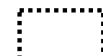



目次

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. 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

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

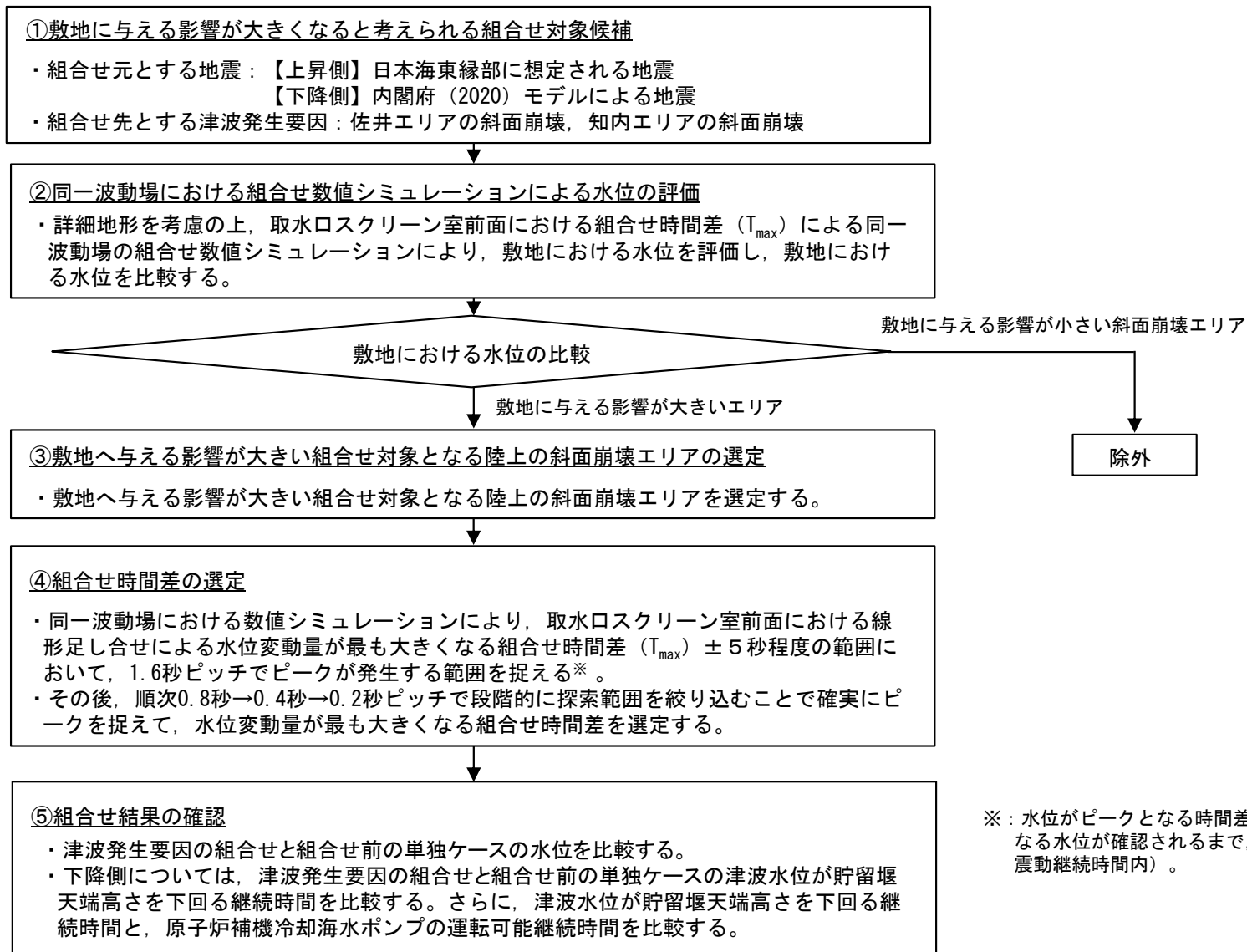


5-2. 津波発生要因の組合せ (1 / 2 4)

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。

<津波発生要因の組合せの検討手順>



※：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（地震動継続時間内）。

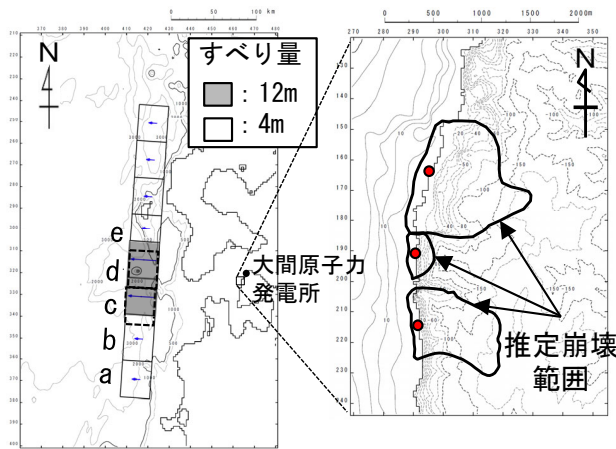


5-2. 津波発生要因の組合せ (2 / 24)

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わせて算出した。

■ 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: 各断面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

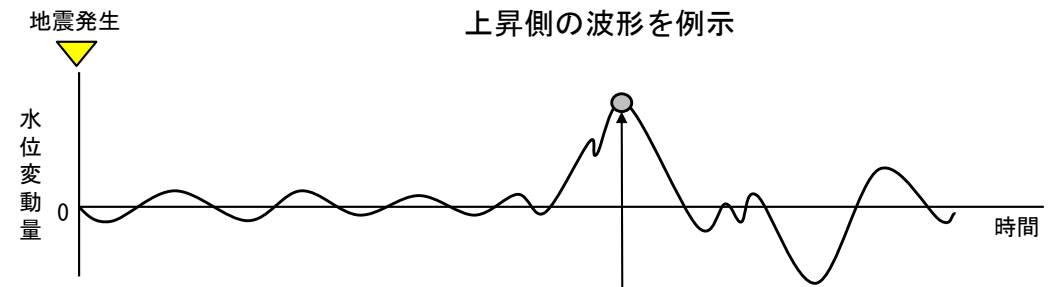
※2: Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定

※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、線形足し合わせが出来る地点。

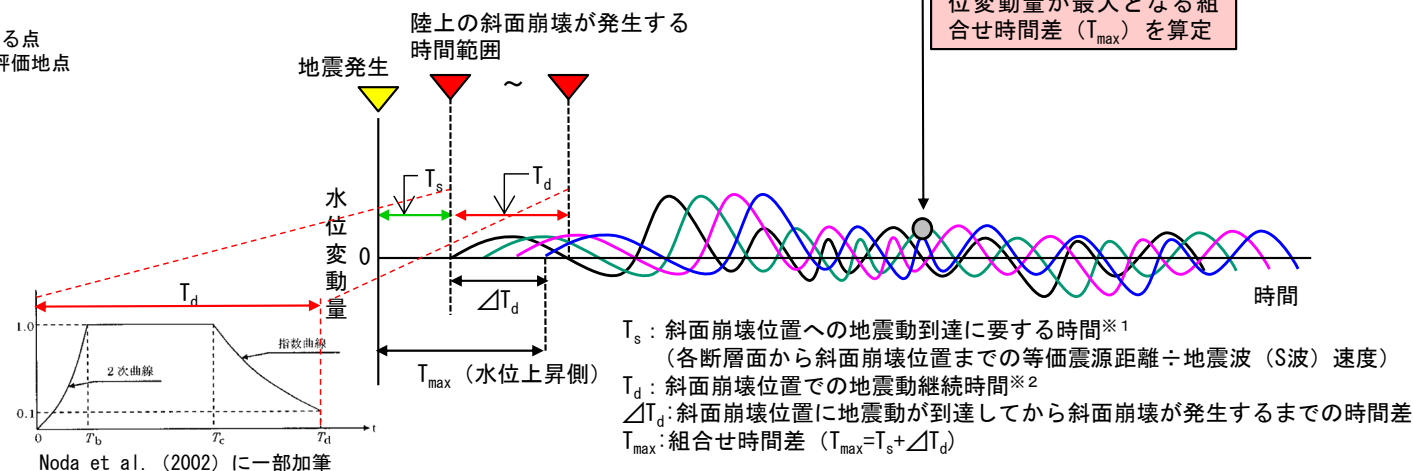
【下降側】取水路から原子炉補機冷却水の取水確保を評価する地点。

線形足し合わせ水位評価地点の妥当性確認は、補足説明資料 (補足5) 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



5-2. 津波発生要因の組合せ (3 / 2 4)



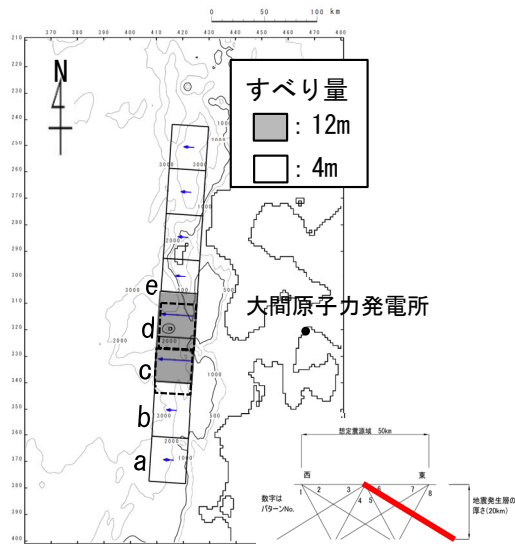
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (1 / 1 3)

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

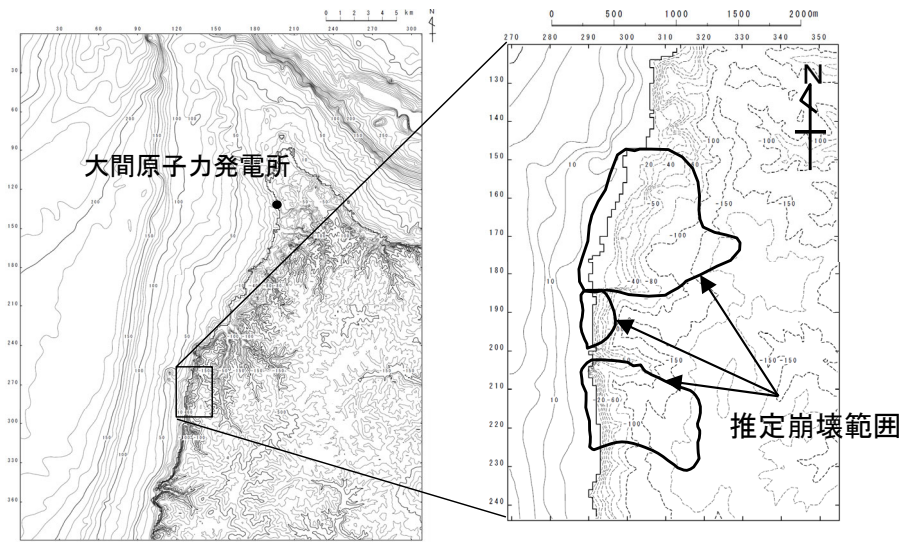


最大水位上昇ケース

■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

※: 地すべり地形は, P. 380~P. 383参照。



佐井エリアの地すべり地形



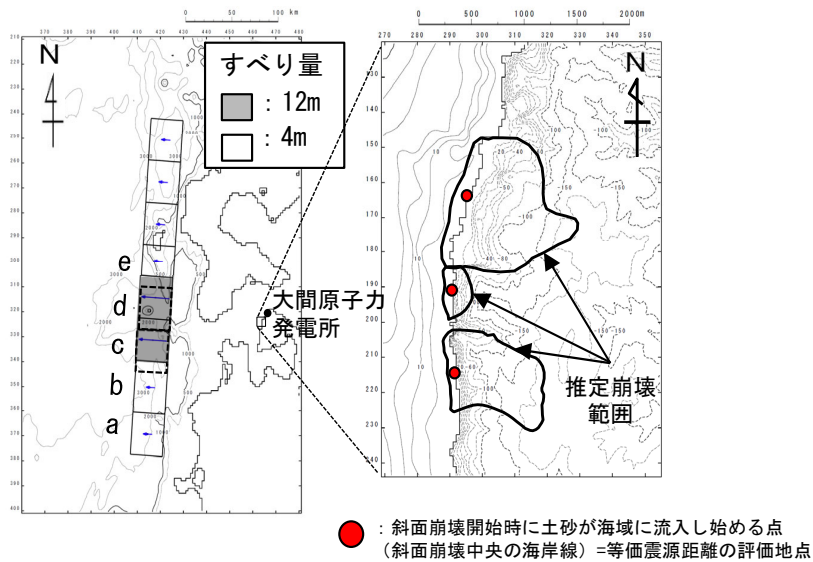
5-2. 津波発生要因の組合せ (4 / 2 4)

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

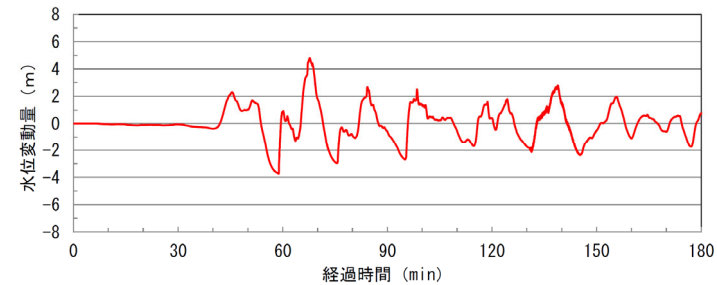


日本海東縁部の地震

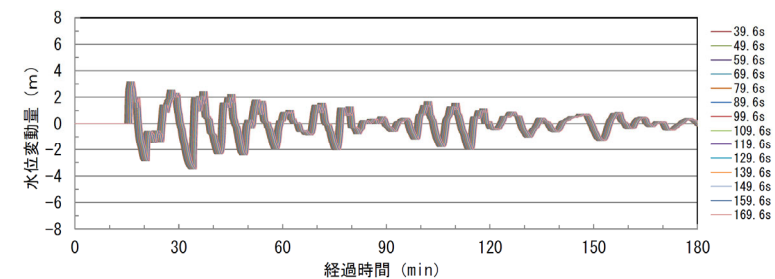
佐井エリアの斜面崩壊

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

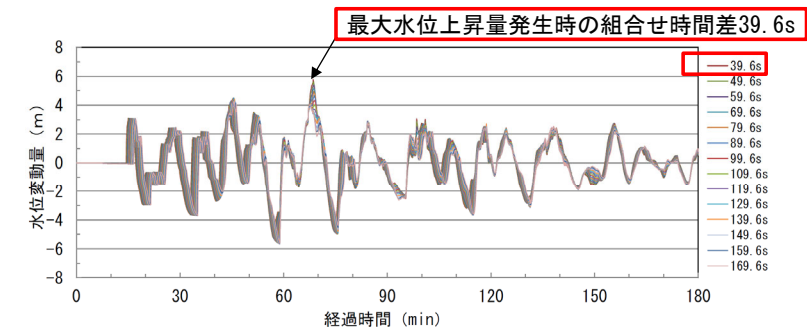
※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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)

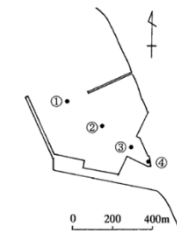
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (3 / 13)

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)】

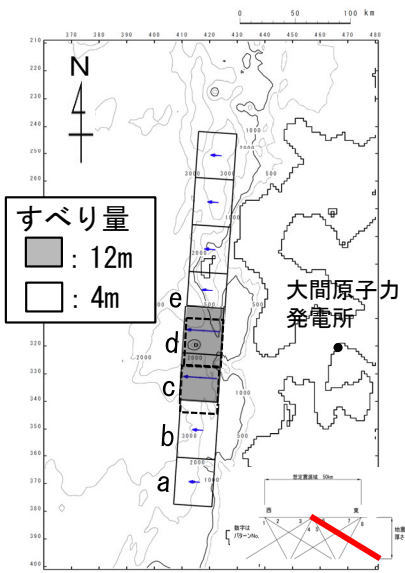
組合せ時間差 (T_{max}) による両波源の組合せを考慮した, 同一波動場における数値シミュレーションの結果は以下のとおりである。

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

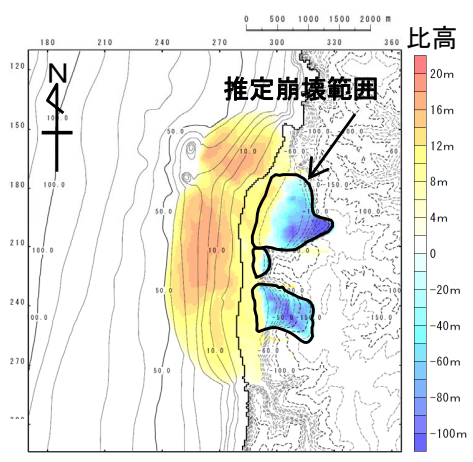


水位時刻歴波形出力点

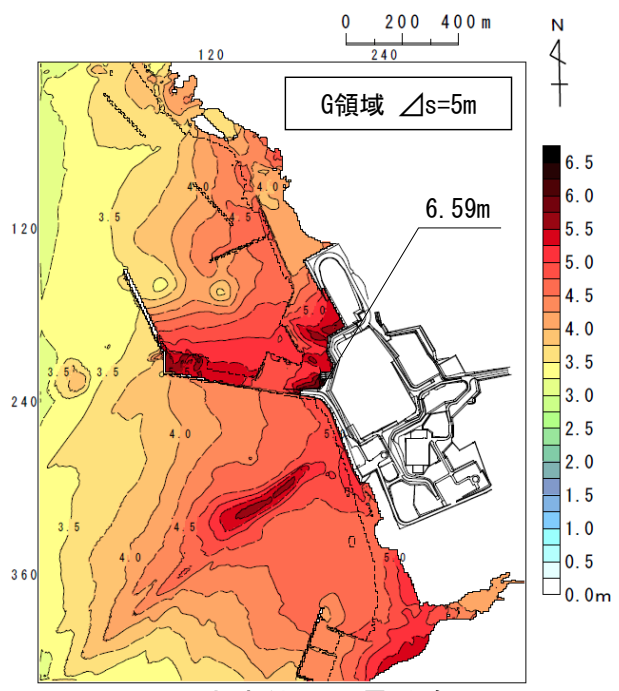


日本海東縁部の地震

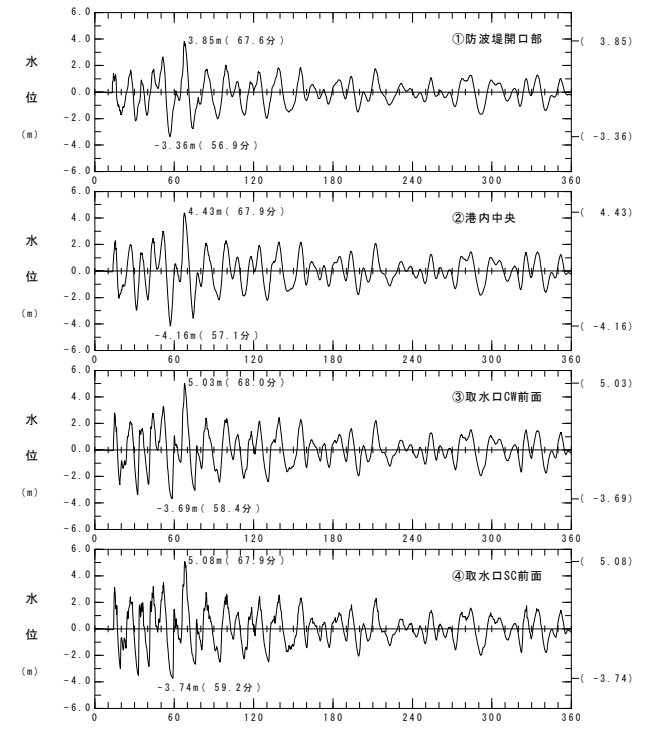
上昇側の波源モデル組合せ



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)

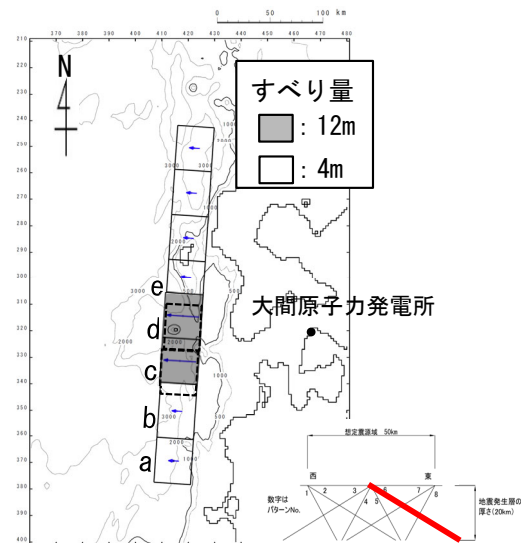
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (4 / 13)

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3) 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

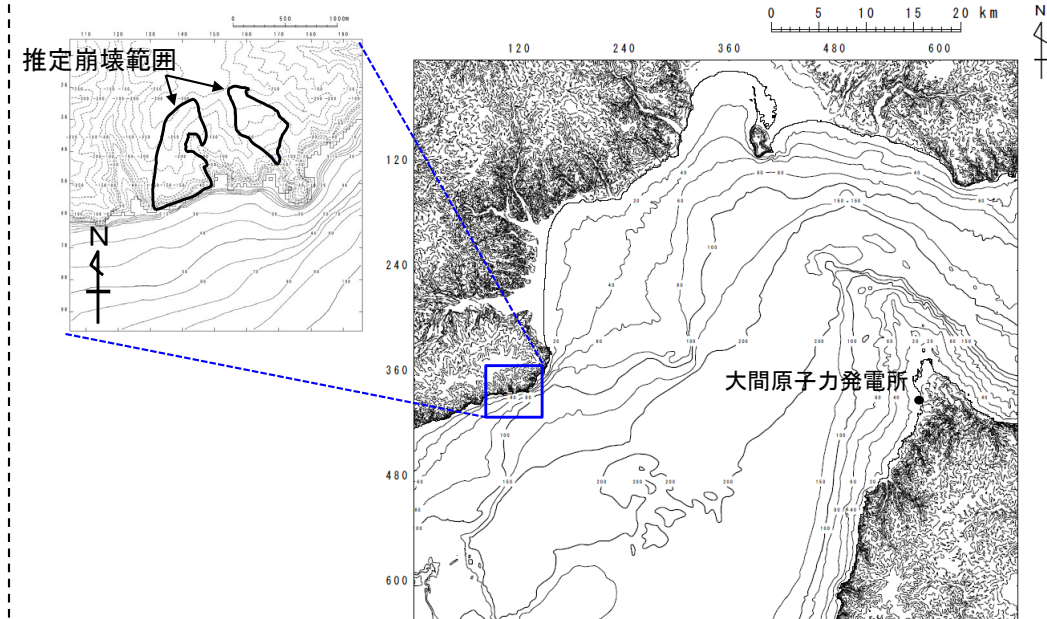


最大水位上昇ケース

■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

※：地すべり地形は、P.532～P.534参照。



知内エリアの地すべり地形



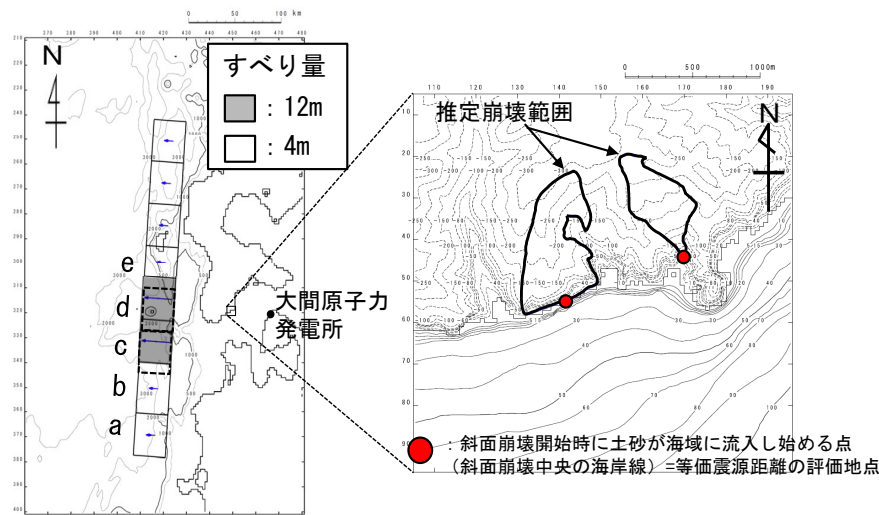
5-2. 津波発生要因の組合せ (7 / 24)

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

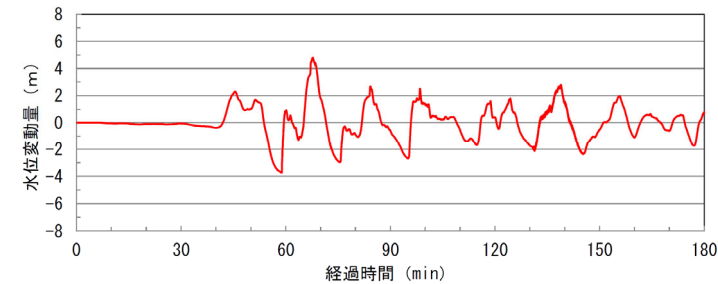


日本海東縁部の地震

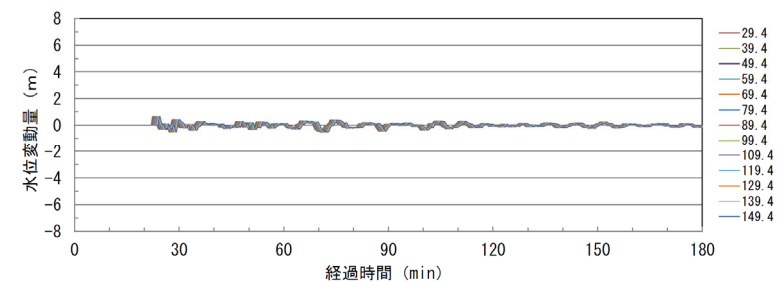
知内エリアの斜面崩壊

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

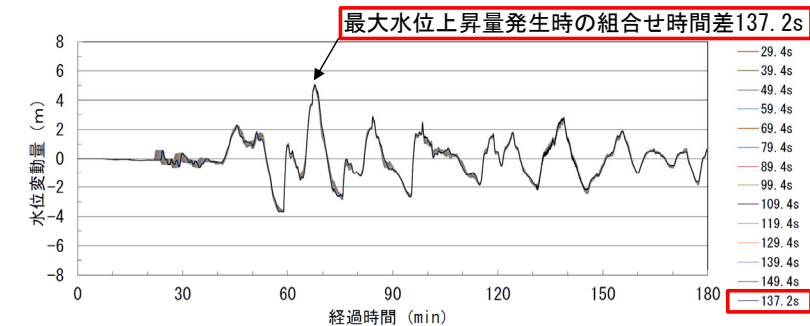
※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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)

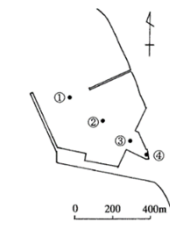
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (6 / 13)

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)】

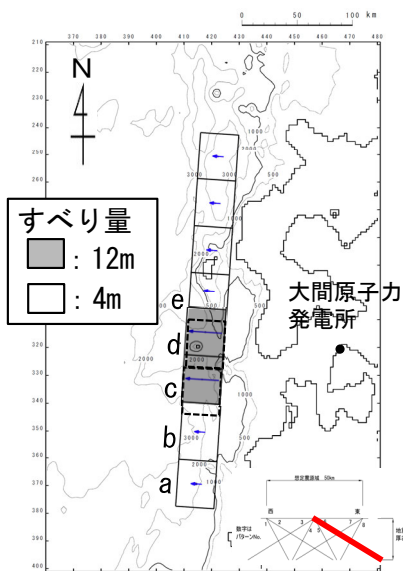
組合せ時間差 (T_{max}) による両波源の組合せを考慮した, 同一波動場における数値シミュレーションの結果は以下のとおりである。

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

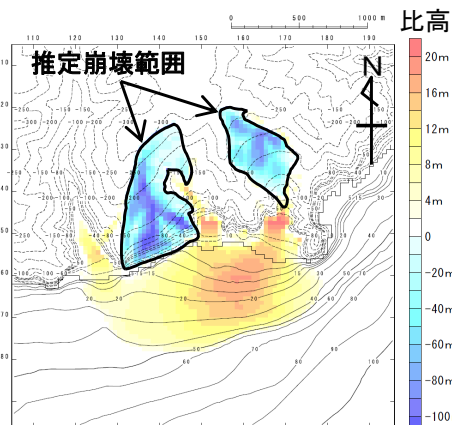


水位時刻歴波形出力点

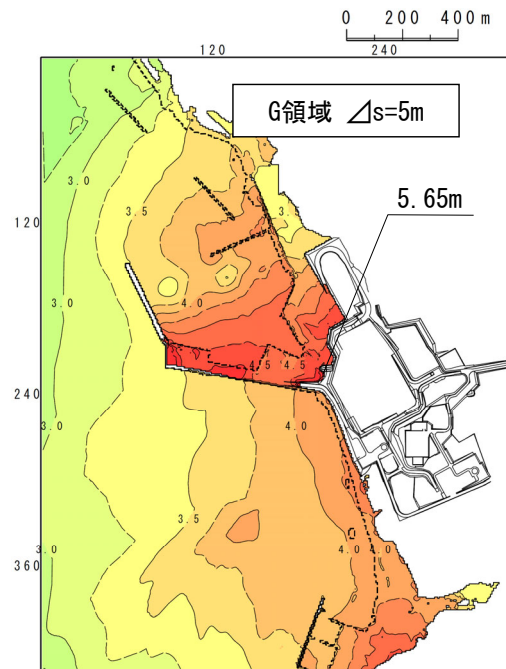


日本海東縁部の地震

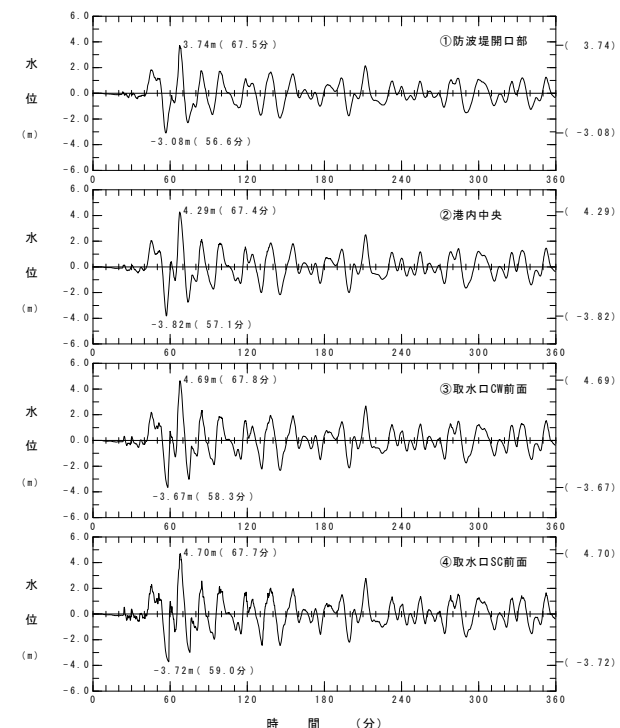
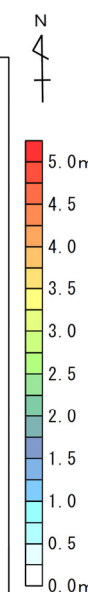
上昇側の波源モデル組合せ



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。

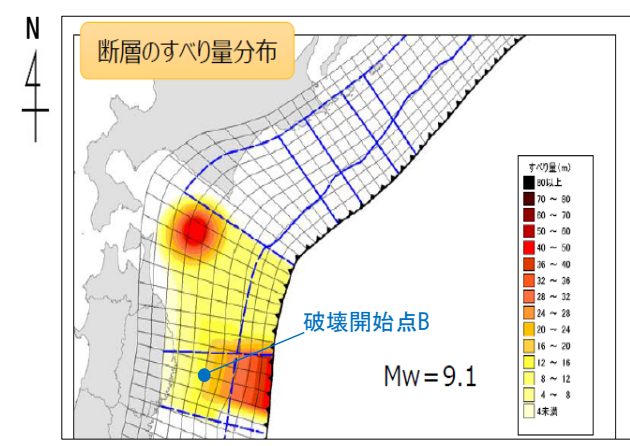
■地震による津波

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

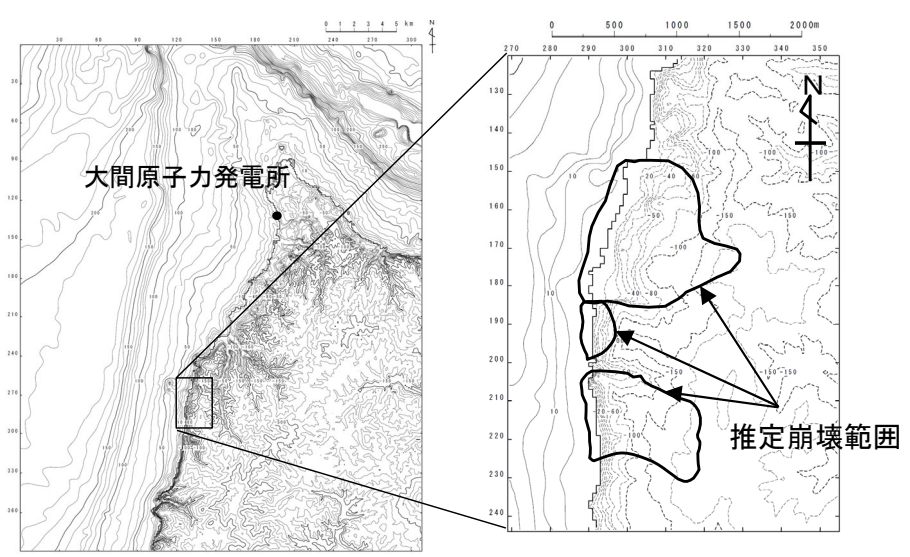
■陸上の斜面崩壊に起因する津波

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

※：地すべり地形は、P.380~P.383参照。



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



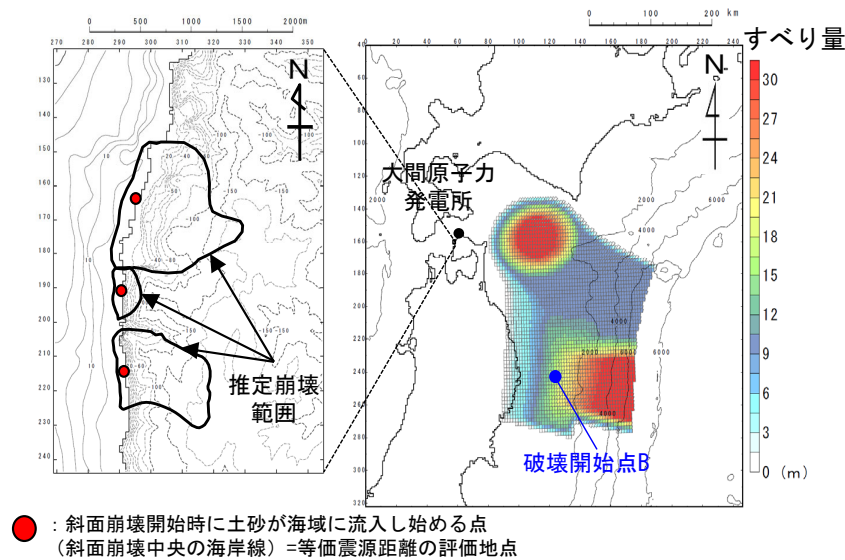
5-2. 津波発生要因の組合せ (10 / 24)

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

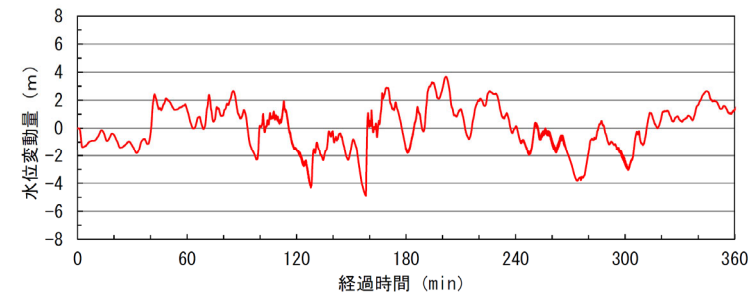


佐井エリアの斜面崩壊

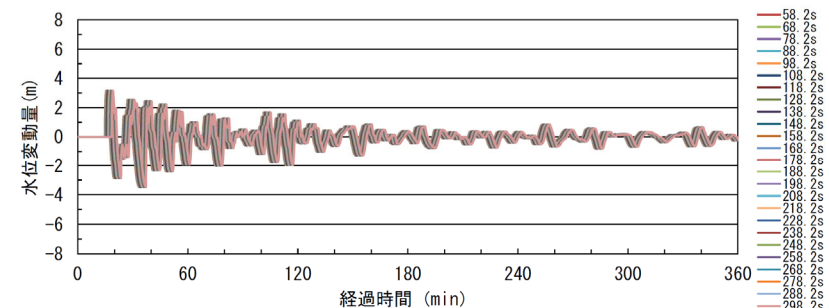
内閣府 (2020) モデルによる地震

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

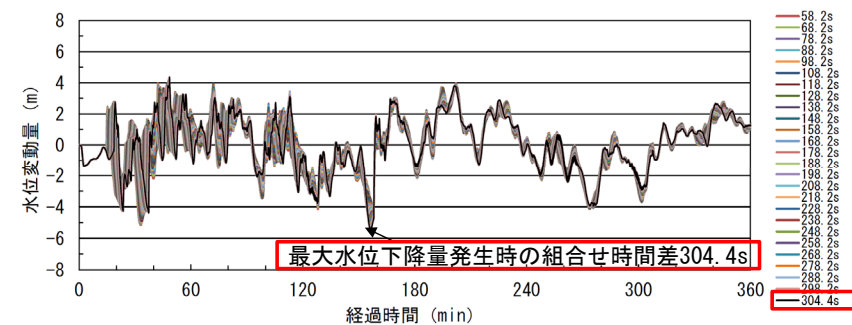
※1 : 各断面層から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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



5-2. 津波発生要因の組合せ (11 / 24)

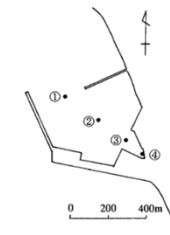
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (9 / 13)

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)】

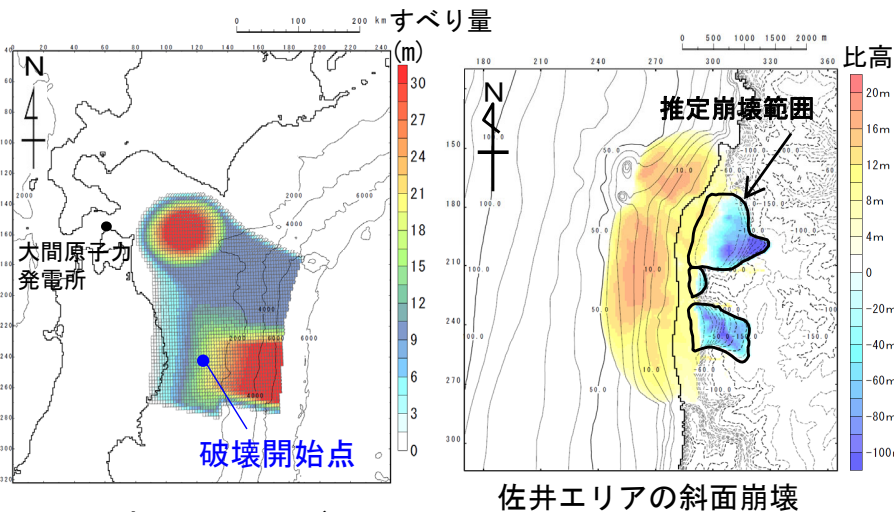
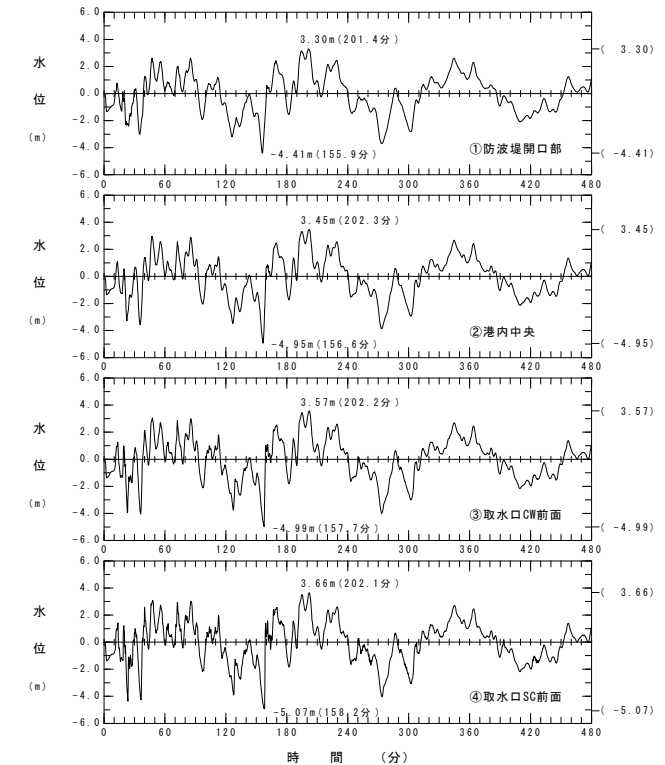
組合せ時間差 (T_{max}) による両波源の組合せを考慮した, 同一波動場における数値シミュレーションの結果は以下のとおりである。

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

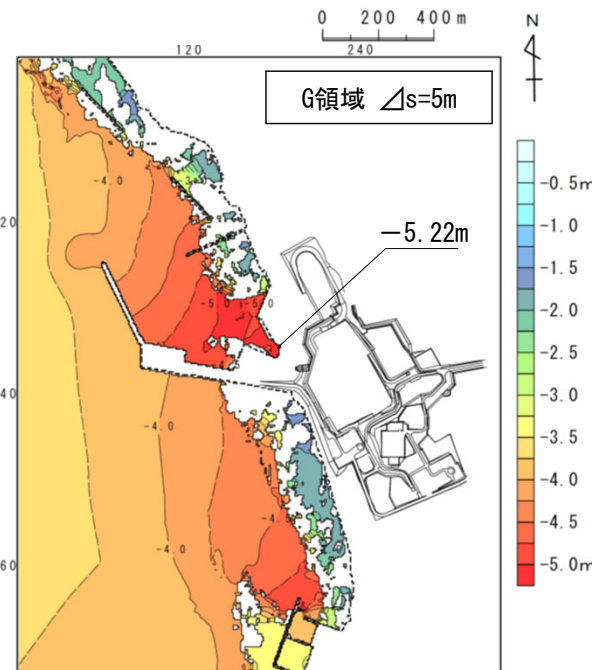


水位時刻歴波形出力点



内閣府 (2020) モデルによる地震

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



5-2. 津波発生要因の組合せ (12 / 24)

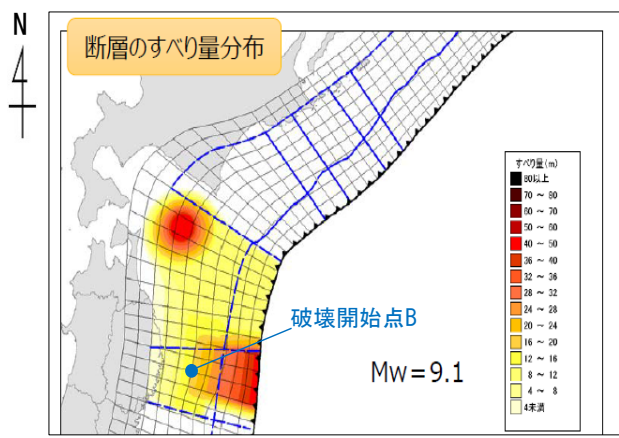
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (10 / 13)

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3) 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



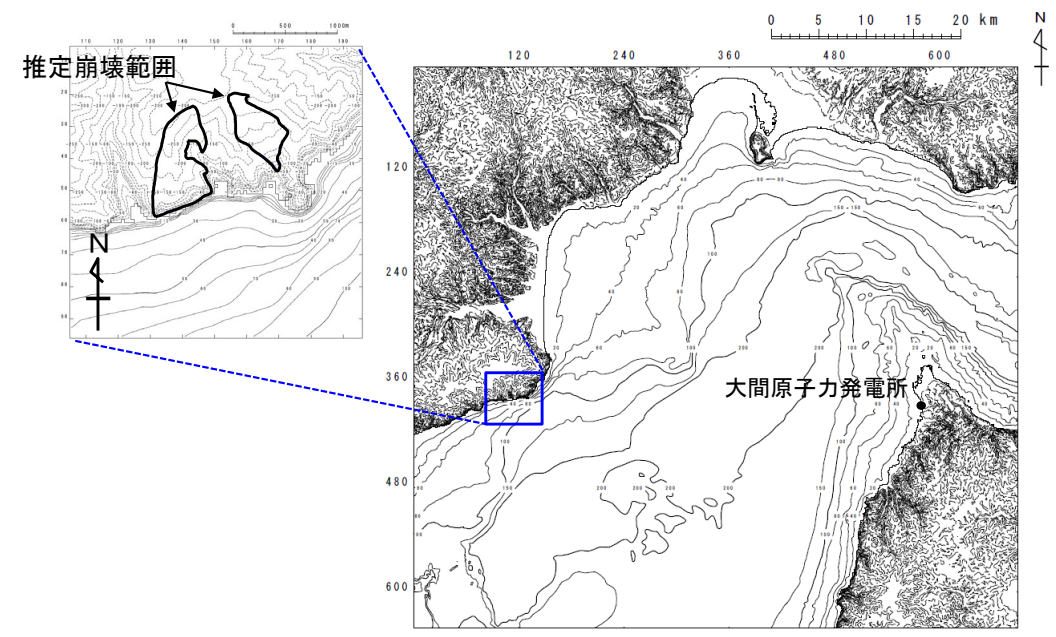
内閣府 (2020) に一部加筆

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※ 最大水位上昇ケース	二層流モデル

※：地すべり地形は、P.532~P.534参照。



知内エリアの地すべり地形



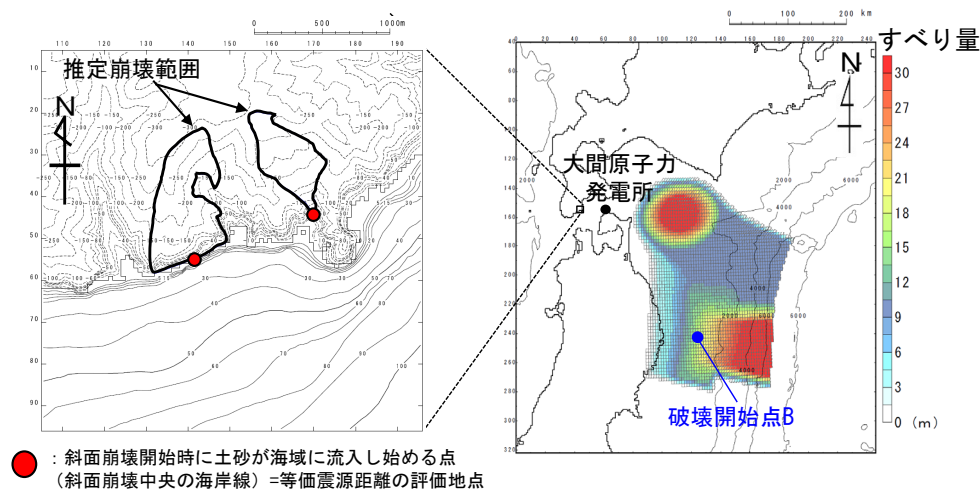
5-2. 津波発生要因の組合せ (13 / 24)

