

富山湾における
「うねり性波浪」対策検討技術委員会
報告書概要版



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、特に人的な被害の防止には、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.....	1
1.2 被災時の気象海象状況.....	4
2. 既往災害の整理.....	5
2.1 「うねり性波浪」の特性.....	5
2.2 既往災害の記録と分析.....	5
3. 「寄り回り波」の特性解明と被災メカニズム.....	6
3.1 富山湾における波浪の再現.....	6
3.2 伏木地区における波浪の再現.....	7
3.3 北防波堤の被災メカニズム.....	8
3.4 万葉埠頭緑地の被災メカニズム.....	9
4. 今後の対応策.....	10
4.1 設計波浪の考え方.....	10
4.2 被災施設の復旧.....	11
5. 「寄り回り波」の予測.....	12
5.1 波浪観測等の状況.....	12
5.2 波浪予測の課題と対応.....	14
5.3 今後の進め方.....	14

おわりに

【参考】

対策検討技術委員会の概要.....	16
1 委員会の設置目的.....	16
2 委員会の構成.....	16
3 委員会の検討フロー.....	17

1. 被災の概要

1.1 被災状況

平成20年2月24日に発生した「寄り回り波」により、伏木富山港の伏木地区と新湊地区では大きな被害を受けた。被災状況を図 1.1.1 および図 1.1.2 に示す。



図 1.1.1 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	国分浜海浜公園 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 1.1.2 伏木富山港の被災の概要

(1) 北防波堤の被災状況

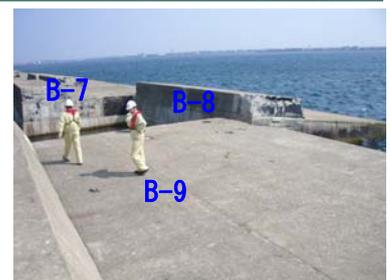
B 区間およびD・D'区間において、ケーソンの滑動および消波ブロックの沈下が認められる。北防波堤の被災状況を図 1.1.3～図 1.1.4 に示す。



図 1.1.3 北防波堤の設計区間の区割り (平面図)



図 1.1.4 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。伏木地区の万葉埠頭緑地の被災状況を図 1.1.5 および図 1.1.6 に示す。

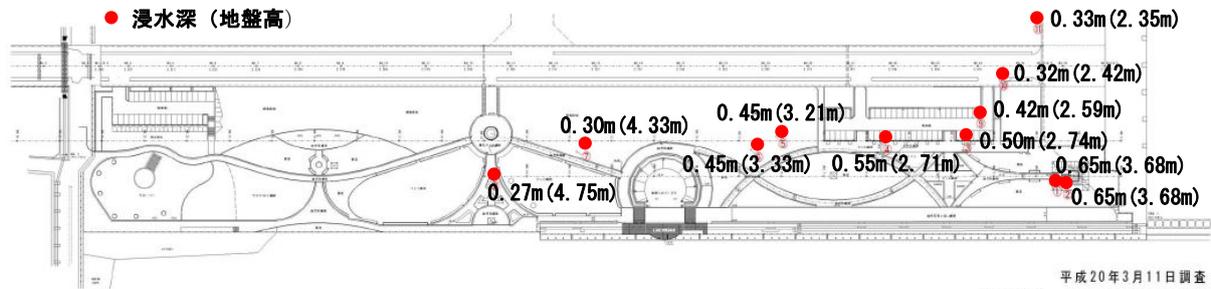


図 1.1.5 万葉埠頭緑地の浸水痕跡調査結果



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 1.1.6 万葉埠頭緑地の被災状況

1.2 被災時の気象海象状況

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。潮位記録には長周期の影響による変動が認められ、「寄り回り波」襲来時の最高水位は、ベースとなる潮位 D.L. +0.21m に加えて長周期波の影響による水位上昇(0.427m)が加わった D.L. +0.637m と推定された。伏木富山港における2月23日0時～25日24時の波浪、風、および潮位の状況を図 1.2.1 に示す。

