

大間原子力発電所審査資料	
資料番号	OM1-CA196-R00
提出年月日	2023年9月7日

大間原子力発電所
基準津波策定のうち、津波発生要因の組合せに関する検討
及び
防波堤等の影響検討について

2023年9月

電源開発株式会社

大間原子力発電所

基準津波策定のうち、津波発生要因の組合せに関する検討
及び

防波堤等の影響検討について

2023年9月7日

電源開発株式会社

○ 「第615回審査会合」及び「第646回審査会合」での資料の誤りに関わる対応を踏まえ、本資料にて過去の審査会合資料を引用する際の注記を下記のとおりとする。

・ 右上の注記

再掲：過去の審査会合資料を、そのまま引用する場合

一部修正：過去の審査会合資料の内容を、一部修正する場合


誤りを修正：過去の審査会合資料の誤りを、正しい記載とする場合

・ 左下の注記

修正した誤りの内容を記載（誤りの修正がある場合）

(余白)

指摘事項

 本資料でご説明


・本資料では、審査会合の指摘事項については、下表のとおり回答する。

No.	項目	指摘時期	コメント内容	該当箇所	
				概要	本編・補足
S5-36	波源の組合せ	第627回会合 (2018.9.21)	地震による津波と地震以外の要因による津波の組合せに関して、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と、佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波とを組み合わせることの妥当性、取水口前面位置において、水位時刻歴波形を線形に足し合わせて算出している妥当性を説明すること。	(3)～(5), (9)～(12)	本編資料 P.2～P.9, P.12～P.26 補足説明資料 P.64～P.89, P.92～P.104
S5-42	全般事項	第868回会合 (2020.6.19)	防波堤の有無の影響検討について、防波堤がある場合に水位変動量が最大となるケースの波源と、ない場合に水位変動量が最大となるケースの波源が異なることを踏まえ、ない場合の波源も組合せの対象として採用すること。	(6), (14)	本編資料 P.48～P.58

(余白)

I. 主な変更内容 (1 / 4)

組合せ対象の選定プロセス

変更点の概要

- 津波の組合せ対象選定の妥当性を示すために、敷地に与える影響が最も大きい、組合せ元とする地震による津波と組合せ先とする地震以外の要因による津波を選定する際の、選定プロセスを追記する。
- なお、組合せ元となる地震による津波のうち水位下降側の津波は、第868回審査会合以降、行政庁による評価を反映したため、日本海東縁部に想定される津波から、内閣府（2020）モデル※による津波に変更した（第1023回審査会合で審議済み）。

※：内閣府の「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」が2020年4月に公表

○第868回審査会合（2020年6月19日）（第868回審査会合 資料2-1 P.355参照）

- 地震による津波のうち敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と、地震以外の要因による津波のうち敷地に与える影響が最も大きい佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波を組合せ対象として選定するプロセスを記載しなかった。

○今回ご説明（本編資料P.2～P.9参照）

コメントNo.S5-36

- 「組合せ元とする地震に伴う津波」と「組合せ先とする津波発生要因による津波」の組合せの対象選定の妥当性を示すために、津波発生要因に係る敷地の地学的背景（立地特性）と発生要因の関係性を考慮した選定プロセスを記載する。

✓ 組合せ元とする地震の選定

地震による津波のうち、敷地へ及ぼす影響が大きいのは、「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」（上昇側）と「内閣府（2020）モデルによる津波」（下降側）であるため、この2つの津波を発生させる地震を「組合せ元とする地震」として選定する。

✓ 組合せ先とする津波発生要因の選定

組合せ先とする津波発生要因は、その他の地震、海底地すべり、陸上の斜面崩壊、山体崩壊を組合せ対象の候補として検討した結果から、陸上の斜面崩壊である「佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波」を選定する。

I. 主な変更内容 (2 / 4)

陸上の斜面崩壊のうち、佐井エリアを組合せ対象として選定する妥当性の確認プロセス

変更点の概要

- 敷地に与える影響が最も大きい地震以外の要因による津波は、佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波である。
- 組合せ先を佐井エリアに選定する妥当性を示す検討プロセスとして、佐井エリア以外の4エリアのうち、敷地に与える影響が大きいと考えられる知内エリアの同一波動場による津波数値シミュレーションを実施し、佐井エリアを組合せた津波水位を下回ることを確認する。

○第868回審査会合 (2020年6月19日) (第868回審査会合 資料2-2 P. 302~P. 322参照)

- 陸上の斜面崩壊の検討箇所とした5エリア（恵山，函館，知内，佐井，竜飛崎）を対象に、まず斜面崩壊による津波波源を半円形と想定した概略検討による陸上の斜面崩壊に起因する津波と地震による津波との線形足し合せを行い知内エリアを抽出した。
- 次に知内エリアの斜面崩壊地形を考慮した津波のシミュレーションを実施し、地震による津波との組合せを考慮するため線形足し合せを行った。
- その上で佐井エリアの線形足し合せによる津波水位と知内エリアの線形足し合せによる津波水位とを比較し、津波水位が高い佐井エリアを組合せ先として選定した。

○今回ご説明 (補足説明資料P. 64~P. 89参照) コメントNo.S5-36

- 佐井エリアを除く4エリア（恵山，函館，知内，竜飛崎）を対象に、まず斜面崩壊による津波波源を半円形と想定した概略検討による陸上の斜面崩壊に起因する津波と地震による津波との線形足し合せを行い知内エリアを抽出した。
- 次に知内エリアの斜面崩壊地形を考慮した津波のシミュレーションを実施し、地震による津波との組合せを考慮するため同一波動場における数値シミュレーションを行った。
- その上で佐井エリアの同一波動場における数値シミュレーションによる組合せ津波水位と知内エリアの同一波動場における数値シミュレーションによる組合せ津波水位とを比較し、知内エリアを組合せた津波水位は、佐井エリアを組合せた津波水位を下回ることから、佐井エリアを選定する妥当性を確認した。

I. 主な変更内容 (3 / 4)

水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定プロセス

変更点の概要

- 線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) を抽出し、 T_{max} を用いて同一波動場における組合せ数値シミュレーションを行った場合、相互の波の干渉により、水位変動量が最も大きくならない場合がある。
- 上記を踏まえ、同一波動場における組合せ数値シミュレーションによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を設定するために、線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる T_{max} を抽出した上で、同一波動場における数値シミュレーションにおいては、 T_{max} 前後の時間帯についても水位変動量を検討し水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する方法に変更する。

○第868回審査会合 (2020年6月19日) (第868回審査会合 資料2-1 P. 356参照)

- 地震による津波と地震以外の要因による津波のそれぞれの水位時刻歴波形を用いて、線形足し合せにより水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) を選定した。

○今回ご説明 (本編資料P. 13~P. 15参照)

コメントNo.S5-36

- まず、線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) を抽出する。
- 次に、 T_{max} の±5秒程度※1を目安にその範囲で、組合せ時間差を1.6秒※1ピッチでずらした同一波動場における組合せ数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を確認する。
- 上記で求めた水位変動量のピークが生じる時間差の付近で、さらに組合せ時間差のピッチを1/2に縮めた上で時間をずらした同一波動場における組合せ数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を確認する。
- 同様の検討を0.2秒※1(計算時間間隔) ※2のピッチまで繰り返し、 T_{max} 付近において水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する。

※1 : II. 検討の概要 P. (11)参照。

※2 : 第1023回審査会合 資料1-1 P. 2. 1-2, P. 2. 1-9参照。

I. 主な変更内容 (4 / 4)

防波堤等の有無による影響の確認

変更点の概要

- 港湾の防波堤等※がないケースについて、津波発生要因を組合せた検討を実施し、防波堤等があるケースと波源が異なる場合には、防波堤等がないケースの波源モデルも敷地への影響が大きい波源モデルとして選定する。

※:港湾の防波堤等は、「北防波堤、西防波堤、岸壁、護岸、放水口」を指す(第1023回審査会合 資料1-1 P.2.1-16参照)。

○第868回審査会合 (2020年6月19日) (第868回審査会合 資料2-1 P.363~P.380参照)

- 港湾の防波堤等があるケースとないケースについて、津波発生要因を組合せた最大水位変動量を比較し、防波堤等がない場合の最大水位変動量が大きく、且つ波源が異なる場合には、防波堤等がないケースの波源モデルも敷地への影響が大きい波源モデルとして選定することとしていた。

○今回ご説明 (本編資料P.48~P.58参照)

コメントNo.S5-42

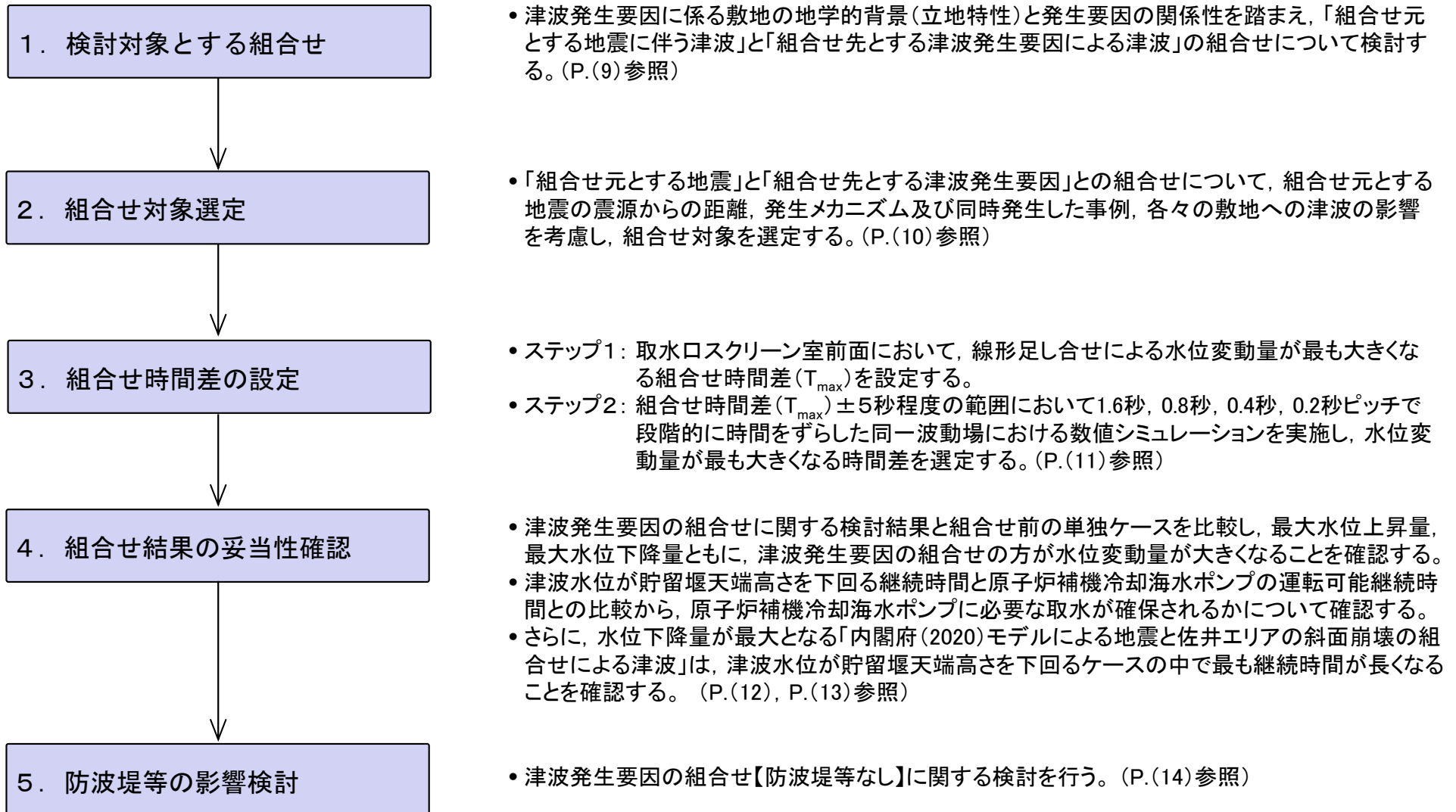
- 港湾の防波堤等がないケースについて、津波発生要因を組合せた検討を実施し、最大水位変動量の大小にかかわらず、防波堤等があるケースと波源が異なる場合には、防波堤等がないケースの波源モデルも敷地への影響が大きい波源モデルとして選定する。

Ⅱ. 検討の概要 (1 / 8)

本資料の説明内容

- 本資料で説明する主な内容は以下のとおり。
 - ✓ 津波発生要因の組合せとして、津波発生要因に係る敷地の地学的背景、津波発生要因の関連性を踏まえ、地震と因果関係があると考えられる津波発生要因との組合せについて検討する。
 - ✓ 発電所専用港湾における防波堤等の有無による影響を確認する。

津波発生要因の組合せに関する検討の流れ





1. 検討対象とする組合せ

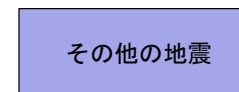
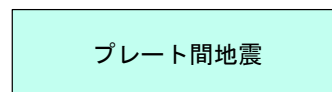
<本編資料 5-1. 組合せ対象の選定>より (本編資料P.4より)

- 津波発生要因に係る敷地の地学的背景（立地特性）と発生要因の関係性を踏まえ、下図のとおり「組合せ元とする地震に伴う津波」と「組合せ先とする津波発生要因による津波」の組合せについて検討する。

【プレート間地震とその他の地震】

組合せ元とする地震

組合せ先とする津波発生要因

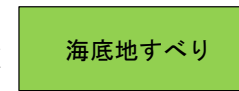
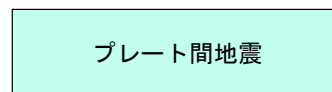


①

- 内閣府 (2020) モデルによる地震※1 (4.01m/-4.89m)
- 三陸沖から根室沖のプレート間地震 (3.69m/-3.53m)

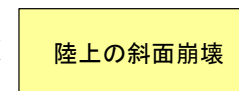
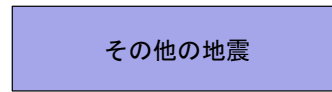
- 日本海東縁部に想定される地震 (5.85m/-3.78m)
- 三陸沖の海洋プレート内地震 (2.90m/-2.57m)
- チリ沖に想定される地震 (3.06m/-3.48m)
- 奥尻海盆東縁断層等の運動による地震 (2.25m/-2.46m)

【地震と地震以外の要因】



- 海底地すべり Ms-2※2 (0.53m/-0.53m)

- 内閣府 (2020) モデルによる地震※1 (4.01m/-4.89m)
- 三陸沖から根室沖のプレート間地震 (3.69m/-3.53m)

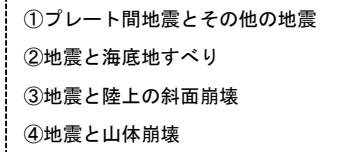


- 佐井エリアの斜面崩壊※2 (4.97m/-3.49m)

- 日本海東縁部に想定される地震※1 (5.85m/-3.78m)
- 三陸沖の海洋プレート内地震 (2.90m/-2.57m)
- チリ沖に想定される地震 (3.06m/-3.48m)
- 奥尻海盆東縁断層等の運動による地震 (2.25m/-2.46m)



- 渡島大島の山体崩壊 (3.09m/-3.12m)



(): 最大水位上昇量/最大水位下降量

※1: 敷地へ及ぼす影響を考慮して組合せ元とする地震

※2: 敷地へ及ぼす影響が最も大きい対象を記載



2. 組合せ対象選定

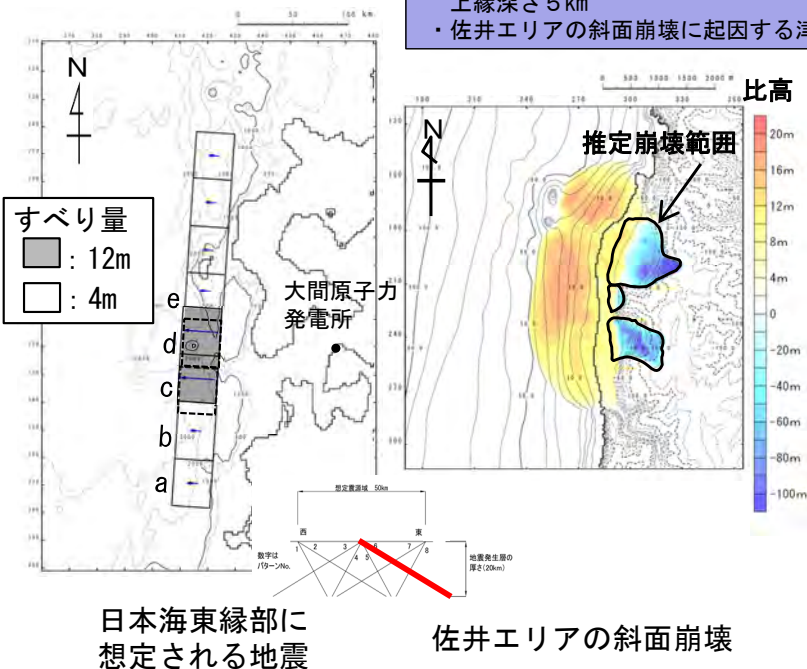
<本編資料 5-1. 組合せ対象の選定>より (本編資料P.5~P.9より)

<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.20, P.24より)

- 「組合せ元とする地震」と「組合せ先とする津波発生要因」との組合せ(前頁①~④)について、組合せ元とする地震の震源からの距離、発生メカニズム及び同時発生した事例、各々の敷地への津波の影響を考慮し、最も敷地に影響が大きい組合せとして、以下を選定する。
 - > <上昇側>日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊(前頁③)
 - > <下降側>内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊(前頁③)

上昇側
津波発生要因の組合せ

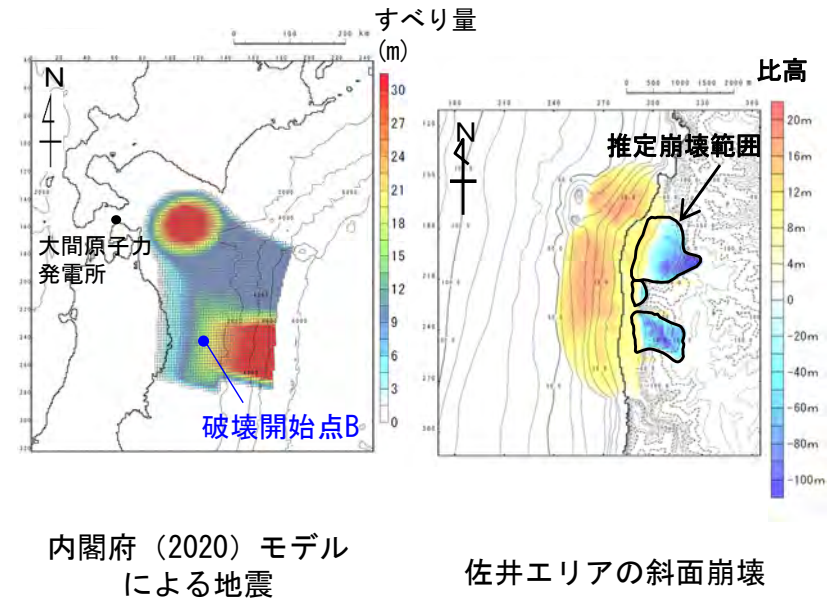
- 日本海東縁部の地震に起因する津波
東西方向中央, 東傾斜($\delta=30^\circ$)のW=40.0km
アスペリティ位置c+dを北方へ10km移動,
上縁深さ5km
- 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波



上昇側の波源モデル組合せ

下降側
津波発生要因の組合せ

- 内閣府(2020)モデルによる津波
内閣府(2020)モデル
破壊開始点: B(岩手県沖)
- 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波



下降側の波源モデル組合せ



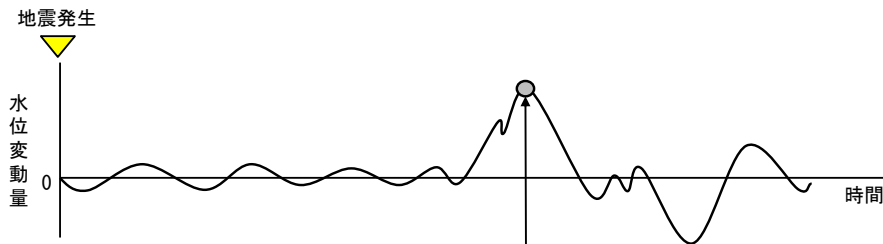
3. 組合せ時間差の設定

<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.13~P.15より)

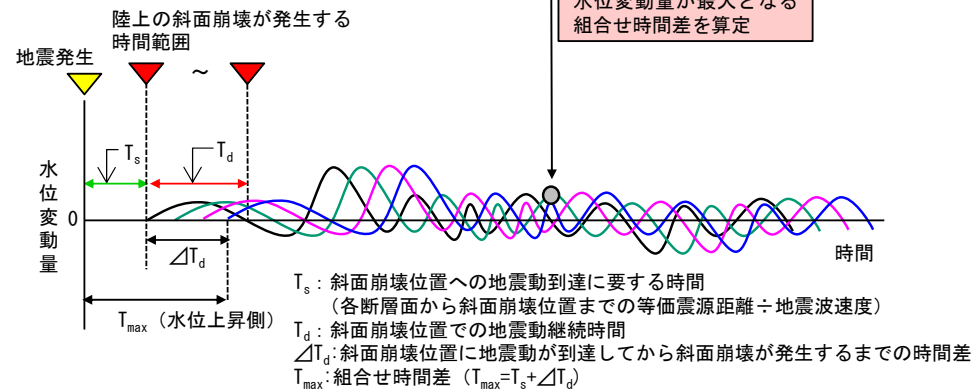
- ・ステップ1：取水口スクリーン室前面※1において、線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) を設定する。
- ・ステップ2： $T_{max} \pm 5$ 秒程度※2の範囲において以下に示すピッチで時間をずらした同一波動場における数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する。

【ステップ1】線形足し合せによる組合せ時間差 (T_{max}) の設定

■地震による津波の敷地での水位時刻歴波形



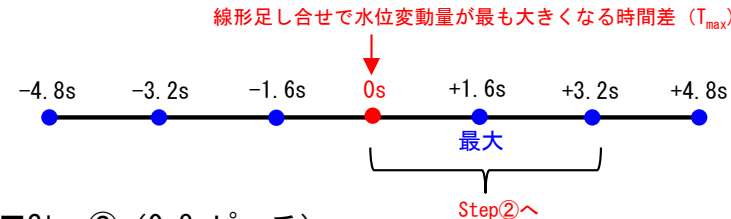
■陸上の斜面崩壊に起因する津波の敷地での水位時刻歴波形



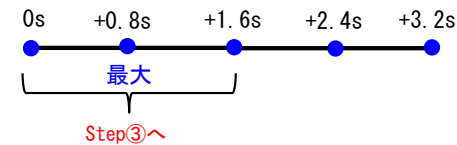
【ステップ2】水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定

【例】

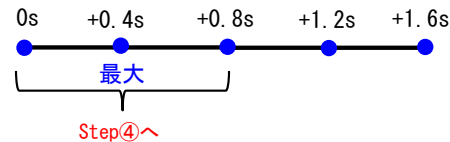
■Step① (1.6sピッチ)



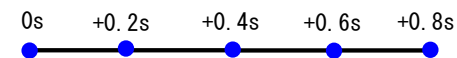
■Step② (0.8sピッチ)



■Step③ (0.4sピッチ)



■Step④ (0.2sピッチ) 最終



- ・ T_{max} の ± 5 秒程度※2を目安にその範囲で、組合せ時間差を1.6秒ピッチでずらした同一波動場における組合せ数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を確認する。
- ・ 上記で求めた水位変動量のピークが生じる時間差の付近で、さらに組合せ時間差のピッチを1/2に縮めた上で時間をずらした同一波動場における組合せ数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を確認する。
- ・ 同様の検討を0.2秒(計算時間間隔)※3のピッチまで繰り返し、 T_{max} 付近において水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する。

※1：取水口スクリーン室前面において津波発生要因の組合せに関する検討を実施する理由。

【上昇側】日本海東縁部に想定される地震に伴う津波及び陸上の斜面崩壊に起因する津波のいずれに対しても常に波形があり、線形足し合せが出来る地点であるため。

【下降側】取水路から原子炉補機冷却水の取水確保を評価するため。

※2：Step①の範囲は、地震動継続時間内とする。また、 ± 5 秒程度の範囲で水位がピークとなる時間差が確認されない場合、ピークとなる水位が確認されるまで、検討時間範囲を拡大する。

※3：第1023回審査会合 資料1-1 P.2.1-2, P.2.1-9参照。



4. 組合せ結果の妥当性確認 (1/2)

<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.26より)

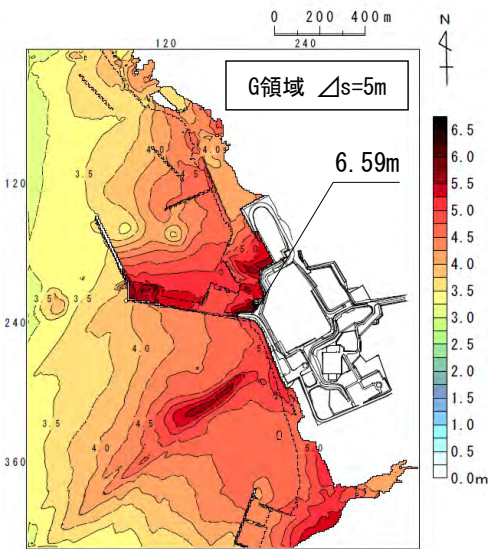
- 津波発生要因の組合せに関する検討結果は以下のとおりであり、津波発生要因の組合せに関する検討結果と組合せ前の単独ケースを比較し、最大水位上昇量、最大水位下降量ともに、津波発生要因の組合せの方が水位変動量が大きくなることを確認した。

津波発生要因の組合せに関する検討結果

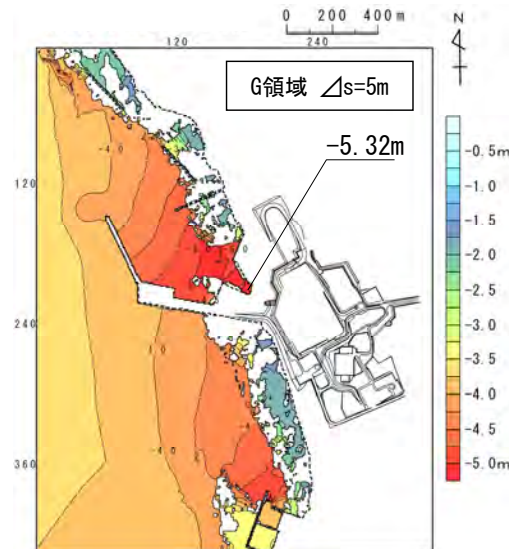
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水ロスクリーン室前面における最大水位下降量
組合せ	日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	6.59m (P.20参照)	—
	内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.32m (P.24参照)

津波発生要因の組合せ前の単独ケースの検討結果

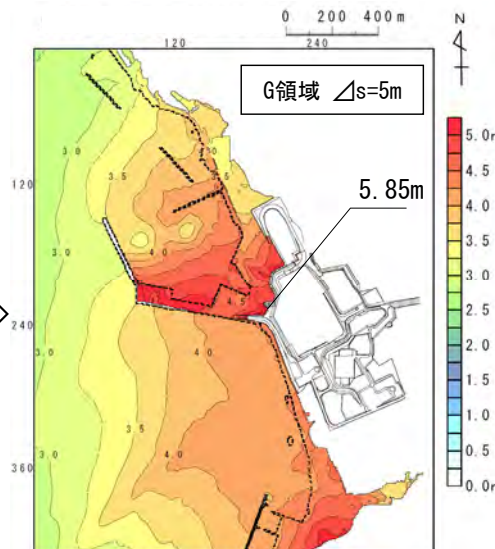
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水ロスクリーン室前面における最大水位下降量
地震による津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.85m (第1023回審査会合資料1-1 P.3.1-65参照)	—
	内閣府(2020)モデルによる津波	—	-4.89m (第1023回審査会合資料1-1 P.3.2.2-8参照)



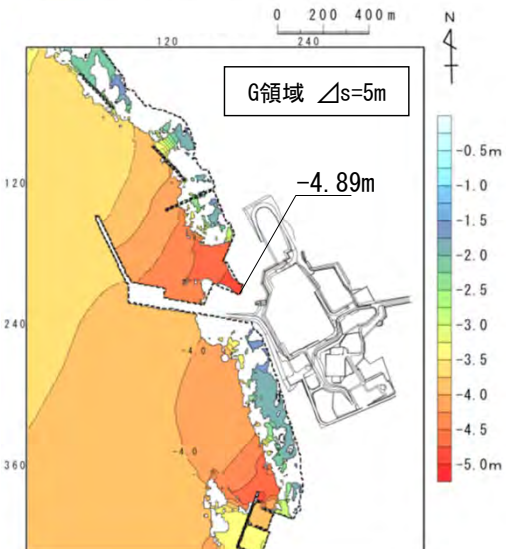
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位上昇量分布



内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位下降量分布



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量分布

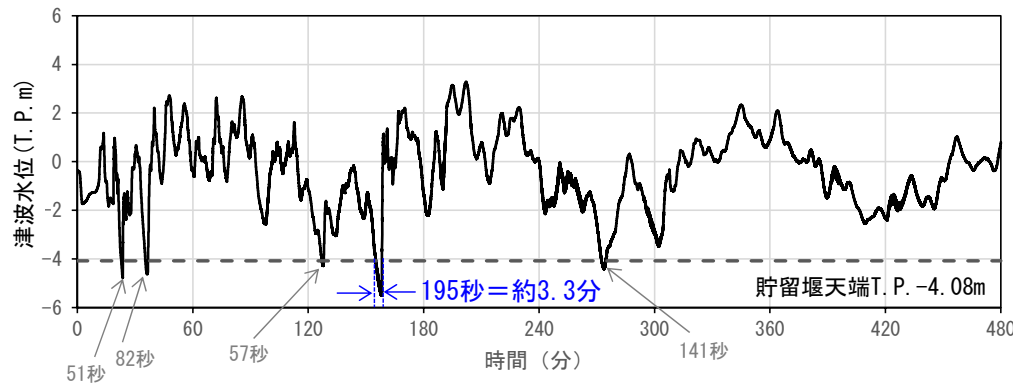


内閣府(2020)モデルによる津波の最大水位下降量分布

4. 組合せ結果の妥当性確認 (2/2)

<補足説明資料 (補足3) 津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間>より
(補足説明資料P.107~P.110より)

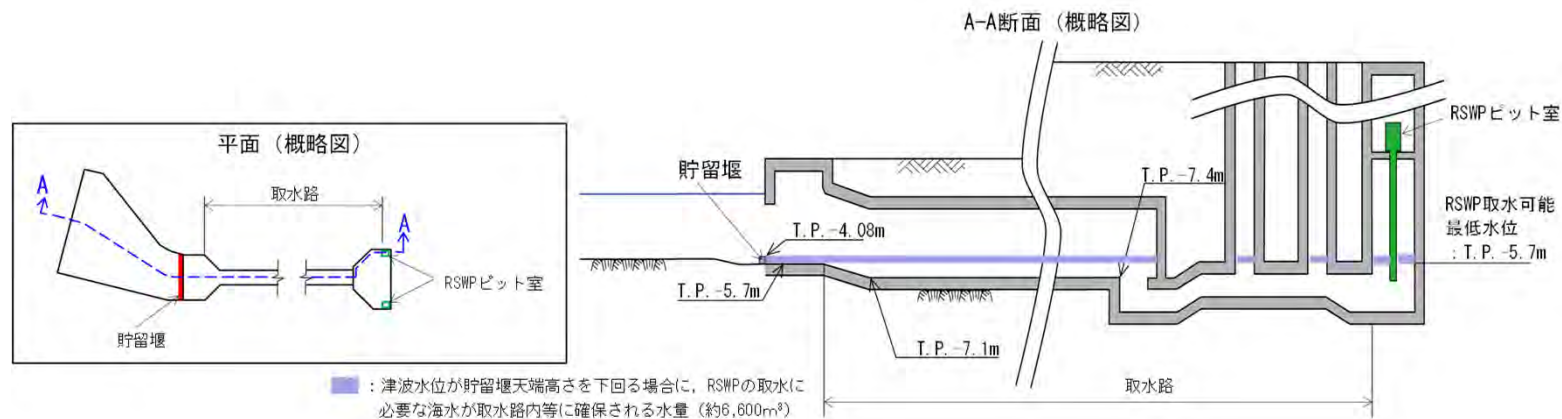
- 水位下降量が最大となる「内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波」について、貯留堰天端高さを下回る継続時間と原子炉補機冷却海水ポンプ(以下「RSWP」という。)の運転可能継続時間を比較した。
- その結果、貯留堰天端高さを下回る時間(最長約3.3分)は、海水貯留量(約6,600m³)に対するRSWP(取水量:3m³/秒)の運転可能継続時間(約35分)を有意に下回り、RSWPに必要な取水が確保されることを確認した。
- さらに、水位下降量が最大となる「内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波」は、津波水位が貯留堰天端高さを下回るケースの中で最も継続時間が長くなることを確認した。



貯留堰天端高さ (T.P. -4.08m) を 下回る継続時間	RSWP運転可能継続時間
約3.3分	約35分

貯留堰前面における地震による水位時刻歴波形

(内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波【防波堤等あり】)





5. 防波堤等の影響検討

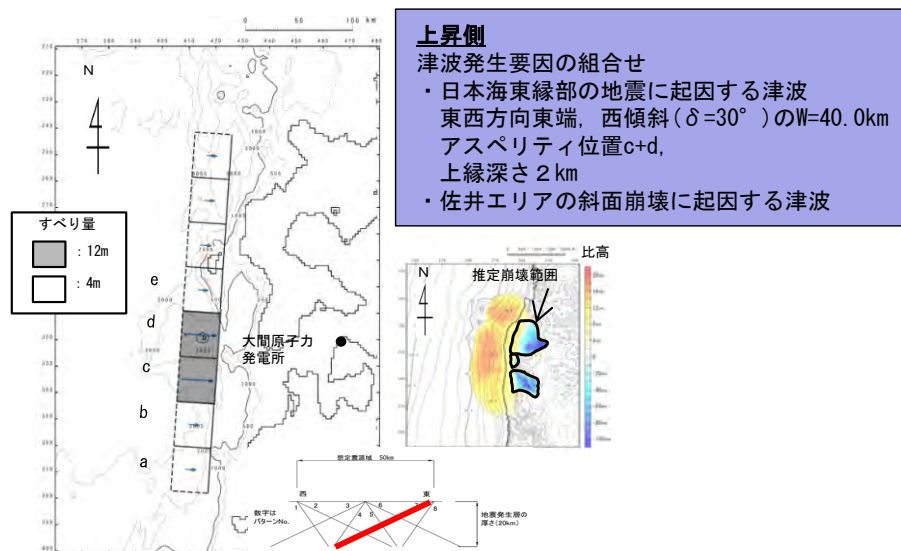
<本編資料 6-3. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.57より)

- 津波発生要因の組合せ【防波堤等なし】に関する検討結果は以下のとおりであり、水位上昇側の波源は、津波発生要因の組合せ【防波堤等あり】(P.25参照)とは異なる*。

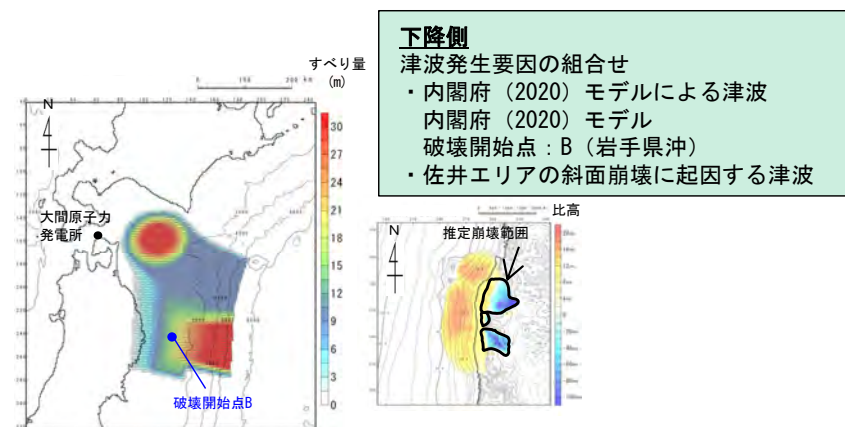
*敷地に与える影響が最も大きい波源が、防波堤等の有無により異なることから、水位上昇側については、防波堤等があるケースに加えて、防波堤等がないケースの波源モデルを基準津波策定に係る波源として選定する方針である(基準津波の策定に係る審議においてご説明)。

津波発生要因の組合せに関する検討結果【防波堤等なし】

津波	敷地における最大水位上昇量【防波堤等なし】	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量【防波堤等なし】
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	5.89m (P.52参照)	—
内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.12m (P.56参照)



上昇側
津波発生要因の組合せ
・日本海東縁部の地震に起因する津波
東方向東端、西傾斜($\delta=30^\circ$)の $W=40.0\text{km}$
アスぺリティ位置c+d,
上縁深さ2km
・佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波



下降側
津波発生要因の組合せ
・内閣府(2020)モデルによる津波
内閣府(2020)モデル
破壊開始点:B(岩手県沖)
・佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波

下降側の波源モデル組合せ【防波堤等なし】

上昇側の波源モデル組合せ【防波堤等なし】

評価の概要

本資料でのご説明範囲（コメント回答他）
 次回以降のご説明範囲 ご説明済みの範囲



津波発生
要因の選定

検討波源の選定

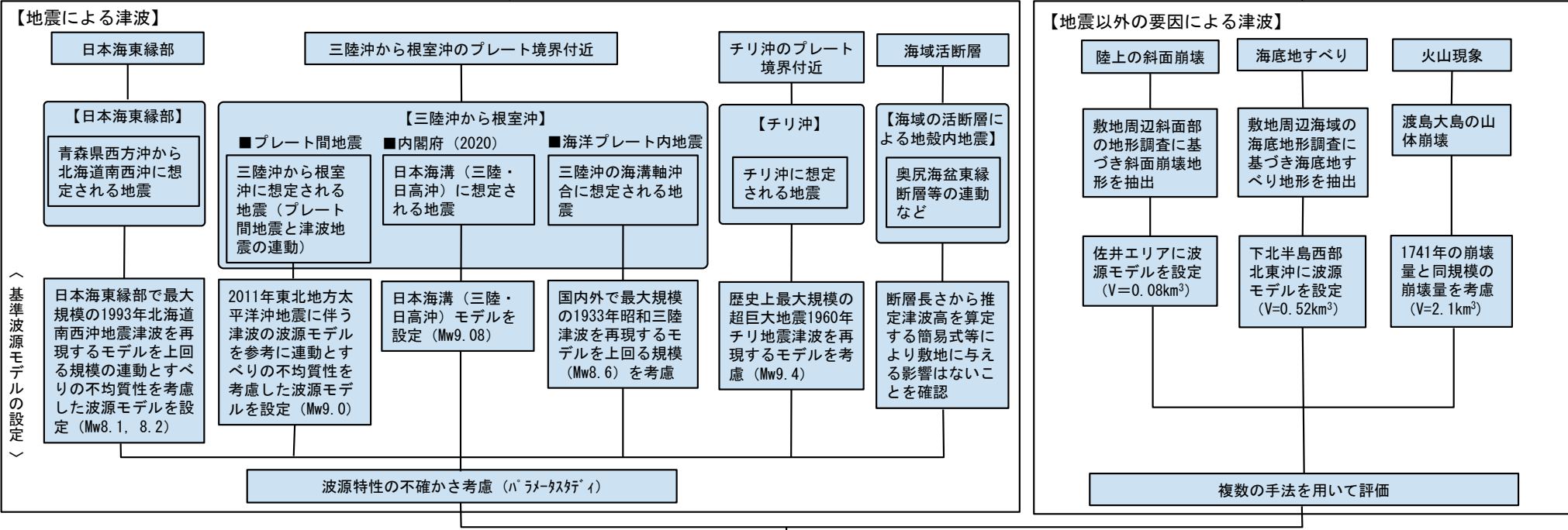
（基準波源モデルの設定）

津波の評価

基準津波
の策定

基準津波
に対する
安全性

【既往津波等の検討】 既往津波等に関する文献調査により、詳細検討を行う津波発生要因を選定。津波堆積物調査により、津波堆積物の分布を確認。



【地震による津波と地震以外の要因による津波の組合せ】

因果関係があると考えられる津波発生要因の組合せ

- 地震：日本海東縁部に想定される地震、内閣府（2020）モデルによる地震
- 地震以外の要因：佐井エリアの斜面崩壊

防波堤等の影響検討

基準津波の策定

敷地付近の想定津波群の包絡線が既往津波高等を上回っていること及び、敷地の基準津波が行政機関の津波評価を上回っていることを確認

（参照）

- 敷地における最高水位※1
- 取水口スクリーン室前面における最低水位※1

年超過確率

取水性の確保

※1：敷地における最大水位変動量に、期望平均満潮位（T.P.+0.55m）、期望平均干潮位（T.P.-0.37m）を考慮。

目次

1.	既往津波等の検討	1
1-1.	既往津波の文献調査	1
1-2.	津波堆積物調査	1
1-3.	行政機関による既往評価の整理	1
1-4.	既往津波等の検討のまとめ	1
2.	数値シミュレーション	2
2-1.	津波の計算条件	2
2-2.	数値シミュレーションモデルの妥当性検討	2
2-3.	敷地及び敷地付近における評価方針	2
3.	地震による津波	3
3-1.	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	3
3-2.	三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波	3
3-2-1.	三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波	3
3-2-2.	内閣府(2020)モデルによる津波	3
3-2-3.	三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波	3
3-3.	チリ沖に想定される地震に伴う津波	3
3-4.	海域活断層に想定される地震に伴う津波	3
3-5.	地震による津波のまとめ	3
4.	地震以外の要因による津波	4
4-1.	陸上の斜面崩壊に起因する津波	4
4-2.	海底地すべりに起因する津波	4
4-3.	火山現象に起因する津波	4
4-4.	地震以外の要因による津波のまとめ	4
5.	津波発生要因の組合せに関する検討	1
5-1.	組合せ対象の選定	1
5-2.	津波発生要因の組合せ	11
6.	防波堤等の影響検討	27
6-1.	地震による津波	27
6-2.	地震以外の要因による津波	39
6-3.	津波発生要因の組合せ	47
7.	基準津波の策定	
7-1.	基準津波の選定	
7-2.	基準津波選定結果の検証	
7-2-1.	既往津波との比較	
7-2-2.	行政機関による既往評価との比較	
8.	基準津波	

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
- 5. 津波発生要因の組合せに関する検討**
 - 5-1. 組合せ対象の選定**
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 防波堤等の影響検討
 - 6-1. 地震による津波
 - 6-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-3. 津波発生要因の組合せ
7. 基準津波の策定
 - 7-1. 基準津波の選定
 - 7-2. 基準津波選定結果の検証
 - 7-2-1. 既往津波との比較
 - 7-2-2. 行政機関による既往評価との比較
8. 基準津波

5-1. 組合せ対象の選定 (1 / 8)

検討方針 (1 / 2)

基本的な考え方

- 「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド 3.1.2 津波発生要因の組合せ」では、津波発生要因に係るサイトの地学的背景、津波発生要因の関連性を踏まえ、次に示す組合せについて考慮していることを確認するとされている。
 - ① プレート間地震とその他の地震
 - ② 地震と地すべり
 - ③ 地震と斜面崩壊
 - ④ 地震と山体崩壊
- 上記を踏まえ、因果関係があると考えられる津波発生要因の組合せについて検討を実施する。

5-1. 組合せ対象の選定 (2/8)

検討方針 (2/2)

組合せケース

- 組合せ元とする地震の抽出

地震による津波※のうち、敷地へ及ぼす影響が大きいのは、「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」（上昇側）と「内閣府（2020）モデルによる津波」（下降側）であるため、この2つの津波を発生させる地震を「組合せ元とする地震」として抽出する。

