

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)

議事次第

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1回委員会での主な指摘事項について
- (2) 漁業地域における被害状況について(資料-1)
- (3) 高波浪発生メカニズムについて(資料-2、3)
- (4) 漁港施設等の被災要因について(資料-4)
- (5) 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2回） 出席者

日時：平成20年4月10日13:30～15:30

場所：農林水産省8F中央会議室

	氏名	役職	摘要
委員長	佐藤 慎司	東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻教授	
委員	泉宮 尊司	新潟大学工学部建設学科教授	
委員	千葉 元	国立富山商船高等専門学校商船学科准教授	
委員	中山 哲巖	(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	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	高倉 信幸	新潟県農林水産部漁港課長	
委員	佐伯 宗茂	富山県農林水産部水産漁港課長	
関係者	宇賀神 義宣	水産庁漁港漁場整備部整備課長	
関係者	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	野口 博之	水産庁漁港漁場整備部整備課地域整備係長	
関係者	淀江 哲也	水産庁漁港漁場整備部防災漁村課長	
関係者	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	黒澤 馨	水産庁漁港漁場整備部防災漁村課長補佐（海岸班）	
関係者	佐野 文敏	水産庁漁港漁場整備部水産施設災害対策室災害査定官	
関係者	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	高野 洋雄	気象庁海洋気象情報室調査官	
関係者	米澤 政明	富山県入善町長	
関係者	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	大塚 浩二	(財)漁港漁場漁村技術研究所 調査役	
関係者	片山 裕之	(財)漁港漁場漁村技術研究所 主任研究員	

第1回委員会での主な指摘事項と対応

主な指摘事項	今回の対応
<p>・発達したうねりだけでなく、長周期変動成分や、異常潮位成分も水位を上げる方向に働いた可能性が高く重要（佐藤委員長、鈴木委員）</p>	<p>→ナウフアスの1分間隔の潮位観測データ（4地点）の周波数スペクトル解析、田中観測データの0.5秒間隔の周波数スペクトル解析等を行った。（資料-2 参照）</p>
<p>・メカニズムを解明するには時刻の変化が大切。できるだけ詳しい時間の情報が必要（高倉委員、泉宮委員、鈴木委員）</p>	<p>→入善海岸、水津漁港の高波浪、越波等の状況を聞き取り調査等により概要を整理した。（資料-1 参照）</p>
<p>・今議論しているうねり成分だけでよいのか、あるいは風波成分も重合しているかも検討すべき（佐藤委員長、佐伯委員、泉宮委員）</p>	<p>→波浪推算により、うねり成分と風波成分の重合状況について検討を加えた。（資料-3 参照）</p>
<p>・被災施設（構造物）をモデル検証として地元が安心できる様にしてほしい（高倉委員）</p>	<p>→今後の復旧にも資するよう、被害の要因について検討を行った。（資料-4 参照）</p>
<p>・波浪推算結果で周期や波向き分布も提示して欲しい（千葉委員）</p>	<p>→波浪推算の結果として周期や波向きの情報も整理した。（資料-3 参照）</p>
<p>・入善海岸で被害が集中したというか、波が増幅した機構を示して欲しい（佐藤委員長、千葉委員）</p>	<p>→地形の影響により波の屈折、前浜の急勾の影響について整理した。（資料-4 参照）</p>
<p>・防波堤の設置水深やマウンド形状の情報も重要である（泉宮委員）</p>	<p>→鷺崎漁港と水津漁港について代表的な断面を追加した。（資料-1 参照）</p>
<p>・芦崎地区は38年前に護岸が設計されたが、現在の地形は変わっているので、調べた上で今後の対応をしてもらいたい（米澤委員）</p>	<p>→芦崎地区の地形変化の経緯に関して、航空写真を参考資料として添付した。（参考資料-1 参照）</p>

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 1 回）
議 事 概 要

日時：平成 20 年 3 月 17 日（金）13：00～15：00
場所：三番町共用会議室

■議 事

（1）委員会での検討内容

○事務局より資料-1 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-2 を説明

○現地踏査結果の補足説明

・富山県入善漁港海岸（中山委員）

- ・入善漁港海岸は海岸被害では初めての経験というほどのダメージ。
- ・越波よりも水位上昇として波が越流している。
- ・災害の観点から、波だけではなく潮位上昇や長周期波が合わさって来襲している。
- ・設計波を超える二次災害の防止が必要。
- ・越流災害の再現と対策が重要。
- ・離岸堤の天端高が守れていれば効果があったはずであるが、大きな波が来襲し離岸堤の消波ブロックが沈下、災害を大きくしたことが想定される。

・新潟県水津漁港、北小浦漁港、鷺崎漁港（水工研三上室長）

- ・佐渡では北西から北東に移る変化が早かった。
- ・長周期の津波のような波が来襲したとの地元の意見。
- ・消波堤設置箇所は被害が少ない。

○入善漁港海岸、北小浦漁港、鷺崎漁港、水津漁港のビデオ放映

○県、町から現地状況補足説明

・新潟県内（高倉委員）

- ・水津漁港では am2:30 頃に被災したという地元の声もあり、詳細な聞き取り調査が必要。
- ・鷺崎漁港では従来の倍の波が来襲したという地元の声。
- ・地元の話しでは津波のような波であったとのこと。

・富山県内（佐伯委員）

- ・富山県内の被災の大半は入善漁港海岸。
- ・今回の高波は既設パラペットをやすやすと越えて集落内に越流しており、原形復旧では地元住民の不安が残る。
- ・委員会で「寄り回り波」、「富山湾の特性」を踏まえて理論的根拠を出してほしい。

・入善漁港海岸（米澤入善町長）

- ・入善町では「安全安心のまちづくり」を推進しており、委員会にて十分な議論をしてほしい。

○主な議論

- ・今後の対策を考える上で、被害の時間経過（何時ごろ被災したのか）が重要。防波堤が何時ごろ動いたとか、波浪条件やその他の状況とか、できるだけ詳しい時間の情報を調べるべき。（泉宮委員）。
- ・2/25 付け北日本新聞では、生地海岸で数時間サイクルの波が津波のように来襲しているという記事もあり、できるだけ詳しい時間の情報が重要（鈴木委員）。

（3）今回の気象及び高波浪の特性について

○事務局より資料-3 を説明

○主な議論

- ・何十年に1回クラスの、特に周期の長い波が来襲した。周期の長い波が発達するためには風の吹いている距離が長くないといけない。そうすると、富山の場合は、サハリンのほうから非常に長い距離をかけて流れが来るというのがポイントになるということが想定できる。併せて水位の変動も大きかったという報告もある。この辺についても議論したい（佐藤委員長）。
- ・資料の水位変動については伏木富山の験潮所の1分毎の観測記録を整理したもの。長周期のスペクトルは富山湾の特性かもしれない。24日 am0:00 は振動が少ないが未明から振動し始めている（中山委員）
- ・27センチいうと非常に小さいように思いがちであるが、この波は長周期波なので砕けない。海岸に来るとこれが10倍ということに十分なり得るという成分のため、注意して見ていかなければならない（佐藤委員長）。
- ・富山湾沿岸部ではもっと大きい流れが発生している可能性がある。波浪に限らず流れや水位も重要である（鈴木委員）。
- ・寄り回り波の特性を調べると、強いところと弱いところが顕著に現れている（千葉）。
- ・新潟市周辺では大陸棚の影響があり、風が長時間吹くと陸棚波が励起されるような傾向にあったり、あるいは風の道というが、風速に応じて振動するようなステップもあり、50cm から1m ぐらいの振幅で、周期でいうと十数分から20~30分という長い波の周期が観測されている。そういった長い波に高波浪が載ってくると、余計に波浪減衰が弱まるという傾向が認められている（泉宮委員）。
- ・今回サハリンの方から長い吹送距離、風による発達距離の長い波が発達して、それが新潟から富山、あるいはもっと島根の方までいったようである。それに加えて一波一波の波が長いというだけではなく、さらにもっと長い周期の長周期変動成分というものもかなりの振幅エネルギーがあった可能性があるし、異常潮位という成分で水位を上げる方向にいていた可能性がある。やはり被害を引き起こしたメカニズムを考えると、時刻というものが大事になってきて、どこから来た波がどういうふうに伝播して、どこにどういう形で作用していったか見ておいたほうが良い（佐藤委員長）。
- ・23日から24日にかけて強風が吹いており、基本的には北西風だったが、波浪の伝播を見るとやはり北東方面から襲来したということから、うねり成分と強い北西風によって発達した波の2つが来襲している可能性がある。波のデータを解析することによってある程度分類が可能（佐伯委員）。

- ・日本海、まずは西のほうから風が吹いて、だんだん北に変わっていくことがある。波もそういうふうに変わっていく。ただ、どっちの波も両方押し寄せる所と、片方が押し寄せる所がある（佐藤委員長）。
- ・うねり成分と北西風からの波が両方来ているのではないか（泉宮委員）。
- ・富山湾内では北西の風は高くないが、その後北寄りに移る（気象庁）。
- ・左（北西）からと右上（北東）の波が両方やってくる（佐藤委員長）。
- ・波浪の現象を、現地で見ている人は常に見ており、そのような情報をしっかり取って、今計算しているものがモデル現象としてしっかり地元の方に安心な形で説明できるようにしてほしい（高倉委員）。

（４）被災沖波の推定と今後の高波浪特性検討方針について

（５）その他

○事務局より資料-4、5について説明

- ・シミュレーションで周期や波向きを提示してほしい（千葉委員）。
- ・MM5、Wave-Watch は現状では最先端の手法なので推算手法としてはよいのではないか。最低メッシュは 1.3k mか。入善漁港海岸周辺の地形を考慮するとどの程度のメッシュがよいのか（佐藤委員長）。
- ・概ね 50m以浅はブーシネスク法がよい。その場合は 5mメッシュが良い（中山委員）。
- ・大変な作業ではあるが、非常に大切なことなので、被害が集中したというか、波が増幅した機構を説明できるように、浅海の局所性を考慮することが必要（佐藤委員長）。
- ・弾崎沖合は浅く波が集中しやすい地形。津波でも日本海中部地震、北海道南西沖地震津波の時でも弾崎周辺では振幅が周辺よりも 2 倍近く大きくなっている。そういった効果もあると考えられる。また次回は構造物の被災についても検討するため、構造物の設置水深やマウンドの構造を提示すること（泉宮委員）。
- ・寄り回り波地帯では、富山ではだいたい周期が 10～12 秒と言われていた。今回のデータによると 15 秒位で非常に長い。ある程度シミュレーションで示してもらえると良い（千葉委員）。
- ・風の推算はもう少し精度が上がるのではないか（鈴木委員）。
- ・研究レベルではないので、実務で応用できる範囲で推算すべき（佐藤委員長）。
- ・漁港の第 1 線防波堤が被災しており、住民が不安に思っているため、応急工事が必要。このため早急な結論に向けて委員会で議論してほしい（高倉委員）。
- ・西湘バイパスでの被災ケースは、1 つの台風の間に地盤が 4 メートルぐらい低下するという大きな地盤変動があった。侵食ともいえる。そういったものを今回は考えなくていいのか、もし情報を持っている方がいればお教えいただきたい（佐藤委員長）。
- ・佐渡、入善とも地盤が固いため、海底地形の大きな決壊はない（高倉委員、佐伯委員）。
- ・下新川海岸は侵食海岸であり、昔は 50～100m程度の浜があったが、38 年前の被災時の測量結果とは地形が変わっているのではないか。そこら辺も十分調べていただいて、今後の対応をしていただきたい（米澤町長）。

（６）その他

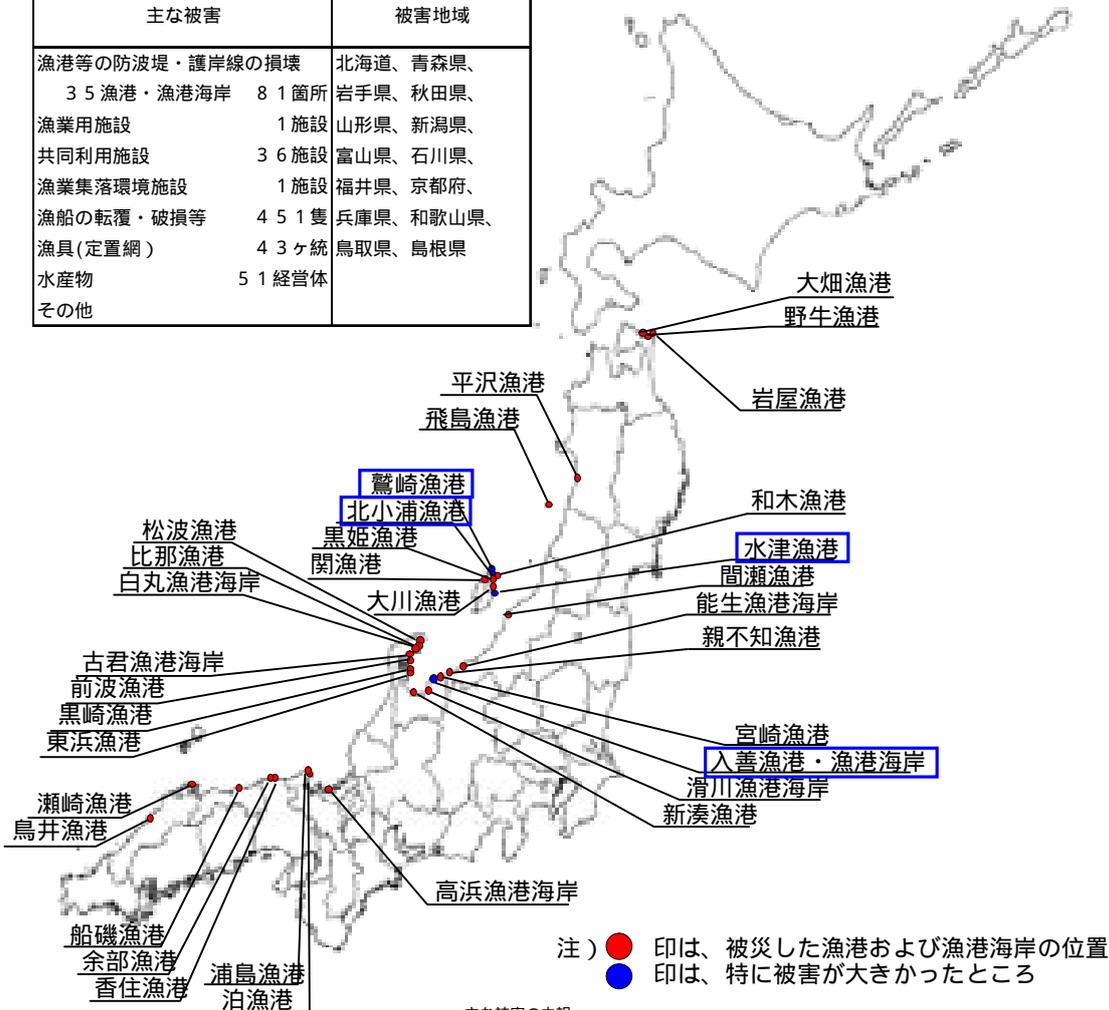
- ・資料-5 に従って次回の検討委員会を 4 月中旬に開催する（事務局）。

資料 - 1 漁業地域における被害状況（追加）

被害状況（水産庁）

水産関係被害（平成20年4月7日18時現在）

主な被害	被害地域
漁港等の防波堤・護岸線の損壊 35漁港・漁港海岸	北海道、青森県、 岩手県、秋田県、 山形県、新潟県、 富山県、石川県、 福井県、京都府、 兵庫県、和歌山県、 鳥取県、島根県
漁業用施設	1施設
共同利用施設	36施設
漁業集落環境施設	1施設
漁船の転覆・破損等	451隻
漁具(定置網)	43ヶ統
水産物	51経営体
その他	



注) ●印は、被災した漁港および漁港海岸の位置
●印は、特に被害が大きかったところ

主な被害の内訳

県別	漁港	漁港海岸	漁業用施設	共同利用施設	漁船	漁具(定置網)
北海道				3施設	3隻	
青森県	3ヶ所				7隻	
岩手県				1施設		
秋田県	1ヶ所					
山形県	1ヶ所			3施設	13隻	
新潟県	9ヶ所	1ヶ所		21施設	266隻	16ヶ統
富山県	3ヶ所	2ヶ所		1施設	66隻	15ヶ統
石川県	5ヶ所	2ヶ所	1施設	1施設	51隻	4ヶ統
福井県		1ヶ所			3隻	
静岡県					1隻	
京都府	2ヶ所			4施設	8隻	5ヶ統
兵庫県	2ヶ所					
和歌山県				2施設		
鳥取県	1ヶ所					
島根県	2ヶ所				29隻	
山口県					45隻	3ヶ統

漁港施設等の被災日時(地元からの聞き取り)		
山形県飛島漁港	24日	0時～6時頃
新潟県鷺崎漁港		
北小浦漁港	24日	4～6時頃
水津漁港		
富山県入善漁港	24日	6時～17時頃
入善漁港海岸		
島根県瀬崎漁港	25日	2時～6時頃

富山県被害状況（3月28日19時現在）

平成20年2月24日の高波による被害状況（平成20年3月28日19時00分現在）

※ 正確数は、新たに追加・変更したもの、(3/28 19:00現在との違い)

（富山県経済・危機管理課）

1 気象状況

2月24日	04時40分	東部南	大雪、豪雨、なだれ、低温注意報
		東部北	豪雪警報、大雪、風雪、なだれ、低温注意報
		西部北	豪雨、低温注意報
02時40分	東部南	大雪、なだれ、低温注意報	
	東部南	豪雪警報、大雪、なだれ、低温注意報	
	西部北	豪雪警報、大雪、風雪、なだれ、低温注意報	
08時40分	東部南	豪雪警報、低温注意報	
	東部	大雪、なだれ、低温注意報	
	西部北	豪雪警報、低温注意報	
15時40分	東部	大雪、なだれ、低温注意報	
	西部北	豪雪警報	
	西部南	なだれ、低温注意報	
2月25日	07時40分	東部	豪雪注意報（豪雪警報解除）、なだれ注意報
		西部北	豪雪注意報（豪雪警報解除）
		西部南	なだれ注意報
21時40分	東部	なだれ注意報（豪雪注意報解除）	
	西部北	豪雪注意報解除	
	西部南	なだれ注意報	

2 被害状況

市町村名	人的被害(人)				住家被害(棟)					非住家(棟)					備 考
	死者	行方不明	負傷	軽傷	全壊	半壊	一部倒壊	床上浸水	床下浸水	全壊	半壊	一部倒壊	床上浸水	床下浸水	
高岡市										5	5				非住家は全て国分港駅前地区小築
富山県									42						20 庄内沖崎地区、生茂島地区
射水市	1			1											2/24 5:00頃 新湊漁港沖において漁船から海に2名転落、うち1名（32才男性）心臓停止、搬送済死亡。 船に船上での転落で1名（29才男性）軽傷
入道町	1		2	11	4	7	42	76	24	10	43	151			① 富山県内（以下福井県前） 被害：男性（20歳）右股関節打撲、男性（21歳）頭打撲、男性（24歳）右足指打撲、女性（17歳）右下腕部打撲、他の軽傷者10名の詳細は不明 ② 2/25 12:30 行方不明者の男性（19歳）の発見（死亡） ③ 住家被害は、戸建地区以外は、富山県内、富山、魚沼、前沢、津川、津幡等 ④ 住家被害に占める床上浸水被害は、全て一部被害に占められたため、一部倒壊と床上浸水の数を併せて計上。 ⑤ 人的被害の発生原因については、原因は別に「その他被害」の項目あり。 ※ 富山県（富山県）における浸水被害は、床上下の別別を計上しないため、併せて計上。
砺波市								2	1	4		11			建物内 住家（全壊）11棟（半壊）23棟、非住家（11棟）
計	2	0	2	11	4	7	47	111	23	15	54	161			

※ この集計表には、「4 その他」の内容は含めていない。

3 富山県・土木施設の被害等は、3月21日16時発表のものと変更なし。

4. その他

(1) 交通規制等

2月24日 07時00分	国道道路 伊予方面(高松)高松市伏木) 通行止め【2/25 15:00関係者以外通行禁止】
08時00分	国道西 赤下下橋(高松)高松市橋〜110m区間工事のため) 通行止め【2/25 15:30解除】
08時15分	国道高松市港入番橋(高松市町本〜近江庄) 通行止め【2/25 09:30解除】
08時00分	伊予入番橋口道(高松市伏木〜交差) 通行止め【2/25 17:00片側交互通行、2/17 3:00解除】
13時30分	高松市 赤下下橋・高松市高松橋(高松〜高松市) 通行止め【2/25 07:00解除】
14時00分	国道道路 北条(針水市高松市) 通行止め【2/25 07:00解除】
14時00分	国道道路 高松市(針水市高松市) 通行止め【2/25 07:30解除】
18時00分	国道富山色津線(高松市高松市) 通行止め【2/25 08:05片側交互通行、2/25 14:15解除】
18時00分	国道富山新日高松市高松(富山方面高松市) 通行止め【2/25 17:00解除】
20時30分	国道高松市高松市(高松市高松市) 通行止め【2/25 05:15解除】

(2) 国の対応状況

2月24日	特命調査室、農林水産部、土木部、厚生労働省の職員が緊急会議し、情報収集・対応策に当たり、関係機関へ山川に4名派遣調査(計2回)
2月25日 10時00分	高松被害対策会議を開催 確認終了後、加害が人畜害、農畜害の被害状況を把握 被害状況により必要方針不明者復旧及び被害調査(計2回)
2月26日 13時30分	第2回 高松被害対策委員会開催
2月27日 14時00分	第3回 高松被害対策委員会開催
2月28日	「平成20年2月の日本海高松市に関する技術検討委員会」の経過と今後の対応策を決定 「富山県における「行かり性道路」対策検討委員会」の調査と本県地方整備局との共同調査を決定 災害救助法の適用を決定(適用年月日、平成20年2月24日)
3月01日	人畜害へ影響のある道路を決定(土佐技術職員2名、3月4日から3ヶ月間派遣)
4月02日	高松市に対する金助の被害について、関係機関から資料提供依頼に要請(北越町高松市富山町西 事務所、日本銀行高松支店等)行った調査を受け実施)
2月25日	加害が農畜の被害状況を把握(農畜会の支援、高松市農畜の被害状況、県立高松県資料の提供等)
3月26日	第1回「富山県における「行かり性道路」対策検討委員会」開催
3月27日	国の関係省庁に対し「高松被害の早期復旧等について対応策要望」提出
3月17日	第1回「平成20年2月の日本海高松市に関する技術検討委員会」開催
3月18日	第1回「高松市被害対策委員会」開催
3月21日	人畜害が関係する被災者生活再建支援事業に対する県の補助について発表
3月27日	第2回「富山県における「行かり性道路」対策検討委員会」開催

(3) 市町村の対応状況

2月24日 08時20分	入善町 戸崎地区150世帯に避難勧告
08時30分	入善町 2月24日災害対策に伴う戸崎地区現地対策本部設置
08時30分	高松市 現地対策本部設置
11時20分	入善町 避難指示に変更
12時00分	入善町 現地対策本部を移設(戸崎会事務所センター)
22時00分	高松市 現地対策本部無効
2月25日 11時07分	入善町 避難勧告に変更
2月27日 08時05分	入善町 避難勧告解除
3月03日 07時00分	入善町 現地対策本部(戸崎会事務所センター)を対策本部(入善町本庁)に移設
07時00分	入善町 入善町災害対策現地連絡所(戸崎会事務所センター)に設置(開設時間、午前7時〜午後2時)
3月08日	入善町 家屋被害状況調査の実施(3〜9日の2日間実施)
3月11日	入善町 被災者生活再建支援制度の創設を発表

【避難状況】(2/25 18:00現在)

入善町 0世帯(0名) 農村環境改善センター(※世帯の係、避難所設置は継続)

(4) その他被害

2月24日 高松市	(南端マリーナ) 船庫3型配置、残機一部破損
水産町	水産(清水路、松田江海岸〜島尾海岸)10箇所に、がれき等堆積(うち7箇所復旧済み) 海岸道路(赤湯海岸線)の一部に、がれき等堆積(復旧済み) (島尾地内) 島尾海岸付近の駐車場が通行不能、がれき等堆積(復旧済み) 水産町高松市港の港内遊歩道の一部破損 松が島の船着場の桟橋が海中に落下(スクリュー型、3.5m×1.5m×0.2m)
高松市	(高松地内) 海岸線の防波堤(長さ)23m、同種基礎部破損(10m) 大津波フェンス破損 (高松地内) 富田神社地内の納屋の窓が5ス破損、防風口の設置撤廃 中富高月島津のコンクリート単体の一部破損(面積: 0.7m×0.6m×0.2m)
高松市	(土地地内) 高松市定評「土地台場」の定額半分(約400㎡)に土砂堆積
入善町	水田への海水の浸入等: 飯野地区(5ha)、下飯野地区(1.5ha) (戸崎地区) 車両26台浸水
高松市	(湯地区) 水田への海水の浸入等(0.6ha)

新潟県被害状況（3月24日15時現在）

新潟県報道発表資料

暴風による被害状況（第17報）



新潟県防災危機対策部
平成30年3月24日15時00分現在

平成30年2月23日からの暴風による被害状況について、新潟県が把握している情報は次のとおりです。
新潟県では、24日「情報連絡室」、25日「24年冬季強風被害対策連絡会議」を設置し、被害情報の収集に当たっています。

① 新潟県合計

	人的被害(人)				建物被害(棟)							計画的 被害
	死亡	行方不明	重軽傷	合計	住家被害						非住家 被害	
					全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床上浸水 以外	その他		
新潟県計	0	0	13	13	0	2	0	11	1	20	0	

② 各市町村ごとの被害状況

市町村名	人的被害(人)				建物被害(棟)							計画的 被害
	死亡	行方不明	重軽傷	合計	住家被害						非住家 被害	
					全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床上浸水 以外	その他		
佐渡市	0	0	3	3	0	2	0	1	0	13	0	
南魚沼市	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
糸魚川市	0	0	1	1	0	0	1	0	1	3	0	
加茂市	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
野沢市	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	
神林町	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
長岡市	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	
五泉市	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
市町村計	0	0	13	13	0	2	3	11	1	20	0	

〔人的被害の内訳〕

- 佐渡市水庫 高波による被害で4名負傷(いずれも軽傷)
- 佐渡市東海津水 高波による被害で1名負傷(軽傷)
- 佐渡市南津久井 高波による被害で3名負傷(いずれも軽傷)
- 佐渡市種治 高波による被害で1名負傷(重傷)
- 糸魚川市 高波による被害で1名負傷(重傷)
- 加茂市 強風による被害で1名負傷(軽傷)
- 野沢市 強風による被害で1名負傷(重傷)
- 長岡市 高波による被害で1名負傷(軽傷)

※道路、河川及び堤岸、水産、農林関係の被害については別報のとおり。

お問い合わせ先
危機対策課 危機対策係
直話：025-260-5144

9. 概況

「2月23日からの暴風による被害状況」

3月24日 19時00分現在

○ 道路関係

【被害箇所】

- 県道伏波一周線 佐渡市北鶴島 路肩欠陥 L = 16.0 m
- 県道伏波一周線 佐渡市水津 路肩欠陥 L = 15.0 m
- 県道伏波一周線 佐渡市山崎 路肩欠陥 L = 16.0 m
- 県道伏波一周線 佐渡市見立 路肩欠陥 L = 15.0 m

※上記4箇所はいずれも通行可。

○ 河川施設及び海岸関係

- ・ 離岸堤沈下 13箇所
(糸魚川市中宿地区海岸、佐渡市東徳清水地区海岸ほか)
- ・ 海岸護岸決壊 6箇所
(上越市林崎区直海浜地区海岸ほか)
- ・ 突堤沈下 1箇所
(佐渡市水津地区海岸)
- ・ 消波工沈下 1箇所
(糸魚川市小泊地区海岸)
- ・ 導流堤沈下 1箇所
(柏崎市蟹石川)

○ 水産関係

【佐渡市】

- ・ 漁船破損、沈没 23隻以上
(野崎、北小浦、見立、和木、羽吉、水津、稚泊、西尾、北狄、曹岡、月布島など)
- ・ 漁港施設 21件
(野崎、水津、北小浦、黒部、関、和木、大川)
- ・ 漁協施設等 30件以上
(水津、見立、人崎など)
- ・ 漁具等 34 経営体以上
(野崎、黒部、北小浦、平松、赤泊、稚泊、大川など)
- ・ 養殖施設 30 経営体以上
(水津、大川など)

【佐渡市以外の市町村】

- ・ 漁船破損、沈没 33隻以上
(蟹不知、妙川、能生、寺泊、新潟西、新潟東、桑川など)
- ・ 漁港施設 3件
(間瀬、能生、蟹不知)
- ・ 漁協施設等 10件以上
(妙川、浦本、能生、名立、間瀬、岩船)
- ・ 漁具等 26 経営体
(愛島、浦本、寺泊)

○ 港湾関係

- ・ 妙川港 防舷材破損(中央埠頭5号岸壁の防舷材4基が海中に脱落)
緑地の破損(田海・須沢海岸公園で打ち上げ波により公園施設が破損)

○ その他

- ・ 遊覧船 2隻
(長岡市)



2. 24 冬季風浪被害 (3/24 現在)

2/23～24 にかけての冬季風浪の被害額について、現時点における取りまとめは、以下のとおりです。

なお、被害額については、今後の調査等により増減する可能性があります。

※ 〇〇 〇〇〇は前編 (3/2 現在) からの変更箇所です。

※ 小計、合計の () 書きは、前編の被害額からの増減額です。

①【漁港】	1 0 0 億円 (+ 4 7 億円)
(内訳)	
・ 富崎漁港 (防波堤の損壊など)	71.6 億円
・ 水津漁港 ()	72.8 億円
・ 北の海漁港 ()	51.1 億円
・ その他 2 漁港 ()	2.0 億円
②【水産】	9 億円 (+ 2 億円)
(内訳)	
・ 漁具 (定置網など 計 80 箇所)	5.2 億円
・ 漁船 (200 隻)	1.3 億円
・ 給餌施設、船小艇など (計 40 箇所)	0.6 億円
・ 養殖施設 (ワカメなど養殖物を含む 計 50 箇所)	0.6 億円
③【公共土木施設 (港湾を除く)】	2 0 億円 (+ 9 億円)
(内訳)	
・ 道路 (路肩欠損など 計 4 箇所)	0.6 億円
・ 河川 (道民堤防下 計 1 箇所)	0.9 億円
・ 橋脚 (離岸堤防下など 計 21 箇所)	24.7 億円
④【公共土木施設 (港湾)】	3 億円 (- 1 億円)
(内訳)	
・ 堤防 (消波工比下など 計 10 箇所)	2.9 億円
⑤【建物】	1 億円
(内訳)	
・ 佐渡市	1.1 億円
⑥【その他】	1 億円 (+ 1 億円)
(内訳)	
・ 電気施設など (佐渡市)	0.4 億円
・ 遊覧船 2 隻 (長岡市)	0.4 億円
合 計 (①+②+③+④+⑤+⑥)	2 2 8 億円 (+ 5 8 億円)

本件についてのお問い合わせ先

危機対策課 025-280-0700

内容についてのお問い合わせ先

① について 漁港課 025-280-5817

② について 水産課 025-280-0977

③ について 河川管理課 025-280-5416

④ について 港湾整備課 025-280-5469

(3月27日)

市町村別水産業関係被害報告一覧表

(金額単位:千円)

市町村名	水産物		漁船		漁具		養殖施設		漁業被害計	漁船等被害計	農作物等
	件数	被害額	隻数	被害額	件数	被害額	件数	被害額	被害額	被害額	被害額
糸魚川市(小計)			24	5,700	5	240			5,940	5,940	
旧青海町			4	2,450					2,450	2,450	
旧糸魚川市			15	2,650	5	240			2,890	2,890	
旧能生町			5	600					600	600	
長岡市(旧寺泊町)			2	200	20	3,000			3,200	3,200	
新潟市(旧新潟市)			6	1,150					1,150	1,150	
山北町			1	100					100	100	
粟島浦村					1	12,000			12,000	12,000	
佐渡市(小計)	50	38,300	233	171,660	34	557,459	50	16,170	767,419	745,289	
旧両津市	50	38,300	224	169,060	30	557,189	50	16,170	764,549	742,419	
旧赤泊村			1	100	1	50			150	150	
旧相川町			8	2,500	3	220			2,720	2,720	
合 計	50	38,300	266	178,810	60	572,699	50	16,170	789,809	767,679	

注1 本表は、市町村別に集計したものを、速報、概況、確定報告毎に作成する。

2 「水産物」は、魚類、貝類、海藻類の養殖の他に畜養水産物を含む。

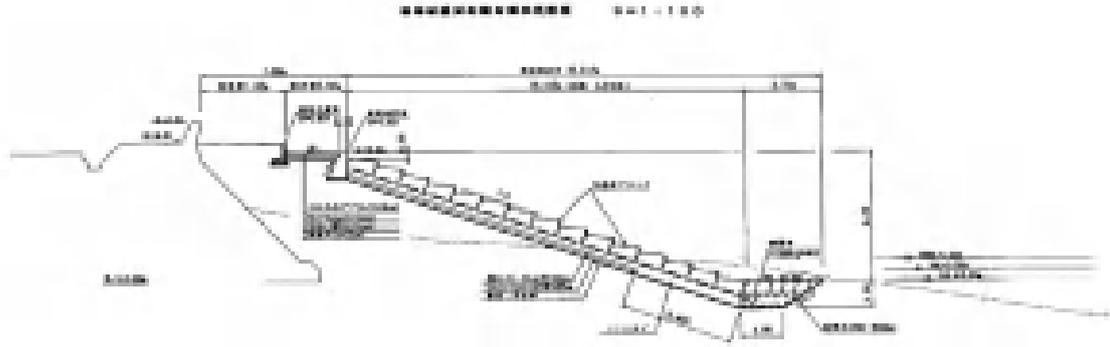
3 「漁業被害計」は、水産物、漁船及び漁具(定置網等)被害額の合計を記入する。

4 「漁船等被害計」は、漁船、漁具及び養殖施設被害額の合計を記入する。

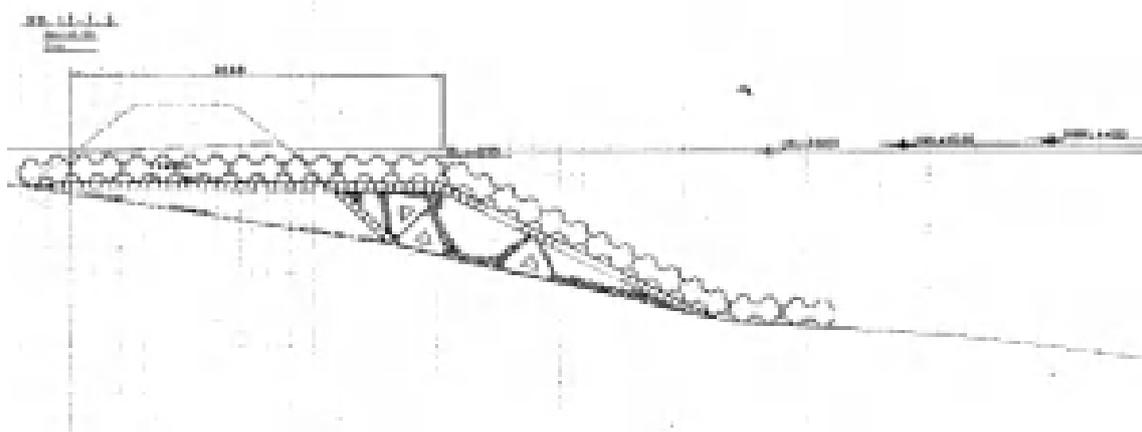
5 「農作物等」は、農作物、樹体(果樹、茶樹、桑樹)、家畜等(家畜、畜産物、蚕繭)の被害額である。

富山県入善被災箇所測量結果
(NMB 測量による測量結果)



