

2008年2月日本海高波浪による漁港・海岸災害 の波浪特性について

CHARACTERISTICS OF HIGH WAVES WITH SWELL INFLICTING
SERIOUS DAMAGE ON FISHING PORTS AND COASTAL AREAS
ALONG THE SEA OF JAPAN IN FEBRUARY, 2008

片山裕之¹・橋本牧²・中泉昌光³・野口博之⁴・大塚浩二⁵・駒口友章⁶
Hiroyuki KATAYAMA, Osamu HASHIMOTO, Masamitsu NAKAIZUMI,
Hiroyuki NOGUCHI, Koji OTUKA and Tomoaki KOMAGUCHI

¹正会員 博(工) 財団法人漁港漁場漁村技術研究所(〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

²正会員 水産庁漁港漁場整備部(〒100-8907 東京都千代田区霞ヶ関1-2-1)

³正会員 工博 社団法人水産土木建設技術センター(〒104-0045 東京都中央区築地2-14-5)

⁴国土交通省九州整備局港湾空港部(元水産庁)(〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7)

⁵正会員 財団法人漁港漁場漁村技術研究所(〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

⁶正会員 工博 財団法人漁港漁場漁村技術研究所(同上)

The coastal areas along the Sea of Japan were hit by high waves with swell in February, 2008. The high waves inflicted serious damage on the fishing ports of the Sado Island, Niigata and the village as well as coastal protection facilities in Nyuzen, Toyama. The authors have conducted an analysis on the characteristics of the high waves. The results are as follows: 1) Waves, which had occurred on the west sea of Hokkaido, developed to a long-period swell by the north – northeast wind under a strong wintry pressure pattern. In addition, while going south in the sea, the swell was affected by the northwest winds and became high waves with a long-period swell. 2) High tide was generated by an atmospheric pressure fall and blowing up. In addition, the tidal variation for a period of dozens of minutes from several minutes accounted for extra-high water. 3) Waves of the NNE direction in deepwater, which differ from the design wave of the N direction, acted on the breakwaters of the Sado Island without attenuating their wave heights. Waves with long-period components, which exceed the design wave period, attacked the Nyuzen coast.

Key Words : *High waves, swell, long-period components, fishing port, disaster, high tide*

1. はじめに

2008年2月23日から24日にかけて日本海側にうねり性の強い高波浪が発生し、新潟県佐渡島の鷲崎漁港等や富山県入善漁港海岸では死者・負傷者が生じるとともに、漁港施設や海岸保全施設、漁船・漁具等、背後の家屋に甚大な被害が発生した。今回の災害は、富山などで「寄り回り波」ともいわれるうねり性が卓越し、通常とは違った複雑な高波浪が発生したことによるものと考えられた。そこで被害規模の大きかった佐渡島の鷲崎、北小浦、水津の3漁港と入善漁港海岸の再度災害防止と迅速な災害復旧に向けて、今回の高波浪の特性を明らかにすることが重要となった。本研究は、被災状況や気象・海象データ等、数値計算等に基づき、高波浪特性について解析した成果を報告するものである。

2. 研究の内容

本研究では、被害規模の大きかった佐渡島の3漁港と入善漁港海岸を対象に、被災状況、気象・海象データの分析や数値計算等を用いて、①災害の要因となった気象擾乱、②潮位及び潮位変動、③高波浪の形成メカニズム、④佐渡島の鷲崎漁港等及び富山県入善漁港海岸での被災沖波の推算と再現性について検討を行った。

3. 漁業地域の被害状況

被害地域を図-1に示す。新潟県と富山県を中心に

日本海沿海14県において人的被害や家屋被害の他、漁港、漁港海岸、漁業用施設、共同利用施設、漁業集落環境施設や漁船・漁具等が被災し、水産関係で267億円の被害報告があった。被害のほとんどは新潟県と富山県に集中し、新潟県では9漁港、1漁港海岸、漁船266隻などの被害が発生し、水産関係の被害額は197億円であった。佐渡島の本土側に位置する鷺崎、北小浦及び水津漁港（写真-1）では、防波堤が相当延長にわたり被災し、県下の被害のほとんどを占めた。富山県では4漁港、2漁港海岸、漁船66隻などに被害が発生し、水産関係の被害報告額は48億円。入善漁港海岸の離岸堤、潜堤及び階段式護岸の損壊（写真-2）が被害額のほとんどであった。

