# 平成20年2月の日本海高波浪に関する技術検討委員会(第3回)

## 議事次第

日時:平成20年6月20日(金)15時30分~17時30分 場所:農林水産省8F中央会議室 千代田区霞ヶ関1-2-1

- 1 開 会
- 2 挨 拶

委員長挨拶

### 3 議 事

- (1)第2回委員会での主な指摘事項について
- (2)日本海における高潮、水位変動の検討(追加)について(資料-1)
- (3) 被災のメカニズム(追加)について(資料-2)
- (4) 漁港施設等の復旧や今後の整備に向けて(資料-3)
- (5)委員会とりまとめの方向について(資料-4)
- (6)その他

4.閉 会

## 平成20年2月の日本海高波浪に関する技術検討委員会(第3回) 出席者

日時:平成20年6月20日15:30~17:30

場所:	農林水産省8E	7 中央会議室
-----	---------	---------

	氏名	役職	摘要
委員長	さとう しんじ 佐藤 愼司	東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻教授	
委員	りぼみや たかし 泉宮 尊司	新潟大学工学部建設学科教授	
委員	きば しの	国立富山商船高等専門学校商船学科准教授	
委員	<sup>なかやま あきよし</sup> 中山 哲厳	(独)水産総合研究センター水産工学研究所開発システム研究室長	
委員	<sup>すずき やすし</sup> 鈴木 靖	(財)日本気象協会市場開発部長	
委員	橋本 牧	水産庁漁港漁場整備部長	
委員		新潟県農林水産部漁港課長	
委員	<sup>さえき むねしげ</sup> 佐伯 宗茂	富山県農林水産部水産漁港課長	
関係者		水産庁漁港漁場整備部整備課長	
関係者	さとう あきと 佐藤 昭人	水産庁漁港漁場整備部整備課長補佐(設計班)	
関係者		水産庁漁港漁場整備部整備課地域整備係長	
関係者	よどえ てつや 淀江 哲也	水産庁漁港漁場整備部防災漁村課長	
関係者	<sup>なかいずみ</sup> まさみつ 中泉 昌光	水産庁漁港漁場整備部水産施設災害対策室長	
関係者		水産庁漁港漁場整備部防災漁村課長補佐(海岸班)	
関係者	なかむら かつひこ 中村 克彦	水産庁漁港漁場整備部防災漁村課長補佐(災害調整班)	
関係者	みずかみ ひでき 水上 秀樹	新潟県農林水産部漁港課主任	
関係者	市井 昌彦	富山県農林水産部水産漁港課漁港係長	
関係者		気象庁海洋気象情報室調査官	
関係者	みずの たかのり 水野 孝則	気象庁地球環境業務課調査官	
関係者	よねぎね 米澤 政明	富山県入善町長	
関係者	<sup>みかみ</sup> の <sup>ぶお</sup> 三上 信雄	(独)水産総合研究センター水産工学研究所漁港施設研究室長	
関係者	** つか こうじ 大塚 浩二	(財)漁港漁場漁村技術研究所 調查役	
関係者	かたやま ひろゆき 片山 裕之	(財)漁港漁場漁村技術研究所 主任研究員	

# 第2回委員会での主な指摘事項と対応

	-
主な指摘事項	指摘事項への対応
・入善漁港海岸のNMBの結果では、東に	入善町に確認した結果、海底勾配が急
行くにつれて被害が少なく、海底が浅くな	な位置で越波が激しくなっているとのこ
っているが、水深が深いところ、海底勾配	と。また、中間とりまとめ資料(p42~43)
が急なところが越波が激しいのか?(佐藤	のブシネスク方程式による計算でも水位上
委員長)	昇量分布、波高分布ともに、それを示す結
	果となっている。
・入善漁港海岸のブロック散乱は海底の洗	現地調査時に潜水調査をした結果、海
屈により滑り落ちたのか確認してみるべき	底勾配が急なため、ブロックが転落した模
(佐藤委員長)	様。
・p23 (資料 1)の写真にあるように、ケー	ケーソン滑動時の隣接するケーソンの
ソンの移動方向によって波向が違うのか	状況によっても異なるが、鷲崎漁港の東防
(高倉委員)	波堤では、同時刻でも延長上において来襲
	波向が異なる可能性がある。(資料-2参照)
・p6(資料 2)の図 2.4 パワースペクトルに	長周期振動の励起に関係する富山湾の
示す新湊、伏木富山のデータは富山湾の固	延長の取り方には任意性があるが、湾奥か
有周期ではないか。田中の観測データはな	ら湾口までの延長は70~90km程度であり、
いのか。富山湾では 60 分の周期と重なった	固有周期は 45~60 分程度になる。周期 60
場合に寄り回り波であるという由来がある	分の長周期振動が励起するとしたら、富山
(鈴木委員)	湾の奥行き方向の固有振動モードが最も近
・富山湾の固有周期は 60 分ではなくもう少	い。(資料-1参照)
し短いのではないか(佐藤委員長)	
・p13、14(資料 3)の図について、風と波の	中間とりまとめ資料において、風と波
表示方向を逆にすべき(鈴木委員)	の表示を修正した。
・p37 の(3)の記述は重要である。「周期(う	中間とりまとめ資料において、記述を
ねり)がさらに発達した」を入れたほうが	修正した。
良い。周期を長くする(14sec 程度)には	
2000km程の距離が必要となる(佐藤委員	
長)	
・屈折図を載せて欲しい(佐藤委員長)	佐渡(鷲崎、水津)の被災メカニズム
	の検討、富山湾全域の屈折計算の屈折図を
	示した。(資料-2参照)

平成 20 年 2 月の日本海高波浪に関する技術検討委員会(第 2 回)

#### 議事概要

日時:平成 20 年 4 月 10 日 (木) 13 時 30 分~15 時 30 分 場所:農林水産省 8 F 中央会議室

#### 議事

- (1)第1回委員会での主な指摘事項について事務局より「第1回委員会での主な指摘事項と対応」を説明
- (2)漁業地域における被害状況について

事務局より資料-1を説明

主な議論

- 入善漁港海岸のNMBの結果では、東に行くにつれて被害が少なく、海底が浅くなっているが、水深が深いところ、海底勾配が急なところが越波が激しいのか?(佐藤委員長)。
- ・ ケーソン堤は重複波領域では逆方向に動くことがある(佐藤委員長)。
- ・ P32 右側写真の穴は消波ブロックの破片によるものと想定でき、p43 の写真の穴は衝撃砕波圧によるものと想定できる(泉宮委員)。
- NMBの水深データは深いところまであるのか。波の変形計算を行う際に、より精度の高いデータがあればよい(中山委員)。
- 入善漁港海岸のブロック散乱は海底の洗屈により滑り落ちていることも考えられる。
   確認してみるべき(佐藤委員長)。
- ・ P23 の写真にあるように、ケーソンの移動方向によって波向が違うのか(高倉委員)。
- 水津漁港でも沖防波堤と北防波堤では時刻が違う、波もひとつの波だけではない可能性もある(佐藤委員長)。
- (3)高波浪発生のメカニズムについて

事務局より資料-2、3を説明

主な議論

- 資料-2のp6に示している図2.4パワースペクトルでは酒田と新潟西で36分がピークとなっているが、これは陸棚波と風波の両方と考えられ、陸棚波の成分が入っている(泉宮委員)。
- ・ 同 p5 の潮位変動図をみると 4~6 時の時間帯が高くなっており、高潮、波浪と同じ
   時刻であることから被災に関連していることが想定される(泉宮委員)。
- ・ 同 p6 の図 2.4 パワースペクトルに示す新湊、伏木富山のデータは富山湾の固有周期ではないか。田中の観測データはないのか。富山湾では 60 分の周期と重なった場合に寄り回り波であるという由来がある(鈴木委員)。
- ・ 富山湾の固有周期は60分ではなくもう少し短いかもしれない(佐藤委員長)。
- ・新潟の陸棚域では20数分の周期である(泉宮委員)。

- ・ 富山、新潟の振幅は合っている。全体で数十 cm の水位上昇があった。P15 右下の輪島の計算は良く合っている。潮位が上がりやすいメカニズムを表している(佐藤委員長)。
- ・ p13、14の図について、風と波の表示方向を逆にすべき(鈴木委員)。
- ・ 資料 3 の p6 風速の図のうち右上の図の解釈が重要である(泉宮委員)。
- ・ 同 p24 の表 3.3.1 で示した波浪以外に 2005 年 12/25 ~ 26 の事例もある(鈴木委員)。
- ・ 同 p37 の (3) の記述が重要である (鈴木委員)。
- ・ 北の低気圧は 980hp 程度であり、今回は偶然が重なっている(泉宮委員)。
- ・ 同 p37 の(3)の記述は重要である。「周期(うねり)がさらに発達した」を入れた ほうが良い。周期を長くする(14sec 程度)には 2000 km程の距離が必要となる(佐 藤委員長)。
- ・ 富山では風がない時に寄り回り波が来る。寄り回り波は昔に比べて来襲頻度が減ってきている(千葉委員)。
- (4) 漁港施設等の被災要因について(資料-4、5)