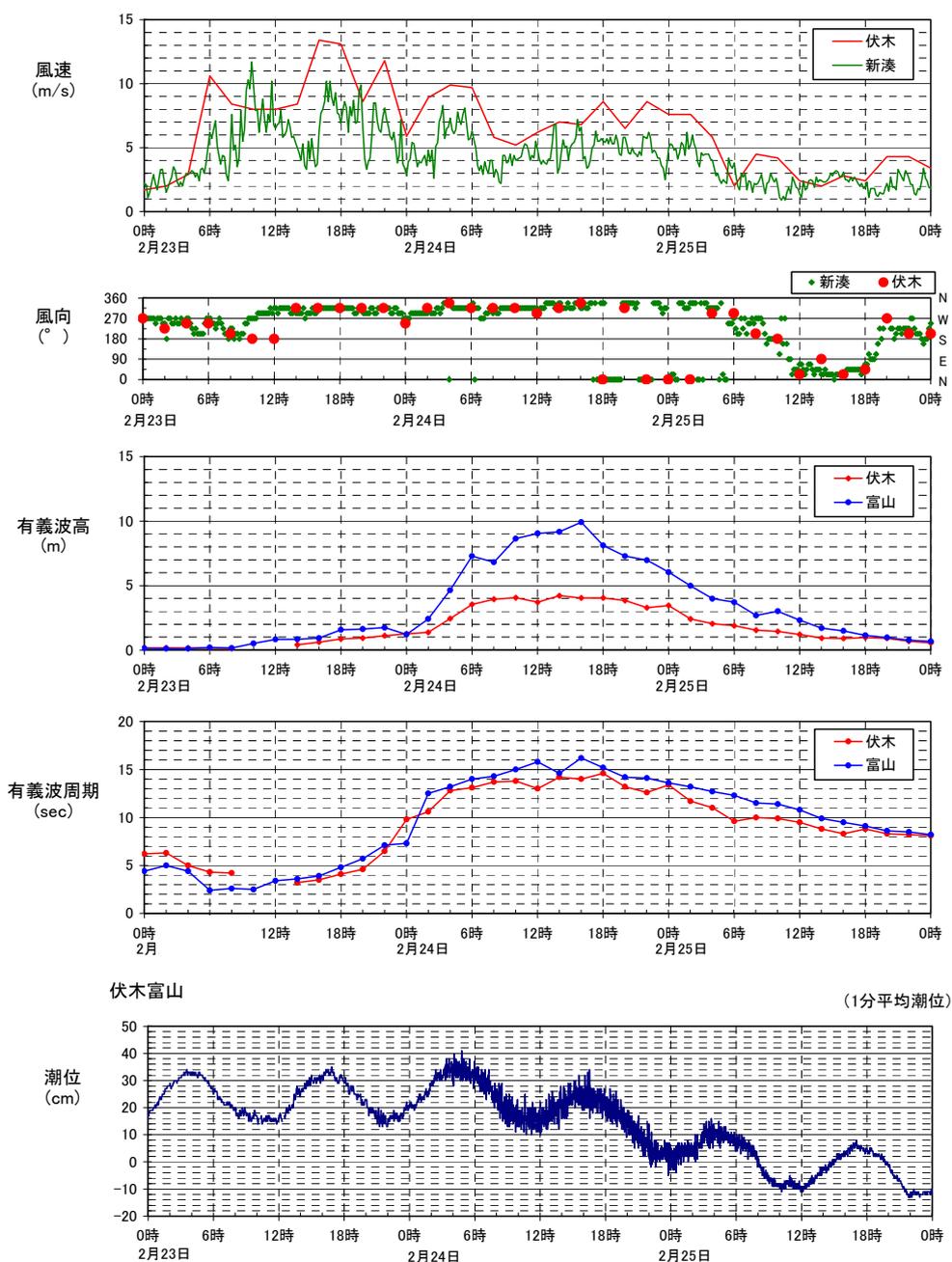


図 1.2.1 風・波浪・潮位の状況

2. 既往災害の整理

2.1 「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。

2.2 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。

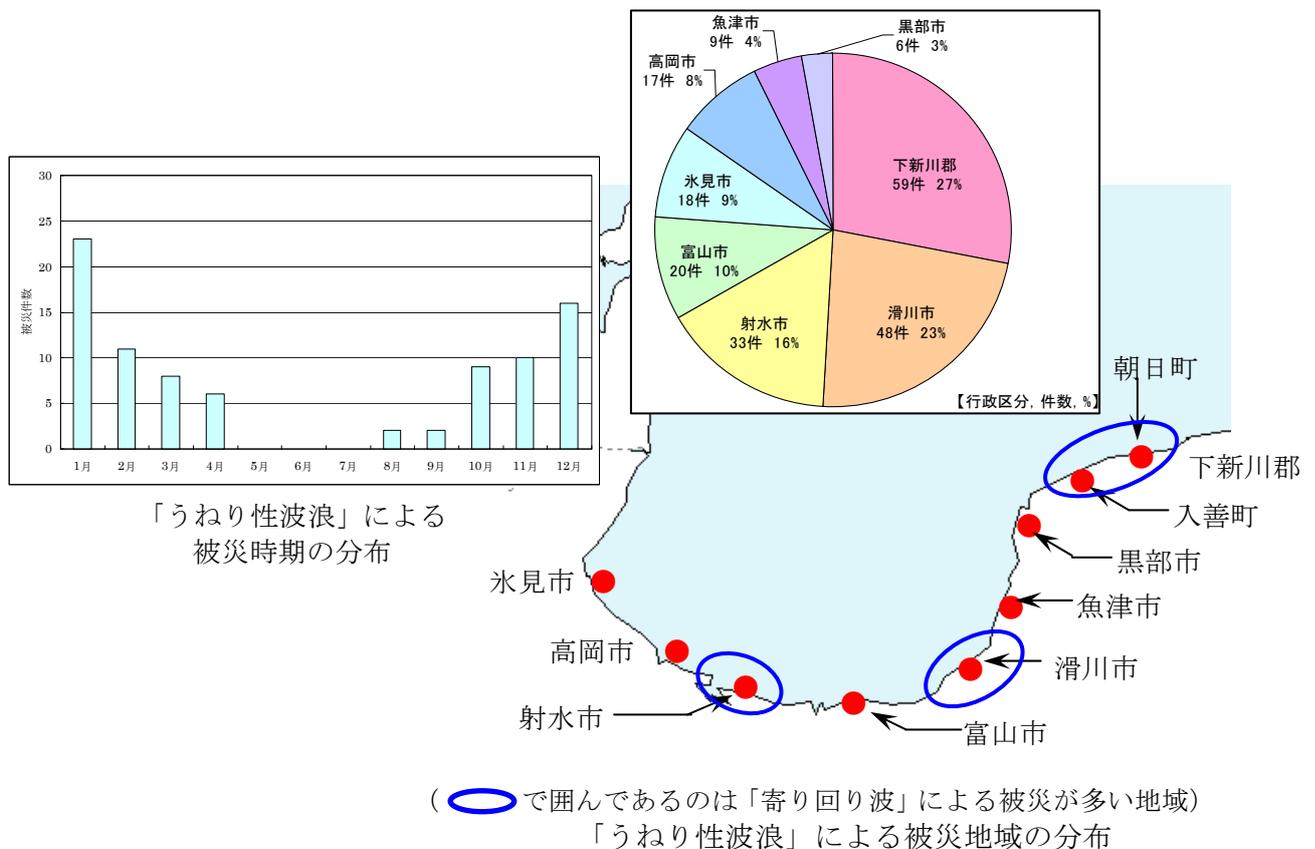


図 2.2.1 「うねり性波浪」による被災の分析

3. 「寄り回り波」の特性解明と被災メカニズム

3.1 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、被災時の富山湾全体の波浪状況を再現した。その結果、富山湾の湾奥では、複雑な海底地形の影響で局地的な波高の増大が生じること等を確認できた。

