平成22年度

胆振海岸における水防警報海岸の指定について

室蘭開発建設部　治水課　　○渡邊　一靖
須田　　誠
谷口　　清

胆振海岸は、背後地に多数の人家や国道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強化を図る必要がある。

本発表では、水防法に基づく水防警報海岸の指定・運用に向けて、水防警報指定区域並びに水防活動に要する時間及び高波データを考慮した警報発令基準の設定手法を報告する。

キーワード：防災

1. はじめに

北海道南部に位置する胆振海岸（**図-1**を参照）は、荒天時には激しい越波が発生し、既設護岸が被災を受けている。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が発生してきた。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。**写真-1**は1994年の高波による越波・浸水状況を写したものであり、左は北吉原地区27.5k付近の民家、右は苫小牧地区の越波および護岸の被災状況である。　胆振海岸の背後地には、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。水防警報は、「待機・準備」「出動」「距離確保準備」「距離確保」「距離確保解除」「解除」の 6段階に分かれており[1)]、水防警報の種類と内容の概要は**表-1**に整理したとおりである。

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、苫小牧市、白老町、北海道及び室蘭地方気象台の防災担当者、学識者並びに室蘭開発建設部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・波浪打上げ高予測システムの利活用について検討した。

図-1　胆振海岸位置図

写真-1　1994 年の高波による越波・浸水被害状況

表-1　水防警報の種類と内容

水防警報	内容
待機・準備	波浪の発達により越波が懸念される場合に，状況に応じて直ちに水防機関が出動できるように待機および出動の準備がある旨を警告し，水防に関する情報連絡，水防資器材の整備，水門機能等の点検，通信および輸送の確保等に努める．
出動	水防機関が出動する必要がある旨を警告するもの． ＜活動内容＞ ・海岸巡視，避難誘導，土のう積み ・排水ポンプ作業等
距離確保準備	激しい越波が発生する危険が迫っていることを警告し，越波から身の安全が十分に確保できるよう海岸からの距離を確保しながら，避難誘導・浸水対策等の水防活動を行う準備を指示するもの．
距離確保	激しい越波の発生を警告するとともに，越波から身の安全を十分に確保できるよう海岸からの距離を確保しながら，避難誘導・浸水対策等の水防活動を行う旨を指示するもの．
距離確保解除	激しい越波の恐れがなくなった旨を通知および水防活動が必要な箇所および状況を示し，その対応策を指示する．
解除	激しい越波の発生および恐れがなくなったとともに，さらに水防活動を必要とする状況が解消した旨および一連の水防警報を解除する旨を通知するもの．

2. 水防警報海岸の制度

Kazunobu Watanabe, Makoto Suda, Kiyoshi Taniguchi

水防法第十六条第一項によると、「国土交通大臣は、洪水又は高潮により国民経済上重大な損害を生ずるおそれがあると認めて指定した河川、湖沼又は海岸について、都道府県知事は、国土交通大臣が指定した河川、湖沼又は海岸以外の河川、湖沼又は海岸で洪水又は高潮により相当な損害を生ずる恐れがあると認めて指定したものについて、水防警報をしなければならない。」との記載がある。直轄胆振海岸は、この水防警報海岸の制度に基づき、水防警報指定に向けての検討を行ってきた。

3. 水防警報指定区域の区分

水防警報指定区域の区分の考え方は**図-2**に示すとおりであり、外力特性・地形特性等の把握から地先ごとの打上げ高を計算し、越波箇所を抽出したうえで、指定区域を区分けする。

打上げ高の算出に際して、現状では「気象庁の波浪予測システム[2]」により沖波の波浪を予測したうえで、それらを入力条件とした「国土交通省国土技術政策総合研究所の沿岸域打上げ高波浪予測システム（第4章において詳述する）」により、当該地区の打上げ高を予測する方法を採用することが実務的である。

しかしながら、詳細な海岸・断面特性を考慮することにより、より正確な打上げ高の算定が可能となることから、本検討では、来襲波浪や潮位条件ごとに波浪変形計算を実施し、沿岸域における場所ごとの来襲波浪特性を把握したうえで、来襲波浪に応じた地先ごとの打上げ高を算定する方法を用いることとした。

また、水防警報発令に際して、現時点での「気象庁の波浪予測システム[2]」による予測値の更新は6時間ごとであることから、リアルタイム予報に基づいた出動判断が困難であると考えられる。そのため、本検討では、来襲波浪特性ごとに、あらかじめ胆振海岸沿岸域の打上げ高マトリックスを作成しておき、出動基準の予報値と実況値の比較を行い、気象情報（台風経路、気圧配置等）も勘案したうえで、発令の必要性を判断するものとした。