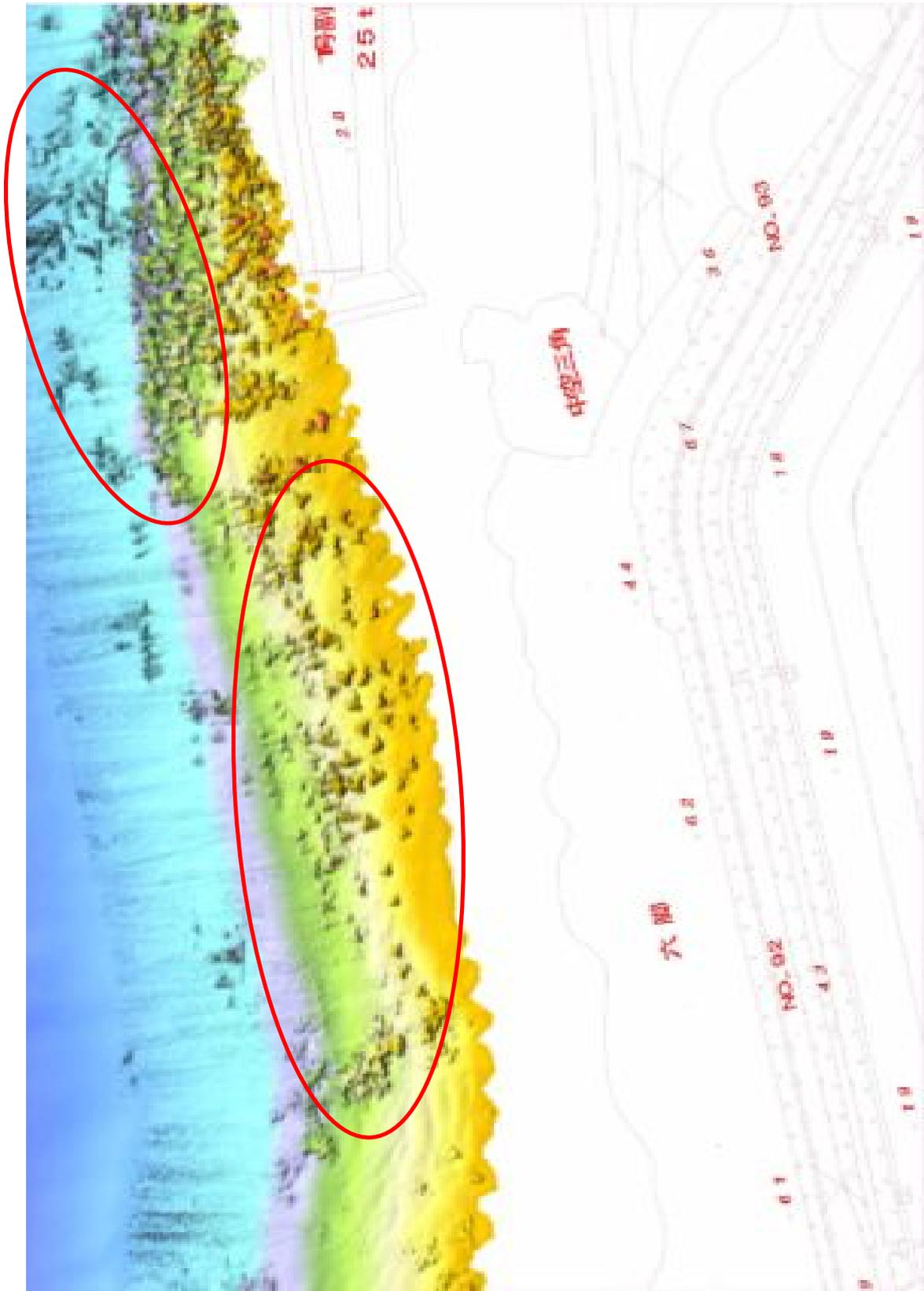


緩傾斜護岸 標準断面図

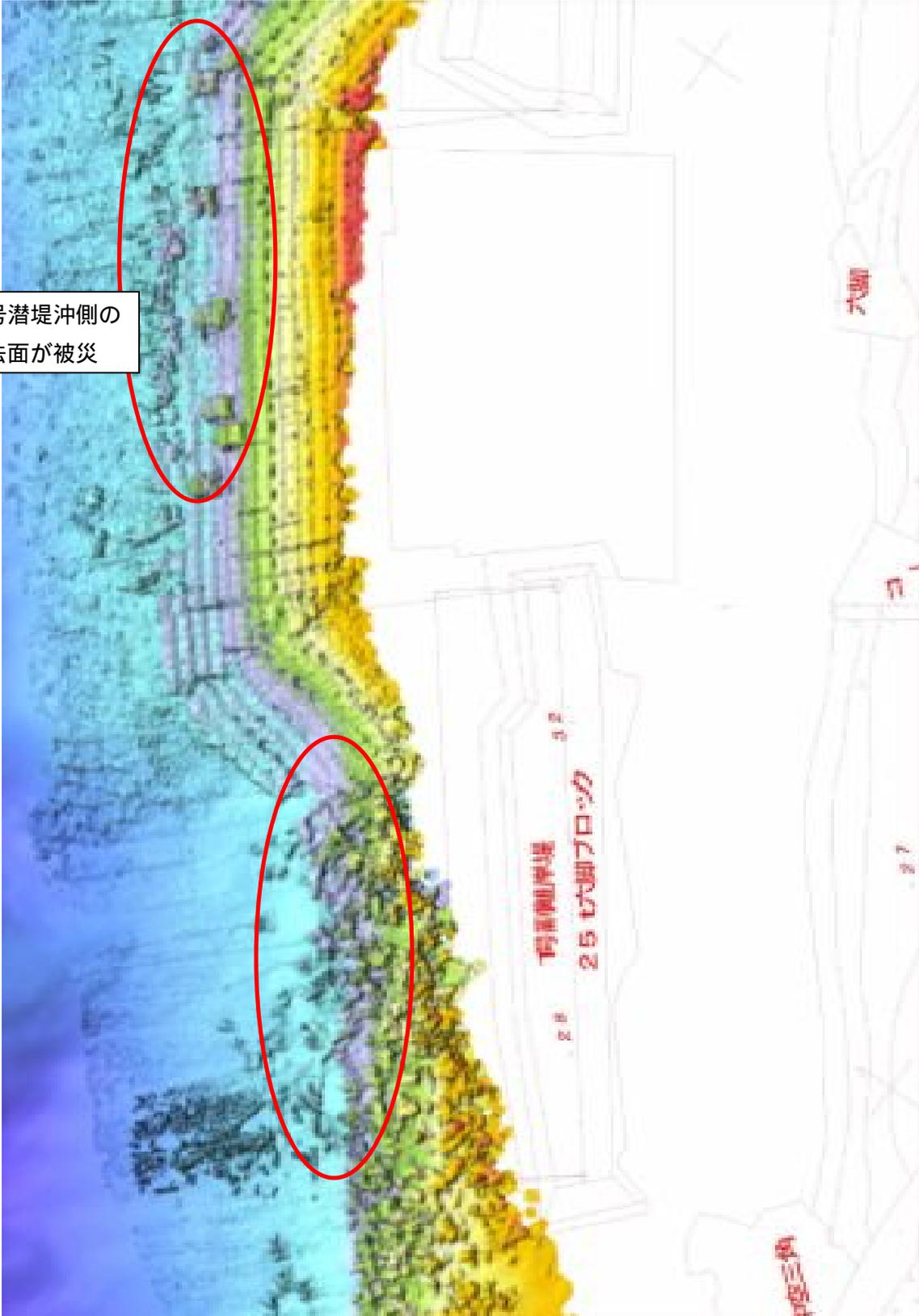


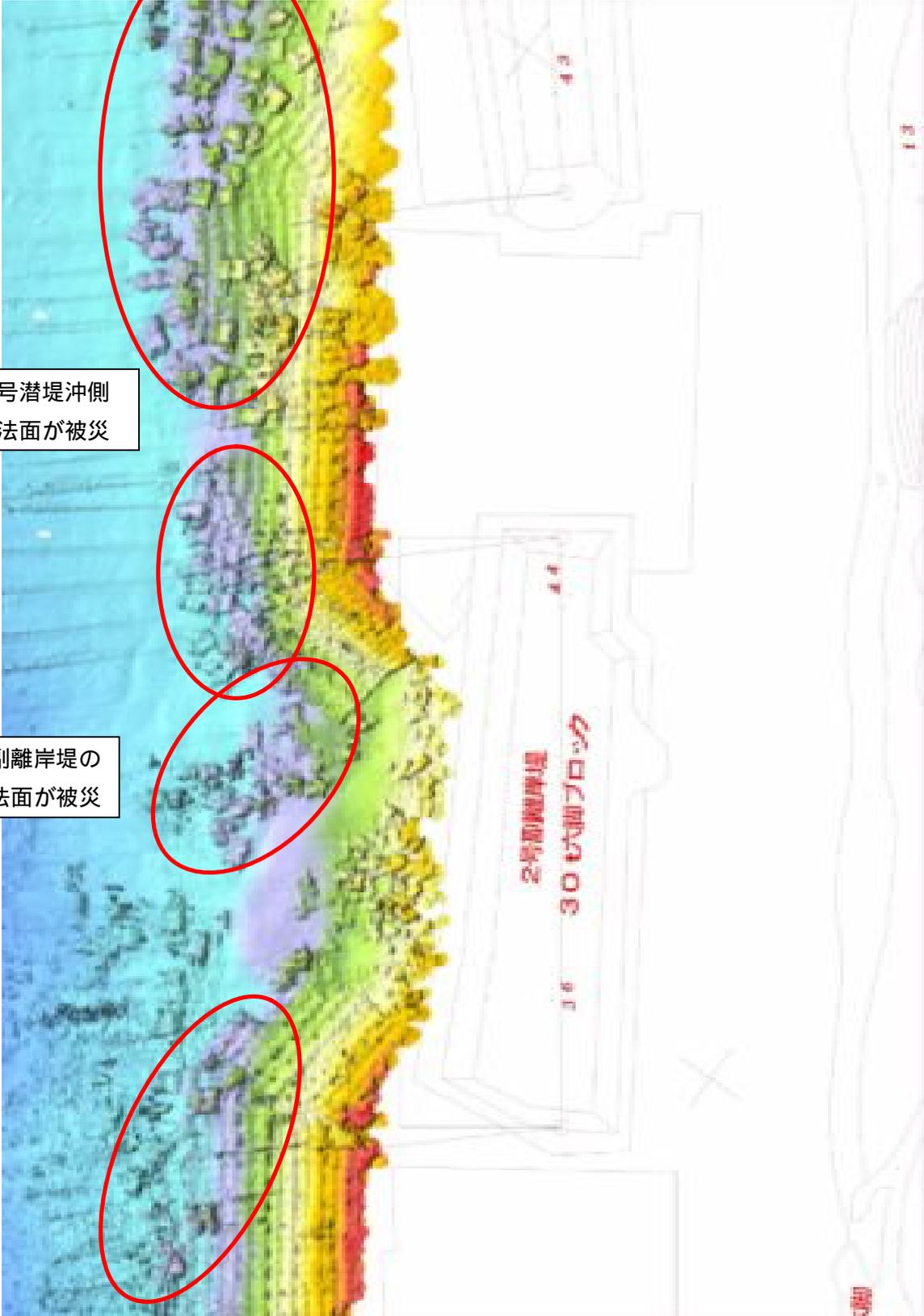
潜堤 / 離岸堤 断面図





1号潜堤沖側の
法面が被災

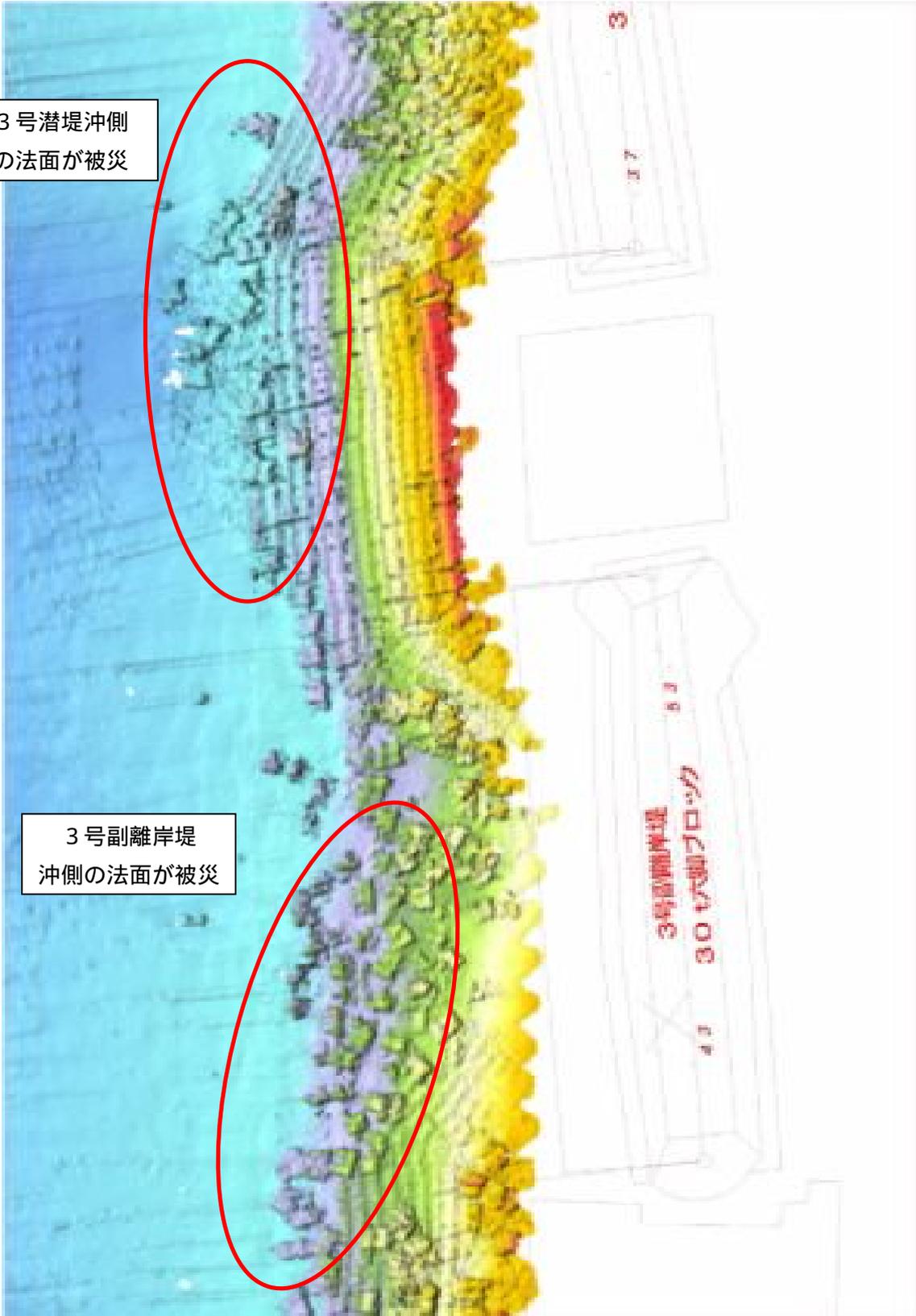




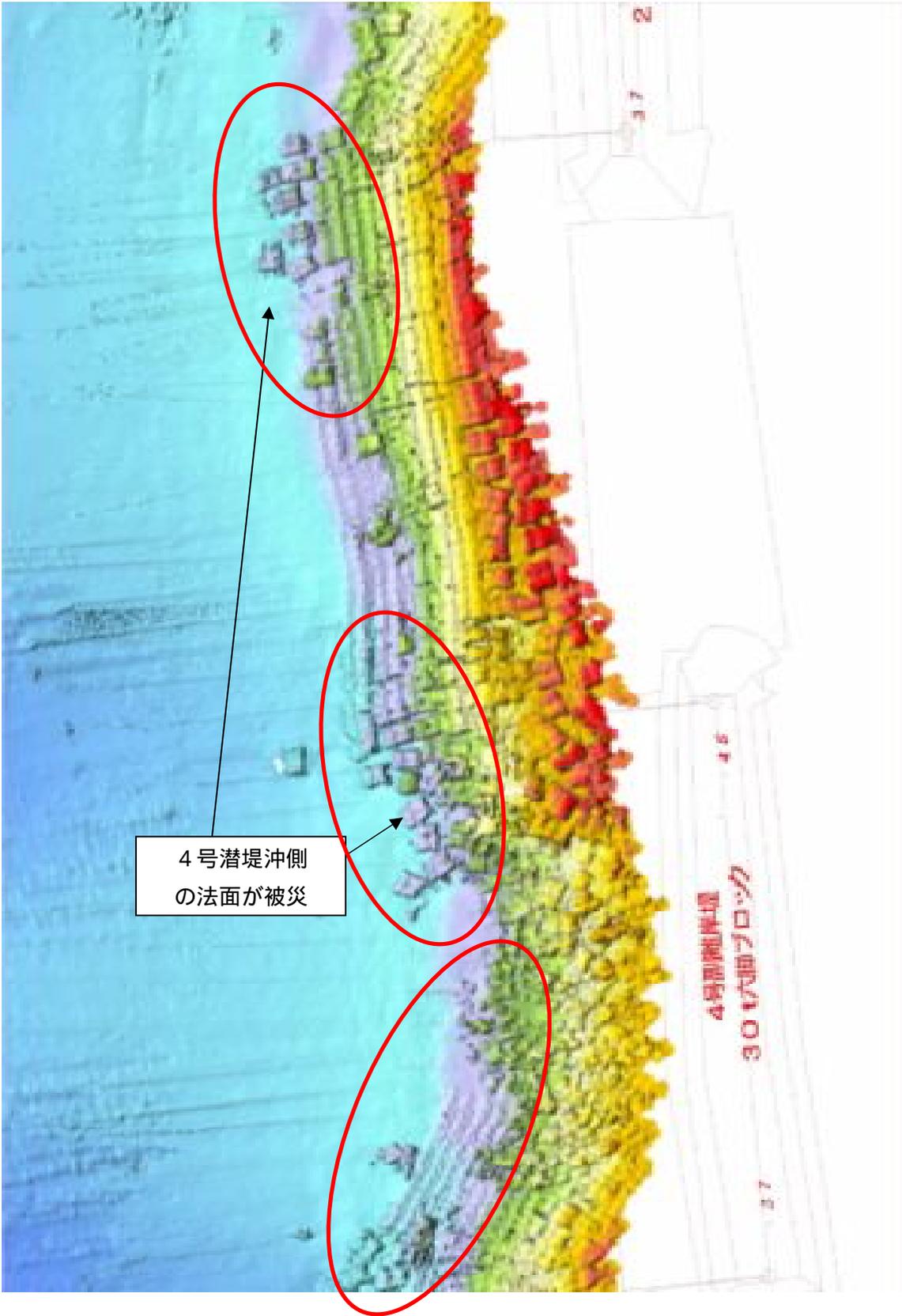
2号潜堤沖側の法面が被災

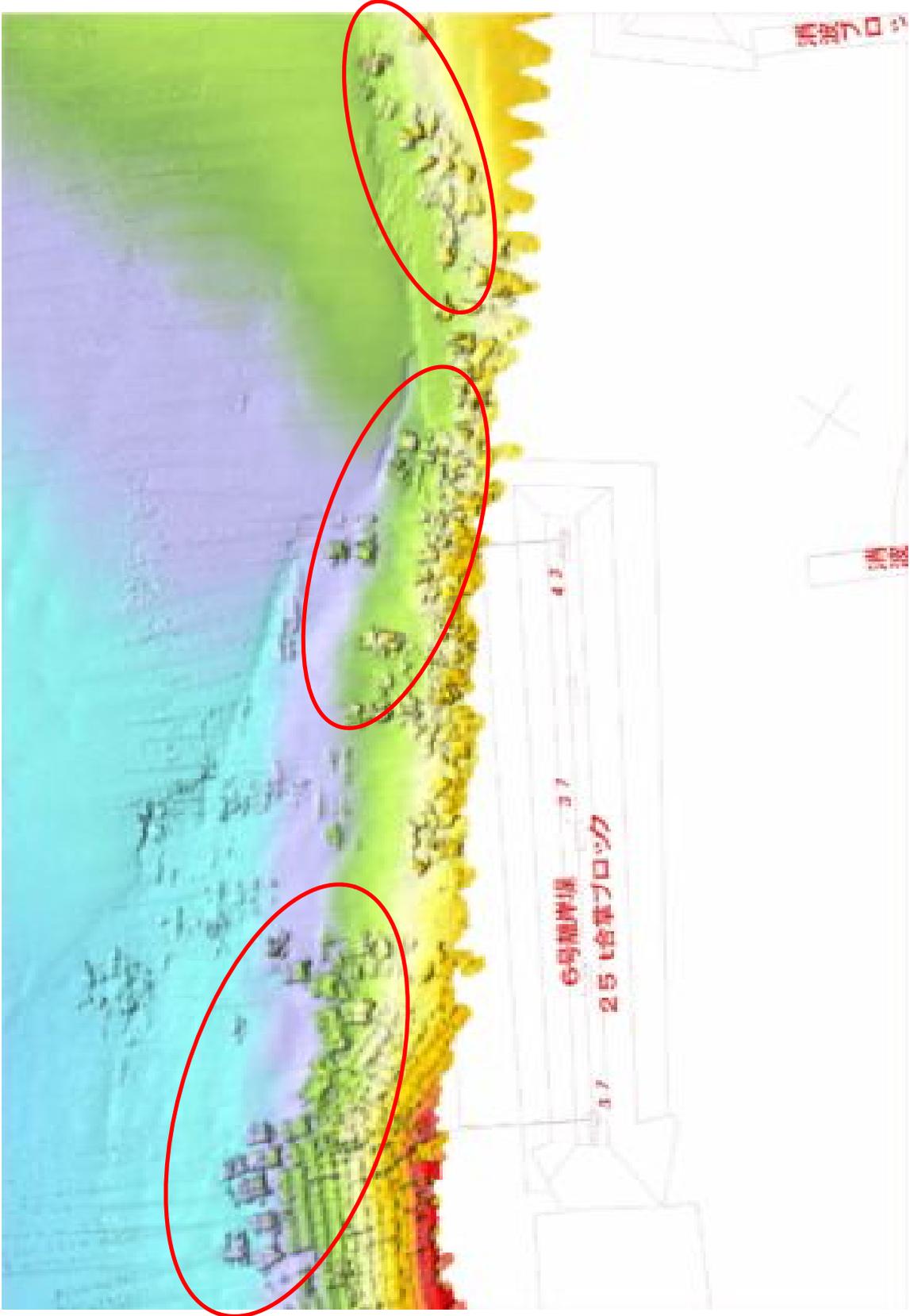
2号副離岸堤の沖側法面が被災

3号潜堤沖側の法面が被災

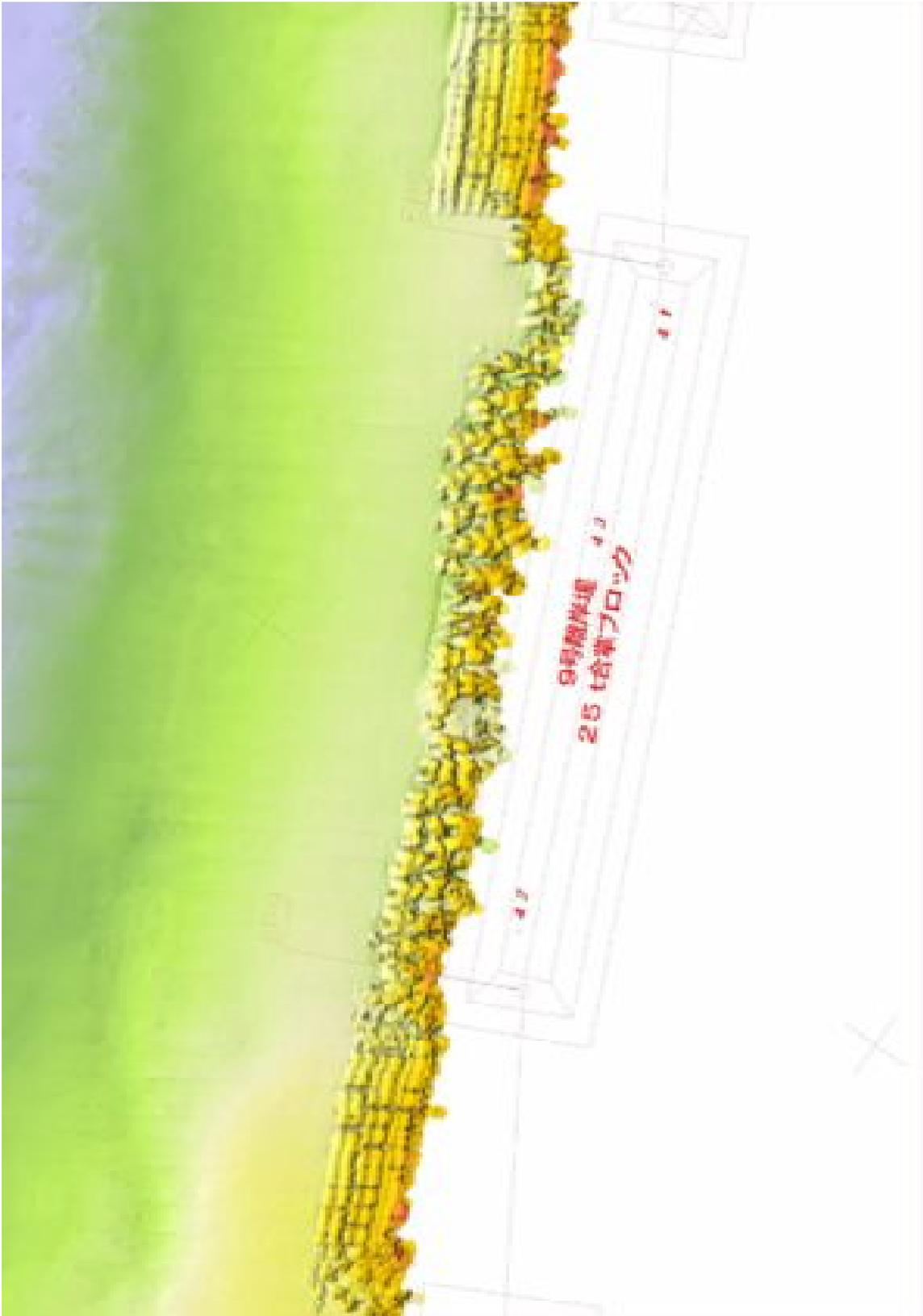


3号副離岸堤
沖側の法面が被災











潜堤ブロックの飛散状況写真



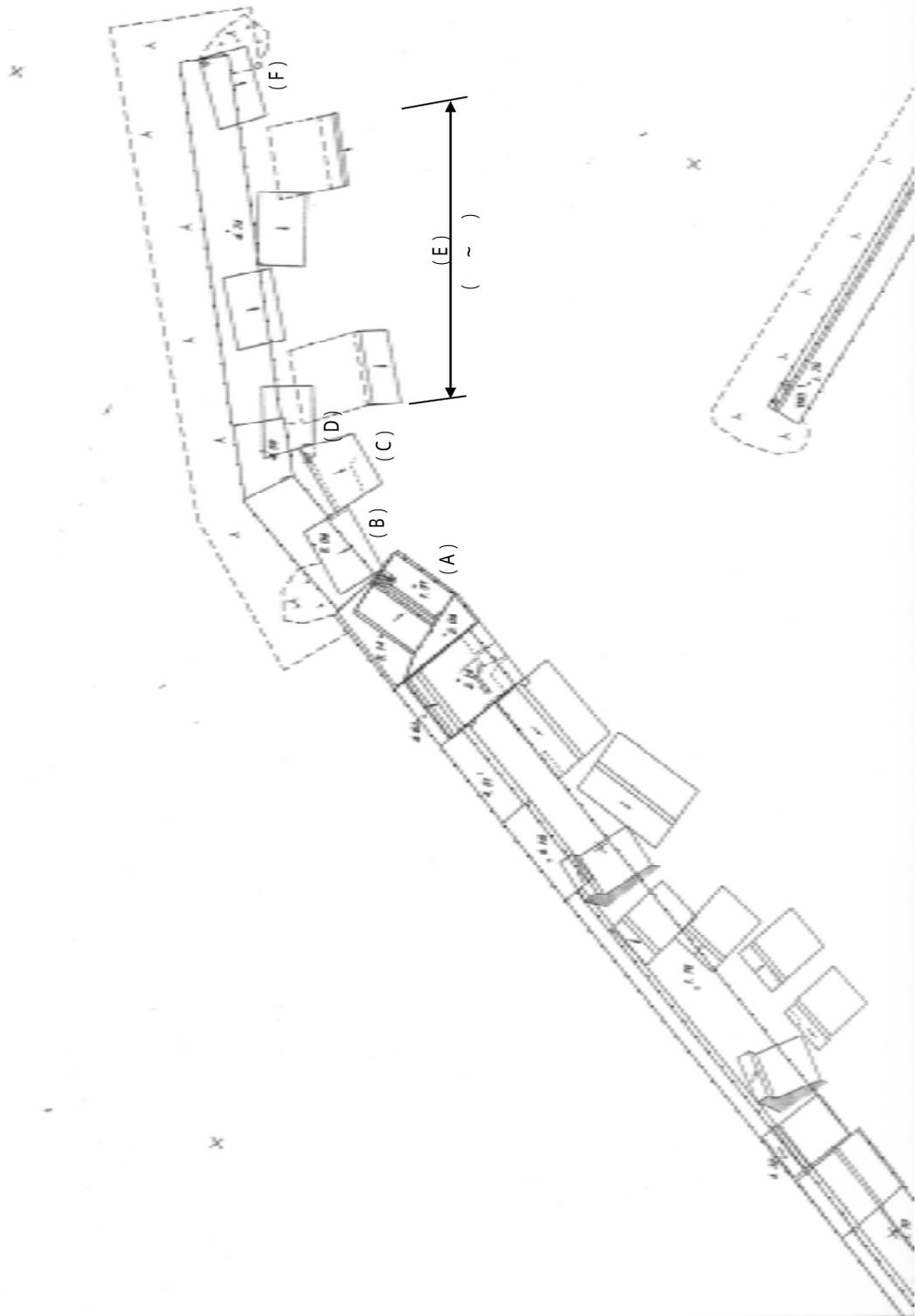


新潟県被災箇所測量結果（NMB 測量による測量結果）
 鷲崎漁港周辺測量結果



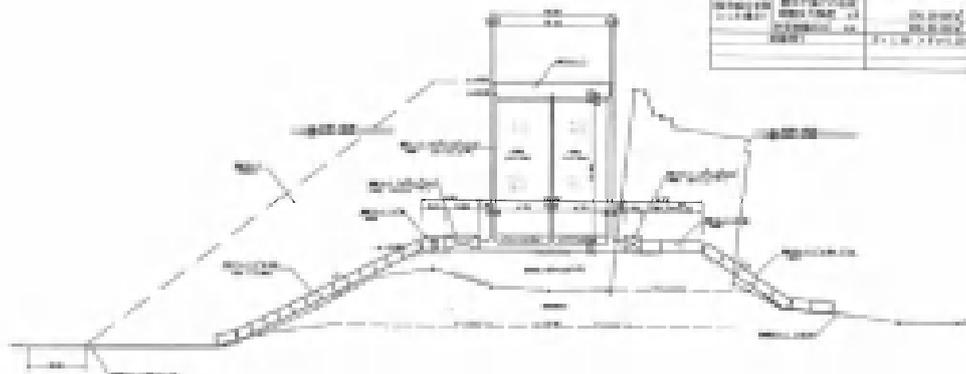
鷺崎漁港 東防波堤 平面図

S=1:1000

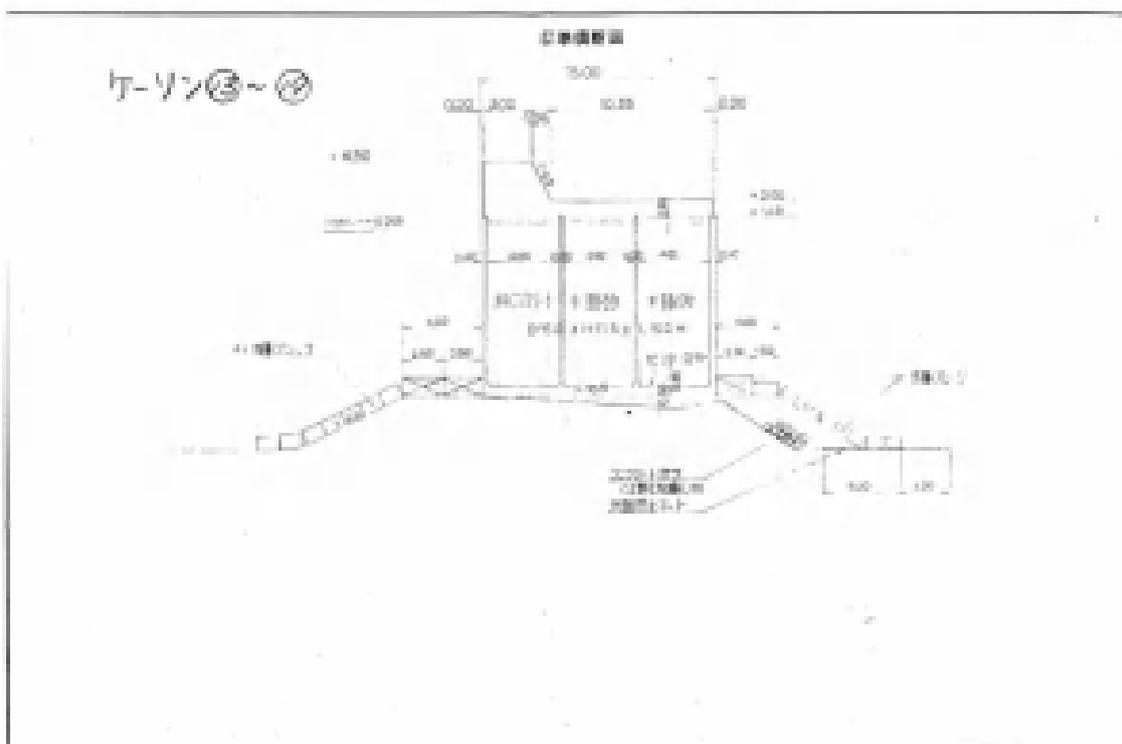


ケーソン②～③のケーソン部（ケーソン貫通部+高度調整部）標準断面図

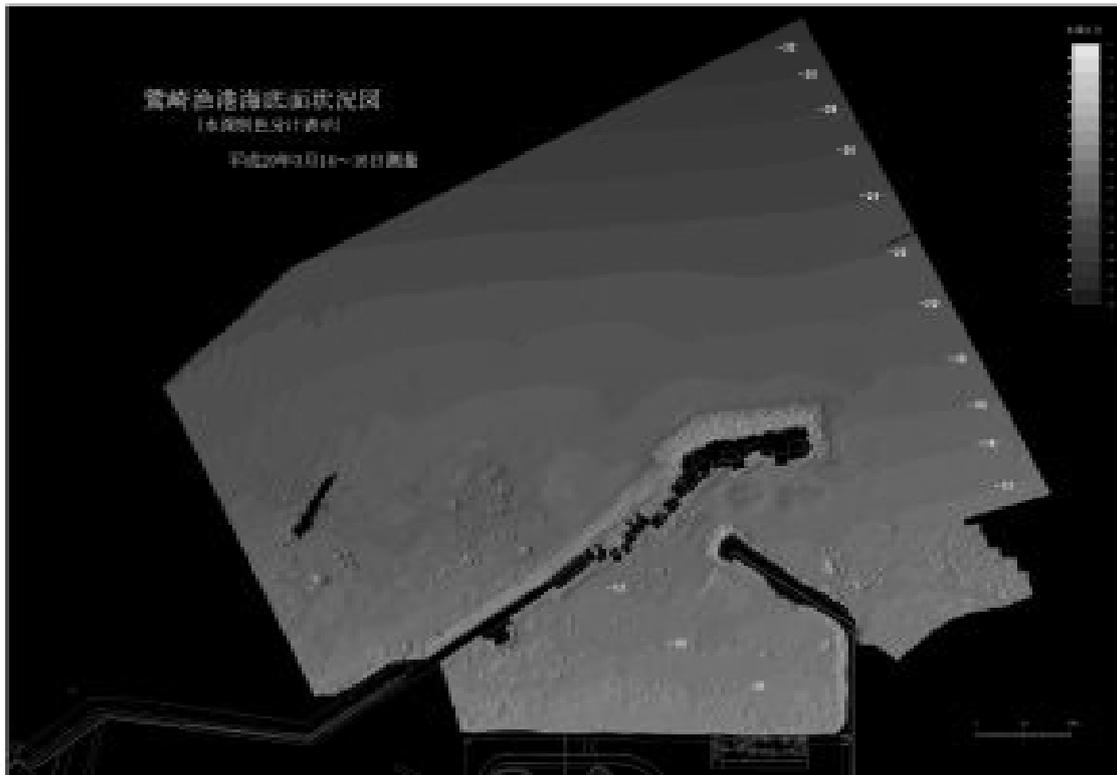
設計者	設計者
校核者	校核者
図面番号	図面番号
図名	図名
縮尺	縮尺
作成日	作成日
承認者	承認者
承認日	承認日
備考	備考



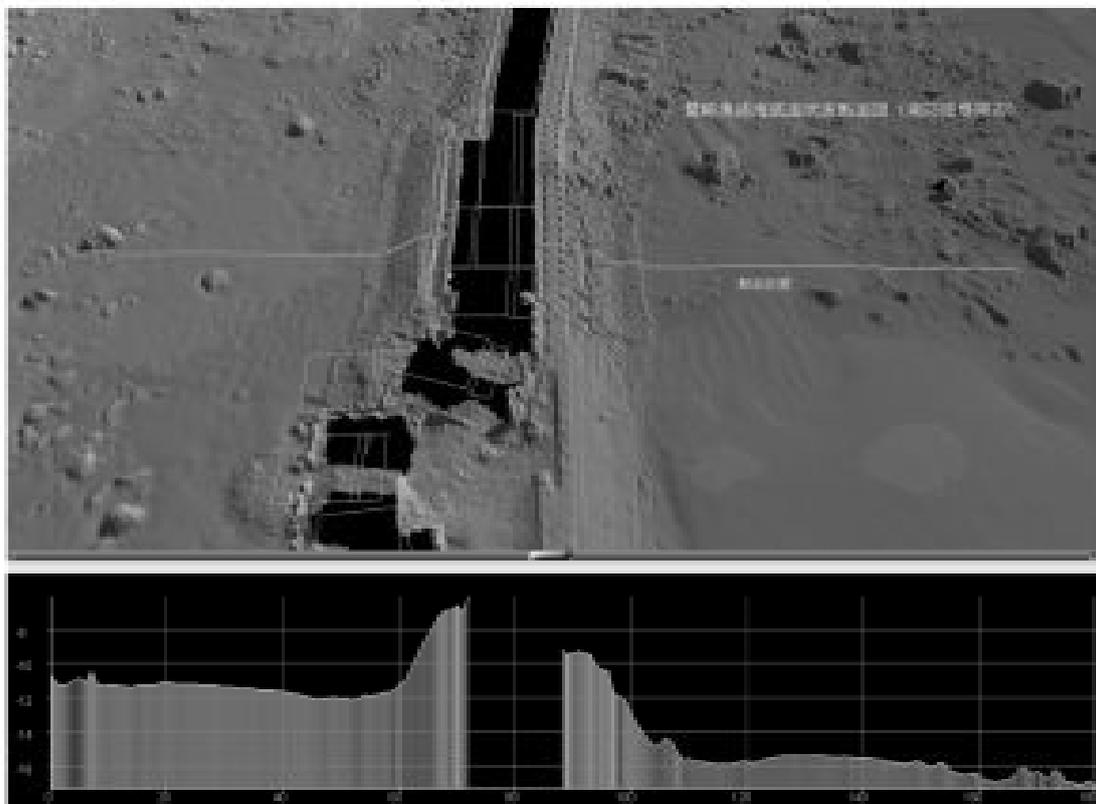
ケーソン ~ 標準断面図



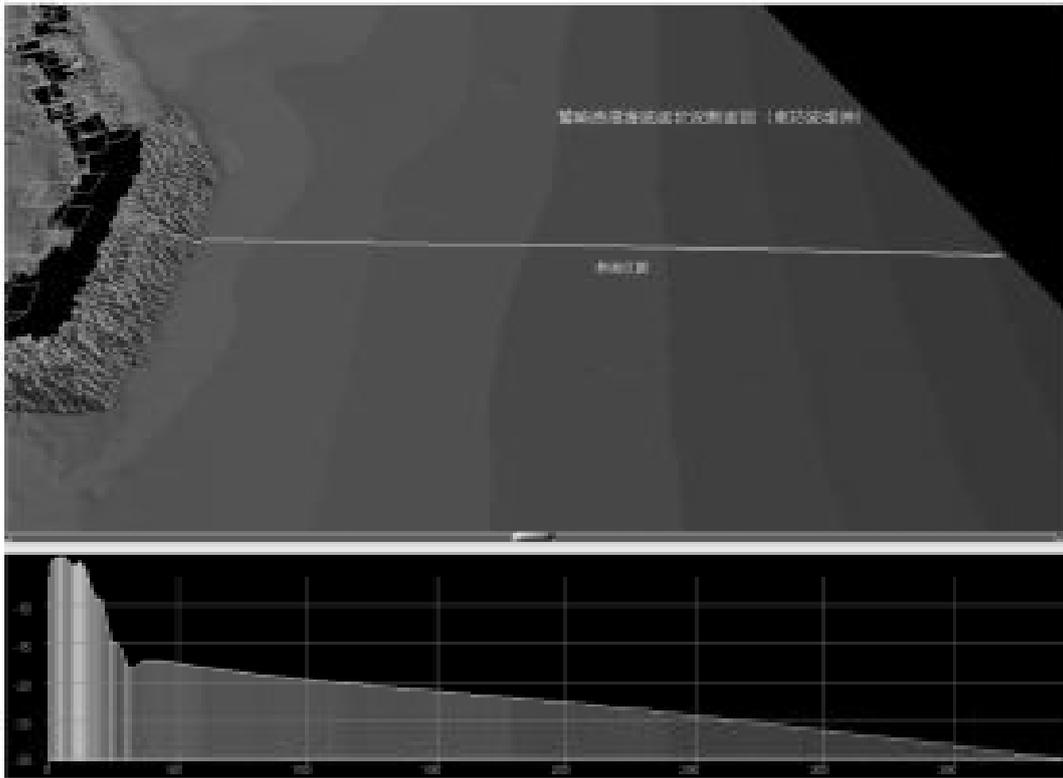
ケーソン ~ 標準断面図



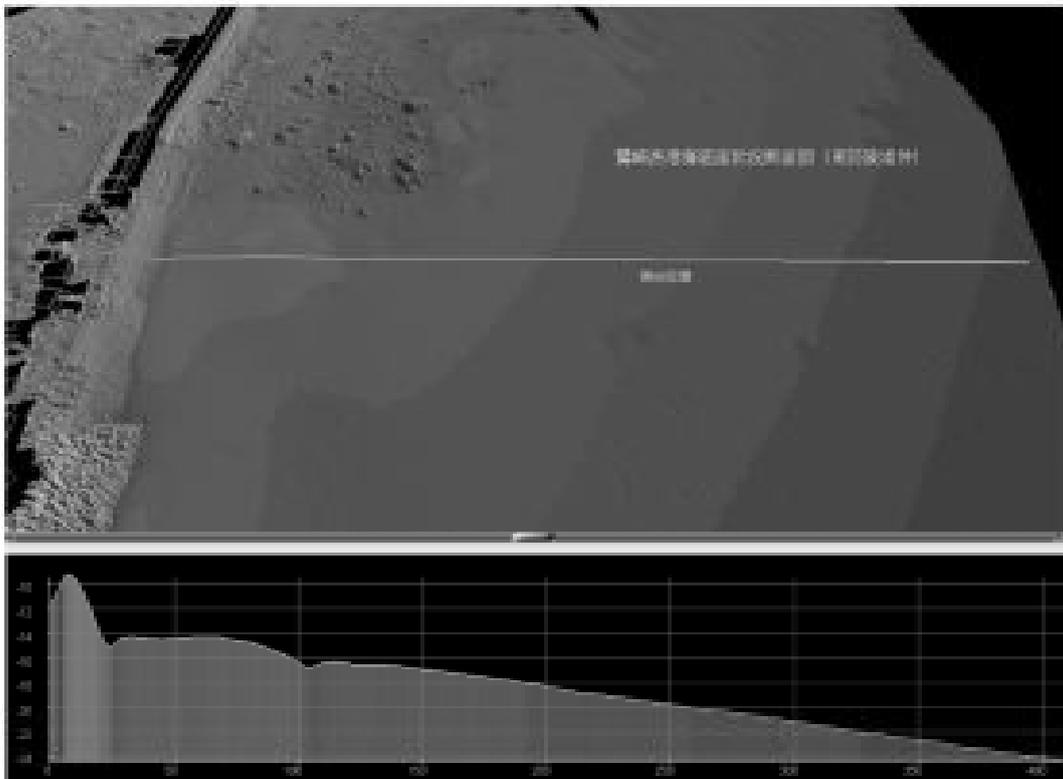
測量結果（海底面全体図、鶯崎漁港）



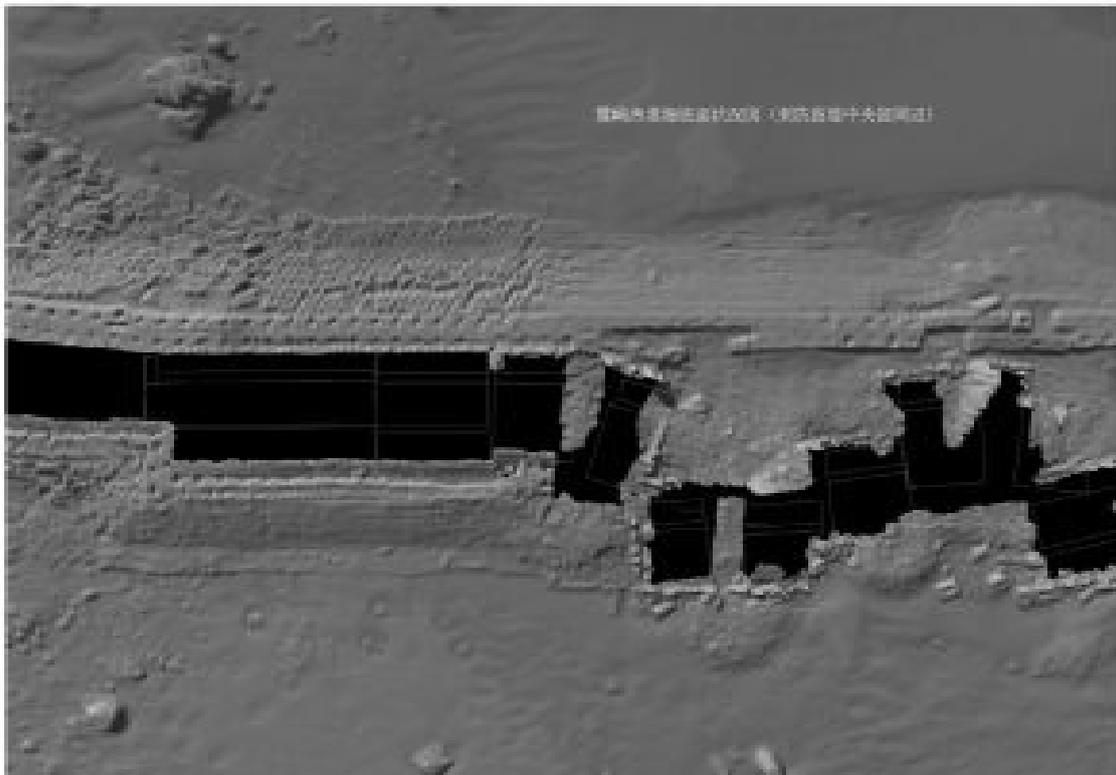
測量結果（東防波堤堤幹部、鶯崎漁港）



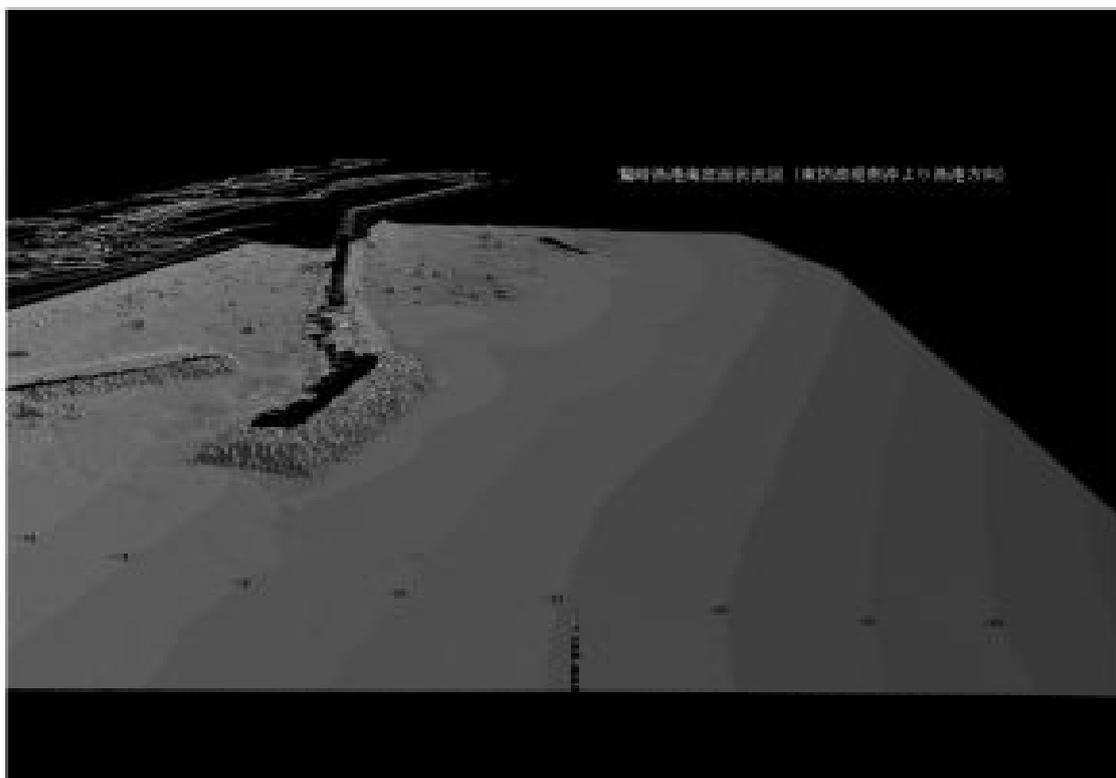
測量結果（東防波堤沖側、鷲崎漁港）



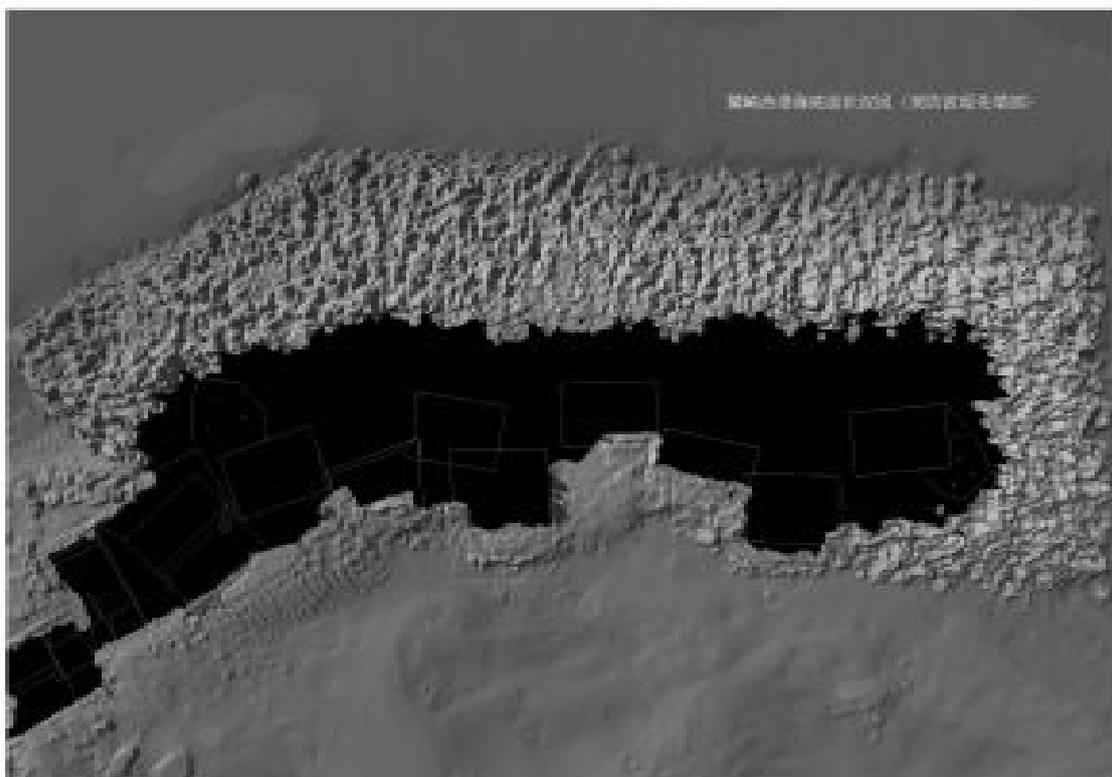
測量結果（東防波堤中央部沖側、鷲崎漁港）



測量結果（東防波堤中央部、鷲崎漁港）



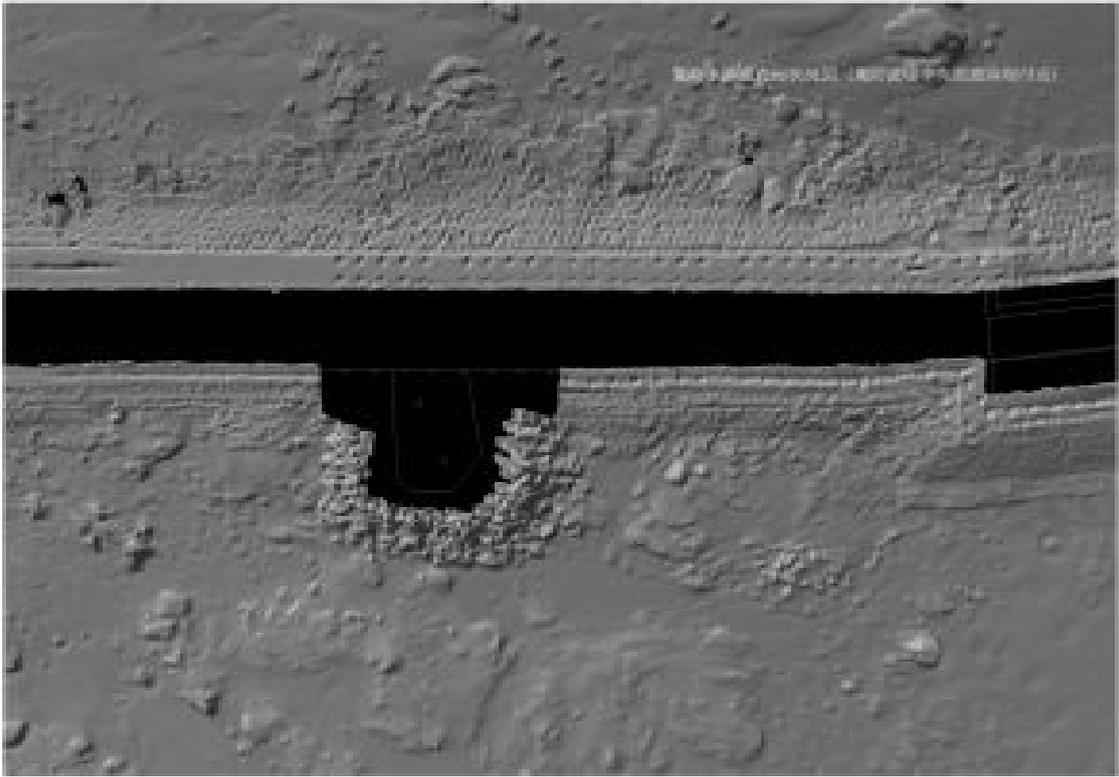
測量結果（東防波堤南南沖から漁港方向、鷲崎漁港）



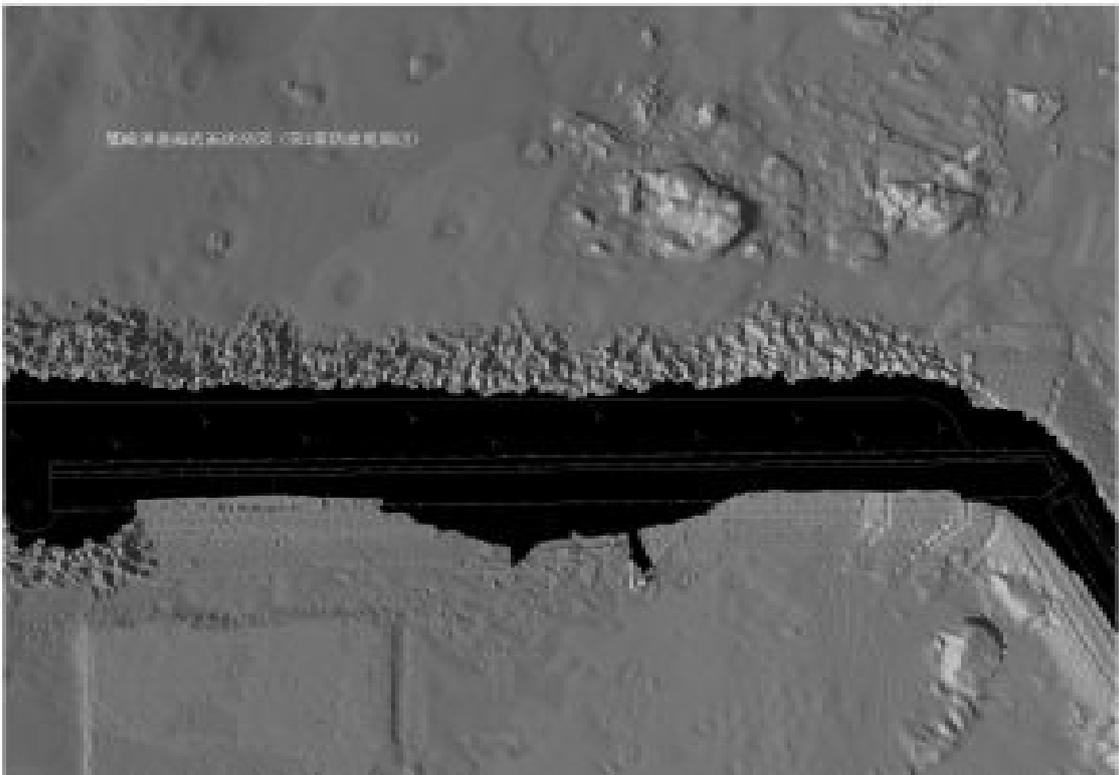
測量結果 (東防波堤先端部、鷲崎漁港)



測量結果 (東防波堤先端付近、鷲崎漁港)

