

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31年3月12日
東北電力株式会社

1. 審査会合での指摘事項(一覧)
2. 指摘事項に対する回答

1. 審査会合での指摘事項(一覧)(1/4)

【耐津波設計方針(1/2)】

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。	6
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。	11
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 S_s に対する機能要求を整理し、提示すること。	13
25	H30.10.23	3.11の復旧工事及び今後の改修工事による敷地周辺の地形改変等について、基本設計段階で想定する状態を明確化した上で遡上解析及び漂流物評価の結果を提示するとともに、今後の復旧・改修工事の計画に対して基本設計段階以降での対応方針を提示すること。	18
26	H30.10.23	2号炉取水口を監視するために設置するカメラについて、防護対象である非常用取水設備周辺における漂流物の状況を継続的に監視することを踏まえ、設備の位置づけを再検討し、その結果を提示すること。	39
30	H30.12.18	津波波圧評価について、不確かさケースを考慮しても衝撃圧が生じない要因並びに実験及び解析においてソリトン分裂波が生じない要因の考察を提示すること。	40

1. 審査会合での指摘事項(一覧)(2/4)

【耐津波設計方針(2/2)】

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
31	H30.12.18	管路解析に用いる水位について、代表位置の抽出の考え方及びその妥当性を整理して提示すること。	43
32	H30.12.18	漂流物評価フローについて、評価を構成する判断(Step)の順序の考え方、滑動評価の位置付け及びStep3の判断基準の設定の考え方を整理して提示すること。	48
33	H30.12.18	津波の流体力による重量物の滑動評価について、先行プラントの評価事例及び女川町等の3.11の被災事例を踏まえて、評価方法及び評価結果を整理して提示すること。	
34	H30.12.18	大型船舶の漂流物評価について、軌跡解析の位置付け及び軌跡解析の結果を踏まえた考察を加え、漂流物とならないことの論理を充実させ提示すること。	
35	H30.12.18	漂流物抽出範囲外からの影響検討について、検討の位置付け及び女川原子力発電所における漂流物評価への反映方針を提示すること。	
36	H30.12.18	輸送車両の退避並びに漂流物評価における輸送車両及び固縛材について、耐震性及び浮力に対する強度を踏まえて説明を充実させ提示すること。	95

1. 審査会合での指摘事項(一覧)(3/4)

【杭基礎構造防潮壁の設計方針】

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
16	H30.12.18	女川原子力発電所での空気加熱老化試験について、先行プラント又は同様の試験と比較した上で妥当性を提示すること。	工認段階で 回答予定
17	H30.12.18	支承ゴムと止水ジョイントの耐久性評価について、相違点及び類似点を整理した上で、相違点に対する設計、施工及び維持管理での配慮事項を対比して提示すること。	— (まとめ資料に 反映)
18	H30.12.18	防潮壁における水平2方向＋鉛直方向の地震力の組合せについて、強軸方向の応力を弱軸方向の応力に付加する際の具体的な方針を提示すること。	— (まとめ資料に 反映)

1. 審査会合での指摘事項(一覧)(4/4)

【防潮堤の設計方針】

No.	審査 会合日	指摘事項の内容	回答頁
40	H31.1.15	鋼管式鉛直壁(一般部)の各部位の具体的な役割について、「○」と「△」の使い分けの考え方を具体的な事例も踏まえて整理して提示すること。	— (まとめ資料に 反映)
41	H31.1.15	置換コンクリートの施工管理及び維持管理の方針について、置換コンクリートを施設と位置付けたことを踏まえて、整理して提示すること。	— (まとめ資料に 反映)
42	H31.1.15	鋼管式鉛直壁(一般部)及び盛土堤防部のそれぞれのセメント改良土の施工管理及び維持管理の方針について、セメント改良土の位置付けがそれぞれの構造形式で異なっていることを踏まえて、整理して提示すること。	— (まとめ資料に 反映)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 1)(1/5)

(1) 指摘事項

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。

(2) 回答方針

- 数値計算手法及び取放水路内の水位状態について示した上で、水理模型実験と開水路モデル(スロットモデル)を用いた計算結果を比較した大谷ほか(1998)や、実際に管路モデルとスロットモデルの計算結果を比較した結果から、スロットモデルを適用することの妥当性を示す。

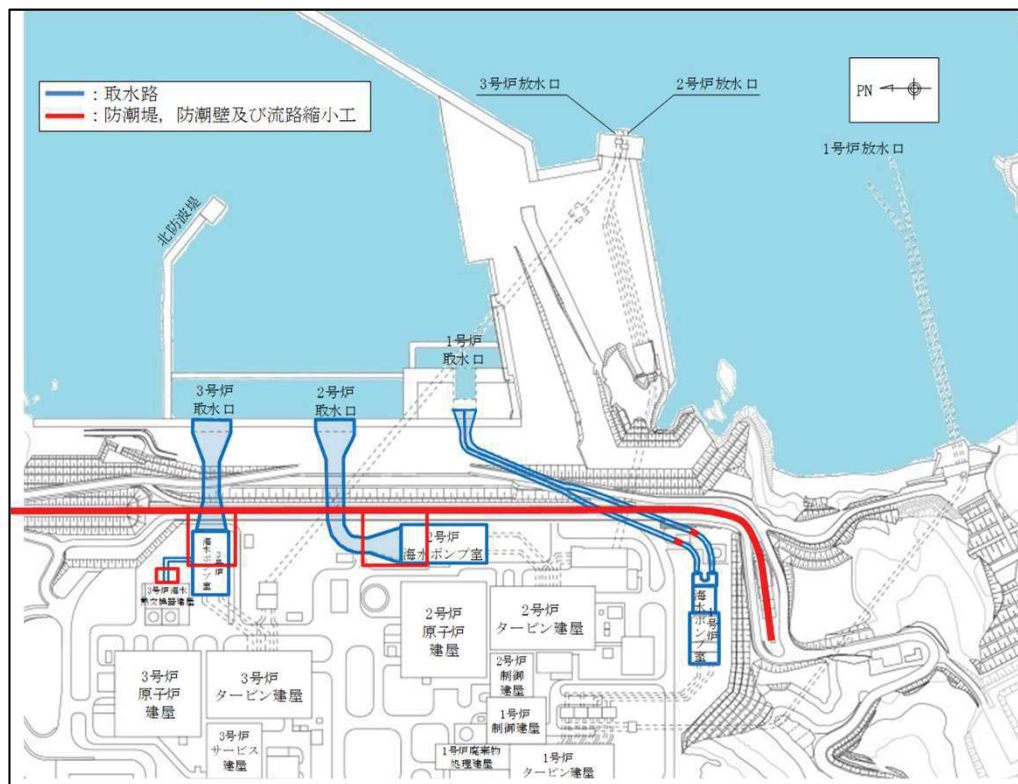


図1 取水路配置図

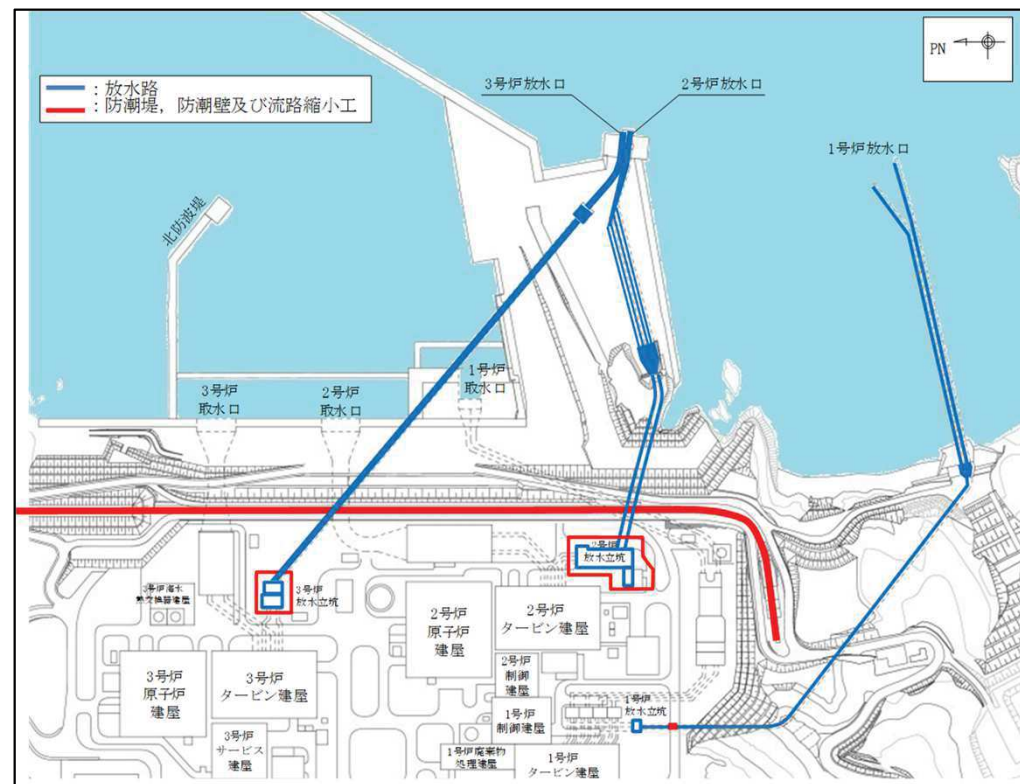


図2 放水路配置図

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 1)(2/5)

【数値計算手法の選定について】

- 女川原子力発電所の各取放水路内の流れ場は、各取放水設備の構造と基準津波による水位変動の関係から、開水路流れと管路流れ(満管状態)が共存する(詳細は次頁に記載)。
- 上記流れ場に適用可能な計算手法について、土木学会(2016)ではスロットモデルによる計算手法(例えば、大谷ほか(1998))を示している。
- スロットモデルは、管の上部に仮想スロットを設定することにより、管路区間も開水路流れとして取り扱うモデル(全区間で開水路の一次元不定流の式を適用するモデル)であり、水理模型実験との比較からその適用性が検証されている。
- 以上から、スロットモデルを採用し、各取放水設備の水位評価を実施している。
- なお、スロットモデルは先行サイト(高浜発電所1~4号炉, 大飯発電所3・4号炉, 美浜発電所3号炉)においても審査での適用実績がある。

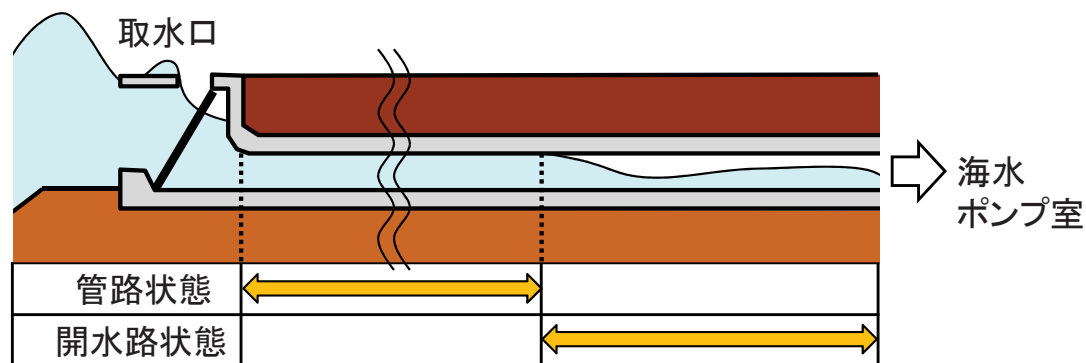


図3 津波襲来時における管路状態(概念図)

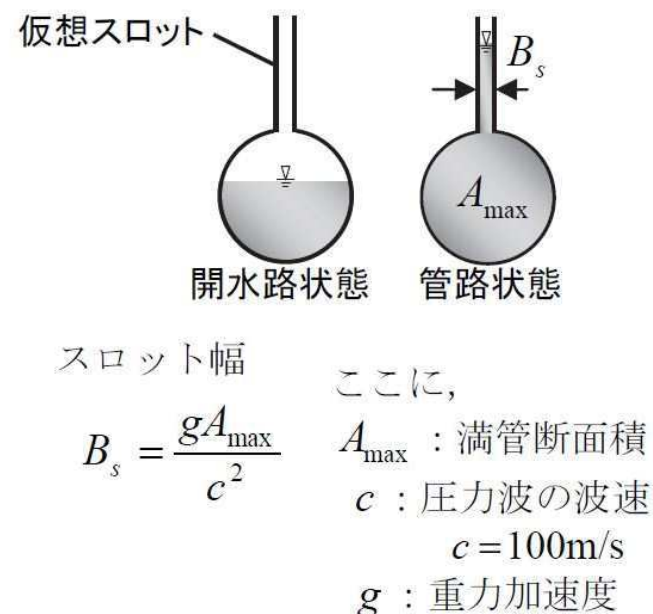


図4 スロットモデルの概要(土木学会(2016))

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 1)(3/5)

【各取放水路内の流れ場(2号炉取水路の例)】

- 基準津波(水位上昇側)による2号炉取水口前面における水位時刻歴波形を図5に、また管路解析による地震発生後①55分頃、②57分頃、③58分頃の水路状態を図6、表1に示す。
- 取水口前面の津波水位が取水路天端を上回る時刻と下回る時刻が混在することにより、取水路内は管路流れ(満管状態)と開水路流れが共存していることが確認される。

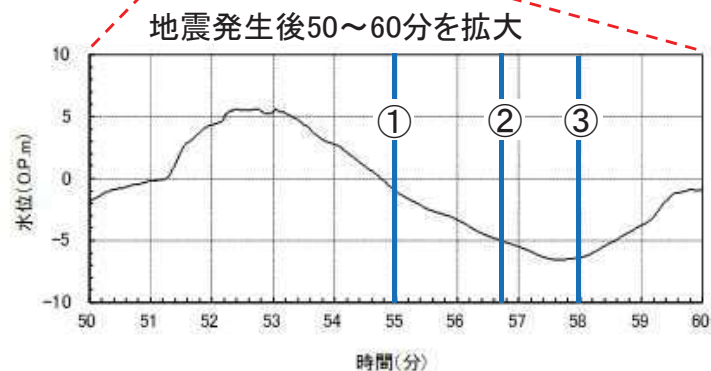
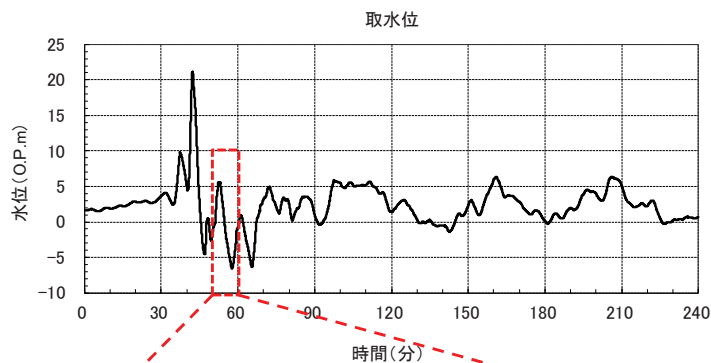


図5 基準津波(水位上昇側)による
2号炉取水口前面時刻歴波形

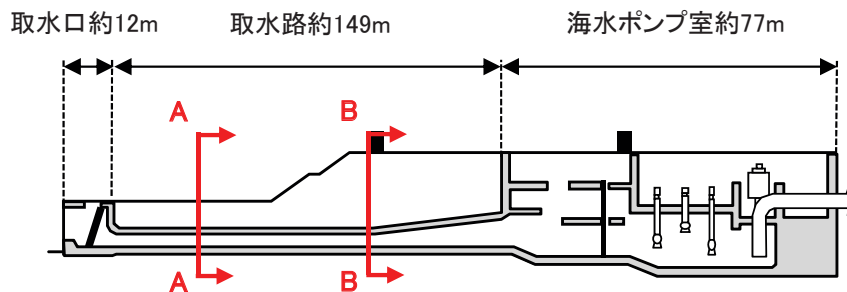


図6-1 2号炉取水設備縦断図

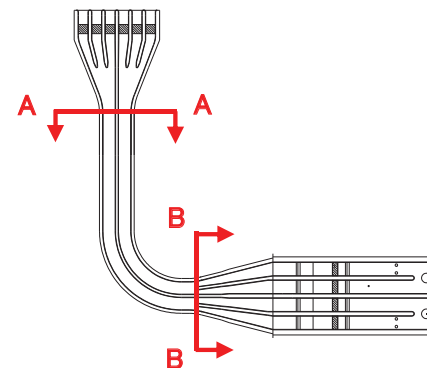


図6-2 2号炉取水設備平面図

表1 2号炉取水路内の水位変化

	時刻①(55分頃)	時刻②(57分頃)	時刻③(58分頃)
A-A断面			
B-B断面			

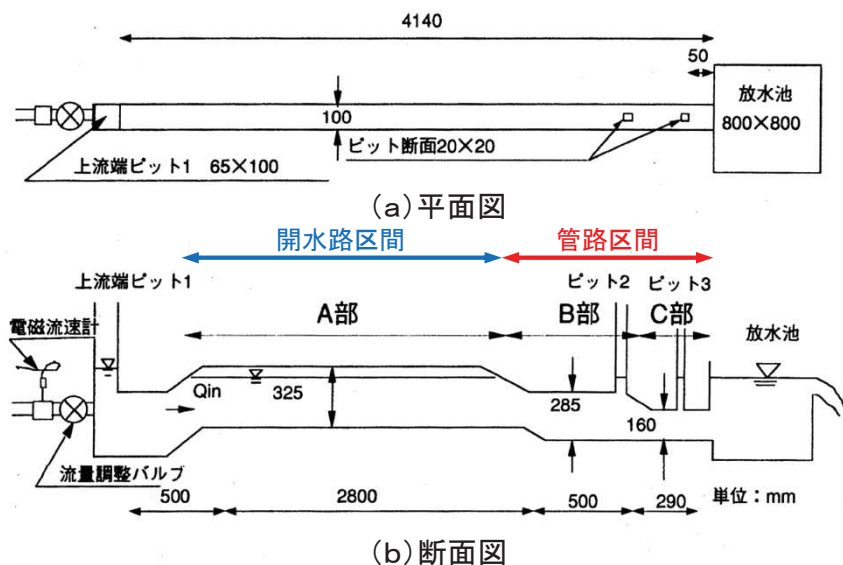
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 1)(4/5)

【スロットモデルの適用妥当性について(1/2)】

- スロットモデルの適用妥当性を確認するため、大谷ほか(1998)による水理模型実験結果とスロットモデルによる計算値の比較内容についてレビューを行った。
- スロットモデルは、開水路流れと管路流れ(満管状態)が共存する流れ場を良好に再現しており、管路区間にスロットモデルを適用することは妥当であることを確認した。

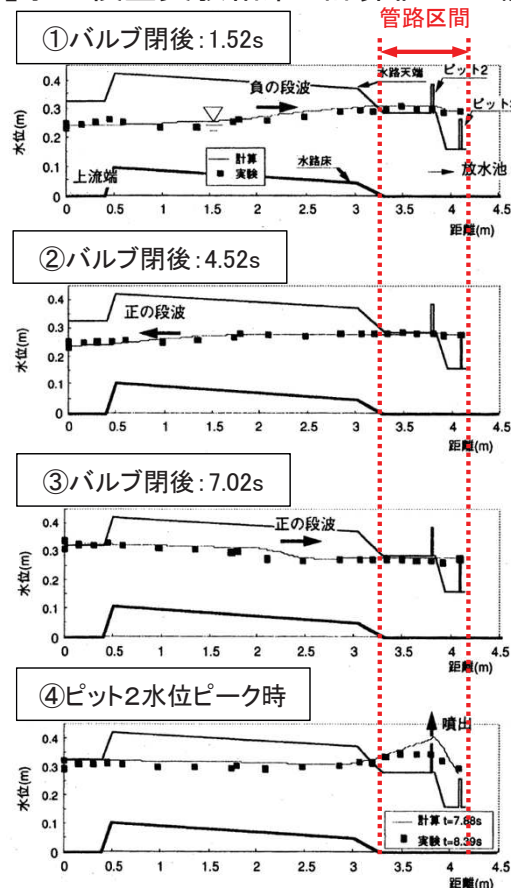
【水理模型実験の概要】

- 上流側に配置したバルブの開閉により、水路内に段波を発生させ、その伝播の様子を水位計(A部:開水路区間)、圧力計(B部, C部:管路区間)により計測。



【水理模型実験結果と計算値の比較】

大谷ほか(1998)要約



《解説》

- ①②③は、バルブ閉による段波の伝播の様子を時系列で示したものの。
- ④は、管路区間B部に設置したピット2水位最大時の水面形状を示したものの。

凡例

■:実験結果, —:計算値

各時系列における計算値は、管路区間を含めた水路全体の段波の伝播の様子を良好に再現していることを確認した。

なお、スロットモデルを用いた計算ではピット2での噴出の高さが過大となっているが、計算ではピット内の鉛直方向の速度水頭及びエネルギー損失水頭を考慮していないことが要因である*。

* ピット2の鉛直方向の水位変動について、スロットモデルを用いた計算では鉛直方向の速度水頭とエネルギー損失水頭を考慮していないため、水理模型実験よりも高い水位が生じた。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 1)(5/5)

【スロットモデルの適用妥当性について(2/2)】

- 女川原子力発電所の取放水路管路解析において、管路区間にスロットモデルを適用することの妥当性を確認するため、全区間管路状態となる範囲(地震発生後0分から最高水位が含まれる45分迄)について各取水設備の入力津波決定ケースを対象に、管路流れ(管路モデル)の一次元不定流解析を実施し、スロットモデルによる解析結果と比較した。
- 検討の結果、スロットモデルの解析結果の方が若干水位が高くなっているが、両者に有意な差はなく、管路区間にスロットモデルを適用することは妥当であることを確認した。

【主な解析条件】

項目	解析条件
検討対象津波	基準津波(水位上昇側)
地震による地形変化	防波堤:あり(1号炉), なし(2・3号炉) 護岸付近の敷地の沈下:1m沈下
潮位条件	朔望平均満潮位:O.P.+1.43m 潮位のばらつき:+0.16m
地殻変動	沈降を考慮(+0.72m)
管路状態	貝付着:なし スクリーン損失:なし

【解析結果の比較】

取水設備 (海水ポンプ室)	取水口前面 の最高水位	管路モデル (A)	スロットモデル (B)	(B) - (A)
1号炉	O.P.+20.66m	O.P.+10.34m	O.P.+10.38m	+0.04m
2号炉	O.P.+21.12m	O.P.+18.05m	O.P.+18.06m	+0.01m
3号炉	O.P.+21.65m	O.P.+18.90m	O.P.+18.95m	+0.05m

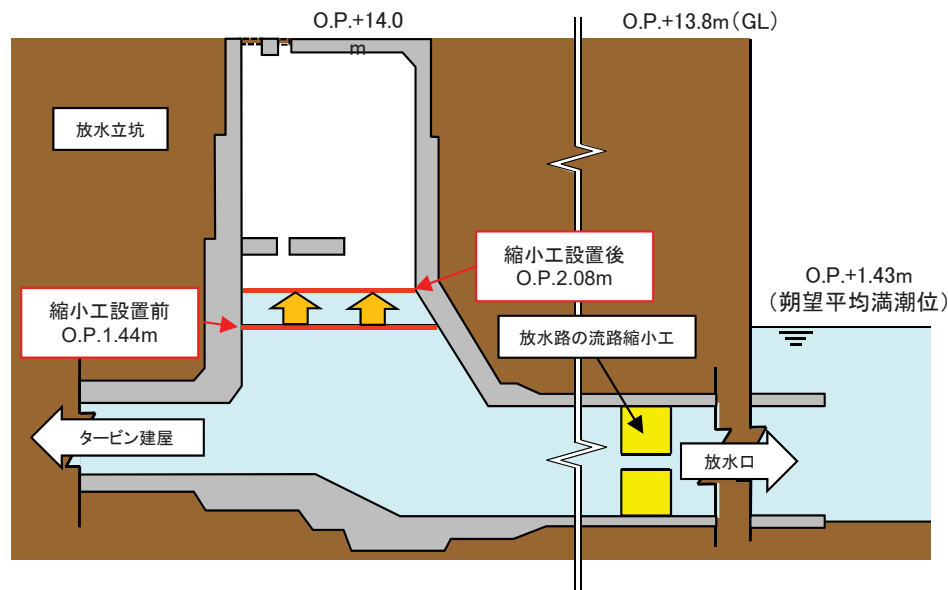
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 7)(1/2)

(1) 指摘事項

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。

(2) 回答方針

- 管路解析(スロットモデル)の結果、流路縮小工設置に伴う流路抵抗の増大により、補機冷却系運転時における放水立坑水位は縮小工設置前よりも0.64m高くなるが、溢水して2号炉へ影響を与えないことを確認する。
- 次頁で、流路縮小工の流路抵抗の詳細を説明する。



【放水立坑縦断図】

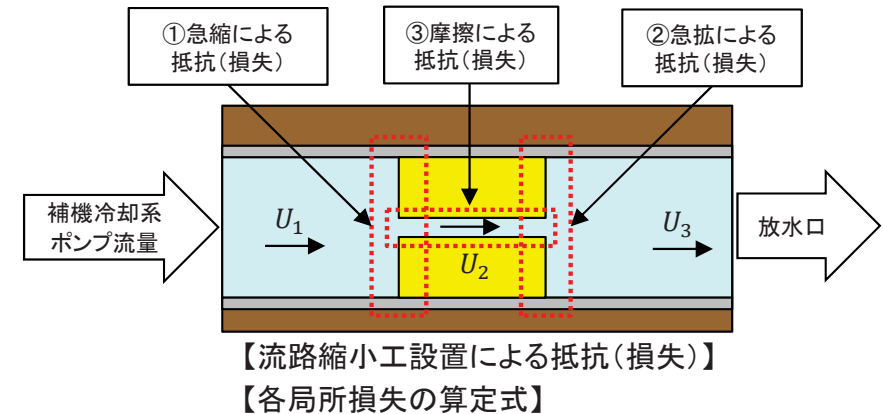
【流路縮小工設置前後の放水立坑水位】

流路縮小工	ポンプ流量 (m ³ /s)	水路断面積 (m ²)	放水口水位(m)	放水立坑水位(m)	放水立坑高さ(m)
設置前	0.53		O.P.+1.43 (固定)	O.P.+1.44 (+0.01)	O.P.+14.0
設置後	0.53		O.P.+1.43 (固定)	O.P.+2.08 (+0.65)	

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. 7)(2/2)

- 管路縮小工設置に伴い, ①急縮, ②急拡, ③摩擦による抵抗(損失)が発生する。
- 管路解析から得られる管路縮小工内の流速($U_2=2.7\text{m/s}$)を用いて, 各抵抗(損失)を算定した結果を以下に示す。
- 補機冷却系運転時の管路内の流速が遅いことから, その抵抗(損失)は小さく, 管路縮小工設置に伴う2号炉に及ぼす溢水の影響はないことを確認した。



管路解析から管路縮小工内の流速(U_2)は 2.7m/s であることから,

①急縮による抵抗(損失)

$$h_{sc} = f_{sc} \frac{U_2^2}{2g} = 0.18(\text{m})$$

②急拡による抵抗(損失)

$$h_{se} = f_{se} \frac{U_2^2}{2g} = 0.36(\text{m})$$

③摩擦による抵抗(損失)

$$h_f = f \frac{L U_2^2}{D 2g} = 0.13(\text{m})$$

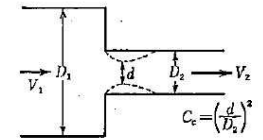
①+②+③=0.67m
(管路解析による管路縮小工設置前後の放水立坑水位差0.64mと整合的である。)

①急縮による抵抗(損失)

急縮による損失水頭は下記のとおり。管路形状から $f_{sc}=0.499$ と設定した。

$$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$$

ここに, h_{sc} : 急縮による損失水頭
 f_{sc} : 急縮損失係数
 V_2 : 急縮後の流速



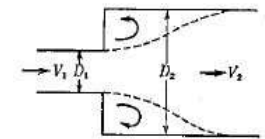
出典: 発電水力演習(1975), p82~83

②急拡による抵抗(損失)

急拡による損失水頭は下記のとおり。管路形状から $f_{se}=0.974$ と設定した。

$$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$$

ここに, h_{se} : 急拡による損失水頭
 f_{se} : 急拡損失係数
 V_1 : 急拡前の流速



出典: 発電水力演習(1975), p82

③摩擦による抵抗(損失)

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}, f = \frac{124.5n^2}{D^{1/3}}$$

ここに, h_f : 摩擦による損失水頭 L : 管路の長さ
 f : 摩擦損失係数 D : 管の直径
 V : 平均流速 n : マニングの粗度係数(0.015)

出典: 発電水力演習(1975), p77~81

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 9)(1/5)

(1) 指摘事項

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 S_s に対する機能要求を整理し、提示すること。

(2) 回答

- 内郭防護における溢水対策として、基準地震動 S_s に対する機能要求及び運用を整理し記載した。
- 内郭防護における対策のうち、低耐震クラス機器において耐震性を確保する範囲の運用を整理する事象は図1のとおり。
- これらの事象を循環水系及びタービン補機冷却海水系に分け整理する。



図1 地震による溢水の概念図

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 9)(2/5)

【循環水系(1/2)】

a. 対策及び設計

①-a 屋内の循環水系配管の損傷に伴う海水流入

地震に起因するタービン建屋内の循環水系配管伸縮継手の破損により、津波が循環水系配管に流れ込み、循環水系配管の損傷箇所を介してタービン建屋内に流入することを防止するため、基準地震動 S_s によりタービン建屋内の循環水系配管伸縮継手の破損後、破損箇所からの溢水を検知し、インターロックにより循環水ポンプの自動「トリップ」及びタービン建屋内の復水器出入口弁を自動「全閉」することで津波の浸水経路を自動隔離する。

図2に範囲、表1に必要な機能要求を示す。

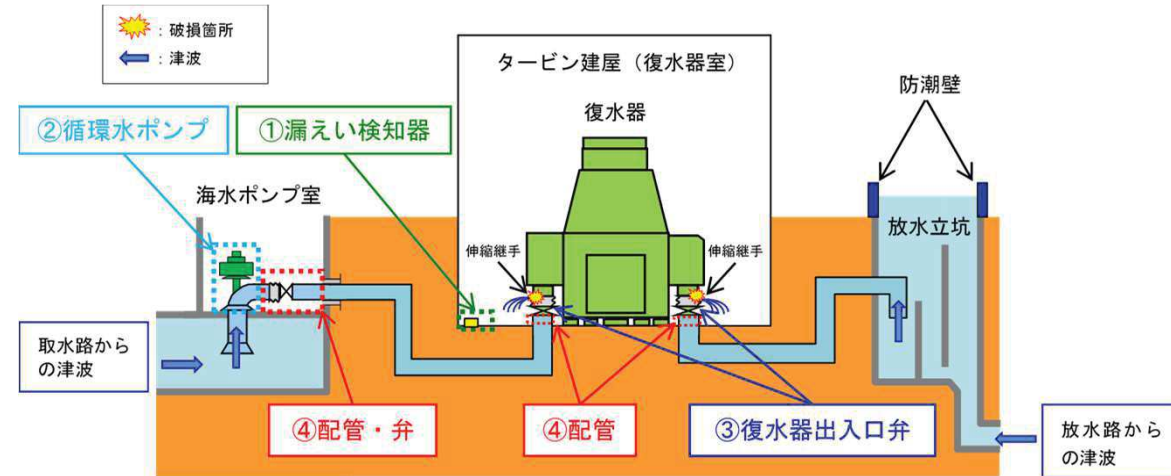


図2 津波からの隔離概要図

表1 自動隔離に必要な地震時の機能要求

設備名		耐震性	備考
①漏えい検知器	検知器	S_s 機能維持	
	電源	S_s 機能維持	非常用
②循環水ポンプ	ポンプ	S_s 機能維持	バウンダリ要求のみ
	インターロック (ポンプトリップ)	S_s 機能維持	
③復水器出入口弁	弁, 駆動部	S_s 機能維持	
	インターロック (弁全閉)	S_s 機能維持	
	電源	S_s 機能維持	非常用
④配管・弁	配管 (屋外伸縮継手含む)	S_s 機能維持	バウンダリ要求のみ
	弁(屋外)	S_s 機能維持	バウンダリ要求のみ

②-a 屋外の循環水系配管の損傷に伴う海水流入

地震に起因する海水ポンプ室循環水ポンプエリアの循環水系配管伸縮継手の破損により、津波が循環水系配管に流れ込み、循環水系配管伸縮継手の損傷箇所を介して、海水ポンプ室循環水ポンプエリア内に流入することを防止するため、基準地震動 S_s による地震力に対して機器及び配管のバウンダリ機能を維持する。

図2に範囲、表1に必要な機能要求を示す。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 9)(3/5)

【循環水系(2/2)】

b. 隔離に伴う運用について

地震に起因する自動隔離インターロック概要は次のとおり。また、動作の時系列を図3に示す。

なお、インターロックの詳細については、「設置許可基準規則第9条(溢水による損傷の防止等)」に対する適合性において説明しており、その該当箇所の抜粋を補足説明資料3に示す。

- ① 基準地震動(Ss)発生により、循環水系配管(伸縮継手部)が破断し、溢水開始
- ② 溢水開始20秒後に復水器室での漏えいを検知し、循環水ポンプ「トリップ」(誤動作を防止する観点から、「原子炉スクラム信号」とのand条件を設定)
- ③ 循環水ポンプの遊転が停止した以降に全閉するように、漏えい検知の120秒後から、復水器出入口弁(全8弁)が「閉」動作開始し、60秒後に「全閉」

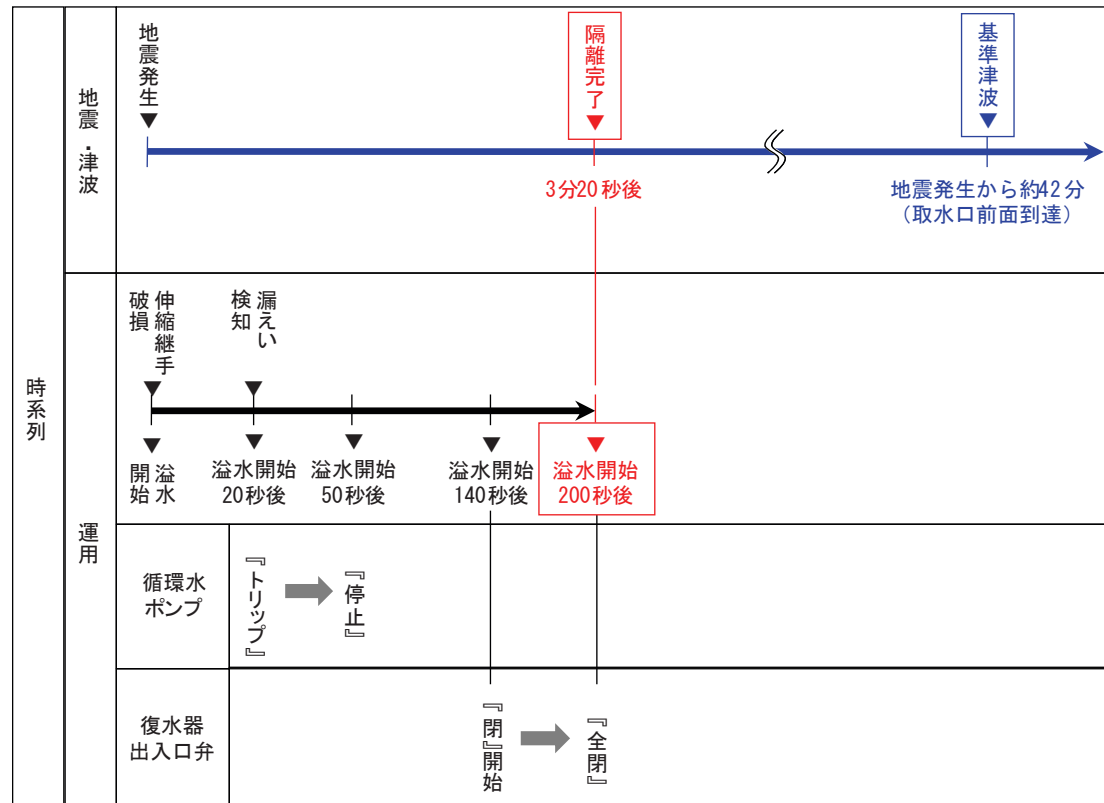


図3 隔離動作時系列

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 9)(4/5)

【タービン補機冷却海水系(1/2)】

a. 対策及び設計

①ーb 屋内のタービン補機冷却海水系配管の損傷に伴う海水流入

地震に起因するタービン建屋及び補機冷却系トレンチ内のタービン補機冷却海水系(以下「TSW」という。)配管の破損により、津波がTSW配管の損傷箇所を介してタービン建屋及びトレンチ内に流入することを防止するため、基準地震動 S_s によりタービン建屋内のTSW配管もしくは、補機冷却系トレンチ内のTSW配管の破損後、破損箇所からの溢水を検知し、インターロックによりTSWポンプの自動「トリップ」及びTSWポンプ吐出弁を自動「全閉」することで津波の浸水経路を自動隔離する。

図4にその範囲、表2に必要な機能要求を示す。

②ーb 屋外のタービン補機冷却海水系の損傷に伴う海水流入

地震に起因する海水ポンプ室補機ポンプエリアのTSW系の低耐震クラス機器及び配管の破損により、津波が損傷箇所を介して、海水ポンプ室補機ポンプエリア内に流入することを防止するため、基準地震動 S_s による地震力に対して機器及び配管のバウンダリ機能を維持する。

図4にその範囲、表2に必要な機能要求を示す。

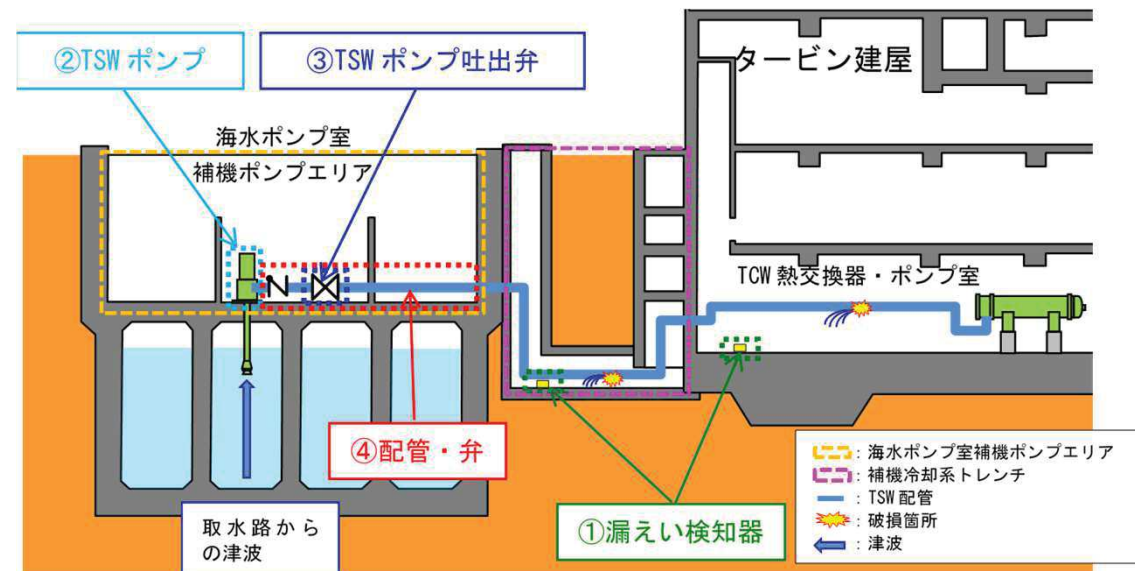


図4 津波からの隔離概要図

表2 自動隔離に必要な地震時の機能要求

設備名		耐震性	備考
①漏えい検知器	検知器	S_s 機能維持	
	電源	S_s 機能維持	非常用
②TSWポンプ	ポンプ	S_s 機能維持	バウンダリ要求のみ
	インターロック (ポンプトリップ)	S_s 機能維持	
③TSWポンプ吐出弁	弁, 駆動部	S_s 機能維持	
	インターロック (弁全閉)	S_s 機能維持	
	電源	S_s 機能維持	非常用
④配管・弁	配管	S_s 機能維持	バウンダリ要求のみ
	弁(TSWポンプ 吐出弁以外)	S_s 機能維持	バウンダリ要求のみ

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 9)(5/5)

【タービン補機冷却海水系(2/2)】

b. 隔離に伴う運用について

地震に起因する隔離インターロック概要は次のとおり。また、動作の時系列を図5に示す。

時系列については、補機冷却系トレンチ及びタービン建屋タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室での溢水のうち、溢水検知に時間を要するタービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室でのTSW配管の破損を考慮し示した。

なお、インターロックの詳細については、「2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離(内郭防護)」に示す。

- ① 基準地震動(S_S)発生により、TSW配管が破断し、溢水開始
- ② 溢水開始30秒後にタービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室での漏えいを検知し、TSWポンプトリップ及びTSWポンプ吐出弁が「閉」動作を開始し、30秒後に「全閉」(誤動作を防止する観点から、「原子炉スクラム信号」とのand条件を設定)

