

# 卷 末 資 料

## 1. 対策検討技術委員会の概要

### 1.1 委員会の設置目的

平成20年2月23日から24日にかけて、発達した低気圧の影響により北日本の日本海側地域を中心に、高波や暴風による被害が相次いだ。

富山県内では、波に流されるなどして2人が死亡、家屋や倉庫等の損壊・浸水は約300棟にのぼったほか、沿岸部では海岸や漁港、そして港湾施設にも大きな被害が発生した。

港湾施設については、伏木富山港の伏木地区の北防波堤で、全長1,500mのうち約800mにわたって最大で12メートル陸地側へ押し込まれる被害を受けたほか、臨港道路や、港湾緑地で冠水による被害をうけるとともに、同港新湊地区においても防波堤が一部決壊したほか、岸壁・物揚場・護岸で上部工、車止めや防舷材等に、臨港道路や緑地で冠水による被害を受けた。

富山湾を襲い、港湾施設にも被害をもたらした今回の波浪は、国土交通省港湾局の全国波浪観測情報網（ナウファス）の観測データによると、通常より長い周期を持つ「うねり性波浪」であり、この波浪が断続的に来襲したことが確認されている。

この「うねり性波浪」は地元で「寄り回り波」と呼ばれている。「寄り回り波」は日本海北部の暴風域で発生・成長したうねりが、長い距離を伝播して富山湾へ到達するものであり、あたかも各地を寄って回るように来襲するため古くから「寄り回り波」と言われている。

本委員会は、港湾施設等に多大な被害を与えた「うねり性波浪」の対策を北陸地方整備局港湾空港部、富山県、港湾空港技術研究所が共同で検討するものであり、今回の被災状況および波浪等の気象海象を取りまとめ整理するとともに、観測データの解析等を通じて富山湾における「うねり性波浪」の特性把握と港湾施設被災のメカニズムを明らかにし、今後の対応策について技術的な検討を行うことを目的として設置するものである。

## 1.2 委員会の構成

富山湾における「うねり性波浪」対策検討技術委員会の委員名簿を表 1.2.1 に、関係者およびオブザーバーを表 1.2.2 に示す。

表 1.2.1 委員名簿

	氏名	役職（平成20年6月現在）
委員	かわい まさし 河合 雅司	富山商船高等専門学校 商船学科航海コース准教授
委員	しもさこ けんいちろう 下迫 健一郎	(独)港湾空港技術研究所 耐波研究室長
委員長	たかはし しげお 高橋 重雄	(独)港湾空港技術研究所 研究主監
委員	ながい としひこ 永井 紀彦	(独)港湾空港技術研究所 統括研究官
委員	ひらいし てつや 平石 哲也	(独)港湾空港技術研究所 海洋・水工部長
委員	ほそやまだ とくぞう 細山田 得三	長岡技術科学大学 水工・防災設計工学准教授

※敬称略、五十音順

表 1.2.2 関係者およびオブザーバー

	部局
関係者	国土交通省 港湾局 技術企画課 技術監理室
関係者	国土交通省 港湾局 海岸・防災課
関係者	国土技術政策総合研究所 沿岸防災研究室
関係者	国土技術政策総合研究所 港湾施設研究室
関係者	富山県 土木部 港湾空港課
関係者	国土交通省 北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所
関係者	国土交通省 北陸地方整備局 伏木富山港湾事務所
事務局	国土交通省 北陸地方整備局 港湾空港部 海洋環境・技術課
オブザーバー	国土交通省 新潟地方気象台
オブザーバー	国土交通省 富山地方気象台

