

# 富山県下新川海岸の水防警報発令基準

## BENCHMARK OF ISSUING THE ALERT FOR FLOOD-FIGHTING ACTIVITY IN SHIMONIICAWA COAST

福濱 方哉<sup>1</sup>・渡邊 正一<sup>2</sup>・山田 秀夫<sup>3</sup>・平野 宜一<sup>4</sup>  
Masaya FUKUHAMA, Syouichi WATANABE, Hideo YAMADA and Giichi HIRANO

<sup>1</sup>正会員 国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所 (〒938-0042 富山県黒部市天神新173)

<sup>2</sup>国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所 (〒938-0042 富山県黒部市天神新173)

<sup>3</sup>国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所 (〒938-0042 富山県黒部市天神新173)

<sup>4</sup>株式会社建設技術研究所海岸海洋室 (〒330-0071 埼玉県さいたま市浦和区上木崎1-14-6)

Huge storm waves by the low-pressure system hit Shimoniikawa Coast on February 24, 2008, so that coastal protection facilities got damaged and furthermore houses were flooded and destroyed by overtopping waves.

With this disaster, Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism designated Shimoniikawa Coast as the coast that is to be issued the alert for flood-fighting activity, in March, 2009.

In this paper, we established the alert for flood-fighting activity based on the activity to be conducted by the flood-fighting party, and arranged the benchmark of issuing the alert for flood-fighting activity based on wave run-up height, wave propagation and wave forecasting and hindcasting in Shimoniikawa Coast.

**Key Words :** *Simoniikawa Coast, Yorimawarinami, Alert, flood-fighting activity,*

### 1. はじめに

平成 20 年 2 月 24 日, 低気圧により発生・発達した有義波高 6.62m, 周期 13.9 秒という巨大な高波が, 富山湾の東端に位置する下新川海岸 (図-1 参照) を襲った<sup>1)</sup>.

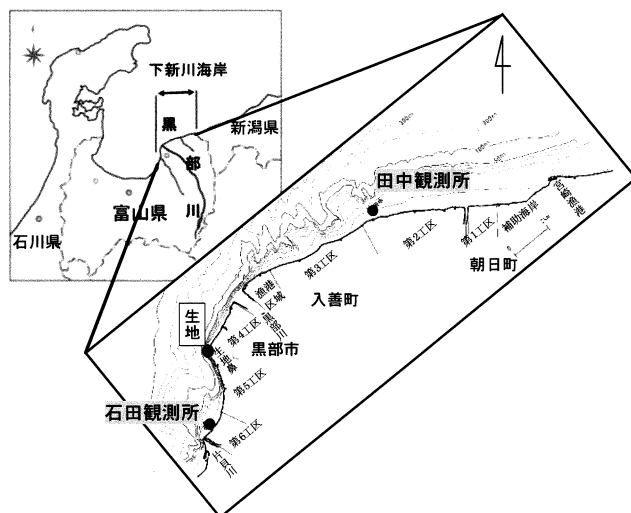


図-1 下新川海岸位置図

下新川海岸田中観測所で観測された風速・波高・

周期を図-2 に示す。風が収束に向かう 2 月 24 日 4 時頃より急速に来襲波高が大きくなり, 午前 6 時頃より概ね 6.0m を越える有義波高を 10 時間記録した。この間の波の周期は 12 秒程度を越えるものであり, 波高が大きいうちあがりやすい長周期の波が来襲していたことがわかる。

一方, 下新川海岸の生地より東部の地区の海岸保全施設は, 計画波高 (有義波高) 6.4m, 周期 12.2 秒として, T.P.+5.7m の高さの堤防が整備されていたところであるが, 来襲した波浪は計画を越える規模のものであり, 離岸堤等沖合の消波施設も整備途上であったことから高波による浸水被害が広がった。

風が収まった後, 急に高波が来襲したため, 地元の市町では高波の来襲を予期できず, 激しい越波を確認した後水防活動が実施されたことから, 長時間継続する高波による被害の発生・拡大に対応は困難を極めた。

そのため, 適切なタイミングでの水防活動の実施や住民の避難活動の支援を目的に, 下新川海岸を国土交通大臣が我国で初めて水防警報海岸に指定するにあたり, 水防警報の設定と発令基準の検討を行った。

