



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. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

4-3. 火山現象に起因する津波（1 / 12）

火山現象に起因する津波の検討フロー

火山現象に起因する津波については、以下のフローで検討を実施した。

検討フロー

【ステップ1】：発電所に影響がある津波を発生させる可能性がある火山現象の評価

「将来の活動可能性が否定できない火山（35火山）」※のうち、津軽海峡周辺で津波を発生させる可能性がある火山現象を評価

※「平成26年12月16日原子炉設置変更許可申請書 添付書類六 7. 火山」参照

【ステップ2】：検討対象火山現象の選定

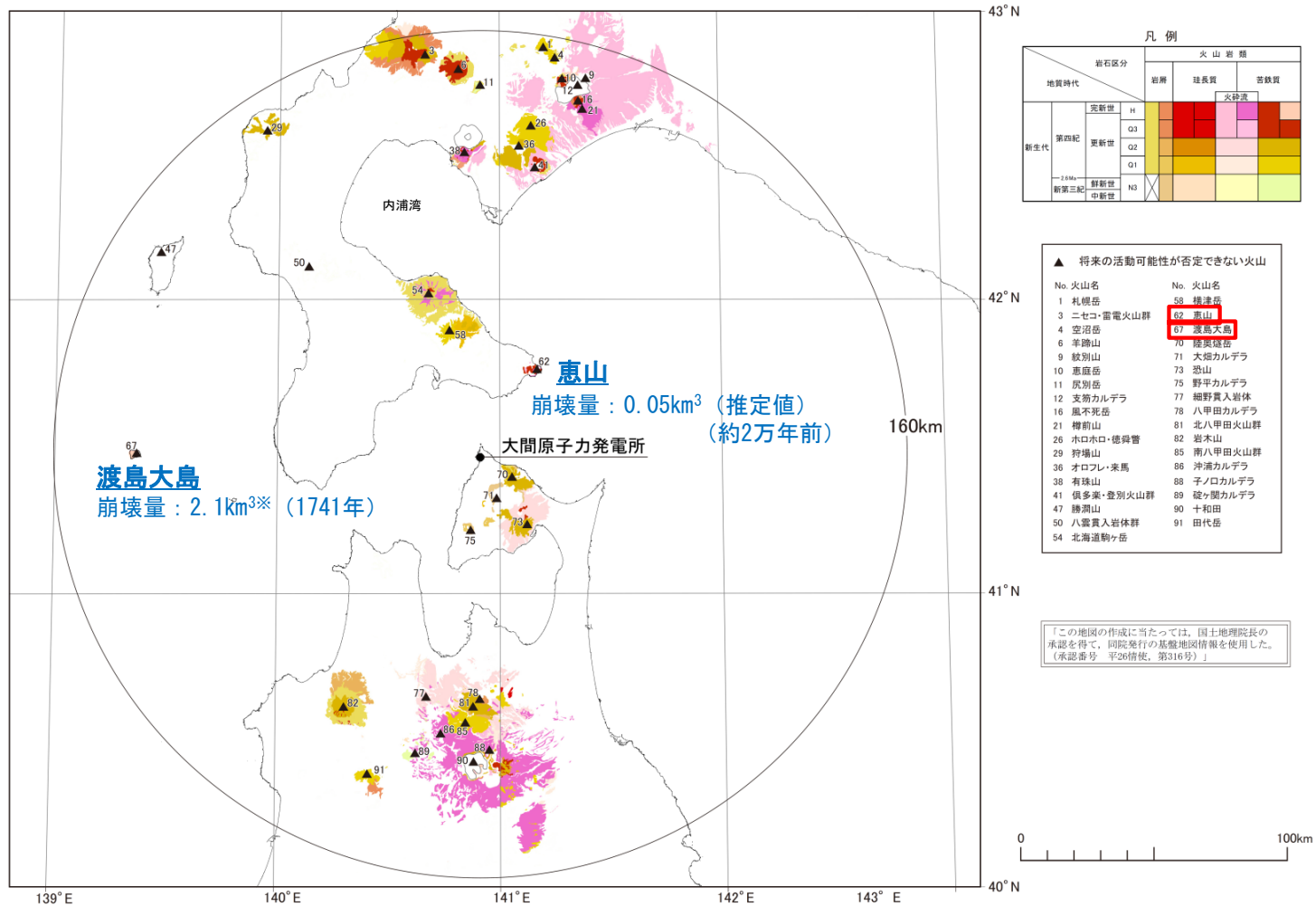
ステップ1で評価した火山現象から、崩壊規模、敷地との距離・位置関係等を考慮して敷地への影響が最も大きくなる火山現象を選定

【ステップ3】：数値シミュレーションの実施

数値シミュレーションにより敷地への影響を評価
(二層流モデル及びkinematic landslideモデルを用いて総合的に評価)



発電所に影響がある津波を発生させる可能性がある火山現象の評価【ステップ1】



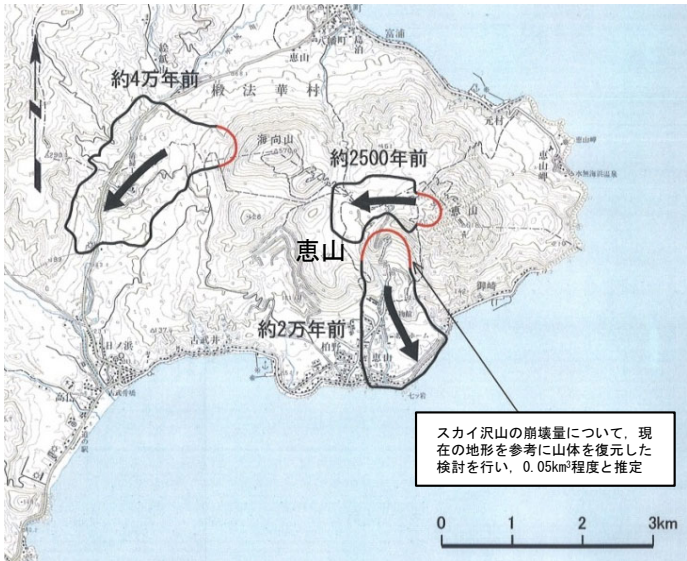
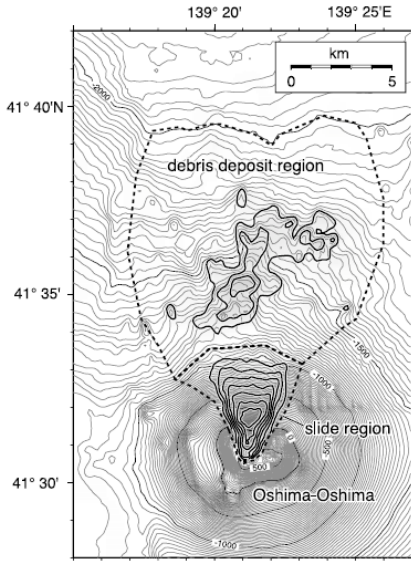
将来の活動可能性が否定できない火山

※: Kawamata et al. (2005)による
本図は、地質調査総合センター編 (2010) に基づき作成したものである。

- 「将来の活動可能性が否定できない火山 (35火山)」のうち、津軽海峡周辺で海に面していることを前提に、斜面の傾斜・勾配及び既往津波の発生状況を考慮し、恵山及び渡島大島の山体崩壊を発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある火山現象として評価した。
- なお、1640年北海道駒ヶ岳では山体崩壊による津波が発生したが、この津波の痕跡は内浦湾周辺のみで確認されており、津軽海峡沿岸及び敷地への影響は小さいと考えられる。



検討対象火山現象の選定【ステップ2】 (1 / 2) : 恵山・渡島大島の比較

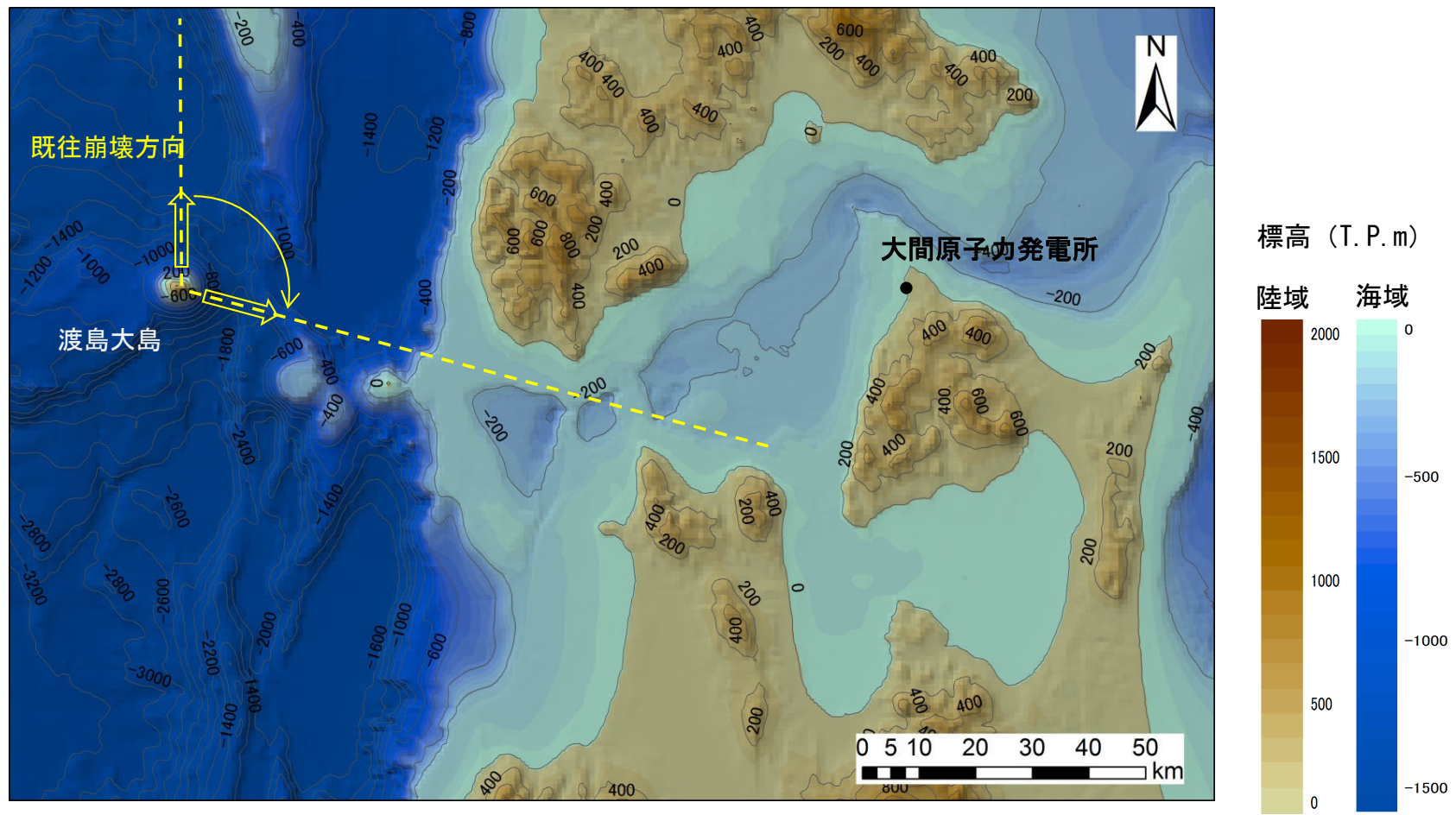
	恵山	渡島大島
直径	3,000m (推定)	18,000m (佐竹・加藤 (2002))
比高	618m (推定)	2,450m (佐竹・加藤 (2002))
体積	1.5km ³ (山体を円錐と仮定し算出)	207.8km ³ (山体を円錐と仮定し算出)
敷地からの距離 (直線距離)	39km	129km
既往の山体崩壊 & 津波発生状況	 <p>既往最大山体崩壊 (2万年前) : 山体崩壊量 約0.05km³ (推定) : 津波が発生した記録はない。</p>	 <p>既往最大山体崩壊 (1741年) : 山体崩壊量 約2.1km³ (Kawamata et al. (2005)) : 津波痕跡高: 4 ~ 6 m [津軽沿岸] (Satake (2007))</p>

・渡島大島は恵山に比べ敷地からの距離は遠いものの、山体の体積は100倍以上、既往の山体崩壊量は約50倍であり、圧倒的に規模が大きいため、渡島大島の山体崩壊を検討対象火山現象として選定する。



検討対象火山現象の選定【ステップ2】（2 / 2）：渡島大島崩壊方向の設定

- 1741年に発生した渡島大島の山体崩壊は北側への崩壊であるとされている。
- 新たな山体崩壊の想定としては、敷地への影響を考慮して、津軽海峡開口部へ向かう方向と設定した。



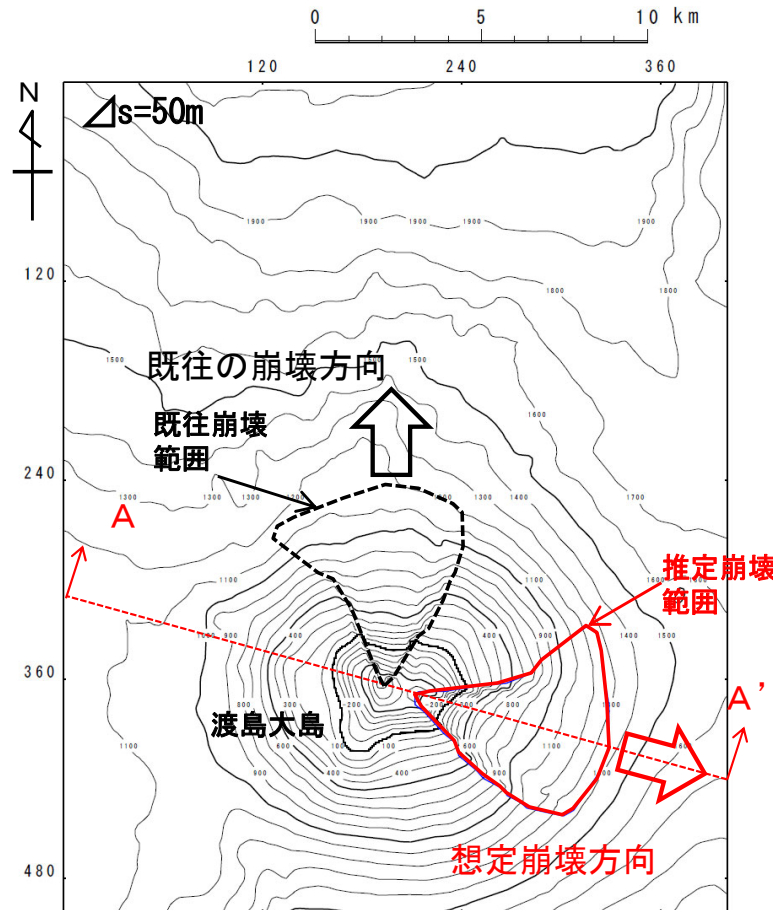
想定崩壊方向

(余白)

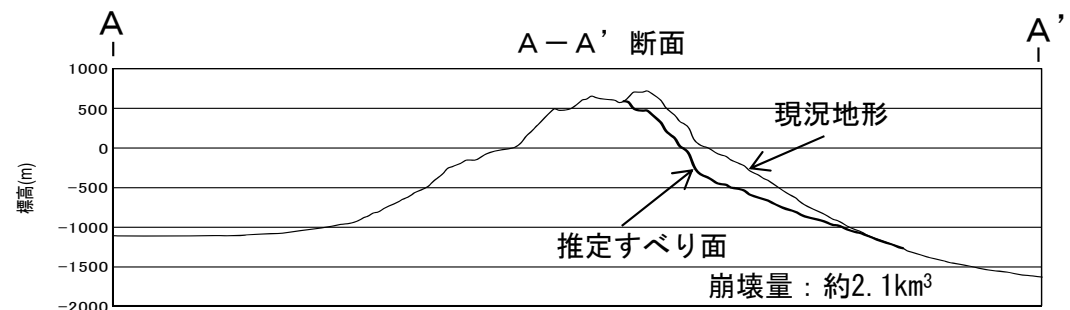
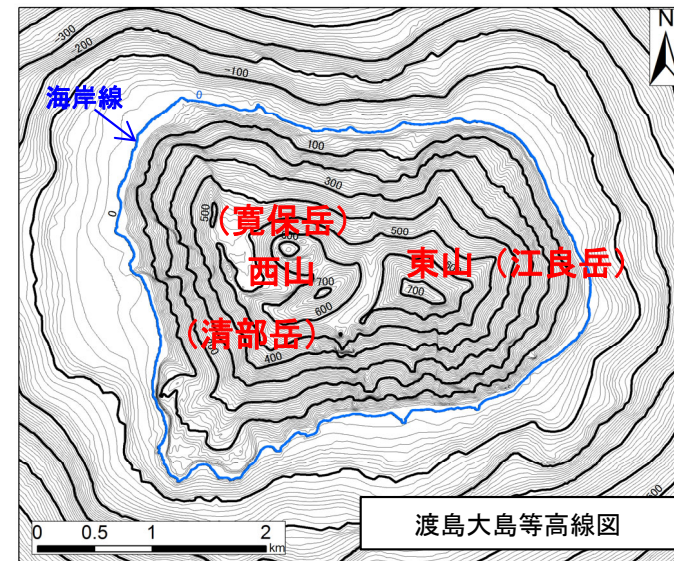


数値シミュレーション【ステップ3】 (1/7) : 解析モデル①<二層流モデル> (1/4)

- 解析モデル①として二層流モデルを採用した。
- 西山 (寛保岳・清部岳) と東山 (江良岳) のうち, 1741 年の崩壊は西山が崩壊したとされている。新たな想定としては, 敷地への影響を考慮して, 東山 (江良岳) を頂点とした崩壊を想定した。
- Kawamata et al. (2005) を参照し, 既往最大規模と同程度の規模となるようにすべり面を想定した。



崩壊方向・崩壊地形



渡島大島山体崩壊地形



4-3. 火山現象に起因する津波 (6 / 12)

数値シミュレーション【ステップ3】 (2 / 7) : 解析モデル①<二層流モデル> (2 / 4)

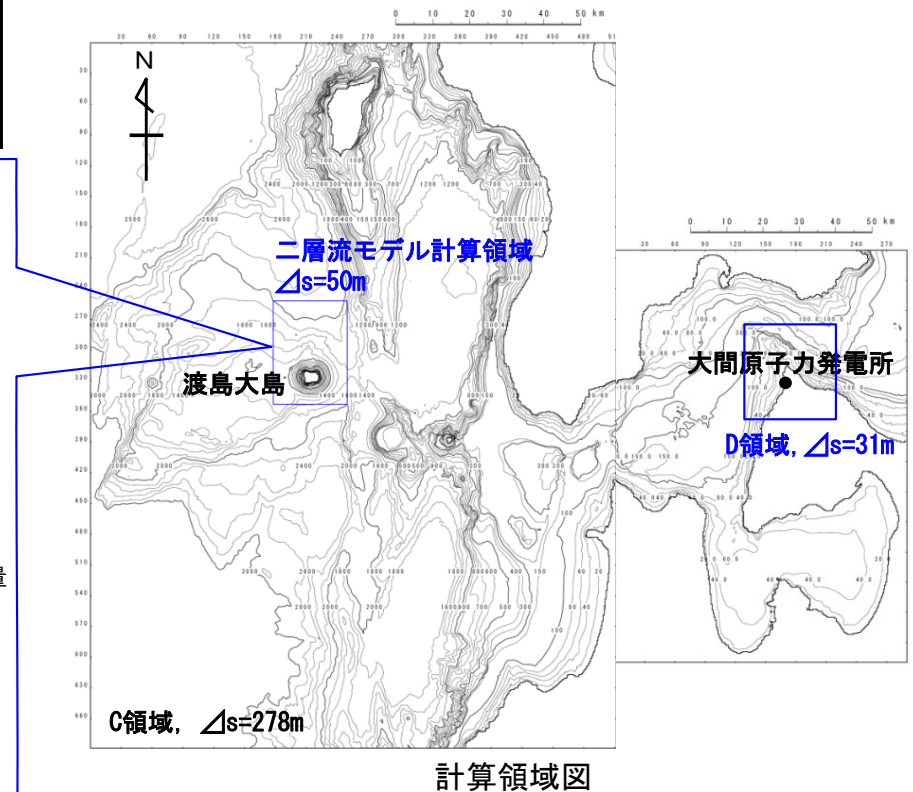
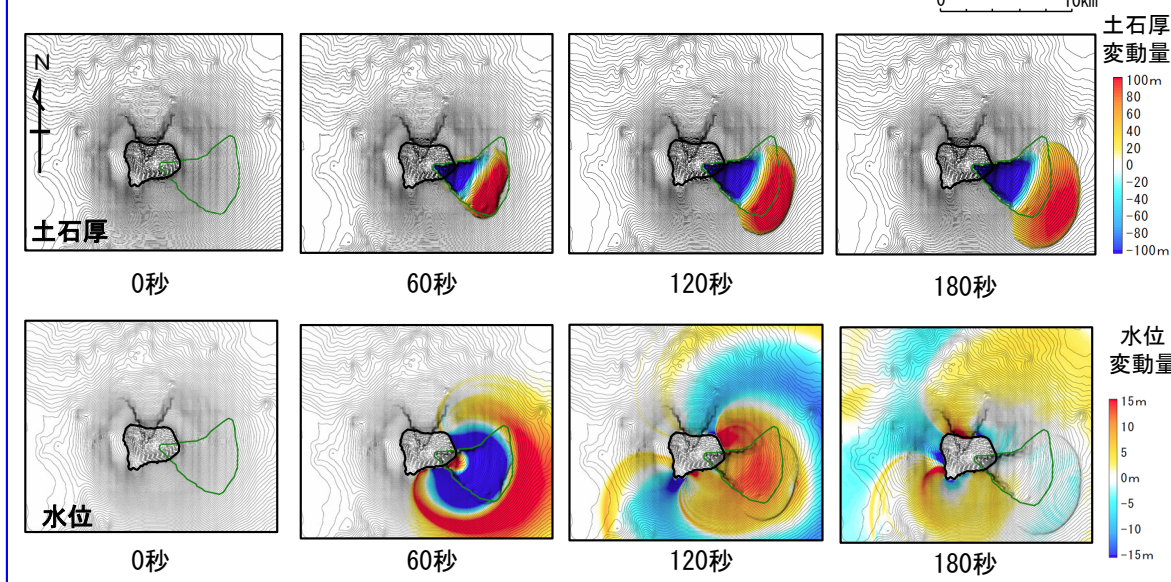
計算条件【渡島大島山体崩壊】