### 1.3 委員会の検討フロー

富山湾における「うねり性波浪」対策検討技術委員会の検討フローを図 1.3.1 に示す。

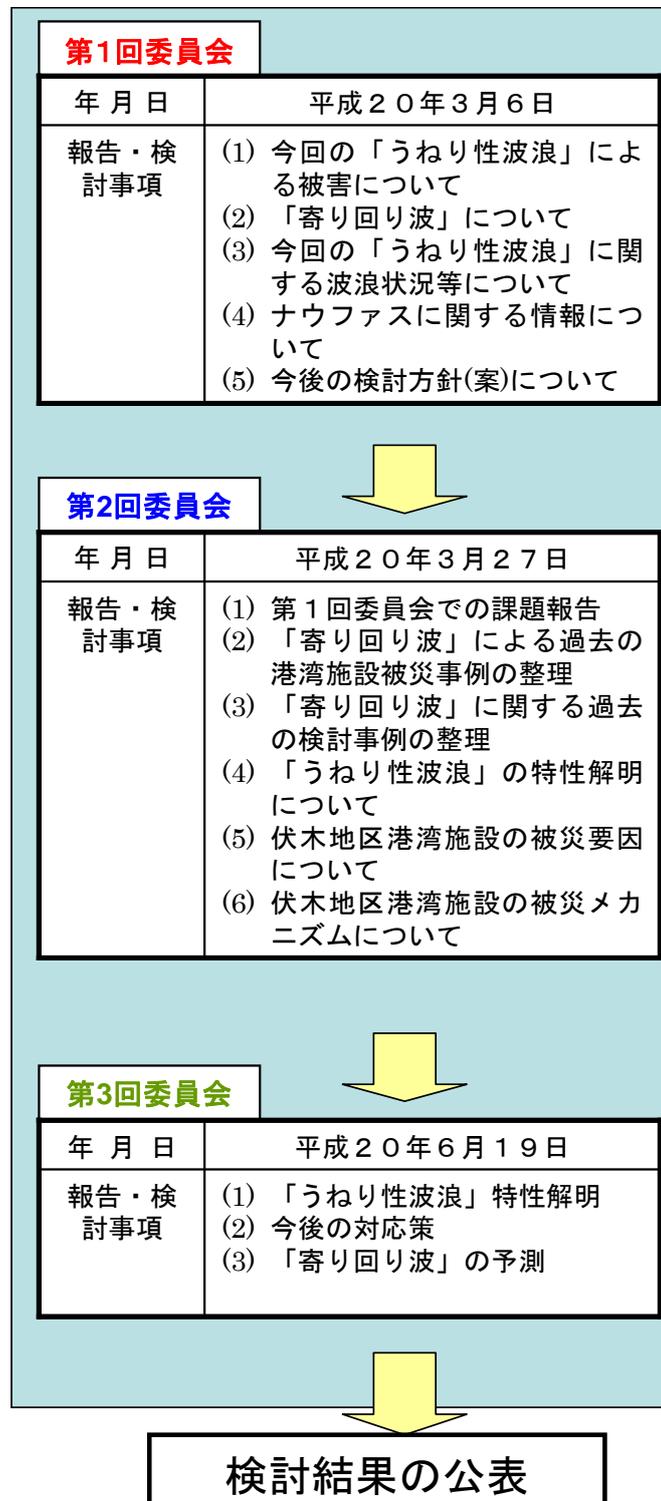


図 1.3.1 委員会の検討フロー

## 2. 既往文献による「うねり性波浪」の特性の整理 (本編 12p 2.1.2)

### (2)各資料の概要

#### 【文献1 磯崎「波浪学入門」】

- 波は富山湾沿岸で一様に高まるのではなくて、特に氷見、新湊、入善、滑川など限定された海岸で高まる。
- 湾が全体的に深いため、湾内に進入したうねりは海岸近くまで深海波の性質を持って接近し、岸から2~5kmの沿岸域内で複雑な等深線による屈折を起こし、結果的に波高の局所的分布が複雑になる。
- このように、波の進入方向や周期が変わると波エネルギーが収束する場所が変化するため、進入波の性質が時間的に変化する場合には高い波が出現する海岸も時間的に移動することがある。

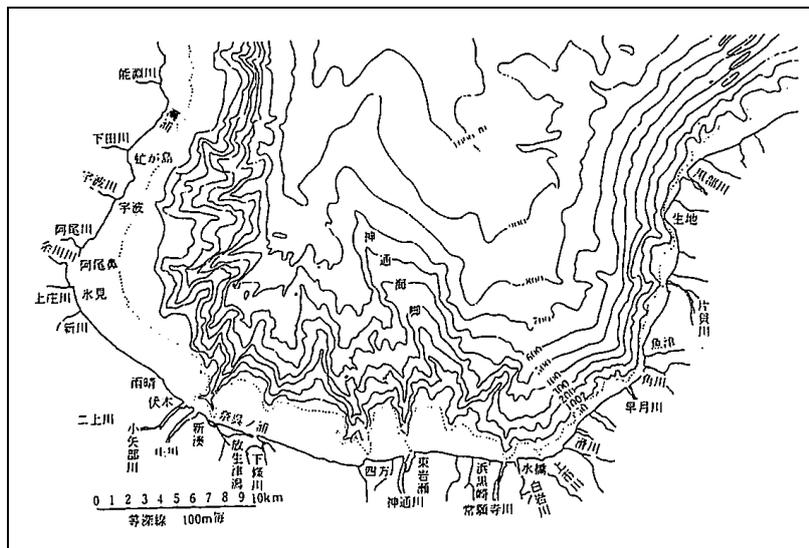


図 2 富山湾南部の等深線図

#### 【文献5 土屋ら「海岸波浪の変形に伴う波浪の地域分布特性」】

波浪変形計算手法を用いて、山形県酒田市から石川県江泊町に至る日本海沿岸の波浪分布を推定した。沖合に対する波高比が大きいところと、災害の発生頻度とは良く対応している。

#### 【文献6 吉田「富山湾の海難と寄り回り波」】

古い災害記録や新聞記事、写真、気象・波浪資料を整理して、寄り回り波が発生した時の状況を記述している。また、「寄り回り波」発生時に航空機から波の伝播の様子を観察し、風波とうねりが同時に来襲している様子を確認している。