なお, 本基準は平成 20 年度冬季の水防活動の実施を目的として検討されたものであり, 今後改良を重ねていくところである。

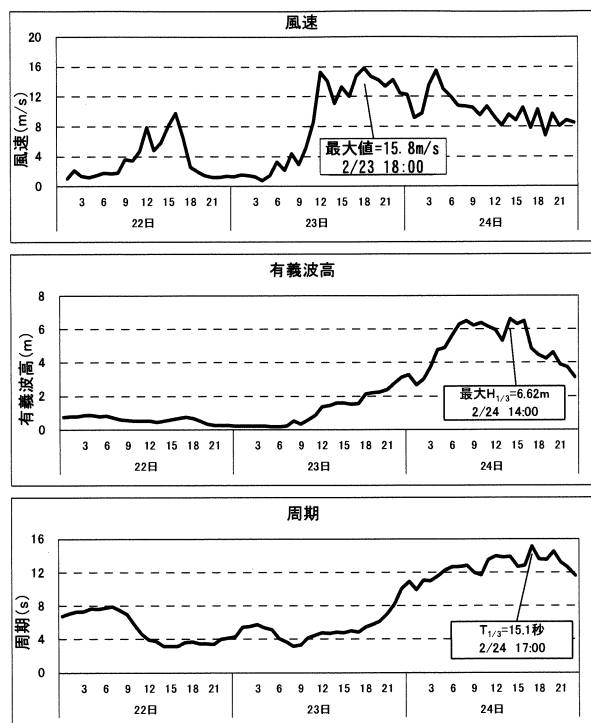


図-2 平成20年2月高波の気象・海象

## 2. 水防警報の設定

海岸堤防は、コンクリートで被覆されており、多少の越波では壊れない。また、堤防に沿って排水溝が設けられ、想定される範囲の越波量では浸水被害は生じない。そのため水防活動は、海岸堤防を大きく越え、堤内に被害が生じるような波の来襲を対象に実施されるものと想定した。

海岸堤防を大きく越える波が来襲すると予想される場合、水防団は待機所に集合し、活動の準備を行う。水防団員は一般に専従ではなく、水防警報の発令により活動を開始するため、まず「待機・準備」の警報を発令する必要がある。「待機・準備」の発令から実際に待機・準備が終了するまでに1時間程度の時間が必要である。

準備が整うと水防団は「出動」の警報の発令により出動する。水防団が出動し、海岸巡視、浸水予想箇所への土嚢積み、排水ポンプ作業等の浸水対策、住民の避難誘導など必要な水防活動を終えるには十分な時間が必要であり、平成20年2月の高波来襲時の実績によれば、概ね4時間程度である。そのため、高波の来襲の5時間程度前には「待機・準備」の警報を発令することが必要である。

また、河川で行われる水防活動と異なり、波の来襲は不規則であり、不意に大規模な越波が生じるため海岸際での水防活動は危険が伴う。そのため、波が堤内にうちあがると予想される場合には、水防団の活動を海岸から距離を確保してより堤内側に展開する必要がある。そのため、堤防を越える波が来ることを注意する必要がある場合には海岸からの「距

離確保準備」、堤防を越える波が来た場合、越波の状況に応じて安全に活動を行うよう「距離確保」の警報を設けた。

その後、波が収まるとともに、「距離確保解除」、水防体制「解除」の警報が発令されることとした。

表-1 に水防警報の種類と内容をまとめた。本論文では、設定された警報の発令基準の設定について以下に述べていく。

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及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、通信及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。<br>＜活動内容＞<br>・海岸巡視、避難誘導、土のう積み<br>・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 | 激しい越波のおそれが無くなった旨の通知及び水防活動が必要な箇所及び状況を示し、その対応策を指示する。                                                       |
| 解除     | 激しい越波の発生及びおそれがなくなったとともに、更に水防活動を必要とする状況が解消した旨及び一連の水防警報を解除する旨を通告するもの。                                      |

## 3. 下新川海岸に来襲する波の特性分類

下新川海岸は、日本海外洋に面する「生地以東」地区と、生地地先から南に延び生地地先の凸地形と能登半島により外洋からの波が遮蔽される富山湾内に位置する「生地以西」とよばれる地区に2分される。生地以東地区では平成20年2月24日に見られたような、日本海を北海道沖から日本海中部を通過して来襲する「寄り廻り波」と呼ばれるうねり性で周期の長い波（図-3①、以下「寄り廻り波」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-3②、以下「風波」と呼ぶ。）が来襲する。