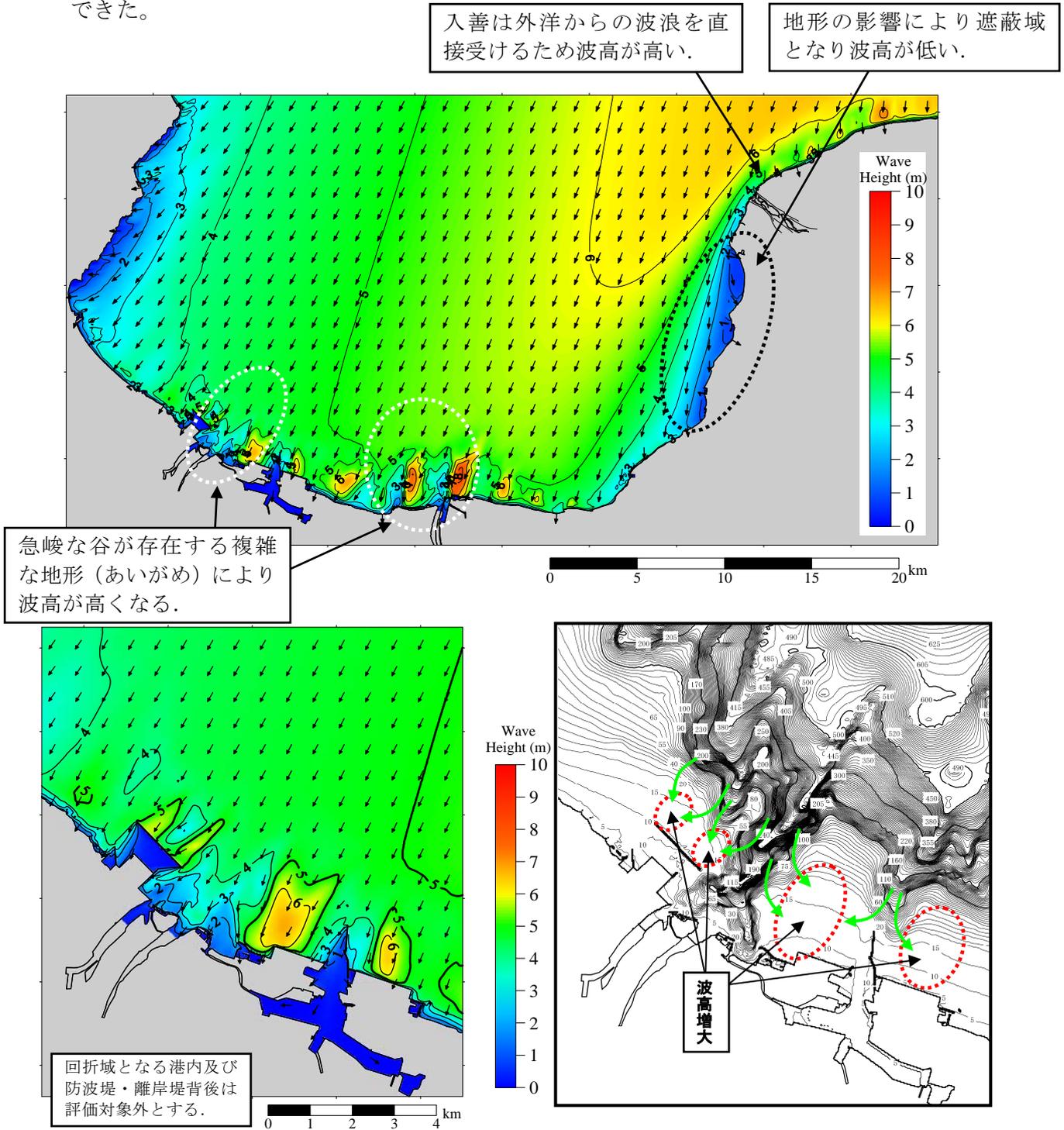


図 3.1.1 富山湾における有義波高・波向分布

3.2 伏木地区における波浪の再現

伏木地区における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した。波浪変形計算結果を図 3.2.1 に示す。

北防波堤の被災時の波浪状況は次のとおりであったと推定される。

- ・ 波向 22.5° のときには、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り、特に被害が大きかったD区間の西側では波高が非常に高くなる。