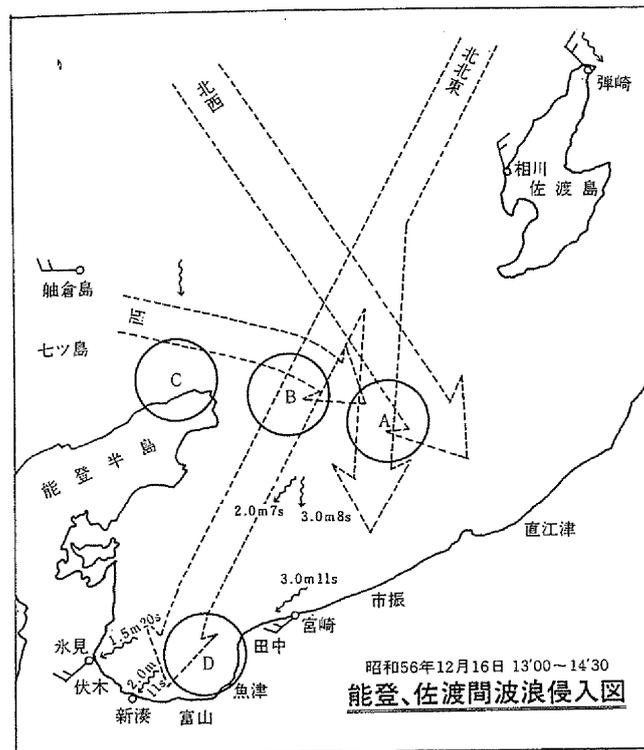


図3 風波とうねりが同時に来襲する様子

【文献7 財団法人日本気象協会「気象海象要覧 日本海 主として北陸海域」】

- 富山湾では、毎年12月～4月頃に、低気圧が通過して風や風浪が収まり、海面が静かになった頃に突如として周期10～12秒、波高3～5m程度の北～北東からのうねり性の大波が沿岸を襲い、海難や海岸浸食、漁船の転覆、沿岸構造物の破壊等の災害の主要因になっている。
- 寄り回り波は、過去10年間において、年に約3回の割合で発生している。月別に見ると、表2.2-1に示すように9月から4月にかけて、特に12月、1月、3月に多く発生している。
- 主たる海難発生地区は、富山湾沿岸の中でも、氷見、新湊、入善、富崎、滑川等に集中している。寄り回り波が富山湾沿岸に一様に来襲するのではなく、限定された沿岸に大きな波が押し寄せる。
- 寄り回り波の発生機構に関しては、次のような考え方がある。
  - ①間宮海峡から北海道西方海上にかけて気圧傾度が異常に強まり、北ないし北東の強風が連吹する。この強風により発生した風浪がうねりとなって日本海を南下し、富山湾に入って「寄り回り波」となる。
  - ②冬季卓越する北西の季節風で生成された風浪が能登半島で回折して湾内に入り、これが①の北～北東のうねりと干渉して高波となる。

③富山湾に入るうねりは、湾が深いためエネルギーを失うことなく海岸に到達する。深水域から急に浅水域に入ると、波は屈折、回折、反射、浅水変形等により複雑に変形し、局地的に波が高まる海域がある。

表.1 寄り回り波月別発生状況

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
発生回数	5	2	6	1	0	0	0	0	1	3	2	7	27
発生年(%)	18.5	7.4	22.2	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	11.1	7.4	25.9	100

【気象海象要覧 p.236 より抜粋】

【文献8 磯崎ら「日本海の波浪特性」】

- 富山湾で「寄り回り波」が発生した時の約12時間前の天気図を調べると、いずれも顕著な冬型の気圧配置で、北海道あるいはその東に非常に発達した低気圧が存在し、大陸高気圧との間で気圧傾度が急峻になっている。
- しかもこの型が12時間以上継続し、間宮海峡から北海道の西の海上にかけて北ないし北東の強風が連吹している。
- 磯崎ら（1971、1972）は波浪データのスペクトル解析により、「寄り回り波」と考えられるうねり性の波の存在を確認すると同時に、波浪の数値モデルを用いてシミュレーションを試みた。計算結果は観測値とかなりよく合っており、上に述べた「寄り回り波」の発生機構が合理的であることを述べている。

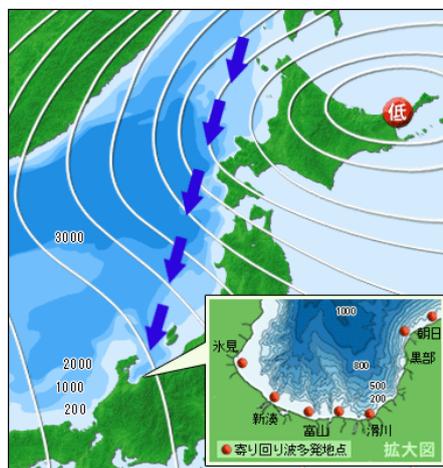


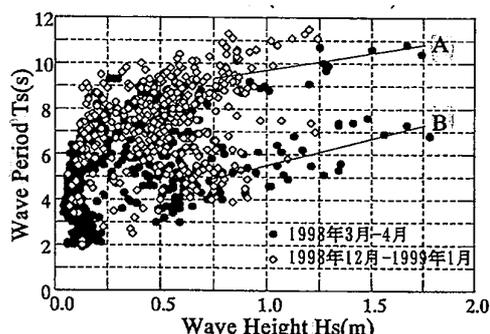
図 4 寄り回り波発生時の天氣的な気圧配置

【文献9 国土交通省北陸地方整備局「けんせつほくりく」】

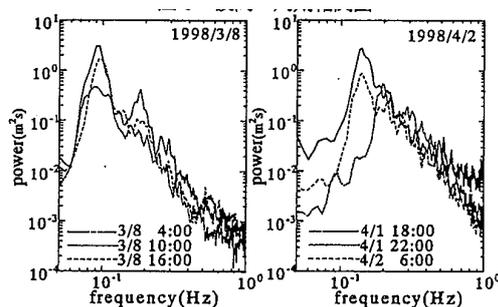
- 伏木測候所が昭和十年十一月富山日報に「富山湾の浪害は北海道の旋風次第で北海道の激浪がうねって回って来たもので、池の波紋が意地悪く岸に届いた理屈である。」と、極めて説得力のある表現で「浪源は能登北西ではなく北海道西方海上にある」ことを明言している。