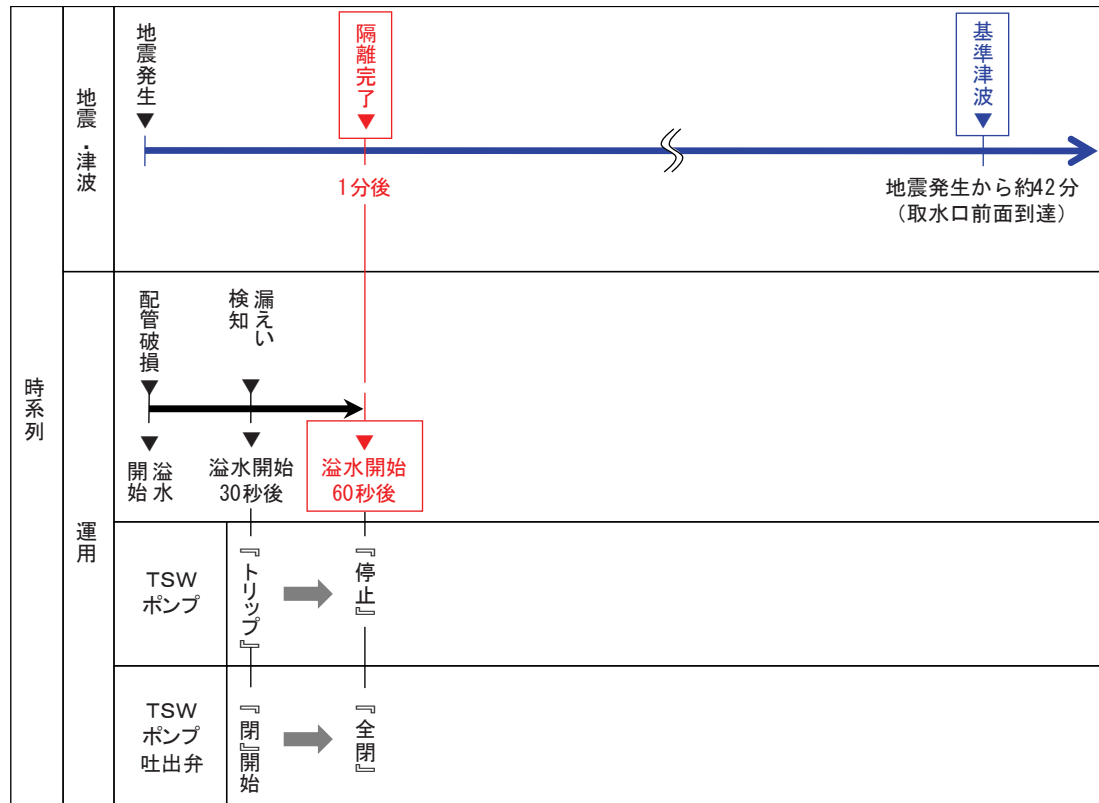


図5 隔離動作時系列

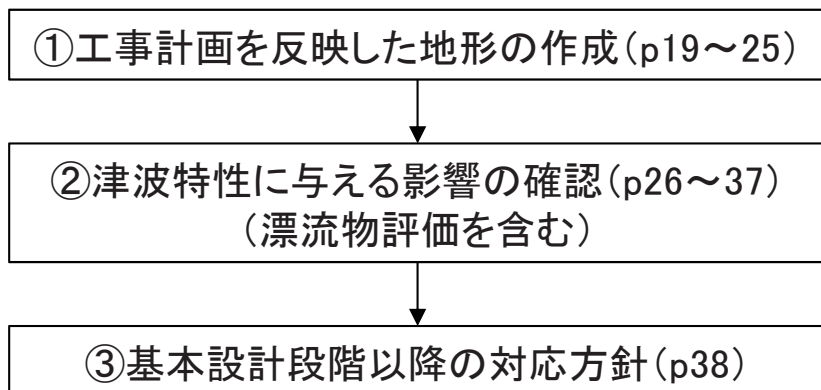
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(1/21)

(1) 指摘事項

3. 11の復旧工事及び今後の改修工事による敷地周辺の地形改変等について、基本設計段階で想定する状態を明確化した上で遡上解析及び漂流物評価の結果を提示するとともに、今後の復旧・改修工事の計画に対して基本設計段階以降での対応方針を提示すること。

(2) 回答方針

- 現段階の評価に用いている安全対策工事完了時の女川原子力発電所の状況と2011年秋の発電所周辺の状況(以下、「現状評価の地形」という。)を基本設計段階で想定する状態とすることの妥当性を確認するため、発電所周辺における地形改変を伴う復旧・改修工事計画を反映した地形(以下、「工事計画を反映した地形」という。)を用いた検討を実施し、入力津波評価及び漂流物評価に与える影響を解析的に示す。
- また、これらの検討結果を踏まえ、基本設計段階以降における復旧・改修工事計画への対応方針を示す。



	状態
発電所	安全対策工事完了時
発電所周辺	2011年秋

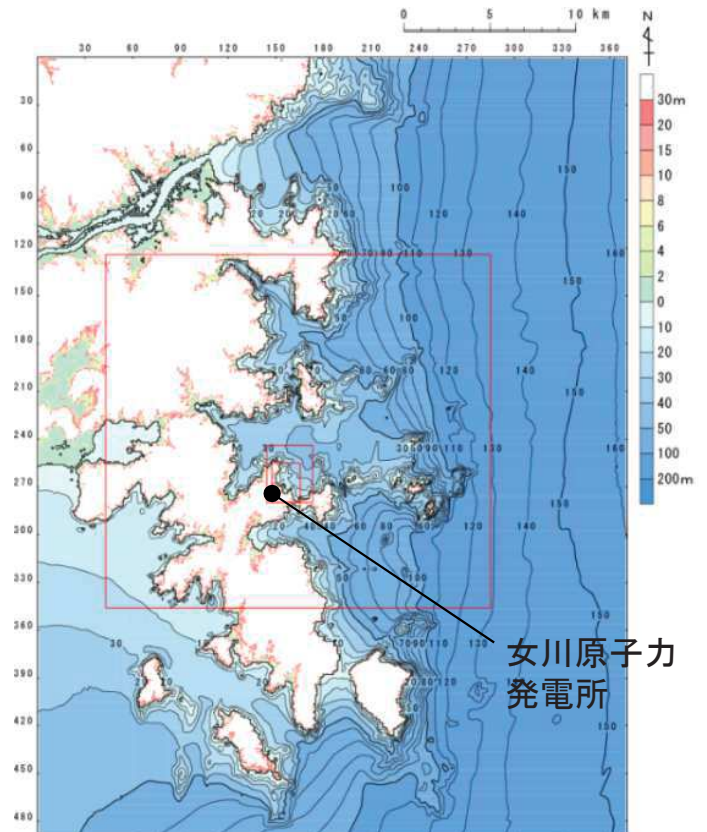


図1 基本設計段階で想定する状態(現状評価の地形)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(2/21)

① 工事計画を反映した地形の作成

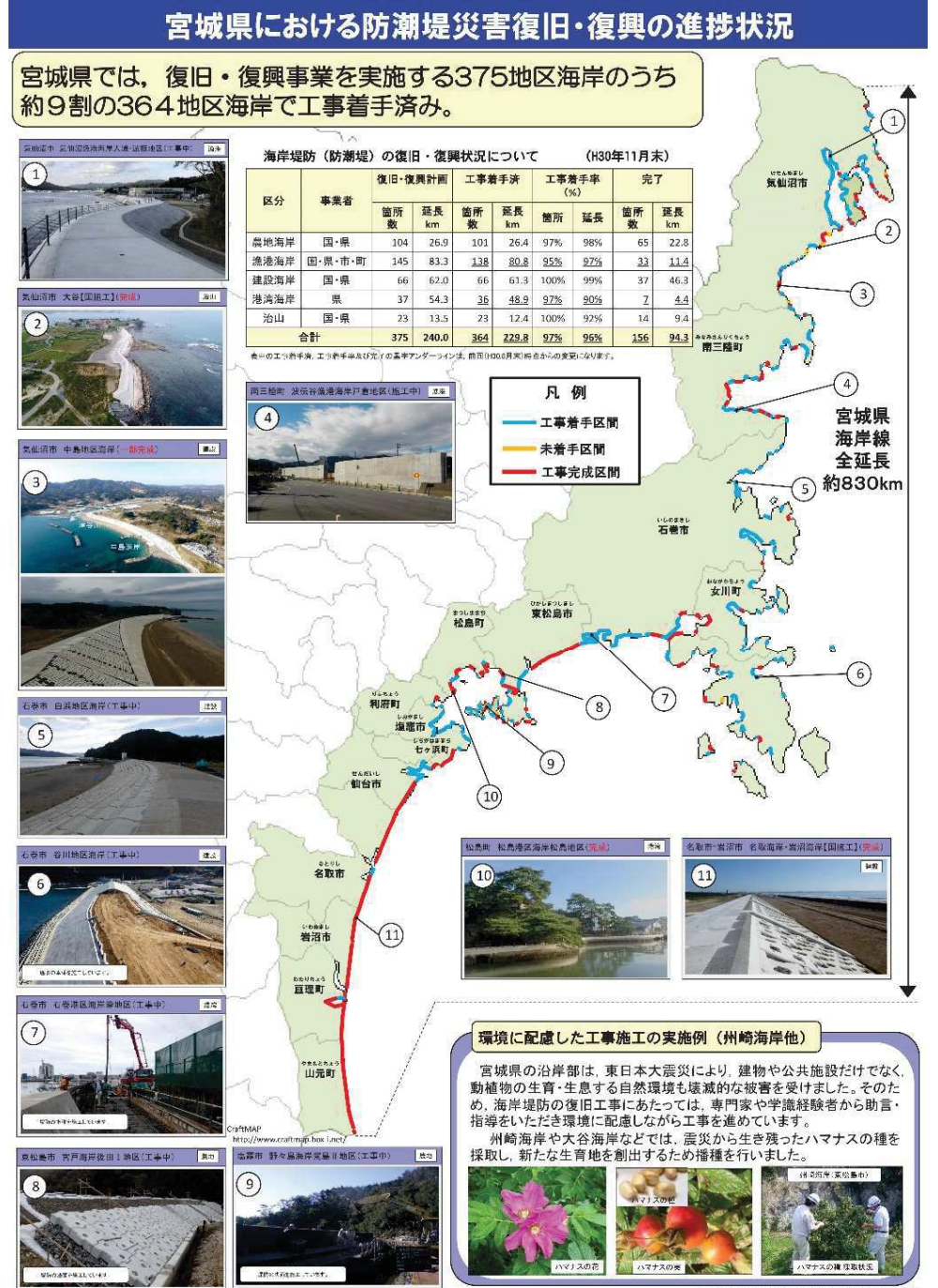
【復旧・改修工事計画の概要】

- 女川原子力発電所周辺における3.11地震後の地形改変を伴う復旧・改修工事について、陸域では住宅の高台移転等を目的とした造成計画があり、海域及び海岸線については、防波堤、防潮堤の建設計画がある(表1)。

表1 復旧・改修工事計画の概要

	内容	備考
陸域	住宅の高台移転等を目的とした造成	—
海域	防波堤の建設	—
海岸線	防潮堤の建設	図2参照

図2 海岸線における防潮堤建設計画(H30年11月末)(宮城県(2018))



2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(3/21)

① 工事計画を反映した地形の作成

【検討対象領域の設定(1/2)】

- 津波解析の計算領域と空間格子分割を図3に、各計算領域に対応した陸側境界条件を表2に示す。
- 津波解析では、E領域以下で遡上解析を実施しているが、それよりも外側のB～D領域では海岸線を完全反射条件としており、復旧・改修工事に伴う地形改変の影響はない。

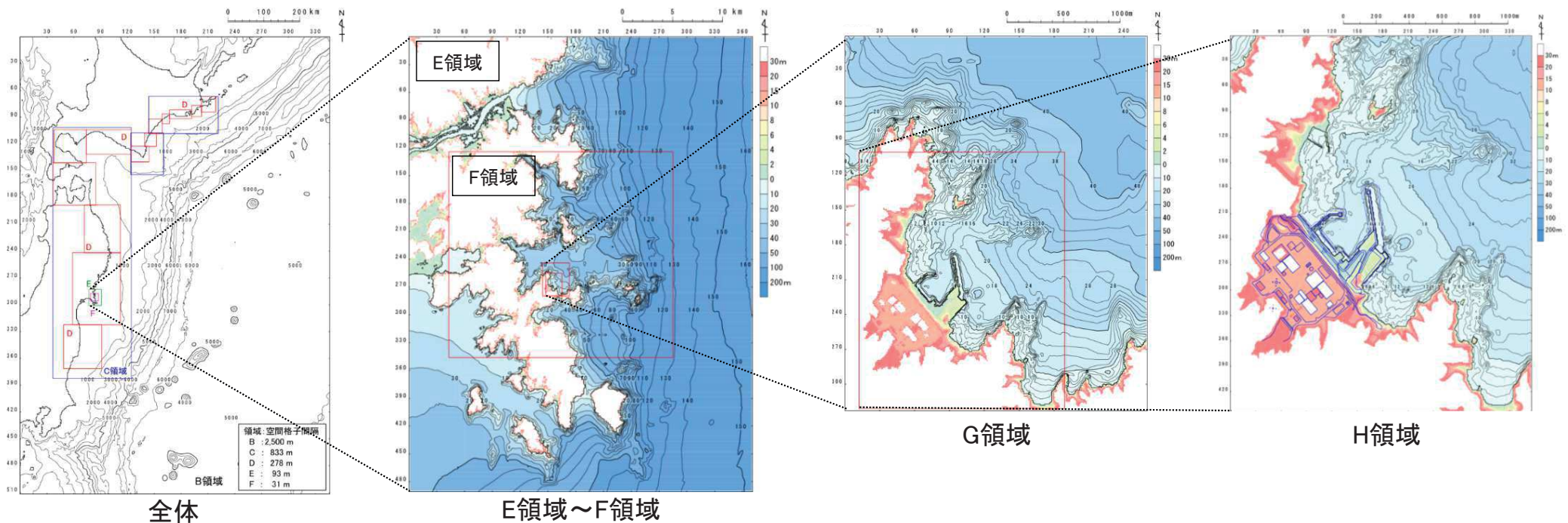


図3 計算領域と空間格子分割

表2 各計算領域に対応した陸側境界条件

	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
空間格子間隔	2.5 km	833 m	278 m	93 m	31 m	10m	5m
陸側境界条件	完全反射			小谷ほか(1998)の遡上境界条件			

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(4/21)

① 工事計画を反映した地形の作成 【検討対象領域の設定(2/2)】

- ・ 発電所はリアス式海岸南部の女川湾湾口部に位置する(図4)。
- ・ 女川湾に襲来する津波について、押し波時は女川湾の真東から襲来し、引き波時には押し波時と逆方向になり、東西方向の流れが卓越する特徴を有する(図5)。また、女川湾周辺の地形も湾地形を呈していることから(雄勝湾, 鮫ノ浦湾), 反射波の影響を受けにくい。
- ・ 以上から、女川湾を代表地形に選定し、当該範囲における復旧・改修工事に伴う地形改変を反映した津波解析を実施し、津波特性(漂流物評価を含む)及び入力津波評価に与える影響を確認する。



図4 女川湾周辺の地形(E領域)

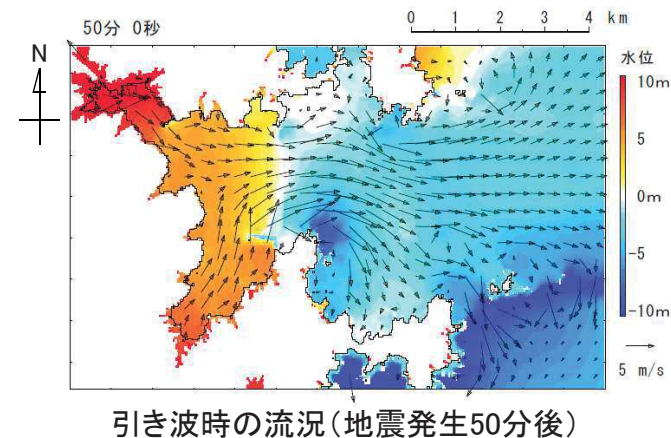
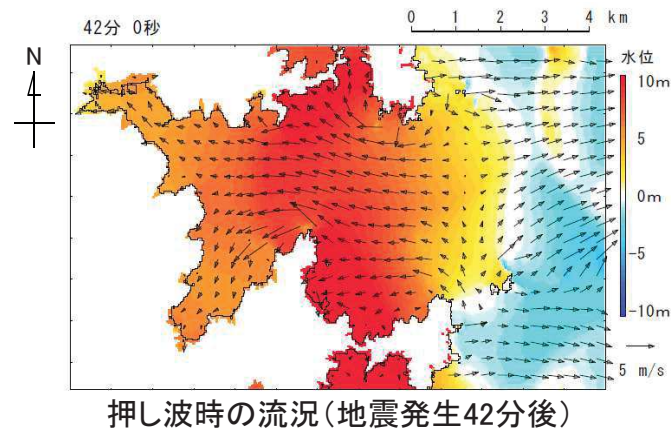
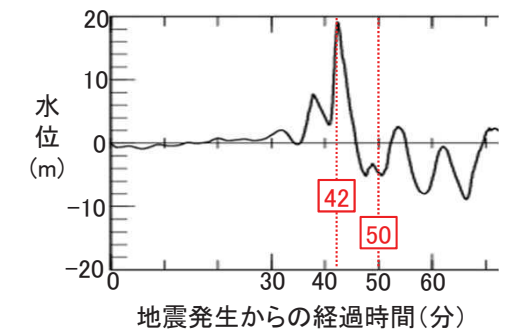


図5 女川湾における基準津波(水位上昇側)の流況

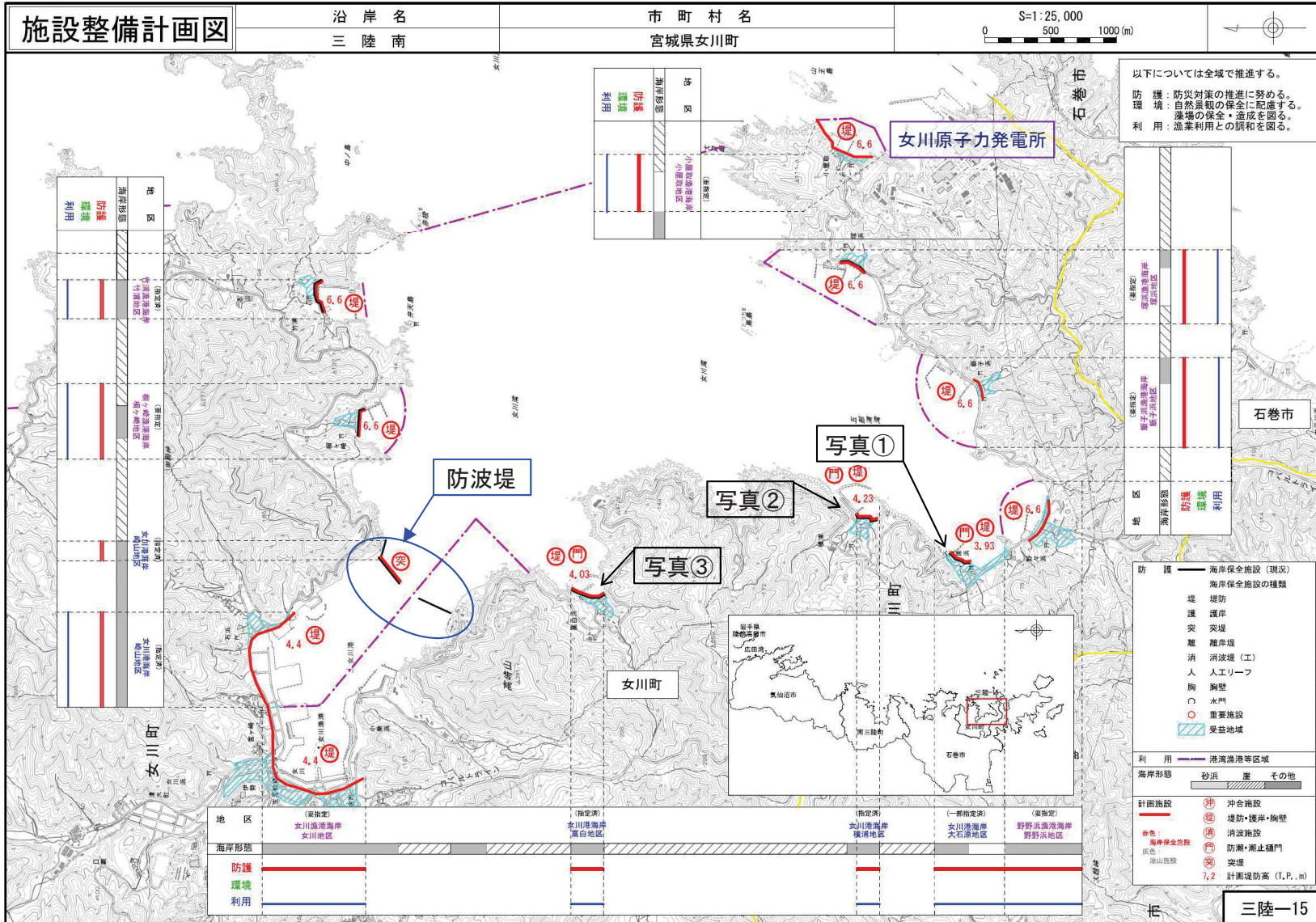
【2号炉取水口前面での水位時刻歴波形】



2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(5/21)

① 工事計画を反映した地形の作成 【女川湾内における復旧・改修工事(1/3):防潮堤, 防波堤】

- 検討地形に反映する女川湾内の防潮堤, 防波堤の建設計画(将来計画も含む)を図6に示す。



■ 堤防建設状況 (石巻港湾事務所(2018))



写真①: 大石原地区



写真②: 横浦地区



写真③: 高白浜地区

図6 三陸南沿岸海岸保全基本計画(宮城県(2016))に一部加筆)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(6/21)

① 工事計画を反映した地形の作成 【女川湾内における復旧・改修工事(2/3):陸域(1/2)】

- 検討地形に反映する女川町中心部の造成工事計画(将来計画も含む)を図7に示す。

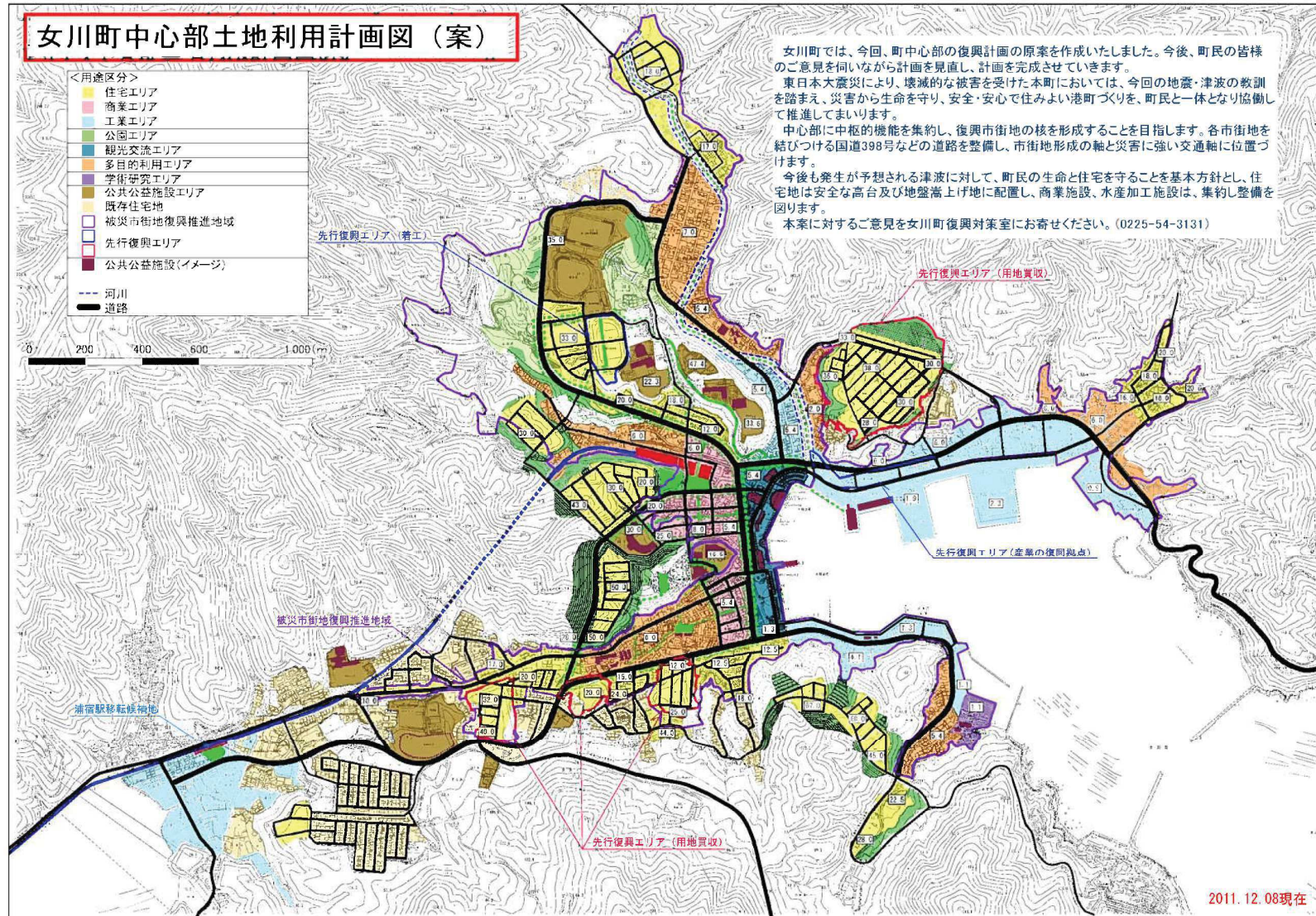


図7 女川町中心部土地利用計画図※(女川町(2012))

※:地形データは、女川町復興まちづくり説明会資料(第1回(2012)~第14回(2016))に基づき作成。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(7/21)

① 工事計画を反映した地形の作成 【女川湾内における復旧・改修工事(3/3):陸域(2/2)】

- 女川湾周辺における各地区の造成工事計画(将来計画も含む)を図8に示す。
- 各地区に計画されている復旧・改修工事は、女川町中心部同様、発電所より湾奥に位置するが、その規模は女川町中心部と比較して小さいとともに、前面の海岸線では防潮堤が建設されることから(図6)、津波特性(漂流物評価を含む)及び入力津波評価に与える影響は小さいと考えられる。
- そのため、陸域の地形改変は女川町中心部及び発電所付近に位置する小屋取地区を代表地形として、検討地形に反映する。

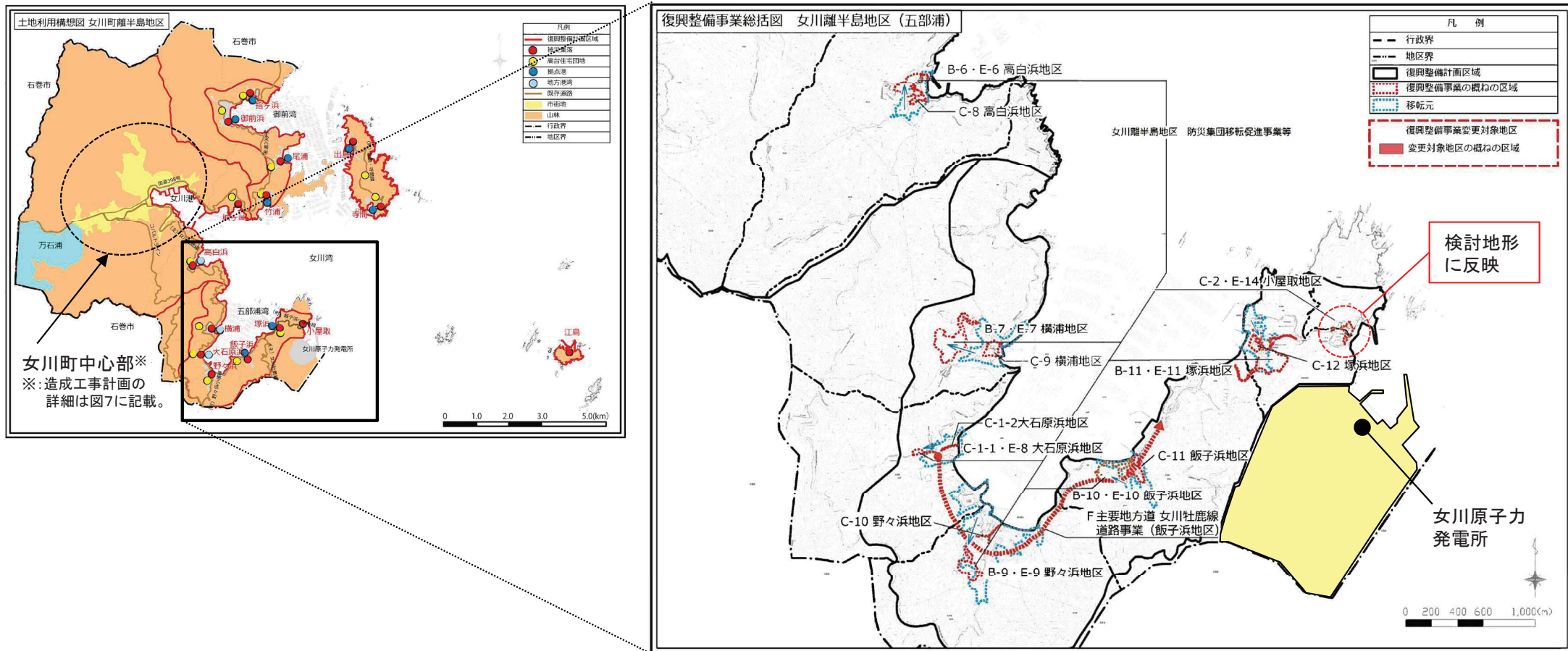


図8 女川湾周辺における土地利用構想図(女川町(2018))に一部加筆)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(8/21)

① 工事計画を反映した地形の作成

- 防潮堤, 防波堤及び陸域(女川町中心部, 小屋取地区)の復旧・改修工事計画を反映して作成した地形データを図9に, 作成した地形と現状評価の地形の差分を図10に示す。

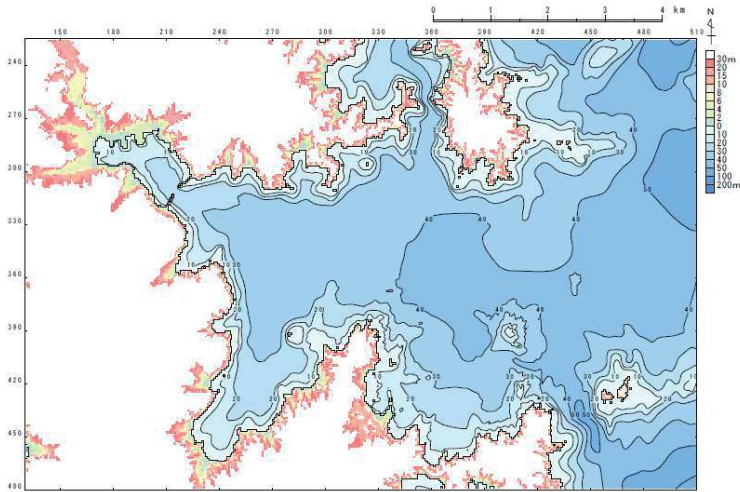
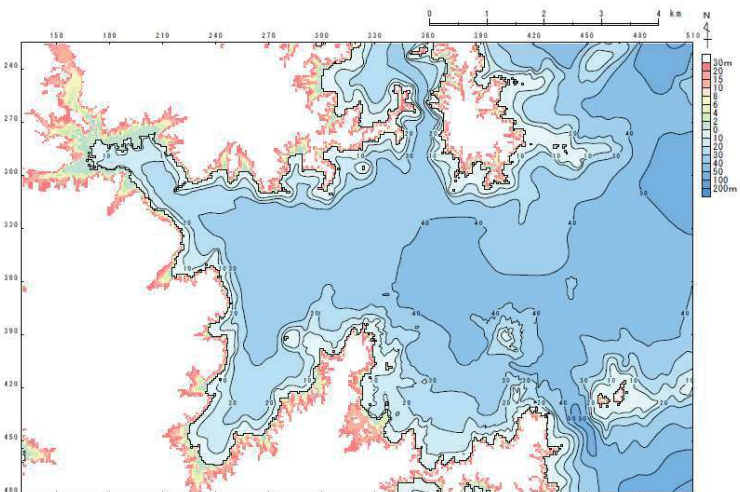


図9 工事計画を反映した地形



参考図 現状評価の地形

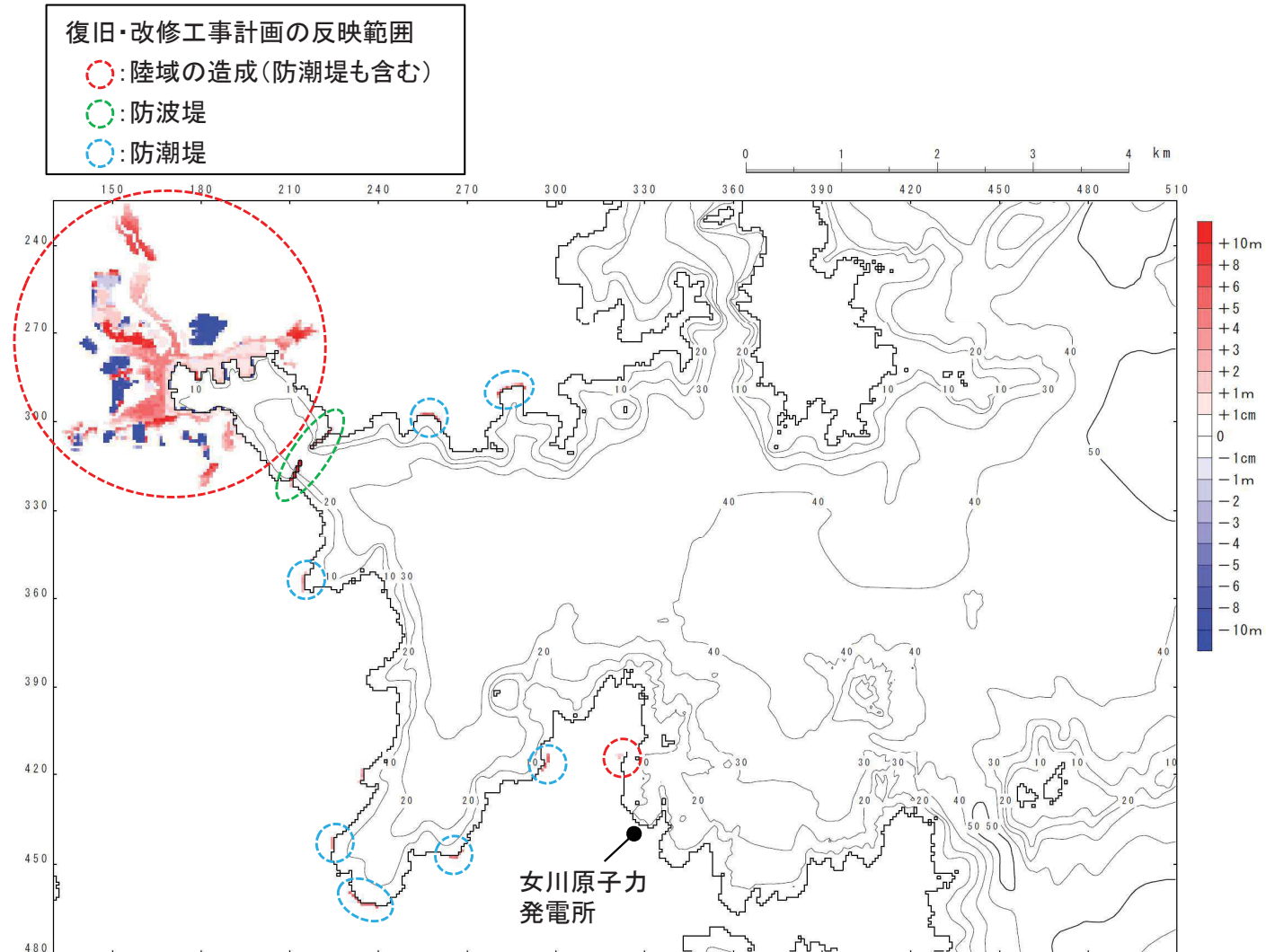


図10 差分
(工事計画を反映した地形－現状評価の地形)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(9/21)

②津波特性に与える影響の確認 【検討方針】

- ・ 水位上昇側及び水位下降側の基準津波を用いる(図11)。
- ・ 発電所の地形は、地形改変が女川湾全体に与える影響を確認する観点から、現状評価の地形かつ基準津波評価の条件である「防波堤あり」、「護岸付近の敷地の沈下なし」のケースを代表とした(図12)。
- ・ 津波特性に与える影響を確認するため、以下の比較を行う。
 - ✓ 津波高さに与える影響の確認として、女川湾全体における最大水位上昇量・下降量分布を比較する。
 - ✓ 津波の流況(流向・流速)に与える影響の確認として、女川湾全体及び発電所前面海域における流向・流速を比較する。

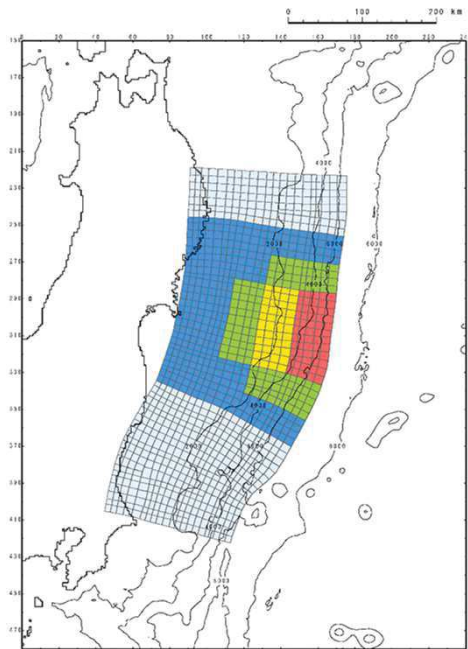


図11-1 基準津波(水位上昇側)
(東北地方太平洋沖型の地震,
海溝側強調モデル)

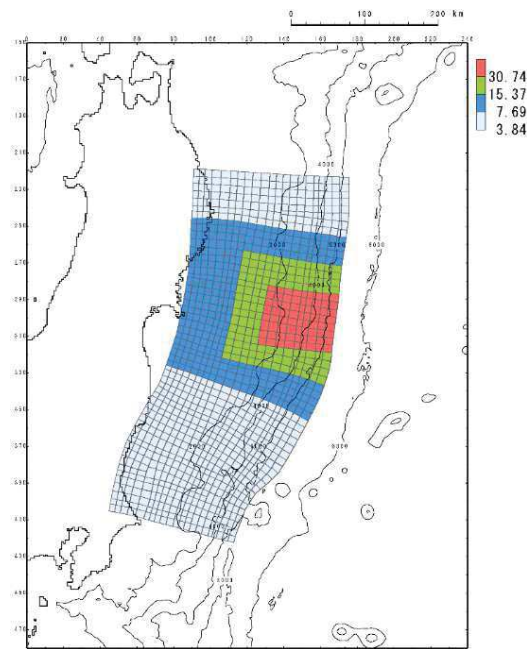


図11-2 基準津波(水位下降側)
(東北地方太平洋沖型の地震,
すべり量割増モデル)

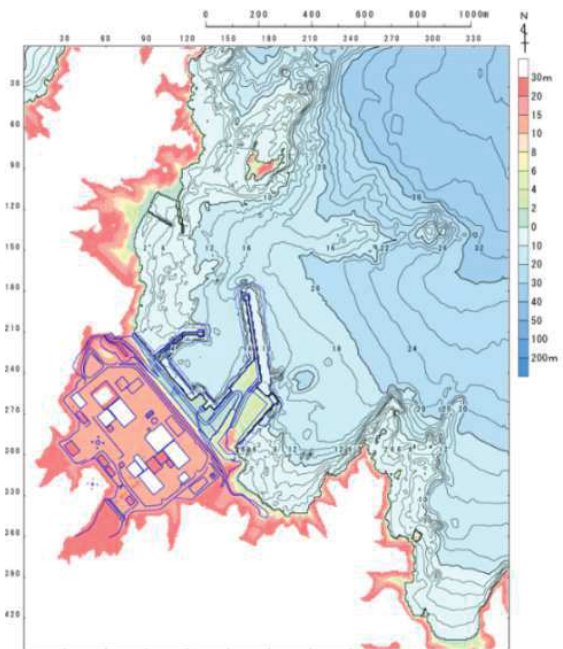


図12 発電所の地形

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(10/21)

②津波特性に与える影響の確認 【津波高さに与える影響(水位上昇側, 女川湾全体)】

- 津波解析の結果, 復旧・改修工事に伴う地形改変が発電所を含む湾口部の最高水位に与える影響はほとんどないことを確認した。
- 最高水位は津波の第1波が支配的であり, 発電所を含む湾口部では, 第1波が反射波の影響を受けずに襲来するため, これらの地形改変の影響がほとんどなかったと考えられる。