- ・ 波向 40.0° では、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。被災しているB区間前面の波高は、波向 22.5° よりも波向 40.0° のほうが高い。

伏木地区の北防波堤前面において、高波浪箇所と被災箇所がおおむね一致していることが確認されたことから、この結果を踏まえて被災メカニズムの検討を実施した。

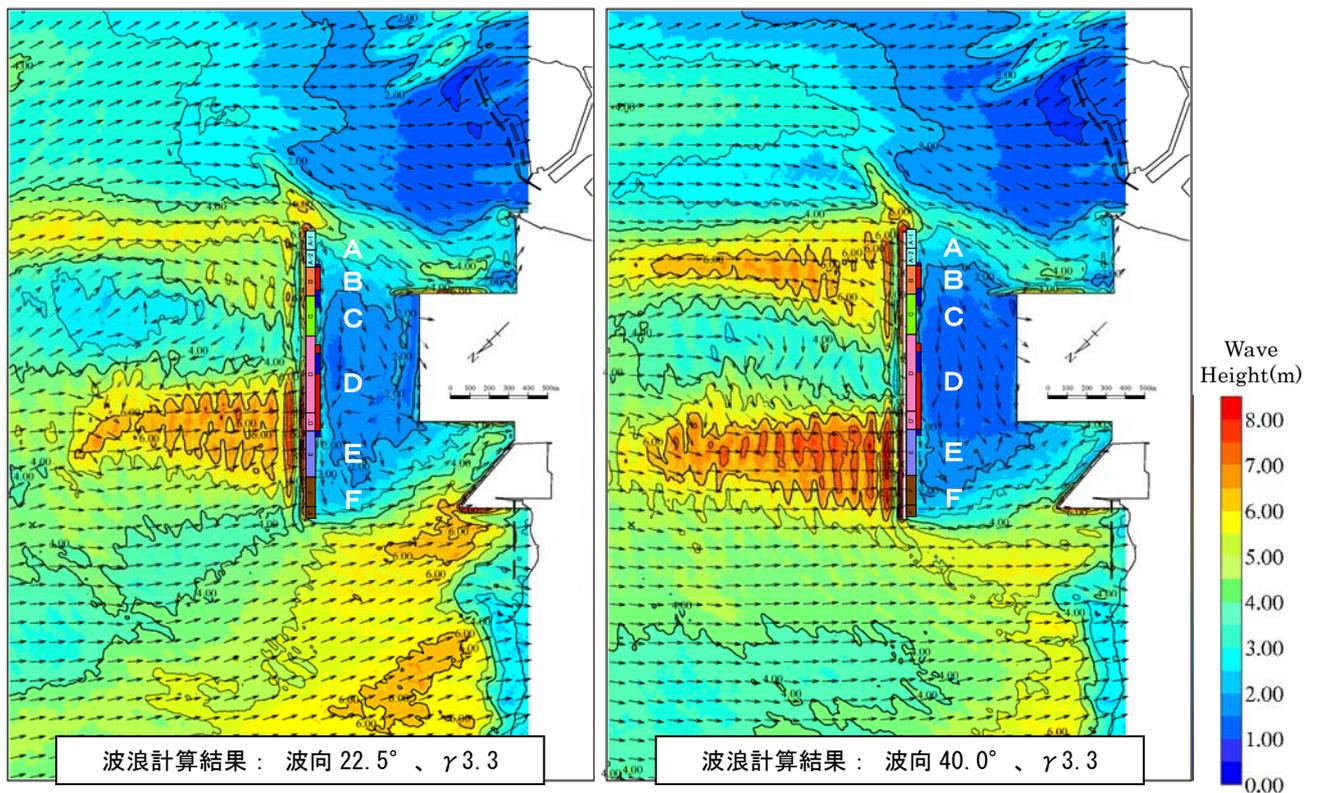


図 3.2.1 被災波の波浪計算結果 (波向 22.5° 40.0° 、反射あり)

