

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので、公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所における津波評価 コメント回答

平成27年 11月 20日

東京電力株式会社



東京電力

本日の説明内容

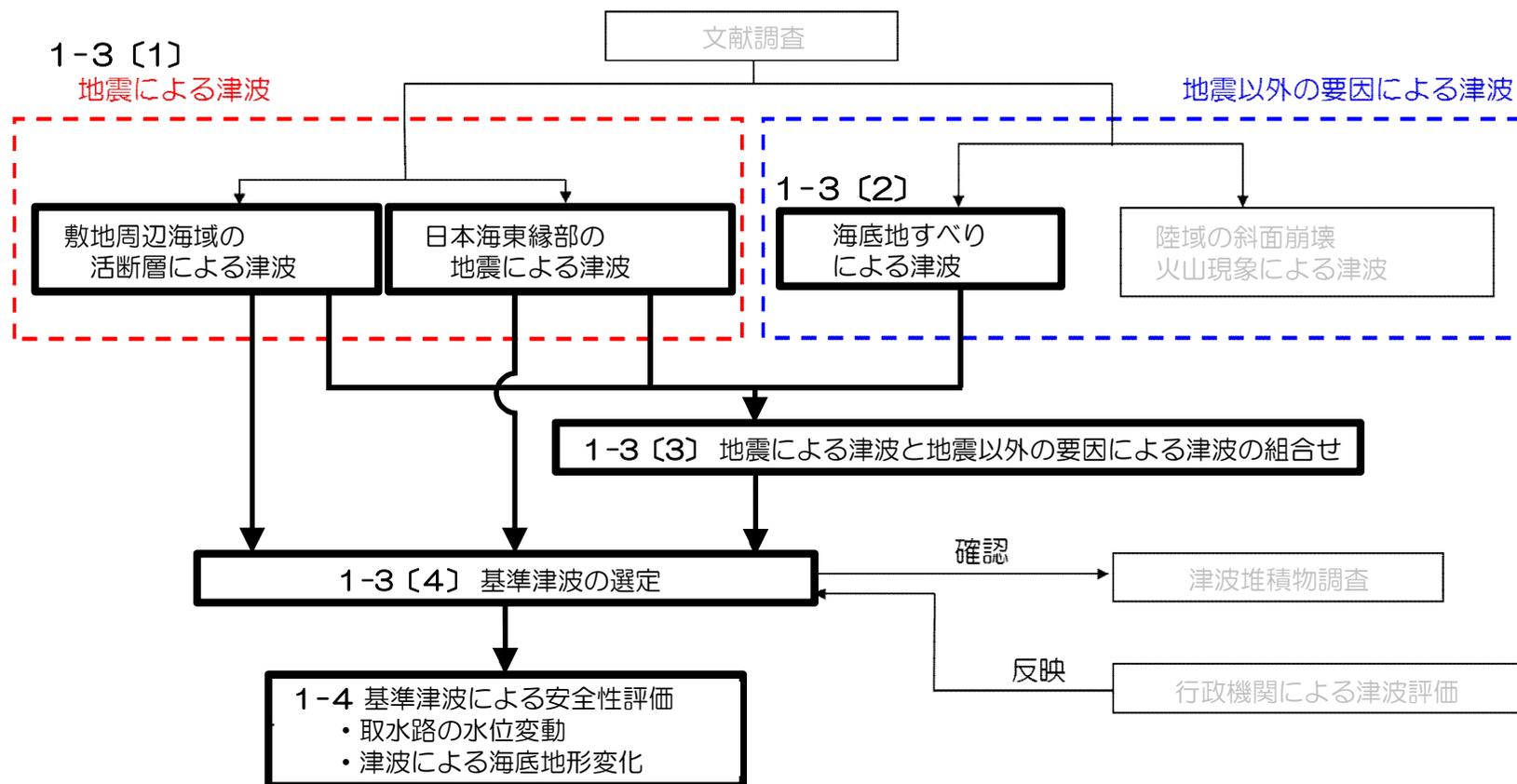
分類	No.	コメント	指摘日	ページ
共通	1	基準津波の評価に用いている地形データを最新にすること。	H27.1.23 審査会合	P.4
地震津波	2	地震による防波堤損傷を考慮した評価については、防波堤が津波影響軽減施設でない場合には、防波堤がない状態での津波評価及びそれに基づく管路解析を行い、基準津波の選定に及ぼす影響の有無を確認すること。	H27.1.23 審査会合 H27.10.19 ヒアリング	P.30
	3	港湾内の固有振動に関する影響評価については、港湾内の固有周期とメッシュサイズとの関係を確認すること。	H27.1.23 審査会合 H27.10.19 ヒアリング	P.36
陸上 地すべり	4	佐渡島の陸上地すべりについて、詳細を示すこと。 地すべり範囲の選定方法や判読結果等について示すこと。	H26.10.17 審査会合 H27.1.23 審査会合	P.40
砂移動	5	砂移動評価について、高橋(1999)の手法における飽和浮遊砂濃度が評価結果に及ぼす影響を確認すること。また、港湾内の堆積量が1 mを超えている箇所について、取水への影響を確認すること。	H27.1.23 審査会合 H27.10.19 ヒアリング	P.54
	6	砂移動評価について、各手法による解析時間中の最大堆積層厚、取水口前面での地形変化、水位変化、浮遊砂濃度の変化等のデータを提示すること	H27.10.19 ヒアリング	P.62

柏崎刈羽原子力発電所の概要

- 「重要な安全機能を有する施設及び常設重大事故等対処設備」を内包する建屋，屋外に設置する同施設・設備は，3号炉原子炉建屋内緊急時対策所（3号内緊対所）を内包する3号炉原子炉建屋を除きT.M.S.L.+12mの敷地及びこれよりも高所に配置
 - ✓ 循環水ポンプ，重要な安全機能を有する海水ポンプはタービン建屋地下に設置
 - ✓ 3号内緊対所を内包する3号炉原子炉建屋はT.M.S.L.+5mの敷地に配置（緊対所はT.M.S.L.+12.8mの2階フロアに設置）
- 重大事故等対処設備のうち可搬型設備は，大湊側高台保管場所（T.M.S.L.+34m），荒浜側高台保管場所（T.M.S.L.+35m）に保管
- アクセスルートは3号内緊対所に繋がるルートを除き，T.M.S.L.+12mより高所に設定
 - ✓ 3号内緊対所につながるルートはT.M.S.L.+5mの敷地内に設定

分類	No.	コメント	指摘日
共通	1	基準津波の評価に用いている地形データを最新にすること。	H27.1.23 審査会合

- H27.1.23審査会合コメントに基づき、地形データ等を更新し、津波評価を再実施した。
- 下図に示すとおり、基準津波の選定、及び基準津波による安全性評価について再評価を実施した。



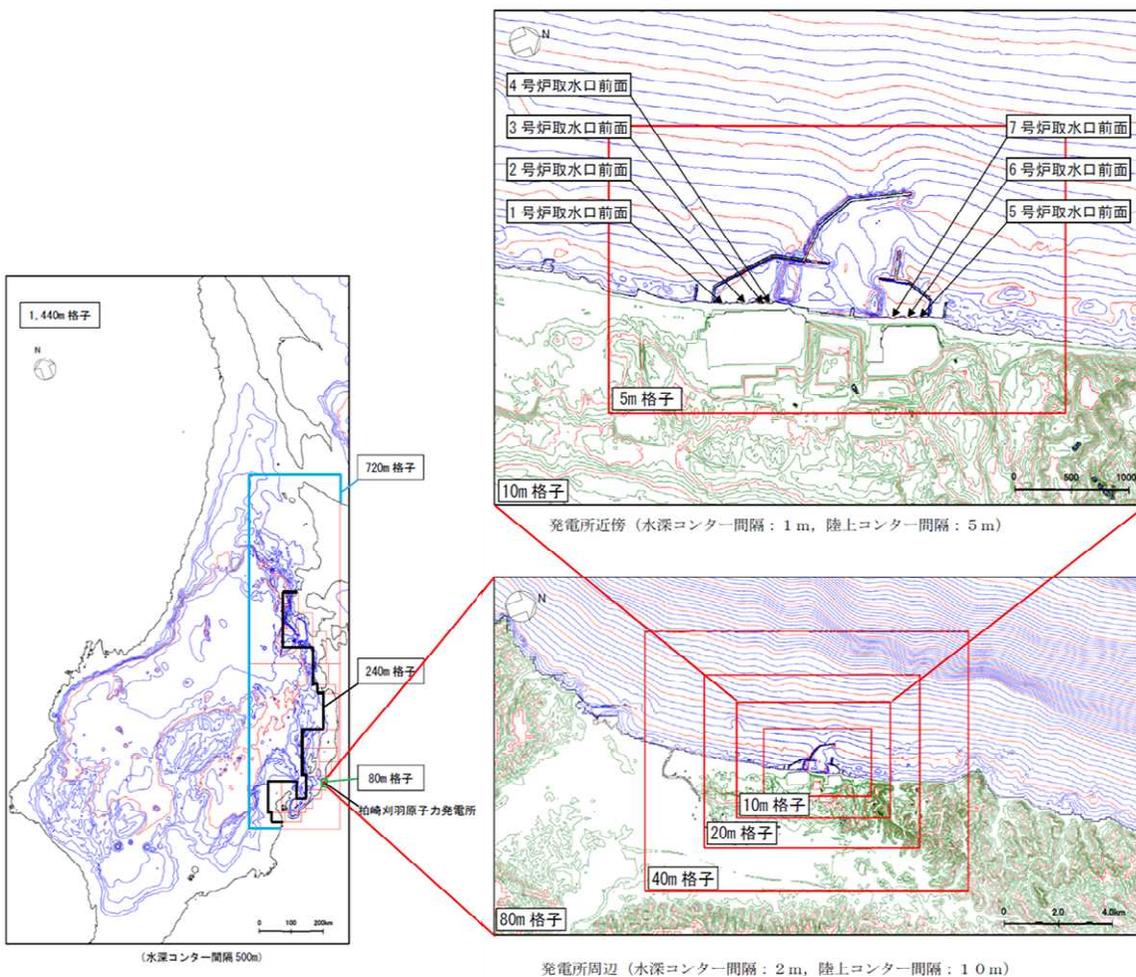
- 再評価の結果、基準津波として、取水口前面の最高水位は6.0mから6.8mに上昇、荒浜側防潮堤の最高水位は8.5mから7.6mに低下した。また、基準津波の更新に伴う施設の安全性評価への影響はないことを確認した。

基準津波 水位評価	評価	地震	組合せ	水位 T.M.S.L. (m)							基準津波 策定位置
				1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	
地形更新前	取水口前面 上昇側	日本海東縁部 (1領域モデル)	地震	+6.0	+5.9	+5.9	+5.8	+5.6	+5.7	+5.6	+2.9
	取水口前面 下降側	日本海東縁部 (2領域モデル)	地震	-4.9	-5.3	-5.3	-5.3	-5.1	-5.1	-5.1	-4.0
	荒浜側防潮堤	海域の活断層 (5断層連動モデル)	地震+ 海底地すべり	+8.5				—			+2.3
地形更新後	取水口前面 上昇側	日本海東縁部 (2領域モデル)	地震+ 海底地すべり	+6.8	+6.7	+6.5	+6.4	+6.2	+6.2	+6.1	+3.5
	取水口前面 下降側	日本海東縁部 (2領域モデル)	地震	-5.3	-5.3	-5.3	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5	-4.0
	荒浜側防潮堤	海域の活断層 (5断層連動モデル)	地震+ 海底地すべり	+7.6				—			+2.7

取水路水理 特性評価	上昇側最大ケース		水位 (m)	
			取水口前面	補機海水ポンプ
更新前	6号炉	日本海東縁部 (1領域モデル)	+5.6	+5.9
	7号炉	日本海東縁部 (1領域モデル)	+5.5	+5.9
更新後	6号炉	日本海東縁部 (2領域モデル) +海底地すべり	+6.2	+6.4
	7号炉	日本海東縁部 (2領域モデル) +海底地すべり	+6.1	+7.2

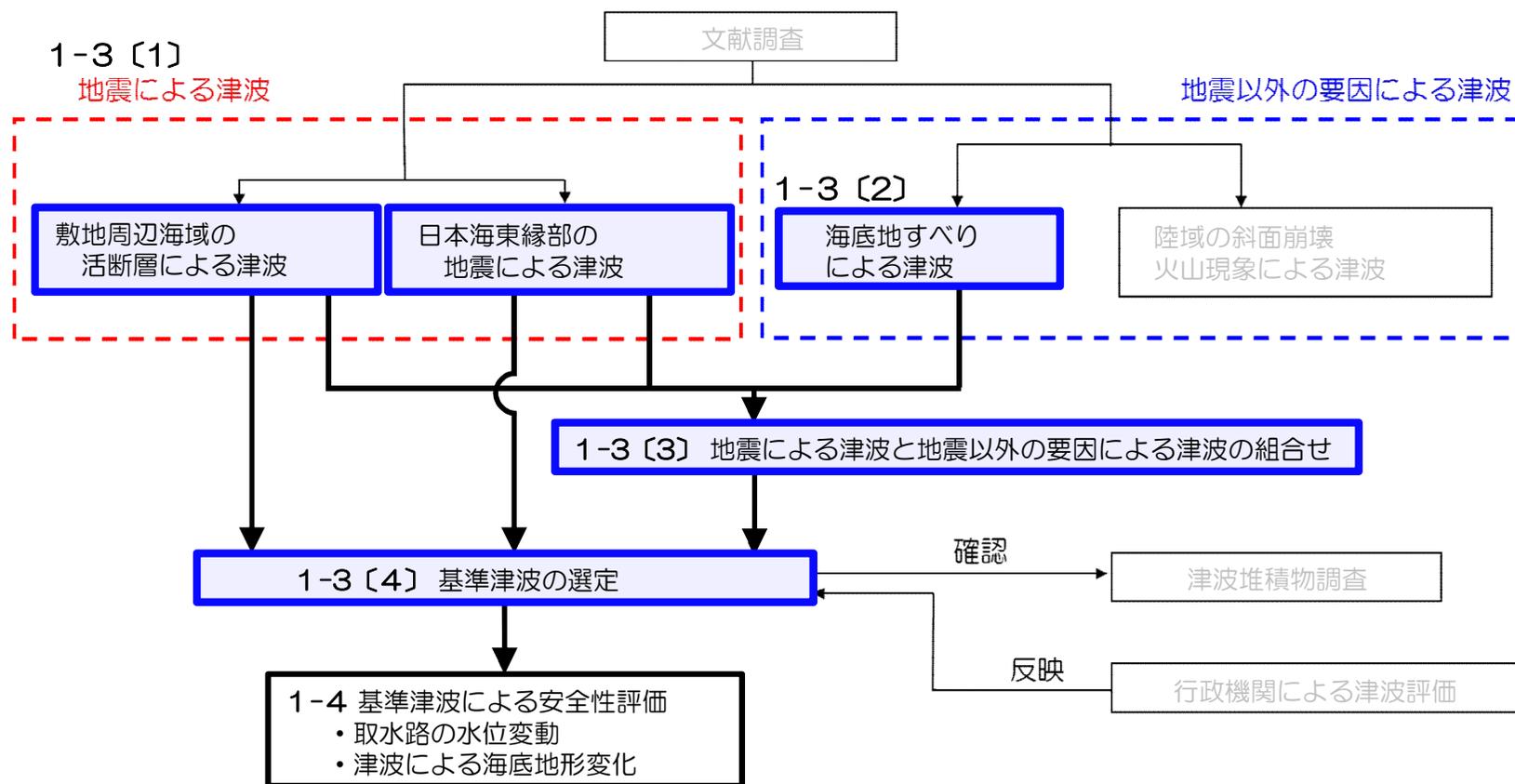
海底地形変化	対象ケース	取水口前面最大堆積厚さ (m)	
		1~7号炉	6, 7号炉
更新前	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	0.8 (3号炉)	0.6 (7号炉)
更新後	日本海東縁部 (2領域モデル) +海底地すべり	1.2 (3号炉)	0.6 (7号炉)

- 地形データ更新は、主に広域海底地形、港湾内海底地形や防波堤等について実施した。
- 設置変更許可申請時に考慮していなかった貯留堰をモデルに追加した。



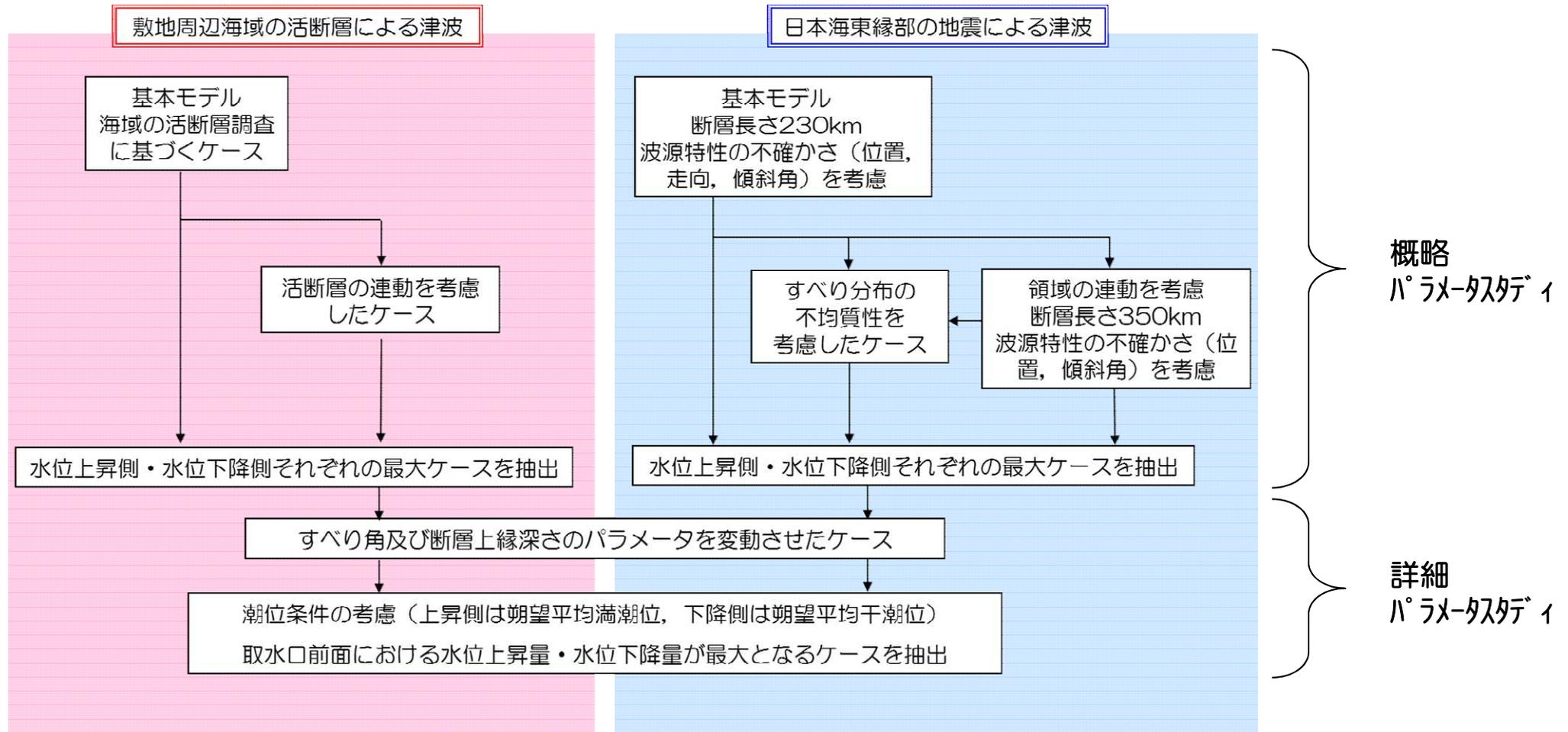
項目	更新前	更新後
広域	<ul style="list-style-type: none"> ➤ JTOPO30v2(2003) : 日本水路協会 ➤ M7000シリーズ(2006) : 日本水路協会 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ JTOPO30v2(2011.8) : 日本水路協会 ➤ GEBCO_08(2009.11) : IOC, IHO ➤ M7000シリーズ(2008~2011) : 日本水路協会
港湾内	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 数値地図5mメッシュ(2001) : 国土地理院 ➤ 深浅測量(2008.4) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 基盤地図5mメッシュ(2013.7) : 国土地理院 ➤ 深浅測量(2014.4) ➤ 防波堤標高測量(2013.10) ➤ 貯留堰の追加

- 津波評価においては、地震による津波及び地震以外の要因による津波を想定するとともに、それらを組み合わせた場合も想定して評価を実施し、基準津波を選定した。



1-3〔1〕 津波評価：地震による津波（評価フロー）

- 下図の評価フローに従って、概略パラメータスタディ及び詳細パラメータスタディを実施し、取水口前面及び荒浜側防潮堤における水位上昇量，水位下降量が最大となるケースを抽出した。



- 海域の活断層について、概略パラメータスタディ及び詳細パラメータスタディを実施した。
- 再評価の結果、最高、最低水位を示す波源に変更はなく、取水口前面水位の最大値は50cm程度上昇した。

概略パラメータスタディ

基本モデル

- F-D断層～高田沖断層
- F-B断層
- 米山沖断層
- 佐渡島南方断層
- 佐渡島棚東縁断層
- 長岡平野西縁断層帯

パラメータ

- スケーリング則
(土木学会手法、強震動予測レシビ)
- 傾斜角
※長岡平野西縁断層帯のみ

評価結果：上昇側最大（取水口前面，荒浜側防潮堤）

- F-D断層～高田沖断層
(地形更新に伴う変化)
 - 波源変更：佐渡島棚東縁断層
→F-D断層～高田沖断層
 - 取水口前面水位上昇量：1.58m → 1.72m
※荒浜側防潮堤は遡上しない

評価結果：下降側最小（取水口前面）

- 長岡平野西縁断層帯（傾斜角35°）
(地形更新に伴う変化)
 - 波源変更なし
 - 取水口前面水位下降量：-3.84m → -3.82m

連動を考慮したモデル

- 5断層連動モデル
：佐渡島南方断層～F-D断層
～高田沖断層～親不知海脚西縁断層
～魚津断層帯
- 長岡十日町連動モデル
：長岡平野西縁断層帯～山本山断層
～十日町断層帯西部

パラメータ

- スケーリング則
(土木学会手法、強震動予測レシビ)
- 傾斜角
※長岡十日町連動モデルのみ

評価結果：上昇側最大（取水口前面，荒浜側防潮堤）

- 5断層連動モデル
(地形更新に伴う変化)
 - 波源変更なし
 - 取水口前面水位上昇量：4.48m → 4.85m
 - 荒浜側防潮堤水位上昇量：5.97m → 6.01m

評価結果：下降側最小（取水口前面）

- 長岡十日町連動モデル（傾斜角35°）
(地形更新に伴う変化)
 - 波源変更なし
 - 取水口前面水位下降量：-4.73m → -4.88m

詳細パラメータスタディ

上昇側最大ケース（取水口前面，荒浜側防潮堤）

- 5断層連動モデル
- パラメータ** **潮位考慮**
- すべり角，上縁深さ

評価結果

- 5断層連動モデル
(すべり角62～96°，上縁深さ2.5km)
(地形更新に伴う変化)
 - 波源変更なし
 - 取水口前面水位：5.2m → 5.7m
 - 荒浜側防潮堤水位：6.7m → 6.9m

下降側最小ケース（取水口前面）

- 長岡十日町連動モデル
- パラメータ** **潮位考慮**
- すべり角，上縁深さ

評価結果

- 長岡十日町連動モデル（傾斜角35°）
(すべり角72，90°，上縁深さ0km)
(地形更新に伴う変化)
 - 波源変更なし
 - 取水口前面水位：-4.7m → -4.8m

- 日本海東縁部の地震について、概略パラメータスタディ及び詳細パラメータスタディを実施した。
- 再評価の結果、最高水位を示す波源が1領域モデルから2領域モデルに変更となり、取水口前面水位の最大値は50cm程度上昇した。なお、波源の変更は、地形更新前の概略パラメータスタディにおいて1領域モデルと2領域モデルの水位上昇量の差が非常に小さかったことが要因であると考えられる。

概略パラメータスタディ

基本モデル

- 1領域モデル
断層長さ230km, 最大Mw8.4

パラメータ

- スケーリング則
(土木学会手法, 強震動予測レシビ)
- 断層の位置 (19ケース)
- 走向 (10° ~30° 190° ~210°)
- 傾斜角 (30°, 45°, 60°)

評価結果: 上昇側最大 (取水口前面, 荒浜側防潮堤)
(地形更新に伴う変化)

- 取水口前面水位上昇量: 5.38m → **5.26m**
- 荒浜側防潮堤水位上昇量: 5.38m → **5.23m**

評価結果: 下降側最小 (取水口前面)
(地形更新に伴う変化)

- 取水口前面水位下降量: -4.87m → **-4.96m**

領域の連動を考慮したモデル

- 2領域モデル
断層長さ350km, 最大Mw8.6

パラメータ

- スケーリング則
(土木学会手法, 強震動予測レシビ)
- 断層の位置 (6ケース)
- 走向 (8°, 188°)
- 傾斜角 (30°, 60°)

評価結果: 上昇側最大 (取水口前面, 荒浜側防潮堤)
(地形更新に伴う変化)

- 取水口前面水位上昇量: 5.38m → **5.29m**
- 荒浜側防潮堤水位上昇量: 5.34m → **5.39m**

評価結果: 下降側最小 (取水口前面)
(地形更新に伴う変化)

- 波源変更なし
- 取水口前面水位下降量: -5.05m → **-5.07m**

詳細パラメータスタディ

上昇側最大ケース (取水口前面, 荒浜側防潮堤)

- 2領域モデル

パラメータ **潮位考慮**

- すべり角, 上縁深さ
- アスペリティモデル

評価結果

- 2領域モデル(すべり角100°, 上縁深さ5km)
(地形更新に伴う変化)
- **波源変更: 1領域 → 2領域モデル**
- 取水口前面水位: 6.0m → **6.5m**
- 荒浜側防潮堤水位: 5.9m → **6.6m**

下降側最小ケース (取水口前面)

- 2領域モデル

パラメータ **潮位考慮**

- すべり角, 上縁深さ
- アスペリティモデル

評価結果

- 2領域モデル(すべり角100°, 上縁深さ5km)
(地形更新に伴う変化)
- 波源変更なし
- 取水口前面水位: -5.3m → **-5.4m**

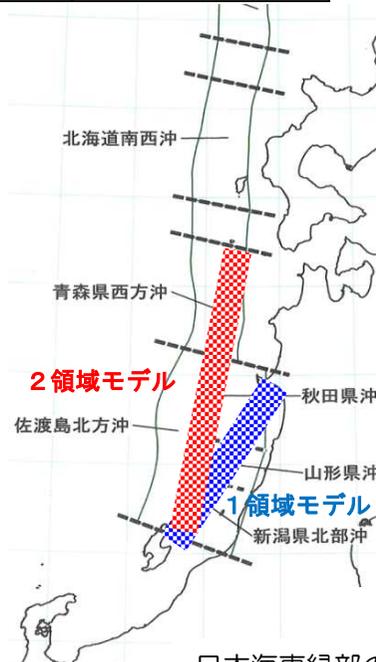
※ 更新前数値 → 更新後数値

- 概略パラメータスタディで選定された2領域モデルと1領域モデルの水位上昇量の差が小さいことから、念のため1領域モデルについて「すべり角」と「上縁深さ」をパラメータとした詳細パラメータスタディを実施した。
- 評価の結果、2領域モデルの水位上昇量を下回ることを確認した。

■ パラメータ（1領域，2領域モデル共通）

波源	すべり角 λ (°)	上縁深さ d (km)
1領域モデル 2領域モデル	80	0
	90	2.5
	100	5

最大ケース
を選択
→



日本海東縁部の想定波源図

評価位置	最大水位上昇量(m)	
	2領域モデル	1領域モデル
1号炉取水口前面	+5.90	+5.18
2号炉取水口前面	+5.73	+5.20
3号炉取水口前面	+5.57	+5.16
4号炉取水口前面	+5.51	+5.14
5号炉取水口前面	+5.44	+5.26
6号炉取水口前面	+5.43	+5.20
7号炉取水口前面	+5.46	+5.09
荒浜側防潮堤	+6.05	+5.23
決定ケース	すべり角:100° 上縁深さ:5km	すべり角:90° 上縁深さ:0km

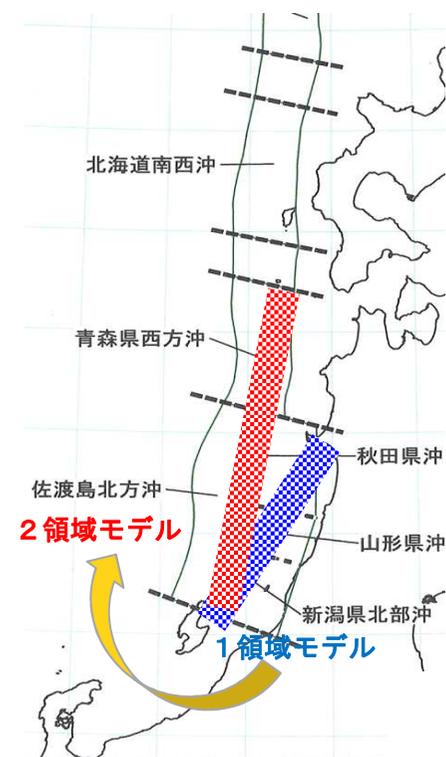
1-3〔1〕津波評価：地震による津波（まとめ）

- 地形データ更新前後における地震による津波の評価結果は、下表に示すとおり。
- 上昇側については、日本海東縁部の波源が1領域から2領域モデルへ変更となった。

地形更新前

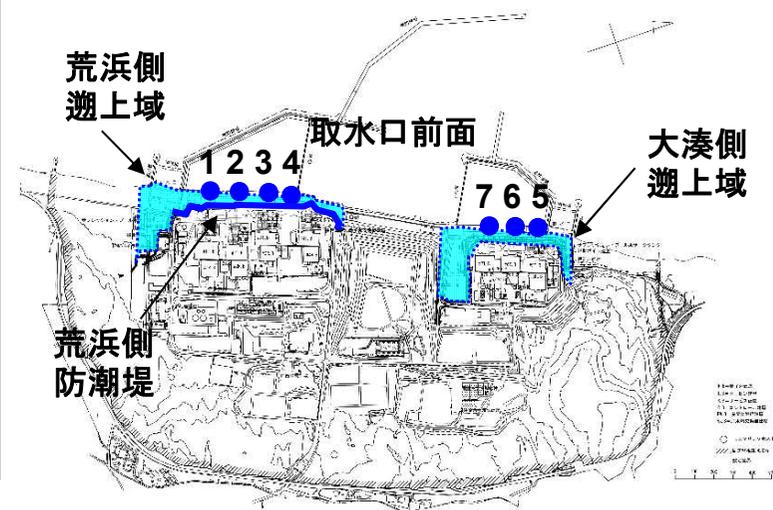
水位	地震	水位 T.M.S.L. (m)									
		取水口前面							荒浜側 防潮堤	遡上域	
		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		荒浜側	大湊側
上昇側	海域の活断層 (5断層連動モデル)	+5.2	+5.1	+5.1	+4.9	+4.4	+4.4	+4.4	+6.7 [※]	+6.6	+6.6
	日本海東縁部 (1領域モデル)	+6.0	+5.9	+5.9	+5.8	+5.6	+5.7	+5.6	+5.9	+5.9	+5.6
下降側	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	-4.7	-4.6	-4.6	-4.5	-4.5	-4.4	-4.4	-	-	-
	日本海東縁部 (2領域モデル)	-4.9	-5.3	-5.3	-5.3	-5.1	-5.1	-5.1	(+4.7)	(+5.0)	(+5.3)