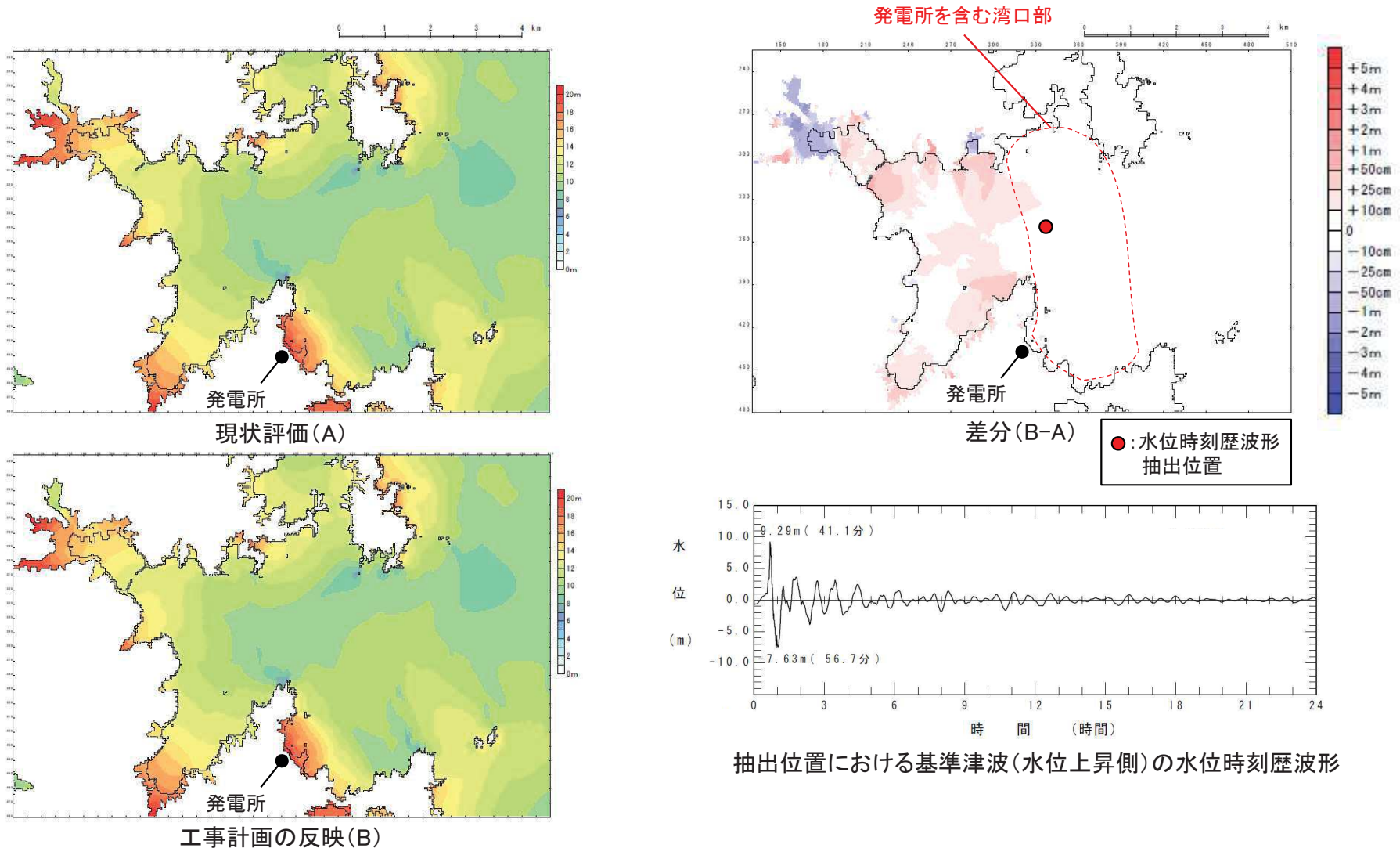


図13 最大水位上昇量分布(女川湾全体)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(11/21)

②津波特性に与える影響の確認 【津波高さに与える影響(水位上昇側, 発電所前面海域)】

- ・ 復旧・改修工事に伴う地形改変が発電所の最高水位に与える影響は小さく、ほとんどの位置で水位が下がっていることを確認した。
- ・ また、1号炉放水口では、工事計画を反映した地形によって最大水位上昇量が大きくなったものの、管路解析の結果、放水立坑位置における水位は下がることを確認した。

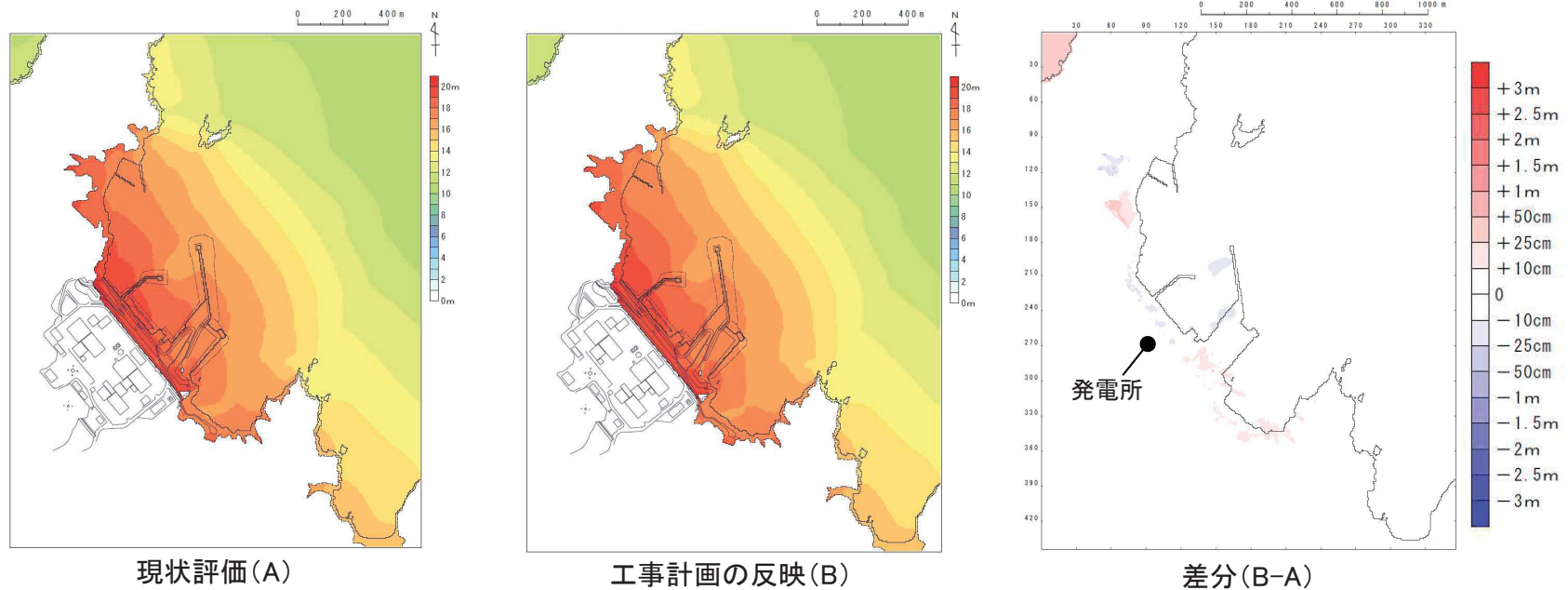


図14 最大水位上昇量分布(発電所周辺)

表3 最大水位上昇量

	敷地前面	1号炉 取水口前面	2号炉 取水口前面	3号炉 取水口前面	1号炉 放水口前面	2・3号炉 放水口前面
現状評価(A)	+21.58m	+18.85m	+19.50m	+19.60m	+16.46m	+17.16m
工事計画の反映(B)	+21.43m	+18.83m	+19.43m	+19.52m	+16.48m	+17.09m
(B) - (A)	-0.15m	-0.02m	-0.07m	-0.08m	+0.02m	-0.07m

表4 1号炉放水立坑位置における
最高水位(管路解析※)

	1号炉放水立坑
現状評価(A)	O.P.+11.79m
工事計画の反映(B)	O.P.+11.77m
(B) - (A)	-0.02m

※: 管路状態=貝代:あり, スクリーン損失:なし

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(12/21)

②津波特性に与える影響の確認 【津波高さに与える影響(水位下降側, 女川湾全体)】

- 復旧・改修工事に伴う地形改変の影響は女川湾全体に及んでいるが、発電所を含む湾口部では水位が下がる傾向であり、その影響は湾奥と比較して小さいことを確認した。
- 最低水位は、津波の第1波で水位が上昇した後の引き波が支配的であり、発電所を含む湾口部では、この引き波が湾奥での地形改変の影響を受けているためと考えられる。なお、最低水位に与える影響は、復旧・改修工事のうち女川湾内の防波堤の寄与が大きいことを確認した(詳細は、別添1の添付資料32に示す)。

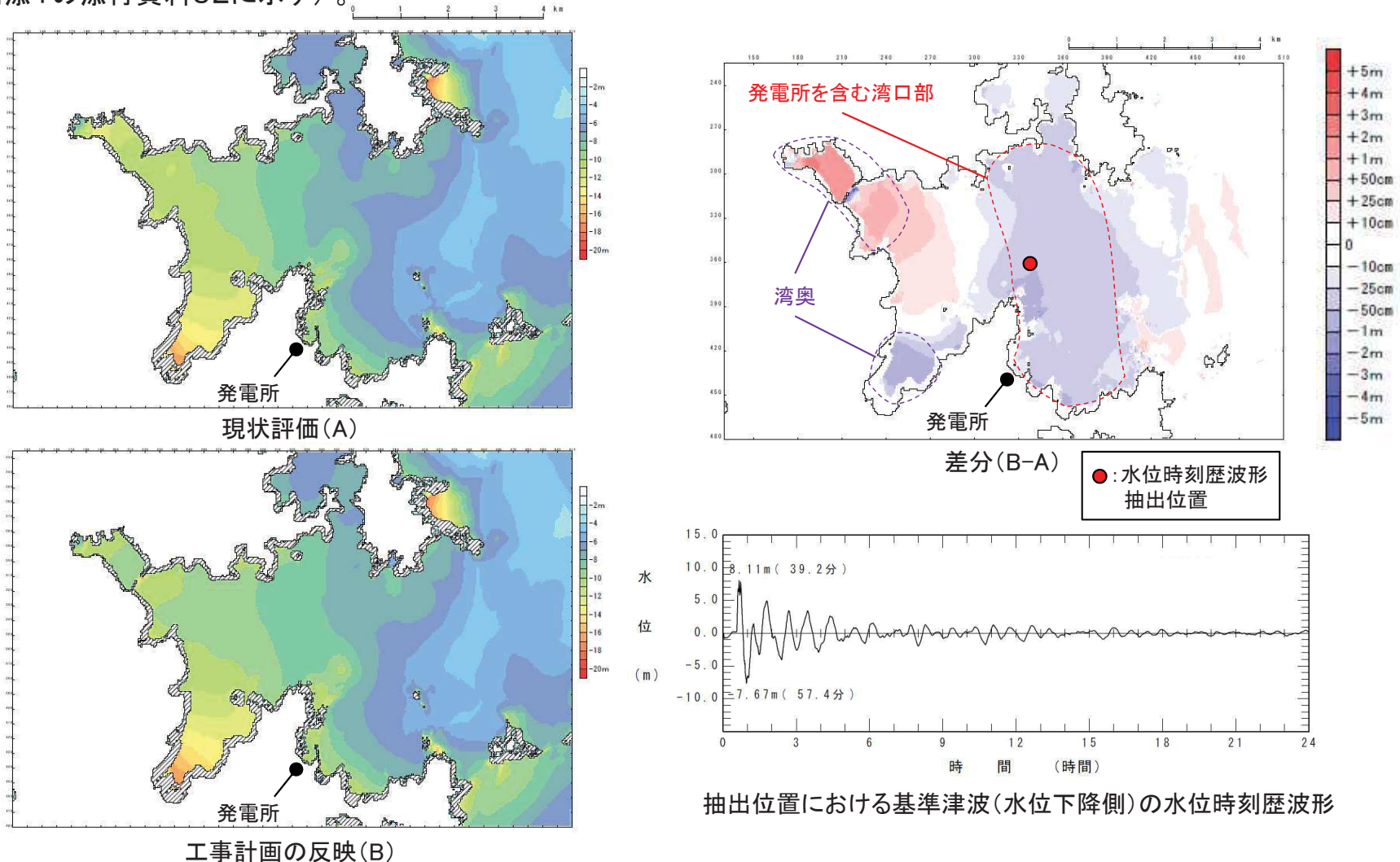


図15 最大水位下降量分布(女川湾全体)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(13/21)

②津波特性に与える影響の確認 【津波高さに与える影響(水位下降側, 発電所前面海域)】

- ・ 復旧・改修工事に伴う地形改変が発電所の最低水位に与える影響は小さいことを確認した。
- ・ 復旧・改修工事に伴う地形改変によって最大水位下降量は12cm低くなったものの、2号炉貯留堰高さ(O.P.-6.3m)を下回る時間(約3分)に及ぼす影響はなく、管路解析による2号炉海水ポンプ室での最低水位の差もわずかであることを確認した。

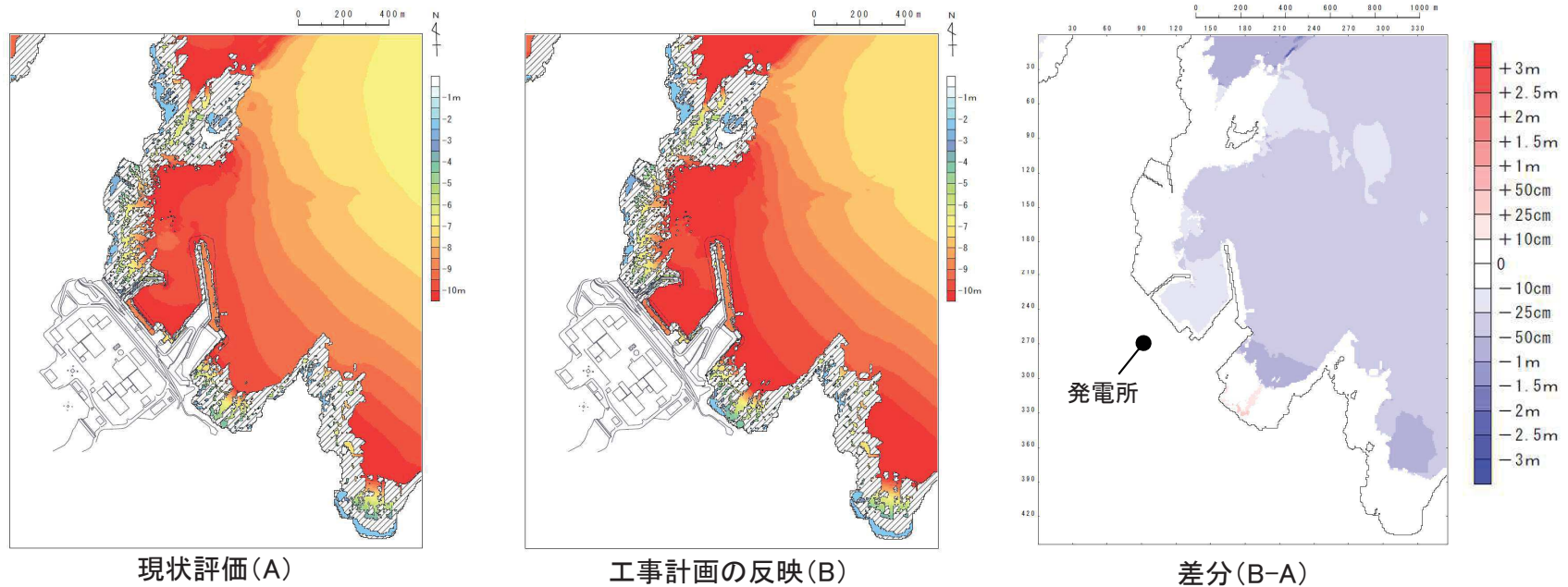


図16 最大水位下降量分布(発電所周辺)

表5 最大水位下降量

	2号炉取水口前面
現状評価(A)	-10.38m
工事計画の反映(B)	-10.50m
(B)-(A)	-0.12m

表6 2号炉海水ポンプ室位置における最低水位(管路解析※)

	2号炉海水ポンプ室
現状評価(A)	O.P.-6.33m
工事計画の反映(B)	O.P.-6.34m
(B)-(A)	-0.01m

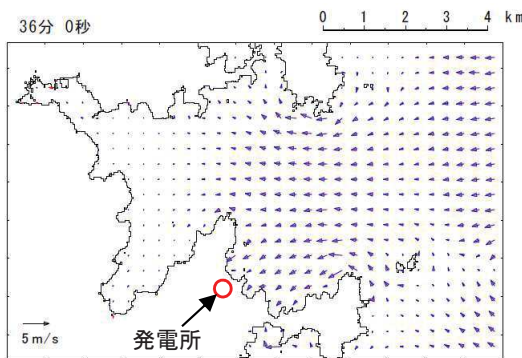
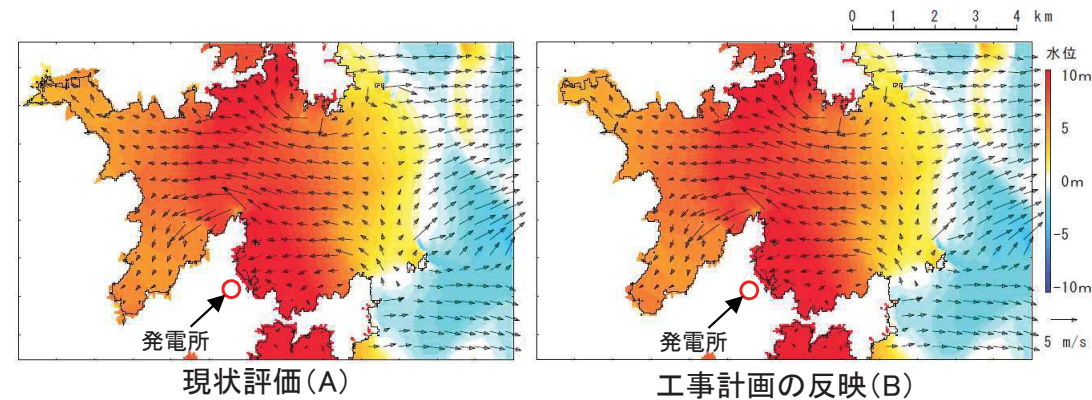
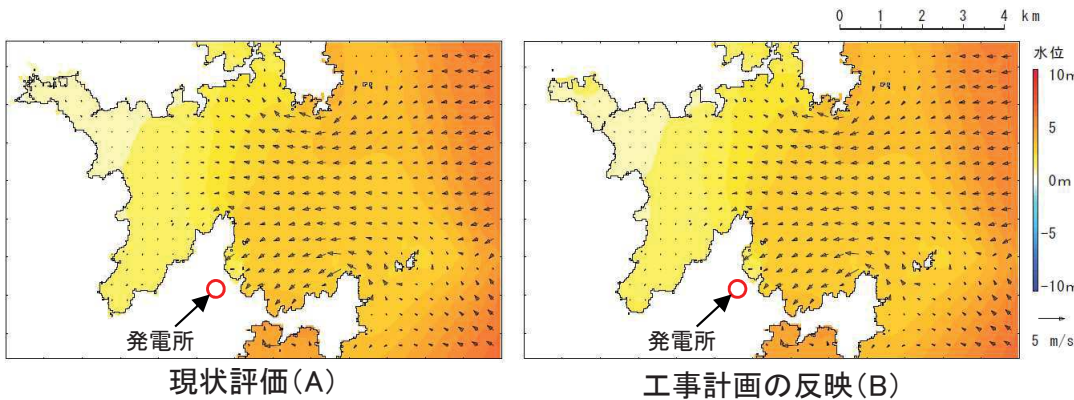
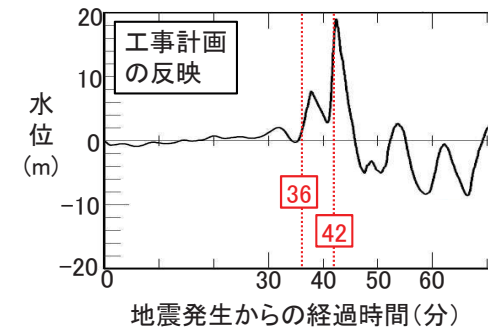
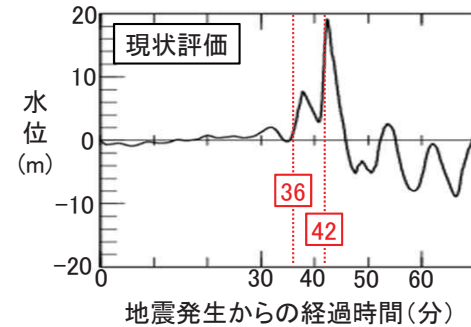
※:管路状態=貝代:なし, スクリーン損失:なし

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(14/21)

②津波特性に与える影響の確認 【津波の流況に与える影響(水位上昇側, 女川湾全体)】

【2号炉取水口前面での水位時刻歴波形】

- ・ 復旧・改修工事に伴う地形改変を反映したとしても、発電所に到達する第1波の時間(地震発生約36分後)及び発電所で最高水位となる時間(地震発生約42分後)は変わらず、それらの時刻による流向・流速にも大きな違いは見られない。
- ・ なお、湾奥については、海域に設置される防波堤の影響により、その周辺の流況に違いが見られることを確認した。

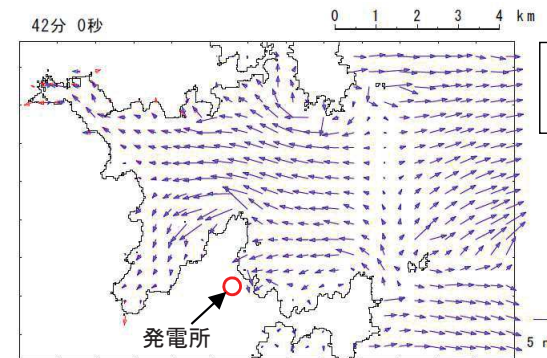


← : 現状評価(A)
← : 工事計画の反映(B)

※: 現状評価のベクトル(←)上に、工事計画の反映のベクトル(←)を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル(←)が確認される(見える)。

流向・流速の重ね合わせ※

図17 発電所敷地前面第1波到達時(地震発生36分後)の流況



← : 現状評価(A)
← : 工事計画の反映(B)

※: 現状評価のベクトル(←)上に、工事計画の反映のベクトル(←)を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル(←)が確認される(見える)。

流向・流速の重ね合わせ※

図18 発電所敷地前面最高水位発生時(地震発生42分後)の流況

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(15/21)

②津波特性に与える影響の確認 【津波の流況に与える影響(水位上昇側, 発電所前面海域)】

- 復旧・改修工事に伴う地形改変を反映したとしても、発電所で最高水位となる時間(地震発生約42分後)は変わらず、その時刻の前後における発電所前面海域での流向・流速にも大きな違いは見られない。

地震発生40分後

地震発生41分後

地震発生42分後

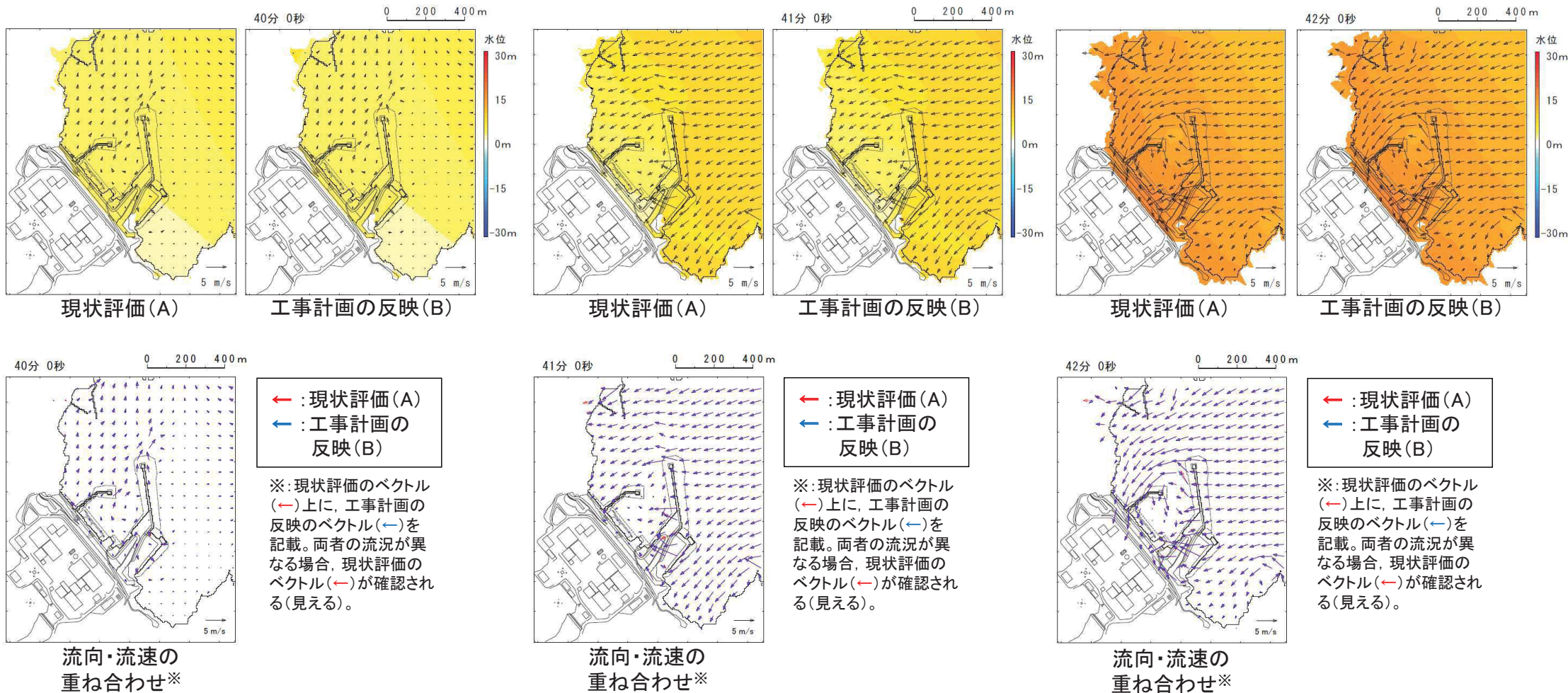


図19-1 発電所敷地前面最高水位発生時(地震発生約42分後)付近の流況

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(16/21)

②津波特性に与える影響の確認

【津波の流況に与える影響(水位上昇側, 発電所前面海域)】

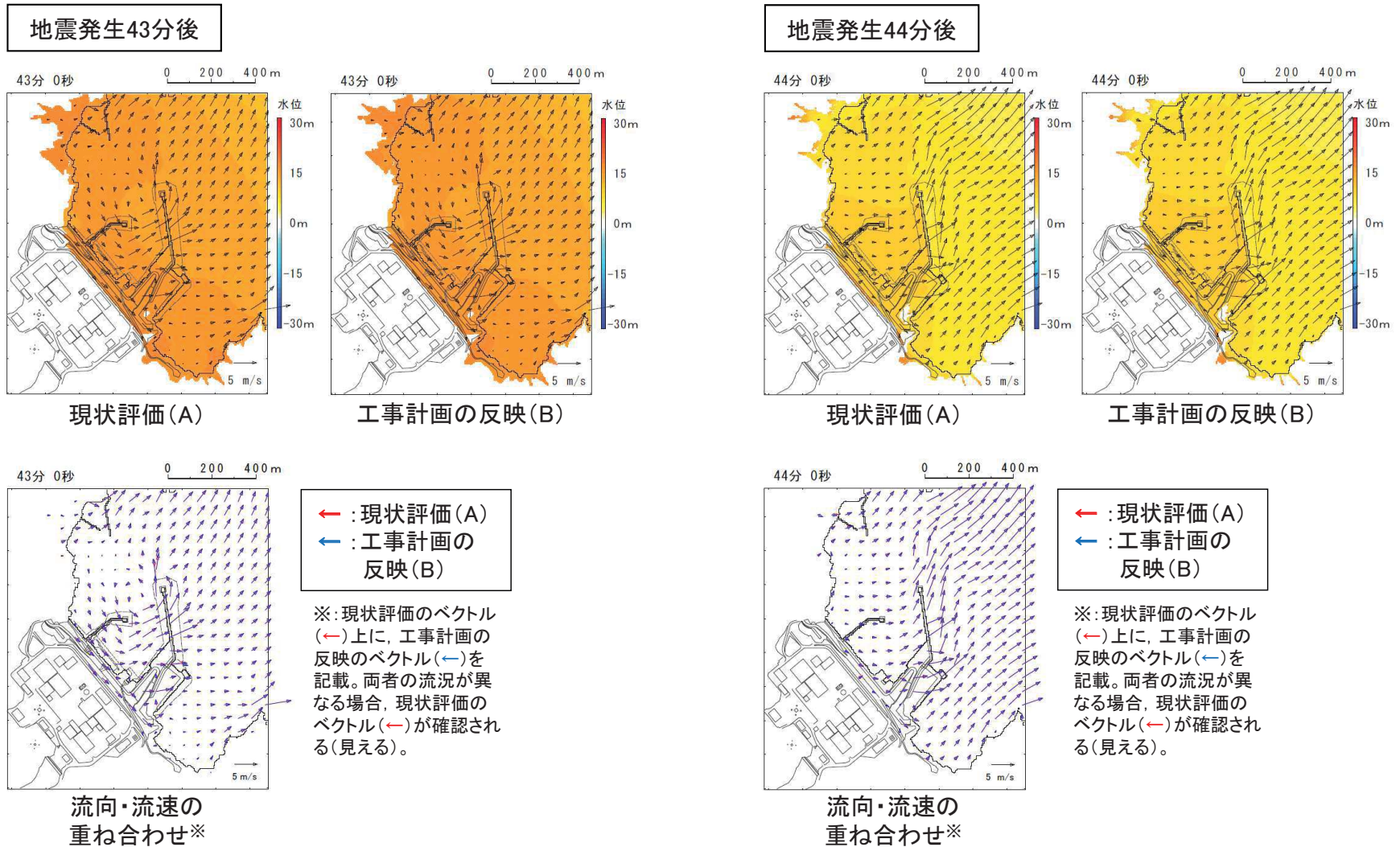


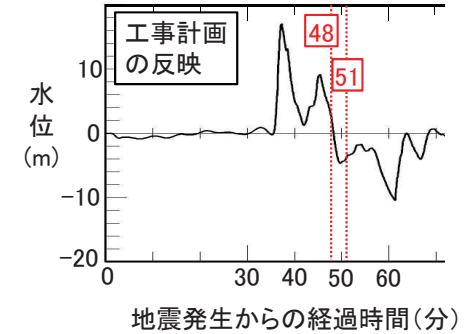
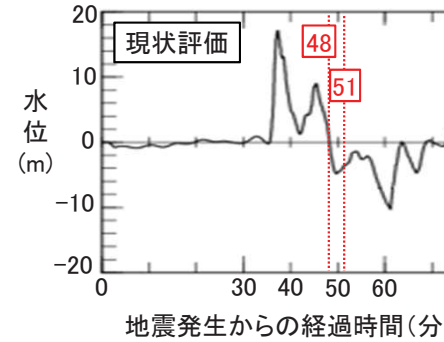
図19-2 発電所敷地前面最高水位発生時(地震発生約42分後)付近の流況

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(17/21)

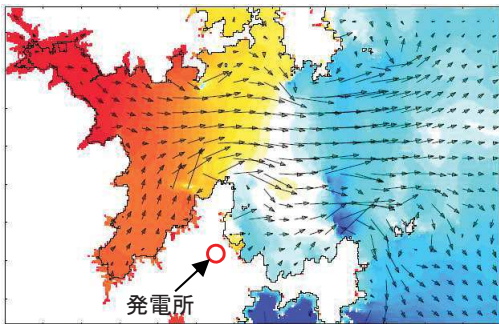
②津波特性に与える影響の確認 【津波の流況に与える影響(水位下降側, 女川湾全体)】

- ・ 復旧・改修工事に伴う地形改変を反映したとしても、発電所の港湾内が引き波に転ずる時間(地震発生約48分後)は変わらず、それ以降(例えば、地震発生約51分後)の津波襲来時と逆方向の沖合へ向かう流れが卓越する状況にも大きな違いは見られない。
- ・ なお、湾奥については、海域に設置される防波堤の影響により、その周辺の流況に違いが見られることを確認した。

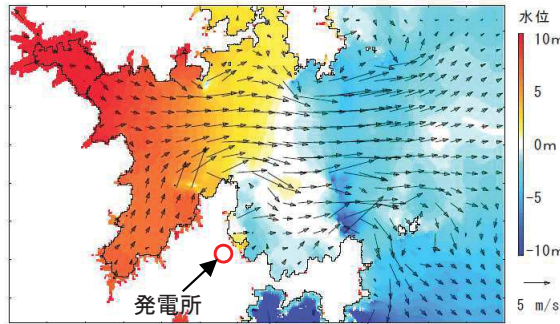
【2号炉取水口前面での水位時刻歴波形】



地震発生48分後

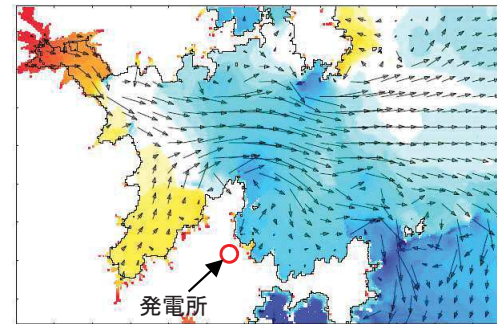


現状評価(A)

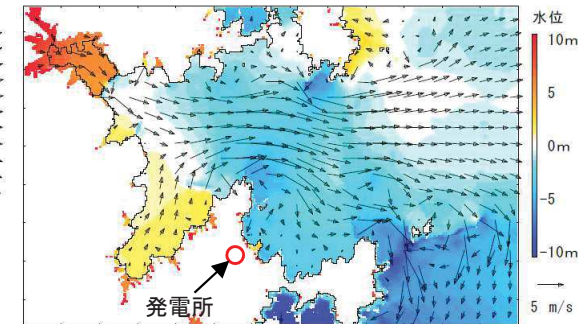


工事計画の反映(B)

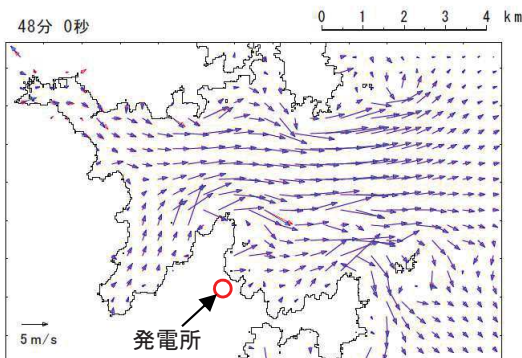
地震発生51分後



現状評価(A)



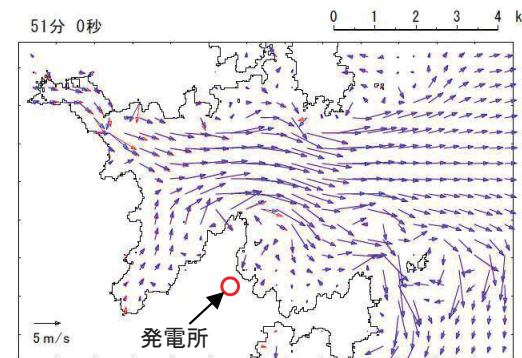
工事計画の反映(B)



流向・流速の重ね合わせ※

← : 現状評価(A)
← : 工事計画の反映(B)

※: 現状評価のベクトル(←)上に、工事計画の反映のベクトル(←)を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル(←)が確認される(見える)。



流向・流速の重ね合わせ※

← : 現状評価(A)
← : 工事計画の反映(B)

※: 現状評価のベクトル(←)上に、工事計画の反映のベクトル(←)を記載。両者の流況が異なる場合、現状評価のベクトル(←)が確認される(見える)。

図20 発電所港湾内が引き波に転ずる地震発生約48分後以降の流況

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(18/21)

②津波特性に与える影響の確認 【津波の流況に与える影響(水位下降側, 発電所前面海域)】

- 復旧・改修工事に伴う地形改変を反映したとしても, 女川湾の湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生約50分後から54分後の発電所前面海域での流向・流速に大きな違いは見られない。

地震発生50分後

地震発生51分後

地震発生52分後

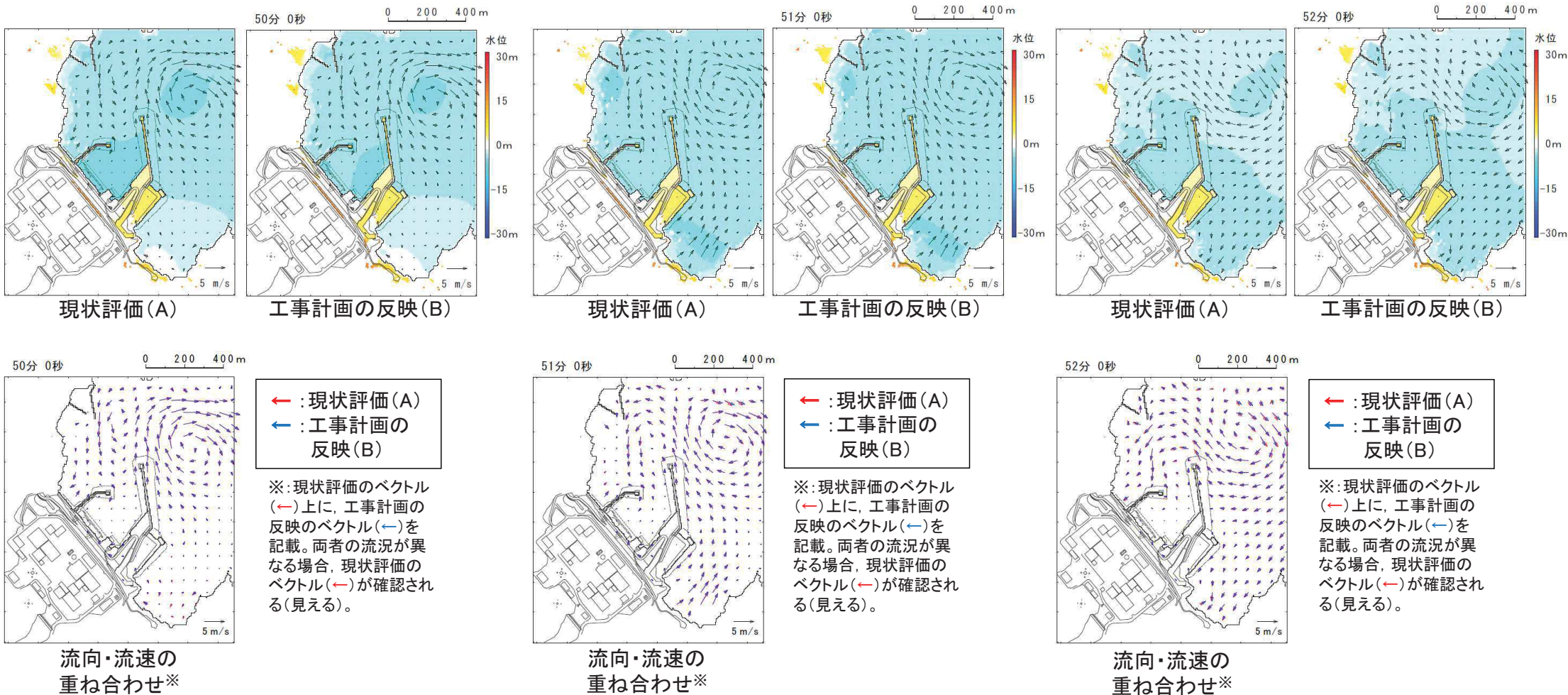


図21-1 女川湾湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生約50分後以降の流況

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(19/21)

②津波特性に与える影響の確認

【津波の流況に与える影響(水位下降側, 発電所前面海域)】

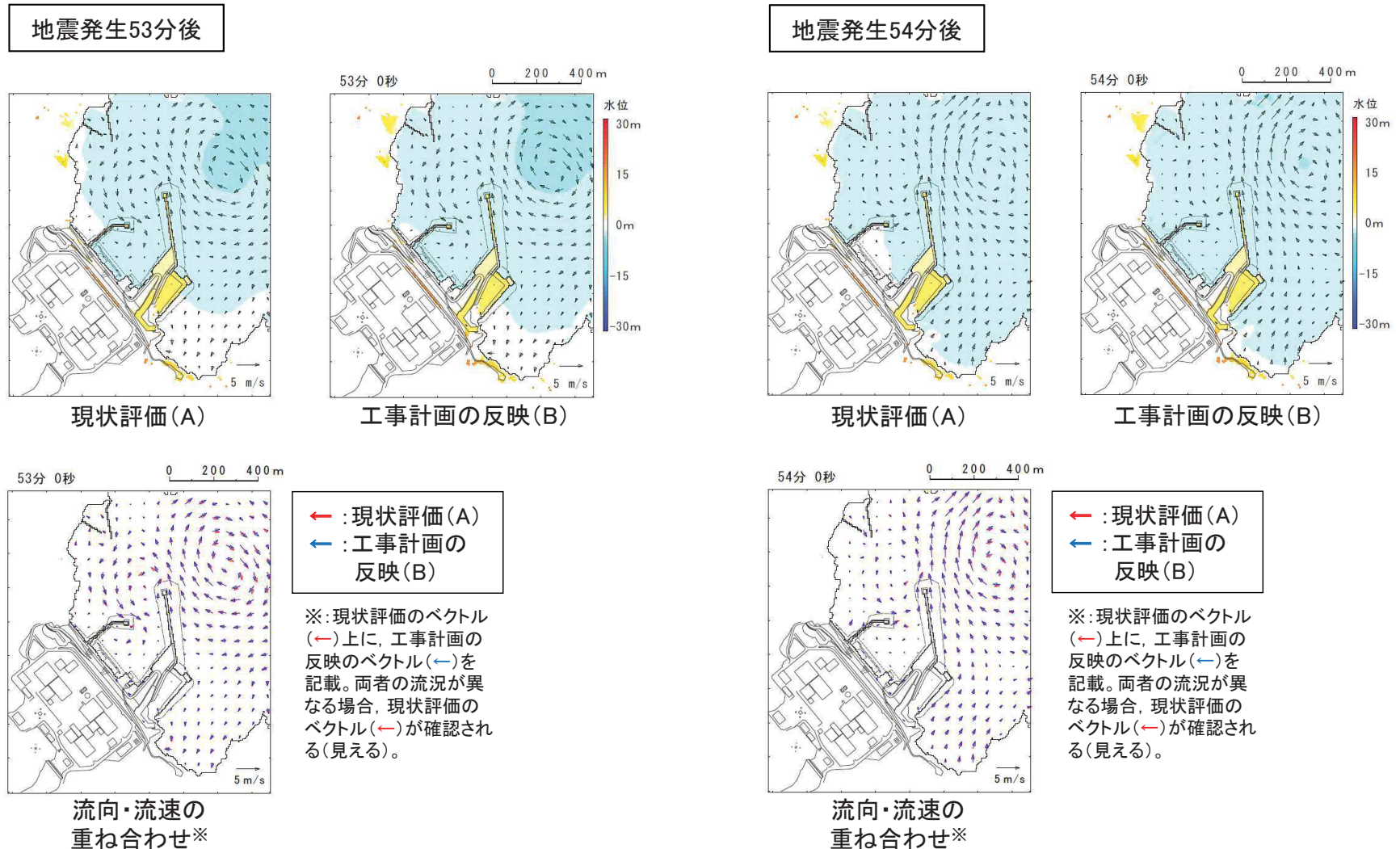


図21-2 女川湾湾奥から発電所に向かう流れが確認される地震発生約50分後以降の流況

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(20/21)

