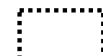



目次

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

4-2. 海底地すべりに起因する津波（1 / 26）

海底地すべりに起因する津波の検討フロー

海底地すべりに起因する津波については、文献調査によると津軽海峡内及びその周辺の海域に海底地すべり地形は認められない※ものの、陸上の斜面崩壊と同様に津軽海峡内を検討対象とし、以下のフローで検討を実施した。

※：P. 396文献調査参照

全体検討フロー

【ステップ1】：津軽海峡内海底地すべり地形の抽出（詳細検討フロー：P. 395参照）

- ・海底地すべりに関する文献調査を実施
- ・海上保安庁水路部のM7000シリーズ海底地形データを用いた海底地形判読を実施し、さらに音波探査記録により海底地すべりの有無について確認して、海底地すべり地形を抽出

【ステップ2】：発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形の抽出

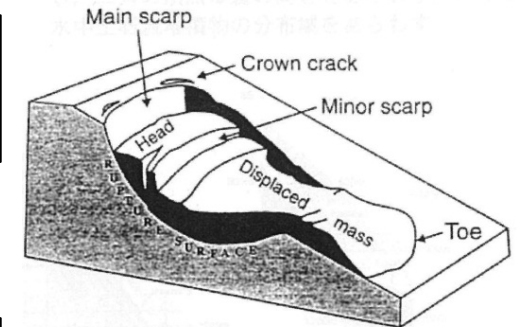
- ステップ1で抽出した海底地すべり地形のうち発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形を以下を基本方針として抽出
- ・隣接する海底地すべりについては、安全評価上、同時崩壊するものとする。

【ステップ3】：検討対象海底地すべり地形の選定

ステップ2で抽出した発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形から、崩壊規模、敷地との距離・位置関係等を考慮して敷地への影響が最も大きくなる海底地すべり地形を検討対象海底地すべり地形として選定する。

【ステップ4】：数値シミュレーションの実施

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



海底地すべり模式図
Hampton and Lee(1996)

○海底地すべり地形の特徴
馬蹄形あるいはコの字型の滑落崖があり、これに対をなして、その下方に舌状の緩斜面の土塊がある。

4-2. 海底地すべりに起因する津波 (2 / 26)

海底地すべりに起因する津波の検討フロー (1 / 10) : 【ステップ1】の詳細検討フロー

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1】は、以下のフローで検討を実施した。

【ステップ1】詳細検討フロー

【ステップ1-1】 : 文献調査 (P. 396参照)

文献調査により津軽海峡内及びその周辺の海底地すべり地形を確認する。

【ステップ1-2】 : 海底地形判読 (P. 397, P. 398参照)

海底地形図等の判読により、津軽海峡内に海底地すべりの可能性がある地形を抽出する。

【ステップ1-3】 : 音波探査記録の確認 (P. 400~P. 404参照)

【ステップ1-2】で抽出した海底地すべりの可能性がある地形について、それぞれの地形を横断する音波探査記録を対象として地すべりを示唆する構造※の有無を確認する。

【ステップ1-4】 : 海底地すべり地形の抽出 (P. 405参照)

信頼性の高い海底地すべり地形を抽出する。

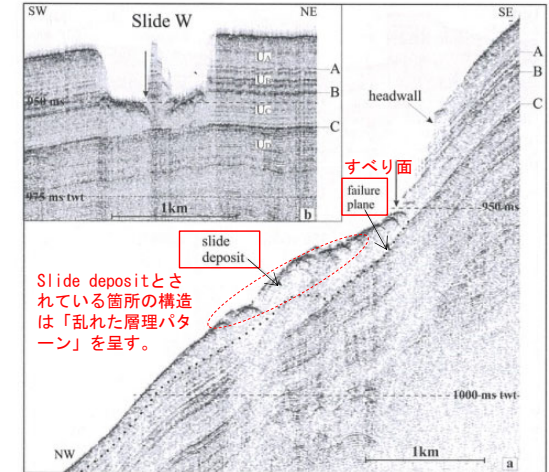


Fig. 15.5 (a) Top line perpendicular to the contours showing the slide scar and deposits of slide SLW. (b) The line along the slope indicates that horizon C represents the main glide plane. The arrows show the intersection of the lines

ノルウェー沖の海底地すべりの事例
Rise et al. (2012) に一部加筆

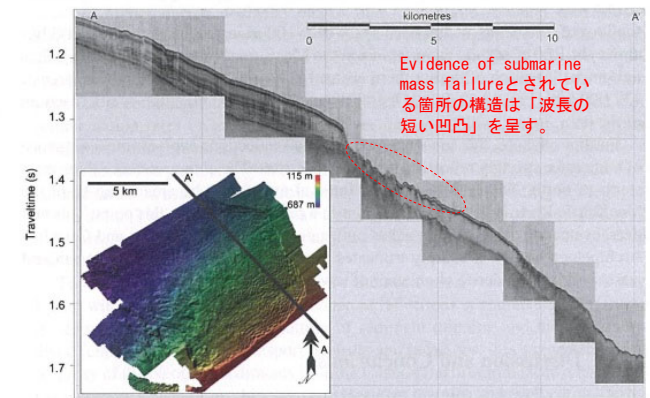


Fig. 13.5 Chirp profile with accompanying multibeam image showing evidence of submarine mass failure on the modern seafloor. See Fig. 13.1 for location

北極海の海底地すべりの事例
Mosher et al. (2012) に一部加筆

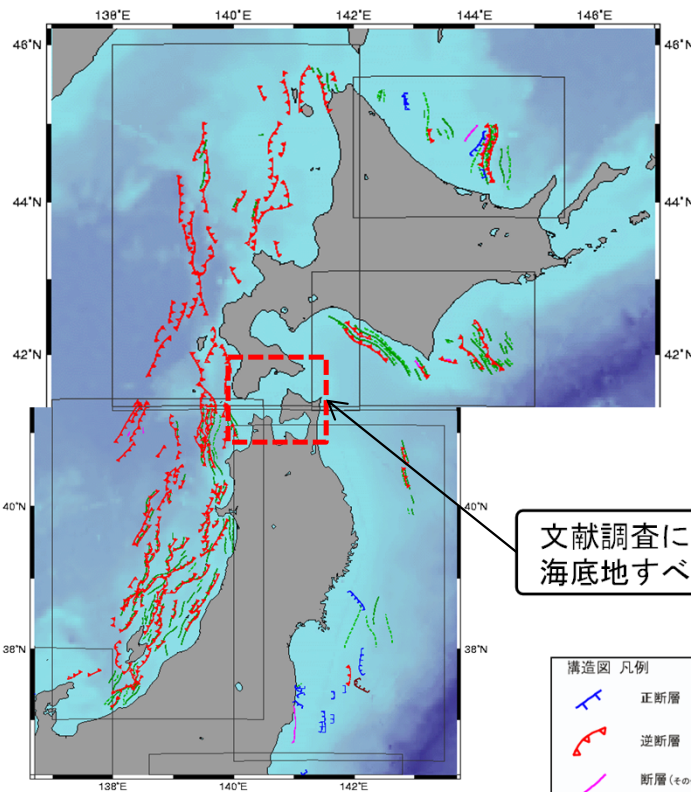
※音波探査記録における海底地すべりを示唆する構造 (例)



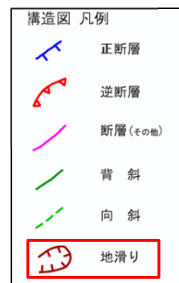
4-2. 海底地すべりに起因する津波 (3 / 26)

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-1】 (2 / 10) : 文献調査

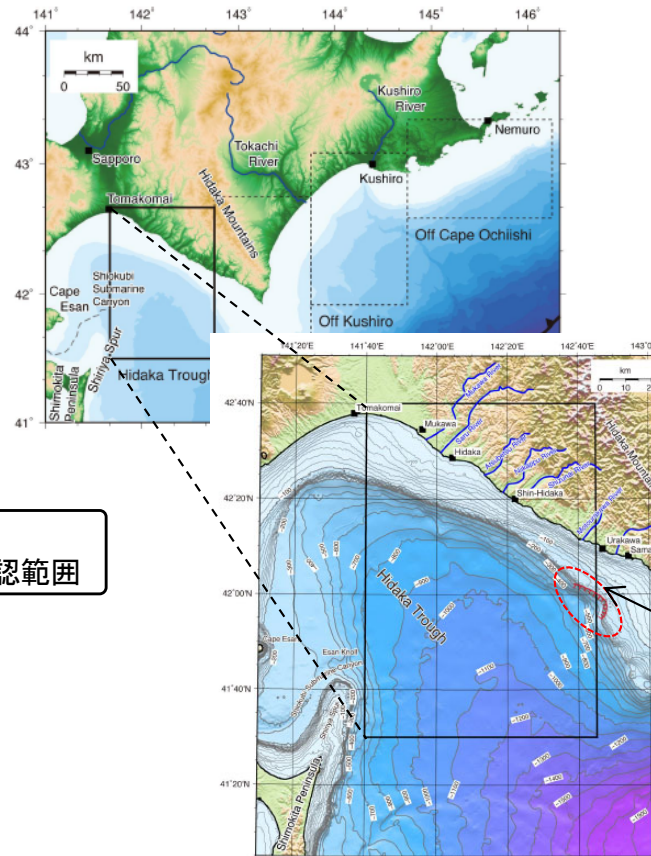
- ・徳山ほか (2001) 等^{※1}の文献調査によると、津軽海峡内及びその周辺の海域に海底地すべり地形は認められない。
- ・なお、野田・片山 (2013) 等^{※2}では、北海道日高沖に海底地すべりが示されている。
- ・海底地すべりに起因する津波は、地震による津波に比べて短波長成分が卓越するため減衰傾向が大きくなること、仮に当該地点の海底地すべりが発生したとしても、敷地は津軽海峡内に位置しており波源に正対もしていないことを考慮すると、北海道日高沖の海底地すべりによる短周期の津波は屈折、反射等によりエネルギーが逸散し、減衰すると考えられる。
- ・以上より、北海道日高沖の海底地すべりによる津波の敷地への影響は小さいと考えられる。



文献調査による
海底地すべり地形確認範囲



徳山ほか (2001) に一部加筆



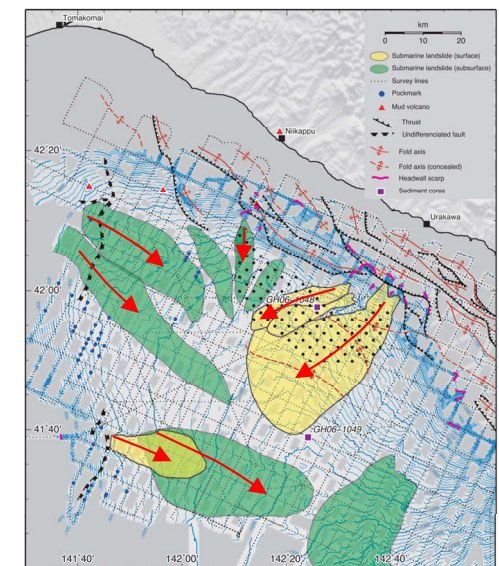
陸上及び海底地形

野田・片山 (2013) に一部加筆

※1 : 徳山ほか (2001), 地質調査所 (1987), 地質調査所 (1993), 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)

※2 : 野田・片山 (2013), Noda et al. (2013), 野田・片山 (2014), 野田ほか (2010)

←
海底地すべりの移動方向^{※3}
※3 : 野田・片山 (2013) による



野田・片山 (2014) に一部加筆



4-2. 海底地すべりに起因する津波（4 / 26）

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-2】（3 / 10）：海底地形判読基準

- ・日本水路協会（2009）のM7000シリーズ海底地形データを用いて津軽海峡内の海底地形図，実体視画像を作成し，海底地すべりの可能性がある地形を判読した。
- ・海底地形図の判読にあたっては，以下の判読基準により海底地すべりの可能性がある地形を抽出した。

海底地すべりの可能性がある地形判読基準※

ポイント	典型的特徴
地形	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり地形としては滑落崖とその下部にある地すべり土塊（滑落土塊）が対をなす。 ・陸上の地すべりに比べて，大規模，薄く広がる傾向がある。薄く広がるケースでは土塊は認定しにくいので滑落崖だけを認定する。
滑落崖	<ul style="list-style-type: none"> ・馬蹄形，半円形，コの字形の平面形で，斜面下方へ開く急斜面。 ・急斜面は平面的に出入りがなくスムーズな形状で，傾斜も一定傾向。 ・下方に地すべり土塊が対をなして存在すると確実度が上がる。
地すべり土塊	<ul style="list-style-type: none"> ・滑落崖の下部にある扇状地状，舌状の高まり及び台地状を呈す。 ・典型的な場合には，土塊の表面に不規則な凹凸，低崖，凹地があり，全体として上に凸形の斜面を呈す。

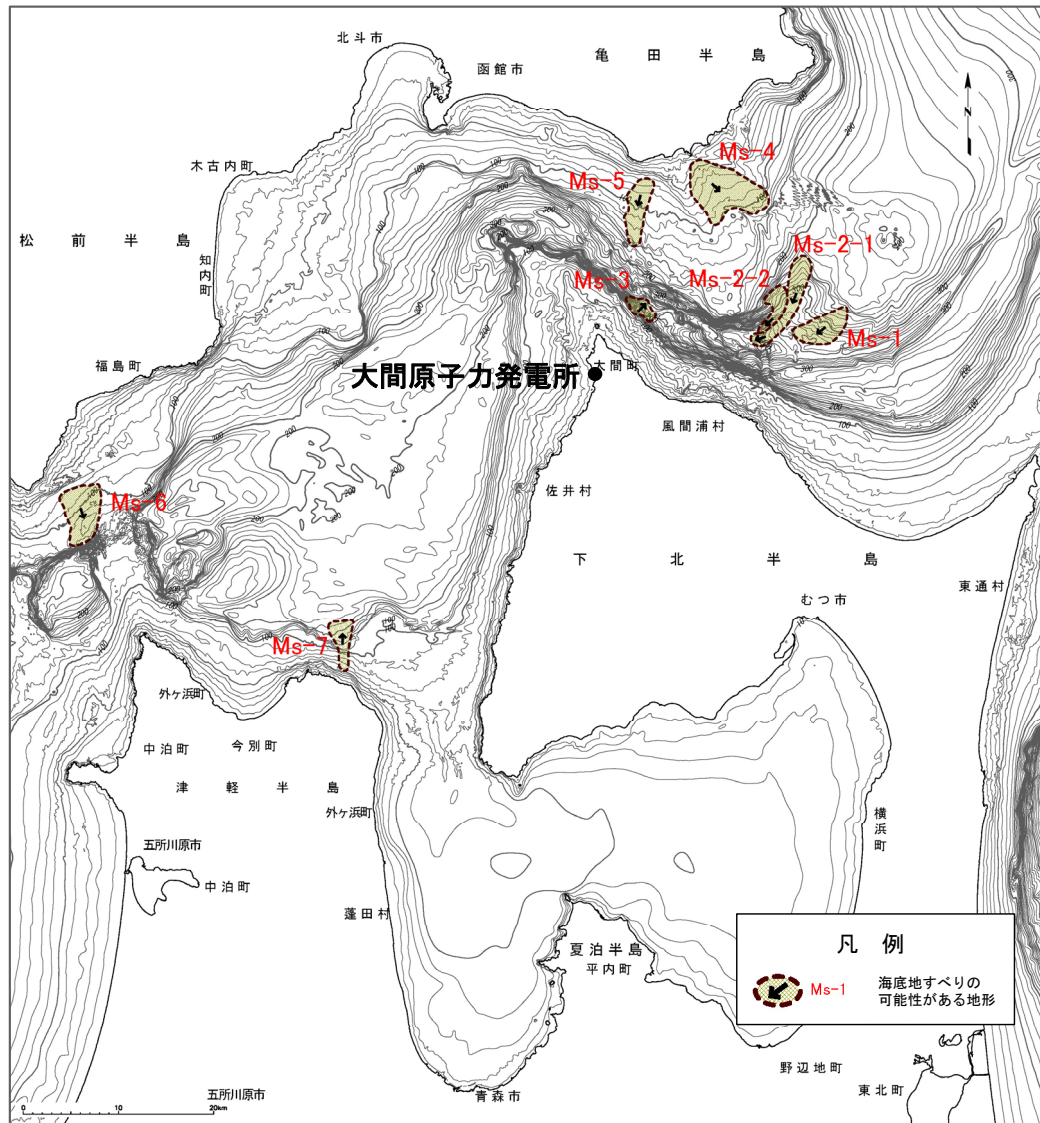
※Hampton and Lee(1996)等を参照し作成。



4-2. 海底地すべりに起因する津波（5 / 26）

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-2】（4 / 10）：海底地形判読結果

・海底地形図及び実体視画像の判読により、Ms-1～Ms-7の海底地すべりの可能性がある地形を抽出した※。



地すべり地形の可能性のある地形	地形判読結果
Ms-1	<ul style="list-style-type: none"> 水深240m～340mに幅広い緩斜面がある。 頂部には馬蹄形の急斜面があり、凹み地形を呈す。 下部の斜面は台地状を呈す。
Ms-2-1 Ms-2-2	<ul style="list-style-type: none"> 水深240m～420mに幅広い海底谷の谷底斜面がある。 頂部には半円形の滑落崖が認められ、末端部は舌状に長く伸びる高まりを呈し、表面が不規則な凹凸を呈す。 別の地すべり地形が西側から合流する。
Ms-3	<ul style="list-style-type: none"> 水深200m～300mの大陸棚外縁斜面の下端部に位置する。 明瞭な滑落崖はないが、大陸棚外縁斜面を削り込む半円形の凹み地形とその下部に凸状の緩斜面が認められる。
Ms-4	<ul style="list-style-type: none"> 水深40m～100mの大陸棚にある緩斜面である。 斜面の両側面には急斜面や尾根が認められ、急斜面は頂部にも連なり、全体で不明瞭な馬蹄形を呈す。
Ms-5	<ul style="list-style-type: none"> 水深70m～150mで、大陸棚の上にある凹凸を伴う緩傾斜な尾根地形である。 頂部には馬蹄形の急斜面があり、凹み地形を呈す。
Ms-6	<ul style="list-style-type: none"> 水深80m～120mの大陸棚の上にある緩い斜面である。 頂部がコの字状を呈し、下部に不規則な尾根群と凹地群が認められる。
Ms-7	<ul style="list-style-type: none"> 水深50m～160mの大陸棚の上にある浅く広い海底谷である。 東側側面は急斜面で谷地形を呈す。谷地形の出口は大陸棚外縁斜面の下端部にあり扇状地状の地形を呈す。

※：海底地形の急傾斜部を対象とした地すべり地形の確認結果については、第1023回審査会合 資料1-2「8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読」参照

(余白)



4-2. 海底地すべりに起因する津波（6 / 26）

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-3】（5 / 10）：音波探査記録の確認

・海底地形図の判読により抽出した海底地すべりの可能性がある地形Ms-1～Ms-7について、それぞれの地形を横断する音波探査記録を確認した結果は下表のとおりである。

地すべり地形の可能性のある地形	地形判読結果(P.398再掲)	主な音波探査記録の確認結果※	海底地すべり地形の評価
Ms-1	<ul style="list-style-type: none"> 水深240m～340mに幅広い緩斜面がある。 頂部には馬蹄形の急斜面があり、凹み地形を呈す。 下部の斜面は台地状を呈す。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該範囲は、北海道側の大陸棚沖合いの斜面下部に位置し、その海底面は、B₁層の層理構造を切って広く浅い凹地を形成し、凹地の一部では波長の短い凹凸が認められる。(NO. F-5-1測線) 	海底地すべり跡と考えられる。
Ms-2-1 Ms-2-2	<ul style="list-style-type: none"> 水深240m～420mに幅広い海底谷の谷底斜面がある。 頂部には半円形の滑落崖が認められ、末端部は舌状に長く伸びる高まりを呈し、表面が不規則な凹凸を呈す。 別の地すべり地形が西側から合流する。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該範囲は、北海道側の大陸棚沖合いの斜面下部～中部に位置し、その海底面は、波長の短い凹凸が認められ、海底水道側は浅い凹地が形成されている。(NO. F-4. 5測線) 	海底地すべり跡及び移動体の一部と考えられる。
Ms-3	<ul style="list-style-type: none"> 水深200m～300mの大陸棚外縁斜面の下端部に位置する。 明瞭な滑落崖はないが、大陸棚外縁斜面を削り込む半円形の凹み地形とその下部に凸状の緩斜面が認められる。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面中部に位置し、斜面中央部付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンを示す。(No. 111SM-1測線) 	海底地すべり跡及び移動体と考えられる。
Ms-4	<ul style="list-style-type: none"> 水深40m～100mの大陸棚にある緩斜面である。 斜面の両側面には急斜面や尾根が認められ、急斜面は頂部にも連なり、全体で不明瞭な馬蹄形を呈す。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該範囲は、E層が海底下浅部に分布し、E層は緩やかな谷状に削剥されており、これを埋めるようにB₁層及びA層が堆積している。B₁層には、おおむね平行な層理パターンが認められる。 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。(No. 3測線) 	海底地すべりによる地形ではない。
Ms-5	<ul style="list-style-type: none"> 水深70m～150mで、大陸棚の上にある凹凸を伴う緩傾斜な尾根地形である。 頂部には馬蹄形の急斜面があり、凹み地形を呈す。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該範囲は、E層が海底面に露出しており、おおむね平坦である。 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。(He-110. 2測線) 	海底地すべりによる地形ではない。
Ms-6	<ul style="list-style-type: none"> 水深80m～120mの大陸棚の上にある緩い斜面である。 頂部がコの字状を呈し、下部に不規則な尾根群と凹地群が認められる。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該範囲は、E層が広く海底に露出している。 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。(No. 27-1測線) 	海底地すべりによる地形ではない。
Ms-7	<ul style="list-style-type: none"> 水深50m～160mの大陸棚の上にある浅く広い海底谷である。 東側側面は急斜面で谷地形を呈す。谷地形の出口は大陸棚外縁斜面の下端部にあり扇状地状の地形を呈す。 	<ul style="list-style-type: none"> 当該範囲では、海底面は西に向かって緩く傾斜し、最上位のB₁層は平行な層理パターンを示す。 地すべりによるものと考えられる堆積構造は認められない。(Gb-(6B)測線) 	海底地すべりによる地形ではない。