事務局より資料-4、5について説明

主な議論

- ・うねり成分と風波成分なので2種類に分けるべき。資料-4のp23、24ではNNEで 計算しているが、Nなどの方向で計算すると地形の影響を受けやすい(泉宮委員)。
- ・ 屈折図を載せて欲しい(佐藤委員長)。
- ・ 富山県の場合、一般的には今回と違う波で設計しているが、今後の整備にどのよう に反映したらよいのか。今日の議論を今後の整備に活かしていきたい(佐伯委員)。
- 入善漁港海岸には昔は砂(砂利)がついていた。パラペット天端高は+7.7mであり、 背後地が低くなっているという特殊な地形である。一度波が入ると250m奥まで波が 流れ込む(入善町長)。
- ・ 今回の気圧配置はこれまでにもあったのか、今後もあるのか?(千葉委員)。
- ・ 似たような気圧パターンはある。共有WGで話す予定(気象庁)。
- 今日の議論は「ここではこうなった」ということを確かめた。今後に向けて他省庁 と連携して共有WGで議論する予定である。下新川海岸では第2堤防の効果が出て おり、減災につながっている。この委員会での議論を復旧に活かしてほしい(佐藤 委員長)。

(5)その他

・第3回委員会は、今回の宿題事項を検討して開催する。開催日時については改めて お知らせする(事務局)。

以上

資料 - 1

日本海における高潮、水位変動の検討(追加)

#### 1.1 日本海沿岸における水位変動の検討

冬季の日本海では温帯低気圧が急速に発達することにより、高潮をともなう高波浪を発 生させることがある。このような異常気象の特徴として、高緯度に位置するためにコリオ リ効果が大きく、巨大台風なみに発達する場合があり、偏西風の経路や気圧配置によって は北緯 40°~50°に停滞気味となるので、日本海沿岸においても水位上昇を引き起こす。本 年2月の低気圧はこの典型的な例である。

今回の高潮・高波によって、日本海沿岸では一般的な季節風時の海象状態とはかなり異 なる様相を示したことが考えられる。すなわち、波向きや風向きが北西、西北西から北、 北北東に変化し、うねり性波浪の来襲によって周期が長くなり、気圧低下と砕波によって 発生した高潮・水位上昇をともない、さらに低気圧の移動による海面変動が陸棚セイシュ やエッジ波として高潮に重なり、想定外の海面上昇を発生させた可能性がある。

1.1.1 富山~新潟沿岸における水位の副振動について

富山~新潟沿岸の伏木富山、新湊、新潟西、酒田(いずれも NOWPHAS)および生地、石田 (河川局より提供)の6地点における観測潮位の時系列データ(2008年2月24日、1分 間隔のデータ)を用いて、潮位変動成分の解析を行った。

潮位記録(図-1.1.1)から1日移動平均潮位を除いた偏差時系列(図-1.1.2)より、 伏木富山、新湊で見られたような片振幅10cm程度の長周期の成分波が生地、石田のデータ にも含まれることが分かる。また、内湾(伏木富山、新湊、石田、生地)に比較して外洋 に面する新潟西、酒田は周期が長い様子が現れている。

次にスペクトル解析結果(図-1.1.3)をみると、数分から数十分の長周期波が発現していたことがわかる。有義波高換算した値は富山湾内(伏木富山、新湊)では 30cm 程度、 新潟西、酒田は 40cm 程度であり、外洋に面する新潟西、酒田の方が大きかった。

酒田、新潟西で約36分の周期のエネルギー密度が最も大きくなっている。新湊では同じ 周期のエネルギー密度にピークがもつが、湾奥の伏木富山では周期約60分のエネルギー密 度が高いため、36分は外洋で発現する長周期波、60分は湾水振動等湾内で発現する長周期 波と推定される。なお、石田、生地では長周期側のピークが70~80分と外洋地点よりやや 長く、また短周期成分でエネルギーが大きくなっているのが特長であるが、これは他の4 地点に比べ検潮位置の水深が浅いため、汀線際の影響を受けているためと思われる。

1



図-1.1.1 2月24日の観測潮位の時系列データ



図-1.1.2 2月24日の偏差の時系列データ



図-1.1.3 富山~新潟沿岸における水位の副振動

- 1.1.2 地形の影響により励起する副振動について
- 1)振動モード

湾水振動などの地形の影響により励起する副振動の周期は、 Merian の式により概算することができる。Merian の式は次式で表わされる。

$$T_m = \begin{cases} \frac{2l}{m\sqrt{gh}} & : Find h \\ \frac{4l}{(2m-1)\sqrt{gh}} & : Find h \end{pmatrix}$$

ここに、 $T_m$ : 副振動の周期、I: 長さ、h: 水深、g: 重力の加速度、m: モード(=1、2、3...) である。各モードは次のようになる。



図-1.1.4 副振動のモード

2) 富山~新潟沿岸の地形と振動モード

図-1.1.5 に富山~新潟沿岸の海底地形を、また図-1.1.6 に *m*=1 に対する水深 100、200 および 1,000m (それぞれ一様水深とする)のときの長さと周期の関係を示す。

富山湾の水深は深く、1,000m 程度ある。湾幅に対する振動は両端自由であることから、 10~20min の周期に対応する湾幅は 30~60km となる。5min の周期に対応する湾幅は 15km 程度であるが、*m*=2 に対してはその倍の 30km 程度になる。これらは富山湾の湾奥 から湾口にかけての湾幅にほぼ対応する。また、湾長に対する振動は片端自由であり、60min の周期に対する湾長は 90km となる。これは富山湾の湾長にほぼ対応する。

新潟沿岸には水深 100m~200m 程度の陸棚がある。陸棚での振動は片端自由であり、このときの 36~37minの周期に対応する陸棚の幅は 20km 程度となる。これは酒田付近での陸棚幅にほぼ対応している。

観測値のスペクトル解析の結果および湾水振動の検討結果から、富山湾内の地形の影響や 新潟沿岸の陸棚によって励起される長周期振動が発生していた可能性が高いことがわかった。



図-1.1.6 副振動の長さと周期の関係(m=1)

#### 1.2 日本海沿岸における高潮の数値計算

日本海沿岸の高潮、高波外力の検討においては、台風(低気圧の場合もある)による海 水の吸い上げ効果、台風の広範囲にわたる強風の作用にともなう海水面の吹き寄せ効果(白 波砕波による海水流動の駆動) および浅水域での砕波(水深に規定された砕波)にともな う水位上昇(wave setup)の影響を考慮する必要がある。ここでは、風域場(風、中心気 圧)の推算精度を確保するために、海上風の推算モデルとして非静力学モデル MM5 を採用 し、波浪の推算モデルとして第3世代の波浪推算モデルである SWAN を採用し、水面変動 の推算には海洋モデル POM を用いる。ここで、SWAN を用いた理由は、水位上昇が陸域 に近い極浅海領域で発生していると考えられるため、浅海性の砕波現象や非線形干渉など の波浪変形を精度よく考慮するためである。なお、計算領域は 36km~1.3km までの4段 階ネスティングによる接続計算を実施し、最小領域(1.3km メッシュ)では、SWAN の 砕波せん断応力(白波砕波減衰項+水深による砕波減衰項)を介して、極浅海域での wave-setup の効果が再現できるように工夫している。

1.2.1 高潮推算の結果

ここでは、今回(2008年2月)および 1991年2月の低気圧を対象として、高潮計算 (水位変動および流れの数値計算)を行った。

1)高潮の推算結果

図-1.2.1 に今回(2008年2月)の低気圧による高潮の推算結果を示す。新潟~秋田 沿岸で最大 30~40cmの高潮が発生している様子がわかる。



図-1.2.1 高潮偏差の推算結果(2008年2月23日12時~24日3時)



図-1.2.2 高潮偏差の推算結果(1991年2月15日18時~16日9時)

### 2) 富山湾での高潮偏差と流れの向き

図-1.2.3~1.2.4 に今回(2008年2月)および 1991年2月の高潮推算による富 山湾での高潮偏差と流れの向きの平面分布を示す。





図-1.2.3(1) 富山湾での高潮偏差と流れの向きの平面分布(2008.02.23.12~02.23.21)