- 二層流モデルの計算条件は下表のとおりである。
- 敷地への津波の伝播シミュレーションは、二層流モデル解析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する。

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	$\Delta t = 5.0 \times 10^{-4} \text{ (s)}$	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))



4-3. 火山現象に起因する津波 (7 / 12)

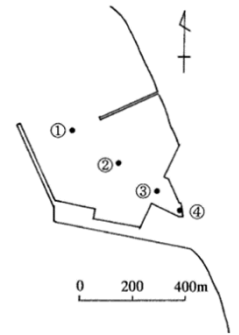


数値シミュレーション【ステップ3】 (3 / 7) : 解析モデル①<二層流モデル> (3 / 4)

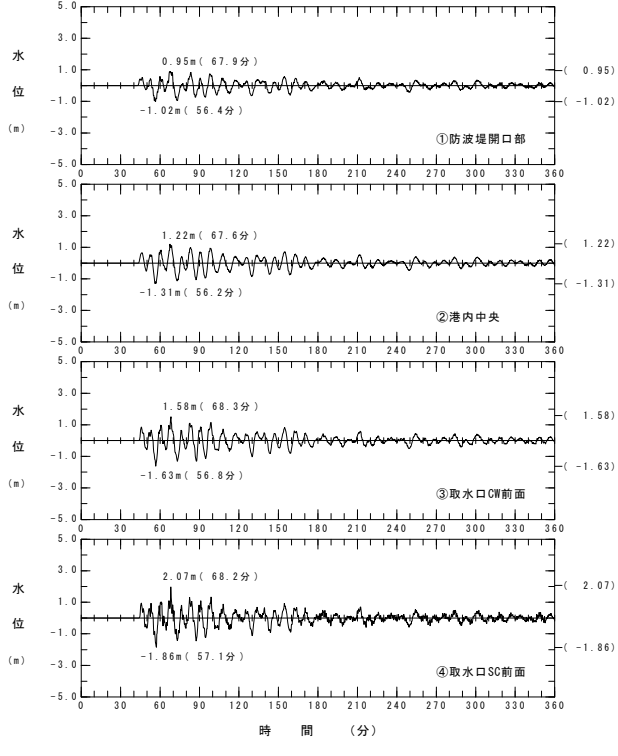
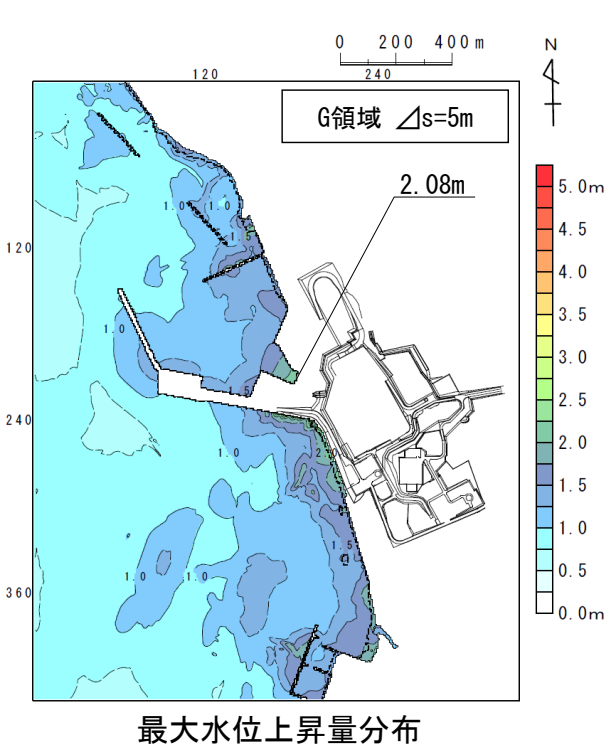
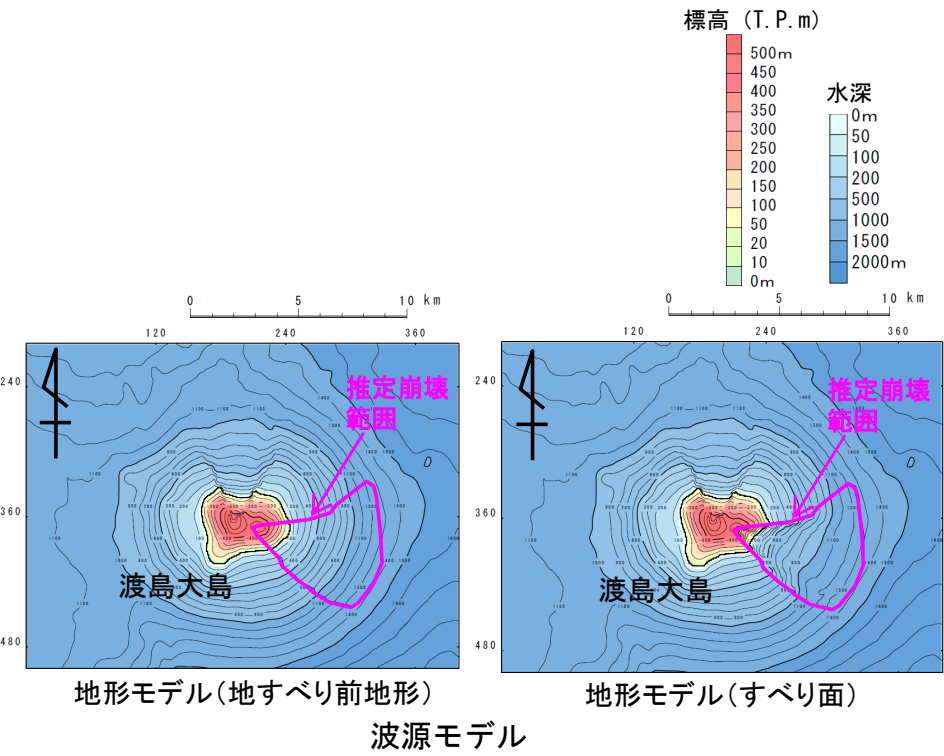
計算結果【渡島大島山体崩壊】

火山現象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。

火山現象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
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	二層流モデル	2.08m



水位時刻歴波形出力点



水位時刻歴波形

4-3. 火山現象に起因する津波 (8 / 12)



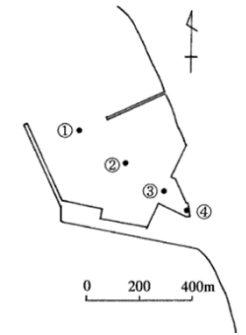
数値シミュレーション【ステップ3】 (4 / 7) : 解析モデル①<二層流モデル> (4 / 4)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

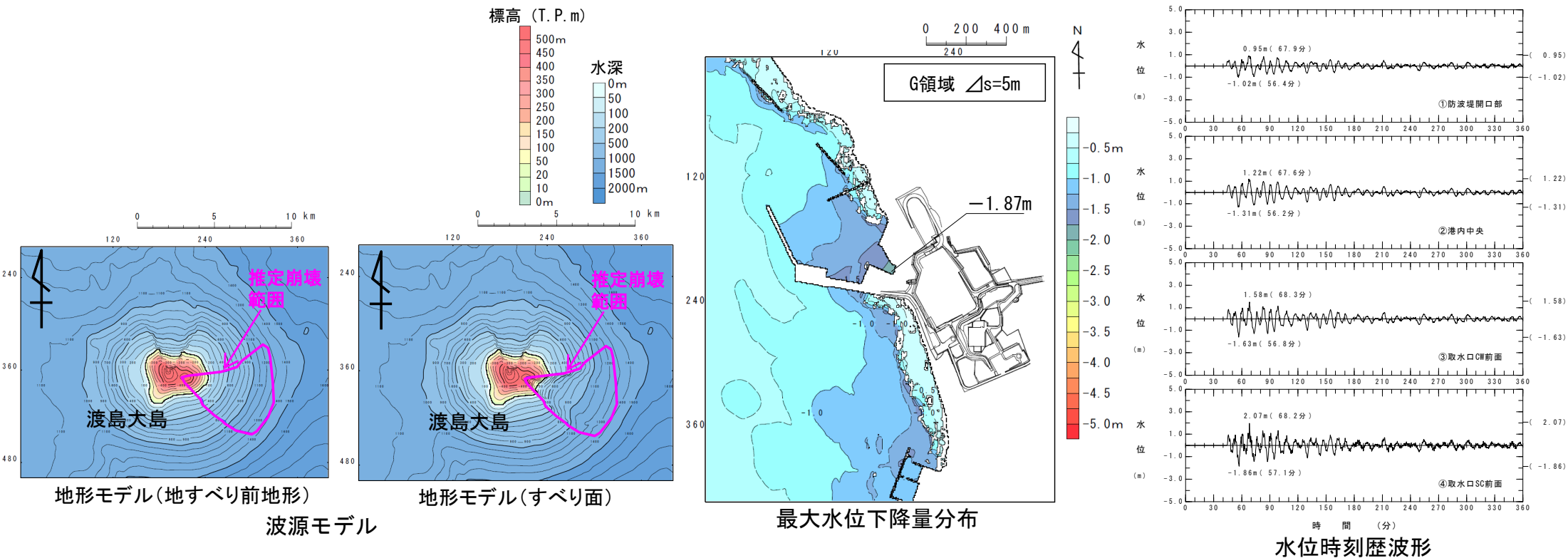
火山現象に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

火山現象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
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	二層流モデル	-1.87m



水位時刻歴波形出力点



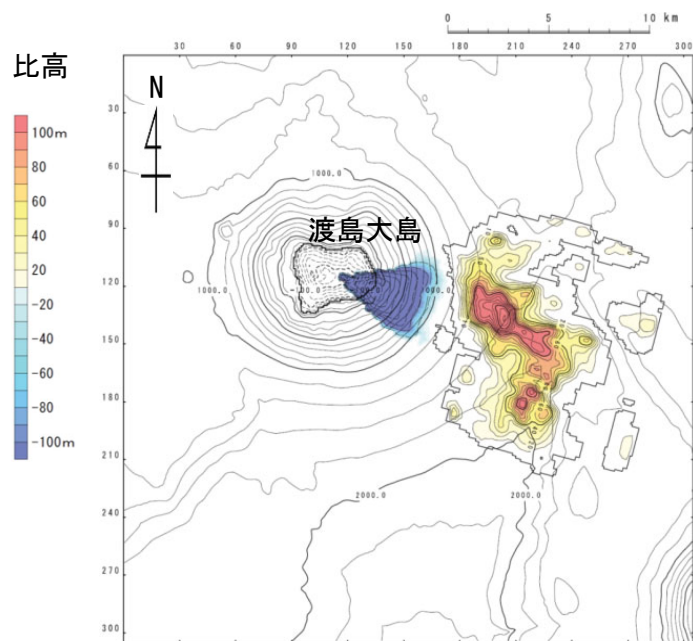
(余白)



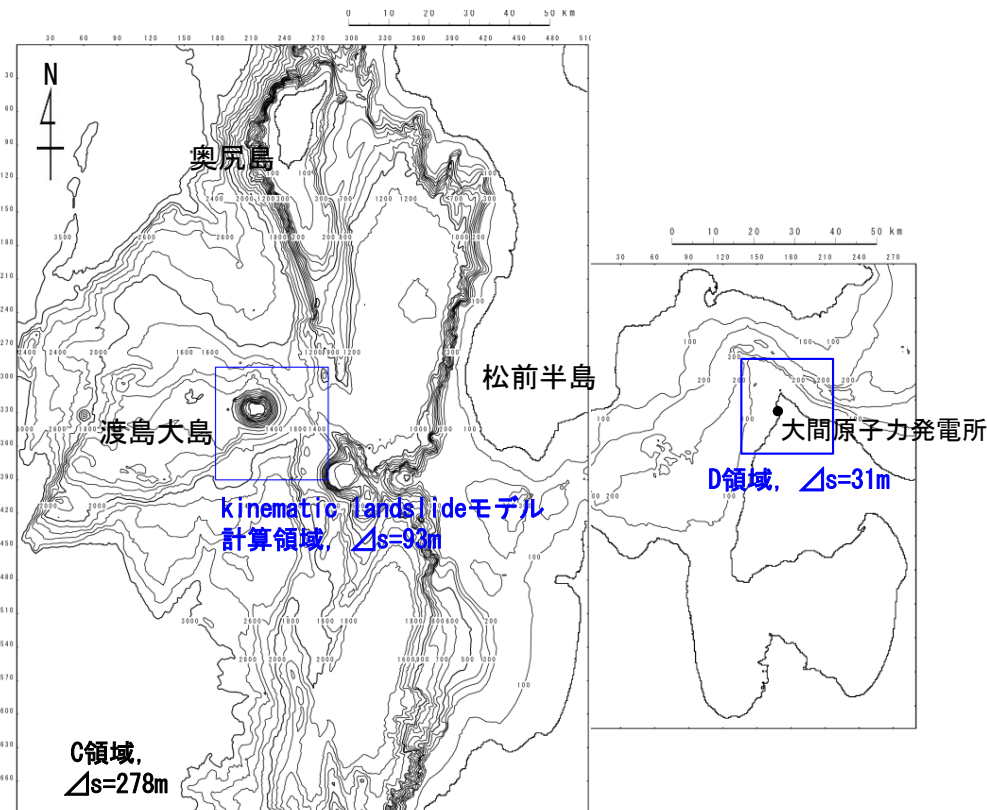
数値シミュレーション【ステップ3】 (5 / 7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (1 / 3)

崩壊地形データの作成及びパラメータの設定【渡島大島山体崩壊】

- 解析モデル②としてkinematic landslide モデルを採用した。
- Satake (2007) に示されている渡島大島周辺の測深図に基づく地形変化から推定された1741年山体崩壊の比高分布を津軽海峡開口部の方向に設定した。
- Satake (2007) の1741年崩壊津波の再現性評価結果に基づき、水平移動速度Uは40m/s、比高変化継続時間Tは120sとした※。(P. 61, P. 62参照)



kinematic landslideモデルに用いる
比高分布



計算領域図

※：二層流モデル解析結果を反映した検討については第1023回審査会合 資料1-2 「9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討」 参照



4-3. 火山現象に起因する津波 (10 / 12)

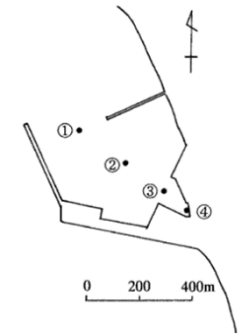
数値シミュレーション【ステップ3】 (6 / 7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (2 / 3)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

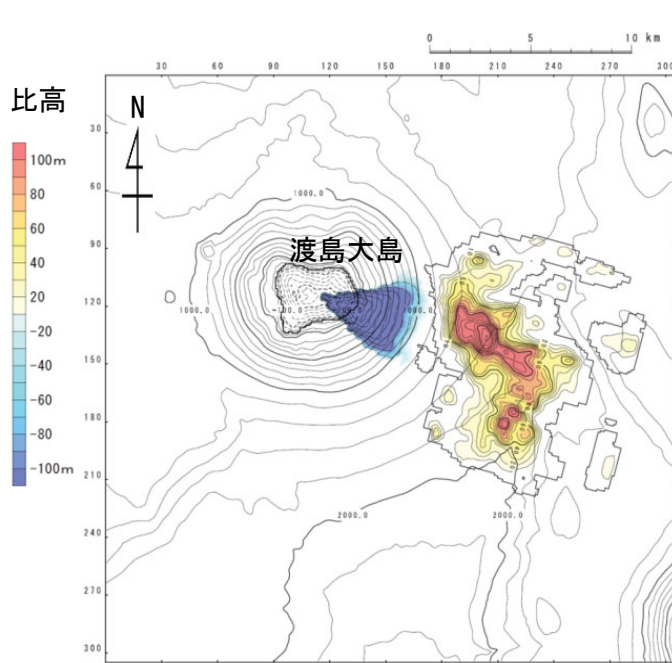
火山現象に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

火山現象に起因する津波検討結果(上昇側)

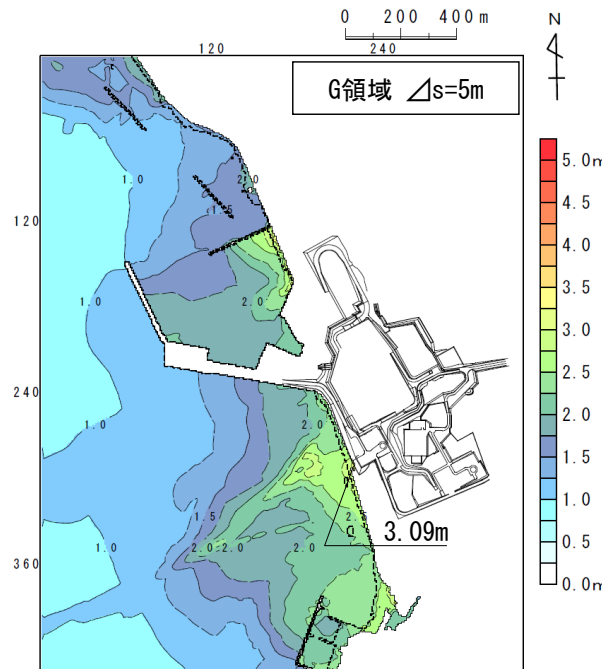
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	kinematic landslide モデル	3.09m



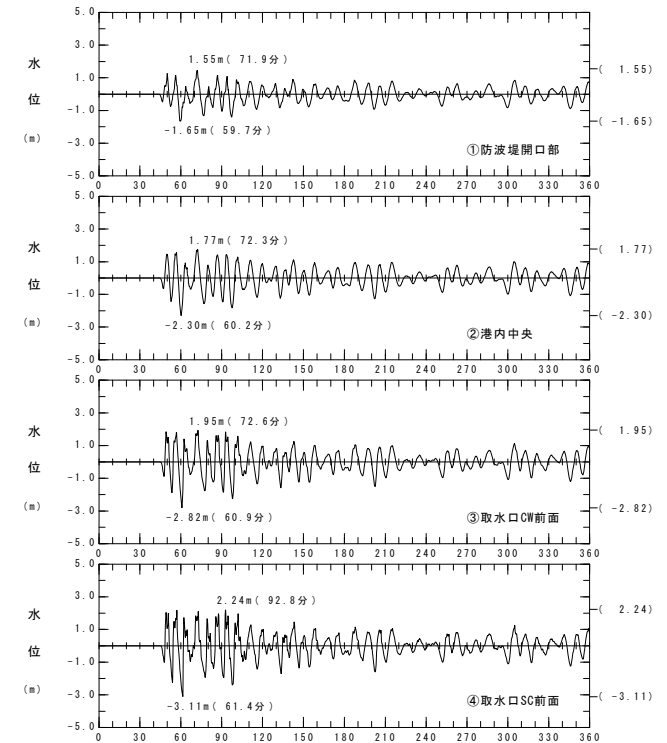
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形