- 組合せ先とする津波発生要因

組合せ先とする津波発生要因は、以下を組合せ対象の候補とする。

- ① その他の地震
- ② 海底地すべり
- ③ 陸上の斜面崩壊
- ④ 山体崩壊

- 組合せ対象の検討

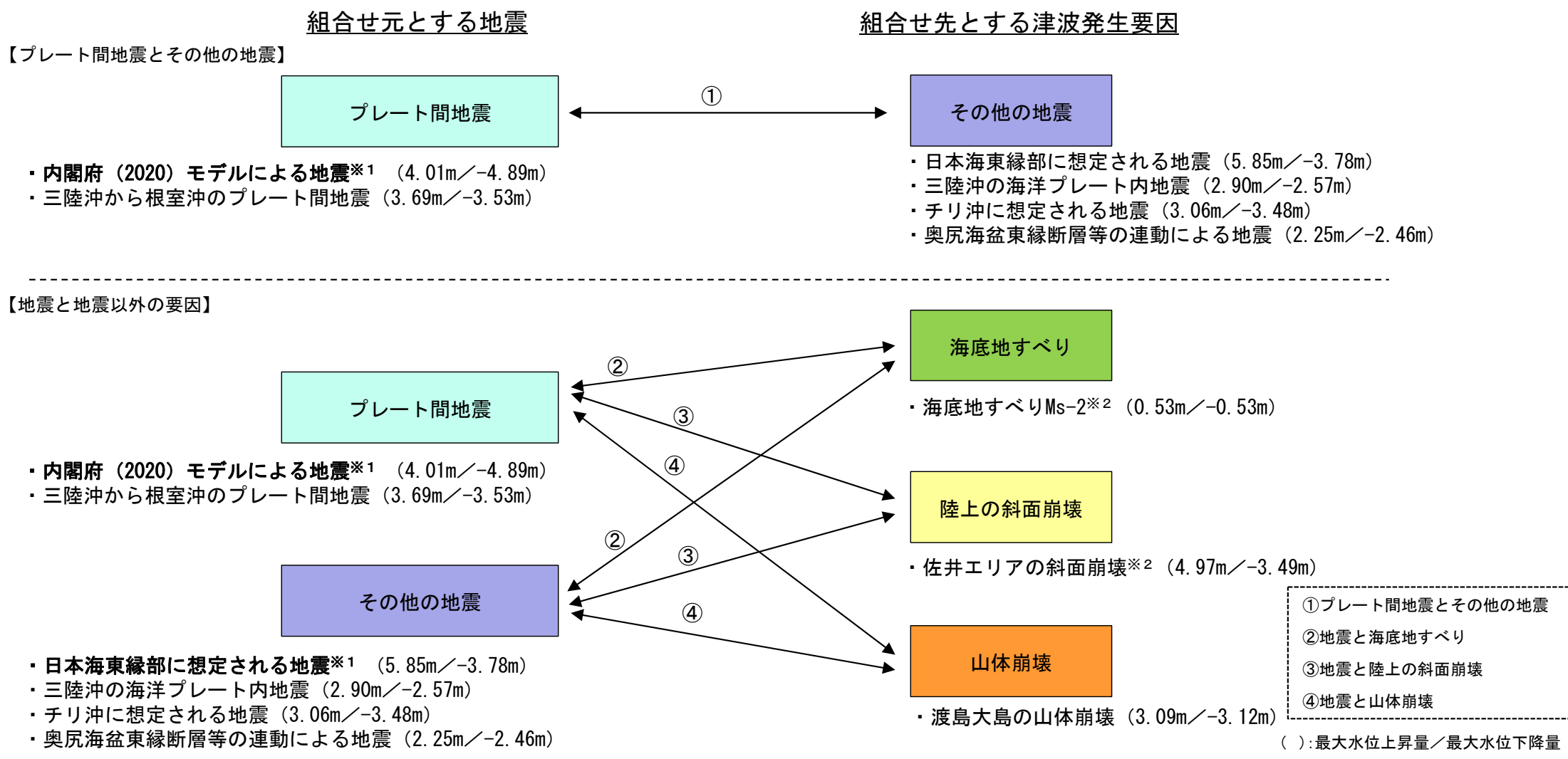
津波発生要因に係る敷地の地学的背景（立地特性）と発生要因の関係性を踏まえ、「組合せ元とする地震に伴う津波」と「組合せ先とする津波発生要因による津波」の組合せについて検討する。

※：日本海東縁部に想定される地震に伴う津波、三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波、内閣府（2020）モデルによる津波、三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波、チリ沖に想定される地震に伴う津波及び海域活断層に想定される地震に伴う津波

5-1. 組合せ対象の選定 (3 / 8)

検討対象とする組合せ

地震による津波，地震以外の要因による津波の検討結果を踏まえ，検討対象とする組合せパターンを以下に示す（それぞれの組合せ検討の詳細は，P.5～P.8参照）。



※1: 敷地へ及ぼす影響を考慮して組合せ元とする地震
 ※2: 敷地へ及ぼす影響が最も大きい対象を記載

5-1. 組合せ対象の選定（4 / 8）

①プレート間地震とその他の地震

- 組合せ元として考慮するプレート間地震としては、敷地への影響が大きい波源モデルとした内閣府（2020）モデルによる地震を抽出する。
- 組合せ先として考慮するその他の地震としては、日本海東縁部に想定される地震、三陸沖の海洋プレート内地震、チリ沖に想定される地震及び奥尻海盆東縁断層等の連動による地震※が候補として挙げられる。
- しかし、これらは組合せ元とする地震の震源から遠く影響が小さい地学的背景（立地特性）や、プレート間地震と海洋プレート内地震とでは地震の発生メカニズムが異なり同時発生した事例もないことから、これらの組合せは考慮しない。

※：奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動による地震
 海域活断層に想定される地震に伴う津波のうち、敷地への影響が最も大きな津波を発生させる地震

【組合せ元とする地震】

【組合せ先とする津波発生要因】

内閣府（2020）モデル
による地震

①その他の地震

- ・ 日本海東縁部に想定される地震
- ・ 三陸沖の海洋プレート内地震（プレート間地震との同時発生事例なし）
- ・ チリ沖に想定される地震
- ・ 奥尻海盆東縁断層等の連動による地震

5-1. 組合せ対象の選定 (5 / 8)

②地震と海底地すべり

- 組合せ元として考慮する地震は、津波による敷地への影響を考慮して、日本海東縁部に想定される地震及び内閣府（2020）モデルによる地震とする。
- 組合せ先として考慮する海底地すべりについては、海底地すべりMs-1～Ms-3が候補として挙げられる。
- しかし、これらは発生エリアが陸上の斜面崩壊と同様に津軽海峡内であり、敷地における津波の最大水位上昇量が0.5m程度と陸上の斜面崩壊に起因する津波（最大水位上昇量4.97m）よりも敷地への影響が有意に小さいことより、これらの組合せは考慮しない。

【組合せ元とする地震】

【組合せ先とする津波発生要因】

(上昇側)

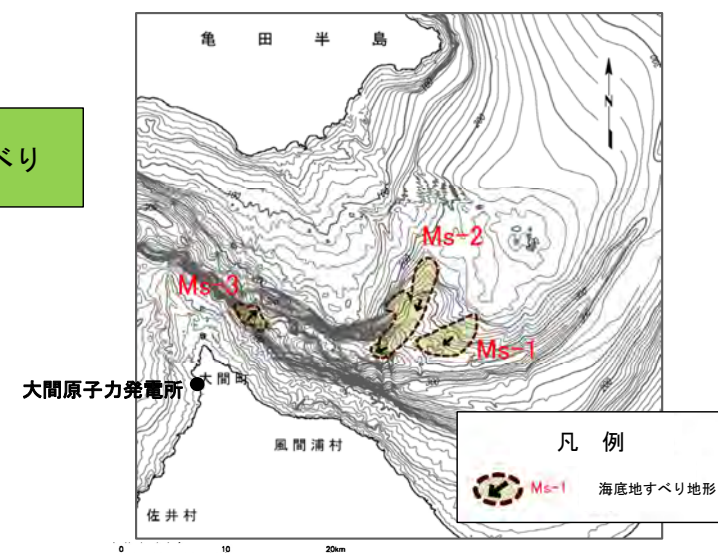
日本海東縁部に想定される
地震

(下降側)

内閣府（2020）モデル
による地震

②海底地すべり

- Ms-1
- Ms-2
- Ms-3



発電所に影響のある津波を
発生させる可能性がある海底地すべり地形

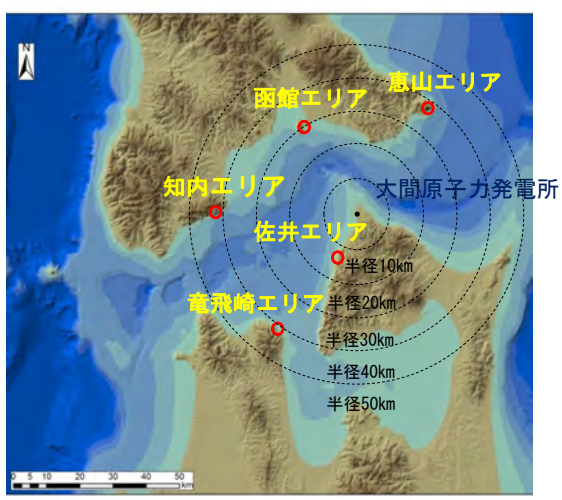
5-1. 組合せ対象の選定 (6 / 8)



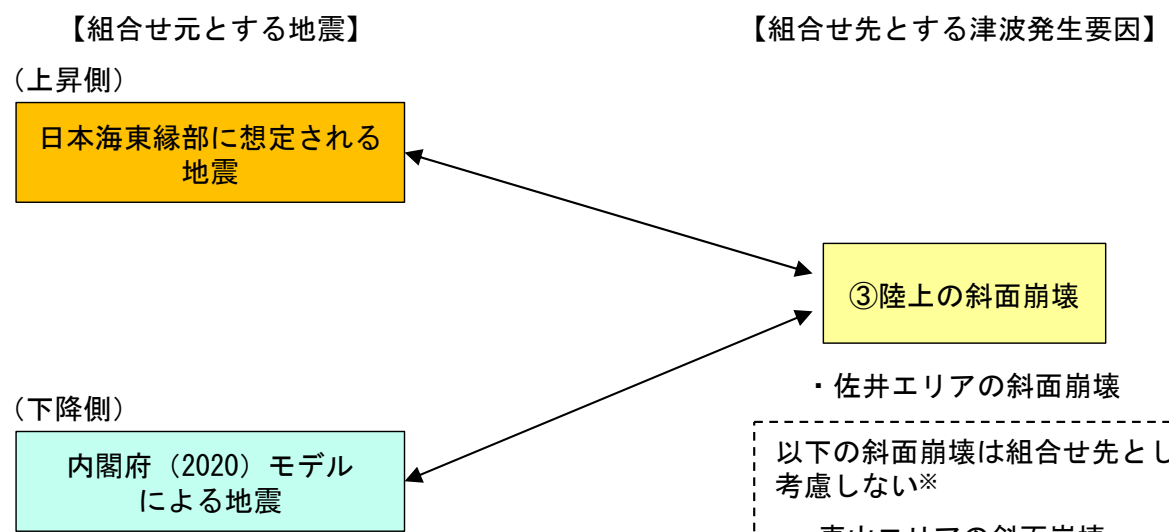
コメントNo.S5-36

③地震と陸上の斜面崩壊

- 組合せ元として考慮する地震は、津波による敷地への影響を考慮して、日本海東縁部に想定される地震及び内閣府（2020）モデルによる地震とする。
- 組合せ先として考慮する陸上の斜面崩壊としては、検討対象とした5エリアの陸上の斜面崩壊が候補として挙げられる。
- このうち、敷地への津波の影響が最も大きい佐井エリアの斜面崩壊を考慮する。



検討対象斜面崩壊エリア



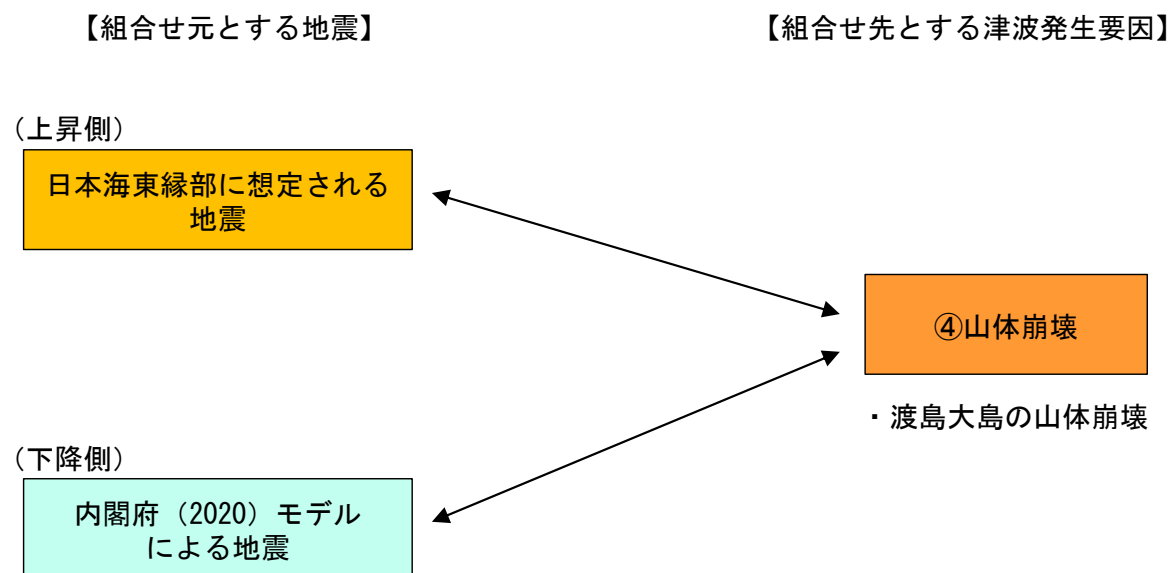
※：補足説明資料「（補足1）佐井エリア以外の陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討」参照

5-1. 組合せ対象の選定 (7 / 8)

④地震と山体崩壊

- 組合せ元として考慮する地震は、津波による敷地への影響を考慮して、日本海東縁部に想定される地震及び内閣府（2020）モデルによる地震とする。
- 組合せ先として考慮する山体崩壊は、敷地へ及ぼす影響を考慮すると、渡島大島の山体崩壊が候補として挙げられる。
- しかし、渡島大島の山体崩壊は、断層運動による地震に起因するものでない※ことから、これらの組合せは考慮しない。

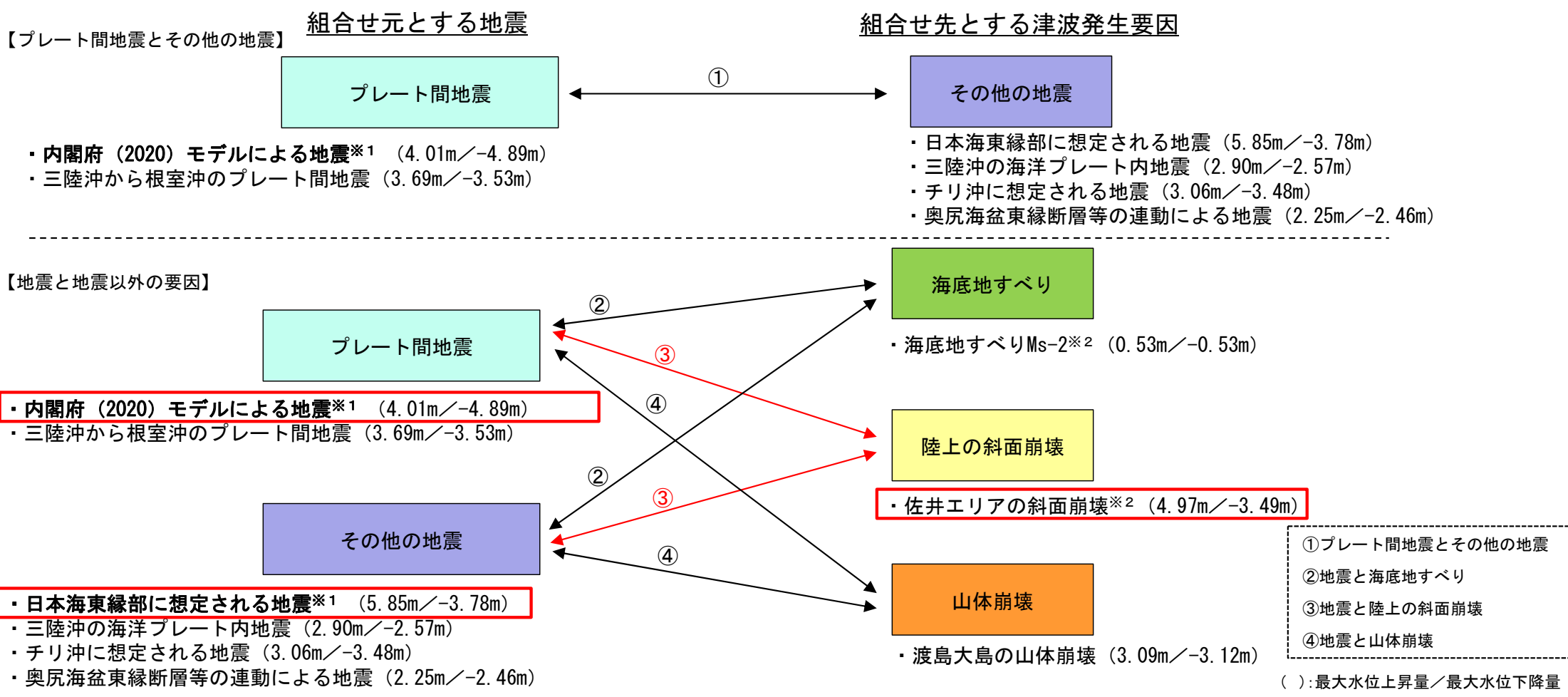
※：1741年渡島大島火山津波は、火山噴火あるいは火山性地震による山体崩壊後の土砂崩れ（岩屑なだれ）の発生が原因であるとされている。



5-1. 組合せ対象の選定 (8 / 8)

まとめ

- 因果関係があると考えられる津波発生要因の組合せを検討した。
- 「組合せ元とする地震」と「組合せ先とする津波発生要因」との組合せについて、下図の組合せを対象として、組合せ元とする地震の震源からの距離、同時発生した事例、各々の敷地への津波の影響等を考慮し、以下の組合せを選定する。
 - ＜上昇側＞日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊
 - ＜下降側＞内閣府（2020）モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊



☐ : 選定された組合せケース

(): 最大水位上昇量 / 最大水位下降量
 ※¹: 敷地へ及ぼす影響を考慮して組合せ元とする地震
 ※²: 敷地へ及ぼす影響が最も大きい対象を記載

(余白)

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
- 5. 津波発生要因の組合せに関する検討**
 - 5-1. 組合せ対象の選定
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ**
6. 防波堤等の影響検討
 - 6-1. 地震による津波
 - 6-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-3. 津波発生要因の組合せ
7. 基準津波の策定
 - 7-1. 基準津波の選定
 - 7-2. 基準津波選定結果の検証
 - 7-2-1. 既往津波との比較
 - 7-2-2. 行政機関による既往評価との比較
8. 基準津波

5-2. 津波発生要因の組合せ（1 / 15）

検討方針

- 「5-1. 組合せ対象の選定」で選定された、以下の津波発生要因の組合せについて検討する。
 - <上昇側> 日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊
 - <下降側> 内閣府（2020）モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊
- 地震による津波と斜面崩壊に起因する津波の組合せに関する検討は以下のとおり、（1）組合せ地点及び（2）組合せ時間差の2つの観点で実施する。
 - （1）組合せ地点（線形足し合せ評価位置）の選定
 - <上昇側>
 - ✓ 評価水位抽出位置として、①日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点、②陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点及び③それ以外の地点（取水口スクリーン室前面）が考えられる。
 - ✓ 次に、①、②、③各地点を対象として、津波の線形足し合せを実施し、斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間（ T_s ）から斜面崩壊位置での地震動継続時間（ T_d ）の時間範囲（ $T_s \sim T_s + T_d$ ）で線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる地点を選定する。（P.13参照）
 - <下降側>
 - ✓ 評価水位抽出位置として、取水路から原子炉補機冷却水の取水確保を評価するため、取水口スクリーン室前面とする。（P.13参照）
 - （2）水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定
 - ✓ 組合せ対象の各津波について、選定された組合せ地点で線形足し合せを実施し、斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間（ T_s ）から斜面崩壊位置での地震動継続時間（ T_d ）の時間範囲（ $T_s \sim T_s + T_d$ ）で線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる時間を組合せ時間差（ T_{max} ）とする。（P.14参照）
 - ✓ 次に、線形足し合せにより求めた T_{max} の前後で同一波動場における組合せ数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する。（P.15参照）

5-2. 津波発生要因の組合せ (2 / 15)

検討手順

- 津波の組合せに係る検討手順は以下のとおり。なお、防波堤等がない場合の検討も同様である。

(1) . 水位上昇側組合せ地点（線形足し合せ評価位置）の選定

- 候補地点を対象に津波の線形足し合せを実施
 - 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点
 - 陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点
 - それ以外の地点（取水口スクリーン室前面）

- 線形足し合せ地点として、③取水口スクリーン室前面を選定（補足説明資料「（補足2）章」参照）
 - ✓ 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波及び陸上の斜面崩壊に起因する津波のいずれに対しても常に波形があり、線形足し合せが出来る地点は、③取水口スクリーン室前面である。
 - ✓ 大間原子力発電所では、線形足し合せにおいて、①、②ではそれぞれの津波が重ならないことを確認した。

注：水位下降側の線形足し合せ位置は、取水路から原子炉補機冷却水の取水確保を評価するため、取水口スクリーン室前面とする。

(2) . 水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定

- 線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) を設定 (P. 14参照)

- 組合せ時間差 (T_{max}) の前後の時間差を考慮 (P. 15参照)
 - ✓ 組合せ時間差 (T_{max}) ± 5 秒程度^{※1}を目安にその範囲で、1.6秒ピッチで時間をずらした同一波動場における数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。
 - ✓ 上記で求めた水位変動量のピークが生じる時間差の付近で、更に組合せ時間差のずれを1/2に縮めた上で時間をずらした同一波動場における組合せ数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。
 - ✓ 同様の検討を0.2秒(計算時間間隔)^{※2}の時間差まで繰り返し、組合せ時間差 (T_{max}) 付近において水位変動量が最も大きくなる時間差を選定する。

※1：この範囲で水位がピークとなる時間差が確認されない場合、ピークとなる水位が確認されるまで、検討時間範囲を拡大する。

※2：第1023回審査会合 資料1-1 P. 2. 1-2, P. 2. 1-9参照。



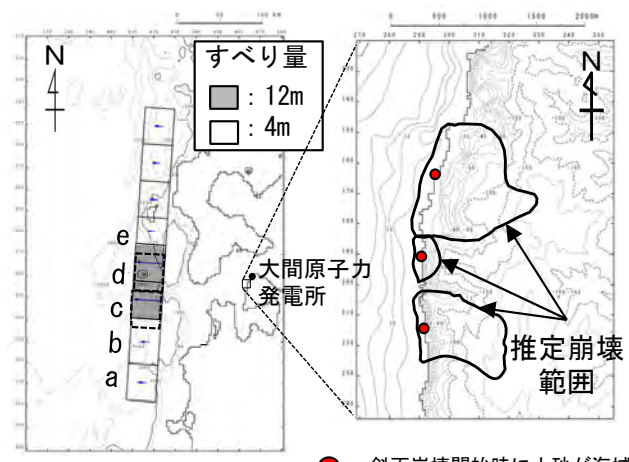
コメントNo.S5-36

5-2. 津波発生要因の組合せ (3 / 15)

組合せ時間差 (T_{max}) の設定方法

- 組合せ時間に関する検討は、組合せ元の地震による地震動によって陸上の斜面崩壊が発生するものとし、斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間及び斜面崩壊位置での地震動継続時間を考慮して、敷地の水位変動量が最も大きくなる斜面崩壊の開始時間を設定する。具体的には以下のとおり。
- 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間 (T_s)、及び斜面崩壊位置での地震動継続時間 (T_d) から斜面崩壊が発生する時間範囲 ($T_s \sim T_s + T_d$) を算定し、その時間範囲で敷地の水位変動量が最も大きくなる時間を組合せ時間差 (T_{max}) とした。
- なお、組合せ時間差 (T_{max}) は、各津波の取水口スクリーン室前面^{※3}位置における水位時刻歴波形を線形に足し合せて算出した。

■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定方法 (概念)

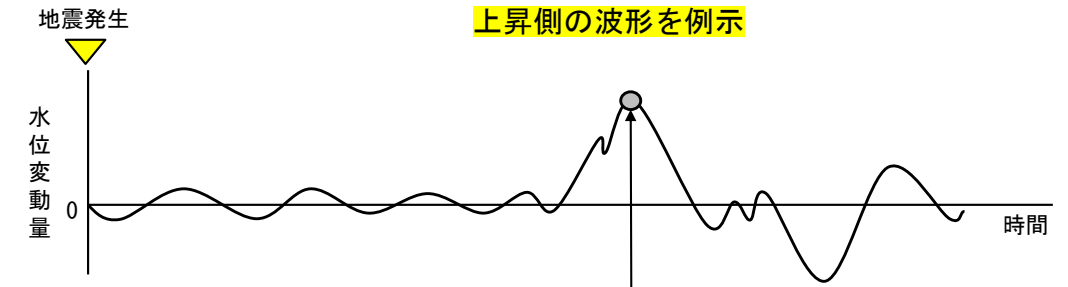


● : 斜面崩壊開始時に土砂が海域に流入し始める点
(斜面崩壊中央の海岸線) = 等価震源距離の評価地点

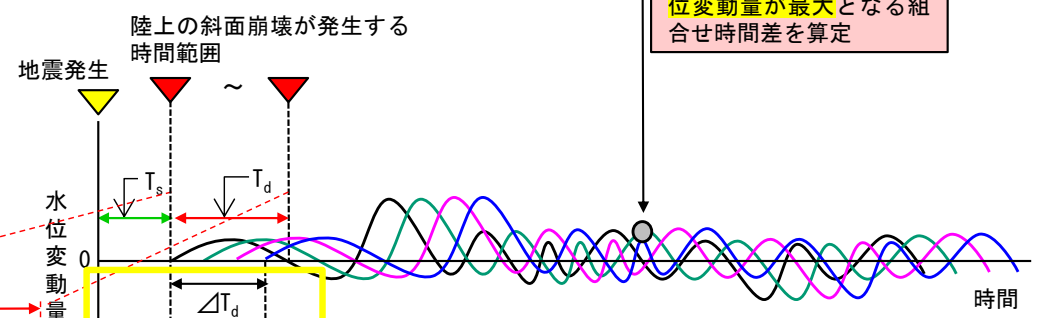
日本海東縁部の地震 佐井エリアの斜面崩壊

上昇側の組合せケースを例示

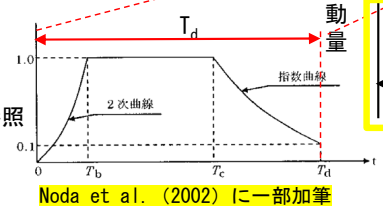
■ 地震による津波の敷地での水位時刻歴波形



■ 陸上の斜面崩壊に起因する津波の敷地での水位時刻歴波形



線形足し合わせを行い、水位変動量が最大となる組合せ時間差を算定



Noda et al. (2002) に一部加筆

T_s : 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間^{※1}
(各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離 ÷ 地震波 (S波) 速度)
 T_d : 斜面崩壊位置での地震動継続時間^{※2}
 ΔT_d : 斜面崩壊位置に地震動が到達してから斜面崩壊が発生するまでの時間差
 T_{max} : 組合せ時間差 ($T_{max} = T_s + \Delta T_d$)

※1: 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
※2: Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
※3: 補足説明資料「(補足2) 線形足し合わせ水位評価地点の妥当性確認」参照

5-2. 津波発生要因の組合せ（4 / 15）

水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定

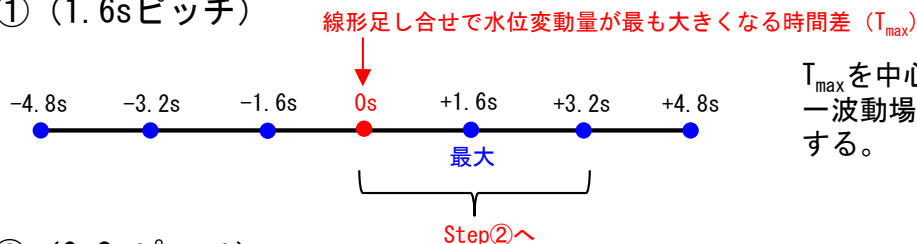
- 組合せ時間差 (T_{max}) の前後において同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を選定する。検討イメージは以下のとおり。

同一波動場における

水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の検討（イメージ）

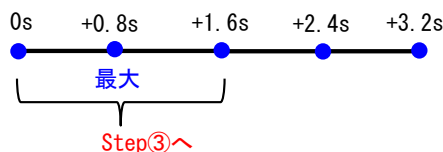
【例】

■Step①（1.6sピッチ）



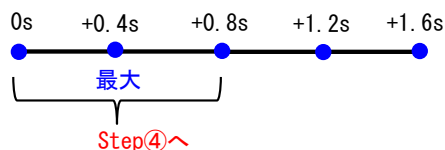
T_{max} を中心として、 ± 5 秒程度の範囲※¹で、1.6秒ピッチで同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。

■Step②（0.8sピッチ）



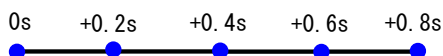
Step①で求めた時間差を中心として、 ± 1.6 秒の範囲※¹で、0.8秒ピッチ（Step①の半分）で同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。

■Step③（0.4sピッチ）



Step②で求めた時間差を中心として、 ± 0.8 秒の範囲※¹で、0.4秒ピッチ（Step②の半分）で同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。

■Step④（0.2sピッチ）最終



Step③で求めた時間差を中心として、 ± 0.4 秒の範囲※¹で、0.2秒ピッチ（Step③の半分、計算時間間隔※²）で同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。

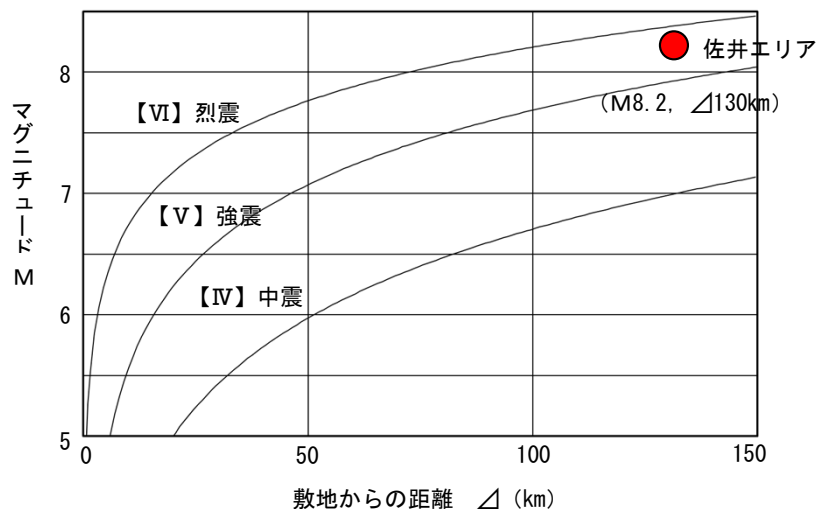
※¹： Step①の範囲は、地震動継続時間内とする。また、 ± 5 秒程度の範囲で水位がピークとなる時間差が確認されない場合、ピークとなる水位が確認されるまで、検討時間範囲を拡大する。

※²： 第1023回審査会合 資料1-1 P.2.1-2, P.2.1-9参照。

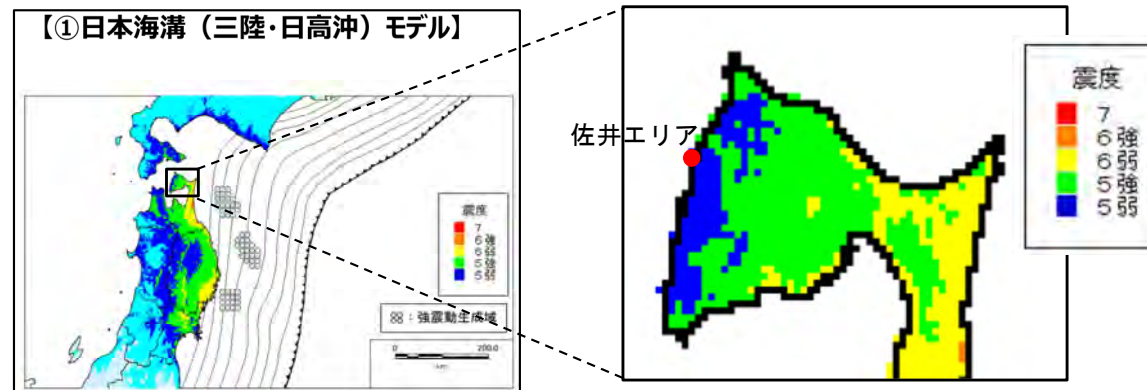
5-2. 津波発生要因の組合せ (5 / 15)

津波発生要因の組合せの考え方

- 組合せ元の地震発生時の佐井エリアにおける想定震度階級は、日本海東縁部に想定される地震ではM-Δ図によるとV、内閣府(2020)モデルによる震度によると5弱である。気象庁震度階級関連解説表によれば、この階級で落石やがけ崩れが発生し、震度階級6強では大規模な斜面崩壊が発生するとされている。
- このため、組合せ元の地震により、佐井エリアで大規模な斜面崩壊が発生する可能性は低いと考えられる。
- しかし、ここでは安全評価上、斜面の安定性の低下が生じ得る地震動継続時間の中に、地震動によって斜面崩壊が発生するものとして、佐井エリアの斜面崩壊を組合せ対象として考慮する。



日本海東縁部に想定される地震のM-Δ図



内閣府(2020)モデルによる震度

気象庁震度階級関連解説表

● 地盤・斜面等の状況		
震度階級	地盤の状況	斜面等の状況
5弱	亀裂 ^{※1} や液状化 ^{※2} が生じることがある。	落石やがけ崩れが発生することがある。
5強		
6弱	地割れが生じることがある。	がけ崩れや地すべりが発生することがある。
6強	大きな地割れが生じることがある。	がけ崩れが多発し、大規模な地すべりや山体の崩壊が発生することがある ^{※3} 。
7		

※1 亀裂は、地割れと同じ現象であるが、ここでは規模の小さい地割れを亀裂として表記している。
 ※2 地下水位が高い、ゆるい砂地盤では、液状化が発生することがある。液状化が進行すると、地面からの泥水の噴出や地盤沈下が起こり、堤防や岸壁が壊れる、下水管やマンホールが浮き上がる、建物の土台が傾いたり壊れたりするなどの被害が発生することがある。
 ※3 大規模な地すべりや山体の崩壊等が発生した場合、地形等によっては天然ダムが形成されることがある。また、大量の崩壊土砂が土石流化することもある。

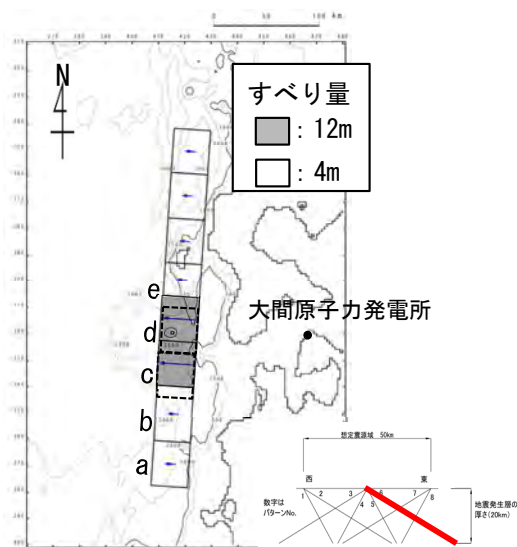
5-2. 津波発生要因の組合せ (6 / 15)

上昇側 (1 / 4) : 検討対象津波

- 津波を発生させる要因の組合せとして、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（上昇側）と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波との組合せを考慮する。

■地震による津波

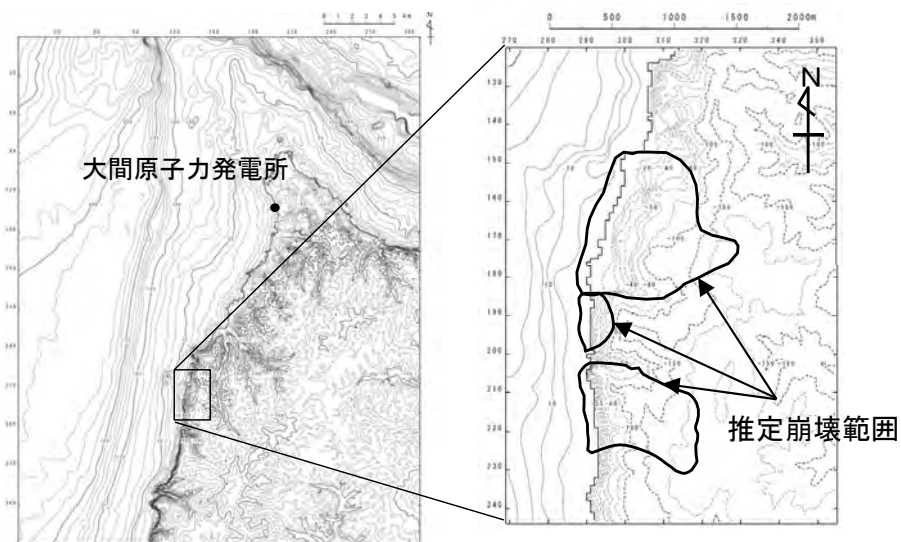
評価対象	地震	決定ケース
最大水位 上昇ケース	日本海東縁部の 地震 Mw=8.2	東西方向中央, 東傾斜($\delta=30^\circ$)の W=40.0km, アスペリティ位置c+dを 北方へ10km移動, 上縁深さ5km



最大水位上昇ケース

■陸上の斜面崩壊に起因する津波

評価対象	解析モデル
佐井エリアの 地すべり地形 最大水位上昇ケース	kinematic landslideモデル



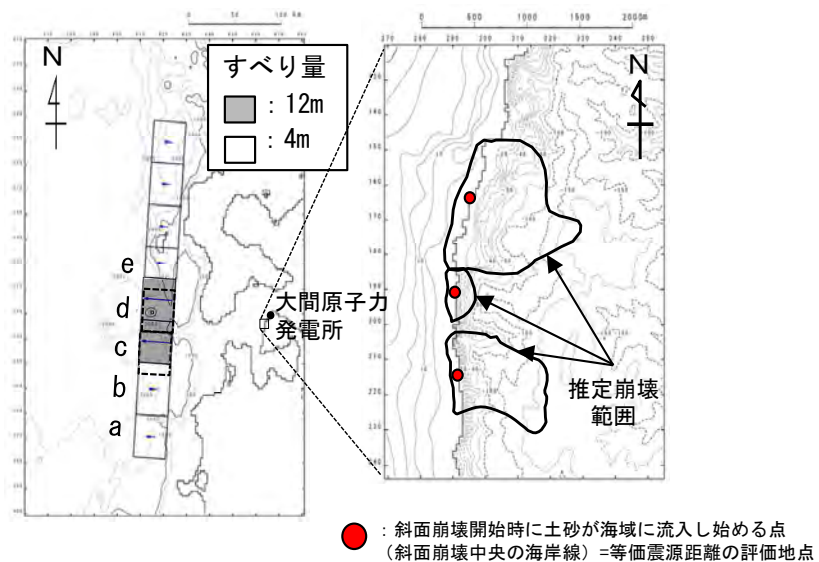
佐井エリアの地すべり地形

5-2. 津波発生要因の組合せ (7 / 15)

上昇側 (2 / 4) : 組合せ時間差の設定

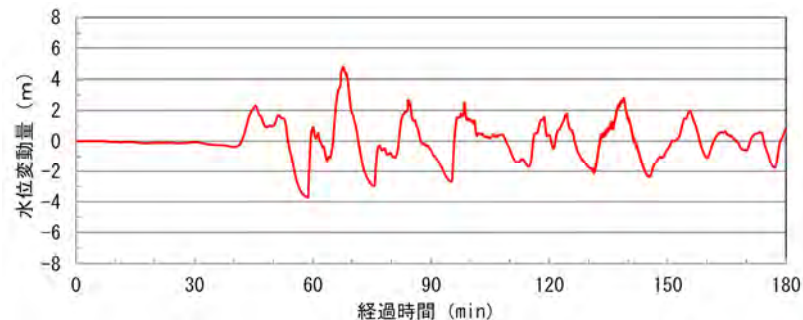
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (上昇側) と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波とを線形に重ね合わせて算出した組合せ時間差 (T_{max}) は39.6sとなった。

■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定

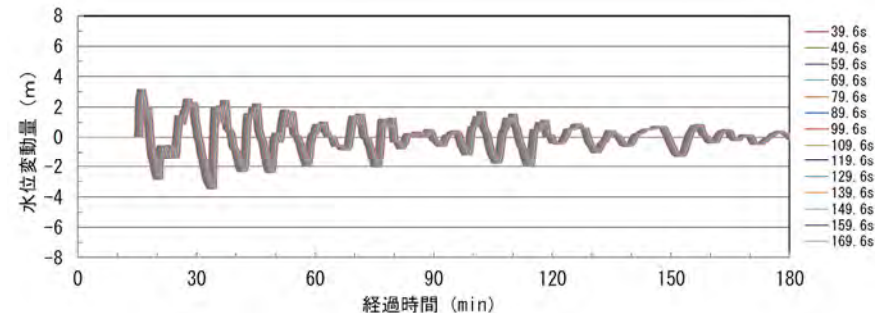


日本海東縁部の地震

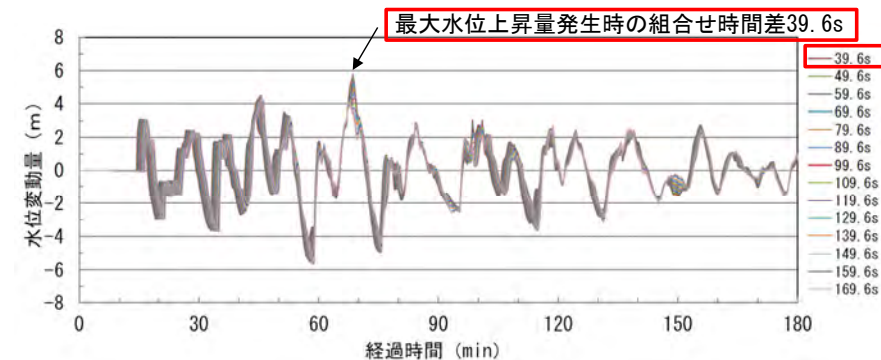
佐井エリアの斜面崩壊



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の津波波形 (取水ロスクリン室前面)



佐井エリアの斜面崩壊に伴う津波波形を移動 (取水ロスクリン室前面)



線形足し合せ波形 (取水ロスクリン室前面)
 佐井エリアにおける線形足し合せ結果

ケース	条件				結果
区分	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	T_s^{*1}	T_d^{*2}	T_{max}
最大水位上昇ケース	134.4km	3.4km/s ^{*3}	39.6s	134.1s	39.6s

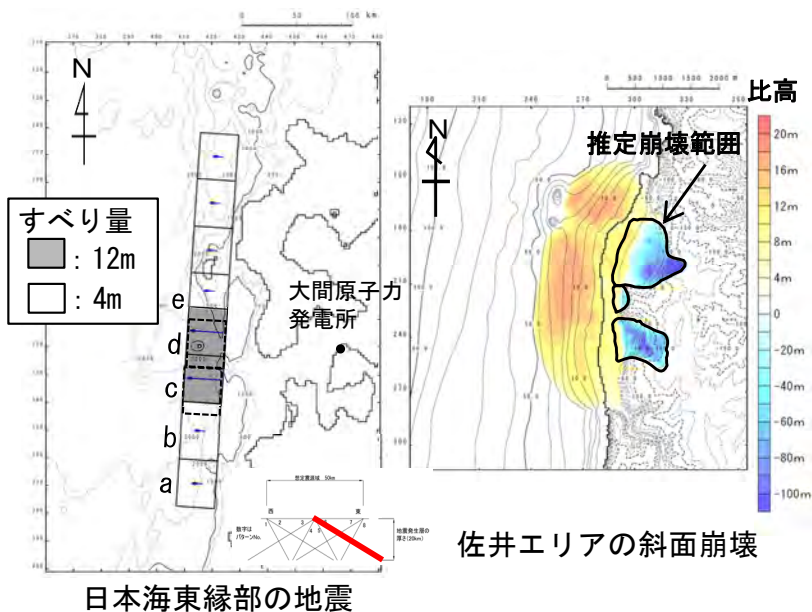
※1 : 各断層面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より

5-2. 津波発生要因の組合せ（8 / 15）

上昇側（3 / 4）：水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定

<Step①～Step④の検討結果>

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（上昇側）と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せ時間差のStep①～Step④の検討結果は以下のとおりである。



上昇側の波源モデル組合せ

Step① 結果一覧

Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step① (1.6sピッチ)	0s	39.6s [※]	6.59m
	+1.6s	41.2s	6.57m
	+3.2s	42.8s	6.55m
	+4.8s	44.4s	6.54m

Step② 結果一覧

Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step② (0.8sピッチ)	0s	39.6s [※]	6.59m
	+0.8s	40.4s	6.58m
	+1.6s	41.2s	6.57m

Step③ 結果一覧

Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step③ (0.4sピッチ)	0s	39.6s [※]	6.59m
	+0.4s	40.0s	6.58m
	+0.8s	40.4s	6.58m

Step④ 結果一覧

Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step④ (0.2sピッチ)	0s	39.6s [※]	6.59m
	+0.2s	39.8s	6.58m
	+0.4s	40.0s	6.58m

■ : 各Stepの最大水位上昇ケース

※ $T_{max}=T_s$ より、マイナス側の時間差は考慮しない。

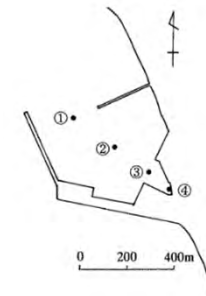
5-2. 津波発生要因の組合せ (9 / 15)

上昇側 (4 / 4) : 検討結果

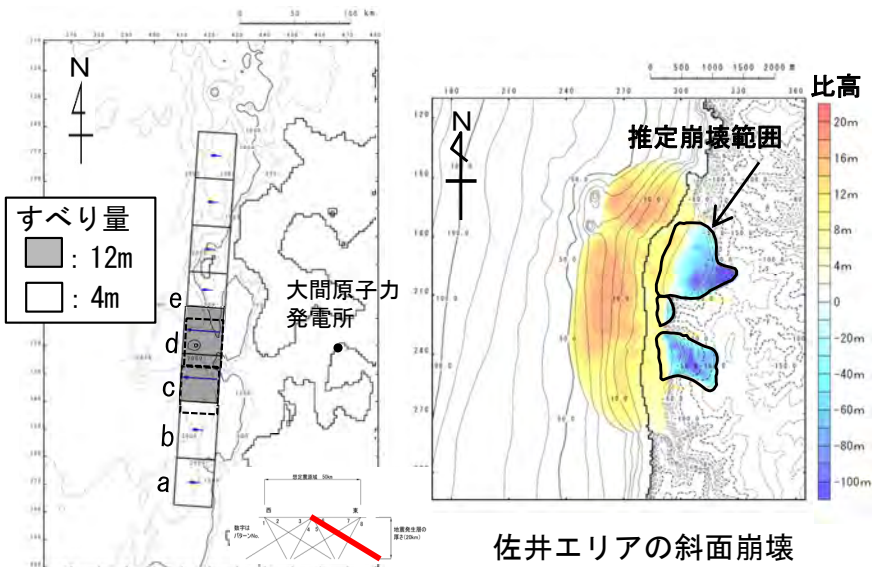
- 組合せ時間差のStep①～Step④の最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (上昇側)

