

# 目次

1. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波





# 2-3. 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.309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.308参照)

- ・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

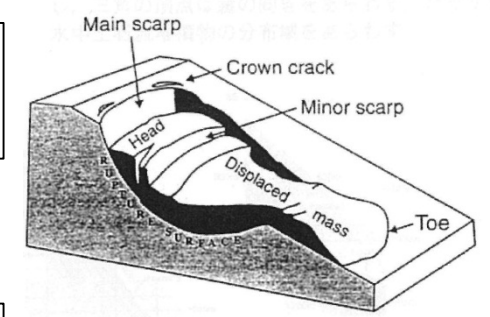
- ・隣接する海底地すべりについては、安全評価上、同時崩壊するものとする。

【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) (95)

○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。



## 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. 309参照)

文献調査により津軽海峡内及びその周辺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. 310, P. 311参照)

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. 312~P. 316参照)

【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. 317参照)

信頼性の高い海底地すべり地形を抽出する。

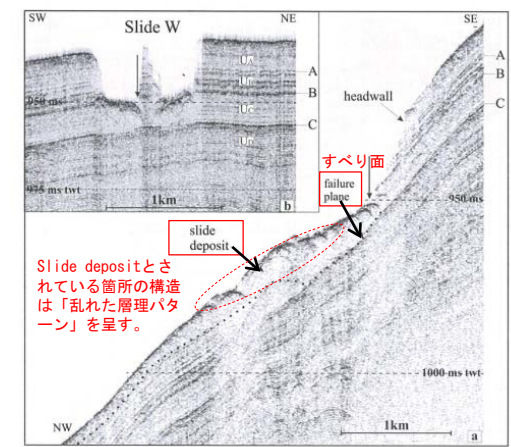


Fig. 15.5 (a) Topas line perpendicular to the contours showing the slide scar and deposits of slide SLW. (b) The line along the slope indicates that horizon C represents the main glide plane. The arrows show the intersection of the lines

ノルウェー沖の海底地すべりの事例  
Rise et al. (2012)<sup>(96)</sup>に一部加筆

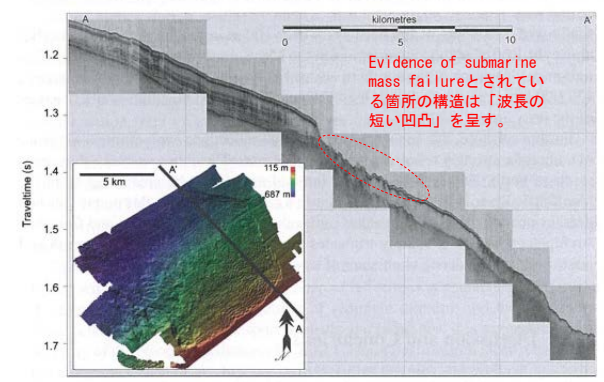


Fig. 13.5 Chirp profile with accompanying multibeam image showing evidence of submarine mass failure on the modern seafloor. See Fig. 13.1 for location

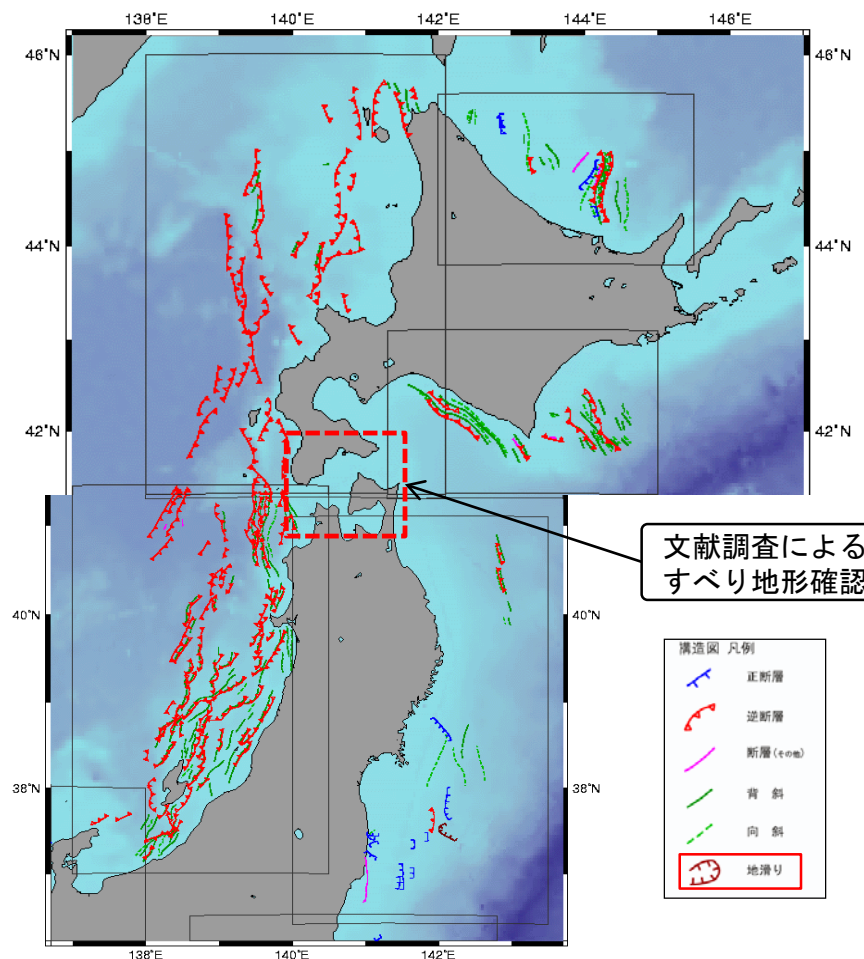
北極海の海底地すべりの事例  
Mosher et al. (2012)<sup>(97)</sup>に一部加筆

※音波探査記録における海底地すべりを示唆する構造 (例)

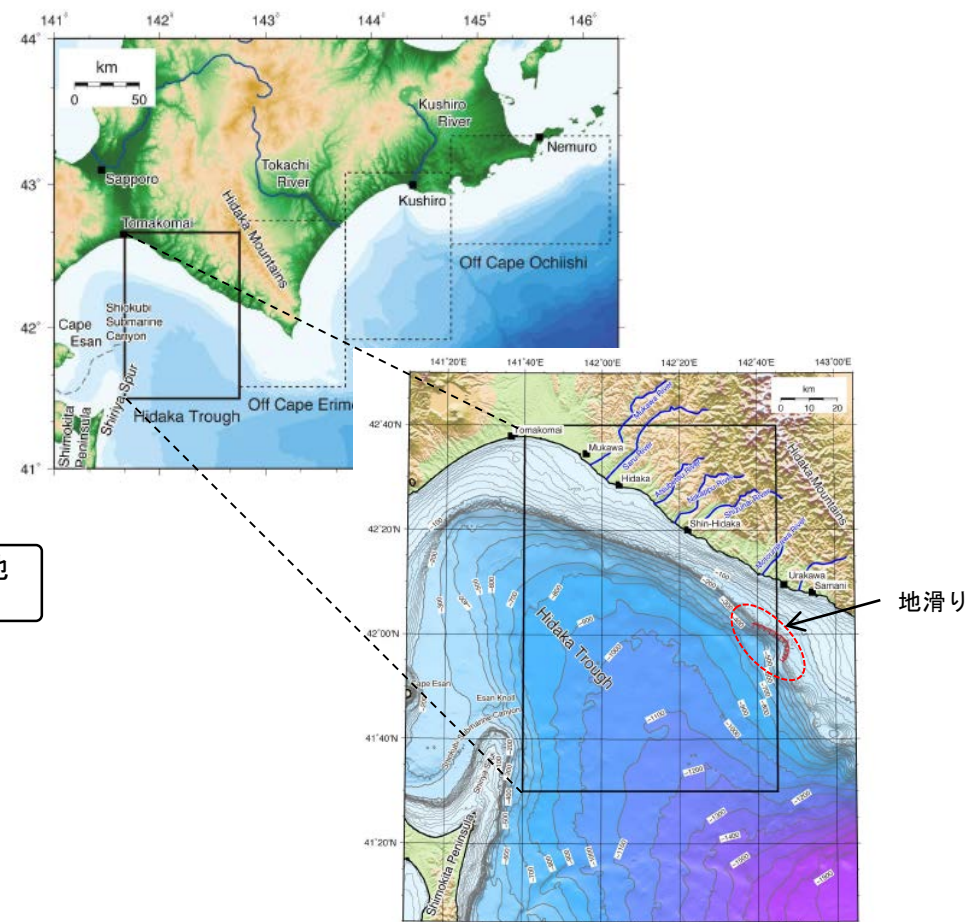


## 津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-1】 (2 / 10) : 文献調査

- ・ 徳山ほか (2001) 等<sup>(98)~(101)</sup>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)<sup>(102)</sup>では、北海道日高沖に海底地すべりが示されているが、敷地との距離、位置関係を考慮すると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



陸上及び海底地形

徳山ほか (2001) <sup>(98)</sup>に一部加筆

野田・片山 (2013) <sup>(102)</sup>に一部加筆





## 2-3. 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

- ・海上保安庁水路部のM7000シリーズ海底地形データ<sup>(36)</sup>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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
滑落崖	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
地すべり土塊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>

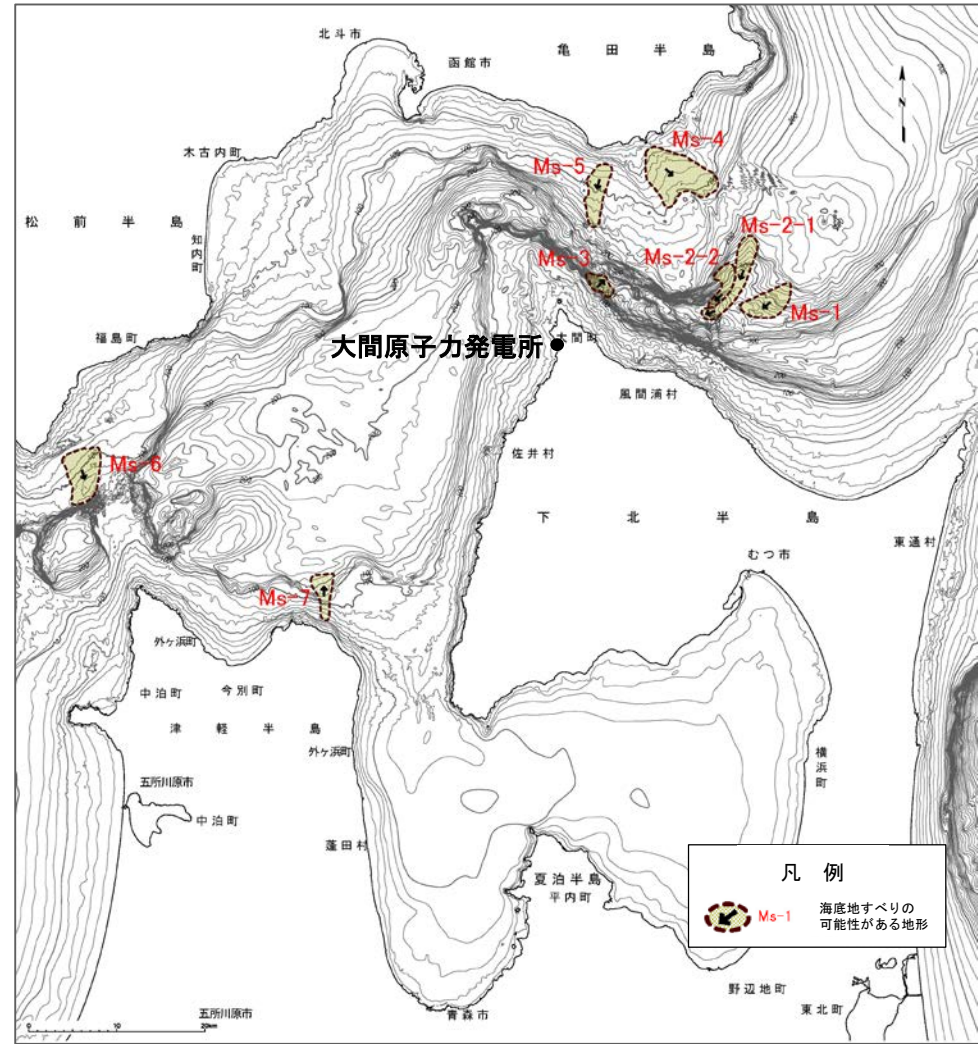
※Hampton and Lee(1996)<sup>(95)</sup>等を参照し作成。



# 2-3. 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"> <li>水深240m～340mに幅広い緩斜面がある。</li> <li>頂部には馬蹄形の急斜面があり、凹み地形を呈す。</li> <li>下部の斜面は台地状を呈す。</li> </ul>
Ms-2-1 Ms-2-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深240m～420mに幅広い海底谷の谷底斜面がある。</li> <li>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。</li> <li>別の地すべり地形が西側から合流する。</li> </ul>
Ms-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深200m～300mの大陸棚外縁斜面の下端部に位置する。</li> <li>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。</li> </ul>
Ms-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深40m～100mの大陸棚にある緩斜面である。</li> <li>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。</li> </ul>
Ms-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>頂部には馬蹄形の急斜面があり、凹み地形を呈す。</li> </ul>
Ms-6	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深80m～120mの大陸棚の上にある緩い斜面である。</li> <li>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。</li> </ul>
Ms-7	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深50m～160mの大陸棚の上にある浅く広い海底谷である。</li> <li>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。</li> </ul>

※：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補足説明資料「7-1. 急傾斜部を対象とした地形判読」参照



## 2-3. 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.311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"> <li>水深240m～340mに幅広い緩斜面がある。</li> <li>頂部には馬蹄形の急斜面があり、凹み地形を呈す。</li> <li>下部の斜面は台地状を呈す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、B<sub>1</sub>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、補足説明資料P. 214参照)</li> </ul>	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"> <li>水深240m～420mに幅広い海底谷の谷底斜面がある。</li> <li>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。</li> <li>別の地すべり地形が西側から合流する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、P. 313, P. 314及び補足説明資料P. 221参照)</li> </ul>	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"> <li>水深200m～300mの大陸棚外縁斜面の下端部に位置する。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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B<sub>1</sub>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、補足説明資料P. 226参照)</li> </ul>	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"> <li>水深40m～100mの大陸棚にある緩斜面である。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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B<sub>1</sub>層及びA層が堆積している。B<sub>1</sub>層には、おおむね平行な層理パターンが認められる。</li> <li>地すべりを示唆する堆積構造は認められない。(No. 3測線、P. 315, P. 316及び補足説明資料P. 238参照)</li> </ul>	海底地すべりによる地形ではない。
Ms-5	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>頂部には馬蹄形の急斜面があり、凹み地形を呈す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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、補足説明資料P. 249参照)</li> </ul>	海底地すべりによる地形ではない。
Ms-6	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深80m～120mの大陸棚の上にある緩い斜面である。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該範囲は、E層が広く海底に露出している。</li> <li>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、補足説明資料P. 253, P. 254参照)</li> </ul>	海底地すべりによる地形ではない。
Ms-7	<ul style="list-style-type: none"> <li>水深50m～160mの大陸棚の上にある浅く広い海底谷である。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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B<sub>1</sub>層は平行な層理パターンを示す。</li> <li>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、補足説明資料P. 263, P. 264参照)</li> </ul>	海底地すべりによる地形ではない。

※詳細情報は「補足説明資料 7-2 海底地すべり 海上音波探査記録」参照

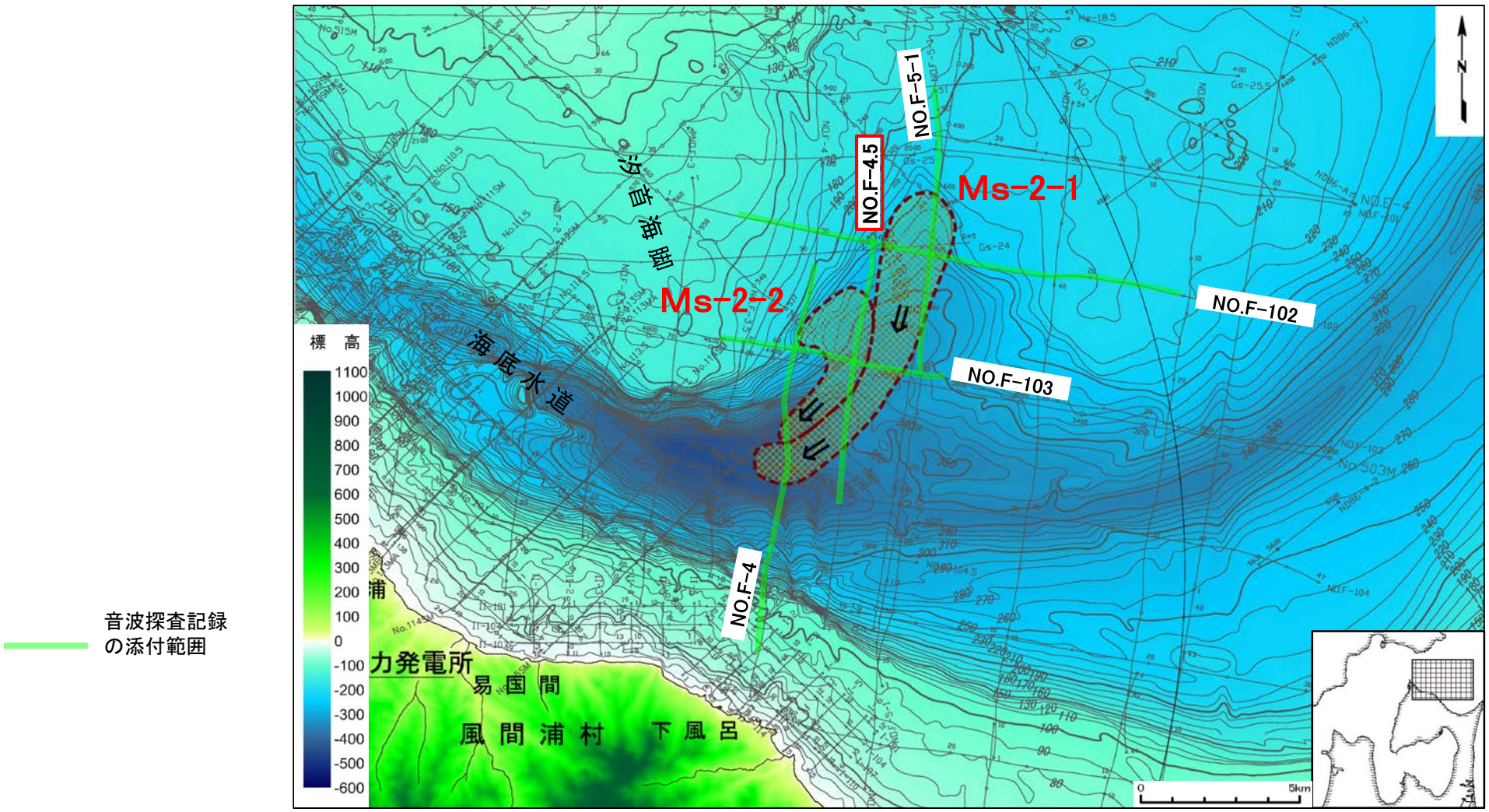




## 津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-3】 (6/10) : 音波探査記録の確認【例①】 (1/2)

### 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。



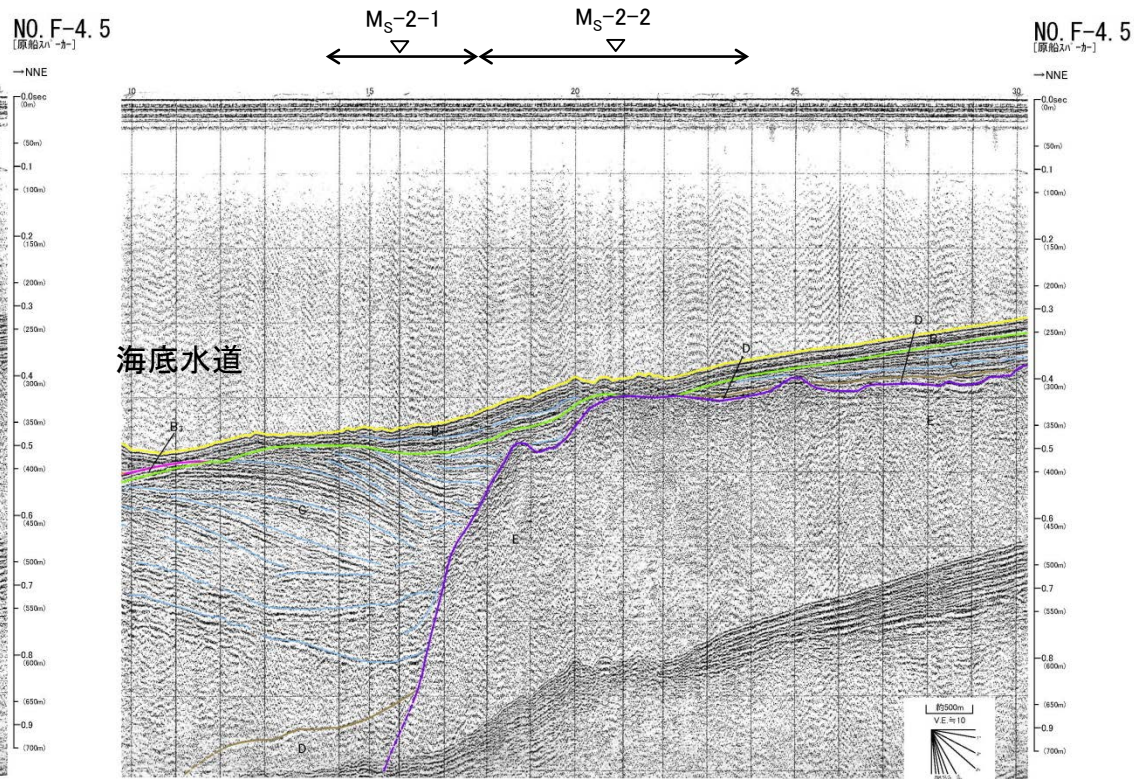
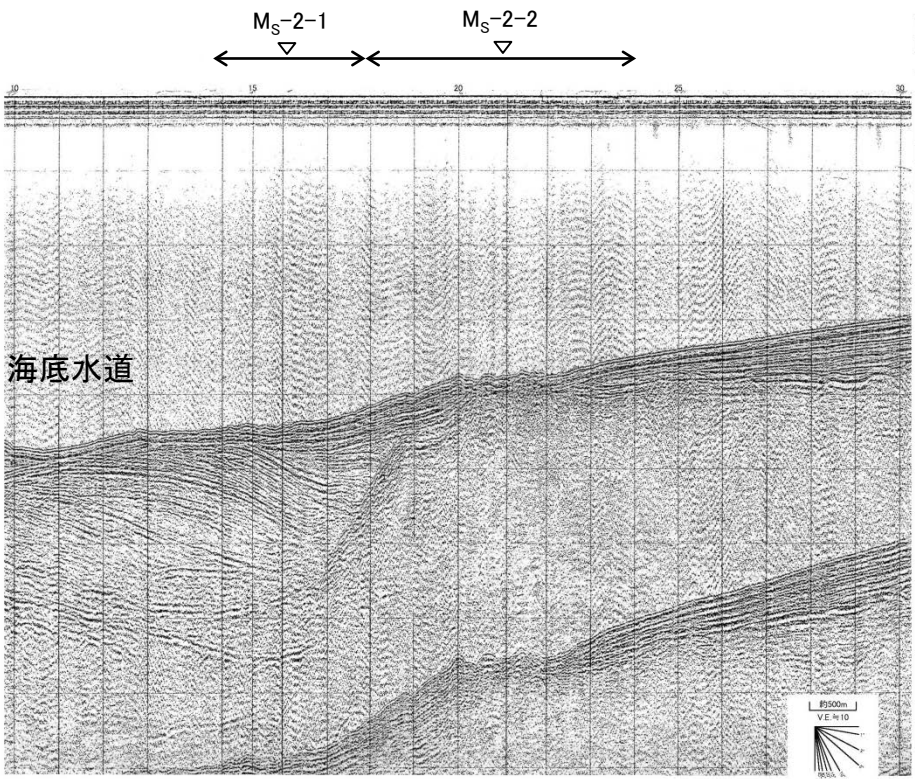




## 津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-3】 (7/10) : 音波探査記録の確認【例①】 (2/2)

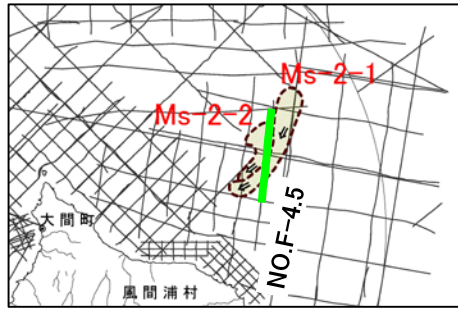
### 海底地すべり Ms-2

#### NO.F-4.5測線(反射断面図・解釈断面図)



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

- 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。



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



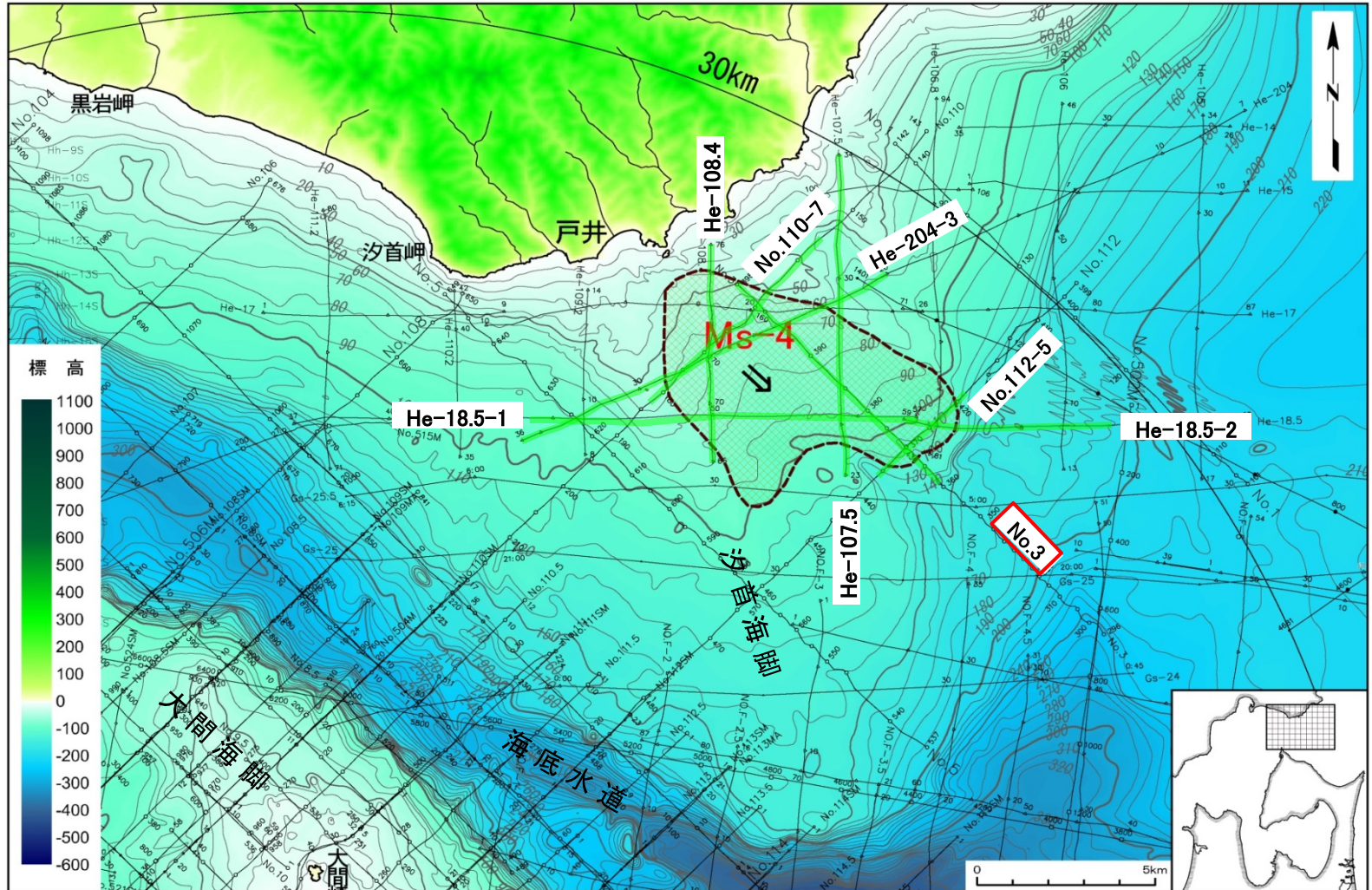


# 2-3. 海底地すべりに起因する津波 (9/26)

## 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

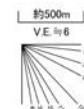
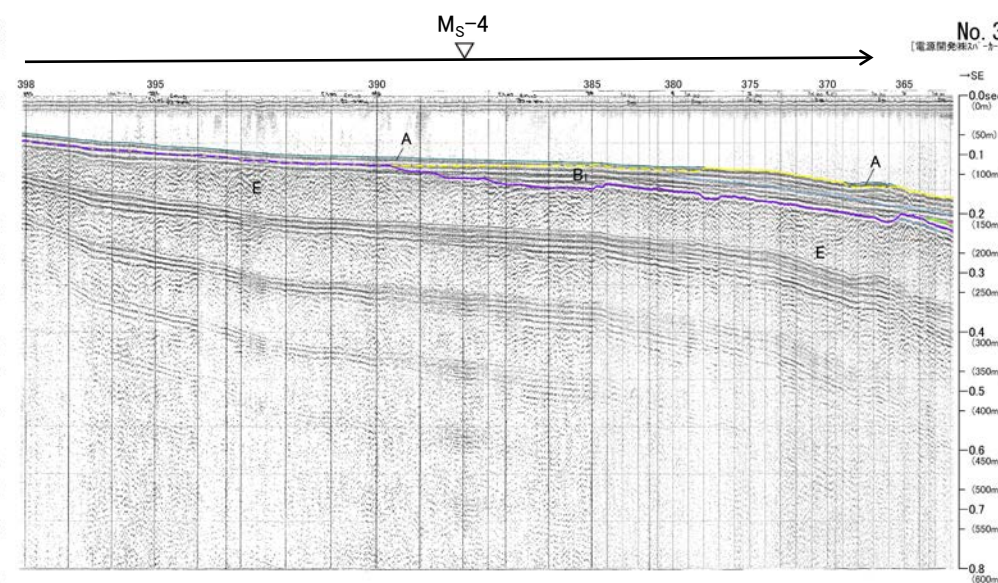
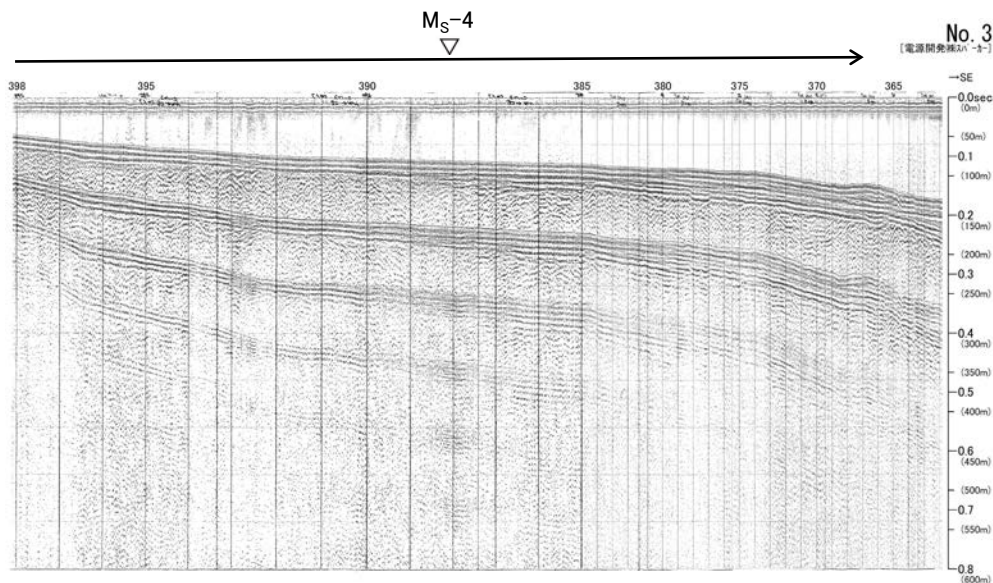




## 津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1-3】 (9/10) : 音波探査記録の確認【例②】 (2/2)

### 海底地すべり Ms-4

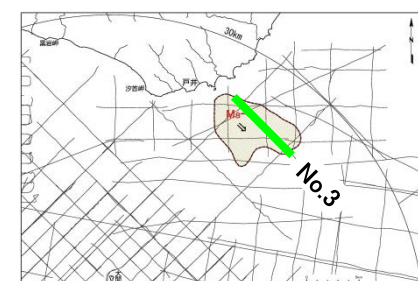
### No.3測線(反射断面図・解釈断面図)



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

- 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B<sub>1</sub>層及びA層が堆積している。
- B<sub>1</sub>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		敷地前海面域
第四紀	完新世	A層
	後期	B <sub>1</sub> 層
	中期	B <sub>2</sub> 層
	前期	B <sub>3</sub> 層
第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		

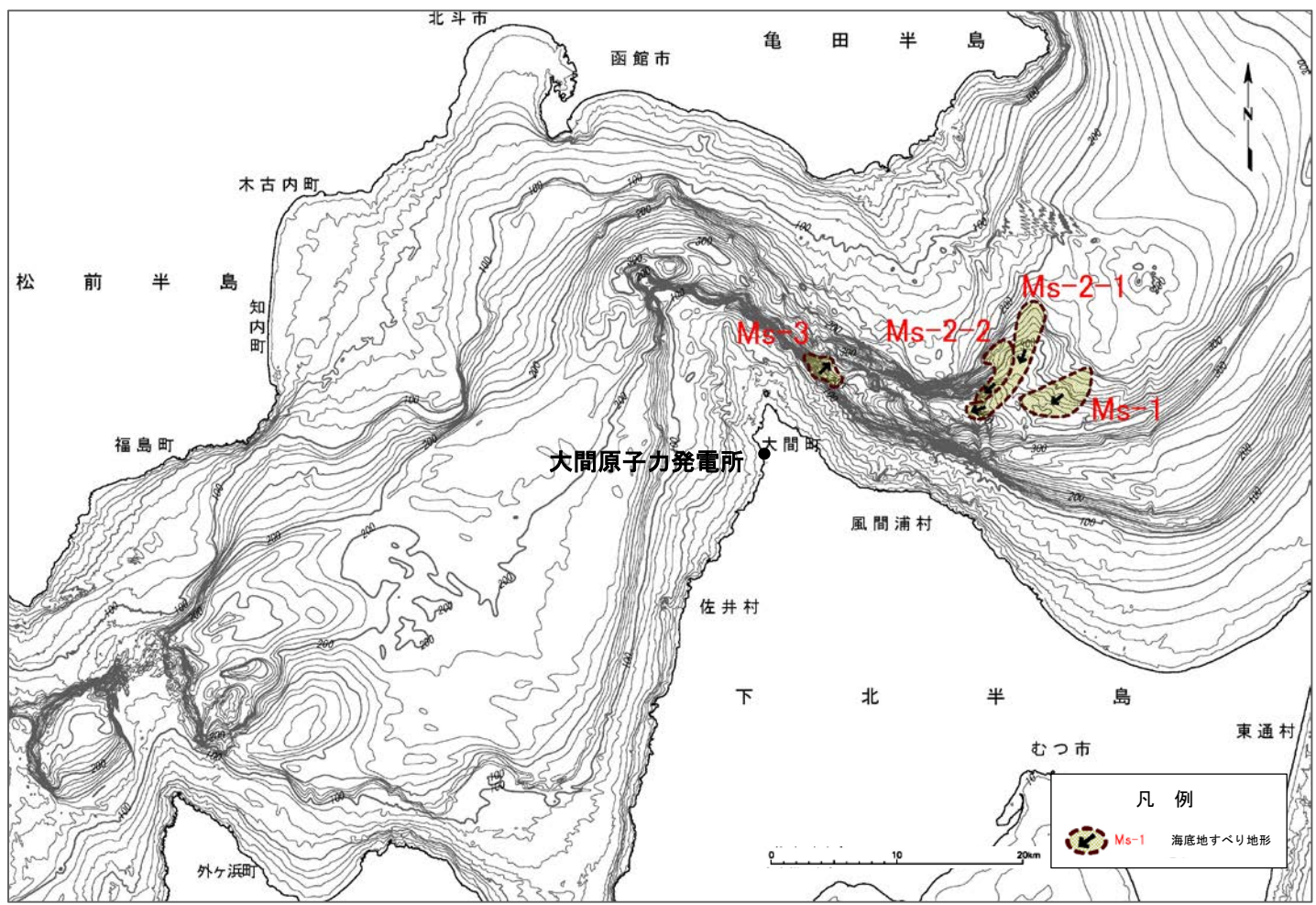




# 2-3. 海底地すべりに起因する津波 (11/26)

## 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。



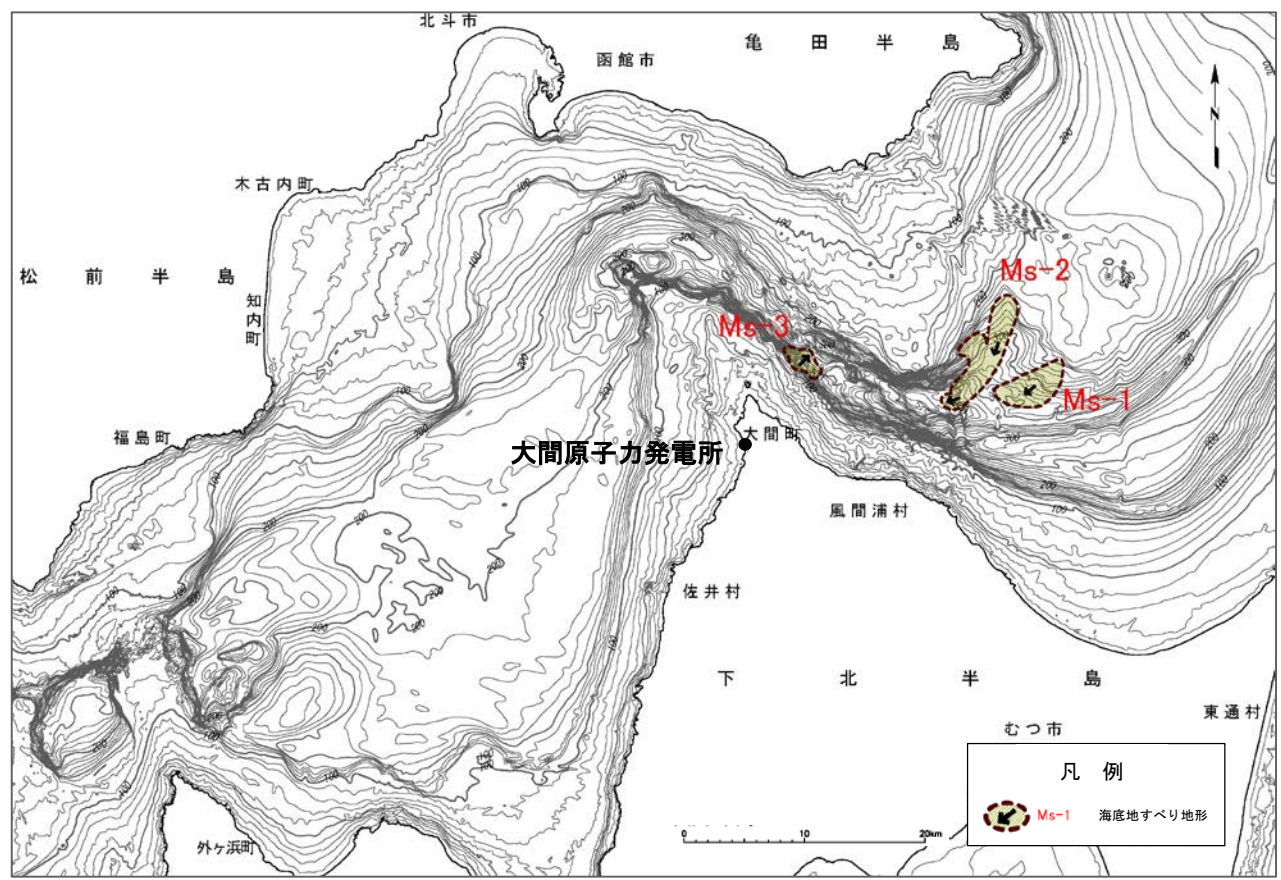
海底地すべり地形





# 2-3. 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



# 2-3. 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（ $M_s - 1 \sim M_s - 3$ ）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、且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（ $M_s - 3$ ）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、且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

