

女川原子力発電所2号炉  
耐津波設計方針について  
(審査会合での指摘事項に対する回答)

---

平成30年10月23日  
東北電力株式会社

# 目次

---

1. 審査会合での指摘事項(一覧)
2. 指摘事項に対する回答

参考文献

## 1. 審査会合での指摘事項(一覧)(1/3)

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
1	H30.7.17	取放水路の管路解析において、管路区間にも開水路モデル(スロットモデル)を適用することの妥当性及び保守性を整理して提示すること。	次回回答予定
2	H30.7.17	敷地の沈下の影響を検討する際に用いる地下水位の設定について、地下水位低下設備の効果を期待することの考え方を提示すること。	5
3	H30.7.17	鮎川検潮所と女川原子力発電所での潮位観測記録の潮位差について、考察を加えた上で、入力津波の設定における扱い(反映の要否)を整理し、提示すること。	6
4	H30.7.17	津波防護対象設備について、主要な建屋・区画間のダクト等も含めて、網羅的に提示すること。	10
5	H30.7.17	2号炉海水ポンプ室等の周囲に設置する防潮壁のうち鋼製遮水壁(車両進入箇所)について、津波到達時までの閉止運用及びその妥当性、閉止する際に用いる設備等を提示すること。	11
6	H30.7.17	3号炉海水熱交換器建屋取水立坑に設置する防潮壁の設計方針を提示すること。	13

## 1. 審査会合での指摘事項(一覧)(2/3)

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
7	H30.7.17	1号炉放水路内に設置する流路縮小工について、流路抵抗が増大することにより、1号炉の補機冷却系運転時に放水立坑の水位が上昇し、溢水して2号炉へ影響を与えることはないか、整理して提示すること。	次回回答予定
8	H30.7.17	防潮堤に設けられている今後閉塞予定の既設排水路について、防潮堤下部を地盤改良することも踏まえて、確実に閉塞できることを提示すること。	19
9	H30.7.17	内郭防護における屋内の溢水への対策について、設計及び運用の基準地震動Ss1に対する機能要求を整理し、提示すること。	次回回答予定
10	H30.7.17	内郭防護における屋外の溢水への対応について、敷地に溢れ出た水の排水の考え方を整理し、提示すること。	次回回答予定
11	H30.7.17	東北地方太平洋沖地震に伴う津波による女川原子力発電所における被害状況及びそれを踏まえた対策について、提示すること。	21
12	H30.7.17	取水口の敷高について、非常用冷却海水系の取水性確保において期待していることを踏まえて、設置許可段階での申請上の位置づけを提示すること。	25

## 1. 審査会合での指摘事項(一覧)(3/3)

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
13	H30.7.17	非常用冷却海水系の取水性確保について、津波起因の場合の循環水ポンプの停止手順及び関連する設備の設計方針を整理し、提示すること。	26
14	H30.7.17	漂流物の調査範囲の設定根拠及び漂流物として検討する人工構造物等の網羅性を整理し、提示すること。	27
15	H30.7.17	津波襲来時の燃料等輸送船の退避について、基準津波以外の津波の到達時間も踏まえて、退避に要する時間を整理し、提示すること。	71
16	H30.7.17	津波監視カメラの監視範囲及び夜間も含めた監視能力の妥当性を提示すること。	73
17	H30.7.17	津波波圧の評価について、地形、流況、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の状況等を踏まえて水理実験に必要な検討項目を抽出した上で、数値解析と模型実験に対して、設計に必要な項目及び対応方針を提示すること。	75

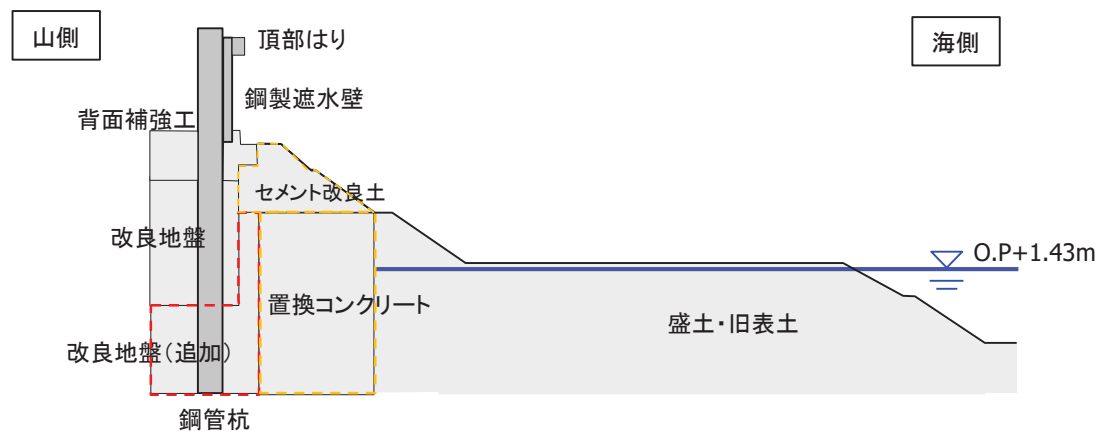
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 2)

### (1) 指摘事項

敷地の沈下の影響を検討する際に用いる地下水位の設定について、地下水位低下設備の効果을期待することの考え方を提示すること。

### (2) 回答

- 防潮堤の設置により、防潮堤よりも山側の敷地には基準津波による遡上波を地上部から到達させない設計としている(外郭防護1)。津波遡上解析においては、防潮堤の鋼製遮水壁の箇所ですべて全反射する条件となるため、入力津波の算定に影響するのは防潮堤よりも海側の敷地の沈下のみである。
- 防潮堤の下方は改良地盤及び置換コンクリートにより地下水を遮断する形になるため、防潮堤よりも海側の敷地には地下水位低下設備の影響は及ばず、入力津波の算定に考慮する敷地の沈下の影響検討に用いる地下水位は下図のとおりHWL(朔望平均満潮位)とし、地下水位低下設備の効果을期待しない設計とする。
- 一方、防潮堤、防潮壁等の津波防護施設の構造設計には防潮堤よりも山側の敷地の地下水位設定も必要であり、この地下水位には地下水位低下設備の影響が及ぶことから、その効果及び機能維持の考え方を地下水位の設定に関する審査において説明する。



敷地の沈下の影響を検討する際の地下水位設定

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 3)(1/4)

### (1) 指摘事項

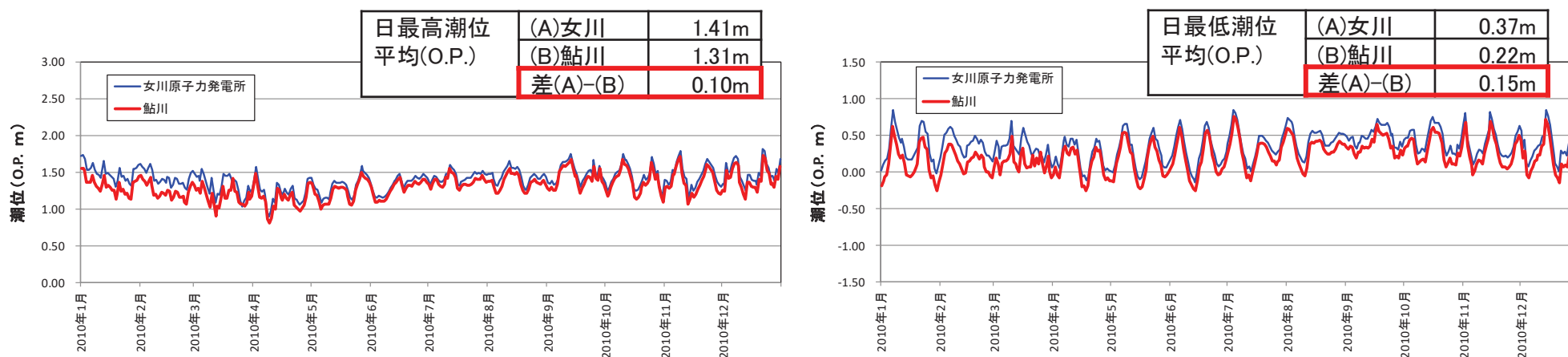
- ・ 鮎川検潮所と女川原子力発電所での潮位観測記録の潮位差について、考察を加えた上で、入力津波の設定における扱い(反映の要否)を整理し、提示すること。

#### ➤ 前回会合における説明概要

- ・ 女川原子力発電所の潮位評価については、敷地近傍の鮎川検潮所の潮位観測記録に基づいて実施している。
- ・ 潮位のばらつきの考慮において、鮎川検潮所と女川原子力発電所の過去1年間(2010年1月1日～12月31日)の潮位観測記録を比較した結果、鮎川検潮所の潮位が若干低い傾向にあるが、標準偏差の範囲に収まっており、有意な差はみられないと評価している。

### (2) 回答

- ・ 鮎川検潮所と女川原子力発電所の2010年以前の潮位観測記録を比較し、2010年の日最高潮位の年平均で0.10m、日最低潮位の年平均で0.15mの潮位差が生じている理由について整理した(詳細は次頁以降)。



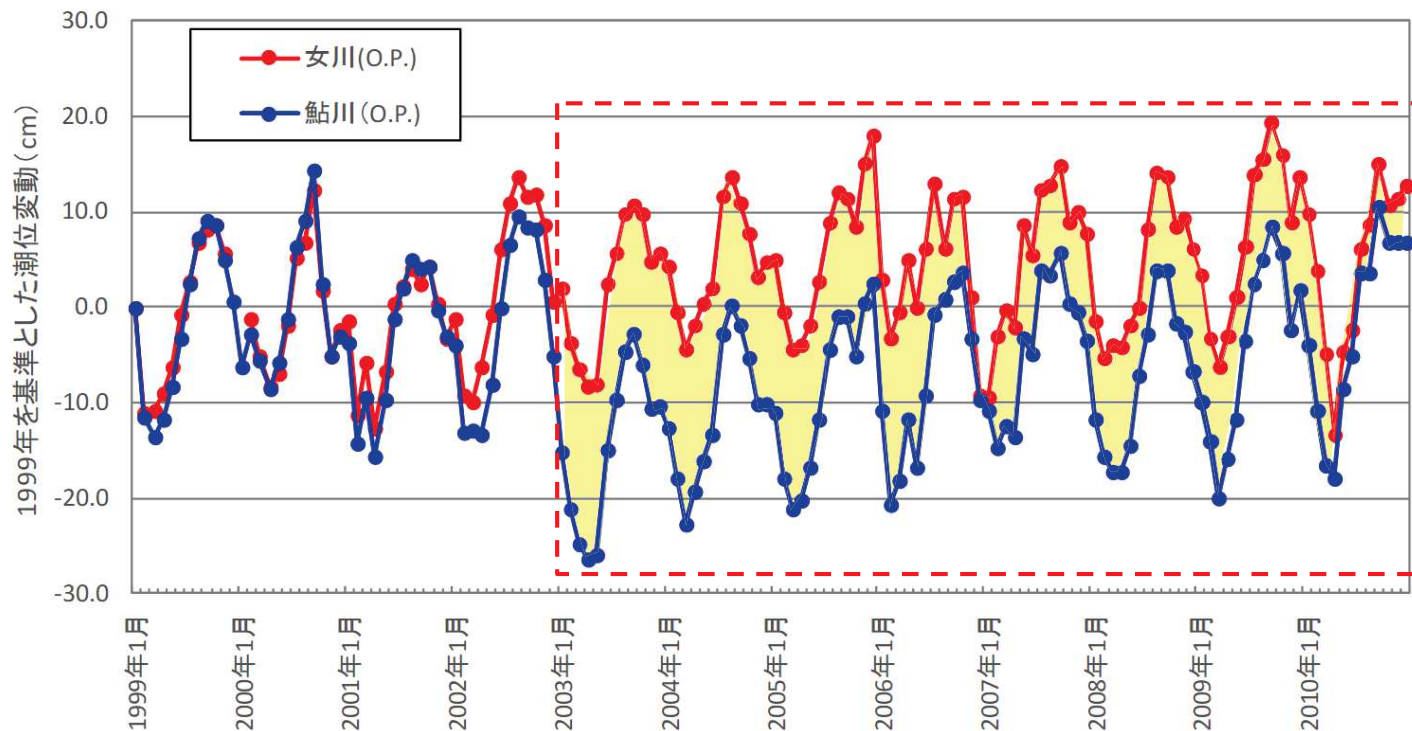
※ 日本海洋データセンターホームページで公開されている2010年1月～12月の潮位を利用。  
 図1 女川原子力発電所と鮎川検潮所※の日最高・最低潮位の比較(2010年1月～12月)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 3)(2/4)

### 鮎川検潮所と女川原子力発電所の潮位差について

- 1999年1月から2010年12月までの鮎川検潮所と女川原子力発電所の月平均潮位の推移を比較した結果、双方の差は2003年1月から生じていた。
- これは、2003年に鮎川検潮所の観測基準面が見直された※1影響によるものであり、これが鮎川検潮所と女川原子力発電所の潮位観測記録に約10cmの潮位差が生じた原因となっている。

※1 国土地理院が2000年に実施した水準点(標高)の見直しを踏まえ、2003年に鮎川検潮所の観測基準面が見直されている(10.7cm)。



2003年1月に鮎川検潮所潮位の見直しが行われたことにより、女川原子力発電所の潮位観測記録に約10 cmの潮位差が発生

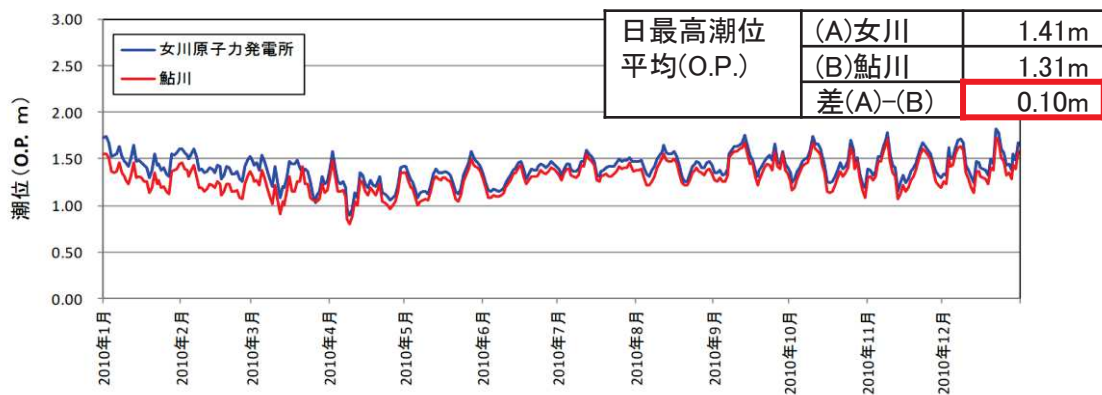
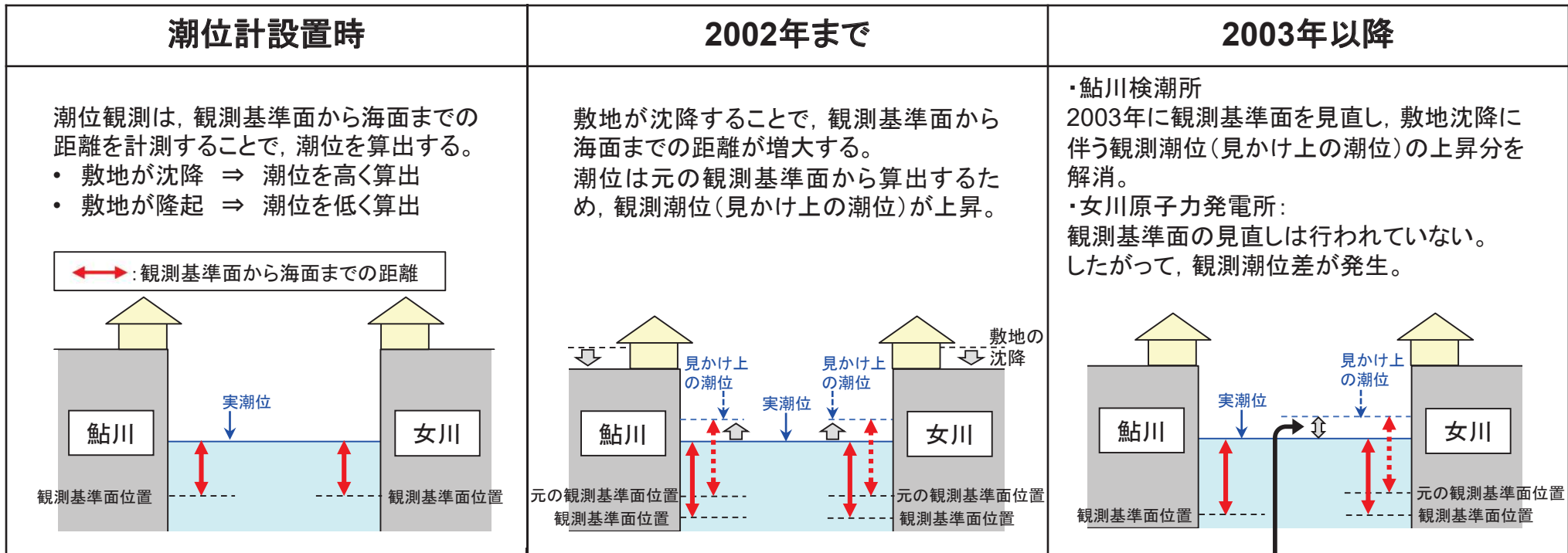
※2 日本海洋データセンターホームページで公開されている鮎川検潮所潮位を利用。

図2 女川原子力発電所と鮎川検潮所※2の月平均潮位の推移(1999年1月～2010年12月)



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 3)(3/4)

表1 観測潮位の関係



鮎川と女川の  
観測潮位差

※ 日本海洋データセンターホームページで公開されている2010年1月～12月の潮位を利用。

図3 女川原子力発電所と鮎川検潮所※の日最高の比較(2010年1月～12月)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 3)(4/4)

### まとめ

- ・ 鮎川検潮所と女川原子力発電所の潮位観測記録に差が生じている原因は、2003年に鮎川検潮所の観測基準面が見直された影響によるものである。
- ・ 女川原子力発電所の潮位観測記録に同等の補正(11.4cm<sup>※1</sup>)を加えた結果、鮎川検潮所と女川原子力発電所の2010年における日最高潮位の平均及び日最低潮位の平均には有意な差がないことを確認した(図4)。

※1 2003年における観測基準面の見直し10.7cmに、2010年における観測基準面の見直し0.7cmを加えた値。

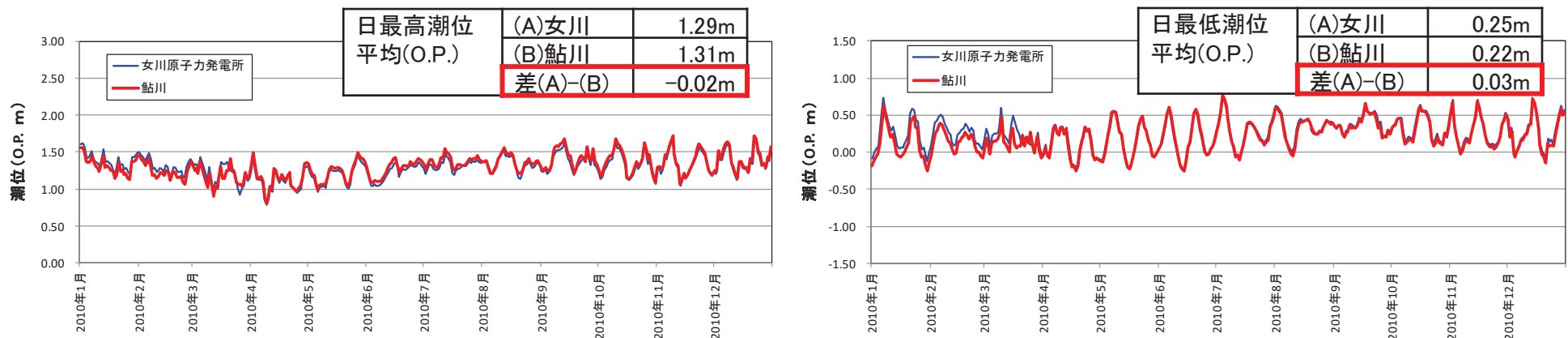


図4 女川原子力発電所<sup>※2</sup>と鮎川検潮所<sup>※3</sup>の日最高・最低潮位の比較(2010年1月～12月)

※2 実測潮位に、鮎川検潮所の観測基準面見直し分11.4cmを考慮した値。

※3 日本海洋データセンターホームページで公開されている2010年1月～12月の潮位を利用。

- ・ 以上より、女川原子力発電所の津波評価に用いる潮位条件については以下のとおりとする。
- 女川原子力発電所の津波評価で考慮する潮位条件について(前回会合から変更なし)
- ・ 朔望平均潮位については、敷地周辺の鮎川検潮所における潮位観測記録に基づき評価を実施する。なお、鮎川検潮所潮位記録と女川原子力発電所における潮位記録について比較検討を行い、有意な差がないことを確認した。
  - ・ 津波評価に用いる朔望平均潮位については、1986年～1990年の鮎川検潮所潮位観測記録に基づき設定する。また、至近(2006年～2010年)の鮎川検潮所における潮位記録を評価し、朔望平均潮位のばらつきを設定する。

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 4)

### (1) 指摘事項

津波防護対象設備について、主要な建屋・区画間のダクト等も含めて、網羅的に提示すること。

### (2) 回答

- 津波防護対象設備を内包する区画として、原子炉建屋と接続するトレンチ等を本文、発電所敷地図に記載した。
  - ・トレンチ
  - ・排気筒連絡ダクト



図1 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画図(断面図)

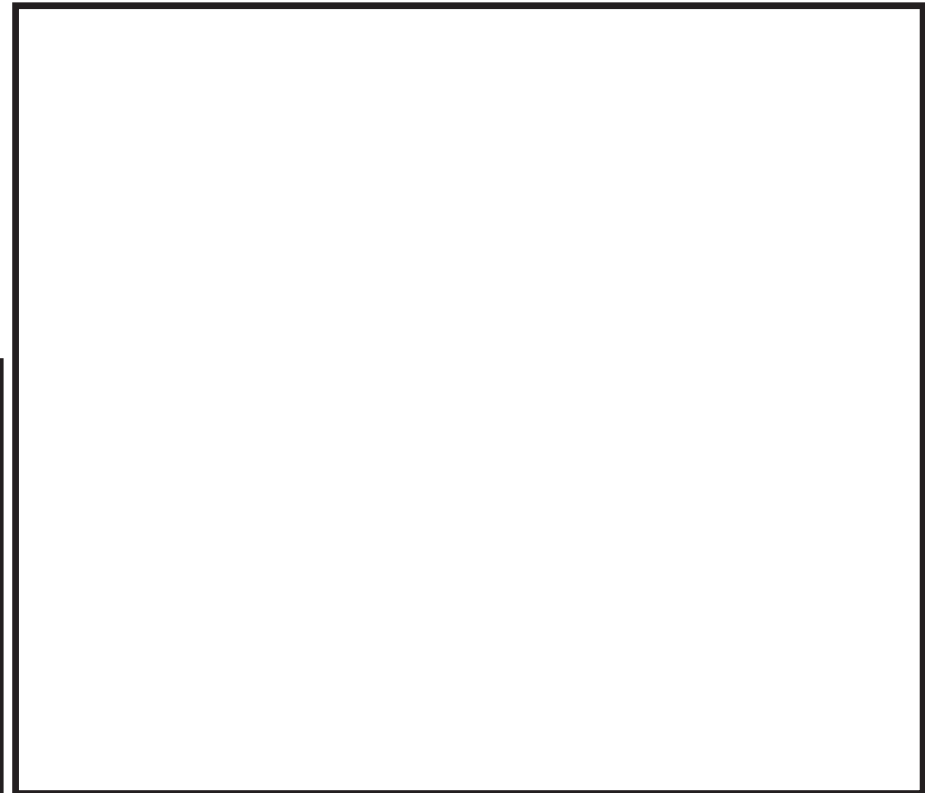


図2 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画図(平面図)

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

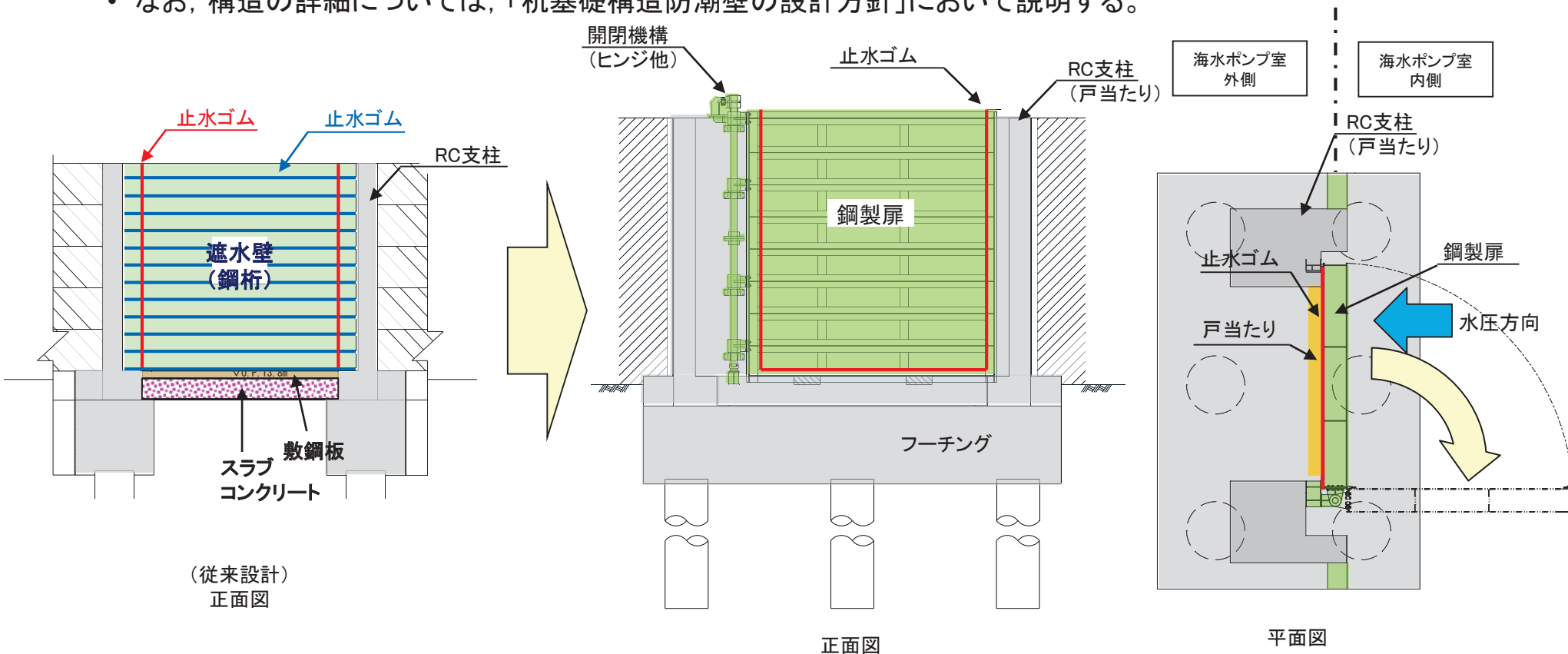
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 5)(1/2)

### (1) 指摘事項

2号炉海水ポンプ室等の周囲に設置する防潮壁のうち鋼製遮水壁(車両進入箇所)について、津波到達時までの閉止運用及びその妥当性、閉止する際に用いる設備等を提示すること。

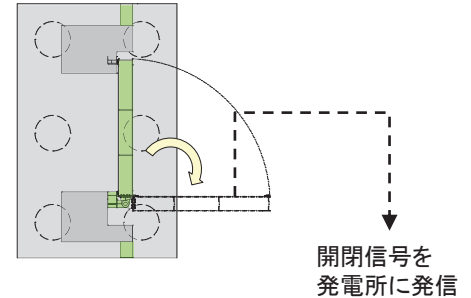
### (2) 回答

- 車両進入路部は、鋼桁を組み合わせた構造から鋼製扉を用いた構造に変更する。
- 鋼製扉は人力で15分以内に開閉可能な構造とし、これにより、閉止する際に特別な設備(クレーン等)は必要としない構造となる。
- 運用に関する方針については次頁に示す。
- なお、構造の詳細については、「杭基礎構造防潮壁の設計方針」において説明する。



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 5)(2/2)

- 防潮壁にはメンテナンス用の車両進入路部を配置しており、人力で15分以内に開閉可能な鋼製扉を設置する計画としている。
- この鋼製扉は原則閉止運用とし、開放後の確実な閉止操作、閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作を確実に実施するための運用管理を行う。
- 設置変更許可申請書における設計上及び運用上の要求事項を下表のとおり整理する。



車両進入路部の平面図

車両進入部の設置許可申請書等の要求事項の整理(案)

記載箇所	設計上の要求事項	運用上の要求事項	保安規定・社内標準への反映
設置許可	基準地震動が作用した場合において十分な支持力を有すること(3条)。	—	(設計にて担保)
	基準地震動による地震力に対して津波防護機能が十分に保持できるように設計する(4条)。	—	(設計にて担保)
	基準津波に対して津波防護機能が十分に保持できるように設計する(5条)。	—	(設計にて担保)
	—	原則閉止運用とする	保安規定添付書類などに記載
	—	開放後の確実な閉止操作、中央制御室における閉止状態の確認及び閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順等を整備し、的確に実施する	
補足資料	—	開放・閉止状態を監視する扉開閉表示装置を設置し、開放された状態が継続されている場合は警報を発信させる。	(設計にて担保)
	—	開閉管理に関するその他事項(施錠管理、津波警報発令時、開放警報発令時など)	具体的な実施手段に係る事項であり、下位規定にて定める。

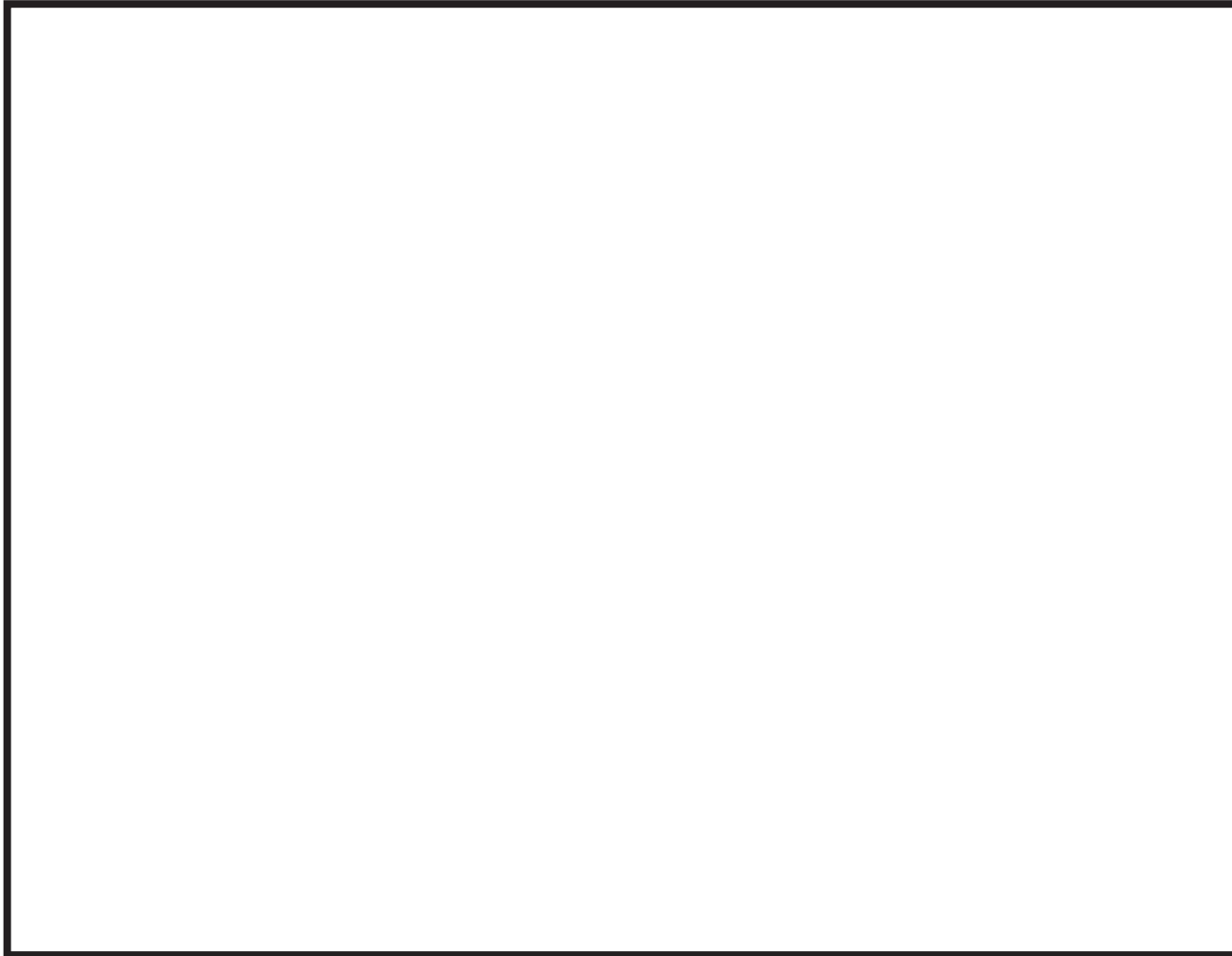
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 6)(1/6)

### (1) 指摘事項

3号炉海水熱交換器建屋取水立坑に設置する防潮壁の設計方針を提示すること。

### (2) 回答

- 3号炉海水熱交換器建屋取水立坑に設置する防潮壁について説明する。



防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

図1 構内配置図

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 6)(2/6)

・3号炉海水熱交換器建屋取水立坑の詳細配置は下記のとおり。



図2 3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室流入防止対策配置図  
(平面図)

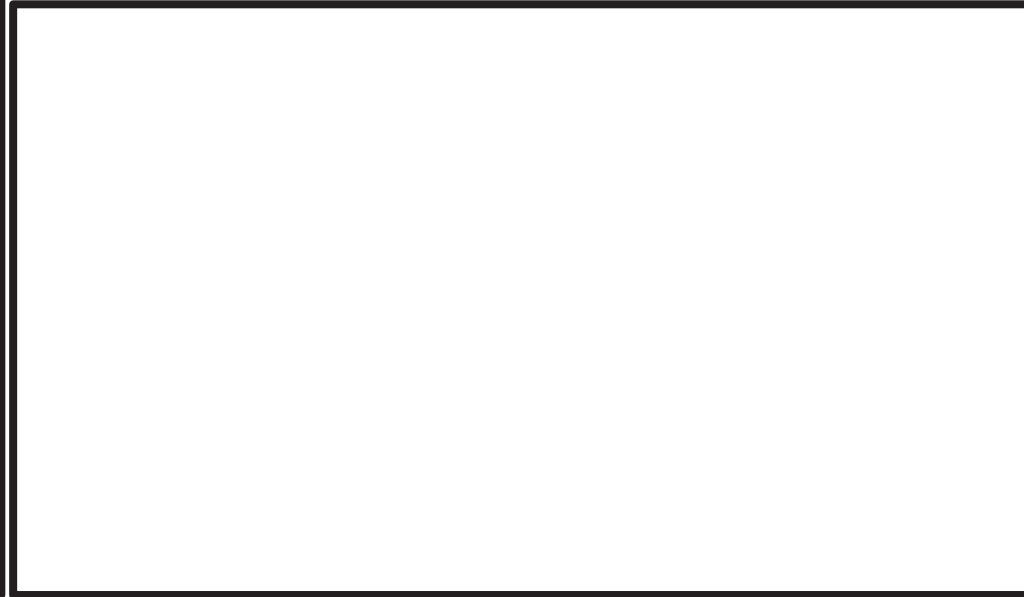


図3 3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室流入防止対策配置図  
(左:A-A断面図 右: B-B断面図)

防護上の観点又は機密に係わる  
事項を含む為、公開できません

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 6)(3/6)

(防潮壁高さの設定)

- 防潮壁高さについては、入力津波高さに対して十分裕度のある高さとする。
- 入力津波高さは、基準津波による取水口前面位置の水位変動量に基づき、流入経路の水理特性を考慮した管路解析を踏まえて設定する。

表1 防潮壁高さ

開口部(防潮壁設置位置)	入力津波高さ	防潮壁高さ	高さの裕度
3号炉海水熱交換器建屋 取水立坑	O.P.+19.0m	O.P.+20.0m	1.0m

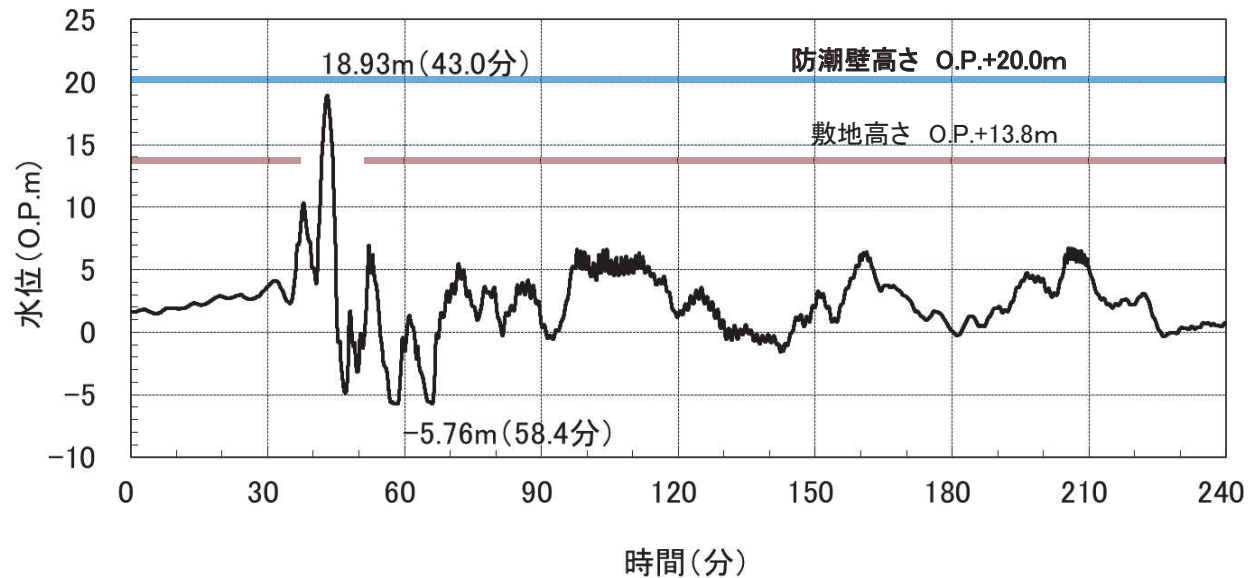


図4 3号炉 海水熱交換器建屋取水立坑における入力津波の水位時刻歴波形  
(水位上昇側)



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 6)(4/6)

- 基本的な構造を下記に示す。

### 設計の基本的考え方

- 防潮壁は、既設建屋躯体上に設置するため、高強度で軽量の鉄骨造とする。
- 止水性は、柱間に設置した止水鋼板を溶接することで確保する。
- 架構形式は長辺方向及び短辺方向共にブレース架構とし、鉛直ブレースは剛性確保のため引張・圧縮ブレースとする。
- 防潮壁と既設建屋躯体はあと施工アンカーにより接合し、止水性は塗膜防水で確保する。
- 止水鋼板は水圧のみを負担するものとし、溶接箇所には補強リブを設置する。
- 長期、地震時及び津波余震重畳時の脚部の反力(せん断力, 引張力)はあと施工アンカーで負担する。

表2 防潮壁の基本構造

構造形式	設置箇所	防潮壁				既設立坑
		壁体	柱	壁体間	既設立坑 取合	
ブレース架構	3号炉 海水熱交換器建屋 取水立坑	止水鋼板	鋼製	溶接	あと施工アンカー 及び 塗膜防水	既設 コンクリート