津波	敷地における最大水位上昇量
日本海東縁部に想定される地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差 = 39.6s)	6.59m



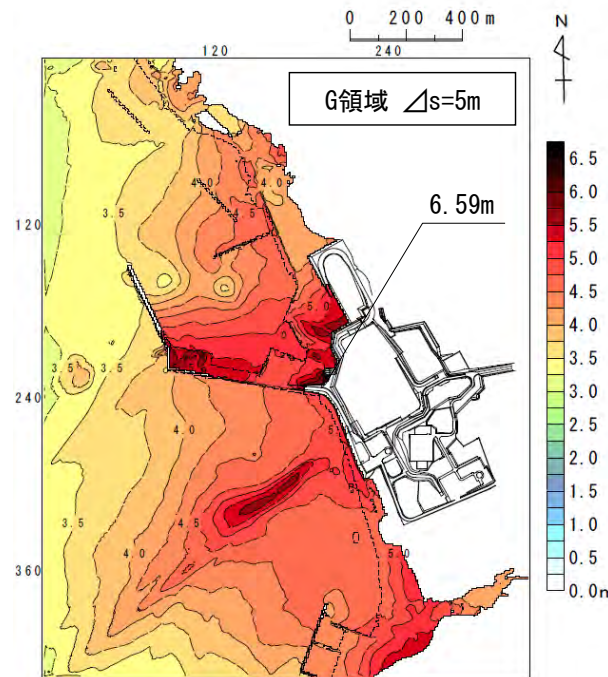
水位時刻歴波形出力点



日本海東縁部の地震

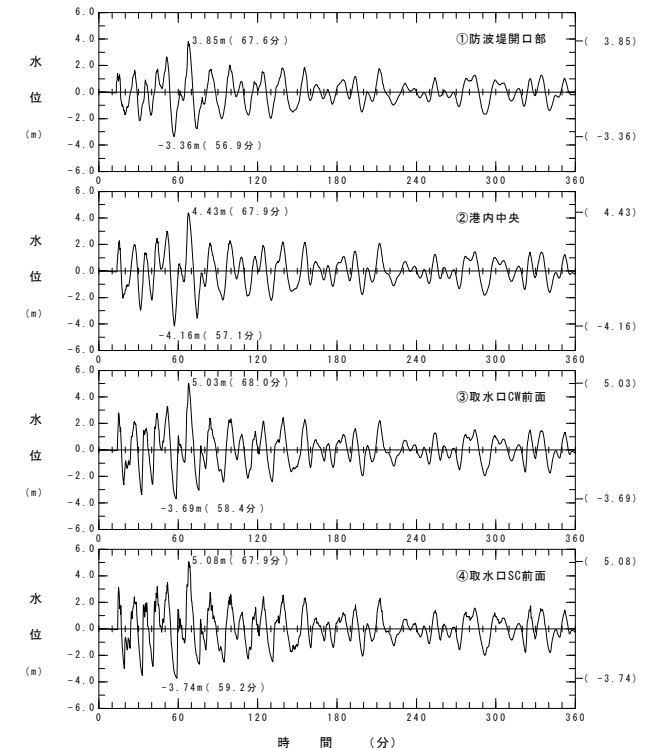
佐井エリアの斜面崩壊

上昇側の波源モデル組合せ



最大水位上昇量分布

上昇側最大ケース



水位時刻歴波形

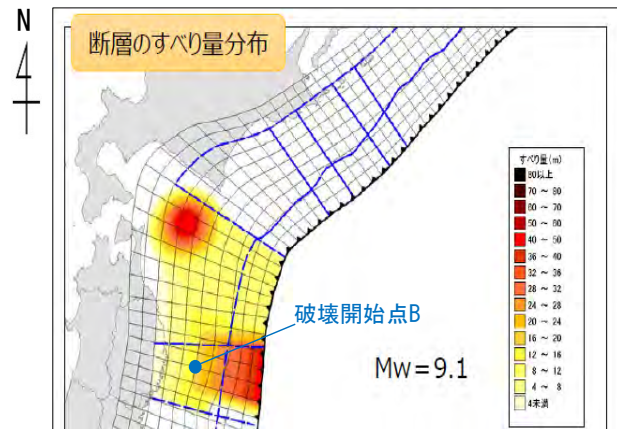
5-2. 津波発生要因の組合せ（10 / 15）

下降側（1 / 4）：検討対象津波

- 津波を発生させる要因の組合せとして、内閣府（2020）モデルによる津波（下降側）と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波との組合せを考慮する。

■地震による津波

評価対象	地震	決定ケース
最大水位 下降ケース	内閣府（2020）モデルによる地震 Mw=9.1	内閣府（2020）モデル

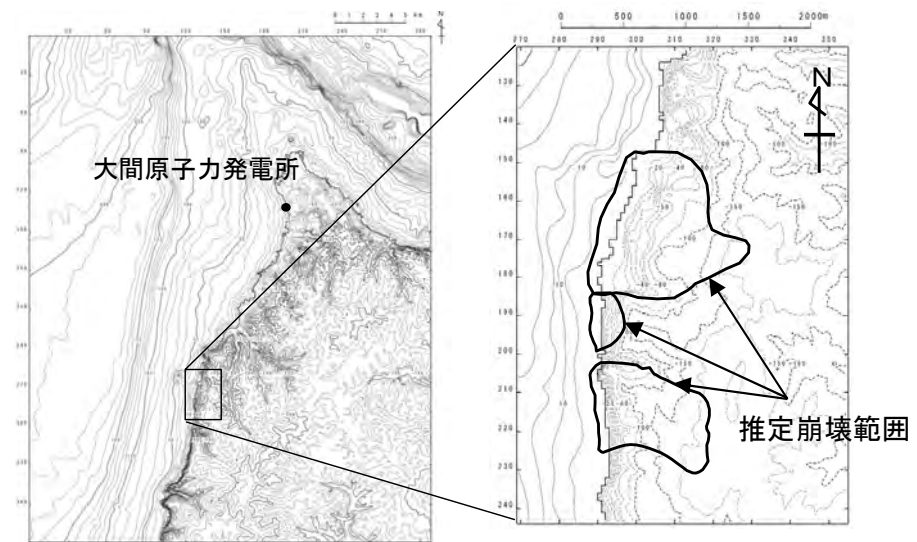


内閣府（2020）に一部加筆

最大水位下降ケース

■陸上の斜面崩壊に起因する津波

評価対象	解析モデル
佐井エリアの 地すべり地形 最大水位下降ケース	kinematic landslideモデル



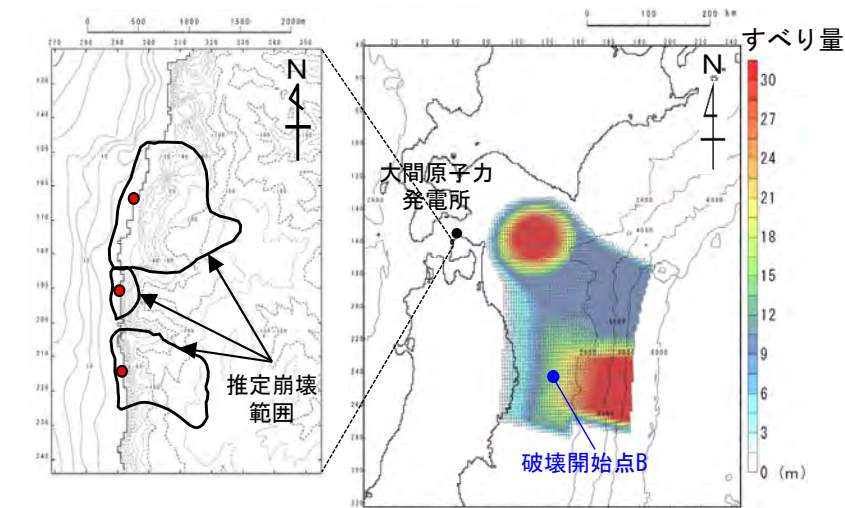
佐井エリアの地すべり地形

5-2. 津波発生要因の組合せ (11 / 15)

下降側 (2 / 4) : 組合せ時間差の設定

- 内閣府 (2020) モデルによる津波 (下降側) と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波とを線形に重ね合わせて算出した組合せ時間差 (T_{max}) は304.4sとなった。

■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定



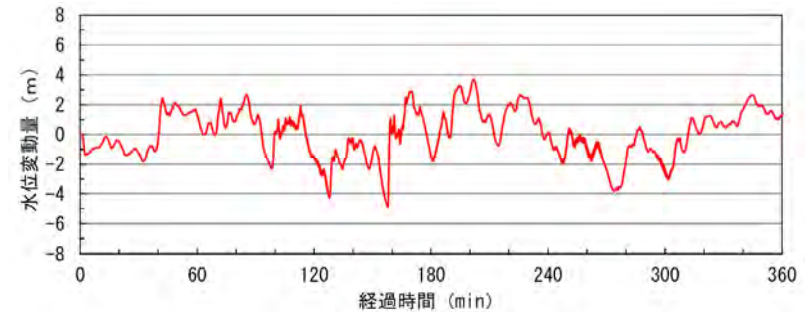
● : 斜面崩壊開始時に土砂が海域に流入し始める点 (斜面崩壊中央の海岸線) = 等価震源距離の評価地点

佐井エリアの斜面崩壊

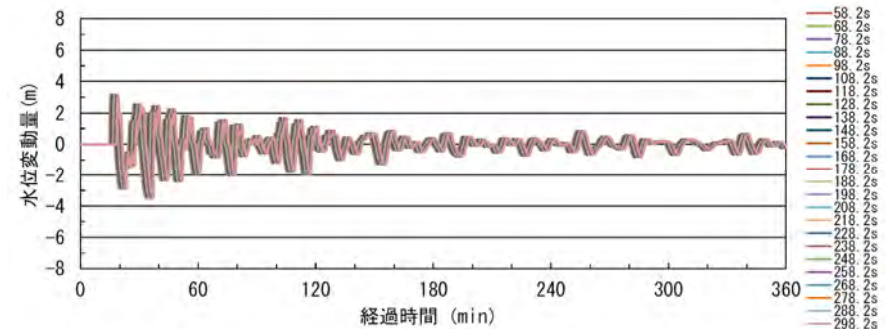
内閣府 (2020) モデルによる地震

ケース	条件				結果
区分	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	T_s ※1	T_d ※2	T_{max}
最大水位下降ケース	198.0km	3.4km/s※3	58.2s	246.1s	304.4s

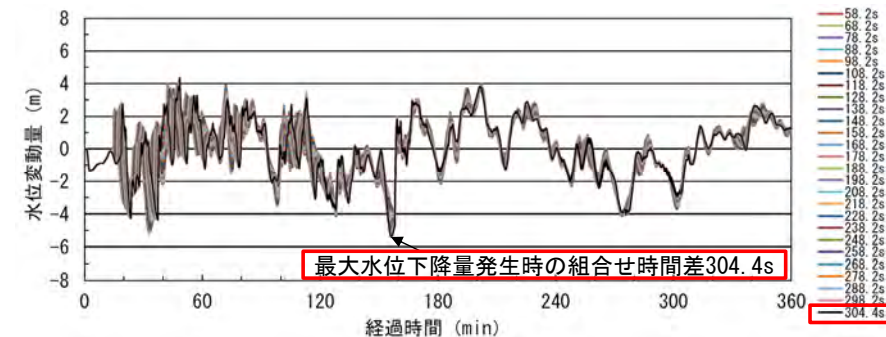
※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



内閣府 (2020) モデルによる津波の津波波形 (取水ロスクリン室前面)



佐井エリアの斜面崩壊に伴う津波波形を移動 (取水ロスクリン室前面)



線形足し合せ波形 (取水ロスクリン室前面)

佐井エリアにおける線形足し合せ結果

5-2. 津波発生要因の組合せ (12 / 15)

下降側 (3 / 4) : 水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定

<Step①～Step④の検討結果>

- 内閣府 (2020) モデルによる津波 (下降側) と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せ時間差のStep①～Step④の検討結果は以下のとおりである。

Step① 結果一覧

Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位下降量
Step① (1.6sピッチ)	-4.8s	299.6s	-5.17m
	-3.2s	301.2s	-5.23m
	-1.6s	302.8s	-5.16m
	0s	304.4s [※]	-5.22m

※: $T_{max} = T_s + T_d$ より, プラス側の時間差は考慮しない。

Step③ 結果一覧

Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位下降量
Step③ (0.4sピッチ)	-4.0s	300.4s	-5.05m
	-3.6s	300.8s	-5.30m
	-3.2s	301.2s	-5.23m
	-2.8s	301.6s	-5.32m
	-2.4s	302.0s	-5.06m

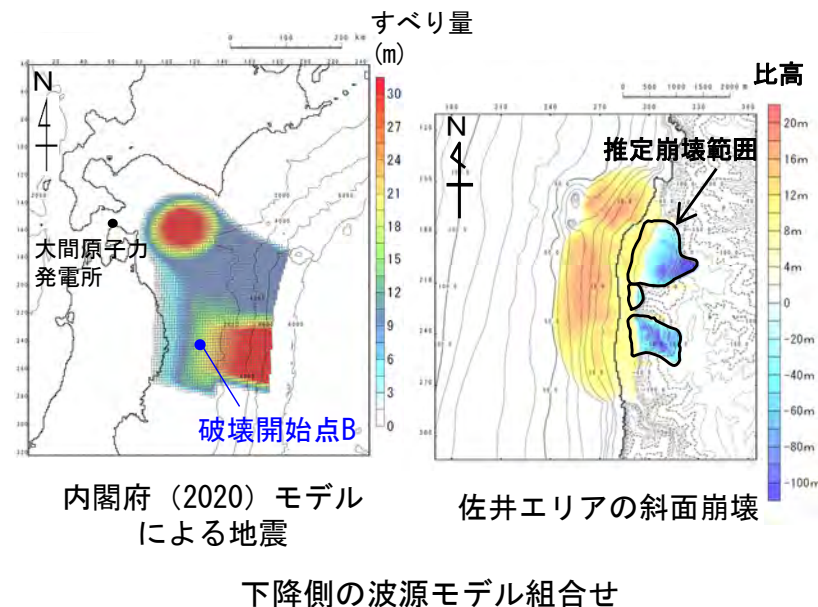
Step② 結果一覧

Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位下降量
Step② (0.8sピッチ)	-4.8s	299.6s	-5.17m
	-4.0s	300.4s	-5.05m
	-3.2s	301.2s	-5.23m
	-2.4s	302.0s	-5.06m
	-1.6s	302.8s	-5.16m

Step④ 結果一覧

Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位下降量
Step④ (0.2sピッチ)	-3.2s	301.2s	-5.23m
	-3.0s	301.4s	-5.05m
	-2.8s	301.6s	-5.32m
	-2.6s	301.8s	-5.05m
	-2.4s	302.0s	-5.06m

□ : 各ステップの最大水位下降ケース



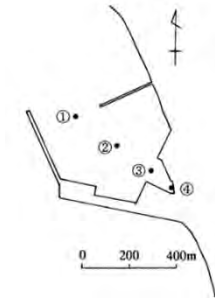
5-2. 津波発生要因の組合せ (13 / 15)

下降側 (4 / 4) : 検討結果

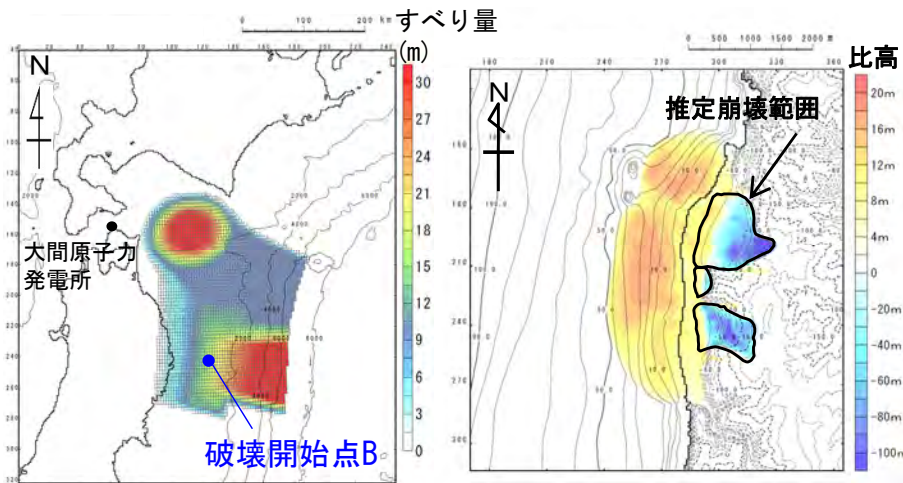
- 組合せ時間差のStep①～Step④の最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (下降側)

津波	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
内閣府 (2020) モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差 = 301.6s)	-5.32m



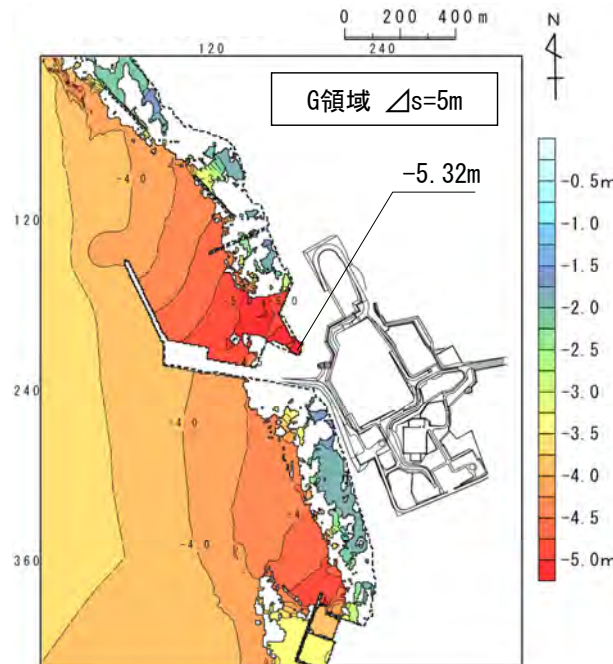
水位時刻歴波形出力点



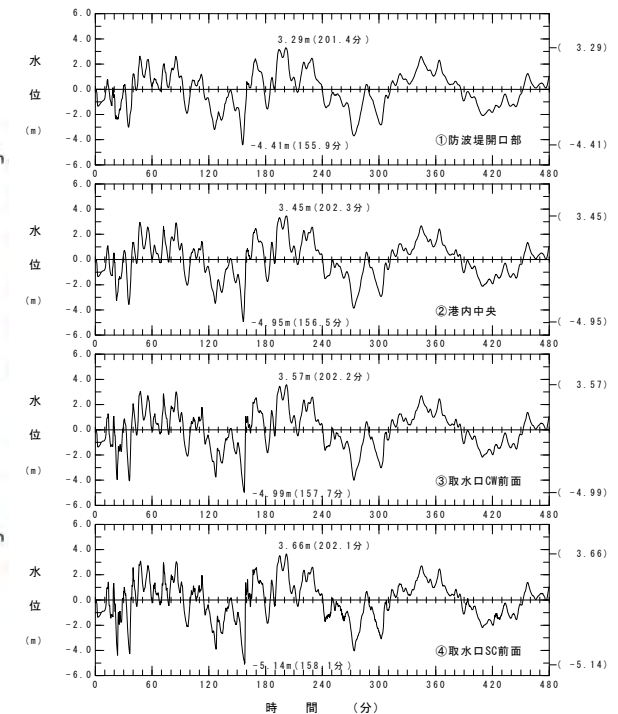
内閣府 (2020) モデルによる地震

佐井エリアの斜面崩壊

下降側の波源モデル組合せ



最大水位下降量分布
下降側最大ケース



水位時刻歴波形

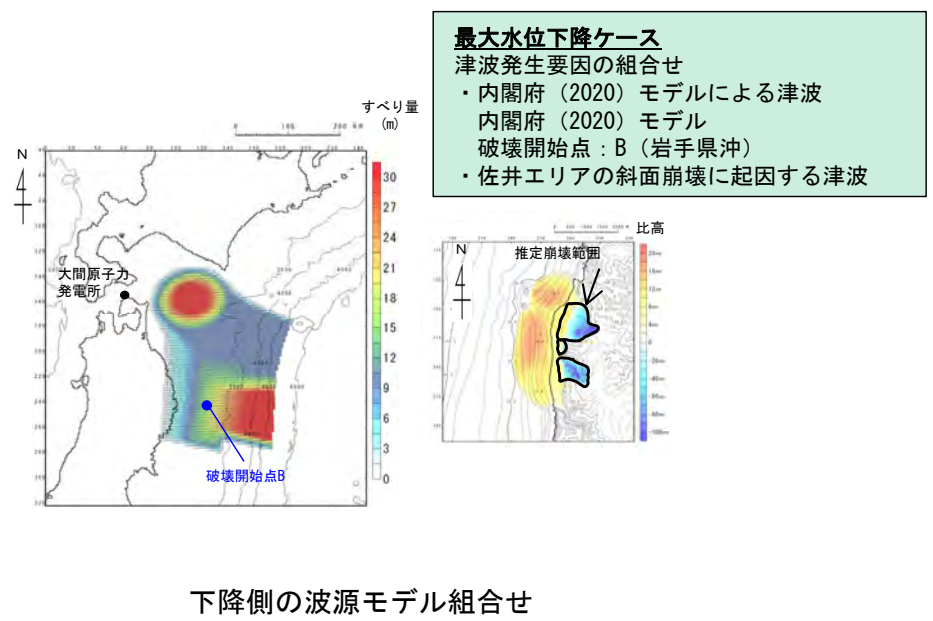
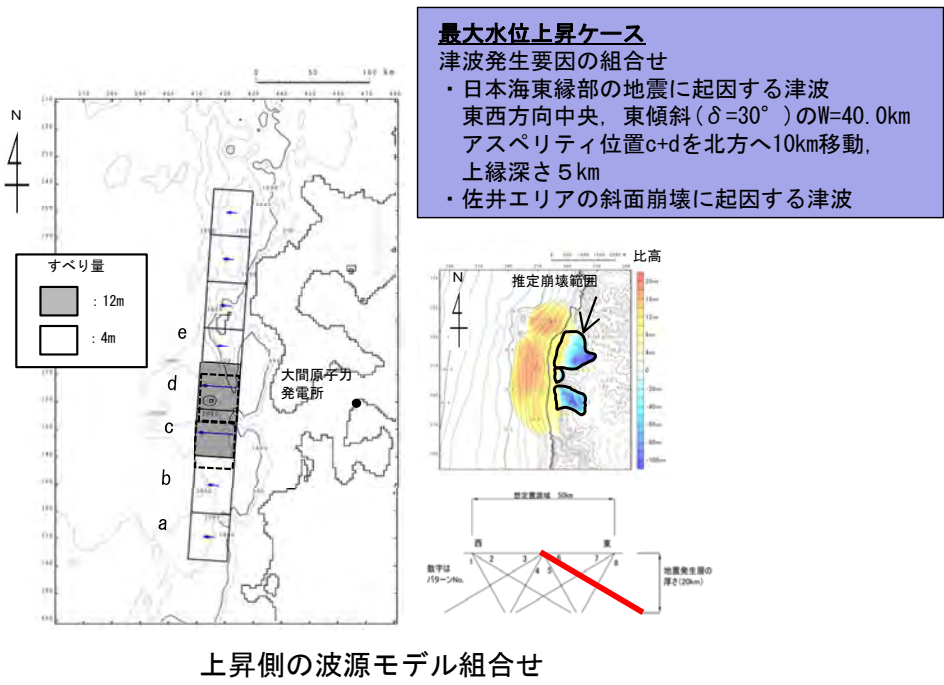
5-2. 津波発生要因の組合せ (14 / 15)

検討結果

- 津波発生要因の組合せに関する検討結果は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果

津波	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	6.59m (P. 20参照)	—
内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.32m (P. 24参照)



5-2. 津波発生要因の組合せ (15 / 15)

組合せ結果の妥当性確認

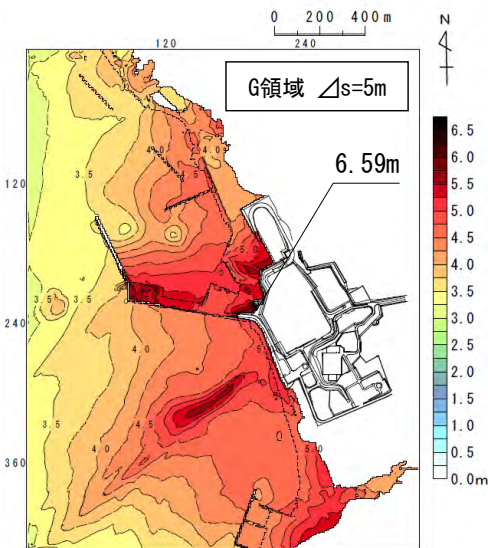
- 津波発生要因の組合せに関する検討結果は以下のとおりであり、津波発生要因の組合せに関する検討結果と組合せ前の単独ケースを比較し、最大水位上昇量、最大水位下降量ともに、津波発生要因の組合せの方が水位変動量が大きくなることを確認した。
- なお、下降側については、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間の検討の結果、貯留堰天端高さを下回る継続時間は、原子炉補機冷却海水ポンプの運転可能継続時間を優位に下回り、必要な取水が確保されること、さらに「内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波」は、津波水位が貯留堰天端高さを下回るケースの中で最も継続時間が長くなることを確認した(補足説明資料(補足3)章参照)。

津波発生要因の組合せに関する検討結果

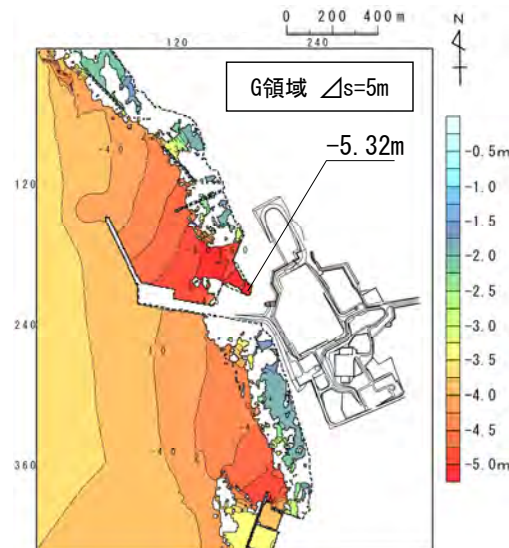
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水ロスクリーン室前面における最大水位下降量
組合せ	日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	6.59m (P.20参照)	—
	内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.32m (P.24参照)

津波発生要因の組合せ前の単独ケースの検討結果

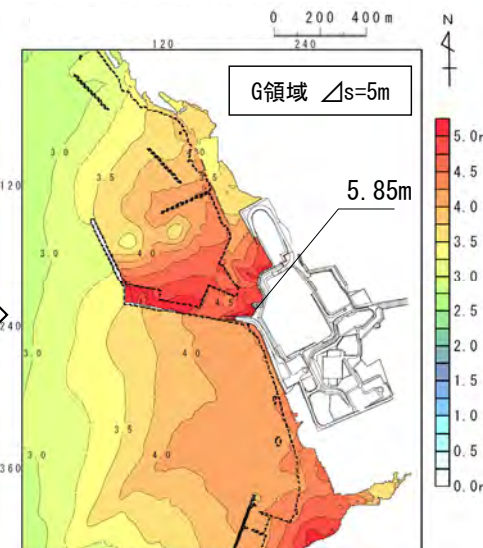
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水ロスクリーン室前面における最大水位下降量
地震による津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.85m (第1023回審査会合資料1-1 P.3.1-65参照)	—
	内閣府(2020)モデルによる津波	—	-4.89m (第1023回審査会合資料1-1 P.3.2.2-8参照)



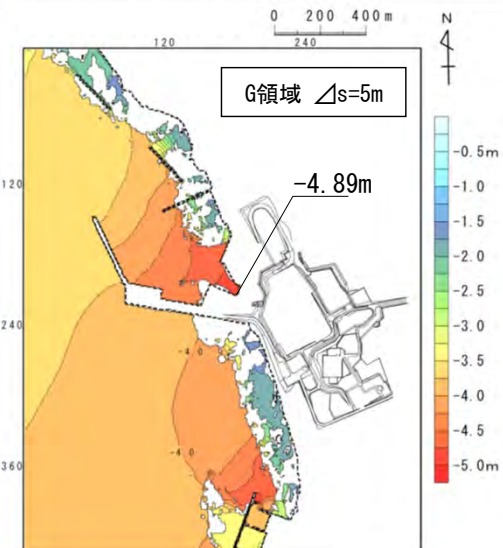
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位上昇量分布



内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位下降量分布



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量分布



内閣府(2020)モデルによる津波の最大水位下降量分布

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象の選定
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 防波堤等の影響検討
 - 6-1. 地震による津波
 - 6-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-3. 津波発生要因の組合せ
7. 基準津波の策定
 - 7-1. 基準津波の選定
 - 7-2. 基準津波選定結果の検証
 - 7-2-1. 既往津波との比較
 - 7-2-2. 行政機関による既往評価との比較
8. 基準津波

検討方針

- 港湾の防波堤等を津波影響軽減施設とはしていないため地震による**損傷が否定**できない。このため、**防波堤等の有無が基準津波選定に与える影響を確認するために**、防波堤等がないケースについて検討を実施する。
- 検討対象は、**敷地に与える影響が最も大きい以下のケースを選定する。**
 - 《防波堤等がないケース検討対象》
 - ✓ 地震による津波：＜上昇側＞日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - ＜下降側＞内閣府（2020）の波源モデルによる津波
- 検討に当たっては、防波堤等があるケースの**検討と同様に**、**防波堤等がないケースの概略及び詳細パラメータスタディを実施する※。**

※：概略及び詳細パラメータスタディの実施フローは、第1023回審査会合 資料1-1 P.3.1-2参照。

6. 防波堤等の影響検討

6-1. 地震による津波 (2 / 10)



数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (1 / 7)

概略パラメータスタディ (1 / 2)

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がないケースの概略パラメータスタディを実施した結果は以下のとおり。

概略パラメータスタディ (ステップ1) 結果一覧

アスペリティ位置	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	防波堤等なし
			最大水位上昇量
de	1	60°	2.18m
	2	30°	3.72m
	3		3.74m
	4	60°	3.48m
	5		2.30m
	6	30°	3.79m
	7		3.93m
	8	60°	3.45m
cd	1	60°	2.34m
	2	30°	4.18m
	3		4.19m
	4	60°	3.53m
	5		3.14m
	6	30°	4.85m
	7		5.05m
	8	60°	4.38m
bc	1	60°	1.97m
	2	30°	3.41m
	3		3.17m
	4	60°	1.80m
	5		2.04m
	6	30°	3.32m
	7		3.36m
	8	60°	1.96m
ab	1	60°	1.43m
	2	30°	1.91m
	3		1.69m
	4	60°	1.32m
	5		1.25m
	6	30°	1.60m
	7		1.53m
	8	60°	1.40m

概略パラメータスタディ (ステップ2) 結果一覧

概略パラスタ (ステップ1)	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	アスペリティ位置	防波堤等なし
				最大水位上昇量
上昇側	7	30°	北方へ30km	3.83m
			北方へ20km	4.43m
			北方へ10km	4.84m
			cd	5.05m
			南方へ10km	4.86m
			南方へ20km	4.48m
			南方へ30km	4.26m

- : 概略パラスタ (ステップ1) 最大水位上昇ケース
- : 概略パラスタ (ステップ2) 最大水位上昇ケース

注：上縁深さ：1 km



数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (2 / 7)

概略パラメータスタディ (2 / 2)

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がないケースの概略パラメータスタディで最大ケースとなった波源モデルは以下のとおり。



最大水位上昇ケース (防波堤等なし)
東西方向東端, 西傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスペリティ位置c+d

最大ケースの波源モデル



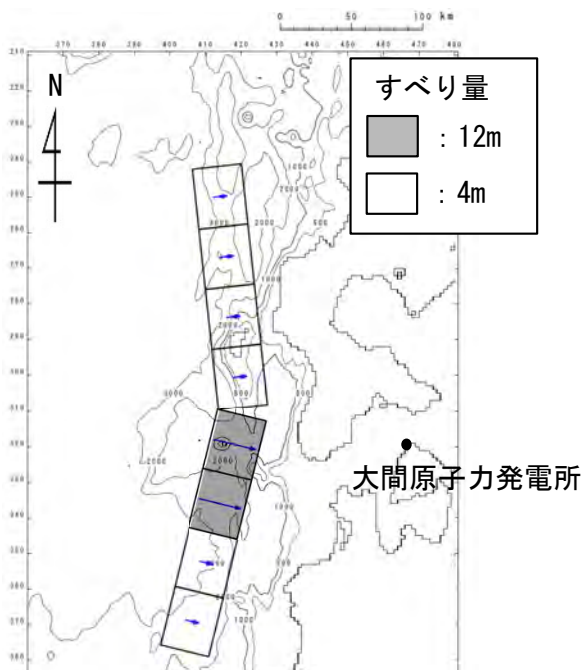
数値シミュレーション：(上昇側)パラメータスタディ (3 / 7)

詳細パラメータスタディ (1 / 4)

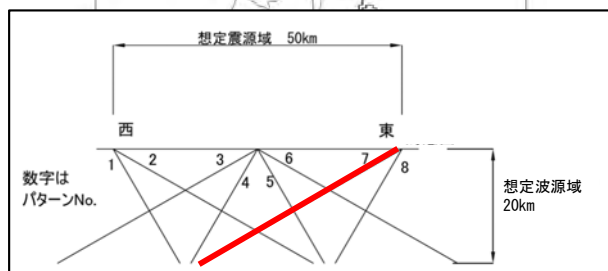
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がないケースの詳細パラメータスタディ (走向変化ケース) を実施した結果は以下のとおり。

例示ケース (防波堤等なし)
東西方向東端, 西傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスペリティ位置c+d,
北 -10° , 南 $+10^\circ$

詳細パラメータスタディ結果一覧
(走向変化ケース)



概略パラスタ	アスペリティ位置	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	走向	防波堤等なし
					最大水位上昇量
上昇側	cd	7	30°	北+10° 南-10°	4.07m
				北±0° 南±0°	5.05m
				北-10° 南+10°	4.38m



例示ケースの波源モデル

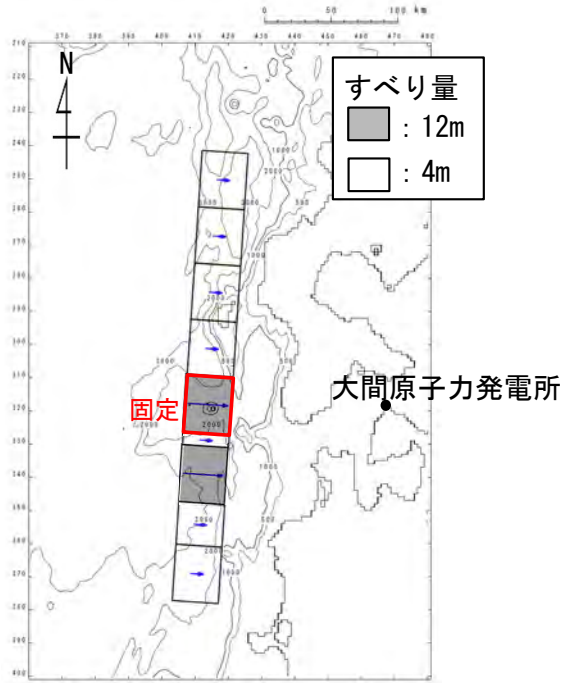


数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (4 / 7)

詳細パラメータスタディ (2 / 4)

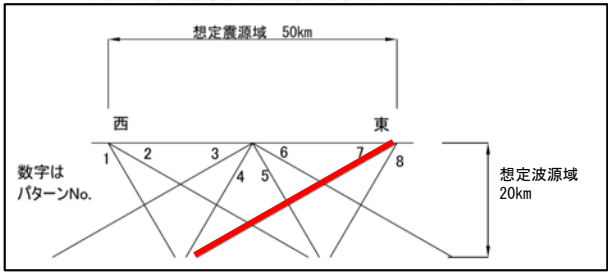
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がないケースの詳細パラメータスタディ (アスペリティ数及び位置の変化ケース) を実施した結果は以下のとおり。

例示ケース (防波堤等なし)
東西方向東端, 西傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスペリティ位置は基準 (c+d)
の南側を南方へ10km移動



詳細パラメータスタディ結果一覧
(アスペリティ数及び位置の変化ケース)

概略 パラスタ	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	アスペリティ 位置		防波堤等なし 最大水位 上昇量
			北側	南側	
上昇側	7	30°	北方へ40km	基準	3.48m
			北方へ30km		3.47m
			北方へ20km		3.95m
			北方へ10km		4.58m
			基準	南方へ10km	5.05m
			南方へ20km	4.73m	
			南方へ30km	4.34m	
			南方へ40km	4.05m	
				南方へ40km	3.72m



例示ケースの波源モデル

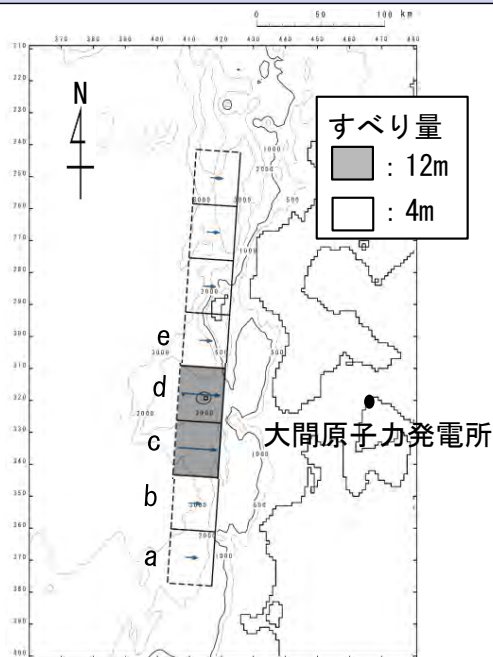


数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (5 / 7)

詳細パラメータスタディ (3 / 4)

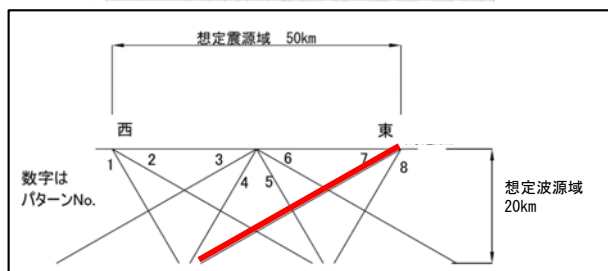
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がないケースの詳細パラメータスタディ(上縁深さ変化ケース)を実施した結果は以下のとおり。

最大水位上昇ケース(防波堤等なし)
東西方向東端, 西傾斜($\delta=30^\circ$)の
W=40.0km, アスペリティ位置c+d
上縁深さ2 km



詳細パラメータスタディ結果一覧
(上縁深さ変化ケース)

概略パラスタ	傾斜パターン	傾斜角	上縁深さ	防波堤等なし
				最大水位上昇量
上昇側	7	30°	0 km	4.86m
			1 km	5.05m
			2 km	5.12m
			3 km	5.08m
			4 km	4.92m
			5 km	4.88m



最大水位上昇ケースの波源モデル

6. 防波堤等の影響検討

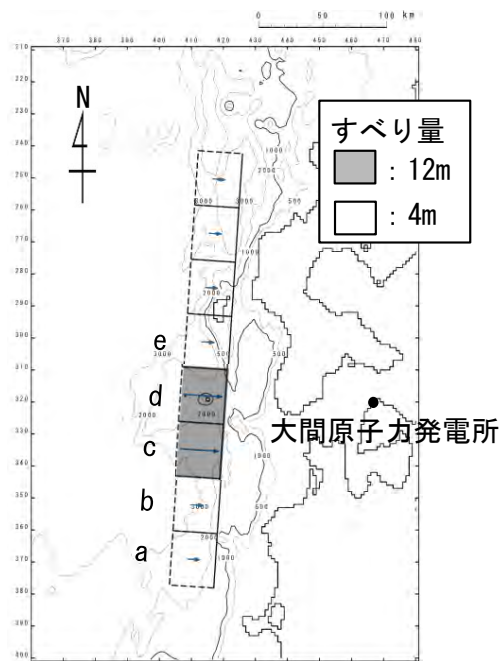
6-1. 地震による津波 (7 / 10)



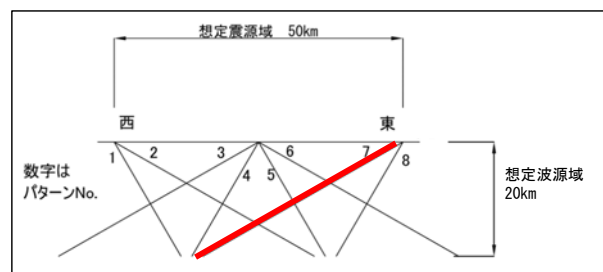
数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (6 / 7)

詳細パラメータスタディ (4 / 4)

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がないケースの詳細パラメータスタディで最大ケースとなった波源モデルは以下のとおり。



最大水位上昇ケース (防波堤等なし)
東西方向東端, 西傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
W=40.0km, アスぺリティ位置c+d
上縁深さ : 2 km



最大ケースの波源モデル

6. 防波堤等の影響検討

6-1. 地震による津波 (8 / 10)



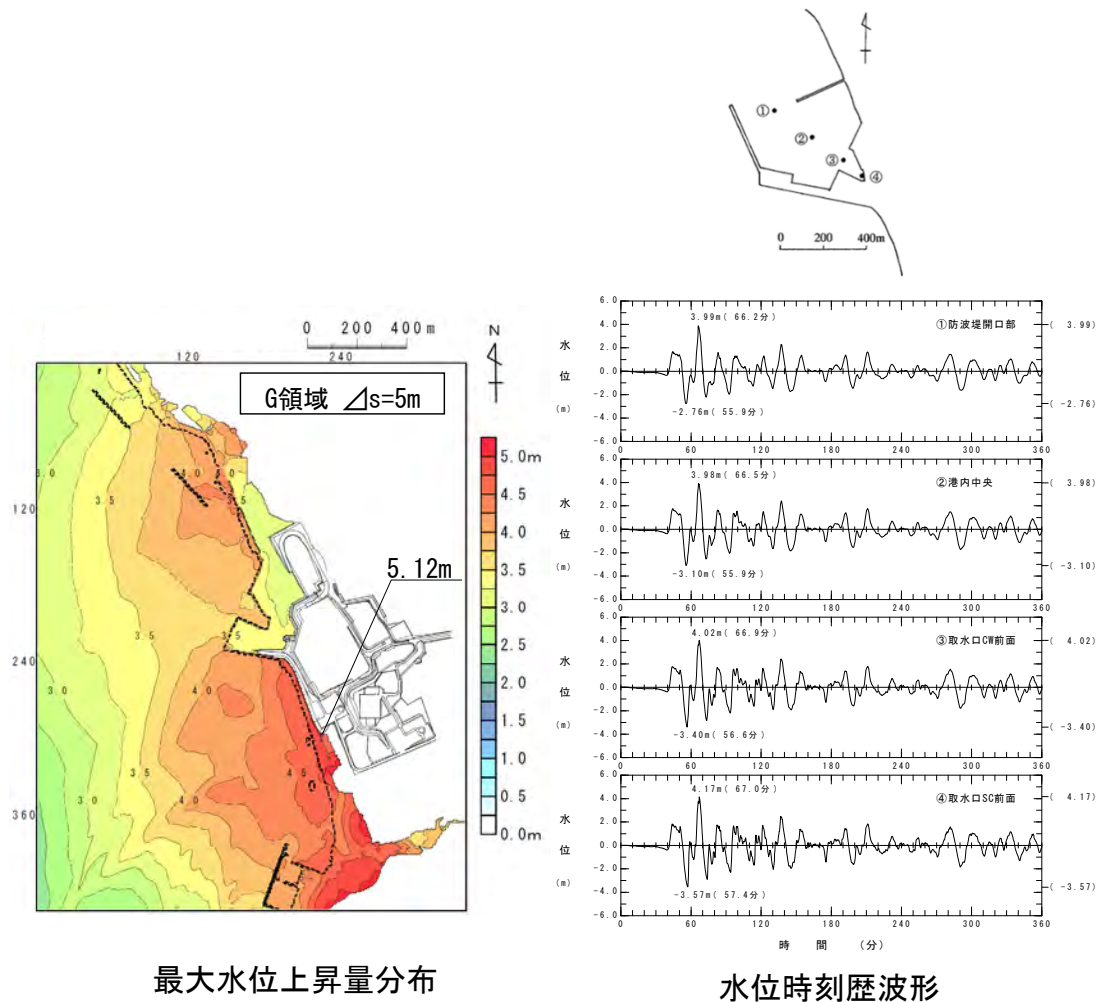
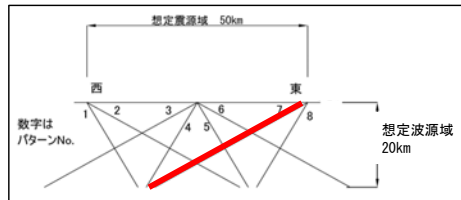
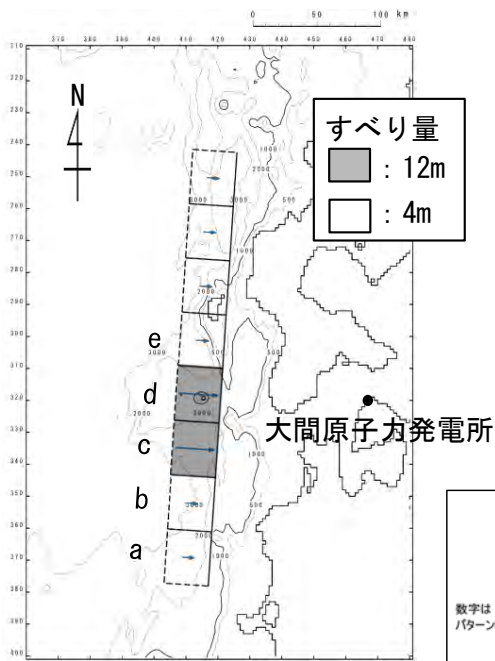
数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (7 / 7)

