

高波災害対策に関する研究

西澤 洋行¹・諏訪 義雄²・横濱 秀明³・漆原 和也⁴・谷保 和則⁵
川上 哲広⁶・山本 早希子⁷・眞田 淳二⁸・清水 正仁⁹・熊谷 隆則¹⁰

¹河川局 海岸室 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

²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)

³北海道開発局 建設部 河川管理課 (〒060-8511 札幌市北区北8条西2丁目第1合同庁舎)

⁴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)

⁵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)

⁶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)

⁷近畿地方整備局 河川部 地域河川課 (〒540-8586 大阪市中央区大手前1-5-44 大阪合同庁舎1号館)

⁸中国地方整備局 河川部 河川管理課 (〒730-8530 広島市中区上八丁堀6-30広島合同庁舎2号館)

⁹四国地方整備局 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)

¹⁰九州地方整備局 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、海岸における水防警報の手引き(案)、水防警報の発令基準の策定例、各整備局等での海岸水防への取り組み、波浪うちあげ高の予測と観測について報告する。

キーワード 海岸、高波、水防、うちあげ高

1. 概要

2008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、これを通じて海岸における高波災害対策の強化を図るものである。昨年度は、海岸における水防活動等の現状や波浪うちあげ高システムの概要について報告したが、今年度は、海岸における水防警報の手引き(案)(2章)、各整備局等での海岸水防への取り組み(3章)、波浪うちあげ高の予測方法と観測方法(4章)について報告する。

2. 海岸における水防警報の手引き(案)

2008年2月の富山湾沿岸の高波災害をはじめ、1999年の山口県の台風による高潮災害や、2004年の香川・広

島・岡山の高潮災害等、我が国の沿岸部では、高潮や高波による多くの被害が発生している。その一方で、これらの災害に対する水防活動の備えは必ずしも十分とはいえないことから、発生した被害を最小限に抑えるためにも、水防法に基づく水防警報海岸の指定・運用を進め、関係機関及び地域住民による水防活動の強化を図っていく必要がある。そこで、各海岸における取り組みの参考となるよう「海岸における水防警報の手引き(案)」をとりまとめた。

「海岸における水防警報の手引き(案)」では、水防警報海岸に指定するにあたっての、区域や発令基準の設定、観測体制の整備、警報の連絡体制、伝達様式、また、被害拡大防止のための水防活動の内容及び水防訓練の実施等について、既に国土交通大臣または都道府県知事により水防警報海岸に指定されている海岸の具体的な事例を示している。

3. 各整備局等での海岸水防への取り組み

(1) 北海道開発局

a) 胆振海岸の特徴および取り組み概要

北海道南部に位置する胆振海岸は、荒天時には激しい

越波が発生し、毎年のように既設護岸が被災を受けており、また、海岸に隣接する道路においても越波により多くの交通障害を発生してきた。特に1994年は前述の被害とともに住宅や下水処理場が浸水する被害が発生した。背後地には、多数の人家や国道36号線、JR室蘭本線などの重要交通網が隣接することから海岸保全対策等のハード整備に加え、被害軽減に資するソフト対策の一環として、胆振海岸を水防警報海岸に指定することで防災体制の確立を目指している。

水防警報海岸指定に向けては、胆振海岸の地域特性と高潮災害の現状を把握し、関係機関及び地域住民による効果的な防災活動を確立するため、白老町・苫小牧市・室蘭地方気象台・北海道の防災担当者・室蘭工業大学教授及び室蘭開発建設部らをメンバーとする水防警報海岸検討会を3回開催し、基準観測所の選定・水防警報発令基準・水防警報区域設定・波浪うちあげ高予測システムの利活用について検討した。

b) 水防警報指定区域の選定

胆振海岸における構造物の配置状況や諸元、地形、波浪特性を把握したうえで、波のうちあげ算定高と堤防高の関係性を分析することにより、水防警報指定区域を設定した。

図-1 は、計画波浪（最大波高 $H_{max}=16.56m$ 、周期 $T_0=14.0s$ ）および計画高潮位（ $H.H.W.L.=T.P.+1.6m$ ）に対するうちあげ高算定結果を示したものであり、最も危険となる4断面を代表断面として抽出した。

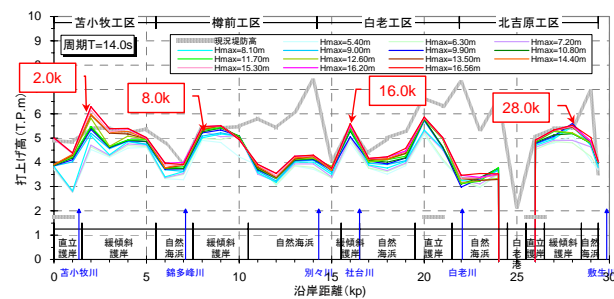


図-1 うちあげ高算定結果 (T=14.0s)

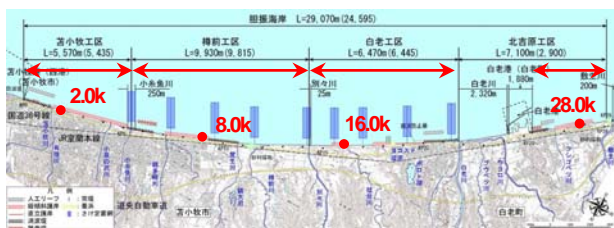


図-2 水防警報指定区域の区分および代表断面位置

なお、うちあげ高の算定結果は、1kmピッチごとの代表断面での計算結果であるため、局所的な微地形などにより、想定されるうちあげ高算定結果よりも大きくなる可能性も否定できない。そこで、図-2に整理したとおり、越波範囲全体をカバーできるように直轄海岸区域全体に

指定をかけるとともに、区域界は迅速かつ効率的な水防活動が可能となるように、市町村界と水防団の担当区域を勘案の上、設定することとした。

c) 水防警報発令基準の設定

① 水防活動に要する時間の設定

苫小牧市および白老町へのヒアリング結果をもとに、水防活動に要する時間を設定した。ここに、確実かつ円滑な水防活動を実施するためには、苫小牧市（苫小牧地区、樽前地区）の場合は距離確保開始の5時間前に、白老町（白老地区、北吉原地区）の場合は距離確保開始の5.5時間前に待機・準備の発令を行う必要がある。

