

富山湾における
「うねり性波浪」対策検討技術委員会

報告書

平成20年10月

国土交通省 北陸地方整備局

はじめに

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。富山県内でも、人的な被害を含めて沿岸部では海岸や漁港、そして港湾にも大きな被害が発生した。伏木富山港では、伏木地区の北防波堤が全長 1,500mのうち約 800mにわたって消波ブロックの散乱や防波堤ケーソンの滑動による被害を受けたほか、万葉埠頭緑地等においても被害を受けている。

北陸地方整備局は、被災直後から富山県や（独）港湾空港技術研究所の協力を得てその被害の実態や原因の調査を開始した。3 月からは富山湾における「うねり性波浪」対策検討技術委員会を組織し、特に伏木富山港を対象に今後の対応策を含めて本格的な検討を行っている。委員会は、3 月 6 日（第一回）、3 月 27 日（第二回）および 6 月 19 日（第三回）に開催されており、本資料は、その委員会での検討結果を報告するものである。

本委員会での検討結果の概要は以下のとおりである。

- ① 富山湾に被害をもたらした今回の波浪は、地元で「寄り回り波」と呼ばれている「うねり性波浪」であり、日本海北部の暴風域で発生・成長した風波が、長い距離を伝播して「うねり」として富山湾へ到達するものである。今回の寄り回り波は、これまで記録されている寄り回り波より波高も大きく周期も長いものであり、国土交通省港湾局の全国波浪観測情報網（ナウファス）の観測データと数値計算結果との比較から、富山湾への入り口で有義波高 6.9m、有義波周期 14.5 秒と考えられる。
- ② 富山湾の海は「藍瓶：あいがめ」とよばれ、いっきに深くなる海底谷のために、波が収斂し波高が増大する場所ができる。うねり性波浪は周期が長いためにそうした効果が非常に大きく、今回の寄り回り波でもそうした特性が顕著に認められる。波浪の伝播計算結果でも同様な特性が現れており、例えば、北防波堤の最も入射波高が大きかったところでは有義波高が 7 m 程度に達していたと推定され、これは設計条件を上回っている。
- ③ 北防波堤の被災は、こうした設計条件を上回る波が長時間作用することによって消波ブロックの散乱・沈下や防波堤のケーソンの滑動に至ったと考えられる。万葉埠頭緑地についても、このうねり性波浪によって大きな越波となり、護岸背後が被災したと考えられる。
- ④ 北防波堤や万葉埠頭緑地の復旧は、この被災時のうねり性の波を対象に設計・施工を実施する。万葉埠頭緑地については、将来、北防波堤が東側に 150m 延伸することが予定されており、それによって越波はかなり低減すると期待される。
- ⑤ 寄り回り波の災害の防止、特に人的な災害の防止には、寄り回り波の予測が有効である。現在ある波浪予測システム（沿岸気象情報配信システム（COMEINS））の精度を、ナウファスの観測データを用いて同化（修正）することによって高めるとともに、あいがめなどの複雑な海底地形を考慮した波浪の伝播計算を用いて各地点の波浪予測を行う必要がある。

富山湾における「うねり性波浪」対策検討技術委員会

目次

はじめに

1. 被災の概要	1
1.1 被災状況	2
1.2 被災時の気象海象状況	6
2. 既往災害の整理	11
2.1 「うねり性波浪」の特性	12
2.2 既往災害の記録と分析	13
3. 「寄り回り波」の特性解明と被災メカニズム	17
3.1 長周期波による水位上昇量	19
3.2 富山湾における波浪の再現	20
3.3 伏木地区における波浪の再現	25
3.4 北防波堤の被災メカニズム	30
3.5 万葉埠頭緑地の被災メカニズム	34
4. 今後の対応策	41
4.1 設計波浪の考え方	41
4.2 被災施設の復旧	42
5. 寄り回り波の予測	46
5.1 波浪観測等の状況	46
5.2 波浪予測の課題と対応	49
5.3 今後の進め方	49

おわりに

巻末資料

1. 被災の概要

平成 20 年 2 月 23 日から 24 日にかけて発達した強い冬型気圧配置は、日本海全域を長時間にわたって気圧勾配の急な平行等圧線で覆い、日本海中部から南部海域に非常に発達した長い周期の波浪を発生させた。富山湾には顕著な「寄り回り波」が発生し、沿岸に多大な被害が生じた。

(1) 被災状況

平成 20 年 2 月 24 日の「寄り回り波」による被災の状況は次のとおりである。

- ・ 富山湾東部の入善町では被害が大きく、人的被害も発生した。
- ・ 伏木富山港においては、伏木地区と新湊地区で港湾施設に大きな被害があった。
- ・ 伏木地区の北防波堤では、ケーソンの滑動および消波ブロックの沈下が発生した。
- ・ 伏木地区の万葉埠頭緑地では、浸水・陥没・ブロック片の散乱等の被害が発生した。

(2) 被災時の気象海象状況

被災時の気象海象状況は次のとおりである。

- ・ 被災時の気圧配置は、「寄り回り波」が発生する典型的な気圧配置であった。
- ・ 日本海では 3 地点（輪島、富山、柴山（兵庫県））で既往最大波浪を観測した。
- ・ 伏木地区では、2 月 24 日 14 時に継続時間の長い擾乱における最大有義波高（波高 4.22m、周期 14.2 秒）を記録した。
- ・ 伏木地区において最大波高を記録した 2 月 24 日 14 時の潮位は D. L. +0.21m であった。

1.1 被災状況

富山県内の被害は高岡、射水、滑川及び入善に集中し、入善で人的被害が発生したほか、港湾施設や漁港施設、海岸施設に大きな被害が発生した。平成20年2月24日に発生した「寄り回り波」による被災の状況をとらまとめる。

1.1.1 富山湾の被災状況

富山湾全体の被災状況を図1.1.1に示す。富山湾東部の入善町で特に被害が大きく、人的被害も発生した。

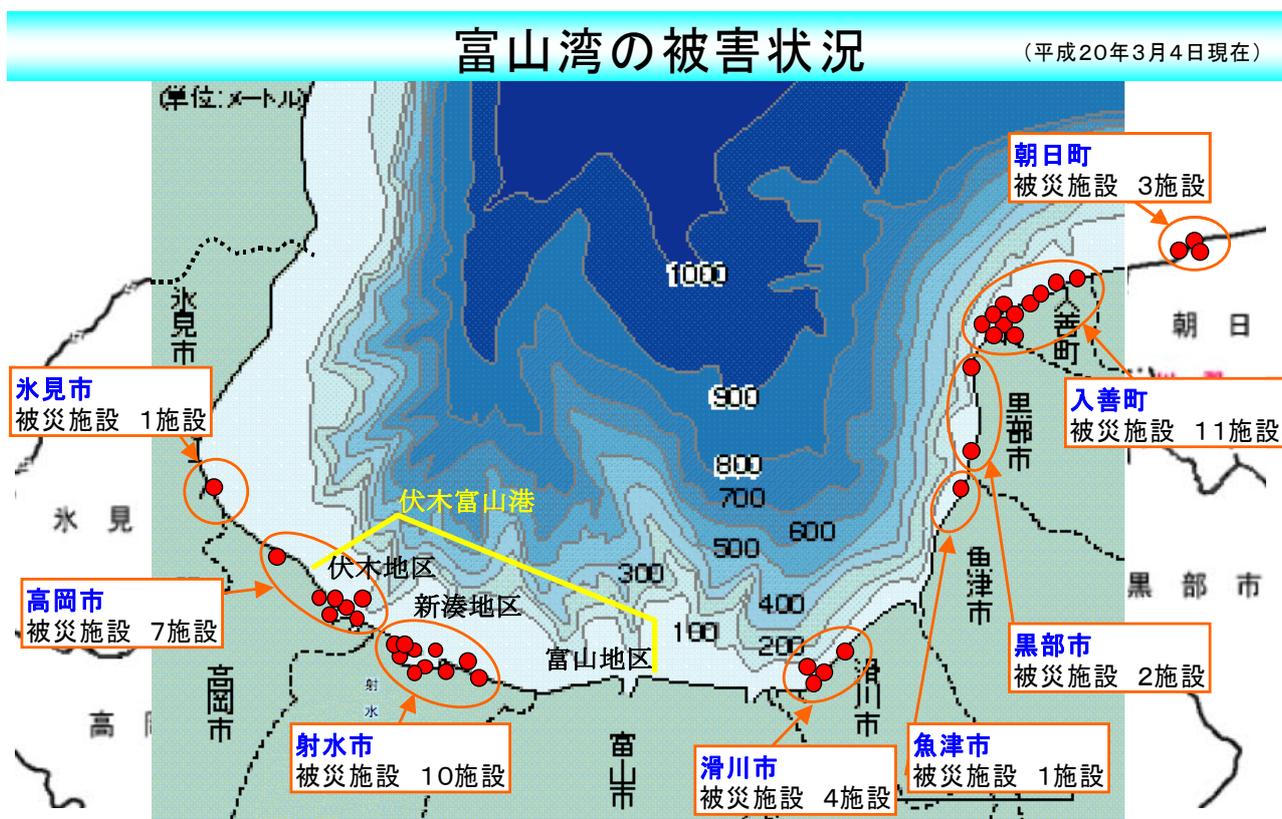


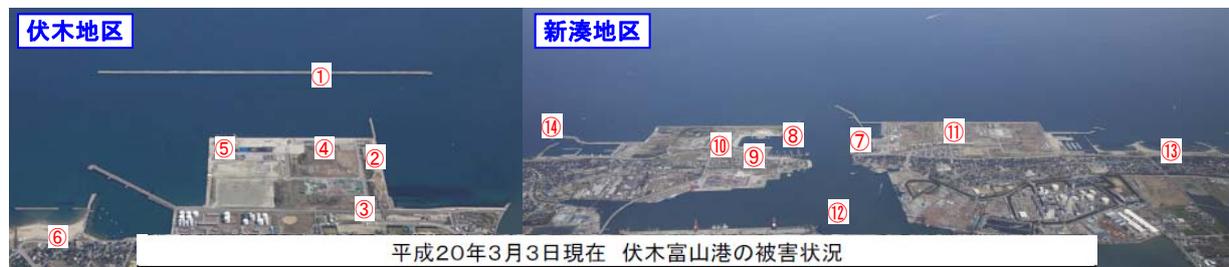
図 1.1.1 富山湾の被災状況

1.1.2 伏木富山港の被災状況

伏木富山港における被災状況を図 1.1.2 に示す。伏木富山港においては、伏木地区と新湊地区で港湾施設に大きな被害があった（図 1.1.3）。一方、富山地区では顕著な被害はなかった。



図 1.1.2 伏木富山港の被災状況



平成20年3月3日現在 伏木富山港の被災状況				
番号	被災施設	発生場所	被災状況(規模は目視程度)	現在の措置
①	伏木外港 北防波堤	伏木地区	北防波堤ケーソン800m岸壁側へ移動	
②	万葉埠頭緑地	"	波浪により被災(舗装、トイレなど) A=15,000㎡	立ち入り禁止
③	伏木万葉1号線	"	波浪により土砂堆積 L=540m	関係者以外通行禁止
④	万葉1, 2号岸壁	"	波浪により土砂堆積	立ち入り禁止解除
⑤	万葉3号岸壁	"	ソーラスフェンス20m流失	フェンス修復旧済
⑥	国分海浜公園 駐車場	"	波浪により土砂堆積	立ち入り禁止
⑦	新港防波堤(波除)堀岡町	新湊地区	波浪により波除堤約50m決壊	航路に航行危険箇所の表示パイ設置
⑧	新港防波堤(波除)海王町	"	波浪により上部タイル破損 L=100m 防護柵破損 L=100m	立ち入り禁止
⑨	新港海王岸壁	"	波浪により上部タイル破損 L=150m	一部立ち入り禁止
⑩	新港海王丸パーク	"	駐車場一部土砂堆積	立ち入り禁止解除
⑪	元気の森公園の西側緑地	"	ネットフェンス倒れ L=200m	立ち入り禁止
⑫	新港泊地	"	波浪により貯木流出 約2,400本	原木回収完了
⑬	海老江海浜公園突堤	"	被覆石飛散、消波ブロック飛散	立ち入り禁止

※⑭新湊漁港 防波堤ケーソン滑動・傾斜

図 1.1.3 伏木富山港の被災の概要

1.1.3 伏木地区の被災状況

(1) 北防波堤の被災状況

北防波堤の被災状況を図 1.1.4～図 1.1.5 に示す。B 区間およびD・D'区間において、ケーソンの滑動および消波ブロックの沈下が認められる。



図 1.1.4 北防波堤の設計区間の区割り (平面図)



図 1.1.5 北防波堤の被災状況



B-9 ケーソンより A 区間方向をのぞむ

(2) 万葉埠頭緑地の被災状況

万葉埠頭緑地の被災状況を図 1.1.6 および図 1.1.7 に示す。万葉埠頭緑地では、越波による浸水、陥没、ブロック片の散乱等の被害が認められる。

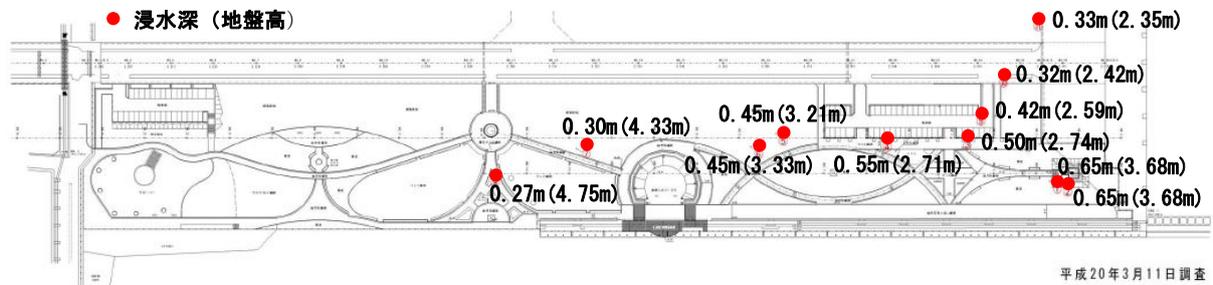


図 1.1.6 万葉埠頭緑地の浸水痕跡調査結果



緑地全景 (展望台より)

護岸背後の洗掘



1 m以上の陥没

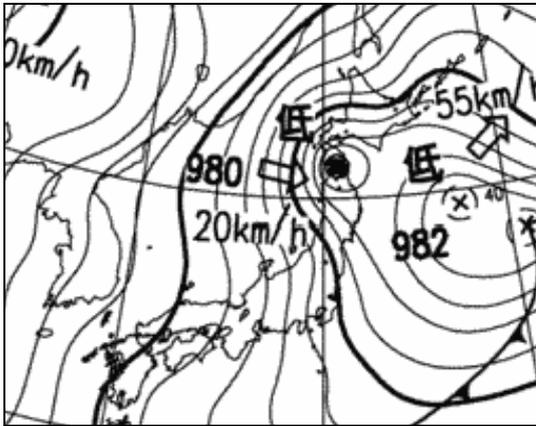
ブロック破片の散乱

図 1.1.7 万葉埠頭緑地の被災状況

1.2 被災時の気象海象状況

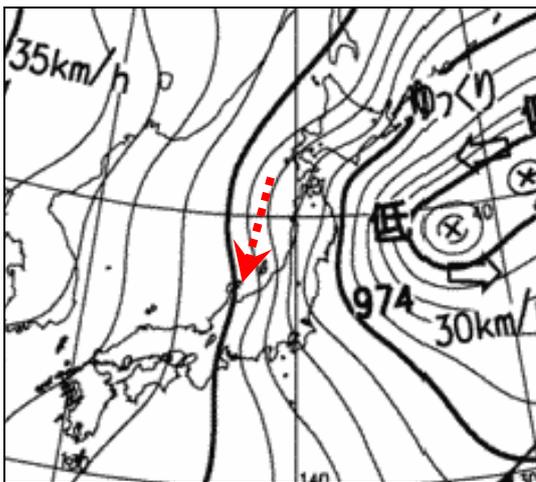
1.2.1 気圧配置

「寄り回り波」発生時の気圧配置を図 1.2.1 に示す。平成 20 年 2 月 24 日 9 時の気圧配置は、「寄り回り波」が発生しやすい、典型的な気圧配置である。



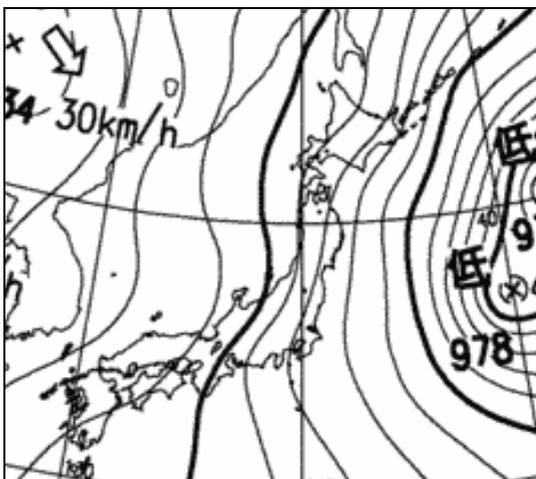
低気圧が日本海中部を発達しながら東北東に進んだ。

(平成 20 年 2 月 23 日 21 時)



低気圧が三陸沖を抜けた後停滞し、日本付近では冬型の気圧配置が強まった。

(平成 20 年 2 月 24 日 9 時)



(平成 20 年 2 月 24 日 15 時)

図 1.2.1 気圧配置 (富山地方気象台 気象速報より)

1.2.2 日本海沿岸の波浪状況

国土交通省港湾局の全国波浪観測情報網（ナウファス）による被災前後の日本海沿岸の波浪状況を図 1.2.2 に示す。日本海沿岸の波浪状況から次のことがいえる。

- ・ この気象擾乱において既往最大観測有義波高を更新した観測地点は3地点（輪島、富山、柴山）であった。輪島と富山のスペクトルのピーク周期は16秒であり、非常に発達したうねりが来襲していた。
- ・ 能登半島以東の沿岸では、南下するほど波浪が発達している。一方、能登半島以西の沿岸では、西側ほど波高が低くなっている。これは、日本海の東側ほど冬型の気圧配置に伴う北風が強かったためだと考えられる。
- ・ 富山湾内を除く日本海全域において、23日の夕方に急激な波浪の発達が見られた。富山湾内では、23日に風浪の発達はみられず、24日になってから「うねり性波浪」が発達した。これは、能登半島による遮蔽の影響によるものと推定される。

