超えると予測され、越波が起こる恐れがあるときとし、気象庁において高潮警報が発令されたときを出動の発令基準とした。

⑤待機・準備潮位

仙台新港潮位が距離確保準備潮位T.P.+1.0mを越えると予測される段階において待機・準備を設定した。気象庁の高潮注意報発令基準潮位である鮎川・相馬T.P.+0.9mと仙台新港T.P.+1.0mは同等となることから、高潮注意報発令を待機・準備の発令基準とした。

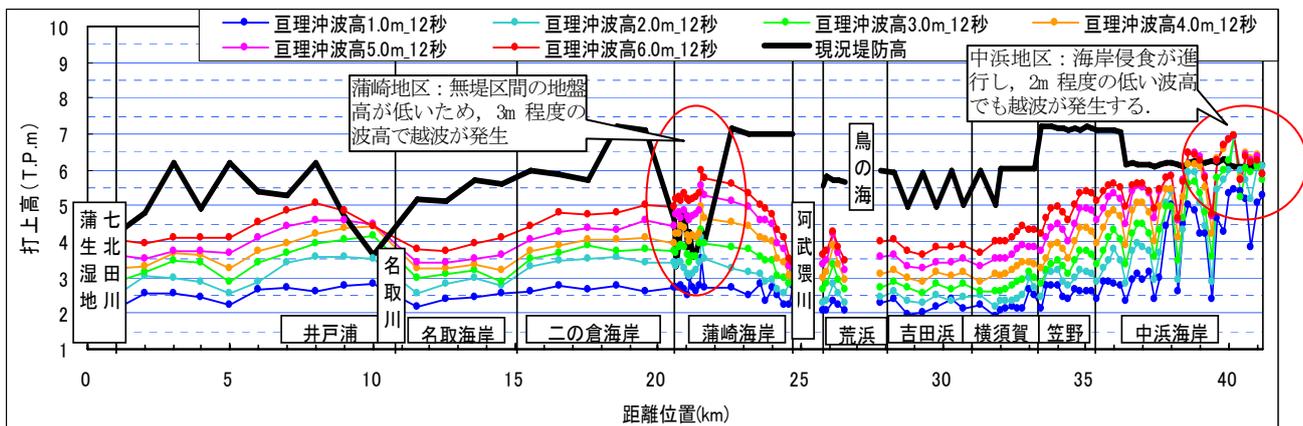


図-14 仙台湾南部海岸における波のうちあげ高算定結果(計画高潮位T.P.+1.6m, 周期12秒の場合)

(2) 下新川海岸

a) 水防警報発令範囲の設定

下新川海岸は、北海道沖から日本海中部を通過して来襲する「寄り回り波」と呼ばれるうねり性で周期の長い波(図-15①, 以下「寄り回り波」と呼ぶ。)と、冬季北西季節風による周期の比較的短い風波(図-15②, 以下「風波」と呼ぶ。)並びに富山湾内で発達する風波

(図-15③, 以下「湾内風波」)が卓越する。このため、これらの特性に応じ水防警報発令基準(以下「発令基準」)を設定する必要がある。

発令基準の範囲を明確にするため、平成20年2月24日に来襲した沖波の最大有義波高7.4m, 周期13.9秒の波を与え、非定常緩勾配方程式により波高の分布を確認した。その結果、図-16に示すとおり、No.57付近を境

界に波高の変化が示されたが、範囲区分は現地状況を加味し、図中 No. 51 下側に位置する黒部漁港を地物界とし、寄り回り波が卓越する漁港の東側と風波が卓越する漁港を含む西側の2区分に範囲設定した。

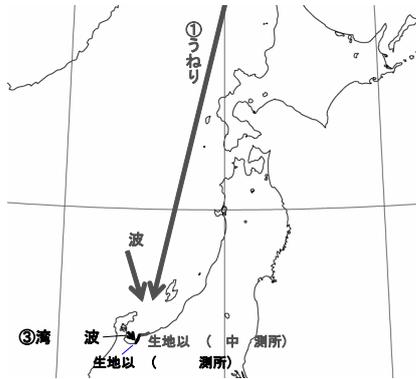


図-15 下新川海岸に來襲する波浪

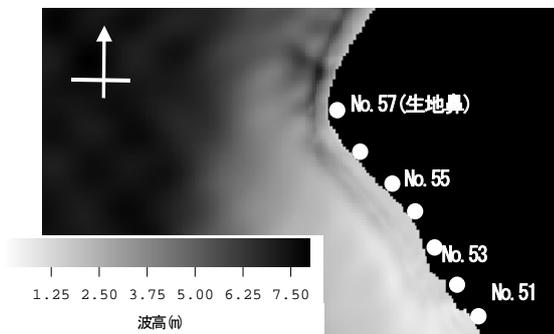


図-16 寄り回り波の影響範囲

#### b) 水防警報発令の対象規模

水防活動の実施は、海岸堤防を大きく越える波を想定している。表-3 に下新川海岸田中観測所で記録されている高波浪を示す。平成 20 年の波高に続く波は、概ね波高 6.0m 以下、周期 12 秒程度以下であることが確認できるが、これらの波浪時には、大きな浸水被害が記録されていない。このため水防警報の発令は、波高 6.0m 以上、周期 12 秒以上の高波を前提とする。

