

資料3-2

泊発電所3号炉
基準津波に関する検討方針について
(令和4年5月27日審査会合における指摘事項に対するコメント回答)

(補足説明資料)

令和4年7月1日
北海道電力株式会社

1. 既往津波の検討	3
1. 1 平成26年12月5日審査会合	4
1. 2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2. 1 平成27年5月15日審査会合	26
2. 2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3. 1 平成26年12月5日審査会合	48
3. 2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	75
4. 1 平成27年5月15日審査会合	76
4. 2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	129
5. 1 平成27年8月21日審査会合	130

1. 既往津波の検討

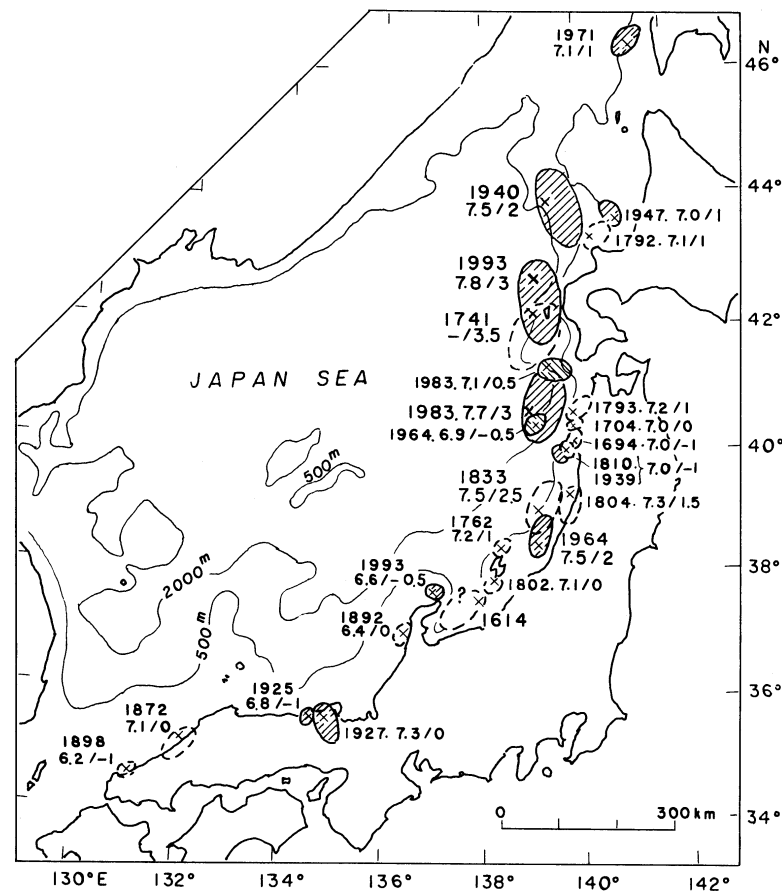
1. 既往津波の検討	3
1. 1 平成26年12月5日審査会合	4
1. 2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2. 1 平成27年5月15日審査会合	26
2. 2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3. 1 平成26年12月5日審査会合	48
3. 2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	75
4. 1 平成27年5月15日審査会合	76
4. 2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	129
5. 1 平成27年8月21日審査会合	130

1.1 平成26年12月5日審査会合

既往津波の文献調査(1/2) 泊発電所敷地周辺における既往津波

再掲(H26/12/5審査会合)

- 敷地周辺の既往津波の発生状況及び痕跡高について文献調査を行い、敷地に影響を及ぼしたと考えられる既往津波を選定する。
- 北海道西岸に大きな影響を与えたと考えられる津波は以下のとおりである。
 - 1741年(渡島西岸)津波
 - 1792年(後志)地震津波
 - 1940年積丹半島沖地震津波
 - 1983年日本海中部地震津波
 - 1993年北海道南西沖地震津波
- 敷地付近で津波高が記録されている津波のうち、最大のものは、1993年北海道南西沖地震津波である。
- その津波高(痕跡高)は泊村及び岩内町において、それぞれ、3.04m及び3.56mである。



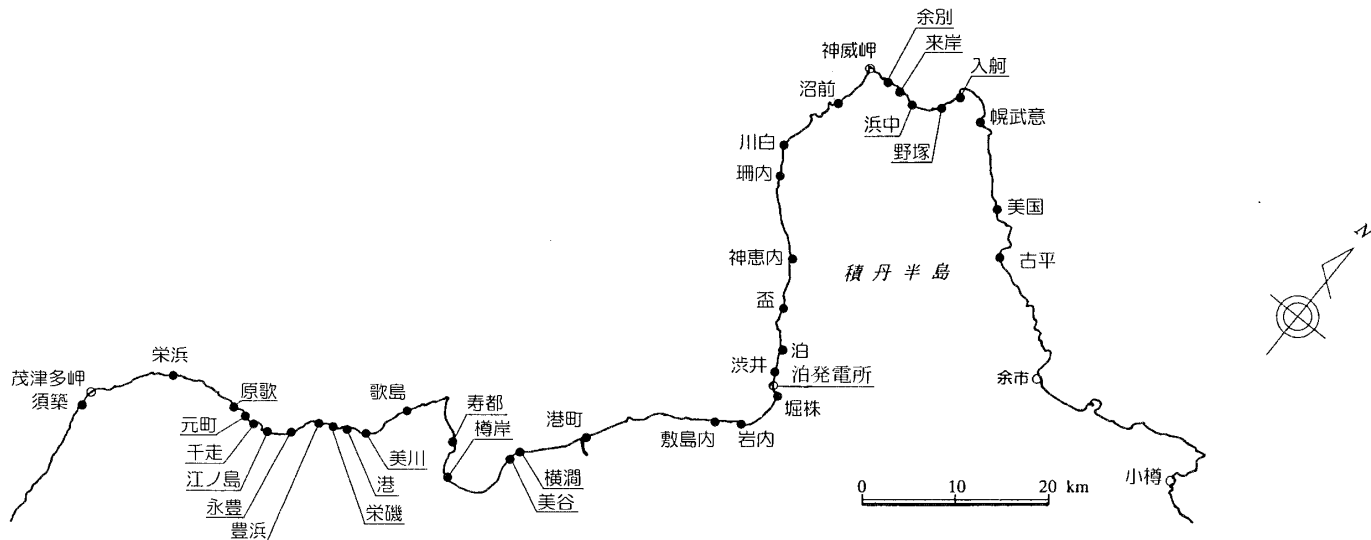
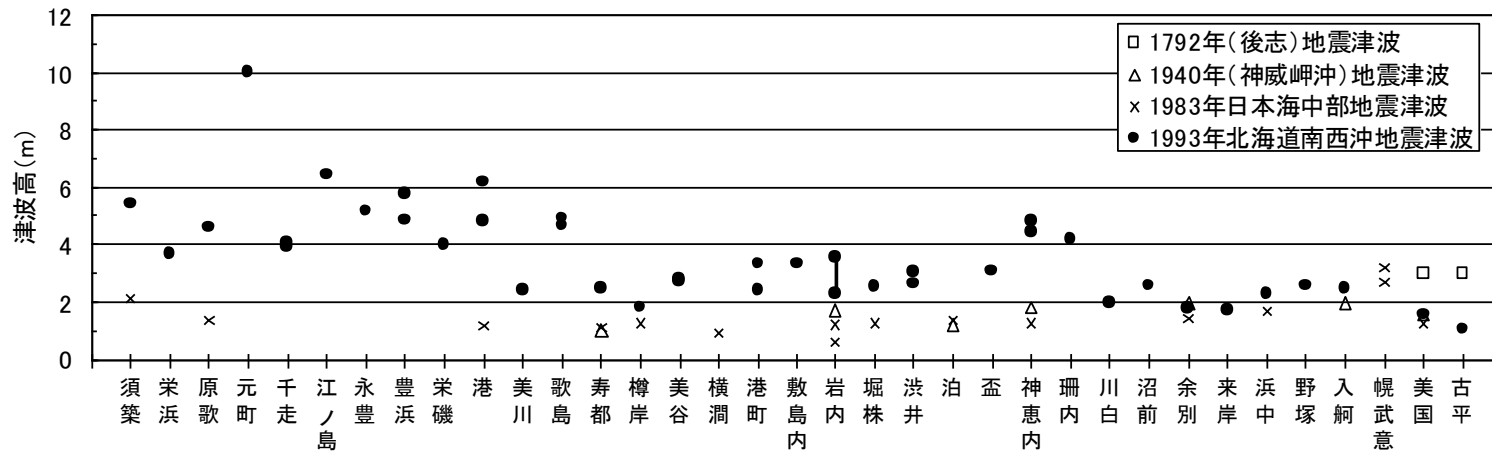
日本海で発生した地震と津波波源域
(羽鳥(1995)より引用)

1. 既往津波の検討

1.1 平成26年12月5日審査会合

既往津波の文献調査 (2/2) 既往津波高の記録 - 敷地周辺 -

再掲 (H26/12/5審査会合)



余白

1.1 平成26年12月5日審査会合

津波堆積物評価 (2/5) 北海道 (2013) による津波堆積物調査結果 (2/3) 奥尻島

再掲 (H26/12/5審査会合)

【北海道 (2013)】

- 奥尻島では、1741年 (渡島西岸) 津波の津波堆積物、12～16世紀の津波堆積物、BC/AD～3世紀を含む5層のイベント堆積物を確認している。
- また、その一部は松前半島でも確認されている。

■奥尻島 (平成24年4月実施) 過去にも複数回の津波の発生を確認

奥尻島

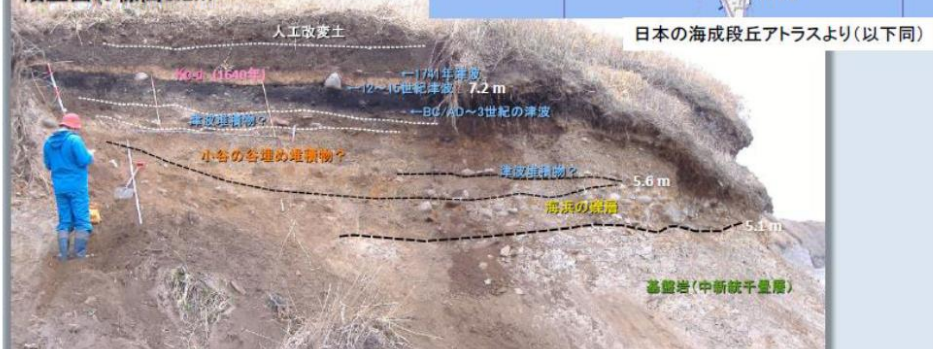
●青苗西方の貝取澗 (完新世段丘)

●5層のイベント堆積物

(この一部は対岸の松前半島 (上ノ国町) でも確認されている)

* 1993年南西沖の際は標高11.2 mまで浸水、
ただしその時の堆積物は、認められない。

段丘面の標高8.2m



日本の海成段丘アトラスより (以下同)

(北海道 (2013) より引用)

1. 既往津波の検討

1.1 平成26年12月5日審査会合

津波堆積物評価 (3/5) 北海道 (2013) による津波堆積物調査結果 (3/3) 岩内平野

再掲 (H26/12/5審査会合)

【北海道 (2013)】

- 岩内平野では、49地点で調査を行っており、そのうち、25地点は地質条件や人工改変により存否を確認できていない。
- 24地点で氾濫原の泥炭層、粘土層について掘削調査を行っているが明瞭な痕跡は認められていない。
- 岩内平野におけるボーリング調査結果 (KY-07) では、標高-3.2m付近で海洋性プランクトンの化石を確認しており、高潮もしくは津波による可能性があるものと記載されている。

(参考1-4) ボーリング等による調査

岩内平野の津波堆積物調査

泥炭層が厚い地点で、古い時代の津波堆積物の有無を確認

- 砂丘(沿岸砂堤列)の海側への成長速度を一定と仮定し、

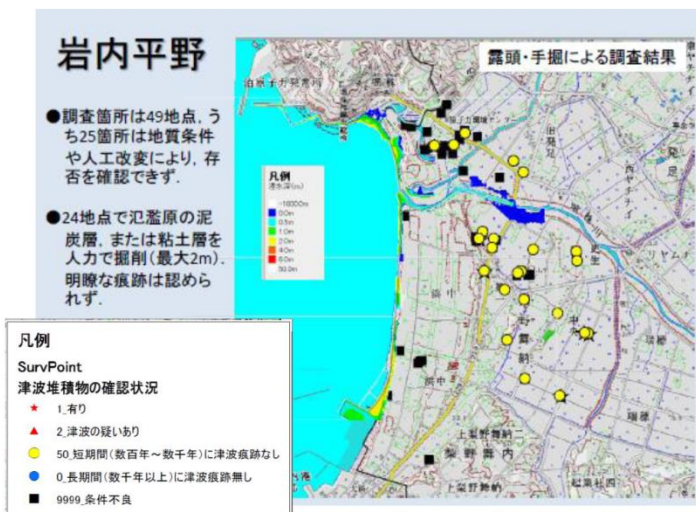
~1kyr前→KY-01
 ~2kyr前→KY-02
 ~3kyr前→KY-03
 4~6kyr前→KY-04, 05

として調査地点を5点設定

- 追加で6,000年前までの確認ボーリングを実施 (★KY-07)

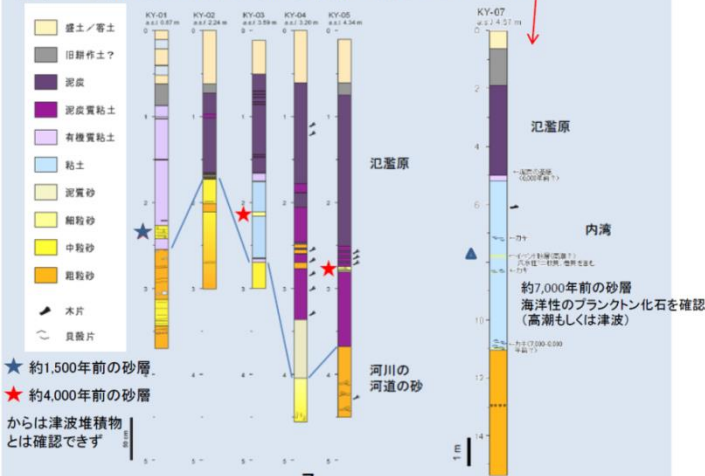


■岩内平野(平成24年5~8月実施) 明瞭な堆積物は見つからなかった



- 6 -

約7,000年前以降は明瞭な津波堆積物は確認できていない



- 7 -

(北海道 (2013) より引用)

1. 既往津波の検討

1.1 平成26年12月5日審査会合

津波堆積物評価 (4/5) 当社による津波堆積物調査結果 (1/2)

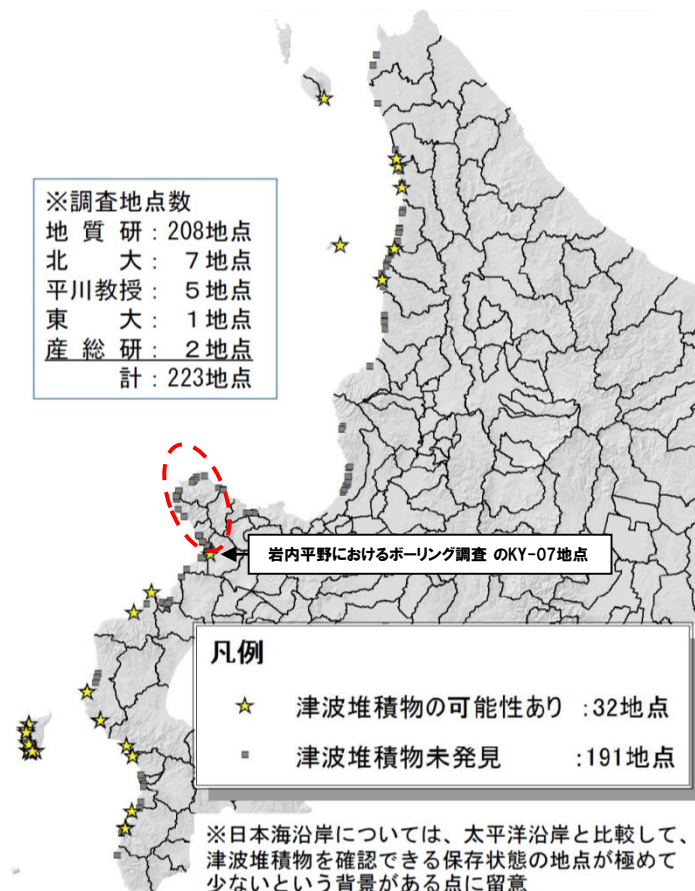
再掲 (H26/12/5審査会合)

【地表地質踏査結果】

- 神威岬から尻別川河口の沿岸部において、黒土や崖錐堆積物中に狭在する海成層の有無に着目した踏査を実施した。
- 調査結果より、黒土や崖錐堆積物中に海成層が狭在するような、津波堆積物の可能性を示唆する露頭は確認できなかった。
- なお、北海道(2013)の調査においても当該地点沿岸部では、津波堆積物が未発見とされている。



地表地質踏査範囲

日本海側における津波堆積物調査地点
(北海道(2013)に一部加筆)

1. 既往津波の検討

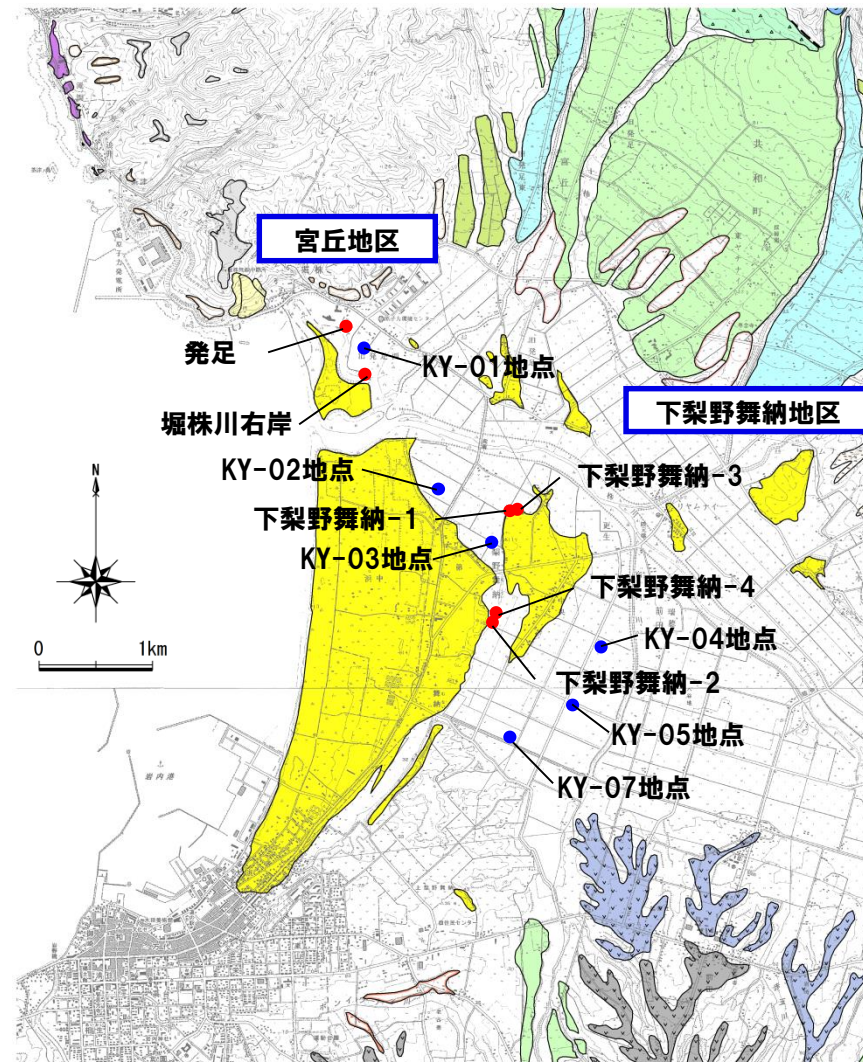
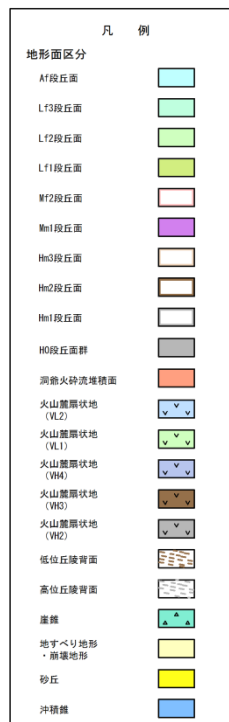
1.1 平成26年12月5日審査会合

津波堆積物評価 (5/5) 当社による津波堆積物調査結果 (2/2) 岩内平野

一部修正 (H26/12/5審査会合)

【ボーリング調査結果】

- 岩内平野内で北海道 (2013) が実施した地層引き抜き調査 (KY-01地点～KY-05地点) 結果では、一部の地点でイベント砂層が確認されているが、珪藻分析及び化学分析の結果から河川の洪水起源のものと考えられている。
- 当社において宮丘地区及び下梨野舞納地区で実施したボーリング調査では、3地点でイベント堆積物の可能性のある堆積物が推定される区間が抽出されたが、珪藻分析結果より、河川性堆積物または氾濫原堆積物と推定された。
- 北海道 (2013) が実施したボーリング調査 (KY-07地点) では、標高-3.2m付近に約7,000年前のイベント砂層が確認されており、津波または高潮起源によるものの可能性があると評価している。
- 当社の調査では、北海道 (2013) の調査で確認できていなかった約1,600年前以降の地層について、一部確認することができた。
- 北海道 (2013) 及び当社の調査結果では、岩内平野周辺において、KY-07地点以外に津波堆積物の可能性を示唆する堆積物は確認されておらず、少なくとも、約7,000年前以降について、明瞭な津波堆積物は、確認できていない。



調査地点位置図 (●北海道 (2013), ●当社)

余白

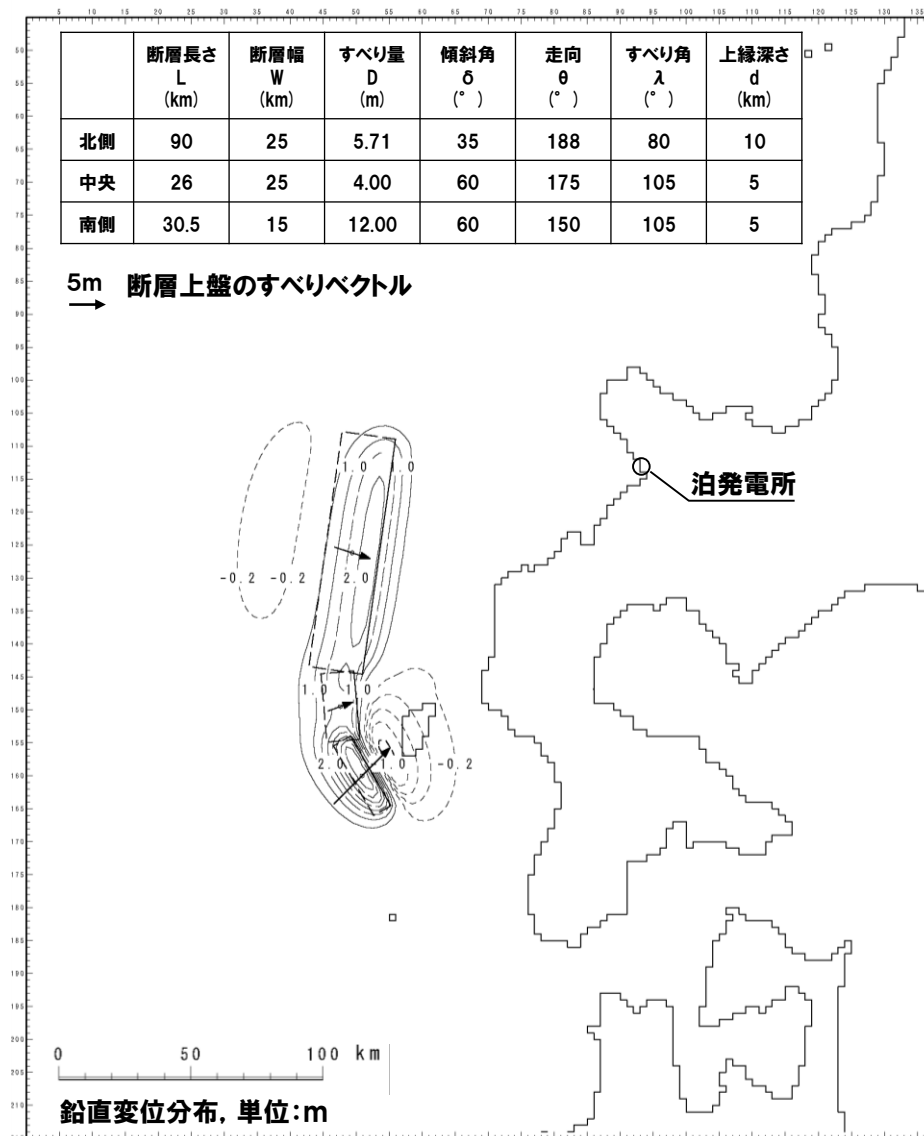
1. 既往津波の検討

1.1 平成26年12月5日審査会合

既往津波の再現計算(1/3) 検討対象

一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 既往津波に関する文献調査及び簡易予測式による津波高の検討結果から、敷地における推定津波高が最も大きい1993年北海道南西沖地震津波を数値シミュレーションの検証の対象として選定した。
- 1993年北海道南西沖地震津波の痕跡高を説明できる高橋ほか(1995)によるDCRC-26モデルを検証の対象とする。



高橋ほか(1995)によるDCRC-26モデル

1. 既往津波の検討

1.1 平成26年12月5日審査会合

既往津波の再現計算(2/3) 再現性の評価

一部修正(H26/12/5審査会合)

- 再現性の評価の指標としては、相田(1977)による痕跡高と津波の数値シミュレーションにより計算された津波高との比から求める幾何平均値K及びバラツキを表す幾何標準偏差κを用いた。
- 幾何平均値K及び幾何標準偏差κについては、土木学会(2016)による再現性の目安が以下のように示されている。

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i$$

$$\log \kappa = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right\}^{1/2}$$

$$K_i = \frac{R_i}{H_i}$$

ここで R_i はi番目の地点の観測値(痕跡高), H_i はi番目の地点の計算値

【幾何平均値K及び幾何標準偏差κの再現性の目安(土木学会(2016)による)】

$$0.95 < K < 1.05$$

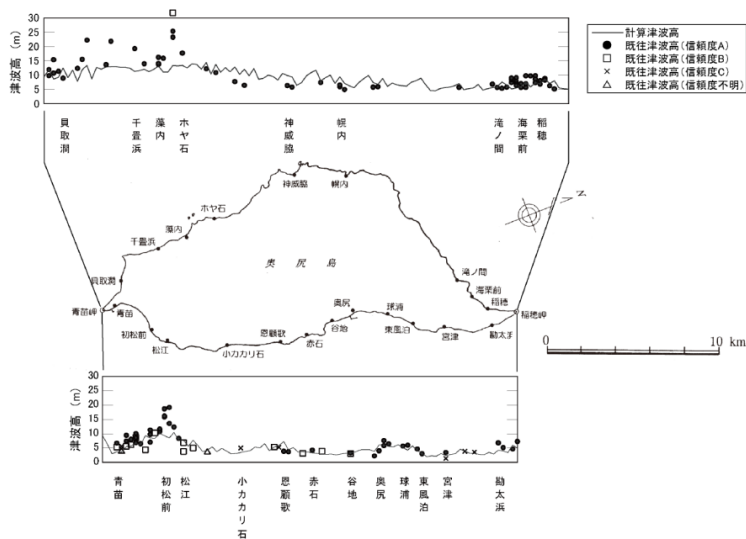
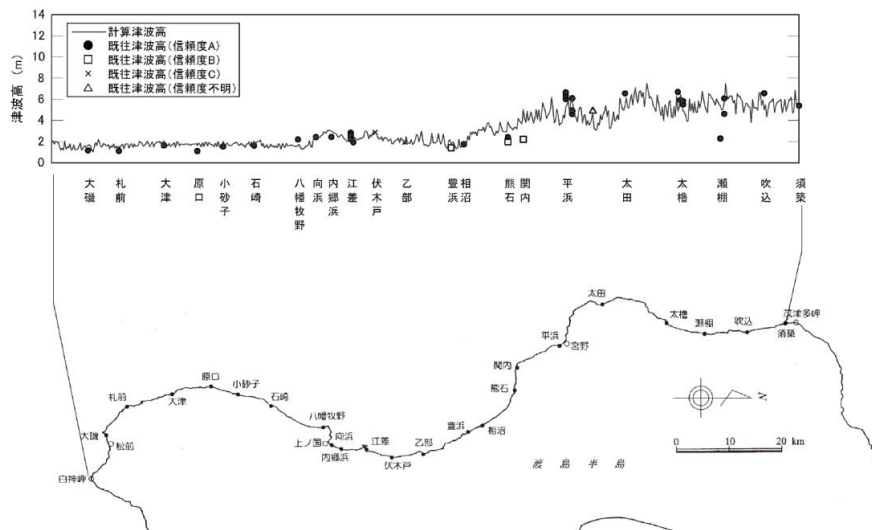
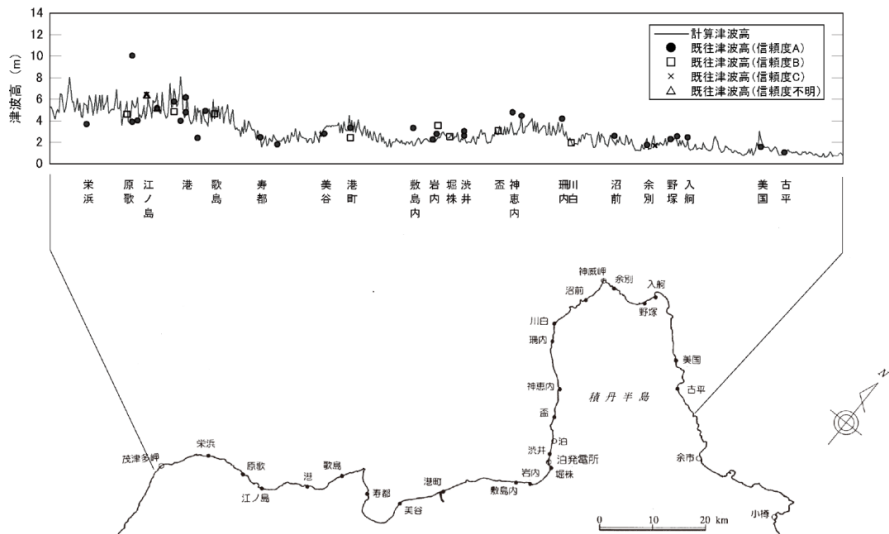
$$\kappa < 1.45$$

1. 既往津波の検討

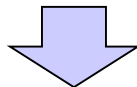
1.1 平成26年12月5日審査会合

既往津波の再現計算 (3/3) 既往津波と計算津波高の比較

再掲 (H26/12/5審査会合)



北海道西岸 (n=151)
K=0.99, $\kappa = 1.37$



再現性は良好であり, 数値シミュレーションが妥当であることを確認した。

1. 既往津波の検討

1. 2 平成27年5月15日審査会合

1. 既往津波の検討	3
1. 1 平成26年12月5日審査会合	4
1. 2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2. 1 平成27年5月15日審査会合	26
2. 2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3. 1 平成26年12月5日審査会合	48
3. 2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	75
4. 1 平成27年5月15日審査会合	76
4. 2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	129
5. 1 平成27年8月21日審査会合	130

1. 既往津波の検討

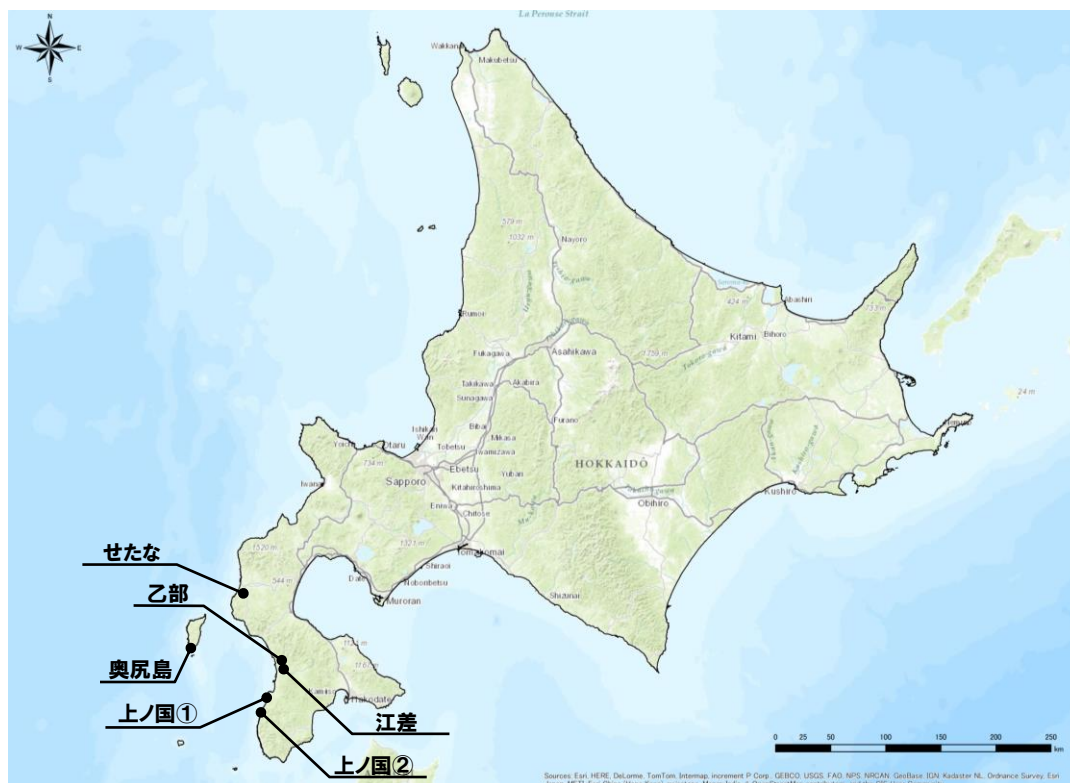
1.2 平成27年5月15日審査会合

津波堆積物評価 (1/8) 北海道 (2013) による津波堆積物調査結果 (1/7)

一部修正 (H27/5/15審査会合)

【北海道 (2013)】

- 奥尻町及び北海道日本海沿岸南部で津波堆積物調査の確認を実施されている。
- 上記の地域において、現行の浸水範囲を上回る高さで津波堆積物を確認されている。
- 津波堆積物確認例の位置を下図に示す。



Source: Esri, HERE, DeLorme, TomTom, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GEBCO, Esri, Swisstopo, Mapbox, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

1. 既往津波の検討

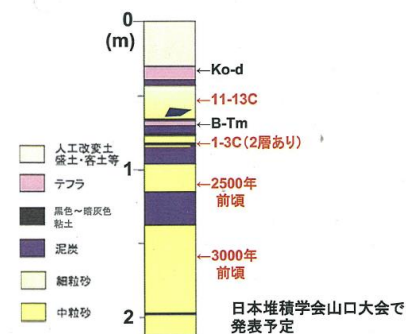
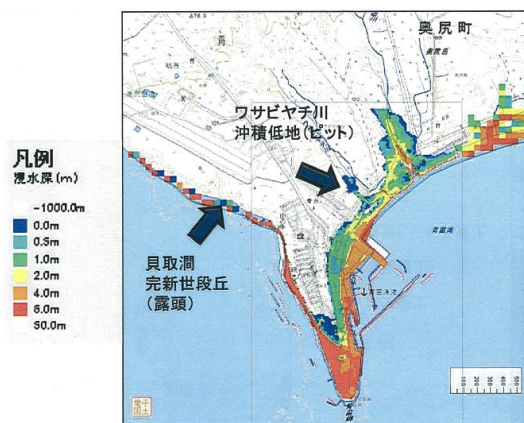
1.2 平成27年5月15日審査会合

津波堆積物評価(2/8) 北海道(2013)による津波堆積物調査結果(2/7) 奥尻島

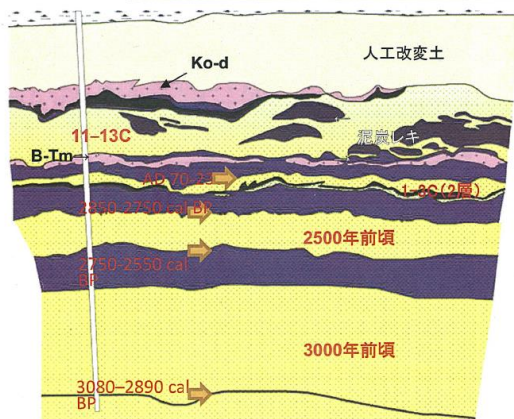
一部修正(H27/5/15審査会合)

【北海道(2013)】

- 完新世段丘及び沖積低地にて、津波堆積物調査を実施されている。
- 調査地点における、数値シミュレーションによる浸水予測は標高0mとされている。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは標高4.2m(11~13世紀)とされている。



海岸線からの距離: 約400 m、標高: 約5 mの地点でピット調査を実施。



(北海道(2013)より引用)

1. 既往津波の検討

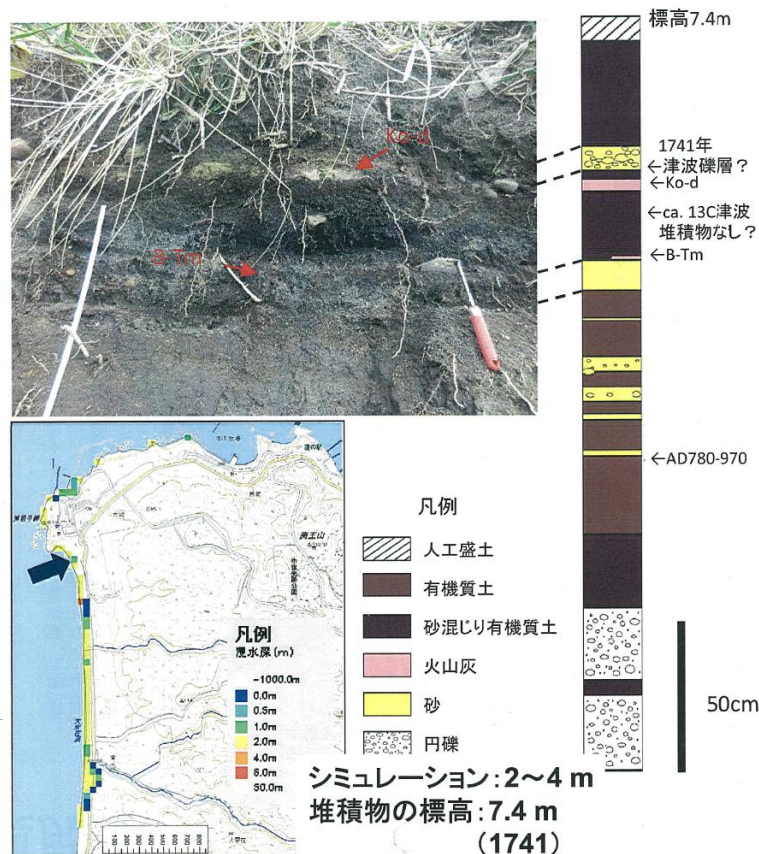
1.2 平成27年5月15日審査会合

津波堆積物評価 (3/8) 北海道 (2013) による津波堆積物調査結果 (3/7) 上ノ国①

一部修正 (H27/5/15審査会合)

【北海道 (2013)】

- 沿岸部にて、津波堆積物調査を実施されている。
- 調査地点における、数値シミュレーション結果による浸水予測は標高2~4mとされている。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは、標高7.4m及び約11m (1741年及び11~13世紀)とされている。



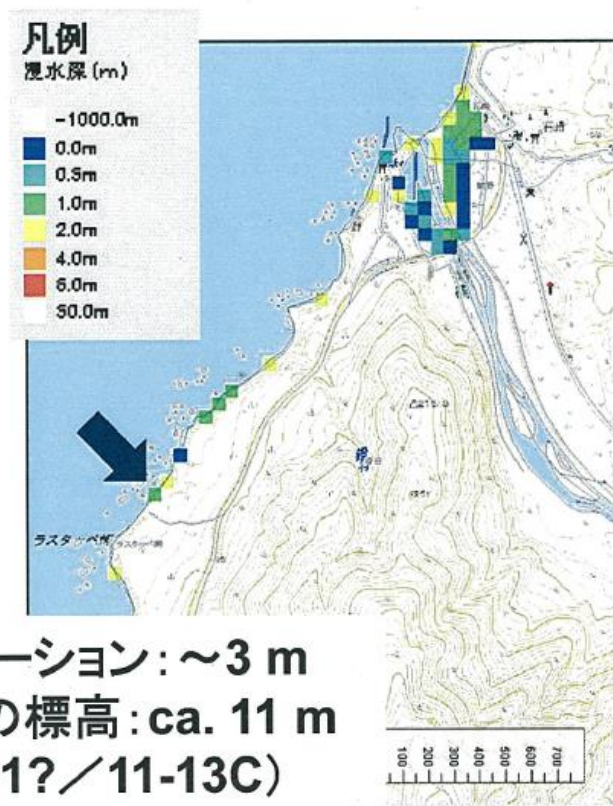
(北海道 (2013) より引用)

1. 既往津波の検討

1.2 平成27年5月15日審査会合

津波堆積物評価(4/8) 北海道(2013)による津波堆積物調査結果(4/7) 上ノ国②

再掲(H27/5/15審査会合)



(北海道(2013)より引用)

1. 既往津波の検討

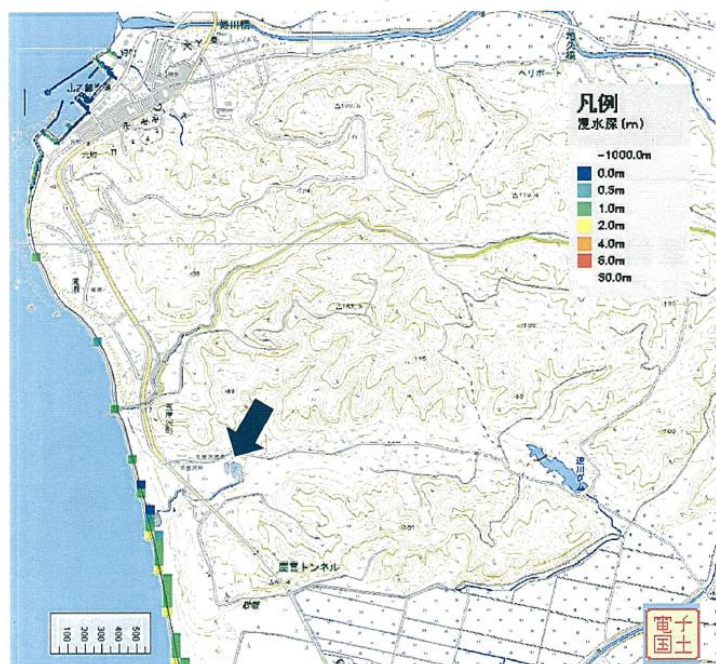
1.2 平成27年5月15日審査会合

津波堆積物評価 (5/8) 北海道 (2013) による津波堆積物調査結果 (5/7) 江差

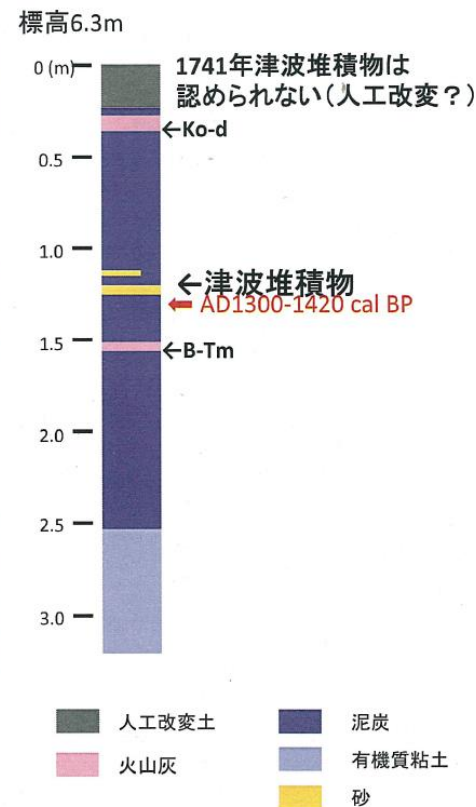
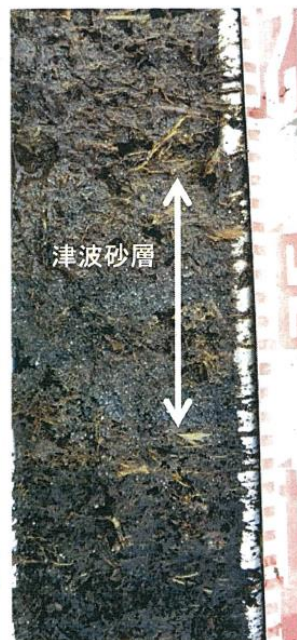
一部修正 (H27/5/15審査会合)

【北海道 (2013)】

- 河川下流部にて、津波堆積物調査を実施されている。
- 調査地点における、数値シミュレーションによる浸水予測は標高0mとされている。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは、標高約5.1m (11~13世紀) とされている。



シミュレーション: 0 m
堆積物の標高: ca. 5.1 m
(11-13C)



(北海道 (2013) より引用)

1. 既往津波の検討

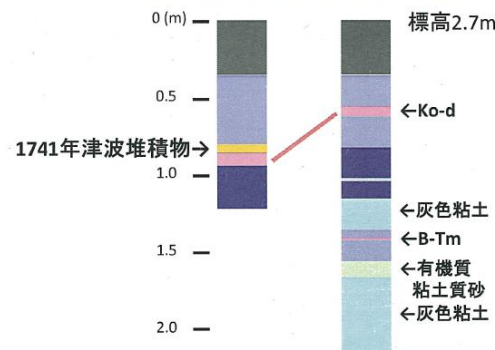
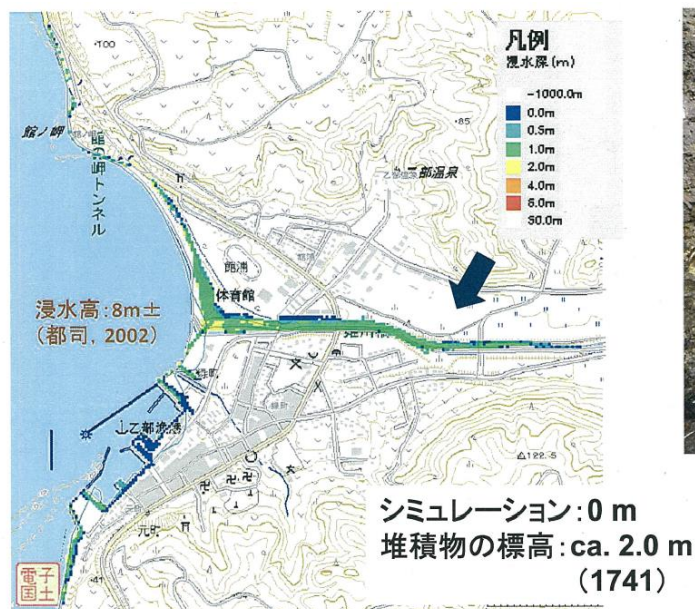
1.2 平成27年5月15日審査会合

津波堆積物評価 (6/8) 北海道 (2013) による津波堆積物調査結果 (6/7) 乙部

一部修正 (H27/5/15審査会合)

【北海道 (2013)】

- 河川下流部にて、津波堆積物調査を実施されている。
- 調査地点における、数値シミュレーションによる浸水予測は標高0mとされている。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは、標高約2.0m (1741年)とされている。



(北海道 (2013) より引用)

1. 既往津波の検討

1.2 平成27年5月15日審査会合

津波堆積物評価 (7/8) 北海道 (2013) による津波堆積物調査結果 (7/7) せたな

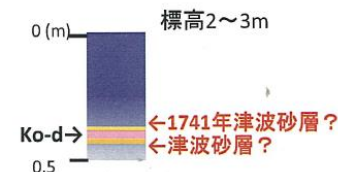
一部修正 (H27/5/15審査会合)

【北海道 (2013)】

- 沿岸部湿地にて、津波堆積物調査を実施されている。
- 調査地点における、数値シミュレーションによる浸水予測は標高0mとされている。
- それに対して、津波堆積物が確認された高さは、標高約3.5m (1741年)とされている。



シミュレーション: 0 m
堆積物の標高: ca. 3.5 m
(1741?)