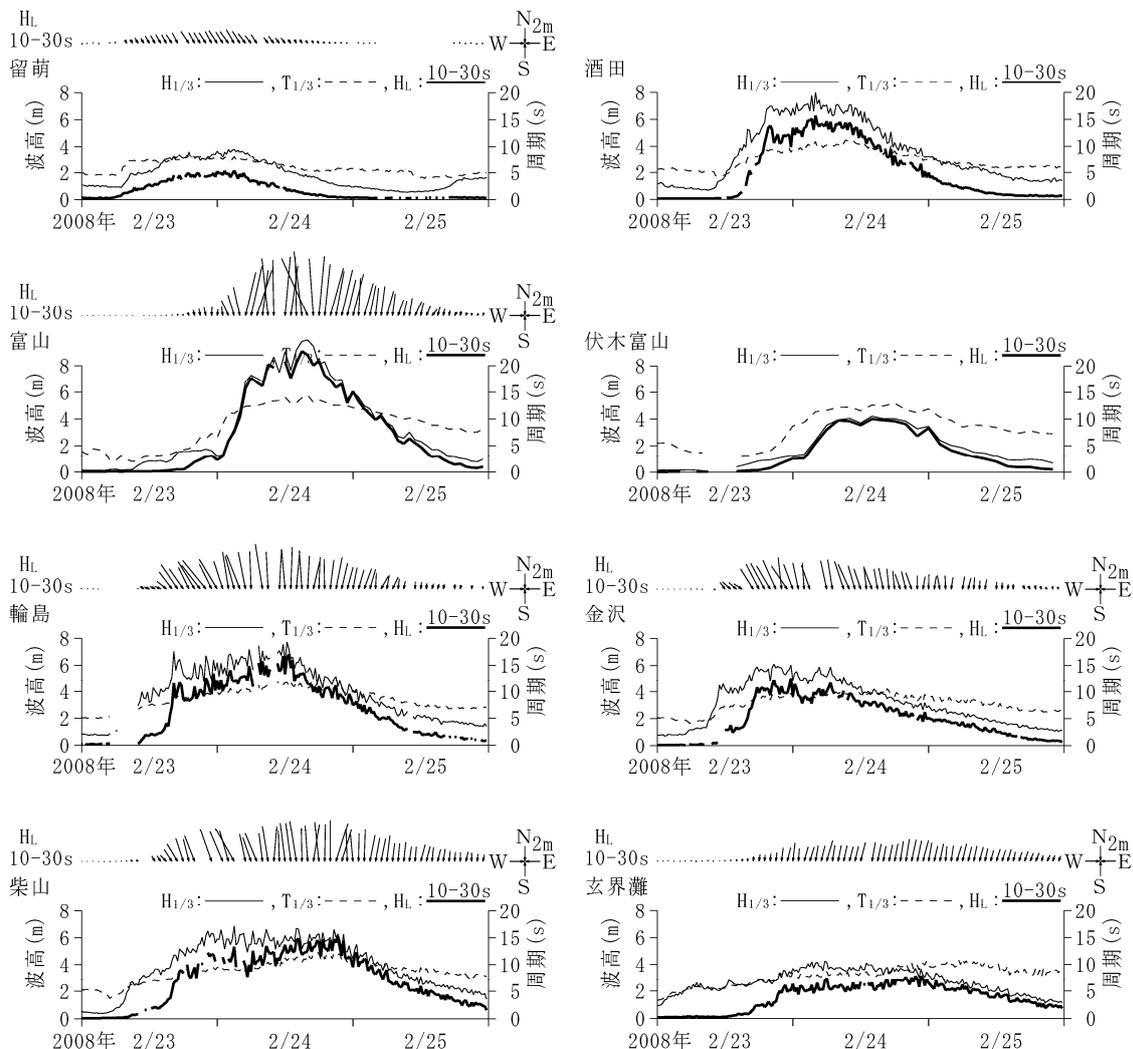


図 1.2.2 主要な日本海沿岸観測点の波浪諸元（平成 20 年 2 月 23 日～25 日）
（波高：細線、周期：破線、周期 10-30 秒の周期帯波高：太線、波向：矢印）

1.2.3 伏木富山港における風および波浪の状況

2月23日0時～25日24時の風と波浪の状況を図1.2.3に、有義波と最高波の時系列図を図1.2.4に示す。

伏木地区および新湊地区において10m/sを超える風速が23日に観測されたが、24日以降は弱まった。風向は23日から24日にかけては北西が卓越した。

被災擾乱の期間（2月23日0時～25日24時）における最大有義波高は、伏木地区で4.22m（24日14時）、富山地区では9.92m（24日16時）であり、富山地区においては既往最大波高を超える波高となった。周期は24日0時から25日12時にかけて10secを超え、24日午後には14sec～15secに達した。

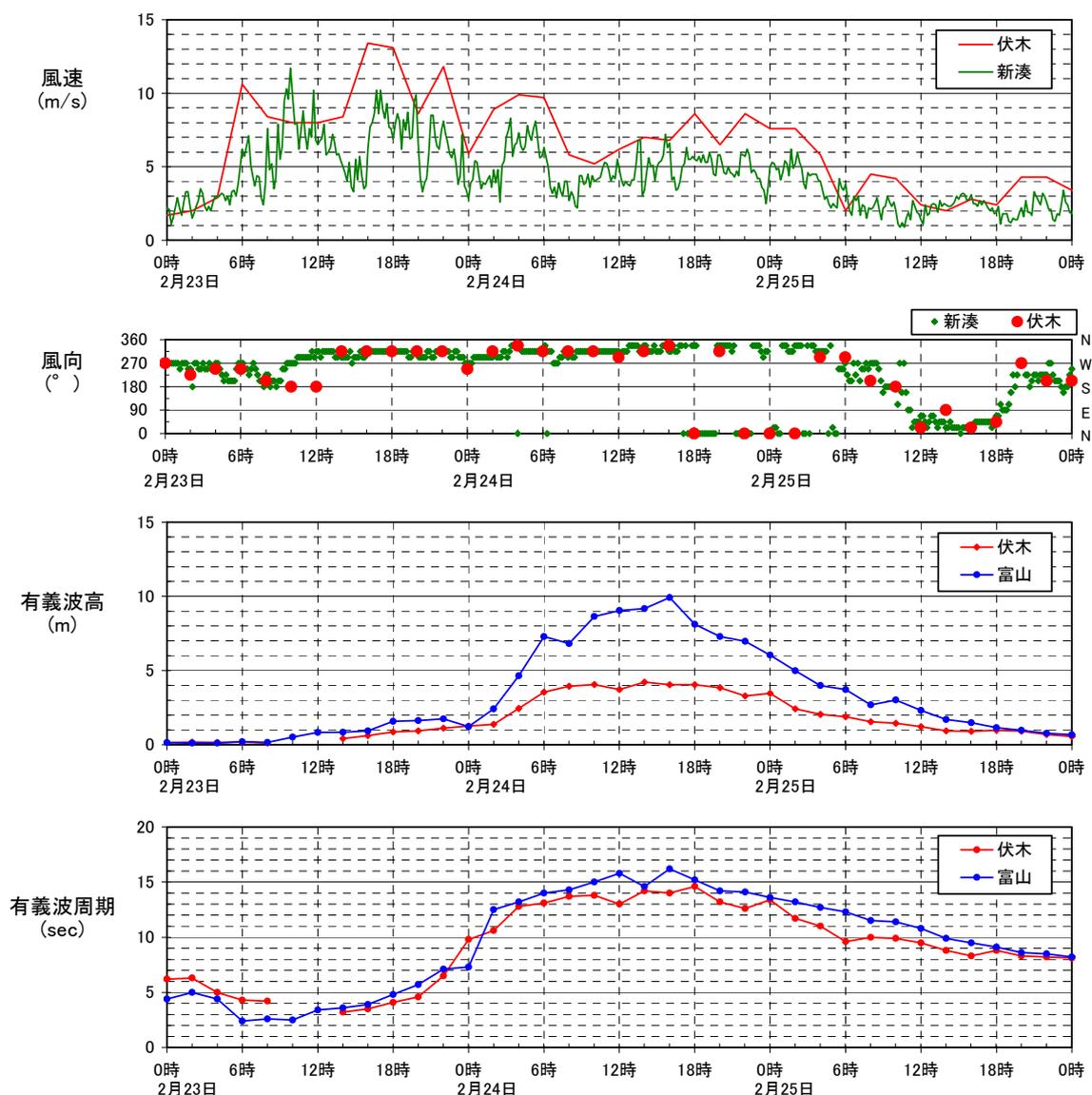


図 1.2.3 風と波浪の状況

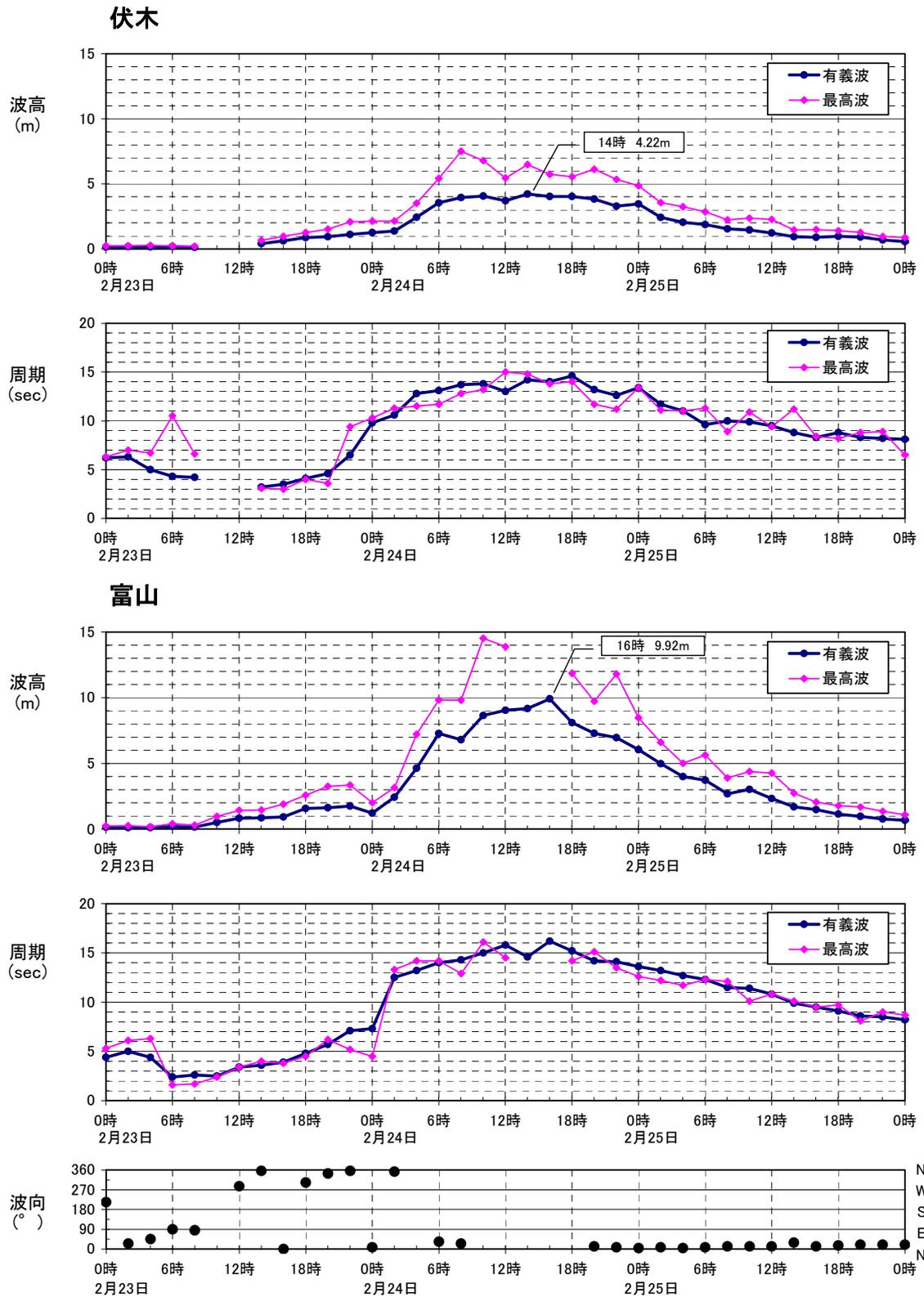


図 1.2.4 有義波と最高波の時系列図

備考)・伏木地区の波向は全欠測であった

・富山地区の24日14時,16時は水圧波形データからの補足値のため有義波諸元のみを表示

1.2.4 伏木地区における潮位の状況

伏木地区の潮位記録の推移を図 1.2.5 に示す。伏木地区における最大波高を記録した 2月24日14時の潮位は D.L. +0.21m であった。

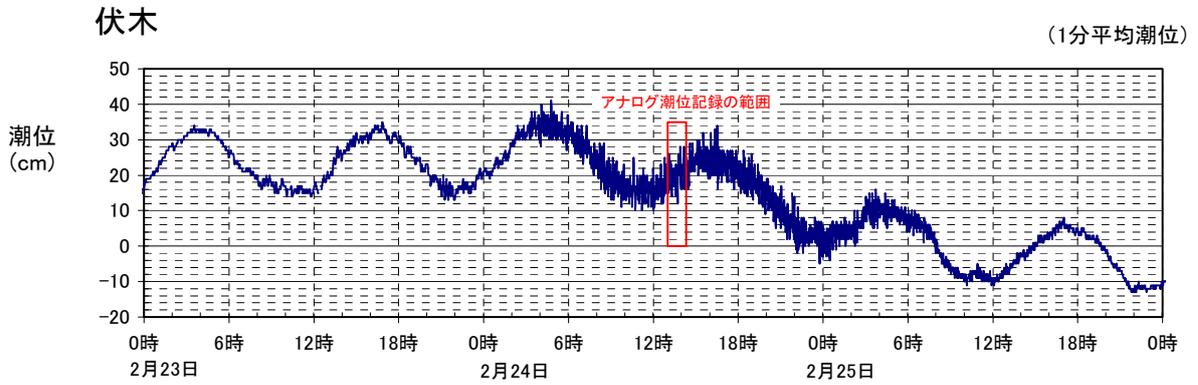


図 1.2.5 伏木地区の潮位の推移

2. 既往災害の整理

(1) 「うねり性波浪」の特性

「うねり性波浪」の特性について、既往文献等から次のことがわかった。

- ・ 北海道付近に発達した低気圧が進行することにより、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とき、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。
- ・ 「寄り回り波」は富山湾内のどこでも見られる訳ではなく、入善、滑川、新湊（射水市）、伏木（高岡市）、氷見等特定の海域で見られる。これは富山湾内の複雑な海底地形によって波が変形するためである。

(2) 既往災害の記録と分析

既往災害の記録を解析することにより、次のことがわかった。

- ・ 「寄り回り波」による被災は、10月～3月に多く発生する。
- ・ 「寄り回り波」による被災がよく発生する場所は、下新川郡、滑川市、射水市である。

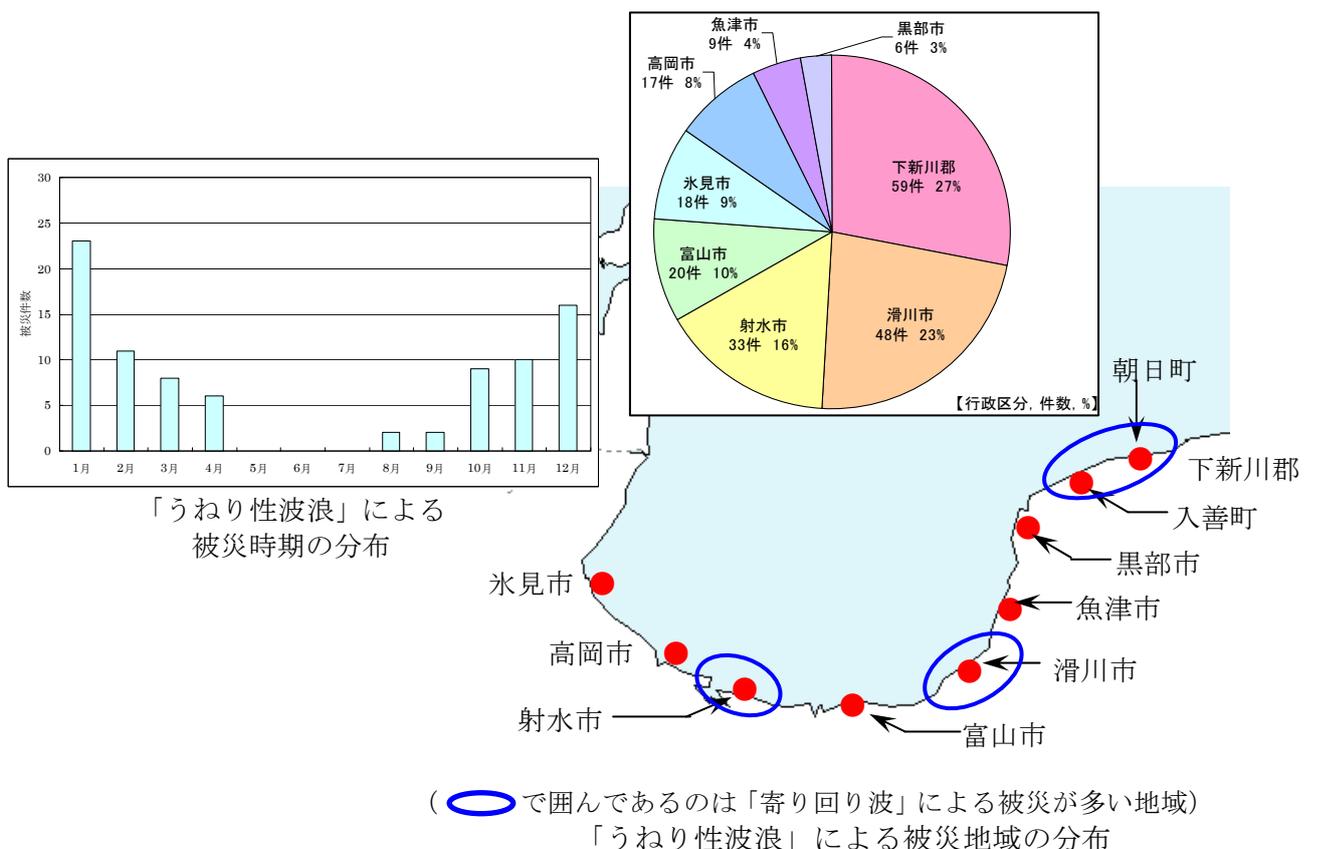


図 1.2.1 「うねり性波浪」による被災の分析

2.1 「うねり性波浪」の特性

2.1.1 「寄り回り波」の定義

「寄り回り波」は富山湾とその周辺でみられる「うねり性波浪」で以下のような特徴を持つものである。

【発生時期】10月～3月

【有義波高】3～5m程度

【有義周期】10～12秒程度

(「寄り回り波と海難」, 吉田・石森・加藤(河合), 日本航海学会誌航海第87号, 1986年)