図-4 に示すように平成20年2月の寄り廻り波の来襲時には、長周期波の北からの伝播が明確に捉えられている。

生地以西地区では、外洋からの波は遮蔽されるため、富山湾内で発達する風波（図-3③、以下「湾内風波」と呼ぶ。）が卓越する。そのため、これらの特性に応じ水防警報発令基準を設定する必要がある。

寄り廻り波の到達範囲を確認し、生地以東地区と生地以西地区の境界を決めるため、来襲した沖波に相当する波高 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。



図-3 下新川海岸に來襲する波浪

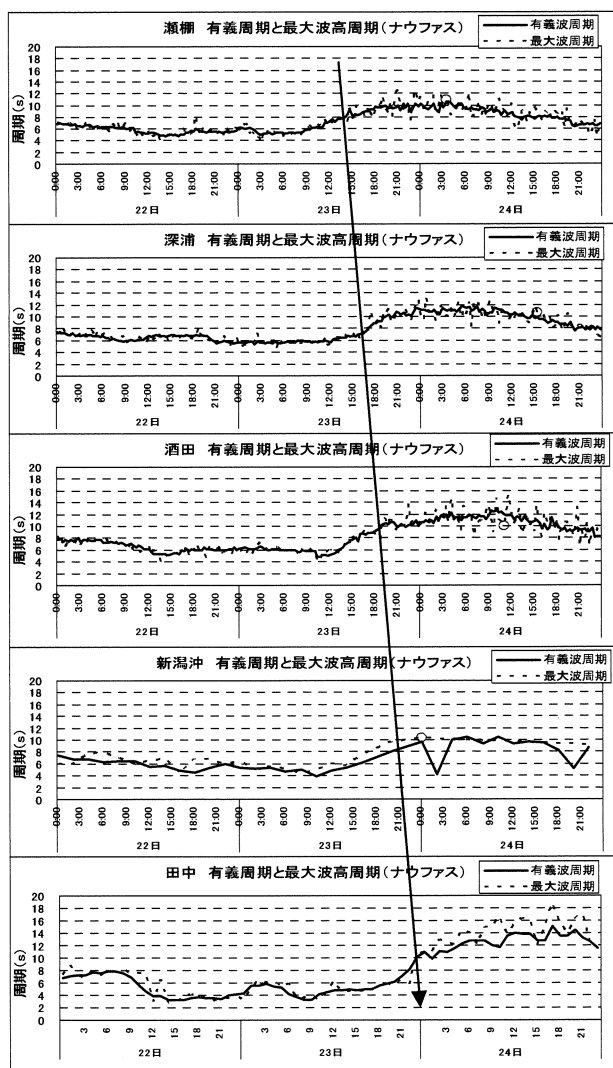


図-4 長周期波の伝播

図-5 上図のように、生地地区の南側には寄り廻り波の影響が小さいことが確認された。図-5 下図

は、湾内風波（沖波波高 3.1m, 周期 6.6 秒）の波高分布図との比較である。No. 55 付近まで寄り廻り波が卓越することがわかる。そのため、No. 50 に位置する黒部漁港を地物界とし、黒部漁港の東側を生地以东地区とし、黒部漁港を含む南側を生地以西地区とした。

なお、生地以东地区には国土交通省により田中観測所、生地以西地区には石田観測所が設置（図-1 参照）されており、10 分ごとにリアルタイムで風向・風速、波高・周期・波向を把握することができる。また、下新川海岸には概ね 1km 毎に CCTV が設置されており、波浪や海岸堤防の状況を監視できる。

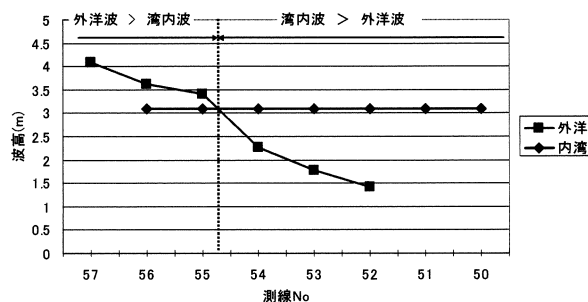
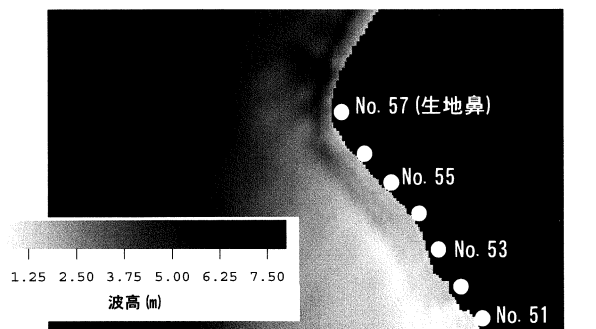