② 既往高波データを考慮した発令基準（波高）の設定

うちあげ高の算定結果から、各地区の過去の最大波高発生時を距離確保の基準とし、その基準波高発生時から各水防活動への移行に必要なリードタイムを考慮して、**待機準備、出動、距離確保準備、距離確保**の発令基準（波高）を設定した。また、上述にある波浪うちあげ高予測の精度の問題が考えられることから、表-1に整理した胆振海岸における水防警報発令基準に、「気象情報やCCTV情報等を勘案する」ことを追加して、各段階の警報を発令することとした。

表-1 発令基準の設定

発令内容	苫小牧地区		樽前地区		白老地区		北吉原地区	
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)
待機・準備	≥ 3.8	≥ 9.0	≥ 5.8	≥ 11.0	≥ 3.1	≥ 10.0	≥ 3.1	≥ 8.5
出動	≥ 4.4	≥ 9.5	≥ 6.4	≥ 11.5	≥ 3.5	≥ 10.5	≥ 3.5	≥ 9.0
距離確保準備	≥ 5.0	≥ 10.5	≥ 7.0	≥ 12.5	≥ 4.3	≥ 11.5	≥ 4.3	≥ 10.0
距離確保	≥ 5.5	≥ 11.0	≥ 7.5	≥ 13.0	≥ 4.9	≥ 12.0	≥ 4.8	≥ 10.5
距離確保解除	≤ 5.5	≤ 11.0	≤ 7.5	≤ 13.0	≤ 4.9	≤ 12.0	≤ 4.8	≤ 10.5
解除	≤ 3.8	≤ 9.0	≤ 5.8	≤ 11.0	≤ 3.1	≤ 10.0	≤ 3.1	≤ 8.5

d) 波浪うちあげ高予測システムの導入と活用

高波による災害に対する水防活動を実施するに当たり、越波の程度や時期等を適切な精度で予測することが必要である。波浪うちあげ高予測システムを導入し活用していく中で、高波浪時の実測データと波浪うちあげ高予測値の蓄積を行い、それらを比較・検証することにより予測精度の向上を図り適切な水防警報発令に改善していくものとする。

e) 今後の予定

今後は本検討事項を基準（案）として水防警報海岸の指定を行い、併せて防災関係機関、自治体の長からなる水防連絡協議会を発足させるとともに同協議会等を通して、海岸水防訓練に関することや近接海岸を含めた防災体制について、さらなる調整による拡充を図っていくものとする。

(2) 東北地方整備局

仙台湾南部海岸は過去に複数回、高波による被害を受け、現在でも海岸侵食による堤防の破損や、越波による居住域への浸水等の懸念がある。海岸侵食防止のため、

ヘッドランドの建設や海岸堤防のハード対策を推進しているが、施設の建設には多くの時間と費用を要することから、高波による被害軽減を図るためには、ハード対策に並行して効果的なソフト対策を実施する必要がある。

ここでは、仙台湾南部海岸でのソフト面での高波防災・減災対策に関する取組み状況や今後の取組みの方向性を報告する。

a) 水防警報海岸指定と発令

仙台湾南部海岸は2009年9月10日に「水防警報海岸」に指定され、その約1ヶ月後の10月8日に台風18号による影響を受け、東北の直轄海岸で初となる海岸水防警報を発令した。

発令基準設定に関する詳細は、2009年度国土技術研究会研究論文を参照されたい。

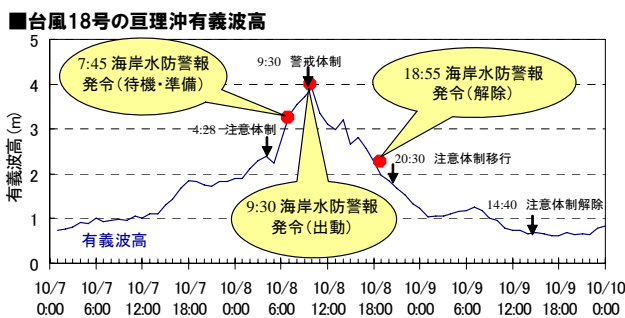


図-3 台風18号接近時における巨理沖の有義波高

表-2 仙台湾南部海岸（蒲崎海岸）の水防警報発令基準

水防警報の種類	発令基準	
	高潮注意報が発令された場合	高潮注意報が発令されていない場合
待機・準備	巨理沖観測有義波が24m以上(最大波でも越波が発生しない)波高) 気象情報から波浪の発達が予測される時	巨理沖観測有義波が30m以上(最大波でも越波が発生しない)波高) 気象情報から波浪の発達が予測される時
出動	気象情報から波浪の発達が予測され、巨理沖観測有義波が37mを越えると予測されたとき、CCTVで越波の発生が確認されたとき(最大波が越波する程度)	気象情報から波浪の発達が予測され、巨理沖観測有義波が46mを越えると予測されたとき、CCTVで越波の発生が確認されたとき(最大波が越波する程度)
距離確保準備	巨理沖観測有義波が32m以上 気象情報から波浪の発達が予測される時、CCTVで越波の発生が確認されたとき	巨理沖観測有義波が41m以上 気象情報から波浪の発達が予測される時、CCTVで越波の発生が確認されたとき
距離確保	巨理沖観測有義波が37mを越えるとき(有義波で越波が発生し、浸水被害が発生するおそれ大きい)波高) または、気象情報から高波浪の予測やCCTVで激しい越波が確認され、危険と判断されたとき	巨理沖観測有義波が46mを越えるとき(有義波で越波が発生し、浸水被害が発生するおそれ大きい)波高) または、気象情報から高波浪の予測やCCTVで激しい越波が確認され、危険と判断されたとき
距離確保解除	巨理沖観測有義波が37mを下回り、気象情報、CCTVによる波浪状況から再上昇するおそれがないと判断される時	巨理沖観測有義波が46mを下回り、気象情報、CCTVによる波浪状況から再上昇するおそれがないと判断される時
解除	巨理沖観測有義波が24mを下回り、気象情報、CCTVによる波浪状況から再上昇するおそれがないと判断され、かつ、水防作業を必要とする状況が解消したと認められる時	巨理沖観測有義波が30mを下回り、気象情報、CCTVによる波浪状況から再上昇するおそれがないと判断され、かつ、水防作業を必要とする状況が解消したと認められる時