この知見における波の波高・周期については田中海岸沖(入善町)水深15mの地点に設置された超音波式波高計による観測値に基づいているが、波高計の設置場所(設置水深)により有義波高等の値は相当変化するので注意が必要である。

2.1.2 既往文献による「うねり性波浪」の特性の整理

寄り回り波に関する論文、報告書、資料を整理する。

(1) 収集資料(文献)一覧

収集した文献の一覧を表2.1.1に示す。

表 2.1.1 収集した文献一覧

番号	著者	発行年	文献名	雑誌、発行所等
1	磯崎一郎		波浪学入門	財団法人日本船舶職員養成協会
2	本間仁 編		海岸防災	共立出版株式会社
3	磯崎一郎	1971	富山湾の沿岸波浪特性(第1報)	防災科学技術総合研究報告, 第25号
4	磯崎一郎・太田芳夫	1972	富山湾の沿岸波浪特性(第2報)	防災科学技術総合研究報告, 第28号
5	土屋義人・山口正隆・芝野照夫・矢下忠彦	1976	海岸波浪の変形に伴う波浪の地域分布特性	第23回海岸工学講演会論文集
6	吉田清三	1987	富山湾の海難と寄り回り波	海難防止資料
7	財団法人日本気象協会	1989	気象海象要覧 日本海 主として北陸海域	財団法人日本気象協会
8	磯崎一郎・齋藤勝也	1991	日本海の波浪特性	財団法人日本気象協会
9	国土交通省北陸地方整備局	1997		けんせつほくりく, No336, 1997年12月号
10	内藤信二・歌川紀之・西村仁嗣・武若聡	1999	日本海の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
11	畑田佳男・山口正隆	1998	富山湾における特異波浪「寄り回り波」の予測に関する	愛媛大学工学部紀要, 第17巻
12	永井紀彦・額田恭史・岩崎峯夫・久高将信	2002	切れ目のない連続観測とスペクトル周期帯表示による	土木学会海洋開発論文集 第18巻
13	国土交通省北陸地方整備局 新潟港湾技術調査事務所	2005	平成16年度沿岸波浪算定調査報告書	
14	Shigeki Ishimori, Masashi Kawai and etc	1995	On the Image of the "Yorimawari-nami" by Synthetic Aperture Radar	FINAL REPORT OF JERS-1/ERS-1 SYSTEM VERIFICATION PROGRAM, Vol.2, pp.216-225
15	石森繁樹	2000	宇宙から富山湾の波をくはかる>	シンポジウム 富山湾の環境をくはかる> 資料集, 富山技術開発財団,

(2) 各資料の概要

【巻末資料】

各資料の概要は巻末資料に示す。

なお、巻末資料には日本航海学会に投稿予定の「寄り回り波とその対策」(河合雅司)の概要についても記載している。

2.2 既往災害の記録と分析

過去に発生した施設被災関連の資料をもとに、「寄り回り波」が原因で港湾施設、海岸施設等に被災が発生したと考えられる事例を分析・抽出して整理する。

2.2.1 収集資料一覧

富山湾沿岸で発生した過去の災害に関する資料を収集する。収集する資料を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 収集資料一覧表

番号	著者	発行年	文献名	備考、発行所等
1	運輸省第一港湾建設局 新潟調査設計事務所 富山県	1984	局地波浪分析調査 報告書	
2			港湾・海岸構造物被災施設に関する調査票	昭和62年災
				昭和63年災
				平成2年災
				平成3年災
				平成7年災
				平成9年災
				平成16年災
3	財団法人日本気象協会	1989	気象海象要覧 日本海 主として北陸海域	財団法人日本気象協会
4	運輸省第一港湾建設局 新潟調査設計事務所	1998	平成9年度富山湾波浪特性分析調査 報告書	
5	国土交通省北陸地方整備局		平成16年発生伏木富山港直轄港湾災害の概要	平成16年災
6	富山県	2004	災害報告 (No. 2) 変更, 気象状況調書	
7	富山県	2006	災害速報 (No. 2), 気象状況調書	
8	本間仁		海岸防災	共立出版株式会社

2.2.2 被災出現月の整理

収集した資料から、1954年～2006年までに発生した波浪・高潮による被災の月別件数を図2.2.1に示す。そのうち、「うねり性波浪」が原因となった被災の月別件数を図2.2.2に示す。

波浪・高潮による被災は厳冬期や台風時期に多く、「うねり性波浪」が原因となったものは厳冬期に多いことがわかる。以下、台風などによる「うねり性波浪」を含め、「寄り回り波」と呼ぶ。

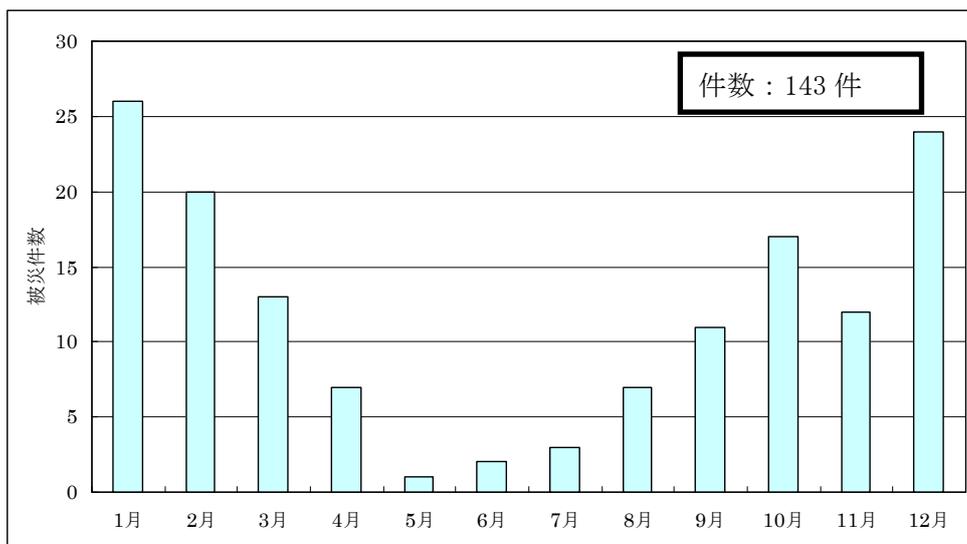


図 2.2.1 被災の月別件数

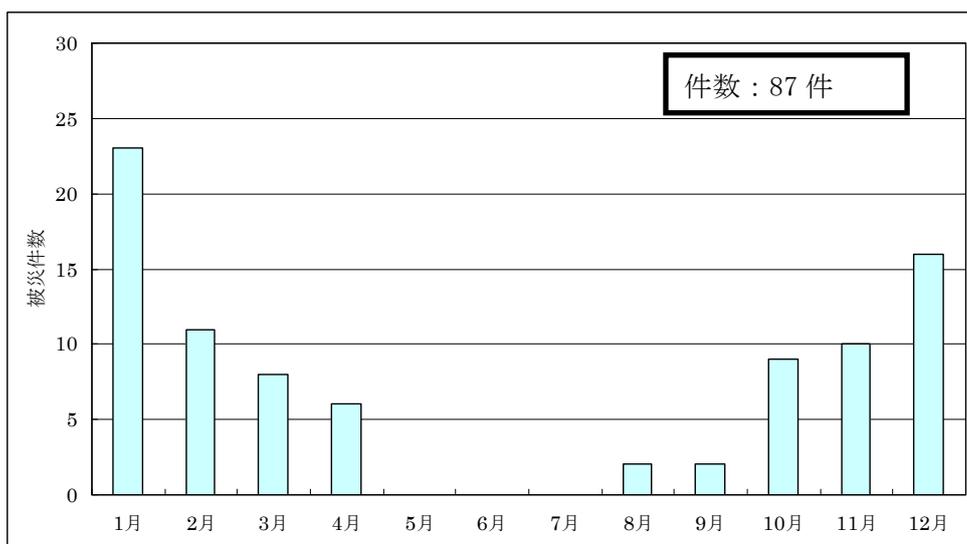


図 2.2.2 「うねり性波浪」による被災の月別件数

2.2.3 「寄り回り波」による被災地域の分析

「寄り回り波」により被災した地域を表 2.2.2 に示す行政区分に従って分類した結果を図 2.2.3 に示す。行政区分に従った分類の際に、地域名が明確なもののみを件数に加える（例えば、「伏木方面沿岸一帯」は伏木と判断し高岡市に加算、「越中一帯」や「富山湾一帯」など地域を特定できない被災の場合は除外、延べ 210 箇所）。

地域別では、下新川郡、滑川市での被災が多くなっている。

表 2.2.2 行政区分一覧

行政区分	地域分類
下新川郡	下新川, 入善, 朝日, 宮崎, 泊, 飯野, 大屋, 吉原, 境, 八幡
黒部市	黒部, 新川, 生地
魚津市	魚津, 加積, 経田
滑川市	滑川, 水橋, 高月, 吉浦
富山市	富山, 早月, 四方, 打出, 倉垣
射水市	射水, 新湊, 放生津, 海老江, 堀岡, 越の瀧
高岡市	高岡, 伏木, 伏木富山, 国分
氷見市	氷見, 中田, 小境

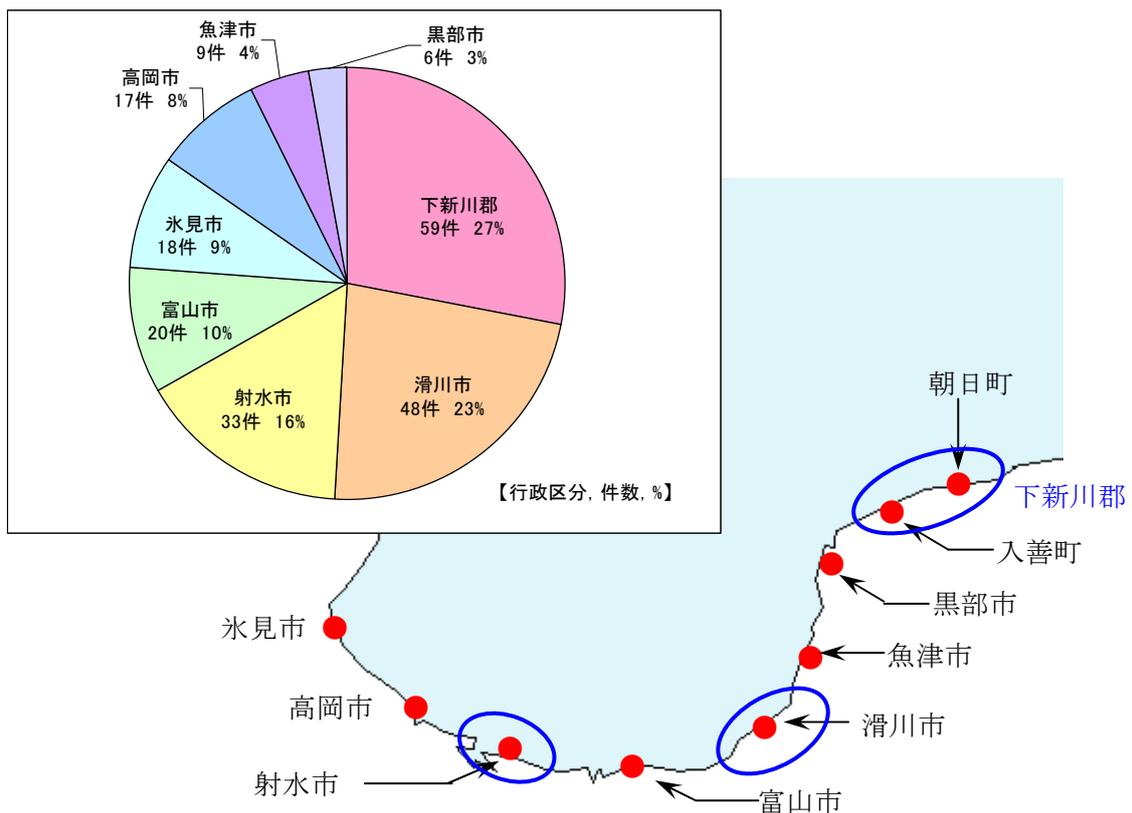


図 2.2.3 被災地域の分布と被災位置
 (○で囲んであるのは「寄り回り波」による被災が多い地域)

2.2.4 「寄り回り波」による被災の種類分析

「寄り回り波」により被害を受けた施設を表 2.2.3 の分類にしたがって累計する。「その他」には、物揚場、船揚場、防砂堤の破損や被災後に航路の浚渫を行った事例等が含まれる（延べ83件）。

被災した施設毎の被災頻度は図 2.2.4 に示すとおりである。護岸、堤防での被災が多く、被害が広範囲の海岸に及んでいることがわかる。

表 2.2.3 被災施設分類

被災施設分類
護岸
堤防(石堤)
防波堤
離岸堤(副離岸堤)
道路
突堤
波除堤
その他

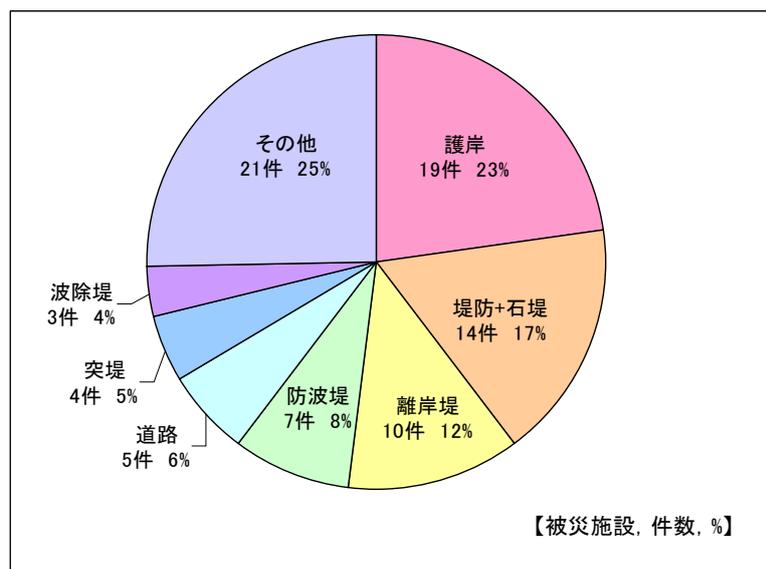


図 2.2.4 被災施設

2.2.5 近年の代表的な被災事例（昭和62年以降）

【巻末資料】

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巻末資料に示す。

3. 「寄り回り波」の特性解明と被災メカニズム

平成 20 年 2 月 24 日に富山湾に大きな被害をもたらした「寄り回り波」について、その波浪を再現し、伏木富山港（伏木地区）における被災のメカニズムを解明する。

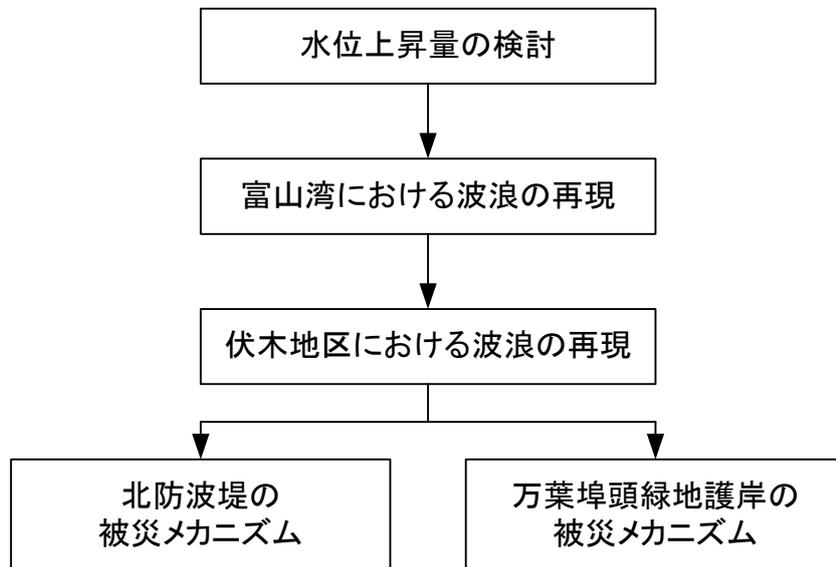


図 2.2.1 「寄り回り波」の特性解明の検討フロー

(1) 長周期波による水位上昇量

波高および潮位の観測結果の解析により、次のことがわかった。

- ・伏木地区における被災時の最高水位は、ベースとなる潮位 D. L. +0.21mに長周期波高 0.427mが加わった D. L. +0.637mと推定できる。

(2) 富山湾における波浪の再現

富山湾における波浪の再現計算により、次のことが明らかとなった。

- ・被害の大きかった入善町では、外洋からの波浪の影響を直接受けるため、波高が高くなる。
- ・富山湾の湾奥部では、「あいがめ」等の複雑な海底地形の影響により、局地的に波高が高くなる場所がある。

(3) 伏木地区における波浪再現

伏木地区における波浪の再現計算により、次のことを確認できた。

- ・現況再現計算により、高波浪箇所と被災箇所（B区間およびD・D'区間）がおおむね一致することが確認できた。
- ・北防波堤前面の被災波の波高は、現設計の設計波の波高を上回っていたことが明らかとなった。

(4) 北防波堤の被災メカニズム

北防波堤の被災メカニズムについて次のことがいえる。

- ・被災波の波高が設計波（現設計）の波高を上回ったことが、主な被災原因であると考えられる。
- ・被災は、(1) 想定を超える高波浪の来襲（水位も上昇）、(2) 消波ブロックが徐々に沈下し、堤体にかかる波圧が増大、(3) 堤体の滑動安全率が1.0を下回り、堤体が港内側に滑動、というメカニズムで生じたと推定される。