図-5 寄り廻り波の影響範囲

#### 4. 対象とする波の規模

水防活動の実施は、海岸堤防を大きく越える波の来襲を想定している。表-2 に、下新川海岸田中観測所において記録されている高波浪を示す。2008（平成 20）年 2 月 24 日の波高に続く波は、概ね波高 6.0m 以下、周期 12 秒程度以下であることがわかるが、これらの波浪来襲時には、大きな浸水被害は記録されていない。そのため、水防警報の発令は、波高 6.0m 程度以上、周期 12 秒程度以上の高波の来襲を前提とする。なお、1970 年には高波浪が来襲し、大きな被害が発生していることが確認されているが、波浪記録は欠測している。

表-2 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  |
| 2  | 1990/9/20  | H2    | 5.85  |
| 3  | 1988/10/29 | S63   | 5.80  |
| 4  | 1982/4/10  | S57   | 5.70  |
| 5  | 1972/12/2  | S47   | 5.60  |

## 5. 生地以東地区における波のうちあげ高

水防警報基準の設定に先立ち、生地以東地区における波のうちあげ高と波高・周期の関係を考察する。

生地以東地区における海岸地形を測量データより再現し、田中観測所の波高・周期に対応する換算沖波波高を各測点毎に算出した。算出結果を基に改良仮想勾配法により測点毎に波のうちあげ高を求め、堤防高と比較した。なお、検討にあたり、潮位は生地観測所の朔望平均満潮位 T. P. +0.51m を用いた。

### (1) 沖波の波高・周期の設定

田中観測所の波高 6 ケース (2, 3, 4, 5, 6, 7m), それぞれの波高に対し周期 4 ケース (8, 10, 12, 14s) の波浪条件をもとに、田中観測所地点の屈折・浅水変形係数の逆数 1.2 をかけたものを沖波波高として採用した。本検討で使用した田中観測所の波高と沖波の関係を表-3 に示す。

表-3 本検討で使用した田中観測所の波高と沖波

| 田中波高 | 2m   | 3m   | 4m   | 5m   | 6m   | 7m   |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 沖波   | 2.4m | 3.6m | 4.8m | 6.0m | 7.2m | 8.4m |

### (2) 換算沖波波高の算出

「放物型方程式」により碎波直前の波高を求め、その波高を浅水変形係数で割り戻した波高を換算沖波波高とした。波向の違いにより来襲波の卓越する箇所が変化することが考えられるため、N10° W, N, N10° E の 3 方向について換算沖波波高を計算し、波のうちあげ高が最大となる方向のうちあげ高を採用した。

### (3) 海岸保全施設の消波効果

下新川海岸では、離岸堤、消波工等消波施設が設置されている。離岸堤は開口部を評価することとし、波の透過率を 1.0、消波工は波のうちあげ高を 3 割抑えるものとして効果を見込んだ。

### (4) 算定結果

沖合に凹凸地形を有し、下新川海岸でうちあげ高の大きい入善地区 (No. 107) における波高・周期ごとの波のうちあげ高と既設堤防高の関係を図-6 に示す。

同図によると、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。既設堤防高が T. P. +5.7m であるため、この規模の波が来襲すると、越波被害が生じるため水防活動が必要であることがわかる。