b) 水防警報初発令時のフォローアップ

台風18号の際の防災対応の実態を、水防警報伝達対象機関である宮城県、岩沼市、山元町へヒアリング調査を行った結果、表-3のような実態であった。

表-3 ヒアリング調査から得た実態

項目	実態
①体制	○海岸防災体制の設置基準が未策定である。
②情報	○有義波高等の情報を知る手段がなく、即時的な行動を求められる初動対応が遅れがちである。
③伝達方法	○情報が複数機関を経由するため、タイムラグが生じ、現場の初動対応が遅れる。 ○代替系統が決められていない。

①～③の実態を踏まえ、2009年度内は「仙台湾南部海岸水防・災害情報連絡会 準備会」を計2回開催し、高波災害に関する危機認識を関係機関間で共有するとともに以下の取組みを実施した。

○市町への災害情報普及支援の一つとして、浸水想定区域図、避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成の手引き(案)を作成。

○海岸防災の体制確立のため、準備会での関係機関間の協議を踏まえ高波水防ガイドライン(案)を作成。

○初動対応に有効な有義波高情報を共有化するため、水防警報の発令基準である巨理沖観測所の有義波高が基準波高を上回った時点で、県、市町の防災担当者の携帯電話に一斉通報し、状況に応じた水防警報の伝達方法を最適化するルールを前記の高波水防ガイドライン(案)に明記。

c) 波浪予測の実施(うちあげ高予測システム)

仙台湾南部海岸においては、2009年度にシステムを構築し、2010年度から運用を開始している。

d) 漁港・農地海岸等他管理者、沿岸自治体一体となった準備会・連絡会

2009年度は、水防警報海岸区域内の岩沼市、山元町に限り準備会を開催したが、今後は漁港・農地海岸も含め、平常時・災害時の様々な局面で関係機関が緊密に連絡・連携していく場づくりが必要と考えている。

そのため、現在準備会に各関係主体への呼びかけを行い、より実効性のある「仙台湾南部海岸水防・災害情報連絡会」を設立する予定である。

e) 情報連絡訓練

有義波高の情報やうちあげ高予測システム等の情報を有効活用するには、情報発信・受信者相互の対応能力向上が課題である。そこで、2009年度は上述の情報の収集・伝達するための情報連絡訓練のシナリオを作成した。今後は、仙台湾南部海岸水防・災害情報連絡会主催による海岸水防警報の情報伝達訓練を実施していく予定である。

f) 今後の方向性

本検討で明らかになった課題を段階的に解決し、高波防災に係る地域防災力を継続的に向上させていく必要がある。そこで、防災関係機関間のリスクコミュニケーションの円滑化、地域住民の自助、共助の意識向上策を継続的に行うことが重要である。

(3) 北陸地方整備局

a) 石川海岸での水防警報発令基準の検討

○設定の考え方

石川海岸は、全域において、護岸背後に標高 7m 以上の砂丘や北陸自動車道盛土が存在し、越波した場合でも背後地に海水が流れ込みにくく、越波の被害を直接受けるような住宅密集地が存在しない状況となっている(図-4)。このため住宅地に海水が流れ込むのは、砂丘の切れ目や北陸自動車道のアンダーパス等から、海水が流れ込んできた場合にのみである。このため想定される水防活動は、道路の通行止め、アンダーパスの土のう積み、一部住民の避難が基本となる。

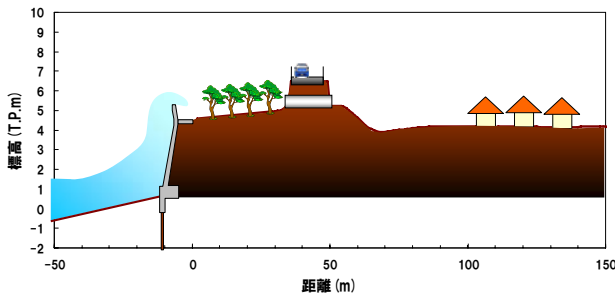


図-4 石川海岸の断面模式図

○水防警報発令基準

徳光地点の波高に対する沖波波高は観測地点の水深と周期に依存し、実際に来襲する波の周期はばらつきをもっている。そこで水防警報発令基準を設定する場合の沖波波高 H_0 については、データの存在する $H_0=6.5\text{m}$ 以下は徳光地点有義波高(波高 4m 以上)と沖波波高の相関(図-5)に基づいて設定した。なお、沖波波高とは水深の影響を受けていない地点の波高であり、観測地点の波高に対して浅水変形を考慮して換算したものである。本海岸において、各工区を管轄する水防団は待機・準備発令から完了までに要する時間は 30 分程度、出動発令後破堤までのリードタイム(現地時間と水防活動)は 40 分程度が想定される。また破堤後は徐々に浸水していくことが想定されるため、破堤後も浸水到達時間を考慮した 20~60 分程度(浸水によって異なる)は水防活動が必要と考えられる。これらの条件を勘案して、各設定基準は以下の通りとした。

(待機・準備基準)

有義波高 $H_{1/3}=5.5\text{m}$ 以上、10 分間風速 20m/sec 以上(3 時間以内)

※待機・準備活動の所要時間を考慮した出動 30 分前で設定)

(出動)

有義波高 $H_{1/3}=6.0\text{m}$ 以上、10 分間風速 20m/sec 以上(3 時間以内)

※現地移動時間と破堤後の水防活動時間(20~60 分間)を考慮した破堤 40 分前で設定

(解除)