(5) 万葉埠頭緑地の被災メカニズム

万葉埠頭緑地の被災メカニズムについて次のことがいえる。

- ・護岸背後の被災状況から、越波した波および被災当日の打込み波圧と水位上昇によって堤体背後が被災したと考えられる。
- ・北防波堤を150m延伸することにより、護岸前面の各区間の最大有義波高を現況（北防波堤が1,500mのとき）と比べて4割～5割程度減少することができると考えられる。

3.1 長周期波による水位上昇量

被災時の伏木地区の水位は、潮位に長周期波による水位上昇が加わることにより、通常よりも高くなっていたと推定される。そこで、伏木富山港検潮所の潮位観測結果と富山地区および伏木地区の波浪観測データを用いて、伏木地区における長周期波による最大水位上昇量を算定する。長周期波による水位上昇量の算定フローを図 3.1.1 に示す。

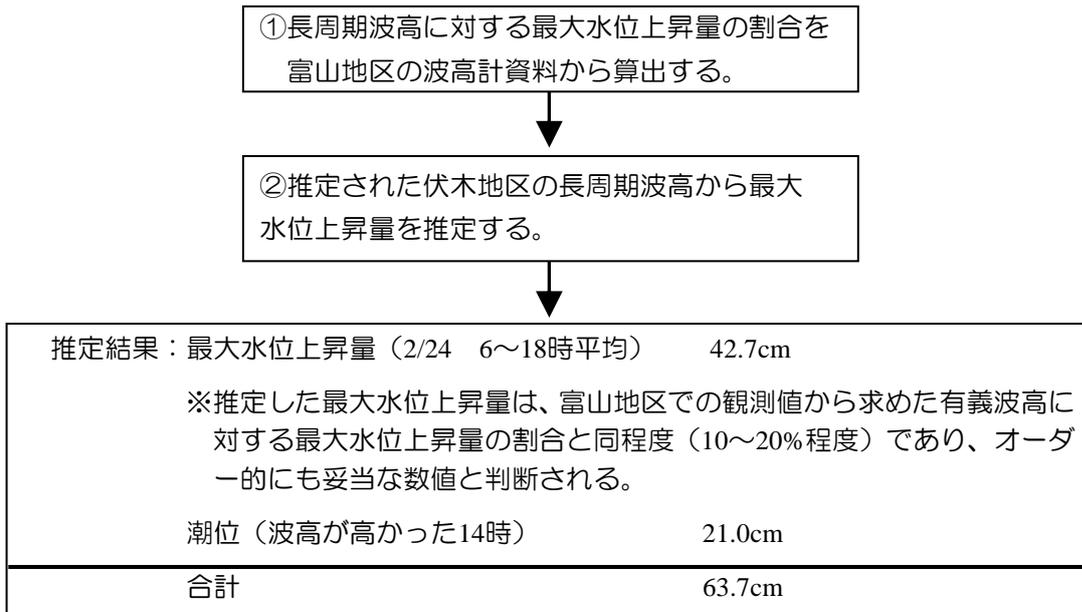


図 3.1.1 長周期波による水位上昇量の検討フロー

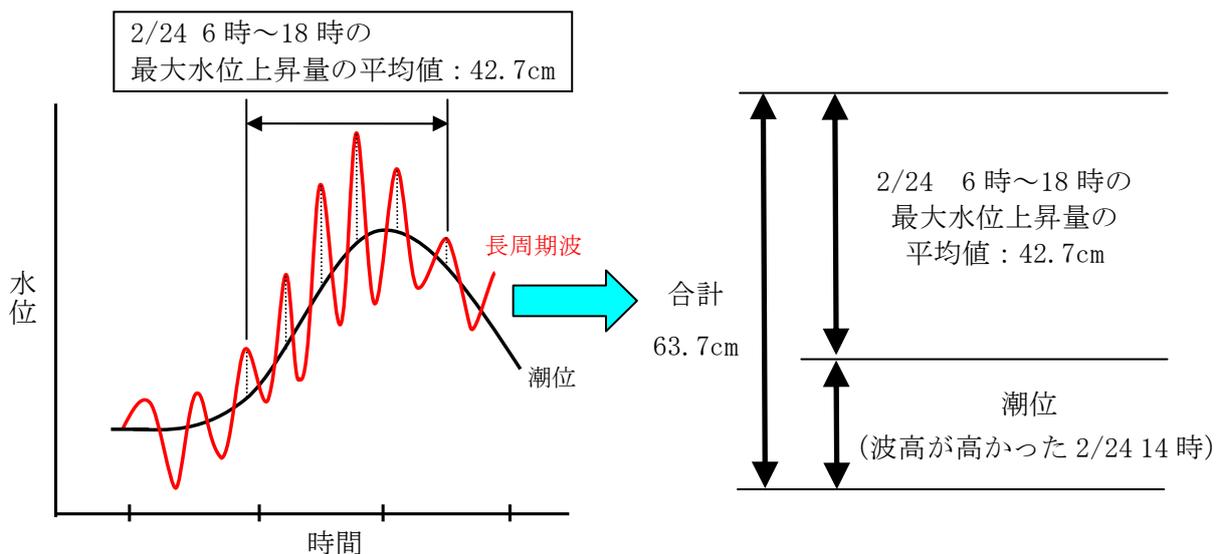


図 3.1.2 潮位と長周期波による水位上昇のイメージ

3.2 富山湾における波浪の再現

エネルギー平衡方程式により富山湾全体の波浪変形計算を実施し、富山湾における寄り回り波の地域特性を把握する。

3.2.1 再現目標の設定

再現目標は、富山湾内で最大有義波高を観測した平成 20 年 2 月 24 日 16 時の波浪とする。ただし、輪島と富山湾内では、伝播距離が異なるので輪島についてはタイムラグを考慮して 2 時間前の平成 20 年 2 月 24 日 14 時を対象とする。

- (1) 輪 島 : $H_{1/3}=6.22\text{m}$ 、 $T_{1/3}=13.3\text{s}$ (2/24 14 時)
- (2) 伏 木 : $H_{1/3}=4.04\text{m}$ 、 $T_{1/3}=14.2\text{s}$ (2/24 16 時)
- (3) 富 山 : $H_{1/3}=9.92\text{m}$ 、 $T_{1/3}=16.2\text{s}$ (2/24 16 時)

3.2.2 計算条件

(1) 計算モデル

波浪変形計算は、富山湾のような広い範囲の計算に適した「波の回折を考慮したエネルギー平衡方程式」により実施する。

表 3.2.1 計算条件一覧

項 目	領 域
	能登半島を含む富山湾
計算格子間隔	広領域(能登半島を含む富山湾): 200m 狭領域(輪島港周辺, 富山湾内): 25m
基礎方程式	波の回折を考慮したエネルギー平衡方程式 [※] (回折影響係数 $\kappa=2.5$)
周波数分割	10 分割
方向分割	36 分割

※「波の回折を考慮した多方向不規則波の変形モデルに関する研究」,

土木学会論文集No.628 II-48, 1998年, 間瀬肇・高山知司・国富將嗣・三島豊秋

(2) 計算領域

計算領域を図 3.2.1 に、計算水深を図 3.2.2 に示す。計算水深は次の資料をもとに作成した。

- ・ 海の基本図 (6312(昭和 55 年)、6331(昭和 45 年)、6332(昭和 46 年)、6333(昭和 45 年)、6334(昭和 45 年)、6335(昭和 49 年))
- ・ 海図 (1162A(昭和 39 年および平成 15 年)、1183 (平成 13 年))
- ・ 伏木地区深浅測量結果(平成 15 年)、富山地区深浅測量結果(平成 15 年)
- ・ 港湾計画図(平成 17 年)

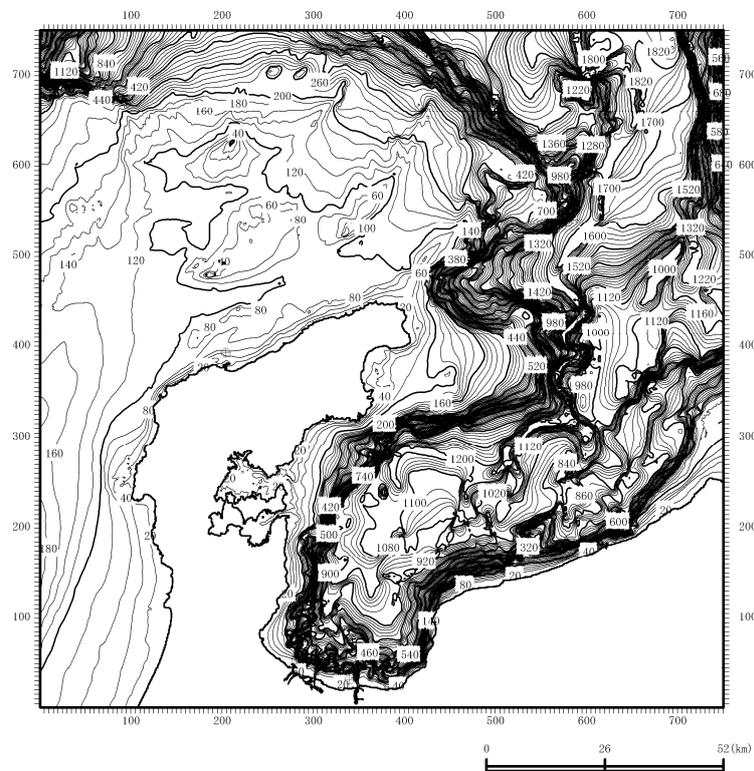
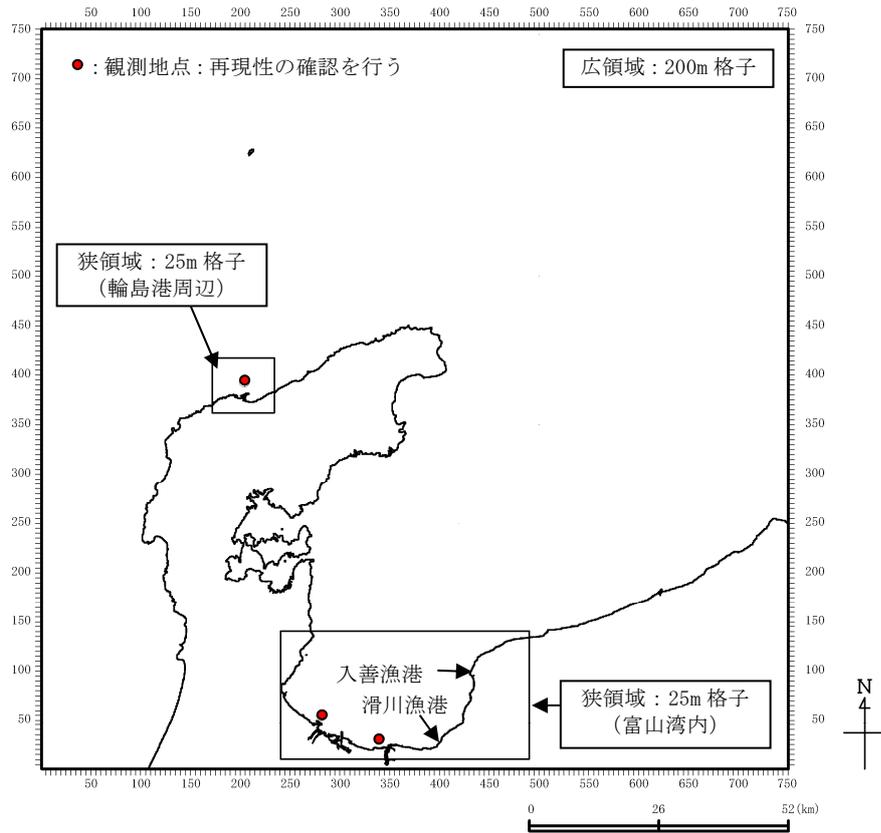


図 3.2.2 計算水深図

3.2.3 再現計算

(1) 波浪条件

再現計算の結果、再現性の高い波浪条件は表 3.2.2 に示すとおりである。潮位については、D.L. +0.0m～D.L. +0.64mで感度分析計算を実施し、最大で波高 5cm 程度の差であることを確認している。

表 3.2.2 推定される沖波条件

波浪条件	
波高	$H_{1/3}=6.9\text{m}$
周期	$T_{1/3}=14.5\text{s}$
Smax	Smax=75
波向	N21° E
潮位	潮位=D.L+0.64m
スペクトル形	BSスペクトル

(2) 再現性の確認

最も再現性が高い波浪条件(表 3.2.2)における波浪変形計算結果を表 3.2.3 に示す。再現性について次のことがいえる。

- ・ 輪島と伏木地区は、波高・周期ともに比較的よく一致している。
- ・ 富山地区は、周期の再現性は高いが、波高については計算値の方が 2.2m 程度低い。その原因としては、他地区より水深が浅いことが推測され、さらに水深データの精度により結果が大きく異なることが考えられる。
- ・ 3地点の観測値の波高・周期の傾向は計算値にあらわれており、富山湾全体の再現性の確認ができた。

表 3.2.3 観測値と計算値の比較

項目	輪島			伏木			富山		
	H1/3 (m)	T1/3 (s)	波向 (°)	H1/3 (m)	T1/3 (s)	波向 (°)	H1/3 (m)	T1/3 (s)	波向 (°)
観測値	6.22	13.3	-	4.04	14.2	-	9.92	16.2	-
計算値	6.01	14.1	19.5	4.14	13.8	31.5	7.71	16.1	18.6

3.2.4 富山湾における寄り回り波の特性

(1) 富山湾全域

富山湾全体の波高および波向分布を図 3.2.3 に示す。被害の大きかった入善町付近では、外洋からの波浪の影響を直接受けるため、波高が高くなっている。また、富山湾の湾奥部では、「あいがめ」等の複雑な海底地形の影響により、局地的に波高が高い場所がある。

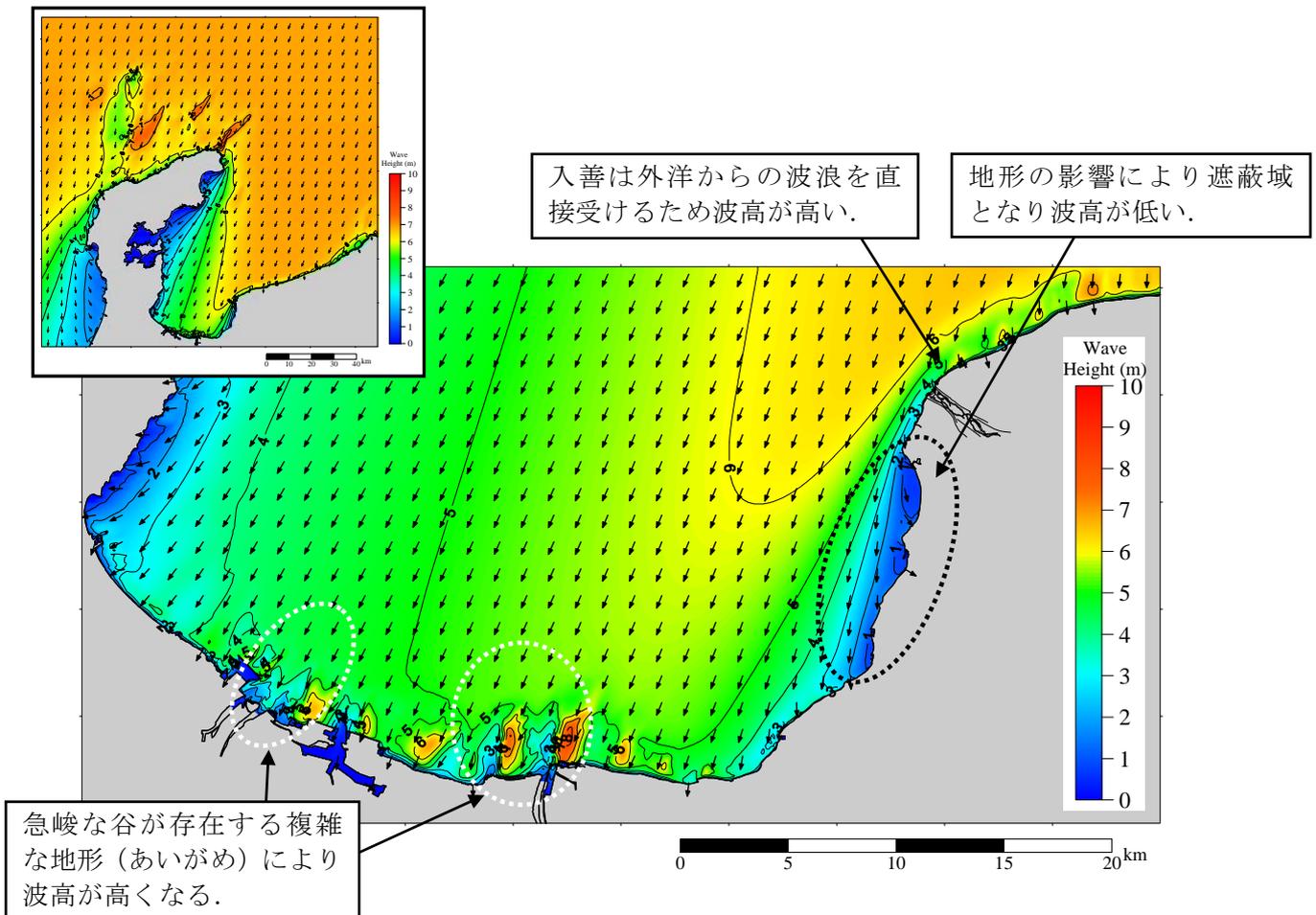


図 3.2.3 富山湾における有義波高・波向分布

(2) 伏木地区および富山地区

伏木地区～新湊地区と伏木地区の波高、波向分布および水深図を図 3.2.4、図 3.2.5 に示す。伏木地区の被災箇所では波高が高くなっている。港湾の前面においては、20m～100m を境に「あいがめ」と呼ばれる急峻な谷の地形を形成している。岬状の海底地形の場所では、屈折・浅水変形の影響で波浪が集中している。