4-3. 火山現象に起因する津波 (11 / 12)

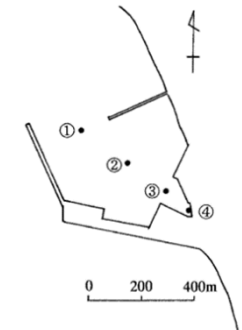
数値シミュレーション【ステップ3】 (7 / 7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (3 / 3)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

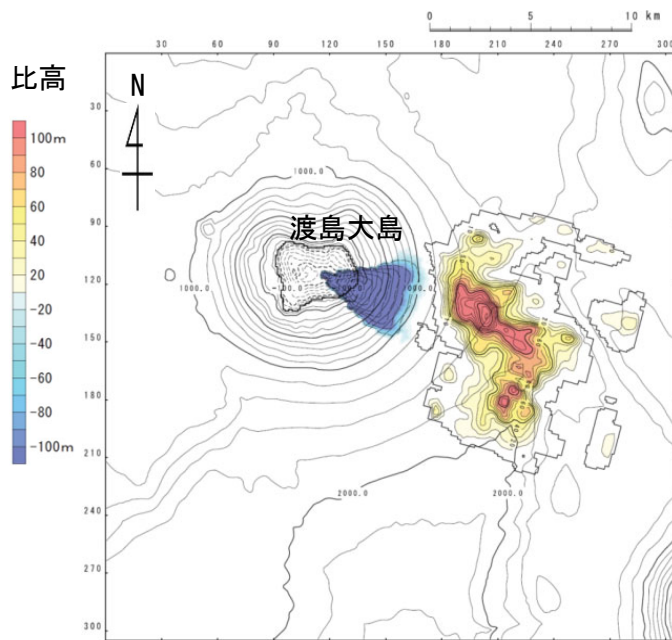
火山現象に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

火山現象に起因する津波検討結果 (下降側)

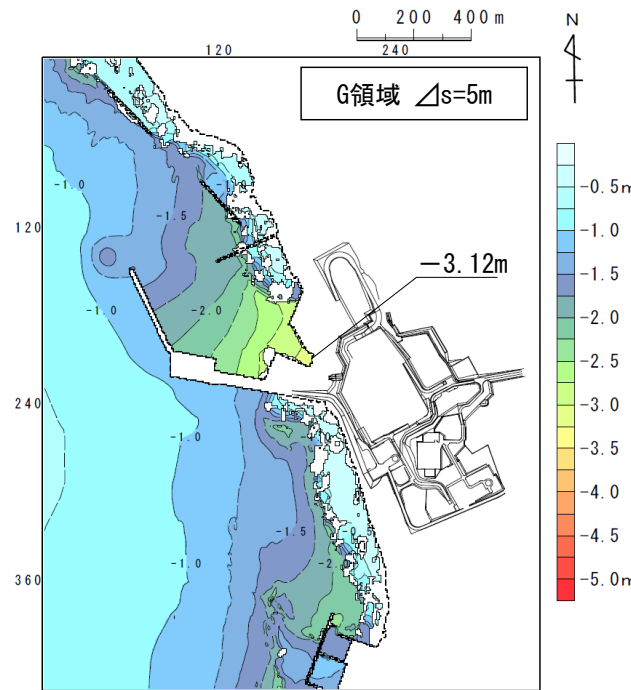
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	kinematic landslide モデル	-3.12m



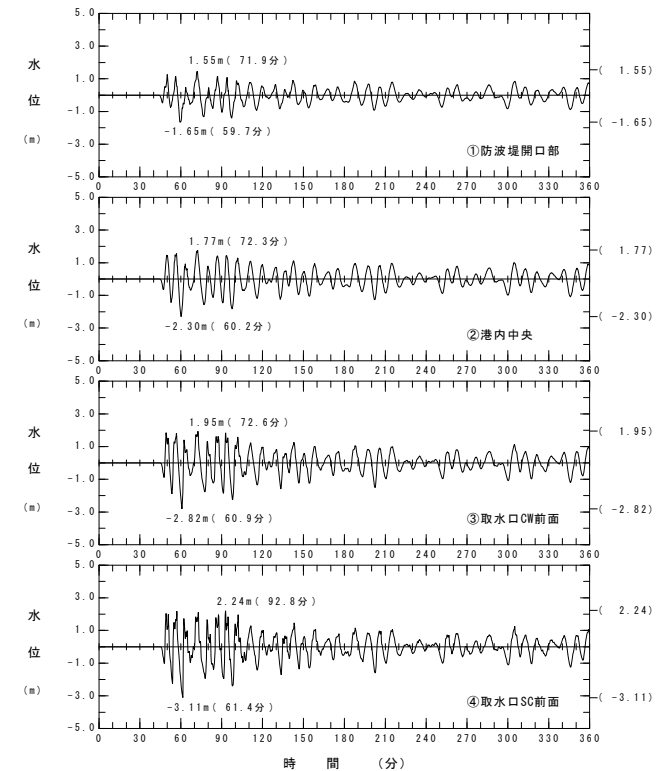
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

4-3. 火山現象に起因する津波（12/12）



火山現象に起因する津波検討結果

火山現象に起因する津波の検討結果は以下のとおりである。


火山現象に起因する津波


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
火山現象に起因する津波	kinematic landslideモデル	3.09m	-3.12m

(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. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲




- 地震以外の要因による津波に対して以下の3要因によって発生する津波の敷地での水位変動量を以下のとおり比較した。
 1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波の検討
 2. 海底地すべりに起因する津波の検討
 3. 火山現象に起因する津波の検討
- 地震以外の要因による津波の検討結果によると、敷地において上昇側・下降側共に、陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響が最も大きい。


地震以外の要因による津波の検討結果

津波を発生させる要因	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
陸上の斜面崩壊 【佐井エリアの地すべり地形】	4.97m	-3.49m
海底地すべり 【海底地すべり地形Ms-2】	0.53m	-0.53m
火山現象 【渡島大島の山体崩壊】	3.09m	-3.12m

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. 組合せ対象候補の抽出**
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ**
- 6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
- 7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (1 / 10)

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、津波発生要因の組合せについて検討を実施する。

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (2 / 10)

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」の組合せ対象について検討する。

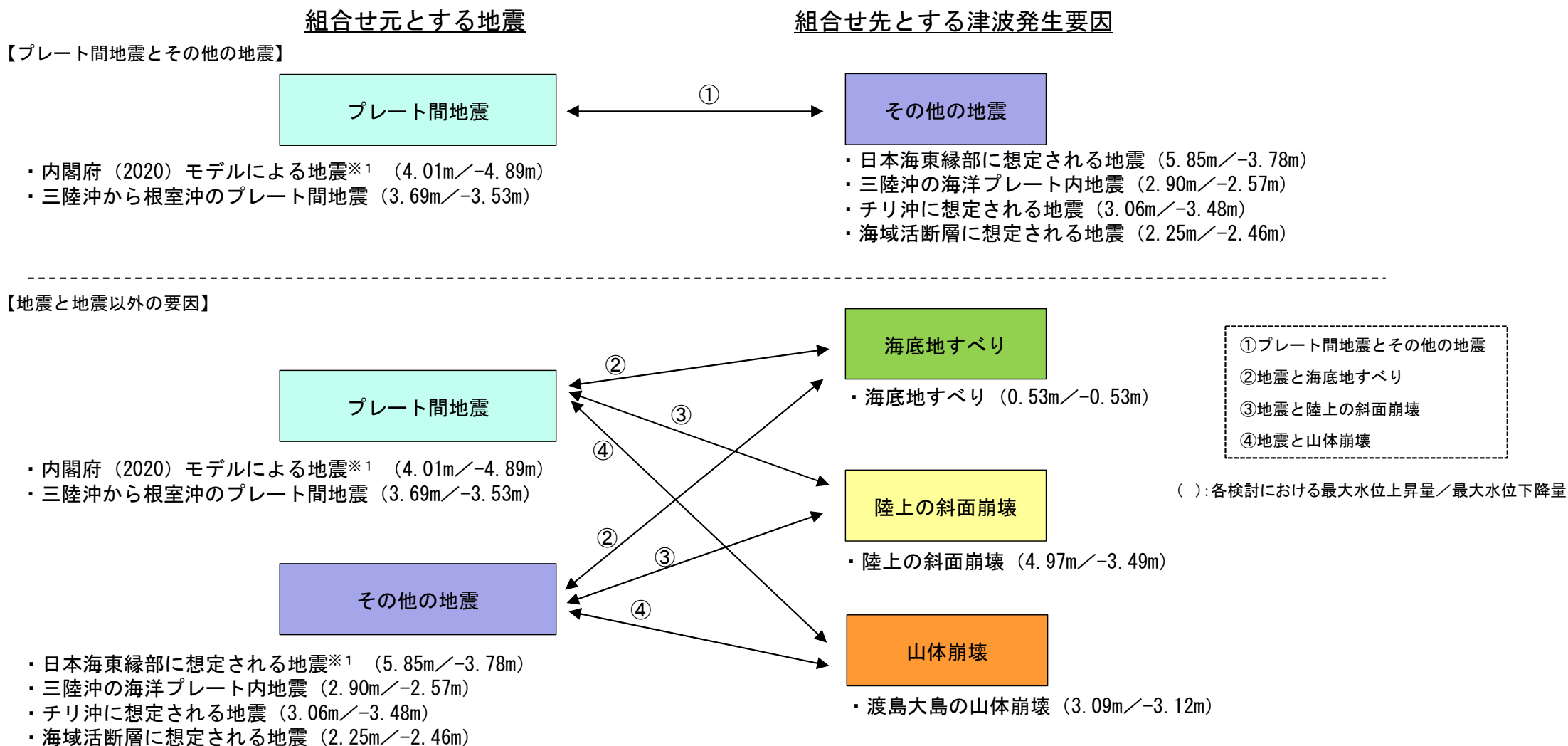
※：日本海東縁部に想定される地震に伴う津波、三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波、内閣府（2020）モデルによる津波、三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波、チリ沖に想定される地震に伴う津波及び海域活断層に想定される地震に伴う津波

(余白)

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (3 / 10)

検討対象とする組合せ (1 / 2)

- 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. 445～P. 451参照）。



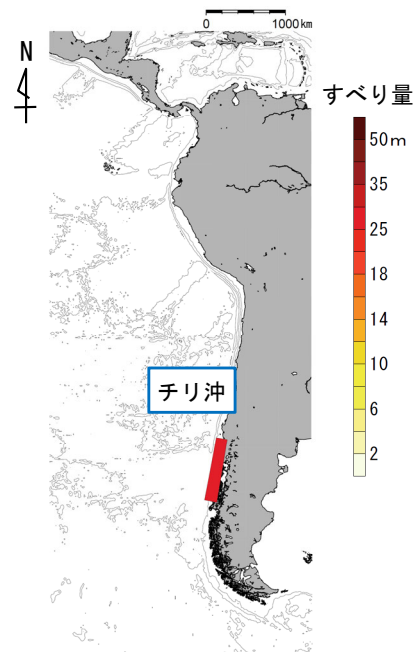
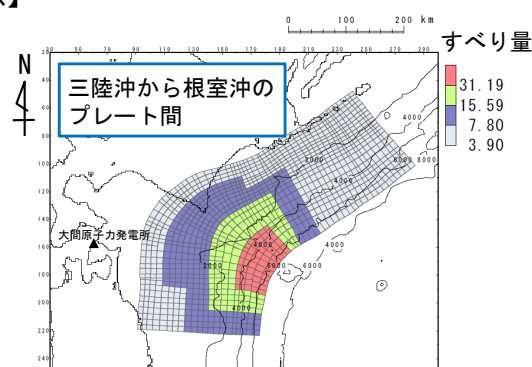
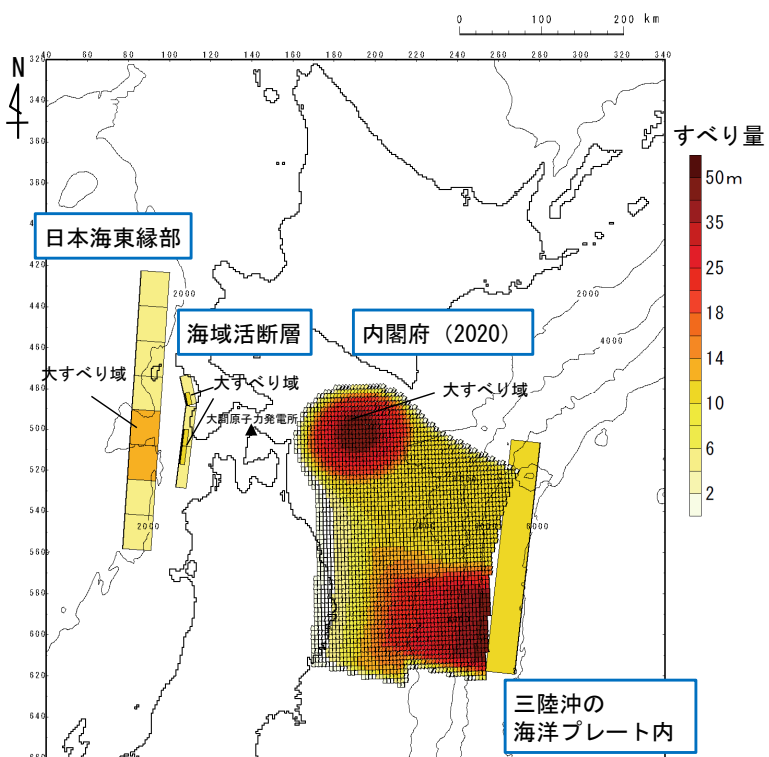
※1：敷地へ及ぼす影響を考慮して組合せ元とする地震

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (4 / 10)

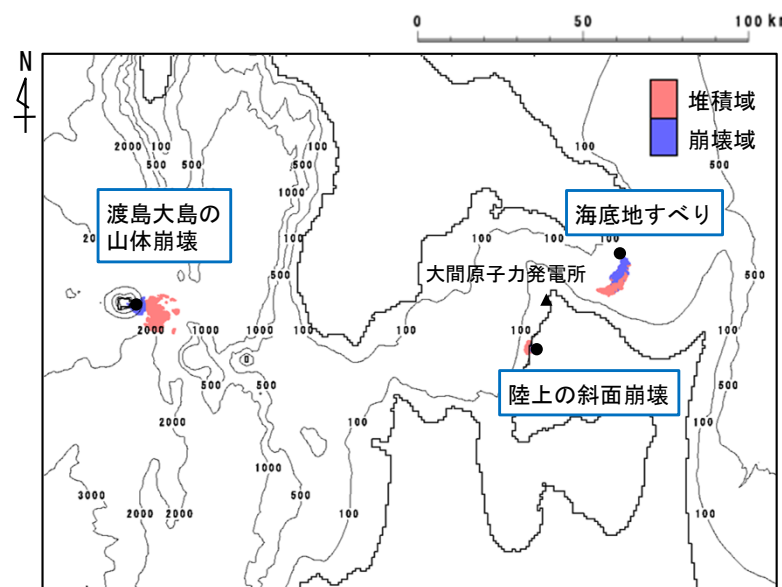
検討対象とする組合せ (2 / 2)

- 前頁に挙げた組合せの検討対象とする津波の波源の位置関係を以下に示す。

【地震による津波の波源】



【地震以外の要因による津波の波源】

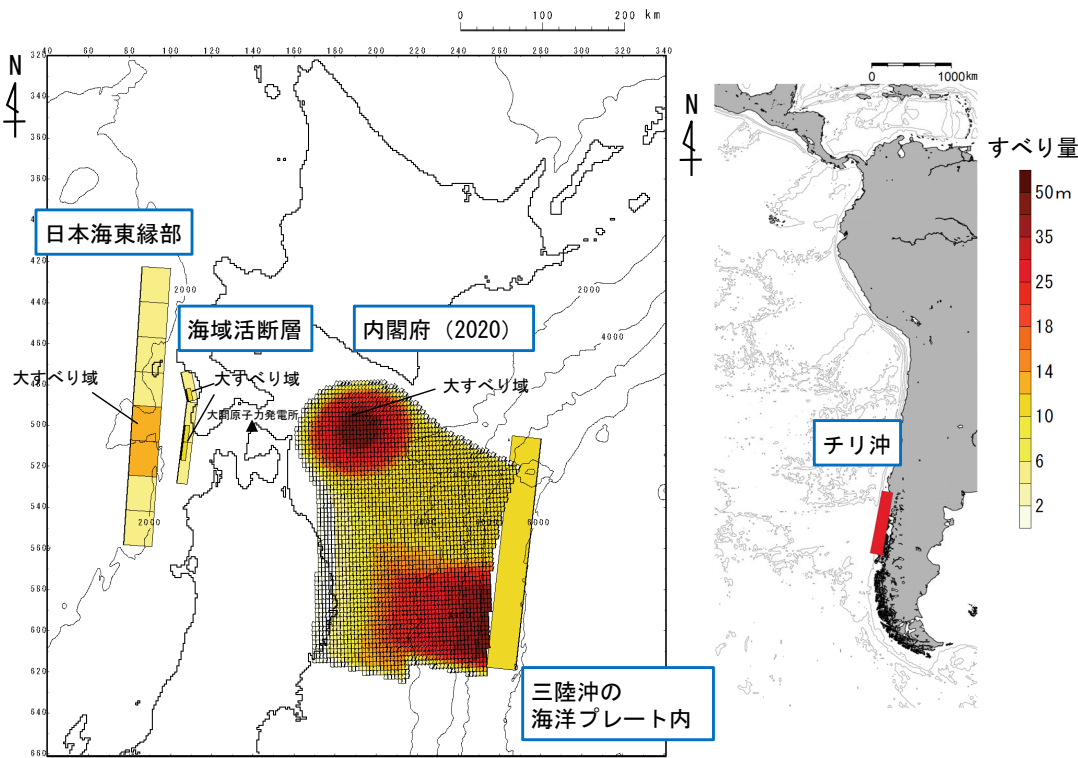


5-1. 組合せ対象候補の抽出 (5 / 10)

①プレート間地震とその他の地震

- 組合せ元と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海域活断層に想定される地震※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等の立地特性から、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）



プレート間地震とその他の地震の位置関係

【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
- ・ チリ沖に想定される地震
- ・ 海域活断層に想定される地震

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (6 / 10)

②地震と海底地すべり

- 組合せ元とする地震は、津波による敷地への影響を考慮して、上昇側は日本海東縁部に想定される地震、下降側は内閣府(2020)モデルによる地震とする。
- 組合せ先と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、敷地における海底地すべりによ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から、これらの組合せは考慮しない(P.443参照)。

【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)

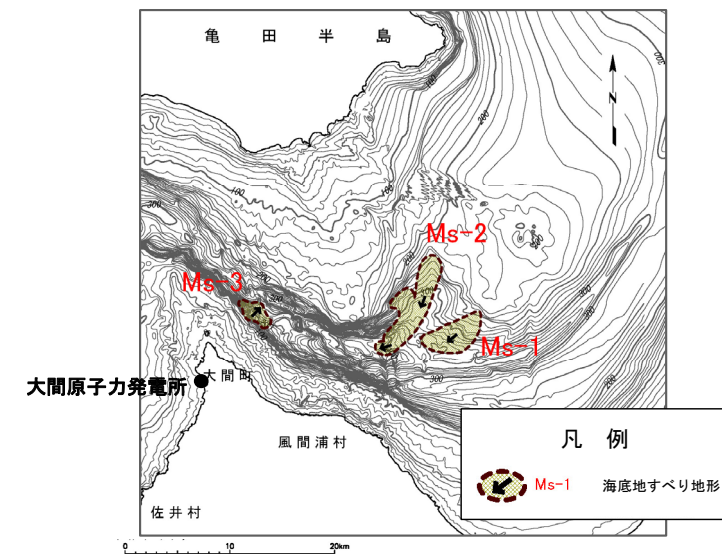
日本海東縁部に想定される
地震

(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. 組合せ対象候補の抽出 (7 / 10)

③地震と陸上の斜面崩壊 (1 / 2)