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。

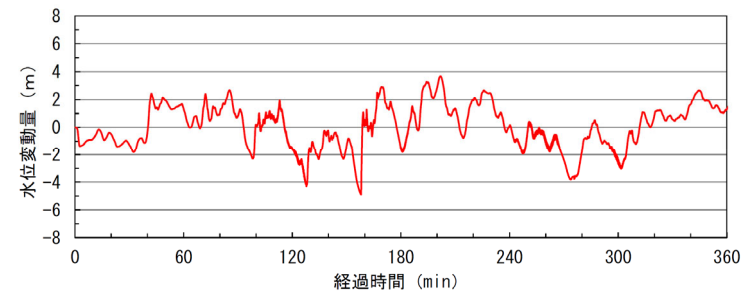
■ 組合せ時間差 (T_{max}) の設定



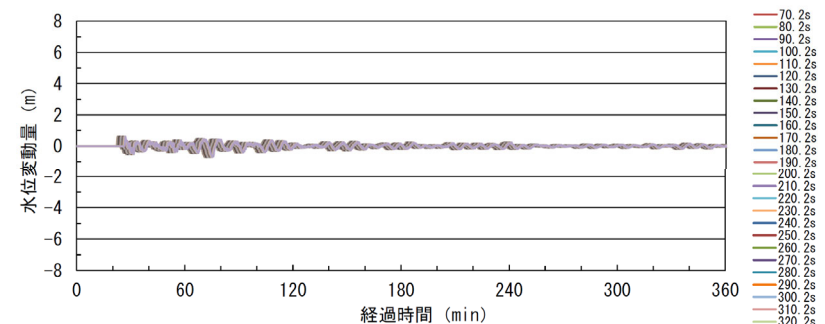
知内エリアの斜面崩壊 内閣府 (2020) モデルによる地震

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

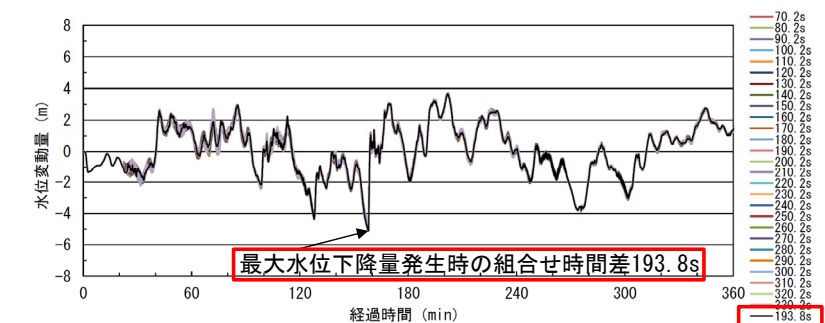
※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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)

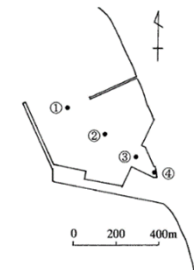
敷地に与える影響が大きい組合せ対象となる陸上の斜面崩壊エリアの選定 (12 / 13)

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)】

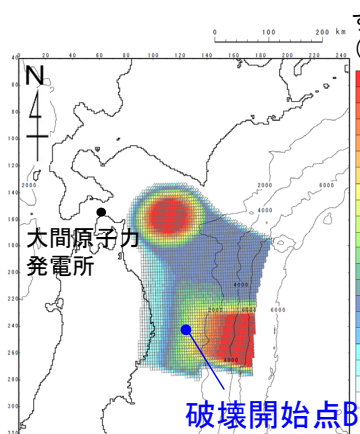
組合せ時間差 (T_{max}) による両波源の組合せを考慮した, 同一波動場における数値シミュレーションの結果は以下のとおりである。

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

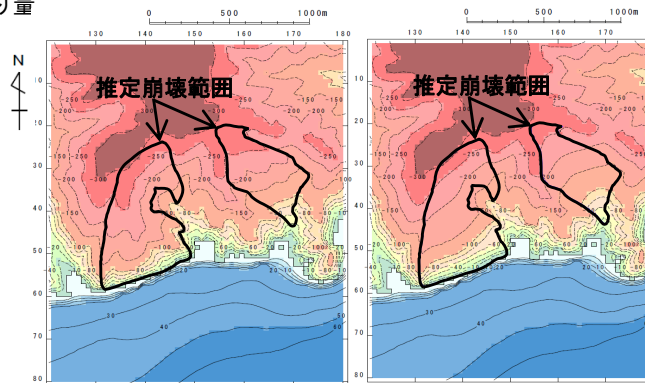


水位時刻歴波形出力点



内閣府 (2020) モデルによる地震

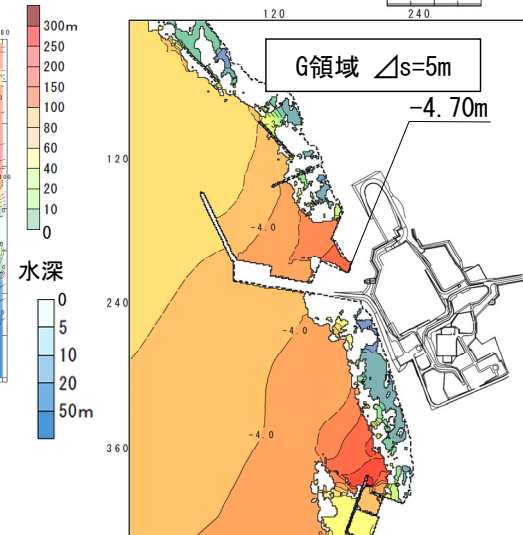
すべり量 (m)



地形モデル 【現地形 (モデル上の崩壊前地形)】
地形モデル (すべり面)

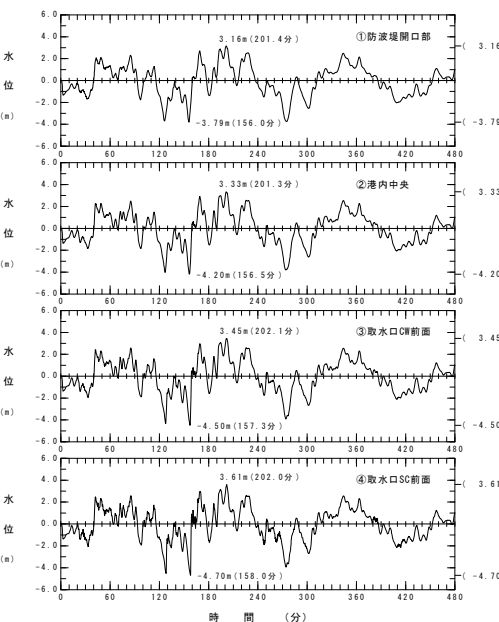
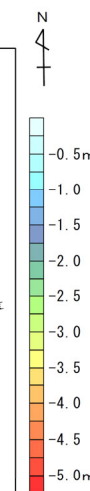
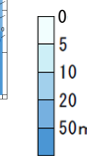
知内エリアの斜面崩壊

標高 (T.P.)



最大水位下降量分布
下降側最大ケース

水深



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※

※：補足説明資料（補足4）参照。



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）。

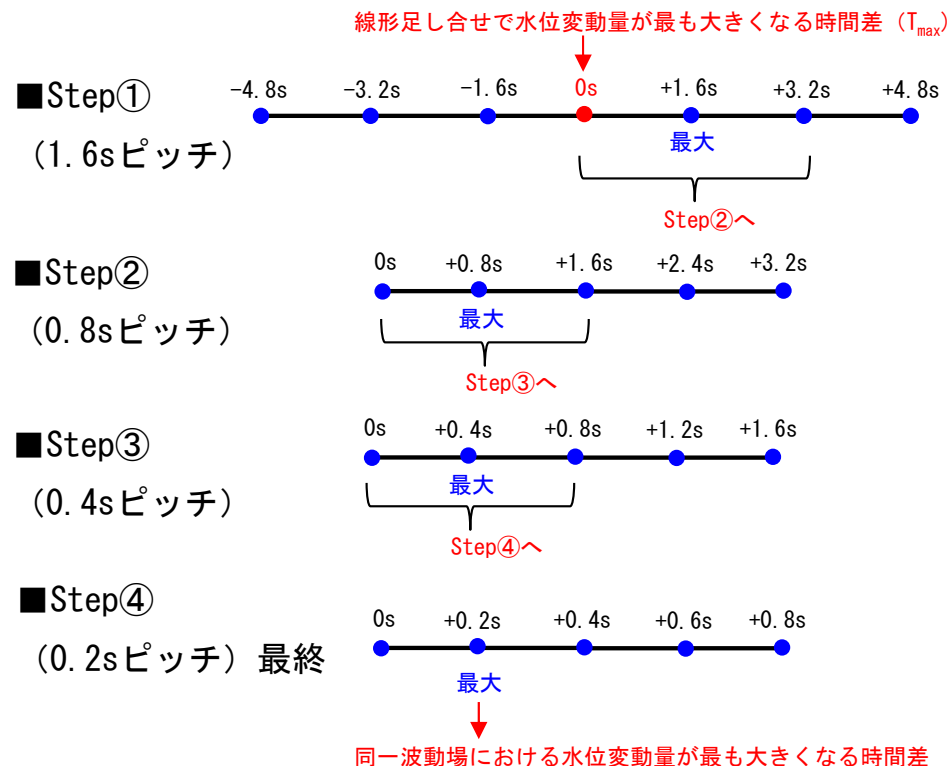
同一波動場における

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×2³）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×2²、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。

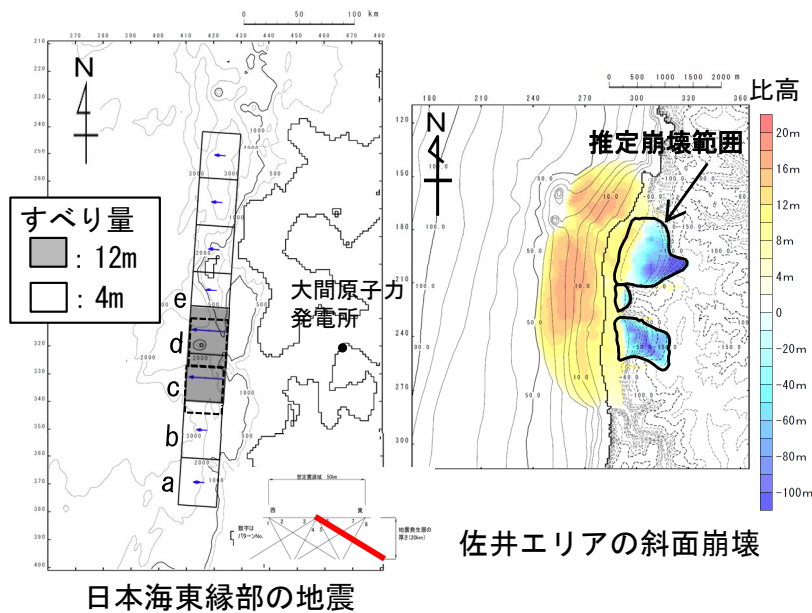


5-2. 津波発生要因の組合せ (17 / 24)

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。



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。



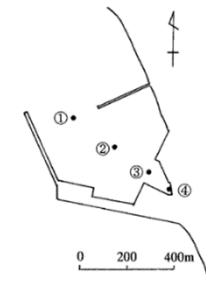
5-2. 津波発生要因の組合せ (18 / 24)

上昇側 (2 / 2) : 検討結果

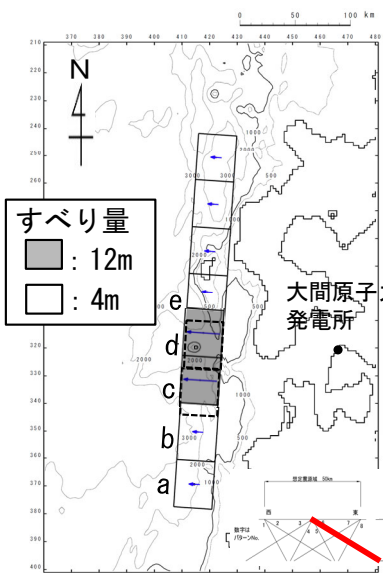
- 組合せ時間差のStep①～Step④の最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

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

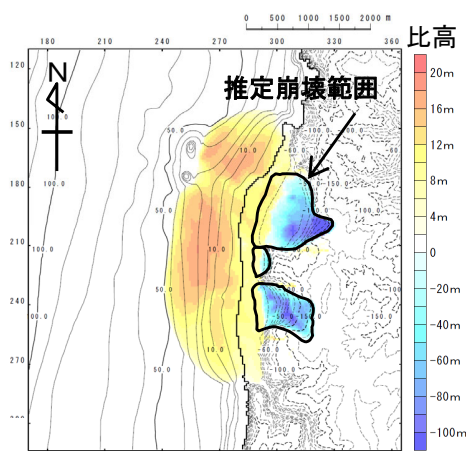


水位時刻歴波形出力点

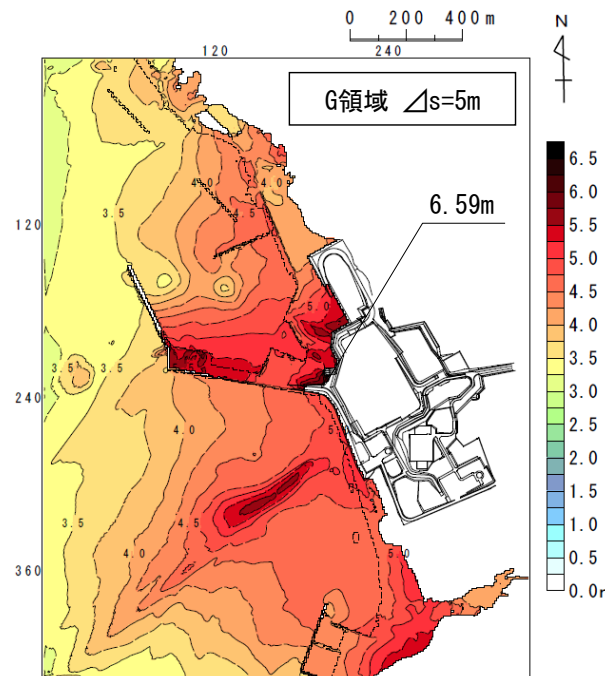


日本海東縁部の地震

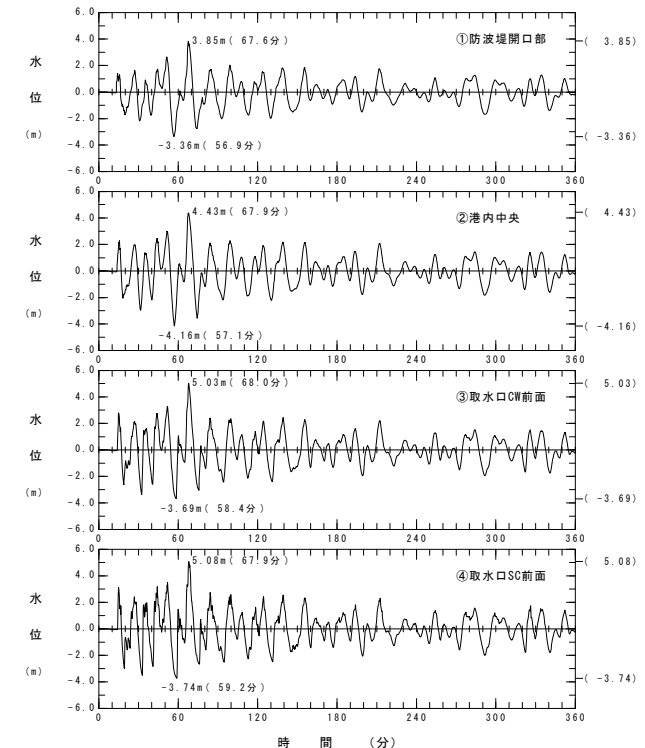
上昇側の波源モデル組合せ



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

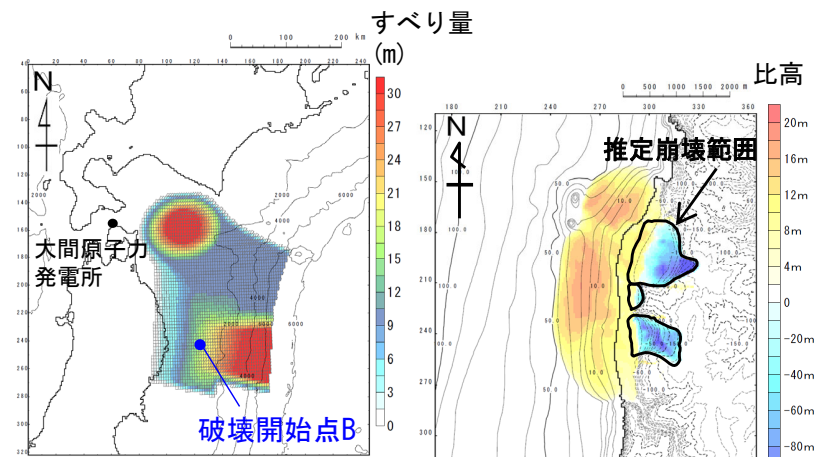
Step② 結果一覧

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



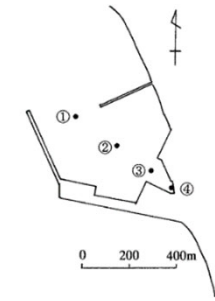
5-2. 津波発生要因の組合せ (20 / 24)

下降側 (2 / 2) : 検討結果

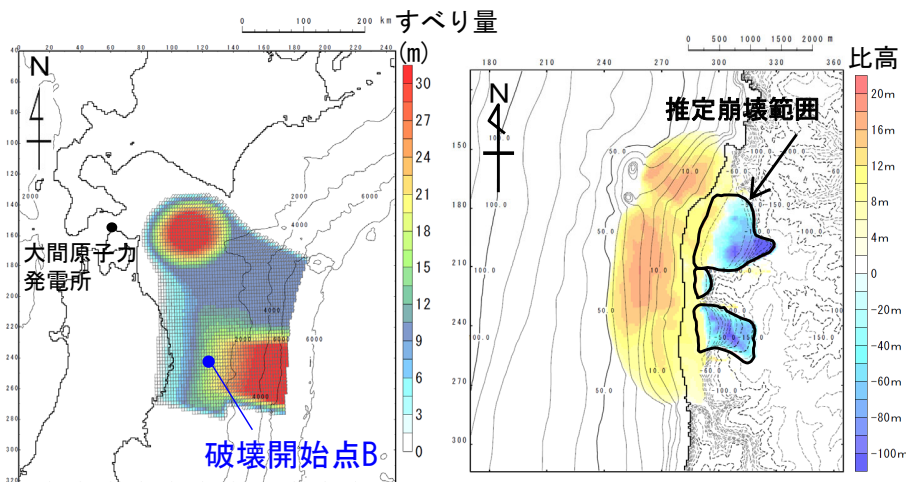
- 組合せ時間差のStep①～Step④の最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

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



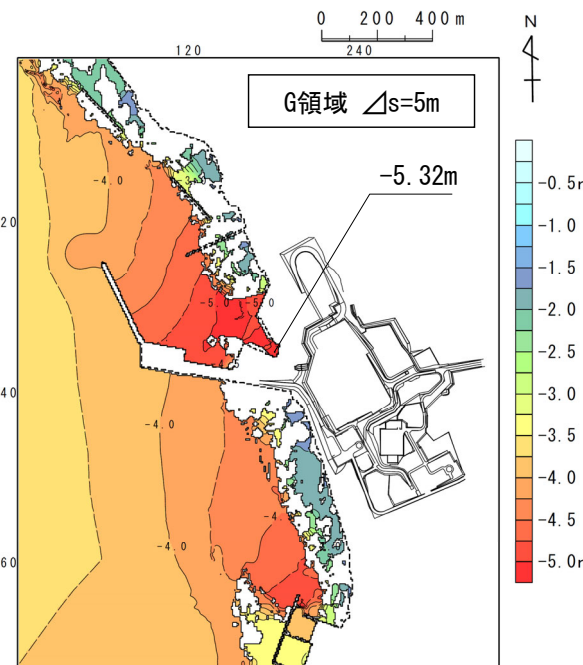
水位時刻歴波形出力点



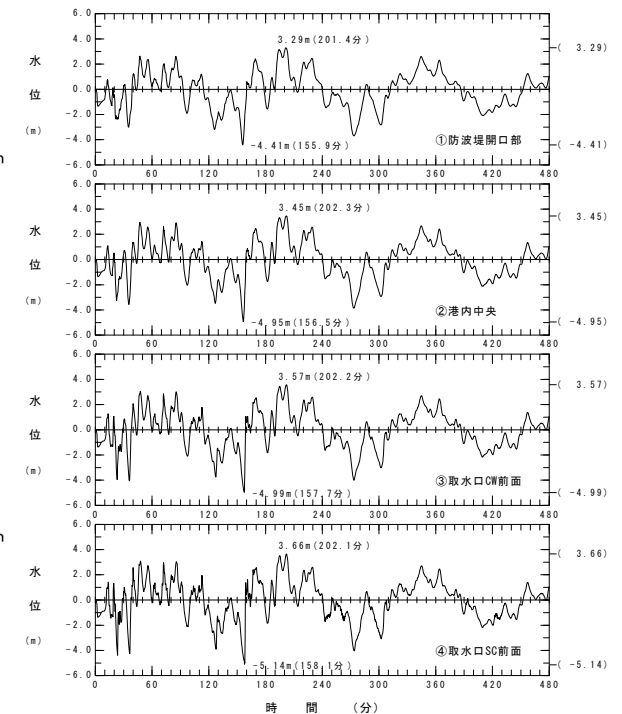
内閣府 (2020) モデルによる地震

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

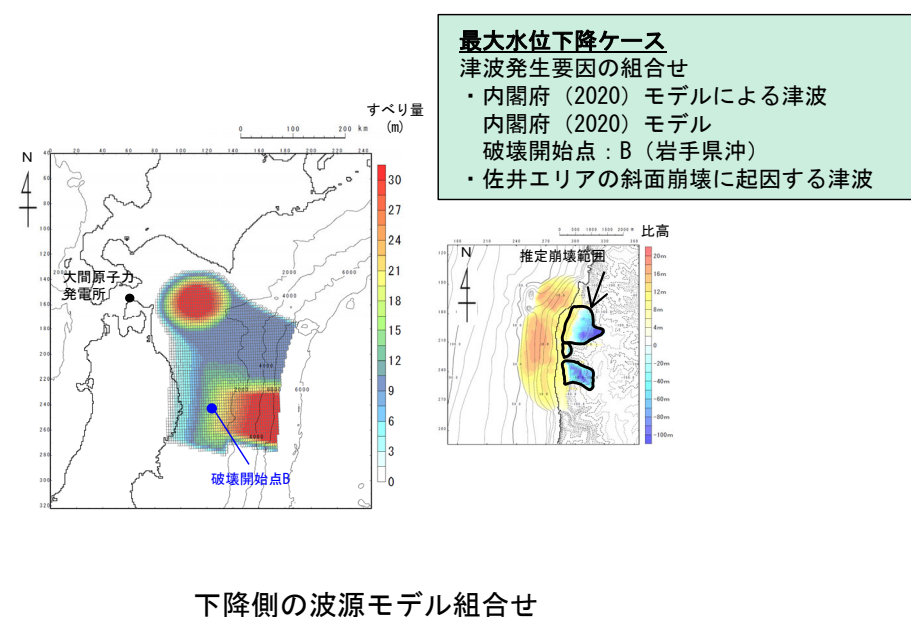
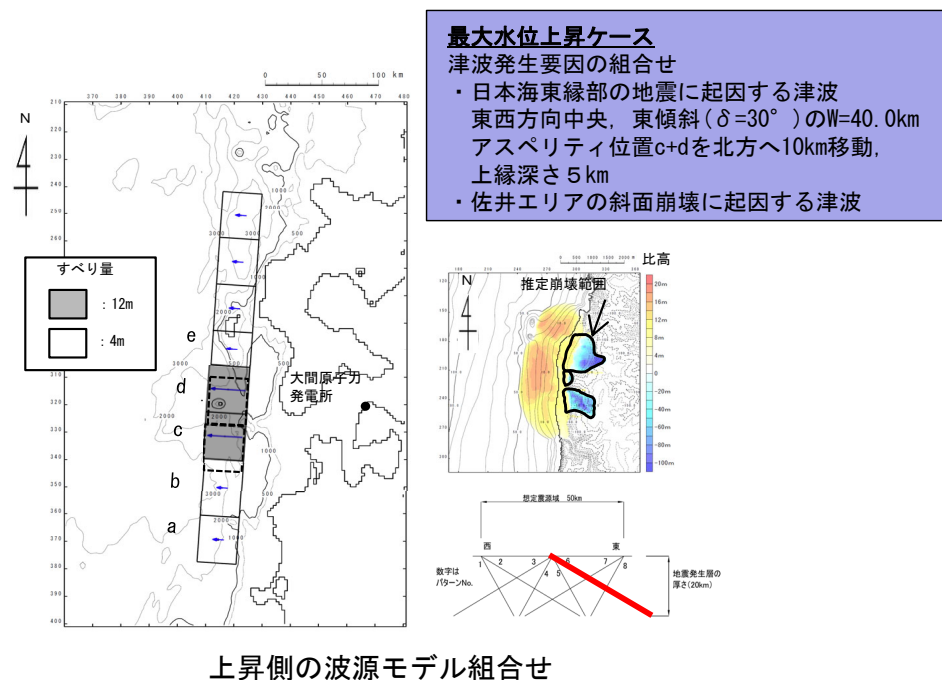
5-2. 津波発生要因の組合せ (21 / 24)

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.468参照)	—
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.470参照)





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

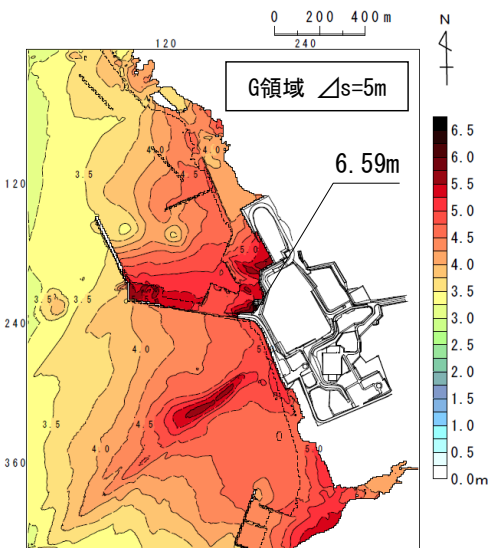
- 選定した津波発生要因の組合せ対象と組合せ前の単独ケースについて、水位変動量を比較した。
- 最大水位上昇量，最大水位下降量ともに，津波発生要因の組合せの方が水位変動量が大きくなることを確認した。

津波発生要因の組合せの検討結果

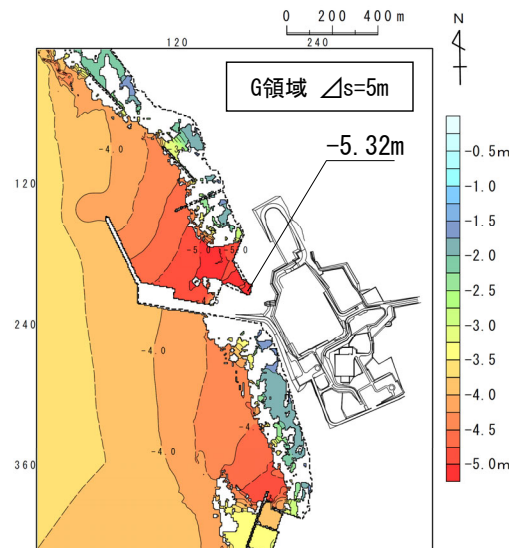
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
組合せ	日本海東縁部に想定される地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差=39.6s)	6.59m (P.468参照)	—
	内閣府(2020)モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差=301.6s)	—	-5.32m (P.470参照)

津波発生要因の組合せ前の単独ケースの検討結果

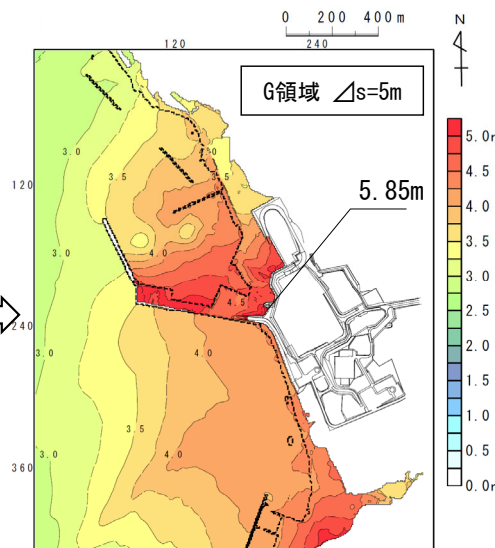
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
地震による津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.85m (P.139参照)	—
	内閣府(2020)モデルによる津波	—	-4.89m (P.286参照)



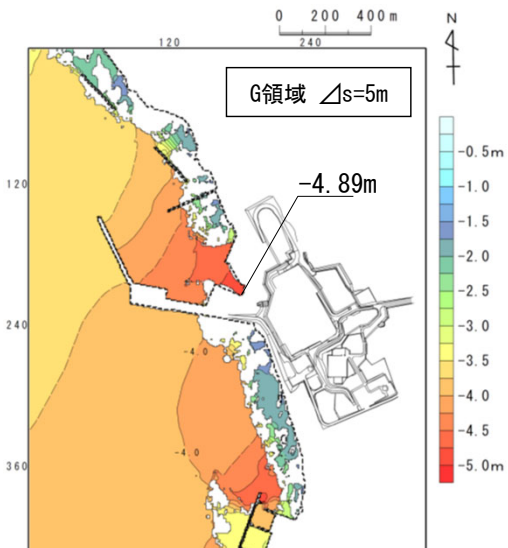
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位上昇量分布



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



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)

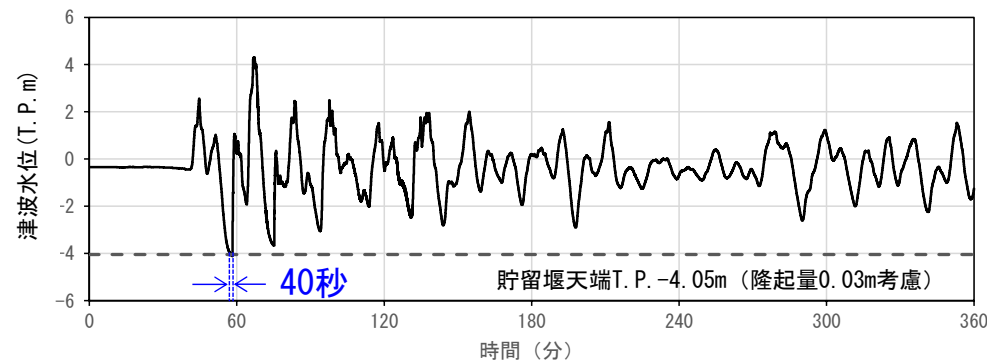
- ・ 下降側の津波のうち、朔望平均干潮位 (T.P. -0.37m) を考慮した場合、最低水位が貯留堰の天端高さ (T.P. -4.08m) を下回るものは以下の3ケースである※1。
- ・ これらを対象に、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間について比較した。
- ・ その結果、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間が最も長くなる津波は、組合せ対象として選定した「内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波」であることを確認した。

※1：本編資料P.(22)を参照。

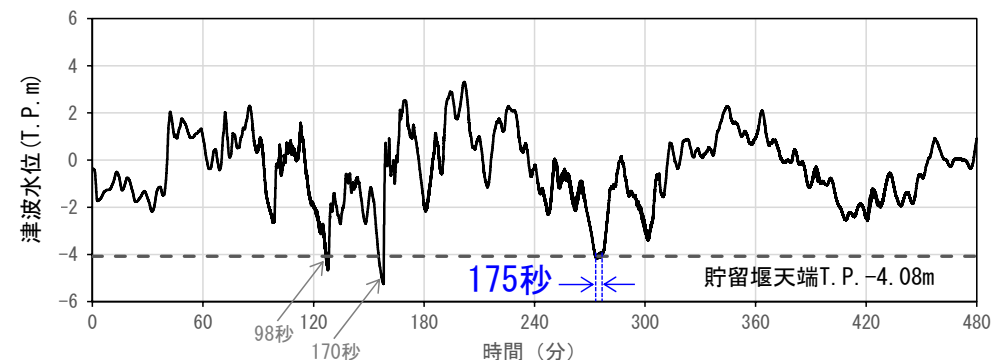
なお、津波周期が長いチリ沖に想定される地震に伴う津波など他の津波の最低水位は、貯留堰の天端高さを下回らない。

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)

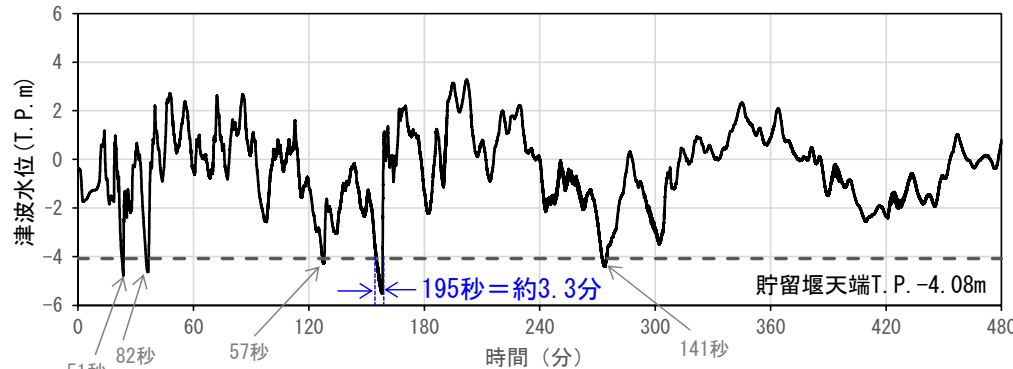
組合せ結果の確認 (3 / 3)

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】

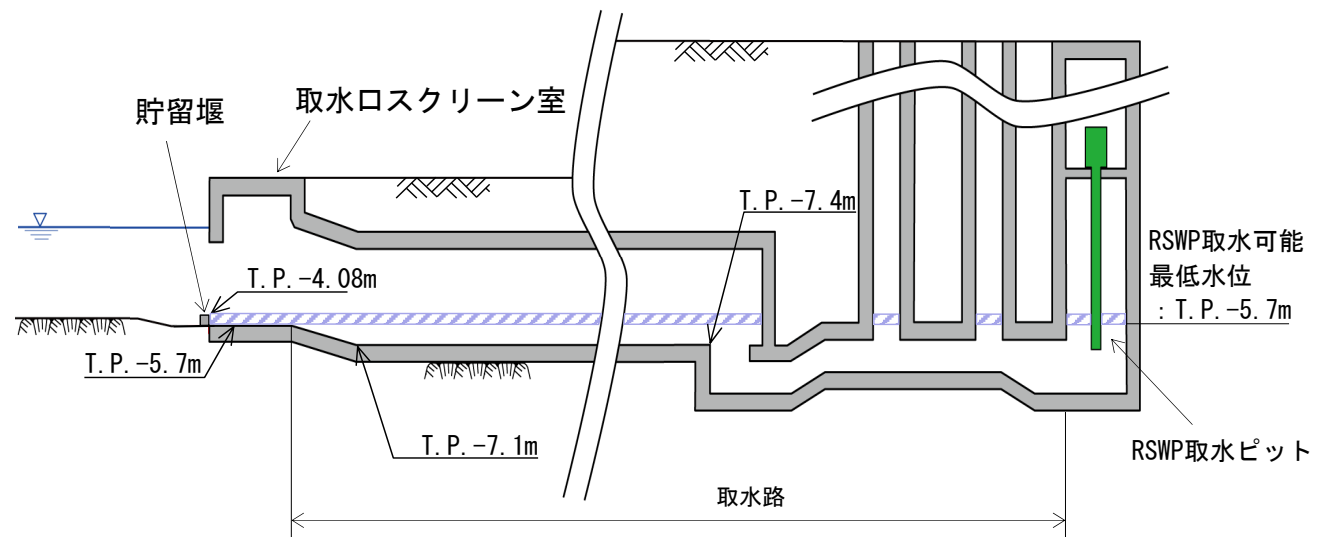
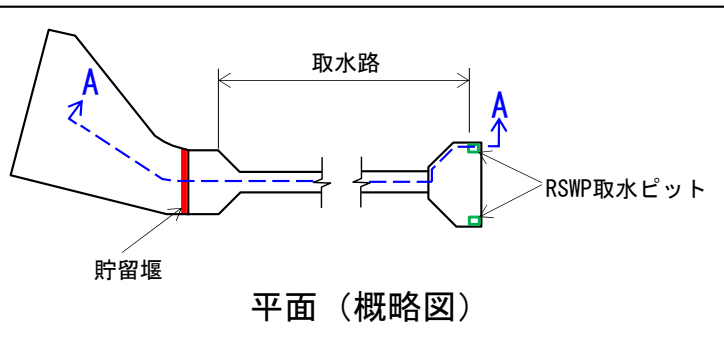
- 貯留堰前面の水位時刻歴波形から、貯留堰天端高さを下回る継続時間を算定する。この際、朔望平均干潮位 (T.P. -0.37m) 分、水位時刻歴波形を下方へずらして朔望平均干潮位を考慮する。
- 貯留堰天端高さを複数下回る場合には、最も継続時間が長いものを対象とする。
- 地震に伴い隆起が生じる場合は、貯留堰天端高さに隆起量を加えて評価するが、沈降する場合は、保守側に沈降量を考慮しない。



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)

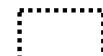



▨ : 津波水位が貯留堰天端高さを下回る場合に、貯留堰により確保される水量は、約6,600m³。

A-A断面 (概略図)

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. 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

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

検討方針

- 港湾の防波堤等を津波影響軽減施設とはしておらず、地震による損傷が考えられる。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、防波堤等がない場合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波源を選定する。
 - 《防波堤等がない場合の検討対象》
 - ✓ 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、防波堤等がある場合の検討と同様に、防波堤等がない場合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P.76参照。



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、防波堤等がない場合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

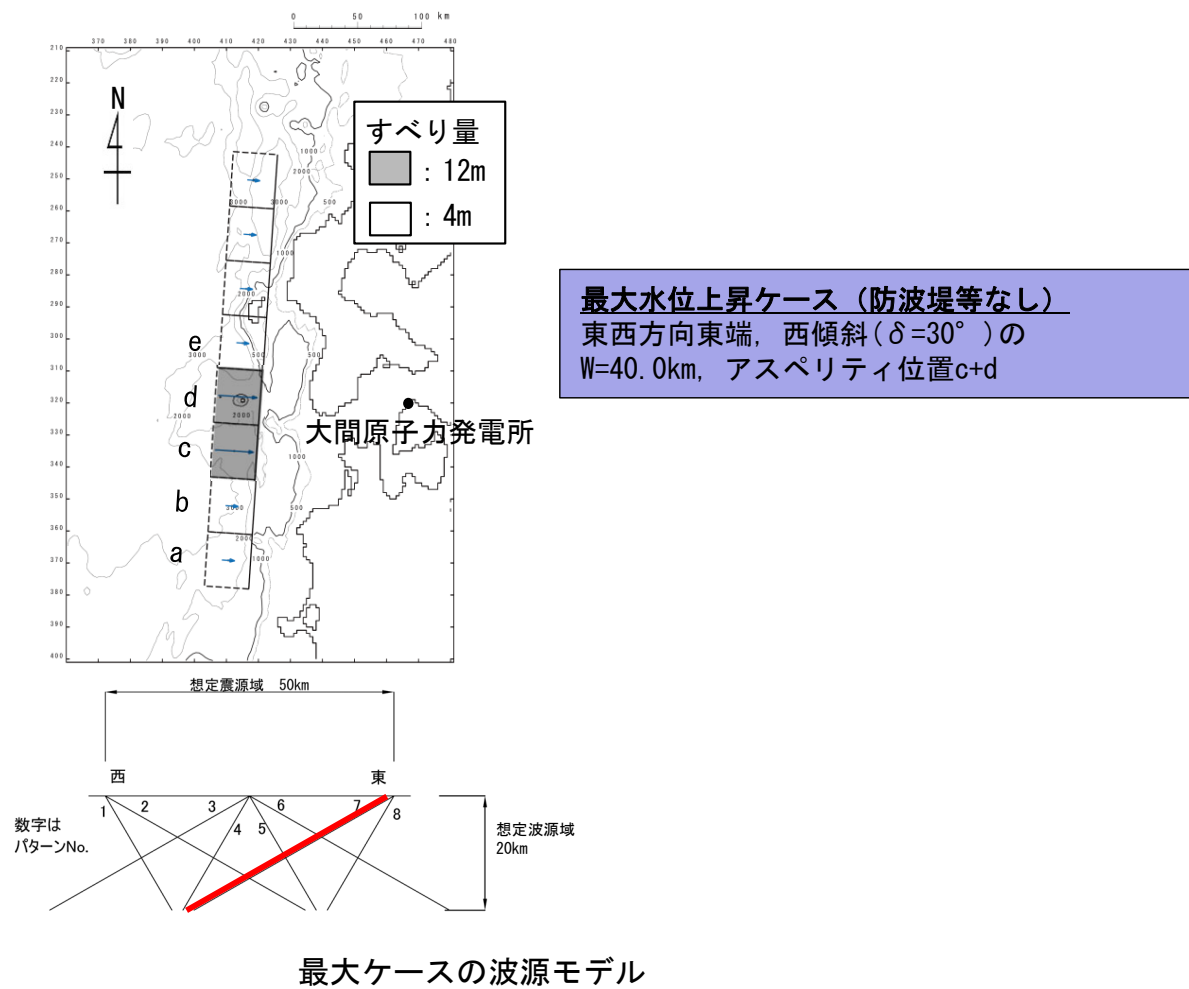
注：上縁深さ：1 km



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、防波堤等がない場合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。





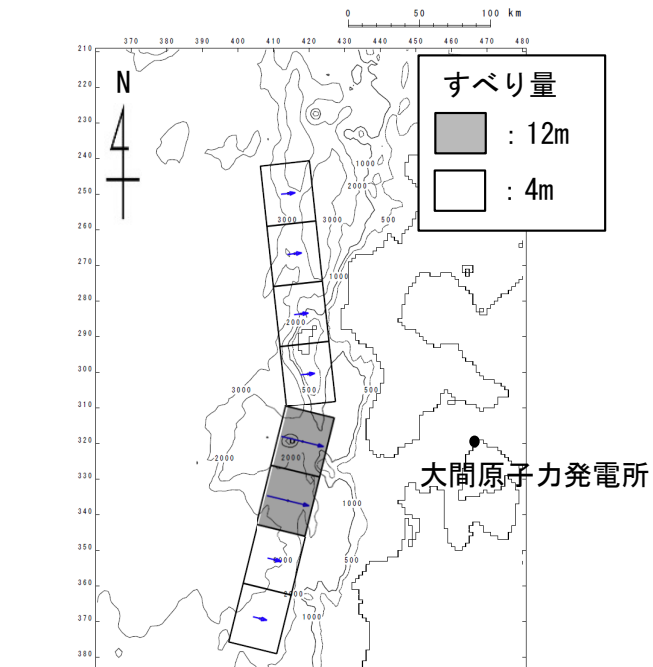
数値シミュレーション：(上昇側)パラメータスタディ (3 / 7)

詳細パラメータスタディ (1 / 4)

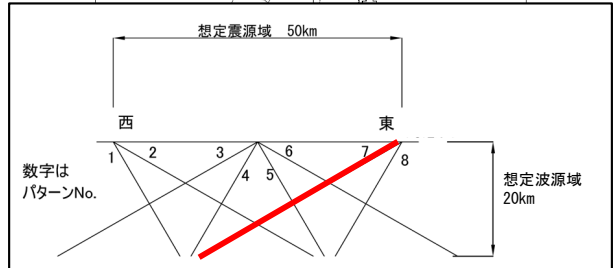
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がない場合の詳細パラメータスタディ (走向変化ケース) を実施した結果は以下のとおり。

例示ケース (防波堤等なし)
東西方向東端, 西傾斜 ($\delta=30^\circ$) の
 $W=40.0\text{km}$, 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

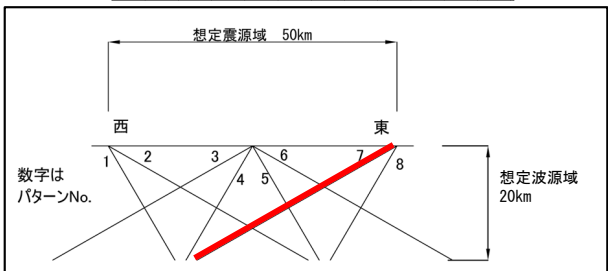
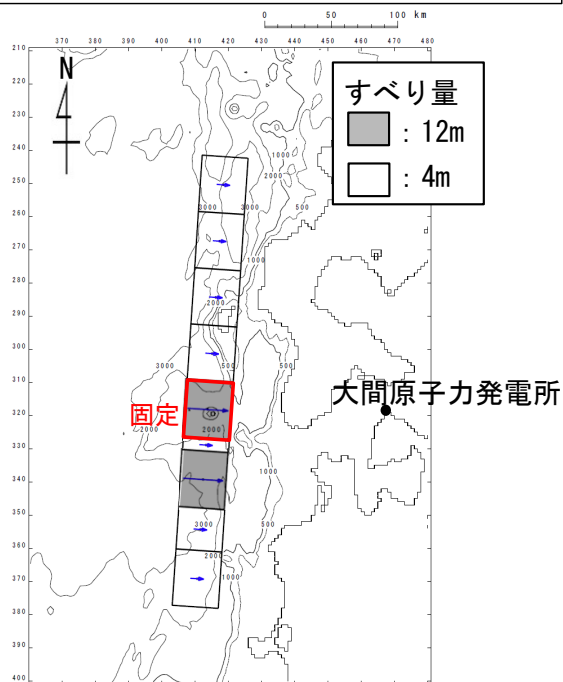


数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (4 / 7)

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、防波堤等がない場合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
 $W=40.0\text{km}$, アスペリティ位置は基準 (c+d)
 の南側を南方へ10km移動



例示ケースの波源モデル

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	5.05m	
			南方へ10km	4.73m	
			南方へ20km	4.34m	
			南方へ30km	4.05m	
南方へ40km	3.72m				

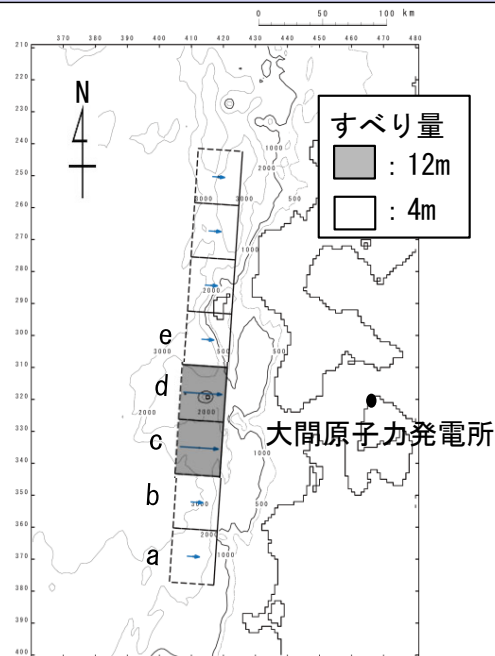


数値シミュレーション：(上昇側)パラメータスタディ (5 / 7)