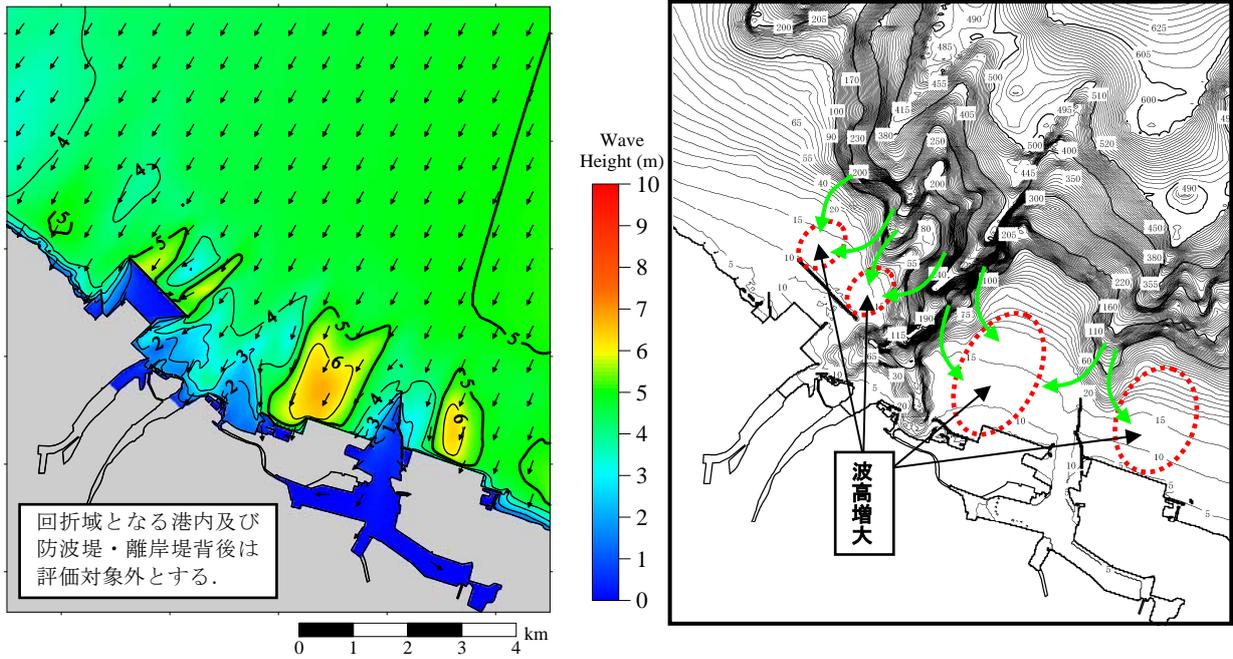


図 3.2.4 有義波高、波向分布図(左)および水深図(右) (伏木・新湊地区)

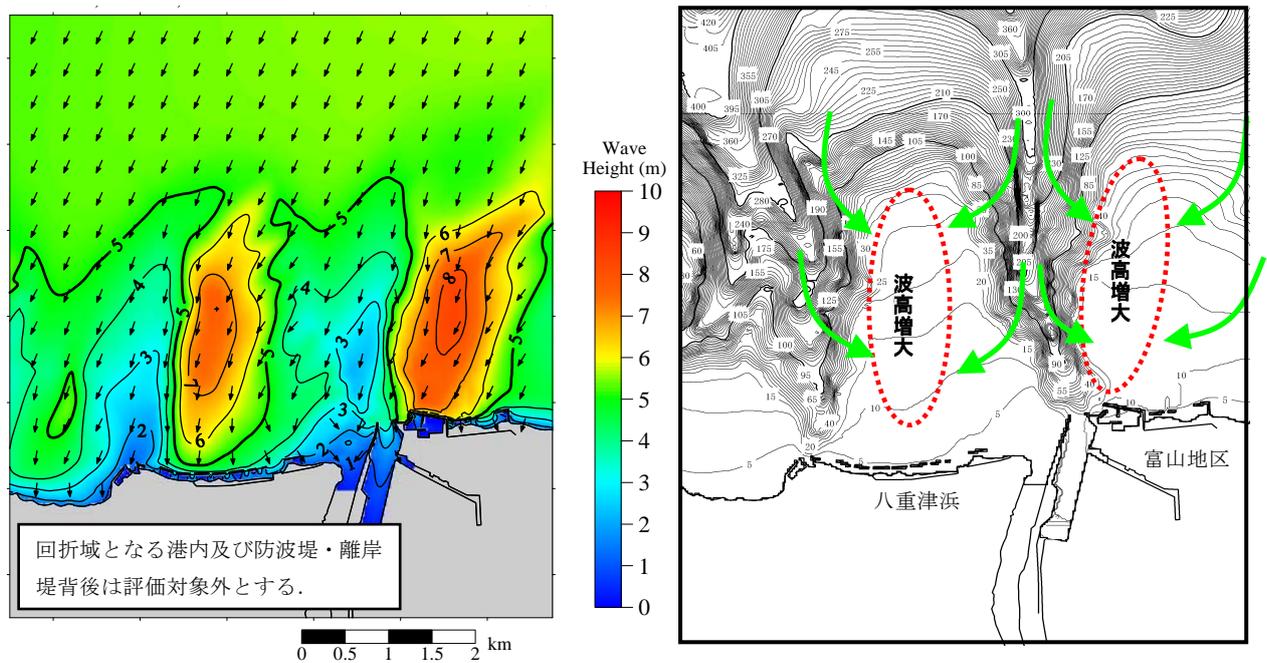


図 3.2.5 有義波高、波向分布図(左)および水深図(右) (富山地区)

3.3 伏木地区における波浪の再現

被災時の状況を把握するために、ブシネスクモデルにより伏木富山港（伏木地区）における波浪変形計算を実施する。

3.3.1 波浪計算手法

伏木地区における波浪の再現計算は、港湾周辺のような比較的狭い範囲の波浪を詳細に検討することができる、ブシネスクモデル（(独)港湾空港技術研究所が開発しているNOWT-PARI ver. 4.6c5a(平成20年最新版)）を用いて実施する。

ブシネスクモデルは、港内外の波浪変形を同時にかつ高精度に算定する最新の計算手法として、近年、その有用性が広く注目されている波浪計算手法である。(独)港湾空港技術研究所によるブシネスクモデルは、NOWT-PARI ver4.6βが2001年度から配布されており、伏木富山港（伏木地区）の港湾計画関連の波浪計算においても2001年度から順次導入されている。ブシネスクモデルと他の波浪計算手法との適用範囲の比較を表3.3.1に示す。

表 3.3.1 波浪変形計算法（計算モデルの基礎方程式）の適用範囲¹

分類	波浪変形計算法	水深変化	屈折	浅水変形	砕波	回折	反射	海浜流	水位上昇	有限振幅性	分散性	多方向性
屈折系	①波向線法	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×
	②エネルギー平衡方程式	○	○	○	○	△	○	×	×	×	×	○
回折系	③ゾンマーフェルト解による解析解法	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	○
	④ヘルムホルツ方程式	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	○
	⑤高山法	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	○
屈折・回折系	⑥数値波動解析法	○	○	○	×	○	○	×	×	×	×	×
	⑦ブシネスク方程式	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○

(砕波) ②：砕波減衰項によって波高をエネルギー的に減衰させる

⑦：砕波減衰項によって運動流速を減衰させることにより波高を減衰させる

(回折) ②：理論的な考慮はないが、数値分散により実用上問題のない結果が得られることが多い

(反射) ⑦：部分反射（完全反射と無反射の中間的な反射率を有する反射）の取り扱い方に改善が必要である

¹ 平山克也(2002)：非線形不規則波浪を用いた数値計算の港湾設計への活用に関する研究、港湾空港技術研究所資料 No. 1036.

3.3.2 計算条件

(1) 計算条件

本検討に用いる主な計算条件を表 3.3.2 に示す。また、計算水深を図 3.3.1 に示す。伏木地区における波浪変形計算においては、「あいがめ」と呼ばれる複雑な海底地形を十分に考慮できるように計算領域および水深を設定する。

表 3.3.2 主な計算条件

項目	計算条件
計算対象域	伏木外港の港外および港内
沖側境界条件	修正 JONSWAP 型スペクトル
港内反射率	直立壁 : 1.0 スリットケーン : 0.8 消波ブロック : 0.5
計算格子間隔	10m
計算時間間隔	0.02 秒
積分時間	$100T_{1/3}$
沖側最大水深	150m
最低水深	2.0m
計算潮位	D. L. +0.637m

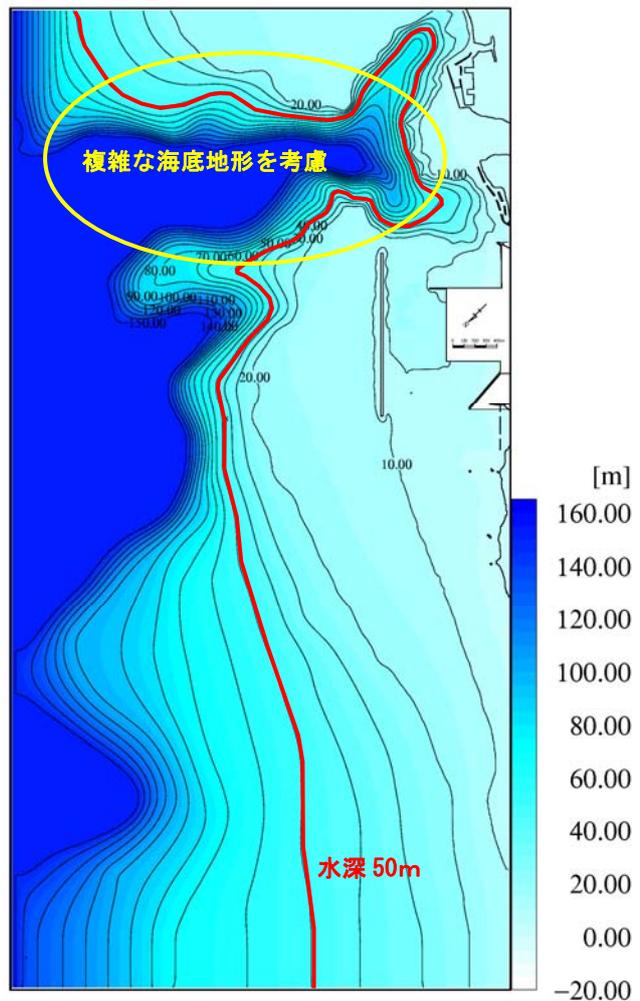


図 3.3.1 計算水深図

(2) 波浪条件

1) 波浪観測結果にもとづいた入射波スペクトルのパラメータ γ の設定

観測波浪のスペクトル解析を実施して、入射波浪の JONSWAP スペクトルのパラメータ γ を設定する。被災時（14 時～18 時）の JONSWAP スペクトルのパラメータ γ は 3.3 前後であったことから波浪計算に用いる γ は 3.3 とする。また、高波浪期間の γ の最大値が 10.0 程度であったことから、 $\gamma=10.0$ についても検討を実施する。

2) 現況再現計算による入射波浪の設定

波浪観測地点の波高を再現するために、ブシネスクモデルによる現況再現計算を実施した。潮位条件は、仮の潮位として D. L. +0.7m を使用し、現況再現計算における波高の合わせ込みは 2 回実施し、2 回目の合わせ込み時には反射なしの条件による波向の確認もあわせて実施した。現況再現計算結果（入射波浪条件）を表 3.3.3 に示す。

現況再現計算の結果、波浪観測地点の波浪を波高 $\pm 0.1\text{m}$ 、波向 $\pm 2^\circ$ 程度の精度で表現することができた。

表 3.3.3 現況再現計算結果（波高は反射あり、波向は反射なしの条件で算定）

計算ケース 波浪諸元	合わせ込み	入射波条件					波浪観測地点	
		波高 (m)	周期 (秒)	波向 ($^\circ$)	Smax	γ	波高 (m)	波向 ($^\circ$)
波向 22.5° , γ 3.3	1 回目	4.42	14.2	N17.5	75	3.3	4.28	—
波向 22.5° , γ 10.0	2 回目	4.53	14.2	N17.5	75	10.0	4.21	N22
波向 40.0° , γ 3.3	2 回目	4.08	14.2	N39.5	75	3.3	4.27	N38
波向 40.0° , γ 10.0	2 回目	4.02	14.2	N39.5	75	10.0	4.23	N38

再現目標：波高 4.22m

3.3.3 伏木地区における「寄り回り波」の特性

伏木地区における被災時の波浪特性を把握するために、反射波を含めた被災時の波浪の再現計算を実施した。伏木地区における被災時の波浪計算結果を図 3.3.2 に示す。

富山湾における波浪の再現計算の結果、伏木富山における波向は 31.5° であることから、伏木地区における計算波向は被災期間における波向の変化幅を考慮して 22.5° および 40.0° の2ケースとする。

(1) 波向 22.5°

- ・ 北防波堤の東端のA区間および西側のD区間(西側)～E区間で波高が高くなる傾向にある。
- ・ 特に、被災しているD区間の西側では、波高が非常に高くなっている。
- ・ $\gamma 10.0$ は $\gamma 3.3$ よりも波浪の収束傾向が強まっており、反射波(重複波)の分布も強く出る傾向にある。

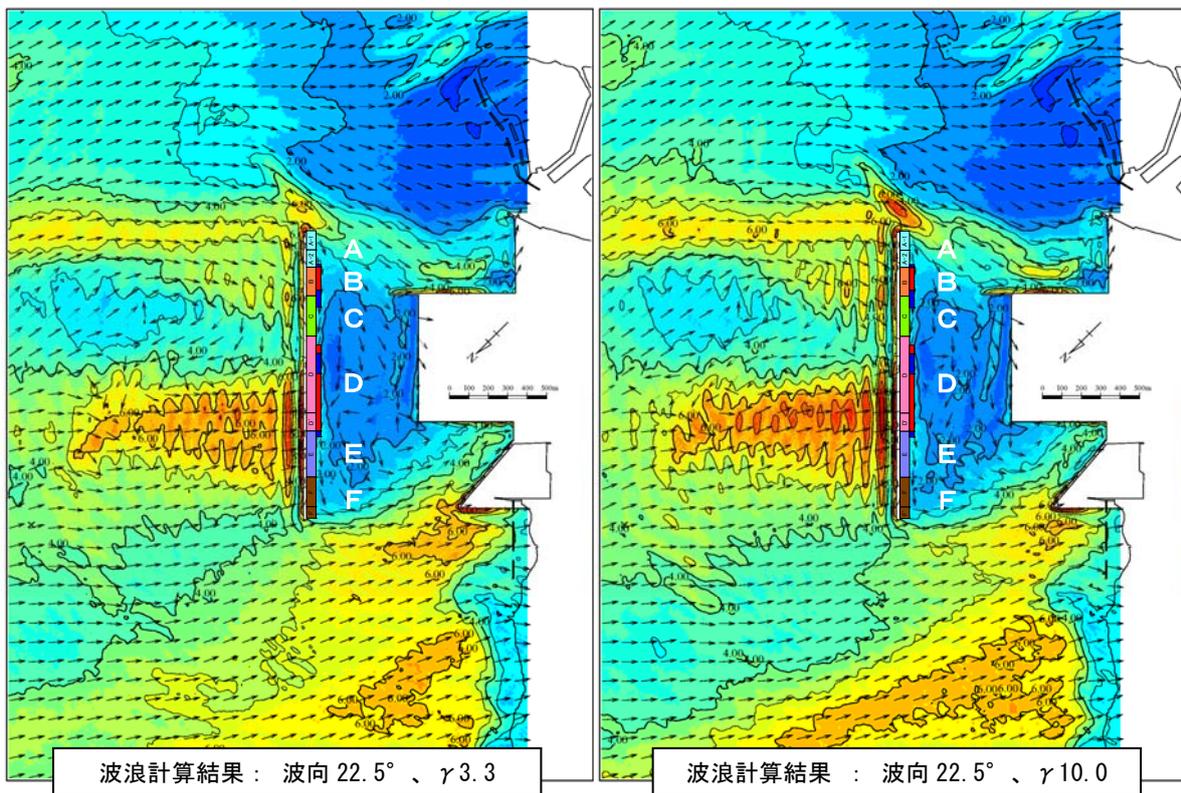


図 3.3.2(1) 被災波の波浪計算結果(波向 22.5° 、反射あり)

(2) 波向 40.0°

- ・ 北防波堤の東端のA～B区間および西端のE～F区間で波高が高くなる傾向にある。
- ・ 被災しているB区間前面では、波向 22.5° よりも波高が高い。
- ・ $\gamma 10.0$ は $\gamma 3.3$ よりも波浪の収束傾向が強まっており、反射波（重複波）の分布も強く出る傾向にある。

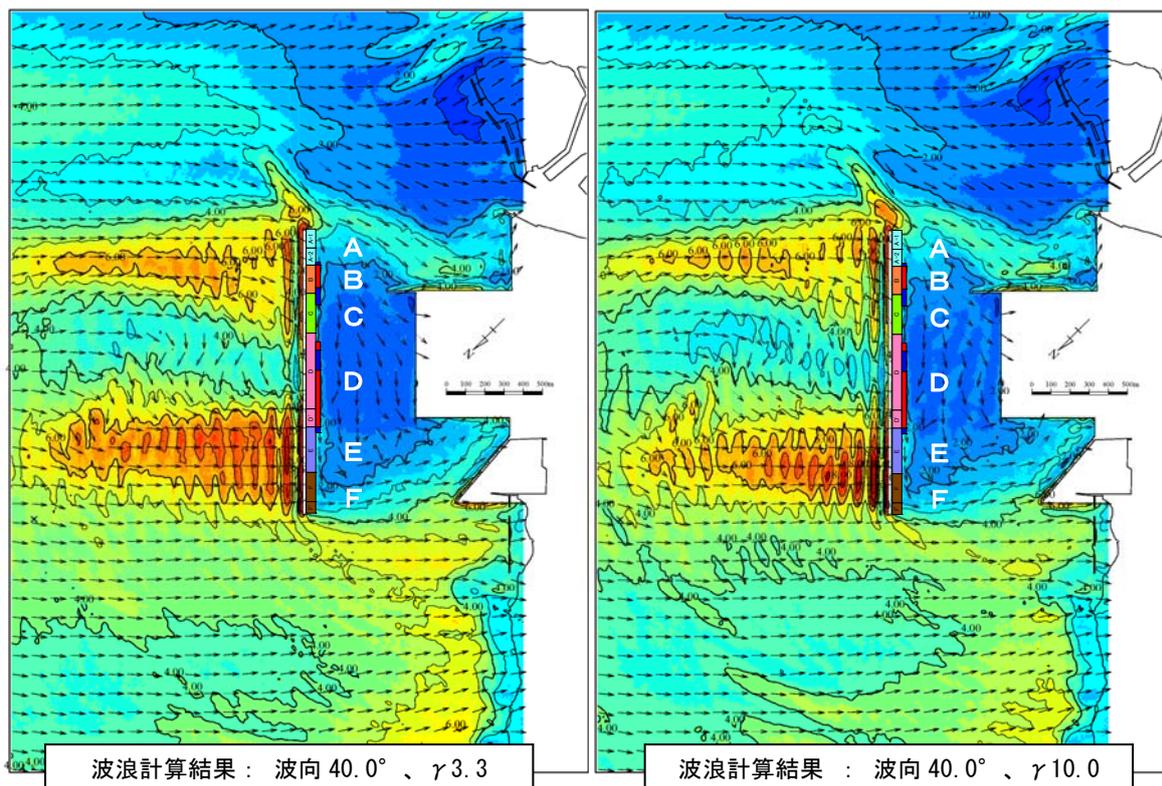


図 3.3.2(2) 被災波の波浪計算結果（波向 40.0°、反射あり）

(3) まとめ

波浪変形計算の結果、高波浪箇所が被災箇所とおおむね一致していることが確認された。この結果を踏まえて、被災要因の検討のための進行波の検討を実施する。

3.4 北防波堤の被災メカニズム

3.4.1 現設計の整理

北防波堤の被災要因を検討するにあたり、現設計について整理する。

被災のあったB～D・D'区間と被災のなかったその両隣のA, E区間の設計条件一覧を表 3.4.1 に示す。また、区間割り平面図を図 3.4.1 に、B～D区間の構造断面を図 3.4.2 に示す。