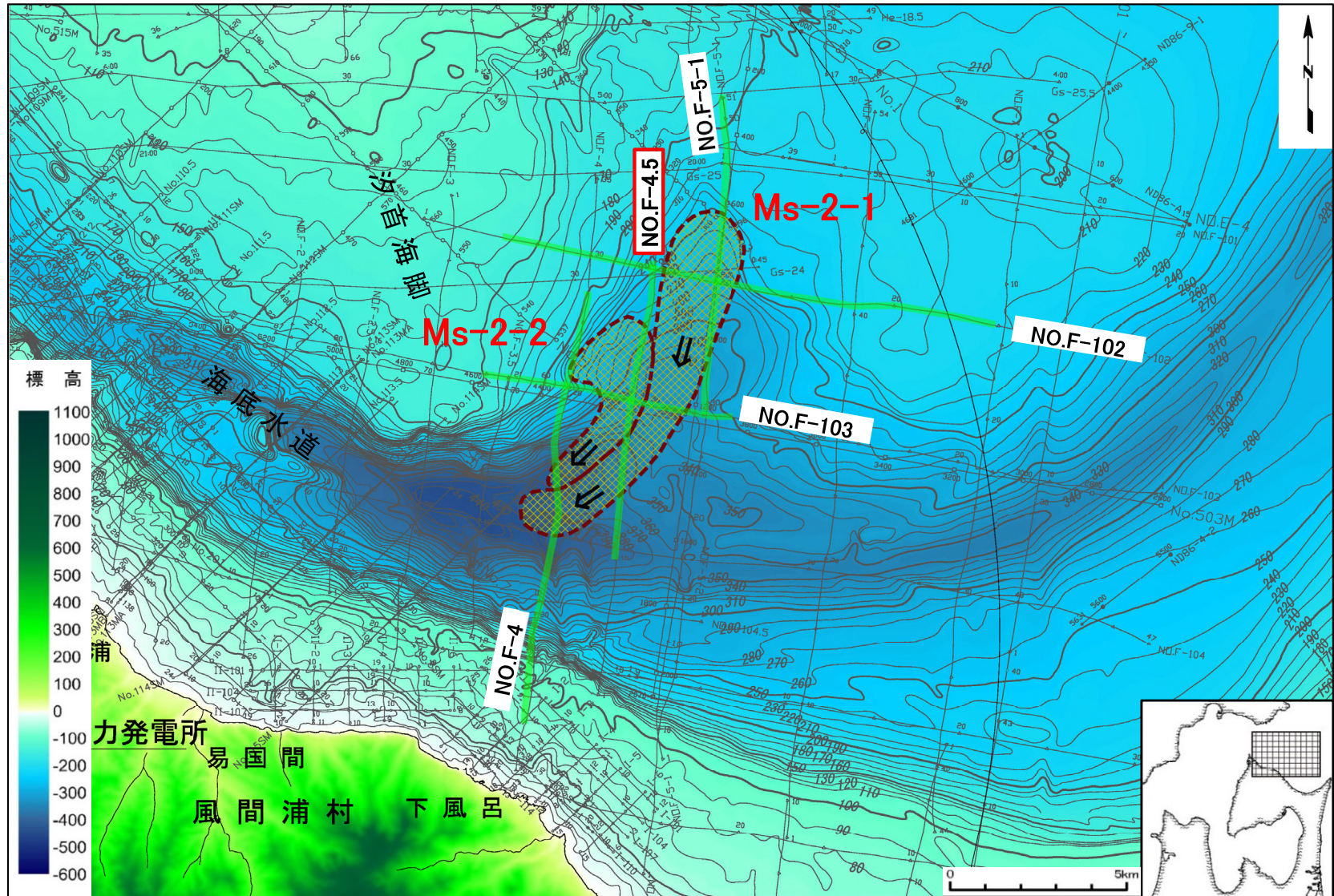


4-2. 海底地すべりに起因する津波 (7/26)

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-3】 (6/10) : 音波探査記録の確認【例①】 (1/2)

海底地すべり Ms-2

- 海底地すべりの可能性のある地形のうち、海底地すべり地形として評価したものの例として、Ms-2に対する音波探査記録の確認について示す。



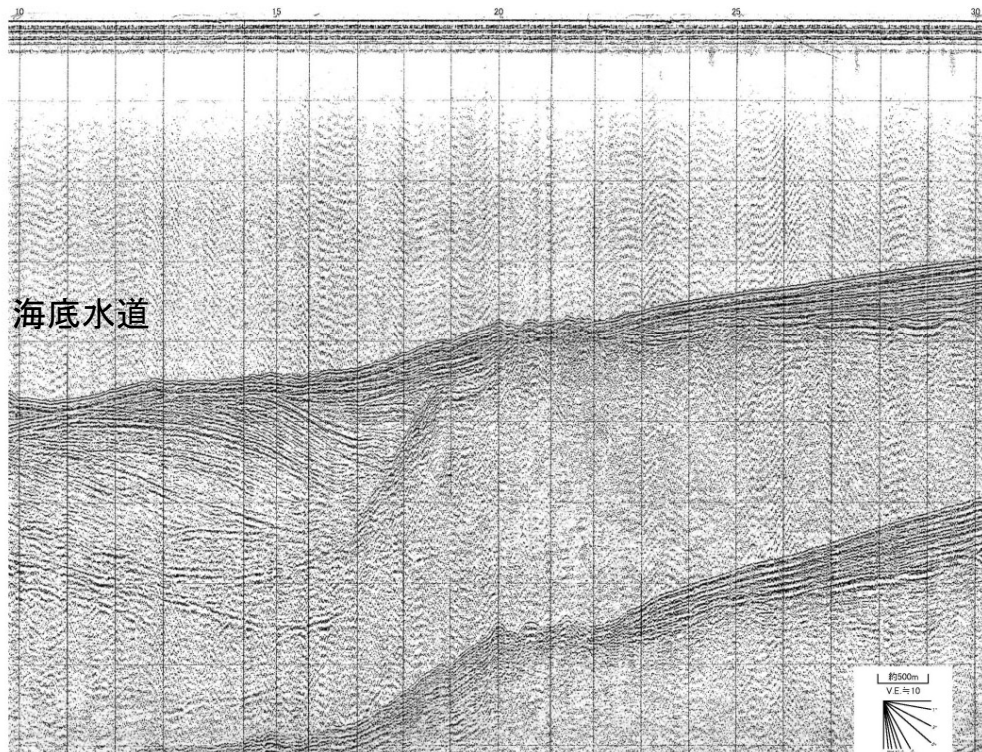
音波探査記録
の添付範囲

4-2. 海底地すべりに起因する津波 (8/26)

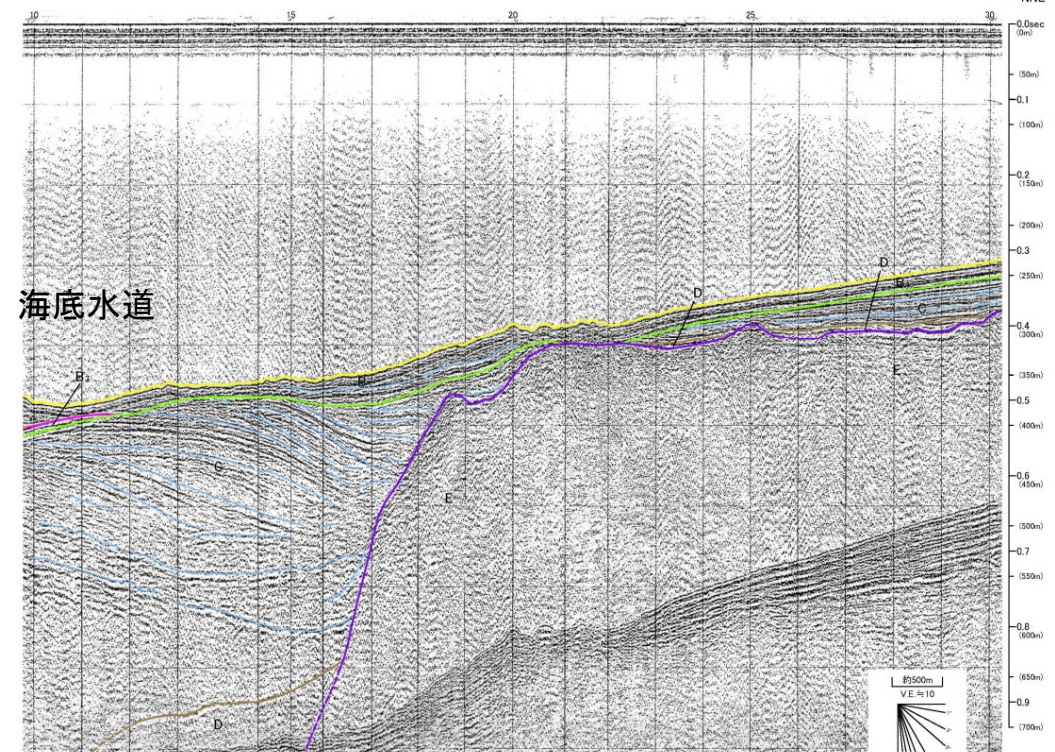
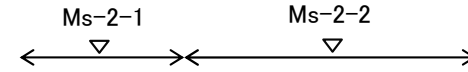
津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-3】 (7/10) : 音波探査記録の確認【例①】 (2/2)

海底地すべり Ms-2

NO.F-4.5測線(反射断面図・解釈断面図)

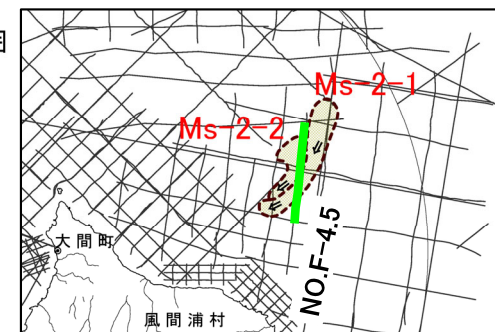


NO.F-4.5
[原船入-カ]



NO.F-4.5
[原船入-カ]

↔ 地形判読結果による当該地すべり範囲



地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
			E層
先新第三紀			

- 当該範囲は、北海道側の大陸棚沖合いの斜面下部～中部に位置し、その海底面は、波長の短い凹凸が認められ、海底水道側は浅い凹地が形成されている。
- 本構造は、海底地すべりによる削剥及び地すべり移動体によるものと考えられる。

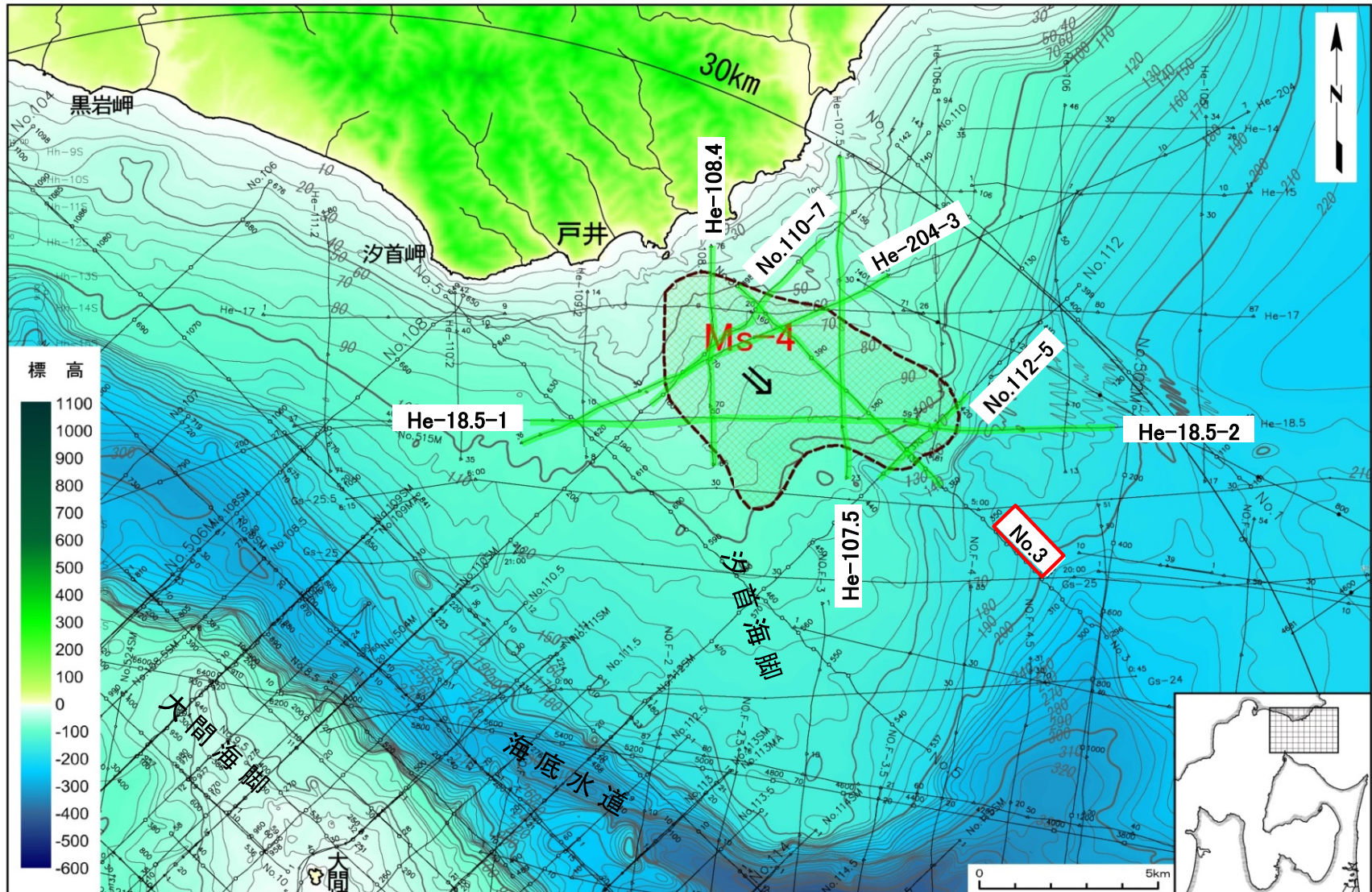


4-2. 海底地すべりに起因する津波（9 / 26）

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-3】（8 / 10）：音波探査記録の確認【例②】（1 / 2）

海底地すべり Ms-4

・海底地すべりの可能性のある地形のうち、海底地すべり地形として評価しなかったものの例として、Ms-4に対する音波探査記録の確認について示す。



音波探査記録
の添付範囲

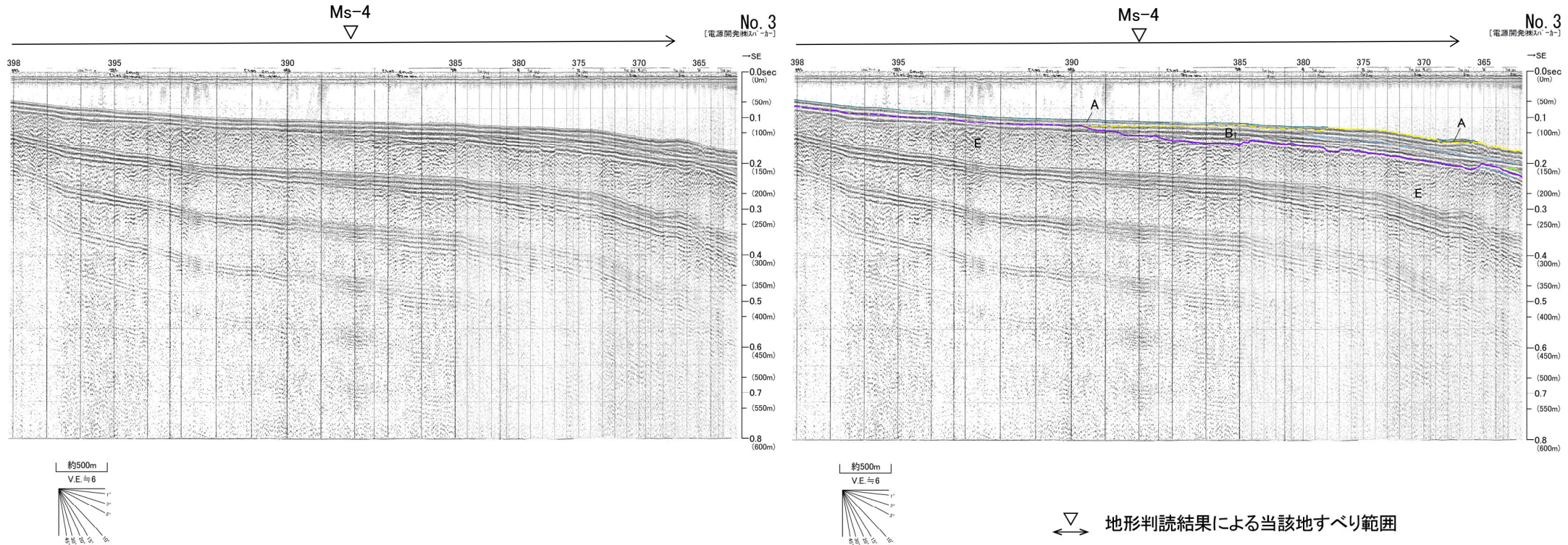


4-2. 海底地すべりに起因する津波 (10/26)

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-3】 (9/10) : 音波探査記録の確認【例②】 (2/2)

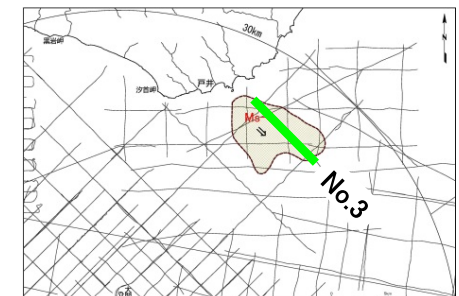
海底地すべり Ms-4

No.3測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、E層が海底下浅部に分布し、E層は緩やかな谷状に削剥されており、これを埋めるようにB₁層及びA層が堆積している。
- B₁層には、おおむね平行な層理パターンが認められる。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

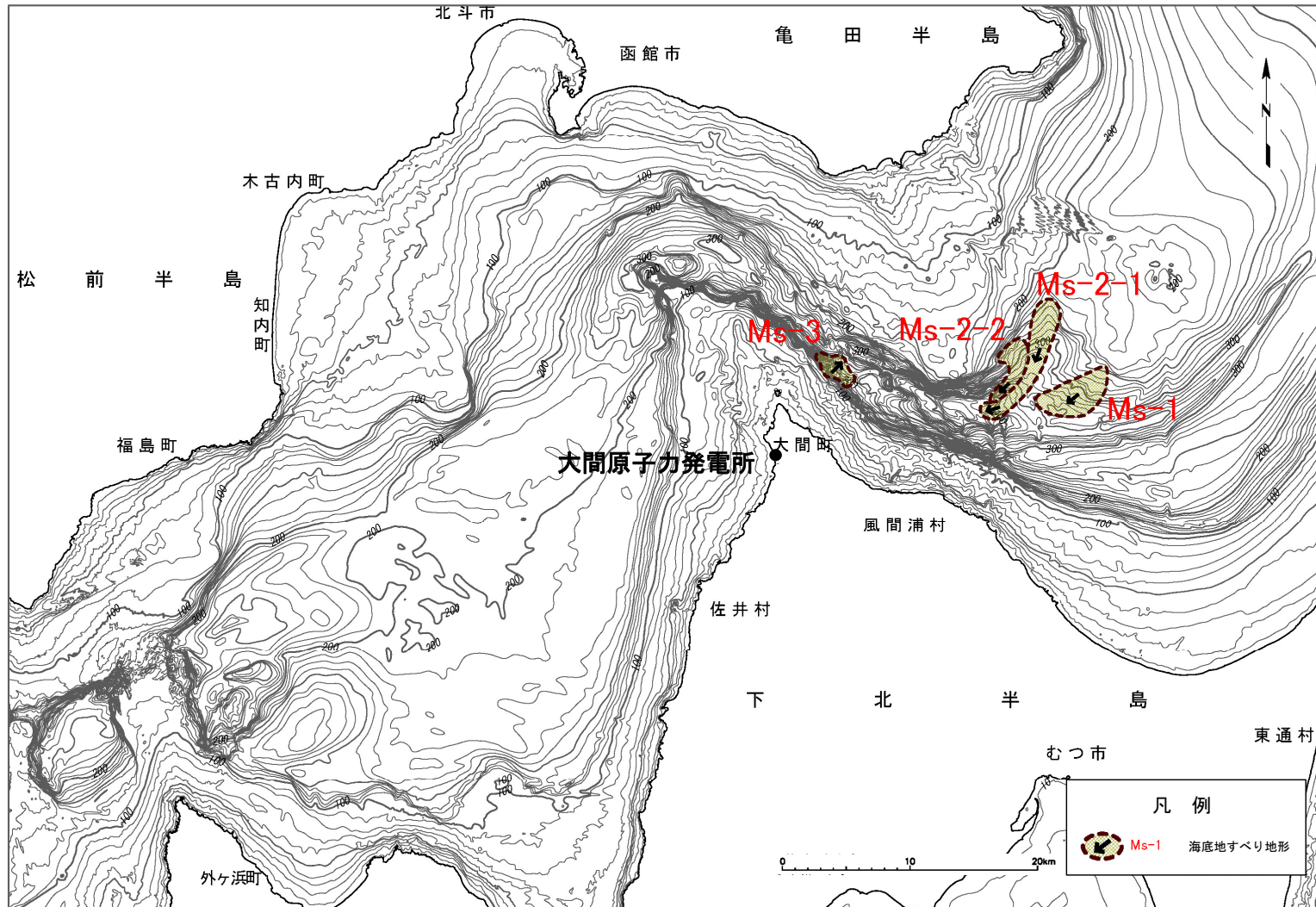
地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層	
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
		先新第三紀	E層