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 6)(5/6)

- 基本設計について下記のとおり示す。

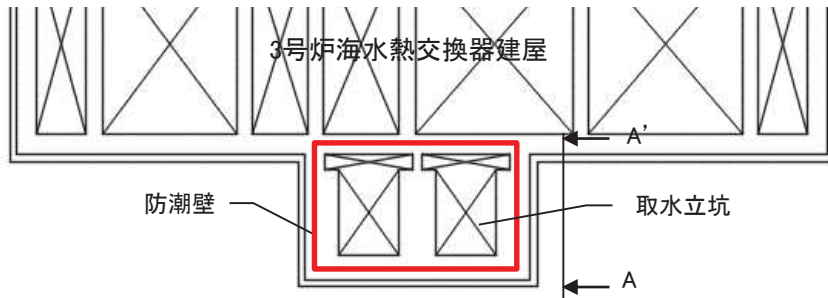


図5-1 防潮壁配置図

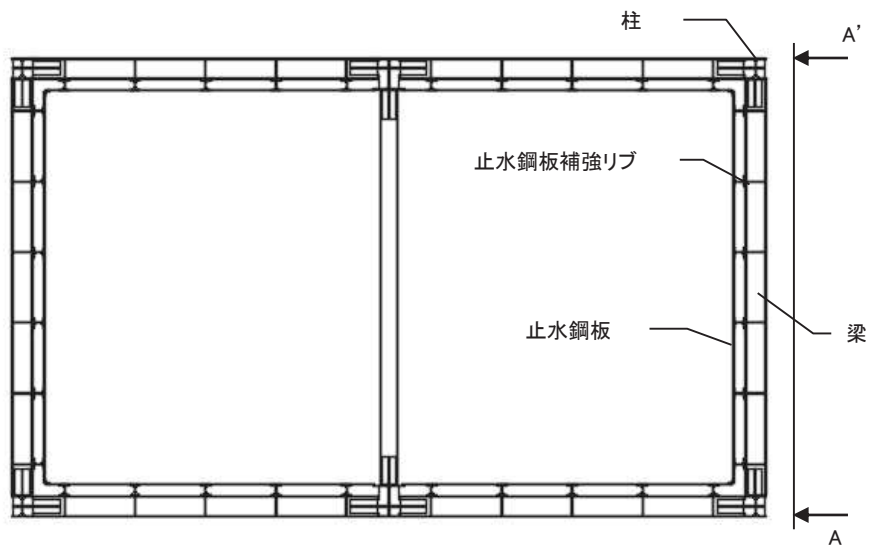


図5-2 平面図

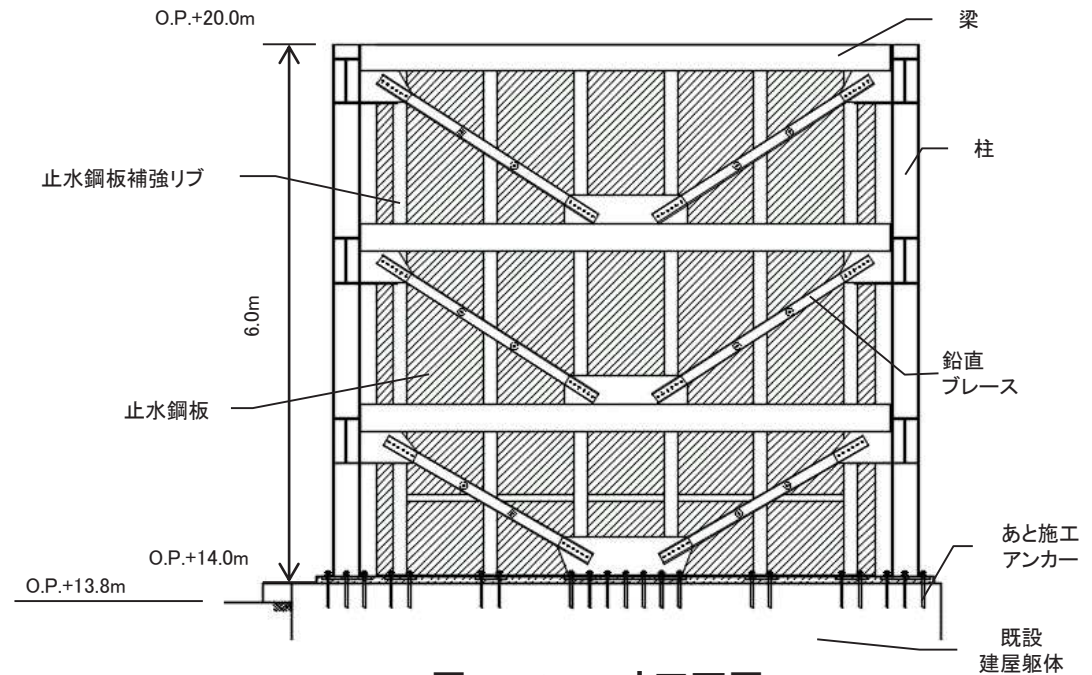


図5-3 A-A' 正面図

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 6)(6/6)

- 下記に各部位の役割と止水部について説明する。

表3 各部位とその役割

部位	役割
止水鋼板	止水機能の保持
柱・梁・鉛直ブレース	止水鋼板の支持
止水鋼板補強リブ	止水鋼板(溶接箇所)の支持
既設建屋躯体へのあと施工アンカー	柱・鉛直ブレース・補強リブ脚部の支持
塗膜防水	止水機能の保持(既設建屋境界)

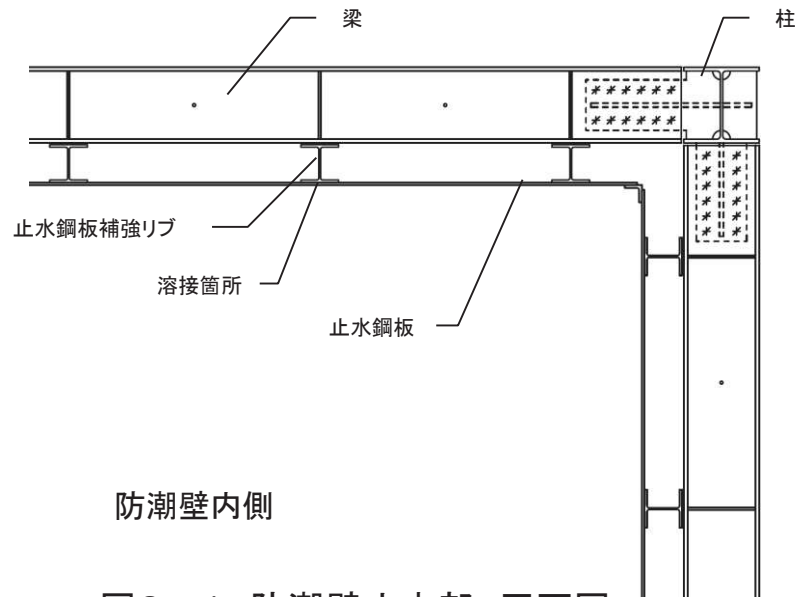


図6-1 防潮壁止水部 平面図

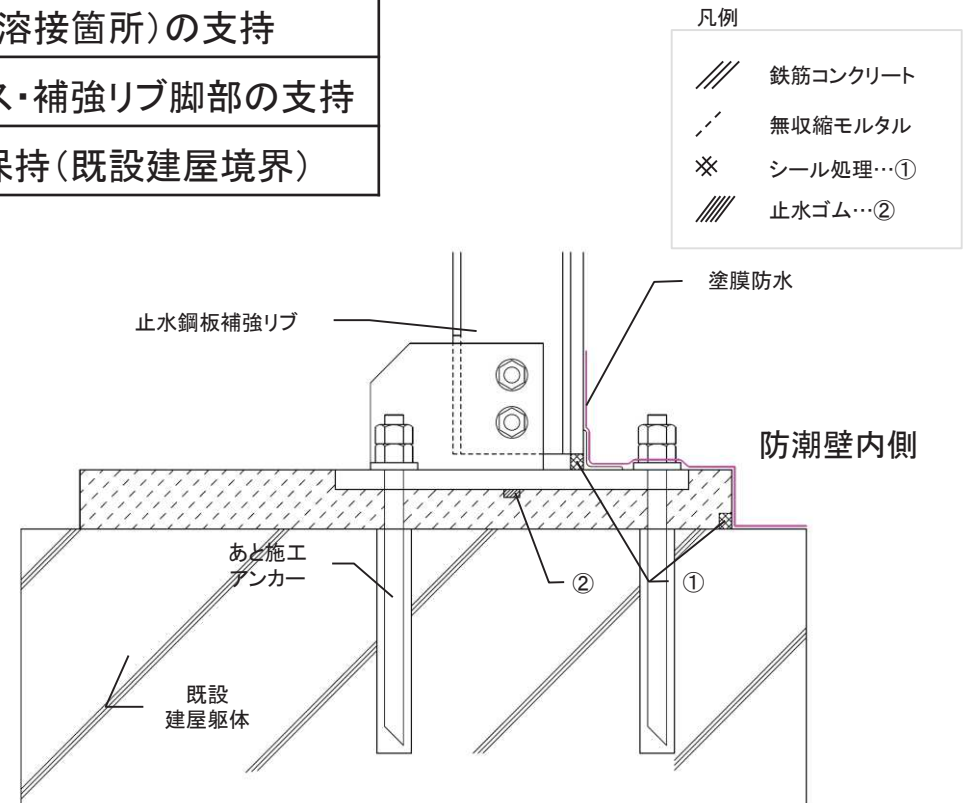


図6-2 防潮壁—既設建屋 止水部 断面図

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 8)(1/2)

### (1) 指摘事項

防潮堤に設けられている今後閉塞予定の既設排水路について、防潮堤下部を地盤改良することも踏まえて、確実に閉塞できることを提示すること。

### (2) 回答

- 敷地の南北に設置された屋外排水路(幹線排水路)は、原子炉建屋等を設置するエリア(O.P.+13.8m)で排水ピットに集水して防潮堤を横断し、海域に排水する構造となっている。また、この屋外排水路(幹線排水路)の防潮堤横断部(海側法尻部)には逆流防止設備を設置することから、津波が流入することはない。
- 一方、東北地方太平洋沖地震後の緊急安全対策として設置した防潮堤(高さO.P.+17.0m)に設けた排水路(既設排水路)は、設置当時、仮に津波が高さO.P.+17.0mの防潮堤を越えて敷地に浸水したときを想定し、その際の排水を目的としたものであり、雨水等の排水には使用していない。

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません



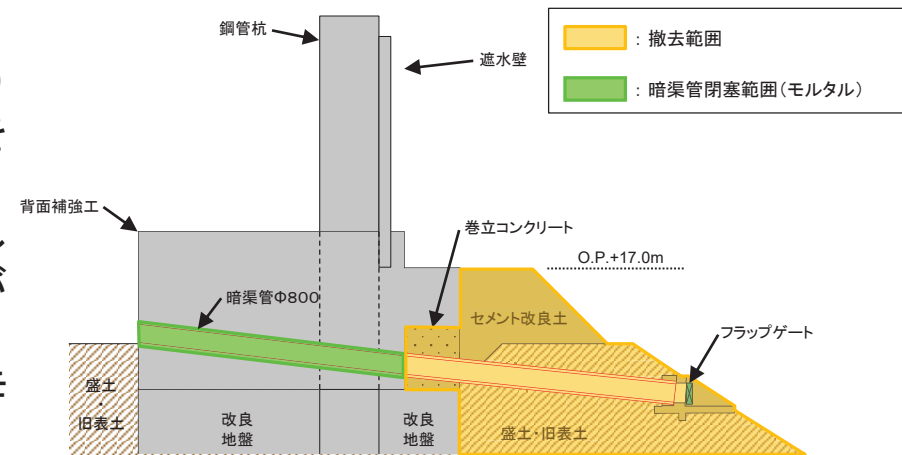
- : 屋外排水路
- : 排水ピット
- : 逆流防止設備
- : 既設排水路(緊急安全対策として設置した防潮堤(高さO.P.+17.0m)に設けた排水路で、2号炉再稼働までに閉塞予定)

図 屋外排水路(幹線排水路)配置図

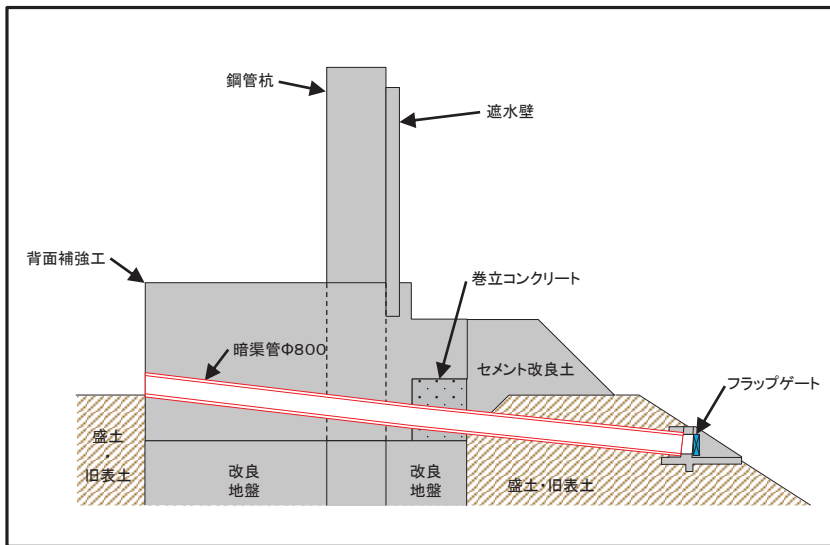
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 8)(2/2)

### 【排水路閉塞・撤去】

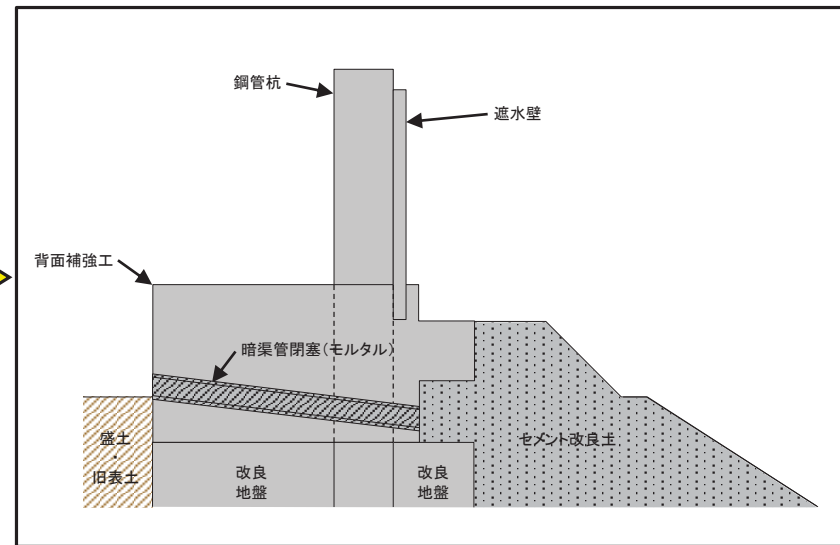
- この緊急安全対策として設置した防潮堤(高さO.P.+17.0m)に設けた既設排水路は, 2号炉再稼働時までにモルタルを充填して閉塞することにより津波が流入することはない。なお, 既設排水路の海側は防潮堤の沈下対策の一環としてセメント改良土に置き換えることとしており, より津波が流入しにくい構造となる。
  - ✓ 背面補強工内の既設排水路はモルタルにより閉塞する。モルタルは無収縮モルタルを使用し, 止水性に配慮する。
  - ✓ 背面補強工の海側の既設排水路及びフラップゲートは撤去後, セメント改良土に置き換える。



暗渠管閉塞・撤去範囲



暗渠管標準断面図(現状)



暗渠管標準断面図(2号炉再稼働時)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 11)(1/4)

### (1) 指摘事項

東北地方太平洋沖地震に伴う津波による女川原子力発電所における被害状況及びそれを踏まえた対策について、提示すること。

### (2) 回答

#### ・ 津波の状況

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(以下、「3.11地震」という。)に伴う津波は、女川原子力発電所の潮位計で観測されており、その津波の高さはO.P.+約13m<sup>※</sup>で、敷地高さ(O.P.+約13.8m<sup>※</sup>)を超えていないことを確認している。なお、敷地海側の一部に海水の浸入痕があったが、主要な建屋には到達していない(図1)。

※ O.P.とは、女川の基準面で、O.P.±0mは、東京湾平均海面-0.74mである。津波及び敷地の高さは、3.11地震後に公表された国土地理院による女川原子力発電所周辺の地殻変動(一約1m)を考慮している。

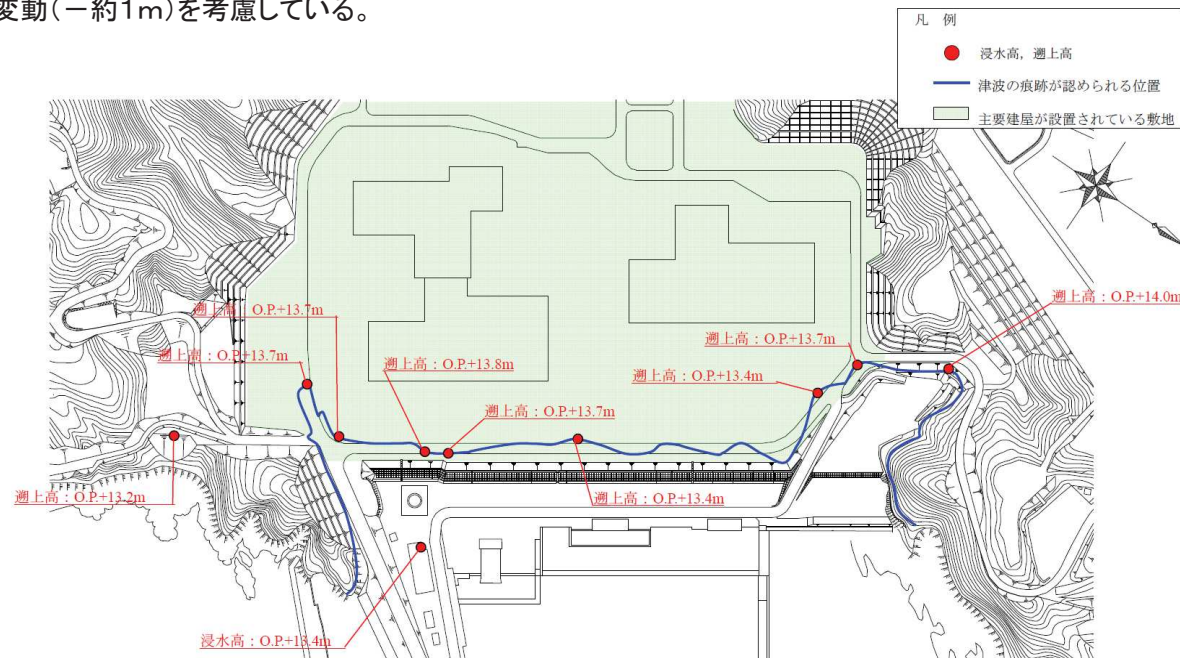


図1 東北地方太平洋沖地震に伴う津波の痕跡調査結果

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 11)(2/4)

### ・ 津波による被害状況

3.11地震に伴う津波により、女川2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリアへ津波が流入し原子炉補機冷却系の機能が喪失したために、起動していた非常用ディーゼル発電機(B)及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動停止する事象が発生している。

#### 【浸水の経路】

①取水路から津波が流入

②水位計貫通部より海水ポンプ室補機ポンプエリアへ津波(海水)が浸水

③浸水した海水が建屋境界のケーブルトレイ及び配管貫通部を通じて原子炉建屋地下3階非管理区域にある原子炉補機冷却水系熱交換器室等に流入

#### 【対策】

- ①海水ポンプ室補機ポンプエリアへの津波の浸水経路である水位計貫通部への閉止板の取付け(今後、貫通部はコンクリートにより閉塞)
- ②ケーブルトレイ及び配管貫通部の止水

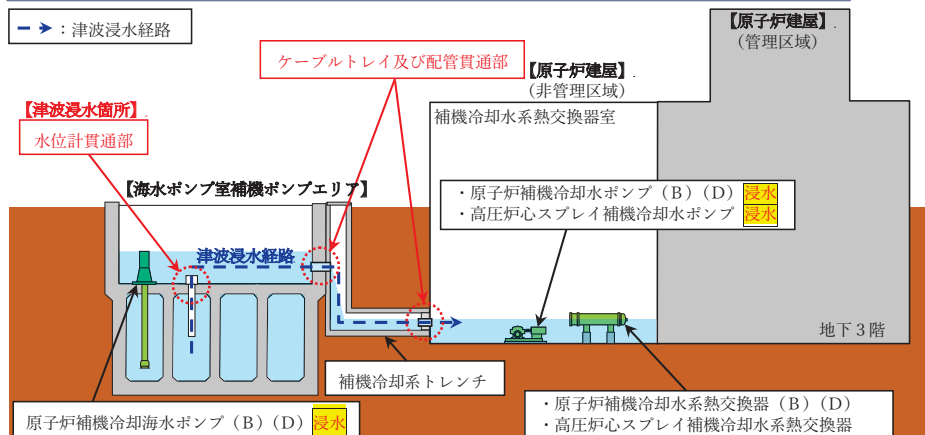


図2 原子炉建屋(非管理区域)への浸水経路(イメージ図)

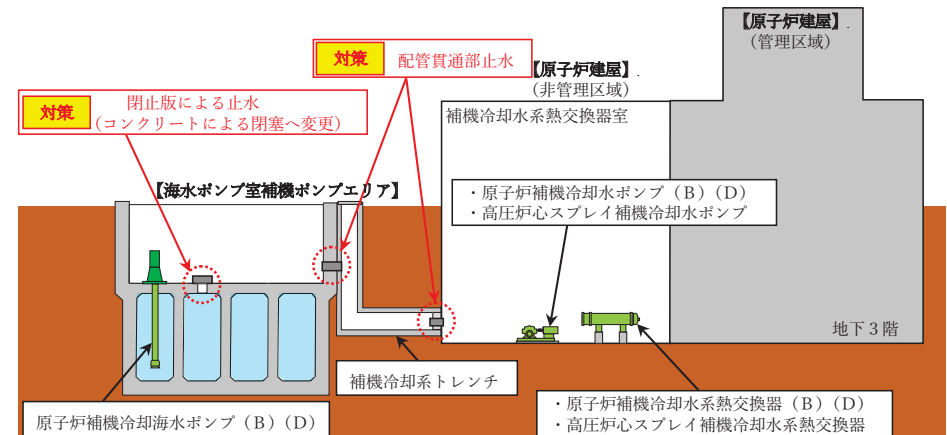


図3 浸水対策後(イメージ図)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 11)(3/4)

### 津波被害を踏まえた耐津波設計方針等への反映

#### (1) 敷地への浸水防止(外郭防護1)

- ・ 3.11地震に伴う津波により発生した浸水事象を踏まえ、敷地への浸水の可能性のある経路を特定するため、当該の水位計貫通部と同様に取水路及び放水路等の海域と接続する経路を抽出した。
- ・ 図4に示すように海域と接続する経路を通じて津波の流入の可能性がある開口部及び貫通部に対して、外郭防護として表1に示すとおり津波防護施設及び浸水防止設備を設置する。

#### (2) 漏水による重要な安全機能への影響防止(外郭防護2)

- ・ 構造上の特徴から津波が漏水する可能性を検討した結果、海水ポンプ室床貫通部に設置する逆止弁付ファンネルからの漏水が考えられることから、津波防護対象設備の機能への影響について確認した。
- ・ 確認の結果、津波の漏水により機能喪失しないことを確認した。

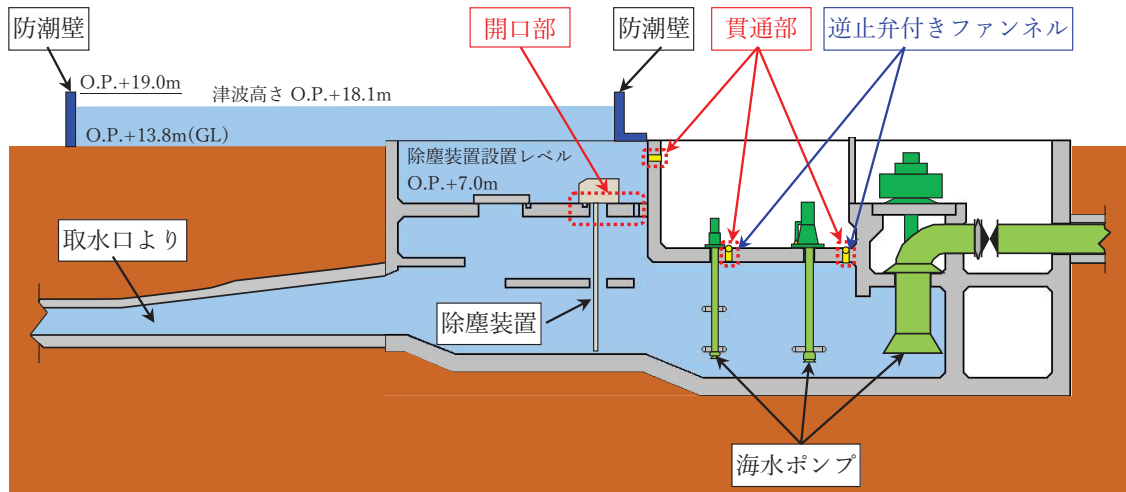


図4 津波の流入の可能性がある開口及び貫通部  
(2号炉海水ポンプ室の例)

表1 津波防護対策(外郭防護)

津波防護対策	設備分類	設置目的
防潮壁	津波防護施設	取水路、放水路から津波が設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画に到達することを防止する。
逆流防止設備	浸水防止設備	屋外排水路等からの津波流入により浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。
水密扉		3号炉海水熱交換器建屋取水立坑からの津波流入により浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。
浸水防止蓋		3号炉海水熱交換器建屋補機ポンプエリア床開口等からの津波流入により浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。
逆止弁付ファンネル		2号炉及び3号炉海水ポンプ室床からの津波流入により浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。
貫通部止水処置		取水路、放水路から流入した津波が浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 11)(4/4)

### ➤ 津波被害を踏まえた耐津波設計方針等への反映

#### (3) 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)

- ・ 3.11地震に伴って発生した津波が海水ポンプ室へ浸水した経験を踏まえ、地震によって循環水系及びタービン補機冷却海水系等の低耐震クラス配管が損傷した場合、敷地内へ多量の津波の流出が想定されることから、屋外の循環水系及びタービン補機冷却海水系については基準地震動 $S_s$ による地震力に対してバウンダリ機能を維持する。
- ・ 地震により建屋内の循環水系及びタービン補機冷却海水系配管が損傷した場合、損傷箇所からの溢水を検知することで、インターロック( $S_s$ 機能維持)により発電所敷地前面へ津波が到達する前にシステムを自動隔離し、津波を建屋内に浸水させない設計とする。
- ・ 3.11地震に伴って発生した津波による浸水事象の原因のひとつである建屋境界の貫通部に対しては、溢水防護の観点から止水する(図5)。



(海水ポンプ室)

(原子炉建屋 B3F)

図5 溢水防護対策の主要な施工対象範囲(例)

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 12)

### (1) 指摘事項

取水口の敷高について、非常用冷却海水系の取水性確保において期待していることを踏まえて、設置許可段階での申請上の位置づけを提示すること。

### (2) 回答

- 津波の引き波時において、取水口の敷高は、非常用海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保し、非常用海水ポンプの機能を保持する役割を有していることから、貯留堰という名称で津波防護施設に位置付けることとする。

津波防護対策	設備分類	設置目的
貯留堰	津波防護施設	津波の引き波時において、非常用海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保し、非常用海水ポンプの機能を保持する。



【取水設備構造概要(断面図)】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

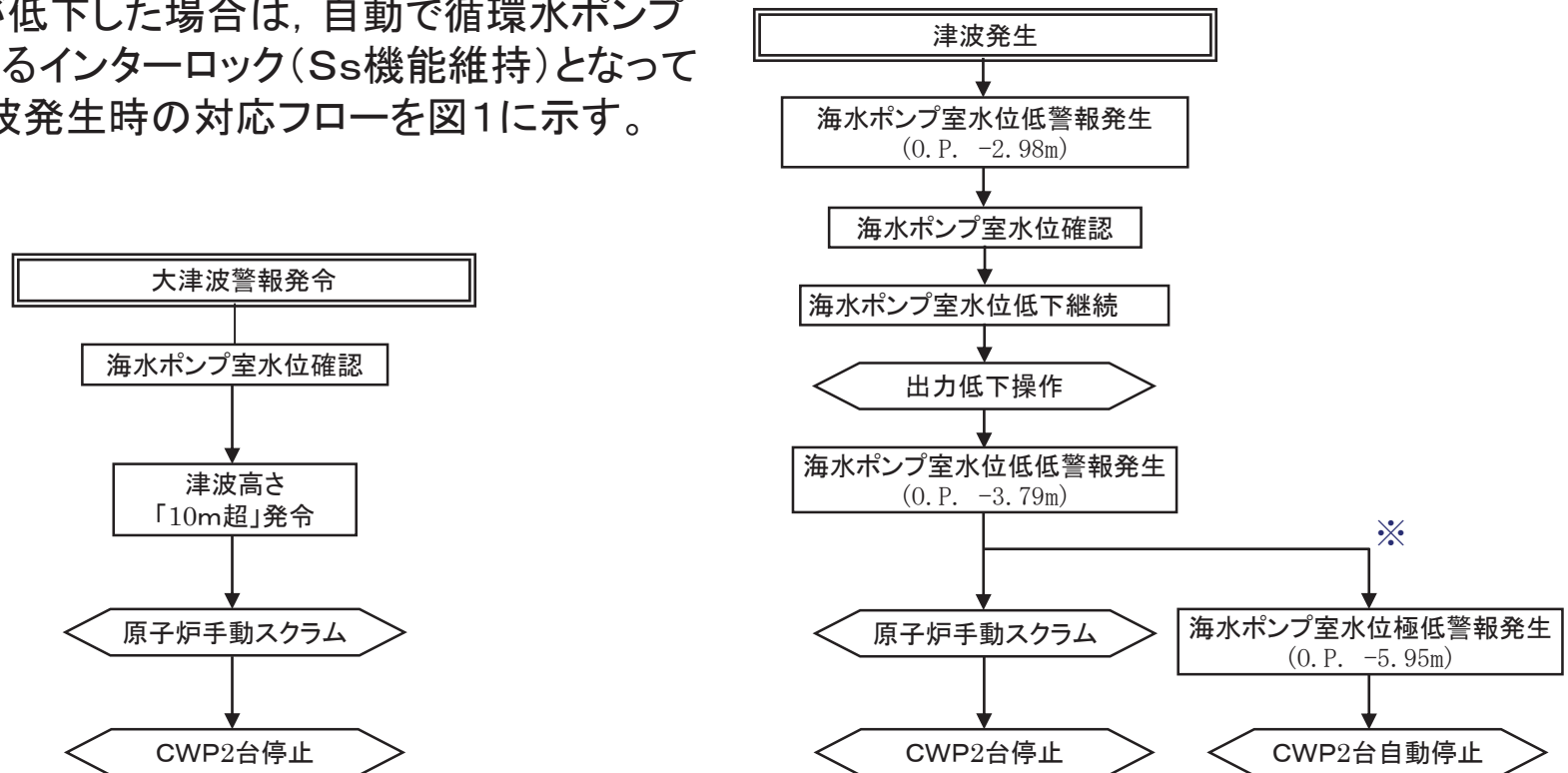
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 13)

### (1) 指摘事項

非常用冷却海水系の取水性確保について、津波起因の場合の循環水ポンプの停止手順及び関連する設備の設計方針を整理し、提示すること。

### (2) 回答

- 津波発生時は、気象庁から発信される大津波警報や、海水ポンプ室水位低下警報を元に運転員が手動で循環水ポンプを停止する手順となっており、手動停止前に所定の設定値まで海水ポンプ室水位が低下した場合は、自動で循環水ポンプが停止するインターロック(Ss機能維持)となっている。津波発生時の対応フローを図1に示す。



※CWP手動停止操作前に水位極低設定値まで水位が下がった場合

(大津波警報発令時)

(大津波警報発令時以外)

図1 地震・津波時の対応フロー

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(1/35)

### (1) 指摘事項

漂流物の調査範囲の設定根拠及び漂流物として検討する人工構造物等の網羅性を整理し、提示すること。

### (2) 回答

- 津波漂流物の影響評価として、非常用海水ポンプの取水性及び津波防護施設への衝突の2点がある。

津波漂流物の影響評価	非常用海水ポンプの取水性
	津波防護施設への衝突



次頁以降、非常用海水ポンプの取水性について示す。

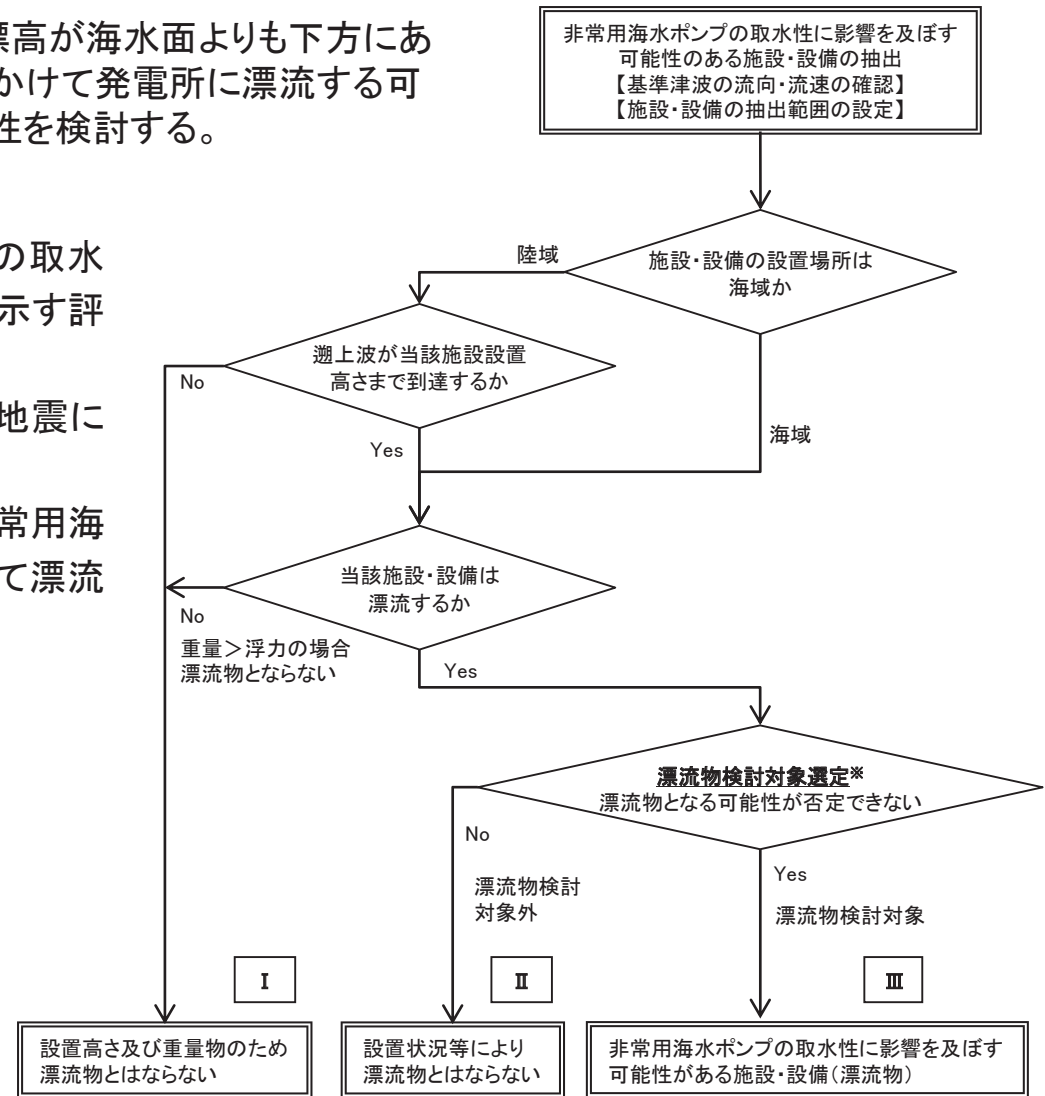
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(2/35)

### 非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物の検討方針

- 非常用海水ポンプの取水性では、取水口の開口部の標高が海水面よりも下方にあることを踏まえ、津波の水位によらず、遠方から時間をかけて発電所に漂流する可能性のある施設・設備を抽出し、取水口の閉塞の可能性を検討する。
- 具体的には以下の方針で検討を行う。
  - ✓ 基準津波により漂流物となり、非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼす可能性がある施設、設備を右に示す評価フローにより抽出する。
  - ✓ 漂流物の抽出に当たっては、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の実績も参照する。
  - ✓ 抽出結果Ⅲに該当する施設、設備等について、非常用海水ポンプの取水性への影響を検討し、必要に応じて漂流物対策を実施する。

※：漂流物となる可能性がないとする判定基準

津波の流向及び地形	発電所へ漂流しない流向・地形である
設置状況	仮設備など運転再開までの撤去が予定されている
緊急退避の実効性	緊急退避の実効性が確認されている

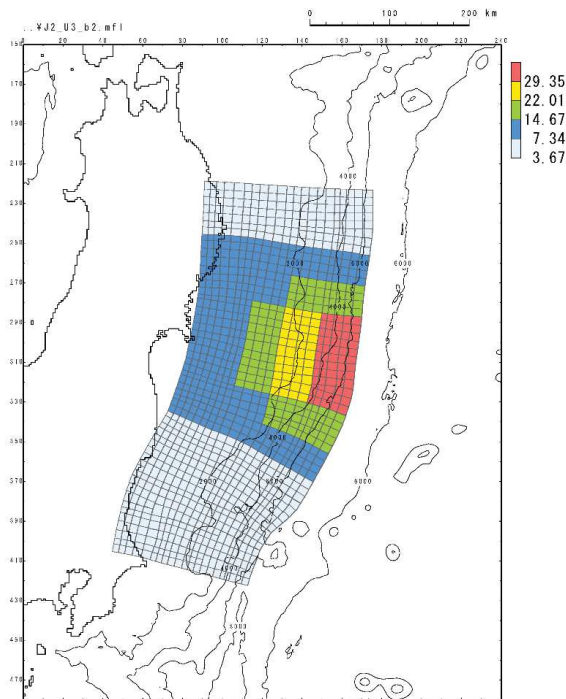


【非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物の評価フロー】

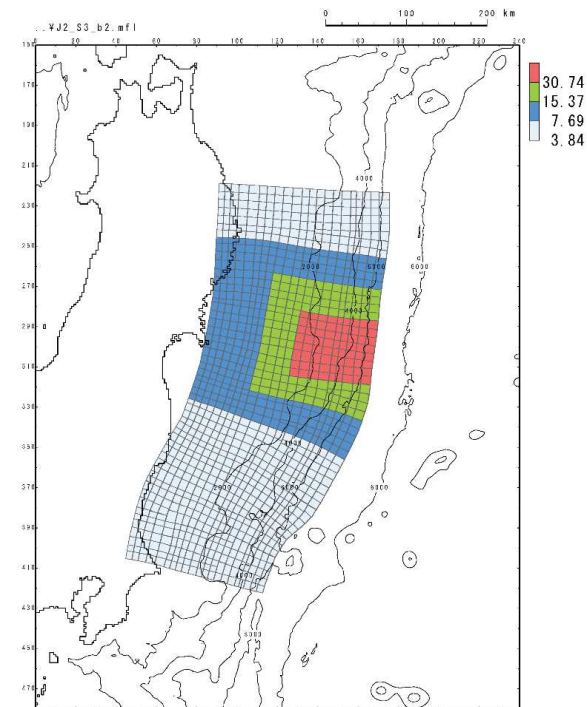
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(3/35)