表 3.4.1 設計条件一覧

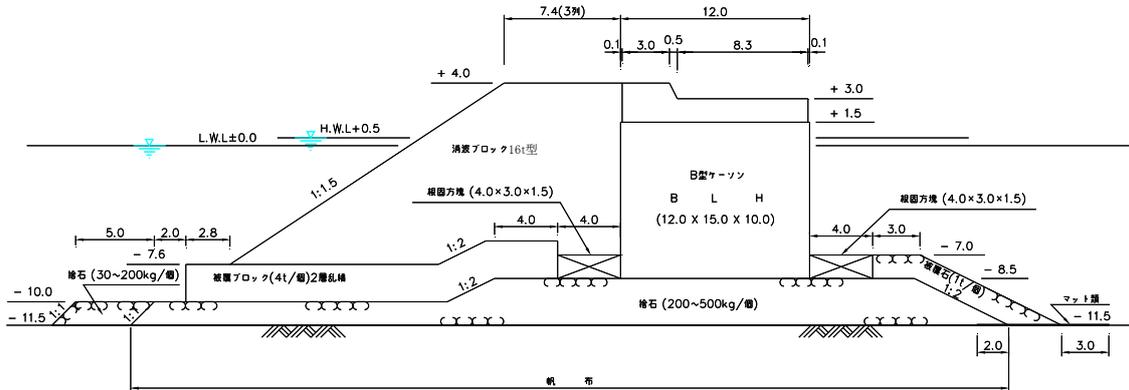
区間	E	D・D'	C	B	A-2	A-1
区間延長(m)	240	495	210	150	90	100
設計波高 $H_{1/3}$ (m)	6.4	5.8	5.3	5.3	6.0	6.0
設計周期 $T_{1/3}$ (sec)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
入射角 β (°)	0	0	0	0	0	0
設計水深(m)	-10.5	-10.5	-10.5	-11.5	-12.0	-13.0
マウンド水深(m)	-8.0	-8.0	-8.0	-8.5	-9.0	-10.0
設計天端高(m)	+4.5	+4.0	+4.0	+4.0	+4.5	+4.5
上部工構造	後部 パラペット	前面 パラペット	前面 パラペット	前面 パラペット	前面 パラペット	前面 パラペット
消波工構造(t/個)	32	25	20	16	25	25
設計年月	H9.3	H2.3	S63.11		H4.10	
被災状況	なし	あり (最大4.0m滑動)	あり (最大1.2m滑動)	あり (最大12.0m滑動)	なし	なし



図 3.4.1 北防波堤の設計区間の区割り (平面図)

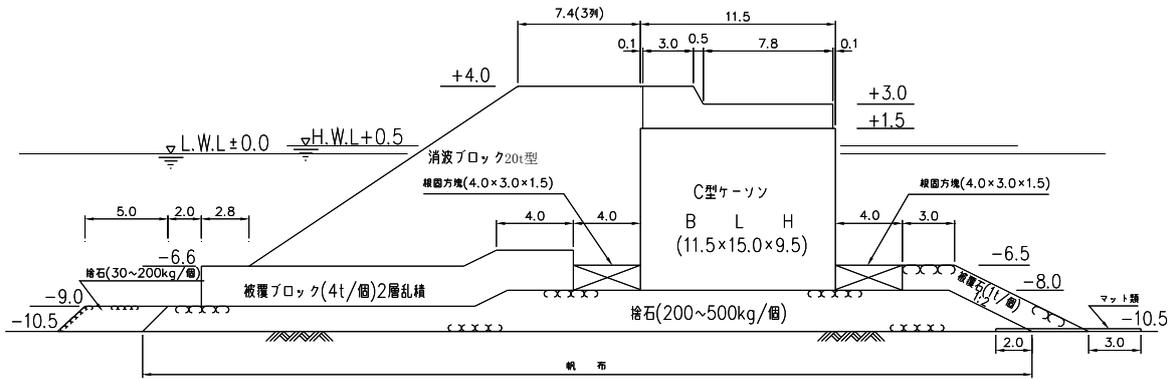
B区間

施工年度:H2, 6



C区間

施工年度:H2, 3



D・D' 区間

施工年度:H4, 5, 8, 9

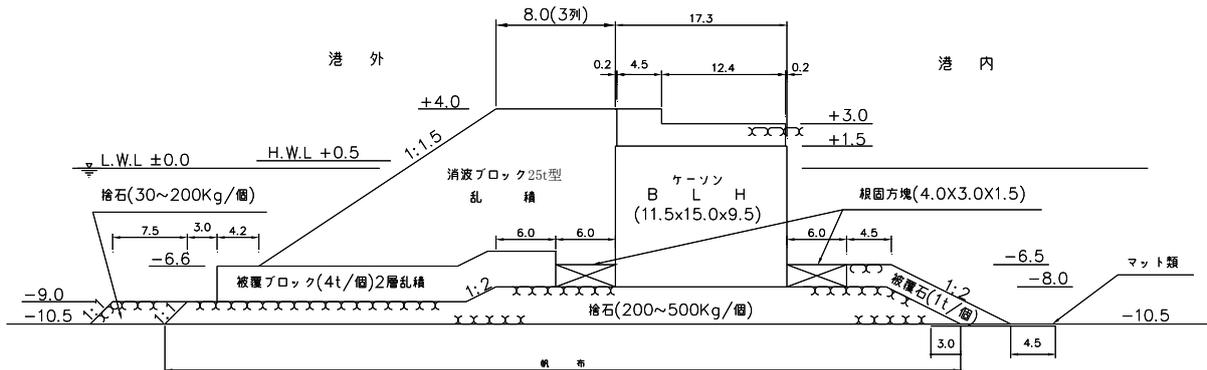


図 3.4.2 構造断面図 (B~D区間)

3.4.2 北防波堤前面の波高の算定

伏木地区の波浪特性の把握と同様の方法で、被災波の進行波の堤前波高を算定した。北防波堤の波高分布特性を図 3.4.3 に示す。

北防波堤前面における被災波の波高は、現設計の設計波の波高を上回り周期も長くなっており、これが被災要因となったと考えられる。

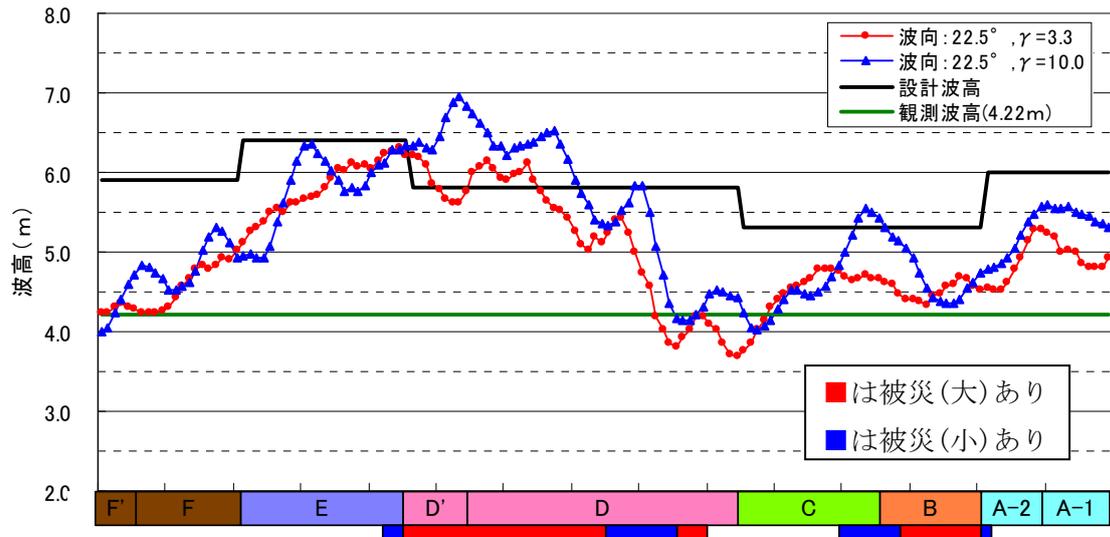


図 3.4.3(1) 北防波堤前面の波高分布（波向 22.5°、堤体前面 25m地点、進行波）

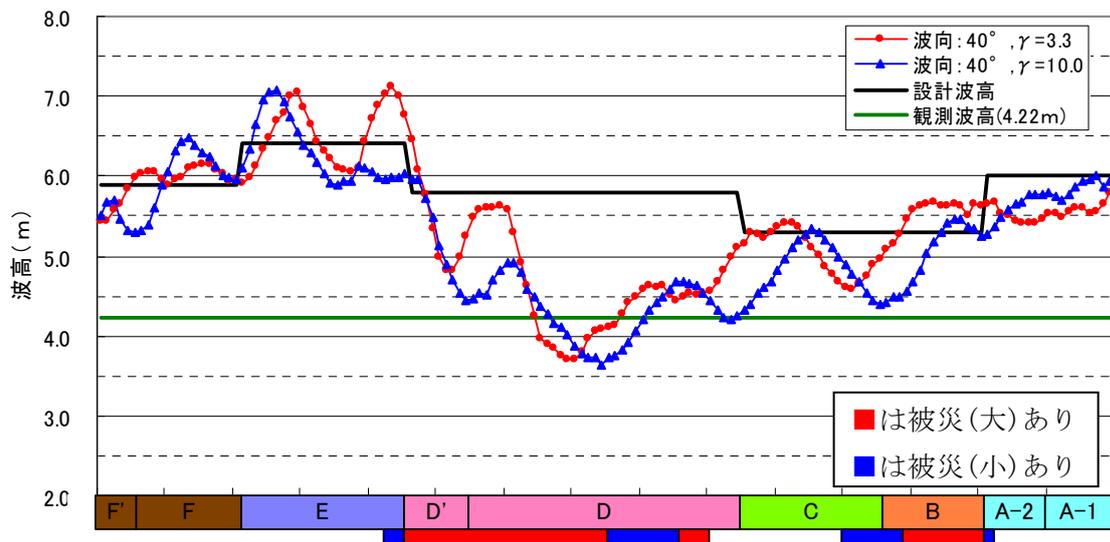


図 3.4.3(2) 北防波堤前面の波高分布（波向 40.0°、堤体前面 25m地点、進行波）

3.4.3 北防波堤の被災メカニズム

これまでの検討から、北防波堤の被災メカニズムは次のように考えられる。

北防波堤の被災メカニズムのイメージ図

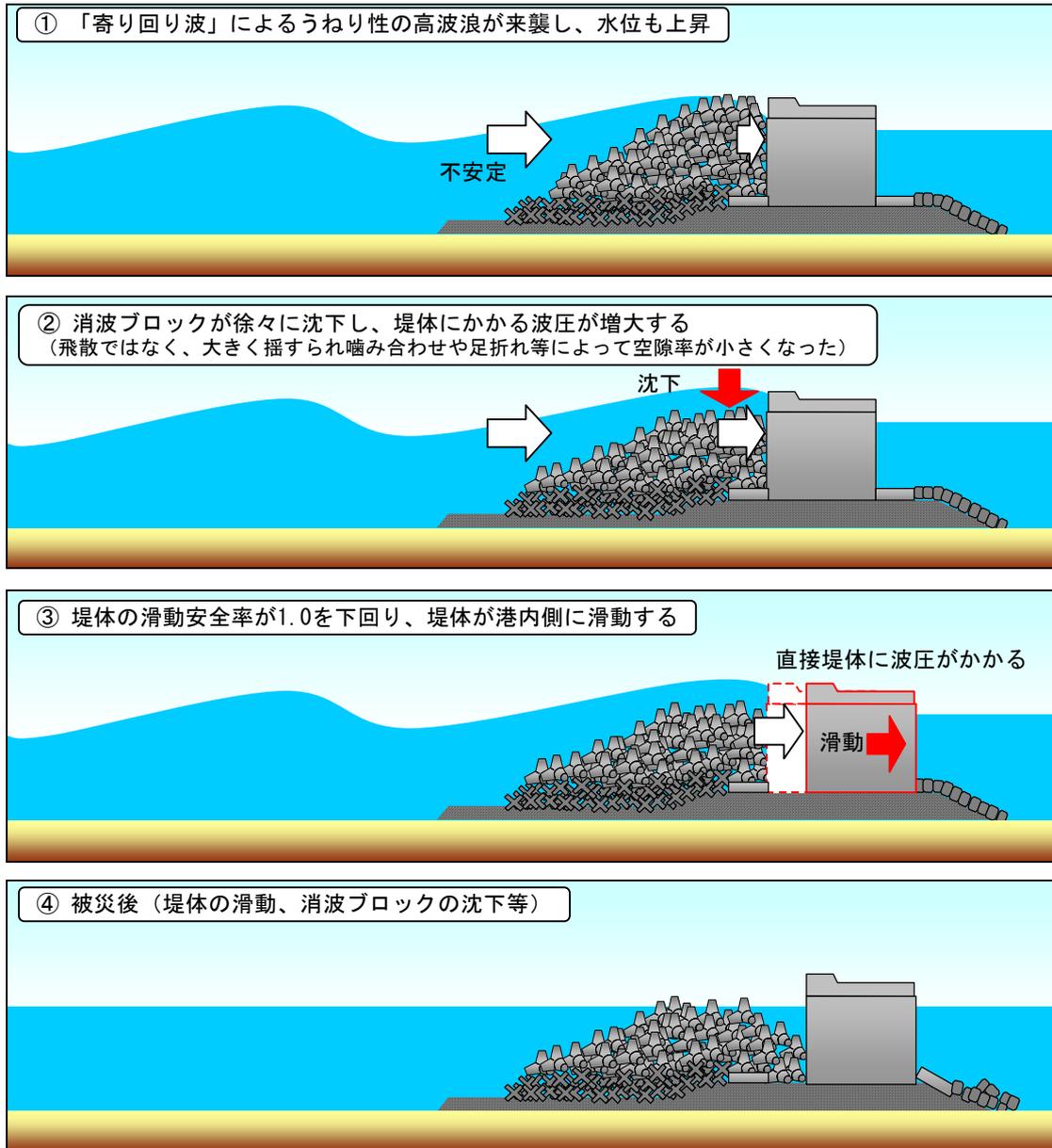


図 3.4.4 北防波堤の被災メカニズム（イメージ図）

3.5 万葉埠頭緑地の被災メカニズム

万葉埠頭緑地の被災原因を検討するため、平成20年2月24日に発生した被災時の波を沖波として用いて、ブシネスクモデルにより護岸への来襲波を算定し、その波高を用いて波高を用いて越波流量、越波水、吸い出しについて検討する。

3.5.1 対象位置

対象位置（万葉埠頭緑地）を図3.5.1に、縦断図を図3.5.2に示す。

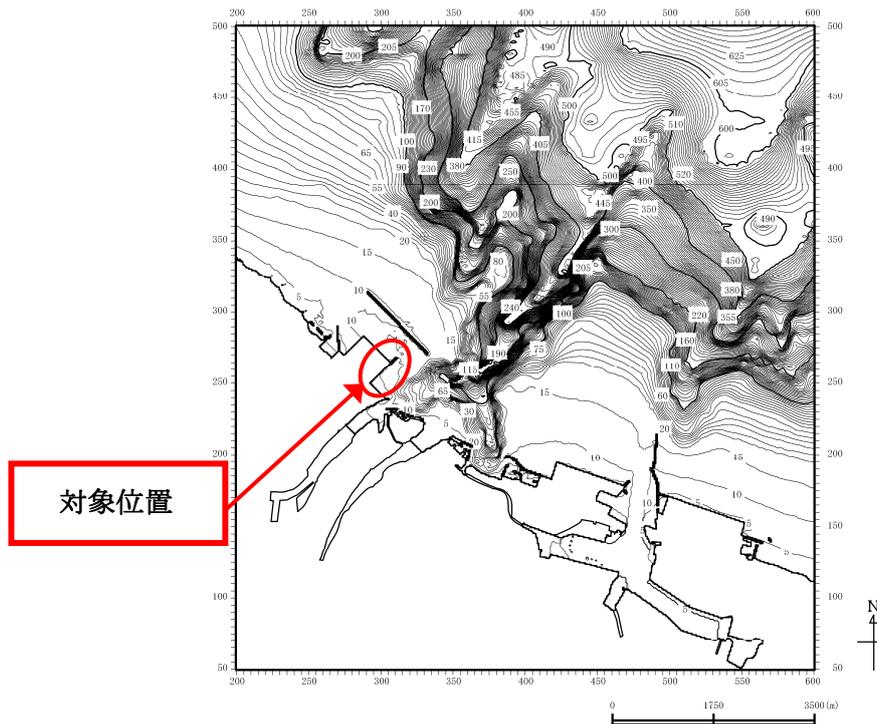


図 3.5.1 対象位置図

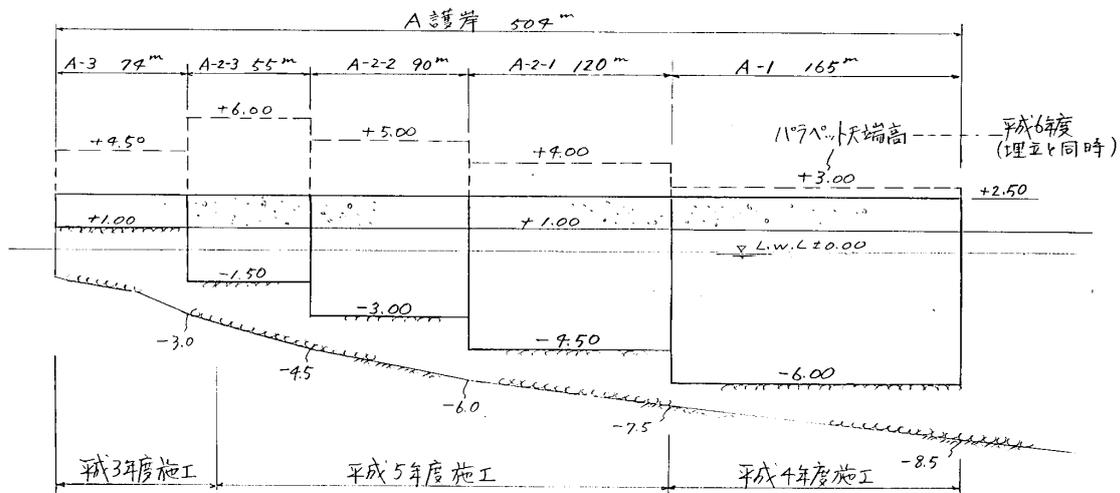


図 3.5.2 万葉埠頭緑地護岸縦断図

3.5.2 施設概要

万葉埠頭緑地護岸は3区間5断面で施工されている。1断面(A-1)を図3.5.3に示す。

(【巻末資料】各工区 断面)