表-3 下新川海岸田中観測所観測記録

順位	生起年月日	波高(m)	周期(秒)	
1	2008/2/24	H20	6.62	13.9
2	1990/9/20	H2	5.85	11.0
3	1988/10/29	S63	5.80	11.4
4	1982/4/10	S57	5.70	12.2
5	1972/12/2	S47	5.60	15.2

#### c) 水防警報発令基準の設定

水防警報発令基準を設定するため、下新川海岸でうちあげ高の大きい入善地区 (No. 107) を代表に波高・周期毎に、波のうちあげ高を求め、既設堤防高との関係を図-17 に整理した。同図から、波高 6.0m、周期 12 秒程度で波のうちあげ高は、最大 T.P. +6.5m 程度である。堤

防高は T.P. +5.7m であり、この規模の波が来襲すると、越波被害が生ずることになる。また、周期 12 秒の場合、波高 4.5m 程度以上でうちあげ高が堤防高を上回っている。このため、水防警報発令基準は、波高 4.5m 程度以上の波浪を基準に設定することとした。

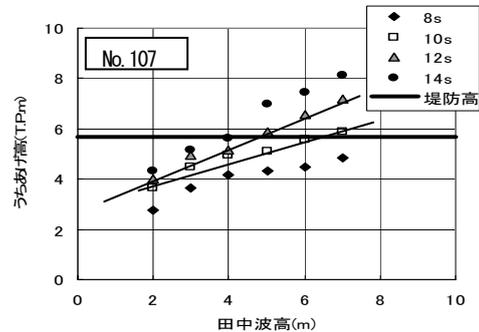


図-17 波高・周期と波のうちあげ高

#### d) 寄り回り波対象の水防警報発令のための波高予測

高波が来襲する数時間前には、水防警報を発令する必要がある。このため、平成 20 年 2 月高波浪時の田中観測所の波高・周期と、リアルタイムで波高が提供されている全国港湾海洋波浪情報網 (NOWPHAS) の日本海側の各観測点における 6 時間、8 時間、10 時間、12 時間前の波高の相関を求めた結果、酒田観測所での 8 時間前の波高・周期の相関が最も高く傾きが 1 に近いことが示された (図-18)。

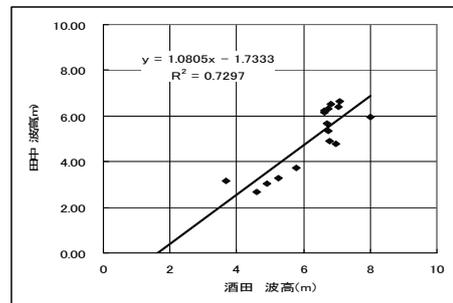


図-18 酒田と 8 時間後の田中の波高の相関

相関式による予測結果を検証するため、2003 年から 2008 年までの田中観測所における実測波高と予測有義波高を比較した (表-4)。その結果、実測値と予測値は、概ね 1.0m 程度の誤差に収まることから、本予測手法の適用性を確認することができた。

表-4 実績値と予測値の比較

年月日	実測最大有義波高	予測最大有義波高	実測最大有義波周期	予測最大有義波周期
2003/12/20	5.23	6.10	12.0	13.6
2004/02/23	4.61	5.23	13.0	11.6
2004/12/06	3.89	4.68	12.5	10.2
2005/12/26	4.49	5.65	13.2	12.3
2007/01/07	4.24	7.45	12.1	13.4
2008/02/24	6.62	7.05	15.1	14.8

e) 寄り回り波対象の水防警報発令

下新川海岸では、年数回の頻度で来襲する波高は、3.0m 程度である。しかしながら過去、高波が急に波高を増し、波高 6.0m となる現象が観測されている。このため、田中観測所で波高 3.0m 時点で酒田観測所の波高・周期を確認、高波が予測される場合、「待機・準備」警報を発令する。次に、有義波高 4.5m の場合、発生する最大波高は堤防越波を生じることがあるため、波高が 4.5m を越える予測が出た場合、「出動」警報を発令し巡視を行い、さらに高波高が予測される場合、土嚢積み等の水防活動を行う。なお、水防活動実施中、実際に波高が 4.5m を越えそうな場合、水防団の安全確保のため「距離確保準備」、越えた場合「距離確保」を発令し、主に堤内地側での避難活動支援などを実施する。波高が 4.5m 以下に収まると「距離確保解除」を発令、海岸側の巡視を再開し、現地状況を把握する。一連の水防活動の完了は、「解除」警報の発令で徹底する。