上昇側検討結果

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がないケースの検討を実施した結果、最大水位上昇ケースは以下のとおり。

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波

項目	防波堤等なし
敷地における最大水位上昇量	5.12m
波源条件	東西方向東端、西傾斜($\delta=30^\circ$)のW=40.0km、アスペリティ位置c+d上縁深さ2km



防波堤等なし

(余白)

6. 防波堤等の影響検討

6-1. 地震による津波 (9 / 10)



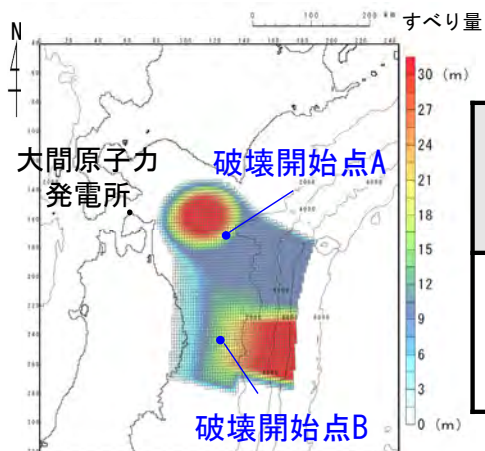
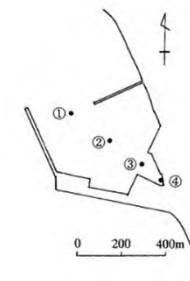
数値シミュレーション：(下降側)

下降側検討結果

内閣府(2020)の波源モデルによる津波に対し、防波堤等がないケースの検討を実施した結果、最大水位下降ケースは以下のとおり。

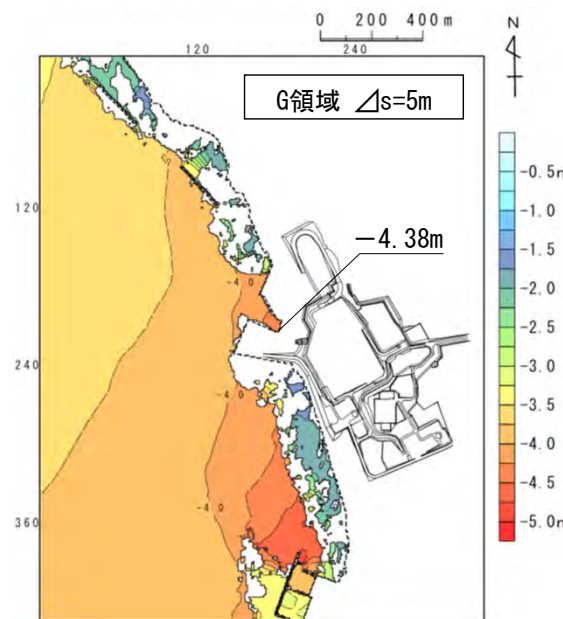
内閣府(2020)の波源モデルによる津波

項目	防波堤等なし
取水口スクリーン室前面における最大水位下降量	-4.38m
波源条件	日本海溝(三陸・日高沖)モデル 破壊開始点B

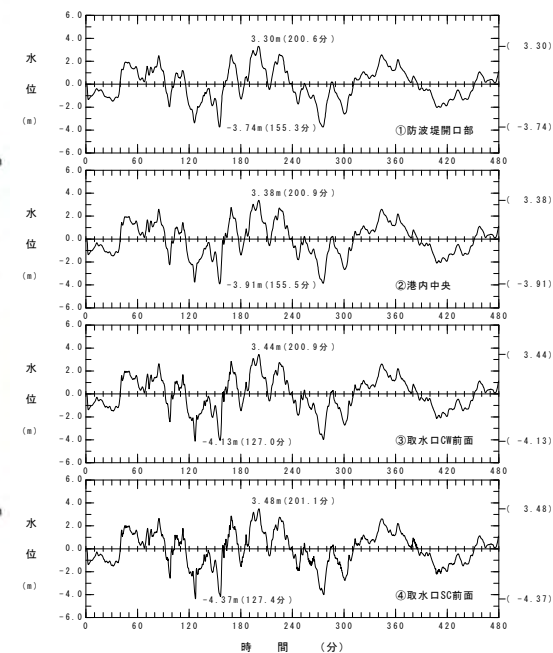


結果一覧

モデル	破壊開始点	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
日本海溝(三陸・日高沖)モデル	A	-4.19m
	B	-4.38m



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

防波堤等なし



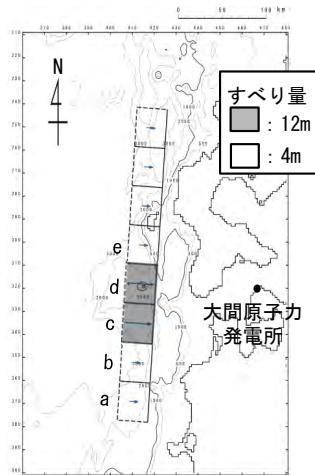
検討結果【防波堤等なし】

計算結果

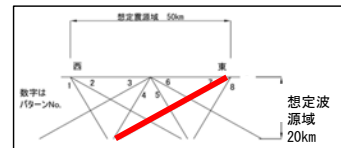
地震による津波【防波堤等なし】の検討結果は以下のとおり。

地震による津波【防波堤等なし】

津波		敷地における 最大水位上昇量 【防波堤等なし】	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量 【防波堤等なし】
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 【防波堤等なし】	上昇側	5.12m (P.35参照)	—
内閣府(2020)の波源モデルによる津波 【防波堤等なし】	下降側	—	-4.38m (P.37参照)

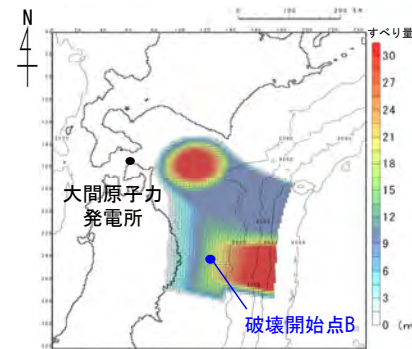


項目	防波堤等なし
波源条件	東西方向東端, 西傾斜($\delta=30^\circ$)の W=40.0km, アスベリティ位置c+d 上縁深さ2km



波源モデル

(日本海東縁部に想定される地震に伴う津波【防波堤等なし】)



項目	防波堤等なし
波源条件	日本海溝(三陸・日高沖)モデル 破壊開始点B(岩手県沖)

波源モデル

(内閣府(2020)の波源モデルによる津波【防波堤等なし】)

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象の選定
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 防波堤等の影響検討
 - 6-1. 地震による津波
 - 6-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-3. 津波発生要因の組合せ
7. 基準津波の策定
 - 7-1. 基準津波の選定
 - 7-2. 基準津波選定結果の検証
 - 7-2-1. 既往津波との比較
 - 7-2-2. 行政機関による既往評価との比較
8. 基準津波

6. 防波堤等の影響検討

6-2. 地震以外の要因による津波（1／6）



検討方針

- 港湾の防波堤等を津波影響軽減施設とはしていないため地震による損傷が否定できない。このため、防波堤等の有無が基準津波選定に与える影響を確認するために、防波堤等がないケースについて検討を実施する。
- 検討対象は、敷地に与える影響が最も大きい以下のケースを選定する。
 - ◀防波堤等がないケース検討対象▶
 - ✓ 地震以外の要因による津波：佐井エリアの斜面崩壊
- 検討に当たっては、防波堤等がないケースの検討を、防波堤等があるケースの検討と同様の手法で実施する。

6. 防波堤等の影響検討

6-2. 地震以外の要因による津波 (2/6)

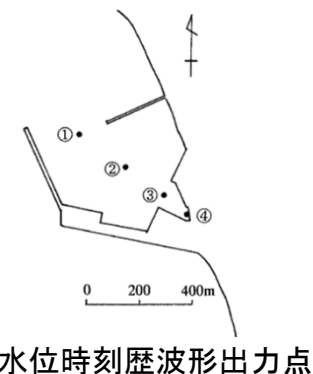
数値シミュレーション (1/4) : 解析モデル①<二層流モデル> (1/2)

計算結果

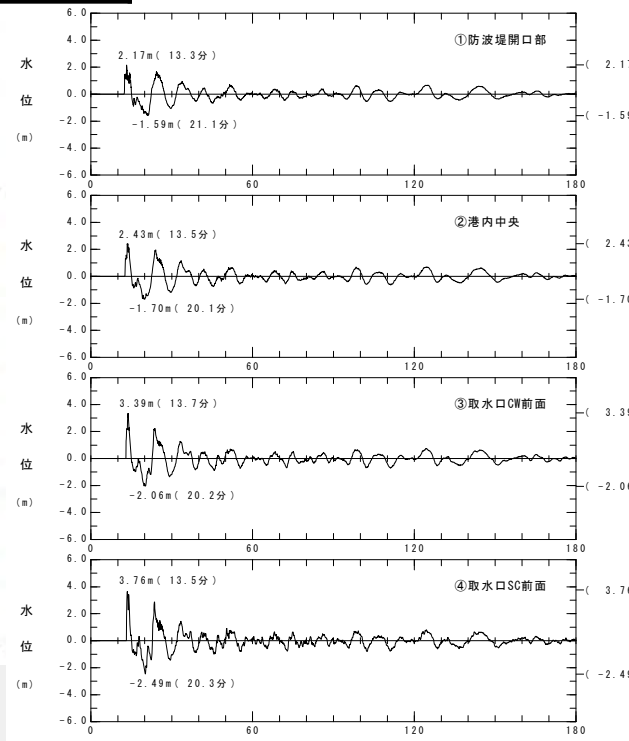
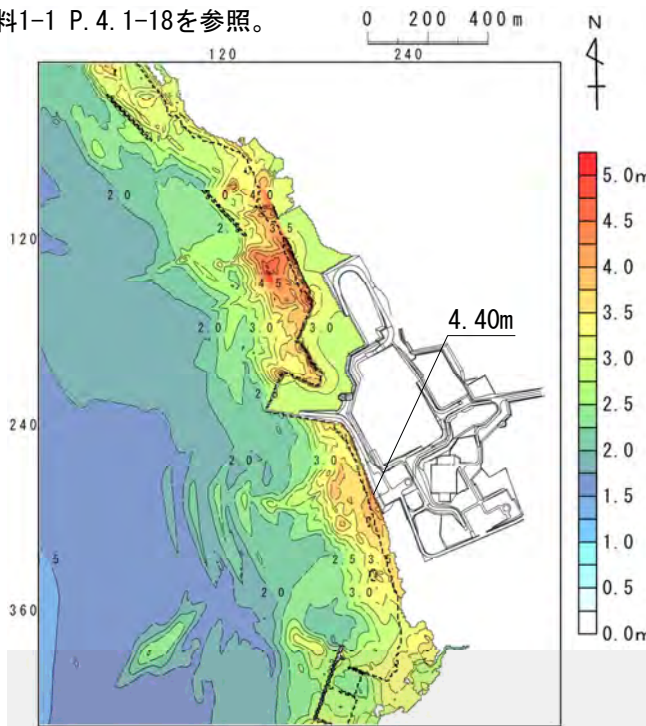
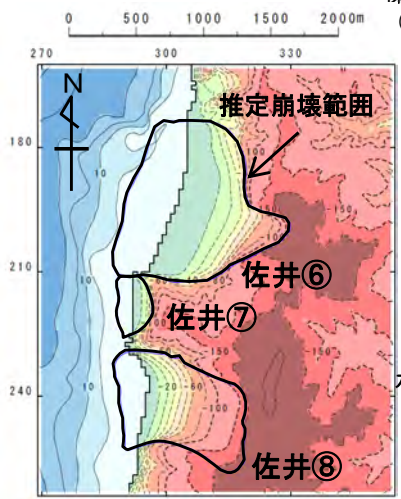
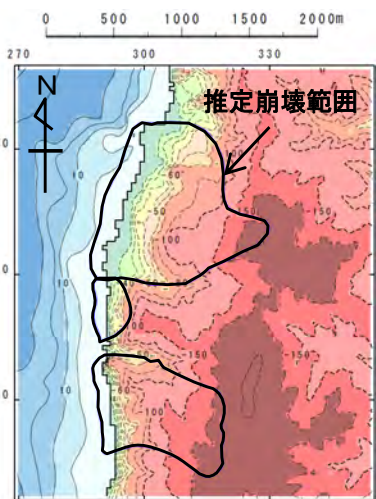
佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】の二層流モデルによる計算結果※ (上昇側) は下表のとおり。

陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果※(上昇側)

検討対象	解析モデル	敷地における 最大水位上昇量 【防波堤等なし】
佐井エリアの 地すべり地形	二層流モデル	4.40m



※計算条件は、第1023回審査会合 資料1-1 P.4. 1-18を参照。



地形モデル
【現地形(モデル上の崩壊前地形)】

地形モデル(すべり面)

波源モデル

最大水位上昇量分布

水位時刻歴波形

6. 防波堤等の影響検討

6-2. 地震以外の要因による津波 (3/6)

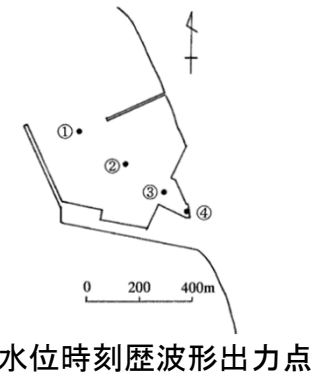
数値シミュレーション (2/4) : 解析モデル①<二層流モデル> (2/2)

計算結果

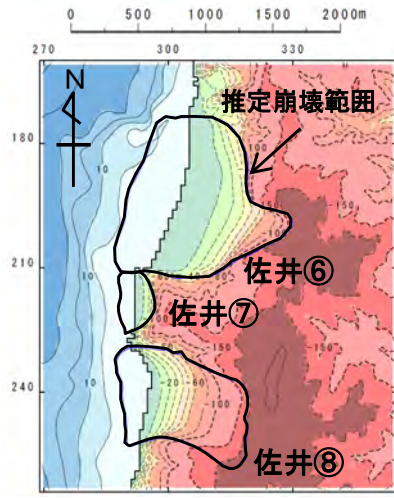
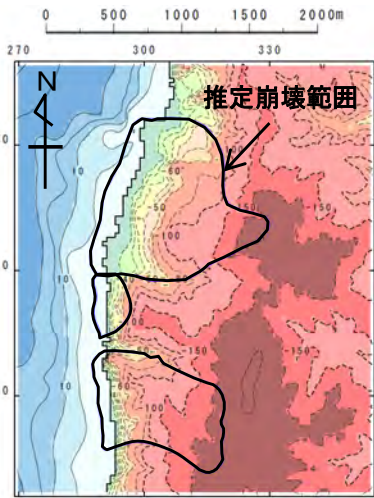
佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】の二層流モデルによる計算結果※ (下降側) は下表のとおり。

陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果※(下降側)

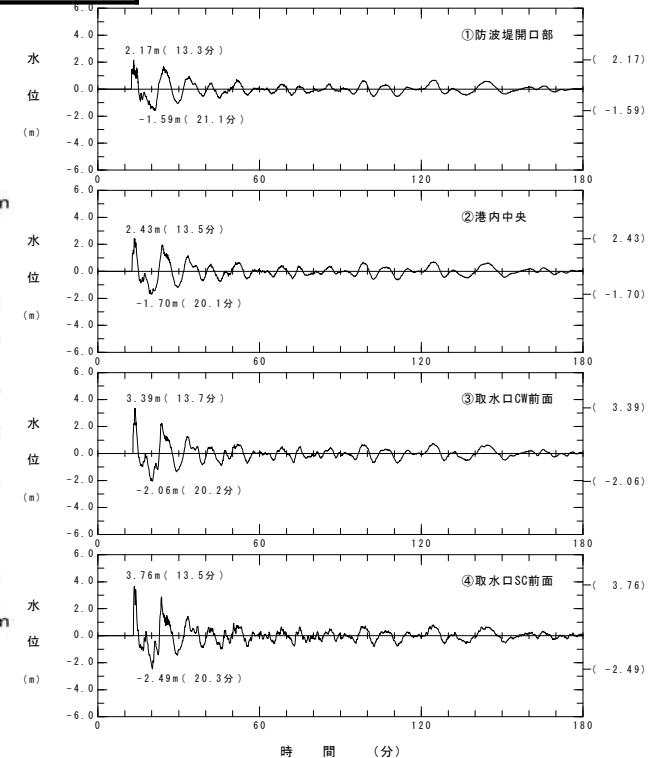
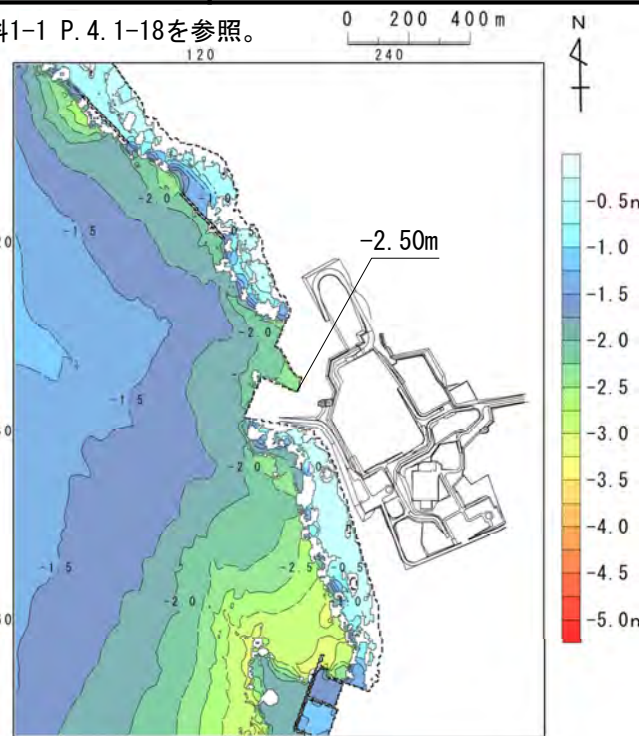
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量【防波堤等なし】
佐井エリアの地すべり地形	二層流モデル	-2.50m



※計算条件は、第1023回審査会合 資料1-1 P.4. 1-18を参照。



波源モデル



6. 防波堤等の影響検討

6-2. 地震以外の要因による津波（4 / 6）

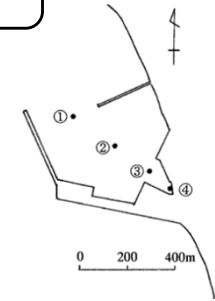
数値シミュレーション（3 / 4）：解析モデル②<kinematic landslideモデル>（1 / 2）

計算結果

佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】のkinematic landslideモデルによる計算結果※（上昇側）は下表のとおり。

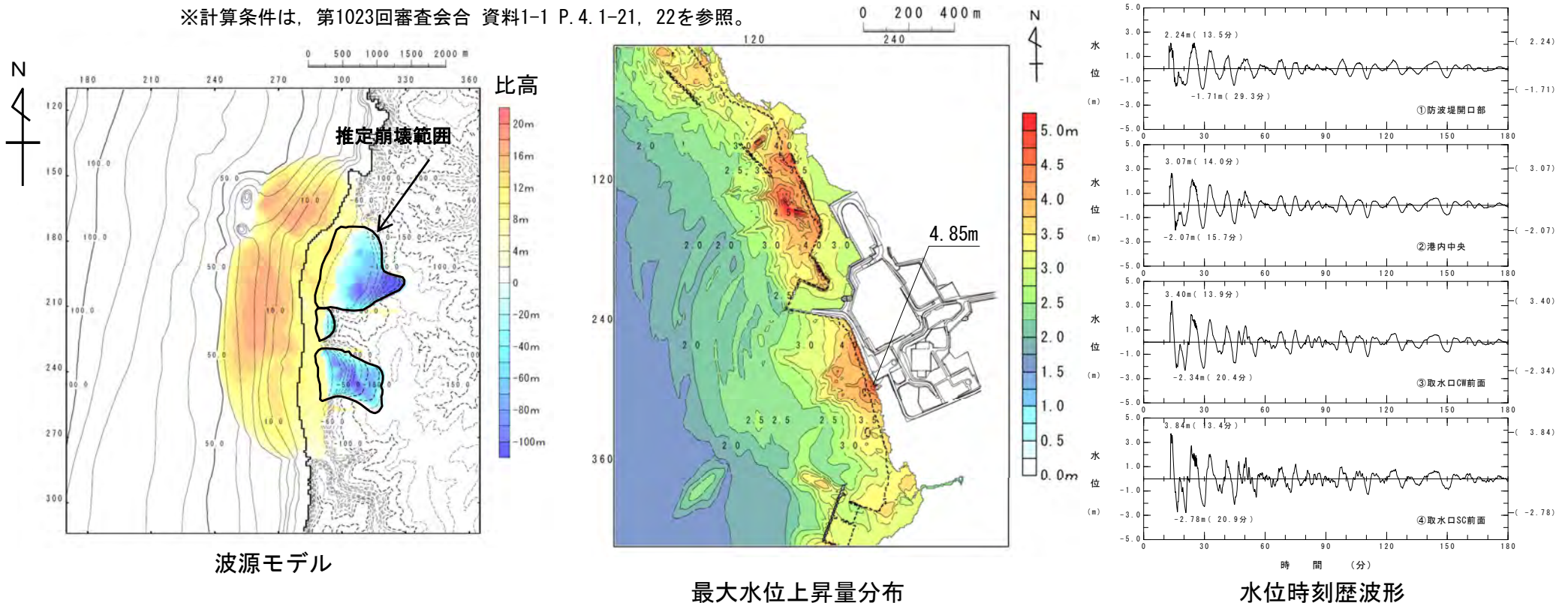
陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果※（上昇側）

検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量【防波堤等なし】
佐井エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	4.85m



水位時刻歴波形出力点

※計算条件は、第1023回審査会合 資料1-1 P.4. 1-21, 22を参照。



波源モデル

最大水位上昇量分布

水位時刻歴波形

6. 防波堤等の影響検討

6-2. 地震以外の要因による津波 (5 / 6)

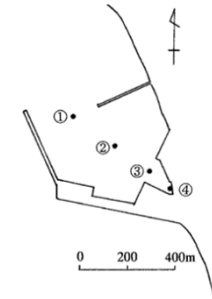
数値シミュレーション (4 / 4) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (2 / 2)

計算結果

佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】のkinematic landslideモデルによる計算結果※（下降側）は下表のとおり。

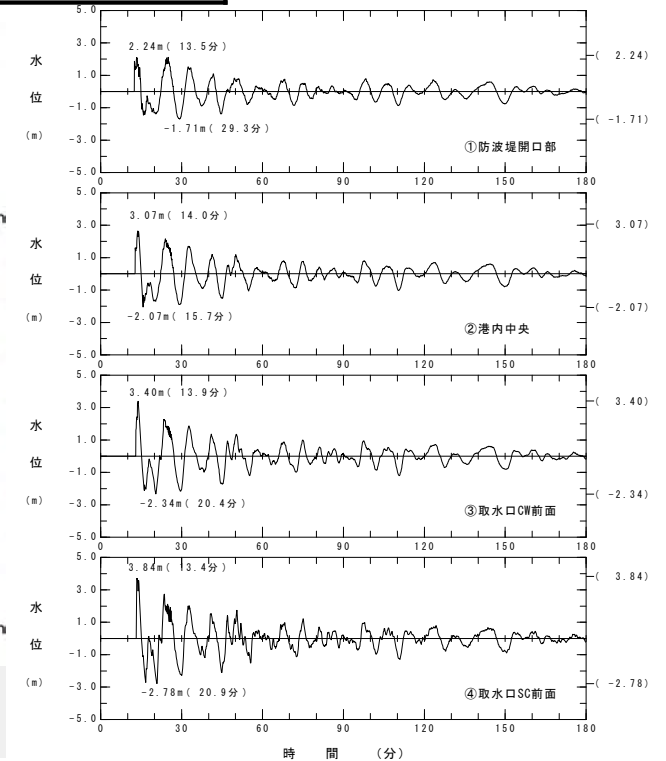
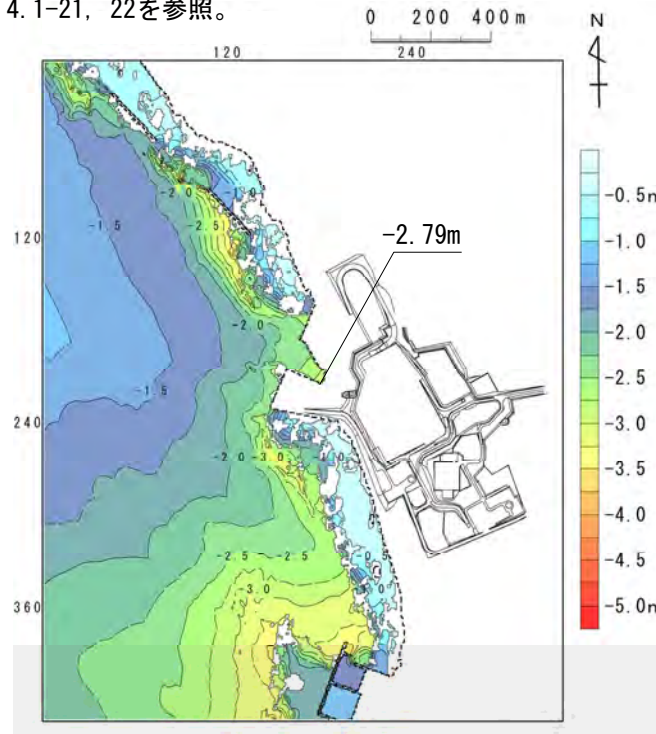
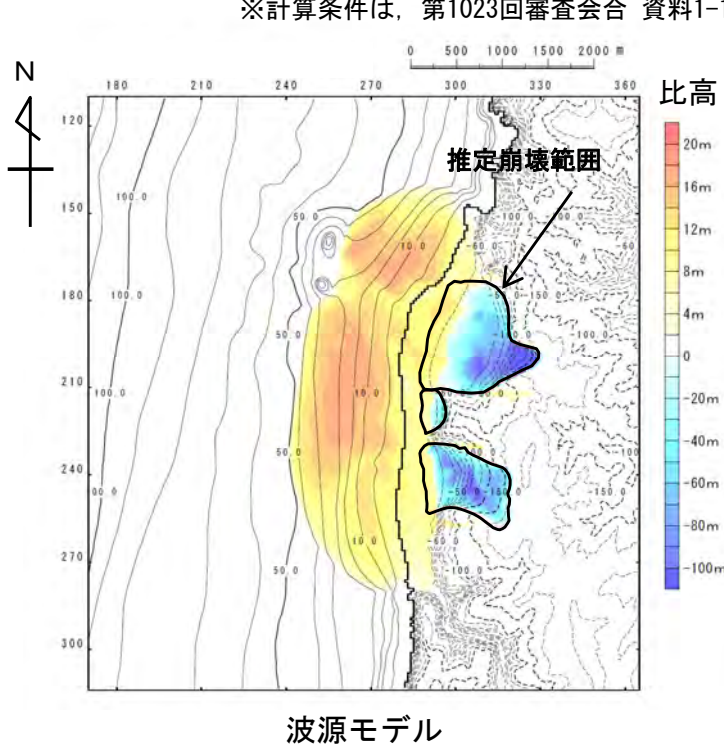
陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果※（下降側）

検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量【防波堤等なし】
佐井エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	-2.79m



水位時刻歴波形出力点

※計算条件は、第1023回審査会合 資料1-1 P.4. 1-21, 22を参照。



6. 防波堤等の影響検討

6-2. 地震以外の要因による津波（6／6）

検討結果

計算結果

- 地震以外の要因による津波【防波堤等なし】の検討結果は以下のとおり。

地震以外の要因による津波【防波堤等なし】

津波	解析モデル	敷地における 最大水位上昇量 【防波堤等なし】	取水口スクリーン室前面 における 最大水位下降量 【防波堤等なし】
佐井エリアの 斜面崩壊に起因する津波 【防波堤等なし】	二層流モデル	4.40m (P. 41参照)	-2.50m (P. 42参照)
	kinematic landslideモデル	4.85m (P. 43参照)	-2.79m (P. 44参照)

(余白)

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象の選定
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
- 6. 防波堤等の影響検討**
 - 6-1. 地震による津波
 - 6-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-3. 津波発生要因の組合せ**
7. 基準津波の策定
 - 7-1. 基準津波の選定
 - 7-2. 基準津波選定結果の検証
 - 7-2-1. 既往津波との比較
 - 7-2-2. 行政機関による既往評価との比較
8. 基準津波

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ（1 / 1 1）

検討方針

- 「5-2. 津波発生要因の組合せ」と同様に、「5-1. 組合せ対象の選定」で選定された、以下の津波発生要因の組合せについて検討する。
 - <上昇側> 日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊
 - <下降側> 内閣府（2020）モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊
- 地震による津波と斜面崩壊に起因する津波の組合せの検討方針は、「5-2. 津波発生要因の組合せ」と同様に実施する。（P. 12~P. 15参照）

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (2 / 1 1)



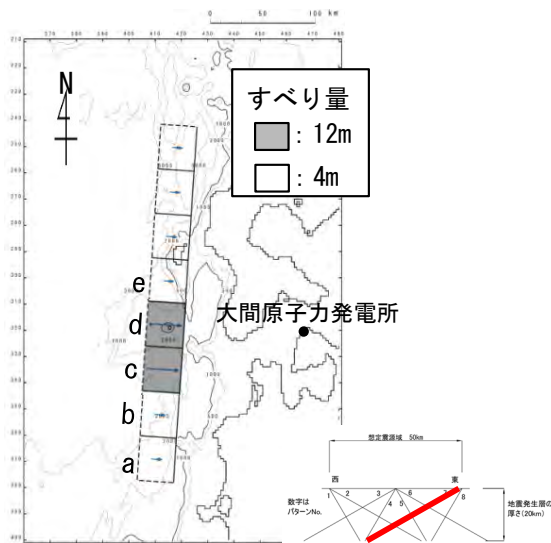
コメントNo.S5-42

上昇側 (1 / 4) : 検討対象津波

- 津波を発生させる要因の組合せとして、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波【防波堤等なし】（上昇側）と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】との組合せを考慮する。

■地震による津波

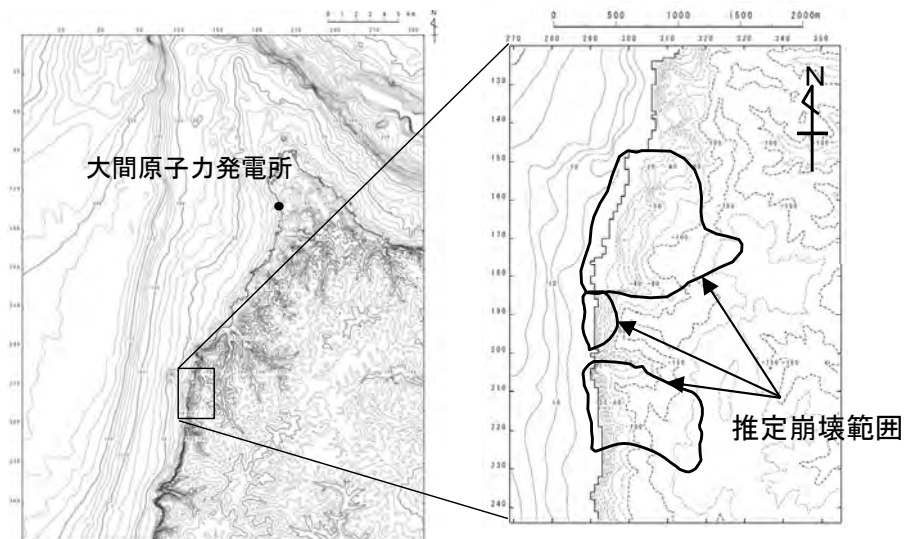
評価対象	地震	決定ケース
最大水位 上昇ケース 【防波堤等なし】	日本海東縁部の地震 Mw=8.2	東西方向東端, 西傾斜($\delta=30^\circ$)の W=40.0km, アスペリティ位置c+d 上縁深さ 2 km



最大水位上昇ケース
【防波堤等なし】

■陸上の斜面崩壊に起因する津波

評価対象	解析モデル
佐井エリアの地すべり地形 最大水位上昇ケース 【防波堤等なし】	kinematic landslideモデル



佐井エリアの地すべり地形
【防波堤等なし】

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (3 / 1 1)

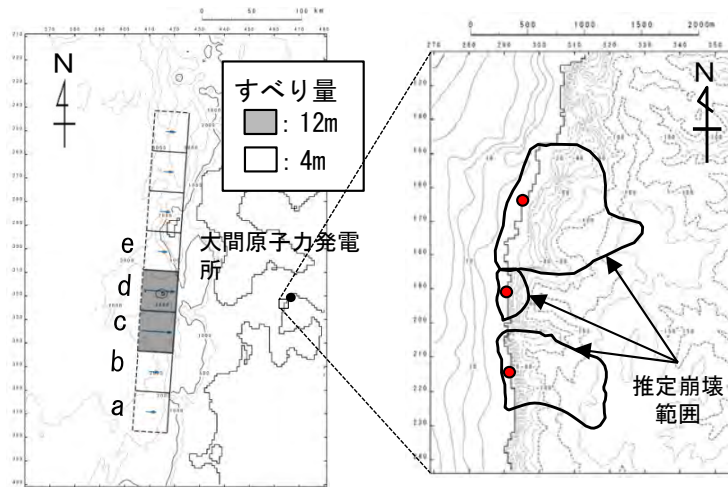


コメントNo.S5-42

上昇側 (2 / 4) : 組合せ時間差 (T_{max}) の設定

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波【防波堤等なし】(上昇側)と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】とを線形に重ね合わせて算出した組合せ時間差 (T_{max}) は42.2sとなった。

■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定



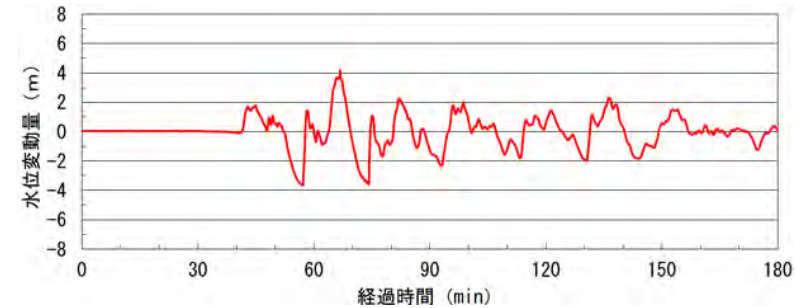
● : 斜面崩壊開始時に土砂が海域に流入し始める点
(斜面崩壊中央の海岸線) = 等価震源距離の評価地点

日本海東縁部の地震
【防波堤等なし】

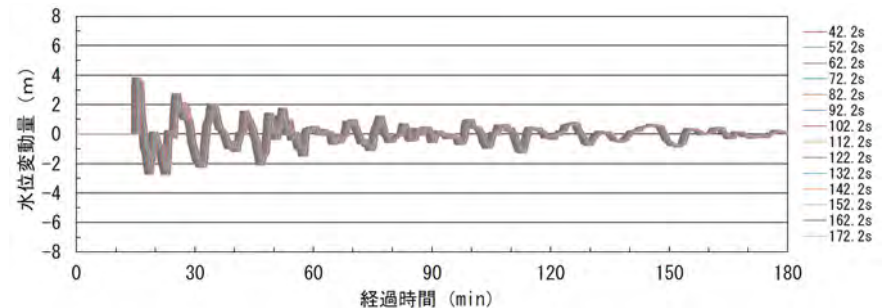
佐井エリアの斜面崩壊
【防波堤等なし】

ケース	条件				結果
区分	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	T_s ※1	T_d ※2	T_{max}
最大水位上昇ケース 【防波堤等なし】	143.5km	3.4km/s※3	42.2s	137.3s	42.2s

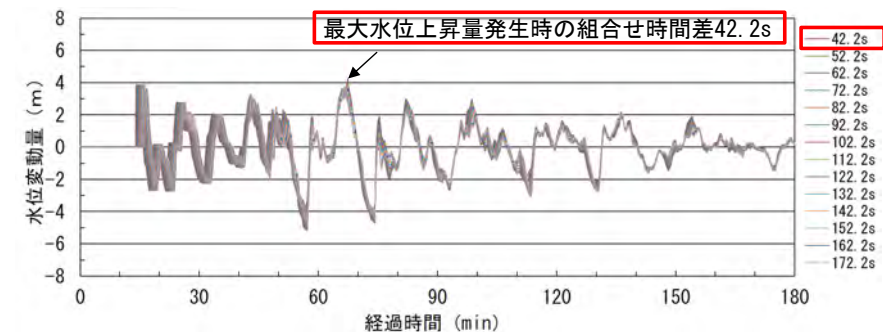
※1: 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2: Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3: 地震調査研究推進本部 (2009) より



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の津波波形 (取水ロスクリン室前面)



佐井エリアの斜面崩壊に伴う津波波形を移動 (取水ロスクリン室前面)



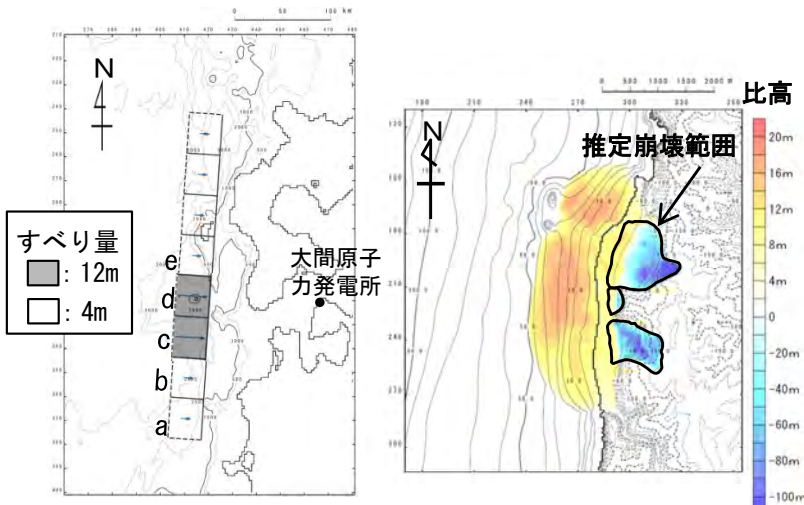
線形足し合せ波形 (取水ロスクリン室前面)
佐井エリアにおける線形足し合せ結果

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (4 / 1 1)

上昇側 (3 / 4) : 水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定 < Step①~Step④の検討結果 (防波堤等なし) >

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波【防波堤等なし】(上昇側)と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】の組合せ時間差のStep①~Step④の検討結果は以下のとおりである。



日本海東縁部の地震
【防波堤等なし】

佐井エリアの斜面崩壊
【防波堤等なし】

上昇側の波源モデル組合せ

Step① 結果一覧

Step	T _{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step① (1.6sピッチ)	0s	42.2s ^{※1}	5.58m
	+1.6s	43.8s	5.62m
	+3.2s	45.4s	5.64m
	+4.8s	47.0s	5.66m
	+6.4s	48.6s	5.67m
	+8.0s	50.2s	5.68m
	+9.6s	51.8s	5.69m
	+11.2s	53.4s	5.71m
	+12.8s	55.0s	5.72m
	+14.4s	56.6s	5.74m
	+16.0s	58.2s	5.77m
	+17.6s	59.8s	5.79m
	+19.2s	61.4s	5.81m
	+20.8s	63.0s	5.83m
	+22.4s	64.6s	5.85m
	+24.0s	66.2s	5.87m
+25.6s	67.8s	5.88m	
+27.2s	69.4s	5.89m	
+28.8s	71.0s	5.88m	
+30.4s	72.6s	5.88m	

■ : 各Stepの最大水位上昇ケース

Step② 結果一覧

Step	T _{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step② (0.8sピッチ)	+25.6s	67.8s	5.88m
	+26.4s	68.6s	5.89m
	+27.2s	69.4s	5.89m ^{※2}
	+28.0s	70.2s	5.89m
	+28.8s	71.0s	5.88m

Step③ 結果一覧

Step	T _{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step③ (0.4sピッチ)	+26.4s	68.6s	5.89m
	+26.8s	69.0s	5.89m
	+27.2s	69.4s	5.89m ^{※2}
	+27.6s	69.8s	5.89m
	+28.0s	70.2s	5.89m

Step④ 結果一覧

Step	T _{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step④ (0.2sピッチ)	+26.8s	69.0s	5.89m
	+27.0s	69.2s	5.89m
	+27.2s	69.4s	5.89m ^{※2}
	+27.4s	69.6s	5.89m
	+27.6s	69.8s	5.89m

※1 : T_{max}=T_sより、マイナス側の時間差は考慮しない。

※2 : 小数点第3位以下を考慮すると最大

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (5 / 1 1)



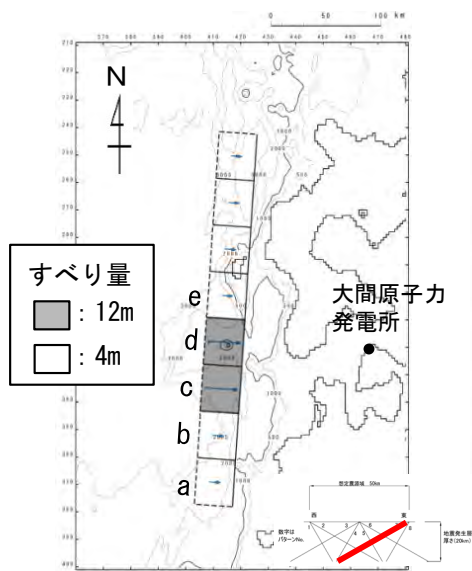
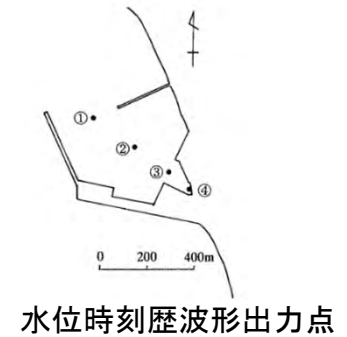
コメントNo.S5-42

上昇側 (4 / 4) : 検討結果 (防波堤等なし)

- 組合せ時間差のStep①～Step④の最大水位上昇ケース検討結果【防波堤等なし】は以下のとおりである。

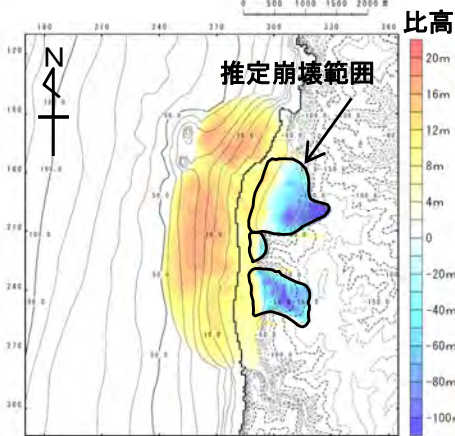
津波発生要因の組合せに関する検討結果 (上昇側) 【防波堤等なし】

津波	敷地における最大水位上昇量
日本海東縁部に想定される地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差 = 69.4s)	5.89m

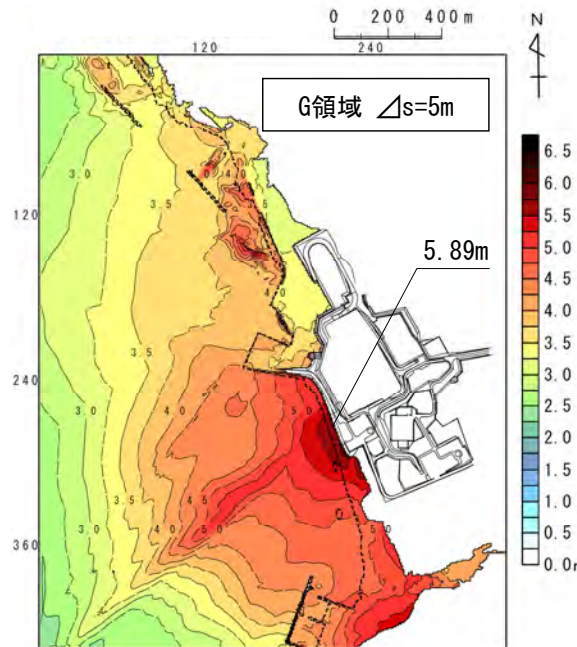


日本海東縁部の地震
【防波堤等なし】

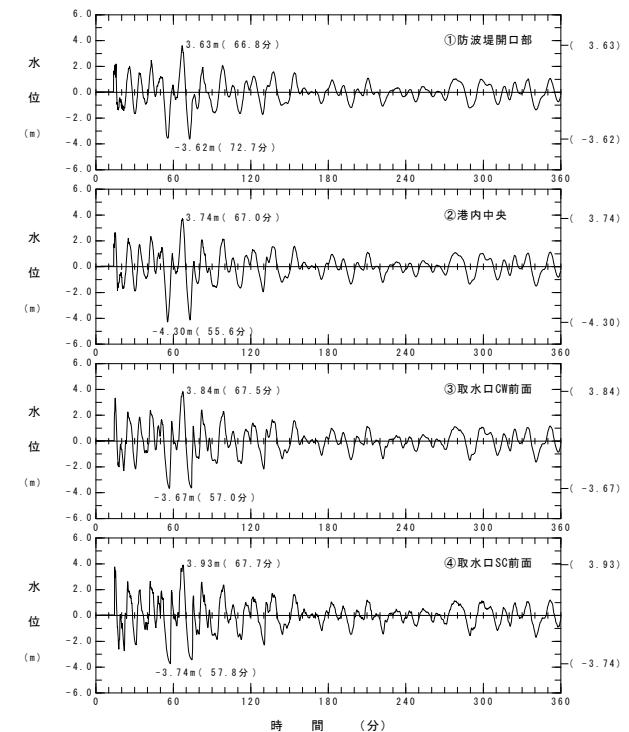
上昇側の波源モデル組合せ



佐井エリアの斜面崩壊
【防波堤等なし】



最大水位上昇量分布
上昇側最大ケース
【防波堤等なし】



水位時刻歴波形

6. 防波堤等の影響検討

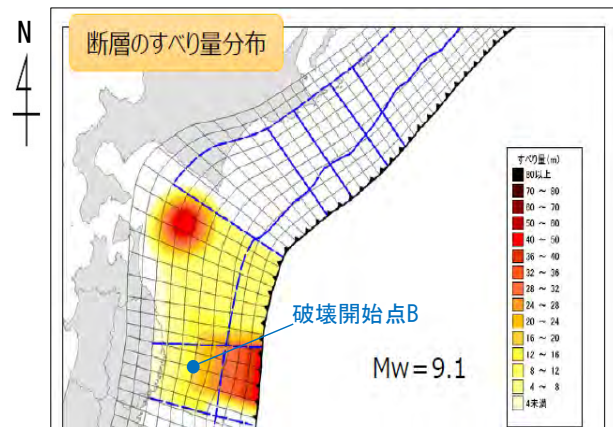
6-3. 津波発生要因の組合せ (6 / 1 1)