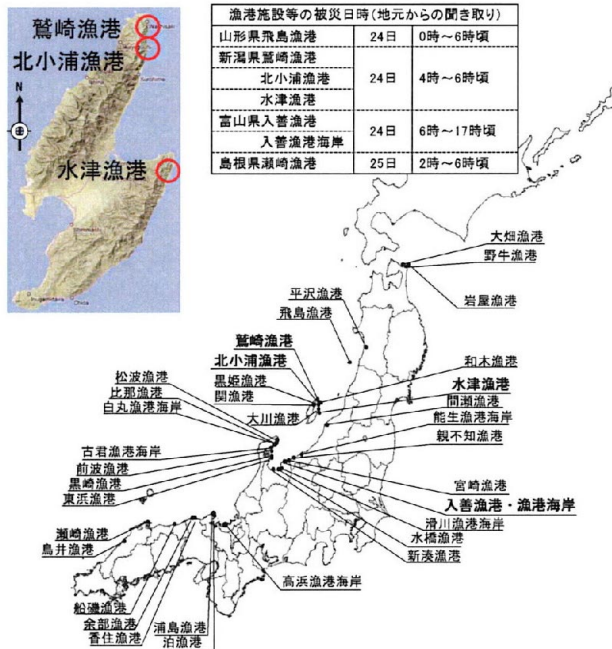


図-1 被害地域の分布

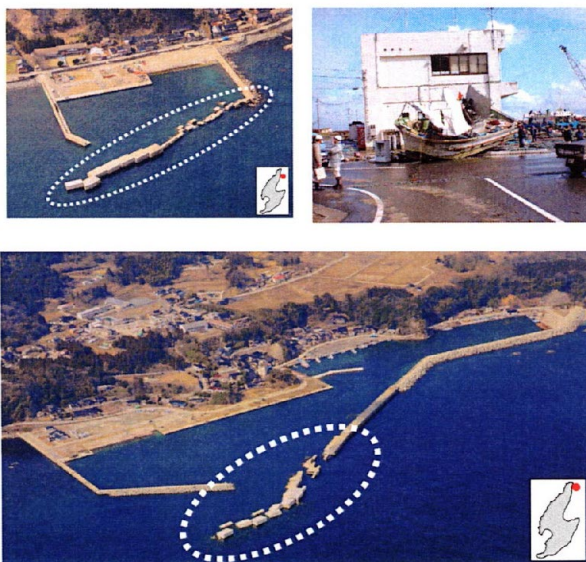


写真-1 被災状況（左上：北小浦，右上：水津，下：鷺崎）



防波堤を越えて住宅に押し寄せる高波。富山県入善町で。読売新聞社提供



写真-2 入善漁港海岸（左下：被災前，右下：被災後）

4. 気象及び波浪の特性

(1) 気象擾乱

地上天気図と気象衛星ひまわり6号による雲画像（気象庁）から、2月23日から24日にかけて、日本近海を複数の低気圧が発達しながら東進し、日本の東海上で停滞したため冬型気圧配置が強まり、強い寒気の流入により一部で大雪となるなど大荒れの天気となったことがわかる。津軽海峡付近に停滞した低気圧の影響により、日本海北部で北寄りの強風が継続した。また、23日には関東で春一番が観測されたほか、北日本や西日本では陸上で20～25m/s、海上で25～28m/sの暴風となり、一部では最大瞬間風速が30m/sを超えたところもあった。図-2に示すように、富山県田中の観測データ（国土交通省河川局提供）及び新潟県佐渡島弾崎での観測データ（気象庁提供）より、ピーク時には15～20m/s程度の風が吹いていたことがわかる。