②津波特性に与える影響の確認【まとめ】

(1)津波高さに与える影響

- 発電所を含む湾口部について、水位上昇側では地形改変の影響はほとんどなく、水位下降側では水位が下がる結果となったが、湾奥と比較するとその影響は小さいことを確認した。
- 発電所前面海域については、水位上昇側・下降側ともに、地形改変の影響は小さく、水位は下がる傾向があることを確認した。また、わずかに最高水位を上回るケースや最低水位を下回るケースについては管路解析を実施し、放水立坑や海水ポンプ室位置での水位を確認し、その影響が小さいことを確認した。
- これらの影響が生じた要因としては、津波の第一波が復旧・改修工事に伴う地形改変の影響をほとんど受けず襲来するのに対して、その後の引き波では、これらの地形改変の影響を受けるため、津波水位に影響が及ぶことになる。これに対して、発電所での最高水位(水位上昇側)は津波の第1波により生じ、最低水位(水位下降側)はその後の引き波によって生じることから、最高水位ではほとんど影響がなく、最低水位ではわずかに影響が生じたと考えられる。
- なお、発電所を含む湾口部の水位低下傾向に大きな影響を与えている復旧・改修工事は、海域に設置される女川湾内の防波堤であることを確認した。

(2)流況(流向・流速)に与える影響

- 女川湾全体について、復旧・改修工事に伴う地形改変のうち海域に設置される女川湾内の防波堤の近傍においては、その影響が生じているものの、局所的であり、女川湾全体としての影響は小さいことを確認した。
- 発電所前面海域については、水位上昇側・下降側ともに、地形改変の影響が流況(流向・流速)に与える影響はほとんどないことを確認した。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 25)(21/21)

③基本設計段階以降の対応方針

(1)基本設計段階で想定する状態

- ・ 復旧・改修工事に伴う地形改変が、津波特性に与える影響はほとんどなかったことから、基本設計段階では漂流物評価及び入力津波評価ともに現状評価の地形を用いることとする。

(2)詳細設計段階以降における復旧・改修工事計画への対応方針

- ・ 復旧・改修工事に伴う地形改変が、津波特性に与える影響はほとんどなかったが、詳細設計段階においては、詳細設計で決定した条件に対しあらためて評価を実施する。
- ・ また、設計においては、入力津波に対して不確かさ等を踏まえ適切な裕度を確保する。
- ・ 詳細設計段階以降、現在確認している工事計画以外の工事(敷地内の安全対策工事を含む)が確認された場合には、その工事規模と今回検討した工事計画規模を比較検討した上で、漂流物評価及び入力津波評価への影響を確認する。

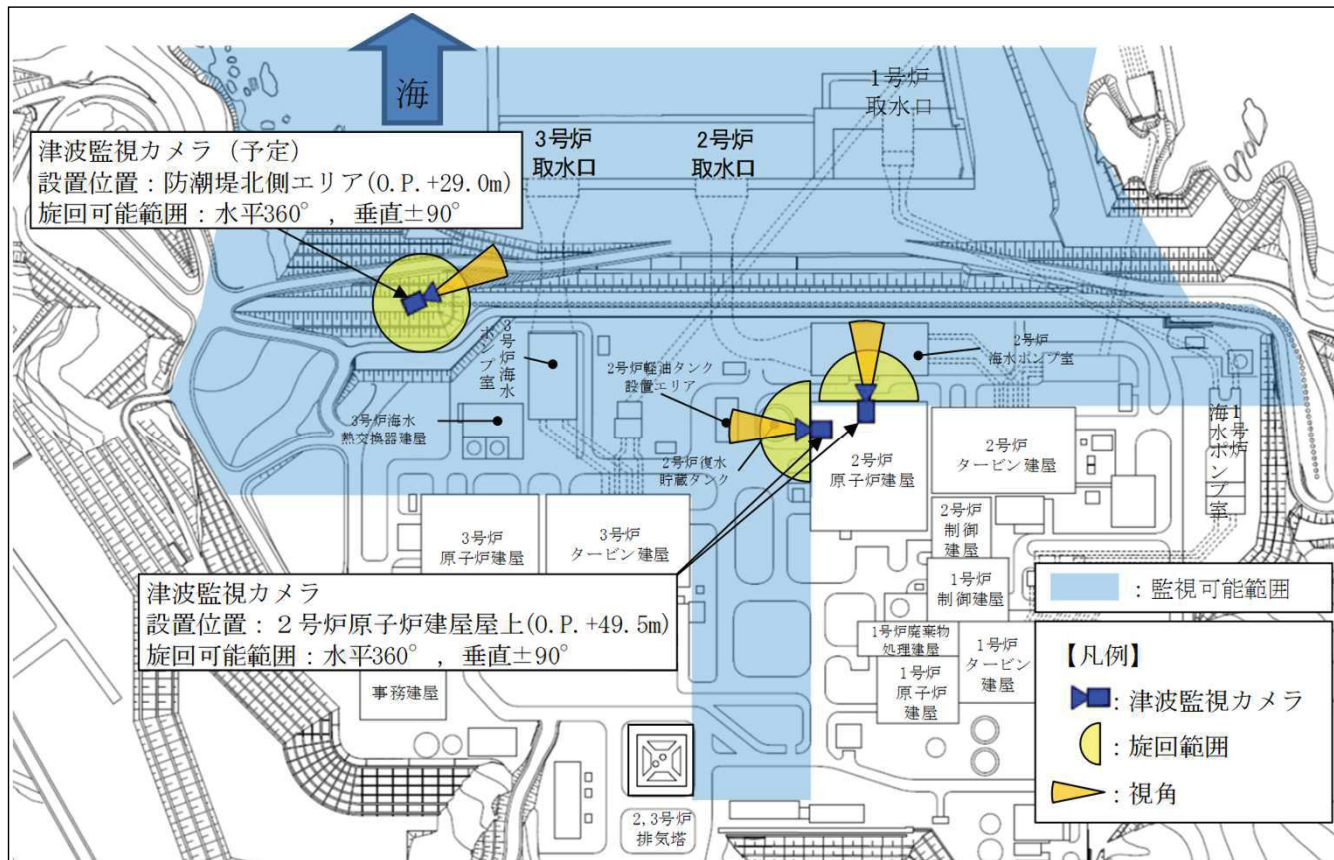
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 26)

(1) 指摘事項

2号炉取水口を監視するために設置するカメラについて、防護対象である非常用取水設備周辺における漂流物の状況を継続的に監視することを踏まえ、設備の位置づけを再検討し、その結果を提示すること。

(2) 回答

- 津波の襲来状況は2号炉原子炉建屋屋上の津波監視設備(津波監視カメラ)で監視可能であるものの、防潮堤により2号炉取水口周辺が死角となることから、津波襲来後の漂流物の状況等を監視するため、防潮堤北側エリアにも津波監視設備(津波監視カメラ)を設置し、状況を確認できる設計とする。



津波監視設備(津波監視カメラ)設置位置

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 30)(1/3)

(1) 指摘事項

津波波圧評価について、不確かさケースを考慮しても衝撃圧が生じない要因並びに実験及び解析においてソリトン分裂波が生じない要因の考察を提示すること。

(2) 回答

- 津波波圧評価における不確かさとして、敷地法面の形状変化の影響、基準津波(水位上昇側)と異なる特性の津波の影響、周期の異なる津波の影響、波高の異なる津波の影響を考慮して検討した結果、いずれのケースにおいても分裂波や衝撃圧が発生せず、津波波圧への影響が小さいことを確認した。
- 基準津波を対象とした数値流体解析結果の考察として、基準津波は周期(波長)の長い二段型波形が特徴となっており、水面全体が緩やかに上昇するような津波が作用することが要因と考えられる。
- また、模擬津波を対象とした水理模型実験結果の考察として、周期(波長)の短い単峰型津波を考慮した場合においても、津波の浸水深が大きいことでフルード数が小さい穏やかな流れとなり、津波波圧への影響が小さくなったものと考えられる。

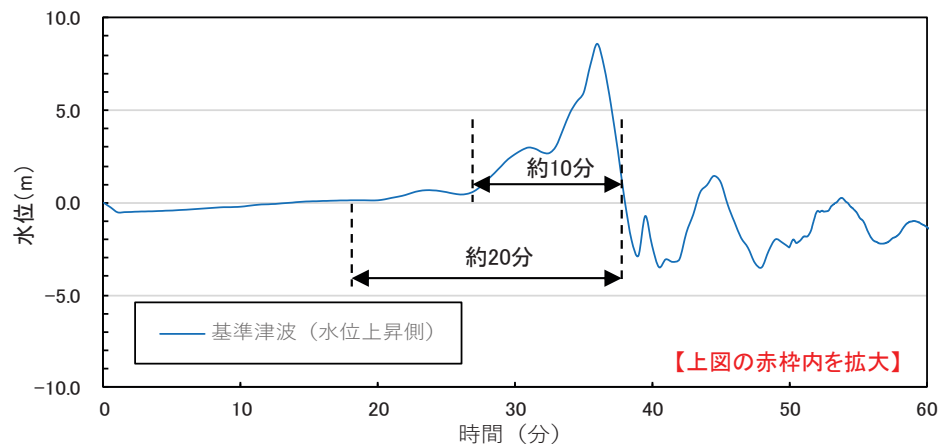
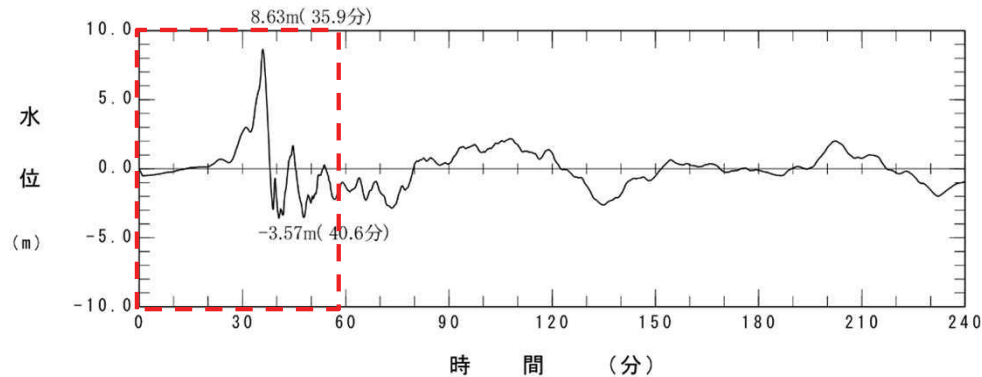
津波波圧確認結果の全体概要

検討ケース	不確かさ 考慮の目的	検討方法	検討結果			
			分裂波の 発生	衝撃圧の 発生	波圧分布の 形状	津波波圧の 水深係数
基準津波 (水位上昇側)	— 【基本ケース】	数値流体解析	発生しない (非分裂)	発生しない (持続圧)	静水圧型 (単直線分布)	2.19
基準津波 (水位上昇側)	敷地法面の形状変化の影響確認 (液状化等による変状の可能性を考慮)	数値流体解析	発生しない (非分裂)	発生しない (持続圧)	静水圧型 (単直線分布)	2.17~2.20
基準津波 (水位下降側)	基本ケースと異なる特性の津波の影響確認	数値流体解析	発生しない (非分裂)	発生しない (持続圧)	静水圧型 (単直線分布)	2.34
模擬津波 (半周期: 5分, 20分)	周期の異なる津波の影響確認 (基準津波の第1波の周期特性を考慮)	水理模型実験	発生しない (非分裂)	発生しない (持続圧)	静水圧型 (単直線分布)	5分: 2.12~2.31 20分: 2.22~2.39
模擬津波 (津波高さ: O.P.+17.0m~ O.P.+37.5m)	波高の異なる津波の影響確認 (防潮堤越波の可能性まで網羅的に考慮)	水理模型実験	発生しない (非分裂)	発生しない (持続圧)	静水圧型 (単直線分布)	17.0m: 2.18~2.39 25.0m: 2.12~2.33 32.5m: 2.31~2.34 35.0m: 2.27~2.37 36.0m: 2.22~2.24 37.5m: 2.31~2.31

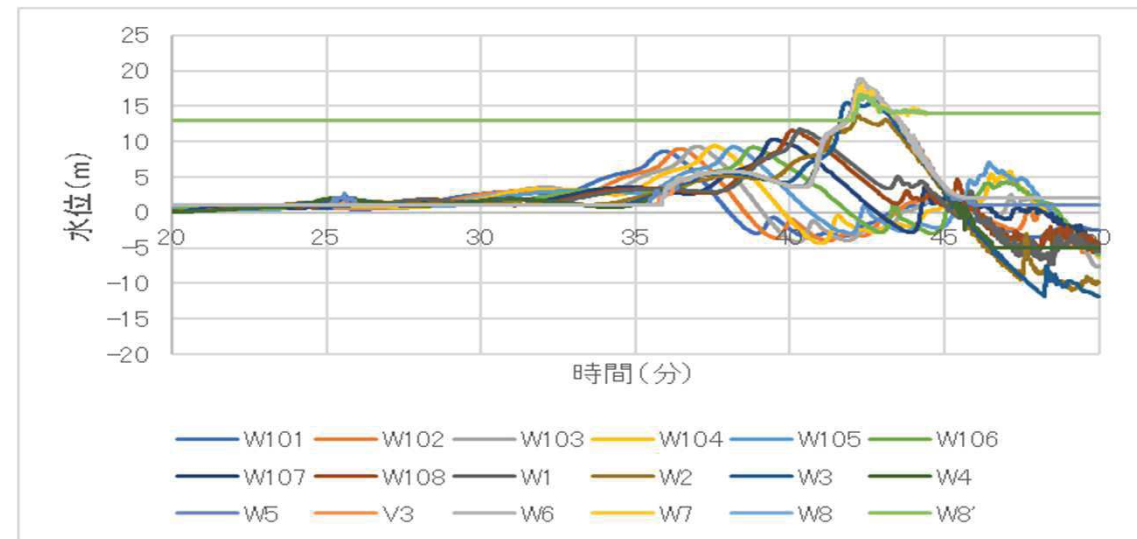
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 30)(2/3)

【基準津波の影響に対する考察(数値流体解析)】

- 女川原子力発電所の基準津波の第1波は、周辺地形からの回り込みや反射の影響をほとんど受けずに策定位置から直線的に到達し、波の重なり合いによる二段型波形が特徴となっている。二段型波形全体としての津波の半周期は約10～20分と長いため、水面全体が緩やかに上昇するような津波が作用し、分裂波や衝撃圧が発生せずに、防潮堤に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなったものと考えられる。



基準津波(水位上昇側)の水位時刻歴波形



数値流体解析による水位時刻歴波形
(基準津波策定位置～防潮堤)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 30)(3/3)

【周期・波高の不確かさの影響(模擬津波)に対する考察(水理模型実験)】

- 二段型津波(半周期20分)と単峰型津波(半周期5分)の結果を比較すると、実験結果のばらつきはあるが、周期の短い単峰型津波の方が流速及びフルード数が大きくなる傾向が確認できる。一般的には流速が大きくなると津波波圧への影響が大きくなるが、女川サイトの特徴として防潮堤を高台上に設置していることから、防潮堤に作用する津波としては浸水深(水位)の大きい条件となるため、浸水深の大きさによってフルード数の上昇が抑えられ、流速の大きい単峰型津波を含めた全てのケースでフルード数が1以下の穏やかな流れ(常流)となり、分裂波や衝撃圧が発生せずに、防潮堤に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなったものと考えられる。
- また、津波水位の大きさを比較した場合、水位条件の大小によって流速及びフルード数が大きく変動するような傾向は確認されない。上記と同様、全てのケースでフルード数が1以下の穏やかな流れ(常流)となったことに起因して、分裂波や衝撃圧が発生せずに、防潮堤に作用する津波がおおむね静水圧と小さくなったものと考えられる。

水理模型実験による流速・フルード数の整理

波条件	目標津波水位 【O.P.】	二段型津波 (半周期20分)		単峰型津波 (半周期5分)	
		流速	フルード数	流速	フルード数
WAVE001, WAVE101	+17.0m	0.2m/s	0.071	4.7m/s	0.839
WAVE002, WAVE102	+25.0m	5.4m/s	0.704	8.0m/s	0.843
WAVE004, WAVE104	+32.5m	4.9m/s	0.450	9.1m/s	0.826
WAVE005, WAVE105	+35.0m	7.4m/s	0.623	9.3m/s	0.780
WAVE003, WAVE103	+36.0m	8.0m/s	0.738	7.9m/s	0.612
WAVE006, WAVE106	+37.5m	7.6m/s	0.603	9.2m/s	0.726

【参考:フルード数の算定式】

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Fr : フルード数
 v : 流速(m/s)
 g : 重力加速度 (m/s²)
 h : 浸水深 (m)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 31)(1/5)

(1) 指摘事項

管路解析に用いる水位について、代表位置の抽出の考え方及びその妥当性を整理して提示すること。

(2) 回答

- 管路解析に用いる水位抽出位置及び基準津波評価における最高・最低水位の抽出範囲の設定根拠を次頁に示す。
- 両者の水位時刻歴波形により管路解析を実施した結果、入力津波評価には影響を与えず、管路解析に用いる水位の抽出位置は妥当であることを確認した。
- なお、詳細設計段階においては、入力津波に対して不確かさ等を踏まえ適切な裕度を確保する。
- 詳細を次頁以降に示す。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 31)(2/5)

- 管路解析に用いる水位抽出位置については、周辺構造物からの反射波や海底地形の影響が少なくなるように各取放水口の中央から離隔をとって設定している(図1, 2)。
- なお、基準津波の評価では、波源特性の不確かさを考慮した多数のパラメータスタディを実施することから、各ケースによって港湾内における津波の流れ場が異なることを踏まえ、水位評価範囲を広めに設定している(図3)。

- : 取水口前面水位評価範囲
- : 取水口前面時刻歴波形抽出位置

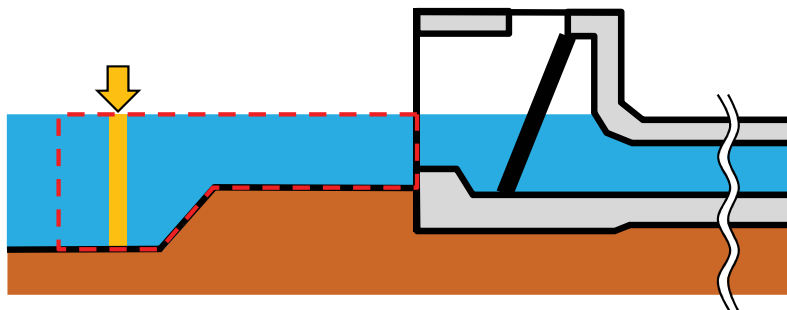


図2 2号炉取水口前面の水位抽出位置の概念図(A-A断面)

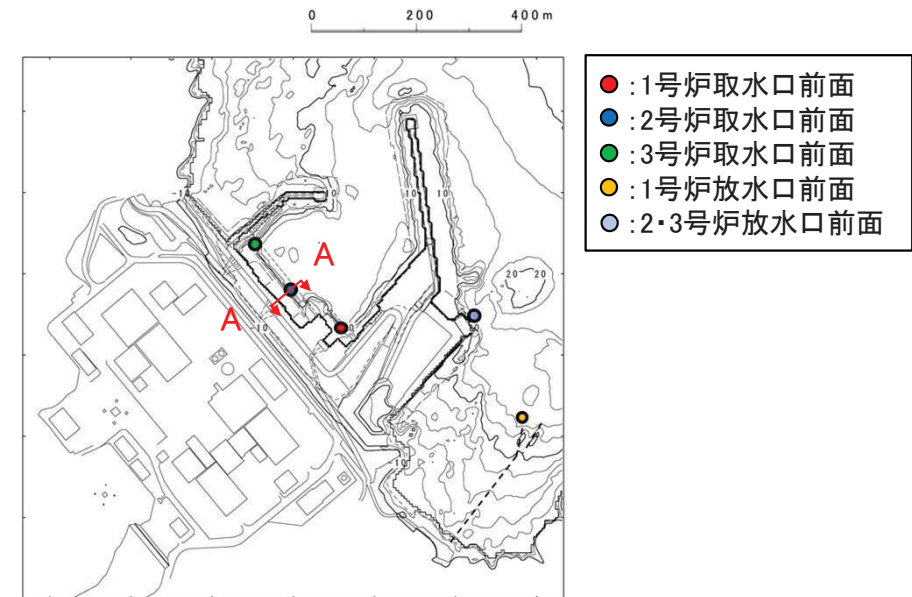


図1 時刻歴波形抽出位置

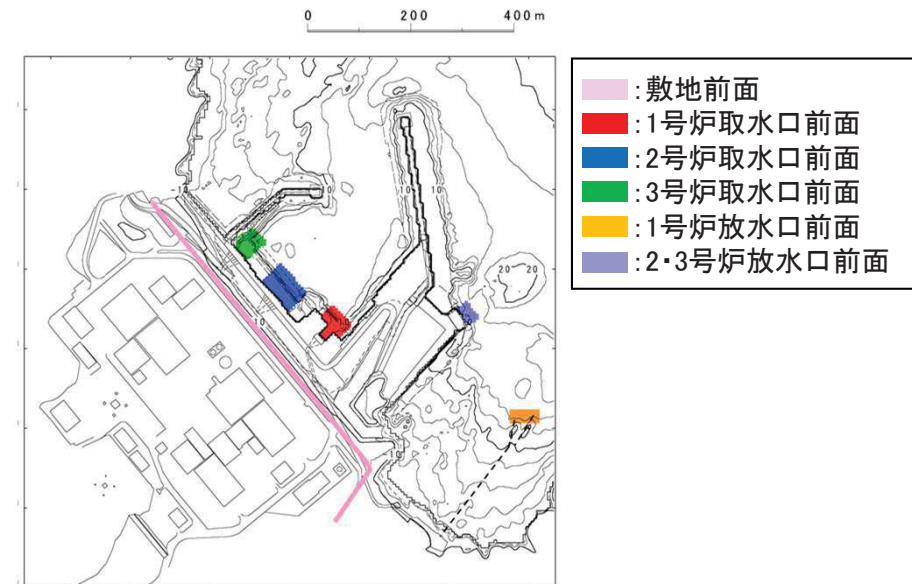


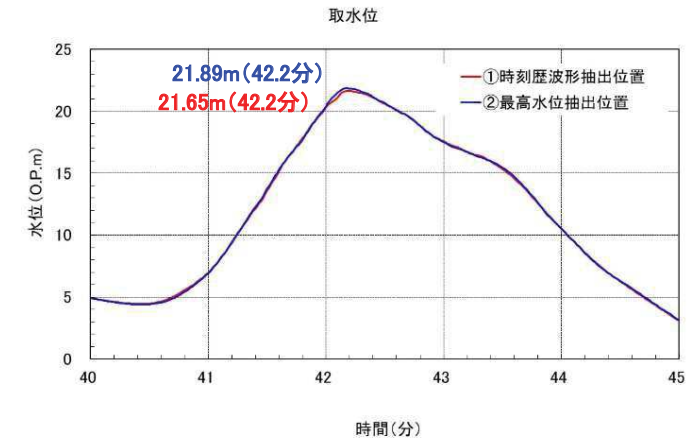
図3 基準津波評価時の水位評価範囲

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 31)(3/5)

【津波水位抽出位置による入力津波への影響確認(1/3):水位上昇側(取水設備)】

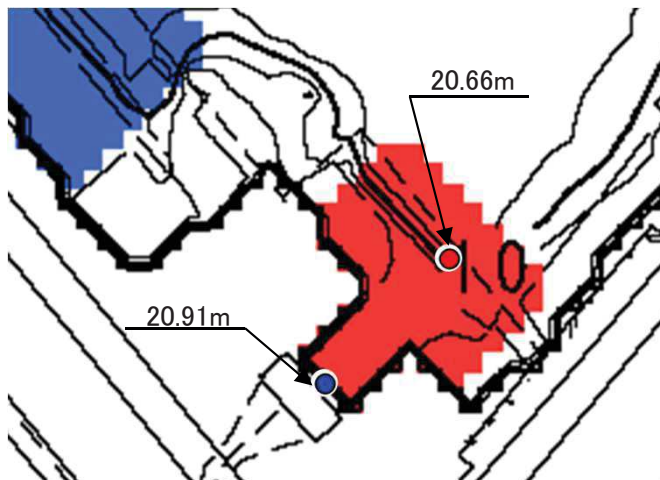
- 管路解析に用いる水位抽出位置(●)及び基準津波評価における最高水位位置(●)は下図のとおりである。
- 基準津波評価における最高水位位置(●)は海底地形も含めた周辺構造物からの反射の影響を受けているため、管路解析に用いる水位抽出位置(●)と異なっており、最高水位もわずかに高くなっている。
- 管路解析の結果、上記差が入力津波評価に影響を与えないことを確認した。
- これは、最高水位としては地形の影響を受けるためわずかな差が生じたものの、管路解析に用いる水位時刻歴波形はほぼ一致しているため(右上図)と考えられる。

【水位時刻歴波形の比較(3号炉取水口前面の例)】



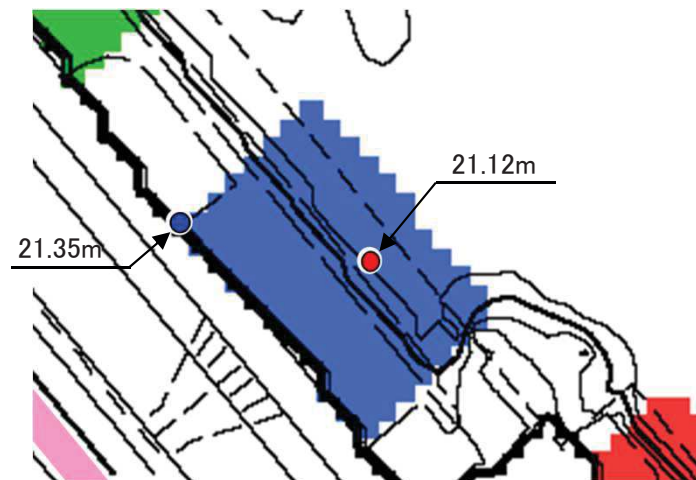
●:①管路解析に用いる時刻歴波形抽出位置, ●:②取水口前面最高水位評価位置

【1号炉取水口前面水位抽出位置】



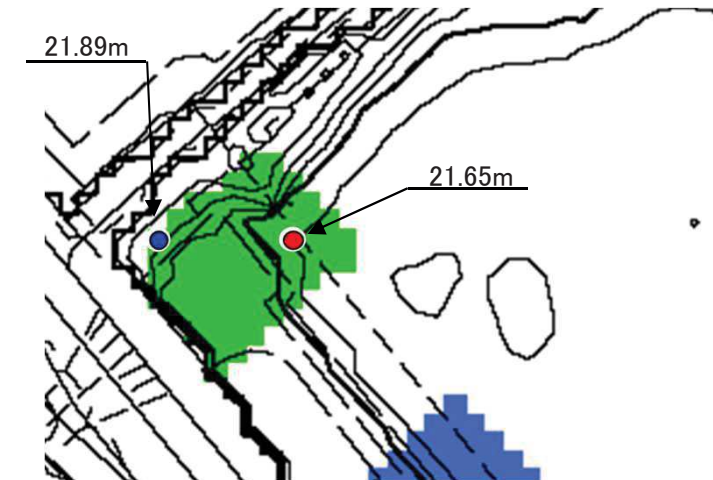
	取水口前面水位	管路解析結果	入力津波高さ
①	O.P.+20.66m	O.P.+10.38m	O.P.+10.4m
②	O.P.+20.91m	O.P.+10.34m	O.P.+10.4m

【2号炉取水口前面水位抽出位置】



	取水口前面水位	管路解析結果	入力津波高さ
①	O.P.+21.12m	O.P.+18.06m	O.P.+18.1m
②	O.P.+21.35m	O.P.+18.07m	O.P.+18.1m

【3号炉取水口前面水位抽出位置】



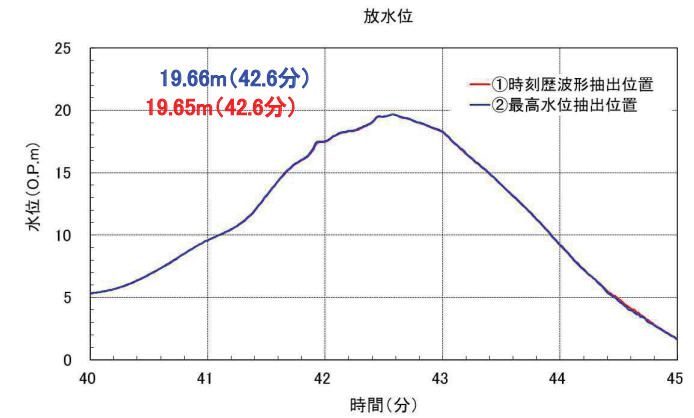
	取水口前面水位	管路解析結果	入力津波高さ
①	O.P.+21.65m	O.P.+18.95m	O.P.+19.0m
②	O.P.+21.89m	O.P.+18.99m	O.P.+19.0m

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 31)(4/5)

【津波水位抽出位置による入力津波への影響確認(2/3):水位上昇側(放水設備)】

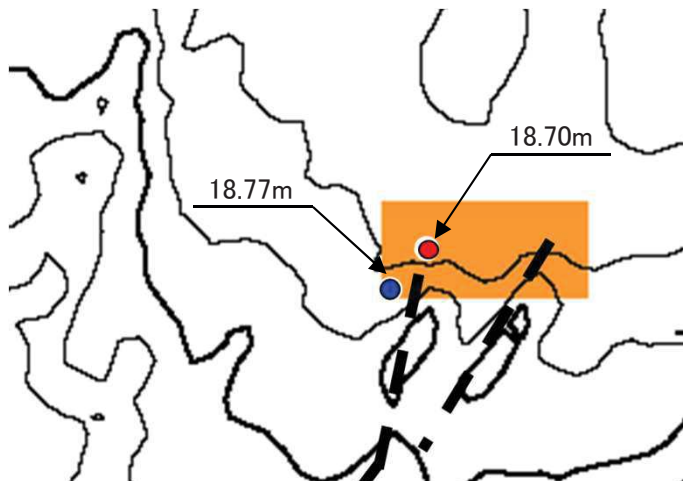
- 管路解析に用いる水位抽出位置(●)及び基準津波評価における最高水位位置(●)は下図のとおりである。
- 基準津波評価における最高水位位置(●)は海底地形も含めた周辺構造物からの反射の影響を受けているため、管路解析に用いる水位抽出位置(●)と異なっており、最高水位もわずかに高くなっている。
- 管路解析の結果、上記差が入力津波評価に影響を与えないことを確認した。
- これは、最高水位としては地形の影響を受けるためわずかな差が生じたものの、管路解析に用いる水位時刻歴波形はほぼ一致しているため(右上図)と考えられる。

【水位時刻歴波形の比較(3号炉放水口前面の例)】



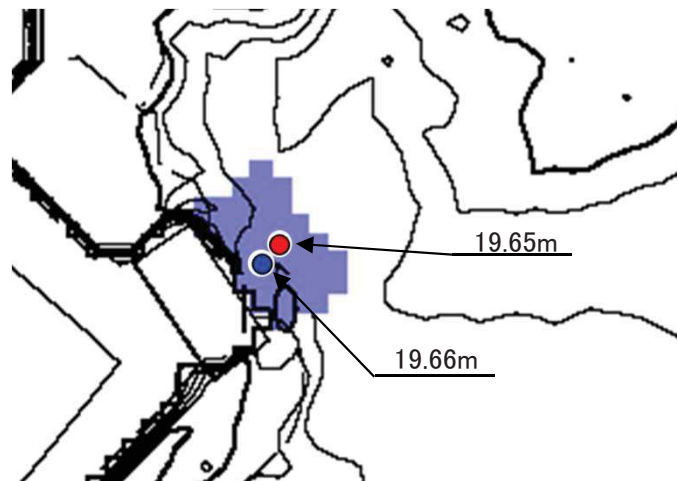
●:①管路解析に用いる時刻歴波形抽出位置, ●:②放水口前面最高水位評価位置

【1号炉放水口前面水位抽出位置】



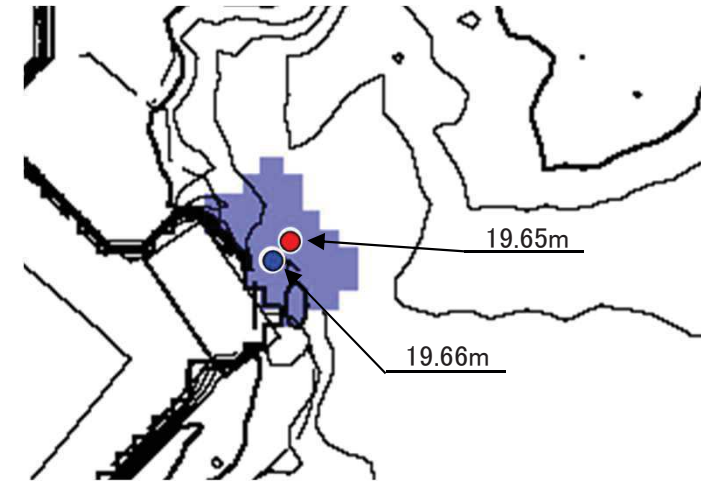
	放水口前面水位	管路解析結果	入力津波高さ
①	O.P.+18.70m	O.P.+11.79m	O.P.+11.8m
②	O.P.+18.77m	O.P.+11.78m	O.P.+11.8m

【2号炉放水口前面水位抽出位置】



	放水口前面水位	管路解析結果	入力津波高さ
①	O.P.+19.65m	O.P.+17.35m	O.P.+17.4m
②	O.P.+19.66m	O.P.+17.38m	O.P.+17.4m

【3号炉放水口前面水位抽出位置】



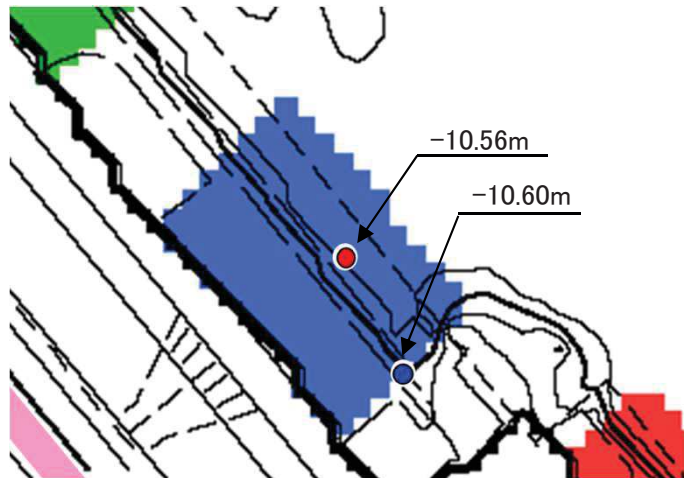
	放水口前面水位	管路解析結果	入力津波高さ
①	O.P.+19.65m	O.P.+17.44m	O.P.+17.5m
②	O.P.+19.66m	O.P.+17.48m	O.P.+17.5m

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 31)(5/5)

【津波水位抽出位置による入力津波への影響確認(3/3):水位下降側】

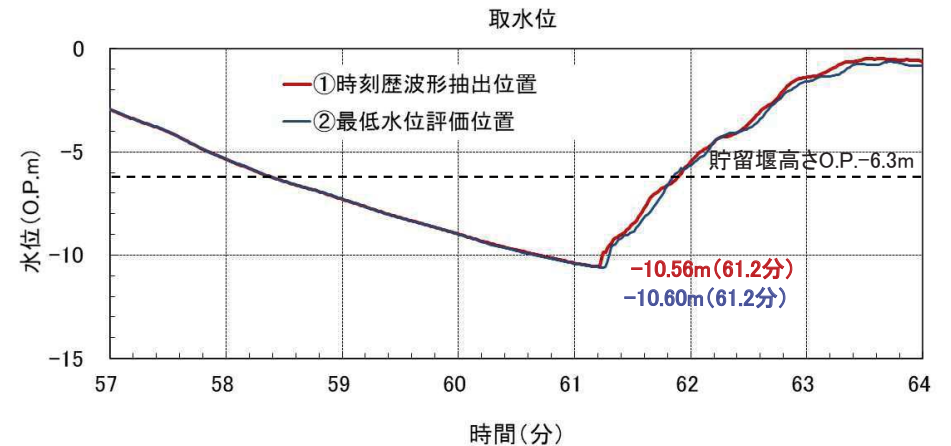
- 管路解析に用いる水位抽出位置(●)及び基準津波評価における最低水位位置(●)は下図のとおりである。
- 基準津波評価における最低水位位置(●)は海底地形も含めた周辺構造物からの反射の影響を受けているため、管路解析に用いる水位抽出位置(●)と異なっており、最低水位もわずかに低くなっている。
- 管路解析の結果、上記差が入力津波評価に影響を与えないことを確認した。
- これは、最低水位としては地形の影響を受けるためわずかな差が生じたものの、管路解析に用いる水位時刻歴波形はほぼ一致しているため(右下図)と考えられる。

【2号炉取水口前面水位抽出位置】



	取水口前面水位	管路解析結果	入力津波高さ
①	O.P. -10.56m	O.P. -6.34m	O.P. -6.4m
②	O.P. -10.60m	O.P. -6.34m	O.P. -6.4m

【2号炉取水口前面水位時刻歴波形の比較】



- : ①管路解析に用いる時刻歴波形抽出位置
- : ②取水口前面最低水位評価位置

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(1/47)

(1) 指摘事項

- 【No.32】漂流物評価フローについて、評価を構成する判断(Step)の順序の考え方、滑動評価の位置付け及びStep3の判断基準の設定の考え方を整理して提示すること。
- 【No.33】津波の流体力による重量物の滑動評価について、先行プラントの評価事例及び女川町等の3.11の被災事例を踏まえて、評価方法及び評価結果を整理して提示すること。
- 【No.34】大型船舶の漂流物評価について、軌跡解析の位置付け及び軌跡解析の結果を踏まえた考察を加え、漂流物としないことの論理を充実させ提示すること。
- 【No.35】漂流物抽出範囲外からの影響検討について、検討の位置付け及び女川原子力発電所における漂流物評価への反映方針を提示すること。

(2) 回答方針

- 【No.32】設置場所(陸域、海域)と遡上波の到達に関しては、評価フローの前段での確認項目として整理し、漂流の可能性については気密性が失われることの説明及び滑動評価(敷地内設備)を加えて提示する。さらに、漂流物検討対象選定では取水口へ到達する可能性と取水口が閉塞する可能性に分けて詳細を提示する。
- 【No.33】重量物の滑動評価については、イスバッシュ式を用いて滑動の有無を確認した上で、滑動するものについてはその移動量を算定し、取水口との離隔等から到達する可能性があるかの評価結果を示す。また、RC造の建物については、3.11の被災事例から、開口部上端から天井までの空気の層による浮力で一時的に建物が漂流する可能性があるため、それぞれの建物の浮力を算出し、評価結果を示す。
- 【No.34】軌跡解析については、平面二次元解析により求まる流向・流速から水粒子の動きを確認しているため、大型船舶が漂流物となった場合の漂流パターン又はその特徴を捉えているという位置付けであることを記載する。また、軌跡解析を踏まえた基準津波の流況の特徴を考察し、発電所に漂流しないことを示す。
- 【No.35】漂流物抽出範囲としている女川湾と類似した地形を有する気仙沼市と南三陸町を対象に、3.11津波で漂流したものと、しなかったものを整理する。その上で、漂流したものの種類について抽出する方針であることを示す。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(2/47)

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又は滑動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。
 - ✓ 発電所周辺地形及び基準津波の流向・流速の特徴を把握した上で、検討対象施設・設備の抽出範囲を設定する。
 - ✓ 検討対象施設・設備の抽出範囲における東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及びその実績を把握し、検討対象施設・設備の抽出を行う。なお、発電所周辺と類似した地形での漂流物の特徴及びその実績も把握し、必要に応じて漂流物の種類について反映する。
 - ✓ これら発電所での特徴及び東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物を把握した上で、検討フローを策定し、抽出した施設・設備について、漂流(滑動を含む)する可能性、2号炉取水口前面に到達する可能性及び2号炉取水口前面が閉塞する可能性についてそれぞれ検討を行い、非常用海水ポンプの取水性への影響を評価する。