詳細パラメータスタディ (3 / 4)

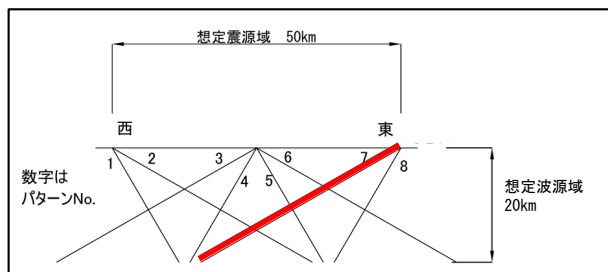
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がない場合の詳細パラメータスタディ (上縁深さ変化ケース) を実施した結果は以下のとおり。

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



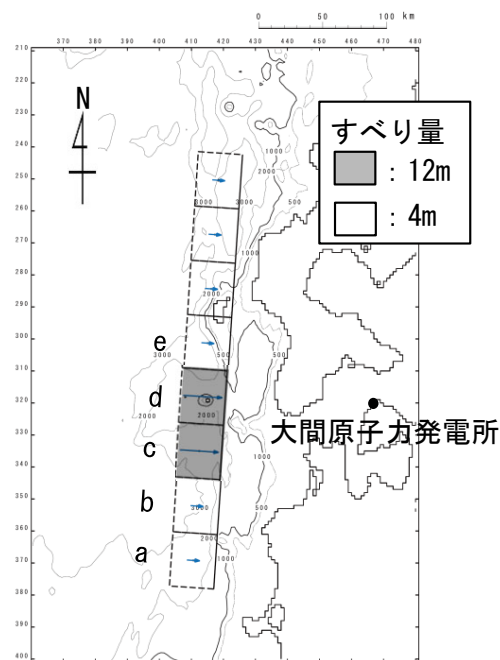
最大水位上昇ケースの波源モデル

6. 防波堤等の影響検討 6-1. 地震による津波 (7/10)

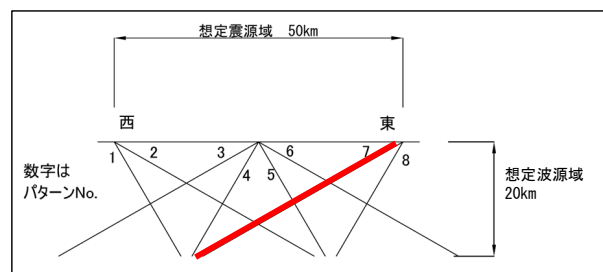
数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (6/7)

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、防波堤等がない場合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)



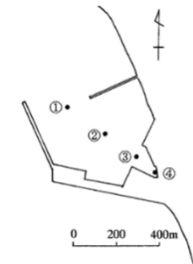
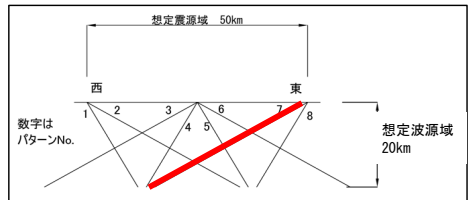
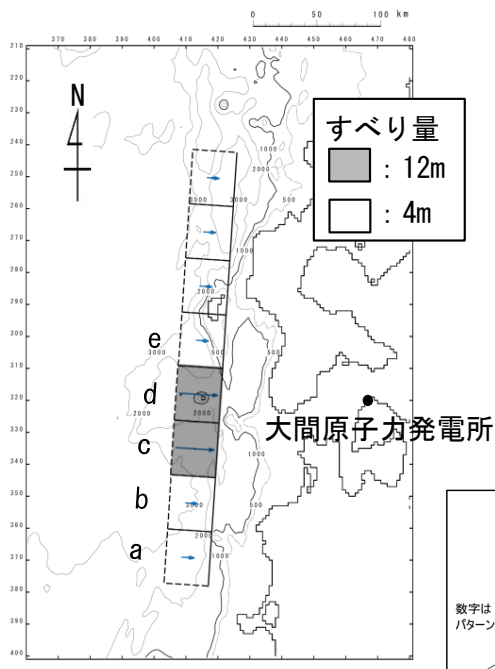
数値シミュレーション：(上昇側) パラメータスタディ (7/7)

上昇側検討結果

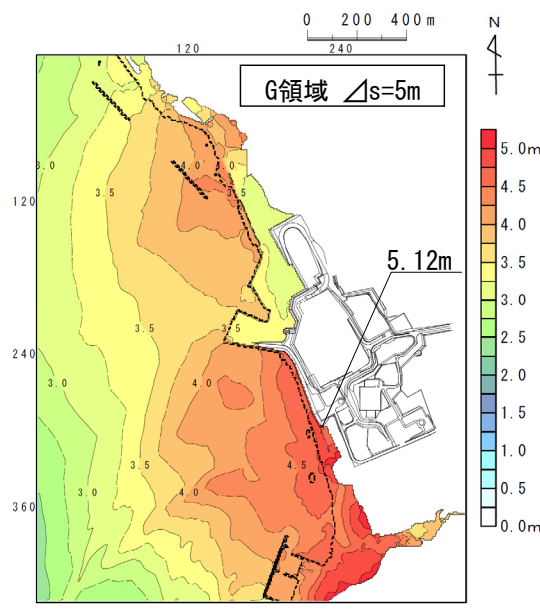
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等がない場合の検討を実施した結果、最大水位上昇ケースは以下のとおり。

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波

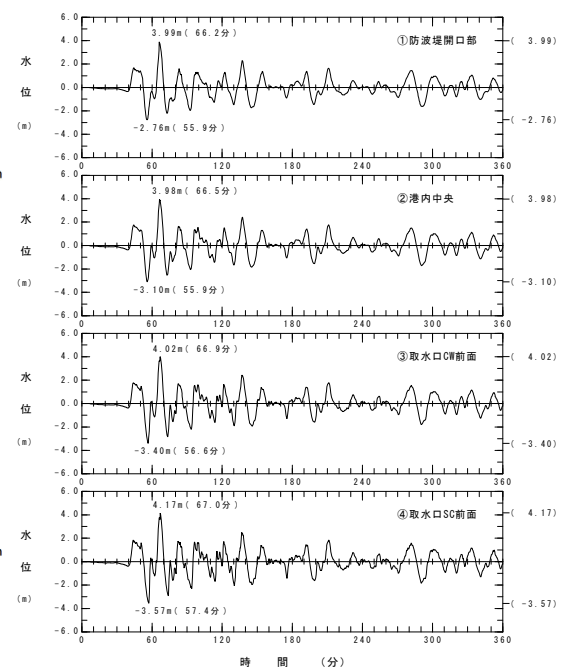
項目	防波堤等なし
敷地における最大水位上昇量	5.12m
波源条件	東西方向東端、西傾斜($\delta=30^\circ$)のW=40.0km, アスペリティ位置c+d 上縁深さ2km



水位時刻歴波形出力点



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

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)



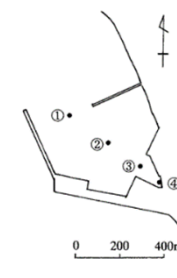
数値シミュレーション：(下降側)

下降側検討結果

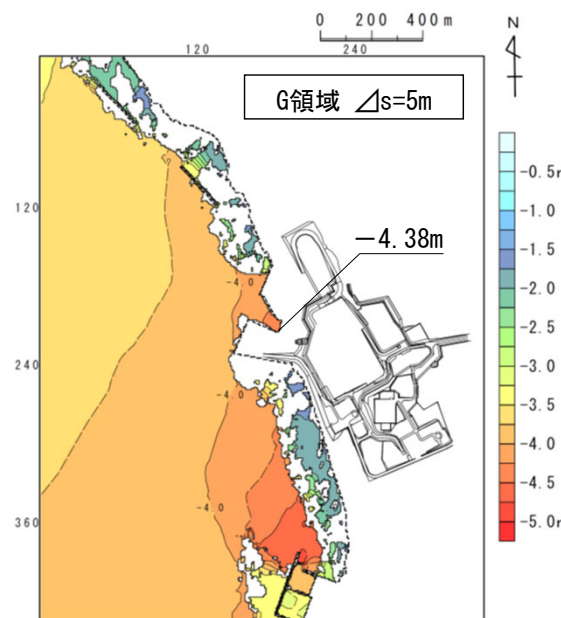
- 内閣府(2020)の波源モデルによる津波に対し、防波堤等がない場合の検討を実施した結果、最大水位下降ケースは以下のとおり。

内閣府(2020)の波源モデルによる津波

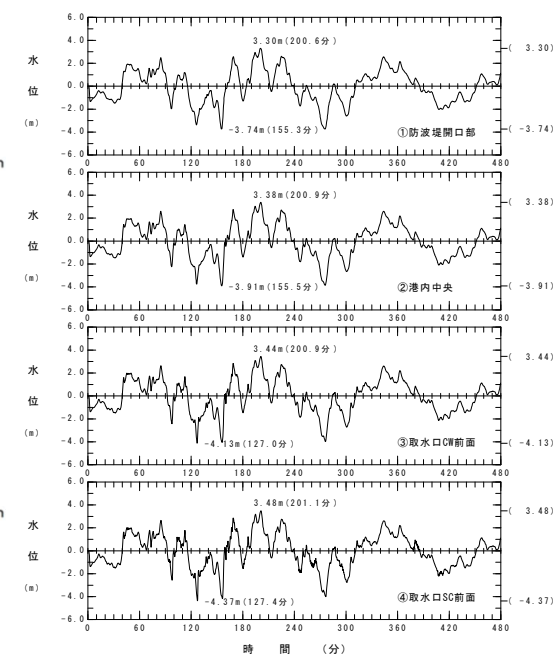
項目	防波堤等なし
取水口スクリーン室前面における最大水位下降量	-4.38m
波源条件	日本海溝(三陸・日高沖)モデル 破壊開始点B



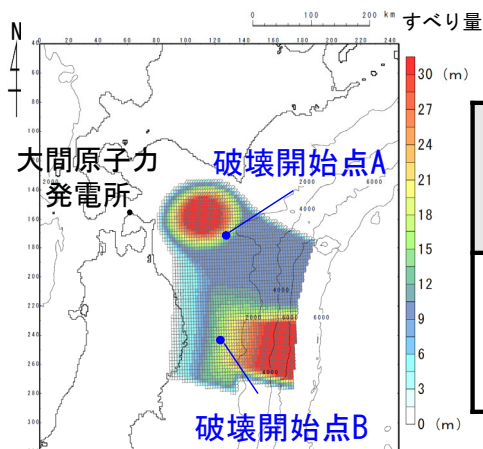
水位時刻歴波形出力点



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



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

防波堤等なし



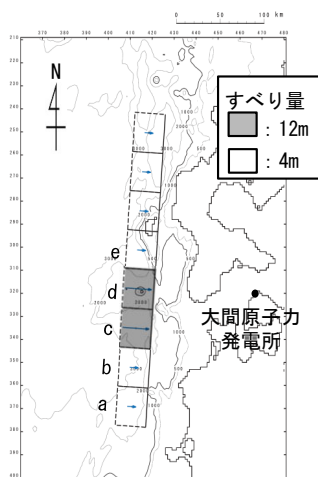
検討結果

計算結果

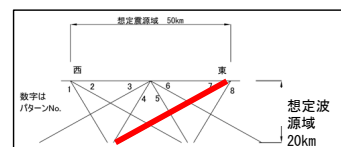
- 防波堤等がない場合の地震による津波の検討結果は以下のとおり。

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	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に伴う津波	上昇側	5.12m (P.483参照)	—
内閣府(2020)の波源モデルによる津波	下降側	—	-4.38m (P.485参照)

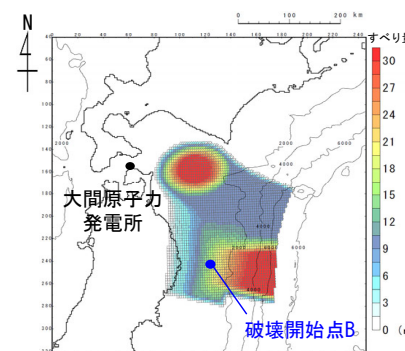


項目	防波堤等なし
波源条件	東西方向東端, 西傾斜($\delta=30^\circ$)の W=40.0km, アスぺリティ位置c+d 上縁深さ2km



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】)



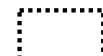
項目	防波堤等なし
波源条件	日本海溝(三陸・日高沖)モデル 破壊開始点B(岩手県沖)


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. 組合せ対象候補の抽出
 - 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

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

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おらず，地震による損傷が考えられる。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，防波堤等がない場合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波源を選定する。
 - ◀防波堤等がない場合の検討対象▶
 - ✓ 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，防波堤等がない場合の検討を，防波堤等がある場合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)

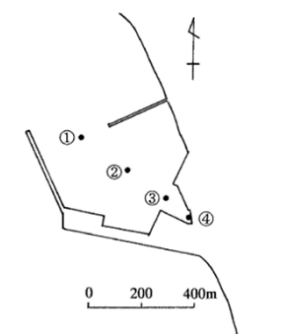
計算結果

- 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。

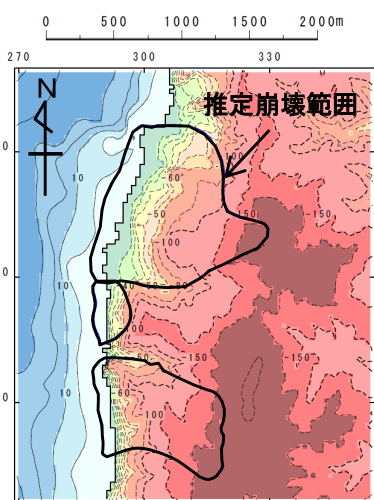
陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果※（上昇側）【防波堤等なし】

検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
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、P. 384を参照。

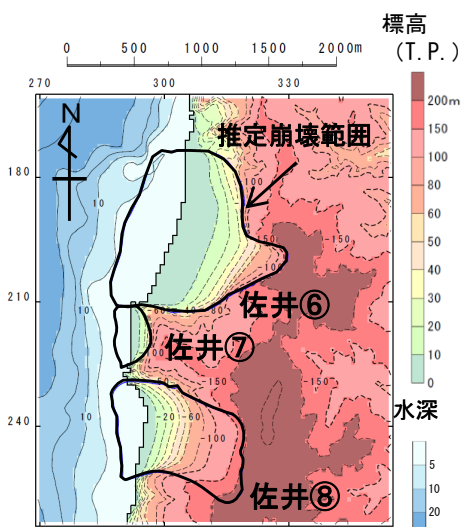


水位時刻歴波形出力点

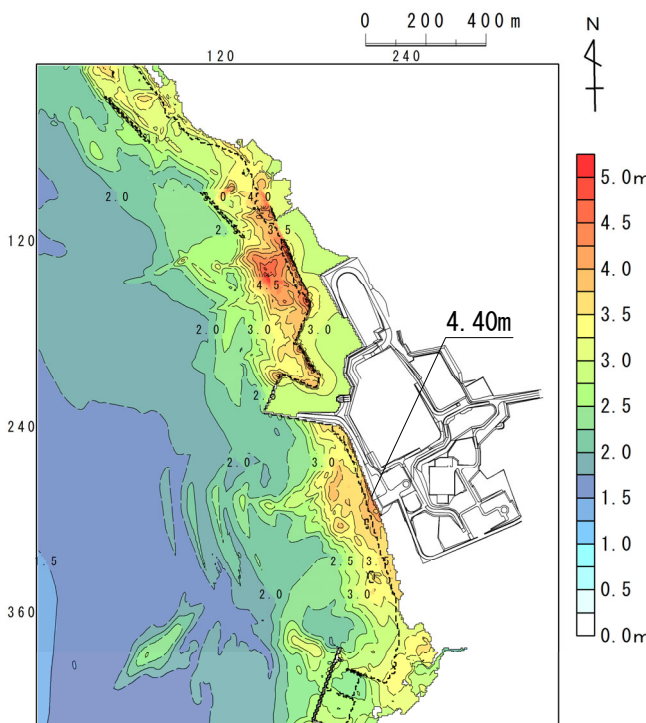


地形モデル
【現地形(モデル上の崩壊前地形)】

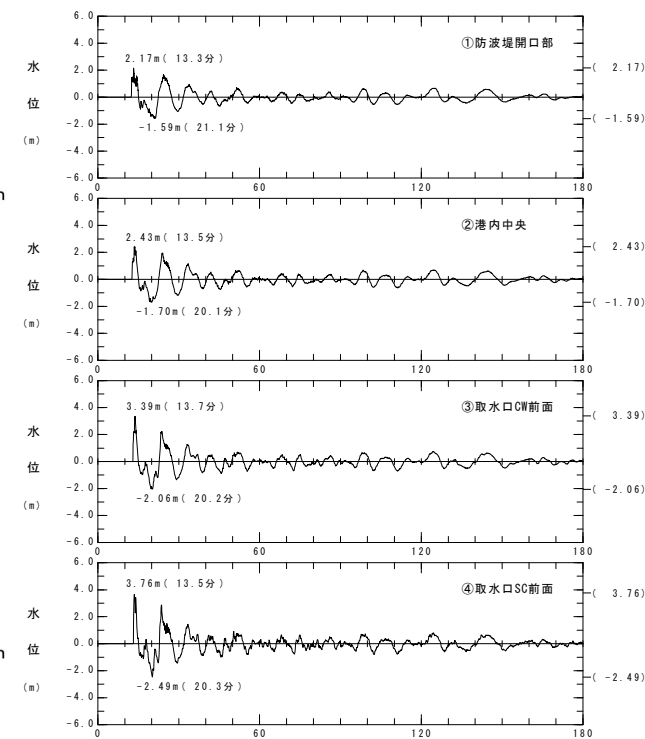
波源モデル



地形モデル(すべり面)



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)

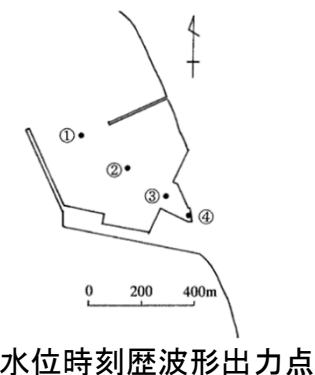
計算結果

- 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。

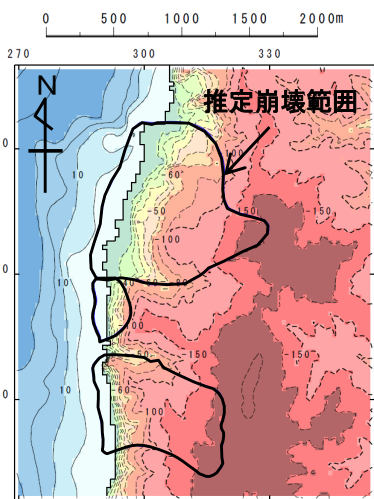
陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果※（下降側）【防波堤等なし】

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
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、P. 384を参照。

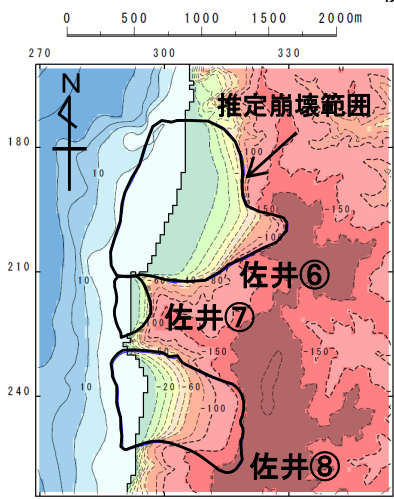


水位時刻歴波形出力点

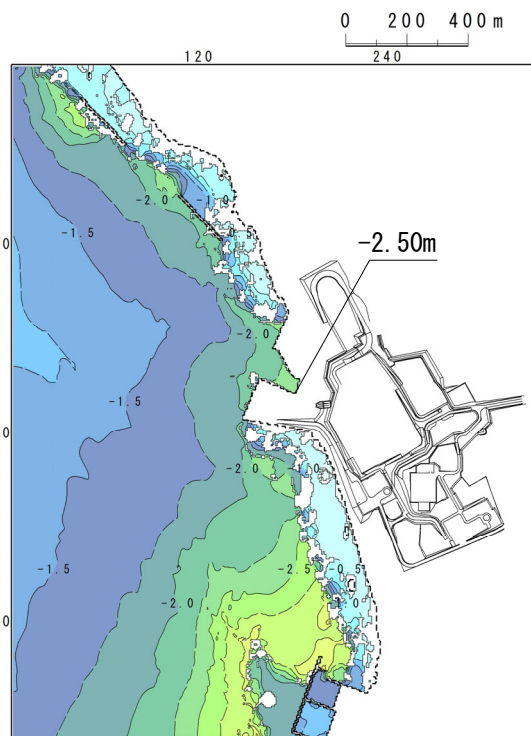


地形モデル
【現地形(モデル上の崩壊前地形)】

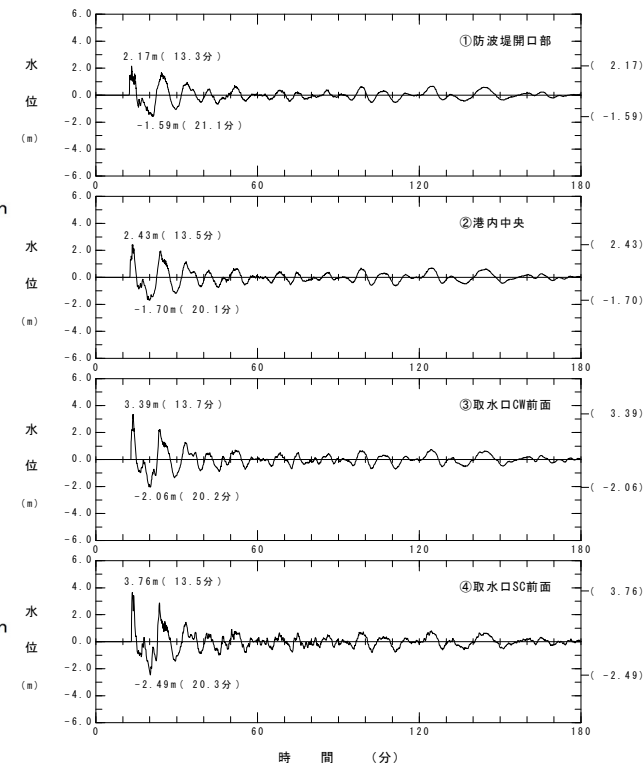
波源モデル



地形モデル(すべり面)



最大水位下降量分布



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 (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)

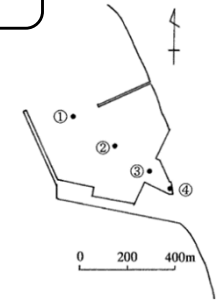
計算結果

- 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。

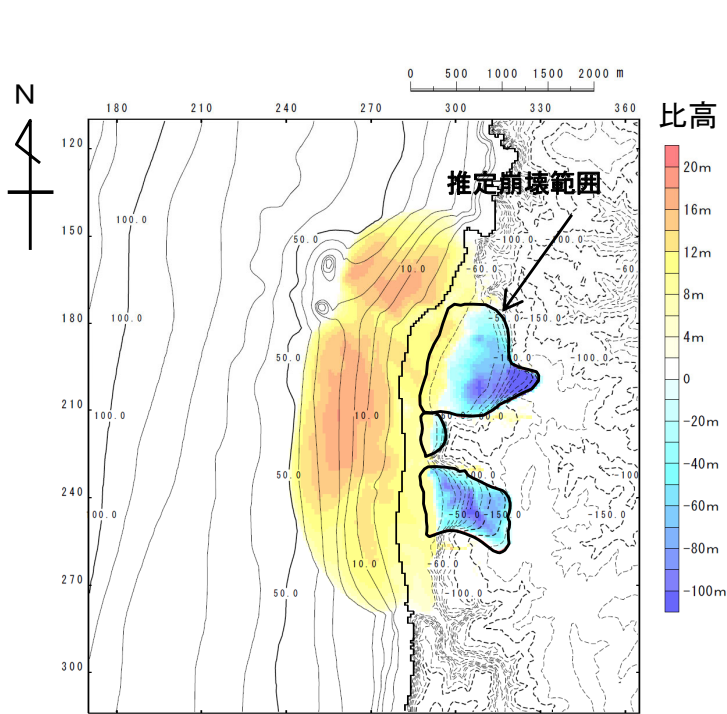
陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果※(上昇側) 【防波堤等なし】

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

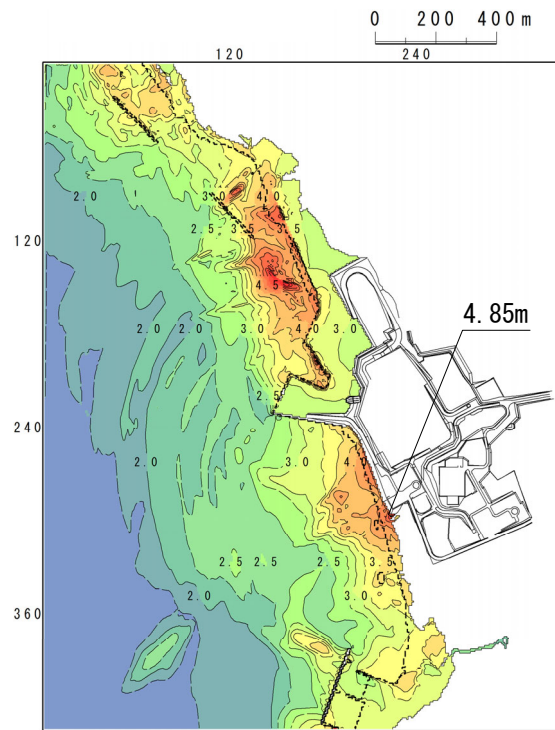
※計算条件は、P. 387, P. 388を参照。



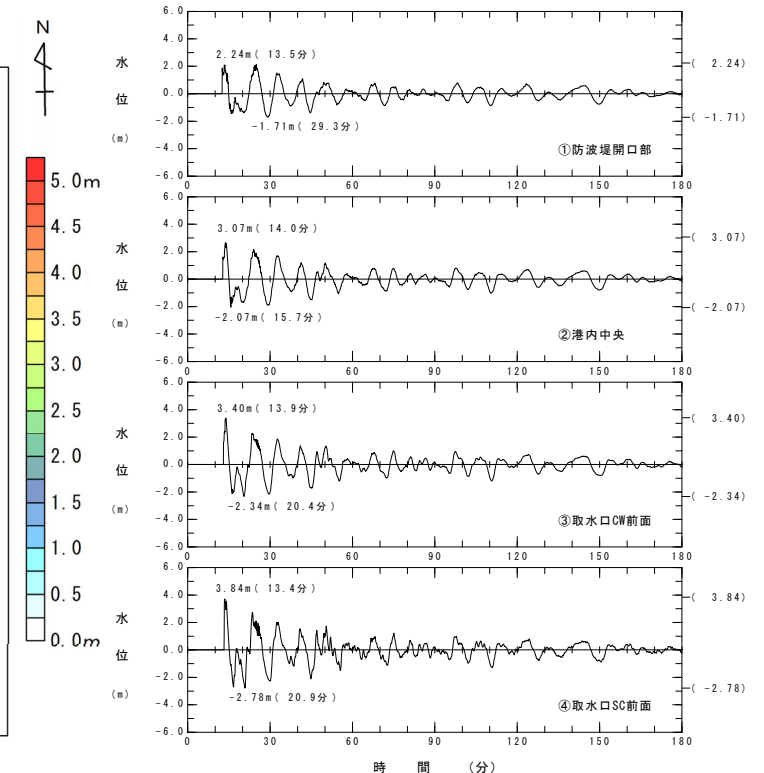
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

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)

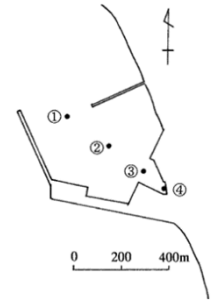
計算結果

- 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。

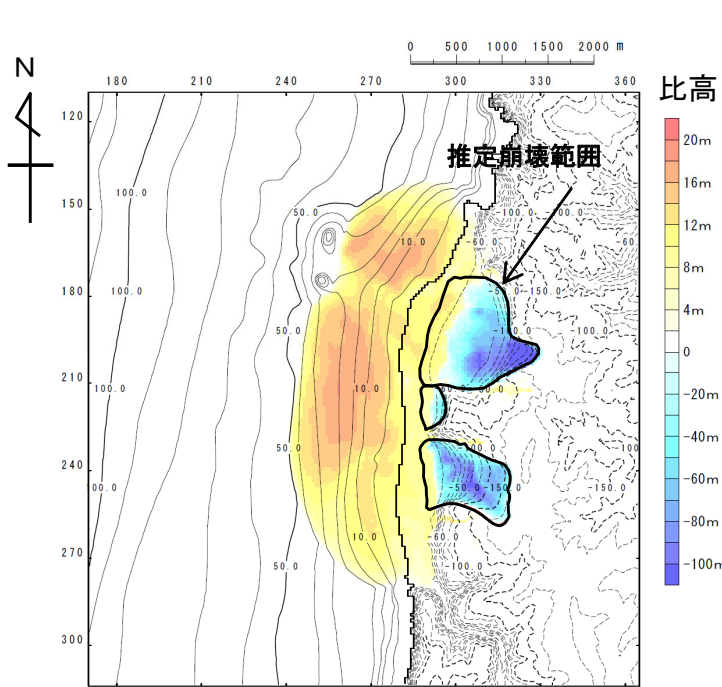
陸上の斜面崩壊に起因する津波検討結果※(下降側) 【防波堤等なし】

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
佐井エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	-2.79m

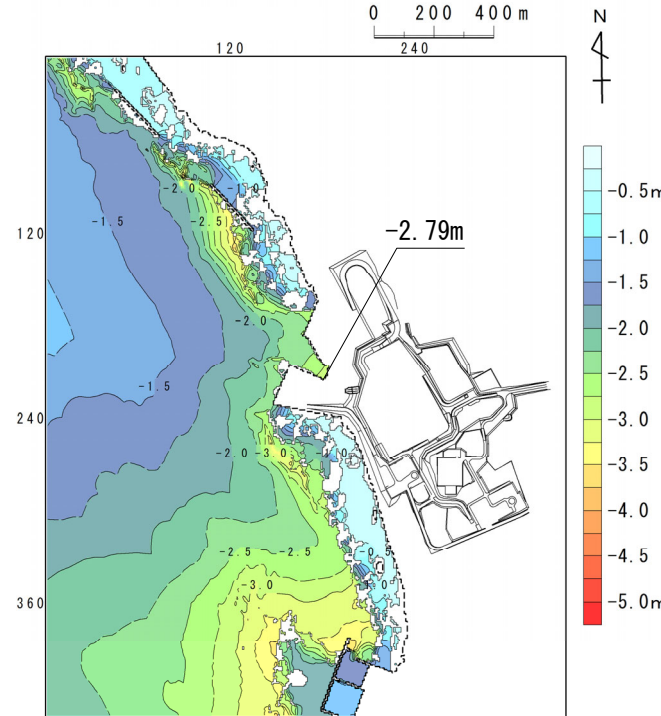
※計算条件は、P. 387, P. 388を参照。



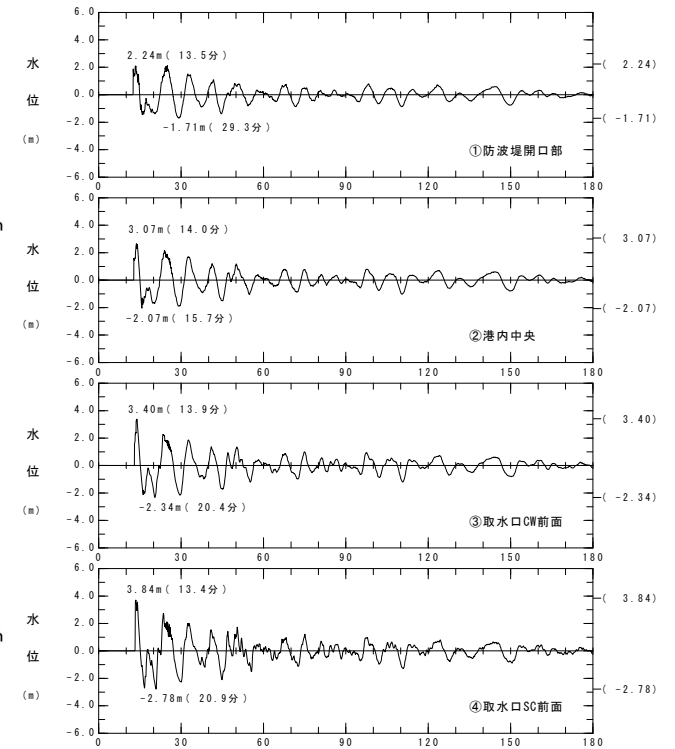
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

検討結果

- 防波堤等がない場合の地震以外の要因による津波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	取水口スクリーン室前面 における 最大水位下降量
佐井エリアの 斜面崩壊に起因する津波	二層流モデル	4.40m (P. 489参照)	-2.50m (P. 490参照)
	kinematic landslideモデル	4.85m (P. 491参照)	-2.79m (P. 492参照)

(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. 組合せ対象候補の抽出
 - 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

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (1 / 1 2)

検討方針

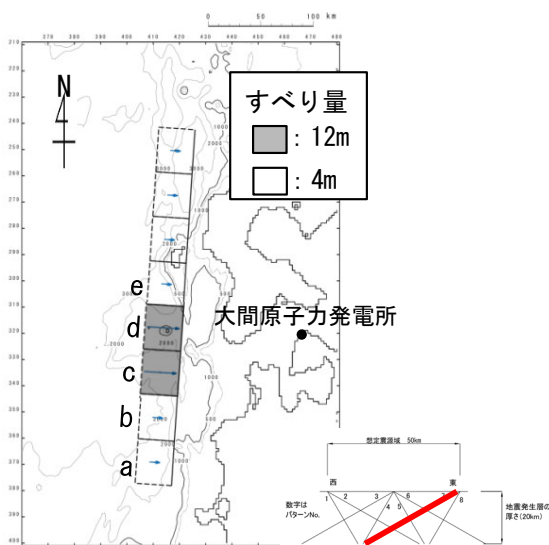
- 「5-2. 津波発生要因の組合せ」と同様に、「5-1. 組合せ対象候補の抽出」で選定された、以下の津波発生要因の組合せについて検討する。
 - <上昇側> 日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊
 - <下降側> 内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊
- 地震による津波と斜面崩壊に起因する津波の組合せの検討は、「5-2. 津波発生要因の組合せ」と同様に、同一波動場における数値シミュレーションにより水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{\max}) を選定し、組合せ結果を確認する。(P. 451, P. 466参照)

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、防波堤等がない場合の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 【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

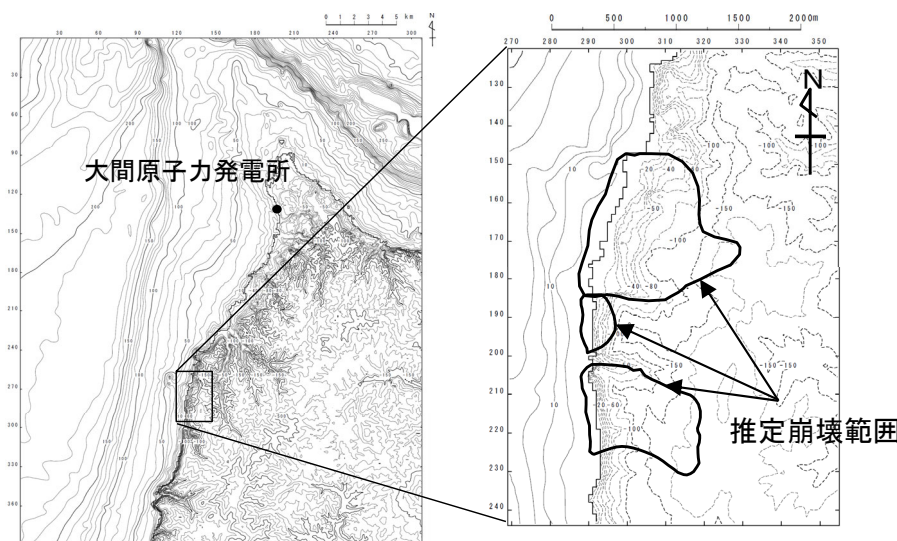


最大水位上昇ケース
【防波堤等なし】

■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

※：地すべり地形は、P. 380~P. 383参照。



佐井エリアの地すべり地形
【防波堤等なし】

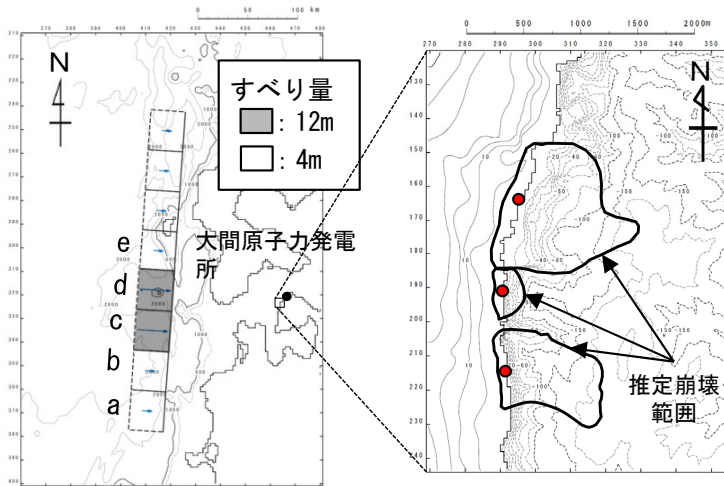
6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (3 / 1 2)

上昇側 (2 / 4) : 組合せ時間差 (T_{max}) の設定

- 防波堤等がない場合の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】

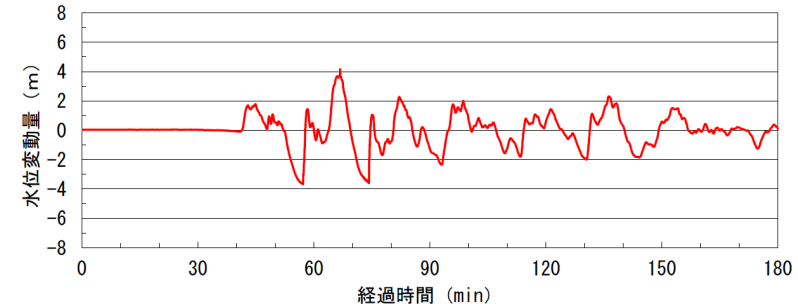
佐井エリアの斜面崩壊
【防波堤等なし】

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

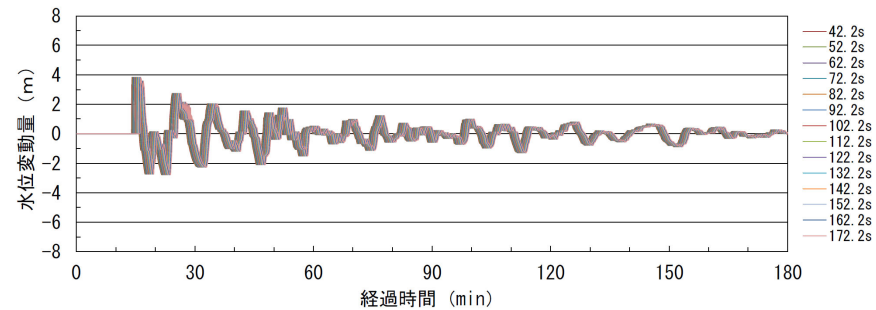
※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定

※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定

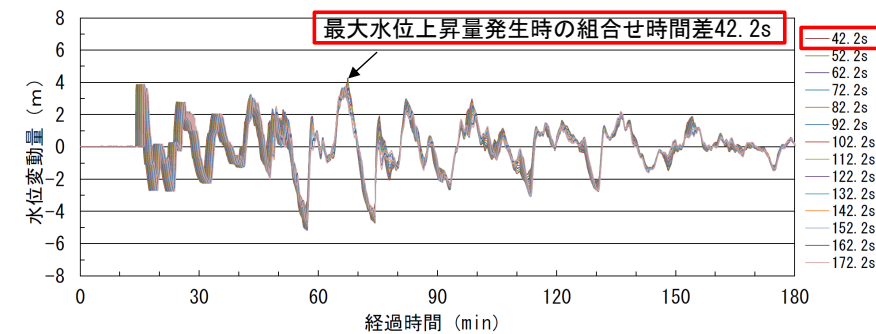
※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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 / 12)

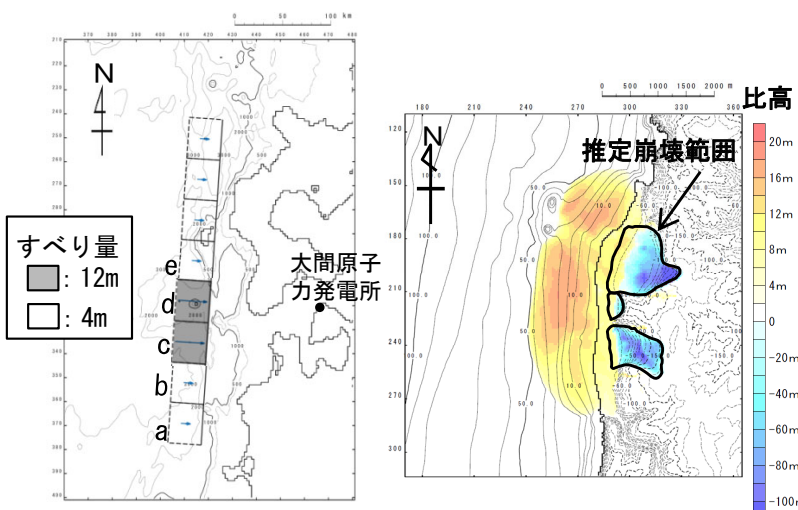
コメントNo.S5-42



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

・ 防波堤等がない場合の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。



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 / 12)



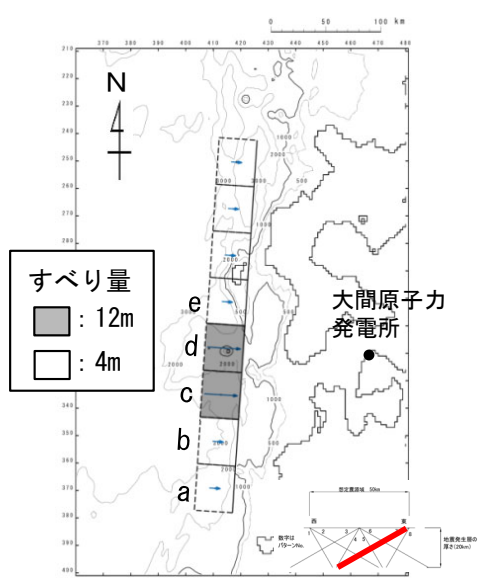
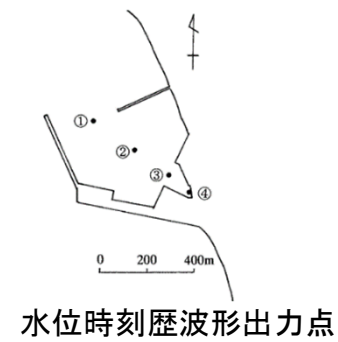
コメントNo.S5-42

上昇側 (4 / 4) : 検討結果

・ 防波堤等がない場合の組合せ時間差の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。

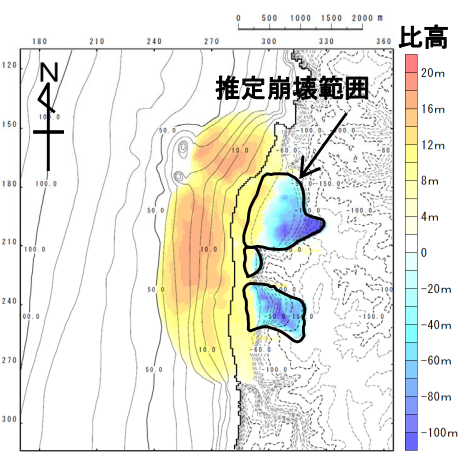
津波発生要因の組合せに関する検討結果 (上昇側) 【防波堤等なし】

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

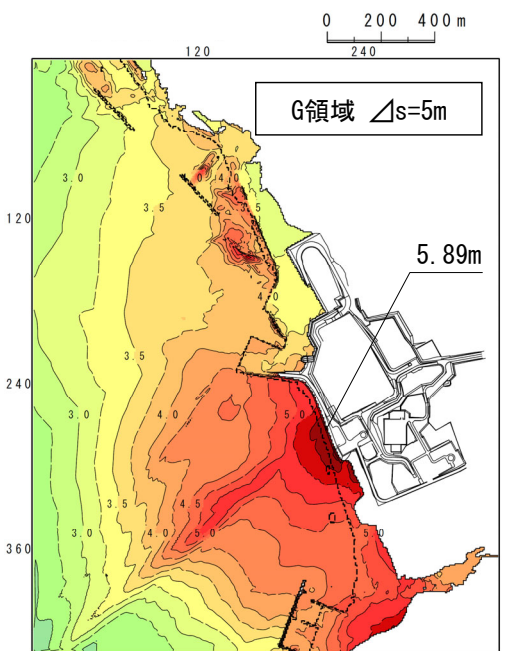


日本海東縁部の地震
【防波堤等なし】

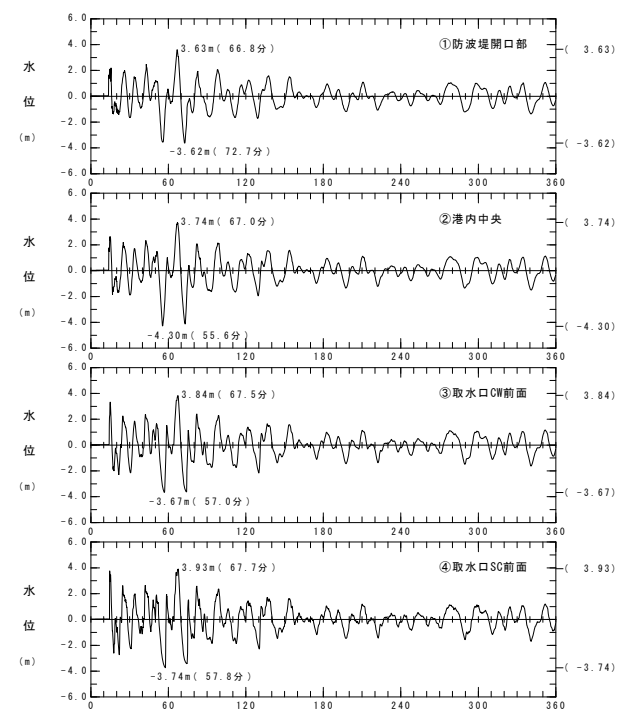
上昇側の波源モデル組合せ



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】



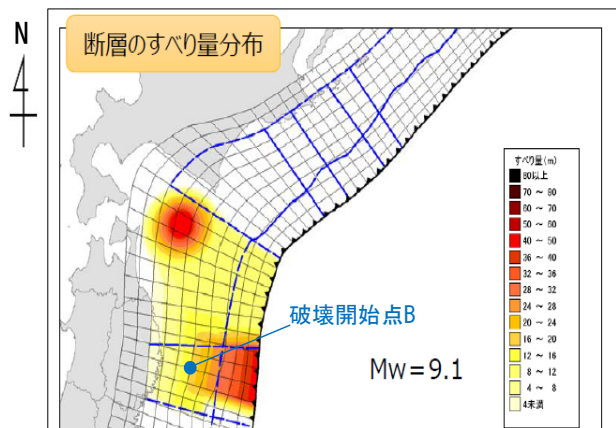
水位時刻歴波形

下降側 (1 / 4) : 検討対象津波

- 防波堤等がない場合の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 【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