(1) 波の打上げ高の算出手順

波の打上げ高の算定は**図-2**の検討フローの灰色ハッチング枠に従い実施した。まず、波浪変形計算を実施し、堤防前面までの波高分布を計算する。次いで、打上げ高を計算する測線ごとに堤防前面での来襲波高を抽出し、その水深と波高から換算沖波を算出する。最後に、算出した換算沖波を入力条件として、中村らの改良仮想勾配法[3]により測線ごとの打上げ高を算出する。

なお、一般に海岸保全施設の設計では、有義波高を対象とすることが多い。しかしながら、高波浪が群波となって来襲する場合や、周期が比較的長い波が来襲した場

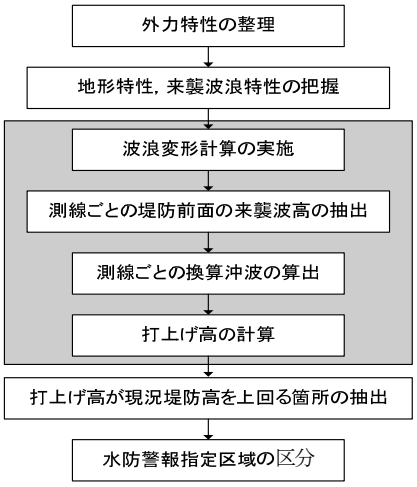

図-2 水防指定区域の区分及び打上げ高の算定手順

表-2　波浪変形計算の計算条件

項目	条件
対象波高	有義波高 $H_{1/3}$=3m～9.2m （0.5m 刻み）
計算波高	最大波高 H_{max}=5.4m～16.5m （0.5m 刻み）
周期	5.0～14.0s　（1.0s 刻み）
波向	計画波向　=SSE
潮位	計画高潮位 H.H.W.L
計算手法	エネルギー平衡方程式
方向集中度パラメータ	S_{max}=10
計算格子間隔	Δx=50m
地形条件	平成 21 年度時点 （平成 20 年 11 月測量成果）
構造物条件	平成 21 年度時点の 構造物の設置状況

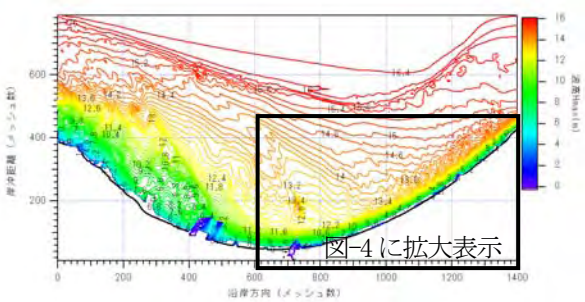

図-3　計算領域全体の波浪変形計算結果（計画波）

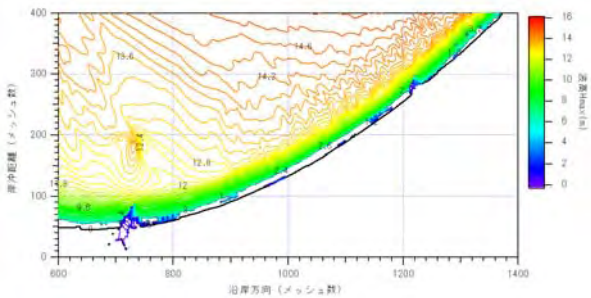

図-4 胆振海岸における波浪変形計算結果（計画波）

合に、越波災害が発生しやすいことを考慮し、水防警報発令のためには波の不規則性を考慮して最大波高を対象とすることとした。有義波高と最大波高の関係は、合田の混成防波堤の設計時の考え方[4]に倣い次式を使用した。

$$H_{\max} = 1.8H_{1/3}$$

ここに、$H_{\max}$は最大波高、$H_{1/3}$は有義波高である。

(2) 波浪変形計算の実施

打上げ高を算定するためには、断面ごとの対象波浪条件が必要となるため、ここでは、まずエネルギー平衡方程式[5]による波浪変形計算を実施した。波浪変形計算で対象とした計算条件は、**表-2**に示す通りである。

図-3および**図-4**は、波の打上げ高特性の把握に先立ち実施した波浪変形計算結果の一例であり、計画波浪を対象とした場合のものである。**図-3**は胆振海岸を包括した計算領域全体の波高分布であり、**図-4**は胆振海岸の計算結果を拡大したものである。胆振海岸は、苫小牧西港～敷生川にかけての円弧状の海岸であり、苫小牧港や白老港等による遮蔽の影響もあることから、波浪特性が沿岸方向で異なっていることが確認できる。