下降側 (1 / 4) : 検討対象津波

- 津波を発生させる要因の組合せとして、内閣府 (2020) モデルによる津波【防波堤等なし】 (下降側) と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】との組合せを考慮する。

■地震による津波

評価対象	地震	決定ケース
最大水位 下降ケース 【防波堤等なし】	内閣府 (2020) モデルによる地震 Mw=9.1	内閣府 (2020) モデル

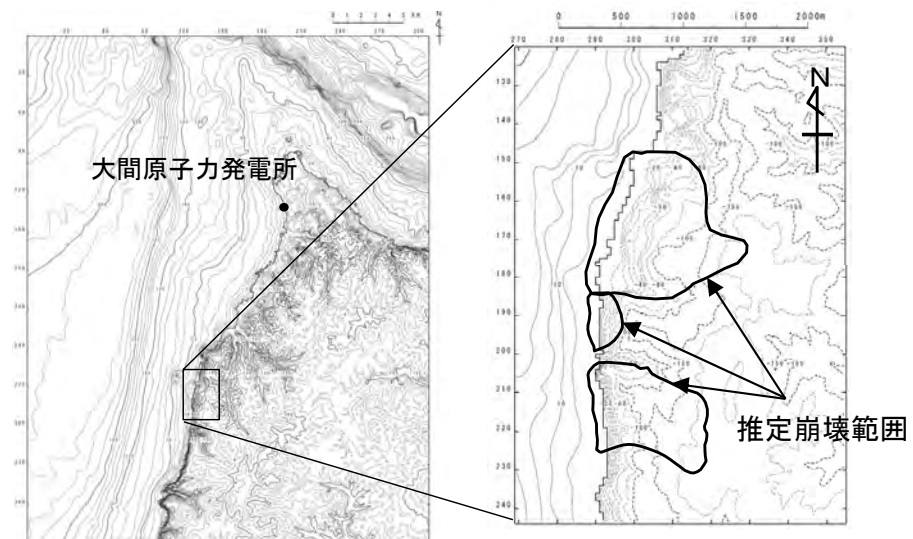


内閣府 (2020) に一部加筆

最大水位下降ケース
【防波堤等なし】

■陸上の斜面崩壊に起因する津波

評価対象	解析モデル
佐井エリアの 地すべり地形 最大水位下降ケース 【防波堤等なし】	kinematic landslideモデル

佐井エリアの地すべり地形
【防波堤等なし】

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (7 / 1 1)

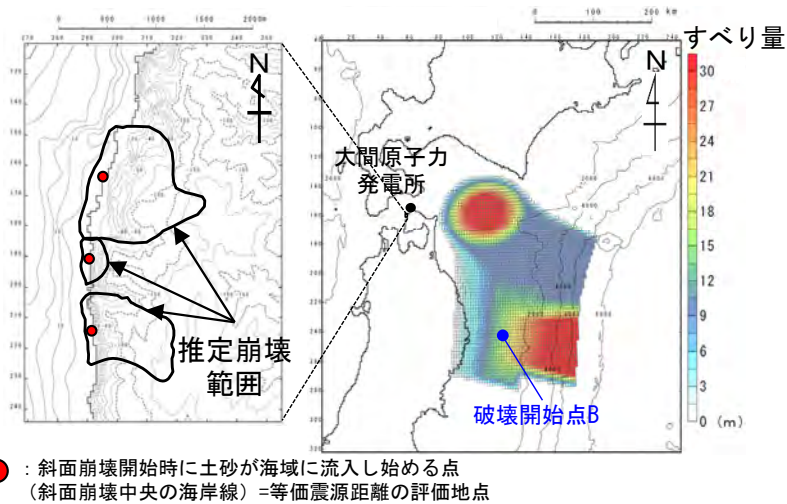


コメントNo.S5-42

下降側 (2 / 4) : 組合せ時間差 (T_{max}) の設定

- 内閣府 (2020) モデルによる津波【防波堤等なし】 (下降側) と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】とを線形に重ね合わせて算出した組合せ時間差 (T_{max}) は304.4sとなった。

■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定

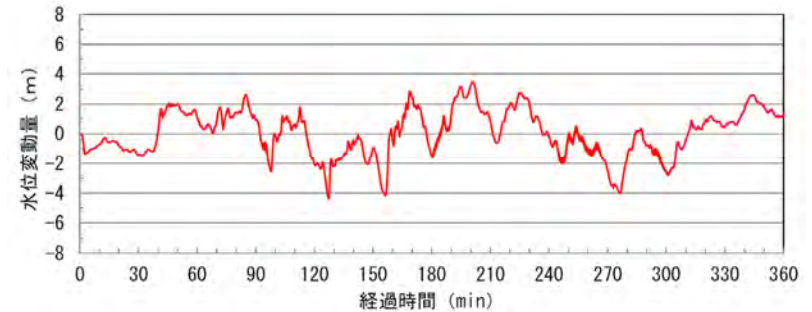


佐井エリアの斜面崩壊
【防波堤等なし】

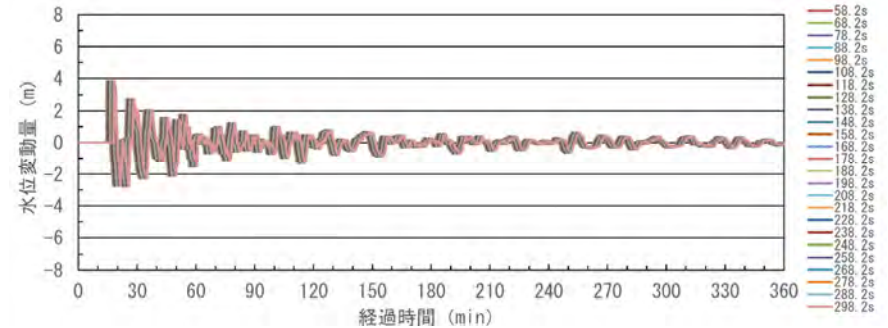
内閣府 (2020) モデルによる地震
【防波堤等なし】

ケース	条件				結果
区分	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	T_s ※1	T_d ※2	T_{max}
最大水位下降ケース 【防波堤等なし】	198.0km	3.4km/s※3	58.2s	246.1s	304.4s

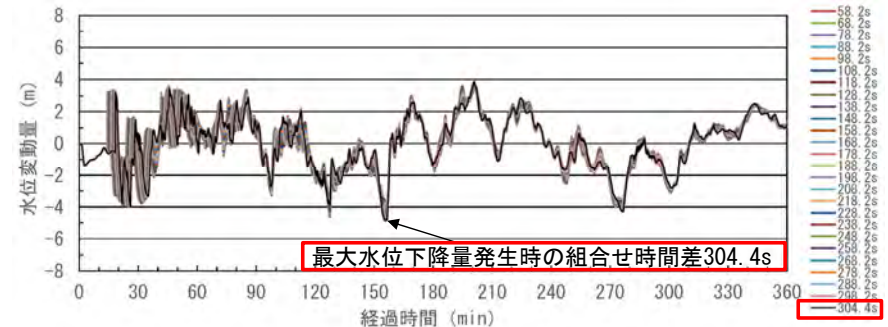
※1: 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2: Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3: 地震調査研究推進本部 (2009) より



内閣府 (2020) モデルによる津波の津波波形 (取水ロスクリーン室前面)



佐井エリアの斜面崩壊に伴う津波波形を移動 (取水ロスクリーン室前面)



線形足し合せ波形 (取水ロスクリーン室前面)
 佐井エリアにおける線形足し合せ結果

6. 防波堤等の影響検討

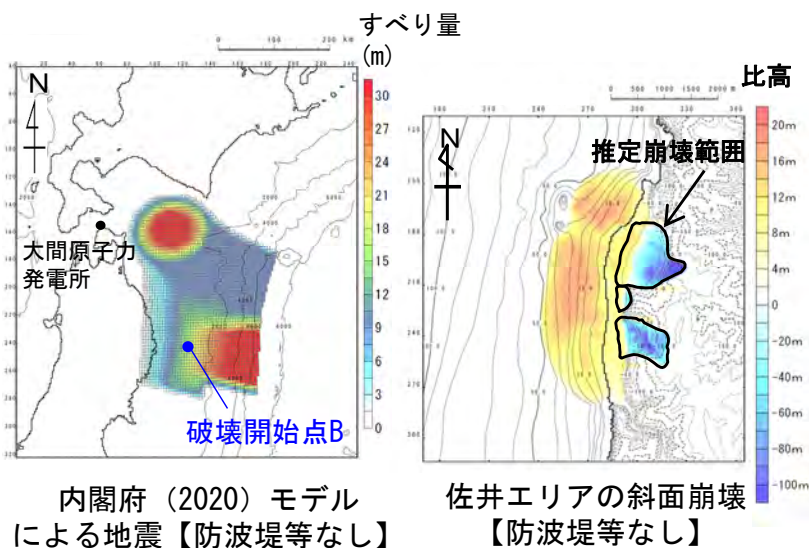
6-3. 津波発生要因の組合せ (8 / 11)

コメントNo.S5-42



下降側 (3 / 4) : 水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定 < Step①~Step④の検討結果 (防波堤等なし) >

- 内閣府 (2020) モデルによる津波【防波堤等なし】 (下降側) と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】の組合せ時間差のStep①~Step④の検討結果は以下のとおりである。



下降側の波源モデル組合せ

Step① 結果一覧

Step	T_{\max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位下降量
Step① (1.6sピッチ)	-4.8s	299.6s	-5.06m
	-3.2s	301.2s	-5.08m
	-1.6s	302.8s	-5.08m
	0s	304.4s ^{※1}	-5.09m

Step② 結果一覧

Step	T_{\max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位下降量
Step② (0.8sピッチ)	-1.6s	302.8s	-5.08m
	-0.8s	303.6s	-5.02m
	0s	304.4s ^{※1}	-5.09m

Step③ 結果一覧

Step	T_{\max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位下降量
Step③ (0.4sピッチ)	-0.8s	303.6s	-5.02m
	-0.4s	304.0s	-5.09m ^{※2}
	0s	304.4s ^{※1}	-5.09m

Step④ 結果一覧

Step	T_{\max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位下降量
Step④ (0.2sピッチ)	-0.8s	303.6s	-5.02m
	-0.6s	303.8s	-5.08m
	-0.4s	304.0s	-5.09m
	-0.2s	304.2s	-5.12m
	0s	304.4s ^{※1}	-5.09m

■ : 各ステップの最大水位下降ケース

※1: $T_{\max} = T_s + T_d$ より, プラス側の時間差は考慮しない。

※2: 小数点第3位以下を考慮すると最大

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (9 / 11)



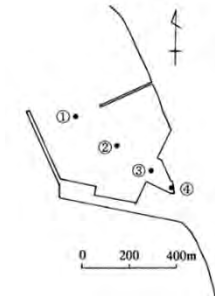
コメントNo.S5-42

下降側 (4 / 4) : 検討結果 (防波堤等なし)

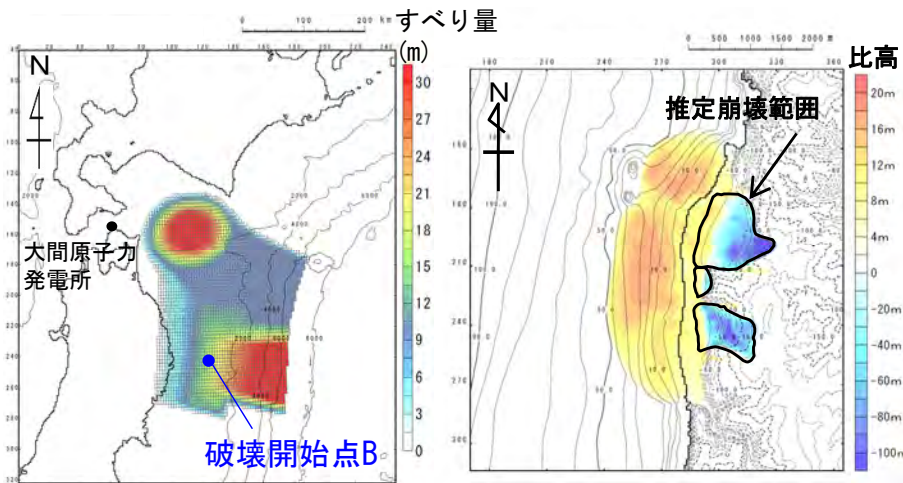
• 組合せ時間差のStep①～Step④の最大水位下降ケース検討結果【防波堤等なし】は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (下降側) 【防波堤等なし】

津波	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
内閣府 (2020) モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差 = 304.2s)	-5.12m



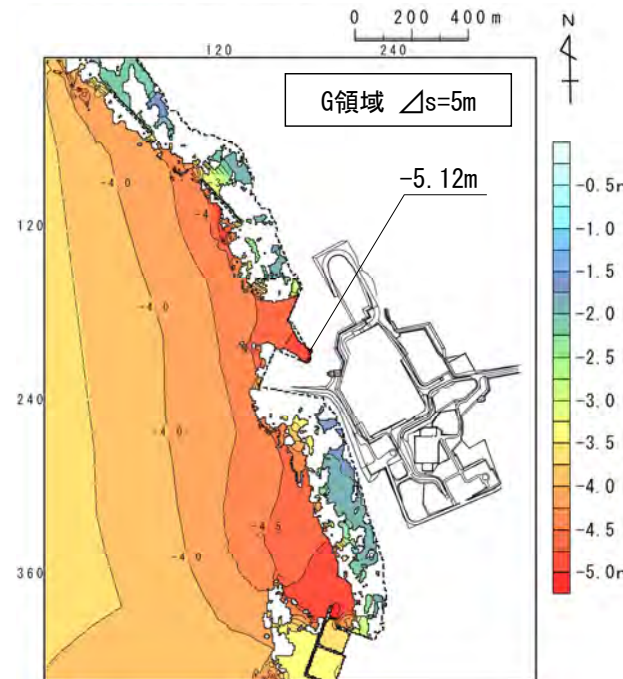
水位時刻歴波形出力点



内閣府 (2020) モデルによる地震
【防波堤等なし】

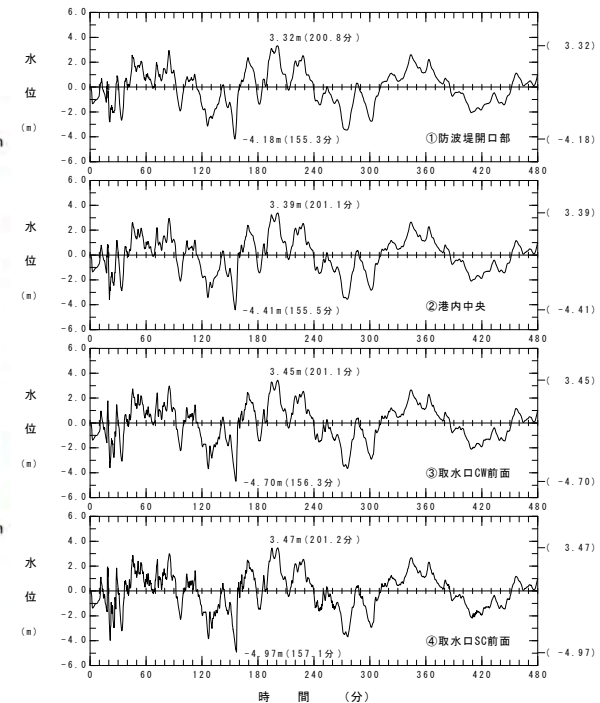
佐井エリアの斜面崩壊
【防波堤等なし】

下降側の波源モデル組合せ



最大水位下降量分布

下降側最大ケース
【防波堤等なし】



水位時刻歴波形

6. 防波堤等の影響検討

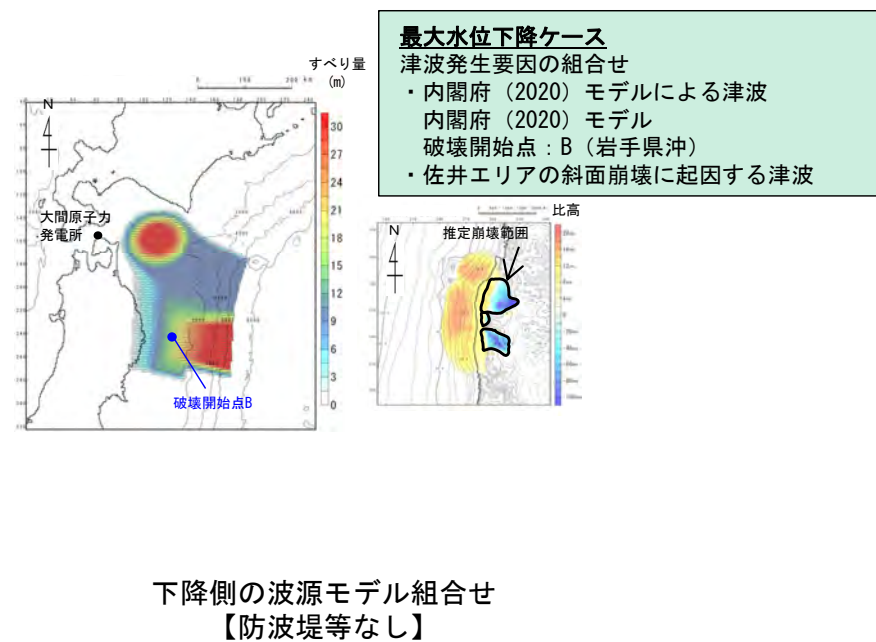
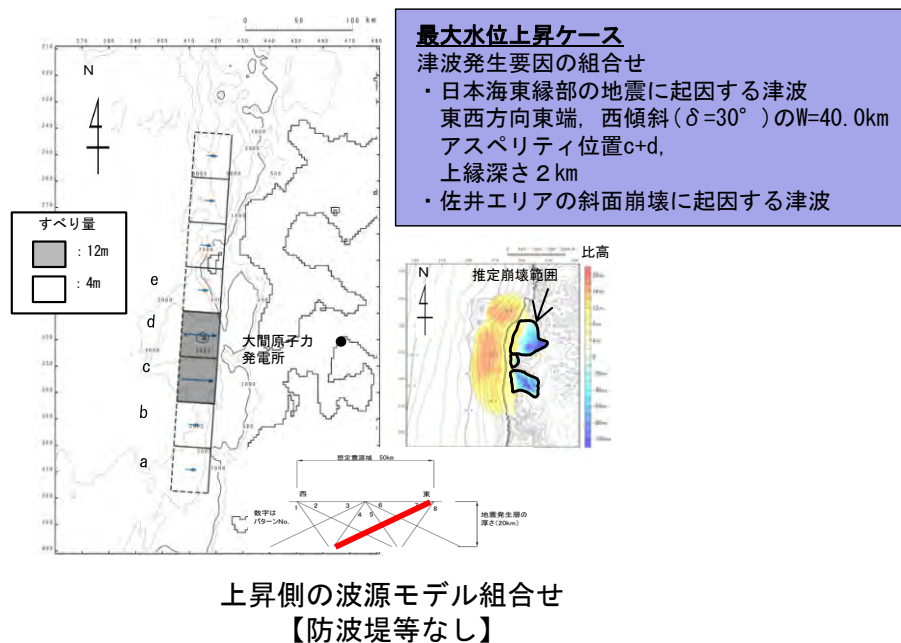
6-3. 津波発生要因の組合せ (10 / 11)

検討結果

- 津波発生要因の組合せ【防波堤等なし】に関する検討結果は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果【防波堤等なし】

津波	敷地における 最大水位上昇量 【防波堤等なし】	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量 【防波堤等なし】
日本海東縁部に想定される地震と 佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	5.89m (P. 52参照)	—
内閣府 (2020) モデルによる地震と 佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.12m (P. 56参照)





組合せ結果の妥当性確認【防波堤等なし】

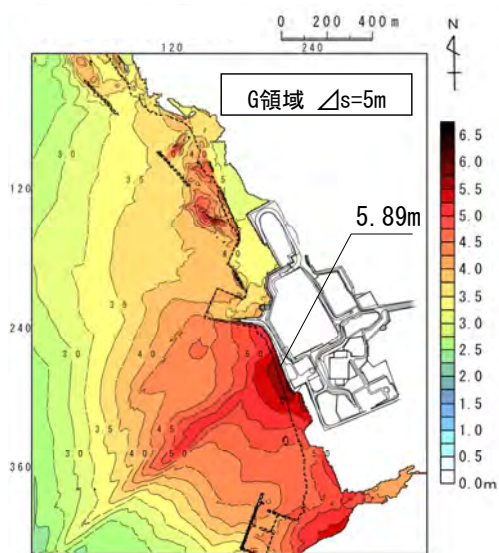
- 津波発生要因の組合せに関する検討結果は以下のとおりであり、津波発生要因の組合せに関する検討結果と組合せ前の単独ケースを比較し、最大水位上昇量、最大水位下降量ともに、津波発生要因の組合せの方が水位変動量が大きくなることを確認した。

津波発生要因の組合せに関する検討結果【防波堤等なし】

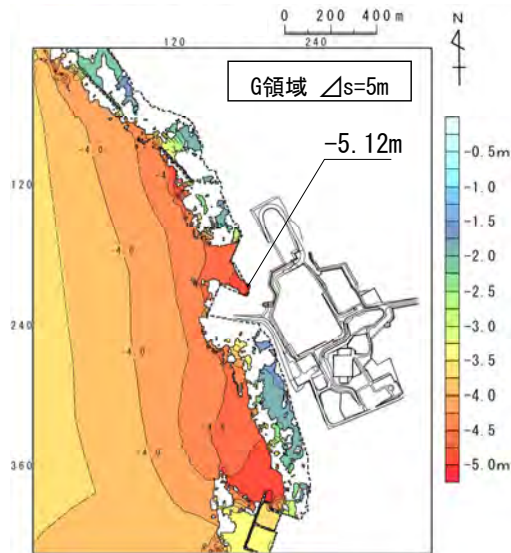
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水ロスクリン室前面における最大水位下降量
組合せ	日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	5.89m (P.52参照)	—
	内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.12m (P.56参照)

津波発生要因の組合せ前の単独ケースの検討結果【防波堤等なし】

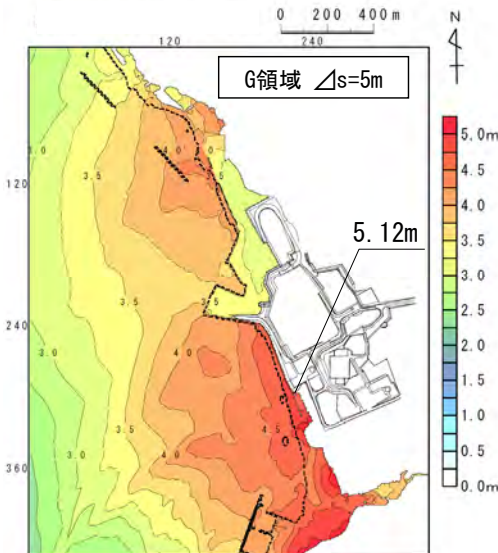
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水ロスクリン室前面における最大水位下降量
地震による津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.12m (P.35参照)	—
	内閣府(2020)モデルによる津波	—	-4.38m (P.37参照)



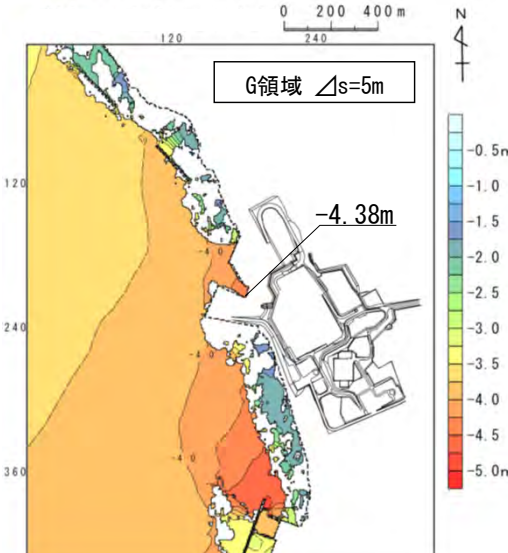
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位上昇量分布【防波堤等なし】



内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位下降量分布【防波堤等なし】



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量分布【防波堤等なし】



内閣府(2020)モデルによる津波の最大水位下降量分布【防波堤等なし】

【参考】津波の評価のまとめ（1 / 2）

津波の評価一覧【防波堤等あり】

区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
地震による津波※ ¹	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.85m	-3.78m
	三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波	3.69m	-3.53m
	内閣府（2020）モデルによる津波	4.01m	-4.89m
	三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波	2.90m	-2.57m
	チリ沖に想定される地震に伴う津波	3.06m	-3.48m
	海域活断層に想定される地震に伴う津波 （奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動※ ³ による地震）	2.25m	-2.46m
地震以外の要因による津波※ ²	陸上の斜面崩壊に起因する津波 （佐井エリアの地すべり地形）	4.97m	-3.49m
	海底地すべりに起因する津波 （海底地すべり地形Ms-2）	0.53m	-0.53m
	火山現象に起因する津波 （渡島大島の山体崩壊）	3.09m	-3.12m
組合せ	日本海東縁部に想定される地震と 佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	6.59m（P. 20参照）	—
	内閣府（2020）モデルによる地震と 佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.32m（P. 24参照）

※¹：地震による津波の水位は、第1023回審査会合 資料1-1 P. 3. 5-2参照

※²：地震以外の要因による津波の水位は、第1023回審査会合 資料1-1 P. 4. 4-2参照

※³：国交省ほか（2014）のF18断層の位置で評価



津波の評価一覧【防波堤等なし】

区分	津波	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
地震による 津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.12m (P. 35参照)	—
	内閣府（2020）モデルによる津波	—	-4.38m (P. 37参照)
地震以外の 要因による 津波	陸上の斜面崩壊に起因する津波 （佐井エリアの地すべり地形）	4.85m (P. 43参照)	-2.79m (P. 44参照)
組合せ	日本海東縁部に想定される地震と 佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	5.89m (P. 52参照)	—
	内閣府（2020）モデルによる地震と 佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.12m (P. 56参照)

補足説明資料

目次

(補足1) 佐井エリア以外の陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討	63
(補足2) 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認	91
(補足3) 津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間	105

目次

- (補足1) 佐井エリア以外の陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討
- (補足2) 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
- (補足3) 津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間

検討方針

- 本編資料「5-1. 組合せ対象の選定 ③地震と陸上の斜面崩壊」において、地震による津波との組合せ先として、敷地への津波の影響が佐井エリアよりも小さい佐井エリア以外の4エリア（恵山エリア、函館エリア、知内エリア及び竜飛崎エリア）の斜面崩壊の組合せは考慮しないこととした。
- ここでは、念のため上記の妥当性を確認することを目的として、佐井エリア以外の4エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波を対象に、地震による津波との組合せの影響を確認する。検討フローは以下のとおり。

1. 佐井エリア以外の組合せ影響検討対象エリアの抽出

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波波形（上昇側）及び内閣府（2020）モデルによる津波波形（下降側）と、恵山エリア、函館エリア、知内エリア及び竜飛崎エリアの陸上の斜面崩壊に起因するそれぞれの津波波形（概略影響検討、第1023回審査会合 資料1-1 P. 4. 1-27~P. 4. 1-30）との線形足し合せを実施し、組合せの影響が最も大きくなる陸上の斜面崩壊エリアを抽出する。

2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討

- 1. の検討で抽出されたエリアの陸上の斜面崩壊による津波について、斜面崩壊地形を考慮した津波のシミュレーションを実施する。（二層流モデル及びkinematic landslideモデルを用いて総合的に評価）

3. 津波発生要因の組合せによる影響検討

- 以下の組合せによる津波の検討を実施し、佐井エリア以外の斜面崩壊に起因する津波の組合せが、佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せに比べて敷地への影響は小さいことを確認する。
 - ✓ 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と1. の検討で抽出されたエリアの斜面崩壊に起因する津波
 - ✓ 内閣府（2020）モデルによる地震に伴う津波と1. の検討で抽出されたエリアの斜面崩壊に起因する津波

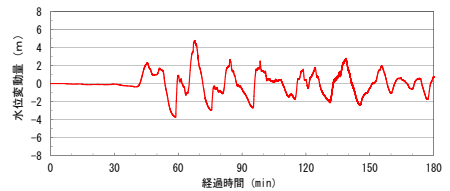
1. 佐井エリア以外の組合せ影響検討対象エリアの抽出 (1/3)

線形足し合せ結果【上昇側】

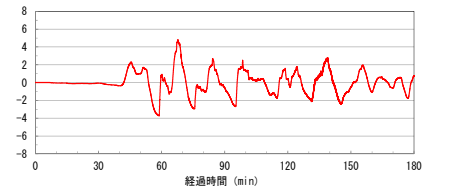
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の波形と概略影響検討による佐井エリア以外の斜面崩壊による津波の波形とを線形に足し合わせて、上昇側の組合せの影響を比較した。なお、この際、斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間 (Ts) ※1及び斜面崩壊位置での地震継続時間 (Td) ※2を考慮し、斜面崩壊に伴う津波波形は、Ts~Ts+Td間で移動させている。
- 上昇側については知内エリアの影響が最も大きいことを確認した。

区分	地すべりエリア	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	Ts※1	Td※2
最大水位上昇ケース	知内エリア	99.9km	3.4km/s※3	29.4s	120.9s
	函館エリア	125.9km		37.0s	131.0s
	恵山エリア	157.8km		46.4s	142.1s
	竜飛崎エリア	121.8km		35.8s	129.5s

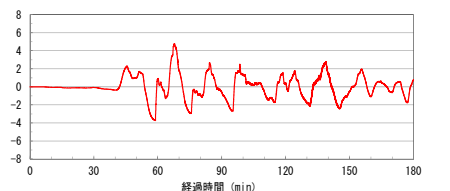
※1: 各断層面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2: Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3: 地震調査研究推進本部(2009) より



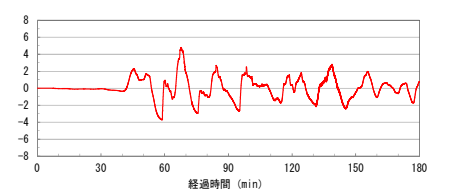
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の津波波形



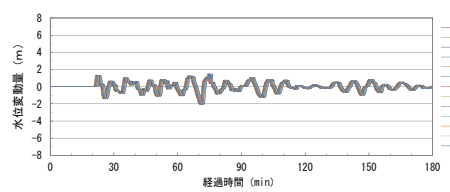
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の津波波形



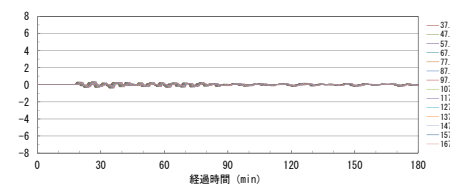
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の津波波形



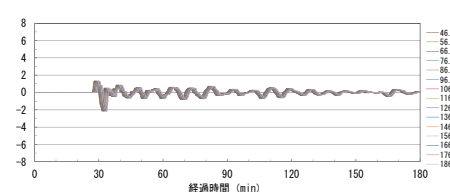
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の津波波形



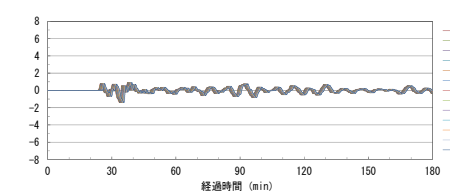
陸上の斜面崩壊に伴う津波波形 (概略影響検討) を移動



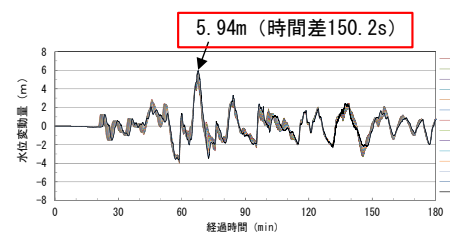
陸上の斜面崩壊に伴う津波波形 (概略影響検討) を移動



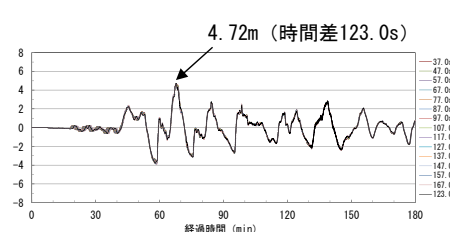
陸上の斜面崩壊に伴う津波波形 (概略影響検討) を移動



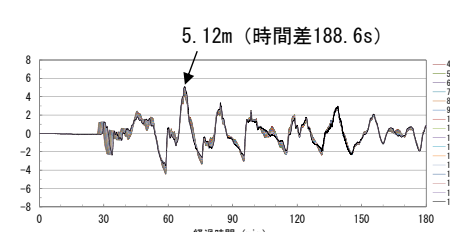
陸上の斜面崩壊に伴う津波波形 (概略影響検討) を移動



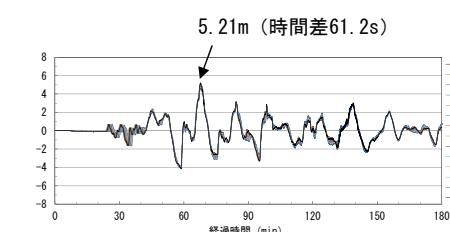
知内エリアにおける線形足し合せ結果 (取水口スクリーン室前面)



函館エリアにおける線形足し合せ結果 (取水口スクリーン室前面)



恵山エリアにおける線形足し合せ結果 (取水口スクリーン室前面)



竜飛崎エリアにおける線形足し合せ結果 (取水口スクリーン室前面)

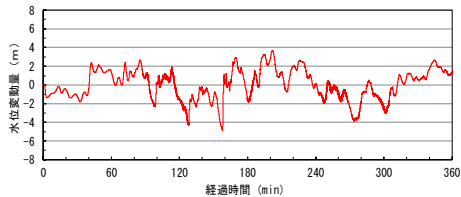
1. 佐井エリア以外の組合せ影響検討対象エリアの抽出 (2/3)

線形足し合せ結果【下降側】

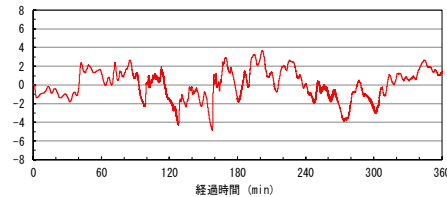
- 内閣府(2020)モデルによる津波の波形と概略影響検討による佐井エリア以外の斜面崩壊による津波の波形とを線形に足し合わせて、下降側の組合せの影響を比較した。なお、この際、斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間(Ts)^{※1}及び斜面崩壊位置での地震継続時間(Td)^{※2}を考慮し、斜面崩壊に伴う津波波形は、Ts~Ts+Td間で移動させている。
- 下降側については知内エリアの影響が最も大きいことを確認した。

区分	地すべりエリア	等価震源距離	地震波速度(S波速度)	Ts ^{※1}	Td ^{※2}
最大水位下降ケース	知内エリア	238.5km	3.4km/s ^{※3}	70.2s	262.3s
	函館エリア	219.0km		64.4s	254.7s
	恵山エリア	185.4km		54.6s	240.8s
	竜飛崎エリア	213.0km		62.6s	252.3s

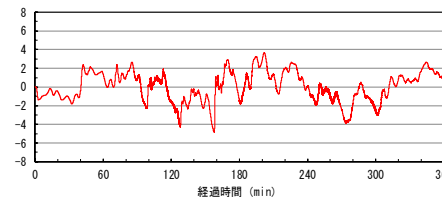
※1: 各断層面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2: Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3: 地震調査研究推進本部(2009)より



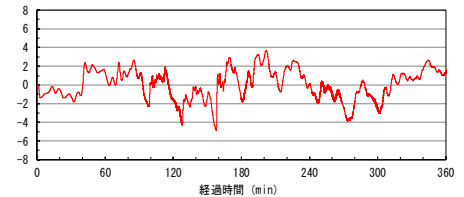
内閣府(2020)モデルによる津波の津波波形



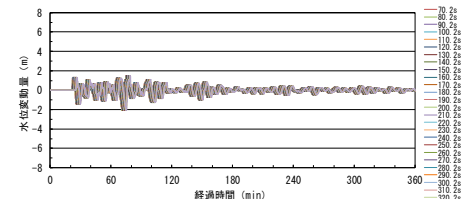
内閣府(2020)モデルによる津波の津波波形



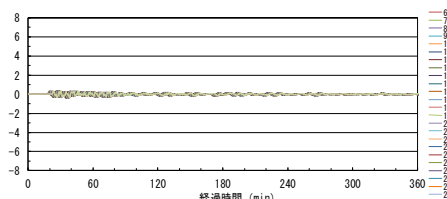
内閣府(2020)モデルによる津波の津波波形



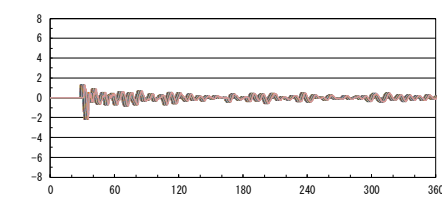
内閣府(2020)モデルによる津波の津波波形



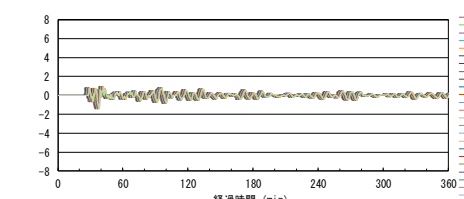
陸上の斜面崩壊に伴う津波波形(概略影響検討)を移動



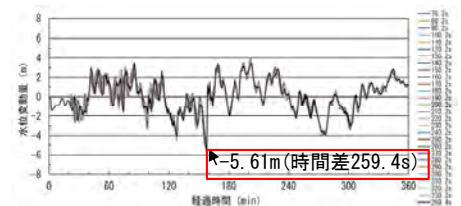
陸上の斜面崩壊に伴う津波波形(概略影響検討)を移動



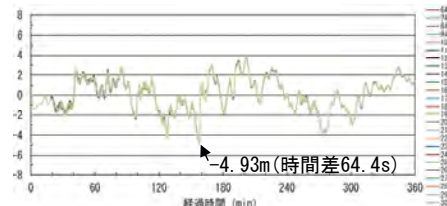
陸上の斜面崩壊に伴う津波波形(概略影響検討)を移動



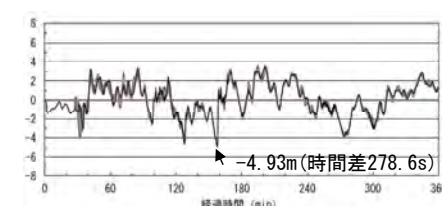
陸上の斜面崩壊に伴う津波波形(概略影響検討)を移動



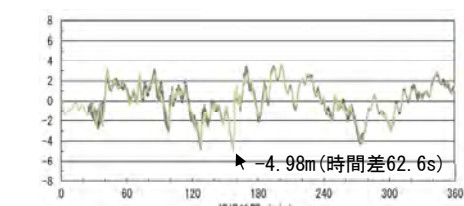
知内エリアにおける線形足し合せ結果(取水口スクリーン室前面)



函館エリアにおける線形足し合せ結果(取水口スクリーン室前面)



恵山エリアにおける線形足し合せ結果(取水口スクリーン室前面)



竜飛崎エリアにおける線形足し合せ結果(取水口スクリーン室前面)

1. 佐井エリア以外の組合せ影響検討対象エリアの抽出 (3 / 3)

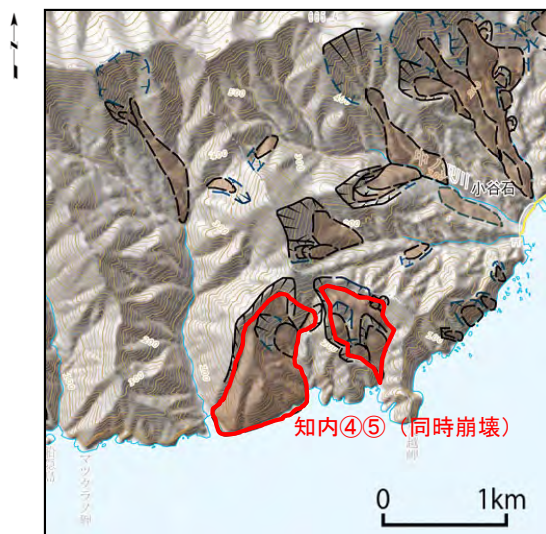
まとめ

- ・日本海東縁部に想定される地震に伴う津波波形（上昇側）及び内閣府（2020）モデルによる津波波形（下降側）と、恵山エリア，函館エリア，知内エリア及び竜飛崎エリアの陸上の斜面崩壊に起因するそれぞれの津波波形（概略影響検討）との線形足し合せを実施し，組合せの影響が最も大きくなる陸上の斜面崩壊エリアとして，上昇側，下降側共，知内エリアを抽出した。

2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (1 / 12)

検討方針

- 1. の検討で抽出された知内エリアの陸上の斜面崩壊による津波について、知内エリアの斜面崩壊地形を考慮した津波のシミュレーションを実施する。なお、数値シミュレーションは、二層流モデル及びkinematic landslideモデルの双方を用いて、総合的に評価する。



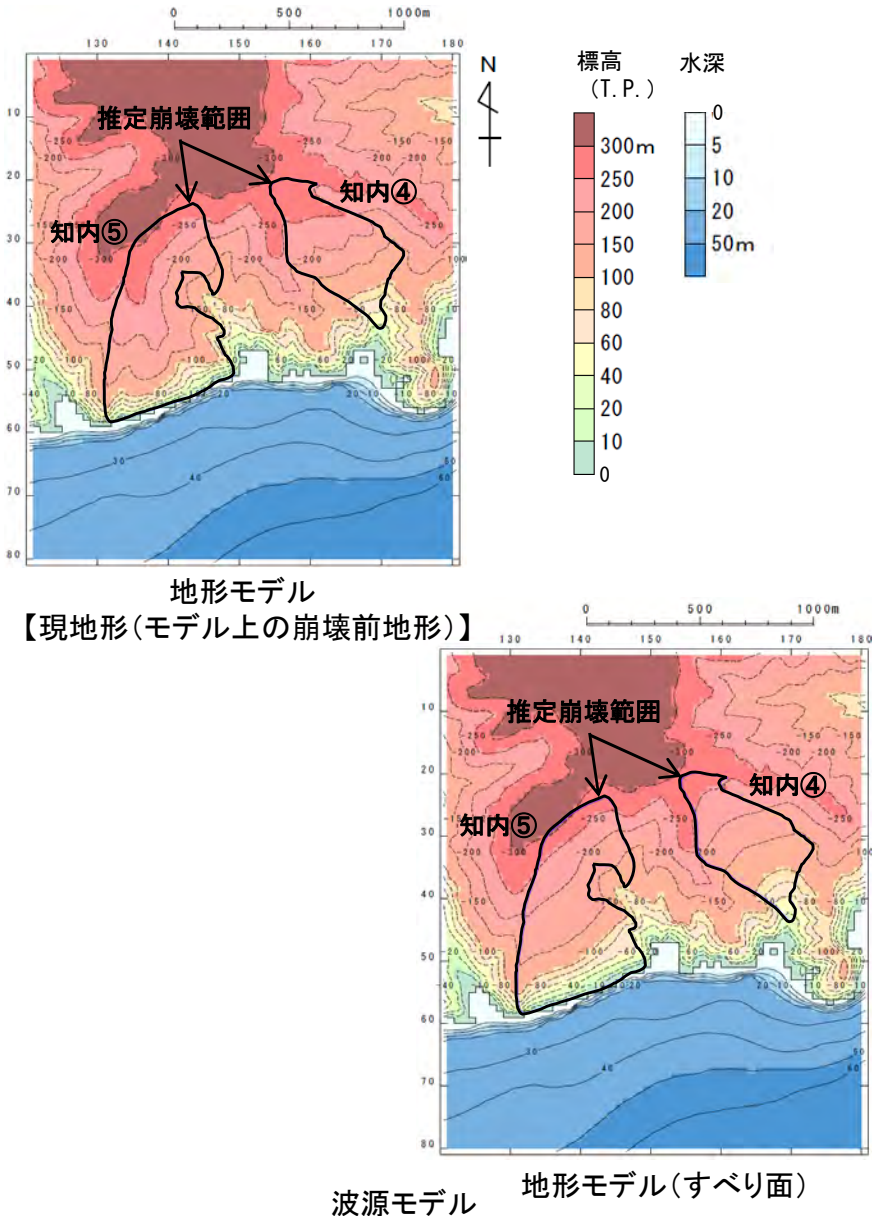
「国土地理院の空中写真」

知内エリアの対象地すべりブロック

2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (2/12) : 解析モデル①<二層流モデル> (1/6)