【文献 10 内藤ら「日本海沿岸における寄り回り波の性状に関する研究」】

- 外から侵入してきたうねりと富山湾付近で発生した風波では、それぞれ波高・周期の結合分布が異なる。
- 3/8 のスペクトルはピークが 0.09Hz の位置に見られ、第 2 のピークが 0.18Hz に表れている。これはバンド幅の狭いスペクトルを持つうねりが入射したことにより形成された高調波であると考えられる。4/2 のスペクトルはピークが 4/1 18:00 から 4/1 22:00 にかけて成長、4/2 6:00 には減少しており、これは風波のスペクトルを表していると考えられる。



【土木学会第 54 回年次講演会 p. 73 より抜粋】



【土木学会第 54 回年次講演会 p. 73 より抜粋】

(左：波高と周期の相関、右：波数スペクトル経時変化(3/8vs4/2))

図 5 うねりの性状

【文献 11 畑田ら「富山湾における特異波浪寄り回り波の予測に関する予備的検討」】

- 浅海波浪モデルを用いて、「寄り回り波」の再現を行った。北陸沿岸から富山湾口部についての波は比較的精度良く再現できるが、湾内の波高、周期を過小評価する傾向がある。

【文献 13 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾空港技術調査事務所

「平成 16 年度沿岸波浪算定調査報告書」】

- 既往の文献を整理して、その特徴をまとめるとともに、伏木富山の波浪観測資料を整理することによって、「寄り回り波」を抽出する目安として、伏木富山の観測周期が 10 秒以上になることという基準を提案した。
- 過去に「寄り回り波」が発生した擾乱を対象にして波浪推算を行ったが、周期の長い成分を必ずしも精度良く再現できず、周波数帯別の波浪観測結果を用いて補正するのが有効であることがわかった。

【文献 14 Shigeki Ishimori, Masashi Kawai and etc: "On the Image of the 'Yorimawari-nami' by Synthetic Aperture Radar"】

### 富山湾における寄り回り波 (本編 12p 2.1 「うねり性波浪」の特性)

衛星写真(図 6)の解析結果によると、富山湾における「寄り回り波」は、2方向(約  $10^\circ$  と約  $40^\circ$ )から富山湾に侵入していると考えられる。また、約  $40^\circ$  方向からのうねりの方が約  $10^\circ$  方向からのうねりよりも波長が長い(約  $38^\circ$  方向からのうねり:267m、 $15^\circ$  方向からのうねり:229m)。

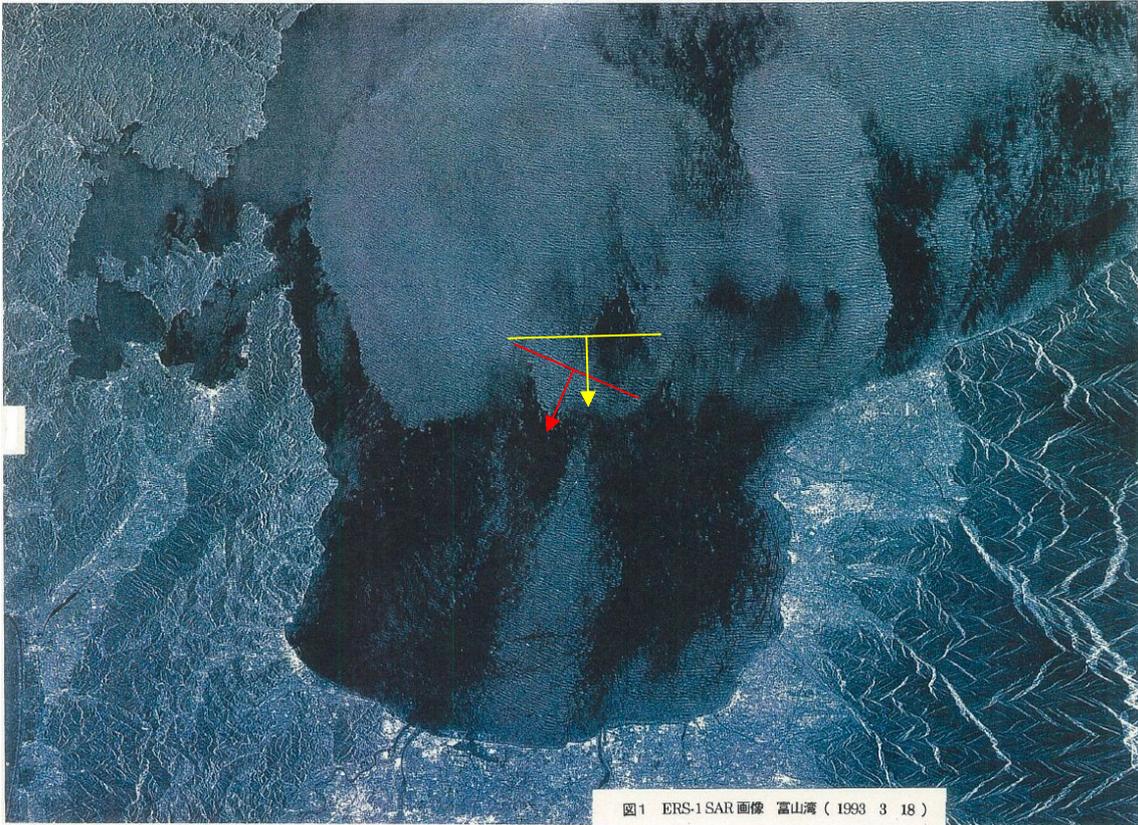


図 6 富山湾における「寄り回り波」の衛星写真(1993年3月18日、ERS1)

(「宇宙から富山湾の波をくはかる」参考)