そこで気象擾乱の特徴や寄り回り波の特徴の把握のために、日本海を中心とした風域場の推算を行った。今回のように広範囲にわたる気象や風の場を精度よく再現し、また能登半島や佐渡島の遮蔽効果等海域や陸域の地形の影響をできるだけ考慮するために、メソ気象モデルであるMM5（NCAR/PSU Fifth-Generation Mesoscale Model）モデル（境界用の客観解析データを低気圧ボーガスで修正する手法を適用）を用いることとし、気象シミュレーションでは、Domain1（空間刻み36km）、Domain2（12km）、Domain3（4km）及びDomain4（1.3km）のネスティング計算を行った。気象場のバックグラウンドデータ、

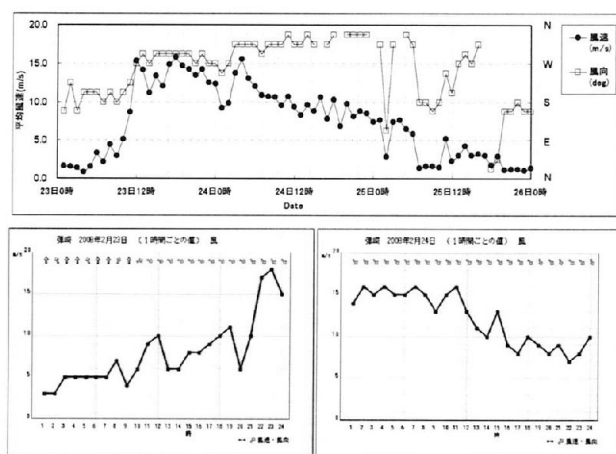


図-2 風速・風向の変化（上：田中，下：弾崎）

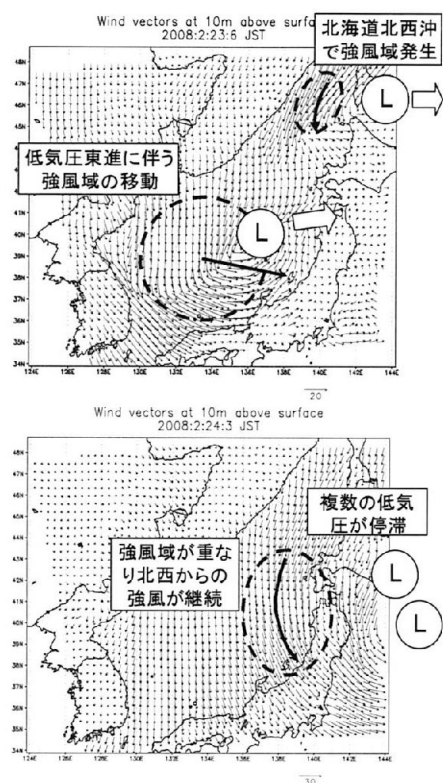


図-3 風域場の計算結果（上：23日6時，下：24日3時）

境界条件，4次元データ同化には米国環境予測センターの全球解析値を用いた。

23日0時から24日6時にかけての6ないし3時間ごとの風域場の推算結果（図-3）と気象観測値から，23日に大陸から低気圧が東進するにともない，日本海西部海域から日本海の中沿岸へ移動した強風域と，北海道の西側海域から南西方向へ発達した強風域が，合わさるよう新潟・佐渡地方へ移動したことがわかる。また24日には北海道の東方海上で停滞した低気圧によって，新潟・富山沿岸の海域では北～北西方向からの強風域が継続している特徴も確認できた。

(2) 潮位等

日本海沿岸観測地における2月の観測潮位と潮位

偏差を整理した結果の一部を図-4に示す。23日から24日にかけては大潮で満潮時に潮位が高かった状況の中，さらに日本海の広範囲にわたり20cm～30cmの潮位偏差が観測された。次に潮位偏差の発生要因を把握するため，大気・海洋・波浪結合モデルによる高潮推算を行った。海上風の推算モデルとしてMM5モデルを，波浪の推算モデルにSWANを，水面変動の推算にはPOM (Princeton Ocean Model) を用いた。その結果を図-5に示す。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，秋田から佐渡にかけて最大30～40cmの高潮が見られる。