$M_s - 1$   
 $M_s - 2$

$M_s - 3$

#### 【ステップ3-2】：地すべり前地形（復元）の設定

・現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



## 2-3. 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 <sup>3</sup> )	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

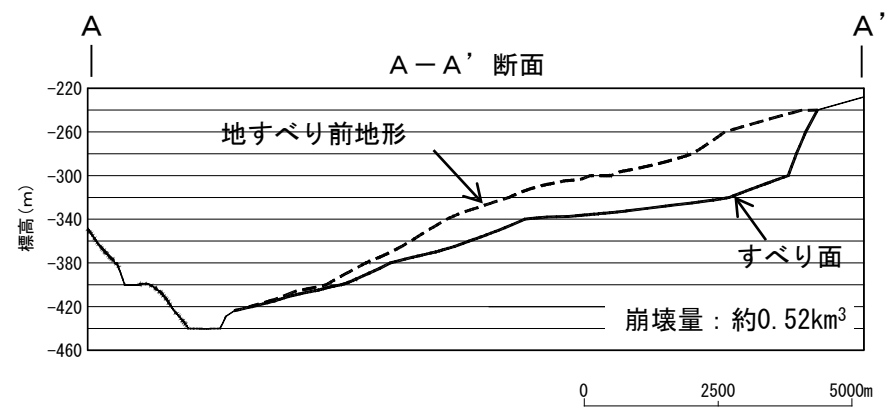
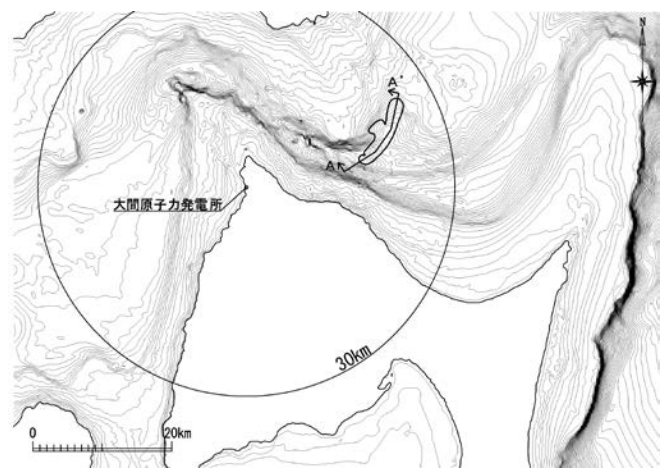
※地すべり地形パラメータの詳細情報は（P.331～P.333）参照



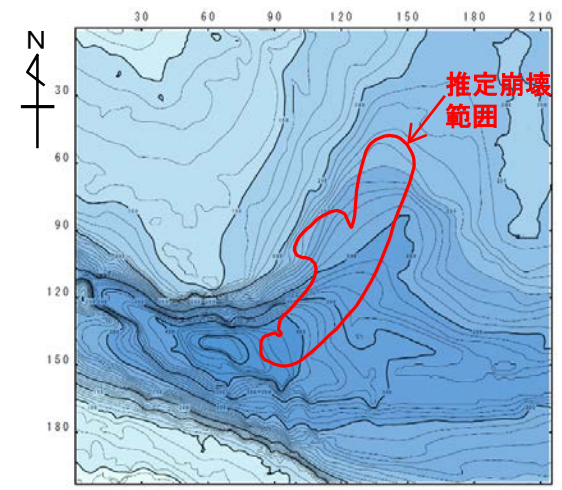
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (1 / 8) : 解析モデル①<二層流モデル> (1 / 4)

### すべり面及び崩壊量の設定【Ms-2】

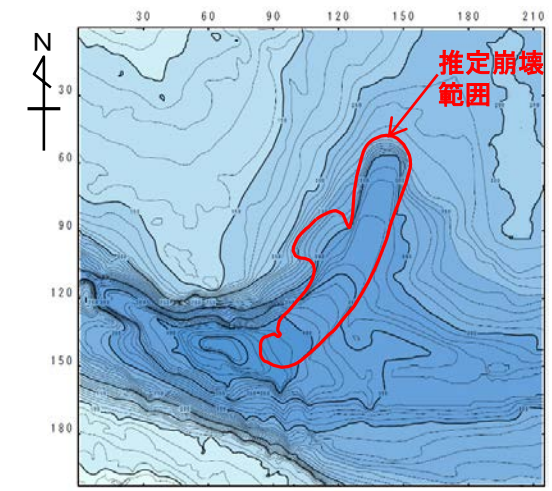
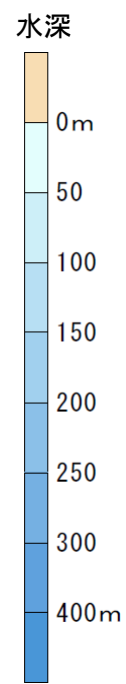
- ・解析モデル①として二層流モデルを採用した
- ・地すべり前地形とすべり面より算出した崩壊量は $0.52\text{km}^3$ ※である。



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



※：補足説明資料「7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定」参照。





# 2-3. 海底地すべりに起因する津波 (16/26)

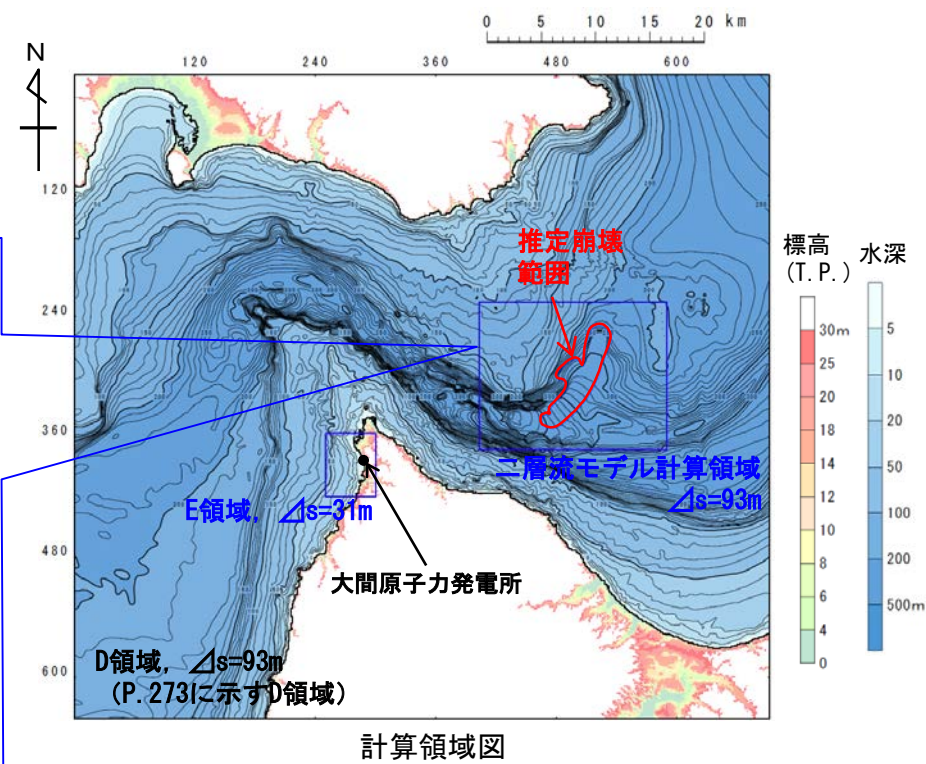
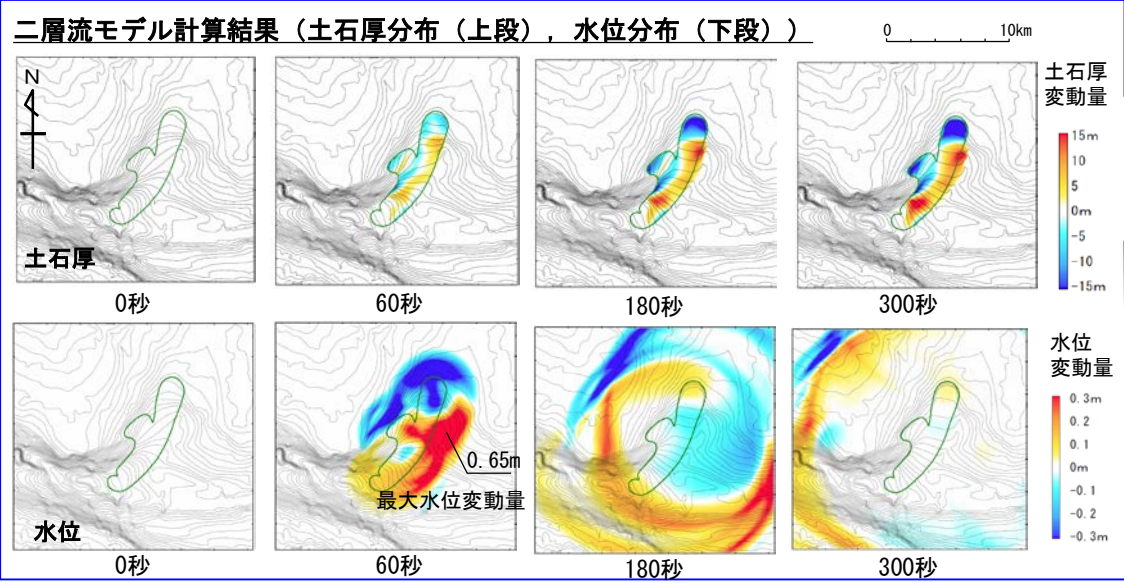
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (2/8) : 解析モデル①<二層流モデル> (2/4)

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) <sup>(90)</sup> 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





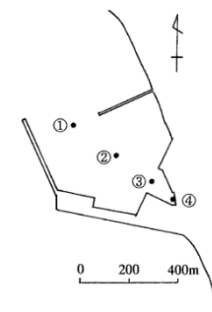
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (3 / 8) : 解析モデル①<二層流モデル> (3 / 4)

計算結果【Ms-2】

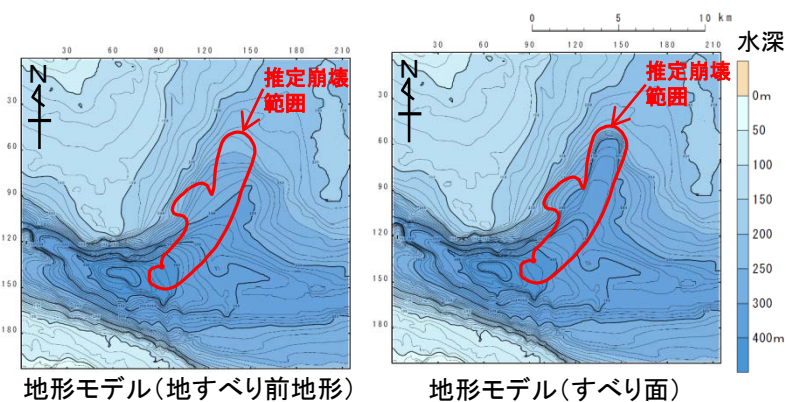
海底地すべりに起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

海底地すべりに起因する津波検討結果 (上昇側)

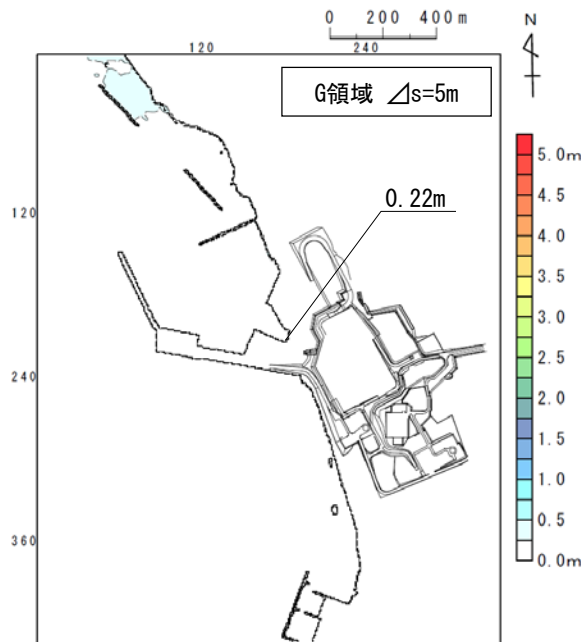
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
海底地すべり地形 Ms-2	二層流モデル	0.22m



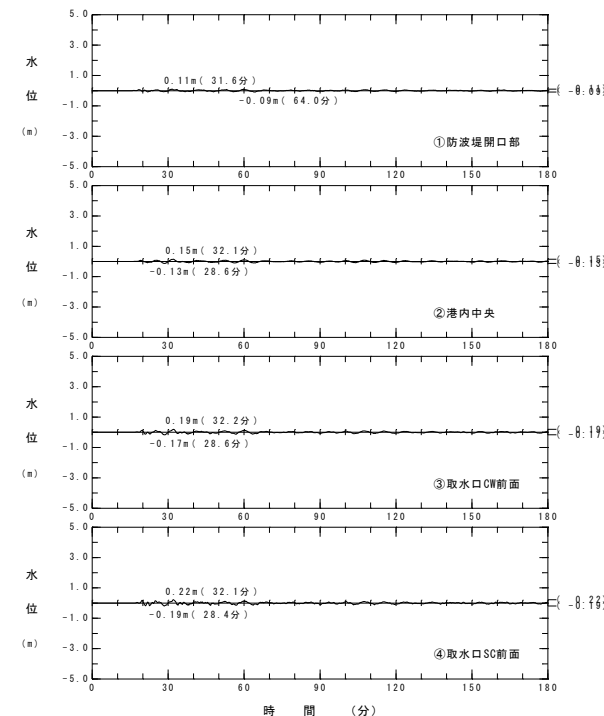
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形



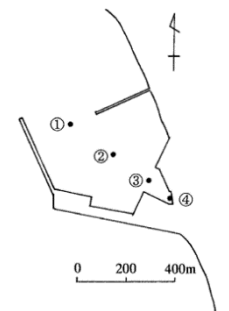
## 数値シミュレーション【ステップ4】（4 / 8）：解析モデル①<二層流モデル>（4 / 4）

計算結果【Ms-2】

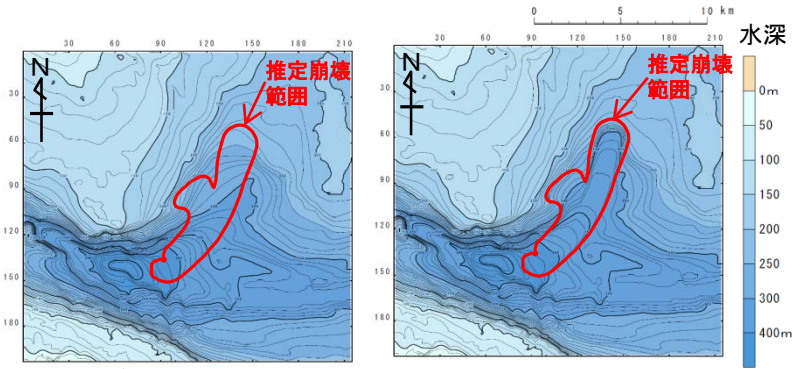
海底地すべりに起因する津波の二層流モデルによる計算結果（下降側）は下表のとおりである。

海底地すべりに起因する津波検討結果(下降側)

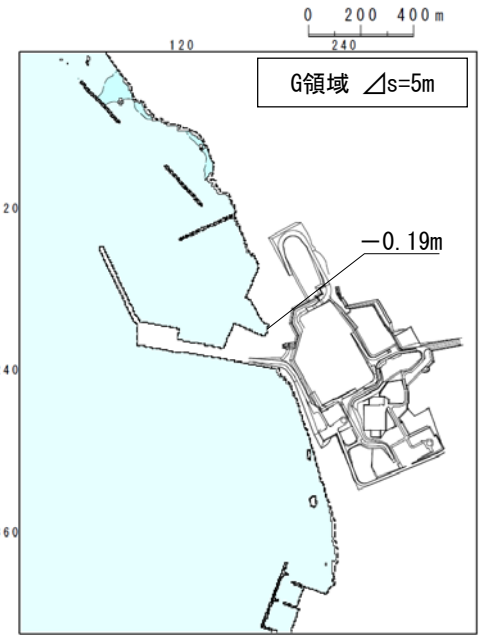
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
海底地すべり地形 Ms-2	二層流モデル	-0.19m



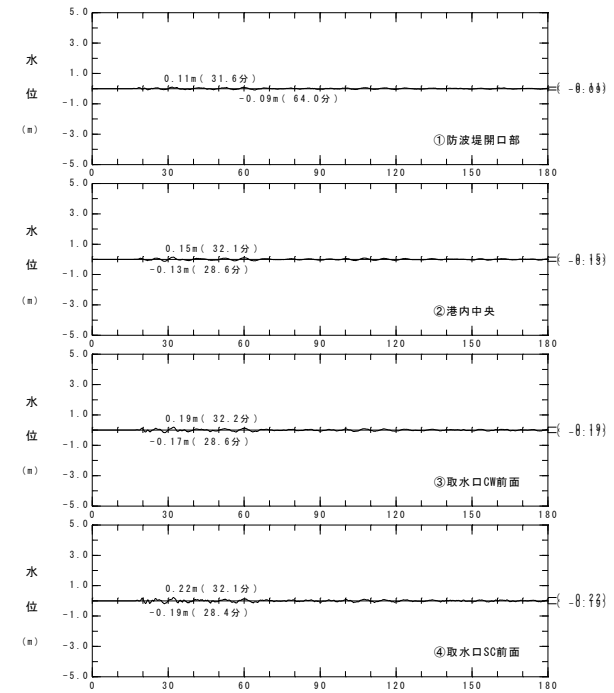
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



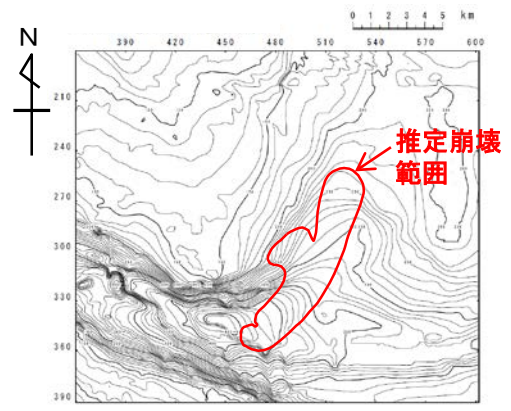


# 2-3. 海底地すべりに起因する津波 (19/26)

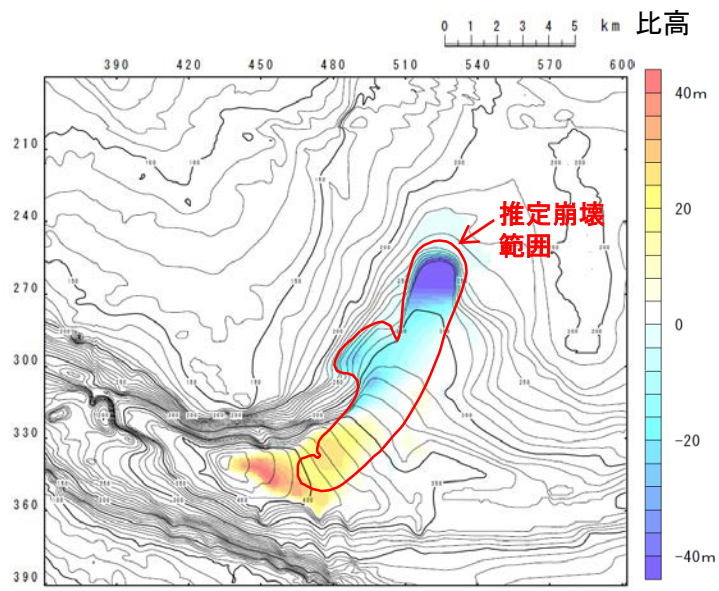
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (5/8) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (1/4)

### 崩壊地形データの作成【Ms-2】

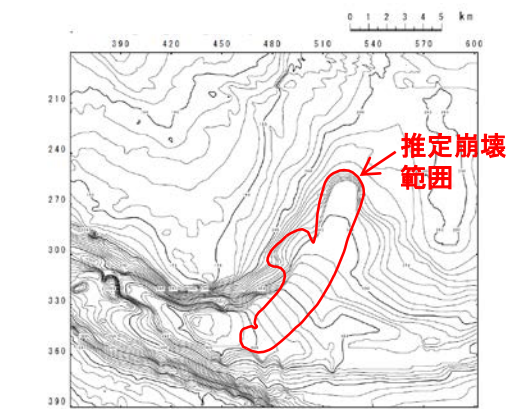
- ・ 解析モデル②としてkinematic landslideモデルを採用した。
- ・ kinematic landslideモデルの崩壊地形データ (比高分布) は、地すべり前地形と二層流モデルにより得られた崩壊後地形から作成した。



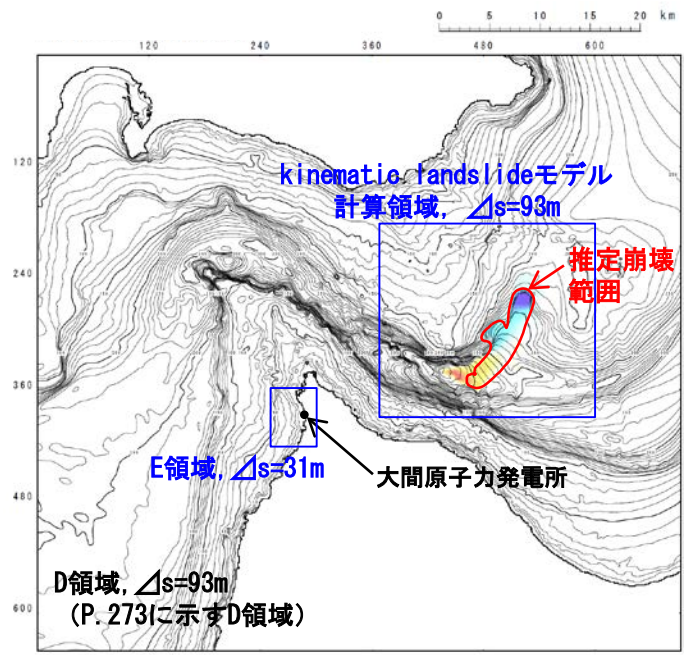
a. 地すべり前地形



崩壊に伴う地形変化 (b-a)  
(比高分布)



b. 二層流モデルにより得られた  
崩壊後地形



計算領域図



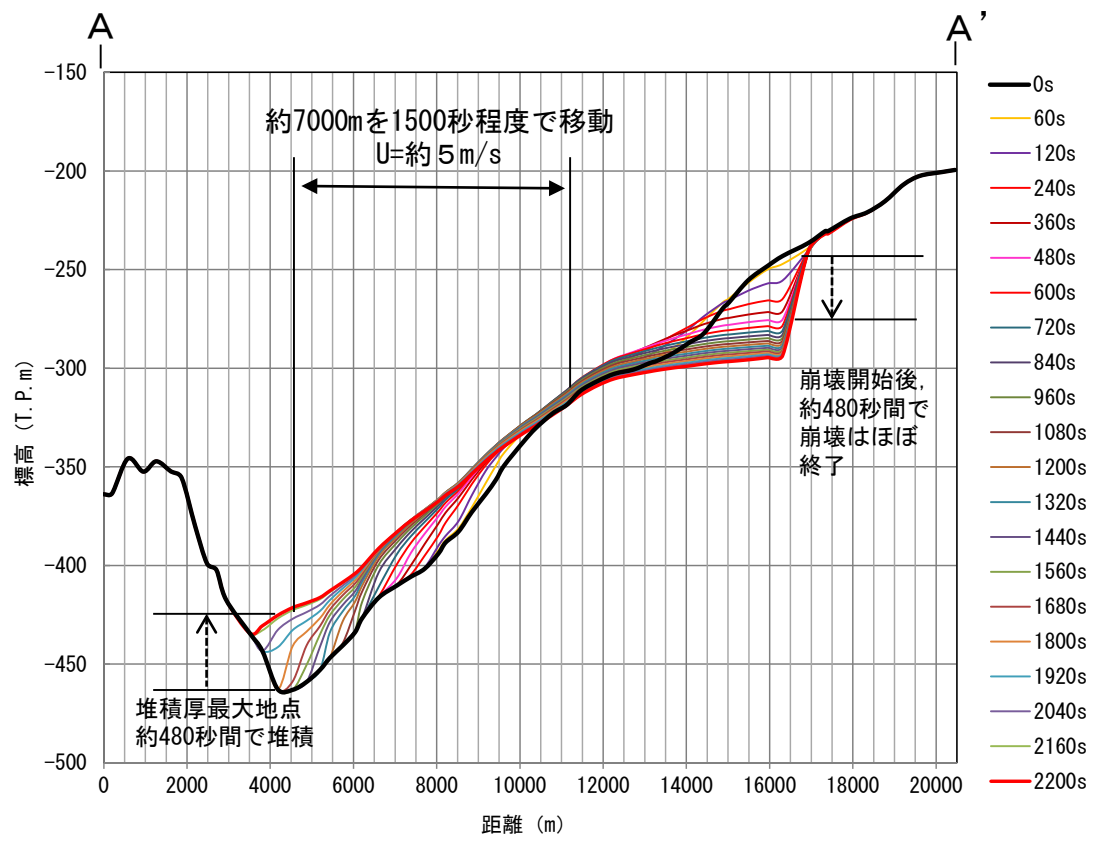
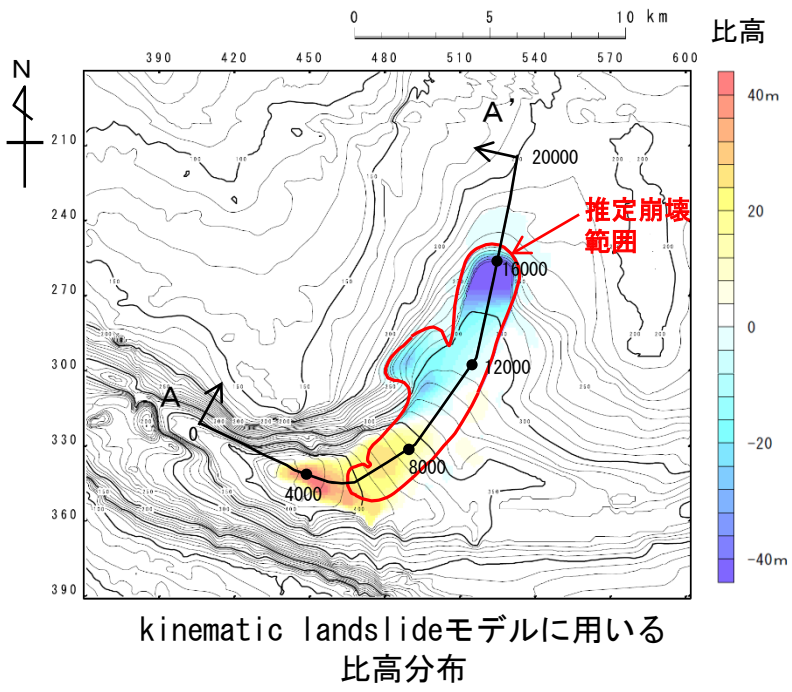


# 2-3. 海底地すべりに起因する津波 (20/26)

## 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





# 2-3. 海底地すべりに起因する津波 (21 / 26)

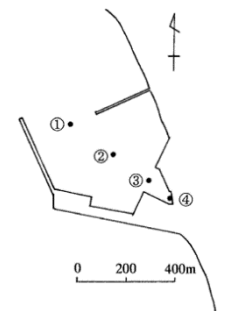
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (7 / 8) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (3 / 4)

計算結果【Ms-2】

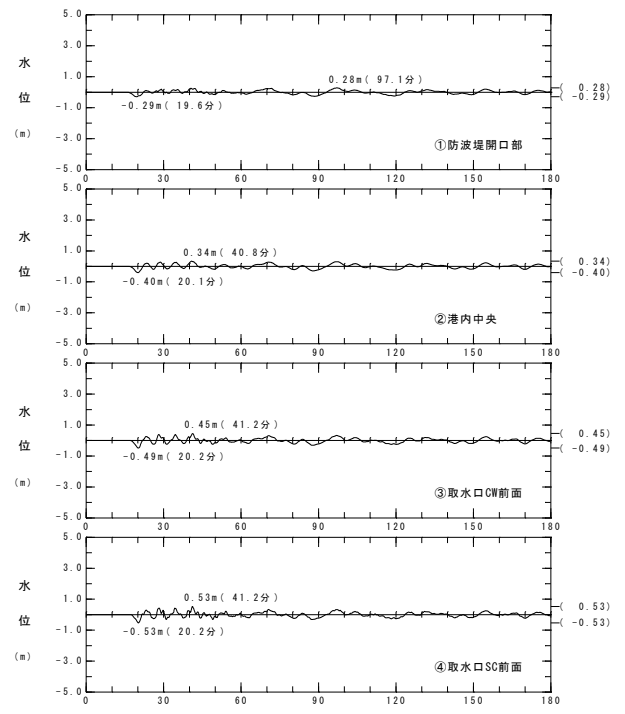
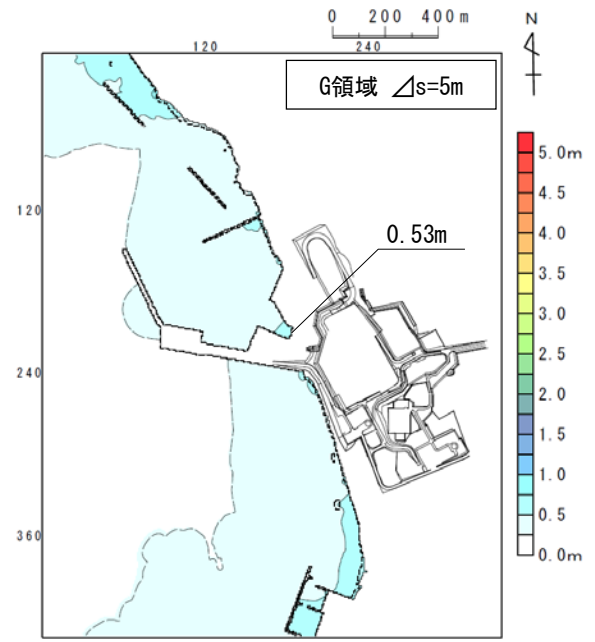
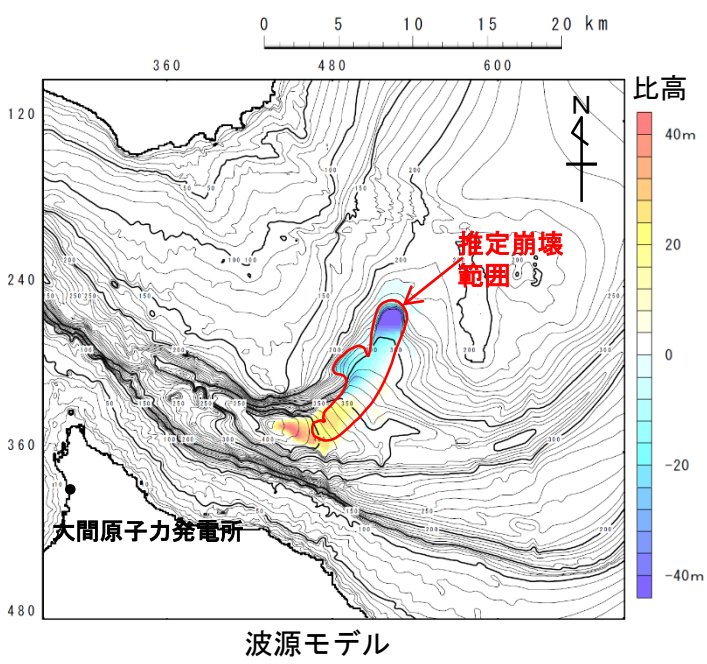
海底地すべりに起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

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





# 2-3. 海底地すべりに起因する津波 (22/26)

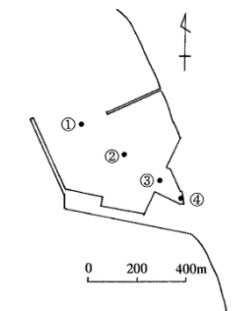
## 数値シミュレーション【ステップ4】 (8/8) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (4/4)

計算結果【Ms-2】

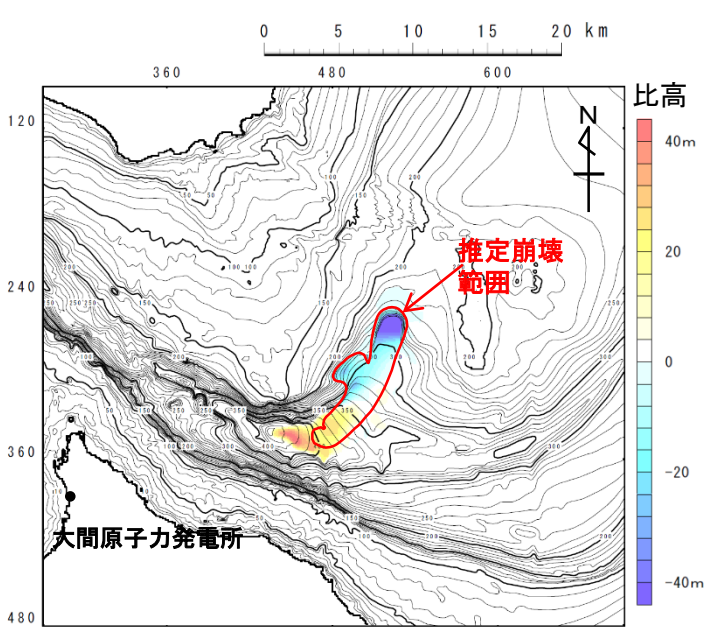
海底地すべりに起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

海底地すべりに起因する津波検討結果(下降側)

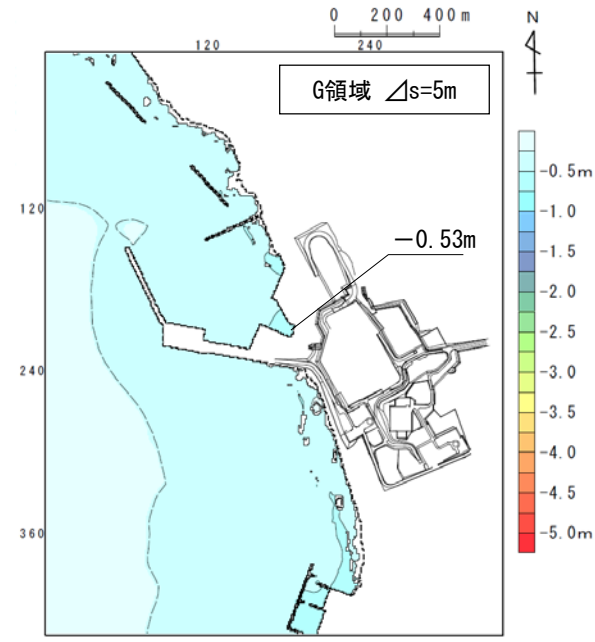
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
海底地すべり地形 Ms-2	kinematic landslide モデル	-0.53m