【文献 河合雅司「寄り回り波とその対策」(2008 日本航海学会投稿論文)】

### 「うねり性波浪」の伝播経路 (本編 12p 2.1「うねり性波浪」の特性)

一般に、北海道西側海域で発生したうねりは、2方向(約 $10^\circ$ と約 $40^\circ$ )から富山湾に侵入していると考えられる。

富山湾から $40^\circ$ の方向は秋田湾であるが、周期の長いうねりが来襲するには秋田湾は近過ぎることから、北海道西側海域で発生したうねりが、対馬暖流を横断するとき右方向に屈折(カーブ)して富山湾に侵入していると考えられる。

北海道西側海域から富山湾までの「うねり性波浪」の伝播経路を図7に示す。

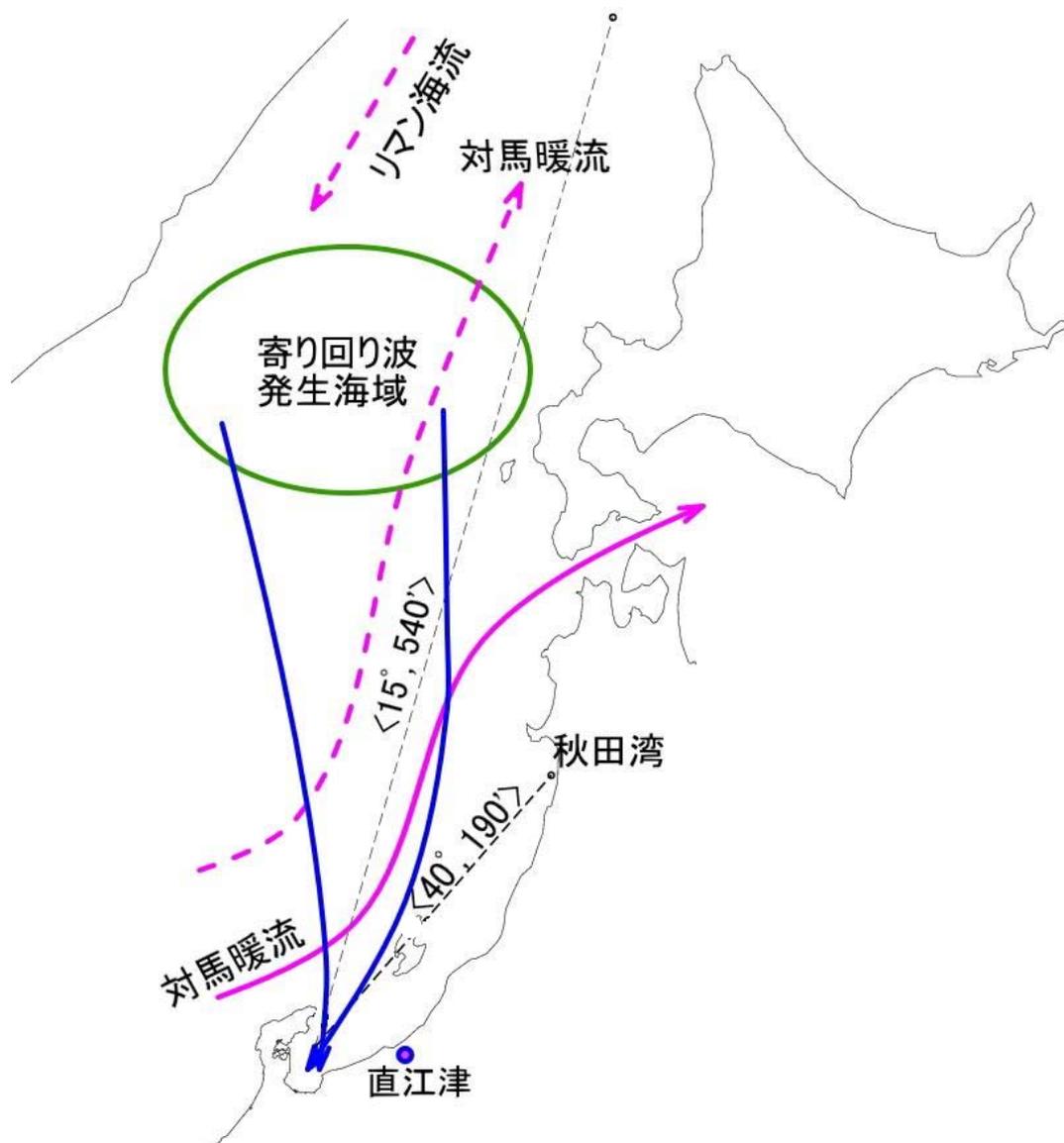


図7 「うねり性波浪」の伝播経路

### 3. 近年の代表的な被災事例（昭和 62 年以降）（本編 16p 2.2.5）

近年の代表的な被災事例について、被災地位置図及び状況写真を以下に示す。なお、対象とする事例は港湾施設のみである。

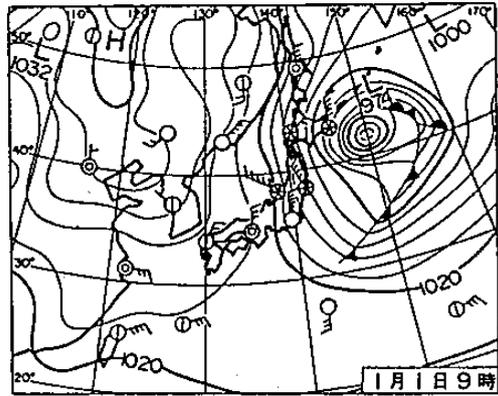
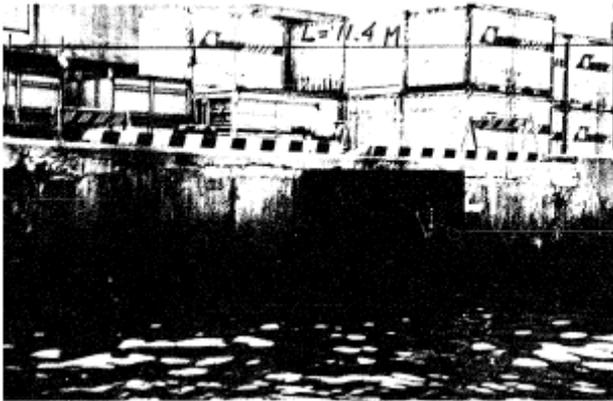