発達しながら日本海を横切った低気圧による強風の吹き寄せにともない、富山湾内では 23日には20~35cm程度の高潮が発生している様子がわかる。富山湾口付近の流れは当初、 北向きであったが、次第に南向きへと変化している様子がわかる。



図-1.2.3(2) 富山湾での高潮偏差と流れの向きの平面分布(2008.02.24.00~02.24.09)

24 日になると、富山湾内での高潮は小さくなり、富山湾内~湾口では反時計回りの流れが発生していた。





図-1.2.3(3) 富山湾での高潮偏差と流れの向きの平面分布(2008.02.24.12~02.24.21)

24日の午後には、低気圧にともなう水位上昇(高潮)はほとんどみられなくなっている。





図-1.2.4(1) 富山湾での高潮偏差と流れの向きの平面分布(1991.02.15.15~02.16.00)

1991 年 2 月の低気圧によっても、当初は富山湾沖では北向きの流れとなっており、低気 圧に通過にともない、この流れが南向きの流れに変化している。また、流れが変化してい る間にはやはり 20~35cmの高潮が発生していた。



図-1.2.4(2) 富山湾での高潮偏差と流れの向きの平面分布(1991.02.16.03~02.16.12)

このケースについても、湾口付近で北向きの流れが南向きへと変化するにしたがい、高 潮はほとんどみられなくなっている。





図-1.2.4(3) 富山湾での高潮偏差と流れの向きの平面分布(1991.02.16.15~02.16.21)

今回(2008年)と1991年の高潮特性に多少なり差があるのは、日本海を通過した低気 圧の進路が少し異なることが原因として考えられる。すなわち、今回は低気圧が日本海の 中央をゆっくりと横切ったために、富山湾内のほぼ全域で風による吹き寄せ効果による高 潮が発生・継続したのに対して、1991年の場合には能登半島沖を低気圧が横切ったために、 中心気圧の降下にともなう吸い上げ効果が卓越していたものと考えられる。 富山湾周辺の高潮は、湾口の流れが北向きから南向きに変化するにしたがい、次第に小 さくなっていく傾向がある。また、富山湾内では、高潮のピークが先行して現れた後でう ねり性の高波浪が来襲したものと考えられが、サーフビートなどの影響も重なったことに より、長時間にわたり水位が上昇する状態が継続したものと考えられる。

今回は、日本海の中央を通過した低気圧にともなう南向きの強風の継続によって富山湾 内のほぼ全域で水位上昇をともなったものと考えられる。一方、1991年2月の場合は、急 速に発達した低気圧が能登半島沖を通過した際の吸い上げ効果による高潮の発生が主体で あった可能性が高い。 資料 - 2

今回の被災メカニズムの検討(追加)

2.1 佐渡(鷲崎漁港、水津漁港)の被災メカニズムについて

2.1.1 鷲崎漁港の来襲波浪の推定

1)検討条件

第2回委員会において、広域のエネルギー平衡方程式と鷲崎漁港周辺の狭領域について のブシネスク方程式による波浪変形計算を行なったが、被災防波堤位置における長周期波 の影響(セットアップなど)は顕著ではなかった。ここでは、設計波の波向がNであるの に対して被災波の波向がNNEと東寄りであったため被害が増大したことに着目し、波向 きによる岬の遮蔽効果を検討するため、屈折と浅水砕波変形に加え回折変形が考慮できる 放物型方程式による波浪変形計算を実施した。

計算範囲と検討条件は以下の通りである。なお、波向の特性を把握するため、被災波向のNNEに対して±11.25°の2ケースを追加して、計3ケースの計算を行った。また、計算潮位については、被災時の佐渡の潮位(約20cm、気象庁)と、当時の日本海全域で発生していた高潮(約20~30cm)を考慮してD.L.+0.5mとした。



図-2.1.1 鷲崎漁港の波浪変形計算の計算領域

項目	諸元				
格子間隔	沿岸方向:20m,岸沖方向:20m				
格子数	沿岸方向 501 × 岸沖方向 501				
計算範囲	沿岸方向 10km × 岸沖方向 10km				
入时沙学士	被災波:9.92m、13.23s、NNE				
八列及祖儿	波向は NNE と NNE ± 11.25 ° の 3 ケース				
潮位	D.L.+0.5m				

表-2.1.1 鷲崎漁港の波浪変形計算の計算条件

2)計算結果

図-2.1.3 に放物型方程式の波高平面分布と平均波向ベクトル図を示す。なお、上段は計 算全領域、下段は鷲崎漁港周辺を拡大したものである。



図-2.1.3(1) 波高・波向ベクトル図(鷲崎漁港、波向:NNE)



図-2.1.3(2) 波高・波向ベクトル図 (鷲崎漁港、波向: NNE + 11.25°)



図-2.1.3(3) 波高・波向ベクトル図 (鷲崎漁港、波向:NNE-11.25°)

2.1.2 水津漁港の来襲波浪の推定

1)検討条件

鷲崎漁港と同様に、水津漁港についても設計波の波向がNであるのに対して被災波の波 向がNNEと東寄りであったため被害が増大したことに着目し、波向きによる岬の遮蔽効 果を検討するため、屈折と浅水砕波変形に加え回折変形が考慮できる放物型方程式による 波浪変形計算を実施した。計算範囲と検討条件は以下の通りである。なお、検討ケース、 潮位条件については、鷲崎漁港と同様とした。



図-2.1.4 水津漁港の波浪変形計算の計算領域

項目	諸元
格子間隔	沿岸方向:20m,岸沖方向:20m
格子数	沿岸方向 501 × 岸沖方向 501
計算範囲	沿岸方向 10km×岸沖方向 10km
入时法学士	被災波:8.5m、13.64s、NNE
八別及祖儿	波向は NNE と NNE ± 11.25 ° の 3 ケース
潮位	D.L.+0.5m

表-2.1.2 水津漁港の波浪変形計算の計算条件

2)計算結果

図-2.1.5 に放物型方程式の波高平面分布と平均波向ベクトル図を示す。なお、上段は計 算全領域、下段は水津漁港周辺を拡大したものである。



図-2.1.6(1) 波高・波向ベクトル図(水津漁港、波向:NNE)



図-2.1.6(2) 波高・波向ベクトル図(水津漁港、波向:NNE+11.25°)



図-2.1.6(3) 波高・波向ベクトル図(水津漁港、波向:NNE-11.25°)

2.1.3 被災メカニズムの推定

(1)波向の影響

鷲崎、水津ともに、波向の特性を把握するため、今回来襲した波向NNEと、NNEを 中心に±11.25°にふった2ケースとの比較し、沖波向によって被災防波堤部の波高、波向 がどのように変化するかを調べた。表-2.13、2.14、図-2.1.7、2.1.8 にそれぞれの漁港の 被災防波堤の代表位置における波高(沖波波高による無次元表示)と波向を示している。 これらの結果から以下のことが分かった。

#### **鷲崎漁港:**

- ・防波堤先端に行くほど、沖波向の角度による相違が大きくなる。NNEの角度の範囲(北からの角度11.25°~33.75°)のN寄側とNE寄側では、堤幹中央部では沖波に対しての波高比で0.1程度の幅であるので、堤頭部では0.2と差異が大きくなる。即ち、被災時の沖波9.92mに対して約2mの違いをもたらす程、波向の影響が大きい。
- ただし、防波堤部の波向としては、場所によって屈折・回折の程度は異なるが、NNEの沖波向の範囲では防波堤位置の波向としては大きな差異はなくほぼ同程度となる。しかし東防波堤延長上では波向に大きな違いが見られ、堤頭部ではNE、堤幹部中央ではE~ENEの波向で来襲していたと推定される。即ち、沖波向の変化にあわせて来襲波向も変化するため、場所によって被災時刻が異なっていた可能性がある。

水津漁港:

- 第2沖防波堤は、NE寄側ほど波向の変化(屈折・回折)が大きくなっているにも関わらず、波高に関してはNNEが一番大きくなっている。これは、屈折・回折による波高減衰よりも、地形による波高変化の影響が大きいためであると推定される。
- 北防波堤(堤幹部)については、NNEが一番波向きの変化(屈折・回折)が小さいが、 波高に関しては鷲崎と同様、NE寄側ほど大きくなっている。第2沖防波堤と若干傾向 は違うが、北防波堤(堤幹部)も第2沖防波堤と同様、屈折・回折による波高減衰より も地形による波高変化の影響が大きいものと推定される。
- ・ 第2沖防波堤、北防波堤に来襲した波向はNNE~NEであったと推定される。