Ko-dとの関係が乙部姫川と類似。
詳細な分析等は未着手。

1. 既往津波の検討

1.2 平成27年5月15日審査会合

津波堆積物評価 (8/8) まとめ

一部修正 (H27/5/15審査会合)

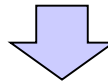
【北海道 (2013) による津波堆積物調査結果】

《奥尻島地点》

- 1993年北海道南西沖地震津波以前の少なくとも5層の津波堆積物を確認した。
- 11～13世紀頃の津波イベントは、1993年北海道南西沖地震津波を超える規模であった可能性がある。

《北海道南部地点》

- 11～13世紀頃の津波堆積物を北海道南部の一部で確認した。
- 1741年の津波堆積物を北海道南部の一部で確認した。
- 上記の津波堆積物は、浸水予測図の浸水範囲を超える場所で確認された。



- 敷地周辺には、1993年北海道南西沖地震津波を上回る津波堆積物は確認されていない。

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

1. 既往津波の検討	3
1. 1 平成26年12月5日審査会合	4
1. 2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2. 1 平成27年5月15日審査会合	26
2. 2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3. 1 平成26年12月5日審査会合	48
3. 2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	75
4. 1 平成27年5月15日審査会合	76
4. 2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	129
5. 1 平成27年8月21日審査会合	130

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

検討方針

一部修正 (H27/5/15審査会合)

○火山による山体崩壊に伴う津波について、以下のとおり、検討することとした。

- ①文献調査(島原眉山崩壊による津波の考察)
- ②検討対象の抽出
- ③津波影響評価

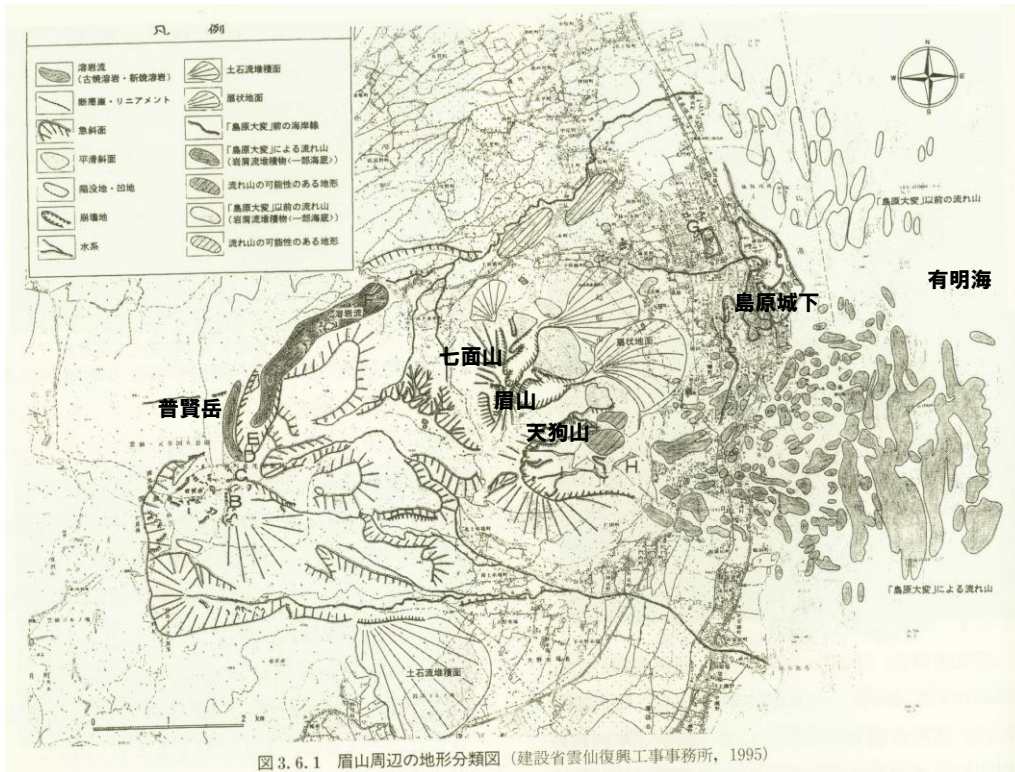
2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

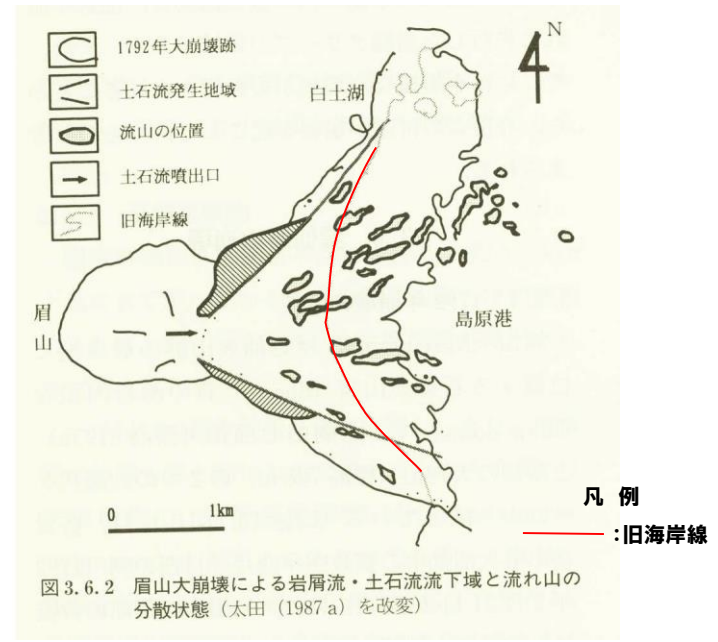
文献調査(雲仙眉山崩壊 中村ほか, 2000)

【概要】

- 眉山は雲仙火山群の最東端に位置する石英安山岩質の溶岩円頂丘(Lava dome)で、北部の七面山(標高819m)と南側の天狗山(標高708m)の2つの釣鐘状ドームから成っている。
- 1792年5月21日20時頃(寛政四年四月一日酉の刻)に、天狗山が山頂部の背後にも達する大崩壊を起こし、さらに有明海に突入した崩土が大津波を誘発して、島原城下をはじめ対岸の肥後をも含めた有明海沿岸の広範囲で、死者行方不明約一万五千人という未曾有の火山災害を発生させた。
- この崩壊により天狗山は約150m低くなり、幅1,000m、長さ2,000m、深さ170mの馬蹄形の典型的な崩壊跡を残した。
- 崩壊土量は $3.4 \times 10^8 m^3$ と見積もられ、島原の海岸線は約870m前進し沖合にも数十の小島が誕生した。



雲仙普賢岳周辺の地形分類図
(中村ほか, 2000に一部加筆)



眉山崩壊岩屑流と流れ山の分散状況
(中村ほか, 2000に一部加筆)

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

文献調査(雲仙眉山崩壊 中村ほか, 2000;太田, 1987a)

【崩壊までの経緯】

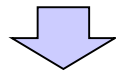
○眉山崩壊は、以下のように群発地震の発生から普賢岳の噴火を経て、島原四月朔(さく)地震発生後、崩壊に至っている。

- 1791年11月3日に島原半島西部の小浜(おばま)付近で地震が発生、それ以後小浜や千々石(ちぢわ)一帯で群発地震が発生する。
- 1792年2月11日に普賢岳が噴火し、その後3月に溶岩の流出が始まり、島原半島では炭酸泉の湧出、炭酸ガスの噴気、地割れ等が発生(地質の脆弱化)。
- 群発地震の活動中心が半島西部から東部に移り、4月21日には島原中心に地震が群発し始める(岩盤疲労)。
- 4月25日には最大規模の地震(島原三月朔地震、震度V~VIが8回)が発生。地割れ等が多数生じ、地下水の上昇も見られる(地下水の異常上昇)。
- 5月21日17時頃より地震が数回続き、20時頃強い地震(島原四月朔地震、 $M6.4 \pm 0.2$)が2回発生した後、眉山が崩壊した(地震の発生)。
- 崩壊に伴い、3波の津波が発生し、有明海沿岸に大きな被害を与え、最も大きい第2波の高さは、約10mと推定されている。

【崩壊の原因】

○崩壊の原因については諸説あったが、太田(1987a)では、米国セントヘレンズ火山の山体崩壊や御岳(おんたけ)山の斜面崩壊などの事例から、それまでの諸説を整理したうえで、崩壊は以下のような、熱水の増大と中~小規模の直下型浅発地震との複合作用によるものとしている。

- ① 亀裂の発達が激しく脆弱な地質
- ② 頻発した地震群による岩盤疲労の進行
- ③ 眉山山体内の熱水圧と地下水位の異常上昇
- ④ 直接の誘因として中~小規模の直下型浅発地震の発生



○文献調査の結果、活動が継続的に認められる火山については、地震により山体崩壊が発生する可能性もあることから、津波影響評価においては、これを考慮する。

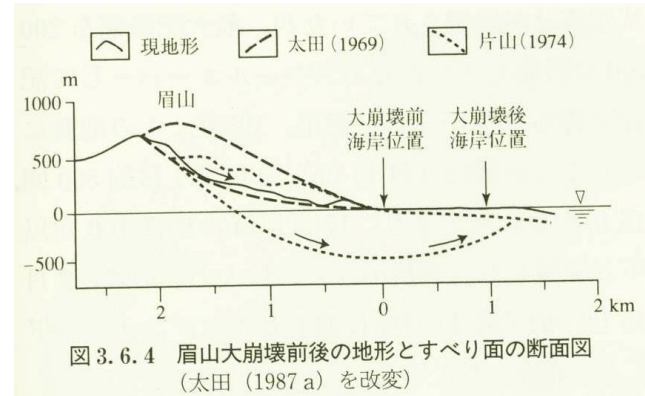


図 3.6.4 眉山大崩壊前後の地形とすべり面の断面図
(太田(1987a)を改変)

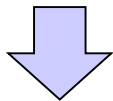
断面から推定される $H/L=0.7/3.5=0.2$

眉山崩壊前後の地形

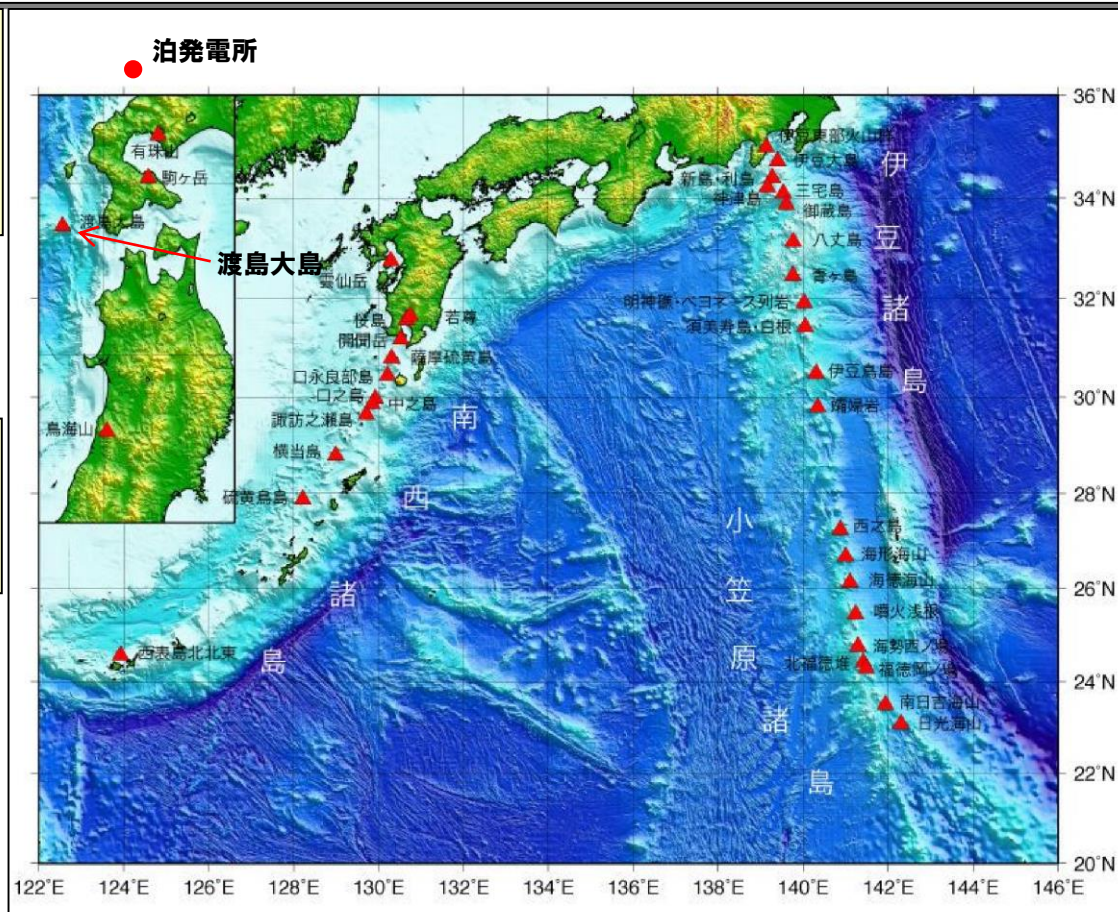
2. 火山による山体崩壊に伴う津波 2.1 平成27年5月15日審査会合

検討対象の抽出(1/2) 敷地周辺の海域火山 (海上保安庁, 2014)

- 海上保安庁(2014)では海域火山データベースを公開している。
- 北海道には有珠山, 駒ヶ岳, 渡島大島が分布する。



- 検討の結果, 敷地に影響を与える可能性のある海域火山として渡島大島を抽出した。



海上保安庁(2014):海底火山データベース_<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikIDB/list-2.htm>に一部加筆

海域火山位置図

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

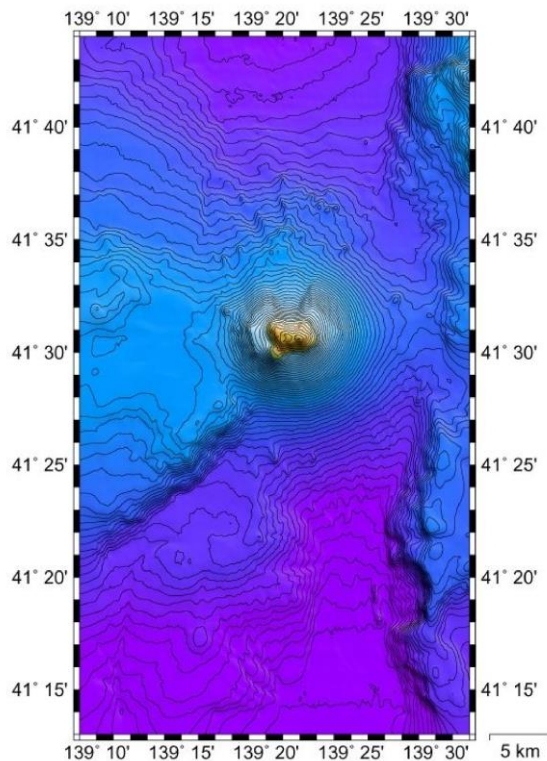
検討対象の抽出 (2/2) 渡島大島の概要 (海上保安庁, 2014)

○位置

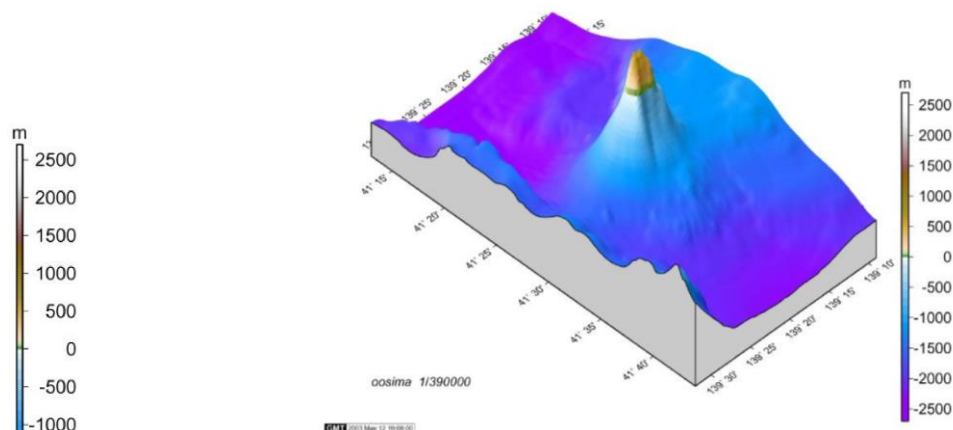
緯度	経度	標高	点名	出典
41° 30' 35.65"	139° 22' 01.75"	732.41m	江良岳(一等三角点・大島)	日本活火山総覧(第4版)

○概要

火山名	別名	概要	火山地形	年代
渡島大島	松前大島	溶岩流堆積物 (70 cu.km) 火砕流堆積物 (0.1 cu.km以下) 降下テフラ堆積物 (10 cu.km)	主要な山体は火砕丘と溶岩流で構成され、まれに溶岩ドーム、山頂付近に馬蹄形カルデラが認められる。	更新世末期 or 完新世～1790年 噴火記録:1741～1742, 1759, 1786, 1790



海底地形図



余白

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

渡島大島 (1/8) 津波影響評価

一部修正 (H27/5/15審査会合)

検討対象

- 敷地に影響を与える可能性のある、海域火山及び陸域火山について検討した結果、渡島大島が検討対象として抽出された。

検討方針 (再現計算)

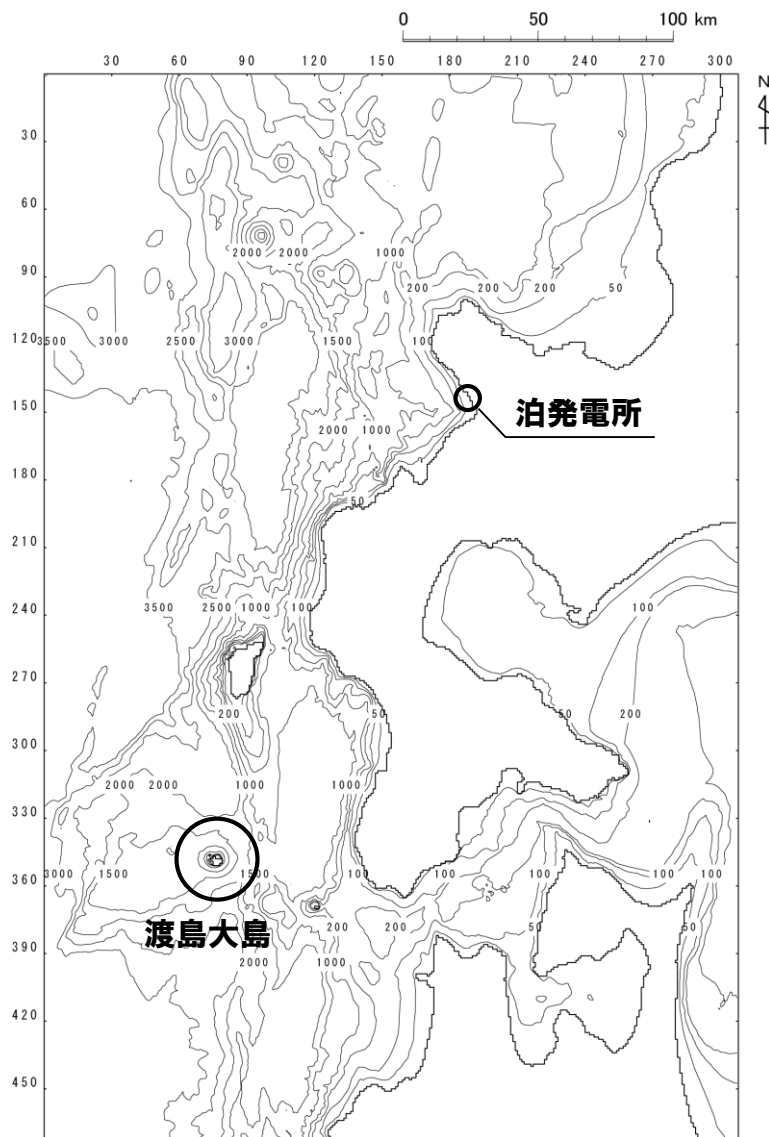
- 渡島大島の山体崩壊に伴う津波の影響を確認する目的で、Satake (2007) に基づく1741年 (渡島西岸) 津波の再現計算を実施する。
- 津波の数値シミュレーションは、以下の2モデルを実施。

① Kinematic landslideモデル

崩壊物が斜面を滑り降りる過程を想定し、「位置エネルギー」を与えるモデル。

② 二層流モデル

崩壊物が海底斜面を滑り降りる過程 (下層) と、そのために海面に起こる波 (上層) を同時に計算する相互作用モデル。



渡島大島位置図

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

渡島大島 (2/8) 津波シミュレーション (Kinematic landslideモデル)

再掲 (H25/8/14審査会合)

入力データ	入力値等	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (時間)	3	
比高変化 (m)	最大388	Satake (2007) による崩壊前後の地形を基にデータ化。
鉛直変位ライズタイム (s)	120	Satake (2007) に基づき設定。
変動伝播速度 (m/s)	40	Satake (2007) に基づき設定。

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

渡島大島 (3/8) 津波シミュレーション (二層流モデル)

再掲 (H25/8/14審査会合)

入力データ		入力値等	備考
計算時間間隔 Δt (s)		崩壊後5分まで:0.002秒 崩壊後5分以降:0.2秒	崩壊後5分までは計算が安定に進むよう Δt を小さく設定。 5分以降は計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (時間)		6	
海水密度 (kg/m ³)		1,030	一般値を使用。
崩壊物密度 (kg/m ³)		2,000	松本ほか (1998) に基づき設定。
底面粗度係数 n (m ^{-1/3} ・s)	上層	0.03	土木学会 (2002) に基づき設定。
	下層	0.40	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。
界面抵抗係数 f_{int}		0.0	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。
渦動粘性係数 ν (m ² /s)	下層	0.1	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。

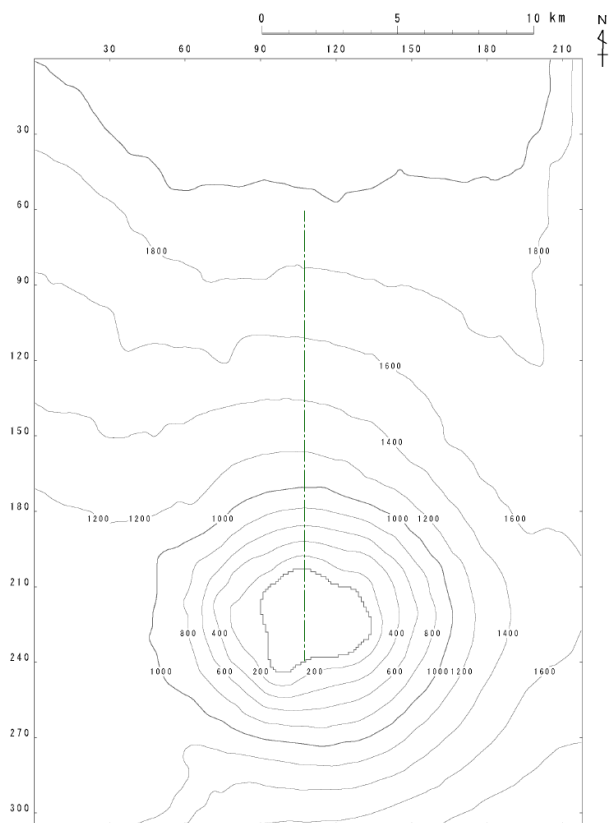
2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

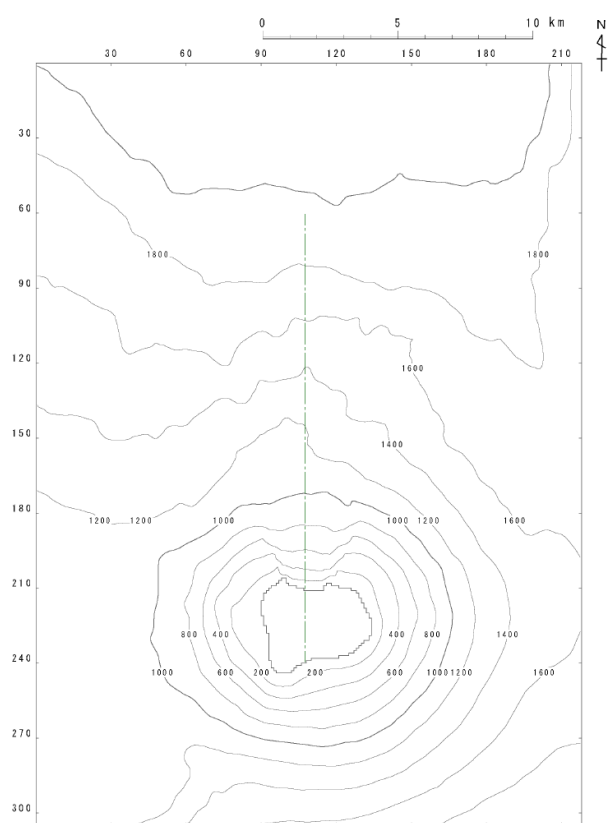
渡島大島 (4/8) 噴火前地形と噴火後地形及び最終地形変化量 (1/2)

再掲 (H25/8/14審査会合)

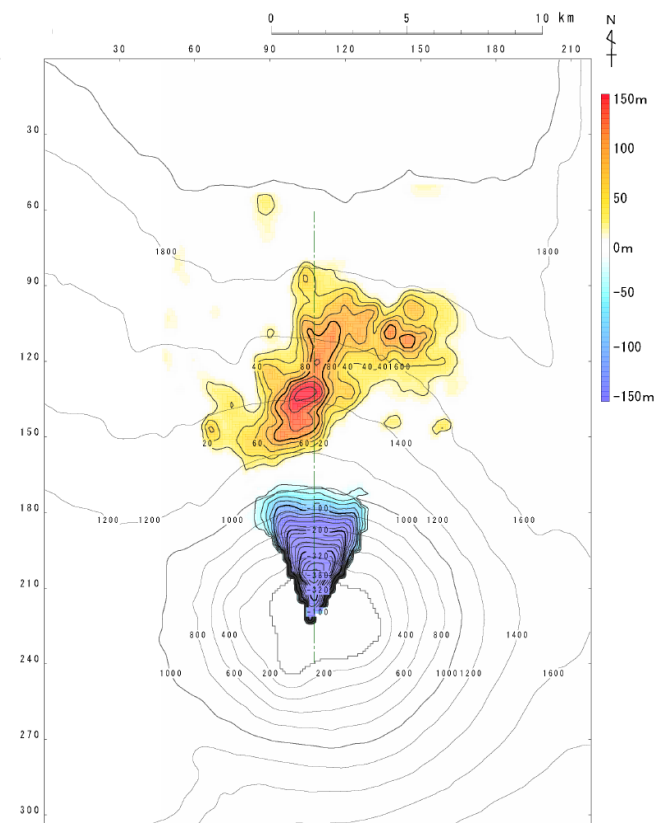
○山体崩壊に関する解析に当たっては, Satake (2007) に示されている渡島大島周辺の測深図に基づく地形変化から噴火前と噴火後の地形変化を推定。



噴火前地形



噴火後地形



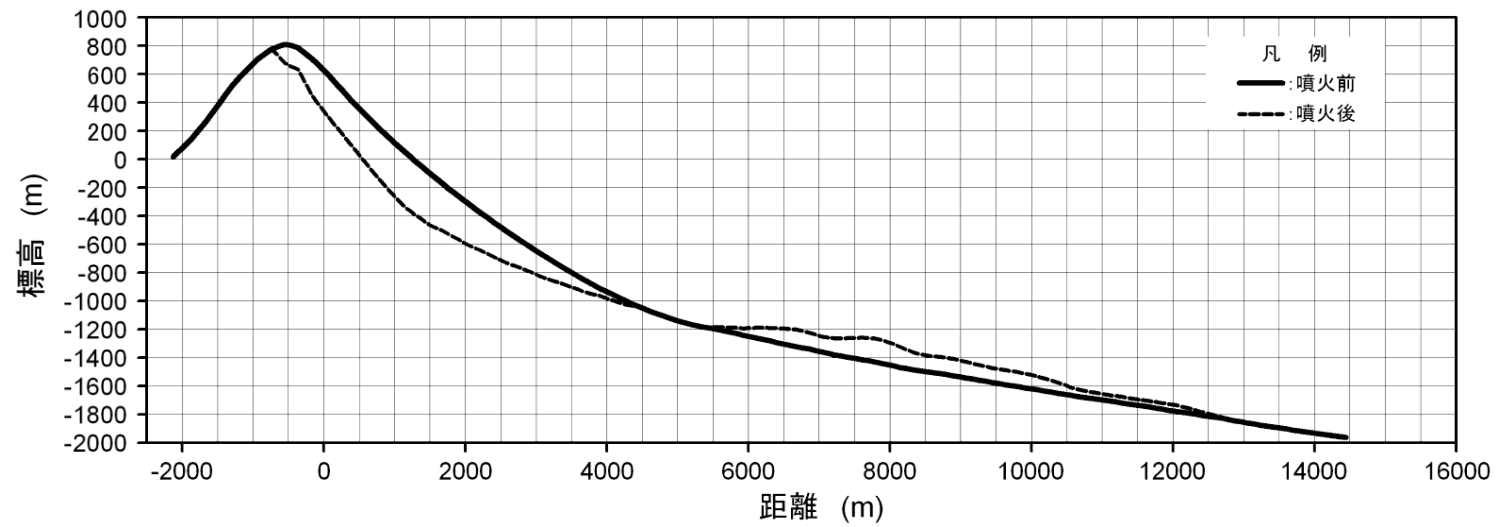
最終地形変化量

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

渡島大島 (5/8) 噴火前地形と噴火後地形及び最終地形変化量 (2/2)

再掲 (H25/8/14審査会合)



噴火前地形と噴火後地形の断面形状

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

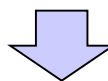
2.1 平成27年5月15日審査会合

渡島大島(6/8) 津波シミュレーション結果

一部修正(H27/5/15審査会合)

○渡島大島の山体崩壊に伴う津波の影響を確認する目的で、Satake(2007)に示されている渡島大島周辺の測深図に基づく地形変化から噴火前と噴火後の地形変化を推定し、Kinematic landslideモデル及び二層流モデルにより、数値シミュレーションによる再現計算を実施した。

区分	Kinematic landslide モデル	二層流モデル
敷地前面 (上昇側)	1.59m	1.53m
3号炉取水口 (上昇側)	1.32m	0.69m
1, 2号炉取水口 (上昇側)	1.22m	0.60m
3号炉取水口 (下降側)	1.01m	0.92m
1, 2号炉取水口 (下降側)	0.97m	0.63m



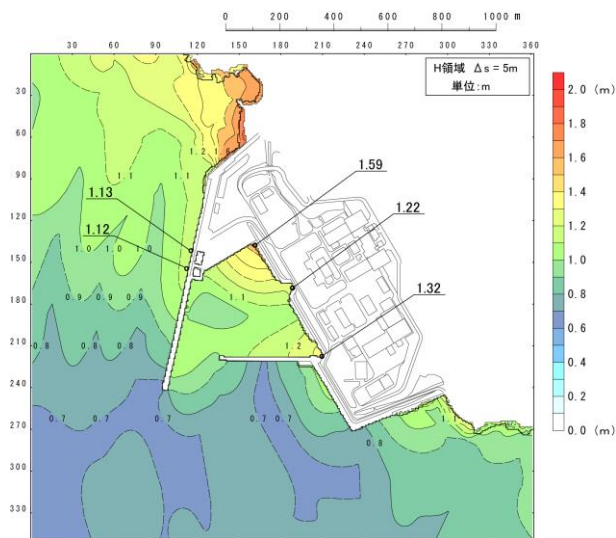
○Satake(2007)に基づく1741年(渡島西岸)津波の再現計算については、火山噴火に伴う事象であり、地震に伴う津波とは独立した事象であると考えられる。

○一方、眉山の事例を踏まえると、継続的に火山活動が認められる渡島大島については、地震により山体崩壊が発生する可能性もあることから、現地形において山体崩壊が発生した場合の影響について、検討を実施する。

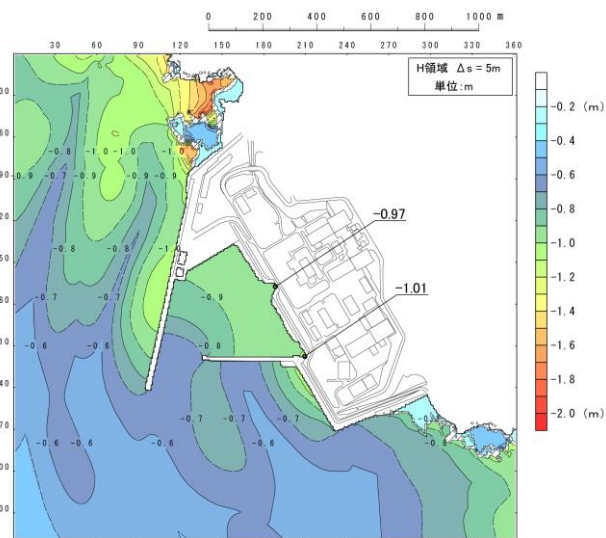
2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

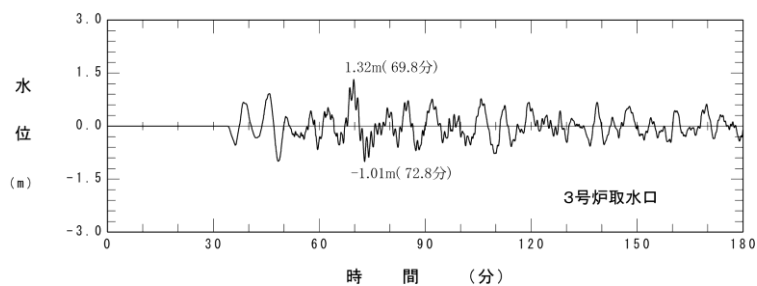
渡島大島 (7/8) 津波シミュレーション結果 (3号炉取水口)



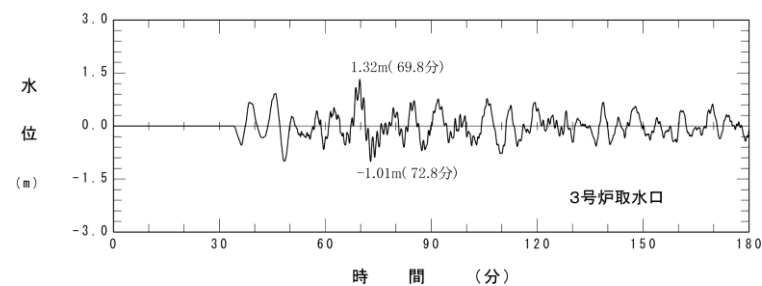
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

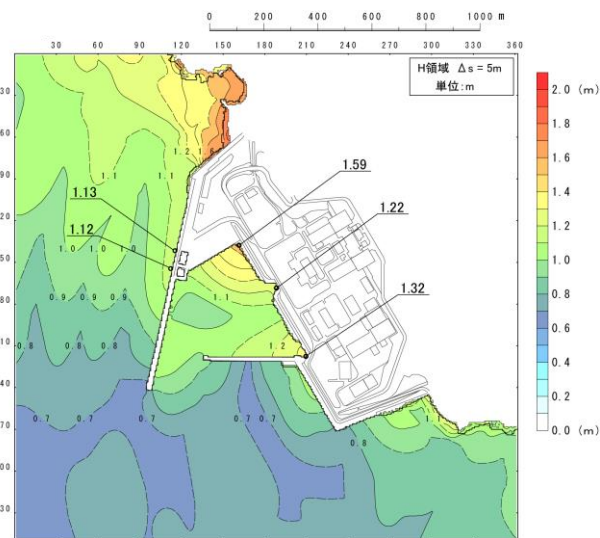


水位時刻歴波形

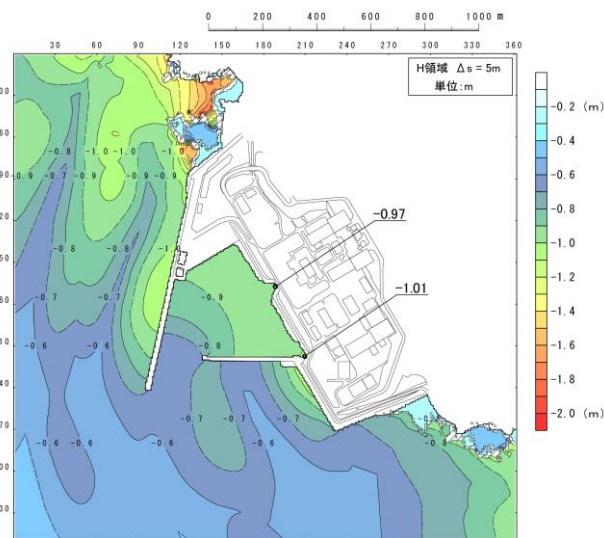
2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.1 平成27年5月15日審査会合

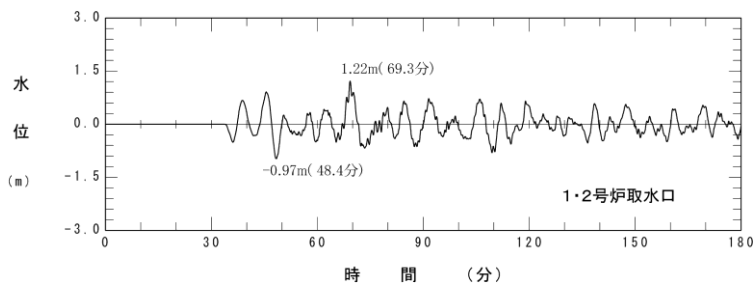
渡島大島 (8/8) 津波シミュレーション結果 (1, 2号炉取水口)



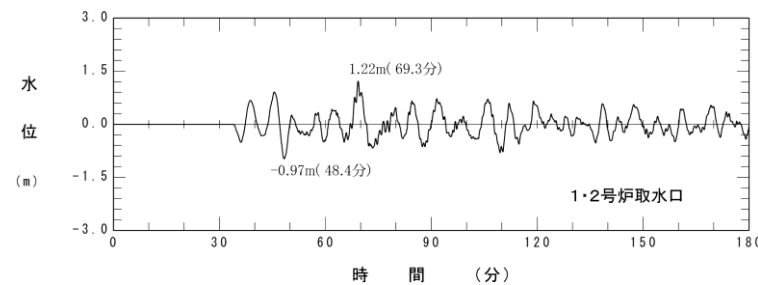
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



水位時刻歴波形

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2. 2 平成27年8月21日審査会合

1. 既往津波の検討	3
1. 1 平成26年12月5日審査会合	4
1. 2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2. 1 平成27年5月15日審査会合	26
2. 2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3. 1 平成26年12月5日審査会合	48
3. 2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	75
4. 1 平成27年5月15日審査会合	76
4. 2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	129
5. 1 平成27年8月21日審査会合	130

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.2 平成27年8月21日審査会合

説明概要

一部修正 (H27/5/15審査会合)