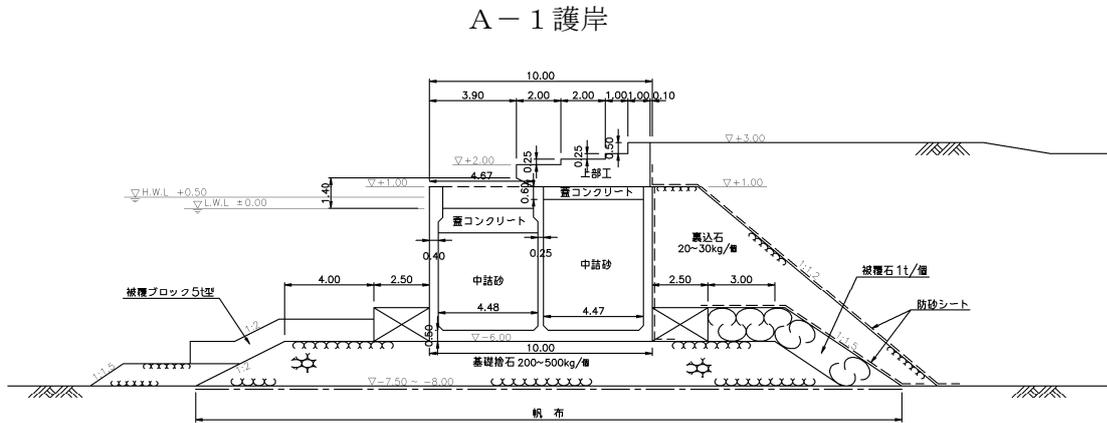


図 3.5.3 緑地護岸標準断面(A-1)

3.5.3 被災のメカニズムの検討

(1) 越波流量の算定

被災時における緑地護岸背後への越波量を算定し、緑地の被災状況を把握する。

1) 算定条件

【算定方法】

越波量は、不規則波実験に基づいて作成された越波流量曲線「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）p.120 港湾基準」により算定することとする。

また、ブシネスクモデルによる波浪解析結果より、各護岸に入射する波高は岸壁法線に対して 40° 程度傾いている。本検討では、右図に示す斜め入射を考慮し越波流量の算定を行うこととする。図より斜め入射による低減効果を、 $hc(0)' / hc = 0.7$ とする。

【潮位】

D. L. +0.7m とする。

【波高】

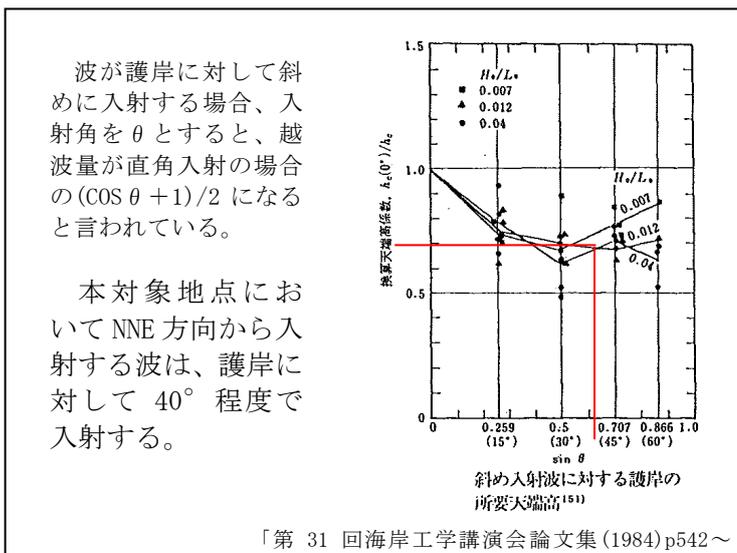
ブシネスクモデルの波浪推算結果より堤前における有義波高と設計水深から換算沖波波高 (H_0') を逆算し越波流量の計算に用いることとする。各区間の堤前における換算沖波波高を右図に示す。

【海底勾配】

海底勾配は、「水深換算沖波波高比 h/H_0' が 1.5~2.5 の範囲における平均海底勾配を用いることが適当である」「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）P120 港湾基準」より求めることとするが、A-1 区間~A-2-3 区間の前面は水深が深いことから、上記範囲により求めることができない。但し A-3 区間においては上記区間から 1/40 を算定することが可能である。また、越波流量を算定する際に用いる越波流量曲線は、1/10 または 1/30 グラフのどちらか一方を使用するため、本地点においては 1/30 のグラフを利用して許容越波流量を算定することとする。

【許容越波流量】

護岸背後の状況より、被災限界の越波流量を $0.05 \text{ (m}^3/\text{m}\cdot\text{s)}$ 、設計時の許容越波流量を $0.02 \text{ (m}^3/\text{m}\cdot\text{s)}$ とする。



表一参4.6.2 被災限界の越波流量

種別	被覆工	越波流量 (m ³ /m·s)
護岸	背後舗装済み	0.2
	背後舗装なし	0.05
堤防	コンクリート三面巻き	0.05
	天端舗装・裏法未施工	0.02
	天端舗装なし	0.005以下

港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）P120 港湾基準」

2) 算定結果

各施設の越波流量を表 3.5.1 に示す。

表 3.5.1 越波流量

区間	港湾形状	潮位	沖波周期	換算沖波波高	越波流量	許容越波流量
		(m)	T(sec)	Ho' (m)	q (m ³ /m・sec)	0.05
A-1	現況	0.7	14.2	3.18	0.0883	設計値以上
					0.1336	設計値以上
A-2-1	現況	0.7	14.2	3.16	0.0585	設計値以上
					0.0934	設計値以上
A-2-2	現況	0.7	14.2	3.02	0.0395	設計値以下
					0.0163	設計値以下
A-2-3	現況	0.7	14.2	3.00	0.0062	設計値以下
					0.0008	設計値以下
A-3	現況	0.7	14.2	4.20	0.0006	設計値以下
					0.00004	設計値以下

(2) 越波水による打ち込み波圧と越流圧の検討

越波水の検討被災時の波により、上部工上面やその背後舗装上面に作用した打ち込み波圧と、越流により発生した圧力について試算する。

1) 算定条件

越波水の算定は、「混成防波堤上の越波水の運動と波力に関する実験的研究(港研報告 第31巻 第1号)」に記載の式を用いて算定することとする。

2) 計算結果

計算結果を表 3.5.2 および図 3.5.4 に示す。

表 3.5.2 堤体背後に作用する波圧

		堤体背後に作用する波圧		
		P1 (kN/m ²)	P2 (kN/m ²)	L (m)
A-1	越流時	62.23	24.89	10.17
	打ち込み時	0.00	50.18	12.22
A-2-1	越流時	70.51	28.21	11.52
	打ち込み時	0.00	50.62	13.61
A-2-2	越流時	57.48	22.99	9.39
	打ち込み時	0.00	43.34	13.50
A-2-3	越流時	20.32	8.13	3.32
	打ち込み時	0.00	33.00	11.87
A-3	越流時	20.46	8.19	3.35
	打ち込み時	-	-	-

3.5.4 北防波堤延伸(東側ハネ部 150m)の効果

北防波堤は、伏木地区の港内静穏度を確保するために設置されている。現在、これを東側に 150m 延伸し、静穏度をより高める計画がある。その副次的効果として、護岸前面の波高を現況（北防波堤が 1500m のとき）に比べ各区間の最大有義波高を 4~5 割程度減少することができると考えられる。

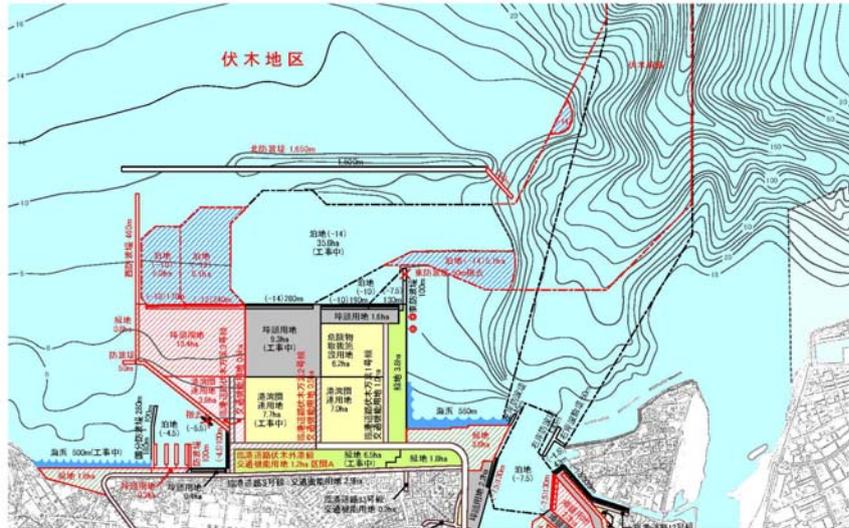


図 3.5.5 港湾計画図

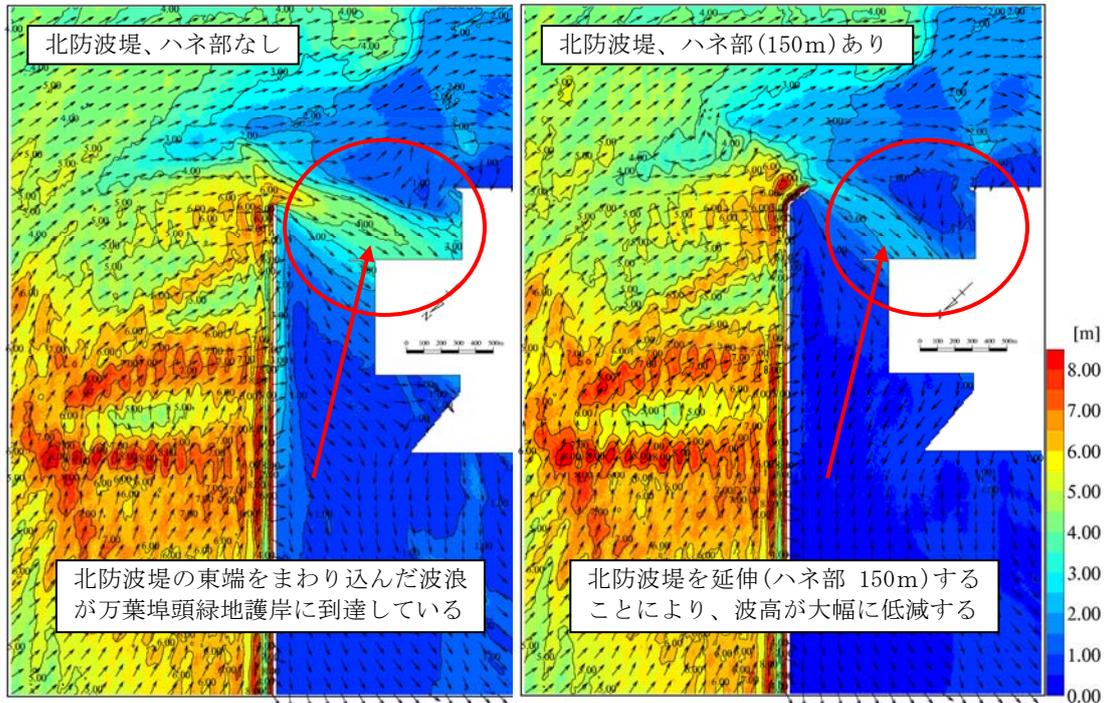


図 3.5.6 被災波の波浪計算結果 (左：ハネ部なし、右：ハネ部あり、波向 NNE、進行波)

3.5.5 まとめ

- ・ 被災時の波による護岸越波量を算定すると A-1 区間、A-2-1 区間において許容越波 $q=0.05\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$ 以上の越波量となった。
- ・ 護岸背後の被災状況から越波した波による流れや打ち込み波圧と水位上昇によって堤体背後が被災したと考えられる。
- ・ 北防波堤を 150m 延伸することにより、護岸前面の波高を現況（北防波堤が 1,600m の時）に比べ各区間の最大有義波高を 4～5 割程度減少することができる。

4. 今後の対応策

4.1 設計波浪の考え方

(1) 設計波浪条件

伏木地区北防波堤では、再度災害を防止する観点から、図 4.1.1 に示すとおり、従来の 50 年確率波と今回の被災波を比較検討して設計する。また、被災時の潮位も考慮する。

(2) 安定性の照査フロー

北防波堤の設計における安定性の照査フローを図 4.1.1 に示す。

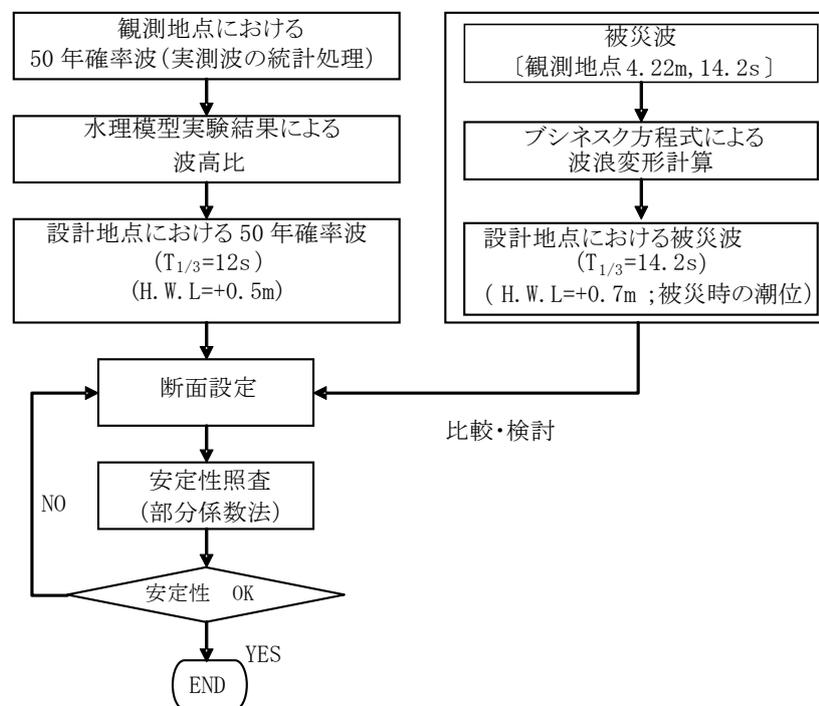


図 4.1.1 安定性の照査フロー

4.2 被災施設の復旧

4.2.1 北防波堤の復旧方法

(1) 復旧の方法

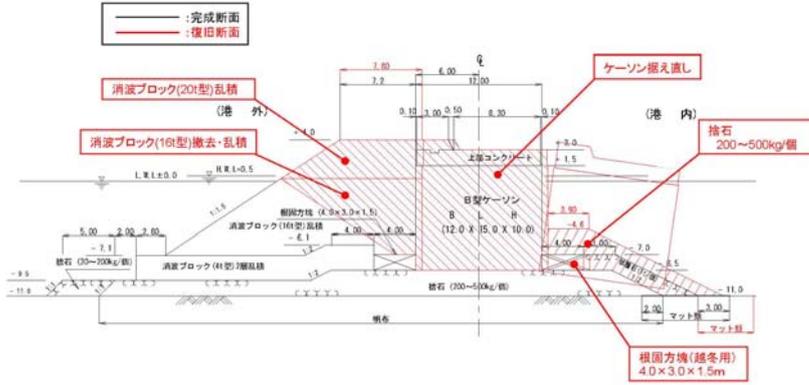
再度災害防止の観点から以下の対応とした。

- ① 消波ブロックの沈下が消波ブロック高さの $1/3 \sim 2/3$ 程度以上認められる範囲
→消波ブロックのランクアップによる対応
- ② ケーソンが港内側へ滑動し、基礎捨石から外れ、据え直しが必要な範囲（4 函）
→ケーソンを据え直し、滑動安全率を確保するため港内側を捨石で補強することによる対応
- ③ ケーソン本体が損傷した箇所（ケーソン側壁、中詰工）
→原形復旧
- ④ パラペットが損傷した範囲
→原形復旧