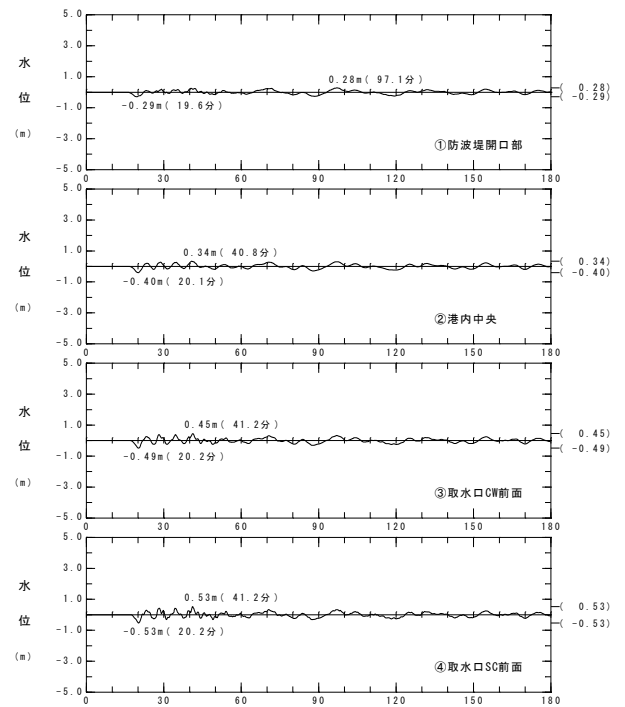
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



## 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

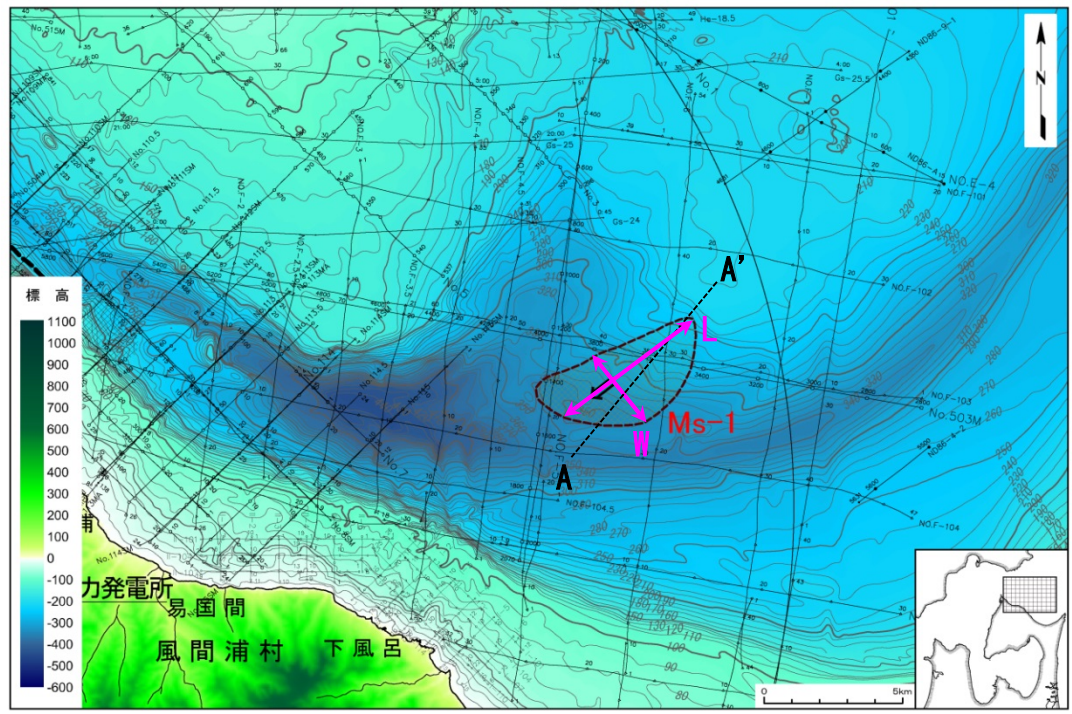


(余白)



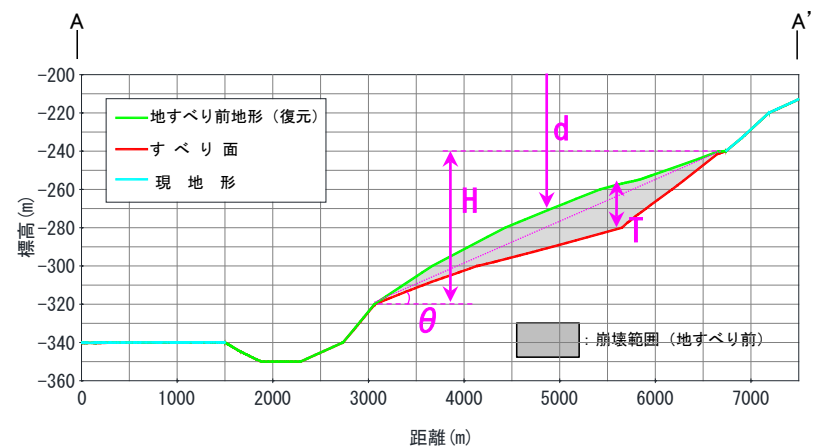
## (参考) 検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】：地すべり地形パラメータ (1 / 3)

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
$\theta$ 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

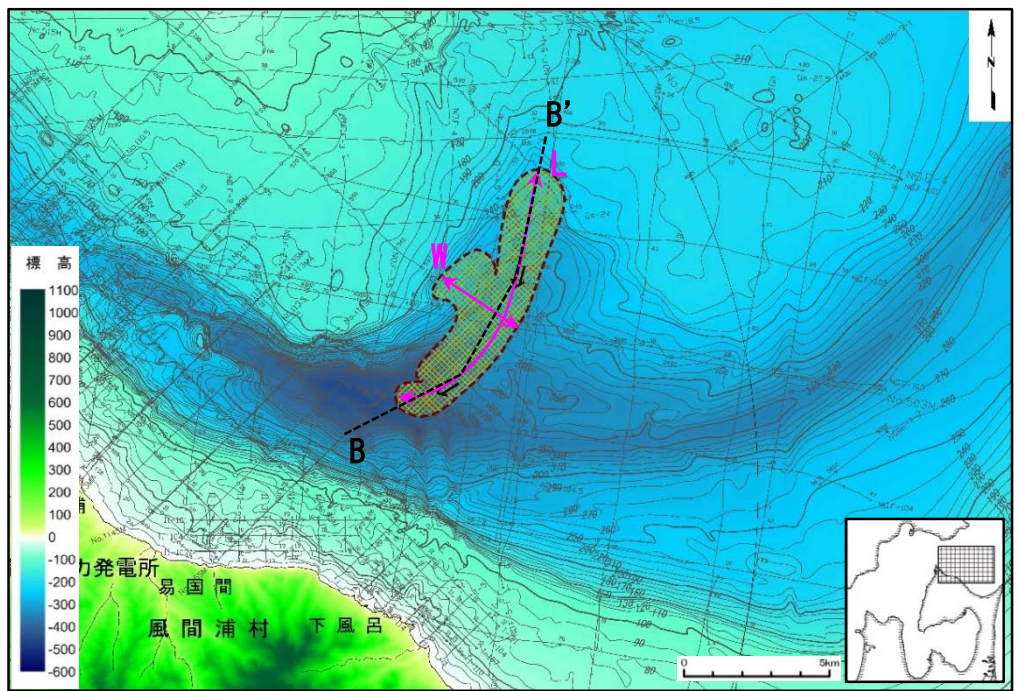


- すべり面等の設定は、補足説明資料「7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定」参照。
- 対象断面測線は地すべりブロックの中央付近のものを使用
- 水深dは地すべり前ブロック中央部で計測



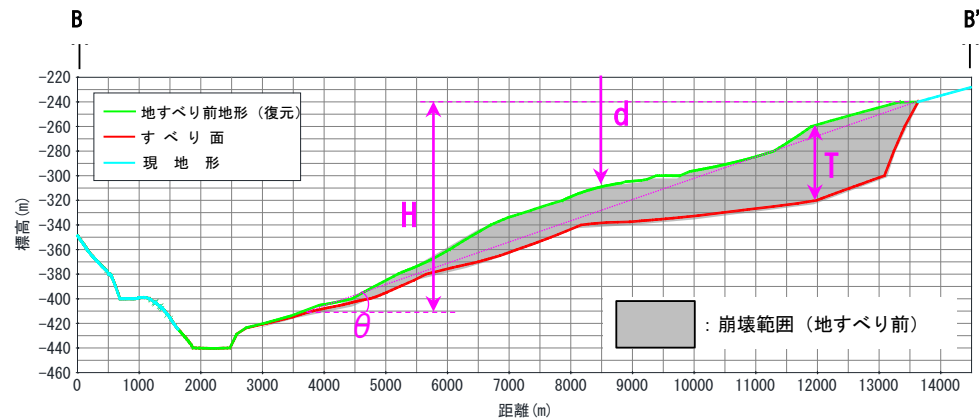
## (参考) 検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】：地すべり地形パラメータ (2 / 3)

### 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
$\theta$ 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



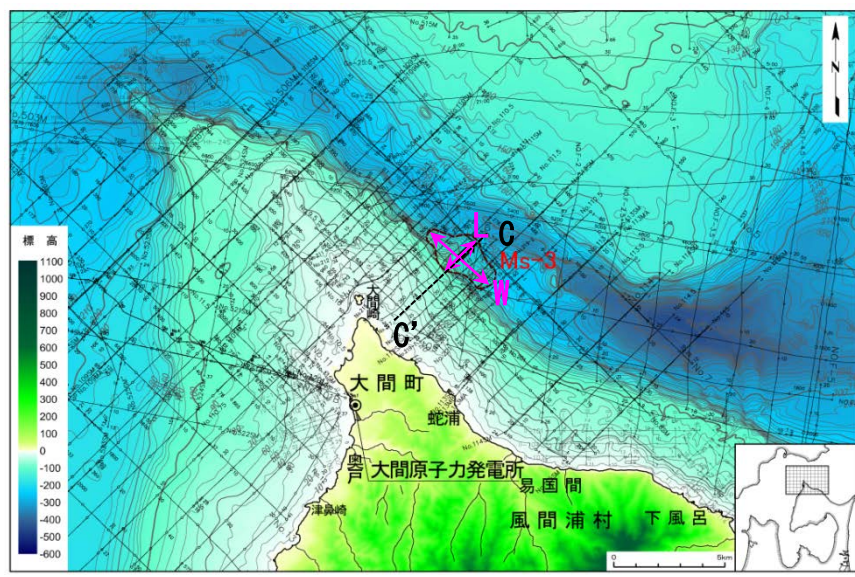
- すべり面等の設定は、補足説明資料「7-3. 海底地すべり地形崩壊量算定」参照。
- 対象断面測線は地すべりブロックの中央付近のものを使用
- 水深dは地すべり前ブロック中央部で計測





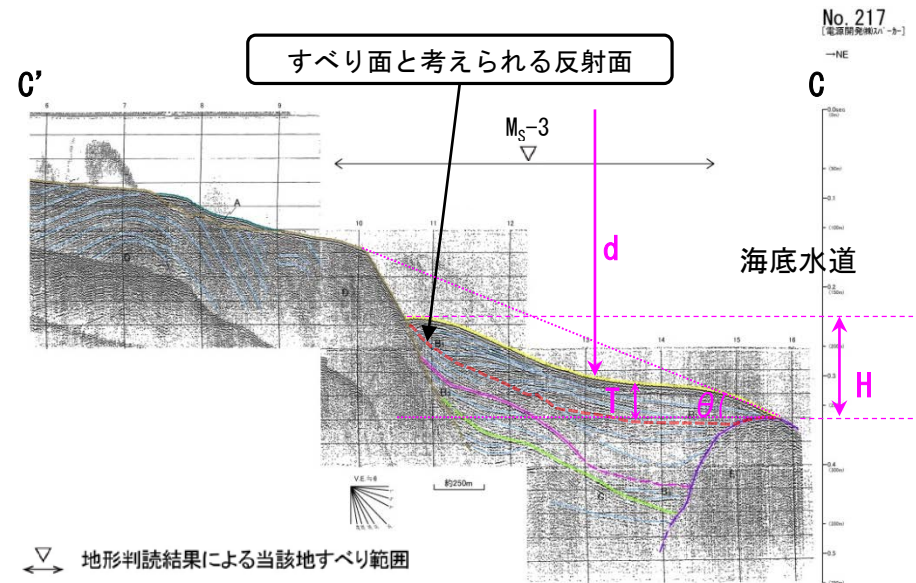
## (参考) 検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】 : 地すべり地形パラメータ (3 / 3)

### 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
$\theta$ 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

(余白)

# 目次

1. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波







## 2-4. 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)

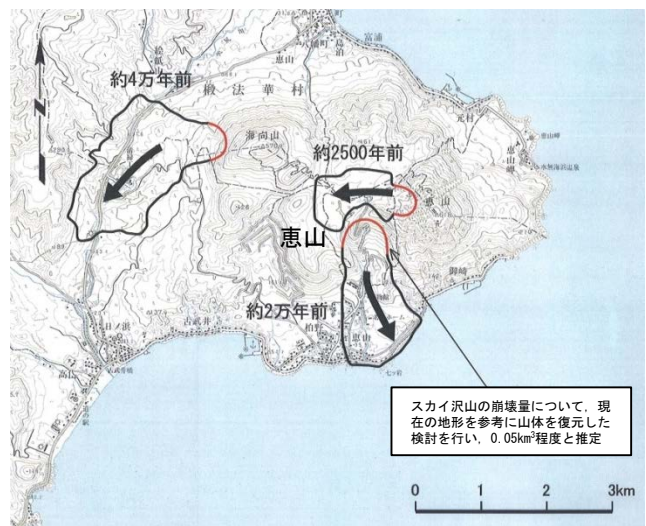
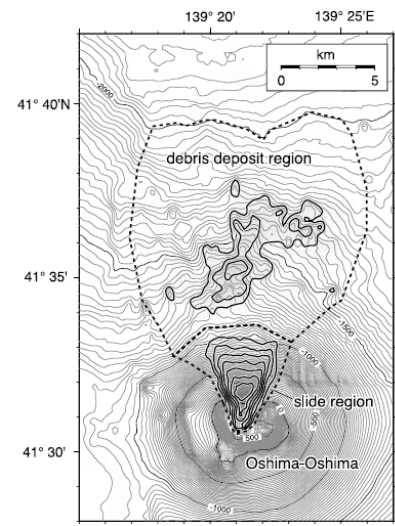






# 2-4. 火山現象に起因する津波 (3 / 12)

## 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 <sup>(104)</sup>
比高	618m (推定)	2,450m <sup>(104)</sup>
体積	1.5km <sup>3</sup> [山体を円錐と仮定し算出]	207.8km <sup>3</sup> [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0.05km<sup>3</sup> (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2.1km<sup>3</sup> (Kawamata et al., 2005)<sup>(90)</sup> : 津波痕跡高: 4 ~ 6m [津軽沿岸] (Satake, 2007)<sup>(41)</sup></p>

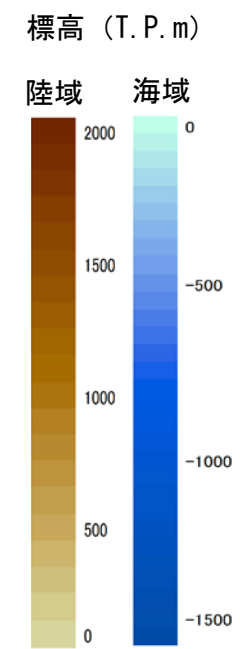
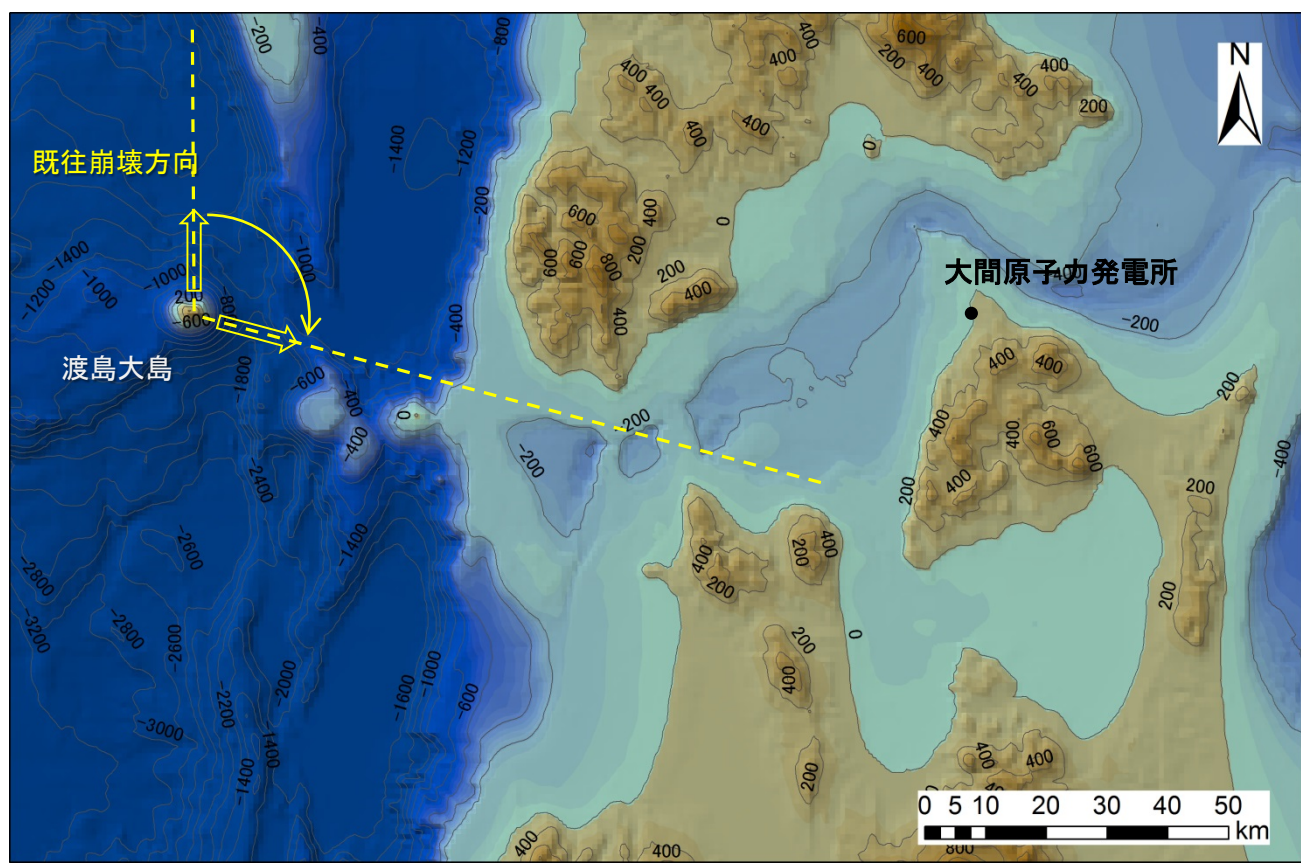
・ 渡島大島は恵山に比べ敷地からの距離は遠いものの、山体の体積は100倍以上、既往の山体崩壊量は約50倍であり、圧倒的に規模が大きいため、渡島大島の山体崩壊を検討対象火山現象として選定する。



# 2-4. 火山現象に起因する津波 (4 / 12)

## 検討対象火山現象の選定【ステップ2】 (2 / 2) : 渡島大島崩壊方向の設定

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



想定崩壊方向

(余白)

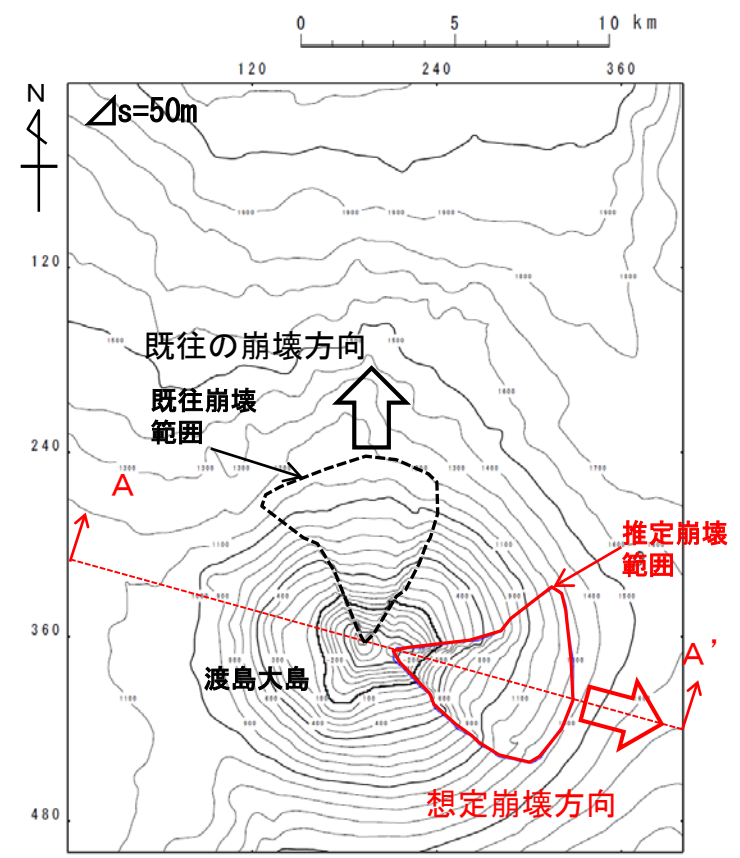




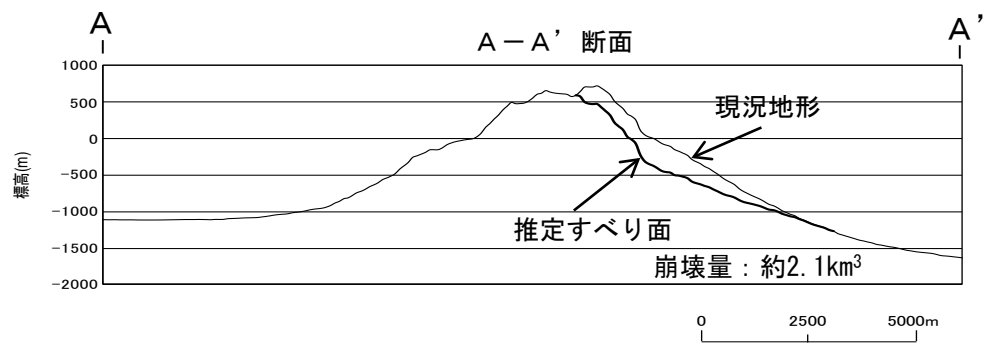
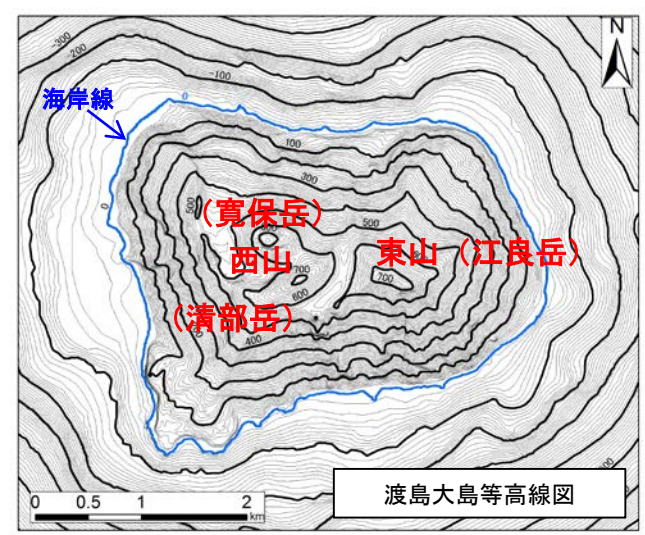
# 2-4. 火山現象に起因する津波 (5 / 12)

## 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) <sup>(90)</sup> 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



# 2-4. 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)

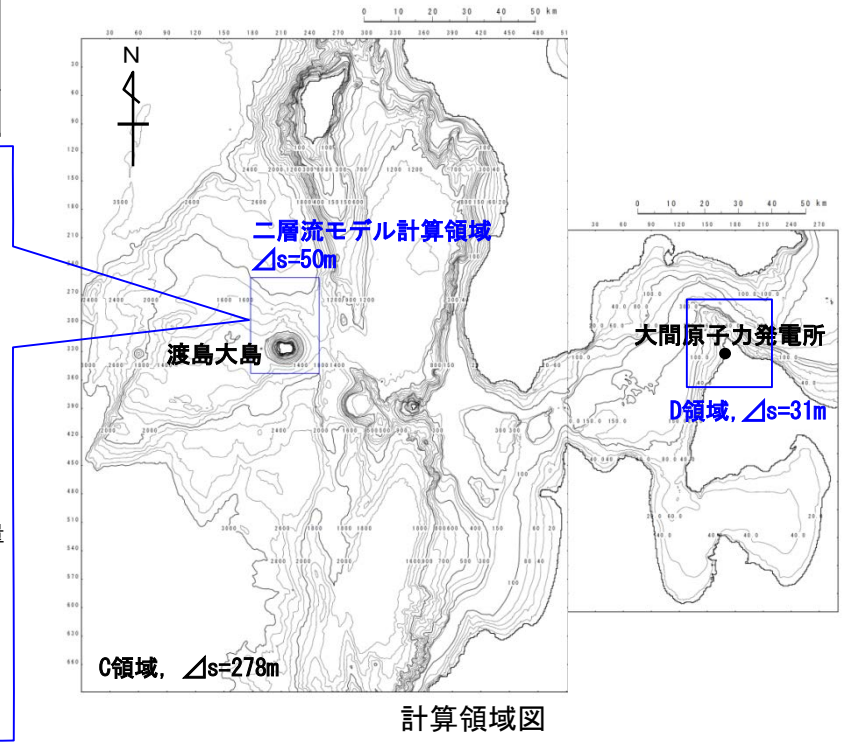
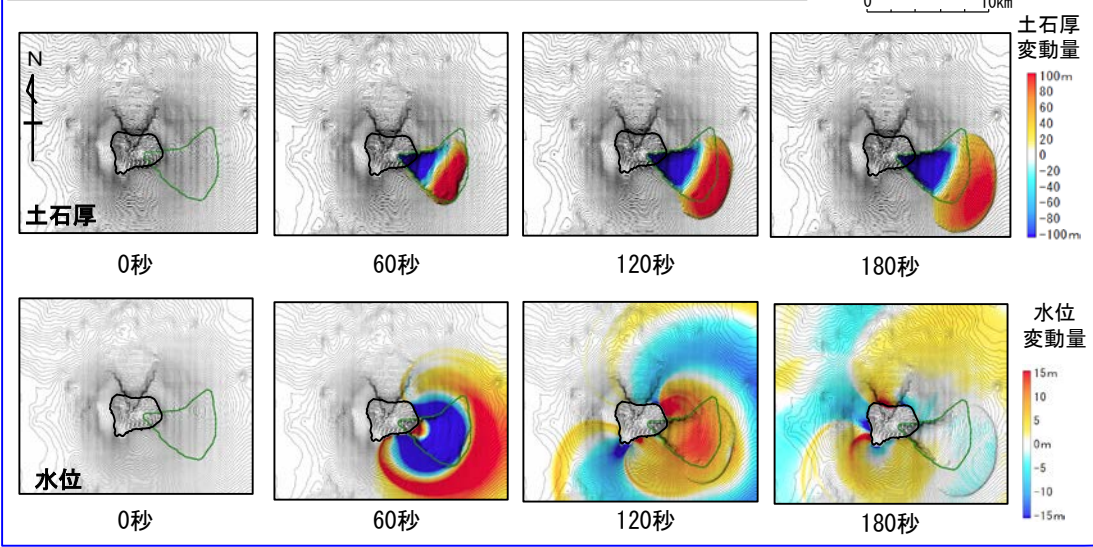
計算条件【渡島大島山体崩壊】

- 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	$\rho_2 = 2.0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$	
上層(水)の粗度係数	$n = 0.025 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	Kawamata et al. (2005) <sup>(90)</sup> 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	$\Delta t = 5.0 \times 10^{-4} \text{ (s)}$	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))





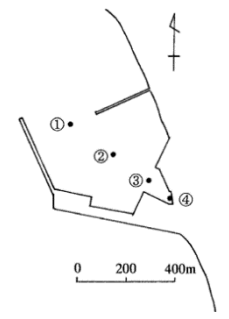
# 2-4. 火山現象に起因する津波 (7 / 12)

## 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)

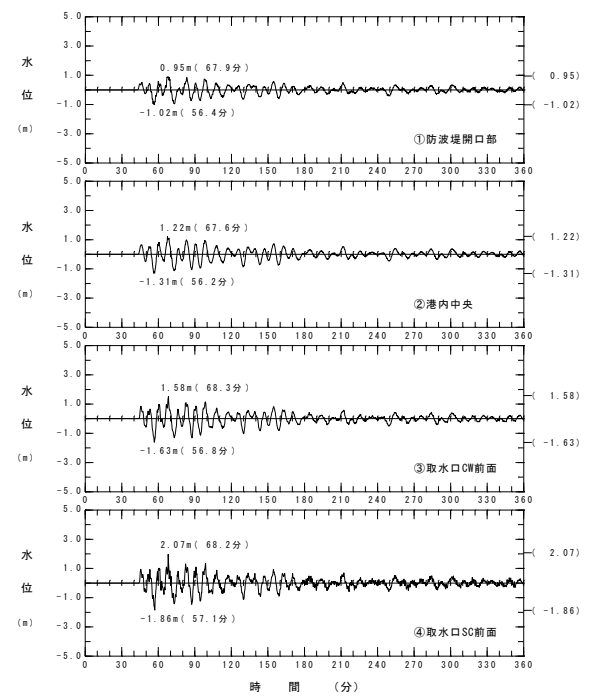
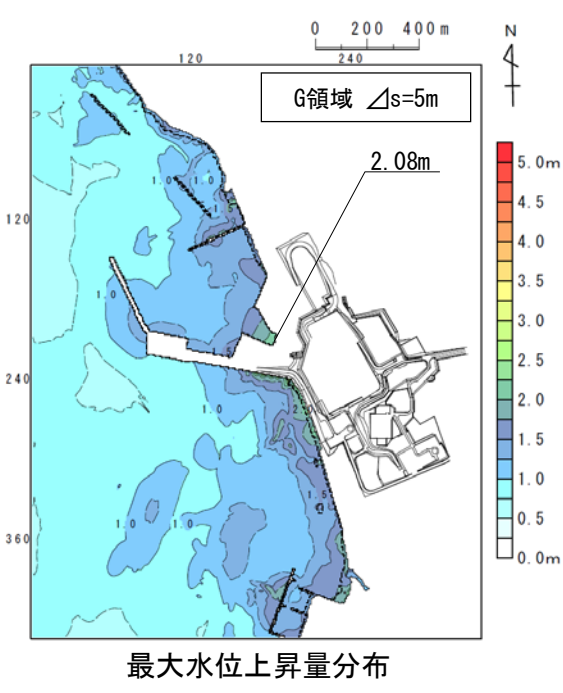
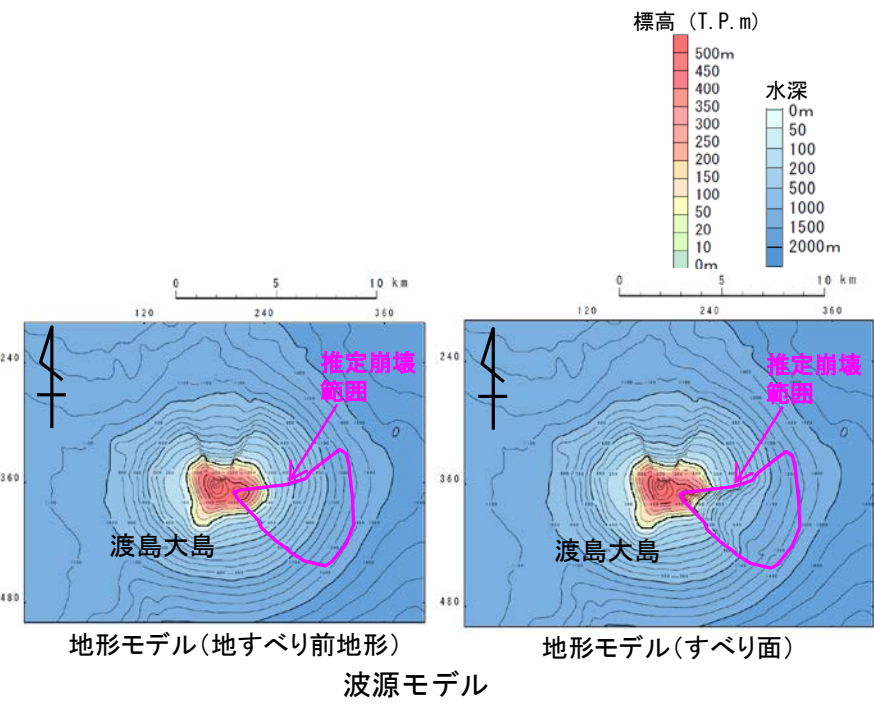
計算結果【渡島大島山体崩壊】

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







# 2-4. 火山現象に起因する津波 (8 / 12)

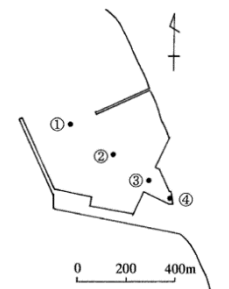
## 数値シミュレーション【ステップ3】 (4 / 7) : 解析モデル①<二層流モデル> (4 / 4)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

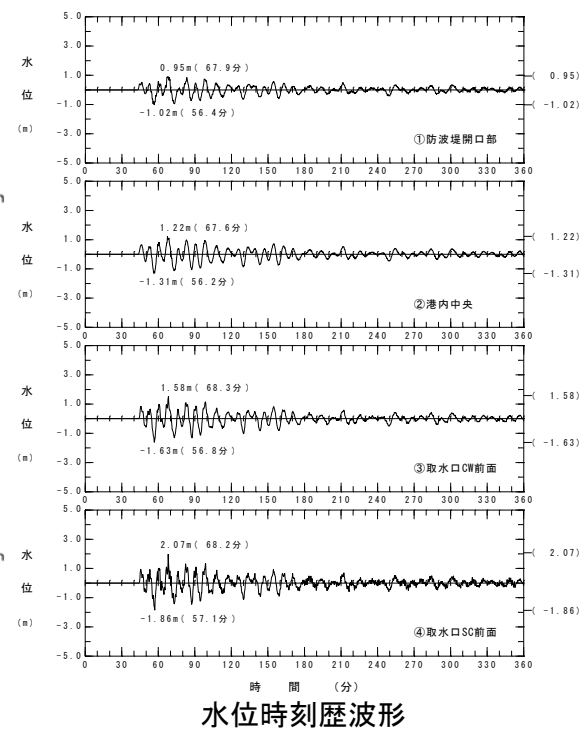
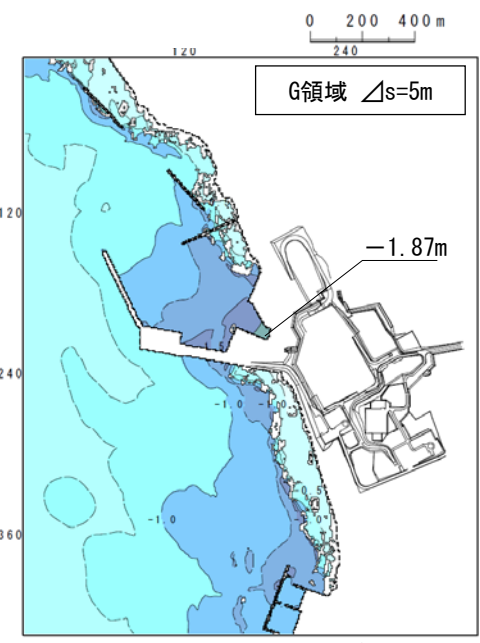
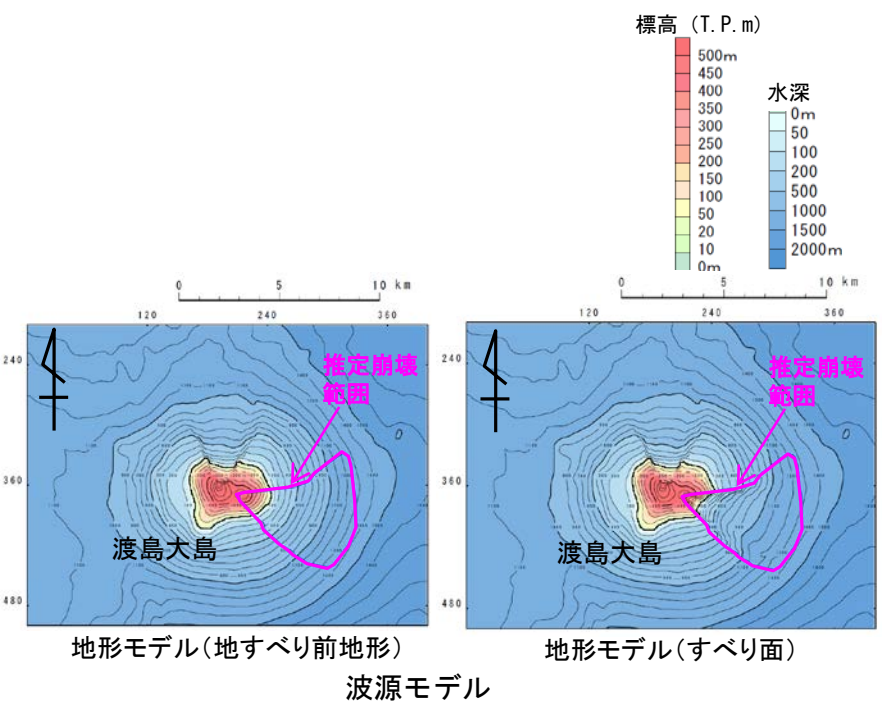
火山現象に起因する津波の二層流モデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