f) まとめ

本基準（案）は、高波を対象とする水防活動体制を確立するため運用しているところであり、今後の波浪をもとに警報発令基準を随時見直すこととしている。

さらに、高波予測手法の高度化や効果的な水防活動手法を開発を進め、海岸保全施設の整備と合わせ総合的な高波被害軽減対策を着実に進める予定である。

7. 波浪うちあげ高予測システムの概要

(1) 概要

波浪うちあげ高予測システムとは、各海岸におけるうちあげ高をリアルタイムで予測し、その結果を関係機関が閲覧できるシステムである。

海岸堤防の天端高は設計波に対して必要な高さ（うちあげ高等）を考慮して設計されているため、潮位の予測だけでは越波が生じるのかどうか判断できない。このため、本システムでは、予測されたうちあげ高は天端高と比較できるように表示され、越波がいつ頃激しくなるのか判断できるようになっている（図-19）。

ユーザー（地方整備局等の本局・事務所、都道府県の本庁と土木事務所等を想定）は、インターネットエクスプローラーなどのブラウザで波浪うちあげ高予測システムに接続して、ウェブサイトを閲覧する感覚で、うちあげ高予測等を確認する。

現在、国総研のサーバにおいて、東京湾、伊勢湾、大阪湾・播磨灘、有明海の各沿岸を対象に、うちあげ高予測計算とその結果のWeb表示（関係機関のみ閲覧可）を行っているが、今後、地方整備局等での運用に移行していく。



図-19 うちあげ高予測の表示例

(2) うちあげ高予測の仕組み

気象庁による各海岸の潮位予測値（対象地点最寄りの予測値）と波浪予測値（対象地点の砕波点沖での予測値）を外力の入力データとして、うちあげ高予測を行う。

潮位については、高潮モデルで予測される潮位偏差を天文潮に加えて予測されている。

波浪については、図-20に示すように、海域によって3パターンの予測を行うこととしている。海底地形の影響を特に考慮する必要がある海域については、全国を網羅している沿岸波浪モデル（約5km格子）に加えて、浅海波浪モデルまたは波浪変形モデルを適用する。浅海波浪モデル（約1.7km格子）は、風の効果に加えて、屈折や浅水変形等の浅海効果を考慮したもので、東京湾、伊勢湾、大阪湾・播磨灘、有明海を対象に、気象庁が運用している。また、複雑な海底地形を有する富山湾と駿河湾については、風の効果を無視するものの、細かい計算格子により浅海効果を浅海波浪モデルより考慮できる波浪変形モデル（50m格子）を、国交省が運用する。なお、浅海波浪モデルや波浪変形モデルの対象とならない海域については、沿岸波浪モデルの波浪予測を用いてうちあげ高を予測することを想定している。

なお、台風接近時には、台風が予報円の中心を通るコースだけでなく、予報円上の異なる4点を通る4コースについてもうちあげ高が予測される

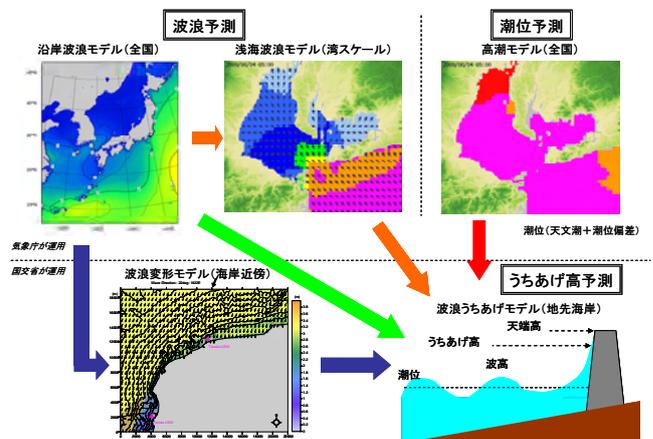


図-20 うちあげ高予測に関わる各モデル

### (3)うちあげ高予測の精度検証

台風等の予測に基づく高潮予測と波浪予測からうちあげ高は予測されるものであり、各予測の誤差がうちあげ高の精度を左右する。それをふまえて、うちあげ高の現地観測を行い、うちあげ高予測の精度検証を実施した。うちあげ高の観測では、海岸に設置したビデオカメラで1波毎の遡上高さを毎正時10分間撮影し、各観測時間について上位1/3平均を算定した。