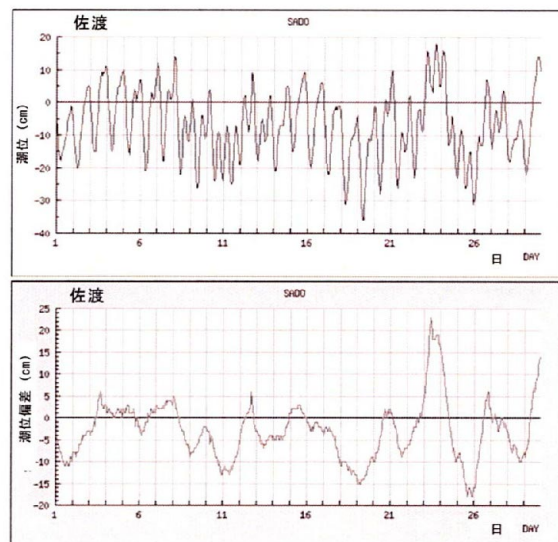


図-4 佐渡の潮位（上），潮位偏差（上）（気象庁）

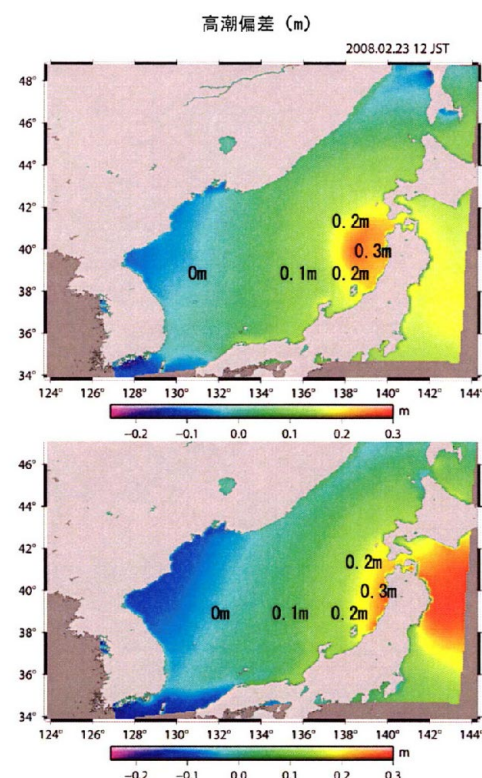


図-5 高潮偏差の計算結果（上：23日12時，下24日0時）

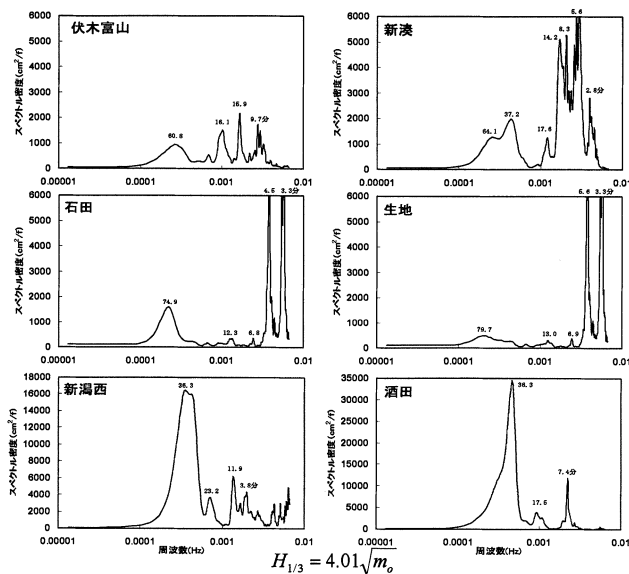


図-6 2月24日のパワースペクトル

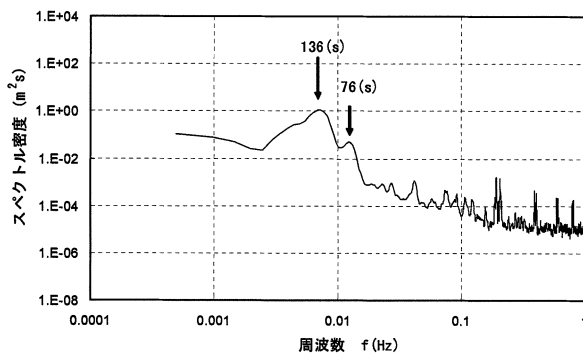


図-7 2月24日5時10分から1時間生地のパワースペクトル

潮位観測の記録から、高潮位に加えて長周期の水
位変動成分の卓越が観測されている。NOWPHAS（全
国港湾海洋波浪情報網）の伏木富山、新湊、新潟西、
酒田（国土交通省港湾局提供）及び石田、生地（国
土交通省河川局提供）の観測潮位から1日移動平均
潮位を除いた偏差時系列データについてスペクトル
解析を行った結果を図-6に示すが、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、酒田では40cm程度と、外洋に面
した地点の方が大きい。また、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、新湊では
同じ周期のエネルギー密度にピークをもつが、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
ことから、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。

より短い周期の変動成分の寄与を把握するため、
富山県生地における潮位観測データについて、高波
浪が来襲していた2月24日5時10分からの1時間の観
測データ（国土交通省河川局提供）を解析した。そ
の結果を図-7に示すが、80s程度と140s程度という、
通常の波浪より長く、先の潮位変動より短い変動が