(2) 衝撃砕波の発生について

鷲崎漁港等のケーソン損傷所況から、堤体に衝撃砕波力が作用した可能性が高い。定性 的ではあるが、被災した防波堤によっては、マウンドの直前に1 : 2 の急勾配斜面が存在 するものなどがあり、これらも衝撃砕波力の発生可能性をより高くした−−因と考えられる。

今回、泉宮委員より、佐渡の漁港の被災要因として衝撃砕波の影響について検討するた めに、被災状況の整理を行った資料を暫定版ながら提供頂いているので、添付する。

	沖波向	相商如(生神)	堤幹部(中央)		
抽出位置		堤 頭 印 ( 元			
NNE+11.25 °	波高 H/Ho	0.713	0.626		
(NE寄)	波向 (deg)	NNE+49.6(ENE)	NNE+71.6(E)		
	波高 H/Ho	0.645	0.578		
	波向 (deg)	NNE+48.6(ENE)	NNE+77.5(E)		
NNE-11.25 °	波高 H/Ho	0.521	0.487		
(N寄)	波向 (deg)	NNE+48.5(ENE)	NNE+83.6(ESE)		

表-2.1.3 鷲崎漁港の防波堤周辺の波高・波向の計算結果





図-2.1.7 鷲崎漁港の防波堤周辺の波高・波向の計算結果

	沖波向	第つ油陸(牛端)			
抽出位置	抽出位置		化的(埞轩部)		
NNE+11.25 °	波高 H/Ho	0.925	0.923		
(NE寄)	波向 (deg)	NNE+32.7(NE)	NNE+37.6(ENE)		
	波高 H/Ho	0.972	0.774		
ININE	波向 (deg)	NNE+20.5(NE)	NNE+28.1(NE)		
NNE-11.25 °	波高 H/Ho	0.898	0.573		
(N寄)	波向 (deg)	NNE+18.1(NE)	NNE+36.2(ENE)		

表-2.1.4 水津漁港の防波堤周辺の波高・波向の計算結果



図-2.1.8 水津漁港の防波堤周辺の波高・波向の計算結果

### 【泉宮委員より提供資料】

佐渡·鷲崎漁港

ケーソンNo.	h	d	hc	hp	В	β	方向	S	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(°)	NESW	(m)	
1	16.5	9.04	4.5	4.5	10.5	120	ESE	5	滑動
2	16.5	9.04	4.5	4.5	10.5	120	ESE	16.1	滑·転倒
3	16.5	9.04	4.5	4.5	10.5	120	ESE	10.4	滑
4	16.5	9.04	4.5	4.5	10.5	120	ESE	2.8	滑
5	16.5	9.04	4.5	4.5	10.5	120	ESE	13.9	滑・転
6	16.5	9.04	4.5	4.5	11	120	ESE	9,1	滑
7	16.5	9.04	5.1	5.1	11.5	90	E	14	滑
8	16.5	9.04	5.1	5.1	11	90	E	4.2	滑
9	14.3	9,54	2	5.1	16.2	90	E	5.9	滑
10	14.7	9	2	4.5	20.25	90	E	2.1	滑
11	14	10.2	1.3	4	15	90	E	13.4	滑
12	14	9.4	2	4.5	15	90	E	17,9	滑
13	14	9.4	2	4.5	15	90	E	4.8	滑
14	14	9.4	2	4.5	15	90	E	4.8	滑
15	14	9.4	2	4.5	15	90	E	12.8	清
16	14	9.4	2	4.5	15	90	E	19.8	滑
17	14	9.4	2	4.5	15	90	E	18.8	滑
18	14	9.4	2	4.5	15	90	E	8.6	滑
19	14	9.4	2	4.5	15	90	E	0.5	滑
被災無	<10.5	-	-	-		-	E		

佐渡·水津漁港

h	đ	hc	hp	B	β	方向	S	
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(*)	NESW	(m)	
15.5	7.2	2	4	9	50	NE	2.3	滑動
15.5	9.7	2	4	9	50	NE	12	滑
15.5	9.7	2	4	9	50	NE	0.6	滑
15.5	10.5	2	4	10.5	50	NE	0.1	滑
15.5	11.7	2	4	10	91	E	0.6	滑
15.5	11.7	2	4	10	91	E	2,3	滑
15.5	11.7	2	4	10	91	E	1.3	滑
15.5	11.7	2	4	10	91	E	1.8	滑
15	10.5	2	4	10.5	91	E	25.4	滑·転倒·沈
15	11.7	2	4	10	91	E	2.6	滑
14.5	10.5	2	4	10.5	91	E	5.3	滑·沈
14.5	10.5	2	4	10.5	91	E	10.3	滑·転·沈
14.5	10.5	2	4	10.5	91	E	5.7	滑·転·沈
14.5	10.5	2	4	10.5	91	E	10.1	滑·転·沈
14	10.5	2	4	10.5	91	E	1.8	滑
14	10.5	2	4	10.5	51	NE	7	滑
13.9	10.5	2	4	10.5	51	NE	2.9	滑
13.8	10.6	2	4	10.5	51	NE	5.8	滑
19.8	-	2	7	18.7	51	NE	31.8	滑
20.2	$\rightarrow$	2	7	18.7	51	NE	16.1	滑
20	_	2	7	18.7	51	NE	3.4	滑
20	-	2	7	18.7	51	NE	19.5	滑
20	-	2	7	18.7	51	NE	9.3	滑
20	-	2	7	18.7	51	NE	0	
	<i>h</i> (m) 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 15.5 15.	h         d'           (m)         (m)           15.5         7.2           15.5         9.7           15.5         9.7           15.5         10.5           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           15.5         11.7           14.5         10.5           14.5         10.5           14.5         10.5           14.5         10.5           13.9         10.5           13.8         10.6           19.8            20.2            20            20            20            20            20            20	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	h         d         hc         hp         B $\beta$ $\overline{\mathcal{F}}$	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $


図-1 被災した防波堤のマウンド水深と水深との関係



図-2 被災した防波堤のマウンド水深と滑動量との関係



図-4 被災した防波堤の滑動量と防波堤法線方向との関係







図-6 被災した防波堤のマウンド水深と防波堤法線方向との関係

(3) 佐渡漁港の被災メカニズムのまとめ

来襲波としては、従来想定されていないNNE方向の高波高かつ周期の長い波が佐渡島 北端の浅瀬の影響を受けながら回り込むように鷲崎漁港あるいは水津漁港へ来襲した。被 災時の到達波高は設計波高以上となったが、日本海で発生した高潮、長周期波の影響によ る高潮位の条件と重なり、設計時の波力を上回る波力が防波堤に作用しケーソンの滑動な どの被災が発生したものと推定される。さらに、堤体位置での波高の増大と周辺の地形の 影響などにより衝撃砕波力が発生した可能性が高い。

以上から、鷲崎漁港および水津漁港における推定される被災メカニズムを整理した。



2.2 入善漁港海岸における被災波による緩傾斜護岸の打上高の推定

### (1)机上検討

潜堤の背後の緩傾斜護岸について被災波による打ち上げ高さを試算し、現行天端高さとの比較を行った。検討した緩傾斜護岸の断面図を図-2.2.1 に示す。設置地盤高さは-2.2m、 検討潮位は、「近隣生地の観測潮位+30cm」に「湾内数十分の長周期波による上昇 30cm(観 測潮位スペクトル解析結果より)」と「数+秒から数分の長周期波による上昇 40cm(波浪 変形計算結果より)」を考慮して DL+1.0 とした。この値は HHWL に相当する。



図-2.2.1 緩傾斜護岸断面図

潜堤透過後の波浪諸元

緩傾斜護岸の沖側に位置する潜堤を透過した後の波浪諸元と平均水位上昇量を算定した。 潜堤前面の波高 H=8.30m(1 号潜堤前面における計算波高)を対象とした。

中山式(『漁港・漁場の施設の設計の手引 2003 年版』(全国漁港漁場協会)p52)より透過率 Kt=0.43 となり伝達波高 Ht=8.3×0.43=3.57(m)と算定される。また、潜堤背後の平均水位 上昇量は中山(1993、水工研技報、水産土木 16)の実験結果を用いて 1.0m と推定した。

潜堤背後の護岸への打ち上げ高の算定は、通常、潜堤上で入射波浪に比べて周期の短い 波に分散するとして周期を減少させて行うが、被災時には長周期波の影響により水位が上 昇し、通常の潜堤上の分散は少なかったと考えられるので、被災時の打ち上げ高の推定に は入射波の周期をそのまま使用することとした。