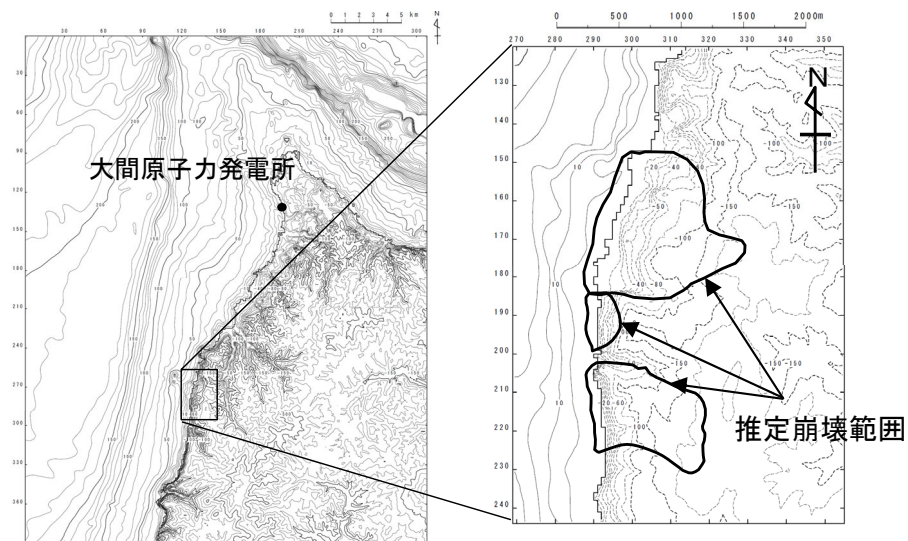
内閣府 (2020) に一部加筆

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※ 最大水位上昇ケース 【防波堤等なし】	kinematic landslideモデル

※：地すべり地形は、P. 380~P. 383参照。



佐井エリアの地すべり地形
【防波堤等なし】

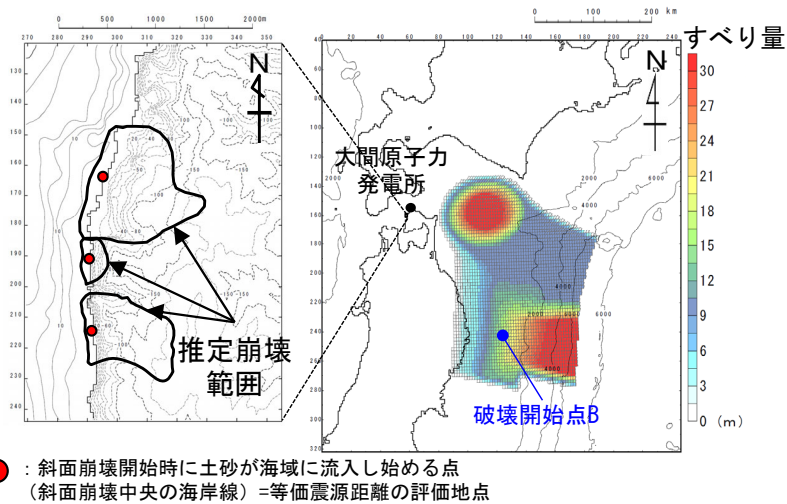
6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (7 / 12)

下降側 (2 / 4) : 組合せ時間差 (T_{max}) の設定

- 防波堤等がない場合の内閣府 (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

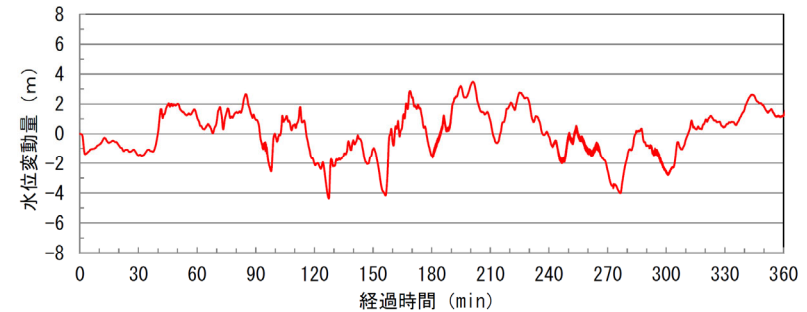


佐井エリアの斜面崩壊
【防波堤等なし】

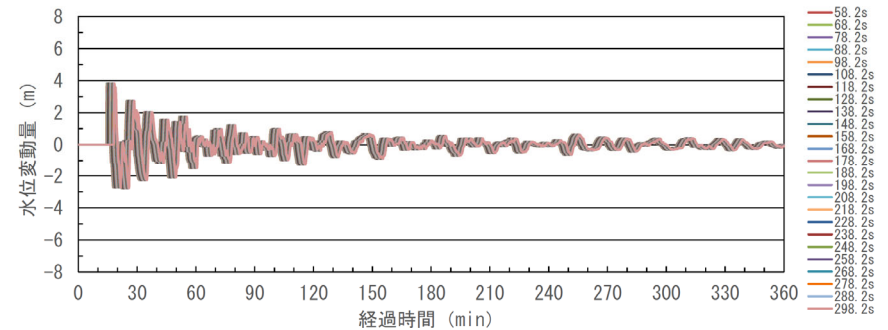
内閣府 (2020) モデルによる地震
【防波堤等なし】

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

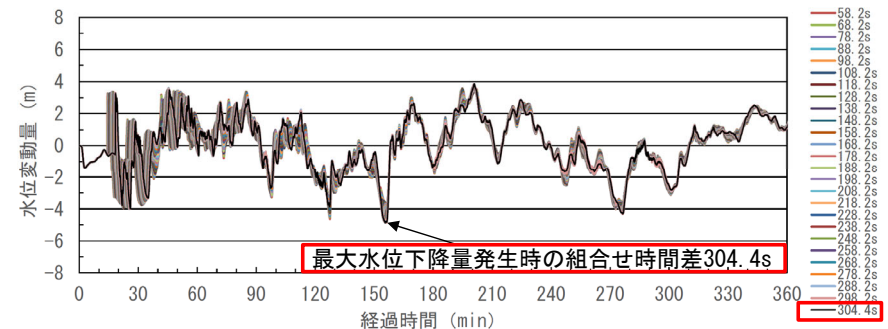
※1 : 各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離とS波速度から算定
 ※2 : Noda et al. (2002) による振幅包絡線の経時特性から算定
 ※3 : 地震調査研究推進本部 (2009) より



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 / 12)

コメントNo.S5-42

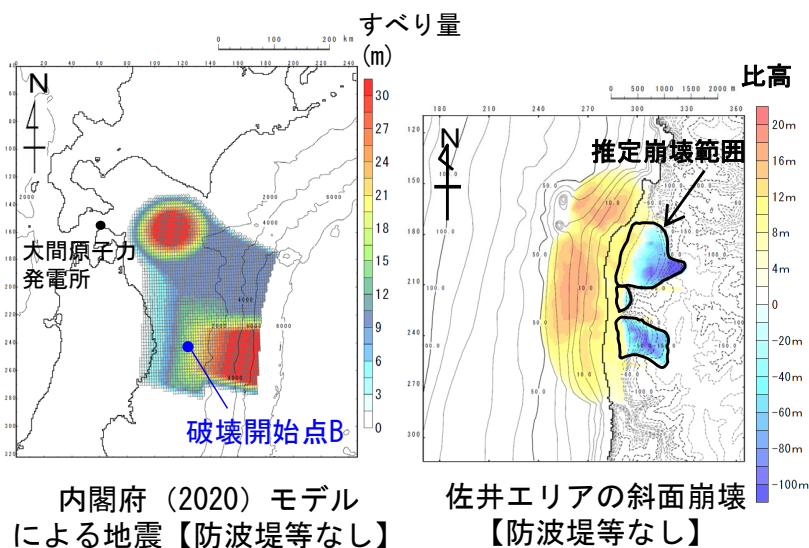
503



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

- 防波堤等がない場合の内閣府 (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。



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

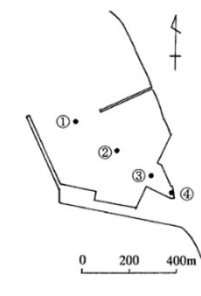
6-3. 津波発生要因の組合せ (9 / 12)

下降側 (4 / 4) : 検討結果

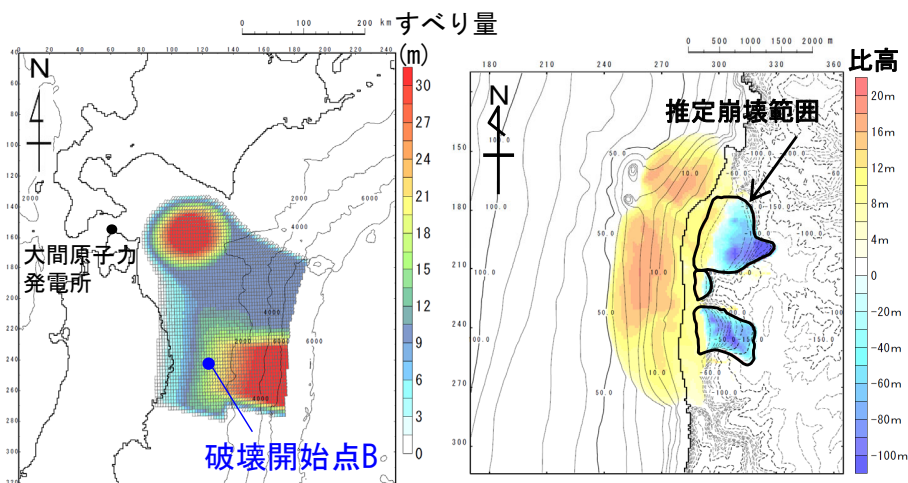
- 防波堤等がない場合の組合せ時間差のStep①~Step④の最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果 (下降側) 【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



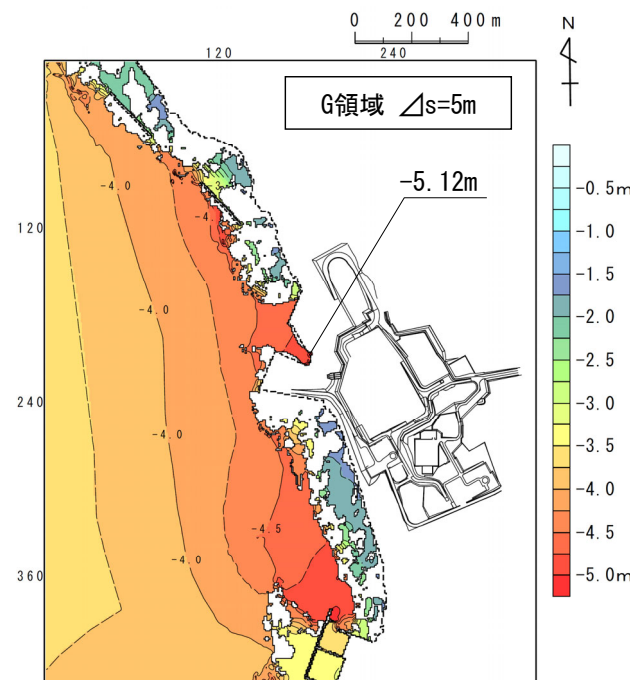
水位時刻歴波形出力点



内閣府 (2020) モデルによる地震
【防波堤等なし】

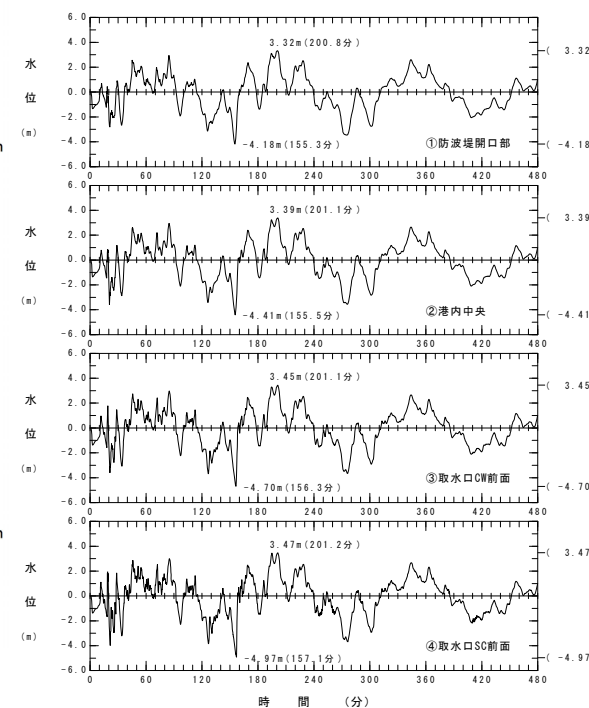
下降側の波源モデル組合せ

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

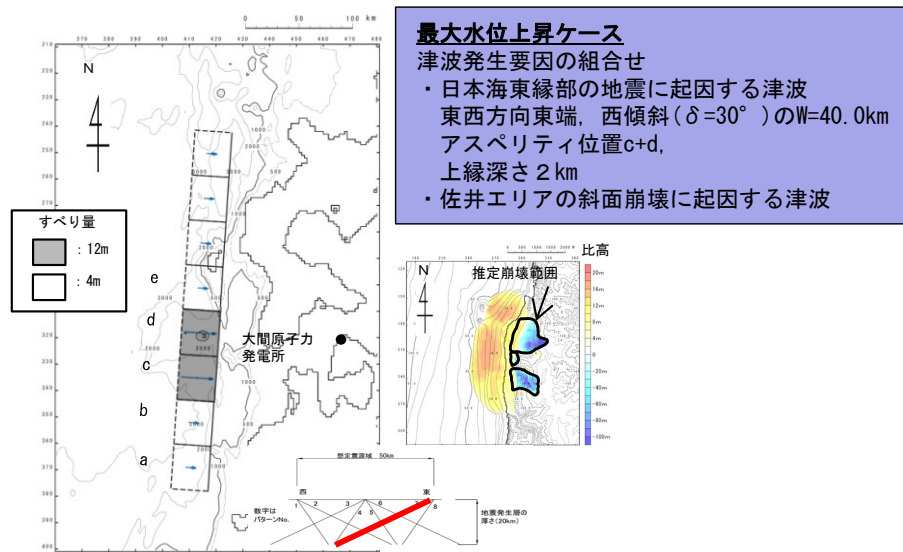
6-3. 津波発生要因の組合せ (10 / 12)

検討結果

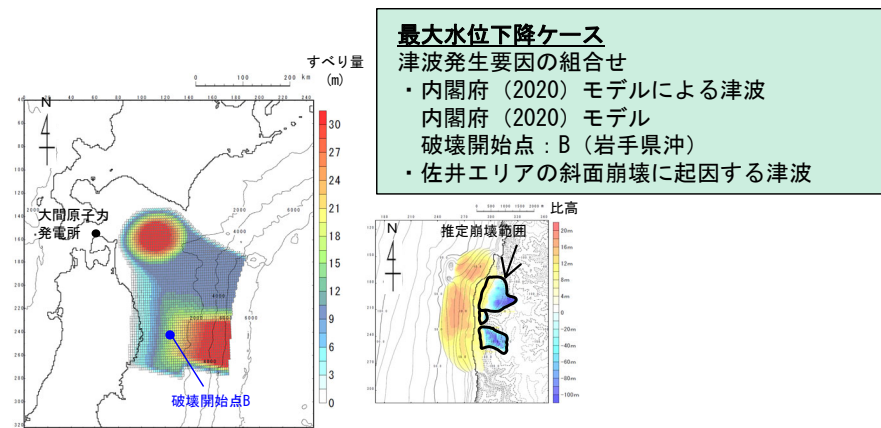
- 防波堤等がない場合の津波発生要因の組合せに関する検討結果は、以下のとおりである。

津波発生要因の組合せに関する検討結果【防波堤等なし】

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	5.89m (P. 500参照)	—
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. 504参照)



上昇側の波源モデル組合せ
【防波堤等なし】



下降側の波源モデル組合せ
【防波堤等なし】

(余白)

組合せ結果の確認 (1 / 2)

水位の比較

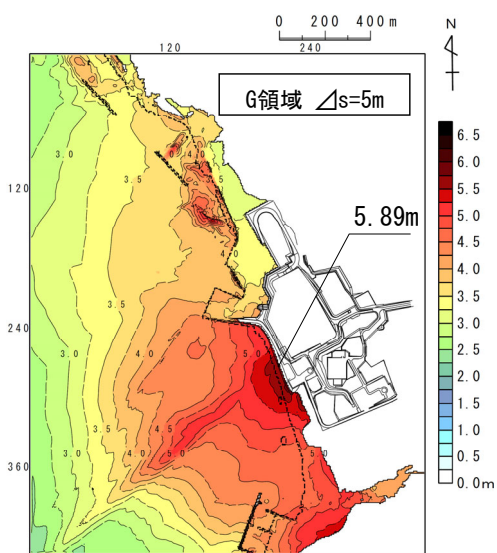
・ 防波堤等がない場合の津波発生要因の組合せに関する検討結果は以下のとおりであり、津波発生要因の組合せに関する検討結果と組合せ前の単独ケースを比較し、最大水位上昇量、最大水位下降量ともに、津波発生要因の組合せの方が水位変動量が大きくなることを確認した。

津波発生要因の組合せに関する検討結果【防波堤等なし】

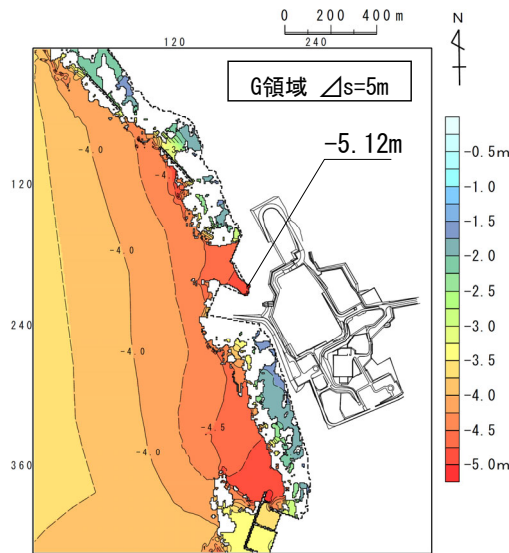
津波発生要因の組合せ前の単独ケースの検討結果【防波堤等なし】

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	5.89m (P. 500参照)	—
	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. 504参照)

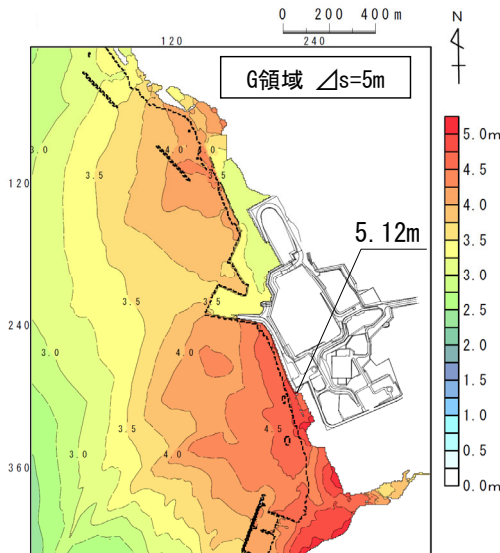
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水ロススクリーン室前面における最大水位下降量
地震による津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.12m (P. 483参照)	—
	内閣府 (2020) モデルによる津波	—	-4.38m (P. 485参照)



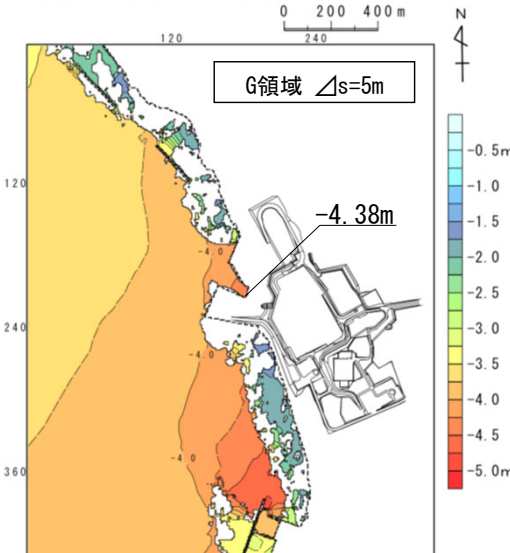
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位上昇量分布【防波堤等なし】



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】

6. 防波堤等の影響検討

6-3. 津波発生要因の組合せ (12 / 12)

コメントNo.S5-42

508



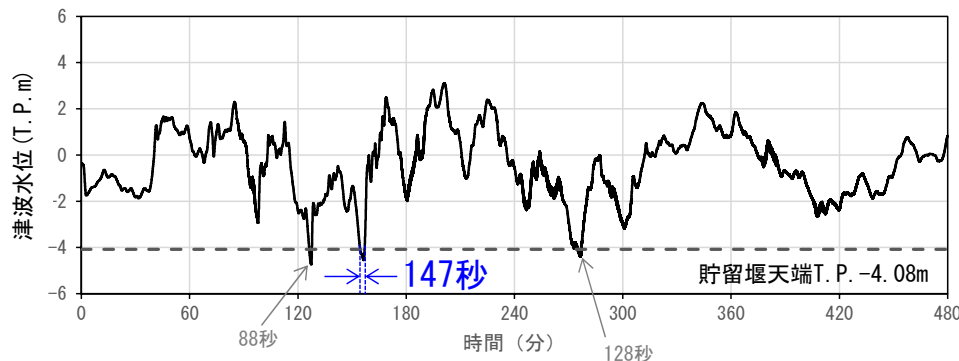
組合せ結果の確認 (2 / 2)

貯留堰天端高さを下回る継続時間の比較

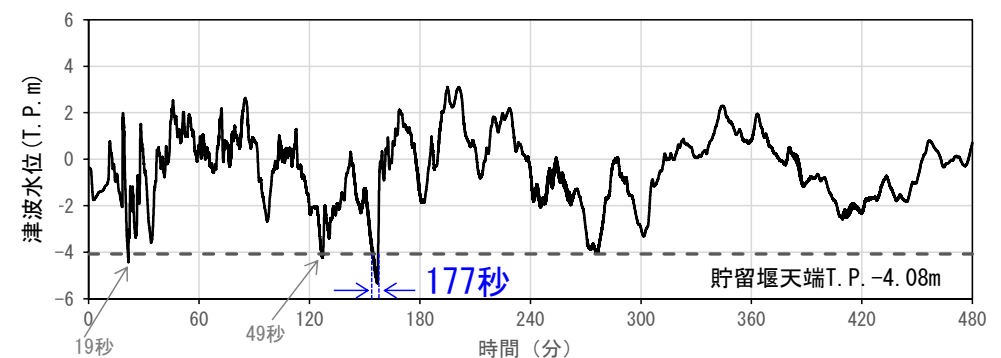
- 防波堤等がない場合の下降側の津波のうち、朔望平均干潮位 (T.P. -0.37m) を考慮した場合、最低水位が貯留堰の天端高さ (T.P. -4.08m) を下回るものは以下の2ケースである。
- これらを対象に、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間について比較した。
- その結果、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間が長くなる津波は、「内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波」であることを確認した。
- なお、防波堤等がある場合を含めた津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間が最も長くなる津波は、防波堤等がある「内閣府 (2020) モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波」であり、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。(P. 473, P. 474参照)

津波評価の一覧【防波堤等なし】

区分	津波	取水ロススクリーン室前 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	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	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
(内閣府 (2020) モデルによる津波【防波堤等なし】)



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【防波堤等なし】)

補足説明資料

目 次

(補足1)	検討対象地すべりの地形の選定に係る概略影響検討	511
(補足2)	組合せ対象の津波の挙動の分析	519
(補足3)	知内工よる津波の陸上斜面の崩壊に起因する津波の影響検討	529
(補足4)	地震による津波の陸上斜面の崩壊に起因する津波の組合せの分析	543
(補足5)	線形足し合せ水位置評価地の選定の妥当性確認	559

目 次

- (補足 1) 検討対象地すべり地形の選定に係る概略影響検討
- (補足 2) 組合せ対象候補の津波挙動の分析
- (補足 3) 知内エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討
- (補足 4) 地震による津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波の組合せの分析
- (補足 5) 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認

検討対象地すべり地形の選定に係る概略影響検討

〔本編資料「5-1」に関する補足説明〕

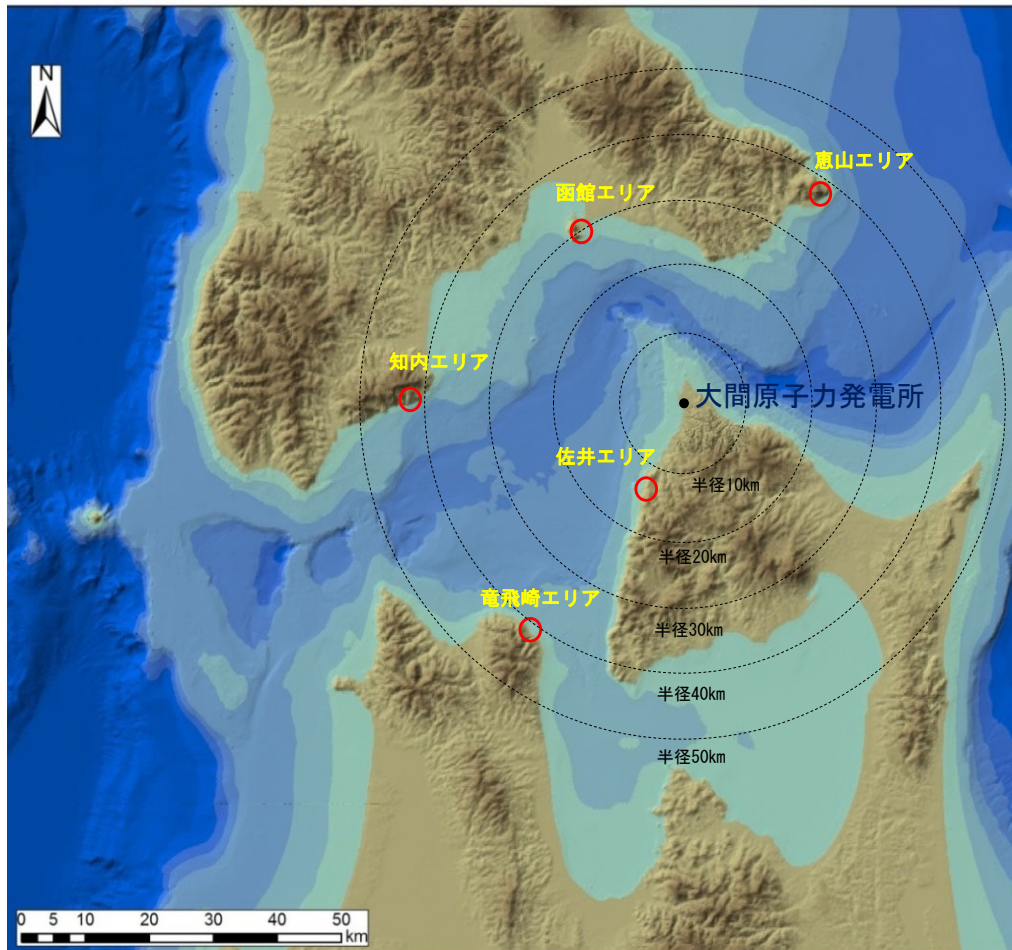
〔目的〕 各エリアの検討対象地すべり地形について、概略的に発電所への津波影響を比較する。

〔内容〕 検討対象地すべり地形の選定に係る概略影響検討として、仮想的な崩壊後の堆積域・堆積厚さを仮定し、海面にその堆積厚さ分布を与えることによる津波のシミュレーションを実施する。

検討対象地すべり地形の選定 概略影響比較 (1/6)

検討方針

- 本編資料P.379では、概算体積及び敷地までの距離を参照し、検討対象地すべりを選定したが、これらの斜面崩壊に起因する津波を想定比較できる簡易予測式は無いため、ここでは二層流モデルによる検討結果を用いて、検討対象地すべり地形の選定に係る概略影響検討を実施する。
- 概略影響検討は、各エリアの検討対象地すべり地形について、概略的に発電所への津波影響を比較することを目的として、仮想的な崩壊後の堆積域・堆積厚さを仮定し、海面にその堆積厚さ分布を与えることによる津波伝播解析を実施する。



各エリア検討対象地すべり地形位置

概略影響検討における各エリアの規模及び距離

エリア	概算体積 ($\times 10^6 m^3$)	敷地までの距離 (km)
恵山	84.1	約40
函館	17.4	約30
知内	42.6	約40
佐井	166.9	約15
竜飛崎	13.7	約40

(補足1) 検討対象地すべり地形の選定に係る概略影響検討 (2/6)

第1204回審査会合
資料1 P.523一部修正

検討対象地すべり地形の選定 概略影響比較 (2/6)

検討パラメータの設定

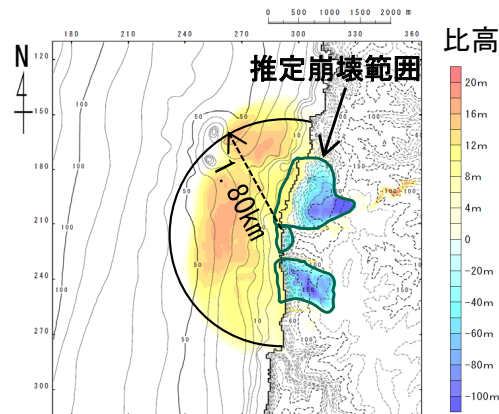
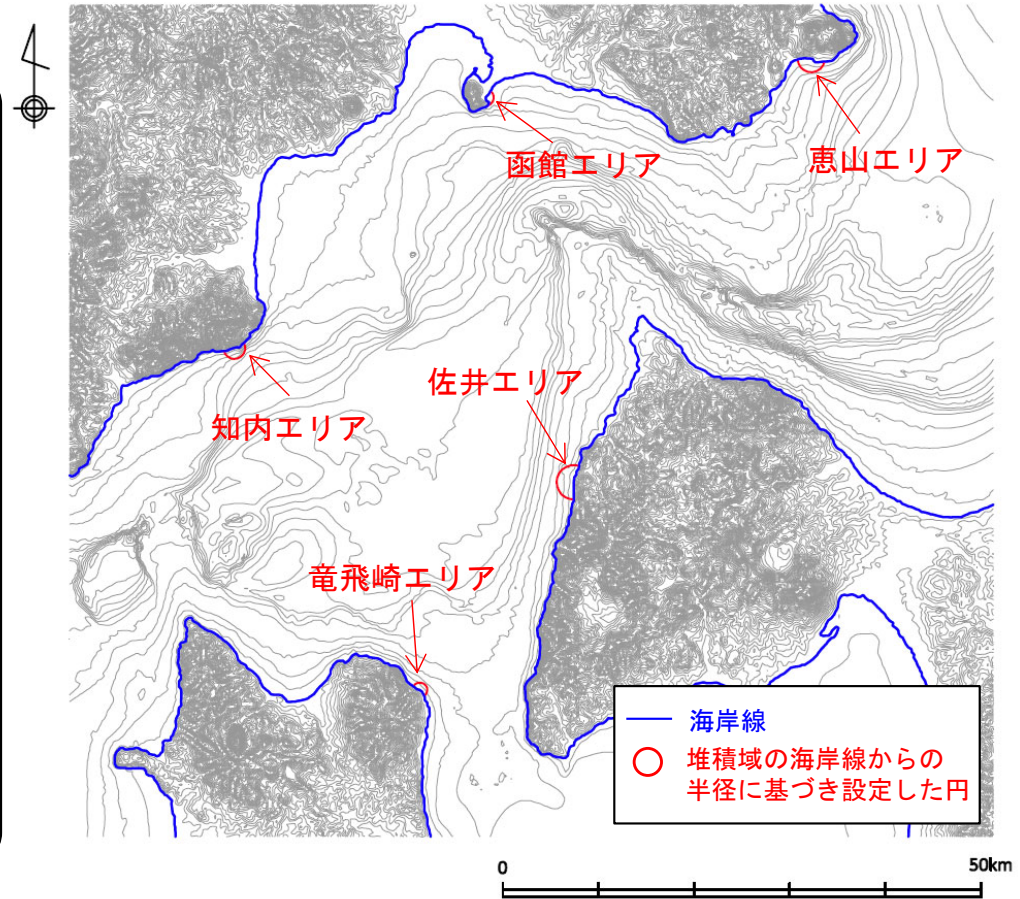
・概略影響評価上の堆積範囲・堆積厚さ及び比高変化継続時間は以下のとおり設定した。

- ①堆積範囲は、各崩壊体積に応じた半円を仮定し、それぞれの堆積範囲の半径rは佐井エリアを対象に実施した二層流モデル解析結果(下図参照)の堆積範囲を基に設定する。
- ②堆積厚さは、概算崩壊体積が全て海域に流入するものとして、半径rの半円の範囲に、堆積厚さ一定で堆積すると仮定する。
- ③比高変化継続時間は、各崩壊体積に比例すると仮定し、佐井エリアを対象に実施した二層流モデルの解析結果(下図参照)の比高変化継続時間を基に、以下のとおり設定する。

$$r = r_s \times \sqrt[3]{\frac{V}{V_s}}$$

$$T = T_s \times \frac{V}{V_s}$$

r: 検討対象地すべり地形の堆積範囲の海岸線からの半径(km)
 r_s: 佐井エリアの堆積範囲の海岸線からの半径(二層流モデルから得られた1.8km)
 T: 検討対象地すべり地形の比高変化継続時間(s)
 T_s: 佐井エリアの比高変化継続時間(二層流モデルから得られた300s)
 V: 対象斜面崩壊の概算体積(m³)
 V_s: 佐井エリアの概算体積(1.67×10⁸ m³)



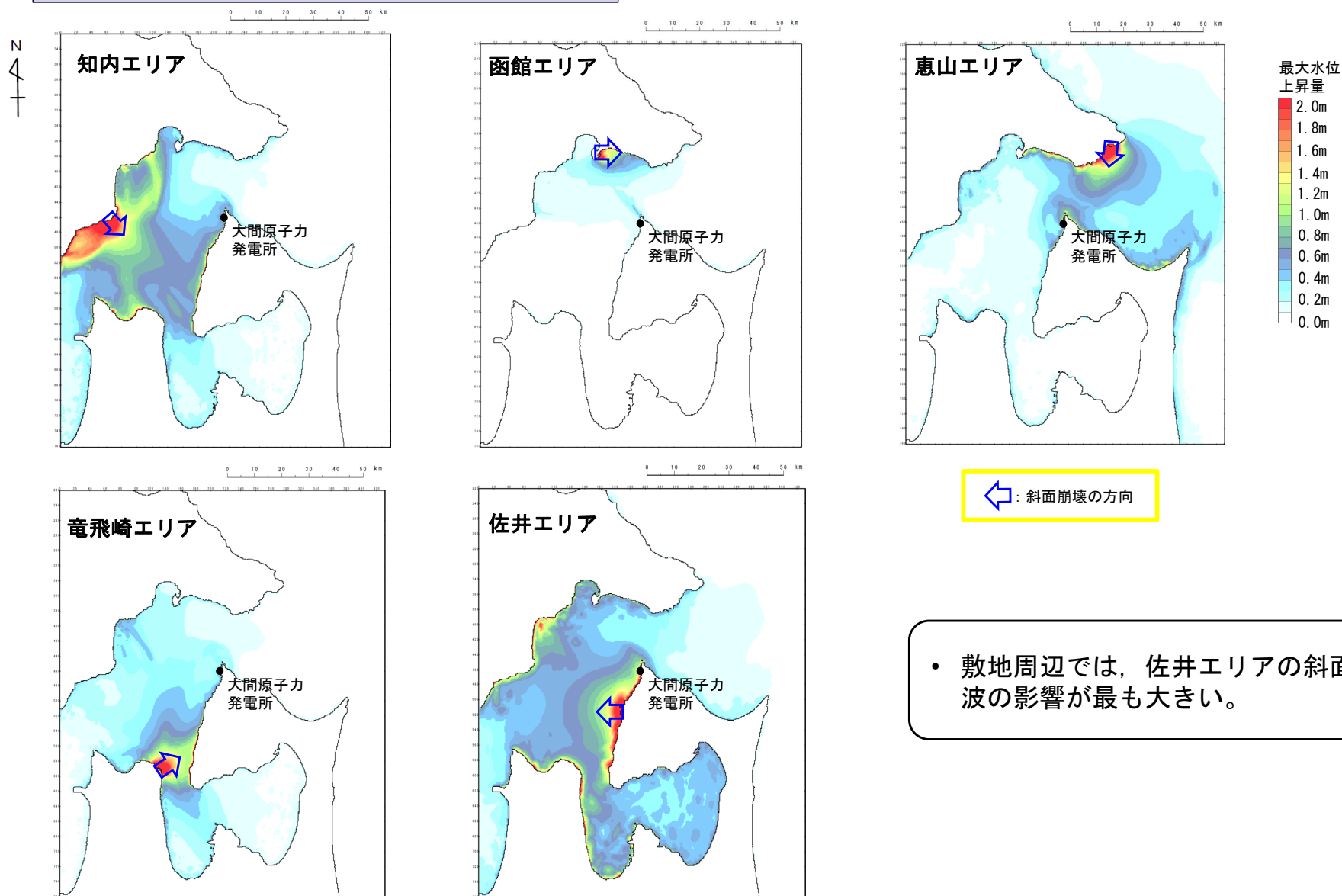
佐井エリアの二層流モデル解析で得られた比高分布

検討パラメータ

エリア	概算体積V (×10 ⁶ m ³)	堆積範囲の半径r (km)	堆積厚さH (m)	比高変化継続時間T (s)
恵山	84.1	1.43	26	151
函館	17.4	0.85	15	31
知内	42.6	1.14	21	77
佐井	166.9	1.80	33	300
竜飛崎	13.7	0.78	14	25

検討対象地すべり地形の選定 概略影響比較 (3/6)

検討結果 (津軽海峡内の最大水位上昇量分布)

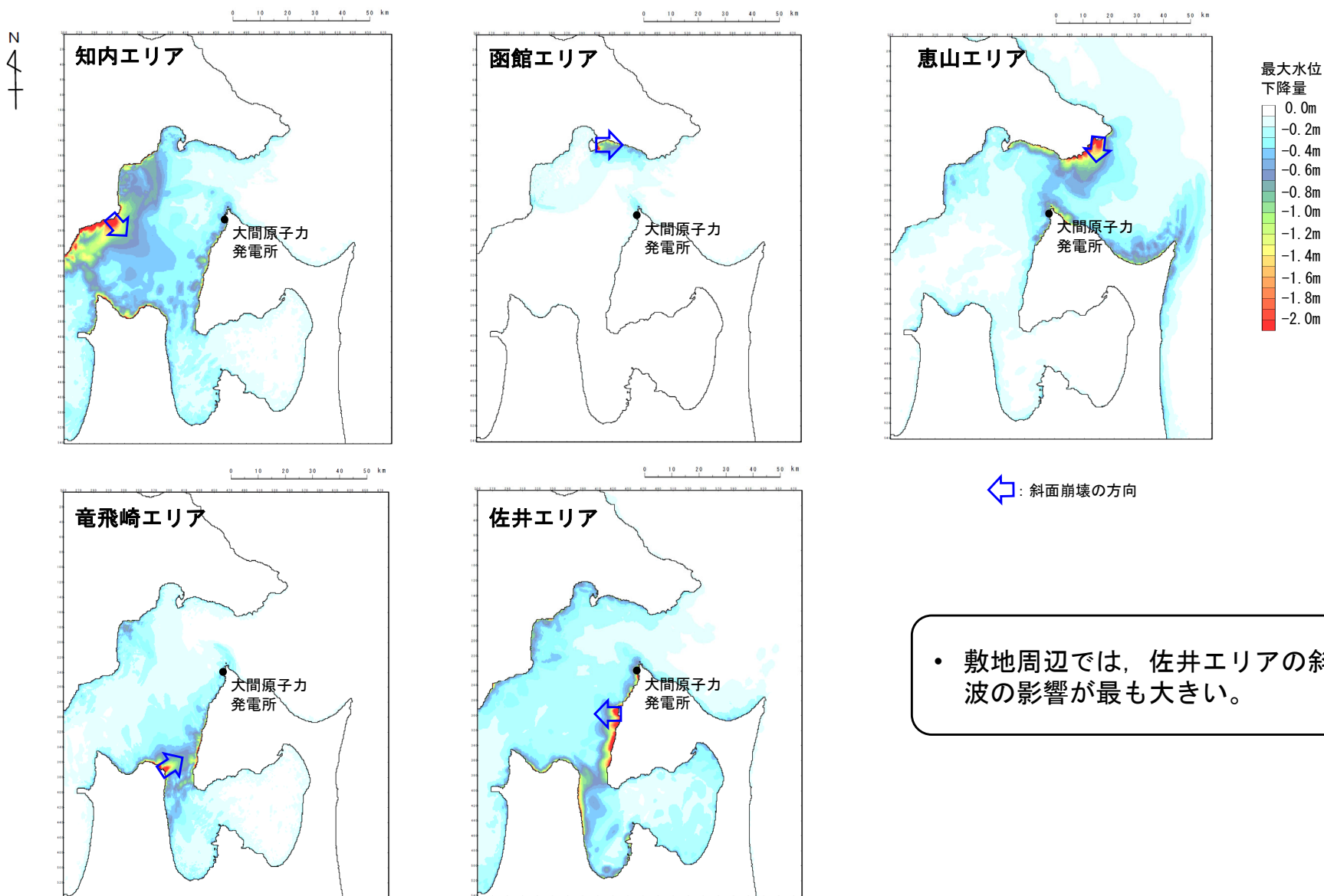


• 敷地周辺では、佐井エリアの斜面崩壊による津波の影響が最も大きい。

津軽海峡内の最大水位上昇量分布

検討対象地すべり地形の選定 概略影響比較 (4 / 6)

検討結果 (津軽海峡内の最大水位下降量分布)



• 敷地周辺では、佐井エリアの斜面崩壊による津波の影響が最も大きい。

津軽海峡内の最大水位下降量分布

検討対象地すべり地形の選定 概略影響比較 (5/6)

コメントNo.S5-62

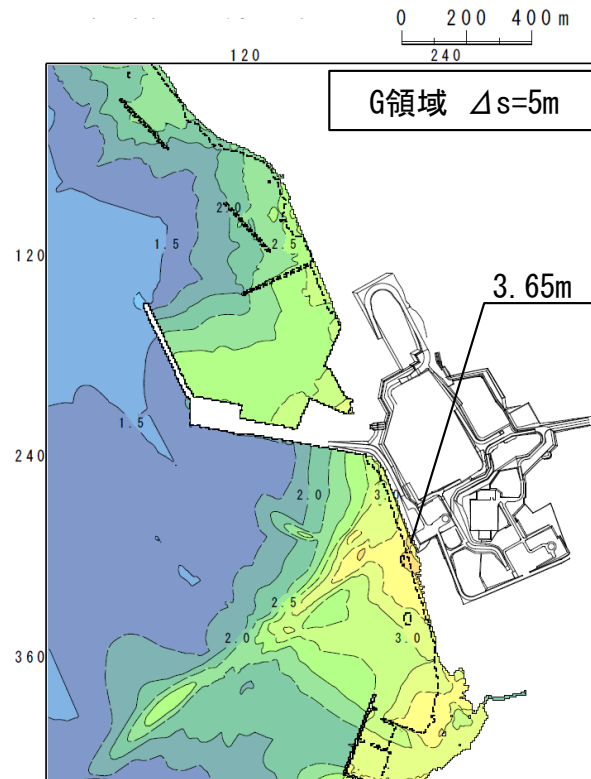
第1204回審査会合
資料1 P.525再掲

検討結果 (敷地における最大水位上昇量/最大水位下降量)

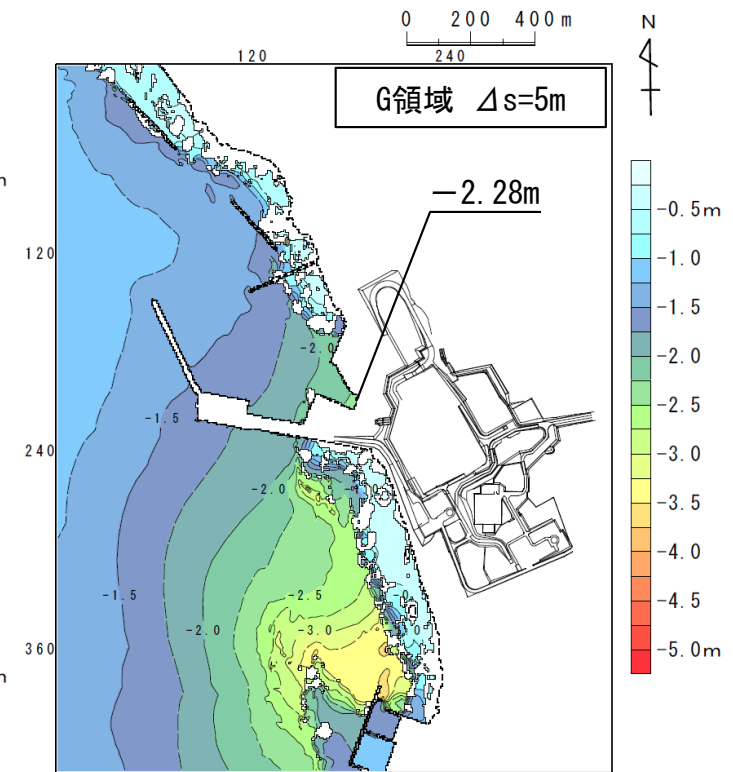
- 概略影響検討の結果, 敷地における津波の影響は, 佐井エリアの斜面崩壊による津波が最も大きい。

計算結果一覧

エリア	最大水位 上昇量	最大水位 下降量
恵山	1.33m	-2.16m
函館	0.35m	-0.39m
知内	1.59m	-2.06m
佐井	3.65m	-2.28m
竜飛崎	0.92m	-1.42m



最大水位上昇量分布 (佐井エリア)