※ 荒浜側防潮堤の波源については、
取水口前面とスケールリンク則が異なる



地形更新後

水位	地震	水位 T.M.S.L. (m)									
		取水口前面							荒浜側 防潮堤	遡上域	
		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		荒浜側	大湊側
上昇側	海域の活断層 (5断層連動モデル)	+5.2	+5.5	+5.7	+5.6	+4.5	+4.5	+4.7	+6.9	+7.1	+7.3
	日本海東縁部 (2領域モデル)	+6.5	+6.3	+6.2	+6.1	+6.0	+6.0	+6.0	+6.6	+6.6	+7.4
下降側	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	-4.8	-4.6	-4.5	-4.5	-3.0	-3.5	-3.5	-	(+0.2)	(+1.0)
	日本海東縁部 (2領域モデル)	-5.3	-5.3	-5.3	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5	(+5.0)	(+5.1)	(+5.7)



1-3〔2〕 津波評価：海底地すべりによる津波

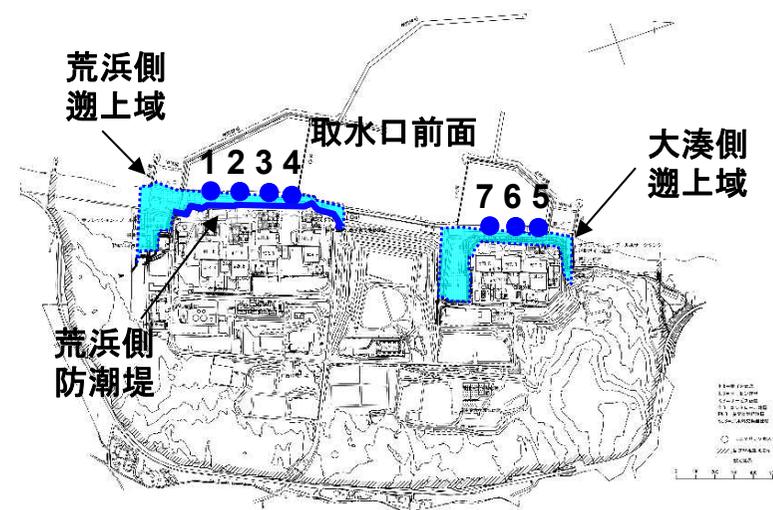
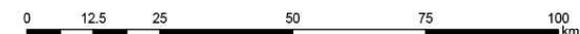
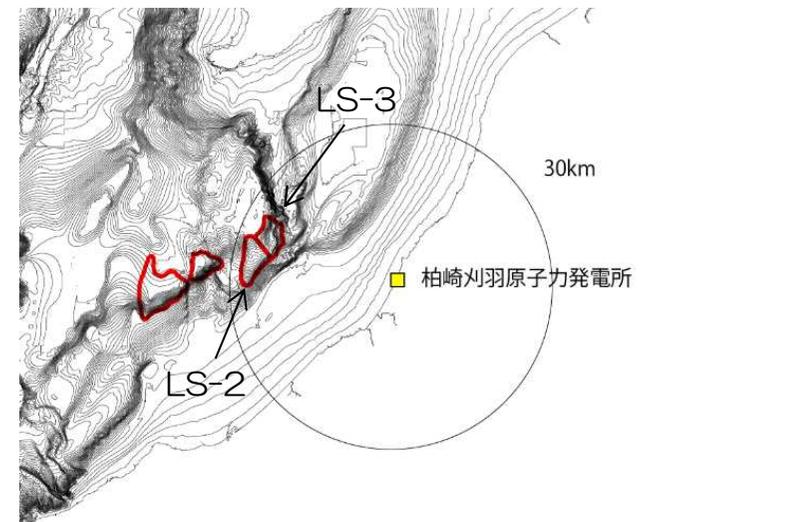
- 地形データ更新前後における海底地すべりによる津波の評価結果は、下表に示すとおり。

地形更新前

水位	地すべり	水位 T.M.S.L. (m)									
		取水口前面							荒浜側 防潮堤	遡上域	
		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		荒浜側	大湊側
上昇側	LS-2	+3.6	+3.6	+3.5	+3.4	+3.3	+3.3	+3.2	+6.4	+6.6	+4.4
下降側	LS-3	-3.8	-3.6	-3.4	-3.3	-2.7	-2.6	-2.6	-	(+5.2)	(+4.8)

地形更新後

水位	地すべり	水位 T.M.S.L. (m)									
		取水口前面							荒浜側 防潮堤	遡上域	
		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		荒浜側	大湊側
上昇側	LS-2	+4.5	+4.3	+4.1	+4.1	+3.6	+3.6	+3.6	+6.2	+6.3	+5.1
下降側	LS-3	-3.9	-3.6	-3.5	-3.4	-2.8	-2.7	-2.6	(+3.1)	(+5.9)	(+4.8)



1-3〔3〕 津波評価：地震と海底地すべりによる津波の組合せ

- 地形データ更新前後における地震と海底地すべりによる津波の組合せ評価結果は、下表に示すとおり。

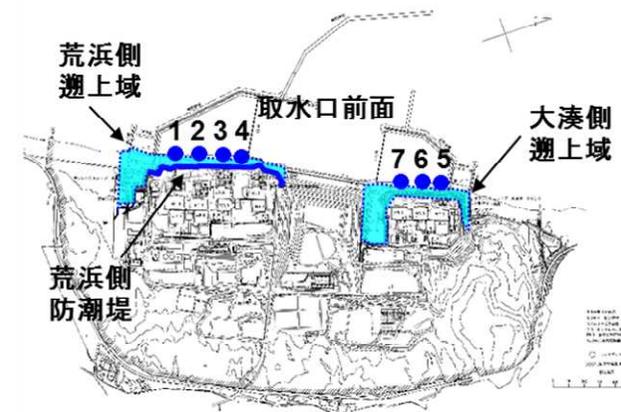
地形更新前

水位	地震	地すべり	水位 T.M.S.L. (m)									
			取水口前面							荒浜側 防潮堤	遡上域	
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		荒浜側	大湊側
上昇側	海域の活断層 (5断層連動モデル)	LS-2	+5.2	+5.1	+5.0	+4.9	+4.4	+4.4	+4.5	+8.5 [※]	+8.5	+6.9
	日本海東縁部 (1領域モデル)	LS-2	+5.5	+5.5	+5.4	+5.3	+5.6	+5.6	+5.5	+7.2	+7.3	+5.9
下降側	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	LS-3	-4.8	-4.8	-4.7	-4.6	-4.5	-4.5	-4.5	-	(+3.4)	(+2.1)
	日本海東縁部 (2領域モデル)	LS-3	-4.8	-5.3	-5.3	-5.3	-5.1	-5.1	-5.1	(+6.0)	(+6.8)	(+7.5)

※ 荒浜側防潮堤の波源については、
取水口前面とスケールリング則が異なる

地形更新後

水位	地震	地すべり	水位 T.M.S.L. (m)									
			取水口前面							荒浜側 防潮堤	遡上域	
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉		荒浜側	大湊側
上昇側	海域の活断層 (5断層連動モデル)	LS-2	+5.1	+5.3	+5.5	+5.4	+4.5	+4.5	+4.6	+7.6	+7.6	+7.5
	日本海東縁部 (2領域モデル)	LS-2	+6.8	+6.7	+6.5	+6.4	+6.2	+6.2	+6.1	+7.1	+7.4	+6.9
下降側	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	LS-3	-4.9	-4.7	-4.6	-4.6	-3.0	-3.5	-3.5	-	(+3.1)	(+3.0)
	日本海東縁部 (2領域モデル)	LS-3	-5.2	-5.2	-5.2	-5.2	-3.0	-3.5	-3.5	(+6.7)	(+7.4)	(+6.4)



1-3〔4〕 津波評価：基準津波（1）

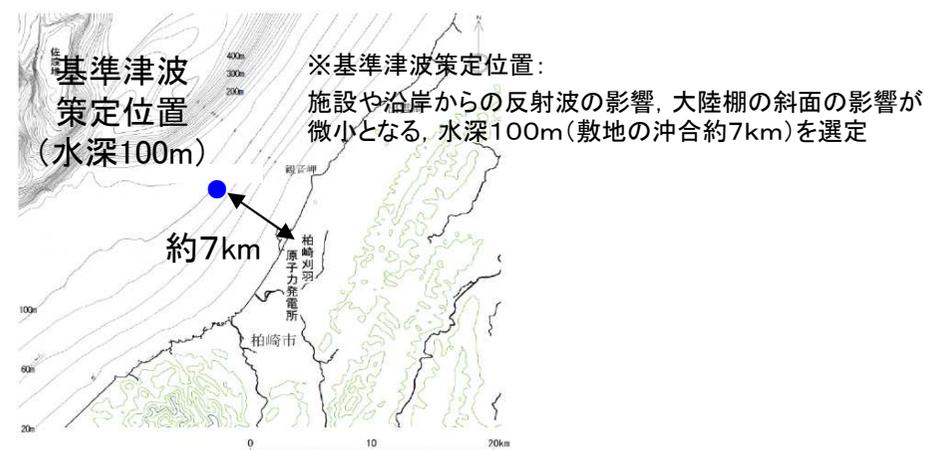
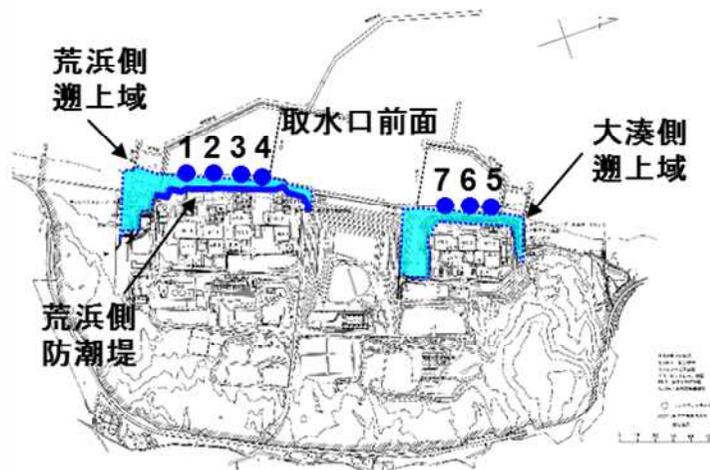
- 地形データ更新前後の基準津波波源，及び水位は，下表に示すとおり。

地形更新前

評価	地震	組合せ	水位 T.M.S.L. (m)							基準津波策定位置
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	
取水口前面 上昇側	日本海東縁部 (1領域モデル)	地震	+6.0	+5.9	+5.9	+5.8	+5.6	+5.7	+5.6	+2.9
取水口前面 下降側	日本海東縁部 (2領域モデル)	地震	-4.9	-5.3	-5.3	-5.3	-5.1	-5.1	-5.1	-4.0
荒浜側防潮堤	海域の活断層 (5断層連動モデル)	地震+ 海底地すべり	+8.5				-			+2.3

地形更新後

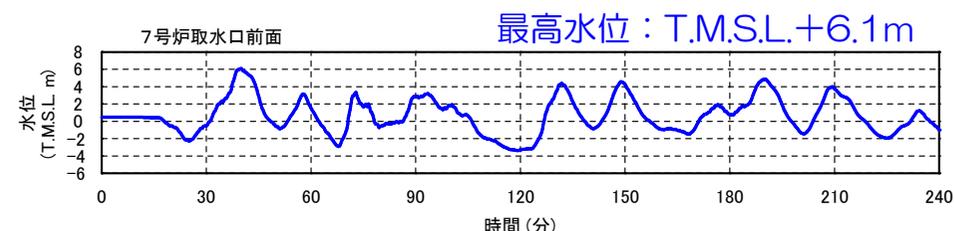
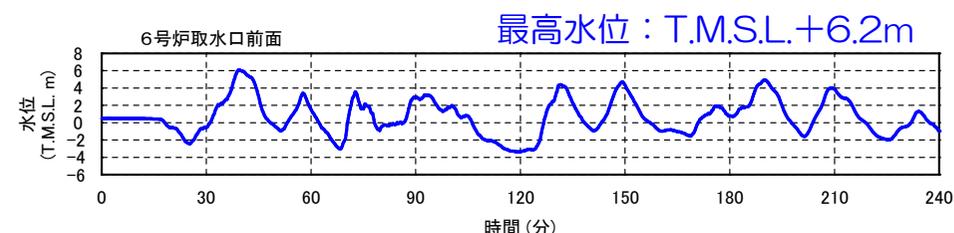
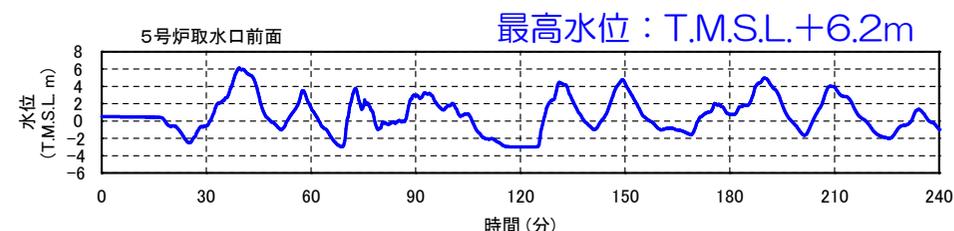
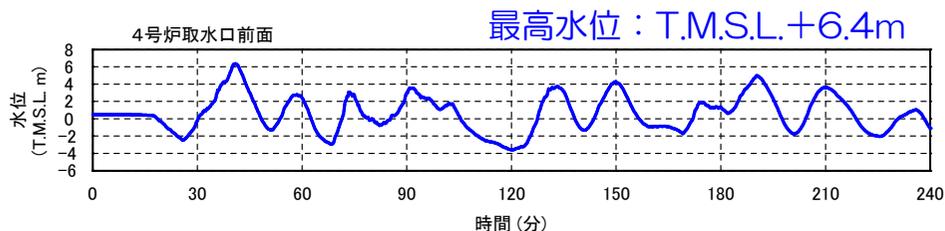
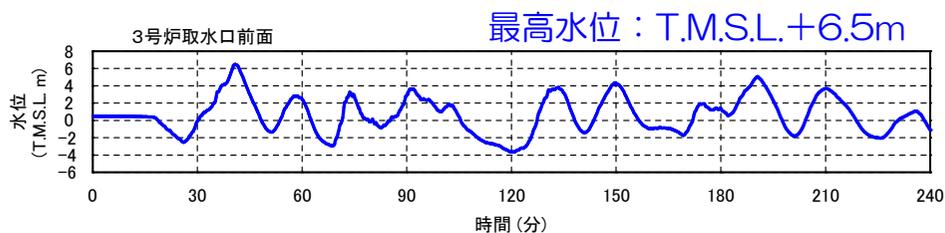
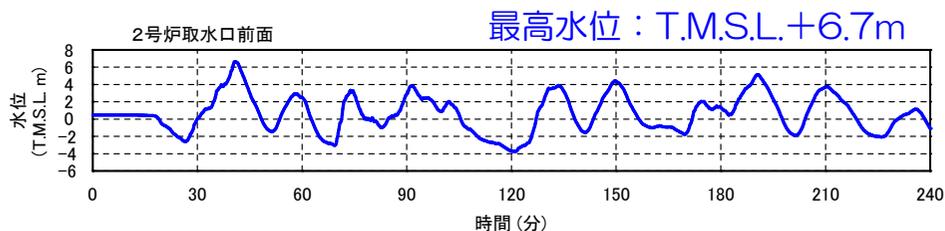
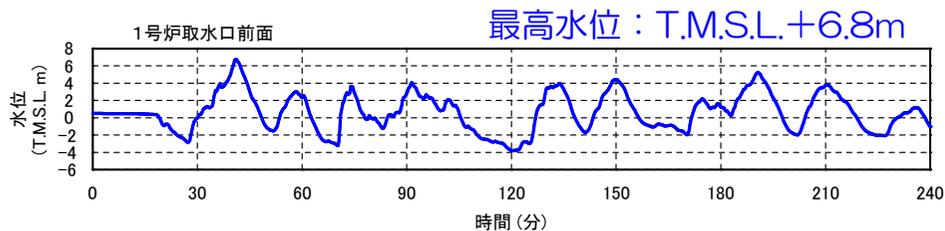
評価	地震	組合せ	水位 T.M.S.L. (m)							基準津波策定位置
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	
取水口前面 上昇側	日本海東縁部 (2領域モデル)	地震+ 海底地すべり	+6.8	+6.7	+6.5	+6.4	+6.2	+6.2	+6.1	+3.5
取水口前面 下降側	日本海東縁部 (2領域モデル)	地震	-5.3	-5.3	-5.3	-5.4	-3.0	-3.5	-3.5	-4.0
荒浜側防潮堤	海域の活断層 (5断層連動モデル)	地震+ 海底地すべり	+7.6				-			+2.7



地形更新後

取水口前面上昇側最大ケースの時刻歴波形

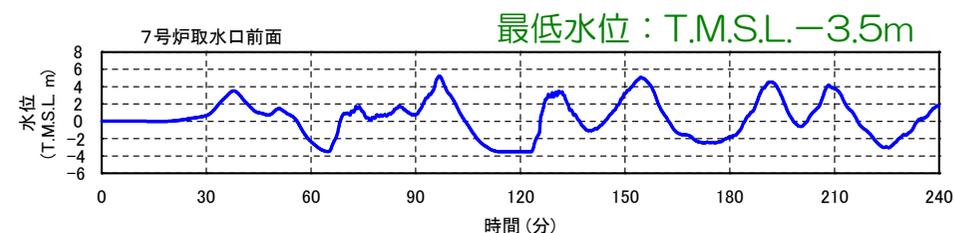
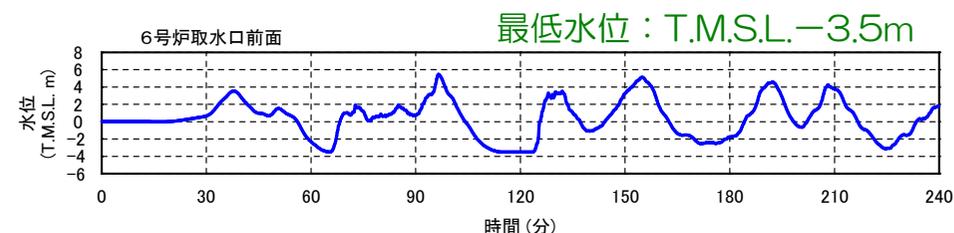
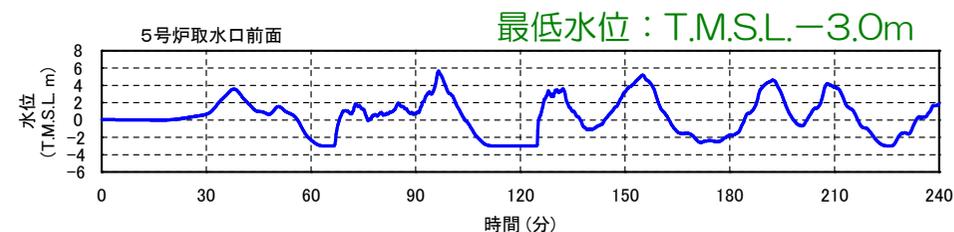
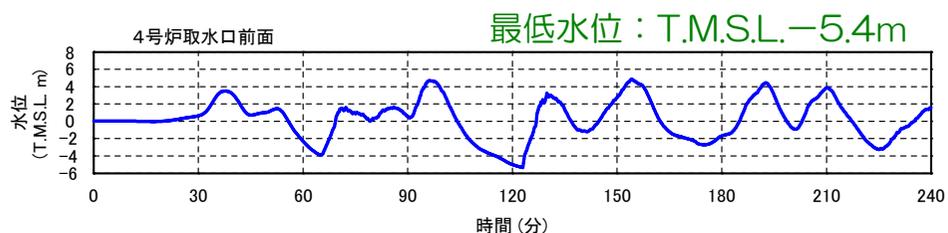
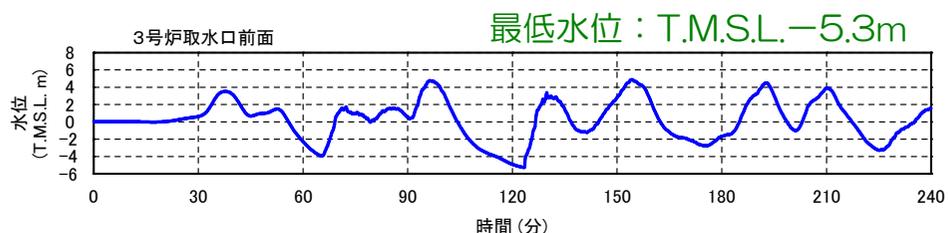
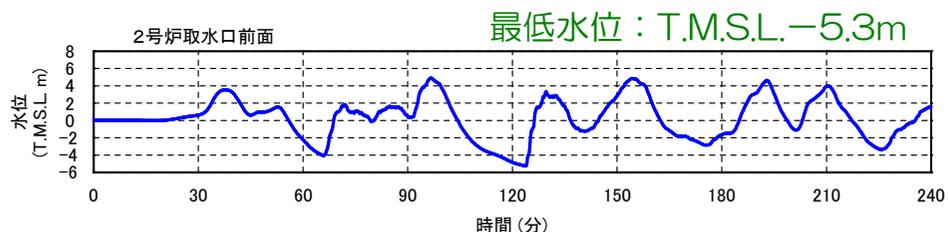
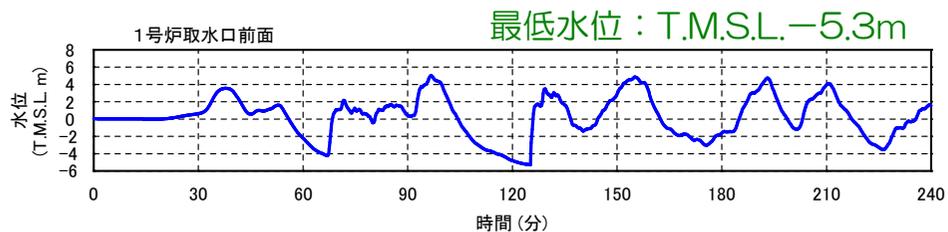
日本海東縁部（2領域モデル）＋海底地すべり（LS-2）



地形更新後

取水口前面下降側最大ケースの時刻歴波形

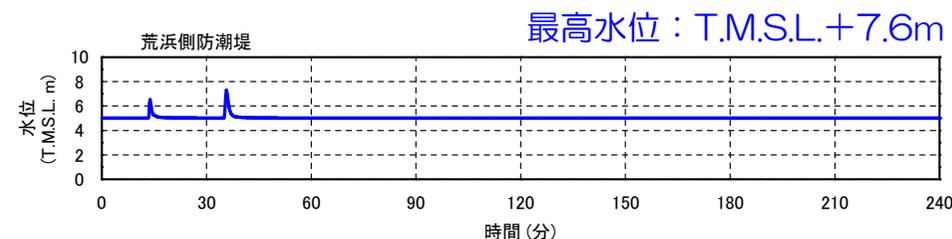
日本海東縁部（2領域モデル）



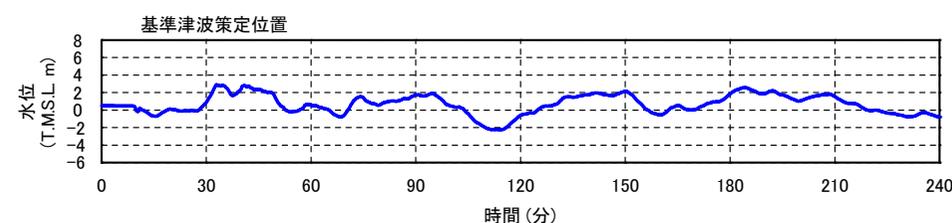
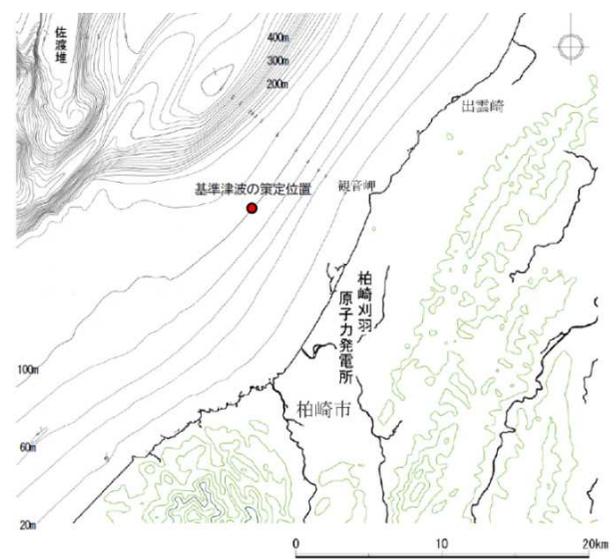
地形更新後

荒浜側防潮堤上昇側最大ケースの時刻歴波形

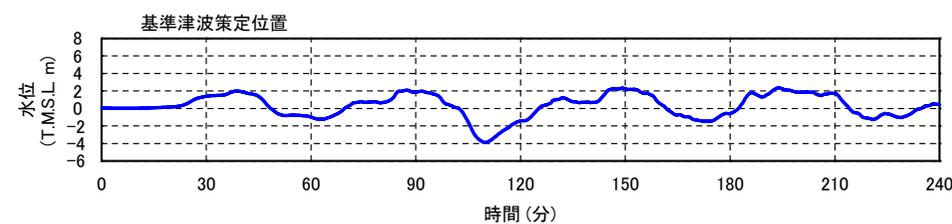
海域の活断層（5断層連動モデル）
+ 海底地すべり（LS-2）



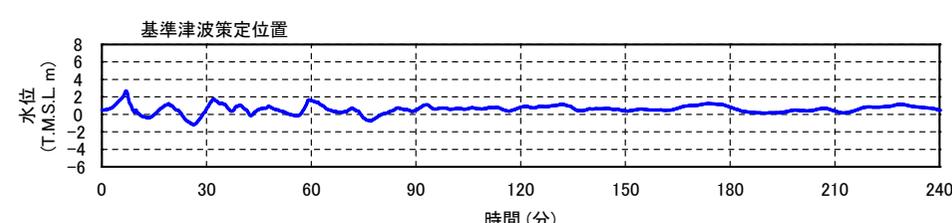
基準津波策定位置における時刻歴波形



取水口前面上昇側最大ケース



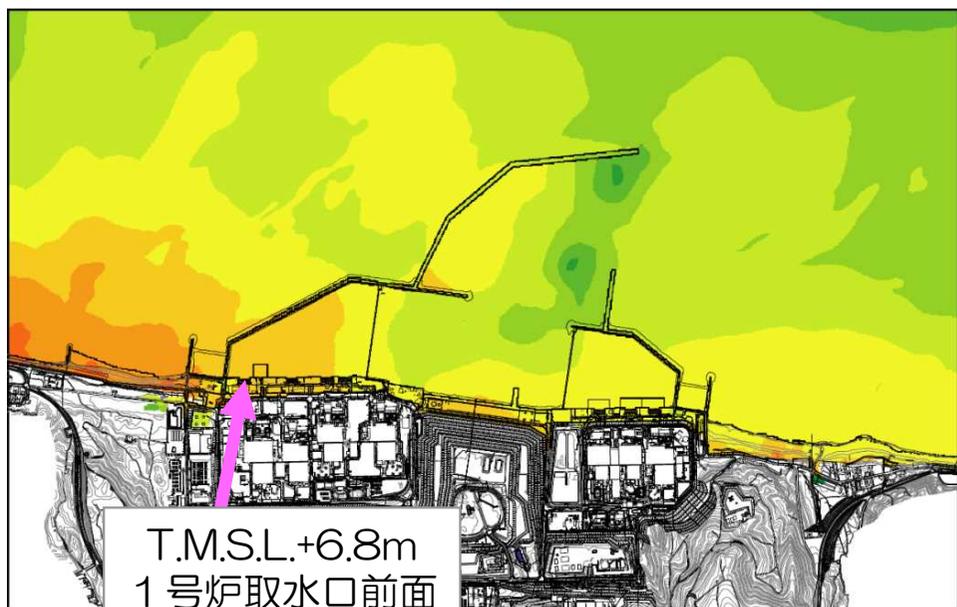
取水口前面下降側最大ケース



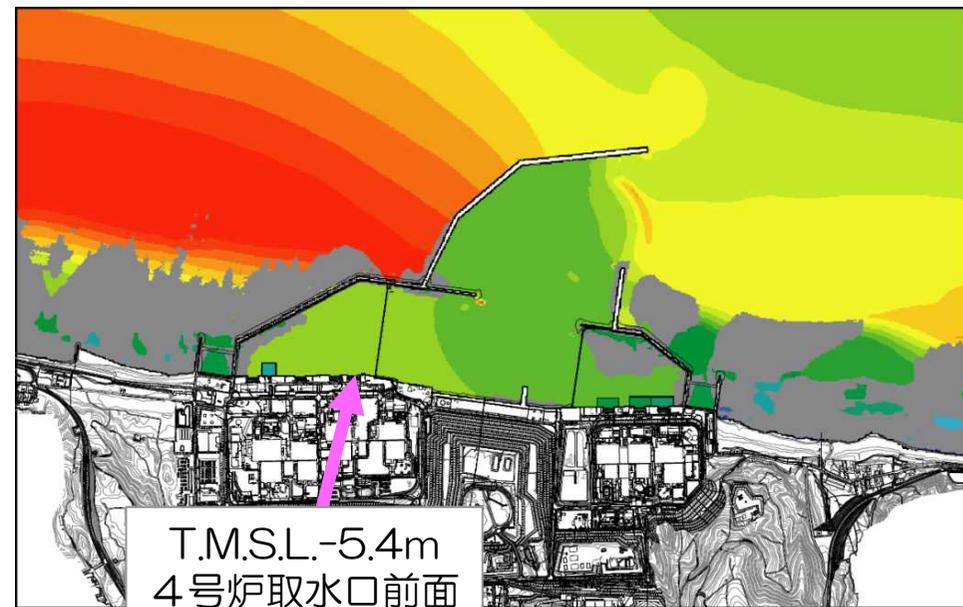
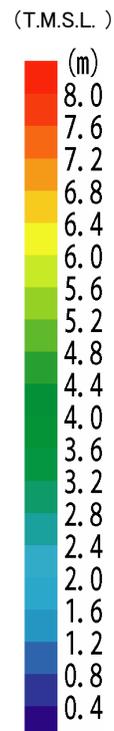
荒浜側防潮堤最大ケース