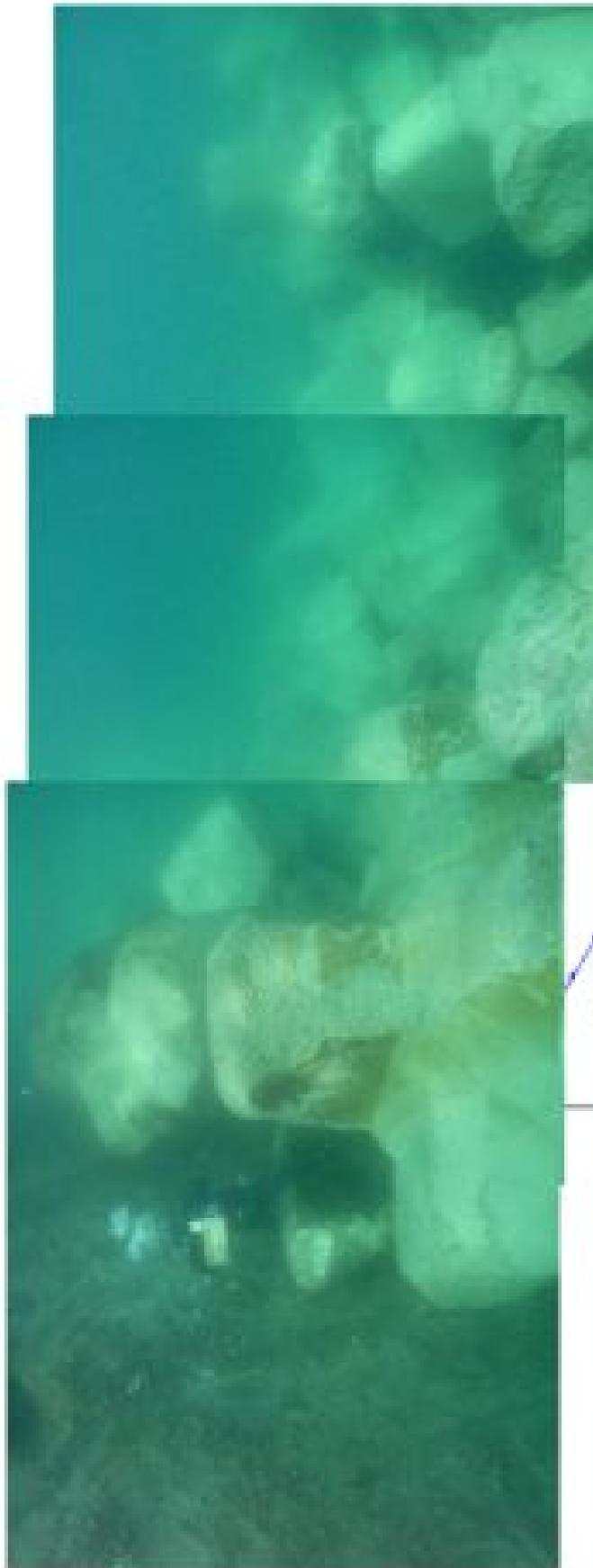


測量結果（東防波堤中央部波除堤付近、鷺崎漁港）



測量結果（第2南防波堤周辺、鷺崎漁港）

ケーソンNo.3掘外側



ケーソンNo.3



ケーソン-構造部材



構造部材の破片



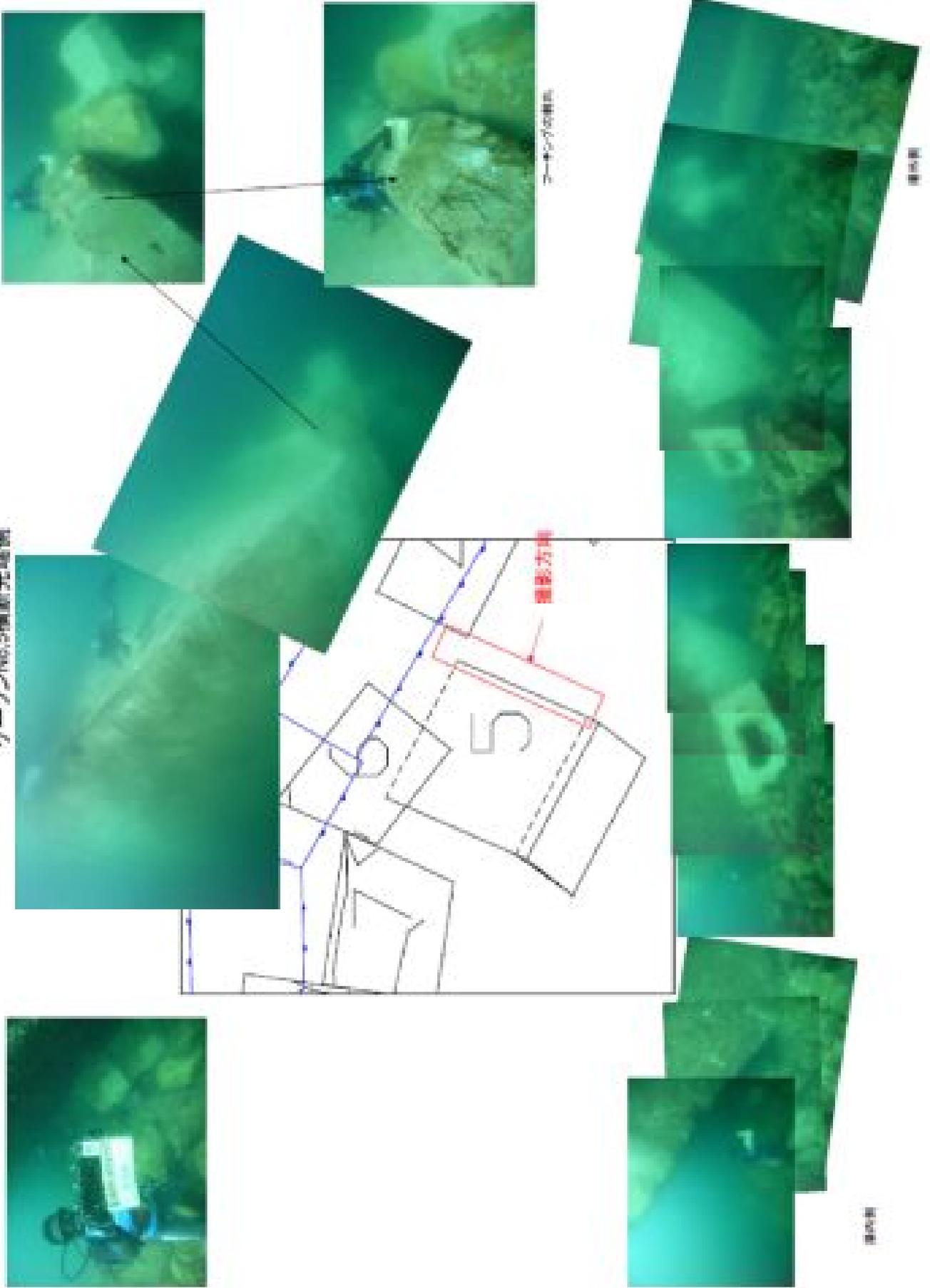
ケーソンNo.3港外側



ケーソン壁面の穴



ケーソンNo.5横断光透例



ケーソンNo.5港外側



ケーソン設置位置

コーンシマ

ケーソン

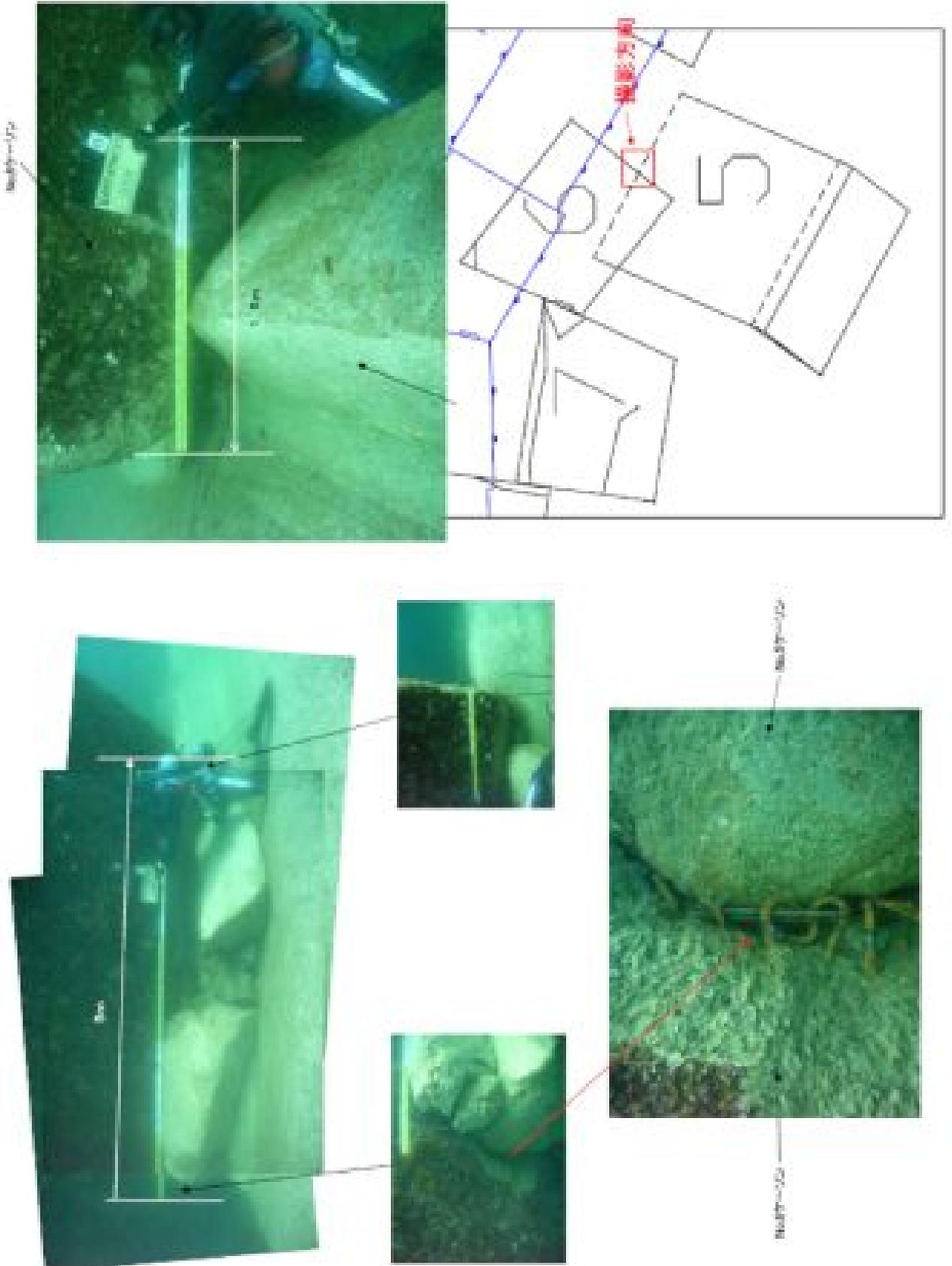


ケーソン設置位置

ケーソンNo.6掘外側



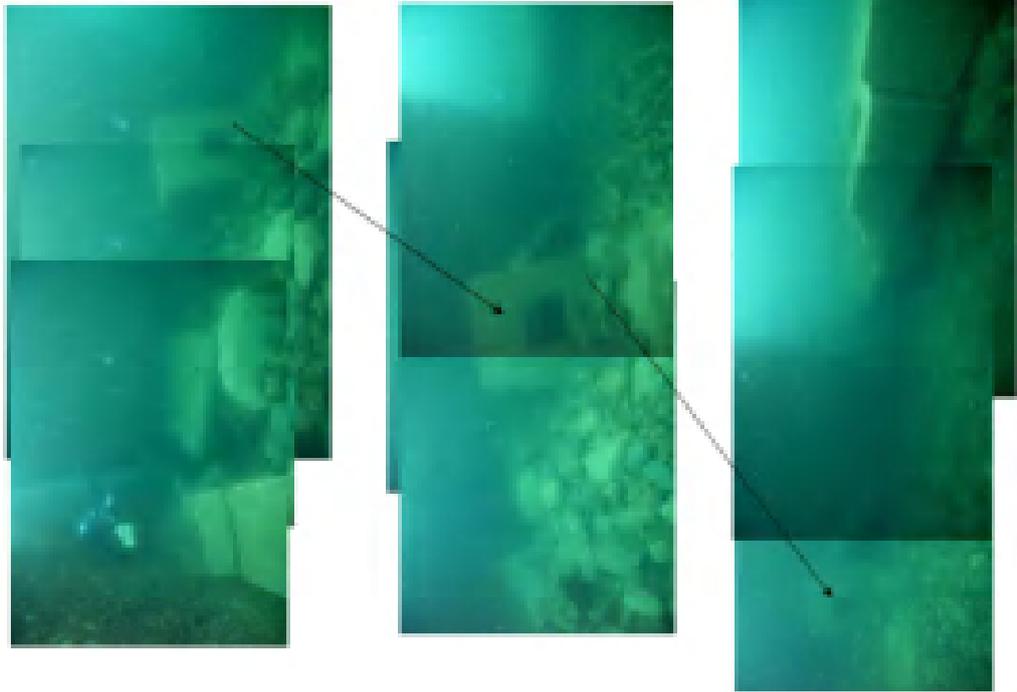
No.5-6接触箇所



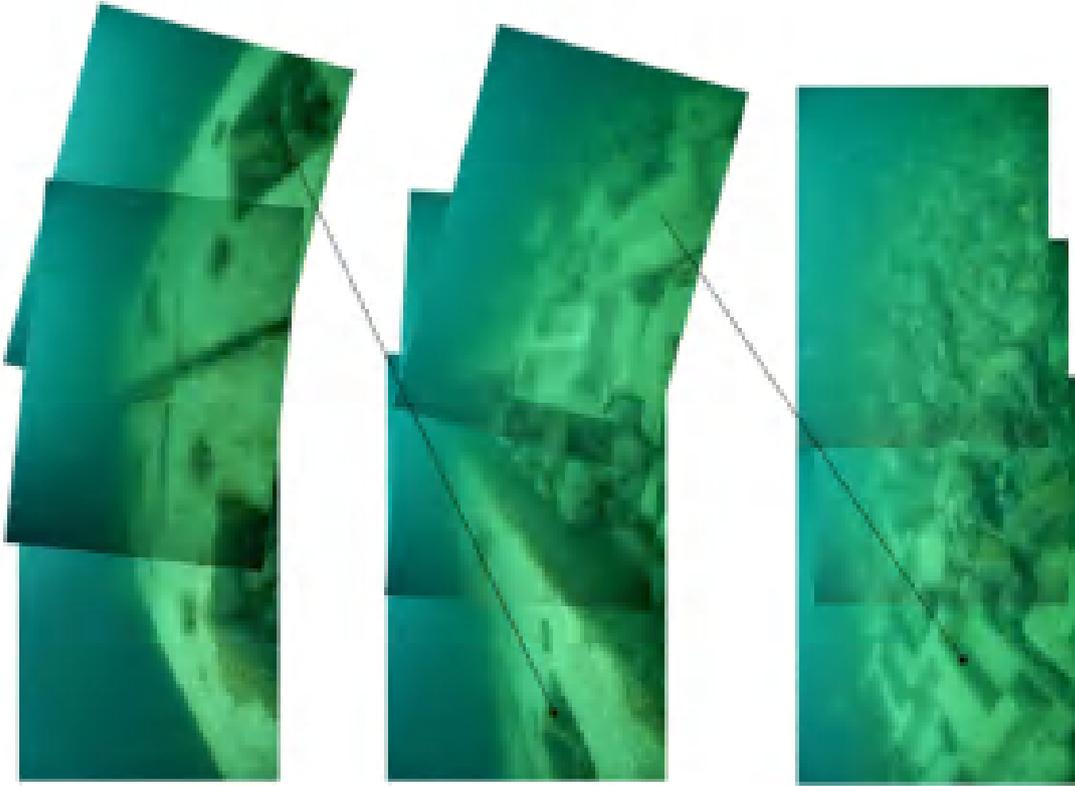
ケーソンNo.6港外側浪波ブロック損傷状況



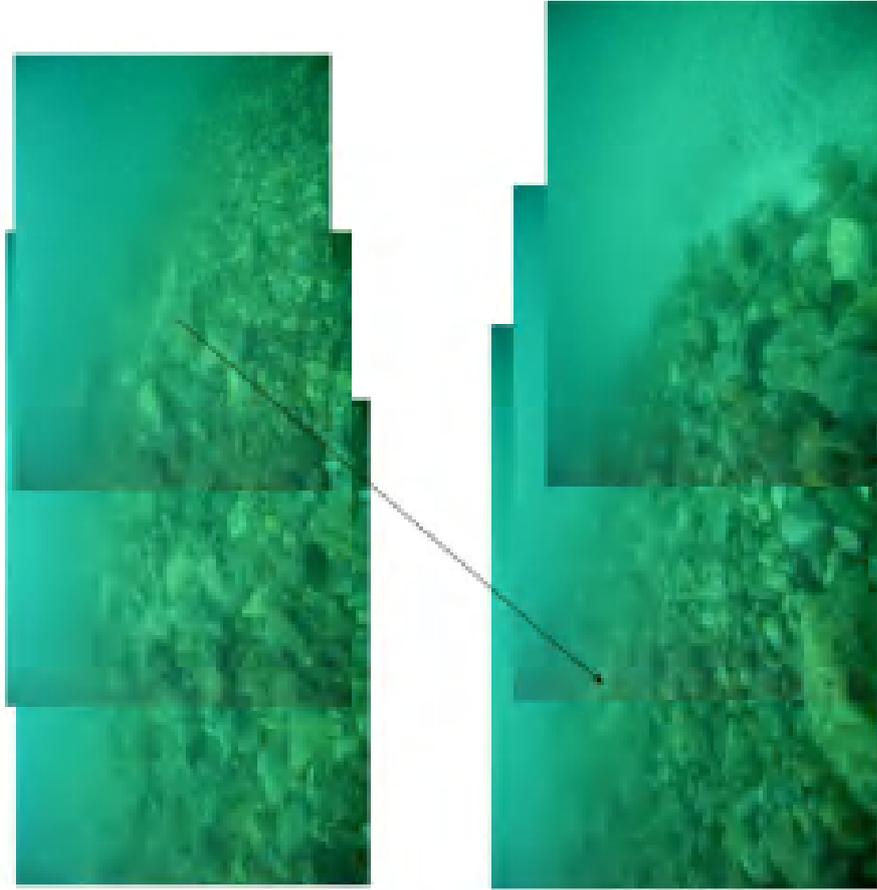
No.12ケーソン 外港側①



No. 12ケーソン 外港側②



No. 12 ケーゾン 外港側③



No. 12ケーソン付近 ブロック損傷状況



撮影位置

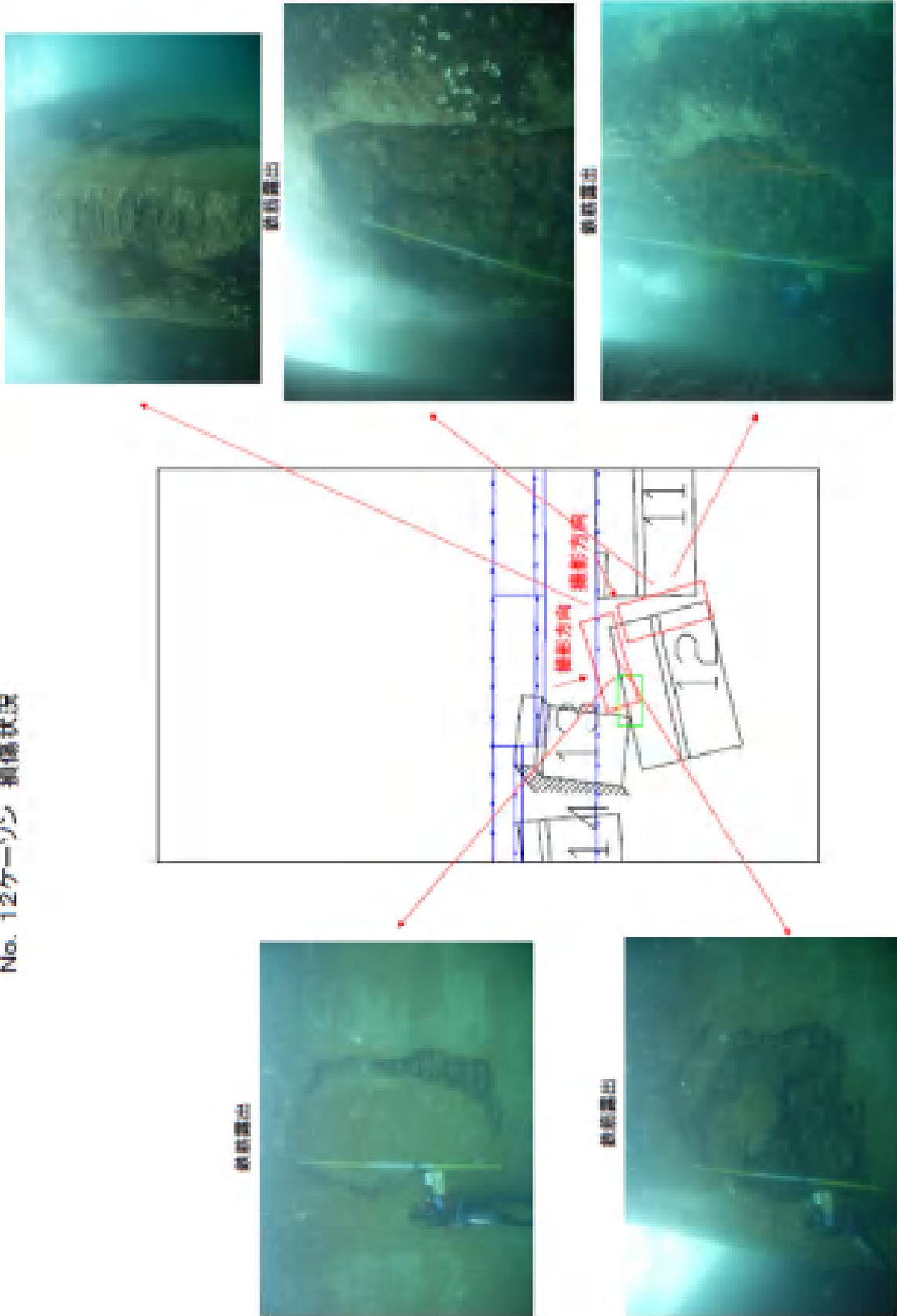


撮影位置

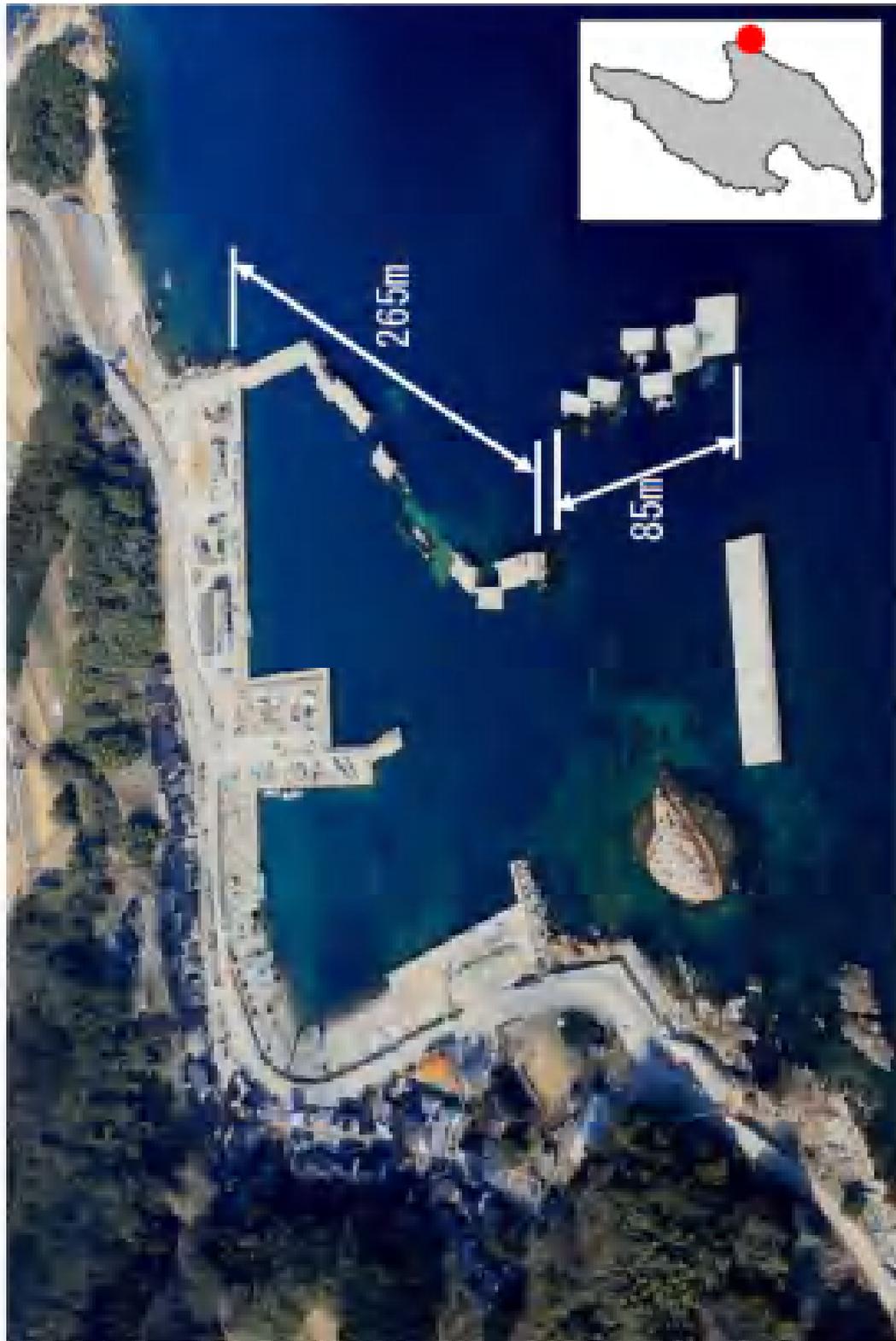


撮影位置

No. 12ケーソン 損傷状況

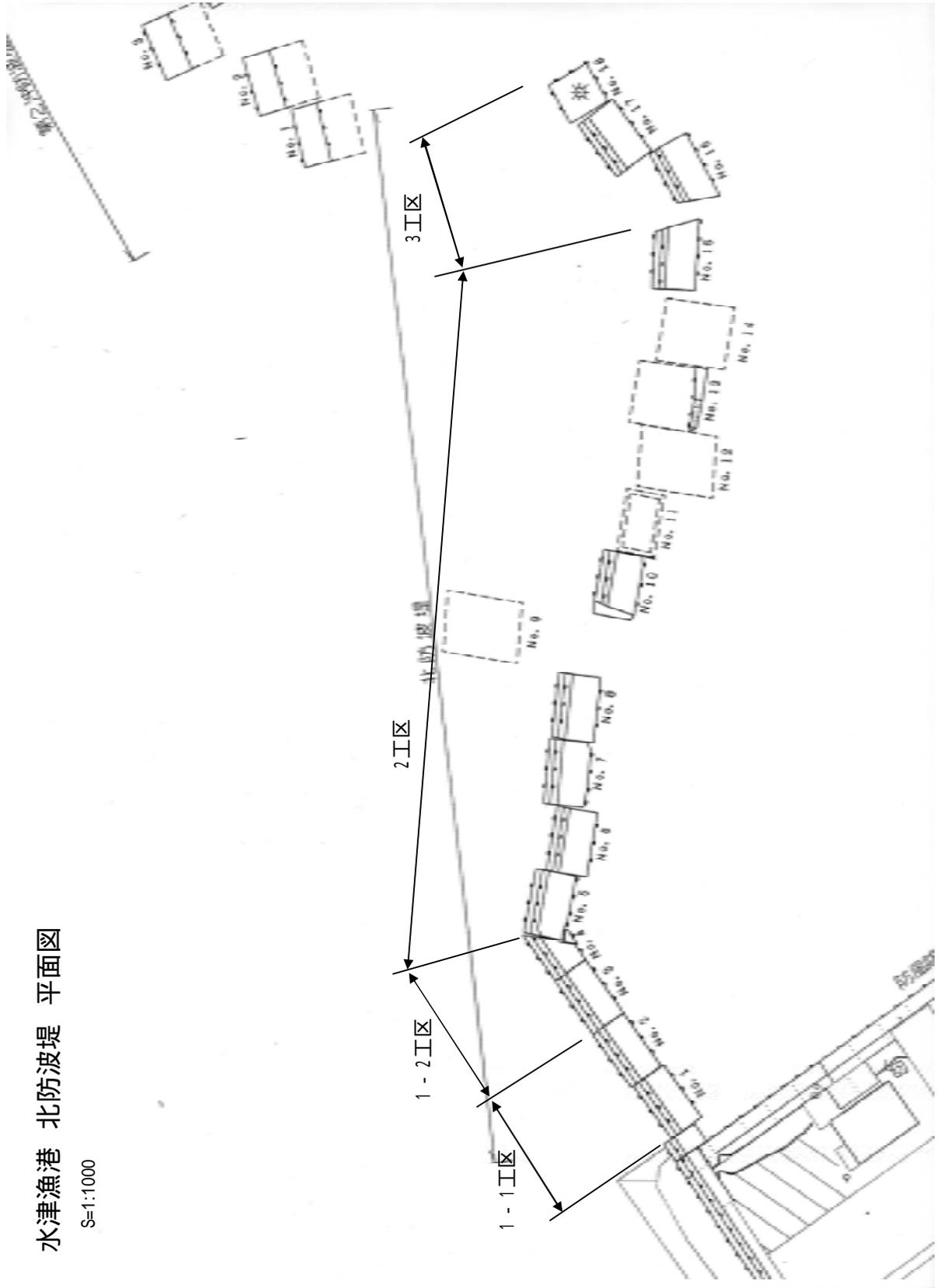


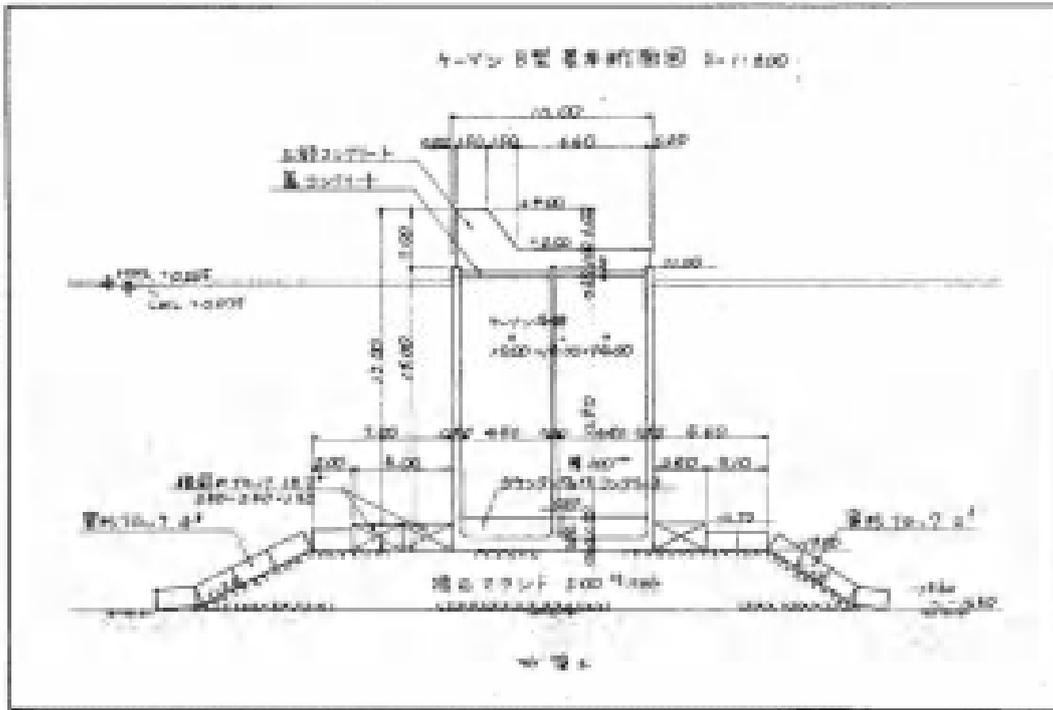
新潟県被災箇所測量結果（NMB による測量結果）
水津漁港周辺測量結果



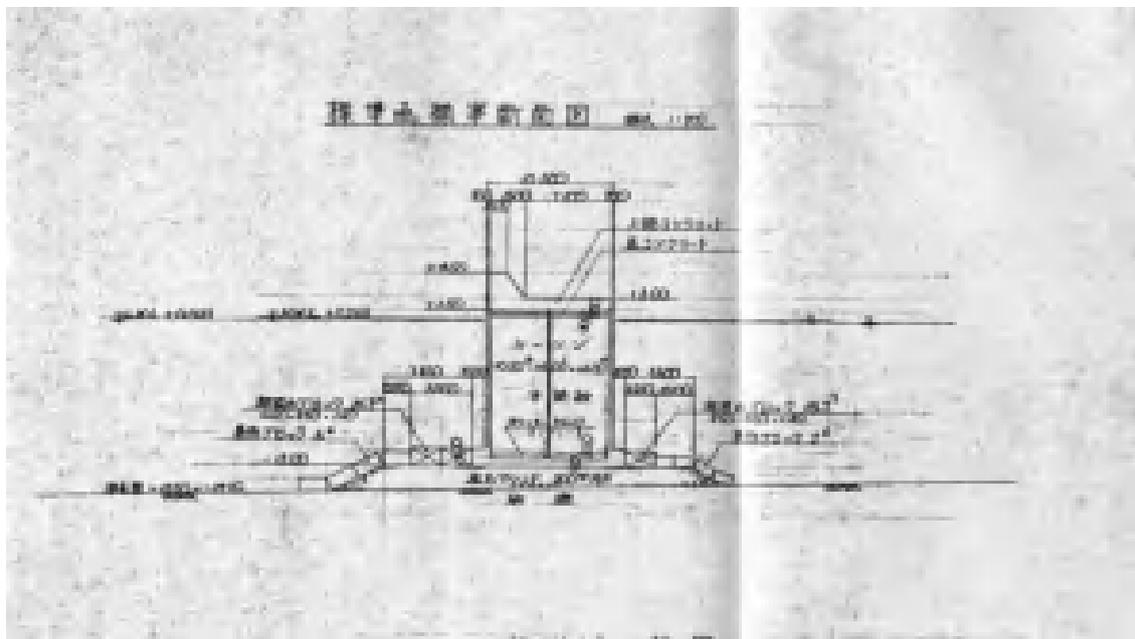
水津漁港 北防波堤 平面図

S=1:1000

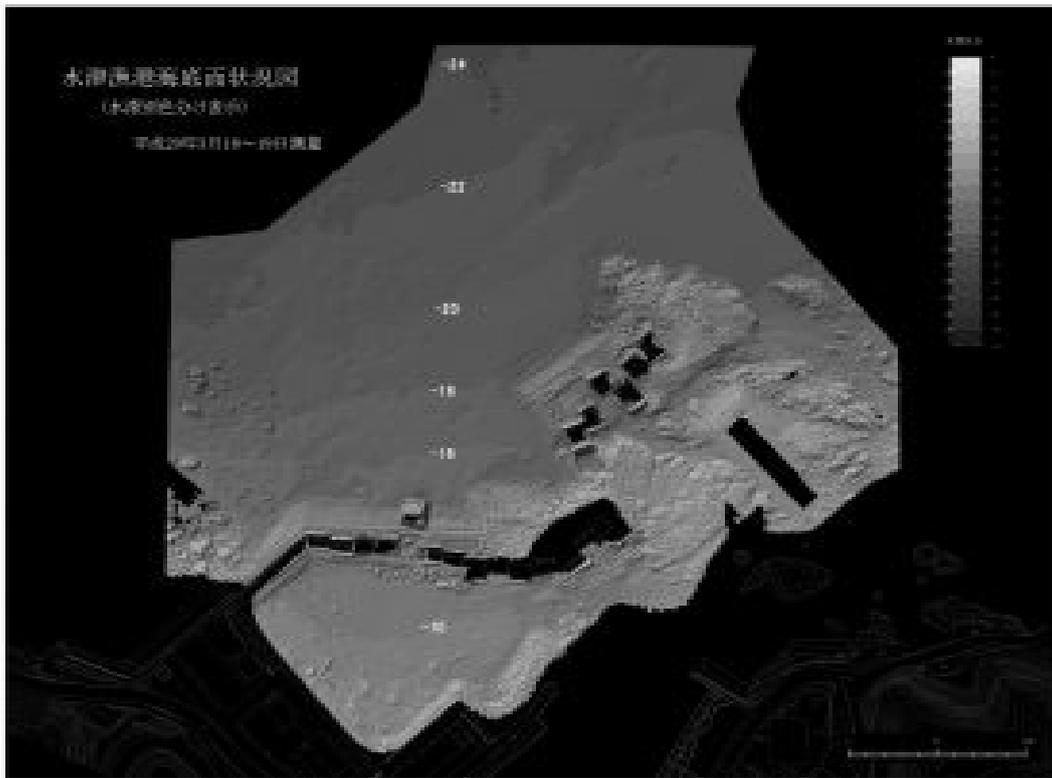




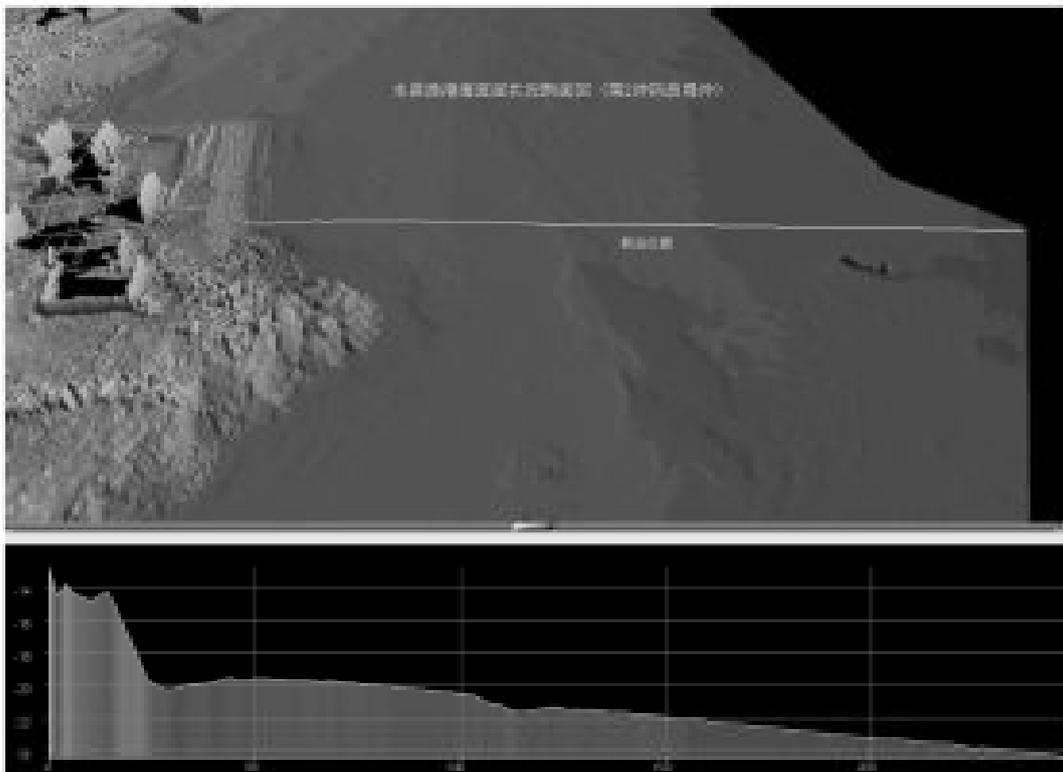
北防波堤 ~ 標準断面図



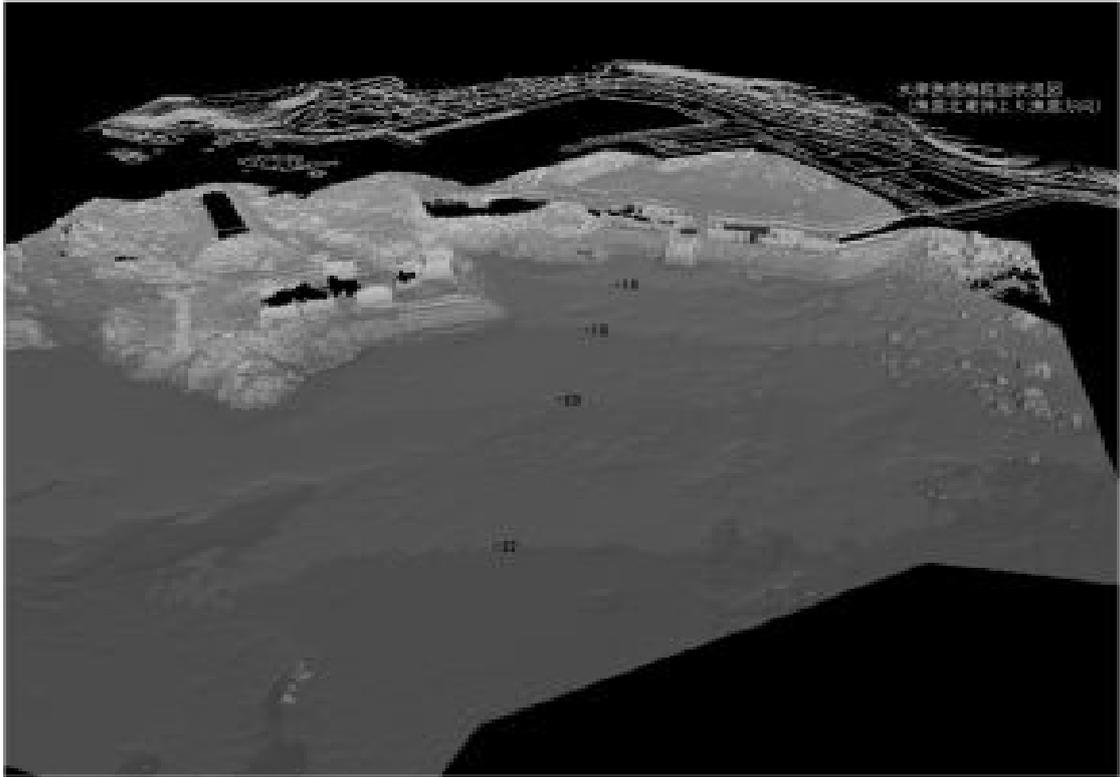
北防波堤 ~ 標準断面図



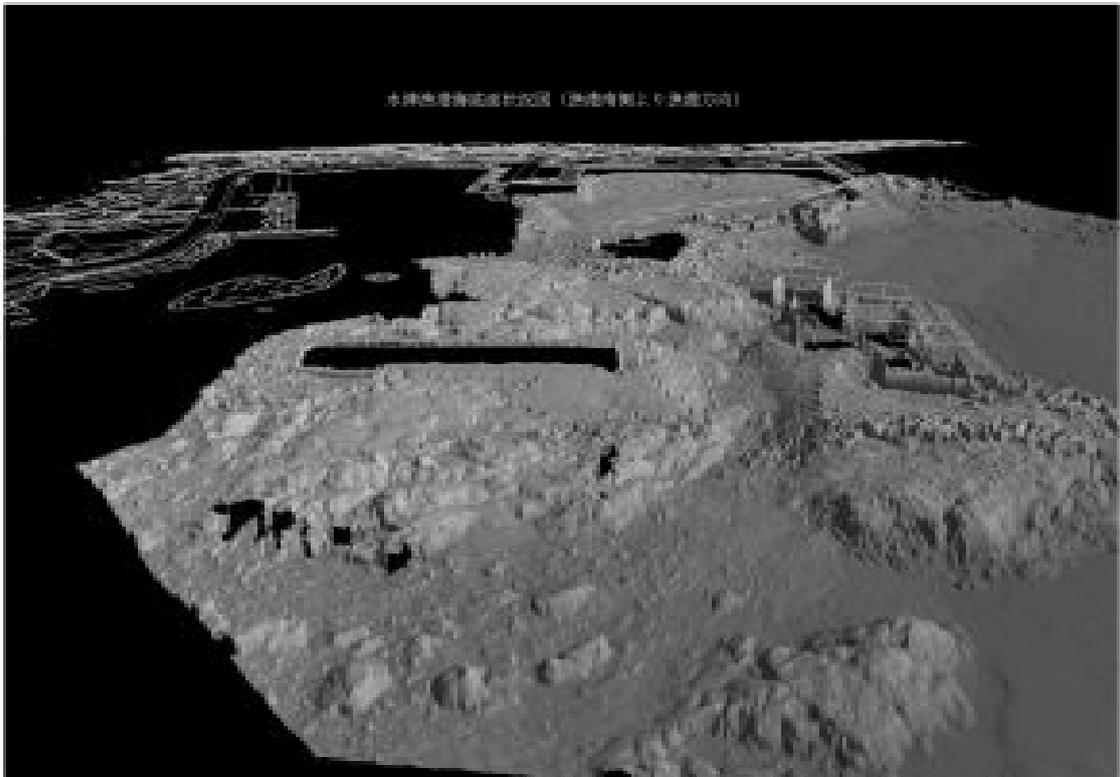
測量結果（海底面全体図、水津漁港）



測量結果（第2沖防波堤沖側、水津漁港）



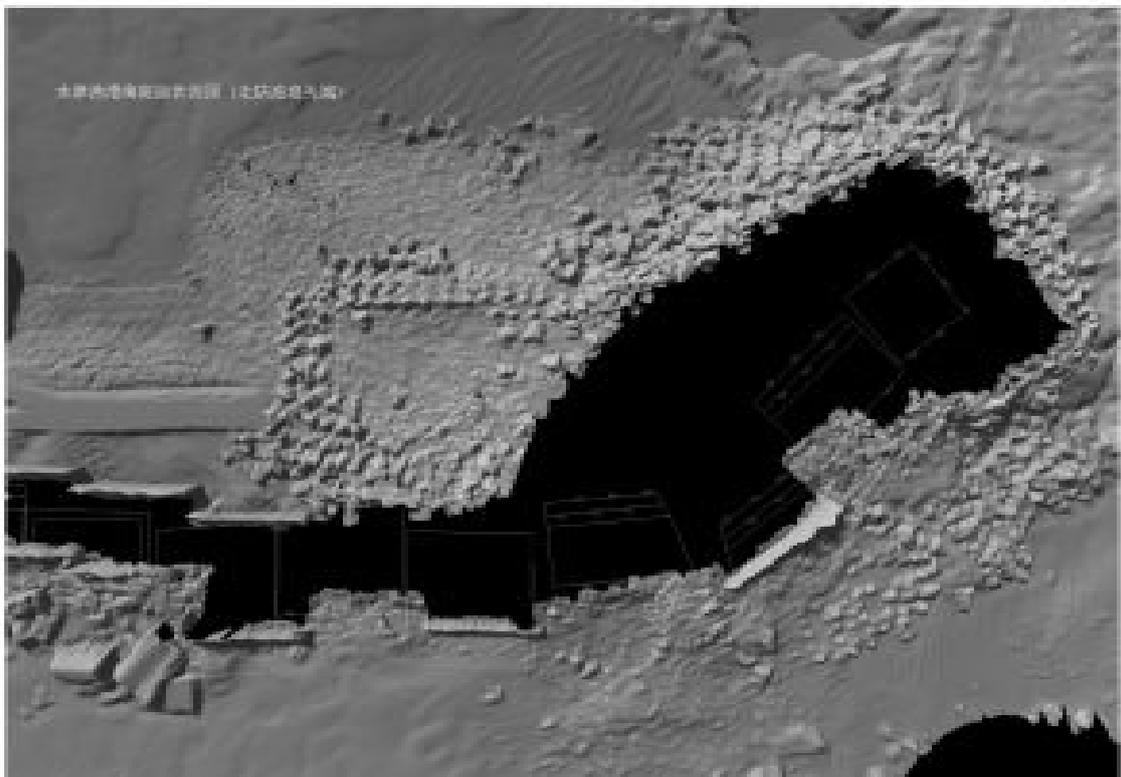
測量結果（北東沖より漁港方向、水津漁港）



測量結果（南側より漁港方向、水津漁港）



測量結果 (第2沖防波堤周辺、水津漁港)



測量結果 (北防波堤先端、水津漁港)



測量結果（北防波堤中央部、水津漁港）



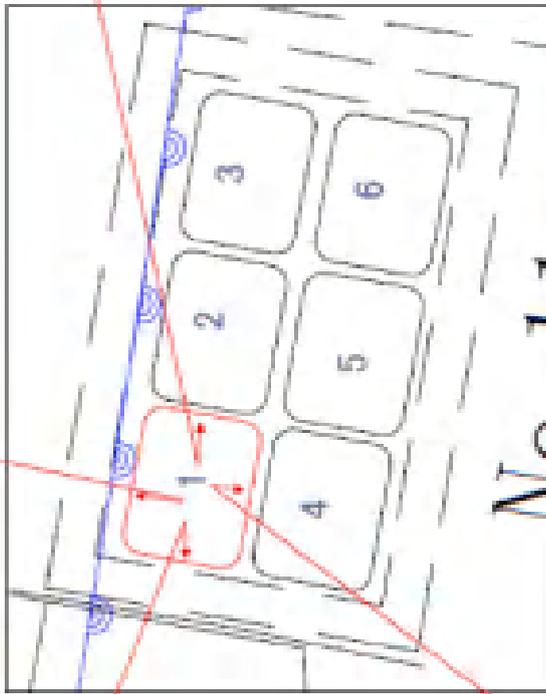
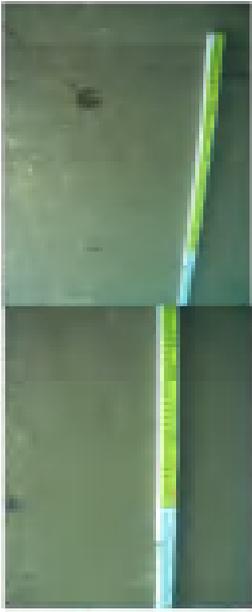
測量結果（北防波堤中央部、水津漁港）

ケーソンNo. 11 内部

全観



コンクリート掘削



コンクリート掘削



鉄筋露出・コンクリート掘削



鉄筋露出・コンクリート掘削



全量



No. 11ケーソン 内部



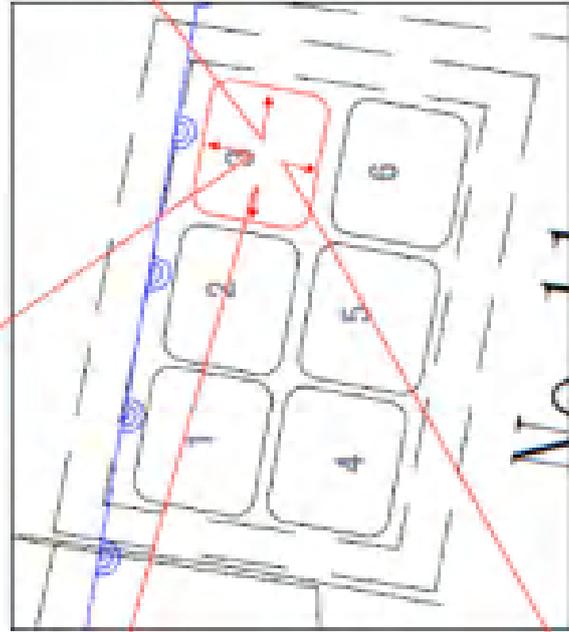
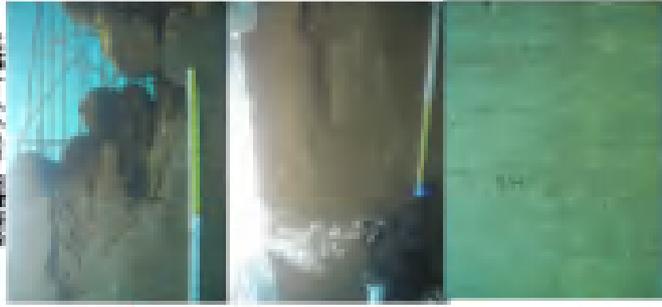
破断箇所、コンクリート層内



破断箇所、コンクリート層内



破断箇所、コンクリート層内



破断箇所、コンクリート層内





全観

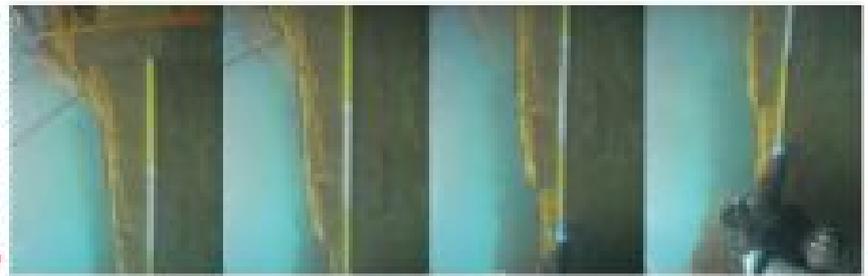


No. 11ケージン 内部

扉部裏面・コンクリート躯体



扉部裏面・コンクリート躯体



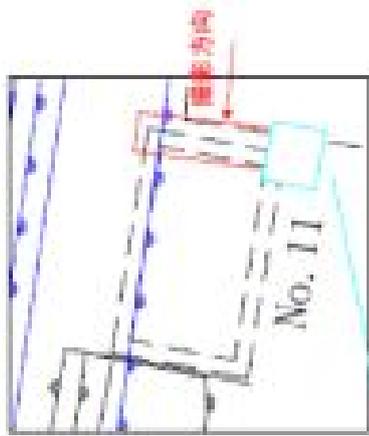
扉部裏面・コンクリート躯体



扉部裏面・コンクリート躯体



No. 11ケーソン No. 12ケーソン側 損傷状況



鉄筋露出・コンクリート剥れ



鉄筋露出・コンクリート剥れ



被災当日の状況

1) 入善海岸越波状況

平成 20 年 2 月 23 日 (土)		
17:00	海岸での風速が次第に強さを増す。	入善町風力発電施設 20.3m/s 国土交通省田中観測所 風速 WNW14.8m/s
平成 20 年 2 月 24 日 (日)		
2:00 頃	海岸からの波が強くなり、海水が集落内に進入し始める。	国土交通省田中観測所 最大波高 4.6m 風速 W9.8m/s
4:00	大波が押し寄せるようになる。	国土交通省田中観測所 最大波高 7.5m 風速 NW15.5m/s
6:30	海岸管理用道路を走行中の海岸パトロール中の車両が、堤防を越波した高波により浸水し走行が不能となる	
	海岸管理用道路を通行止めとして、一般車両の通行を規制する。	
8:00 ~	大波 (目視 10m) が頻繁に押し寄せて、堤防乗り越える。	国土交通省田中観測所 最高波高 9.5m 風速 NW10.7m/s
9:50	災害対策本部に「防波扉が破損した」との通報が入る。	「防波扉」: 鋼製護岸ゲート
	大波が押し寄せ堤防を越えて、海水が集落内に進入する。	
17:00		国土交通省田中観測所 最高波高 7.1m 風速 NW7.8m/s
平成 20 年 2 月 25 日 (月)		
6:00	目視 1.5m の波となり、海岸に打ち寄せる。	国土交通省田中観測所 最高波高 3.9m 風速 NW5.8m/s

(入善町よる提供)

被災履歴

2) 水津高波災害経過

平成 20 年 2 月 23 日 (土)		
20:00 頃	停電(長い)	
23:30 頃	最停電、一晩中地鳴り(波の打ち寄せ、風は無し、雷あり)	港湾局新潟沖 24:00 最大波高 10.2m
平成 20 年 2 月 24 日 (日)		
1:30 頃	組合員が天候の急変に気付き見回り	
3:00 頃	船主数名が荒天準備に取り掛かる	
3:30 頃	北防波堤一部決壊か?	
4:00 頃	波がさらに高さを増してくる	海上保安庁弾崎 4:25 風速 30m/s
4:30 頃	南側船揚場の小型船・近隣車両に被害	
5:00 頃	警戒態勢(組合員、区民)	
6:00 頃	片野尾 - 水津函で岩石等障害物と高波で移動困難。北港内では、漁船同士の接触、ロープ切断などの被害	海上保安庁弾崎 5:55 風速 29m/s
7:14 頃	高波最大、漁協 1 階事務所に大波が打ち込む(負傷者あり) 南側船揚場でも全小型船が流出、波と流出物によりウィンチ小屋 5 ヶ所のうち、4 ヶ所が流出	
10:30 頃	第 18 広俊丸の錨が高波により切断に北港内で動き出す	
17:00 頃	ピーク時に比べれば波は治まるが、時折大波が来襲	海上保安庁弾崎 16:55 風速 17m/s

注) 新潟沖は、2/24 は 2 時 ~ 22 時まで欠測

(新潟県より提供)

資料－2 今回の潮位の特性（追加）

2.1 被災時の潮位特性

(1) 概要

被災時の潮位特性について、観測潮位データを基に調べた。

まず、2008年2月24日を含む、日本海沿岸の検潮データを収集して整理した。まず、小樽、深浦、佐渡、富山、能登、舞鶴、境、浜田（いずれも気象庁）の8地点の2月の観測潮位と潮位偏差を収集して整理した。8地点の位置を下図に示した。

次に、伏木富山、新湊、新潟西、酒田の4地点の2月24日の観測潮位データを対象に、変動成分の解析を行った。4地点の位置を下図に示した。

更に、2月24日の高波浪の時間帯の田中観測所データ（河川局より提供、水位は田中、潮位は生地）を用いて、潮位より短い長周期変動成分について解析と考察を行った。観測所の位置も下図に示した。

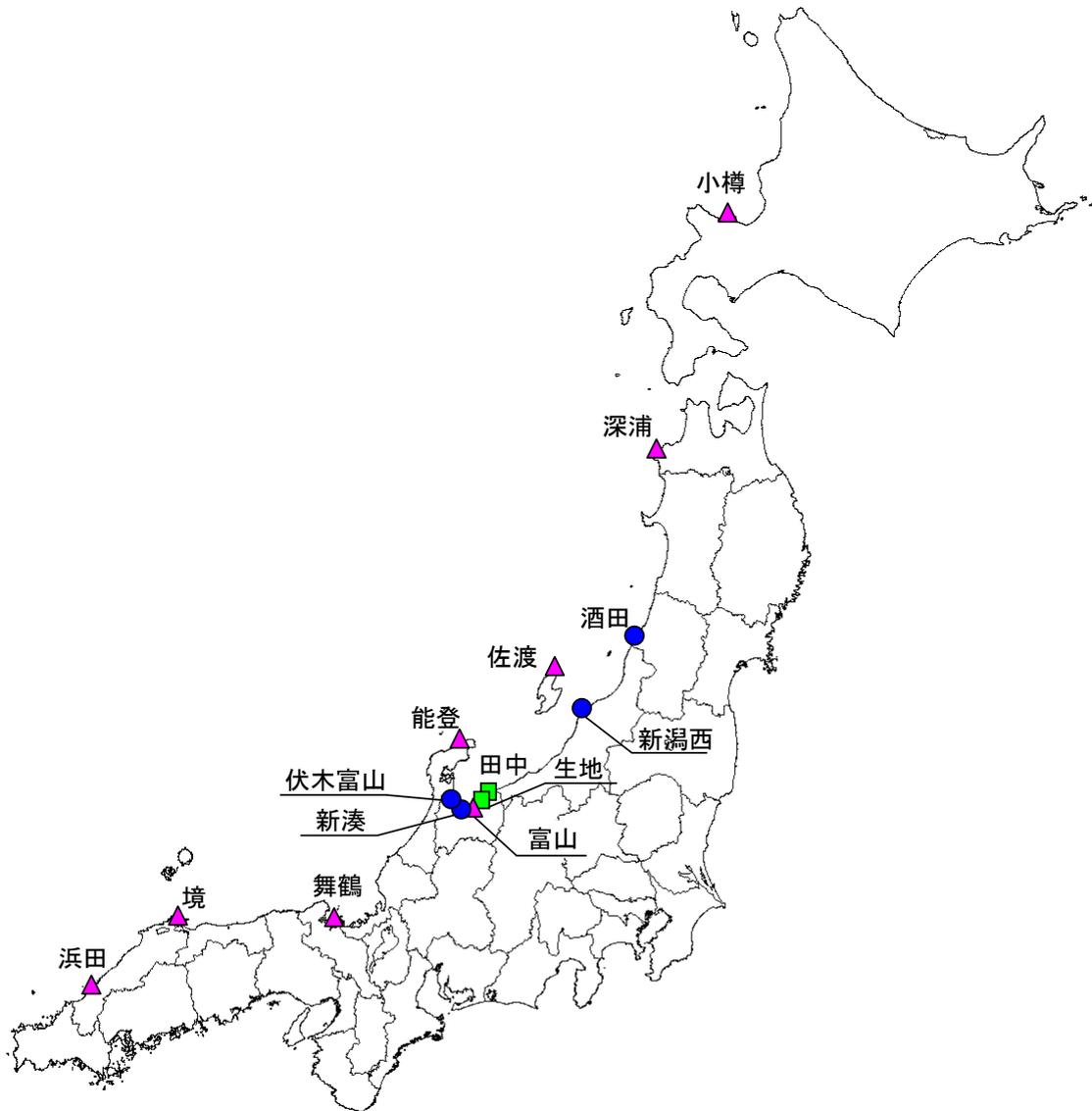
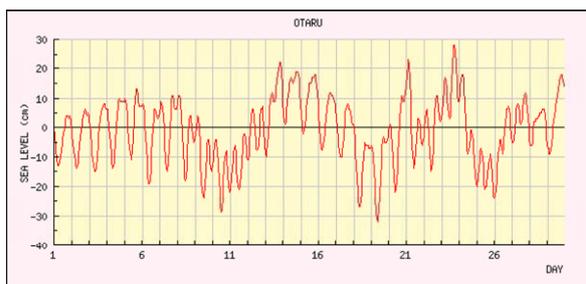


図-2.1 潮位データの観測位置図

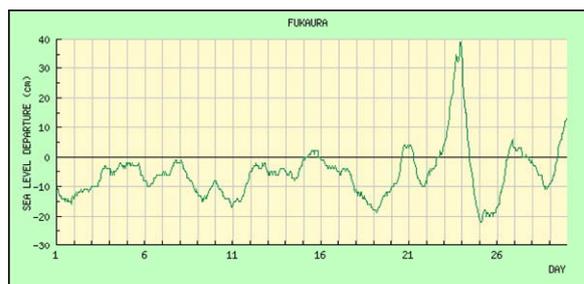
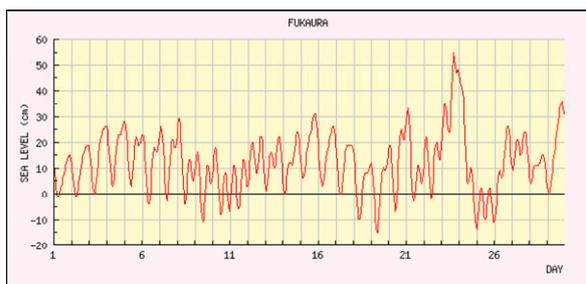
(2) 2008年2月の日本海沿岸の潮位

以下に、日本海沿岸の小樽、深浦、佐渡、富山、能登、舞鶴、境、浜田（いずれも気象庁）の8地点の2008年2月24日を含む2月の観測潮位と潮位偏差を整理した。被災時は満潮に近い時刻であったこと、また日本海全域で潮位偏差が20cm～30cm程度と大きくなっていたことが分かる。また能登（輪島）では、潮位偏差が100cmと特に大きかった。

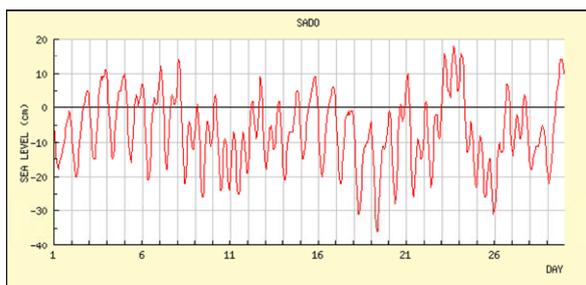
小樽



深浦



佐渡



富山

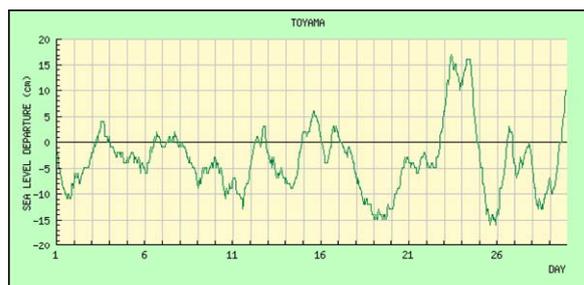
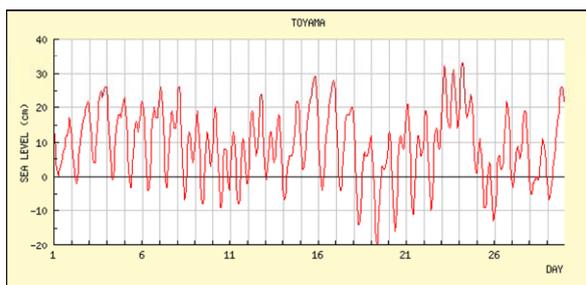
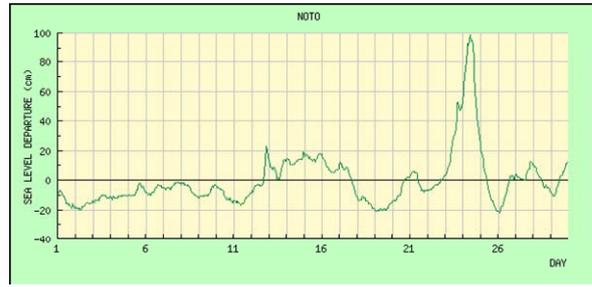
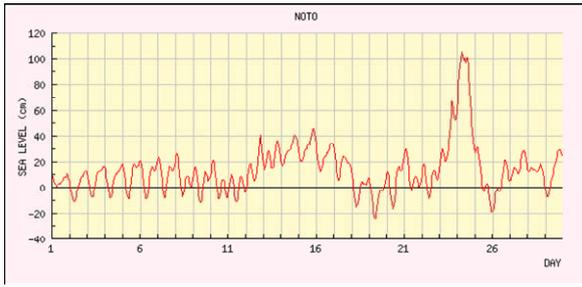
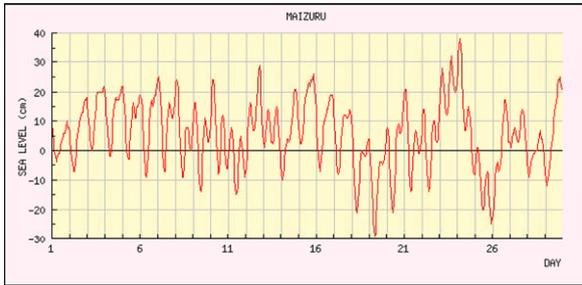


図-2.2(1) 日本海沿岸の潮位（気象庁）

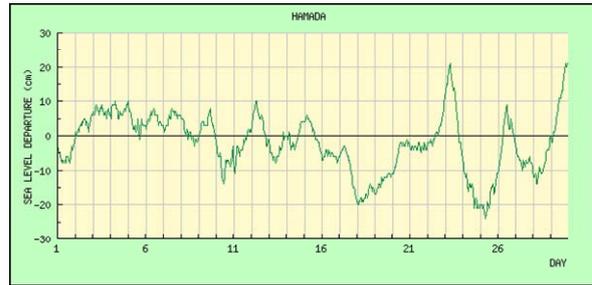
能登



舞鶴



境



浜田



図-2.2(2) 日本海沿岸の潮位 (気象庁)

(3) 潮位成分解析

NOWPHAS の潮位実況地点である伏木富山、新湊、新潟西、酒田の4地点の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。また、下記のスペクトル解析結果、

- ・ パワースペクトル
- ・ 非定常スペクトル（横軸：時刻、縦軸：周波数（周期））
- ・ コヒーレンス（伏木富山-新湊、新潟西-酒田、新湊-新潟西）

の結果も示した。

潮位記録より1日移動平均潮位を除いた偏差時系列（図-2.3）より、片振幅10cm程度の長周期の波が含まれることが分かる。内湾（伏木富山、新湊）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。

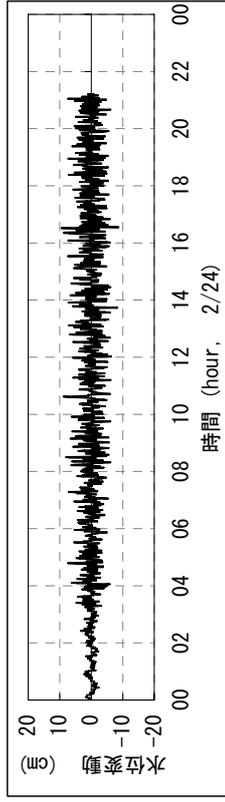
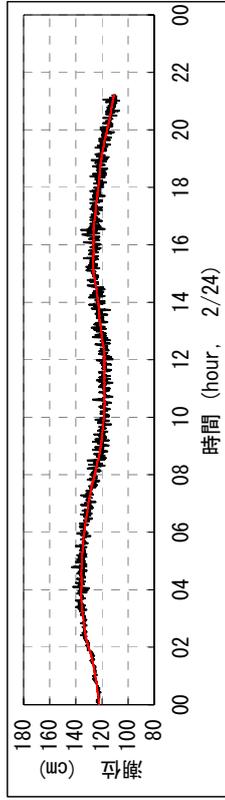
次にスペクトル解析結果をみると、数分から数十分の長周期波が発現していたことがわかる。有義波高換算した値は富山湾内（伏木富山、新湊）では30cm程度、新潟西、酒田は40cm程度であり、外洋に面する新潟西、酒田の方が大きかった。

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。伏木富山、新湊では3分～18分のエネルギー密度が酒田、新潟西の30分、60分のエネルギー密度に比べて大きい。非定常スペクトル解析結果図から終日発現していたものと推定される。

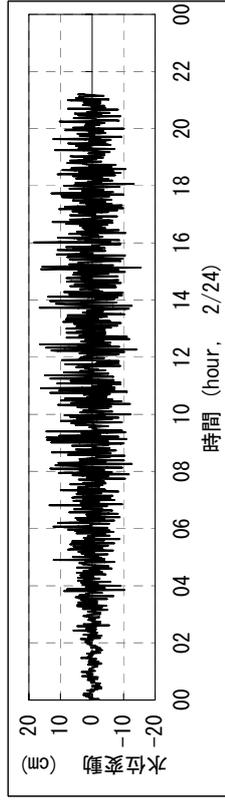
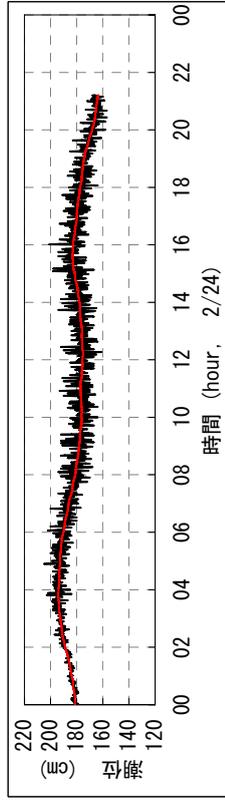
表-2.1 長周期成分エネルギーの有義波高換算値（ $H_{1/3} = 4.01\sqrt{m_o}$ ）