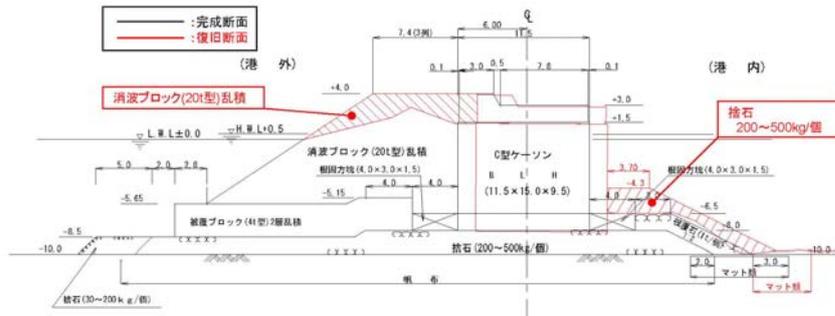
(2) 復旧断面

各設計区間の復旧断面を図 4.2.1～図 4.2.3 に示す。

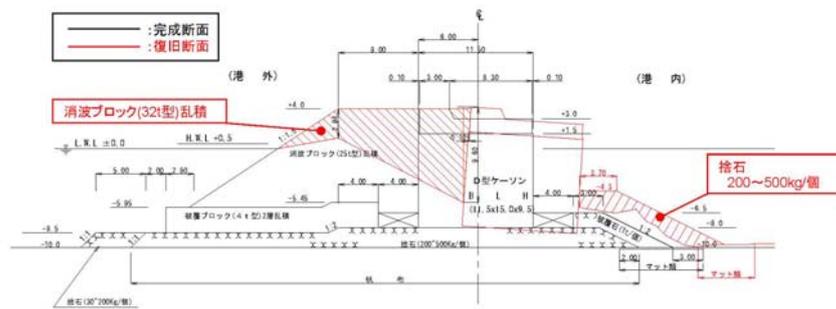
B区間



C区間



D区間



4.2.2 万葉埠頭緑地の復旧方法

(1) 被災状況の整理

護岸の越波量及び越波時間が長かったため、緑地内に大量の海水が流れ込んだことから、緑地が洗掘して、大きな被害を受けたと考えられる。また、緑地背後の港湾関連用地へも浸水が広がった。



図 4.2.4 万葉埠頭緑地の被災状況

(2) 復旧の方針

- (1) 再度災害防止の観点から、被災波（観測地点 4.22m、14.2 秒）を考慮する。
- (2) ブシネスク方程式による波浪変形計算により、設計地点における被災波（設計波）を算出する。
- (3) 越波で流入した海水を排水する。
- (4) 許容越波量を超える範囲を強化する。

(3) 復旧の方法

- (1) 被災波でも越波量を抑えるために、護岸背後を嵩上げするとともに、許容越波量を超える範囲は、コンクリート舗装で強化する。あわせて、コンクリート舗装は海側へ勾配をつけ、すみやかに排水できるようにする。
- (2) 許容越波量以下の流入海水分は、水路で排水する。

(4) 復旧断面

万葉埠頭緑地の復旧断面を図 4.2.5 に示す。

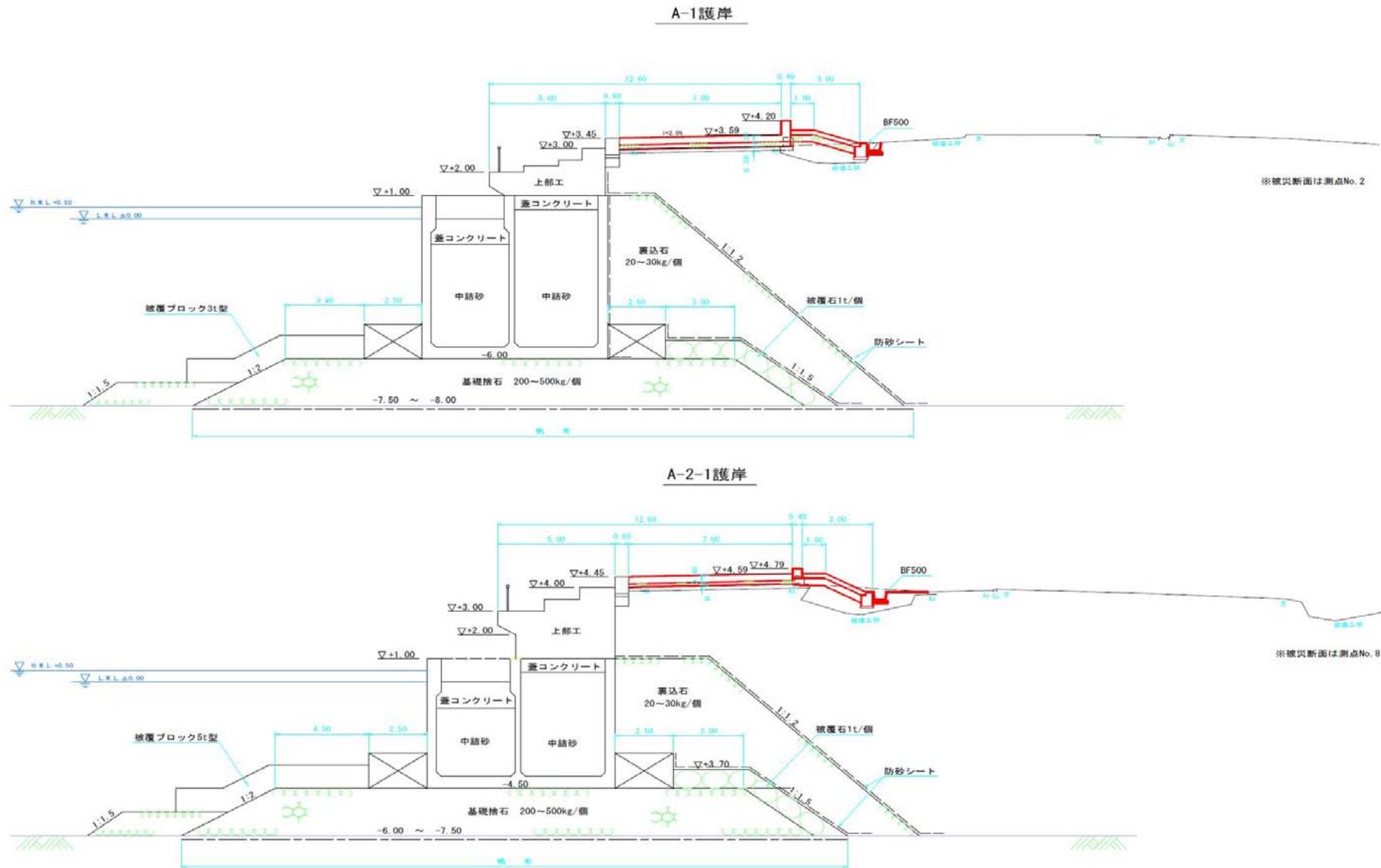


図 4.2.5 万葉埠頭緑地の復旧断面

5. 「寄り回り波」の予測

富山湾における「寄り回り波」災害に関しては、港湾・海岸施設の補強（ハード面）に併せて、事前に情報を把握し対処する（ソフト面）ことが有効と考えられる。そこで、「寄り回り波」の予測に関して検証を実施する。

5.1 波浪観測等の状況

港湾工事の安全や沿岸防災、設計等に必要な気象、海象の基礎データの観測・配信システムは次のとおりである。

(1) NOWPHAS（ナウファス：全国港湾海洋波浪情報網）

NOWPHAS は我が国沿岸の波浪観測および情報ネットワークであり、全国約 60 地点において、365 日 24 時間連続リアルタイムで波高、周期、波向などの観測を実施している。

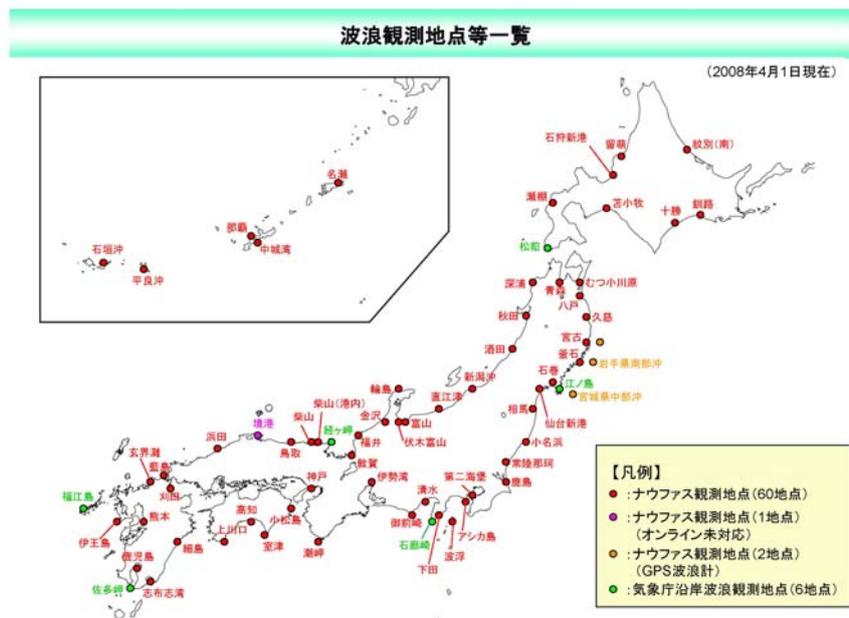


図 5.1.1 NOWPHAS による波浪観測地点

(2) COMEINS（カムインズ：沿岸気象海象情報配信システム）

ナウファス情報ならびに気象情報を用いて、次の情報を配信している。

- ・ 基本情報 : 海上風、ナウファス観測点での波浪予測
- ・ オプション情報 : 波浪ポイント予測、台風高波予測、潮位予報等

5.2 波浪予測の課題と対応

寄り回り波の特性を踏まえ、予測においては次の3点の課題が考えられる。

1) 観測地点における波浪予測の精度向上

→ 当該地点周辺の観測値（ナウファス）をもとにデータ同化（補正）することにより
精度の高い長周期波の予測値を算出

（観測点が比較的浅い場合は、沖側の水深が大きい地点を仮想点として予測）

2) あいがめ等複雑な地形の効果を反映させる

→ 複雑な海底地形を考慮するため、より精度の高い浅海効果を算出

3) うねりの伝播経路における「うねり性波浪」の監視

（北海道西方海上で発達した「うねり成分」の監視）

→ 他地点のナウファスデータを監視することにより、富山湾への「寄り回り波」を事前に把握



図 5.2 NOWPHAS による波浪観測地点（北日本）

「寄り回り波」の予測方法（案）について次のフローに示す。

「寄り回り波」予測フロー（案）

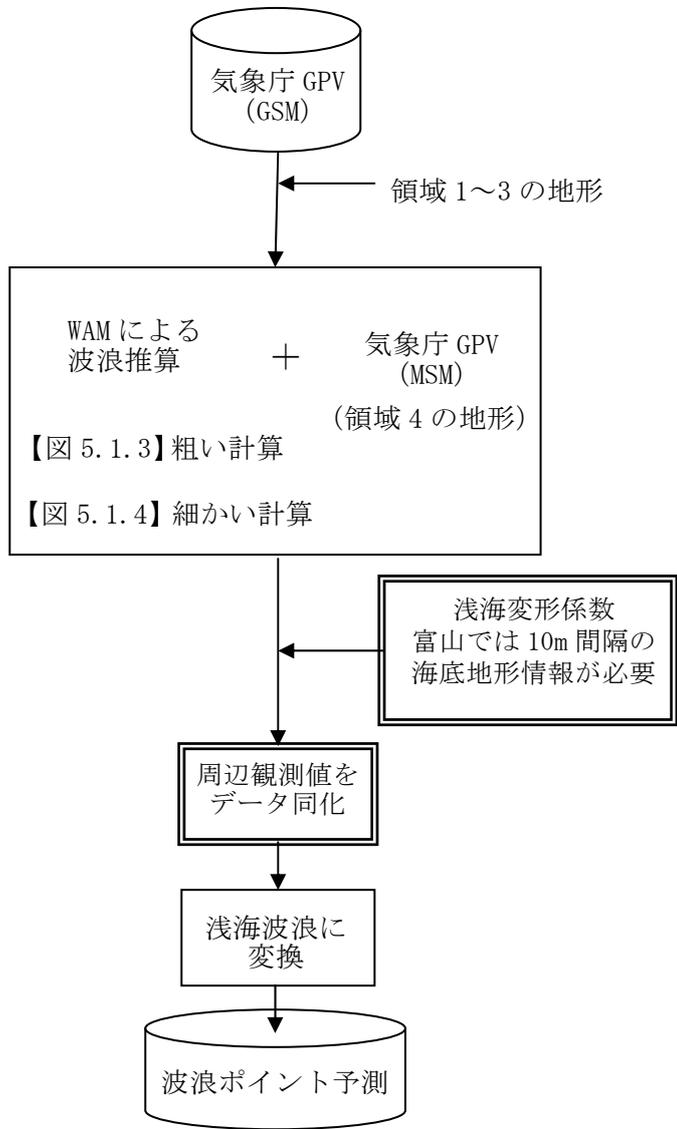


図 0.1 寄り回り波の予測フロー(案)

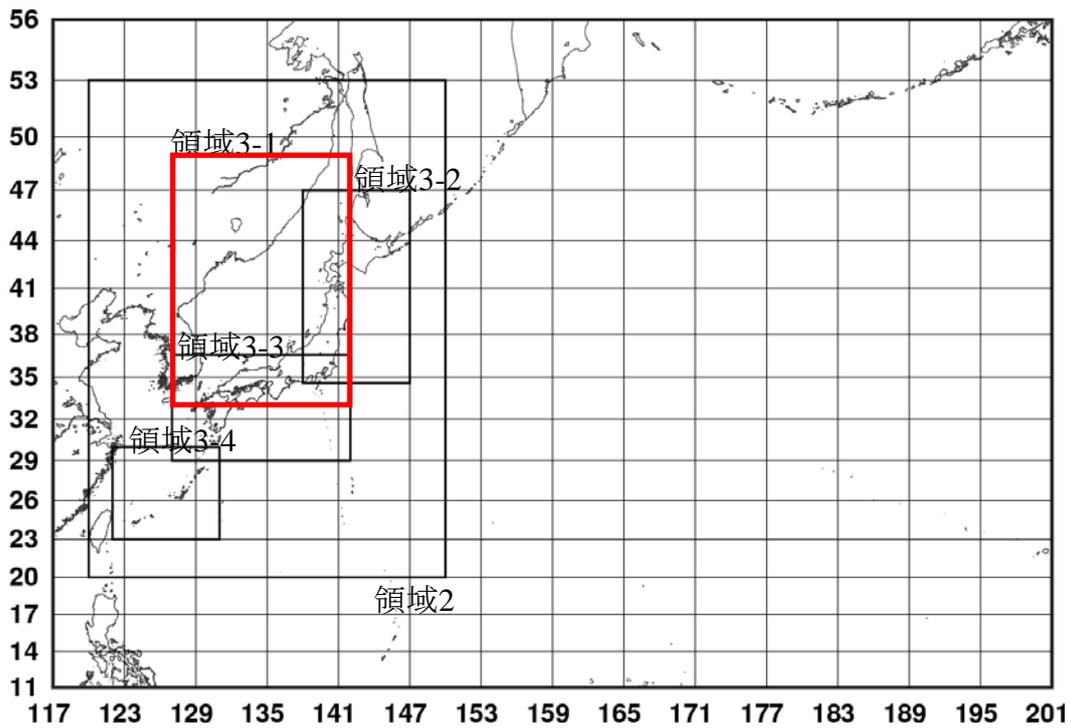


図 0.2 波浪推算データベースの領域（領域 1～3）

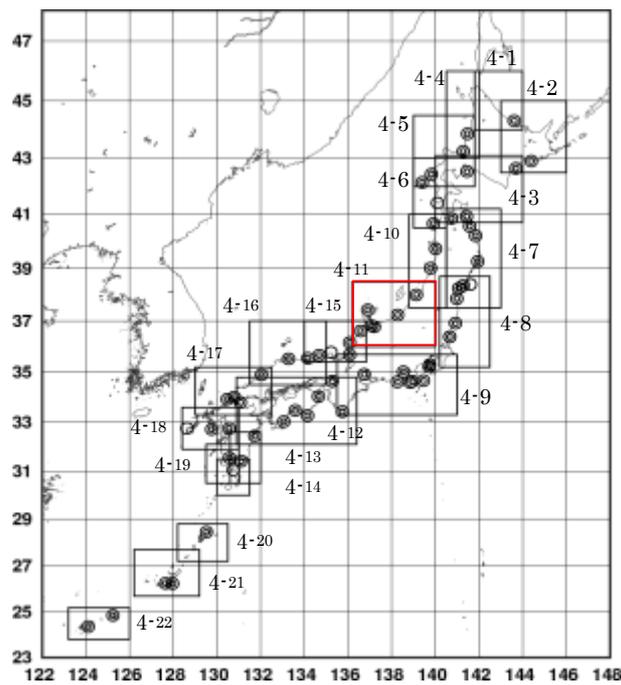


図 0.3 領域 4 の分割とデータ同化地点（◎NOWPHAS、○気象庁）

5.2 今後の進め方

COMEINS の改良により、ナウファス観測点以外でも同等の精度で波浪予測ができるようになる。精度を見極めたうえで浅海係数を算定し、予測精度向上を目指す。

おわりに

平成 20 年 2 月 23 日から 24 日にかけて日本海で発達した低気圧により、富山湾沿岸では高波が発生し港湾施設等に大きな被害をもたらした。本報告書は、この災害に対応するために設置した富山湾における「うねり性波浪」対策検討技術委員会の成果をとりまとめたものである。

本委員会では、伏木富山港伏木地区における被害の実態を把握するとともに、国土交通省の波浪観測データや数値計算結果などから、その原因が「寄り回り波」といわれる「うねり性波浪」によるものであり、これまでにない大きな波高と長い周期の「寄り回り波」によることを明らかにした。また復旧対策を示すとともに、寄り回り波の予測の精度向上についても検討を行っている。

北陸地方整備局では、今回の委員会の検討結果を踏まえて、「うねり性波浪」を設計に反映させていく予定である。またうねり性波浪による災害の防止、特に人的な災害の防止に資することを目的に、うねり性波浪の来襲を精度よく予測するシステムの構築を図るとともに、予測情報の提供についても関係省庁、県、市町村などと連携して早期の実現を図る予定である。

近年、地球温暖化に伴う気候変動によるさまざまな分野・多くの地域への影響が指摘されており、今回の大きな寄り回り波もその影響が疑われる。今後は、大きな寄り回り波の詳細な発生メカニズムやその発生確率について検討を深める必要がある。また、こうした大きな寄り回り波への対策についても検討をさらに深める必要がある。

最後に、本報告書が今後の「寄り回り波」に対する防災に資することを強く願うものである。また、本報告書は、多くの委員や関係者の努力の成果であることを記し、ここに謝意を表す。