- ・ 組合せ元とする地震は、津波による敷地への影響を考慮して、上昇側は日本海東縁部に想定される地震、下降側は内閣府（2020）モデルによる地震とする。
- ・ 組合せ先とする陸上の斜面崩壊としては、検討対象とした5エリア（恵山、函館、知内、佐井、竜飛崎）の陸上の斜面崩壊が候補として挙げられる。
- ・ 陸上の斜面崩壊の単独ケースの検討において、5エリアの陸上の斜面崩壊のうち敷地に与える影響が最も大きいのは、佐井エリアである（本編資料4-1章参照）。
- ・ 組合せ対象の選定にあたり、敷地が津軽海峡内に位置する立地特性を踏まえ、敷地との位置関係、津波の伝播経路等の要因により、組合せた際に単独最大ケース（佐井エリア）との組合せの影響が最も大きくなると言い切れない。
- ・ このため、5エリアの陸上の斜面崩壊の伝播特性（最大水位上昇量分布）から、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象の候補となるエリアを抽出する。

【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)

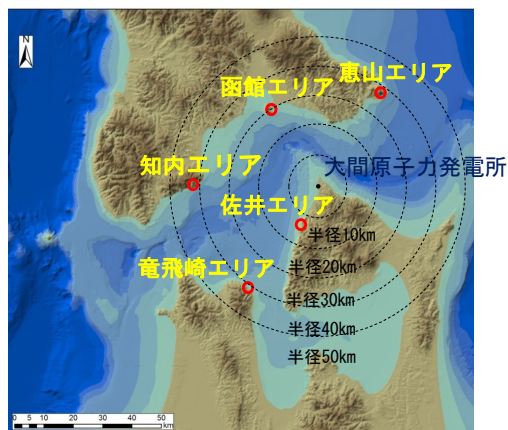
日本海東縁部に想定される地震

(下降側)

内閣府（2020）モデルによる地震

③陸上の斜面崩壊

- ・ 恵山エリアの斜面崩壊
- ・ 函館エリアの斜面崩壊
- ・ 知内エリアの斜面崩壊
- ・ 佐井エリアの斜面崩壊
- ・ 竜飛崎エリアの斜面崩壊



検討対象斜面崩壊エリア

＜組合せ対象の陸上の斜面崩壊エリアの抽出手順＞

0. 組合せ対象の候補となる陸上の斜面崩壊

- ・ 5エリア（恵山、函館、知内、佐井、竜飛崎）

1. 組合せ対象の候補となる陸上の斜面崩壊エリアの抽出

- ・ 敷地が津軽海峡内に位置する立地特性を踏まえ、敷地との位置関係、津波の伝播経路等の要因により、組合せた際に単独最大ケース（佐井エリア）との組合せの影響が最も大きくなると言い切れない。
- ・ このため、5エリアの陸上の斜面崩壊の伝播特性（最大水位上昇量分布）から、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象の候補となるエリアを抽出する。

2. 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の評価

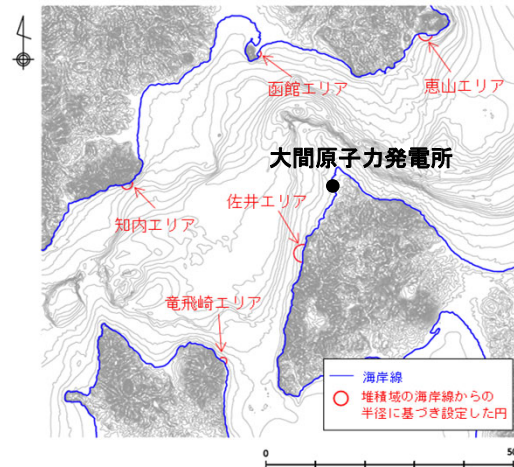
- ・ 「5-2. 津波発生要因の組合せ」において検討を実施する。

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (8 / 10)

③地震と陸上の斜面崩壊 (2 / 2)

- 5エリアの陸上の斜面崩壊について、概略影響検討※による津軽海峡内の伝播特性（最大水位上昇量分布）を比較した。
- その結果、単独ケースの検討において敷地に与える影響が最も大きい佐井エリアに加え、斜面崩壊の規模が相対的に大きく、斜面崩壊の方向が津軽海峡内に向いている知内エリアの最大水位上昇量が、佐井エリアと同様に津軽海峡内の敷地前面の広い範囲において大きいことを確認した。
- 以上より、敷地が津軽海峡内に位置する立地特性を踏まえ、組合せ元とする地震と組合せた際に影響が大きくなると考えられるエリアの候補として、佐井エリア、知内エリアの2エリアを抽出する。

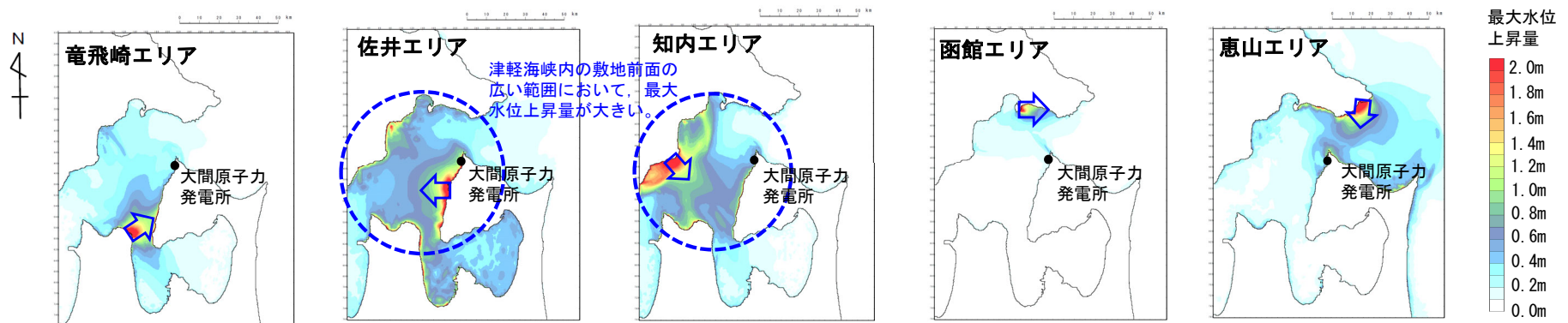
※：補足説明資料（補足3）参照。



各エリアの規模

エリア	斜面崩壊の規模 (概算)
恵山	$8.41 \times 10^7 \text{m}^3$
函館	$1.74 \times 10^7 \text{m}^3$
知内	$4.26 \times 10^7 \text{m}^3$
佐井	$1.67 \times 10^8 \text{m}^3$
竜飛崎	$1.37 \times 10^7 \text{m}^3$

斜面崩壊エリアと敷地との位置関係



津軽海峡内の最大水位上昇量分布

↙：斜面崩壊の方向

(余白)

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (9 / 10)

④地震と山体崩壊

- 組合せ元とする地震は、津波による敷地への影響を考慮して、上昇側は日本海東縁部に想定される地震、下降側は内閣府(2020)モデルによる地震とする。
- 組合せ先とする山体崩壊は、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の検討で参照した1741年渡島大島火山津波は、断層運動による地震に起因するものでなく、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ことから、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)

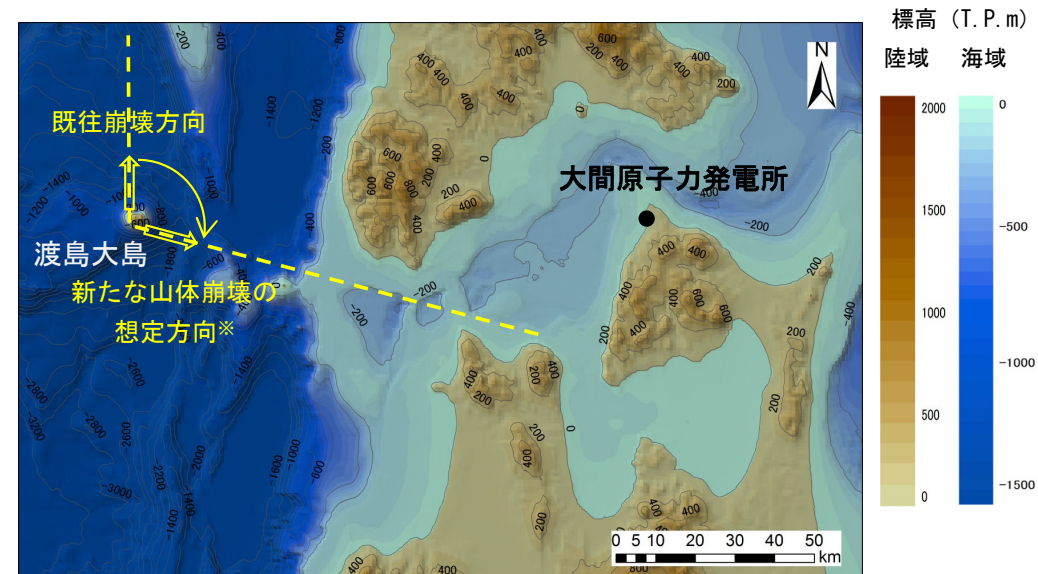
日本海東縁部に想定される
地震

(下降側)

内閣府(2020)モデル
による地震

④山体崩壊

・ 渡島大島の山体崩壊



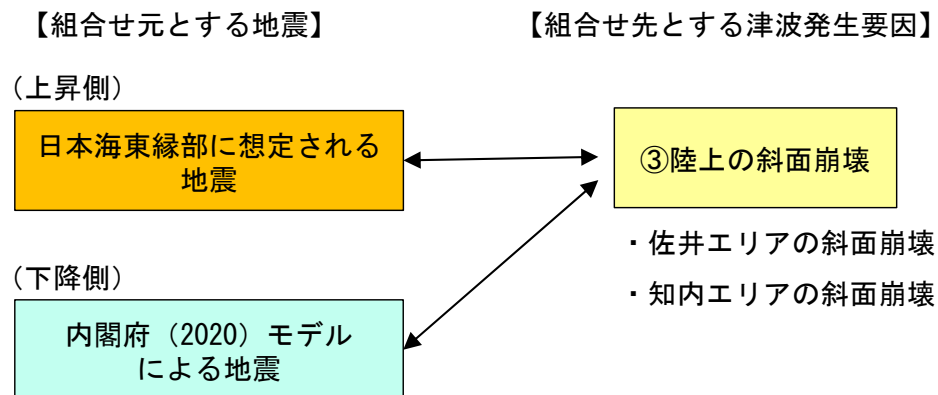
渡島大島の山体崩壊

※：1741年に発生した渡島大島の山体崩壊は北側への崩壊であるとされている。新たな山体崩壊の想定としては、敷地への影響を考慮して、津軽海峡開口部へ向かう方向に設定。すべり面は既往最大規模と同程度の規模となるよう想定。(P. 425, P. 427参照)

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (10 / 10)

まとめ


- 「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、組合せ元とする地震の震源からの距離、発生メカニズム、各々の敷地への津波の影響を考慮し、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象候補として、以下を抽出する。
 - 組合せ元とする地震：【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
 - 組合せ先とする津波発生要因：佐井エリアの斜面崩壊，知内エリアの斜面崩壊




(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. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ**
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

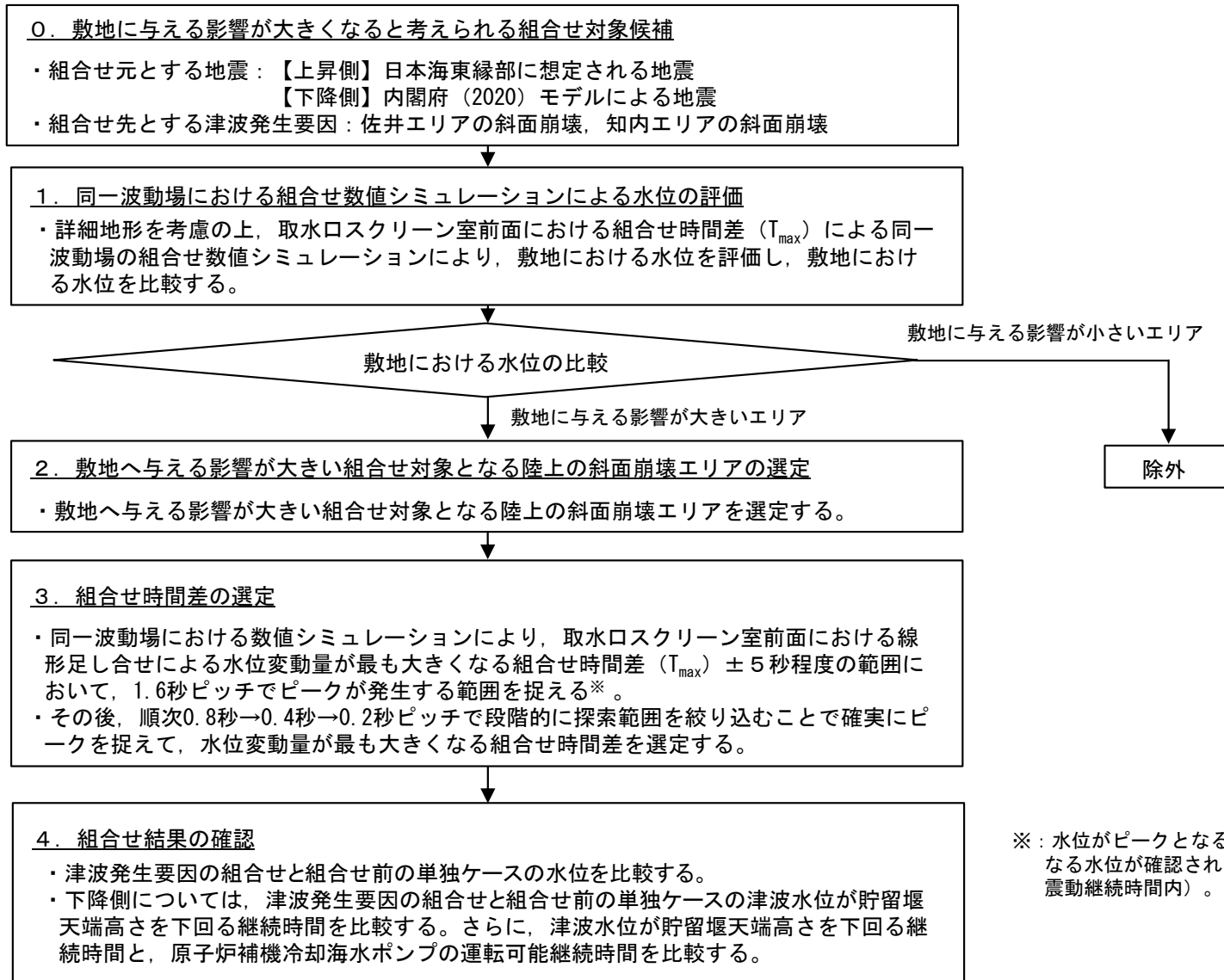
 : 本資料での主なご説明範囲

5-2. 津波発生要因の組合せ（1 / 2 4）

検討方針

- 「5-1. 組合せ対象候補の抽出」において抽出された津波発生要因の組合せの検討を行う。検討フローは以下のとおり。

<津波発生要因の組合せの検討フロー>





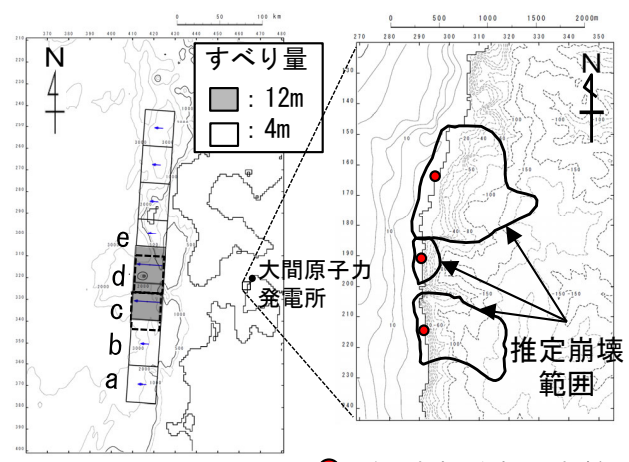
コメントNo.S5-36

5-2. 津波発生要因の組合せ (2 / 24)

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)



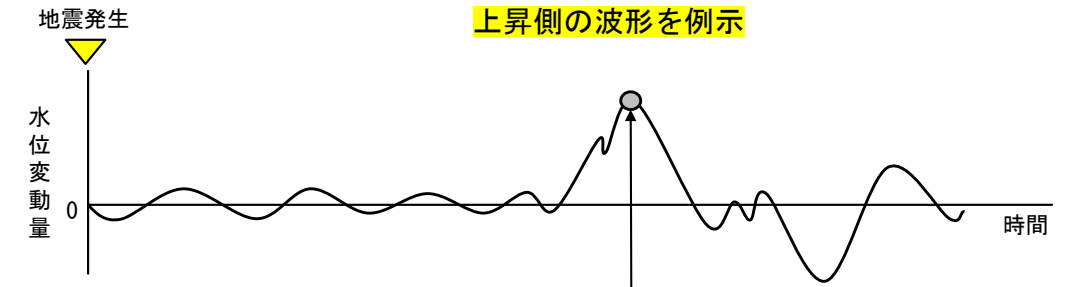
日本海東縁部の地震 佐井エリアの斜面崩壊

上昇側の組合せケースを例示

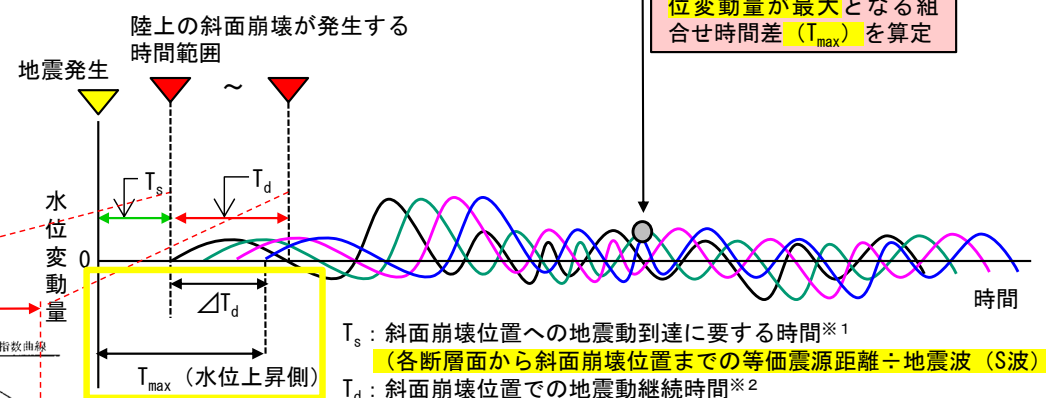
- ※1 : 各断層面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
- ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
- ※3 : 【上昇側】日本海東縁部に想定される地震に伴う津波及び陸上の斜面崩壊に起因する津波のいずれに対しても常に波形があり、線形足し合せが出来る地点。
【下降側】取水路から原子炉補機冷却水の取水確保を評価する地点。

線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認は、補足説明資料「(補足5) 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認」に示す。

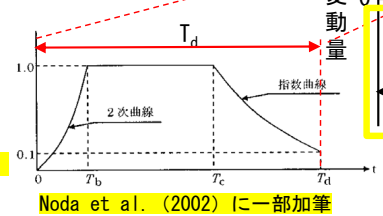
■ 地震による津波の敷地での水位時刻歴波形



■ 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



線形足し合せを行い、水位変動量が最大となる組合せ時間差 (T_{max}) 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}
(各断層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 ($T_{max} = T_s + \Delta T_d$)

5-2. 津波発生要因の組合せ (3 / 2 4)

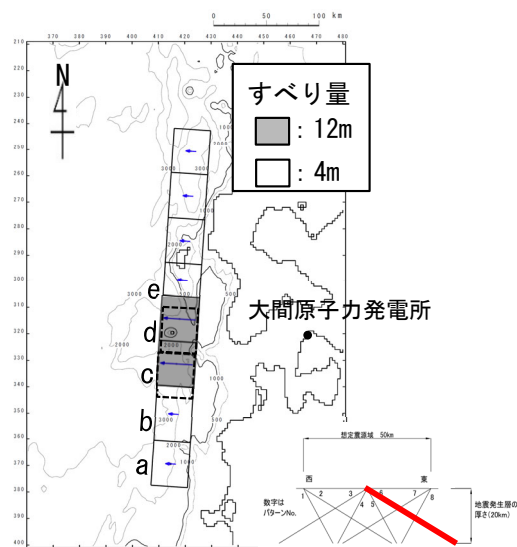
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (1 / 1 3)