コメント概要

(H26.12.5 審査会合)

- 火山による山体崩壊に伴う津波について、評価対象の選定理由を説明すること。
- 火山による山体崩壊の想定について、地震による津波との重畳に関する検討の必要性も含めて説明すること。



説明概要

(H27.5.15 審査会合)

- 敷地周辺の海域火山について、海上保安庁(2014)に基づき、敷地に影響を与える可能性のある海域火山として 渡島大島 を抽出した。
- 敷地周辺の陸域火山について、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参考に、産業技術総合研究所(2013)「日本の火山(第3版)」に基づき、ニセコ・雷電火山群、狩場山及び勝瀨山を抽出し、敷地に影響を与える可能性について検討した。
- 上記の結果、渡島大島が津波影響評価の検討対象として抽出され、Satake(2007)に基づく1741年(渡島西岸)津波による敷地への影響を確認したうえで、地震により山体崩壊が発生する可能性を考慮し、現地形において山体崩壊が発生した場合の影響について検討した。
- Satake(2007)に基づく1741年(渡島西岸)津波については、火山噴火に伴う事象であり、地震に伴う津波とは独立した事象であると考えられるため、組合せについては考慮しないこととした。
- 現地形による山体崩壊に伴う津波については、地震に伴う津波との 組合せを考慮することとした。



(H27.5.15 審査会合)

- 火山の山体崩壊に伴う津波のうち、渡島大島の山体崩壊について、山体崩壊が発生する要因や火山形態に着目し、想定する崩壊について説明すること。また、地震による津波との重畳の考え方についても整理して説明すること。
- 既存の山体崩壊の事例について更なるレビューを行い、ニセコ・雷電火山群の評価を行うこと。



(今回検討方針)

- 渡島大島の現地形が崩壊する可能性について、Satake(2007)を参考に、山体崩壊範囲を保守的に想定し、崩壊規模を算出する。
- 上記において想定した崩壊規模と、Satake(2007)に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーションにおける 崩壊規模を比較したうえで、保守的な観点から、地震に伴う津波との組合せを考慮する候補となるケースを選定する。
- 眉山の事例を踏まえ、眉山及びニセコ・雷電火山群の地形、地質・地質構造等を整理したうえで、群発地震等により離れた箇所でも崩壊する可能性について検討する。
- ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部に分布する雷電山は活動を終えた火山であるが、既往の山体崩壊の事例について更なるレビューを行い、雷電山で山体崩壊等が発生する可能性について検討する。

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

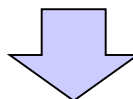
2.2 平成27年8月21日審査会合

検討方針

一部修正 (H27/5/15審査会合)

【既検討について】

- 火山による山体崩壊に伴う津波について、敷地に影響を与える可能性のある火山として、渡島大島を検討対象として抽出した。
- 渡島大島の山体崩壊に伴う津波の敷地への影響を確認する目的で、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーションを実施した。
- Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーションについては、火山噴火に伴う事象であり、地震に伴う津波とは独立した事象であると考えられるため、組合せについては考慮しないこととした。
- 眉山の事例を踏まえ、継続的に火山活動が認められる渡島大島については、地震により山体崩壊が発生する可能性を考慮し、渡島大島の現地形において山体崩壊が発生した場合の影響について検討を実施した。
- 現地形による山体崩壊に伴う津波については、地震に伴う津波との組合せを考慮することとした。



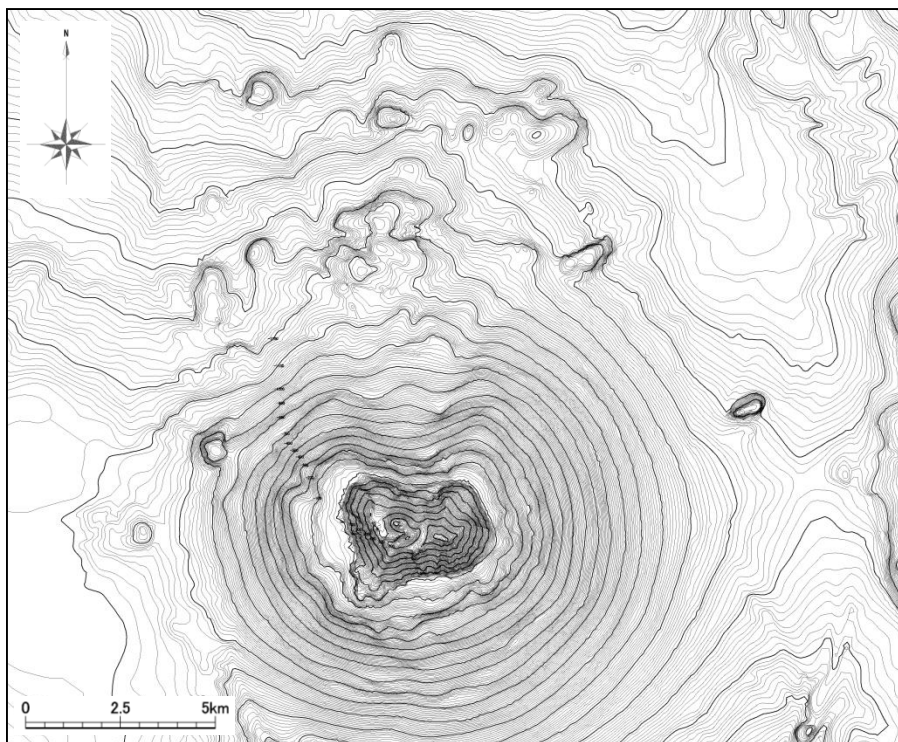
【追加検討について】

- 渡島大島の現地形が崩壊する可能性について、Satake (2007) を参考に、山体崩壊範囲を保守的に想定し、崩壊規模を算出する。
- 上記において想定した崩壊規模と、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーションにおける崩壊規模を比較したうえで、保守的な観点から地震に伴う津波との組合せを考慮する候補となるケースを選定する。

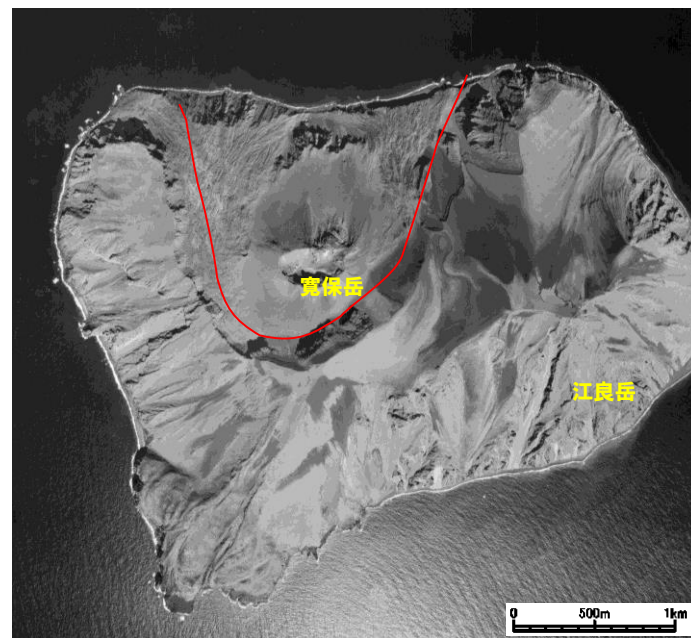
2.2 平成27年8月21日審査会合

山体崩壊規模の再評価

- 今後、火山活動が活発化した場合の山体崩壊範囲について、現地地形及びSatake (2007) を参考に想定し、崩壊量の算出を行う。
- 海底地形図から山腹に側火山等の地形は認められないことから、渡島大島は水深1,000m付近からそびえる典型的な単成海底火山で、活動の中心は陸上部（渡島大島）と推定される。
- 空中写真から、1741年山体崩壊地内に後火山とみられる寛保岳が分布し、現在の火山活動の中心となっていると推定される。
- 今後の火山活動を考慮した山体崩壊の範囲としては、寛保岳の活動の活発化によるものを想定すると、1741年崩壊の規模に相当すると考えられることから、Satake (2007) を参考に現地地形を考慮して設定した。



渡島大島の海底地形



凡例

— : 崩壊範囲

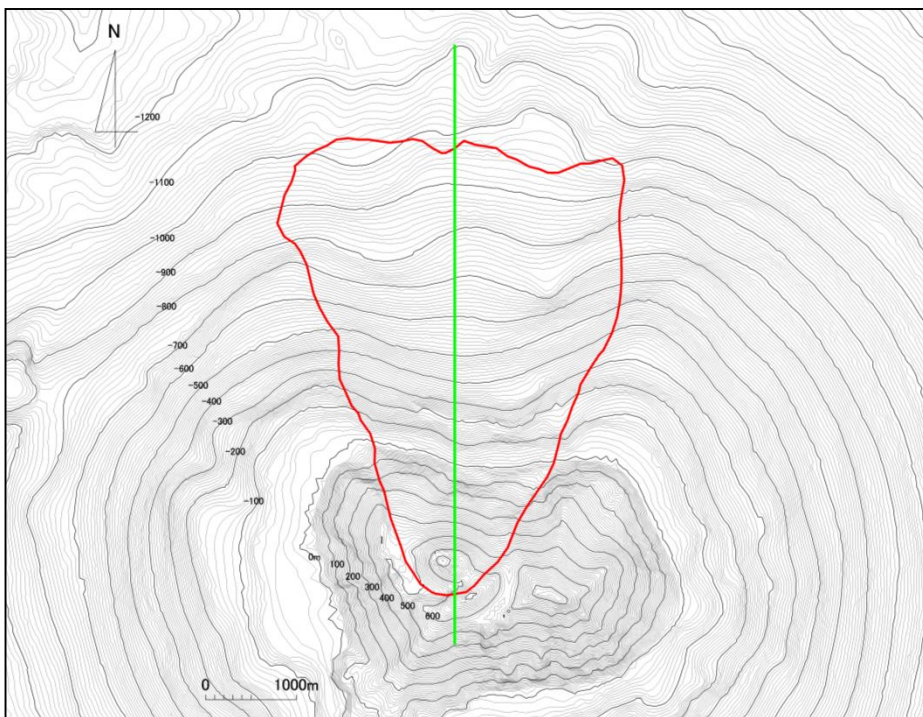
1741年崩壊の陸上部の崩壊範囲

2. 火山による山体崩壊に伴う津波

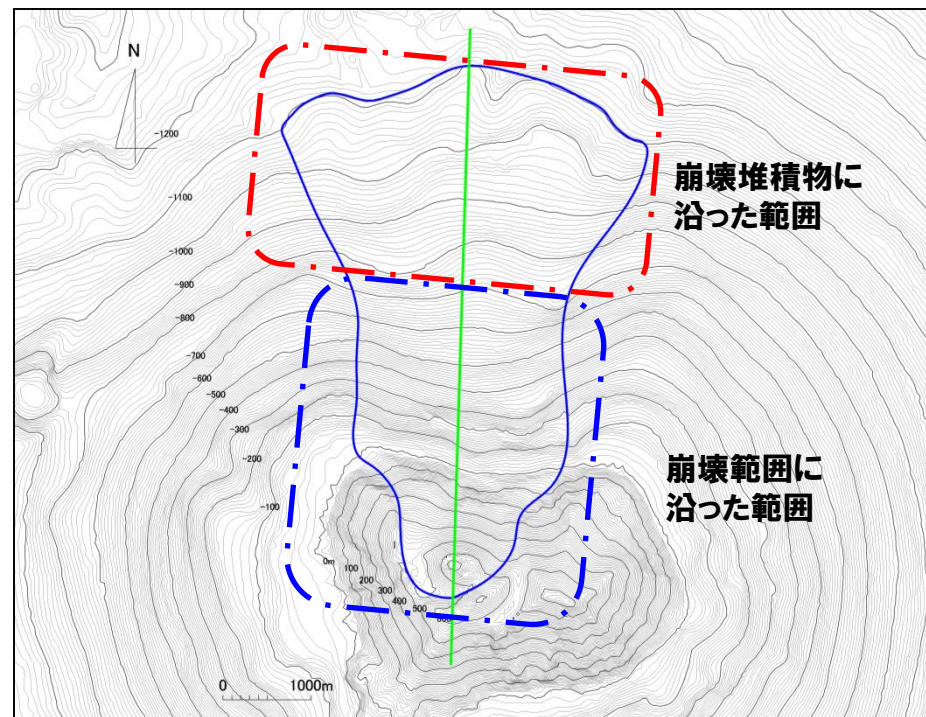
2.2 平成27年8月21日審査会合

崩壊規模の比較検討 (1/2)

- Satake (2007) の崩壊範囲を参考に、現地形より1741年崩壊堆積物の範囲を想定した。
- 山体崩壊の範囲は、1741年崩壊範囲及び崩壊堆積物が再度、崩壊するものとして設定した。
- 崩壊層厚については、高速道路調査会 (1985) を参考に幅から設定した結果約280m、崩壊規模は約 $1.9 \times 10^9 \text{m}^3$ となり、Satake (2007) に基づく1741年 (渡島西岸) 津波のシミュレーションにおける崩壊規模 $2.4 \times 10^9 \text{m}^3$ とほぼ同等となった。



渡島大島 (Satake2007)



渡島大島 (現地形)

区分	崩壊規模 (m ³)
1741年 (渡島西岸) 津波時 (Satake, 2007)	2.4×10^9
現地形	1.9×10^9

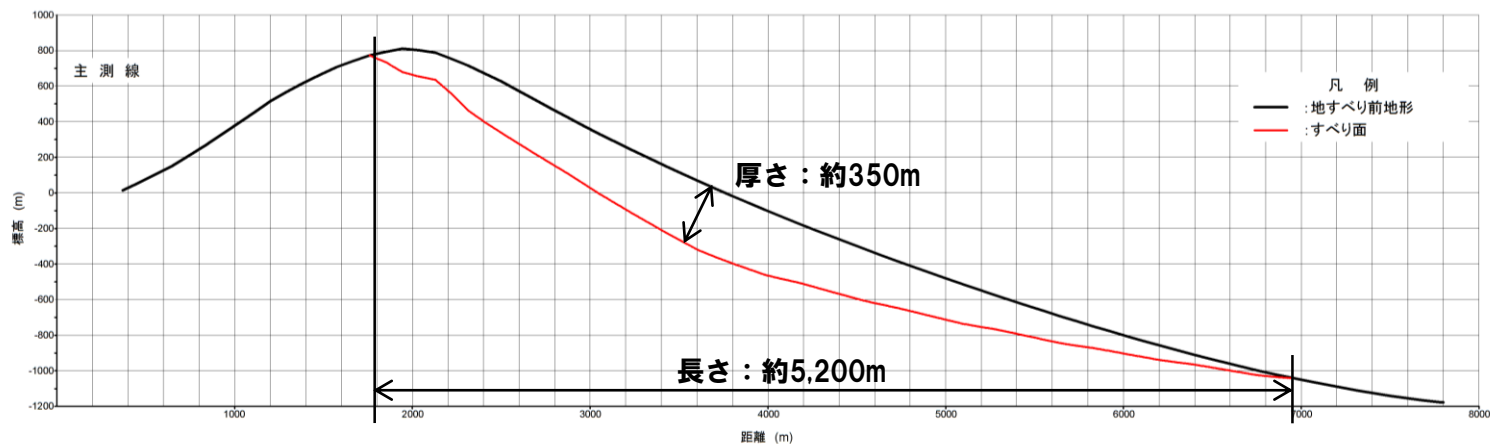
2. 火山による山体崩壊に伴う津波

2.2 平成27年8月21日審査会合

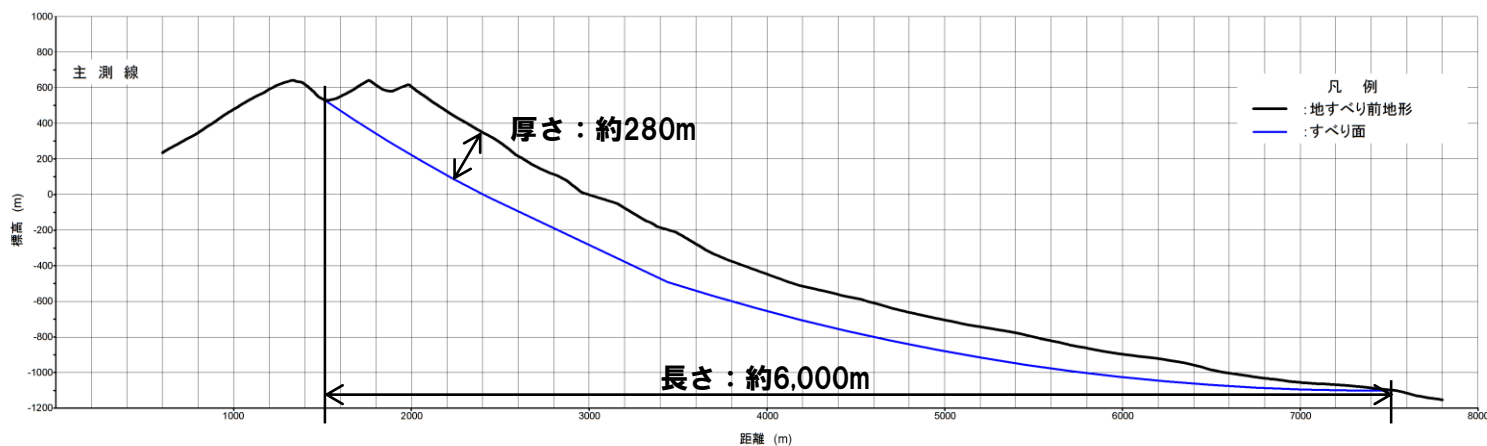
崩壊規模の比較検討 (2/2)

○崩壊層厚及び縦断面形状はSatake (2007) とほぼ同等である。

渡島大島 (Satake2007)



渡島大島 (現地形)



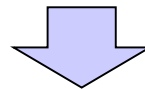
崩壊地形の断面形状

2.2 平成27年8月21日審査会合

まとめ

一部修正 (H27/5/15審査会合)

- 今後、渡島大島の火山活動が活発化し、山体の膨張により規模が拡大する可能性も考えられることから、Satake (2007) を参考に、山体崩壊範囲を保守的に想定し、崩壊規模を算出したうえで、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波における崩壊規模との比較を行った。
- 算出された崩壊規模は約 $1.9 \times 10^9 \text{m}^3$ となり、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーションにおける崩壊規模 $2.4 \times 10^9 \text{m}^3$ とほぼ同等となった。



- 以上のことから、地震に伴う津波との組合せを考慮する候補となるケースは、保守性を考慮して、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーション結果とする。

3. 海底地すべりに伴う津波

1. 既往津波の検討	3
1. 1 平成26年12月5日審査会合	4
1. 2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2. 1 平成27年5月15日審査会合	26
2. 2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3. 1 平成26年12月5日審査会合	48
3. 2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	75
4. 1 平成27年5月15日審査会合	76
4. 2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	129
5. 1 平成27年8月21日審査会合	130

3. 海底地すべりに伴う津波

3. 1 平成26年12月5日審査会合

検討方針

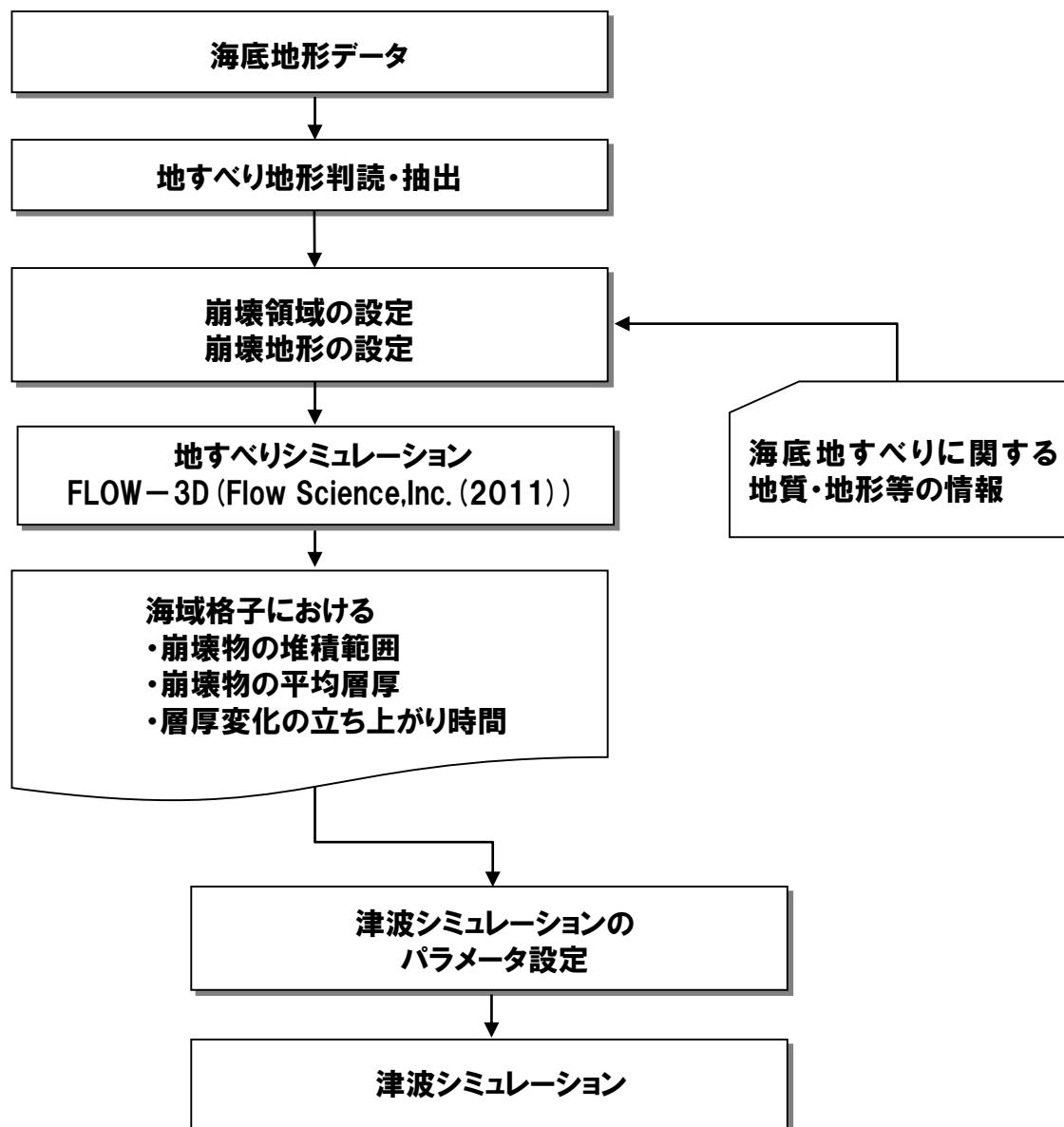
一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 敷地周辺の海域において津波の波源として評価している日本海東縁部に位置し、 F_B-2 断層が認められる急崖地形である後志舟状海盆西縁付近を対象として、海底地形データ等に基づき、地すべり地形を抽出。
- 抽出した地すべり地形について、規模の大きい順に数値シミュレーションを実施し、敷地への影響の有無を順次判定する。
- 地すべり地形前後区間の等高線の分布状況や、地すべり固有の地形的特徴を考慮し、地すべり前地形の等高線を推定。
- そのうえで、津波の数値シミュレーションは、海底地すべりのシミュレーション結果を波源とすることにより実施。
- 地すべりによる津波発生モデルについては、Kinematic landslideモデルの手法を用いる。

3. 海底地すべりに伴う津波

3.1 平成26年12月5日審査会合

検討フロー



3. 1 平成26年12月5日審査会合

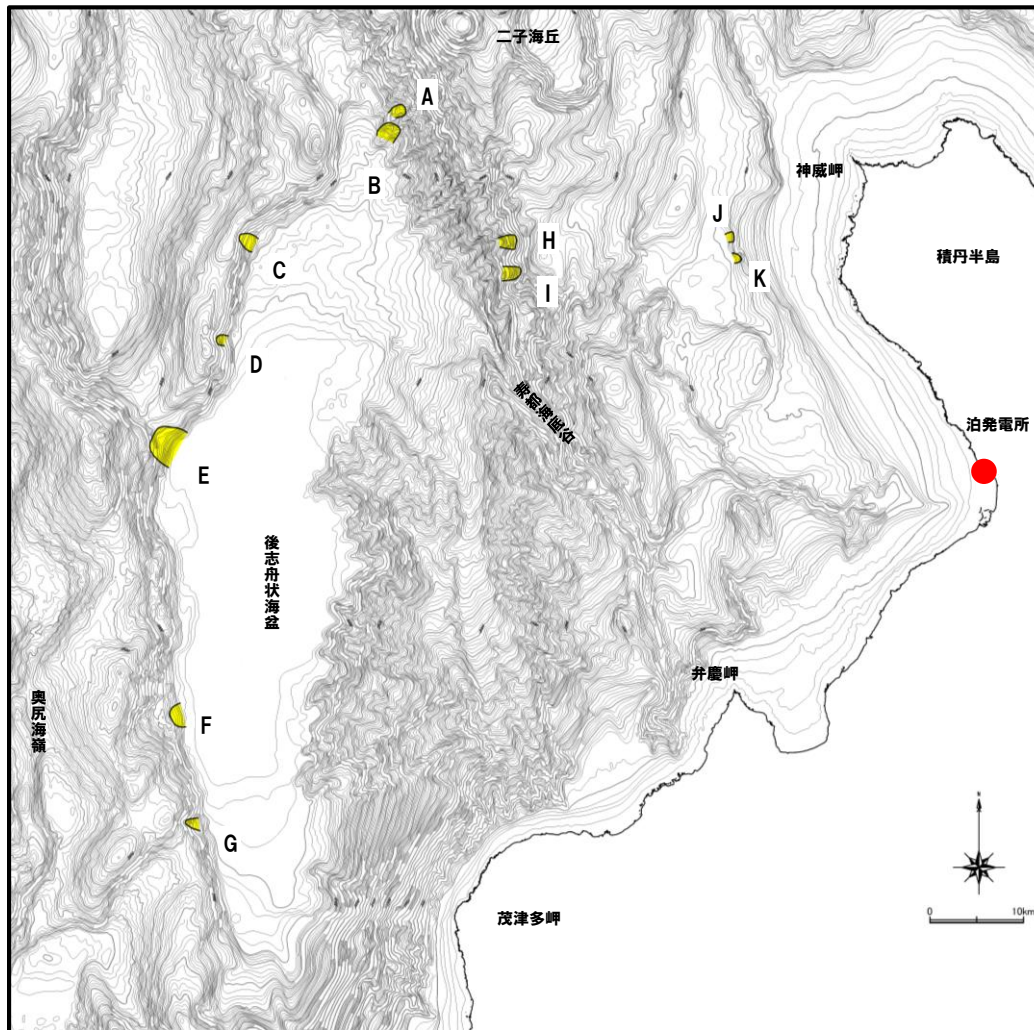
海底地すべり地形の抽出手順

- ①敷地前面海域周辺において、3秒データ(約100mDEM)より等深線図を作成。それ以外の範囲については日本水路協会発行のM7000を用いて等深線図を作成。
- ②等深線図の斜面中に、平面形が馬蹄形、半円形及びコの字型などの凹地を呈する地形において滑落崖状、抜け跡状の地形を抽出する。
- ③抽出した地形の下方に地すべり土塊(台地状、扇状地状の地形)があるかどうかを検討する。
- ④抽出においては、土塊は陸上に比べて薄く広がる特徴がある点に留意する。

3. 海底地すべりに伴う津波

3.1 平成26年12月5日審査会合

海底地すべり地形の抽出結果 (1/2)



3. 1 平成26年12月5日審査会合

海底地すべり地形の抽出結果 (2/2)

地すべり 地形	L 長さ (m)	W 幅 (m)	H 高低差 (m)	D 推定厚さ(m) Brune et al. (2009)	長さ×厚さ (m ²)	規模の 順位	概略体積 (m ³)	体積の 順位	発電所 までの 距離 (km)
A	2,000	1,200	180	56	111,000	3	44,000,000	4	72
B	2,200	2,000	230	61	134,000	2	90,000,000	2	71
C	2,000	1,600	280	56	111,000	3	59,000,000	3	80
D	1,000	1,000	260	28	28,000	9	9,000,000	9	81
E	3,000	3,100	350	83	250,000	1	258,000,000	1	87
F	1,400	2,200	140	39	54,000	8	40,000,000	5	89
G	1,700	1,000	280	47	80,000	5	27,000,000	8	91
H	1,600	1,400	420	44	71,000	7	33,000,000	7	55
I	1,700	1,400	480	47	80,000	5	37,000,000	6	54
J	700	1,000	120	19	14,000	11	5,000,000	11	37
K	900	1,000	130	25	23,000	10	8,000,000	10	35

3. 海底地すべりに伴う津波

3.1 平成26年12月5日審査会合

津波シミュレーション結果

一部修正 (H26/12/5審査会合)

区分	地すべりA	地すべりB	地すべりC	地すべりD	地すべりE	地すべりF	地すべりG	地すべりH	地すべりI	地すべりJ	地すべりK
敷地前面 (上昇側)	0.12m	0.17m	0.09m	-	0.37m	0.06m	-	-	-	-	-
3号炉取水口 (上昇側)	0.12m	0.13m	0.07m	-	0.32m	0.03m	-	-	-	-	-
1, 2号炉取水口 (上昇側)	0.11m	0.13m	0.06m	-	0.28m	0.03m	-	-	-	-	-
3号炉取水口 (下降側)	0.14m	0.16m	0.07m	-	0.24m	0.04m	-	-	-	-	-
1, 2号炉取水口 (下降側)	0.13m	0.16m	0.06m	-	0.23m	0.03m	-	-	-	-	-
概略体積の順位	4 ($4.4 \times 10^7 \text{ m}^3$)	2 ($9.0 \times 10^7 \text{ m}^3$)	3 ($5.9 \times 10^7 \text{ m}^3$)	9 ($9.0 \times 10^6 \text{ m}^3$)	1 ($2.6 \times 10^8 \text{ m}^3$)	5 ($4.0 \times 10^7 \text{ m}^3$)	8 ($2.7 \times 10^7 \text{ m}^3$)	7 ($3.3 \times 10^7 \text{ m}^3$)	6 ($3.7 \times 10^7 \text{ m}^3$)	11 ($5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$)	10 ($8.0 \times 10^6 \text{ m}^3$)
影響の順位	3	2	4	-	1	5	-	-	-	-	-

3. 海底地すべりに伴う津波

3. 2 平成27年8月21日審査会合

1. 既往津波の検討	3
1. 1 平成26年12月5日審査会合	4
1. 2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2. 1 平成27年5月15日審査会合	26
2. 2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3. 1 平成26年12月5日審査会合	48
3. 2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	75
4. 1 平成27年5月15日審査会合	76
4. 2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	129
5. 1 平成27年8月21日審査会合	130

3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりに伴う津波 (1/7) 説明概要

一部修正 (H27/8/21審査会合)

コメント概要

(H27.5.15 審査会合)

- Kinematic landslideモデルにおけるライズタイムの入力値等, 入力データの設定方法及び適用性について示すこと。

説明概要

(検討方針)

- **Kinematic landslideモデル**において入力するパラメータである, **変動伝播速度**及び**鉛直変位ライズタイム**について, より明確な根拠を持った入力値として, 地すべりシミュレーション結果から得られる情報により検討する。
- 入力値の検討に当たっては, 不確かさを考慮した**パラメータスタディを実施**する。
- 複数の計算手法による総合的な評価として, 海底地すべりに伴う津波についても, **二層流モデルによる津波シミュレーションとの比較検討**を実施し, 安全側の評価となっていることを確認する。
- 二層流モデルとの比較検討ケースは, 津波影響評価の検討対象としたものうち, **崩壊規模を考慮**し, 海底地すべりに伴う津波については, 「**海底地すべりE**」を代表ケースとして選定する。

【海底地すべりに伴う津波】

二層流モデル 検討対象候補	海底地すべりA	海底地すべりB	海底地すべりC	海底地すべりE	海底地すべりF
崩壊規模 (m ³)	4.48×10 ⁷	8.95×10 ⁷	5.97×10 ⁷	2.57×10 ⁸	4.00×10 ⁷

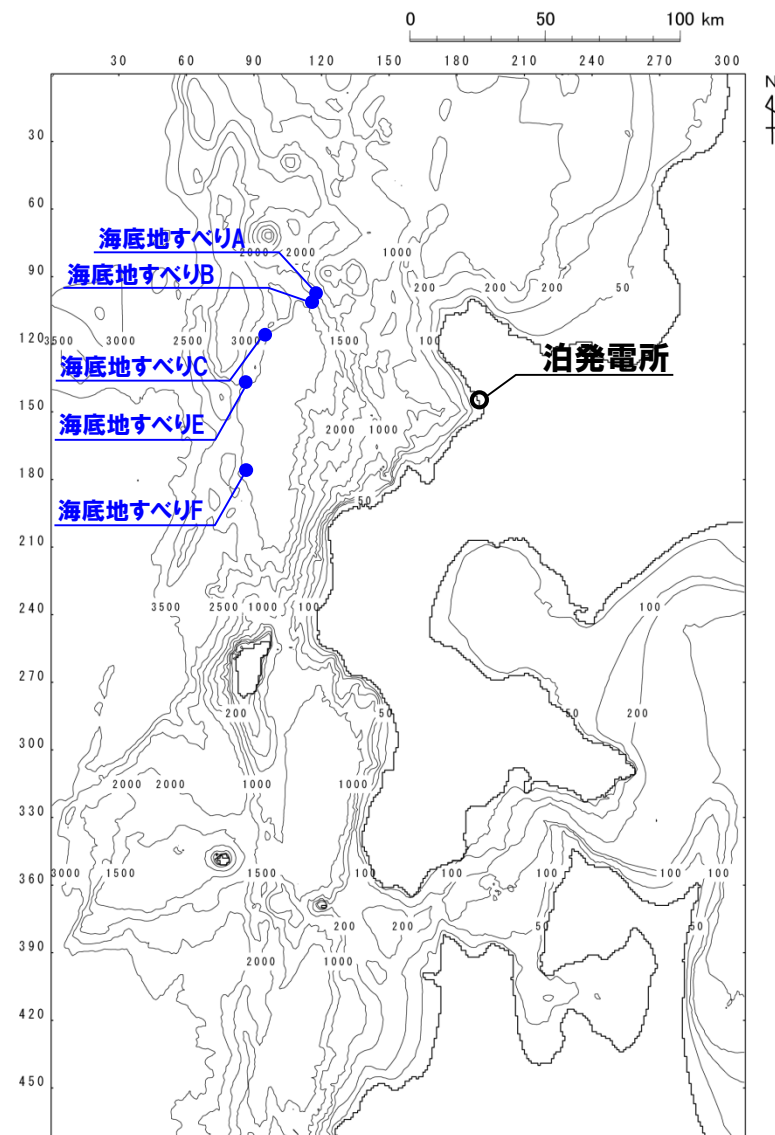
3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりに伴う津波 (2/7) 評価対象全体位置図

一部修正 (H27/8/21審査会合)

区分	検討箇所	崩壊規模 (m^3)	敷地までの距離 (km)
海底地すべりに 伴う津波	海底地すべりA	4.48×10^7	72
	海底地すべりB	8.95×10^7	71
	海底地すべりC	5.97×10^7	80
	海底地すべりE	2.57×10^8	87
	海底地すべりF	4.00×10^7	89



地すべり・崩壊箇所位置図

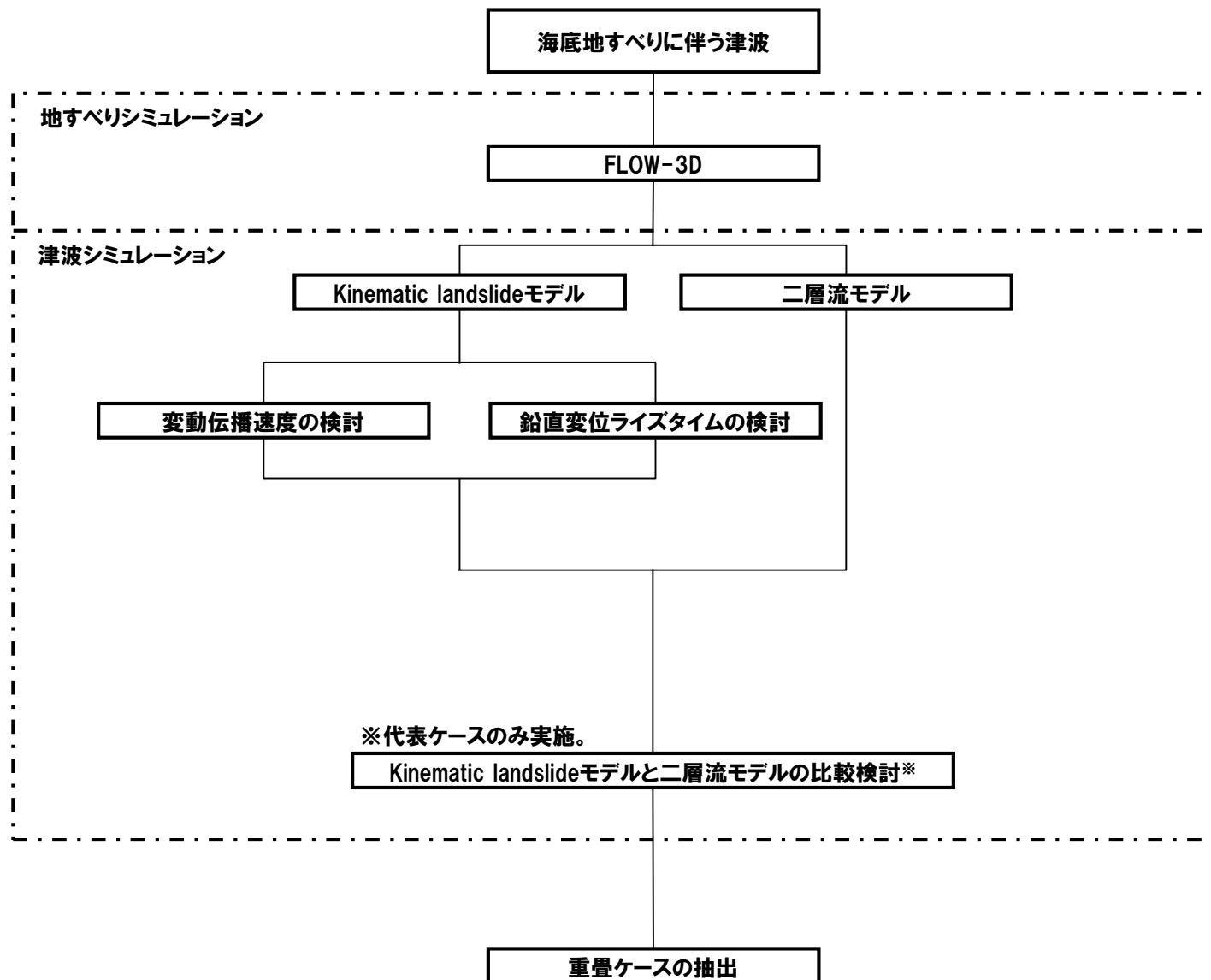
:本章において検討対象としたケース。

3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりに伴う津波 (3/7) 検討フロー

一部修正 (H27/8/21審査会合)



3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりに伴う津波(4/7) 検討方針

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- Kinematic landslideモデルにおいて入力するパラメータである、変動伝播速度及び鉛直変位ライズタイムについて、より明確な根拠を持った入力値として、地すべりシミュレーション結果から得られる情報により検討する。
- 入力値の検討に当たっては、不確かさを考慮したパラメータスタディを実施する。
- 複数の計算手法による総合的な評価として、海底地すべりに伴う津波についても、二層流モデルによる津波シミュレーションとの比較検討を実施し、安全側の評価となっていることを確認する。
- 二層流モデルとの比較検討ケースは、津波影響評価の検討対象としたもののうち、崩壊規模を考慮し、海底地すべりに伴う津波については、「海底地すべりE」を代表ケースとして選定する。

3. 海底地すべりに伴う津波

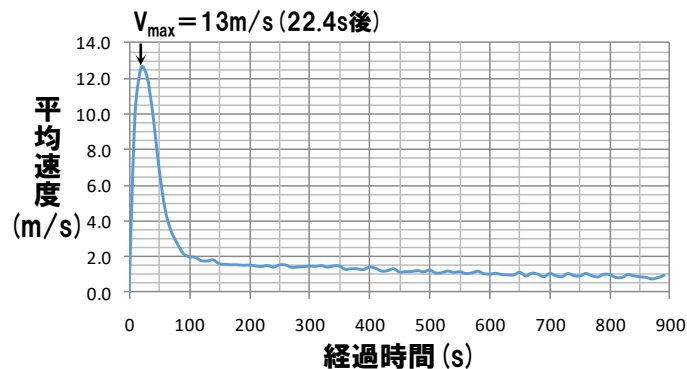
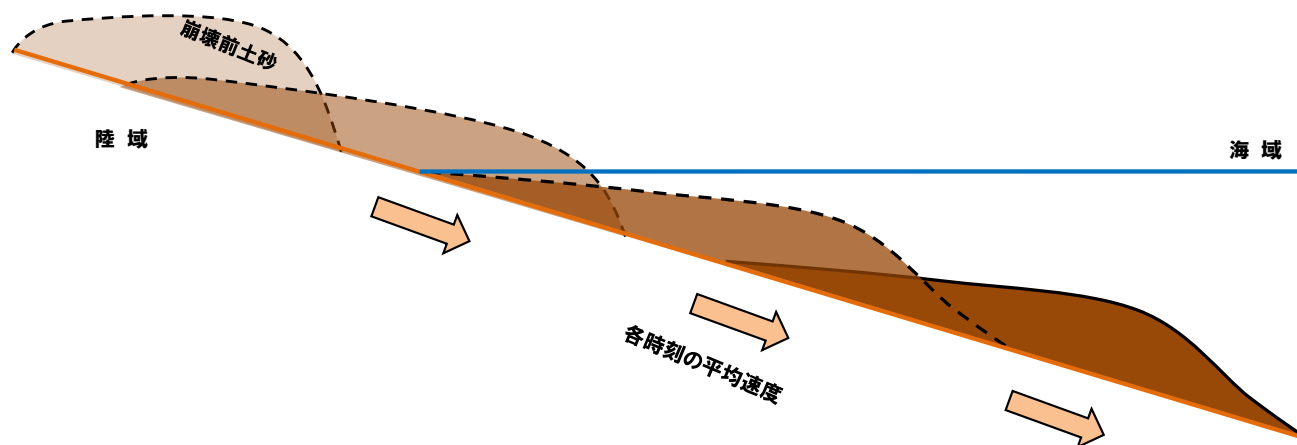
3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりに伴う津波 (5/7) 入力値の設定 (変動伝播速度)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- 変動伝播速度は、FLOW-3Dによる地すべりシミュレーションで得られる移動土塊の速度を入力値とする。
- 移動土塊の速度は、土塊全体の速度の平均値とし、崩壊開始から崩壊後地形としている崩壊10分後までの間における、各時刻での値を算出する。
- 選定する入力値は、土塊や土砂が湛水池に突入することで生じる波高は、その突入速度が速いほど、高くなることが報告されている(水山ほか, 1985; 道上ほか, 1996; 松村ほか, 1997)ことから、保守的に移動土塊の平均速度の最大値を用いる。