図 8(1) 被災地位置図（伏木富山港）



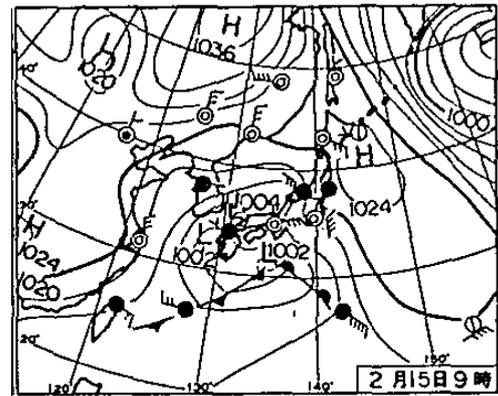
図 8(2) 被災地位置図（魚津港）

【①矢板が切断され，上部工が沈下した例】昭和62年1月1日 富山



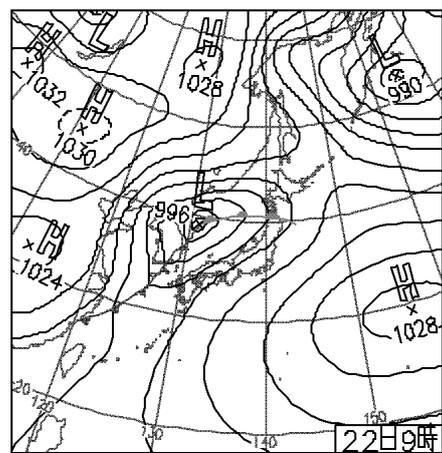
気象年鑑より

【②方塊ブロックが沈下し，エプロン舗装が崩壊した例】平成3年2月15日 富山



気象年鑑より

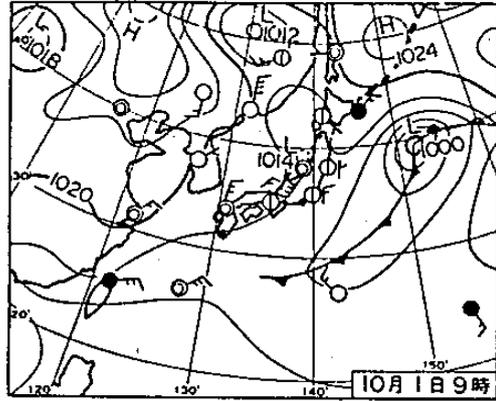
【③護岸の中詰めが吸い出された例】平成16年2月22日 新湊



国土交通省北陸地方整備局  
伏木富山港湾事務所 提供

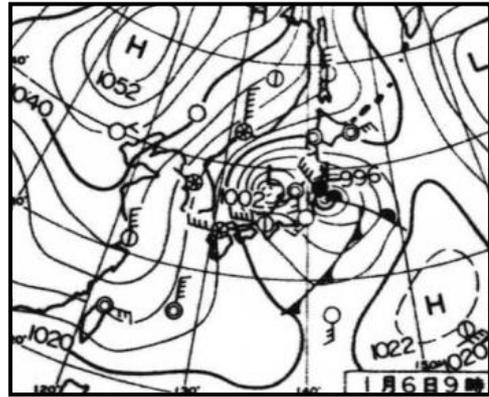
気象庁HPより

【④護岸消波工の消波ブロックの沈下例①】昭和63年10月1日 魚津



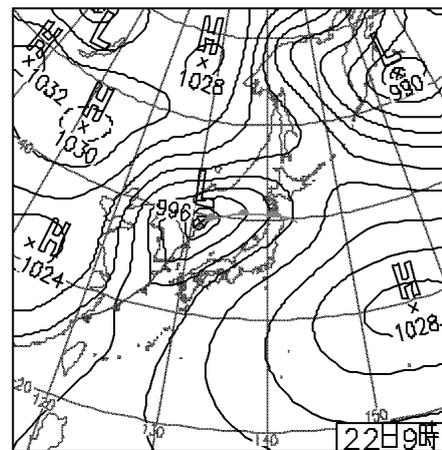
気象年鑑より

【⑤護岸消波工の消波ブロックの沈下例②】平成9年1月6日 新湊



ウィンドサーフィン気象情報  
HPより

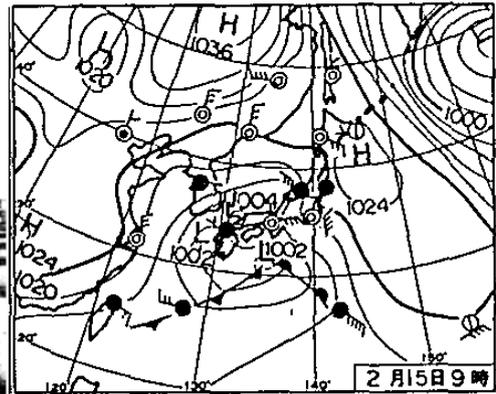