3.3 北防波堤の被災メカニズム

(1) 被災波浪と設計波（現設計）の比較

ブシネスクモデルによる波浪計算結果によると、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る。したがって、これが被災要因のひとつであるといえる。

(2) 北防波堤の被災メカニズム

検討結果から、北防波堤の被災メカニズムは次のように考えられる。

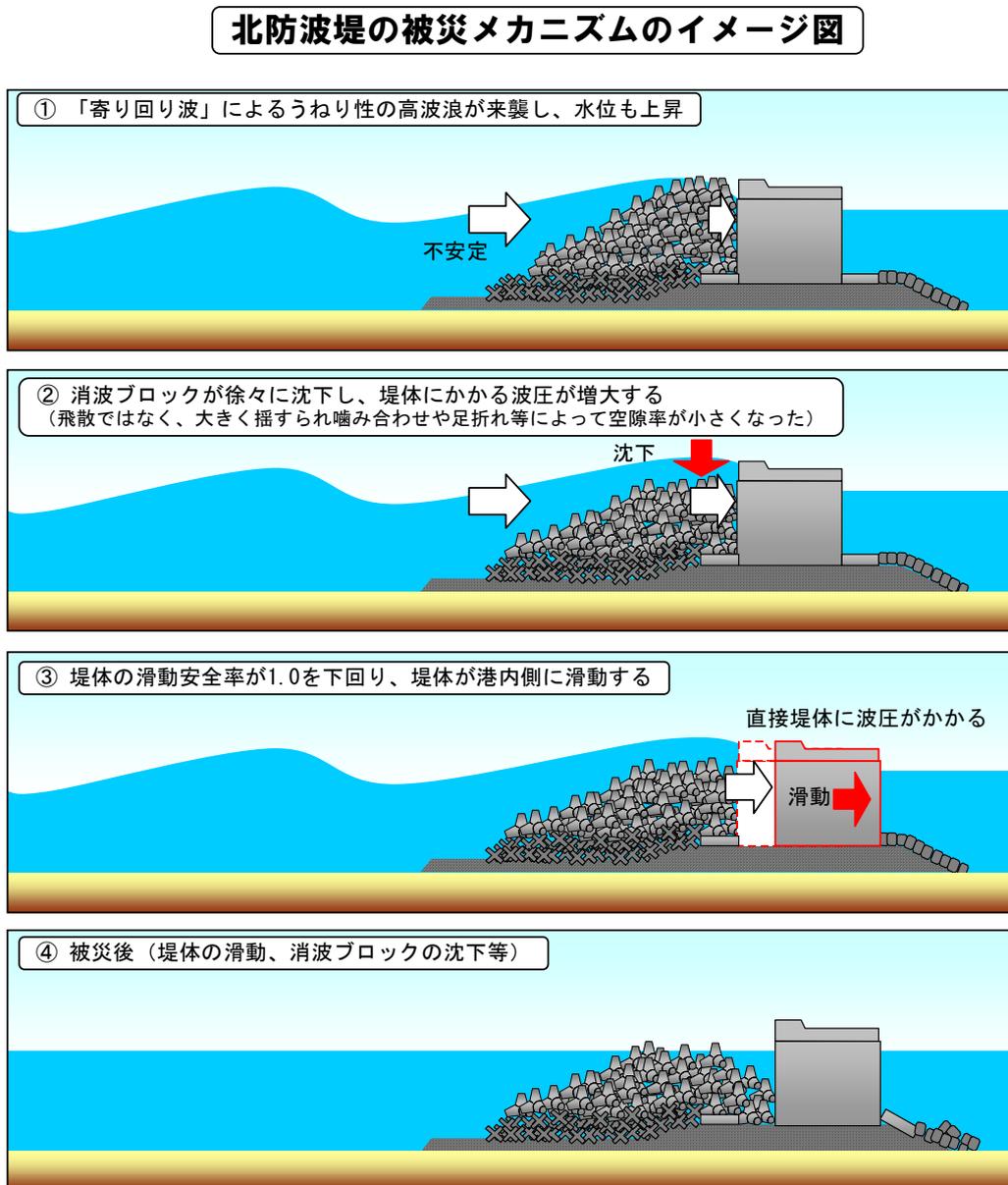


図 3.3.1 北防波堤の被災メカニズム（イメージ図）

3.4 万葉埠頭緑地の被災メカニズム

(1) 被災メカニズム

護岸背後の被災状況から越波した波による越流時および打込み時の波圧により堤体背後が被災したと考えられる。また、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量 ($q=0.05\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$) 以上であった。