生じていることがわかり、これらを区間統計で有義
波高さに換算すると、約十数cm程度に相当する。

以上より、今回潮位は、気圧低下、吹き寄せに
伴う高潮の発生により日本海全域で高い状況に
あった。特に佐渡の北側海域では漁港が被災した
時刻が大潮の満潮時に近かったこともあり、潮位
の影響を大きく受けたものと考えられる。また、
23日から24日にかけて激しい潮位の変動が起こり、
これに数十分から数分単位の長周期の変動が発生
していた。長周期変動は有義波高換算では数十cm
に相当しており、高い潮位にこれらの潮位変動が
加わり、高い水位が形成されたものと考えられる。

(3) 高波浪の形成メカニズム

NOWPHASの波浪観測記録を整理した結果を図-8に
示す。富山、輪島等で観測以来の既往最大有義波高
を超えた波浪が観測され、周期については、新潟沖、
富山、伏木富山、輪島等多くの観測地点で、既往最
大有義波周期を超えた長周期の波浪が来襲したのが
観測された。各観測地点におけるピーク高波浪の発
生時間をみると、うねり性の周期の長い波浪が北か
ら伝わってくる様子が一部見られるが、新潟沖や直
江津では酒田より早い時間にピーク波高が発生して
おり、これらの地点では主に北西からの風波の影響
が早い時間帯に卓越していたと考えられる。

こうしたうねり性波浪と風波の影響等を把握する
ため、波浪推算を行った。海上風の推算モデルには
MM5、波浪推算にはWW3（Wave Watch III）を用い、
海上風の計算領域と同じ条件で実施した。風域場で
は、日本海沿岸のアメダスの観測地点から近隣の秋
田、酒田、新潟、金沢を選定し推算精度の検証を行
うとともに、波浪推算の検証は、近隣のNOWPHAS波
浪観測地点である酒田、直江津、伏木富山、輪島で
行った。波浪推算の結果として、鷺崎漁港及び入善
漁港の近傍での波浪の波高及び周期、風波のエネル
ギー成分のピーク（WSP）及びうねりのエネルギー
成分のピーク（PWP）に対応した周期成分の時系列分