上昇側 (1 / 6) : 検討対象津波 【日本海東縁部に想定される地震 / 佐井エリアの斜面崩壊 (1 / 3)】

- 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

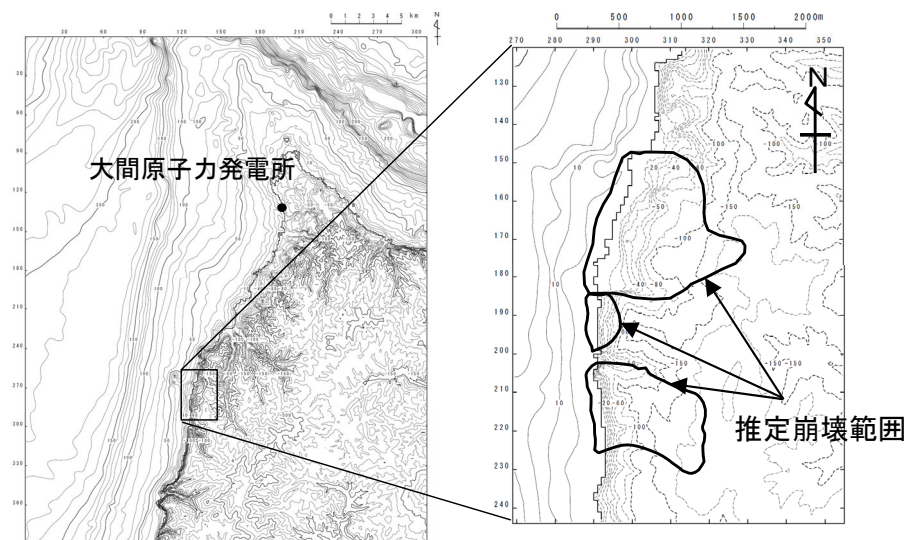
評価対象	地震	決定ケース
最大水位 上昇ケース	日本海東縁部の 地震 Mw=8.2	東西方向中央, 東傾斜($\delta=30^\circ$)の W=40.0km, アスペリティ位置c+dを 北方へ10km移動, 上縁深さ5km



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

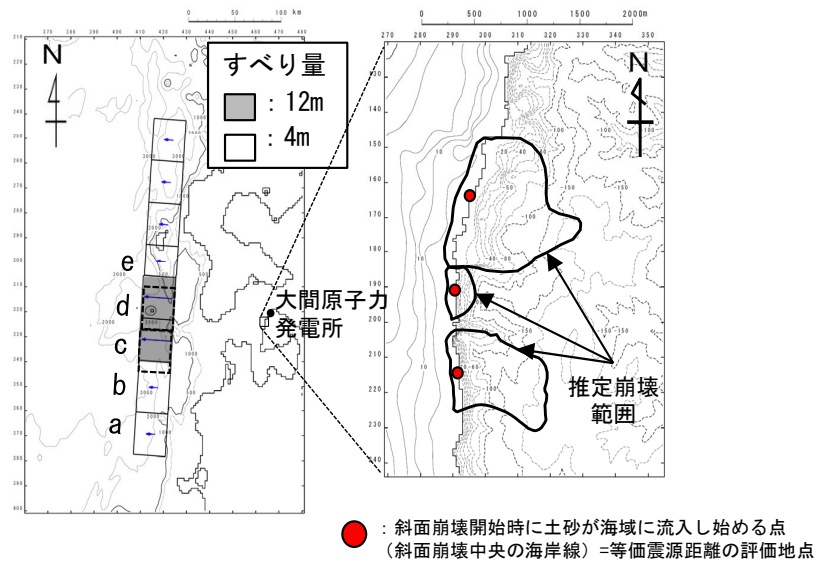
5-2. 津波発生要因の組合せ (4 / 2 4)

敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (2 / 1 3)

上昇側 (2 / 6) : 組合せ時間差の設定 【日本海東縁部に想定される地震/佐井エリアの斜面崩壊 (2 / 3)】

- 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

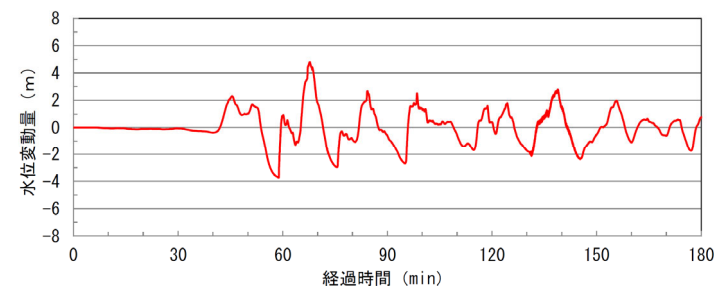


日本海東縁部の地震

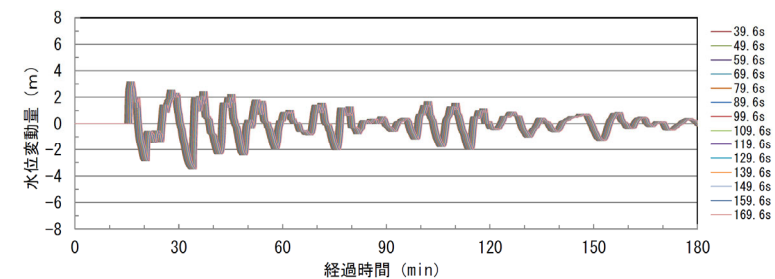
佐井エリアの斜面崩壊

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

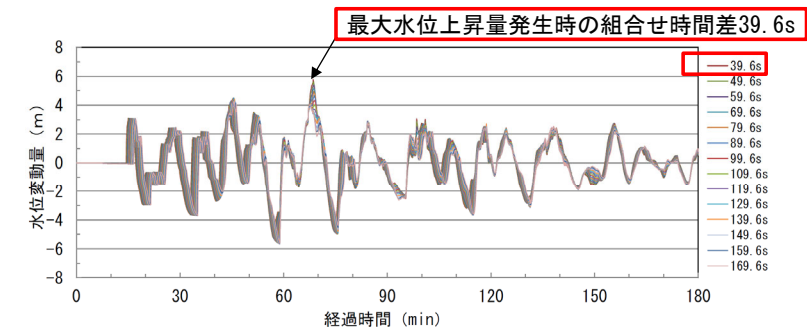
※1 : 各断面層から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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

5-2. 津波発生要因の組合せ (5 / 24)

敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (3 / 13)

上昇側 (3 / 6) : 検討結果 【日本海東縁部に想定される地震 / 佐井エリアの斜面崩壊 (3 / 3)】

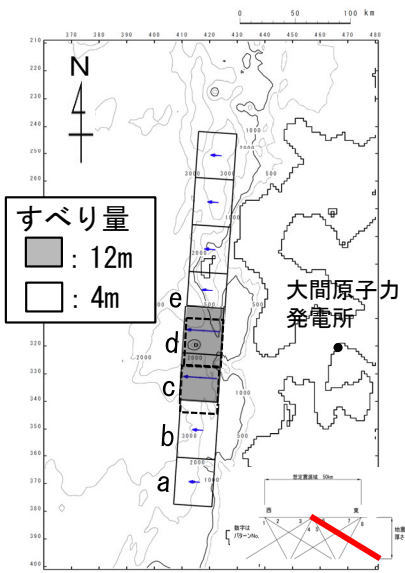
組合せ時間差 (T_{max}) による両波源の組合せを考慮した, 同一波動場における数値シミュレーションの結果は以下のとおりである。

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 ($T_{max}=39.6s$)	6.59m

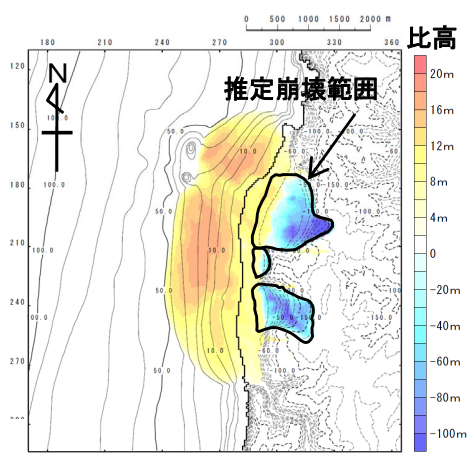


水位時刻歴波形出力点

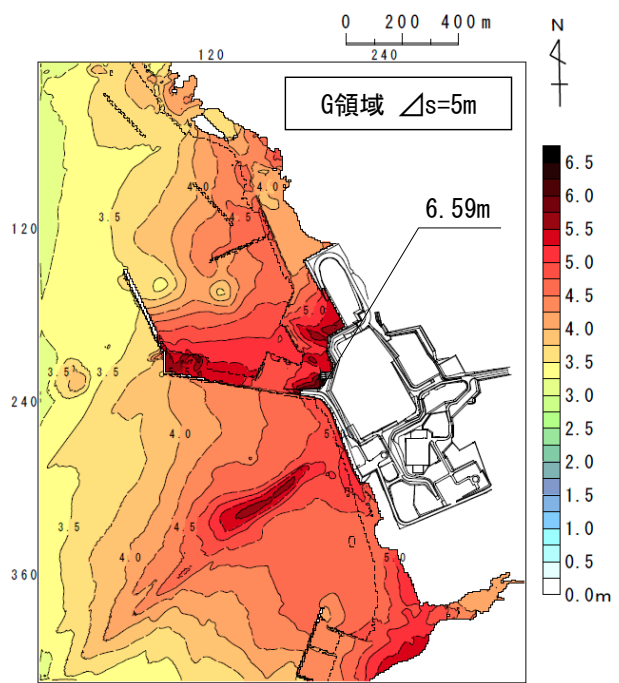


日本海東縁部の地震

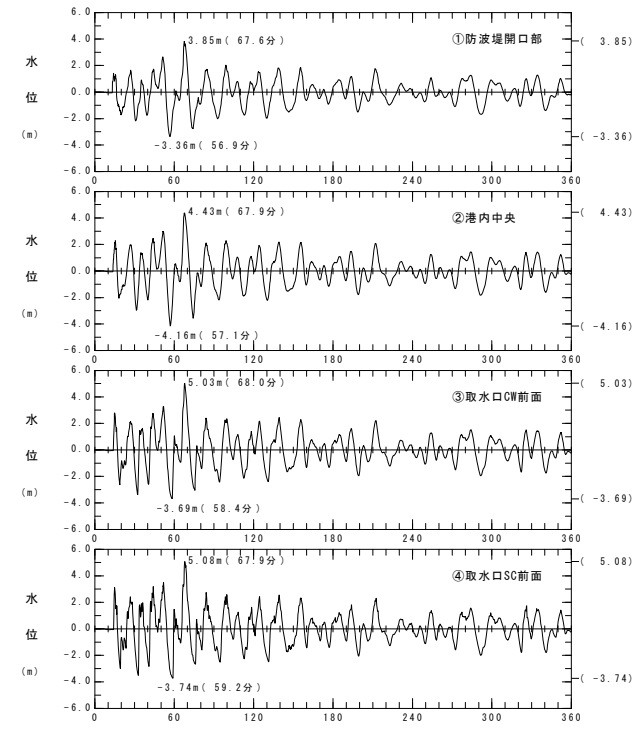
上昇側の波源モデル組合せ



佐井エリアの斜面崩壊



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 (6 / 24)

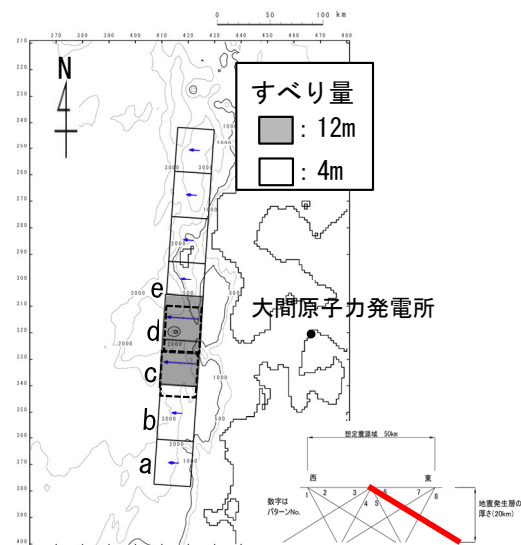
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (4 / 13)

上昇側 (4 / 6) : 検討対象津波 【日本海東縁部に想定される地震／知内エリアの斜面崩壊 (1 / 3)】

- 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と知内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。
- 知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の単独ケースの検討結果は、補足説明資料 (補足4) に示す。

■地震による津波

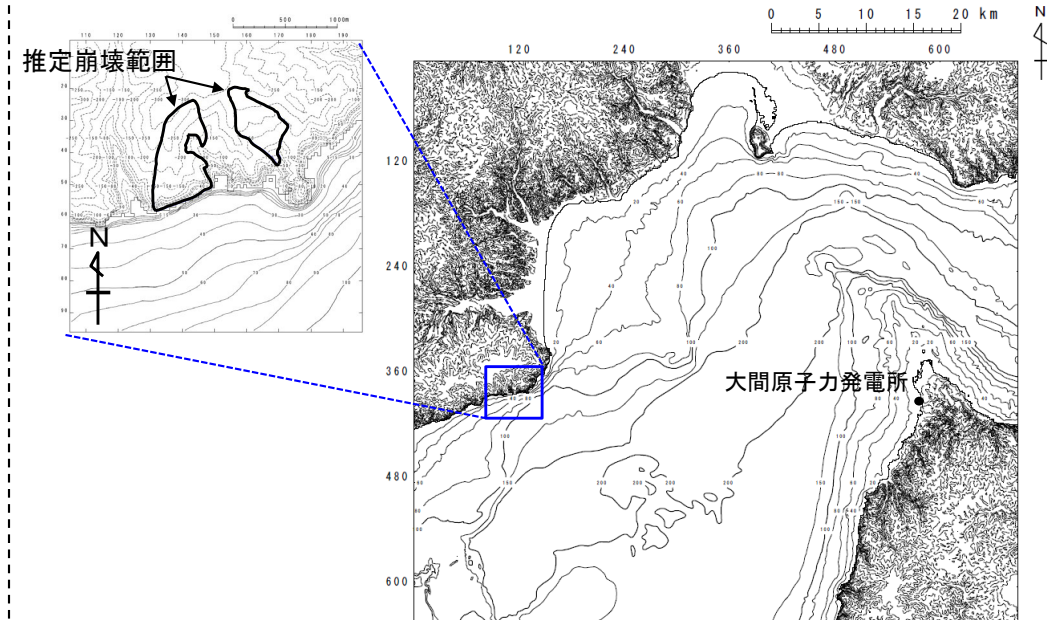
評価対象	地震	決定ケース
最大水位 上昇ケース	日本海東縁部の 地震 Mw=8.2	東西方向中央, 東傾斜($\delta=30^\circ$)の W=40.0km, アスペリティ位置c+dを 北方へ10km移動, 上縁深さ5km



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

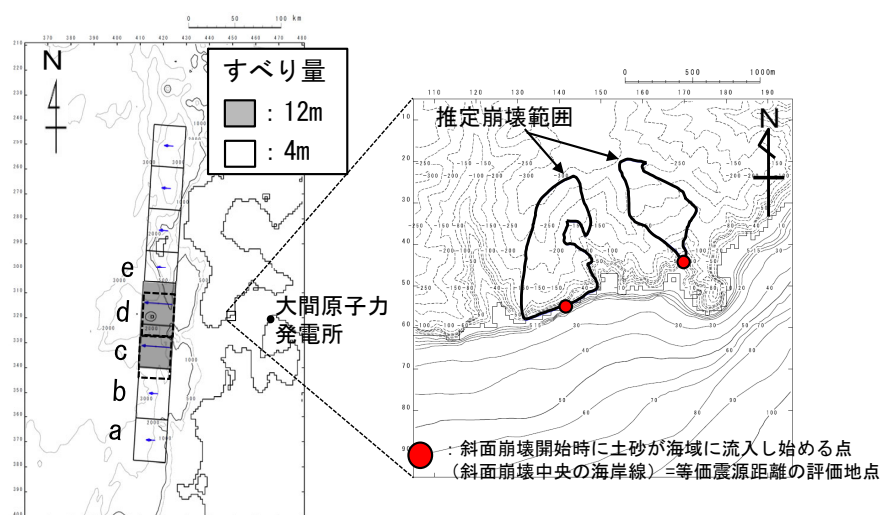
5-2. 津波発生要因の組合せ (7 / 24)

敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (5 / 13)

上昇側 (5 / 6) : 組合せ時間差の設定 【日本海東縁部に想定される地震 / 知内エリアの斜面崩壊 (2 / 3)】

- 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

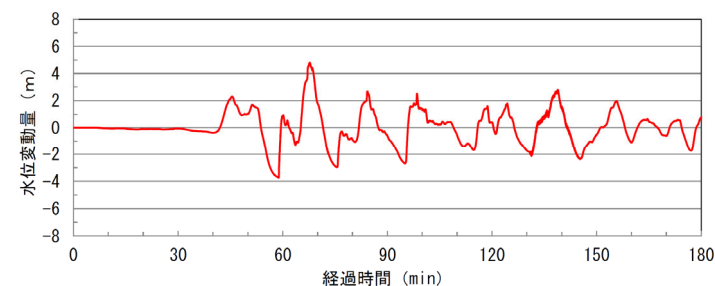


日本海東縁部の地震

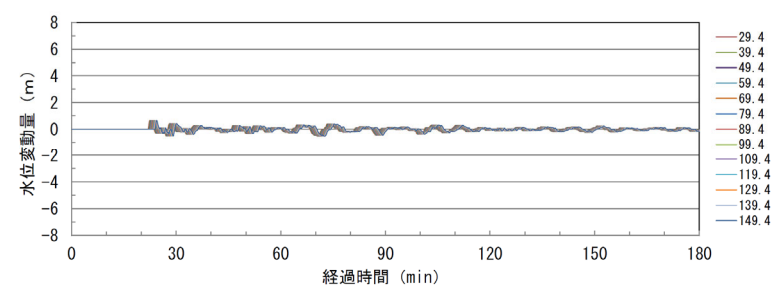
知内エリアの斜面崩壊

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

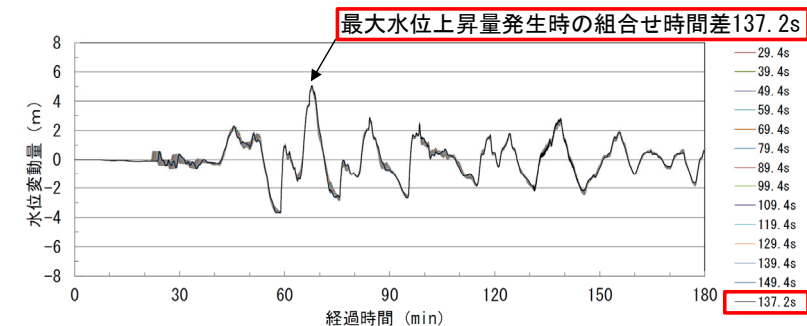
- ※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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)



知内エリアの斜面崩壊に伴う津波の津波波形を移動 (取水ロスクリン室前面)



線形足し合せ波形 (取水ロスクリン室前面)
 知内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 (8 / 24)

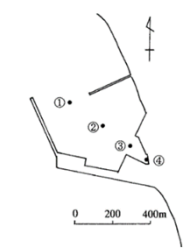
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (6 / 13)

上昇側 (6 / 6) : 検討結果 【日本海東縁部に想定される地震 / 知内エリアの斜面崩壊 (3 / 3)】

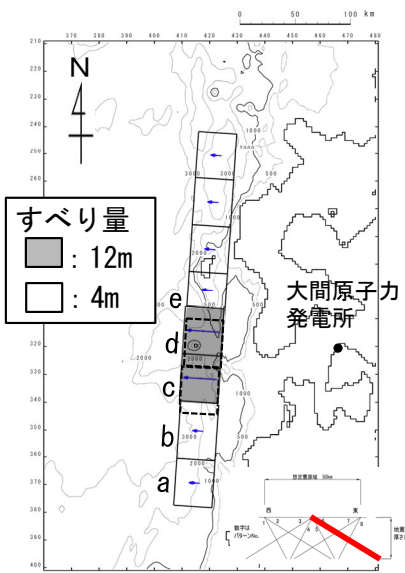
組合せ時間差 (T_{max}) による両波源の組合せを考慮した, 同一波動場における数値シミュレーションの結果は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (上昇側)