地形更新後

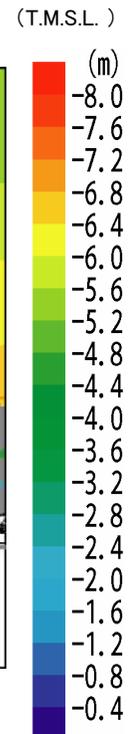
最大水位上昇量・下降量分布



取水口前面上昇側最大ケース：
日本海東縁部（2領域モデル）+LS-2
最大水位上昇量分布

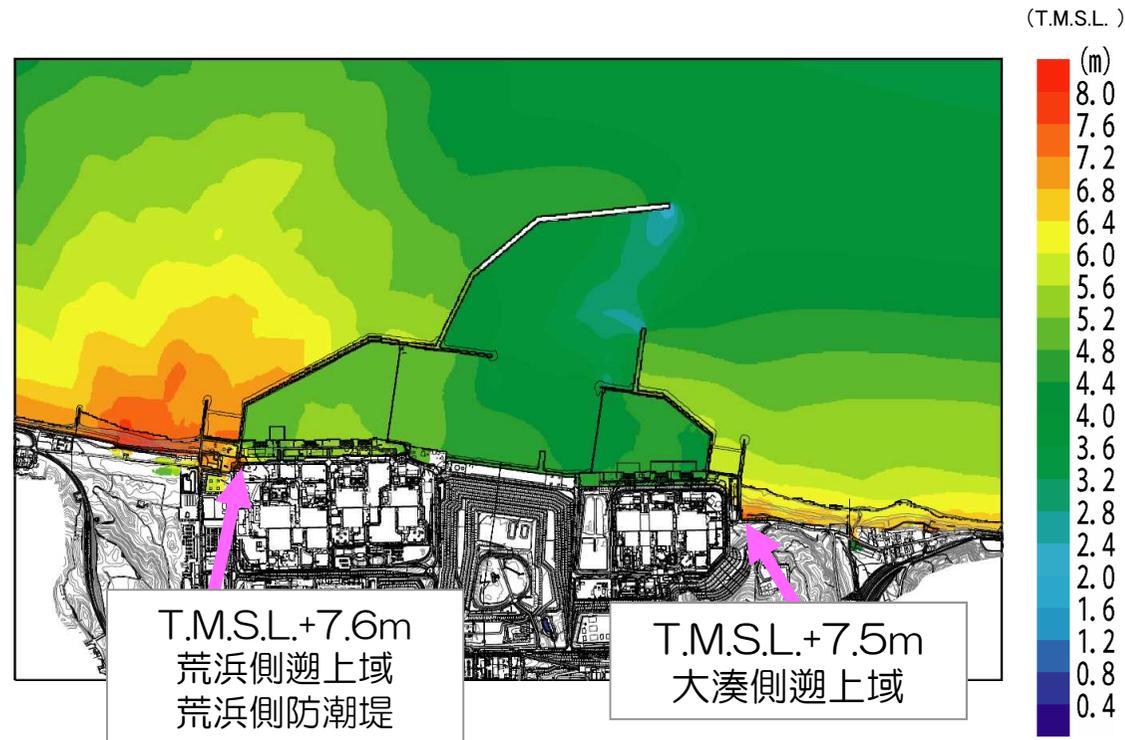


取水口前面下降側最大ケース：
日本海東縁部（2領域モデル）
最大水位下降量分布



地形更新後

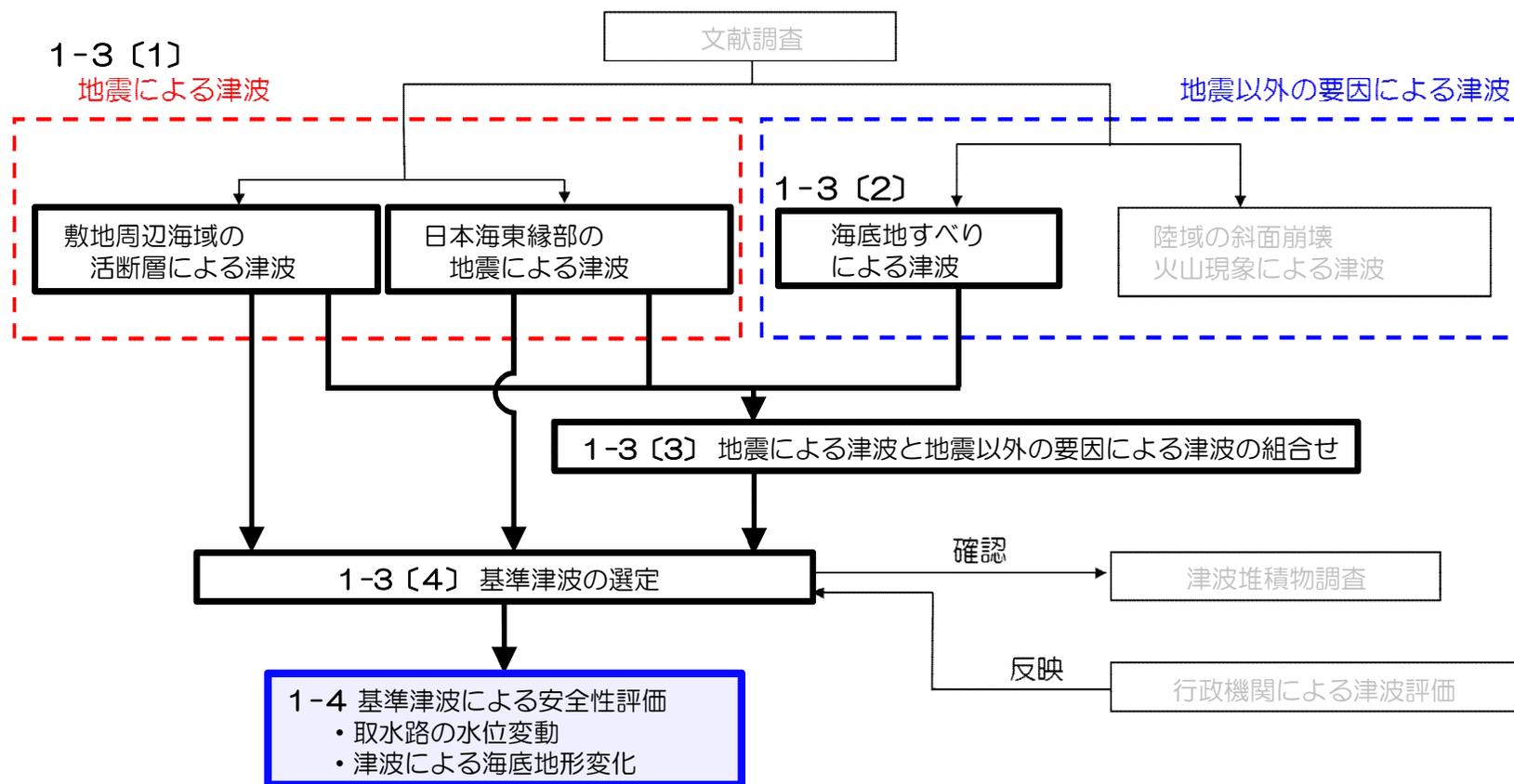
最大水位上昇量・下降量分布



荒浜側防潮堤 & 荒浜・大湊側遡上域最大水位ケース：
海域の活断層（5断層連動モデル）+地すべり（LS-2）

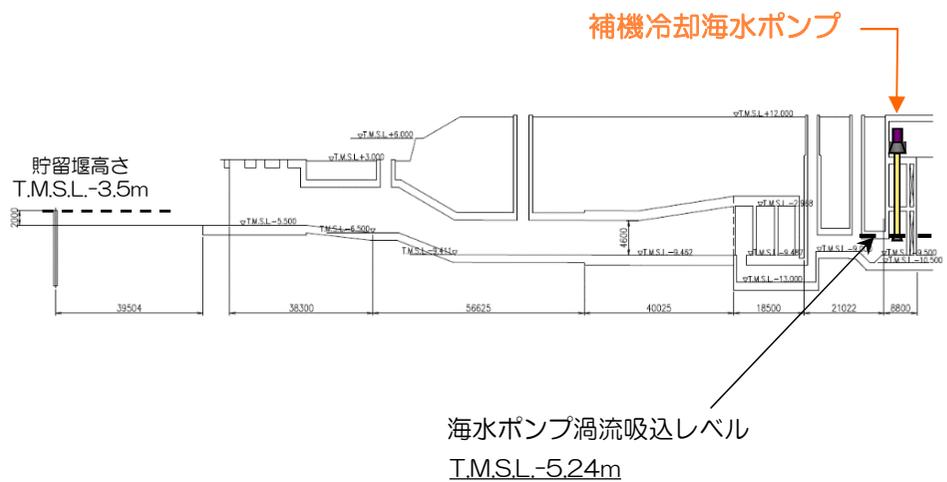
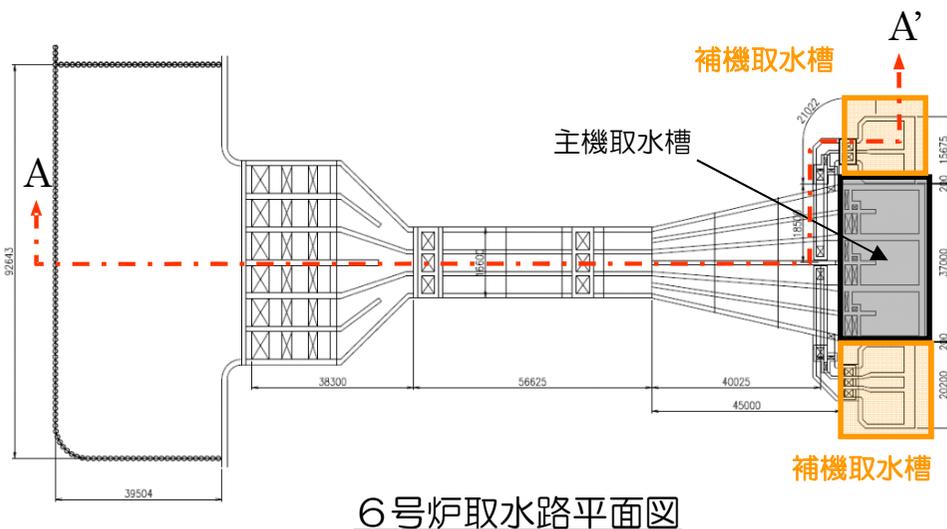
最大水位上昇量分布

- 基準津波による施設の安全性評価として、取水路の水位変動、及び津波による海底地形変化について評価を実施した。

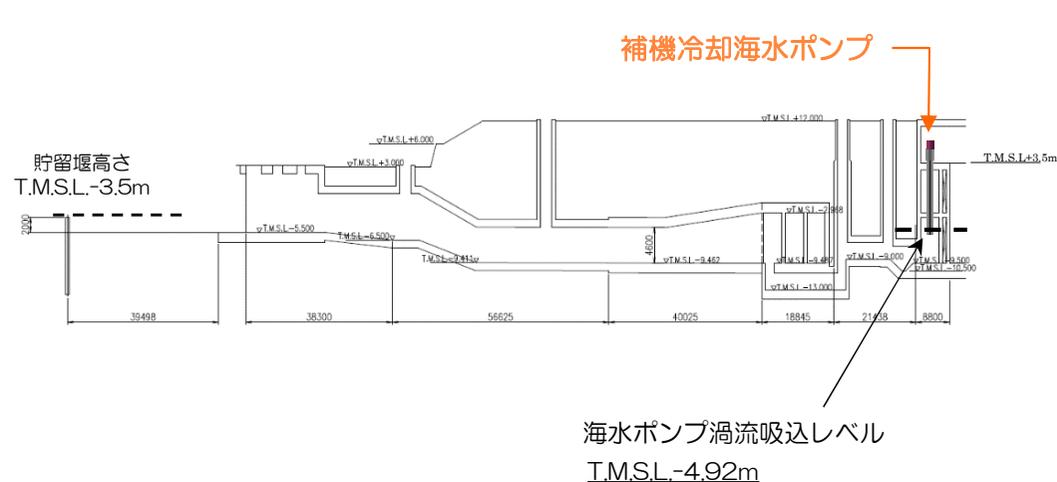
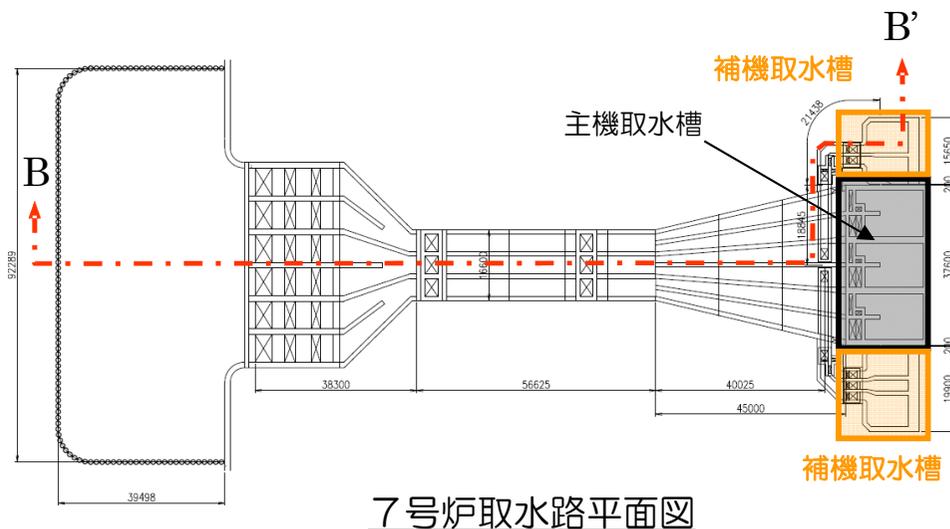


■ 6, 7号炉取水路設備

取水路内貯留量：約4,000m³
貯留堰内貯留量：約6,000m³ **全体貯留量：約10,000m³**



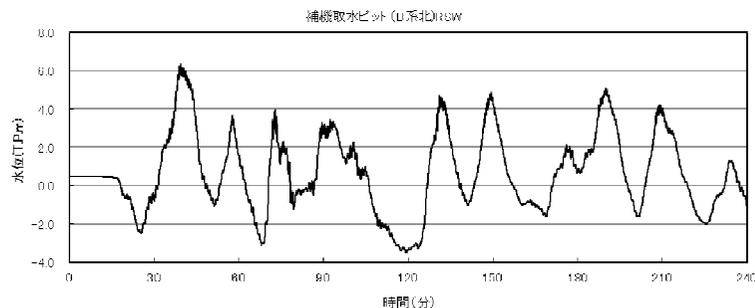
取水路内貯留量：約3,000m³
貯留堰内貯留量：約5,000m³ **全体貯留量：約8,000m³**



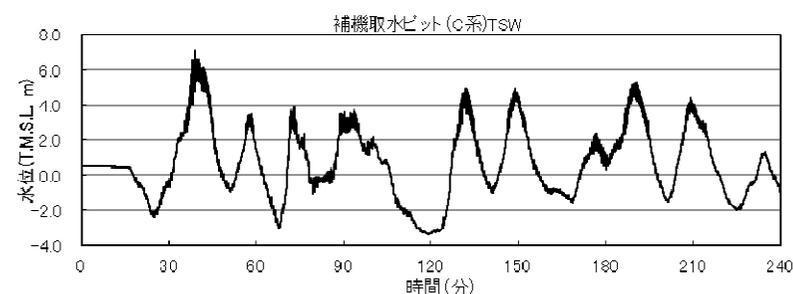
1-4〔1〕 施設の安全性評価：取水路の水理特性による水位変動

- 6号炉，7号炉について，基準津波による取水路内の各ポンプ位置（補機取水槽）における水位を検討した結果，最高水位はいずれもT.M.S.L.+7m程度である。
- 取水路の水位変動に対して，取水路点検用立坑の天端高はT.M.S.L.+12.2mであり，また補機取水槽の開口部（T.M.S.L.+3.5m）には浸水防止設備（閉止板）を設置しており，敷地及び建屋への津波の流入がないことを確認した。

6号炉



7号炉



地形更新前

上昇側最大ケース		水位					T.M.S.L. (m)
		取水口前面	補機海水ポンプ A系RSW	補機海水ポンプ B系北RSW	補機海水ポンプ B系TSW	補機海水ポンプ B系南RSW	補機海水ポンプ C系TSW
6号炉	日本海東縁部 (1領域モデル)	+5.52	+5.65	+5.53	+5.55	+5.55	+5.82
7号炉	日本海東縁部 (1領域モデル)	+5.48	+5.64	+5.65	+5.67	+5.67	+5.90

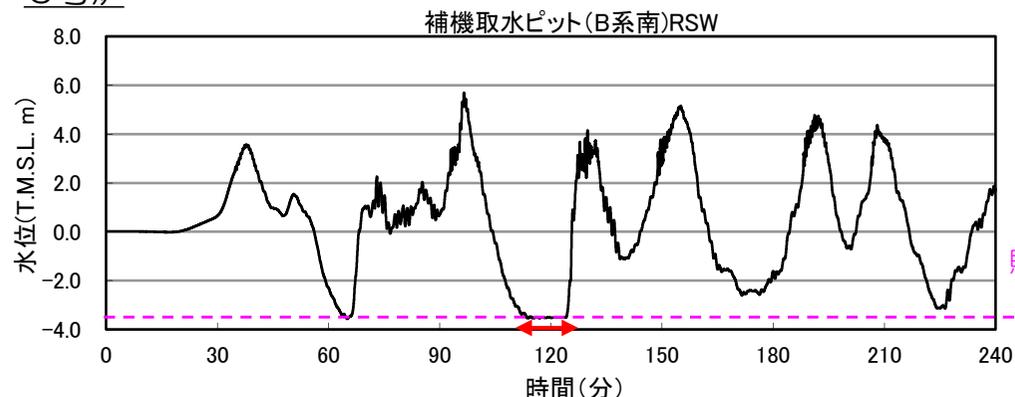
地形更新後

上昇側最大ケース		水位					T.M.S.L. (m)
		取水口前面	補機海水ポンプ A系RSW	補機海水ポンプ B系北RSW	補機海水ポンプ B系TSW	補機海水ポンプ B系南RSW	補機海水ポンプ C系TSW
6号炉	日本海東縁部 (2領域モデル)+LS-2	+6.12	+6.27	+6.37	+6.35	+6.36	+6.36
7号炉	日本海東縁部 (2領域モデル)+LS-2	+6.09	+6.91	+6.24	+6.16	+6.17	+7.12

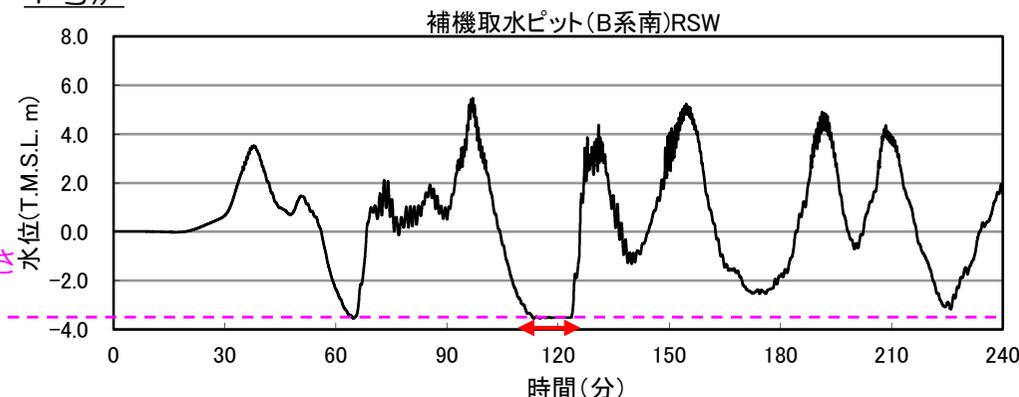
1-4〔1〕 施設の安全性評価：取水路の水理特性による水位変動

- ポンプによる取水が全体貯留量に及ぼす影響について確認した。
- 水位が貯留堰を下回る時間における取水量を算定し、全体貯留量と比較した結果、取水量に対する全体貯留量には十分な余裕があり、取水への影響はないことを確認した。
- また、貯留堰内の砂の堆積量を確認した結果、全体貯留量に対して、最大堆積量は約4%程度であり、取水への影響はないことを確認した。

6号炉



7号炉



地形更新前

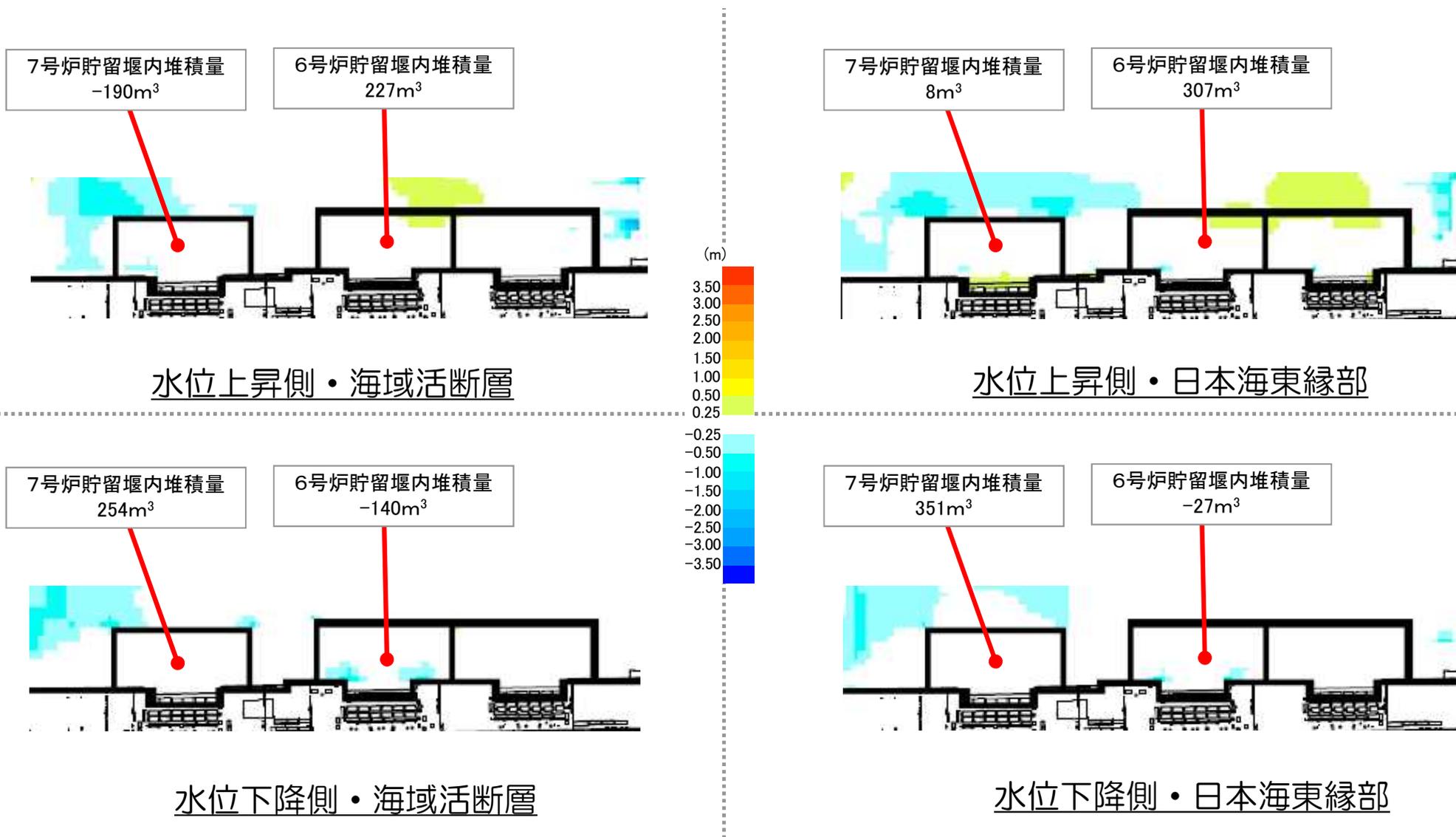
下降側最小ケース		貯留堰を下回る 継続時間	時間あたりの 取水量(m ³ /min)	取水量 (m ³)	全体貯留量 (m ³)
6号炉	日本海東縁部 (2領域モデル)	約11分	180	約1,980	< 約10,000
7号炉	日本海東縁部 (2領域モデル)	約11分	180	約1,980	< 約8,000

地形更新後

下降側最小ケース		貯留堰を下回る 継続時間	時間あたりの 取水量(m ³ /min)	取水量 (m ³)	全体貯留量 (m ³)
6号炉	日本海東縁部 (2領域モデル)	約11分	180	約1,980	< 約10,000
7号炉	日本海東縁部 (2領域モデル)	約11分	180	約1,980	< 約8,000

- 水位が貯留堰を下回る時間（120分後）における貯留堰内の砂の堆積量は下図に示すとおり。

■ 高橋ほか（1999）の手法による堆積浸食分布（120分後） 浮遊砂上限濃度 1%



1-4〔2〕 施設の安全性評価：津波による海底地形変化

- 基準津波を対象とした砂移動の数値シミュレーションにより、取水口前面における砂の堆積厚さを算定した。
- 取水口前面の最高堆積厚さは、下表に示すとおり。
- 6, 7号炉取水口前面の最高堆積厚さは約0.6mであり、取水路の高さ（5m程度）に対して十分小さく、取水への影響はないことを確認した。

■ 取水口前面 最高堆積厚さ

地形更新前

水位	地震	手法	取水口前面堆積厚さ(m)						
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉
上昇側	海域の活断層 (5断層連動モデル)	藤井ほか	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		高橋ほか	0.1	0.2	0.4	0.4	0.1	0.2	0.3
	日本海東縁部 (1領域モデル)	藤井ほか	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		高橋ほか	0.1	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3
下降側	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	藤井ほか	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		高橋ほか	0.2	0.6	0.8	0.8	0.1	0.3	0.6
	日本海東縁部 (2領域モデル)	藤井ほか	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2
		高橋ほか	0.2	0.5	0.5	0.6	0.2	0.3	0.4

※取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値

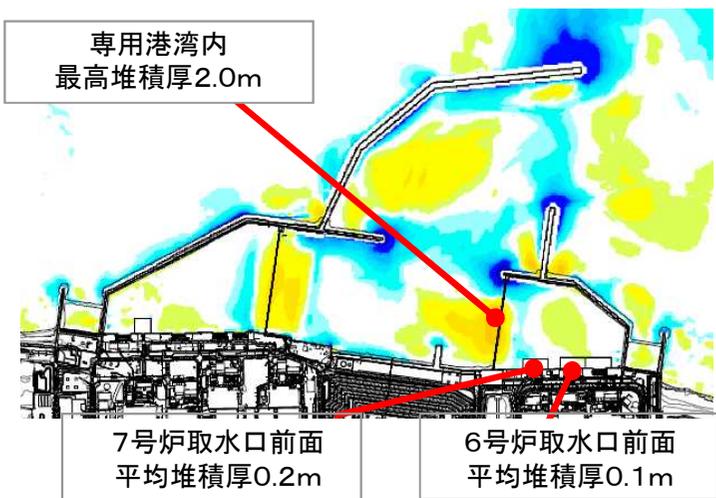
地形更新後

水位	地震	手法	取水口前面堆積厚さ(m)						
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉
上昇側	海域の活断層 (5断層連動モデル)	藤井ほか	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		高橋ほか	0.1	0.3	0.6	0.6	0.1	0.1	0.2
	日本海東縁部 (2領域モデル)	藤井ほか	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		高橋ほか	0.5	0.9	1.2	1.1	0.4	0.3	0.6
下降側	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	藤井ほか	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		高橋ほか	0.2	0.4	0.5	0.4	0.1	0.1	0.2
	日本海東縁部 (2領域モデル)	藤井ほか	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
		高橋ほか	0.2	0.7	1.0	0.8	0.2	0.2	0.4

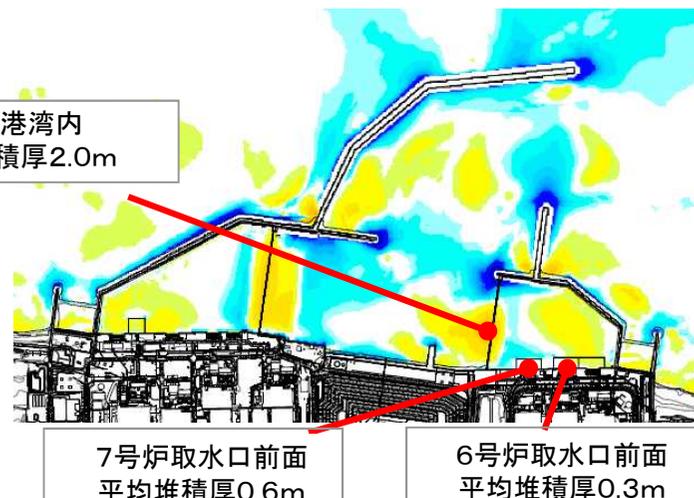
※取水口前面の堆積厚さは、取水路横断方向の堆積厚さの平均値
 ※高橋ほか(1999)における浮遊砂濃度の上限値は1%
 ※藤井ほか(1998)における浮遊砂濃度の上限値は5%

地形更新後

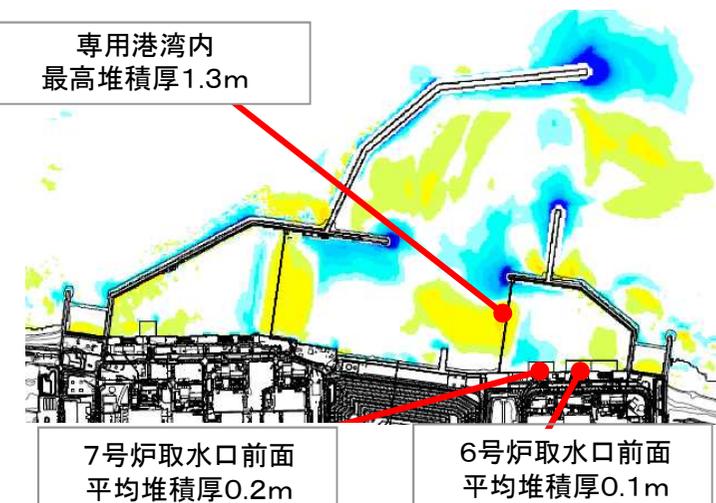
■ 高橋ほか（1999）の手法による堆積侵食分布（最終地形）



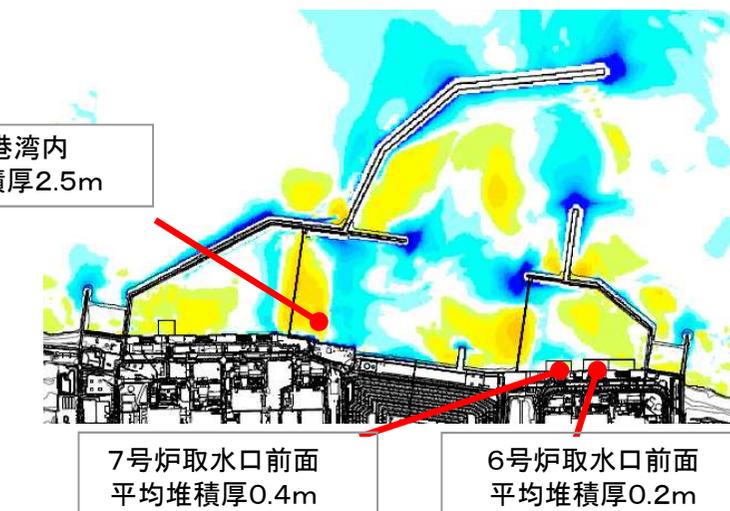
水位上昇側・海域活断層



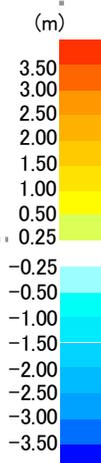
水位上昇側・日本海東縁部



水位下降側・海域活断層



水位下降側・日本海東縁部



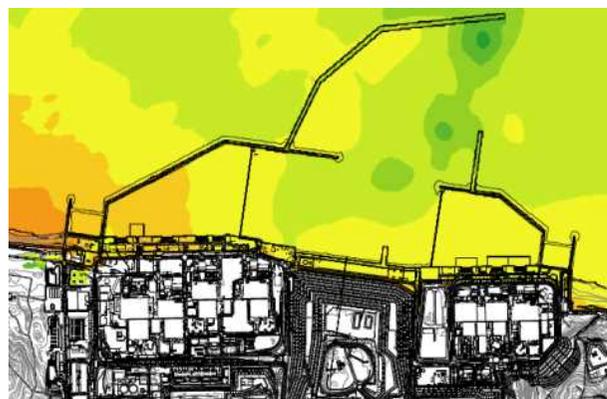
余 白



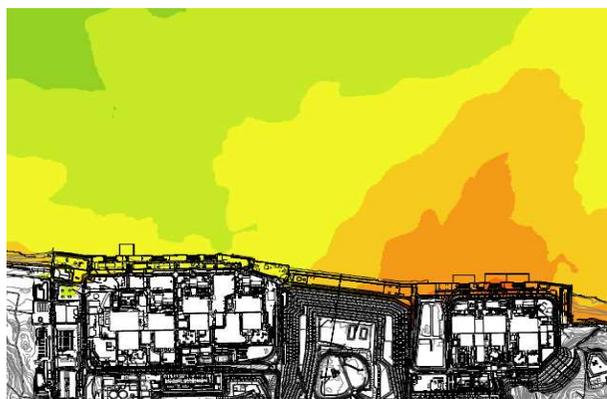
分類	No.	コメント	指摘日
地震津波	2	地震による防波堤損傷を考慮した評価については、防波堤が津波影響軽減施設でない場合には、防波堤がない状態での津波評価及びそれに基づく管路解析を行い、基準津波の選定に及ぼす影響の有無を確認すること。	H27.1.23 審査会合 H27.10.19 ヒアリング