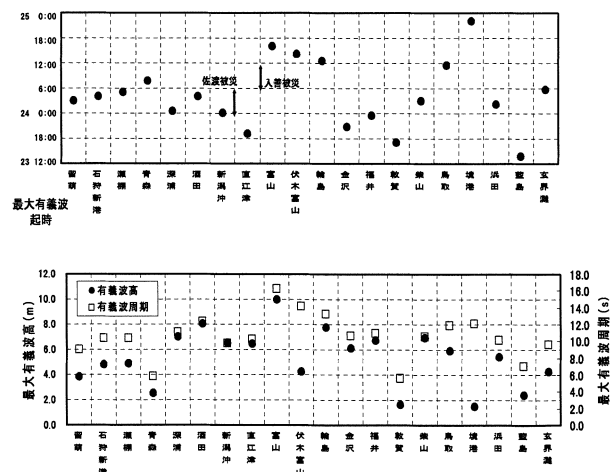


図-8 日本海各観測地点のピーク波浪時の位相と波高等

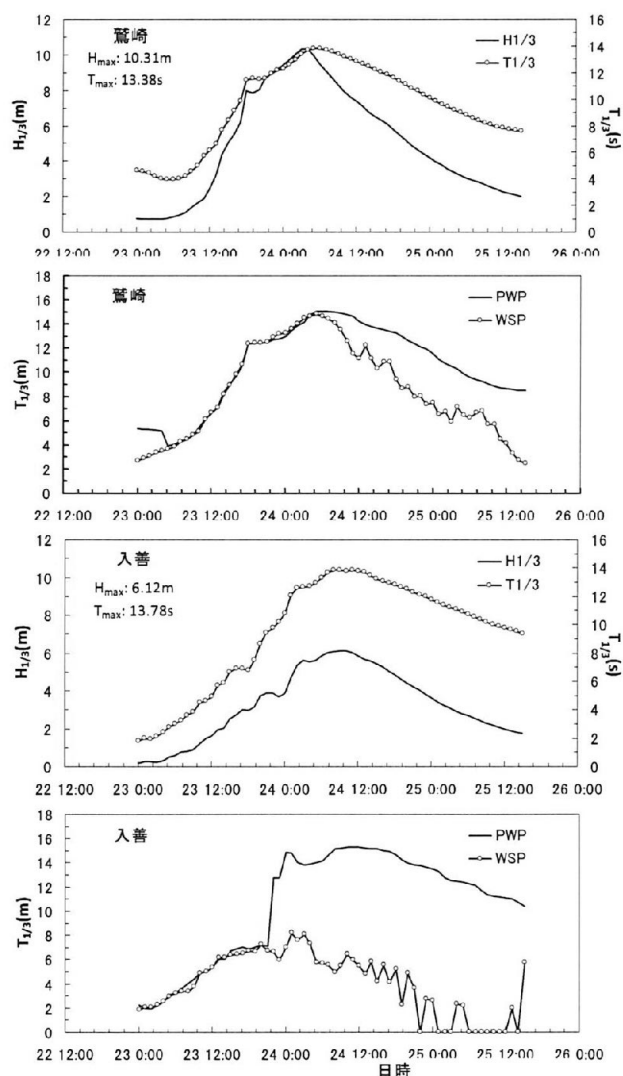


図-9 鷺崎及び入善の波浪特性の時系列分布

布を図-9に示す。鷺崎漁港では、波浪の発達に対して風波とうねりのピークが一致しており、北西の風による風波と南下してきたうねりが重なって波浪エネルギーは高くなっている一方、入善漁港では、24日頃からうねり成分が支配的になっており、うねりが卓越していたことがわかる。すなわち、23日北西からの風波の影響が顕著であったが、24日0時頃には、南下したうねり性波浪と風波が重なる等の影響で佐渡の北沖では波高及び周期が増大し、時間の経過とともに富山湾に向けて周期の長い波浪がさらに南下したものと考えられる。

既往の文献等^{1), 2)}によると、富山湾内周辺における寄り回り波の被害が頻繁に生じている場所（入善、滑川、新湊、氷見等）と、頻繁には生じない場所とに分類される。寄り回り波は、低気圧による強風が収まった頃に突然にうねりとして来襲するために、不意をつかれた格好での被害も多く、今回の気象擾乱はそういう観点からも特異な面もある。また、一般的な寄り回り波の周期は10～12s程度であるが、

今回来襲した寄り回り波は、その周期が富山で16.2sと、従来の寄り回り波と比較して特に周期が長いという特徴がある。なお、富山湾の入善漁港海岸等で寄り回り波による甚大な被害をもたらした事例として、1970年1月に発生した寄り回り波がある。