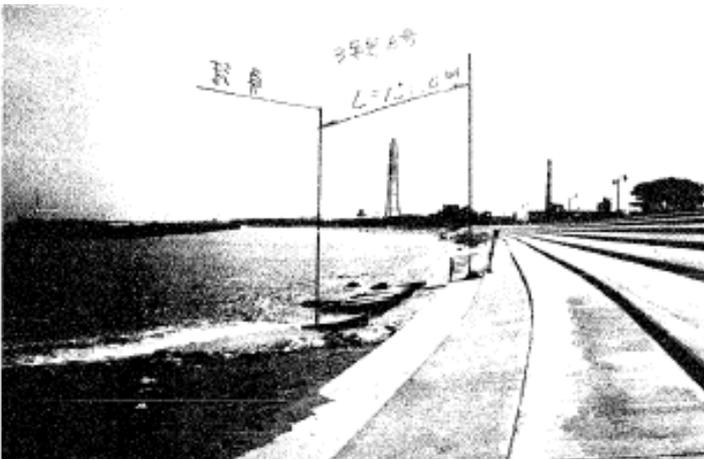
【⑥護岸消波工の消波ブロックの沈下例③】平成16年2月22日 新湊



気象庁 HP より

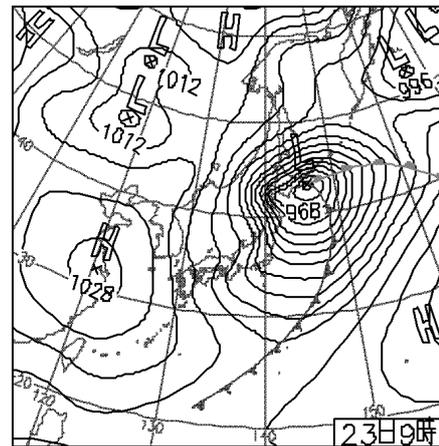
国土交通省北陸地方整備局  
伏木富山港湾事務所 提供

【⑦緩傾斜護岸の根固ブロックが沈下した例】平成3年2月15日 四方



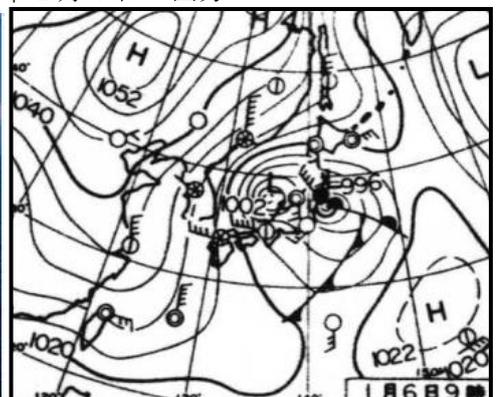
気象年鑑より

【⑧緩傾斜護岸の根固ブロックが飛散した例】平成16年2月23日 魚津



気象庁HPより

【⑨離岸堤の消波ブロックが散乱、沈下した例】平成9年1月6日 四方

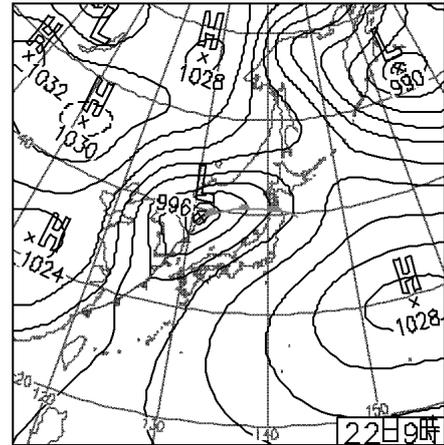


ウィンドサーフィン気象情報  
HPより

【⑩灯台にヒビが入った例】平成16年2月22日 新湊

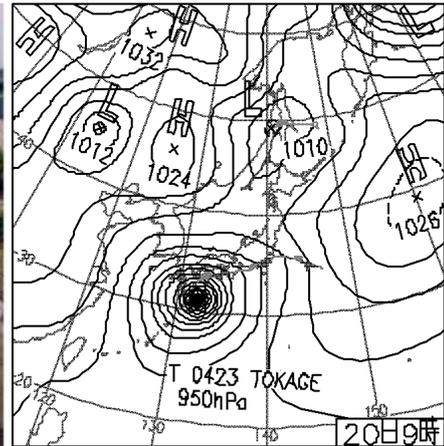


国土交通省北陸地方整備局  
伏木富山港湾事務所 提供



気象庁 HP より

【⑪公園緑地が被災した例】平成16年10月20日 伏木富山 万葉ふ頭緑地  
(「寄り回り波」ではないが、伏木富山において既往最大波高発生)