4-2. 海底地すべりに起因する津波（11/26）

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-4】（10/10）：まとめ

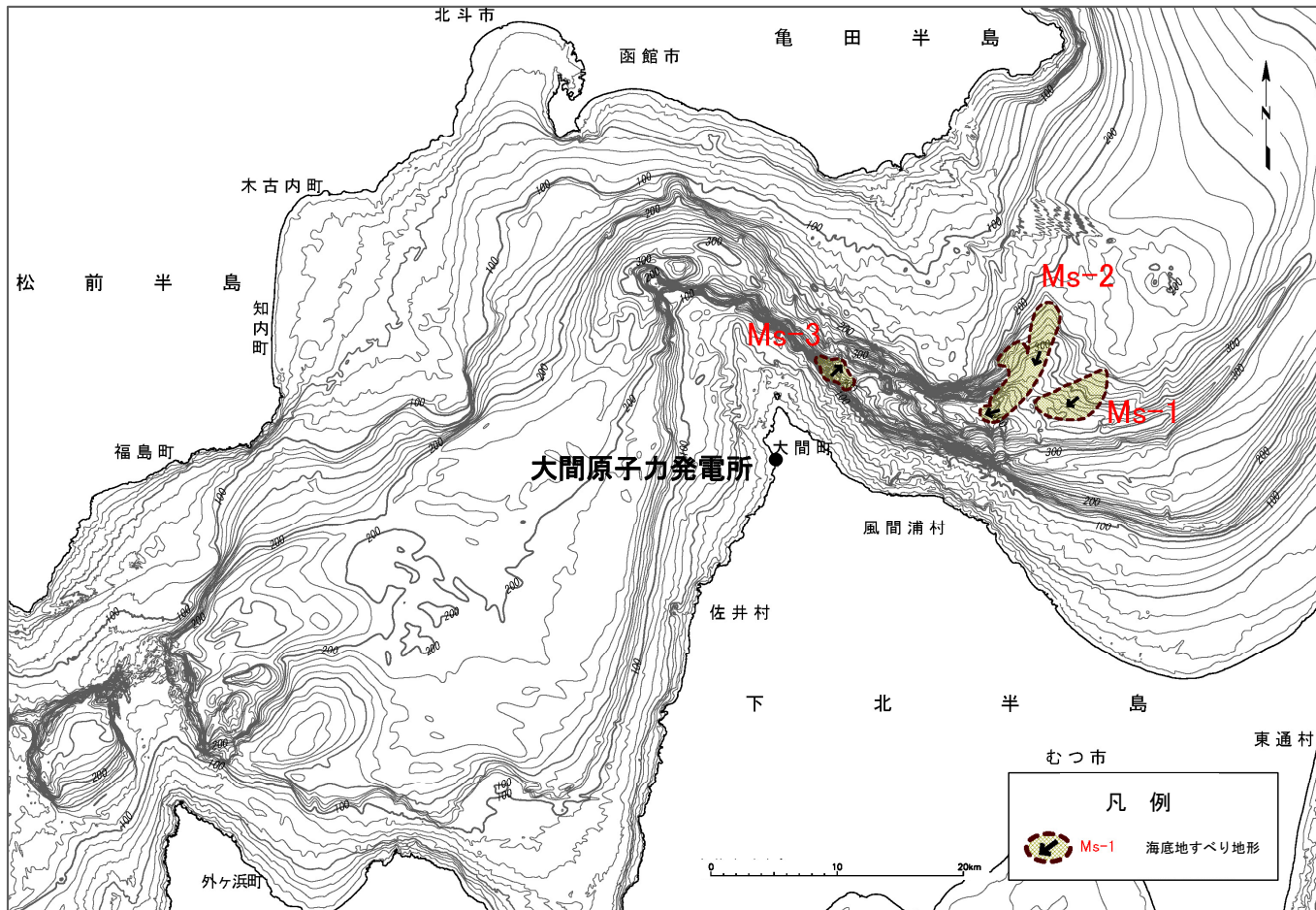
文献調査，海底地形判読及び音波探査記録の確認より抽出される津軽海峡内の海底地すべり地形は，Ms-1～Ms-3である。



海底地すべり地形

4-2. 海底地すべりに起因する津波（12/26）

発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形の抽出【ステップ2】



- ・海底地形判読及び音波探査記録により、発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形を以下を基本方針として抽出した。
- 隣接する海底地すべりについては、安全評価上、同時崩壊するものとする。*

※地形判読による海底地すべり地形の平面形状から、Ms-2-1とMs-2-2は別の地すべり地形として判読したが、隣接しているため、安全評価上、同時崩壊するものとして考慮する。

- ・抽出した発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべりはMs-1～Ms-3の3箇所である。

発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形



4-2. 海底地すべりに起因する津波（13 / 26）

検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】（1 / 2）：海底地すべり地形崩壊量算定フロー

- 抽出した発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形（Ms-1～Ms-3）の崩壊量の算定については、以下の検討方針に基づき算定した。検討フローは以下のとおり。
 - ✓ 原則として、地すべり前地形を復元し、すべり面との差分から算定する。また、すべり面は保守側に乱れた地層の下限とする。
 - ✓ なお、音波探査記録で、すべり面が明瞭で、かつ削剥が殆ど認められず地すべり移動体が保存されている場合（Ms-3）は、地すべり後の地形から算定する。

検討フロー

【ステップ3-1】：推定崩壊範囲（平面形状）の設定

- 地形判読により海底地すべりの痕跡を抽出して設定

音波探査記録で、すべり面が明瞭で、かつ削剥が殆ど認められず地すべり移動体が保存されているか？

YES

Ms-3

Ms-1
Ms-2

NO

【ステップ3-2】：地すべり前地形（復元）の設定

- 現地地形から判読される凹み地形を埋め戻す等により地すべり前地形を再現して設定

【ステップ3-3】：すべり面の設定

- 音波探査記録に明瞭なすべり面が認められる場合はすべり面を、一方、明瞭なすべり面が認められない場合は地層の乱れを地すべり土塊と想定し地すべり土塊の下限※を、それぞれすべり面に設定

※音波探査記録に乱れた地層の下限が認められない場合は、安全側の評価となるよう音波探査記録の地層境界をすべり面に設定。

【ステップ3-4】：崩壊量算定

- 地すべり前地形（復元）とすべり面との差分を崩壊土塊として3D CADでモデル化して算定

【ステップ3-4'】：崩壊量算定

- 崩壊後の地すべり移動体の面積を基に平均断面法により算定



4-2. 海底地すべりに起因する津波（14／26）

検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】（2／2）：崩壊量等の比較

発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形Ms-1，Ms-2及びMs-3のうち，崩壊量が最も大きく，崩壊方向が敷地向きであること等を踏まえ，Ms-2を検討対象海底地すべり地形として選定した。

○崩壊量およびその他のパラメータ

海底地すべり地形	崩壊量 (km ³)	長さ※ (m)	幅※ (m)	厚さ※ (m)	比高※ (m)	傾斜※ (°)	水深※ (m)	敷地からの距離 (km)
Ms-1	0.09	5,900	3,000	20	80	1.2	290	28
Ms-2	0.52	11,300	3,510	60	170	1.0	310	24
Ms-3	0.20	1,880	3,200	30	80	4.0	230	9

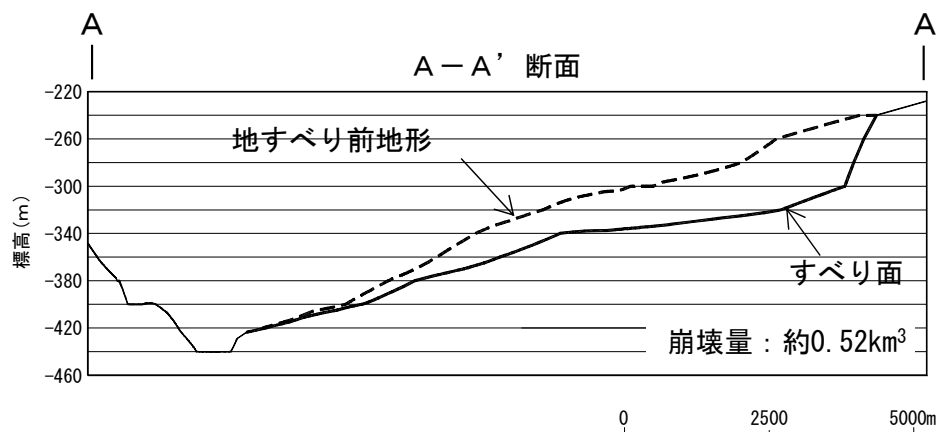
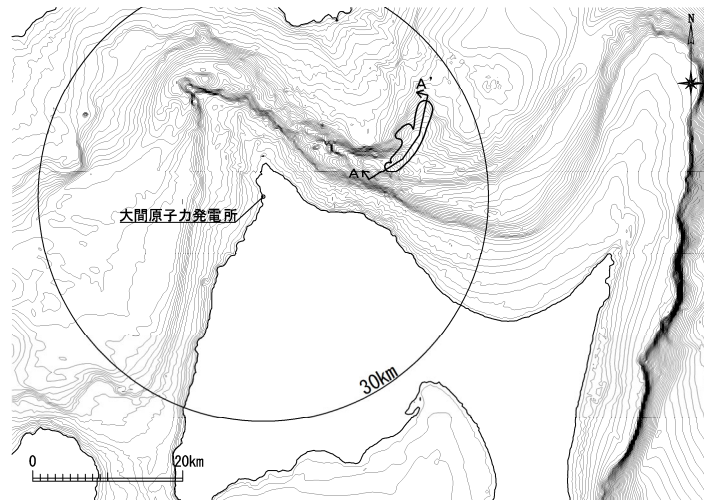
※地すべり地形パラメータの詳細情報は（P.418～P.420）参照

4-2. 海底地すべりに起因する津波 (15/26)

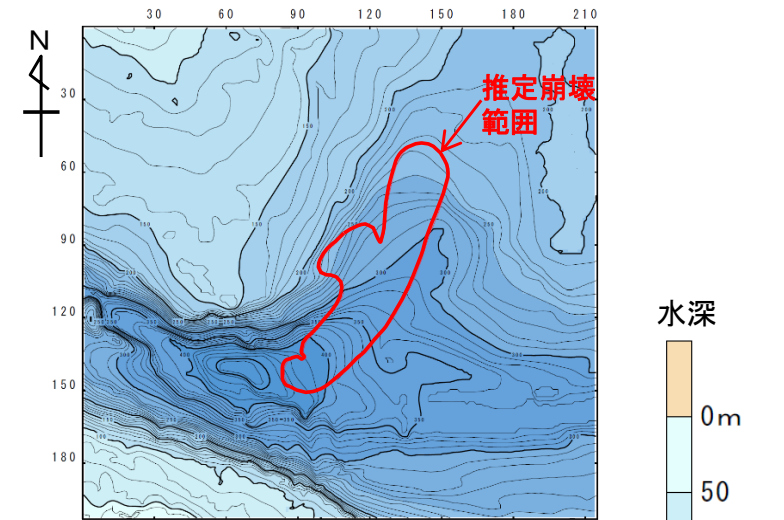
数値シミュレーション【ステップ4】 (1/8) : 解析モデル①<二層流モデル> (1/4)

すべり面及び崩壊量の設定【Ms-2】

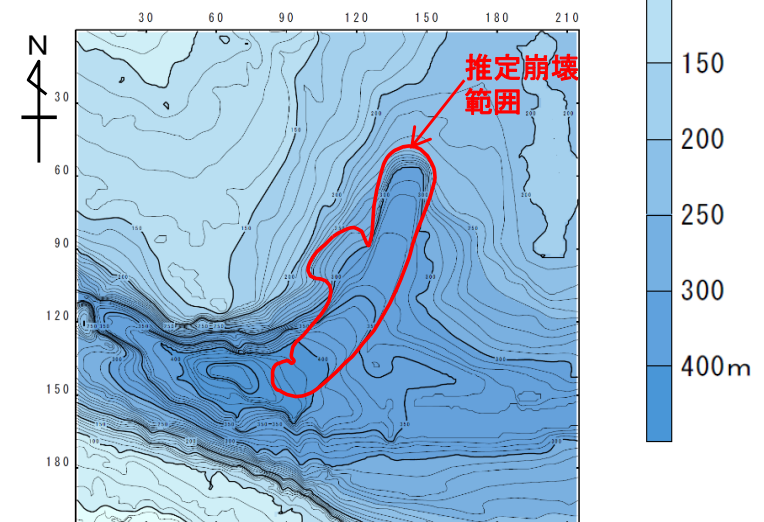
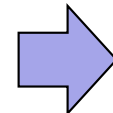
- ・ 解析モデル①として二層流モデルを採用した
- ・ 地すべり前地形とすべり面より算出した崩壊量は 0.52km^3 ※ である。



海底地すべり地形 (Ms-2)



地形モデル (地すべり前地形)



地形モデル (すべり面)

波源モデル



※ : 第1023回審査会合 資料1-2 「8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定」参照。



4-2. 海底地すべりに起因する津波 (16/26)

数値シミュレーション【ステップ4】 (2/8) : 解析モデル①<二層流モデル> (2/4)

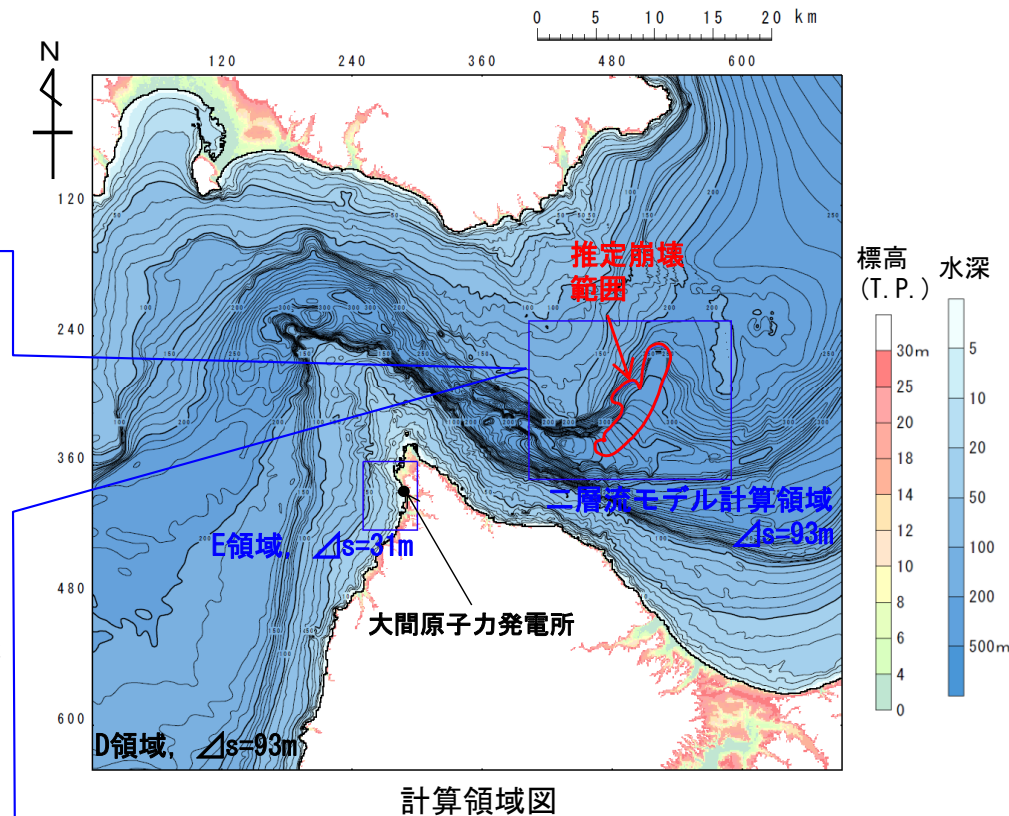
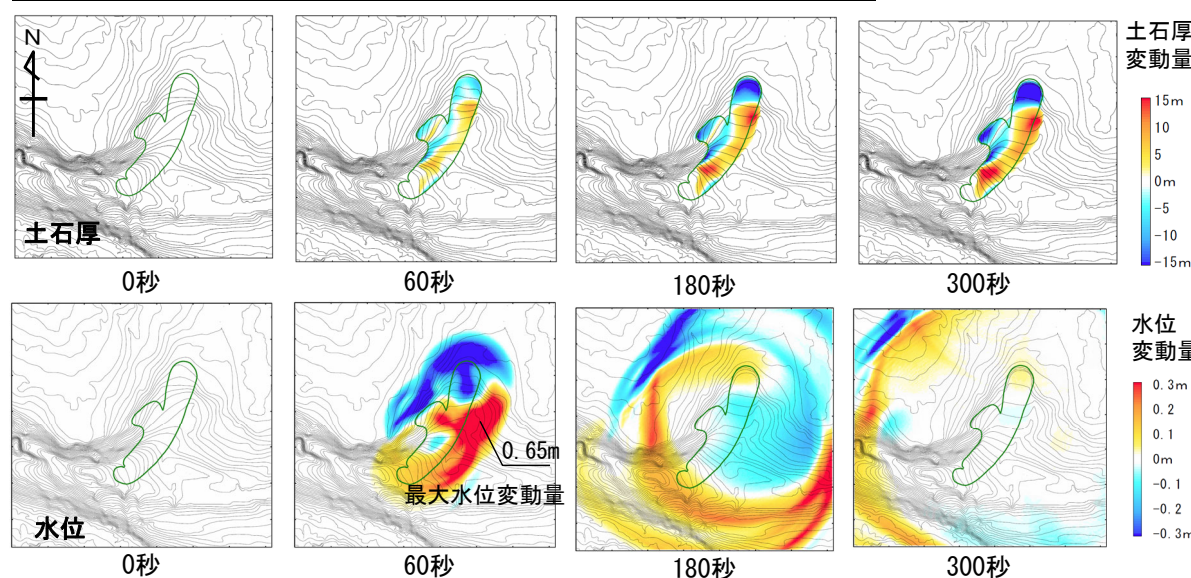
計算条件【Ms-2】

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

主な計算条件

項目	内容	設定根拠
海水密度	$\rho_1=1.03 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	一般値
崩壊物の密度	$\rho_2=2.0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	Kawamata et al. (2005) で1741年渡島大島火山津波を再現された値
上層(水)の粗度係数	$n=0.025 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	
下層(土砂)の粗度係数	$n=0.4 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	
抗力係数	$C_b=2.0$	
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))



計算領域図



4-2. 海底地すべりに起因する津波（17/26）

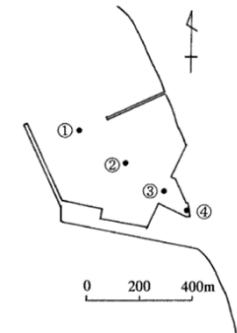
数値シミュレーション【ステップ4】（3/8）：解析モデル①<二層流モデル>（3/4）

計算結果【Ms-2】

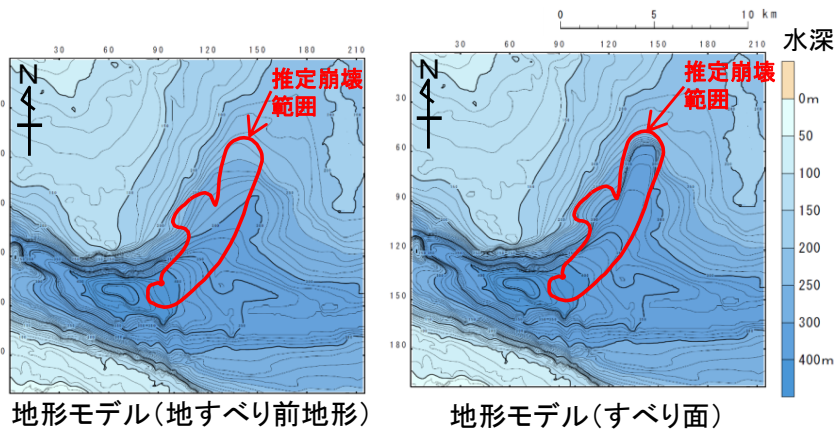
海底地すべりに起因する津波の二層流モデルによる計算結果（上昇側）は下表のとおりである。

海底地すべりに起因する津波検討結果(上昇側)

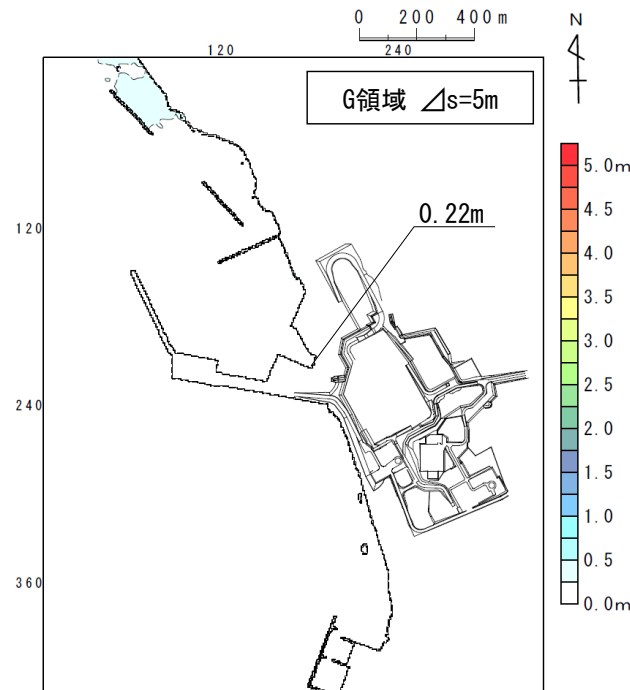
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
海底地すべり地形 Ms-2	二層流モデル	0.22m



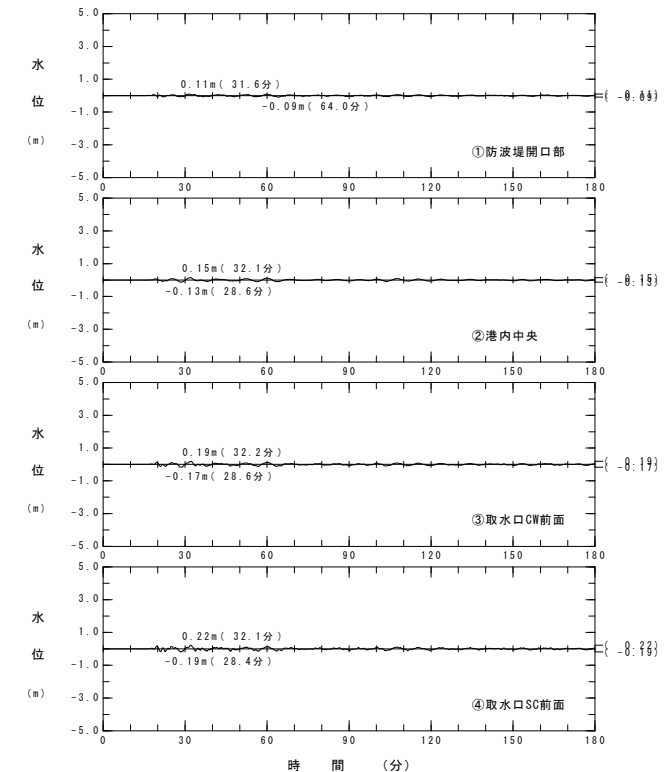
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形