表-5は、各気象擾乱においてうちあげ高観測値が最も高かった時を対象に、うちあげ高予測の誤差を示している。台風コース間で差がほとんどなかったため、予報円中心コースの予測値を使用した。いずれの事象も、うちあげ高の予測値は堤防高と比べてかなり低く、越波の恐れがないと考えられる予測であった。これに対し、うちあげ高の実測値も堤防高を大きく下回っており、あまりに過大な予測ではなかった。

表-5 うちあげ高最大時におけるうちあげ高予測の誤差

海岸 (海域)	観測日 (気象擾乱)	堤防高	実測値	予測値
木更津 (東京湾)	2008年9月20日 (台風13号)	3.40m	1.13m	0.66m
伊勢湾西南 (伊勢湾)	2009年1月30日 (低気圧)	5.92m	0.83m	1.53m
東播 (播磨灘)	2009年1月30日 (低気圧)	5.00m	0.45m	0.54m
有明 (有明海)	2008年9月18日 (台風13号)	7.50m	2.82m	2.89m

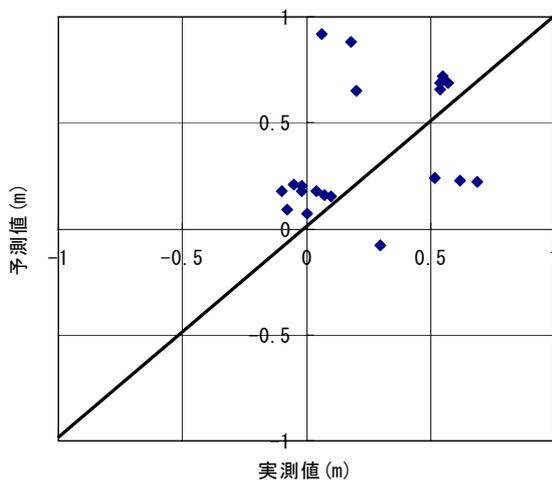


図-21 (潮位偏差+うちあげ分)の予測誤差

うちあげ高の予測は、天文潮、潮位偏差、うちあげ分の各予測の和である。このうち、天文潮位は、内湾にお

ける海面変動の主要因の一つであり、台風の進路や強度によらず決定される。その予測精度は潮位偏差やうちあげ分に比べて高いと考えられることから、うちあげ高から天文潮を差し引いた値(潮位偏差とうちあげ分の和)を比較した(図-21)。潮位偏差とうちあげ分の和はいずれも1m未満であるのに対し、両者の差が0.5mを上回る時間帯がいくつか見られる。過小予測となっていた木更津海岸では、潮位と波高の予測値は対岸(多摩川河口)の東京灯標での実測値とほぼ一致していたが、東京灯標では北西の10m/s弱の風が吹いていたことから、風下となるため潮位と波高は予測より大きかったと考えられる。過大予測となっていた伊勢湾西南海岸では、予測潮位は20km東に位置する鳥羽検潮所の実測値より0.2~0.6m高く、予測波高は同海岸の浜田観測所における実測値の3倍程度であり、潮位偏差と波高の過大予測がうちあげ高の予測を高めたと考えられる。

以上のように、潮位偏差とうちあげ分の和が1m未満という比較的小さい気象擾乱において、それと同程度の予測誤差が生じるケースがあった。より大きな気象擾乱を対象に各モデル(高潮、波浪、うちあげ高)の予測精度を検証し、うちあげ高予測の精度向上策を検討する必要がある。

## 8. おわりに

今後、波浪うちあげ高の現地観測及び予測精度検証を実施する予定である。各直轄海岸に設置されているCCTV等の映像から高波浪時のうちあげ高を測定し、うちあげ高予測と比較する一方、台風コース間のうちあげ高予測の絶対値の幅及び時間的な幅を明らかにし、そのパターン分類により水防へのうちあげ高予測の具体的な活用方法について検討していく。また、うちあげ高予測の精度向上策として、うちあげ高計算における碎波判定式などを検討する。

### 参考文献

- 1) 奥尻島津波館 : <http://www.town.okushiri.lg.jp/>
- 2) 稲むら火の館 : <http://www.town.hirogawa.waka/yama.jp>
- 3) 学習の手引き : <http://www.pref.miyagi.jp/>
- 4) 災害文化の伝承 : <http://www.pref.miyazaki.lg.jp/>
- 5) 上越市民防災ガイドブック : <http://www.city.joetsu.niigata.jp/>