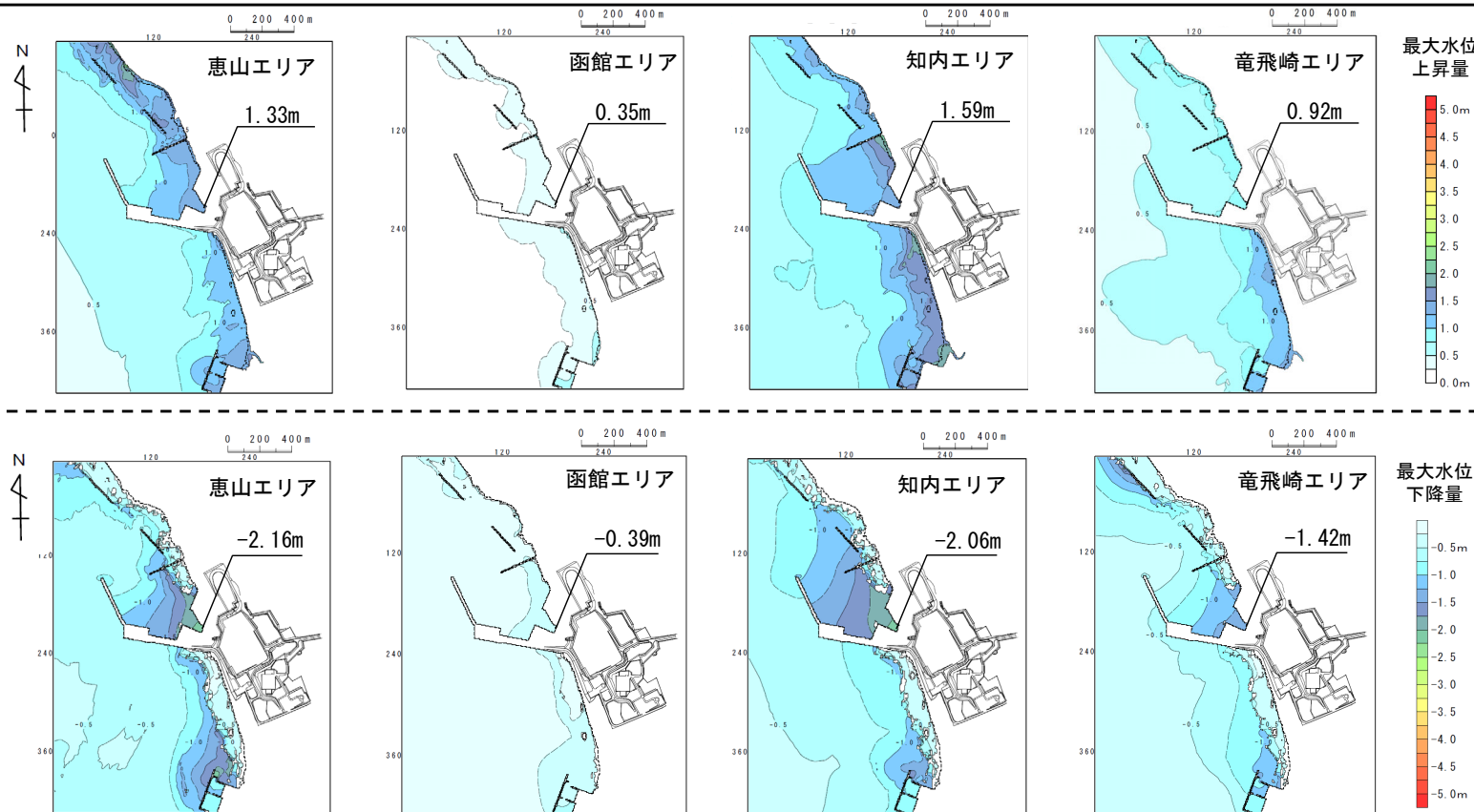


最大水位下降量分布 (佐井エリア)

検討対象地すべり地形の選定 概略影響比較 (6/6)

検討結果 (敷地における最大水位上昇量/最大水位下降量)

- 佐井エリア以外の概略影響検討による最大水位上昇量分布, 最大水位下降量分布を示す。
- 最大水位上昇量は, 恵山エリア, 知内エリア, 竜飛崎エリアが, 専用港を挟んで北側から南側まで比較的に大きく, 函館エリアは小さい。
- 最大水位下降量は, 恵山エリア, 知内エリア, 竜飛崎エリアが, 専用港を挟んで北側から南側まで比較的に大きく, 函館エリアは小さい。
- なお, 恵山エリア, 函館エリア, 知内エリア, 竜飛崎エリアは, 最大水位上昇量, 最大水位下降量共に, 佐井エリアの上昇量, 下降量を下回る。



陸上の斜面崩壊 (概略検討) の最大水位上昇量/最大水位下降量分布

目 次

- (補足 1) 検討対象地すべり地形の選定に係る概略影響検討
- (補足 2) **組合せ対象候補の津波挙動の分析**
- (補足 3) 知内エリアの陸上斜面崩壊に起因する津波の影響検討
- (補足 4) 地震による津波と陸上斜面崩壊に起因する津波の組合せの分析
- (補足 5) 線形足し合せ水位評価地帯の妥当性確認

組合せ対象候補の津波挙動の分析

〔本編資料「5-1」に関する補足説明〕

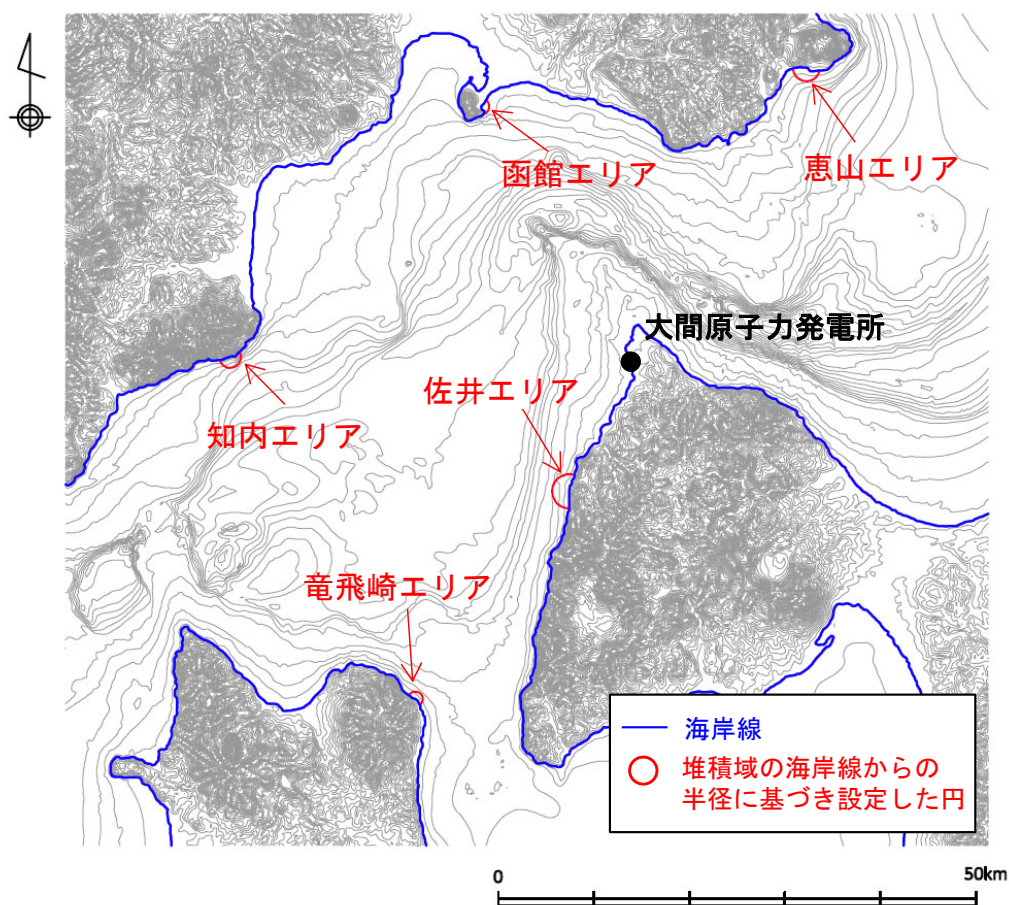
〔目的〕 陸上の斜面崩壊エリア(5エリア)を対象に、地震による津波との組合せを想定した場合の各エリアの敷地に到達する津波の影響を確認する。

〔内容〕 陸上の斜面崩壊エリア(5エリア)の概略影響検討による津波シミュレーションの結果に基づき、敷地近傍のスナップショットから、上昇側及び下降側の最大水位を含む組合せ可能な時間範囲における津波挙動を分析する。

(補足2) 組合せ対象候補の津波挙動の分析 (1/7)

検討方針

陸上の斜面崩壊エリア（5エリア）を対象に，概略影響検討による津波シミュレーションの結果に基づき，津波発生要因の組合せ対象として地震による津波との組合せを想定した場合の各エリアの敷地に到達する津波の影響を確認した。



概略影響検討における
各エリアの規模及び距離

エリア	斜面崩壊の規模 【概算】 ($\times 10^6 \text{m}^3$)	敷地までの距離 (km)
恵山	84.1	約40
函館	17.4	約30
知内	42.6	約40
佐井	166.9	約15
竜飛崎	13.7	約40

斜面崩壊エリアと敷地との位置関係

(補足2) 組合せ対象候補の津波挙動の分析 (2/7)

水位時刻歴波形

・地震による津波の水位時刻歴波形と、5エリアの陸上の斜面崩壊による津波の、概略影響検討による水位時刻歴波形を示す。また、次頁以降に各波形のスナップショットを示す。

・スナップショットは、以下の表に整理した、地震動到達に要する時間 (T_s) を考慮している。

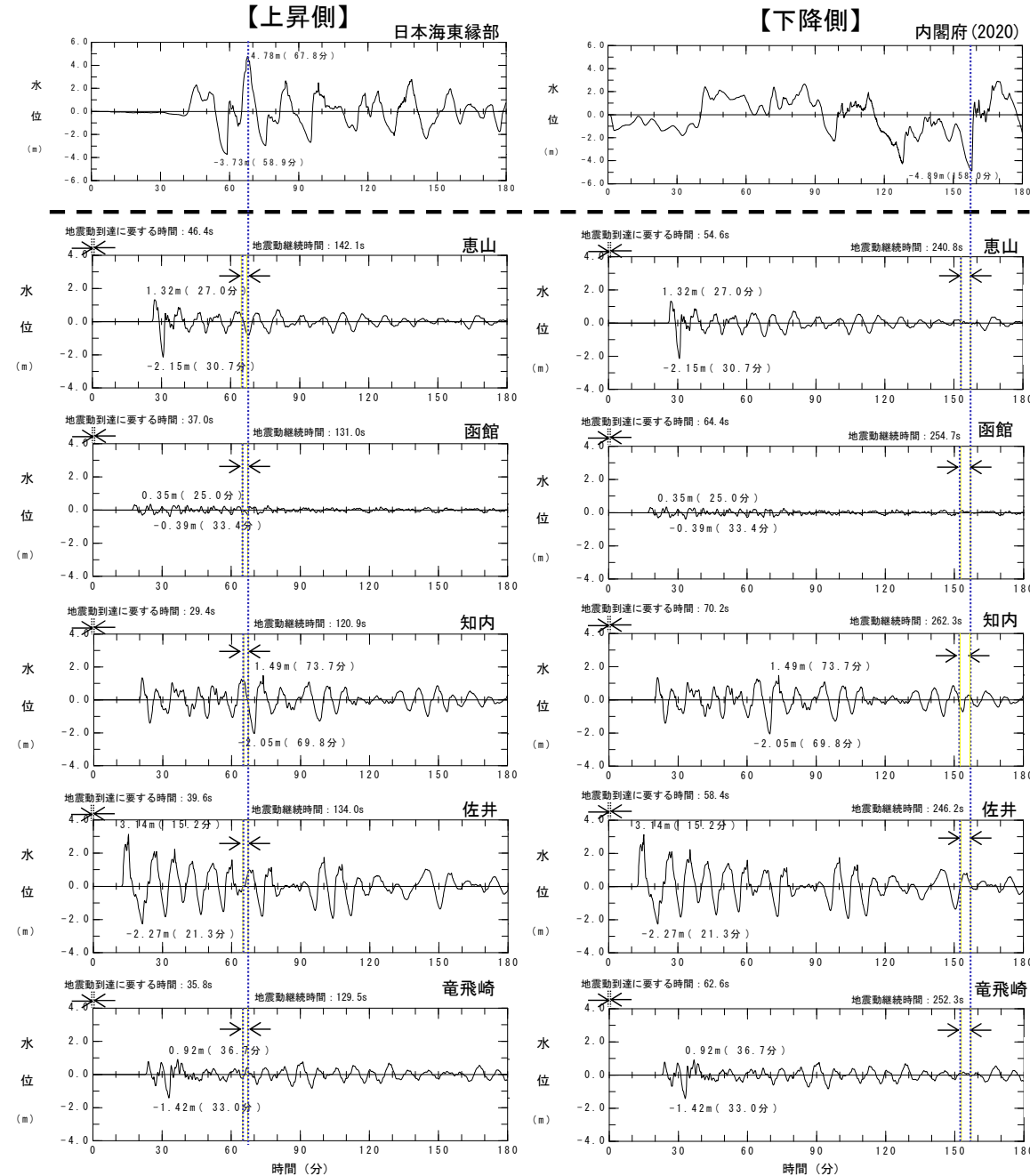
組合せ時間差 一覧

ケース		条件			
区分	地すべりエリア	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	T_s ※1	T_d ※2
最大水位上昇ケース	恵山	157.8km	3.4km/s※3	46.4s	142.1s
	函館	125.9km		37.0s	131.0s
	知内	99.9km		29.4s	120.9s
	佐井	134.2km		39.6s	134.0s
	竜飛崎	121.8km		35.8s	129.5s
最大水位下降ケース	恵山	185.4km	3.4km/s※3	54.6s	240.8s
	函館	219.0km		64.4s	254.7s
	知内	238.5km		70.2s	262.3s
	佐井	198.2km		58.4s	246.2s
	竜飛崎	213.0km		62.6s	252.3s

※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

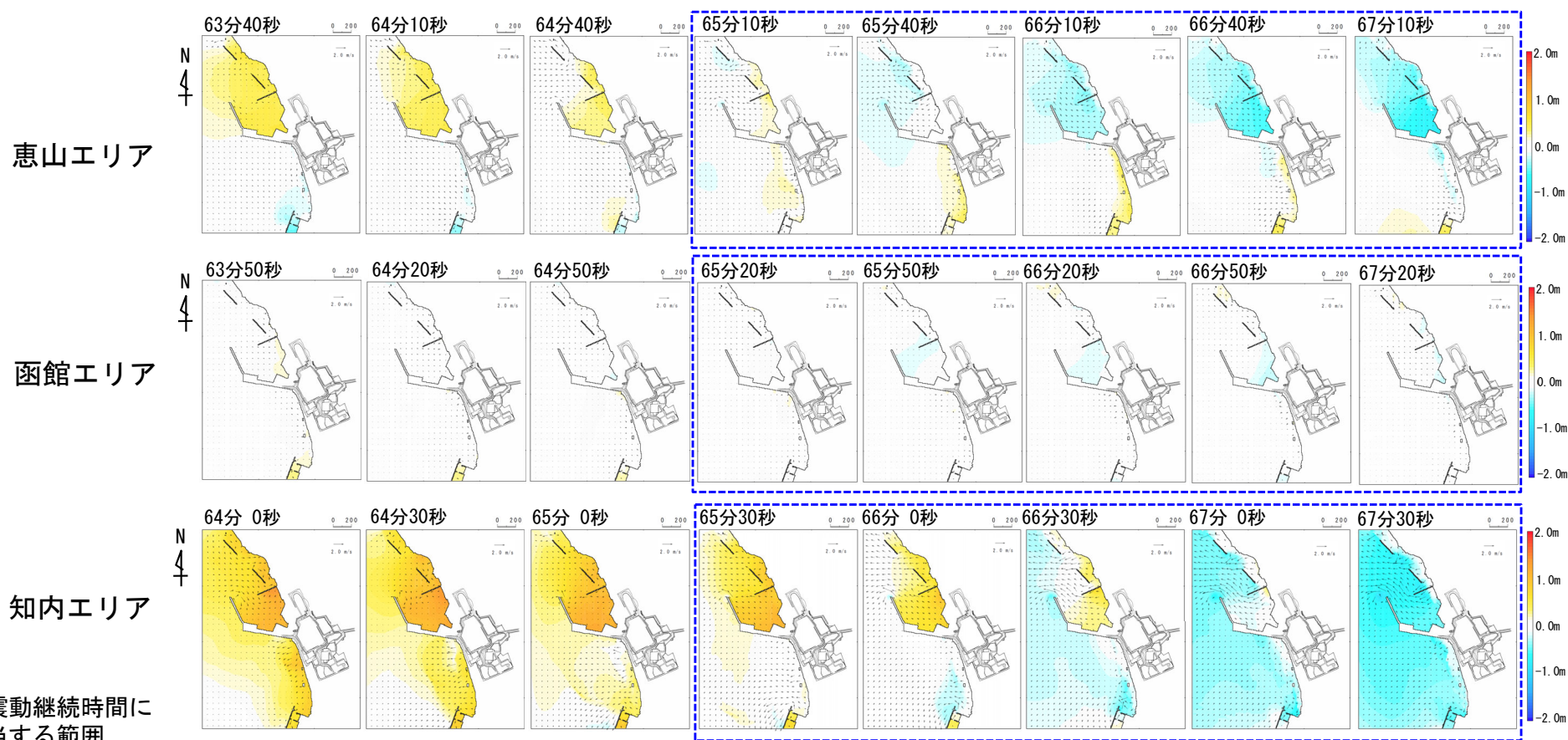


取水口スクリーン室前面の水位時刻歴波形

(補足2) 組合せ対象候補の津波挙動の分析 (3 / 7)

上昇側 (1 / 2)

- 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発生時間（地震発生後約68分）付近における、敷地の津波挙動について、陸上の斜面崩壊エリア（5エリア）の津波伝播スナップショットによる分析結果を以下に示す。
 - ✓ 恵山エリア：水位変動量は知内エリアに比べて小さい。日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の地震動継続時間の範囲では、水位は下降傾向であり、おおむね下降側で推移している。
 - ✓ 函館エリア：他エリアに比べて水位変動量は小さい。
 - ✓ 知内エリア：水位変動量は恵山エリアに比べて大きい。日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の地震動継続時間の範囲では、水位は下降傾向であるが、おおむね上昇側で推移している。

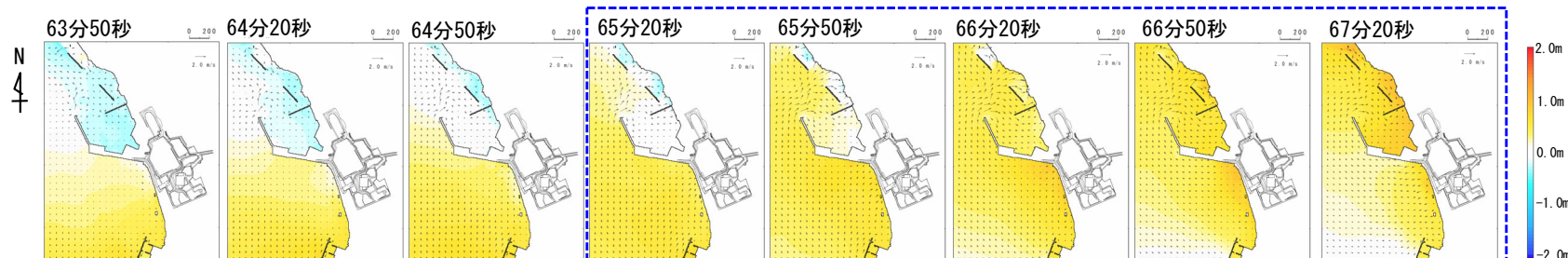


(補足2) 組合せ対象候補の津波挙動の分析 (4 / 7)

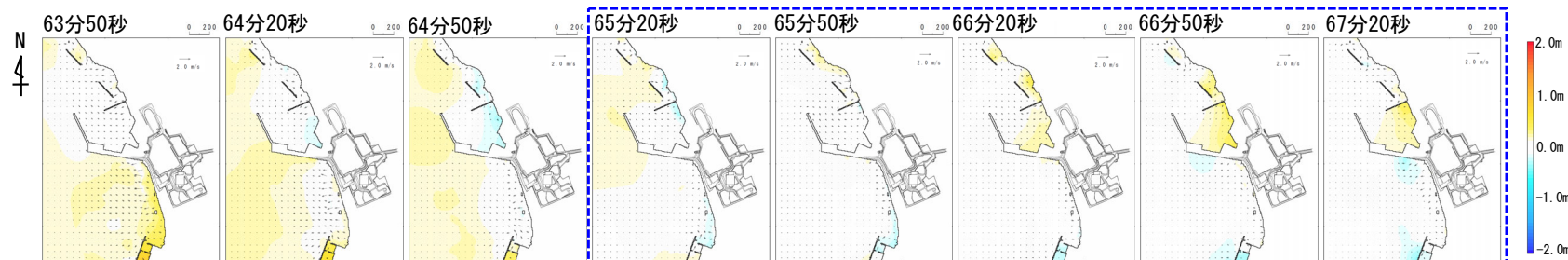
上昇側 (2 / 2)

- ✓ 佐井エリア：専用港を挟んで北側から南側までの比較的広い範囲において、水位変動量は他エリアに比べて大きい。日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の地震動継続時間の範囲では、水位が上昇傾向となっている。
- ✓ 竜飛崎エリア：他エリアに比べて水位変動量は小さい。

佐井エリア

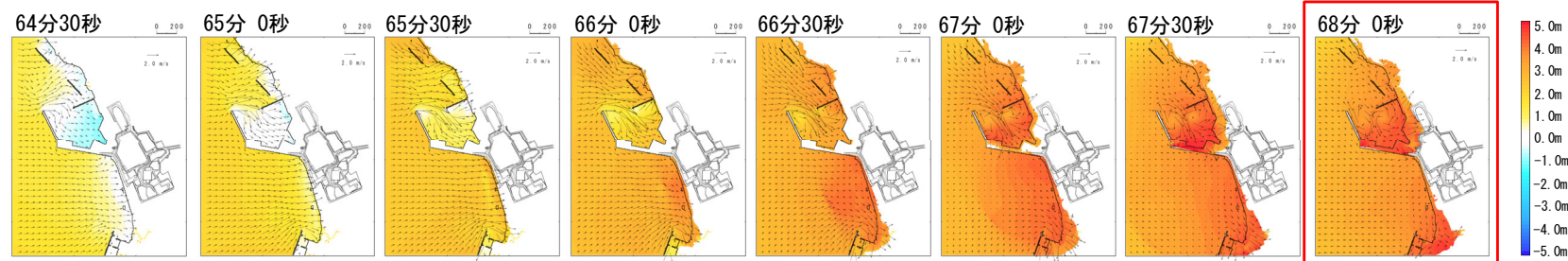


竜飛崎エリア



□ : 地震動継続時間に
該当する範囲

(参考)
日本海東縁部



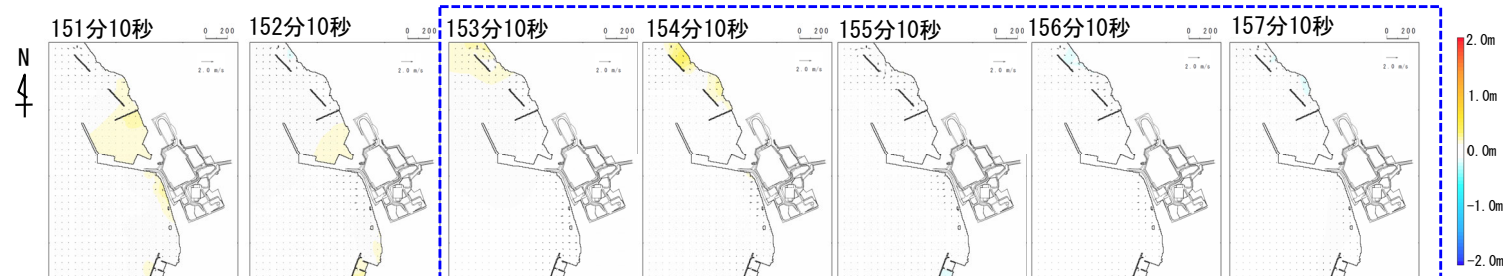
□ : 地震による津波の敷
地における最大水位
上昇量発生時間周辺

(補足2) 組合せ対象候補の津波挙動の分析 (5 / 7)

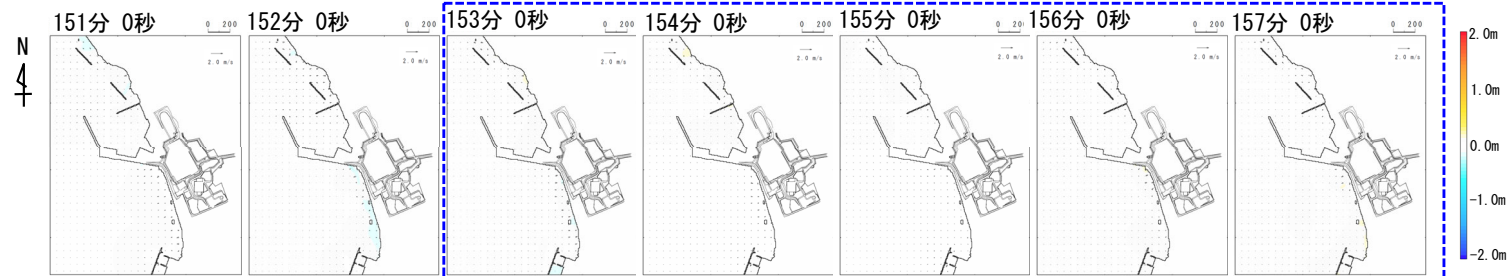
下降側 (1 / 2)

- 内閣府 (2020) モデルによる地震に伴う津波の最大水位下降量発生時間 (地震発生後約158分) 付近における、敷地の津波挙動について、陸上の斜面崩壊エリア (5エリア) の津波伝播スナップショットによる分析結果を以下に示す。
 - ✓ 恵山エリア：他エリアに比べて水位変動量は小さい。
 - ✓ 函館エリア：他エリアに比べて水位変動量は小さい。
 - ✓ 知内エリア：水位変動量は恵山エリア，函館エリア，竜飛崎エリアに比べて大きい。内閣府 (2020) モデルによる地震に伴う津波の地震動継続時間の範囲では、水位が下降傾向となる時間帯が見られる。

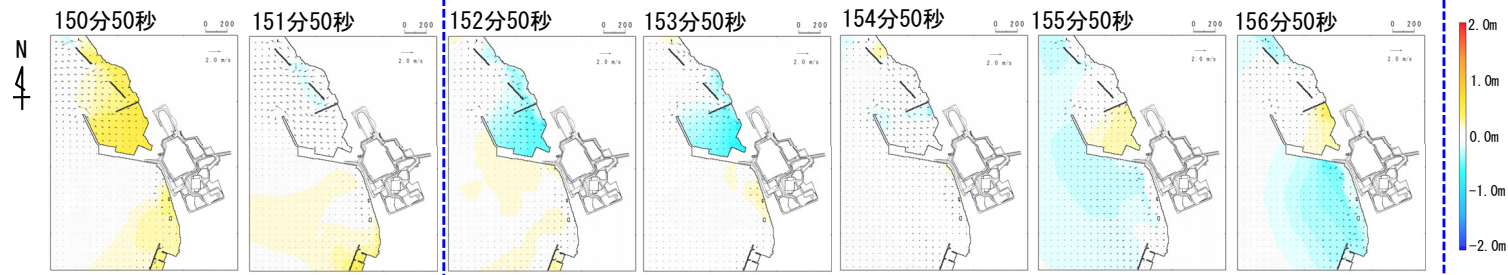
恵山エリア



函館エリア



知内エリア



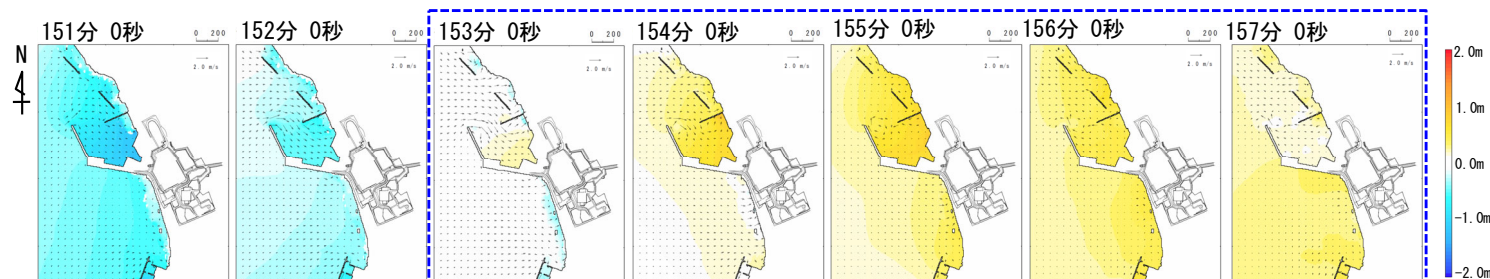
□ : 地震動継続時間に該当する範囲

(補足2) 組合せ対象候補の津波挙動の分析 (6 / 7)

下降側 (2 / 2)

- ✓ 佐井エリア：専用港を挟んで北側から南側までの比較的広い範囲において、水位変動量は恵山エリア，函館エリア，竜飛崎エリアに比べて大きい。内閣府（2020）モデルによる地震に伴う津波の地震動継続時間の範囲では、水位が下降傾向となる時間帯が見られる。
- ✓ 竜飛崎エリア：他エリアに比べて水位変動量が小さい。

佐井エリア

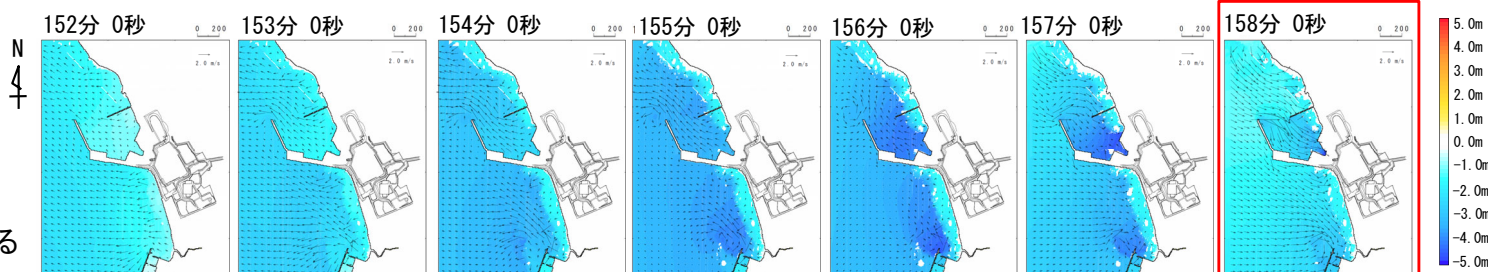


竜飛崎エリア



□: 地震動継続時間に
該当する範囲

(参考)
内閣府(2020)モデル



□: 地震による津波の敷地における
最大水位下降量発生時間周辺

(補足2) 組合せ対象候補の津波挙動の分析 (7/7)

まとめ

- 陸上の斜面崩壊エリア（5エリア）の概略影響検討による津波シミュレーションの結果に基づき、敷地近傍のスナップショットから、地震による津波の上昇側及び下降側の最大水位を含む組合せ可能な時間範囲（地震動継続時間）における津波挙動を分析した。
- その結果は以下のとおりであり、組合せ元とする地震と組み合わせた際に影響が大きくなると考えられる候補は、佐井エリア及び知内エリアであることを確認した。

【上昇側】

- ✓ 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の水位上昇量が最大となる時間は、地震発生後68分付近である。
- ✓ この時間の地震動継続時間の範囲における各エリアの津波の水位変動は以下のとおり。
 - 函館エリア及び竜飛崎エリアの水位変動量は小さい。
 - 佐井エリアは水位変動量が大きく、水位が上昇傾向である。
 - 恵山エリア及び知内エリアは水位が下降傾向であるが、恵山エリアの水位は下降側である一方、知内エリアの水位は上昇側で推移している。

【下降側】

- ✓ 内閣府(2020)モデルによる津波の水位下降量が最大となる時間は、地震発生後158分付近である。
- ✓ この時間の地震動継続時間の範囲における各エリアの津波の水位変動は以下のとおり。
 - 恵山エリア、函館エリア及び竜飛崎エリアの水位変動量は小さい。
 - 佐井エリア及び知内エリアは水位変動量が大きく、水位が下降傾向となる時間帯が見られる。

(余白)

目 次

- (補足1) 検討対象地すべり地形の選定に係る概略影響検討
- (補足2) 組合せ対象候補の津波の挙動の分析
- (補足3) 知内エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討**
- (補足4) 地震による津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波の組合せの分析
- (補足5) 線形足し合せ水位評価地の妥当性確認

知内エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討

〔本編資料「5-2」に関する補足説明〕

〔目的〕 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の結果を示す。

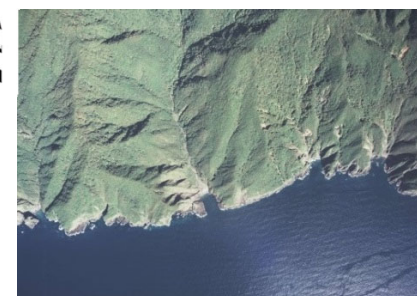
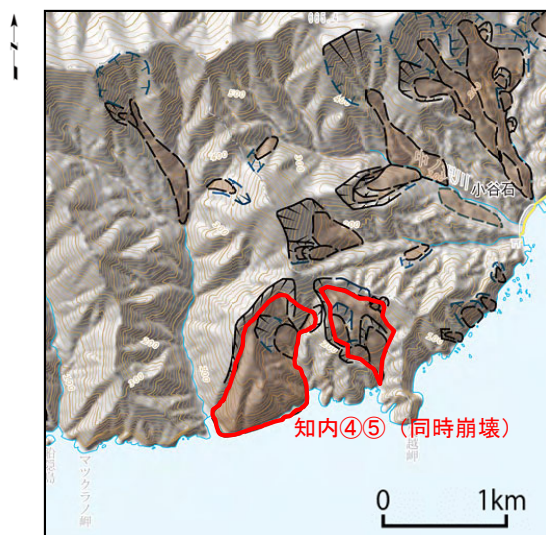
〔内容〕 知内エリアの斜面崩壊地形を考慮し、二層流モデル及びkinematic landslideモデルによる津波のシミュレーションから、敷地の津波水位を評価する。

斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (1 / 12)

検討方針

第1204回審査会合
資料1 P.528再掲

- ・ 組合せ先とする津波発生要因である陸上の斜面崩壊のうち、組合せ元とする地震と組み合わせた際に影響が大きくなる地すべりエリアとして抽出された、知内エリアの斜面崩壊について、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」

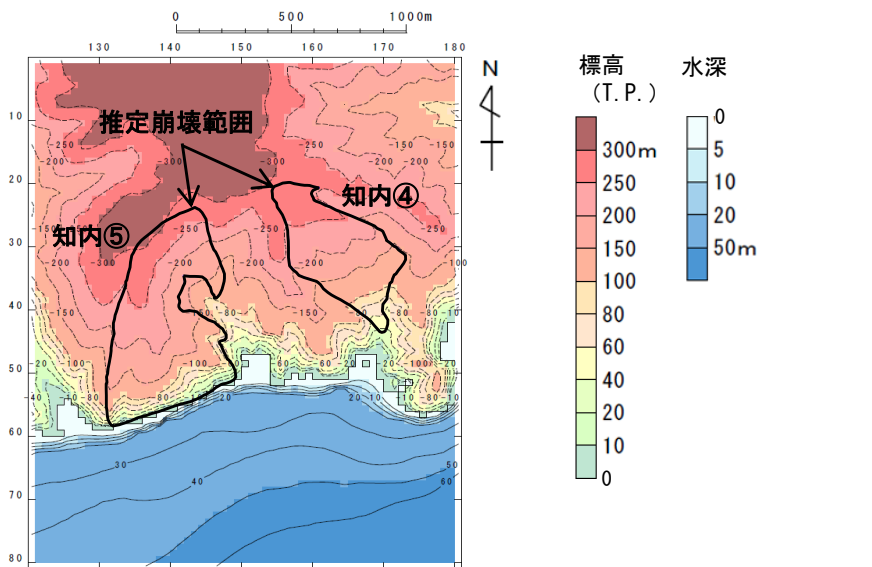
知内エリアの対象地すべりブロック

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1204回審査会合

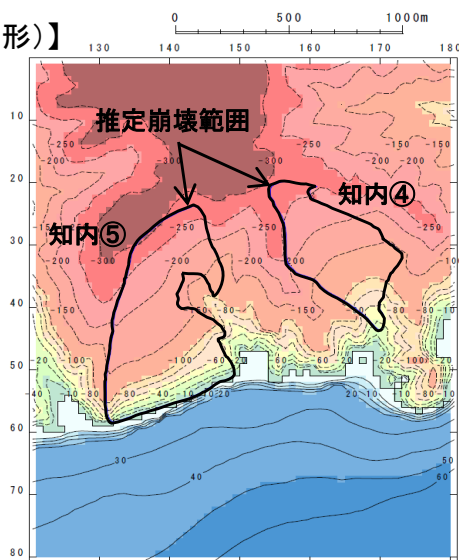
資料1 P.529再掲

すべり面及び崩壊量の設定【知内エリアの地すべり地形】



地形モデル

【現地地形(モデル上の崩壊前地形)】

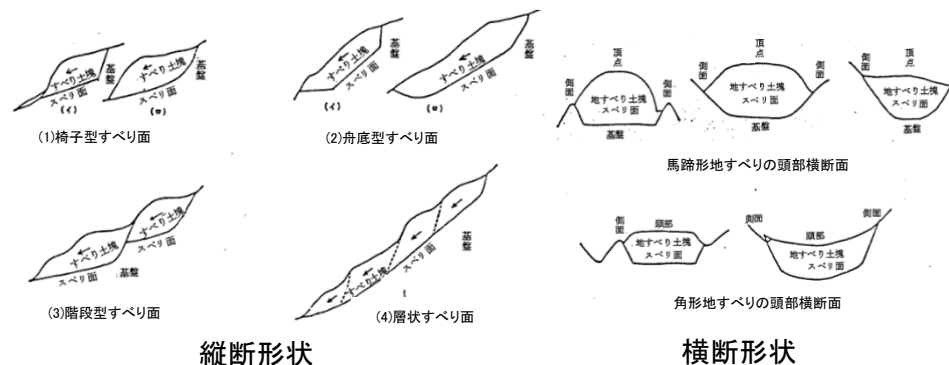


地形モデル(すべり面)

波源モデル

○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.533, P.534参照)。

- ・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。

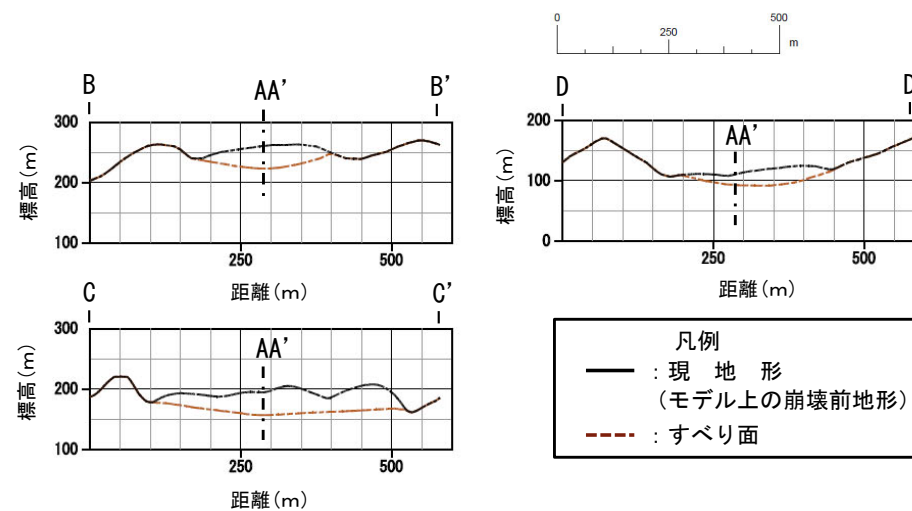
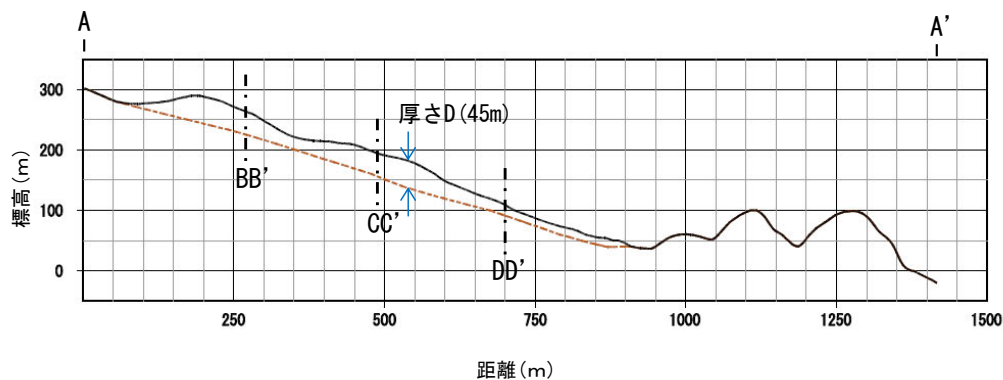
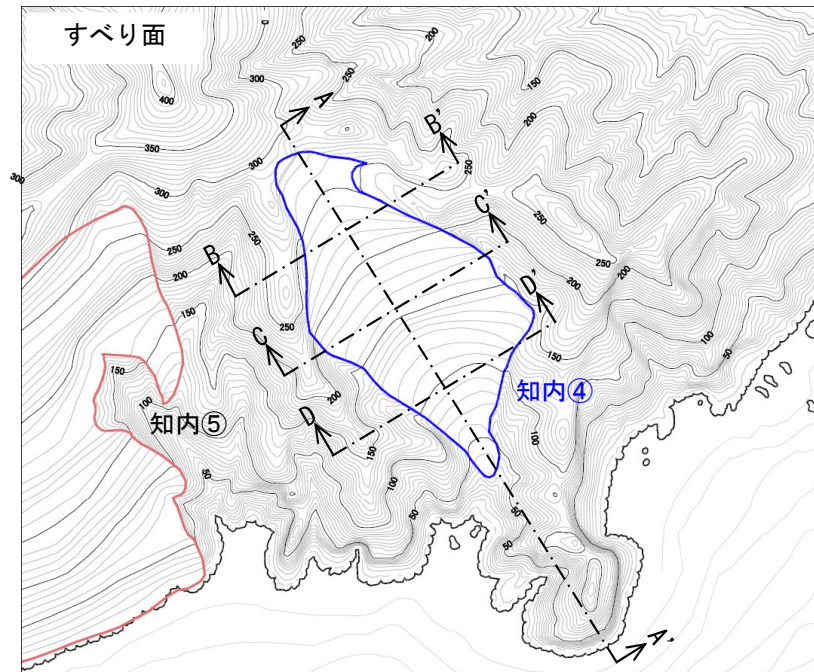
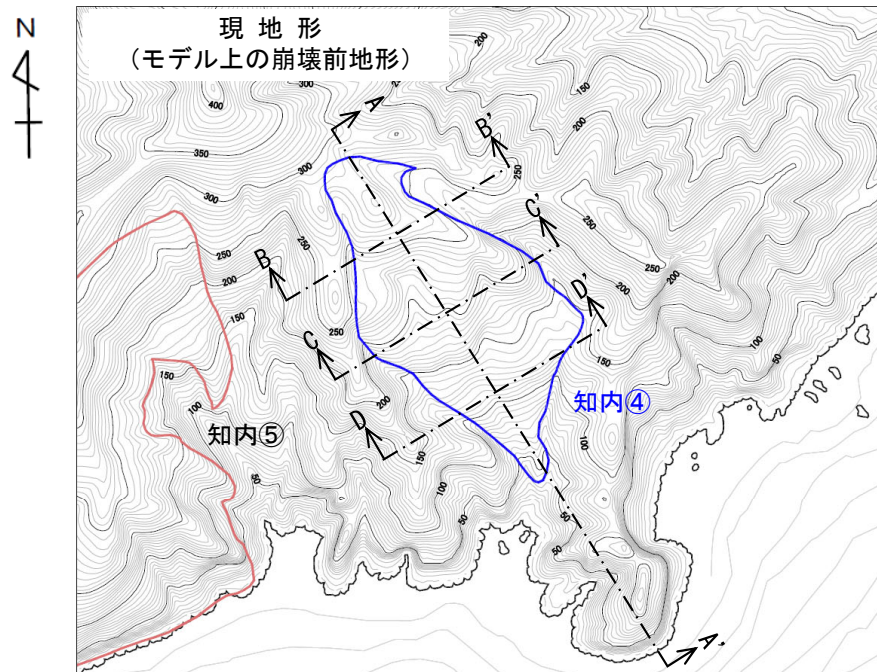
*第1023回審査会合 資料1-2「7-2. 二層流モデルの適用性について」参照。

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1204回審査会合

資料1 P.530再掲

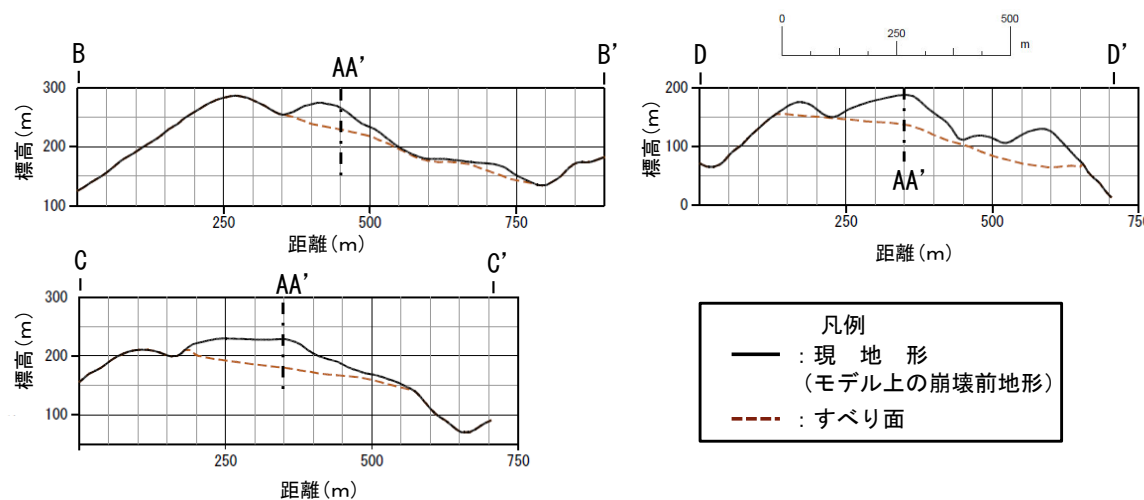
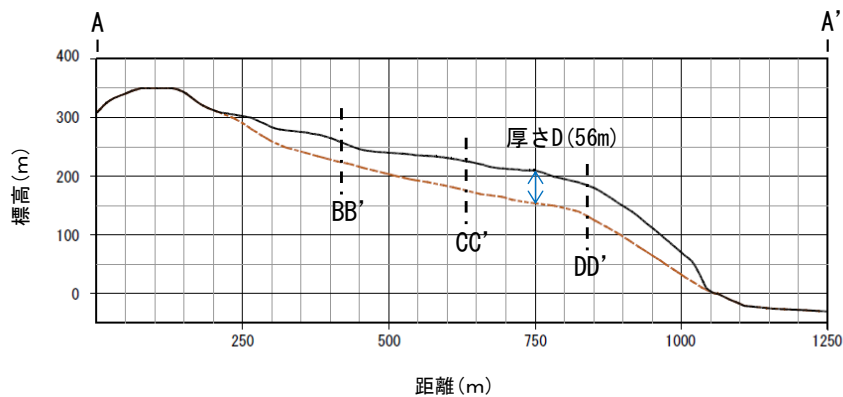
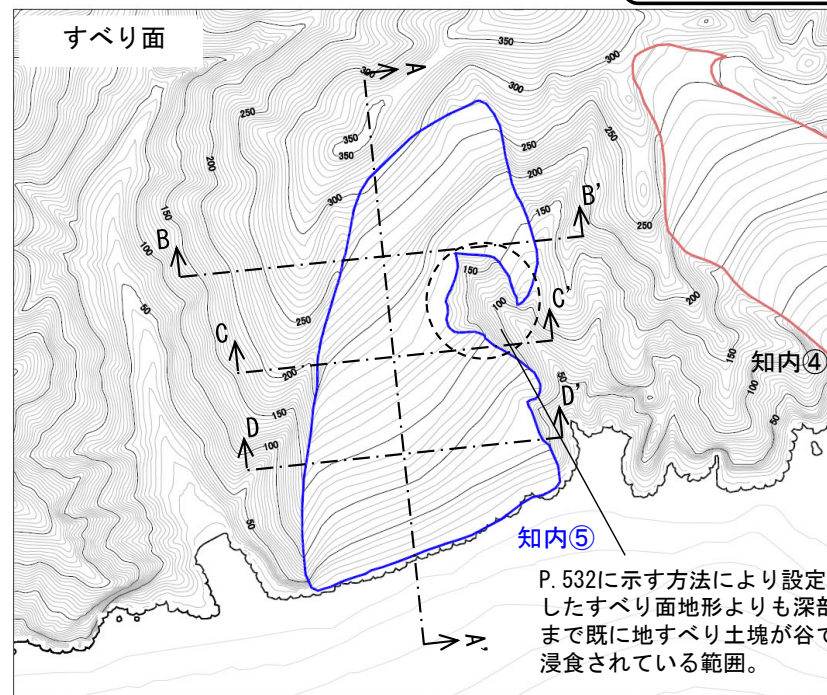
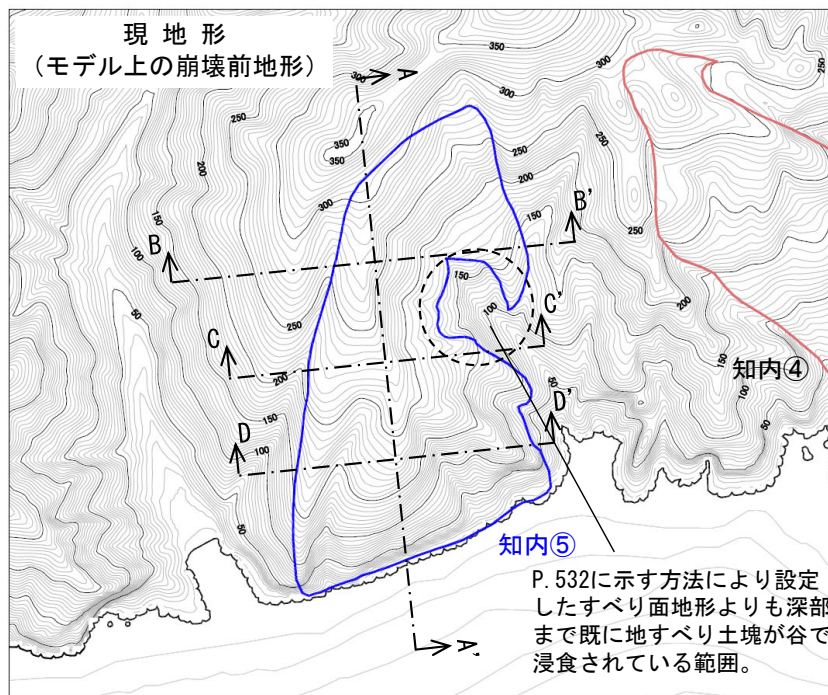
検討対象地すべり地形 縦断面図 (1/2) 【ブロック知内④】