算定イメージ



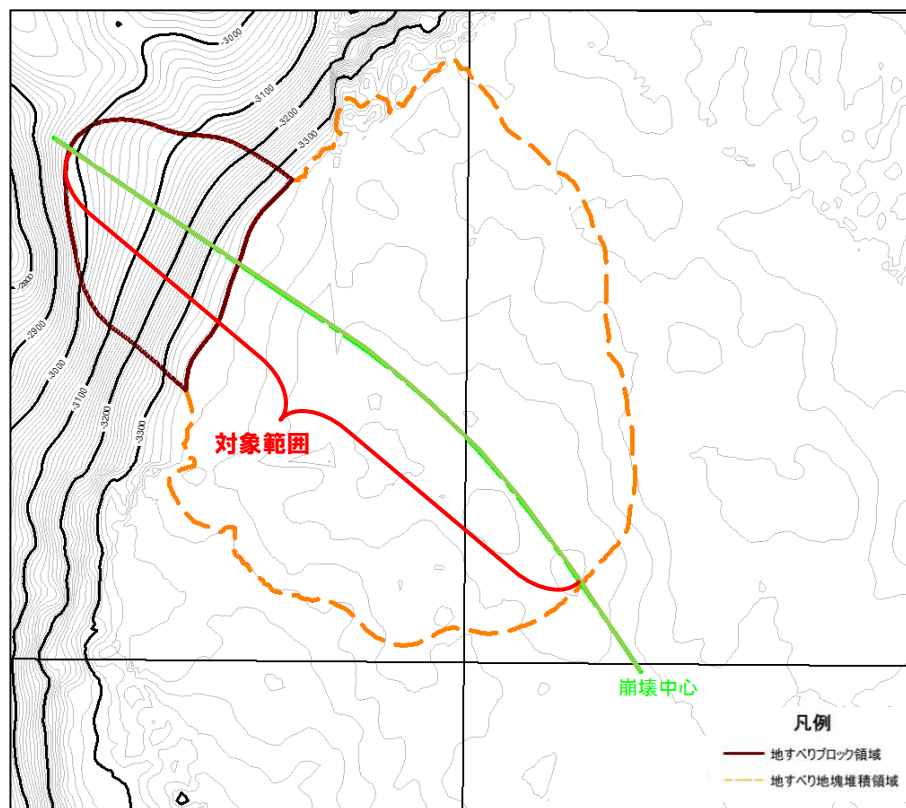
3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりに伴う津波 (6/7) 入力値の設定 (鉛直変位ライズタイム) (1/2)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- 鉛直変位ライズタイムは、FLOW-3Dによる地すべりシミュレーションにおける土塊の堆積変化について着目し、現象が開始してから概ね終息したと判断されるまでの時間を算出したうえで設定する。
- 土塊の堆積及び浸食の時間変化については、土塊の崩壊中心線を代表とする。
- 算出に用いる堆積変化の範囲は、崩壊中心線上で崩壊開始後10分までの海域の変化範囲とする。



海底地すべりE

3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりに伴う津波 (7/7) 入力値の設定 (鉛直変位ライズタイム) (2/2)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

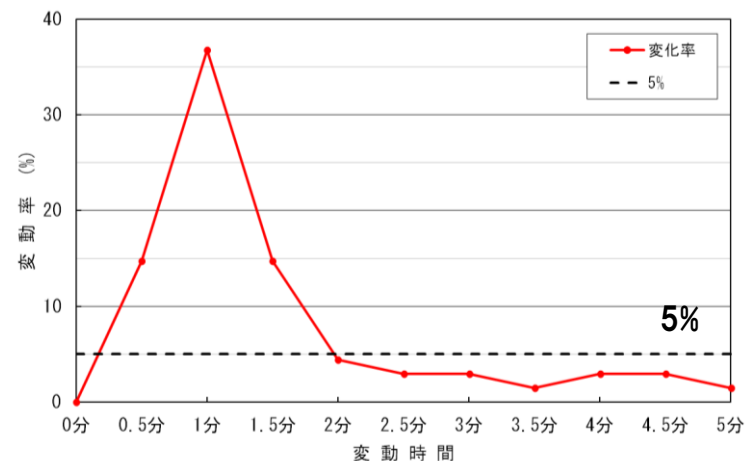
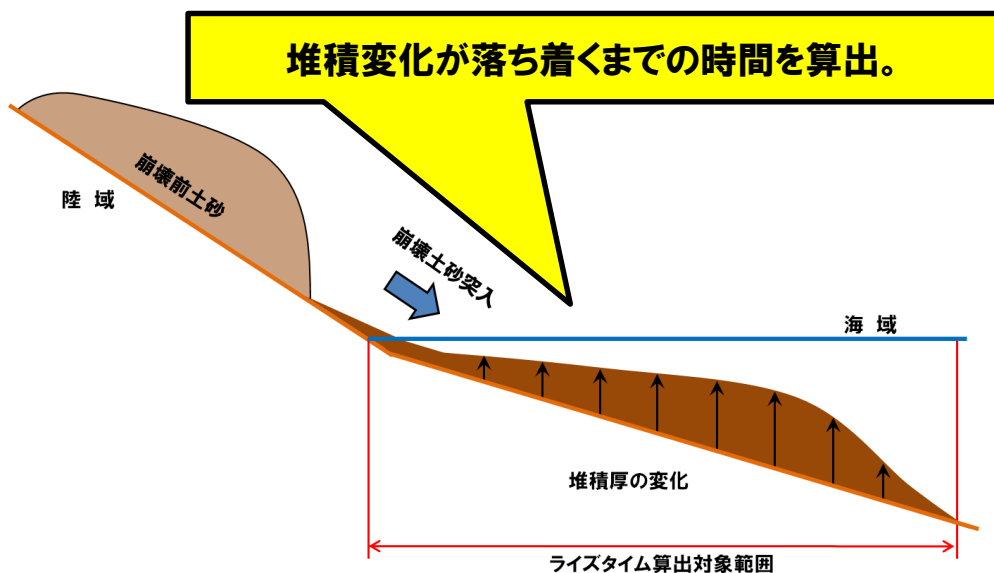
○地すべり現象が開始してから概ね終息したとの判断は、堆積変化の総量に対する各時刻間における変化率が5%未満となる時間として算出した。

→算出方法: 各時間の変化率 = (時間当たり変化量 ÷ 10分間の総変化量) × 100

○算出に用いる堆積変化の範囲は、崩壊中心線上で崩壊開始後10分までの海域の変化範囲とした。

○土砂の変化量は、対象範囲の平均値とし、堆積及び浸食を絶対値で評価した。

算定イメージ



平均堆積量の変化率が
5%未満になるまでの時間を算出

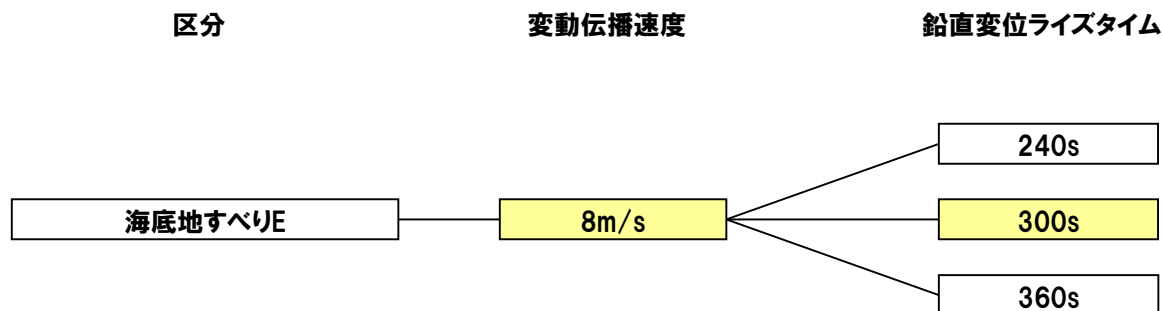
余白

3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりE (1/12) 検討方針 (津波シミュレーション)

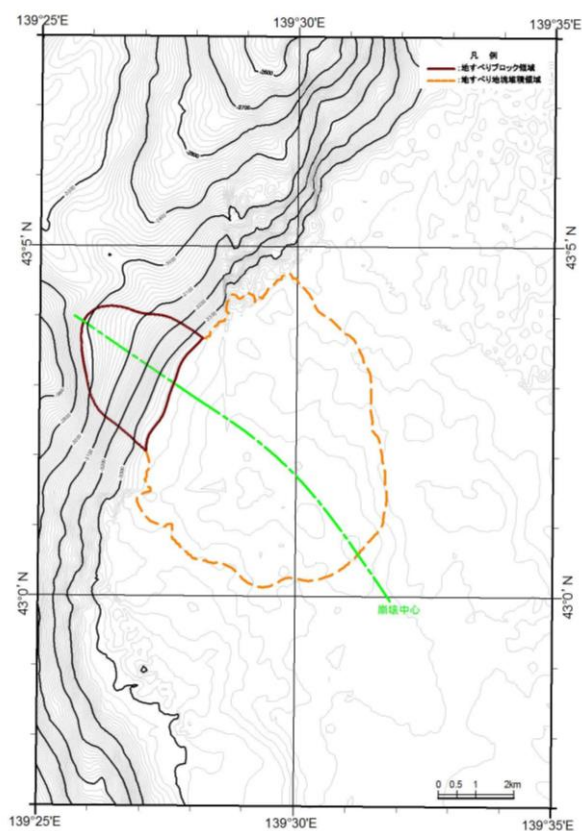
- FLOW-3Dにより得られた変動伝播速度及び鉛直変位ライズタイムについて、ハッチングのケースが選定された。
- 変動伝播速度については、地すべりシミュレーション結果に基づき検討した値であることを考慮し、保守的に移動土塊の平均速度の最大値を選定する。
- 一方、鉛直変位ライズタイムについても、地すべりシミュレーション結果に基づき検討した値であることを考慮し、念のため、算出した入力値から±60sを変化させた、各々3ケースを検討する。



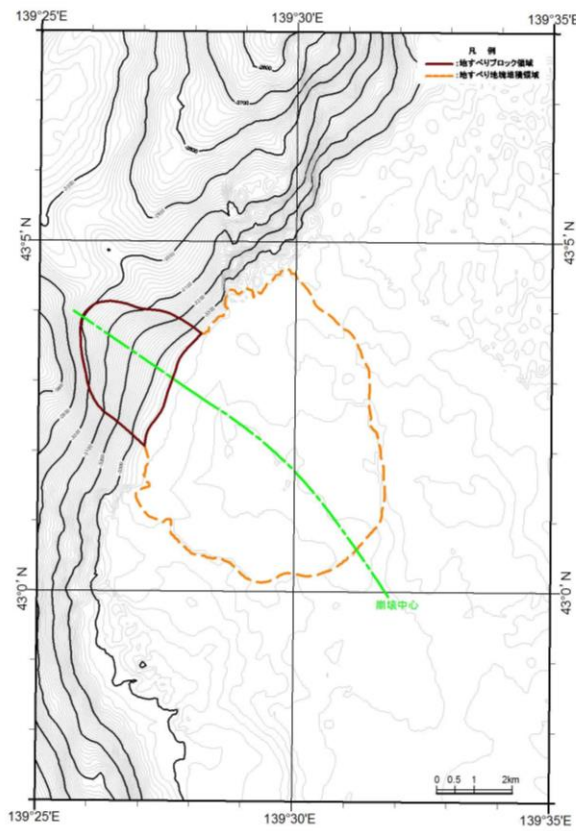
3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

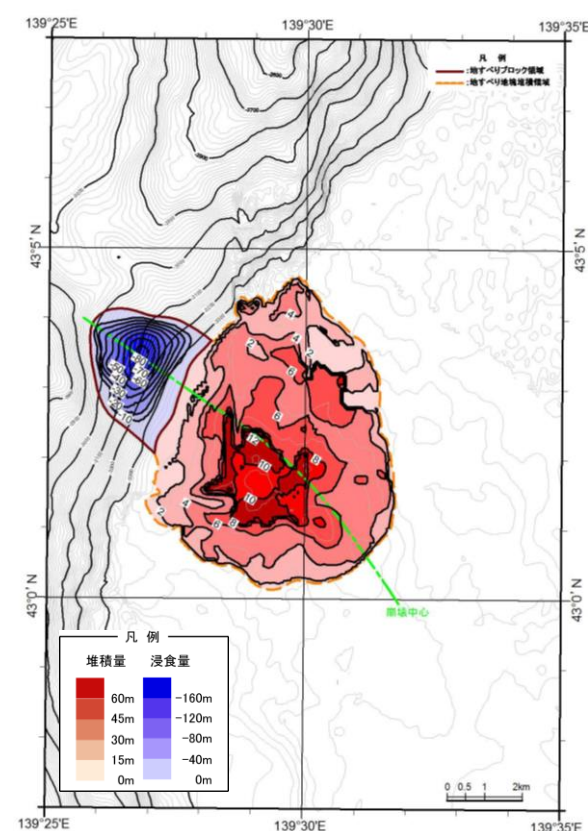
海底地すべりE (2/12) 地すべり地形のモデル化 (1/2)



地すべり前地形



地すべり後地形
10分後

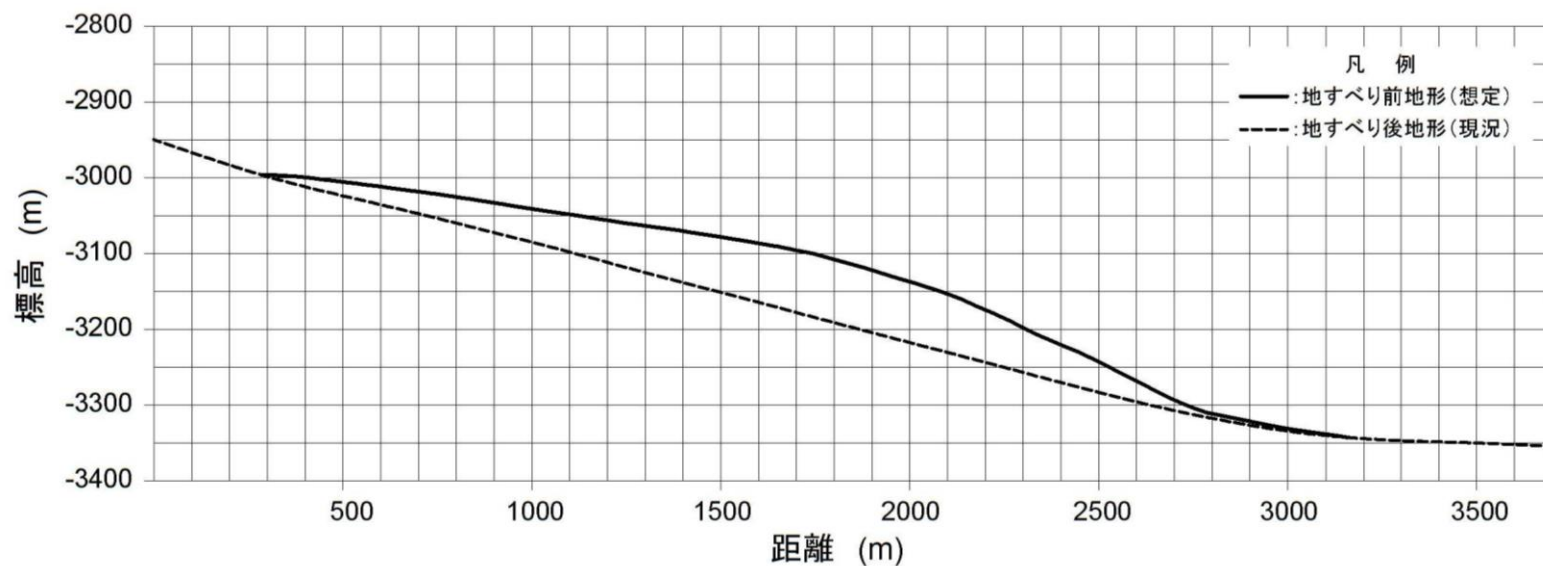


地すべり前後の地形変化量

3. 海底地すべりに伴う津波

3. 2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりE (3/12) 地すべり地形のモデル化 (2/2)



地すべり地形の断面形状

3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりE (4/12) 津波シミュレーション (1/2)

○地すべりシミュレーションは、海中の土砂の動きを時刻歴で解析することが可能なFLOW-3Dを使用する。

【地すべりシミュレーション (FLOW-3D)】

海水の密度 (kg/m ³)	1,030	一般値を使用。
海水の粘性係数 (Pa・s)	0.001	鈴木ほか (1980) に基づき設定。
海水の初期水面位置 (m)	T.P. +0.21	予測計算の計算潮位。
地すべり地塊の密度 (kg/m ³)	2,000	地すべり時に想定される地塊の土質状態 (砂～礫、礫混り砂状が混在) に対して、東日本高速道路(株)ほか (2006)、東日本高速道路(株)ほか (2007) に基づき設定。
地すべり地塊の粘性係数 (Pa・s)	10	高橋ほか (1993) の実験結果の平均値として設定。
地塊粒子の平均半径 (m)	0.05	地すべり時に想定される地塊の土質状態 (砂～礫、礫混り砂状が混在) に対して、地盤工学会 (2009) に基づき設定。
地塊粒子の抵抗係数	0.5	日本機械学会 (2006) に基づき設定。
計算メッシュ間隔 (m)	100	波源域の海底地形データ精度。
計算時間間隔 (s)	初期値0.01	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (s)	1,800	地塊の移動速度が十分に緩速になる時間を包絡するように設定。

3. 海底地すべりに伴う津波

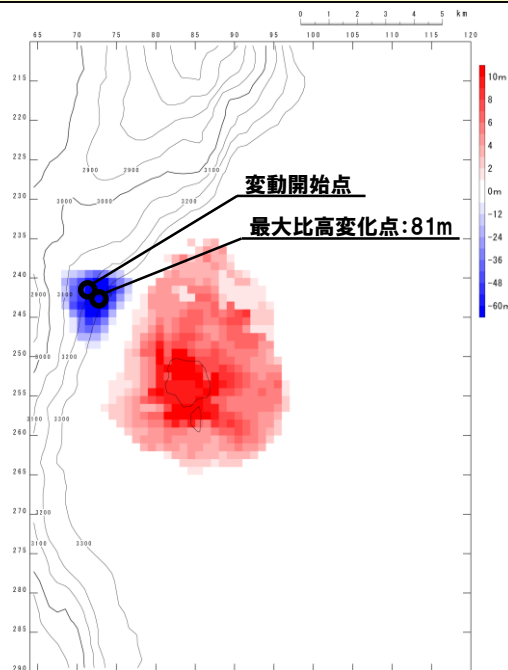
3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりE (5/12) 津波シミュレーション (2/2)

○津波の数値シミュレーションは、Kinematic landslideモデル及び二層流モデルの手法を用いる。

【津波シミュレーション (Kinematic landslideモデル)】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (時間)	3	
比高変化 (m)	最大81	FLOW-3Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズタイム (s)	240, 300, 360	FLOW-3Dによる鉛直方向の変化率から設定。
変動伝播速度 (m/s)	8	FLOW-3Dによる最大速度から設定。



FLOW-3Dによる10分後の地形変化量分布

【津波シミュレーション (二層流モデル)】

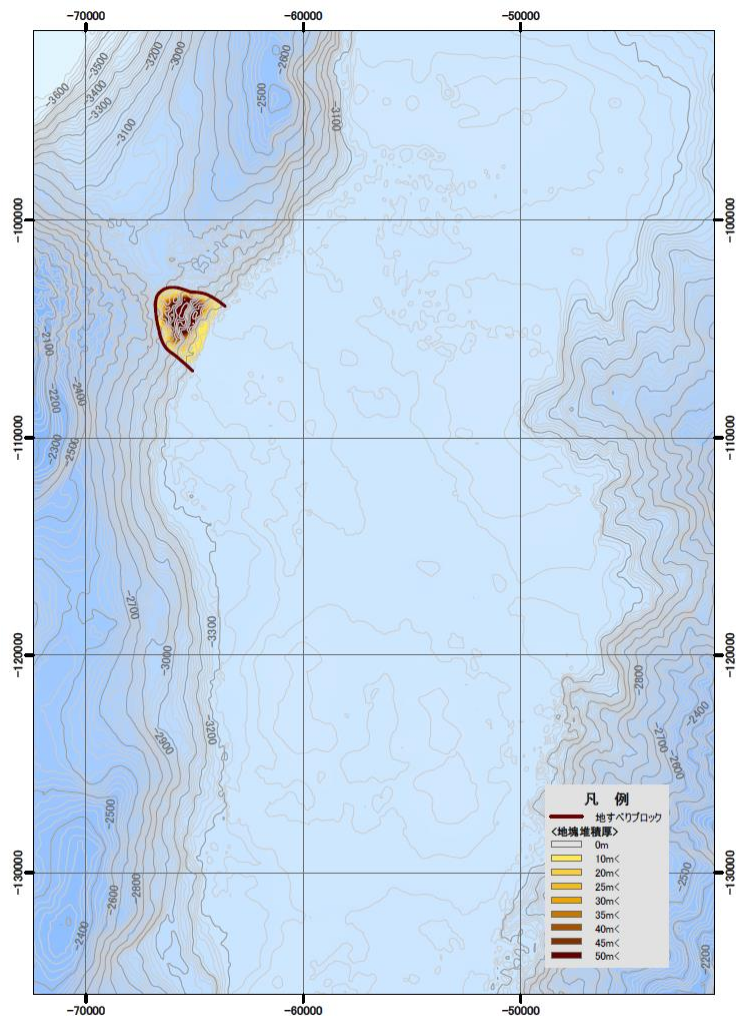
入力データ	入力値	備考	
計算時間間隔 Δt (s)	0.05		
計算時間 (時間)	3		
海水密度 (kg/m^3)	1,030	一般値を使用。	
崩壊物密度 (kg/m^3)	2,000	松本ほか (1998) に基づき設定。	
底面粗度係数 n ($\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$)	上層	0.03	土木学会 (2002) に基づき設定。
	下層	0.40	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。
界面抵抗係数 f_{int}	0.0	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。	
渦動粘性係数 ν (m^2/s)	下層	0.1	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。

3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

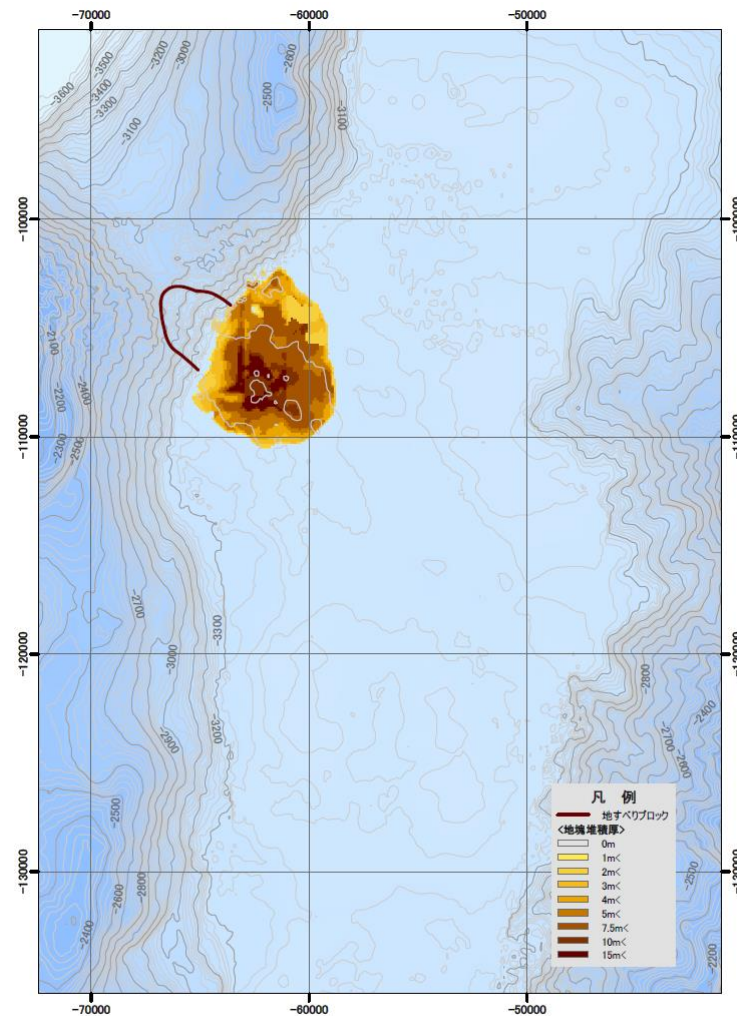
海底地すべりE (6/12) 地すべりシミュレーション結果

一部修正 (H26/12/5審査会合)



1:200,000
0 0.75 1.5 3 4.5 6
km

地すべり前



1:200,000
0 0.75 1.5 3 4.5 6
km

地すべり後 (10分後)

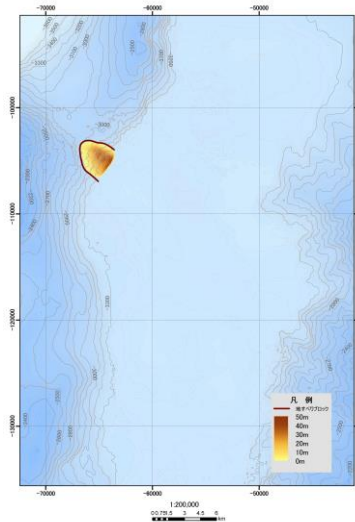
3. 海底地すべりに伴う津波

3. 2 平成27年8月21日審査会合

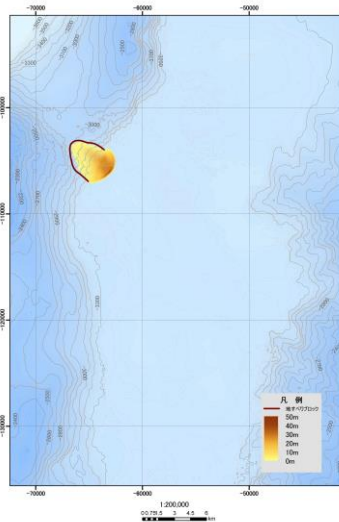
海底地すべりE (7/12) 地すべりシミュレーション スナップショット (1/2)

再掲 (H26/12/5審査会合)

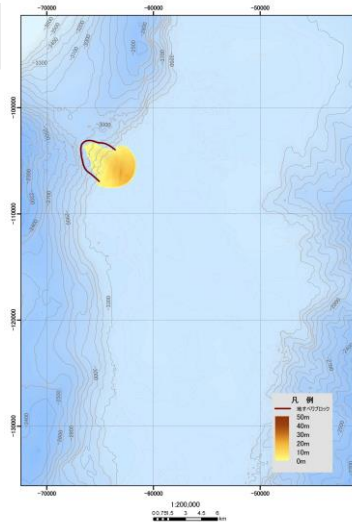
1分後



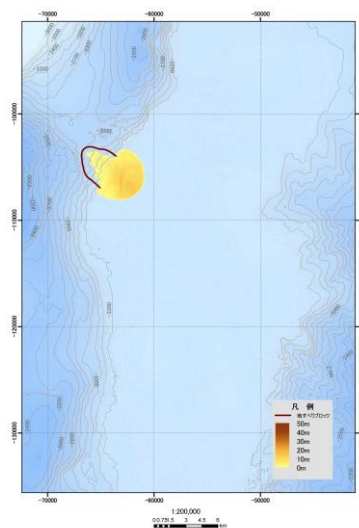
2分後



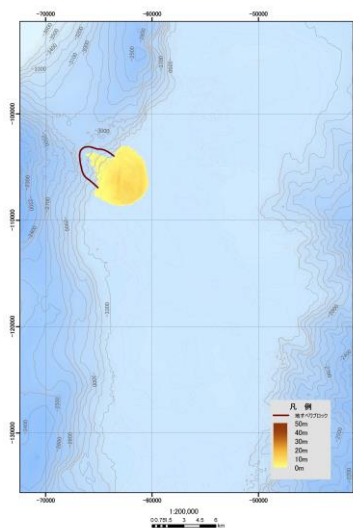
3分後



4分後



5分後



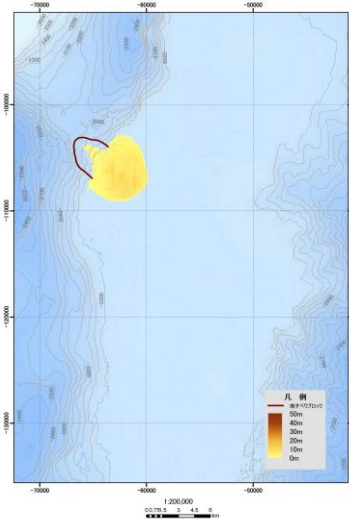
3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

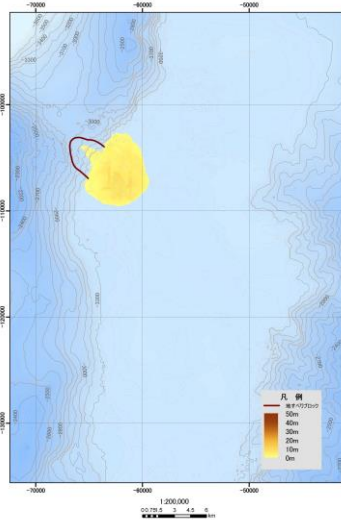
海底地すべりE (8/12) 地すべりシミュレーション スナップショット (2/2)

再掲 (H26/12/5審査会合)

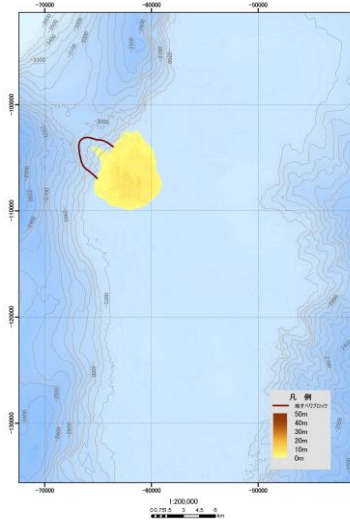
6分後



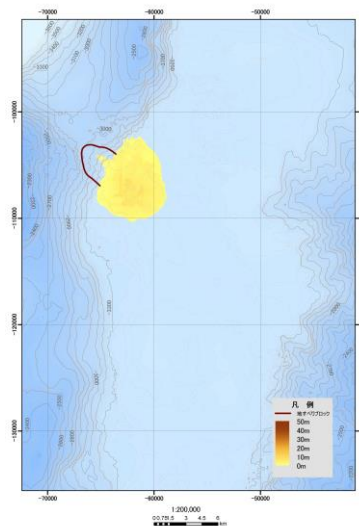
7分後



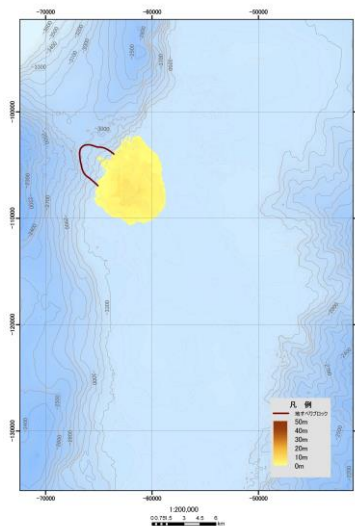
8分後



9分後



10分後



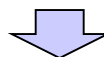
3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりE (9/12) 津波シミュレーション結果

○Kinematic landslideモデルの入力値である変動伝播速度及び鉛直変位ライズタイムを検討のうえ、Kinematic landslideモデルと二層流モデルによる津波シミュレーションの比較検討を実施した。

区分	海底地すべりE			
	Kinematic landslideモデル			二層流モデル
計算手法				
鉛直変位ライズタイム	240s	300s	360s	—
敷地前面 (上昇側)	0.27m	0.24m	0.19m	0.10m
3号炉取水口 (上昇側)	0.22m	0.20m	0.18m	0.04m
1, 2号炉取水口 (上昇側)	0.22m	0.20m	0.18m	0.03m
3号炉取水口 (下降側)	0.16m	0.14m	0.14m	0.04m
1, 2号炉取水口 (下降側)	0.16m	0.14m	0.13m	0.03m

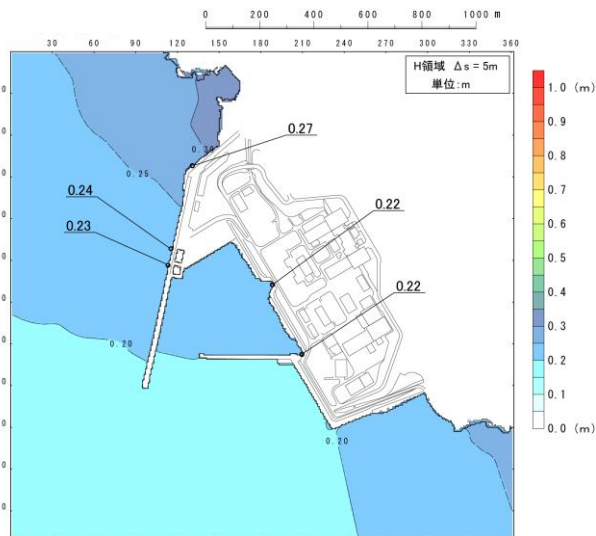


○検討の結果、「海底地すべりE」について、Kinematic landslideモデルの鉛直変位ライズタイムを、算出した入力値から60sとしたケースが、水位変動に与える影響が大きい結果となった。

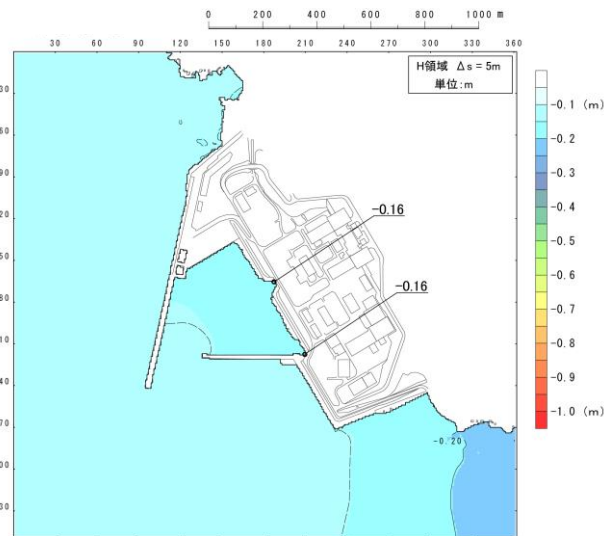
3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

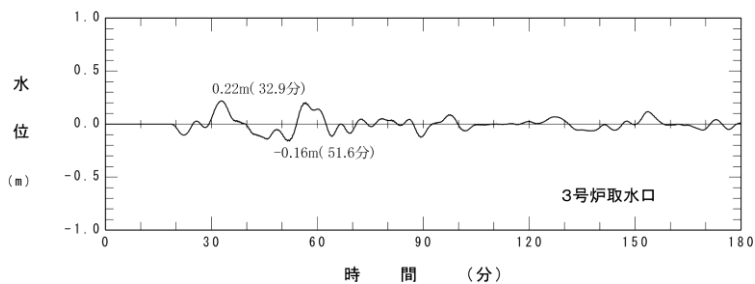
海底地すべりE (10/12) 津波シミュレーション結果 (3号炉取水口)



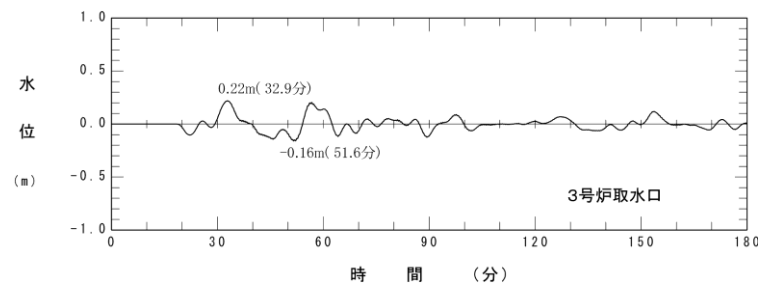
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

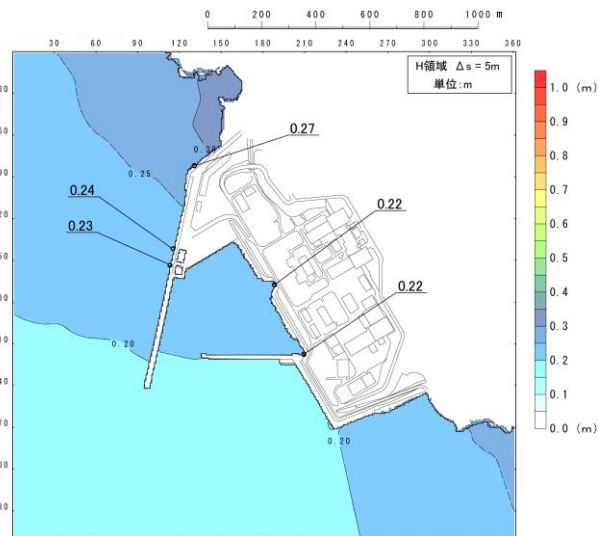


水位時刻歴波形

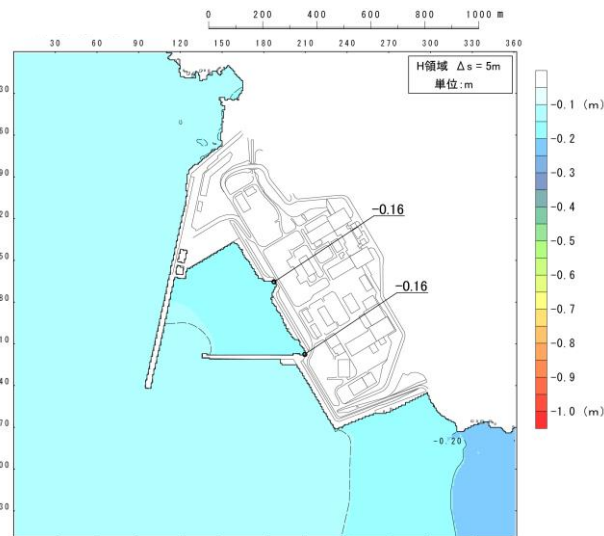
3. 海底地すべりに伴う津波

3.2 平成27年8月21日審査会合

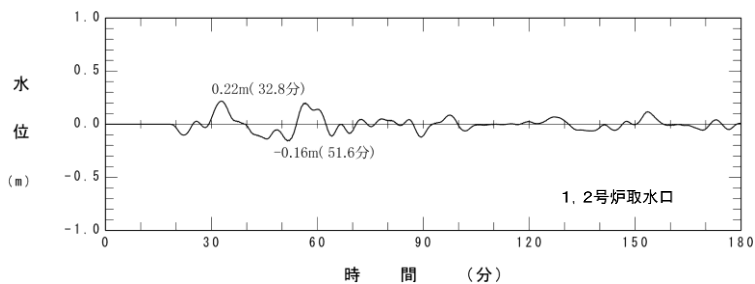
海底地すべりE (11/12) 津波シミュレーション結果 (1, 2号炉取水口)



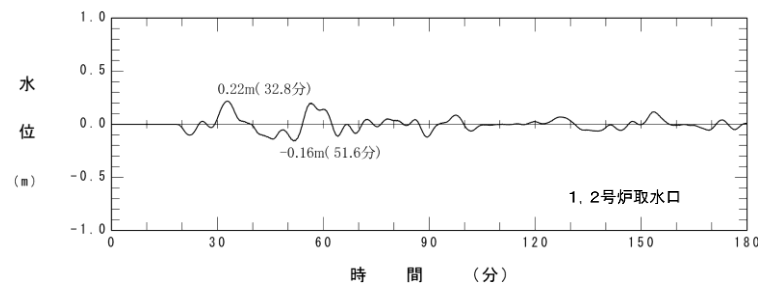
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



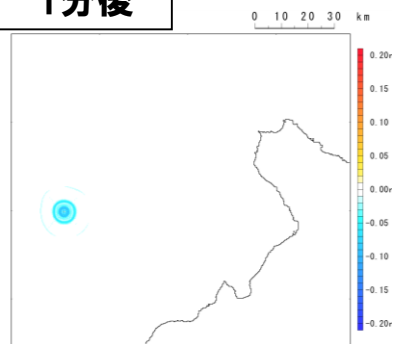
水位時刻歴波形

3. 海底地すべりに伴う津波

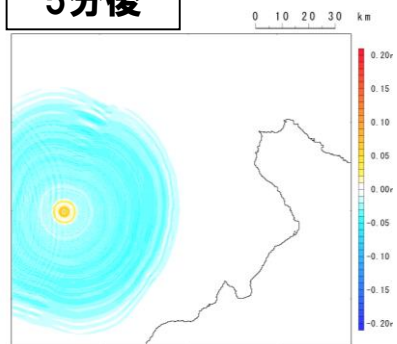
3.2 平成27年8月21日審査会合

海底地すべりE (12/12) 津波シミュレーション スナップショット

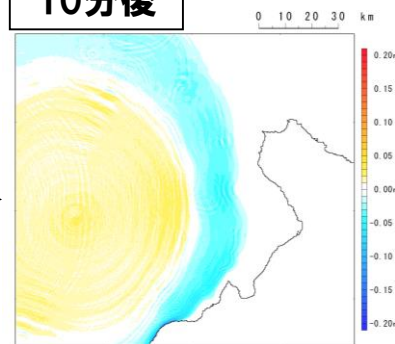
1分後



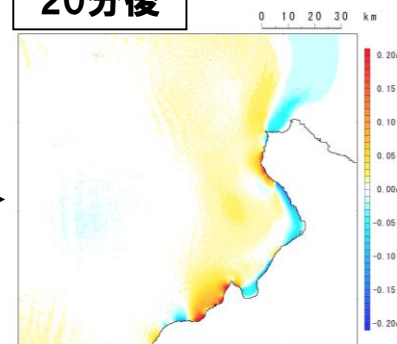
5分後



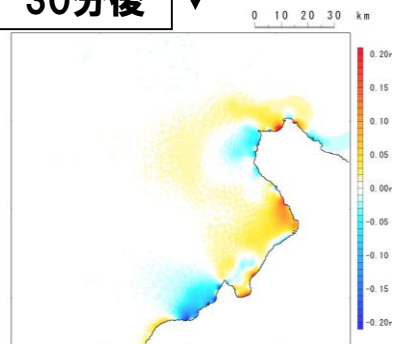
10分後



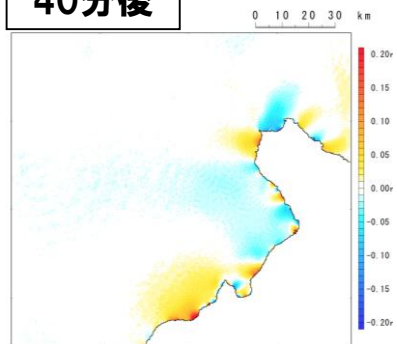
20分後



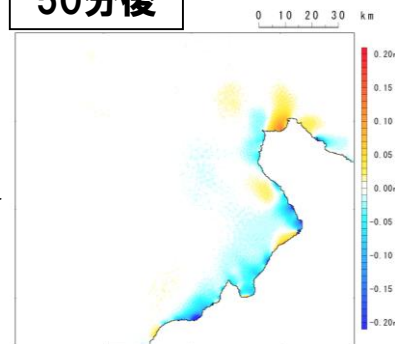
30分後



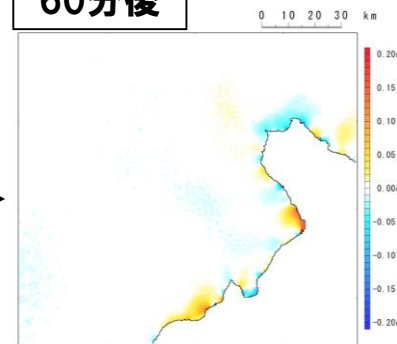
40分後



50分後



60分後



4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

1. 既往津波の検討	3
1.1 平成26年12月5日審査会合	4
1.2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2.1 平成27年5月15日審査会合	26
2.2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3.1 平成26年12月5日審査会合	48
3.2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	75
4.1 平成27年5月15日審査会合	76
4.2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	129
5.1 平成27年8月21日審査会合	130