4-2. 海底地すべりに起因する津波（18/26）

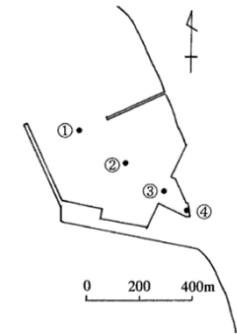
数値シミュレーション【ステップ4】（4/8）：解析モデル①<二層流モデル>（4/4）

計算結果【Ms-2】

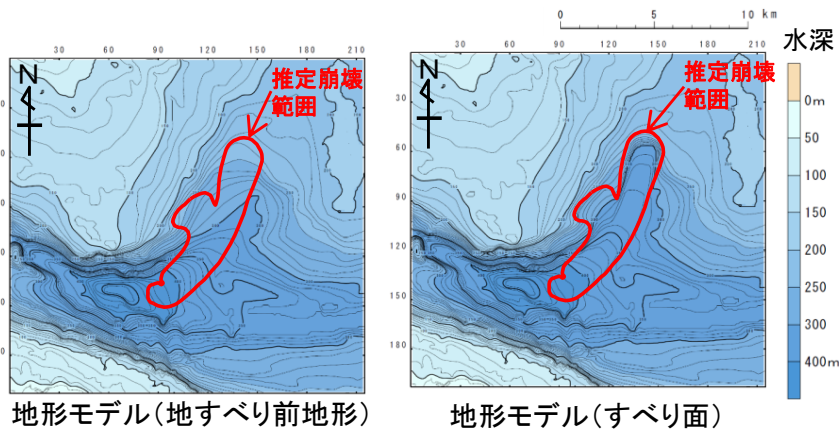
海底地すべりに起因する津波の二層流モデルによる計算結果（下降側）は下表のとおりである。

海底地すべりに起因する津波検討結果(下降側)

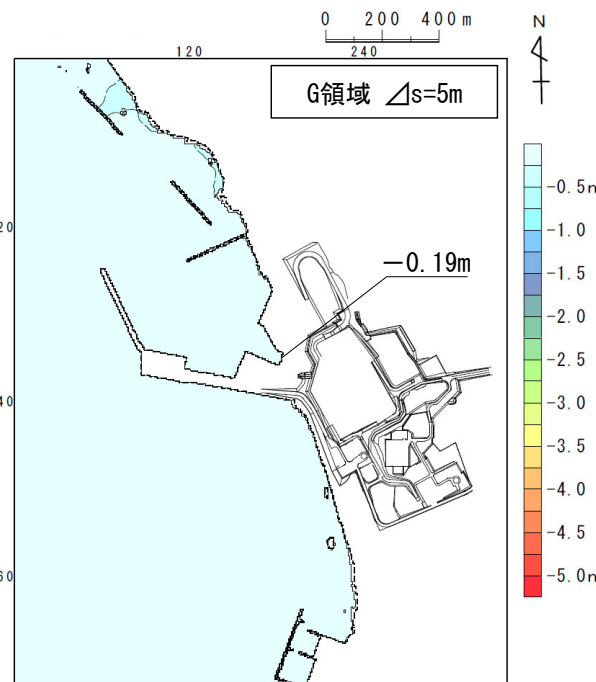
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
海底地すべり地形 Ms-2	二層流モデル	-0.19m



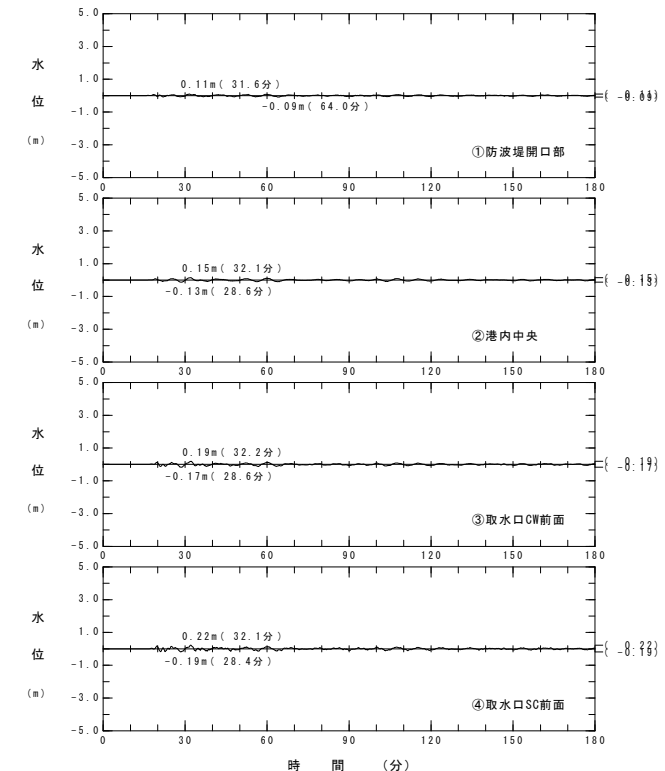
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



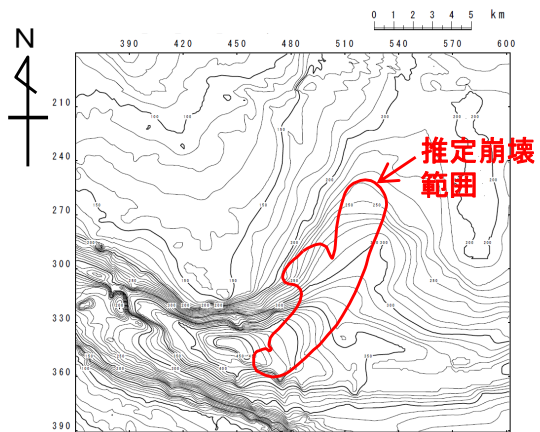
水位時刻歴波形

4-2. 海底地すべりに起因する津波（19/26）

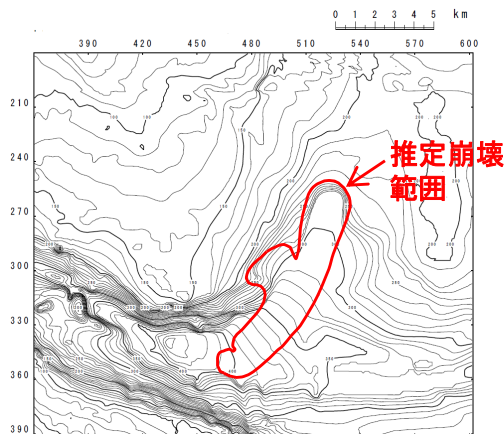
数値シミュレーション【ステップ4】（5/8）：解析モデル②<kinematic landslideモデル>（1/4）

崩壊地形データの作成【Ms-2】

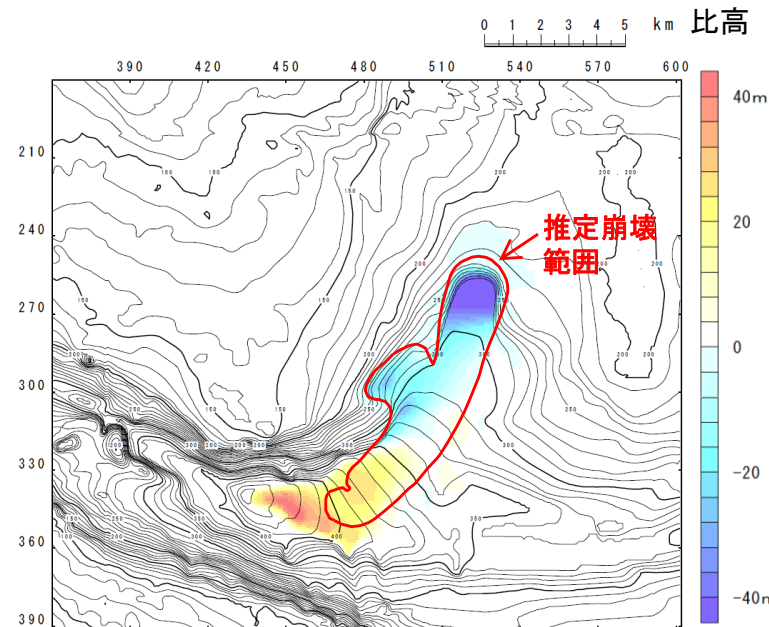
- ・解析モデル②としてkinematic landslideモデルを採用した。
- ・kinematic landslideモデルの崩壊地形データ（比高分布）は、地すべり前地形と二層流モデルにより得られた崩壊後地形から作成した。



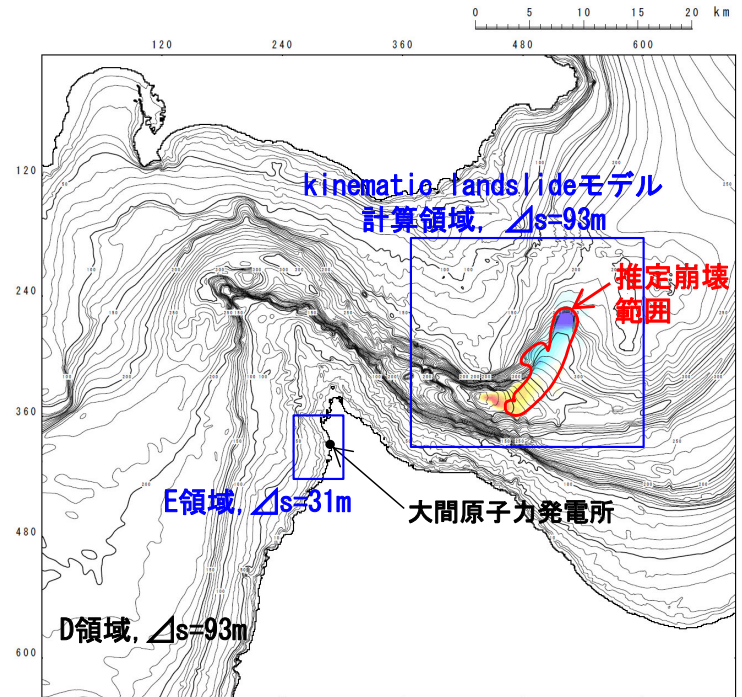
a. 地すべり前地形



b. 二層流モデルにより得られた崩壊後地形



崩壊に伴う地形変化 (b-a)
(比高分布)



計算領域図



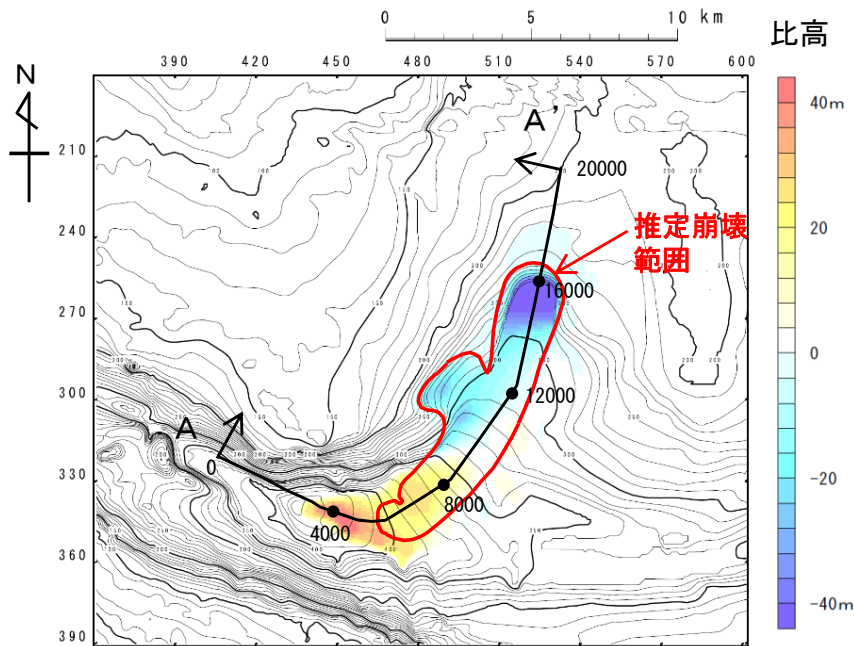
4-2. 海底地すべりに起因する津波 (20/26)

数値シミュレーション【ステップ4】 (6/8) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (2/4)

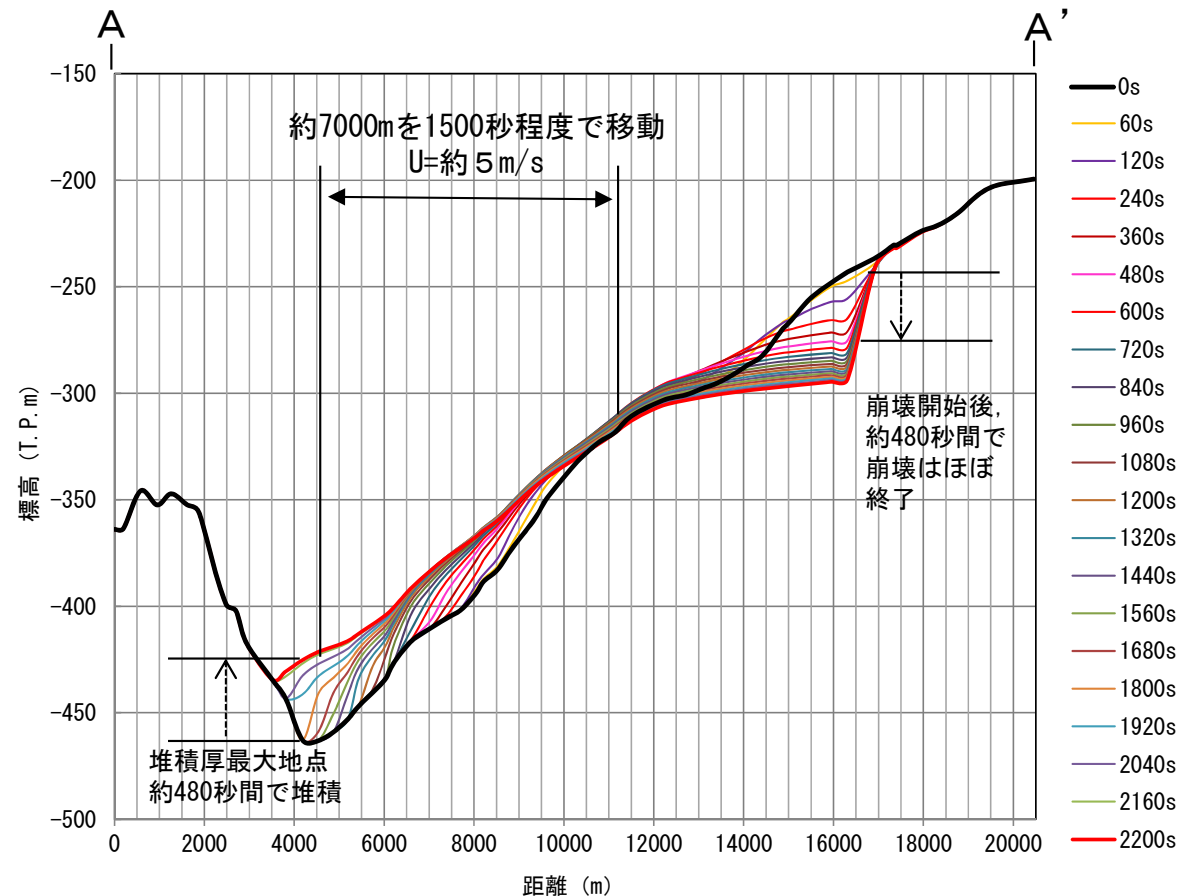
パラメータの設定【Ms-2】

- 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 : 5 m/s, 比高変化継続時間 T : 480秒



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)



4-2. 海底地すべりに起因する津波 (21/26)

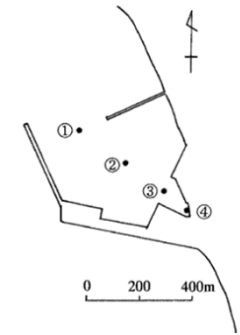
数値シミュレーション【ステップ4】 (7/8) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (3/4)

計算結果【Ms-2】

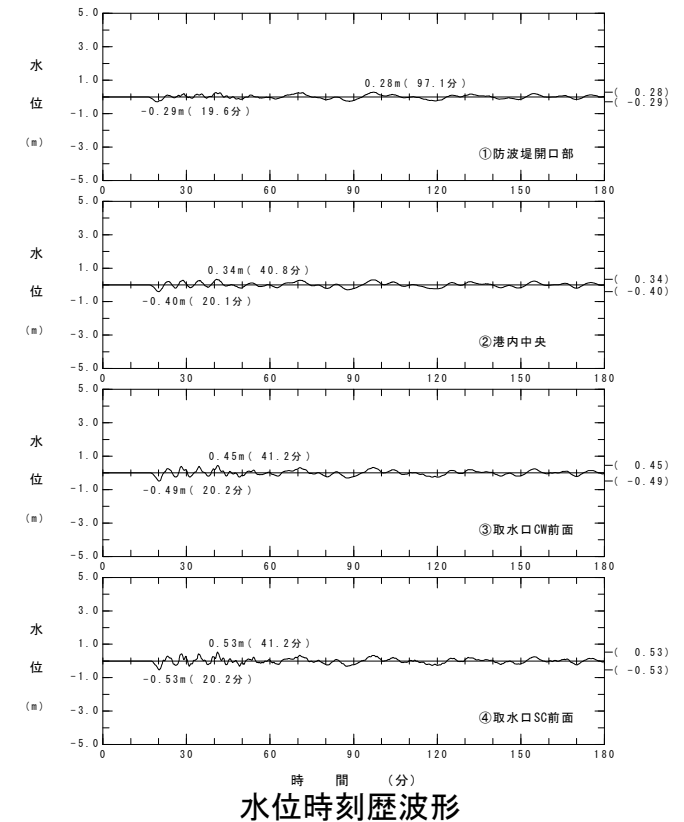
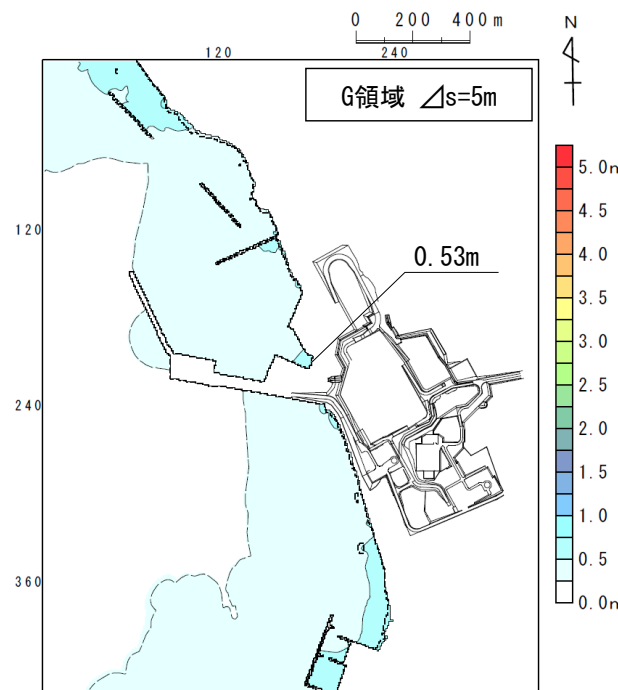
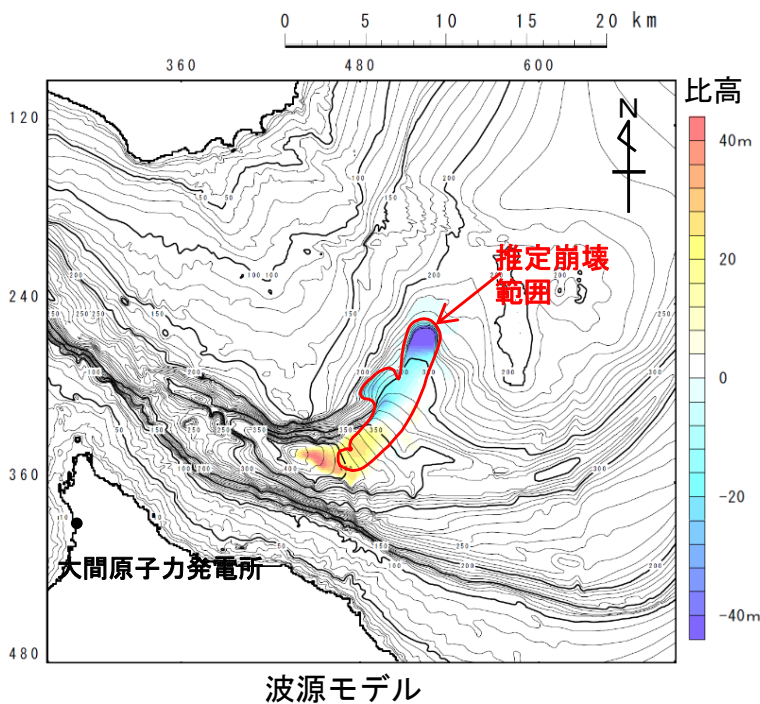
海底地すべりに起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

海底地すべり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
海底地すべり地形 Ms-2	kinematic landslide モデル	0.53m



水位時刻歴波形出力点





4-2. 海底地すべりに起因する津波 (22/26)

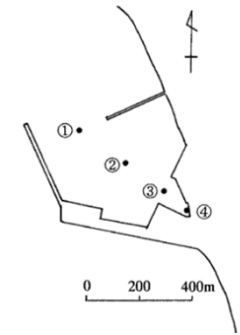
数値シミュレーション【ステップ4】 (8/8) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (4/4)