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

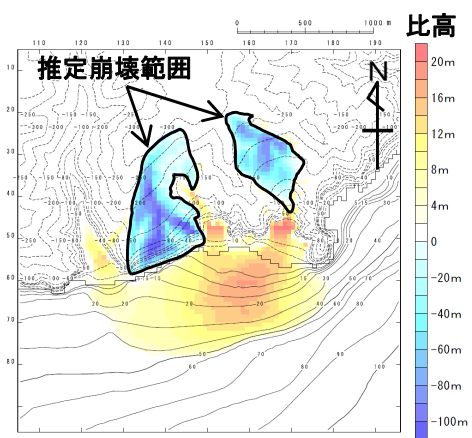


水位時刻歴波形出力点

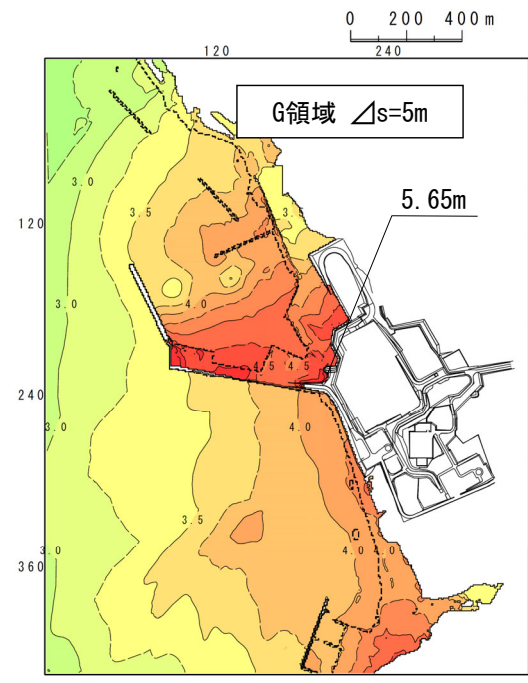


日本海東縁部の地震

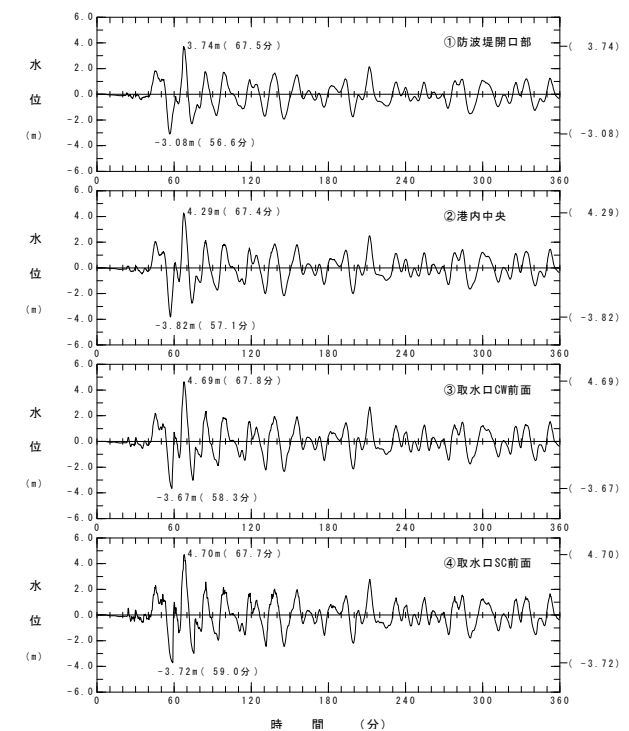
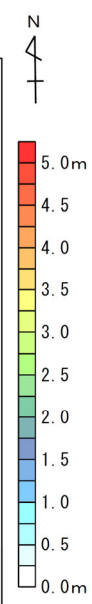
上昇側の波源モデル組合せ



知内エリアの斜面崩壊



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)

5-2. 津波発生要因の組合せ (9 / 24)

敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (7 / 13)

下降側 (1 / 6) : 検討対象津波 【内閣府 (2020) モデルによる地震 / 佐井エリアの斜面崩壊 (1 / 3)】

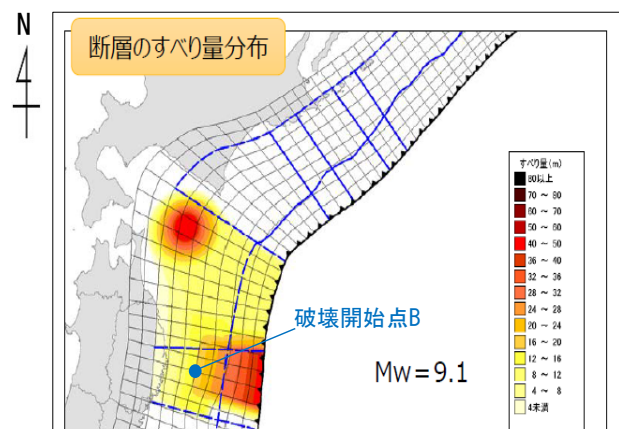
- 津波を発生させる要因の組合せとして、内閣府 (2020) モデルによる地震に伴う津波と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波との組合せを考慮する。

■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

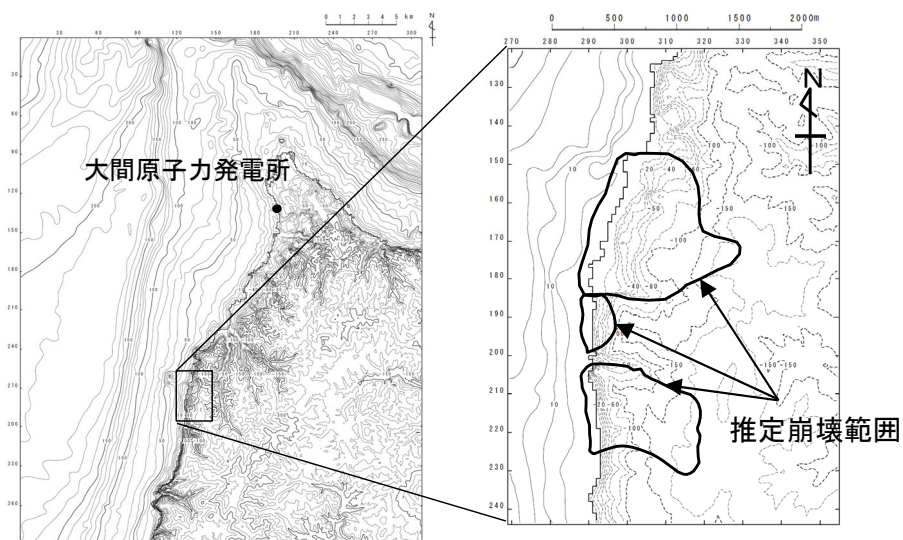
■陸上の斜面崩壊に起因する津波

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



内閣府 (2020) に一部加筆

最大水位下降ケース



佐井エリアの地すべり地形

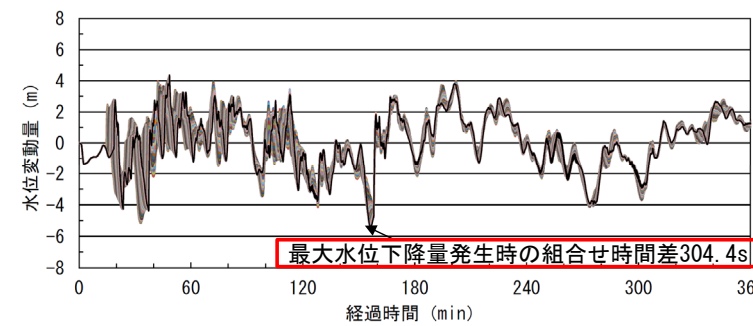
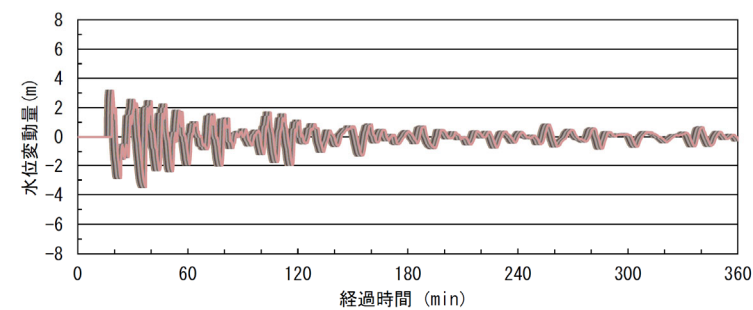
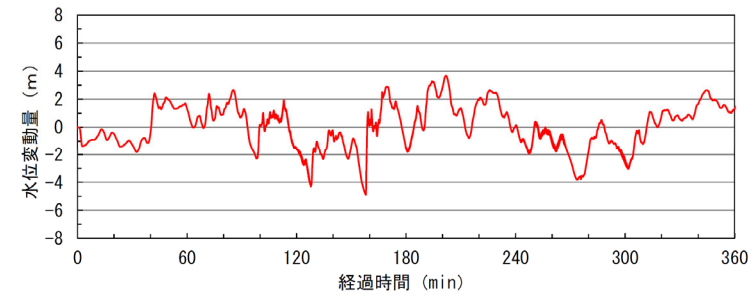
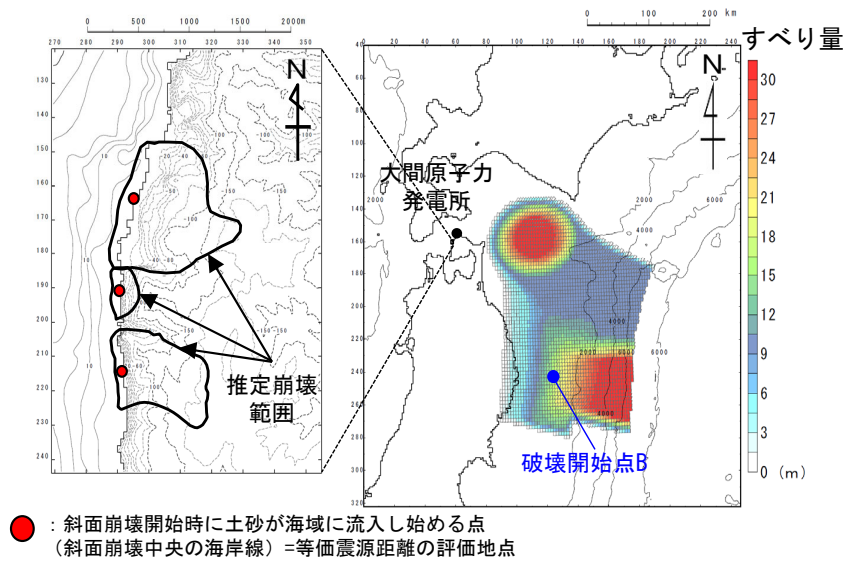
5-2. 津波発生要因の組合せ (10 / 24)

敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (8 / 13)

下降側 (2 / 6) : 組合せ時間差の設定 【内閣府 (2020) モデルによる地震 / 佐井エリアの斜面崩壊 (2 / 3)】

- 内閣府 (2020) モデルによ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 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 : 各断面層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

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

5-2. 津波発生要因の組合せ (11 / 24)

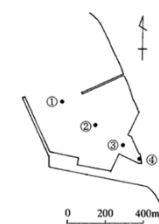
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (9 / 13)

下降側 (3 / 6) : 検討結果 【内閣府 (2020) モデルによる地震 / 佐井エリアの斜面崩壊 (3 / 3)】

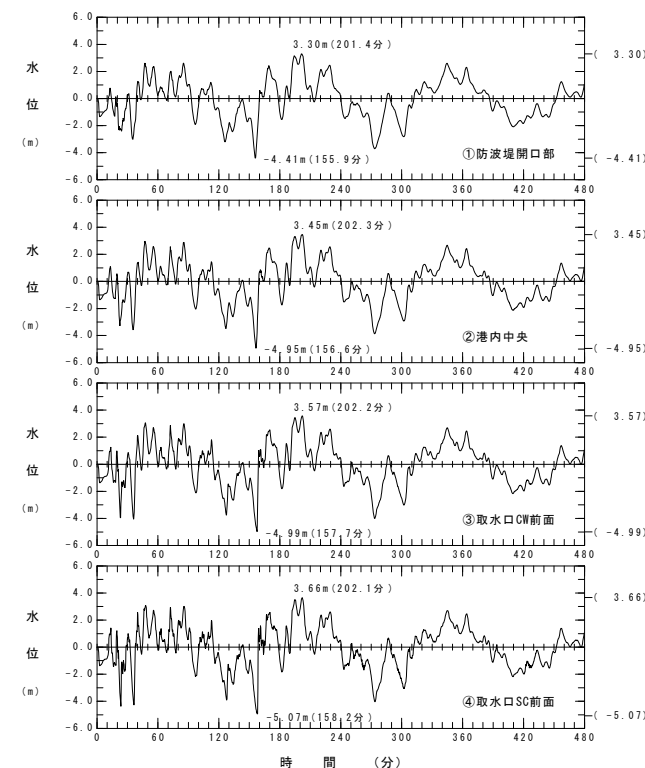
組合せ時間差 (T_{max}) による両波源の組合せを考慮した, 同一波動場における数値シミュレーションの結果は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (下降側)

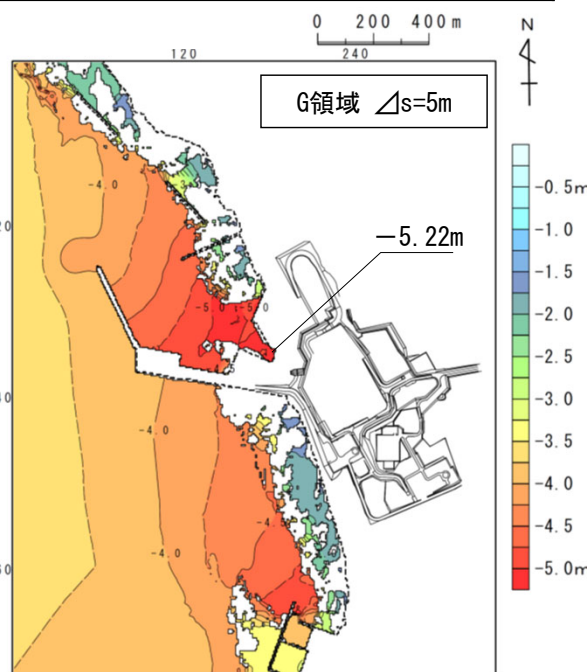
波源	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
内閣府 (2020) モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 ($T_{max} = 304.4s$)	-5.22m



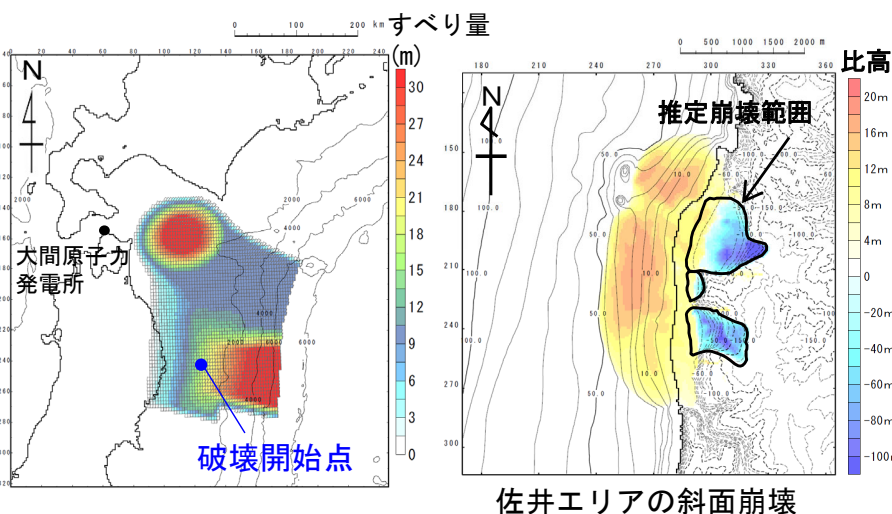
水位時刻歴波形出力点



水位時刻歴波形



最大水位下降量分布
下降側最大ケース



内閣府 (2020) モデル
による地震

下降側の波源モデル組合せ

5-2. 津波発生要因の組合せ (12/24)

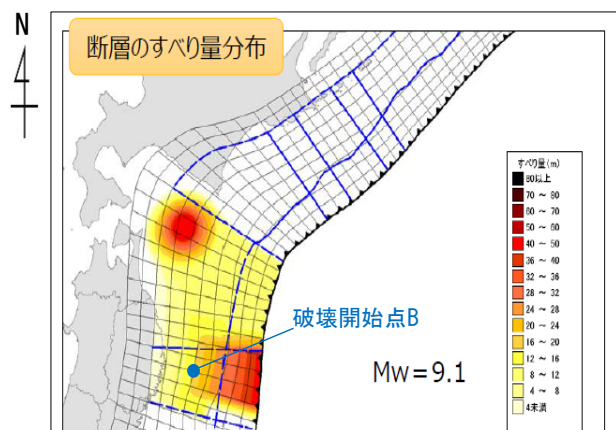
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (10/13)

下降側 (4/6) : 検討対象津波 【内閣府 (2020) モデルによる地震/知内エリアの斜面崩壊 (1/3)】

- 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との組合せを考慮する。
- 知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の単独ケースの検討結果は、補足説明資料 (補足4) に示す。

■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

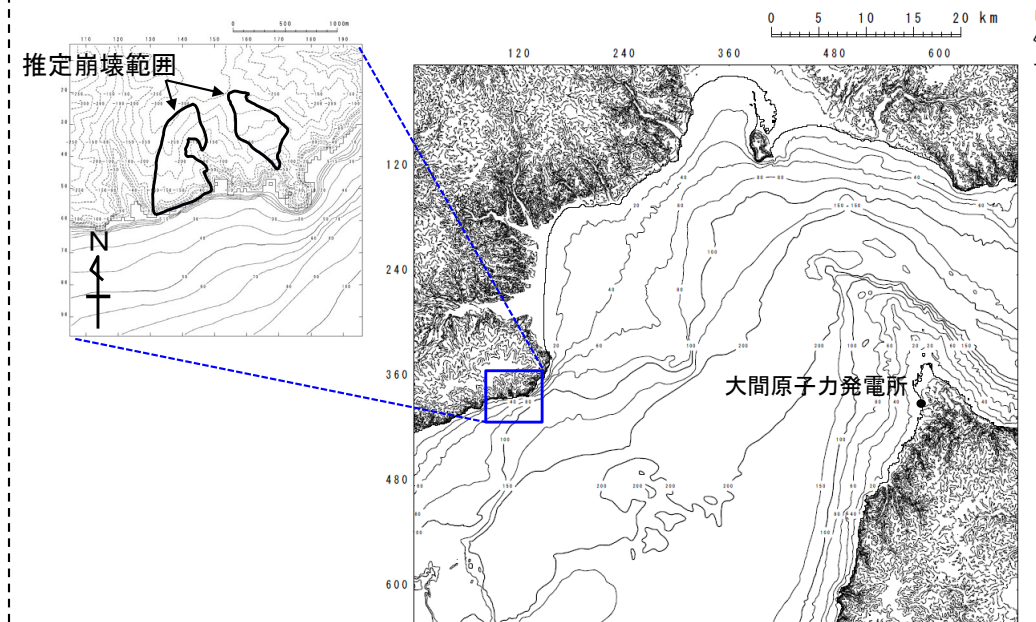


内閣府 (2020) に一部加筆

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

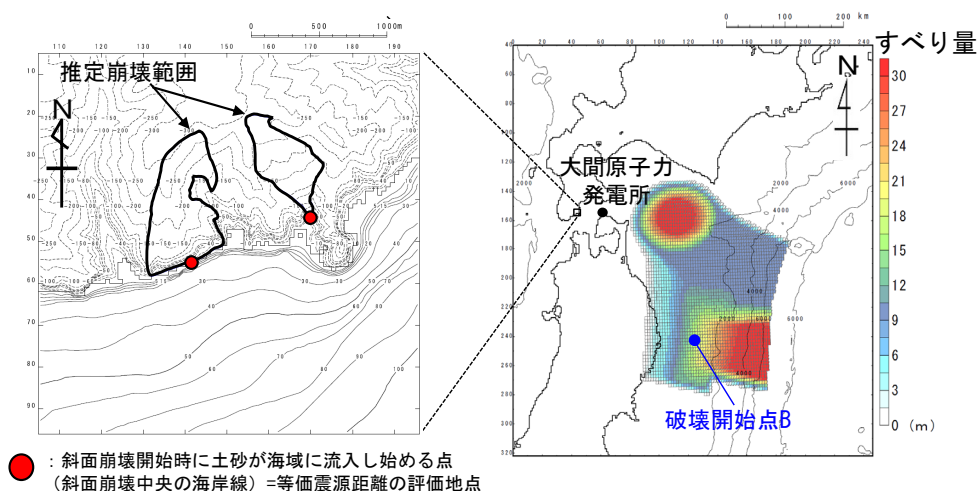
5-2. 津波発生要因の組合せ (13 / 24)

敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (11 / 13)