以上、高波浪の形成メカニズムは図-10に示すように考えられる。日本海をゆっくりと低気圧が発達しながら通過した場合、日本海沿岸海域で高波が来襲するが、富山湾や佐渡の本土側は能登半島や佐渡島の遮蔽効果で沿岸へ来襲する波浪はあまり発達しない。しかし、今回の波浪に関しては、北海道西方海上の低気圧によって形成された強風によって発生した波浪が日本海を長軸方向に伝播する際に、日本海や太平洋を東進した複数の低気圧が周辺の高気圧に囲まれ太平洋側北部で停滞し冬型気圧配置が強まったことにより、日本海北部では北から北東よりの強風が23日から24日にかけて長時間継続し、長い吹送距離と吹送時間により、長い周期のうねりとなってさらに発達するとともに、うねりと風波の相互作用も重なって高波浪が形成されたことが、佐渡や富山湾に周期が長いうねり性高波浪をもたらしたものと考えられる。



図-10 風波とうねりの来襲

(4) 漁港別の被災沖波（推算値）

築造時の設計波と波浪推算による被災波の諸元を整理したのが表-1である。最大有義波高の発生時刻は、佐渡では24日3時頃、富山では24日10時頃となっているが、被災地での聞き取りとも概ね一致しており、その時刻近くで被災を受けたものと思われる。佐渡島の鷺崎など3漁港では、沖波として過去のN方向等から来襲した最大波を越えるものではないが、NNE方向としては大きく、特に周期が長いのが特徴である。NNE等方向成分により佐渡の遮蔽の影響が少なかったこと、今回の高波浪の周期が長かったこと等により波高が大きく減衰せず漁港に来襲したものと考えられる。入善漁港海岸では、沖波として方向集中度の高いうねり成分が卓越したものとなっており、波高は現行の設計沖波と同程度ぐらいであるが、周期については設計沖波を越えており、波高の増大が大きかったものと考えられる。

表-1 築造時の設計波及び被災波の諸元

漁港施設名	構造形式	築造時の設計波			被災時の波	
		沖波	堤前波	波浪推算方法	沖波	堤前波
鷺崎漁港 東防波堤	消波工被覆混成堤	NNW 8.1m 12.3s	5.0m 12.3s	2004年被災波（新潟沖観測値より推算）	NNE 9.9m 13.2s	7.3m 13.2s
	混成堤 （中詰コンケーソン）	ENE 5.5m 8.0m	4.7m 8.0s	1987年沖波（スペクトル法、SMB法）		7.4m 13.2s 7.5m 13.2s
北小浦漁港 北防波堤	混成堤 （水中コンの単塊）	NE 4.4m 10.0s	3.5m 10.0s	1958年狩野川台風記録より推算（SMB法）	NNE 9.9m 13.2s	8.5m 13.2s
	混成堤	NNE 7.6m 11.6s	4.5m 11.6s	1987年沖波（スペクトル法、SMB法）		
水津漁港 北防波堤	混成堤	ENE 4.0m 7.0s	3.6m 8.4s	1979年沖波（SMB法）	NNE 8.5m 13.6s	9.6m 13.6s 7.9m 13.6s
	消波工被覆混成堤		4.7m 7.2s			8.0m 13.6s
水津漁港 第2沖防	混成堤	N 10.2m 13.2s	6.7m 13.2s	2006年新沖波（WAM）	NNE 8.5m 13.6s	7.4m 13.6s

被災時の波	沖波の波浪推算法（WW3）、潮位DL+0.25m 波浪変形（広領域：エネルギー平衡方程式、狭領域：ブシネスク方程式）、DL+0.50m
-------	--

入善漁港海岸の施設・構造	築造時の設計波			被災時の波	
	沖波	堤前波	波浪の推算方法	沖波	堤前波
離岸堤（消波ブロック式）	NNW 6.2m 10.7s	7.3m 10.7s	1986年沖波（スペクトル法により推算）	N 6.2m 13.8s	8.3m 13.8s
潜堤（被覆ブロック式）					
護岸（直立式・緩傾斜式）					

被災時の波	沖波の波浪推算法（WW3）、潮位DL+0.25m 波浪変形（広領域：エネルギー平衡方程式、狭領域：ブシネスク方程式）、DL+0.85m
-------	--