透過波高を潜堤背後の平均水位上昇量を考慮した水深での浅水係数 Ks=1.33 より割り戻すと、透過波高に相当する換算沖波波高は Ho'=3.57/1.33=2.68(m)、Ho'/Lo=0.009 となる。

仮想勾配法による打上高の推定

求められた潜堤背後の波浪諸元よりサビールの仮想勾配法を用いて遡上高さを算定した。 算定された仮想勾配(cot =3.46)と Ho'/Lo より算定図より、R/Ho'=3.18 となり遡上高さ R=2.68 × 3.18=8.52(m)と推定される。



図-2.2.2 仮想勾配法(サビール)による打上高さ算定図

潮位、潜堤背後の平均水位上昇量を考慮した打ち上高は、

打ち上げ高=遡上高 + 平均水位上昇量 + 潮位=8.52+1.00+1.00=10.5(m) と推定され、護岸天端高 7.7mを 2.8m 以上上回る結果となった。図-2.2.3 に被災時の打ち 上げ高さと護岸天端高さを示す。



図-2.2.3 被災時の打ち上げ高と護岸天端高の関係模式図

(2)数値波動水槽による護岸越波の検討

入善漁港海岸の被災について、護岸背後への越波・越流の状況を検討するため不規則波 による数値波動水槽(CADMAS-SURF)による数値計算を行った。数値波動水槽は、断面 2次元の非圧縮粘性流体を対象とした Navier-Stokes 方程式を解くもので、急勾配地形にお ける潜堤や緩傾斜護岸等の構造物がある複雑な断面においても、水位や越波流量、構造物 に作用する波力等を精度よく求めることが可能である。

数値波動水槽を使用して、どのような波の作用状況のときに護岸背後へ越波・越流が発 生しているかの検討を行なった。

検討断面および検討条件

検討断面は図-2.2.4 に示すように被害の規模が大きかった2号潜堤から6号護岸を含むような測線とした。検討潮位、検討波浪は以下のとおりである。



検討波浪; H1/3=6.2m、T1/3=13.8s



図-2.2.4 に示すように一様水深部、緩傾斜護岸法先等の水位を出力し、護岸パラッペト上

の水位および流速より護岸背後への越波流量を求めた。

図-2.2.5 に計算結果より、緩傾斜護岸を遡上し、背後へ越波する状況の一例を示す。



図-2.2.5 越波状況(計算結果)

図-2.2.6 は、沖側一様水深部、図-2.2.7 は緩傾斜護岸法先部のそれぞれの位置における時 系列の水位、さらに図-2.2.8 護岸背後への越波流量を示しており、越波の発生するタイミン グを示している。



図-2.2.6 は、沖側の水深 60m 地点における不規則波の入射波形を示している。

図-2.2.7 は緩傾斜護岸法先位置における水位とその 60s 間移動平均による水位を示して いる。移動平均水位は+1m~3mの範囲で2分~3分間隔の周期で変動している。



図-2.2.7 緩傾斜護岸法先における水位と 60s 間移動平均水位

図-2.2.8 は図-2.2.7 より越波流量と移動平均水位を示している。これより、移動平均水位 がピークに達するようなタイミングで越波が発生していることがわかる。また、3 分に1回 程度の頻度で越波が発生し、さらに10分に1回程度は比較的大きな越波が発生しており、 この割合は、現地の越波状況ビデオ等からの越波の発生した割合とおおよそ一致する。



図-2.2.8 越波流量と緩傾斜護岸法先における移動平均水位

図-2.2.6 沖側一様水深部における水位

図-2.2.9 は、平均水位の分布を示している。潜堤の天端部から背後、緩傾斜護岸法先部に おいては平均水位が上昇していることから、潜堤による平均水位の上昇が越波の発生する 要因の一つと考えられる。



図-2.2.9 潜堤から緩傾斜護岸法先部の平均水位の分布

このように、数値波動水槽の検討により緩傾斜護岸法先部で、2~3分の変動で水位が上 昇し、不規則波の波群の中の大きな波が重なり合ったときに越波が発生している状況をお よそ再現できた。

#### 2.3 富山湾全域の寄り回り波の来襲メカニズムの推定

富山湾内周辺における寄り回り波の被害について過去の報告等を調べると、被害が頻繁 に生じている場所(入善、滑川、新湊、氷見など)と、頻繁には生じない場所とに分類される。この相違の要因を調査するため、富山湾全域の波浪変形計算を行った。

変形計算はエネルギー平衡方程式を用いた。ただし富山湾全域では計算領域が広いため、 図-2.3.1 に示す 100m 格子間隔の広領域と、20m 格子間隔の狭領域の2領域のスペクトル接 続による計算を行った。入射波浪条件は、寄り回り波の特性である周期の長い影響を見る ため、被災時の周期相当の 15s と、長周期の影響を把握するため 30s との2ケースの計算 を行った。沖波向は富山湾内の代表的波向であるN、波高は単位波高として、計算結果は 波高比として評価した。潮位は、富山湾周辺の被災時の観測潮位(約 30cm)と高潮推算結果 (約 20~30cm)を考慮し、D.L.+0.6m と設定した。計算領域および計算条件は図-2.3.1、 表-2.3.1 にまとめた。





### 図-2.3.1 富山湾の漁港と過去の寄り回り波による被害回数 (下図は畑田・山口(1998)より)

畑田・山口(1998):富山湾における特異波浪「寄り回り波」の予測法に関する予備的検討,愛媛大学工学部紀要, 第 17 巻, pp.261-271.



図-2.3.2 富山湾全域の波浪変形計算の計算領域

### (1) 広領域

項目	諸元
格子間隔	南北方向:100m,東西方向:100m
格子数	南北方向 725 × 東西方向 962
計算範囲	沿岸方向 72.4km×岸沖方向 96.1km
入射波諸元	波高 1m、周期 15s、N
潮位	D.L.+0.6m

(2)狭領域

項目	諸元
格子間隔	南北方向:20m,東西方向:20m
格子数	南北方向 2380 × 東西方向 2801
計算範囲	南北方向 47.58km×東西方向 56.0km
入射波諸元	広領域接続部にてスペクトル接続
潮位	D.L.+0.6m

波高分布の計算結果を、狭領域の全領域について 40m メッシュデータでコンター図を作 成したものを図-2.3.3、20m メッシュでコンターを作成したものを図-2.3.4 に示した。海 底谷の影響で波高が大きくなると見られるのは下新川海岸の吉原地区や水橋、岩瀬、富山 港、四方、海老江、富山新港などで顕著である(図中の赤色部分)。また、これらの地点 ほどは顕著ではないが、汀線際で急激に波が大きくなる傾向が入善、滑川、伏木の以西で 見られる(図中、黄色部分)。また、周期が長いほど、波高増大の程度が大きくなってい ることがわかる。入善、滑川では過去に寄り回り波の被害が頻繁に生じているが、これら の結果からは海底谷による波の収斂による影響は少なく、直前の地形による波高増大のメ カニズムが支配的であると推定される。入善、滑川の漁港周辺の海底地形図は、図-2.3.5 に示すように直前の急勾配と入り組んだ複雑な地形をしており、今回実施した 20m メッシ ュの地形データでは完全には再現出来ない地形の影響が存在する。この直前の地形の影響 と、さらに寄り回り波のような周期の長い波が来襲するとより波が大きくなると推定され る。



図-2.3.3 波高平面分布(15s、狭領域、40m メッシュデータから図化)







図-2.3.5 波高平面分布(30s、狭領域、40m メッシュデータから図化)



図-2.3.6 波高平面分布(158、20m メッシュデータ)



図-2.3.7 入善漁港海岸、滑川漁港海岸の海底地形

資料 - 3

# 漁港施設等の復旧や今後の整備に向けて

3.1 今回の被災波浪の再現性について

漁港施設の復旧や今後の整備の検討に先立ち、今回の被災波浪がどの程度の頻度で来襲 するものなのか、観測値や波浪推算値から評価している。

3.1.1 観測値を用いた評価

観測値を用いた評価については、国土交通省から提供いただいた伏木富山、直江津、新 潟沖のNOWPHAS観測所の波浪観測値を用いて解析を行った。なお、各観測地点にお ける資料の期間は以下の通りである。またデータの間隔は2時間である。

- 伏木富山 1999年~2008年2月
- 直江津 1999 年~2008 年 2 月
- 新潟沖 1990年~2008年2月

上記のデータからNOWPHASの基準に従って高波期間を抽出し、最大有義波高出現 時の波高、周期、波向を抽出した。NOWPHASの基準とは、波高の極大値が基準波高 である上限値を超える場合をひとつの擾乱と見なし、下限値を上回っている期間を擾乱期 間とするという考え方である。各地点における上限値、下限値は以下の通りである。