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1204回審査会合
資料1 P.531再掲



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)

第1204回審査会合
資料1 P.532再掲

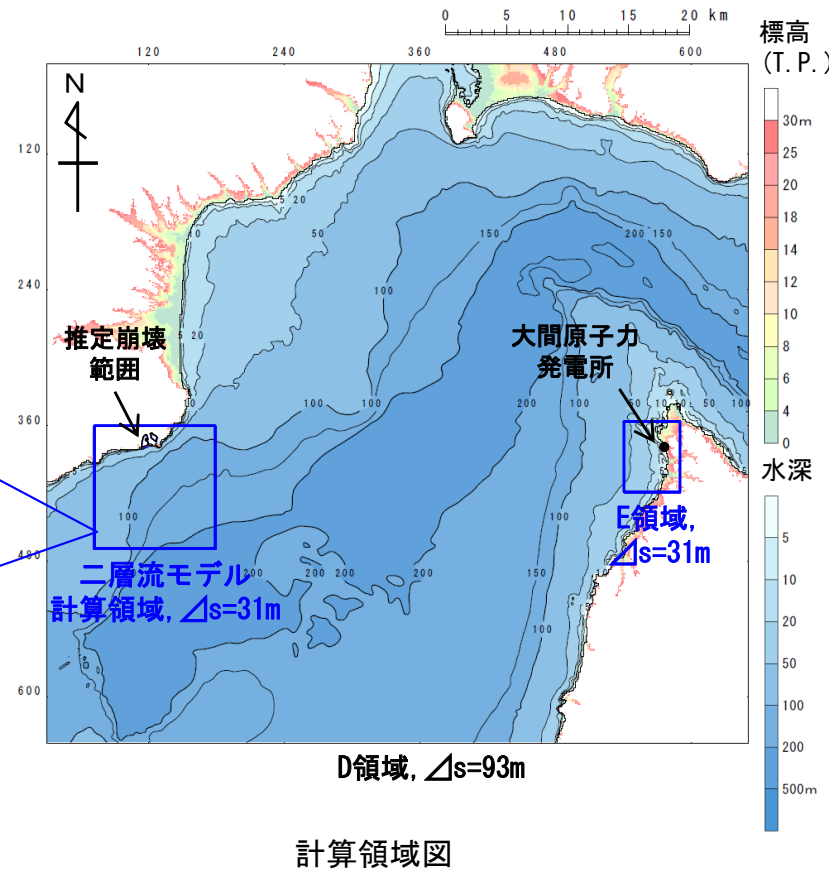
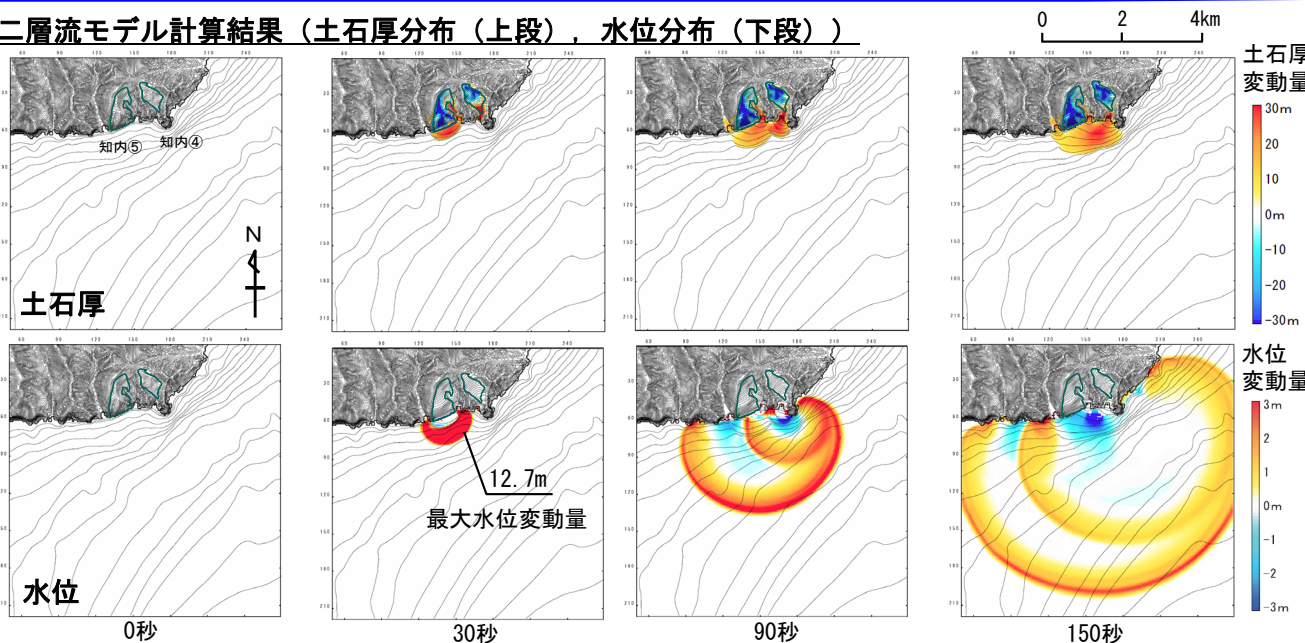
計算条件

- 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	$\rho_2=2.0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	
上層(水)の粗度係数	$n=0.025 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	Kawamata et al. (2005) で1741年渡島大島火山津波を再現された値
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))





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)

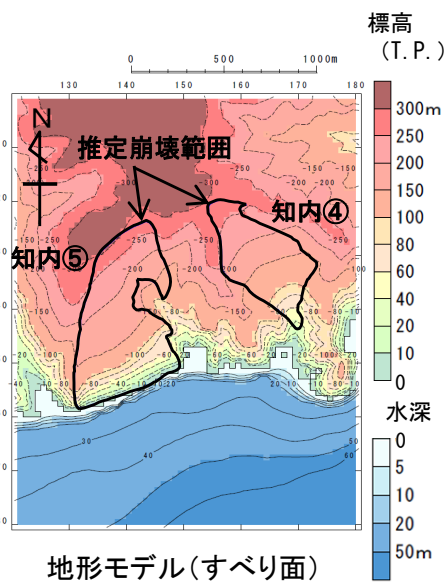
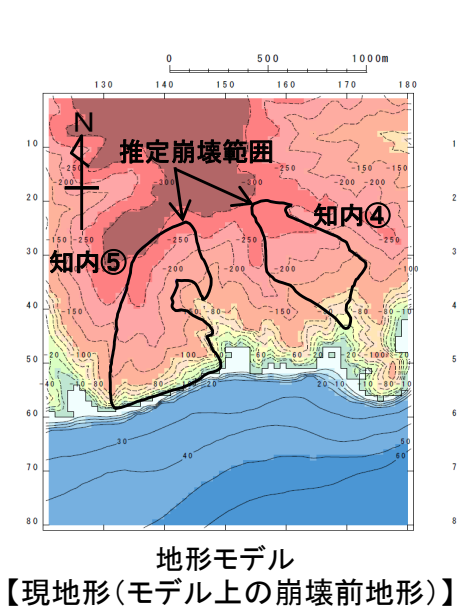
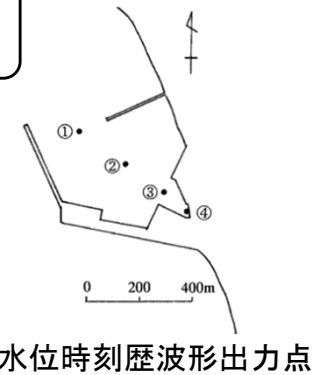
計算結果

第1204回審査会合
資料1 P.533再掲

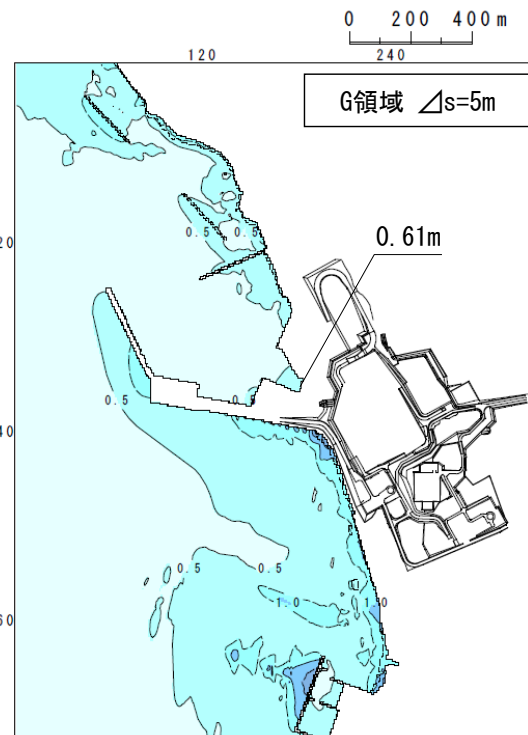
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波検討結果 (上昇側)

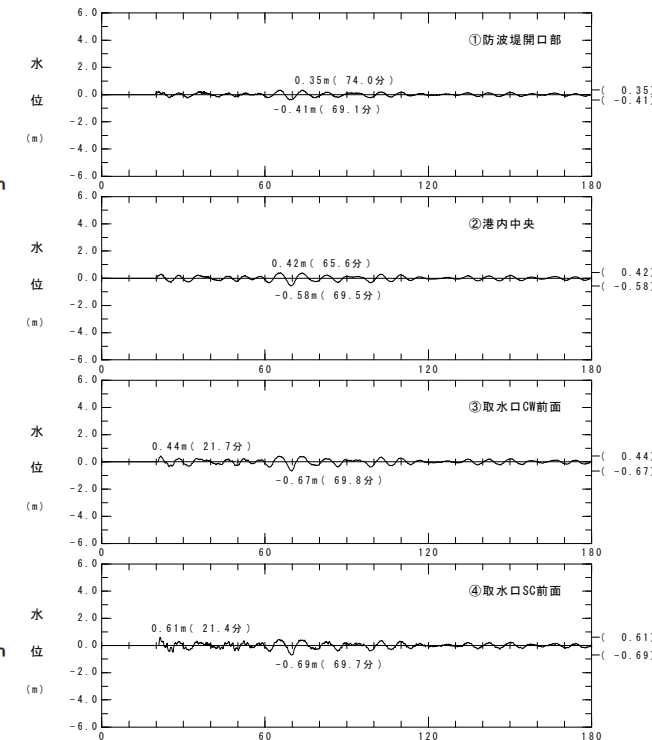
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
知内エリアの地すべり地形	二層流モデル	0.61m



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

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)

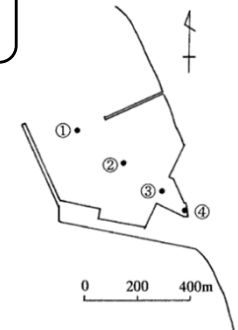
計算結果

第1204回審査会合
資料1 P.534再掲

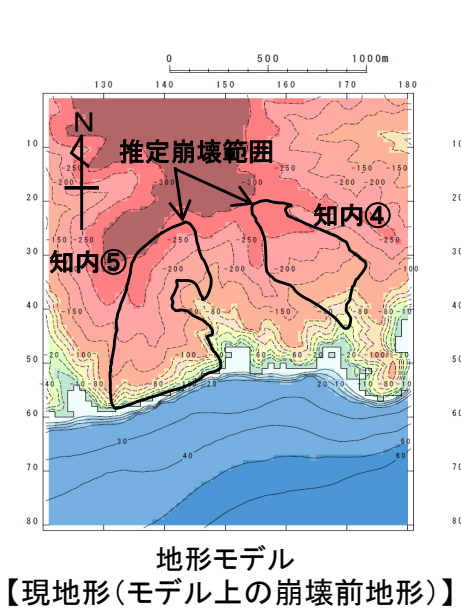
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波検討結果(下降側)

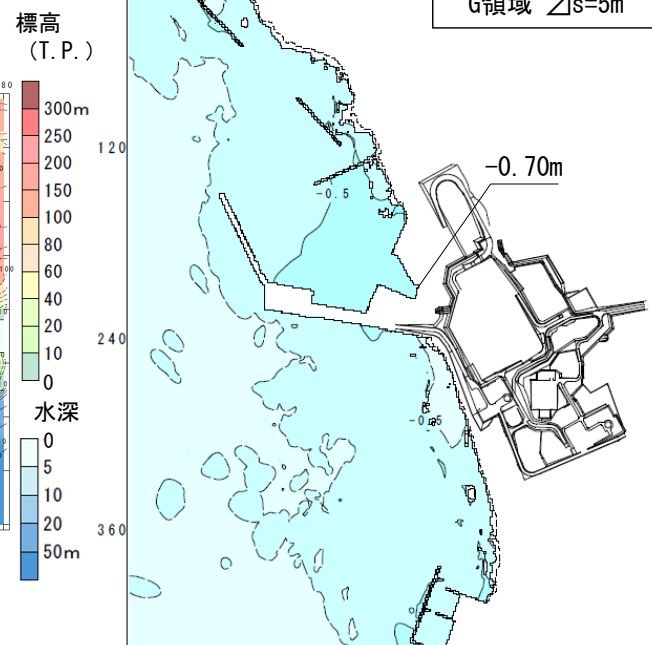
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
知内エリアの地すべり地形	二層流モデル	-0.70m



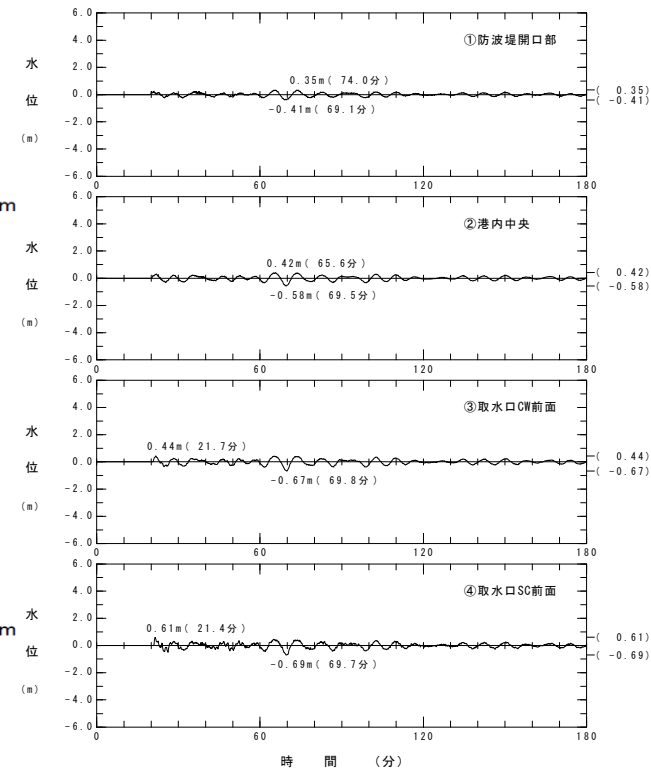
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

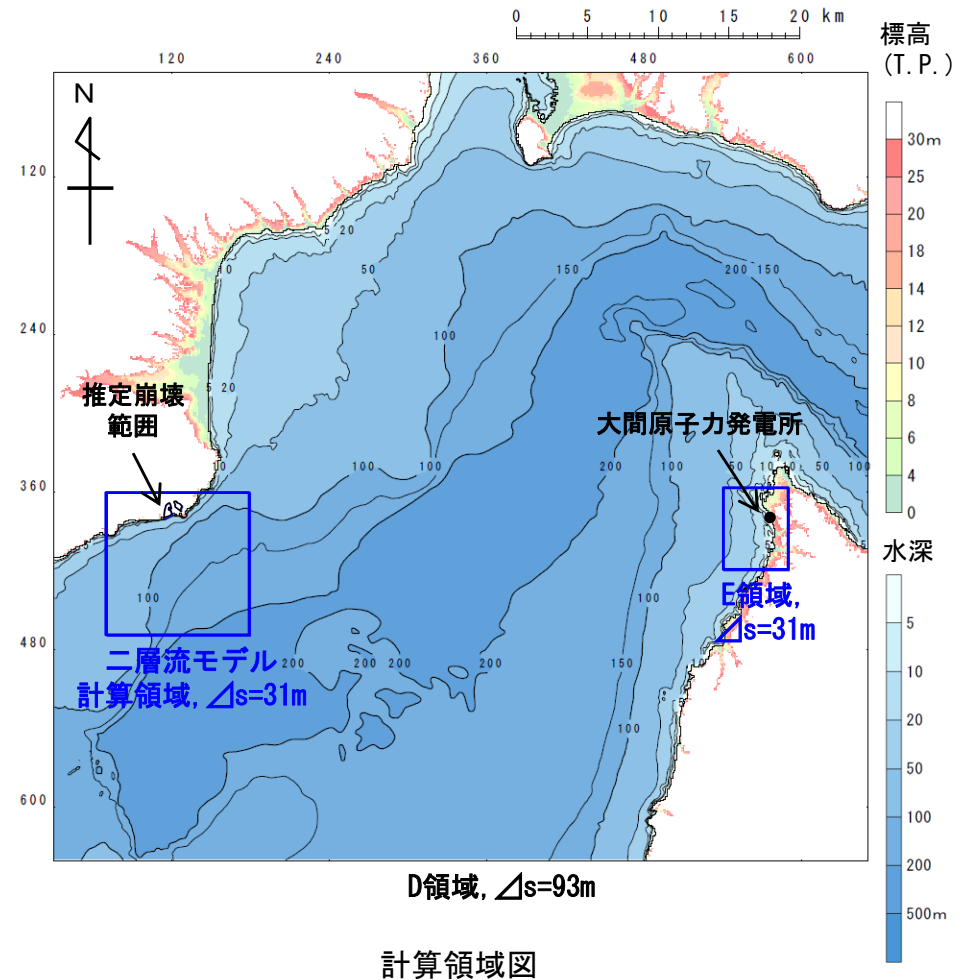
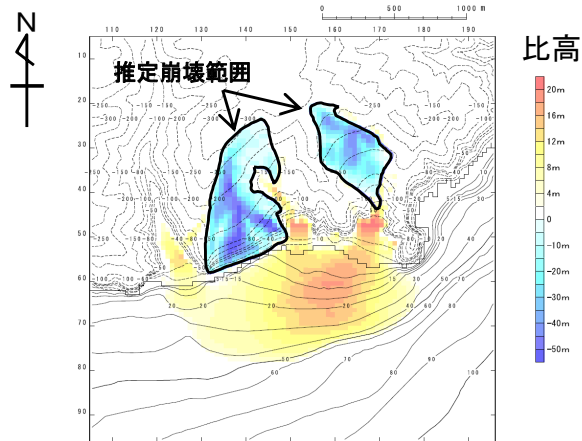
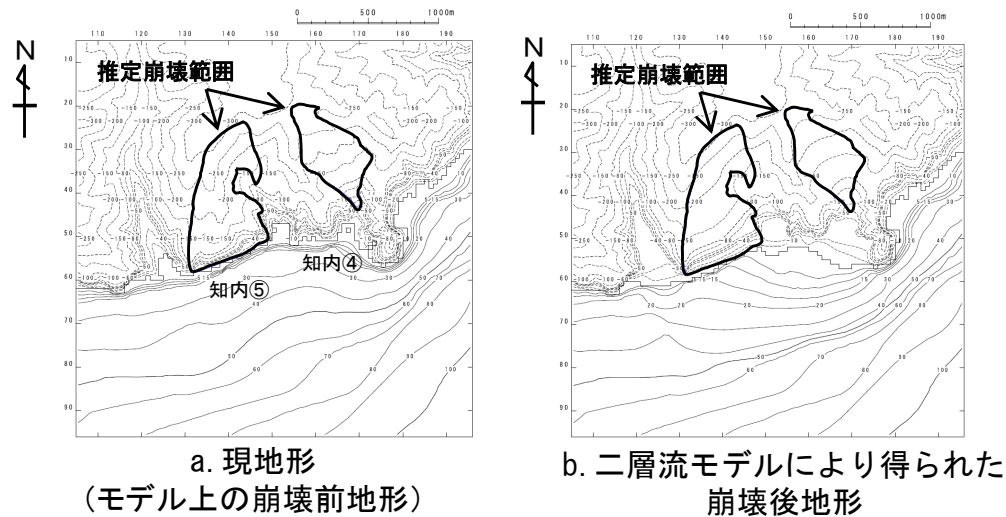
斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (8/12) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル>

(1/4)

崩壊地形データの作成【知内エリアの地すべり地形】

第1204回審査会合
資料1 P.535再掲

- 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。



斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (9/12) :

第1204回審査会合
資料1 P.536再掲

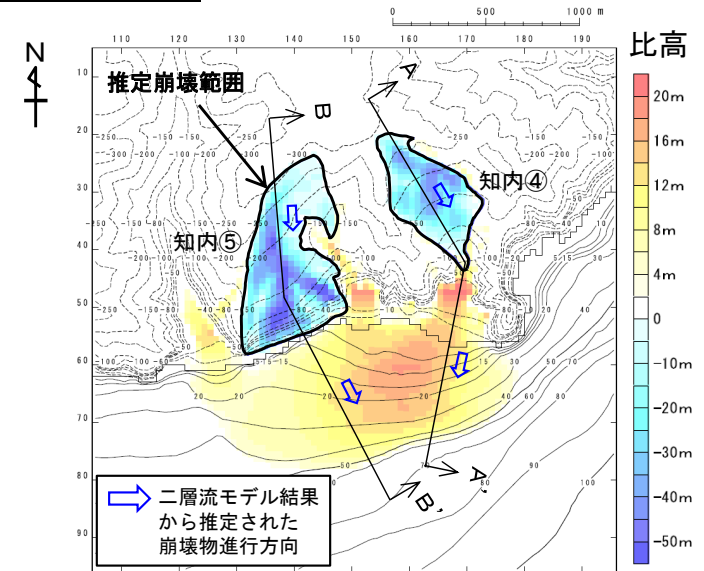
解析モデル②<kinematic landslideモデル> (2/4)

パラメータの設定【水平移動速度・比高変化継続時間】

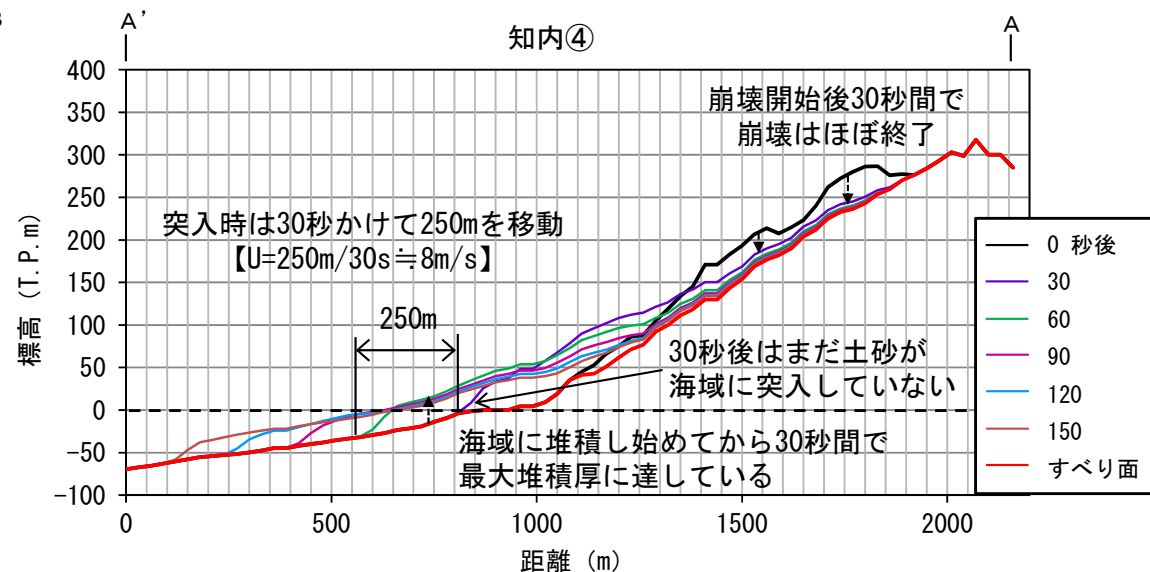
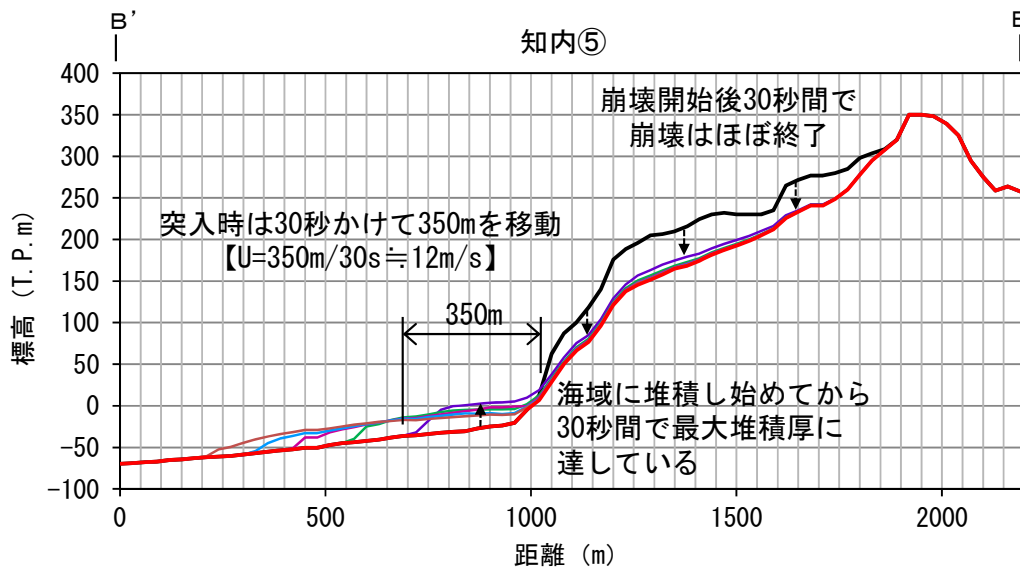
- kinematic landslideモデルで考慮する水平移動速度Uおよび比高変化継続時間Tは、二層流モデル解析で得られた崩壊測線上の崩壊物の移動状況より下記のとおり設定した。

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)



斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (10/12) :

第1204回審査会合
資料1 P.537再掲

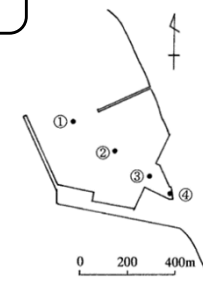
計算結果

解析モデル②<kinematic landslideモデル> (3/4)

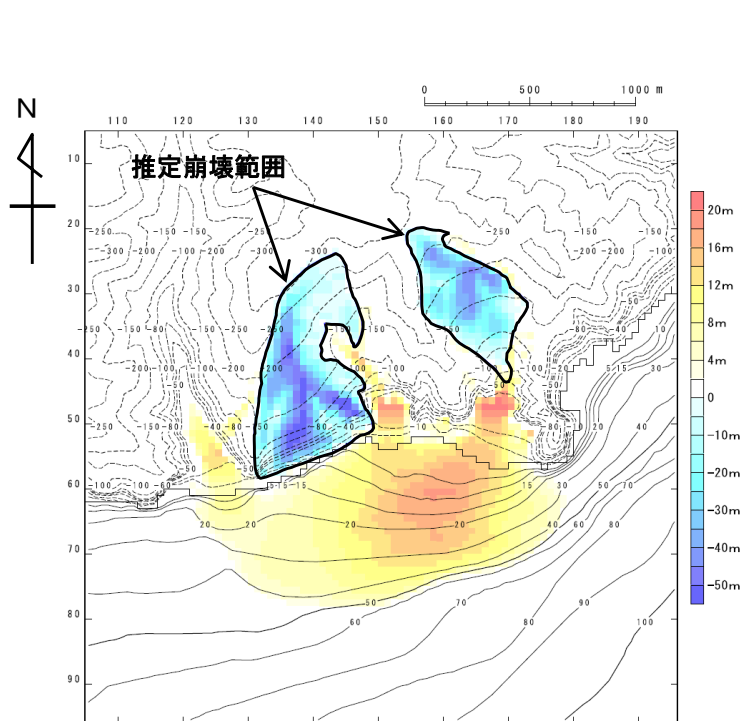
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波検討結果 (上昇側)

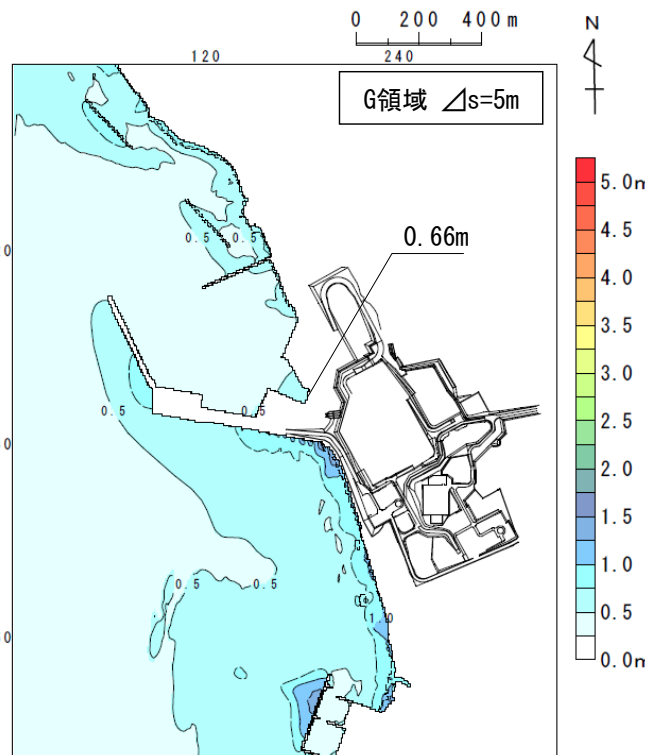
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
知内エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	0.66m



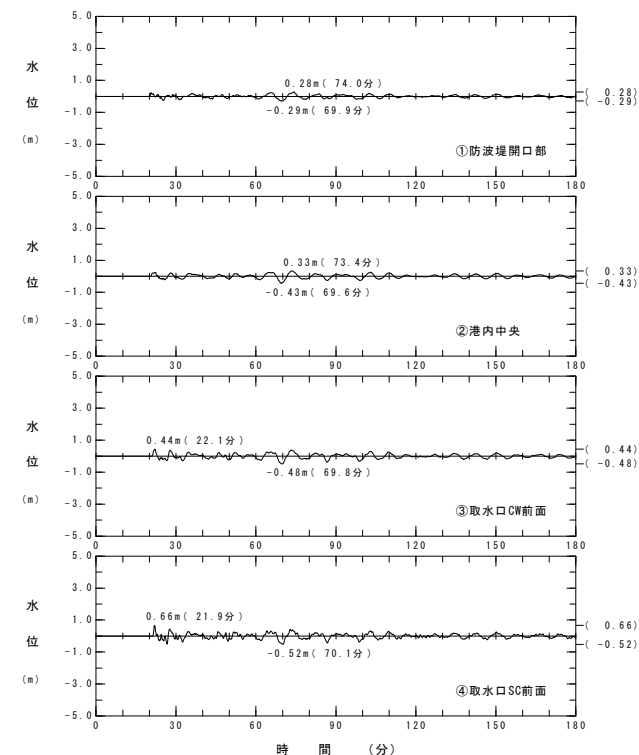
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (11/12) :

第1204回審査会合
資料1 P.538再掲

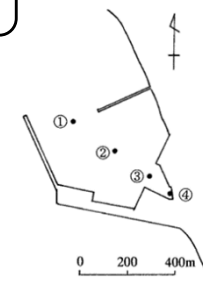
計算結果

解析モデル②<kinematic landslideモデル> (4/4)

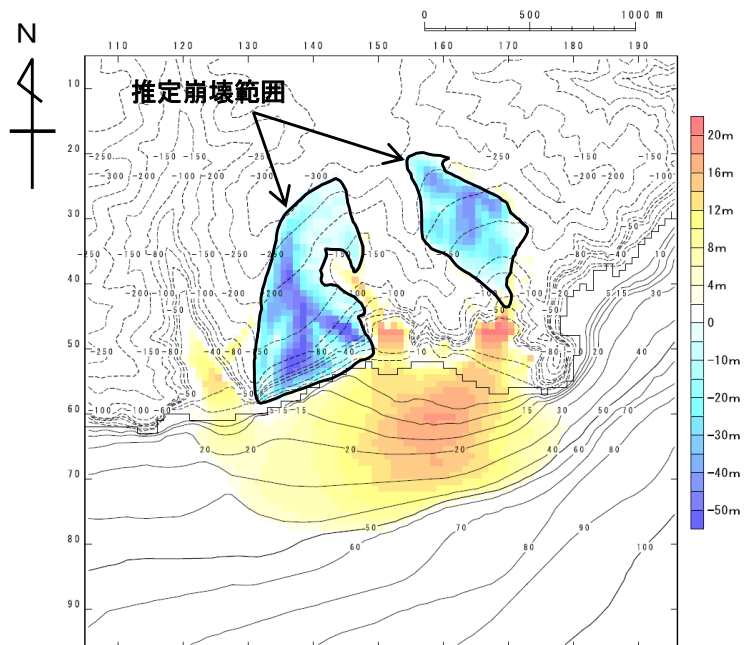
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

知内エリアの斜面崩壊に起因する津波検討結果 (下降側)

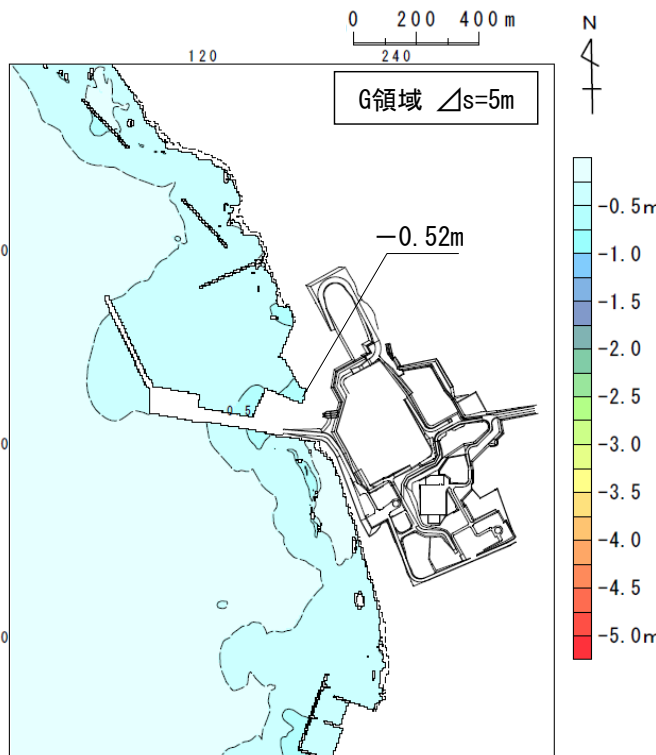
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
知内エリアの地すべり地形	kinematic landslideモデル	-0.52m



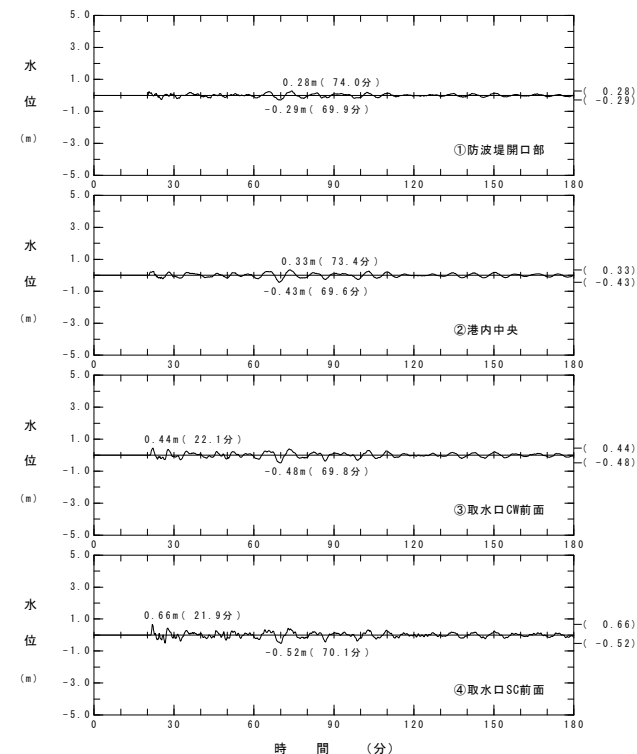
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



斜面崩壊に起因する津波の影響検討 (12/12) : 検討結果

第1204回審査会合
資料1 P.539再掲

- 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

目 次

- (補足1) 概略影響検討
 (補足2) 係る概略影響検討
 (補足3) 津波の影響検討
 (補足4) 地震による津波の組合せの分析
 (補足5) 線形足し合せ水位置評価地点の妥当性確認

地震による津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波の組合せの分析

〔本編資料「5-2」に関する補足説明〕

〔目的〕 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を組み合わせた場合に、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独の水位上昇量を下回ること、内閣府(2020)モデルによる津波単独の水位下降量を下回ることの要因を分析する。

〔内容〕 港湾内の水位時刻歴波形及びスナップショットから、佐井エリア、知内エリアの斜面崩壊に起因する津波と、地震による津波が組み合わさる時間における津波挙動を分析する。

検討方針

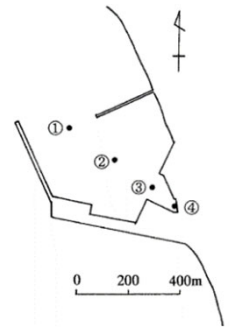
- 地震による津波と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せの検討では、最大水位上昇量及び最大水位下降量共に、地震による津波単独の結果を上回る。
- 一方、地震による津波と知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せの検討では、最大水位上昇量及び最大水位下降量共に、地震による津波単独の結果を下回る。
- 以上の要因について、陸上の斜面崩壊に起因する津波の港湾内の挙動及び地震による津波との重なり方から検討を行う。

津波の評価一覧

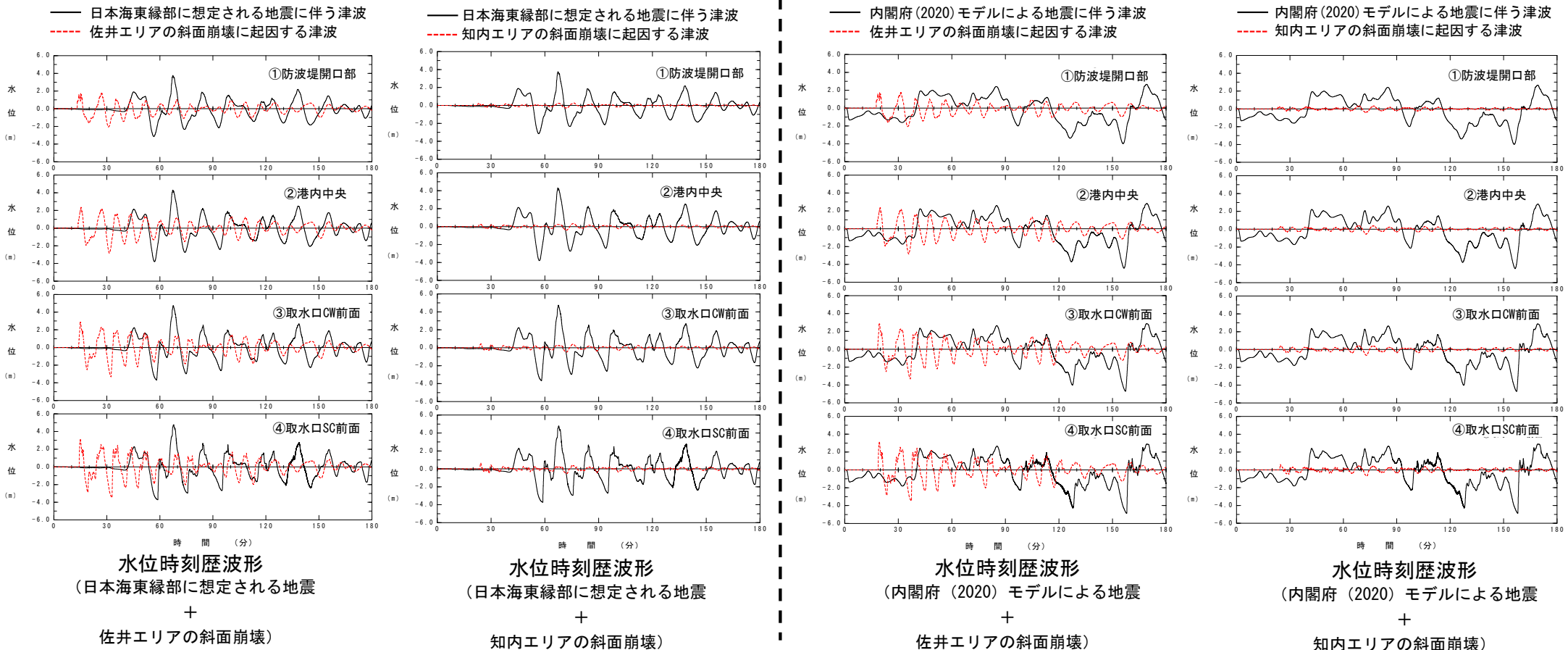
区分	津波	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
地震による津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.85m	-3.78m
	内閣府(2020)モデルによる津波	4.01m	-4.89m
地震以外による津波	佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波	4.97m	-3.49m
	知内エリアの斜面崩壊に起因する津波	0.66m	-0.70m
組合せ	日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波(組合せ時間差=39.6s)	6.59m	—
	内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せ津波(組合せ時間差=304.4s)	—	-5.22m
	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(組合せ時間差=137.2s)	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津波(組合せ時間差=193.8s)	—	-4.70m

水位時刻歴波形

- 地震による津波と佐井エリア及び知内エリアの斜面崩壊に起因する津波について、水位時刻歴波形を比較した。
- 津波の波源と敷地との位置関係（立地特性）から、陸上の斜面崩壊に起因する津波が先に敷地に到達した後、地震による津波が到達する。
- 水位は、地震による津波の方が陸上の斜面崩壊に起因する津波に比べて敷地に与える影響が大きいことから、地震による津波の最大水位を含む組合せ可能な時間範囲において、陸上の斜面崩壊に起因する津波の水位に着目する。
- その結果、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の水位上昇量が大きくなる地震発生後68分付近、内閣府(2020)モデルの津波の水位下降量が大きくなる地震発生後158分付近では、佐井エリアの方が知内エリアより明らかに水位変動が大きい。



水位時刻歴波形出力点

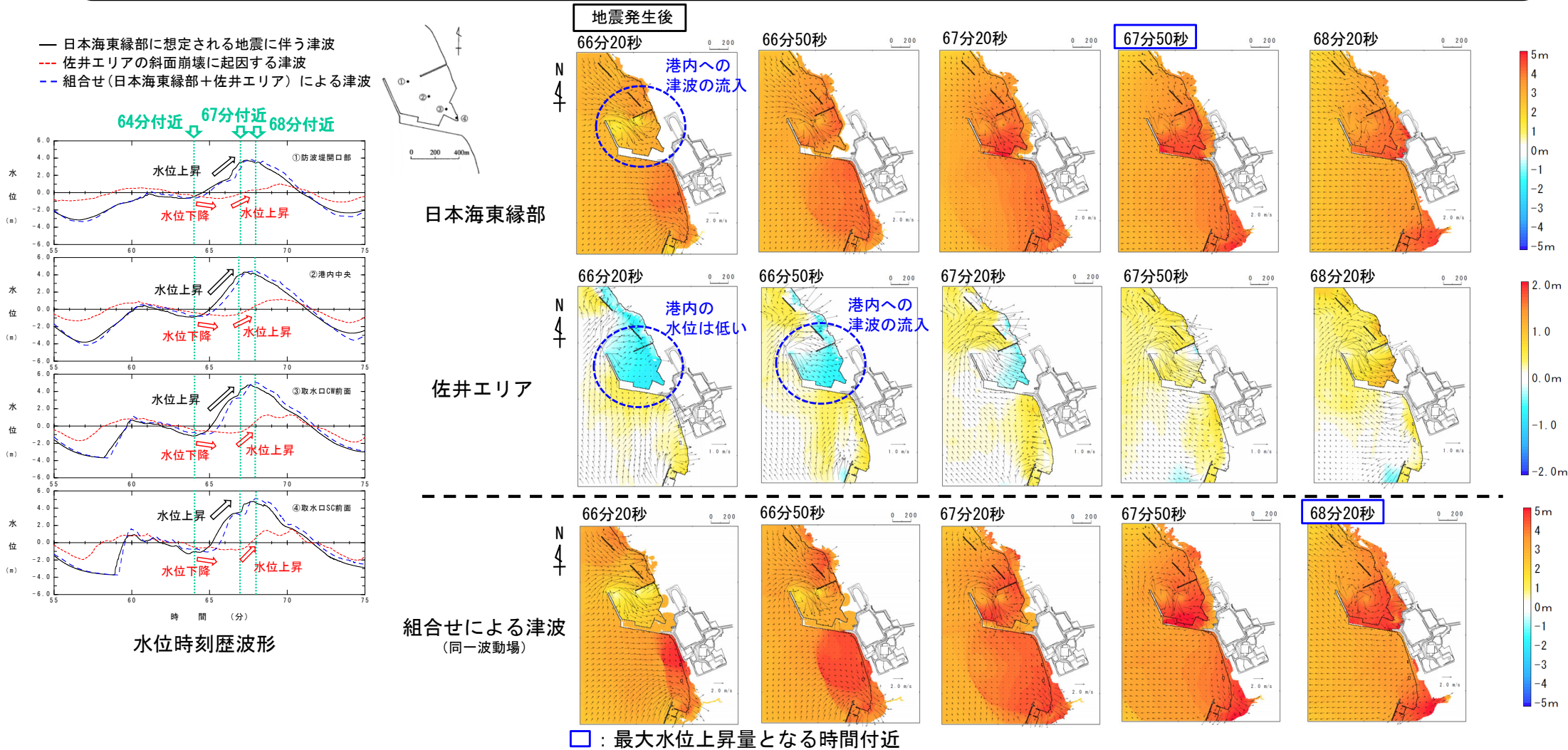


上昇側 (1 / 5)