### 【基準津波の流向及び流速の確認】

- 女川原子力発電所の基準津波は下図のとおり上昇側と下降側の2つモデルがある。
- 上昇側と下降側, どちらも宮城県沖の大すり域の破壊特性を考慮した特性化モデルであるが, 上昇側は海溝側強調モデルであり, 下降側はすべり量割り増しモデルとなっている。
- このことから, モデルが異なる2つの基準津波(上昇側と下降側)について, 女川原子力発電所とその周辺における流向及び流速を確認した(次頁以降に, 津波第一波が到達して水位最大となり, 引き波に転じるまでの代表的な流向及び流速の図を示す)。



女川原子力発電所の基準津波(水位上昇側)  
 (東北地方太平洋沖型の地震,  
 宮城県沖の大すり域の破壊特性を考慮した特性化モデル)  
 (海溝側強調モデル)

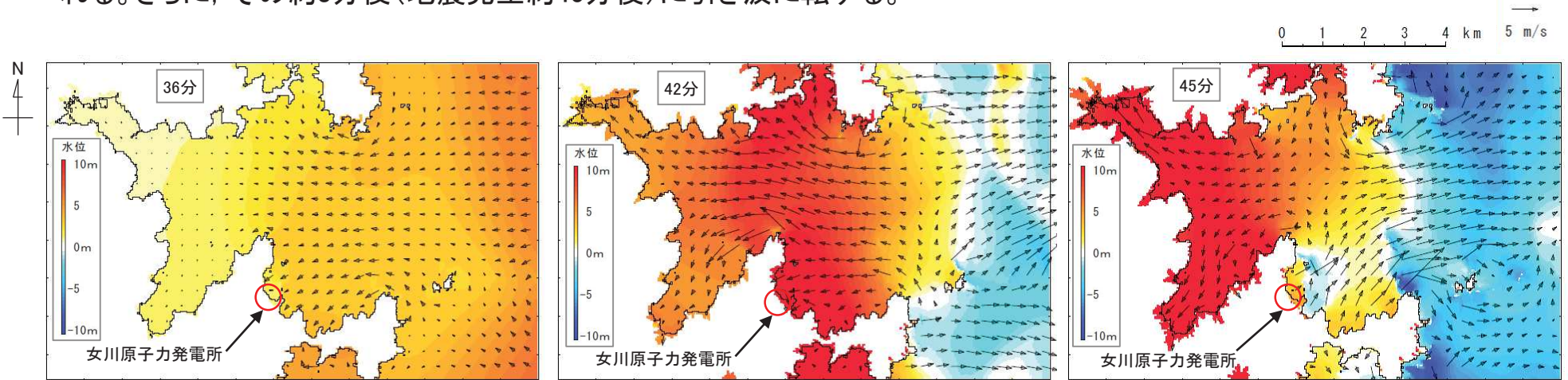


女川原子力発電所の基準津波(水位下降側)  
 (東北地方太平洋沖型の地震,  
 宮城県沖の大すり域の破壊特性を考慮した特性化モデル)  
 (すべり量割増モデル)

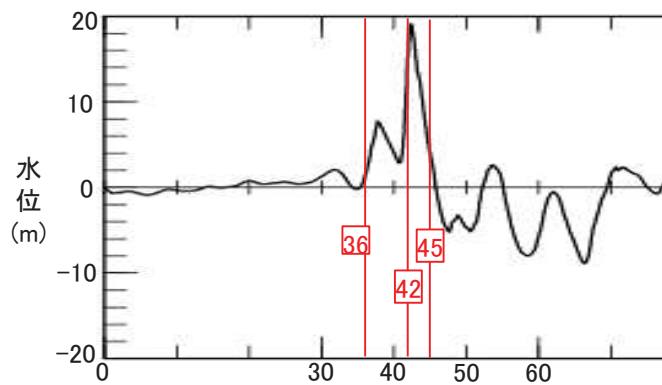
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(4/35)

### 【基準津波(上昇側)の流向及び流速の確認(1/2)】

- 上昇側の基準津波は、真東から襲来して女川湾へと伝播する。女川原子力発電所では地震発生約36分後に敷地前面に津波が到達する。
- 港湾内へは港湾口より進入し、約6分後(地震発生約42分後)に水位がおおむね最大となり、5m/s以上の流速が確認される。さらに、その約3分後(地震発生約45分後)に引き波に転ずる。



上昇側の基準津波による2号炉取水口前面での水位



地震発生からの経過時間(分)

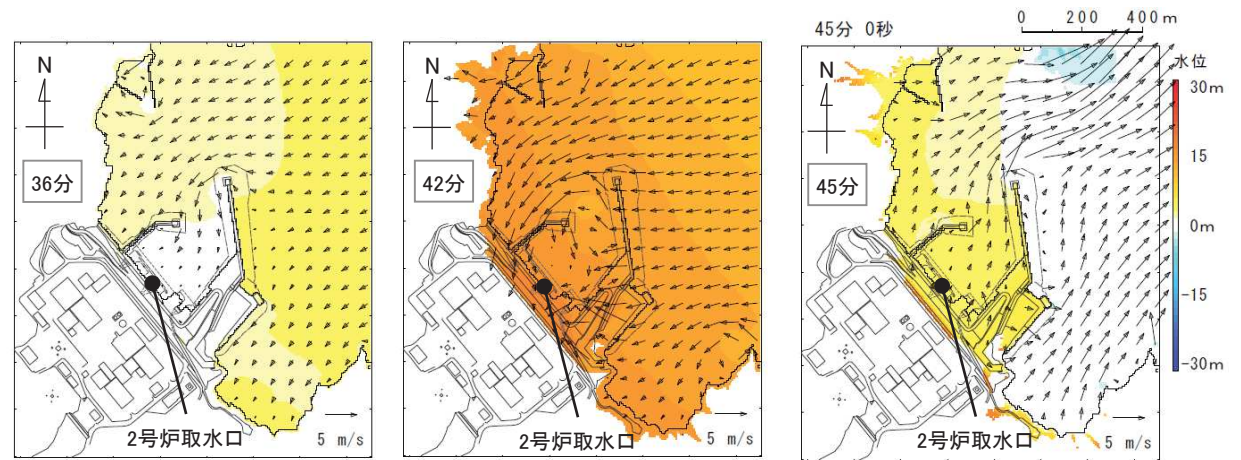


図 発電所周辺海域の水位・流向ベクトル(基準津波(上昇側))

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(5/35)

### 【基準津波(上昇側)の流向及び流速の確認(2/2)】

- 地震発生約50分後には、女川湾全体で引き波に転じ、それ以降は津波襲来時と逆方向の沖合へ向かう流向が卓越している。その一部では女川原子力発電所に向かう流れも確認されるが、沖合へ向かう流速に比べて小さい。

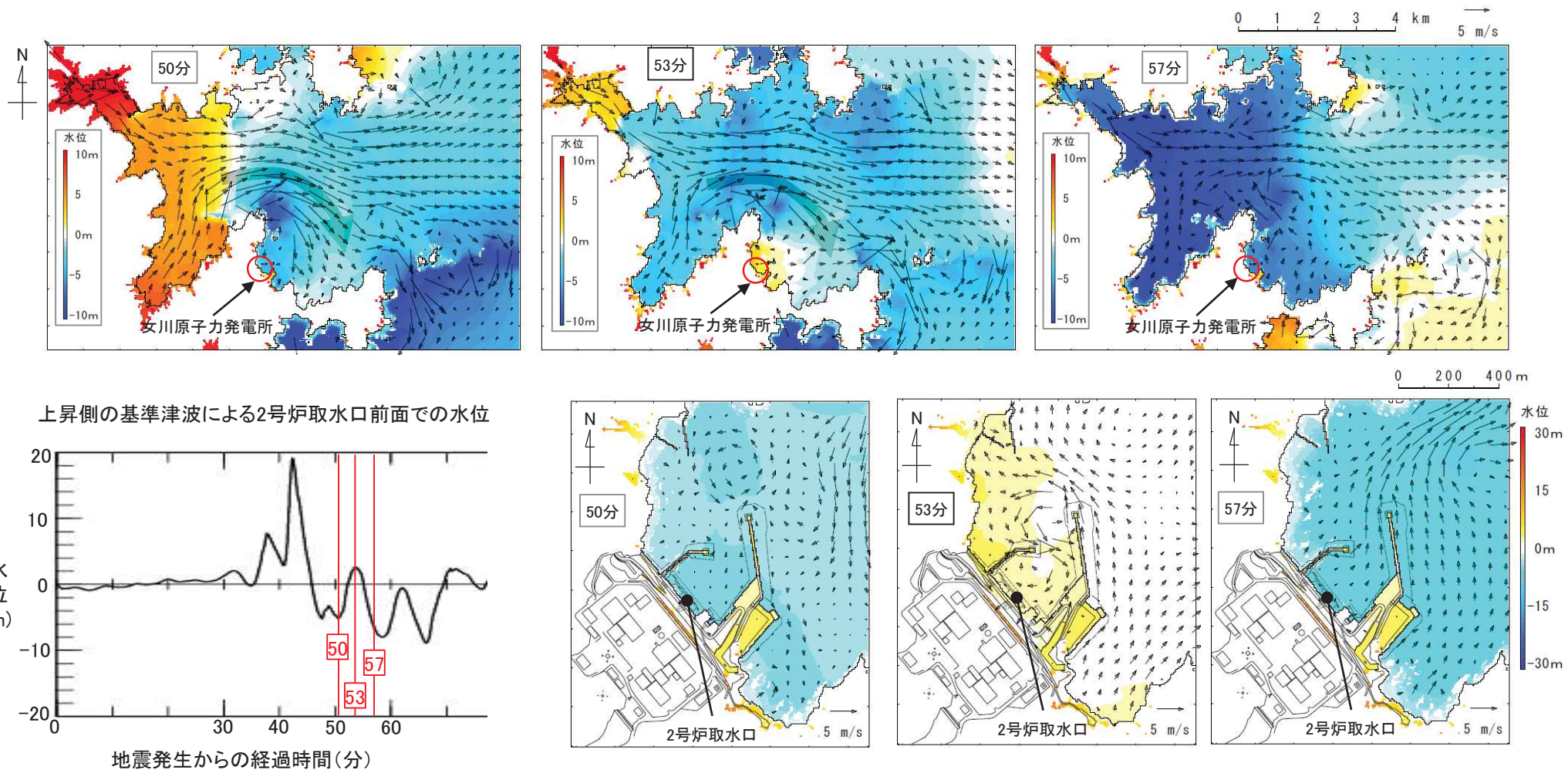


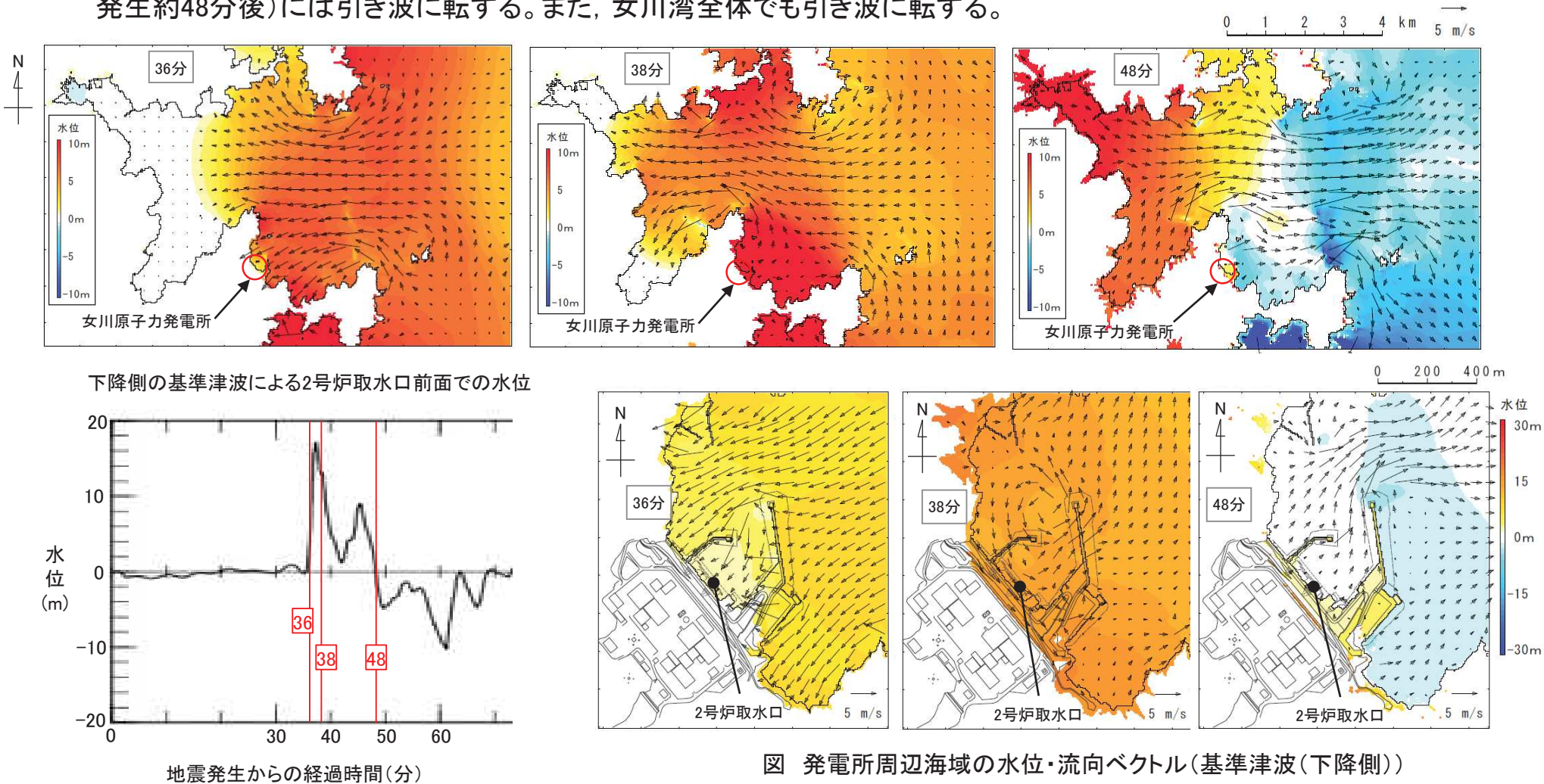
図 発電所周辺海域の水位・流向ベクトル(基準津波(上昇側))



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(6/35)

### 【基準津波(下降側)の流向及び流速の確認(1/2)】

- 下降側の基準津波は、真東から襲来して女川湾へと伝播する。女川原子力発電所では地震発生約36分後に敷地前面に津波が到達し、5m/s以上の流速が確認される。
- 港湾内へは港湾口より進入し、約2分後(地震発生約38分後)に水位がおおむね最大となり、その約10分後(地震発生約48分後)には引き波に転ずる。また、女川湾全体でも引き波に転ずる。



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(7/35)

### 【基準津波(下降側)の流向及び流速の確認(2/2)】

- 地震発生約51分以降は津波襲来時と逆方向の沖合へ向かう流向が卓越している。その一部では女川原子力発電所に向かう流れも確認されるが、沖合へ向かう流速に比べて小さい。

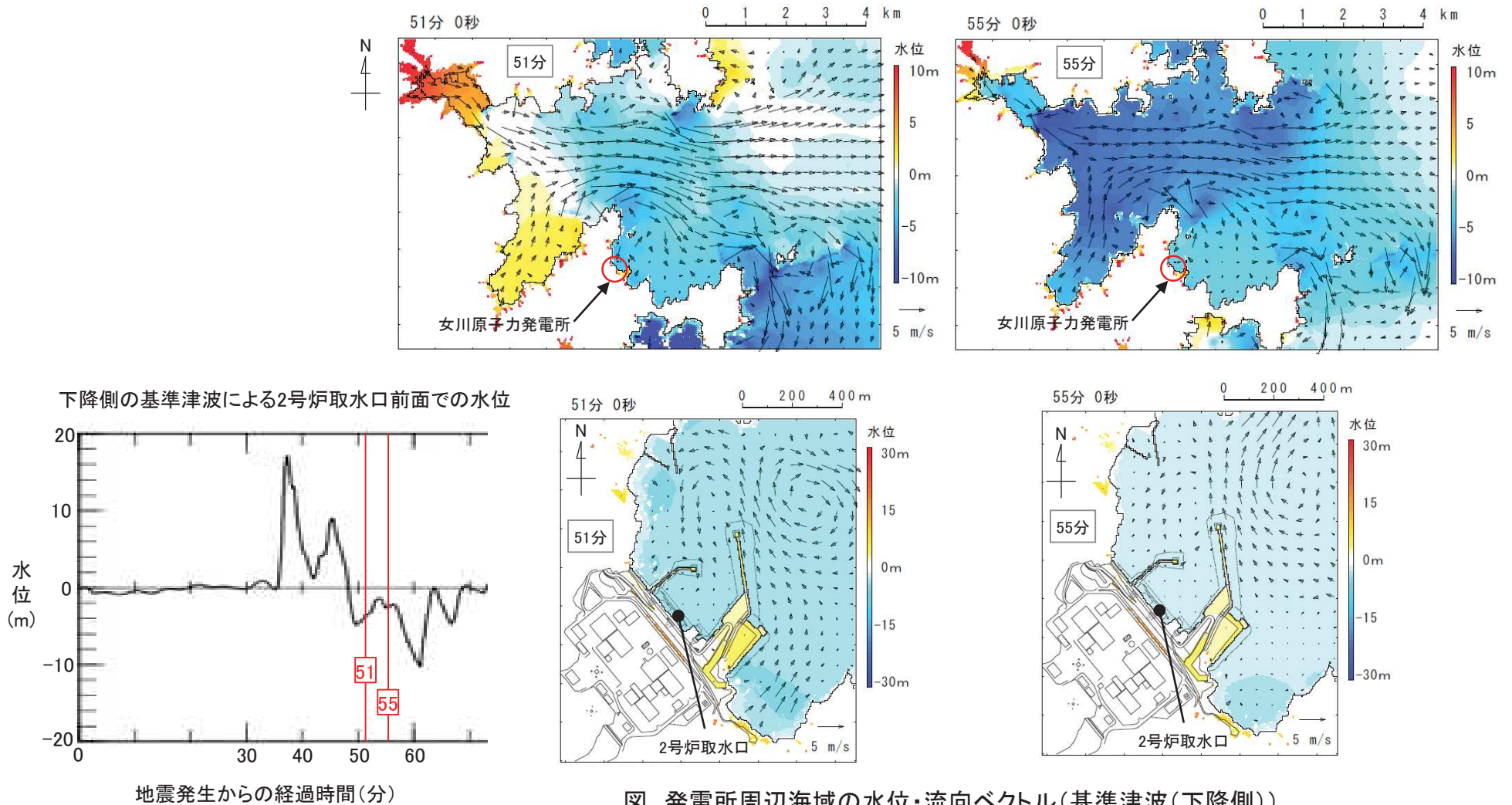


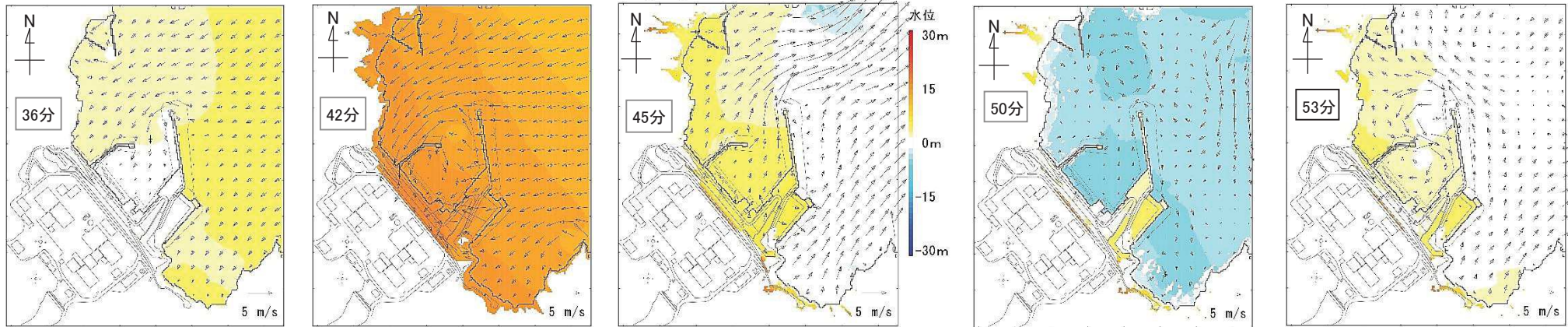
図 発電所周辺海域の水位・流向ベクトル(基準津波(下降側))

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(8/35)

### 【防波堤の有無による水位・流速・流向の比較(基準津波(上昇側))】

- 防波堤ありでは寄せ波時に防波堤をまわり込んで津波が襲来し、引き波では港口を通過して港外へ流れている。一方、防波堤なしでは寄せ波が直接発電所敷地に押し寄せ、引き波では防波堤がないことから、沖へ一様に流れていることを確認した。
- 寄せ波時における防潮堤前面での流速は、防波堤ありの結果よりも防波堤なしの方が大きくなっていることを確認した(36分の赤枠)。

防波堤あり



防波堤なし

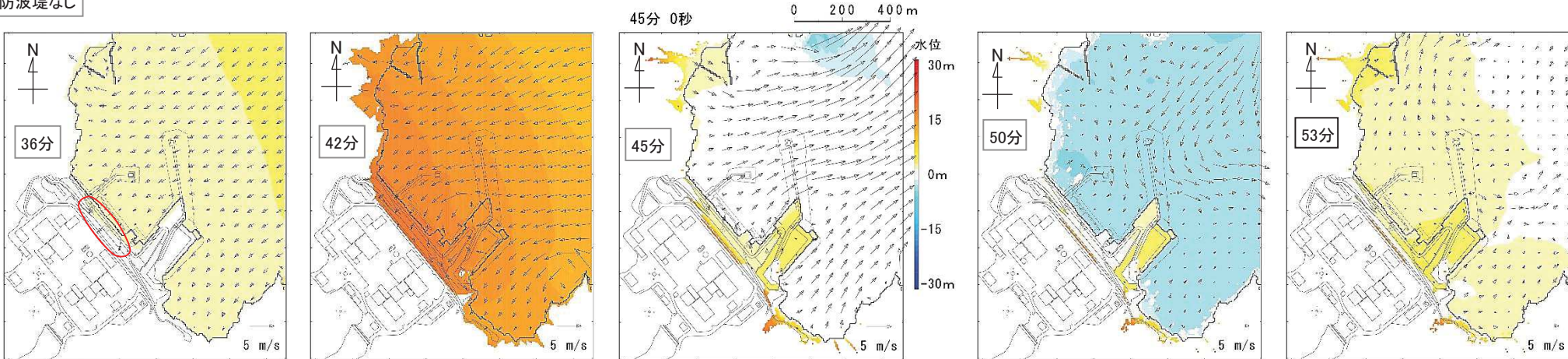


図 防潮堤の有無による水位・流速・流向の比較(基準津波(上昇側))

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(9/35)

### 【防波堤の有無による水位・流速・流向の比較(基準津波(下降側)】

- 防波堤ありでは寄せ波時に防波堤をまわり込んで津波が襲来し、引き波では港口を通過して港外へ流れている。一方、防波堤なしでは寄せ波が直接発電所敷地に押し寄せ、引き波では防波堤がないことから、沖へ一様に流れていることを確認した。
- 寄せ波時における防潮堤前面での流速は、防波堤ありの結果よりも防波堤なしの方が大きくなっており、5m/s以上となっていることを確認した(36分の赤枠)。

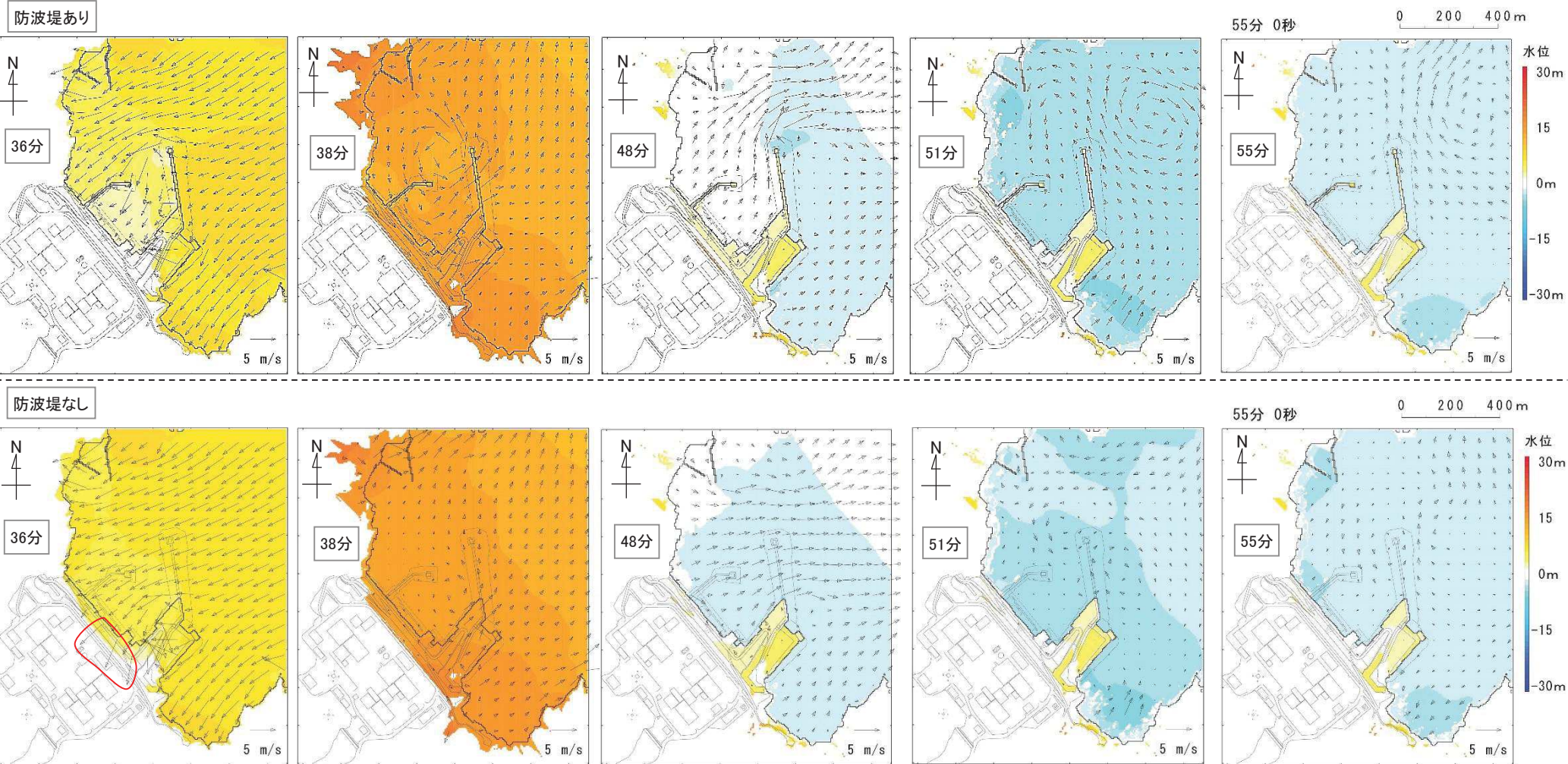
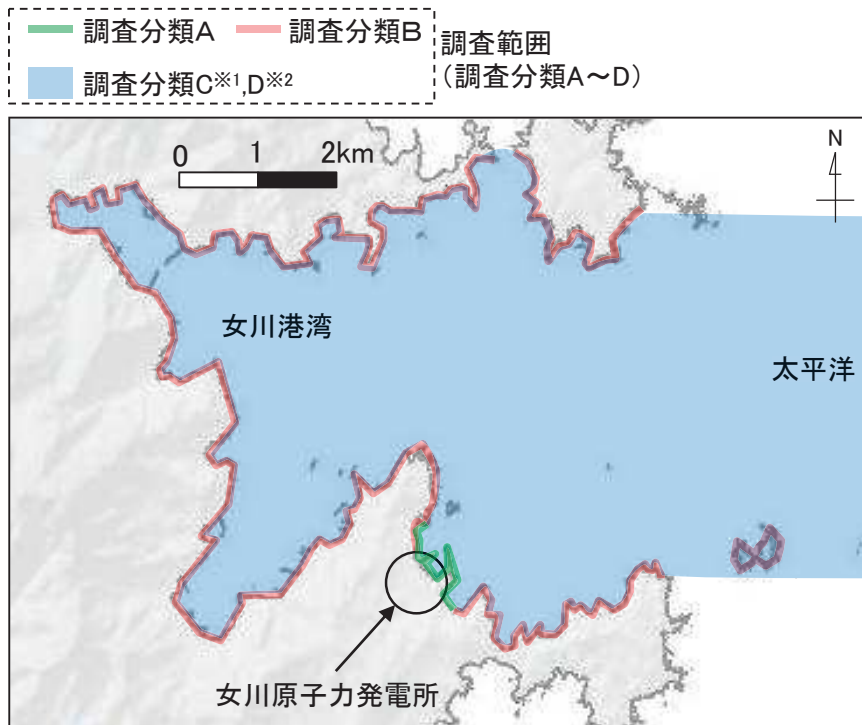


図 防潮堤の有無による水位・流速・流向の比較(基準津波(下降側))

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(10/35)

### 【施設・設備の抽出範囲の設定】

- 「基準津波の流向及び流速の確認」から、以下の特徴を確認した。
  - ✓ 女川港湾に襲来した津波は、引き波に転じた後、津波襲来方向と逆方向の流れが卓越している。
  - ✓ また、その逆方向の流れの一部は、周辺地形の影響を受けて女川原子力発電所へ向かう流れもある。
- 上記の特徴を踏まえ、施設・設備の抽出範囲を左下の図のとおり設定した。
- また、敷地内と敷地外に分類した上で、敷地外については、漁港・集落・海岸線の人工構造物、海上設置物、船舶に分類した。また、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物(実績)も調査対象とした(右下の表のとおり)。



【漂流物調査範囲】

※1: 沖合側(東側)の範囲については海上設置物の設置状況を考慮して設定  
 ※2: 沖合側(東側)の範囲については定期航路船舶の航路を考慮して設定

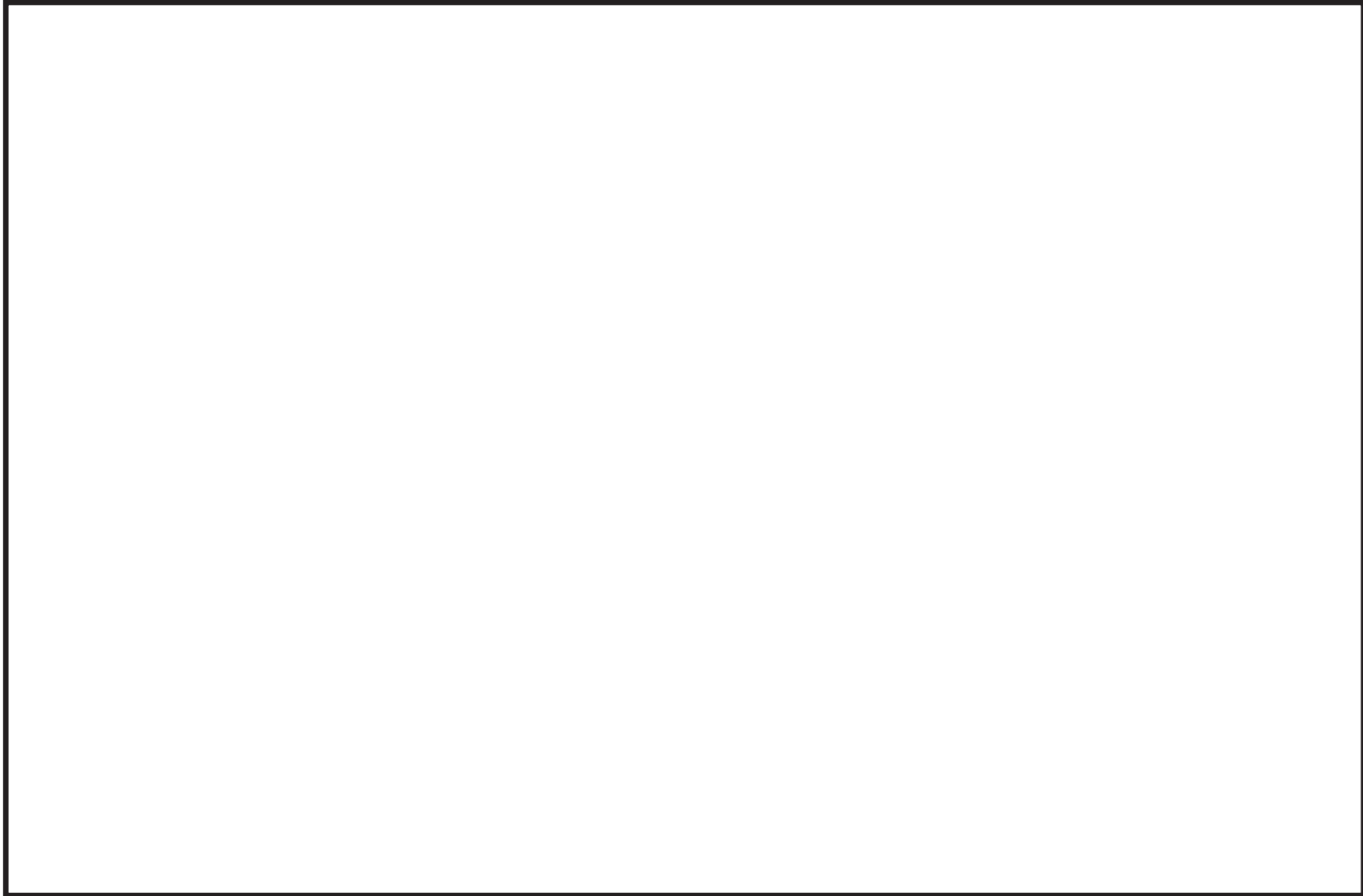
【調査分類表】

調査分類		調査方法	対象例
敷地内 (陸域)	発電所敷地内における人工構造物	A 机上調査 現地調査	発電所港湾施設 港湾施設, 建屋
敷地外 (陸・海)	漁港・集落・海岸線の人工構造物	B 机上調査 現地調査	港湾施設, 家屋
	海上設置物	C 机上調査 聞き取り調査	係留漁船, 養殖漁業施設
	船舶	D 机上調査 聞き取り調査	燃料等輸送船 定期航路船舶
東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物		現地調査	

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(11/35)

【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません



【調査分類Aにおける人工構造物の配置概要】

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(12/35)

### 【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名 称
1	東防波堤灯台
2	北防波堤導標・敷地側導標
3	3号炉放水路サンプリング建屋
4	2号炉放水口モニター建屋
5	2号炉放流管真空ポンプ室
6	港湾作業管理詰所
7	オイルフェンス格納倉庫
8	屋外電動機等点検建屋
9	1号炉放水路サンプリング室(排水路試料採取室)
10	1号炉放水口モニター建屋
11	配電柱
12	車両
13	2号炉カーテンウォール(PC板)
14	2号炉カーテンウォール(H型钢)
15	2号炉カーテンウォール(上部コンクリート)
16	1号炉及び2・3号炉カーテンウォール(PC板)
17	1号炉及び2・3号炉カーテンウォール(鋼製トラス)
18	1号炉及び2・3号炉カーテンウォール(上部コンクリート)

No.	名 称
19	屋外キュービクル
20	屋外中継盤
21	海上レーダー中継盤
22	海側設備分電盤
23	電気中継盤
24	角落し
25	3号炉放水口モニタリング架台
26	海上レーダー支柱
27	鋼製ゲート
28	警備用カメラ支柱
29	排水路フラップゲート巡視路
30	ページング支柱
31	照明支柱
32	立入制限区域柵
33	マンホール
34	グレーチング
35	バッチャープラント(コンクリート製造設備)
36	工事中仮設物及び建物

No.	名 称
37	防波堤(ケーソン)
38	防波堤(上部コンクリート)
39	防波堤(消波ブロック)
40	防波堤(被覆石)
41	防波堤(捨石)

2号炉再稼働時までに撤去予定の人工構造物

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(13/35)

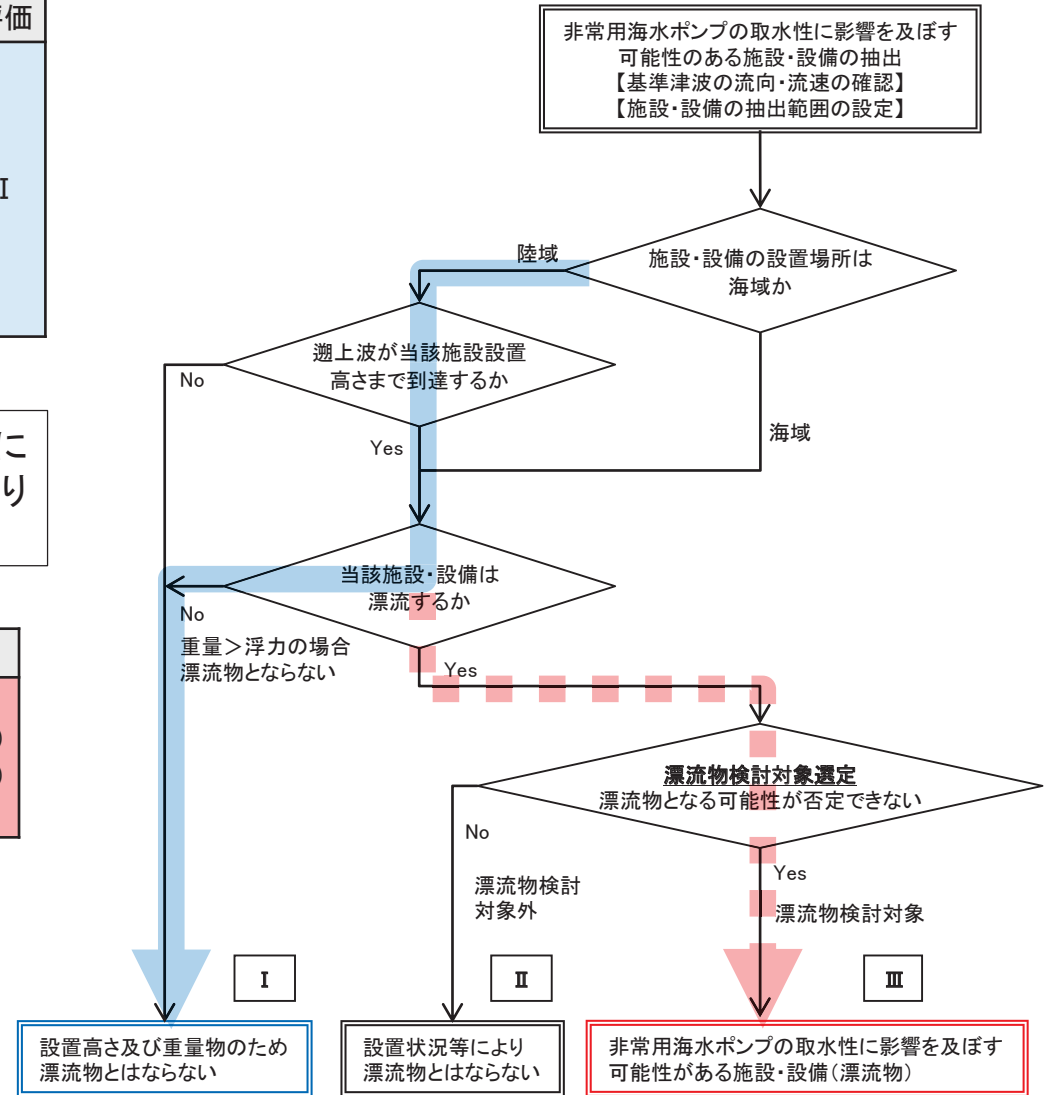
### 【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
1	東防波堤灯台	O.P.+4.0m	鋼材・RC	約30t	I
2	北防波堤導標 敷地側導標	O.P.+4.0m O.P.+2.5m	鋼材	約0.5t 約0.2t	
3	3号炉放水路サンプリング建屋	O.P.+4.0m	RC(RC造)	—	
4	2号炉放水口モニター建屋	O.P.+4.0m	RC(RC造)	—	
5	2号炉放流管真空ポンプ室	O.P.+4.0m	RC(RC造)	—	