- 防波堤は津波影響軽減施設でないことから、防波堤の地震による沈下を考慮したケース、防波堤がないケースについて、基準津波の選定や施設の安全性評価に及ぼす影響の有無を確認することを目的に評価を実施した。評価は、取水口前面上昇側の基準津波波源を用いて実施した。
- 評価の結果、取水口前面水位は、荒浜側では低下、大湊側では上昇する傾向が認められるなど評価地点によってばらつきはあるものの、現行評価と大きな差はなく最高水位はT.M.S.L.+7.3mであり、荒浜側の防波堤標高（T.M.S.L.+15m）や大湊側の敷地高（T.M.S.L.+12m）に対して十分に余裕があることを確認した。
- また、防波堤がないケースにおける6、7号炉取水路の管路解析の結果、ポンプ位置における最高水位はT.M.S.L.+8.1m程度であり、敷地及び建屋への流入がないことを確認した。

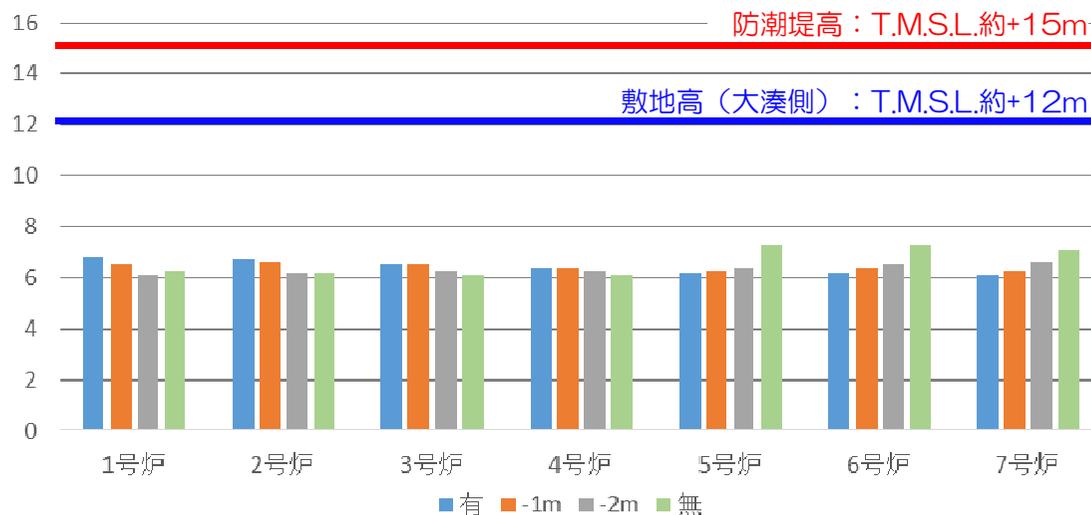
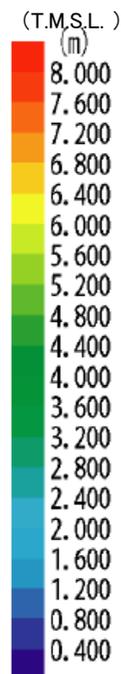
- 防波堤は津波影響軽減施設でないことから、防波堤の地震による沈下を考慮したケース（1m沈下、2m沈下）、及び防波堤がないケースについて、取水口前面上昇側の基準津波波源である「日本海東縁部（2領域モデル）+海底地すべり」を用いた津波シミュレーションを実施した。
- 取水口前面水位は、荒浜側では低下、大湊側では上昇する傾向が認められるなど評価地点によってばらつきはあるものの、現行評価と大きな差はなく最高水位はT.M.S.L.+7.3mであり、荒浜側の防波堤標高（T.M.S.L.+15m）や大湊側の敷地高（T.M.S.L.+12m）に対して十分に余裕があることを確認した。



防波堤 1 m沈下ケース



防波堤がないケース

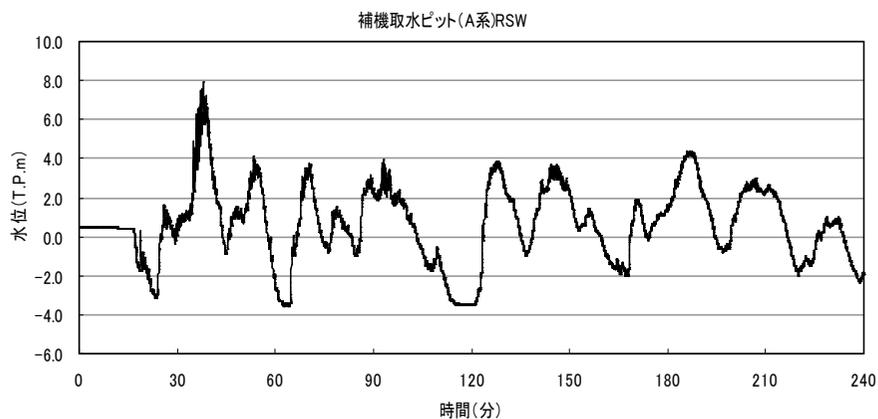


	取水口前面水位 T.M.S.L.(m)						
	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉
防波堤の沈下なし	+6.8	+6.7	+6.5	+6.4	+6.2	+6.2	+6.1
防波堤の沈下1m	+6.5	+6.6	+6.5	+6.4	+6.3	+6.4	+6.3
防波堤の沈下2m	+6.1	+6.2	+6.3	+6.3	+6.4	+6.5	+6.6
防波堤なし	+6.3	+6.2	+6.1	+6.1	+7.3	+7.3	+7.1

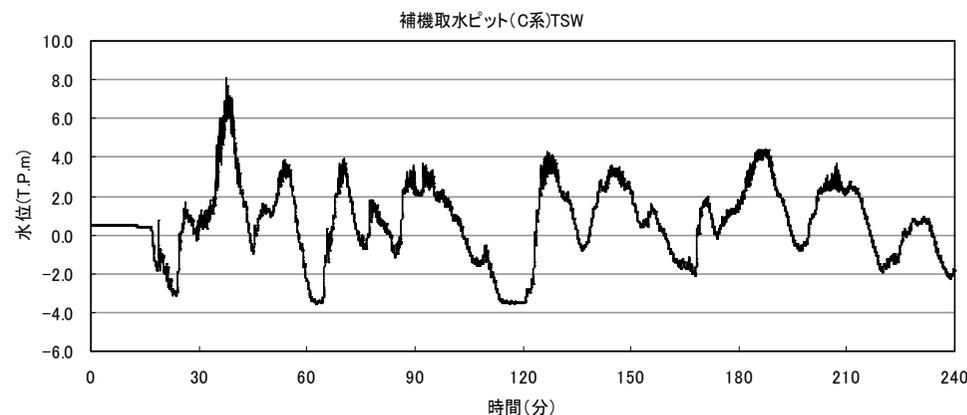
取水口前面における水位

- 防波堤がないケースについて6, 7号炉取水路の管路解析を行い, 取水路の水位変動評価を実施した。
- ポンプ位置(補機取水槽)における最高水位はT.M.S.L.+8.1m程度であった。
- 取水路の水位変動に対して, 取水路点検用立坑の天端高はT.M.S.L.+12.2mであり, また補機取水槽の開口部(T.M.S.L.+3.5m)には浸水防止設備(閉止板)を設置しており, 敷地及び建屋への津波の流入がないことを確認した。

6号炉



7号炉

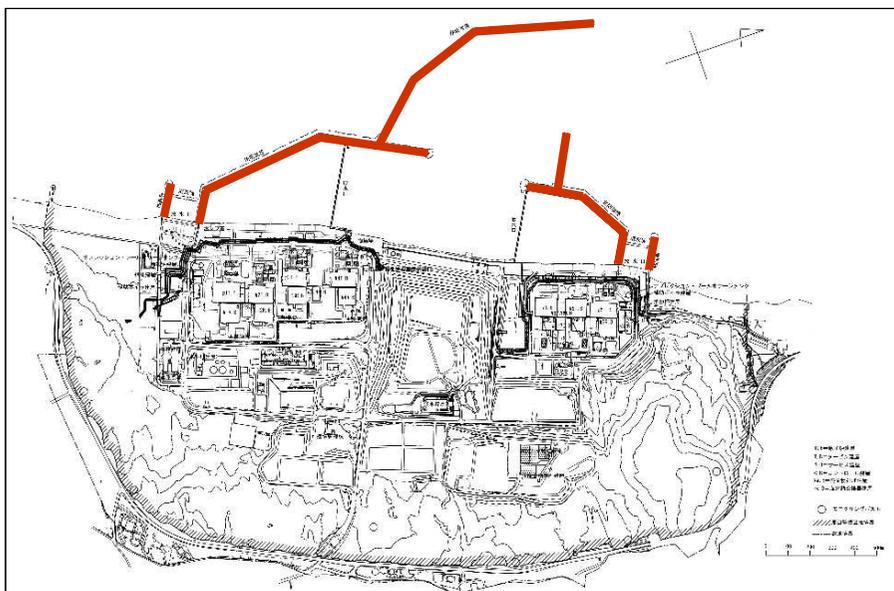


上昇側最大ケース		水位 T.M.S.L. (m)					
		取水口前面	補機海水ポンプ A系RSW	補機海水ポンプ B系北RSW	補機海水ポンプ B系TSW	補機海水ポンプ B系南RSW	補機海水ポンプ C系TSW
6号炉	日本海東縁部 (2領域モデル+LS-2)	+7.28	+7.93	+7.72	+7.77	+7.77	+7.86
7号炉	日本海東縁部 (2領域モデル+LS-2)	+7.06	+7.78	+7.35	+7.36	+7.35	+8.12

■ 新潟県中越沖地震における防波堤の沈下量

- 柏崎刈羽原子力発電所において、中越沖地震前（S61）と地震後（H25）に測量した約400箇所の防波堤天端高の差を地震による沈下量として算定。
- 沈下量※は、平均値約20cm、最大値約90cm

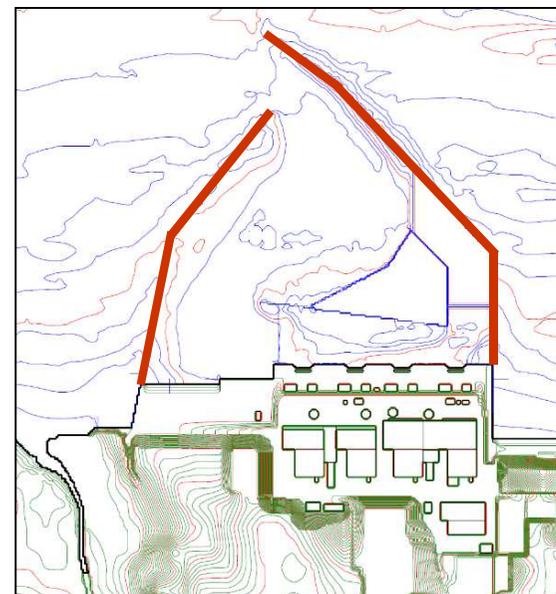
※地震時の地殻変動量（隆起7～10cm程度）を除く沈下量

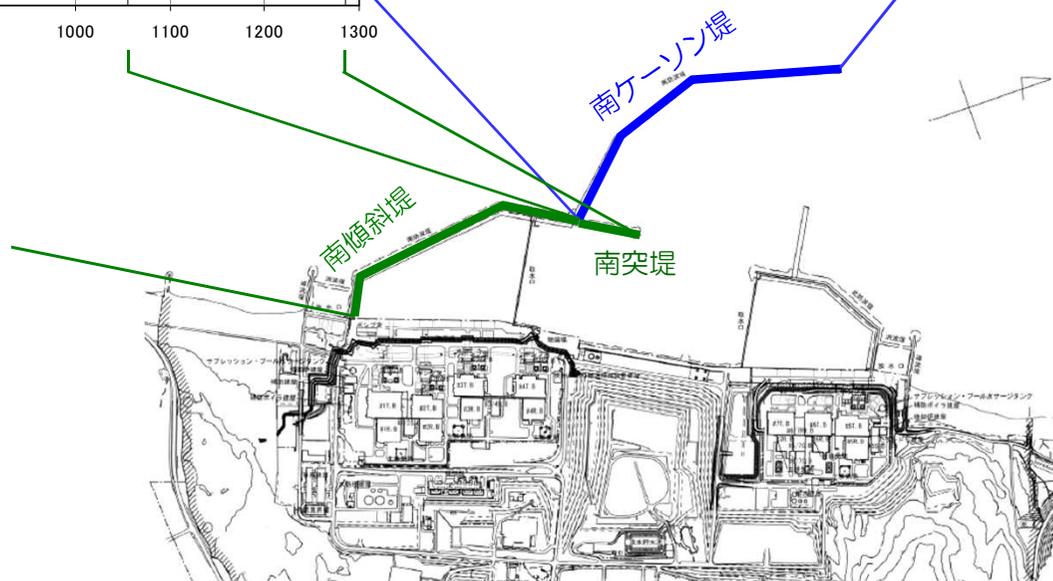
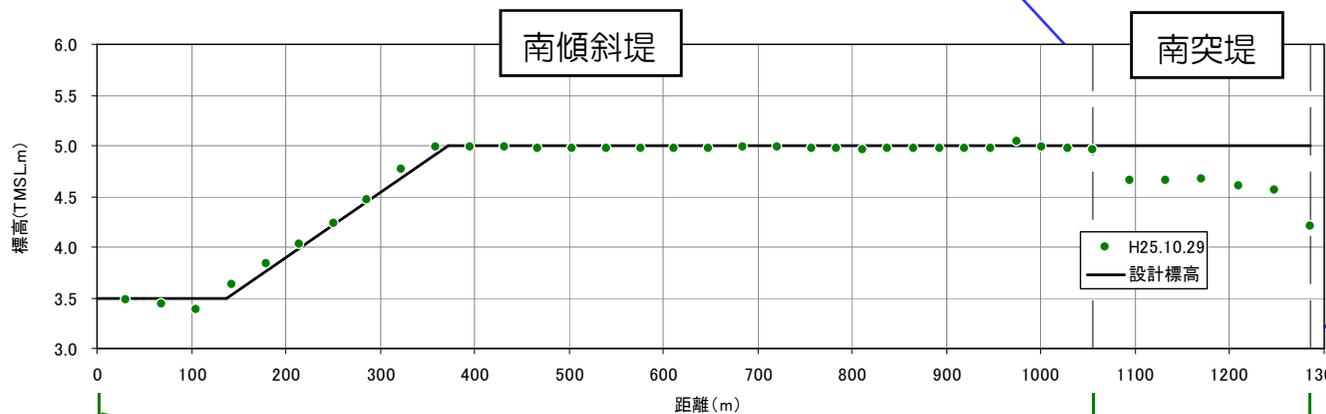
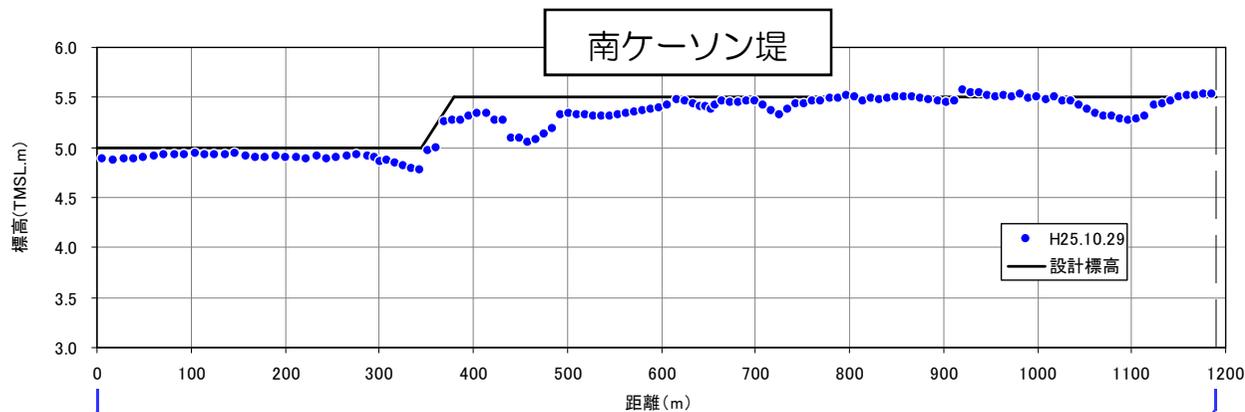


■ 東北地方太平洋沖地震における防波堤の沈下量

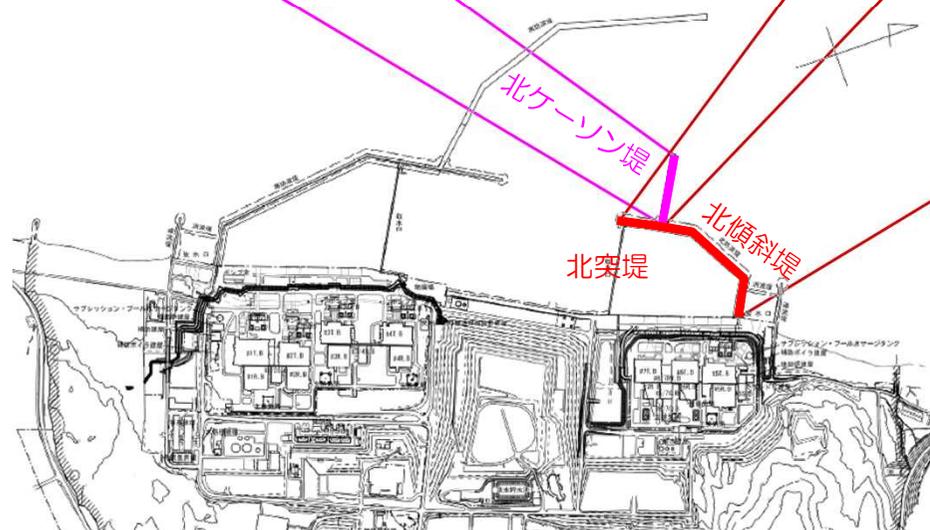
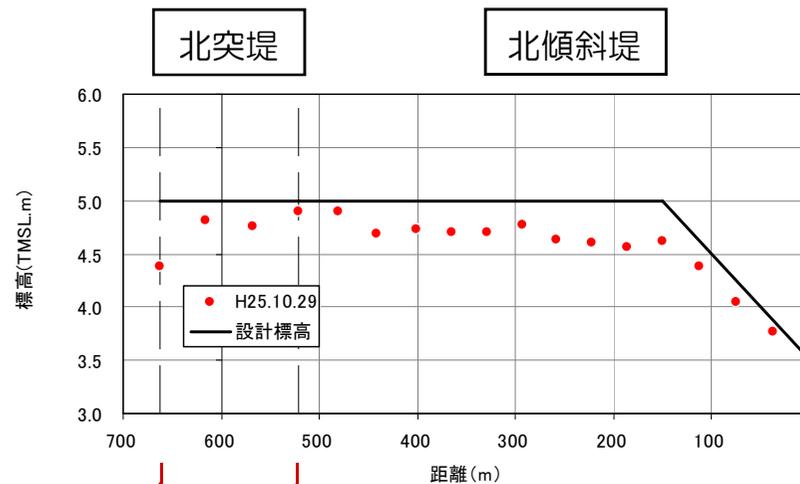
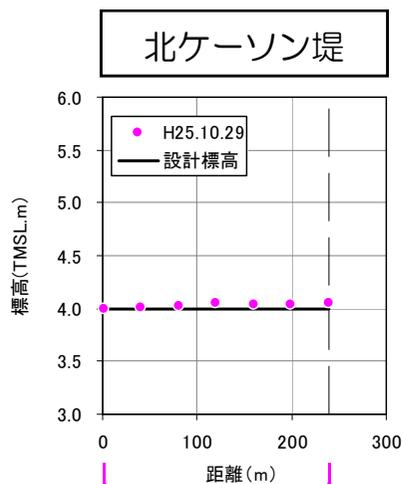
- 福島第二原子力発電所において、東北地方太平洋沖地震前と地震後（H23.9）に測量した約110箇所の防波堤天端高の差を地震による沈下量として算定。
- 沈下量※は、平均値約15cm、最大値約35cm

※地震時の地殻変動量（沈降60cm）を除く沈下量





- 南ケーソン堤及び南突堤は、一部において沈下量が大きく、最大で0.8m（地震時の地殻変動量を除くと0.9m）程度。
- 南傾斜堤は、顕著な沈下は認められない。
- 防波堤の地盤は、西山層を基盤とし、その上位に古安田層が、最上位に沖積層が分布。



- 北傾斜堤及び北突堤は、一部において沈下量が大きく、最大で0.6m（地震時の地殻変動量を除くと0.7m）程度。
- 北ケーソン堤は、顕著な沈下は認められない。
- 防波堤の地盤は、西山層を基盤とし、その上位に古安田層が、最上位に沖積層が分布。

分類	No.	コメント	指摘日
地震津波	3	港湾内の固有振動に関する影響評価については、港湾内の固有周期とメッシュサイズとの関係を確認すること。	H27.1.23 審査会合 H27.10.19 ヒアリング

- 土木学会（2002）で示されているV字状の湾における格子間隔設定方法に基づき、津波シミュレーションで用いている格子間隔の妥当性を確認した。
- 検討の結果、津波シミュレーションで用いている格子間隔は、土木学会の方法により算定される最小格子間隔に対して十分小さいことを確認した。

- 土木学会（2002）で示されているV字状の湾における格子間隔設定方法に基づき、津波シミュレーションで用いている格子間隔の妥当性を確認した。
- 港湾の奥行き（距離）を下図のとおり設定し、固有周期の算出には、メリアンの式を用いて算出した。
- 検討の結果、湾奥の格子間隔は22～38m以下、湾口～湾中央部の格子間隔は78～134m以下と算定。
- 津波シミュレーションで用いている格子間隔は5mであることから、土木学会の方法により算定される最小格子間隔に対して十分小さいことを確認した。

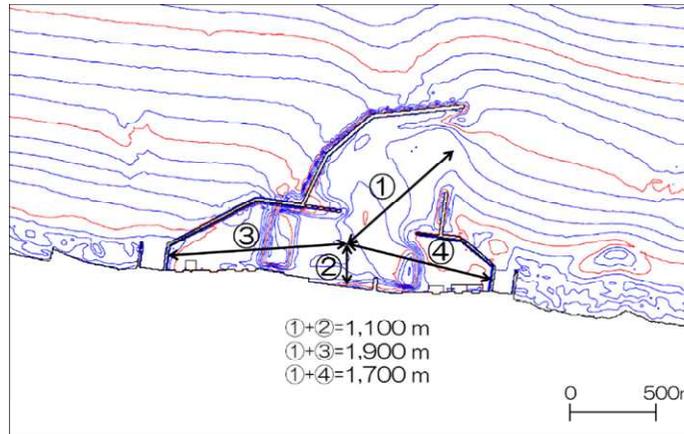
土木学会（2002）による格子間隔の設定

✓ 港湾平均波長： $L_v = T \cdot (g \cdot h / 2)^{1/2}$

✓ 湾中央部より奥の平均波長： $L_o = T \cdot (g \cdot h / 4)^{1/2}$

T ：メリアンの式による固有周期(s),
 l ：湾口～湾奥の距離(m),
 h ：湾口水深(m), g ：重力加速度

区分	湾口～湾奥距離 l と湾内平均波長 L_v との関係	格子間隔 Δx の目安
湾口～湾中央部	—	L_v の 1/40 程度
湾奥	$L_v/l < 6$	L_o の 1/100 以下
	$6 \leq L_v/l < 10$	L_o の 1/50 程度
	$10 \leq L_v/l$	L_o の 1/40 程度



評価点位置図

メリアンの式による固有周期の検討

$$T = \frac{4l}{(2n-1)\sqrt{gh}}$$

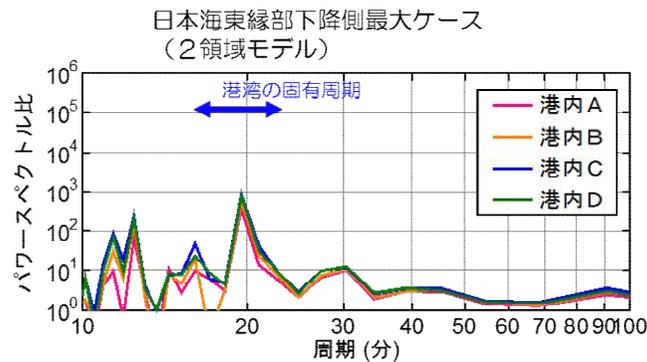
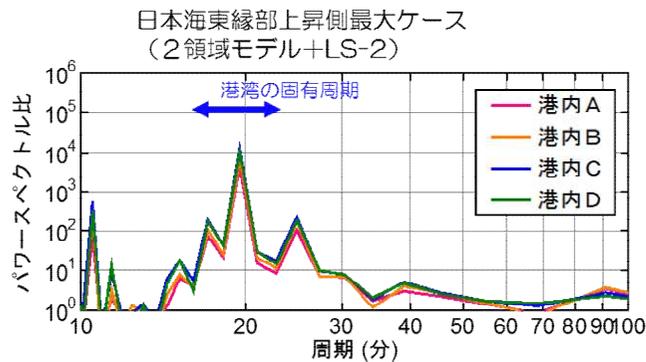
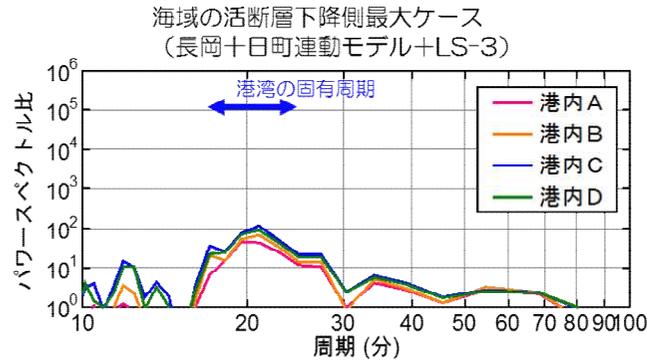
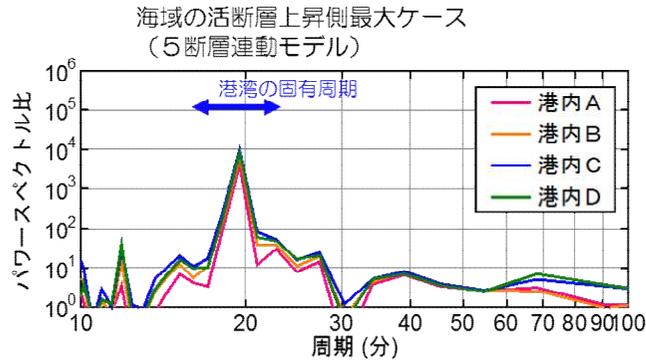
T ：周期(s), l ：湾長(m), h ：水深(m)
 n ：モード, g ：重力加速度

場所	①+②	①+③	①+④
T (s)	506	874	782
h (m)	7.7	7.7	7.7
l (m)	1,100	1,900	1,700
L_v (m)	3,111	5,374	4,808
L_o (m)	2,200	3,800	3,400
L_v/l	2.8	2.8	2.8
湾奥の Δx (m)	22	38	34
湾口～湾中央部の Δx (m)	78	134	120



評価点位置図

- 港湾内の固有振動について、基準津波の時刻歴波形を用いて検討を実施した。
- 港湾内の4点と基準津波策定位置のパワースペクトル比から、どの波源においても周期20分程度にピークが確認されることから、港湾内の固有周期が20分程度と想定した。
- 上記の固有周期に対しても、土木学会の方法により算定される最小格子間隔に対して十分小さいことを確認した。



T (s)	1,200
h (m)	7.7
l (m)	(1,900)
L_v (m)	7,375
L_o (m)	5,215
L_v / l	3.9
湾奥の Δx (m)	52
湾口～ 湾中央部の Δx (m)	184

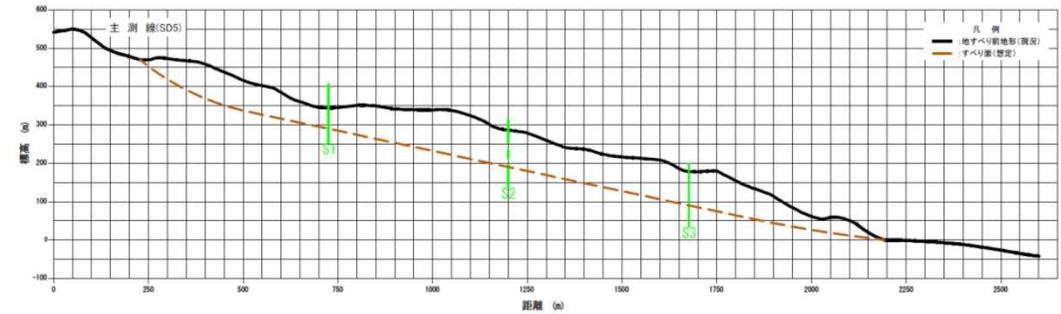
余 白

分類	No.	コメント	指摘日
陸上 地すべり	4	佐渡島の陸上地すべりについて、詳細を示すこと。 地すべり範囲の選定方法や判読結果等について示すこと。	H26.10.17 審査会合 H27.1.23 審査会合

- Huber et al. (1997) の予測式に基づく簡易評価により選定したSD-5について詳細評価を実施した。
- さらに、SD-5と比較して敷地への距離が近いSD-2及びSD-3の地すべりについても、影響評価を実施した。
- SD-2とSD-3の地すべりについては、保守的に同時発生を仮定した。
- 評価の結果、SD-2とSD-3の同時発生を考慮した地すべりによる水位変動量は最大で0.4m程度であり、SD-5と比較して小さく、敷地への影響は小さいことを確認した。
- 防災科学技術研究所（1986）の判読結果を含む机上調査結果に基づき設定した地すべり範囲について現地調査を実施し、妥当性を確認した。
- 現地調査の結果、設定した地すべり範囲は現地調査結果と概ね一致しており、複数の地すべり地形を含めた保守的な範囲であることを確認した。

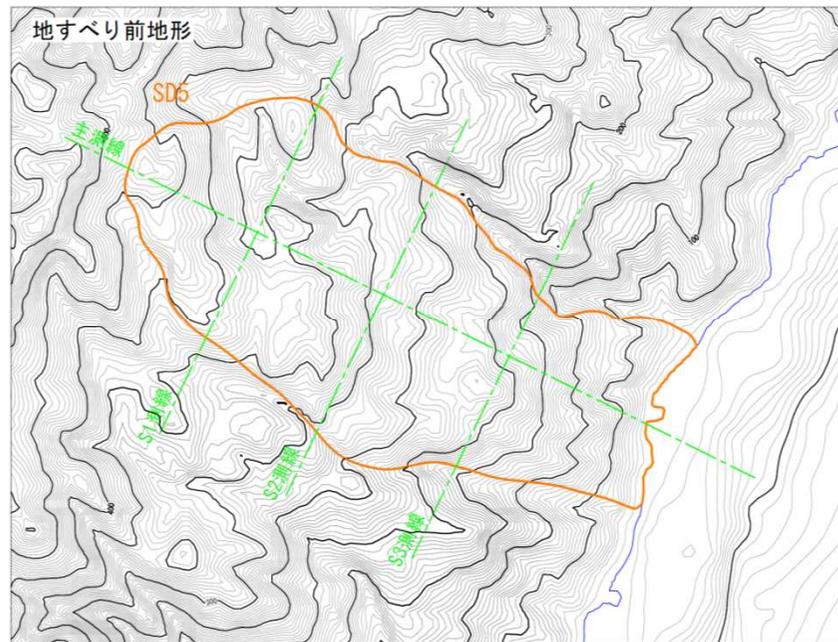
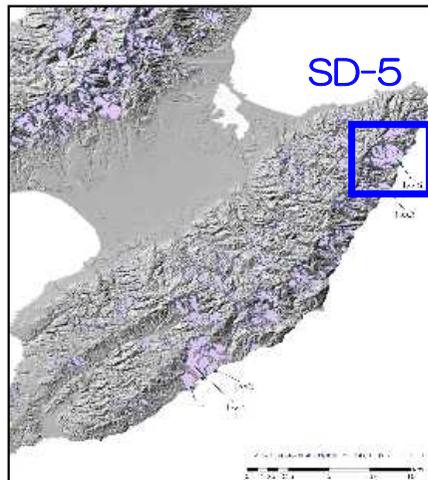
■SD-5：土砂崩壊シミュレーション (TITAN-2D)