発電所の特徴の把握

①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定<<p50～60>>

【発電所周辺地形の把握】

【基準津波の流向・流速の把握】

②検討対象施設・設備の抽出<<p61～65>>

【3.11地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握】

非常用海水ポンプの取水性への影響評価<<p66～94>>

漂流(滑動)する可能性の検討

2号炉取水口前面に到達する可能性の検討

2号炉取水口前面が閉塞する可能性の検討

取水性への影響評価

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(3/47)

①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

【発電所周辺地形の把握】

- 発電所は、東北地方太平洋側のリアス海岸の南端部に位置する牡鹿半島の女川湾南側に立地している。
- また、発電所は女川湾の湾口部に位置し、発電所よりも西側の湾の奥側には複数の漁港や女川町等の市街地が形成されている。



【漂流物調査範囲】

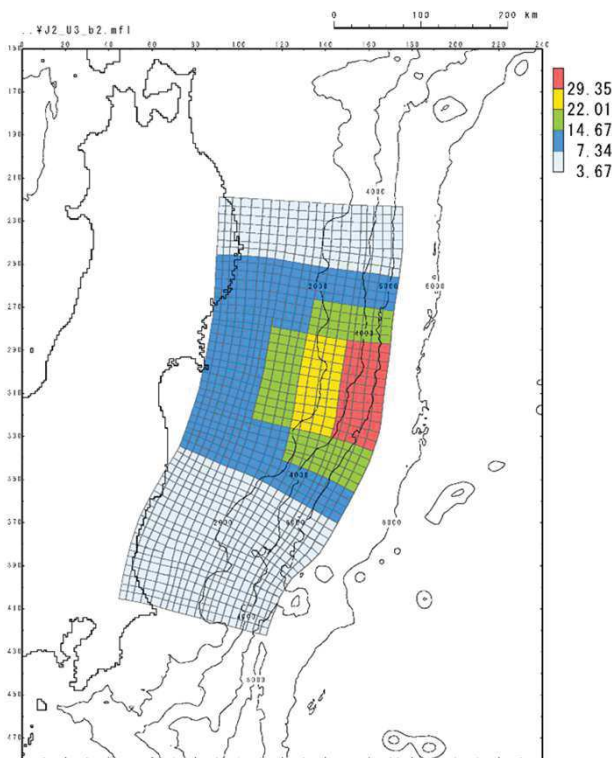


2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(4/47)

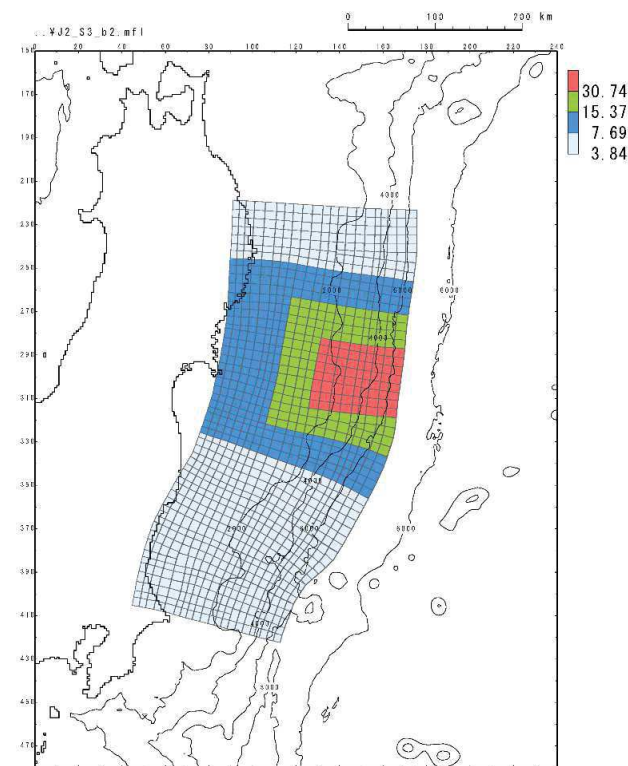
①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

【基準津波の流向・流速の把握】

- 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べ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,
宮城県沖の大すべ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)



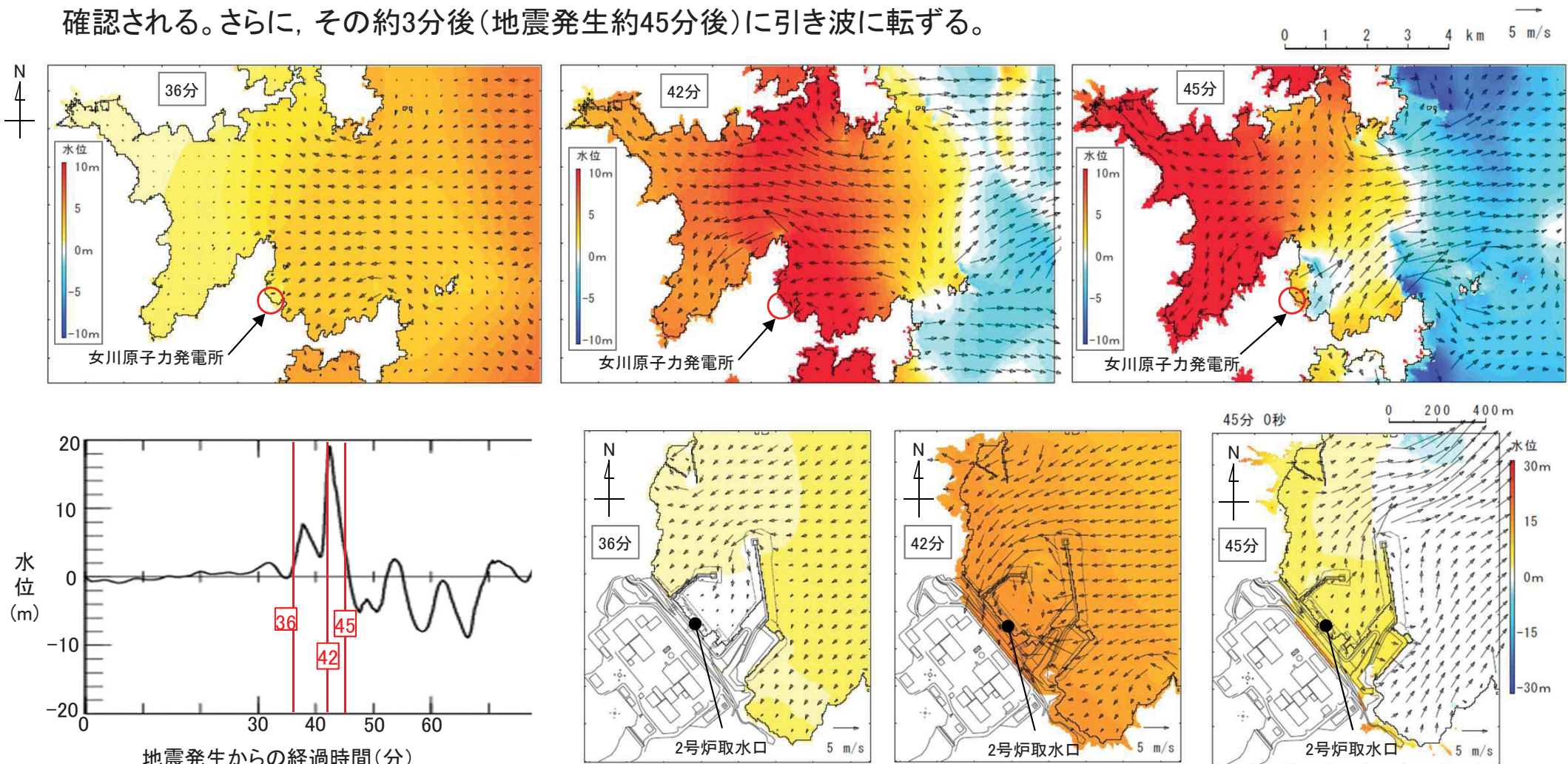
女川原子力発電所の基準津波(水位下降側)
(東北地方太平洋沖型の地震,
宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル)
(すべり量割増モデル)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(5/47)

①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

【基準津波の流向・流速の把握(上昇側)(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。
- 発電所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

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. 32~35)(6/47)

① 検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

【基準津波の流向・流速の把握(上昇側)(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、大貝崎の影響(回折)により、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。

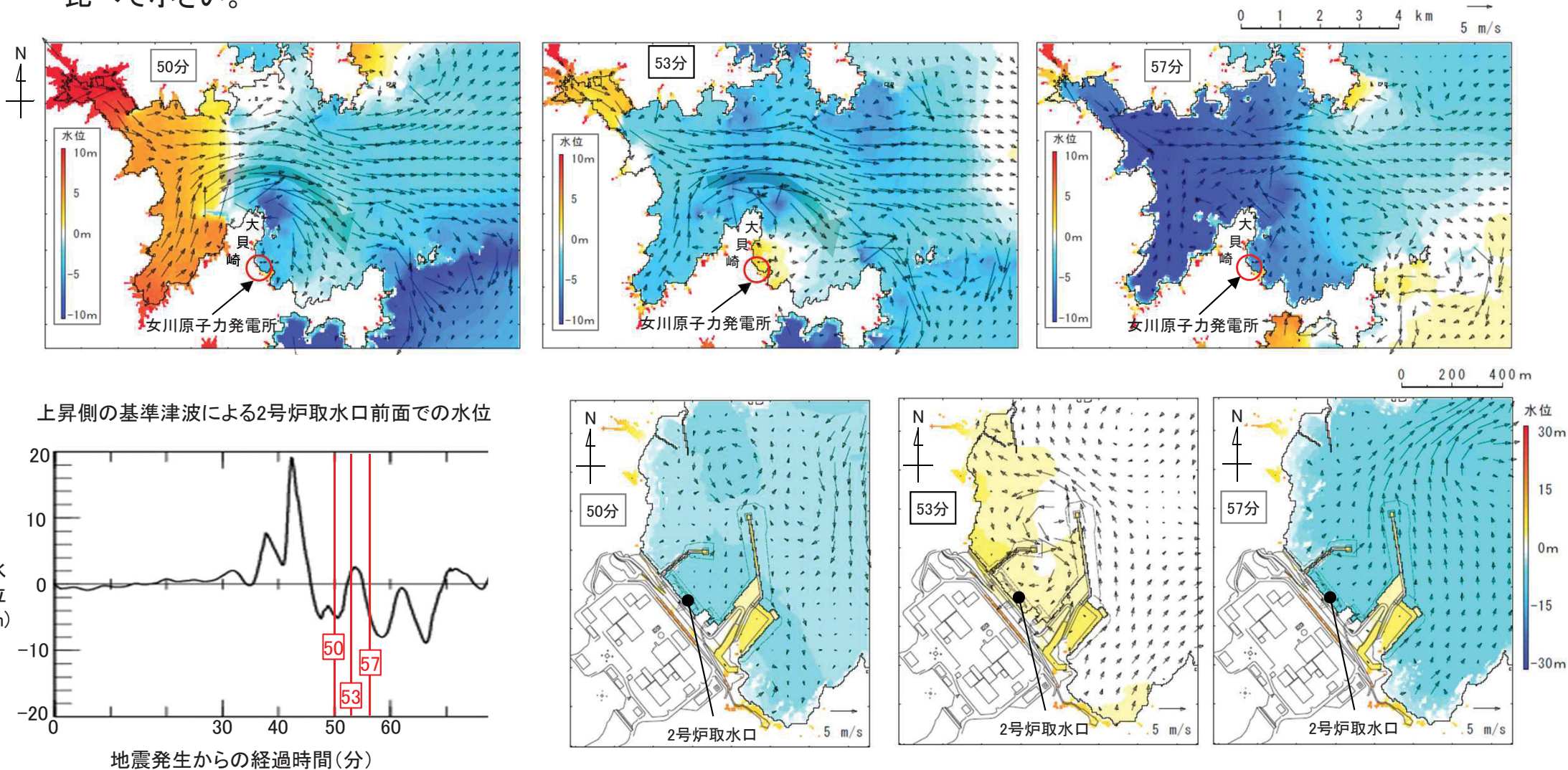


図 発電所周辺海域の水位・流向ベクトル(基準津波(上昇側))

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(7/47)

① 検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

【基準津波の流向・流速の把握(下降側)(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。
- 発電所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。

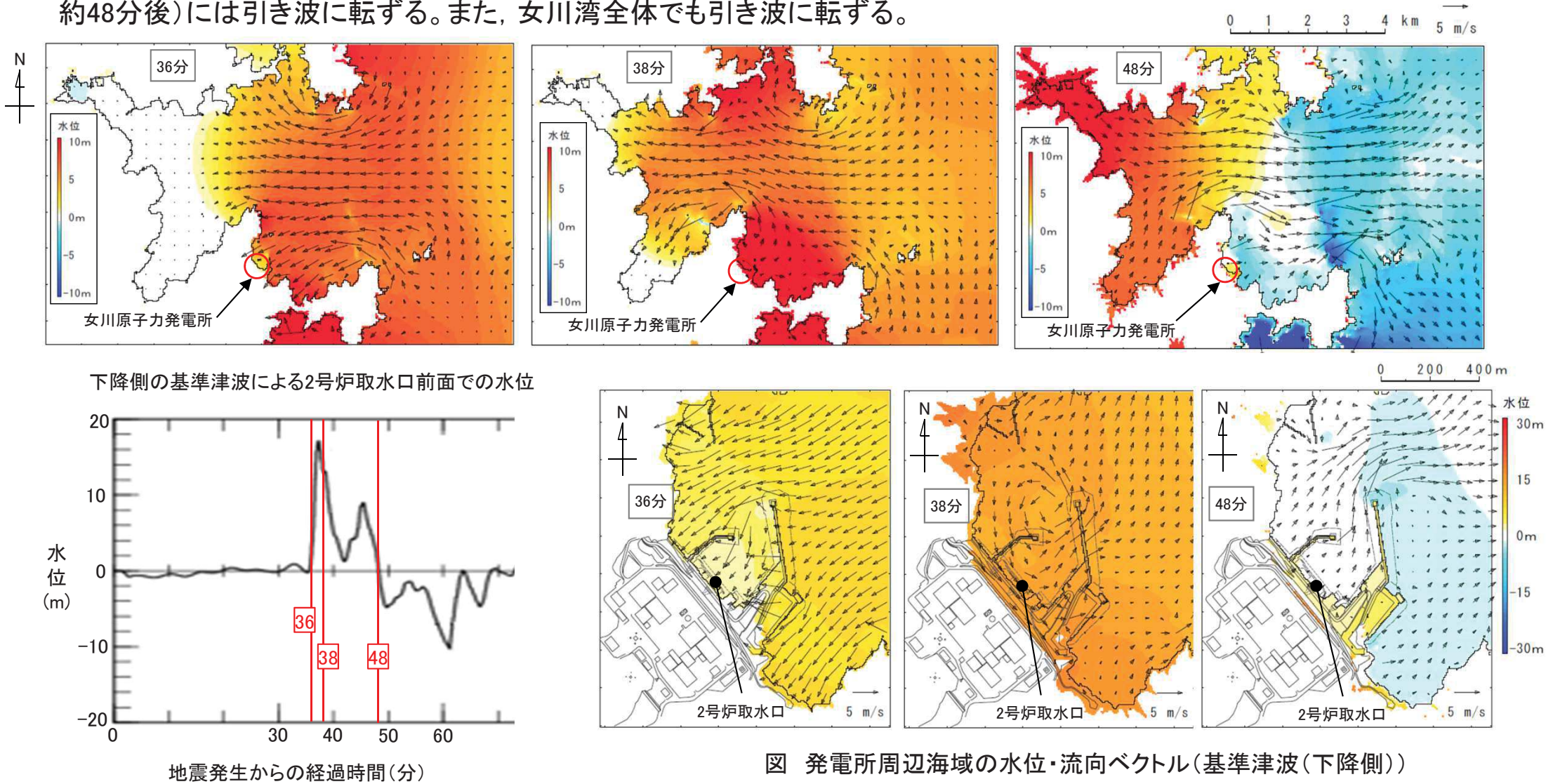


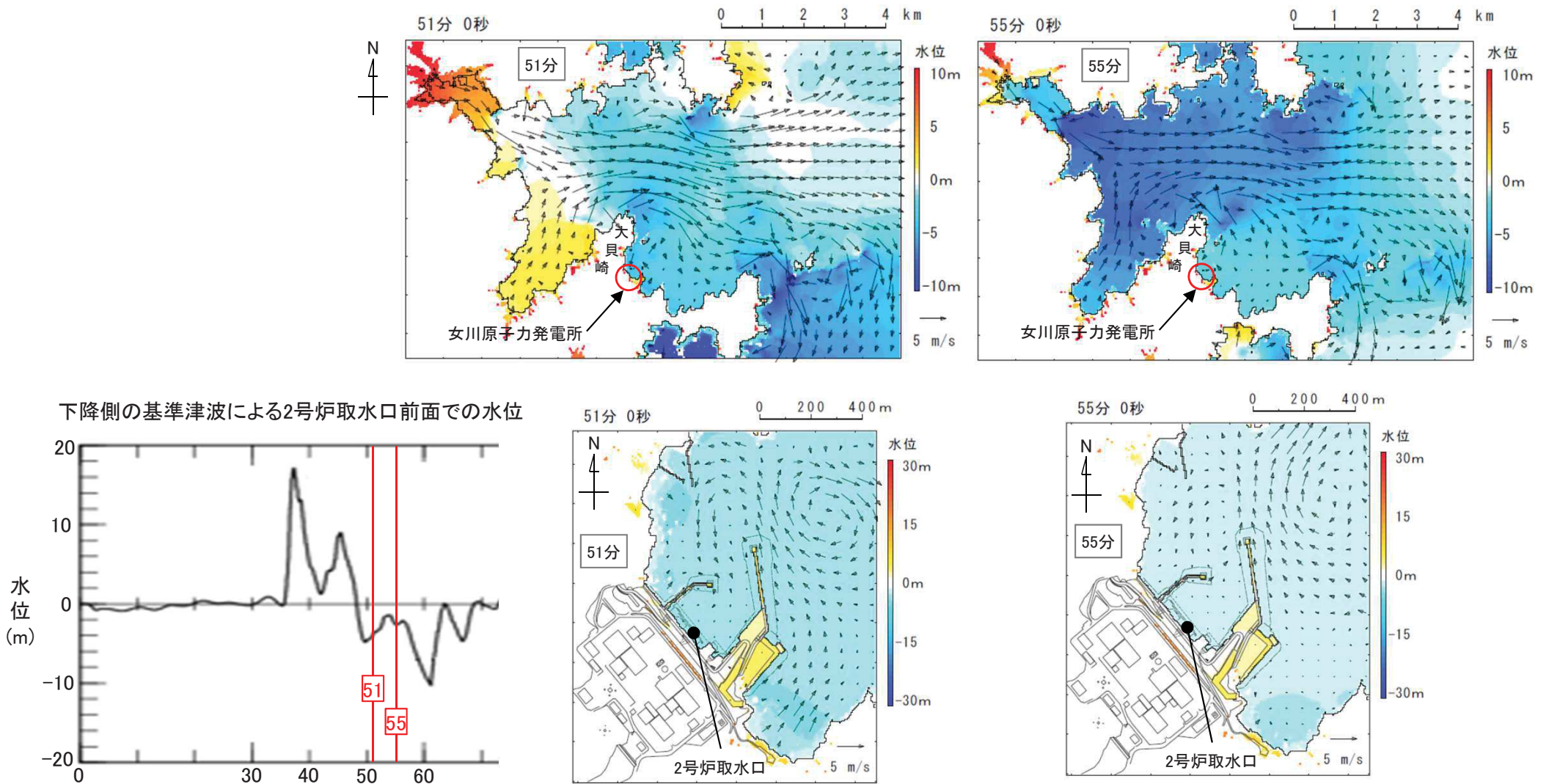
図 発電所周辺海域の水位・流向ベクトル(基準津波(下降側))

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(8/47)

①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

【基準津波の流向・流速の把握(下降側)(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、大貝崎の影響(回折)により、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。



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(下降側))

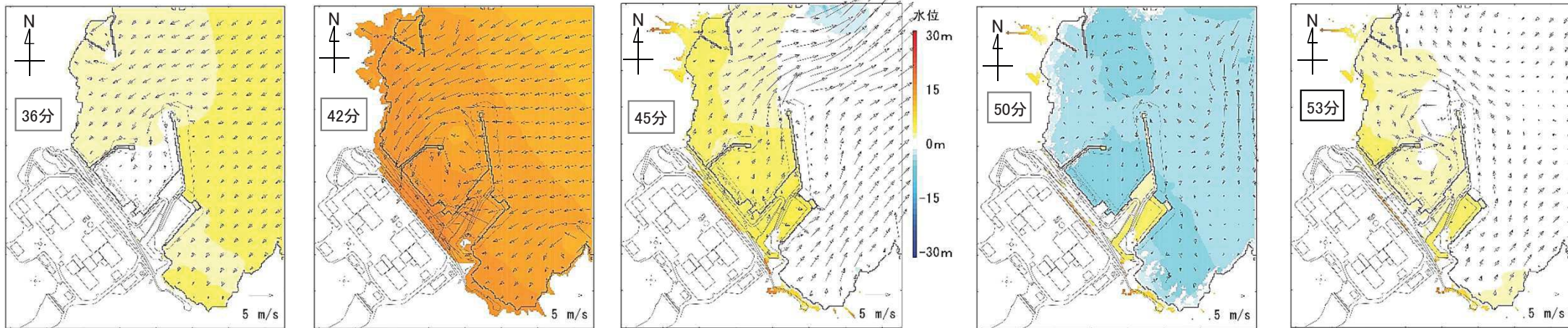
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(9/47)

①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

【基準津波の流向・流速の把握(防波堤の有無による比較)(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

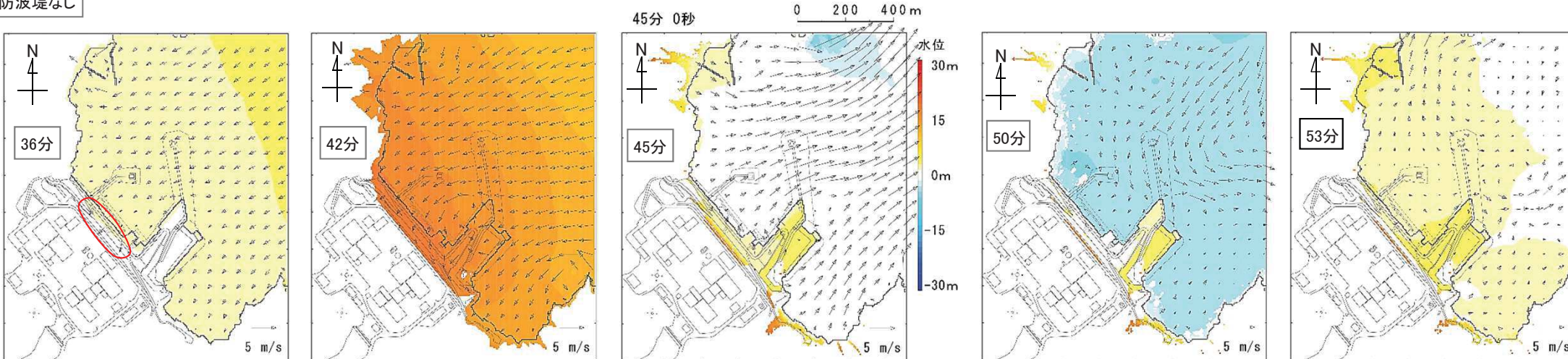
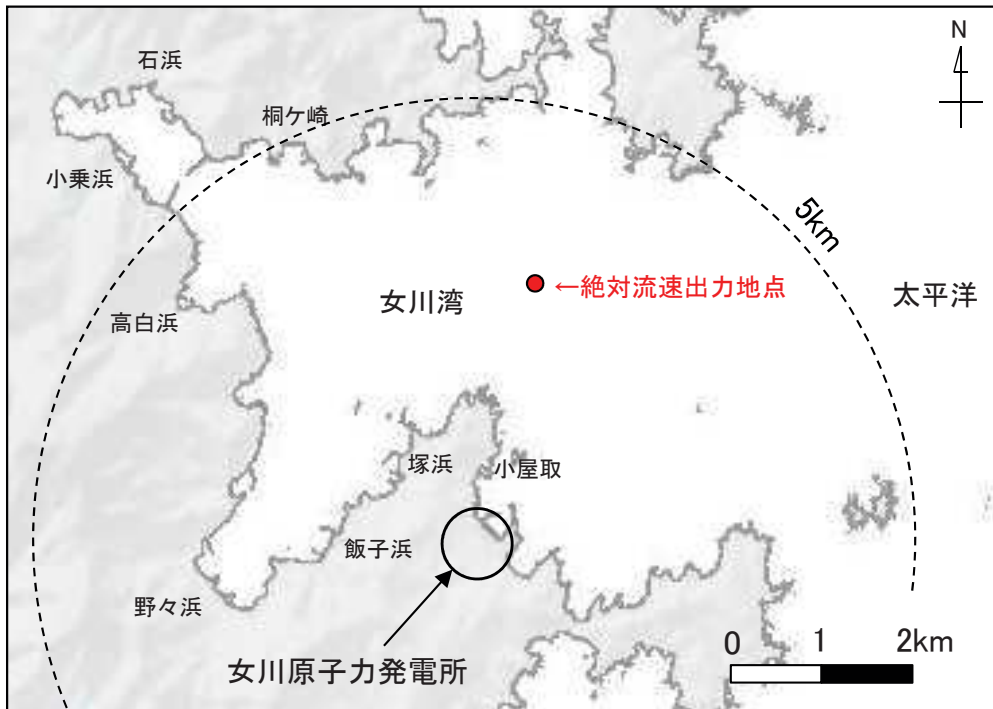


図 防波堤の有無による水位・流速・流向の比較(基準津波(上昇側))

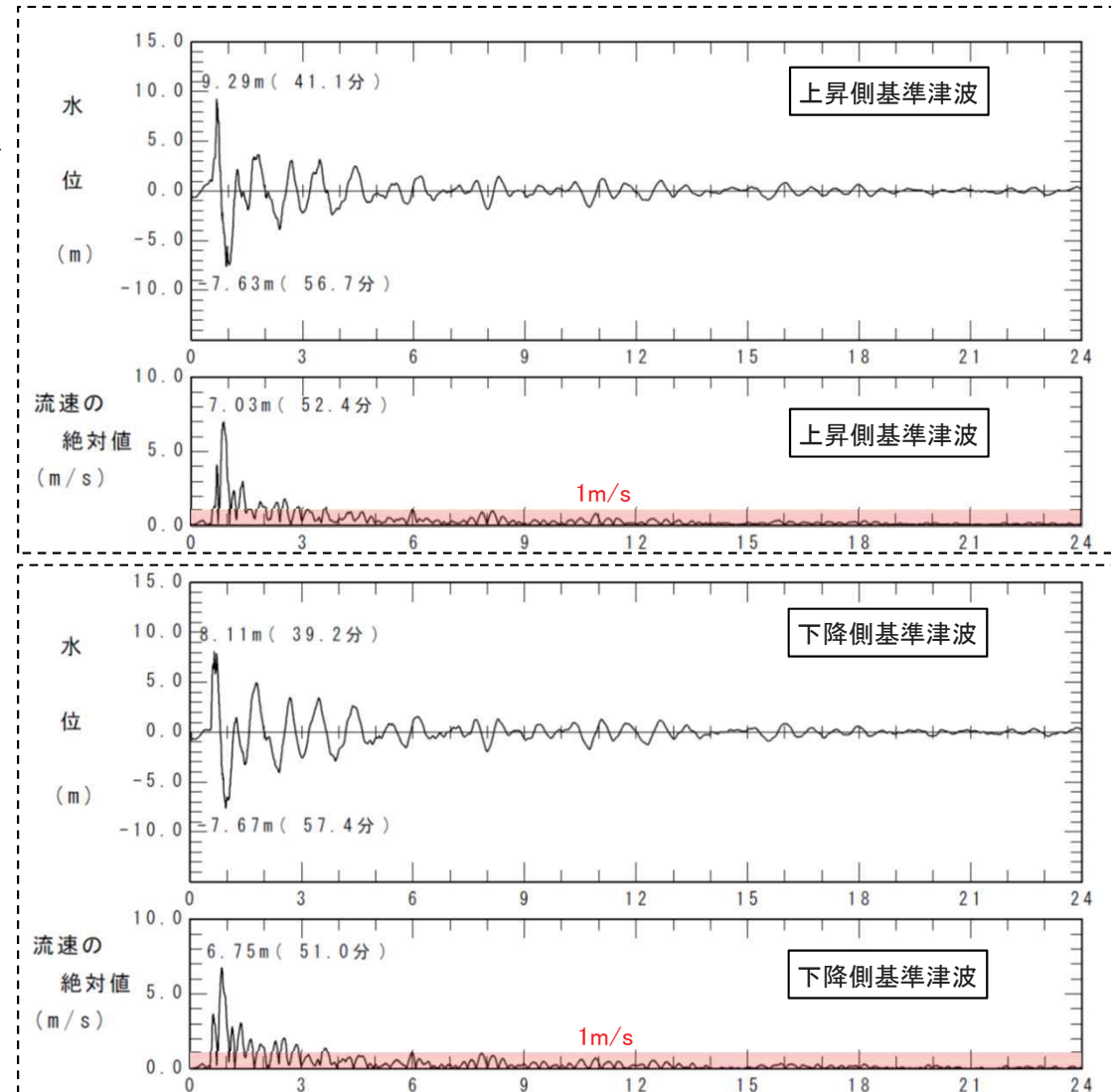
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(11/47)

① 検討対象施設・設備の抽出範囲の設定 【基準津波の流向・流速の把握(軌跡解析)(1/2)】

- 女川湾の海岸線付近に位置する施設・設備が漂流することを想定し、その際の特徴を確認するため、女川湾内に位置する漁港等からの軌跡解析(平面二次元解析により求まる流向・流速から水粒子の動きを把握する方法)を行った。
- 女川湾の中央付近の絶対流速から、地震発生から12時間後では流速が小さくなっており、さらに12時間後(地震発生から24時間後)では流速がほとんどない状況であることを確認した。そのため、軌跡解析の計算時間は地震発生後24時間とした。



【絶対流速出力点の位置】

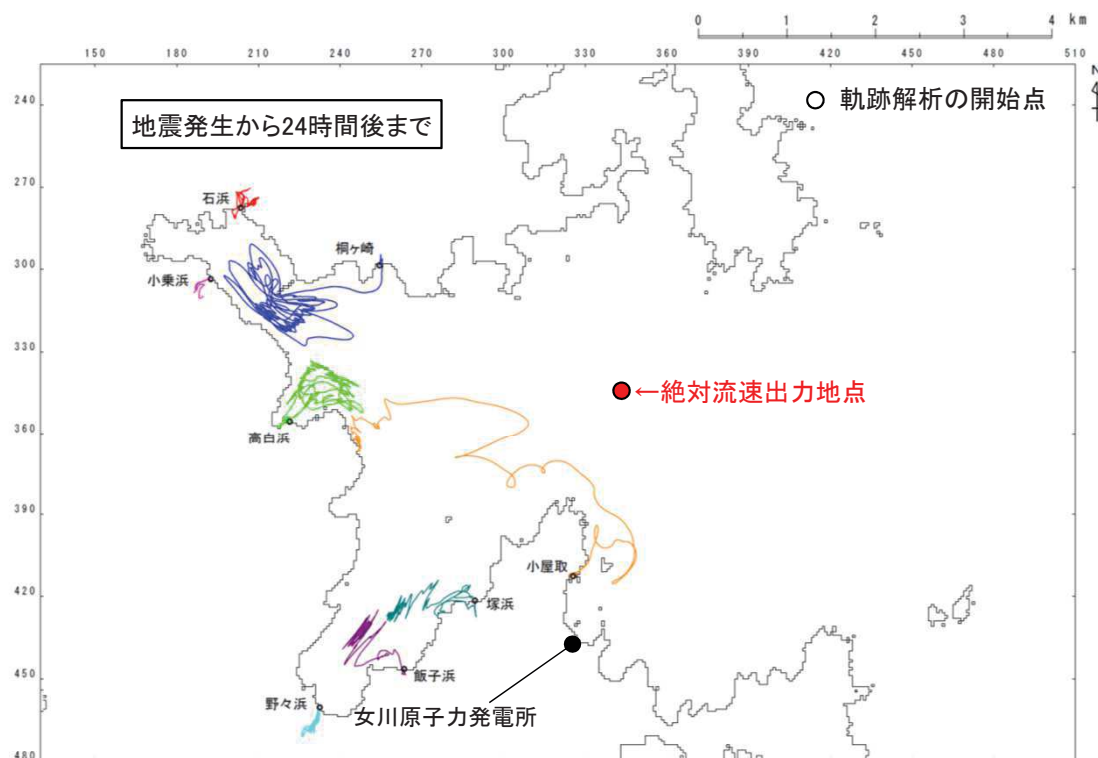
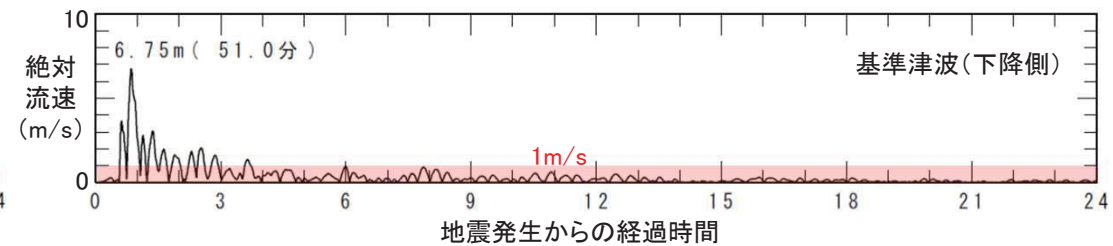
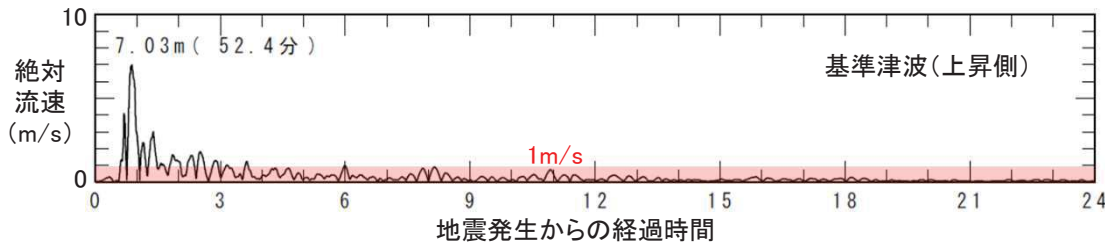


2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(12/47)

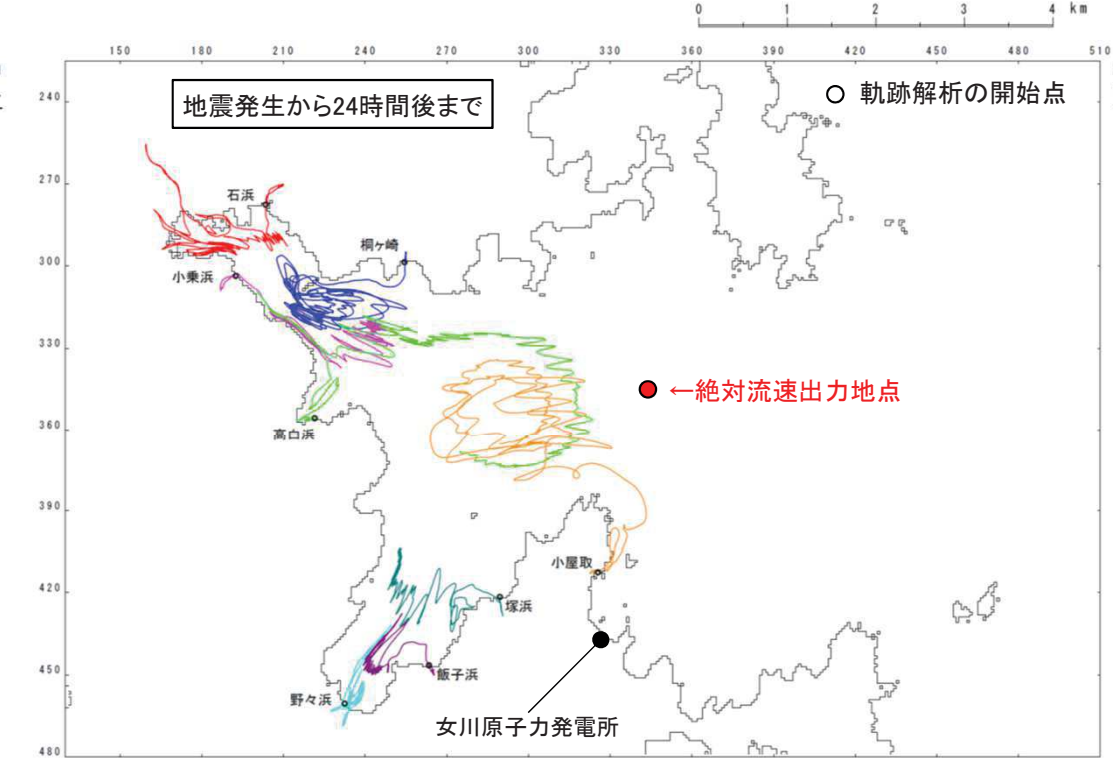
①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

【基準津波の流向・流速の把握(軌跡解析)(2/2)】

- 基準津波(上昇側及び下降側)による軌跡解析の結果, 女川湾の湾口部に位置する小屋取の軌跡は, 上昇側及び下降側ともに津波の第一波が北東から襲来し, 引き波時にはその逆方向に流れる特徴を反映した移動傾向があり, その後は女川湾内を漂う特徴を確認した。一方, 女川湾の奥側では, 第一波の寄せ波で陸側に移動し, 湾奥の手前(高白浜や桐ヶ崎等)では, 引き波で海域に移動し, その後女川湾内を漂う特徴を確認した。



軌跡解析結果(上昇側基準津波)



軌跡解析結果(下降側基準津波)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(13/47)

①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定

発電所周辺地形及び基準津波の流向・流速を確認し、以下の特徴を把握した。

【発電所周辺地形の把握】

- ✓ 発電所はリアス海岸の特徴を有する女川湾の湾口部に位置し、発電所よりも西側の湾の奥側には複数の漁港や女川町等の市街地が形成されている。

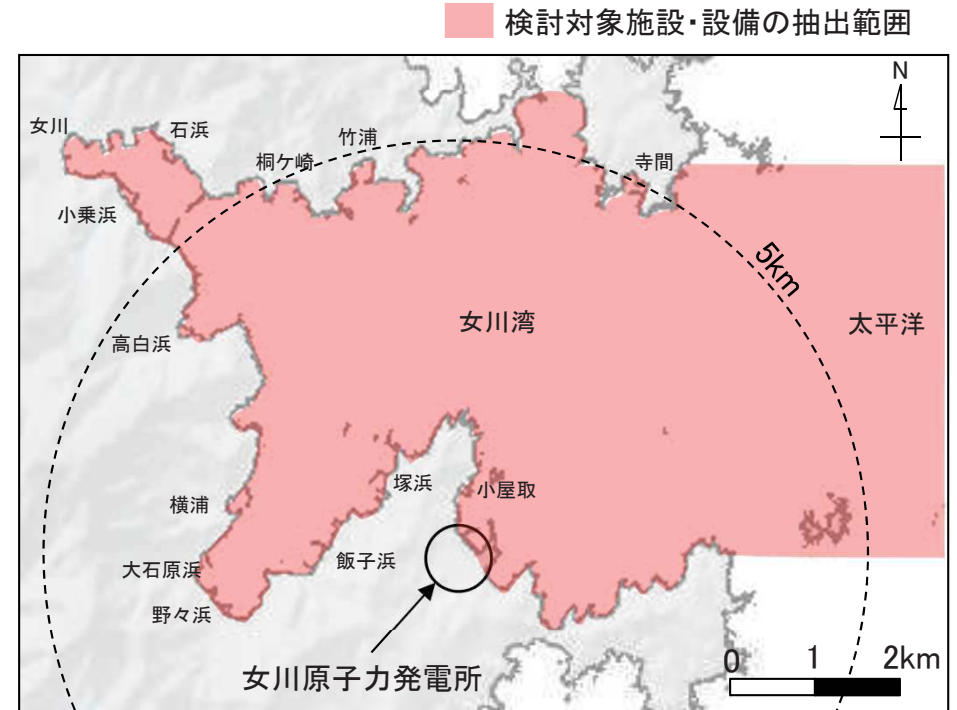
【基準津波の流向・流速の把握】

- ✓ 女川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に流れており、東西方向の流れが支配的である。
- ✓ 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。
- ✓ 軌跡解析の結果、女川湾内の海岸線にある施設・設備は湾内を漂流する可能性がある。

これらの特徴を踏まえ、検討対象施設・設備の抽出範囲については、発電所よりも西側の湾の奥側も含めた女川湾全体とする(右図のとおり)。

なお、沖合側(東側)については、海上設置物の設置状況及び定期航路船舶の航路を考慮して設定する。

次に、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握を行い、「②検討対象施設・設備の抽出」を行うこととする。



【検討対象施設・設備の抽出範囲】

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

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(14/47)

②検討対象施設・設備の抽出

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握(敷地内)】

- 敷地内で確認された東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物は下表のとおりであり、これらの漂流物による取水性への影響はなく、作業船等により撤去している。
- これらのうち、タンクについては撤去済みであるため、今後、漂流物とはならない。
- また、鉄骨造の建物自体は漂流していないが、壁材等が漂流物となっていることから、鉄骨造の壁材等は漂流物となる可能性がある。
- その他の漂流物については、今後も漂流物となる可能性がある。
- RC造及び鉄骨造の建物は、それ自体漂流していないが、開口部(扉、窓等)はいずれも破損して、建物の気密性は失われていた。また、車両については内空を保持したまま漂流していたことから、基準津波襲来時においても同様の状態を想定する。