(2) 北防波堤の整備による効果

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。

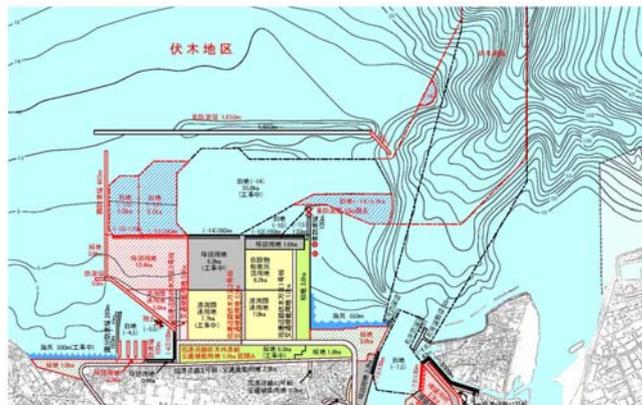


図 3.4.1 港湾計画図

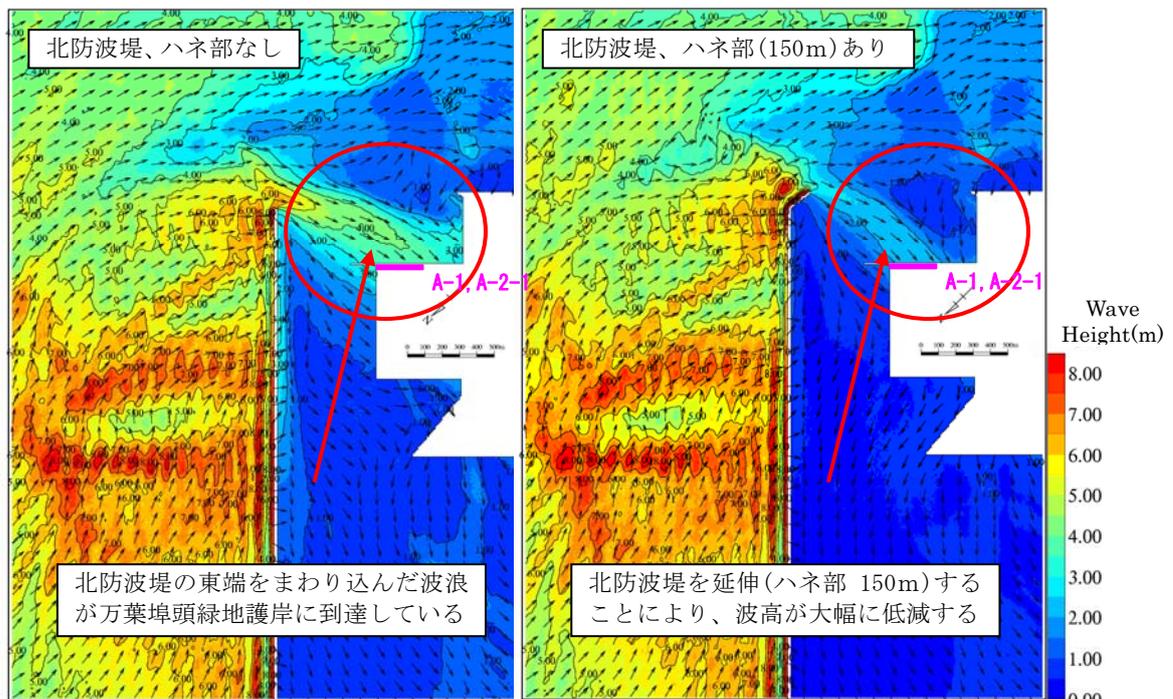


図 3.4.2 被災波の波浪計算結果（左：ハネ部なし、右：ハネ部あり、波向 NNE、進行波）

4. 今後の対応策

4.1 設計波浪の考え方

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。

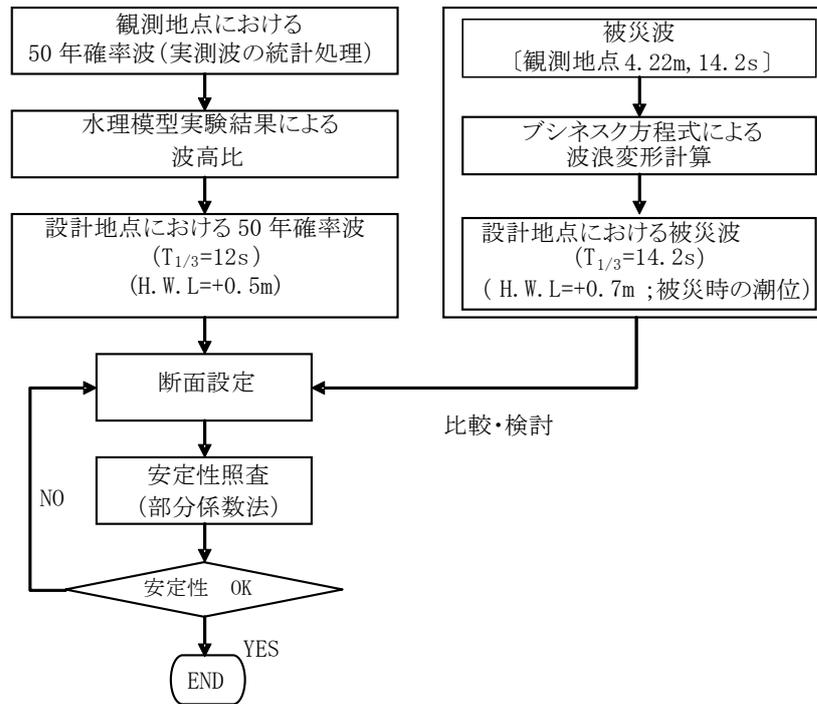


図 4.1.1 安定性の照査フロー

4.2 被災施設の復旧

4.2.1 北防波堤の復旧方法

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
→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

4.2.2 万葉埠頭緑地の復旧方法