港湾内における挙動：佐井エリアの組合せ (1 / 2)

コメントNo.S5-62

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の水位上昇量が大きくなる。地震発生後68分前後の専用港の水位時刻歴波形及びスナップショットを示す。
- ✓ 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波は、64分付近から水位が上昇傾向で、港内へ津波が流入し、67分50秒付近で水位上昇量が最大となる。
- ✓ 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波は、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波が上昇傾向となる64分付近では下降傾向であり、港湾内の水位は低い状況である。その後、67分付近から水位が上昇傾向に転じて、港内へ津波が流入する。
- ✓ 組合せによる津波では、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波が重なることで、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独より遅れた68分20秒付近で水位上昇量が最大となる。

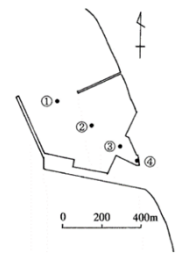




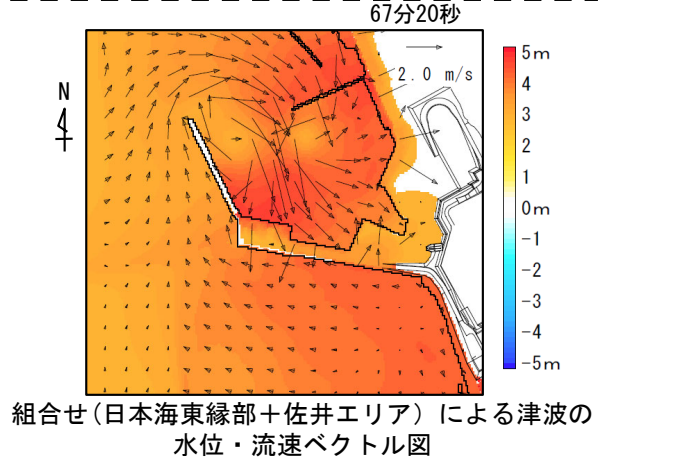
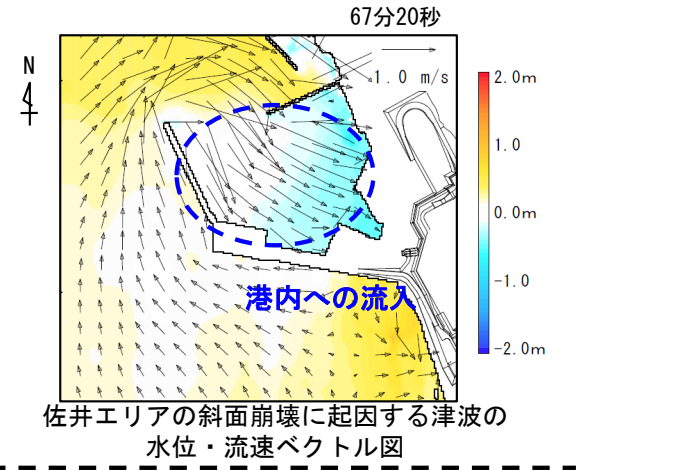
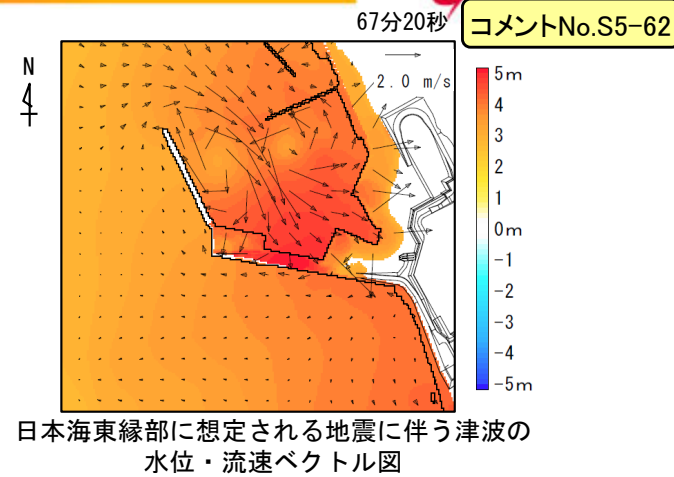
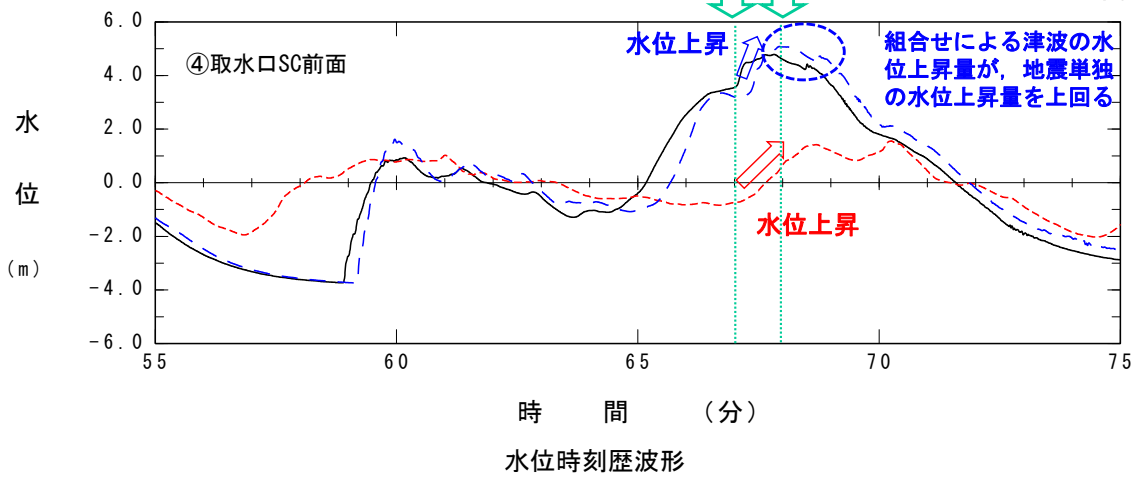
上昇側 (2 / 5)

港湾内における挙動：佐井エリアの組合せ (2 / 2)

- 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波で水位が上昇傾向になる地震発生後67分付近では、港内に津波が流入している。
- 組合せによる津波では、67分から68分付近の佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の港内への流入の影響を受け、68分付近で日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独を上回る水位上昇量が発生している。
- 上記により、組合せによる津波の最大水位上昇量は、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独の水位上昇量を上回ると考えられる。



水位時刻歴波形出力点

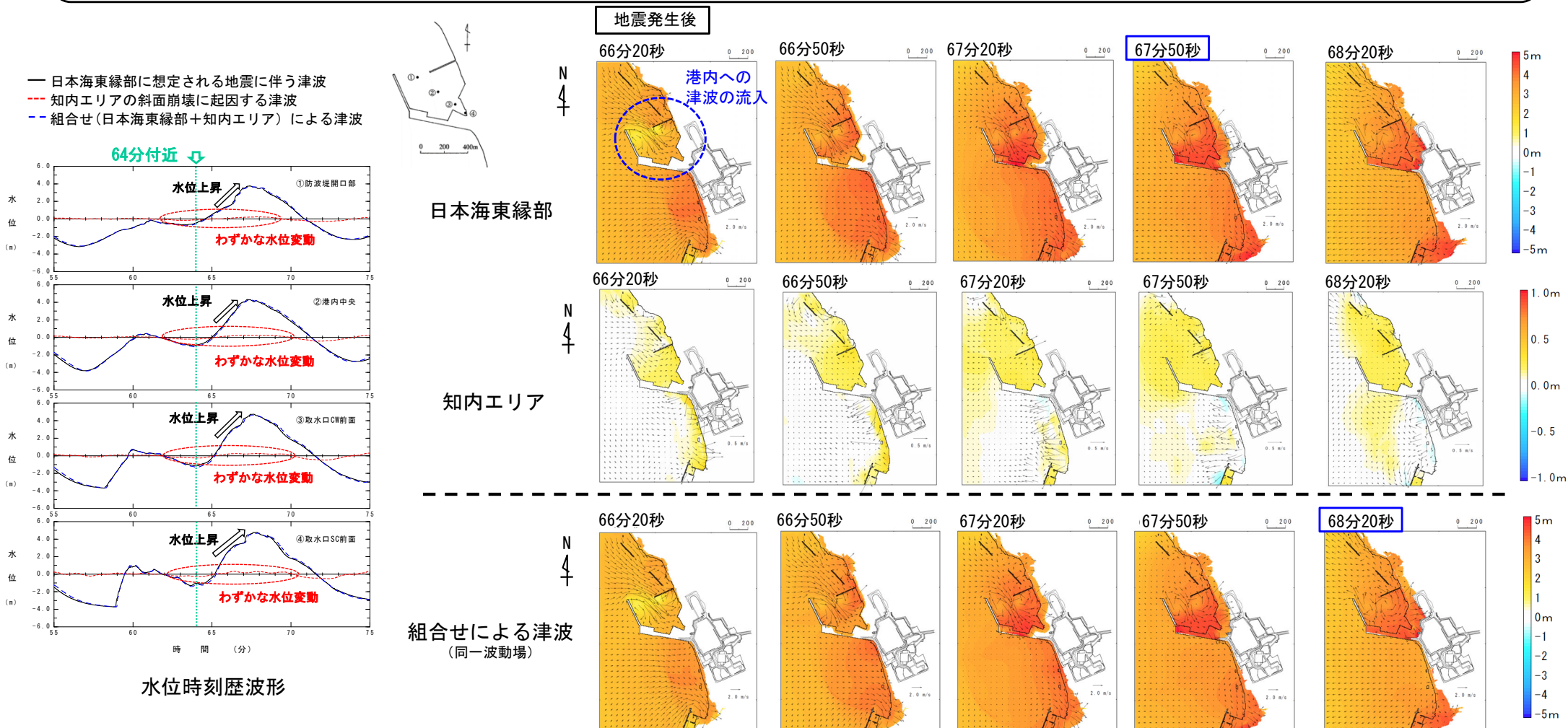


上昇側 (3 / 5)

港湾内における挙動：知内エリアの組合せ (1 / 2)

コメントNo.S5-62

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の水位上昇量が大きくなる。地震発生後68分前後の専用港の水位時刻歴波形及びスナップショットを示す。
- ✓ 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波は、64分付近から水位が上昇傾向で、港内へ津波が流入し、67分50秒付近で水位上昇量が最大となる。
- ✓ 知内エリアの斜面崩壊に起因する津波は、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波が上昇傾向となる64分付近以降もわずかな水位変動が認められる程度である。
- ✓ 組合せによる津波では、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に知内エリアの斜面崩壊に起因する津波が重なることで、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独より遅れた68分20秒付近で水位上昇量が最大となる。



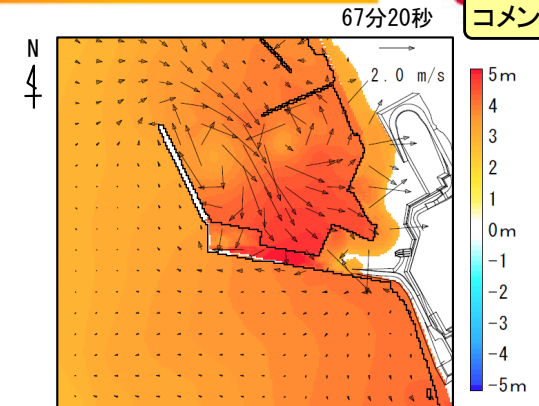
□ : 最大水位上昇量となる時間付近

上昇側 (4/5)

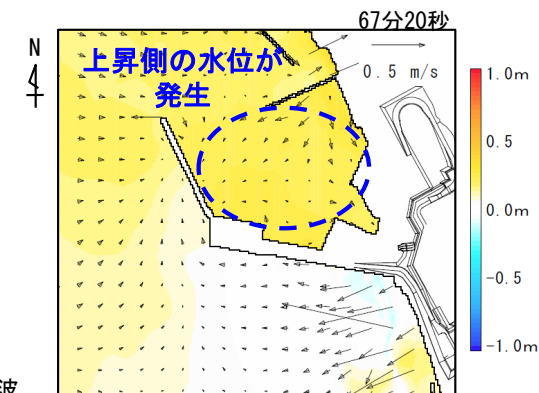
港湾内における挙動：知内エリアの組合せ (2/2)

コメントNo.S5-62

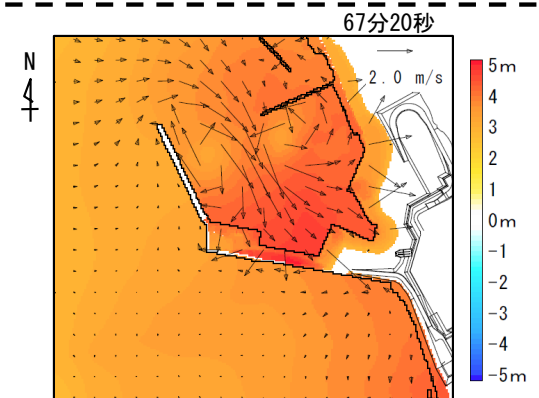
- 知内エリアの斜面崩壊に起因する津波では、地震発生後64分付近においては港内に下降側の水位が発生している。
- 組合せによる津波では、64分付近の知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の下降側の水位の影響を受け、最大水位上昇量となる68分付近まで、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独を下回る水位上昇量が発生している。
- 上記により、組合せによる津波の最大水位上昇量は、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独の水位上昇量を下回ると考えられる。
- なお、69分付近においては、組合せによる津波の水位上昇量は、知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の上昇側の水位の影響を受け、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独の水位上昇量を上回っている。



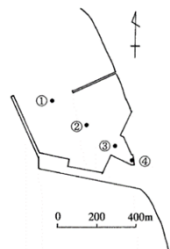
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の水位・流速ベクトル図



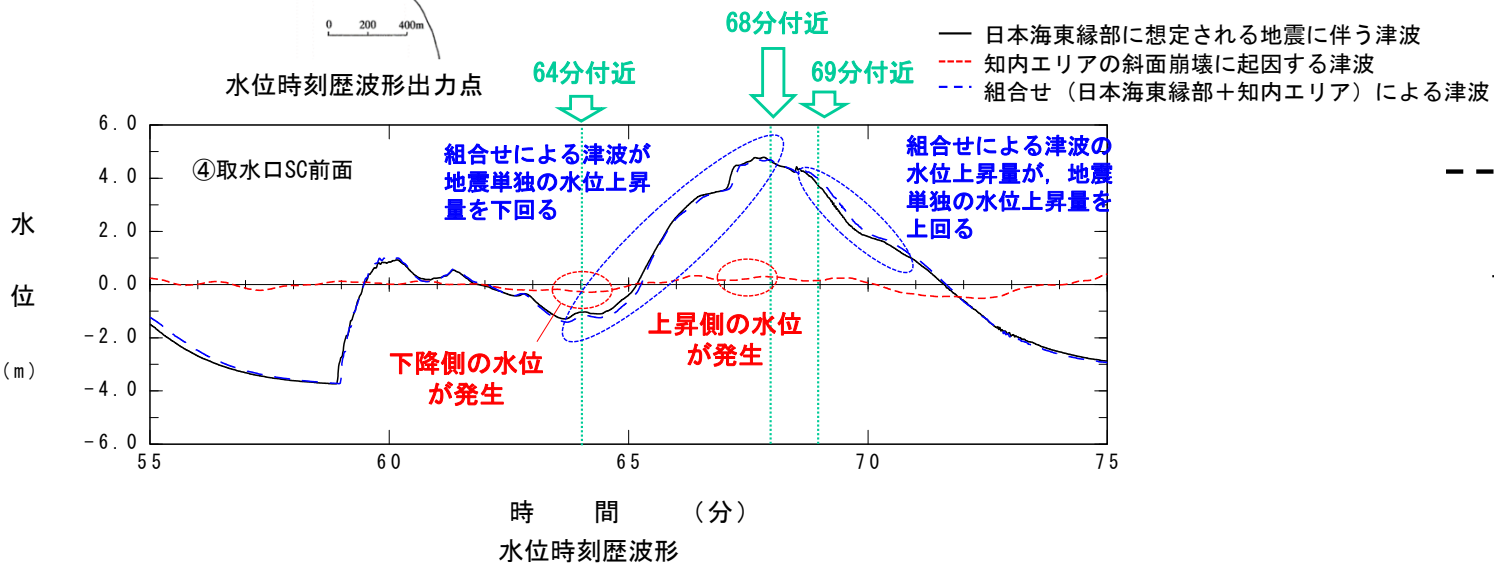
知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の水位・流速ベクトル図



組合せ(日本海東縁部+知内エリア)による津波の水位・流速ベクトル図



水位時刻歴波形出力点



水位時刻歴波形

水位 (m)

時間 (分)

④取水口SC前面

組合せによる津波が地震単独の水位上昇量を下回る

組合せによる津波の水位上昇量が、地震単独の水位上昇量を上回る

下降側の水位が発生

上昇側の水位が発生

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波は、64分付近から水位が上昇傾向で、港内へ津波が流入し、67分50秒付近で水位上昇量が最大となる。
- 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波で水位が上昇傾向になる地震発生後67分付近では、港内に津波が流入している。組合せによる津波では、67分から68分付近の佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の港内への流入の影響を受け、68分付近で日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独を上回る水位上昇量が発生している。
- 一方、知内エリアの斜面崩壊に起因する津波では、地震発生後64分付近においては港内に下降側の水位が発生している。組合せによる津波では、64分付近の知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の下降側の水位の影響を受け、最大水位上昇量となる68分付近まで、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独を下回る水位上昇量が発生している。
- 以上により、知内エリアの斜面崩壊に起因する津波を組み合わせた場合に、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波単独の水位上昇量を下回ると考えられる。

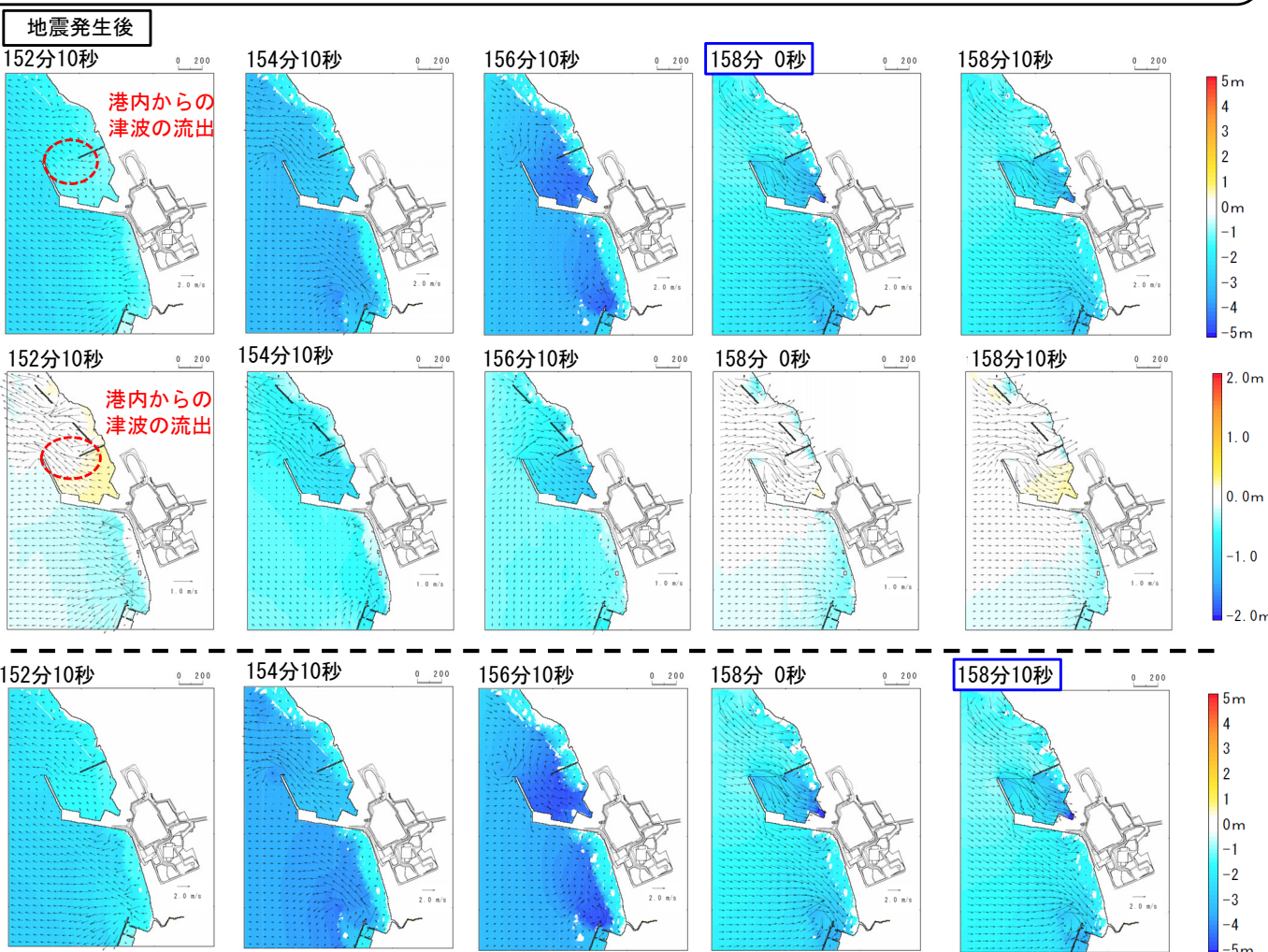
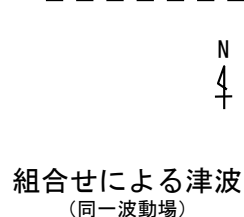
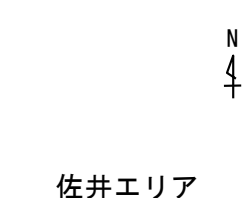
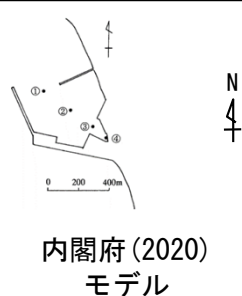
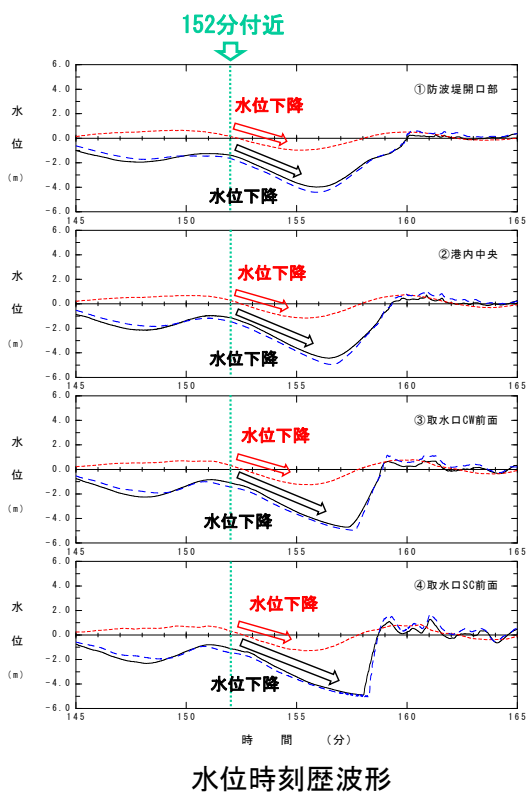
(余白)

下降側 (1 / 5)

港湾内における挙動：佐井エリアの組合せ (1 / 2)

- ・ 内閣府 (2020) モデルによる津波の水位下降量が大きくなる。地震発生後158分前後の専用港の水位時刻歴波形及びスナップショットを示す。
- ✓ 内閣府 (2020) モデルによる津波は、152分付近から水位が下降傾向で、港内から津波が流出し、158分0秒付近で水位下降量が最大となる。
- ✓ 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波は、内閣府 (2020) モデルによる津波と同じ152分付近で下降傾向で、港内から津波が流出する。
- ✓ 組合せによる津波では、内閣府 (2020) モデルによる津波に佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波が重なることで、内閣府 (2020) モデルによる津波単独より遅れた158分10秒付近で水位下降量が最大となる。

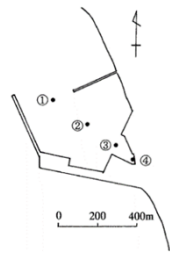
— 内閣府 (2020) モデルによる地震に伴う津波
 - - - 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波
 - - - 組合せ (内閣府 (2020) + 佐井エリア) による津波



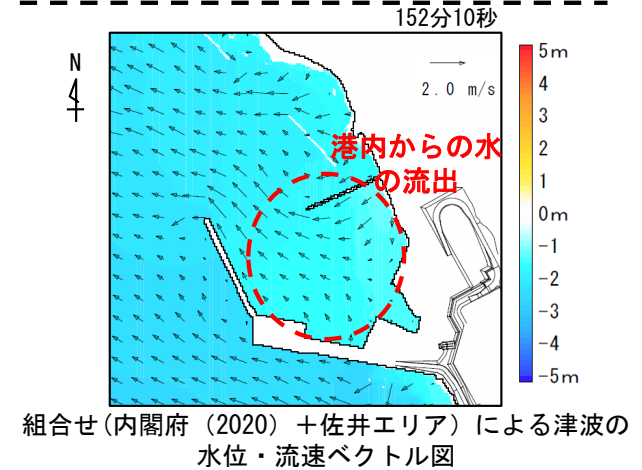
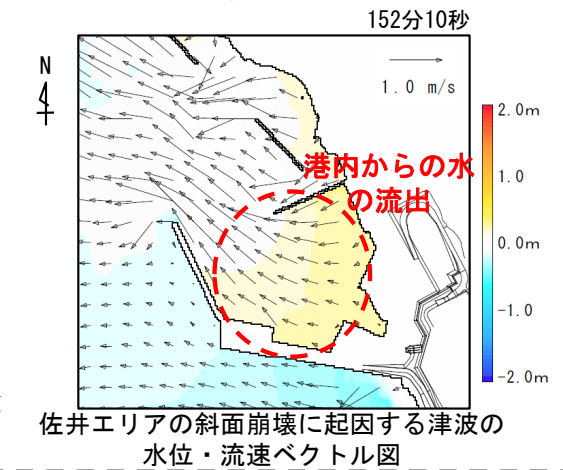
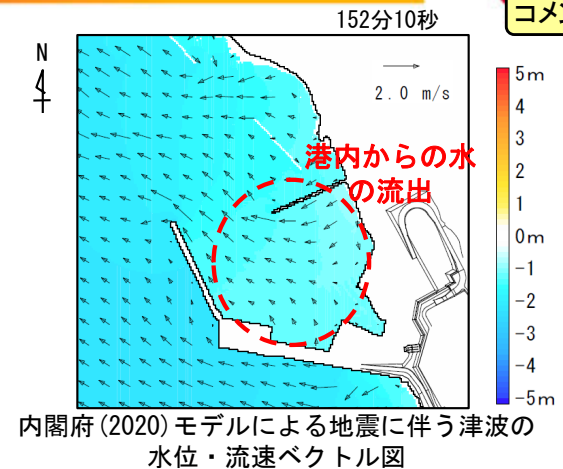
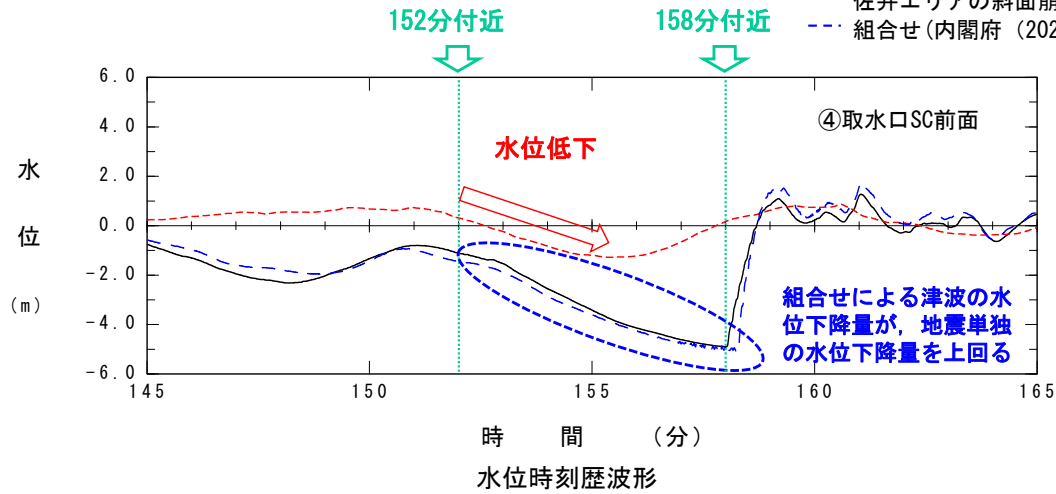
□ : 最大水位下降量となる時間付近

下降側 (2/5) 港湾内における挙動：佐井エリアの組合せ (2/2)

- 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波で水位が下降傾向になる地震発生後152分付近では、港内から港外に津波が流出している。
- 組合せによる津波では、152分付近からの佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の港外への流出の影響を受け、最大水位下降量となる158分付近まで、内閣府(2020)モデルによる地震による津波単独を上回る水位下降量が発生している。
- 上記により、組合せによる津波の最大水位下降量は、内閣府(2020)モデルによる津波単独の水位下降量を上回ると考えられる。



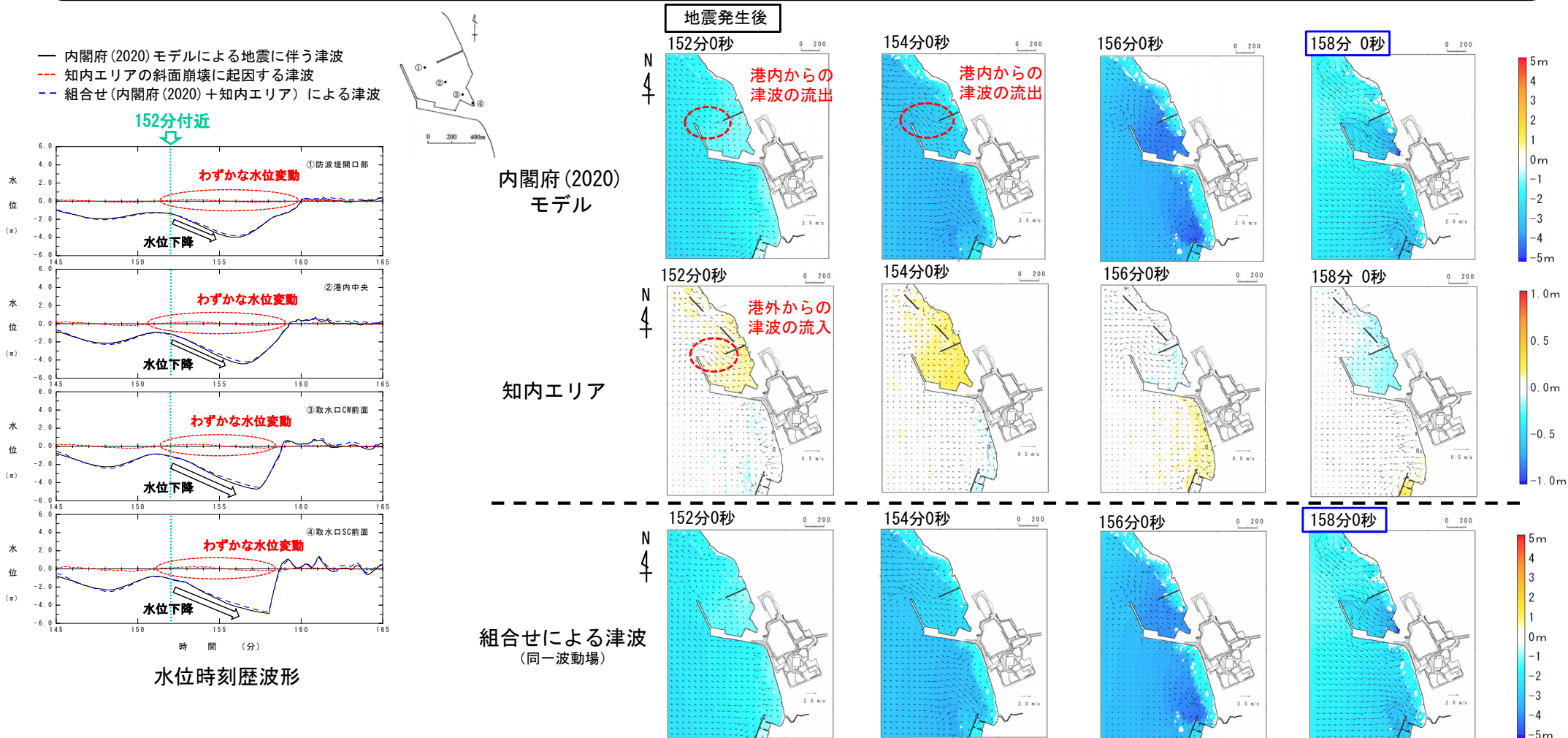
水位時刻歴波形出力点



下降側 (3/5)

港湾内における挙動：知内エリアの組合せ (1/2)

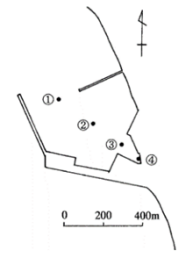
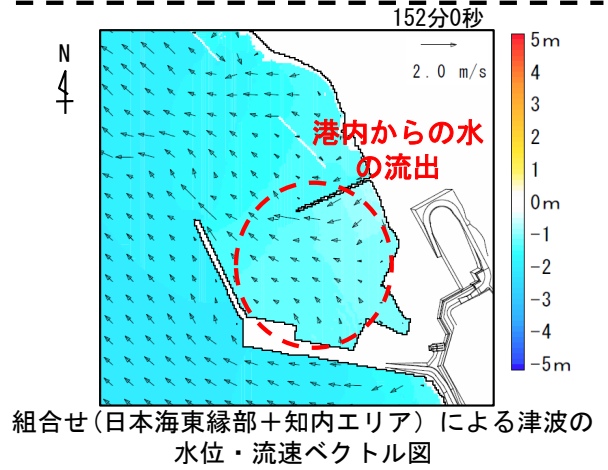
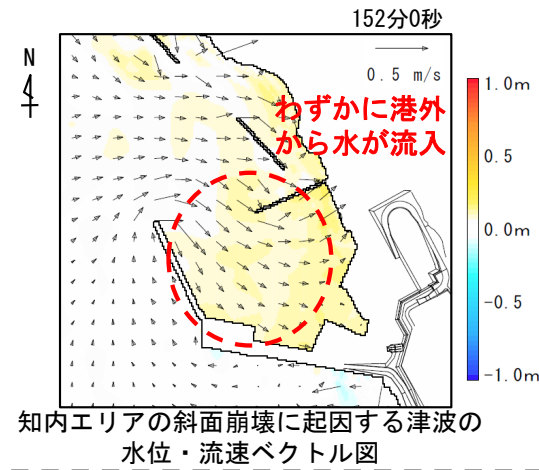
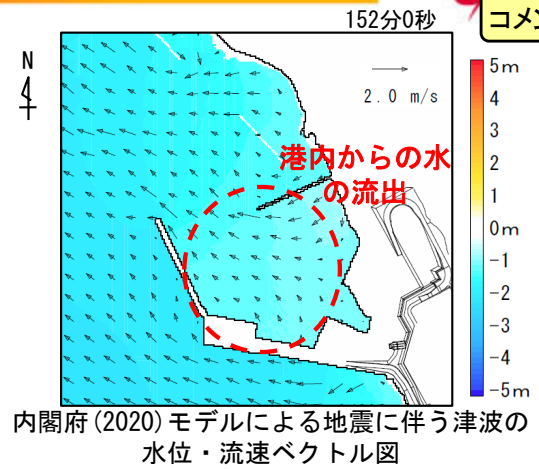
- 内閣府 (2020) モデルによる津波の水位下降量が大きくなる。地震発生後158分前後の専用港の水位時刻歴波形及びスナップショットを示す。
- ✓ 内閣府 (2020) モデルによる津波は、152分付近から水位が下降傾向で、港内から津波が流出し、158分0秒付近で水位下降量が最大となる。
- ✓ 知内エリアの斜面崩壊に起因する津波は、内閣府 (2020) モデルによる地震による津波が下降傾向となる152分付近以降もわずかな水位変動が認められる程度であり、港外から津波が流入している。
- ✓ 組合せによる津波では、内閣府 (2020) モデルによる津波の単独の津波挙動と明確な違いはなく、158分0秒付近で水位下降量が最大となる。



□ : 最大水位下降量となる時間付近

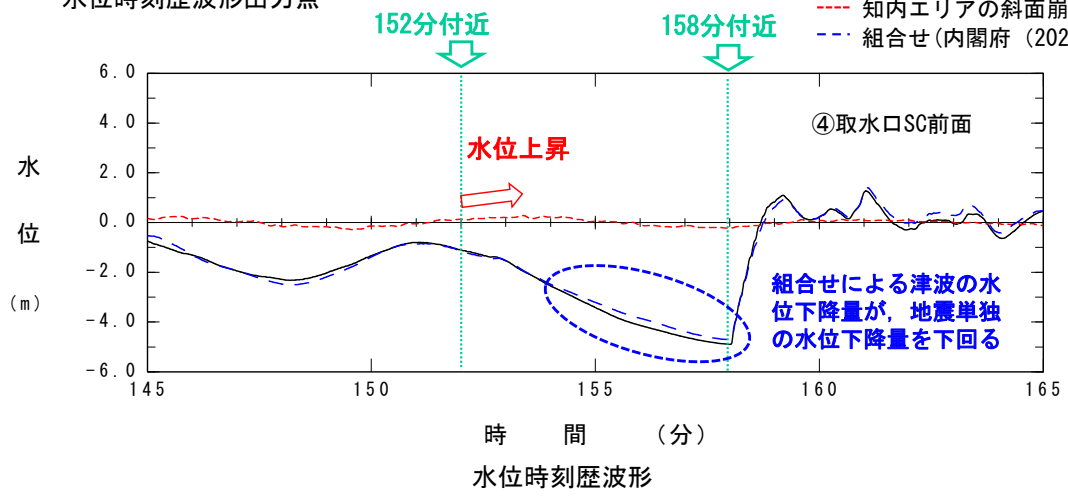
下降側 (4/5) 港湾内における挙動：知内エリアの組合せ (2/2)

- 知内エリアの斜面崩壊に起因する津波では、内閣府(2020)モデルによる地震による津波の水位が下降傾向である地震発生後152分付近では、わずかに水位上昇が生じており、港外から港内に津波が流入している。
- 組合せによる津波では、152分付近からの知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の港内への流入の影響を受け、最大水位下降量となる158分付近まで、内閣府(2020)モデルによる地震による津波単独を下回る水位下降量が発生している。
- 上記により、組合せによる津波の最大水位下降量は、内閣府(2020)モデルによる地震に伴う津波単独の水位下降量を下回ると考えられる。



水位時刻歴波形出力点

— 内閣府(2020)モデルによる地震に伴う津波
 - - - 知内エリアの斜面崩壊に起因する津波
 - . - . 組合せ(内閣府(2020)+知内エリア)による津波



- 内閣府(2020)モデルによる津波は、152分付近から水位が下降傾向で、港内から津波が流出し、158分0秒付近で水位下降量が最大となる。
- 佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波で水位が下降傾向になる地震発生後152分付近では、港内から港外に津波が流出している。組合せによる津波では、152分付近からの佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の港外への流出の影響を受け、最大水位下降量となる158分付近まで、内閣府(2020)モデルによる地震による津波単独を上回る水位下降量が発生している。
- 一方、知内エリアの斜面崩壊に起因する津波では、内閣府(2020)モデルによる地震による津波の水位が下降傾向である地震発生後152分付近では、わずかに水位上昇が生じており、港外から港内に津波が流入している。組合せによる津波では、152分付近からの知内エリアの斜面崩壊に起因する津波の港内への流入の影響を受け、最大水位下降量となる158分付近まで、内閣府(2020)モデルによる地震による津波単独を下回る水位下降量が発生している。
- 以上により、知内エリアの斜面崩壊に起因する津波を組み合わせた場合に、内閣府(2020)モデルによる津波単独の水位下降量を下回ると考えられる。

(余白)

目 次

- (補足1) 概略影響検討
 (補足2) 係る概略影響検討
 (補足3) 津波の影響検討
 (補足4) 津波の影響検討
 (補足5) 津波の影響検討

線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認

〔本編資料「5-2」, 「6-3」に関する補足説明〕

〔目的〕 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確認する。

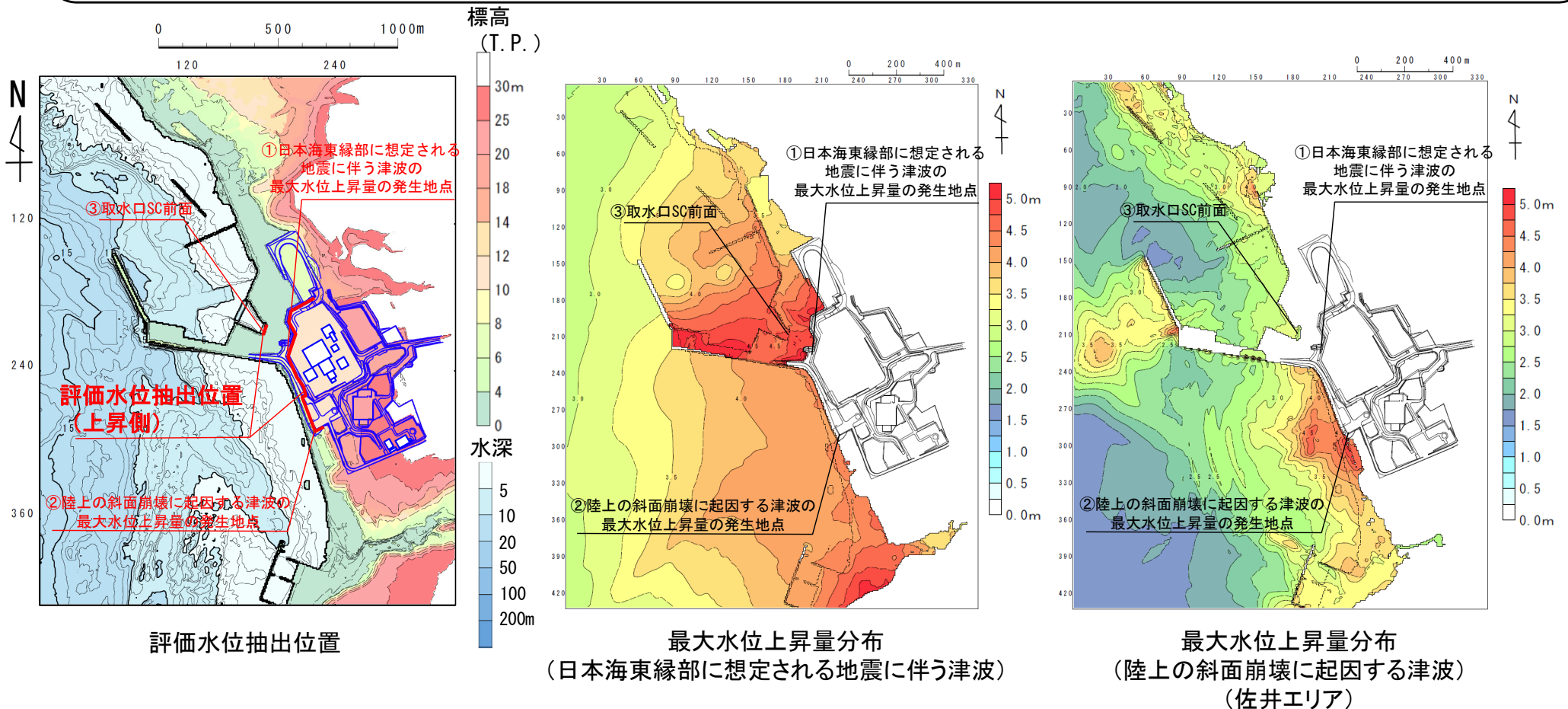
〔内容〕 組合せ対象として選定した佐井エリアの斜面崩壊を対象に, 評価水位抽出位置(上昇側)において津波が重なった場合に水位が高くなると考えられる複数の地点を抽出・選定し, 津波波形の線形足し合せを検討する。

さらに, 津波の組合せ候補の抽出地点の妥当性について, 概略影響検討における陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量分布から確認する。