No.1~5の施設・設備は、いずれも遡上波が到達する高さに設置しているが、RC又は鋼材を主材料とした重量物であり気密性がないため、漂流物とならない。

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
6	港湾作業管理詰所	O.P.+2.5m	鋼材(鉄骨造)	—	I(全体) III(一部)
7	オイルフェンス格納倉庫	O.P.+2.5m	鋼材(鉄骨造)	—	
8	屋外電動機等点検建屋	O.P.+2.5m	鋼材(鉄骨造)	—	

No.6~8の施設・設備は、いずれも遡上波が到達する高さに設置しているが、施設本体(主材料)は重量物であり気密性がないため漂流物とならない。一方、壁材等は地震又は津波波力により施設本体から分離して漂流物となる可能性がある。





## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(14/35)

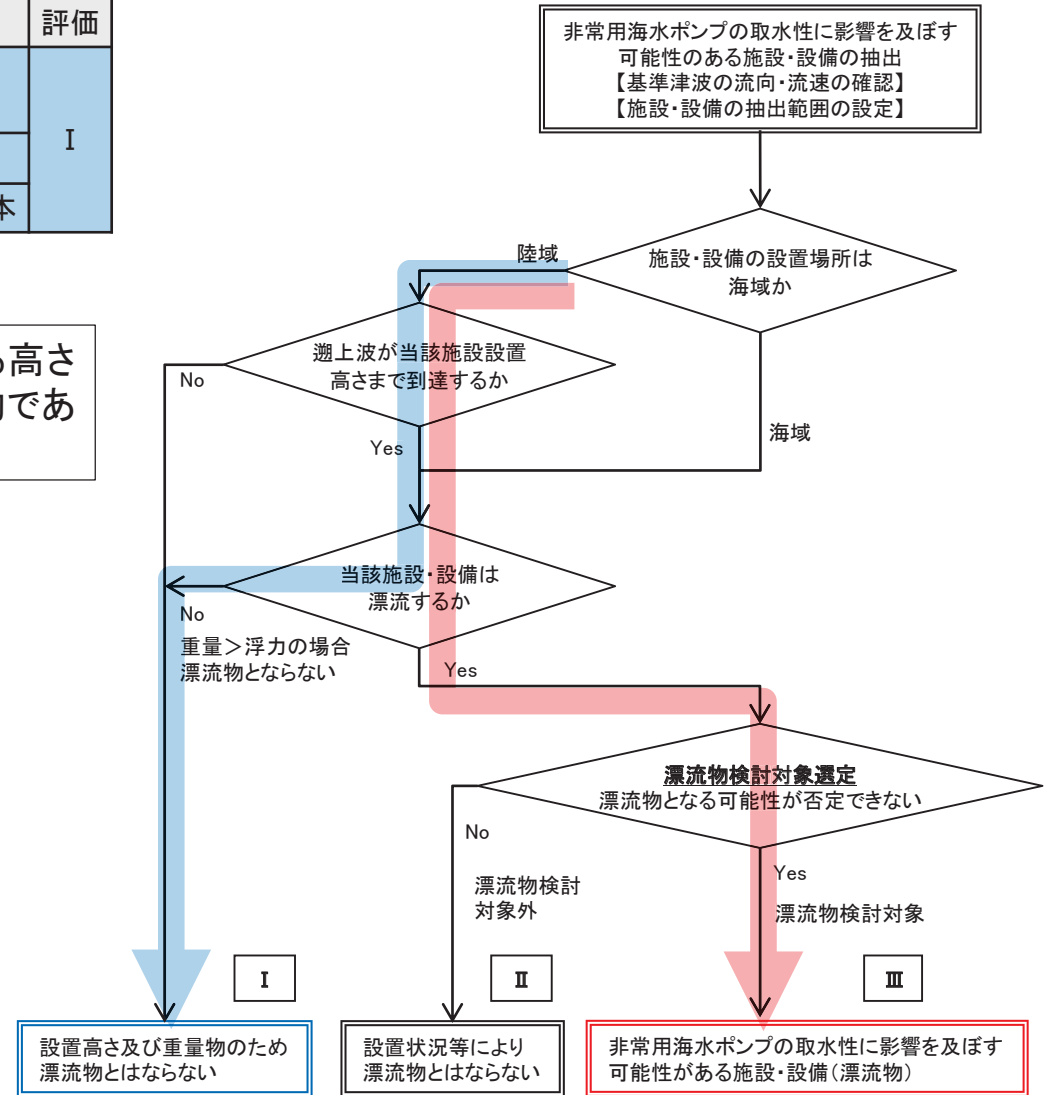
### 【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
9	1号炉放水路サンプリング室 (排水路試料採取室)	O.P.+7.0m	RC(RC造)	—	I
10	1号炉放水口モニター建屋	O.P.+7.0m	RC(RC造)	—	
11	配電柱	O.P.+2.5m以上	RC	390kg/本	

No.9～11の施設・設備は、いずれも遡上波が到達する高さに設置しているが、RC又は鋼材を主材料とした重量物であり気密性がないため、漂流物とならない。

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
12	車両	O.P.+2.5m以上	鋼材	—	III

車両については、遡上波が到達する高さに駐車場が整備されていないため、漂流物となる可能性は考えにくいですが、地震後における遡上域から防潮堤区画内への退避ルートが未確定であることから、漂流物となる可能性がある。

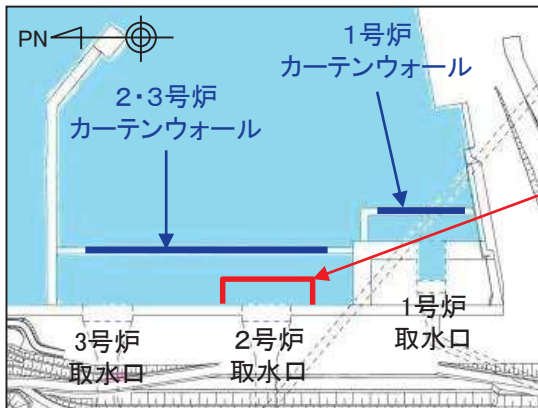


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(15/35)

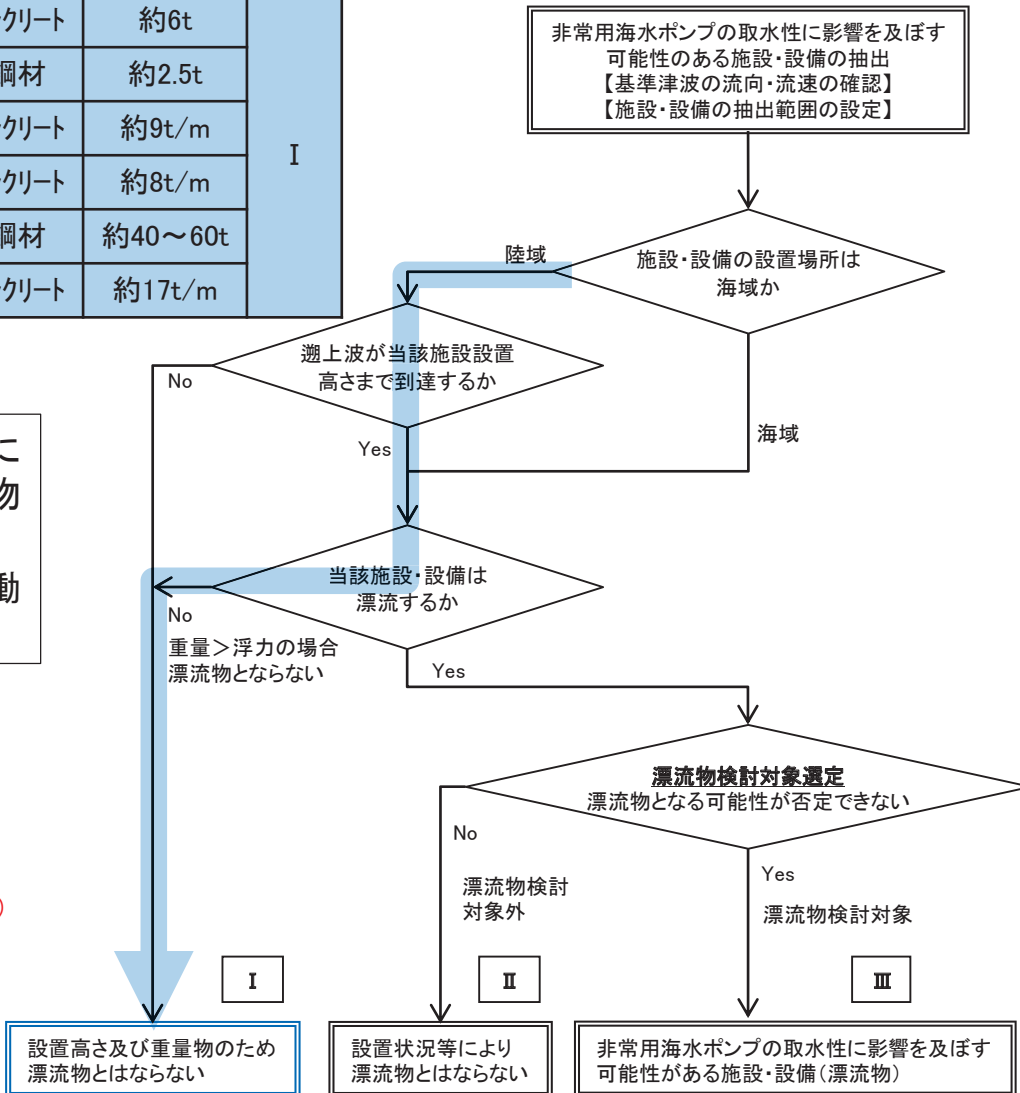
【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
13	2号炉カーテンウォール(PC板)	O.P.-11.5m ~O.P.+3.5m	コンクリート	約6t	I
14	2号炉カーテンウォール(H型鋼)		鋼材	約2.5t	
15	2号炉カーテンウォール(上部コンクリート)		コンクリート	約9t/m	
16	1号炉及び2・3号炉カーテンウォール(PC板)	O.P.-11.5m ~O.P.+3.5m	コンクリート	約8t/m	
17	1号炉及び2・3号炉カーテンウォール(鋼製トラス)		鋼材	約40~60t	
18	1号炉及び2・3号炉カーテンウォール(上部コンクリート)		コンクリート	約17t/m	

- No.13~18の設備は、いずれも遡上波が到達する高さ  
に設置しているが、コンクリート、鋼材を主材料とした重量物  
であり気密性がないため、漂流物とならない。
- なお、No.13~15の2号炉カーテンウォールは2号炉再稼働  
時まで撤去することとしている。



2号炉カーテンウォール  
(2号炉再稼働時まで撤去予定)



設置高さ及び重量物のため  
漂流物とはならない

設置状況等により  
漂流物とはならない

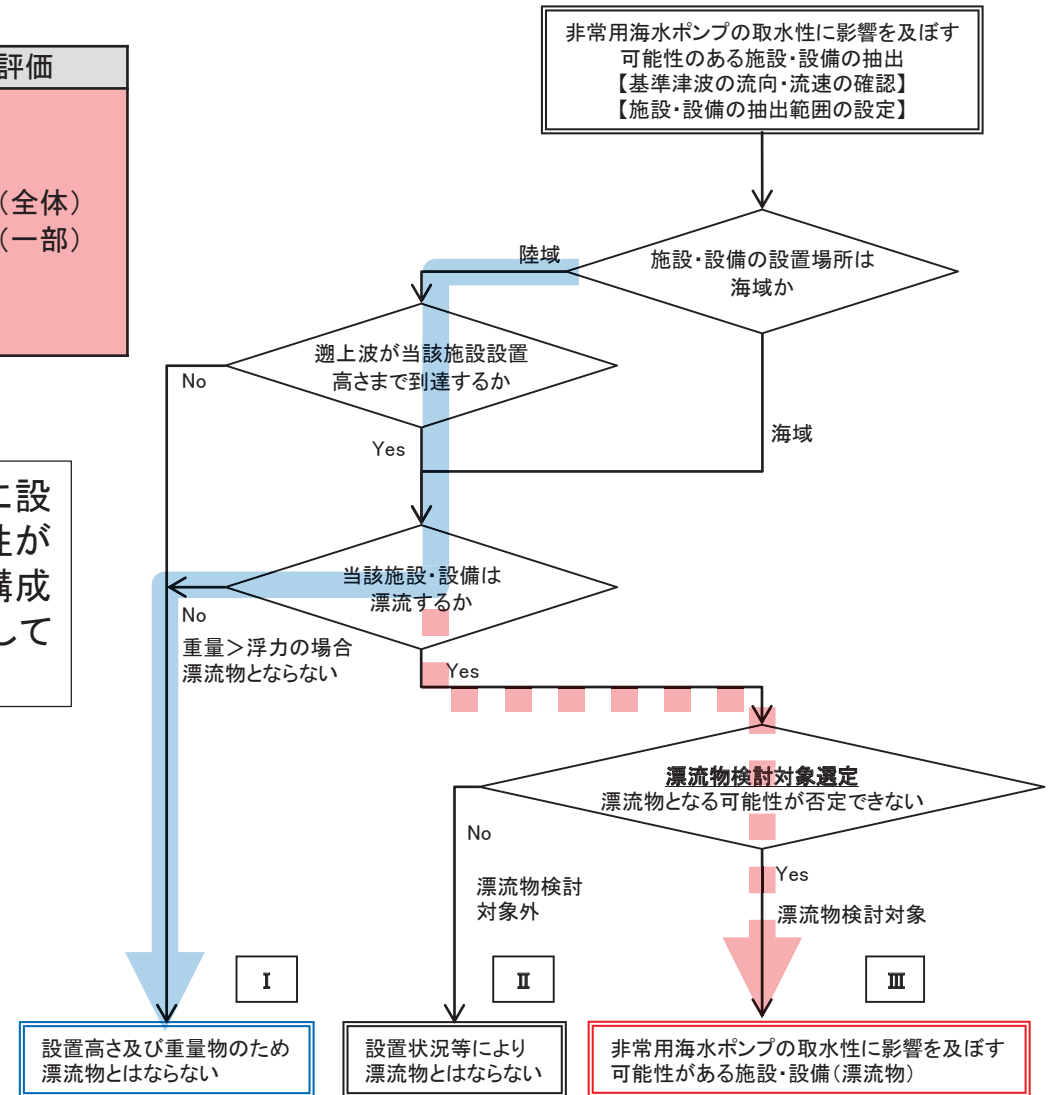
非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼす  
可能性のある施設・設備(漂流物)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(16/35)

【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
19	屋外キュービクル	O.P.+2.5m以上	RC, 鋼材	—	I (全体) III (一部)
20	屋外中継盤	O.P.+2.5m以上	鋼材	—	
21	海上レーダー中継盤	O.P.+2.5m	鋼材	—	
22	海側設備分電盤	O.P.+2.5m	鋼材	—	
23	電気中継盤	O.P.+2.5m	鋼材	—	

No.19～23の設備は、いずれも遡上波が到達する高さに設置しているが、設備本体(主材料)は重量物であり気密性がないため漂流物とならない。一方、これら設備の内部を構成する部材は地震又は津波波力により設備本体から分離して漂流物となる可能性がある。

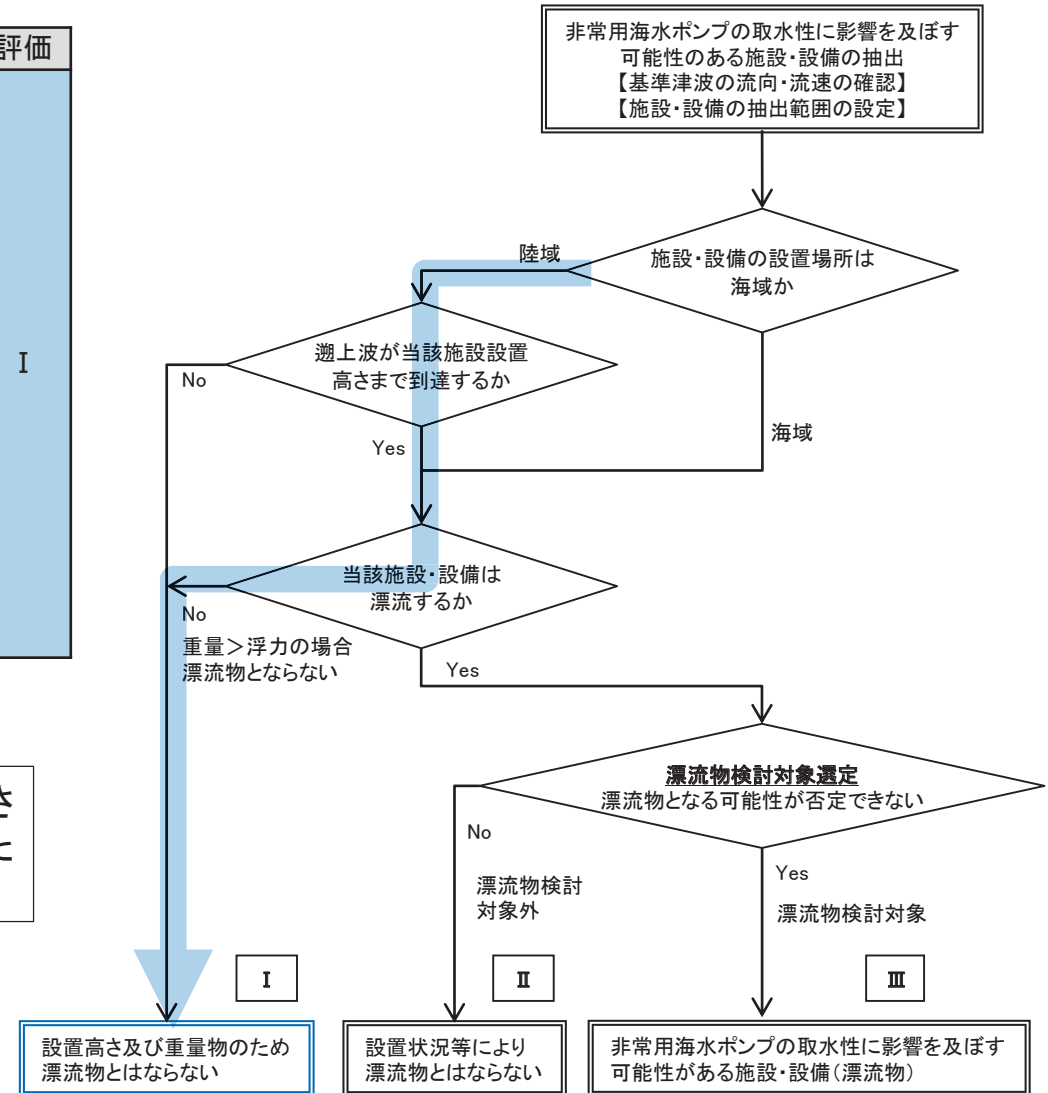


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(17/35)

### 【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
24	角落し	O.P.+2.5m以上	コンクリート	—	I
25	3号炉放水口モニタリング架台	O.P.+4.0m	鋼材	—	
26	海上レーダー支柱	O.P.+2.5m	RC	—	
27	鋼製ゲート	O.P.+2.5m以上	鋼材	—	
28	警備用カメラ支柱	O.P.+2.5m	鋼材	—	
29	排水路フラップゲート巡視路	O.P.+2.5m	鋼材	—	
30	ページング支柱	O.P.+2.5m以上	RC	—	
31	照明支柱	O.P.+2.5m以上	鋼材	—	
32	立入制限区域柵	O.P.+2.5m	鋼材	—	
33	マンホール	O.P.+2.5m	鋼材	—	
34	グレーチング	O.P.+2.5m	鋼材	—	

No.24～34の施設・設備は、いずれも遡上波が到達する高さに設置しているが、鋼材、コンクリート及びRCを主材料とした重量物であり気密性が無いため漂流物とならない。

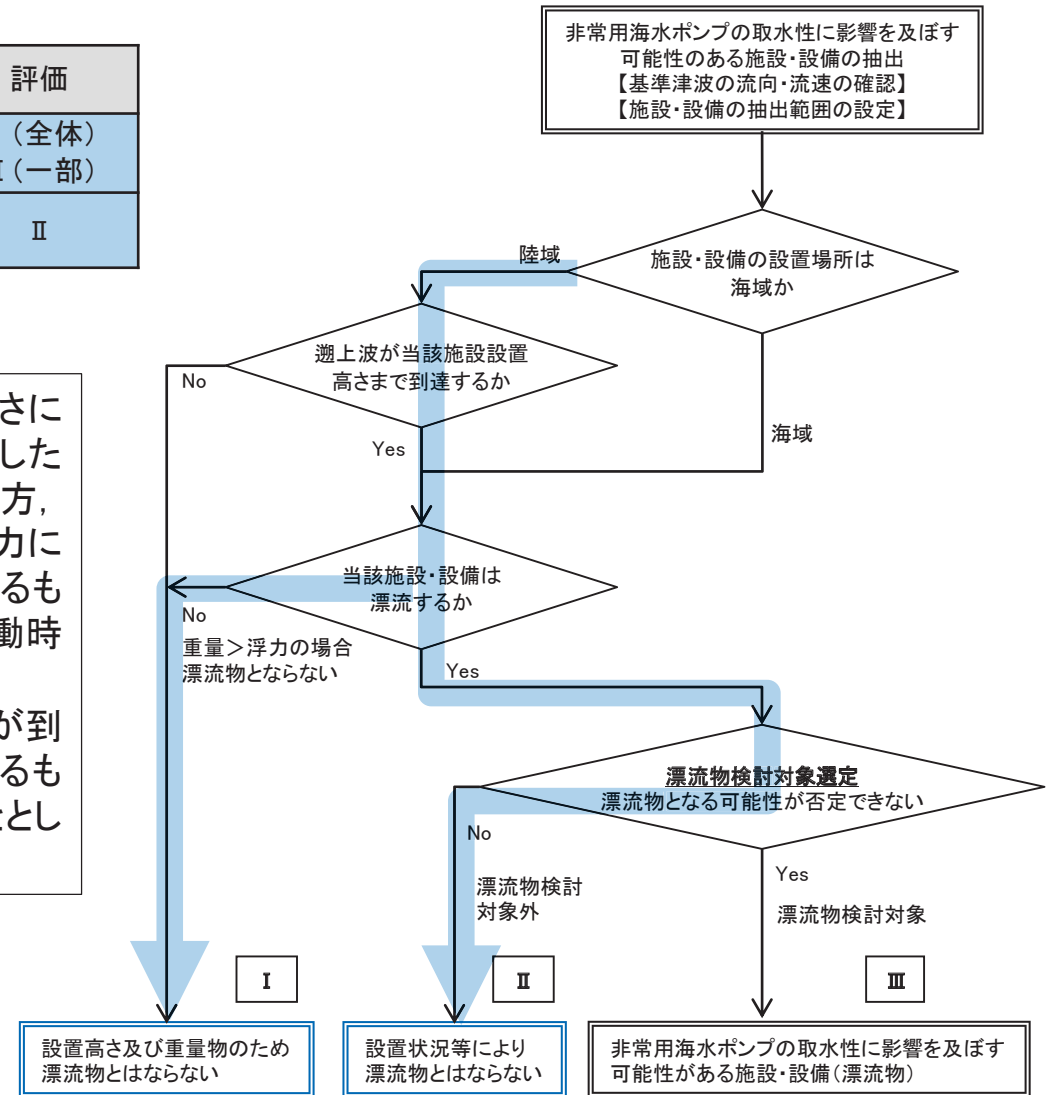


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(18/35)

### 【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
35	バッチャープラント (コンクリート製造設備)	O.P.+4.0m	RC, 鋼材	—	I (全体) II (一部)
36	工事用仮設物及び建物	O.P.+2.5m以上	—	—	II

- バッチャープラントについては、遡上波が到達する高さに設置しているが、施設本体はRC又は鋼材を主材料とした重量物であり気密性が無いため漂流物とならない。一方、施設本体以外の部材については、地震又は津波の波力によって施設本体から分離して漂流物となる可能性があるものの、バッチャープラントは仮設備であり、2号炉再稼働時までに撤去することとしているため、漂流物とならない。
- 工事用仮設物及び建物については、いずれも遡上波が到達する高さに設置しており、漂流物となる可能性があるものの、仮設備であり2号炉再稼働時までに撤去することとしているため、漂流物とならない。

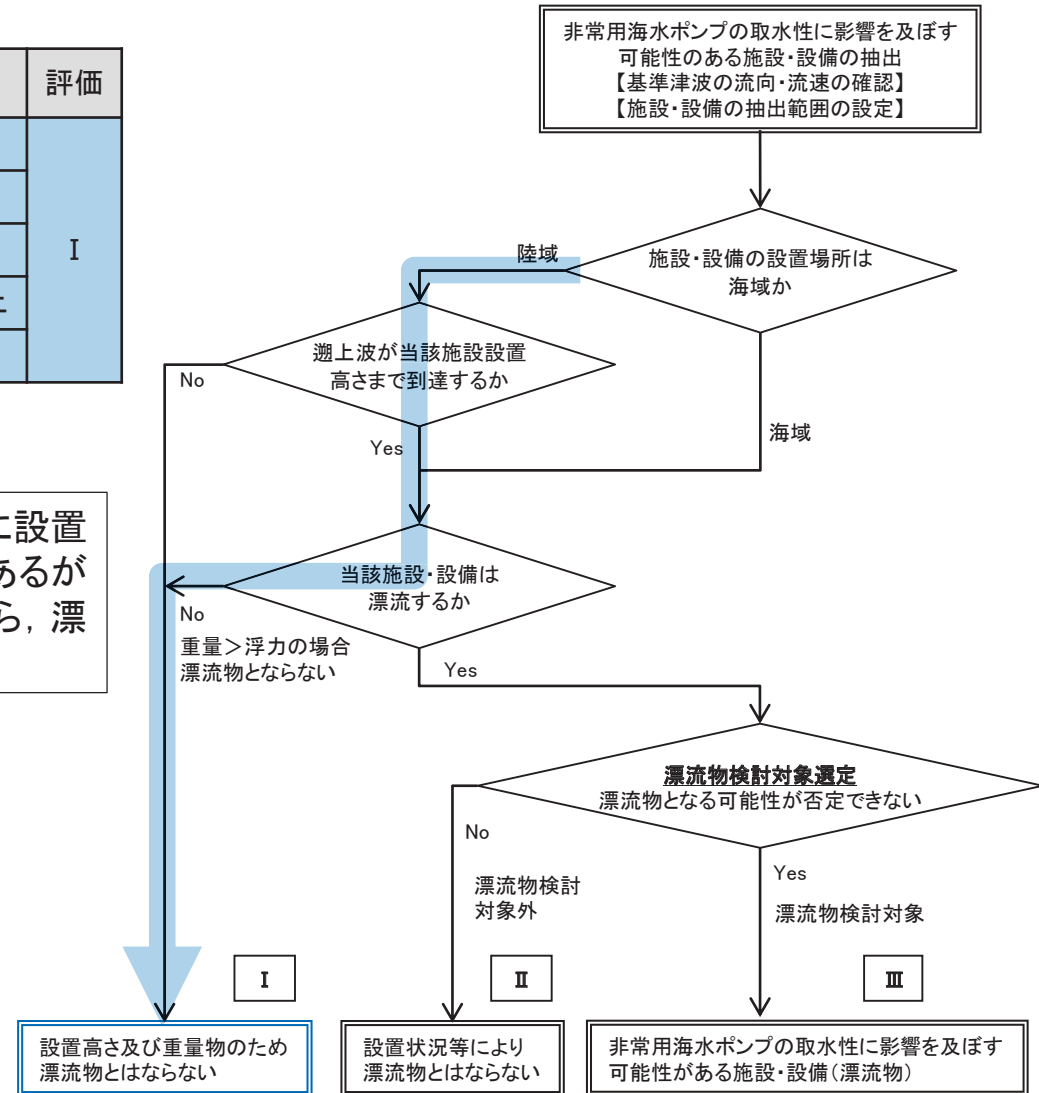


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(19/35)

### 【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名称	設置レベル	主材料	重量	評価
37	防波堤(ケーソン)	O.P.-12.5m ~O.P.+5.5m	コンクリート	約3,000t	I
38	防波堤(上部コンクリート)		コンクリート	約100t/m	
39	防波堤(消波ブロック)		コンクリート	30t	
40	防波堤(被覆石)		石	500kg/個以上	
41	防波堤(捨石)		石	5~100kg/個	

No.37~41の防波堤は、女川原子力発電所の前面海域に設置しており、地震又は津波により滑動や損傷するおそれがあるが、取水口及び津波防護施設との距離、重量、形状等から、漂流物とならない(詳細は補足資料)。



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(20/35)

### 【調査分類B (漁港・集落・海岸線の人工構造物)】

- 津波の流況を踏まえ、下図に示す範囲で漁港・集落・海岸線の人工構造物を調査した。
- 調査した結果、抽出された構造物は右表のとおりであり、これらについて、漂流物の可能性を検討した。



【調査分類Bにおける調査範囲】

No.	名称
1	車両
2	コンテナ・ユニットハウス
3	油槽所(軽油・重油タンク)
4	漁具
5	工事用資機材
6	排水処理施設
7	家屋
8	ガソリンスタンド
9	商業施設
10	工業施設 (魚市場・水産加工施設等)
11	宿泊施設

No.	名称
12	砕石プラント
13	病院
14	学校
15	駅舎
16	その他公共施設
17	けい留施設・防波堤・護岸
18	物揚クレーン
19	配電柱・街灯・信号機
20	通信用鉄塔
21	灯台・航路標識

机上調査の対象とした資料等は以下のとおり。

- ✓ 女川町HP 東日本大震災記録誌 <http://www.town.onagawa.miyagi.jp/kirokushi.html>
- ✓ 女川町HP 各種統計(平成30年度) [http://www.town.onagawa.miyagi.jp/02\\_03.html](http://www.town.onagawa.miyagi.jp/02_03.html)
- ✓ 女川町 女川町復興まちづくり説明会資料  
[http://www.town.onagawa.miyagi.jp/hukkou/pdf/h26\\_11\\_setumeikai12\\_slide.pdf](http://www.town.onagawa.miyagi.jp/hukkou/pdf/h26_11_setumeikai12_slide.pdf)
- ✓ 港湾の施設の技術上の基準・同解説(2007年版)
- ✓ 国土地理院 地理院地図(電子国土Web) <https://maps.gsi.go.jp/>
- ✓ 海上保安庁海洋情報部 沿岸海域環境保全情報(Ceis Net) <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/>

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(21/35)

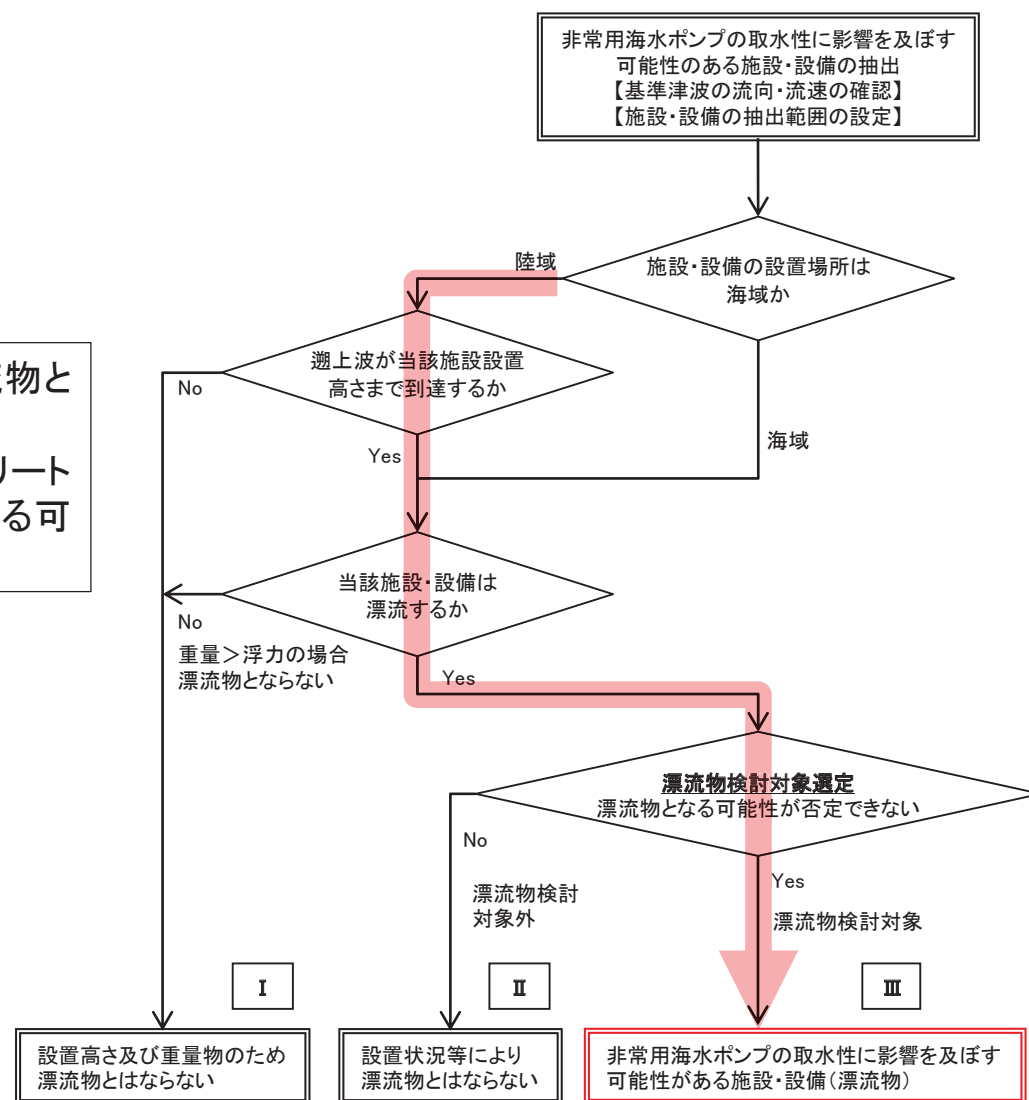
### 【調査分類B (漁港・集落・海岸線の人工構造物)】

No.	名称	主材料	重量等	評価
1	車両	鋼材	—	Ⅲ
2	コンテナ・ユニットハウス	鋼材等	約30t	
4	漁具	—	—	
5	工事用資機材	—	—	

- No.1,2の設備は、いずれも内空を有しているため、漂流物となる可能性がある。
- No.4,5の設備は、津波の波力による損傷で生じたコンクリート片等のがれき、木片、廃プラスチック類等が漂流物となる可能性がある。

No.	名称	主材料	重量等	評価
3	油槽所(軽油・重油タンク)	鋼材	容量:約200kl	Ⅲ

- No.3の設備は、地震又は津波の波力により損傷するおそれや地震により滑動するおそれがあり、漂流物となる可能性がある。



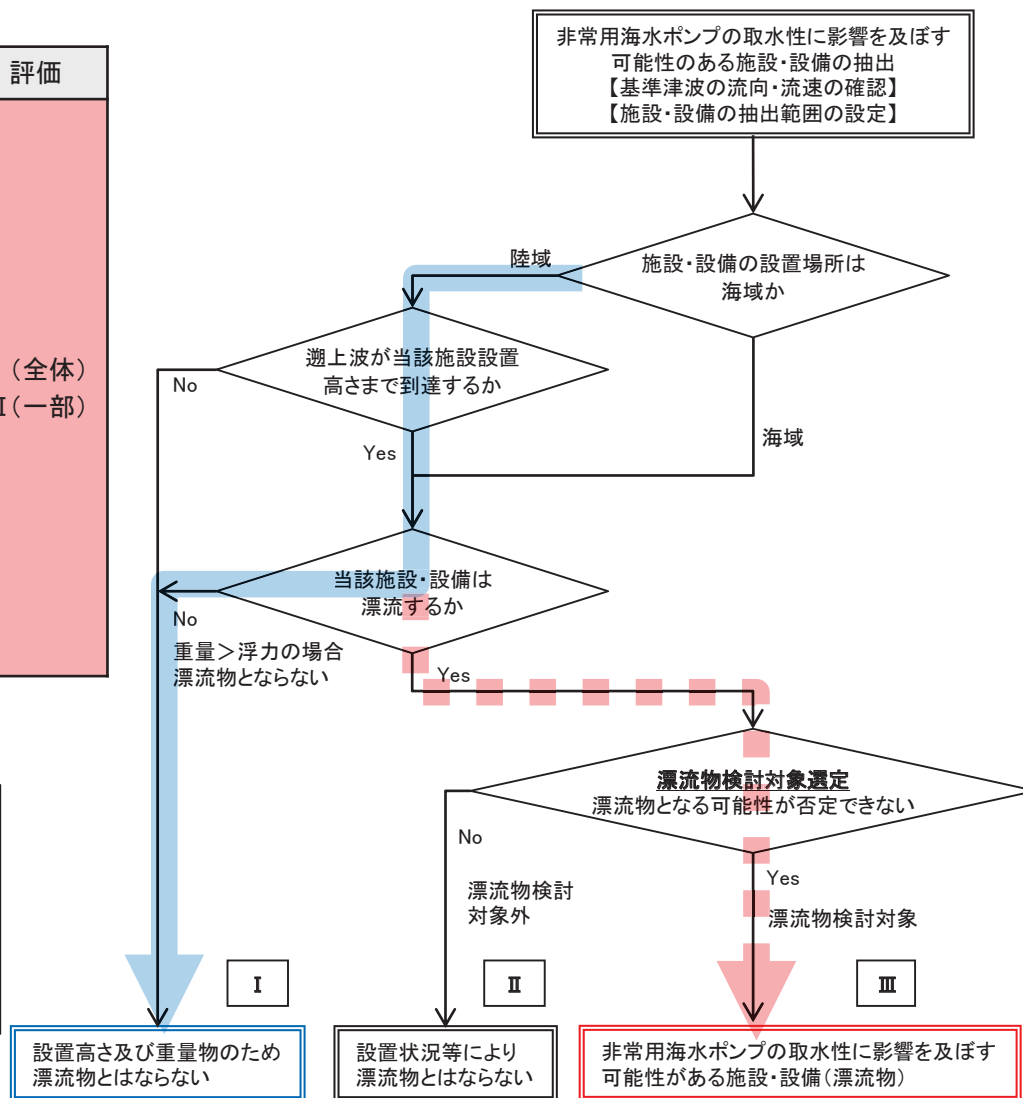


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(22/35)

【調査分類B (漁港・集落・海岸線の人工構造物)】

No.	名称	主材料	重量等	評価
6	排水処理施設	RC	延床面積: 約550m <sup>2</sup>	I (全体) III (一部)
7	家屋	—	—	
8	ガソリンスタンド	RC	敷地面積: 約500m <sup>2</sup>	
9	商業施設	—	—	
10	工業施設(魚市場・水産加工施設等)	—	—	
11	宿泊施設	—	約7t/棟	
12	砕石プラント	鋼材	—	
13	病院	—	—	
14	学校	—	敷地面積: 約5,500m <sup>2</sup>	
15	駅舎	—	—	
16	その他公共施設	—	—	

- 地震又は津波の波力により部分的に損傷するおそれがあるが、建物の形状を維持したまま漂流物となることはない。
- 一方、部分的に損傷したコンクリート片等のがれき、木片、壁材等が漂流物となる可能性がある。