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

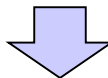
陸上地すべりに伴う津波（1/3）

【地すべりについての考察】

○地すべり及び地すべり地形の特徴として、以下が挙げられる。

- 地すべり地形の存在は、当該斜面において地すべり変動が起きた前歴を示すものである。
- 地すべり変動の9割前後が既存の地すべりの再滑動もしくは地すべり地の拡大によって起きたと経験的に言われるように、地すべりは同じ斜面で繰り返し発生することが多いとされる。
- 地すべりのように広い範囲で斜面が変動する場合、ある時突然変動が始まることはほとんどなく、かなり長期間をかけて前駆的な変動を経た後に本格的なすべりに移行すると考えられ、その初期段階においては斜面がゆっくりと変形する岩盤クリープなどを生じる。
- ひとつの地すべり地形に注目した場合、前回のすべりによって取り敢えず安定状態にあるため、そこが人間の寿命である数十年間にすべる確率はかなり低く、おそらく数十分の1程度だと考えられる。

地すべり地形DBを引用し要約



- 地すべりは、地すべり地形が再滑動することにより生じる可能性が大きいと考えられる。
- これを踏まえて、地すべり評価に当たっては、地すべり地形DBに基づき、不安定ブロックの候補を抽出し、現地調査結果も合わせて評価を行う。

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

陸上地すべりに伴う津波 (2/3)

一部修正 (H25/8/14審査会合)

凡例

- 抽出した地すべり地形
- 斜面移動体
- 不安定域・移動域と推定される範囲
- 移動体一般

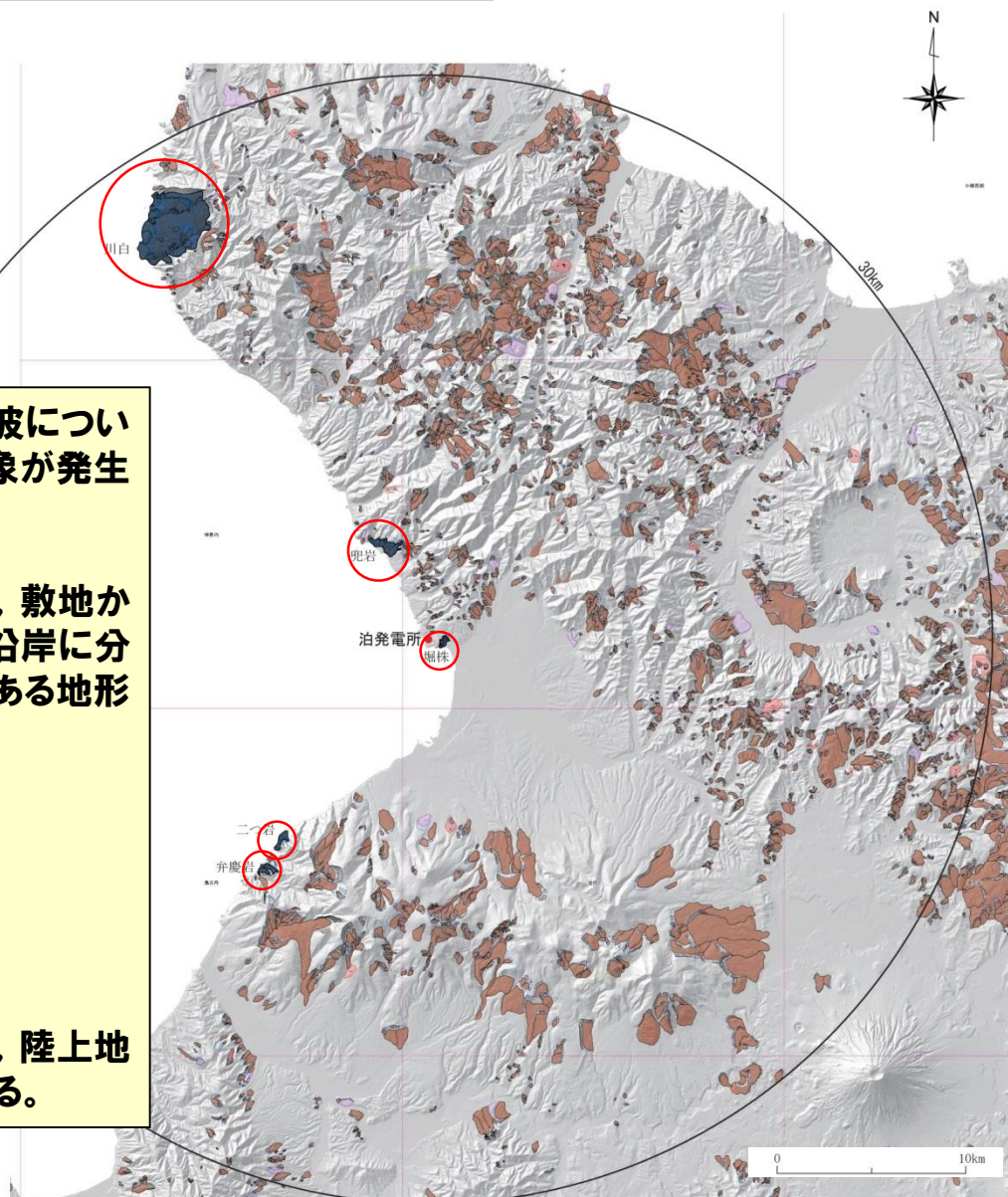
防災科学技術研究所 地すべり地形分布図に加筆
<http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/>

○地すべり等に起因して発生したと考えられる既往津波について文献レビューを行い、敷地周辺において同様な事象が発生する可能性について検討する。

○上記の検討を踏まえたうえで、地すべり地形DBから、敷地から半径30km程度以内にある地すべり地形のうち、沿岸に分布し、陸上地すべりに伴う津波が発生する可能性のある地形(5箇所)を抽出。

- ①川白
- ②兜岩
- ③堀株
- ④二つ岩
- ⑤弁慶岩

○抽出した地すべり地形について調査結果を再整理し、陸上地すべりに伴う津波が発生する可能性について検討する。



4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

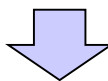
陸上地すべりに伴う津波（3/3）

【地すべり地形DBによる地すべり評価方法】

○地すべり地形DBにおける評価の概要は、以下のとおりである。

- 地すべり地形分布図は、地すべり変動によって形成された地形的痕跡である「地すべり地形」を空中写真の実体視判読によってマッピングし、地形図上にその分布状況を示した地形学的予察図である。
- 国土地理院が撮影した縮尺4万分の1のモノクローム空中写真を、倍率4倍の簡易実態鏡を用いて判読し、幅150m以上の比較的大規模な地すべり地形のみを抽出している。
- 刊行以来、図の全体を新たな写真を用いて判読するような、本格的な修正作業は実施していない。
- ごく一部を除き、判読した地すべり地形についての現地調査は実施されておらず、図示されている個々の地すべり地形が、本当に過去の地すべり変動によって形成されたかについての確認はされていない。

地すべり地形DBを引用し要約



【当社による地すべり評価方法】

- 上記を踏まえ、当社では、地すべり地形の評価に当たって、以下のとおり、より詳細な検討を行っている。
- 空中写真判読は、国土交通省の縮尺1万5千分の1のカラー空中写真を使用している。
- 空中写真判読のみでは、評価するうえで十分ではないと判断されるものについては、地形判読、地表地質踏査、ボーリング調査を実施する。
- 既往の大規模な地すべりについても文献レビューを実施し、条件整理を行ったうえで、敷地周辺において同様な事象が発生する可能性について検討する。

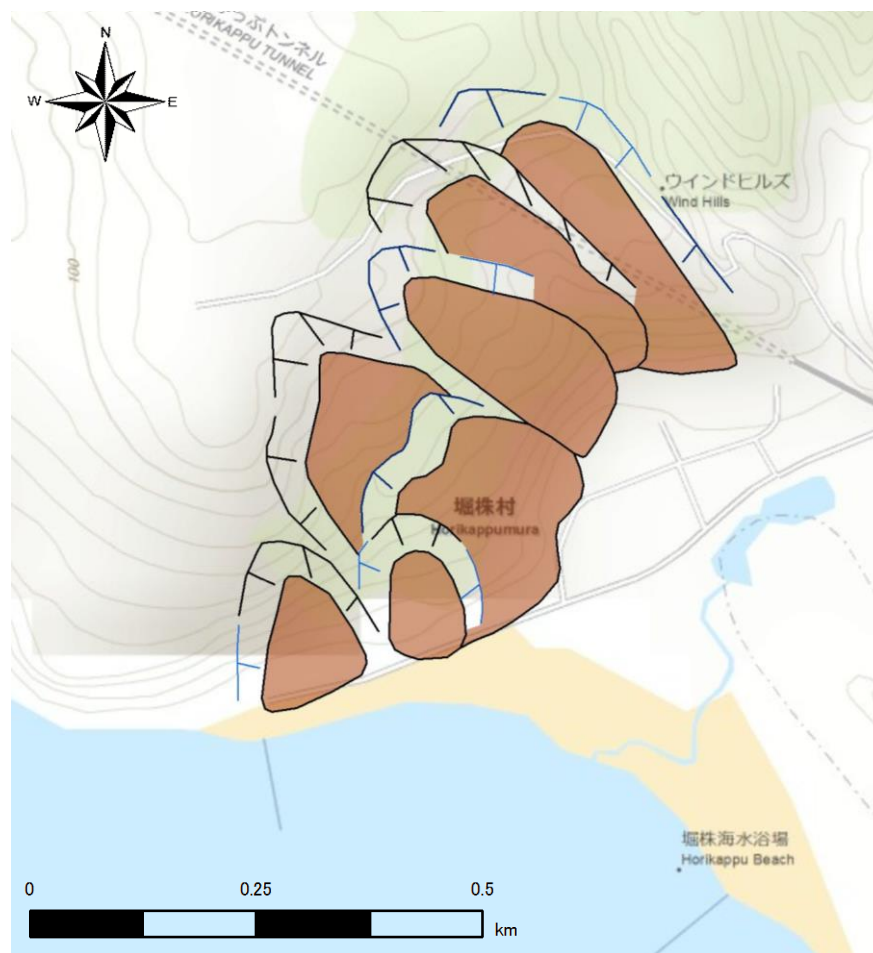
余白

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（1/14）地すべり地形DB

○7箇所のブロックからなる地すべり地形が記載されている。



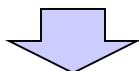
地すべり地形DB (WEB)

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

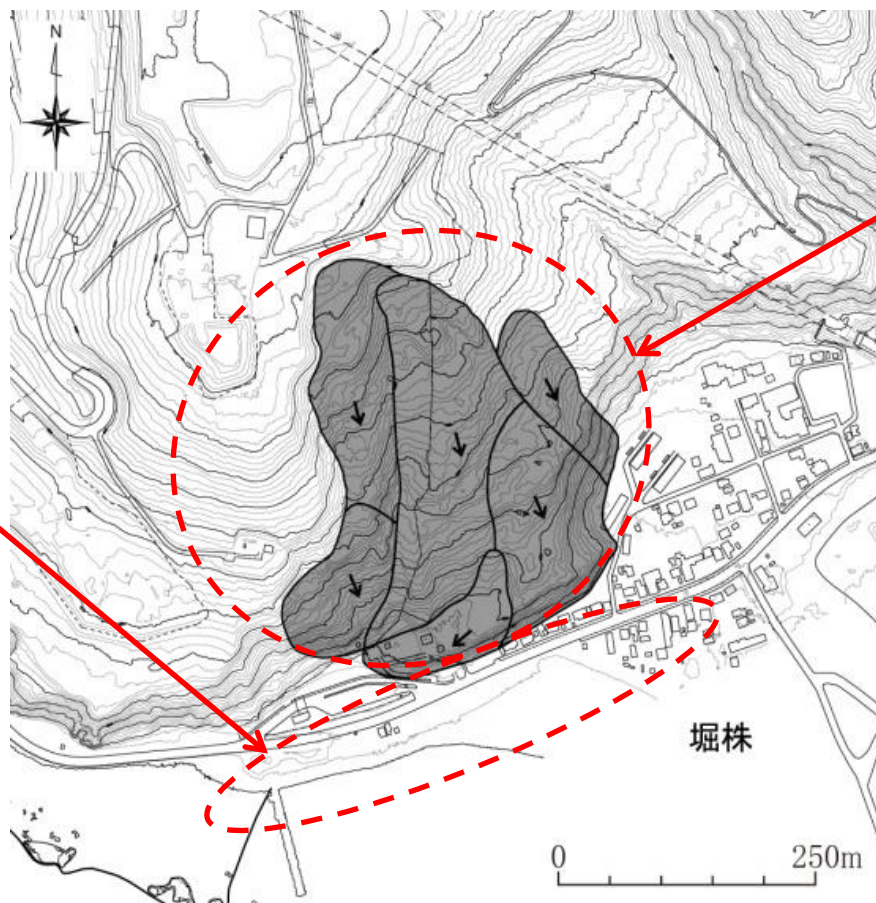
堀株（2/14）空中写真判読結果

- 地すべり地形は6箇所、緩斜面より形成され、海岸沿いの沖積低地に連続する。
- 地すべり地形は三角形に近い馬蹄形を呈し、滑落崖の比高は数mと推定されるが、不明瞭である。
- 地すべりの基部には、幅100m程度の沖積低地が分布し、海岸線となっている。



- 沖積低地の幅は約100m程度で広がることから、これらの堆積物の滑動による津波を起こす恐れはないと評価される。

幅100m程度の
沖積低地が分布
する。



不明瞭な滑落崖

空中写真判読結果

4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（3/14）検討結果

一部修正（H27/5/15審査会合）

○敷地までの距離を考慮し、保守的な評価として、土塊が海に突入した場合の影響を確認するため、数値シミュレーションによる定量的評価対象として抽出する。

抽出箇所	検討内容	検討結果
堀株	○敷地までの距離を考慮し、土塊が海に突入した場合の影響について検討する。	○数値シミュレーションによる定量的評価対象として抽出する。

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（4/14）津波シミュレーション

一部修正（H27/5/15審査会合）

- 地すべりシミュレーションは、崩壊土砂の動きを時刻歴で解析することが可能なTITAN2Dを使用する。
 ○津波の数値シミュレーションは、Kinematic landslideモデルの手法を用いる。

【地すべりシミュレーション】

入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 Φ_{int} (°)	30.0	想定される地質（33°程度）より設定。
底面摩擦角 Φ_{bed} (°)	19.3	森脇（1987）より設定。

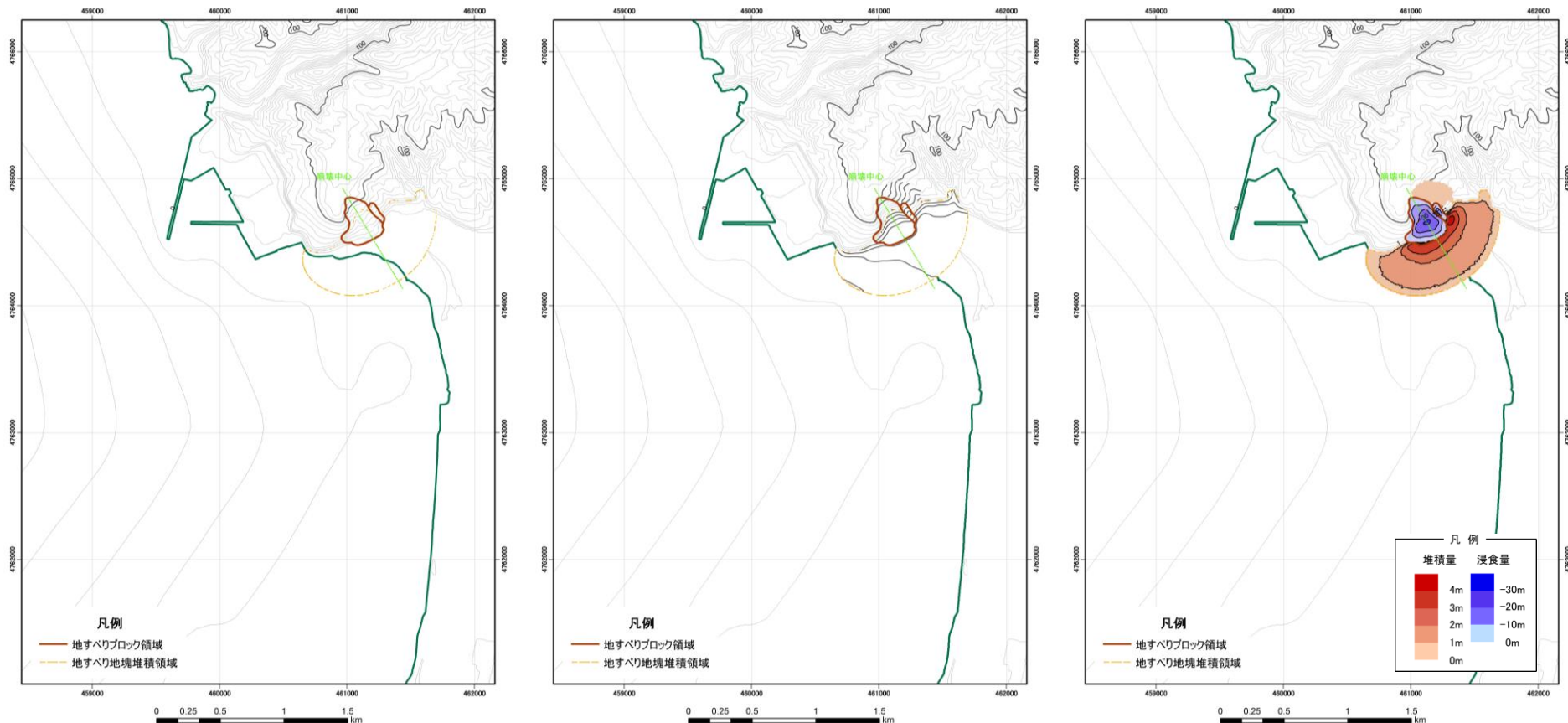
【津波シミュレーション（Kinematic landslideモデル）】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間（時間）	3	
比高変化 (m)	最大24	TITAN2Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズ タイム (s)	120	Satake（2007）に基づき設定。
変動伝播速度 (m/s)	40	Satake（2007）に基づき設定。

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（5/14）地すべり地形のモデル化（1/2）



地すべり前地形

地すべり後地形

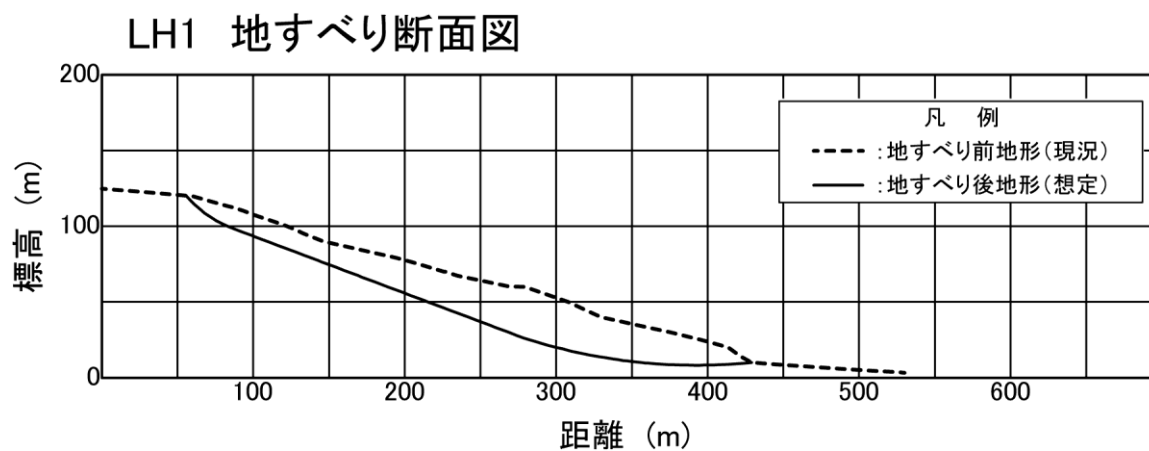
10分後

地すべり前後の地形変化量

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（6/14）地すべり地形のモデル化（2/2）

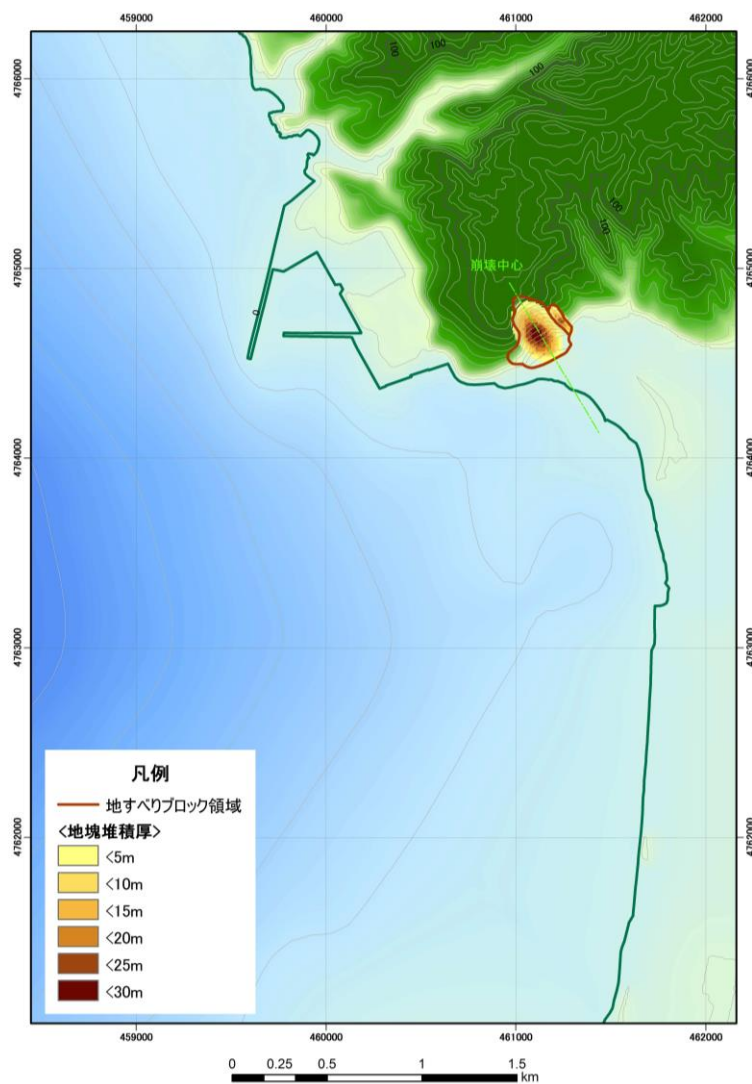


地すべり地形の断面形状

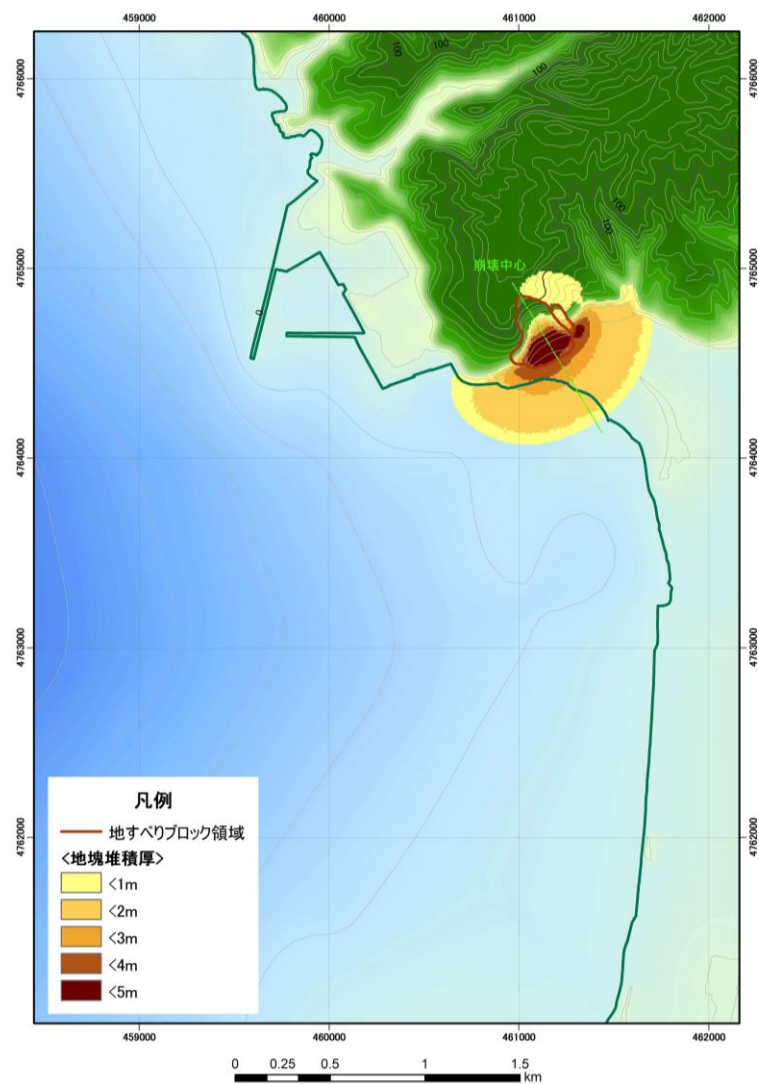
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（7/14）地すべりシミュレーション結果



地すべり前



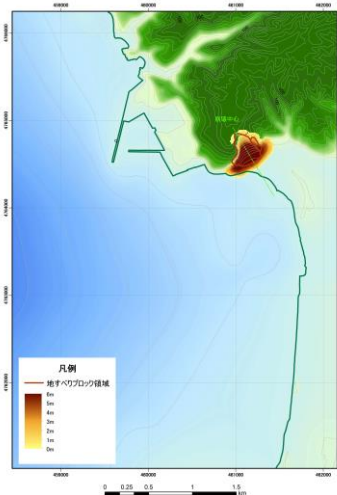
地すべり後（10分後）

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

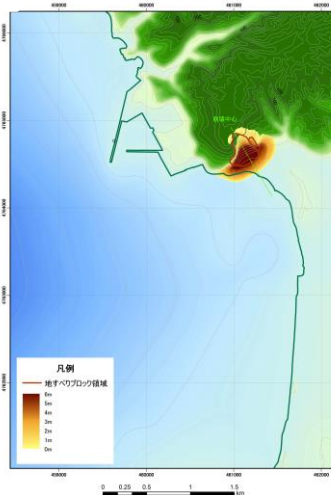
4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（8/14）地すべりシミュレーション スナップショット（1/2）

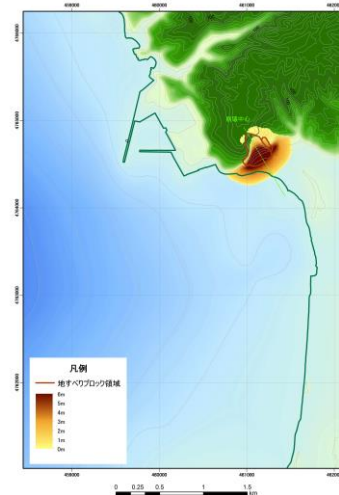
1分後



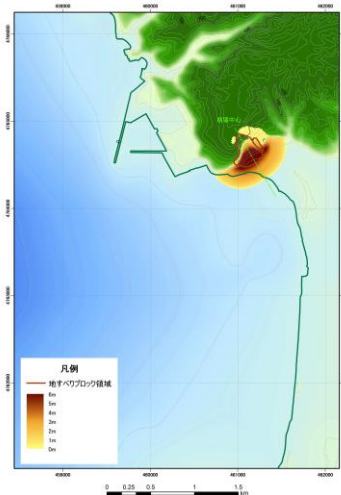
2分後



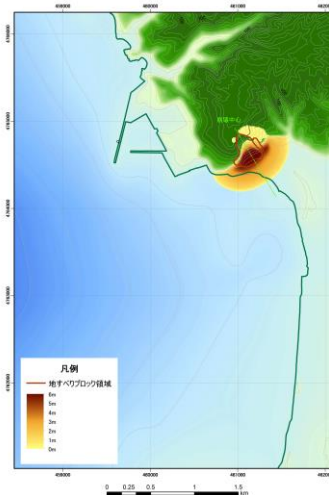
3分後



4分後



5分後

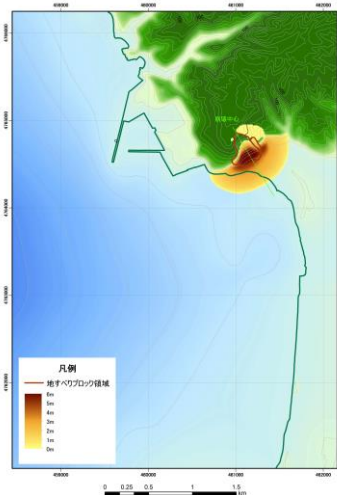


4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

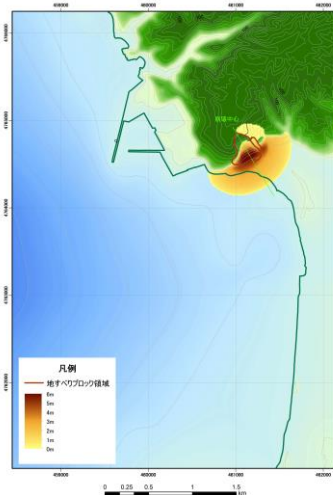
4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（9/14）地すべりシミュレーション スナップショット（2/2）

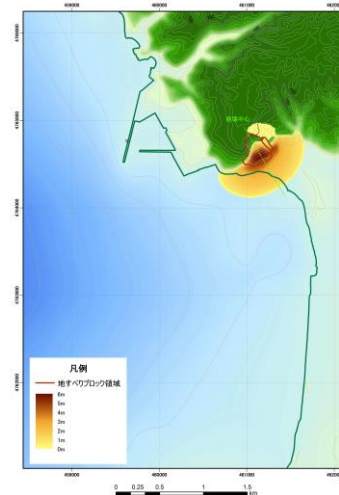
6分後



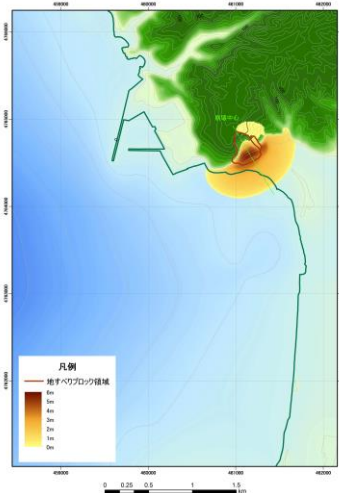
7分後



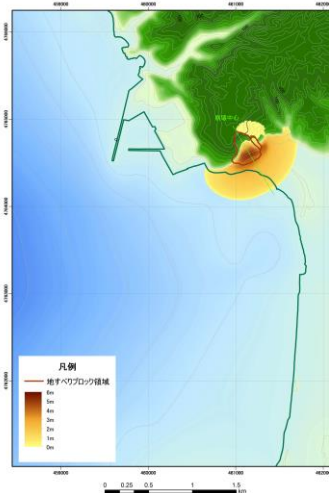
8分後



9分後



10分後



4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（10/14）津波シミュレーション結果

一部修正（H27/5/15審査会合）

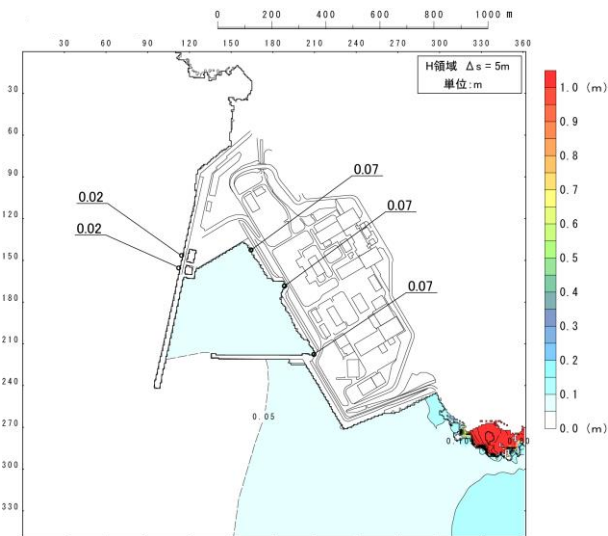
○「堀株」について数値シミュレーションを実施した結果、下表のとおりである。

区 分	堀 株
敷地前面 （上昇側）	0.07m
3号炉取水口 （上昇側）	0.07m
1, 2号炉取水口 （上昇側）	0.07m
3号炉取水口 （下降側）	0.08m
1, 2号炉取水口 （下降側）	0.07m

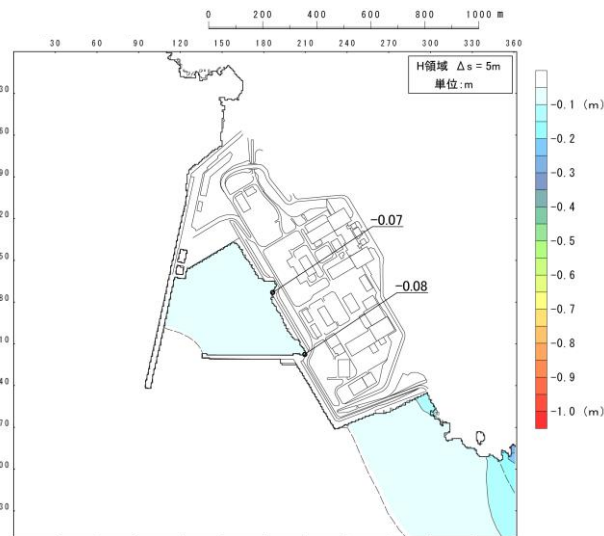
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

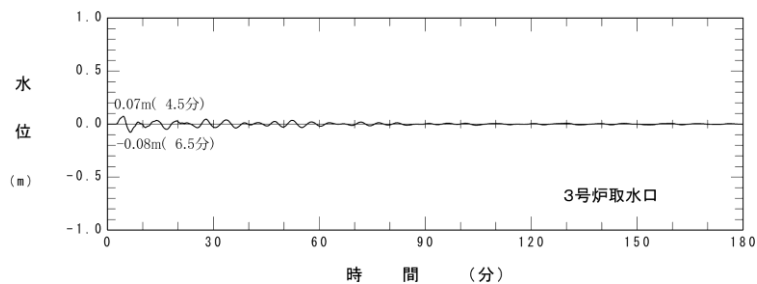
堀株（11/14）津波シミュレーション結果（3号炉取水口）



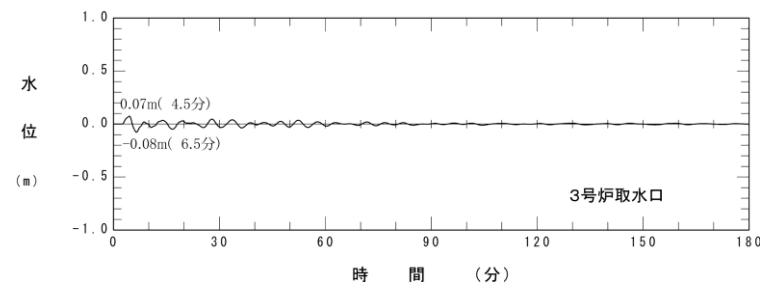
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

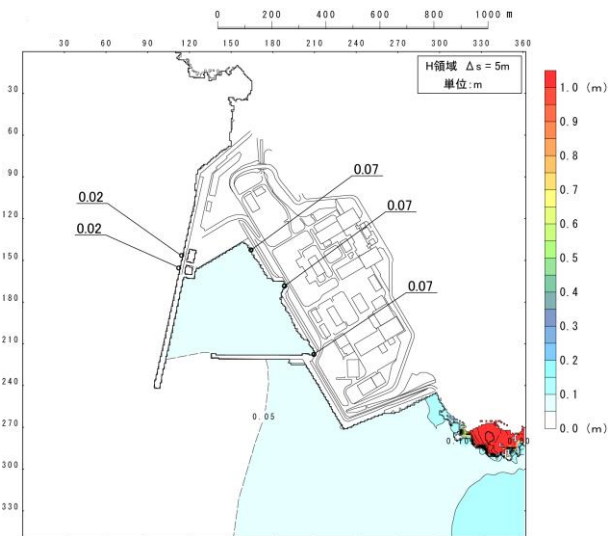


水位時刻歴波形

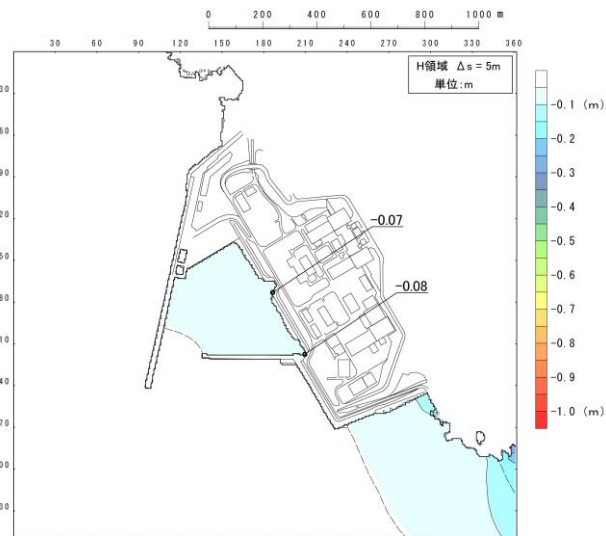
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

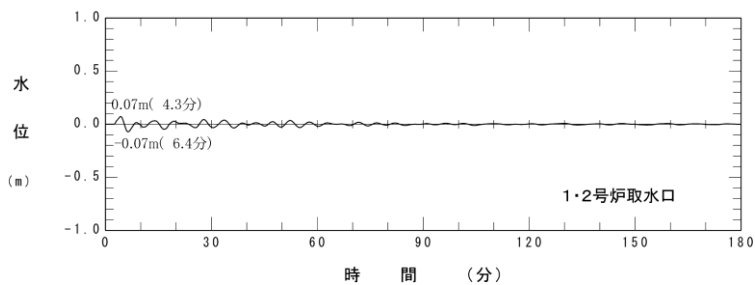
堀株（12/14）津波シミュレーション結果（1, 2号炉取水口）



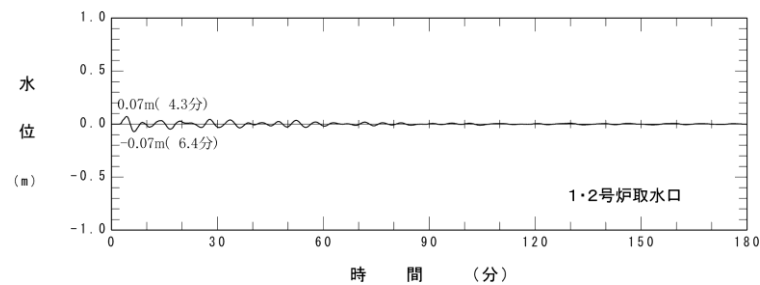
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



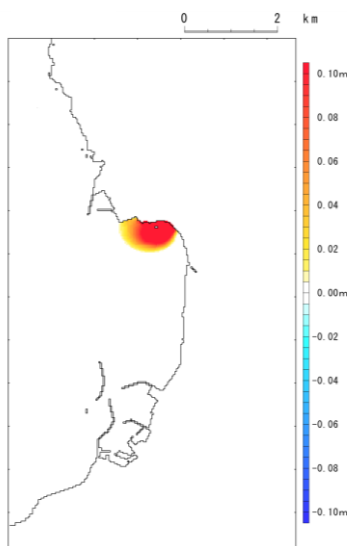
水位時刻歴波形

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

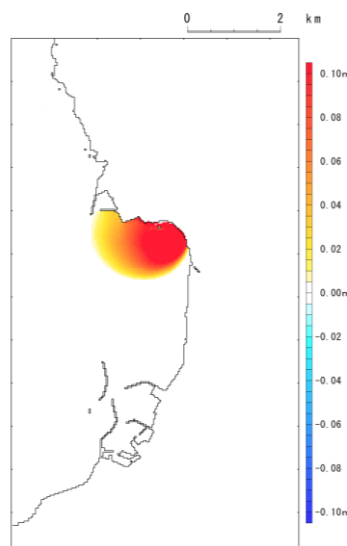
4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（13/14）津波シミュレーション スナップショット（1/2）