また、胆振海岸では、昭和63年以降「日高・胆振沿岸胆振海岸直轄海岸保全施設整備事業全体計画書」に基づき海岸保全施設を整備しており、**図-5**には、平成22年度時点での胆振海岸における構造物の配置状況図を整理した。胆振海岸では、苫小牧工区、樽前工区および北吉原工区を中心に緩傾斜護岸が整備されており、人工リーフは苫小牧工区および白老工区の一部で整備されている。

(3) 換算沖波の算出

海岸構造物などの設計計算においては、便宜的に換算沖波波浪を導入することが多い。本検討で使用する中村らの改良仮想勾配法[3]においても、換算沖波を入力条件とする。換算沖波は、波の屈折や回折などによる波高変化の影響を設計計算に取り入れやすくするための仮想的な波であって、波高および周期は次のように与えられる。

$$H_0' = K_d K_r (H_{1/3})_0$$

$$T_{1/3} = (T_{1/3})_0$$

ここに、H_0'は換算沖波波高、$(H_{1/3})_0$は沖波波高、$(T_{1/3})_0$は沖波の有義波周期であり、K_γ、K_dは屈折係数および回折係数である。

(2)で実施した波浪変形計算の結果から、各測線における換算沖波波高を算出した。なお、換算沖波波高の算出方法は權・合田[6]の通りである。

(4) 波の打上げ高の算定・水防警報指定区域の区分

中村らの改良仮想勾配法[3]を用いて打上げ高を算定した。区間ごとの打上げ高マトリックス算定のための計算ケースは、**表-2**と同様である。

図-5 胆振海岸における構造物の配置状況

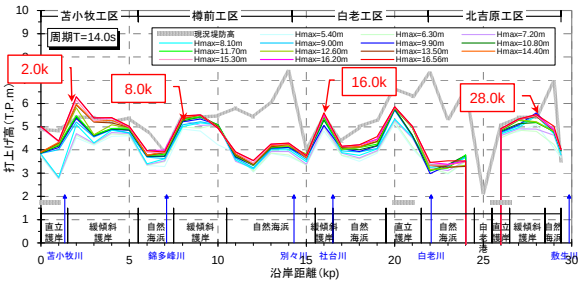

図-6 打上げ高の算定結果（T_0=14.0s）

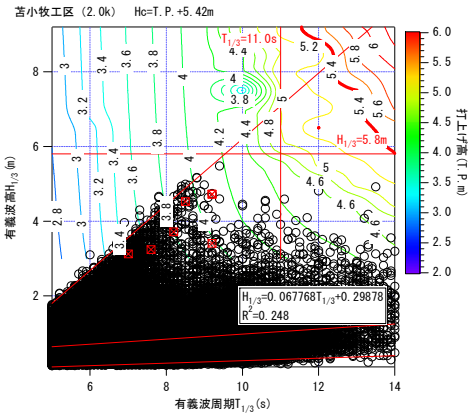

図-7 波高-周期-打上げ高の関係図（苫小牧地区 2.0k）

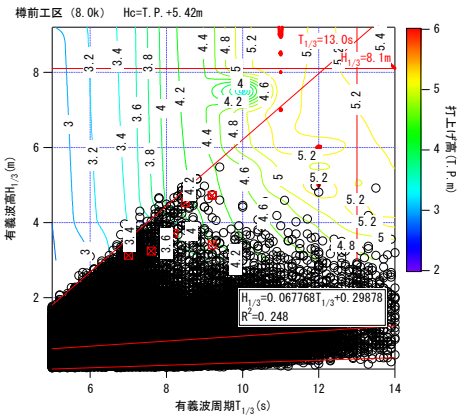

図-8 波高-周期-打上げ高の関係図（樽前地区 8.0k）

図-6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）に対する打上げ高算定結果を示したものである。本検討では

表-2に示した周期のケースごとに、打上げ高算定結果をとりまとめているが、いずれの測線においても、計画波浪（最大波高H_{max}=16.56m、周期T_0=14.0s）に対する条件の場合が、打上げ高が最も大きくなった。また、波の打上げ高は周期T_0=11.0sよりも長く、かつ波高が大きい場合に現況堤防天端高を上回る箇所（断面）が出現した。これは、波高が大きくても周期が短い場合には、来襲波浪は沖合で砕波するため、砕波により波のエネルギーが逸散したためである。