計算結果【Ms-2】

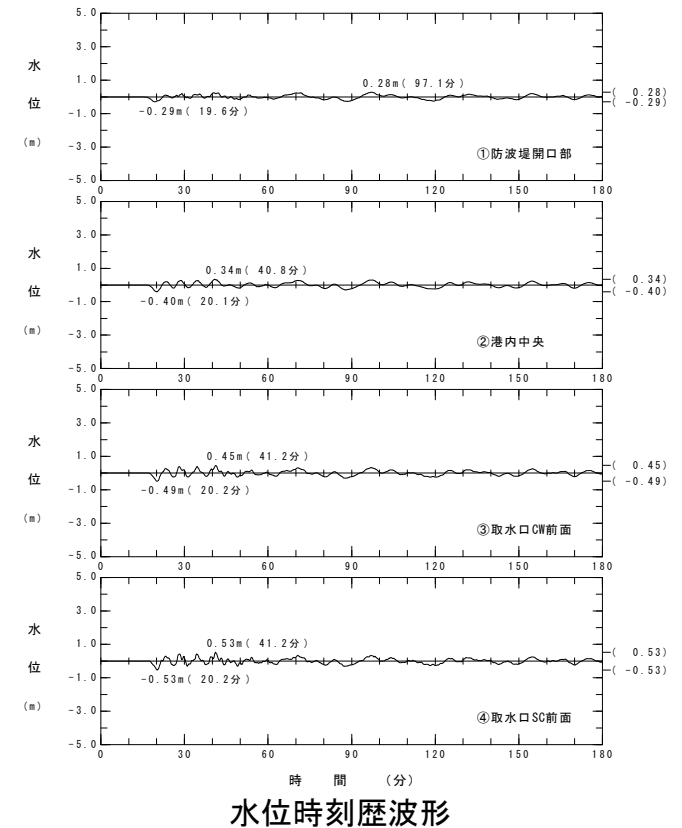
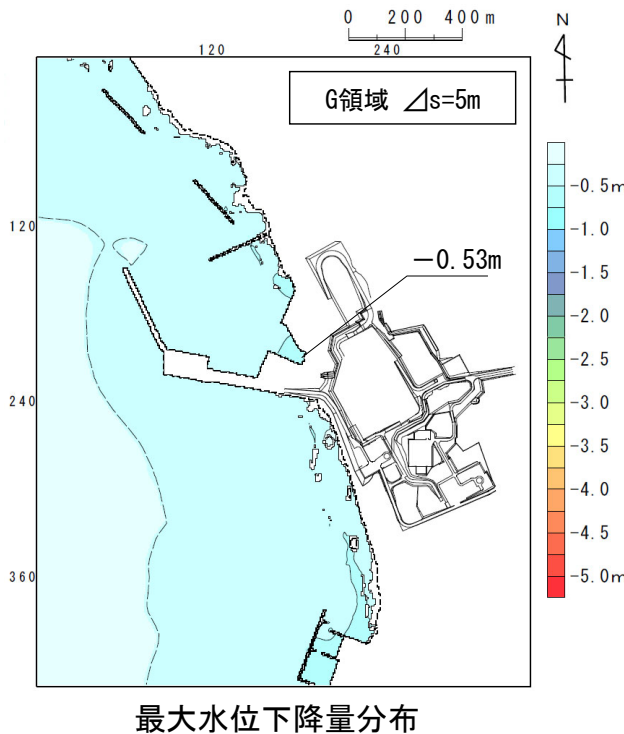
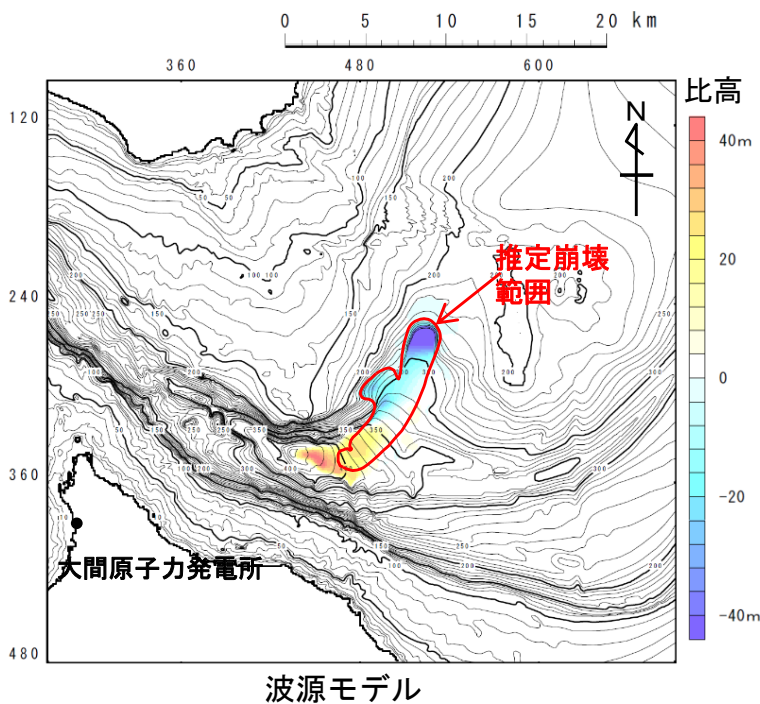
海底地すべりに起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

海底地すべり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
海底地すべり地形 Ms-2	kinematic landslide モデル	-0.53m



水位時刻歴波形出力点





4-2. 海底地すべりに起因する津波（23 / 26）

海底地すべりに起因する津波検討結果

海底地すべりに起因する津波の検討結果は以下のとおりである。

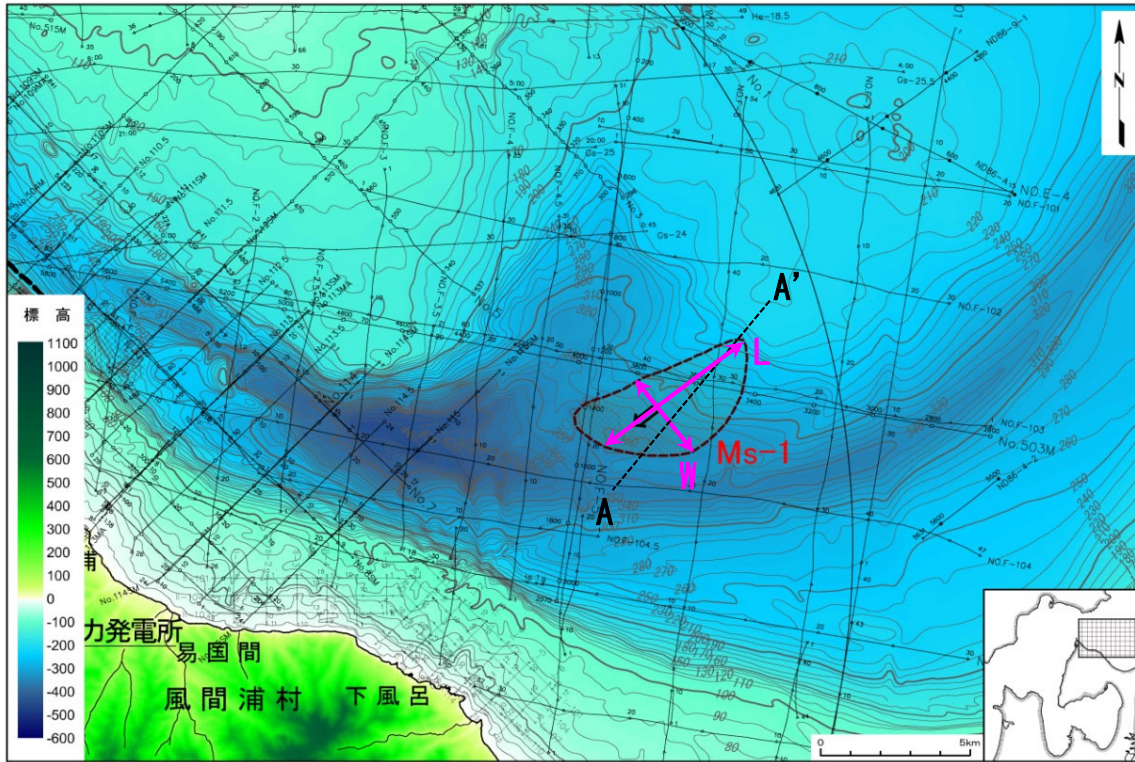
海底地すべりに起因する津波

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
海底地すべりに起因する津波	kinematic landslideモデル	0.53m	-0.53m

4-2. 海底地すべりに起因する津波 (24 / 26)

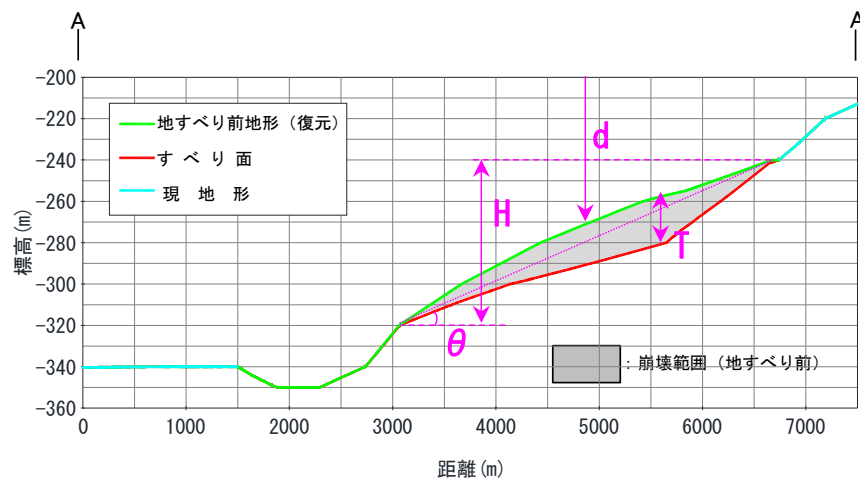
(参考) 検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】：地すべり地形パラメータ (1 / 3)

Ms-1 設定パラメータ



海底地すべり地形Ms-1の地形パラメータは以下のとおり。

項目	設定値	備考
L 崩壊部長さ (m)	5,900	海底地形図
W 崩壊部幅 (m)	3,000	海底地形図
T 崩壊部厚さ (m)	20	海底地形断面図
H 比高 (m)	80	海底地形断面図
θ 斜面勾配 (°)	1.2	海底地形断面図
d 崩壊部水深 (m)	290	海底地形断面図

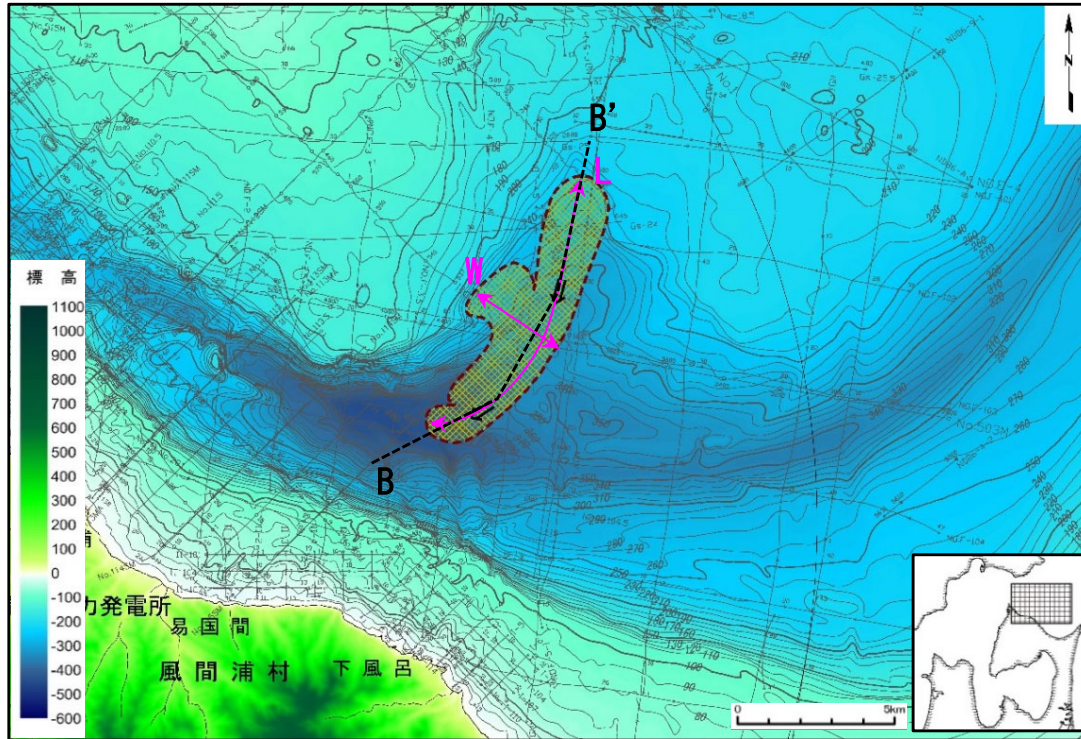


- すべり面等の設定は、第1023回審査会合 資料1-2「8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定」参照
- 対象断面測線は地すべりブロックの中央付近のものを使用
- 水深dは地すべり前ブロック中央部で計測

4-2. 海底地すべりに起因する津波 (25/26)

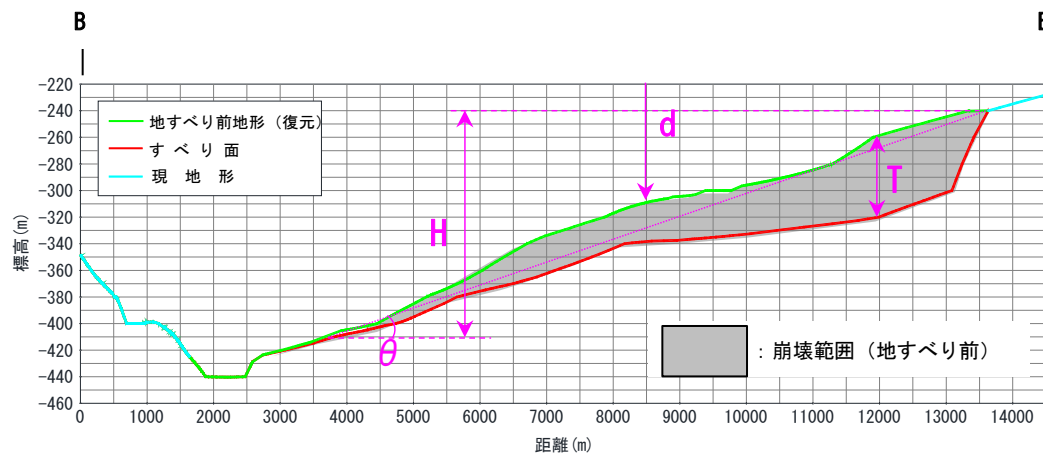
(参考) 検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】：地すべり地形パラメータ (2/3)

Ms-2 設定パラメータ



海底地すべり地形Ms-2の地形パラメータは以下のとおり。

項目	設定値	備考
L 崩壊部長さ (m)	11,300	海底地形図
W 崩壊部幅 (m)	3,510	海底地形図
T 崩壊部厚さ (m)	60	海底地形断面図
H 比高 (m)	170	海底地形断面図
θ 斜面勾配 (°)	1.0	海底地形断面図
d 崩壊部水深 (m)	310	海底地形断面図



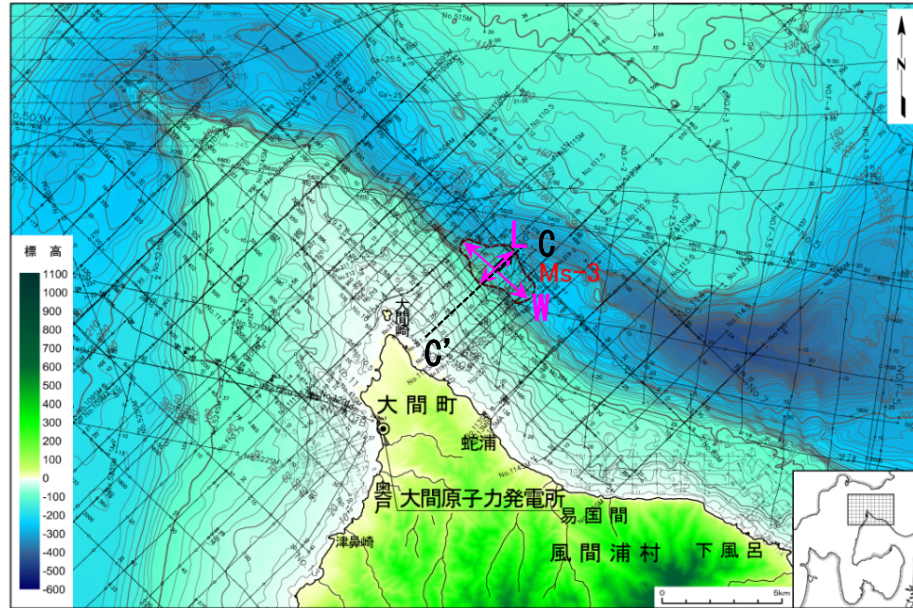
- すべり面等の設定は、第1023回審査会合 資料1-2「8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定」参照
- 対象断面測線は地すべりブロックの中央付近のものを使用
- 水深dは地すべり前ブロック中央部で計測



4-2. 海底地すべりに起因する津波 (26 / 26)

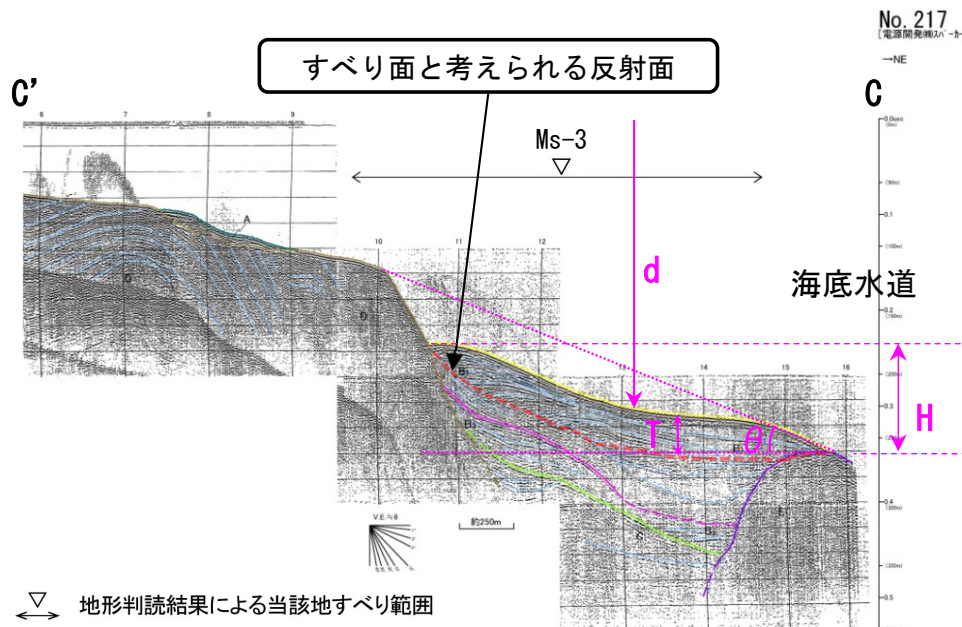
(参考) 検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】：地すべり地形パラメータ (3 / 3)

Ms-3 設定パラメータ



海底地すべり地形Ms-3の地形パラメータは以下のとおり。

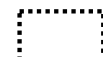
項目	設定値	備考
L 崩壊部長さ (m)	1,880	海底地形図
W 崩壊部幅 (m)	3,200	海底地形図
T 崩壊部厚さ (m)	30	海底地形断面図
H 比高 (m)	80	海底地形断面図
θ 斜面勾配 (°)	4.0	海底地形断面図
d 崩壊部水深 (m)	230	海底地形断面図




- 対象断面測線は地すべりブロックの中央付近の測線を使用
- 水深dは地すべり後ブロック中央部で計測

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

4-3. 火山現象に起因する津波（1 / 12）

火山現象に起因する津波の検討フロー

火山現象に起因する津波については、以下のフローで検討を実施した。

検討フロー

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

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

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

【ステップ2】：検討対象火山現象の選定

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

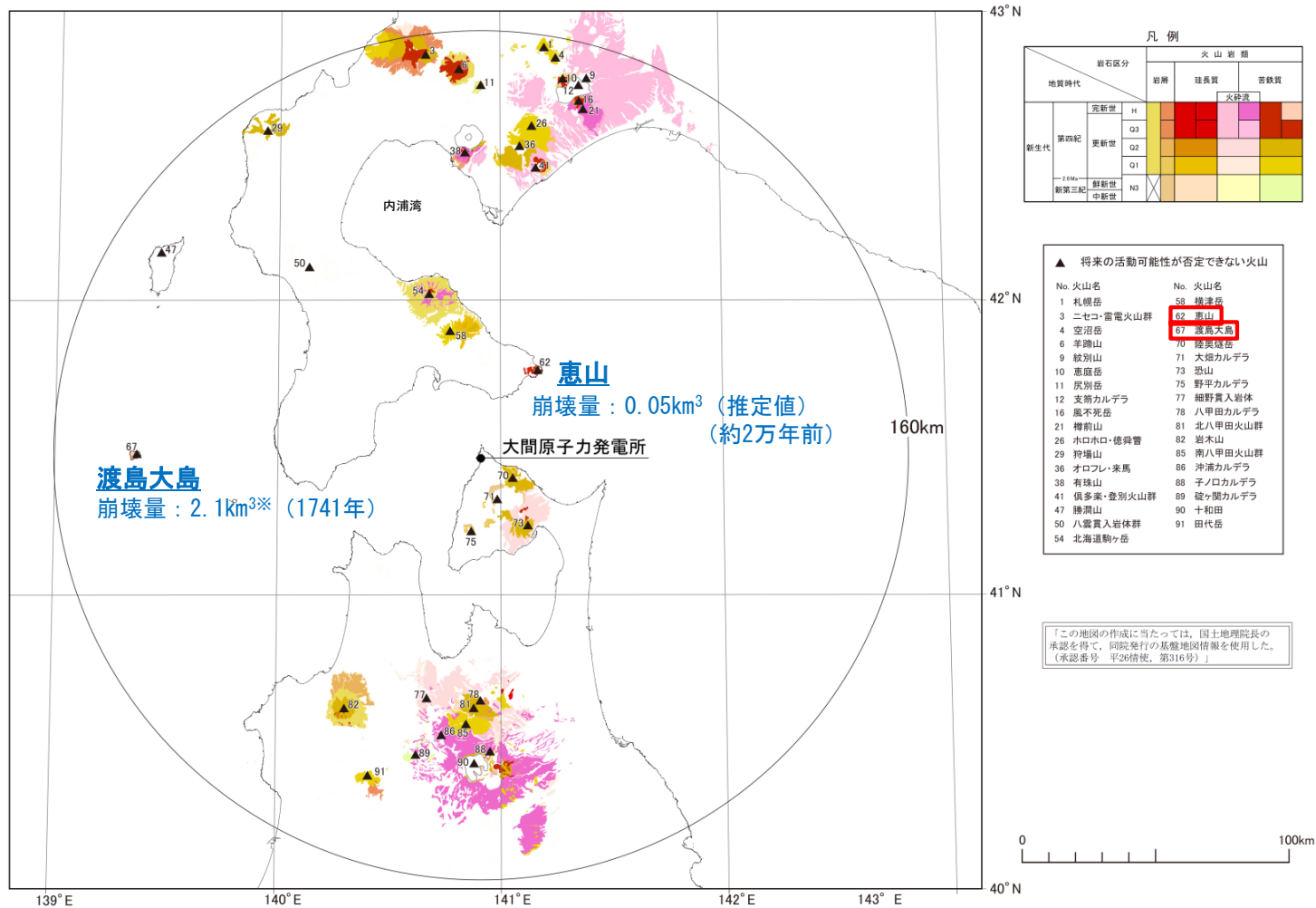
【ステップ3】：数値シミュレーションの実施

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



4-3. 火山現象に起因する津波（2 / 12）

発電所に影響がある津波を発生させる可能性がある火山現象の評価【ステップ1】



将来の活動可能性が否定できない火山

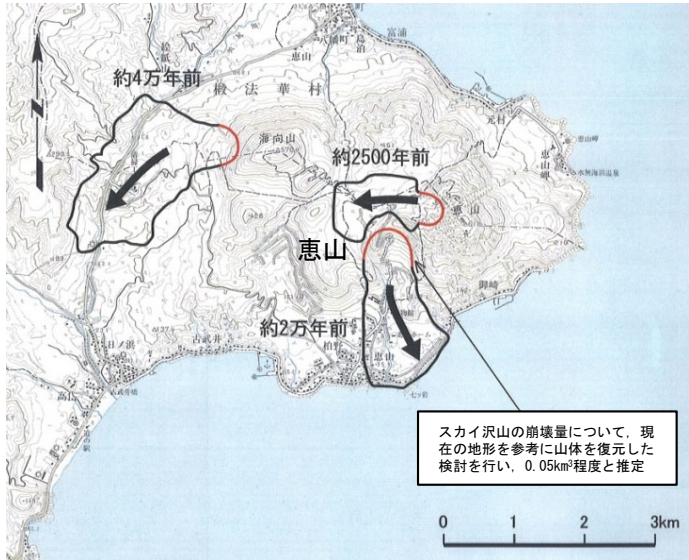
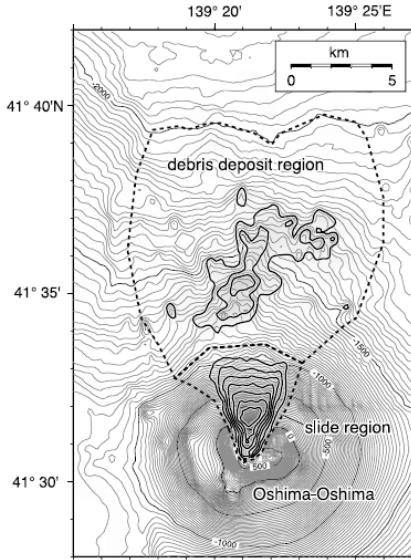
※: Kawamata et al. (2005)による