北防波堤と同様に、再度災害防止の観点から以下の対応とした。

- ① 設計地点における被災波（設計波）をブシネスク方程式による波浪変形計算により算出し、越波量を算出すると、許容越波量 $0.05\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以上となるため、護岸の背後の嵩上げによる対応。
- ② 許容越波量以下の流入量は、水路を設置し排水による対応。
- ③ 許容越波量を超える範囲を、水叩きを含めコンクリート舗装で強化することによる対応。

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）

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。

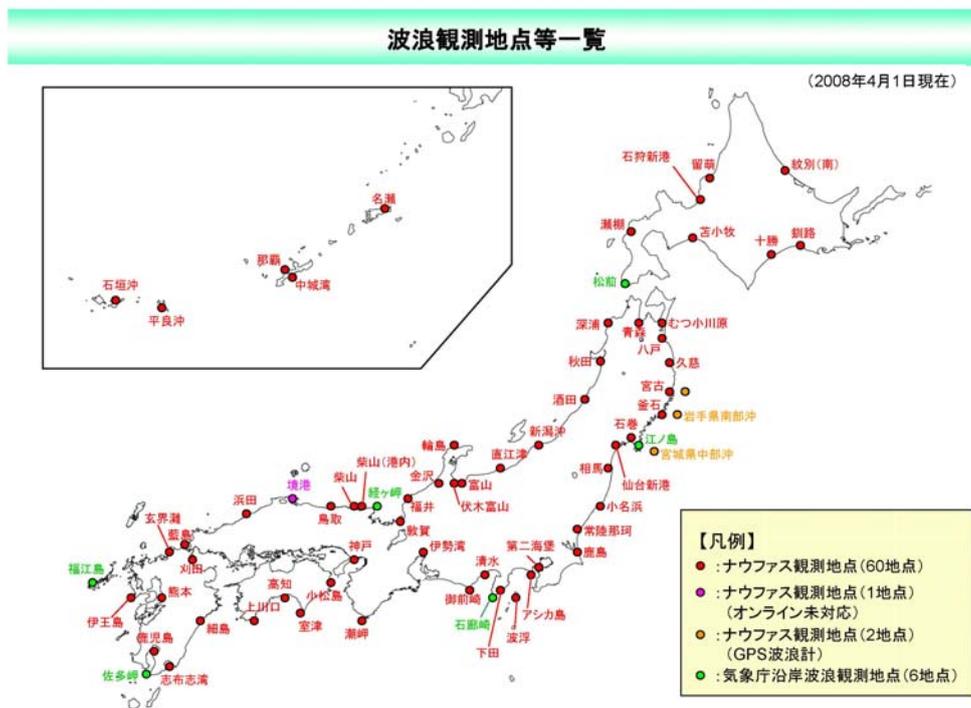


図 5.1 NOWPHAS による波浪観測地点

(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 5.2.1 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）