伏木富山	上限値 1.5m	下限值 1.0m
直江津	上限值 3.0m	下限值 2.0m
新潟沖	上限值 3.0m	下限值 2.0m

波形勾配によって風波とうねりの出現状況を把握するため、波高と周期の散布図を作成 している。なお、欠測が存在する場合、前後の資料から可能な限りスプライン補間により2 時間毎のデータを作成し極大波高を推定している。

以下に図3-1~図3-3まで、伏木富山港、直江津、新潟沖の各地点の処理結果を示 す。

図3-1の伏木富山港の波高と周期の関係図では,波形勾配が0.025以上のもの(風波) と未満のもの(うねり)に分けて描画している。図3-1を見ると、過去10年程度の観 測期間ではあるが、高波浪の中でうねりと見なされる擾乱もかなり多いという特徴を有す ることが分かる。今回の被災波(波高4.22m、周期14.2s)もうねりに分類され、観測期間 中最大のものとなっている。



図3-1 伏木富山における観測波高と周期の関係(欠測時はスプライン補間) ( は今回の波浪;波高4.22m、周期14.2s)

図3-2及び図3-3の直江津及び新潟沖の波高と周期の関係図については、波形勾配 が0.025 未満のものをうねりと考えた場合、全体の中でうねりの占める割合はかなり小さ くなる。また今回佐渡で被災した鷲崎漁港等での周期の長い高波浪現象と異なり、直江津、 新潟沖で観測された今回の波浪も風波の領域に属しているので、特段の被災には至ってい ない。新潟県の本土側は主にNW,NNW等からの風波が卓越しており、先の伏木富山港 における波高と周期の関係図は、直江津、新潟沖等のそれと異なった状況を呈しているこ とがわかる。

このようなことから、伏木富山港における最大有義波高出現時の波高の中から、今回の高 波浪と同様なうねり性(波形勾配が 0.025 未満)のものだけを抽出し、参考までに今回の 被災波浪を含めた極値統計解析を行ったところ、おおむね25年強の再現期間となる。し かしながら、観測期間が10年足らずであるとともにサンプル数が少ないことなどから、推 定精度が十分とはいえない面がある。

このため、今回富山湾の入善漁港海岸に来襲した高波浪の再現性について、過去50年を 越える期間に来襲した異常気象を対象とした波浪推算による検討を行っている。また、新 潟の佐渡にはNOWPHAS等のリアルタイム波浪観測が行われていないため、同様に波 浪推算による検討を行った。

2



図3-2 直江津における観測波高と周期の関係( は今回;波高6.00m、周期10.2s)



図3-3 新潟沖における観測波高と周期の関係( は今回;波高6.46m、周期9.7s)

3.1.2 波浪推算値を用いた評価

(1)入善漁港海岸

富山県においては、今回の被災を踏まえ、平成19年度に入善漁港海岸をはじめとして、県内の各漁港において、設計沖波の見直し作業に着手したところである。波浪推算としてはWAMを用い、1955年から2008年までを対象期間として波浪推算(全擾乱数:158擾乱)を行っている。波浪推算の結果として、入善漁港海岸も、伏木富山港の観測値と同様、うねり(波形勾配0.025未満のもの)と風波が混在している。

今回うねり(波形勾配 0.025 未満)のものだけを抽出して、それらうねり性波浪の中 で、今回の高波浪がどのような位置づけになるか極値統計を行った。極値統計解析結果 を図3-4に示す。被災波(波高 6.2m,周期 13.8s,波向 N)を含む場合の今回の再現 期間は75年程度相当となっている。なお、今回の被災波を含まない場合は100年強 相当となるが、これはうねり波浪だけを取り出した場合,主に被災波の波高が推算対象 期間の中で既往最大であることに起因する。



方式1(被災波含む)

方式2(被災波含まず)

図 3 - 4 うねりの確率波算定結果(波向 N:波形勾配 0.025 未満)

(参考)波高と周期の相関を考慮した確率周期の試算

今回の入善漁港海岸の被災波(波高 6.2m、周期 13.8s、波向 N)は周期が長いことが特 長であったが、富山湾では、寄り回り波に代表されるうねり性の波浪と風波では波高と周 期の相関が異なる。従来は、設計に用いる周期は波高と周期の相関から決めることが多い が、今回の周期の特長を把握するために、2次元ワイブル分布を用いた確率周期の試算を 行った。

試算方法は関本ら(1999)にならい、波高の周辺分布には極値統計解析手法(合田の方法)に基づいて選定された確率密度関数を用い、周期については最尤法を用いて3 母数ワイブル分布にあてはめ、周辺分布を決定した。また、これらの結果と波高と周期の相関係数に関するパラメタから2次元ワイブル分布により極大波高発生時の確率周期を算定した。ここで、ある波高が生起したときの条件付き確率として周期の出現特性が表される。すなわち、ある波高に対して周期がワイブル分布を持ってばらつくと考える。この時の周期の発生確率 n %を用い、n %発生確率周期とする。

検討に用いたデータは、先の入善漁港海岸に対する沖波波浪推算値(1955年~2008年) のうち、波形勾配で判定(H/Lo<0.025)したうねり性の推算値とした。

先ず、使用した波高と周期の相関係数と、それぞれの周辺分布の母数を用いて2次元ワ イプル分布にあてはめた結果を以下に示す。

表3-1 二次元ワイブルへのあてはめ結果

	m	Ax	Bx		ρ	平均発生率	供去
	n	Ay	By		$\sqrt{\phi_h}\sqrt{\phi_t}$		111175
沖波波高	2.00	2.27	1.52	0.712	0.966	0.50	
沖波周期	3.25	4.78	6.06	0.713	0.800	0.50	

(1) 被災波を含まない場合

(2) 被災波を含める場合

	m	Ax	Bx		ρ	平均発生率	供尹
	n	Ay	By		$\sqrt{\pmb{\phi}_h}\sqrt{\pmb{\phi}_t}$		悀丂
沖波波高	2.00	2.50	1.40	0.760	0.977	0.52	
沖波周期	2.76	4.50	6.40	0.700	0.877	0.52	

	周期	確率周期(s)				
波高		50%	10%	2%	1%	
Tæ	5年	11.51	12.98	13.93	14.26	
唯	10 年	12.08	13.41	14.26	14.53	
~~	30 年	12.78	13.97	14.73	14.99	
冲	50 年	13.06	14.21	14.93	15.18	
<i>II</i> X	100 年	13.42	14.50	15.19	15.45	

(1) 被災波を含まない場合

(2) 被災波を含める場合

	周期	確率周期(s)				
波高		50%	10%	2%	1%	
工安	5年	11.65	13.36	14.45	14.85	
加生	10 年	12.28	13.85	14.85	15.25	
<del>"</del> " "	30 年	13.08	14.52	15.40	15.78	
小	50 年	13.41	14.80	15.70	15.99	
	100 年	13.82	15.17	15.99	16.31	





28 擾乱(被災波含む)

図3-5 波高と周期の相関と確率周期分布

結果をみると、被災波を含めない場合及び被災波を含める場合とも、周期についてはいずれも発生確率は 50%(50%発生確率周期)内に入る結果となった。

すなわち、うねり性の波浪のみを抽出して波高と周期の相関を見ると、今回の被災波浪 の周期については、波高の再現期間とほぼ同程度の再現期間となる。 今回の鷲崎漁港の被害では、一つには波向きが被害に大きく影響を及ぼしていることが これまでの検討結果からわかってきたところである。新潟県においては、平成18年度に 県内の漁港について設計沖波の見直しを行っており、波浪推算としてはWAMを用い、 1955年から2004年までの50年間を対象期間として波浪推算を行っている。今回の 鷲崎漁港の被災波浪(波高9.9m、周期13.2s、波向NNE)は、波向NNEとしては、最 も高い波浪であった。図3-6は波高の極値統計の結果であるが、今回の被災波を極地分 布にあてはめると、96年程度の再現期間に相当することがわかる。



図3-6 確率波算定結果(鷲崎)

また今回来襲した高波浪の特徴としては、波向きとともに、周期が長いのが特徴であったが、周期についても、波向NNEとしては、現行の設計沖波の周期12.2sに比べ、被災 波浪の沖波周期は13.2sと大きくなっており、既往最大の周期となっている。