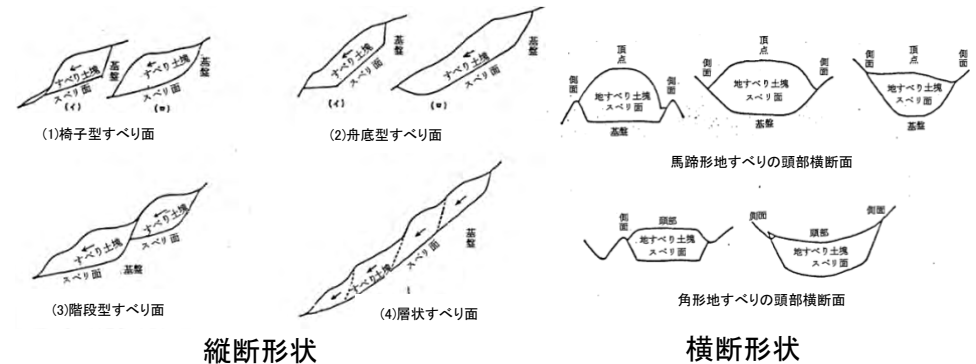
第868回審査会合
資料2-2 P.307再掲

すべり面及び崩壊量の設定【知内エリアの地すべり地形】



○解析モデル①として二層流モデルを採用した*。
○検討対象地すべり地形の推定すべり面は、高速道路調査会(1985)等を参照し、以下の考えに基づき設定した(P.70, P.71参照)。

- ・推定された地すべり厚さDが地すべりブロック中央部付近の代表的な厚さとする。
- ・地すべりブロック縦断方向に対しては、ブロック中央部付近でおおむね一定勾配を呈し、ブロック頭部に向かって漸増的に急勾配化させる。ブロック端部では、頭部とは逆に中央部から末端部に向かって徐々に緩勾配化させる。
- ・横断方向に対しては、ブロック中央部付近では一定勾配を呈し、ブロック側方境界部に向かって漸増的に急勾配化させる。
- ・すべり面形状が地表面地形形状に滑らかな接続となるようにする。



すべり面形状例 高速道路調査会(1985)に一部加筆

○現地地形を解析モデル上の崩壊前地形と設定した。
○作成した現地地形モデルとすべり面モデルより算出した知内エリアの検討対象地すべり地形(知内④⑤)の崩壊量は $1.29 \times 10^7 m^3$ である。

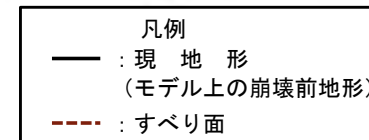
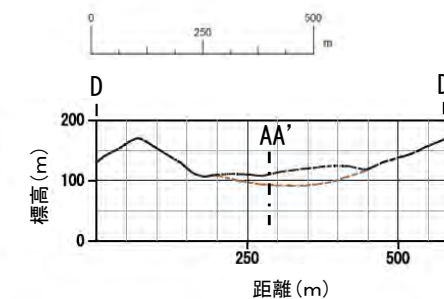
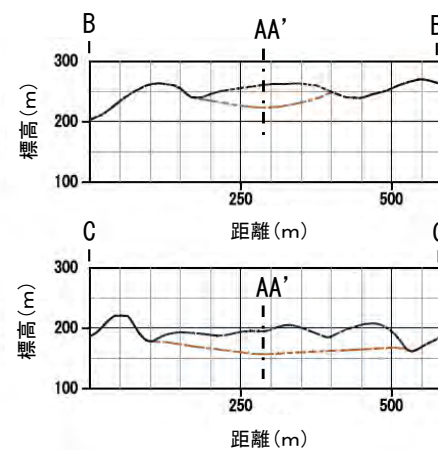
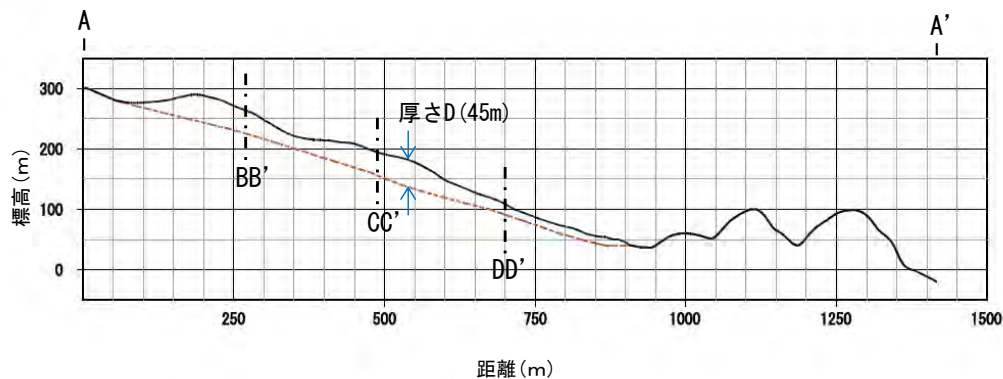
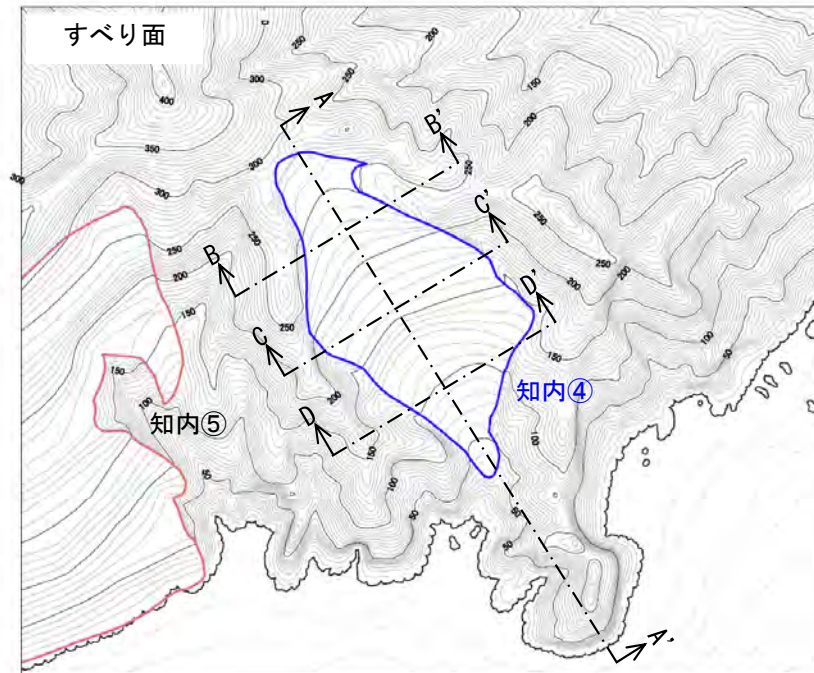
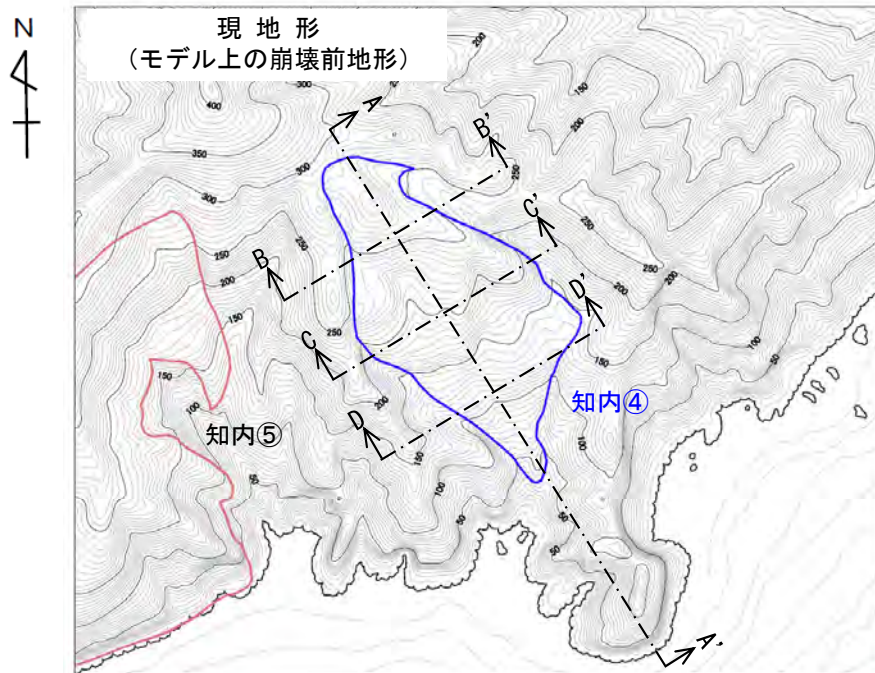
*第1023回審査会合 資料1-2「7-2. 二層流モデルの適用性について」参照。

2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (3/12) : 解析モデル①<二層流モデル> (2/6)

第868回審査会合

資料2-2 P.308再掲

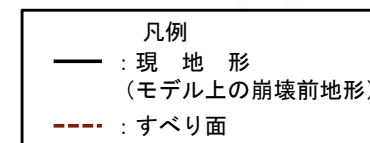
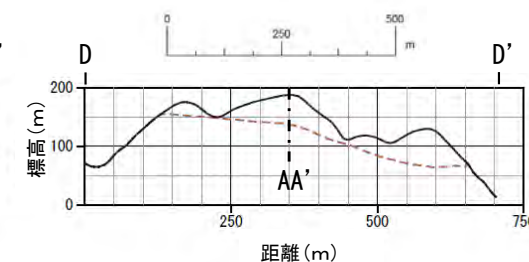
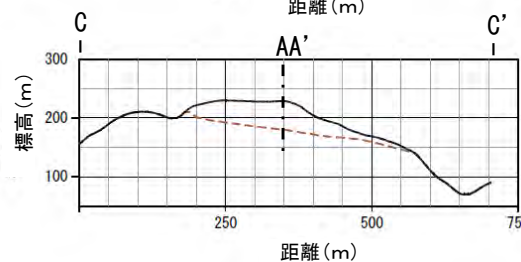
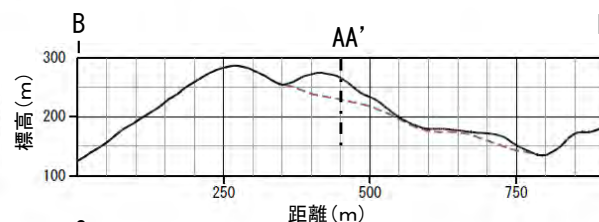
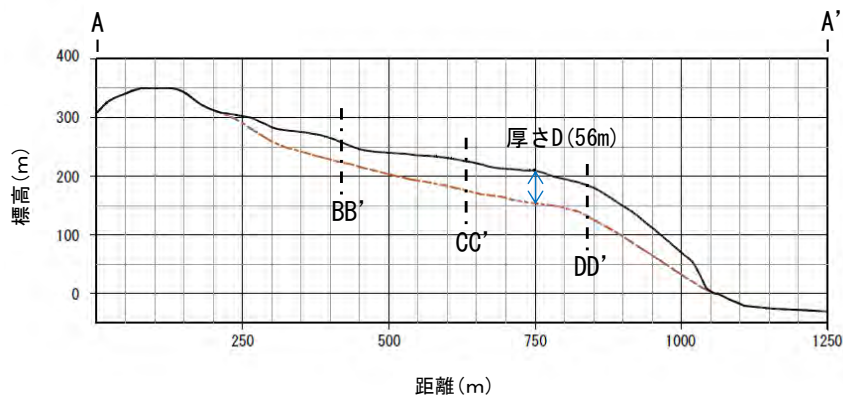
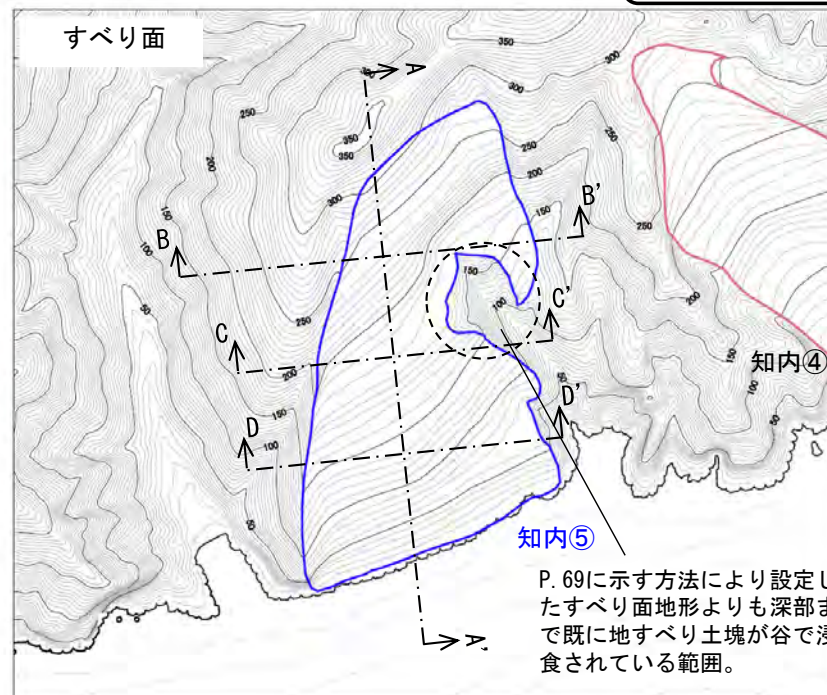
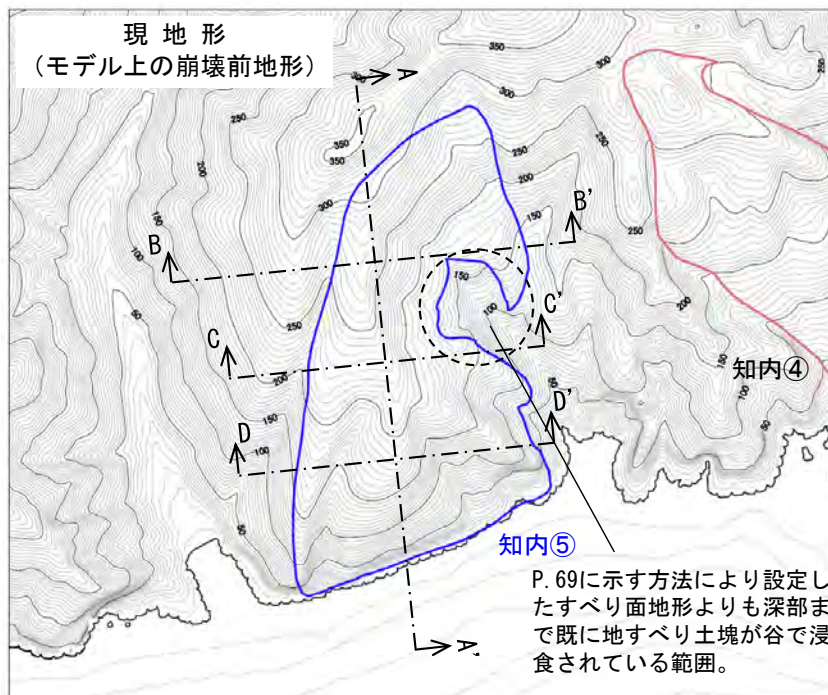
検討対象地すべり地形 縦断面図 (1/2) 【ブロック知内④】



2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (4/12) : 解析モデル①<二層流モデル> (3/6)

検討対象地すべり地形 縦断面図 (2/2) 【ブロック知内⑤】

第868回審査会合
資料2-2 P.309再掲



2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (5/12) : 解析モデル①<二層流モデル> (4/6)

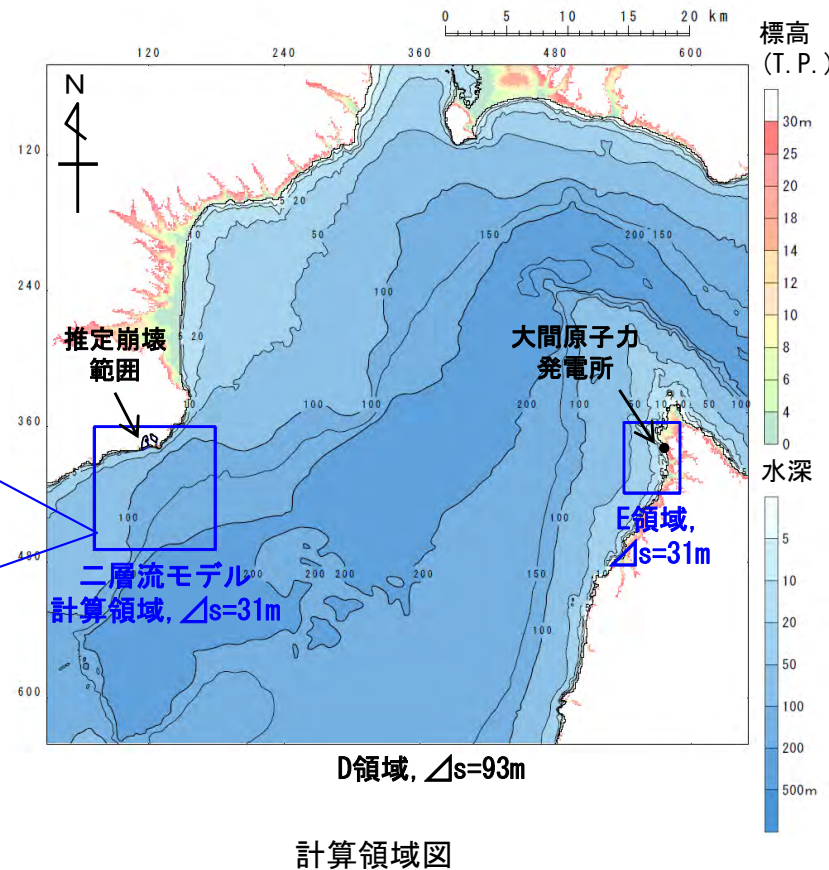
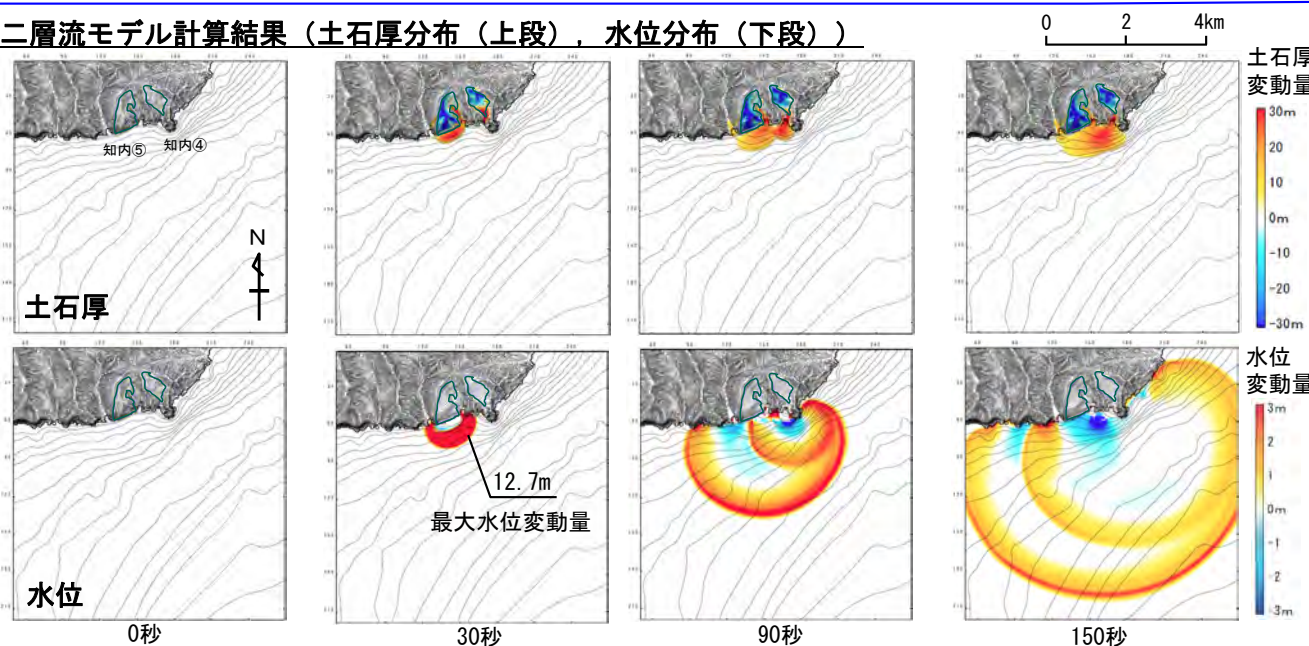
計算条件

- 二層流モデルの計算条件は下表のとおりである。なお、知内④⑤が同時に崩壊開始するものとした。
- 敷地への津波の伝播シミュレーションは、二層流モデル計算領域の境界部で得られた時刻歴波形を津波伝播計算領域に接続して実施した。

主な計算条件

項目	内容	設定根拠
海水密度	$\rho_1 = 1.03 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	一般値
崩壊物の密度	$\rho_2 = 2.0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	Kawamata et al. (2005) で1741年渡島大島火山津波を再現された値
上層(水)の粗度係数	$n = 0.025 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	
下層(土砂)の粗度係数	$n = 0.4 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	
抗力係数	$C_D = 2.0$	
水平拡散係数	$\nu = 0.1 \text{ (m}^2\text{/s)}$	
計算時間間隔	$\Delta t = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (s)}$	計算の安定性を考慮して設定

二層流モデル計算結果 (土石厚分布 (上段), 水位分布 (下段))





2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (6/12) : 解析モデル①<二層流モデル> (5/6)

コメントNo.S5-36

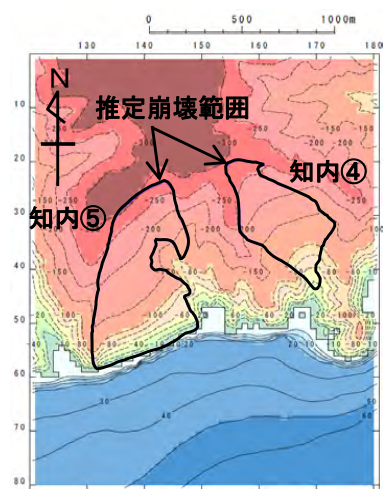
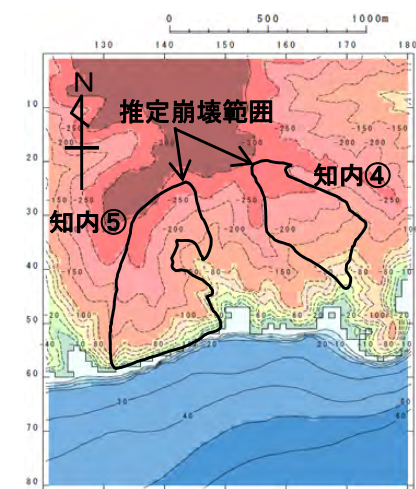
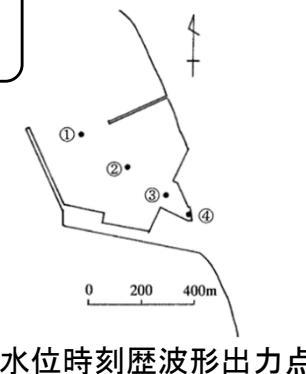
第868回審査会合
資料2-2 P.311再掲

計算結果

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

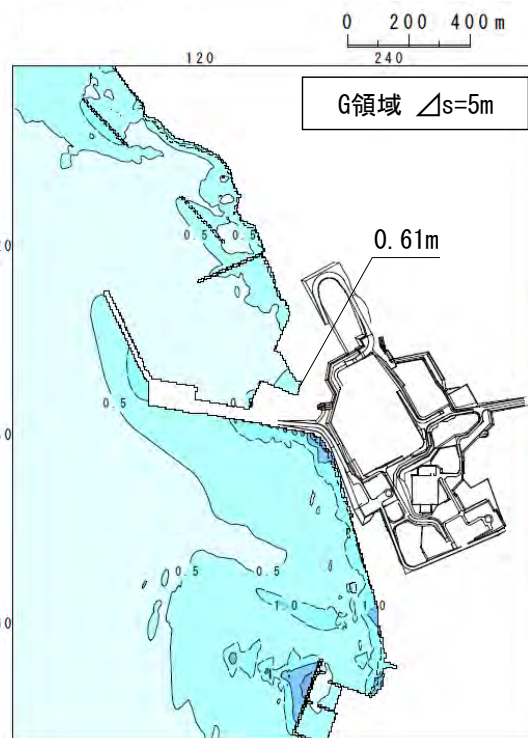
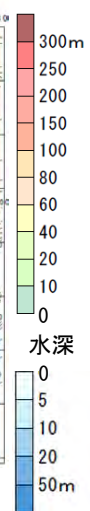
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波検討結果 (上昇側)

検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
知内エリアの地すべり地形	二層流モデル	0.61m

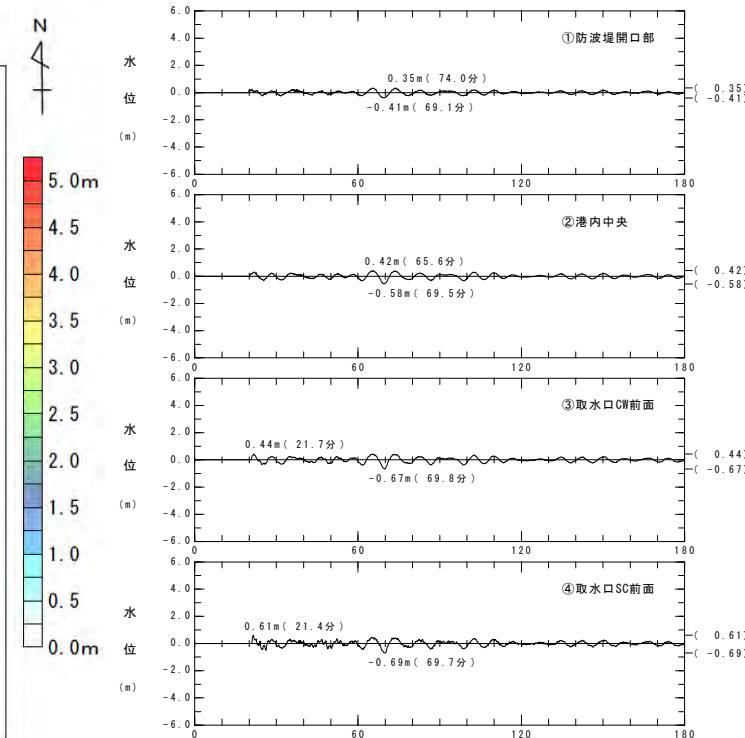


波源モデル

標高 (T.P.)



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形



2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (7/12) : 解析モデル①<二層流モデル> (6/6)

コメントNo.S5-36

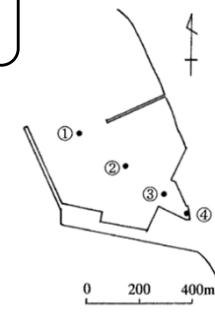
計算結果

第868回審査会合
資料2-2 P.312再掲

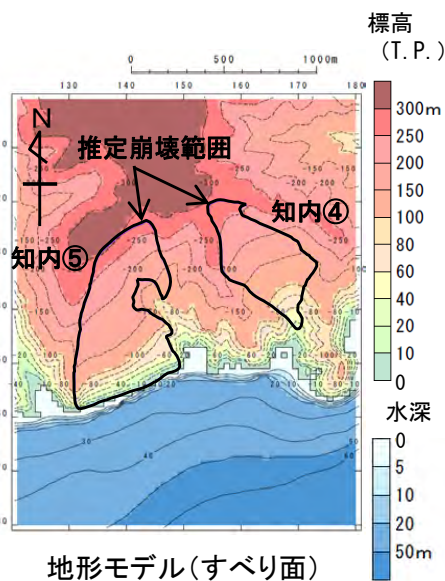
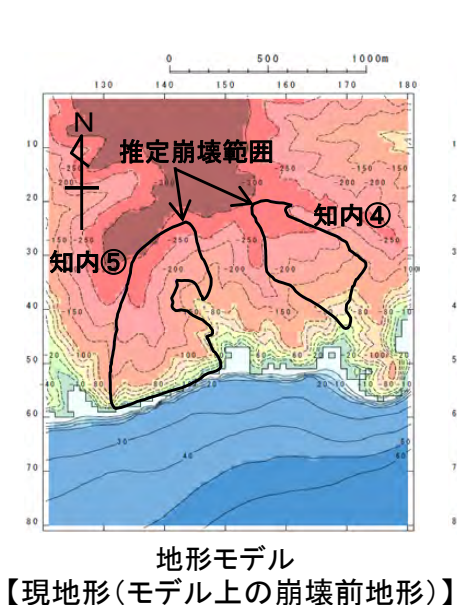
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波検討結果(下降側)

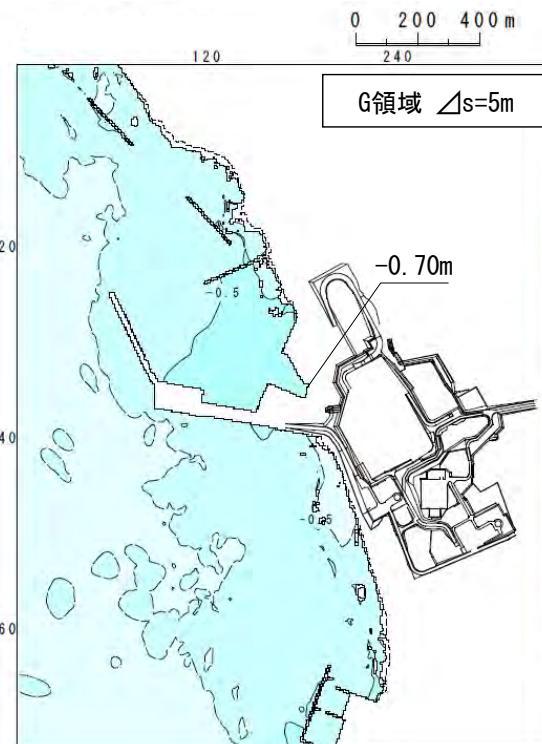
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
知内エリアの地すべり地形	二層流モデル	-0.70m



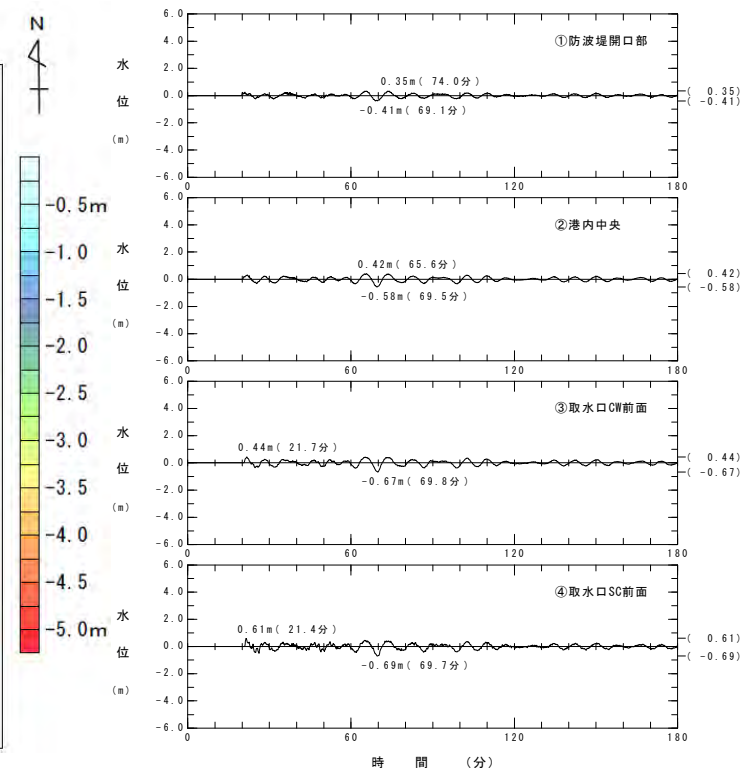
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (8/12) : 解析モデル② <kinematic landslideモデル>

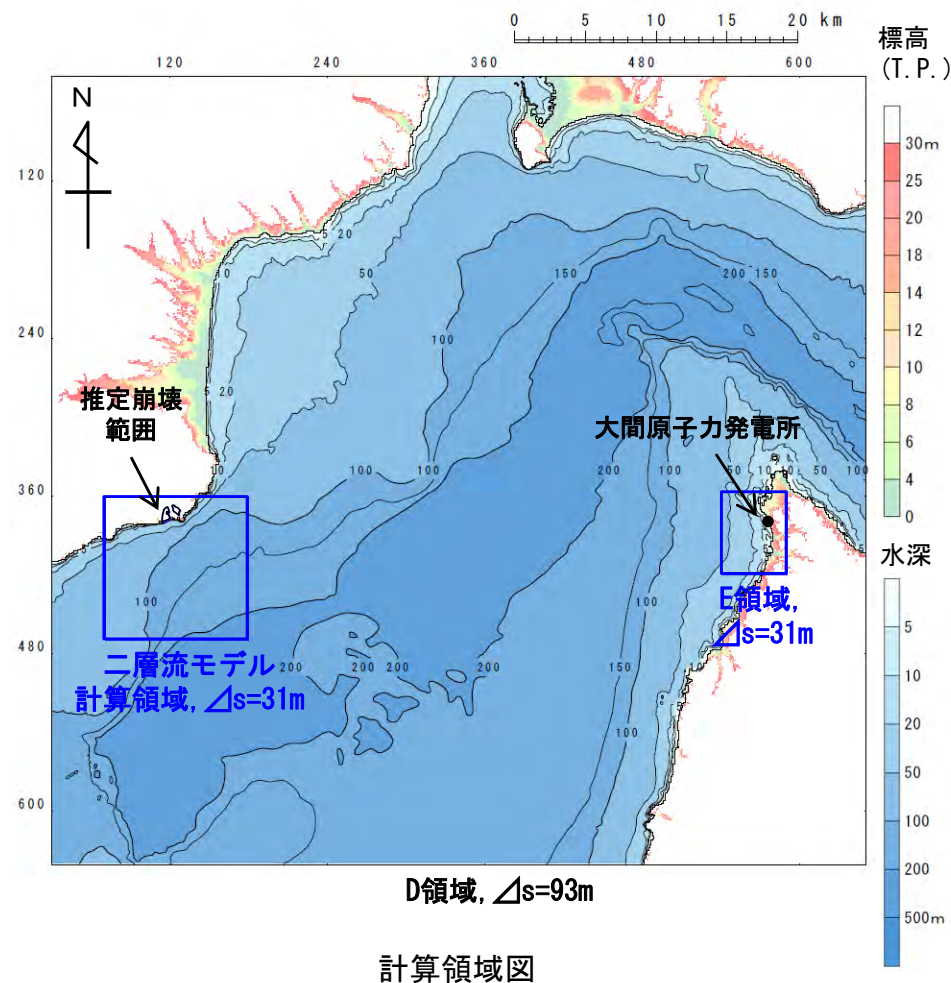
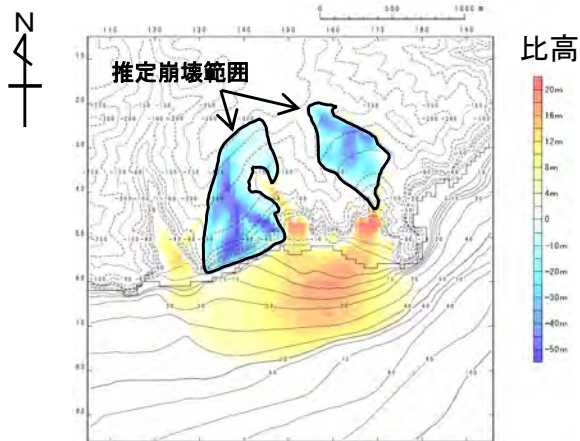
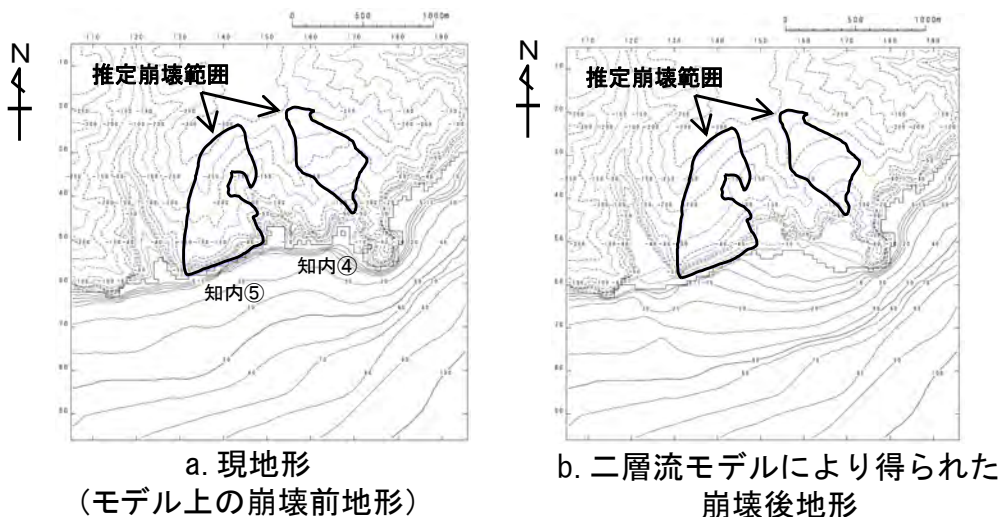
コメントNo.S5-36

崩壊地形データの作成【知内エリアの地すべり地形】

第868回審査会合
資料2-2 P.313再掲

(1/4)

- 解析モデル②としてkinematic landslideモデルを採用した。
- kinematic landslideモデルの崩壊地形データ (比高分布) は、現地形 (モデル上の崩壊前地形) と二層流モデルにより得られた崩壊後地形から作成した。



2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (9/12) :

第868回審査会合
資料2-2 P.314再掲

コメントNo.S5-36

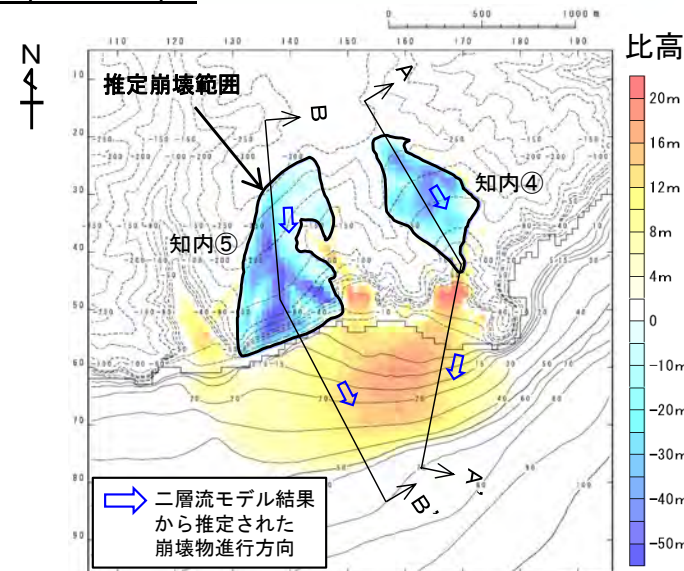
解析モデル②<kinematic landslideモデル> (2/4)

パラメータの設定【水平移動速度・比高変化継続時間】

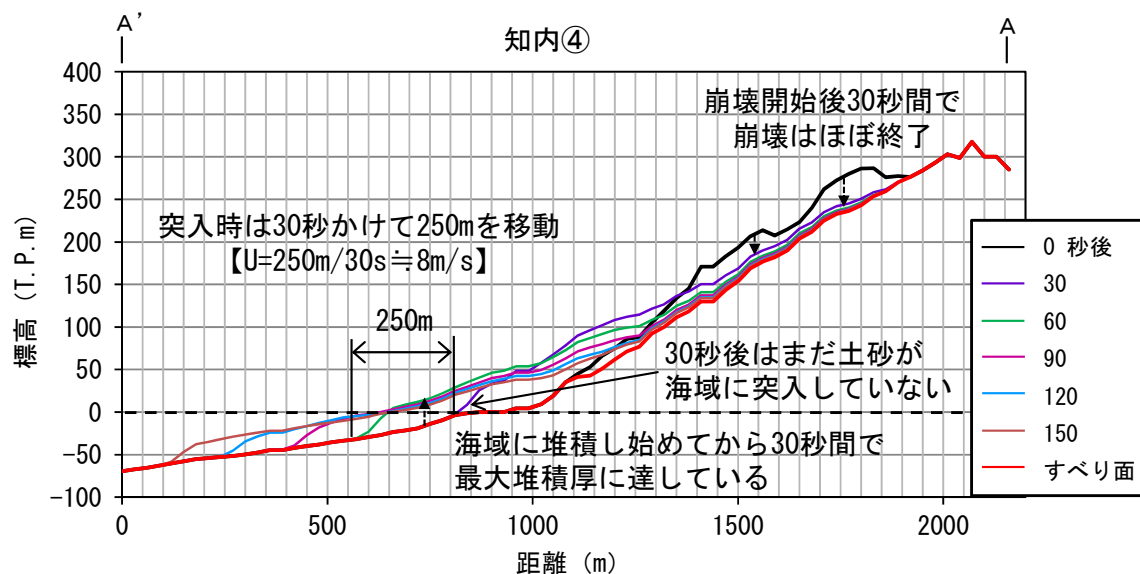
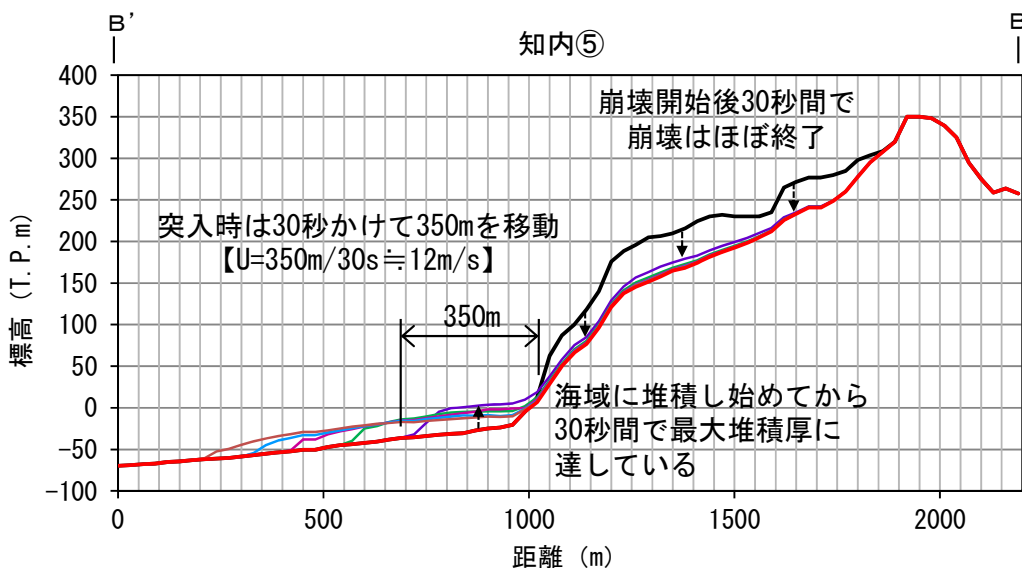
- kinematic landslideモデルで考慮する水平移動速度 U および比高変化継続時間 T は、二層流モデル解析で得られた崩壊測線上の崩壊物の移動状況より下記のとおり設定した。

水平移動速度 U_1 : 8m/s (知内④) 比高変化継続時間 T : 30秒
 U_2 : 12m/s (知内⑤)

- 崩壊物が海域に突入する時間については、知内⑤の崩壊物が先に海域に突入し、30秒後に知内④の崩壊物が海域に突入するものとした。



kinematic landslideモデルに用いる比高分布



kinematic landslideモデルに用いる U 及び T

(二層流モデル解析による崩壊測線上の崩壊物の移動状況より設定)

2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (10 / 12) :

第868回審査会合
資料2-2 P.315再掲

コメントNo.S5-36

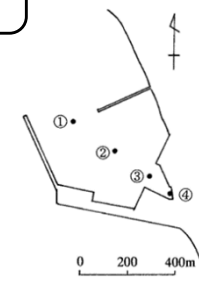
計算結果

解析モデル②<kinematic landslideモデル> (3 / 4)

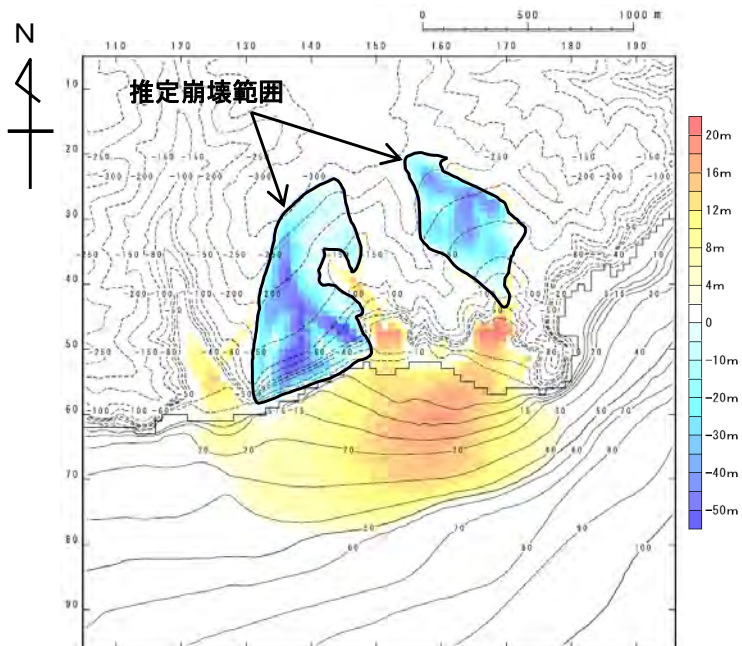
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波検討結果 (上昇側)