そのため、水防警報の発令は、波高 6.0m 程度以上、周期 12 秒程度以上の高波の来襲を前提とする。

また、表-2 の 2007 年以前に観測された波高・周期の波のうちあげ高は堤防高を大きく上回らないことも確認できる。

なお、図-6 によると、うちあげ高が堤防高を越える波は、周期 12 秒の場合 4.6m 程度であることがわかる。

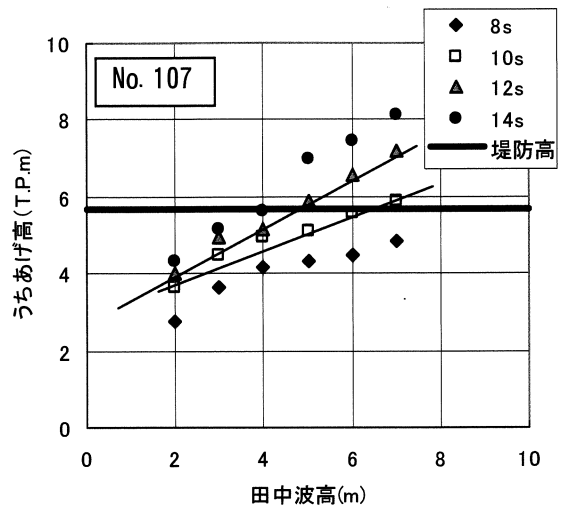


図-6 波高・周期と波のうちあげ高

## 6. 田中観測所における高波の予測

水防警報を発するためには、来襲する波高とピークの時刻を余裕をもって予測することが不可欠である。しかしながら、波高 6.0m、周期 12 秒を越えるような高波の記録は、下新川海岸では平成 20 年 2 月 24 日の 1 度限りであるため、この時経験した波浪に対して必要な対応をとることに重点を置いて、波高のピークおよびピークの時刻の予測手法を設定する。

### (1) 波高・周期の相関

高波の来襲する数時間前には水防警報 (待機・準備) を発する必要がある。そのため、平成 20 年 2 月高波浪時の下新川海岸田中観測所の波高・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)<sup>2)</sup> の日本海側の観測点 (瀬棚 (北海道)、深浦 (秋田)、酒田 (山形)、直江津 (新潟)) におけるそれぞれ 6 時間、8 時間、10 時間、12 時間前の時点での波高の相関を求めたところ、酒田の観測所での 8 時間前の波高・周期の相関が高く最も傾きが 1 に近いことが確認された。

図-7、図-8 に酒田観測所と 8 時間後の田中観測所の波高と周期の相関をそれぞれ示す。

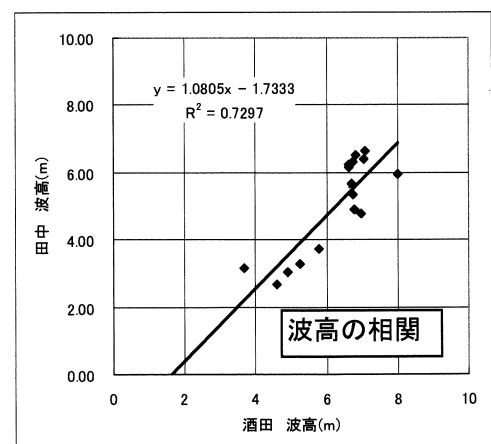


図-7 酒田観測所と8時間後の田中観測所の波高の相関

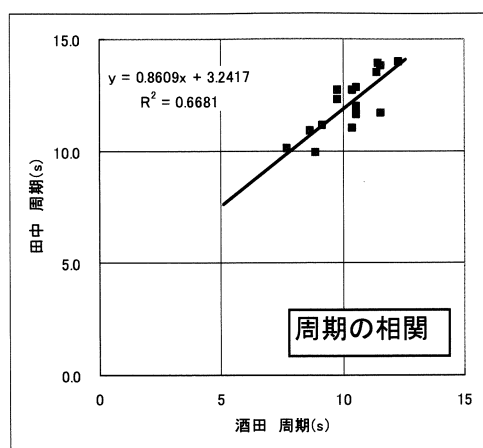


図-8 酒田観測所と8時間後の田中観測所の周期の相関

## (2) 予測の精度検証

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6年間で田中観測所において実績有義波高が3mを超え、周期が12秒以上の6波浪について、予測有義波高と実績有義波高を表-4にまとめ比較すると、実績値と予測値は概ね1.0m程度の誤差に収まることが確認できる。なお、予測最大波高のほうが、実績最大有義波高よりも大きい。相関式に用いた平成20年2月24日の波浪時は、表-5に示すように、日本海では強い北からの風が継続しており、酒田以西でも波浪が成長したことによることが原因であると推測される。

表-4 実績値と予測値の比較

| 年月日        | 最大<br>有義波高 | 予測最大<br>有義波高 | 最大<br>有義波周期 | 予測最大<br>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          |