本図は、地質調査総合センター編（2010）に基づき作成したものである。

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

4-3. 火山現象に起因する津波 (3 / 1 2)

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

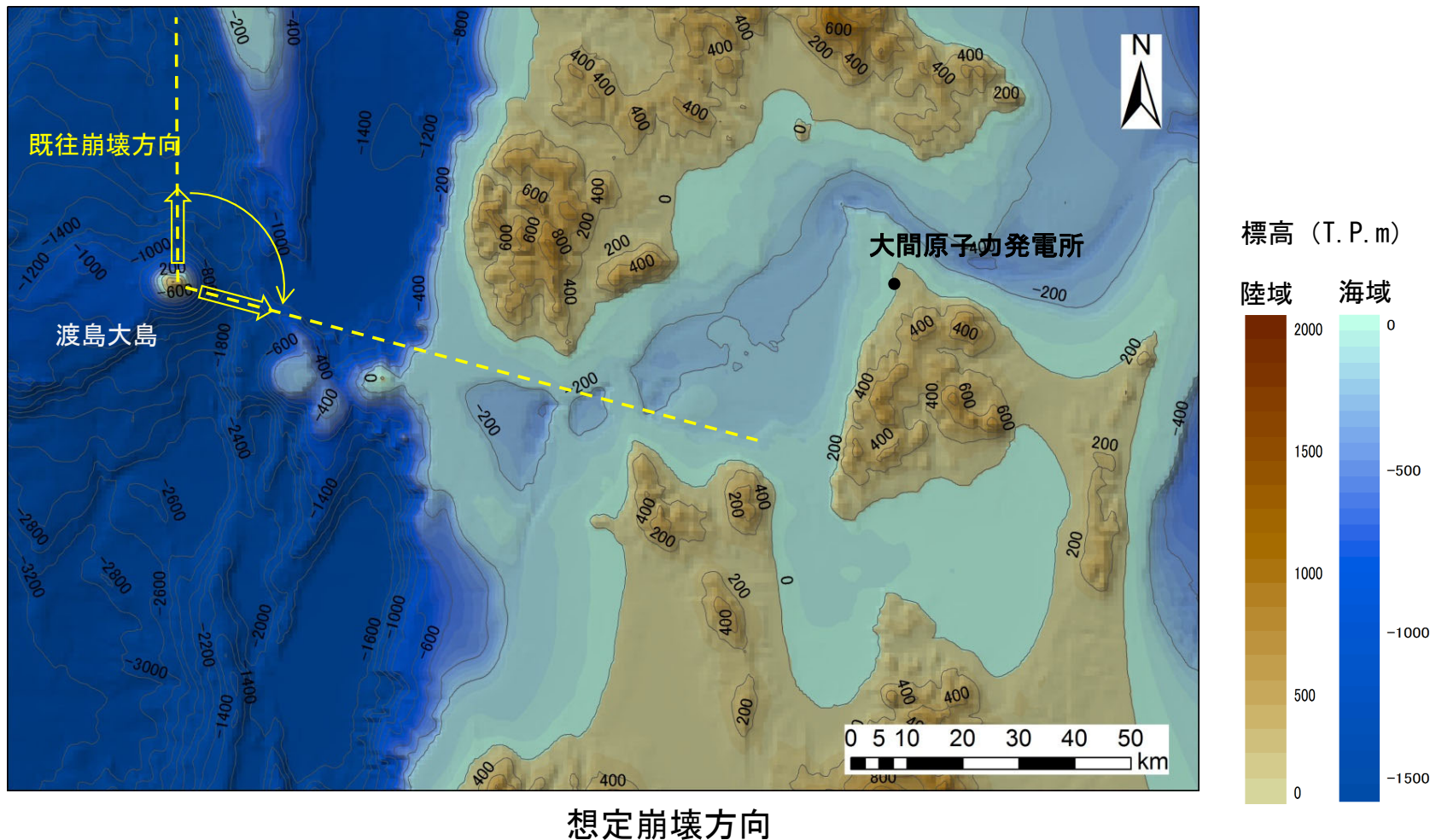
	恵山	渡島大島
直径	3,000m (推定)	18,000m (佐竹・加藤 (2002))
比高	618m (推定)	2,450m (佐竹・加藤 (2002))
体積	1.5km ³ (山体を円錐と仮定し算出)	207.8km ³ (山体を円錐と仮定し算出)
敷地からの距離 (直線距離)	39km	129km
既往の山体崩壊 & 津波発生状況	 <p>既往最大山体崩壊 (2万年前) : 山体崩壊量 約0.05km³ (推定) : 津波が発生した記録はない。</p>	 <p>既往最大山体崩壊 (1741年) : 山体崩壊量 約2.1km³ (Kawamata et al. (2005)) : 津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

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

4-3. 火山現象に起因する津波（4 / 1 2）

検討対象火山現象の選定【ステップ2】（2 / 2）：渡島大島崩壊方向の設定

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

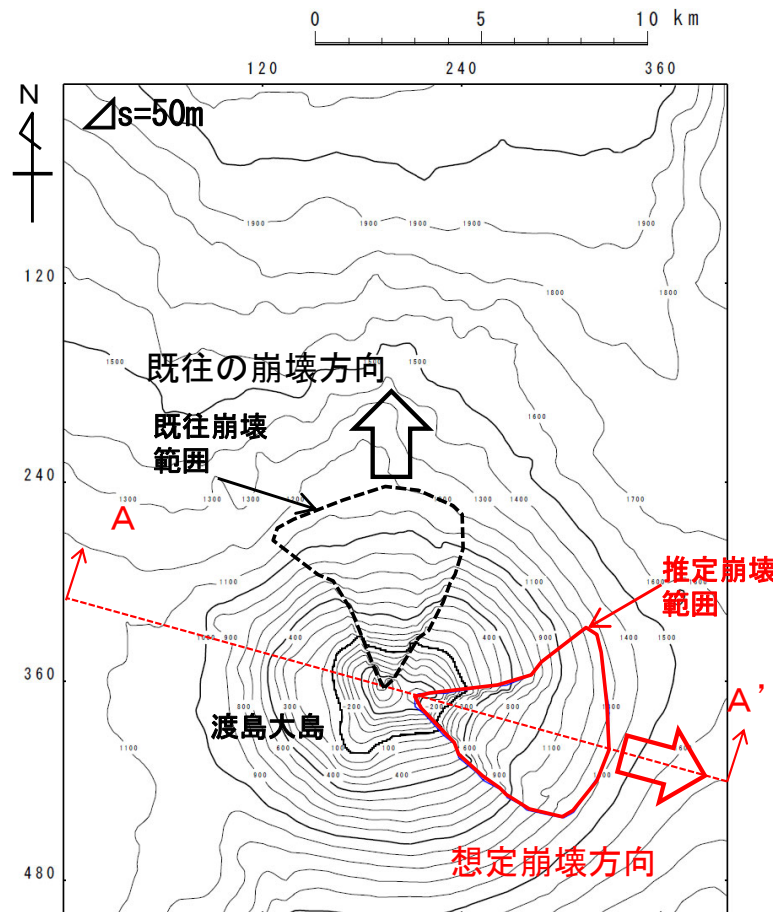


(余白)

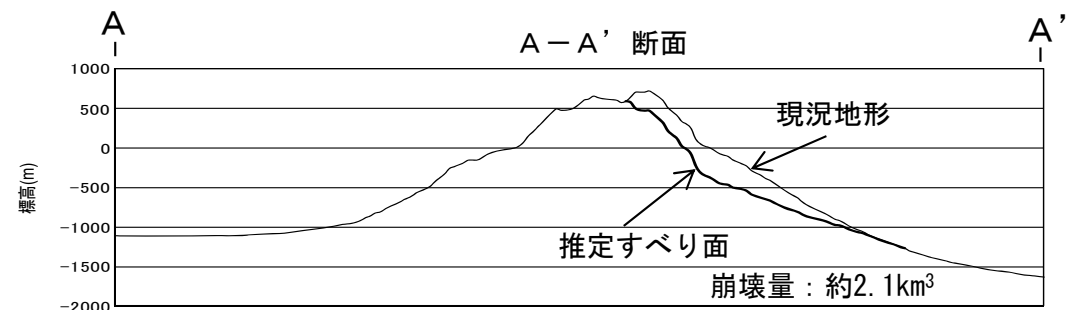
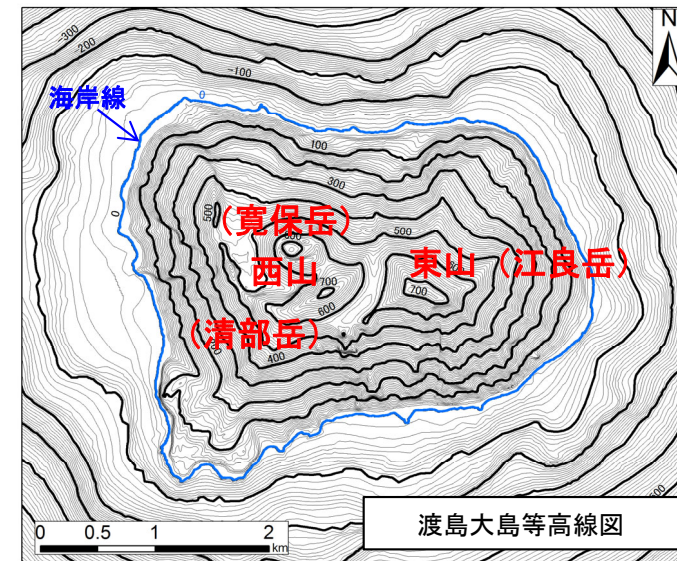
4-3. 火山現象に起因する津波 (5 / 12)

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

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



崩壊方向・崩壊地形



渡島大島山体崩壊地形

4-3. 火山現象に起因する津波 (6 / 12)

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

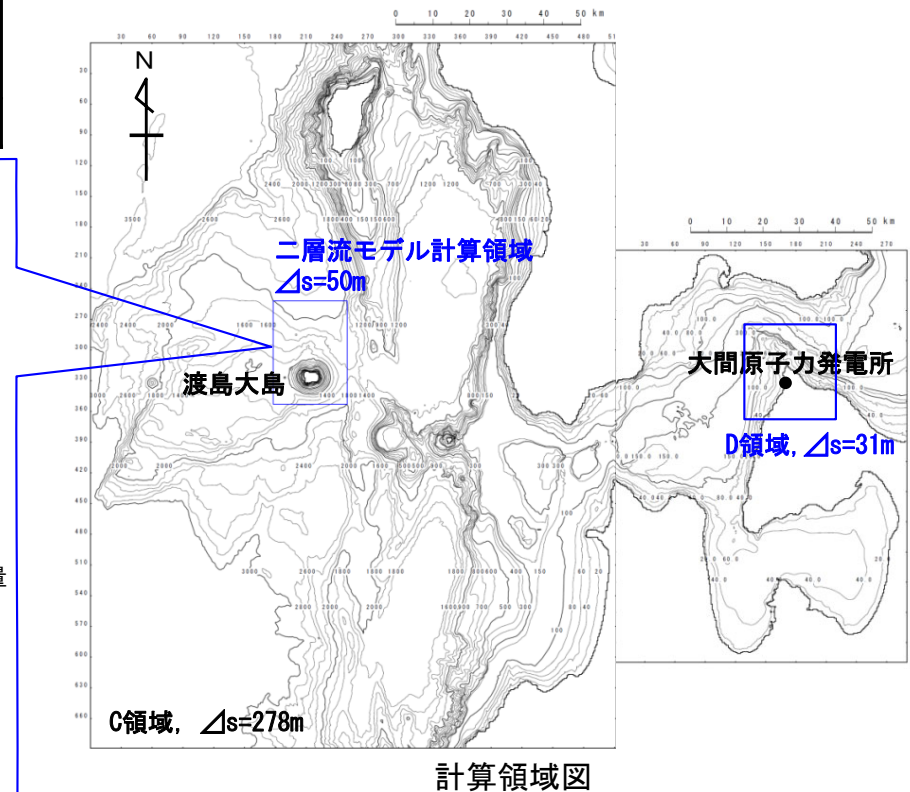
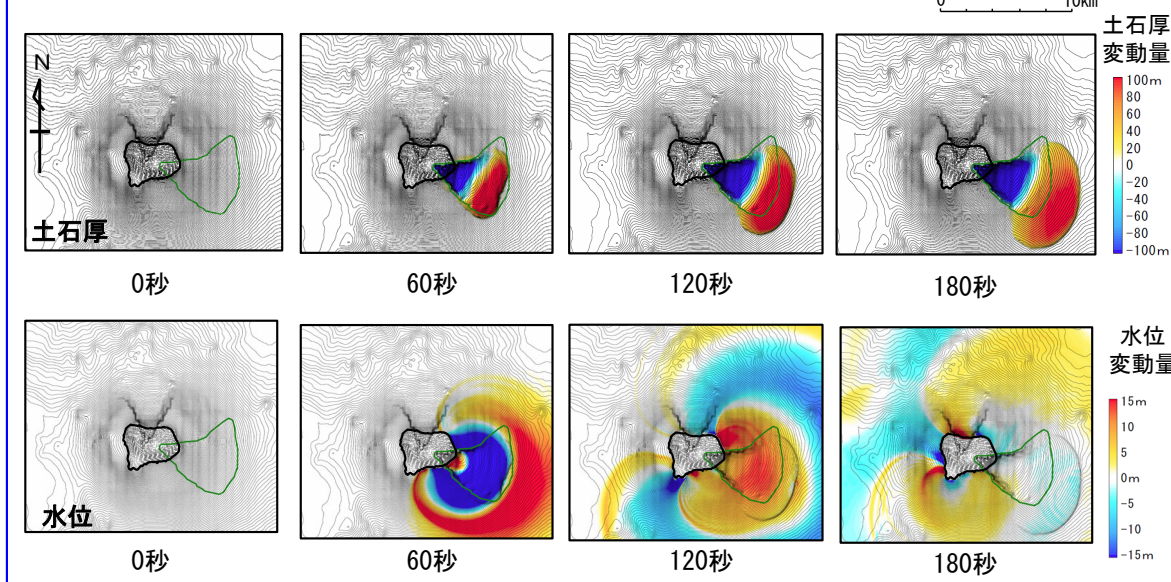
計算条件【渡島大島山体崩壊】

- 二層流モデルの計算条件は下表のとおりである。
- 敷地への津波の伝播シミュレーションは、二層流モデル解析領域の境界部で得られた時刻歴波形を津波伝播計算領域に接続する。

主な計算条件

項目	内容	設定根拠
海水密度	$\rho_1 = 1.03 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	一般値
崩壊物の密度	$\rho_2 = 2.0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	Kawamata et al. (2005) で1741年渡島大島火山津波を再現された値
上層(水)の粗度係数	$n = 0.025 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	
下層(土砂)の粗度係数	$n = 0.4 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	
抗力係数	$C_D = 2.0$	
水平拡散係数	$\nu = 0.1 \text{ (m}^2\text{/s)}$	
計算時間間隔	$\Delta t = 5.0 \times 10^{-4} \text{ (s)}$	計算の安定性を考慮して設定

二層流モデル計算結果 (土石厚分布 (上段), 水位分布 (下段))





4-3. 火山現象に起因する津波 (7 / 12)

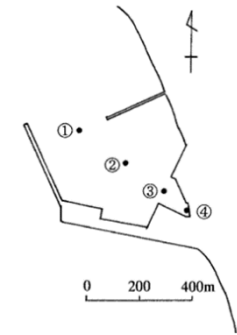
数値シミュレーション【ステップ3】 (3 / 7) : 解析モデル①<二層流モデル> (3 / 4)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

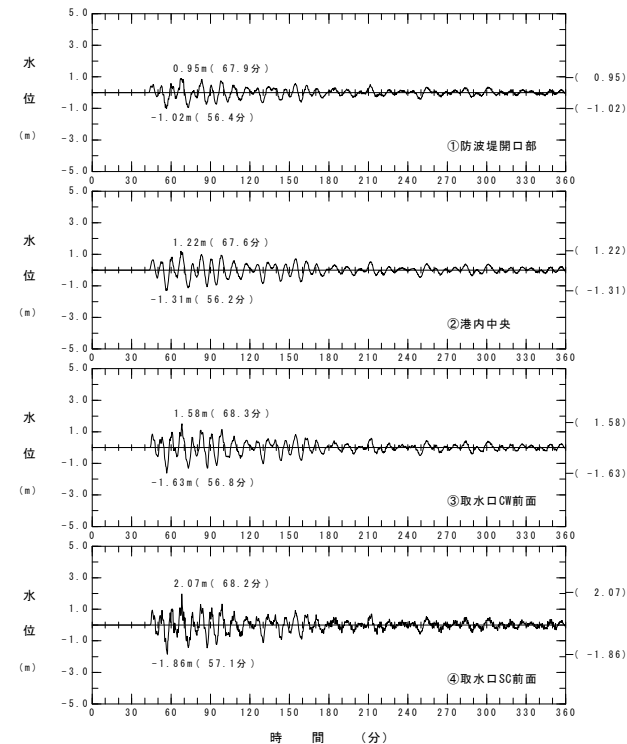
火山現象に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

火山現象に起因する津波検討結果 (上昇側)

検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	二層流モデル	2.08m

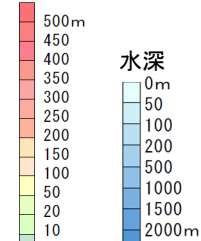


水位時刻歴波形出力点

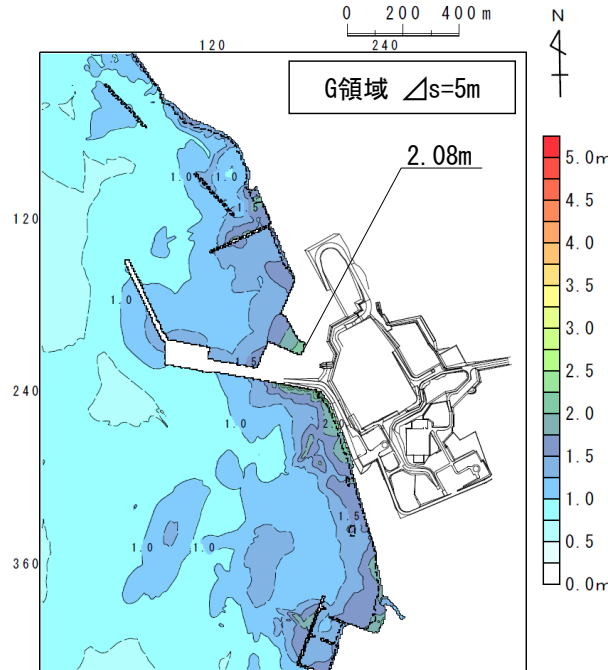


水位時刻歴波形

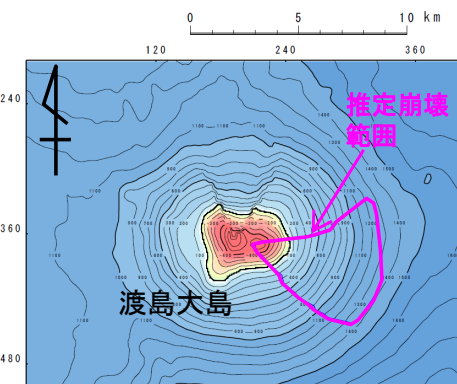
標高 (T.P.m)



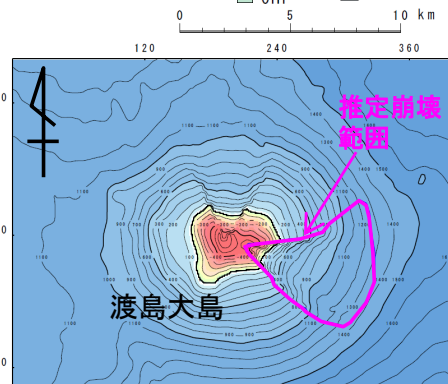
水深



最大水位上昇量分布



地形モデル(地すべり前地形)