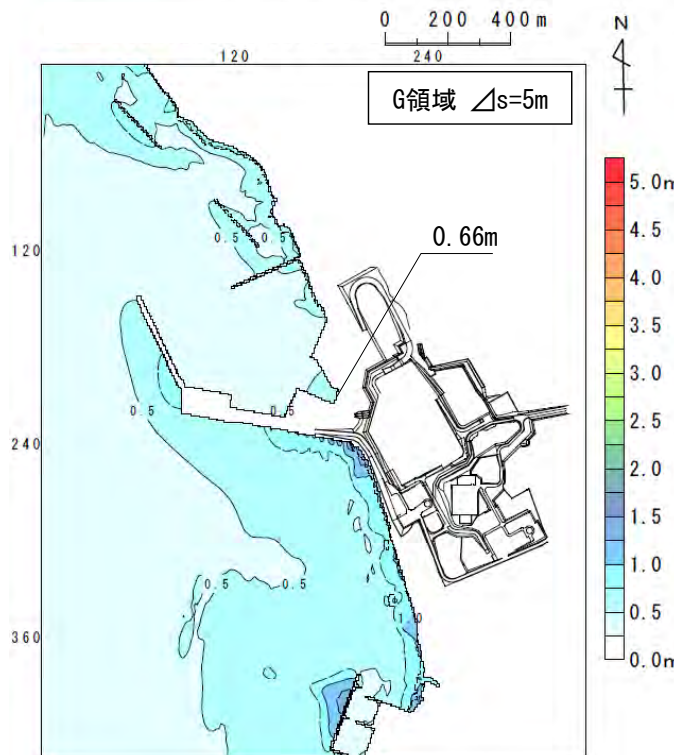
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
知内エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	0.66m



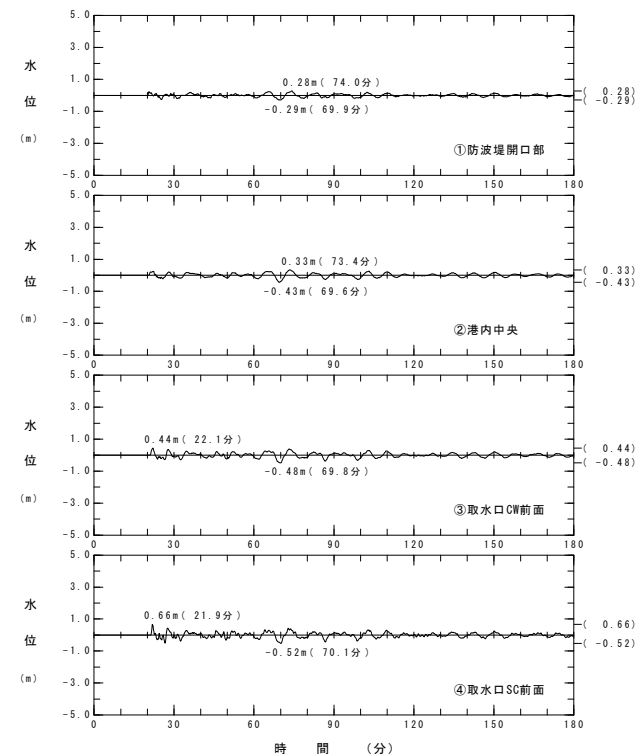
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (11 / 12) :

第868回審査会合
資料2-2 P.316再掲

解析モデル②<kinematic landslideモデル> (4 / 4)

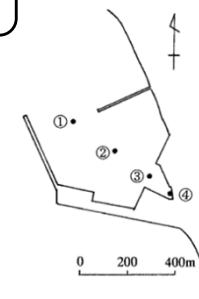
コメントNo.S5-36

計算結果

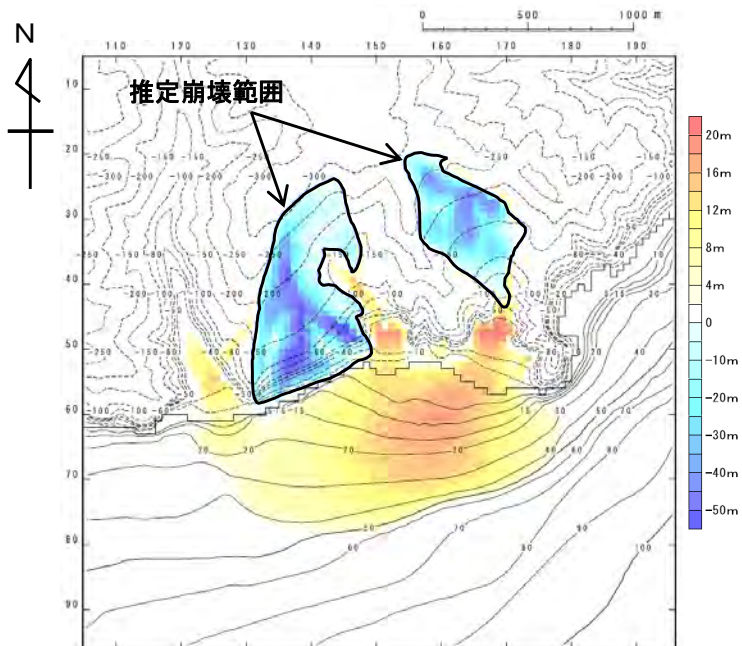
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波検討結果 (下降側)

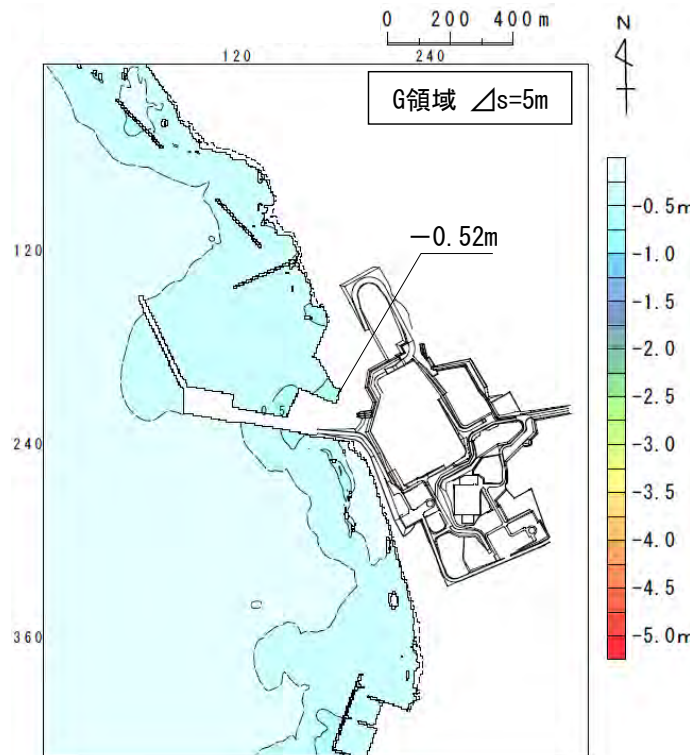
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
知内エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	-0.52m



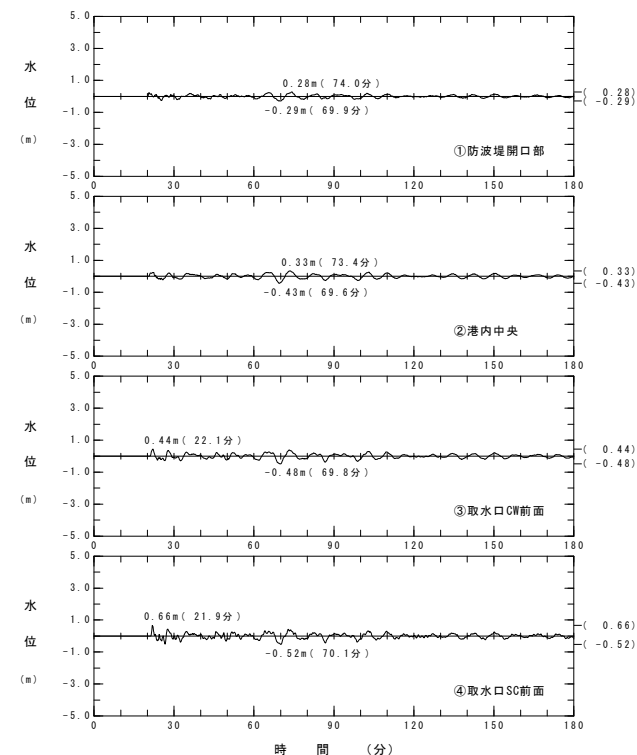
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

2. 斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (12/12) : 検討結果

第868回審査会合
資料2-2 P.317一部修正

コメントNo.S5-36

- 知内エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波の検討結果は以下のとおりである。

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波

区分	解析モデル	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
知内エリアの斜面崩壊に 起因する津波	二層流モデル	0.61m	-0.70m
	kinematic landslideモデル	0.66m	-0.52m

(余白)

3. 津波発生要因の組合せによる影響検討 (1/8)

検討方針

- 知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せが、佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せに比べて敷地への影響が小さいことを確認するため、知内エリアを対象とした組合せの影響を検討する。検討対象組合せケースは以下のとおり。
 - 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波
 - 内閣府(2020)モデルによる地震に伴う津波と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波
- 組合せ検討は、以下のフローのとおり実施する。

検討フロー

①組合せ時間差の設定 (本編資料P.14参照)

- 取水口スクリーン室前面の日本海東縁部に想定される地震に伴う津波波形(上昇側)及び内閣府(2020)モデルによる津波波形(下降側)と、知内エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波波形との線形足し合せを実施し、斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間(T_s)から斜面崩壊位置での地震動継続時間(T_d)の時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)で線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる時間を組合せ時間差(T_{max})とする。

②組合せ時間差(T_{max})を考慮した数値シミュレーション

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側)及び内閣府(2020)モデルによる津波(下降側)が発生した後、①で設定したそれぞれの組合せ時間差後、知内エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波が発生するケースについて、同一波動場で数値シミュレーションを実施する。

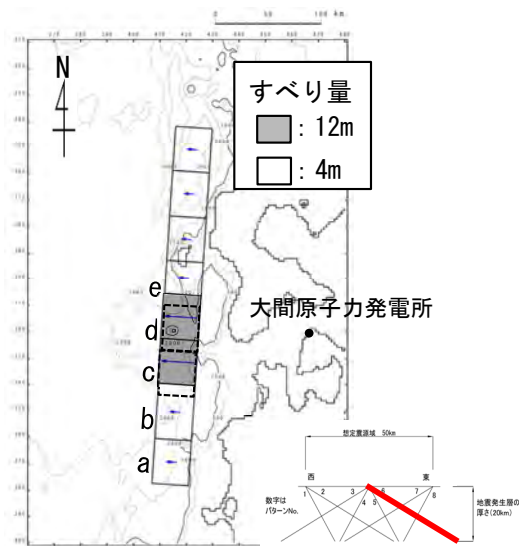
3. 津波発生要因の組合せによる影響検討 (2/8) : 上昇側 (1/3)

検討対象津波

- 津波を発生させる要因の組合せとして、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (上昇側) と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波 (上昇側) との組合せを考慮する。

■地震による津波

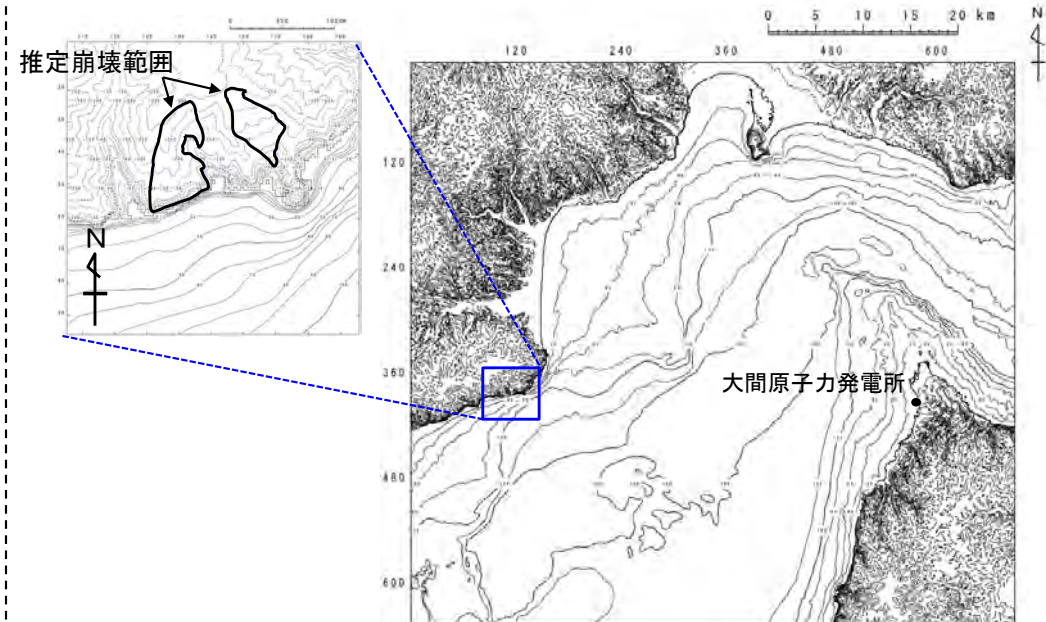
評価対象	地震	決定ケース
最大水位 上昇ケース	日本海東縁部の地震 Mw=8.2	東西方向中央, 東傾斜 ($\delta=30^\circ$) の W=40.0km, アスペリティ位置c+dを北方へ10km移動, 上縁深さ5km



最大水位上昇ケース

■陸上の斜面崩壊に起因する津波

評価対象	解析モデル
知内エリアの地すべり地形 最大水位上昇ケース	kinematic landslideモデル



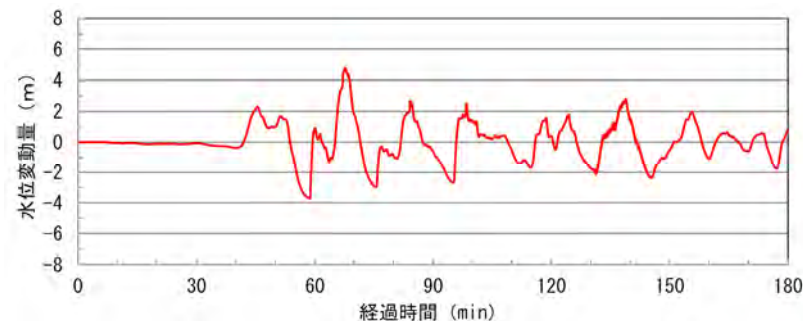
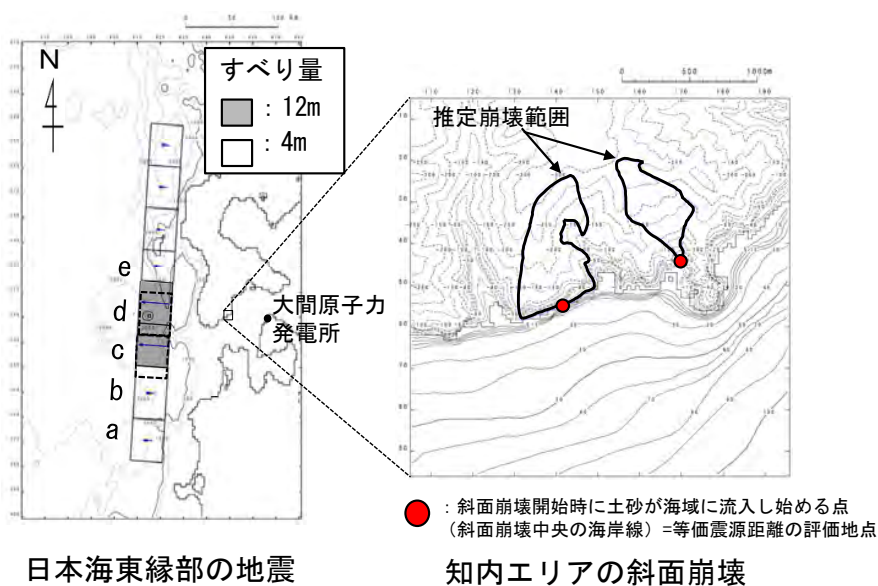
知内エリアの地すべり地形

3. 津波発生要因の組合せによる影響検討 (3/8) : 上昇側 (2/3)

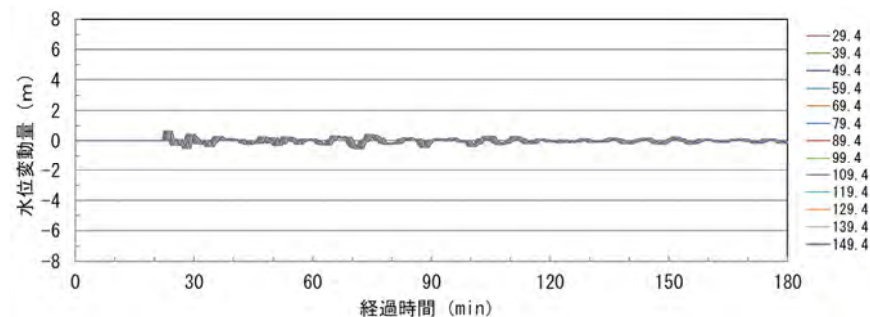
組合せ時間差の設定

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (上昇側) と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波 (上昇側) とを線形に重ね合わせて算出した組合せ時間差 (T_{max}) は137.2sとなった。

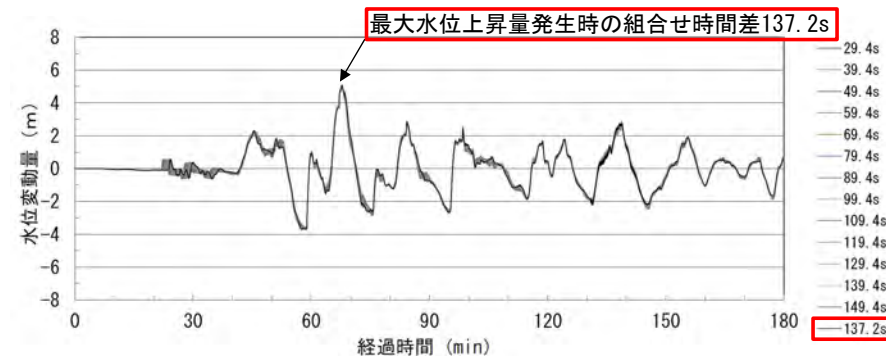
■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の津波波形 (取水ロスクリーン室前面)



知内エリアの斜面崩壊に伴う津波の津波波形を移動 (取水ロスクリーン室前面)



線形足し合せ波形 (取水ロスクリーン室前面)
知内エリアにおける線形足し合せ結果

ケース	条件				結果
区分	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	T_s ※1	T_d ※2	T_{max}
最大水位上昇ケース	99.8km	3.4km/s※3	29.4s	120.9s	137.2s

※1 : 各断層面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より

3. 津波発生要因の組合せによる影響検討 (4/8) : 上昇側 (3/3)

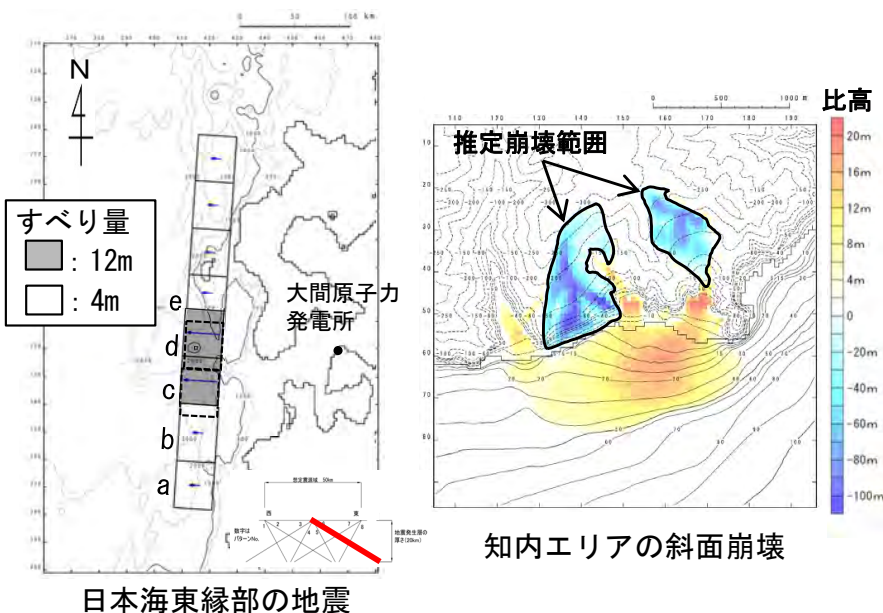
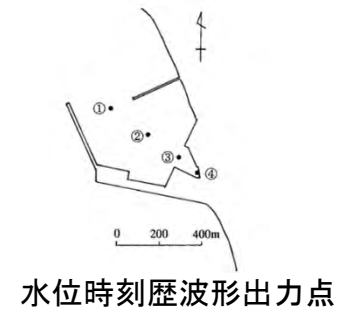
コメントNo.S5-36

津波発生要因の組合せに関する検討結果

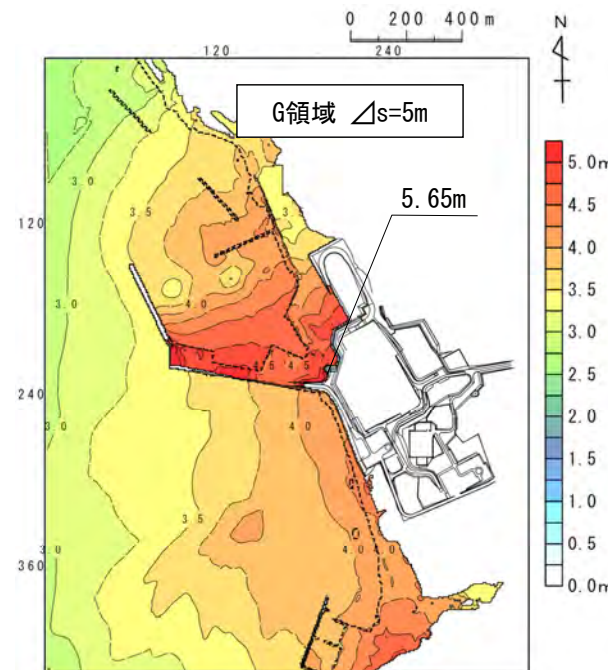
組合せ時間差 (T_{max}) を反映して両波源の組合せを考慮した (同一波動場) 数値シミュレーションの結果 (上昇側) は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (上昇側)

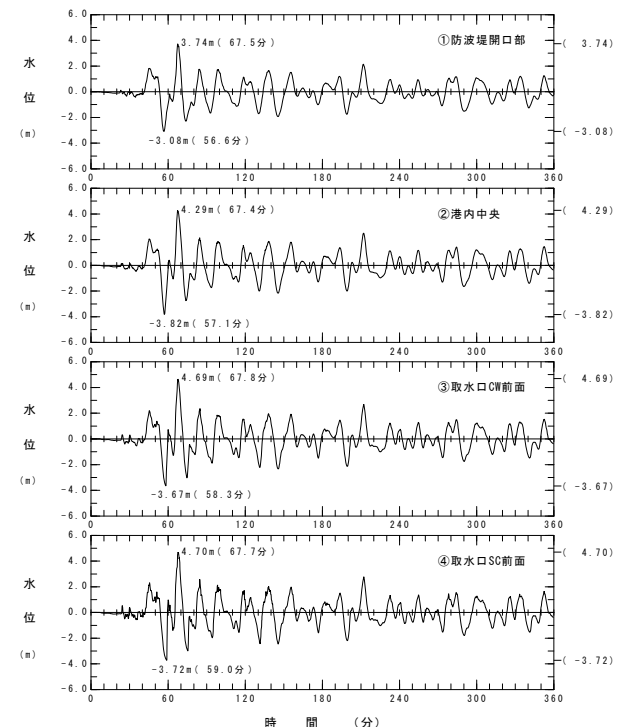
波源	敷地における最大水位上昇量
日本海東縁部に想定される地震 + 知内エリアの斜面崩壊 ($T_{max} = 137.2s$)	5.65m



上昇側の波源モデル組合せ



最大水位上昇量分布
上昇側最大ケース



水位時刻歴波形

(余白)

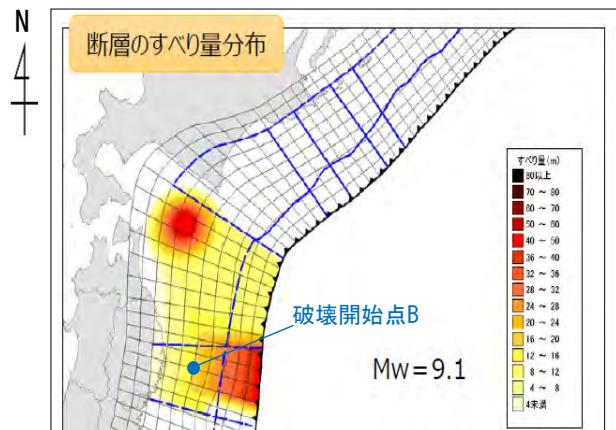
3. 津波発生要因の組合せによる影響検討 (5 / 8) : 下降側 (1 / 3)

検討対象津波

- 津波を発生させる要因の組合せとして、内閣府(2020)モデルによる津波(下降側)と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波(下降側)との組合せを考慮する。

■地震による津波

評価対象	地震	決定ケース
最大水位下降ケース	内閣府(2020)モデルによる地震 Mw=9.1	内閣府(2020)モデル

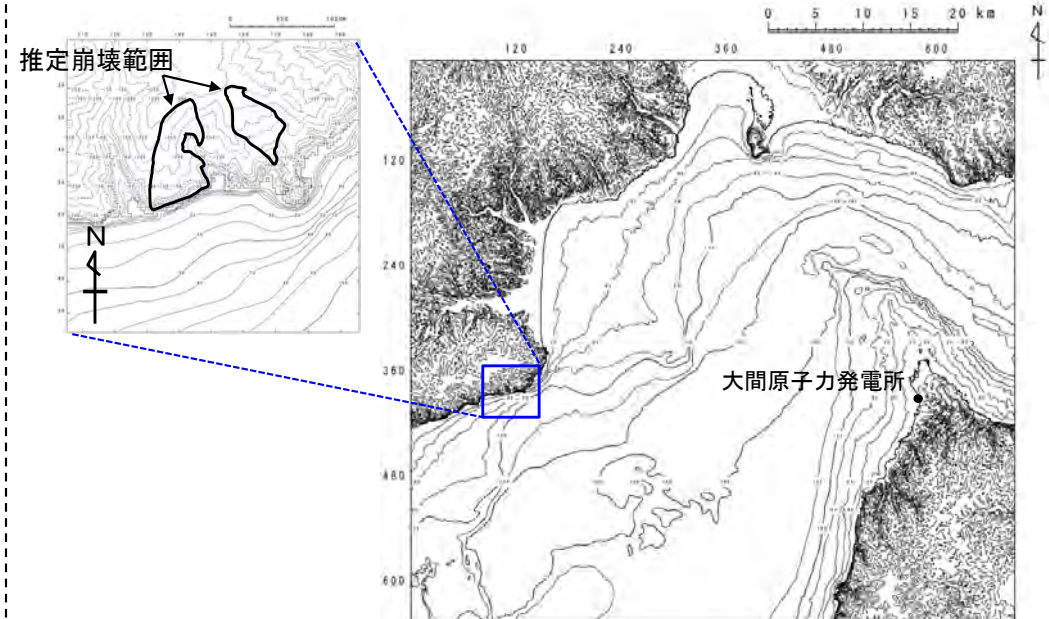


内閣府(2020)に一部加筆

最大水位下降ケース

■陸上の斜面崩壊に起因する津波

評価対象	解析モデル
知内エリアの地すべり地形 最大水位下降ケース	二層流モデル



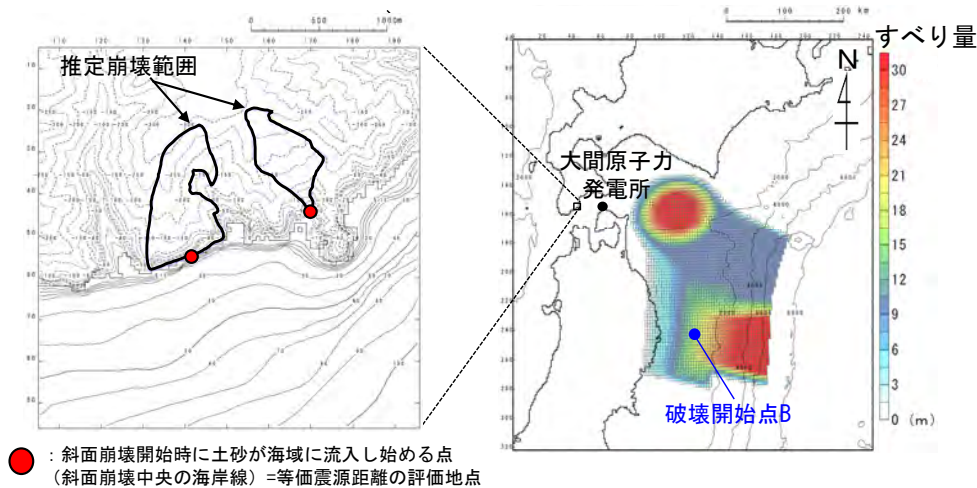
知内エリアの地すべり地形

3. 津波発生要因の組合せによる影響検討 (6/8) : 下降側 (2/3)

組合せ時間差の設定

- 内閣府 (2020) モデルによる津波 (下降側) と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波 (下降側) とを線形に重ね合わせて算出した組合せ時間差 (T_{max}) は193.8sとなった。

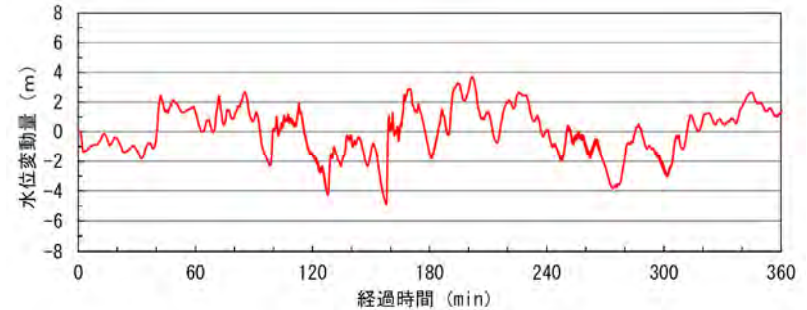
■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定



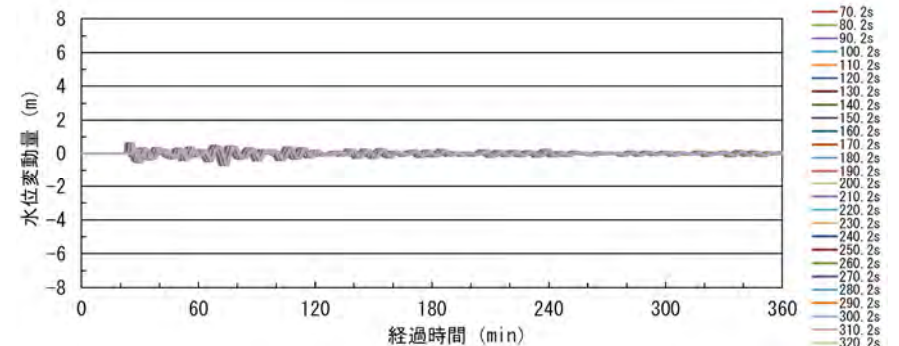
知内エリアの斜面崩壊 内閣府 (2020) モデルによる地震

ケース	条件				結果
区分	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	T_s ※1	T_d ※2	T_{max}
最大水位下降ケース	238.6km	3.4km/s※3	70.2s	262.3s	193.8s

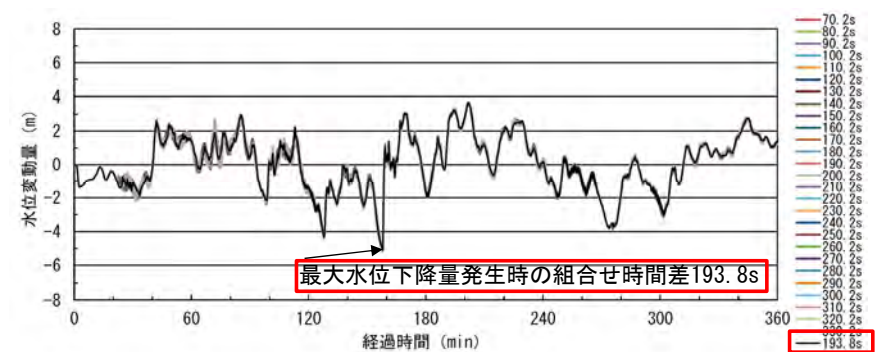
※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



内閣府 (2020) モデルによる津波の津波波形 (取水口スクリーン室前面)



知内エリアの斜面崩壊に伴う津波の津波波形を移動 (取水口スクリーン室前面)



線形足し合せ波形 (取水口スクリーン室前面)

知内エリアにおける線形足し合せ結果

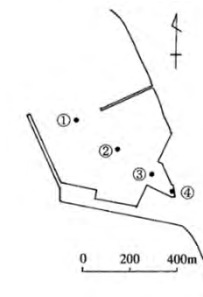
3. 津波発生要因の組合せによる影響検討 (7 / 8) : 下降側 (3 / 3)

津波発生要因の組合せに関する検討結果

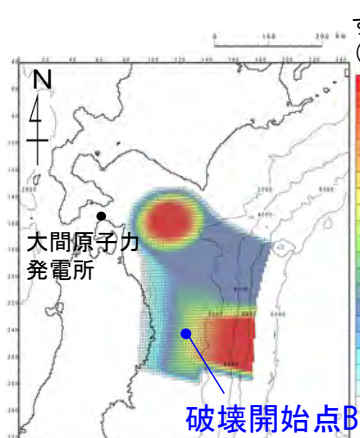
組合せ時間差 (T_{max}) を反映して両波源の組合せを考慮した (同一波動場) 数値シミュレーションの結果 (下降側) は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (下降側)

波源	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
内閣府 (2020) モデルによる地震 + 知内エリアの斜面崩壊 ($T_{max} = 193.8s$)	-4.70m

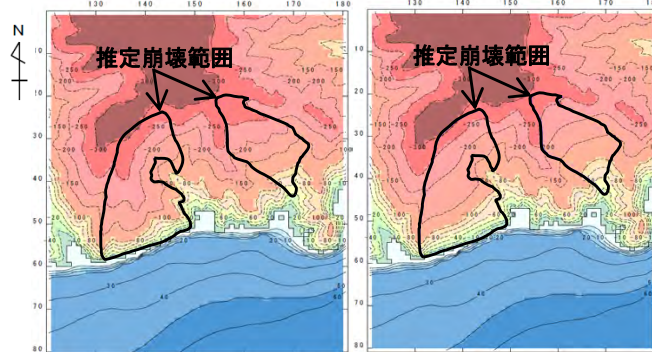


水位時刻歴波形出力点



内閣府 (2020) モデルによる地震

すべり量 (m)

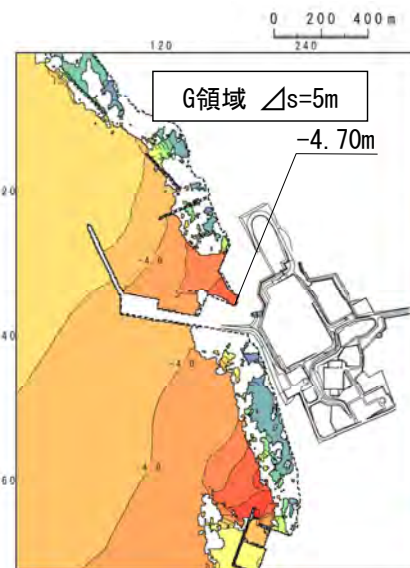
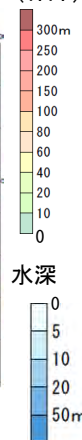


地形モデル 地形モデル (すべり面)
【現地形 (モデル上の崩壊前地形)】

知内エリアの斜面崩壊

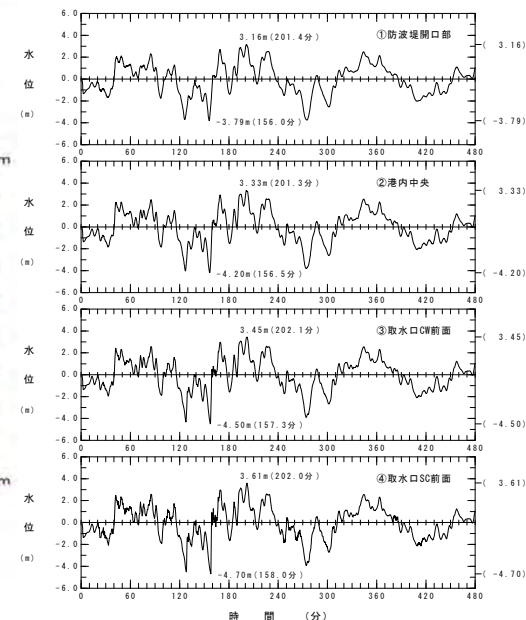
下降側の波源モデル組合せ

標高 (T.P.)



最大水位下降量分布

下降側最大ケース



水位時刻歴波形

3. 津波発生要因の組合せによる影響検討 (8 / 8) : 検討結果

- 地震による津波と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せ検討結果は以下のとおりであり、地震による津波と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せに比べて敷地への影響は小さい。
- 以上より、地震による津波との組合せ先として、佐井エリアの斜面崩壊を考慮することの妥当性が確認できた。

地震による津波と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せに関する検討結果

波源	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
日本海東縁部に想定される地震と知内エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	5.65m	—
内閣府(2020)モデルによる地震と知内エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-4.70m

地震による津波と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せに関する検討結果

波源	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	6.59m ^{※1} (本編資料P.19参照)	—
内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	—	-5.22m ^{※2} (本編資料P.23参照)

※1: 上昇側の津波同士を線形に足し合せて重ね合わせて算出した組合せ時間差 (Tmax=39.6s) による最大水位上昇量を示す。
P.15に示す組合せ時間差のStep①~④の検討の結果、最大水位上昇量は6.59mとなる(本編資料P.20参照)。

※2: 下降側の津波同士を線形に足し合せて算出した組合せ時間差 (Tmax=304.4s) による最大水位下降量を示す。
P.15に示す組合せ時間差のStep①~④の検討の結果、最大水位下降量は-5.32mとなる(本編資料P.24参照)。

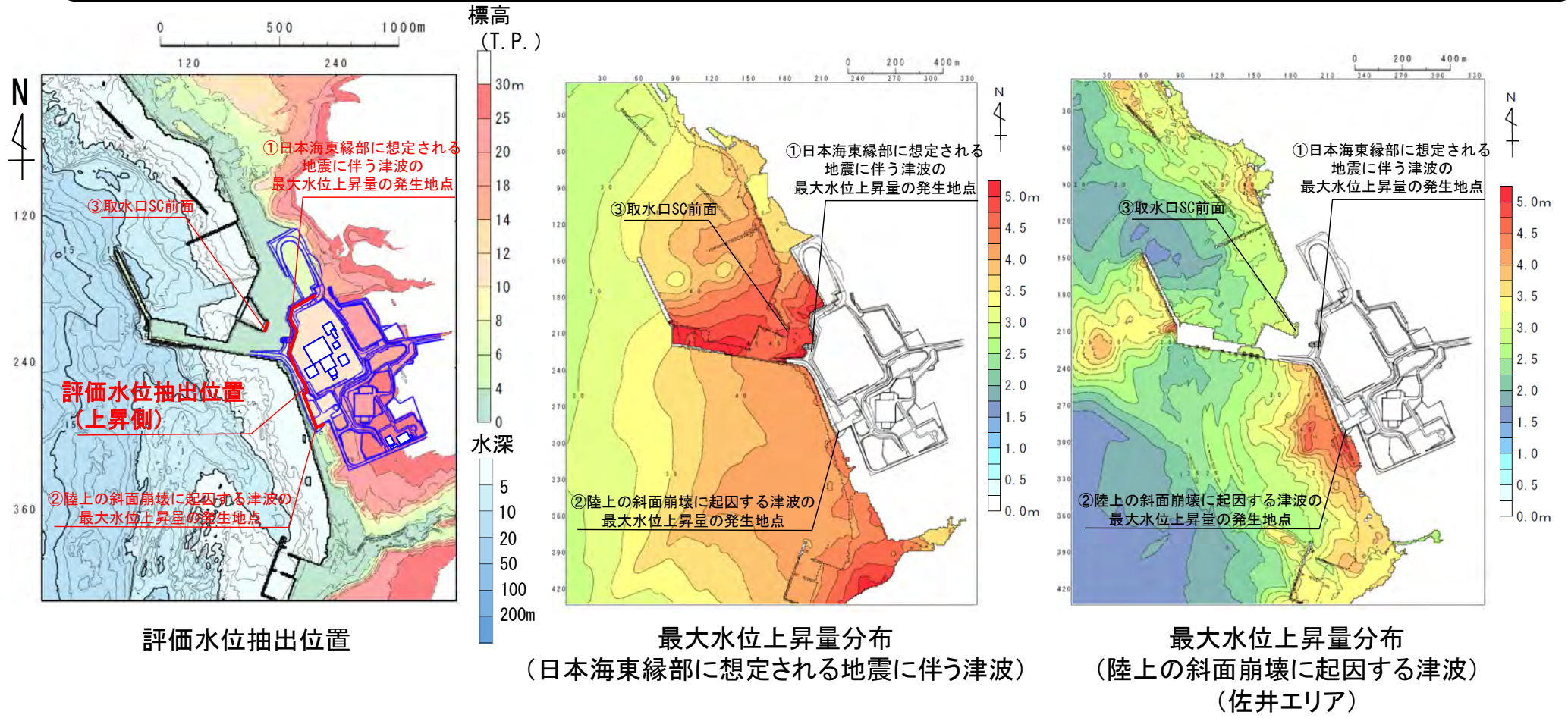
(余白)

目次

- (補足1) 佐井エリア以外の陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討
- (補足2) 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
- (補足3) 津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間

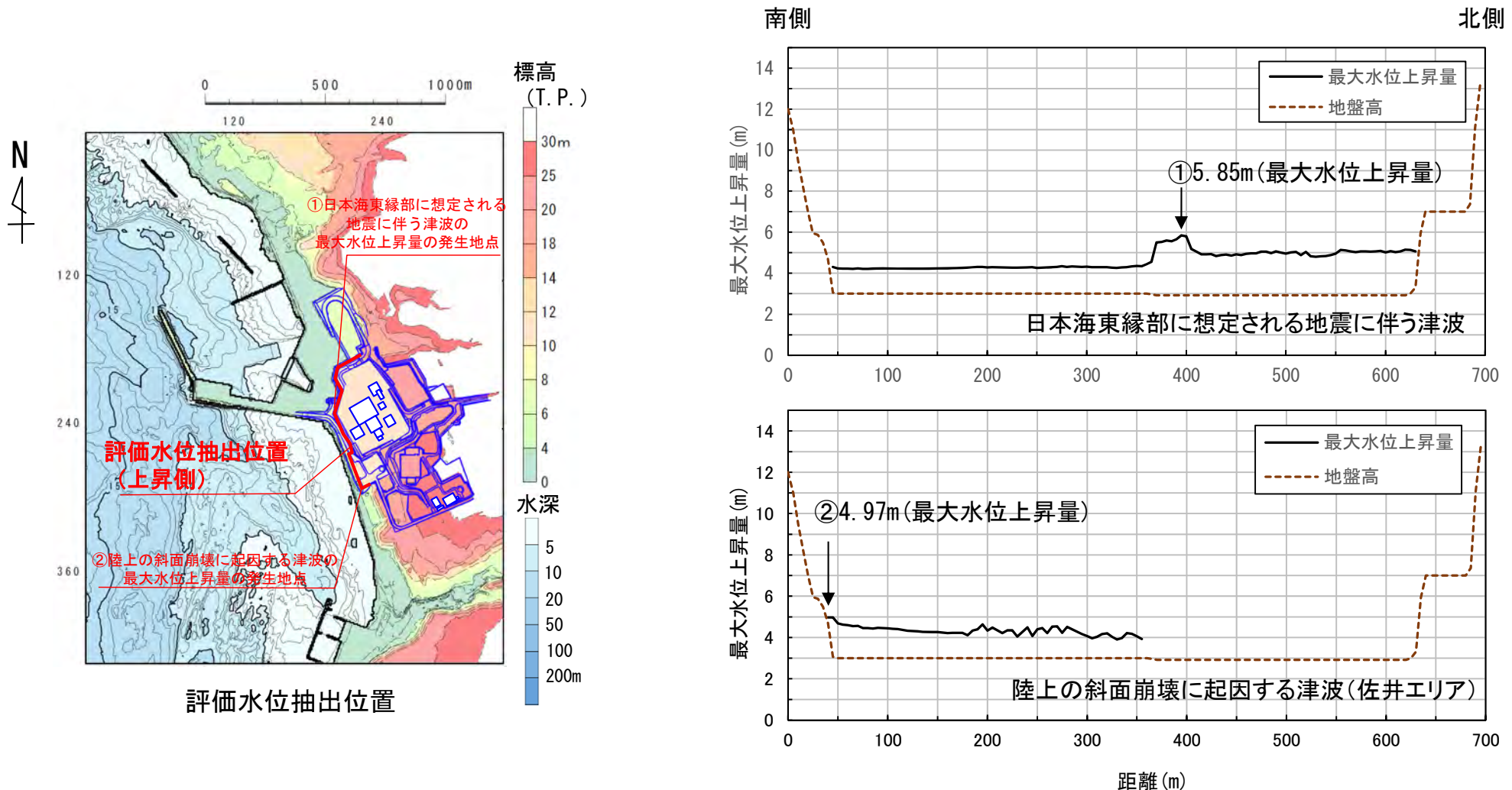
検討方針 (防波堤等あり)

- 水位上昇側の線形足し合せ評価地点を取水口スクリーン室前面とすることの妥当性を示すために以下の検討を実施する。
- 敷地前面の評価水位抽出位置 (約T.P. + 3m) における浸水深は比較的浅く、遡上する時間は短時間ではあるが、2つの津波が重なった場合に水位が高くなると考えられる地点を、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波及び陸上の斜面崩壊 (佐井エリア) に起因する津波の最大水位上昇量分布より抽出・選定し、以下の3点で比較する (下図、次頁P.93参照)。
- ① 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点
- ② 陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点
- ③ 取水口スクリーン室前面 (いずれの津波に対しても常に波形がある箇所)
- 上記3点においてそれぞれの波形を線形に足し合わせて、敷地の水位変動量が最も大きくなる地点を確認する。