有義波高 $H_{1/3}=5.5\text{m}$ 以下、10 分間風速 15m/sec 以下

なお、本海岸では水防活動自体が越波の直接的影響外となる距離確保領域内を想定していることから、越波の危険性を回避するための距離確保は必要無いものと判断した。

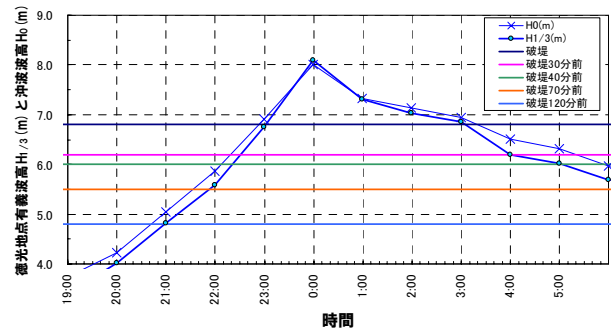


図-5 徳光地点の観測有義波高と沖波波高の相関

b) 下新川海岸水防訓練について

2009 年 3 月に水防警報海岸に指定した下新川海岸では、下新川海岸水防連絡会として、2009 年度下記の水防活動を実施した。

○海岸巡視(2009 年 11 月 6 日(金))

2008 年の高波で災害を受けた箇所での災害復旧工事箇所を中心に、今後本格化する高波シーズンに向けて、海岸の現状を把握することを目的に実施
参加機関：黒部市(消防署含む)、入善町(消防署含む)、朝日町(消防署含む)、富山県、気象台、黒部河川事務所(参加人数：21名)

○高波対応演習(2009 年 12 月 1 日(火))

高波災害に対する関係機関相互の情報伝達体制の確認、水防体制の確立を目的に現地対応及び情報伝達訓練等を実施。演習内容及び参加機関等は以下の通りである。
参加機関：北陸地方整備局、富山地方気象台、富山県、黒部市、入善町、朝日町(387 名(うち消防団 59 名、住民 209 名))

訓練内容：

①関係機関との情報伝達の確認

- ・高波を想定した関係機関(国、県、自治体)との情報伝達の確認

- ・マスコミ記者発表

②ホットライン(電話)による自治体首長と、海岸管理者の情報共有訓練

③寄り回り波など高波予測の技術修練及び予警報発令訓練

④自治体による実働訓練【黒部市、入善町、朝日町】

- ・広報車による避難勧告、避難指示の情報伝達

- ・消防団による水防工法訓練(土のう積み訓練)、避難誘導訓練、水防巡視(海岸監視)

- ・ケーブルテレビへのテロップ表示訓練

- ・災害対策本部を設置しての情報伝達訓練
- ⑤住民を対象とした避難実働訓練
 - ・避難訓練の実働及び避難場所での安否確認訓練
- ⑥被災箇所の応急復旧訓練
 - ・被災に応じた応急対策工法の検討
- ⑦携帯電話メールによる情報発信訓練

黒部河川事務所支部体制及び水防警報発令時に事務所HPの緊急情報掲示板と携帯電話メールを活用した情報連絡



図-6 高波対応演習の様子

c) うちあげ高予測システムの導入・活用等

北陸地方整備局では 2009 年度に下新川海岸においてうちあげ高予測システムを導入した。今後はこのシステムにおける予測結果を地域防災体制の判断手法の一つとして活用する。

(4) 中部地方整備局

当地整管内の直轄海岸である駿河湾富士海岸・駿河海岸、伊勢湾西南海岸の 3 海岸については 2010 年 3 月 31 日付けで水防警報海岸に指定し水防活動の強化支援を行ったところである。

ここでは、指定した 3 海岸について水防警報発令基準の設定の考え方及び水防警報の発令を減災につなげるための今後の課題などについて報告する。

a) 水防警報発令基準設定にあたっての基本的な考え方

伊勢湾西南海岸については 2008 年 7 月より波浪うちあげ高予測システムによる試験運用が行われ、システムの検証がなされたことから、このシステムの値などを参考として水防警報を発令することとした。

富士海岸・駿河海岸については、同システムの運用開始時期が 2010 年 4 月であったことから波高観測所の実績観測値を基に発令することとした。

b) 富士海岸・駿河海岸における水防警報発令基準設定にあたっての考え方

①基準観測所

富士海岸及び駿河海岸は静岡県駿河湾に位置する総延

長約 23km 及び 12km の海岸で、越波による被災は 1966 年台風 26 号に伴う高潮被害が最も甚大で、その他の災害も台風に起因するものであった。

そのため、基準観測所としては、駿河湾口に位置し台風接近時のうねりを事前に感知できる石廊崎観測所と対象海岸の波高を直接観測できる富士田子の浦観測所（富士海岸）または駿河海洋観測所（駿河海岸）の 2 地点の組み合わせとした（図-7）。



図-7 海岸位置図及び基準観測所

②発令基準の設定

水防活動を行うにあたってのトリガーとなる基準観測所の発令基準については、「①現況堤防高と観測値（有義波高）との関係」、「②湾口に位置する石廊崎観測所と対象海岸に位置する富士田子の浦観測所（富士海岸）または駿河海洋観測所（駿河海岸）の観測有義波ピーク時間差の関係」、「③水防活動に要する想定所要時間」などの視点を基に以下のとおり設定した（表-4）。

表-4 発令基準（富士海岸の例）

発令内容	行動内容	発令基準
待機・準備	水防団の出動準備態勢を整える。	・気象台からの波浪警報発令 ・富士田子の浦観測所で有義波高3m以上、または石廊崎観測所で4.5m以上が観測されたとき。
出動	水防団出動	・富士田子の浦観測所で有義波高5m以上になると予想される時（気象庁波浪予報値）
距離確保準備	越波の確率が高まった場合の水防活動の安全確保のための海岸からの距離確保準備	・富士田子の浦観測所で有義波高5m以上となったとき
距離確保	越波が生じた場合の海岸からの距離確保。及び避難勧告の発令。	・富士田子の浦観測所で有義波高7m以上となったとき
距離確保解除	距離確保解除	・富士田子の浦観測所で有義波高7mを下回ったとき
解除	水防活動の解除	・富士田子の浦観測所で有義波高3mを下回ったとき

c) 伊勢湾西南海岸における水防警報発令基準設定にあたっての考え方

伊勢湾西南海岸は、伊勢湾の湾口部付近に位置し、三重県松阪市・明和町・伊勢市の 3 市町にまたがる総延長約 11km の海岸で、1953 年台風 13 号や 1959 年伊勢湾台風などにより甚大な被害を受けてきた。