	伏木富山	新湊	新潟西	酒田
有義波高換算値 (cm)	29.0	31.1	37.3	42.3

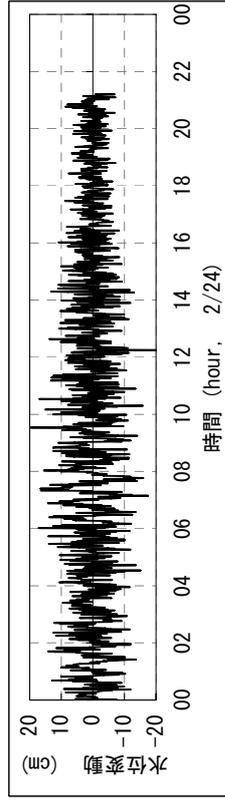
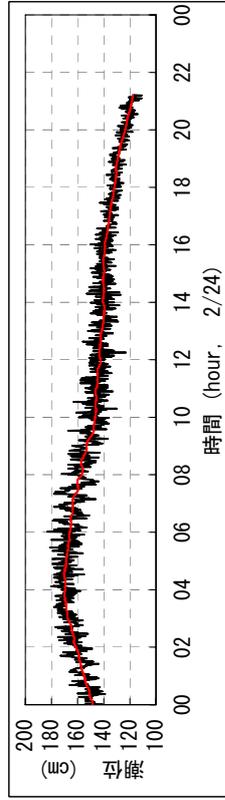
伏木富山



新湊



新潟西



酒田

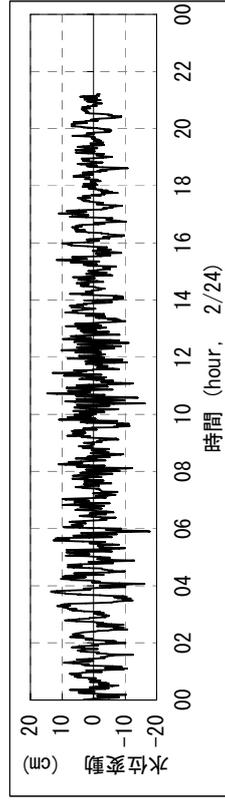
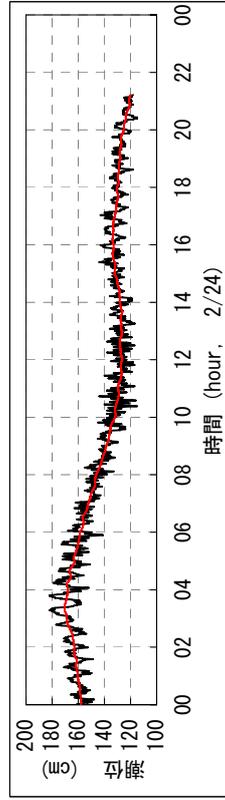


図-2.3 1 日間移動平均潮位と観測潮位の差図

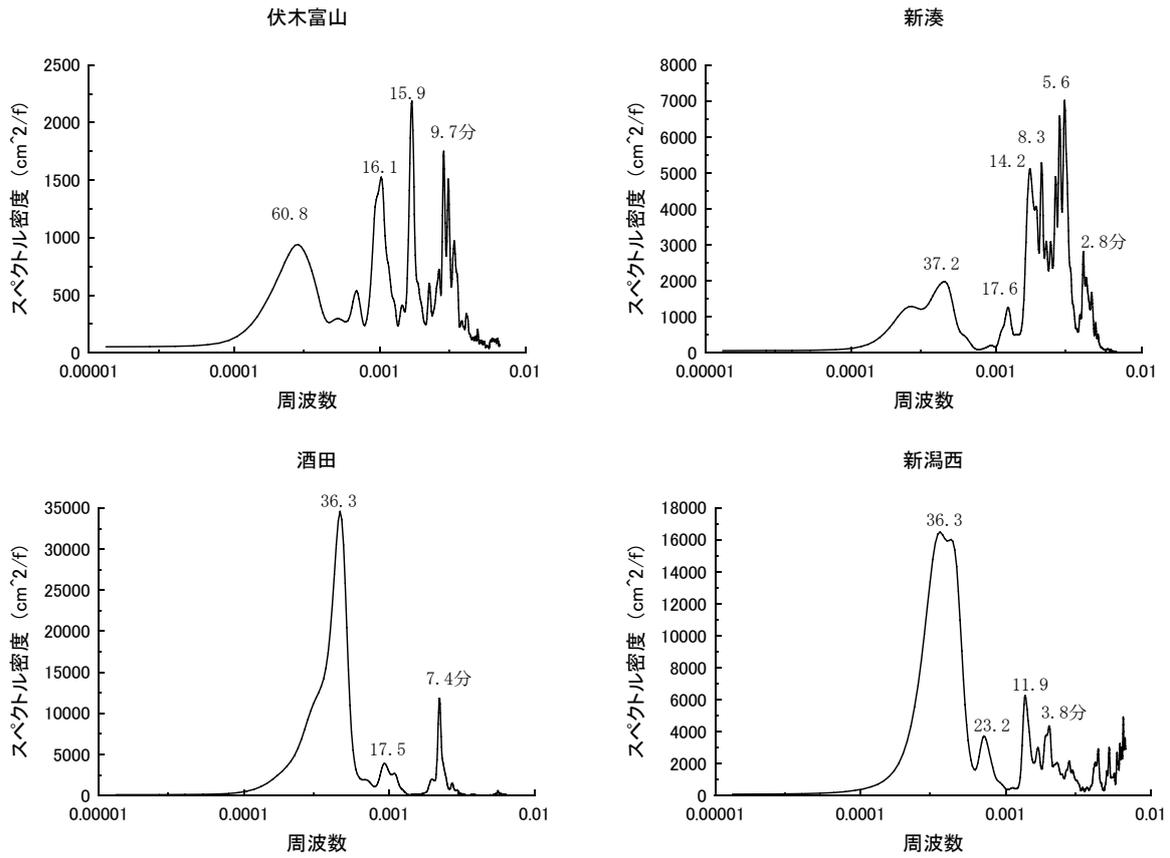


図-2.4 パワースペクトル

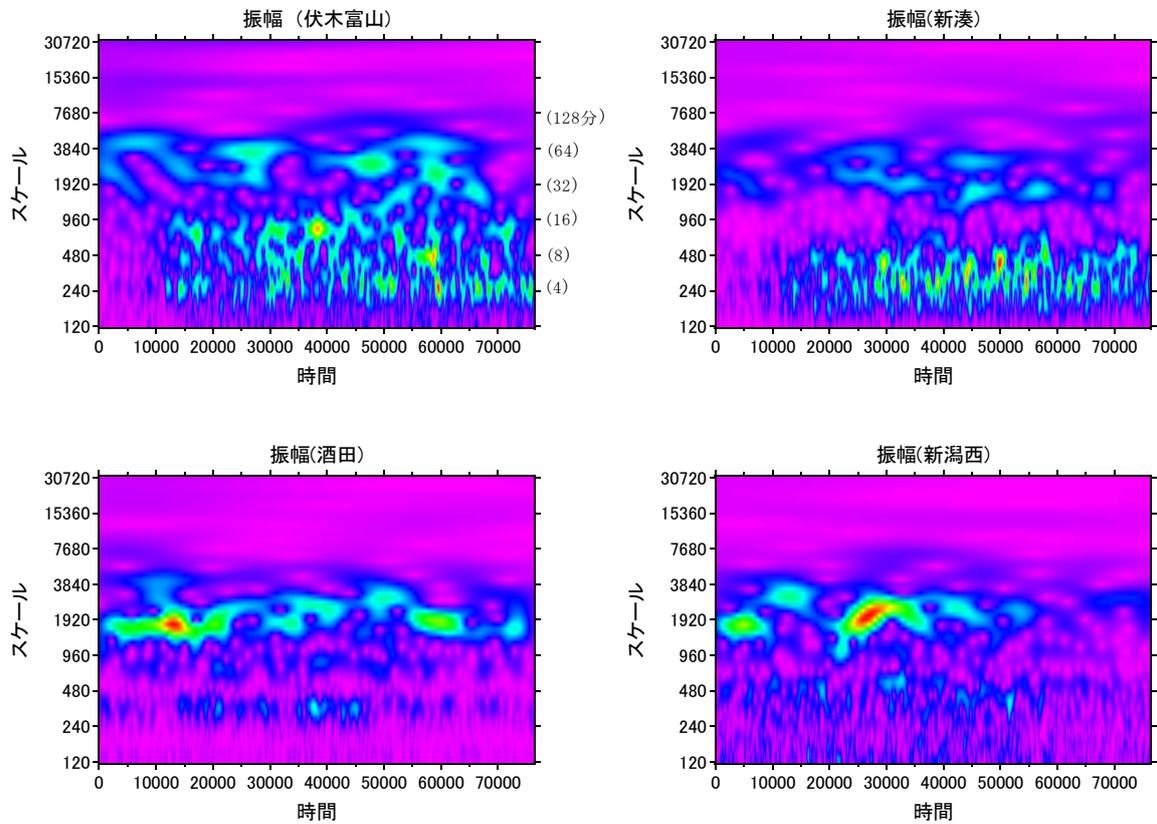
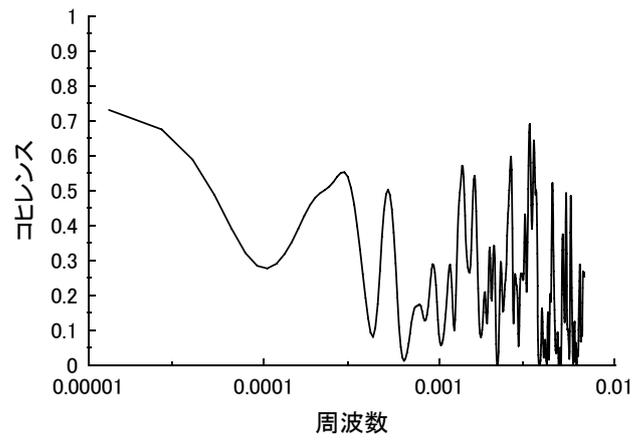
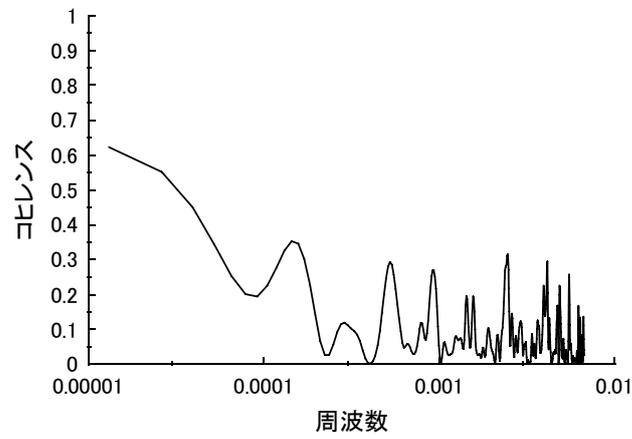


図-2.5 非定常スペクトル

伏木富山-新湊



新潟西-酒田



新湊-新潟西

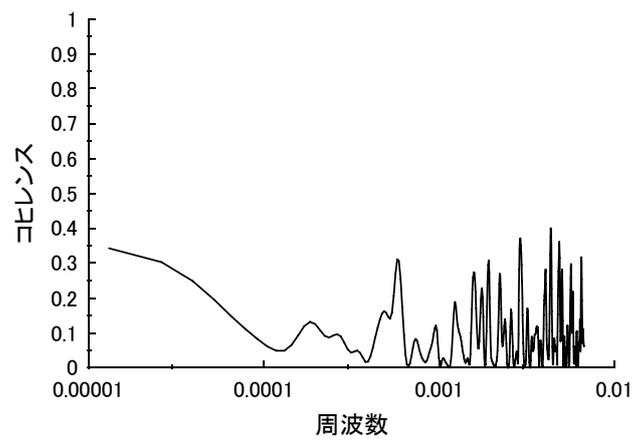


図-2.6 コヒーレンス

(4) 田中観測所データ解析

田中観測所の観測データのうち、高波浪が来襲していた2008年2月24日5:10~7:30の観測データ(河川局より提供、0.5s毎の観測データ)を用いて解析を行った。データには、①観測潮位データ(生地)、②観測水位データ、③観測水圧データ(②と③は田中)の3種類の水面変動に関するデータがある。このうち全てのデータでノイズのみられない5:10~6:10の1時間のデータを解析対象とした。

周波数スペクトルを算出したところ、両地点において約80sのエネルギーが大きくなっていることと、生地ではさらに約140sあたりの周波数帯のエネルギーが大きくなっていることが分かった。これは、区間統計で有義波高換算すると約16cmに相当する。

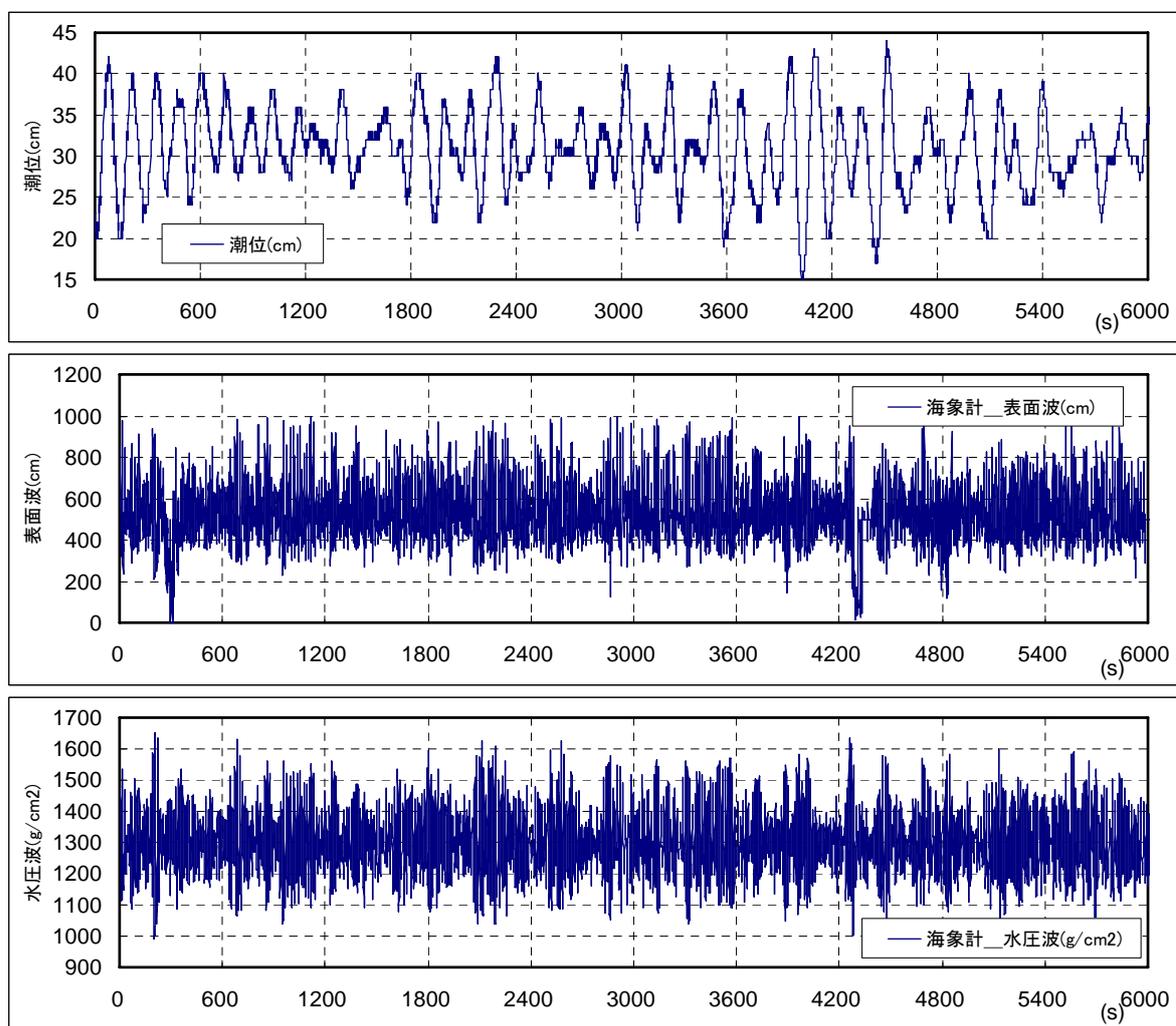


図-2.7 田中観測所潮位データ (2008年2月24日5:10~6:10)

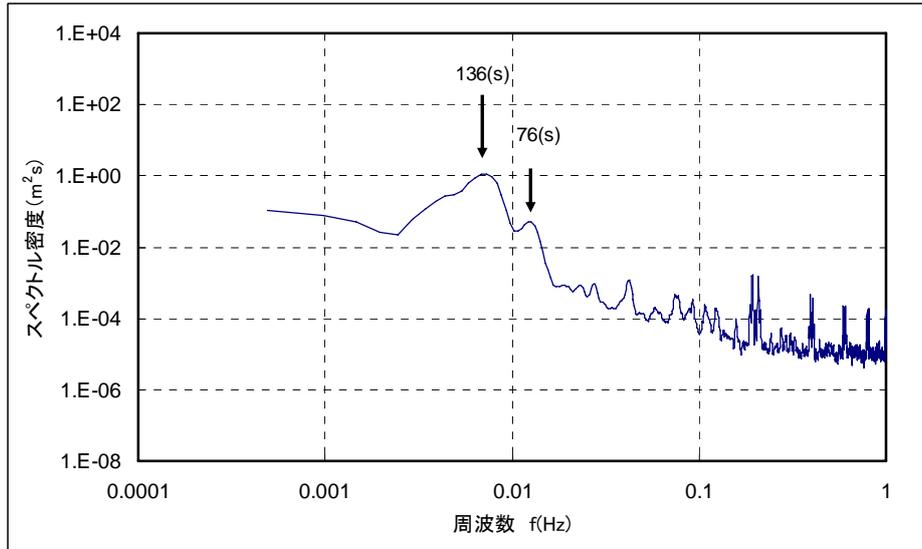


図-2.8 潮位データ（生地）のパワースペクトル

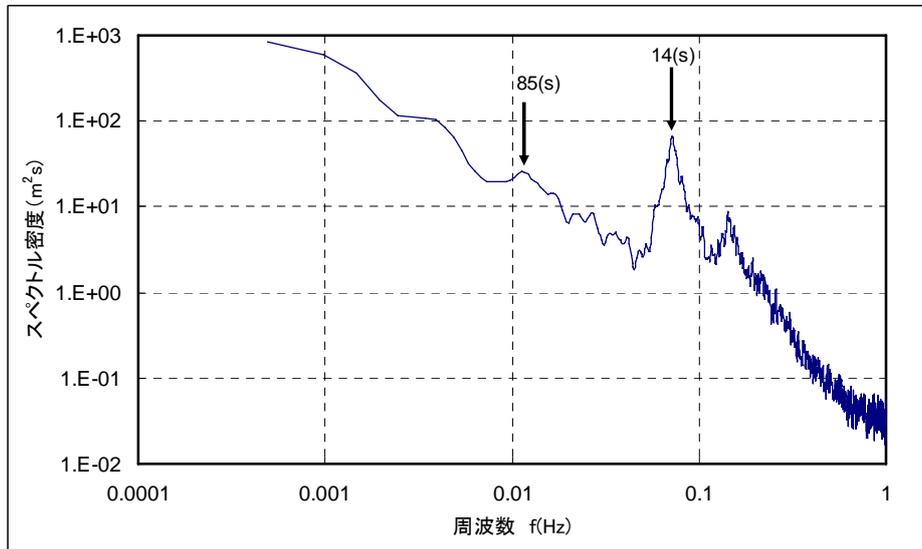


図-2.8 表面波データ（田中）のパワースペクトル

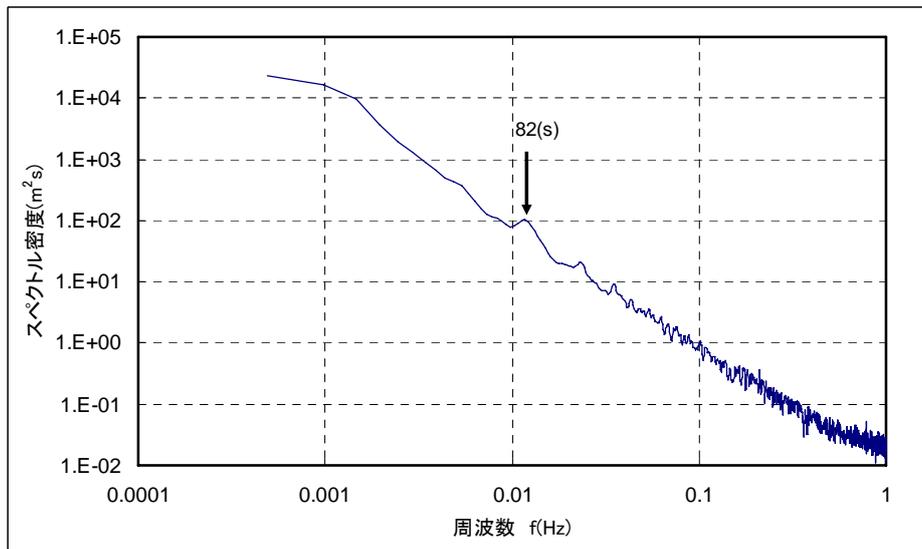


図-2.8 水圧データ（田中）のパワースペクトル

(参考) 大気・海洋・波浪結合モデルによる高潮推算

高潮推算では、潮位上昇の原因となる台風などの風速、気圧等の気象場を精度良く再現することが重要である。従来の方法では、気象庁のベストトラックデータに基づく台風の中心位置と気圧深度に対して、同心円状の気圧分布を仮定して、これから得られる傾度風で場の風を近似する簡易台風モデルによる方法が用いられてきた。この方法は、簡便で海上における台風の風域場を再現できることから、これまでも広く高潮の推算モデルに用いられてきた。一方、わが国の内海部のように複雑な陸上地形周辺の海域を対象とする高潮や高波の推算においては、地形の影響による風域場の変形（摩擦減衰、収束・発散）が再現できないため、簡易台風モデルの移動風、傾度風に0.6~0.7の減衰係数を設定したり、摩擦による（等圧線接線からの）吹込み角を15~30度に設定したりする人為的な操作を施して対応する努力がなされてきた。しかしながら、最近では、複雑な陸上地形周辺の海域での波浪や高潮（吹送流場）の推算に、MM5等のメソ気象モデル（天気予報に用いられるものと同様の数値モデル）が適用されるようになってきた。

日本海沿岸の高潮、高波外力の検討においては、台風等による海水の吸い上げ効果、台風等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を採用する。また、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WW3を採用し、水面変動の推算には海洋モデルPOMを用いて、これによる高潮、高波の相互作用を考慮した高潮の再現計算を実施した。

(1) 海上風の推算モデル

海上風の推算モデルとしてMM5モデルを採用し、気象場のバックグラウンドデータはNCEPの全休解析値を使用した。また、Nesting grid systemにより、計算を3領域（格子間隔は36km, 12km, 4km）で行い、広領域（36km）ではバックグラウンドデータ（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採用した。また、MM5のオプションである4次元データ同化(4DDA)を採用して、低気圧の進路の補正を行った。

(2) 波浪の推算モデル

米国環境予測センターNOAAの開発した波浪推算モデルWave Watch III（以降、WW3と記す）は、MM5の第1計算領域の海上風場から外洋波を計算し、第3計算領域（4km格子）までを計算する。WW3は、波浪のエネルギー平衡方程式を基礎式としているモデルで、水深、平均流の変化に伴う波浪の屈折、変形特性を考慮している。

(3) 高潮の推算モデル

プリンストン大学の Princeton Ocean Model (POM) を用いて MM5 の第 3 計算領域に適用し、海域での流れの計算 (高潮計算) を行った. この際に, WW3 の白波砕波減衰から計算される breaker stress を通しての大気から流れへのエネルギー輸送を考慮した.

海洋における流体運動では、鉛直方向に比べて水平方向の規模が大きいことから、鉛直方向の運動方程式を直接解かずに、式 (17) に示すように静水圧分布を仮定した「静圧モデル」が用いられる. このモデルでは、鉛直流速 w は、水平流速が求められた後、式 (14) の連続式を満足するように決定される. このようなモデルは、「準 3 次元モデル」と呼ばれ、鉛直流速が水平流速に比べて小さい流体の 3 次元運動を、数値計算の負荷を大きくせず解析する目的で多く用いられている.

POM は、世界で最も多く使用されている準 3 次元モデルで、地形追従型の σ 座標系を用いている. この座標系では、自由水面と海底地形を同じ比率で分割し、海底地形を離散化する際に発生する凹凸を除去し、地形の影響を簡便に数値モデルに導入することができる. POM のプログラムコードは公開され、これまで多くのバージョンアップがなされてきており、信頼性の高い数値モデルとして評価されている. POM では、(1) 風による海面応力、(2) 温度分布、(3) 塩分濃度分布を考慮しており順圧 (barotropic) な現象と傾圧 (baroclinic) な現象の両方が再現できる.

基礎方程式系は以下の通りである。

$$u_x + v_y + w_z = 0 \quad (14)$$

$$u_t + uu_x + vu_y + wu_z - fv = -\rho_0^{-1} p_x + (K_M u_z)_z + F^u \quad (15)$$

$$v_t + uv_x + vv_y + wv_z + fu = -\rho_0^{-1} p_y + (K_M v_z)_z + F^v \quad (16)$$

$$\rho g = -p_z \quad (17)$$

$$\theta_t + u\theta_x + v\theta_y + w\theta_z = (K_H \theta_z)_z + F^T \quad (18)$$

$$\rho = \rho(\theta) \quad (19)$$

ここに、 (u, v, w) は (x, y, z) 方向における各々の流速成分、 p は圧力項、 θ は温位または塩分濃度、 ρ は対象域の密度、 f はコリオリのパラメター、 g は重力加速度、 K_M は鉛直方向の渦粘性係数、 K_H は鉛直方向の渦拡散係数、 $F^{(u,v)}$ は水平方向の渦摩擦項、および $F^{(T,S)}$ は水平方向の渦拡散項である. 乱流場の計算において K_M および K_H は Mellor & Yamada(1982)の 2.5 次モーメントの乱流クロージャーモデルを用いており、ま

た、水平方向の摩擦項および拡散項は Smagorinsky の非線型粘性を用いている。数値計算では、以上の方程式系を鉛直平均化した外部計算と、式 (20) で定義された σ 座標系で鉛直分布を考慮した内部計算の 2 つモードに分割する。この方法は Simons (1980) によって開発されたモード分割法と呼ばれるもので、変動の早い外部モードと、変動の遅い内部モードとを分割し計算効率を高めることができる有効な手法である。

$$\sigma = (z - \eta) / (H - \eta) \quad (20)$$

ここに、 η および H は表面水位の変動および水深である。

なお、高潮推算に用いられる基礎方程式は、次式の通り。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (21)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{C}{D^2} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (22)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{C}{D^2} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (23)$$

ここで、 x, y : 水平座標 t : 時間座標

D : 全水深 ($D = h + \eta$) h : 水深

M, N : (x, y) 方向の単位幅流量 g : 重力加速度 $C : 0.0025$

である。また、 M 、 N は (x, y) 方向の流速を水深方向に積分したものであり、次式のように表せる。

$$M = \int_h^\eta u dz = (\eta + h)u = Du \quad (24)$$

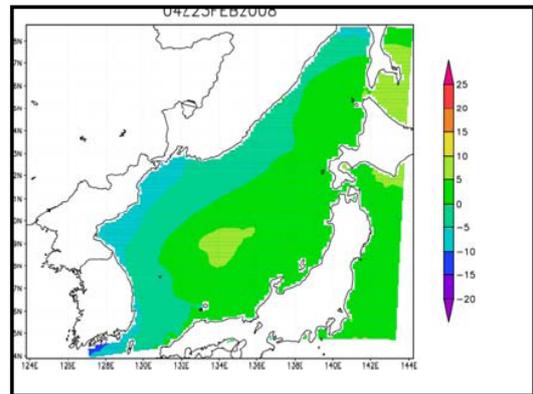
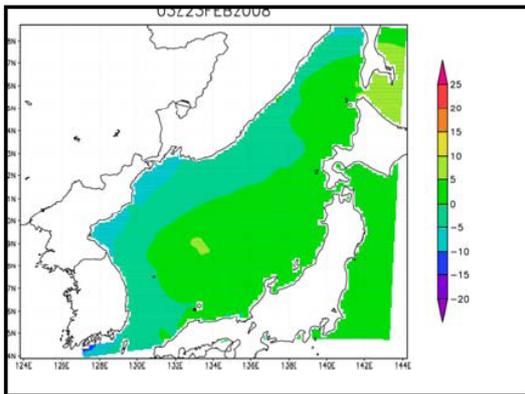
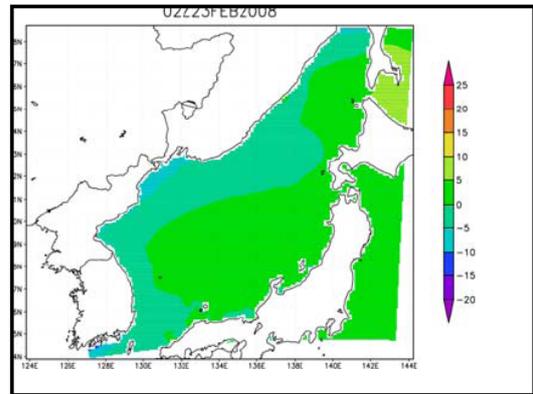
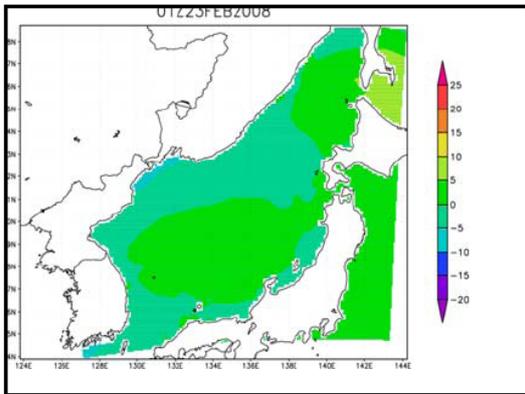
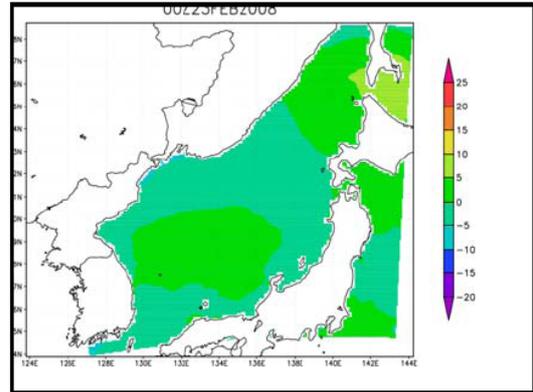
$$N = \int_h^\eta v dz = (\eta + h)v = Dv \quad (25)$$

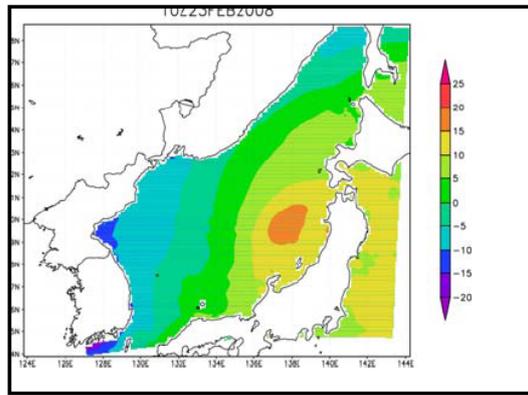
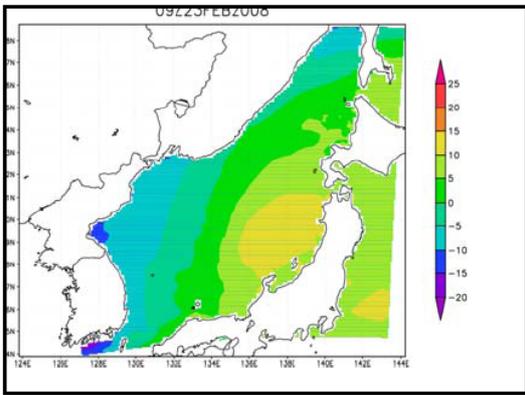
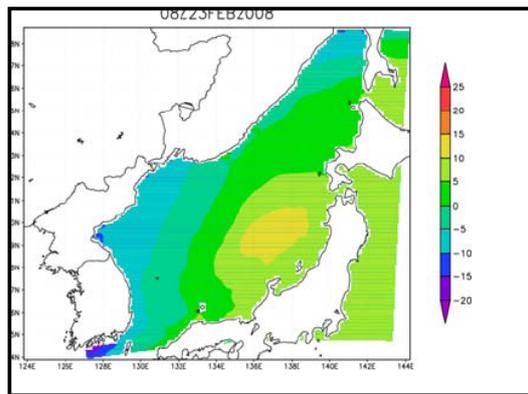
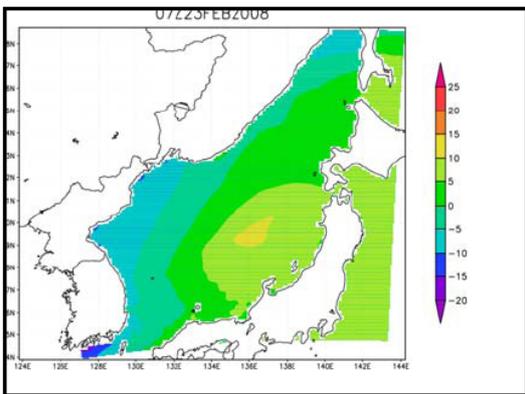
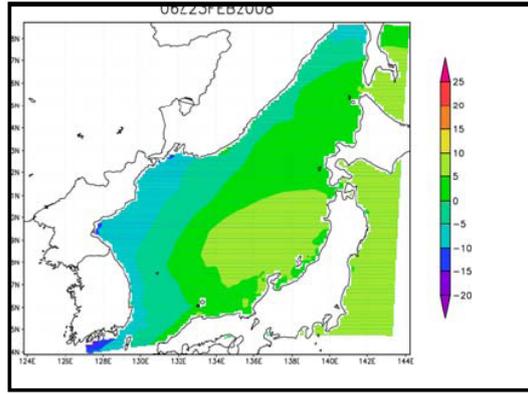
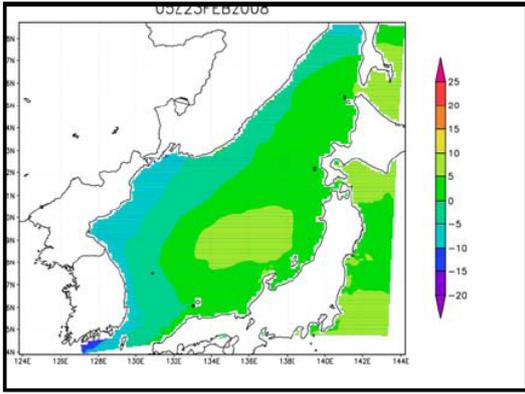
以上の支配方程式では、圧力分布は静水圧分布、水平方向の流速成分 (u, v) は水深方向に一様であるということを仮定 (長波近似) している。

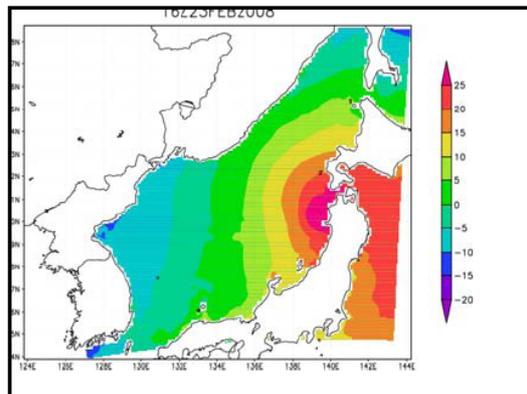
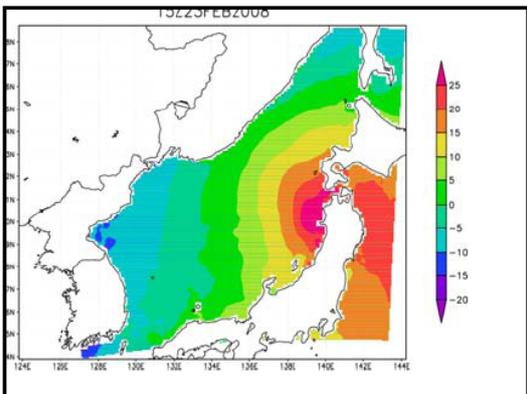
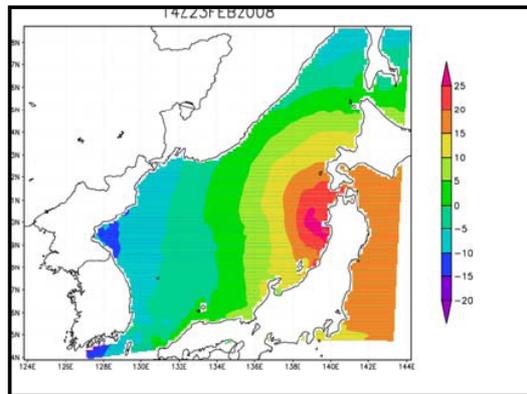
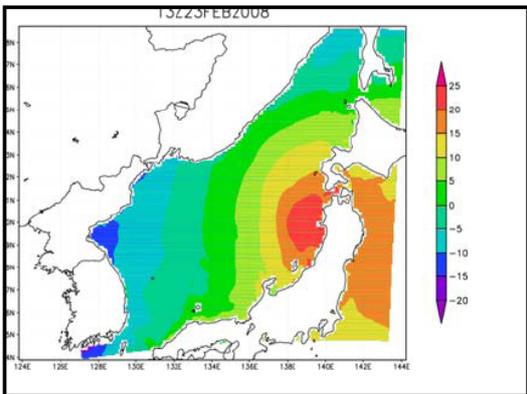
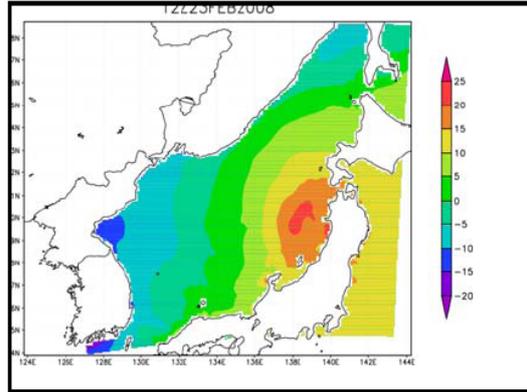
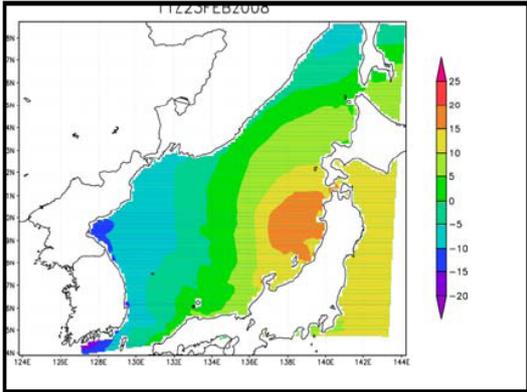
(4) POM による高潮の推算結果

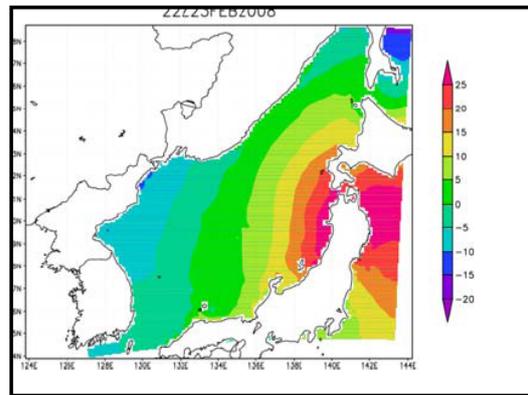
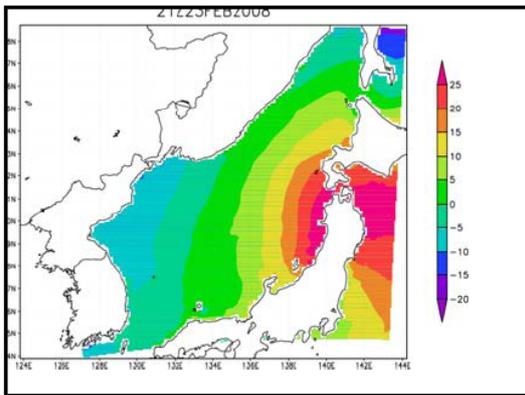
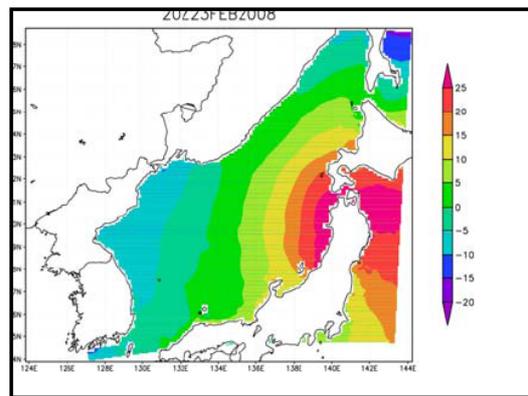
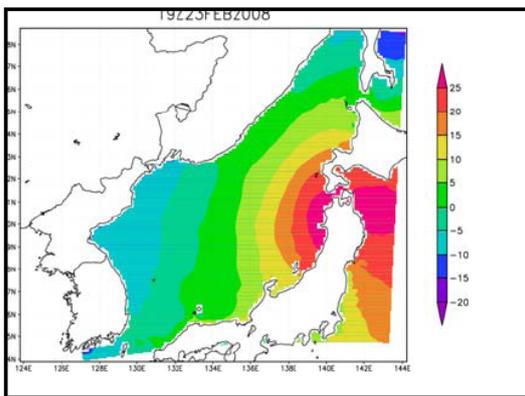
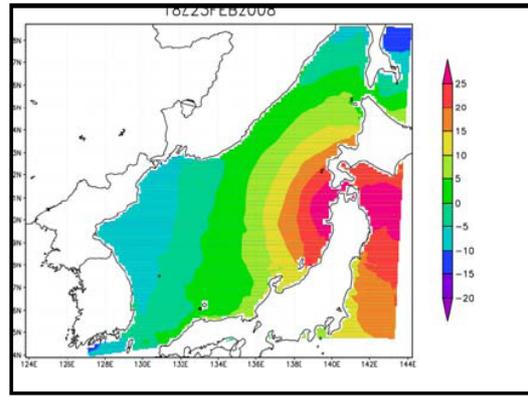
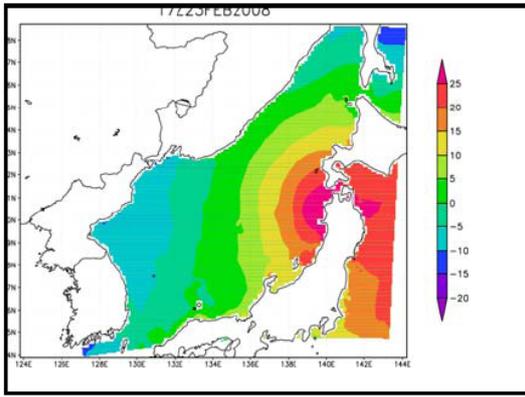
以下に 2008 年 2 月 23 日午前 0 時から 2 月 24 日午後 10 時までの 1 時間毎の高潮の推算結果 (試算) を示す。なお、初期条件としては周辺の大気圧を実際の大気圧よりも低い 1013hpa として与えて試算したものである。

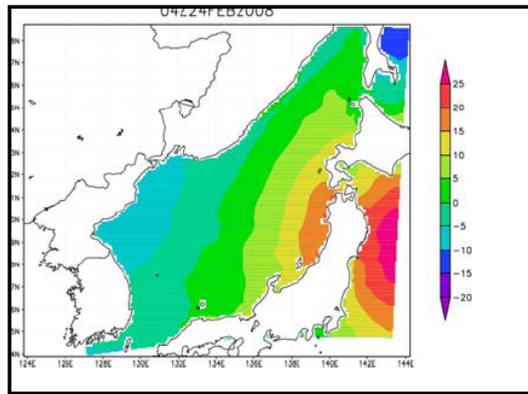
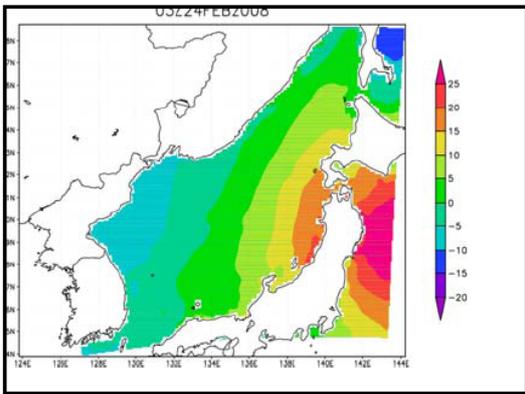
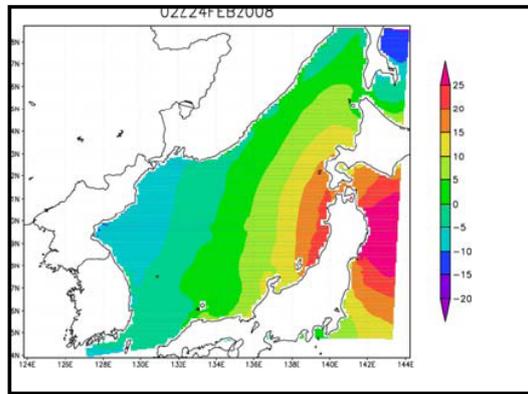
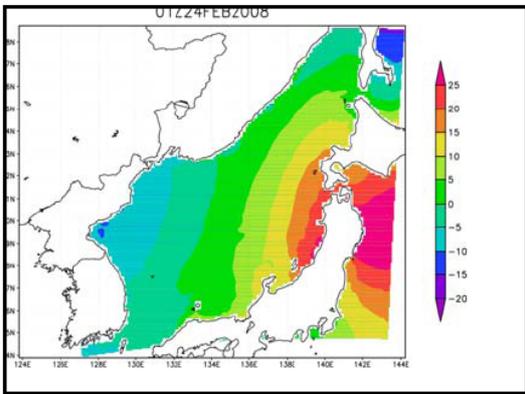
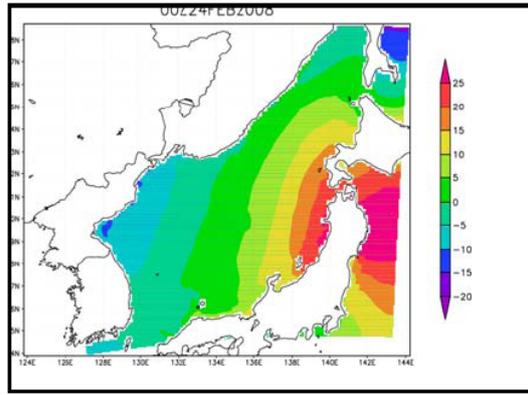
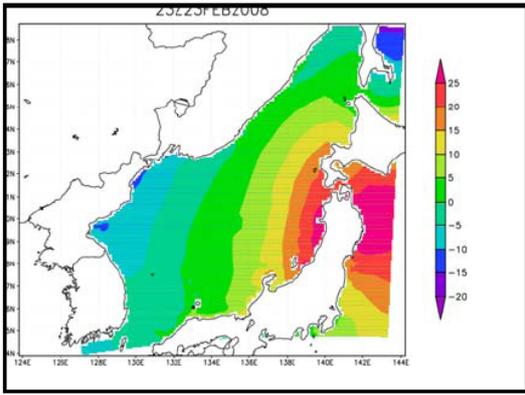
POMIによる高潮の推算結果

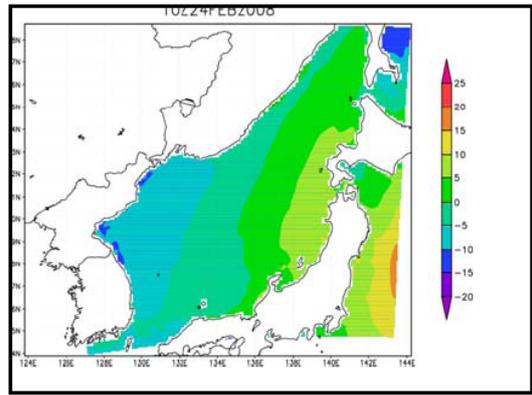
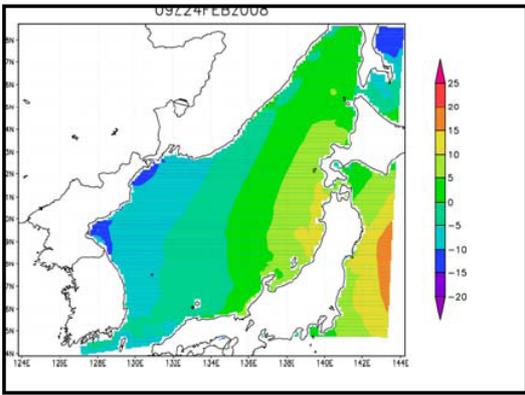
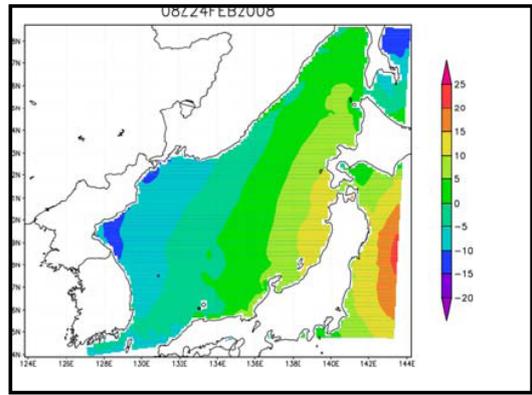
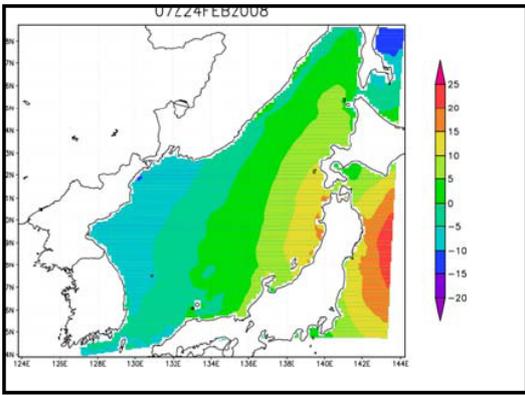
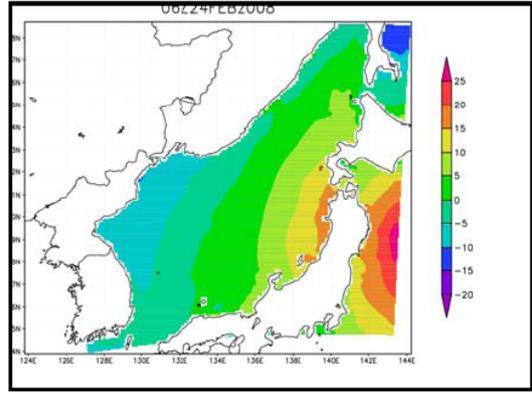
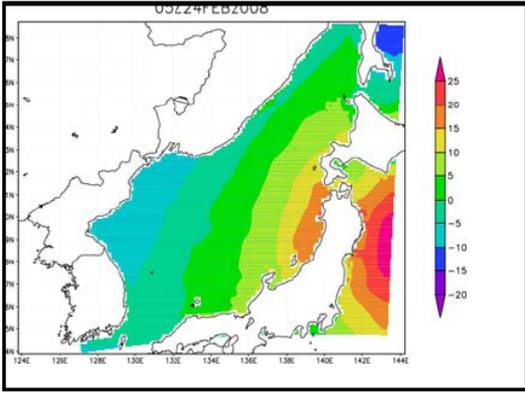


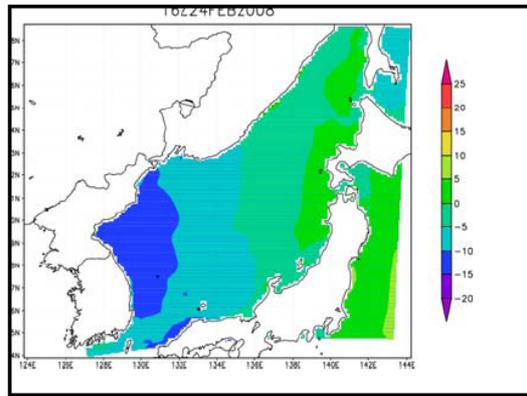
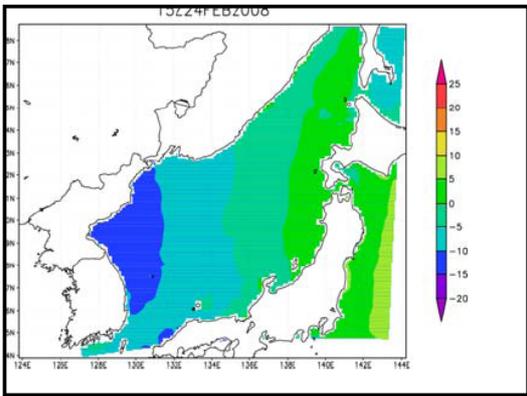
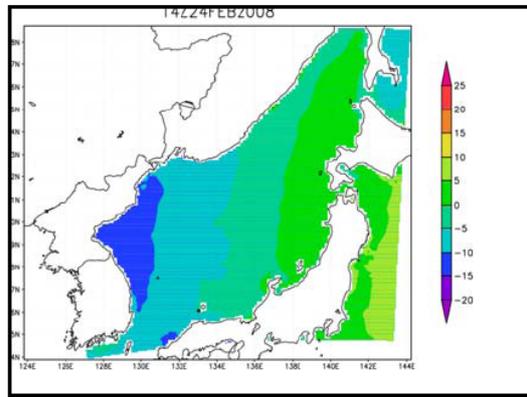
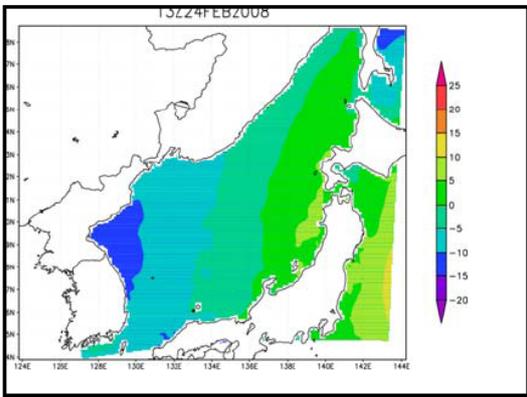
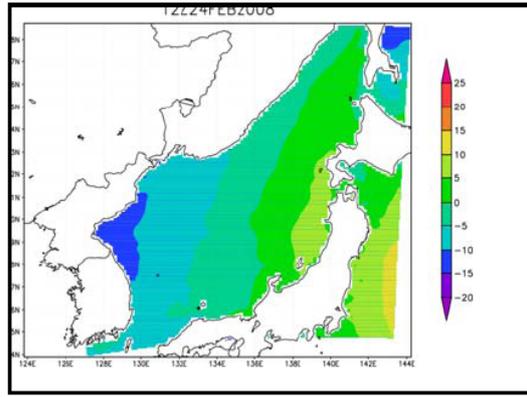
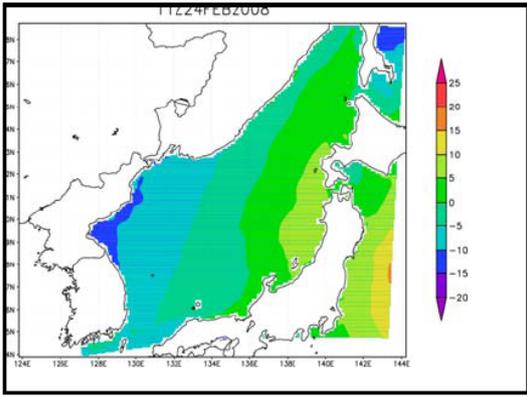