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物】



岸壁の漂流物状況(平成23年3月22日撮影)



混合ゴミ



木片・流木

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・混合ゴミ・流木	約370m ³	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



建屋壁材の剥がれ状況



廃プラ・漁具類(大型土嚢)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(15/47)

②検討対象施設・設備の抽出

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握(女川町・女川湾)】

設定した抽出範囲内にある女川町・女川湾を対象に漂流物の特徴を調査した。

- RC造建築物については、開口部の窓ガラスやドアのほとんどは津波によって破壊されたが、その多くは津波の後も残存していた。一方、一部のRC造建築物で倒壊、転倒、移動等の被害が生じていた。このような被害は、各階の開口の上端から天井までの長さが長い建築物ほどその部分に空気が溜まるため、大きな浮力が働いたことが一因であり、転倒した建築物は比較的開口が少ないものが多かった。4階建てのRC造建築物が転倒した事例では、70mほど流されているが地面等に引きずった跡はみられていない。
- 鉄骨造建築物については、早期に開口部(扉や窓等)が破損したり、外装材(壁材等)が流されたことで津波の大きな波圧を受けなかったために残存したと考えられるものが多く見られた。
- 漁業関係の船舶については、震災前に1057隻があったが、その多くが津波によって流され、残ったのは363隻であった。また、女川港を船籍港とする20t以上の大型漁船は当時6隻であり、そのうち4隻は沖合いで操業しており被災を免れている。残りの2隻については、気仙沼港で係留していたものの、陸への打上げ及び焼失という被害にあっている。ただし、この2隻はいずれも漂流しておらず、港内で被災している。
- 定期航路を航行する船舶は、「きたかみ」は仙台港に停泊中であったものの、緊急出港して被災を免れている。また、「いしかり」は東京湾で内覧中であったため被災を免れている。一方、「きそ」は津波後に緊急輸送(「きたかみ」も同様)を行っていることから、被災はしていないと判断される。「しまなぎ」「ベガ」「アルティア」は、沖出し避難を行い、被災を免れている。避難海域は以前から指定していた出島の南沖合(水深40m)のポイントで漂流し、被災を免れている。
- 女川港では引き波時において港内側の水位が港外側の水位よりもはるかに高くなり、ケーソンが港外側へ転倒する被災が生じている。

机上調査の対象とした資料等は以下のとおり。

- ✓ 女川町 東日本大震災記録誌
- ✓ 国土交通省 国土技術政策総合研究所 国土技術政策総合研究所資料 第673号『津波避難ビル等の構造上の要件の解説』
- ✓ 国土交通省 国土技術政策総合研究所 国土技術政策総合研究所資料 第636号 独立行政法人 建築研究所 建築研究資料『平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震調査研究(速報)(東日本大震災)』
- ✓ 東京大学生産技術研究所 平成23年度建築基準整備促進事業『40.津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討』
- ✓ 海上保安庁『漂流船発見・確認状況』(H23.11.16)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(16/47)

②検討対象施設・設備の抽出

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物(女川湾と類似した地形)(1/2)】

設定した抽出範囲(女川湾)は太平洋側のリアス海岸に位置し、湾の奥に町が形成されている特徴を有する。そのため、同じリアス海岸に位置し、湾の奥に町が形成されているような箇所として気仙沼市と南三陸町を対象に漂流物実績を調査し、漂流したものとなかったものの整理を行った。

気仙沼市の特徴

- 円筒縦置き型の屋外タンク22基(最大容量約3,000kl)が押し波により湾奥へ漂流して陸上へ乗り上げたが、円筒横置き型の1基は漂流しなかった。
- 東北地方太平洋沖地震に伴う津波が襲来した際には、多くの漁船等が係留・停泊しており、被災している。特に、大型船舶は、押し波によって陸上へ乗り上げられた(最大で379t(総トン数)の大型漁船)。一方、小型船舶については、沖合へ漂流した。
- また、多くの家屋が津波によって、がれき化して漂流物となった。

南三陸町の特徴

- 係留又は停泊している多くの小型漁船が流失し、乗用車の多くが漂流した。
- 低地の家屋はほぼ流失(全壊3,142棟、半壊169棟)し、津波に流されて大量のがれきが漂流した。一方、RCや鉄骨造の建物に関しては、建物自体は漂流していないが、鉄骨造の建物の壁材等が剥がれてがれきとなり漂流した。

机上調査の対象とした資料等は以下のとおり。

- ✓ 気仙沼・本吉地域広域行政事務組合消防本部 『東日本大震災 消防活動の記録』
- ✓ 気仙沼市 気仙沼市震災復興計画(H23.10.7策定, H28.9.14更新)
- ✓ 南三陸町 南三陸町震災復興計画(H23.12.26策定, H24.3.26改訂)



2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(17/47)

②検討対象施設・設備の抽出

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物(女川湾と類似した地形)(2/2)】

- 設定した抽出範囲内(女川湾)と類似した地形を有する地点として、気仙沼市と南三陸町を対象に漂流物実績及び特徴を調査した。
- これらの類似地形を有する地点で確認された漂流物は、下表のとおり、その種類について抽出する方針とする。
- なお、設定した抽出範囲内(女川湾)からも、同種の施設・設備が抽出されたため、新たに反映すべき種類はなかった。

検討地点	気仙沼市と南三陸町の漂流物の特徴	設定した抽出範囲内(女川湾)において 検討対象施設・設備を抽出する際の反映方針 (反映すべき施設・設備の種類等)
共通 (気仙沼市・ 南三陸町)	<ul style="list-style-type: none"> • 小型船舶については、沖合へ漂流した。 	<ul style="list-style-type: none"> • 小型船舶について抽出する。
	<ul style="list-style-type: none"> • 係留又は停泊している多くの小型漁船が流失した。 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 多くの家屋が津波によって、がれき化して漂流物となった。 	<ul style="list-style-type: none"> • 家屋について抽出することとし、がれき化して漂流物となることを検討する。
	<ul style="list-style-type: none"> • 低地の家屋はほぼ流失(全壊3,142棟, 半壊169棟)し、津波に流されて大量のがれきが漂流した。 	
気仙沼市	<ul style="list-style-type: none"> • 円筒縦置き型の屋外タンク22基(最大容量約3,000kl)が押し波により湾奥へ漂流して陸上へ乗り上げた。 	<ul style="list-style-type: none"> • 屋外タンクについて抽出することとし、女川湾周辺で抽出されたもののうち最大容量のタンクを考慮する。
	<ul style="list-style-type: none"> • 東北地方太平洋沖地震に伴う津波が襲来した際には、多くの漁船等が係留・停泊しており、被災している。特に、大型船舶は、押し波によって陸上へ乗り上げられた(最大で379t(総トン数)の大型漁船)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 係留している大型船舶について抽出することとし、陸上への乗り上げによる影響を検討する。また、船舶の規模については、最大のものを考慮する。
南三陸町	<ul style="list-style-type: none"> • 乗用車の多くが漂流した。 	<ul style="list-style-type: none"> • 車両について抽出する。
	<ul style="list-style-type: none"> • RCや鉄骨造の建物に関しては、建物自体は漂流していないが、壁材等が剥がれてがれきとなり漂流した。 	<ul style="list-style-type: none"> • RCや鉄骨造の建物はそれ自体は漂流せず、壁材等が剥がれ、がれきとして漂流物となることを検討する。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(18/47)

②検討対象施設・設備の抽出

【東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績の把握】

東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物について調査を行い、以下の特徴及び実績を把握した。

- ✓ 敷地内では、小型船舶、車両、がれき等が漂流してきたが、取水性への影響はなく、その後撤去している。
- ✓ 検討対象施設・設備の抽出範囲内である女川町では、一部のRC造建築物は浮力により浮き上がって数十m移動した。また、女川湾では多くの漁船が漂流し、女川港の防波堤ケーソンが転倒した。
- ✓ 女川湾と類似した地形を有する気仙沼及び南三陸町では、タンク及び大型船舶が陸上へ乗り上げ、小型漁船や家屋ががれき化して漂流した。また、RCや鉄骨造の建物は、建物自体は漂流していないが、壁材等が剥がれてがれきとなり漂流した。

- 検討対象施設・設備の抽出範囲における東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物の特徴及び実績を反映するとともに、発電所周辺と類似した地形での漂流物の特徴も参考に、検討対象施設・設備の抽出を行った。
- 抽出にあたっては、検討対象施設・設備の抽出範囲を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(右表のとおり)。

「①検討対象施設・設備の抽出範囲の設定」及び「②検討対象施設・設備の抽出」を踏まえ、漂流物の選定・影響確認フロー(次頁)を策定し、このフローに沿って取水性への影響を評価した。



※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。

【漂流物調査範囲】

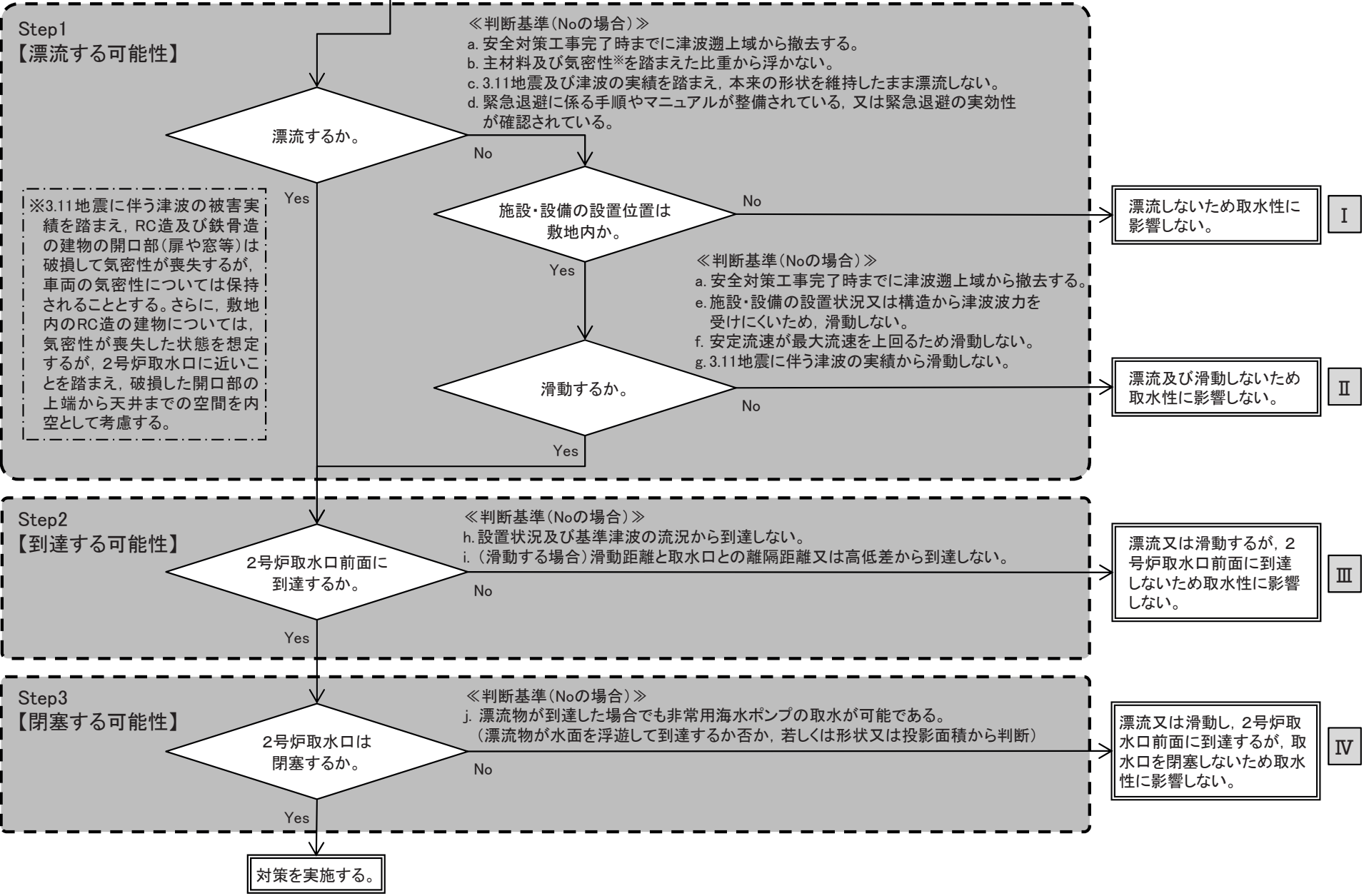
【調査分類表】

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 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 商・工業施設, 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

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(19/47)

漂流物の抽出 範囲の設定	発電所周辺地形の把握	検討対象施設・設備の抽出				東北地方太平洋沖地震に伴う津波の漂流物実績		
	基準津波の流況の把握	調査分類A	調査分類B	調査分類C	調査分類D	発電所敷地内	女川町・女川湾	気仙沼市, 南三陸町

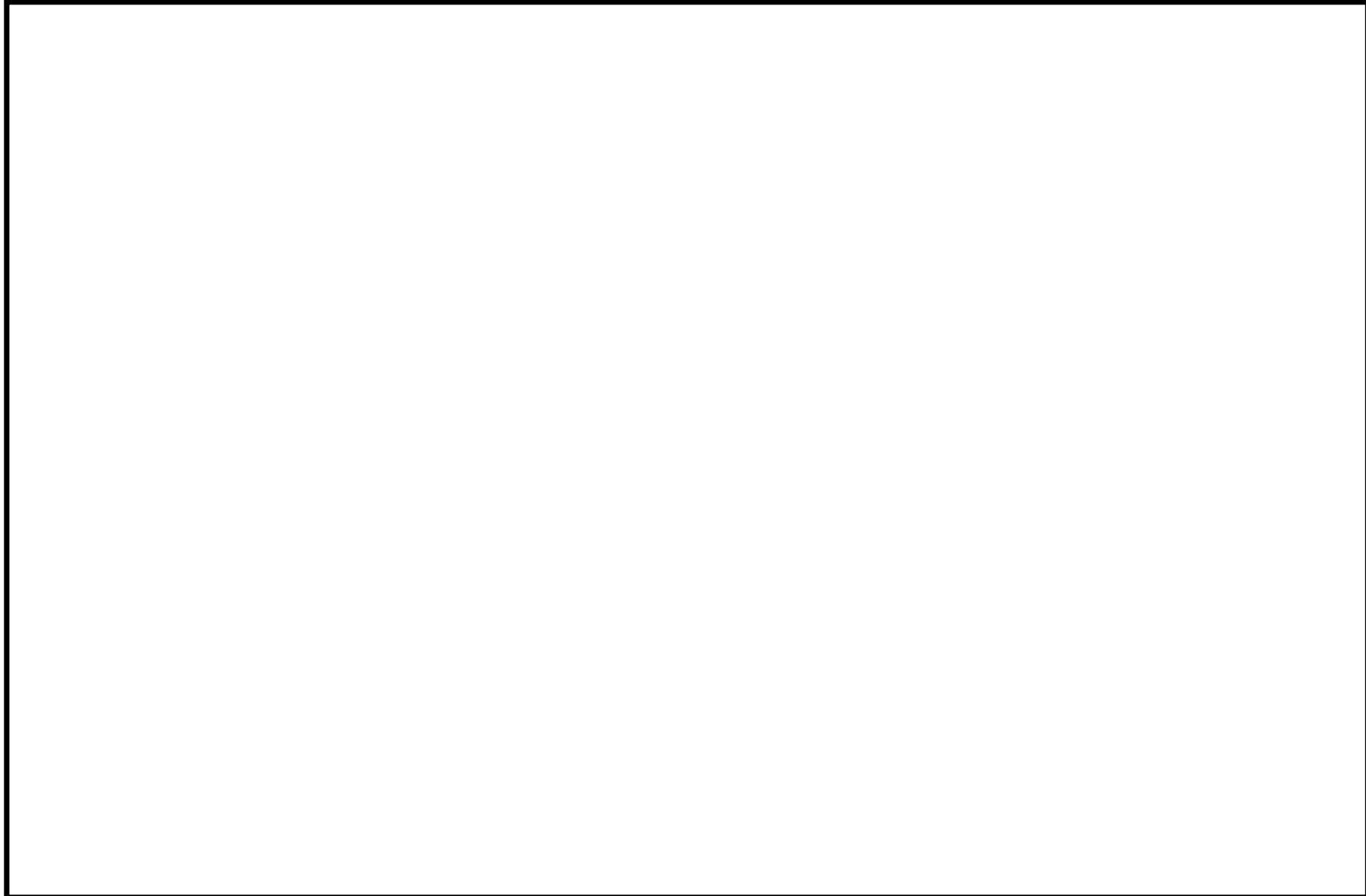
漂流物の選定・
影響確認フロー



2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(20/47)

【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. 32～35)(21/47)

【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

No.	名称
1	北防波堤導標・敷地側導標
2	東防波堤灯台
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	1号炉放水路サンプリング室(排水路試料採取室)
7	1号炉放水口モニター建屋
8	港湾作業管理詰所
9	オイルフェンス格納倉庫
10	屋外電動機等点検建屋
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型鋼)
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	工事用仮設物及び建物

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)

 安全対策工事完了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. 32~35)(22/47)

▶ 調査分類A(発電所敷地内における人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローのStep1の評価結果(1/4)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)				評価
				漂流		滑動		
				検討結果	比重※	設置場所	検討結果	
1	北防波堤導標 敷地側導標	鋼材	約0.5t 約0.2t	【b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	【e】 細長い円筒形の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
2	東防波堤灯台	RC	約30t	【b】 No.3~5の施設を代表に評価を行った。 扉や窓等の開口部が地震又は津波波力により破損して気密性が喪失し、施設内部に津波が流入する。ただし、3.11地震に伴う津波の実績を踏まえ、開口部上端から天井までの空間を含めた施設体積を算出し、当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない(詳細はp75~76)。	(3.11地震に伴う津波の実績を踏まえ、開口部上端から天井までの空間を含めた施設体積と重量から算出) 【1.16~1.34】	発電所敷地内	これらの施設は直接基礎又は杭基礎構造であることから、滑動しにくいと考えられるが、3.11地震に伴う津波の事例では、4階建てのRC造の建物が約70m移動したとの報告があることから、滑動することを考慮する(詳細はp75~76)。	Step2 (滑動)
3	3号炉放水路サンプリング建屋	RC(RC造)	約185t					
4	2号炉放水口モニター建屋	RC(RC造)	約224t					
5	2号炉放流管真空ポンプ室	RC(RC造)	約136t					
6	1号炉放水路サンプリング室 (排水路試料採取室)	RC(RC造)	—					
7	1号炉放水口モニター建屋	RC(RC造)	—	【b,c】 扉や窓等の開口部及び壁材が地震又は津波波力により破損して気密性が喪失し、施設内部に津波が流入する。このことを踏まえ、施設本体については主材料である鋼材の比重を考慮するが、海水の比重と比較した結果、漂流物とはならない。 一方、地震又は津波波力により施設本体から分離した壁材等についてはがれき化して漂流物となる。	≪施設本体≫ 鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	【e.g】 施設本体(鉄骨のみ)は、津波波力を受けにくい構造であるとともに、3.11地震に伴う津波の実績から滑動しない。	II
8	港湾作業管理詰所	鋼材(鉄骨造) 石膏ボード	—					
9	オイルフェンス格納倉庫	鋼材(鉄骨造) 石膏ボード	—					
10	屋外電動機等点検建屋	鋼材(鉄骨造) 石膏ボード	—	≪施設本体以外≫ 石膏ボード比重 【0.65】	発電所敷地内	—	Step2 (漂流)	
11	配電柱	コンクリート	390kg/本	【b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート比重 【2.34】	発電所敷地内	【e】 細長い円筒形の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II

※: 鋼材及びコンクリートの比重は道路橋示方書・同解説より設定、石膏ボードの比重はJIS A6901より設定。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(23/47)

▶ 調査分類A(発電所敷地内における人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローのStep1の評価結果(2/4)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)				
				漂流		設置場所	滑動	評価
				検討結果	比重※1			
12	巡視点検用車両等	鋼材	約0.7~15.3t	地震又は津波波力を受けた後も内空は保持されるため、内空を含めた当該設備の比重を算出し、海水の比重と比較した結果、漂流物となる。	(軽・普通乗用車, ワンボックス, 吸引車※2等を想定し、重量と体積から算出) 【0.2~0.95】	発電所敷地内	—	Step2(漂流)
	車両系重機		約2.7~41.2t	【b】 地震又は津波波力を受けた後も内空は保持されるため、内空を含めた当該設備の比重を算出し、海水の比重と比較した結果、漂流物とはならない。	(ダンプトラック, バックホウ, ラフタークレーン等を想定し、重量と体積から算出) 【1.11~3.36】	発電所敷地内	当該設備の最大形状の車両として使用済燃料輸送車両を代表とする。車両は地盤等に固定されておらず、防潮堤海側のエリア全域で停車又は移動している可能性があるため、滑動を考慮する(詳細はp77)。	Step2(滑動)
	燃料等輸送車両		約9.7t, 約34t		(使用済燃料・LLW輸送車両) 【1.25, 1.36】	発電所敷地内		Step2(滑動)
13	2号炉カーテンウォール(PC板)	PC	約6t	【a】 安全対策工事完了時までに撤去する予定であることから、漂流物とはならない。	PC比重 【2.49】	発電所敷地内	【a】 安全対策工事完了時までに撤去する予定であることから、滑動しない(漂流物とはならない)。	II
14	2号炉カーテンウォール(H型鋼)	鋼材	約2.5t		鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内		II
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		コンクリート比重 【2.34】	発電所敷地内		II
16	1号炉及び2・3号炉カーテンウォール(PC板)	PC	約8t	【b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	PC比重 【2.49】	発電所敷地内	発電所の港湾内の最大流速9.3m/sに対して、当該設備の安定流速は6.2m/sであることから、滑動する(詳細はp78)。	Step2(滑動)
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		鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	【e】線状構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
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		コンクリート比重 【2.34】	発電所敷地内	【f】発電所の港湾内の最大流速9.3m/sに対して、当該設備の安定流速は10.4m/sであることから、滑動しない。	II

※1: 鋼材, コンクリート及びPCの比重は道路橋示方書・同解説より設定。

※2: 後部のレシーバータンクは空の状態を想定し内空として考慮。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(24/47)

➤ 調査分類A(発電所敷地内における人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローのStep1の評価結果(3/4)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)				評価
				漂流		滑動		
				検討結果	比重※	設置場所	検討結果	
19	屋外キュービクル	鋼材	—	【b】 扉等の開口部が地震又は津波波力により破損して施設内部に津波が流入し、内部を構成する部材が設備本体から分離して漂流物となる。 一方、設備本体については鋼材の比重から漂流物とはならない。	《設備本体》 鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	主材料が同じ(鋼材)で、地盤等に固定されていない車両(車両系重機及び燃料等輸送車両)で代表させる。	Step2 (滑動)
20	屋外中継盤	鋼材	—		《設備本体以外》 漂流することを考慮	発電所敷地内	—	Step2 (漂流)
21	海上レーダー中継盤	鋼材	—					
22	海側設備分電盤	鋼材	—					
23	電気中継盤	鋼材	—					
24	角落し	PC	—	PC比重 【2.49】	発電所敷地内	同種設備であるカーテンウォールのPC板で代表させる。	Step2 (滑動)	
25	3号炉放水口モニタリング架台	鋼材	—	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	主材料が同じ(鋼材)で、地盤等に固定されていない車両(車両系重機及び燃料等輸送車両)で代表させる。	Step2 (滑動)	
26	海上レーダー支柱	コンクリート	—	コンクリート比重 【2.34】	発電所敷地内	【e】 細長い円筒形の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II	
27	鋼製ゲート	鋼材	—	【b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	【e】 格子状の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
28	警備用カメラ支柱	鋼材	—	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	【e】 細長い円筒形の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II	
29	排水路フラップゲート巡視路	鋼材	—	鋼材比重 【7.85】	発電所敷地内	【e】 細長い円筒形の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II	

※:鋼材、コンクリート及びPCの比重は道路橋示方書・同解説より設定。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(25/47)

▶ 調査分類A(発電所敷地内における人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローのStep1の評価結果(4/4)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)				評価
				漂流		滑動		
				検討結果	比重※	設置場所	検討結果	
30	ページング支柱	鋼材	—	【b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	鋼材比重【7.85】	発電所敷地内	【e】細長い円筒形の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
31	照明支柱	鋼材	—		鋼材比重【7.85】	発電所敷地内	【e】細長い円筒形の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
32	立入制限区域柵	鋼材	—		鋼材比重【7.85】	発電所敷地内	【e】格子状の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
33	マンホール	鋼材	—		鋼材比重【7.85】	発電所敷地内	【e】地面に設置されており、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
34	グレーチング	鋼材	—		鋼材比重【7.85】	発電所敷地内	【e】格子状の構造であり、津波波力を受けにくいいため、滑動しない。	II
35	バッチャープラント (コンクリート製造設備)	鋼材	—	【a】 バッチャープラント、工事用仮設物及び建物は、仮設備であり、安全対策工事完了時までに撤去する予定であることから、漂流物とはならない。	鋼材比重【7.85】	発電所敷地内	【a】 バッチャープラント、工事用仮設物及び建物は、仮設備であり、安全対策工事完了時までに撤去する予定であることから、漂流物とはならない。	II
36	工事用仮設物及び建物	—	—		—	発電所敷地内		II
37	防波堤(ケーソン)	コンクリート	約3,000t	【b】 当該設備の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート比重【2.34】	発電所敷地内	【f】 発電所の港湾内の最大流速9.3m/sに対して、当該設備の安定流速は15.7m/sであることから、滑動しない。	II
38	防波堤(上部コンクリート)	コンクリート	約100t/m		コンクリート比重【2.34】	発電所敷地内	【f】 発電所の港湾内の最大流速9.3m/sに対して、当該設備の安定流速は13.1m/sであることから、滑動しない。	II
39	防波堤(消波ブロック)	コンクリート	30t		コンクリート比重【2.34】	発電所敷地内	発電所の港湾内の最大流速9.3m/sに対して、当該設備の安定流速は5.2~7.3m/sであることから、滑動する。	Step2 (滑動)
40	防波堤(被覆石)	石	500kg/個以上		石材比重【2.29】	発電所敷地内	発電所の港湾内の最大流速9.3m/sに対して、当該設備の安定流速は3.6m/sであることから、滑動する。	Step2 (滑動)
41	防波堤(捨石)	石	5~100kg/個		石材比重【2.29】	発電所敷地内	発電所の港湾内の最大流速9.3m/sに対して、当該設備の安定流速は1.6~2.7m/sであることから、滑動する。	Step2 (滑動)

※:鋼材及びコンクリートの比重は道路橋示方書・同解説より設定、石材の比重は港湾の施設の技術上の基準・同解説(2007)より設定。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(26/47)

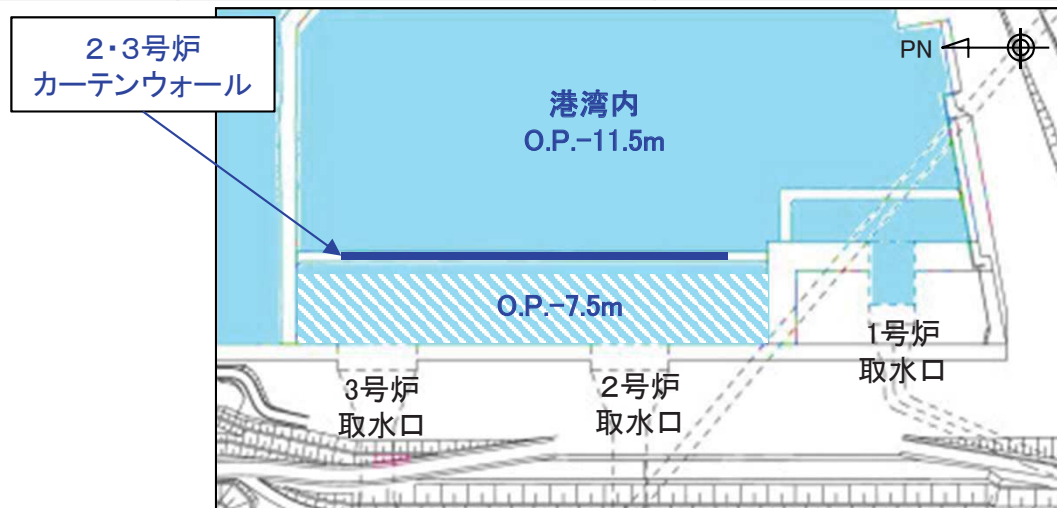
➤ 調査分類A(発電所敷地内における人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローのStep2～3の評価結果(1/2)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1の結果	Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
2	東防波堤灯台	RC	約30t	3.11地震に伴う津波の事例では、4階建てのRC造の建物が約70m移動したとの報告があることから、滑動することを考慮する(詳細はp75～76)。	【i】 開口部上端から天井までに空気の間を考慮しているが、地面の段差等によって滑動中に傾いたり、発電所の港湾内に沈む過程でこの空気の間は失われ、主材料であるコンクリートの比重になると考えられる。主材料であるコンクリートの比重を用いた安定流速(9.4～10.2m/s)は発電所の港湾内の最大流速9.3m/sよりも大きくなるため、港湾内に沈んだ後には滑動しないことから、2号炉取水口前面には到達しない(詳細はp75～76)。	—	Ⅲ
3	3号炉放水路サンプリング建屋	RC(RC造)	約185t				
4	2号炉放水口モニター建屋	RC(RC造)	約224t				
5	2号炉放流管真空ポンプ室	RC(RC造)	約134t				
6	1号炉放水路サンプリング室 (排水路試料採取室)	RC(RC造)	—				
7	1号炉放水口モニター建屋	RC(RC造)	—				
8	港湾作業管理詰所	鋼材(鉄骨造) 石膏ボード	—				
9	オイルフェンス格納倉庫	鋼材(鉄骨造) 石膏ボード	—				
10	屋外電動機等点検建屋	鋼材(鉄骨造) 石膏ボード	—				
12	車両	巡視点検用車両等	約0.7～15.3t	内空を含めた当該設備の比重と海水の比重の関係から、漂流する。	到達を考慮する。	【j】 車両の中で最も形状の大きい使用済燃料輸送車両(全長:約15.2m, 全幅:約3m)が2号炉取水口前面に到達したとしても、取水口の取水面積の方が十分大きいことから、取水口を閉塞することはない(詳細はp77)。	Ⅳ
		車両系重機	約2.7～41.2t				
		燃料等輸送車両	約9.7t,約34t				
16	1号炉及び2・3号炉 カーテンウォール (PC板)	PC	約8t	当該設備の安定流速6.2m/sと発電所の港湾内の最大流速9.3m/sを比較した結果、滑動する(詳細はp78)。	当該設備と2号炉取水口前面の離隔は約40mであるのに対して、安定流速が発電所の港湾内の最大流速を超える時間から算出される滑動距離は約460mであることから、到達を考慮する(詳細はp78)。	【j】 PC板の形状(4.9m×2.33m×0.3m)に対して、取水口の取水面積の方が十分大きいことから、取水口を閉塞することはない(詳細はp78)。	Ⅳ

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(27/47)

➤ 調査分類A(発電所敷地内における人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローのStep2~3の評価結果(2/2)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1の結果	Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
19	屋外キュービクル	鋼材	—	≪設備本体≫ 主材料が同じ(鋼材)で、地盤等に固定されていない車両(車両系重機及び燃料等輸送車両)で代表させる。	車両(車両系重機及び燃料等輸送車両)と同様に到達を考慮する。	【j】当該設備本体の形状(2.3m×4.7m×1.3m)に対して、取水口の取水面積の方が十分大きいことから、取水口を閉塞することはない。	IV
20	屋外中継盤	鋼材	—				
21	海上レーダー中継盤	鋼材	—				
22	海側設備分電盤	鋼材	—	≪設備本体以外≫ 内部を構成する部材が設備本体から分離して漂流する。	到達を考慮する。	【j】想定しているがれき(内部を構成する部材)は、軽量物であり、水面に浮遊することから、取水口を閉塞することはない。	IV
23	電気中継盤	鋼材	—				
24	角落し	PC	—	同種設備であるカーテンウォールのPC板で代表させる。	カーテンウォールのPC板と同様に到達を考慮する。	【j】角落しの形状(15m×4.94m×0.3m)に対して、取水口の取水面積の方が十分大きいことから、取水口を閉塞することはない。	IV
25	3号炉放水口 モニタリング架台	鋼材	—	主材料が同じ(鋼材)で、地盤等に固定されていない車両(車両系重機及び燃料等輸送車両)で代表させる。	車両(車両系重機及び燃料等輸送車両)と同様に到達を考慮する。	【j】3号炉放水口モニタリング架台の形状(2.5m×1.2m×2.5m)に対して、取水口の取水面積の方が十分大きいことから、取水口を閉塞することはない。	IV
39	防波堤(消波ブロック)	コンクリート	30t	各設備の安定流速と発電所の港湾内の最大流速9.3m/sを比較した結果、滑動する。	【i】各設備は滑動するものの、2号炉取水口は発電所港湾内に比べ、約4m高い位置にあることから、到達しない(下図参照)。	—	III
40	防波堤(被覆石)	石	500kg/個以上				
41	防波堤(捨石)	石	5~100kg/個				



2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(28/47)

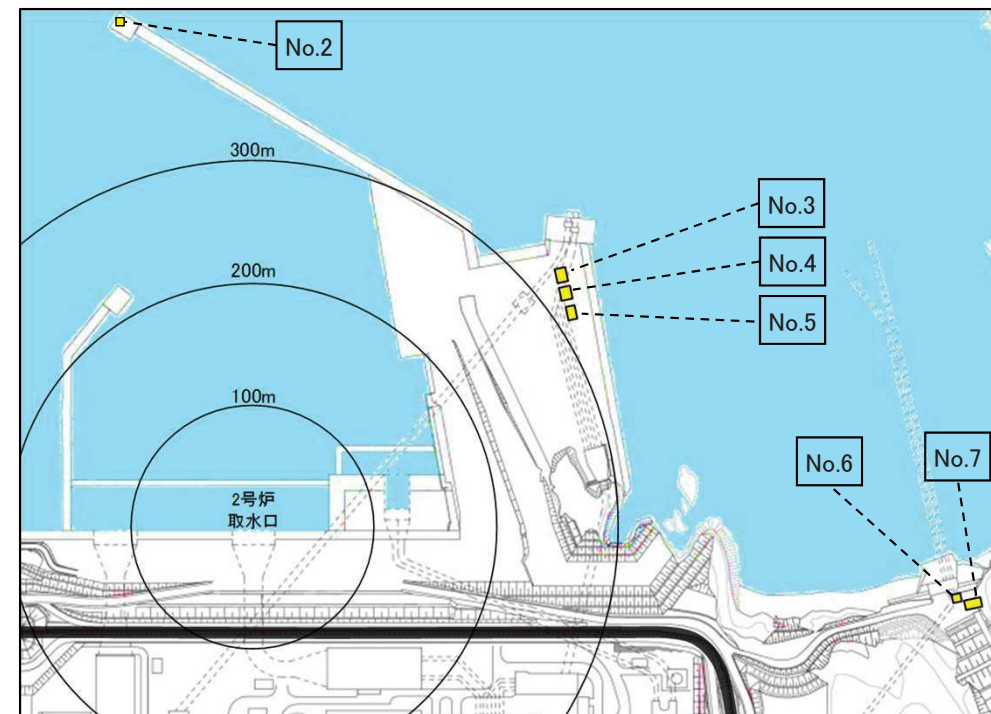
【調査分類A（発電所敷地内における人工構造物）】

建物(RC造)(1/2)

- RC造の建物については、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の被害実績から、扉や窓等の開口部が地震又は津波波力により破損して気密性が喪失し、施設内部に津波が流入すると考えられる。一方、一部のRC造の建物において、破損した開口部の上端から天井までに空気が溜まり、その空気の層が浮力として加わり、一時的に建物が浮いて、建物が移動したことが報告されている。
- このことから、建物の開口部が破損して津波が流入したとしても、その上端から天井には空気が溜まり、その体積も考慮した上で、比重を算出し、漂流する可能性を検討した。
- また、調査分類Aの中でRC造の建物は、右下の図のとおり6棟あるが、東防波堤灯台(No.2)は開口部上端から天井までの空間がほとんどないこと、1号炉放水路サンプリング室(No.6)と1号炉放水口モニター建屋(No.7)は2号炉取水口側へ漂流しにくい位置に設置されていることから、3号炉放水路サンプリング建屋(No.3)、2号炉放水口モニター建屋(No.4)及び2号炉放流管真空ポンプ室(No.5)を選定して検討した。



建物に津波が流入しても考慮する空間
(2号炉放流管真空ポンプ室の例)



2号炉取水口とRC造構築物との位置関係

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(29/47)

【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

建物(RC造)(2/2)

- 3号炉放水路サンプリング建屋, 2号炉放水口モニター建屋及び2号炉放流管真空ポンプ室の3棟について, 開口部上端から天井の体積を加えた比重を算定した結果(下表), いずれの建物も海水の比重1.03を上回る結果となったことから, 調査分類Aで抽出されたRC造の建物については, 漂流しない評価となる。

No.	施設名称	寸法	①重量 (kN)	②躯体体積 (コンクリート)(m ³)	③開口部上部体積 (m ³)	比重 (①/g [*])/(②+③)
3	3号炉放水路サンプリング建屋	4.8m × 71.51m ²	1,824	79.31	58.87	1.34
4	2号炉放水口モニター建屋	4.813m × 65.52m ²	2,205	95.91	97.39	1.16
5	2号炉放流管真空ポンプ室	4.2m × 38.95m ²	1,336	58.09	50.78	1.25

※ g:重力加速度(9.80665m/s²)

- 一方, 滑動の評価については, これらのRC造の建物が直接基礎又は杭基礎構造であることから, 滑動しにくいと考えられるが, 東北地方太平洋沖地震に伴う津波の事例では, 4階建てのRC造の建物が約70m移動したとの報告があることから, 滑動することを考慮する。
- これらのRC造の建物は, 開口部上端から天井までに空気の層を考慮しているが, 地面の段差等によって滑動中に傾いたり, 発電所の港湾内に沈む過程で空気の層は失われ, 主材料であるコンクリートの比重(2.34)になると考えられる。
- そのため, 主材料であるコンクリートの比重を用いて, それぞれ安定流速を算出すると, 3号炉放水路サンプリング建屋は9.9m/s, 2号炉放水口モニター建屋は10.2m/s及び2号炉放流管真空ポンプ室は9.4m/sであり, 港湾内の最大流速9.3m/sよりも大きくなる。したがって, 発電所の港湾内に沈んだ後には滑動しないことから, 2号炉取水口前面には到達しない。
- なお, 発電所の港湾内に沈んだ後, 滑動することを保守的に想定したとしても, 2号炉取水口は発電所の港湾内よりも約4m高い位置にあることから, 2号炉取水口前面には到達しない。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32～35)(30/47)

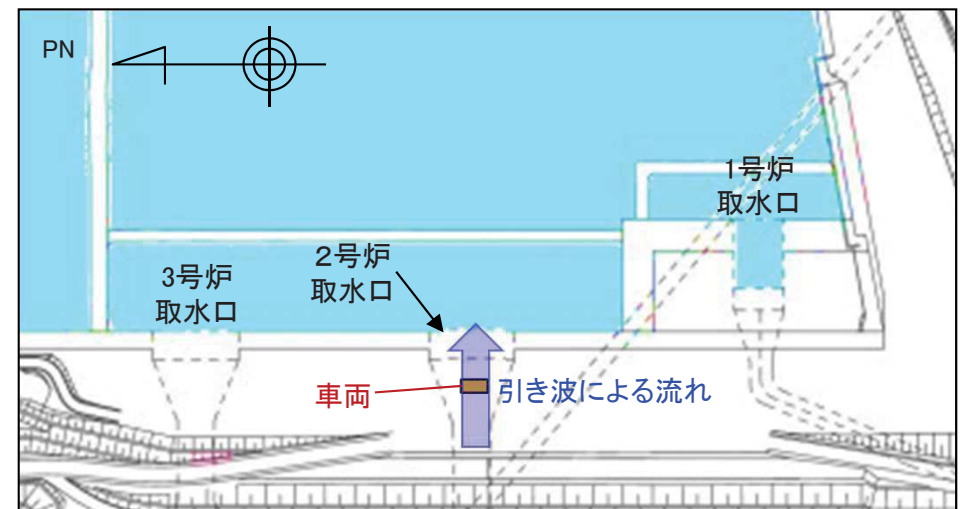
【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

車両(車両系重機及び燃料等輸送車両)

- ・ 車両系重機及び燃料等輸送車両については、比重が1.03以上であるため、漂流しない評価となる。
- ・ 車両系重機及び燃料等輸送車両の滑動評価に当たっては、これらの車両が津波襲来時において防潮堤の海側エリアのどの地点で駐停車又は移動中であるか確定できないことから、安全側の評価となるよう、2号炉取水口付近に駐停車又は移動中であることを想定する。
- ・ 2号炉取水口付近での流速は、引き波時(防潮堤から外海に向かう方向)で1～2m/s程度である。一方、車両系重機及び燃料等輸送車両の安定流速について、取水口閉塞の観点から、最も形状の大きい車両として使用済燃料輸送車両を想定すると、約4.1m/s(津波の流体力によって滑動する可能性について、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の流れに対するブロックの所要質量の評価手法に基づき評価)である。したがって、右下の図のように2号炉取水口前面へ滑動することは考えにくいですが、車両は地盤に固定されていないことを踏まえ、安全側の評価となるよう、滑動すること及び2号炉取水口前面に到達することを考慮する。
- ・ 上記を踏まえ、2号炉取水口が閉塞する可能性について、最も形状の大きい車両である使用済燃料輸送車両の形状(全長:約15.2m, 全幅:約3m)に対して取水口における取水面積は十分に大きいことから、取水口が閉塞する可能性はない。