- SD-5について空中写真判読を実施し、地形の詳細分析を行い、すべり面形状を推定した。
- 不確かさの考慮として、防災科学技術研究所 (1986) が示す4つの地すべり土塊の連動の可能性を考慮した。
- 推定したすべり面形状を用いて、TITAN-2Dによる土砂崩壊シミュレーションを実施した。

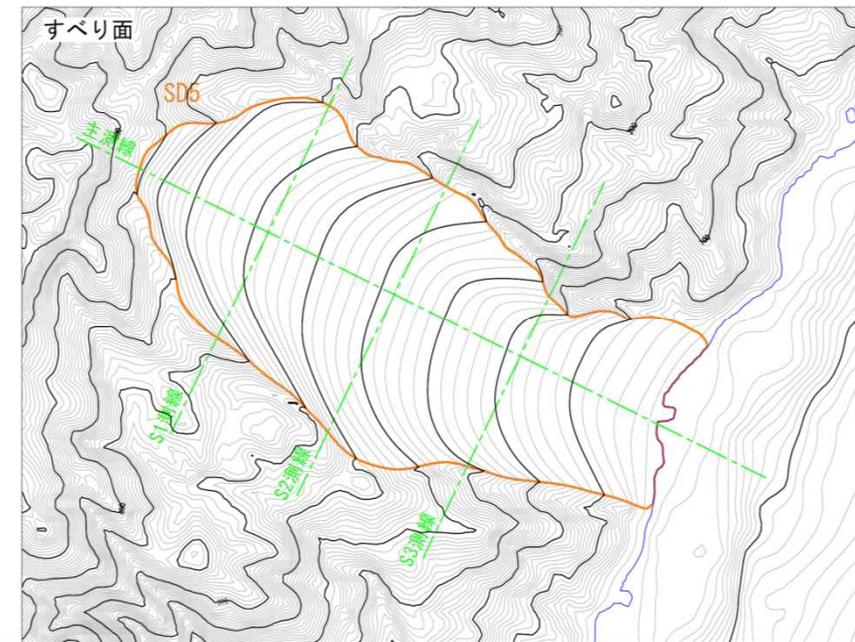


断面図

縦横比 1 : 1



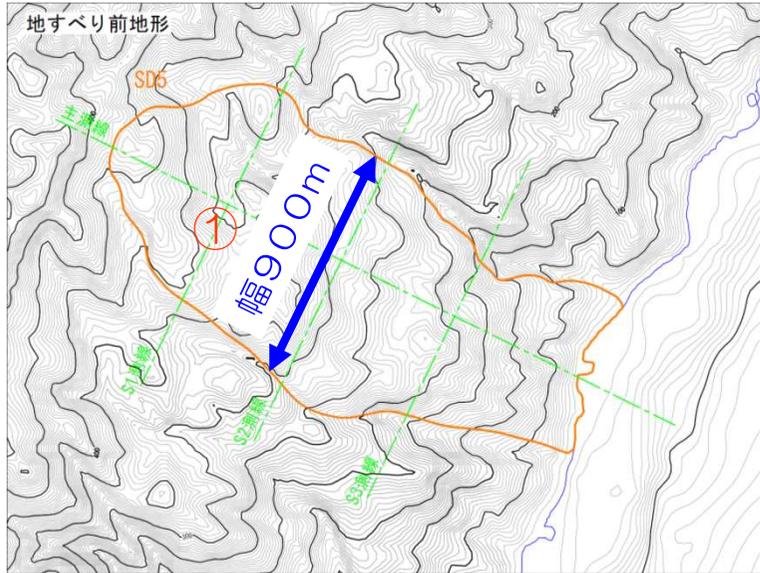
現況地形



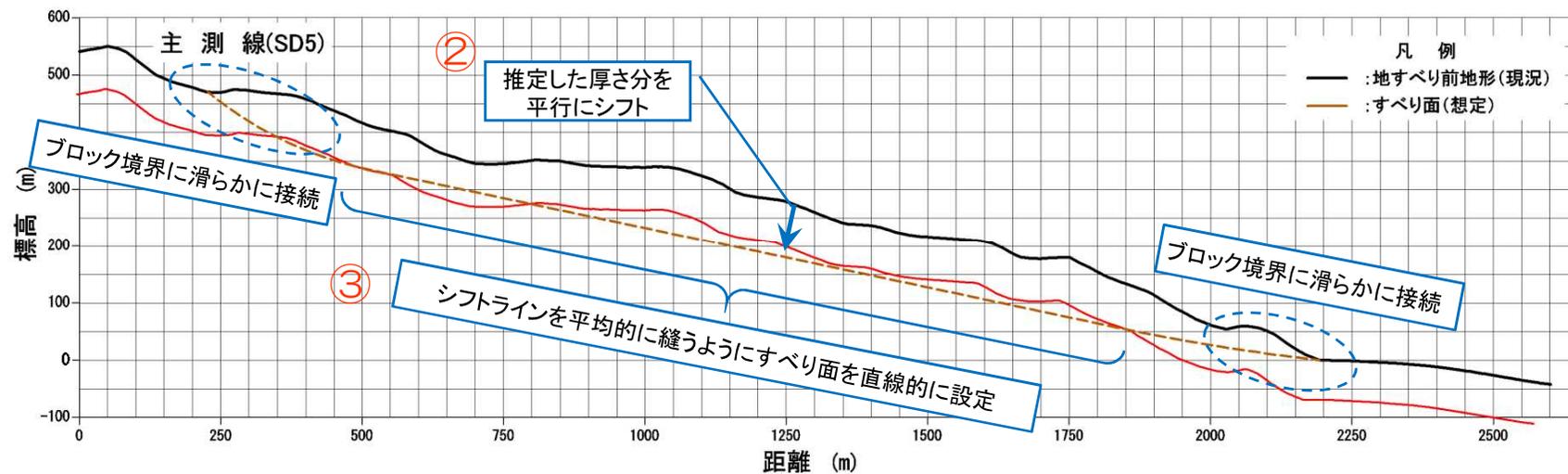
推定したすべり面



- 空中判読結果および防災科学技術研究所による評価によって抽出された地すべりブロックについて、ボーリング等の詳細な調査データがないことから、すべり面の分布は推定により設定した。



- ① 抽出した地すべりブロックについて、地すべり幅を設定。
- ② 地すべり幅を基に高速道路調査会により示されている地すべり土塊の幅・厚さの関係を考慮して、厚さを推定。
- ③ 推定された地すべり厚さが地すべりブロック中央部付近の代表的な厚さとみなし、主測線上のすべり面形状を推定。この時、すべり面は推定厚さに沿うように直線的に設定。そして、ブロック境界に対して滑らかに接続するようにすべり面を延長。
- ④ 推定された主測線上のすべり面形状を地すべりブロック中で平面的に展開してすべり面コンターを作成し、地すべり土塊の形状を設定。

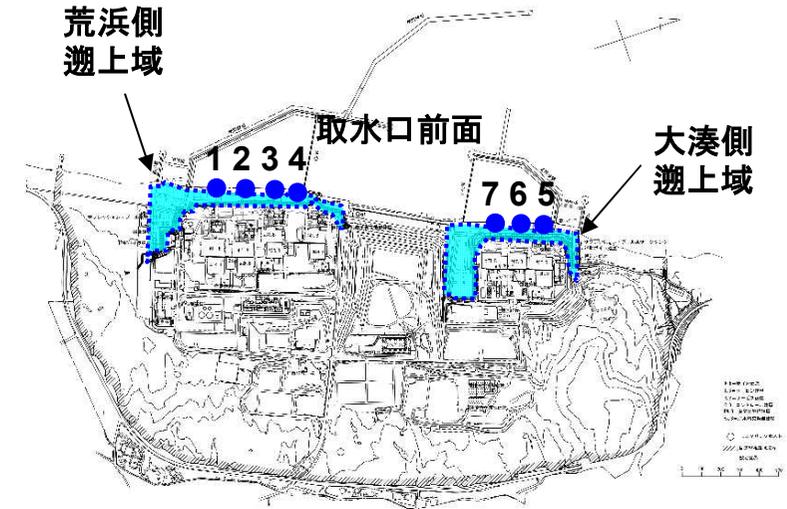


■SD-5：津波数値シミュレーション（二層流モデル）

- SD-5について、TITAN-2Dによる土砂崩壊シミュレーション結果を用い、二層流モデル（Maeno and Imamura, 2007）による津波数値シミュレーションを実施した。

■津波数値シミュレーション結果（平均潮位からの水位変動量）

- 取水口前面における水位変動量は、最大水位上昇量が+1.52m、最大水位下降量が-1.00mである。
- この変動量は、海底地すべりによる津波の最大水位上昇量の+4.11m、最大水位下降量の-3.72mと比べて有意に小さい。
- このため、地震による津波と地震以外の要因による津波の組み合わせ検討における、地震以外の要因による津波の検討対象として、海底地すべりによる津波を選定した。

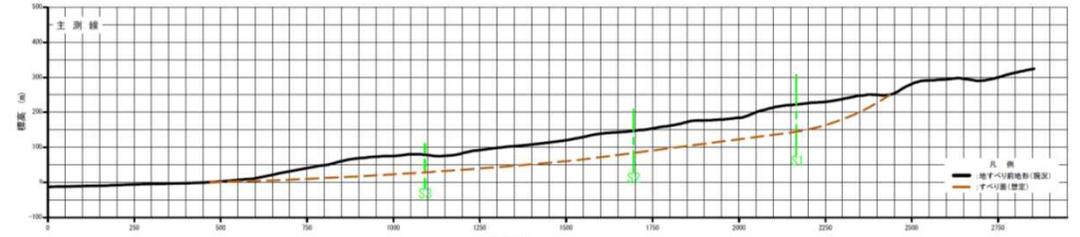


単位：T.M.S.L. [m]

	取水口前面水位							遡上域水位	
	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	荒浜側	大湊側
上昇側	+1.52	+1.33	+1.22	+1.07	+1.05	+0.99	+0.94	+2.19	+2.17
下降側	-0.69	-0.63	-0.47	-0.39	-1.00	-0.86	-0.73	-	-

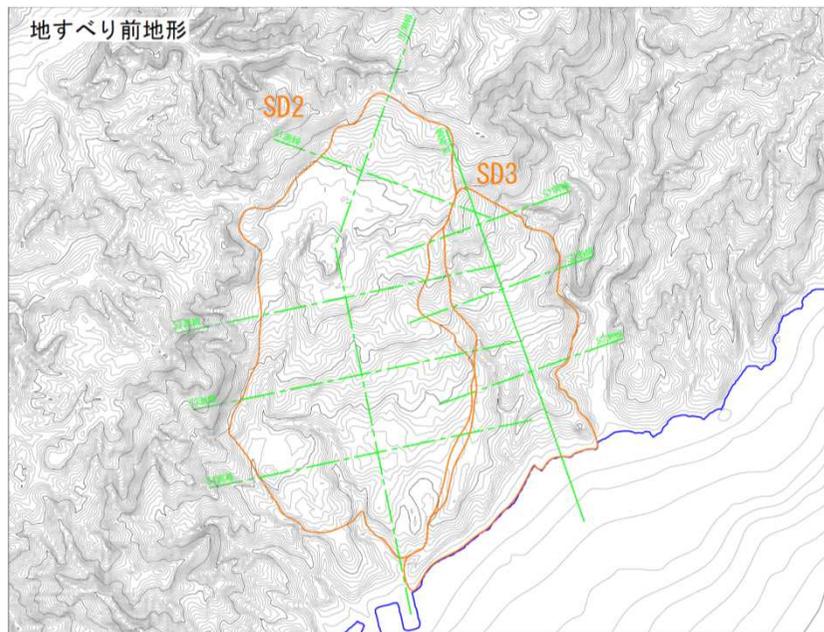
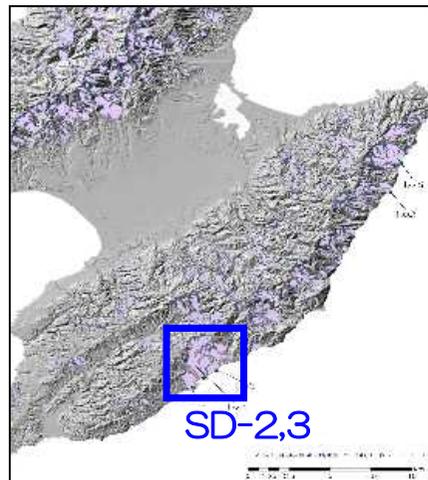
■SD-2,3 (同時発生) : 津波数値シミュレーション

- 佐渡島の地すべりについて敷地からの距離が近い, SD-2およびSD-3の同時発生を仮定したケースについて, 影響検討を実施した。

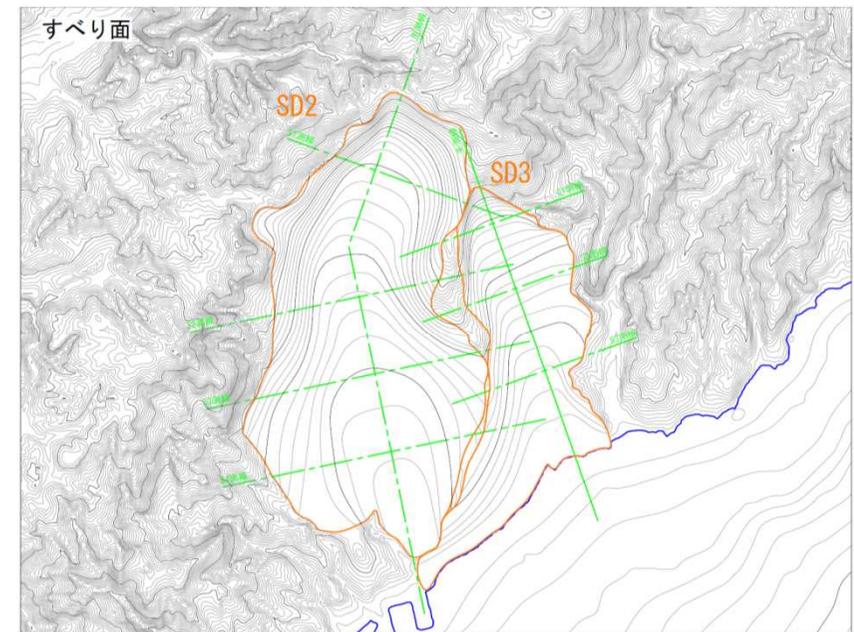


断面図

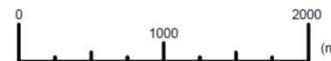
縦横比 1 : 1



現況地形

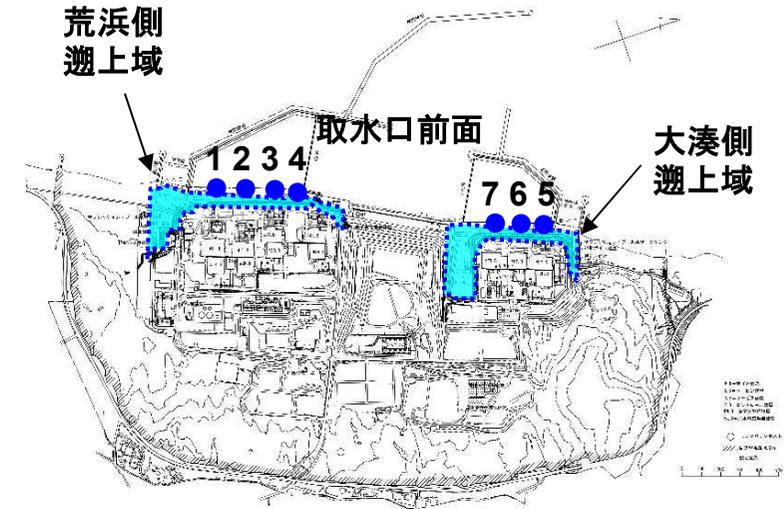


推定したすべり面



■SD-2,3 (同時発生) : 津波数値シミュレーション

- 影響検討として、SD-2,3の同時発生ケースを実施。
- 数値シミュレーションの検討条件は、現実的パラメータ設定 (崩壊物密度 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$, 粗度係数 (下層) $0.40^{-1/3} \cdot \text{s}$) とした。

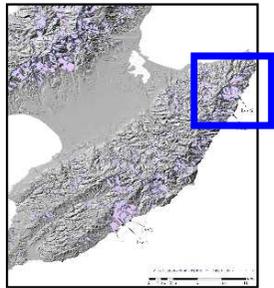


■津波数値シミュレーション結果 (平均潮位からの水位変動量)

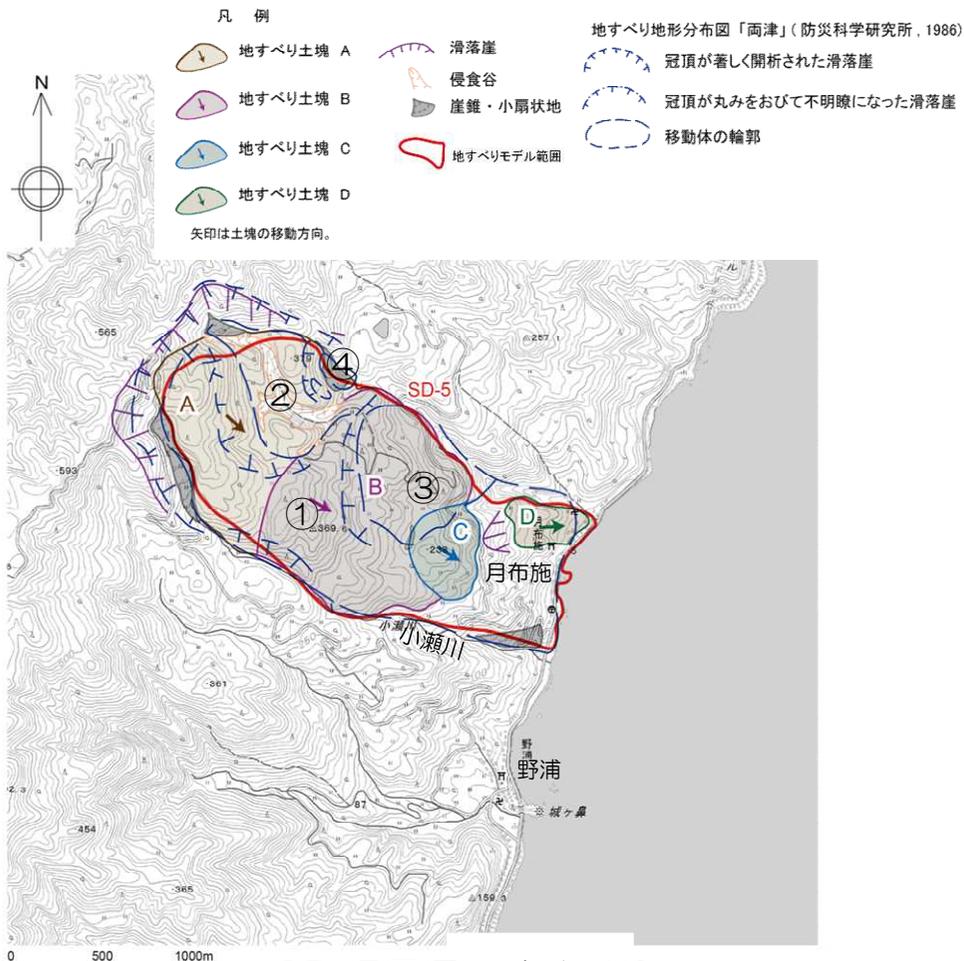
- 解析の結果、取水口前面における水位変動量は、最大水位上昇量が+0.40m、最大水位下降量が+0.10m程度であり、発電所への影響は少ないことを確認した。

単位: T.M.S.L. [m]

	取水口前面水位							遡上域水位	
	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉	荒浜側	大湊側
上昇側	+0.40	+0.39	+0.38	+0.38	+0.39	+0.39	+0.38	+0.36	+0.40
下降側	+0.10	+0.11	+0.12	+0.12	+0.14	+0.14	+0.15	-	-



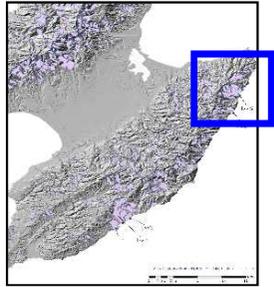
- 防災科学技術研究所(1986)によるとSD-5周辺においては、4つの地すべり地形(①~④)が認められる。
- 現地調査結果によるとSD-5周辺の地すべり土塊は大きく2つに区分され、大きいほうの地すべりは3つの地すべり土塊(A~C)に細分される。
- 月布施北方の隔離された地すべり土塊(D)は、小規模な表層すべりである。
- 解析で考慮した地すべり範囲について、机上調査および現地調査結果と概ね一致しており、複数の地すべり地形を含めた保守的な範囲であることを確認した。



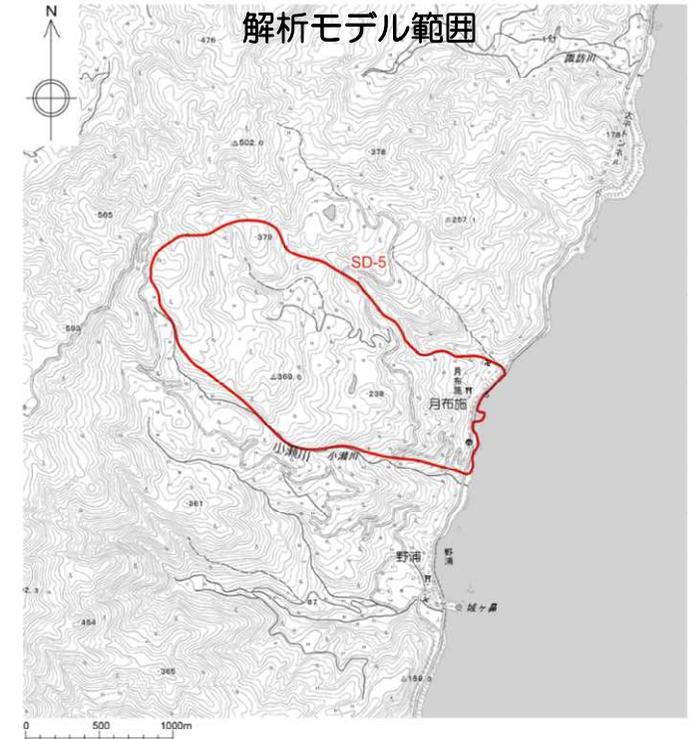
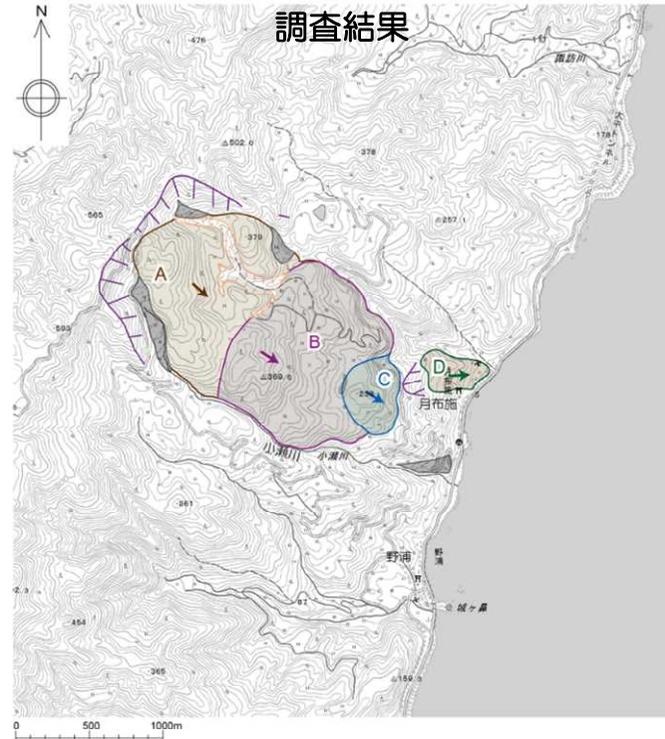
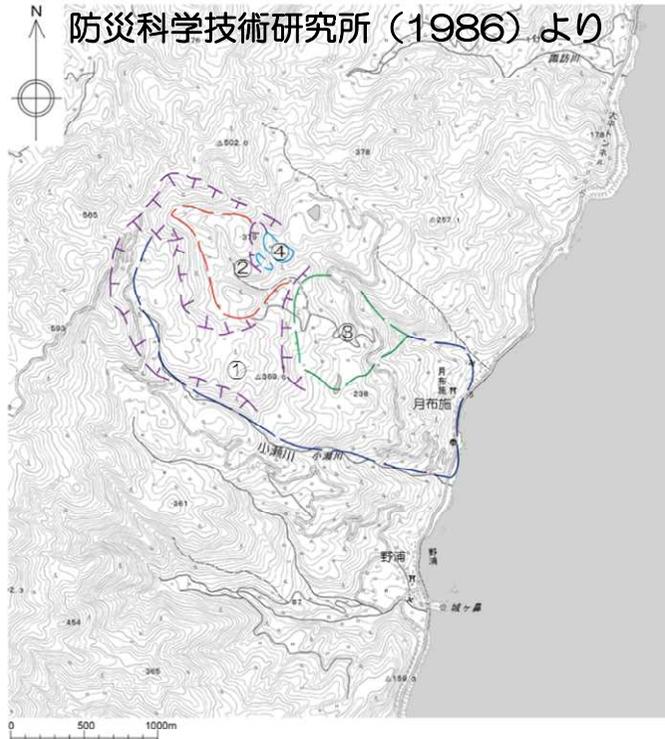
地点No.	調査結果		
	防災科学技術研究所(1986)	現地調査結果	
SD-5	①	<ul style="list-style-type: none"> 月布施西方に分布する最も大きな移動体。 滑落崖は移動体の西方に位置し、C字型を示す。 移動体の南縁は、小瀬川に規制される。 	<ul style="list-style-type: none"> 大きく2つの地すべり土塊が分布。 月布施西方の地すべり土塊は、北西から南東方向にかけて3つ(A~C)に細分される、末端部は標高150m付近。 月布施北方の隔離された地すべり土塊(D)は、小規模な表層すべり。
	②	<ul style="list-style-type: none"> 月布施北西に分布する移動体。 滑落崖は移動体を取り囲むように位置し、C字型を示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ①の地すべり土塊(A)の一部をなす。 侵食谷が発達。
	③	<ul style="list-style-type: none"> 月布施西方に分布する移動体。 滑落崖は移動体の西方に位置し、緩いC字型を示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ①の地すべり土塊(B)の一部をなす。
	④	<ul style="list-style-type: none"> ②の東方に位置する小規模な移動体。 滑落崖は移動体の北~西方に位置し、緩いC字型を示す。 	<ul style="list-style-type: none"> 崖錐堆積物及び扇状地堆積物。

SD-5周辺の地すべり

4-4 陸上地すべり地形における現地調査結果 (SD-5)



- 防災科学技術研究所(1986)の評価結果, 現地調査結果, 及び解析モデルに使用している地すべり範囲を下記に示す。



地すべり地形分布図「両津」(防災科学研究所, 1986)

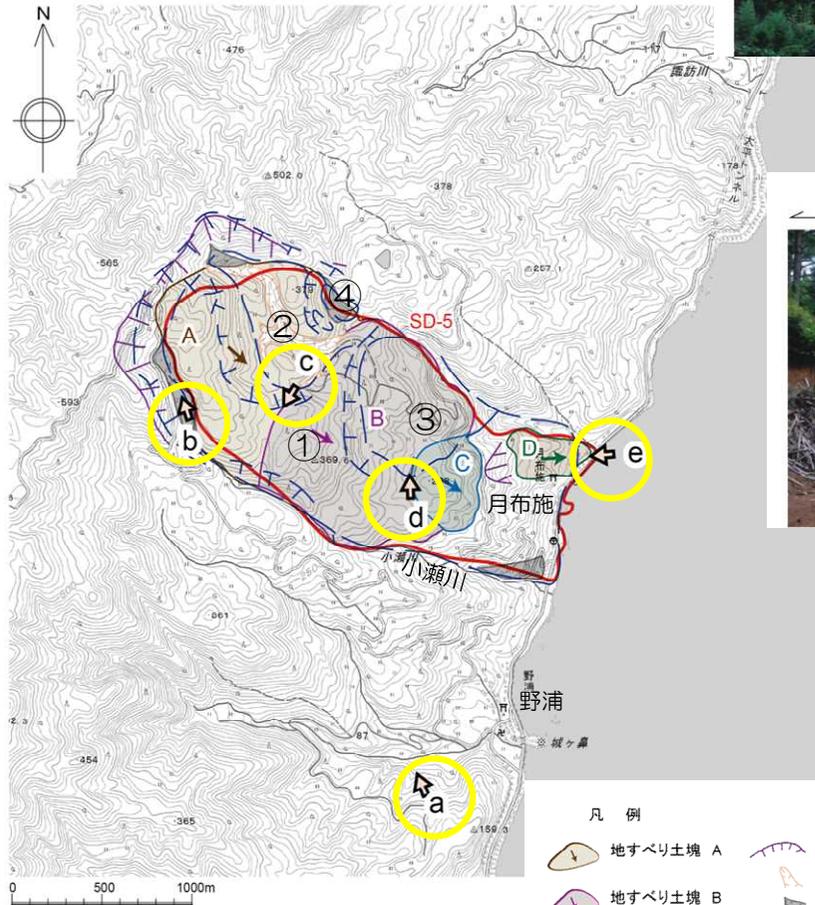
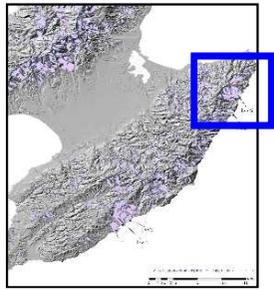
- 冠頂が著しく開析された滑落崖
- 冠頂が丸みをおびて不明瞭になった滑落崖
- 移動体の輪郭

凡例

- 地すべり土塊 A
 - 地すべり土塊 C
 - 地すべり土塊 B
 - 地すべり土塊 D
 - 滑落崖
 - 侵食谷
 - 崖錐・小扇状地
- 矢印は土塊の移動方向。

- 地すべりモデル範囲

4-4 陸上地すべり地形における現地調査結果 (SD-5)



- 凡例
- 地すべり土塊 A
 - 地すべり土塊 B
 - 地すべり土塊 C
 - 地すべり土塊 D
 - 矢印は土塊の移動方向。
 - 滑落崖
 - 侵食谷
 - 崖錐・小扇状地
 - 地すべりモデル範囲
 - 地形写真位置・番号
 - 地すべり地形分布図「両津」(防災科学研究所, 1986)
 - 冠頂が著しく開析された滑落崖
 - 冠頂が丸みをおびて不明瞭になった滑落崖
 - 移動体の輪郭