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)

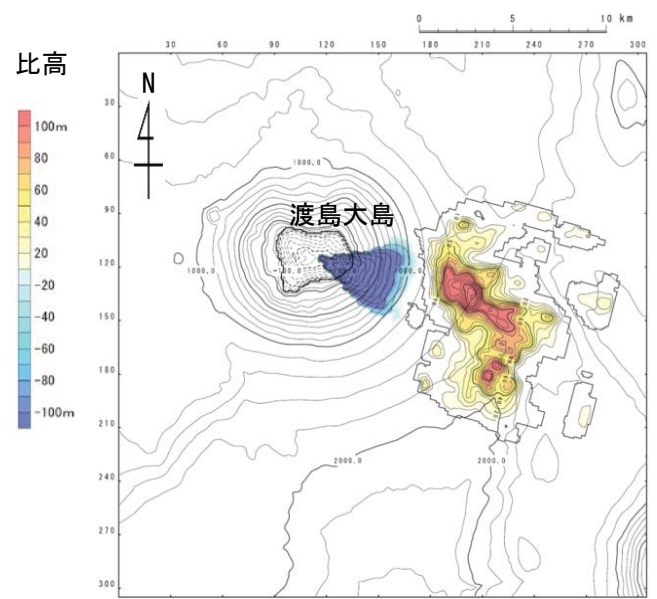


# 2-4. 火山現象に起因する津波 (9 / 12)

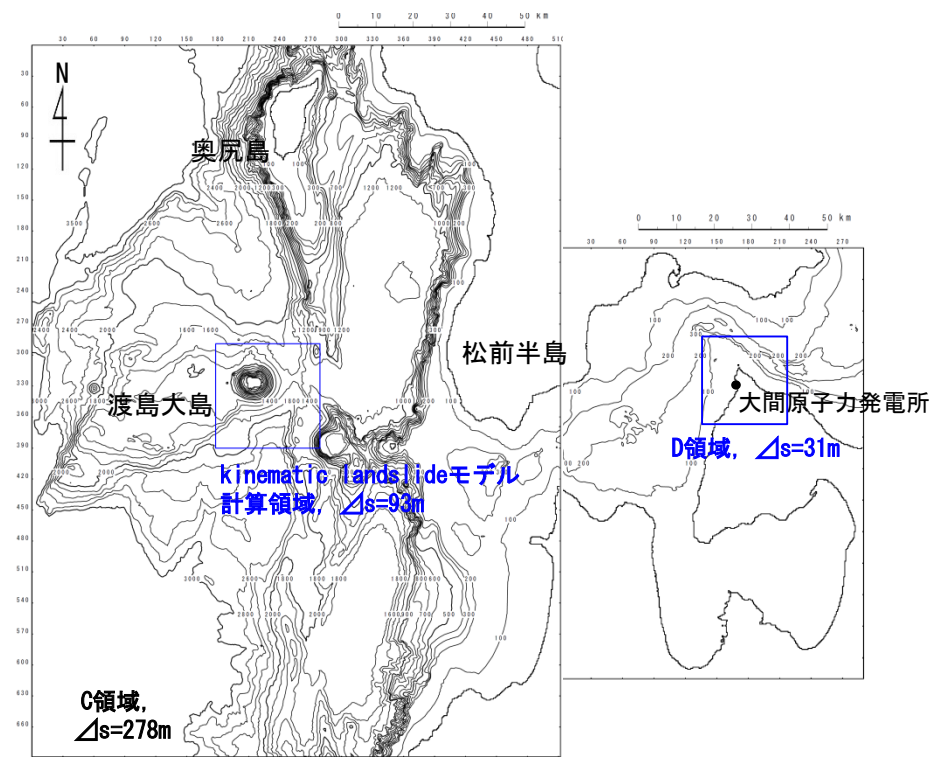
## 数値シミュレーション【ステップ3】 (5 / 7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (1 / 3)

### 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)<sup>(41)</sup> 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)<sup>(41)</sup> 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. 49, P. 50参照)



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補足説明資料「8-1. kinematic landslideモデルによる追加検討」参照。





# 2-4. 火山現象に起因する津波 (10/12)

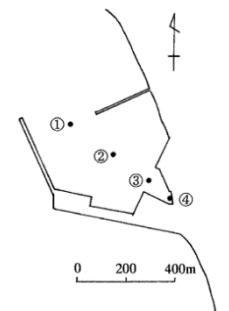
## 数値シミュレーション【ステップ3】 (6/7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (2/3)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

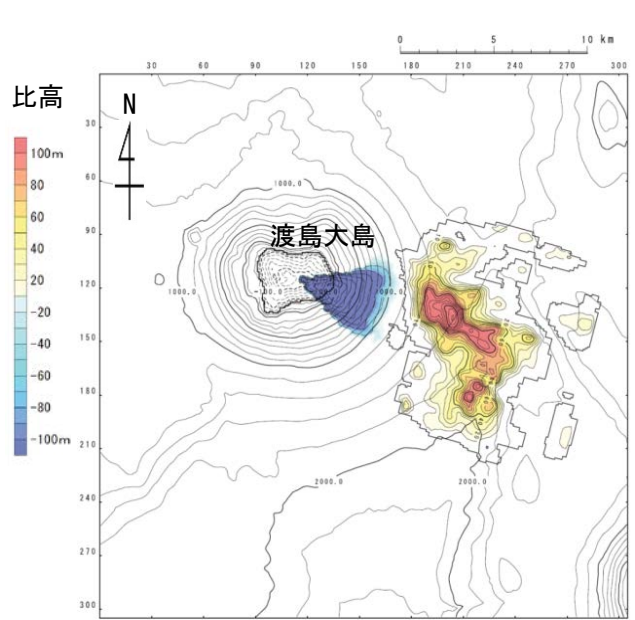
火山現象に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (上昇側) は下表のとおりである。

火山現象に起因する津波検討結果 (上昇側)

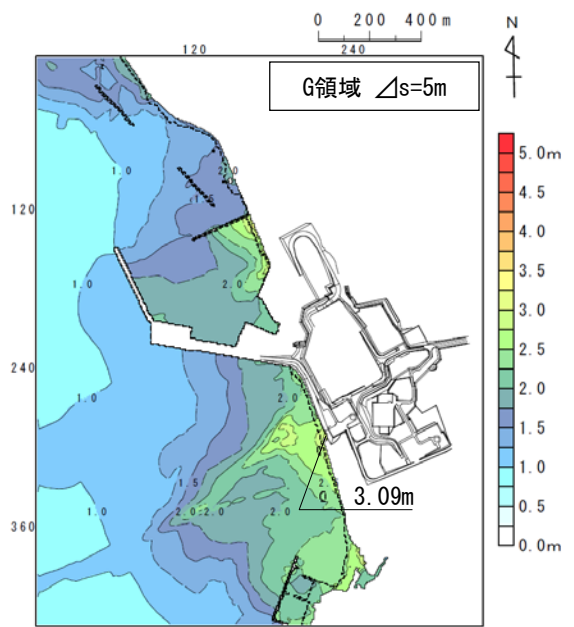
検討対象	解析モデル	敷地における最大水位上昇量
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	kinematic landslide モデル	3.09m



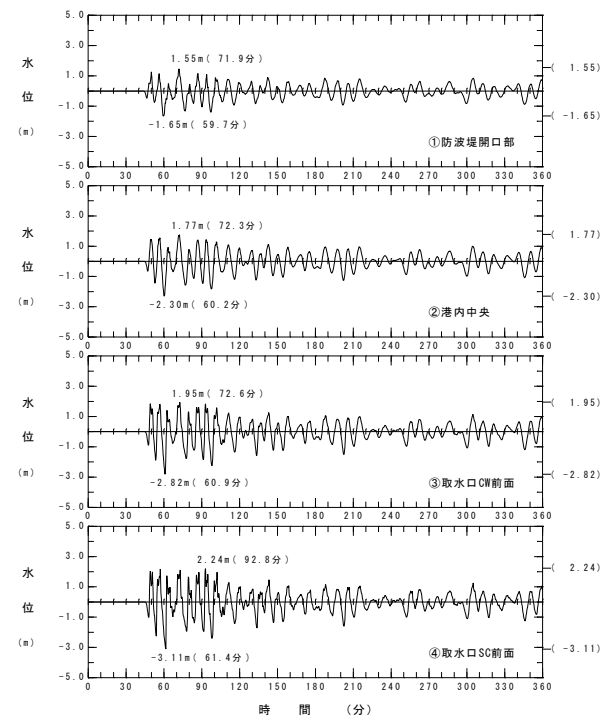
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形



# 2-4. 火山現象に起因する津波 (11 / 12)

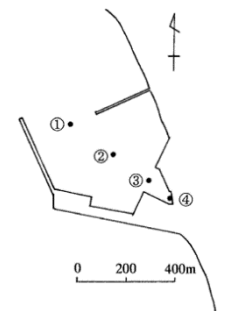
## 数値シミュレーション【ステップ3】 (7 / 7) : 解析モデル②<kinematic landslideモデル> (3 / 3)

計算結果【渡島大島山体崩壊】

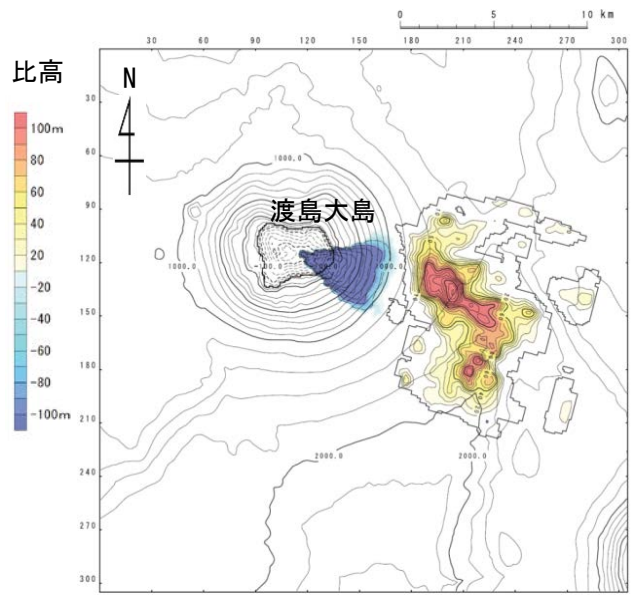
火山現象に起因する津波のkinematic landslideモデルによる計算結果 (下降側) は下表のとおりである。

火山現象に起因する津波検討結果(下降側)

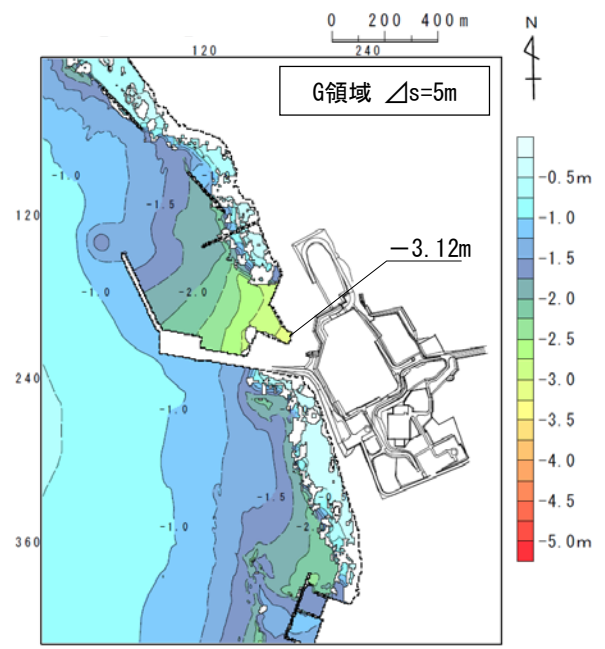
検討対象	解析モデル	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
渡島大島山体崩壊 (津軽海峡方向への崩壊)	kinematic landslide モデル	-3.12m



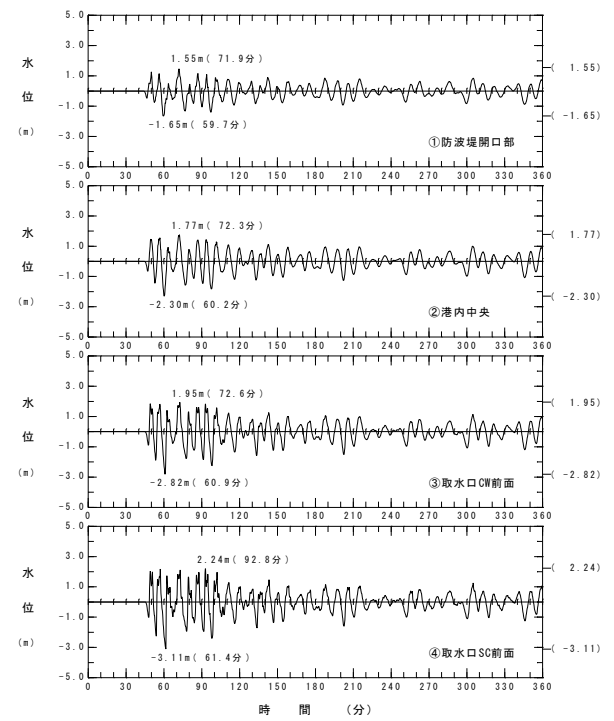
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



## 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. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波



## 2-5. 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

地震による津波と重畳の可能性がある「2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波」及び「2-3. 海底地すべりに起因する津波」のうち、敷地での水位変動量が大きい津波は、「2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波」であることが確認された。

地震以外の要因による津波の検討結果（地震による津波との重畳の可能性を考慮する）

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

地震以外の要因による津波の検討結果（地震による津波との重畳の可能性は考慮しない）

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
火山現象 【渡島大島の山体崩壊】	3.09m	-3.12m



(余白)

# 目次

1. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波

## 検討方針

- 津波を発生させる要因の組合せとして、敷地に与える影響が大きいと考えられる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組合せを考慮する。
- 組合せに関する検討は、日本海東縁部に想定される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、敷地の津波水位が最も高くなる斜面崩壊の開始時間と最も低くなる斜面崩壊の開始時間をそれぞれ設定する。

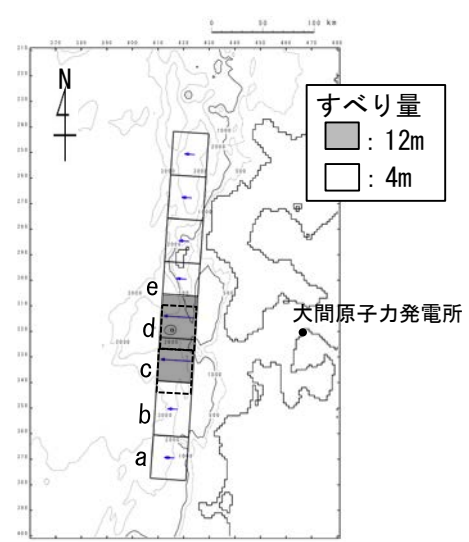
### ■地震による津波

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 下降ケース	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4km

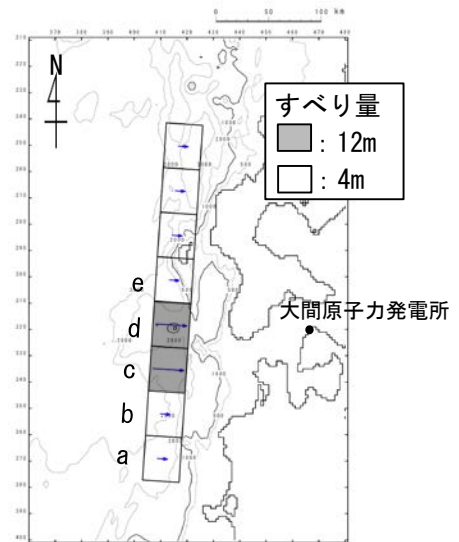
### ■陸上の斜面崩壊に起因する津波

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

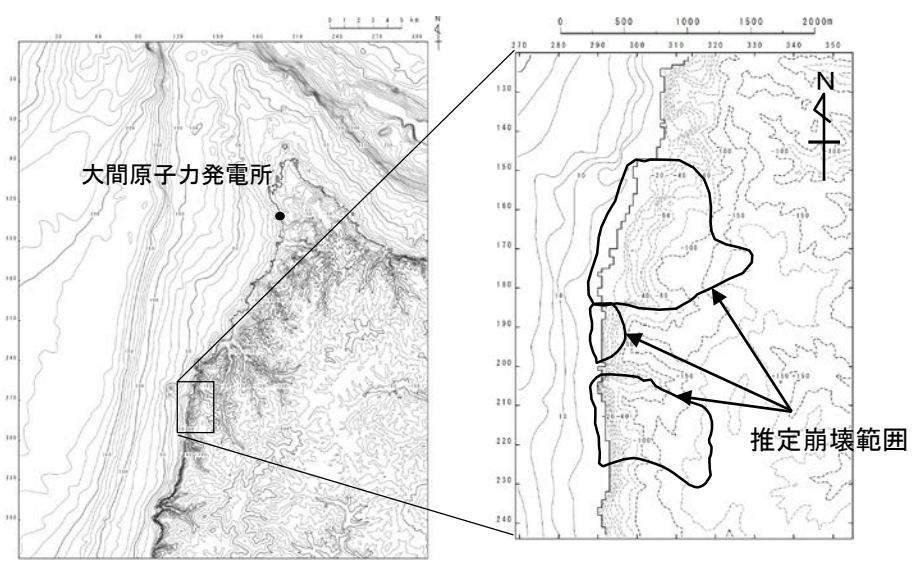
※：対象エリアの選定は補足説明資料「9-1. 組合せ対象地すべりエリアの選定」参照。



最大水位上昇ケース



最大水位下降ケース



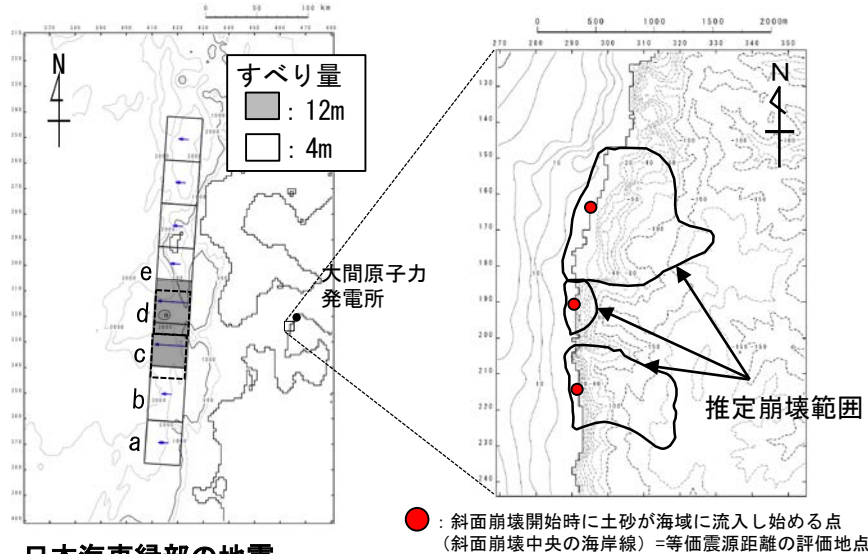
斜面崩壊地すべり地形



## 組合せ時間差の設定

- 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間 ( $T_s$ =各断面層面から斜面崩壊位置までの等価震源距離÷地震波速度), 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津波水位が最も高くなる時間と最も低くなる時間をそれぞれ組合せ時間差 ( $T_{max}$ ) とした。 ( $T_{max} = T_s + \Delta T_d, \Delta T_d = 0 \sim T_d$ )
- 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<sup>※4</sup>位置における水位時刻歴波形を線形に足し合せて算出した。

### ■ 組合せ時間差 ( $T_{max}$ ) の設定方法 (概念)

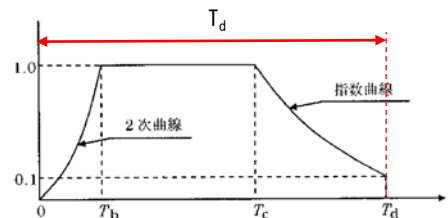


### 日本海東縁部の地震最大水位上昇ケース

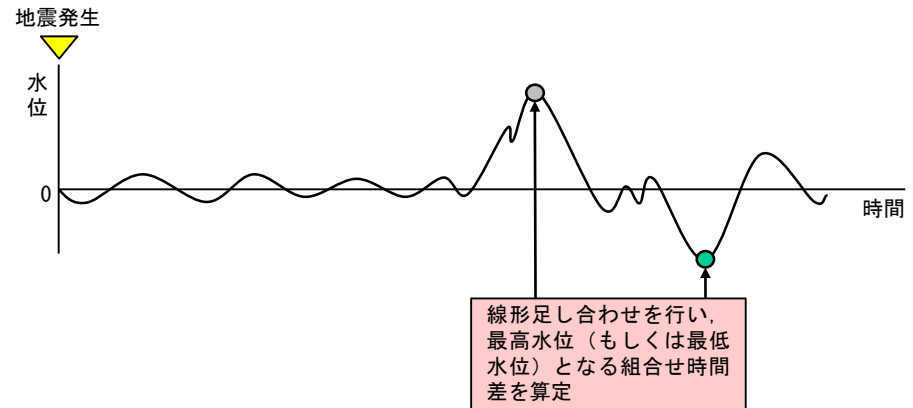
区分	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	$T_s$ <sup>※1</sup>	$T_d$ <sup>※2</sup>	$T_{max}$
最大水位上昇ケース	134.4km	3.4km/s <sup>※3</sup>	39.6s	134.1s	39.6s
最大水位下降ケース	143.7km		42.4s	137.4s	125.2s

※3: 地震調査研究推進本部 (2009) (106) より

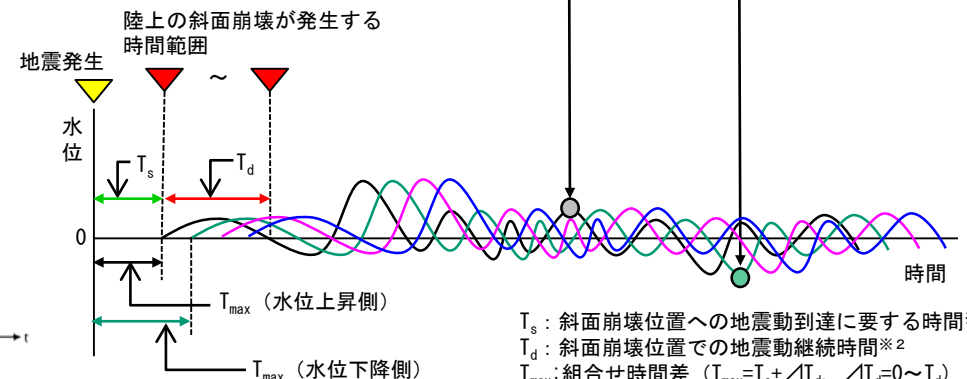
### 斜面崩壊



### ■ 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



$T_s$ : 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間<sup>※1</sup>  
 $T_d$ : 斜面崩壊位置での地震動継続時間<sup>※2</sup>  
 $T_{max}$ : 組合せ時間差 ( $T_{max} = T_s + \Delta T_d, \Delta T_d = 0 \sim T_d$ )

※4: 補足説明資料「9-2. 線形足し合せ評価位置の検討」参照

審査資料の再チェックを行い、「 $T_d$ の誤り」を修正(118.2sを134.1sに, 120.7sを137.4sに修正)した。

※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) (105) による振幅包絡線の経時特性から算定

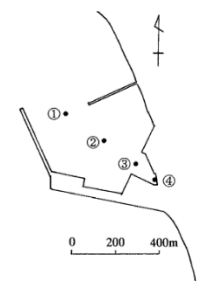


## 津波発生要因の組合せに関する検討結果 (上昇側)

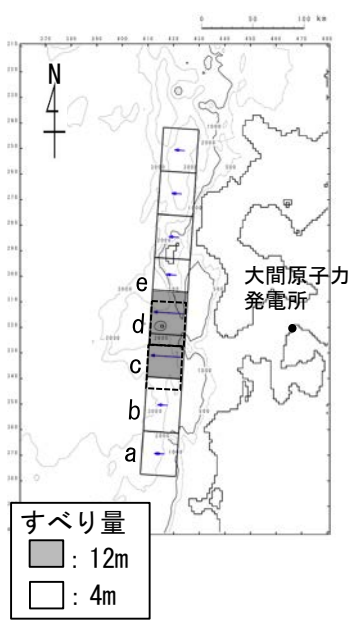
組合せ時間差 ( $T_{max}$ ) を反映して両波源の組合せを考慮した (同一波動場) 数値シミュレーションの結果 (上昇側) は以下のとおりである。

### 津波発生要因の組合せに関する検討結果 (上昇側)

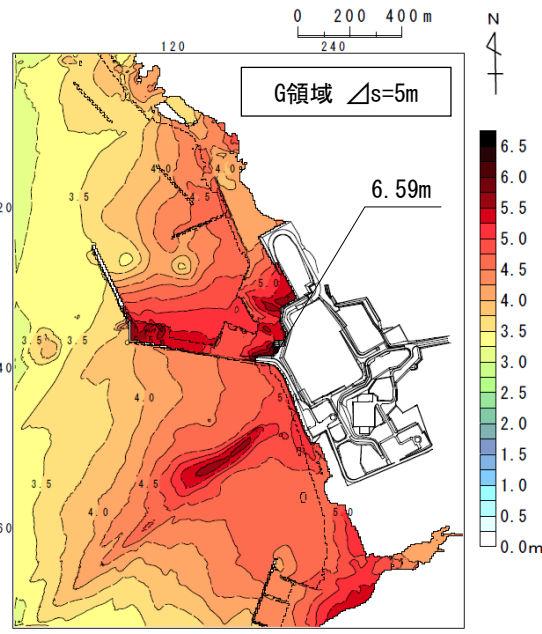
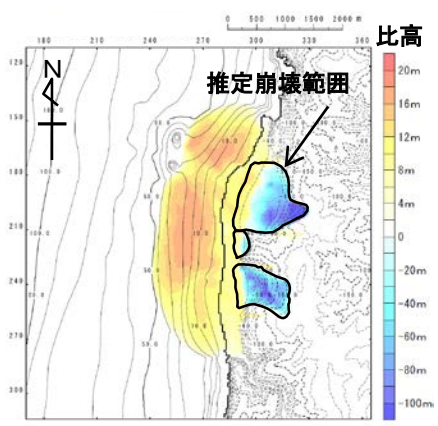
波源	敷地における最大水位上昇量
日本海東縁部に想定される地震 + 陸上の斜面崩壊 ( $T_{max} = 39.6s$ )	6.59m



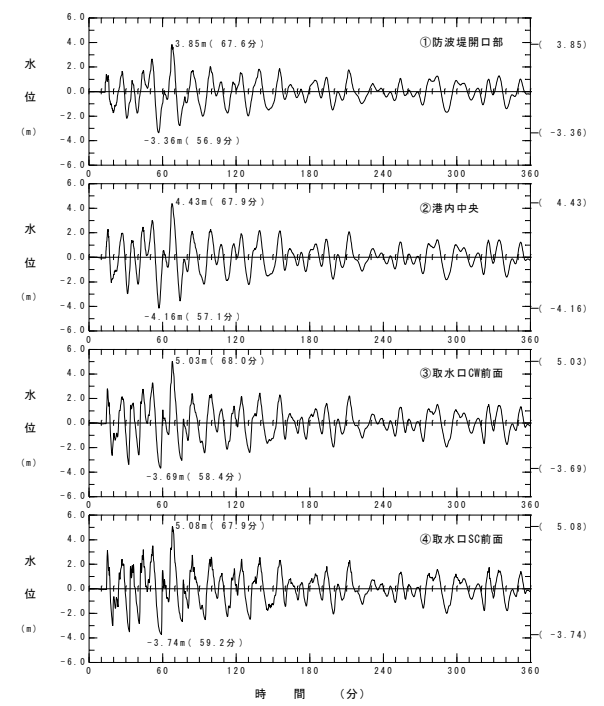
水位時刻歴波形出力点



上昇側の波源モデル組合せ



最大水位上昇量分布  
上昇側最大ケース



水位時刻歴波形

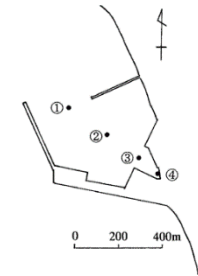


## 津波発生要因の組合せに関する検討結果 (下降側)

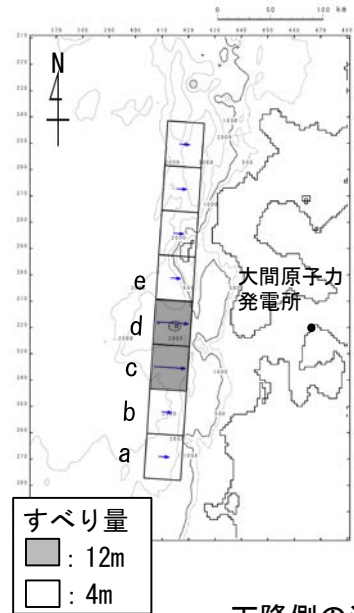
組合せ時間差 ( $T_{max}$ ) を反映して両波源の組合せを考慮した (同一波動場) 数値シミュレーションの結果 (下降側) は以下のとおりである。

### 津波発生要因の組合せに関する検討結果 (下降側)

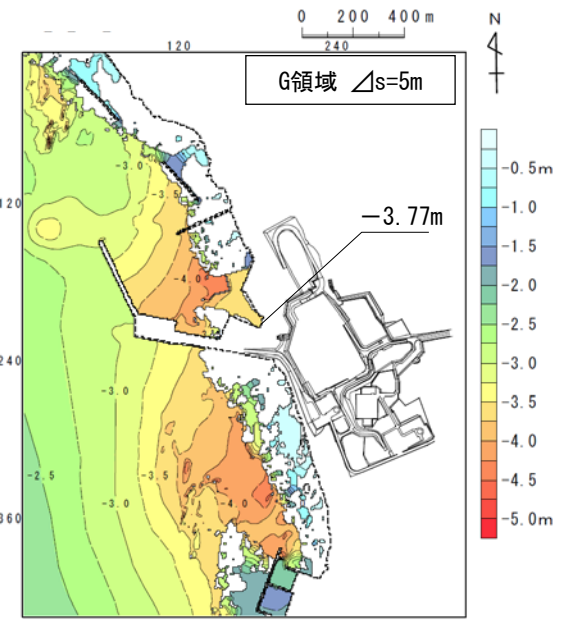
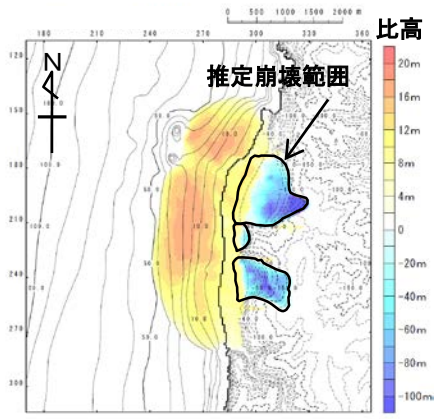
波源	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
日本海東縁部に想定される地震 + 陸上の斜面崩壊 ( $T_{max} = 125.2s$ )	-3.77m



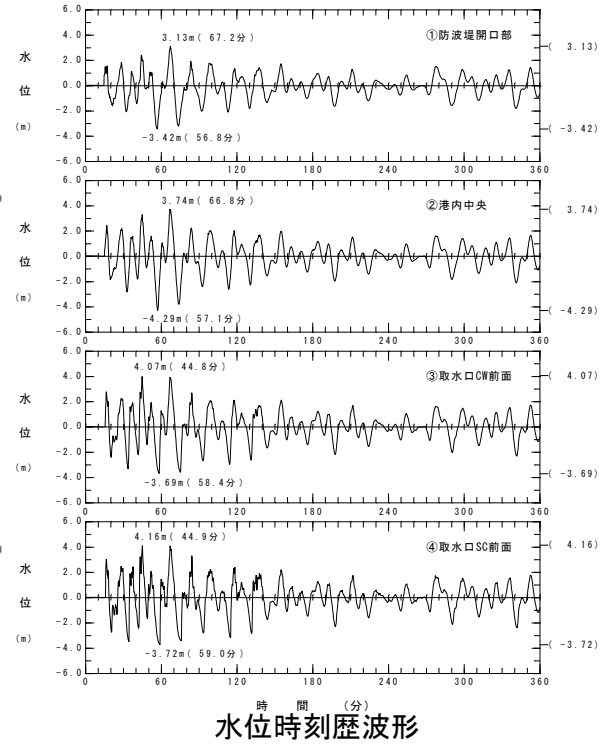
水位時刻歴波形出力点



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



# 目次

1. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波



## 3-2. 基準津波の選定 (1 / 3)

### 基準津波の選定

- 敷地において水位上昇量が最大となる日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波を基準津波①として、取水口スクリーン室前面において水位降下量が最大となる日本海東縁部に想定される地震に伴う津波を基準津波②として選定する。

### 基準津波の選定一覧

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 (基準津波②)	5.85m (P.91参照)	-3.78m (P.91参照)
	三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波	3.69m (暫定) ※2	-3.53m (暫定) ※2
	三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波	2.90m (P.233参照)	-2.57m (P.233参照)
	チリ沖に想定される地震に伴う津波	3.06m (P.257参照)	-3.48m (P.257参照)
	海域活断層に想定される地震に伴う津波 (奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～ 西津軽海盆東縁断層の連動※1による地震)	2.25m (P.262参照)	-2.46m (P.262参照)
地震以外の 要因による 津波	陸上の斜面崩壊に起因する津波 (佐井エリアの地すべり地形)	4.97m (P.299参照)	-3.49m (P.299参照)
	海底地すべりに起因する津波 (海底地すべり地形Ms-2)	0.53m (P.329参照)	-0.53m (P.329参照)
	火山現象に起因する津波 (渡島大島の山体崩壊)	3.09m (P.349参照)	-3.12m (P.349参照)
組合せ	日本海東縁部に想定される地震 と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波 (基準津波①)	6.59m (P.357参照)	-3.77m (P.358参照)

※1：国交省（2014）<sup>(22)</sup> のF18断層の位置で評価

※2：次回以降ご説明の対象



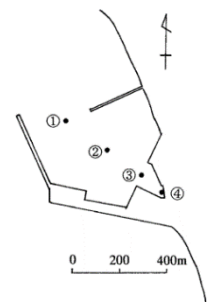
# 3-2. 基準津波の選定 (2 / 3)

## 基準津波① (最大水位上昇ケース)

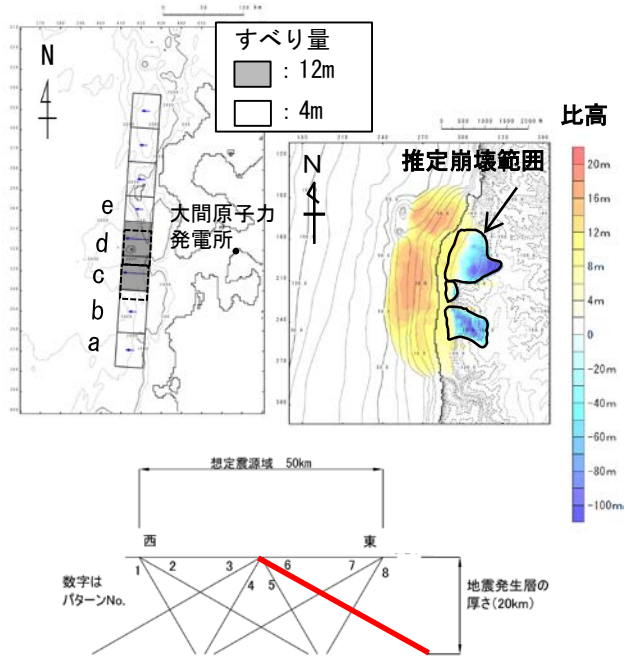
基準津波① (最大水位上昇ケース) は以下のとおりである。

**最大水位上昇ケース**  
津波発生要因の組合せ

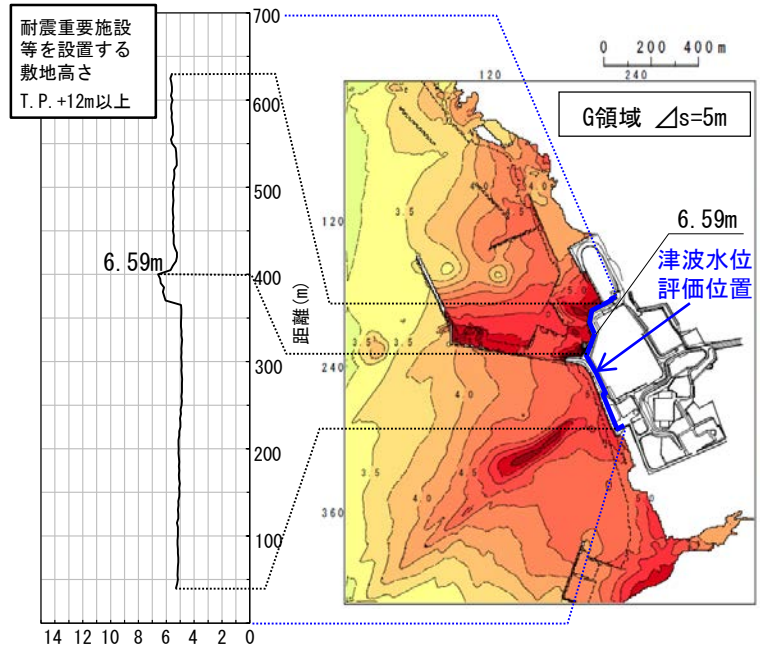
- ・ 日本海東縁部の地震に起因する津波  
東西方向中央, 東傾斜 ( $\delta=30^\circ$ ) のW=40.0km  
アスペリティ位置c+dを北方へ10km移動,  
上縁深さ5km
- ・ 陸上の斜面崩壊に起因する津波