地形モデル(すべり面)

波源モデル



4-3. 火山現象に起因する津波 (8 / 12)

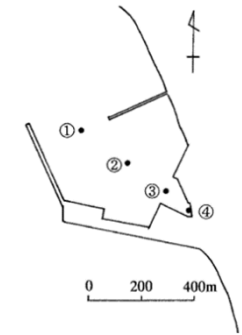
数値シミュレーション【ステップ3】 (4 / 7) : 解析モデル①<二層流モデル> (4 / 4)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

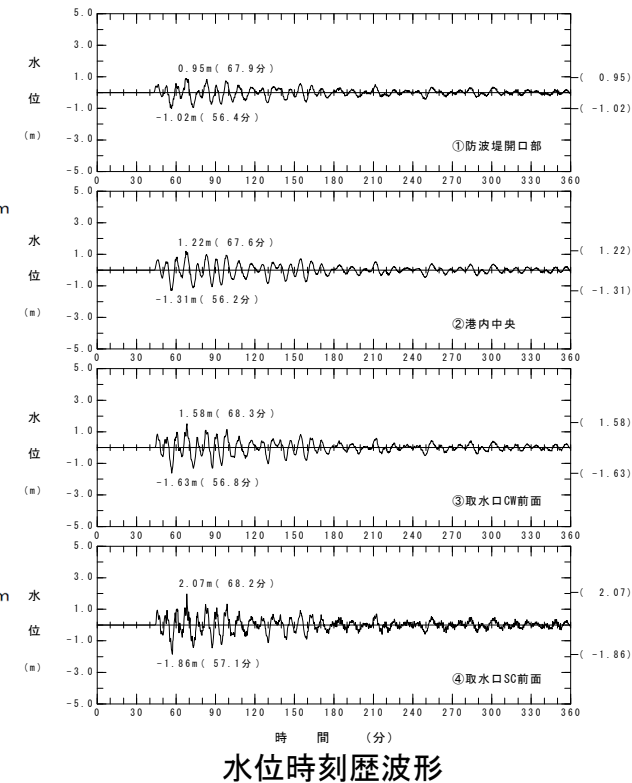
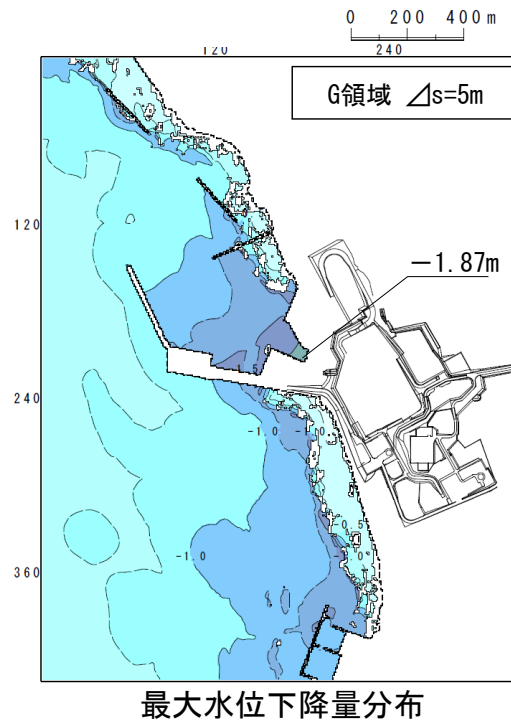
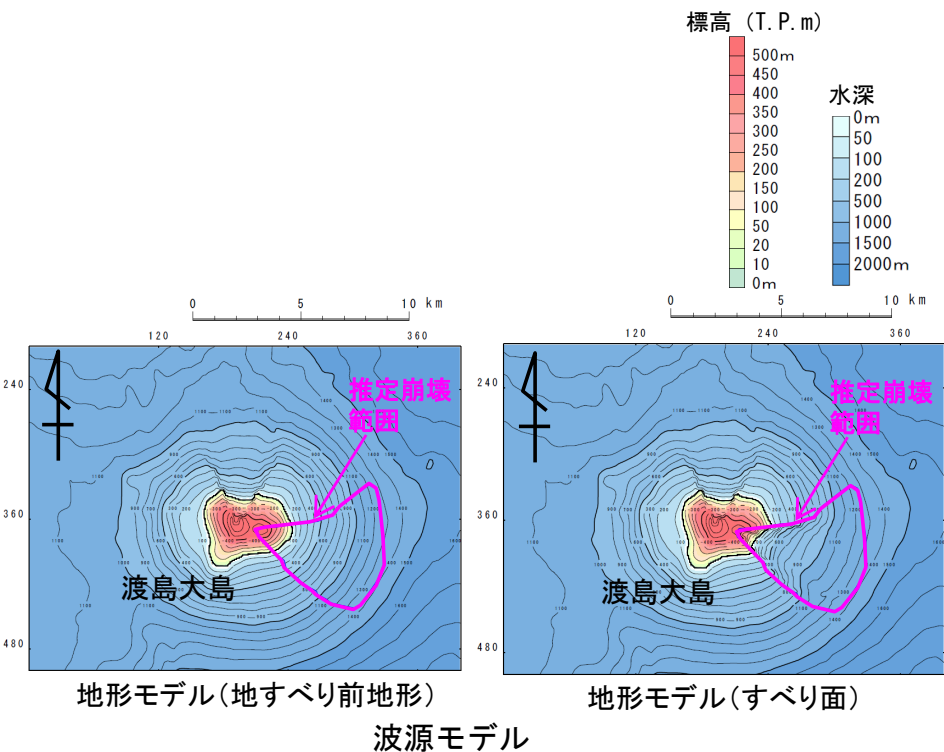
火山現象に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

火山現象に起因する津波検討結果(下降側)

検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	二層流モデル	-1.87m



水位時刻歴波形出力点



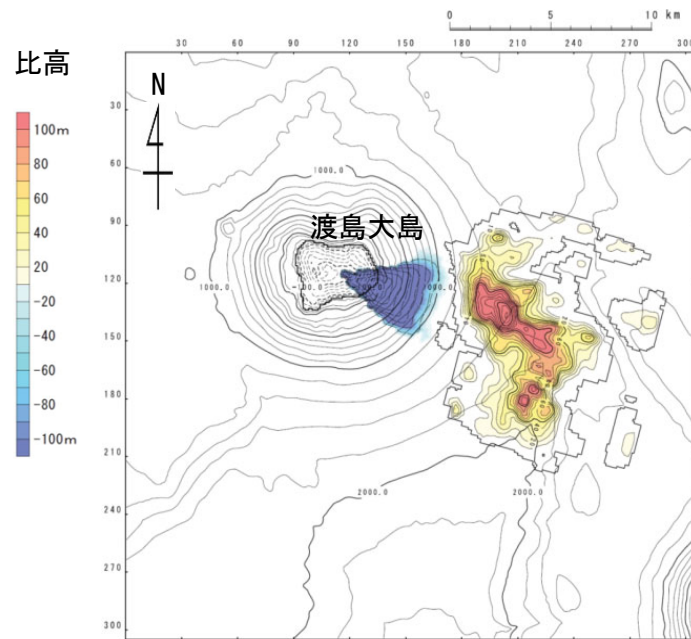
(余白)

4-3. 火山現象に起因する津波 (9 / 12)

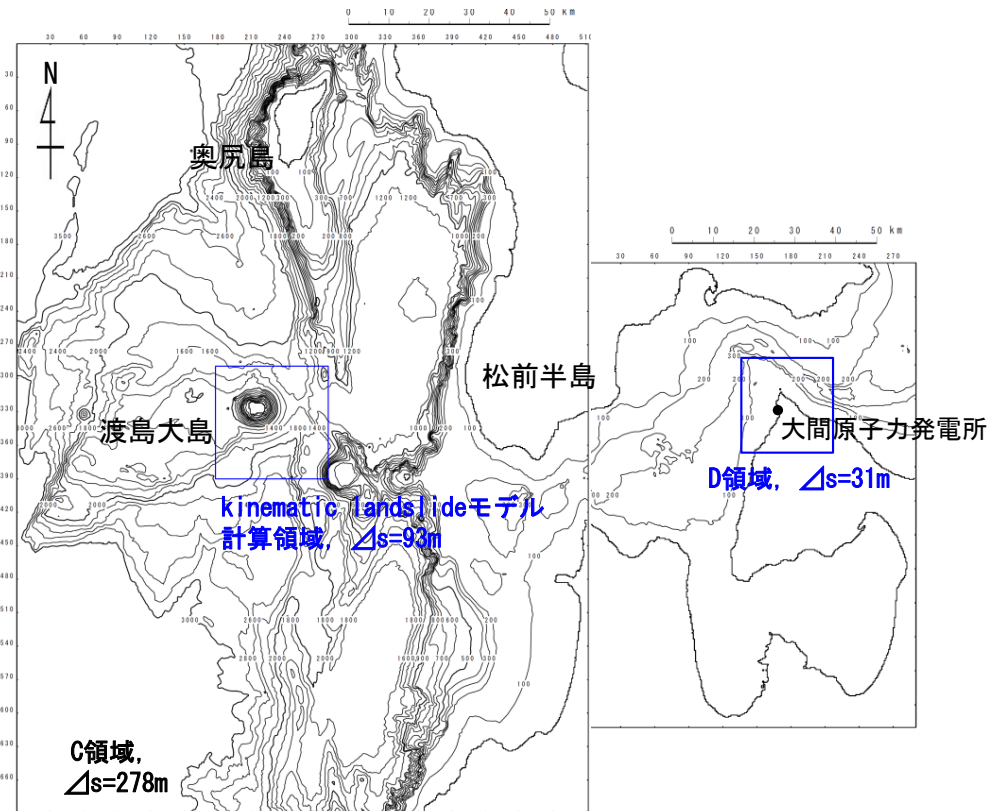
数値シミュレーション【ステップ3】 (5 / 7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (1 / 3)

崩壊地形データの作成及びパラメータの設定【渡島大島山体崩壊】

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



kinematic landslideモデルに用いる
比高分布



計算領域図

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



4-3. 火山現象に起因する津波 (10 / 12)

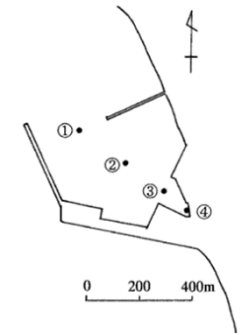
数値シミュレーション【ステップ3】 (6 / 7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (2 / 3)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

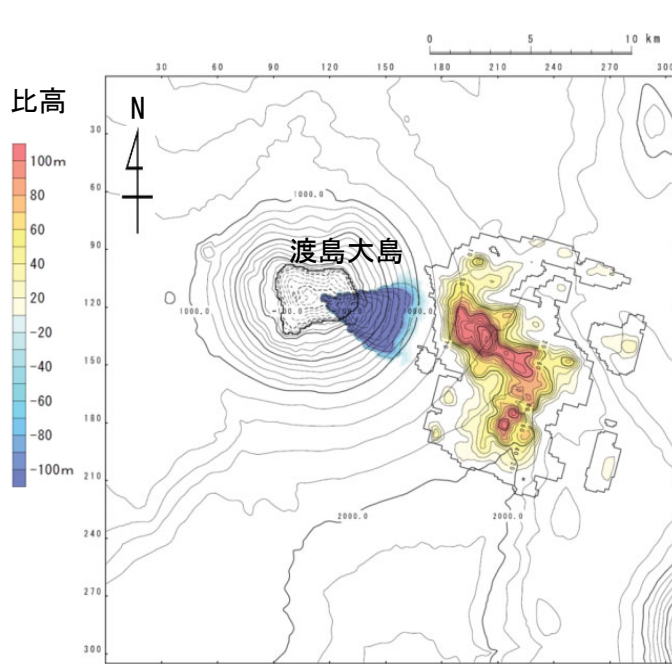
火山現象に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

火山現象に起因する津波検討結果 (上昇側)

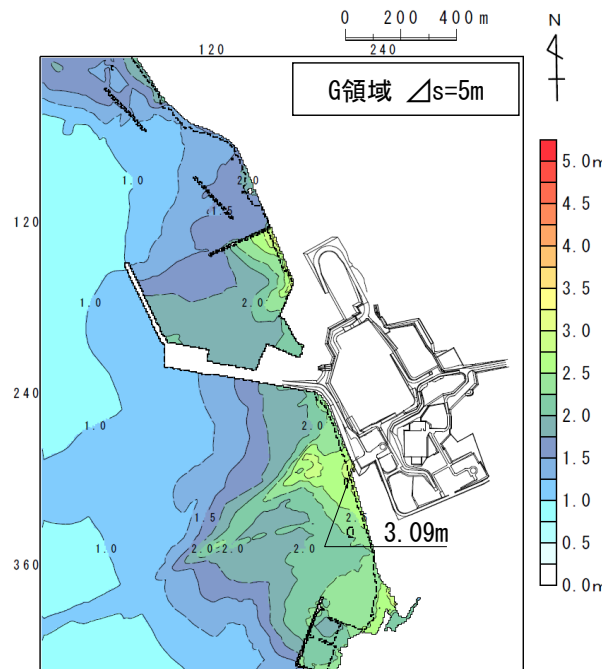
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	kinematic landslide モデル	3.09m



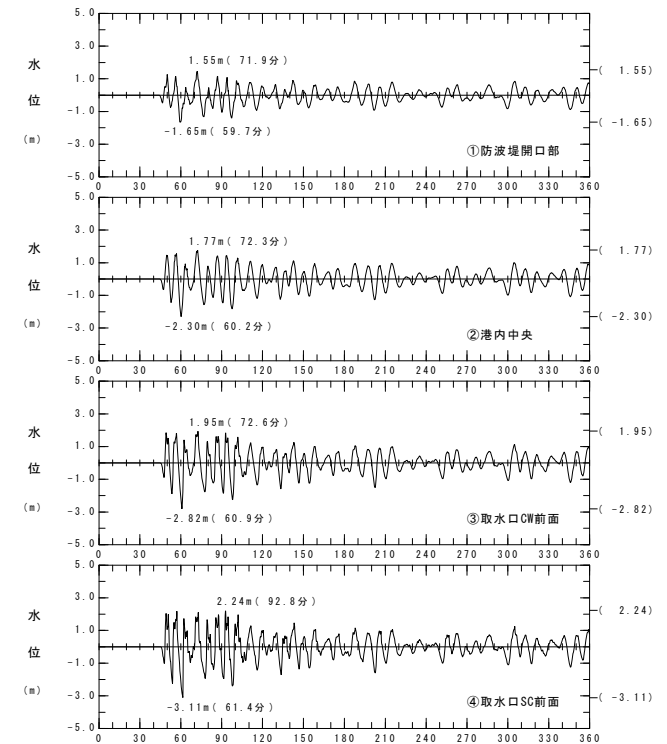
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形



4-3. 火山現象に起因する津波 (11 / 12)

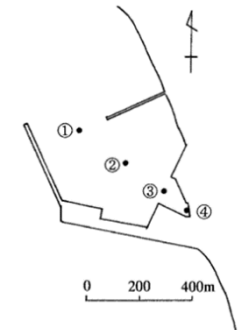
数値シミュレーション【ステップ3】 (7 / 7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (3 / 3)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

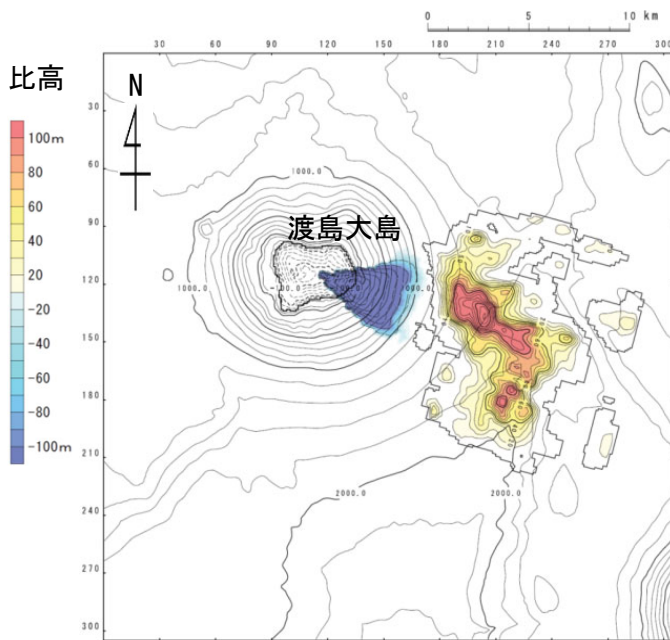
火山現象に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

火山現象に起因する津波検討結果 (下降側)

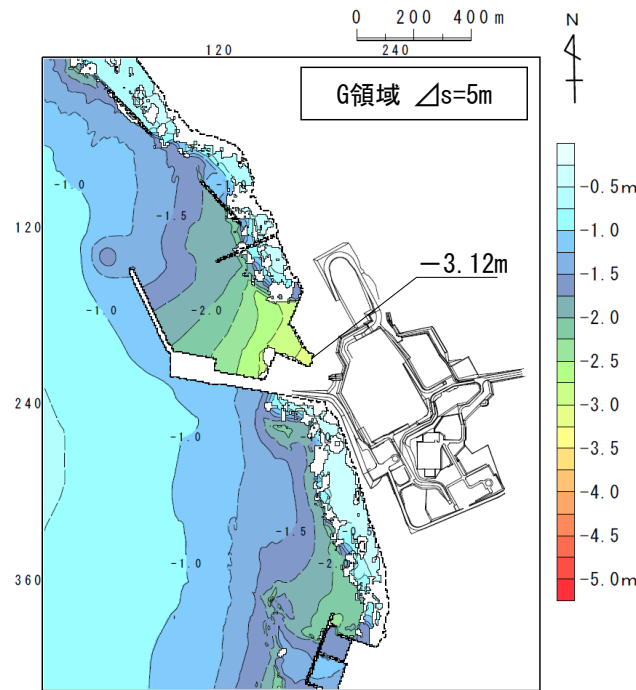
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	kinematic landslide モデル	-3.12m



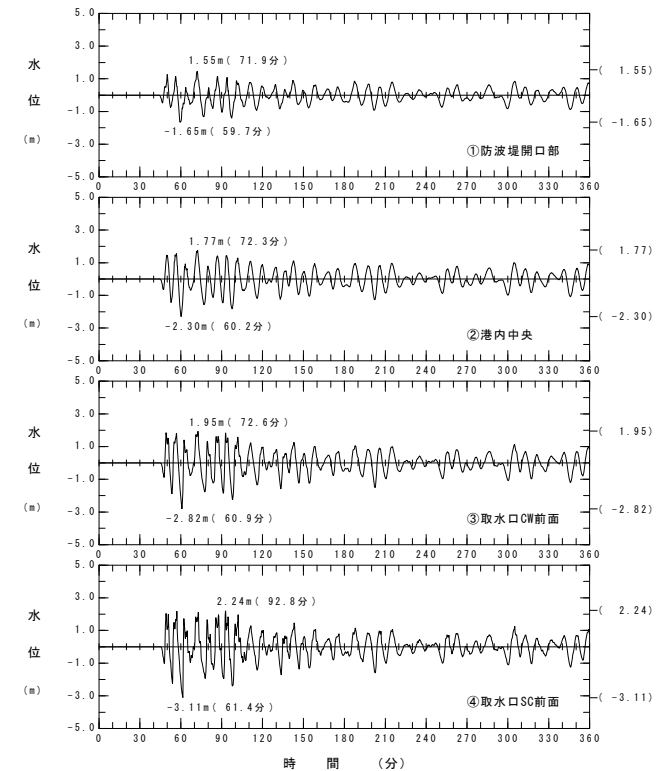
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



4-3. 火山現象に起因する津波（12/12）

火山現象に起因する津波検討結果

火山現象に起因する津波の検討結果は以下のとおりである。


火山現象に起因する津波


区分	解析モデル	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面 における 最大水位下降量
火山現象に起因する津波	kinematic landslideモデル	3.09m	-3.12m

(余白)

目 次

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



4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ


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


地震以外の要因による津波の検討結果

津波を発生させる要因	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
陸上の斜面崩壊 【佐井エリアの地すべり地形】	4.97m	-3.49m
海底地すべり 【海底地すべり地形Ms-2】	0.53m	-0.53m
火山現象 【渡島大島の山体崩壊】	3.09m	-3.12m

目次

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

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (1 / 9)

検討方針 (1 / 2)

基本的な考え方

- **設置許可基準規則の解釈※・別記3「2」**では、津波発生要因に係るサイトの地学的背景、津波発生要因の関連性を踏まえ、次に示す組合せについて考慮していることを確認するとされている。
 - ① プレート間地震とその他の地震
 - ② 地震と地すべり
 - ③ 地震と斜面崩壊
 - ④ 地震と山体崩壊
- 上記を踏まえ、津波発生要因の組合せについて検討を実施する。

※：「**实用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈**」

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (2 / 9)

検討方針 (2 / 2)