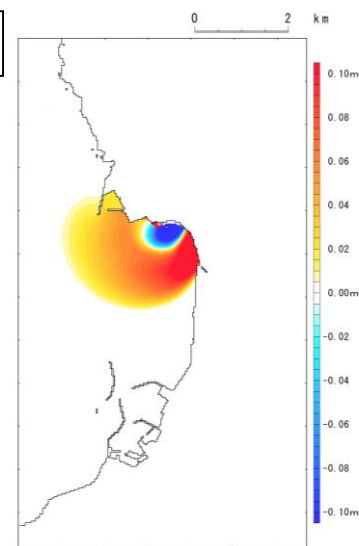
1分後



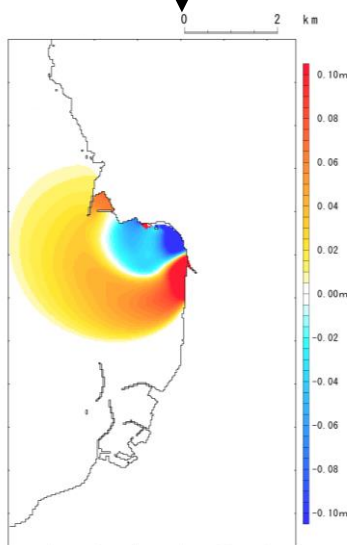
2分後



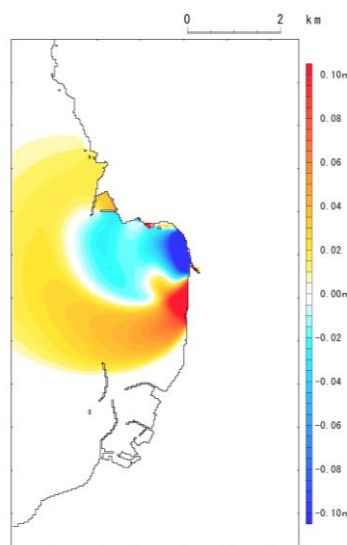
3分後



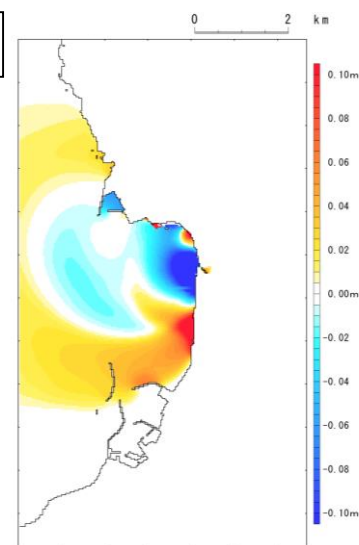
4分後



5分後



6分後

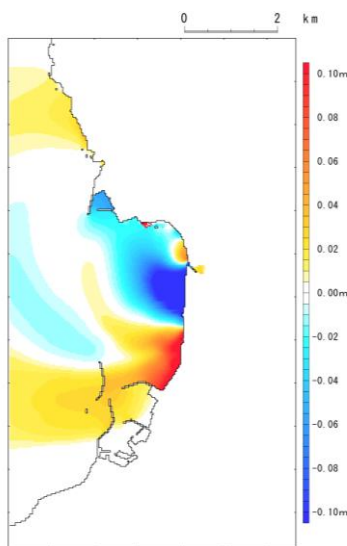


4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

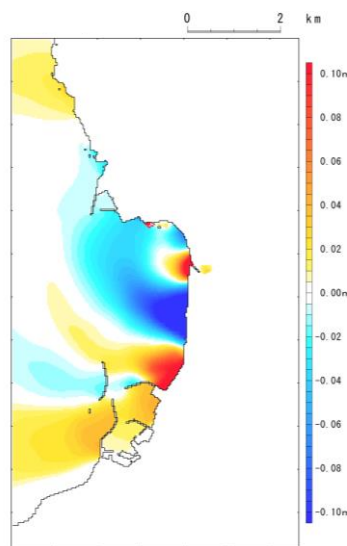
4.1 平成27年5月15日審査会合

堀株（14/14）津波シミュレーション スナップショット（2/2）

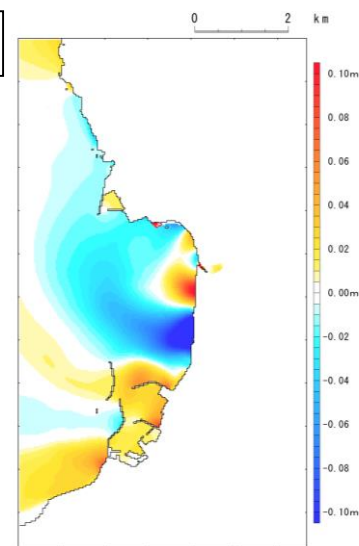
7分後



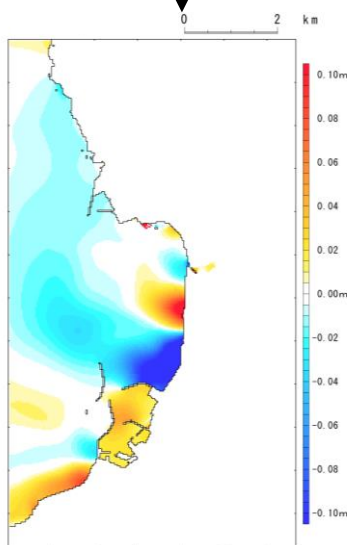
8分後



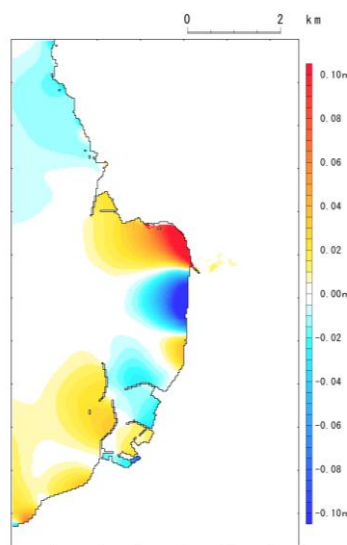
9分後



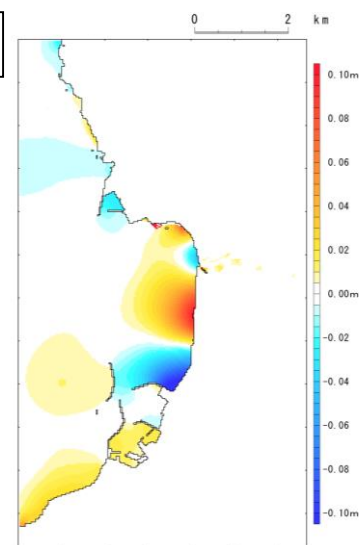
10分後



20分後



30分後



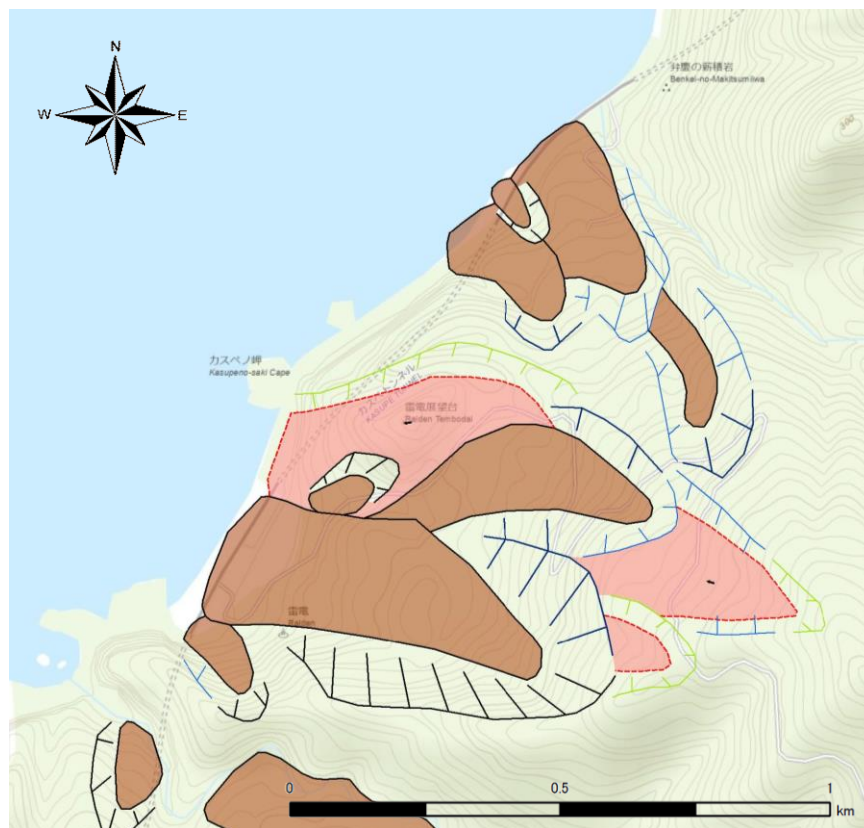
余白

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（1/13）地すべり地形DB

- 11箇所の地すべり地形から構成され、それぞれの地形規模に系統性はない。
- 大局的に北西方向とそれ以外の方向の地すべり地形が分布する。



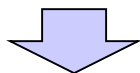
地すべり地形DB (WEB)

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（2/13） 空中写真判読結果

- 地すべり地形は4箇所のブロックから構成される。
- 滑落崖は馬蹄形を呈し、その比高は約30～40mであるが、開析されて不明瞭である。
- 土塊ブロックは台地状で孤立した丘や緩斜面が特徴である。



- 古い地すべり地形と判断される。



- ・滑落崖は、開析されて不明瞭である。
- ・地すべり方向に系統性はない。

空中写真判読結果

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（3/13）検討結果

一部修正（H27/5/15審査会合）

○大規模な崩壊の可能性を保守的に考慮し、2つの不安定ブロックが一括で崩壊した場合の数値シミュレーションを実施する。

抽出箇所	検討内容	検討結果
弁慶岩	○大規模な崩壊の可能性について考慮する。	○2つの不安定ブロックについて、一括で崩壊した場合の数値シミュレーションを実施する。

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（4/13）津波シミュレーション

一部修正（H27/5/15審査会合）

- 地すべりシミュレーションは、崩壊土砂の動きを時刻歴で解析することが可能なTITAN2Dを使用する。
 ○津波の数値シミュレーションは、Kinematic landslideモデルの手法を用いる。

【地すべりシミュレーション】

入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 Φ_{int} (°)	30.0	想定される地質（33°程度）より設定。
底面摩擦角 Φ_{bed} (°)	18.3	森脇（1987）より設定。

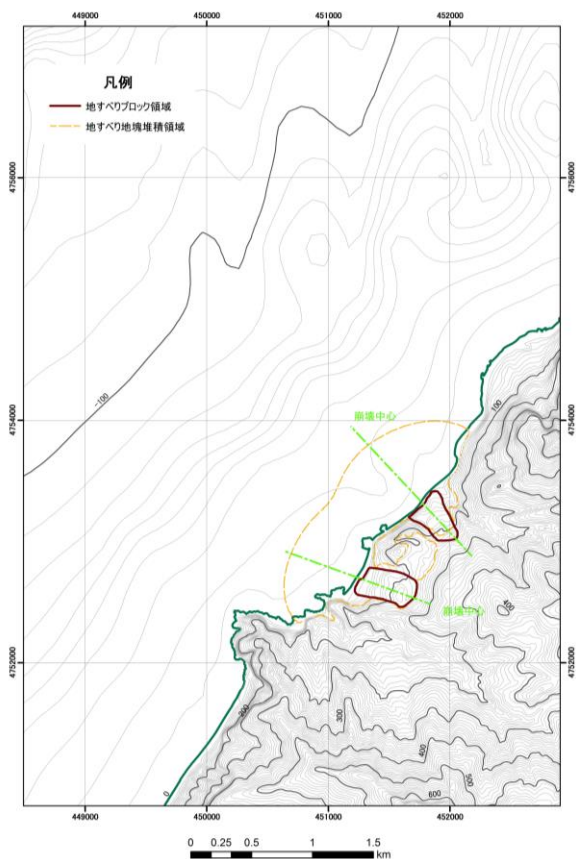
【津波シミュレーション（Kinematic landslideモデル）】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間（時間）	3	
比高変化 (m)	最大5	TITAN2Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズ タイム (s)	120	Satake (2007) に基づき設定。
変動伝播速度 (m/s)	40	Satake (2007) に基づき設定。

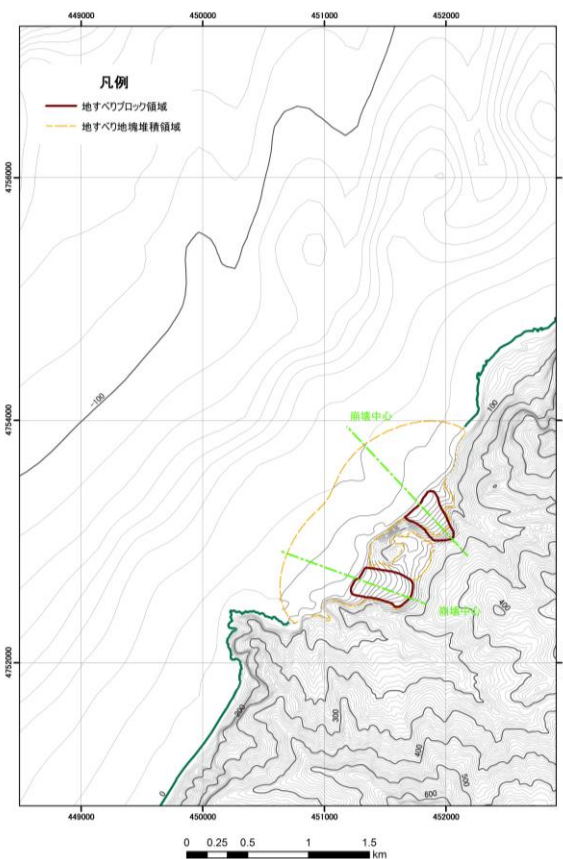
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（5/13）地すべり地形のモデル化（1/2）

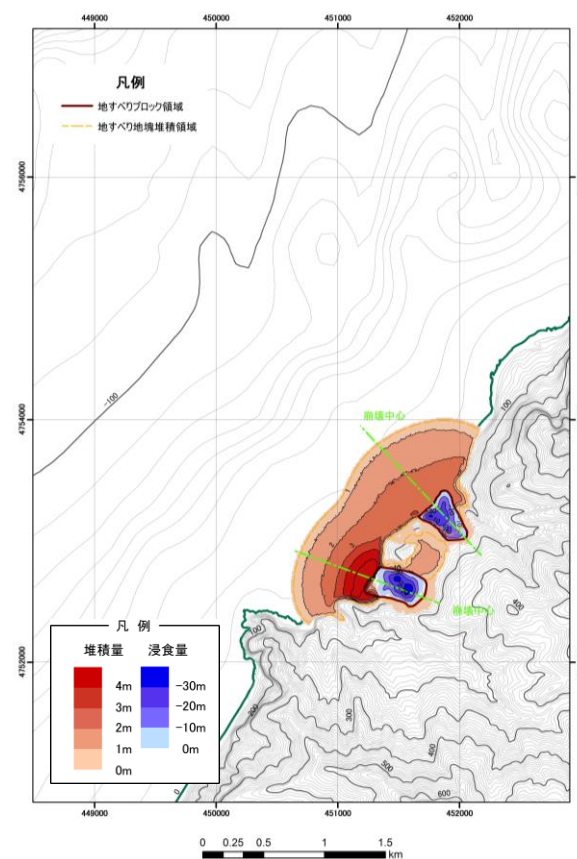


地すべり前地形



地すべり後地形

10分後



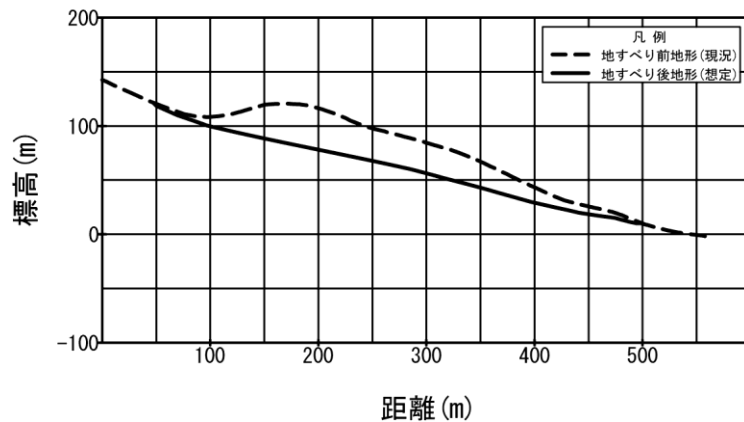
地すべり前後の地形変化量

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

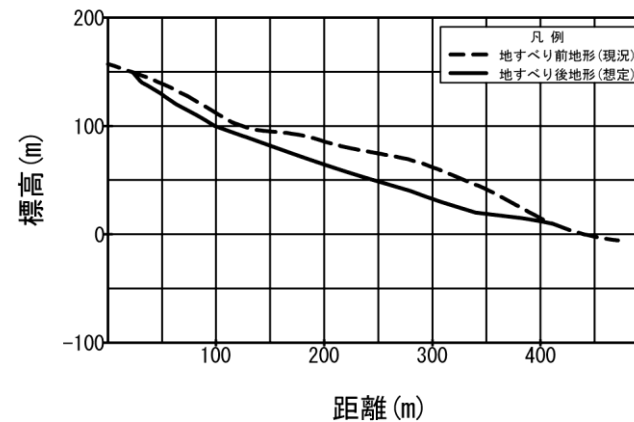
4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（6/13）地すべり地形のモデル化（2/2）

SL1 地すべり断面図



SL3 地すべり断面図

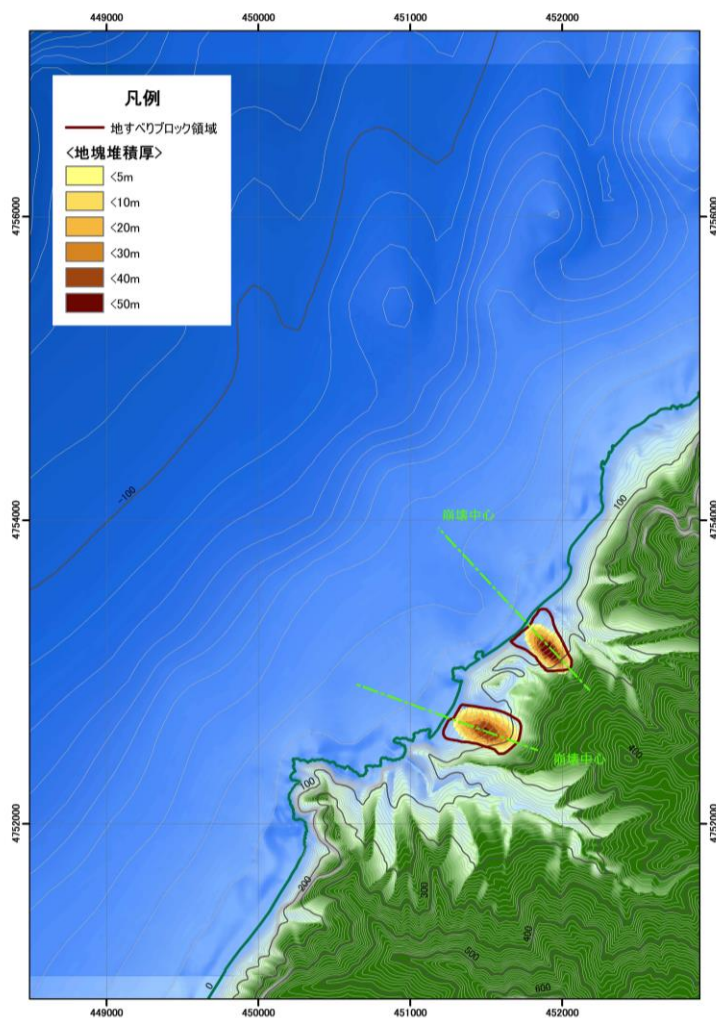


地すべり地形の断面形状

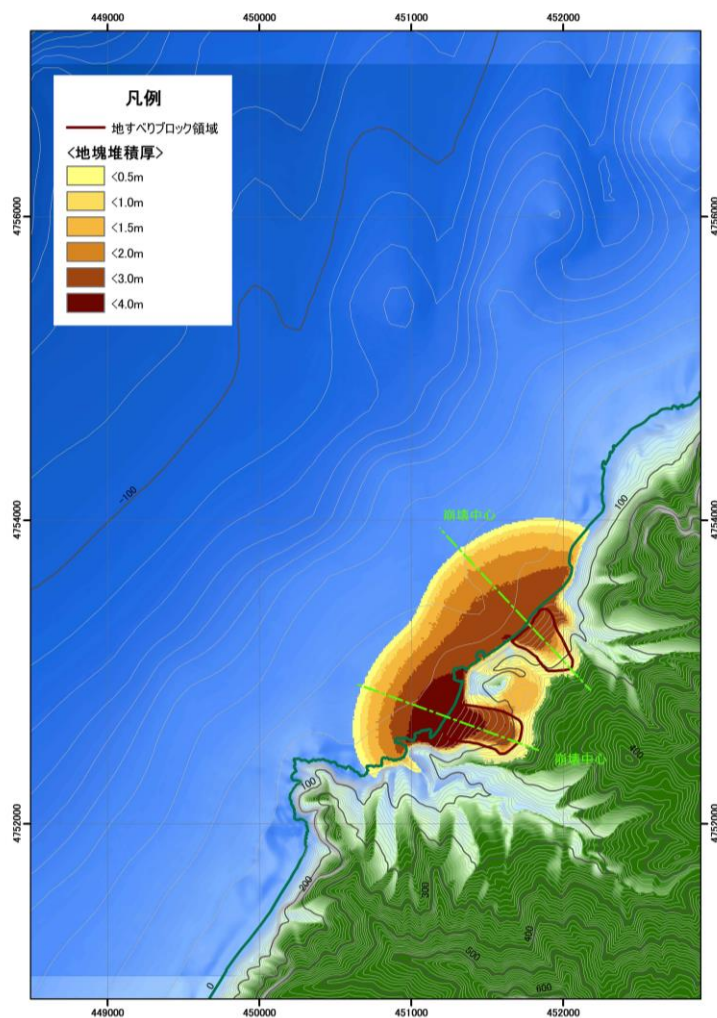
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（7/13）地すべりシミュレーション結果



地すべり前



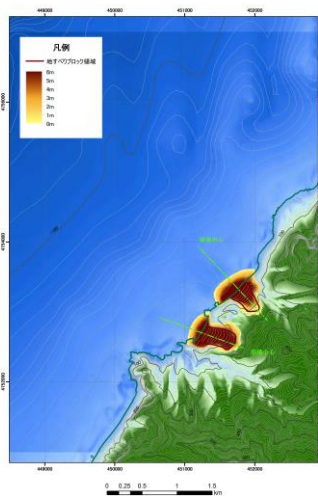
地すべり後（10分後）

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

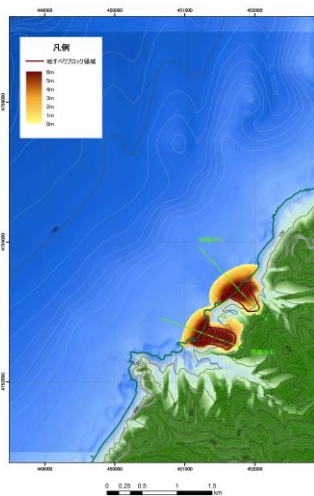
4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（8/13） 地すべりシミュレーション スナップショット（1/2）

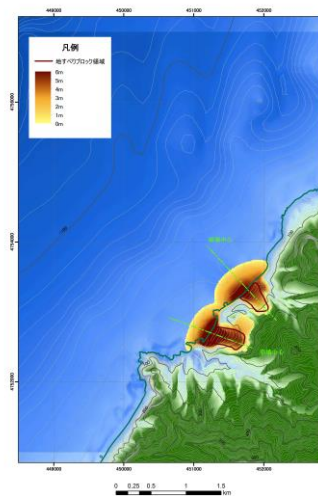
1分後



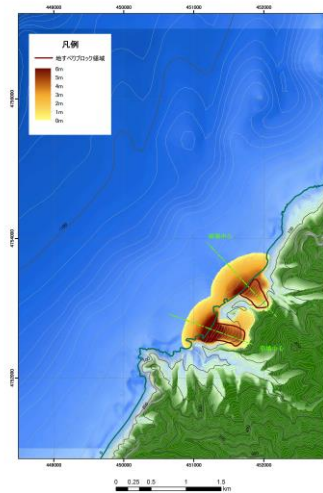
2分後



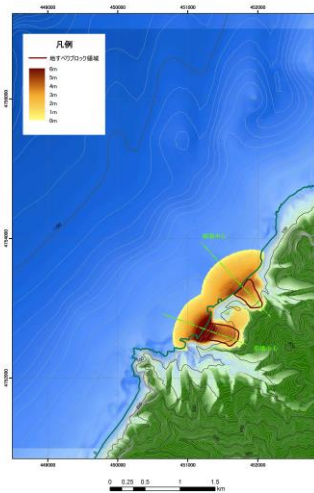
3分後



4分後



5分後

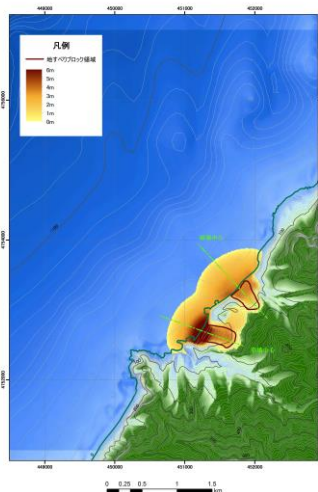


4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

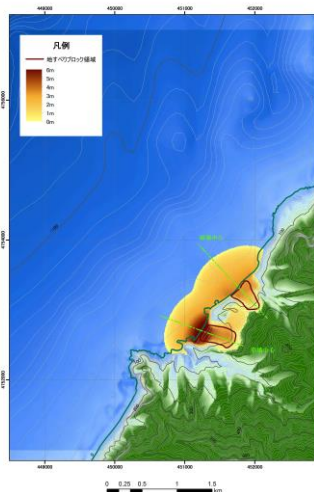
4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（9/13） 地すべりシミュレーション スナップショット（2/2）

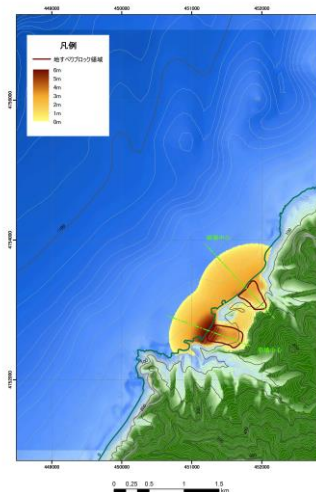
6分後



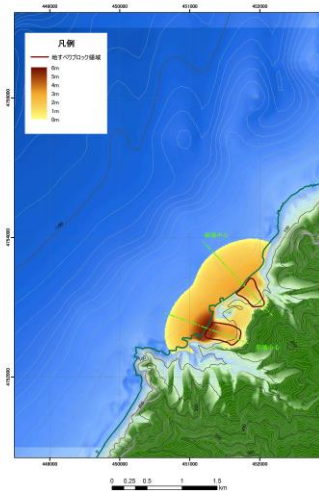
7分後



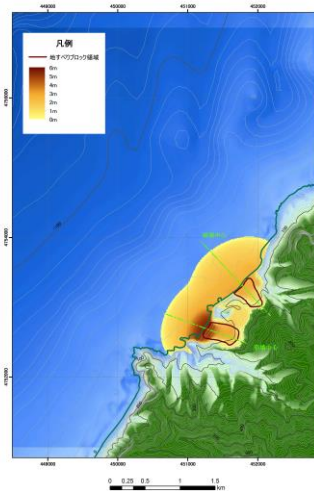
8分後



9分後



10分後



4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（10/13）津波シミュレーション結果

一部修正（H27/5/15審査会合）

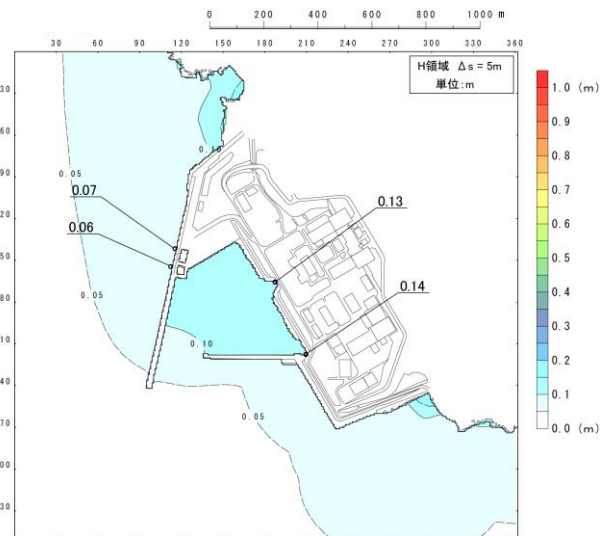
○「弁慶岩（不安定ブロック一括）」について数値シミュレーションを実施した結果、下表のとおりである。

区 分	弁慶岩 (不安定ブロック一括)
敷地前面 (上昇側)	0.14m
3号炉取水口 (上昇側)	0.14m
1, 2号炉取水口 (上昇側)	0.13m
3号炉取水口 (下降側)	0.14m
1, 2号炉取水口 (下降側)	0.14m

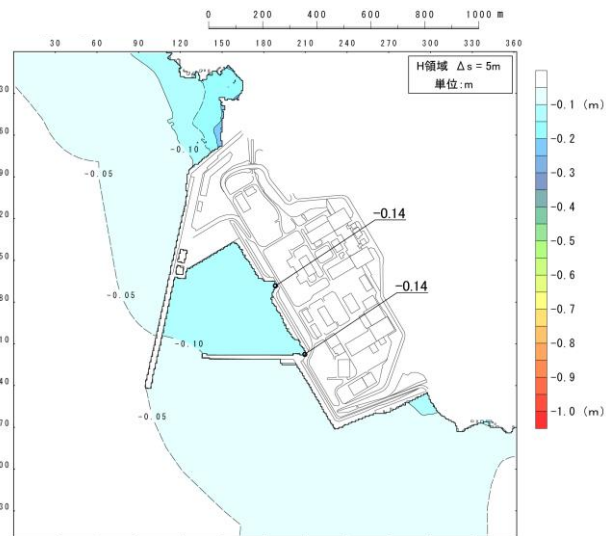
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

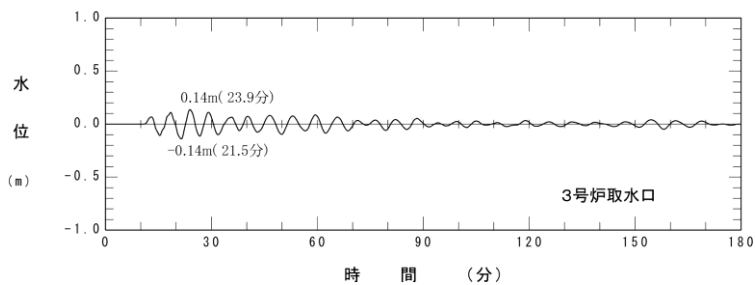
弁慶岩（11/13） 津波シミュレーション結果（3号炉取水口）



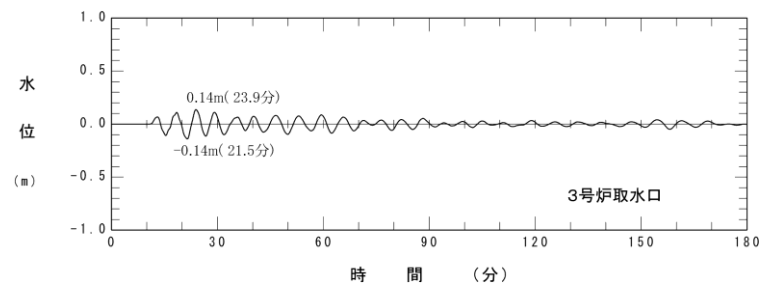
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

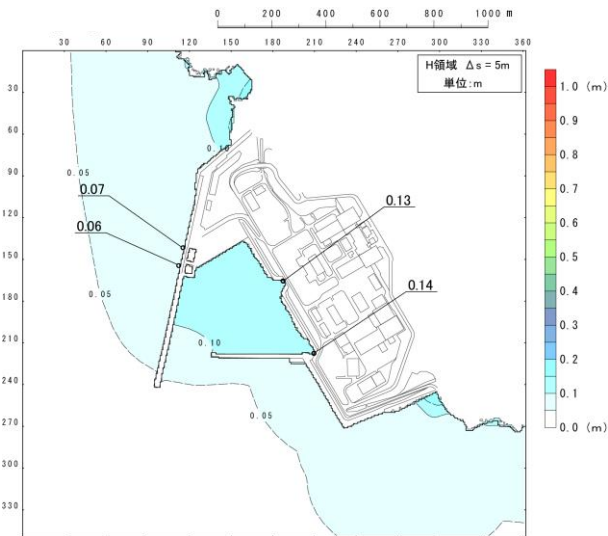


水位時刻歴波形

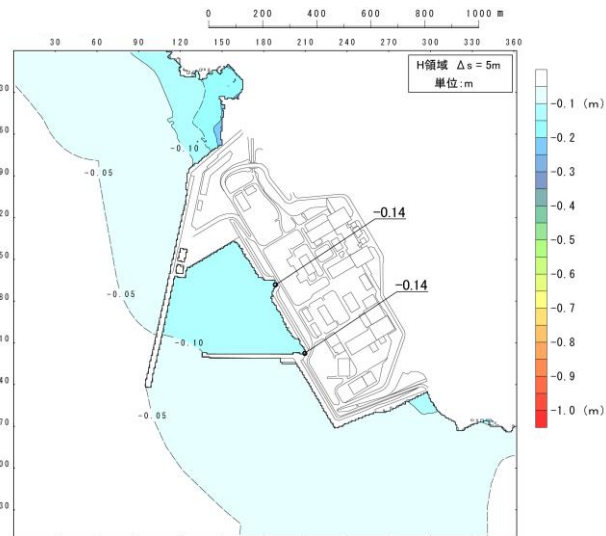
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

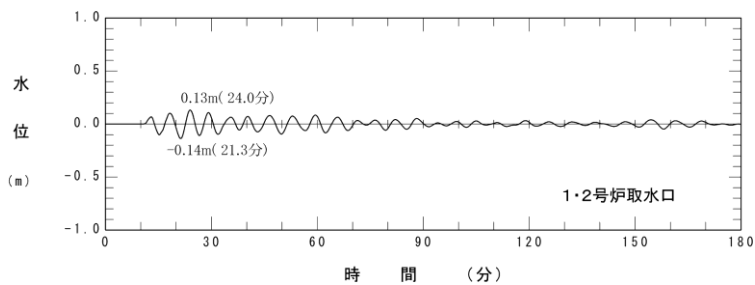
弁慶岩（12/13） 津波シミュレーション結果（1, 2号炉取水口）



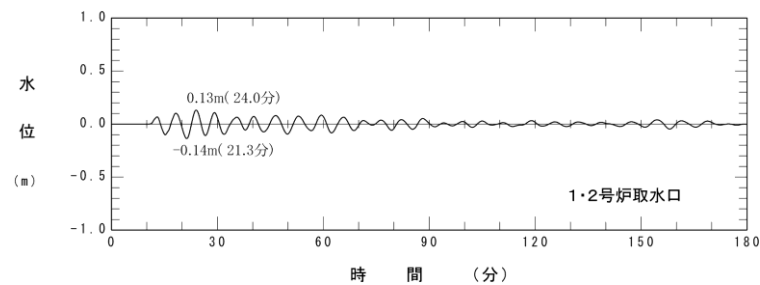
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

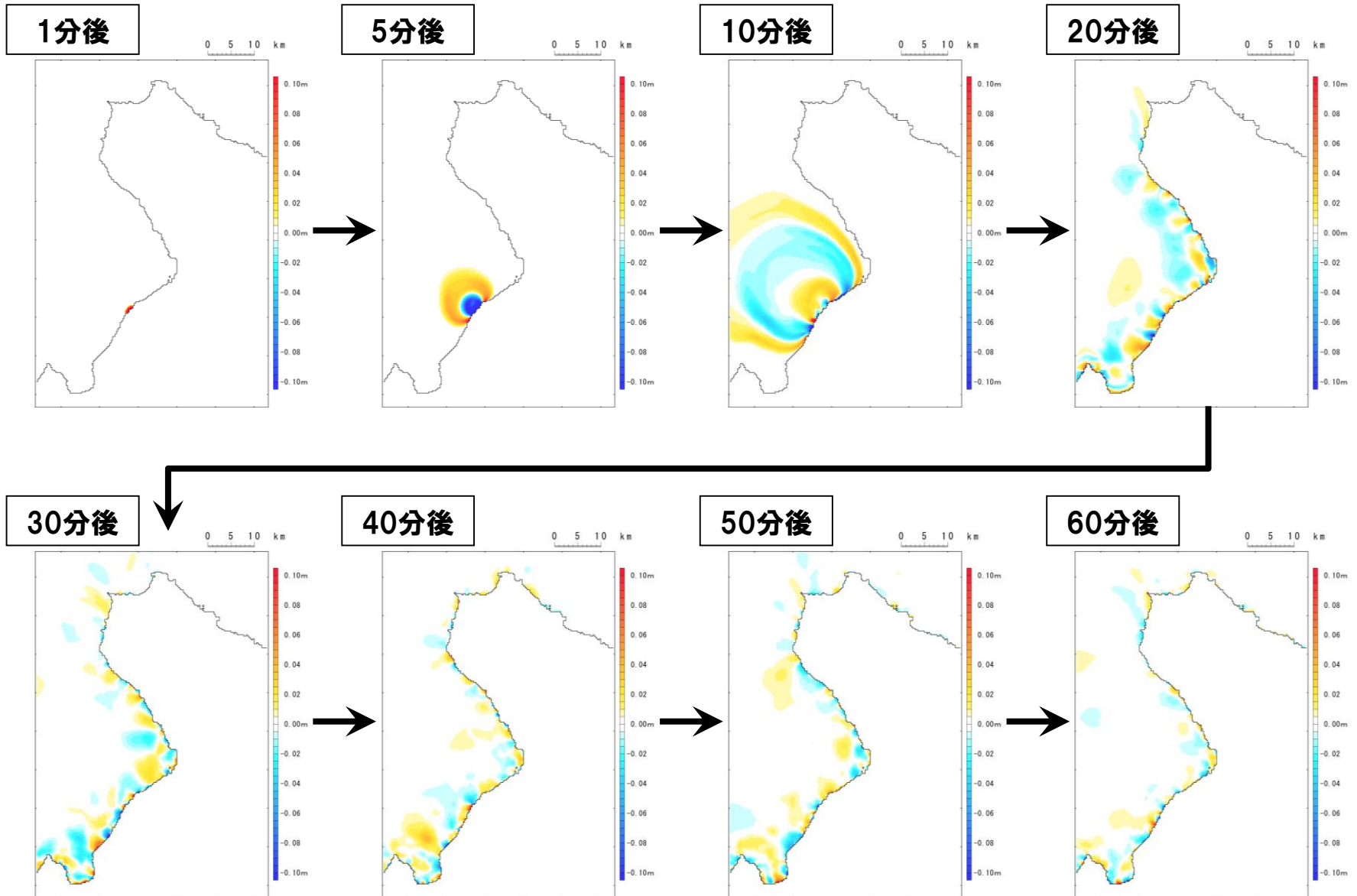


水位時刻歴波形

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.1 平成27年5月15日審査会合

弁慶岩（13/13） 津波シミュレーション スナップショット



1. 既往津波の検討	3
1.1 平成26年12月5日審査会合	4
1.2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2.1 平成27年5月15日審査会合	26
2.2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3.1 平成26年12月5日審査会合	48
3.2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	75
4.1 平成27年5月15日審査会合	76
4.2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	129
5.1 平成27年8月21日審査会合	130

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.2 平成27年8月21日審査会合

陸上地すべりに伴う津波（1/7）説明概要

一部修正（H27/8/21審査会合）

コメント概要

(H27.5.15 審査会合)

- Kinematic landslideモデルにおけるライズタイムの入力値等，入力データの設定方法及び適用性について示すこと。

説明概要

(検討方針)

- Kinematic landslideモデル**において入力するパラメータである，**変動伝播速度**及び**鉛直変位ライズタイム**について，より明確な根拠を持った入力値として，地すべりシミュレーション結果から得られる情報により検討する。
- 入力値の検討に当たっては，不確かさを考慮した**パラメータスタディを実施**する。
- 複数の計算手法による総合的な評価として，陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波についても，**二層流モデルによる津波シミュレーションとの比較検討**を実施し，安全側の評価となっていることを確認する。
- 二層流モデルとの比較検討ケースは，津波影響評価の検討対象としたものうち，**崩壊規模を考慮**し，陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波については，「**川白一括**」を代表ケースとして選定する。

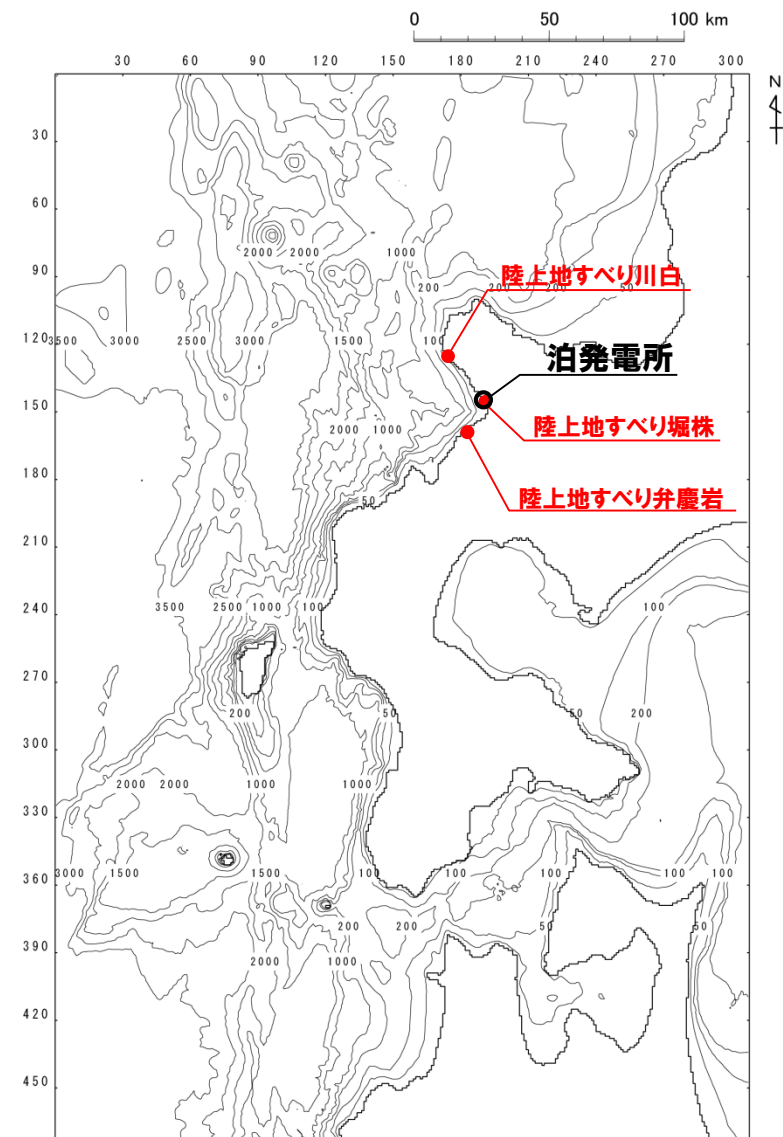
【陸上の斜面崩壊に伴う津波】

二層流モデル 検討対象候補	陸上地すべりに伴う津波		
	川白一括	弁慶岩不安定 ブロッカー一括	堀株
崩壊規模 (m ³)	5.02×10 ⁸	1.98×10 ⁶	0.85×10 ⁶

陸上地すべりに伴う津波（2/7） 評価対象全体位置図

一部修正（H27/8/21審査会合）

区分	検討箇所	崩壊規模 (m^3)	敷地までの距離 (km)
陸上地すべりに 伴う津波	川白一括	5.02×10^8	26
	弁慶岩不安定 ブロック一括	1.98×10^6	15
	堀株	0.85×10^6	1



地すべり・崩壊箇所位置図

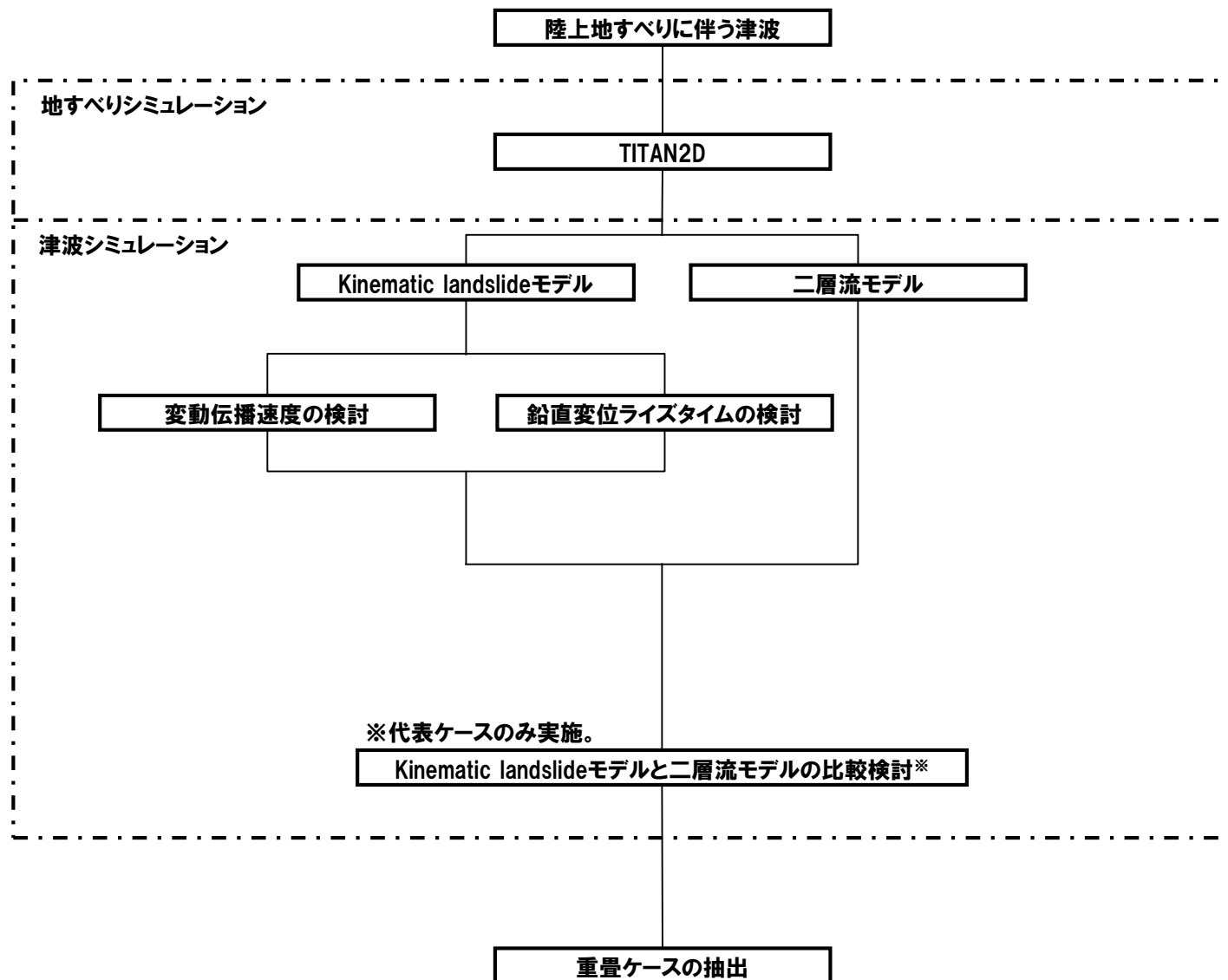
:本章において検討対象としたケース。

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.2 平成27年8月21日審査会合

陸上地すべりに伴う津波（3/7） 検討フロー

一部修正（H27/8/21審査会合）



4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.2 平成27年8月21日審査会合

陸上地すべりに伴う津波（4/7） 検討方針

一部修正（H27/8/21審査会合）

- Kinematic landslideモデルにおいて入力するパラメータである、変動伝播速度及び鉛直変位ライズタイムについて、より明確な根拠を持った入力値として、地すべりシミュレーション結果から得られる情報により検討する。
- 入力値の検討に当たっては、不確かさを考慮したパラメータスタディを実施する。
- 複数の計算手法による総合的な評価として、陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波についても、二層流モデルによる津波シミュレーションとの比較検討を実施し、安全側の評価となっていることを確認する。
- 二層流モデルとの比較検討ケースは、津波影響評価の検討対象としたもののうち、崩壊規模を考慮し、陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波については、「川白一括」を代表ケースとして選定する。