気象庁 HP より

#### 4. 万葉埠頭緑地 施設概要 (本編 35p 3.5.2)

区間延長: 165m

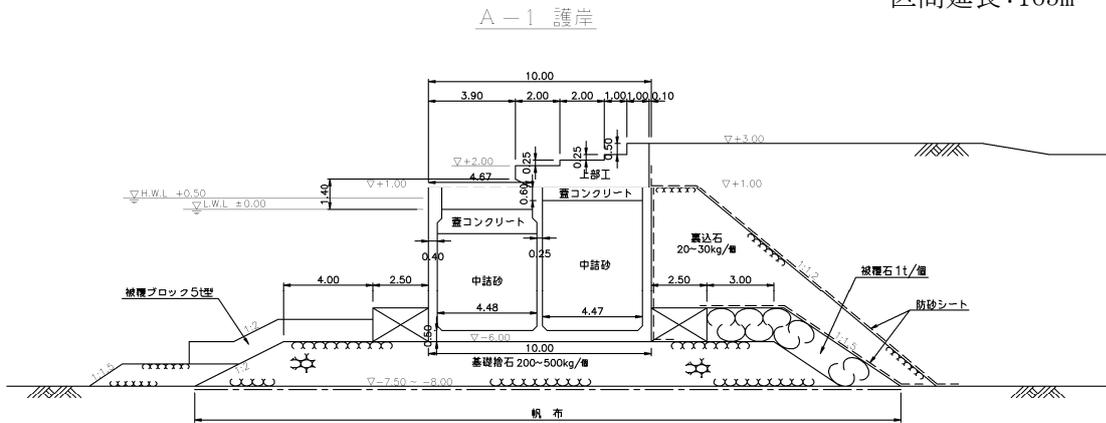


図 9 緑地護岸標準断面(A-1)

A-2-1 護岸 A-2-2 護岸

区間延長: 120m(A-2-1 区間)  
90m(A-2-2 区間)

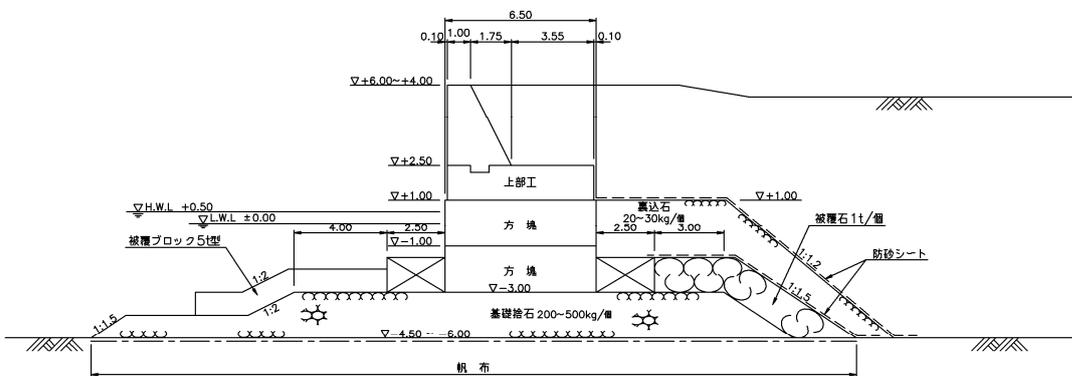


図 10 緑地護岸標準断面(A-2-1、A-2-2)

A-2-3 護岸

区間延長:55m

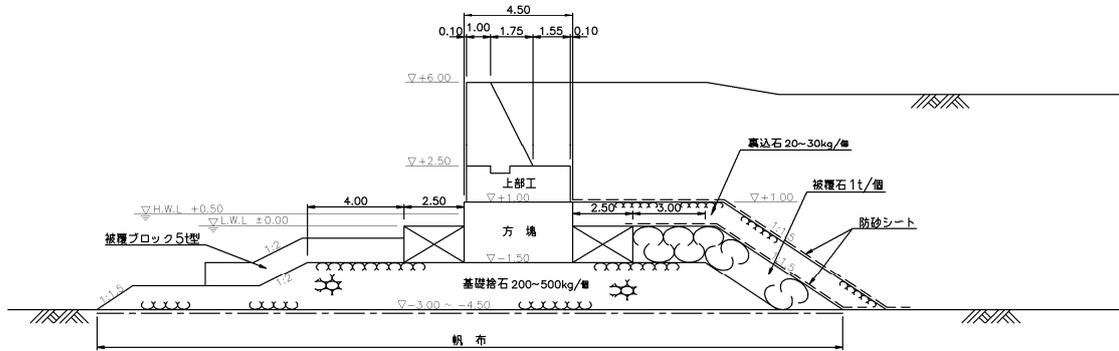


図 11 緑地護岸標準断面(A-2-3)

区間延長:74m

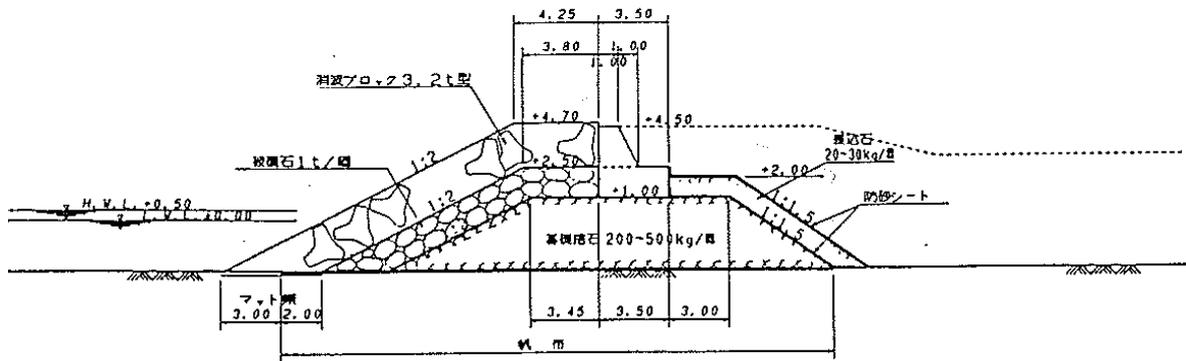


図 12 緑地護岸標準断面(A-3)