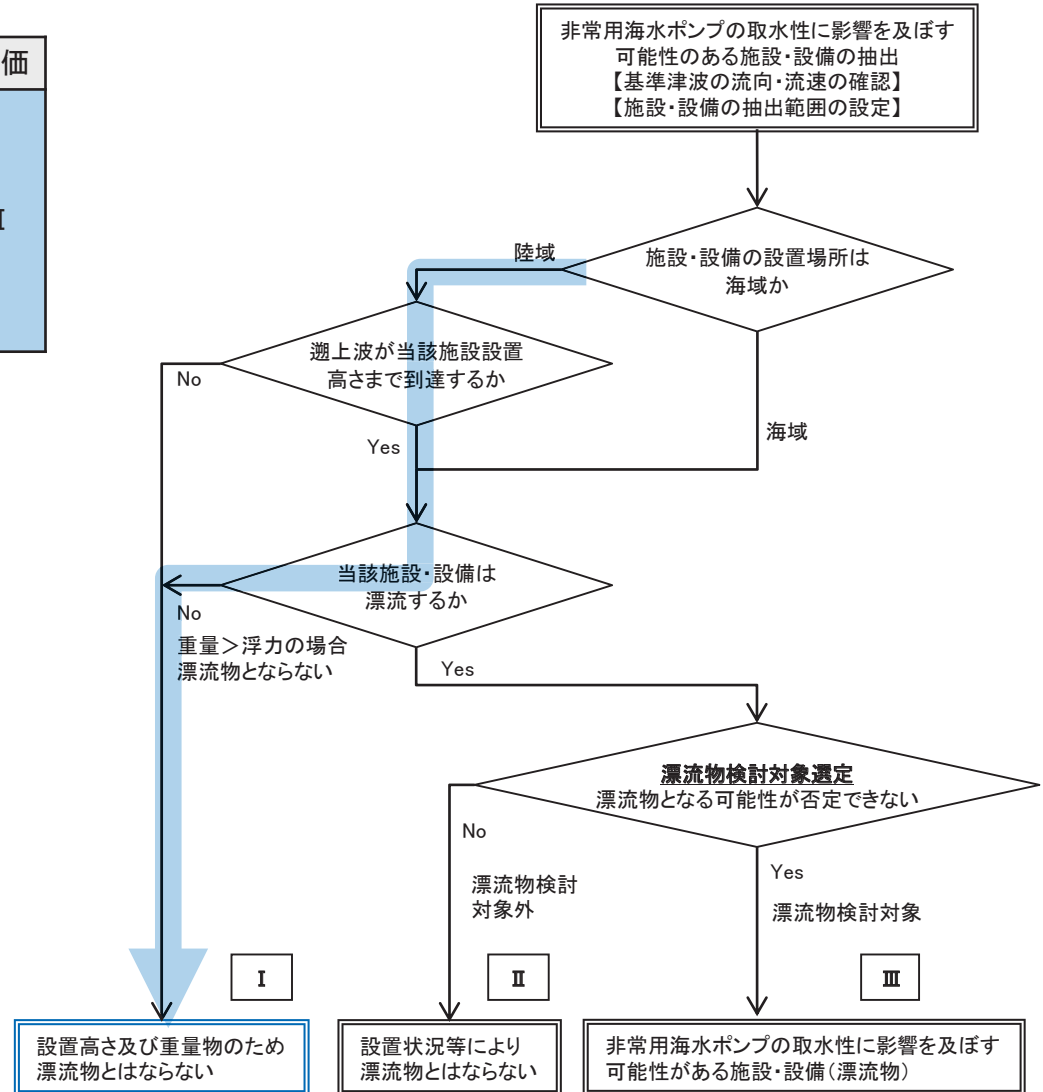


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(23/35)

【調査分類B (漁港・集落・海岸線の人工構造物)】

No.	名称	主材料	重量等	評価
17	けい留施設・防波堤・護岸	コンクリート, 鋼材	—	I
18	物揚クレーン	鋼材	—	
19	配電柱・街灯・信号機	RC, 鋼材	約1.6t/基	
20	通信用鉄塔	鋼材	—	
21	灯台・航路標識	鋼材	約60t/基	

No.17~21の設備は、地震又は津波の波力により損傷するおそれや地震により滑動するおそれがあるが、いずれも重量物であり、気密性がないため漂流物とならない。

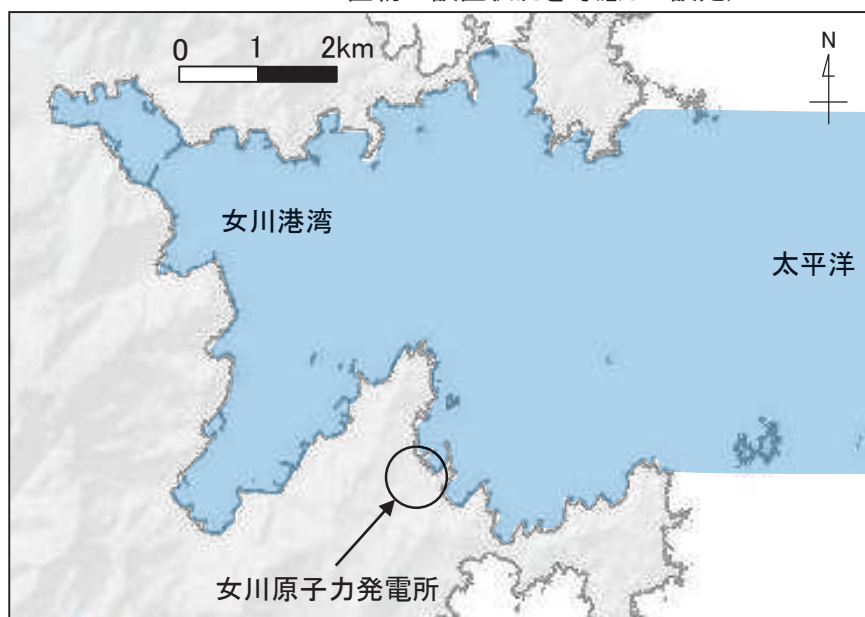


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(24/35)

### 【調査分類C (海上設置物)】

- ・ 津波の流況を踏まえ、下図に示す範囲で海上設置物を調査した。
- ・ 調査した結果、抽出された構造物は右表のとおりであり、これらについて、漂流物の可能性を検討した。

■ 調査分類C(沖合側(東側)の範囲については海上設置物の設置状況を考慮して設定)



【調査分類Cにおける調査範囲】

No.	名称
1	漁業権消滅範囲標識ブイ
2	航路標識ブイ
3	海水温度観測用浮標
4	海水温度観測鉄塔
5	係留小型漁船
6	係留大型漁船(女川港のみ)
7	養殖筏
8	標識ブイ

机上調査の対象とした資料等は以下のとおり。

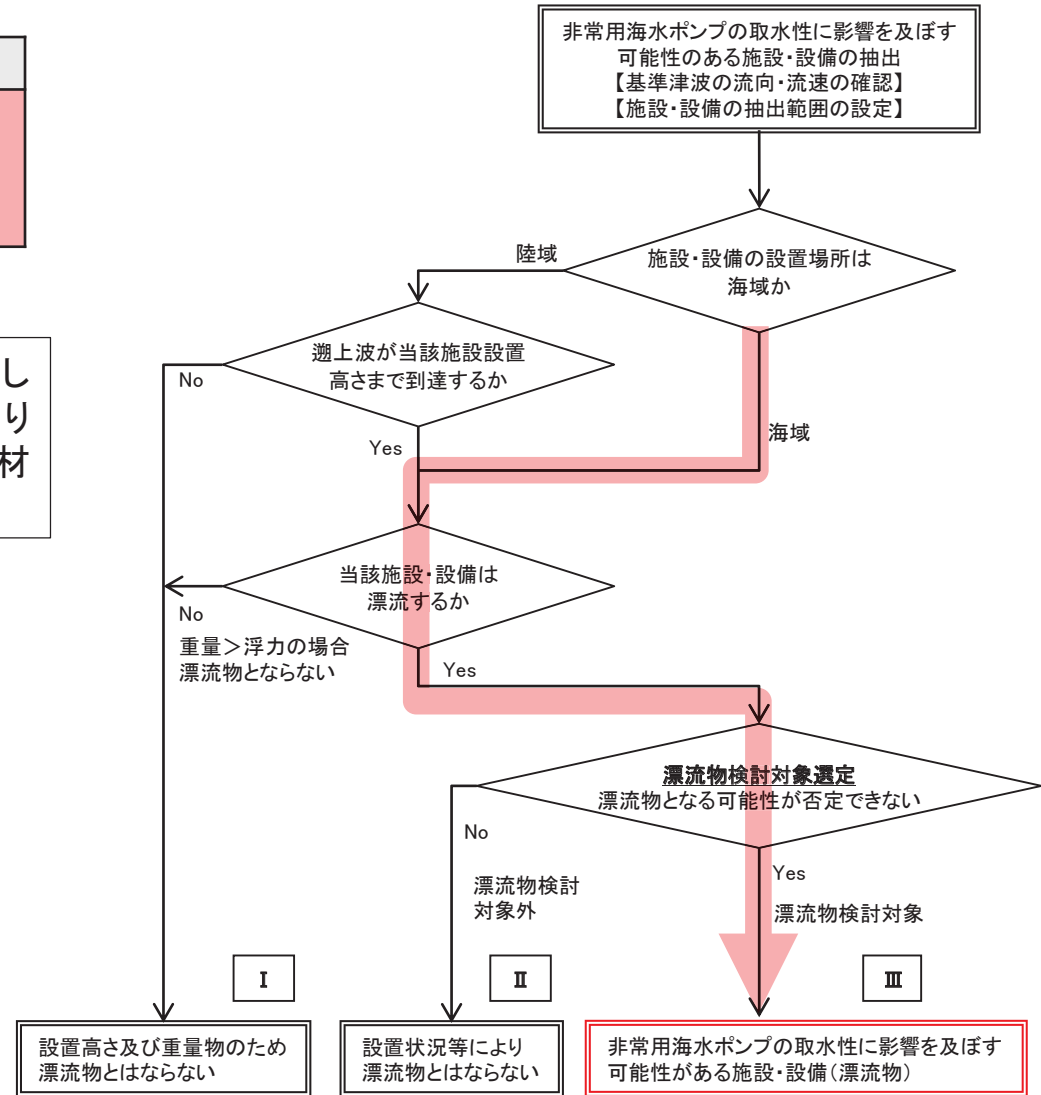
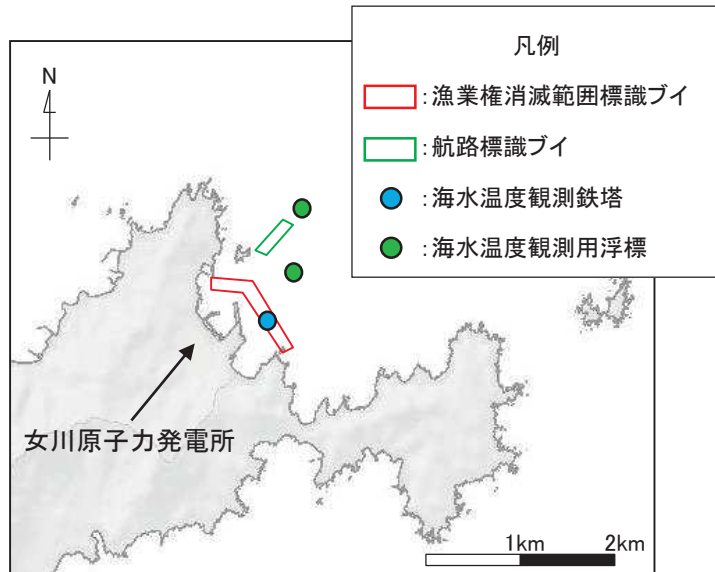
- ✓ 女川町HP 各種統計(平成30年度) [http://www.town.onagawa.miyagi.jp/02\\_03.html](http://www.town.onagawa.miyagi.jp/02_03.html)
- ✓ 女川町HP 東日本大震災記録誌 <http://www.town.onagawa.miyagi.jp/kirokushi.html>
- ✓ 女川町HP 各種統計(平成30年度) [http://www.town.onagawa.miyagi.jp/02\\_03.html](http://www.town.onagawa.miyagi.jp/02_03.html)
- ✓ 農林水産省HP 2013年度漁業センサ <http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/fc/2013/report/index.html>
- ✓ 農林水産省HP 2008年度漁業センサ <http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/fc/2008/report/index.html>
- ✓ 国土交通省HP 港湾調査(年報)平成28年度 <http://www.mlit.go.jp/k-toukei/search/pdfhtml/01/01201600a00000.html>
- ✓ 海上保安庁海洋情報部 沿岸海域環境保全情報(Ceis Net) <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/>

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(25/35)

### 【調査分類C (海上設置物: 発電所関係)】

No.	名称	主材料	重量	評価
1	漁業権消滅範囲標識ブイ	FRP	1t未満	Ⅲ
2	航路標識ブイ	鋼材	5t未満	
3	海水温度観測用浮標	鋼材	5t未満	

No.1~3の設備は、女川原子力発電所の前面海域に設置しており、アンカー等で係留されているが、津波の波力によりアンカー等が破断・破損するおそれがあることから、上部材又は浮標部が漂流物となる可能性がある。

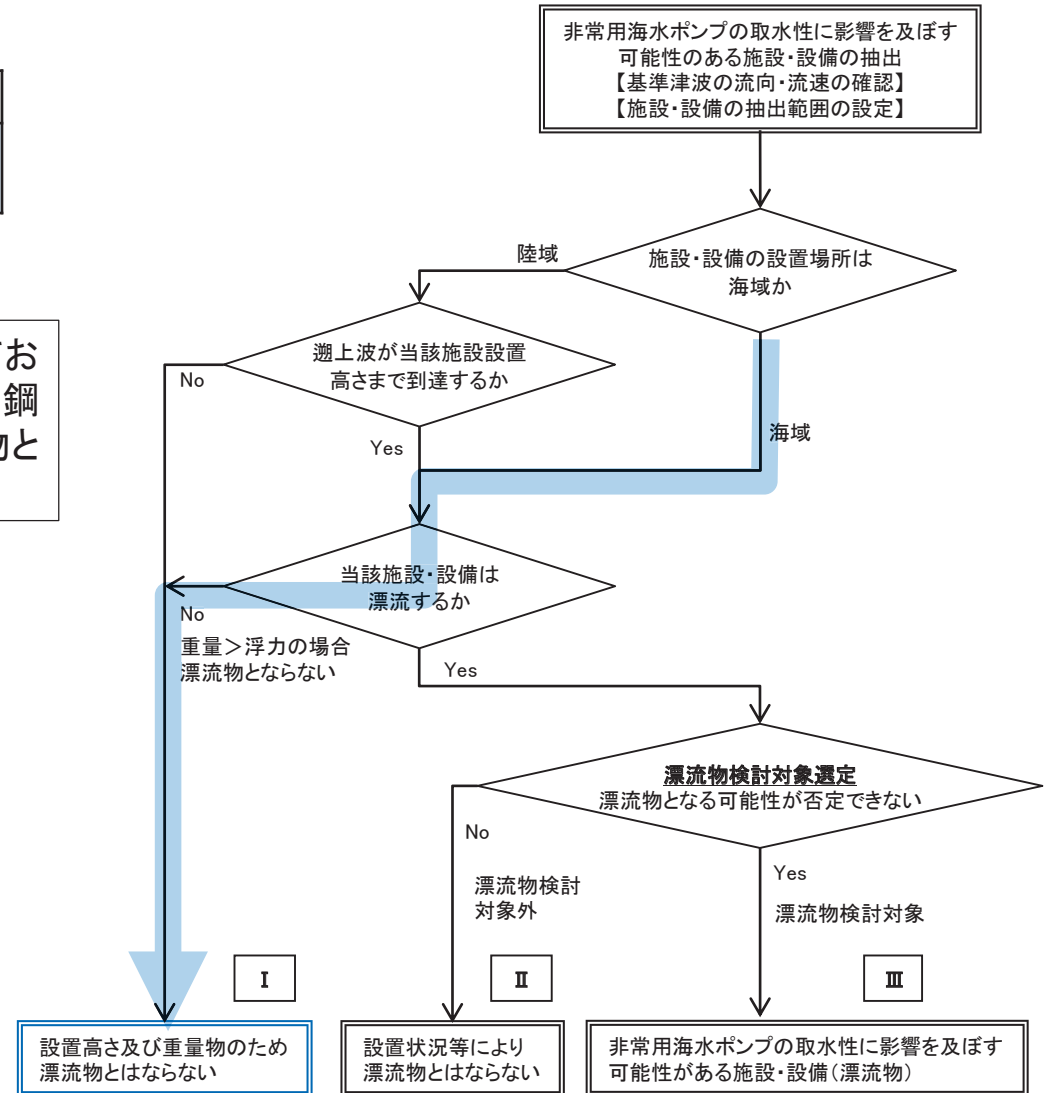
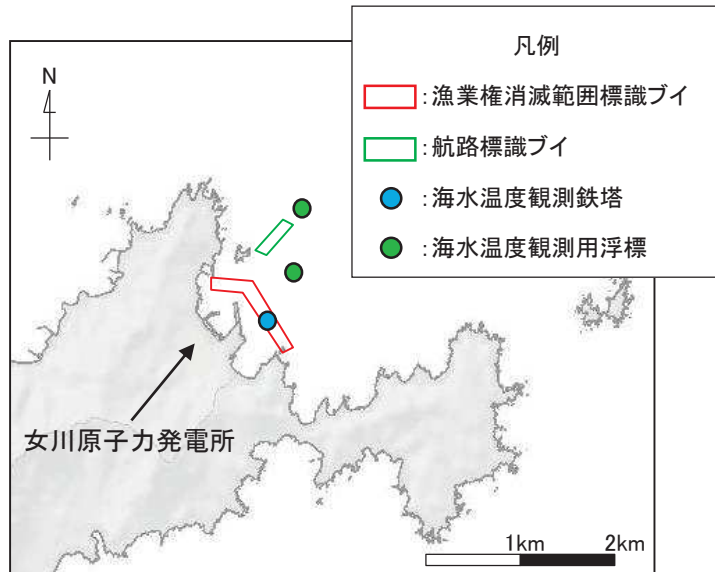


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(26/35)

### 【調査分類C (海上設置物: 発電所関係)】

No.	名称	主材料	重量	評価
4	海水温度観測鉄塔	鋼材	—	I

No.4の設備は、女川原子力発電所の前面海域に設置しており、津波の波力により部分的に損傷するおそれがあるが、鋼材を主材料とした重量物であり気密性がないため、漂流物とならない。



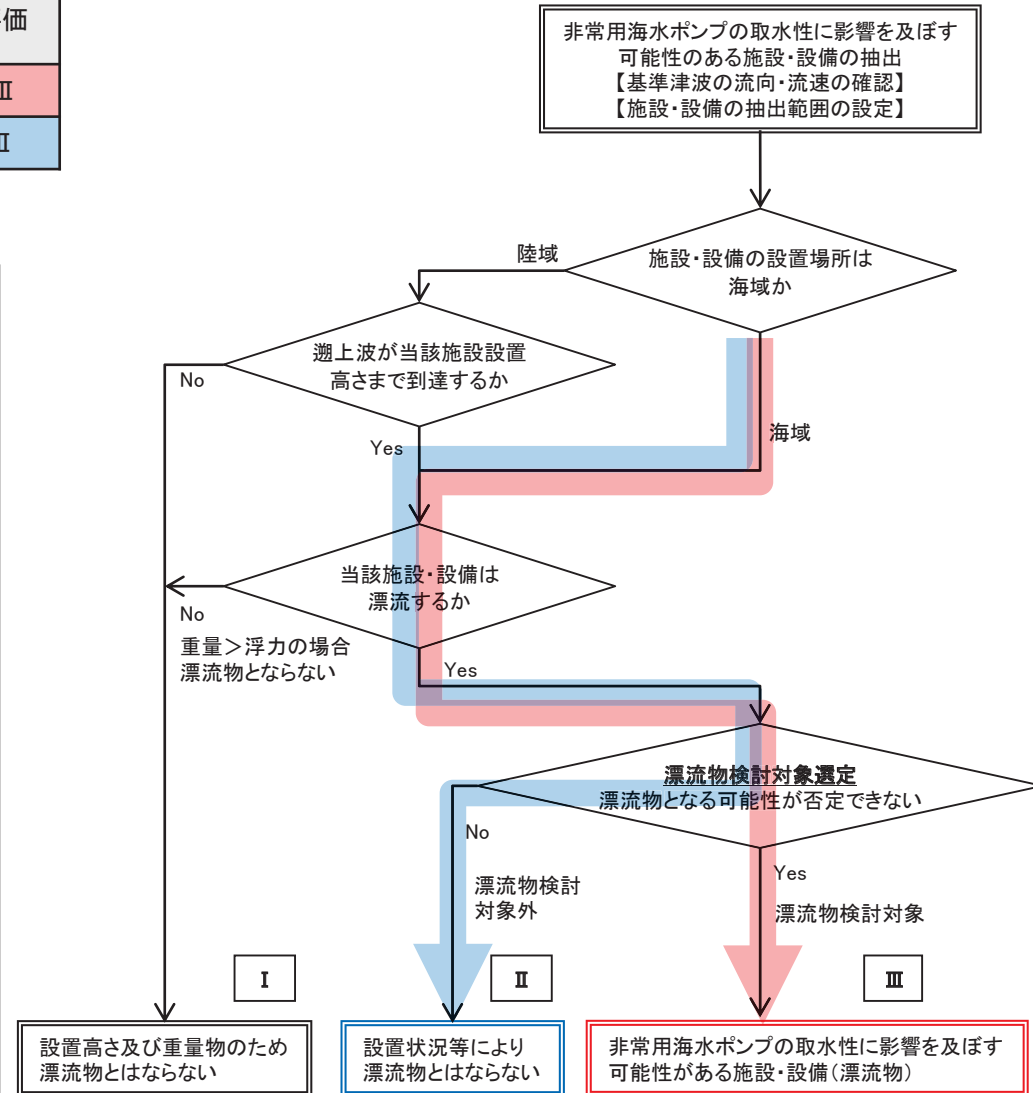
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(27/35)

### 【調査分類C (発電所以外の海上設置物)】

No.	名称	主材料	重量 (最も大きなものを記載)	評価
5	係留小型漁船	FRP	約19t(総トン数)	III
6	係留大型漁船(女川港のみ)	鋼材	約499t(総トン数)	II



- 係留小型漁船については、係留索により係留されているが、津波波力により係留索が破損することで、漂流物となる可能性がある。
- 係留大型漁船(女川港のみ)については、以下の理由から発電所に対する漂流物とならない。
  - 大型船舶が津波の襲来により被災するパターンとしては、①押し波による陸上への乗り上げ、②引き波による水位低下に伴う転覆・座礁・沈没することが考えられる。そのため、津波の第一波の寄せ波による陸上へ乗り上げるおそれがある。仮に、陸上へ乗り上げなかった場合については、引き波による水位低下に伴い転覆・座礁・沈没するおそれがある。このことから、係留大型漁船については、発電所に対する漂流物とはならない。
  - 上記の被災パターン以外の被災として、漂流することを想定したとしても、女川港には港口防波堤があり、港口から港外へ漂流しにくい構造となっている。万が一、港外へ漂流したとしても、津波の流向の特徴から、女川港から沖側への流れは西から東に向かう流れが卓越しており、発電所へ漂流することはない。
- なお、確認している大型漁船の約499tよりも大きな船舶が寄港していることも考えられるが、津波の襲来により被災するパターンは上記と同様であることから、発電所に対する漂流物とはならない。

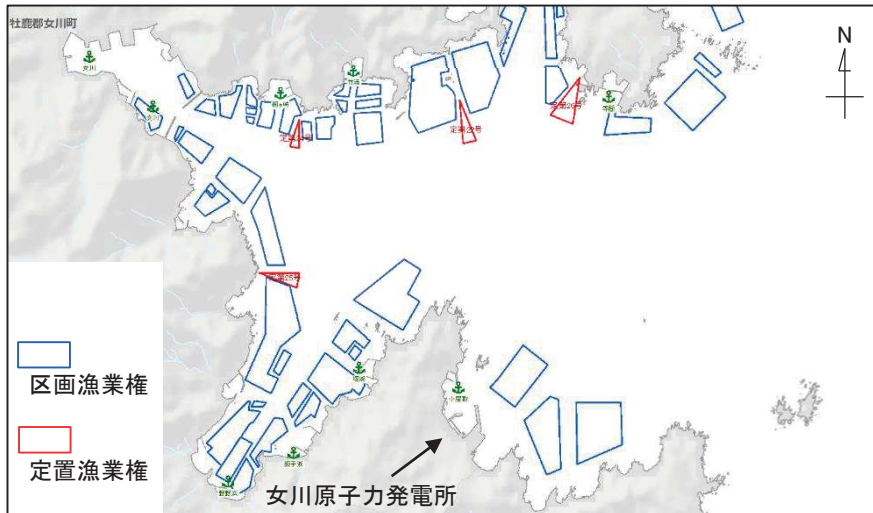


## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(28/35)

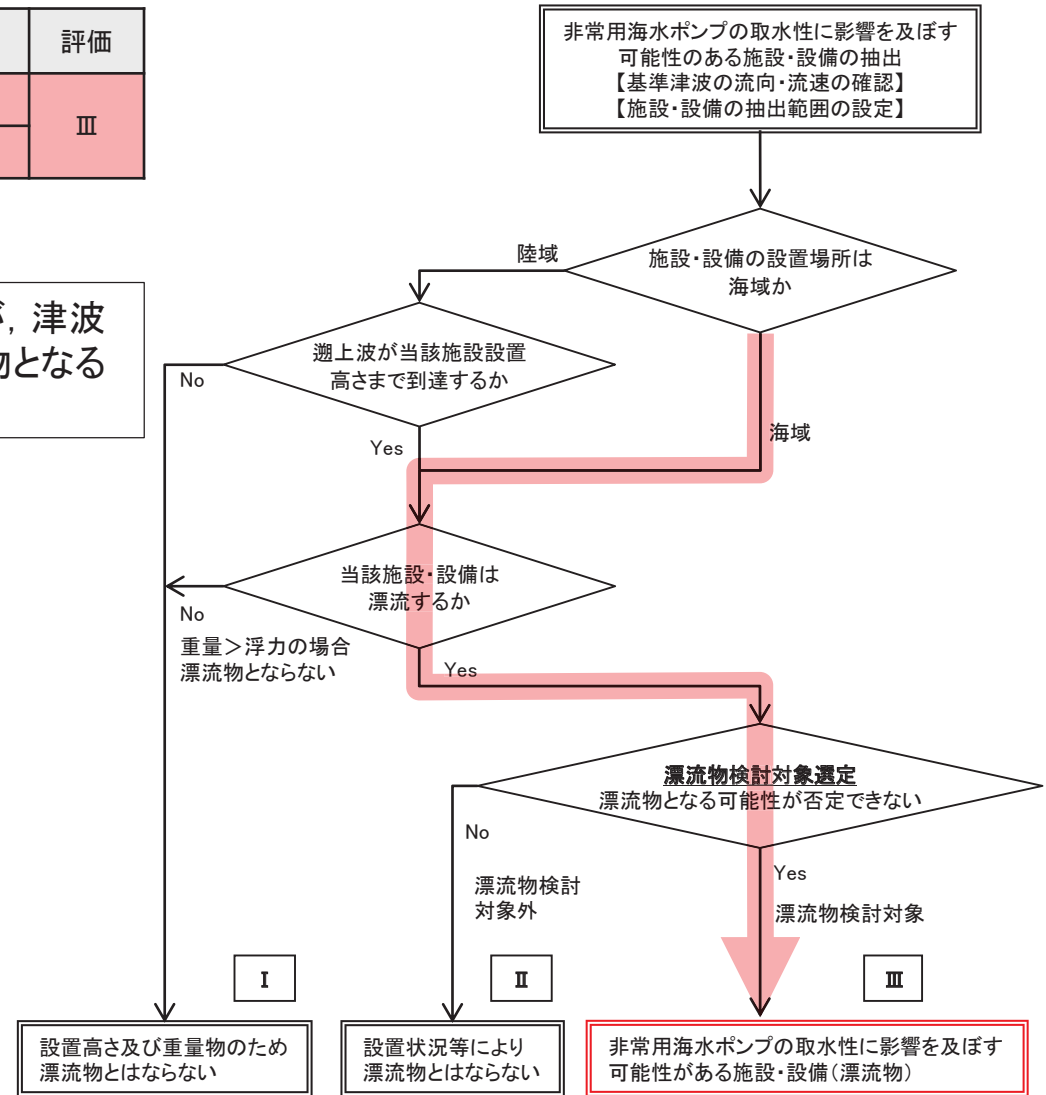
【調査分類C (発電所以外の海上設置物)】

No.	名称	主材料	重量	評価
7	養殖筏	フロートロープ・木材	1t未満	Ⅲ
8	標識ブイ	—	—	

No.7,8の設備については、アンカーで係留されているが、津波波力によりアンカーが破損することで、上部材が漂流物となる可能性がある。

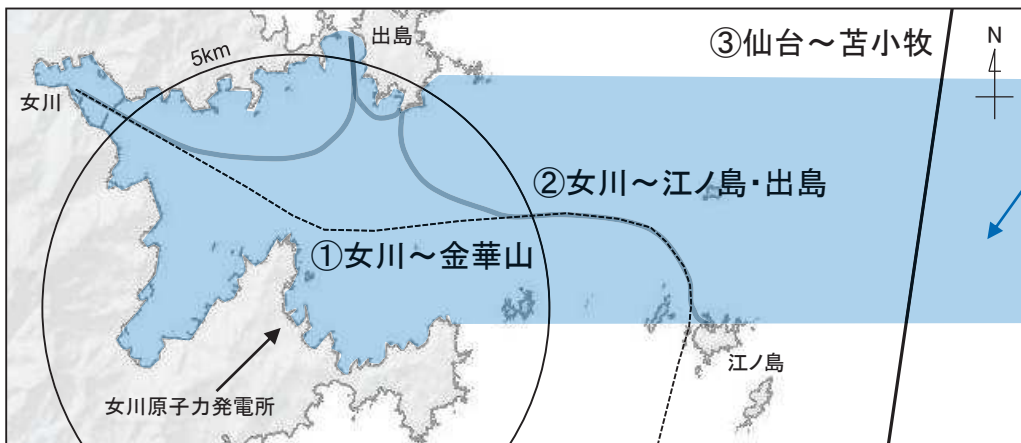


【調査分類Cにおける漁業権範囲の概要】



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(29/35)

### 【調査分類D】



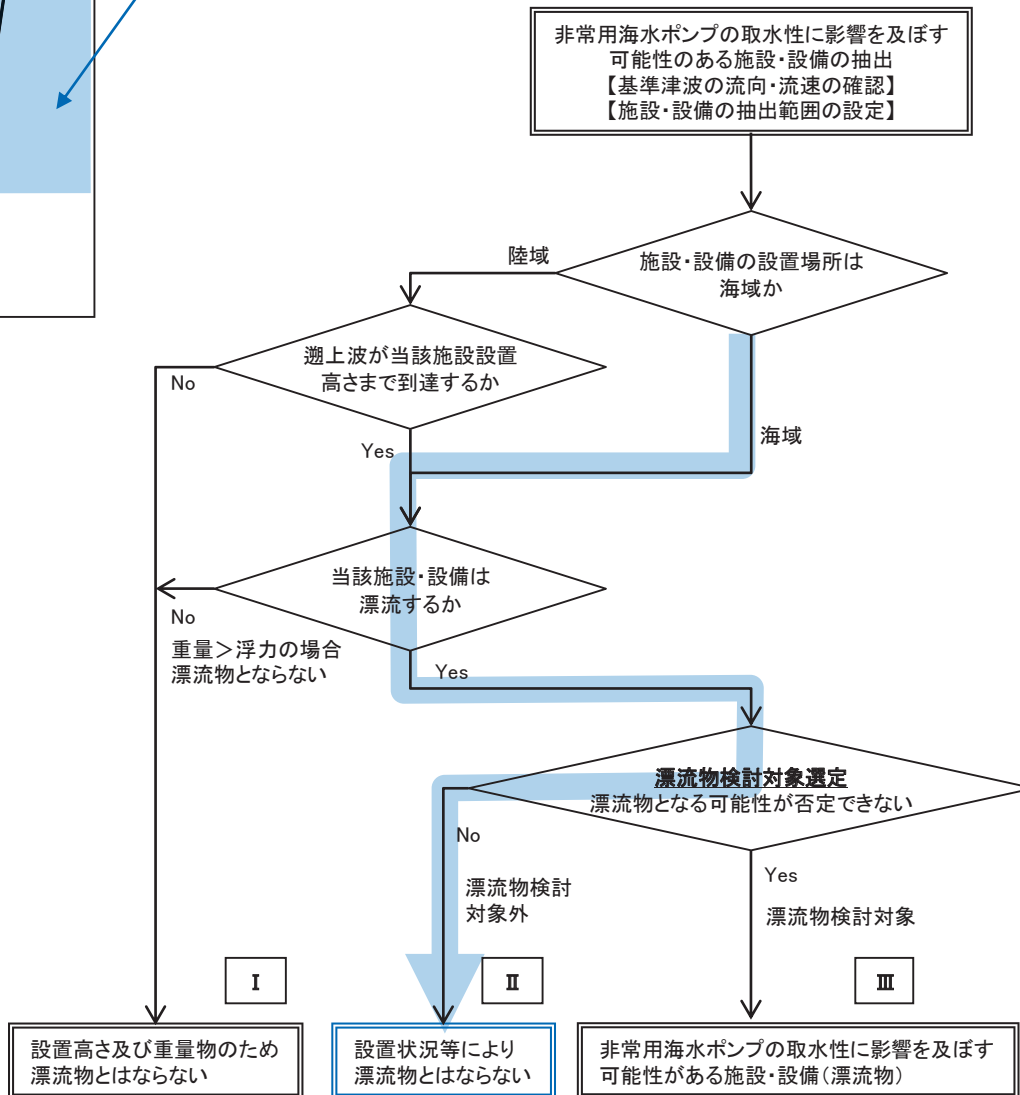
調査範囲(沖合側の範囲については定期航路船舶の航路を考慮して設定)

【運航航路】

【定期航路船舶一覧】

航路	所属船名	総トン数	運航会社	評価
① 女川～金華山	ベガ	19	潮プランニング	II
	アルティア	19		
② 女川～江ノ島・出島	しまなぎ	62	シーパル女川汽船	
③ 仙台～苫小牧	いしかり	16,000	太平洋フェリー	
	きそ	16,000		
	きたかみ	13,973		

各運行会社への聞き取り調査等の結果、津波警報等発令時の退避措置が明確となっていることから、漂流物とはならない。なお、定期航路船舶は、東北地方太平洋沖地震に伴う津波時に、沖合いへの退避を行い、津波による被災を免れていることを確認している。





## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(30/35)

### 【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

#### 【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

漂流物	記事	漂流元【移動距離】	備考
小型船舶	船外機	不明	津波の数日後に漂着
車両	約1~2t	敷地内(O.P.+6mの駐車場)	遡上域から駐車場を撤去
水槽	約0.3t	敷地内(O.P.+10m)【約20m】	工事用の仮設備
タンク	重油タンク 重油残量約600kl	敷地内(O.P.+2.5m)【約20m】	重油タンクは撤去済み
木片・混合ごみ・流木	約370m <sup>3</sup>	一部敷地内(O.P.+2.5m)	建屋壁材, 屋根材等
漁具	プラスチック等	不明	大型土嚢120袋分



岸壁の漂流物状況(平成23年3月22日撮影)

- 車両は、遡上域に駐車場を設置していないため、駐車場の車両は漂流物とならない。
- タンクは、撤去済みであることから、漂流物とはならない。
- それ以外については、漂流物となる可能性がある。



廃プラ・漁具類(大型土嚢)



混合ゴミ



木片・流木

建屋壁材の剥がれ状況

防護上の観点又は機密に係わる観点から公開できません

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(31/35)

【海水ポンプの取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物の抽出結果:まとめ(1/2)】

- 調査分類A及びBについて、漂流物評価フローに基づいて検討を行った結果、評価結果Ⅲ(漂流物化の可能性有)として整理されたものを下表に示す。

調査分類		名称	主材料	重量	検討結果	漂流物となる可能性が否定できない施設・設備	
敷地内 (陸域)	発電所敷地内における人工構造物	A	港湾作業管理詰所, オイルフェンス格納倉庫, 屋外電動機等点検建屋	鋼材(鉄骨造)	—	地震又は津波波力により施設本体から分離して壁材等が漂流物となる可能性がある。	①がれき類
			屋外キュービクル	RC, 鋼材	—	地震又は津波波力により設備本体から分離して内部を構成する部材が漂流物となる可能性がある。	①がれき類
			屋外中継盤, 海上レーダー中継盤, 海側設備分電盤, 電気中継盤	鋼材			
		車両	鋼材	—	遡上波が到達する高さに駐車場が整備されていないため、漂流物となる可能性は考えにくい。地震後における遡上域から防潮堤区画内への退避ルートが未確定であることから、漂流物となる可能性がある。	②車両	
敷地外 (陸・海)	漁港・集落・海岸線の人工構造物	B	車両	鋼材	—	内空を有しているため、漂流物となる可能性がある。	②車両
			コンテナ・ユニットハウス	鋼材等	約30t		③コンテナ・ユニットハウス
			軽油・重油タンク	鋼材	容量 約200kl	地震又は津波波力により損傷するおそれや地震により滑動するおそれがあり、漂流物となる可能性がある。	④タンク類
			漁具, 工事中資機材	—	—	津波波力による損傷で生じたコンクリート片等のがれき, 木片, 廃プラスチック類等が漂流物となる可能性がある	①がれき類
			家屋, ガソリンスタンド, 商業施設, 工業施設(魚市場・水産加工施設等), 宿泊施設, 砕石プラント, 病院, 学校, 駅舎, その他公共施設	—	—	地震又は津波波力により部分的に損傷したコンクリート片等のがれき, 木片, 壁材等が漂流物となる可能性がある。	①がれき類

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(32/35)

### 【海水ポンプの取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物の抽出結果:まとめ(2/2)】

- 調査分類C及びDについて、漂流物評価フローに基づいて検討を行った結果、評価結果Ⅲ(漂流物化の可能性有)として整理されたもの、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物(実績から漂流物化の可能性有)を下表に示す。
- なお、調査分類Dについては、検討の結果、漂流物となる可能性のあるものは抽出されなかった。

調査分類		名称	主材料	重量	検討結果	漂流物となる可能性が否定できない施設・設備	
敷地外 (陸・海)	海上設置物	C	漁業権消滅範囲標識ブイ	FRP	1t未満	津波波力によりアンカーが破断することで、上部材又は浮標部が漂流物となる可能性がある。	①がれき類
			航路標識ブイ, 海水温度観測用浮標	鋼材	5t未満		
			係留小型漁船	FRP	約19t (総トン数)	津波波力により係留索が破損することで、漂流物となる可能性がある。	⑤小型船舶
			養殖筏	フロートロープ 木材	1t未満	津波波力によりアンカーが破損することで、上部材が漂流物となる可能性がある。	①がれき類
			標識ブイ	—	—		
東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物	小型船舶	船外機		東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物実績から、漂流物となる可能性がある。	⑤小型船舶		
	水槽	約0.3t			③コンテナ・ユニットハウス		
	木片・混合ごみ・流木	約370m <sup>3</sup>			①がれき類		
	漁具	プラスチック等					

以上の結果から、海水ポンプの取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物は、①がれき類、②車両、③コンテナ・ユニットハウス、④タンク類及び⑤小型船舶である。

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(33/35)