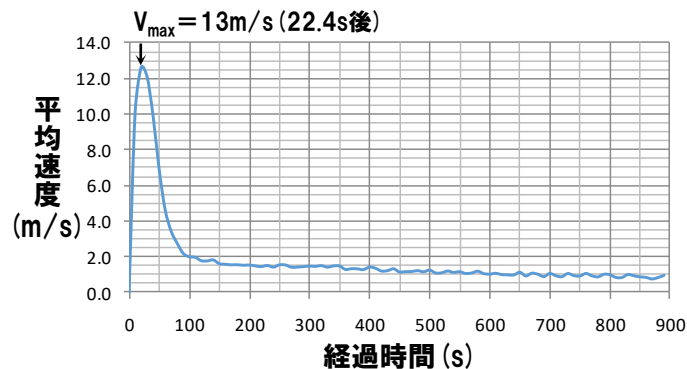
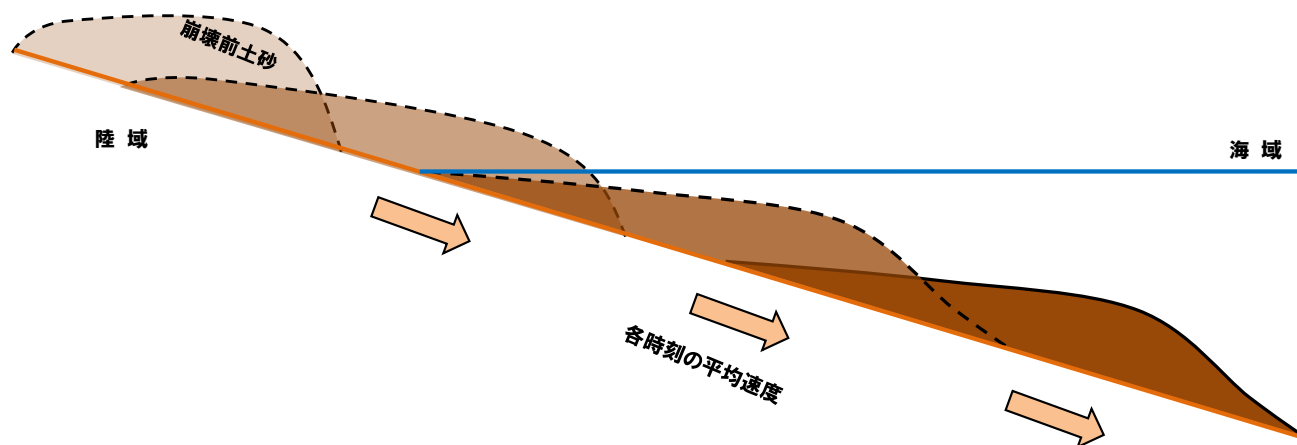
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.2 平成27年8月21日審査会合

陸上地すべりに伴う津波（5/7） 入力値の設定（変動伝播速度）

- 変動伝播速度は、TITAN2Dによる地すべりシミュレーションで得られる移動土塊の速度を入力値とする。
- 移動土塊の速度は、土塊全体の速度の平均値とし、崩壊開始から崩壊後地形としている崩壊10分後までの間における、各時刻での値を算出する。
- 選定する入力値は、土塊や土砂が湛水池に突入することで生じる波高は、その突入速度が速いほど、高くなることが報告されている（水山ほか、1985；道上ほか、1996；松村ほか、1997）ことから、保守的に移動土塊の平均速度の最大値を用いる（下図は「川白一括」の例）。

算定イメージ（川白一括の場合）



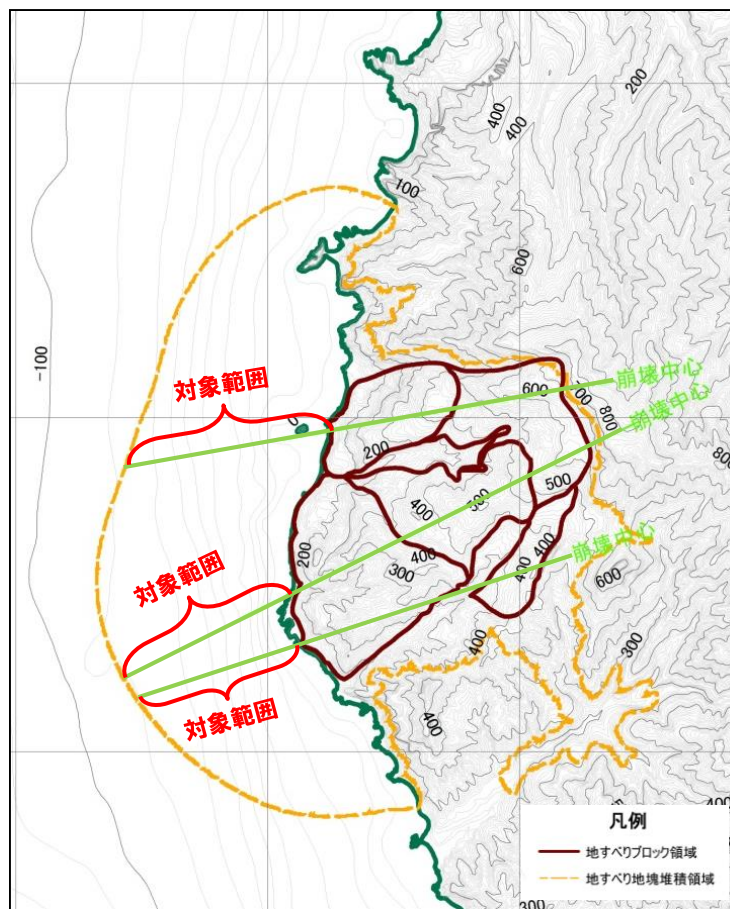
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.2 平成27年8月21日審査会合

陸上地すべりに伴う津波（6/7） 入力値の設定（鉛直変位ライズタイム）（1/2）

一部修正（H27/8/21審査会合）

- 鉛直変位ライズタイムは、TITAN2Dによる地すべりシミュレーションにおける土塊の堆積変化について着目し、現象が開始してから概ね終息したと判断されるまでの時間を算出したうえで設定する。
- 土塊の堆積及び浸食の時間変化については、土塊の崩壊中心線を代表とする。
- 算出に用いる堆積変化の範囲は、崩壊中心線上で崩壊開始後10分までの海域の変化範囲とする。



川白一括

陸上地すべりに伴う津波（7/7） 入力値の設定（鉛直変位ライズタイム）（2/2）

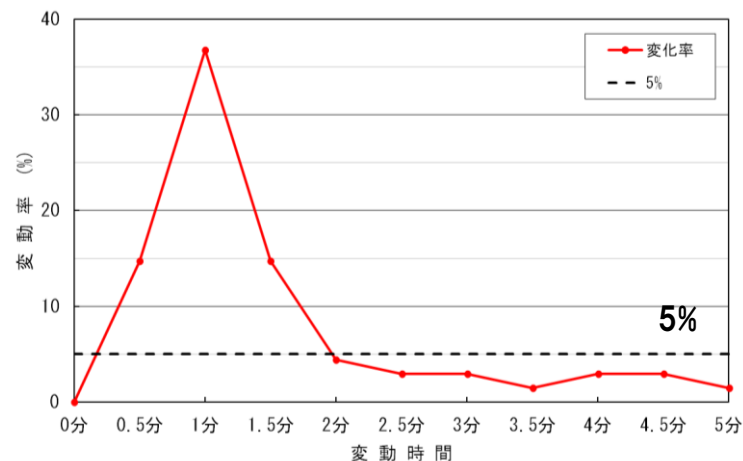
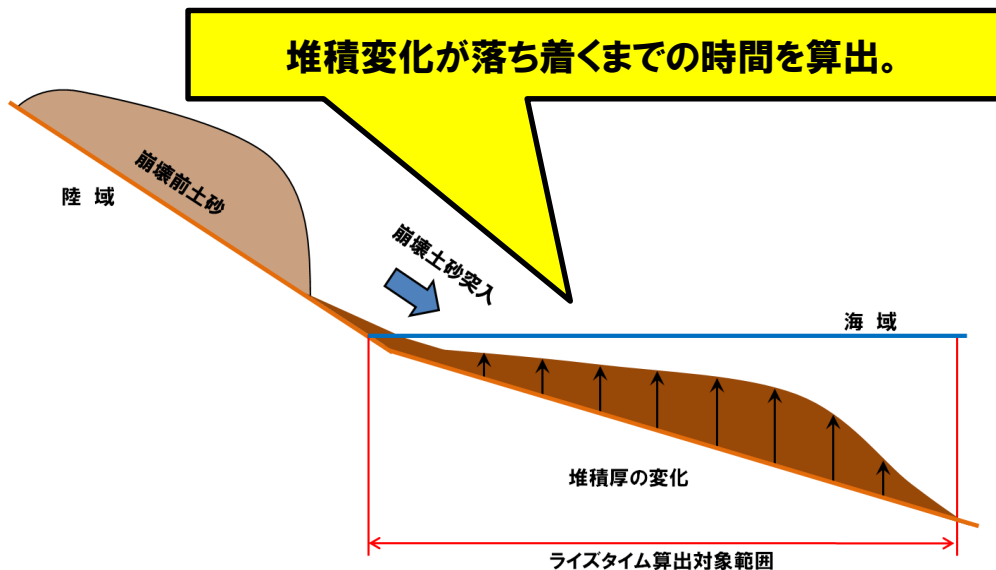
○地すべり現象が開始してから概ね終息したとの判断は、堆積変化の総量に対する各時刻間における変化率が5%未満となる時間として算出した。

→算出方法：各時間の変化率 = (時間当たり変化量 ÷ 10分間の総変化量) × 100

○算出に用いる堆積変化の範囲は、崩壊中心線上で崩壊開始後10分までの海域の変化範囲とした。

○土砂の変化量は、対象範囲の平均値とし、堆積及び浸食を絶対値で評価した。

算定イメージ（川白一括の場合）



平均堆積量の変化率が
5%未満になるまでの時間を算出

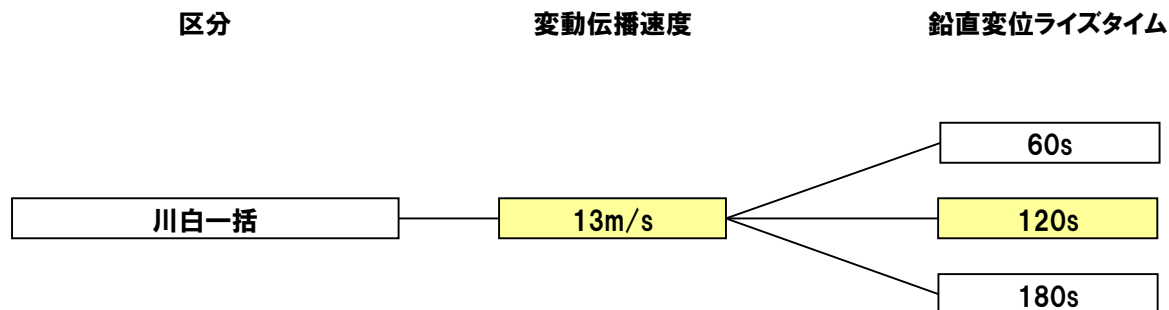
余白

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

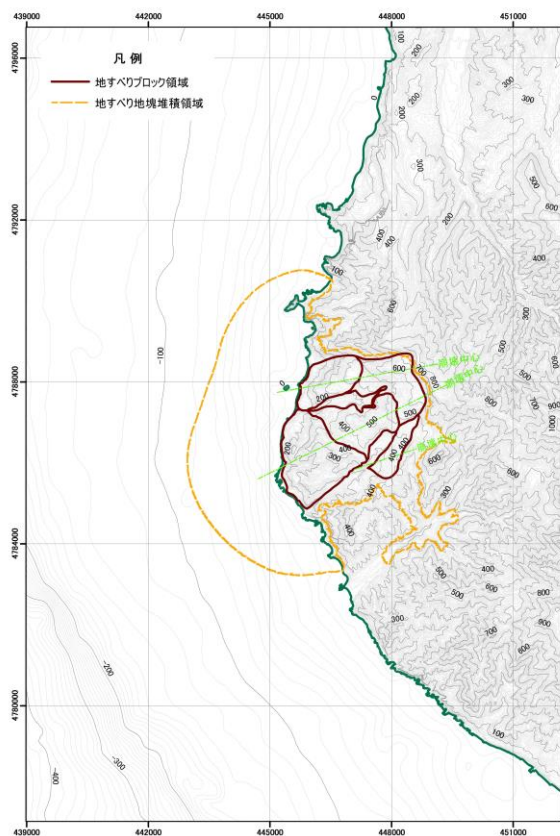
4.2 平成27年8月21日審査会合

川白（1/12） 検討方針（津波シミュレーション）

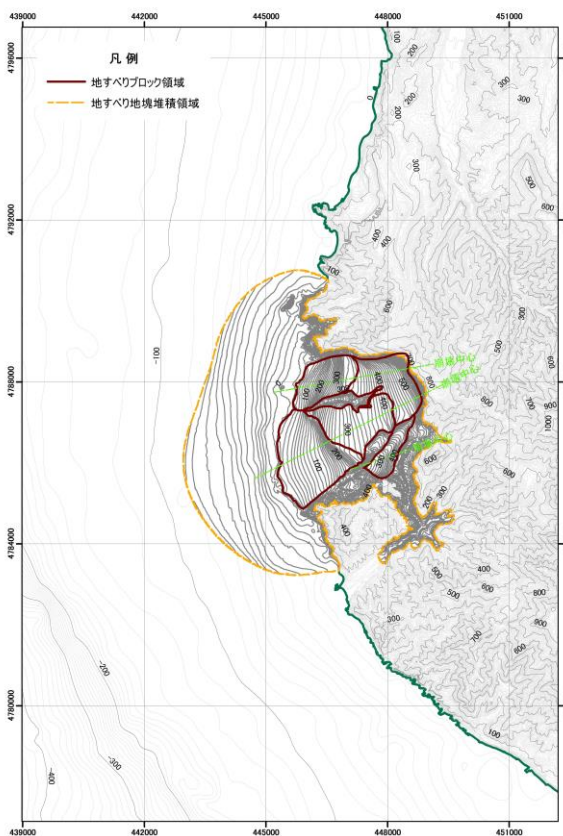
- TITAN2Dにより得られた変動伝播速度及び鉛直変位ライズタイムについて、ハッチングのケースが選定された。
- 変動伝播速度については、地すべりシミュレーション結果に基づき検討した値であることを考慮し、保守的に移動土塊の平均速度の最大値を選定する。
- 一方、鉛直変位ライズタイムについても、地すべりシミュレーション結果に基づき検討した値であることを考慮し、念のため、算出した入力値から±60sを変化させた、各々3ケースを検討する。



川白（2/12）地すべり地形のモデル化（1/2）

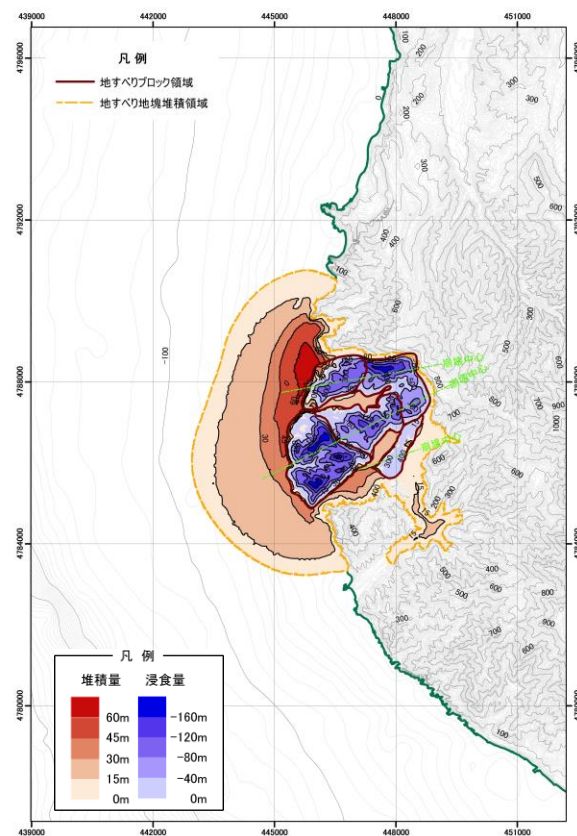


地すべり前地形



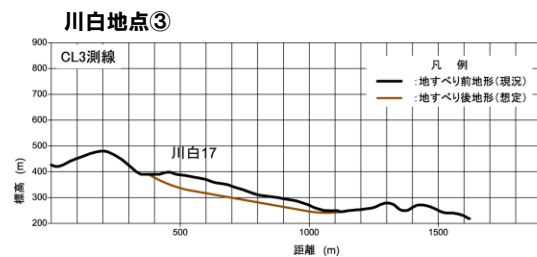
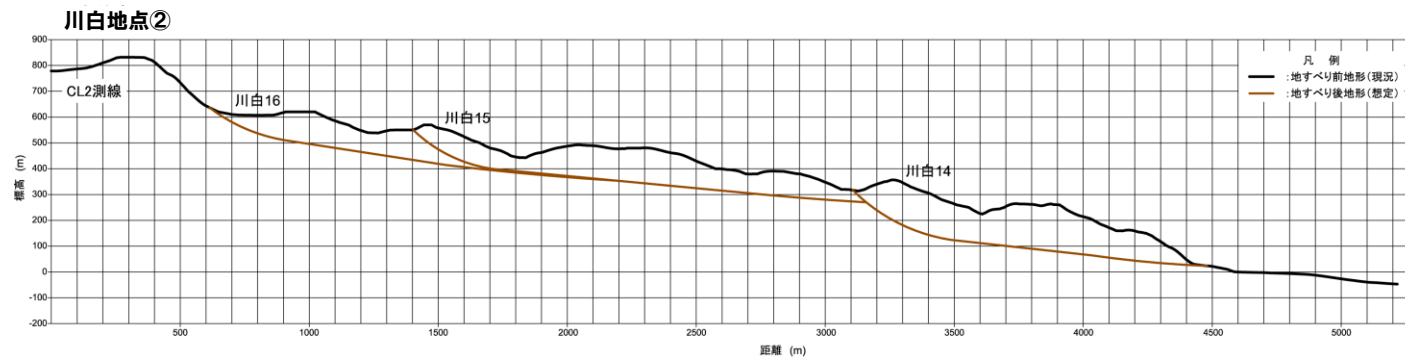
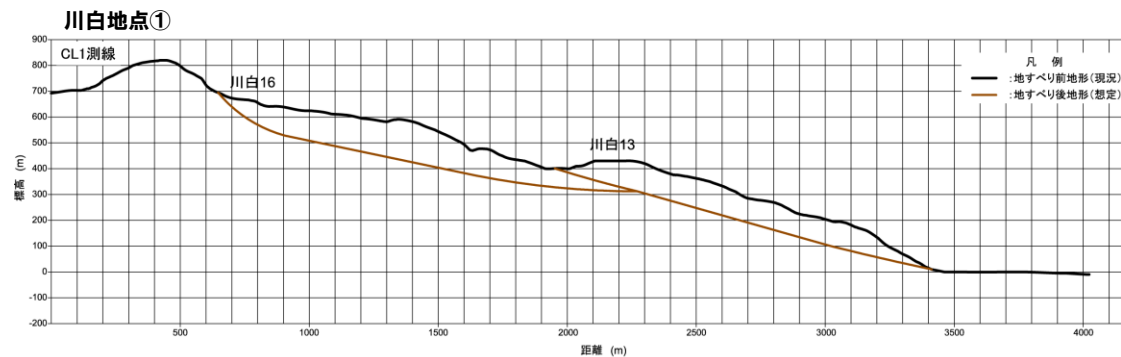
地すべり後地形

10分後



地すべり前後の地形変化量

川白 (3/12) 地すべり地形のモデル化 (2/2)



地すべり地形の断面形状

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

4.2 平成27年8月21日審査会合

川白（4/12）津波シミュレーション（1/2）

○地すべりシミュレーションは、陸上の土砂の動きを時刻歴で解析することが可能なTITAN2Dを使用する。

【地すべりシミュレーション（TITAN2D）】

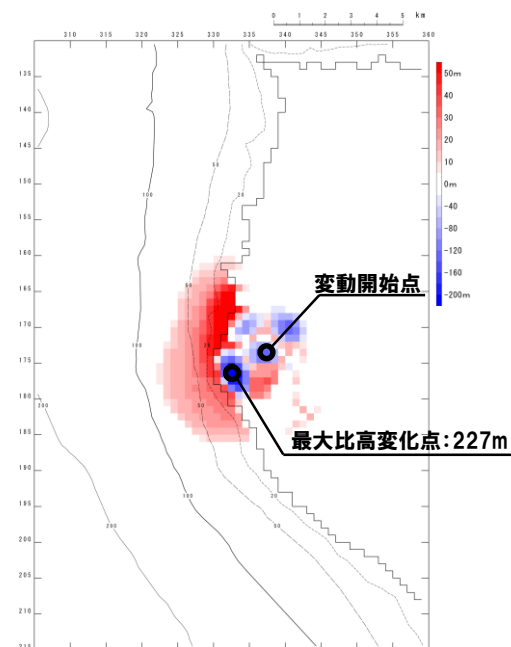
入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 ϕ_{int} (°)	30.0	想定される地質 (33° 程度) より設定。
底面摩擦角 ϕ_{bed} (°)	11.3	森脇 (1987) より設定。

川白（5/12）津波シミュレーション（2/2）

○津波の数値シミュレーションは、Kinematic landslideモデル及び二層流モデルの手法を用いる。

【津波シミュレーション（Kinematic landslideモデル）】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間（時間）	3	
比高変化 (m)	最大227	TITAN2Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズタイム (s)	60, 120, 180	TITAN2Dによる鉛直方向の変化率から設定。
変動伝播速度 (m/s)	13	TITAN2Dによる最大速度から設定。

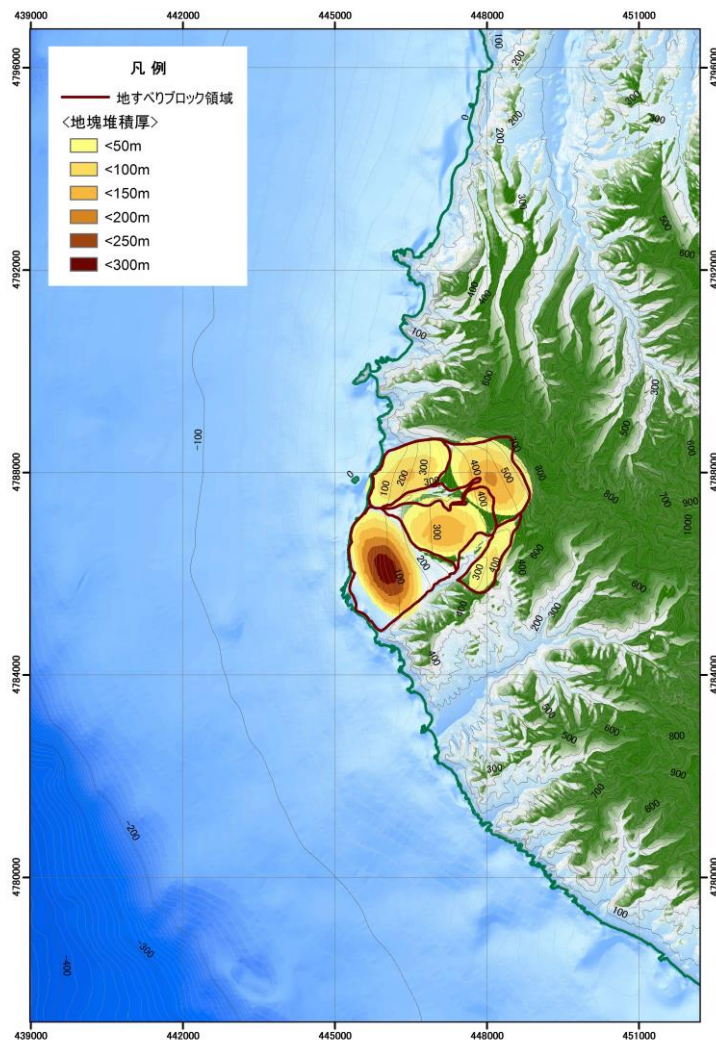


TITAN2Dによる10分後の地形変化量分布

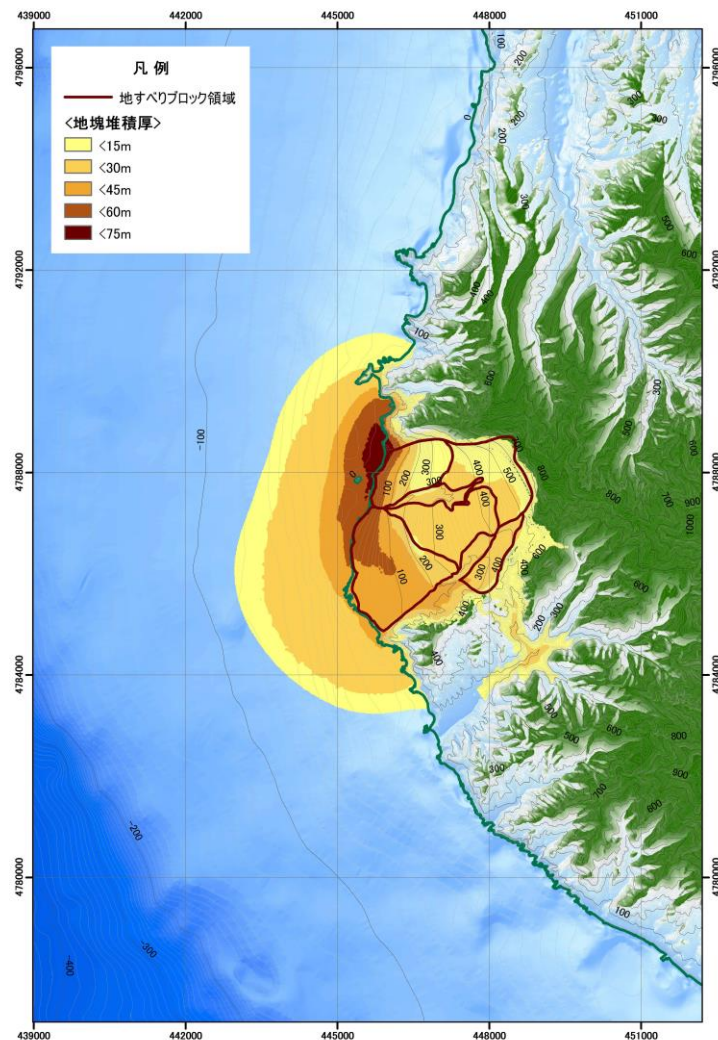
【津波シミュレーション（二層流モデル）】

入力データ	入力値	備考	
計算時間間隔 Δt (s)	0.1		
計算時間（時間）	3		
海水密度 (kg/m ³)	1,030	一般値を使用。	
崩壊物密度 (kg/m ³)	2,000	松本ほか（1998）に基づき設定。	
底面粗度係数 n (m ^{-1/3} ・s)	上層	0.03	土木学会（2002）に基づき設定。
	下層	0.40	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。
界面抵抗係数 f_{int}	0.0	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。	
渦動粘性係数 ν (m ² /s)	下層	0.1	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。

川白（6/12）地すべりシミュレーション結果



地すべり前



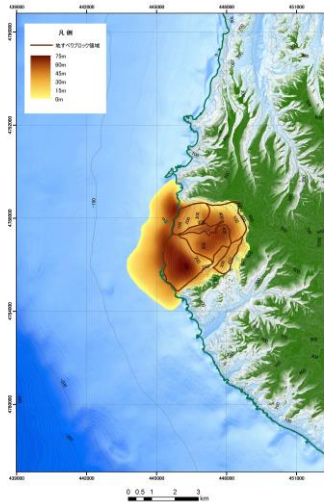
地すべり後（10分後）

4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

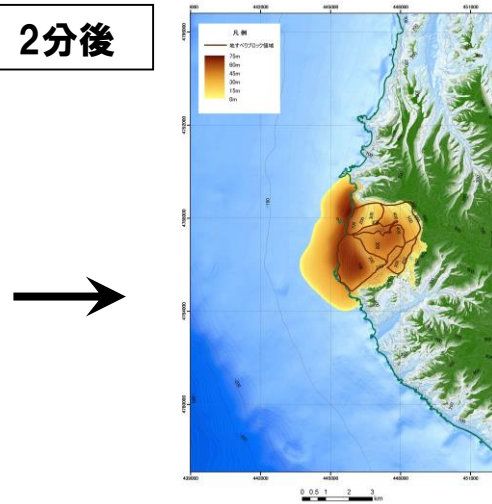
4.2 平成27年8月21日審査会合

川白（7/12）地すべりシミュレーション スナップショット（1/2）

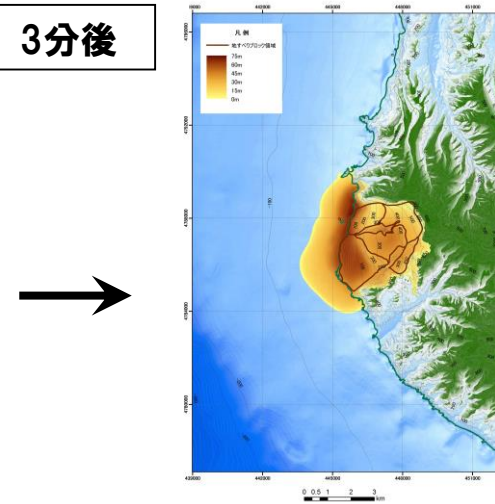
1分後



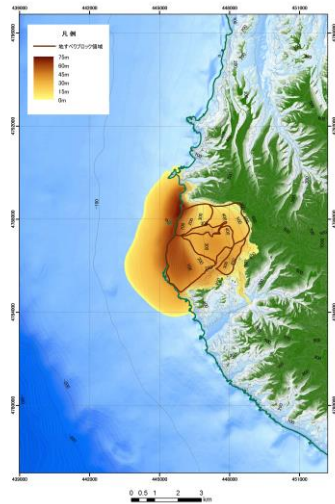
2分後



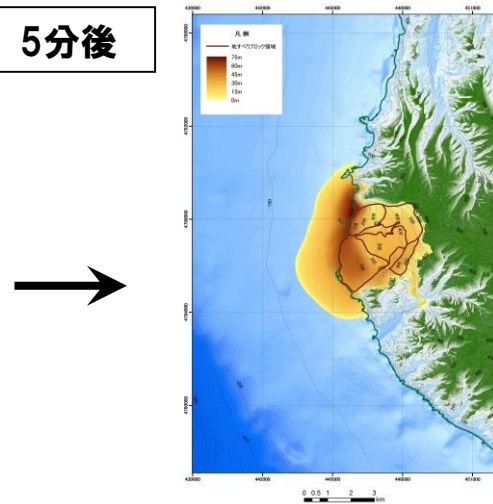
3分後



4分後



5分後

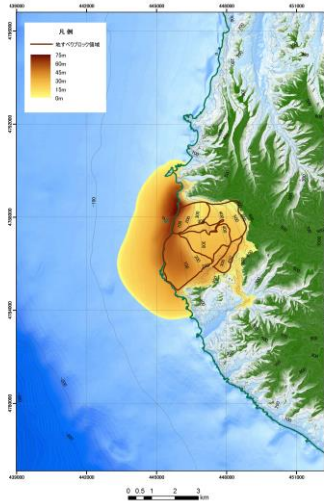


4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

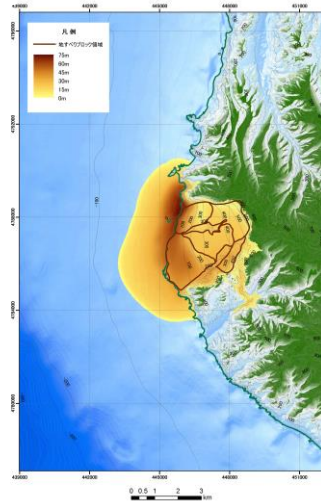
4.2 平成27年8月21日審査会合

川白（8/12）地すべりシミュレーション スナップショット（2/2）

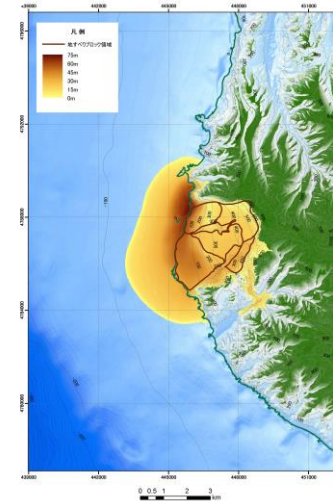
6分後



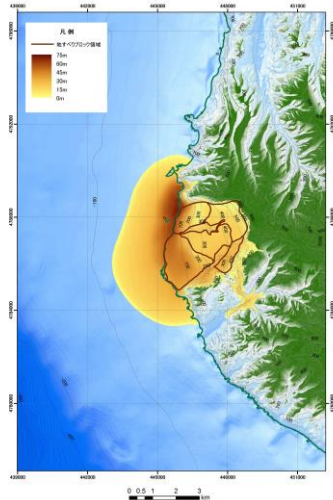
7分後



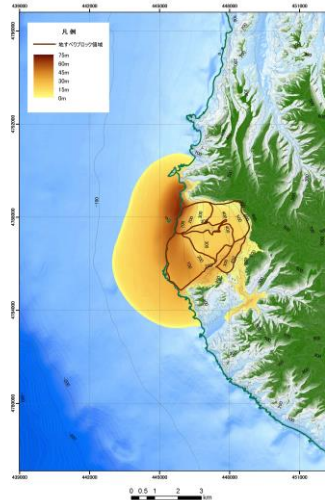
8分後



9分後



10分後

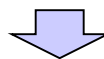


川白（9/12）津波シミュレーション結果

一部修正（H27/8/21審査会合）

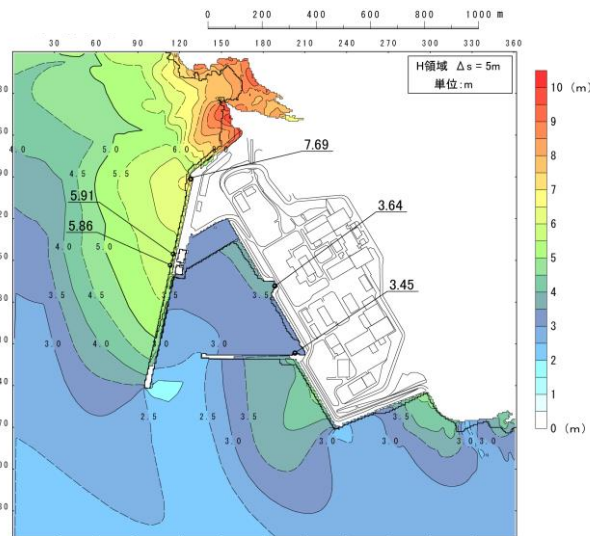
○Kinematic landslideモデルの入力値である変動伝播速度及び鉛直変位ライズタイムを検討のうえ、Kinematic landslideモデルと二層流モデルによる津波シミュレーションの比較検討を実施した。

区分	川白一括			
	Kinematic landslideモデル			二層流モデル
計算手法				
鉛直変位ライズタイム	60s	120s	180s	—
敷地前面 （上昇側）	7.69m	4.85m	4.50m	7.20m
3号炉取水口 （上昇側）	3.45m	2.79m	2.47m	2.28m
1, 2号炉取水口 （上昇側）	3.64m	2.72m	2.28m	2.39m
3号炉取水口 （下降側）	4.18m	4.12m	3.99m	2.67m
1, 2号炉取水口 （下降側）	3.97m	4.17m	3.79m	2.37m

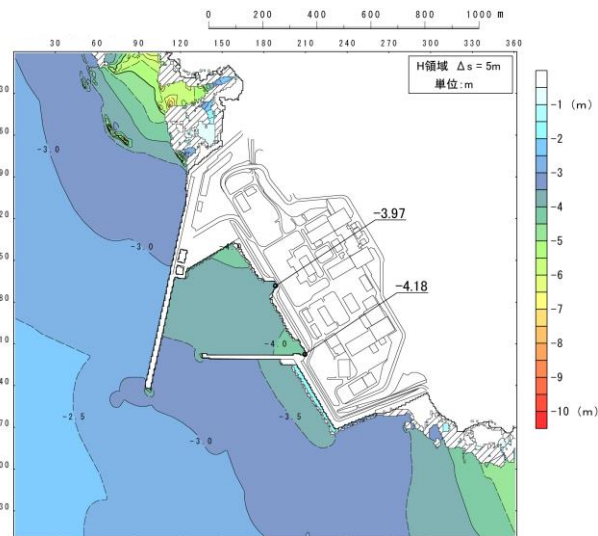


- 検討の結果、「川白一括」について、Kinematic landslideモデルの鉛直変位ライズタイムを、算出した入力値から-60sとしたケースが、水位変動に与える影響が大きい結果となった。
- なお、「川白一括」の1, 2号炉取水口（下降側）については、鉛直ライズタイム120sよりも60sが下回るものの、鉛直ライズタイムの変化による感度は小さく、最大水位下降量の若干の変化が敷地に与える影響は小さいと考えられる。

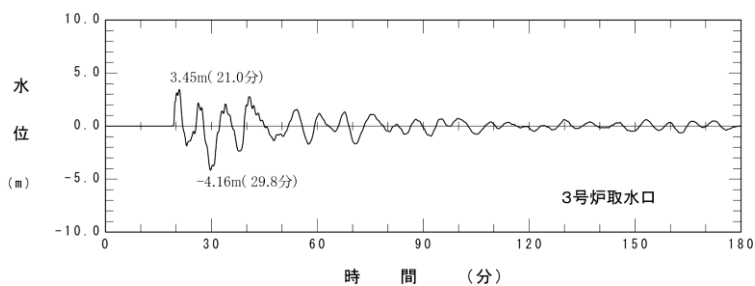
川白 (10/12) 津波シミュレーション結果 (3号炉取水口)



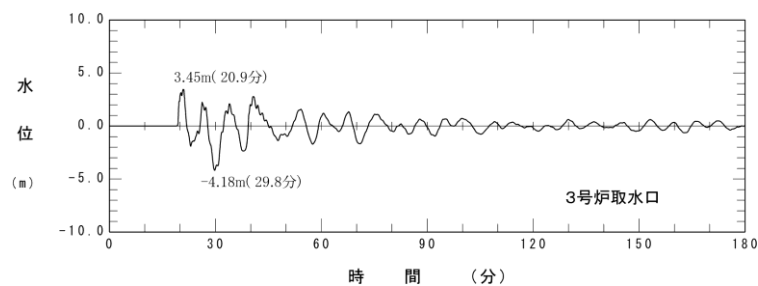
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

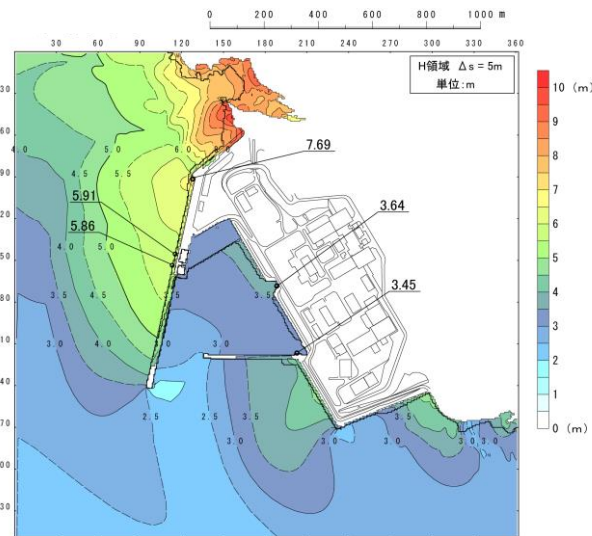


水位時刻歴波形

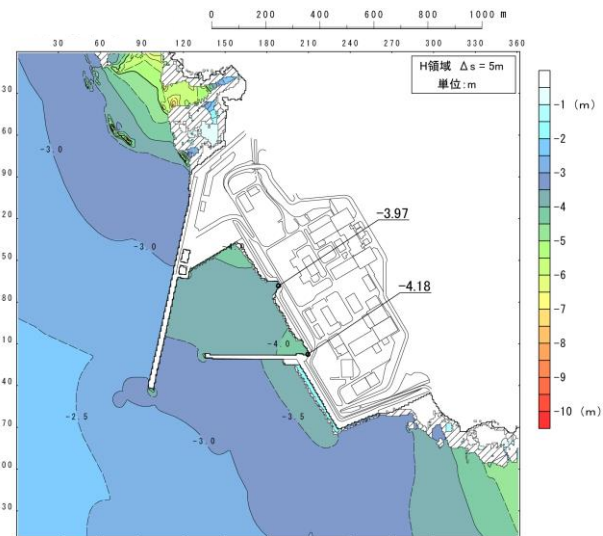


水位時刻歴波形

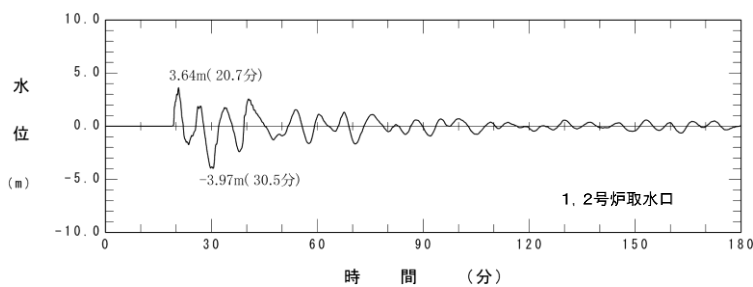
川白 (11/12) 津波シミュレーション結果 (1, 2号炉取水口)