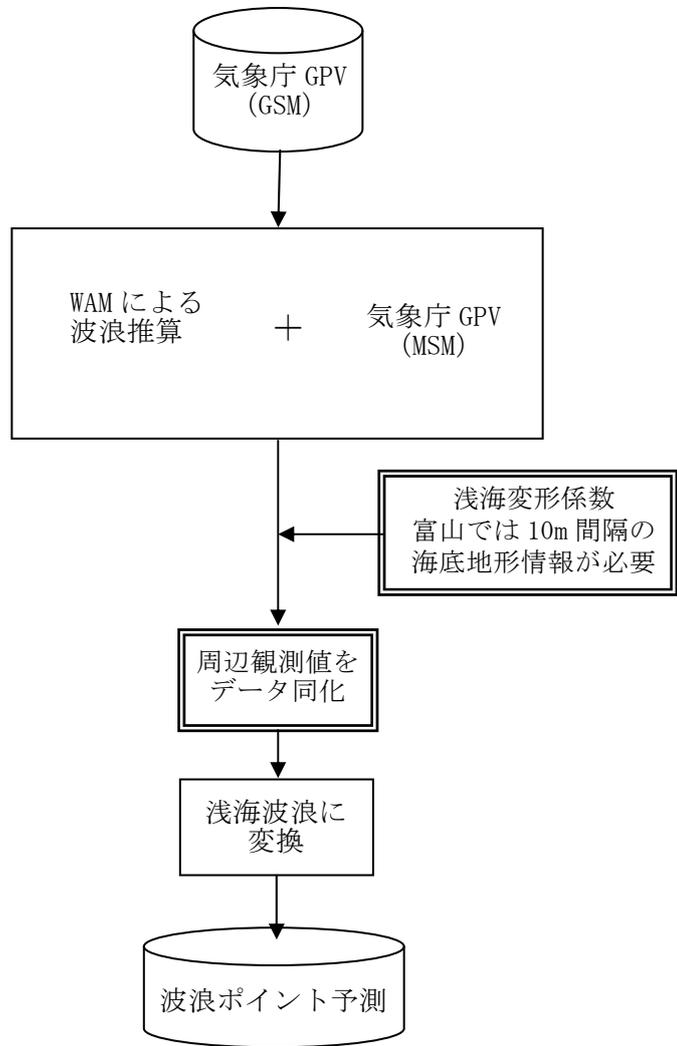


図 5.2.2 寄り回り波の予測フロー(案)

5.3 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。

【参考】

対策検討技術委員会の概要

1. 委員会の設置目的

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。

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、関係者およびオブザーバーを示す。

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

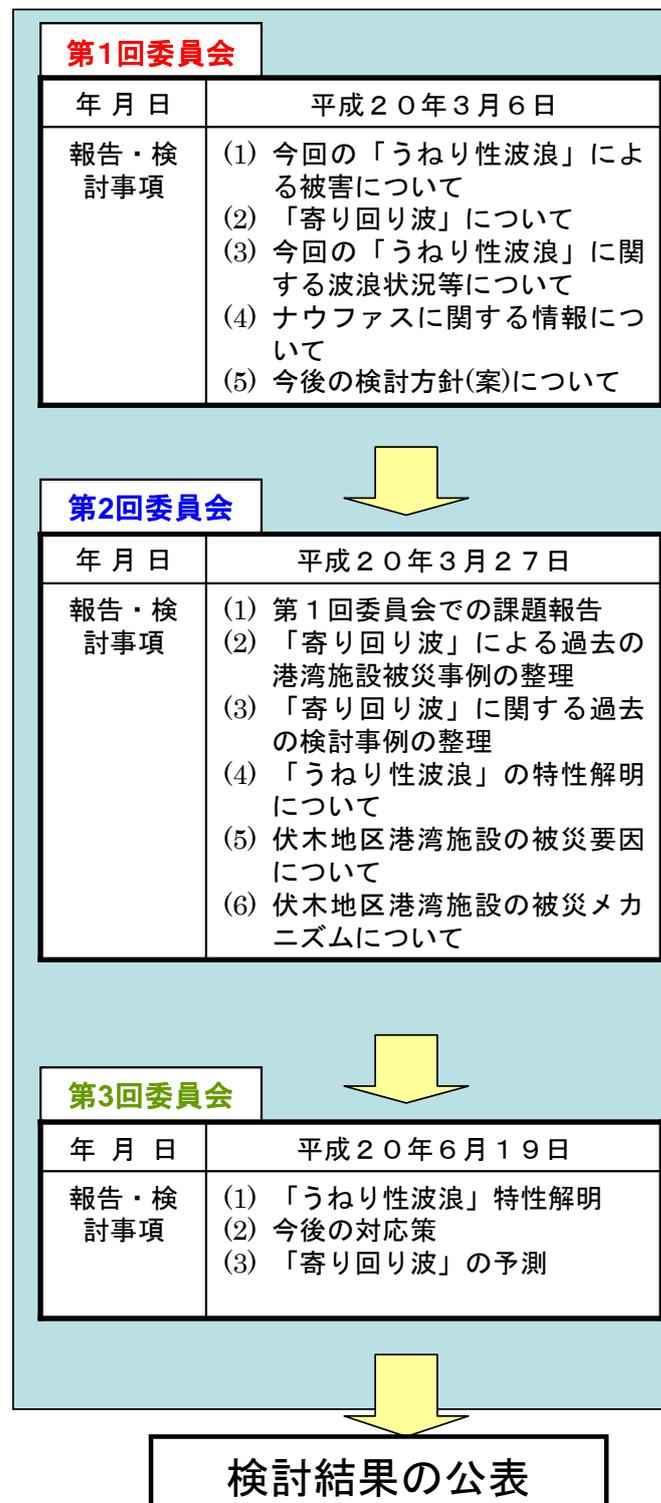
※敬称略、五十音順

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

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示す。



委員会の検討フロー