### 【海水ポンプの取水性の評価】

- 漂流物が取水口に到達した場合に取水口を閉塞させ、取水性に影響を及ぼすおそれがあることから、漂流物による取水口の閉塞を想定した取水性評価を実施した。

### 【評価結果】

- 津波は流向を有していることから、漂流物がすべて取水口前面に到達する可能性は低いと考える。万が一、漂流物のすべてが取水口前面に集約された場合を想定しても、漂流物が隙間なく整列することは考えにくい。また、漂流物の形状から取水口に密着することは考えにくく、取水口を完全に閉塞させることはないと考えられるため、非常用海水ポンプの取水は可能である。
- 抽出した漂流物は、女川地区をはじめとする広範囲に渡ることから、漂流物が同時に取水口前面に到達することはないと判断し、津波襲来後には必要に応じて漂流物を撤去する方針であることから、非常用海水ポンプの取水は可能である。
- 取水性に関する評価結果は上記のとおりであるが、保守的に、漂流物となる可能性のあるものに対して、右表のとおりそれぞれ評価を行い、いずれの漂流物についても、取水性に影響はないものと判断した。



【取水口前面の漂流物 概念図】

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

海水ポンプの取水性に影響を及ぼす可能性のある漂流物		影響評価
①	がれき類	港湾部分の建屋外壁や内装材、養殖施設の構成材などの軽量物については、水面に浮遊することから取水口を閉塞することはない。 なお、保守的に建屋外壁又は内装材一面分の面積を有したまま取水口へ到達した場合を想定しても、取水口における取水面積は十分に大きいことから、取水性に影響はない。
②	車両	小型船舶よりも小規模であるため、船舶で代表させる。
③	コンテナ・ユニットハウス	小型船舶よりも小規模であるため、船舶で代表させる。
④	タンク類	タンクの形状は円形であるのに対して、取水口は平面上となっていることから、タンクが取水口を完全に閉塞することはない。
⑤	小型船舶	対象とする船舶のうち最大のものは総トン数で約19tの漁船であり、喫水深約2m、船体長さ約20m、幅約5mであるのに対し、取水口における取水面積は十分に大きいことから、取水性に影響はない(左下図参照)

いずれの漂流物も取水性に影響はない

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(34/35)

### 津波防護施設への衝突:漂流物衝突荷重の検討方針

- 津波防護施設等の設計において、津波時には漂流物衝突荷重を考慮する方針であることから、衝突対象とする漂流物及び衝突する速度を設定することとしている。
- 各津波防護施設の漂流物衝突荷重として考慮する漂流物及び衝突速度については、各津波防護施設の構造や設置位置、さらに基準津波の流向・流速等の特徴を適切に考慮した上で、各津波防護施設毎に設定するものとする。
- 非常用海水ポンプの取水性では、取水口の開口部の標高が海水面よりも下方にあることを踏まえ、津波の水位によらず、遠方から時間をかけて発電所に漂流する可能性のある施設・設備を抽出し、取水口の閉塞の可能性を検討したが、漂流物の衝突荷重を検討する際には、漂流速度と流れの向きが荷重に大きく影響することを踏まえ、改めて発電所周辺での流速・流向を確認し、衝突対象とする漂流物を抽出することとする。
- 具体的には、以下の事項を考慮して、発電所敷地内及び敷地前面海域に設置されている施設・設備の中から適切に衝突対象とする漂流物を抽出する方針である。
  - ✓ 基準津波は、第一波の水位が高く、流速も大きいことから、第一波により漂流したものが被衝突物(津波防護施設等)へ与える影響(荷重)が大きい。

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(35/35)

### 【漂流物衝突荷重の設定方針】

#### ●漂流物荷重の評価式

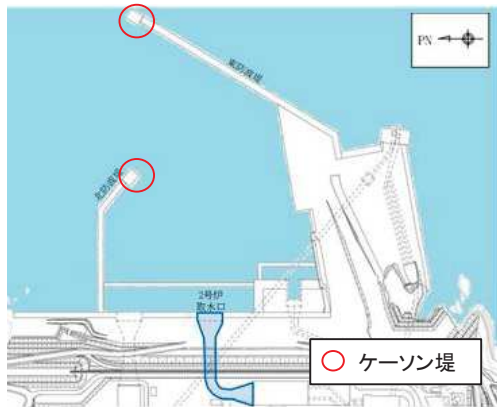
- 漂流物荷重の評価式として、以下に示すものが提案されている。女川原子力発電所における地形・津波等の特徴、流速や段波・砕波の発生状況、漂流物の性状等から式の適用性を判断した上で評価を実施する。

	出典	種類	概要	評価式の根拠(実験条件)
①	松富ほか(1999)	流木	津波による流木の衝突力を提案している。本式は円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。	「実験に基づく推定式」 ・見かけの質量係数に関する水路実験 ・衝突荷重に関する空中での実験 水理模型実験及び空中衝突実験において、流木(植生林ではない丸太)を被衝突体の前面(2.5m以内)に設置した状態で衝突させている。
②	池野・田中(2003)	流木	円柱以外にも角柱、球の形状をした木材による衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/100の模型実験) 受圧板を陸上構造物と想定し、衝突体を受圧板前面80cm(現地換算80m)離れた位置に設置した状態で衝突させた実験である。模型縮尺(1/100)を考慮した場合、現地換算で直径2.6~8mの仮定となる。
③	道路橋示方書(2012)	流木等	橋(橋脚)に自動車、流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突力を定めている。	漂流物が流下(漂流)してきた場合に、表面流速(津波流速)を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できる。
④	FEMA(2012)	流木・コンテナ	漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら、一例として評価式を示している。	「運動方程式に基づく衝突力方程式」 非減衰系の振動方程式に基づいており、衝突体及び被衝突体の両方とも完全弾性体としている。
⑤	水谷ほか(2005)	コンテナ	津波により漂流するコンテナの衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/75の模型実験) 使用コンテナ:長さを20ftと40ft, コンテナ重量:0.2N~1.3N程度 遡上流速:1.0m/s以下, 材質:アクリル
⑥	有川ほか(2007,2010)	流木・コンテナ	コンクリート構造物に鋼製構造物(コンテナ等)が漂流衝突する際の衝突力を提案している。	「接触理論に基づく推定式」(縮尺1/5の模型実験) 使用コンテナ:長さ1.21m, 高さ0.52m, 幅0.49m 衝突速度:1.0~2.5m/s程度, 材質:鋼製
⑦	Haehnel and Daly(2004)	船舶・木材・コンテナ	漂流物の衝突による力積が、衝突の前後における漂流物の運動量変化に等しいという考えに基づき最大衝突力を与える式として提案している。	「運動量理論に基づく衝突力推定式」

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足1/9)

### 【防波堤の取水口到達可能性】

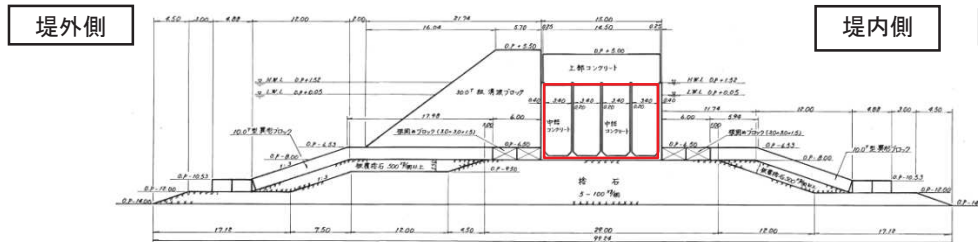
- 防波堤はケーソン堤, 消波ブロック被覆堤から構成されている。
- 防波堤を構築する材料は, コンクリート, 被覆石, 捨石などの重量物であり, 気密性がないことから沈降するため, 漂流物の可能性のある施設・設備としては抽出していない。
- 防波堤は津波影響軽減施設としての設計は行っていないため, 津波時の洗堀に起因する横転・滑動や津波の流圧力に起因する滑動・転動の可能性について検討し, 取水口への到達可能性を評価する。



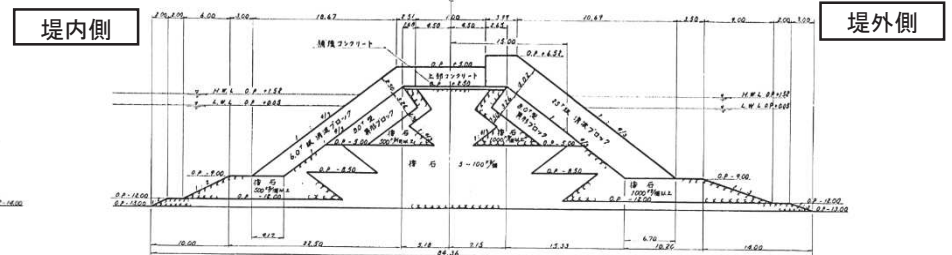
【防波堤と取水口の位置】

【堤防構造と重量】

構造物	仕様・重量
ケーソン (直立部)	北防波堤, 東防波堤各2函: 15m(B) × 10m(L) × 9.5m(H) : 3,000t以上/函
上部コンクリート	東防波堤 : 9.0m(B) × 3.5m(H) : 約70t/m 北防波堤 : 7.0m(B) × 3.0m(H) : 約40t/m
消波ブロック	堤内側 : 6t(東防波堤), 4t, 6t, 8t(北防波堤)
被覆石	500kg/個以上
捨石 (基礎マウンド)	5~100kg/個



【ケーソン堤構造】



【消波ブロック被覆堤構造】

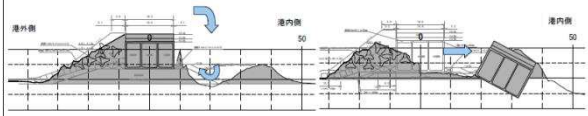
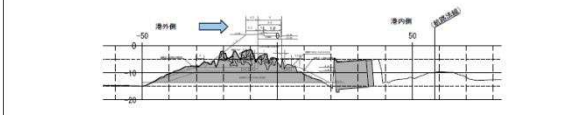

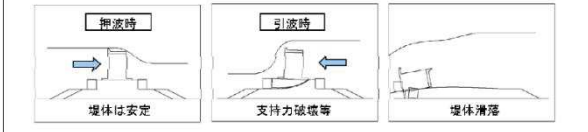
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足2/9)

### 【ケーソン堤の被災事例】

- 津波の波力による直立部の滑動，越流による港内側の基礎マウンドや海底地盤の洗掘による支持力の喪失，あるいはこれらの複合的な作用によるものとしている。※1

※1: 国土交通省港湾局: 防波堤の耐津波設計ガイドライン(平成27年12月) 一部改訂2015

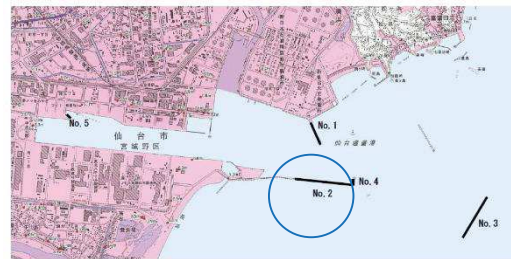
### 【ケーソン堤の津波波力による被災パターン※1】

	分類	被災の概要	主な被災施設	被災状況
防波堤	越流洗掘型	内外水位差等による津波力だけでは、ケーソンの安定性に影響を与えないが、津波の流れや越流に伴う渦等の影響でケーソン背面(港内側)のマウンドまたは地盤面が洗掘を受け、最終的に堤体の支持力不足によりケーソンが滑動、滑落したもの	八戸港八太郎防波堤(中央部)	
	津波波力型	内外水位差等による直接的な津波力により、ケーソンが不安定となり滑動、転倒、支持力破壊が生じたもの	八戸港八太郎防波堤(ハネ部) 釜石港湾口防波堤(北) 大船渡港湾口防波堤 相馬港沖防波堤	
	堤頭部洗掘型	堤頭部周辺の流れにより、基礎マウンドが洗掘を受け、ケーソンの滑落が生じたもの	宮古港竜神崎防波堤 宮古港藤原防波堤 八戸港中央防波堤 八戸港第二中央防波堤	
	引波水位差型	第一波の押波時の津波力や越流に伴う洗掘だけでは、不安定までには至らないが、引波時における内外水位差により、ケーソンが不安定となり滑動、転倒、支持力破壊が生じたもの	女川港防波堤	

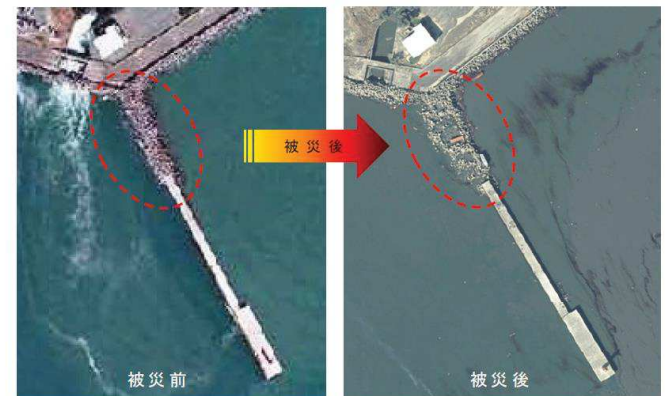
### 【消波ブロック被覆堤の被災事例】

- 上部コンクリート，消波ブロックの倒壊や飛散が見られたとしている。※2

※2: 港湾航空技術研究所; 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による港湾施設等被害報告, 港湾技術研究所資料, No.1291, 2015.



【消波ブロックの被災事例※2】



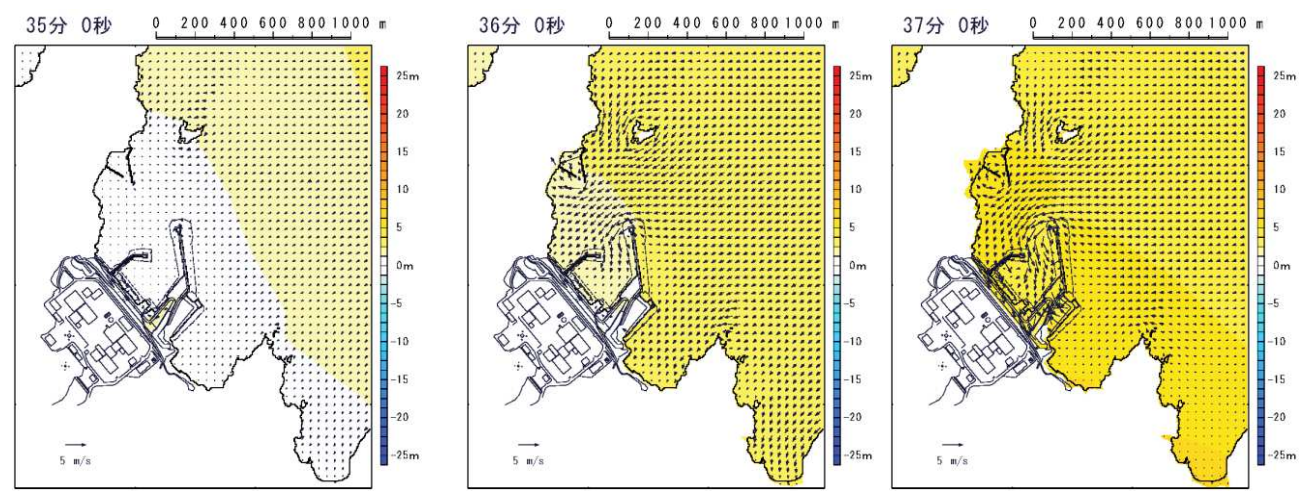
外港地区 北防波堤  
(平成23年2月16日、3月12日撮影⑦)  
消波ブロック 飛散(100m)



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足3/9)

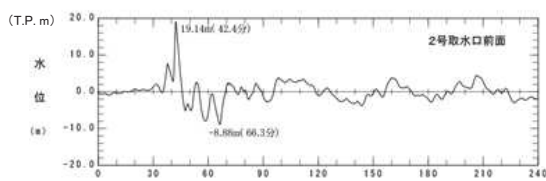
### 【津波による防波堤への影響】

- 基準津波は、外洋に面する東防波堤に対して直角方向に襲来するのではなく、港内に回り込みながら襲来することから、防波堤内外の水位差は小さく、かつ明瞭な水位差が発生する時間は地震発生後36分～37分の1分程度と短い。

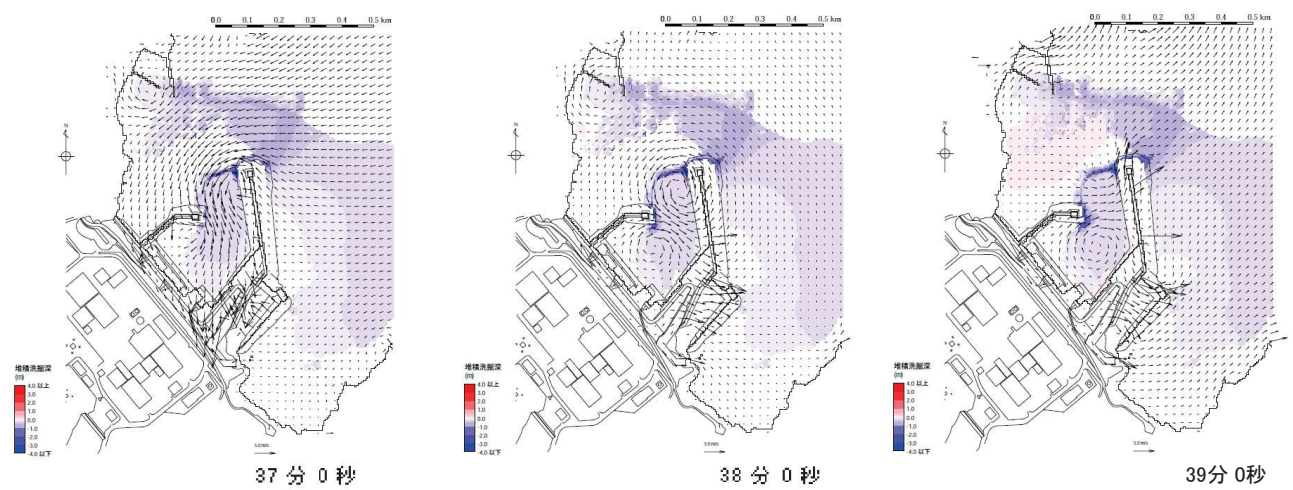


【基準津波(上昇側)による水位上昇時の水位・流速・流向】

- 基準津波が港内に防波堤堤頭部を回り込みながら進行する際に、防波堤堤頭部のケーソン堤付近の海底地盤が局所的に洗掘される。



【基準津波(上昇側)による2号取水口前面水位】



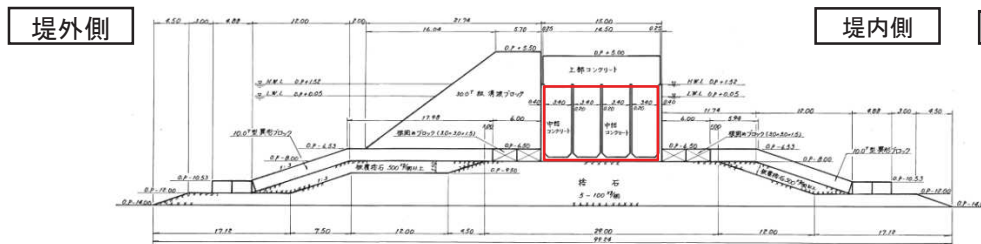
【基準津波(上昇側)による水位上昇時の海底地形変化】

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足4/9)

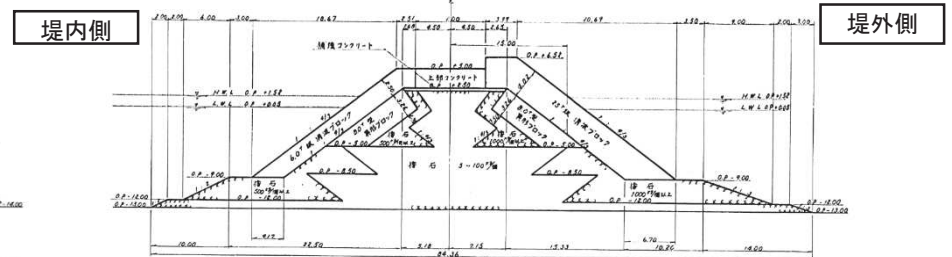
### 【防波堤の被災形状の想定】

- 東北地方太平洋沖地震及び津波による被災状況等に関する知見，基準津波襲来時の流況及び防波堤の構造的特徴を踏まえた想定される被災形状を下表に示す。
- ケーソン堤構造は基礎マウンドからの転倒・滑落が想定される。
- 消波ブロック被覆堤及びケーソン堤の上部コンクリート，消波ブロック，被覆石，捨石については飛散が想定される。

構造物	仕様	想定される被災形状	根拠
ケーソン (直立部)	15m(B) × 10m(L) × 9.5m(H) : 約3,000t以上/函	基礎マウンドからの転倒・滑落(堤頭部洗掘型)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 防波堤内外の水位差は小さく，有意な水位差が発生する時間は短い。</li> <li>• 水位上昇時，防波堤堤頭部周辺の基礎マウンド部の洗掘が想定される。</li> </ul>
上部コンクリート， 消波ブロック， 被覆石，捨石	5kg～8t 上部コンクリートは40～70t/m	飛散	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 東北地方太平洋沖地震及び津波で被災を受けた防波堤同様の被災が想定される。</li> </ul>



【ケーソン堤構造】



【消波ブロック被覆堤構造】

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足5/9)

### 【防波堤の損傷による取水口到達の可能性】

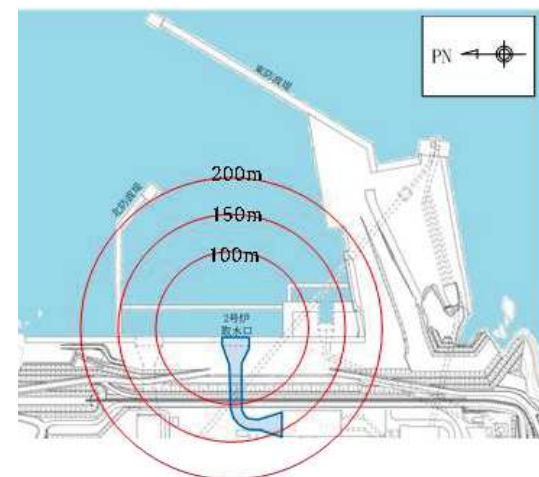
東北地方太平洋沖地震及び津波による被災状況等に関する知見, 基準津波襲来時の流況及び防波堤の構造的特徴を踏まえた想定される被災形状は, 以下のとおりである。

【ケーソン堤(直立型)】: 基礎マウンドからの転倒・滑落(堤頭部洗掘型)

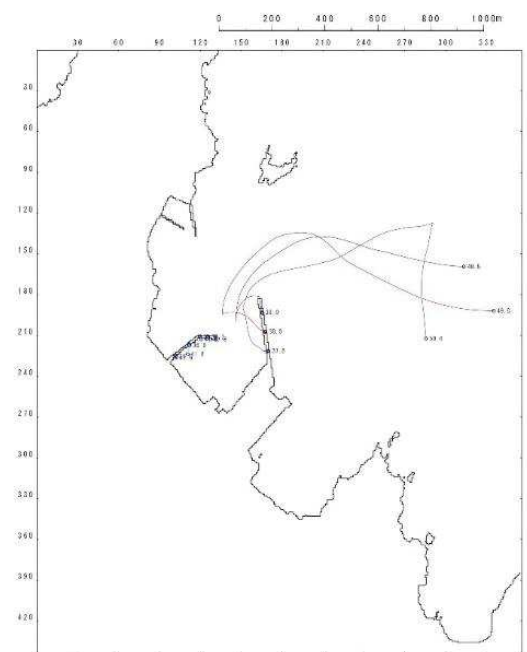
【上部コンクリート, 消波ブロック, 被覆石及び捨石】: 飛散

上記の想定される被災形状を踏まえ, 取水口到達の可能性について評価を行った。

- ケーソン堤については, 基礎マウンドからの転倒・滑落したとしても, 東北地方太平洋沖地震及び津波の実績では防波堤近傍に留まると考えられること, 防波堤堤頭部の津波流速に対するコンクリートの安定質量は約635tであるのに対して防波堤堤頭部のケーソンは3,000t以上であること, 防波堤堤頭部と2号炉取水口は約200mの離隔があることから, 取水口に到達することはない。
- 上部コンクリート, 消波ブロック, 被覆石及び捨石については, これらのうち最も軽量の捨石が上部工, 消波ブロック及び被覆石の背面や下部に設置されており滑動しにくいこと, 捨石よりも軽量の砂を対象とした海底地形変化においても取水口は閉塞していないことから, これらが取水口を閉塞することはない。
- なお, 被覆石は流速3m/s以上で滑動することから, 被覆石, 上部コンクリート及び消波ブロックを対象に, 滑動開始流速を3m/sとした軌跡解析を行い, いずれも防波堤近傍に留まるか沖側へ滑動することを確認した。



【防波堤と取水口の離隔】



【軌跡解析】

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足6/9)

### 【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

- 震災直後の調査より、3.11津波による女川原子力発電所における漂流物として、木片等のがれき類、小型船舶(船外機)、敷地内の構築物(重油タンク、建屋壁材・屋根材等)、漁具が確認された。



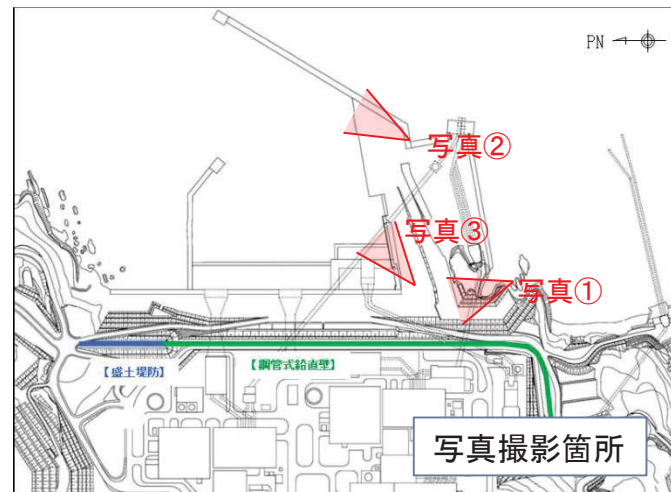
写真①: 岸壁全体の漂流物状況(平成23年3月18日撮影)



写真②: 東防波堤の漂流物状況(平成23年3月14日撮影)



写真③: 岸壁の漂流物状況(平成23年3月22日撮影)



※: 写真①～③は女川原子力発電所における平成23年東北地方太平洋沖地震により発生した津波の調査結果に係る報告書より抜粋。

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足7/9)

### 【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

- ・ 発電所の港湾内において木片等のがれき類, 漁具, 廃プラスチックが確認された。



写真①: 廃プラ・漁具類 大型土嚢120袋分



写真②: 木片・流木 約230m<sup>3</sup>



写真③: 混合ゴミ 約140m<sup>3</sup>

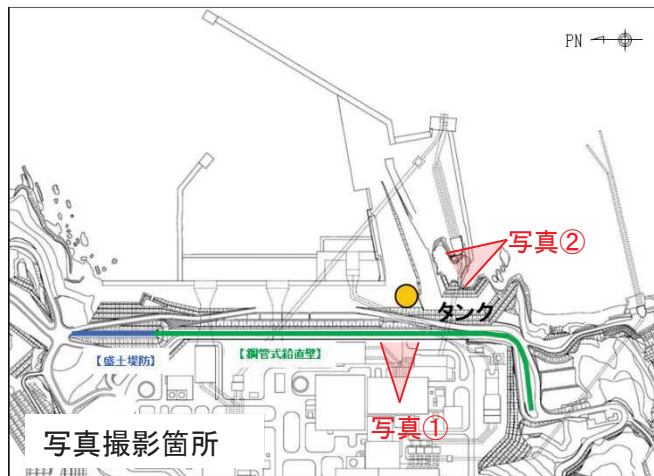
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足8/9)

### 【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

- O.P.+2.5mに設置されていた1号炉補助ボイラー用の重油貯蔵タンクが漂流した。
- 津波により浮き上がり漂流したものと推察されるが、設置位置付近に留まっている(移動距離:約20m)。



写真①



写真②

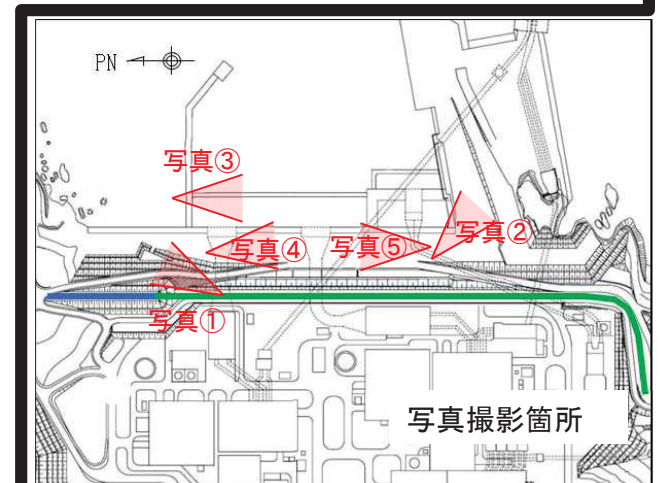
※:写真①, ②は女川原子力発電所における平成23年東北地方太平洋沖地震により発生した津波の調査結果に係る報告書より抜粋。

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 14)(補足9/9)

### 【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】

- O.P.+2.5m盤にみられる漂流物は、車両と漂流ごみであり、フェンスは漂流していない。
- 構内道路はアスファルト舗装の損傷程度であり大規模な不陸は見られない。
- 建屋の外壁の破損は一部に留まっている。
- 取水口前面には漂流物は見られない。

防護上の観点又は機密に係わる  
観点から公開できません



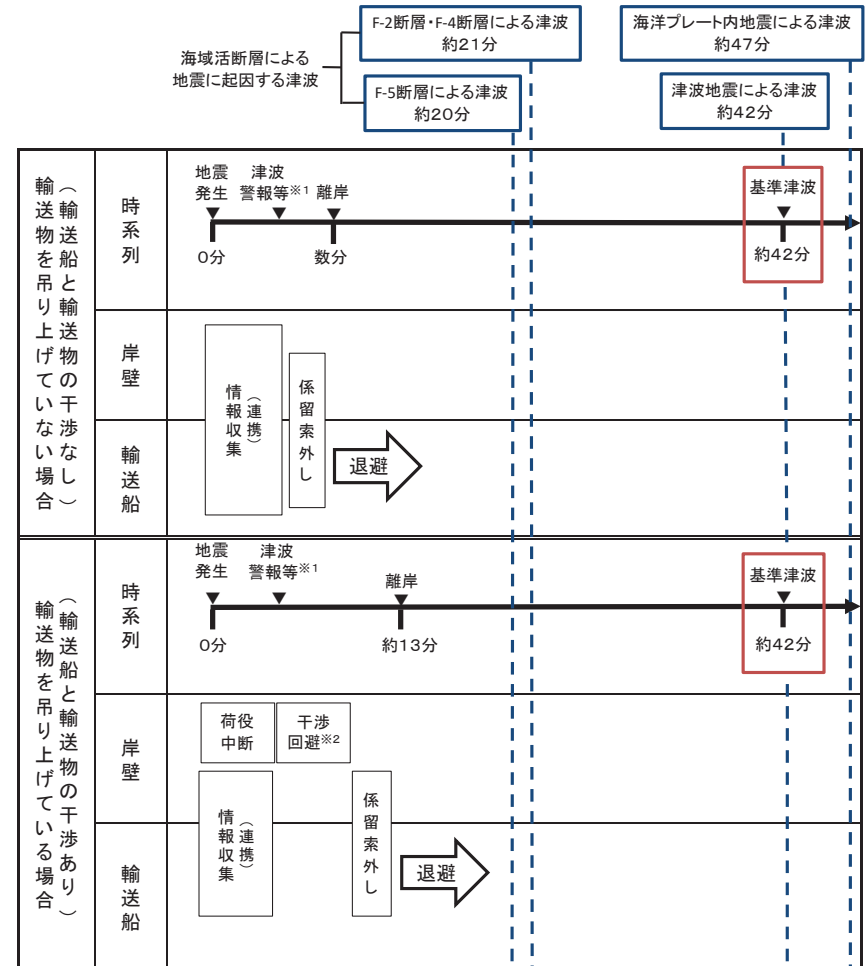
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 15)(1/2)

### (1) 指摘事項

津波襲来時の燃料等輸送船の退避について、基準津波以外の津波の到達時間も踏まえて、退避に要する時間を整理し、提示すること。

### (2) 回答

- 燃料等輸送船の離岸に要する時間は、輸送物を吊り上げている場合においても、地震発生後、約13分であり、基準津波、基準津波以外の津波である「津波地震による津波」、「海洋プレート内地震による津波」及び「海域活断層による地震に起因する津波」のいずれの津波に対しても緊急退避が可能。
- 仮に、海域活断層による地震に起因する津波よりさらに到達が早い津波に対しては、緊急退避が間に合わない場合を想定しても、以下の理由から輸送船は航行不能となるとは考えられず、輸送船は漂流物とはならない。
  - 輸送船は岸壁に係留されており、津波高さと同水位高さの関係から岸壁を越えず留まる。
  - 岸壁に接触しても防げん材を有しており、かつ法令(危険物船舶運送及び貯蔵規則)に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有している。



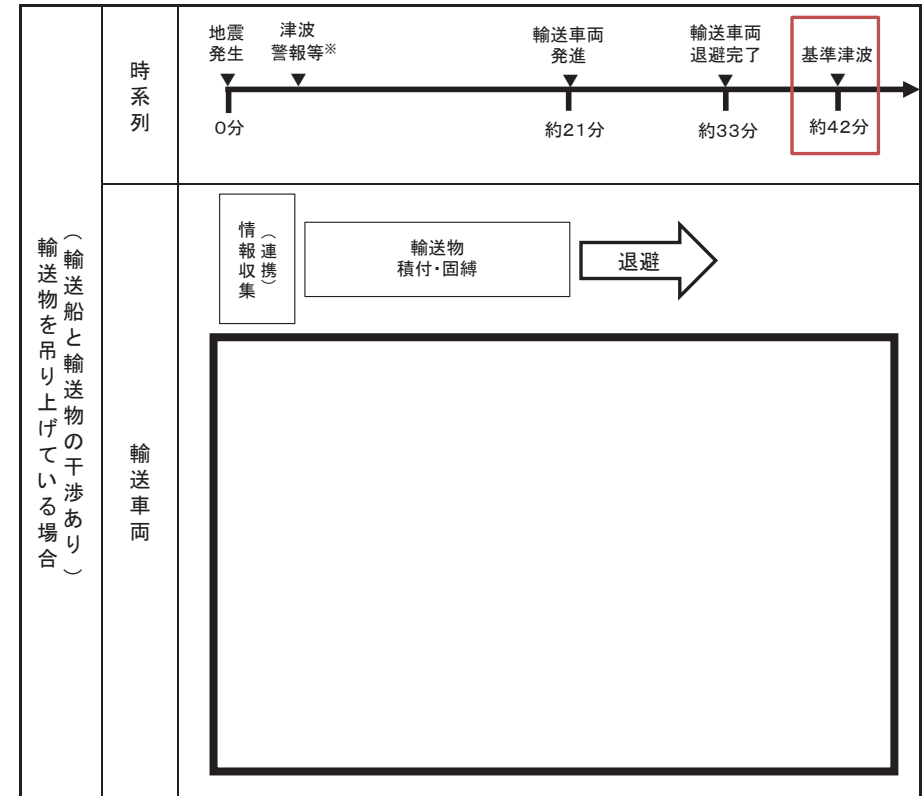
※1: 地震発生後3分後(気象庁HPに記載の発表目標時間)に津波警報が発令する  
 ※2: 輸送物が船倉へ荷下ろし中の場合も、原則として、輸送物を巻上げて陸側に移動する

図1 津波襲来と緊急退避時間(輸送船)



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 15)(2/2)

- 津波警報等が発令した場合は、陸側にある輸送物(使用済燃料輸送容器)は原則として、輸送車両とともに、当社敷地内の津波が到達しない場所へ避難するが、万一津波を受けても、輸送物は重量物(約    t: 空状態)であることから、漂流物とはならない。
- また、海域活断層による地震に起因する津波は、輸送車両発車よりも前に襲来するが、寄せ波高さ O.P. +3.05m に対し、岸壁高さは、O.P. +3.50m であり、津波は岸壁を超えることはなく漂流物とはならない。
- 燃料等輸送船の緊急退避は船会社が実施するため、当社は輸送契約を締結している船会社に対して、緊急対応の措置の状況を監査や訓練報告書等により確認することで、緊急退避の実効性を確認している。
- 輸送物の緊急避難については、契約時に荷役作業会社に対して避難措置を徹底するとともに、女川原子力発電所敷地内における緊急退避訓練によりその実効性を確認する。



※:地震発生後の3分後(気象庁HPに記載の発表目標時間)に津波警報が発令する

図2 津波襲来と緊急退避時間(輸送車両)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 16)(1/2)

### (1) 指摘事項

津波監視カメラの監視範囲及び夜間も含めた監視能力の妥当性を提示すること。

### (2) 回答

- 監視カメラは夜間においても小型船舶※を2.2kmの範囲で検知可能であることから、津波についても監視可能と考えており、発電所周辺の島等から津波の規模を推定可能と考えている。

※ 長さ4.0m × 高さ1.5mの小型船舶

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません

津波監視カメラ監視範囲図(航空写真)

津波監視カメラ監視範囲図(パノラマ写真)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 16)(2/2)

- ▶ 監視カメラ映像イメージを以下に示す。  
赤外線カメラでも可視光カメラ同様に発電所周辺の島等を監視可能である。



津波監視カメラ映像イメージ(可視光)



津波監視カメラ映像イメージ(赤外線)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(1/21)

### (1) 指摘事項

津波波圧の評価について、地形、流況、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の状況等を踏まえて水理実験に必要な検討項目を抽出した上で、数値解析と模型実験に対して、設計に必要な項目及び対応方針を提示すること。

### (2) 回答

- 防潮堤の設計で考慮する津波波圧について、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の状況や女川のサイト特性を踏まえた数値流体解析(断面二次元津波シミュレーション解析)及び水理模型実験(平面水槽実験)による検討を行う。
- 解析や実験により得られた津波波圧を、既往の評価式と比較することで保守性の確認を行い、設計に適用する評価式を設定する。

① 基準津波等の特性の確認(周辺地形等の影響確認)



津波の第1波が後続波と比較して極端に大きい

② 数値流体解析による検討(基準津波に伴う津波波圧の確認)



おおむね静水圧の波圧分布

③ 水理模型実験による検討(波形特性の不確かさを考慮した津波波圧の確認)



波圧分布は静水圧型(直線分布)

④ 既往の津波波圧算定式との比較(解析及び実験の保守性の確認)



実験と解析の結果は朝倉式に包含

⑤ 設計で考慮する津波波圧の設定(設計荷重の保守性を確保)

検討概要

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(2/21)

【津波波圧確認方法の比較】

- 数値流体解析(断面二次元津波シミュレーション解析)と水理模型実験(平面水槽実験)の比較を以下に示す。
- 水理模型実験は流体の挙動を直接確認でき、サイト特性や津波特性に応じた評価が可能となる。ただし、基準津波などの固有の不規則波形を正確に再現した実験は困難である。
- 数値流体解析により基準津波による津波波圧を確認し、水理模型実験の結果と併せて比較・考察を行うことで信頼性の高い評価が可能となる。

数値流体解析と水理模型実験の比較

確認方法	長所	短所
数値流体解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 理論式に基づく流体の挙動を確認可能</li> <li>✓ ソリトン分裂波の発生有無を確認可能</li> <li>✓ 任意の不規則波形の入力が可能</li> <li>✓ 任意の地形や構造物のモデル化が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 評価値の信頼性(再現性)に関して、流体の実挙動と比較・考察することが望ましい</li> </ul>
水理模型実験	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 流体の実挙動を直接確認可能</li> <li>✓ ソリトン分裂波の発生有無を確認可能</li> <li>✓ 地形や構造物の特性、津波特性に応じた評価が可能</li> <li>✓ 測定値の信頼性(再現性)が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 複雑な不規則波形の再現は困難</li> <li>✓ 地形や構造物の複雑なモデル化は困難</li> </ul>