表-5 平成20年2月24日6時の風向風速

| 観測所名   | 風向  | 風速(m/s) |
|--------|-----|---------|
| 深浦(青森) | 北   | 12.3    |
| 秋田(秋田) | 北北西 | 6.2     |
| 酒田(山形) | 北西  | 12.6    |
| 弾崎(新潟) | 北西  | 15.0    |
| 富山(富山) | 北西  | 3.4     |
| 田中(富山) | 北西  | 12.0    |

気象庁アメダス観測データより

## 7. 寄り廻り波に対する警報発令のまとめ

下新川海岸では、年数回の頻度で来襲する波高は3.0m程度であるが、図-2のように、高波は急に波高を増し、波高6.0mとなる現象が観測されている。そのため、田中観測所で波高が3.0mになり、酒田

観測所の波高・周期を確認し、高い波が観測されると判断される場合には、水防団に対し、「待機・準備」の警報を発令する。越波が生じる波高4.5mを越えると予測される場合には、「出動」の警報が発令され巡視にあたる。さらに波高が高くなると予測される場合には、土嚢積みなどの作業を行う。作業を行っている内に、間もなく波高が4.5mを越えそうな場合には、「距離確保準備」、越えた場合には「距離確保」の警報により、さらに波高が上昇することに備えより堤内地側に移動し土嚢積み等浸水対策などの作業にあたる。高波浪の来襲の状況に応じ活動続け、波高が4.5m以下に収まると「距離確保解除」となり海岸際での巡視などの活動も再開される。波が収まり水防活動が終わると「解除」の警報となる。

## 8. 生地以東地区における風波に対する警報発令基準

下新川海岸では、これまで寄り廻り波でない、北西風による大きな「風波」(図-3②)による被害は確認されていない。しかしながら、気候変動による気象変化などを勘案すると、今後も風波による高波が発生しないとは言い切れない。また、風波は大陸の方向より来襲するので寄り廻り波と同じ基準で予測することはできない。そのため、風波の発達をSMB法<sup>3)</sup>により予測し、水防警報基準とする。

水防基準の指標となる波高は波のうちあげ高が堤防高を上回る高さであり、生地以東地区では4.5mである。SMB法の波の予知曲線によると、波が成長し、波高3m程度の波が4.5m程度の波に成長するには通常観測される秒速15m～20m程度の風だと概ね6～8時間程度の時間の余裕があることがわかる。そのため、3mの来襲波高を確認し、それまで続いた風がさらに同じ時間以上続くことと予想される場合に水防団が「待機・準備」する体制に入り、「出動」「距離確保」等と続くこととした。

## 9. 生地以西地区における水防警報発令基準

生地以東地区と同様に、生地以西地区において波のうちあげ高と波高・周期の関係を検討した。

図-9は、最もうちあげ高の大きい黒部・生地地区(No.45)における波高・周期とうちあげ高の関係である。生地以西地区には、堤防高T.P.+4.2mの堤防が整備されており、4.0m程度の波高のうちあげ高が堤防高を越えることがわかる。

生地以西地区においては、これまで高波による被害は観測されていないが、今後も湾内風波による高波が発生しないとは言い切れないため水防警報基準を設定する。

水防基準の指標となる波高を波のうちあげ高が堤防高を上回る高さである4.0mとする。生地以西地区は、西に開いた海岸であるが、能登半島が西対岸

に位置しており、最大吹送距離は 80km である。SMB 法の波の予知曲線によると 4.0m の波高の発達には風速 24m/s を越える風が継続することが前提である。

一方、風速 24m/s の風が吹いた場合、4 時間で波高 4.0m に到達する。そのため、風速 24m/s の風が確認された場合、ただちに水防団を待機・準備させ、気象の状況に応じ出動し、水防活動にあたることとした。