【取水口前面に車両が沈んだ場合の概念図】

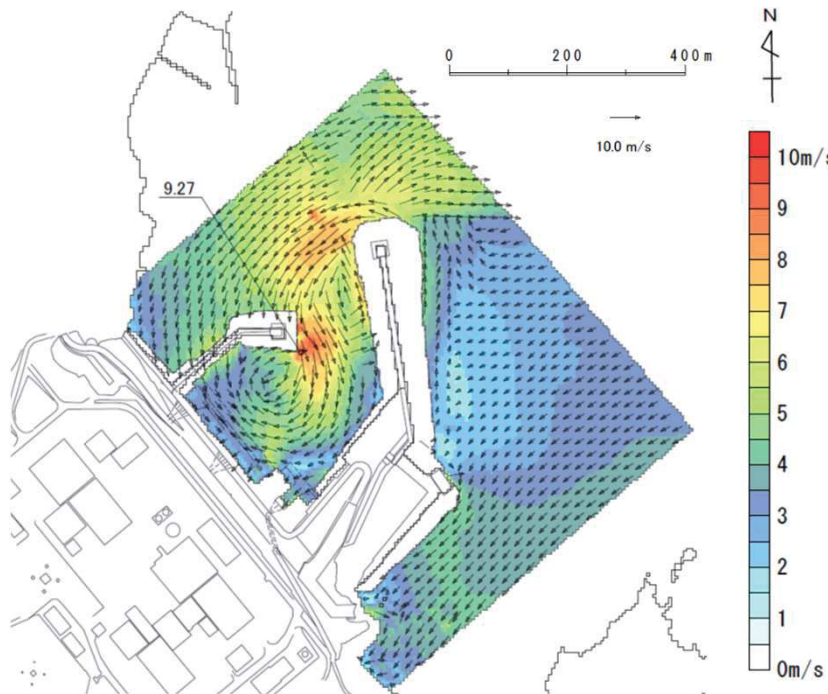
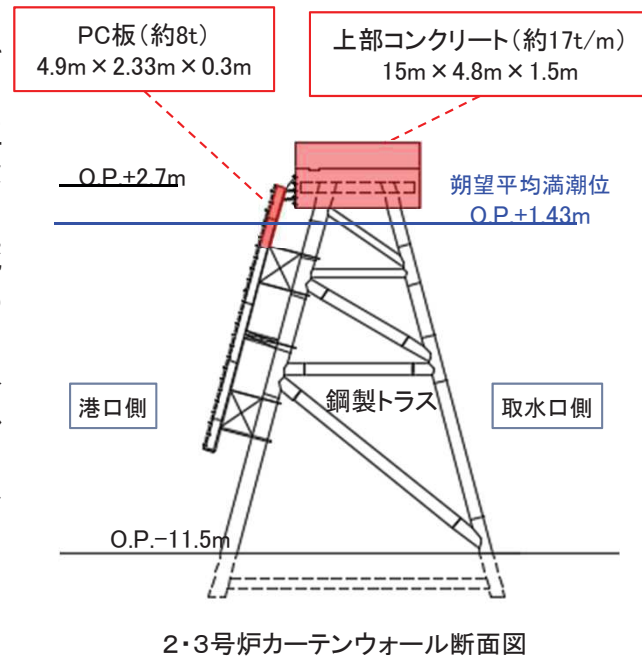


2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(31/47)

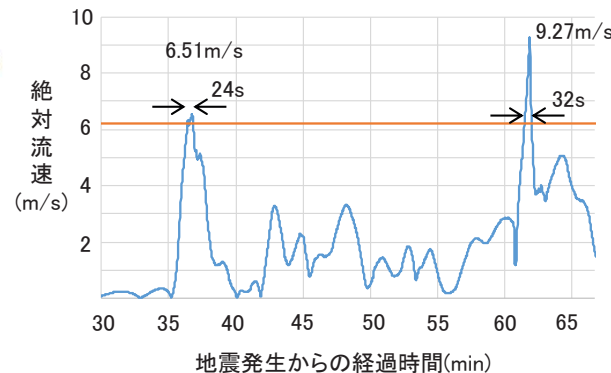
【調査分類A (発電所敷地内における人工構造物)】

カーテンウォール

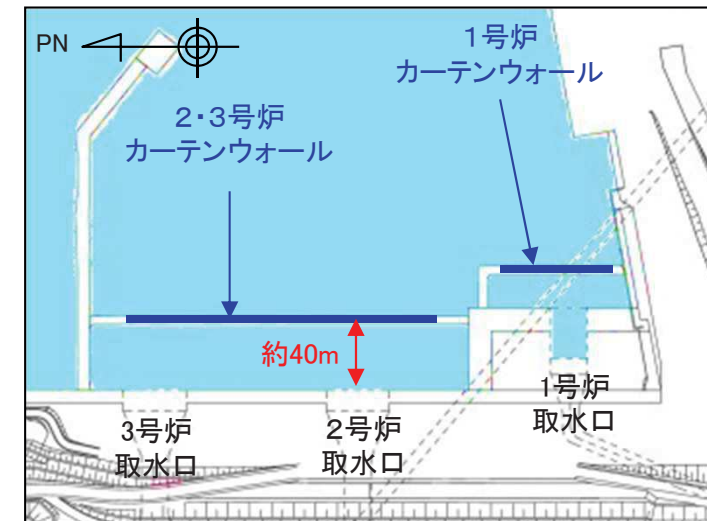
- 2・3号炉カーテンウォールはPC板、鋼製トラス及び上部コンクリートで構成されており、いずれも主材料の比重が1.03以上であるため、漂流しない評価となる。
- このうち、PC板及び上部コンクリートは津波の流体力を受けて滑動し、取水口の前面に到達する可能性があるため、検討を行った。なお、鋼製トラスは線状構造であり、津波の波力を受けにくいいため、滑動しないと評価した。
- PC板及び上部コンクリートが滑動する可能性については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の流れに対するブロックの所要質量の評価手法に基づく、安定流速はそれぞれ約6.2m/sと約10.4m/sであり、発電所の港湾内の最大流速は9.3m/sであることから、PC板のみ滑動する結果となる。
- また、2号炉取水口前面に到達する可能性については、港湾内の最大流速となる位置での時刻歴波形からPC板の安定流速を超える時間を確認した結果、滑動距離は約460mとなる。一方、カーテンウォール設置位置から2号炉取水口前面は約40mの離隔であることから、PC板は取水口に到達する結果となる。
- 2号炉取水口が閉塞する可能性については、PC板の形状(4.9m×2.33m×0.3m)に対して、取水口における取水面積は十分に大きいことから、取水口が閉塞する可能性はない。



発電所の港湾内最大流速ベクトル図



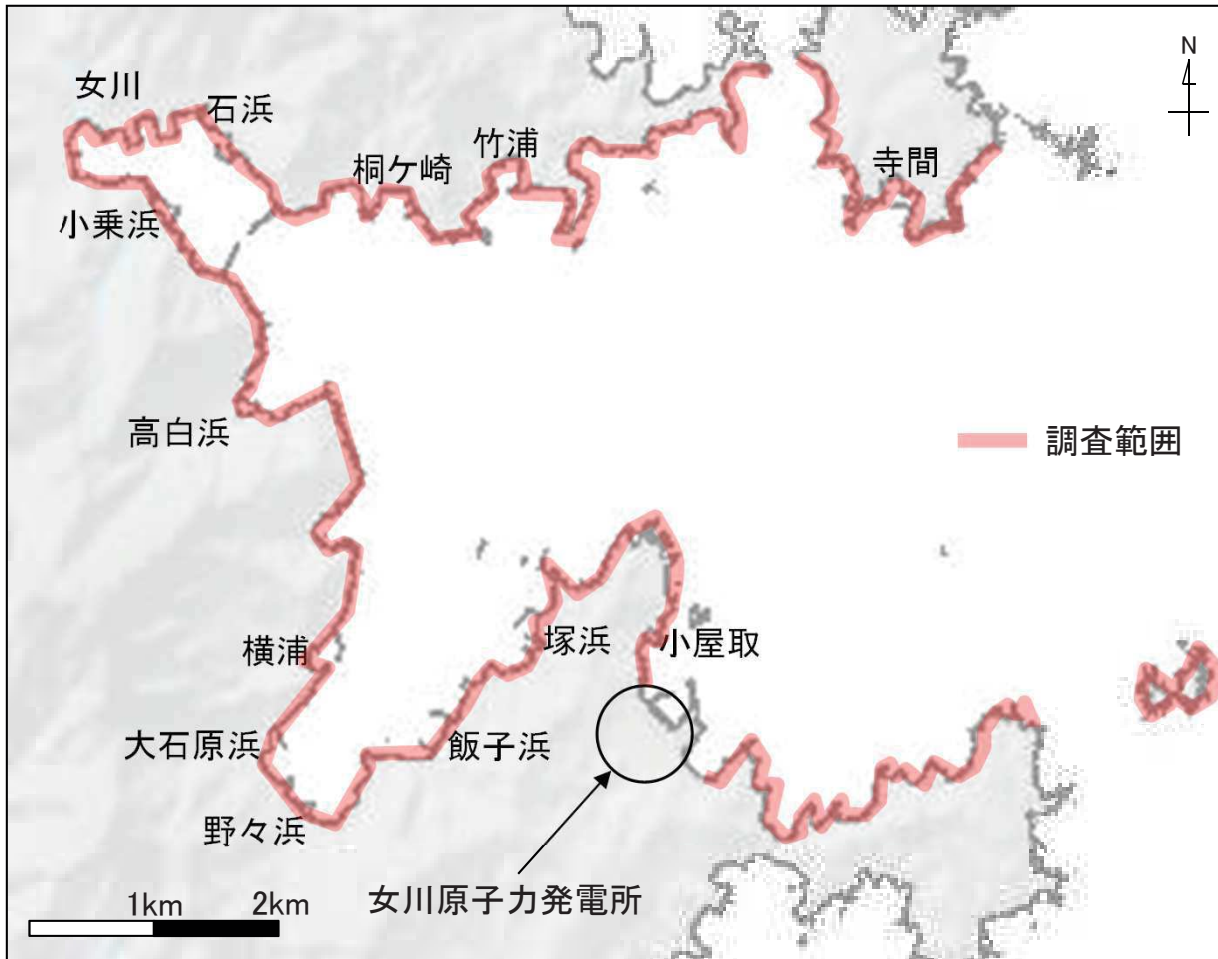
発電所の港湾内最大流速位置の絶対流速の時刻歴波形



2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(32/47)

【調査分類B (漁港・集落・海岸線の人工構造物)】

- 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, 漂流物の選定・影響確認フローに沿って評価した。



【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
- ✓ 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
- ✓ 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. 32~35)(33/47)

▶ 調査分類B(漁港・集落・海岸線の人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローの評価結果(1/3)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)		Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
				検討結果	比重※			
1	車両	鋼材	—	地震又は津波波力を受けた後も内空は保持されるため、漂流物となる。	—	到達を考慮する。	【j】 調査分類Aの車両で最も形状の大きい使用済燃料輸送車両(全長:約15.2m, 全幅:約3m)と同等を想定したとしても、取水口の取水面積の方が十分大きいことから、取水口を閉塞することはない。	IV
2	コンテナ・ユニットハウス	鋼材等	約30t		—		【j】 想定するコンテナの形状(12.2m×2.5m×2.9m)に対して、取水口の取水面積の方が十分大きいことから、取水口を閉塞することはない。	IV
3	油槽所 (軽油・重油タンク)	鋼材	容量 約200kl		内地震又は津波波力を受けた後も内空は保持されるため、漂流物となる。 なお、類似地形からの検討結果から最大規模を考慮する。		—	【j】 タンク形状は円形であるのに対して、取水口は平面状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。
4	漁具	—	—	【b】 地震又は津波波力によって、当該設備は損傷すると考えられ、損傷で生じた木片、廃プラスチック類等のがれきが漂流物となる。 一方、コンクリート及び鋼材を主材料とするものについては、それぞれの比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート比重 【2.34】 鋼材比重 【7.85】	木片、廃プラスチック類等のがれきについて、到達を考慮する。	【j】 想定しているがれき(木片、廃プラスチック類等)は、軽量物であり、水面に浮遊することから取水口を閉塞することはない。	IV
5	工事用資機材	—	—					
6	排水処理施設	RC	延床面積 約550m ²	【b,c】 扉や窓等の開口部が地震又は津波波力により破損して気密性が喪失し、施設内部に津波が流入する。このことを踏まえ、施設本体については主材料の比重を考慮するが、海水の比重と比較した結果、漂流物とはならない。 一方、地震又は津波波力により施設本体から分離したものががれき化して漂流物となる。	《施設本体》 コンクリート比重 【2.34】	—	—	I
					《施設本体以外》 —	到達を考慮する。	【j】 想定しているがれきは、軽量物であり、水面に浮遊することから取水口を閉塞することはない。	IV

※:鋼材及びコンクリートの比重は道路橋示方書・同解説より設定。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(34/47)

▶ 調査分類B(漁港・集落・海岸線の人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローの評価結果(2/3)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)		Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
				検討結果	比重※			
7	家屋	—	—	【b】 地震又は津波波力によって、当該設備は損傷すると考えられるため、建物の形状を維持したまま漂流物となることはない。ただし、損傷で生じたコンクリート及び鋼材を主材料とするものについては、それぞれの比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならないが、木片、壁材等についてはがれき化して漂流物となる。	コンクリート比重 【2.34】 鋼材比重 【7.85】	木片、壁材等のがれきについて、到達を考慮する。	【j】 想定しているがれき(木片、壁材等)は、軽量物であり、水面に浮遊することから取水口を閉塞することはない。	IV
8	ガソリンスタンド	RC	敷地面積 約500m ²	【b,c】 扉や窓等の開口部及び壁材が地震又は津波波力により破損して気密性が喪失し、施設内部に津波が流入する。このことを踏まえ、施設本体については主材料の比重を考慮するが、海水の比重と比較した結果、漂流物とはならない。 一方、地震又は津波波力により施設本体から分離した壁材等の軽量物についてはがれき化して漂流物となる。	≪施設本体≫ コンクリート比重 【2.34】 鋼材比重 【7.85】	—	—	I
9	商業施設	RC, 鋼材を想定 (RC造, 鉄骨造)	—					
10	工業施設 (魚市場・水産加工施設等)	RC, 鋼材を想定 (RC造, 鉄骨造)	—					
11	宿泊施設	RC, 鋼材を想定 (RC造, 鉄骨造)	約7t/棟					
12	碎石プラント	鋼材	—					
13	病院	RC, 鋼材 (RC造, 一部鉄骨造)	—					
14	学校	RC(RC造)	敷地面積 約5,500m ²					
15	駅舎	鋼材(鉄骨造)	—					
16	その他公共施設 (町役場を想定)	鋼材, RC (鉄骨造, 一部RC造)	—					
				≪施設本体以外≫ —	壁材等のがれきについて、到達を考慮する。	【j】 想定しているがれき(壁材等)は、軽量物であり、水面に浮遊することから取水口を閉塞することはない。	IV	

※: 鋼材及びコンクリートの比重は道路橋示方書・同解説より設定。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(35/47)

➤ 調査分類B(漁港・集落・海岸線の人工構造物)について、漂流物の選定・影響確認フローの評価結果(3/3)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)		Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
				検討結果	比重※			
17	けい留施設・防波堤・護岸	コンクリート, 鋼材	—	【b】 当該施設の比重と海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。	コンクリート, 鋼材比重 【2.34, 7.85】	—	—	I
18	物揚クレーン	鋼材	—		鋼材比重 【7.85】			
19	配電柱・街灯・信号機	コンクリート, 鋼材	約1.6t/基		コンクリート, 鋼材比重 【2.34, 7.85】			
20	通信用鉄塔	鋼材	—		鋼材比重 【7.85】			
21	灯台・航路標識	RC, 鋼材	約60t/基		コンクリート, 鋼材比重 【2.34, 7.85】			

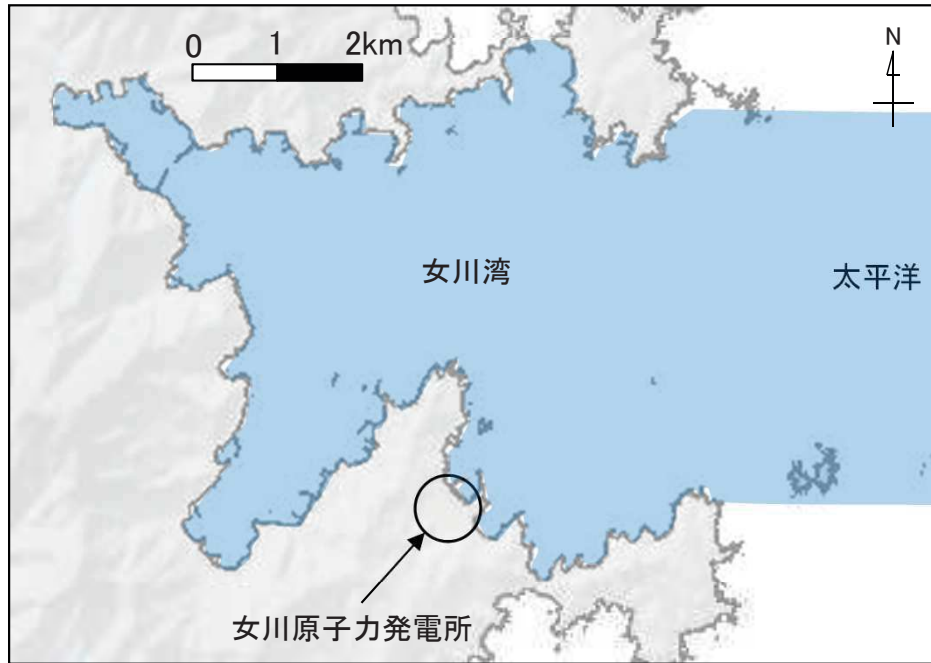
※: 鋼材及びコンクリートの比重は道路橋示方書・同解説より設定。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(36/47)

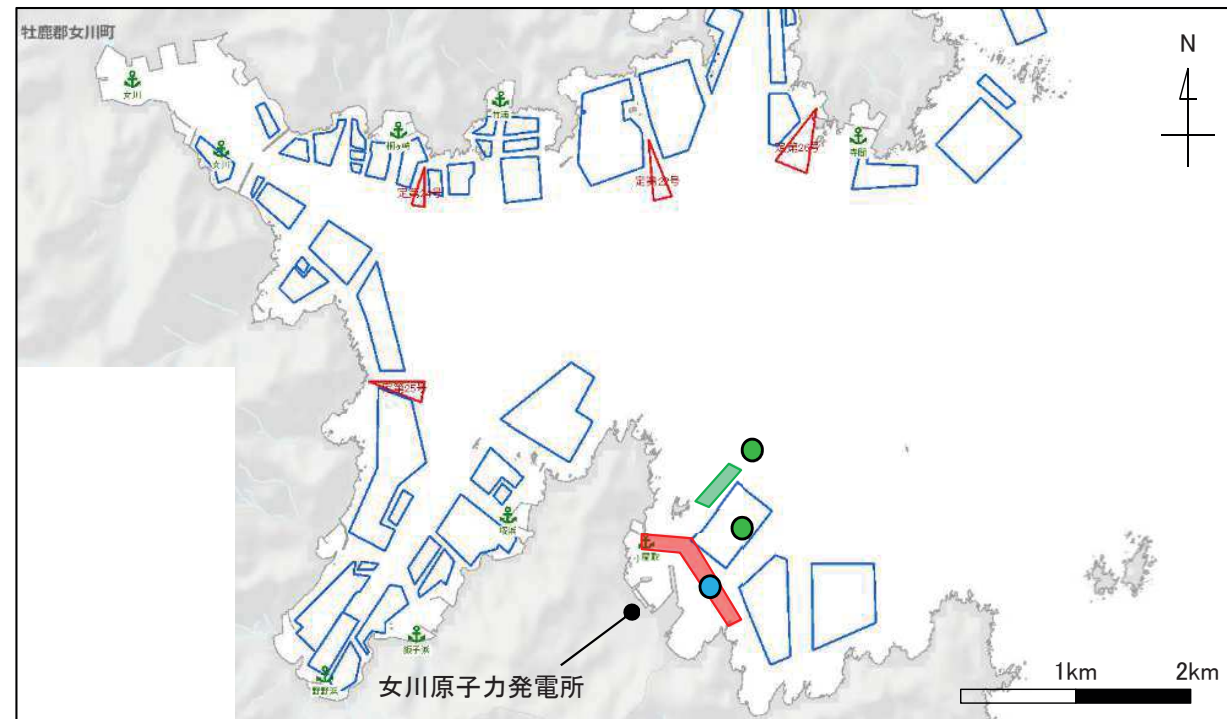
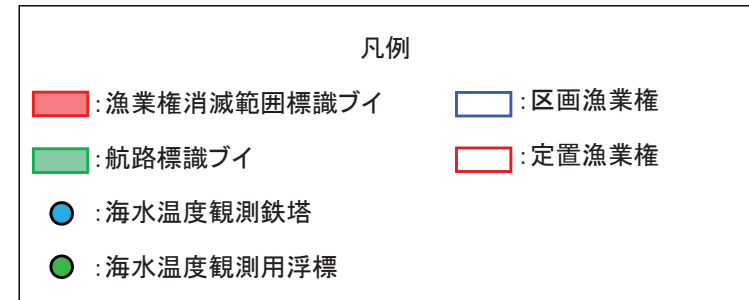
【調査分類C (海上設置物)】

- 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, 漂流物の選定・影響確認フローに沿って評価した。

■ 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】



【調査分類Cにおける海上設置物の概要】

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

No.	名称
5	養殖筏
6	標識ブイ
7	係留小型漁船
8	係留大型漁船(女川港のみ)

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
- ✓ 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
- ✓ 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. 32~35)(37/47)

➤ 調査分類C(海上設置物)について、漂流物の選定・影響確認フローの評価結果(1/2)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)		Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
				検討結果	比重※			
1	漁業権消滅範囲 標識ブイ	FRP	1t未満	アンカー等で係留されているが、津波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、漂流物となる。	—	到達を考慮する。	【j】 想定しているがれき(FRP材)は、軽量物であり、水面に浮遊することから取水口を閉塞することはない。	IV
2	航路標識ブイ	鋼材	5t未満	【b】 アンカー等で係留されているが、津波波力によりアンカー等が破断・破損し、浮標部の気密性も破損することで喪失する。このことを踏まえ、設備本体については主材料の比重を考慮するが、海水の比重を比較した結果、漂流物とはならない。 一方、上部の軽量物が漂流物となる。	《設備本体》 鋼材比重 【7.85】	—	—	I
3	海水温度観測用浮標	鋼材	5t未満		《上部材》 —	上部材について、到達を考慮する。	【j】 想定しているがれき(上部材)は、軽量物であり、水面に浮遊することから取水口を閉塞することはない。	IV
4	海水温度観測鉄塔	鋼材	—	【b】 津波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設備であり、海水の比重と比較した結果、漂流物とならない。	鋼材比重 【7.85】	—	—	I
5	養殖筏	フロート・木材	1t未満	アンカー等で係留されているが、津波波力によりアンカー等が破断・破損するおそれがあり、当該設備が損傷して木片等のがれきが漂流物となる。	—	木片等のがれきについて、到達を考慮する。	【j】 想定しているがれき(木片等)は、軽量物であり、水面に浮遊することから取水口を閉塞することはない。	IV
6	標識ブイ	FRP(想定)	—					

※:鋼材の比重は道路橋示方書・同解説より設定。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(38/47)

➤ 調査分類C(海上設置物)について、漂流物の選定・影響確認フローの評価結果(2/2)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)	Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
7	係留小型漁船	FRP	約19t (総トン数)	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。	到達を考慮する。	【j】 小型船舶の最大規模は約19t(総トン数)であり、喫水深約2m、船体長さ約20m、幅約5mであるのに対して、取水口の取水面積は十分に大きいことから、取水口を閉塞する可能性はない。	IV
8	係留大型漁船 (女川港のみ)	鋼材	約3,000t (重量トン数) 女川港を船籍港としている最大規模の船舶は約499t(総トン数)の漁船であるが、女川港の岸壁は3,000t(重量トン数)級であることから、今後寄港して係留する可能性のある最大の船舶として、約3,000t(重量トン数)の大型船舶を想定する。		【h】 3.11地震に伴う津波の漂流物の特徴から、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って陸上へ乗り上げるおそれがあるが、発電所には到達しない。また、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が、発電所には到達しない。 さらに、仮に女川港湾内に漂流したとしても女川港には湾口防波堤があり、港外へ漂流しにくい構造となっていること、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いることから、発電所には到達しない。 以上のことから、係留大型漁船については、2号炉取水口前面には到達しない。	—	III



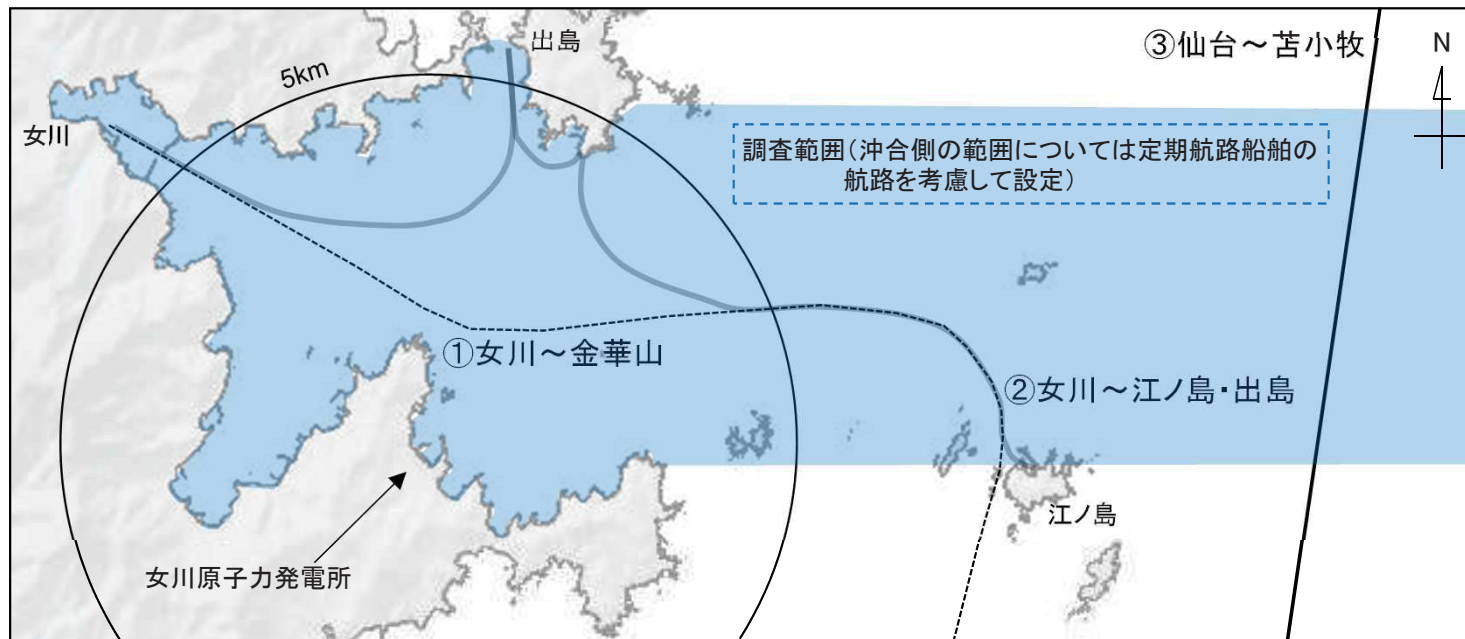
【取水口前面の漂流物 概念図】

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

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(39/47)

▶ 調査分類D(船舶)について、漂流物の選定・影響確認フローの評価結果(1/2)を示す。

No.	名称		主材料	重量	Step1(漂流する可能性)	Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
1	ベガ	①女川～金華山 (潮プランニング)	鋼材	19t (総トン数)	【d】 津波警報等の情報収集を可能とする無線・電話等を搭載しており、津波警報発令時等の退避措置が明確であり、安全な海域に速やかに退避する予定であることを確認した。よって、これら定期船舶は漂流物とはならない。 また、定期航路船舶は、東北地方太平洋沖地震に伴う津波時には、沖合いへの退避等を行い、津波による被災を免れていることを確認した。	-	-	I
2	アルティア		鋼材	19t (総トン数)				
3	しまなぎ	②女川～江ノ島・出島 (シーパル女川汽船)	鋼材	62t (総トン数)				
4	いしかり	③仙台～苫小牧 (太平洋フェリー)	鋼材	15,762t (総トン数)				
5	きそ		鋼材	15,795t (総トン数)				
6	きたかみ		鋼材	13,694t (総トン数)				



【運航航路】

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(40/47)

➤ 調査分類D(船舶)について、漂流物の選定・影響確認フローの評価結果(2/2)を示す。

No.	名称	主材料	重量	Step1(漂流する可能性)	Step2(到達する可能性)	Step3(閉塞する可能性)	評価
7	大型船舶 (航行中)	鋼材	約3,000t (重量トン数)	発電所との離隔が最短で約2kmの沖合を航行している状況を想定するが、航行中であれば、津波襲来前に沖合への退避が十分可能である。さらに、総トン数20t以上の大型船舶については、国土交通省による検査(定期検査, 中間検査, 臨時検査及び臨時航行検査)が義務付けられており、故障等により操船できなくなるとは考えにくいことから、漂流する可能性は低いと考えられる。ただし、漂流する可能性を完全に否定することはできないため、Step2(到達する可能性)の検討も踏まえて評価する。 (詳細は下のとおり)	【h】 通常の退避ルート上からの軌跡解析を行い、発電所に漂流するような特徴的な流れがないことを確認した。また、発電所に近いルートを航行することを想定し、同様の軌跡解析を行ったが、発電所に漂流するような特徴的な流れがないことを確認した。 以上から、発電所に到達しない。 (詳細は次頁以降のとおり)	—	Ⅲ

- 通常時、発電所よりも西側の港から出港した船舶(大型船舶を含む)は、海上衝突予防法により右側通行が義務付けられていることを踏まえると、多くの船舶が発電所に近い南側(発電所からの離隔は約2km)を通して太平洋側へ航行することが想定され、女川から金華山の定期航路船舶の航路と同様のルートを航行※すると考えられる。
- また、津波警報時においては、津波による被害を避けるために沖合へ退避する船舶が極めて多くなると考えられ、発電所前面海域では一時的に大型船舶を含めた船舶が密集することが懸念される。その際、発電所に最も近いルートは通常時のルートと同様(発電所からの離隔は約2km)であると考えられる。
- ただし、発電所に近いルートを航行していたとしても、航行中であれば、津波襲来前に沖合への退避が十分可能であり、漂流物とはならない。
- さらに、航行中に故障により操船ができなくなる可能性もあるが、総トン数20トン以上の大型船舶については、国土交通省による検査(定期検査, 中間検査, 臨時検査及び臨時航行検査)が義務付けられていることから、航行中に故障等により操船できなくなることは考えにくい。
- 以上のことから、大型船舶(航行中)は漂流物とはならないと考えられるが、念のため、漂流することを想定し、到達する可能性を検討した上で評価する。
- 到達する可能性については、発電所前面海域を航行中の船舶を対象に、そのルート上での流向・流速から評価するため、水粒子の動きを把握する方法である軌跡解析を実施した(次頁を参照)。

※このルートよりも更に南側では、大名計礁付近で水深が浅くなっていることや、早崎水道では流れが速くなっていることから、大型船舶の航行には適していない。

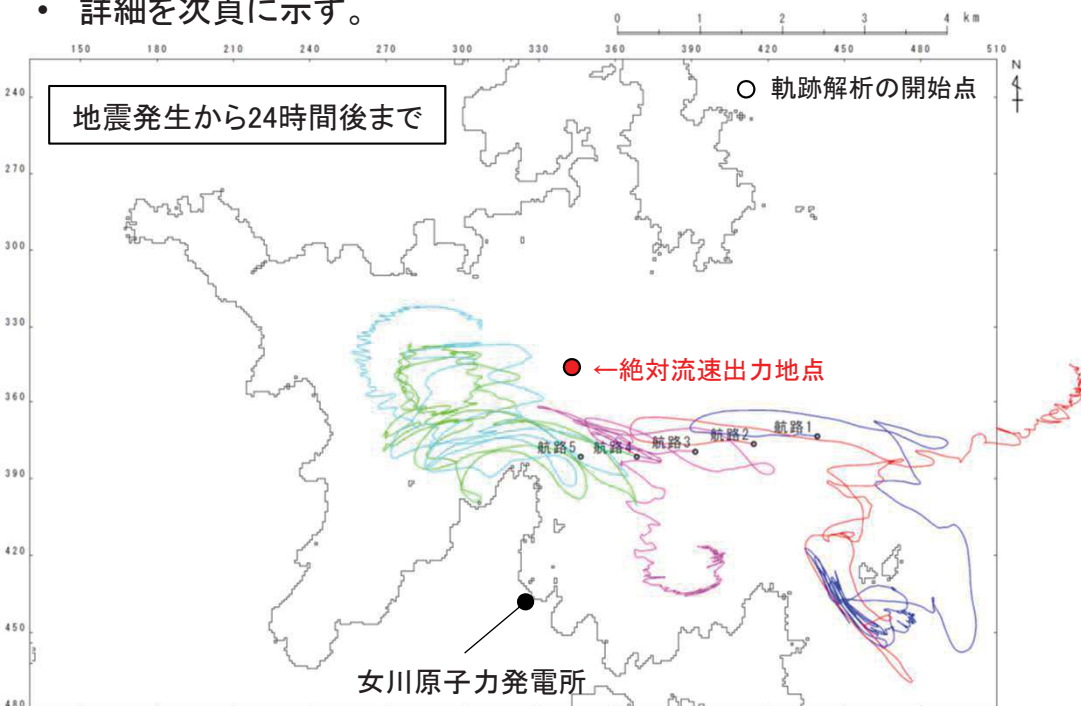
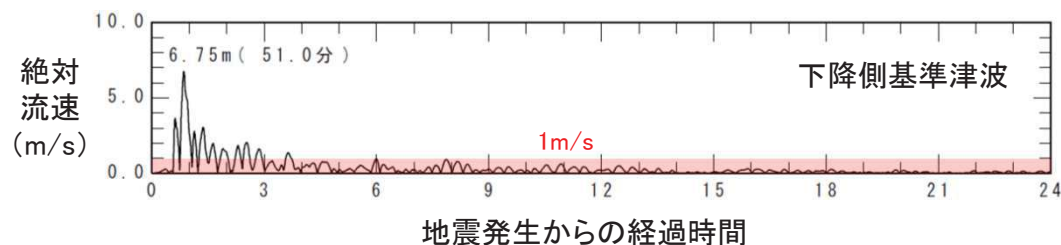
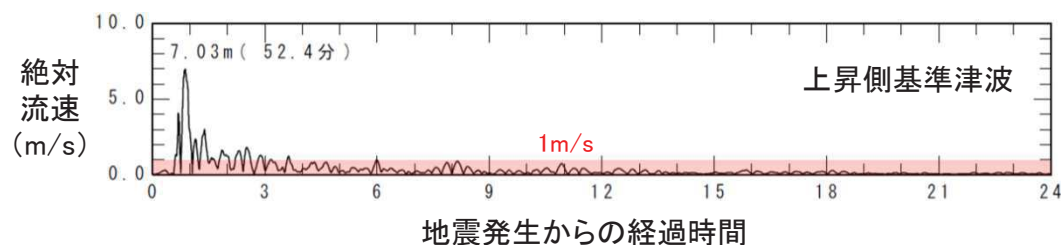


通常時及び津波警報時に想定される運航ルートのうち発電所に近いルート

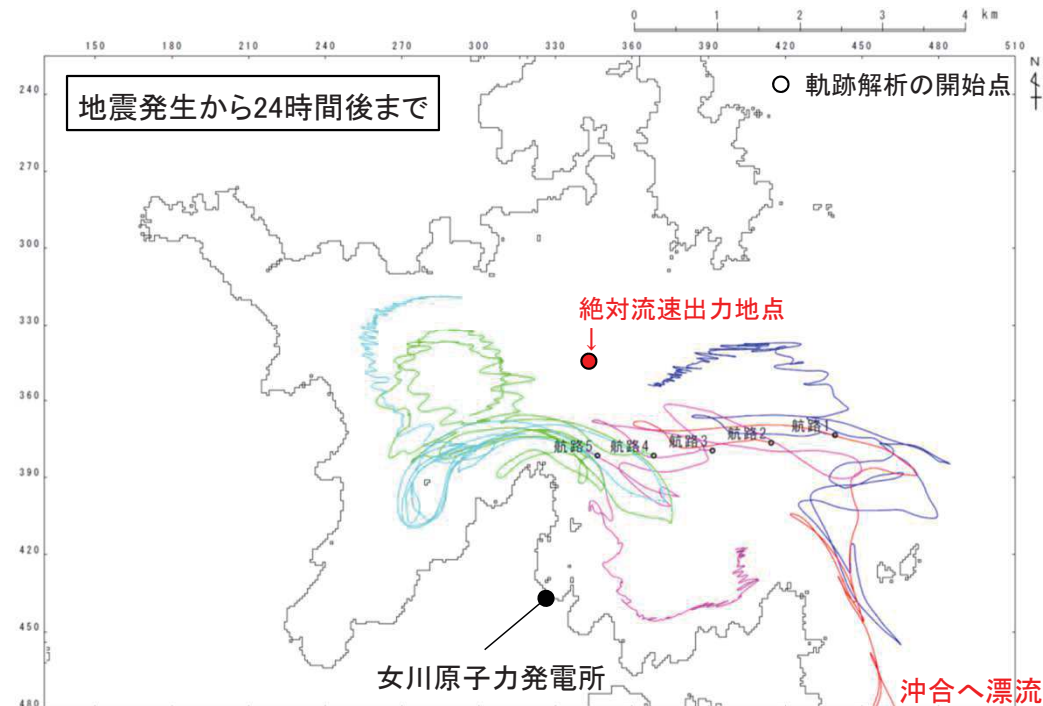
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(41/47)

【調査分類D (船舶:大型船舶)】

- 定期航路船舶の航路と同様のルート(通常退避ルート)に5点(航路1~5)を設定して、軌跡解析を行った。
- その結果、いずれの点でも第一波の寄せ波と引き波でほぼ東西方向に移動し、その後の流速が遅くなった状況において、西側(航路4,5)では大貝崎の影響を受けながら女川湾内をゆっくりと移動し、東側(航路1,2)では早崎水道の影響を受けて沖合へ移動する特徴がある。一方、航路3では、両者の影響をそれほど受けず、発電所前面海域をゆっくりと移動する特徴があることを確認した。
- ルート上の5点がいずれも第一波で東西方向に移動する特徴は、退避ルートが津波の襲来方向と同じであることが要因である。また、その後の流速が遅くなってからは、周辺地形の影響を受けて、おおよそ3パターンの特徴があるが、発電所に漂流するような特徴がないことを確認した。
- 詳細を次頁に示す。



軌跡解析結果(上昇側基準津波)