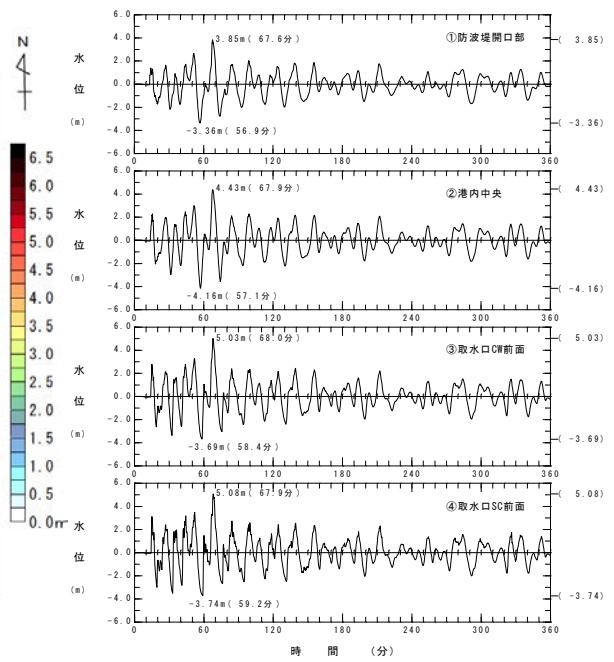
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

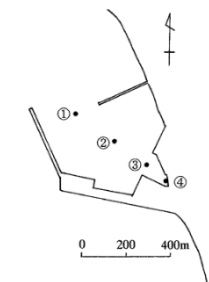




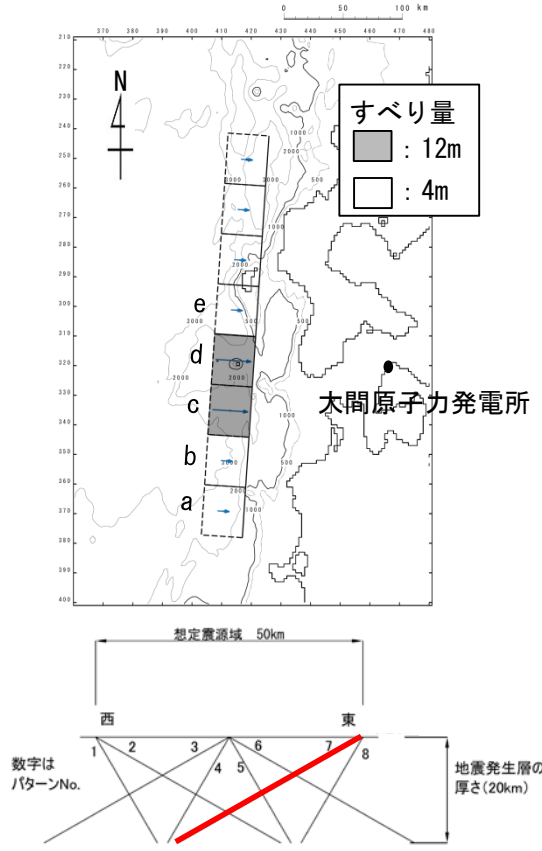
## 基準津波② (最大水位下降ケース)

基準津波② (最大水位下降ケース) は以下のとおりである。

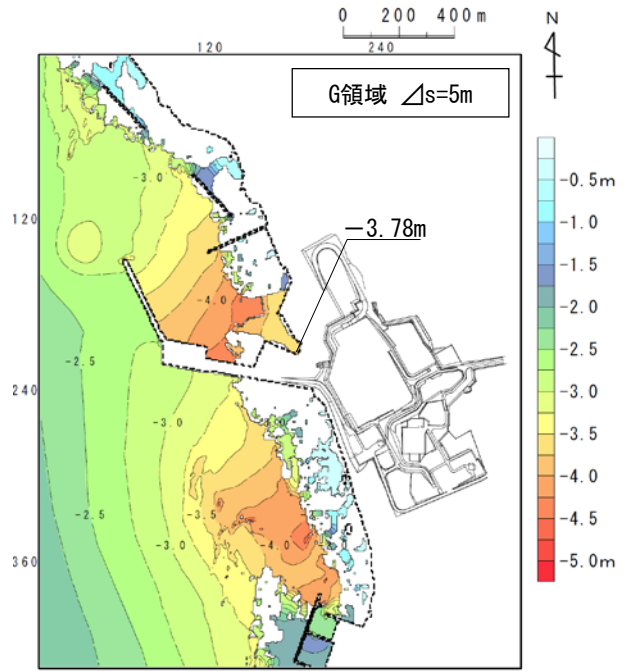
**最大水位下降ケース**  
 ・日本海東縁部の地震に起因する津波  
 [ 東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta=30^\circ$ ) のW=40.0km  
 アスペリティ位置c+d, 上縁深さ4km ]



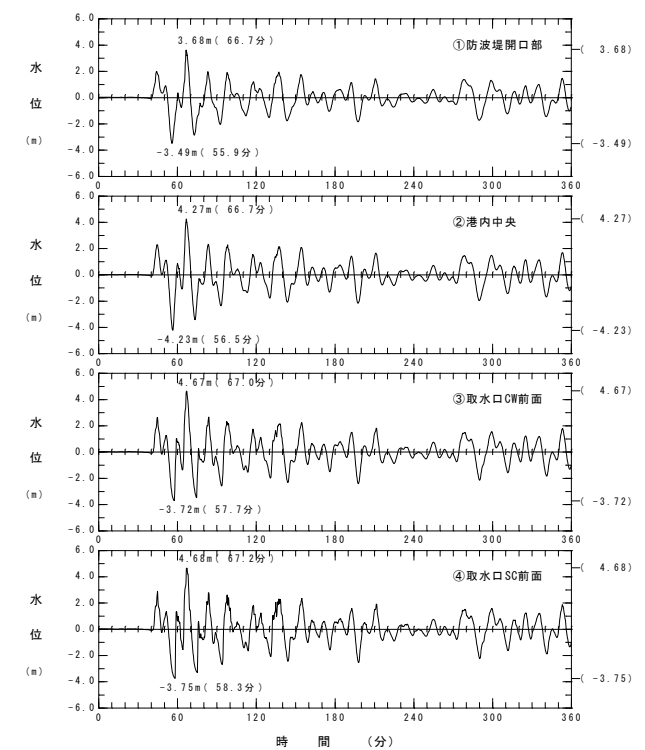
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

# 目次

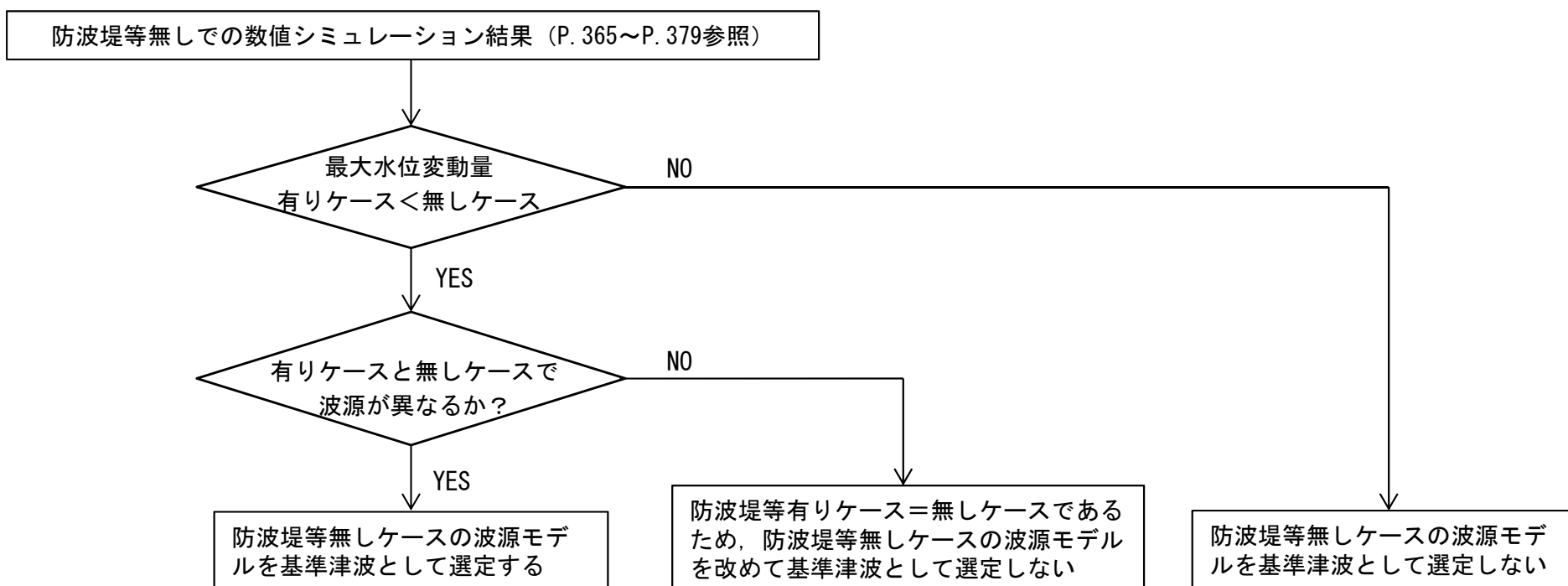
1. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波

### 3-3. 防波堤等の影響検討 (1 / 16)

#### 検討方針

- ここまでの基準津波に対する検討は、防波堤等が有るケースを対象に実施してきた。
- ここでは、港湾の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、防波堤等が無いケースについて検討を実施する。
- 検討に当たっては、防波堤等が無いケースのパラメータスタディを、防波堤等が有るケースにおける基準津波策定の検討と同様に実施する。
- 検討対象は、防波堤等が有るケースの検討結果を考慮して以下のケースとする。
  - ◀防波堤等が無いケース検討対象▶
    - ✓ 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に対するパラメータスタディ
    - ✓ 組合せ：上記のパラメータスタディ最大ケース（上昇側及び下降側）＋佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波
- これらの結果から、防波堤等が有るケースと無いケースの最大水位変動量を比較し、防波堤等が無い場合の最大水位変動量の方が大きく、且つ波源が異なる場合には、防波堤等が無いケースの波源モデルを基準津波として選定する。

#### 港湾の防波堤等が無いケースにおける基準津波の選定フロー



注：水位は防波堤等無しケースを採用



### 3-3. 防波堤等の影響検討 (2 / 16)

#### 数値シミュレーション (1 / 14) : 検討フロー

コメントNo.S5-38

防波堤等が無いケースにおける数値シミュレーションは、以下のフローで実施した。

#### 検討対象津波の選定 数値シミュレーション 検討フロー

港湾の防波堤等が無いケースの検討対象として、防波堤等有るケースで水位上昇側・下降側でそれぞれ選定された基準津波を選定する。

選定

上昇側：日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波  
 下降側：日本海東縁部に想定される地震に伴う津波

#### <防波堤等無しでの数値シミュレーション解析>

##### 【ステップ1】：パラメータスタディ

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波を対象に、防波堤等が無いケースのパラメータスタディ（概略及び詳細）を防波堤等有るケースと同様に実施する。（P. 367～P. 374参照）

##### 【ステップ2】：津波発生要因の組合せ検討

【ステップ1】のパラメータスタディにおける最大ケース（上昇側及び下降側）と防波堤等が無いケースの佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波との組合せを検討する。（P. 376～P. 378参照）

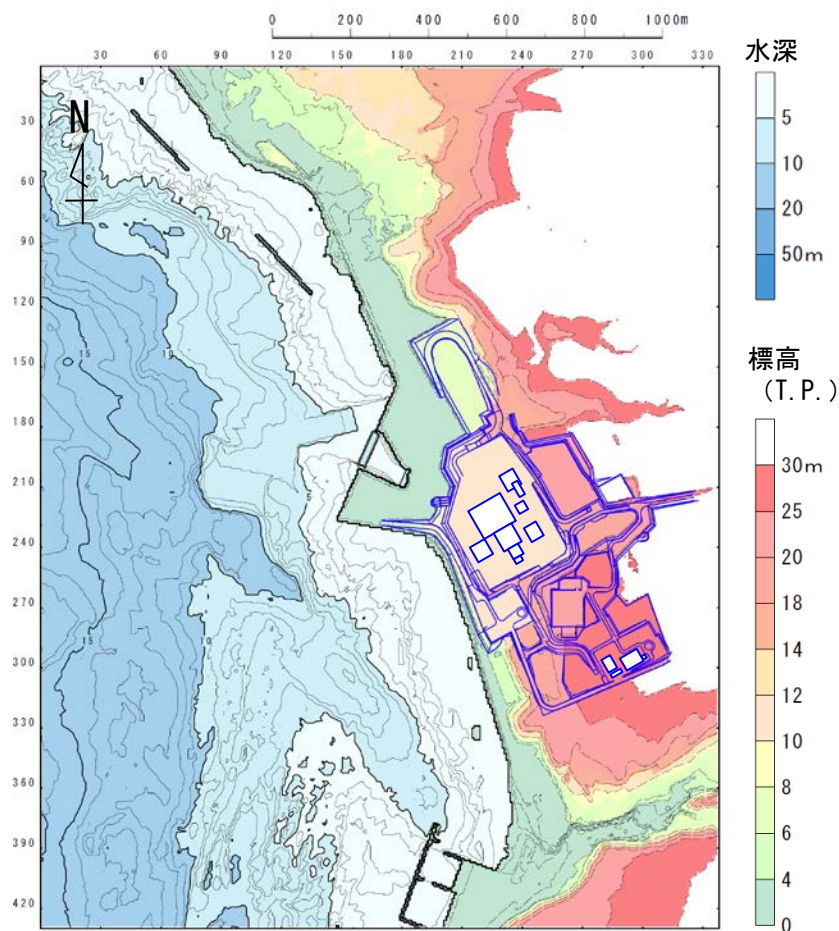
##### 【ステップ3】：防波堤等が無いケースにおける上昇側・下降側それぞれの最大ケースの選定

【ステップ1】と【ステップ2】の結果を比較し、上昇側・下降側それぞれの最大ケースを選定する。（P. 379参照）

### 3-3. 防波堤等の影響検討 (3 / 16)

#### 数値シミュレーション (2 / 14) : 地形データ

港湾の防波堤等が無い場合の検討に用いた地形データは以下のとおり。



港湾の防波堤等無しの地形モデル

## 3-3. 防波堤等の影響検討 (4 / 16)

## 数値シミュレーション (3 / 14) : 【ステップ1】パラメータスタディ (1 / 8)

## 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、防波堤等が無いケースの概略パラメータスタディを実施した結果は以下のとおり。

## 概略パラメータスタディ (ステップ1) 結果一覧

アスペリティ位置	東西位置, 傾斜パターン	傾斜角	防波堤等無し	
			最大水位上昇量	最大水位下降量
de	1	60°	2.18m	-2.27m
	2	30°	3.72m	-2.68m
	3		3.74m	-3.23m
	4	60°	3.48m	-1.95m
	5		2.30m	-2.19m
	6	30°	3.79m	-2.84m
	7		3.93m	-2.94m
	8	60°	3.45m	-2.65m
cd	1	60°	2.34m	-2.55m
	2	30°	4.18m	-3.21m
	3		4.19m	-3.34m
	4	60°	3.53m	-2.27m
	5		3.14m	-2.89m
	6	30°	4.85m	-3.55m
	7		5.05m	-3.65m
	8	60°	4.38m	-2.79m
bc	1	60°	1.97m	-2.01m
	2	30°	3.41m	-2.44m
	3		3.17m	-2.61m
	4	60°	1.80m	-1.73m
	5		2.04m	-2.04m
	6	30°	3.32m	-2.78m
	7		3.36m	-2.83m
	8	60°	1.96m	-1.98m
ab	1	60°	1.43m	-1.25m
	2	30°	1.91m	-1.62m
	3		1.69m	-1.80m
	4	60°	1.32m	-1.19m
	5		1.25m	-1.24m
	6	30°	1.60m	-1.55m
	7		1.53m	-1.53m
	8	60°	1.40m	-1.32m

注：上縁深さ：1km

## 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	防波堤等無し	
				最大水位上昇量	最大水位下降量
上昇側及び下降側	7	30°	北方へ30km	3.83m	-3.17m
			北方へ20km	4.43m	-3.44m
			北方へ10km	4.84m	-3.60m
			cd	5.05m	-3.65m <sup>*</sup>
			南方へ10km	4.86m	-3.65m <sup>*</sup>
			南方へ20km	4.48m	-3.62m
			南方へ30km	4.26m	-3.48m

※小数第3位まで考慮すると、アスペリティ位置cdで最大。

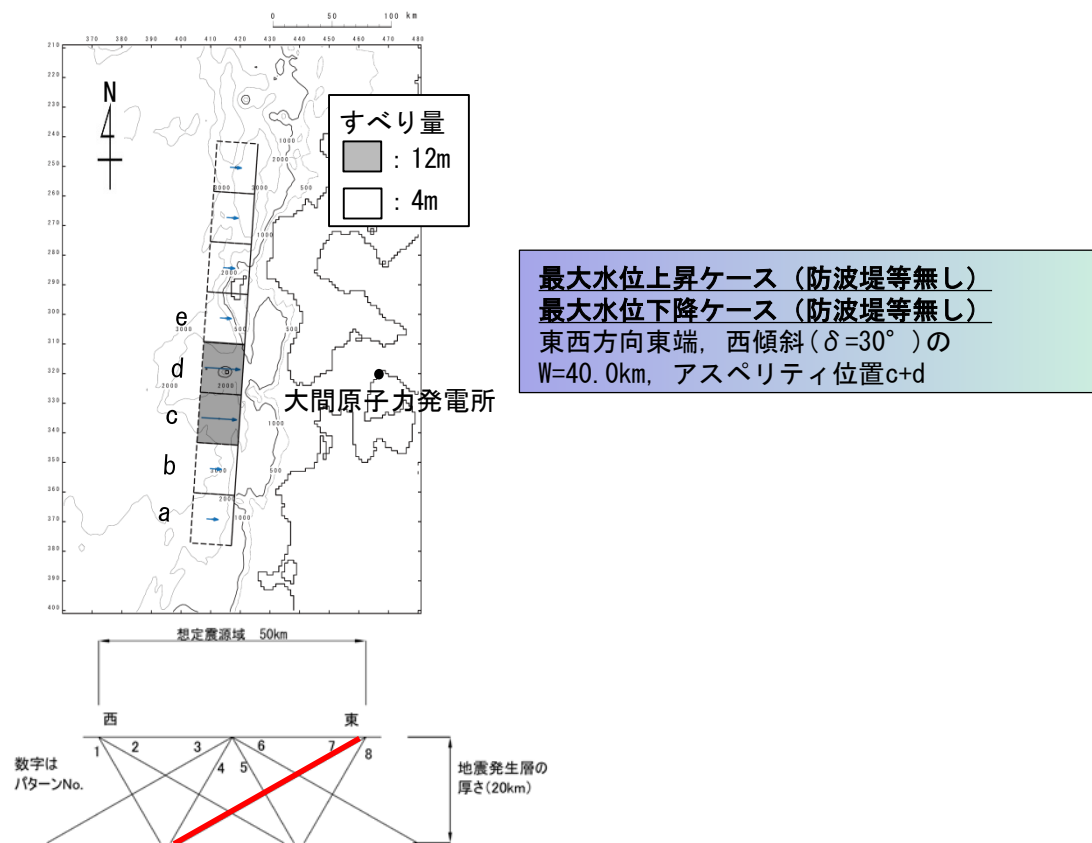
- : 概略パラスタ (ステップ1) 最大水位上昇/下降ケース
- : 概略パラスタ (ステップ2) 最大水位上昇ケース
- : 概略パラスタ (ステップ2) 最大水位下降ケース

### 3-3. 防波堤等の影響検討 (5 / 16)

#### 数値シミュレーション (4 / 14) : 【ステップ1】パラメータスタディ (2 / 8)

##### 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、防波堤等が無いケースの概略パラメータスタディで最大ケースとなった波源モデルは以下のとおりである。



最大ケースの波源モデル



### 3-3. 防波堤等の影響検討 (6/16)

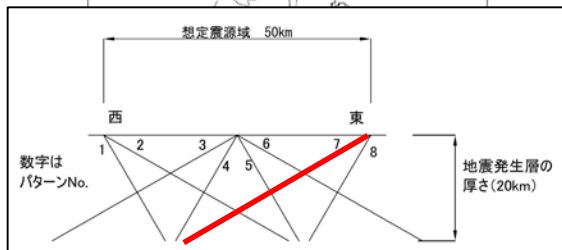
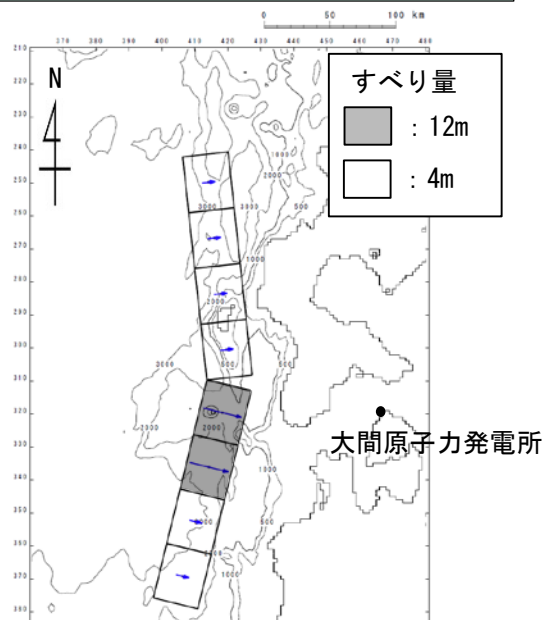
#### 数値シミュレーション (5/14) : 【ステップ1】パラメータスタディ (3/8)

##### 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、防波堤等が無いケースの詳細パラメータスタディ (走向変化ケース) を実施した結果は以下のとおり。

##### 最大水位下降ケース (防波堤等無し)

東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta=30^\circ$ ) の  
W=40.0km, アスペリティ位置c+d,  
北 $-10^\circ$ , 南 $+10^\circ$



最大水位下降ケースの波源モデル

##### 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	防波堤等無し	
					最大水位上昇量	最大水位下降量
上昇側及び下降側	cd	7	30°	北 $+10^\circ$ 南 $-10^\circ$	4.07m	-3.31m
				北 $\pm 0^\circ$ 南 $\pm 0^\circ$	5.05m	-3.65m
				北 $-10^\circ$ 南 $+10^\circ$	4.38m	-3.66m

### 3-3. 防波堤等の影響検討 (7 / 16)

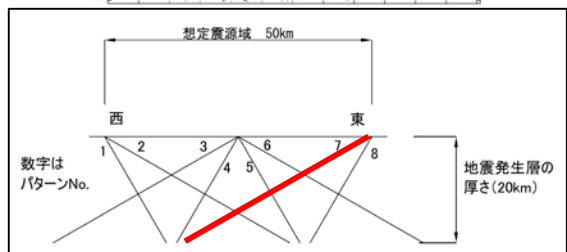
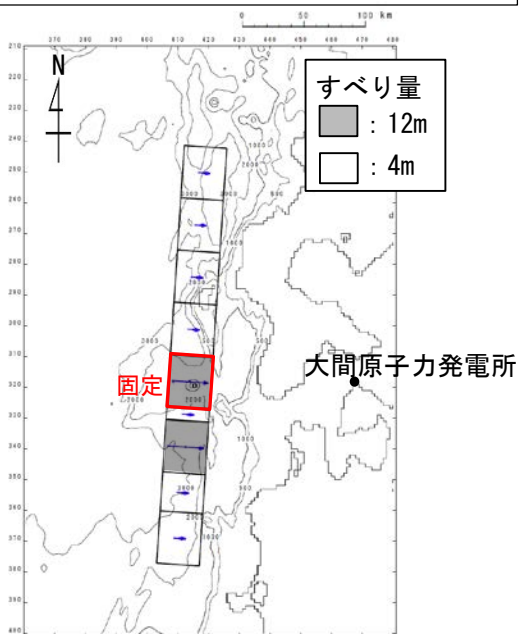
#### 数値シミュレーション (6 / 14) : 【ステップ1】パラメータスタディ (4 / 8)

##### 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、防波堤等が無いケースの詳細パラメータスタディ（アスペリティ数及び位置の変化ケース）を実施した結果は以下のとおり。

##### 例示ケース（防波堤等無し）

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



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		防波堤等無し		
			北側	南側	最大水位上昇量	最大水位下降量	
上昇側及び下降側	7	30°	北側	基準	北方へ40km	3.48m	-2.21m
					北方へ30km	3.47m	-2.65m
					北方へ20km	3.95m	-3.15m
					北方へ10km	4.58m	-3.56m
			基準	南方へ10km	5.05m	-3.65m	
				南方へ20km	4.73m	-3.58m	
				南方へ30km	4.34m	-3.50m	
				南方へ40km	4.05m	-3.40m	
			南方へ40km	3.72m	-3.31m		

### 3-3. 防波堤等の影響検討 (8 / 16)

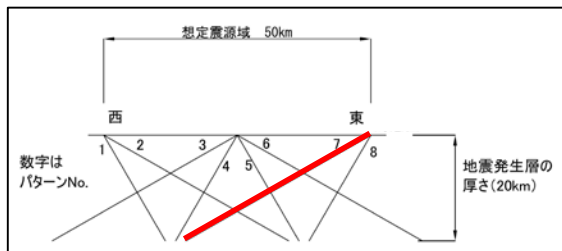
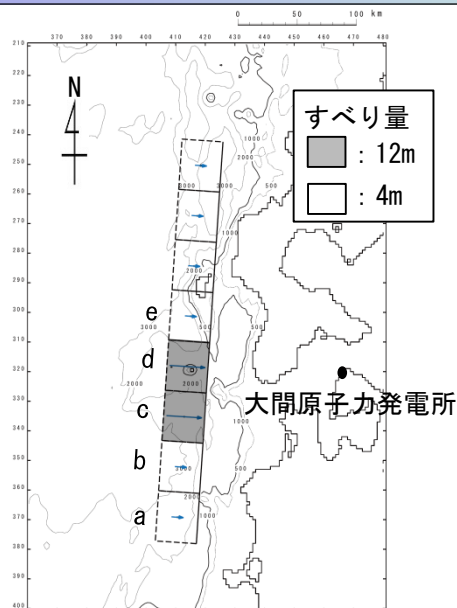
#### 数値シミュレーション (7 / 14) : 【ステップ1】パラメータスタディ (5 / 8)

##### 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、防波堤等が無いケースの詳細パラメータスタディ（上縁深さ変化ケース）を実施した結果は以下のとおり。

##### 最大水位上昇及び最大水位下降ケース（防波堤等無し）

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  
 上縁深さ 2 km, 5 km



最大ケースの波源モデル

##### 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	防波堤等無し	
				最大水位 上昇量	最大水位 下降量
上昇側及び下降側	7	$30^\circ$	0 km	4.86m	-3.61m
			1 km	5.05m	-3.65m
			2 km	5.12m	-3.68m
			3 km	5.08m	-3.69m
			4 km	4.92m	-3.70m <sup>※</sup>
			5 km	4.88m	-3.70m <sup>※</sup>

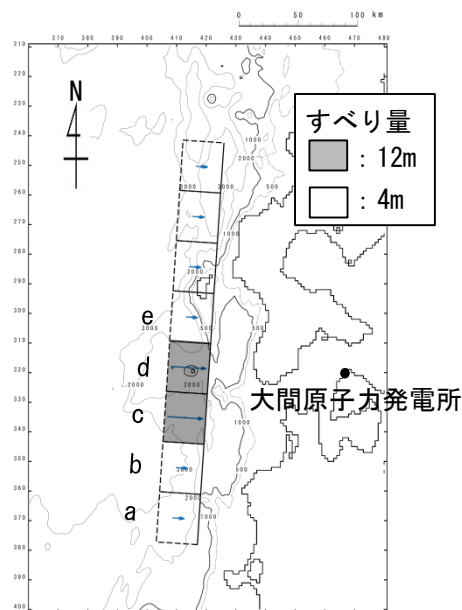
※: 小数第3位まで考慮すると，上縁深さ5 kmで最大。

### 3-3. 防波堤等の影響検討 (9 / 16)

#### 数値シミュレーション (8 / 14) : 【ステップ1】パラメータスタディ (6 / 8)

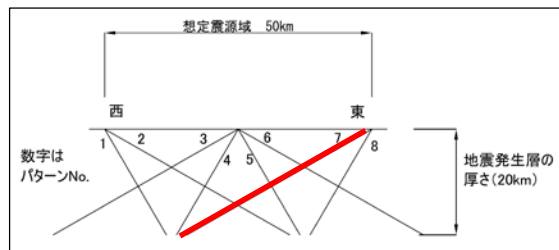
##### 詳細パラメータスタディ (4 / 4)

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



**最大水位上昇ケース (防波堤等無し)**  
 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  
 上縁深さ: 2 km

**最大水位上昇ケース (防波堤等無し)**  
 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  
 上縁深さ: 5 km



最大ケースの波源モデル



## 3-3. 防波堤等の影響検討 (10/16)

## 数値シミュレーション (9/14) : 【ステップ1】パラメータスタディ (7/8)

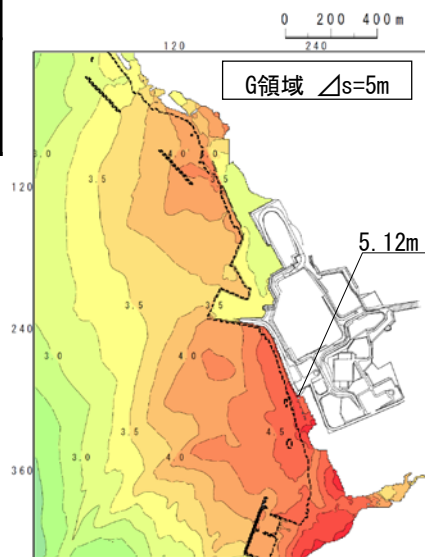
コメントNo.S5-38

## 上昇側検討結果

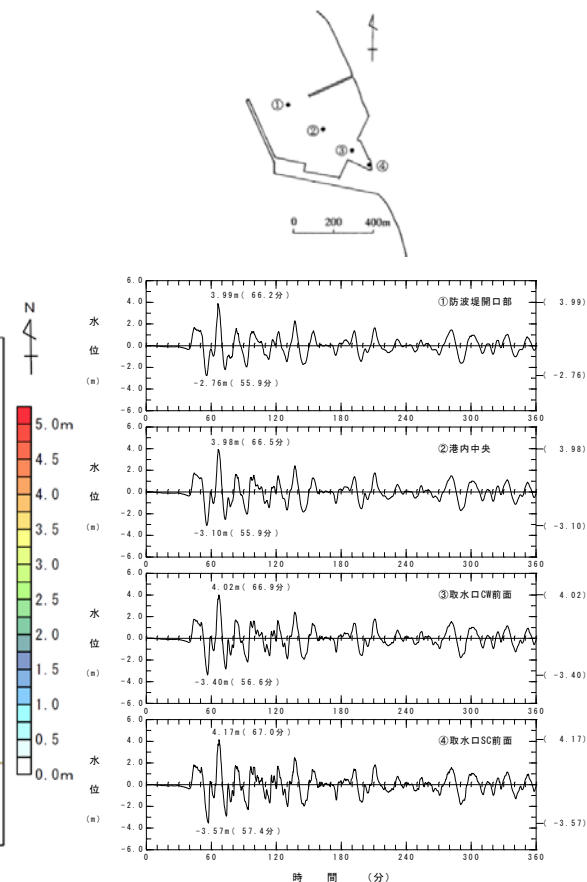
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等が無いケースの検討を実施した結果、最大水位上昇ケースは以下のとおり。

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波

項目	防波堤等無し
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



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

防波堤等無し

## 3-3. 防波堤等の影響検討 (11/16)

## 数値シミュレーション (10/14) : 【ステップ1】パラメータスタディ (8/8)

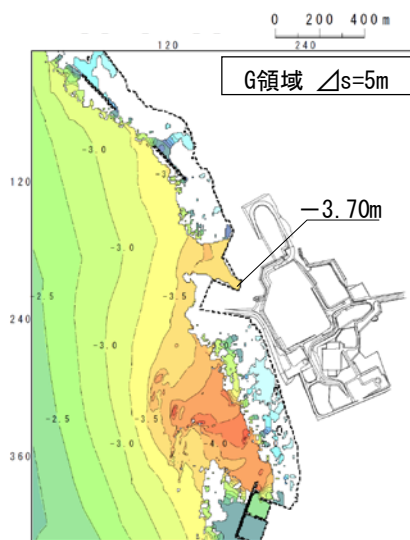
コメントNo.S5-38

## 下降側検討結果

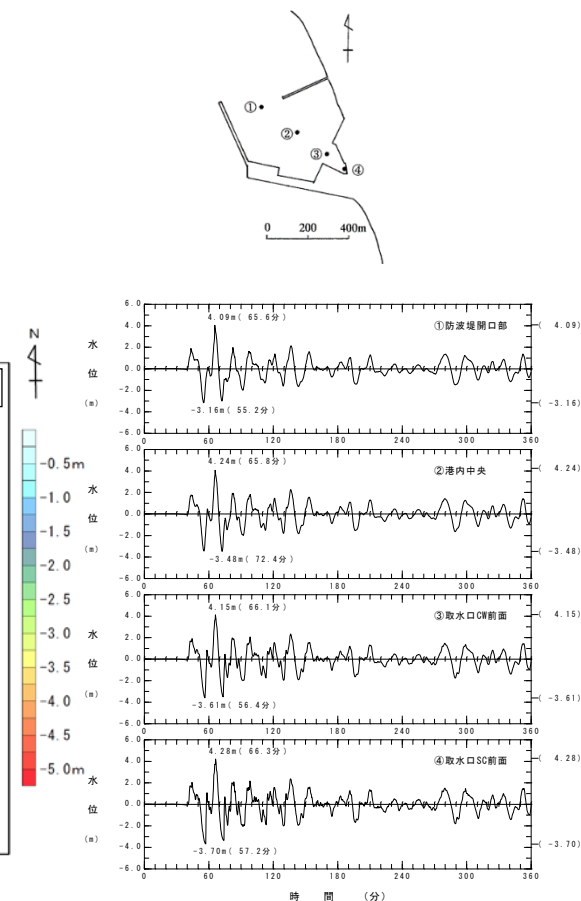
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に対し、防波堤等が無いケースの検討を実施した結果、最大水位下降ケースは以下のとおり。

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波

項目	防波堤等無し
取水口スクリーン室前面における最大水位下降量	-3.70m
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5km



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

防波堤等無し

(余白)

# 3-3. 防波堤等の影響検討 (12/16)

## 数値シミュレーション (11/14) : 【ステップ2】津波発生要因の組合せ検討 (1/3)

### 組合せの検討対象波源

防波堤等が無いケースにおける日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大ケース(上昇側及び下降側)と佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波の組合せについて検討する。

区分	等価震源距離	地震波速度 (S波速度)	T <sub>s</sub> ※	T <sub>d</sub> ※	T <sub>max</sub>
最大水位上昇ケース	143.5km	3.4km/s※	42.2s	137.3s	42.2s
最大水位下降ケース	143.8km		42.3s	137.4s	93.6s

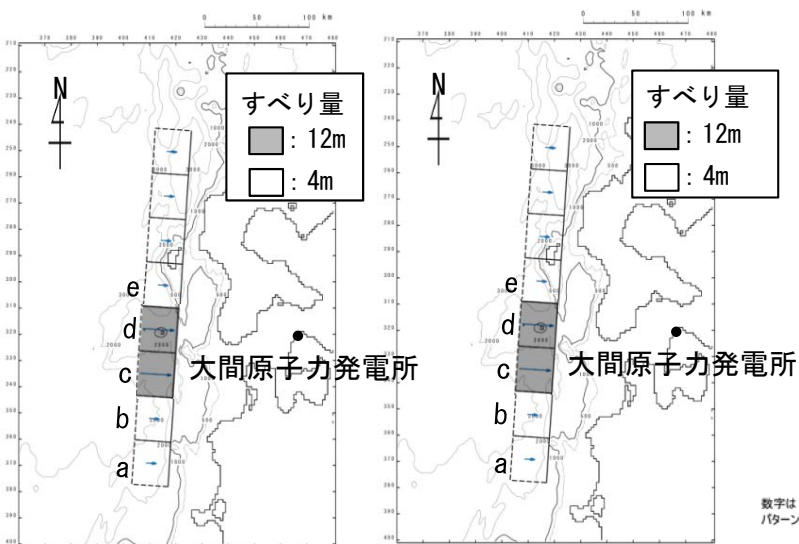
※時間差設定方法はP.356参照。

### ■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
最大水位下降ケース	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5km

### ■陸上の斜面崩壊に起因する津波

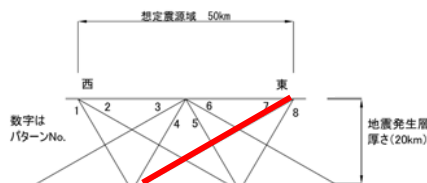
評価対象	解析モデル
最大水位上昇及び下降ケース	kinematic landslideモデル