(5) 被災波の再現性

今回の波浪がどの程度の頻度で来襲するものなのか、鷺崎と入善の被災波の再現性について、およそ50年の期間に来襲した異常気象を対象に波浪推算値による評価を行った。

a) 鷺崎漁港

新潟県では、2006年に県下漁港の設計沖波の見直しとして、1955年から2004年までの50年間の気象擾乱を対象にWAMを用いて波浪推算を行っている。鷺崎漁港の被災波浪は、波向NNEとしては最も高い波浪である。波向NNEの風波とうねりを対象に極値統計解析を行った（新潟沖の波浪データの特性のため）ところ、被災波（波向NNE、波高9.9m、周期13.2s）は100年近い再現期間に相当し、沖波の周期13.2sについても、波向NNEとしては現行の設計沖波の周期12.2sに比べ大きく、既往最大の周期となっている。このように、佐渡島の本土側の漁港では、波向が大きく影響を及ぼしており、N～NE寄りの波向に対し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。

b) 入善漁港海岸

1955年から2008年までを対象期間として波浪推算（WAM）を行った結果、入善漁港海岸ではうねり（波形勾配0.025未満のもの）と風波が混在している。うねりのものだけを抽出した場合を図-11に示す。被災波（波向N、波高6.2m、周期13.8s）の波高が推算対象期間の中で既往最大であり、今回の被災波を含まない場合は100年近い再現期間に相当し、被災波を含む場合の今回の再現期間は約75年程度相当となっている。

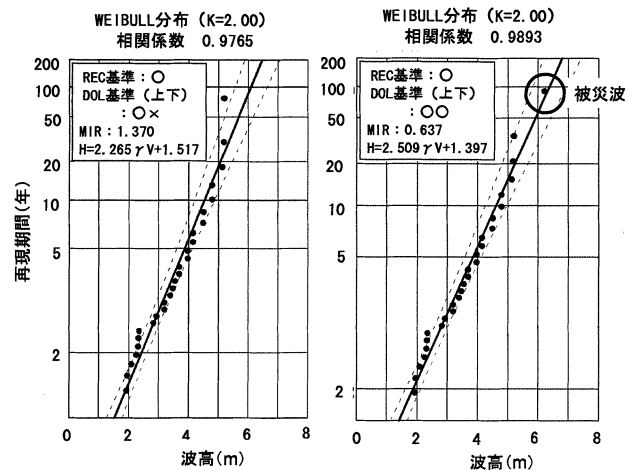


図-11 うねりの確率波高の算定結果（入善漁港海岸）

（左：被災波含まず、右：被災波含む）

5. 最後に

- 1) 今回の高波浪は、①北海道西方海上の低気圧による強風によって発生した波浪が日本海を長軸方向に伝播する際に、日本の東海上に抜けた複数の低気圧が停滞し冬型気圧配置が強まったことにより北から北東よりの強風が長時間継続し、長い周期のうねりとなってさらに発達したこと、②日本海を発達しながら移動した低気圧による北西からの風波とうねりの相互作用も重なり、周期の長いうねり性の強い高波浪の要因と考えられる。
- 2) 日本海全域の潮位は、気圧低下、吹き寄せに伴う高潮が発生し、さらに被災時刻が大潮の満潮時に近かった。また、数十分から数分単位の長周期の変動（有義波高換算で数十cmに相当）が周期的に加わり、高い水位が形成されたものと考えられる。
- 3) 鷺崎漁港等では、沖波としてN方向からの設計波を超えるものではないが、NNE方向としては大きく、周期が長い。NNE等の方向成分により佐渡島の遮蔽の影響が少なかったこと、周期が長かったこと等により波高が大きく減衰せずに漁港に来襲したものと考えられる。入善漁港海岸では、沖波として方向集中度の高いうねり成分が卓越したものとなっており、波高は現行の設計沖波と同程度であるが、周期については設計沖波を越えており、波高の増大が大きかったものと考えられる。

参考文献

- 1) 磯崎一郎、齋藤勝也：日本海の波浪特性、財団法人日本気象協会、1991。
- 2) 内藤信二、歌川紀之、西村仁嗣、武若 聡：日本海沿岸における寄り回り波の性状に関する研究、土木学会第54回年次学術講演会論文集、pp.20-33、1999。