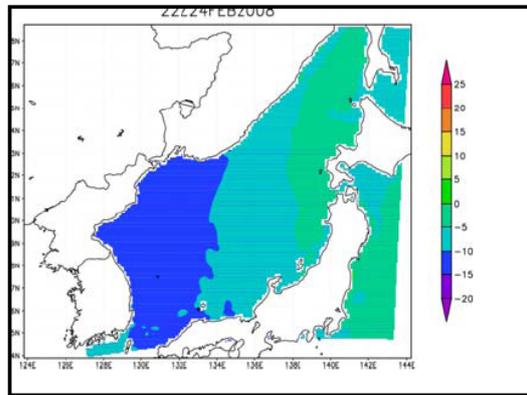
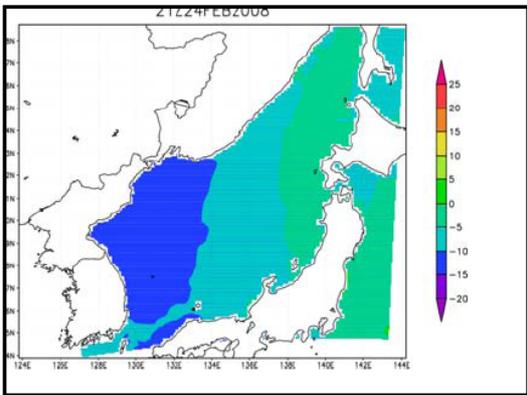
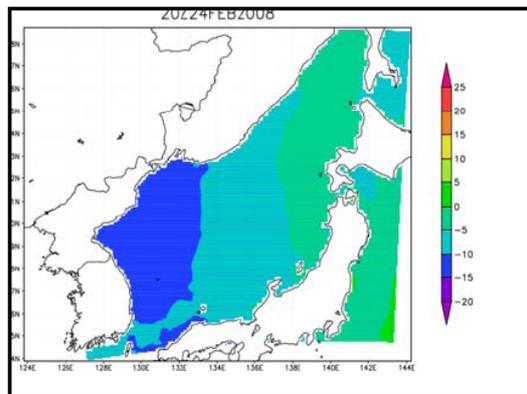
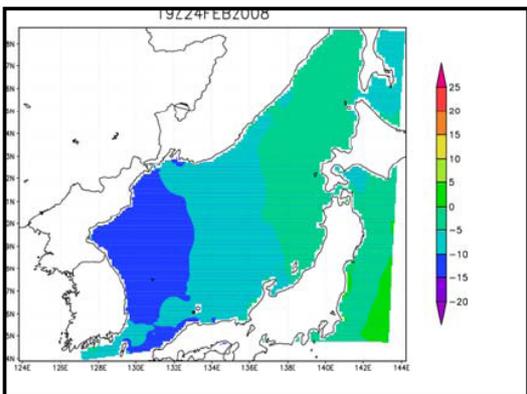
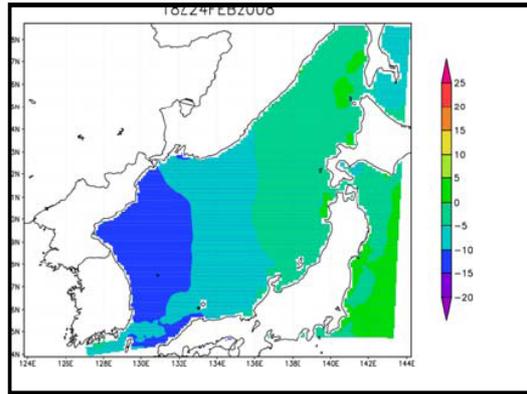
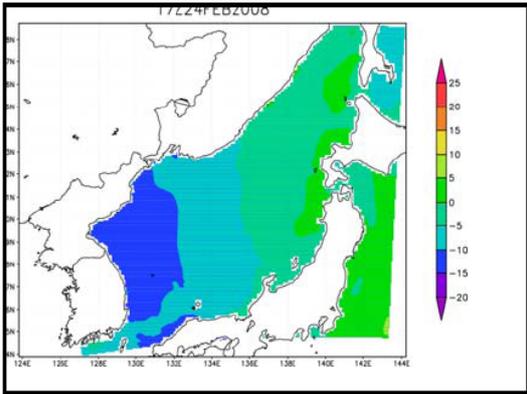












資料－3 波浪推算による

沖波特性の把握（追加）

3. 1 波浪推算の方法

日本海を発達しながら通過する低気圧は、日本海沿岸に時として異常波浪と呼ばれる高波浪を発生させてしばしば波浪災害の原因となる。こうした異常波浪に明確な定義はないが、一般にエネルギーレベルが高く、高波状態の継続時間が長いという特徴をもっている場合が多い。また、異常波浪の種類としては、波群の非線形性により発生すると考えられている Freak Wave、風波とうねりのエネルギーの重畳による高波浪、河口付近で浅海性波浪と流れが干渉して発生する三角波などが知られている。

2月23～24日にかけて日本海中部沿岸に来襲した高波浪は、この地域を代表する「寄り廻り波」と呼ばれる異常波浪であり、その発生機構については以下のような要因が考えられている。

- ① 本州東北部で急激に発達して停滞した低気圧（爆弾低気圧）によって、北～北東の強風が継続した結果、発達した風浪が風域を抜けて日本海の長軸方向を南下する（北東方向からの）うねりとなって、富山湾に入って寄り廻り波となる。
- ② 日本海を低気圧がゆっくりと移動したために、北西方向からの強風が連吹し、発達した風浪が日本海中部沿岸に継続して来襲し、能登半島を回折して侵入した波浪と北東方向からのうねりが重畳して寄り廻り波になる。
- ③ 日本海を通過した低気圧にともなって日本海規模の広範囲での海面振動が発生し、この影響によって寄り廻り波となる。
- ④ 富山湾は急に水深が深い海底地形なので、北東方向から侵入したうねりはエネルギーを減衰することなく海岸に到達する。こうした波が浅水域に入ると、**Shoaring** によって波高が増大するので、局所的な寄り廻り波となる。
- ⑤ 富山湾の海底地形をみると、東側は大陸棚が狭く、大陸斜面には局所的に海底谷が存在して、急傾斜となっている場所が多い。この海岸地形の影響によって波の変形が生じた結果、局所性の強い寄り廻り波となる。

ここでは、まず、沖波特性についての波浪推算による再現検証を行い、上述の①および②の考え方の妥当性を調べる。

波浪推算にあたっては、風のを精度よく再現するために、海面や陸域地形の影響を考慮できるメソ気象モデルである MM5 モデル（ボーガス低気圧適用）を用いた。また、波浪推算では第3世代のスペクトル法の波浪推算モデルである WW3 を用いた。

各モデルの概要は以下のようなものである。

(1) 海上風の推算モデル

メソ気象モデル：MM5 (NCAR/PSU Fifth-Generation Mesoscale Model)

MM5 (Grell ら, 1991)は、米国の National Center for Atmospheric Research(NCAR)で開発されたオープンドメインのメソスケール気象モデルで、非静力学方程式系に基づき、鉛直座標系には、等圧面座標 ($p-\sigma$ 系)を用いている。解像度の異なる複数の計算領域を同時に計算する multiple-nesting, 観測データ同化はナッジングによる Four Dimensional Data Assimilation (四次元データ同化)が可能である。今回のMM5による気象シミュレーションでは、Domain1 (空間刻み 36km)、Domain2 (12km)、Domain3(4km)および Domain4 (1.3km)のネスティング計算を行った (図-3.1.1)。気象場のバックグラウンドデータ、境界条件、4次元データ同化には米国環境予測センター (NCEP) の全球解析値を用いた。

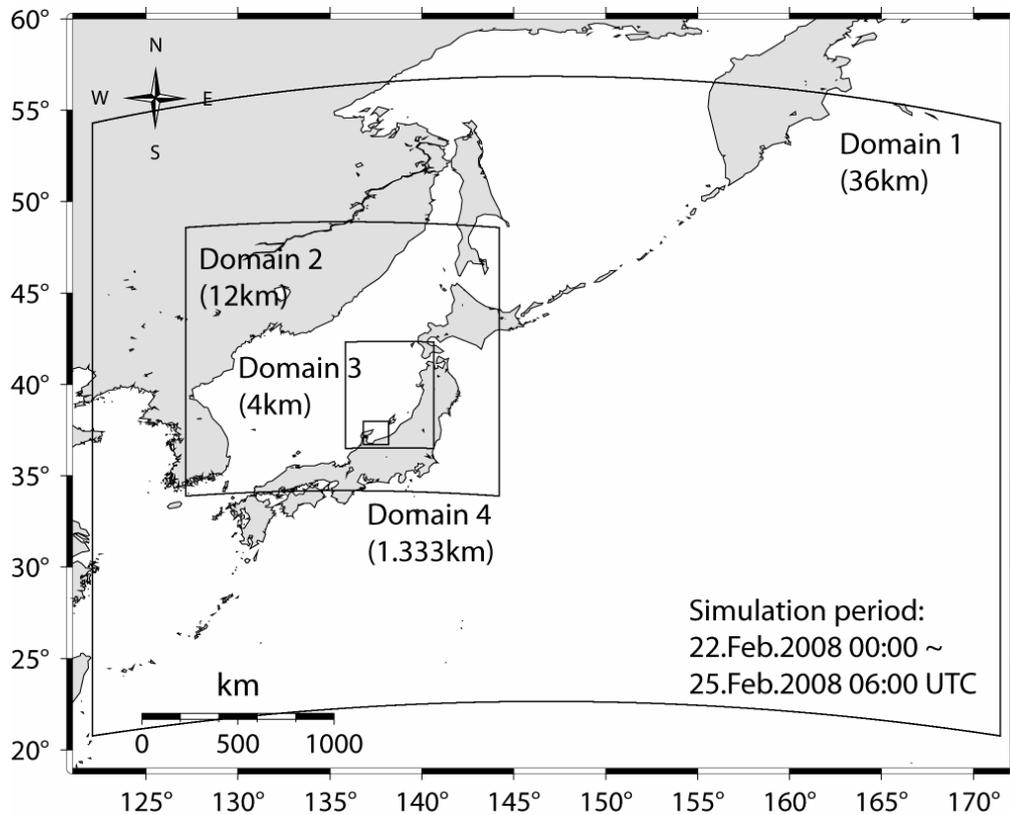


図-3.1.1 今回の波浪推算の対象領域

前述したような異常波浪を、通常の波浪推算法で再現することは極めて困難である。その最大の理由は、海上風場の再現性にある。そこで、ここではボーガス台風の考え方を低気圧に用いたボーガス低気圧をメソ気象モデルMM5に援用し、海上風の時系列特性の再現性を高めた。以下にボーガス低気圧の適用方法を示す。

参考： ボーガスの方法

全球モデルの気象場から渦度と発散，気温，比湿を除去し，低気圧中心を修正した後，これらのボーガス値を埋め込んだ。これらの手順を以下に示す（図-3.1.2 参照）。

a)バックグラウンドデータからの低気圧成分の除去

- 1) 半径 300km 程度の低気圧設定域を求める。
- 2) バックグラウンドデータから，風速の回転成分（非発散風速）を除去する。最大風速半径 $r = r_m$ で，渦度がゼロ ($\zeta = 0$)，設定域の側方境界の外で流れ関数がゼロ ($\psi = 0$) の境界条件の下で，式 (2) の流れ関数 ψ を計算し，非発散の風速場 v_ψ を求め，バックグラウンドデータから差し引く。

$$\nabla^2 \psi = \zeta, \quad v_\psi = \vec{k} \times \nabla \psi \quad (2)$$

- 3) 非回転風速場（発散風速）を除去する。すなわち，非発散風速を除去したバックグラウンドデータに対して発散 δ を求め，式(32)を解く。 $v_\chi = \nabla \chi$ で非回転風速成分を求め，これをバックグラウンドデータから除去する。

$$\nabla^2 \chi = \delta, \quad v_\chi = \nabla \chi \quad (3)$$

- 4) さらに，地衡風 v_g とジオポテンシャル高度を除去する。バックグラウンドデータの気圧場から地衡風の渦度 ζ_g を求め， $\nabla^2 \phi = \zeta_g f_0$ を解いて，ジオポテンシャル ϕ を求める。 $v_g = \vec{k} \times \nabla \phi$ 地衡風を計算し，バックグラウンドデータからこの成分を除去する。ここに， f_0 はコリオリパラメータである。

- 5) 静圧分布を仮定し，ジオポテンシャル ϕ と気圧分布 p から， $\partial \phi / \partial \ln(p) = -RT$ を解いて温度 T を求め除去する。ここに， R はガス定数。

b) ボーガス低気圧の埋め込み

- 1) 正確な低気圧中心位置，最大風速データを与える。
- 2) 低気圧設定域より少し大きめの埋め込み範囲を決める。
- 3) 速度分布，流れ関数を作成する（ボーガス低気圧場の作成）。NCAR-AFWA（Air Force Weather Agency）の Cyclone Bogussing Scheme では，Rankine の渦モデルに鉛直分布関数を仮定して渦度場を作成している（Davis・Low-Nam, 2001）。
- 4) ボーガス低気圧場で，定常の運動方程式，連続式(バランス方程式)を解く。熱対流や地上面摩擦項は考慮しない。さらに，温度のバランス方程式を解く。

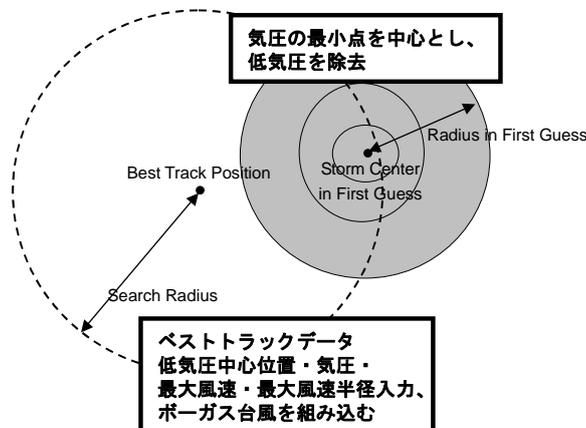


図-3.1.2 低気圧のボーガス

(2) 波浪の推算モデル

第3世代波浪推算モデル：WW3 (Wave- Watch III)

WW3(Tolman, 2002)は、NOAA で開発された波浪のエネルギー平衡方程式を基礎式としている波浪推算モデルで、水深、平均流の変化に伴う波浪の屈折、変形特性などを考慮している。ソース項はそれぞれ、風からのエネルギー供給項、非線形干渉項、白波砕波によるエネルギー消散項および海底摩擦項で構成されている。非線形干渉によるエネルギーシフトを考慮しており、第3世代の波浪モデルに属する。これらのソース項は全て波浪の方向スペクトル密度に依存し、移流項とのバランスで方向スペクトル密度が決定される。ソース項に非線形干渉等の非線形性を考慮した第III世代の波浪モデルである。

参 考：

大気と波浪の相互作用は、大気から波浪へのエネルギー伝達率をどのように与えるかに依存する。WW3 でのエネルギー伝達率は $\beta = P(C_\lambda, \sigma_a)$ で表わされ、波浪の無次元周波数 $\sigma_a = (\sigma u_\lambda / g) \cdot \cos(\theta - \theta_\omega)$ および摩擦係数 C_λ により、次式のように与えられている。

$$10^{-4} \beta = \begin{cases} P_1(a_i, \sigma_a) & \sigma_a < -1 \\ P_2(a_i, \sigma_a) & -1 < \sigma_a < \Omega_1 / 2 \\ P_3(a_i, \sigma_a) & \Omega_1 / 2 < \sigma_a < \Omega_1 \\ P_4(a_i, \sigma_a) & \Omega_1 < \sigma_a < \Omega_2 \\ P_5(a_i, \sigma_a) & \Omega_2 < \sigma_a \end{cases}$$

$$\Omega_1 = 1.075 + 75C_r, \quad \Omega_2 = 1.2 + 300C_r$$

ここで、 $P_j(a_i, \sigma_a)$ は、 a_i と無次元周波数との関数として、Tolman・Chalikov(1996)数値解析結果から作成された関係である。また、摩擦係数、無次元周波数は以下のように求める。

- 1) 波浪モデルの計算結果からピーク周波数の波速 c_p を求め、高周波数帯での無次元エネルギーレベル $\alpha = 0.57(u_* / c_p)^{1.5}$ を計算する。
- 2) $\chi = 0.2$ として、 R を計算。 u_r : 風速。

$$R = \ln \frac{Z_r g}{\chi \sqrt{\alpha} u_r^2}$$

- 3) 次式により摩擦係数 C_r を計算する。

$$C_r = 10^{-3} \left(0.021 + \frac{10.4}{1.85 + R^{1.23}} \right)$$

- 4) 粗度高さ $z_0 = Z_r \exp(-\kappa C_r^{-0.5})$ を計算する。
- 5) 見かけの波長 $\lambda_a = 2\pi / k |\cos(\theta - \theta_\omega)|$ を計算する。
- 6) 高さ λ での摩擦係数 $C_\lambda = C_r (u_a / u_\lambda)^2$ を計算する。
- 7) 無次元周波数 $\sigma_a = \frac{\sigma u_\lambda}{g} \cos(\theta - \theta_\omega)$ を計算する。
- 8) パラメーター化された波浪の増幅係数 $\beta = P(C_\lambda, \sigma_a)$ を計算する。
- 9) ソース項 $S_{in} = \sigma \beta N(k, \theta)$ を求める

以上のように、WW3 では波齢 (u_* / c_p) の影響が海面摩擦係数と無次元周波数に組み込まれ、無次元周波数毎にエネルギー伝達率が5段階で定式化されている。

3. 2 被災波浪の推算結果

波浪推算は以下の条件で実施した.

計算格子 :

Domain1: 36km 格子

Domain2: 12km 格子

Domain3: 4km 格子

Domain4: 1.3km 格子

方向分割数 : 24 分割 (15 度間隔)

周波数分割数 : 36 分割

0.0250~0.7026 Hz

(1.1Hz 刻み、概ね 1.4sec~40sec の範囲)

また、波浪推算の手順を図-3.2.1 に示す.

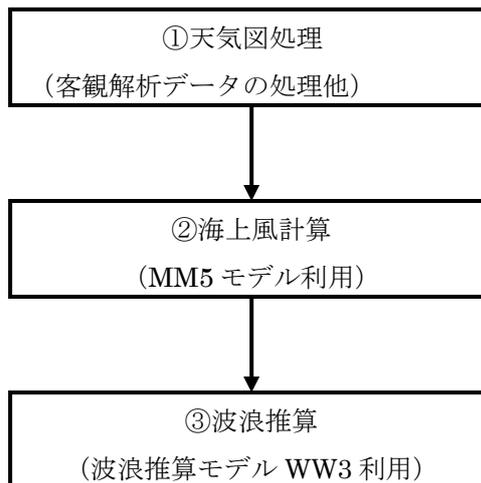


図-3.2.1 波浪推算の手順

以下では、今回の寄り廻り波をもたらした気象じょう乱の特徴、風域場の推算結果および波浪推算の結果を整理して、今回の被災波浪の特性を明らかにする.

(1) 災害をもたらした気象擾乱の特徴

本年 2 月 23 日~25 日未明にかけて、発達中の低気圧が日本海を東進した影響により、関東では春一番によって交通機関が乱れた. 24 日も全国的に強風が継続して、北~東日本を中心に大雪をとまなう荒れた天気となった. 日本海中部沿岸では高波浪が継続して来襲したが、同時期に富山湾ではうねりを伴う高波により浸水被害が発生した. (気象庁: 日々の天気図No.73 から一部引用)

(2) MM5 による風域場の推算結果

図-3.2.2～3.2.3 に 6 時間ごとの風域場の推算結果を示す。

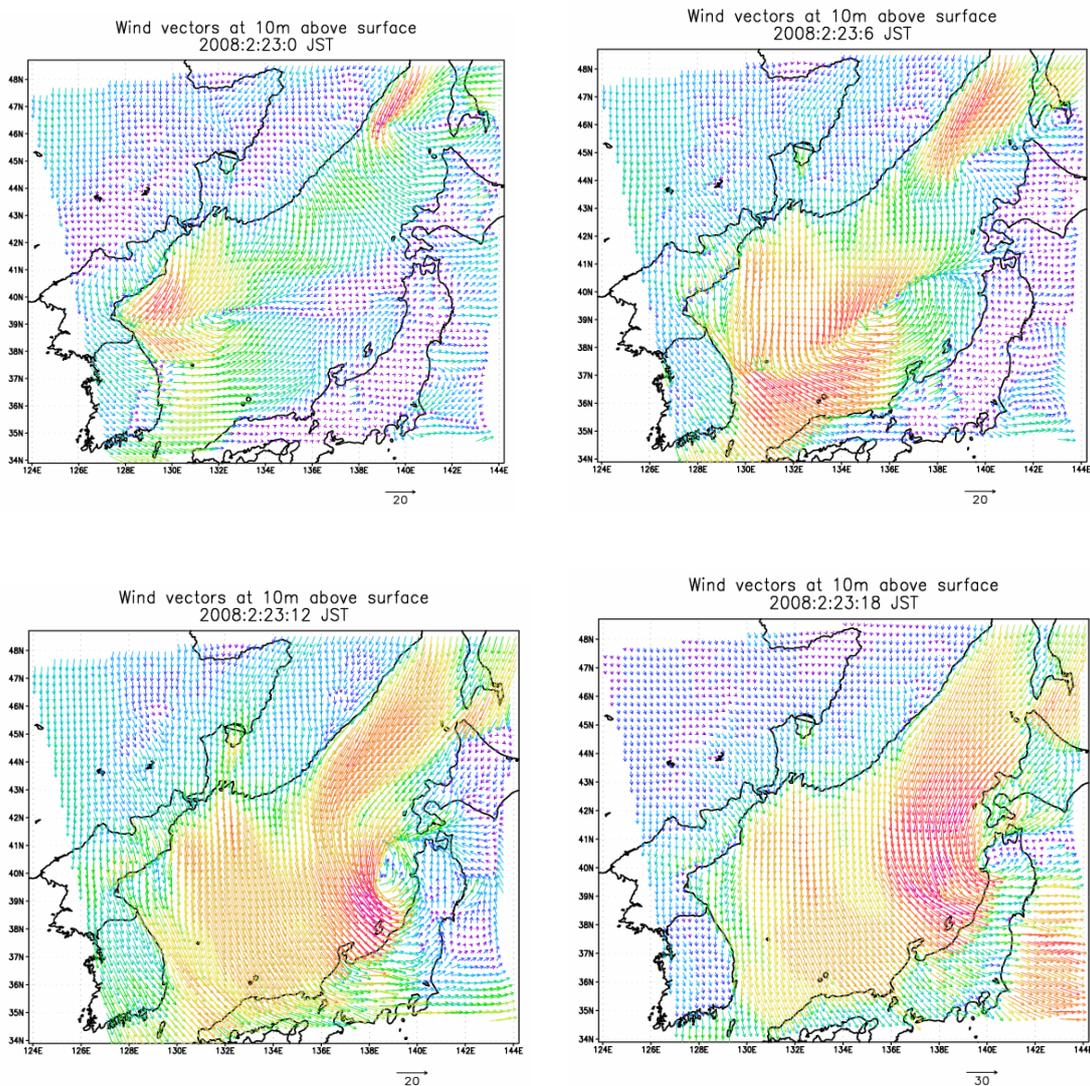


図- 3.2.2 風域場の推算結果(2月23日)

図-3.2.2 の推算結果では、23日に大陸から低気圧が東進するにともなって、日本海西部海域から日本海の中中部沿岸～北東部沿岸の海域へと強風域が移動し、一方、北海道の西側海域から南西方向へ発達・継続した強風域が前者と合成されて新潟・佐渡地方へ移動した様子が再現されている。

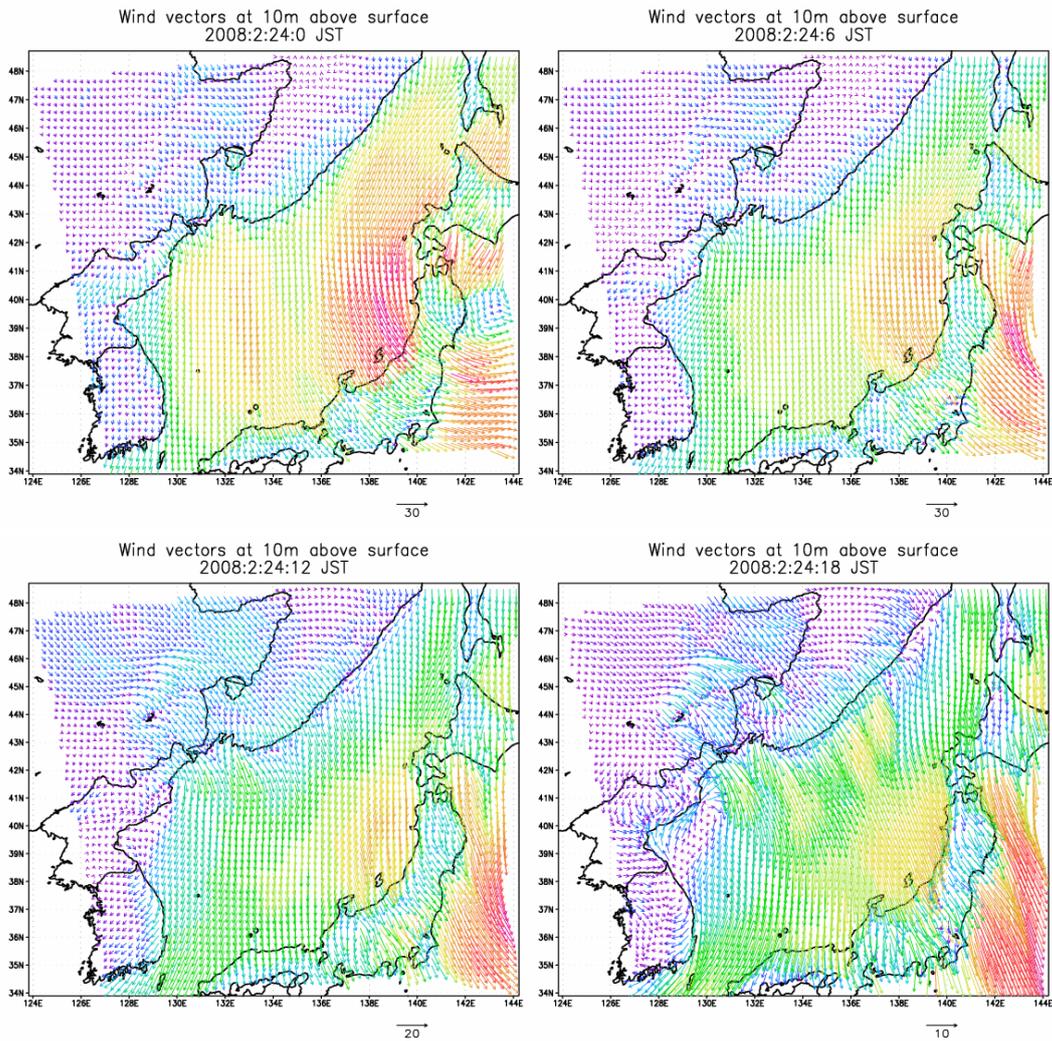


図-3.2.3 風域場の推算結果(2月24日)

さらに、24日(図-3.2.3参照)には太平洋側の東北部で停滞した低気圧の影響によって、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様子が再現されている。

以下では、波浪推算の結果から、上述した高波の発生メカニズムを検証する。

(3) WW3 による波浪推算の結果

図-3.2.4～3.2.7 に波浪推算で得られた波高および周期の平面分布を示す。

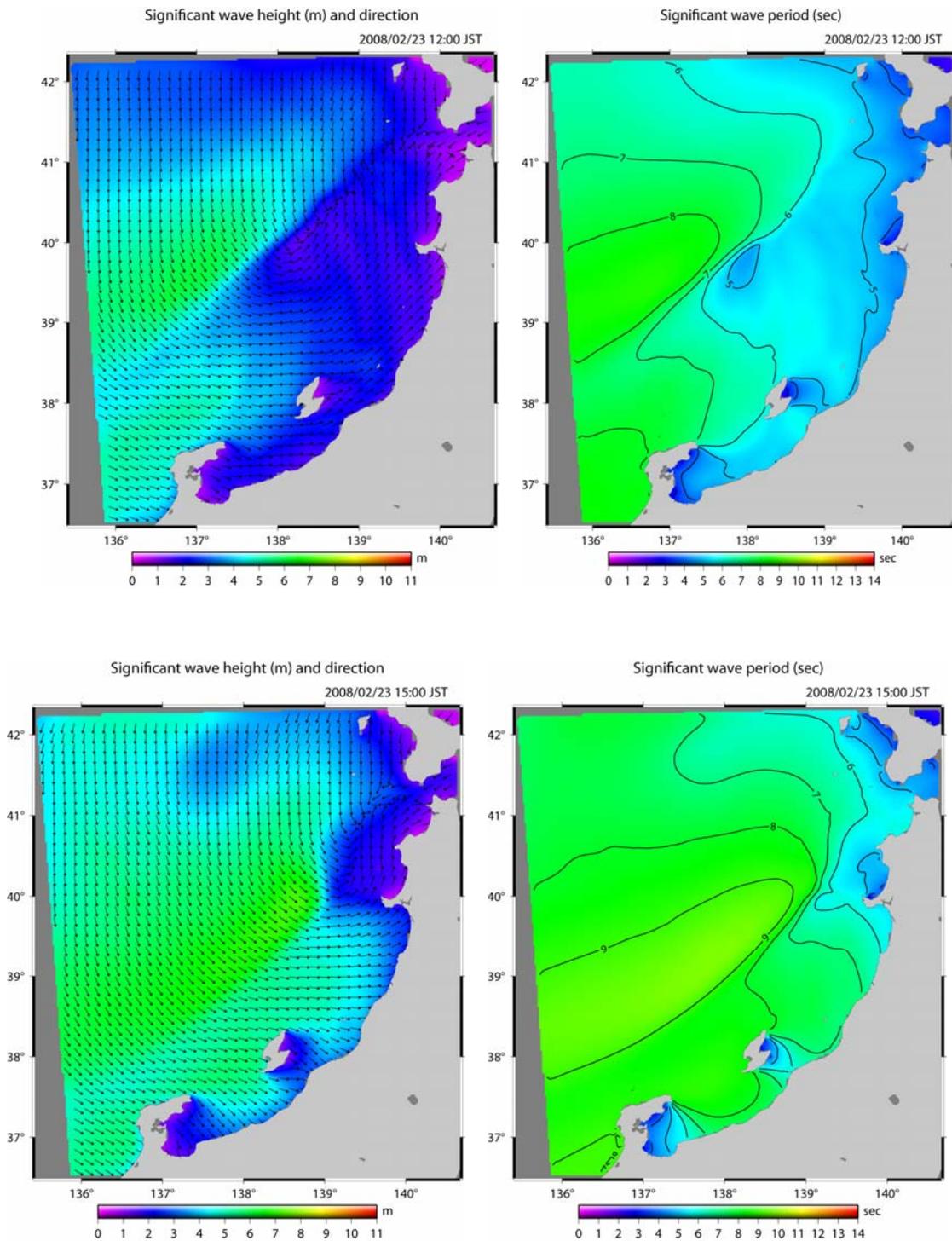


図-3.2.4 波高と周期の平面分布(2008.02.23.12～02.23.15)

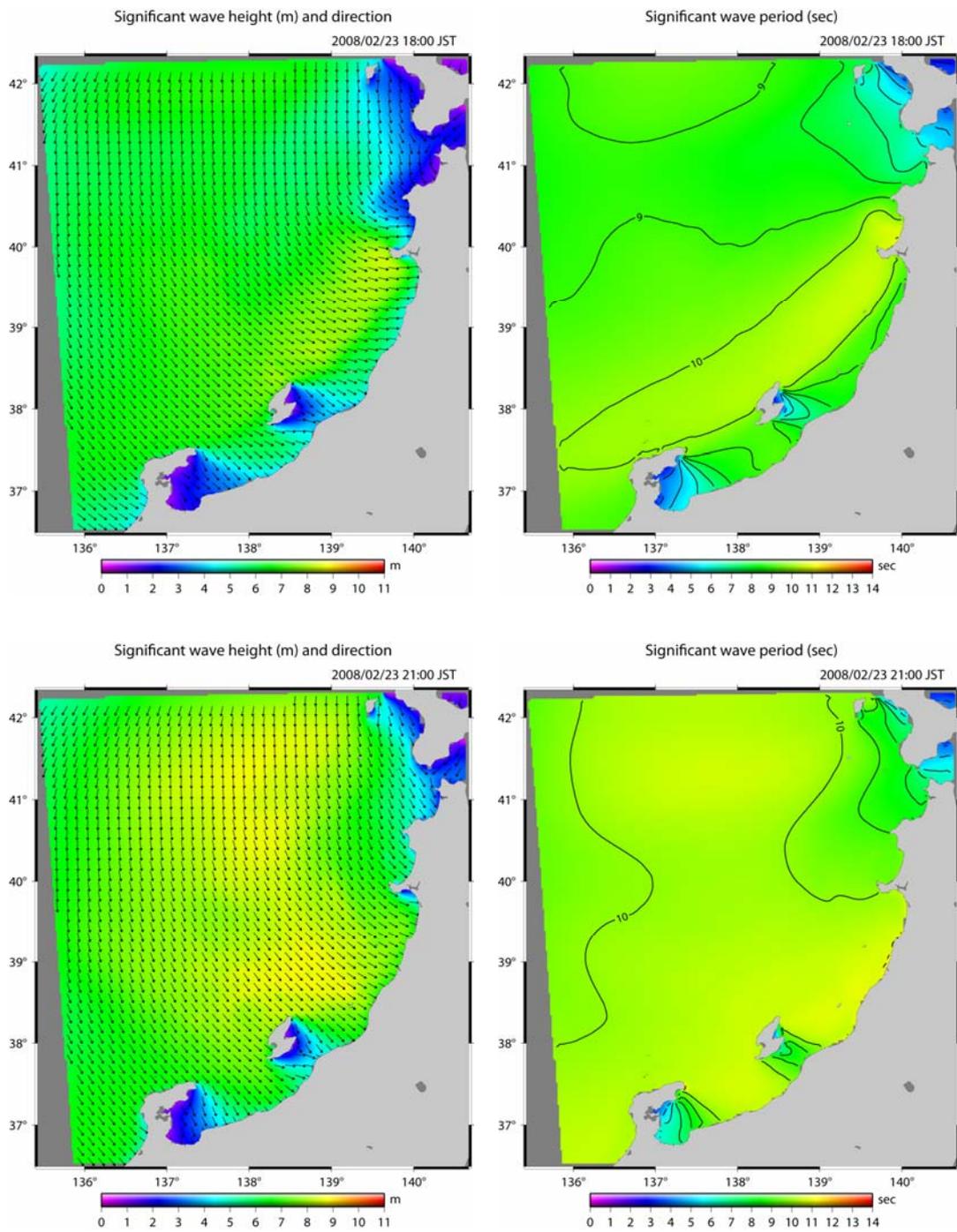


図-3.2.5 波高と周期の平面分布(2008.02.23.18~02.23.21)

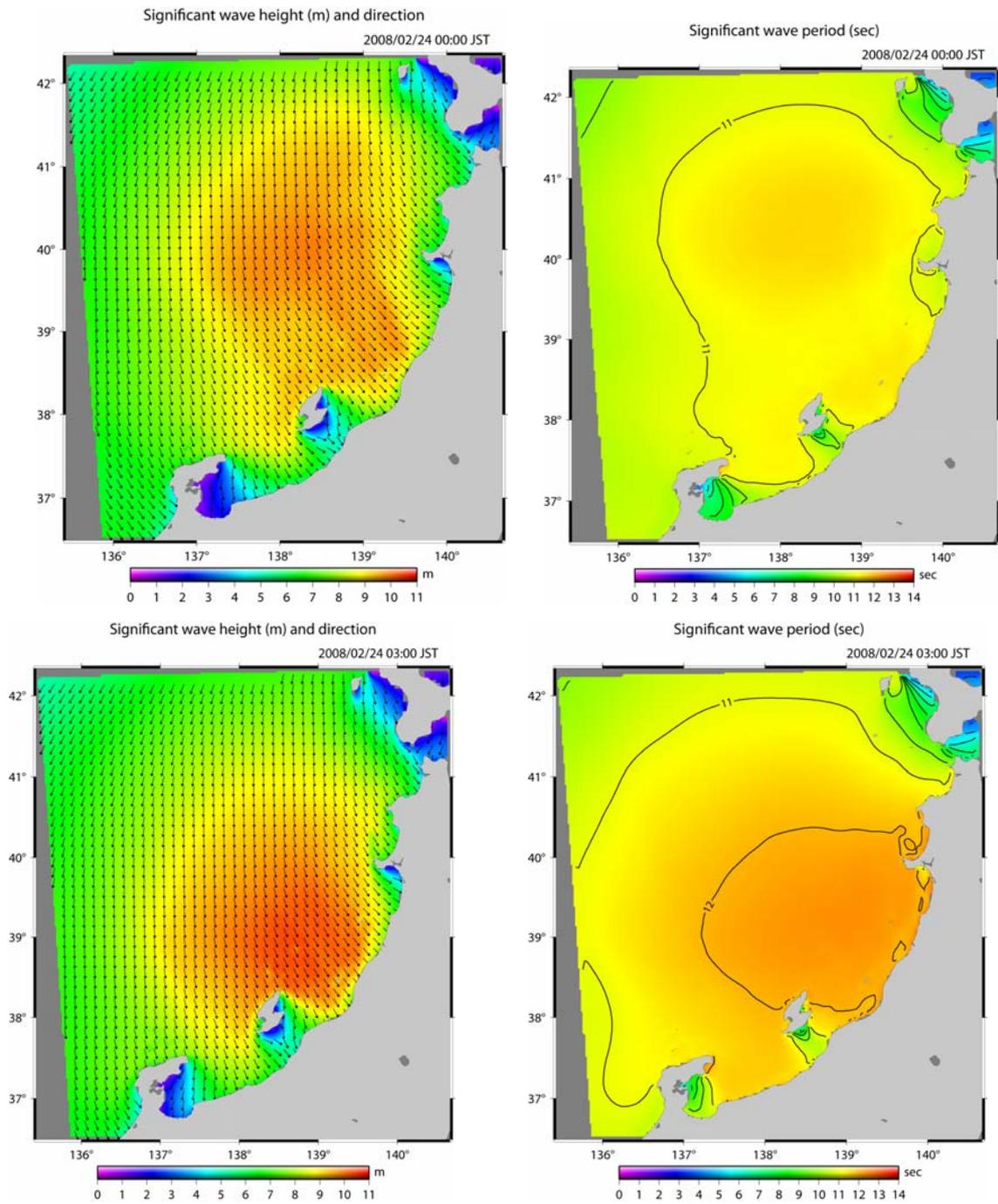


図-3.2.6 波高と周期の平面分布(2008.02.24.00~02.24.03)

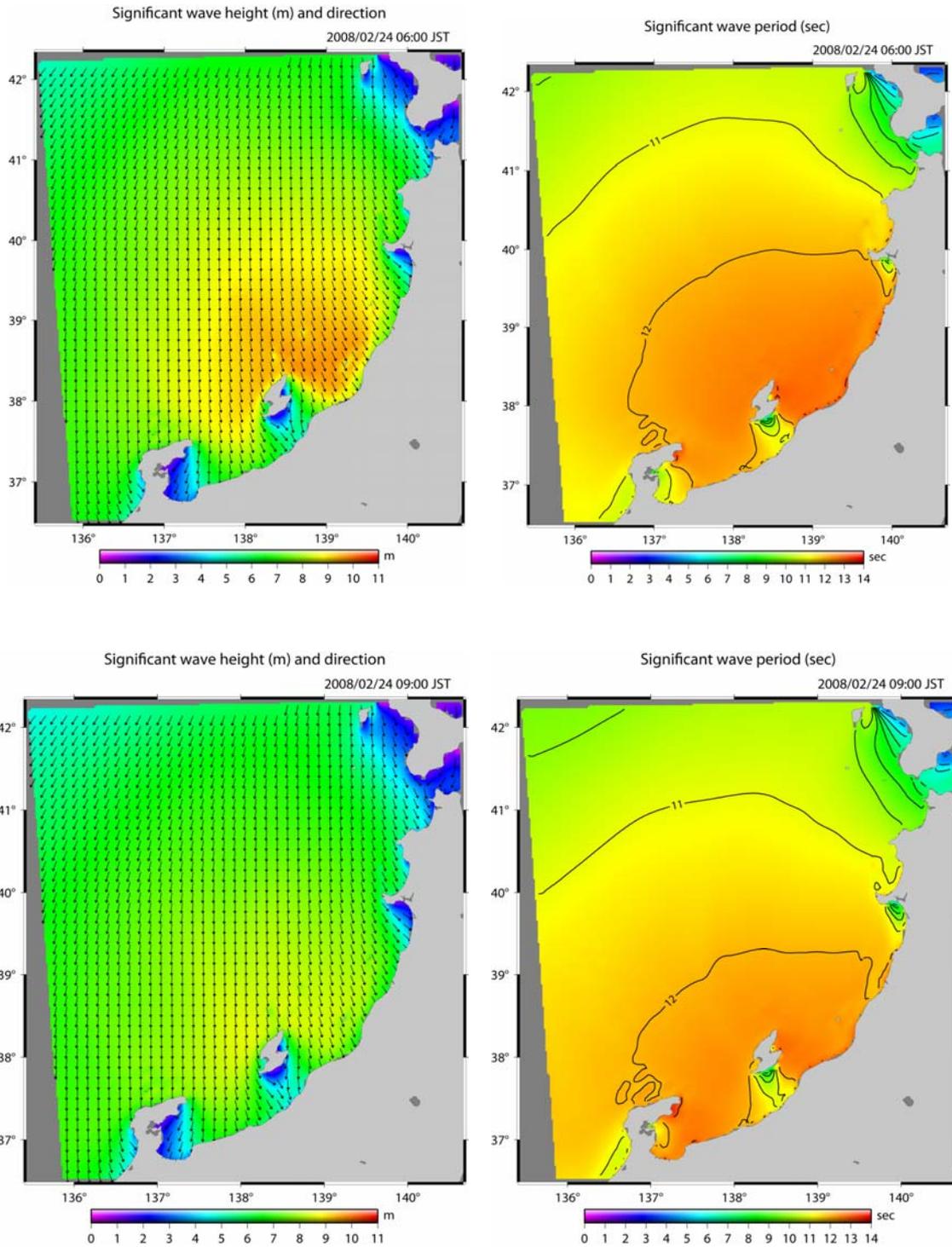


図-3.2.7 波高と周期の平面分布(2008.02.24.06~02.24.09)

ここではさらに、図-3.2.8 に示した4地点での方向スペクトルを調べることにより、今回の被災波浪の方向別のスペクトル特性を検討した。

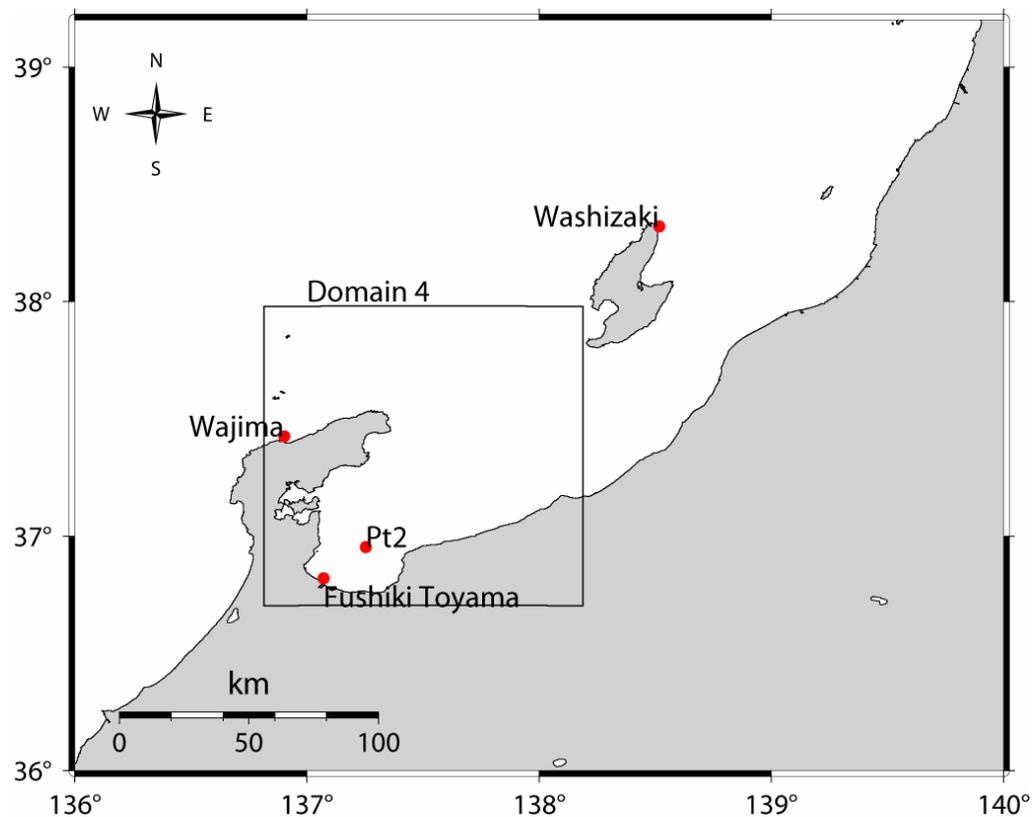
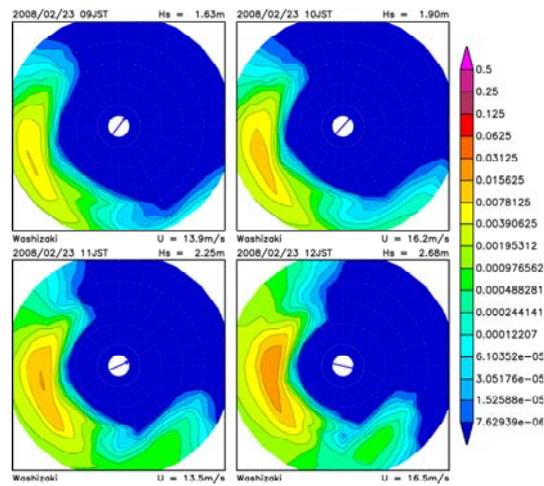


図-3.2.8 方向スペクトルを調べた地点

図-3.2.9～3.2.12 に方向スペクトルの時系列変化を示す。(図中、円上がN,円右が東, 中央の矢印は風向き, Uは風速, Hs は波高を示す)

St1(鷺崎漁港沖) 23日09時～12時



St1(鷺崎漁港沖) 23日21時～00時

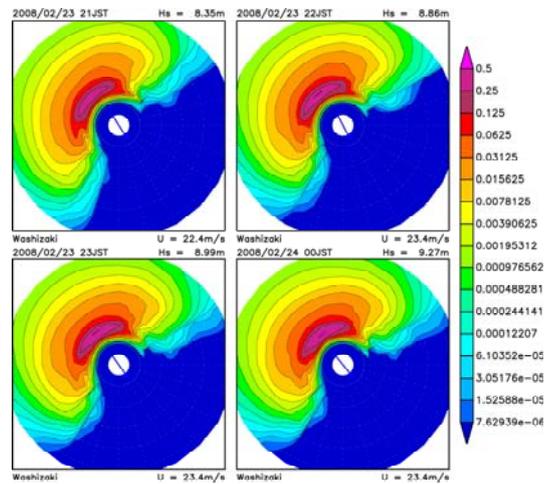
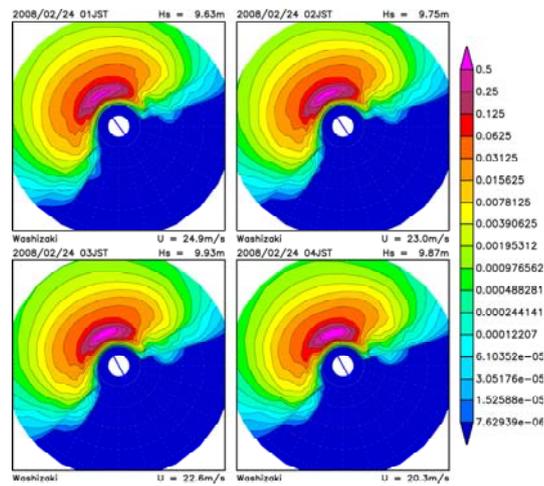


図-3.2.9 方向スペクトルの時間変化 (つづく)
(鷺崎漁港沖)

鷺崎漁港沖では、23日～24日にかけて波浪エネルギーが高くなるとともに、南西～北西に來襲波の波向きが変化したことがわかる。

St1(鷺崎漁港沖) 24日01時~04時



St1(鷺崎漁港沖) 24日05時~08時

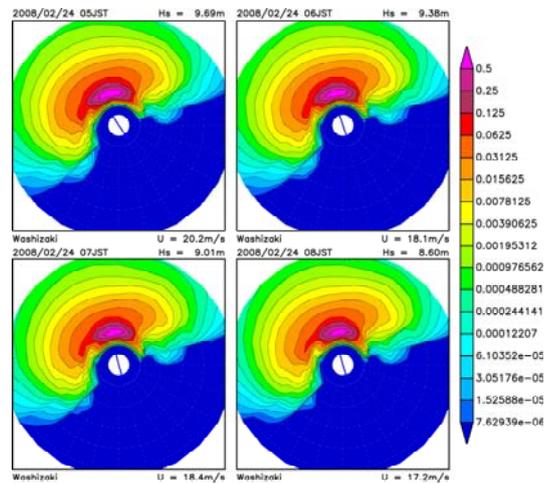
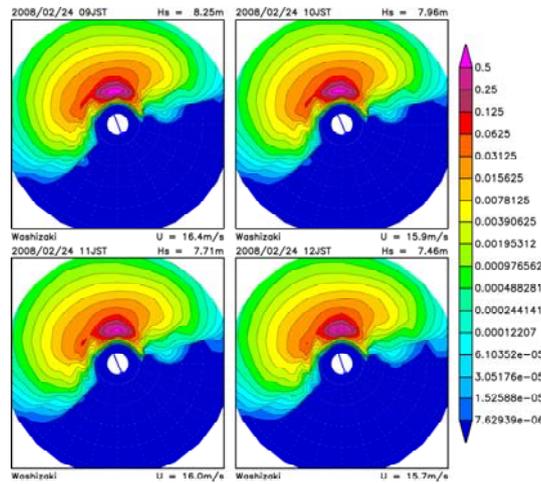


図-3.2.9 方向スペクトルの時間変化 (つづく)
(鷺崎漁港沖)

St1(鷺崎漁港沖) 24日09時~12時



St1(鷺崎漁港沖) 24日21時~

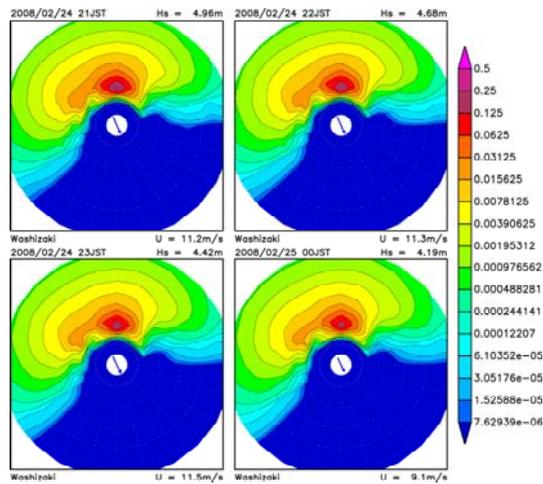
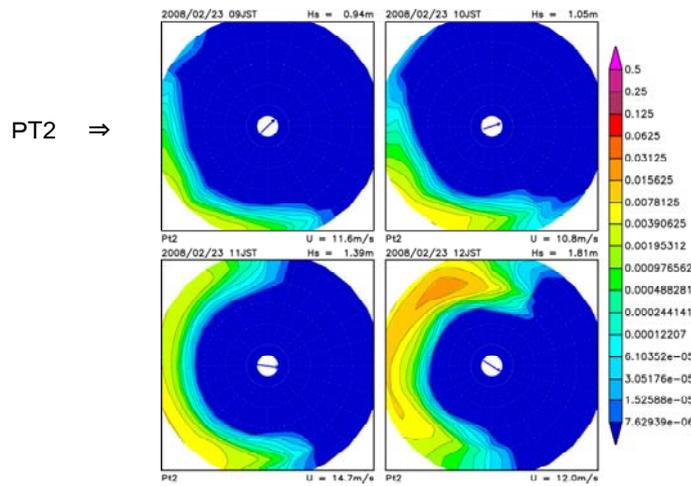


図-3.2.9 方向スペクトルの時間変化
(鷺崎漁港沖)

波浪エネルギーは北西~北、さらに北~北東へとピーク成分の方向が変化している。これにともない、風向と波浪のピーク成分の向きに少し差が生じており、北東方向からのうねり成分が卓越していった様子がわかる。

富山湾周辺の変化(23日09時~12時)



富山湾周辺の変化(23日21時~00時)

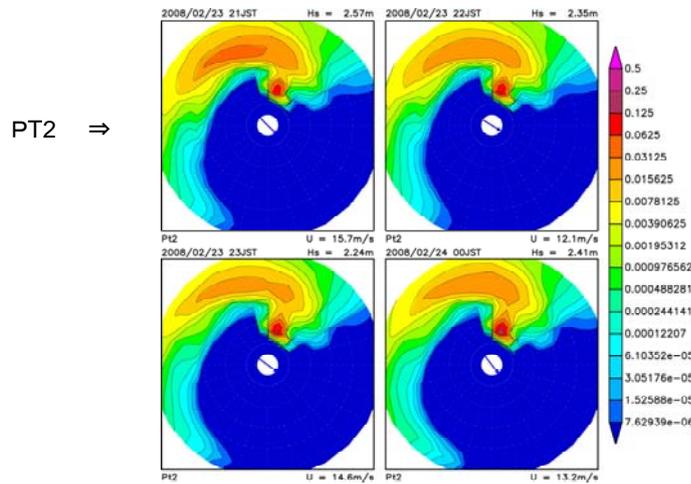
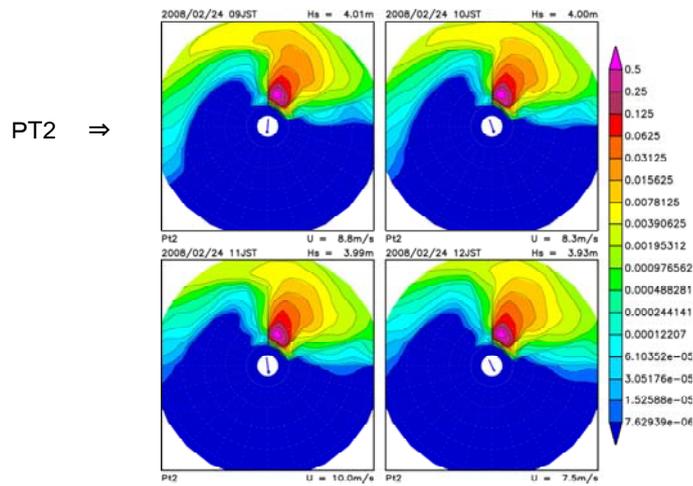


図-3.2.10 方向スペクトルの時間変化(つづく)
(PT2: 富山湾沖)

富山湾の沖合地点(PT2)では、23日の夜には風向はNWであるが、波浪のピーク成分の方向はNEになっており、北東方向からのうねり成分が到達している。

富山湾周辺の変化(24日09時～12時)



富山湾周辺の変化(24日21時～00時)

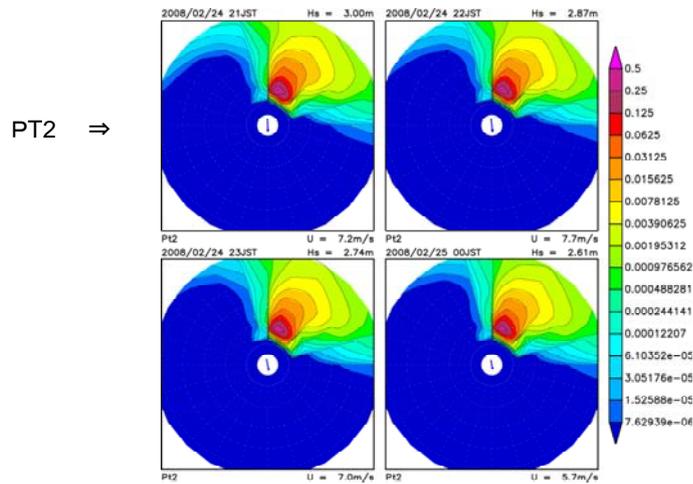
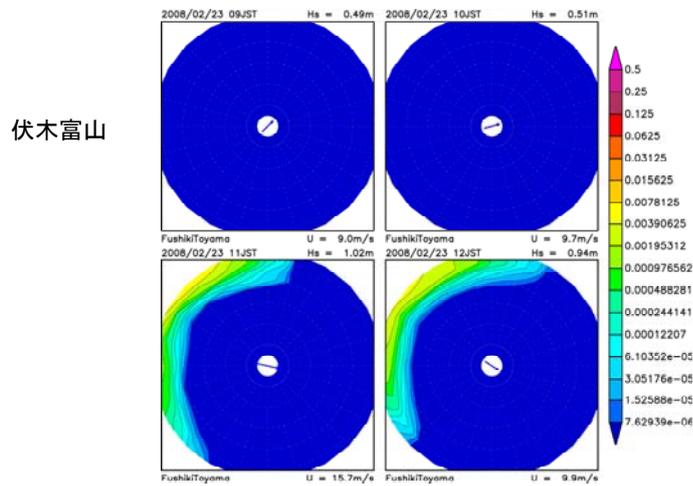


図-3.2.10 方向スペクトルの時間変化
(PT2：富山湾沖)

上の図から、24日も継続して北東方向からのうねり成分が卓越し、方向集中度が高くなっている様子がわかる。

富山湾周辺の変化(23日09時~12時)



富山湾周辺の変化(23日21時~00時)

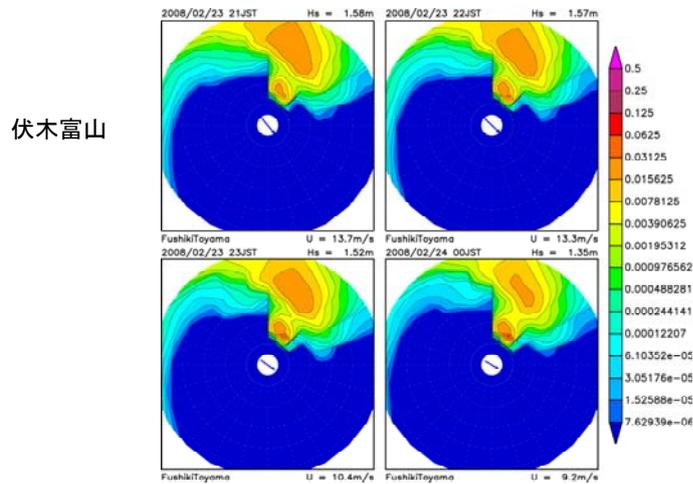
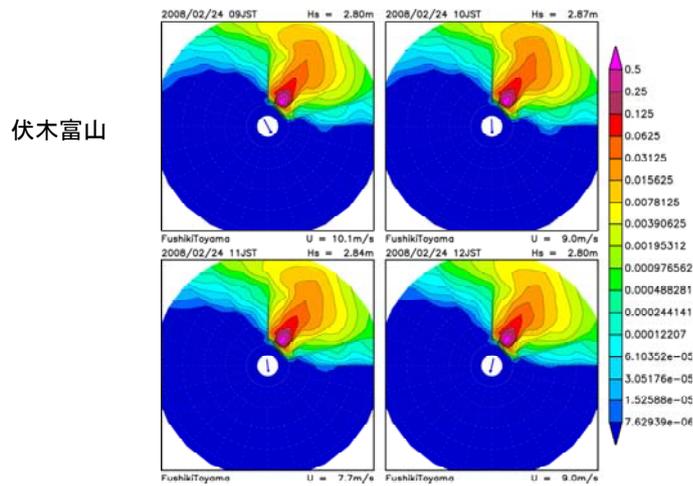


図-3.2.11 方向スペクトルの時間変化(つづく)
(伏木富山沖)

伏木富山沖での方向スペクトルの変化は、富山湾の沖合地点(PT2)と同様の変化となっている。

富山湾周辺の変化(24日09時～12時)



富山湾周辺の変化(24日21時～00時)

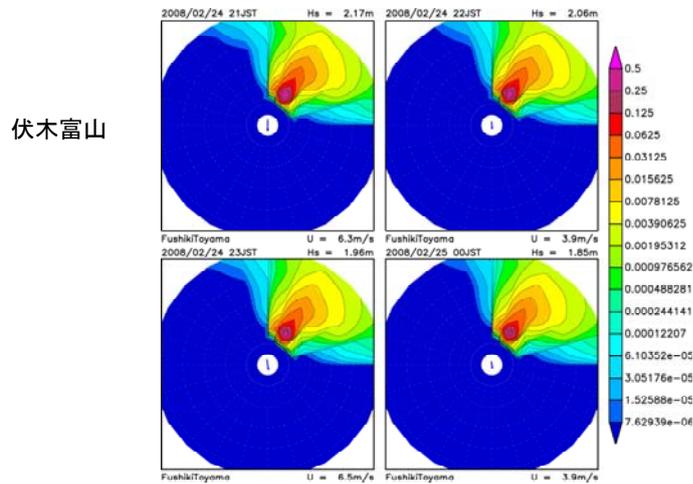
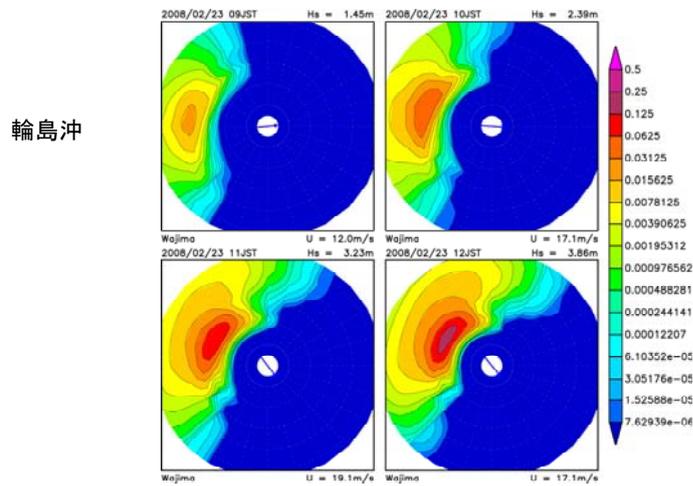


図-3.2.12 方向スペクトルの時間変化
(伏木富山沖)

富山湾沖 (PT2) と同様. 北東方向からのうねり成分が卓越しており, 方向集中度の高い波浪が富山湾内に侵入したものと考えられる.