評価水位抽出位置の最大水位上昇量分布 (防波堤等あり)

- 敷地前面の評価水位抽出位置 (上昇側) における, 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波及び陸上の斜面崩壊 (佐井エリア) に起因する津波の最大水位上昇量分布を並べて比較した結果, それぞれの**水位変動量**が大きくなる**位置**は異なることを確認した。



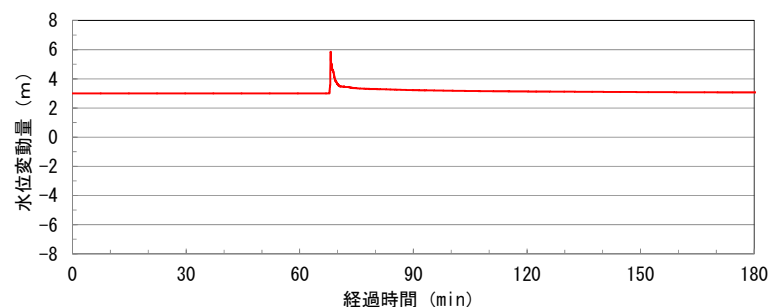
評価水位抽出位置(上昇側)における最大水位上昇量分布

注: 最大水位上昇量の線がない箇所には津波は到達していない。

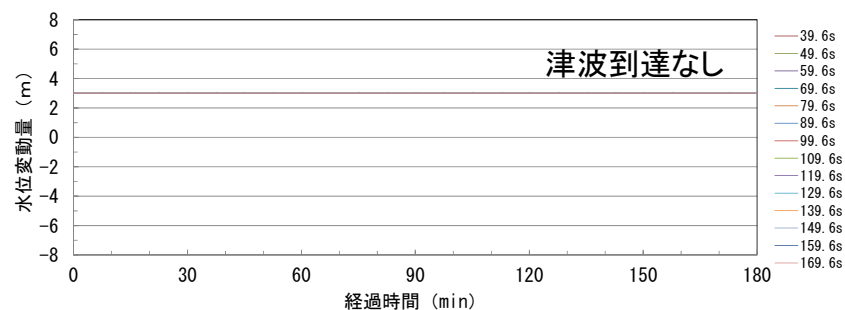
津波波形の線形足し合せ (防波堤等あり)

: ①日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点には、陸上の斜面崩壊に起因する津波は到達しないため、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波の線形足し合せはできないことを確認した。



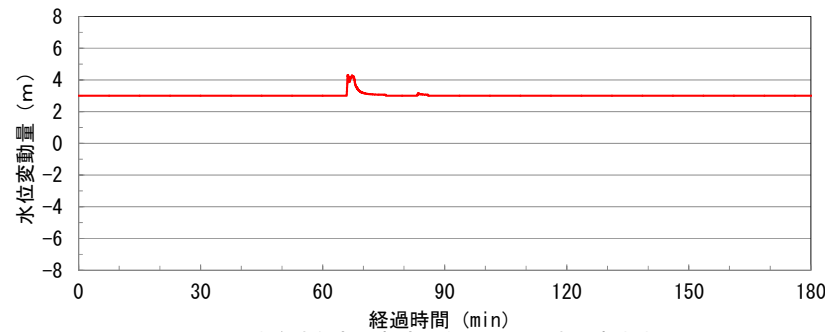
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波波形



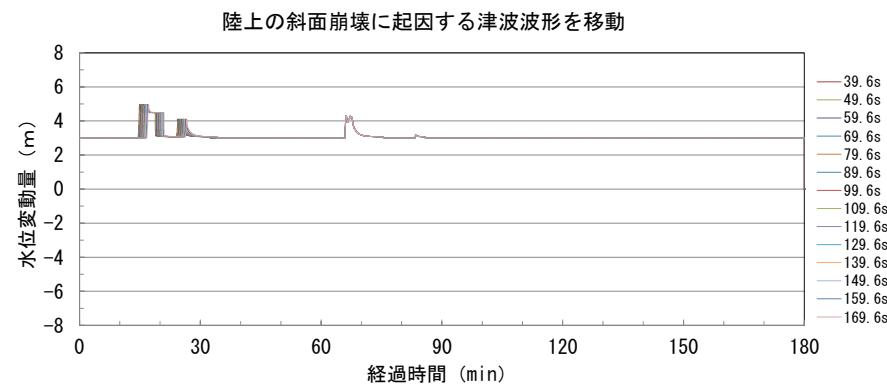
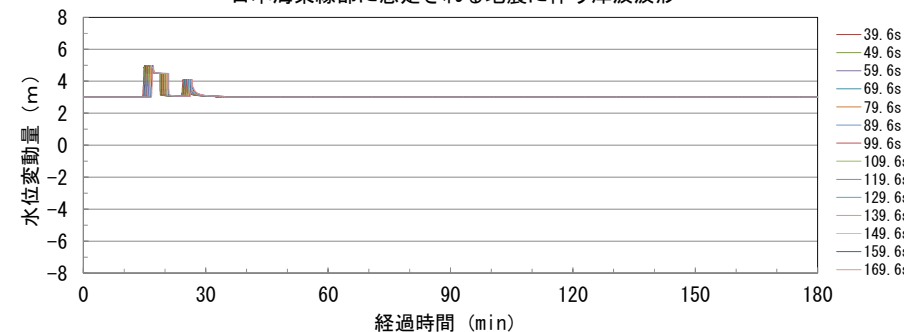
陸上の斜面崩壊に起因する津波波形を移動

津波波形の線形足し合せ (防波堤等あり) : ②陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波を対象に、 T_s ※1 (39.6s) 及び T_d ※2 (134.1s) を考慮の上、陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点における津波波形の線形足し合せを行った。
- その結果、それぞれの最大水位上昇量の発生時刻が50分程度ずれているため、それぞれの津波水位が重なる時刻はないことを確認した。

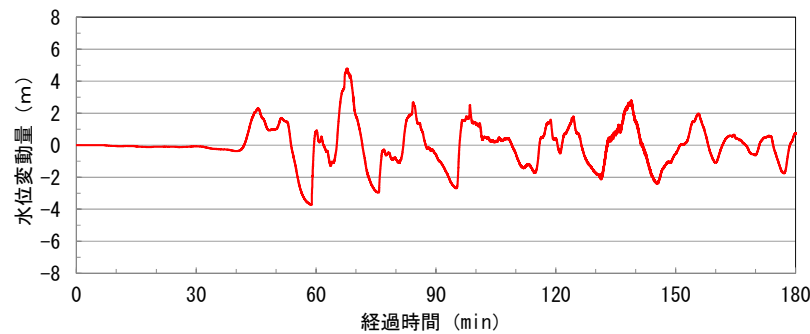


※1 : T_s : 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間
 ※2 : T_d : 斜面崩壊位置での地震動継続時間

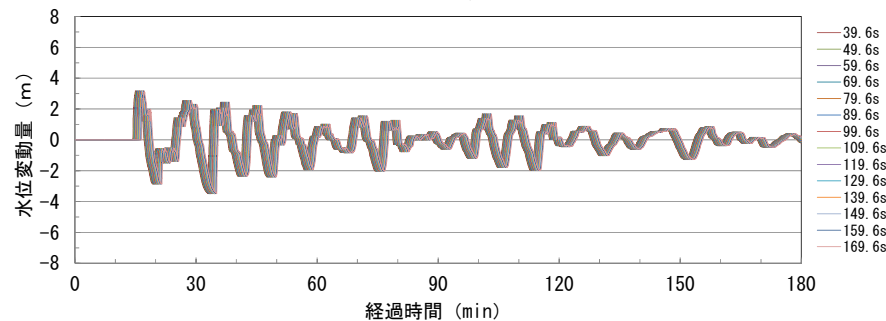


津波波形の線形足し合せ (防波堤等あり) : ③取水口スクリーン室前面

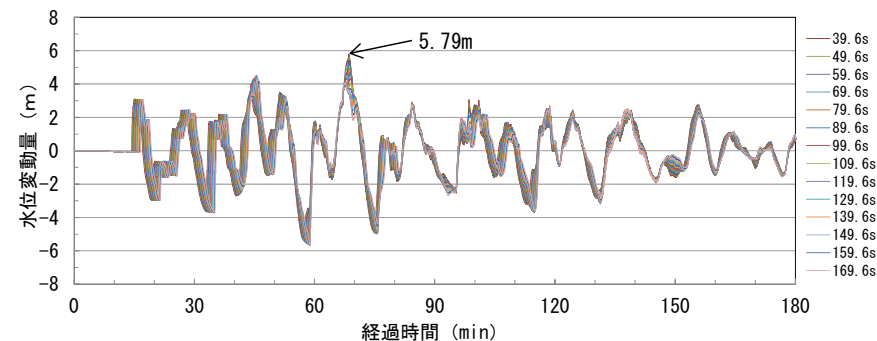
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波を対象に、 T_s ※1 (39.6s) 及び T_d ※2 (134.1s) を考慮の上、取水口スクリーン室前面における津波波形の線形足し合せを行った。
- その結果、線形足し合せによる最大水位上昇量は5.79mとなった。



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波波形



陸上の斜面崩壊に起因する津波波形を移動

取水口スクリーン室前面
線形足し合せ波形

※1 : T_s : 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間
 ※2 : T_d : 斜面崩壊位置での地震動継続時間

津波波形の線形足し合せ (防波堤等あり) : まとめ

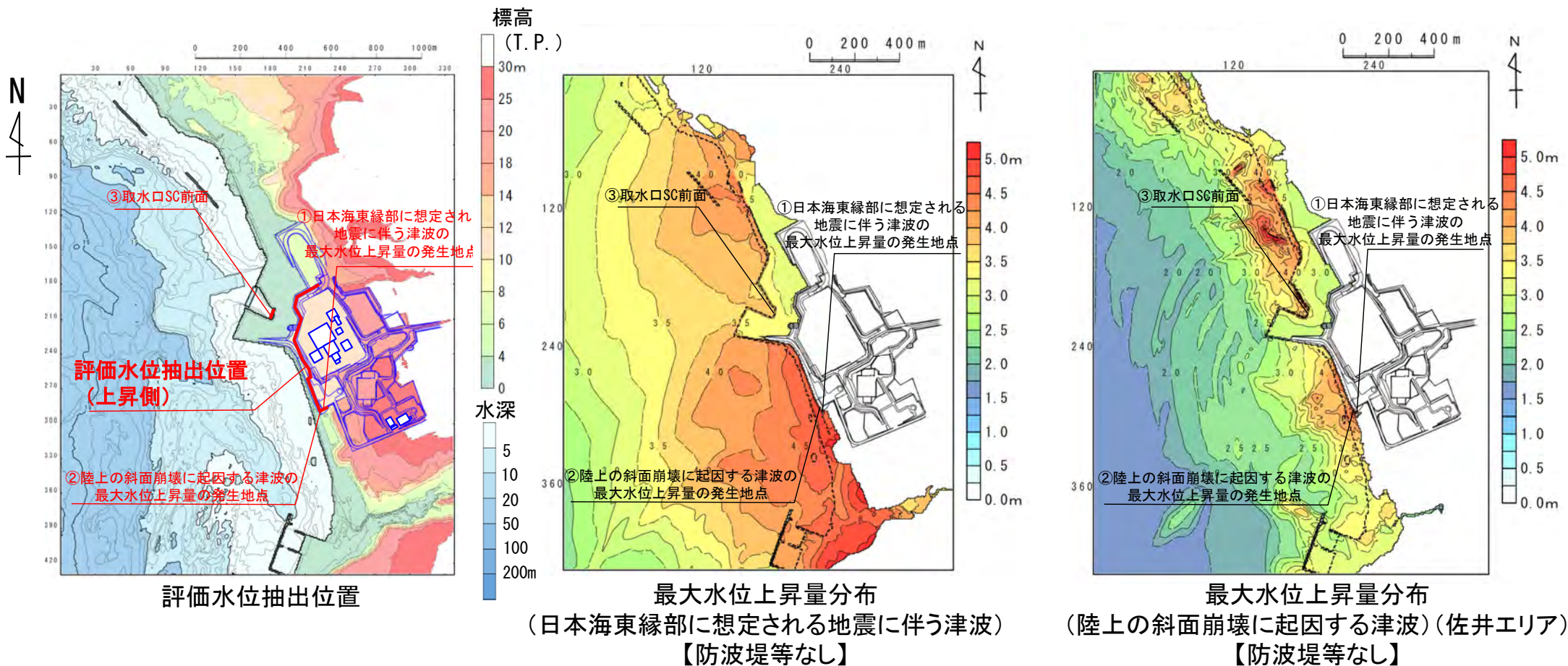
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と陸上斜面崩壊 (佐井エリア) に起因する津波との津波波形の線形足し合せを検討した。
- その結果、評価水位抽出位置のうち、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波、陸上の斜面崩壊に起因する津波のいずれに対しても常に波形があり、線形足し合せが出来る地点は、③取水ロスクリン室前面であることが確認できた。
- したがって、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波との津波波形の線形足し合せの検討は、取水ロスクリン室前面で実施する。

(余白)



検討方針 (防波堤等なし)

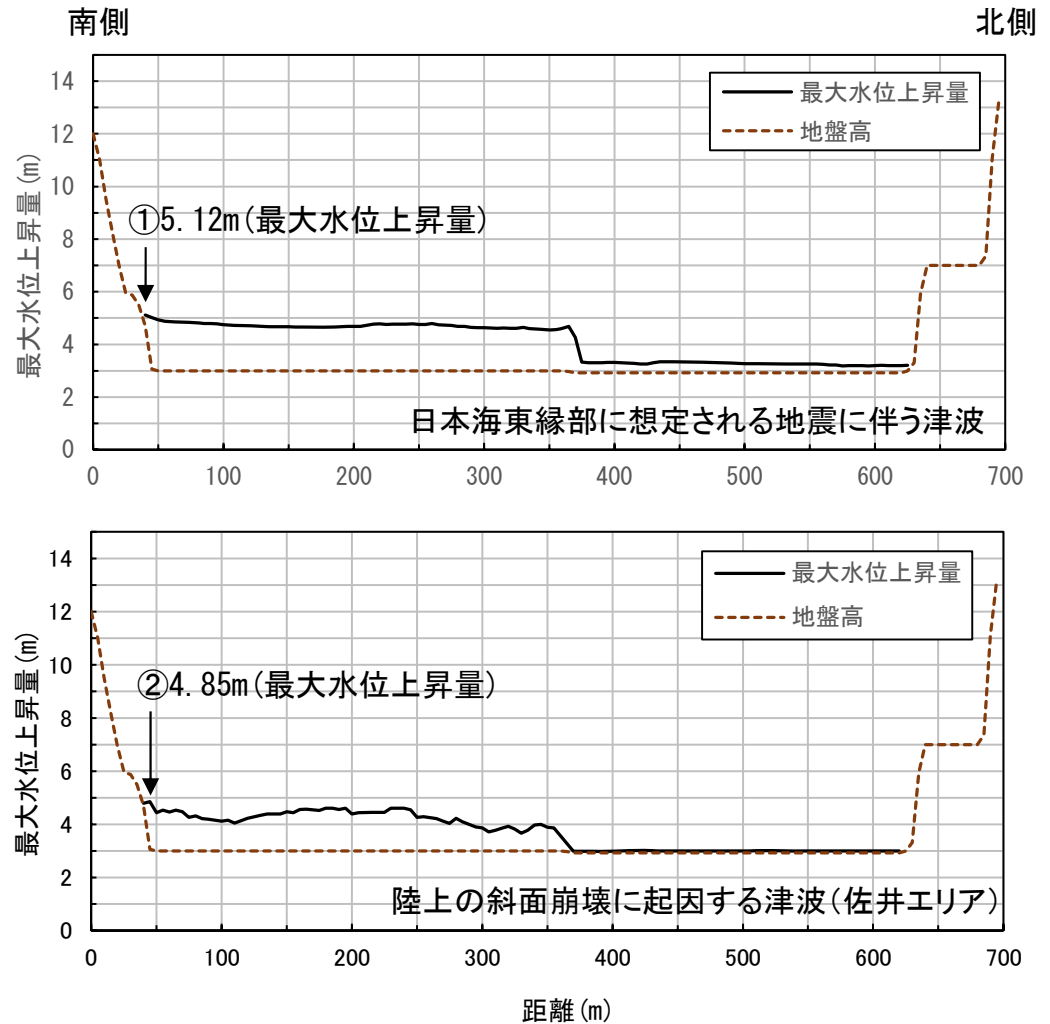
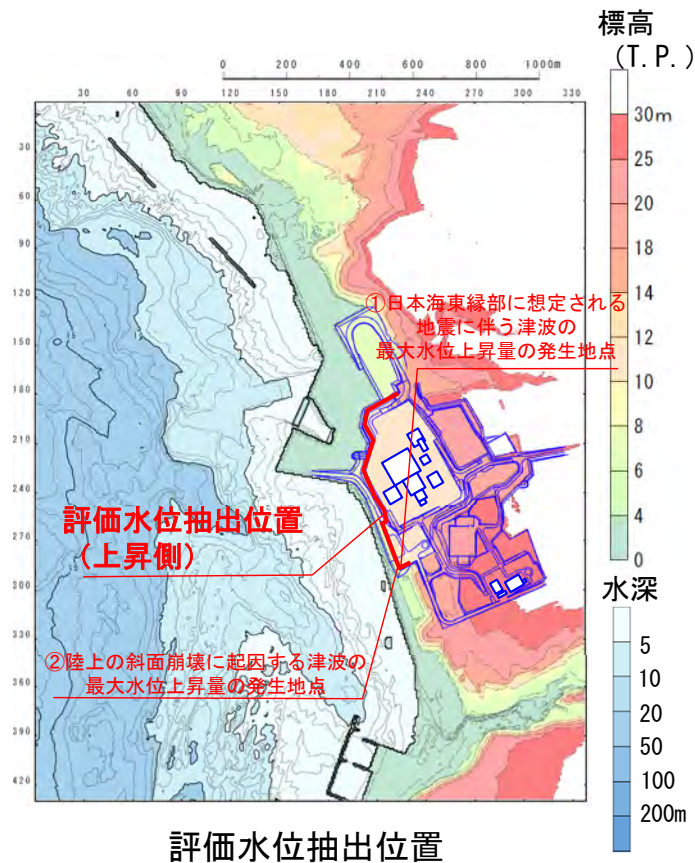
- 水位上昇側の線形足し合せ評価地点を取水口スクリーン室前面とすることの妥当性を示すために以下の検討を実施する。
- 敷地前面の評価水位抽出位置 (約T.P. + 3 m) における浸水深は比較的浅く、遡上する時間は短時間ではあるが、2つの津波が重なった場合に水位が高くなると考えられる地点を、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波及び陸上の斜面崩壊 (佐井エリア) に起因する津波の最大水位上昇量分布より抽出・選定し、以下の3点で比較する (下図, 次頁P.100参照)。
 - ① 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点
 - ② 陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点
 - ③ 取水口スクリーン室前面 (いずれの津波に対しても常に波形がある箇所)
- 上記3点においてそれぞれの波形を線形に足し合せて、敷地の水位変動量が最も大きくなる地点を確認する。





評価水位抽出位置の最大水位上昇量分布 (防波堤等なし)

- 敷地前面の評価水位抽出位置 (上昇側) における, 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波【防波堤等なし】及び陸上の斜面崩壊 (佐井エリア) に起因する津波【防波堤等なし】の最大水位上昇量分布を並べて比較した結果, それぞれの水位変動量が大きくなる位置はおおむね一致することを確認した。



評価水位抽出位置 (上昇側) における最大水位上昇量分布【防波堤等なし】

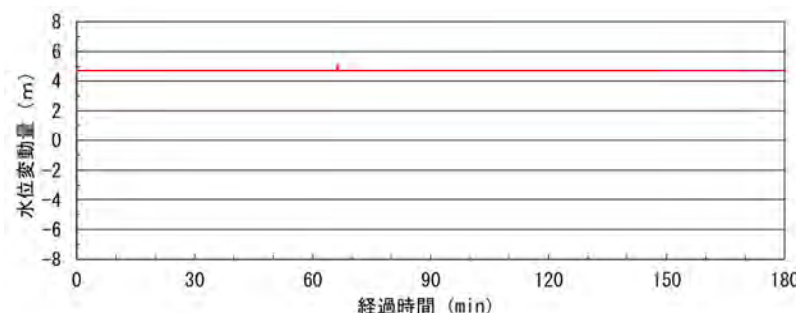
注: 最大水位上昇量の線がない箇所には津波は到達していない。



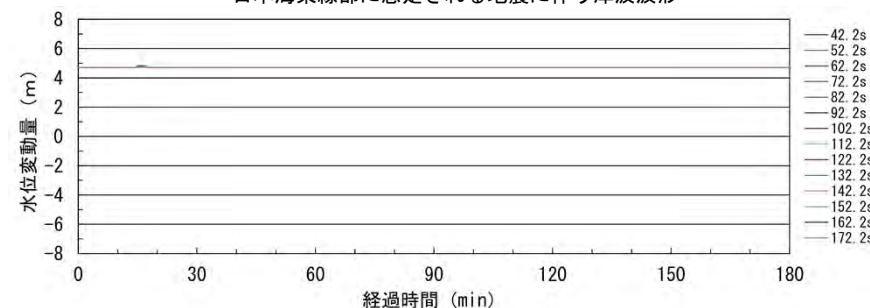
津波波形の線形足し合せ (防波堤等なし) : ①日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波【防波堤等なし】と陸上の斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】を対象に、 T_s ※¹ (42.2s) 及び T_d ※² (137.3s) を考慮の上、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点における津波波形の線形足し合せを行った。
- その結果、それぞれの最大水位上昇量の発生時刻が50分程度ずれているため、それぞれの津波水位が重なる時刻はないことを確認した。

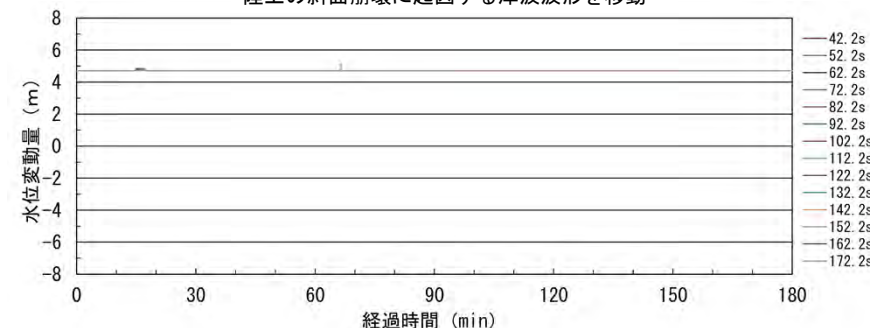
※1 : T_s : 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間
 ※2 : T_d : 斜面崩壊位置での地震動継続時間



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波波形



陸上の斜面崩壊に起因する津波波形を移動

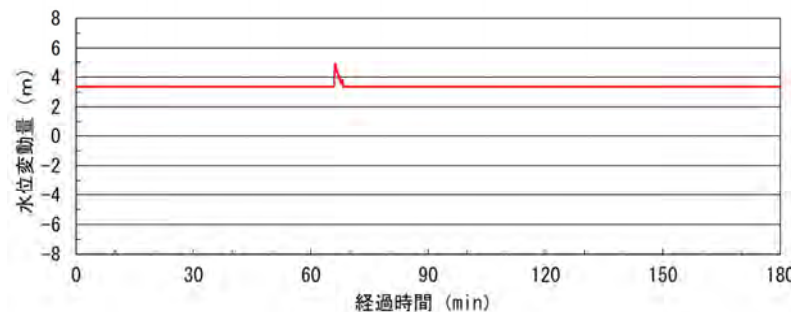


日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点
線形足し合せ波形



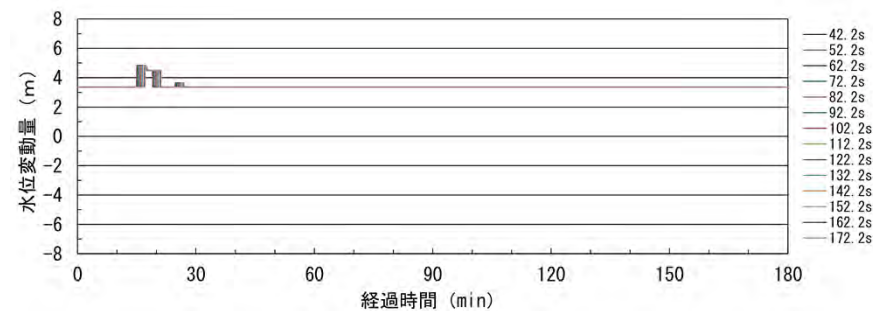
津波波形の線形足し合せ (防波堤等なし) : ②陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波【防波堤等なし】と陸上の斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】を対象に、 T_s ※¹ (42.2s) 及び T_d ※² (137.3s) を考慮の上、陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点における津波波形の線形足し合せを行った。
- その結果、それぞれの最大水位上昇量の発生時刻が50分程度ずれているため、それぞれの津波水位が重なる時刻はないことを確認した。

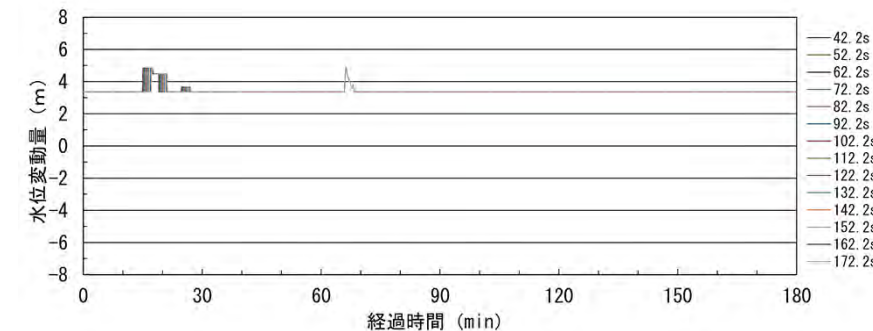


日本海東縁部に想定される地震に伴う津波波形

※1 : T_s : 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間
 ※2 : T_d : 斜面崩壊位置での地震動継続時間



陸上の斜面崩壊に起因する津波波形を移動



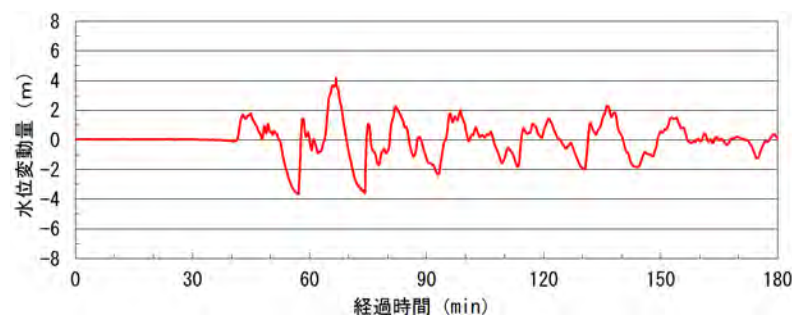
陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点
線形足し合せ波形



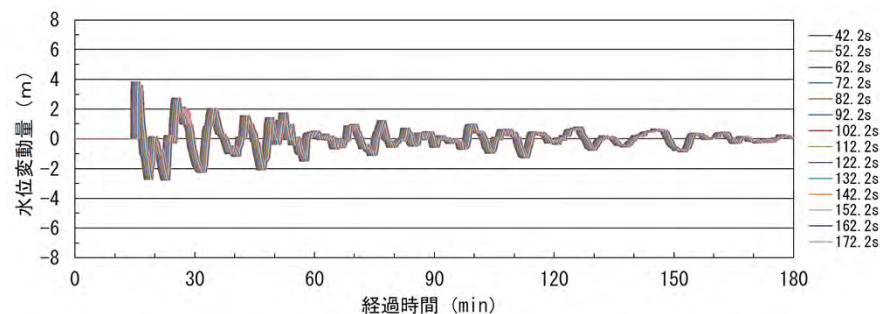
津波波形の線形足し合せ (防波堤等なし) : ③取水口スクリーン室前面

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波【防波堤等なし】と陸上の斜面崩壊に起因する津波【防波堤等なし】を対象に、 T_s ※¹ (42.2s) 及び T_d ※² (137.3s) を考慮の上、取水口スクリーン室前面における津波波形の線形足し合せを行った。
- その結果、線形足し合せによる最大水位上昇量は4.27mとなった。

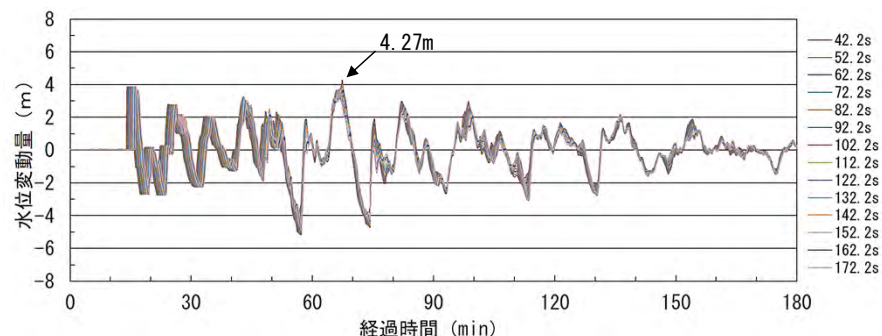
※1 : T_s : 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間
 ※2 : T_d : 斜面崩壊位置での地震動継続時間



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波波形



陸上の斜面崩壊に起因する津波波形を移動



取水口スクリーン室前面
線形足し合せ波形

津波波形の線形足し合せ（防波堤等なし）：まとめ

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と陸上斜面崩壊（佐井エリア）に起因する津波との津波波形の線形足し合せを検討した。
- その結果、評価水位抽出位置のうち、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波、陸上の斜面崩壊に起因する津波のいずれに対しても常に波形があり、線形足し合せが出来る地点は、③取水口スクリーン室前面であることが確認できた。
- したがって、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波との津波波形の線形足し合せの検討は、取水口スクリーン室前面で実施する。

目 次

- (補足1) 佐井エリア以外の陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討
- (補足2) 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
- (補足3) 津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間

(余白)

(補足3) 津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間 (1 / 4)

貯留堰天端高さを下回る継続時間の評価 (1 / 4)

検討方針

- 水位下降側の津波を対象に、津波水位が貯留堰の天端高さを下回る継続時間を検討する。
- 下降側の評価においては、津波水位が貯留堰の天端高さを下回る場合でも、原子炉補機冷却海水ポンプ（以下「RSWP」という。）に必要な取水が確保されることを確認する必要がある。
- 貯留堰の天端高さを下回る継続時間は、各津波の周期特性にも関連するが、水位下降量が大きくなるケースで長くなると考えられることから、水位下降量が最大となる「内閣府（2020）モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波【防波堤等あり】」（本編資料P. 59, P. 60参照）を対象とする。
- 貯留堰天端高さを下回る継続時間とRSWPの運転可能継続時間（約35分）を比較する。それぞれの継続時間は以下のとおり算定する。
 - ✓ 貯留堰天端高さを下回る継続時間：貯留堰前面の朔望平均干潮位（T.P. -0.37m）を考慮した水位時刻歴波形が、貯留堰天端高さを下回る時間を算定
 - ✓ RSWPの運転可能継続時間（約35分）：海水貯留量（約6,600m³）に対するRSWP（取水量：3 m³/秒）の運転可能時間より算定
- なお、各津波の周期特性が異なることを踏まえ、念のため最低水位が貯留堰の天端高さを下回る他の津波についても、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間について確認する。（本編資料P. 59, P. 60参照）

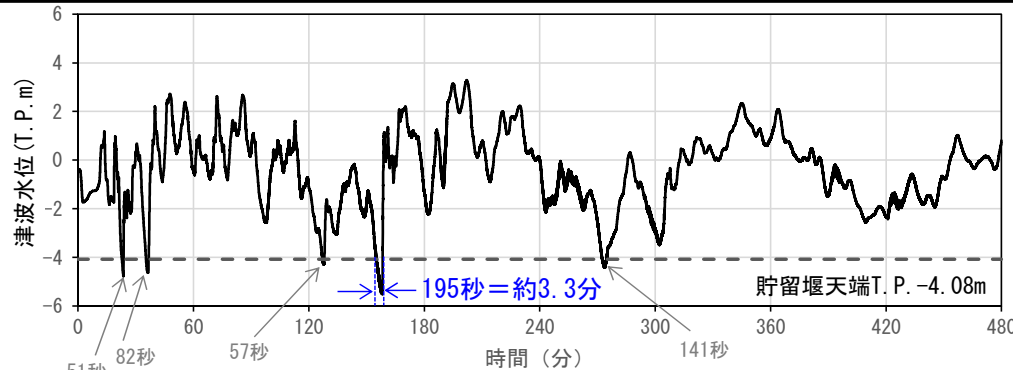
(補足3) 津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間 (2 / 4)

貯留堰天端高さを下回る継続時間の評価 (2 / 4)

- 水位下降量が最大となる「内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波【防波堤等あり】」について、貯留堰天端高さを下回る継続時間とRSWPの運転可能継続時間を比較した。
- その結果、貯留堰天端高さを下回る時間 (最長約3.3分) は、海水貯留量 (約6,600m³) に対するRSWP (取水量: 3 m³/秒) の運転可能継続時間 (約35分) を有意に下回り、RSWPに必要な取水が確保されることを確認した。

【貯留堰天端高さを下回る継続時間の算出方法】

- 貯留堰前面の水位時刻歴波形から、貯留堰天端高さを下回る継続時間を算定する。この際、朔望平均干潮位 (T.P. -0.37m) 分、水位時刻歴波形を下方へずらして朔望平均干潮位を考慮する。
- 貯留堰天端高さを複数下回る場合には、最も継続時間が長いものを対象とする。
- 地震に伴い隆起が生じる場合は、貯留堰天端高さに隆起量を加えて評価するが、沈降する場合は、保守側に沈降量を考慮しない。

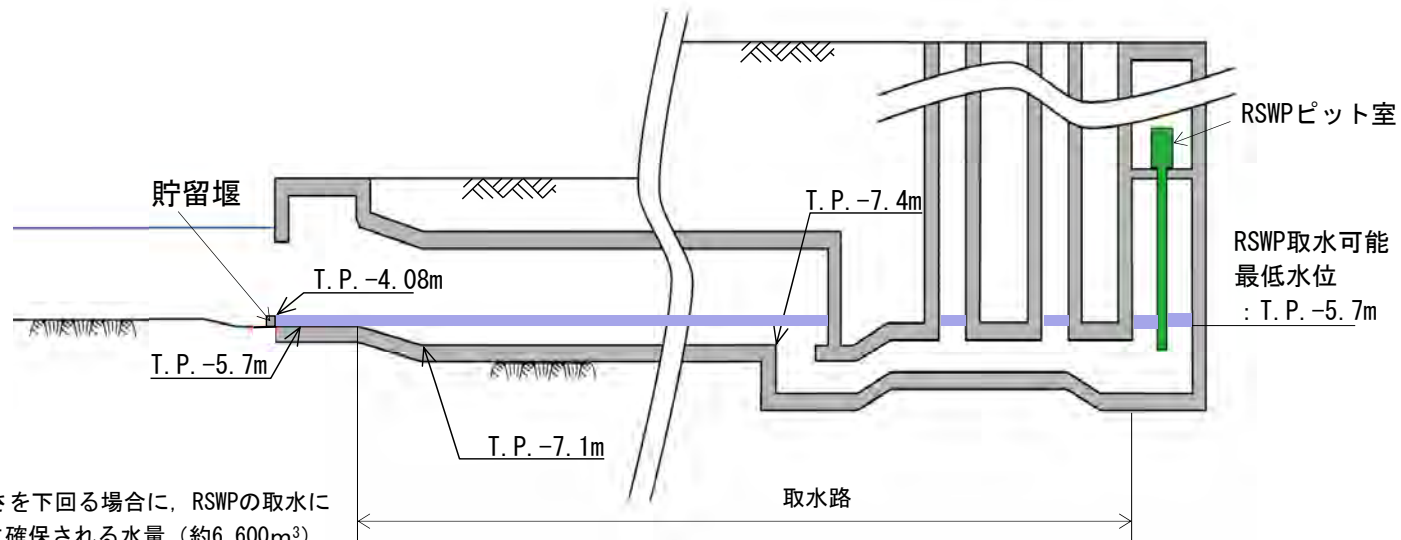


貯留堰前面における地震による水位時刻歴波形

(内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波【防波堤等あり】)

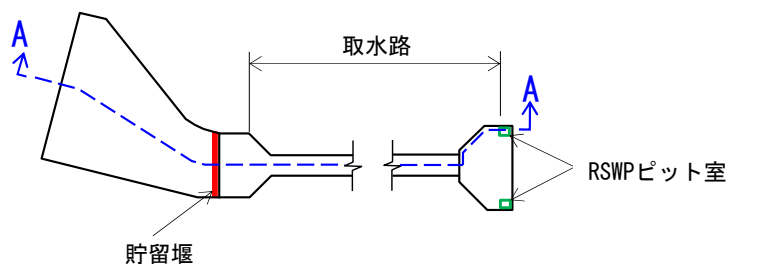
貯留堰天端高さ (T.P. -4.08m) を下回る継続時間	RSWP運転可能継続時間	隆起/沈降
約3.3分	約35分	1.37m沈降 (保守側に考慮しない)

A-A断面 (概略図)



■ : 津波水位が貯留堰天端高さを下回る場合に、RSWPの取水に必要な海水が取水路内等に確保される水量 (約6,600m³)

平面 (概略図)



(補足3) 津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間 (3 / 4)

貯留堰天端高さを下回る継続時間の評価 (3 / 4)

- 本編資料P. 59, P. 60の津波評価の一覧で整理した下降側の津波のうち、朔望平均干潮位 (T. P. -0.37m) を考慮した場合、最低水位が貯留堰の天端高さ (T. P. -4.08m) を下回るものは以下の5ケースである※1。
- これらを対象に、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間について比較した。
- その結果、貯留堰天端高さを下回る継続時間が最も長くなる津波は、「内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波【防波堤等あり】」であることを確認した。

※1：津波周期が長いチリ沖に想定される地震に伴う津波など他の津波の最低水位は、貯留堰の天端高さを下回らない。

津波評価の一覧【防波堤等あり】

区分	津波	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量	朔望平均干潮位 (T. P. -0.37m) を考慮した最低水位	貯留堰天端高さ (T. P. -4.08m) を下回る継続時間	隆起/沈降
地震による津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	-3.78m	T. P. -4.15m	40秒※2	0.03m隆起 (考慮する)
	内閣府 (2020) モデルによる津波	-4.89m	T. P. -5.26m	175秒※2	1.37m沈降 (保守側に考慮しない)
組合せ	内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	-5.32m	T. P. -5.69m	195秒	1.37m沈降 (保守側に考慮しない)

津波評価の一覧【防波堤等なし】

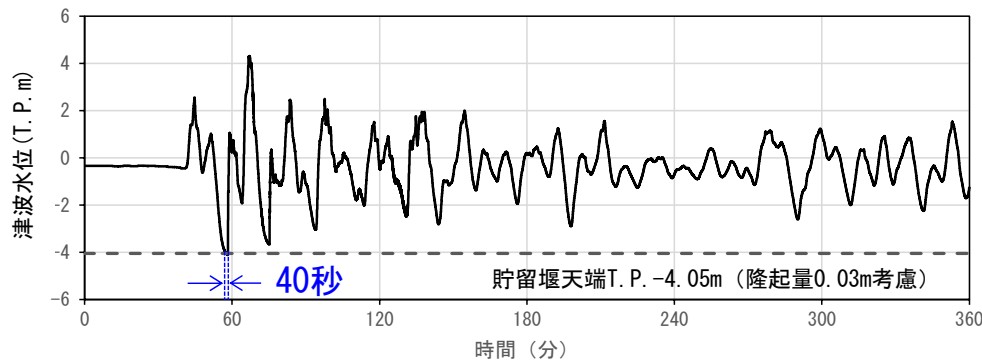
区分	津波	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量	朔望平均干潮位 (T. P. -0.37m) を考慮した最低水位	貯留堰天端高さ (T. P. -4.08m) を下回る継続時間	隆起/沈降
地震による津波	内閣府 (2020) モデルによる津波	-4.38m	T. P. -4.75m	147秒※2	1.37m沈降 (保守側に考慮しない)
組合せ	内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波	-5.12m	T. P. -5.49m	177秒※2	1.37m沈降 (保守側に考慮しない)

※2：次頁に水位時刻歴波形を示す。

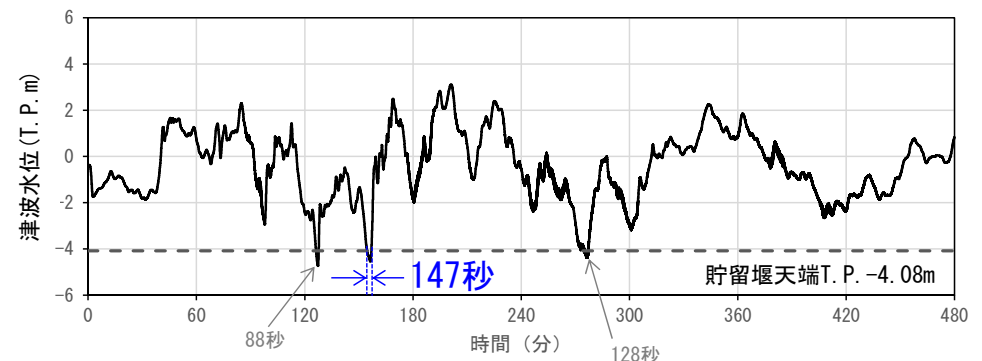


貯留堰天端高さを下回る継続時間の評価 (4 / 4)

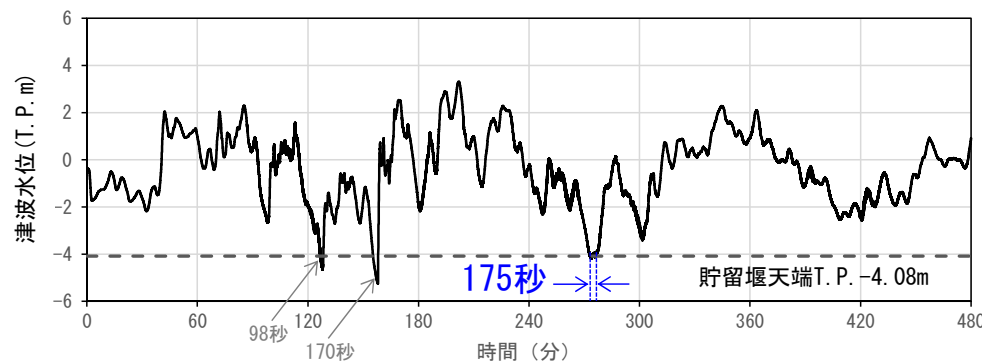
- 前頁で評価した5ケースのうち、貯留堰天端高さを下回る継続時間が最も長い「内閣府(2020)モデルによる地震と陸上の斜面崩壊の組合せによる津波【防波堤等あり】」を除く4ケースそれぞれの津波に対し、貯留堰天端高さを下回る継続時間算定に用いた水位時刻歴波形は以下のとおりであり、「内閣府(2020)モデルによる地震と陸上の斜面崩壊の組合せによる津波【防波堤等あり】」を上回るものでないことを確認した。



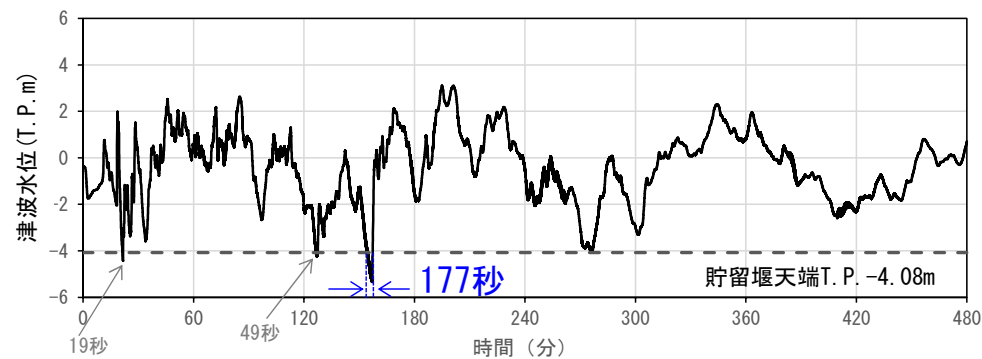
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
【防波堤等あり】



内閣府(2020)モデルによる津波
【防波堤等なし】



内閣府(2020)モデルによる津波
【防波堤等あり】



内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波
【防波堤等なし】

【本編資料】

5. 津波発生要因の組合せに関する検討

- 内閣府（2020）：日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について（概要報告）。
- Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe (2002) : Response Spectra for Design Purpose of Stiff Structures on Rock Sites, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis. Oct.16-18, Istanbul.
- 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」）。

6. 防波堤等の影響検討

- 内閣府（2020）：日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について（概要報告）。
- 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書，日本海における大規模地震に関する調査検討会。
- Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe (2002) : Response Spectra for Design Purpose of Stiff Structures on Rock Sites, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis. Oct.16-18, Istanbul.
- 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」）。

【補足説明資料】

（補足1）佐井エリア以外の陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討

- 内閣府（2020）：日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について（概要報告）。
- 財団法人高速道路調査会（1985）：地すべり地形の安定度評価に関する研究報告，pp. 33-36.
- Kawamata, K., K. Takaoka, K. Ban, F. Imamura, S. Yamaki, E. Kobayashi (2005) : Model of tsunami generation by collapse of volcanic eruption: the 1741 Oshima-Oshima tsunami, K. Satake (ed), Tsunamis: Case Studies and Recent Developments, pp. 79-96.
- Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe (2002) : Response Spectra for Design Purpose of Stiff Structures on Rock Sites, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis. Oct.16-18, Istanbul.
- 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」）。

（補足3）津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間

- 内閣府（2020）：日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について（概要報告）。