SD-5周辺の地すべり



地すべり全景写真 a
比較的緩やかな地すべり土塊。
小瀬川が地すべり土塊を規制する。



滑落崖写真 b
地すべり土塊 (A) を囲む滑落崖。



地すべり写真 c
地すべり土塊 (A) と (B)
との間の溝状の凹地。

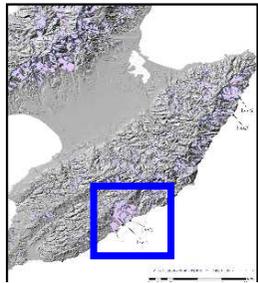


地すべり写真 d
地すべり土塊 (B) と (C) との間の
溝状の凹地。

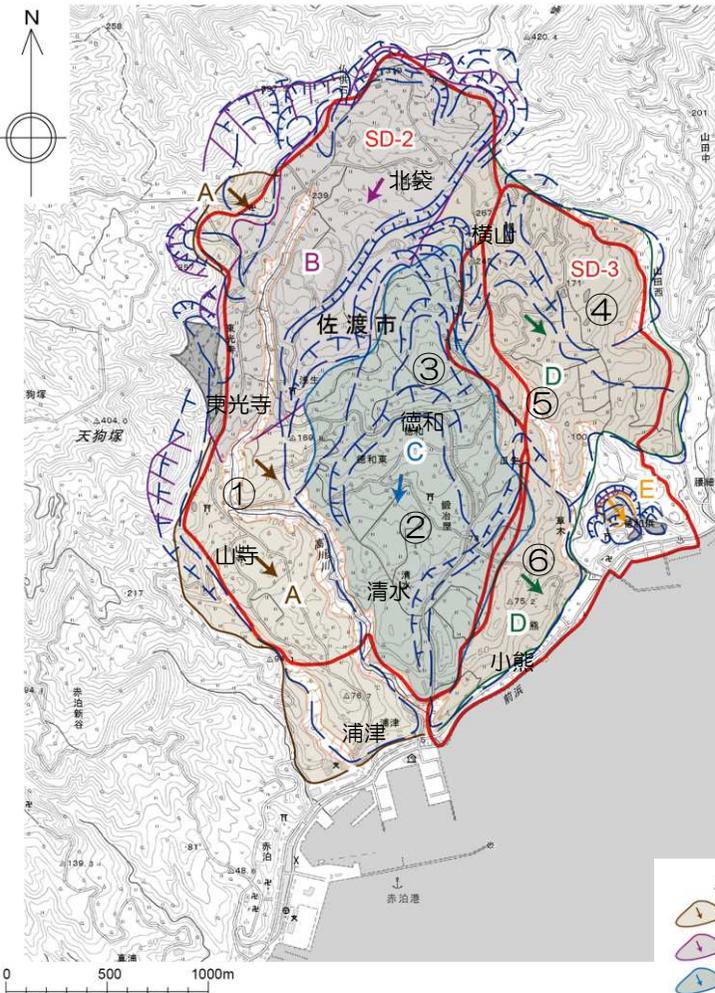


滑落崖写真 e
地すべり土塊 (D) を囲む滑落崖。地すべり土塊の
末端は海岸に達しない。

余 白



- 防災科学技術研究所(1986)によるとSD-2及びSD-3周辺においては、6つの地すべり地形(①~⑥)が認められる。
- 現地調査結果によると、SD-2及びSD-3周辺の地すべり土塊は、大きく5つ(A~E)に区分される。
- SD-2とSD-3は移動方向が大きく異なることから、個別の地すべり区域に認定される。
- 解析で考慮した地すべり範囲について、机上調査および現地調査結果と概ね一致しており、複数の地すべり地形を含めた保守的な範囲であることを確認した。



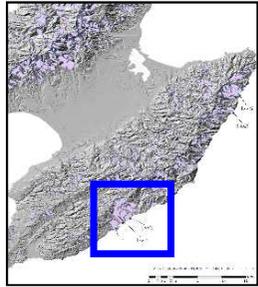
地点 No.	調査結果		
	防災科学技術研究所(1986)	現地調査結果	
SD-2	①	<ul style="list-style-type: none"> 北袋北東から、東光寺及び山寺を経て、浦津にかけて分布する最も大きな移動体。 東光寺南方で分布方向をNE-SW方向からNW-SE方向へ変える。 	<ul style="list-style-type: none"> 2つの異なる地すべり土塊(A)及び(B)からなる。 北袋北東から東光寺南方にかけて南西方向へ移動した地すべり土塊(B)。 東光寺南方から浦津にかけて南東方向への移動を示す地すべり土塊(A)。
	②	<ul style="list-style-type: none"> 徳和から清水にかけて分布する移動体。 滑落崖は移動体の北に位置し、緩い逆U字型を示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ②及び③は一連の地すべり土塊からなる。 徳和北方から清水南方にかけて南方向への移動を示す地すべり土塊(C)。
	③	<ul style="list-style-type: none"> 北袋と徳和との間に分布する移動体の集合。 滑落崖は、それぞれの移動体の北に位置し、逆U字~逆V字型を示す。 	
SD-3	④	<ul style="list-style-type: none"> 横山東方に分布する移動体。 滑落崖は移動体の北西に位置し、逆U字型を示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ④、⑤及び⑥は一連の地すべり土塊からなる。 南東方向への移動を示す地すべり土塊(D)。
	⑤	<ul style="list-style-type: none"> 横山南方に分布する移動体。 滑落崖は移動体の北に位置し、逆U字型を示す。 	
	⑥	<ul style="list-style-type: none"> 小籠周辺に分布する移動体。 滑落崖は移動体の北~北西に位置し、逆W字型を示す。 	

凡例

地すべり土塊 A	滑落崖	地すべり地形分布図「赤泊」(防災科学研究所, 1986)
地すべり土塊 B	侵食谷	冠頂が著しく開析された滑落崖
地すべり土塊 C	産錐・小扇状地	冠頂が丸みをおびて不明瞭になった滑落崖
地すべり土塊 D	地すべりモデル範囲	移動体の輪郭
地すべり土塊 E		

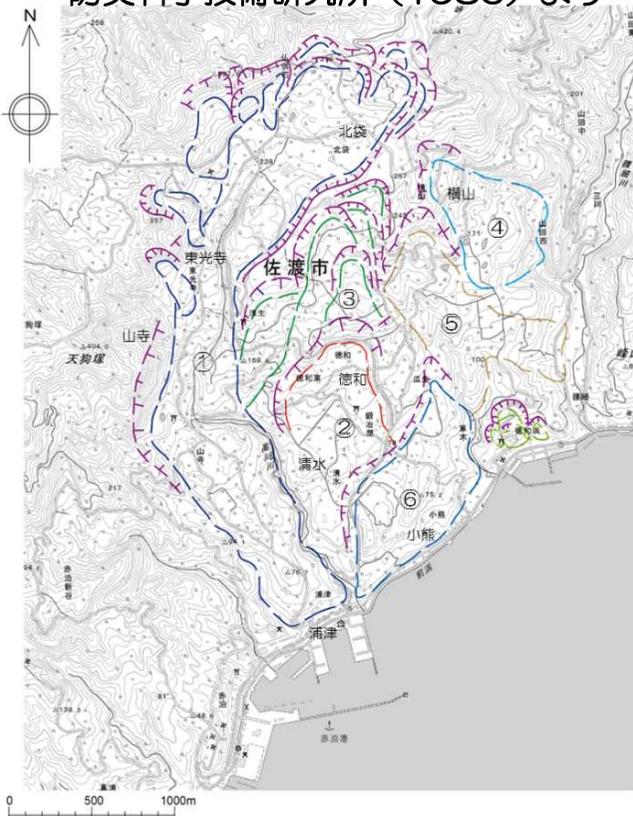
矢印は土塊の移動方向。

SD-2,3周辺の地すべり

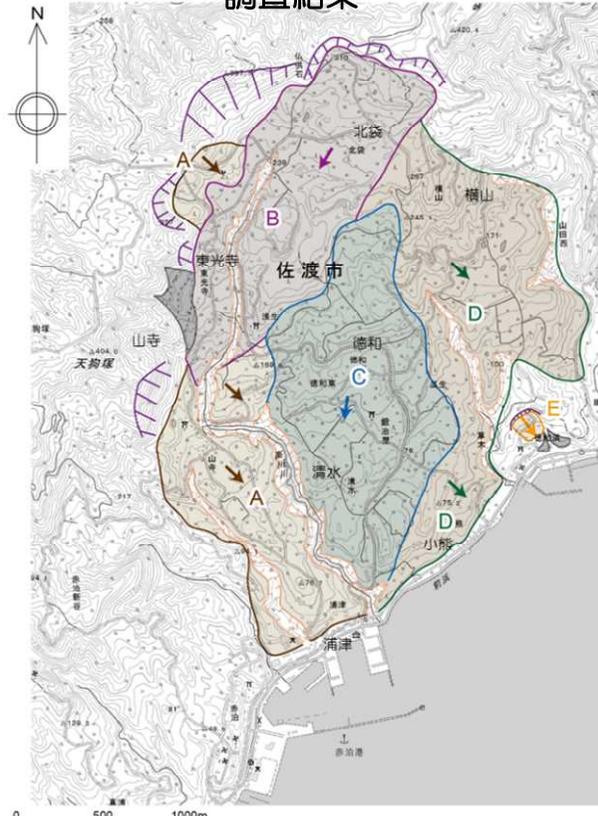


- 防災科学技術研究所(1986)の評価結果, 現地調査結果, 及び解析モデルに使用している地すべり範囲を下記に示す。

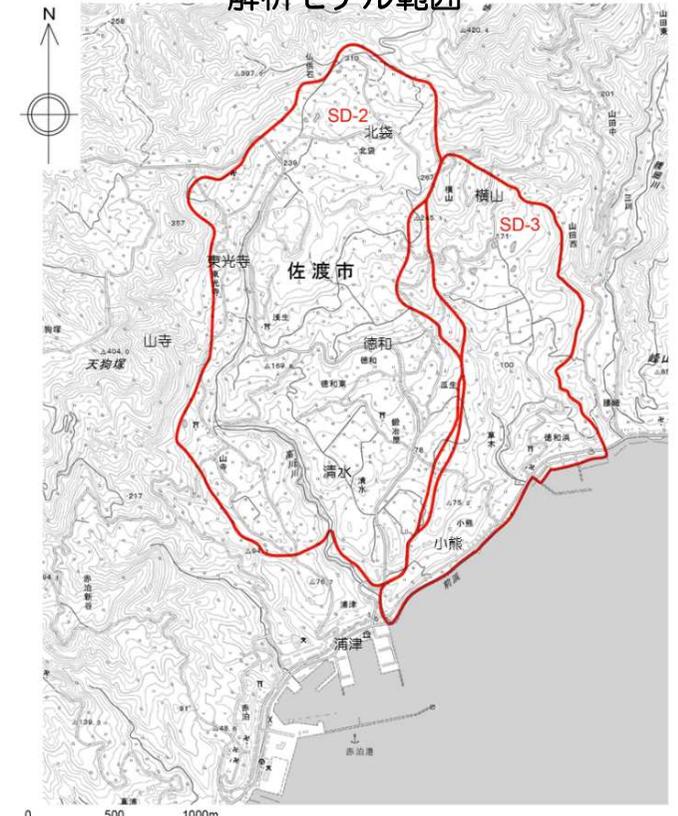
防災科学技術研究所 (1986) より



調査結果



解析モデル範囲



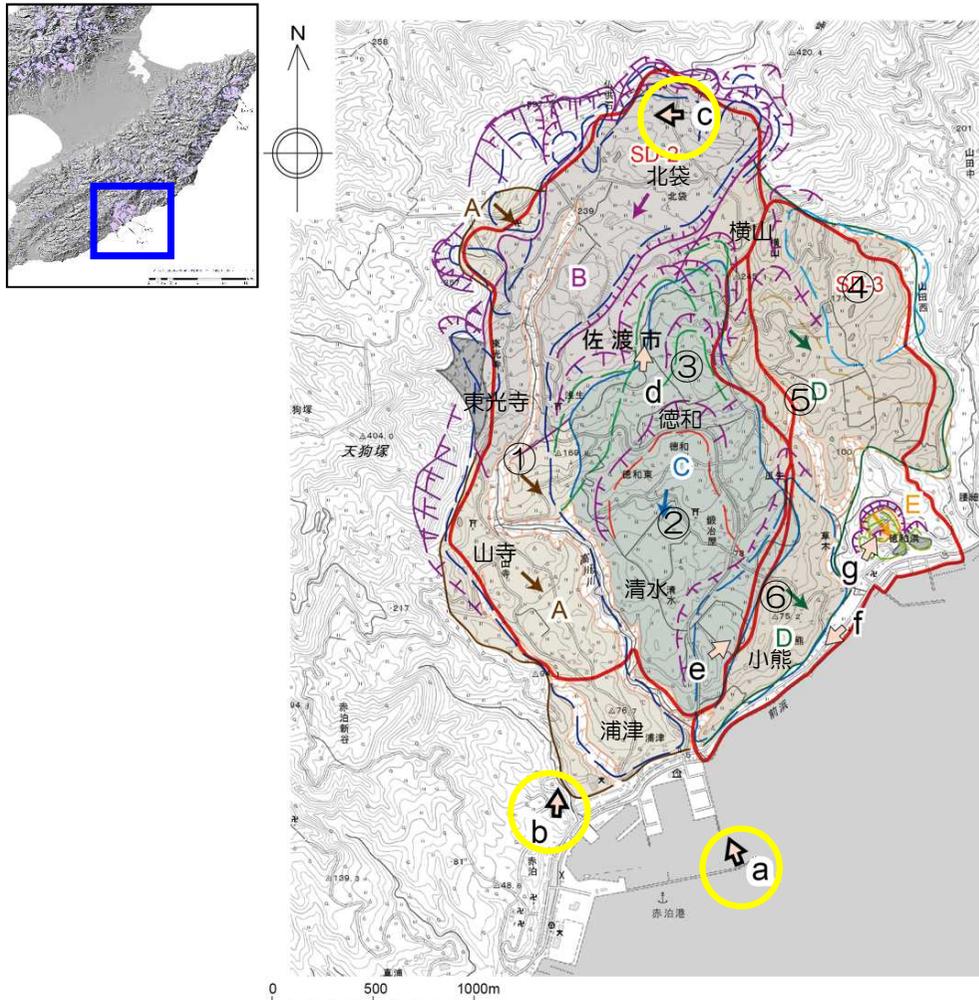
地すべり地形分布図「赤泊」(防災科学研究所, 1986)

- 冠頂が著しく開析された滑落崖
- 冠頂が丸みをおびて不明瞭になった滑落崖
- 移動体の輪郭

- 凡 例
- 地すべり土塊 A
 - 地すべり土塊 B
 - 地すべり土塊 C
 - 地すべり土塊 D
 - 地すべり土塊 E
 - 滑落崖
 - 侵食谷
 - 崖錐・小扇状地
- 矢印は土塊の移動方向。

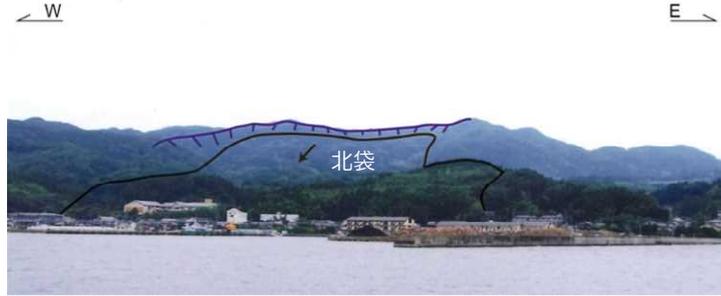
- 地すべりモデル範囲

4-4 陸上地すべり地形における現地調査結果 (SD-2, 3)

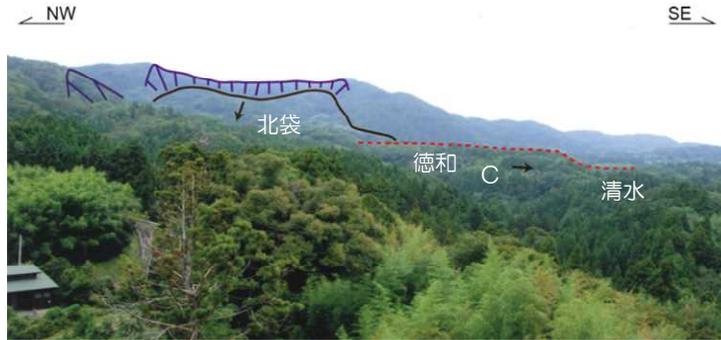


- 凡例
- 地すべり土塊 A
 - 地すべり土塊 B
 - 地すべり土塊 C
 - 地すべり土塊 D
 - 地すべり土塊 E
 - 滑落崖
 - 侵食谷
 - 崖壁・小陥状地
 - 地すべりモデル範囲
 - 地影写真位置・番号
 - 冠頂が著しく開析された滑落崖
 - 冠頂が丸みをおびて不明瞭になった滑落崖
 - 移動体の輪郭
- 矢印は土塊の移動方向。
- 地すべり地形分布図「赤泊」(防災科学研究所, 1986)

SD-2, 3周辺の地すべり



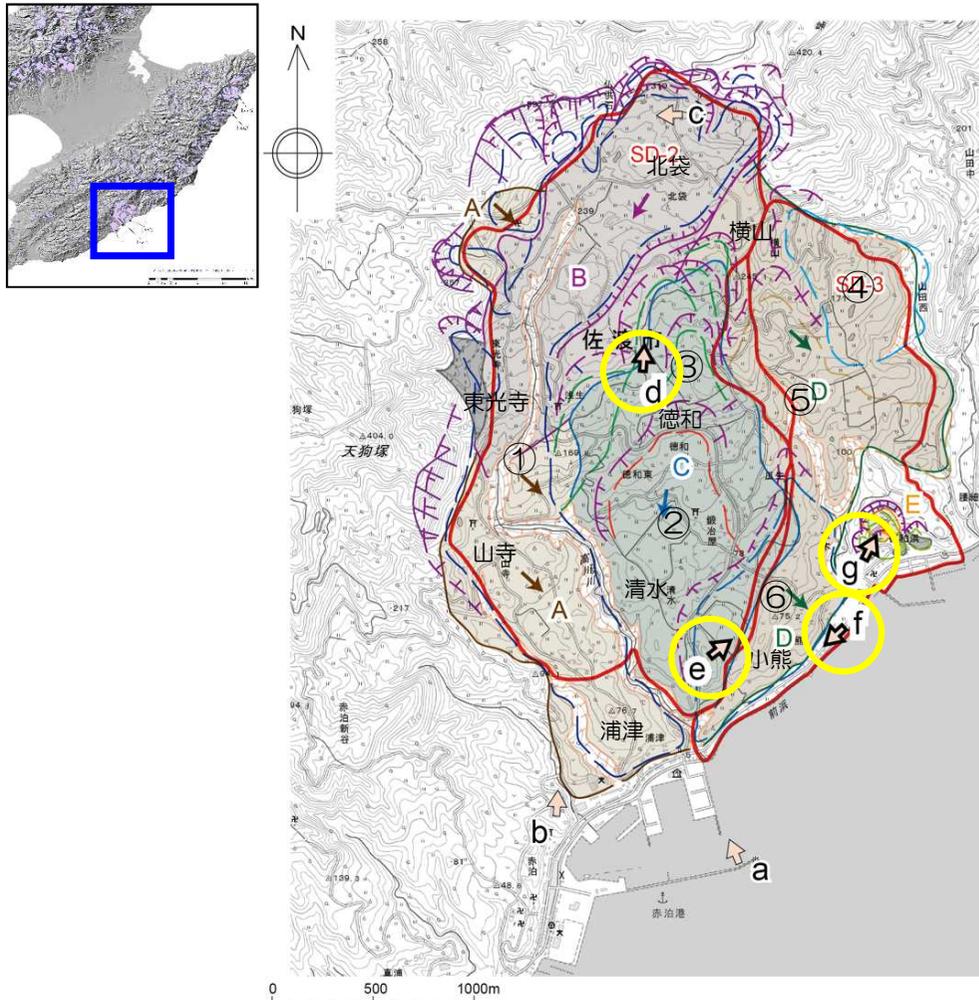
地すべりの全景写真 a
北袋北方に認められる比高約20m~30mの滑落崖が認められる。



地すべり土塊 (B) 及び (C) の全景写真 b
北袋北方に認められる比高約20m~30mの滑落崖, 北袋西方の比高約150mの滑落崖, 徳和周辺には緩傾斜の地すべり土塊 (C) が認められ, 徳和と清水との間に低崖が認められる。



滑落崖写真 c
北袋北方に認められる比高約150mの滑落崖。



- 凡例
- 地すべり土塊 A
 - 地すべり土塊 B
 - 地すべり土塊 C
 - 地すべり土塊 D
 - 地すべり土塊 E
 - 滑落崖
 - 侵食谷
 - 崖壁・小陥状地
 - 地すべりモデル範囲
 - 地形写真位置・番号
 - 矢印は土塊の移動方向。
 - 地すべり地形分布図「赤泊」(防災科学研究所, 1986)
 - 冠頂が著しく開析された滑落崖
 - 冠頂が丸みをおびて不明瞭になった滑落崖
 - 移動体の輪郭

SD-2, 3周辺の地すべり



地すべり写真 d
地すべり土塊(B)と地すべり土塊(C)との間の溝状凹地。



地すべり写真 e
地すべり土塊(C)と地すべり土塊(D)の間に低崖が認められる。



地すべり写真 f
地すべり土塊(D)の末端は海岸に到達しない。



地すべり写真 g
小規模な地すべり土塊(E)。

分類	No.	コメント	指摘日
砂移動	5	砂移動評価について、高橋(1999)の手法における飽和浮遊砂濃度が評価結果に及ぼす影響を確認すること。また、港湾内の堆積量が1 mを超えている箇所について、取水への影響を確認すること。	H27.1.23 審査会合 H27.10.19 ヒアリング

- 砂移動評価における飽和浮遊砂濃度の上限値については、これまでの検証結果から、1%は妥当な設定値であり、5%は過大評価になると整理した。
- ここでは、高橋(1999)の手法における飽和浮遊砂濃度が評価結果に及ぼす影響を確認することを目的に、飽和浮遊砂濃度の上限値を3%とした影響評価を実施した。
- 影響評価の結果、6、7号炉における取水口前面における砂の堆積厚さは最大でも約1.2m(7号炉)であり、取水口が閉塞する恐れがないことを確認した。
- 砂の堆積量が1mを超えている箇所について、取水への影響を確認した。
- 確認の結果、カーテンウォールが設置され海底面が低くなっている箇所では堆積厚さは2.0m程度となるものの、通水断面は確保されており、取水への影響はないことを確認した。

■ 論文整理に基づく高橋ほか（1999）における浮遊砂濃度上限値に関する評価

- 高橋ほか（1999）の浮遊砂濃度上限値について、砂移動評価に関する論文を整理した。
- 上限値5%の検証結果から、浮遊砂濃度上限値5%は過大評価になると考えられる。
- 上限値1%の検証結果から、浮遊砂濃度上限値1%は妥当な設定値であると考えられる。
- 以上より、高橋ほか（1999）の浮遊砂濃度上限値は1%を基本とし、3%としたケースを影響評価として実施した。

高橋ほか（1999）の検証事例

実規模検証	文献	計算使用 砂粒径	計算格子 間隔	浮遊砂 濃度上限	浮遊砂濃度上限に関する評価
気仙沼湾 (1960年 チリ地震津波)	玉田ほか (2009)	0.001~ 1mm	25m, 5m	1%,5%	<ul style="list-style-type: none"> ● 計算格子間隔が5mの場合、浮遊砂濃度上限5%では実績値より侵食深を過大に評価
八戸港 (1960年 チリ地震津波)	藤田ほか (2010)	0.26mm	10.3m	1%,2%,5%	<ul style="list-style-type: none"> ● 浮遊砂濃度上限5%は過大に評価 ● 浮遊砂濃度上限1~2%の場合の再現性が良好
宮古港 (2011年東北地方 太平洋沖地震津波)	近藤ほか (2012)	0.08mm	10m	1%	<ul style="list-style-type: none"> ● 土砂移動の全体的な傾向は良く一致 ● 防波堤堤頭部の最大洗掘深や断面地形も定量的に概ね良い一致
気仙沼湾 (2011年東北地方 太平洋沖地震津波)	森下ほか (2014)	0.3mm	10m	1% $C_{sat} = \alpha \times \sqrt{U^2 \times V^2}$	<ul style="list-style-type: none"> ● 砂移動評価に影響を及ぼす因子として、無次元掃流力、流砂量式係数、飽和浮遊砂濃度の3つを抽出 ● 上記の3つの因子を同時に変えたモデルにより、再現性が向上する可能性を示唆 ● 飽和浮遊砂濃度については、摩擦速度の関数とすることで再現性向上につながることを示唆

C_{sat} : 飽和浮遊砂濃度 U,V : 断面平均流速成分 α : 係数 (0.01)

- 高橋（1999）の手法における飽和浮遊砂濃度が評価結果に及ぼす影響確認として、飽和浮遊砂濃度の上限値を3%にしたケースについて影響評価を実施した。
- 取水口前面における砂の堆積厚さの最大は、3号炉取水口前面の約2.8m。
- 6, 7号炉取水口前面の最大値は、7号炉取水口前面の約1.2mであり、取水路の高さ5m程度に対して十分小さく、取水口が閉塞するおそれはないことを確認した。

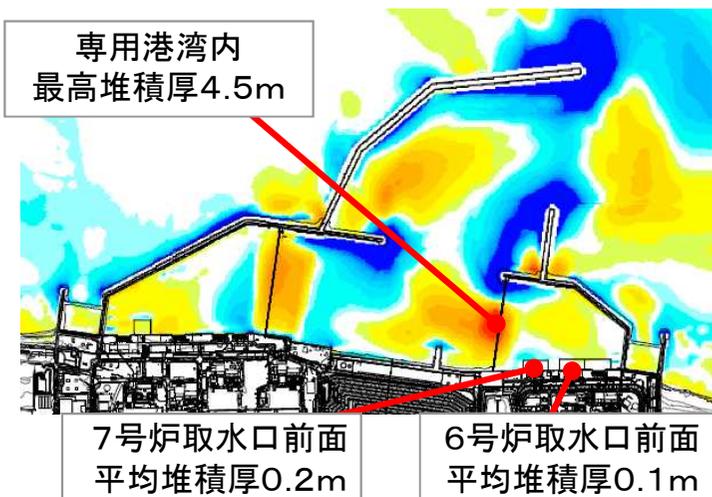
数値シミュレーション結果

水位	地震	手法	取水口前面堆積厚さ(m)						
			1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉	6号炉	7号炉
上昇側	海域の活断層 (5断層連動モデル)	高橋ほか 1%	0.1	0.3	0.6	0.6	0.1	0.1	0.2
		高橋ほか 3%	0.2	0.8	1.2	1.1	0.1	0.1	0.2
	日本海東縁部 (2領域モデル)	高橋ほか 1%	0.5	0.9	1.2	1.1	0.4	0.3	0.6
		高橋ほか 3%	1.7	2.6	2.8	2.6	0.8	0.6	1.2
下降側	海域の活断層 (長岡十日町連動モデル)	高橋ほか 1%	0.2	0.4	0.5	0.4	0.1	0.1	0.2
		高橋ほか 3%	0.6	0.9	1.1	0.9	0.4	0.3	0.3
	日本海東縁部 (2領域モデル)	高橋ほか 1%	0.2	0.7	1.0	0.8	0.2	0.2	0.4
		高橋ほか 3%	1.1	2.1	2.3	2.1	0.9	0.7	1.0

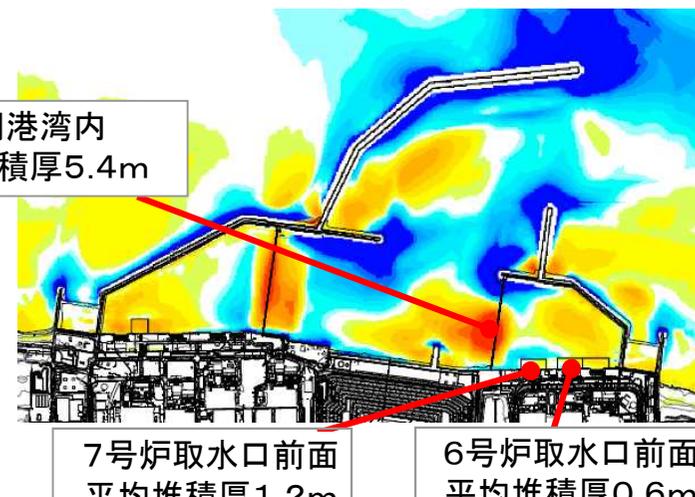
余 白

■ 高橋ほか（1999）の手法による堆積侵食分布（最終地形）

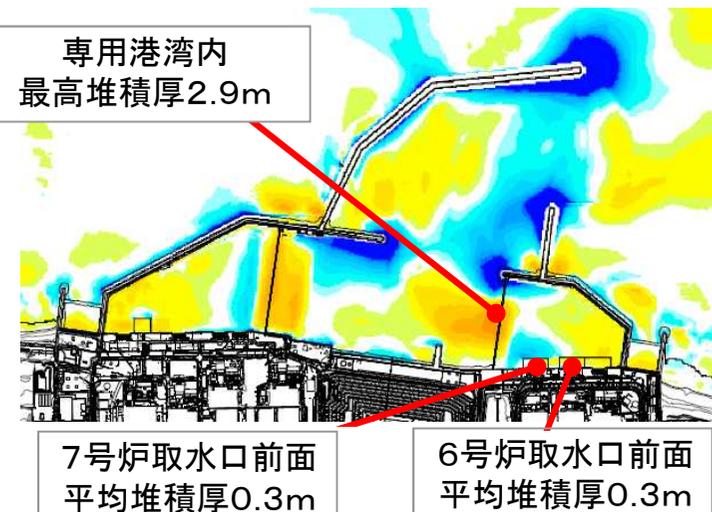
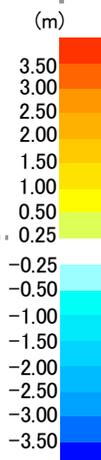
浮遊砂上限濃度 3%