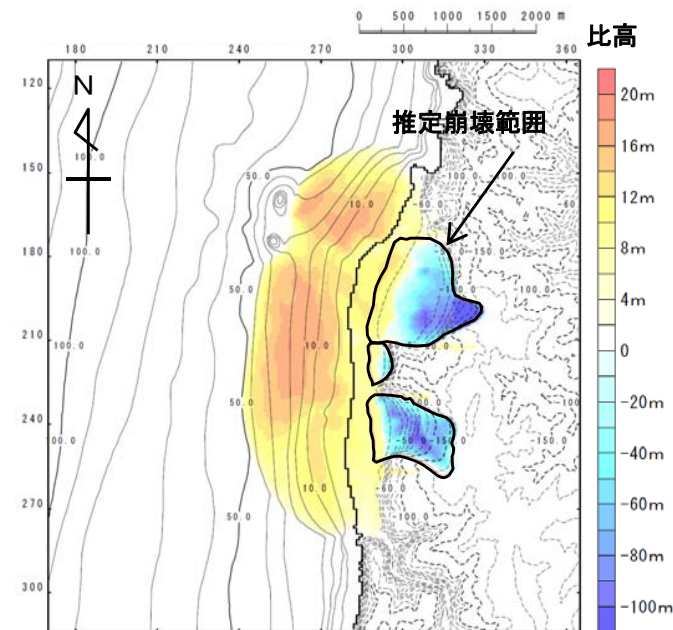
最大水位上昇ケース  
【上縁深さ2km】

最大水位下降ケース  
【上縁深さ5km】

日本海東縁部に想定される地震



波源モデル組合せ



陸上の斜面崩壊  
(佐井エリア)



# 3-3. 防波堤等の影響検討 (13 / 16)

## 数値シミュレーション (12 / 14) : 【ステップ2】津波発生要因の組合せ検討 (2 / 3)

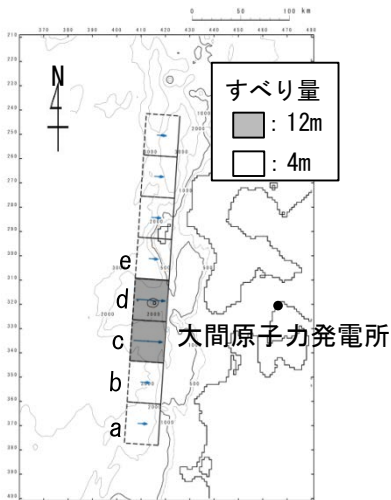
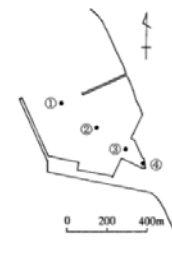
コメントNo.S5-38

### 上昇側検討結果

防波堤等が無いケースにおける日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大ケース（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に関する検討結果は以下のとおり。

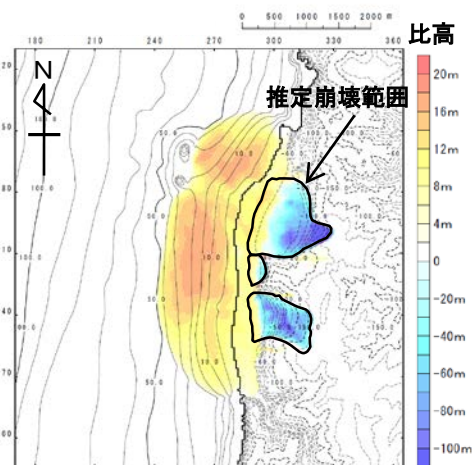
【防波堤等無しケース】津波発生要因の組合せに関する検討結果（上昇側）

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 + 陸上の斜面崩壊 ( $T_{max}=42.2s$ )	5.58m

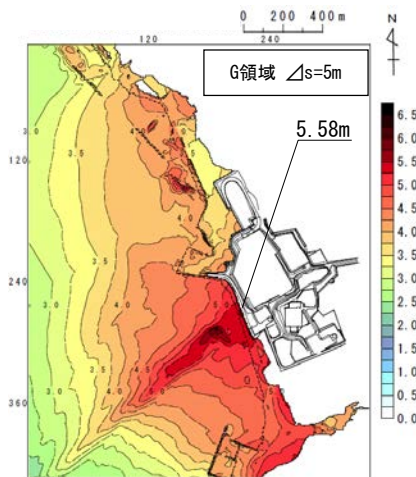


最大水位上昇ケース  
【上縁深さ2km】

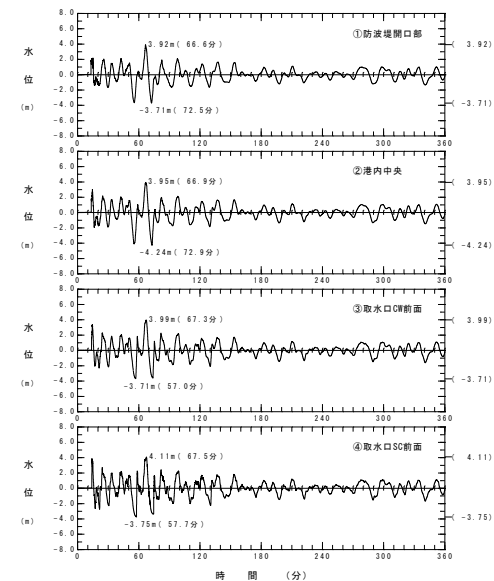
日本海東縁部に想定される地震



陸上の斜面崩壊  
(佐井エリア)



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

上昇側

# 3-3. 防波堤等の影響検討 (14 / 16)

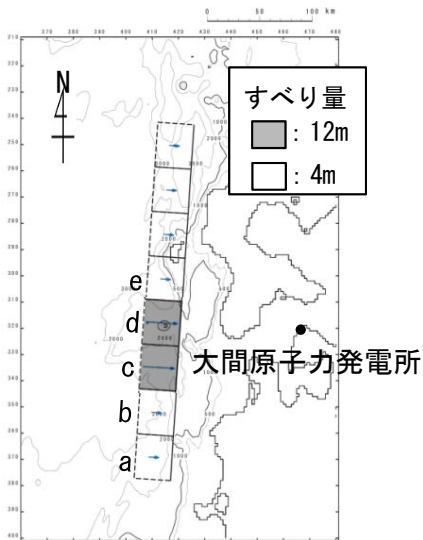
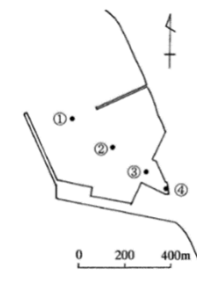
## 数値シミュレーション (13 / 14) : 【ステップ2】津波発生要因の組合せ検討 (3 / 3)

### 下降側検討結果

防波堤等が無いケースにおける日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大ケース（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に関する検討結果は以下のとおり。

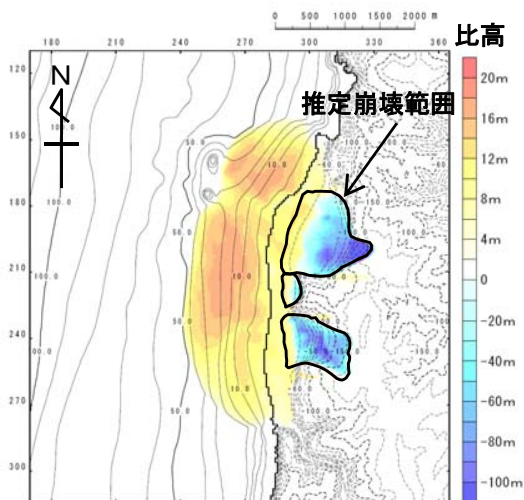
【防波堤等無しケース】津波発生要因の組合せに関する検討結果（下降側）

波源	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
日本海東縁部に想定される地震 + 陸上の斜面崩壊 ( $T_{max}=93.6s$ )	-3.74m

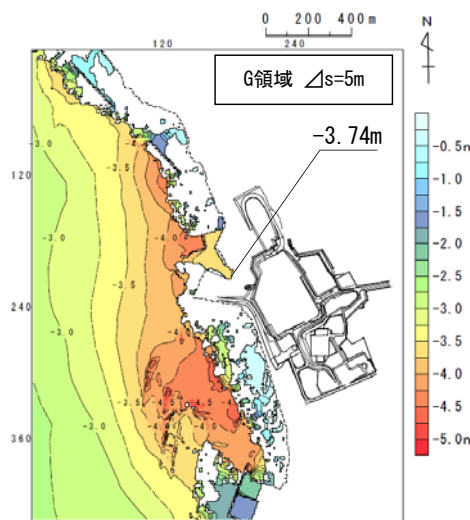


最大水位下降ケース  
【上縁深さ5km】

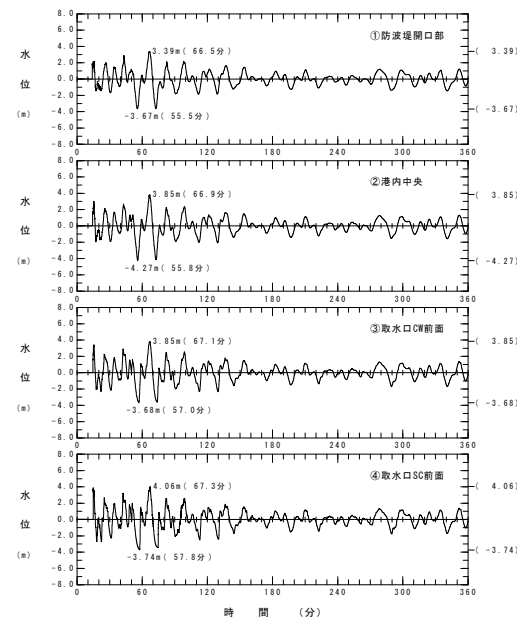
日本海東縁部に想定される地震



陸上の斜面崩壊  
(佐井エリア)



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

下降側

### 3-3. 防波堤等の影響検討 (15 / 16)

#### 数値シミュレーション (14 / 14) :

#### 【ステップ3】防波堤等が無いケースにおける上昇側・下降側それぞれの最大ケースの選定

- 防波堤等が無いケースについて、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と、日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波とを比較した結果は以下のとおり。
  - ✓ 上昇側・下降側共に地震による津波単独ケースに比べて組合せケースの影響が大きいことを確認した。
  - ✓ 以上より、防波堤等が無いケースに関し、敷地において水位上昇量が最大となる日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波、及び取水口スクリーン室前面において水位降下量が最大となる日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波をそれぞれ防波堤等が無いケースにおける上昇側・下降側それぞれの最大ケースとして選定する。

#### 防波堤等が無いケースにおける上昇側・下降側それぞれの最大ケース

区分	津波	敷地における 最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における 最大水位下降量
地震による 津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波	5.12m (P.373参照)	-3.70m (P.374参照)
組合せ	日本海東縁部に想定される地震 と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波	5.58m (P.377参照)	-3.74m (P.378参照)

### 3-3. 防波堤等の影響検討 (16 / 16)

#### まとめ

- 港湾の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、防波堤等有るケースと無いケースにおける上昇側・下降側それぞれの最大ケースを比較した結果、防波堤等有るケースの最大水位変動量の方が大きいことを確認した。
- よって、防波堤等が無いケースの波源モデルを基準津波として選定しない。

	防波堤等有りケース		防波堤等無しケース
最大水位上昇量	6.59m (P. 360参照)	>	5.58m (P. 379参照)
最大水位下降量 (絶対値で比較)	−3.78m (P. 360参照)	>	−3.74m (P. 379参照)



防波堤等が無いケースの波源モデルを基準津波として選定しない。



# 目次

1. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
  - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波



### 検討方針

行政機関における津波評価については、必要な科学的・技術的知見を基準津波策定に反映するため、発電所周辺で評価を実施している行政機関の津波評価と、敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波（上昇側，基準津波 ①）及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（下降側，基準津波 ②）との比較を行った。

対象とする行政機関は、青森県及び敷地周辺で検討された国交省並びに北海道とした。（P. 383～P. 393）

#### ○青森県（2015）<sup>(107)</sup>による検討

- ・ H24青森県太平洋側想定地震津波，H24青森県平館断層想定地震津波，F18（隣接LRR）想定地震津波（P. 383，P. 384：公表値による）

#### ○国交省（2014）<sup>(22)</sup>及び北海道（2017）<sup>(108)</sup>による検討

- ・ 日本海東縁部のうち，津軽海峡西方のF17及びF18断層（P. 385～P. 392）



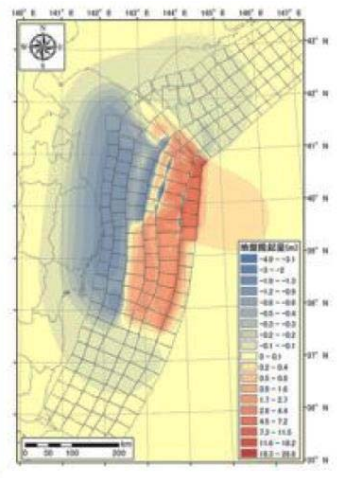
### 3-4. 行政機関の津波評価との比較 (2 / 1 2)

#### ・青森県 (2015) による検討 (1 / 2)

- 青森県 (2015) <sup>(107)</sup> では、H24青森県太平洋側想定地震津波、H24青森県平館断層想定地震津波及び国交省 (2014) <sup>(22)</sup> のF18 (隣接LRR) 想定地震津波を想定津波として大間周辺の津波浸水評価を実施している。
- 敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の水位変動量が、これらの評価を上回ることを確認する。(結果はP. 393)



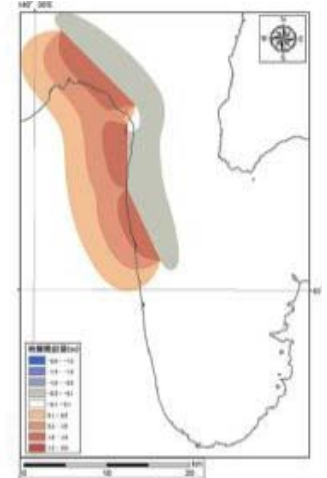
震源域



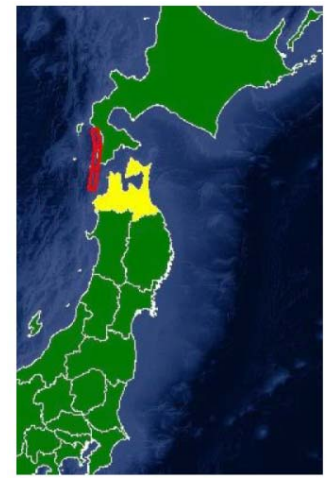
地盤変動量



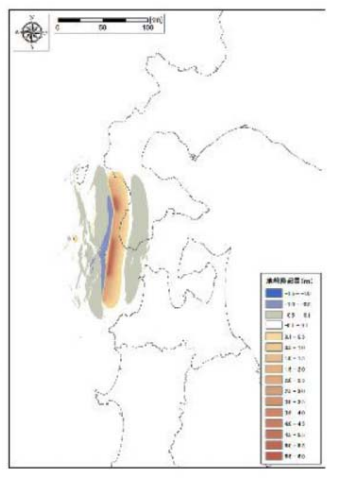
震源域



地盤変動量



震源域



地盤変動量

H24青森県太平洋側想定地震津波  
(Mw=9.0)

H24青森県平館断層想定地震津波  
(Mw=6.8)

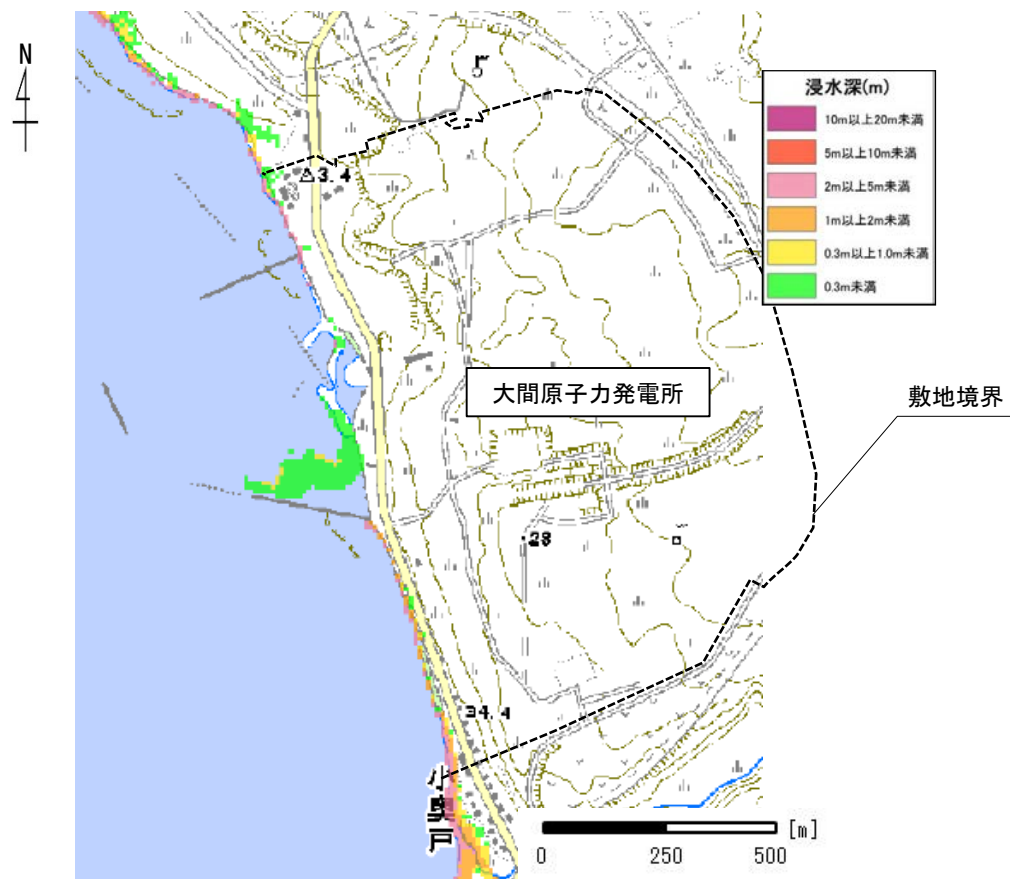
F18 (隣接LRR) 想定地震津波  
(Mw=7.7)



# 3-4. 行政機関の津波評価との比較 (3 / 1 2)

## ・青森県 (2015) による検討 (2 / 2)

青森県 (2015) <sup>(107)</sup>によると、大間原子力発電所付近の浸水深は、2 m以上 5 m未満とされている。



注) 潮位条件として朔望平均満潮位を考慮。

青森県 (2015) <sup>(107)</sup>に一部加筆

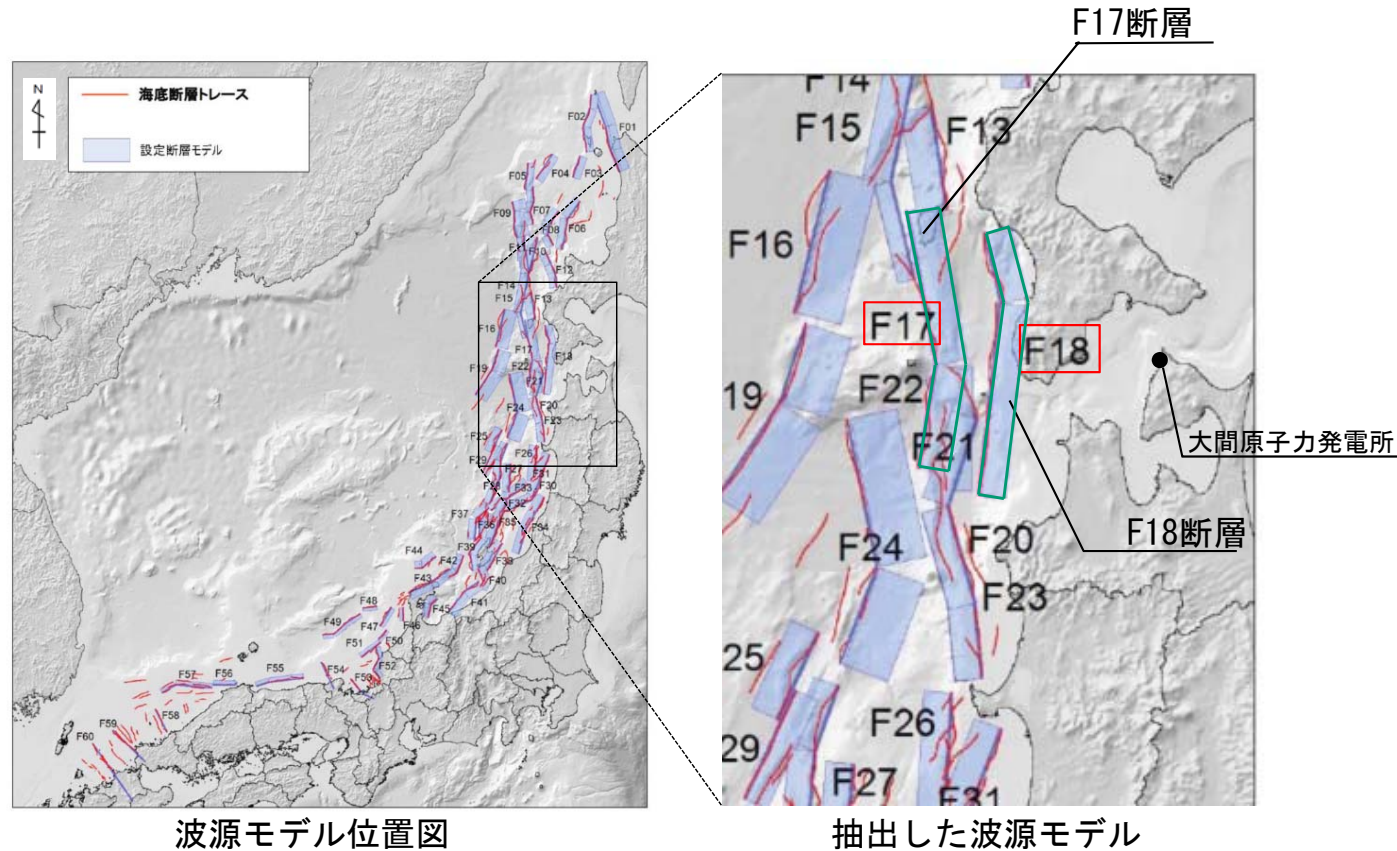
評価結果





## ・国交省 (2014) による検討

- 国交省 (2014) <sup>(22)</sup> (日本海における大規模地震に関する調査検討会) において、日本海における最大クラスの津波断層モデルの設定に関する検討結果が示された。
- 検討会モデルの中から、大間原子力発電所への影響が比較的大きい津波断層モデルを抽出して、数値シミュレーションを実施し、敷地における水位変動量を算定する。
- 敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の水位変動量が、この水位変動量を上回ることを確認する。  
(結果はP. 393)



波源モデル位置図

抽出した波源モデル

### 検討会公表パラメータ

国交省 (2014) <sup>(22)</sup> に一部加筆

津波断層モデル	Mw	上縁深さ (T. P. -km)	下縁深さ (T. P. -km)	走向 (°)	傾斜 (°)	すべり角 (°)	断層長さ (km)	断層幅 (km)	平均すべり量 (m)
F17	7.78	2.8	18.0	350	45	96	81.0	21.5	6.00
				10	45	106	53.9	21.5	
F18	7.71	2.2	15.0	348	45	87	37.4	18.1	5.52
				7	45	95	100.0	18.1	

注：一部P. 261の再掲。



## 国交省 (2014) の波源モデルによる検討

国交省 (2014) <sup>(22)</sup> を基に設定した波源モデルパラメータは以下のとおりである。

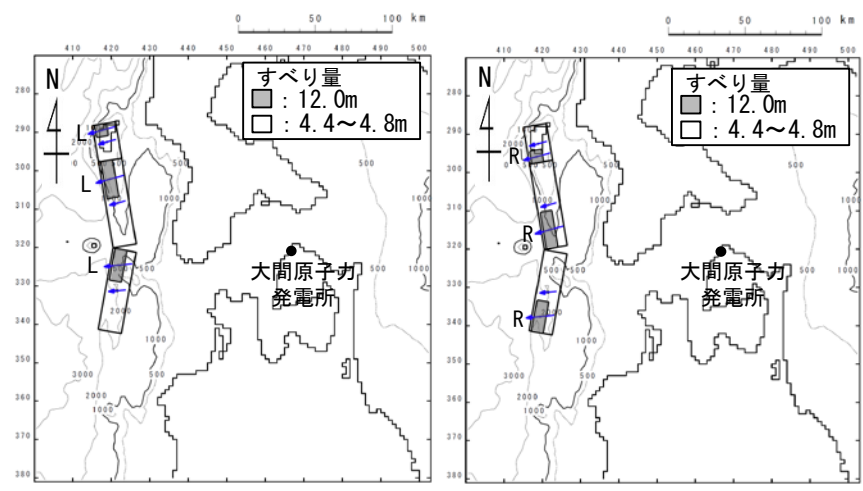
波源モデルのパラメータ

項目	F17 諸元			F18 諸元		
	北側	中央	南側	北側	中央	南側
モーメントマグニチュード $M_w$	7.78			7.71		
長さ $L$ (km)	24.3	56.7	53.9	37.4	49.0	51.0
幅 $W$ (km)	21.5	21.5	21.5	18.1	18.1	18.1
すべり量 $D$ (m)	平均 : 6.00			平均 : 5.52		
上段 : 背景領域, 下段 : 大すべり域 <sup>※1</sup>	4.80 12.00	4.36 12.00	4.57 12.00	4.16 11.04	4.27 11.04	4.18 11.04
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$3.43 \times 10^{10}$			$3.43 \times 10^{10}$		
地震モーメント $M_0$ (N・m)	$5.97 \times 10^{20}$			$4.70 \times 10^{20}$		
走向 $\theta$ (°)	350	350	10	348	7	7
上縁深さ $d$ (km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
傾斜角 $\delta$ (°)	45	45	45	45	45	45
すべり角 $\lambda$ (°)	96	96	106	87	95	95
ライズタイム $\tau$ (s)	0			0		

※1 : 大すべり域の面積は、断層全体の約20%

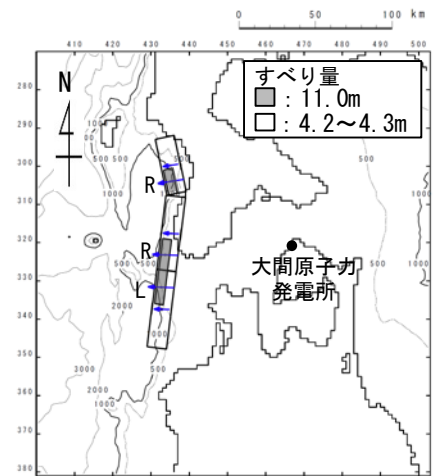
※2 : 大すべり域配置

(L) (R) : 全セグメントの配置を示す  
(LRR) : 南, 中央, 北セグメントそれぞれの配置を示す



波源モデル (F17)  
大すべり域配置<sup>※2</sup> (L)

波源モデル (F17)  
大すべり域配置<sup>※2</sup> (R)



波源モデル (F18)  
大すべり域配置<sup>※2</sup> (LRR)

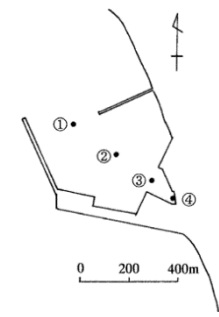


## 国交省 (2014) の波源モデルによる検討結果 (上昇側)

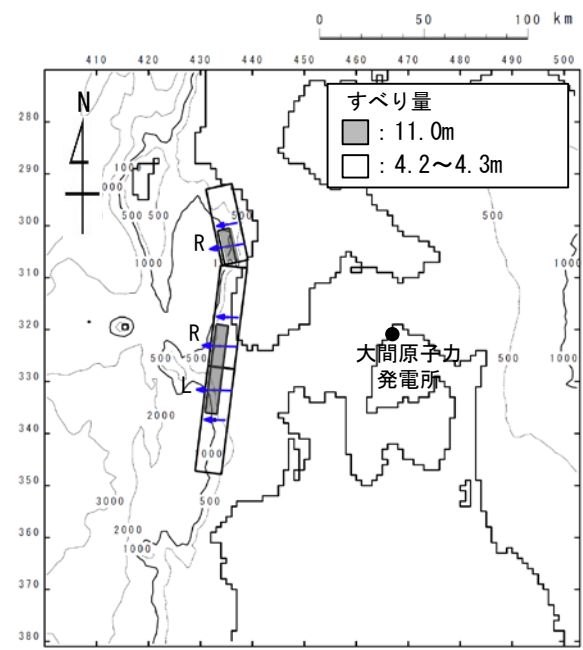
国交省 (2014) <sup>(22)</sup> の波源モデルによる検討結果(上昇側)は以下のとおりである。

### 国交省 (2014) の上昇側最大ケース

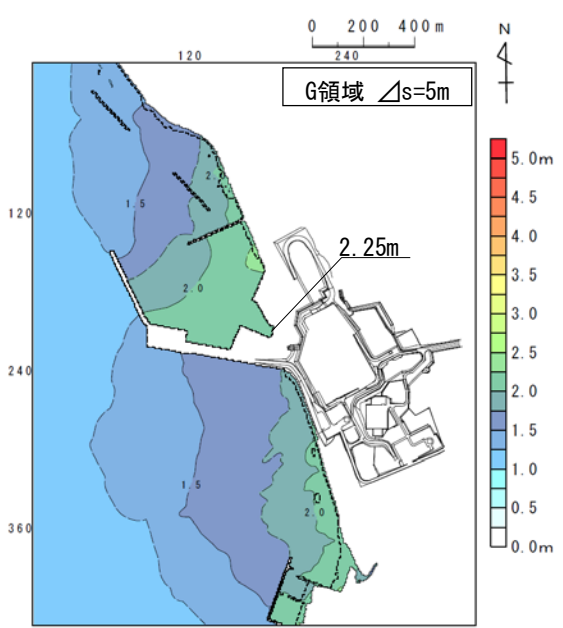
波源モデル	敷地における最大水位上昇量	大すべり域
F17	2.21m	R
F18	2.25m	LRR



水位時刻歴波形出力点

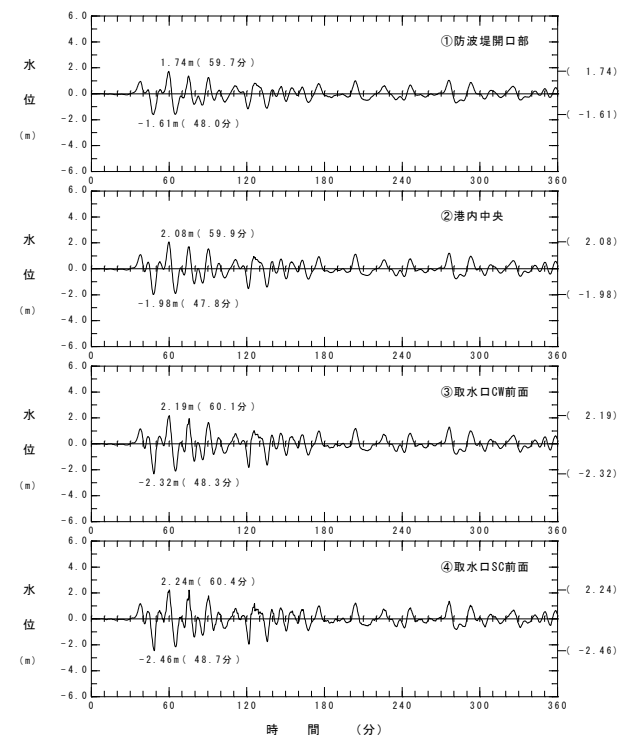


波源モデル (F18)



最大水位上昇量分布

国交省 (2014) <sup>(22)</sup> の上昇側最大ケース (F18)



水位時刻歴波形

注：一部P. 262の再掲。

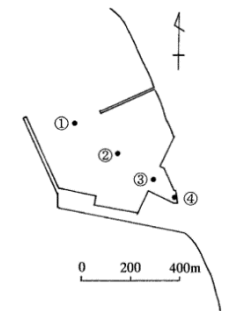


## 国交省 (2014) の波源モデルによる検討結果 (下降側)

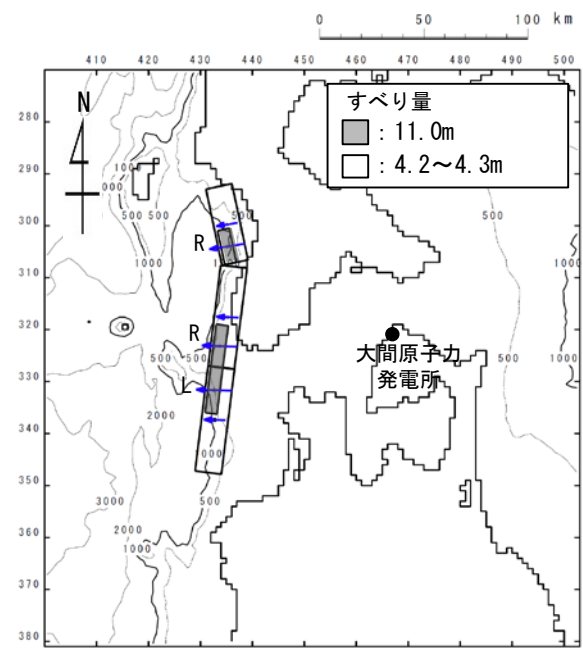
国交省 (2014) <sup>(22)</sup> の波源モデルによる検討結果(下降側)は以下のとおりである。

国交省 (2014) の下降側最大ケース

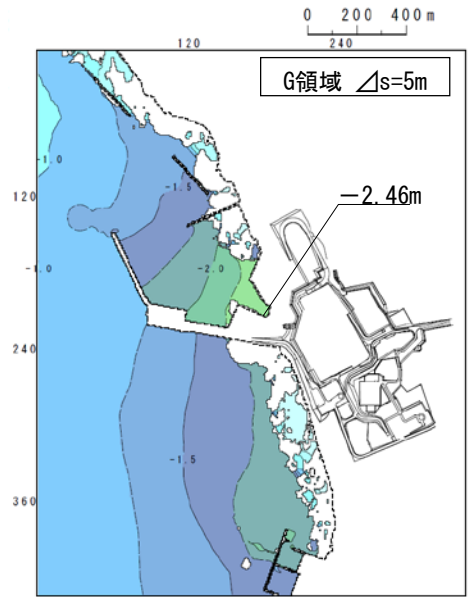
波源モデル	取水口スクリーン室 前面における 最大水位下降量	大すべり域
F17	-1.77m	L
F18	-2.46m	LRR



水位時刻歴波形出力点

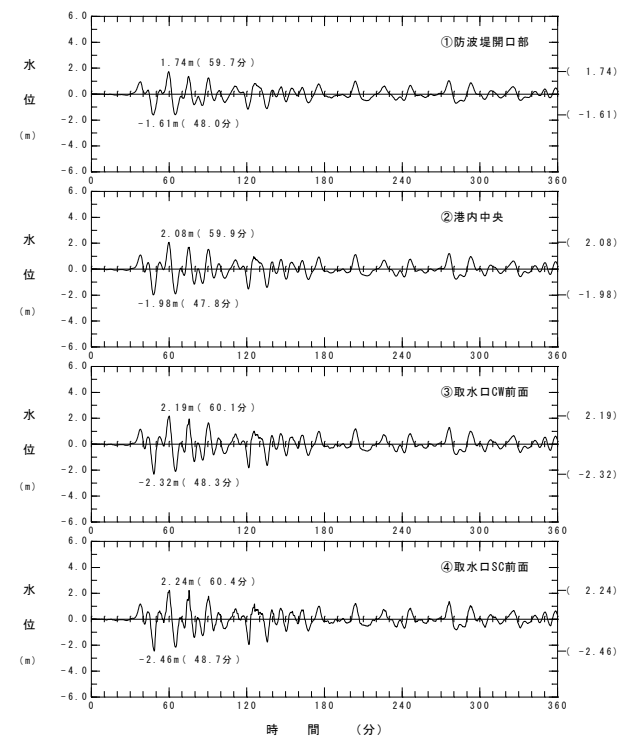


波源モデル (F18)



最大水位下降量分布

国交省 (2014) <sup>(22)</sup> の下降側最大ケース (F18)



水位時刻歴波形

注：一部P. 262の再掲。

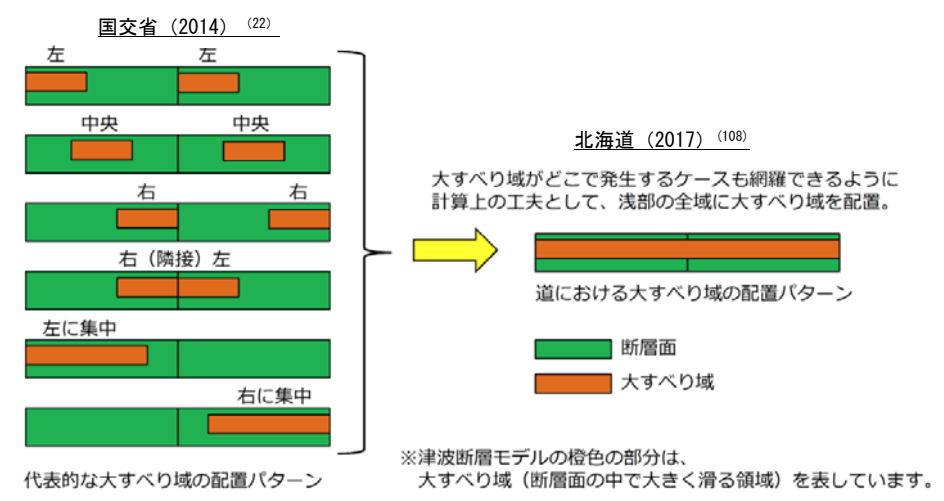




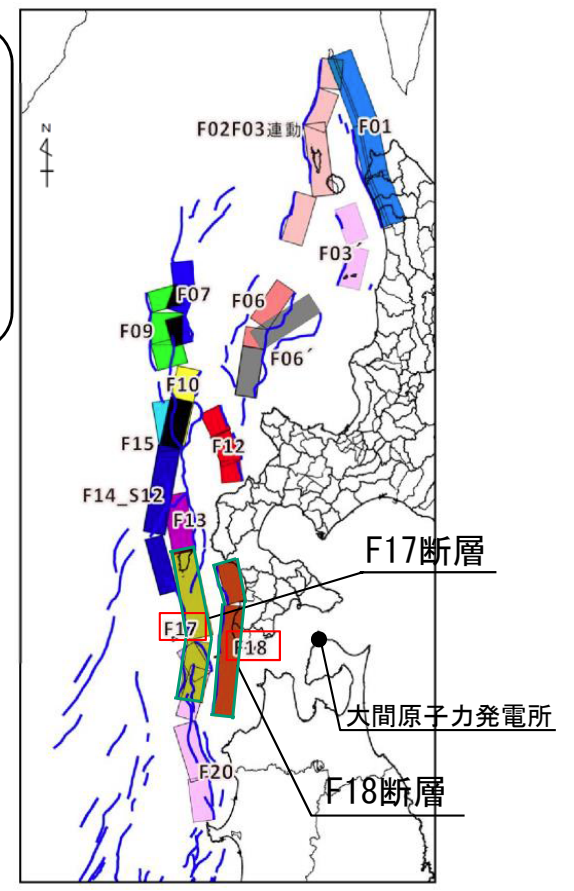
# 3-4. 行政機関の津波評価との比較 (8 / 12)