検討方針

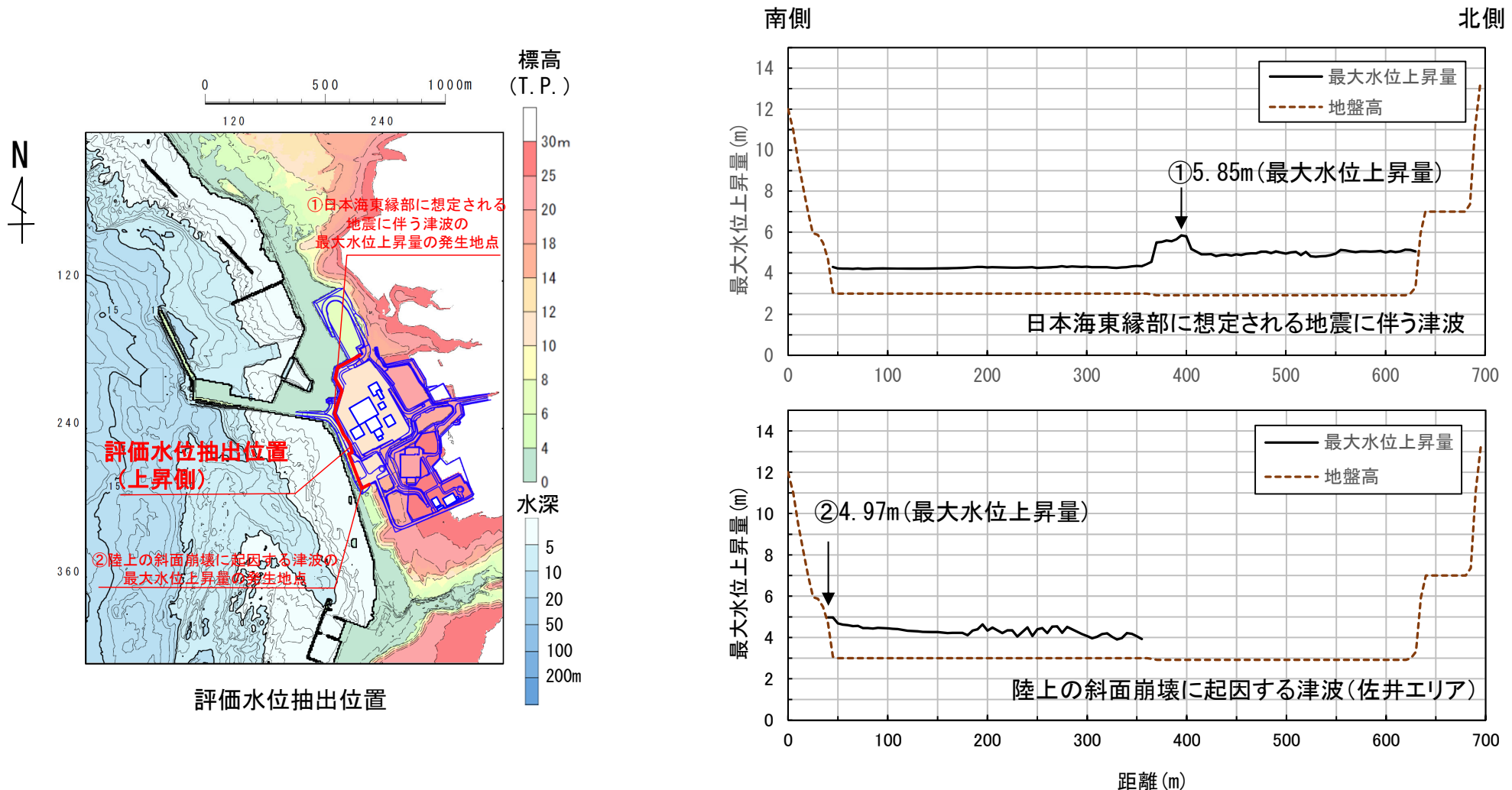
- 水位上昇側の線形足し合せ評価地点を取水口スクリーン室前面とすることの妥当性を示すために以下の検討を実施する。
- 敷地前面の評価水位抽出位置 (約T.P. + 3 m) における浸水深は比較的浅く、遡上する時間は短時間ではあるが、2つの津波が重なった場合に水位が高くなると考えられる地点を、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波及び陸上の斜面崩壊 (佐井エリア) に起因する津波の最大水位上昇量分布より抽出・選定し、以下の3点で比較する (下図, P.562参照)。
 - ① 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点
 - ② 陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点
 - 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

- 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。



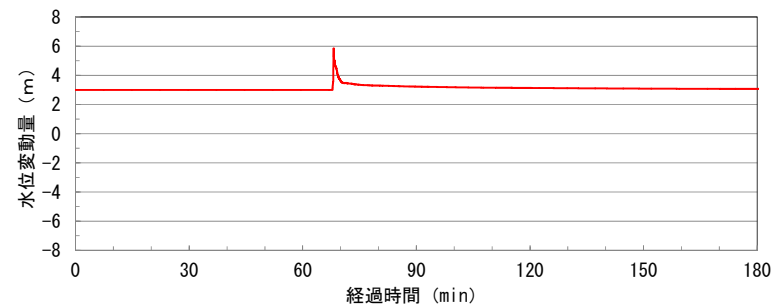
評価水位抽出位置(上昇側)における最大水位上昇量分布

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。

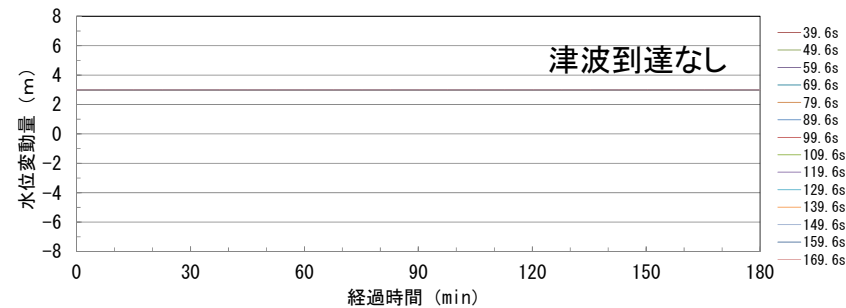


津波波形の線形足し合せ：①日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量の発生地点

- 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

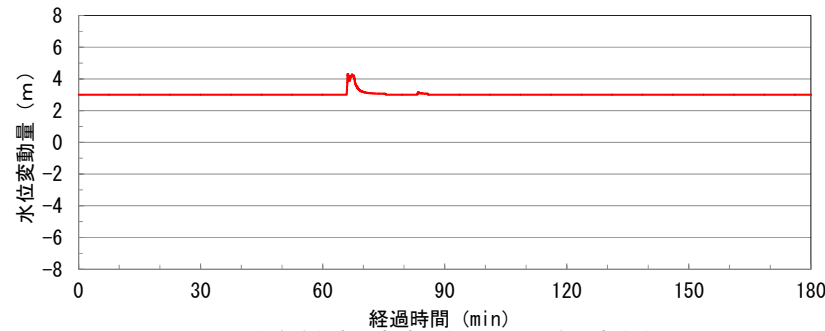


陸上の斜面崩壊に起因する津波波形を移動

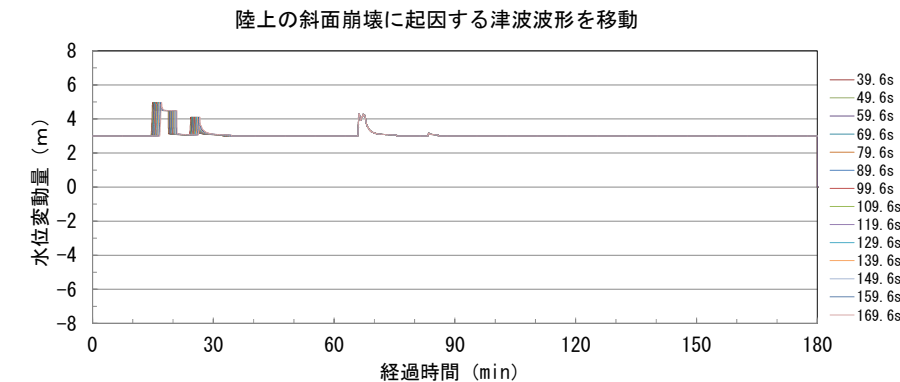
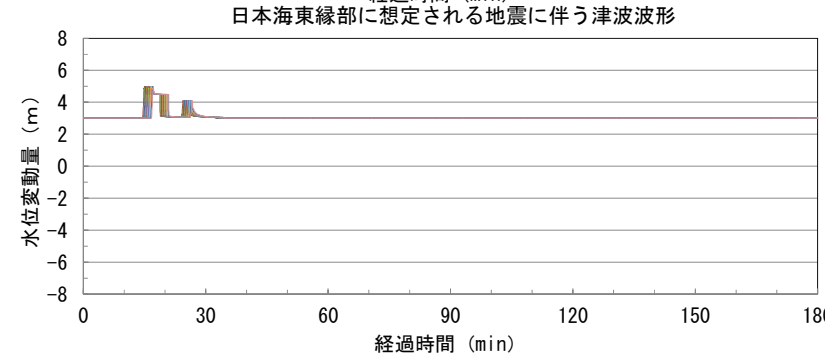


津波波形の線形足し合せ：②陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点

- 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

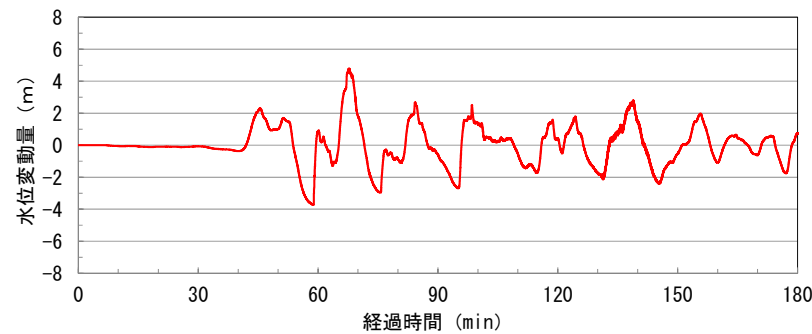


陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量の発生地点
線形足し合せ波形

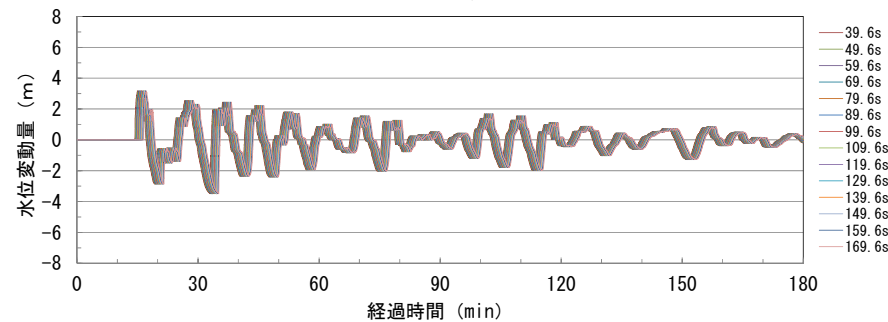


津波波形の線形足し合せ：③取水口スクリーン室前面

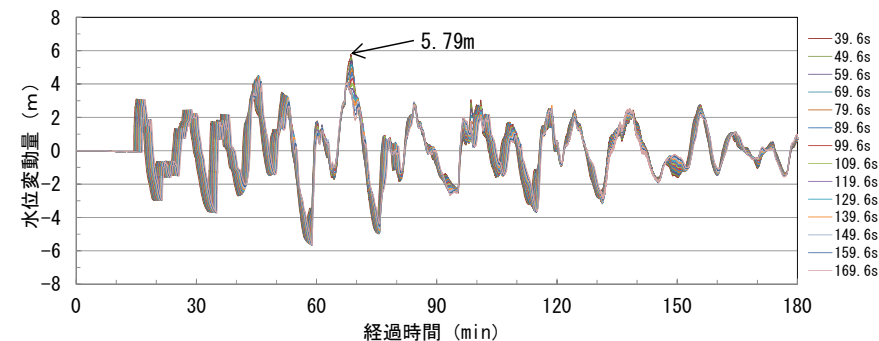
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波を対象に、 T_s ※1 (39.6s) 及び T_d ※2 (134.1s) を考慮の上、取水口スクリーン室前面における津波波形の線形足し合せを行った。
- その結果、線形足し合せによる最大水位上昇量は5.79mとなった。



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

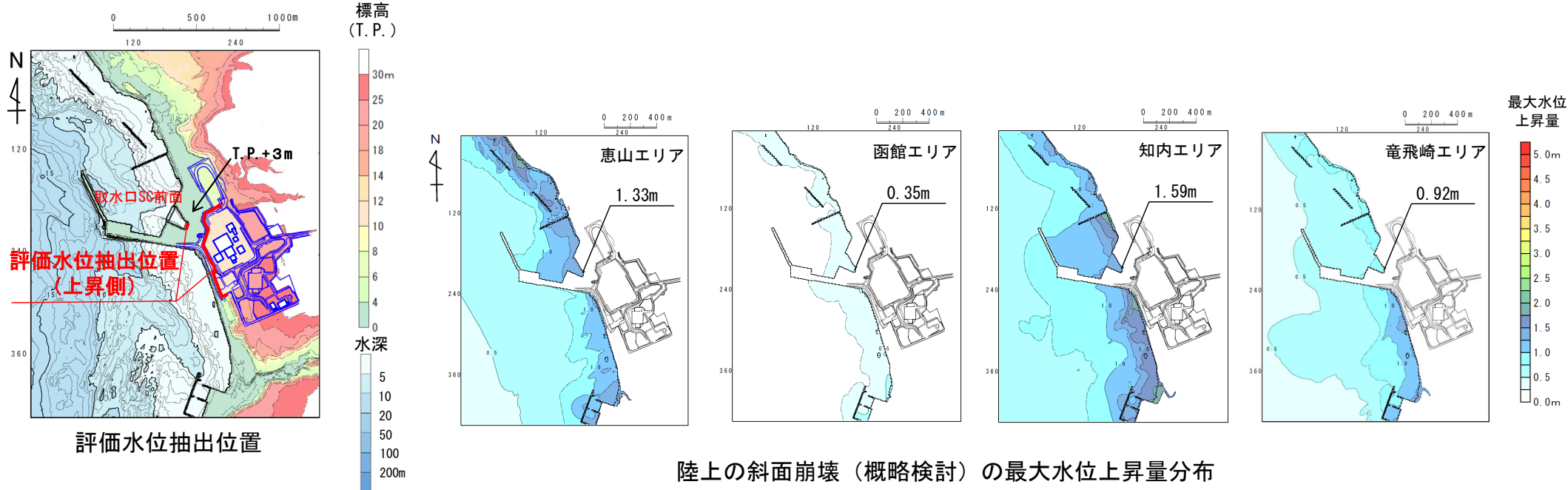
津波波形の線形足し合せ：まとめ

- 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。

(補足5) 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認 (7/7)

陸上の斜面崩壊における津波の組合せ候補の抽出地点の妥当性確認

- 佐井エリア以外の陸上の斜面崩壊に起因する津波について、概略影響検討による最大水位上昇量分布から、津波の組合せ候補の抽出地点の妥当性を確認する。
- 評価水位抽出位置（上昇側）は、T.P.+3mの敷地へ遡上する津波に対しては、耐震重要施設等が設置される敷地（T.P.+12m及びT.P.+25m以上）の安全性に影響を与える可能性のある津波水位を抽出するため、T.P.+12mの敷地の前面に位置を設定する。
- 一方、T.P.+3mの敷地へ遡上しない津波に対しては、取水口スクリーン室前面に位置を設定する（P.71参照）。
- 佐井エリア以外の陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量は3m以下であり、敷地に遡上しない。そのため、敷地前面の評価水位抽出位置（上昇側）で、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と、佐井エリア以外の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。
- よって、地震による津波と5エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波の組合せ候補の抽出は、取水口スクリーン室前面で検討を実施する（P.446参照）。



(余白)

【本編資料】

1. 既往津波等の検討(1/2)

- ・ 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013) : 日本被害地震総覧599-2012, 東京大学出版会, 694p.
- ・ 羽鳥徳太郎(1984) : 日本海の歴史津波, 月刊海洋科学, Vol. 16, pp. 538-545.
- ・ 国立天文台編(2013) : 理科年表 平成26年, 丸善, 1018p.
- ・ 渡辺偉夫(1998) : 日本被害津波総覧【第2版】, 東京大学出版会, 238p.
- ・ 羽鳥徳太郎(1994) : 1993年北海道南西沖地震津波の規模および波源域, 地震第2輯, 第47巻, pp. 1-9.
- ・ 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012) : 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ現地調査結果, 2012/12/29.
- ・ 羽鳥徳太郎(1975) : 三陸沖歴史津波の規模と推定波源域, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 50, pp. 397-414.
- ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について, 173p.
- ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017a) : 千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版), 130p.
- ・ 中央防災会議 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(2006) : 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報.
- ・ 平川一臣・中村有吾・西村裕一(2005) : 北海道太平洋沿岸の完新世巨大津波 -2003十勝沖地震津波との比較を含めて-, 月刊地球号外, No. 49, pp. 173-180.
- ・ 相田勇(1977) : 三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 52, pp. 71-101.
- ・ Abe, K. (1979) : Size of great earthquakes of 1837-1974 inferred from tsunami data, J. Geophys. Res., Vol. 84, No. B4, pp. 1561-1568.
- ・ 羽鳥徳太郎(2011) : 2010年チリ中部地震津波の規模と伝搬の様相, 津波工学研究報告, 第28号 5~10.
- ・ 今村文彦・高橋重雄・藤間功司・富田孝史・有川太郎(2010) : 2010年チリ地震津波の被害調査報告, 土木学会震災報告デジタルアーカイブ.
- ・ 都司嘉宣・大年邦雄・中野晋・西村裕一・藤間功司・今村文彦・柿沼太郎・中村有吾・今井健太郎・後藤和久・行谷佑一・鈴木進吾・城下英行・松崎義孝(2010) : 2010年チリ中部地震による日本での津波被害に関する広域現地調査, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 66, No. 1, pp. 1346-1350.
- ・ 谷川晃一朗・澤井祐紀・穴倉正展・藤原治・行谷佑一(2014) : 青森県三沢市で検出されたイベント堆積物, 第四紀研究, 53(1), pp. 55-62.
- ・ 東北電力株式会社(2014) : 原子炉設置変更許可申請書, 平成26年6月.
- ・ 北海道(2012) : 太平洋沿岸に係る津波浸水予測図作成業務 報告書, 北海道総務部危機対策局危機対策課, 57p.
- ・ 西村裕一・宮地直道(1998) : 北海道駒ヶ岳噴火津波(1640)の波高分布について, 火山, 第43巻, pp. 239-242.
- ・ 高清水康博・嵯峨山積・仁科健二・岡孝雄・中村有吾・西村裕一(2007) : 北海道胆振海岸東部から確認された17世紀の津波堆積物, 第四紀研究, 46(2), pp. 119-130.
- ・ 北海道(2013) : 日本海沿岸の津波浸水想定点検・見直し報告書, 北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討ワーキンググループ, 13p.
- ・ 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.
- ・ 佐藤裕・箕浦幸治(1987) : 津軽地方の歴史地震津波一湖沼底堆積物による歴史地震の研究一, 月刊地球, Vol. 9, pp. 225-228.
- ・ 箕浦幸治・中谷周(1990) : 津軽十三湖及び周辺湖沼の成り立ち, 地質学論集, 第36号, pp. 71-87.
- ・ 箕浦幸治(1990) : 東北日本における巨大津波の発生と周期, 歴史地震, 第6号, pp. 61-76.
- ・ 小岩直人・菊地恒佑・葛西未央(2013) : 青森県鰺ヶ沢町鳴沢川下流部に認められる歴史時代の津波堆積物, 日本第四紀学会講演要旨集, 43, pp. 14-15.
- ・ 熊谷秀平・梅田浩司・鎌滝孝信・小岩直人・藤田奈津子(2017) : 青森県鰺ヶ沢町にみられるイベント堆積物, 東北地域災害科学研究, 第53巻, pp. 7-13.
- ・ リサイクル燃料貯蔵株式会社(2014) : リサイクル燃料備蓄センター使用済み燃料貯蔵事業変更許可申請書, 平成26年1月.
- ・ Tanigawa, K., Y. Sawai, M. Shishikura, Y. Namegawa(2014) : Geological evidence for an unusually large tsunami on the Pacific coast of Aomori, Northern Japan, Journal of Quaternary Science, Vol. 29(2), pp. 200-208.
- ・ Kawakami, G., K. Nishina, Y. Kase, J. Tajika, K. Hayashi, W. Hirose, T. Sagayama, T. Watanabe, S. Ishimaru, K. Koshimizu, R. Takahashi, K. Hirakawa(2017) : Stratigraphic records of tsunamis along the Japan Sea, southwest Hokkaido, northern Japan, Island Arc 2017;26:e12197.

【本編資料】

1. 既往津波等の検討(2/2)

- ・ 加瀬善洋, 仁科健二, 川上源太郎, 林圭一, 清水康博, 廣瀬亘, 嵯峨山積, 高橋良, 渡邊達也, 輿水健一, 田近淳, 大津直, 卜部厚志, 岡崎紀俊, 深見浩司, 石丸聡 (2016) : 北海道南西部奥尻島で発見された津波堆積物, 地質学雑誌, 122, pp. 587-602.
- ・ 加瀬善洋, 卜部厚志, 川上源, 仁科健二, 小安 浩理 (2018) : 北海道檜山沿岸域における津波波源の活動履歴予察, 第125回 日本地質学会学術大会講演要旨.
- ・ 文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所 (2019) : 日本海地震・津波調査プロジェクト 平成30年度 成果報告書, pp. 95-112.
- ・ 北海道地質研究所(2015) : 北海道立総合研究機構 地質研究所 (2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴, 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究—未解明地域を中心に—」成果報告書, 218p.
- ・ 高橋潤, 平田一穂, 斉藤和秀 (2018) : 東通原子力発電所敷地周辺における津波堆積物の成因に関する考察, No. 394, 電力土木, 2018. 3, pp. 62-66.
- ・ 加瀬善洋, 川上源太郎, 小安浩理, 高橋良, 嵯峨山積, 仁科健二 (2021) : 北海道津軽海峡沿岸域で認められたイベント堆積物, 地質学雑誌, 第128巻, 第1号, pp. 7-26.
- ・ Daisuke Ishimura, Takashi Ishizawa, Masaki Yamada, Kaori Aoki and Kai Sato(2022) : Washoverdeposits related to tsunami and storm surge along the north coast of the Shimokita Peninsula in northern Japan, Progress in Earth and Planetary Science(2022)9:69, <https://doi.org/10.1186/s40645-022-00529-9>.
- ・ 青森県 (2015) : 第7回青森県海岸津波対策検討会資料.
- ・ 北海道 (2017) : 北海道日本海沿岸の津波浸水想定について, 北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討ワーキンググループ.
- ・ 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) .
- ・ 青森県 (2021) : 第9回青森県海岸津波対策検討会資料.

2. 数値シミュレーション

- ・ 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫(1998) : GISを利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, 土木学会, pp. 356-360.
- ・ Mansinha, L. and Smylie, D.E. (1971) : The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.61, No.5, pp.1433-1440.
- ・ 社団法人土木学会 原子力土木委員会 津波小委員会(2016) : 原子力発電所の津波評価技術 2016.
- ・ 日本水路協会 (2005) : 海底地形デジタルデータ (M7000シリーズ), M7004(鹿島灘), M7011(佐渡).
- ・ 日本水路協会 (2008) : 海底地形デジタルデータ (M7000シリーズ), M7007(釧路沖), M7009(北海道西部), M7010(秋田沖), M7012(若狭湾), M7013(隠岐).
- ・ 日本水路協会 (2009) : 海底地形デジタルデータ (M7000シリーズ), M7005 (三陸沖), M7006 (津軽海峡東部) .
- ・ 日本水路協会 (2003) : 日本近海30秒グリッド水深データ (JTOP030), M1406, M1407, M1408.
- ・ National Oceanic and Atmospheric Administration (2010) : Global Relief Model (ETOPO1).
- ・ 国土地理院 (2001) : 数値地図50mメッシュ (標高) 日本-I.
- ・ Kawamata, 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.
- ・ Satake, K. (2007) : Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, Earth Planets Space, Vol59, pp. 381-390.
- ・ 相田勇 (1977) : 三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 52, pp. 71-101.
- ・ 高橋武之・高橋智幸・今村文彦・首藤伸夫(1995) : 北海道南西沖地震津波の波源の再検討, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要 (平成6年度), pp. 180-181.
- ・ 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会 (2002) : 原子力発電所の津波評価技術, 321p.
- ・ Kanamori, H. and Cipar, J.J. (1974) : Focal process of the great Chilean earthquake May 22, 1960, Phys. Earth Planet. Interiors, Vol.9, pp. 128-136.

【本編資料】

3. 地震による津波(1/5)

- ・ 大竹政和・平朝彦・太田洋子編(2002) : 日本海東縁部の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会, 201p.
- ・ 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.
- ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2003) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について, 62p.
- ・ 岡村行信(2019) : 日本海における活断層の分布と今後の課題, 地震第2輯, 第71巻, pp.185-199.
- ・ 岡村行信・宮下由香里・内出崇彦(2019) : 令和元年(2019年)6月18日山形県沖の地震と日本海東縁ひずみ集中帯, GSJ地質ニュース, Vol.8, No.8(2019年8月), pp.199-203.
- ・ 小平秀一(2013) : 2-2 マルチチャンネル等による海域地殻構造調査, ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究統括成果報告書, 独立行政法人防災科学技術研究所, pp.65-72.
- ・ 根本信, 高瀬嗣郎, 長谷部大輔, 横田崇(2009) : 日本海におけるアスペリティを考慮した津波波源モデルの検討, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. B2-65, No1, 2009, 346-350.
- ・ 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2011) : 確率論的津波ハザード解析の方法.
- ・ 海野徳仁, 長谷川昭, 小原一成, 松沢暢, 清水洋, 高木章雄, 田中和夫, 小菅正裕(1985) : 1983年日本海中部地震の前震と余震の震源分布, 地震第2輯, 第38巻399-410項.
- ・ 日野亮太, 金沢敏彦, 末広潔, 佐藤利典, 島村英紀(1994) : 海底地震計郡列による1993年北海道南西沖地震の余震分布, 月刊 海洋, 号外No.7.
- ・ 岡村行信, 倉本真一, 佐藤幹夫(1998) : 日本海東縁海域の活構造およびその地震との関係, 地質調査所月報, 第49巻 第1号, pp.1-18.
- ・ 岡村行信, 倉本真一(1999) : 日本海東縁～北海道西方海域のネオテクトニクス, 地質ニュース, 541号, 32-39項.
- ・ Tamao Sato, Masahiro Kosuga, Kazuo Tanaka, and Hiroshi Sato (1986) : AFTERSHOCK DISTRIBUTION OF THE 1983 NIHONKAICHUBU (JAPAN SEA) EARTHQUAKE DETERMINED FROM RELOCATED HYPOCENTERS, J. Phys. Earth, 34, pp203-223.
- ・ 海上保安庁水路部(2001) : 日本海東縁部の海底地形と活構造, 地震予知連絡会会報, 66, pp.100-104.
- ・ Tetsuo No, Takeshi Sato, Shuichi Kodaira, Tatsuya Ishiyama, Hiroshi Sato, Narumi Takahashi, Yoshiyuki Kaneda (2014) : The source fault of the 1983 Nihonkai-Cubu earthquake revealed by seismic imaging, Earth and Planetary Science Letters, 400(2014), PP.14-25.
- ・ 内田淳一・岩淵洋子・杉野英治(2019) : 日本海東縁部における広域的地殻構造境界の津波波源の設定ー認識論的不確実さ要因の一つとしてー, 日本地震工学会論文集, 第19巻, 第4号, 2019, pp.122-155.
- ・ 社団法人土木学会 原子力土木委員会 津波小委員会(2016) : 原子力発電所の津波評価技術 2016.
- ・ Murotani, S., Matsushima, S., Azuma, T., Irikura, K. and Kitagawa, S. (2015) : Scaling Relations of Source Parameters of Earthquakes Occurring on Inland Crustal Mega-Fault Systems, Pure and Applied Geophysics, Vol.172, pp.1371-1381.
- ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2016) : 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」).
- ・ Paul Somerville, Kojiro Irikura, Robert Graves, Sumio Sawada, David Wald, Norman Abrahamson, Yoshinori Iwasaki, Takao Kagawa, Nancy Smith, Akira Kowada (1999) : Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground Motion, Seismological Research Letters, Volume70, Number1, January/February 1999, pp.59-80.
- ・ 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001) : シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110, pp.849-875.
- ・ 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・Modesto Ortiz(1994) : 津波を説明するための北海道南西沖地震断層モデル, 海岸工学講演会論文集, 第41巻, pp.251-255.
- ・ 高橋武之・高橋智幸・今村文彦・首藤伸夫(1995) : 北海道南西沖地震津波の波源の再検討, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要(平成6年度), pp.180-181.
- ・ Anne Van Horne, Hiroshi Sato, Tatsuya Ishiyama (2017) : Evolution of the Sea of Japan back-arc and some unsolved issues, Tectonophysics 710-711 (2017), pp.6-20.

【本編資料】

3. 地震による津波(2/5)

- Takeshi Sato, Narumi Takahashi, Seiichi Miura, and Gou Fujie, Dong-Hyo Kang, Shuichi Kodaira and Yoshiyuki Kaneda (2006) : Last stage of the Japan Sea back-arc opening deduced from the seismic velocity structure using wide-angle data, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, Volume 7, Number 6, 15p.
- Thomas M. Brocher (2005) : Empirical Relations between Elastic Wavespeeds and Density in the Earth's Crust, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 95, No. 6, pp. 2081-2092.
- 相田勇 (1984) : 1983年日本海中部地震津波の波源数値モデル, 東京大学地震研究所彙報, 第59冊第1号, pp. 93-104.
- 首藤伸夫 (1996) : 北海道南西沖地震による津波とその防災手法に関する研究, 平成6, 7年度科学研究費補助金(総合研究A)研究成果報告書.
- 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会 (2002) : 原子力発電所の津波評価技術, 321p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2019) : 日本海溝沿いの地震活動の長期評価, 144p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2017a) : 千島海溝沿いの地震活動の長期評価 (第三版), 130p.
- 内閣府 (2012) : 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 南海トラフの巨大地震モデル検討会, 100p.
- 杉野英治, 岩淵洋子, 橋本紀彦, 松末和之, 蛭澤勝三, 亀田弘行, 今村文彦 (2014) : プレート間地震による津波の特性化波源モデルの提案, 日本地震工学会論文集, 第14巻, 第5号.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2012) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価 (第二版) について, 173p.
- 中央防災会議 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会 (2006) : 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報.
- Yoshiko Yamanaka and Masayuki Kikuchi (2004) : Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 109, B07307, doi:10.1029/2003JB002683.
- 永井理子, 菊地正幸, 山中佳子 (2001) : 三陸沖における再来大地震の震源過程の比較研究—1968年十勝沖地震と1994年三陸はるか沖地震の比較—, 地震第2輯, 第54巻, 267-280項.
- R. McCaffrey (2008) : Global Frequency of Magnitude 9 Earthquakes, *The Geological Society of America*.
- Jeremy E. Kozdon and Eric M. Dunham (2013) : Rupture to the Trench: Dynamic Rupture Simulations of the 11 March 2011 Tohoku Earthquake, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.103, No. 2B, pp. 1275-1289, doi: 10.1785/0120120136.
- Tetsuro Tsuru, Jin-Oh Park, Seiichi Miura, Shuichi Kodaira, Yukari Kido, Tsutomu Hayashi (2002) : Along-arc structural variation of the plate boundary at the Japan Trench margin: Implication of interplate coupling, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 107, NO. B12, 2357, doi:10.1029/2001JB001664.
- 東北大学理学研究科 (2012) : 千島海溝沿い小繰り返し地震の解析結果について, 地震予知連絡会会報, 第88巻, 12-3.
- 国土地理院 (2012) : 千島海溝沿いの滑り欠損速度分布について, 国土地理院2012地震予知.
- 中央防災会議 (2005) : 強震動及び津波高さの推計について, 中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」第10回.
- 文部科学省 (2013) : 北海道周辺の超巨大地震の発生サイクル及び震源過程の解明・プレート運動の解明による衝突帯モデルの構築, 文部科学省2013_h25年度成果報告.
- Christopher H. Scholz and Jaime Campos (2012) : The seismic coupling of subduction zones revisited, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 117, B05310, doi:10.1029/2011JB009003, 2012.
- Tetsuzo Seno (2014) : Stress drop as a criterion to differentiate subduction zones where Mw 9 earthquakes can occur, *Tectonophysics*, 621 (2014) 198-210.
- 伊藤谷生 (2000) : 日高衝突帯—前縁褶曲・衝上断層帯の地殻構造, 石油技術協会誌, 第65巻, 第1号, pp. 103-109.

【本編資料】

3. 地震による津波(3/5)

- ・ 木村学 (2002) : プレート収束帯のテクトニクス学, 東京大学出版会.
- ・ Xin Liu, Dapeng Zhao and Sanzhong Li (2013) : Seismic heterogeneity and anisotropy of the southern Kuril arc: insight into megathrust earthquakes, *Geophysical Journal International*, doi:10.1093/gji/ggt150.
- ・ 日野亮太, 松澤暢, 中島淳一, 伊藤喜宏 (2008) : プレート境界及びその周辺域の3次元地殻不均質構造の推定, h19年度成果報告_地殻不均質構造.
- ・ Junzo Kasahara, Toshinori Sato, Kimihiro Mochizuki and Kazuo Kobayashi (1997) : Paleotectonic structures and their influence on recent seismotectonics in the south Kuril subduction zone, *The Island Arc*, (1997) 6, 267-280.
- ・ Dan Bassett and Anthony B. Watts (2015) : Gravity anomalies, crustal structure, and seismicity at subduction zones: 2. Interrelationships between fore-arc structure and seismogenic behavior, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16, 1541-1576, doi:10.1002/2014GC005685.
- ・ Charles Demets (1992) : Oblique Convergence and Deformation Along the Kuril and Japan Trenches, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, Vol. 97, No. B12, Pages 17, 615-17, 625.
- ・ 地学団体研究会編 (2000) : 新版地学事典, 701p.
- ・ 杉野英治, 呉長江, 是永真理子, 根本信, 岩渕洋子, 蛭沢勝三 (2013) : 原子力サイトにおける2011 東北地震津波の検証, *日本地震工学会論文集*, 第13巻, 第2号 (特集号) .
- ・ Kenji Satake, Yushiro Fujii, Tomoya Harada, and Yuichi Namegaya (2013) : Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 103, No. 2B, pp. 1473-1492, May 2013, doi: 10.1785/0120120122.
- ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) : 千島海溝沿いの地震活動の長期評価 (第二版), 81p.
- ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2017b) : 波源断層を特性化した津波の予測手法 (津波レシピ), 33p.
- ・ 佐竹健治 (2017) : 17 世紀に千島・日本海溝で発生した巨大地震, *地震研究所彙報*, Vol. 92, pp. 31-47.
- ・ Ioki, K. and Y. Tanioka, Y (2016) : Re-estimated fault model of the 17th century great earthquake off Hokkaido using tsunami deposit data, *Earth and Planetary Science Letters*, 433, 133-138.
- ・ 高清水康博 (2013) : 北海道の津波堆積物研究の現状と課題 : 17 世紀巨大津波による堆積物の研究を中心に, *地質学雑誌*, 119(9) , pp. 599-612.
- ・ 高橋潤, 平田一穂, 斉藤和秀 (2018) : 東通原子力発電所敷地周辺における津波堆積物の成因に関する考察, No. 394, *電力土木*, 2018. 3, pp. 62-66.
- ・ 東北電力株式会社 (2014) : 原子炉設置変更許可申請書, 平成26年 6 月.
- ・ Ryosuke Azuma, Yoshio Murai, Kei Katsumata, Yuichi Nishimura, Takuji Yamada, Kimihiro Mochizuki, Masanao Shinohara (2012) : Was the 1952 Tokachi-oki earthquake ($M_w = 8.1$) a typical underthrust earthquake?: Plate interface reflectivity measurement by an air gun-ocean bottom seismometer experiment in the Kuril Trench, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13(8), Q08015, doi:10.1029/2012GC004135.
- ・ 東龍介 (2012) : 北海道太平洋沖海底構造調査結果及び海底地震観測レビュー, *地震予知連絡会会報*, 第88巻, 12-7.
- ・ Satoshi Ide, Annemarie Baltay, Gregory C. Beroza (2011) : Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw9.0 Tohoku-Oki Earthquake, *Science*, vol. 332, 1426, DOI:10.1126/science.1207020.
- ・ Xin Liu and Dapeng Zhao (2018) : Upper and lower plate controls on the great 2011 Tohoku-oki earthquake, *SCIENCE ADVANCES*, Vol. 4, No. 6, pp. 1-7.
- ・ Kelin Wang and Susan L. Bilek (2014) : Invited review paper: Fault creep caused by subduction of rough seafloor relief, *Tectonophysics*, 610, 1-24.
- ・ T. Nishikawa, T. Matsuzawa, K. Ohta, N. Uchida, T. Nishimura, S. Ide (2019) : The slow earthquake spectrum in the Japan Trench illuminated by the S-net seafloor observatories, *Science* 23 Aug 2019:, Vol. 365, Issue 6455, pp. 808-813.

【本編資料】

3. 地震による津波(4/5)

- Thorne Lay, Hiroo Kanamori, Charles J. Ammon, Keith D. Koper, Alexander R. Hutko, Lingling Ye, Han Yue, Teresa M. Rushing (2012) : Depthvarying rupture properties of subduction zone megathrust faults, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, B04311, doi:10.1029/2011JB009133.
- TOSHITSUGU YAMAZAKI and YUKINOBU OKAMURA (1989) : Subducting seamounts and deformation of overriding forearc wedges around Japan, Tectonophysics, 160, 207-229.
- 木戸ゆかり・小角幸代・仲西理子・鶴哲郎・金田義行 (2002) : 日本海溝と千島海溝の接合点付近に沈み込む海山の地球物理学的特徴—地磁気およびアドミッタンス関数を用いた重力解析—, 情報地質, 第13巻, 第3号, pp.141-151.
- S. Dominguez, S.E. Lallemand, J. Malavieille and R. vonHueneb (1998) : Upper plate deformation associated with seamount subduction, Tectonophysics, 293, 207-224.
- Azusa Nishizawa, Kentaro Kaneda, Naoko Watanabe, and Mitsuhiro Oikawa (2009) : Seismic structure of the subducting seamounts on the trench axis: Erimo Seamount and Daiichi-Kashima Seamount, northern and southern ends of the Japan Trench, Earth Planets Space, 61, e5-e8.
- Sachiko Tanaka, Takanori Matsuzawa, and Youichi Asano (2019) : Shallow Low-Frequency Tremor in the Northern Japan Trench Subduction Zone, Geophysical Research Letters, Vol. 46, Issue. 10, pp. 5217-5224.
- Satoko Murotani, Kenji Satake, and Yushiro Fujii (2013) : Scaling relations of seismic moment, rupture area, average slip, and asperity size for $M \sim 9$ subduction-zone earthquakes, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 40, 1-5, doi:10.1002/grl.50976.
- A. A. Skarlatoudis, P. G. Somerville, and H. K. Thio (2016) : Source-Scaling Relations of Interface Subduction Earthquakes for Strong Ground Motion and Tsunami Simulation, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 106, No. 4, pp. 1652-1662, August 2016, doi:10.1785/0120150320.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2014) : 全国地震動予測地図2014年版～全国の地震動ハザードを概観して～付録-1.
- Yushiro Fujii and Kenji Satake (2007) : Tsunami Source of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake Inferred from Tide Gauge and Satellite Data, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97, No. 1A, pp. S192-S207.
- 港湾空港技術研究所 (2011) : 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波のGPS波浪計による観測結果について, プレスリリース, <https://www.pari.go.jp/info/tohoku-eq/20110328pari.html>.
- 内閣府 (2020a) : 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).
- 内閣府 (2020b) : G空間情報センターHP, 内閣府日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会/津波断層モデル(3)津波断層パラメータ(最終更新2020年12月16日), <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/2-003>.
- Yushiro Fujii and Kenji Satake (2013) : Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data, Pure Appl. Geophys. 170, pp. 1493-1509.
- Jean M. Johnson, Kenji Satake, Sanford R Holdahl, Jeanne Sauber (1996) : The 1964 Prince William Sound earthquake: Joint inversion of tsunami and geodetic data, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 101, NO. B1, pp. 523-532.
- JEAN M. JOHNSON, YUICHIRO TANIOKA, LARRY J. RUFF, KENJI SATAKE, HIROO KANAMORI and LYNN R. SYKES, The 1957 Great Aleutian Earthquake, PAGEOPH, Vol. 142, No. 1 (1994), pp. 1-28.
- Jean M. Johnson and Kenji Satake (1999) : Asperity Distribution of the 1952 Great Kamchatka Earthquake and its Relation to Future Earthquake Potential in Kamchatka, Pure and applied Geophysics, pp. 541-553.
- Satoko Murotani, Hiroe Miyake, and Kazuki Koketsu (2008) : Scaling of characterized slip models for plate-boundary earthquakes, Earth Planets Space, 60, 987-991.

【本編資料】

3. 地震による津波(5/5)

- Thorne Lay, Charles J. Ammon, Hiroo Kanamori, Marina J. Kim, and Lian Xue(2011) : Outer trench-slope faulting and the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, 63, 713-718.
- José A. Álvarez-Gómez, Omar Q. Gutiérrez Gutiérrez, Íñigo Aniel-Quiroga, M. González(2012) : Tsunamigenic potential of outer-rise normal faults at the Middle America trench in Central America, *Tectonophysics*, 574-575 (2012) 133-143.
- F Romano, S Lorito, and A Piatanesi (2020) : Fifteen Years of (Major to Great) Tsunamigenic Earthquakes, *Earth Systems and Environmental Sciences*, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11767-1>, pp.1-13.
- 相田勇 (1977) : 三陸沖の古い津波のシミュレーション, *東京大学地震研究所彙報*, Vol. 52, pp. 71-101.
- Kuniaki ABE (1978) : A dislocation model of the 1933 Sanriku earthquake consistent with the tsunami waves, *J. Phys. Earth*, 26, pp. 381-396.
- Hiroo Kanamori (1971) : Seismological evidence for a lithospheric normal faulting the sanriku earthquake of 1933, *Earth planet, interiors* 4, pp. 289-300.
- 佐藤編 (1989) : 日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会, 390P.
- Yushiro Fujii and Kenji Satake (2008) : Tsunami Sources of the November 2006 and January 2007 Great Kuril Earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 98, No. 3, pp. 1559-1571, June 2008, doi: 10.1785/0120070221.
- 郷右近英臣, 越村俊一, 今井健太郎 (2011) : 2009年米領サモア地震・津波の発生メカニズムの検討, *土木学会論文集B2 (海岸工学)*, Vol. 67, No. 2, 2011, pp. I_211-I_215.
- 中西正男 (2017) : 北西太平洋の海溝付近における海洋プレート屈曲によって生じる断層地形, *地学雑誌*, 126 (2), pp. 125-146, doi:10.5026/jgeography.126.125.
- Tetsuro Tsuru and Jin-Oh Park (2000) : Tectonic features of the Japan Trench convergent margin off Sanriku, northeastern Japan, revealed by multichannel seismic reflection data, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 105, NO. B7, PAGES 16, pp. 403-16, 413, JULY 10.
- 佐竹健治 (2013) : 第197回地震予知連絡会重点検討課題「世界の巨大地震・津波」概要, pp. 414-416.
- 羽鳥徳太郎 (2011) : 2010年チリ中部地震津波の規模と伝搬の様相, *津波工学研究報告*, 第28号 5~10.
- Daniel Melnick, Bodo Bookhagen, Manfred R. Strecker, Helmut P. Echtler (2009) : Segmentation of megathrust rupture zones from fore-arc deformation patterns over hundreds to millions of years, Arauco peninsula, Chile, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 114, B01407.
- Sergio E. Barrientos and Steven N. Ward (1990) : The 1960 Chile earthquake: inversion for slip distribution from surface deformation, *Geophys. J. Int*, 103, pp. 589-598.
- 松本剛・土井明日加・喜瀬慎一郎・阿部なつ江 (2010) : 海洋地球物理観測データに基づくチリ三重点のテクトニクス, *極域科学・宙空圏・気水圏・生物・地学シンポジウム講演予稿集*.
- Belle Philibosian, Aron J. Meltzer (2020) : Segmentation and supercycles: A catalog of earthquake rupture patterns from the Sumatran Sunda Megathrust and other well-studied faults worldwide, *Quaternary Science Reviews* 241 (2020) 106390, pp.1-43.
- Tina Dura, Benjamin P. Horton, Marco Cisternas, Lisa L. Ely, Isabel Hong, Alan R. Nelson, Robert L. Wesson, Jessica E. Pilarczyk, Andrew C. Parnell, Daria Nikitina (2017) : Subduction zone slip variability during the last millennium, south-central Chile, *Quaternary Science Reviews* 175 (2017), pp. 112-137.
- Kanamori, H. and Cipar, J. J. (1974) : Focal process of the great Chilean earthquake May 22, 1960, *Phys. Earth Planet. Interiors*, Vol. 9, pp. 128-136.
- 後藤智明, 佐藤一央 (1993) : 三陸沿岸を対象とした津波数値計算システムの開発, *港湾技術研究所報告* 第32巻第2号, pp. 3-44.
- 阿部勝征 (1989) : 地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測, *東京大学地震研究所彙報*, Vol. 64, pp. 51-69.
- 武村雅之 (1998) : 日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—, *地震* 第2輯, 第51巻, pp. 221-228.
- Kanamori, H. (1977) : The energy release in great earthquakes, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, Vol. 82, No. 20, pp. 2981-2987.

【本編資料】

4. 地震以外の要因による津波

- ・ 清水文健・井口隆・大八木規夫(2009)：地すべり地形分布図第43集「函館」，防災科学技術研究所研究資料。
- ・ 清水文健・井口隆・大八木規夫(2009)：地すべり地形分布図第42集「野辺地・八戸」，防災科学技術研究所研究資料。
- ・ 清水文健・大八木規夫(1987)：地すべり地形分布図第5集「青森・仙台」，防災科学技術研究所研究資料。
- ・ 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。
- ・ Monty A. Hampton, Homa J. Lee(1996)：Submarine landslides, Reviews of Geophysics, 34, 1。
- ・ Rise, L., S. Chand, H. Hafliðason, J. S. L'Heureux, B. O. Hjelstuen, V. Belles, O. Longva, J. Brendryen, M. Vanneste, R. Bøe(2012)：Investigations of Slides at the Upper Continental Slope Off Vesterålen, North Norway, Submarine Mass Movements and Their Consequences, Advances in Natural and Technological Hazards Research 31, pp. 167-176。
- ・ Mosher, D. C., J. Shimeld, D. Hutchinson, N. Lebedeva-Ivanova, C. B. Chapman(2012)：Submarine Landslides in Arctic Sedimentation: Canada Basin, Submarine Mass Movements and Their Consequences, Advances in Natural and Technological Hazards Research 31, pp. 147-157。
- ・ 徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壯・阿部寛信・坂井眞一・向山建二郎(2001)：日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史，海洋調査技術。
- ・ 地質調査所(1987)：西津軽海盆海底地質図(20万分の1)。
- ・ 地質調査所(1993)：下北半島沖海底地質図(20万分の1)。
- ・ 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013)：奥尻海盆表層堆積図付図1 3.5kHzサブボトムプロファイラー層相区分図。
- ・ 野田篤・片山肇(2013)：日高舟状海盆表層堆積図(20万分の1)，海洋地質図，81号，産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- ・ Noda, A., Tuzino, T., Joshima, M. and Goto, S. (2013)：Mass transport-dominated sedimentation in a foreland basin, the Hidaka Trough, northern Japan. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 14, no. 8, pp. 2638-2660。
- ・ 野田篤・片山肇(2014)：20万分の1海洋地質図「日高舟状海盆表層堆積図」の出版，GSJ地質ニュース，Vol. 3, No. 2。
- ・ 野田篤・辻野匠・上嶋正人(2010)：日高トラフにおける海底地すべり堆積物，日本地質学会，第117年学術大会，P-57。
- ・ 日本水路協会(2009)：海底地形デジタルデータ(M7000シリーズ)，M7005(三陸沖)，M7006(津軽海峡東部)。
- ・ 地質調査総合センター編(2010)：20万分の1日本シームレス地質図データベース，2014年7月1日版，産業技術総合研究所研究情報公開データベースDB084，独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- ・ 佐竹健治・加藤幸弘(2002)：1741年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた，月刊海洋，号外No. 28, pp. 150-160。
- ・ Satake, K. (2007)：Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, Earth Planets Space, Vol 59, pp. 381-390。

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(「レシビ」)。

【本編資料】

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）。
- 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2）組合せ対象候補の津波挙動の分析

- 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」）。

（補足3）知内エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波の影響検討

- 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.

（補足4）地震による津波と陸上の斜面崩壊による津波の組合せの分析

- 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）。