伊勢湾西南海岸については 2008 年 7 月より海岸内 3 市町の代表地点について、波浪うちあげ高予測システムの運用を行っており、それぞれの基準値などを参考とし

て水防警報を発令することとした。

2009年10月に当システム運用後、初の台風となる台風18号が来襲した。幸い伊勢湾の東を通るコースであったため、当海岸における被害はなく、システムの検証に役立たせることができた。

発令基準の設定にあたっては、2009年台風18号の検証を踏まえ「①水防活動に要する時間」、「②うちあげ高と越波流量と水防活動の内容との関係」を踏まえ以下のとおり設定した(表-5)。

表-5 発令基準(伊勢湾西南海岸)

発令内容	行動内容	発令基準
レベル1 (注意)	巡視	基準値がT.P.4m以上となったとき
レベル2 (警戒)	巡視、土のう積み	基準値がT.P.5m以上となったとき
レベル3 (非常)	巡視、土のう積み、避難誘導、距離確保	基準値がT.P.6m以上となったとき
解除	解除	基準値がT.P.4mを下回ったとき

※注) 松阪地先、明和地先、伊勢地先のいずれかの地先で基準値に達する恐れがある場合に発令

d) 今後の課題

富士海岸、駿河海岸及び伊勢湾西南海岸での高潮水防警報の発令基準、伝達ルートなどについては、2010年度版の各県「水防計画」に位置づけられ、正式に運用されることとなった。また、2010年5月19日には、高潮水防警報の伝達訓練を地整事務所と各県の間で実施したところである。

高潮水防警報の発令を減災につなげるためには、水防警報をトリガーとして住民の避難誘導などの実際の水防活動につなげることが必要である。

そのためには、今後、以下の点について一層の支援が必要と考える。

- ①各海岸特性に応じた水防工法の確立
- ②高潮ハザードマップの整備による避難路の周知

(5) 近畿地方整備局

a) 東播海岸の水防警報発令基準

水防警報指定海岸に向け他機関の事例や周辺海岸の潮位特性、背後地の状況、海岸保全施設の整備水準等を踏まえ、東播海岸に設けられた江井ヶ島観測所の潮位・波高を用いて水防警報の発令基準を設定した。



図-8 東播海岸の行政区分と潮位観測所位置

①設定の考え方

東播海岸は、東側は大阪湾・西側は播磨灘に面した海岸であり、兵庫県・明石市の周辺海岸では「潮位」による水防警報発令基準を設定していることから、東播海岸においても「潮位」を基準とすることとした。

東播海岸では、堤防護岸はほぼ整備が完了していることから、背後地の浸水を防ぐために潮位の設定条件として背後地地盤高を用いることとした。その結果、港湾区域や漁港区域を除く対象範囲ではT.P.+2.1mが最も低い地盤高さである。

②リードタイム

東播海岸で事業を実施している姫路河川国道事務所では、一級河川「加古川」・「揖保川」を所管し、その2河川の水防警報発令基準のリードタイムは、「待機3時間前」・「準備2時間前」・「出動1時間前」であり、東播海岸でも同程度の時間を確保することとした。

③潮位の上昇速度(異常時)

近年、被災が生じた2004年の台風16号・18号・23号における江井ヶ島観測所の潮位上昇速度(最低潮位から最高潮位までの平均)を整理し、「ピーク前3時間」の上昇速度の平均値30cm/時とした。

④出動潮位

$$1\text{時間前 } T.P.+2.1\text{m} - 30\text{cm/時} = T.P.+1.80\text{m}$$

江井ヶ島観測所の潮位がT.P.+1.80mに達し、さらに上昇する恐れがあるときを出動の発令基準とした。

⑤待機・準備潮位

$$\text{待機 (3時間前)} \quad T.P.+1.20\text{m}$$

$$\text{準備 (2時間前)} \quad T.P.+1.50\text{m}$$

但し、兵庫県の水防警報発令基準の設定潮位は、表-6のとおり東播海岸の検討潮位との差異は小さいことから、待機・準備潮位は兵庫県の水防警報を発令基準潮位に合わせることにした。

表-6 兵庫県の水防警報発令潮位

段階	待機	準備	出動
潮位	T.P.+1.30	T.P.+1.55	T.P.+1.80

待機(3時間前) T.P.+1.30m, 準備(2時間前) T.P.+1.55mとした。

東播海岸の水防警報発令基準の設定を図-9に示す。

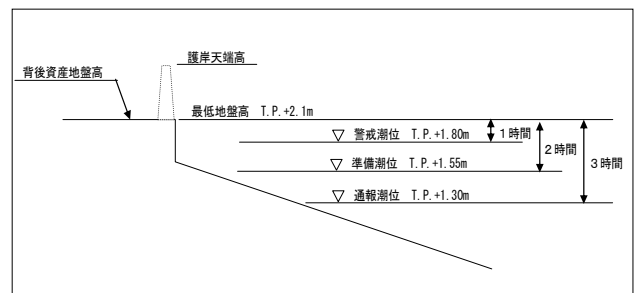


図-9 東播海岸の水防警報発令基準の設定

b) 波高による警報発令基準の検討

波高による警報発令を検討する際の参考情報を以下に整理する。

- ・東播海岸の計画波浪
 - 明石以東 波高4.6m 周期8.0秒
 - 明石以西 波高3.4m 周期6.8秒
- ・神戸海洋気象台の警報・注意報
 - 警報： 波浪（有義波） 3.0m
 - 注意報： 波浪（有義波） 1.5m
- ・東播海岸の防護レベル
 - 明石川以東 T.P.+6.0m
 - 明石川以西 T.P.+5.0m
- ・10年間の波高発生頻度（江井ヶ島観測所）
 - 波高3.0m以上 10年間で2回
 - 波高1.5m以上 0.07%