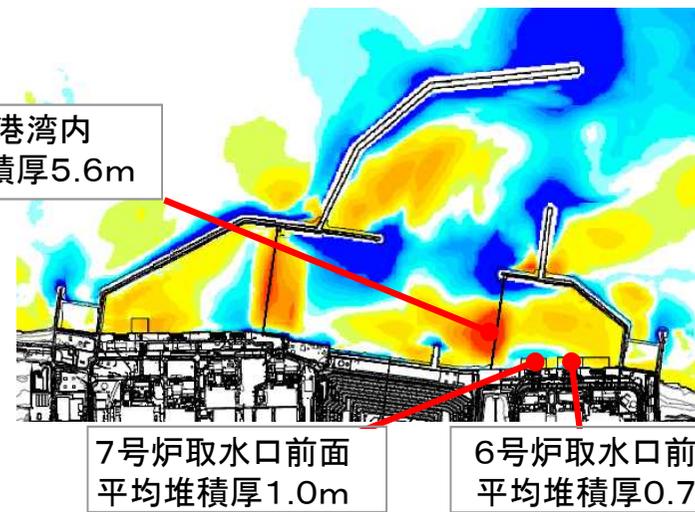
水位上昇側・海域活断層



水位上昇側・日本海東縁部



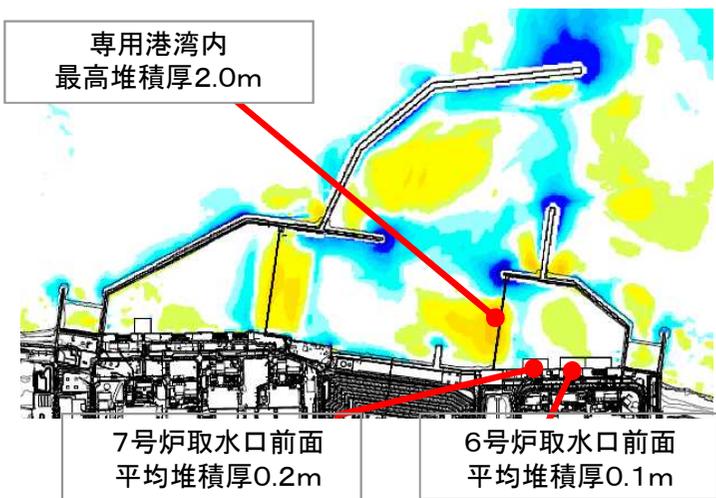
水位下降側・海域活断層



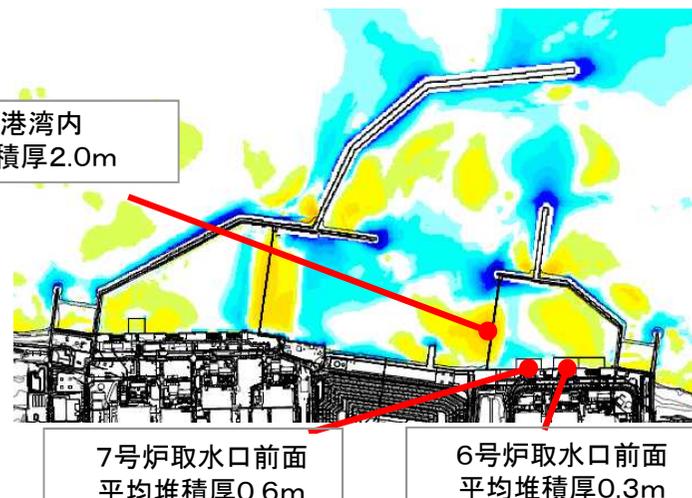
水位下降側・日本海東縁部

■ 高橋ほか（1999）の手法による堆積侵食分布（最終地形）

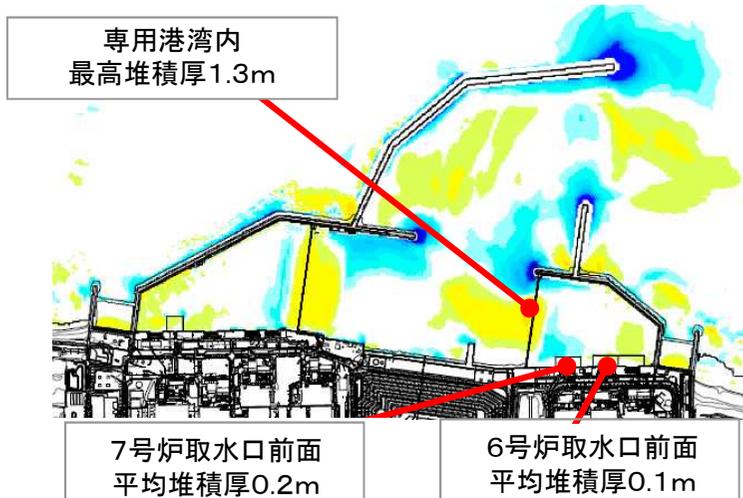
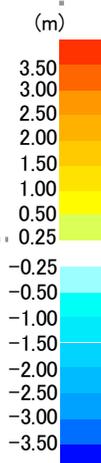
浮遊砂上限濃度 1%



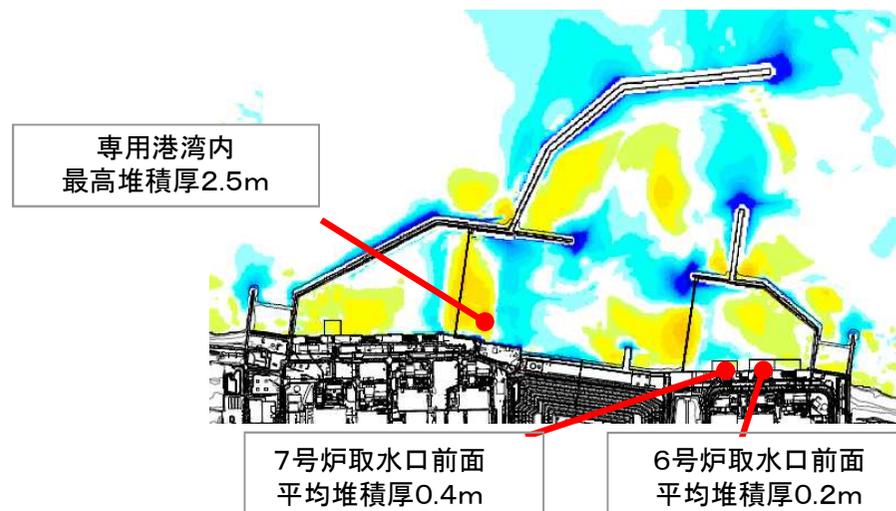
水位上昇側・海域活断層



水位上昇側・日本海東縁部



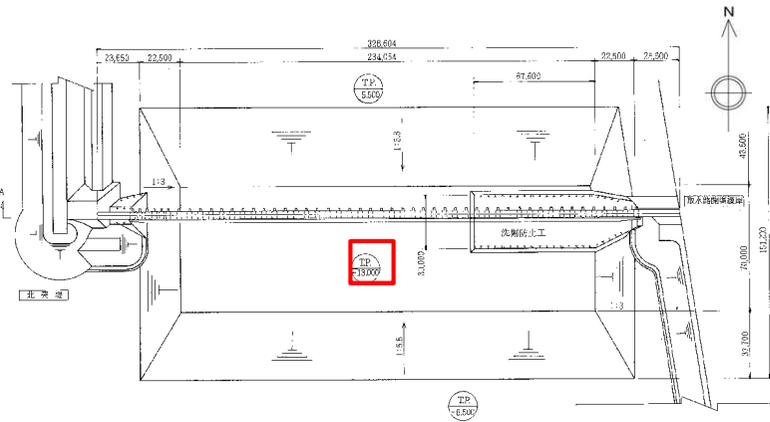
水位下降側・海域活断層



水位下降側・日本海東縁部

5-4 港湾内の砂堆積に関する取水への影響について

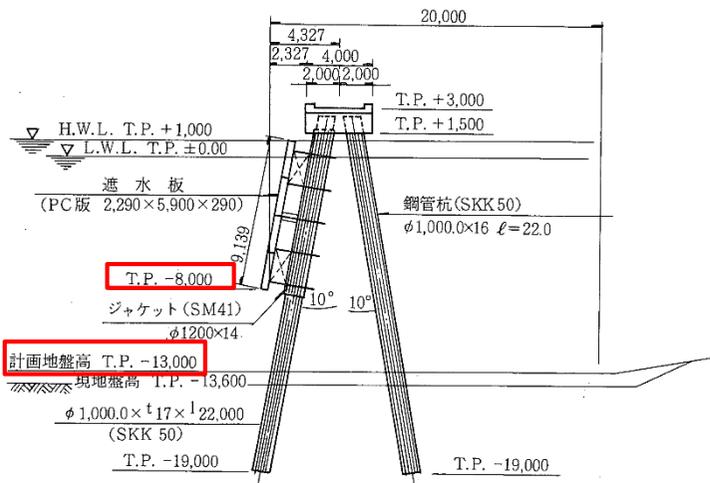
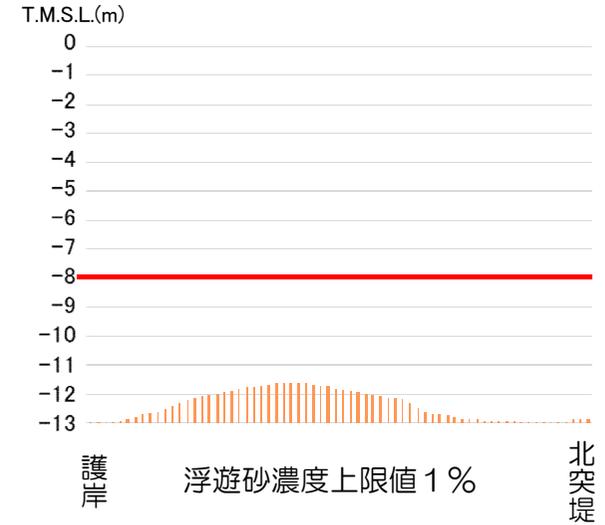
- 港湾内において、堆積厚さが2.0mとなっている箇所での取水への影響を確認した。
- 当該箇所は凹地形（海底面T.P.-13.0m）となっており、浮遊砂濃度上限値1%のケースで堆積厚さ2.0m、3%のケースで5.6mとなっているものの、通水断面は確保されており、取水への影響は少ないことを確認した。



平面図



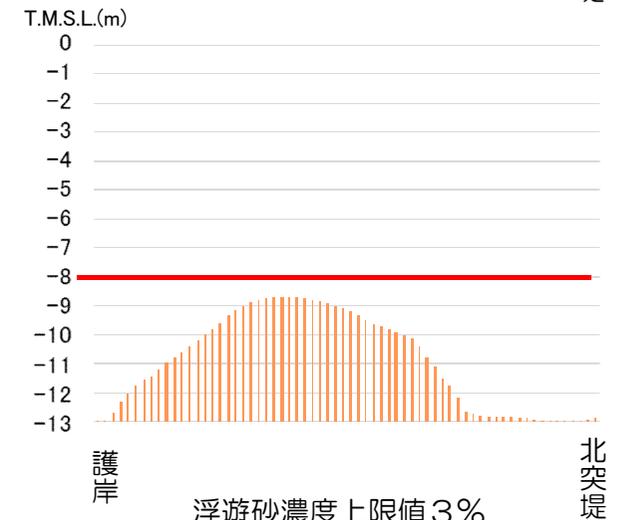
浮遊砂濃度上限値1%



断面図



浮遊砂濃度上限値3%



最大堆積分布図水位下降側・日本海東縁部

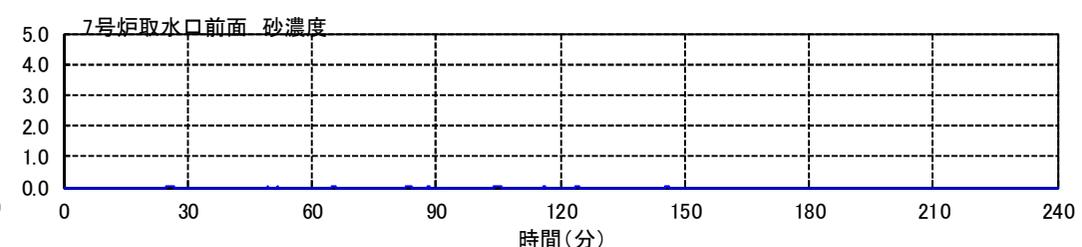
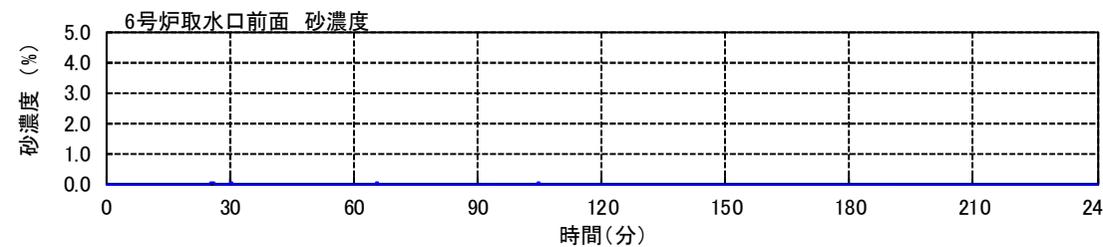
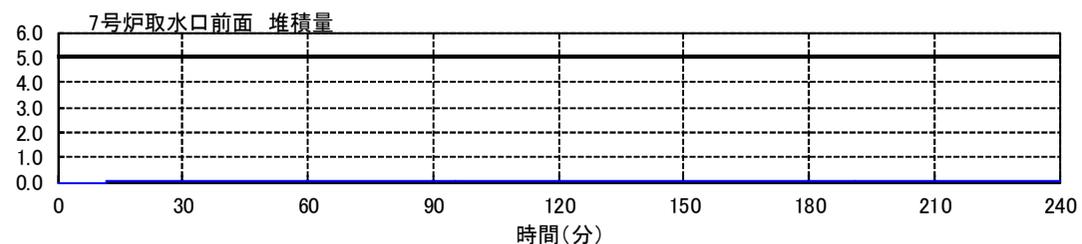
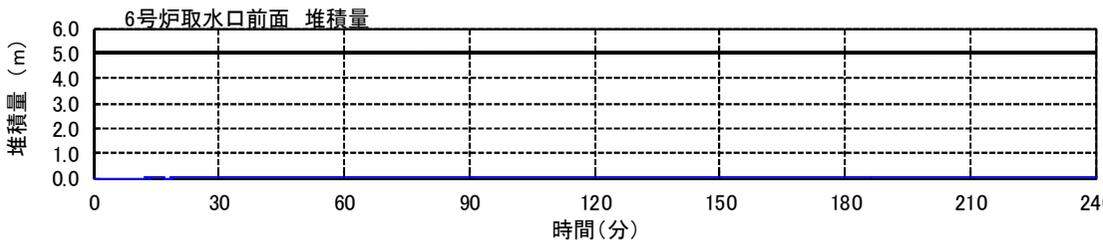
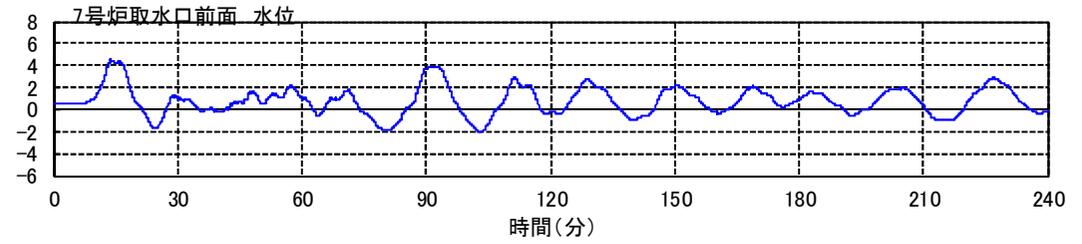
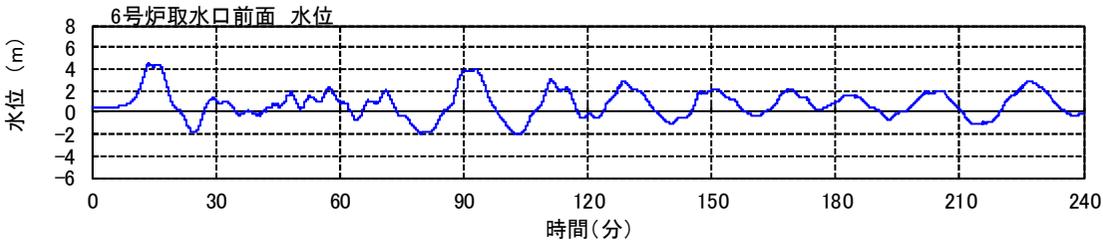
A-A' 断面における堆積量変化

余 白

分類	No.	コメント	指摘日
砂移動	6	砂移動評価について、各手法による解析時間中の最大堆積層厚、取水口前面での地形変化、水位変化、浮遊砂濃度の変化等のデータを提示すること	H27.10.19 ヒアリツグ

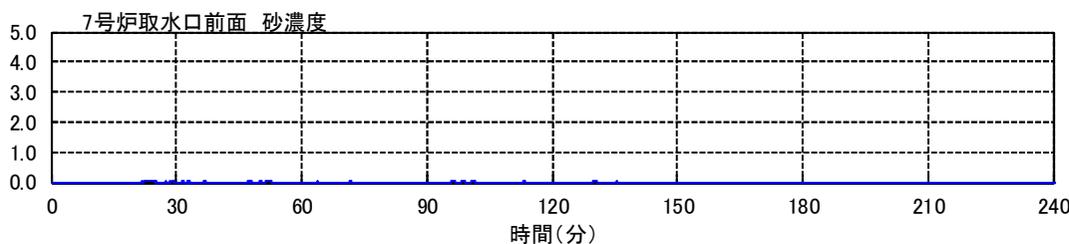
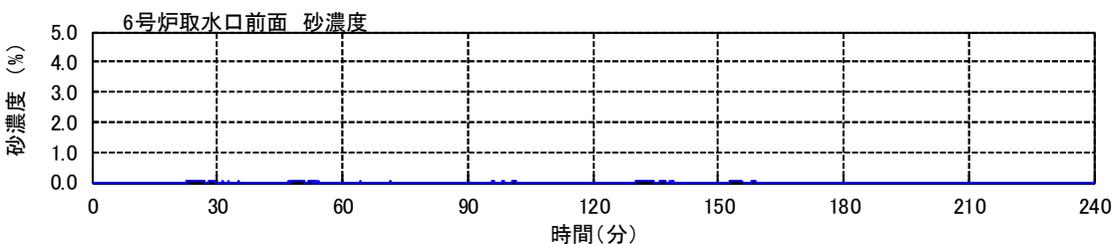
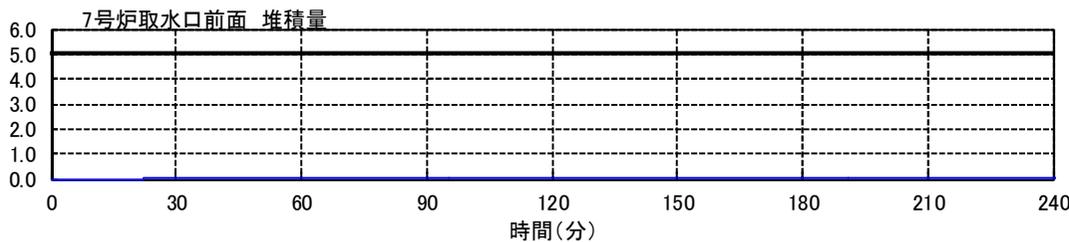
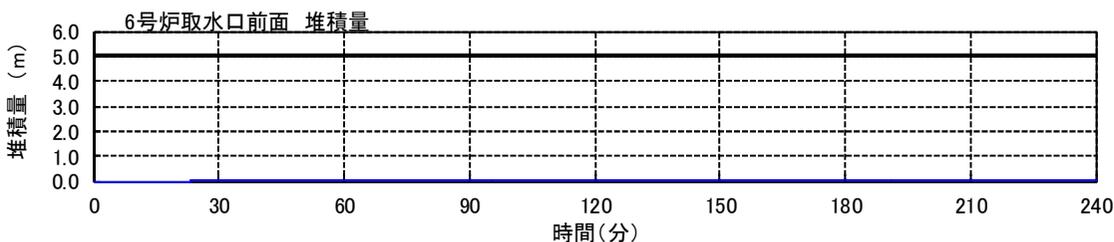
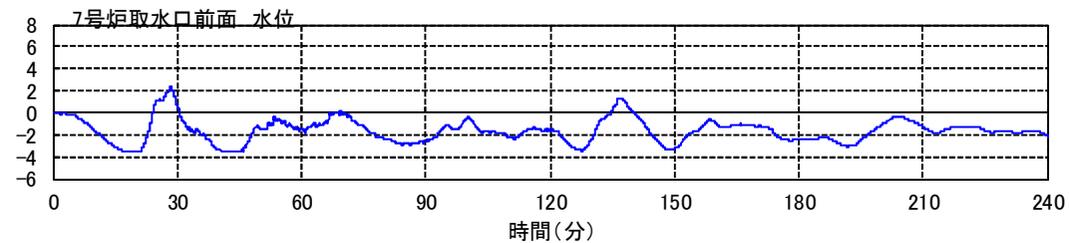
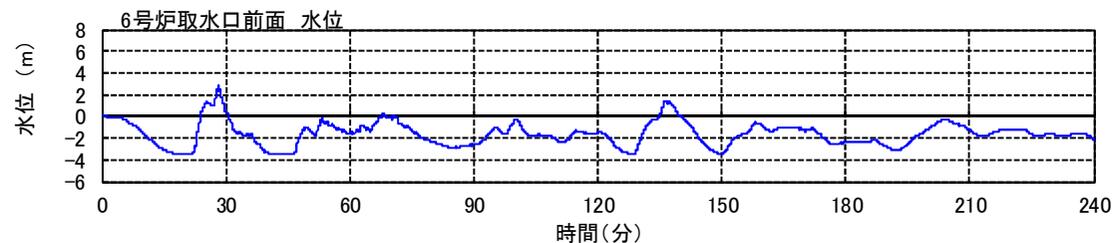
- 砂移動評価について、最大堆積層厚、取水口前面での地形変化、水位変化、浮遊砂濃度の変化等のデータを整理した。

6-2 砂移動詳細におけるデータ整理：水位，堆積量，濃度



6号炉 藤井5% 海域の活断層上昇側
(水位，堆積量，濃度)

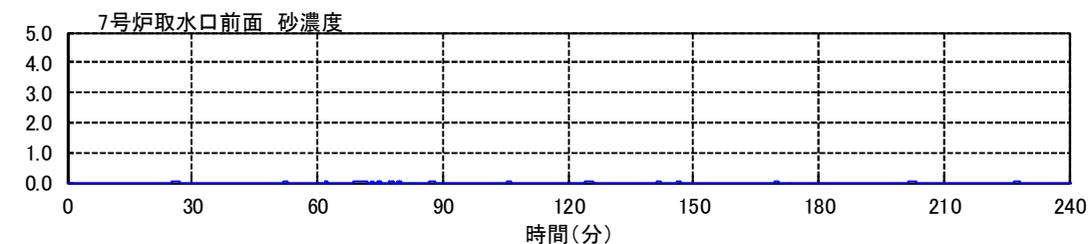
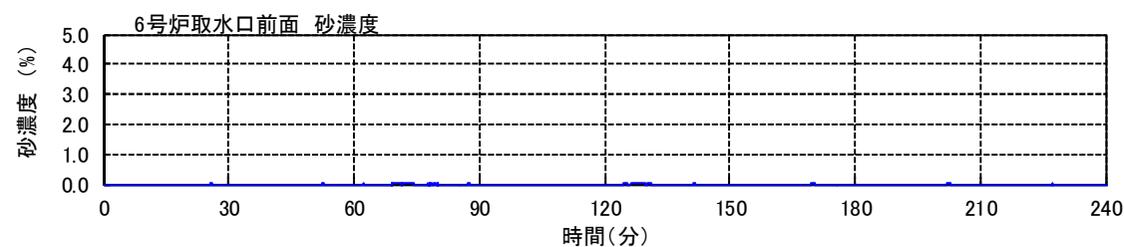
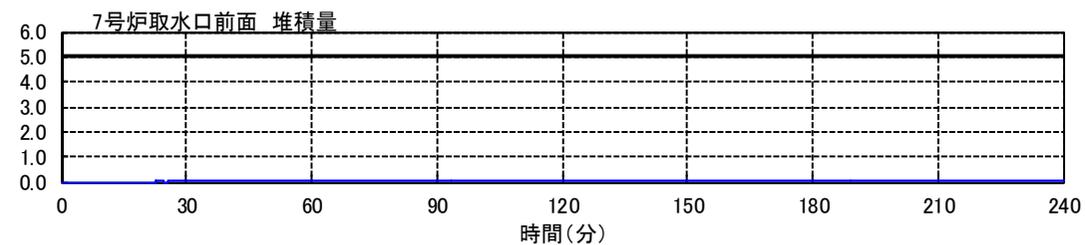
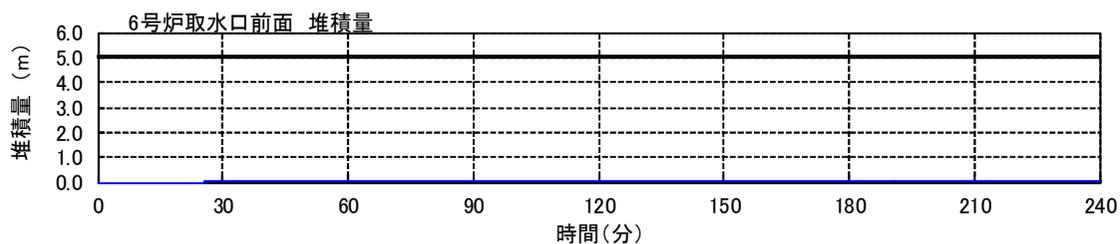
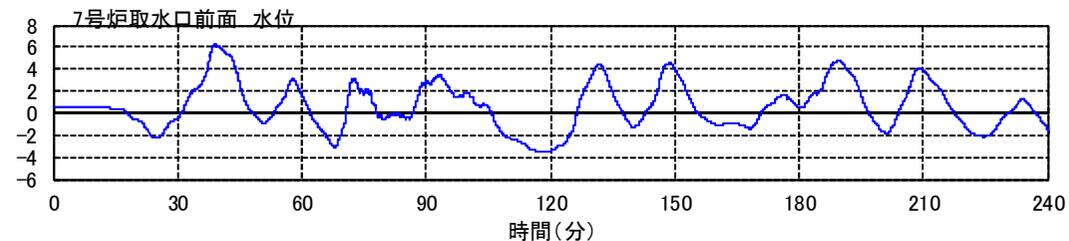
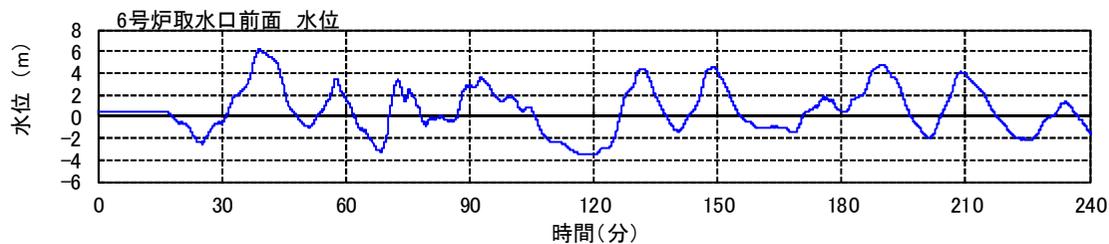
7号炉 藤井5% 海域の活断層上昇側
(水位，堆積量，濃度)



6号炉 藤井5% 海域の活断層下降側
(水位，堆積量，濃度)

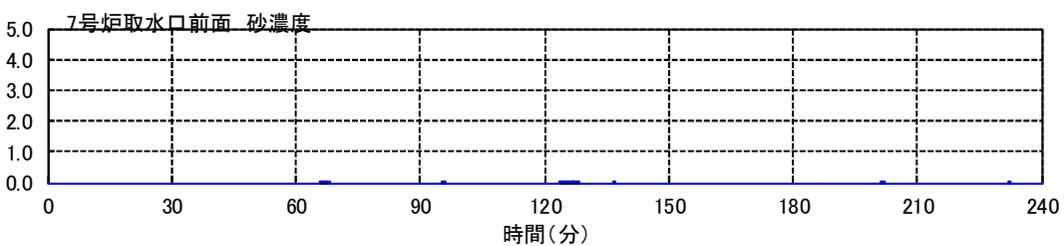
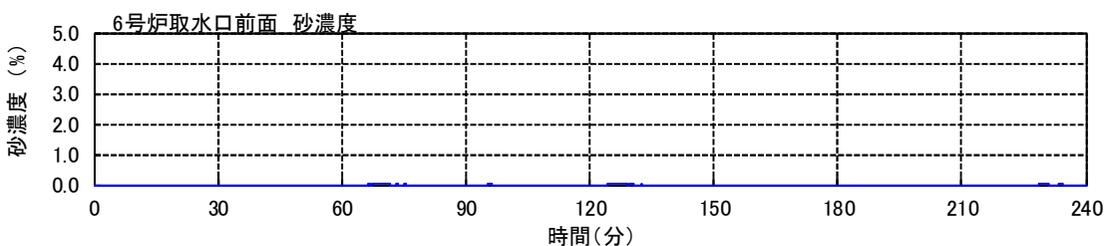
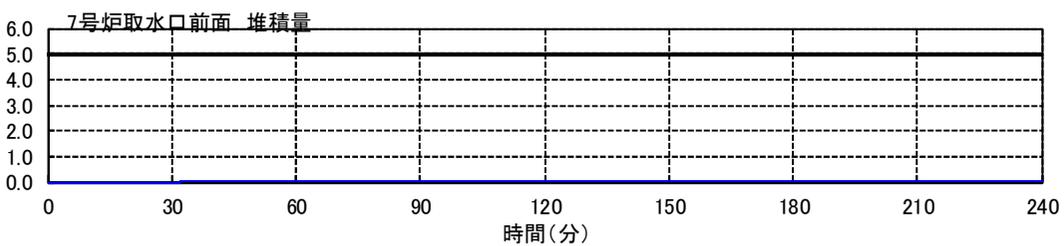
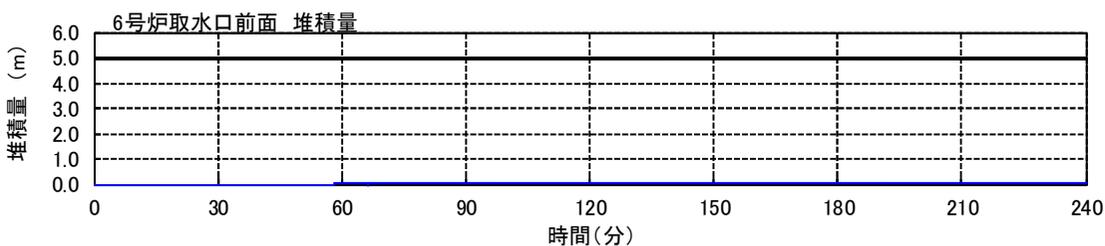
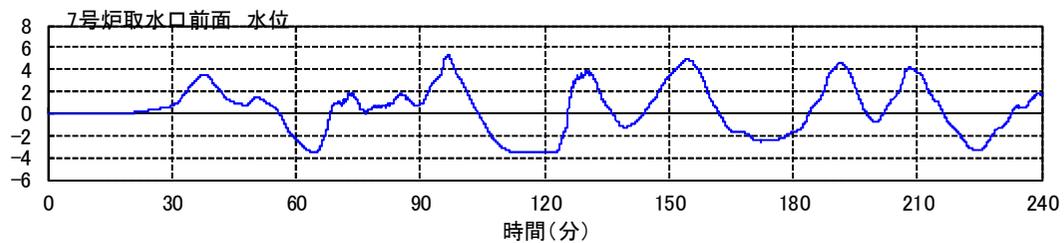
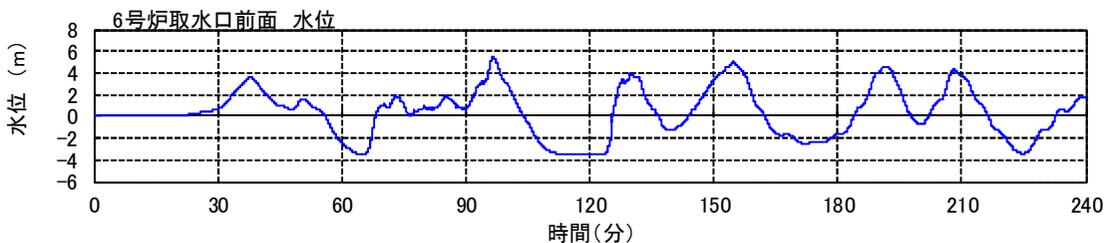
7号炉 藤井5% 海域の活断層下降側
(水位，堆積量，濃度)

6-2 砂移動詳細におけるデータ整理：水位，堆積量，濃度



6号炉 藤井5% 日本海東縁部上昇側
(水位，堆積量，濃度)