## ・北海道 (2017) による検討

- 北海道 (2017) <sup>(108)</sup> では、国交省 (2014) <sup>(22)</sup> の内容を検討したうえ、北海道南西沖地震津波の経験等を踏まえ、津波断層モデルを設定している。
- それらの中から、大間原子力発電所への影響が比較的大きい津波断層モデルを抽出して、数値シミュレーションを実施し、敷地における水位変動量を算定する。
- 敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の水位変動量が、この水位変動量を上回ることを確認する。  
(結果はP. 393)



大すべり域の配置の考え方  
北海道 (2017) <sup>(108)</sup> に一部加筆



波源モデルの位置と抽出した波源モデル  
北海道 (2017) <sup>(108)</sup> に一部加筆

### 北海道 (2017) パラメータ

津波断層モデル	Mw※	上縁深さ (T. P. -km)	下縁深さ (T. P. -km)	走向θ (°)	傾斜角δ (°)	すべり角λ (°)	断層長さL (km)	断層幅W (km)	平均すべり量D※ (m)
F17	7.88	2.8	18.0	350	45	96	81.0	21.5	8.28
				10	45	106	53.9	21.5	
F18	7.79	2.2	15.0	348	45	87	37.4	18.1	7.23
				7	45	95	100.0	18.1	

※: 国交省 (2014) の剛性率  $\mu = 3.43 \times 10^{10}$  (N/m<sup>2</sup>) を用いて  $M_0 = \mu LWD$ ,  $\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$  の関係から算出



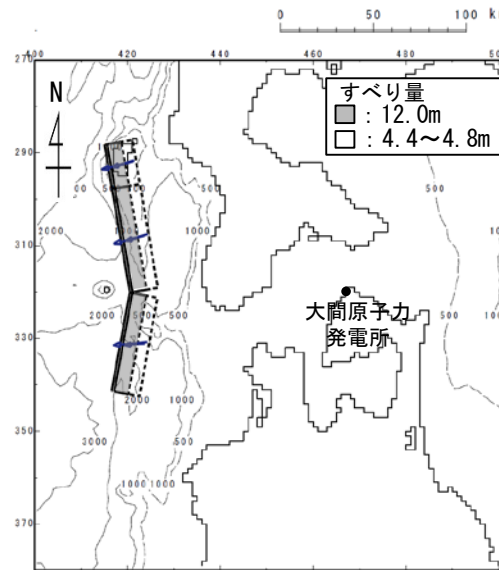
## 北海道 (2017) の波源モデルによる検討

北海道 (2017) <sup>(108)</sup> を基に設定した波源モデルパラメータは以下のとおりである。

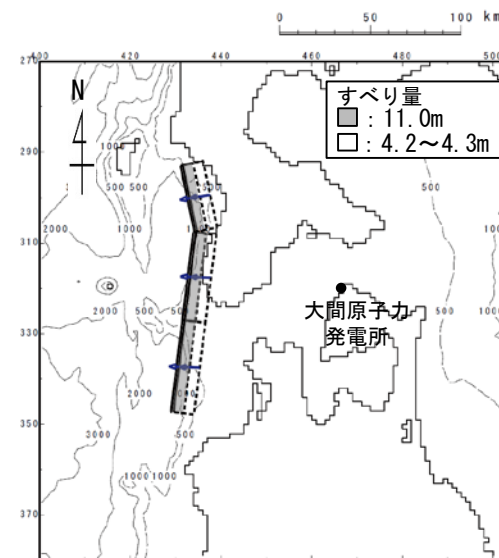
波源モデルのパラメータ

項目	F17断層 諸元			F18断層 諸元		
	北側	中央	南側	北側	中央	南側
モーメントマグニチュード $M_w$	7.88			7.79		
長さ $L$ (km)	24.3	56.7	53.9	37.4	49.0	51.0
幅 $W$ (km)	21.5	21.5	21.5	18.1	18.1	18.1
すべり量 $D$ (m)	平均 : 8.28			平均 : 7.23		
上段 : 背景領域, 下段 : 大すべり域※1	4.80 12.0	4.36 12.0	4.57 12.0	4.16 11.04	4.27 11.04	4.18 11.04
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$3.43 \times 10^{10}$			$3.43 \times 10^{10}$		
地震モーメント $M_0$ (N・m)	$8.24 \times 10^{20}$			$6.16 \times 10^{20}$		
走向 $\theta$ (°)	350	350	10	348	7	7
上縁深さ $d$ (km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
傾斜角 $\delta$ (°)	45	45	45	45	45	45
すべり角 $\lambda$ (°)	96	96	106	87	95	95
ライズタイム $\tau$ (s)	0			0		

※1 : 大すべり域は浅部の全域に配置。



波源モデル (F17)



波源モデル (F18)

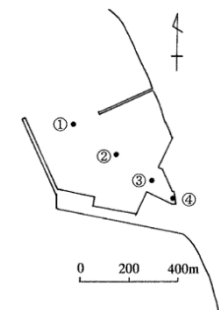


## 北海道 (2017) の波源モデルによる検討結果 (上昇側)

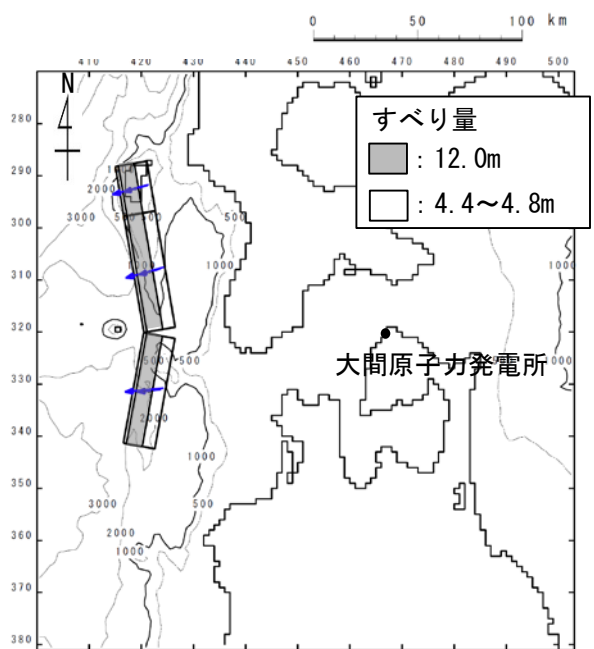
北海道 (2017) <sup>(108)</sup> の波源モデルによる検討結果 (上昇側) は以下のとおりである。

### 北海道 (2017) の上昇側最大ケース

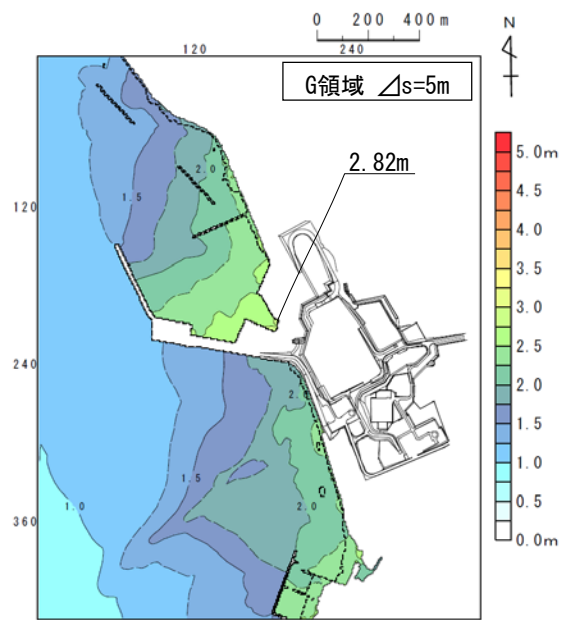
波源モデル	敷地における最大水位上昇量
F17	2.82m
F18	2.44m



水位時刻歴波形出力点

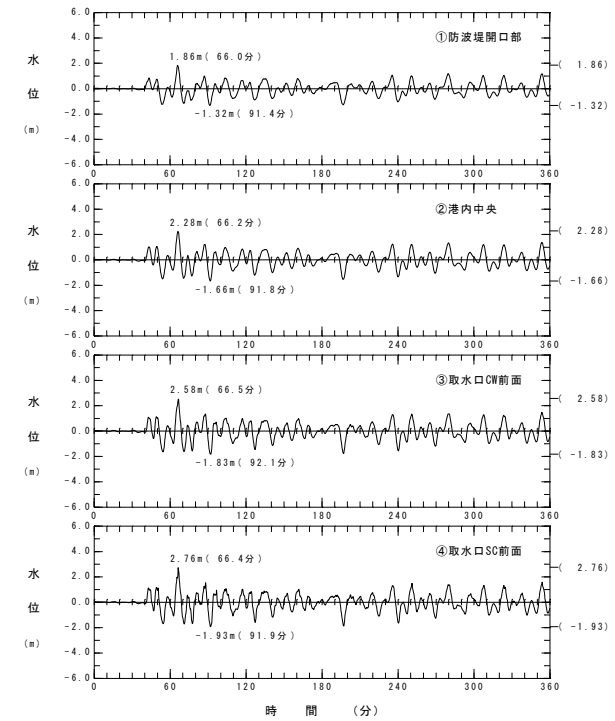


波源モデル (F17)



最大水位上昇量分布

北海道 (2017) <sup>(108)</sup> の上昇側最大ケース (F17)



水位時刻歴波形

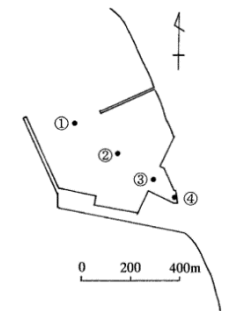


## 北海道 (2017) の波源モデルによる検討結果 (下降側)

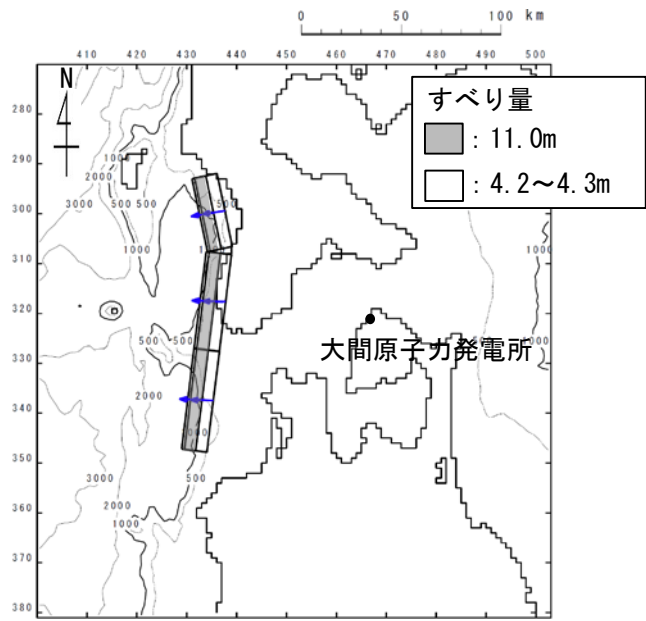
北海道 (2017) <sup>(108)</sup> の波源モデルによる検討結果 (下降側) は以下のとおりである。

### 北海道 (2017) の下降側最大ケース

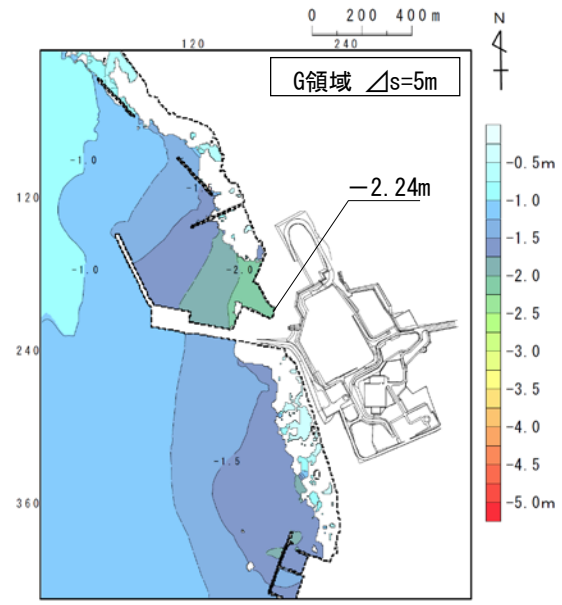
波源モデル	取水口スクリーン室 前面における 最大水位下降量
F17	-1.93m
F18	-2.24m



水位時刻歴波形出力点

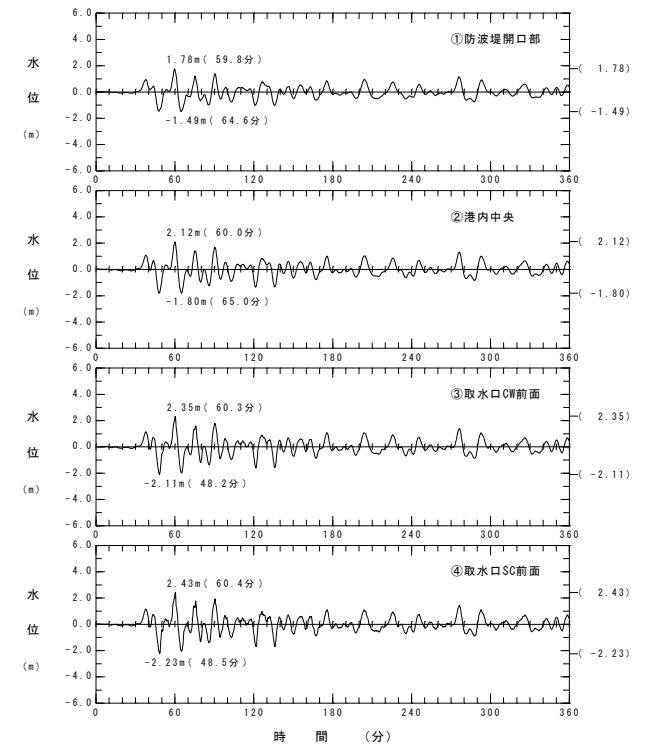


波源モデル (F18)



最大水位下降量分布

北海道 (2017) <sup>(108)</sup> の下降側最大ケース (F18)



水位時刻歴波形





## 行政機関の津波評価等との比較結果

行政機関の津波評価による敷地付近における浸水深や最大水位変動量は以下のとおりであり、敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波（上昇側，基準津波 ①）及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（下降側，基準津波 ②）の敷地における最大水位変動量は、行政機関の津波評価による浸水深や最大水位変動量を上回ることを確認した。

行政機関の津波評価による浸水深

行政機関	敷地付近における浸水深	
青森県 (2015) <sup>(107)</sup>	2m以上5m未満	—

行政機関の津波評価による最大水位変動量

行政機関	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
国交省 (2014) <sup>(22)</sup>	2.25m	-2.46m
北海道 (2017) <sup>(108)</sup>	2.82m	-2.24m

敷地に与える影響が最も大きいと想定された津波による最大水位変動量

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
基準津波 ①	6.59m	—
基準津波 ②	—	-3.78m

# 目次

1. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波



## 3-5. 既往津波との比較（1 / 1 2）

### 検討方針

敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波（上昇側，基準津波①）及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（下降側，基準津波②）の敷地及び敷地付近へ及ぼす影響が，既往津波による影響を上回ることを確認するため，下記の検討を行った。

- ・各海域における津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる既往津波※を対象に数値シミュレーションを行い，敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波（上昇側）及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（下降側）がこれらの計算水位を上回ることを確認する。（P. 407）
- ・基準津波策定において検討した想定津波群の計算水位が，既往津波高及び津波堆積物の分布高さを上回ることを確認する。（P. 408）

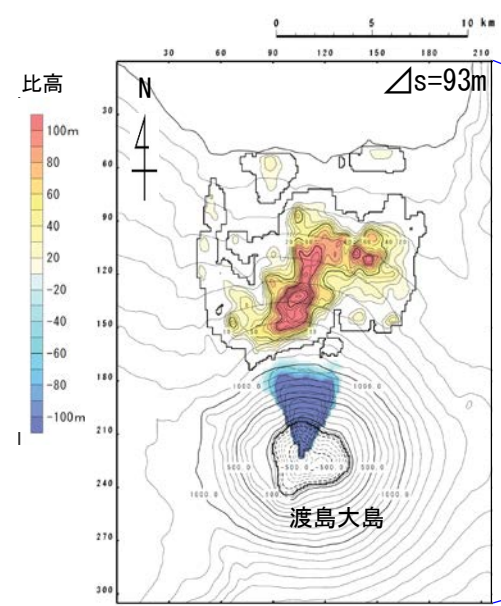
※文献調査の結果，津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる各海域の既往津波として，1741年渡島大島火山津波，1856年青森県東方沖地震津波，1960年チリ地震津波を選定。



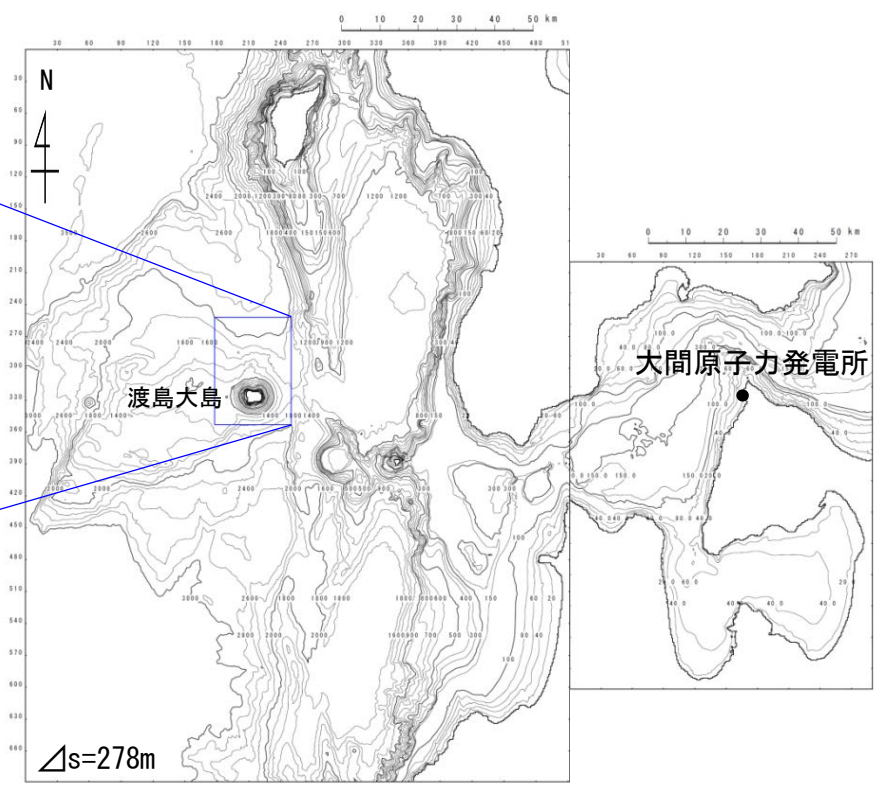
# 3-5. 既往津波との比較 (2 / 12)

## ①1741年渡島大島火山津波 (1 / 3) : 波源モデル

1741年渡島大島火山津波の波源モデルは, Satake (2007) <sup>(41)</sup>のkinematic landslideモデル (水平移動速度U : 40m/s, 比高変位継続時間T : 120s) を採用した。



Satake (2007) <sup>(41)</sup> に基づく比高分布



解析領域図





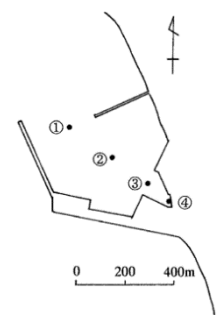
# 3-5. 既往津波との比較 (3 / 1 2)

## ①1741年渡島大島火山津波 (2 / 3) : 敷地への影響検討結果 (上昇側)

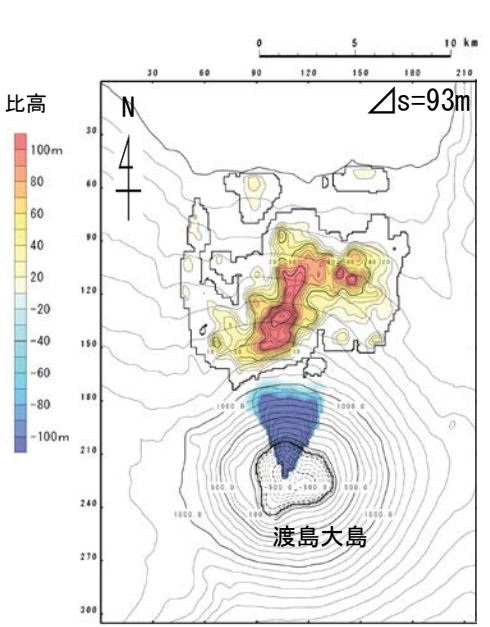
1741年渡島大島火山津波の検討結果(上昇側)は下表のとおりである。

1741年渡島大島火山津波の検討結果(上昇側)

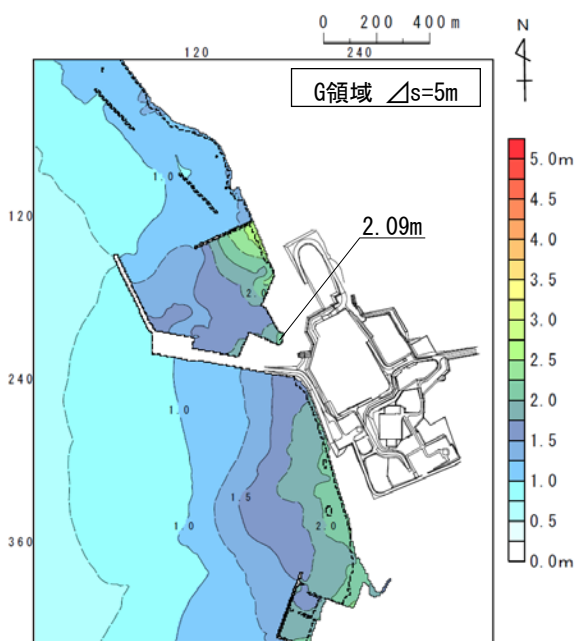
検討対象	敷地における最大水位上昇量
1741年渡島大島火山津波	2.09m



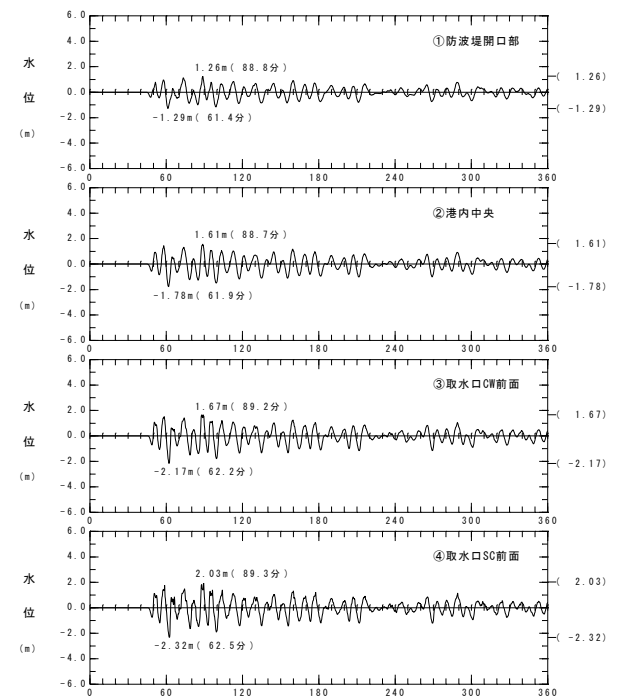
水位時刻歴波形出力点



Satake (2007) (41)に基づく比高分布  
波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

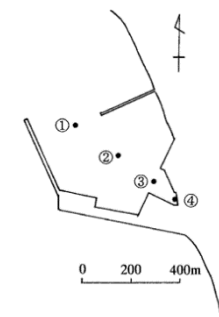


## ①1741年渡島大島火山津波 (3 / 3) : 敷地への影響検討結果 (下降側)

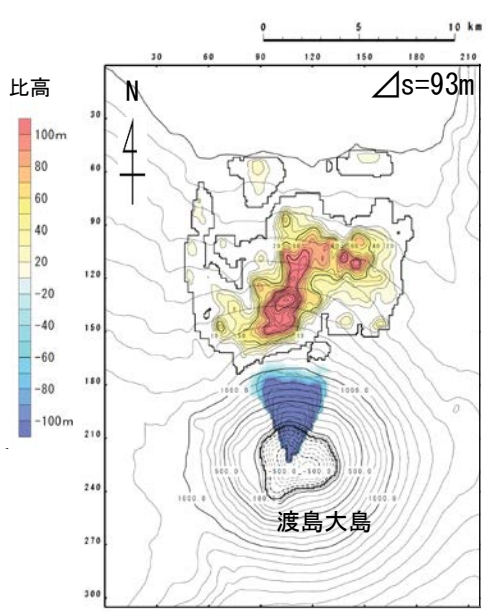
1741年渡島大島火山津波の検討結果(下降側)は下表のとおりである。

1741年渡島大島火山津波の検討結果(下降側)

検討対象	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
1741年渡島大島火山津波	-2.33m

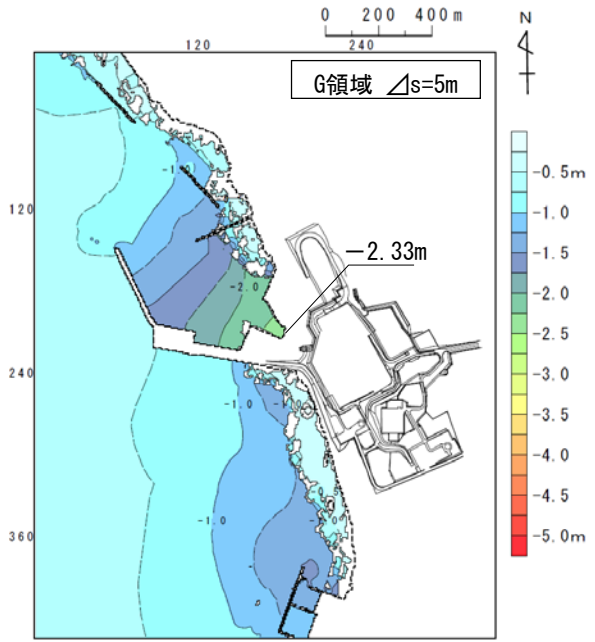


水位時刻歴波形出力点

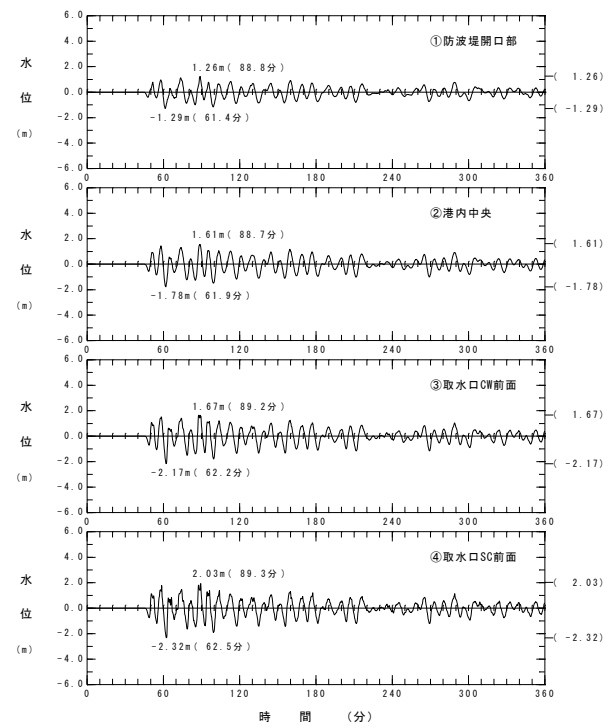


Satake (2007) (41) に基づく比高分布

波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

(余白)



### 3-5. 既往津波との比較 (5 / 1 2)

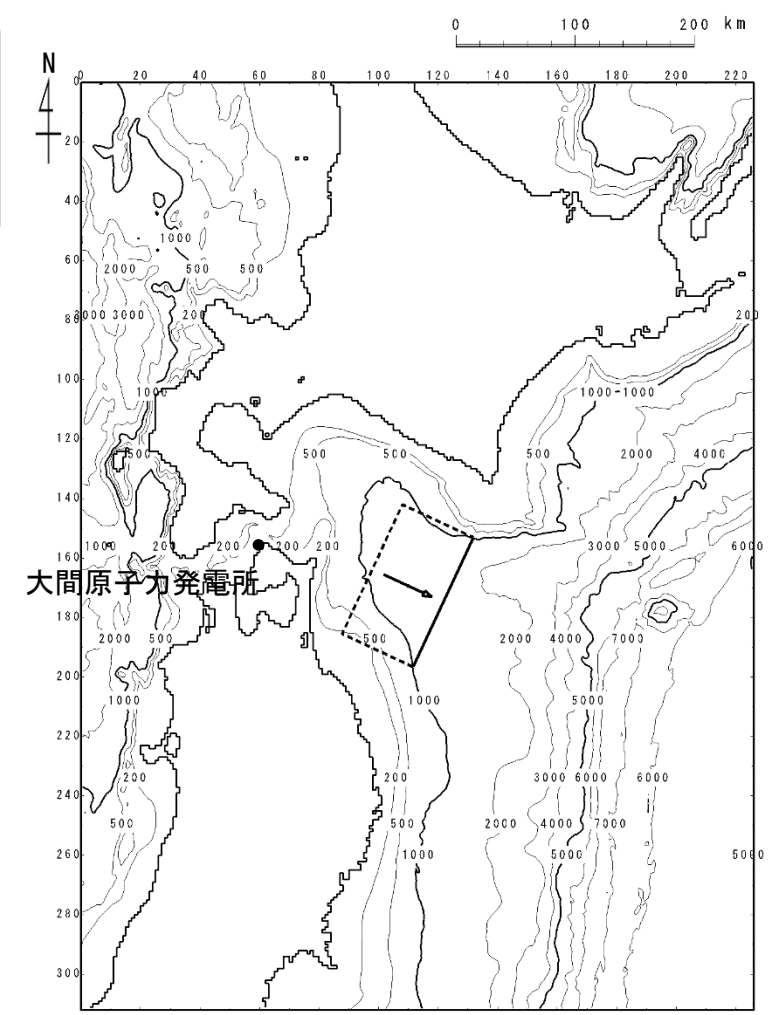
#### ②1856年青森県東方沖地震津波 (1 / 3) : 波源モデル

1856年青森県東方沖地震津波の波源モデルは相田 (1977) <sup>(11)</sup> で最適とされるD-7モデルを基本とし、既往津波高を良好に再現するようすべり量を修正したモデル (以下「修正相田モデル」という。) を採用した。

波源モデルのパラメータ

項目	諸元
モーメントマグニチュード $M_w$	8.3
長さ $L$ (km)	120
幅 $W$ (km)	70
すべり量 $D^*$ (m)	8.9(8.1)
剛性率 $\mu$ ( $N/m^2$ )	$5.0 \times 10^{10}$
地震モーメント $M_0$ ( $N \cdot m$ )	$3.74 \times 10^{21}$
走向 $\theta$ ( $^\circ$ )	205
上縁深さ $d$ (km)	1
傾斜角 $\delta$ ( $^\circ$ )	20
すべり角 $\lambda$ ( $^\circ$ )	90
ライズタイム $\tau$ (s)	60

※相田 (1977) <sup>(11)</sup> のすべり量を修正して設定。  
( ): 修正前の値。



修正相田モデル



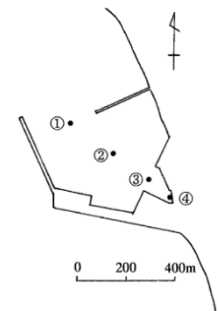


## ②1856年青森県東方沖地震津波 (2 / 3) : 敷地への影響検討結果 (上昇側)

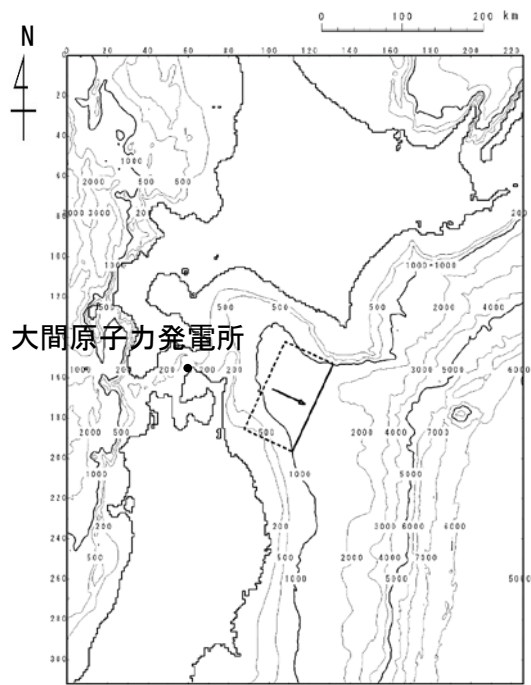
1856年青森県東方沖地震津波の検討結果(上昇側)は下表のとおりである。

1856年青森県東方沖地震津波の検討結果(上昇側)

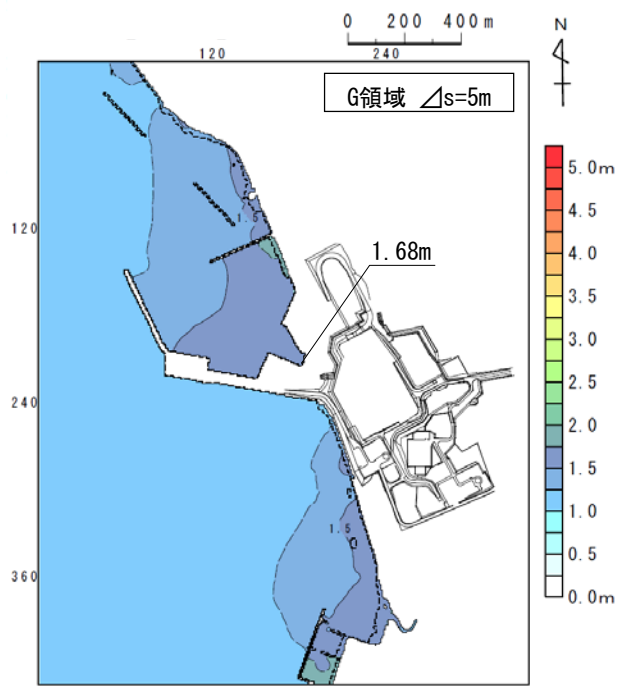
検討対象	敷地における最大水位上昇量
1856年青森県東方沖地震津波	1.68m



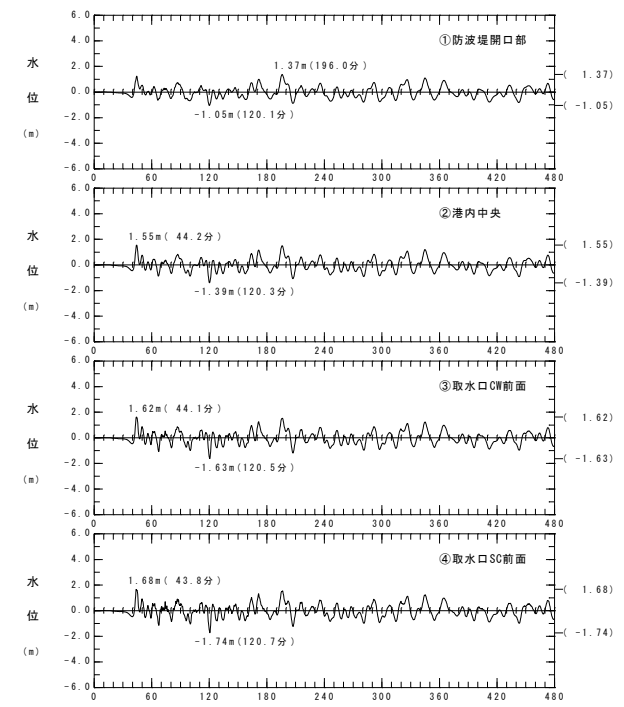
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