江井ヶ島観測所の潮位と波高の相関は小さく、また神戸海洋気象台の基準である警報（3.0m）、注意報（1.5m）の波の出現頻度が非常に小さく、過去10年間で年間を通じて1.0m以下の波高の出現頻度が99%以上を占めている。そのため、現時点では波高による発令は現時点では設定しないこととした。

c) まとめ

本基準（案）は、水防警報指定海岸に向け、高波による浸水を対象とする水防活動体制を確立するため検討し、関係行政機関と調整を図っているところである。

今後、波高による発令や地震・津波に対する防災体制等についても各関係機関とも調整を図り、必要に応じて水防警報発令基準を見直していくこととしている。

(6) 中国地方整備局

a) 皆生海岸の概要及び水防警報発令範囲

皆生海岸は、鳥取県西部の米子市の北岸、一級河川日野川の西側に位置しており、鳥取県西部にある弓ヶ浜半島の海岸全体の総称で、東は淀江漁港から日野川河口を含み、西の境港までの約16kmを指している。

今回、水防警報の発令基準について検討を行う範囲としては直轄で海岸事業を実施している皆生工区、両三柳工区、夜見・富益工区、境港工区を含む12,440m（漁港区域を除く）とした。

b) 設定の考え方

警報発令の基準観測所となる日吉津観測所の波高・周期と皆生海岸各工区の測点のうちあげ高から越波と波高・周期の関係を求め、越波が開始する前と越波が開始する時の波高から水防警報発令基準を設定することとした。

c) うちあげ高の算定

護岸前面に入射する波高・周期を基準として、表-7のように24ケースを設定して、入射波高とうちあげ高の関係式を算定した。皆生工区における入射波高とうちあげ高の関係式は図-11のとおりである。

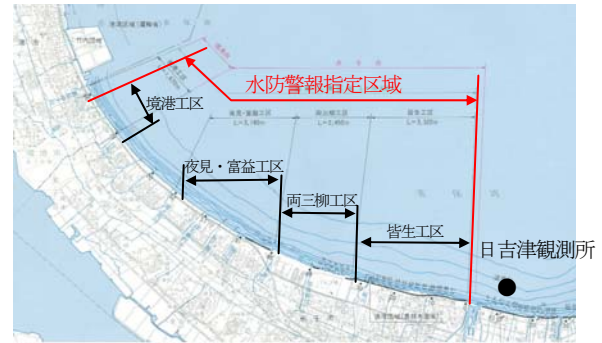


図-10 皆生海岸位置図

表-7 うちあげ高検討ケース

入射波高	2m	3m	4m	5m	6m	7m	6 ケース
入射周期	8s	10s	12s	14s			4 ケース
合計							24 ケース (=6×4)

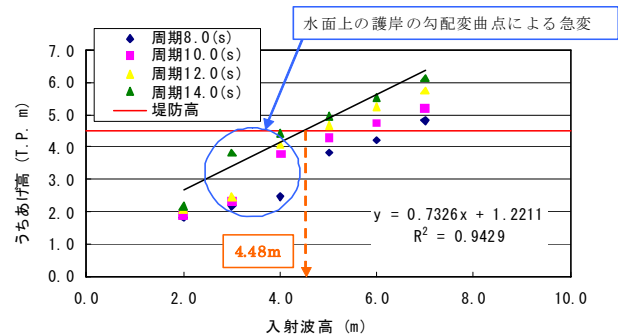


図-11 入射波高とうちあげ高の関係式（皆生工区）

d) 距離確保波高と待機・準備波高

距離確保波高は、標準断面における入射波高とうちあげ高の関係式から、うちあげ高が計画堤防高以下となる入射波高を求め、その沖波波高を日吉津観測所の波高に換算して求めた。各工区の計画堤防高は、皆生工区でT.P.+4.5m、それ以外の工区でT.P.+4.0mである。ただし、各工区の現況断面で検証したところ、日吉津観測所の波高が4.7m以下であれば越波しなかったことから、4.7mを距離確保発令基準とした。

待機・準備波高は、距離確保波高を越波の最大波高として、この波高の有義波高とした。なお、有義波高は最大波高との関係式を用いて算出した。

以上から、算出した距離確保波高及び待機・準備波高は表-8のとおりとなる。

表-8 水防警報発令基準となる日吉津観測波高

	皆生	両三柳	夜見	富益	境港
待機・準備の発令基準	2.8m (=4.7/1.67)	4.0m (=6.7/1.67)	6.8m (=11.3/1.67)	6.0m (=10/1.67)	8.3m (=13.8/1.67)
距離確保準備の発令基準	4.2m	—	—	—	—
距離確保の発令基準	4.7m	6.7m	11.3m	10m	13.8m

また、距離確保の準備に要する時間を考慮して、距離確保準備波高を設定した。これは、皆生工区を対象に日吉津観測所において距離確保波高を超えたケースについて距離確保波高の2時間前の波高を考慮して算定した。

e) 波浪警報による水防警報発令基準の検討

ここでは、気象庁から発表される波浪警報による水防警報発令基準について検討をおこなった。検討に当たっては、1991年以降の波浪警報と実績の波浪状況を整理し、波浪警報が発令された直後2日間の日吉津観測所波高の最大値を抽出し、本検討で設定した水防警報発令基準の波高と比較を行った。その結果、波浪警報発令後では最大で4.77mの波浪が生起しており、皆生工区の距離確保発令基準となる波高4.7mを超えているため、波浪警報を水防警報発令要件に含むこととする。