下降側 (5 / 6) : 組合せ時間差の設定 【内閣府 (2020) モデルによる地震 / 知内エリアの斜面崩壊 (2 / 3)】

- 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。

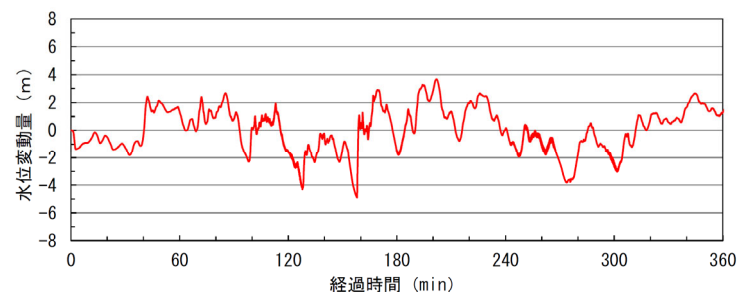
■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定



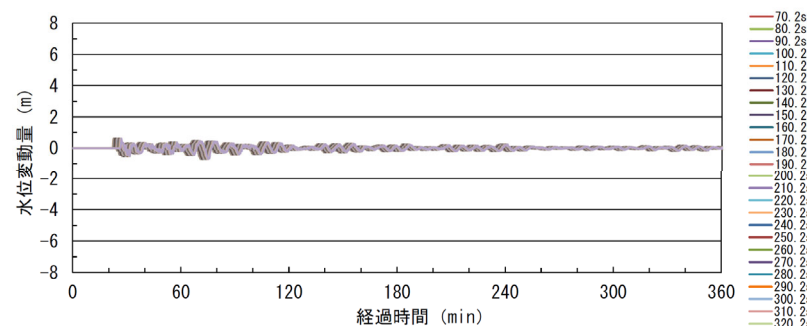
知内エリアの斜面崩壊 内閣府 (2020) モデルによる地震

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

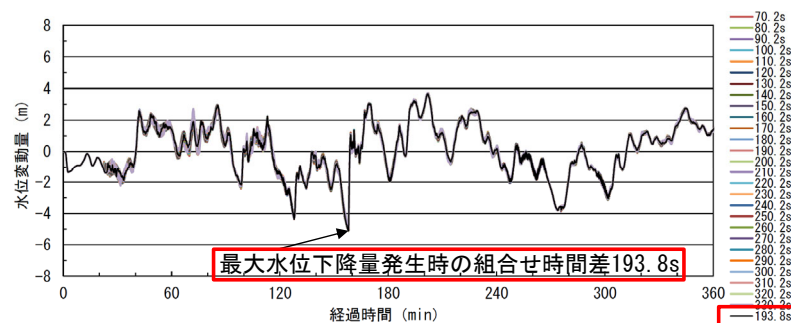
※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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

5-2. 津波発生要因の組合せ (14 / 24)

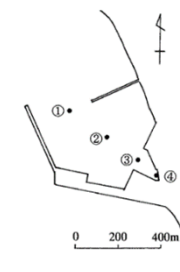
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (12 / 13)

下降側 (6 / 6) : 検討結果 【内閣府 (2020) モデルによる地震 / 知内エリアの斜面崩壊 (3 / 3)】

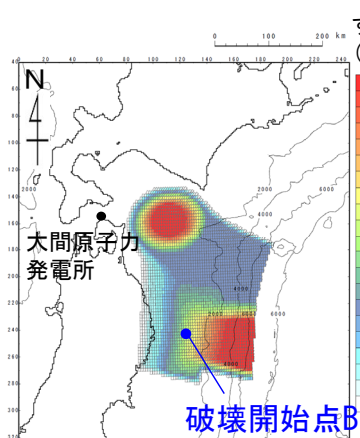
組合せ時間差 (T_{max}) による両波源の組合せを考慮した, 同一波動場における数値シミュレーションの結果は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (下降側)

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

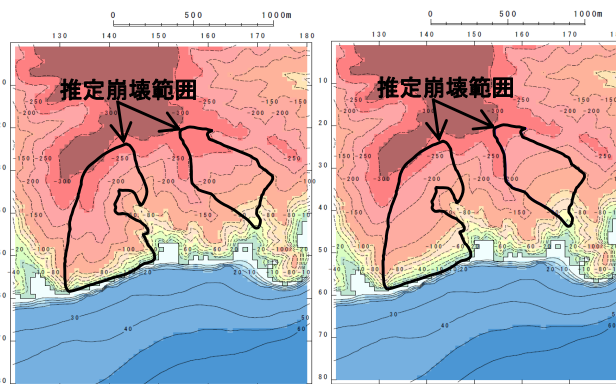


水位時刻歴波形出力点



内閣府 (2020) モデルによる地震

すべり量 (m)

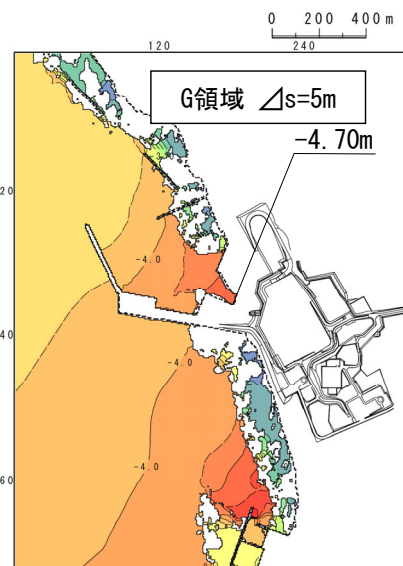


地形モデル 地形モデル (すべり面)
【現地形 (モデル上の崩壊前地形)】

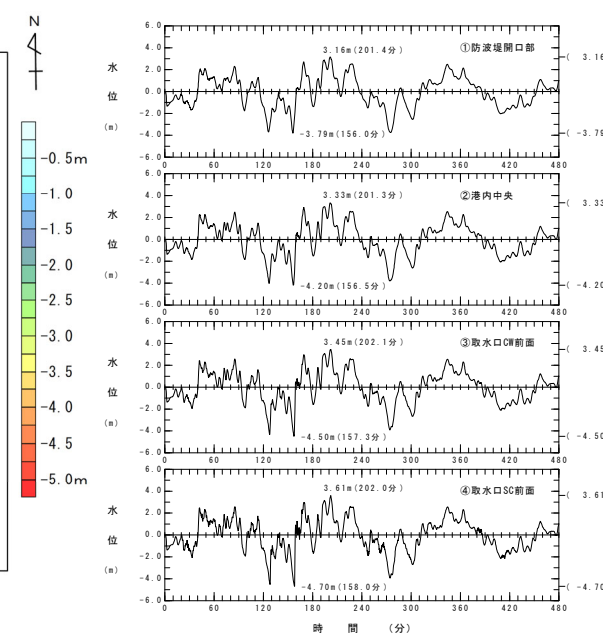
知内エリアの斜面崩壊

標高 (T.P.)

水深



最大水位下降量分布
下降側最大ケース



水位時刻歴波形

下降側の波源モデル組合せ

5-2. 津波発生要因の組合せ（15 / 24）

敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定（13 / 13）

まとめ

- 地震による津波と佐井エリアの斜面崩壊または知内エリアの斜面崩壊に起因する津波との組合せ検討結果は以下のとおり。
- 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の方が、上昇側、下降側ともに敷地への影響は大きい。
- 以上より、敷地へ与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアとして、佐井エリアを選定する。

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結果

波源	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
日本海東縁部に想定される地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 ($T_{max}=39.6s$)	6.59m	—
内閣府（2020）モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 ($T_{max}=304.4s$)	—	-5.22m
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	—
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

5-2. 津波発生要因の組合せ（16 / 24）

水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定

- 選定した組合せ対象において、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する。
- 同一波動場における数値シミュレーションにより、取水口スクリーン室前面における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}) の前後の範囲（以下「探索範囲」という。）※¹において、組合せ時間差を一定の時間間隔（以下「ピッチ」という。）でずらした計算を行い、水位変動量が最大となる組合せ時間差を選定する。
- 敷地は津軽海峡に面しており、対岸からの反射、回折の影響によりそれぞれの津波が複雑に重なり合う可能性がある大間の立地特性を考慮し、確実にピークを捉えるために、数値シミュレーションの計算時間間隔0.2秒※²ピッチまで、組合せ時間差を段階的に確認する。
- まず、 T_{max} を中心として、探索範囲を±5秒程度の範囲とし、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（Step①※³）。その後、前のStepで求めた時間差を中心として、探索範囲及びピッチを絞り込み、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する（Step②～Step④）。

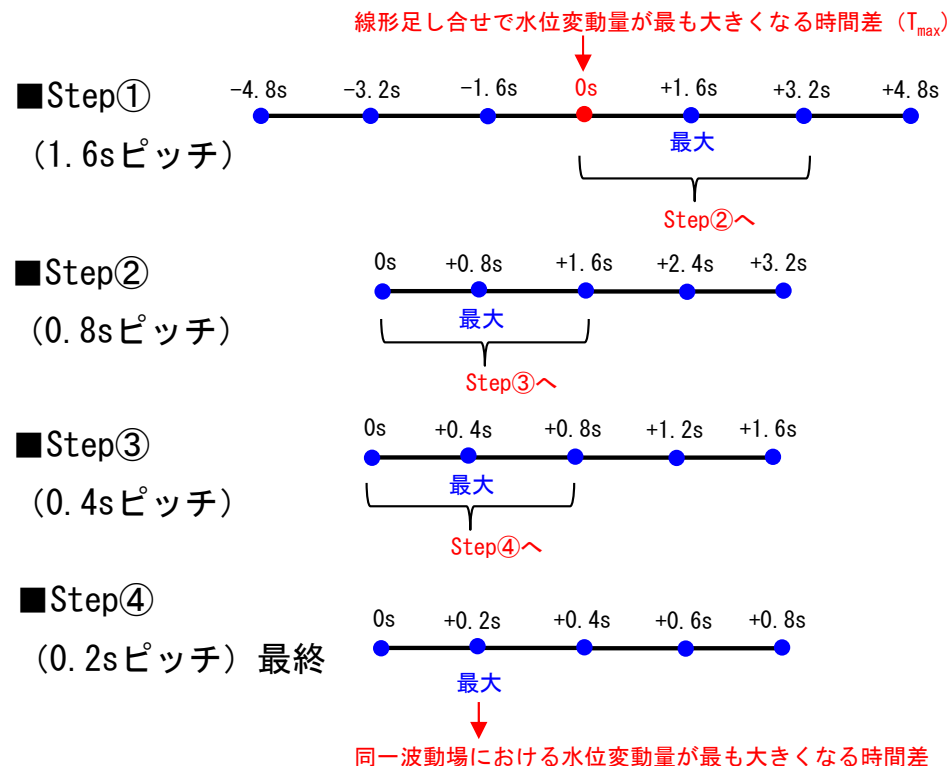
同一波動場における

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）

※¹：探索範囲は、地震動継続時間内とする。

※²：P.40, P.47参照。

※³：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、範囲を拡大する。



T_{max} を中心として、±5秒程度の範囲で、1.6秒ピッチ（0.2秒× 2^3 ）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※³。

Step①で求めた時間差を中心として、±1.6秒の範囲で、0.8秒ピッチ（0.2秒× 2^2 、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。

Step②で求めた時間差を中心として、±0.8秒の範囲で、0.4秒ピッチ（0.2秒× 2 、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。

Step③で求めた時間差を中心として、±0.4秒の範囲で、0.2秒ピッチ（計算時間間隔※²、Step③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。

5-2. 津波発生要因の組合せ (17 / 24)

上昇側 (1 / 2) : 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り、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差は39.6sとなった。

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

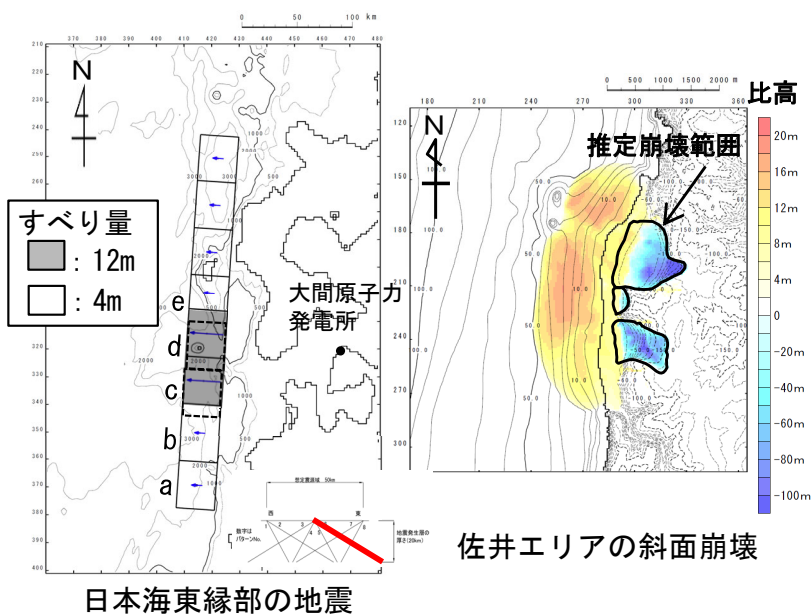
Step	T_{max} からの時間差	組合せ時間差	最大水位上昇量
Step② (0.8sピッチ)	0s	39.6s [※]	6.59m
	+0.8s	40.4s	6.58m
	+1.6s	41.2s	6.57m

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



上昇側の波源モデル組合せ

■ : 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。

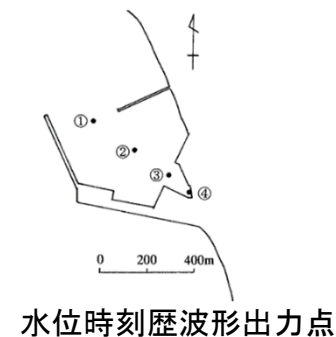
5-2. 津波発生要因の組合せ (18 / 24)

上昇側 (2 / 2) : 検討結果

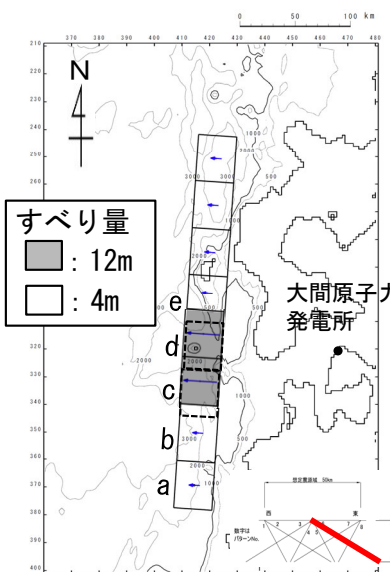
- 組合せ時間差のStep①～Step④の最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

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

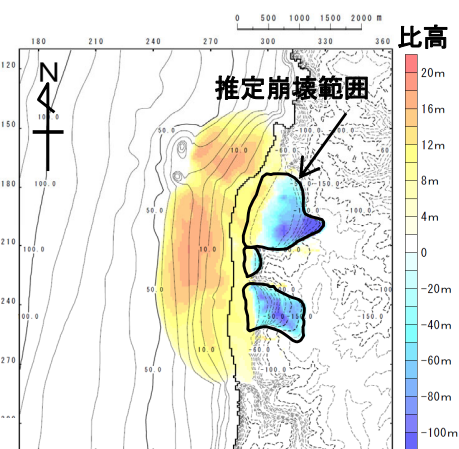


水位時刻歴波形出力点

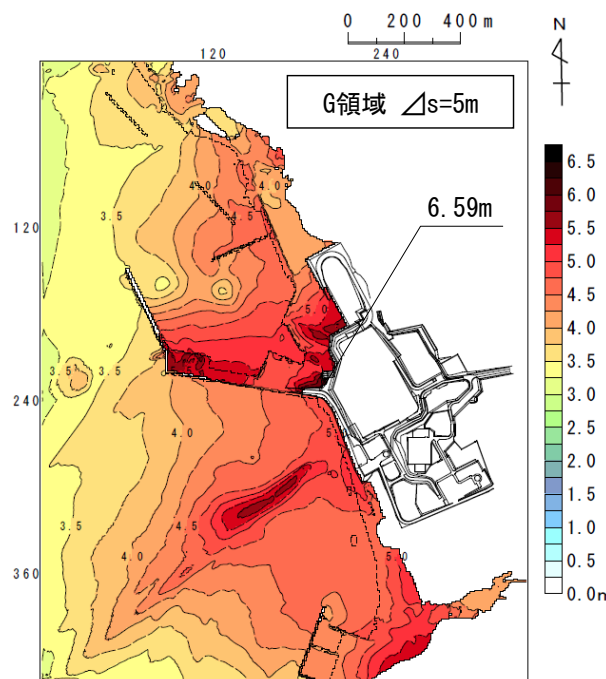


日本海東縁部の地震

上昇側の波源モデル組合せ

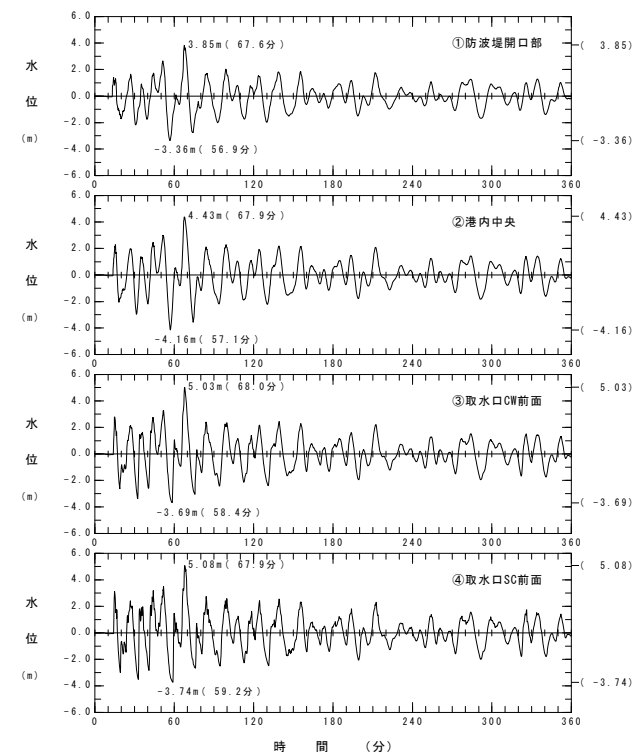


佐井エリアの斜面崩壊



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 (19/24)

下降側 (1/2) : 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り、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差は301.6sとなった。

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

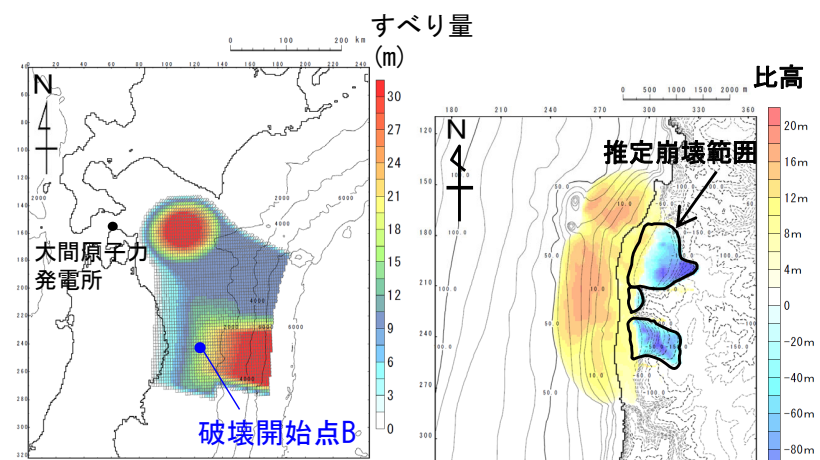
Step② 結果一覧

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

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

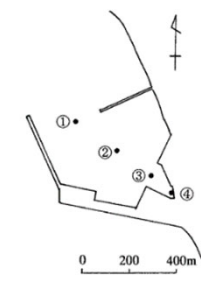
5-2. 津波発生要因の組合せ (20 / 24)

下降側 (2 / 2) : 検討結果

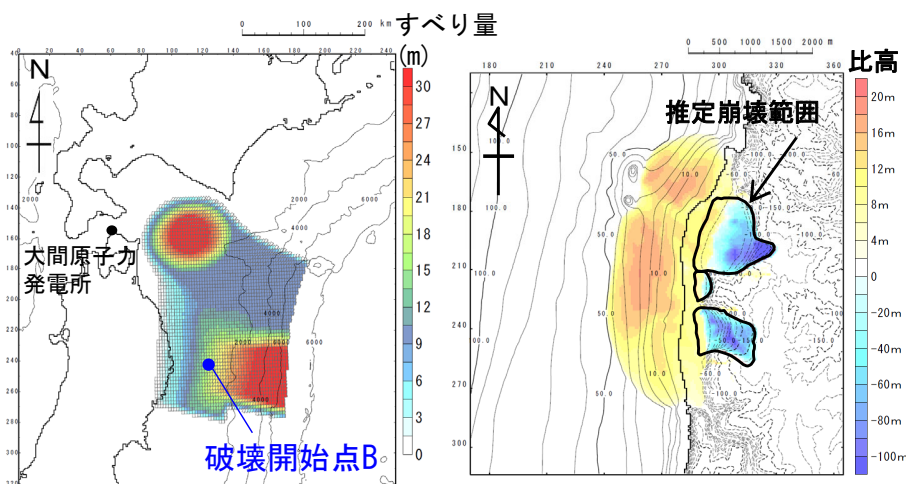
- 組合せ時間差のStep①～Step④の最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