このように、新潟県佐渡の本土側の漁港では、北~北東よりの波向きに対して比較的低 頻度の発生確率であるが、うねり性の強い波浪が来襲する可能性がある。

### 3.2 漁港施設等の復旧に向けて

今回の日本海高波浪は、沖合での波浪特性から見ると必ずしも過去数十年に来襲した最 大波高を上回るものではないが、うねり性波浪としては高波浪で長い周期のものであった こと、波向きも北から東よりであったこと等から、富山県の入善漁港海岸や新潟県の鷲崎 漁港等においては甚大な被害となった。今回のような周期の長い高波浪は、今後も起こり うる必ずしも稀な例ではないことから、4月末にとりまとめられた本技術検討委員会の「平 成20年2月の日本海高波浪に関する中間とりまとめ」において、今後の復旧に向けた提 言が下記のとおり盛り込まれている。

「・・今後進められる復旧に関しても、本技術検討委員会の中で様々な形で議論された が、例えば、今回のようなうねり性の高波浪については、技術検討委員会の中で行ったい くつかの検証結果からもわかるように、長い周期の影響等で浅水変形段階での波高の増幅 によって大きな被害をもたらすこと、このようなうねり性の波浪は過去に何回も起こって いること等から、このようなうねり性波浪よる被害を考慮した対策が必要であろう。

特に今回の高波浪による漁港施設等の被害について、周期が長い波浪の特性及び地形特 性についてかなり議論がかわされてきたところであるが、これらの波浪特性が、波高の収 斂や急な海底勾配等による越波増大、衝撃的な波圧の発生等をもたらしている。特に越波 対策等については、災害が起きた際の被害を最小限にとどめるようにいわゆるフェールセ ーフの設計の考え方が重要であること、周期の長い高波浪で衝撃砕波が懸念される場合は 消波工を設けることで衝撃砕波圧の発生が防げること等から、復旧にあたっては、越波対 策等として二次災害を最小限にとどめるフェールセーフの観点、衝撃的な波圧を軽減する ための消波工の設置やブロックの安定重量の確保等、本技術検討委員会の中で検討されて きた留意点も踏まえ、適切な復旧に努めていただきたい。・・」

中間とりまとめの後の5月連休明けに、富山県、新潟県ともに災害査定が行われ たが、今回の技術検討委員会の検討対象であった富山県の入善漁港海岸、新潟県の 鷲崎漁港や水津漁港等では、基本的にはこれら中間とりまとめに盛り込まれた技術 検討委員会からの提言等を踏まえ、それぞれの現場で復旧を行っていくこととして いる。

8

3.2.1 今後の富山県入善漁港海岸の対策上の主な課題

(1) 入善漁港海岸の被災の特徴

平成 20 年 2 月 23 日 ~ 24 日の日本海に発生した高波浪により、入善町では海岸保全施設 や漁港施設が被災し、大きな被害を受けた。

入善漁港海岸で特に甚大な被害が生じた要因は、日本でも有数の浸食海岸であり、富山 湾内でも特に急峻な海底勾配(1/4~1/6)であるとともに、海底谷など複雑な海底地 形を有していること、このような海岸に長周期の波浪が来襲すると、波高の収斂がおき、 波高が増大したことなどが考えられている。

また、入善漁港海岸での被害が甚大となった要因の一つに、海岸後背地の地形が挙げられる。一般に、海岸付近の地形は、海に向かって下る勾配の地形が多いが、入善漁港海岸 では、逆に陸側へ下がる勾配の低地盤地域が広がっており、護岸を越流した水塊が一気に 背後集落に流れ込んだことが被害拡大の要因となった。



堤防を越えて集落に押し寄せる波

高波から逃れるため逃げる住民ら



高波により

全壊した家屋 高波により 写真3-1 入善漁港 芦崎地区の被災状況



高波により破壊された護岸 区の被災状況

(2) 防災対策の方針

今回の災害復旧事業では、被災波を考慮した新沖波(30 年確率波)により、離岸堤の嵩 上げ、潜堤の離岸堤化、既設パラペットの嵩上げ等を行うこととなった。



(3) 今後の課題

しかしながら、入善漁港海岸の背後地域に密居集落が形成されており、陸側に行くにつ れて地盤高が低くなっているという特殊な地形条件や、複雑で急峻な海底地形であること に加えて、「寄り回り波」は太平洋側の台風や日本海側の冬季風浪と異なり、事前に予測 することが困難であることを勘案すると、今回のような「寄り回り波」が来襲した場合 には、再び背後集落への越流による甚大な被害が懸念されるため、越流対策として二次 災害を最小限にとどめるフェール・セーフの視点からの対策が今後の課題である。 3.2.2 今後の新潟県鷲崎漁港、水津漁港等の対策上の主な課題

2月に発生した高波浪は、佐渡島の漁港、海岸に大きな被害を残したが、地域でその高 波を直接体験した方々はその恐怖体験の中で、今まで経験したことのない津波のような高 波であったが、気象変化には仕事柄敏感なベテラン漁師でさえ予測できず、漁船等の係留 で荒天対応ができなかったことを非常に残念がる声が多い。

今回、冬季風浪災害で被災した防波堤等を復旧しても、このような想定を超える波浪に 対して構造物だけで対抗するには限界があることから、さらなる危機管理対応が必要とさ れている。

具体的対応策として、まず、一般的に土地利用の規制等が考えられるが、その居住が地 域での生業と不可分になっていることから、地域づくりからの対応策は難しいと考えられ る。そこで、危機管理を中心とした対応策として、今回の地元の意見を踏まえると、被害 の回避行動が予めとることを可能とするため、波浪警報や気象情報のきめの細かい提供が 重要となる。

特に波浪については、予測の困難さがあるとしても、今回災害をもたらしたうねり性高 波浪の発生及び来襲は、過去の低気圧の発生事例から冬季の気圧配置パターンによっても 予測できる可能性がある。今後できうることとして、例えば台風情報で気象庁が取り組ん でいる過去の台風との比較でその危険性を関係者に周知しているが、このような方法を取 り入れ波浪警報時に併せて気象情報提供する、あるいは波高情報の他波向情報も加える等 の気象予報技術の改善などが期待されている。

また、漁港管理の現場サイドとしても危機管理対応が必要と考えられる。佐渡の本土側 は通常の冬季風浪では島の遮蔽効果もあり大きな波浪に発達しない。しかしながら、今回 のような北寄りの長周期の高波浪等も含めた現行の設計波浪に対して、特に今回の被災事 例のように波向の影響について、佐渡の他漁港の施設についても安全性が確保されている か、危機管理対応の一貫として、緊急点検調査、計画的な対策の実施が重要である。

### 3.3 今後の漁港施設等の設計上の主な課題

今回の高波浪は、沖合での波浪特性から見ると、北~北東からの周期が長いうねり性波 浪が卓越していたことが特徴として挙げられる。また、このような周期の長い高波浪によ る、先に掲げた入善漁港海岸や佐渡の鷲崎漁港等における波高の増大や被害の増大を助長 するメカニズムについても今回の検討を通じて分かってきたところである。

一方、現在の最新の技術を用いても十分な検証や数値モデルによる現象再現が困難な場合があることや、海域域での陸域による回折効果の影響の評価等の技術的な課題がいくつか残されていることも改めて確認することができた。

このため、これら技術的な課題を中心に漁港施設のより効果的な設計等に向けて、長期 的及び短期的な課題も含めて、今後できるだけ検討を進めていくことが望ましいと考えら れる主な課題について、以下に掲げる。

3.3.1 漁港施設の設計潮位について

漁港施設の設計潮位としては、既往の観測データや背後施設の重要度等を勘案して以下 に示すものが挙げられる。

既往の最高潮位(H.H.W.L.)

朔望平均満潮位(H.W.L.)+最大潮位偏差

高潮又は砕波による水位上昇が推定される水域では必要に応じ適切な偏差を加える。

朔望平均満潮位(H.W.L.)

朔望平均干潮位(L.W.L.)