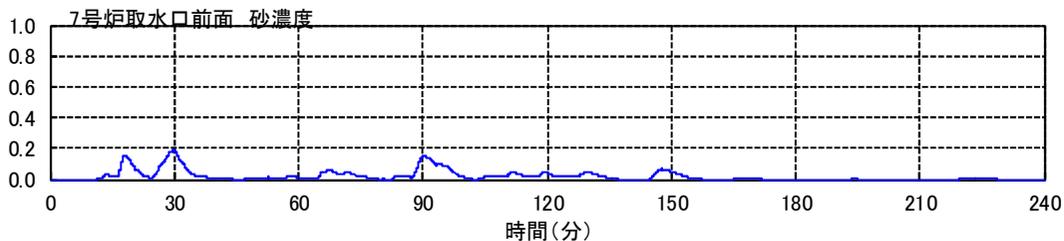
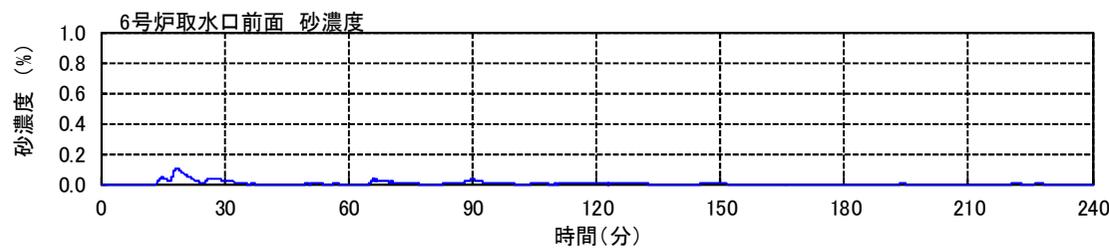
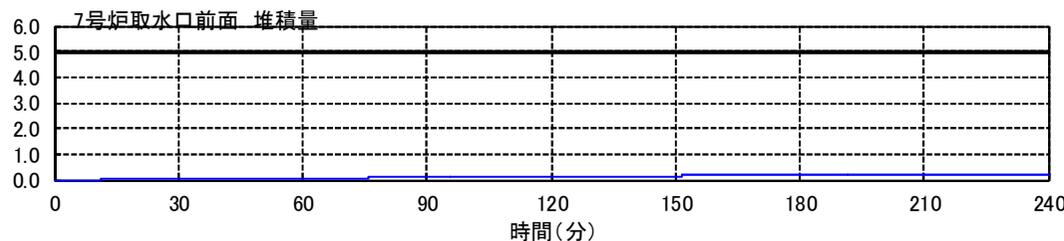
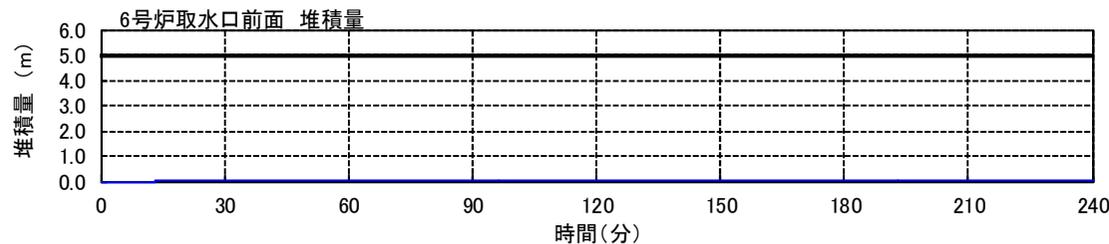
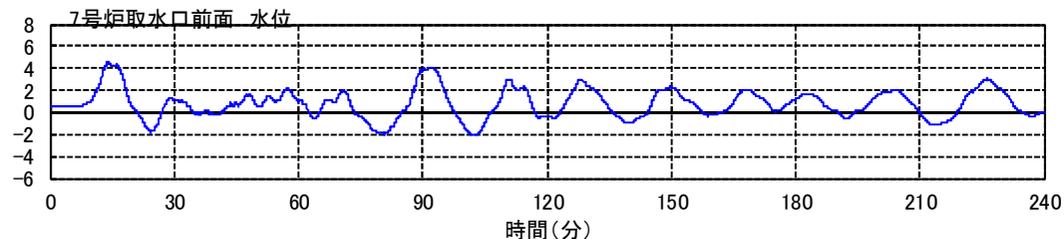
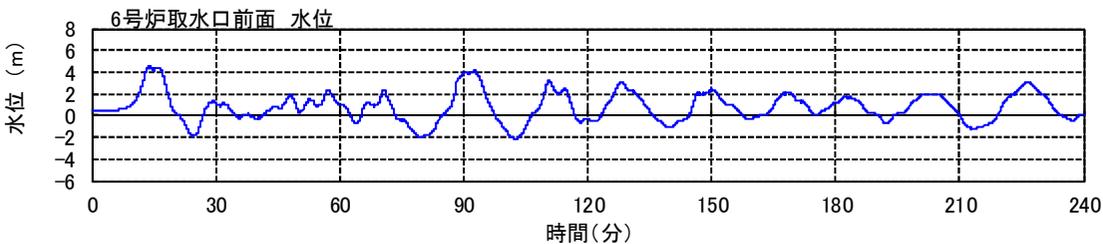
7号炉 藤井5% 日本海東縁部上昇側
(水位，堆積量，濃度)



6号炉 藤井5% 日本海東縁部下降側
(水位，堆積量，濃度)

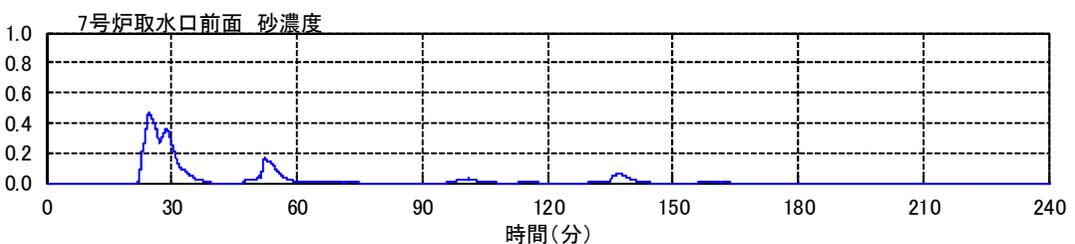
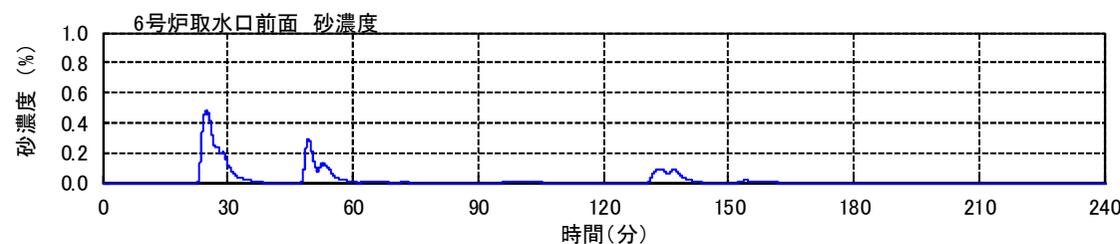
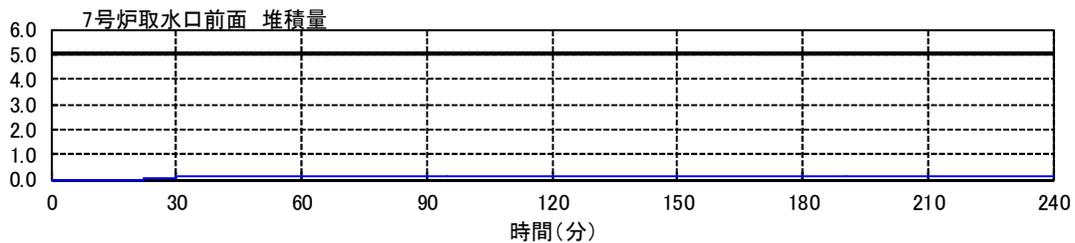
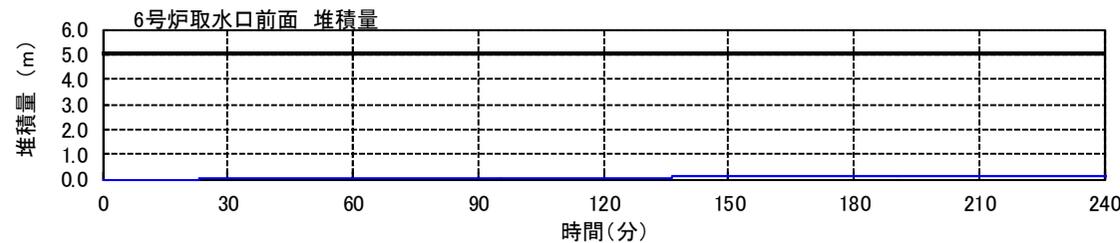
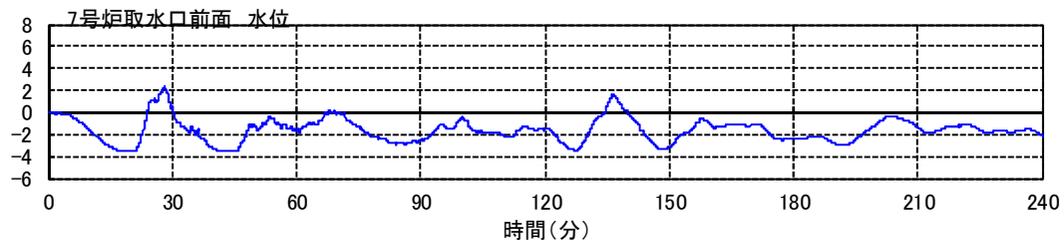
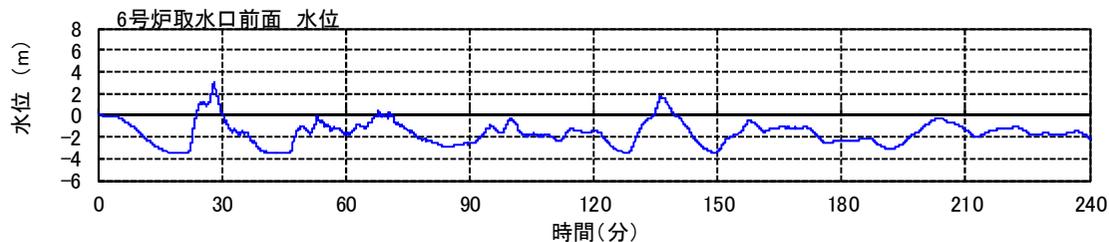
7号炉 藤井5% 日本海東縁部下降側
(水位，堆積量，濃度)

6-2 砂移動詳細におけるデータ整理：水位，堆積量，濃度



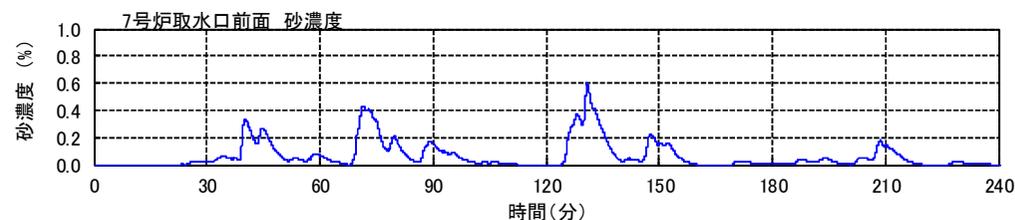
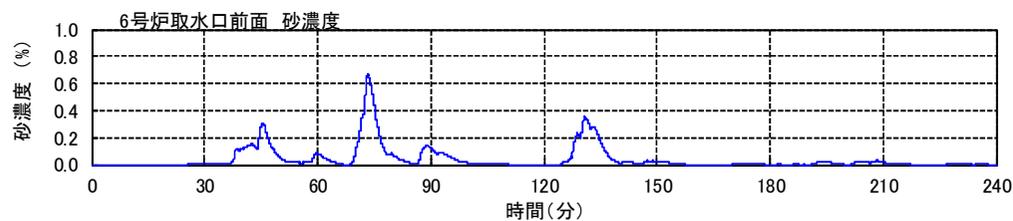
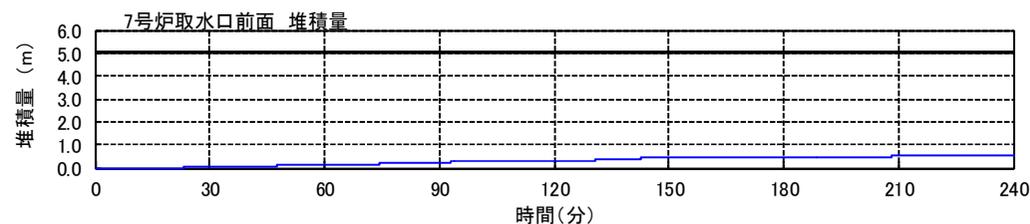
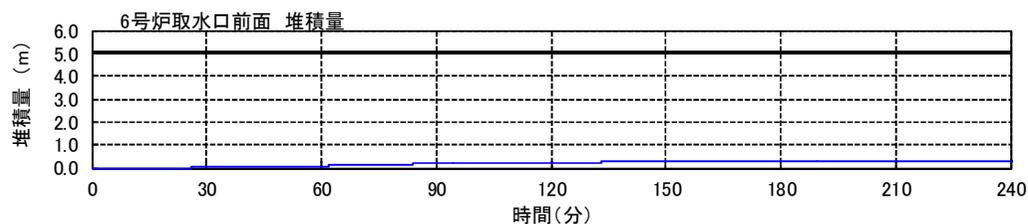
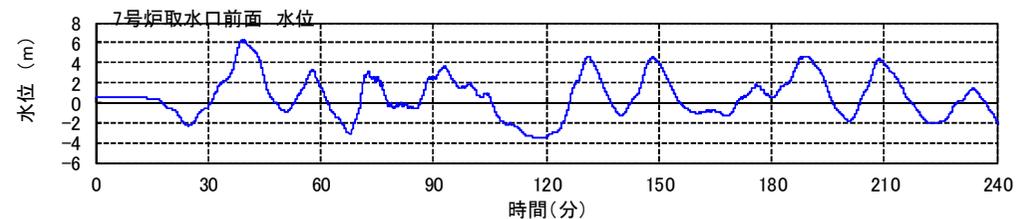
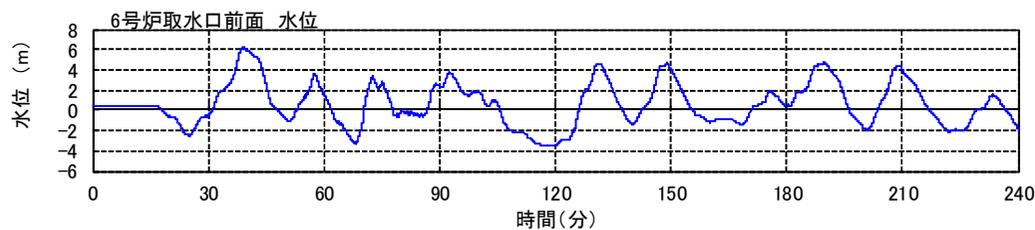
6号炉 高橋1% 海域の活断層上昇側
(水位，堆積量，濃度)

7号炉 高橋1% 海域の活断層上昇側
(水位，堆積量，濃度)



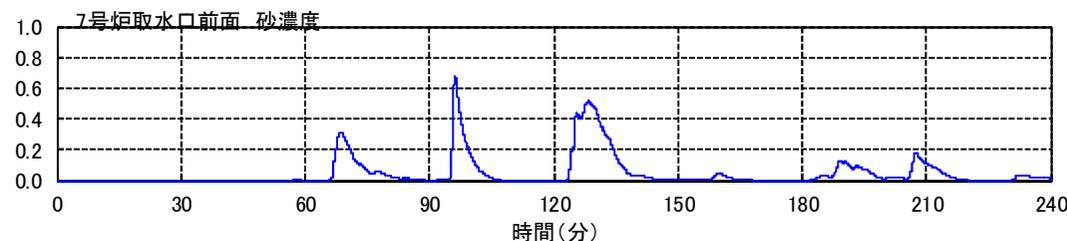
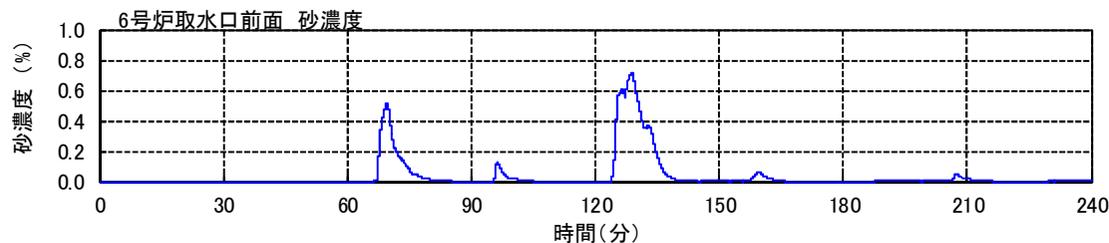
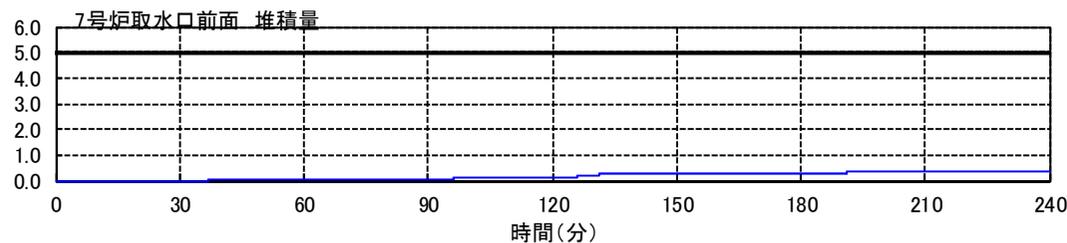
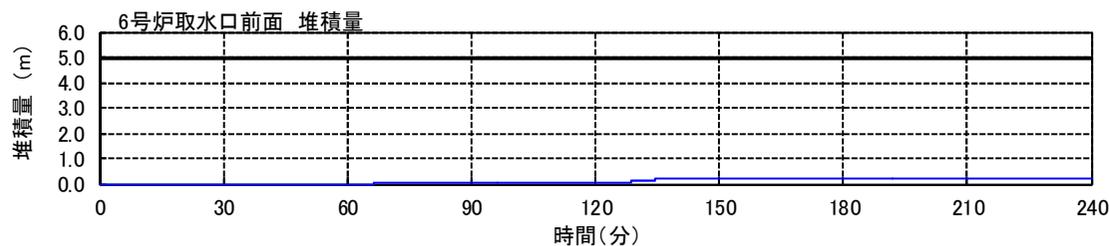
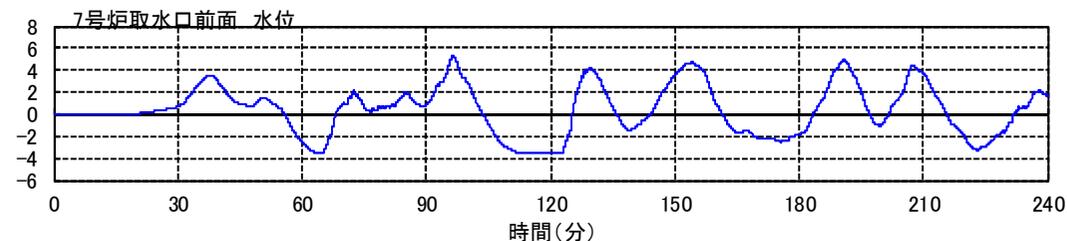
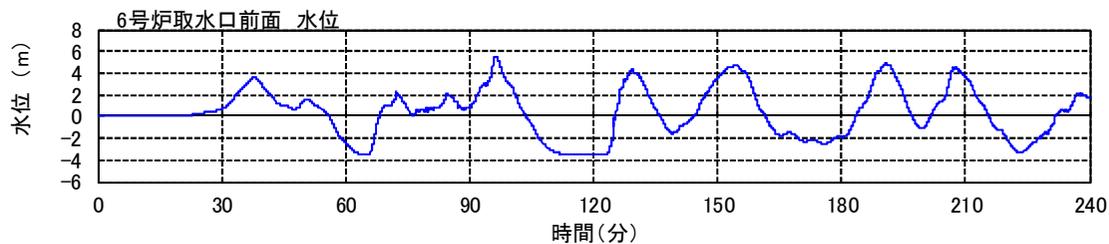
6号炉 高橋1% 海域の活断層下降側
(水位，堆積量，濃度)

7号炉 高橋1% 海域の活断層下降側
(水位，堆積量，濃度)



6号炉 高橋1% 日本海東縁部上昇側
(水位，堆積量，濃度)

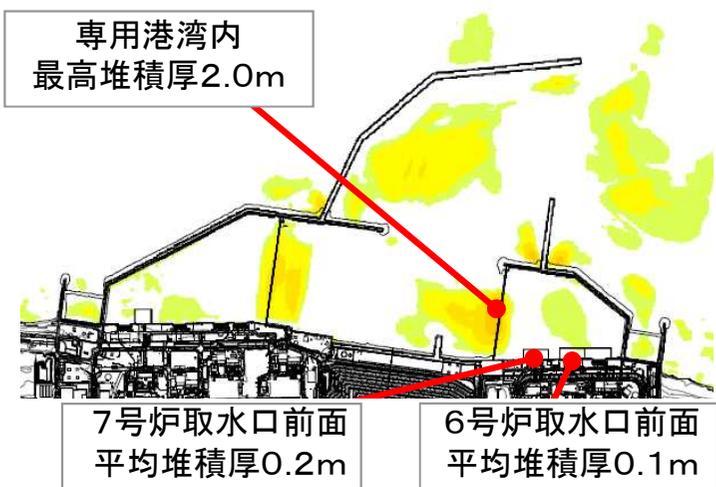
7号炉 高橋1% 日本海東縁部上昇側
(水位，堆積量，濃度)



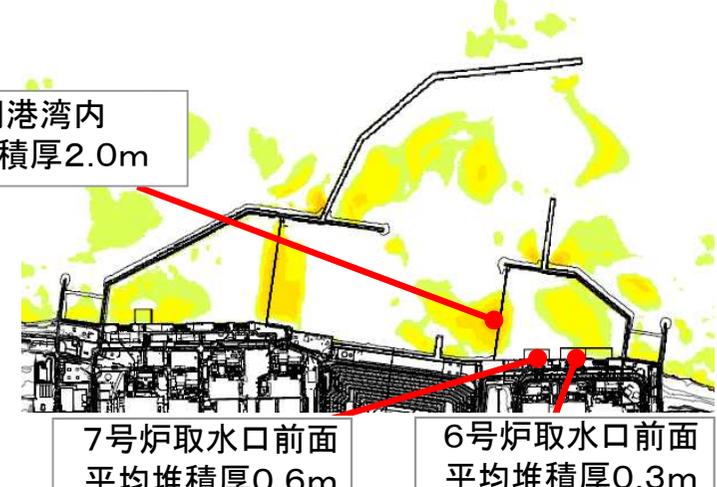
6号炉 高橋1% 日本海東縁部下降側
(水位，堆積量，濃度)

7号炉 高橋1% 日本海東縁部下降側
(水位，堆積量，濃度)

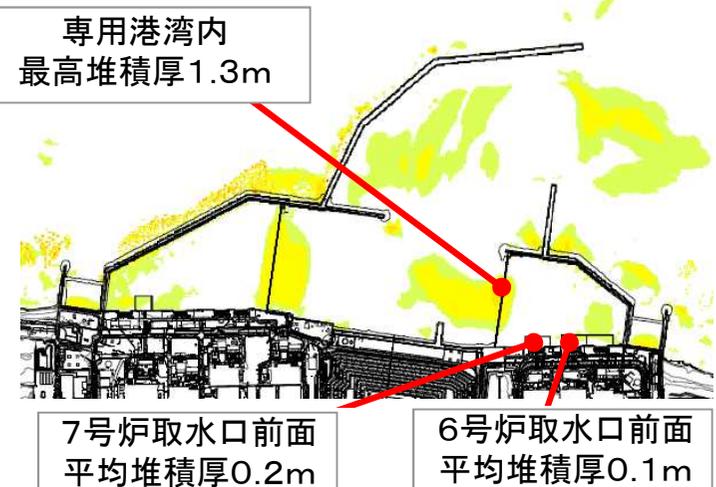
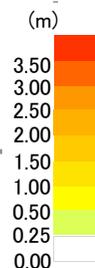
■ 高橋ほか（1999）の手法による最大堆積分布 浮遊砂上限濃度 1%



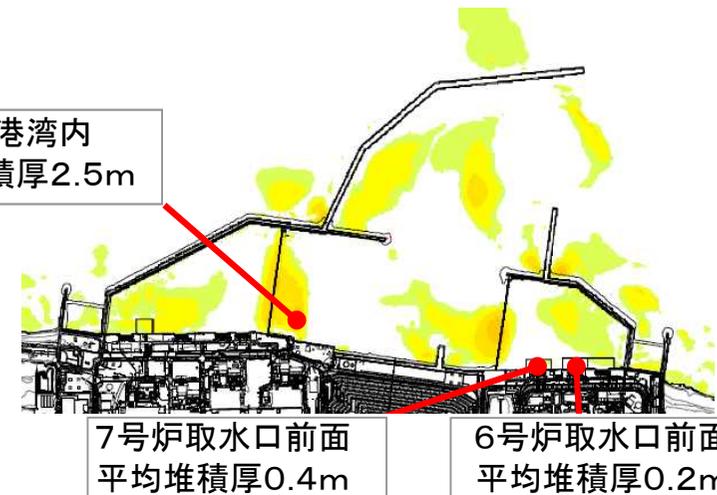
水位上昇側・海域活断層



水位上昇側・日本海東縁部

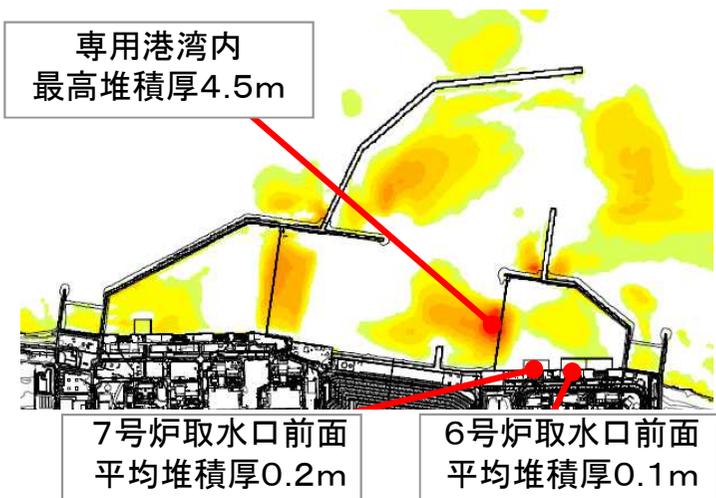


水位下降側・海域活断層

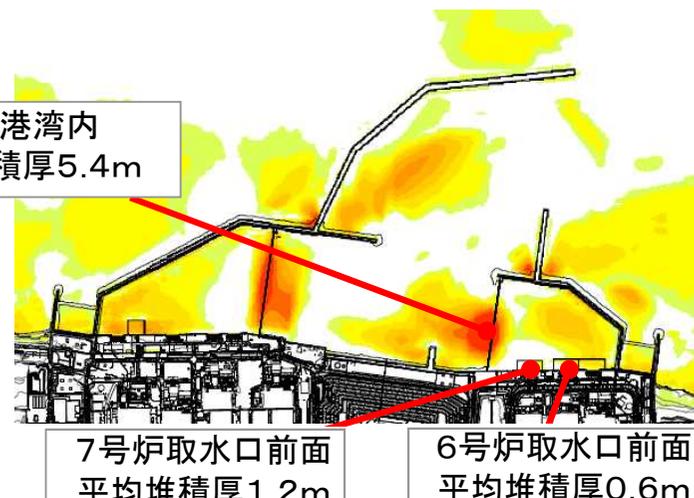


水位下降側・日本海東縁部

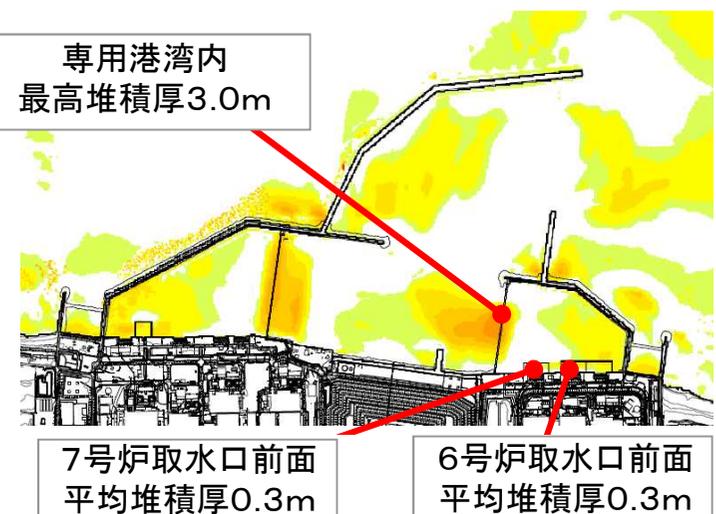
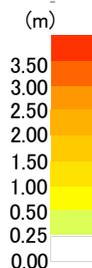
■ 高橋ほか（1999）の手法による最大堆積分布 浮遊砂上限濃度 3%



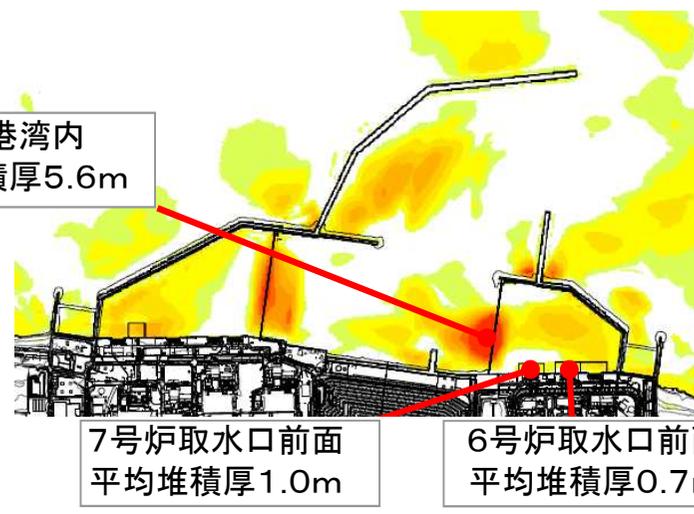
水位上昇側・海域活断層



水位上昇側・日本海東縁部



水位下降側・海域活断層



水位下降側・日本海東縁部

参考文献

- 土木学会原子力土木委員会津波評価部会（2002）：原子力発電所の津波評価技術。
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2003）：日本海東縁部の地震活動の長期評価。
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2009）：震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）。
- 防災科学技術研究所（1986）：地すべり地形分布図「村上・佐渡」。
- Huber et al.（1997）：Forecasting impulse waves in reservoirs. Dix-neuvième Congrès des Grands Barrages C31:993–1005. Florence, Italy. Commission International des Grands Barrages, Paris.
- 高速道路調査会（1985）：地すべり地形の安定度評価に関する研究報告書，P.33,P.36.
- Maeno and Imamura（2007）：Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from the Kikai caldera, Japan, Geophysical Research Letters, Vol.34.
- 藤井ほか（1998）：津波による海底地形変化に関する研究，海岸工学論文集，第45巻，pp.376–380.
- 高橋ほか（1999）：掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発，海岸工学論文集，第46巻，pp.606–610.
- 藤田ほか（2010）：津波による海底地形変化評価モデルの現地適用性に関する研究，海岸工学論文集，第26巻，pp.213–218.
- 玉田ほか（2009）：河川での津波防災検討における津波移動床モデルの適用性に関する研究，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol .B2-65，No.1，pp.301–305.
- 近藤ほか（2012）：港湾での津波による土砂移動計算の再現性評価，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.68，No.2，I_369–I_400.
- 森下ほか（2014）：2011年東北地方太平洋沖地震津波襲来時の気仙沼湾を対象とした津波移動床モデルの再現性向上，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.70，No.2，I_491–I_495.