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(3/21)

【津波波圧の確認項目】

- 数値流体解析及び水理模型実験により津波波圧を確認するとともに、ソリトン分裂の有無、水深係数の整理を行うことで、既往の津波波圧評価式である朝倉式との比較・考察を行う。
- 女川の地形特性(海底勾配, 2段敷地, 鋼管式鉛直壁)を再現した上で、数値流体解析及び水理模型実験を実施し、数値流体解析では基準津波を対象とし、水理模型実験では津波の波形特性(周期, 波高)を変化させた模擬津波を対象とし、それぞれ津波波圧の検討を行う。

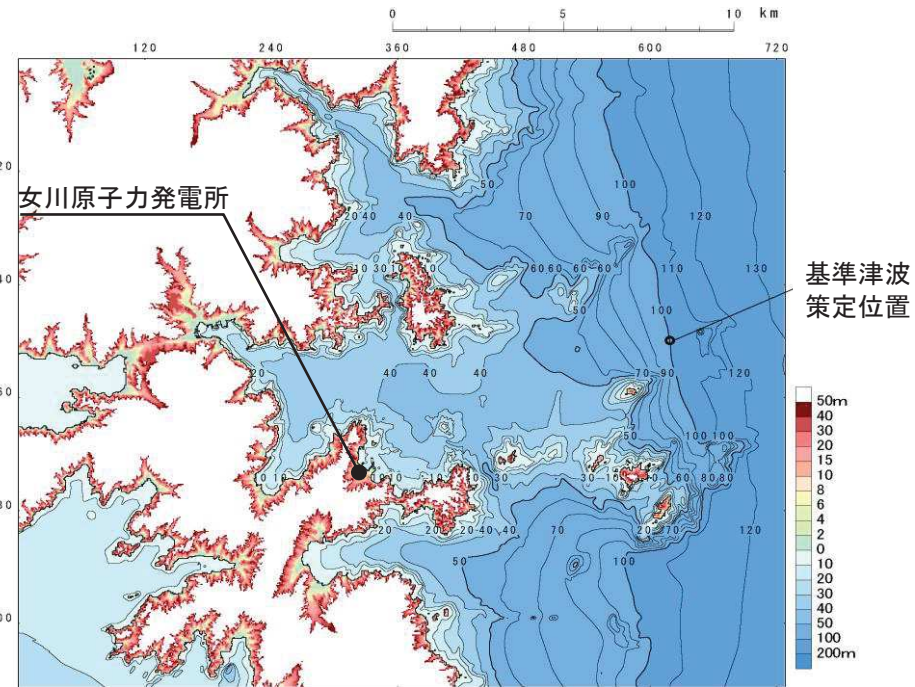
津波波圧の確認項目

確認項目	確認内容	確認方法	
		数値流体解析	水理模型実験
津波波圧の確認	✓ 分散波理論に基づいた解析と、実流体を対象とした実験により、サイト特性を踏まえた津波波圧を確認する。	○ (基準津波)	○ (模擬津波)
ソリトン分裂の有無	✓ 防潮堤近傍でソリトン分裂が発生する場合には、構造物底面近傍の水深係数が大きくなることから、非分裂波かソリトン分裂波かを確認する。	○ (基準津波)	○ (模擬津波)
水深係数の整理	✓ 朝倉式では水深係数として3が使用されているが、平成28年12月NRA技術報告において水深係数3の適用範囲をフルード数が1以下としていることを踏まえ、防潮堤前面位置でのフルード数を確認する。	○ (基準津波)	○ (模擬津波)
	✓ 防潮堤に作用する波圧分布を無次元化し、水深係数として整理することで、朝倉式の水深係数3と比較する。	○ (基準津波)	○ (模擬津波)

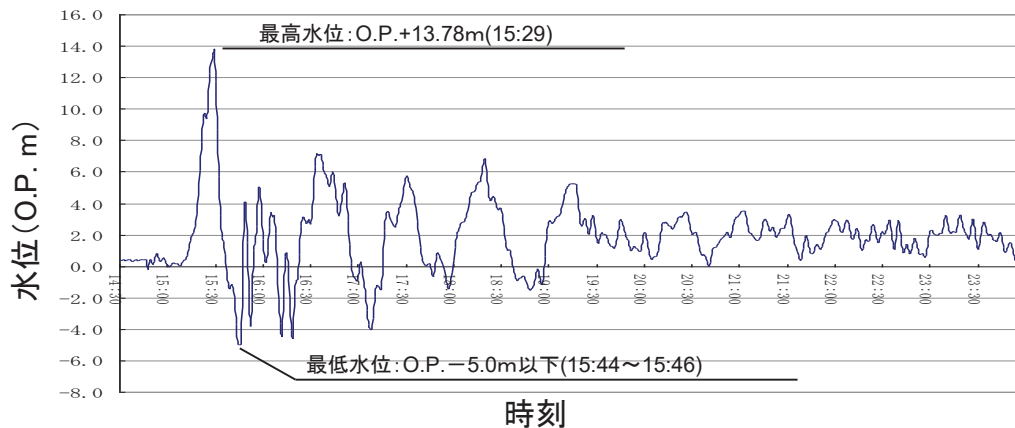
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(4/21)

### 【基準津波・東北地方太平洋沖地震による津波の特性】

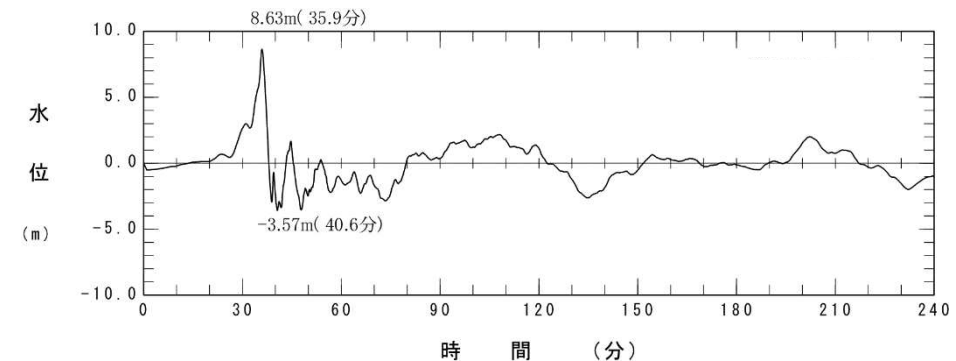
- 女川の基準津波はプレート間地震(東北地方太平洋沖型の地震)による津波であり, 策定位置は沖合約10kmとなっている。
- 基準津波及び東北地方太平洋沖地震による津波の第1波は二段型波形が特徴となっており, 第1波の影響が支配的となる(第1波の水位は後続波と比較して極端に大きい)。
- 敷地周辺は複雑に入り組んだ湾構造になっているため, 敷地に到達する津波は周辺地形からの回り込みの影響もあるが, 基準津波の第1波は周辺地形の影響をほとんど受けずに策定位置から直線的に到達する。
- 以上を踏まえて, 津波の第1波を検討対象として津波防護施設に作用する津波波圧の検討を行うこととし, 数値流体解析による検討と併せて, 波形特性(周期, 波高)の不確かさも考慮した水理模型実験による検討を補完的に行う。



基準津波策定位置



観測記録: 3月11日14:30~24:00(地盤変動量考慮前)(東北電力(2011)より)

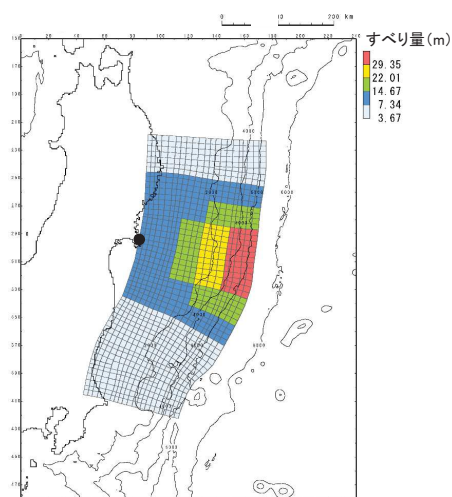


基準津波の時刻歴波形(水位上昇側)

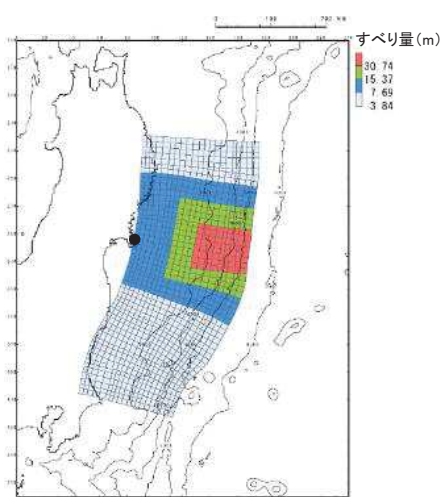
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(5/21)

### 【基準津波・東北地方太平洋沖地震による津波の特性(第1波と後続波の関係①)】

- 津波は指向性を有していることから、一般に震源付近の津波水位が高く、第1波が支配的となるが、女川原子力発電所は、湾や入り江形状を呈する地形が多数存在するリアス式海岸の南部に位置し、後続波(周辺地形からの反射波)の重なり合い等による津波水位の増幅が見られる可能性があることから、基準津波(水位上昇側)、基準津波(水位下降側)を対象とした平面二次元津波シミュレーション解析により、2号炉取水口前面における水位時刻歴波形を確認した。
- 各津波ともに後続波は減衰傾向を示しており、発電所の津波に与える影響は第1波が支配的であることを確認した。



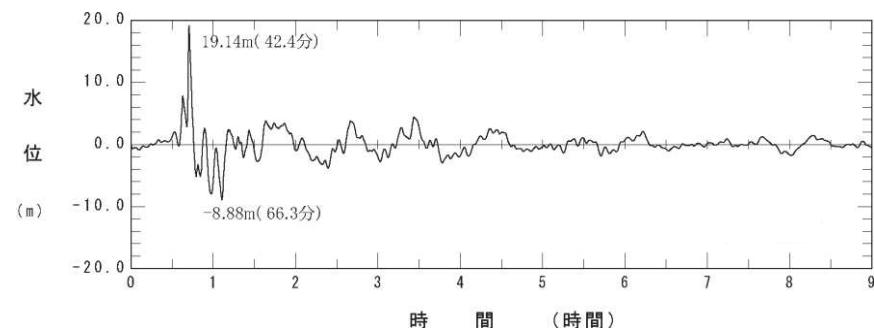
基準津波(水位上昇側)※1



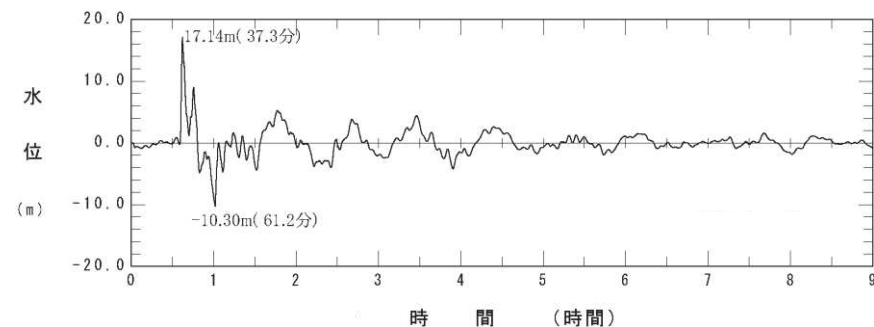
基準津波(水位下降側)※2

※1: 宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量, すべり分布の不確かさを考慮した特性化モデル。

※2: 宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量の不確かさ等を考慮した特性化モデル。



基準津波(水位上昇側)



基準津波(水位下降側)

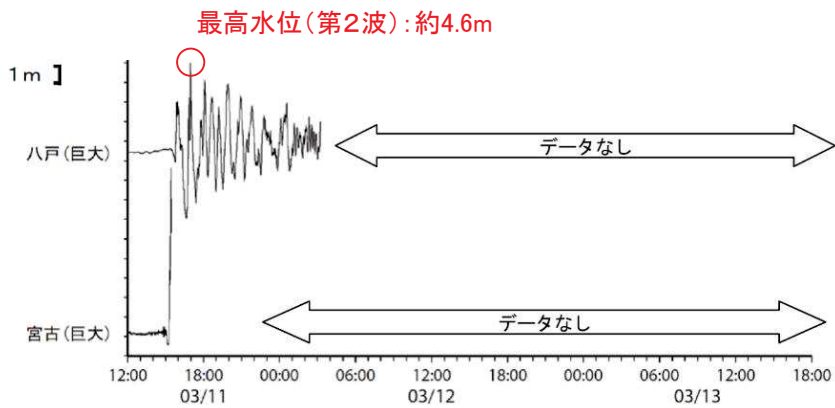
2号炉取水口前面における水位時刻歴波形



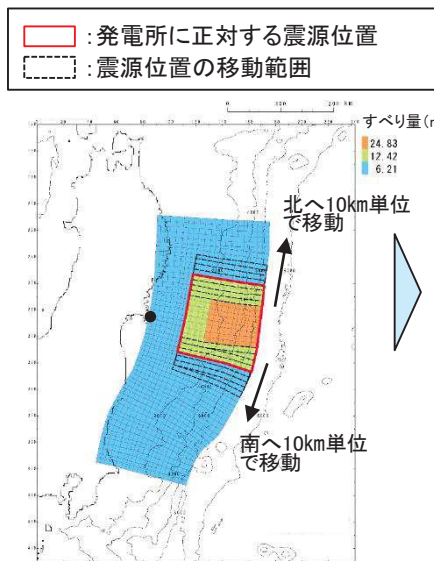
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(6/21)

### 【基準津波・東北地方太平洋沖地震による津波の特性(第1波と後続波の関係②)】

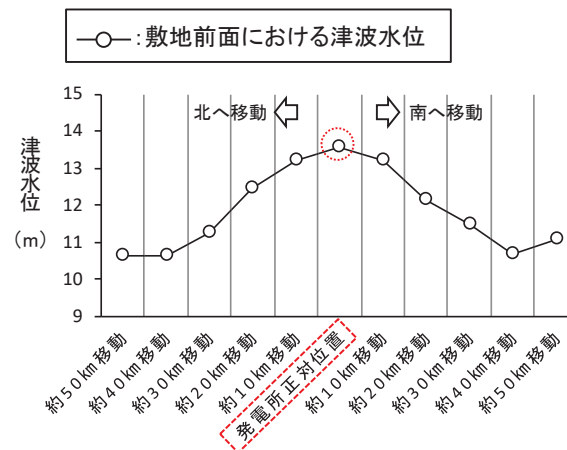
- 東北地方太平洋沖地震において、震源から離れた八戸港では、周辺地形からの反射波の影響が含まれた第2波で最高水位を生じているが、その津波水位は約4.6mと小さい。
- なお、女川の基準津波の検討において、震源位置(大すべり域)を移動させた場合の津波水位に与える影響についても検討しており、発電所に正対する位置に震源(大すべり域)がある場合、最も津波水位が高く、発電所から離れるにつれてその影響は小さくなることを確認している。
- 以上の結果から、震源から離れた位置では後続波で最高水位を生じる可能性があるが、女川の基準津波は発電所に正対する位置に震源を設定することで第1波で最高水位を生じることになり、後続波が減衰傾向を示すことと併せて、発電所と正対する震源位置による第1波の影響が支配的となることを確認した。



東北地方太平洋沖地震における八戸港の津波観測記録



宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル※(東北地方太平洋沖型の地震)



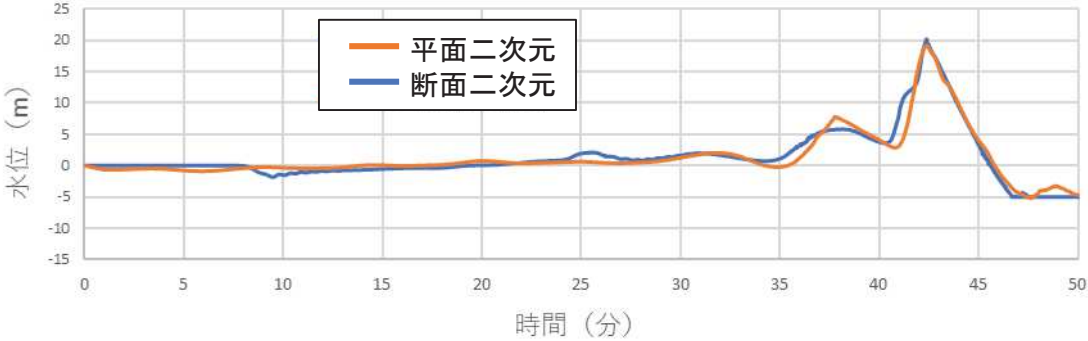
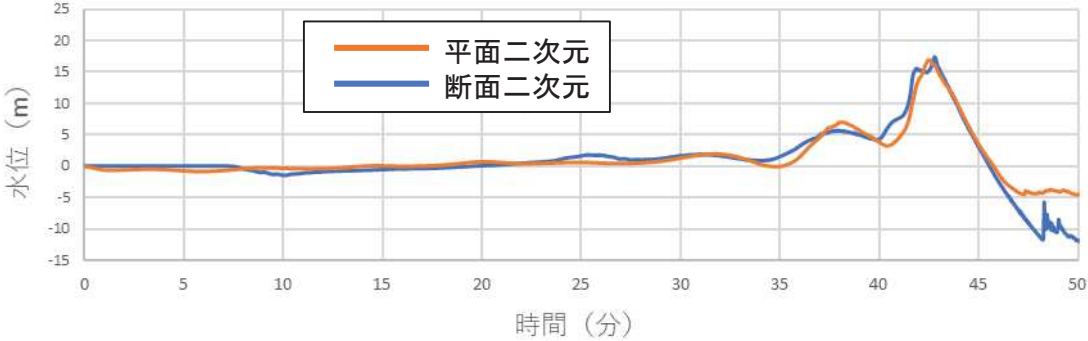
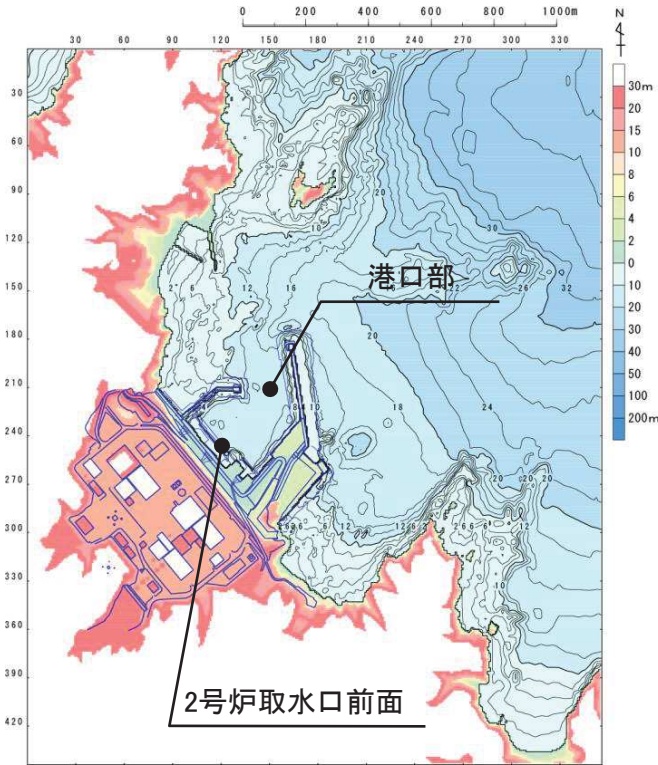
震源位置と津波水位の関係

※: 基準津波のベースとなる特性化モデル(すべり量やすべり分布の不確かさを考慮する前の特性化モデル)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(7/21)

### 【基準津波・東北地方太平洋沖地震による津波の特性(周辺地形の影響)】

- 基準津波の第1波の敷地への到達に関して、平面二次元津波シミュレーション解析と、後述する断面二次元津波シミュレーション解析の波形比較を行った。
- 基準津波策定位置において、平面二次元津波シミュレーション解析の出力波形を断面二次元津波シミュレーション解析に入力して検討した結果、敷地近傍(港口部, 2号炉取水口前面)での両者の第1波の出力波形はおおむね一致した。
- 断面二次元津波シミュレーション解析においては周辺地形からの回り込みの影響を考慮していないため、出力波形の一致は平面二次元津波シミュレーション解析においても、第1波到達における周辺地形の影響がほとんどないことを示しており、基準津波の第1波は策定位置から直線的に到達することを確認した。



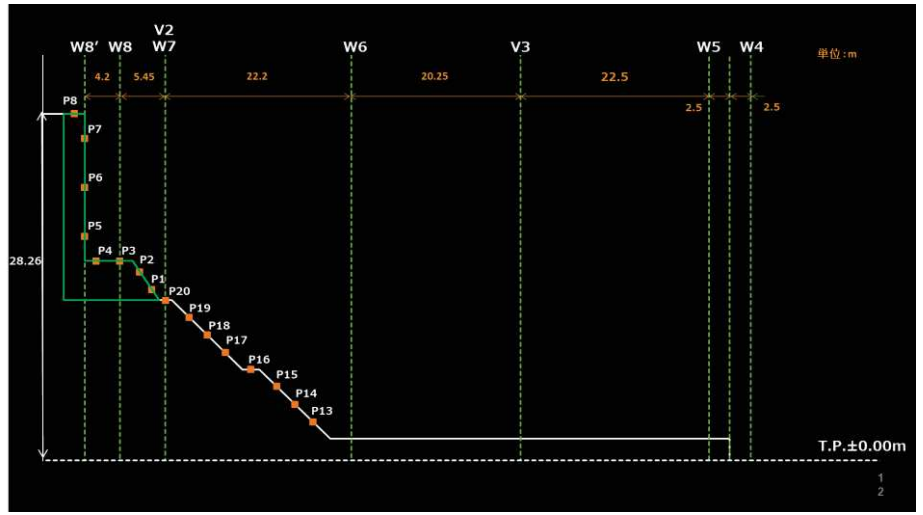
水位時刻歴波形の比較

(上段: 港口部, 下段: 2号炉取水口前面)

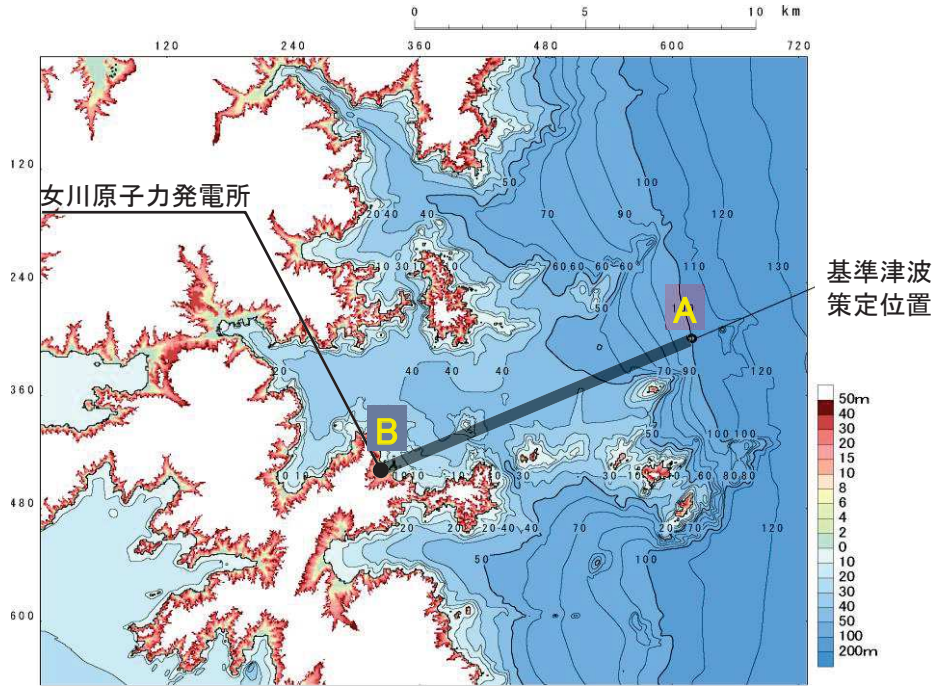
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(8/21)

### 【数値流体解析による検討(解析条件)】

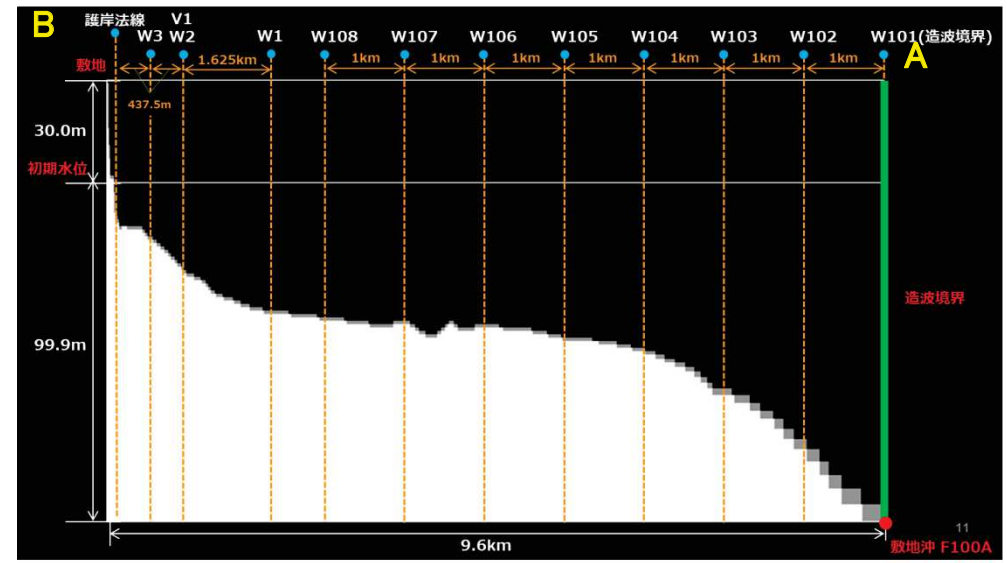
- 女川の地形特性(海底勾配, 2段敷地, 鋼管式鉛直壁)を再現したうえで, 基準津波を対象とした数値流体解析(断面二次元津波シミュレーション解析)により, 津波波圧の確認を行った。
- 数値流体解析は, 分散波理論に基づいた解析手法であり, ソリトン分裂波を再現可能な数値波動水路CADMAS-SURF/3D(Ver.1.5)を用いた。
- 解析領域は後述する水理模型実験と同じ区間をモデル化し, 入射波は平面二次元津波シミュレーション解析による基準津波(東北地方太平洋沖型の地震(水位上昇側))の出力波形(第1波)とし, 基準津波策定位置に入力した。



O.P.+2.5m~防潮堤



解析断面位置



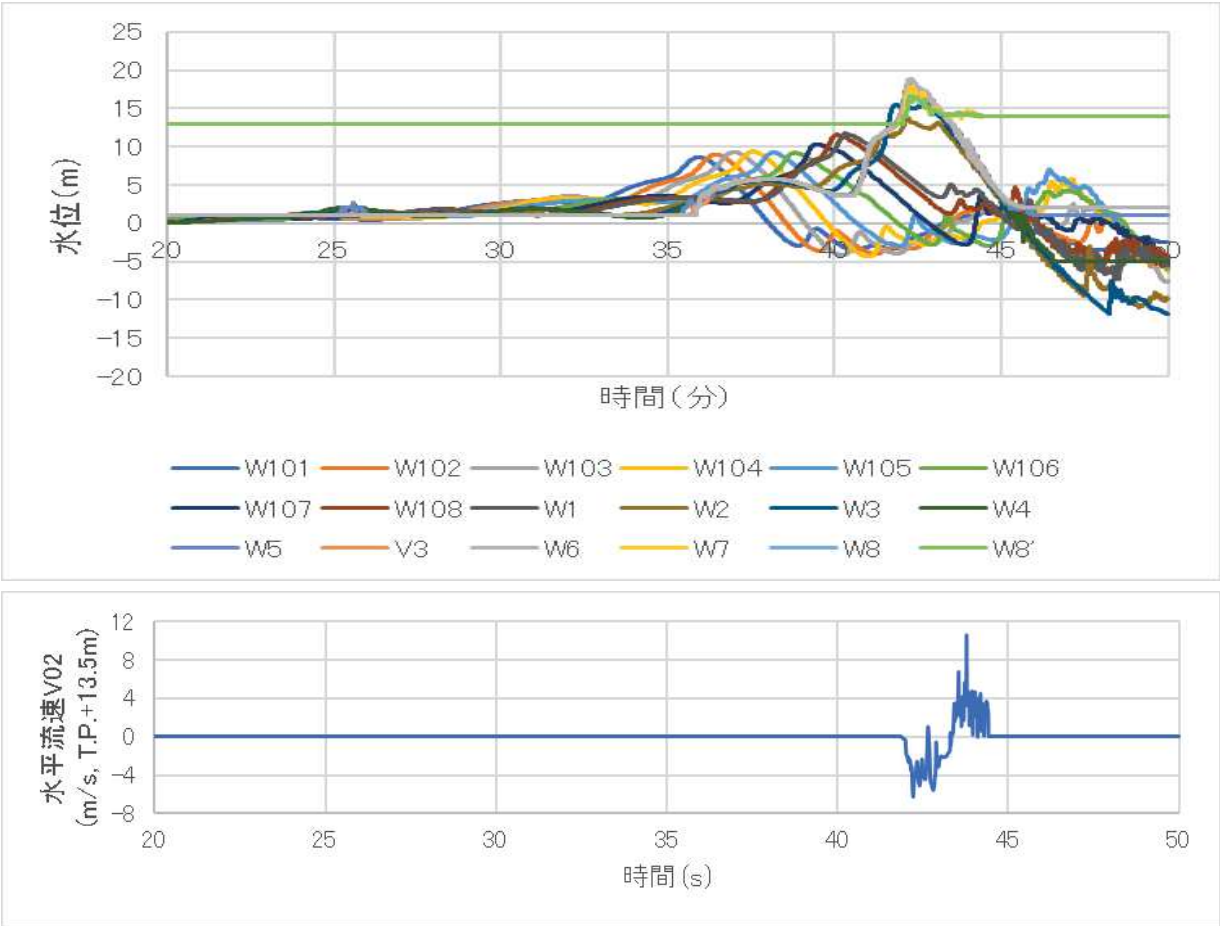
基準津波策定位置~敷地

解析モデル

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(9/21)

### 【数値流体解析による検討(通過波解析)】

- 通過波解析(防潮堤なし)における水位及び水平流速の波形を以下に示す。
- 防潮堤の近傍においてソリトン分裂は発生しておらず、水位変動型の津波が発生した。また、フルード数は0.38となり、1.0を下回った。

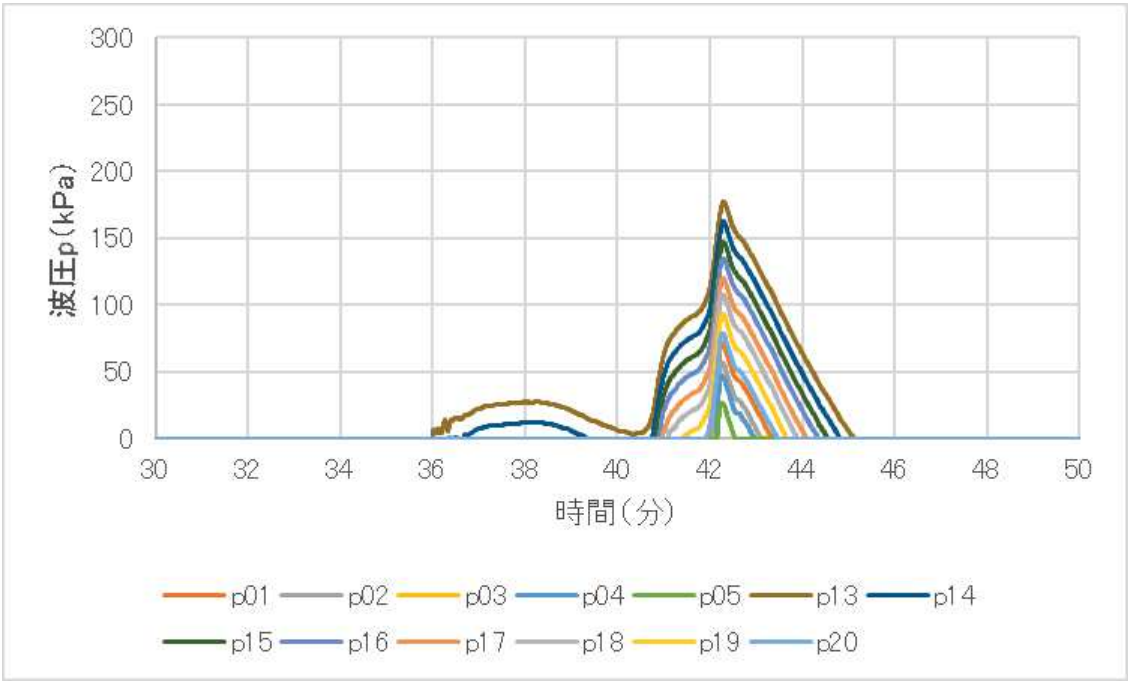


水位・水平流速の時系列波形(通過波解析)

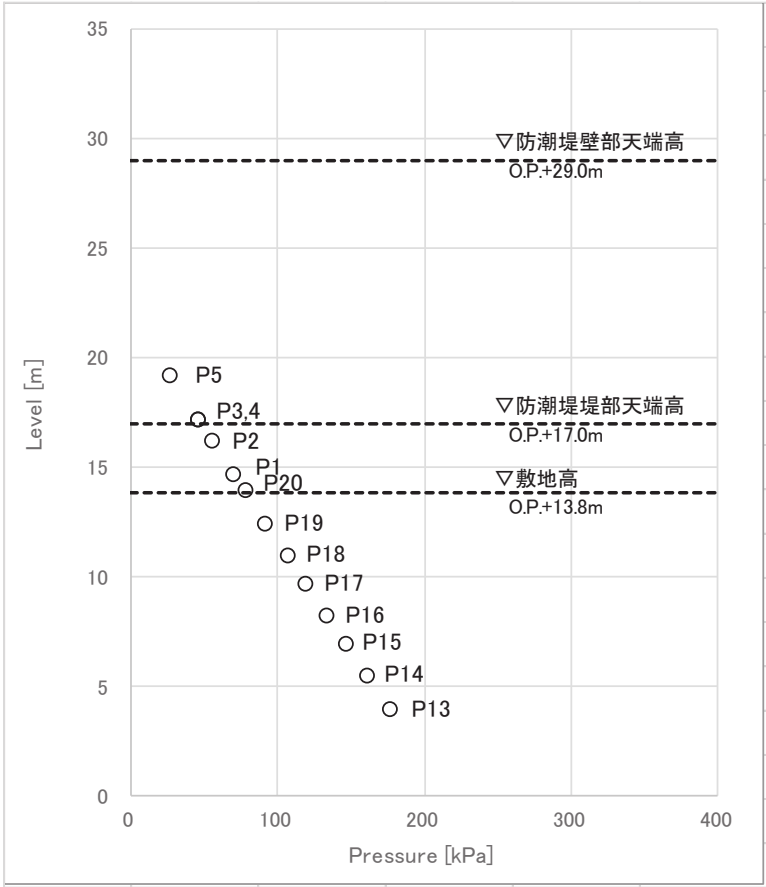
## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(10/21)

### 【数値流体解析による検討(津波荷重解析)】

- 津波荷重解析(防潮堤あり)における波圧の時系列波形と最大波圧分布(防潮堤前面位置)を以下に示す。
- 津波の衝撃圧は発生しておらず、持続圧が主となっている。また、波圧分布は静水圧型の分布形状(直線分布)となった。



波圧の時系列波形



最大波圧分布

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(11/21)

### 【水理模型実験による検討(実験条件)】

- 津波の波形特性(周期, 波高)の不確かさが津波波圧等に与える影響を確認するため, 水理模型実験により検討した。
- 津波の周期(継続時間)を2種類, 波高を6種類で変化させた計12種類の津波波形(1波形当たり3回)による実験を行った。

波条件	波形	目標津波条件 (現地換算)			目標津波条件 (1/125実験換算)		
		継続時間	津波水位 【O.P.】	越流水深	継続時間	津波水位 【DL】	越流水深
WAVE 001	単峰型	5分	+17.0m	非越流	26.8秒	0.136m	非越流
WAVE 002			+25.0m	非越流		0.200m	非越流
WAVE 003			+36.0m	7.0m		0.288m	0.056m
WAVE 004			+32.5m	3.5m		0.260m	0.028m
WAVE 005			+35.0m	6.0m		0.280m	0.048m
WAVE 006			+37.5m	8.5m		0.300m	0.068m
WAVE 101	二段型	20分	+17.0m	非越流	107.3秒	0.136m	非越流
WAVE 102			+25.0m	非越流		0.200m	非越流
WAVE 103			+36.0m	7.0m		0.288m	0.056m
WAVE 104			+32.5m	3.5m		0.260m	0.028m
WAVE 105			+35.0m	6.0m		0.280m	0.048m
WAVE 106			+37.5m	8.5m		0.300m	0.068m

防潮堤高さ: O.P.+29m

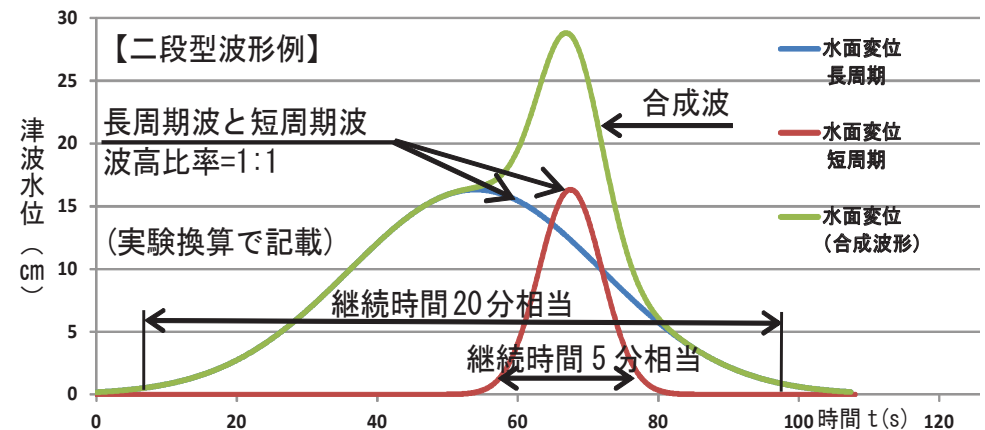
模型縮尺: 1/125

海底勾配: 1/100

波形: 単峰型(短周期), 二段型(長周期)

津波水位: O.P.+17.0m~O.P.+37.5m

(非越流~8.5m越流)