設計潮位は、対象とする構造物の目的によって異なる。また、目的を同じくする構造物 においても、その施設の機能や構造安定の検討により設計潮位が異なる。

朔望平均満潮位(H.W.L.)等は、一般に天文潮や気象潮の過去の変動記録等から それぞれ地域ごとあるいは漁港毎に定めている。また特に防波堤の安定計算等については、 朔望平均満潮位(H.W.L.)又は 朔望平均満潮位(H.W.L.)+最大潮位偏 差がよく用いられている。また潮位偏差として砕波による水位上昇量等が用いられている。

一方、今回の日本海の高波浪の場合は、低気圧の低下に伴う高潮あるいは砕波による水 位上昇の他に、富山湾の地形の影響や新潟沿岸の大陸棚の影響等により、周期が長い水位 変動が起こっていたことが確認されている。

今後漁港施設の設計に当たって潮位を見直す等の検討に際して、周辺に既往の検潮記録 偏差等が長期にわたり観測されている場合には、これら潮位偏差記録等の検証も十分に行 い、必要に応じて設計潮位に反映していくことも重要と考えられる。 3.3.2 波浪推算について

近年、地球規模の気象・海象変動の影響等もあり、これまでにあまり記録がない波向か ら高波浪が来襲するケースや、過去最大規模の高波浪が頻繁に起こるケース等も各地で報 告されている。

今回の新潟県及び富山県における漁港の設計沖波としては、昭和 61 年度(1986 年) 実施した沖波調査結果が用いられてきた。しかしながら、先の沖波調査から20年以上がたち、また上記のような理由などから、新潟県については、平成18年度に県内の漁港について設計沖波を見直しており、また、富山県においても今回の被災を踏まえ、平成19年度に入善漁港海岸等をはじめとして、県内の各漁港において、設計沖波の見直し作業に着手したところである。このように、設計沖波については、大きな災害があった場合あるいは十数年に1回毎でも定期的に検証し、必要に応じて見直していくことが重要である。

現在の波浪推算としては、電子計算機の能力の向上、波浪推算プログラム手法の発展等 により、WAM、SWAN等第3世代の最新の波浪モデルが用いられるようになってきて いる。今回委員会資料の中でも、第3世代のWW3、WAM等を使っており、今回来襲し た高波浪等の特性を比較的精度よく再現することができている。これは、波浪モデルの精 度とともに、波浪の推算に用いる海上風を比較的精度よく再現していることにも起因して いる。今回の海上風の推算にはMM5を用いているが、このように現在の波浪推算手法と してかなり精度よく現象を再現できるレベルとなっていることが改めて確認することがで きた。また NOWPHAS の観測データ、風観測データ等も蓄積されてきており、波浪推算の 検証等より精度の高い設計沖波の設定が可能となってきている。

しかしながら、漁港等の多くは、島陰などにある良好な入り江に多く存在しており、いずれの波浪モデル手法も周辺地形の回折効果などを十分に評価できないことから、半島を回る波浪や島背後の波浪については多少過小評価する傾向がある等課題も残っている。そのため、特に波の収斂や急勾配地形の影響が著しい浅海域においては、浅海域での波浪変形の再現に当たっては、きめ細かい評価を行っていく必要がある。

さらに、今回新潟県の鷲崎漁港等では、卓越周期の異なる2種類の波群(風波とうねり) のピークがほぼ同時期に重畳したことがわかっている。しかしながら波向が異なるうねり と風波の二山型の波浪の重畳効果等については、これまでの漁港の設計において十分な知 見がなかった面もあり、漁港施設の設計波高や波圧の算定等に際してはほとんど検討され てこなかった。これまでどちらかと言うと波高を中心に波浪推算の検証が行われてきたが、 今後は、波浪のスペクトル特性、波高と周期の関係、波群の重畳効果等も必要に応じ検証 していくことが重要である。

13

3.3.3 防波堤に作用する波圧について

今回の新潟県佐渡の漁港被害等も、想定外の周期の長い高波浪が来襲して起こった事例 であるが、近年設計波以上の高波浪が来襲し、甚大な被害が生じたケースが起きている。

特に平成16年災や平成18年災は、多くの漁港で被害が生じており、第1線防波堤の 被災、波力により堤体の転倒、滑動等甚大な被害も生じた施設も数多くあった。

図3-7は、平成16年災及び平成18年災において、第1線防波堤の被災又は波力に より堤体の転倒・滑動が生じた被災の事例のうち、設計データ等の資料を入手した39施 設について、周期別に被災割合を整理したものである。ここで、全国とあるものは、平成 14~16年度に整備した重力式防波堤686施設の事例の周期別割合である。



全般的な傾向から、これらの被災は設計波以上の高波浪の来襲が被災原因であると考え られるが、近年、周期の長い波浪(12~14秒程度の範囲)で被災した事例や、重複波 領域において高波浪が来襲したため、砕波または衝撃砕波の発生により急激に安定性が低 下した可能性し被災した事例等が比較的多い傾向にあることが見受けられる。

今回の新潟県佐渡の漁港被害等も同様な事例であるが、このような近年の被害状況等を 踏まえ、防波堤に作用する波圧についても、実験や数値シミュレーション等により検証を 進め、それらの結果、何らかの見直しが必要と判断される場合には、防波堤に作用する波 圧の考え方について見直していくことも重要である。

3.3.4 衝撃砕波について

高波浪により防波堤において、数十mにも及ぶ波しぶきがあがっている状況を見ること があるが、特に巻き波状の砕波であると波面が防波堤の壁面に衝突するようになり衝撃的 な砕波力が発生する現象がしばしば見受けられる。

しかしながら、実験等により、防波堤の前面に消波工が設けると、このような衝撃砕波 力を著しく緩和できることがわかっている。

このため、衝撃砕波力の発生を防止するためには、まずは衝撃砕波が発生する恐れのあ る地点に構造物を設置することを避けるなどが必要であるが、施設の配置上やむを得ず衝 撃砕波力が発生する危険性のある地点に構造物を設置する場合は、消波工を設ける等の適 切な対策を講じる必要がある。

特に、衝撃砕波力が発生する条件は、様々な要因がかかわってきており複雑なことから、 必ずしも十分な推定方法はなく、また想定を越えた高波浪等が来襲し、衝撃砕波が起きる 場合もあり、引き続き衝撃砕波力が発生する判定条件等についても、検討を進めることが 重要である。

3.3.5 長周期波浪とブロックの安定について

今回の被災は、想定を越える周期の長い高波浪が来襲したことから、ブロック等が散乱 したものと考えられる。また、防波堤は被害を受けなかったが被覆ブロックのみ被災する 場合もしばしば見受けられる。

ブロックの安定に関しては、これまでハドソン式などにより適切に算定してきていると ころであるが、今回のような周期の長い高波浪という観点で改めて見ると、周期の影響に ついては必ずしも十分な検討がなされてきていない面もあると思われる。

ブロックを安定性に関する模型実験の一例として、周期が現地換算で、12秒台から長 周期の16秒台にあがると被災率が高まる傾向にあることが指摘されている。このように 過去に行われてきたブロックの安定性に関する実験結果等から、ブロックの安定性は、多 少なりとも波浪の周期にも影響している可能性がある。また、今回の被災事例のように、 想定を越える高波浪の来襲に伴い、激しい砕波あるいは衝撃砕波の発生等によりブロック の安定性に影響を及ぼすこともある。

このようにブロックの安定重量に関しては、様々な要因も複雑に絡んでいることから、 その効果についての検証は困難な面があるが、先のフェール・セーフの観点からも被災事 例の検証を進めつつ、ブロックの安定重量を十分に確保することが重要である。 3.3.6 フェール・セーフの考え方を取り入れた漁港施設等の設計について

フェール・セーフは、例えば設計上の不具合などの障害が発生することをあらかじめ想 定し、発生した被害を最小限にとどめるような工夫をしておくという設計思想であり、様々 な分野でその考え方が用いられている。

この考え方を踏まえ、想定した波高、周期、波力等を有する来襲波に対して必要な性能 が維持される損傷にとどまるように施設を計画・設計するだけでなく、例えば、想定以上 の来襲波に対して、当該施設が損傷を受けた場合でもその復旧が容易となるよう、また、 背後施設の損傷等を最小限となるよう、施設の計画・設計の際に配慮することも重要であ る。

今回の入善漁港海岸は、背後集落にも甚大な被害をもたらしたが、そのことからもフェ ール・セーフの重要性が認識されたところであり、例えば想定を越える高波浪に伴う越流 被害等が最小限となるよう、施設の計画・設計において、必要に応じフェール・セーフの 考え方を導入することも重要である。

### 資料 - 4

## 委員会とりまとめ報告書目次構成(案)

はじめに

委員会とりまとめ骨子

漁業地域における被害状況について

- 1 全国の水産関係被害状況(水産庁調べ)
- 2 富山県及び新潟県の水産関係被害状況
- 3 富山及び新潟の漁港施設等の被災状況

今回の気象及び高波浪の特性について

- 1 災害をもたらした気象擾乱(風域場等)の状況
- 2 潮位等の状況
- 3 新潟及び富山での高波浪の形成状況

漁港施設等の被災要因について

- 1 入善漁港
- 2 鷲崎漁港等

漁港施設等の復旧や今後の整備に向けて

その他参考資料

技術検討委員会の設置目的 技術検討委員会の委員 技術検討委員会開催状況