富山湾周辺の変化(23日09時~12時)



富山湾周辺の変化(23日21時~00時)

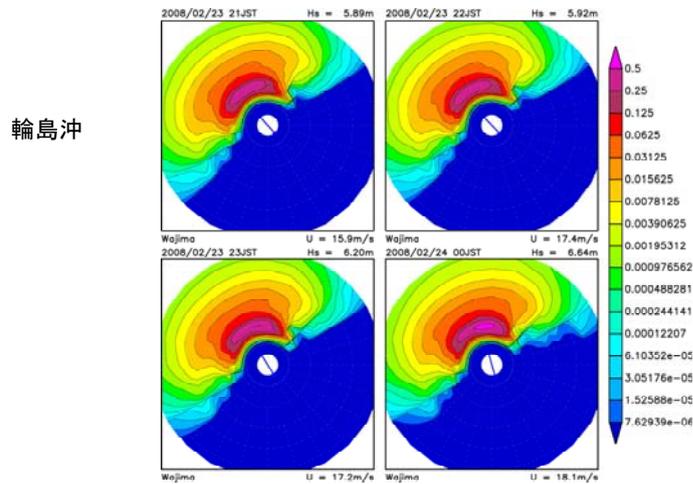
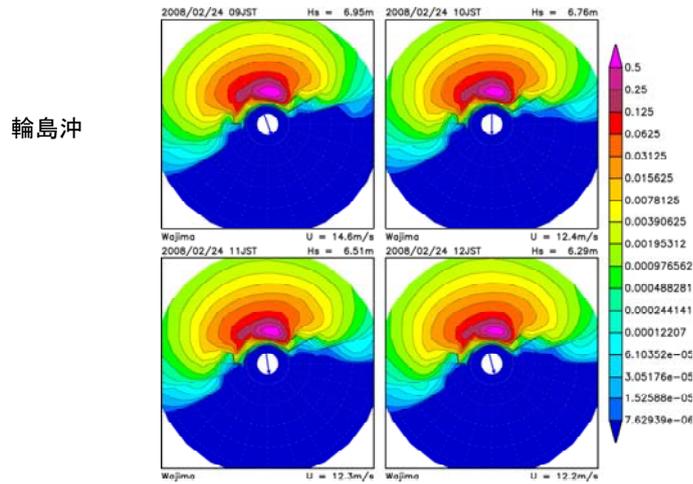


図-3.2.12 方向スペクトルの時間変化(つづく)
(輪島沖)

輪島沖では、風向と波浪のピーク成分の方向とがほぼ一致している。また、風向の変化が少ない北西方向からの季節風の連吹により、波浪のエネルギーレベルは非常に大きくなっている。

富山湾周辺の変化(24日09時～12時)



富山湾周辺の変化(24日21時～00時)

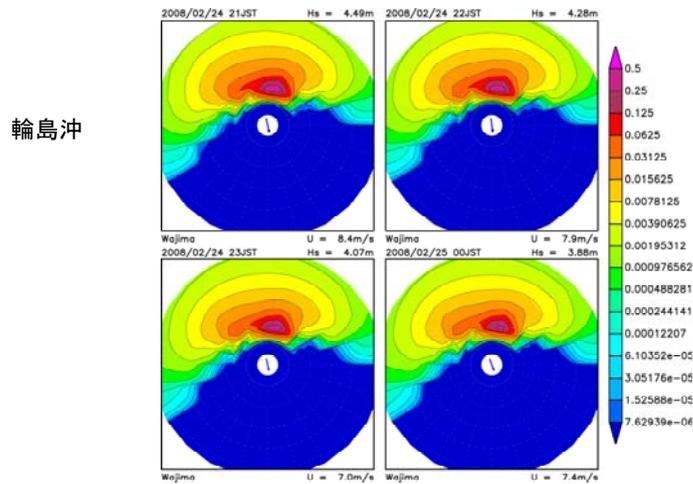
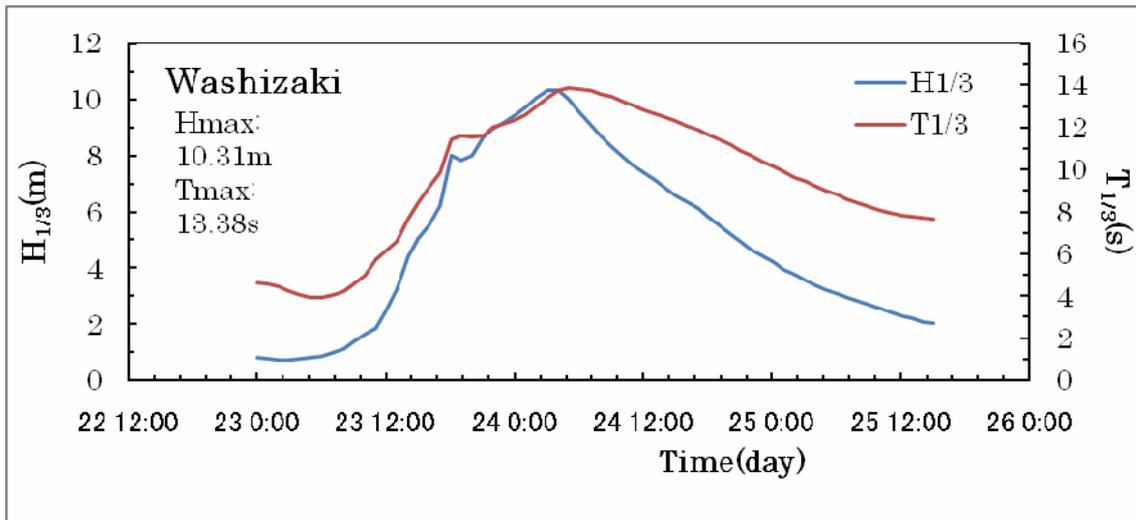


図-3.2.12 方向スペクトルの時間変化
(輪島沖)

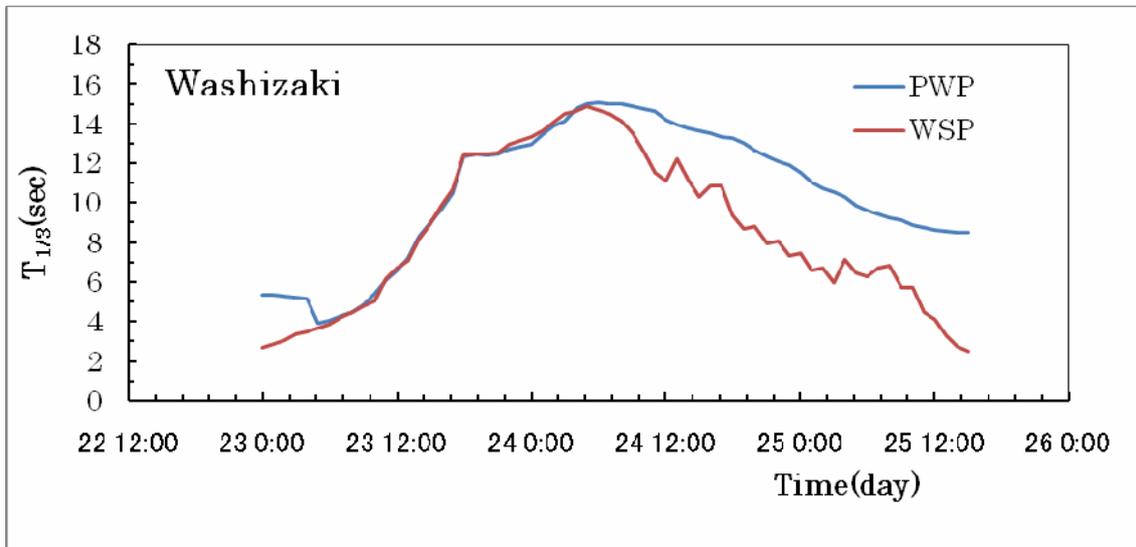
以上に示した結果から、鷺崎漁港沖および富山湾内では北西季節風による風波の成分と北東方向からの長周期のうねり性の強い波浪成分とが重畳した結果、発達した異常波浪が来襲したものと考えられる。

今回の波浪推算に用いた WW3 は、推算された波浪に対して、風から波が受ける影響の大きさを考慮して、風波（波が風の影響を受ける状態）とうねり（波が風の影響を受けない状態）の2つの状態に分離する。そして、それぞれの状態に対応するエネルギーピークに対応する周波数を推定することが可能である。

図-3.2.13～3.2.14 に、鷺崎漁港および入善漁港の近傍での波浪の時系列変化を示したものである。上図 (A) には、推算波浪の時系列変化を示す。また、下図(B)は風波のエネルギー成分のピーク(WSP)および長周期波のエネルギー成分のピーク(PWP)に対応した周期成分の時間変化を示す。

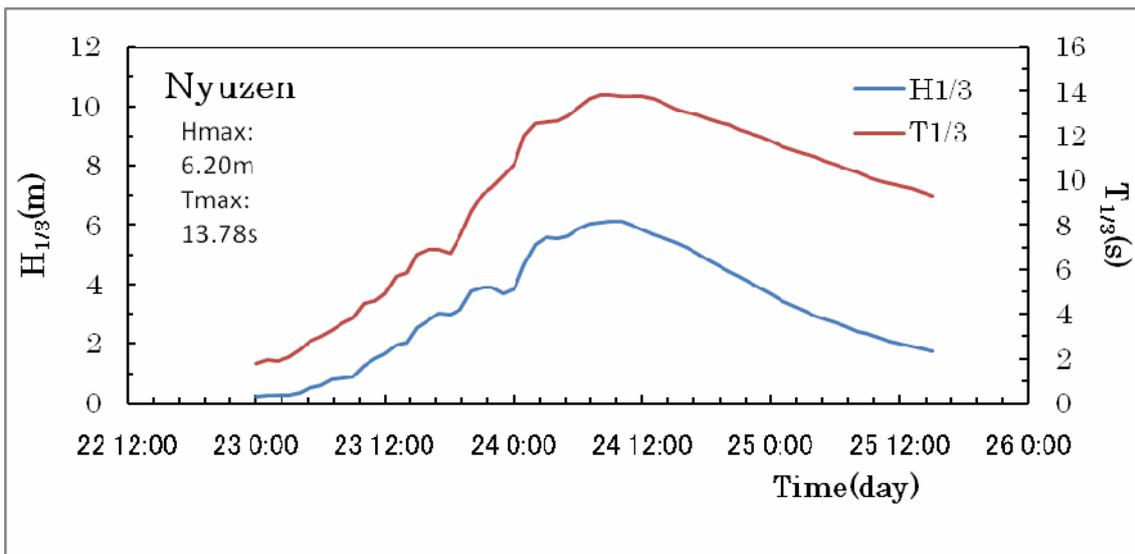


(A)

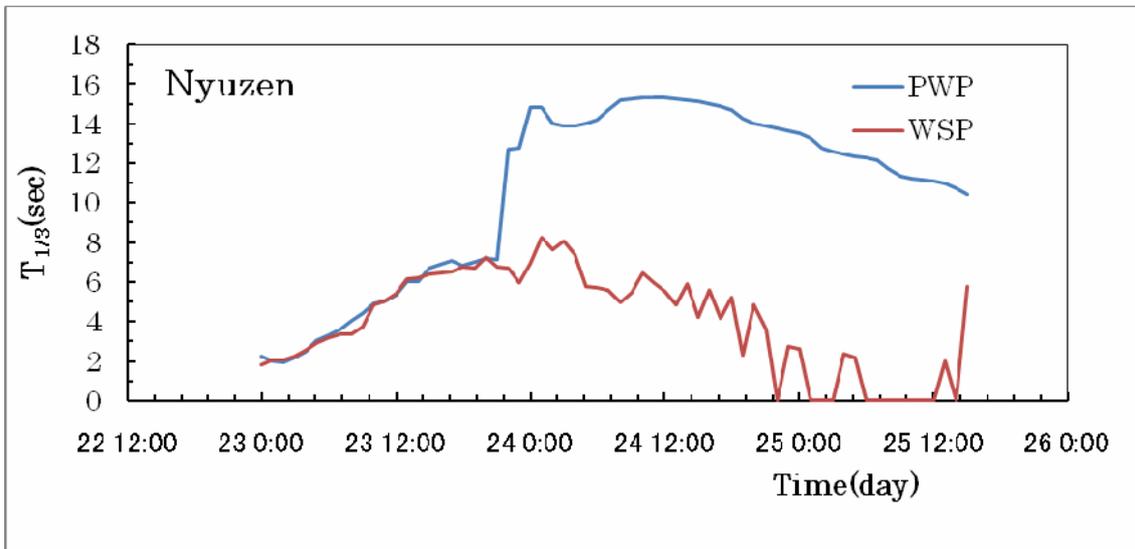


(B)

図-3.2.13 波浪の時系列変化（地点：鷺崎漁港の沖）



(A)



(B)

図-3.2.14 波浪の時系列変化 (地点：入善漁港の沖)

これらの図から、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いるが、入善漁港では24日頃から長周期成分が支配的になっていたことがわかる。

(4) 波浪推算結果のまとめ

本検討では、2008年2月23日～24日に発生した日本海の高波に対して、メソ気象モデル(MM5)による海上風の推定および第3世代浅海波浪推算モデル(WW3)による波浪推算を実施した。MM5に対して低気圧についてもボーガス処理を用いることによって冬季季節風時の複雑に変化する海上風を精度良く推定した結果、波浪の観測値と推算値のピークおよび時系列変化を十分な精度で再現することができた。

(以上、第1回委員会で報告)

風域場と波浪場との推算結果から、今回の被災波浪の発生するメカニズムは以下のように要約できる。

- (1) はじめに本州の南岸を通過した低気圧が太平洋沿岸東北部で急速に発達して停滞した結果、24日に北寄りの強風が日本海の広域で継続した。この強風の影響で新潟・佐渡地方の沖合の高波浪域が北～北東方向からの強風の影響を受けて沿岸に向かって移動した。この影響で富山湾内もうねり性の高波浪（寄り廻り波）が来襲した。
- (2) 2月23日に日本海を横切った低気圧によって、最初は西～北西方向からの高波が沿岸に来襲した。また、低気圧の動きがゆっくりしていたために、西～北西方向の強風の継続時間が長く、富山湾内では強風の継続によって回折波のエネルギーが高まる結果となった。また、早い時期から北東方向からの長周期のうねり性の波浪が侵入していた。
- (3) 季節風による北西方向からの風浪の成分と北東方向から南下した長周期のうねり成分とが新潟・佐渡地方の沖合付近で重畳した結果、この付近で高波浪域を生成した。今回の高波の特徴は、北西からの風浪のエネルギーと長周期のうねり成分とがどちらも吹送時間が長かったために大きなエネルギーをもった点があげられる。

3. 3 過去の災害をもたらした異常波浪との比較

日本海では、冬季季節風時にときとして発達した異常波浪による災害を引き起こすことがある。とくに富山湾に主に浸水被害をもたらす「寄り廻り波」は、低気圧による高波が収まった頃に、突然にうねりをともなって来襲するために、不意をつかれた格好での被害も多く、十分な警戒が必要である。

ここでは、日本海中部地域（新潟・富山）沿岸で災害をとまなう高波をもたらした既往の災害事例について波浪推算を実施した。さらに、既往災害に対する波浪推算結果と今回の高波（2008年2月23～24日）に対する波浪推算結果について比較を行うことにより、この沿岸海域での沖波特性を検討するものとした。

表-3.3.1 に検討対象とした波浪推算のケースを示す。

表-3.3.1 検討対象とした波浪推算のケース

ケースNo.	推算期間	気象じょう乱の種類
1	1991年02月14日～16日	二つ玉低気圧
2	2003年12月18日～23日	日本海低気圧
3	2008年02月23日～24日	二つ玉低気圧

* 表-3.3.1 のケース3は今回の気象じょう乱である。

(1) 高波をもたらした気象じょう乱の概要

ケース1（推算期間：1991年2月14日～16日）の概要

2月14日頃に東シナ海で発生した低気圧は、14日～16日に急速に発達しながら本州の南岸沿いを北東進し、同時期に日本海を発達しながら通過した低気圧を併合して17日には千島の東海上で中心示度が960hpaになるまで猛烈に発達した。この後、この低気圧は17日～20日にかけて北海道東海上で停滞し、強い冬型となった。日本海および本州南岸を移動・停滞した2つの低気圧にともない強風が継続したため、日本海沿岸の中部地域および太平洋沿岸の東北部を中心に異常波浪が来襲した。

ケース2（推算期間：2003年12月18日～22日）の概要

日本付近は冬型が続いていたが、18日～20日にかけてゆっくりと日本海を通過した低気圧が20日に急速に発達したために冬型が強まり、日本海沿岸を中心に海上は強風の継続によって荒れ模様となった。この低気圧による強風によって新潟県の沿岸を中心に発達した異常波浪が来襲した。20日16時(現地時間)に新潟県上越市の直江津港で観測された異常波浪は、最大波高12.93m、有義波高9.24m、最大周期16.8s、有義波周期12.9s、波向きはNNWであった。

(2) 海上風および波浪の推算結果

図-3.3.1～3.3.6 に各ケースに対応する海上風の推算結果を示す。

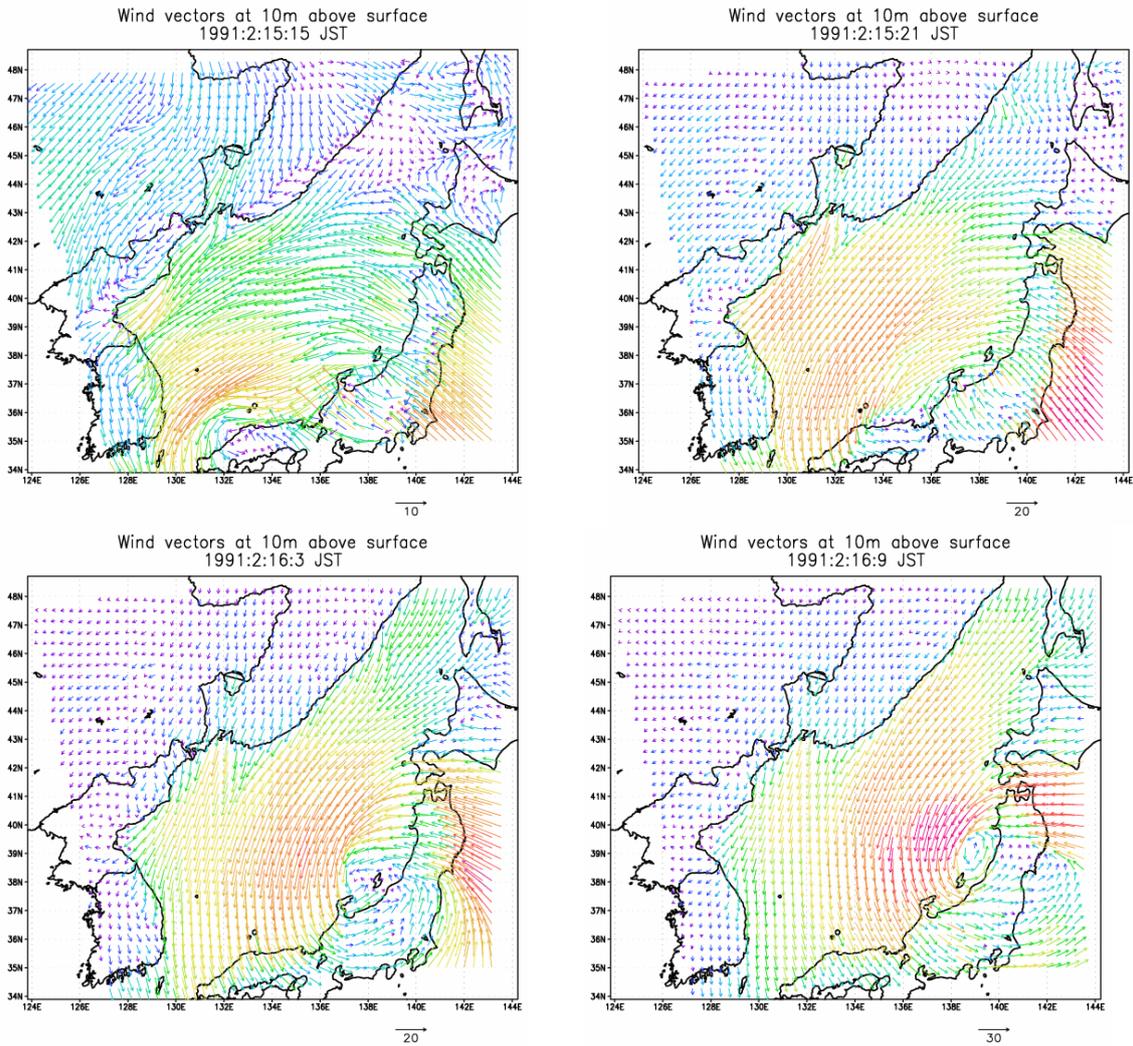


図-3.3.1 ケース 1 に対応する海上風の推算結果 (つづく)

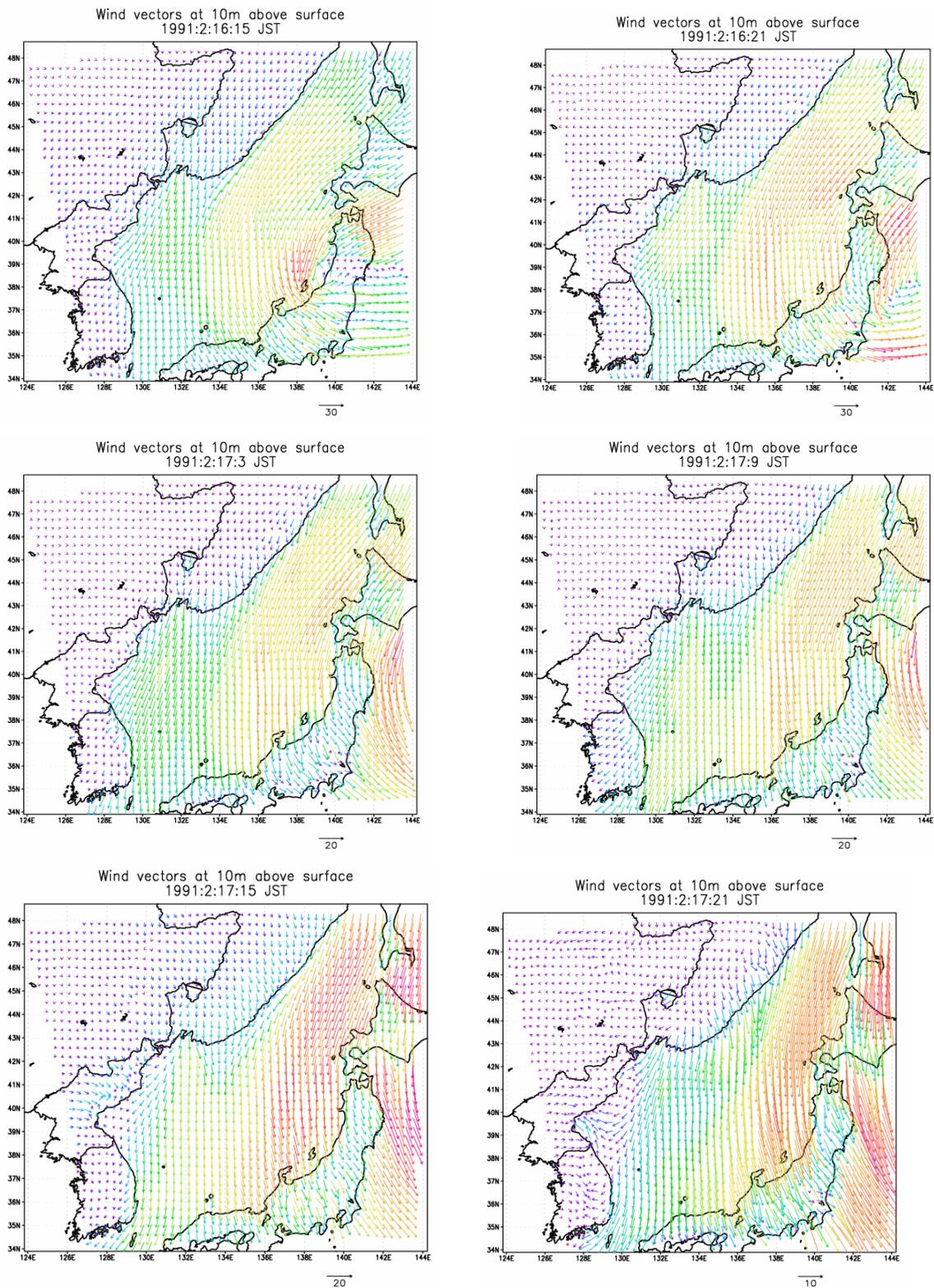


図-3.3.1 ケース 1 に対応する海上風の推算結果

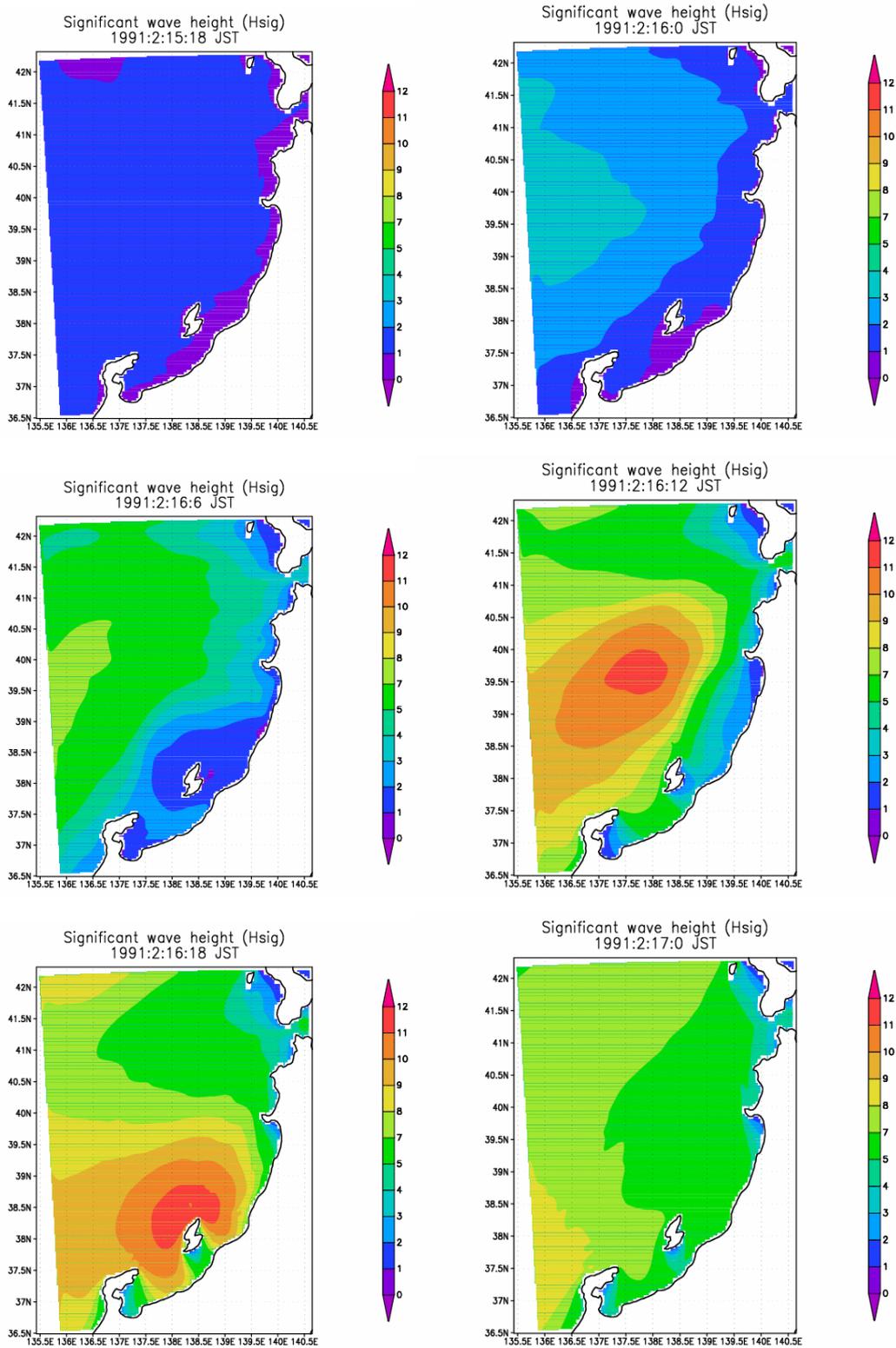


図-3.3.2 ケース 1 に対応する波浪の推算結果 (つづく)

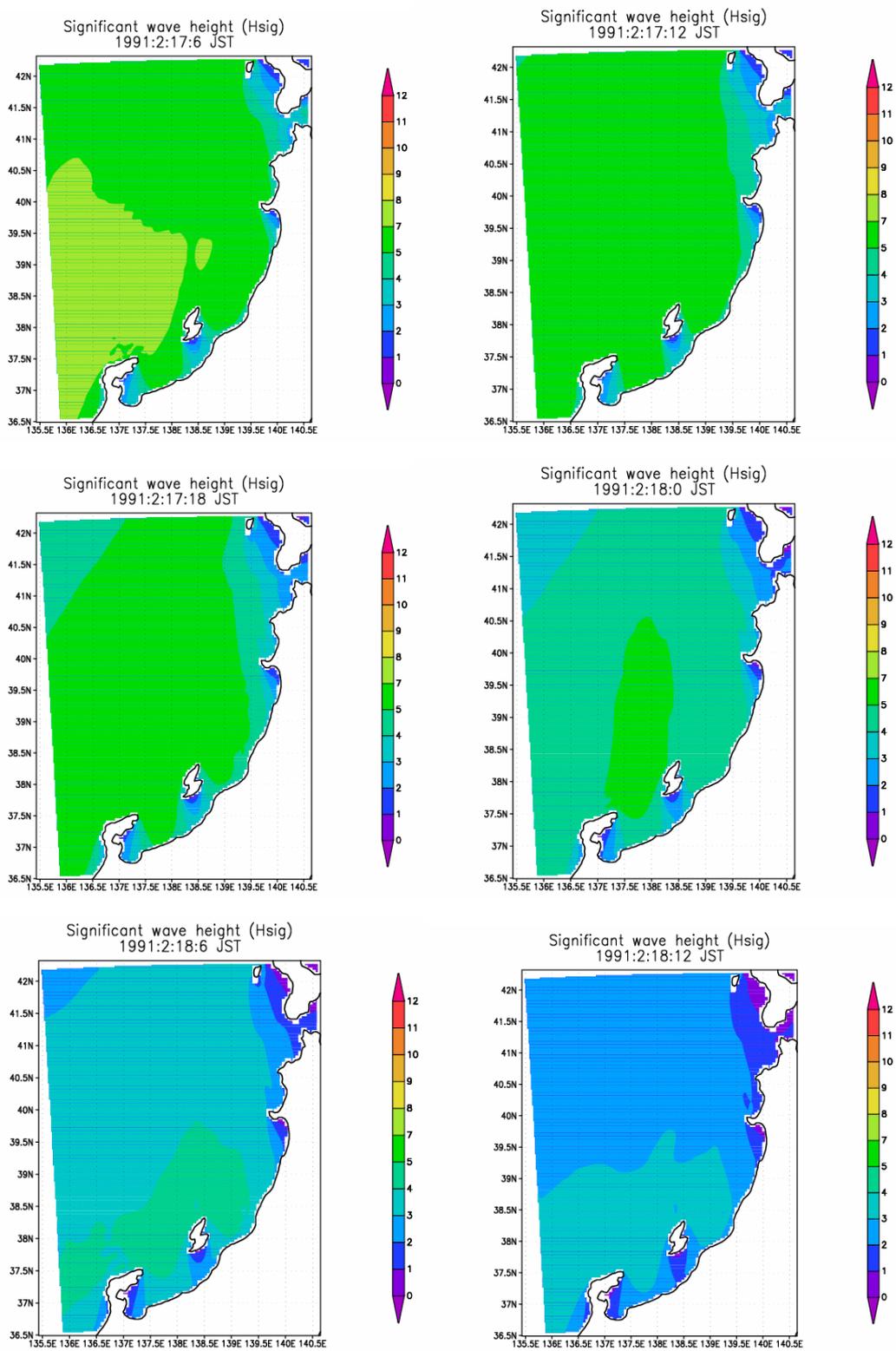


図-3.3.2 ケース 1 に対応する波浪の推算結果

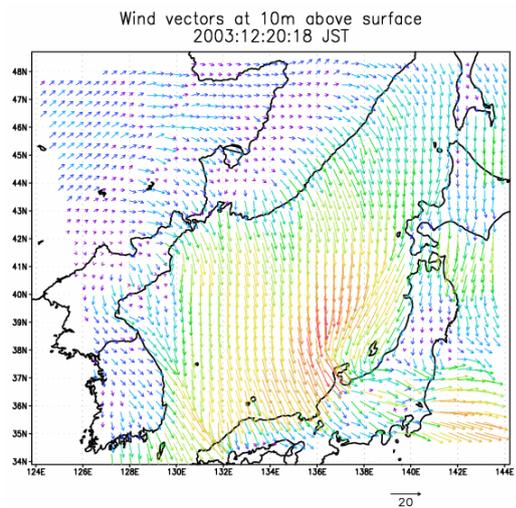
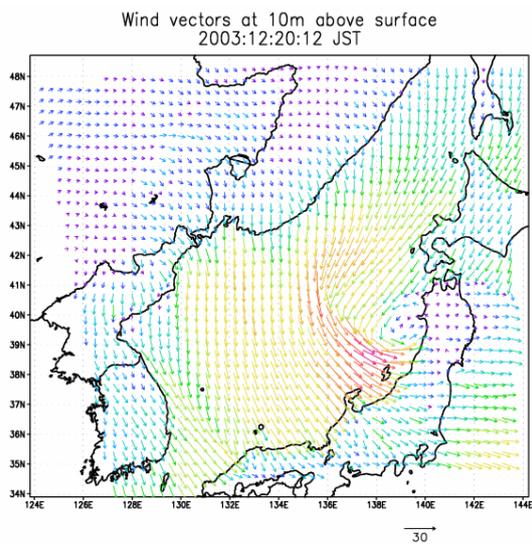
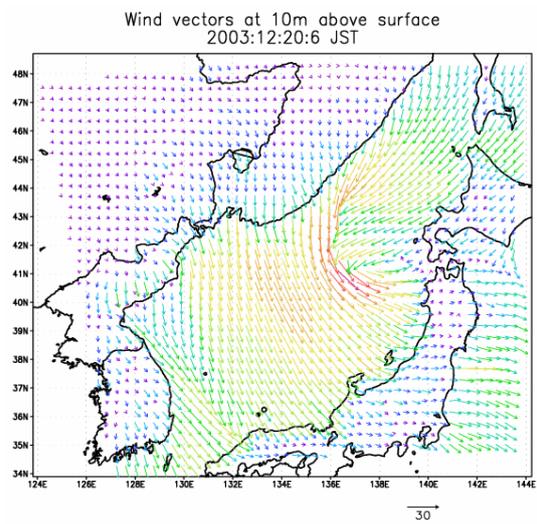
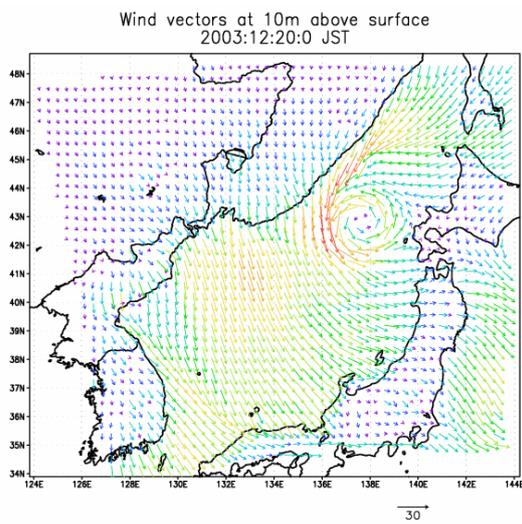
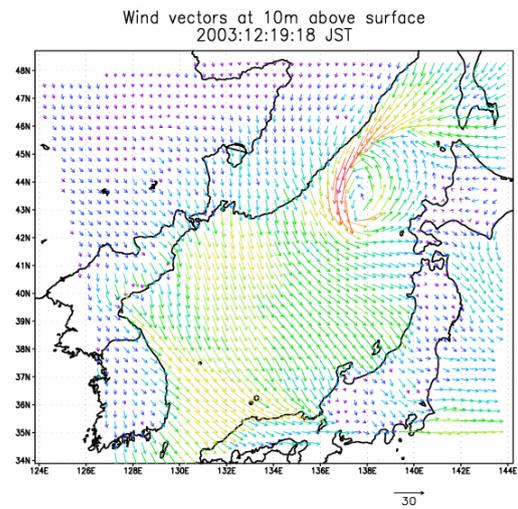
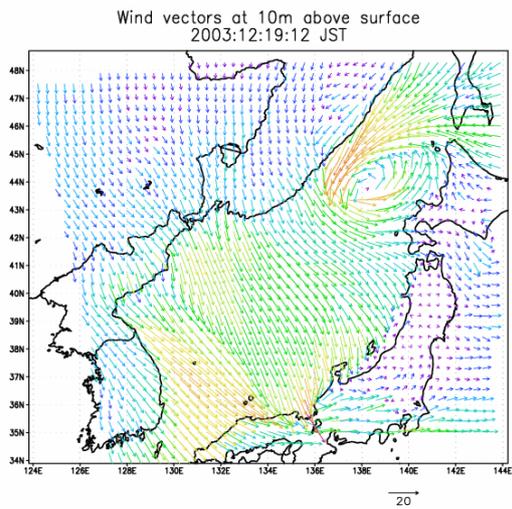


図-3.3.3 ケース 2 に対応する海上風の推算結果 (つづく)

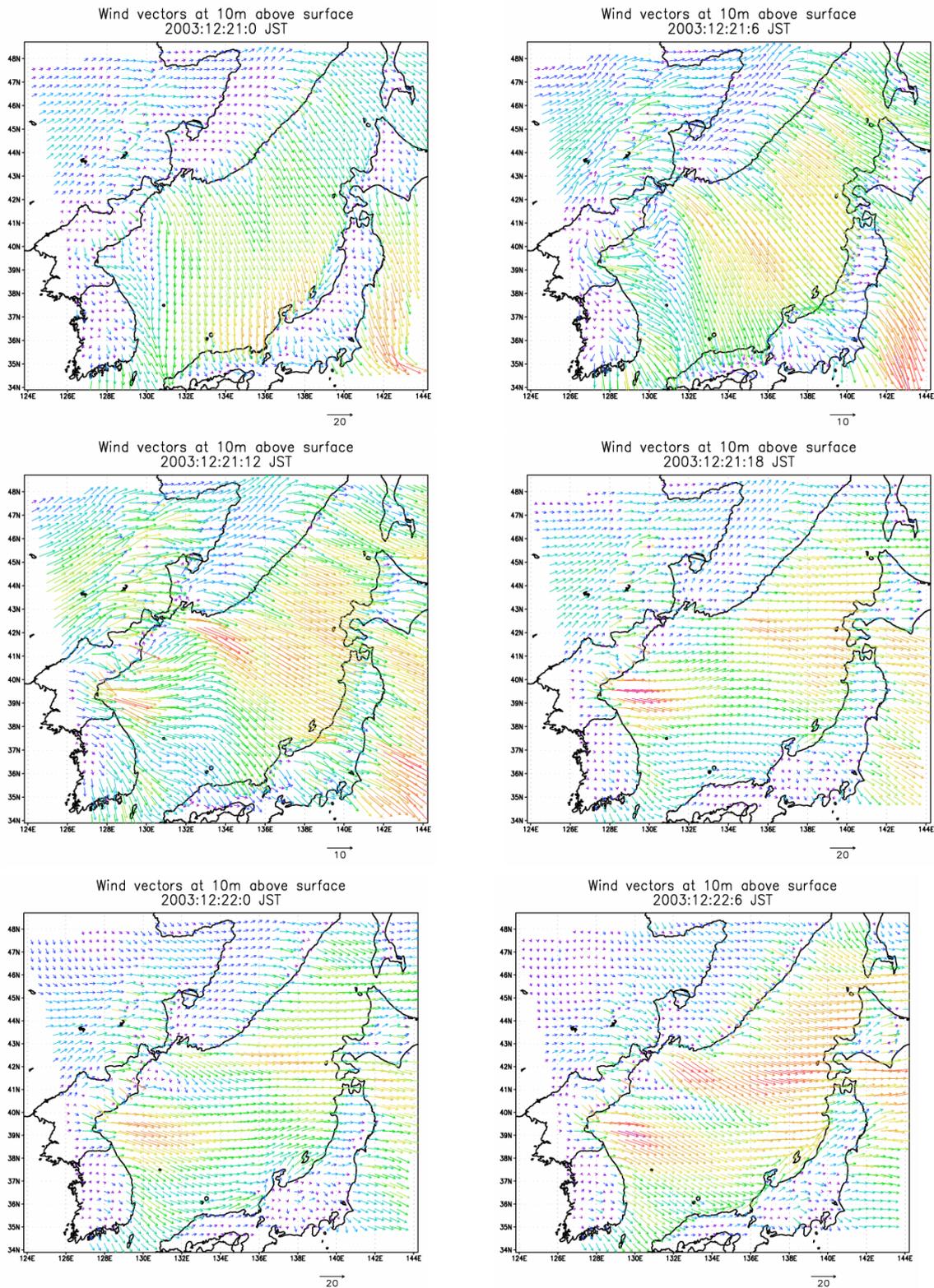


図-3.3.3 ケース 2 に対応する海上風の推算結果

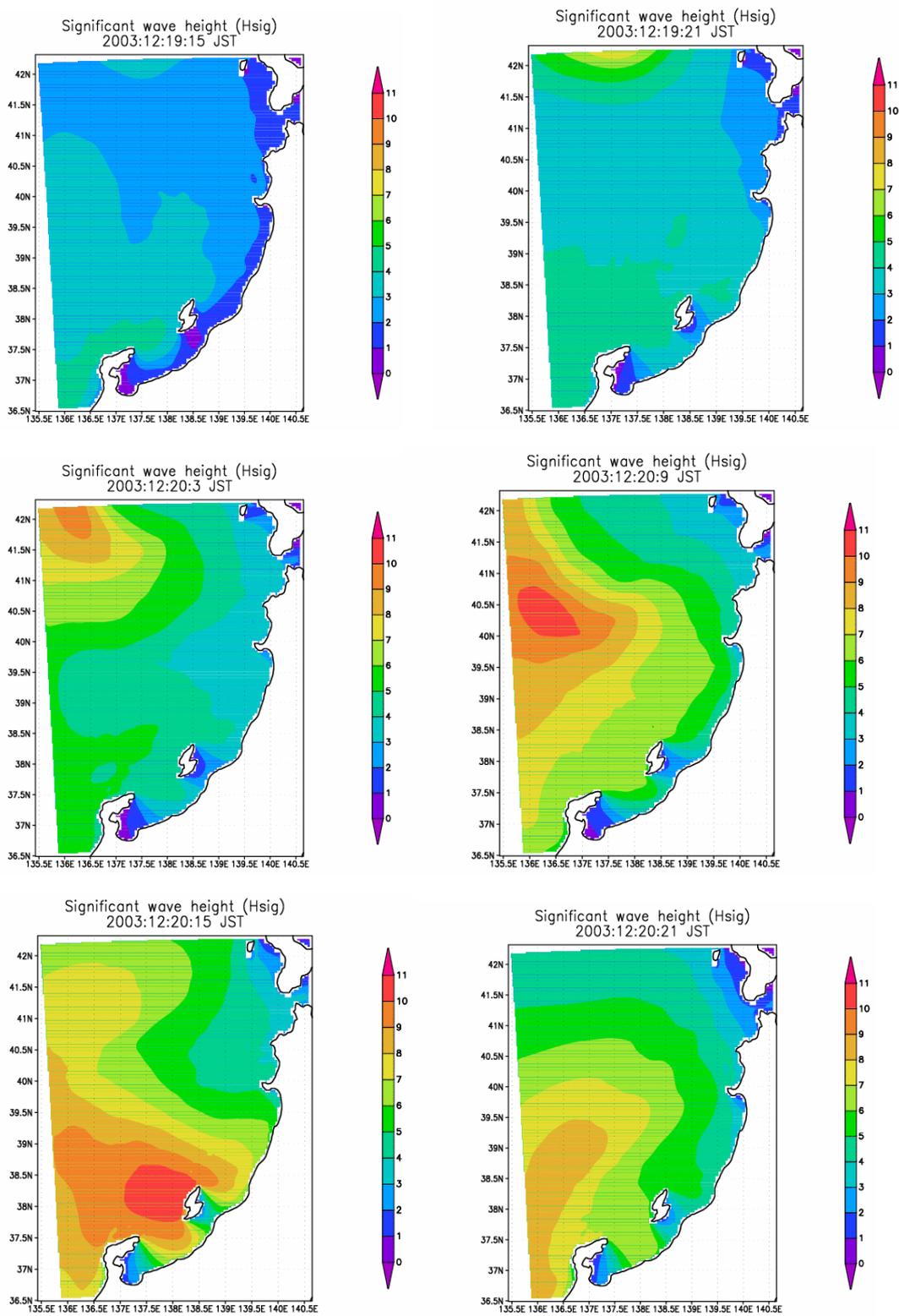


図-3.3.4 ケース 2 に対応する波浪の推算結果 (つづく)