図-6に示した計算結果から、地区ごとで打上げ高が現況堤防天端高を上回る区間は、測線No.2.0k、8.0k、9.0k、16.0k、27.0kおよび28.0kの6断面であった。このうち、測線8.0kおよび9.0kと、測線27.0kおよび28.0kは隣り合う測線であり、水防活動を同時に実施することが可能であるので、地区ごとに最も危険となる4断面を代表断面として抽出した。

- 苫小牧地区：測線No.2.0k
- 樽前地区　：測線No.8.0k
- 白老地区　：測線No.16.0k
- 北吉原地区：測線No.28.0k

この4断面に対して、波高と周期の条件ごとの打上げ高マトリックスを作成し、波の打上げ高に基づく水防警報発令のための区分を行うとともに、発令基準の基礎資料を作成した。**図-7～10**は、波高－周期－打上げ高の関係図（打上げ高マトリックス）に、苫小牧波浪観測所（港湾局）での観測波浪の時系列データから有義波高と有義波周期の関係を整理したものを重ねて表示したものであり、それぞれ苫小牧地区（2.0k）、樽前地区（8.0k）、白老地区（16.0k）および北吉原地区（28.0k）を表している。苫小牧波浪観測所（港湾局）のデータは、NOWPHASのHP[7]からDownloadすることが可能な1983年～2007年までの25年間の観測データをもとに、有義波高と有義波周期の関係を図化したが、有義波高および有義波周期のどちらか、もしくはいずれのデータも欠測している場合には、そのデータは除外した。

これら図において、苫小牧波浪観測所（港湾局）のデータは有義波および有義波周期を掲載しているが、先に示したとおり、水防警報発令のために波の不規則性を考慮して最大波高を対象に打上げ高を計算している。すなわち、図中の打上げ高は、これらの有義波が観測された場合における最大波高に対する計算結果であることに留意されたい。本検討では、打上げ高の計算においては最大波高を用いたが、最大波高は確率変量であり、観測データのバラツキが大きく、水防警報発令の判断基準に使用することは困難であるため、同基準の指標としては有義波を用いることとした。

なお、打上げ高の算定結果は、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、想定される打上げ高算定結果よりも大きくなる可能

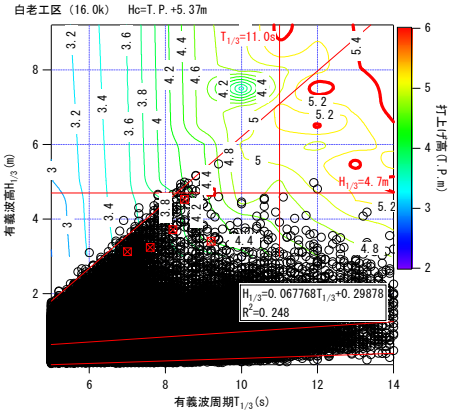

図-9　波高-周期-打上げ高の関係図（白老地区 16.0k）

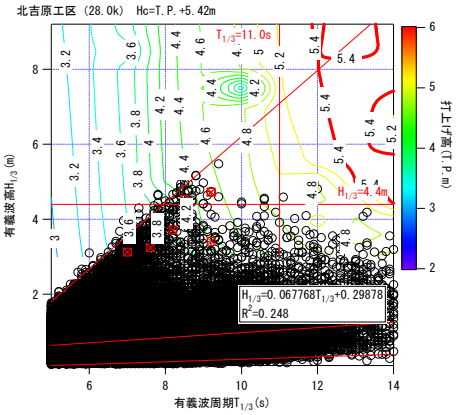

図-10　波高-周期-打上げ高の関係図（北吉原地区 28.0k）

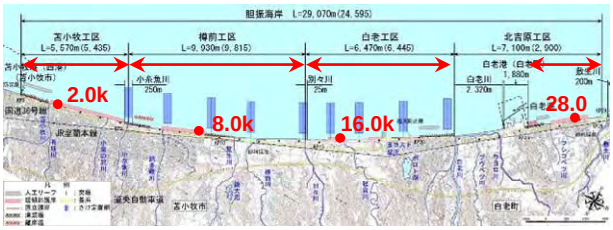

図-11　水防警報指定区域の区分および代表断面位置

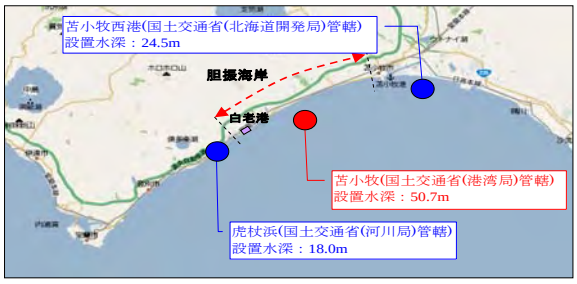

図-12　胆振海岸周辺の波浪観測所

表-3　発令規準の設定値

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

性も否定できない。そこで、図-11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、区分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。