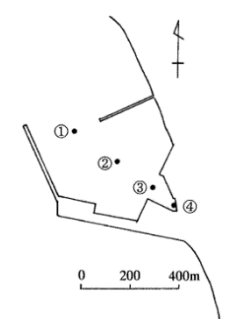


# 3-5. 既往津波との比較 (7 / 1 2)

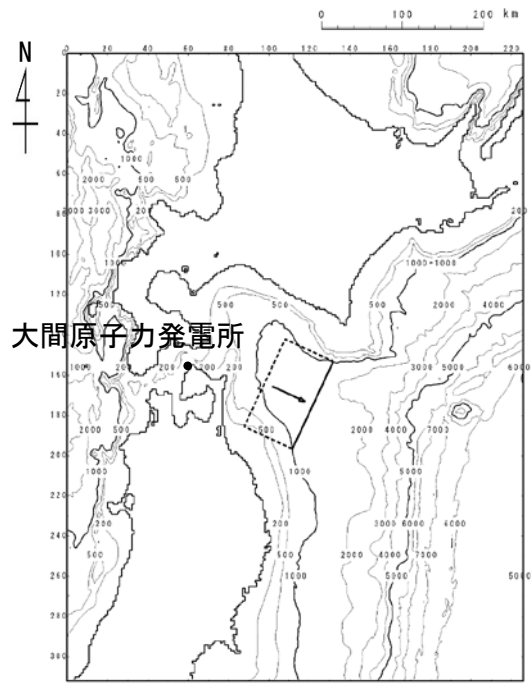
## ②1856年青森県東方沖地震津波 (3 / 3) : 敷地への影響検討結果 (下降側)

1856年青森県東方沖地震津波の検討結果(下降側)は下表のとおりである。

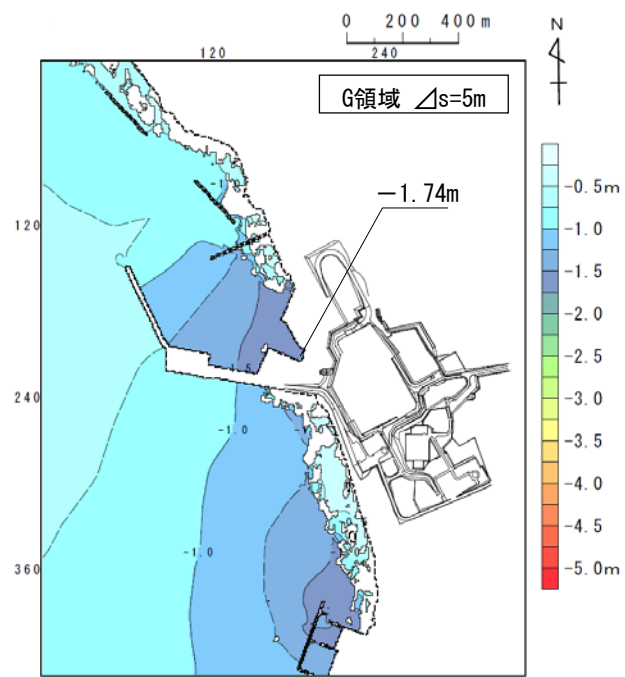
検討対象	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
1856年青森県東方沖地震津波	-1.74m



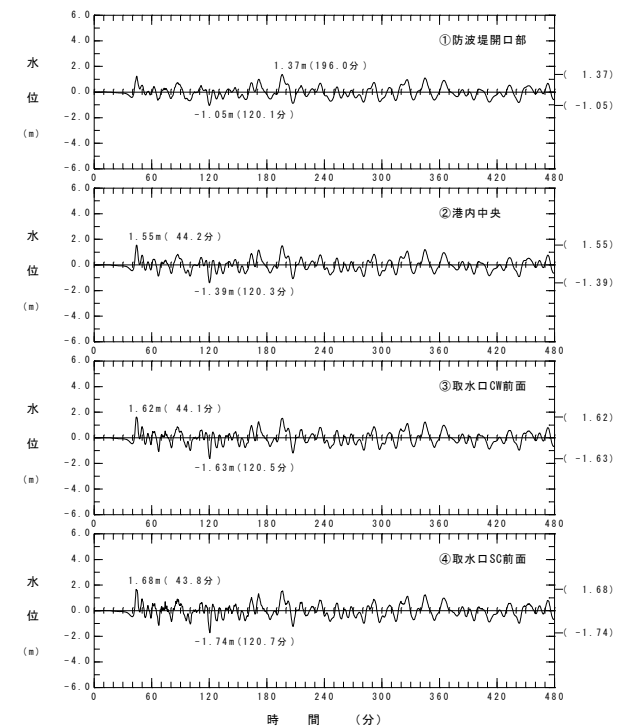
水位時刻歴波形出力点



波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

(余白)



# 3-5. 既往津波との比較 (8 / 12)

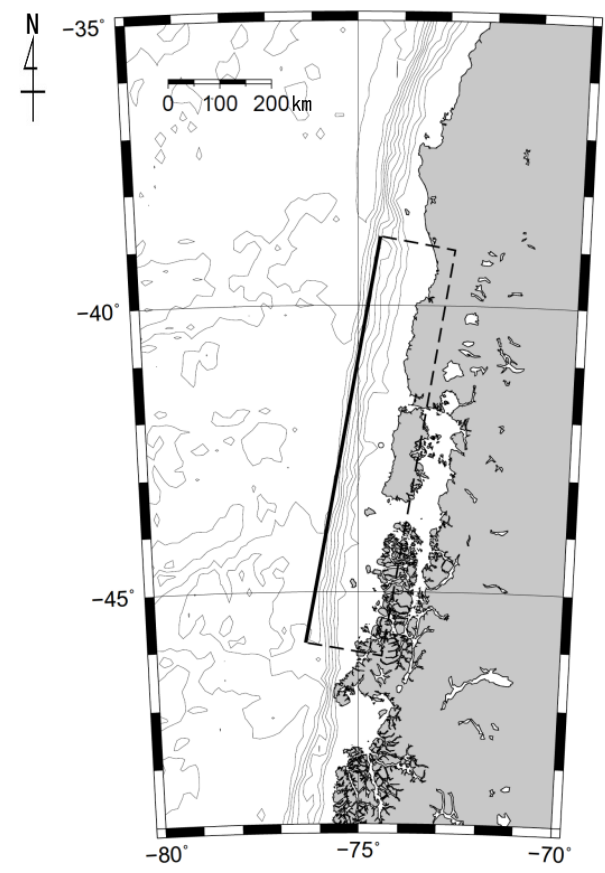
## ③1960年チリ地震津波 (1 / 3) : 波源モデル

• 1960年チリ地震津波の波源モデルはKanamori and Cipar (1974)<sup>(42)</sup>の波源モデルを基本とし、既往津波高を良好に再現するよう幅とすべり量を修正したモデル (以下「修正K&Cモデル」という。)を採用した。

波源モデルのパラメータ

項目	諸元
モーメントマグニチュード $M_w$	9.4
長さ $L$ (km)	800
幅 $W^*$ (km)	150(200)
すべり量 $D^*$ (m)	28.8(24.0)
剛性率 $\mu$ ( $N/m^2$ )	$5.0 \times 10^{10}$
地震モーメント $M_0$ ( $N \cdot m$ )	$1.73 \times 10^{23}$
走向 $\theta$ ( $^\circ$ )	10
上縁深さ $d$ (km)	1
傾斜角 $\delta$ ( $^\circ$ )	10
すべり角 $\lambda$ ( $^\circ$ )	90
ライズタイム $\tau$ (s)	0

※Kanamori and Cipar (1974)<sup>(42)</sup> の幅及びすべり量を修正して設定。  
( ): 修正前の値。



修正K&Cモデル





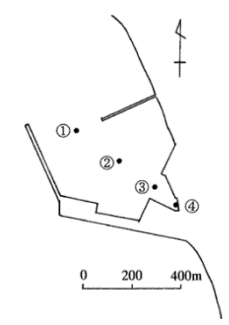
# 3-5. 既往津波との比較 (9 / 1 2)

## ③1960年チリ地震津波 (2 / 3) : 敷地への影響検討結果 (上昇側)

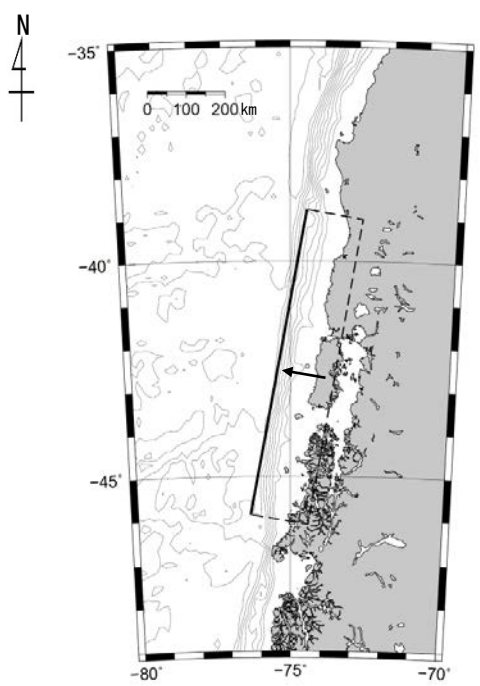
1960年チリ地震津波の検討結果(上昇側)は下表のとおりである。

1960年チリ地震津波の検討結果(上昇側)

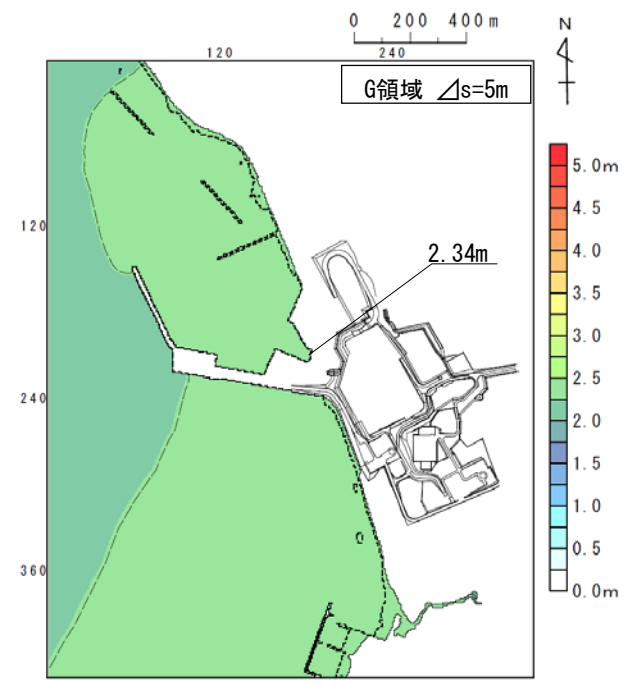
検討対象	敷地における最大水位上昇量
1960年チリ地震津波	2.34m



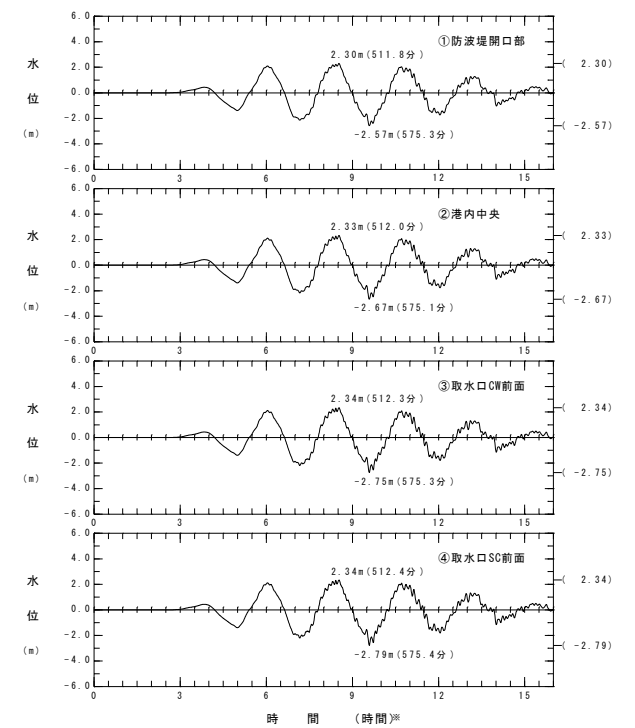
水位時刻歴波形出力点



修正K&Cモデル  
波源モデル



最大水位上昇量分布



※地震発生20時間後を0時間としている。

水位時刻歴波形

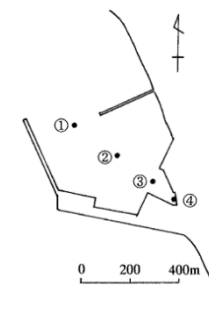


## ③1960年チリ地震津波 (3/3) : 敷地への影響検討結果 (下降側)

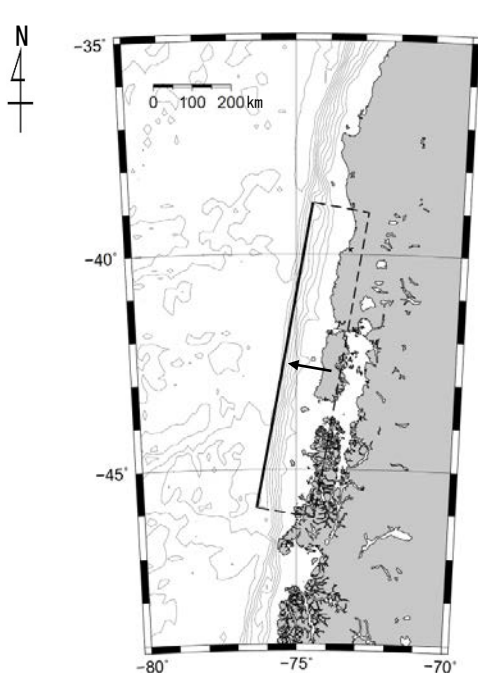
1960年チリ地震津波の検討結果(下降側)は下表のとおりである。

1960年チリ地震津波の検討結果(下降側)

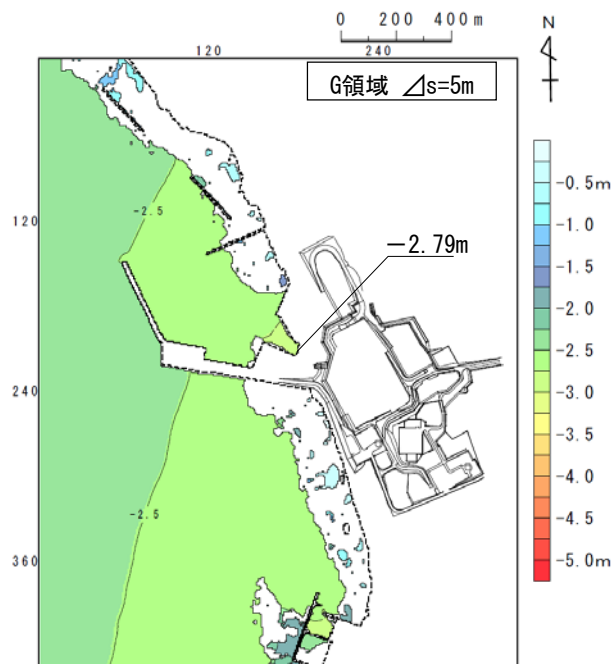
検討対象	敷地における取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
1960年チリ地震津波	-2.79m



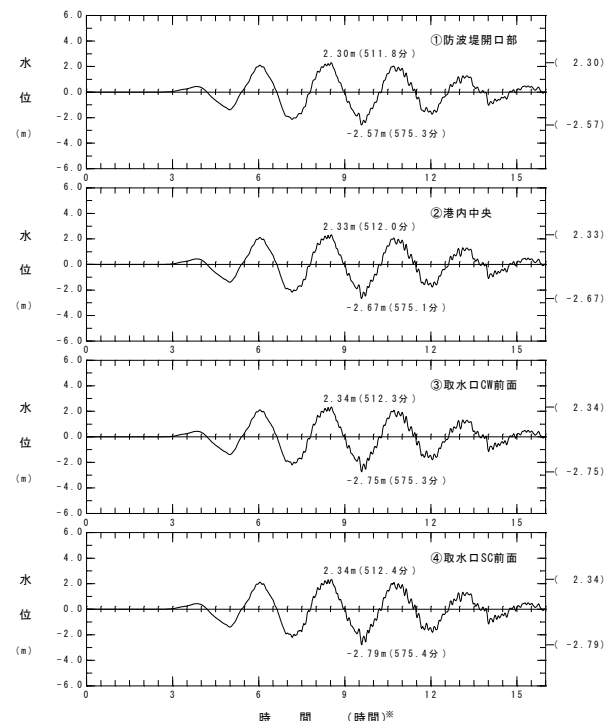
水位時刻歴波形出力点



修正K&Cモデル  
波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

※地震発生20時間後を0時間としている。



### 3-5. 既往津波との比較 (11 / 12)

#### 既往津波の計算津波高との比較結果

- 既往津波の波源モデルによる敷地における最大水位変動量は以下のとおりであり、敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波（上昇側，基準津波①）及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（下降側，基準津波②）の敷地における最大水位変動量は、既往津波の波源モデルによる最大水位変動量を上回ることを確認した。

既往津波の波源モデルによる最大水位変動量

既往津波		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
日本海側 近地津波	1741年 渡島大島火山津波	2.09m	-2.33m
太平洋側 近地津波	1856年 青森東方沖地震津波	1.68m	-1.74m
遠地津波	1960年 チリ地震津波	2.34m	-2.79m

敷地に与える影響が最も大きいと想定された津波による最大水位変動量

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
基準津波 ①	6.59m	-
基準津波 ②	-	-3.78m

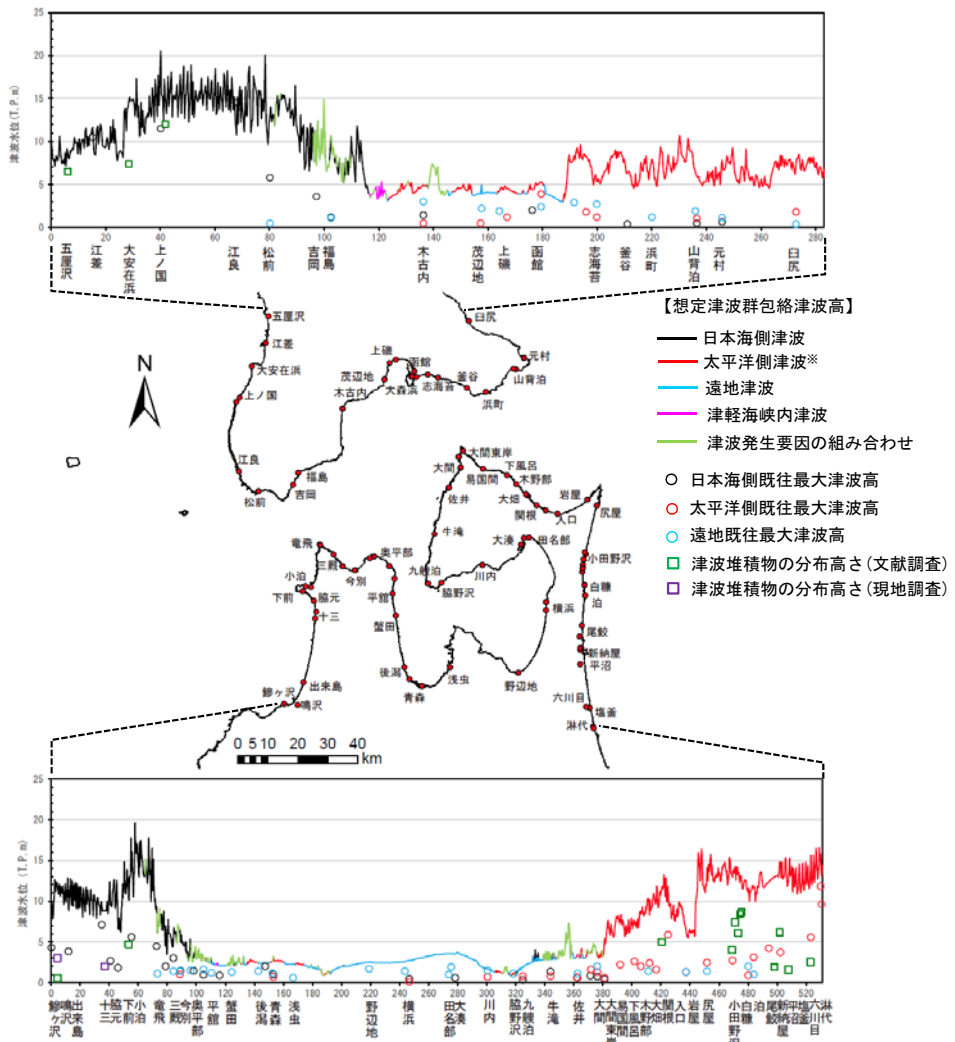
# 3-5. 既往津波との比較 (12/12)



## 敷地周辺の既往津波高及び津波堆積物の分布高さとの比較

## 想定津波群の計算津波高と 既往津波高及び津波堆積物の分布高さ比較表

想定津波群の計算津波高（基準津波を策定する過程で行うパラメータスタディを含めた計算津波高を包絡する水位）は、既往津波高及び津波堆積物の分布高さを上回ることを確認した。



想定津波群の計算津波高と  
既往津波高及び津波堆積物の分布高さ比較

沿岸区分	地点	既往最大津波高			津波堆積物の分布高さ	①既往最大津波高 津波堆積物の分布高さ 最大値	②計算津波高 最大値	②/①*
		日本海側	太平洋側	遠地				
北海道	江差(五厘沢)				6.50	6.50	8.70	1.34
	江差	10.50				11.65	1.11	
	大安在浜				7.40	7.40	14.73	1.99
	上ノ国・石崎・ラストッペ岬北方	11.50			12.00	12.00	20.55	1.71
	江良・館浜	14.50				14.50	15.17	1.05
	松前	5.80		0.48		5.80	12.92	2.23
	吉岡	3.60				3.60	7.24	2.01
	福島	1.20		1.10		1.20	10.69	8.91
	木古内	1.45	0.50	3.00		3.00	4.97	1.66
	茂辺地・当別		0.50	2.20		2.20	4.97	2.26
	津七重浜・上磯		1.20	1.90		1.90	4.20	2.21
	函館	2.00				2.00	4.44	2.22
	函館港		3.90	2.40		3.90	5.31	1.36
	大森浜・湯川		1.80	2.90		2.90	8.35	2.88
	志海苔		1.20	2.70		2.70	5.31	1.97
	釜谷	0.40				0.40	6.35	15.88
	浜町			1.20		1.20	7.95	6.62
	山背泊	0.50	1.05	1.90		1.90	5.93	3.12
	元村	0.65		1.13		1.13	7.84	6.94
	臼尻		1.80	0.40		1.80	7.24	4.02
	鰹ヶ沢	4.30				4.30	9.74	2.26
	鳴沢				3.00	3.00	11.95	3.98
	出来島	3.82				3.82	9.17	2.40
	十三	7.10			2.00	7.10	9.46	1.33
	蛸元	2.66				2.66	9.54	3.59
下前	1.83				1.83	6.59	3.60	
小泊	5.59		4.70		5.59	13.65	2.44	
竜飛・木落	4.45		1.10		4.45	9.35	2.10	
宇鉄・鍾泊	2.00				2.00	6.95	3.47	
三廩・四枚橋	3.00		1.40		3.00	5.32	1.77	
今別	1.45	1.00	1.40		1.45	4.95	3.42	
豊月			1.50		1.50	4.29	2.86	
奥平部	1.45				1.45	3.09	2.13	
宇田・弥蔵釜	0.96		1.60		1.60	3.08	1.92	
平館			1.20		1.20	2.44	2.03	
今津	0.90				0.90	2.14	2.38	
蟹田			1.30		1.30	2.43	1.87	
後浜・奥内			1.40		1.40	2.36	1.69	
油川	2.00				2.00	2.39	1.20	
青森・原別・四戸橋	1.01	0.70	1.16		1.16	2.58	2.22	
浅虫			0.60		0.60	2.25	3.74	
野辺地			1.70		1.70	2.46	1.45	
糠浜	0.45	0.10	1.40		1.40	2.58	1.84	
田名部			1.00		1.00	3.55	3.55	
大湊・宇田・浜奥内	0.59		1.90		1.90	3.54	1.86	
川内		0.70	1.50		1.50	1.66	1.11	
脇野沢			1.10		1.10	1.16	1.05	
九鯉泊	0.35	0.80			0.80	1.95	2.43	
牛滝	1.35	0.80			1.35	3.45	2.56	
佐井・長後	0.65	0.60	1.10		1.10	3.29	2.99	
奥戸	0.85	1.60			1.60	3.62	2.26	
大間・大間港	0.75	1.30	2.00		2.00	3.69	1.85	
大間平・大間東岸	0.40	0.60			0.60	5.44	9.06	
易間・蛇浦		2.20			2.20	7.56	3.44	
下風呂・甲		2.60			2.60	7.62	2.93	
木野部	2.00				2.00	8.38	4.19	
大畑	2.40	1.40			2.40	8.25	3.44	
関根・出戸川	1.60			5.00	5.00	11.50	2.30	
入口・石持・野牛		5.88			5.88	11.24	1.91	
岩屋	1.30	1.30			1.30	6.46	4.97	
尻屋・尻労	2.46	1.40			2.46	14.12	5.74	
小田野沢	2.70			8.60	8.60	12.29	1.43	
白糠	0.90	2.00			2.00	11.35	5.68	
泊	3.10	1.00			3.10	11.62	3.75	
尾駈・出戸・むつ小川原・尾駈老部川	4.20			1.90	4.20	12.37	2.95	
新納屋・高瀬川・発森沢・平沼	3.70			6.20	6.20	14.78	2.38	
塩釜・六川目	5.56			2.50	5.56	15.67	2.82	
湊代・五川目	11.83				11.83	15.80	1.34	
四川目・三川目	9.63				9.63	13.09	1.36	
平均値							2.99	

※：太平洋側津波に係る計算津波高は次回以降ご説明の対象



(余白)

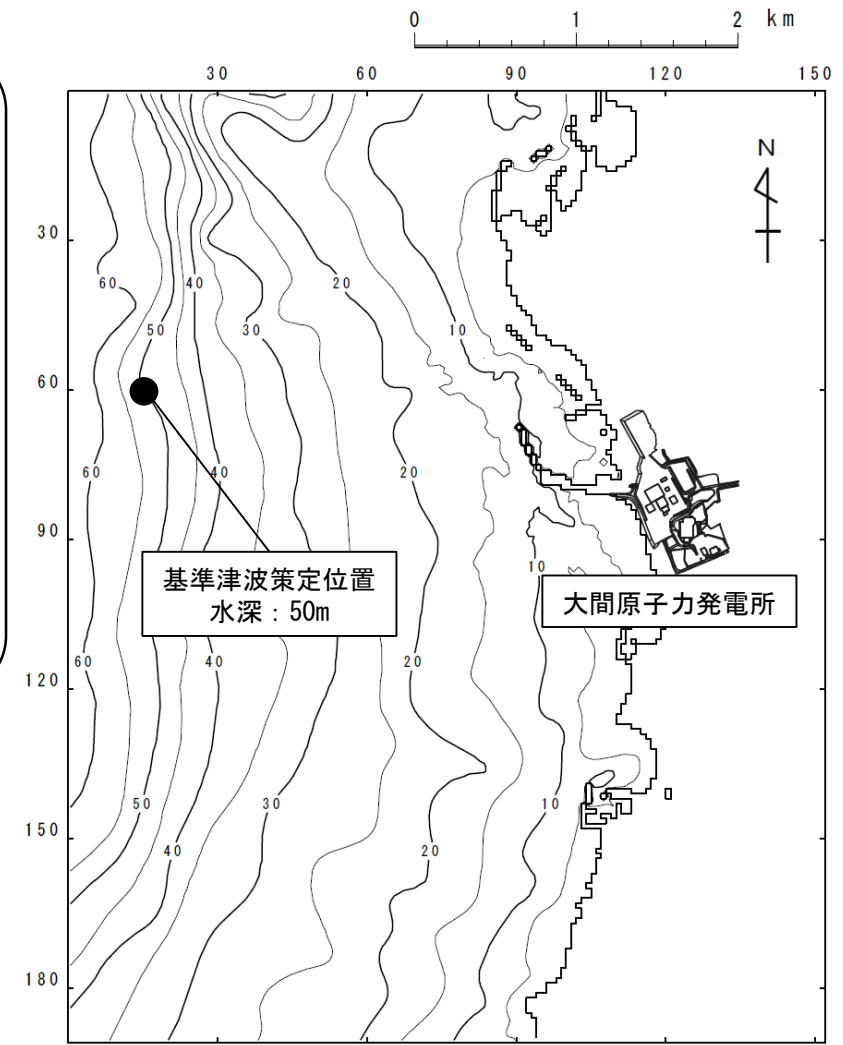
# 目次

1. 地震による津波
  - 1-1. 既往津波の文献調査
  - 1-2. 津波堆積物調査
  - 1-3. 地震による津波の計算条件
  - 1-4. 既往津波の再現計算
  - 1-5. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
  - 1-6. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
    - 1-6-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
    - 1-6-2. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
  - 1-7. チリ沖に想定される地震に伴う津波
  - 1-8. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
  - 1-9. 地震による津波のまとめ
2. 地震以外の要因による津波
  - 2-1. 地震以外の要因による津波の計算条件
  - 2-2. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
  - 2-3. 海底地すべりに起因する津波
  - 2-4. 火山現象に起因する津波
  - 2-5. 地震以外の要因による津波のまとめ
3. 基準津波の策定
  - 3-1. 津波発生要因の組合せに関する検討
  - 3-2. 基準津波の選定
  - 3-3. 防波堤等の影響検討
  - 3-4. 行政機関の津波評価との比較
  - 3-5. 既往津波との比較
  - 3-6. 基準津波





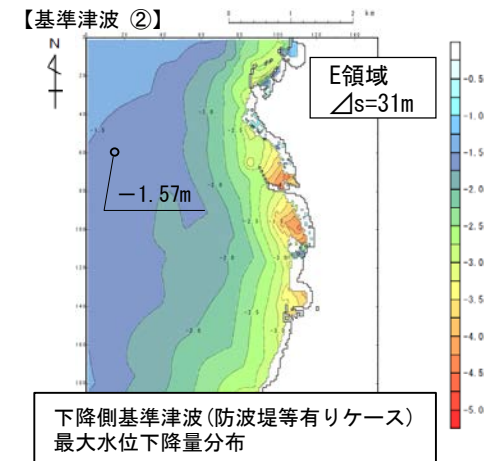
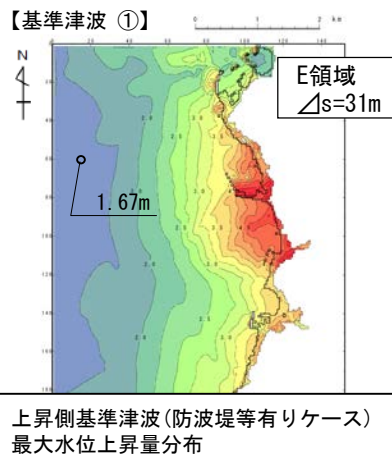
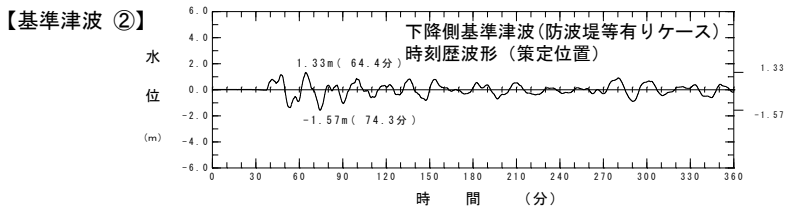
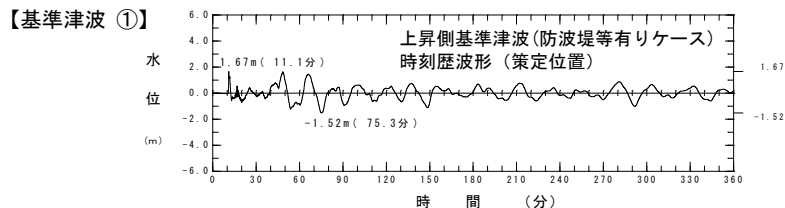
- 以上の検討結果を踏まえ基準津波は、日本海東縁部に想定される地震と陸上の斜面崩壊の重畳に伴う津波（上昇側）及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（下降側）として設定した。
- 基準津波の策定位置は、以下の観点を踏まえ、敷地から沖合約2kmの水深約50m地点として選定した。
  - ✓ 施設からの反射波の影響が微小となるよう、施設から離れた沿岸域とした。
  - ✓ 津波の収れんや屈折の影響を受けにくい位置とした（沖合約2km程度以内は、海底地形が敷地周辺海岸線と同じく弓状となっており、津波の収れんや屈折変形が生じやすい）。
  - ✓ 海底摩擦の影響が小さい水深（50m）とした。
  - ✓ 防波堤が敷地北側に向かって開口していることから、基準津波の敷地までの来襲経路を考慮して敷地のやや北側とした。



基準津波策定位置



## 基準津波策定位置の水位分布及び時刻歴波形



基準津波策定位置における基準津波最大水位上昇量・最大水位下降量及び最高水位・最低水位

基準津波①		基準津波②	
最大水位上昇量	最高水位 (朔望平均満潮位 : T. P. +0.55m※)	最大水位下降量	最低水位 (朔望平均干潮位 : T. P. -0.37m※)
1.67m	T. P. +2.22m	-1.57m	T. P. -1.94m

※大間港の朔望平均潮位



## 参考文献

- (1) 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.
- (2) 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.
- (3) 国立天文台編(2013) : 理科年表 平成26年, 丸善, 1018p.
- (4) 渡辺偉夫(1998) : 日本被害津波総覧【第2版】, 東京大学出版会, 238p.
- (5) 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.
- (6) 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.
- (7) 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.
- (8) 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.
- (9) 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.
- (10) 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.
- (11) 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.
- (12) Abe, K. (1979) : Size of great earthquakes of 1837-1974 inferred from tsunami data, J. Geophys. Res., Vol. 84, No. B4, pp. 1561-1568.
- (13) 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.
- (14) 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.
- (15) 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.
- (16) 谷川晃一郎・澤井祐紀・宍倉正展・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.
- (17) 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.
- (18) 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.
- (19) 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.
- (20) 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.
- (21) 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.
- (22) 国土交通省(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.
- (23) 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.
- (24) 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.
- (25) 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.
- (26) 小岩直人・菊地恒佑・葛西未央(2013) : 青森県鰯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.
- (27) 熊谷秀平・梅田浩司・鎌滝孝信・小岩直人・藤田奈津子(2017) : 青森県鰯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.
- (28) 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.
- (29) 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.
- (30) 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.
- (31) 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.
- (32) Mansinha, L. and Smylie, D.E. (1971) : The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440.
- (33) 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.

- (34) 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).
- (35) 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).
- (36) 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).
- (37) 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.
- (38) National Oceanic and Atmospheric Administration (2010) : Global Relief Model (ETOP01).
- (39) 国土地理院(2001) : 数値地図50mメッシュ(標高)日本-I.
- (40) 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.
- (41) Satake, K. (2007) : Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, Earth Planets Space, Vol.59, pp. 381-390.
- (42) 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.
- (43) 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.
- (44) 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, No.1, 2009, 346-350.
- (45) 室谷智子, 松島信一, 吾妻崇, 入倉孝次郎, 北川貞之(2010) : 内陸の長大断層に関するスケーリング則の検討, 日本地震学会秋季大会予稿集, B12-02.
- (46) 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.
- (47) 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), pp. 180-181.
- (48) 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.
- (49) 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.
- (50) 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
- (51) 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
- (52) 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.
- (53) 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
- (54) 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(「レシビ」)
- (55) 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.
- (56) 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.
- (57) 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.
- (58) 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.
- (59) 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.
- (60) 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.
- (61) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017) : 千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版), 130p.
- (62) 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.
- (63) R. McCaffrey(2008) : Global Frequency of Magnitude 9 Earthquakes, The Geological Society of America.
- (64) 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.
- (65) 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.

## 参考文献

- (66) 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.
- (67) 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.
- (68) 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.
- (69) Tetsuzo Seno(2014) : Stress drop as a criterion to differentiate subduction zones where Mw 9 earthquakes can occur, Tectonophysics, 621 (2014) 198-210.
- (70) 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.
- (71) 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.
- (72) 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.
- (73) 日野亮太, 松澤暢, 中島淳一, 伊藤善宏(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.
- (74) 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.
- (75) 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.
- (76) 地学団体研究会編(2000) : 新版 地学事典, 701p.
- (77) Satoko Murotani, Kenji Satake, and Yushiro Fujii(2013) : Scaling relations of seismic moment, rupture area, average slip, and asperity size for M<sup>9</sup> subduction-zone earthquakes, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 40, 1-5, doi:10.1002/grl.50976.
- (78) 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.
- (79) 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.
- (80) 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.
- (81) 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.
- (82) 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.
- (83) 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.
- (84) 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.
- (85) 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.
- (86) 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.
- (87) 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.
- (88) 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.
- (89) Kanamori, H. (1977) : The energy release in great earthquakes, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol. 82, No. 20, pp. 2981-2987.

- (90) 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.
- (91) 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.
- (92) 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.
- (93) 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.
- (94) 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.
- (95) Monty A. Hampton, Homa J. Lee (1996) : Submarine landslides, Reviews of Geophysics, 34, 1.
- (96) Rise, L., S. Chand, H. Haflidason, 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.
- (97) 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.
- (98) 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.
- (99) 地質調査所 (1987) : 西津軽海盆海底地質図 (20万分の1) .
- (100) 地質調査所 (1993) : 下北半島沖海底地質図 (20万分の1) .
- (101) 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.
- (102) 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.
- (103) 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.
- (104) 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.
- (105) 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.
- (106) 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」) .
- (107) 青森県 (2015) : 第7回青森県海岸津波対策検討会 資料.
- (108) 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.