その他の工区については、過去に距離確保発令基準を超える波高は生起していないが、全工区を一連区間と考えその他の工区についても波浪警報を水防警報発令要件に含むこととする。

f) まとめ

検討の結果、皆生工区以外の工区については、既往最大波高の6.4m(1978年1月1日観測)以上の波高が発生しない限り越波しない結果となり、水防警報発令基準としては皆生工区の基準を用いることとした。今後の課題としては、観測データ、気象状況の整理を行うと共にCCTV等で現地の状況を把握し、水防警報発令基準を検証したいと考える。

(7) 四国地方整備局

a) 高知海岸について

高知海岸は、土佐湾の湾奥部にあたる高知県中央部に位置し、西は土佐市荻岬から東は香南市夜須町手結岬に至る延長約30kmの砂浜海岸である。海岸侵食が進行したため直轄海岸事業として、1969年から南国工区で、1994年から長浜～新居工区で事業着手している。



図-12 高知海岸位置図

b) 調査概要

高知海岸は高波浪時に越波被害が頻発することから、水防活動の迅速化や活動中の安全確保のため、水防法に

基づき四国の海岸では初めて水防警報海岸の指定を行った。水防警報発令基準設定までの検討プロセス等について報告する。

c) 発令対象となる地区

1996年より戸原地区の沖合約2kmにおいて波浪データを取得し、海象状況の把握に努めてきており、水防警報発令基準の検討に使用するデータが揃ったことから、十市・仁井田・長浜・戸原・仁ノ・新居地区13.3km区間において、水防警報海岸の指定を行うこととした。



図-13 水防警報発令基準となる海岸の区間

d) 許容越波流量の設定

まず、地区毎の深浅測量結果より、最も侵食の進んだ断面を設定し、中村らの改良仮想勾配法を用い、各海岸堤防位置における「波のうちあげ高」を算定した。その結果、全ての地区において堤防高を超える波のうちあげ(有義波相当)は発生しなかった。しかし、実現象の波は不規則であり、実際の波に対しては、かなりの越波が生じている。

そこで、各地区毎に「越波流量」を算定し、堤内地側の利用状態に応じて設定した許容越波流量を考慮して発令基準波高を設定することとした。各発令段階でどの程度の越波流量を許容するかについては、背後地の利用状況や重要度を考慮して設定し、各海岸の断面をもとに、許容越波流量以上となる波高について検討を行った。

表-9 各発令段階における許容越波流量

種類	許容越波流量 ²⁾	越波の程度
待機・準備	$2.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{m/s}$	自動車走行が危険となる
水防団出動	$2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{m/s}$	歩行者が危険にさらされる
距離確保準備	—	—
距離確保	$1.0 \times 10^2 \text{ m}^3/\text{m/s}$	背後地が特に重要な地区における被災限界

e) 発令基準波高の設定

許容越波流量以上となる波高を、各海岸毎に合田の越波流量算定図を用い検討した結果を図-14に示す。水防活動の実態や水防警報の情報伝達体制を考慮して、発令基準は各自治体別に設定することとした。高知市は、対象4地区(仁井田・長浜・戸原・仁ノ)のうち、最も早く越波の起こる仁ノの値を適用することとした。

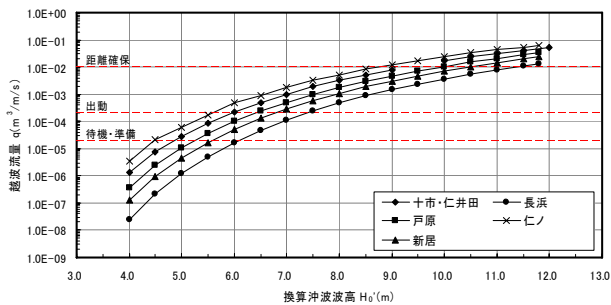


図-14 各海岸における越波流量の算定結果

距離確保の準備に要する時間を考慮し、距離確保準備のための基準となる波高については、水防団が安全な距離を確保するのに必要な時間を1時間と設定し、過去の波浪データより「距離確保高-1m」と設定した。

以上の結果を、まとめたものを表-10に示す。

表-10 水防警報発令基準波高

種類	発令基準有義波高			発令基準の根拠
	土佐市 新居	高知市 仁ノ〜仁井田	南国市 十市	
待機・準備	6.0m	4.5m	5.0m	$q > 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m/s}$ (自動車走行が危険となる)
出動	7.0m	6.0m	6.0m	$q > 2.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m/s}$ (歩行者が危険にさらされる)
距離確保準備	9.0m	7.5m	8.0m	「距離確保高-1.0m」 (距離確保の準備に1時間要する)
距離確保	10.0m	8.5m	9.0m	$q = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m/s}$ (背後地で重大な越波被害が生じる)直前
距離確保解除	10.0m	8.5m	9.0m	距離確保波高を下回ったとき
解除	6.0m	4.5m	5.0m	待機・準備波高を下回ったとき

f) 発令基準の検証

高知海岸の水防警報発令基準について、過去の観測記録(戸原観測所で観測された既往上位10波浪)を用いて発令状況を検証した。検証結果について以下に示す。

- ・水防団活動実績のある既往6波浪において、全て水防団の「出動」が発令される。
- ・道路通行規制実績が、水防警報の「出動」から「解除」の範囲と概ね一致する。
- ・波浪警報の「発令」「解除」実績と、水防警報の「発令」「解除」が概ね一致する。
- ・水防警報の発令頻度が、現状の水防団活動実績に対し、大きな負担となっていない。

g) まとめ

以上、設定した水防警報発令基準案をもとに、水防連絡会において海岸管理者及び水防管理団体への意見聴取・承認を得た上で、2009年度末に四国の海岸では初めて水防警報指定を行った。

今回設定した水防警報発令基準については、今後の実運用及び導入予定のうちあげ高予測システムの活用を通して発令基準等の検証を進め、予測精度の向上を図っていく予定である。

(8) 九州地方整備局

a) 宮崎海岸における海象観測施設の設置について

宮崎海岸は、約40年間で平均約40m(最大90m)の砂浜が侵食され、一ツ葉有料道路の目前まで浜崖が迫るなどの事態が発生してきた。現在も侵食は進行しており、浜崖(砂丘)の後退、既設護岸の被災や離岸堤の沈下、保安林の被災が生じているため、2008年度より直轄事業として侵食対策を実施中である。