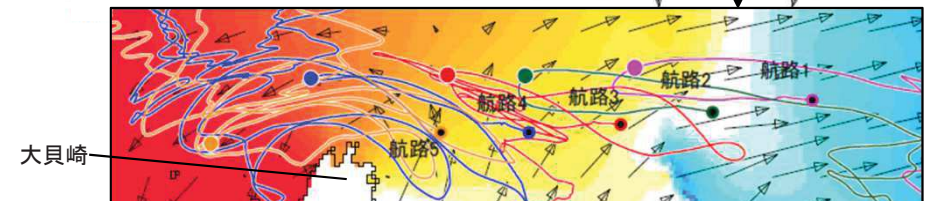
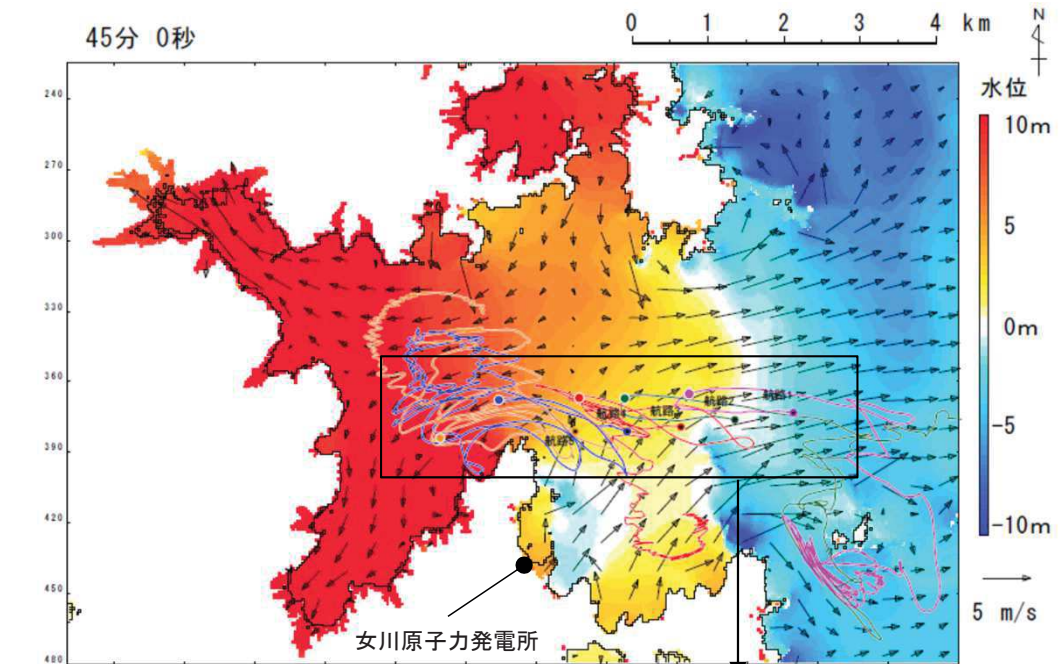
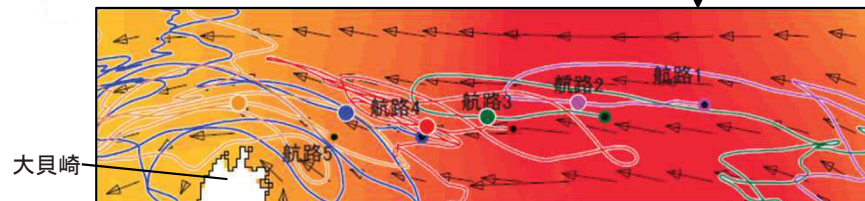
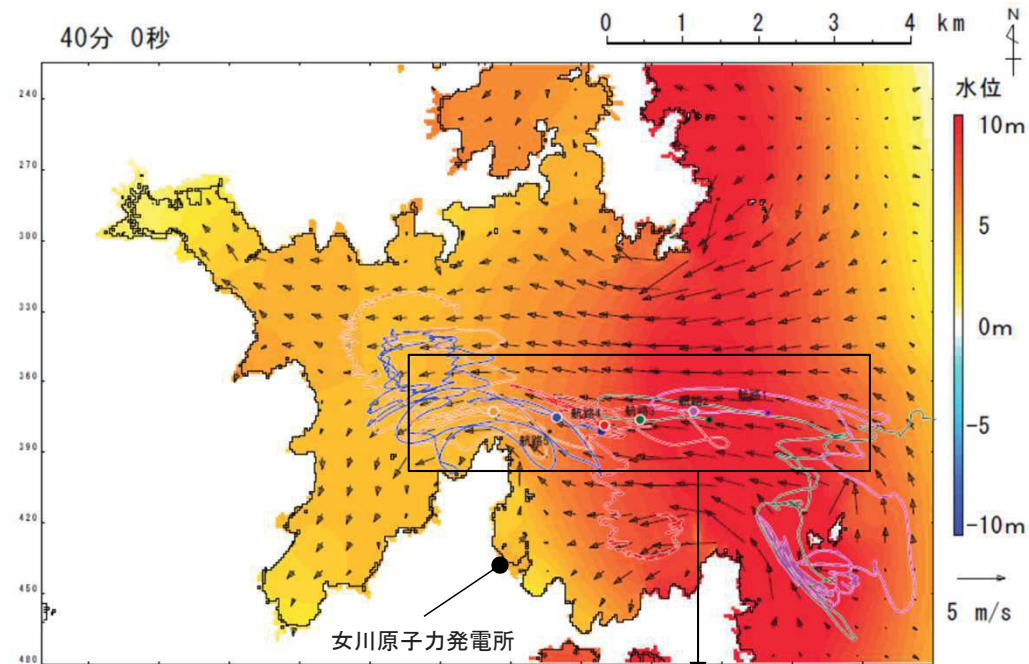
軌跡解析結果(下降側基準津波)

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(42/47)

【調査分類D (船舶:大型船舶)】

地震発生から40分後から55分後までの5分おきの軌跡位置とその時刻の流速ベクトル図から解析結果の考察を行った。

	航路1	航路2	航路3	航路4	航路5
40分後	津波の第一波の影響を受けて、解析開始位置から西側へ移動する。	津波の第一波の影響を受けて、解析開始位置から西側へ移動する。	津波の第一波の影響を受けて、解析開始位置から西側へ移動する。	津波の第一波及び大貝崎の地形の影響を受けて、解析開始位置から西北西側へ移動する。	津波の第一波及び大貝崎の地形の影響を受けて、解析開始位置から西北西側へ移動する。
45分後	女川湾の湾口では寄せ波から引き波に転じており、さらに発電所が立地する地形からの反射波の影響を受けてやや北東側へ移動する。	女川湾の湾口では寄せ波から引き波に転じており、さらに発電所が立地する地形からの反射波の影響を受けてやや北側へ移動する。	津波の第一波及び大貝崎の地形の影響を受けて、西北西側へ移動する。	津波の第一波及び大貝崎の地形の影響を受けて、さらに西北西側へ移動する。	津波の第一波の影響を受けてさらに湾奥へ移動するが、大貝崎の地形により回折の影響を受けて、南側の湾奥方向(西南西方向)へ移動する。

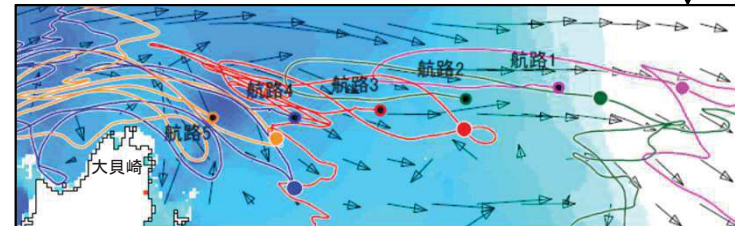
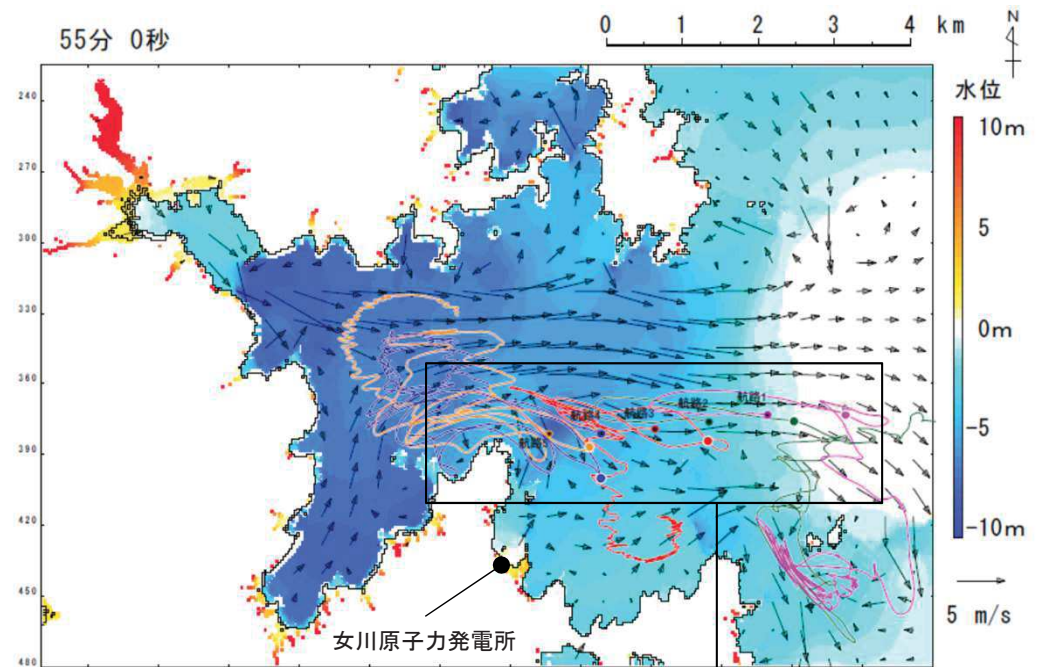
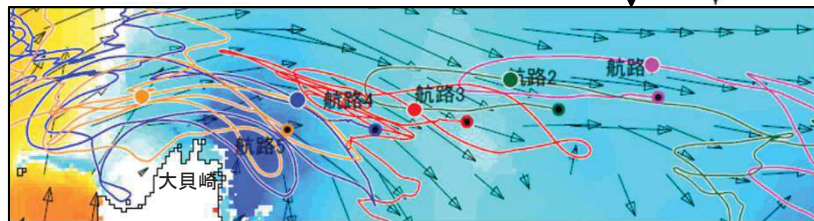
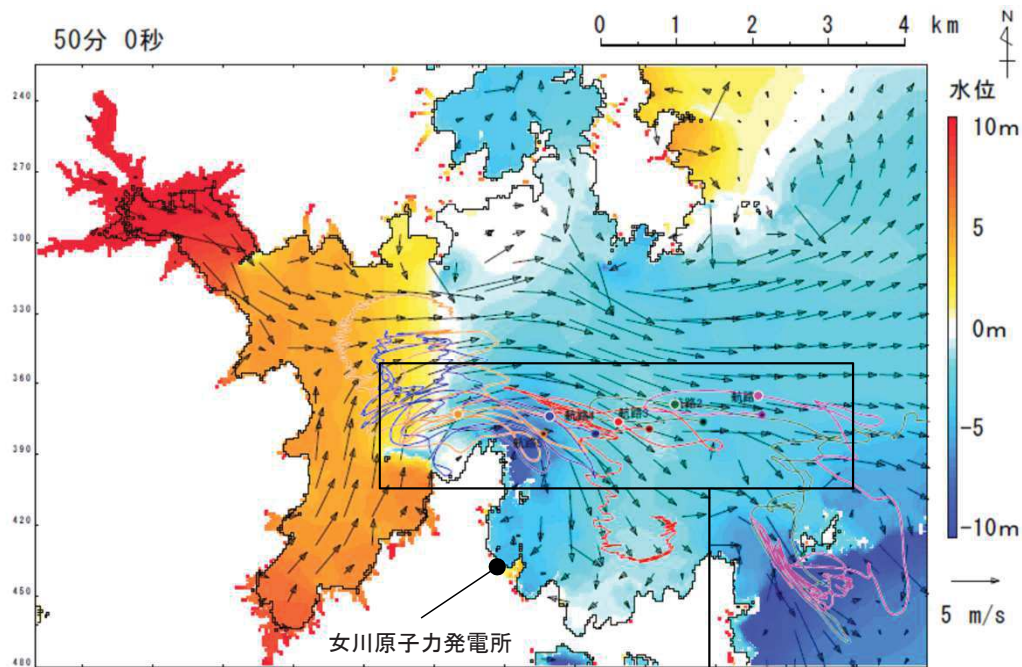


2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(43/47)

【調査分類D (船舶:大型船舶)】

地震発生から40分後から55分後までの5分おきの軌跡位置とその時刻の流速ベクトル図から解析結果の考察を行った。

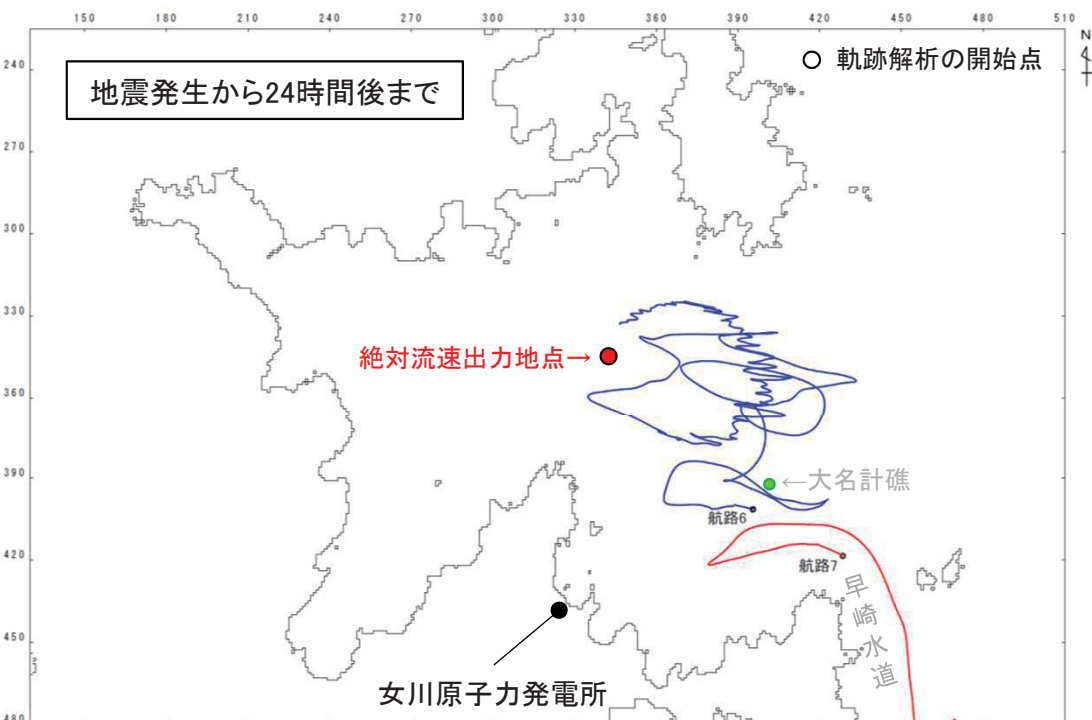
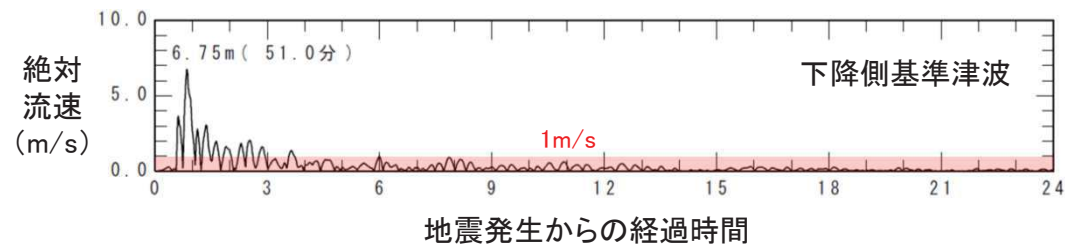
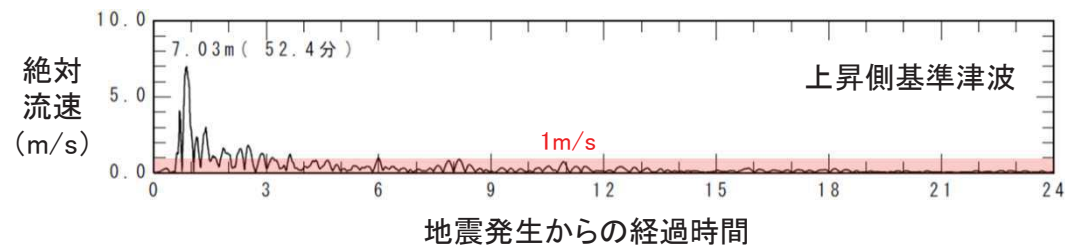
	航路1	航路2	航路3	航路4	航路5
50分後	引き波の影響を強く受けて東側へ移動する。	引き波の影響を強く受けて東側へ移動する。	大貝崎の地形の影響により東南東方向の引き波を強く受けて東南東側へ移動する。	大貝崎の地形の影響を受けた引き波によって東南東側へ移動する。	南側の湾奥からの引き波の影響を受けて、東北東側へ移動する。
55分後	引き波の影響を強く受けて東側へ移動する。	引き波の影響を強く受けて東側へ移動する。	引き波の影響を強く受けて東側へ移動する。	大貝崎の地形の影響を受けた引き波によって南東側へ移動する。	大貝崎の地形の影響を受けた引き波によって東南東側へ移動する。



2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(44/47)

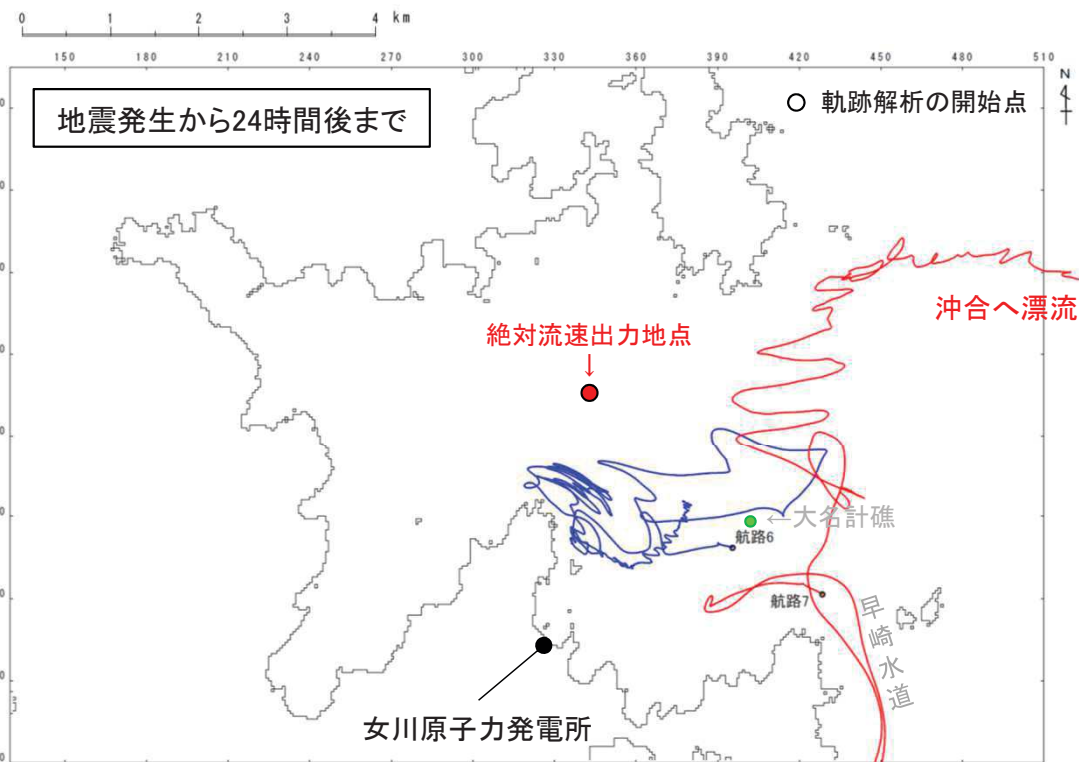
【調査分類D (船舶:大型船舶)】

- 通常退避ルートよりも南側(発電所に近い側)のルートを退避することも想定されるため、そのルート上に2点(航路6,7)を設定して、軌跡解析を行った。
- その結果、両者ともに前頁の航路1~5と同様に津波の第一波で東西方向に移動する。その後、航路6は周辺地形の影響をあまり受けずに女川湾内を漂い、航路7は早崎水道に近いことからその影響を強く受けて沖合へ移動する特徴を確認した。
- ただし、発電所に漂流するような流れの特徴は確認されなかった。
- 詳細を次頁に示す。



軌跡解析結果(上昇側基準津波)

沖合へ漂流



軌跡解析結果(下降側基準津波)

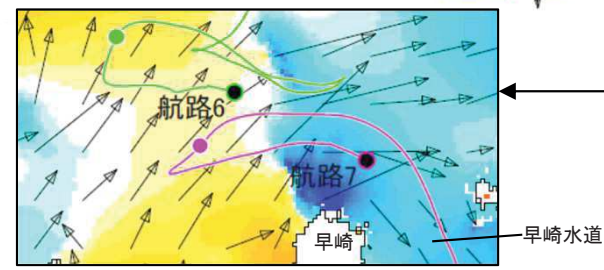
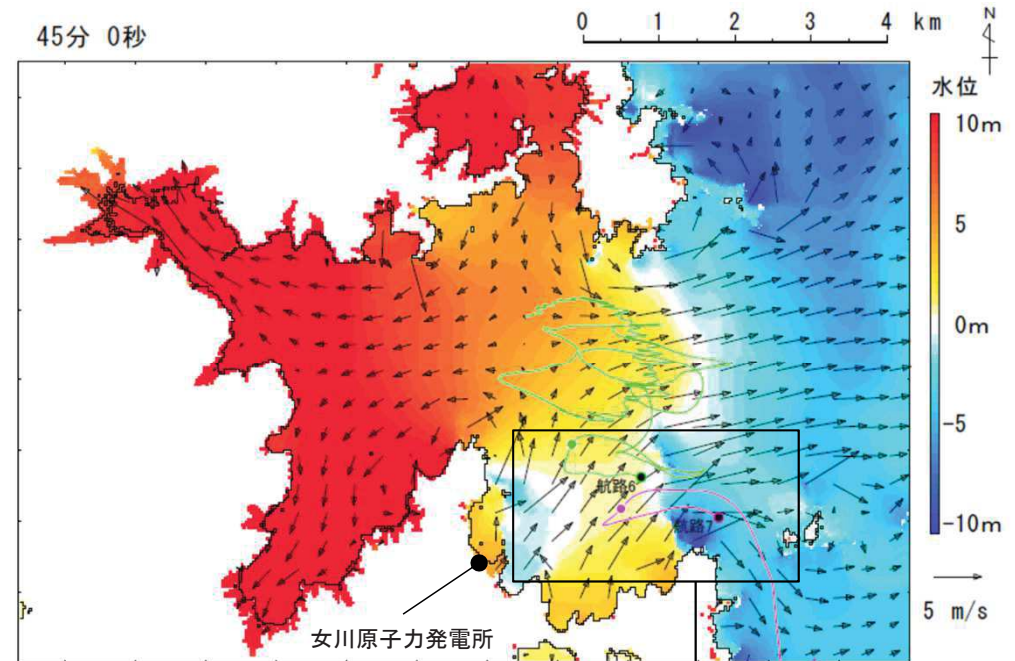
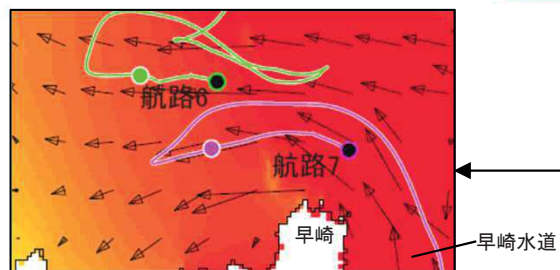
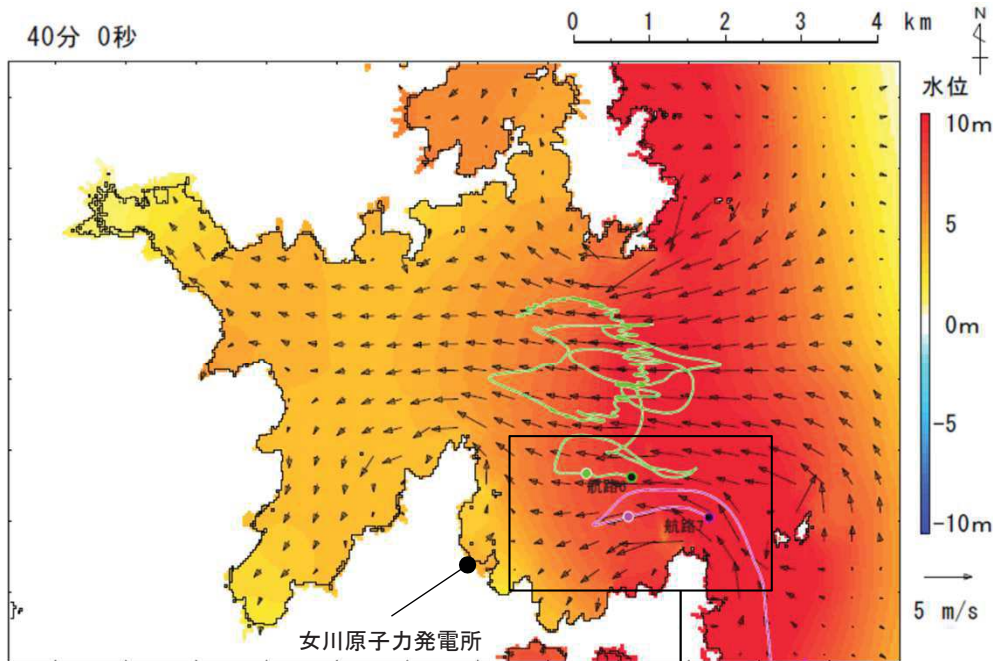
2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(45/47)

【調査分類D (船舶:大型船舶)】

地震発生から40分後から55分後までの5分おきの軌跡位置とその時刻の流速ベクトル図から解析結果の考察を行った。

凡例	
●	当該時刻位置(航路6)
●	解析開始位置(航路6)
●	当該時刻位置(航路7)
●	解析開始位置(航路7)

	航路6	航路7
40分後	津波の第一波の影響を受けて、解析開始位置から西側へ移動する。	早崎水道から襲来する津波の第一波の影響を受けて真西よりはやや北側に移動する。また、早崎水道を通る流速が速いため、航路6よりも移動距離が長い。
45分後	女川湾の湾口では寄せ波から引き波に転じており、さらに発電所が立地する地形からの反射波の影響を受けて真北よりもやや東側へ移動する。	女川湾の湾口では寄せ波から引き波に転じており、さらに発電所が立地する地形からの反射波の影響を受けて北東側へ移動する。

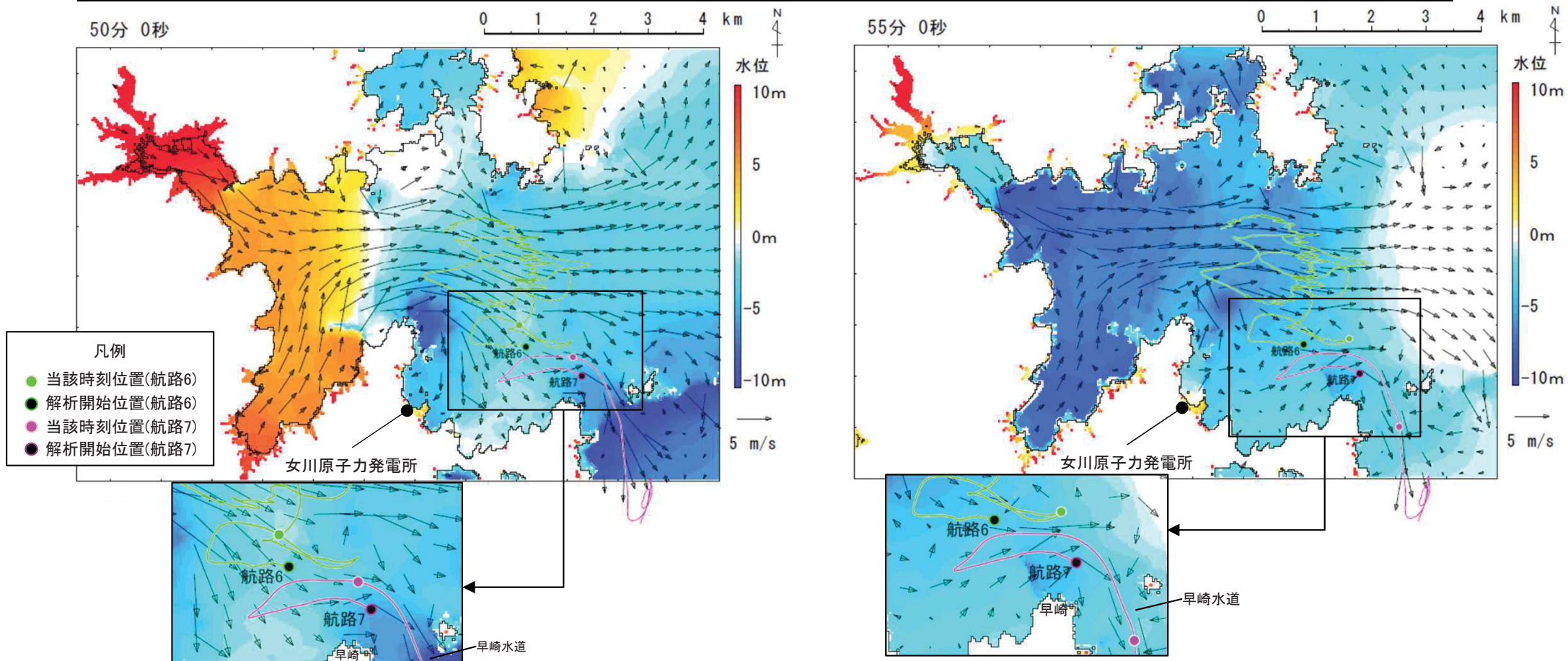


2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 32~35)(46/47)

【調査分類D (船舶:大型船舶)】

地震発生から40分後から55分後までの5分おきの軌跡位置とその時刻の流速ベクトル図から解析結果の考察を行った。

	航路6	航路7
50分後	女川湾全体で引き波に転じており、湾奥からの引き波の影響により、東側へ移動する。	女川湾全体で引き波に転じており、湾奥からの引き波の影響により、東側へ移動する。
55分後	女川湾全体で引き波に転じており、湾奥からの引き波の影響により、東側へ移動する。	引き波が津波来襲時とは逆方向に早崎水道を流れており、その影響を強く受けて、南へ移動する。



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まとめ

- 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又は滑動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。
- その結果、発電所敷地内からは、車両、カーテンウォールPC板、キュービクル類、角落し、3号炉放水口モニタリング架台及びがれき(壁材等)が、発電所敷地外からは、車両、コンテナ・ユニットハウス、小型船舶、油槽所のタンク及びがれき(壁材、木片、廃プラスチック類等)が、2号炉取水口前面に到達する可能性があるかと判断したが、取水口の取水面積との比較や形状、水面を浮遊することから、いずれも取水口を閉塞することはないと判断した。
- さらに、これらの漂流物が設置されている場所は女川地区をはじめとする広範囲に分散しているため、漂流物が同時に取水口前面に到達することはないと考える。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。
- なお、東北地方太平洋沖地震に伴う津波の実績を踏まえ、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。

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 36)(1/3)

(1) 指摘事項

輸送車両の退避並びに漂流物評価における輸送車両及び固縛材について、耐震性及び浮力に対する強度を踏まえて説明を充実させ提示すること

(2) 回答

<地震後の輸送車両の退避判断について>

地震発生後に津波警報等が発令された場合の輸送車両の退避の考え方を示す。使用済燃料輸送車両と低レベル放射性廃棄物輸送車両共に基本的な退避の考え方は同じであるため、例として使用済燃料輸送車両の退避の考え方を図1に示す。

- 輸送車両については、震度5弱未満の地震で退避ルートが健全な場合に退避する。
- 地震が発生した場合は、運転者が表1のとおり車両の状態確認を実施し、走行の可否について作業責任者に報告する。
- 女川原子力発電所において、東北太平洋沖地震(震度6弱)の際、輸送車両について走行に支障をきたす異常はなかったことを確認している。

表1 地震時の輸送車両の確認項目

確認箇所	確認内容
車両全般	・構造部の損傷・亀裂・変形 ・油漏れ
走行装置	・タイヤのパンクの有無
原動機	・エンジンが始動するか
制動装置	・空気圧力の確認 ・ブレーキペダルの踏みしろの確認

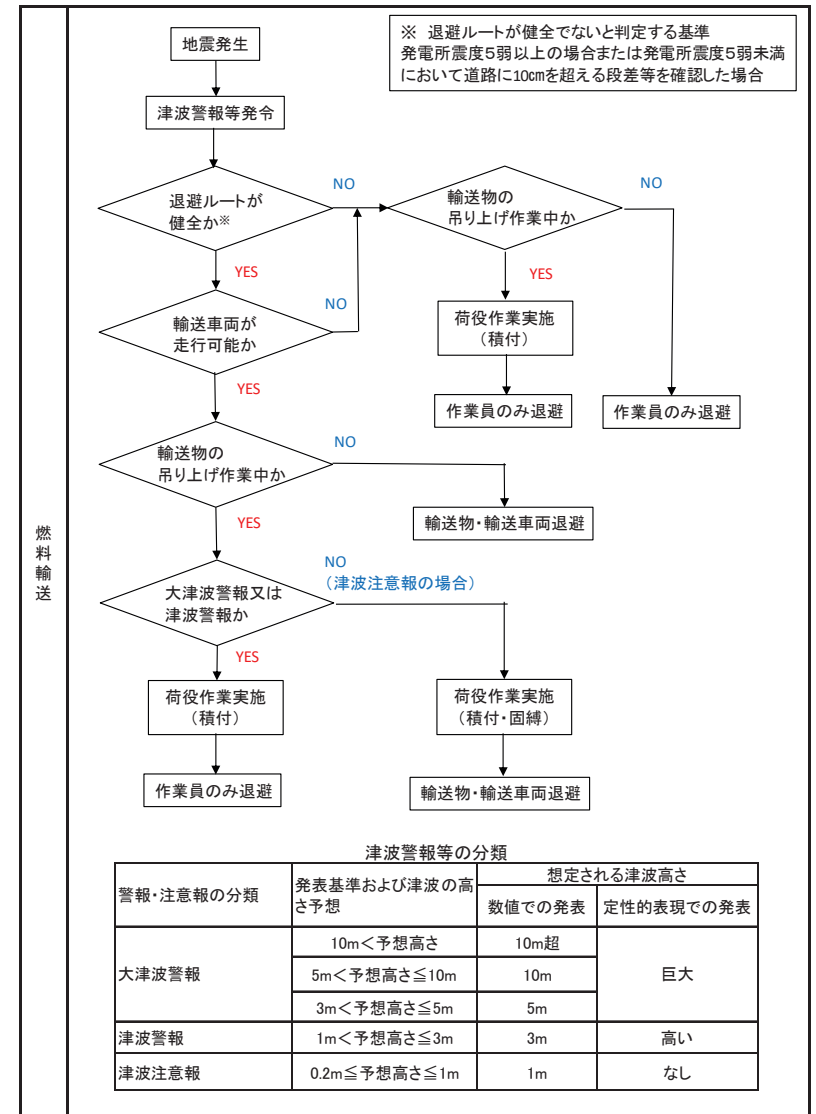


図1 使用済燃料輸送車両の退避の考え方

2. 指摘事項に対する回答(指摘事項No. 36)(2/3)

<低レベル放射性廃棄物(LLW)固縛材の耐震性及び浮力に対する強度について>

- 輸送車両へのLLW輸送容器の固縛については、輸送車両の固縛装置により行う(図2参照)。
- また、固縛装置については、図3~5に示す構造となっている。
- 固縛装置は、車両固縛部等により車両に固縛する。LLW輸送容器は、固縛装置のツイストロックで固縛装置に固縛する。

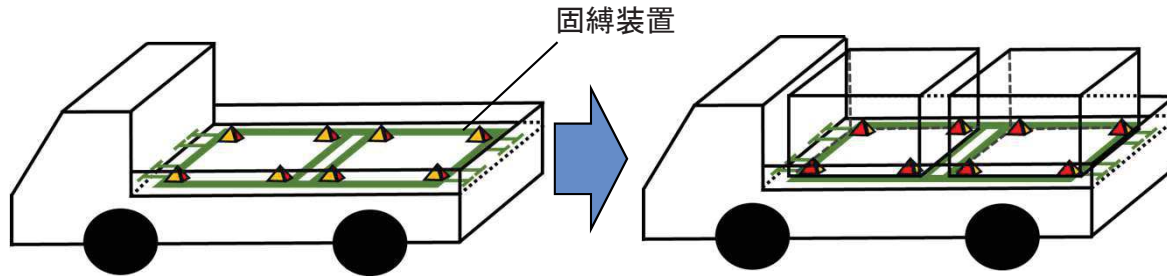


図2 LLW輸送容器の積載・固縛方法

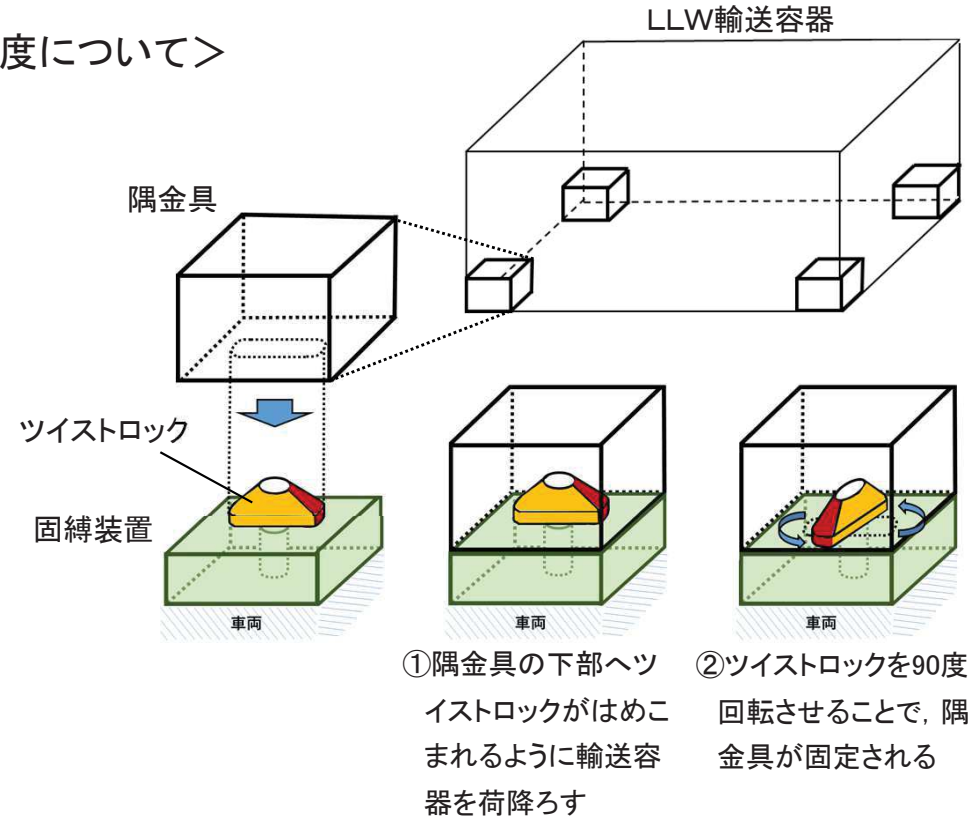


図4 固縛装置(ツイストロック)の概略図

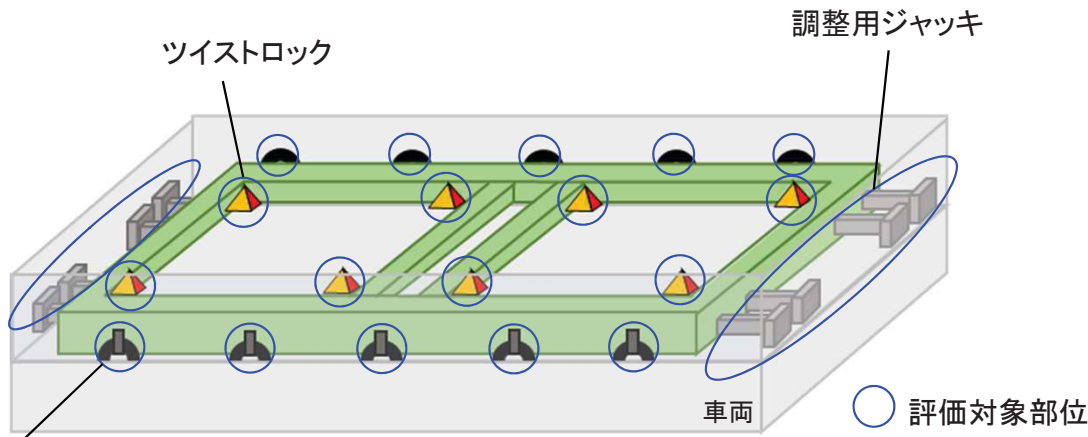


図3 固縛装置の概略図並びに評価対象部位

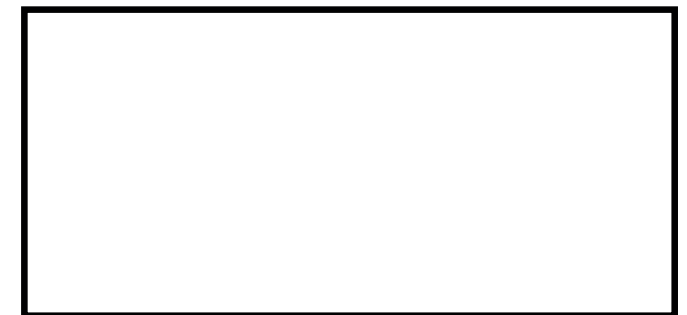


図5 固縛装置(車両固縛部)の概略図

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. 36)(3/3)

<低レベル放射性廃棄物(LLW)固縛材の耐震性及び浮力に対する強度について>

① 固縛装置の耐震性について

- LLW輸送容器の固縛装置については、国土交通省「放射性物質の自動車運搬に係る積載方法の安全性に関する技術基準の適用指針」において、前後方向2G, 左右方向1G, 上下方向2Gの加速度が同時に作用する場合に発生する力に耐えうる強度を有することが要求されており、この条件に適合させ、十分な余裕を有した設計としている(評価対象部位は図3参照)。
- 基準地震動S_s発生時に、LLW輸送車両の走行地点で想定される加速度※1は水平で0.44G, 鉛直で0.64Gであり、上記指針への適合性確認で使用している加速度と比較して十分に小さい。
- 以上より、固縛装置については十分な強度を有していることから、基準地震動S_sによって固縛機能が損なわれることはないと考えられる。
- 今後、工認段階において、固縛装置の耐震性について、地震発生時の輸送車両の転倒に関する評価等も含めた詳細検討を実施する。

② 固縛装置の浮力に対する強度について

- 浮力によって発生する引張荷重は、上記指針の適合性確認(前後方向2G, 左右方向1G, 上下方向2Gに対する強度評価)で評価に用いる引張荷重の1/5程度であり、十分に余裕がある。
- 以上より、浮力によっても固縛機能が損なわれることはないと考えられる。

※1: S_s-D1及びS_s-N1に対して算出した値。