4. 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) 基準観測所の選定

胆振海岸近隣には、図-12に示した通り、虎杖浜、苫小牧、苫小牧西港の3つの波浪観測所が存在する。これらのうち、設置水深が深いため浅水変形の影響が小さいこと、対象領域のほぼ中央に位置することから、苫小牧波浪観測所（港湾局）を胆振海岸における水防警報発令のための基準となる波浪観測所として選定した。

(3) 既往高波データを考慮した発令基準（波高）の設定

打上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警報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、上述にある波浪打上げ高予測の精度の問題が考えられることから、表-3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。

水防警報指定区域および水防警報発令基準に基づいて、地区ごとの水防警報発令フローを作成した。図-13には、その一例として、苫小牧地区の水防警報発令フローを示した。

5. 波浪打上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あたり、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。波浪打上げ高予測システム（図-14を参照）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打上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。

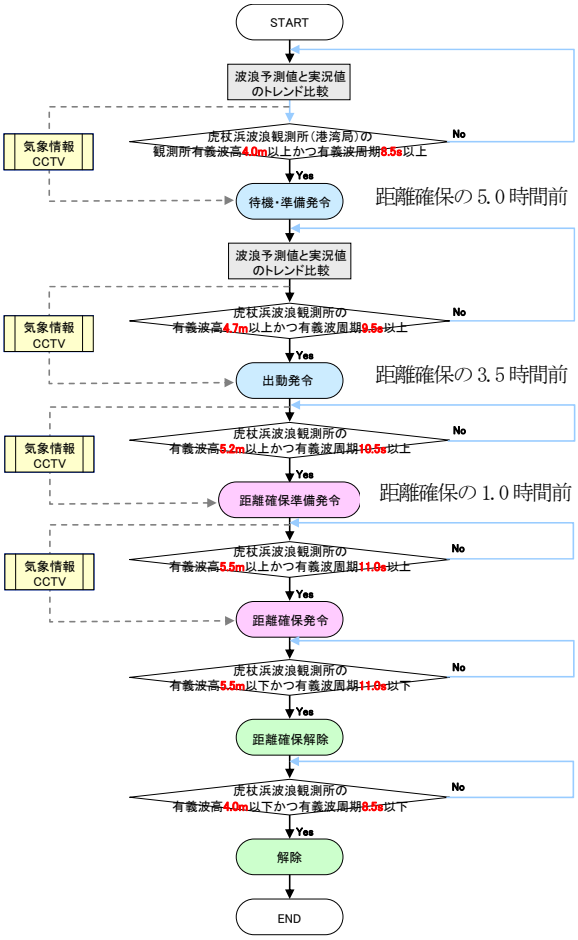

図-13　水防警報発令フロー（苫小牧地区の例）

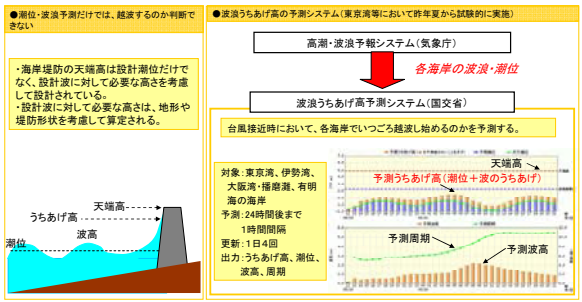

図-14　打上げ高予測の流れ

6. 今後の予定

今後は本検討事項をもとに水防警報海岸の指定に向けた手続きを行い、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。

Kazunobu Watanabe, Makoto Suda, Kiyoshi Taniguchi

参考文献

1) 福濱方哉・渡邉正一・山田秀夫・平野宜一：富山県下新川海岸の水防警報発令規準，海洋開発論文集，第25巻，pp.1341-1346，2009.
2) 気象庁数値波浪モデル：http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/wave/comment/term/suuti.html
3) 中村 充・佐々木康雄・山田譲二：複合断面における波の打上げに関する研究，第 19 回海岸工学講演会論文集，pp.309-312，1972.
4) 合田良實：耐波工学ー港湾・海岸構造物の耐波設計ー，鹿島出版会，p.18，2008.
5) 海岸施設設計便覧：(社)土木学会，pp.56-60，2000.
6) 權　赫珉・合田良実：バー型地形における不規則波の砕波変形について，海岸工学講演会論文集，第42巻，PP.99-103，1995.
7) 国土交通省港湾局全国港湾海洋波浪情報網NOWPHAS：http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/
8) 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）