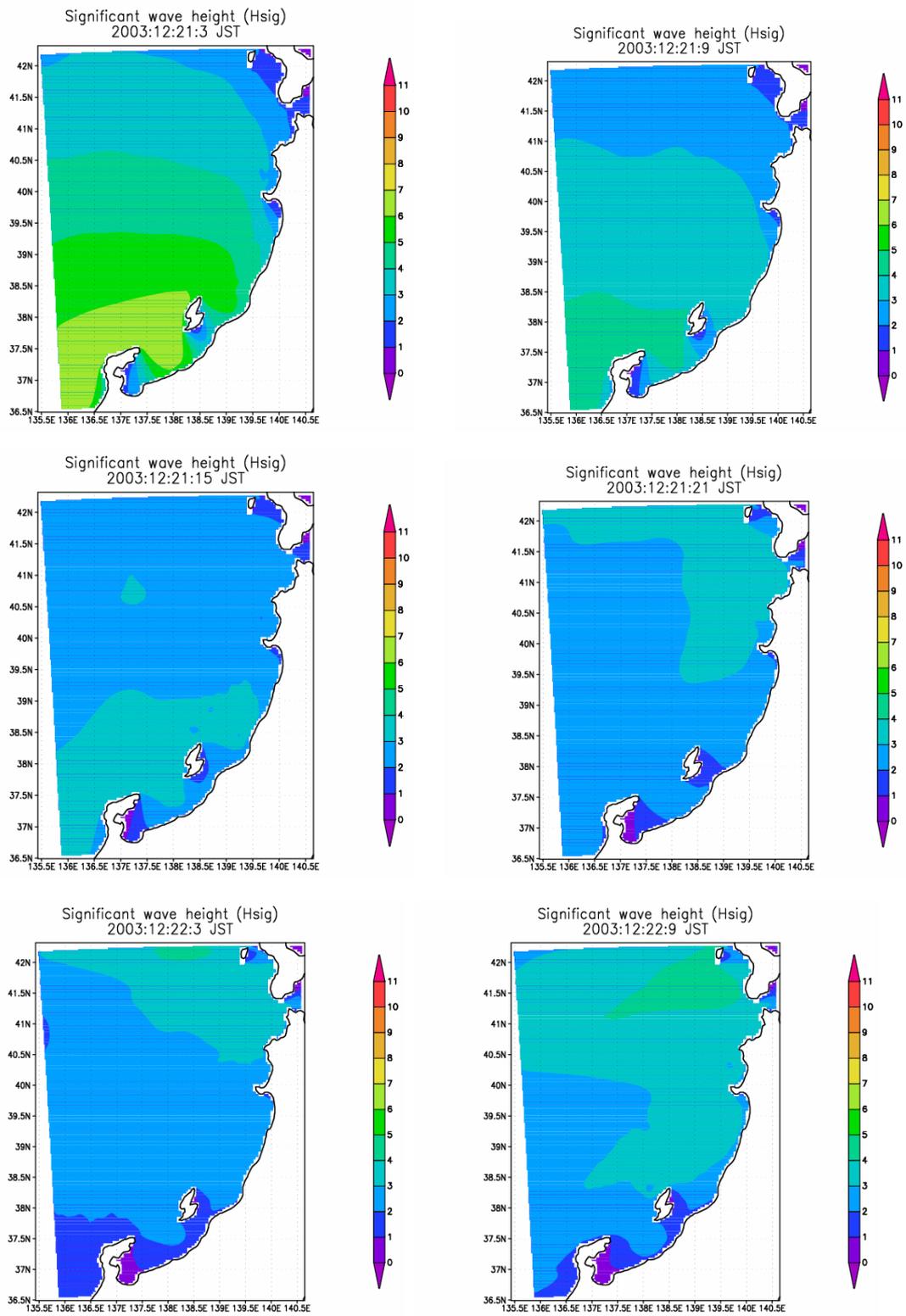


図-3.3.4 ケース 2 に対応する波浪の推算結果

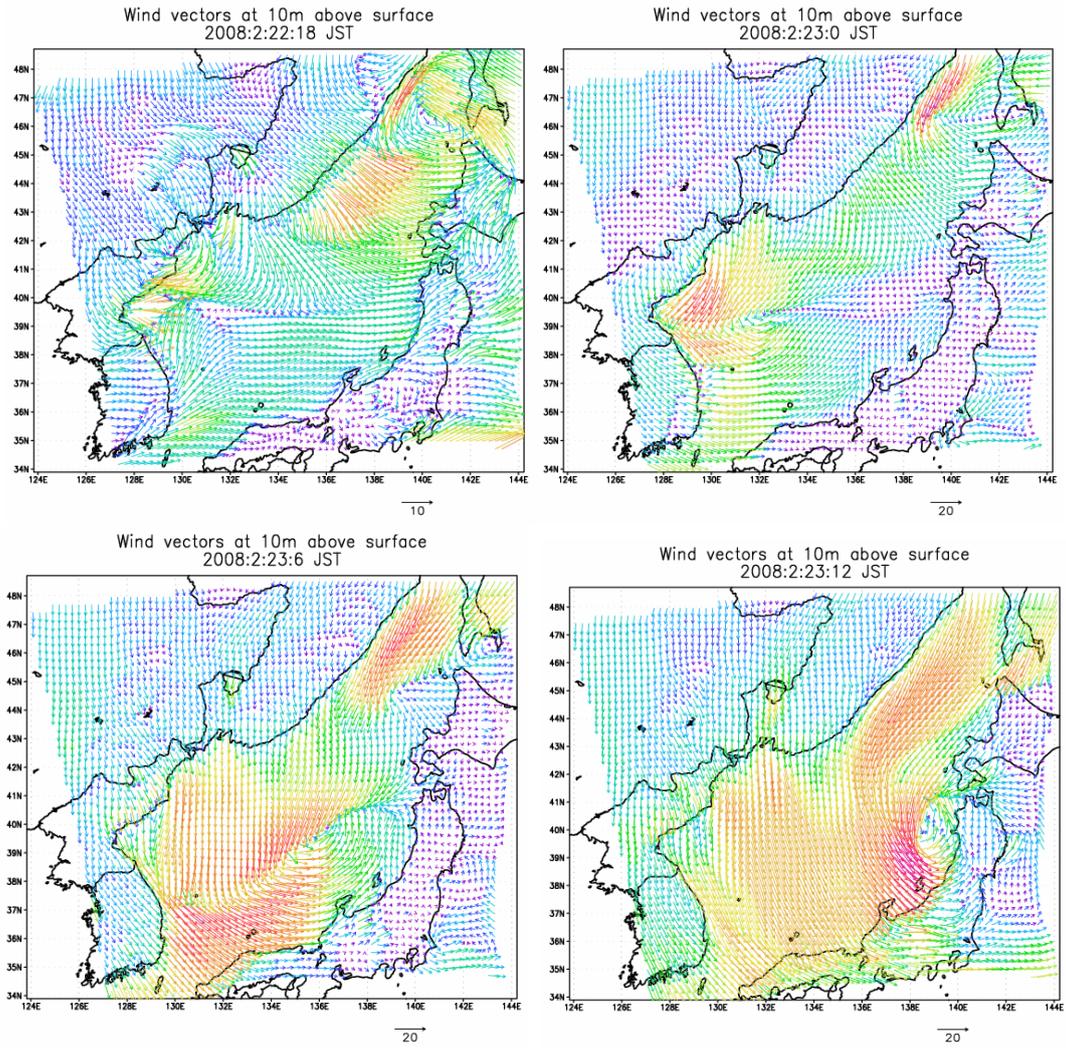


図-3.3.5 ケース 3 に対応する海上風の推算結果 (つづく)

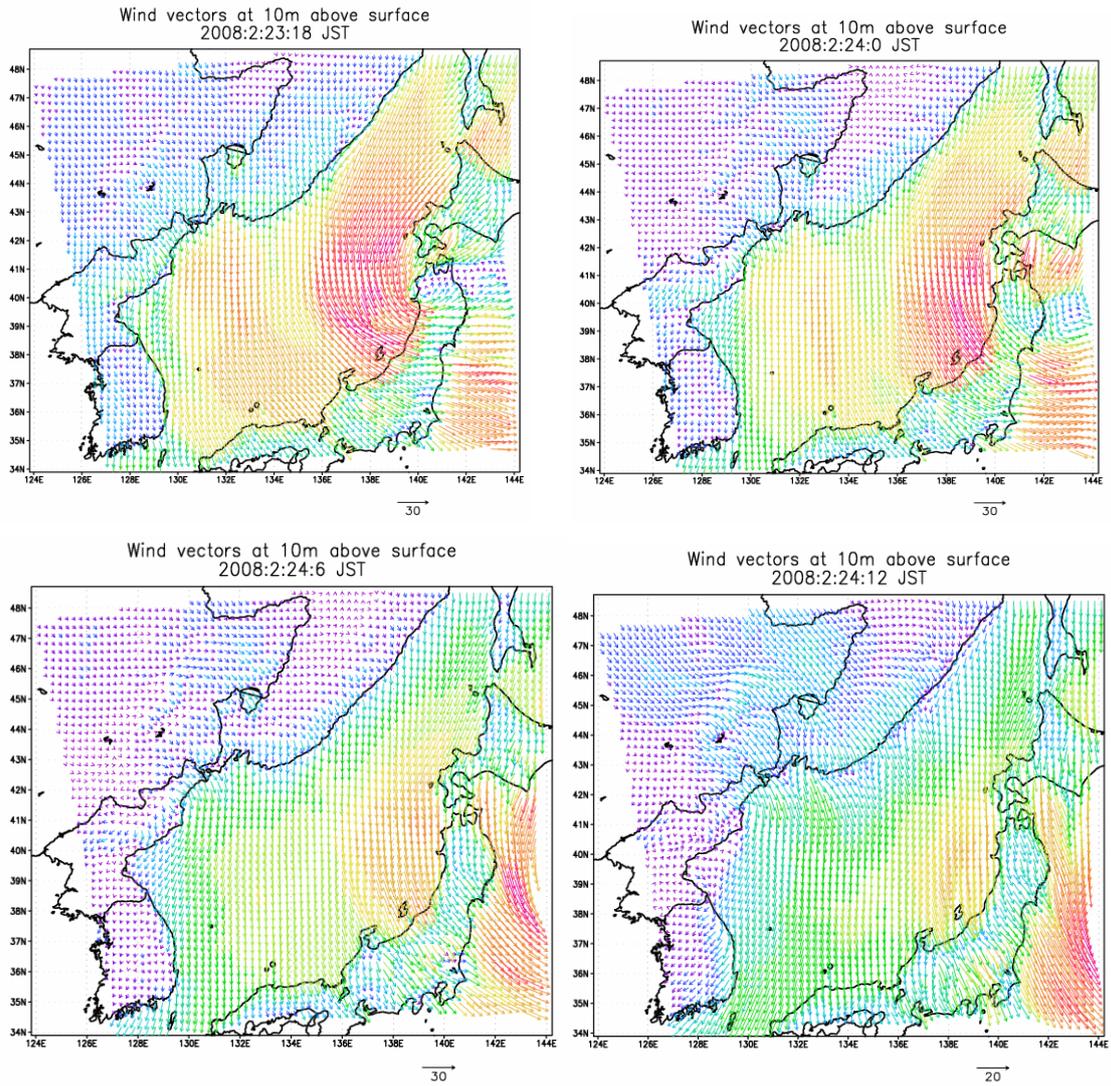


図-3.3.5 ケース 3 に対応する海上風の推算結果

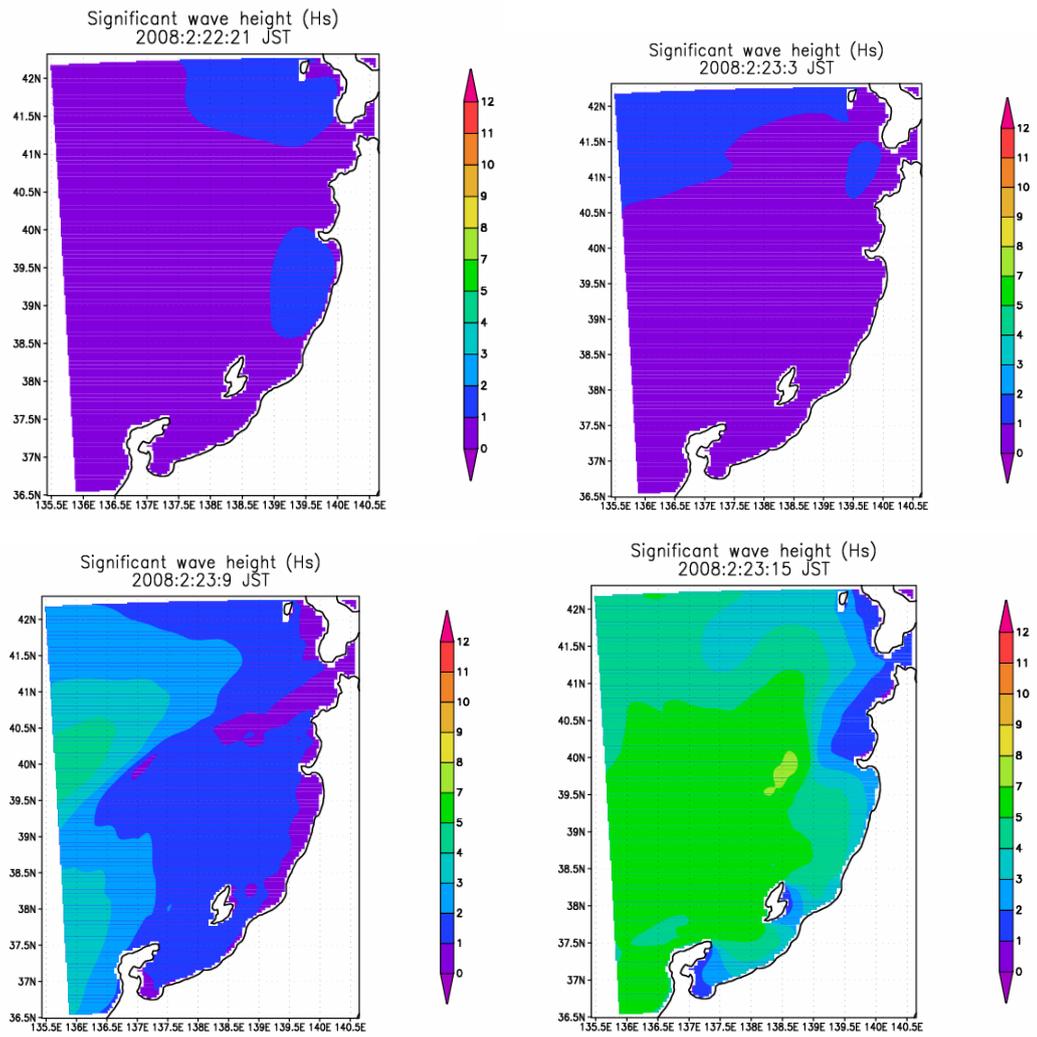


図-3.3.6 ケース 3 に対応する波浪の推算結果 (つづく)

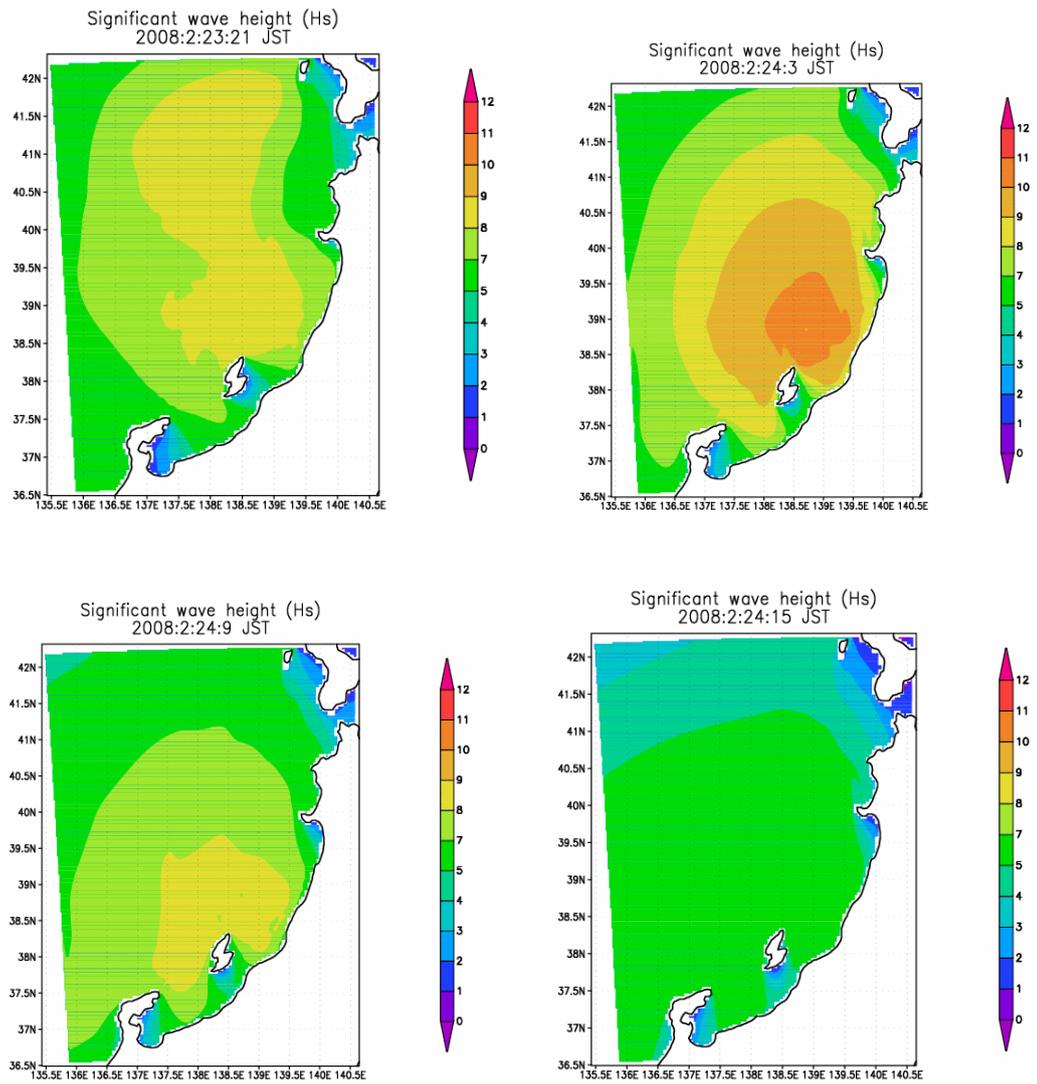


図-3.3.6 ケース 3 に対応する波浪の推算結果

(3) 過去の災害をもたらした異常波浪との比較のまとめ

各ケースの推算結果を要約すれば、日本海中部地域の沖波波浪の特性として、以下のように考えられる。

- (1) ケース 1 およびケース 3 の結果から、北海道の東方で停滞した低気圧による北東方向の強風によって南下したうねり性の長周期の波浪のエネルギーと北西季節風によって発達した風波のエネルギーとが重畳した場合に、日本海中部地域（新潟・富山）の沿岸では周期が長く、かつ、エネルギーレベルの高い異常波浪が発生することがわかった。
- (2) ケース 2 の結果から、日本海をゆっくりと低気圧が発達しながら通過する場合には、新潟県の沿岸海域で高波が来襲する。しかしながら、北東方向からのうねり性の長周期の波浪が来襲しない場合には、富山湾内の波浪はあまり発達しない。
- (3) ケース 1 とケース 3 の違いは、北東方向からの長周期のうねり性の波浪が来襲する時期が前後していることによる。すなわち、ケース 1 では低気圧が日本海を通過した後で北東方向からのうねり性波浪が来襲しているが、一方、ケース 3 では日本海低気圧によって発達した風波が新潟・佐渡の沖合に来襲した時期と北東方向からのうねり性波浪の来襲時期とがほぼ一致しており、この結果として吹送距離がさらに長くなり、周期の長くなった高波が富山湾内を含む広範囲に来襲したものである。

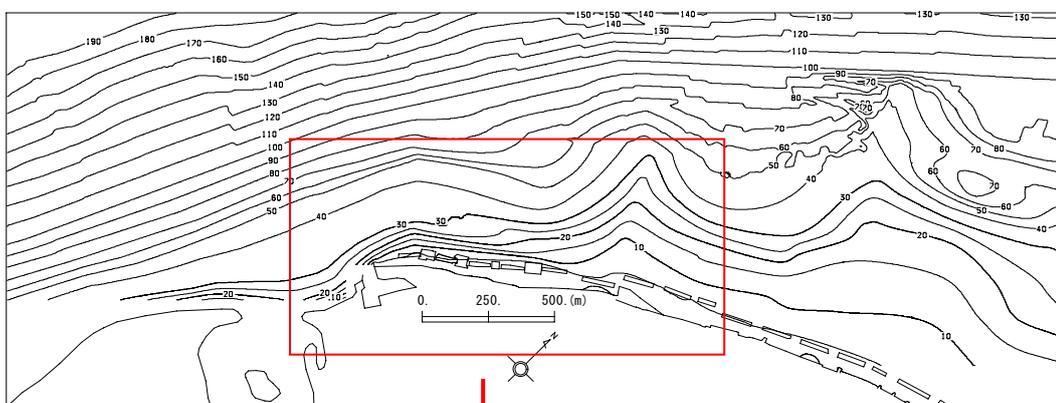
資料－４ 入善漁港海岸・鷲崎漁港における
被災メカニズムの検討

1. 入善漁港海岸の到達波高推定

1.1 検討条件

被災波による入善漁港海岸各施設への到達波高は、次のように算出した。すなわち、計算の効率を図るため、広領域の計算をエネルギー平衡方程式にて行い、入善漁港海岸周辺の各施設周辺狭領域の入射境界の条件を設定した。狭領域の波浪変形計算については、波の浅水、屈折、回折、反射だけでなく、有限振幅性、波群拘束波としての長周期波および水位上昇量を同時に評価できる数値モデルであるブシネスク方程式による波浪変形計算により行なった。エネルギー平衡方程式およびブシネスク方程式による波浪変形計算の範囲を以下の図に示す。検討条件は表-1 に示すとおりである。

入善海岸計算領域全体



入善海岸対象領域

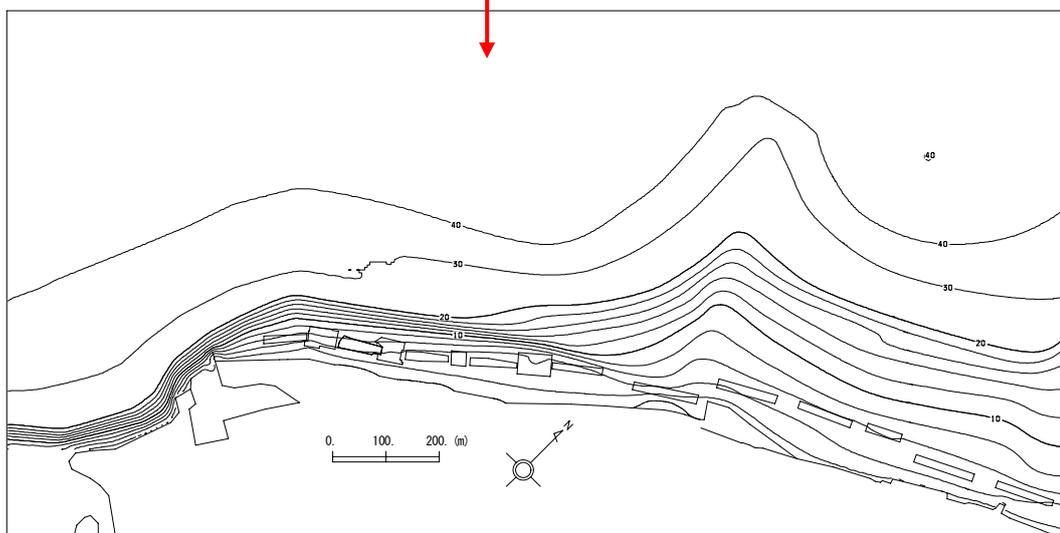


図-1 計算領域図（上；広領域、下；狭領域）

表-1 検討条件

項目	
格子間隔	DX=5.0m, DY=5.0m
格子数	沿岸方向 800×岸沖方向 400(広領域) 沿岸方向 400×岸沖方向 200(狭領域)
沖入射波向	N (被災波)
Ho (m)	6.2 (被災波)
To (s)	13.8 (被災波)
検討潮位	DL+0.85 (観測潮位 0.35m にサーフビートの振幅 0.25×2=0.50m を加えた潮位)

参考 [ブシネスク方程式モデル]

ブシネスク方程式モデルの特徴としては、浅海波の特性である非線形性ならびに分散性を考慮できる点が挙げられ、砕波による水位上昇やサーフビート等の長周期現象が取り扱える。

計算モデルの基礎方程式は、修正ブシネスク方程式(Madsen and Sorensen, 1992)であり、以下に示す連続の式、運動方程式により構成される。

連続の式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0$$

x 方向運動量方程式

$$\begin{aligned} & \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{P^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{PQ}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \nu \left(\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} \right) + \varepsilon_P + \frac{f}{2D^2} P \sqrt{P^2 + Q^2} \\ & = \left(B + \frac{1}{3} \right) h^2 \left(\frac{\partial^3 P}{\partial x^2 \partial t} + \frac{\partial^3 Q}{\partial x \partial y \partial t} \right) + Bgh^3 \left(\frac{\partial^3 \eta}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 \eta}{\partial x \partial y^2} \right) \\ & + h \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{1}{3} \frac{\partial^2 P}{\partial x \partial t} + \frac{1}{6} \frac{\partial^2 Q}{\partial y \partial t} \right) + h \frac{\partial h}{\partial y} \left(\frac{1}{6} \frac{\partial^2 Q}{\partial y \partial t} \right) + Bgh^2 \left\{ \frac{\partial h}{\partial x} \left(2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} \right\} \end{aligned}$$

y 方向運動量方程式

$$\begin{aligned} & \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{PQ}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \nu \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} \right) + \varepsilon_Q + \frac{f}{2D^2} Q \sqrt{P^2 + Q^2} \\ & = \left(B + \frac{1}{3} \right) h^2 \left(\frac{\partial^3 Q}{\partial y^2 \partial t} + \frac{\partial^3 P}{\partial x \partial y \partial t} \right) + Bgh^3 \left(\frac{\partial^3 \eta}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 \eta}{\partial x^2 \partial y} \right) \\ & + h \frac{\partial h}{\partial y} \left(\frac{1}{3} \frac{\partial^2 Q}{\partial y \partial t} + \frac{1}{6} \frac{\partial^2 P}{\partial x \partial t} \right) + h \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{1}{6} \frac{\partial^2 P}{\partial y \partial t} \right) + Bgh^2 \left\{ \frac{\partial h}{\partial y} \left(2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} \right) + \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} \right\} \end{aligned}$$

ここで、x、y:平面座標、t:時間、 η :水位、P:x 方向線流量、Q:y 方向線流量、h:静水深、
D:全水深(D=h+ η)、f:底面摩擦係数、 ν :砕波の影響を表す渦動粘性係数

Madsen ら (1992) は、分散項の補正係数を B=1/15 としている。

砕波の影響を表す渦動粘性係数 ν は、片山らの提案による次式を用いる。

$$\nu = \frac{\alpha_D s g d}{\sigma^2} \sqrt{\frac{g \cdot \hat{Q} - Q_r}{d \cdot Q_s - Q_r}}$$

$$Q_s = 0.4(0.57 + 5.3s) \sqrt{gd^3}$$

$$Q_r = 0.135 \sqrt{gd^3}$$

d:平均水深、s:海底勾配、 α_D :係数、 \hat{Q} :線流量の振幅、

ε_P 及び ε_Q :無反射境界や部分反射境界に適用するエネルギー減衰項

基礎方程式の解法は、スタガード格子を用いた差分法で行う。沖側造波境界で設定された有義波高、有義波周期に対応する周波数スペクトルを基に 100~200 の成分波の分割し、成分波より不規則の波形（水位の時経列）を造波境界から伝播する時々刻々の水位、流速を計算する。各地点の数 100 波分の水位時経列の計算結果より有義波高、長周期波振幅、平均水位上昇量を算定する。

1.2 各施設の到達波高

ブシネスク方程式による波浪変形計算により得られた、波高分布図を図-2 に、水位のスナップ(10s 間隔)を図-3 に、平均水位上昇量の分布を図-4 に、長周期波振幅(ζ_{rms})の分布図を図-5 にそれぞれ示す。なお、ここでの長周期波は周期 60s 以上の波浪である。

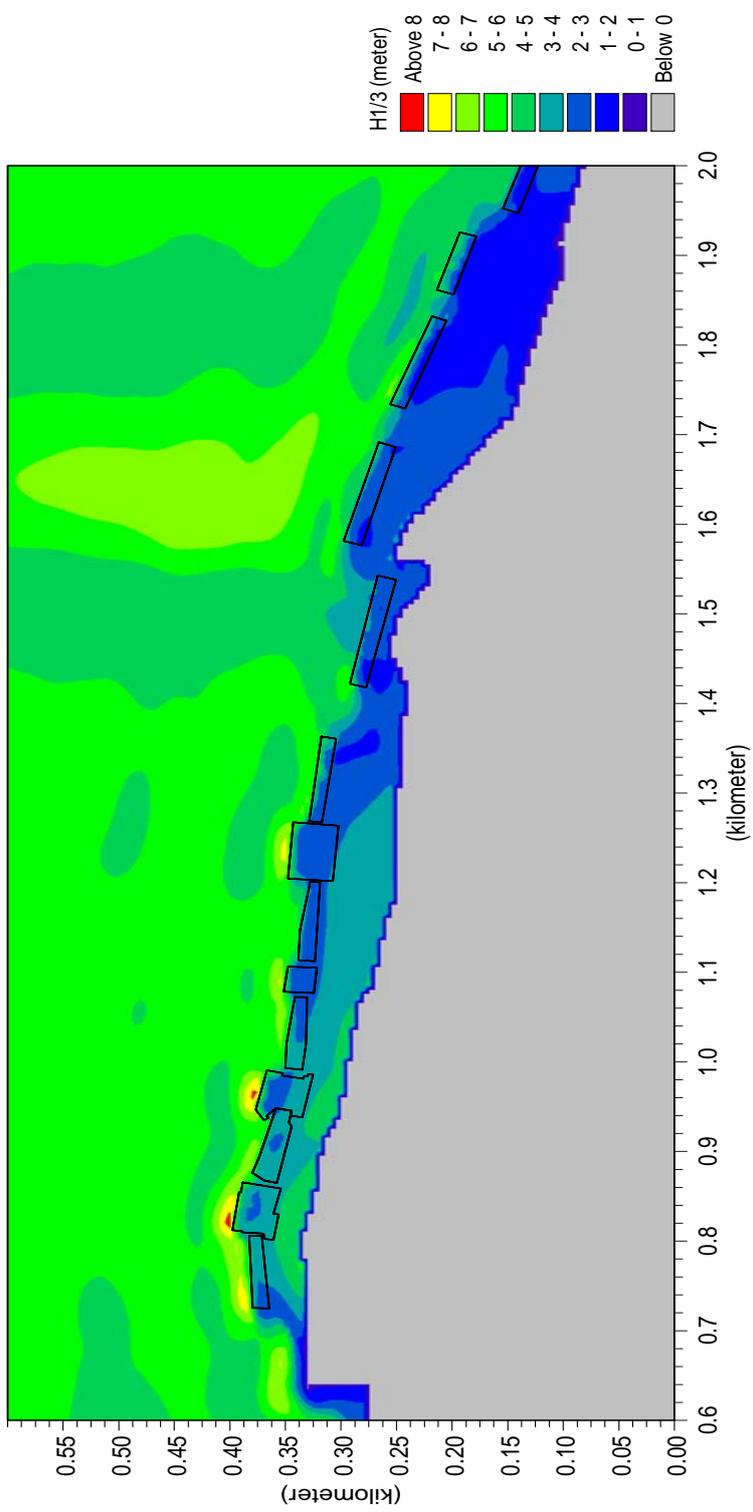


图-2 波高分布图(被災波)

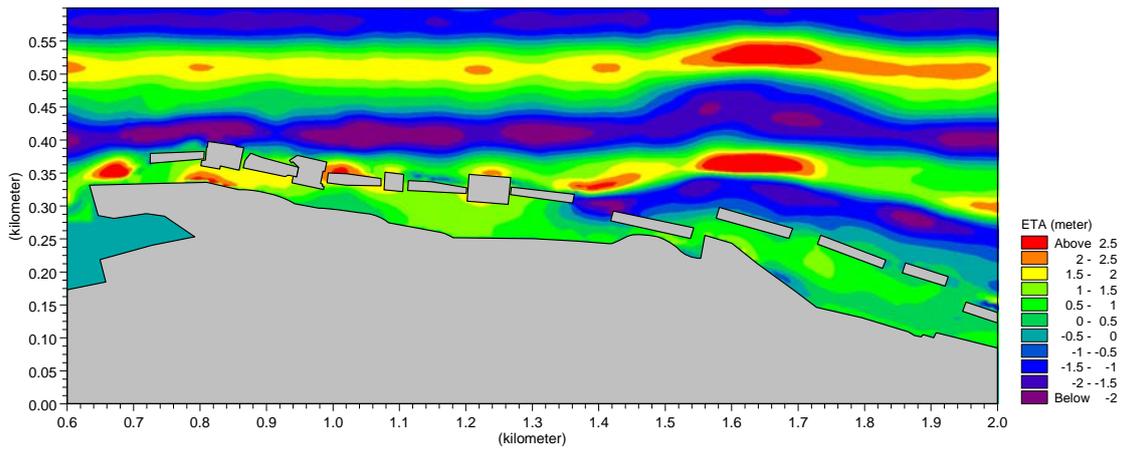
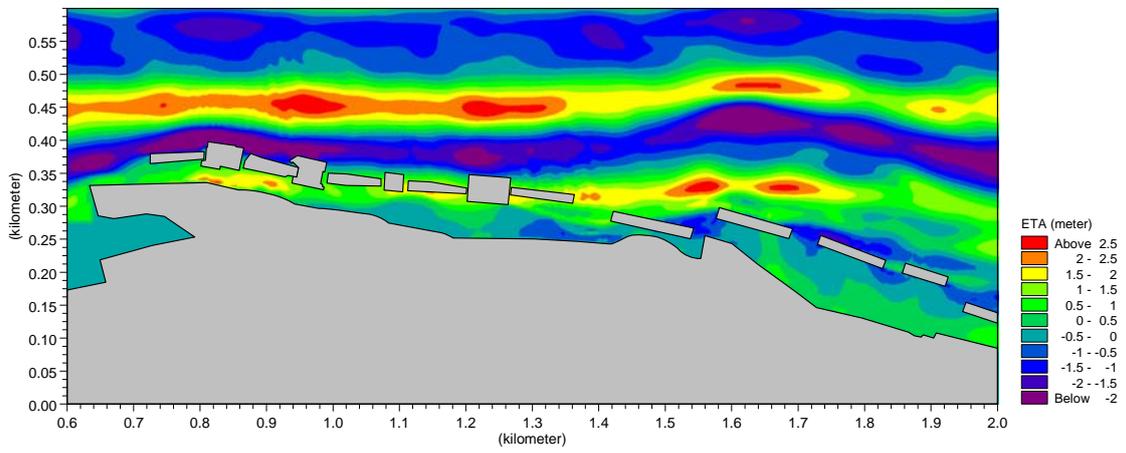
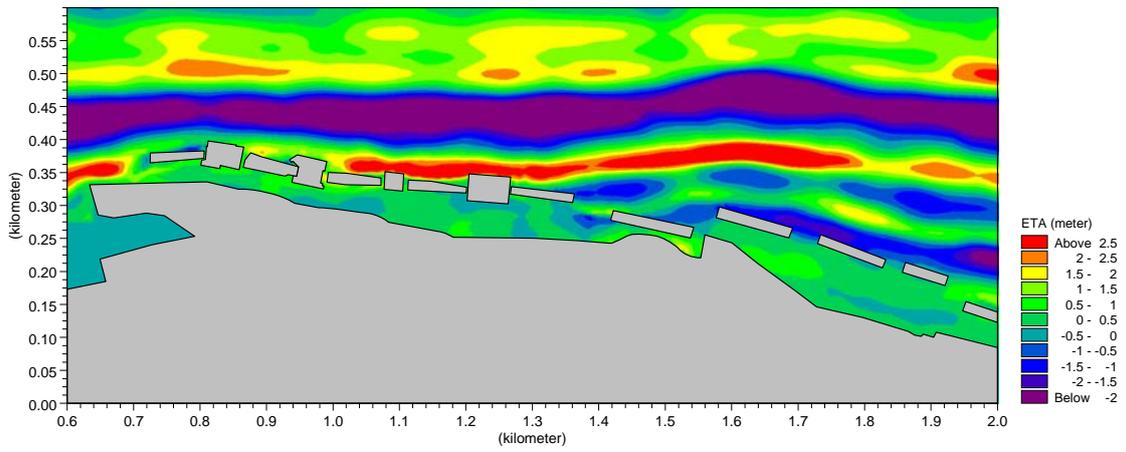


図-3 水位スナップ(被災波、10s 間隔で出力)

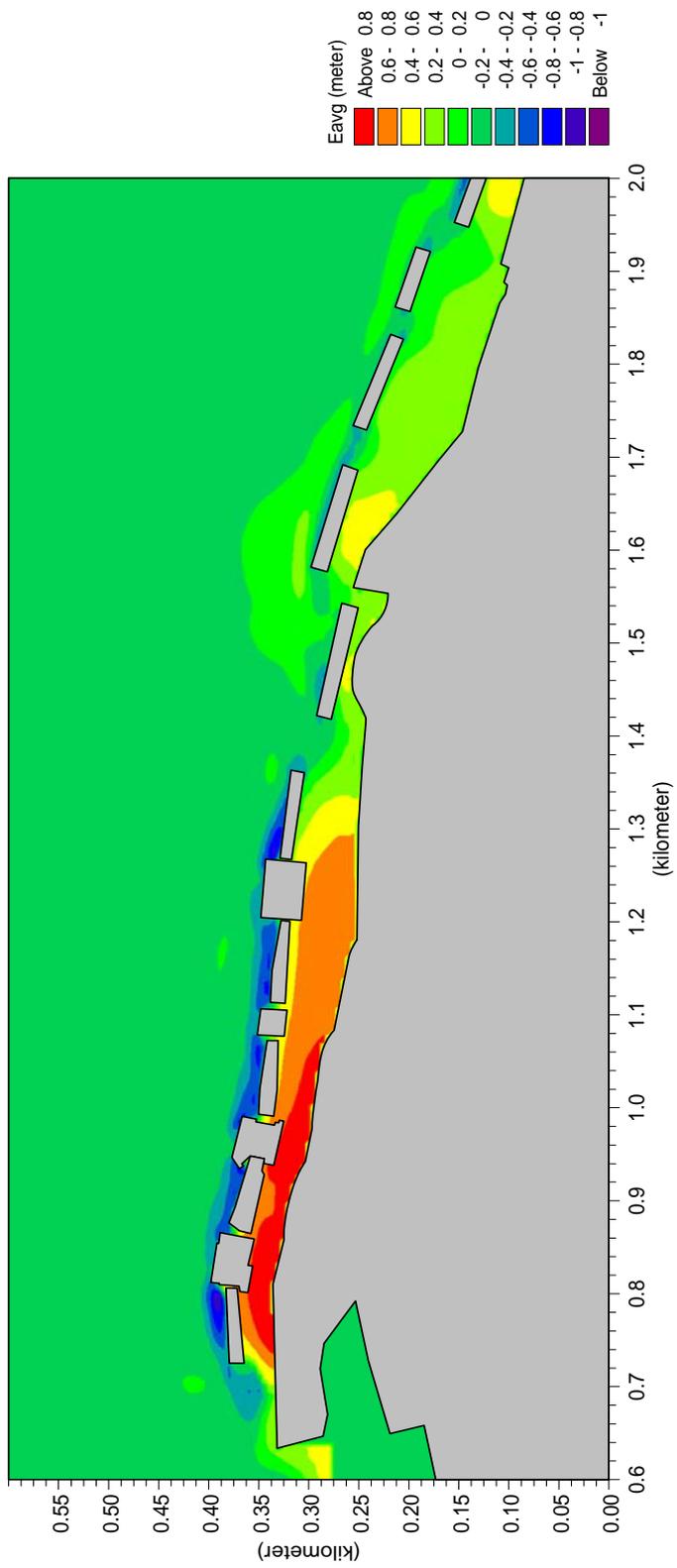


图-4 平均水位上升量分布(被災波)

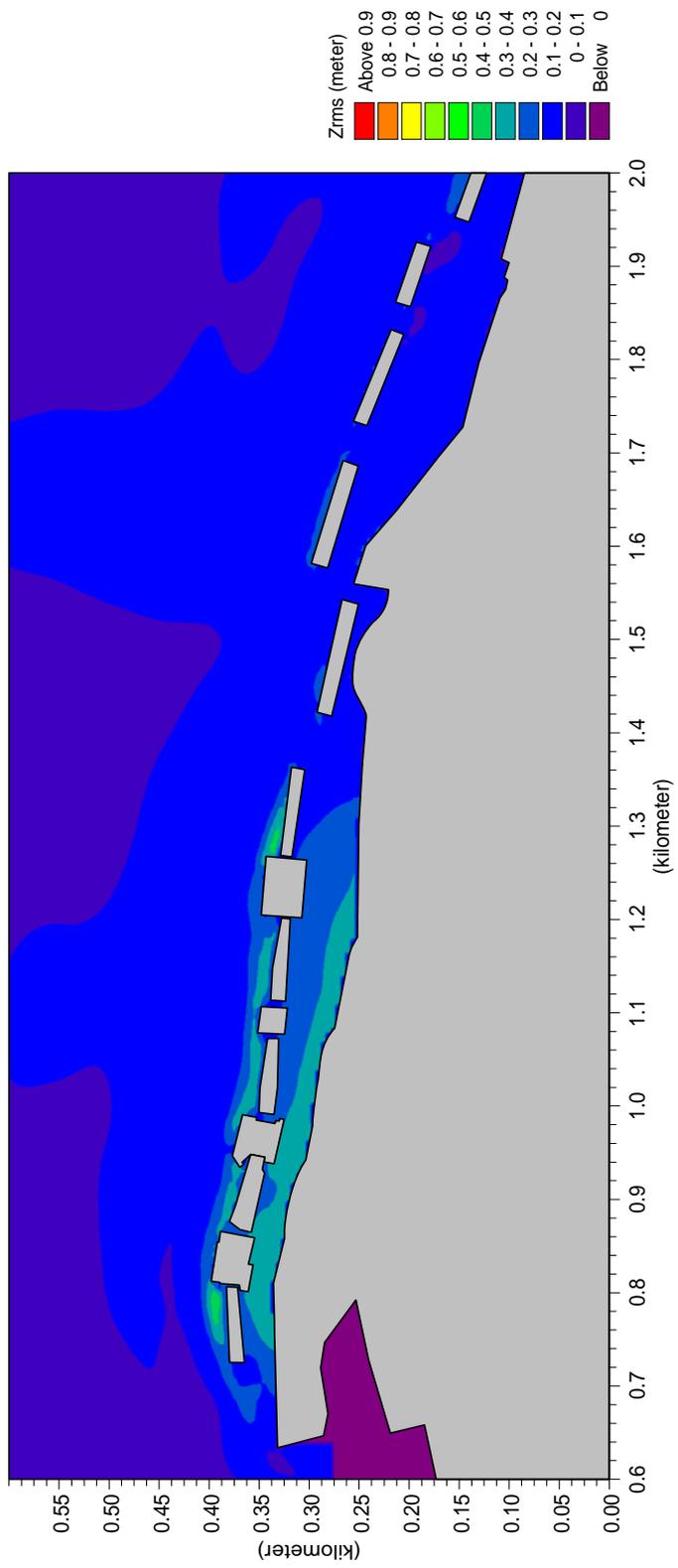


图-5 长周期波振幅(被災波)

入善漁港海岸の各施設の到達波高の値を図-6 に示す。図には各施設の現設計波の値も示してある。

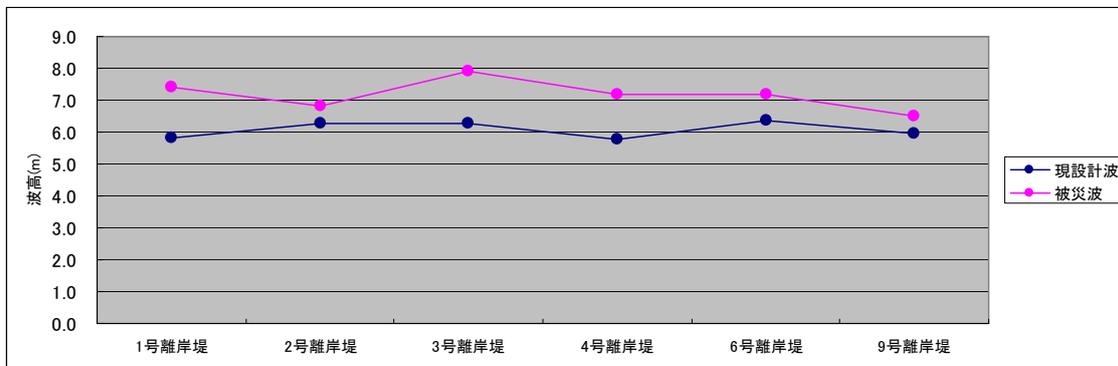


図-6 到達波高一覧

1.3 被災発生メカニズム

入善漁港海岸は沖周辺の海底勾配が非常に急勾配であり、一部 1/10 よりも急な箇所もある。このような海底地形の影響により、沖合いからの波浪は急勾配の斜面上で急激に立ち上がるように発達し、離岸堤や潜堤に作用する。

今回の被災では、来襲波浪の周期が長いことだけでなく、通常の波浪成分よりも長い長周期波浪成分が発達したことや、水位上昇量が大きかったことなどが特徴として挙げられる。ブシネスク方程式の波浪変形計算からも 1号～4号の離岸堤背後では水位上昇量が大きくなっており、被災箇所と一致している。これらの長周期の水位変動にさらに高波浪がのるような形で来襲したことにより、現行の設計波高を上回る波高となって被災が発生したと推察できる。

ここでは、①長周期波による影響、②急勾配による影響、について検討を加えた。

① 長周期波浪の地形による屈折特性

田中観測データから、被災時に長周期波が来襲していた可能性があることがわかった。この長周期波は、周期（波長）が長いため、通常の周期では影響を受けない海底谷などの地形の影響を受けて変形する可能性がある。このことを確認するため、エネルギー平衡方程式による屈折計算を行った。その結果、長周期波では通常周期成分では見られない海底谷による波の収斂効果が高いことがわかった。また、入善漁港前面でも地形の影響により、長周期波ほど収斂する効果があることがわかった。

表-2 屈折計算条件

計算条件	
潮位	H.W.L. (=D.L.+0.5m)
波高	単位波高
周期	15s、80s、140s
波向	N
Smax	75
その他	周波数分割：規則波 方向分割：45