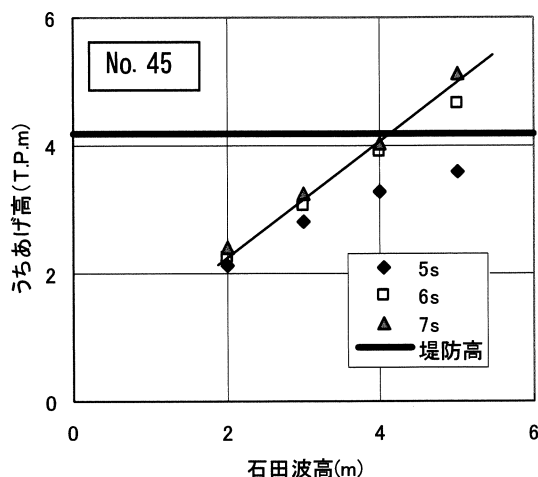


図-9 黒部生地地区における波のうちあげ高

## 10. おわりに

表-6に下新川海岸水防警報基準をまとめた。

高波により堤防等が被災し復旧も途上の海岸で水防活動を実施するにあたり、限られたデータを基に、高波来襲という切迫する状況下での水防活動体制を確立するための基準を初めて検討した。今後とも、水防警報基準を適切に見直していくとともに、高波の予測手法の高度化、効果的な水防活動の実施手法の開発、高波等に対する海岸保全施設の整備など、住民の方々の高波災害による被害を軽減するため、今後とも検討を進めていく予定である。

**謝辞：**検討に当たり NOWPHAS データを提供いただきました国土交通省港湾局並びに独立行政法人港湾空港技術研究所に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 平成 20 年 2 月 24 日の高波による下新川海岸の被災実態について：中村伸也・西川一・山田秀夫・原文宏・神保正暢・平野宜一，海岸工学論文集，第 55 巻(2008)，pp.176-180
- 2) 国土交通省港湾局，独立行政法人港湾空港技術研究所：  
<http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/>
- 3) Wilson, B.W.: Graphical approach to the forecasting of waves in moving fetches, Tech. Memo. No.73, Beach Erosion Board, U.S. Army Corp of Engrs, 1955

表-6 下新川海岸水防警報基準

|        | 生地以东                                                                                  |                                                                                 | ③生地以西（湾内風波）                                                                                 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | ①うねりの場合                                                                               | ②風波の場合                                                                          |                                                                                             |
| 待機・準備  | 田中観測所では有義波高3m以上が観測され、うねりと判定され気象情報を勘案して発令が必要と判断されるとき。                                  | 田中観測所では有義波高3m以上が観測され、風波と判定され、更に田中観測所の6時間平均風速が14m/s以上の場合、気象情報を勘案して発令が必要と判断されるとき。 | 石田観測所で10分間平均風速24m/s以上（風向W～NW）が観測された場合、または、石田観測所では有義波高2.5m以上が観測され、気象情報を勘案して発令が必要と判断されるとき。    |
| 出動     | 予測式により田中観測所では有義波高4.5mを越えると予測され、気象情報・CCTV情報等を勘案して発令が必要と判断されるとき。                        | 田中観測所において強風が継続しており、気象情報・CCTV情報等を勘案し、有義波高4.5mを越える恐れが発生し、発令が必要と判断されるとき。           | 石田観測所で1時間平均風速24m/s以上（風向W～NW）が観測され、気象情報・CCTV情報等を勘案して発令が必要と判断されるとき。                           |
| 距離確保準備 | 予測式により田中観測所では有義波高4.5mを越える1時間前、または田中観測所では有義波高4.0mを越え、気象情報・CCTV情報等を勘案して発令が必要と判断されるとき。   | 田中観測所では有義波高4.0mを越え、気象情報・CCTV情報等を勘案して発令が必要と判断されるとき。                              | 石田観測所で時間平均風速24m/s以上（風向W～NW）が2時間継続した場合、または石田観測所では有義波高3.0mを越え、気象情報・CCTV情報等を勘案して発令が必要と判断されるとき。 |
| 距離確保   | 田中観測所では有義波高4.5m以上が観測されたとき、または気象情報・CCTV情報等により、越波またはその流水等で水防活動を実施する上で危険な範囲が生じると判断されるとき。 |                                                                                 | 石田観測所では有義波高4.0mを越えるか、気象情報・CCTV情報等を勘案して発令が必要と判断されるとき。                                        |
| 距離確保解除 | 田中観測所では有義波高4.5mを下回り、気象情報・CCTV情報等を勘案して水防活動を実施する上で、激しい越波による危険が解消したと判断されるとき。             |                                                                                 | 石田観測所では有義波高4.0mを下回り、気象情報・CCTV情報等を勘案して水防活動を実施する上で、激しい越波による危険が解消したと判断されるとき。                   |
| 解除     | 田中観測所では有義波高3.0mを下回り、気象情報・CCTV情報等を勘案して水防活動を必要とする状況が解消したと認められるとき。                       |                                                                                 | 石田観測所では有義波高2.5mを下回り、気象情報・CCTV情報等を勘案して水防活動を必要とする状況が解消したと認められるとき。                             |