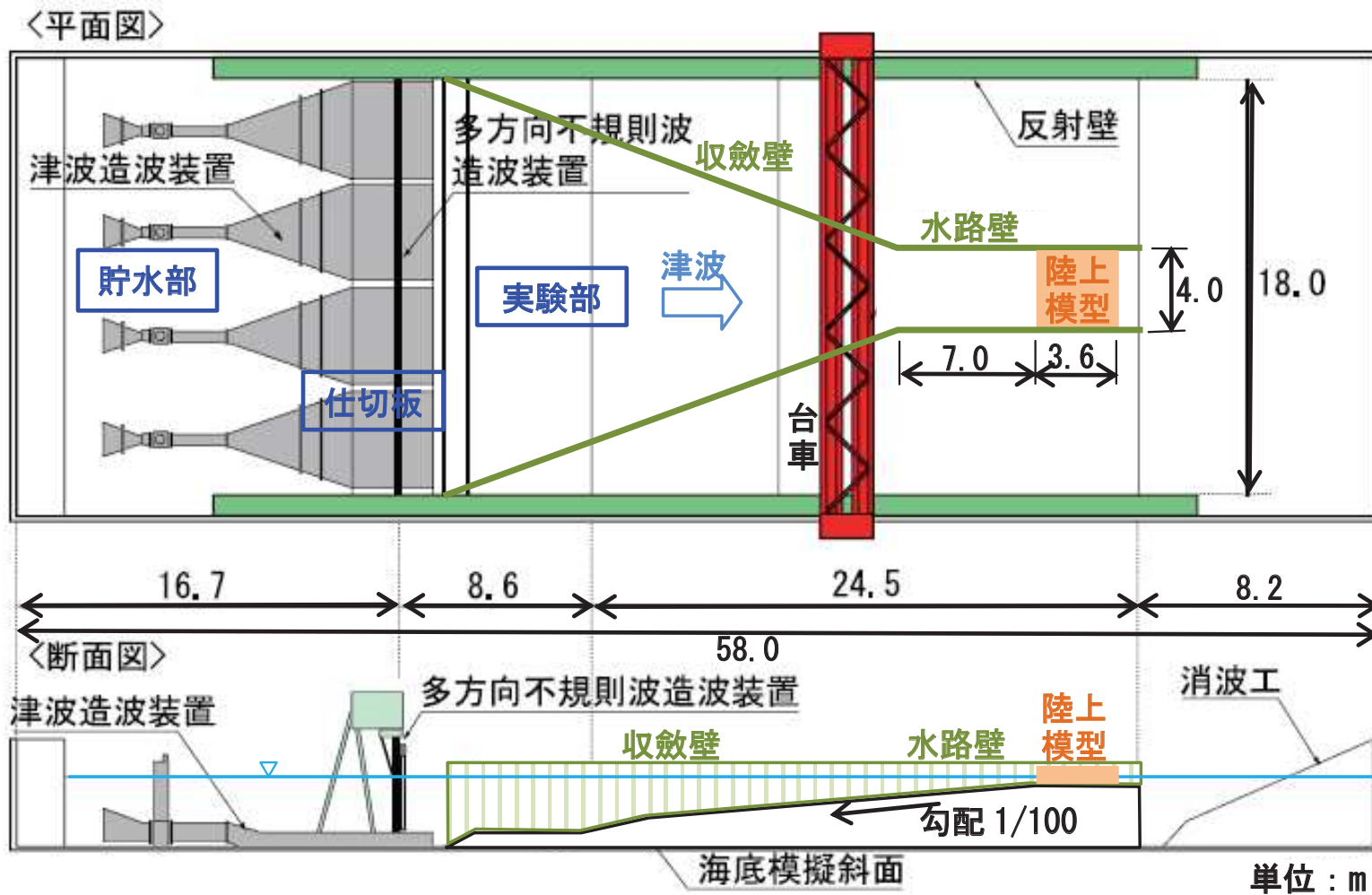


実験条件及び目標波形の概要

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(12/21)

### 【水理模型実験による検討(実験装置)】

- 女川の前面海域、敷地及び防潮堤を模擬した平面水槽モデルを作成し、収斂壁の設置により陸上模型付近での津波水位が高くなるように実験を行った。

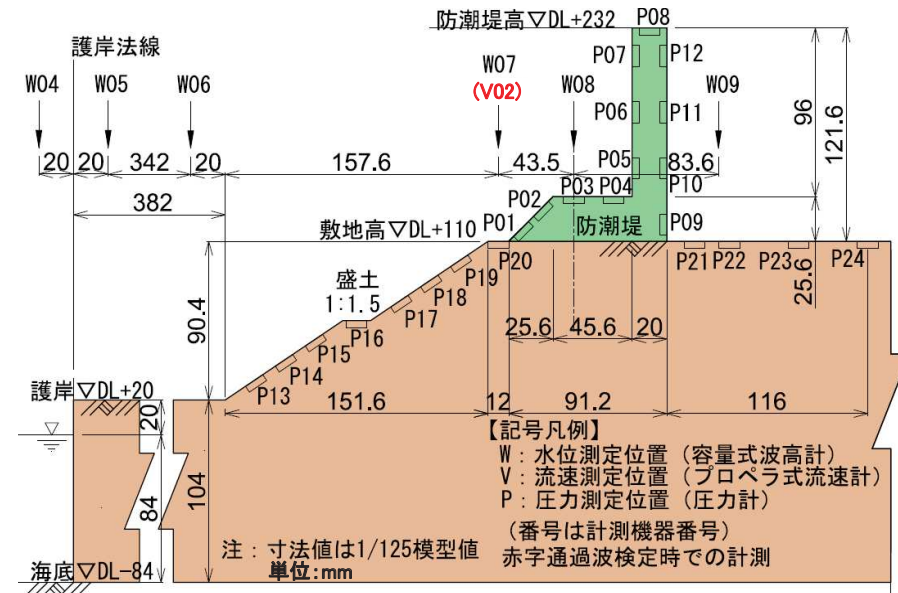
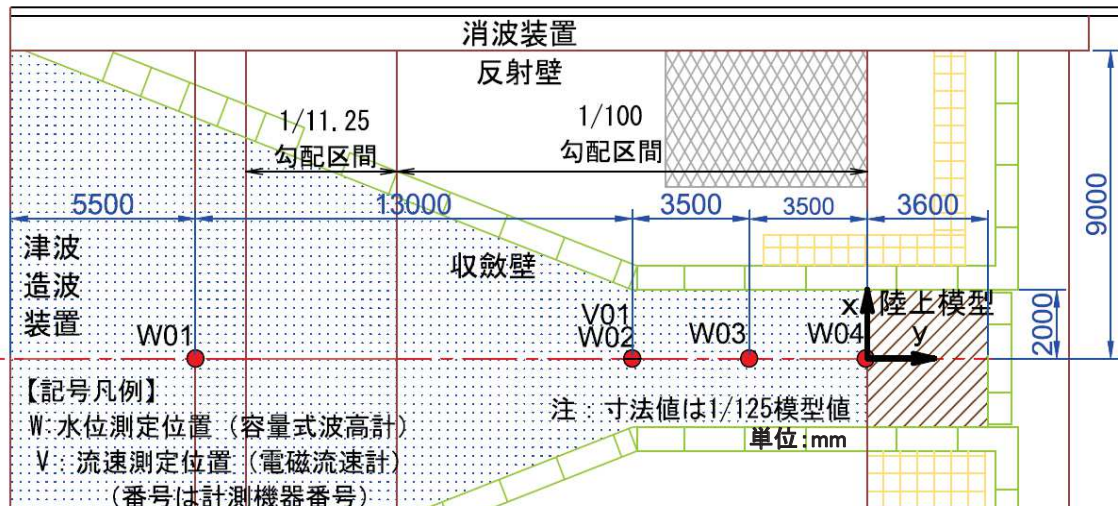
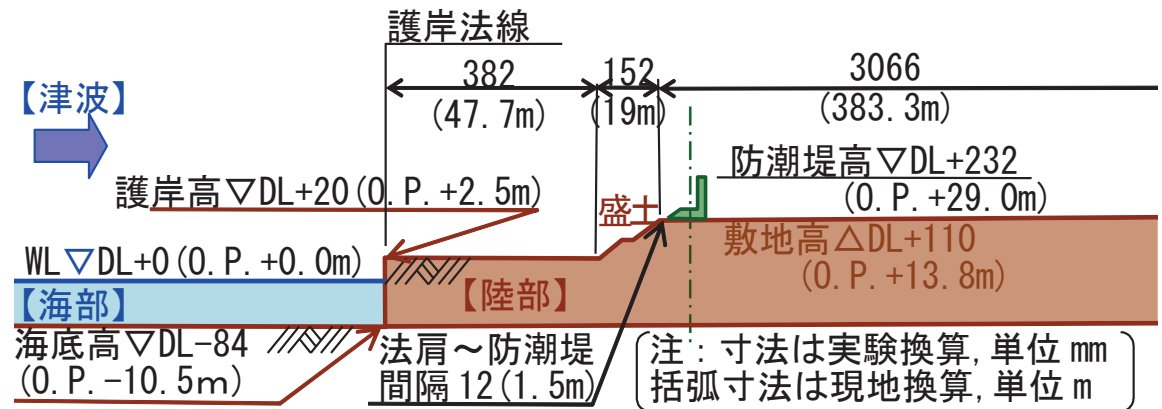


実験装置の概要(平面水槽)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(13/21)

### 【水理模型実験による検討(測定位置)】

- 海域及び陸上模型の各点において、津波の水位、流速及び圧力を測定した。



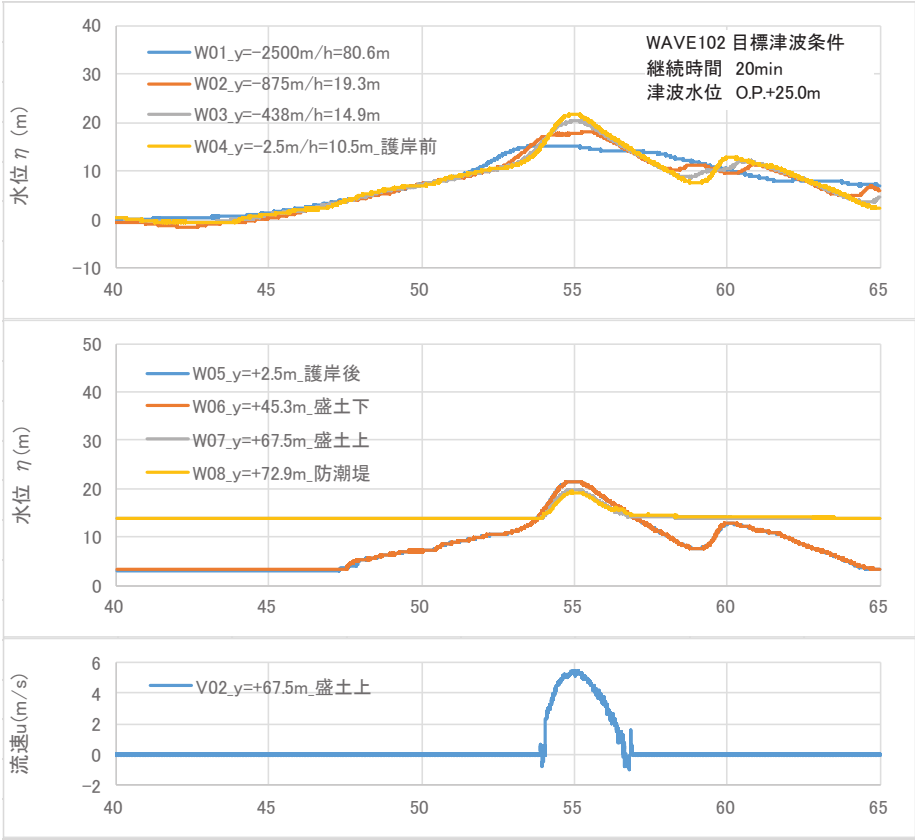
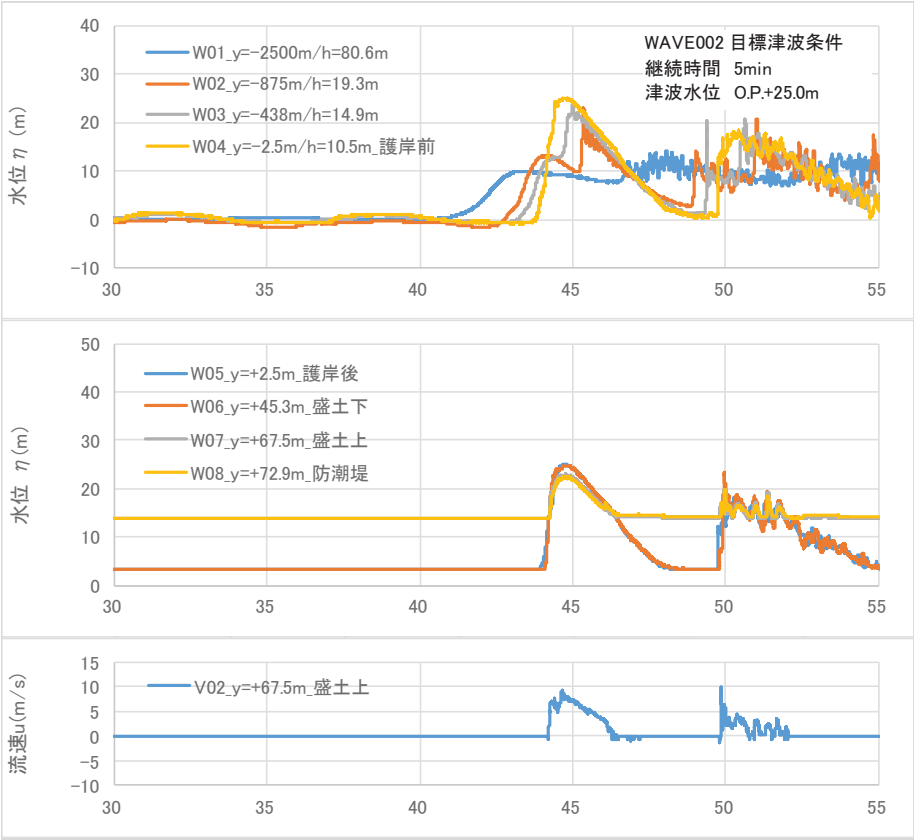
津波水位・流速・圧力の測定位置



## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(14/21)

### 【水理模型実験による検討(通過波実験)】

- 通過波実験(防潮堤なし)における水位及び流速の波形の一例を以下に示す。
- 防潮堤の近傍においてソリトン分裂は発生しておらず、水位変動型の津波が発生した。なお、単峰型津波の沖合部(WAVE002:W01~W03)で後続波の水位波形に乱れが確認でき、平面水槽実験で設置した収斂壁による水流の漸縮・水位上昇や側壁からの反射の影響が含まれているものと考えられるが、主たる確認対象である陸上模型位置(W04~W08)の第1波は安定した波形となっている。



水位・流速の時系列波形(通過波実験:目標津波水位O.P.+25.0m)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(15/21)

### 【水理模型実験による検討(通過波実験)】

- 各ケースでの通過波実験(防潮堤なし)における津波の水理諸量を以下に示す。
- フルード数は単峰型で0.8程度, 二段型で0.6程度となり, 最大でも0.843で1.0を下回った。
- 2段敷地の盛土法面の影響で津波が減勢し, 防潮堤前面位置では常流( $Fr < 1.0$ )となったものと考えられる。

浸水深最大時の水理諸量(通過波実験:W07(V02)位置)

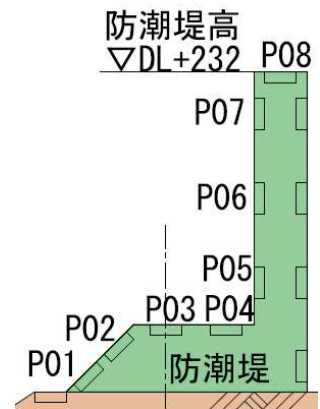
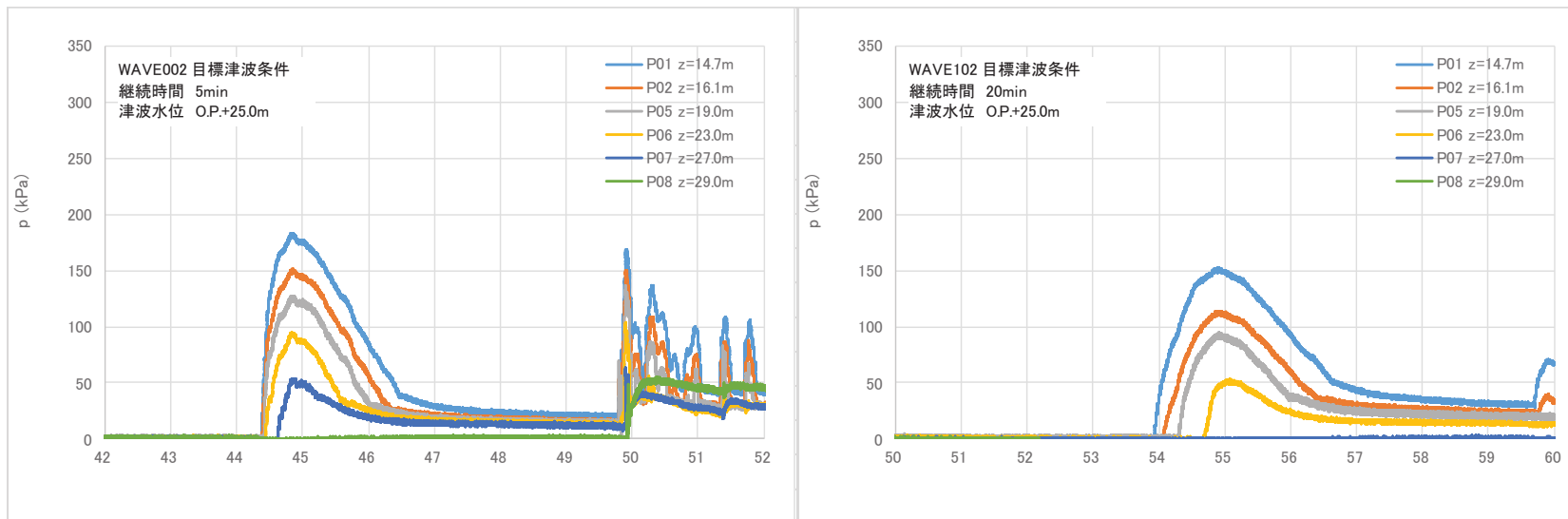
波条件	波形	目標水位※ 【O.P.】	最大水位 【O.P.】	浸水深	流速	フルード数
WAVE001	単峰型 継続時間 5分	+17.0m	+17.0m	3.2m	4.7m/s	0.839
WAVE002		+25.0m	+23.0m	9.2m	8.0m/s	0.843
WAVE003		+36.0m	+30.8m	17.0m	7.9m/s	0.612
WAVE004		+32.5m	+26.2m	12.4m	9.1m/s	0.826
WAVE005		+35.0m	+28.3m	14.5m	9.3m/s	0.780
WAVE006		+37.5m	+30.2m	16.4m	9.2m/s	0.726
WAVE101	二段型 継続時間 20分	+17.0m	+14.6m	0.8m	0.2m/s	0.071
WAVE102		+25.0m	+19.8m	6.0m	5.4m/s	0.704
WAVE103		+36.0m	+25.8m	12.0m	8.0m/s	0.738
WAVE104		+32.5m	+25.9m	12.1m	4.9m/s	0.450
WAVE105		+35.0m	+28.2m	14.4m	7.4m/s	0.623
WAVE106		+37.5m	+30.0m	16.2m	7.6m/s	0.603

※津波荷重実験(防潮堤あり)の目標水位

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(16/21)

### 【水理模型実験による検討(津波荷重実験)】

- 津波荷重実験(防潮堤あり)における波圧の時系列波形(防潮堤前面位置)の一例を以下に示す。
- 単峰型, 二段型ともに衝撃圧は発生しておらず, 持続圧が主体となっている。
- 通過波実験の結果も踏まえると, 防潮堤前面位置では津波が常流化しており, 潮汐的挙動による水位変動型の津波が作用したものと考えられる。

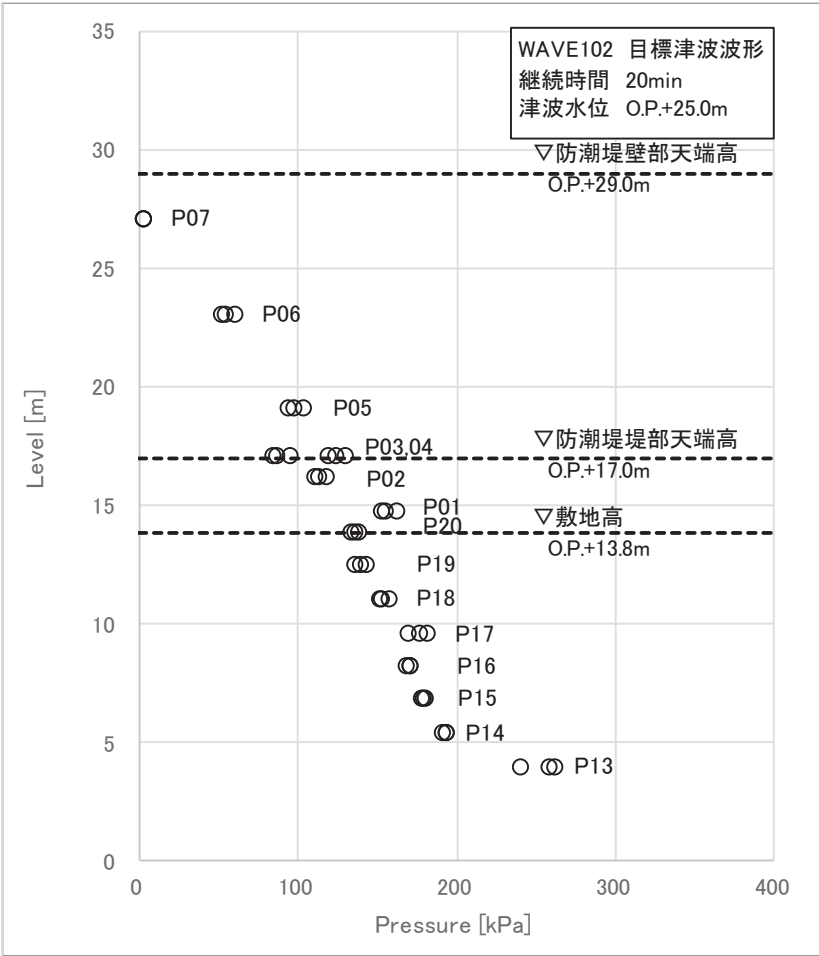
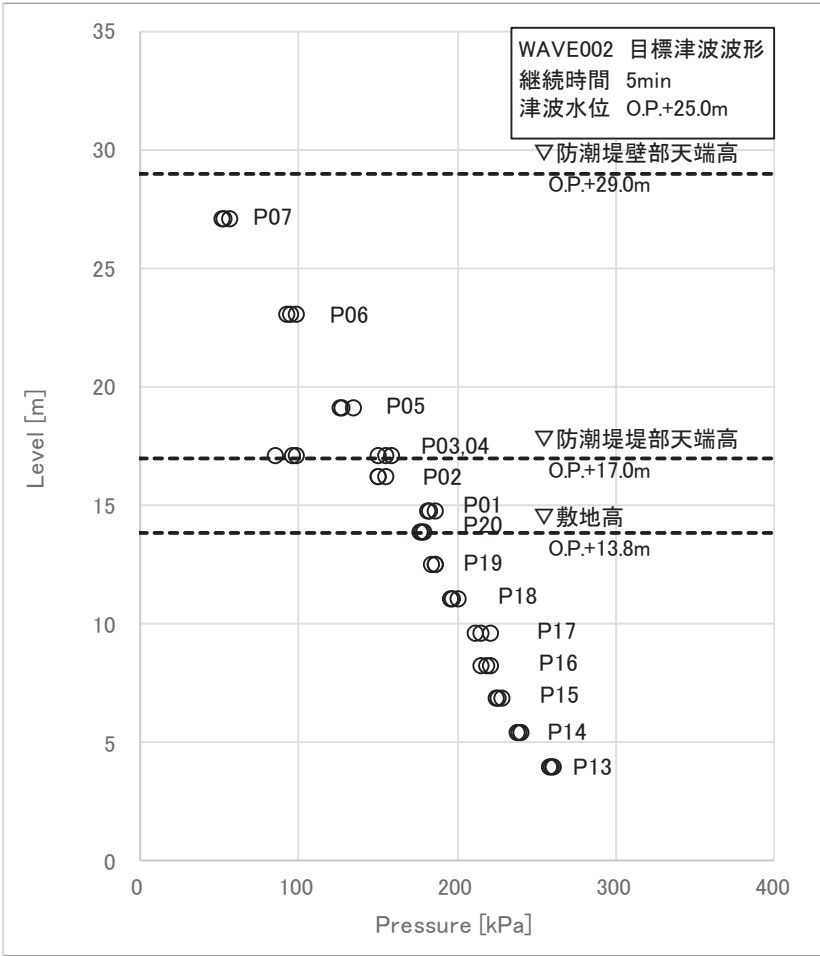


波圧の時系列波形(津波荷重実験:目標津波水位O.P.+25.0m)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(17/21)

### 【水理模型実験による検討(波圧分布)】

- 津波荷重実験(防潮堤あり)における防潮堤に作用する最大波圧分布の一例を以下に示す。
- 防潮堤壁部(鋼管式鉛直壁)と下部の盛土法面の境界付近に若干の段差が見られるものの、波圧分布としてはおおむね連続しており、静水圧型の分布形状(直線分布)となった。

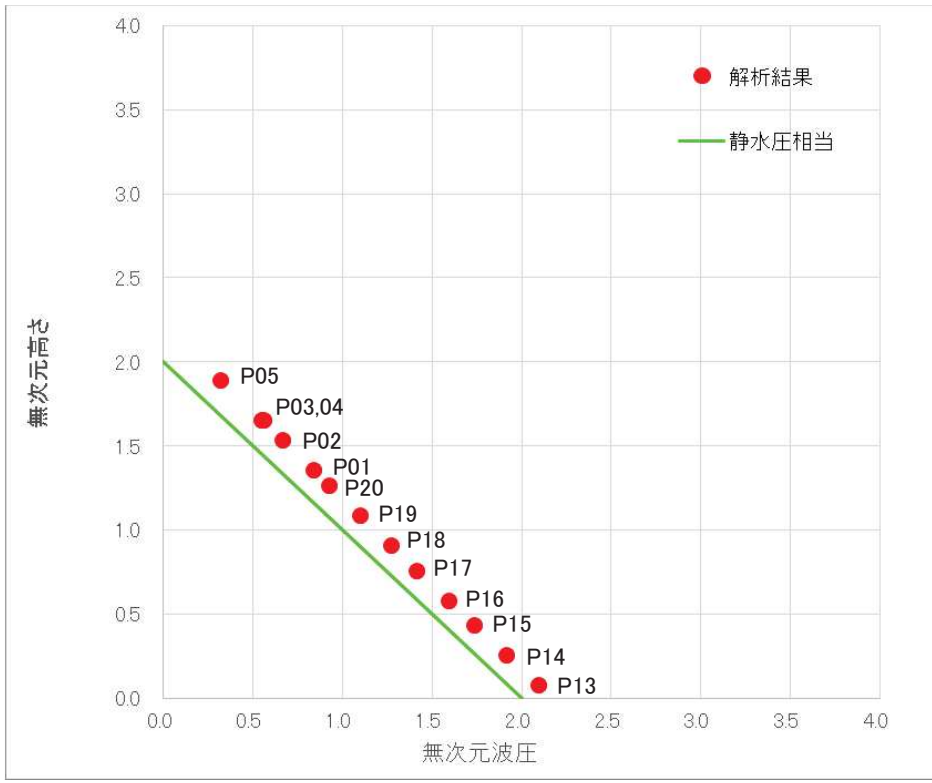


最大波圧分布(目標津波水位O.P.+25.0m)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(18/21)

### 【既往の津波波圧算定式との比較(無次元波圧分布・水深係数)】

- 既往の津波波圧算定式の水深係数と比較するため、各ケースでの津波荷重実験(防潮堤あり)における波圧分布の無次元化を行う。
- 通過波浸水深を最大浸水深の1/2と仮定し、通過波浸水深を基準に無次元化した結果を以下に示す。
- 数値流体解析(基準津波)による水深係数は2.19となり、おおむね静水圧となった。
- 水理模型実験(波形特性の不確かさを考慮した模擬津波)による水深係数は平均で2.12~2.39, 最大でも2.34~2.85となり、いずれも朝倉式の水深係数3.0を下回った。



無次元波圧分布(数値流体解析)

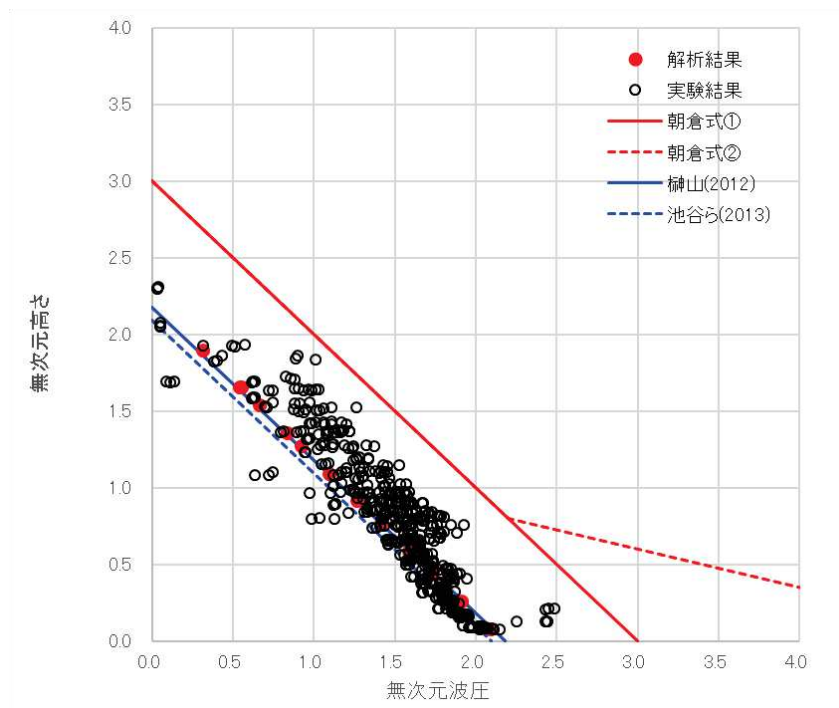
### 水深係数一覧(水理模型実験)

波条件	波形	水深係数 $\alpha$		
		最大値	平均値	標準偏差
WAVE001	単峰型 継続時間 5分	2.44	2.18	0.15
WAVE002		2.34	2.12	0.13
WAVE003		2.46	2.24	0.16
WAVE004		2.57	2.31	0.16
WAVE005		2.54	2.27	0.16
WAVE006		2.62	2.31	0.16
WAVE101	二段型 継続時間 20分	2.85	2.39	0.23
WAVE102		2.68	2.33	0.17
WAVE103		2.62	2.22	0.17
WAVE104		2.67	2.34	0.20
WAVE105		2.78	2.37	0.20
WAVE106		2.60	2.31	0.16
(全体)		2.85	2.28	0.18

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(19/21)

### 【既往の津波波圧算定式との比較(無次元波圧分布・水深係数)】

- 数値流体解析及び水理模型実験により得られた無次元波圧分布について、既往の津波波圧算定式との比較を以下に示す。
- 数値流体解析及び水理模型実験で計測した防潮堤に作用する最大津波波圧は、朝倉式①及び朝倉式②による算定値よりも小さい値となり、朝倉式②のような波圧分布は認められず、朝倉式①と整合する結果となった(朝倉式①の方が津波波圧分布の再現性を有することを確認した)。
- 女川防潮堤に作用する津波波圧について、ソリトン分裂波及び砕波の有意な影響はなく、単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。



- 朝倉式①: 水理模型実験に基づく実験式。
- 朝倉式②: 水理模型実験に基づく実験式。
- 榊山(2012): 陸上構造物に作用する津波持続波圧の算定式。水深係数  $\alpha$  が  $\alpha=1+1.4Fr$  で評価できるとした式\*。
- 池谷ら(2013): 榊山(2012)と同様な津波持続波圧の算定式。水深係数  $\alpha$  が  $\alpha=1+1.3Fr$  で評価できるとした式\*。

※ 左図は  $Fr=0.843$  (実験の最大値) で記載

既往の津波波圧算定式との比較(無次元最大津波波圧分布)

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(20/21)

### 【まとめ(確認結果)】

- 女川防潮堤の設計で考慮する津波波圧に関して、数値流体解析及び水理模型実験により検討を行った。
- 基準津波の発生に伴い、女川防潮堤には水位上昇型の津波が作用し、波圧分布としてはおおむね静水圧となることを確認した。
- また、ソリトン分裂波による津波波圧への影響がないこと、フルード数が1以下となること、津波波圧の水深係数が3以下となることから、波形特性の不確かさを考慮しても女川防潮堤に作用する津波波圧は朝倉式①に包含されることを確認した。
- 保守的な設計を行う観点から、次頁のとおり朝倉式①を参照して防潮堤の設計波圧として設定する。

### 津波波圧の確認結果

確認方法	確認結果
数値流体解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 女川防潮堤(鋼管式鉛直壁)を模擬した数値流体解析により、基準津波の特性や津波波圧等を確認した。</li> <li>✓ 防潮堤の近傍で津波のソリトン分裂は確認されず、防潮堤前面位置でのフルード数は1以下となった。</li> <li>✓ 基準津波の作用により、津波の衝撃圧は発生せず、持続圧が作用した。また、防潮堤に作用する波圧分布は単直線型となり、おおむね静水圧となった。</li> <li>✓ 護岸からの通過波浸水深を基準に無次元化した場合の水深係数は3以下となった。なお、盛土堤防を模擬したモデルでの解析は行っていないが、鋼管式鉛直壁よりも津波遡上に伴う減勢効果が大きくなることから、盛土堤防においても水深係数は3以下となると考えられる。</li> <li>✓ 防潮堤に作用する津波波圧は朝倉式①に包含されることを確認した。</li> </ul>
水理模型実験	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 女川防潮堤(鋼管式鉛直壁)を模擬した水理模型実験により、津波の波形特性(周期、波高)の違いが津波波圧等に与える影響を確認した。</li> <li>✓ 防潮堤の近傍で津波のソリトン分裂は確認されず、防潮堤前面位置でのフルード数は1以下となった。</li> <li>✓ 津波の波形特性(周期、波高)の違いに関わらず、津波の衝撃圧は発生せず、持続圧が作用した。また、防潮堤に作用する波圧分布はいずれも単直線型となった。</li> <li>✓ 護岸からの通過波浸水深を基準に無次元化した場合の水深係数は3以下となった。なお、盛土堤防を模擬したモデルでの実験は行っていないが、鋼管式鉛直壁よりも津波遡上に伴う減勢効果が大きくなることから、盛土堤防においても水深係数は3以下となると考えられる。</li> <li>✓ 防潮堤に作用する津波波圧は朝倉式①に包含されることを確認した。</li> </ul>

## 2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 17)(21/21)

### 【まとめ(設計で考慮する津波波圧)】

- 防潮堤の設計においては、朝倉式①を参照して以下のとおり津波波圧を算定する。

$$p = \rho \cdot g \cdot (\alpha \cdot \eta - z)$$

ここで、

$p$  : 津波波圧(kN/m<sup>2</sup>)

$\rho$  : 海水の密度 (=1.03 t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (=9.80665 m/s<sup>2</sup>)

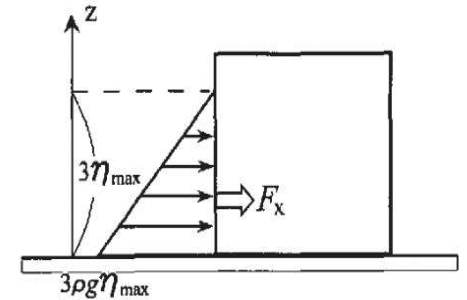
$\alpha$  : 水深係数 (=3)

$\eta$  : 浸水深(通過波の浸水深=入力津波水深の1/2) (m)

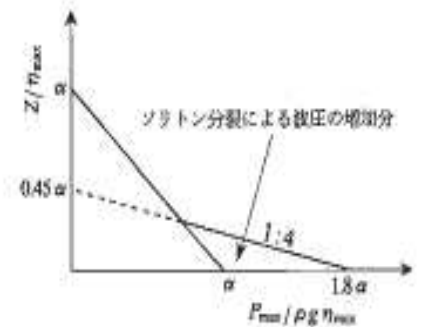
$z$  : 陸上地面を基準とした上向き of 正の座標 (m)

なお、ソリトン分裂波の場合は構造物底面近傍の  $\alpha$  を1.8倍する(朝倉式②)

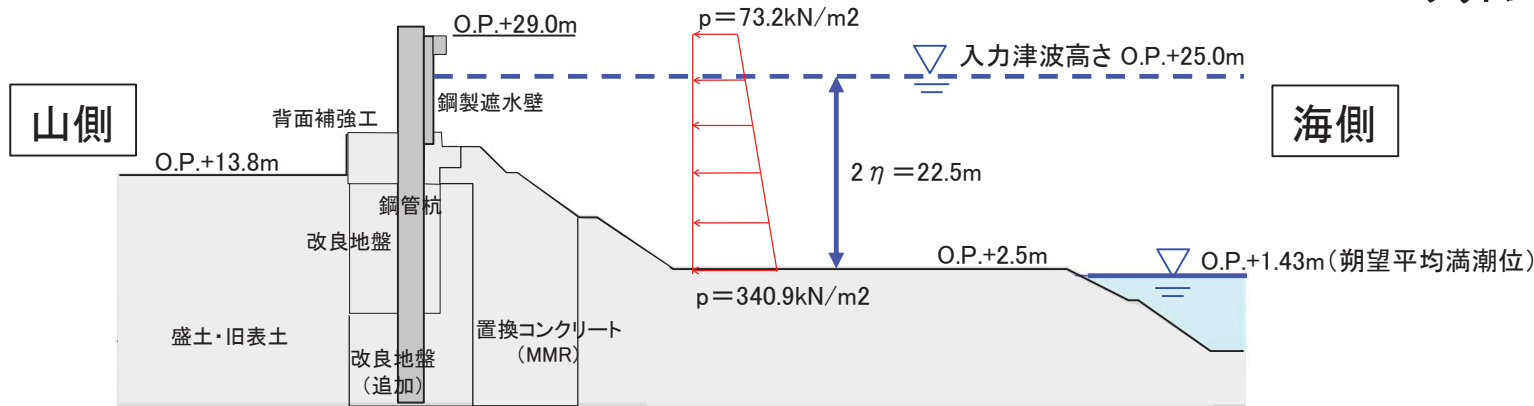
- 朝倉式は津波の通過波の浸水深に応じて波圧を算定する式であり、通過波の浸水深を入力津波水深(最大浸水深)の1/2と仮定して津波波圧を算定する。



非分裂波の場合(朝倉式①)



ソリトン分裂波の場合(朝倉式②)



津波波圧算定の概要(鋼管式鉛直壁の断面図)



## 参考文献

1. 日本海洋データセンターHP: [http://www.jodc.go.jp/jodcweb/index\\_j.html](http://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html)
2. 社団法人日本道路協会(2002):道路橋示方書・同解説 I 共通, pp65-67
3. 松富英雄(1999):流木衝突力の実用的な評価式と変化特性, 土木学会論文集, No.621, pp.111-127
4. 池野正明・田中寛好(2003):陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第50巻, pp.721-725
5. 水谷法美・高木祐介・白石和睦・宮島正悟・富田孝史(2005):エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究, 海岸工学論文集, 第52巻, pp.741-745
6. 有川太郎・大坪大輔・中野史丈・下迫健一郎・石川信隆(2007):遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験, 海岸工学論文集, 第54巻, pp.846-850
7. 有川太郎・鷲崎誠(2010):津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験, 土木学会論文集B2, Vol.66, No.1, pp.781-785
8. FEMA(2012): Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis 2nd Edition, FEMA, P646
9. Haehnel R.R and Daly F.D.(2012): Maximum Impact Force of Woody Debris on Floodplain Structures. Journal of Hydraulic Engineering, 130, No.2, 2004, pp.112-120.
10. 朝倉良介・岩瀬浩二・池谷毅・高尾誠・金戸俊道・藤井直樹・大森政則(2000):護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第47巻, pp.911 - 915.
11. 石田暢生・森谷暢生・東喜三郎・鳥山拓也・中村英孝(2016):防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数について, NRA技術報告, NTEC-2016-4001
12. 榊山 勉(2012):陸上遡上津波の伝播と構造物に作用する津波波圧に関する研究, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 68, No. 2, pp. 771 - 775.
13. 池谷毅・秋山義信・岩前伸幸(2013):陸上構造物に作用する津波持続波圧に関する水理学的考察, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.816 - 820.