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



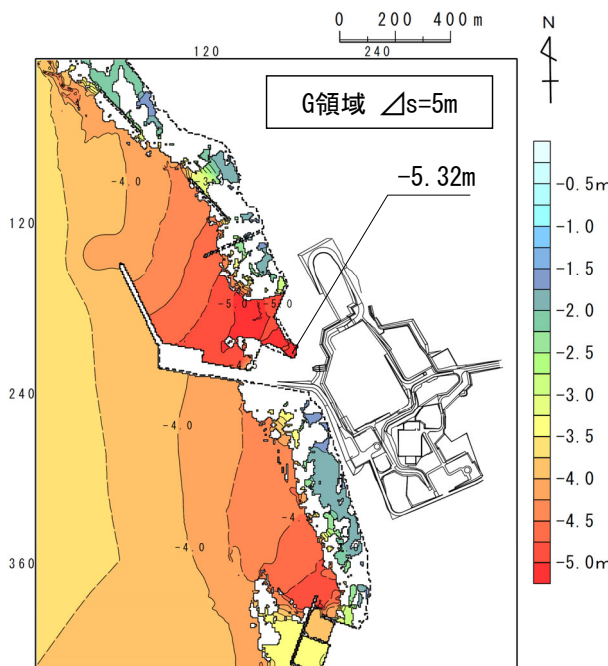
水位時刻歴波形出力点



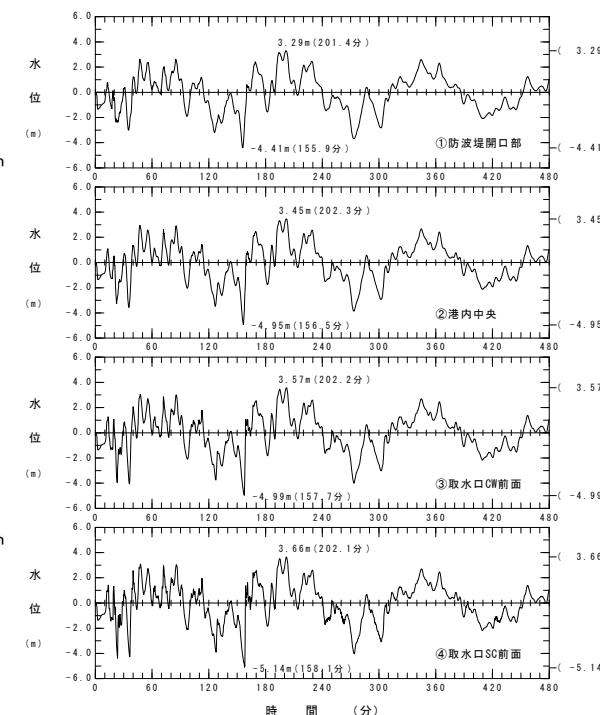
内閣府 (2020) モデルによる地震

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

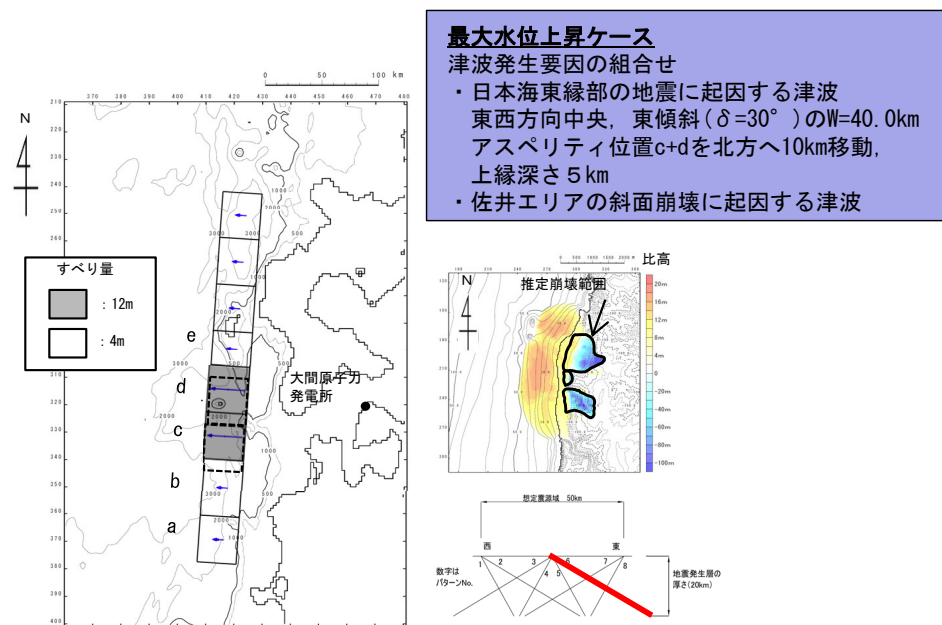
5-2. 津波発生要因の組合せ (21 / 24)

検討結果

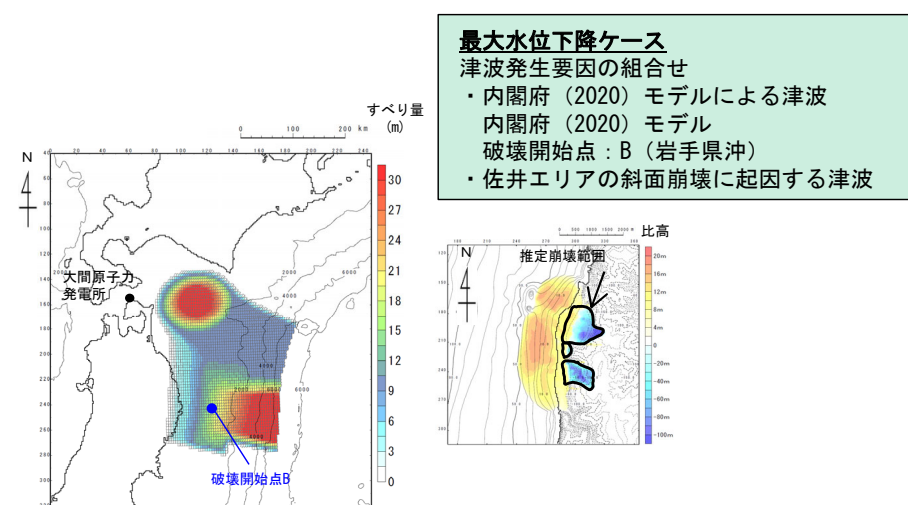
- 津波発生要因の組合せに関する検討結果は以下のとおりである。

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 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差 = 39.6s)	6.59m (P.472参照)	—
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 (P.474参照)



上昇側の波源モデル組合せ



下降側の波源モデル組合せ

(余白)

5-2. 津波発生要因の組合せ (22 / 24)

組合せ結果の確認 (1 / 3)

水位の比較

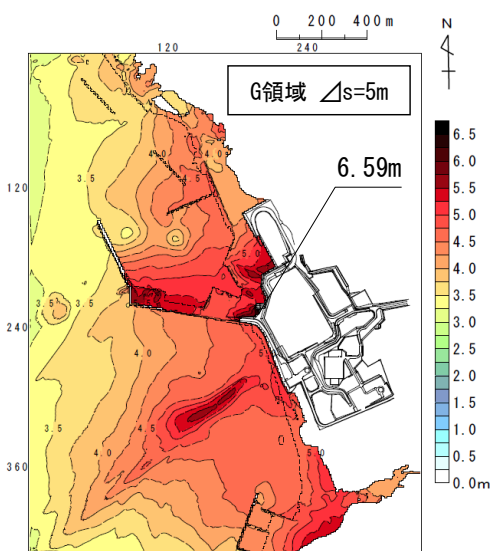
- 選定した津波発生要因の組合せ対象と組合せ前の単独ケースについて、水位変動量を比較した。
- 最大水位上昇量，最大水位下降量ともに，津波発生要因の組合せの方が水位変動量が大きくなることを確認した。

津波発生要因の組合せの検討結果

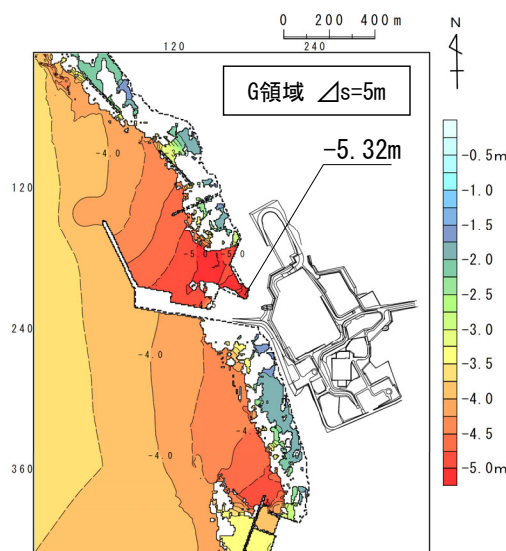
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
組合せ	日本海東縁部に想定される地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差=39.6s)	6.59m (P. 472参照)	—
	内閣府 (2020) モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差=301.6s)	—	-5.32m (P. 474参照)

津波発生要因の組合せ前の単独ケースの検討結果

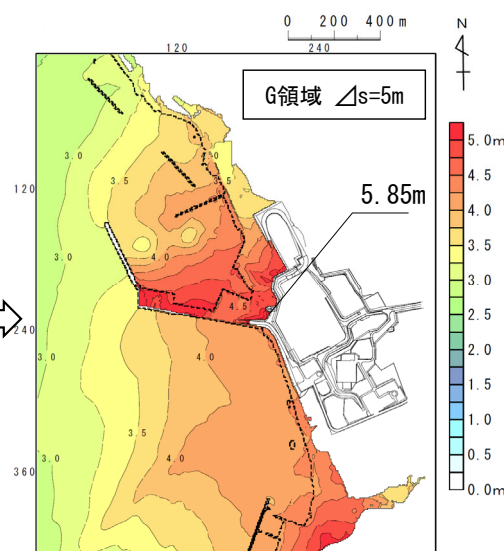
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
地震による津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.85m (P. 139参照)	—
	内閣府 (2020) モデルによる津波	—	-4.89m (P. 286参照)



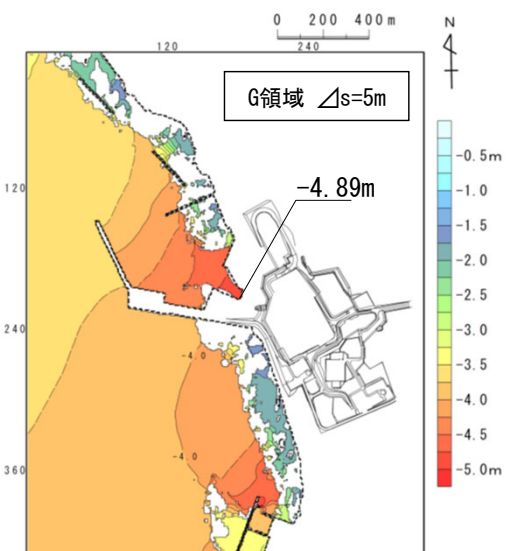
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位上昇量分布



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

(余白)

5-2. 津波発生要因の組合せ (23 / 24)

組合せ結果の確認 (2 / 3)

貯留堰天端高さを下回る継続時間の比較 (1 / 2)

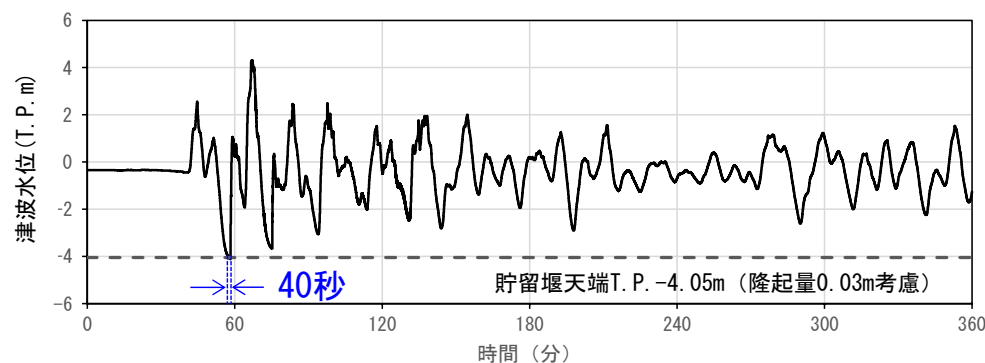
- ・ 下降側の津波のうち、朔望平均干潮位 (T. P. -0.37m) を考慮した場合、最低水位が貯留堰の天端高さ (T. P. -4.08m) を下回るものは以下の3ケースである※1。
- ・ これらを対象に、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間について比較した。
- ・ その結果、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間が最も長くなる津波は、組合せ対象として選定した「内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波」であることを確認した。

※1：本編資料P.481を参照。

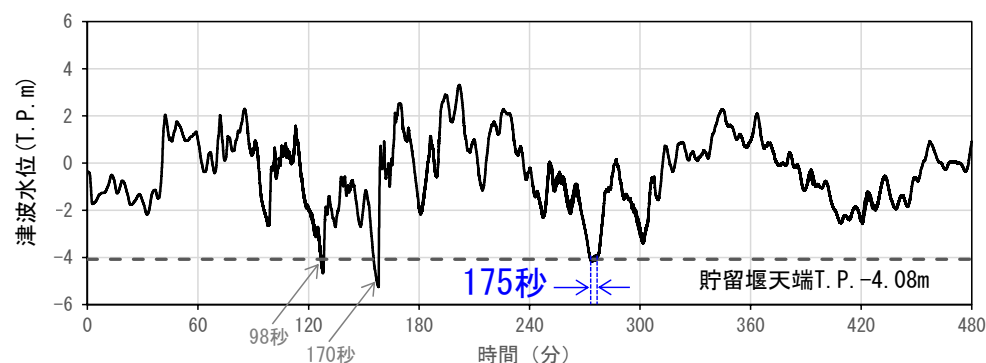
なお、津波周期が長いチリ沖に想定される地震に伴う津波など他の津波の最低水位は、貯留堰の天端高さを下回らない。

津波評価の一覧

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	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	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 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差=301.6s)	-5.32m	T. P. -5.69m	195秒	1.37m沈降 (保守側に考慮しない)



貯留堰前面における水位時刻歴波形
(日本海東縁部に想定される地震に伴う津波)



貯留堰前面における水位時刻歴波形
(内閣府 (2020) モデルによる津波)

5-2. 津波発生要因の組合せ (24 / 24)

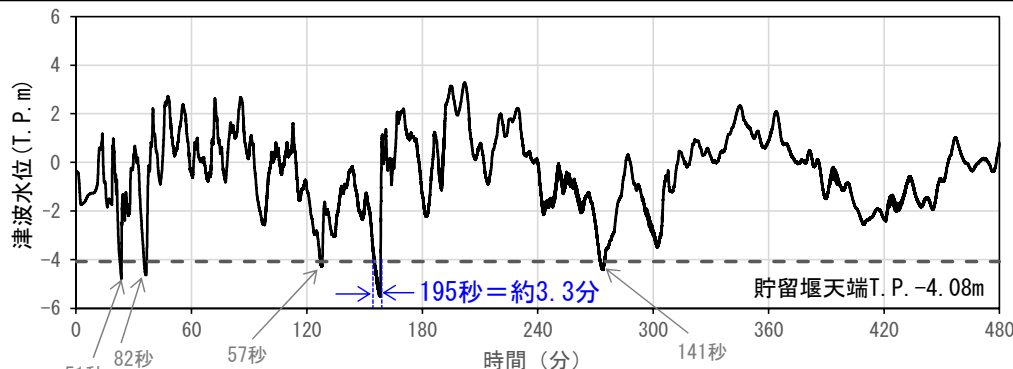
組合せ結果の確認 (3 / 3)

貯留堰天端高さを下回る継続時間の比較 (2 / 2)

- 下降側の組合せ対象として選定した「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、津波水位が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継続時間 (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) に比べ短く、原子炉補機冷却系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】

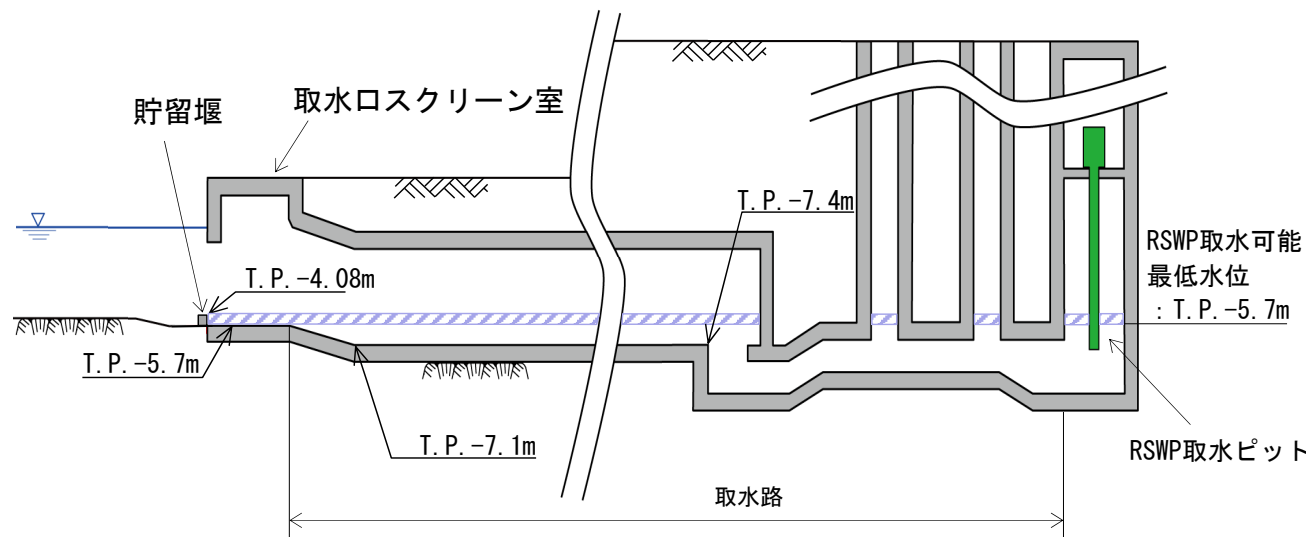
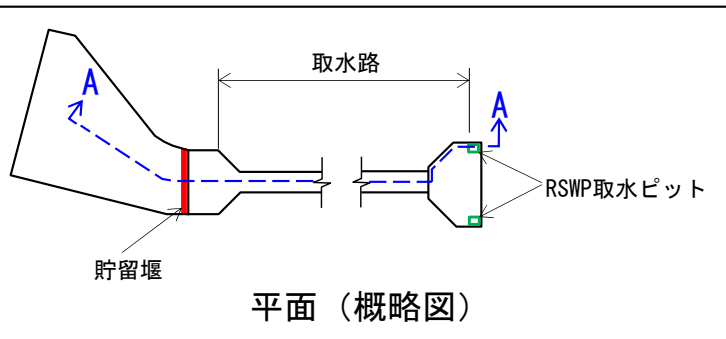
- 貯留堰前面の水位時刻歴波形から、貯留堰天端高さを下回る継続時間を算定する。この際、朔望平均干潮位 (T.P. -0.37m) 分、水位時刻歴波形を下方へずらして朔望平均干潮位を考慮する。
- 貯留堰天端高さを複数下回る場合には、最も継続時間が長いものを対象とする。
- 地震に伴い隆起が生じる場合は、貯留堰天端高さに隆起量を加えて評価するが、沈降する場合は、保守側に沈降量を考慮しない。



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)

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)



▨ : 津波水位が貯留堰天端高さを下回る場合に、貯留堰により確保される水量は、約6,600m³。

A-A断面 (概略図)

津波の評価一覧

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 （佐井エリアの斜面崩壊）	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.472参照）	—
	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.474参照）

※1：地震による津波の水位は、P.366参照

※2：地震以外の要因による津波の水位は、P.438参照

※3：国交省ほか（2014）のF18断層の位置で評価

(余白)