組合せケース

- **組合せ元とする地震の抽出**

地震による津波※のうち、敷地へ及ぼす影響が大きい地震を「組合せ元とする地震」として抽出する。

- **組合せ先とする津波発生要因**

組合せ先とする津波発生要因は、以下を組合せ対象の候補とする。

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

- **組合せ対象の検討**

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

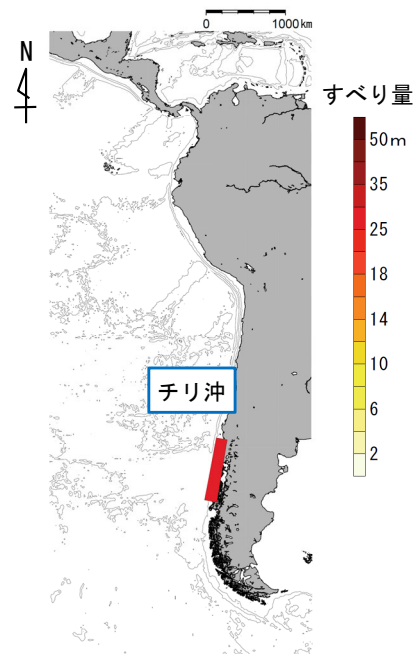
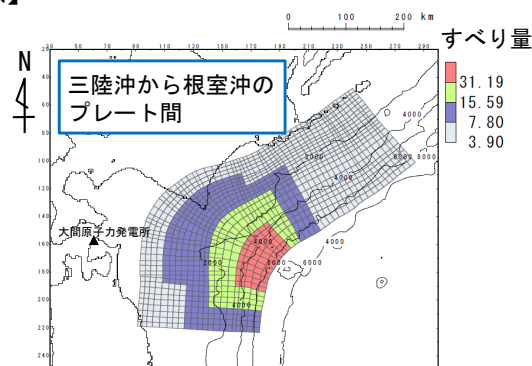
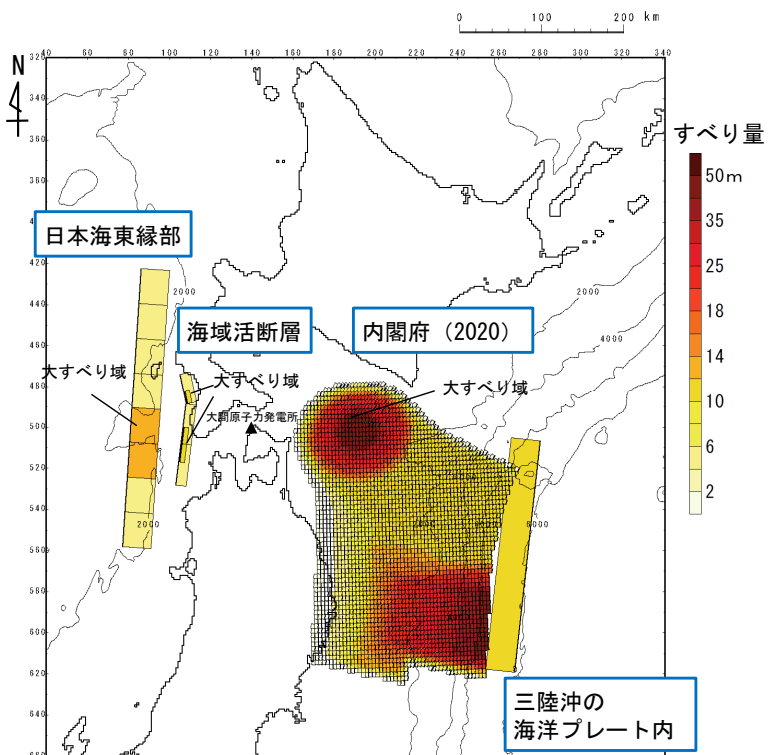
※：日本海東縁部に想定される地震に伴う津波、三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波、内閣府（2020）モデルによる津波、三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波、チリ沖に想定される地震に伴う津波及び海域活断層に想定される地震に伴う津波

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (3 / 9)

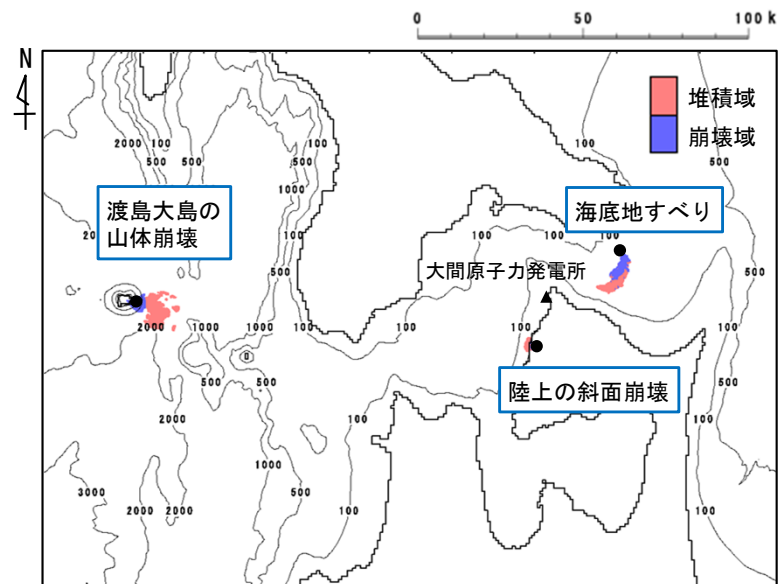
検討対象とする組合せ

- 前頁に挙げた組合せの検討対象とする津波の波源の位置関係を以下に示す。

【地震による津波の波源】



【地震以外の要因による津波の波源】



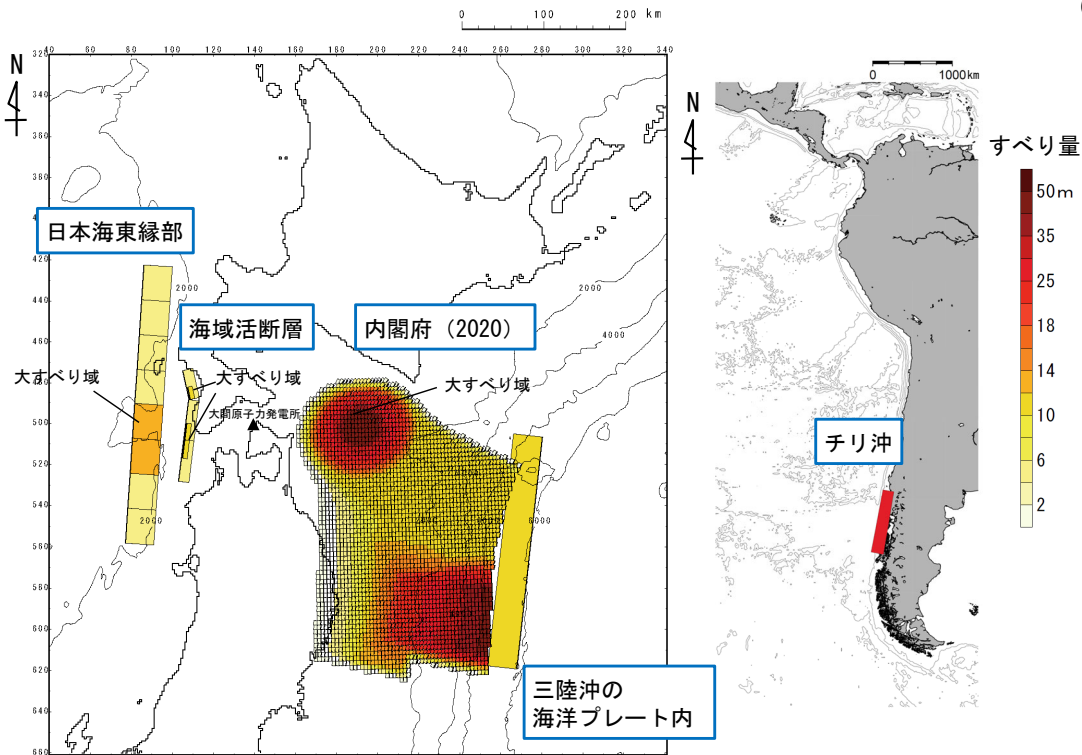


コメントNo.S5-61

①プレート間地震とその他の地震

- 組合せ元とするプレート間地震は、敷地への影響が大きい波源モデルとした内閣府（2020）モデルによる地震を抽出する。
- 組合せ先とするその他の地震は、日本海東縁部に想定される地震、三陸沖の海洋プレート内地震、チリ沖に想定される地震及び海域活断層に想定される地震※が候補として挙げられる。
- 日本海東縁部に想定される地震の想定波源域は、内閣府（2020）モデルによる地震の震源から遠く離れているため、これらの組合せは考慮しない。
- 三陸沖の海洋プレート内地震（海洋プレートの沈み込みに伴う屈曲によりプレート浅部の伸張応力場で発生する正断層型のアウターライズ地震）と、内閣府（2020）モデルによる地震（プレート境界の圧縮応力場で発生する逆断層型の地震）とでは地震の発生メカニズムが異なり、組合せを考慮する時間の範囲内において同時発生した事例もないことから、これらの組合せは考慮しない。
- チリ沖に想定される地震の想定波源域は、内閣府（2020）モデルによる地震の震源から1万km以上遠く離れているため、これらの組合せは考慮しない。
- 海域活断層に想定される地震の想定波源域は、内閣府（2020）モデルによる地震の震源から遠く離れているため、これらの組合せは考慮しない。

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

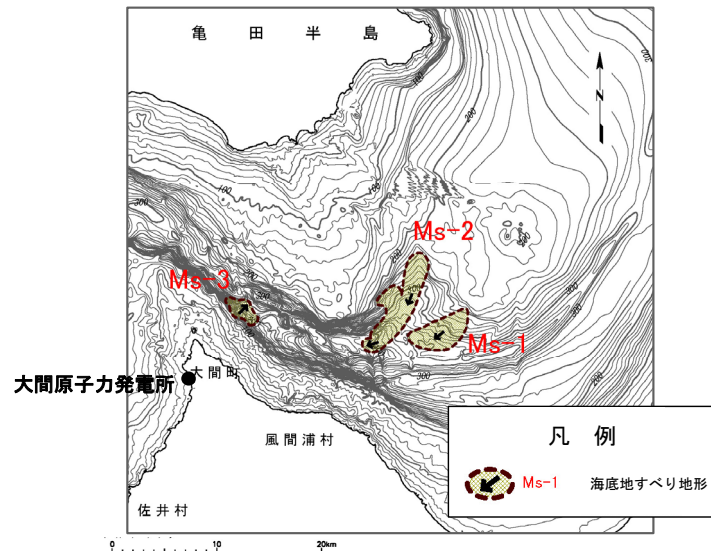


プレート間地震とその他の地震の位置関係

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (5 / 9)

②地震と海底地すべり

- 組合せ元とする地震は、津波による敷地への影響を考慮して、上昇側は日本海東縁部に想定される地震、下降側は内閣府(2020)モデルによる地震とする。
- 組合せ先とする海底地すべりは、海底地すべりMs-1~Ms-3が候補として挙げられる。
- 海底地すべりの発生エリアは津軽海峡内であり、敷地における海底地すべりによる津波の最大水位上昇量は0.53m、最大水位下降量は-0.53mである。
- 一方、発生エリアが海底地すべりと同様に津軽海峡内に位置する、陸上の斜面崩壊に起因する津波の最大水位上昇量は4.97m、最大水位下降量は-3.49mである。
- したがって、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方が、敷地に与える影響が明らかに大きくなることから、地震による津波と海底地すべりの組合せは考慮しない。



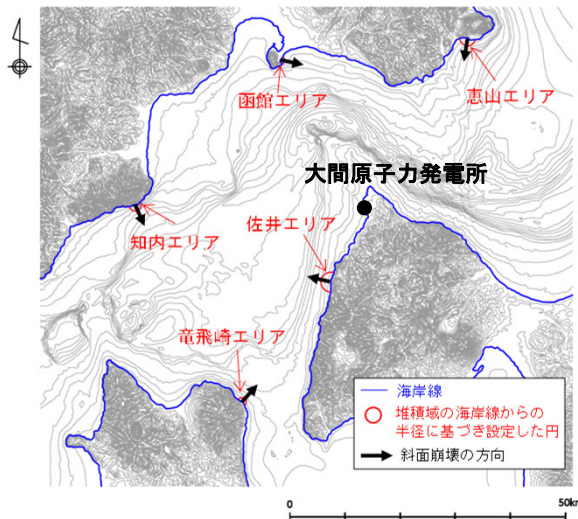
発電所に影響のある津波を
発生させる可能性がある海底地すべり地形

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (6/9)

③地震と陸上の斜面崩壊 (1/2)

- 組合せ元とする地震は、津波による敷地への影響を考慮して、上昇側は日本海東縁部に想定される地震、下降側は内閣府（2020）モデルによる地震とする。
- 日本海東縁部に想定される地震の波源は日本海側、内閣府（2020）モデルによる地震の波源は太平洋側に位置し、それぞれの津波は西側、東側の沖合から津軽海峡内に伝播し、敷地に到達する。
- 組合せ先とする陸上の斜面崩壊は、検討対象とした5エリア（恵山、函館、知内、佐井、竜飛崎）の陸上の斜面崩壊が候補として挙げられる。
- 陸上の斜面崩壊の単独ケースの検討において、5エリアの陸上の斜面崩壊のうち敷地に与える影響が最も大きいのは、佐井エリアである（本編資料4-1章参照）。
- 組合せ対象の選定にあたり、佐井エリアは単独ケースで敷地に与える影響が最も大きいことに加えて、斜面崩壊の規模が最も大きく、敷地までの距離が最も近いことから、組み合わせた際の影響が最も大きくなると考えられる。
- ただし、他エリアについても、佐井エリアに比べて斜面崩壊の規模は小さく、敷地からの距離が遠いものの、斜面崩壊の方向によっては、東西から伝播する地震による津波と組み合わせた際に敷地に与える影響が大きくなる可能性がある。
- このため、敷地が津軽海峡内に位置する立地特性を踏まえ、組合せ元とする地震による津波と、5エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波の概略影響検討※による水位時刻歴波形から、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象候補の斜面崩壊エリアを抽出する。

※：補足説明資料（補足1）参照。



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

<組合せ対象候補となる陸上の斜面崩壊エリアの抽出手順>

①組合せ対象候補となる陸上の斜面崩壊

- 5エリア（恵山、函館、知内、佐井、竜飛崎）

②組合せ対象候補となる陸上の斜面崩壊エリアの抽出

- 組合せ元とする地震による津波と5エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波の水位時刻歴波形から、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象候補の斜面崩壊エリアを抽出する。



③地震と陸上の斜面崩壊 (2/2) : 水位時刻歴波形による比較

- 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について、取水口スクリーン室前面の水位時刻歴波形※を比較する。
- 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影響が大きい。よって、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、陸上の斜面崩壊に起因する津波の水位変動に着目し、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斜面崩壊エリアの候補を検討する。
- 検討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として、佐井エリア及び知内エリアの2エリアを抽出する。

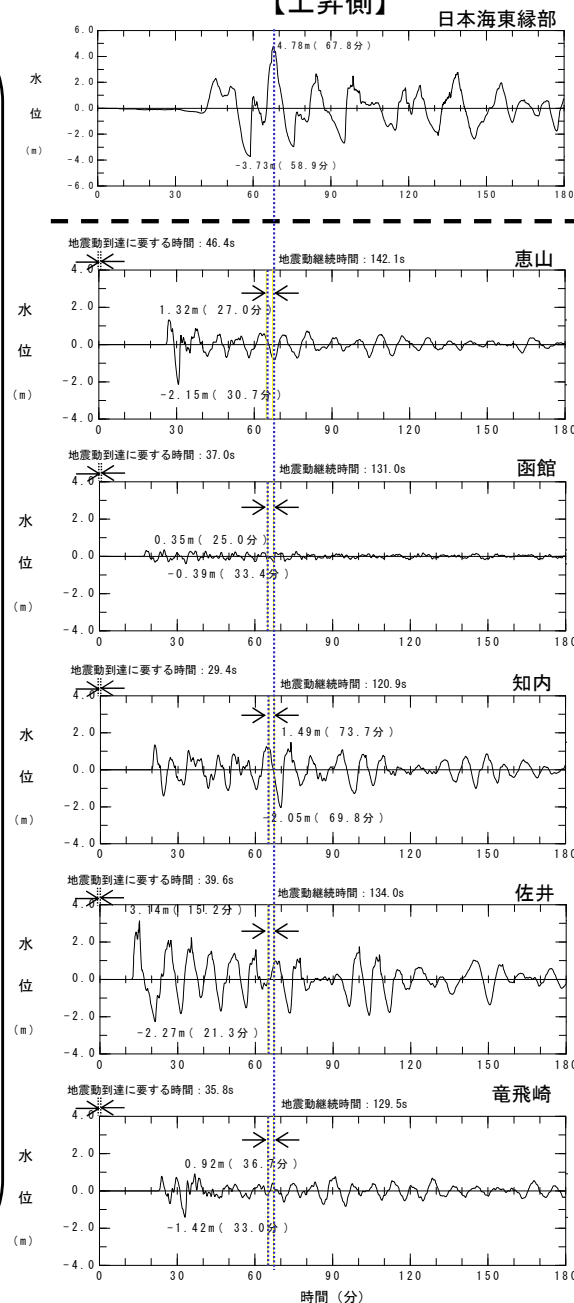
【上昇側】

- 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。

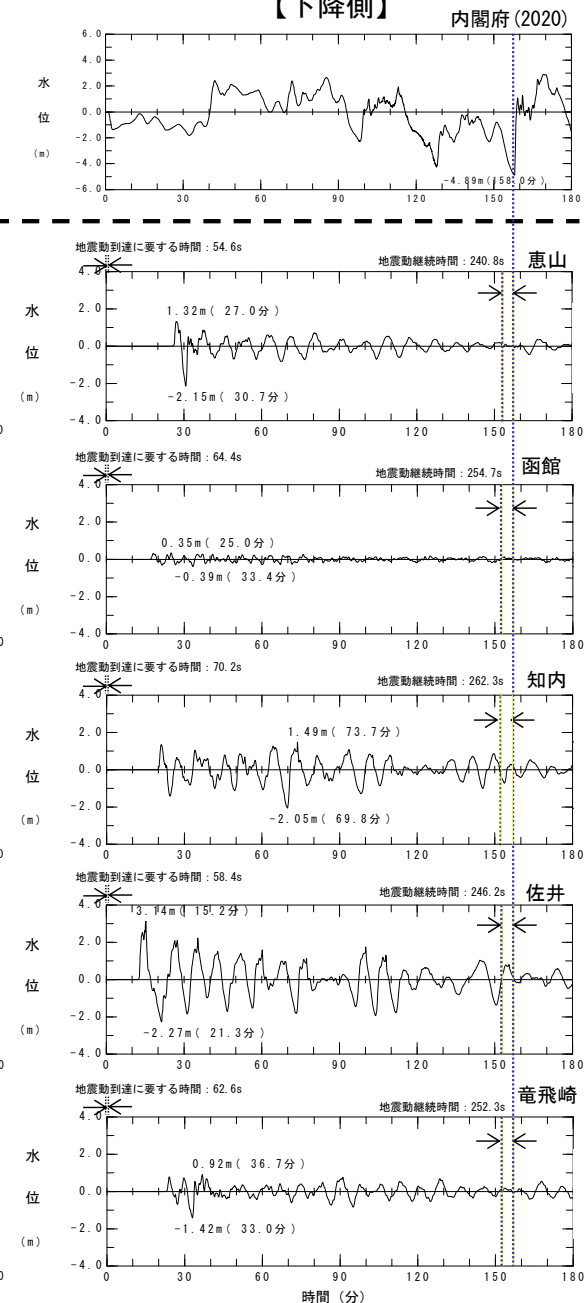
【下降側】

- 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。

【上昇側】



【下降側】



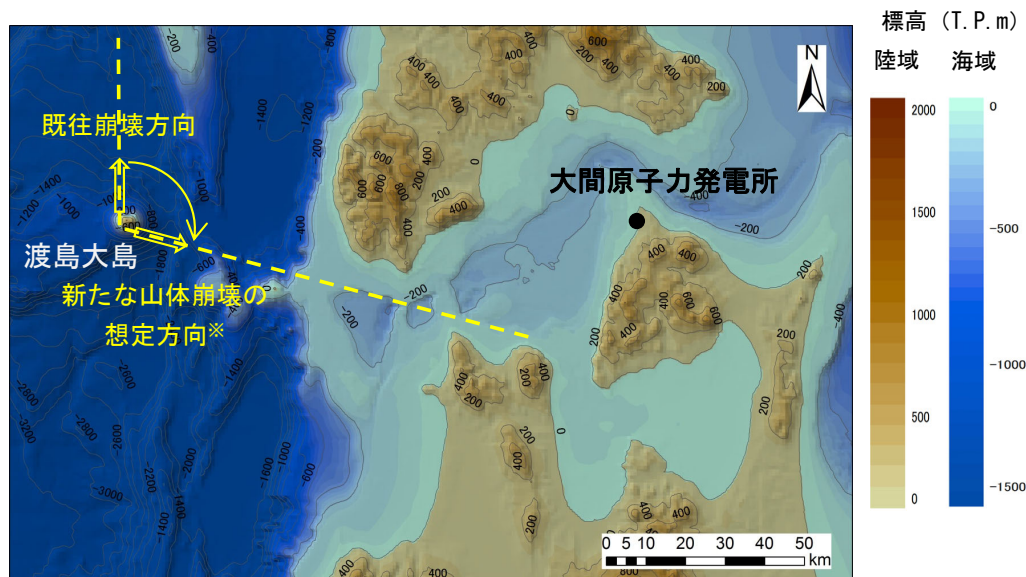
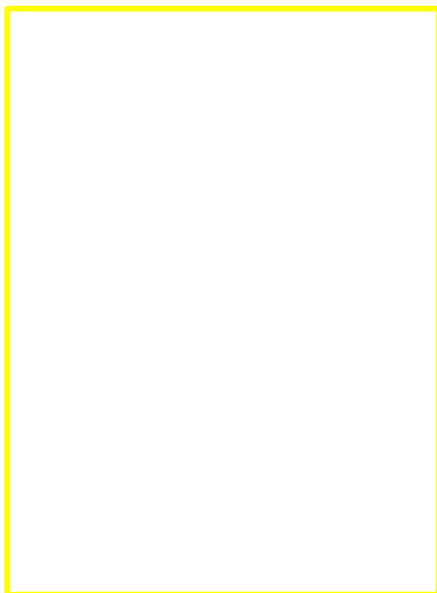
※: スナップショットは補足説明資料(補足2)参照。

取水口スクリーン室前面の水位時刻歴波形



④地震と山体崩壊

- 組合せ元とする地震は、津波による敷地への影響を考慮して、上昇側は日本海東縁部に想定される地震、下降側は内閣府(2020)モデルによる地震とする。
- 組合せ先とする山体崩壊は、敷地へ及ぼす影響を考慮すると、渡島大島の山体崩壊が候補として挙げられる。
- しかし、渡島大島の山体崩壊の検討で参照した1741年渡島大島火山津波は、断層運動による地震に起因するものでなく、火山噴火あるいは火山性地震による山体崩壊後の土砂崩れ(岩屑なだれ)の発生が原因であるとされていることから、これらの組合せは考慮しない。



渡島大島の山体崩壊

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

5-1. 組合せ対象候補の抽出 (9 / 9)

まとめ

- 「組合せ元とする地震」と「組合せ先とする津波発生要因」との組合せについて、組合せ元とする地震の震源からの距離、地震の発生メカニズム、各々の敷地への津波の影響を考慮し、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象候補として、以下を抽出する。
 - 組合せ元とする地震：【上昇側】日本海東縁部に想定される地震
【下降側】内閣府（2020）モデルによる地震
 - 組合せ先とする津波発生要因：佐井エリアの斜面崩壊、知内エリアの斜面崩壊