宮崎海岸では、波浪観測を実施するために、設置機器、設置位置等の検討を実施し、その結果、沖合7kmの瀬(岩礁)に観測機器を設置し、2010年1月末に宮崎海岸沖合3kmの瀬(通称ネダノ瀬)に機器を設置し、2月から観測を開始したところである。(図-15)

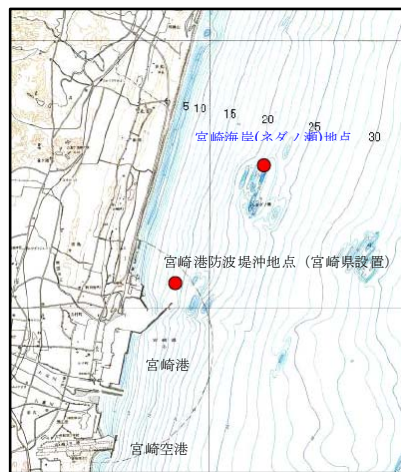


図-15 観測施設設置位置

宮崎海岸については、宮崎県により水防警報海岸に指定されているが、現在まで警報に基づく活動の実績はなく、水防警報に基づく水防活動としても巡視以外の想定ができていないのが実情であることから、台風の位置や潮位等について、具体的な発令基準もない状況である。

直轄による水防警報海岸の指定に向けての今後の取組として、上記の観測施設とこれまで他機関(港湾・宮崎県等)で観測されてきた潮位・波高との関連の検討を実施することとしている。

また、短期スパンでの人家への浸水が想定され難い侵食海岸において、巡視以外にどのような水防活動を行うべきか、水防活動の内容を具体的に想定する事が今後の課題である。

b) うちあげ高予測システムについて

宮崎海岸におけるうちあげ高予測システムの導入については、2010年度のうちあげ高の観測や沿岸波浪分布予測手法の検討を実施し、宮崎海岸における波浪分布予測モデルを構築し、早期に導入を図る予定である。

4. 波浪うちあげ高の予測方法・観測方法

(1) うちあげ高の予測方法

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。

うちあげ高の予測には、図-16に示すように、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用いる。波浪予測値については、海底地形の影響を特に考慮する必要がある海域では、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（約1.7km格子）または波浪変形モデル（50m格子）を適用する。浅海波浪モデルは、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あり、波浪変形モデルは、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ものである。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。

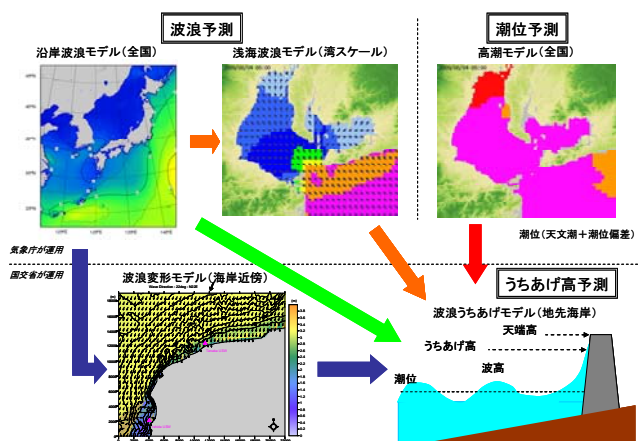


図-16 うちあげ高予測の流れ

(2) うちあげ高の観測方法

海域の波浪とは異なり、海岸でのうちあげ高はこれまでほとんど観測されてこなかった。このため、うちあげ高の標準的な観測方法も確立されていない。

うちあげ高の観測方法は、図-16のように表のり被覆工・護岸上での海面波形を時系列で得る方法と、痕跡高などからうちあげ高の時間最大値を得る簡易的な方法に大別される。

a) 波形計測方法

時系列の海面波形を得るためには、波のうちあげ状況をビデオで撮影し、その映像から海面高を読み取るか、ステップ式波高計等により海面波形の連続観測を実施する必要がある。ビデオ映像からの読み取りは、以下のよう手順で行うことができる。

・毎正時10～20分（100波以上）について、護岸上や砂

浜上における波の先端の水位（T.P. 値）をビデオ映像から読み取る（読み取り間隔は0.5秒程度）。

・読み取った水位データから、毎正時10～20分間の平均水位を算出し、それを波形が上回る時刻を各波の境界とする（ゼロアップクロス法；図-17）。

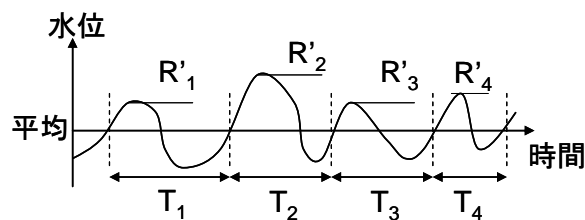


図-17 海面波形からのうちあげ高の算定

・各波の最大値（図中の R'_1 など）を求め、それらの上位1/3平均値（有義波と同様の考え方）を算定する。

b) 簡易的な計測方法

CCTV等の監視カメラが設置されている海岸では、a)のように0.5秒間隔で海面波形を読み取らなくても、毎正時10～20分間のビデオ画像から平均的なうちあげ高を把握することが可能である。階段形状の表のり被覆工・護岸では、ビデオ画像から波が到達する被覆ブロックを判別し、そのブロックの高さからうちあげ高（標高値）を推定する。また、斜面形状の表のり被覆工・護岸では、図-18のように、標高を示す目印をあらかじめ斜面に付けておき、その目印からうちあげ高（T.P. 値）を推定する。



図-18 直立堤でのうちあげ高計測

CCTV等設置されていない海岸でも、高波浪後にゴミ等がうちあがった高さを確認することで、うちあげ高（T.P. 値）の最大値を把握することができる。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局防災課・海岸室：海岸における水防警報の手引き（案），2010
- 2) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，2004