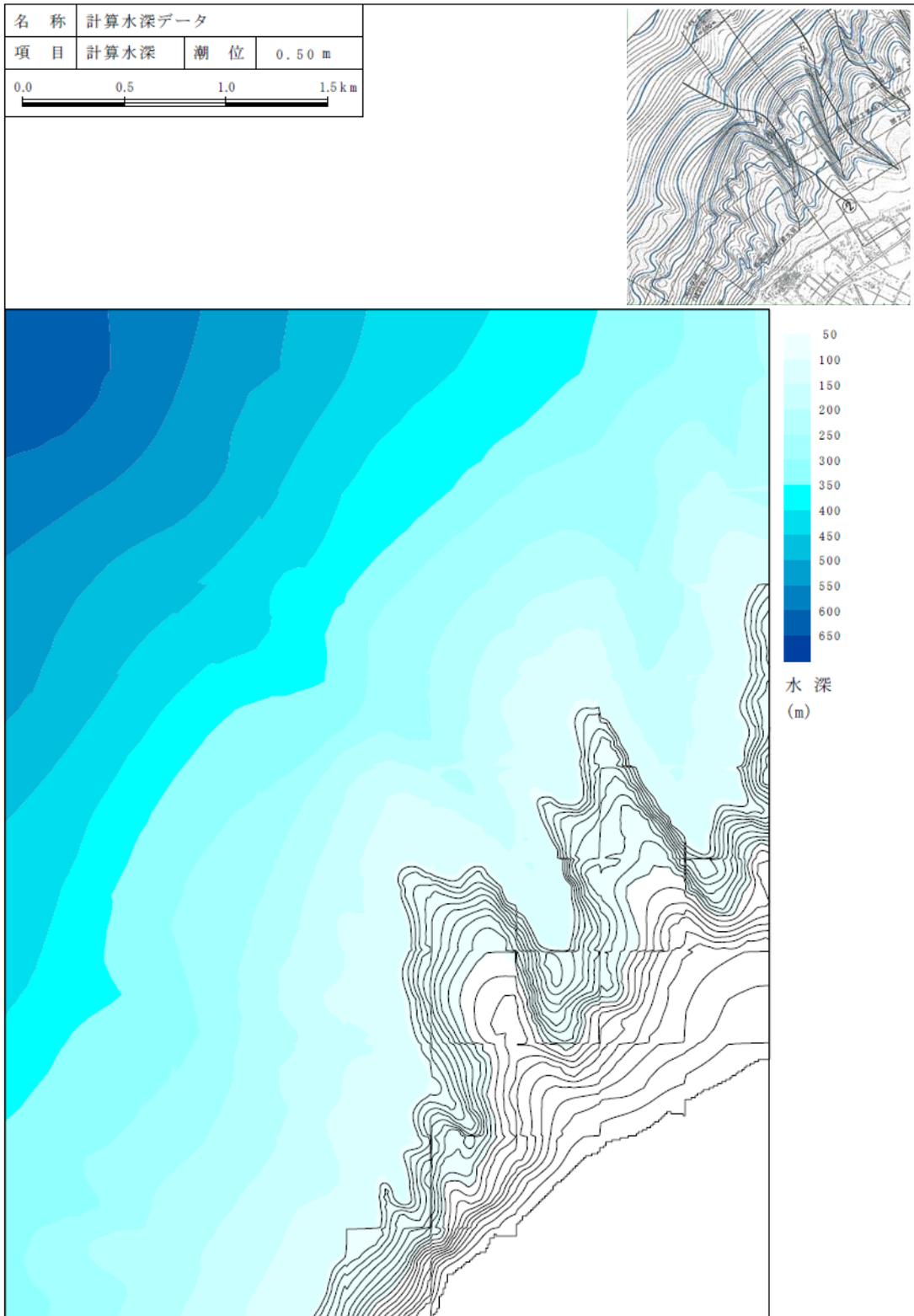


図-10 計算領域

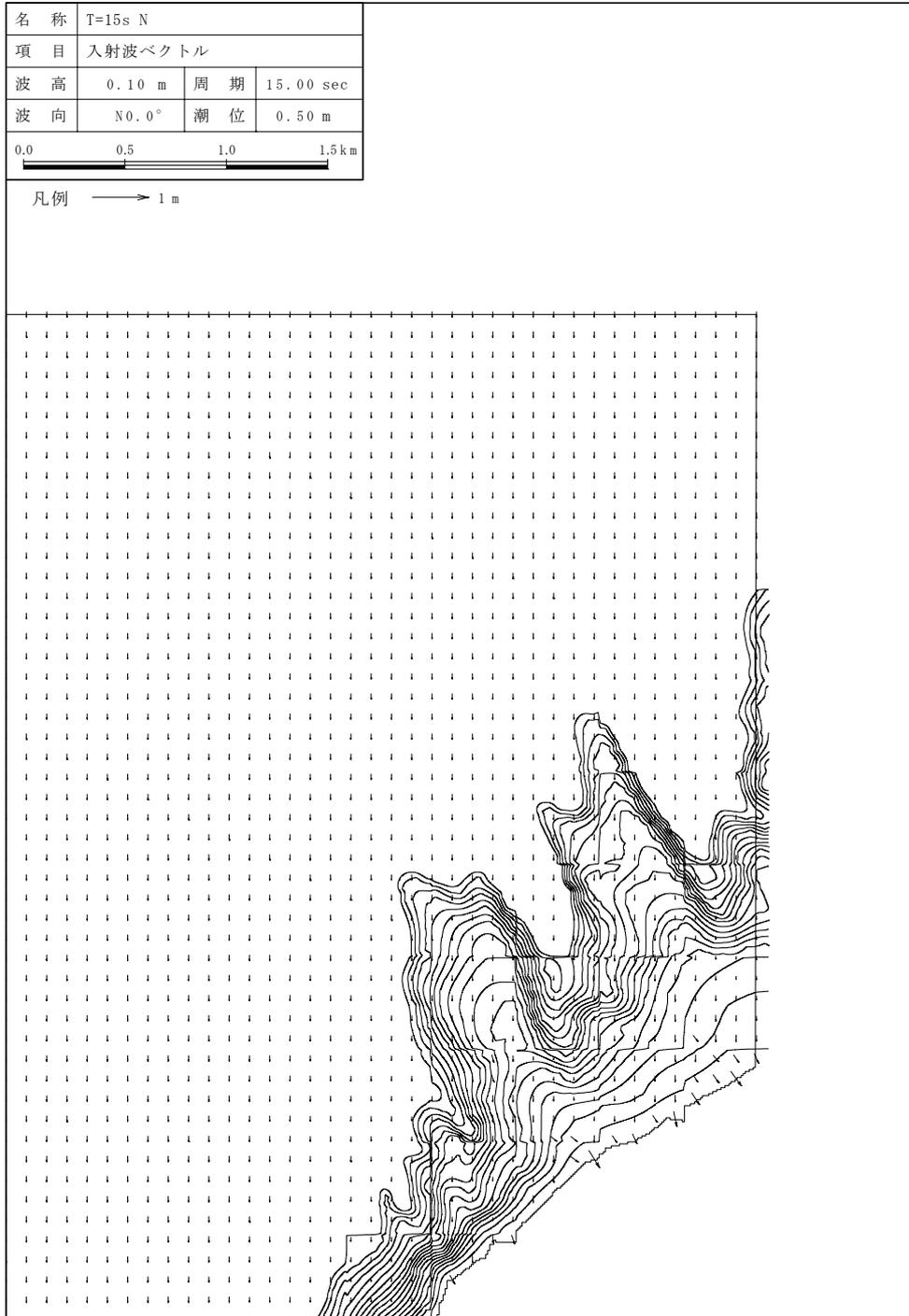


図-11 屈折計算結果（波向ベクトル図、T=15s）

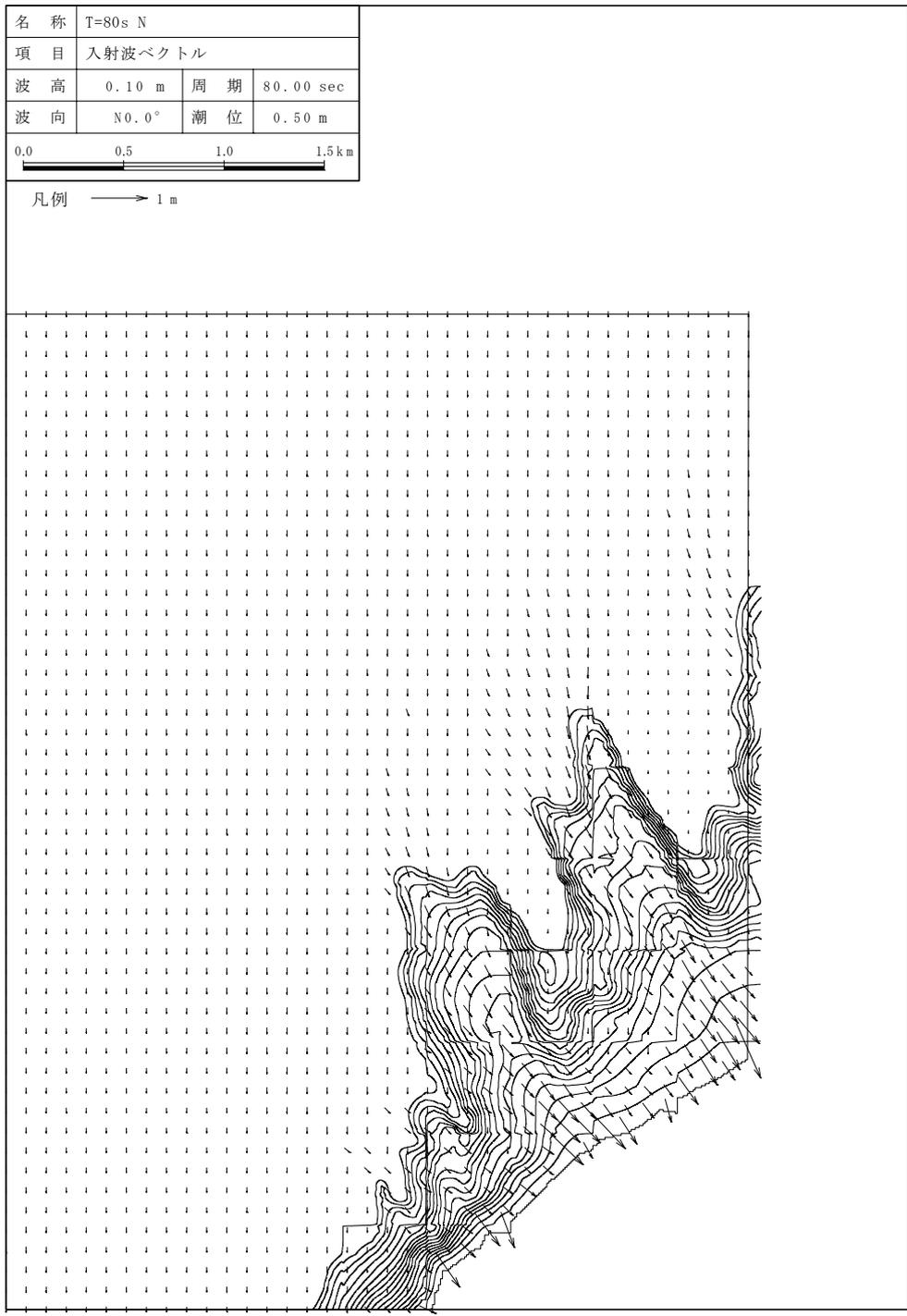


図-12 屈折計算結果（波向ベクトル図、T=80s）

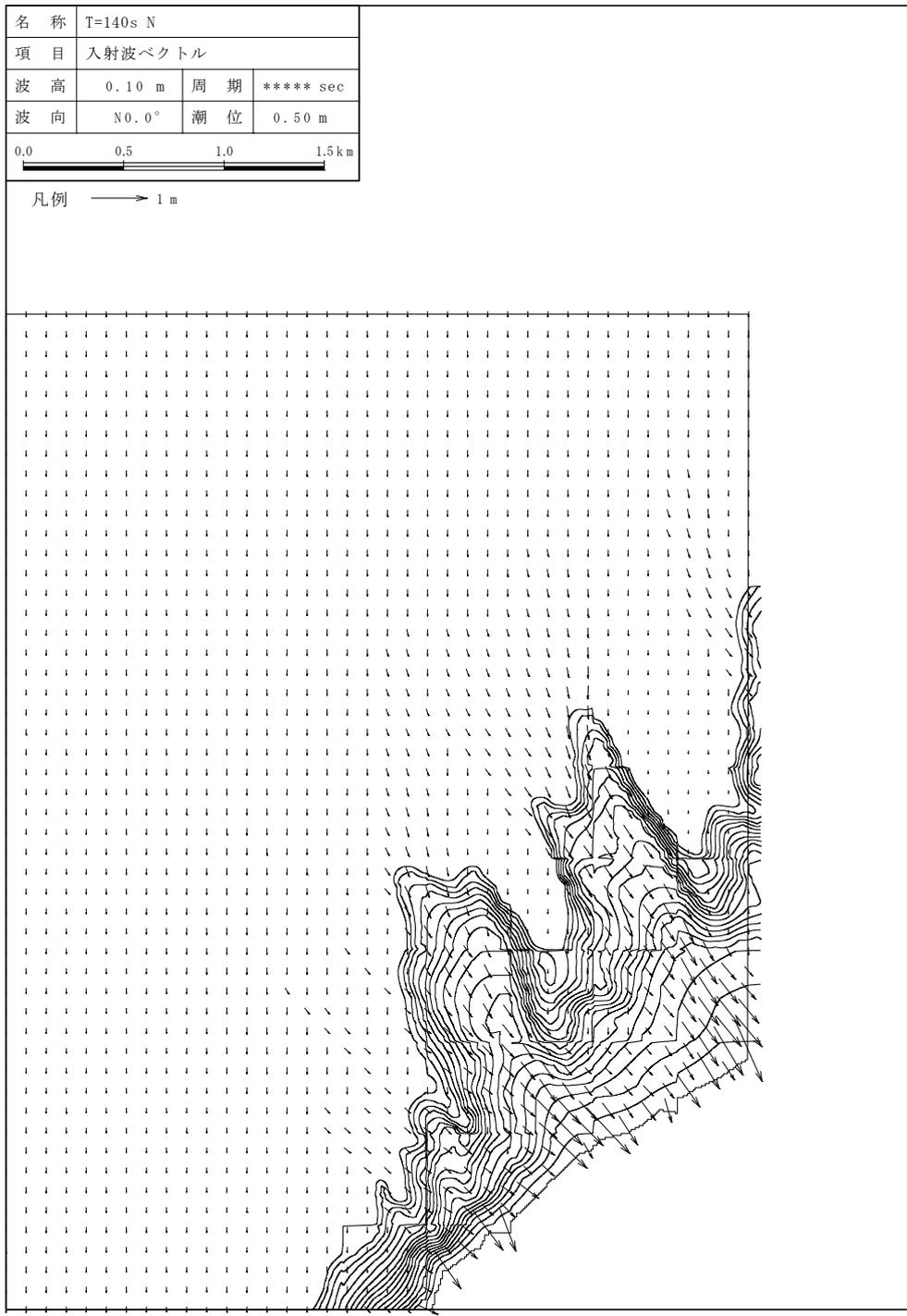


図-13 屈折計算結果（波向ベクトル図、T=140s）

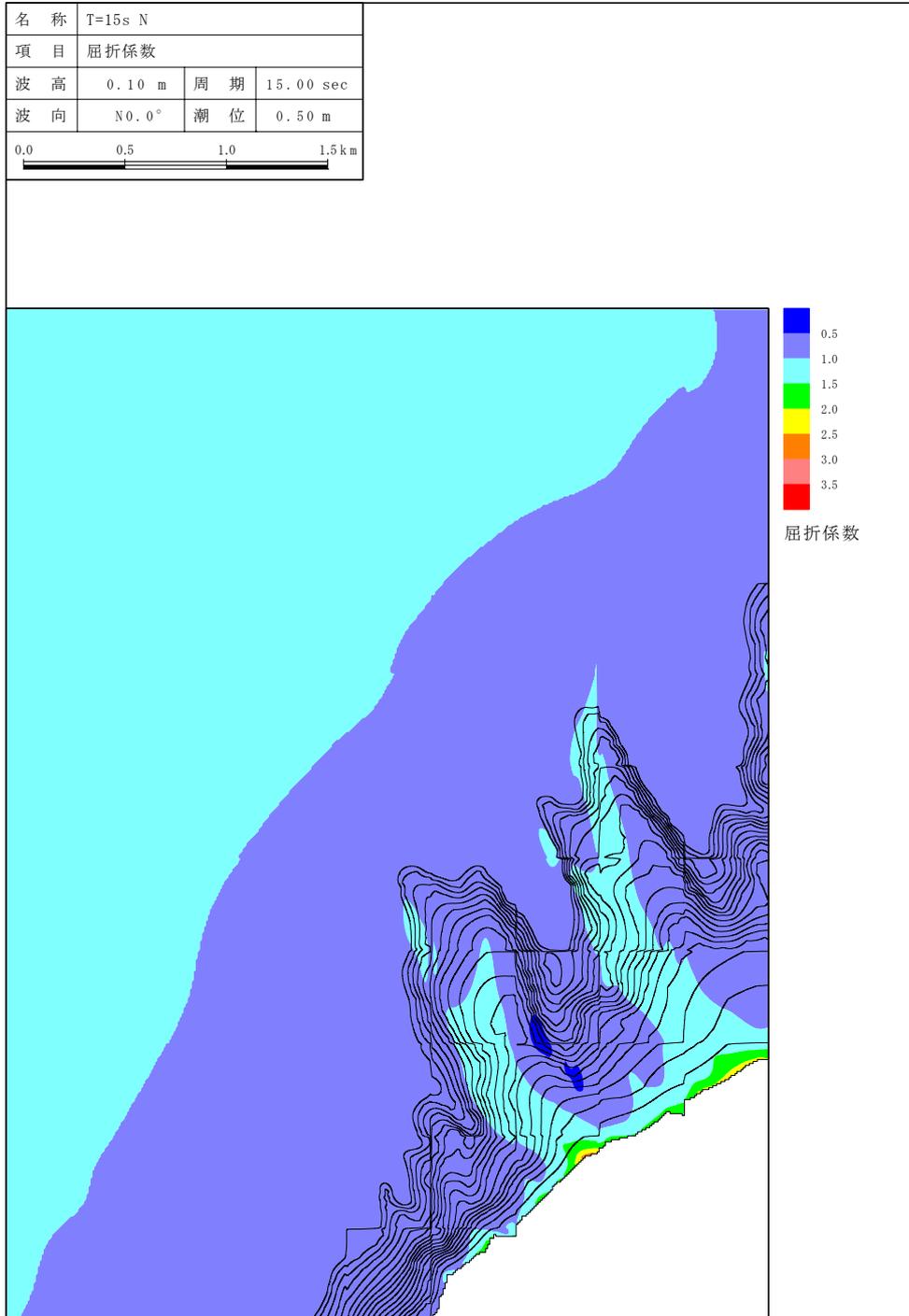


図-14 屈折計算結果（屈折係数コンター図、T=15s）

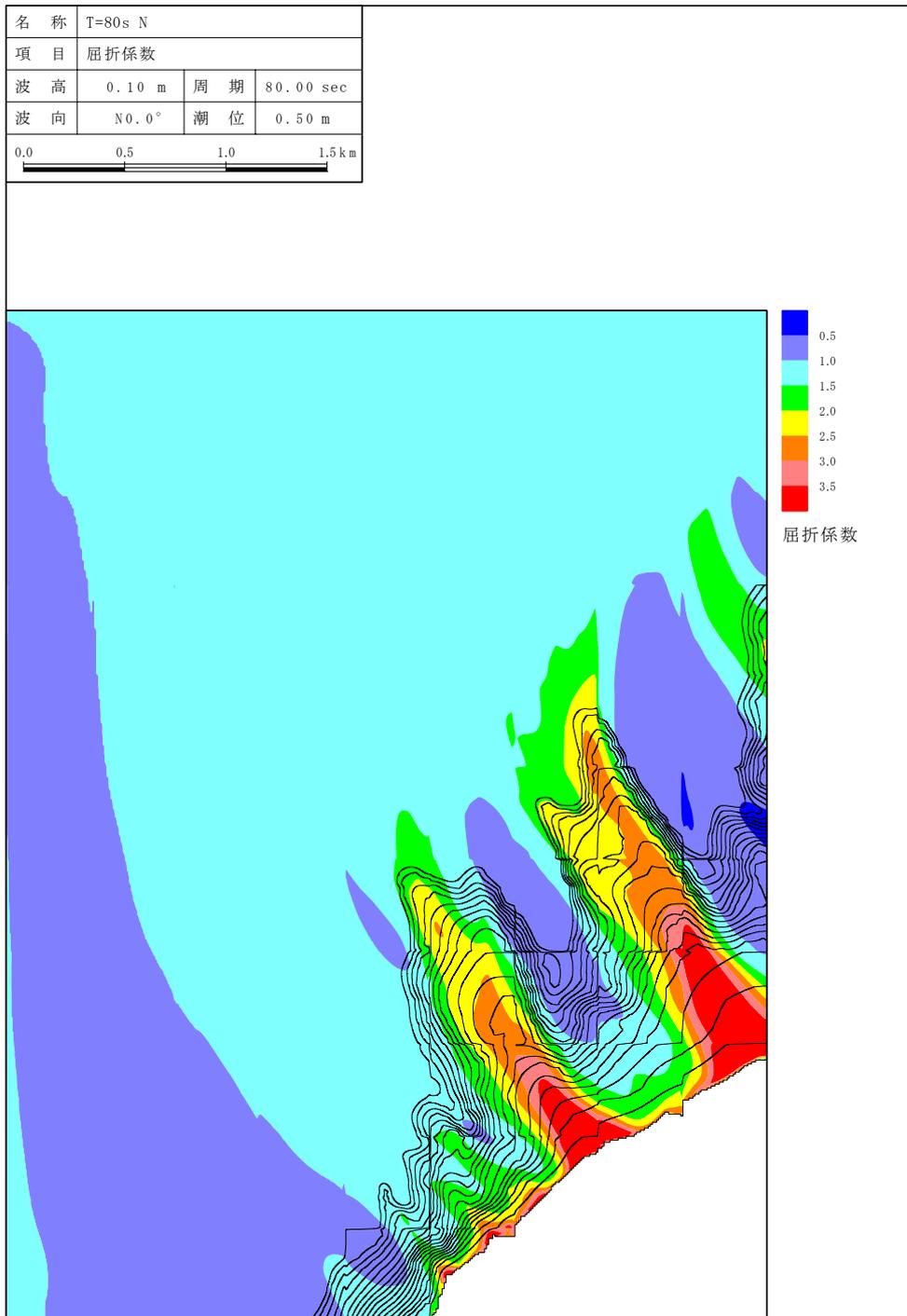


図-15 屈折計算結果（屈折係数コンター図、T=80s）

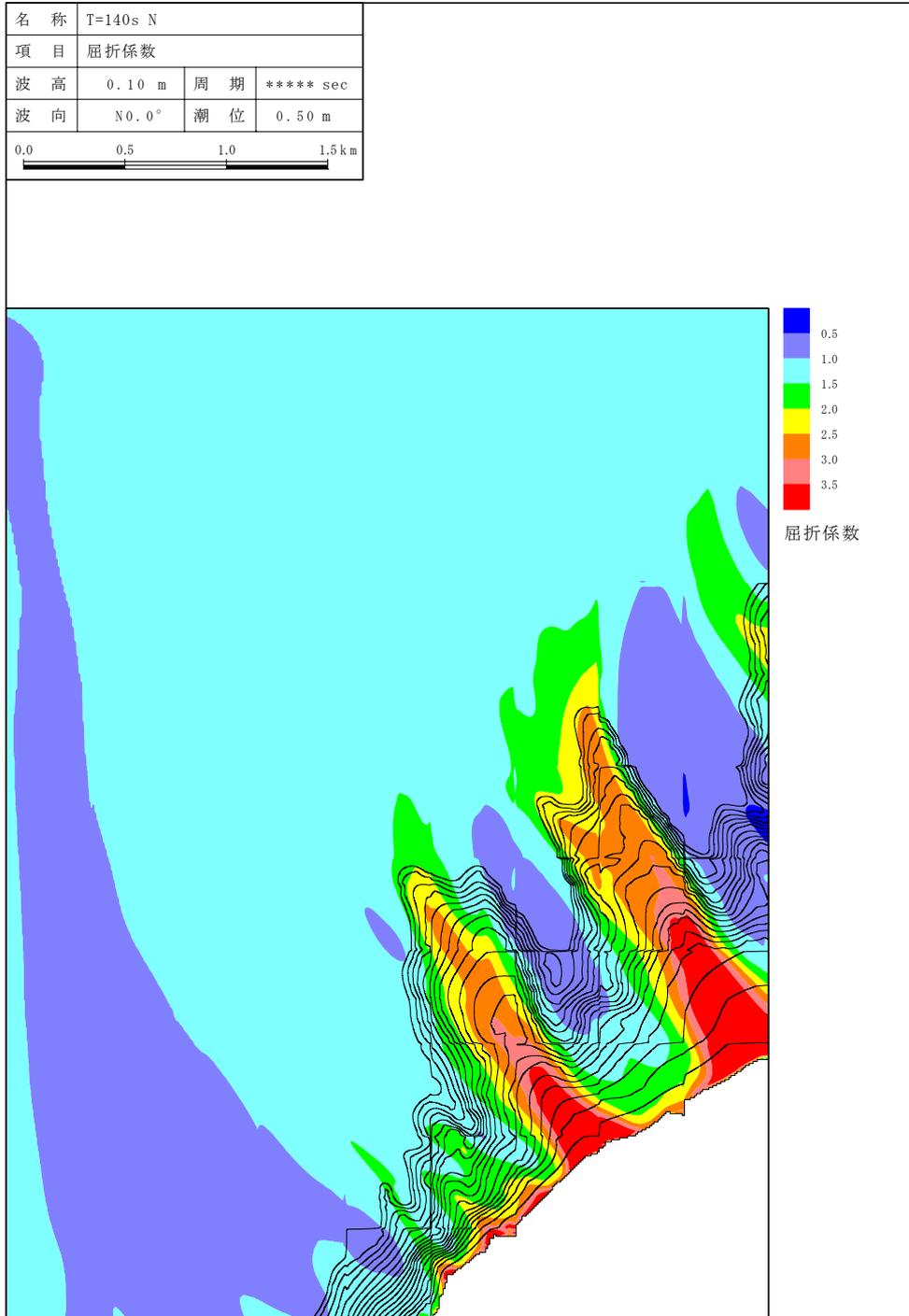


図-16 屈折計算結果（屈折係数コンター図、T=140s）

② 急勾配海岸における打上高さの特性

入善海岸前は、下新川海岸の中でも有数の急勾配海岸（1:4）である。入善以東の海岸で見ても、吉原では 1:7 程度、朝日では 1:50～1:60 程度であり、入善海岸がいかに急な勾配であるかわかる。図-18 の打上高さからわかるように、汀線近傍の海底勾配が急なほど打上高さが大きくなる。また、波形勾配が小さいほど、言い換えると周期が長いほど打上高さが大きくなることになる。入善漁港海岸が、昔から寄り回り波の来襲のたびに被害を受けてきた理由の一つに、直前の急勾配による打上高さの増幅機構があるものと推定される。

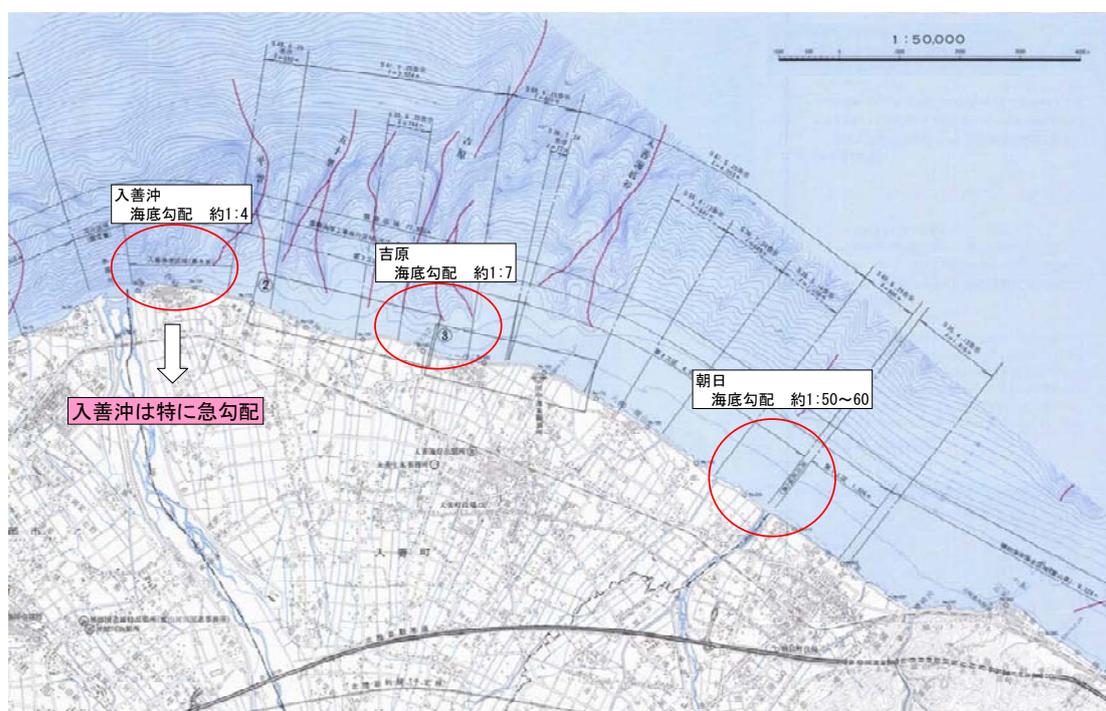


図-17 入善および周辺の海底勾配

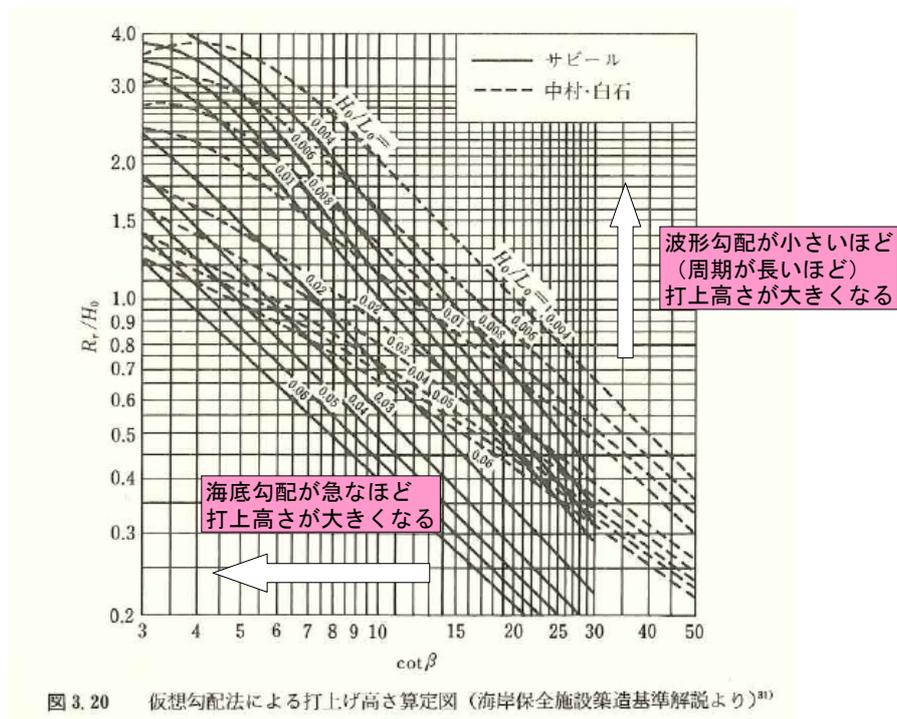


図-18 打上高さに及ぼす海底勾配、波形勾配（周期）の影響

以上を整理すると、今回、入善漁港海岸で発生した被災は、以下のようなメカニズムが考えられる。

【推定される入善漁港海岸の被災のメカニズム】

① 入善特有の海底地形の影響

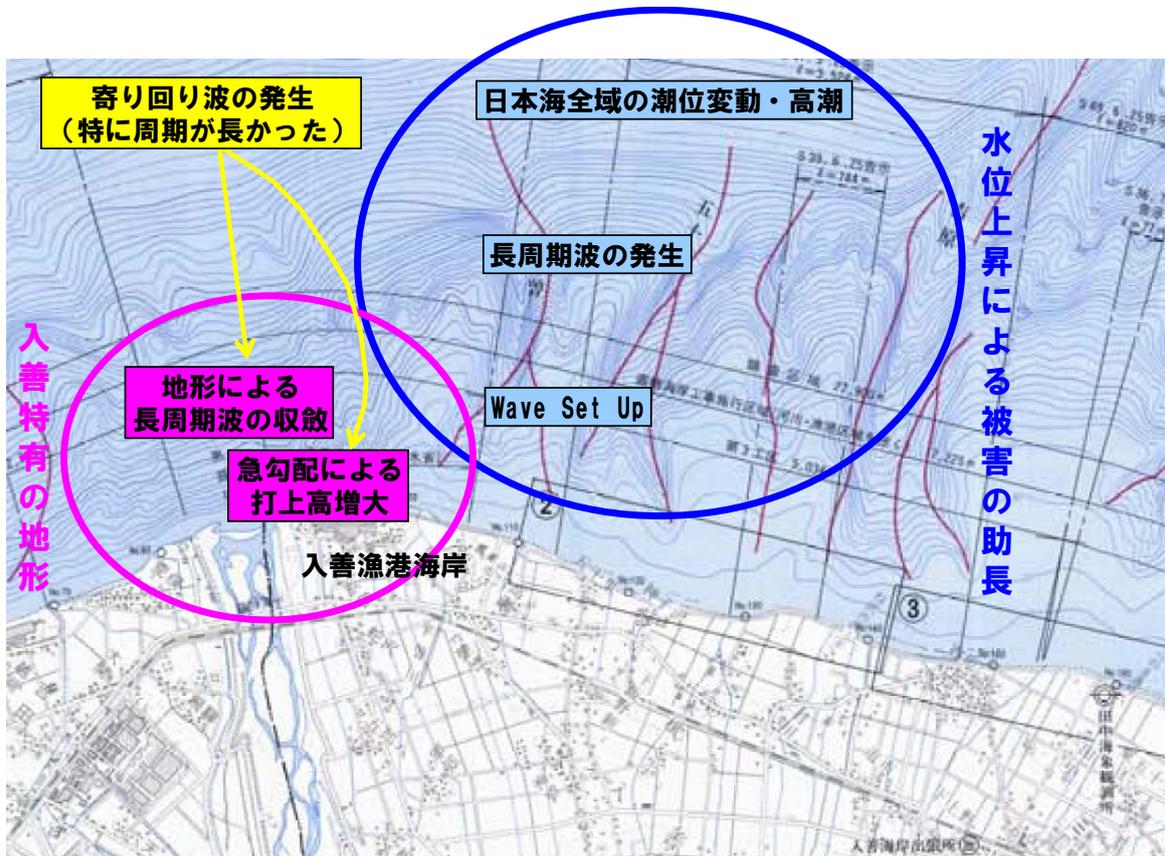
- ・ 直前の急勾配斜面による打上高の増長
- ・ 長周期波の収斂による水位上昇

← 周期が長いほど影響大
(周期の長い寄り回り波)

② 水位上昇の重合

- ・ 日本海全域の潮位変動・高潮の発生
- ・ 高波発生による長周期波の発生
- ・ Wave Set Up による水位上昇

} 到達波の増大・打上高の増大



2. 鷲崎漁港の到達波高

2.1 検討条件

入善漁港海岸の場合と同様に、エネルギー平衡方程式により広領域計算で算定された波浪諸元を沖側の境界条件として鷲崎漁港周辺の狭領域についてブシネスク方程式による波浪変形計算を行なった。計算範囲と検討条件は以下のとおりである。

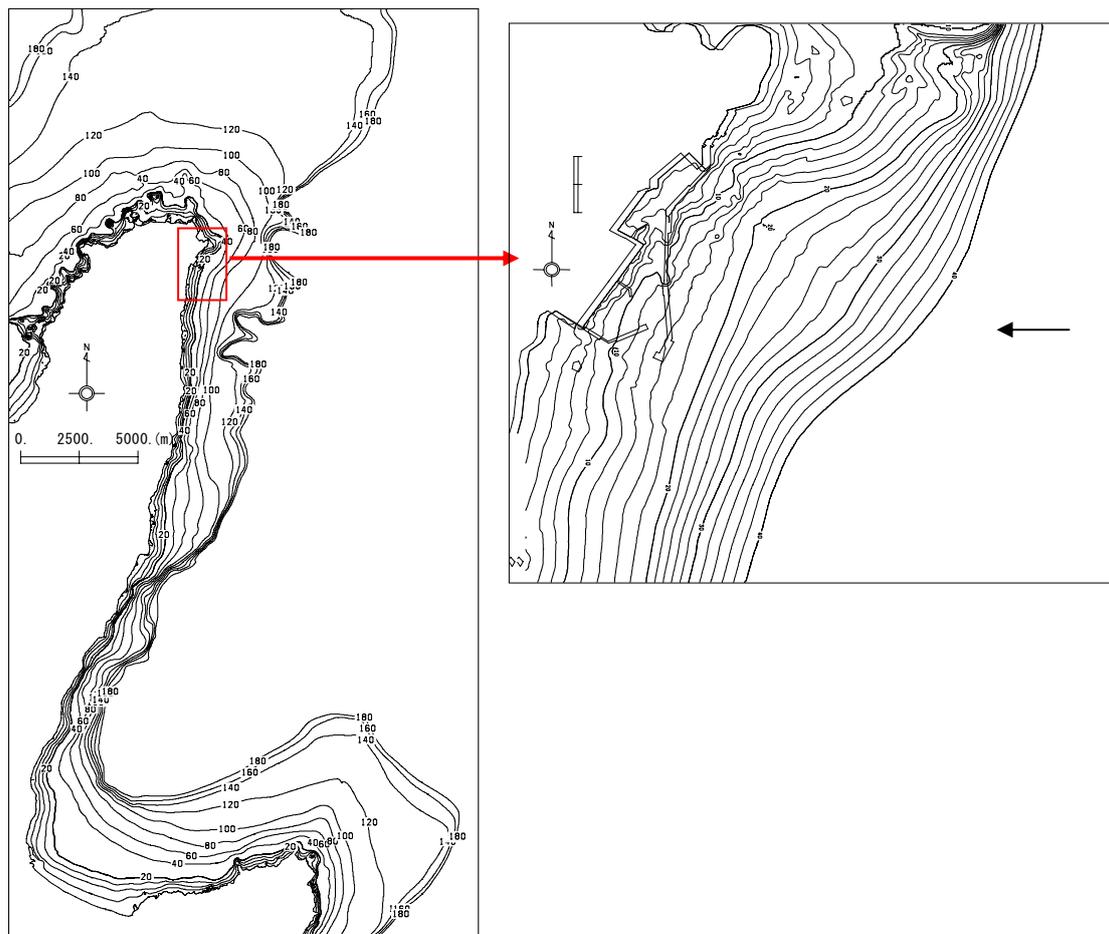


図-9 計算領域図 (左 ; 広領域、右 ; 狭領域)

表-2 検討条件

項目	
格子間隔	DX=50.0m, DY=50.0m(広領域) DX=5.0m, DY=5.0m(狭領域)
格子数	沿岸方向 400×岸沖方向 800(広領域) 沿岸方向 400×岸沖方向 400(狭領域)
沖入射波向	NNE (被災波)
Ho (m)	9.9 (被災波)
To (s)	13.2 (被災波)
潮位	DL+0.50m

2.2 到達波高

図-10 に鷺崎漁港周辺の波高分布の計算結果を示す。被災を受けた東防波堤では、7.0mを越える波高となっている。図-11 に計算された水位分布の例（10秒間隔）を示す。図-12 に平均水位上昇量の分布を、図-13 に60秒以上の長周期波振幅(ζ_{rms})の分布図をそれぞれ示す。

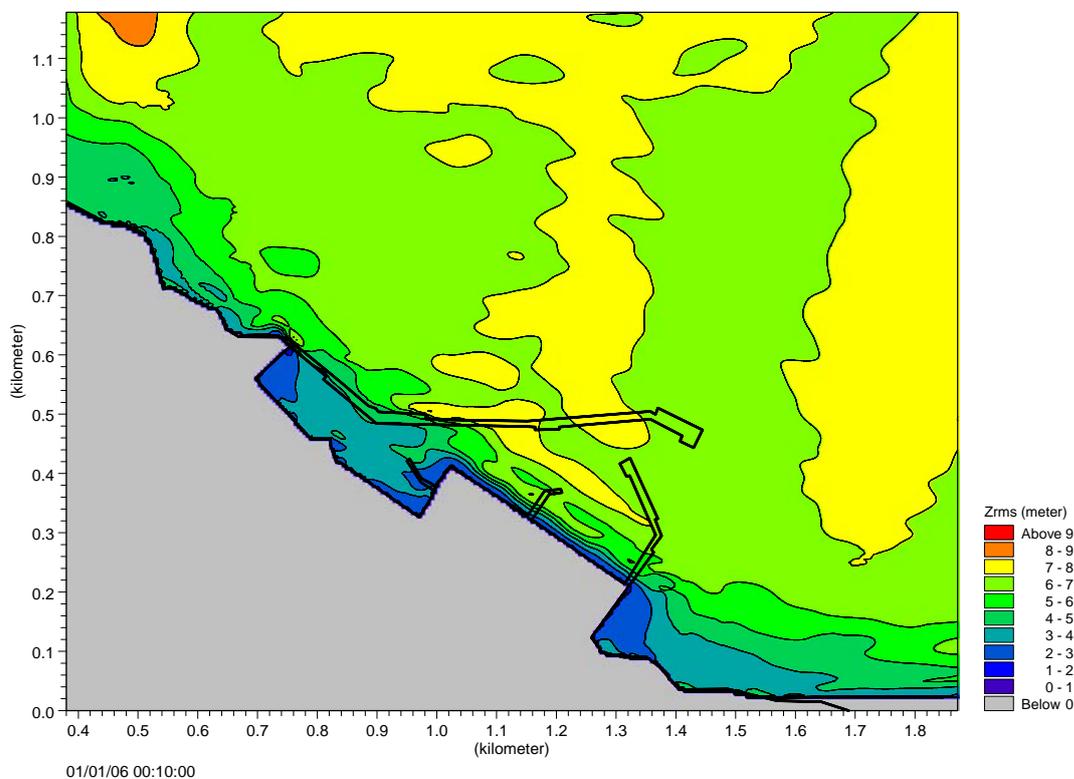
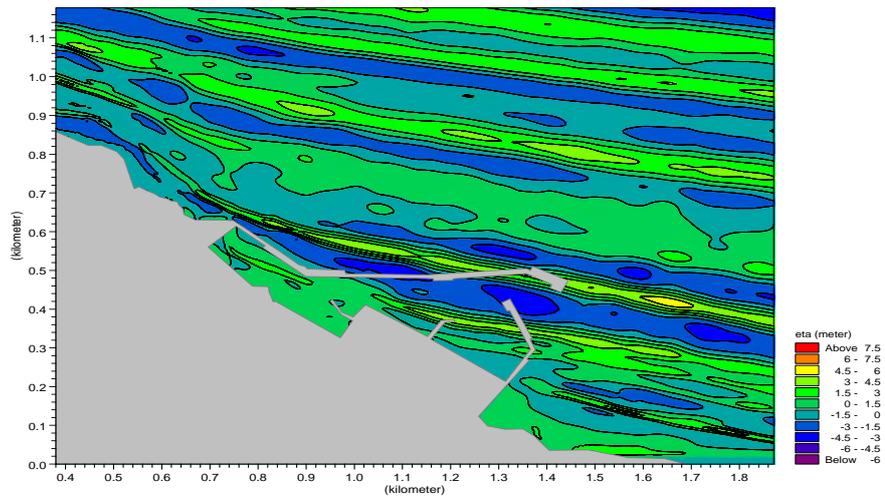
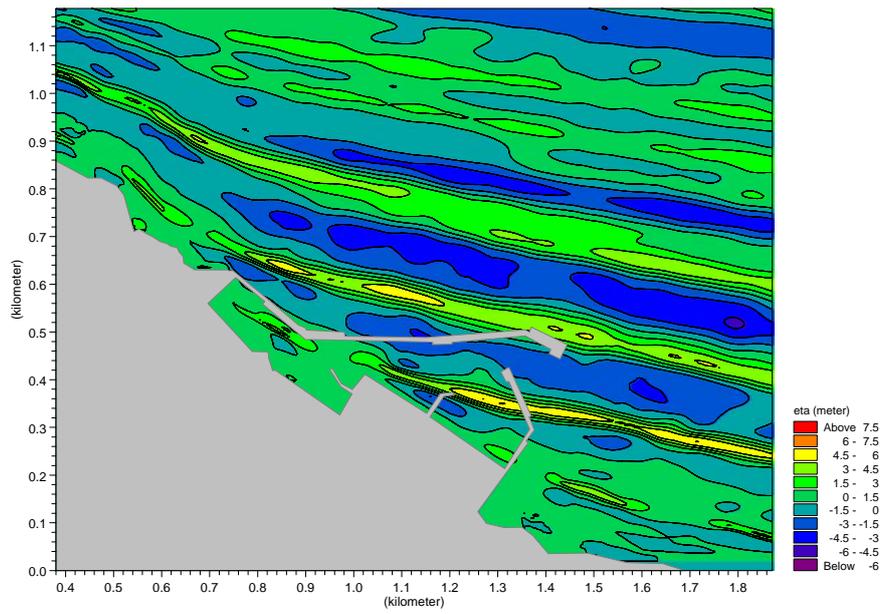


図-10 鷺崎漁港 被災波 波高分布



↓ (10 秒後)



↓ (10 秒後)

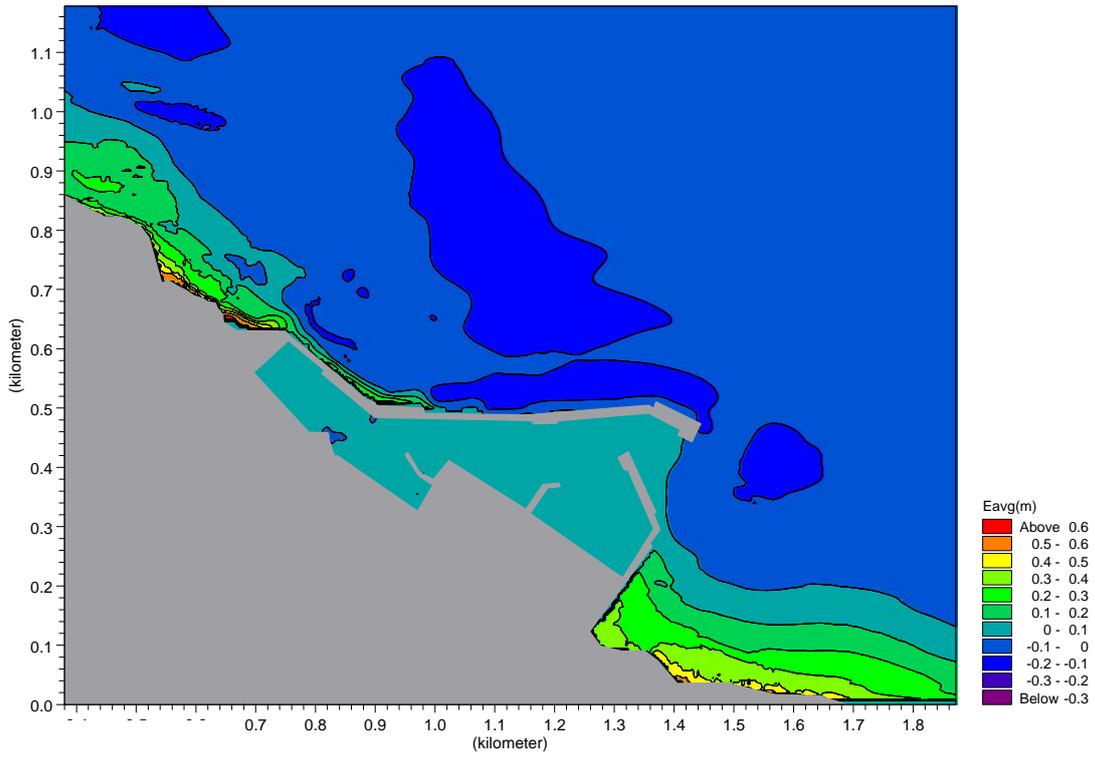
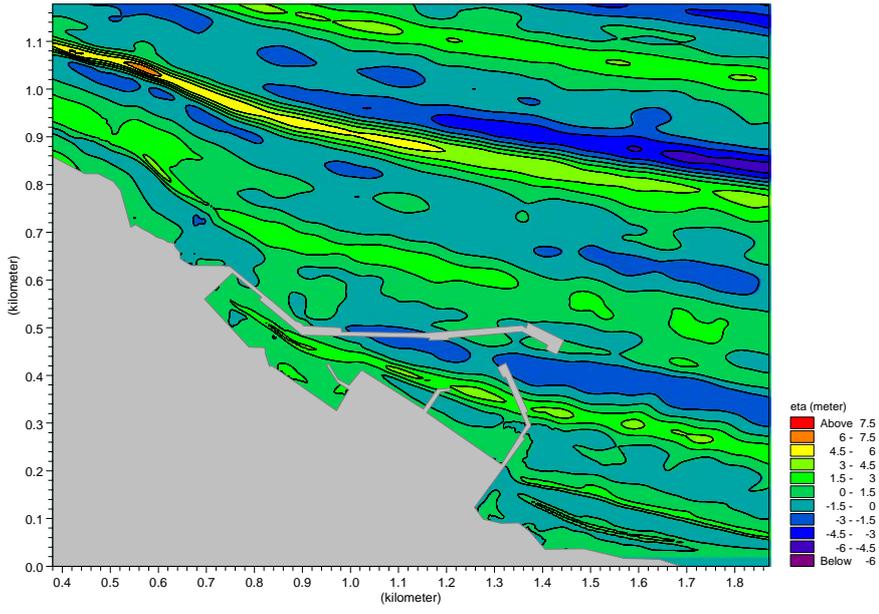


图-12 鷺崎漁港 被災波 水位上昇量分布

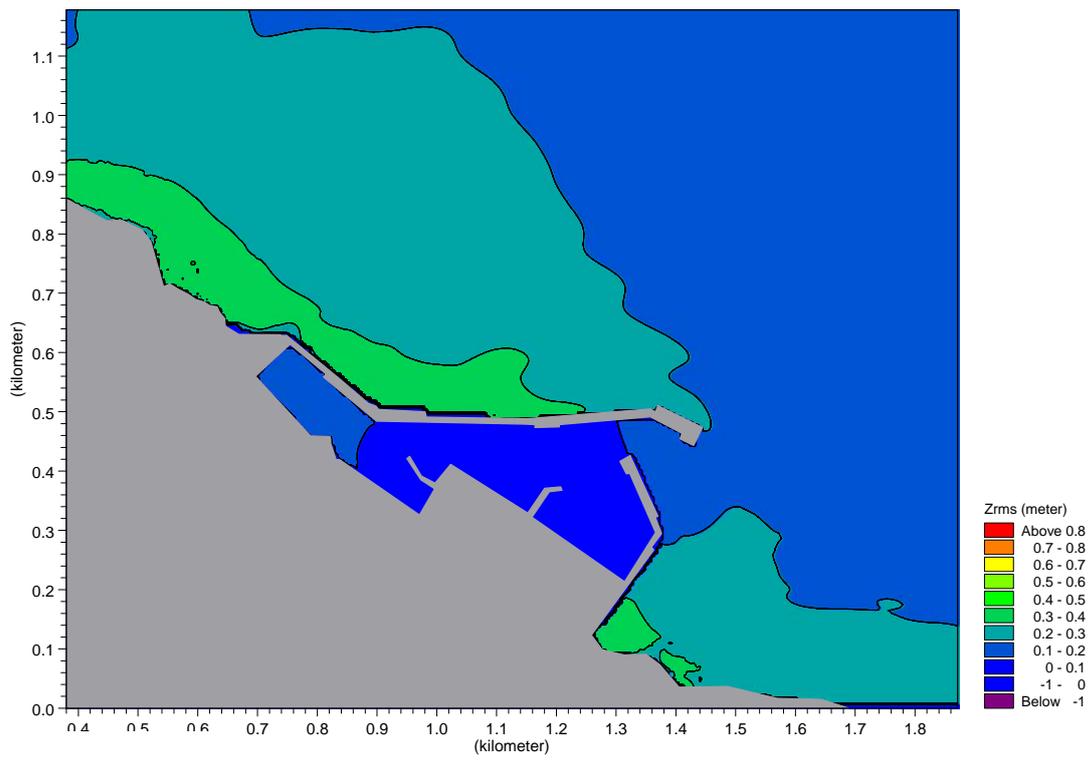


図-13 鷺崎漁港 被災波 長周期波振幅 (Z_{rms})

2.3 設計時と被災時の波力の比較

設計時の水平波力と推定された被災時の到達波高からの推定される水平波力との比較を行った。検討断面は、以下の図に示す東防波堤堤幹部ケーソン⑪にて比較した。なお、ケーソン⑪の到達波高は7.1m、築造時の設計波高は4.7mである。

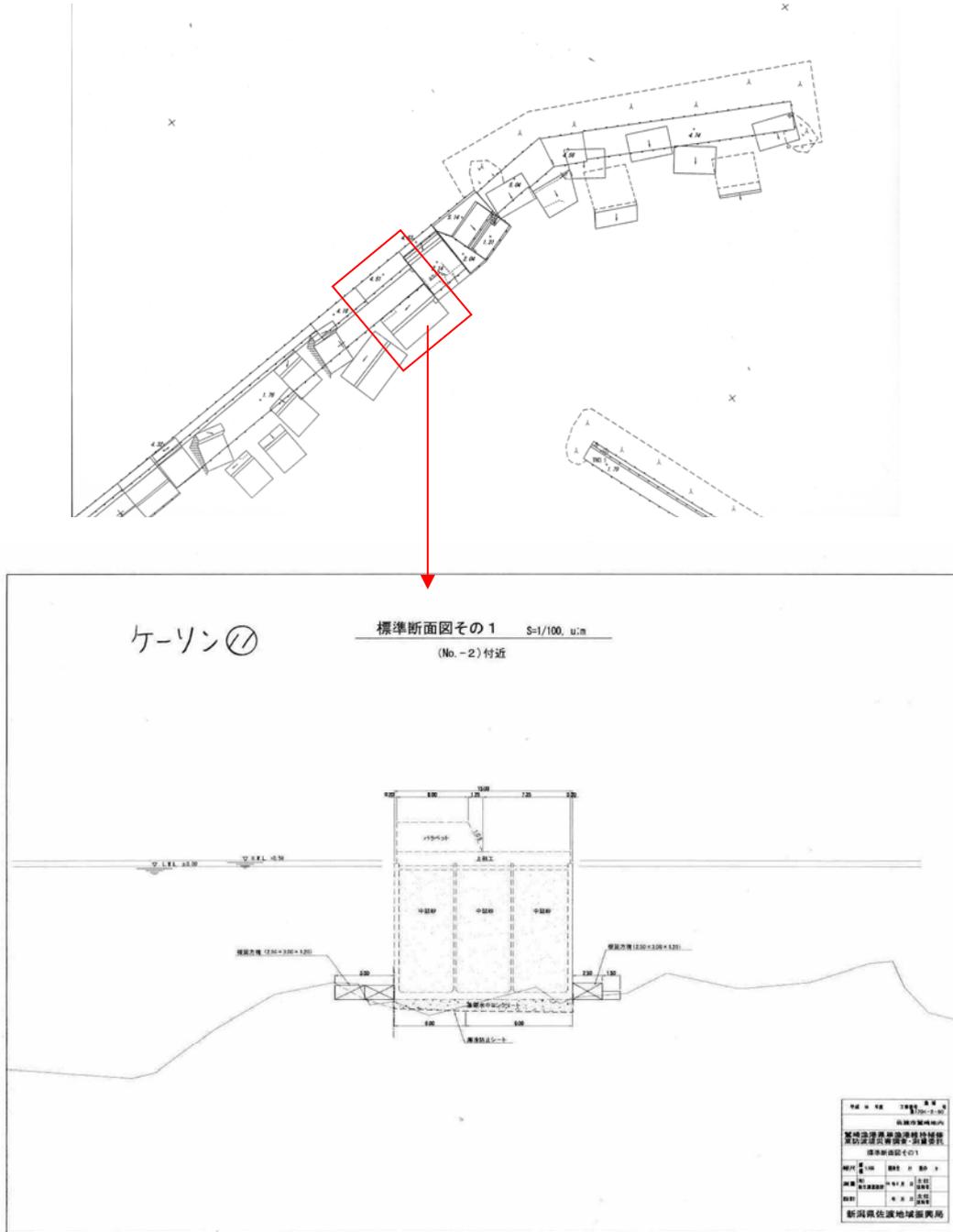


図-14 鷺崎漁港東防波堤ケーソン⑪標準断面図

下表に示すように、設計時の波力に対して推定された波力は 2.26 倍になっている。

表-3 設計波と被災波による波力の比較

施設名	東防波堤 ①	東防波堤 ①
検討波浪	設計波(築造時)	被災波
波圧式	重複波	砕波
波高(m)	4.70	7.10
周期(s)	8.00	13.20
水平方向全波力(KN/m)	713.07	1613.00
設計に対する波力比	1.00	2.26

2.4 被災のメカニズム

NNE方向の来襲波としては従来想定されていない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鷺崎漁港へ来襲した。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東防波堤に作用しケーソン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もある。

以上から、推定される鷺崎漁港における被災のメカニズムを整理した。

【推定される鷺崎漁港における被災メカニズム】

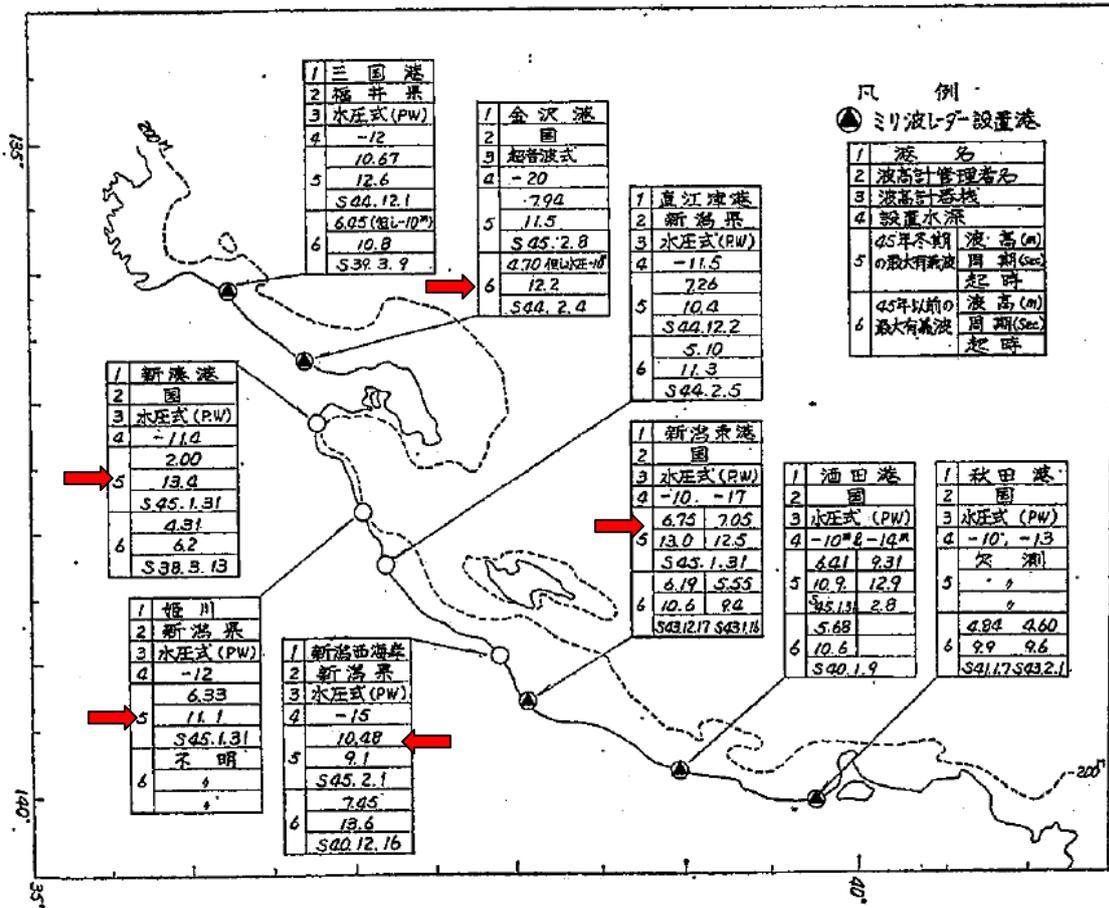
- ① 波向および海底地形の影響
 - ・ 東寄りの波向による波高の増大（周期が長いほど影響大）
 - ・ 長周期波による水位上昇

 - ② 水位上昇の重合
 - ・ 日本海全域の潮位変動・高潮の発生
 - ・ 高波発生による長周期波の発生
- } 到達波の増大



参考資料－ 1 過去の高波・海岸変遷に
関する資料

□1970年の寄り回り波の波浪に関する記録



図一1 管内波浪観測施設の配置

表一1 45年冬期異常気象による波

年月日	酒田	新潟東港	西海岸	直江津	姫川	新湊	金沢	三国
昭和44年 11月24日~26日	6.42 ①10.1	4.87 ①10.3	4.10 ①10.6	③6.42 ①10.1	6.04 ①8.4	3.50 8.3	0.83 9.7	* 4.46 ①10.8
昭和44年 12月1日~4日	③8.51 ①10.8	②5.30 ①13.6	②4.39 ①13.8	③4.11 ①13.1	5.69 ①10.4	③3.74 13.7	0.68 7.7	* 5.26 ①11.4
昭和44年 12月25日~27日	5.35 9.7	4.67 ①10.6	③4.11 9.4	5.48 ①9.3	②6.49 ①10.3	②4.00 9.0	0.89 10.0	4.27 ①11.3
昭和45年 1月16日~17日	4.64 ⑦9.9	4.44 10.0	③5.04 8.4	3.62 9.9	6.03 ①10.5	5.72 ①9.1	3.72 9.5	1.78 10.4
昭和45年 1月29日~2月3日	6.41 ⑩11.7	②8.82 10.0	①6.75 13.0	①7.05 ①12.5	①10.48 ①12.0	③6.15 13.5	①6.33 11.1	2.00 13.4
昭和45年 2月8日~10日	①9.31 ①2.9	①9.31 ①2.9	①6.75 ①13.0	①7.05 ①12.5	①10.48 ①12.0	③6.15 13.5	①6.33 11.1	2.00 13.4

注: 上段 H_{1/2} (m) 下段 T_{1/2} (Sec)
①, ②, ③ は各港における順位, ①~⑦ は各荒天毎の順位
* は水深-10mに於ける。

出典: 西田・田中(1970): 昭和45年冬季異常気象による海象と構造物被害について、
第17回海岸工学講演会論文集、pp.185-191.

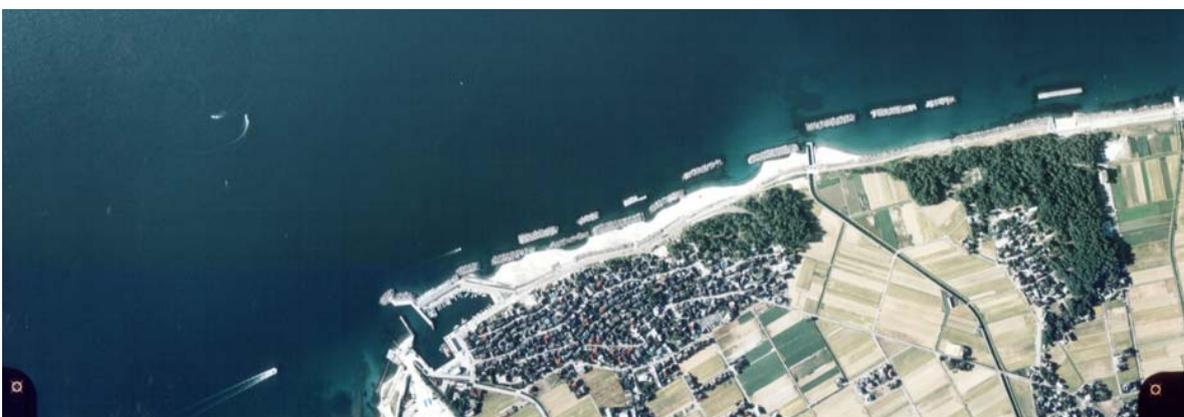
口入善漁港周辺の海岸地形の変遷（富山県より提供）



昭和 43 年（1968 年）の入善漁港・漁港海岸付近の航空写真



昭和 56 年（1981 年）の入善漁港・漁港海岸付近の航空写真



平成 2 年（1990 年）の入善漁港・漁港海岸付近の航空写真



平成 4 年（1992 年）の入善漁港・漁港海岸付近の航空写真



平成 7 年（1995 年）の入善漁港・漁港海岸付近の航空写真



平成 12 年（2000 年）の入善漁港・漁港海岸付近の航空写真



入善漁港・漁港海岸付近の航空写真（被災後）

□過去の入善町の高波による被害 (S45~H3)

入善漁港海岸の災害実績 (過去25年間) 表

被災年月日	被災原因	気象	被災箇所
昭和45年 1月31日 }	低気圧により	最大風速 22 m	護岸 27 m
昭和45年 2月 2日		最大波高 7.2 m	
昭和47年12月 2日 }	低気圧により	最大風速 20 m	護岸 32 m
昭和47年12月 3日		最大波高 6.7 m	
昭和49年 2月 9日 }	低気圧により	最大風速 21 m	消波工 113 m
昭和49年 2月10日		最大波高 6.4 m	
昭和49年11月18日 }	低気圧により	最大風速 27 m	5号離岸堤 34.5m
昭和49年11月19日		最大波高 5.8 m	護岸 120 m
昭和51年 1月19日 }	低気圧により	最大風速 27 m	護岸 217 m
昭和51年 1月24日		最大波高 4.4 m	
昭和55年12月24日 }	低気圧により		6号離岸堤 84 m
昭和55年12月25日			
昭和59年	低気圧により		9号離岸堤 81.3m
昭和62年	低気圧により		5号離岸堤 24.5m
昭和63年	低気圧により		9号離岸堤 18.6m 10号離岸堤 15.4m
平成 3年 2月15日 }	低気圧により	最大風速 25 m	1号離岸堤 57 m
平成 3年 2月18日		最大波高 6 m	2号副離岸堤 80 m