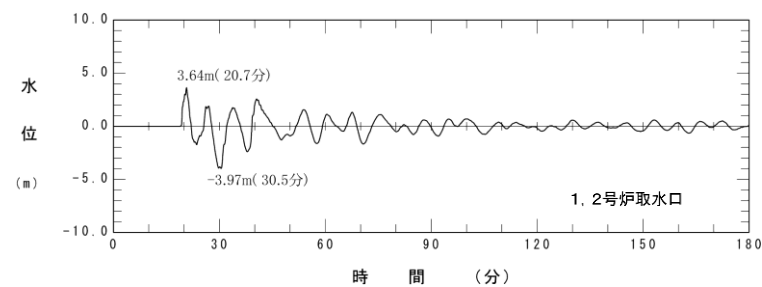
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



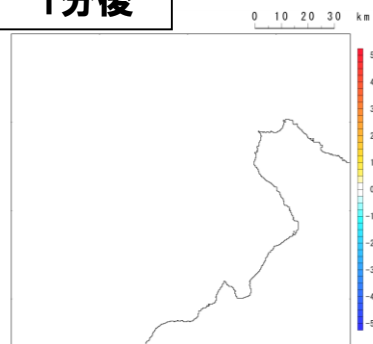
水位時刻歴波形



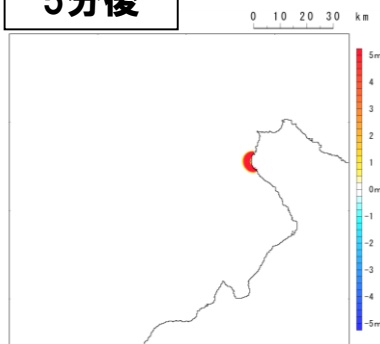
水位時刻歴波形

川白（12/12）津波シミュレーション スナップショット

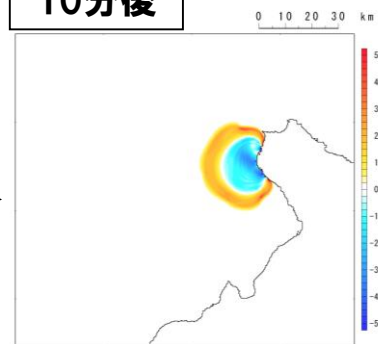
1分後



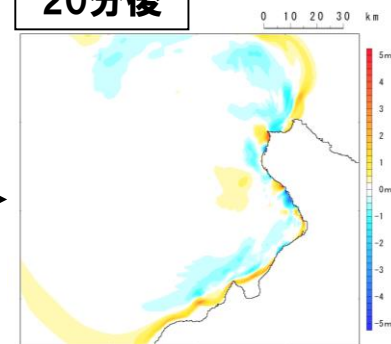
5分後



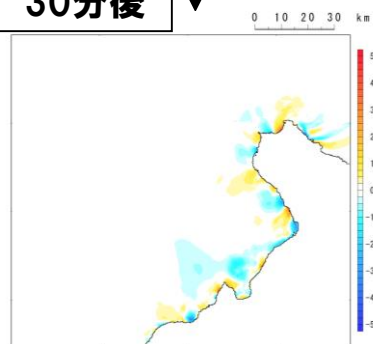
10分後



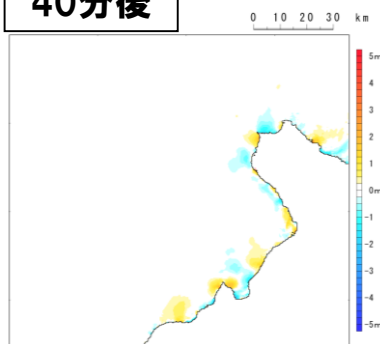
20分後



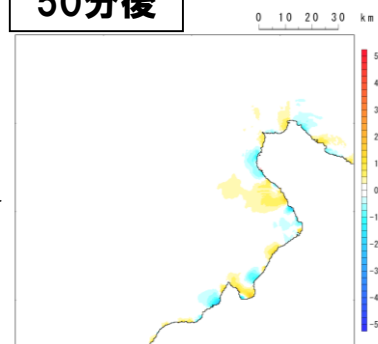
30分後



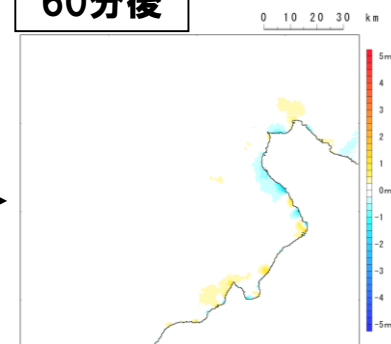
40分後



50分後



60分後



5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

1. 既往津波の検討	3
1. 1 平成26年12月5日審査会合	4
1. 2 平成27年5月15日審査会合	16
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	25
2. 1 平成27年5月15日審査会合	26
2. 2 平成27年8月21日審査会合	40
3. 海底地すべりに伴う津波	47
3. 1 平成26年12月5日審査会合	48
3. 2 平成27年8月21日審査会合	54
4. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	75
4. 1 平成27年5月15日審査会合	76
4. 2 平成27年8月21日審査会合	108
5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	129
5. 1 平成27年8月21日審査会合	130

5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

岩盤崩壊に伴う津波（1/3） 説明概要

一部修正（H27/8/21審査会合）

コメント概要

（H27.5.15 審査会合）

○陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）（以下、「岩盤崩壊」という。）に伴う津波において想定する崩壊規模については、過去の事例を踏まえた設定に加えて、現況の地形からの考察も踏まえた設定について検討すること。



説明概要

（検討方針）

- 岩盤崩壊に伴う津波において想定する崩壊地形について、現況地形からの考察として、敷地周辺における大規模崩壊危険箇所を推定する地形解析を実施する。
- 上記の地形解析を基に、空中写真、国土地理院のDEMから作成した1/25,000地形図及び航空レーザー測量によるDEMから作成した1/2,500地形図を用いて地形判読を行い、崩壊地形を設定する。
- 数値シミュレーション対象は、一括崩壊の可能性を考慮したうえで、敷地に与える影響が大きいと考えられる、敷地北側最短距離の**兜岬付近**と、敷地南側最短距離の**ピンノ岬付近**を選定する。

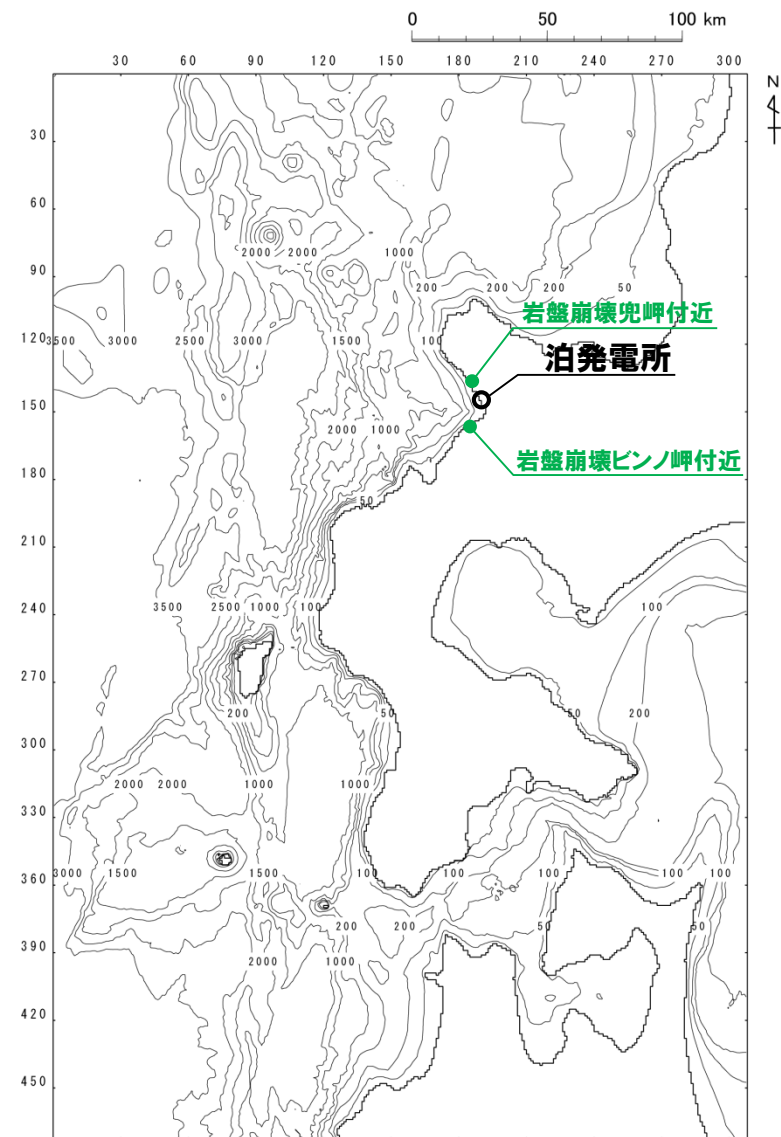
5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

岩盤崩壊に伴う津波（2/3） 評価対象全体位置図

一部修正（H27/8/21審査会合）

区分	検討箇所	崩壊規模 (m^3)	敷地までの距離 (km)
岩盤崩壊に伴う津波	兜岬付近	0.23×10^6	7
	ピンノ岬付近	1.10×10^7	11



地すべり・崩壊箇所位置図

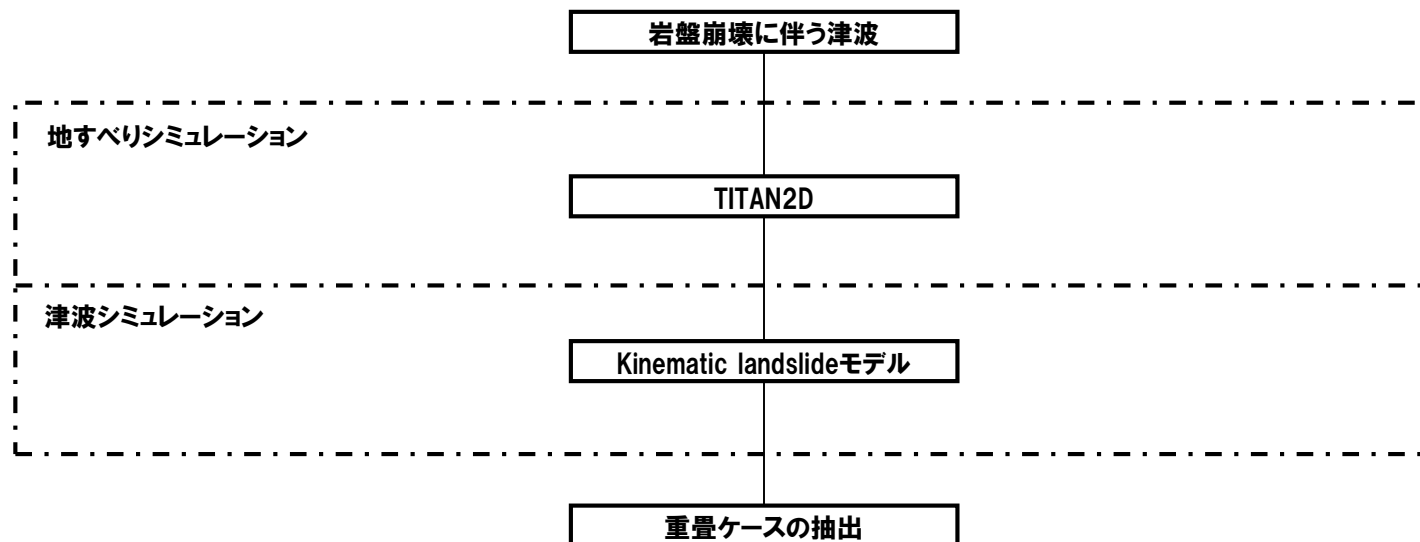
:本章において検討対象としたケース。

5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

岩盤崩壊に伴う津波（3/3） 検討フロー

一部修正（H27/8/21審査会合）



余白

5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

兜岬付近（1/10）津波シミュレーション

一部修正（H27/8/21審査会合）

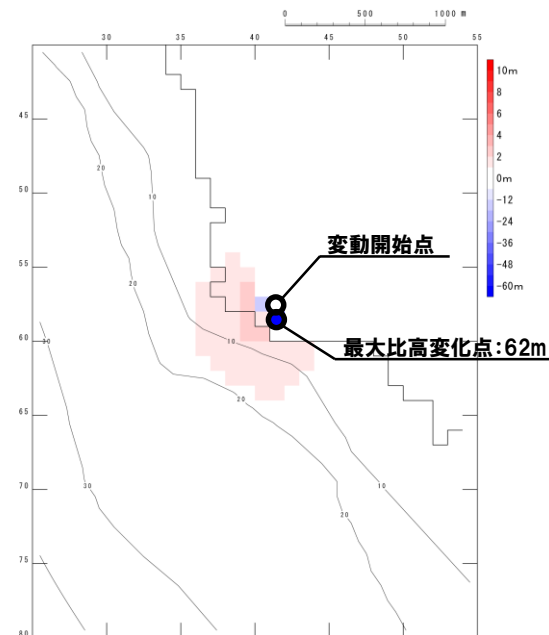
- 岩盤崩壊シミュレーションは、海域への崩壊堆積物の流入量が多くなる、TITAN2Dを使用する。
- 津波の数値シミュレーションは、Kinematic landslideモデルの手法を用いる。

【岩盤崩壊シミュレーション】

入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 Φ_{int} (°)	30.0	陸上地すべりと同値。
底面摩擦角 Φ_{bed} (°)	20.3	森脇（1987）より設定。

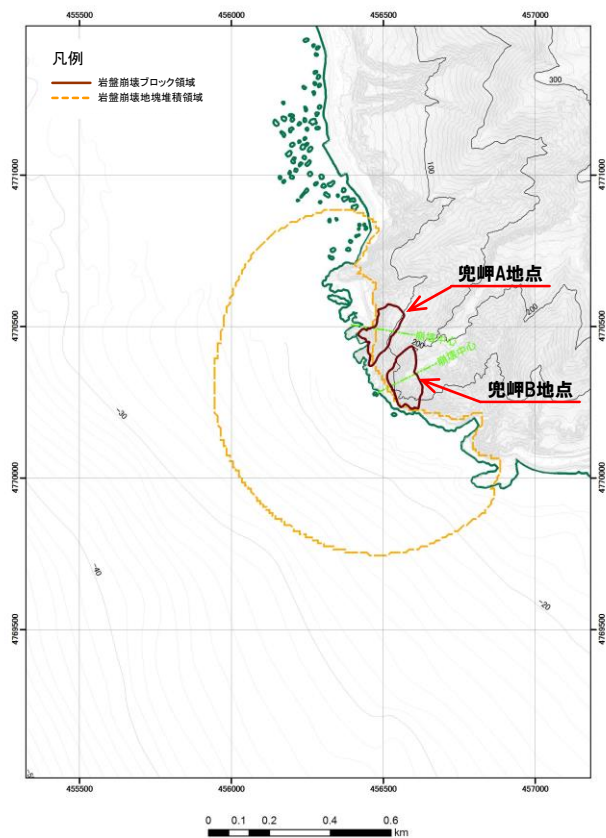
【津波シミュレーション（Kinematic landslideモデル）】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間（時間）	3	
比高変化 (m)	最大62	TITAN2Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズ タイム (s)	60	TITAN2Dによる鉛直方向の変化率から設定。
変動伝播速度 (m/s)	21	TITAN2Dによる最大速度から設定。

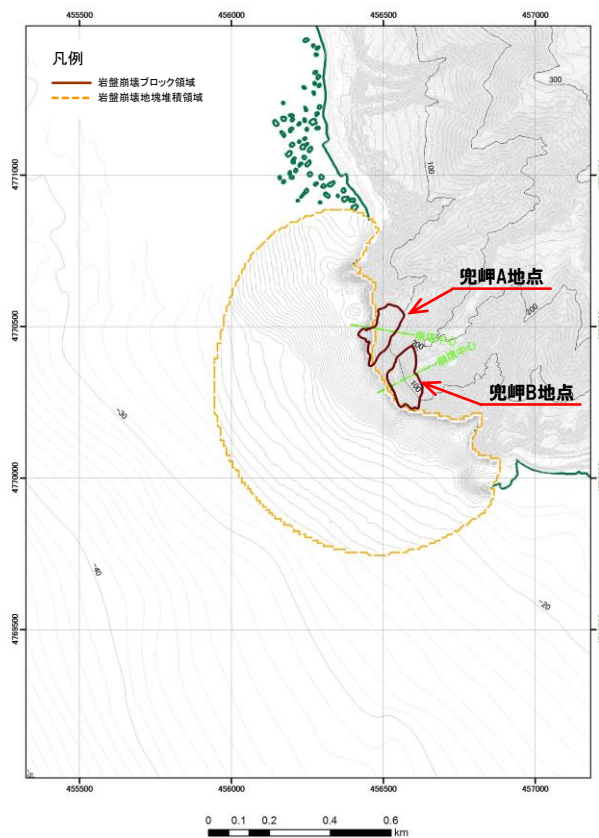


TITAN2Dによる10分後の地形変化量分布

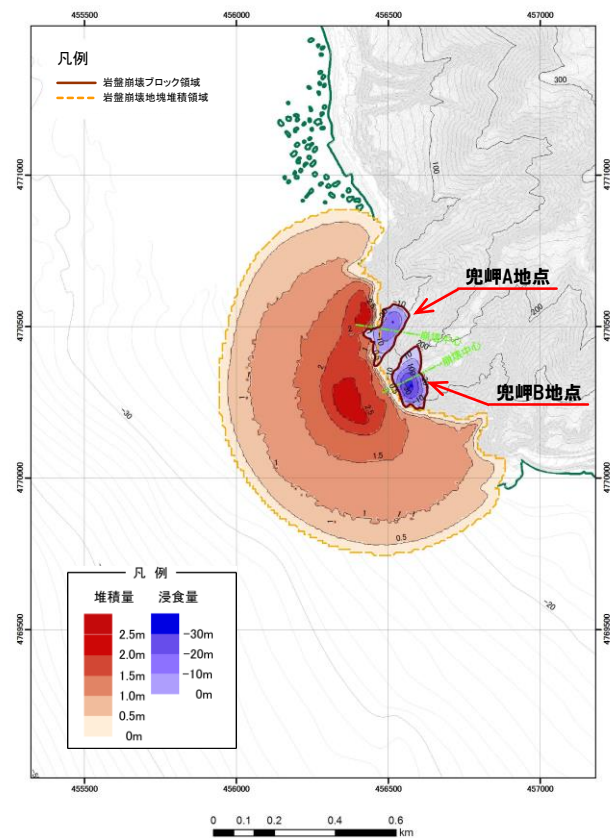
兜岬付近（2/10） 崩壊地形のモデル化（1/2）



岩盤崩壊前地形



岩盤崩壊後地形
10分後

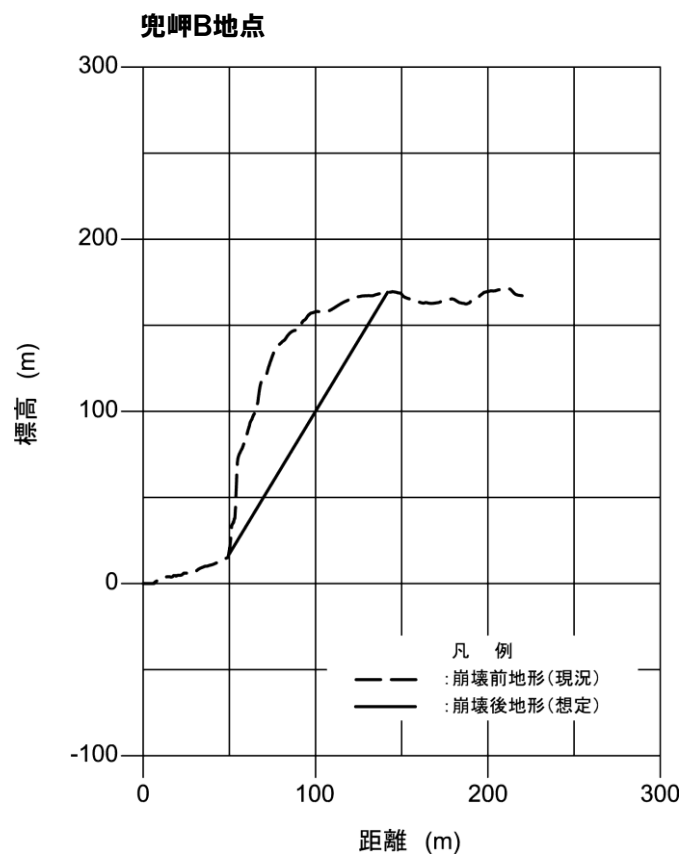
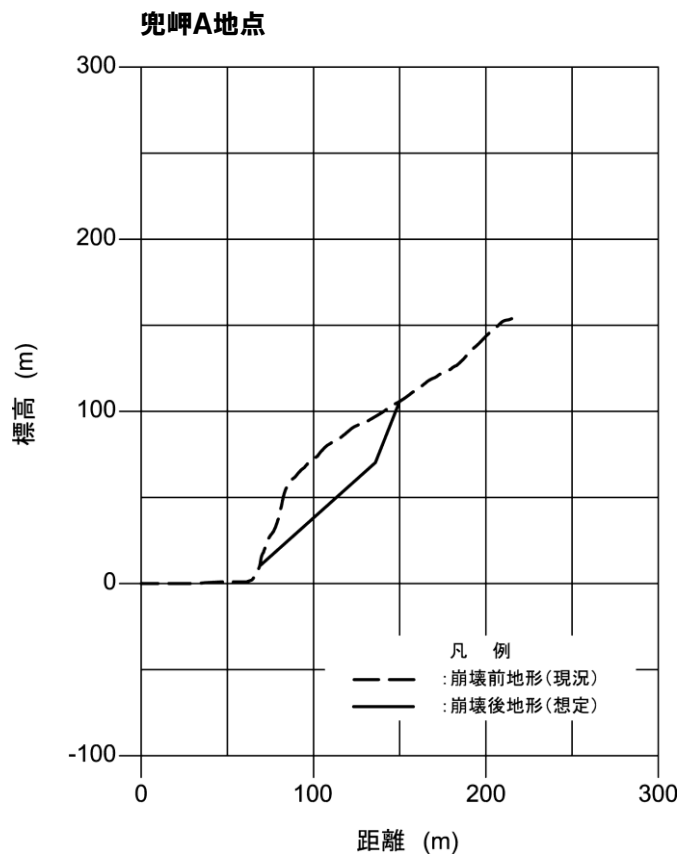


岩盤崩壊前後の地形変化量

5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

兜岬付近（3/10） 崩壊地形のモデル化（2/2）

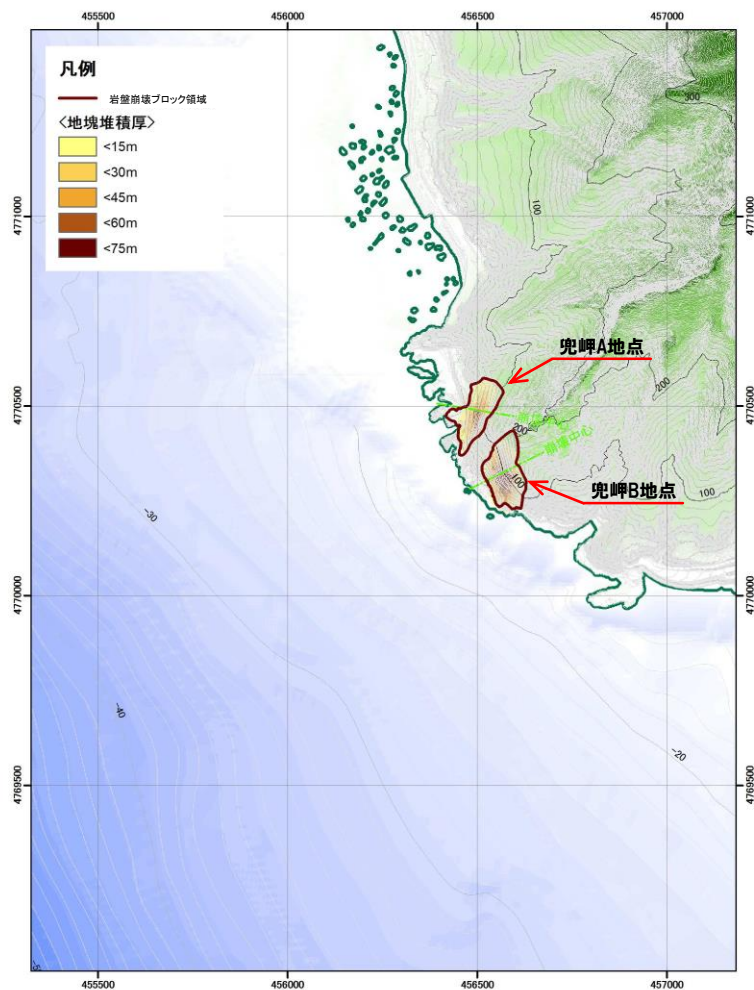


岩盤崩壊地形の断面形状

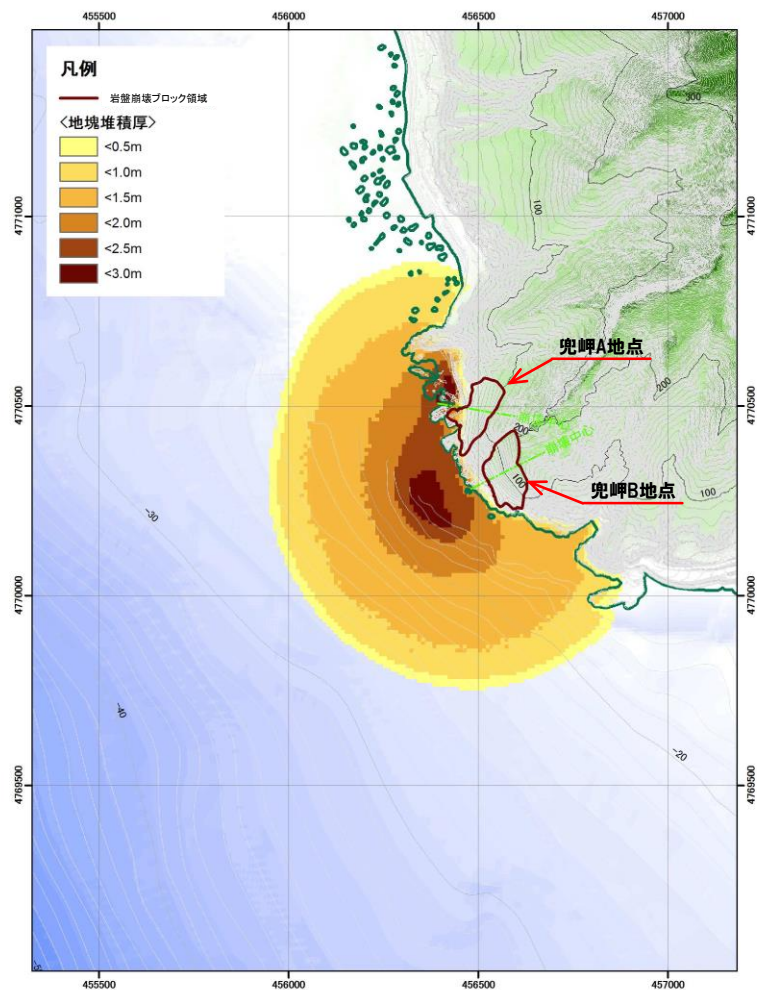
5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

兜岬付近（4/10） 岩盤崩壊シミュレーション結果（兜岬付近）



岩盤崩壊前



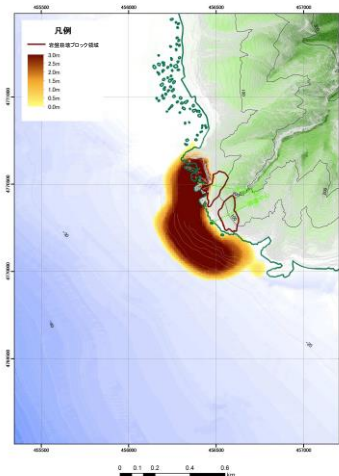
岩盤崩壊後（10分後）

5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

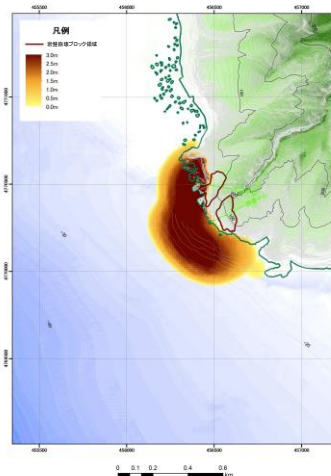
5.1 平成27年8月21日審査会合

兜岬付近 (5/10) 岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (1/2)

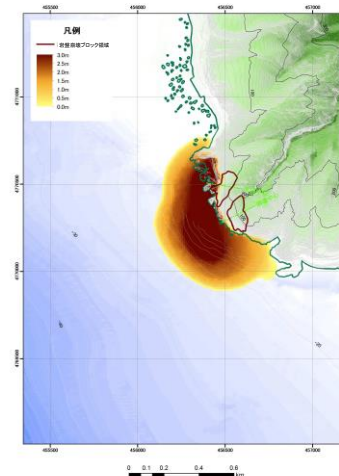
1分後



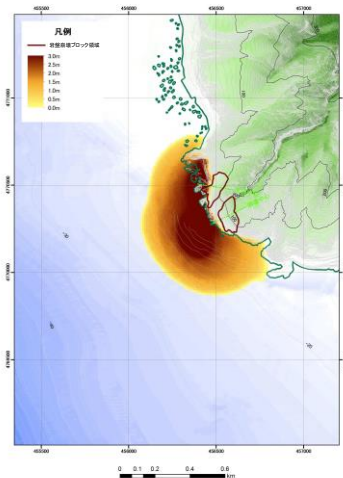
2分後



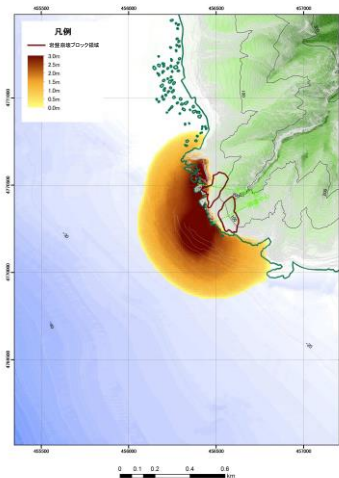
3分後



4分後



5分後

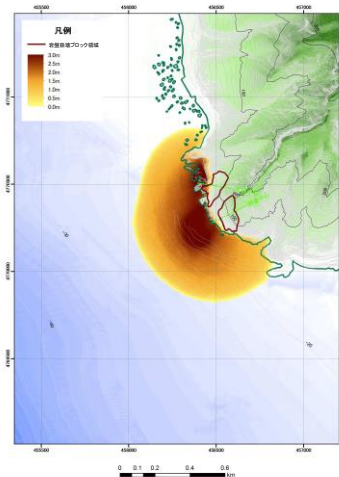


5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

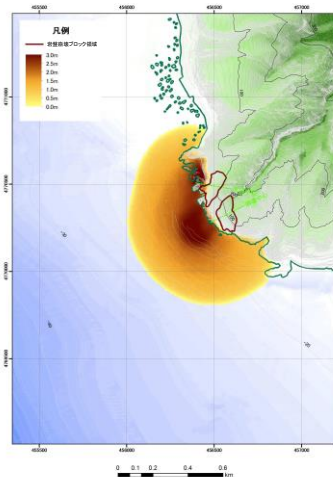
5.1 平成27年8月21日審査会合

兜岬付近 (6/10) 岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (2/2)

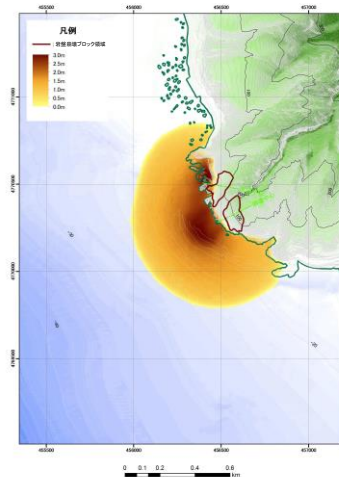
6分後



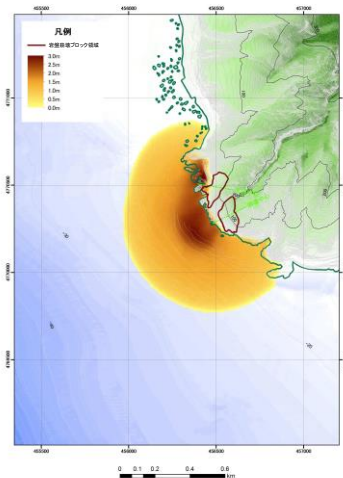
7分後



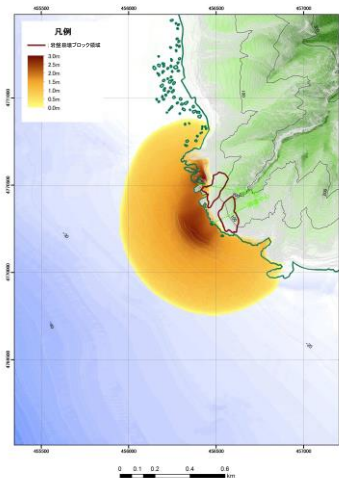
8分後



9分後



10分後



5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

兜岬付近（7/10）津波シミュレーション結果

一部修正（H27/8/21審査会合）

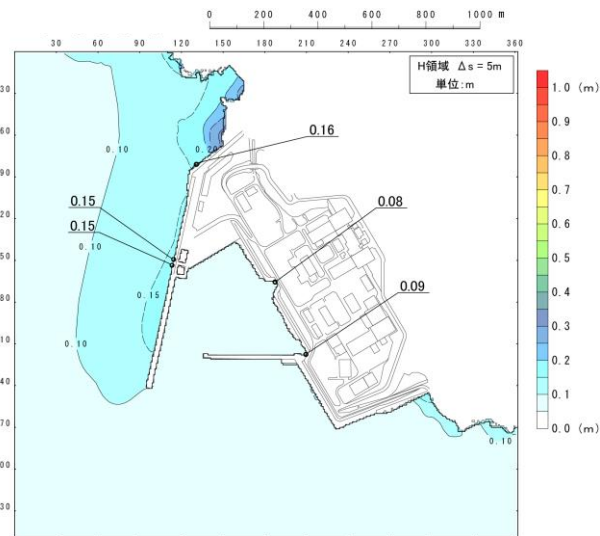
- 岩盤崩壊に伴う津波について、一括崩壊の可能性を考慮したうえで、敷地に与える影響が大きいと考えられる、敷地北側最短距離の兜岬付近について、津波シミュレーションを実施した。
- 津波シミュレーション結果は下表のとおりである。

区 分	岩盤崩壊に伴う津波
	兜岬付近
敷地前面 （上昇側）	0.16m
3号炉取水口 （上昇側）	0.09m
1, 2号炉取水口 （上昇側）	0.08m
3号炉取水口 （下降側）	0.09m
1, 2号炉取水口 （下降側）	0.08m

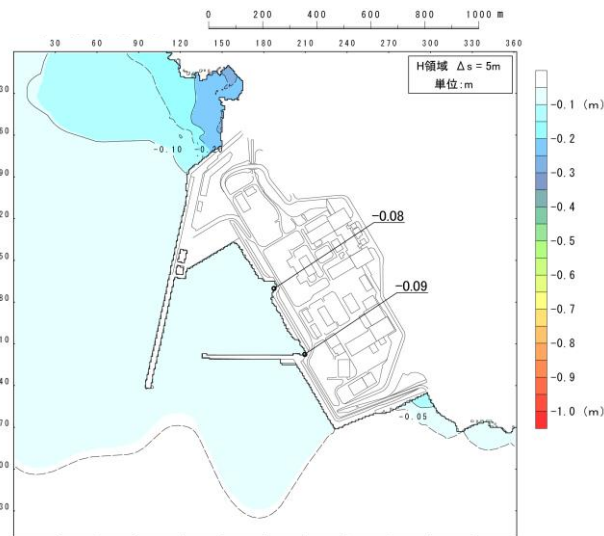
5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

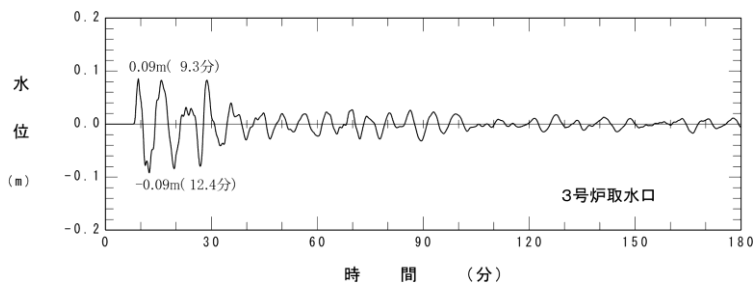
兜岬付近 (8/10) 津波シミュレーション結果 (3号炉取水口)



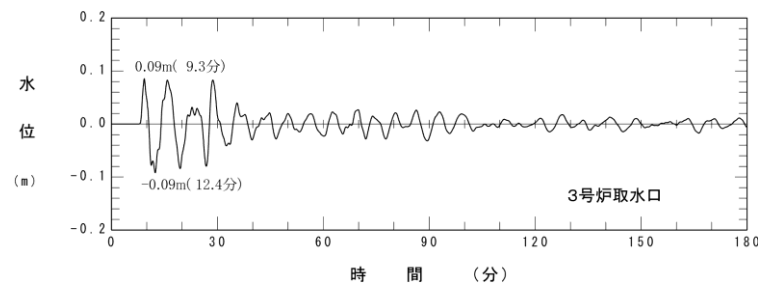
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

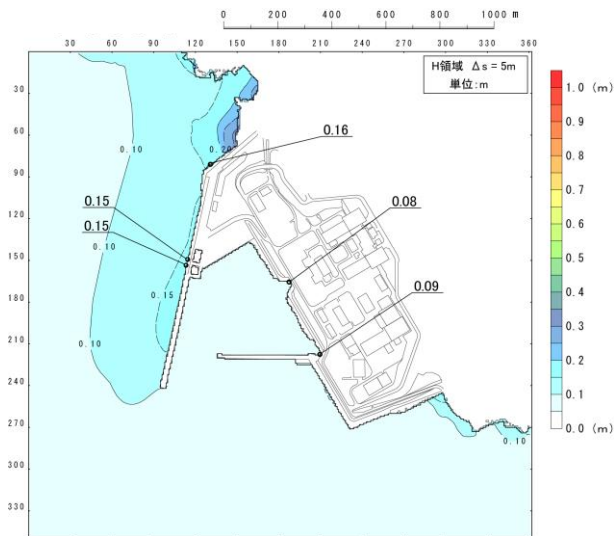


水位時刻歴波形

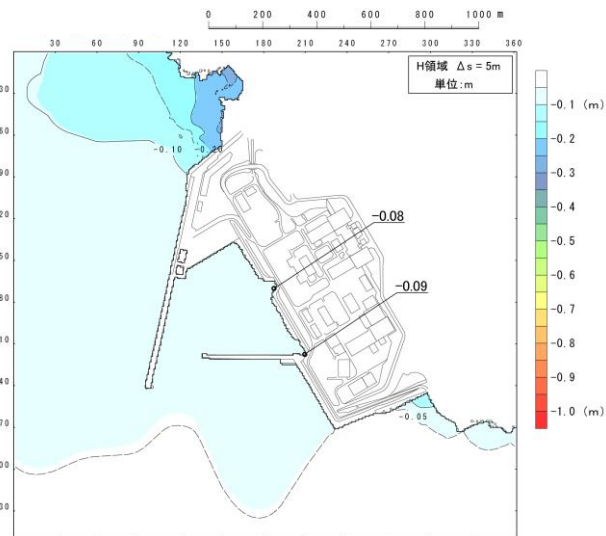
5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

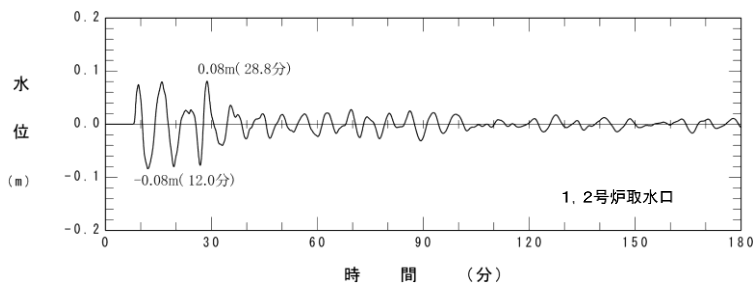
兜岬付近 (9/10) 津波シミュレーション結果 (1, 2号炉取水口)



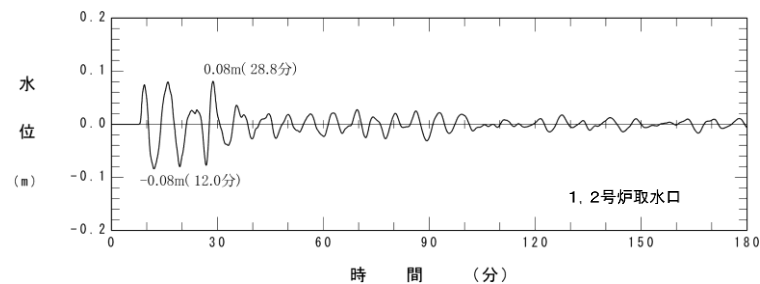
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



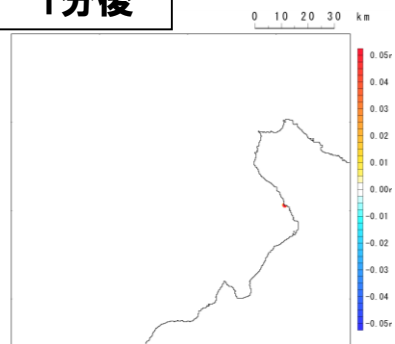
水位時刻歴波形

5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

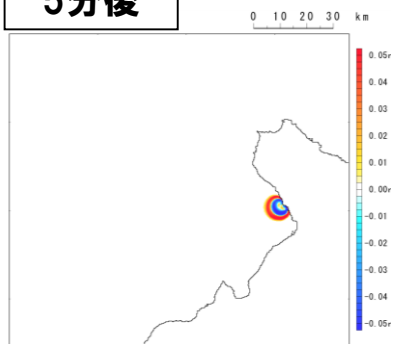
5.1 平成27年8月21日審査会合

兜岬付近 (10/10) 津波シミュレーション スナップショット (兜岬付近)

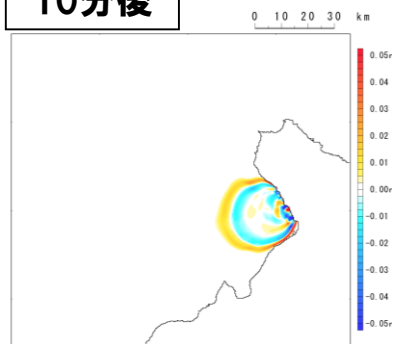
1分後



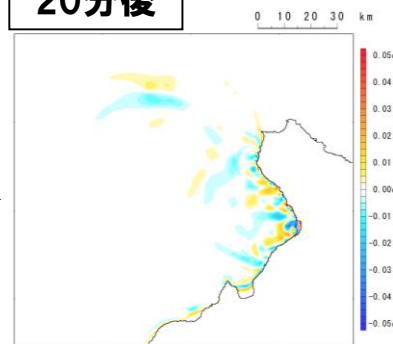
5分後



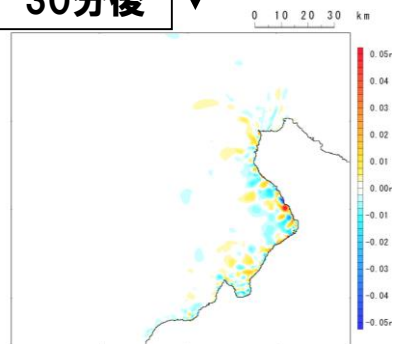
10分後



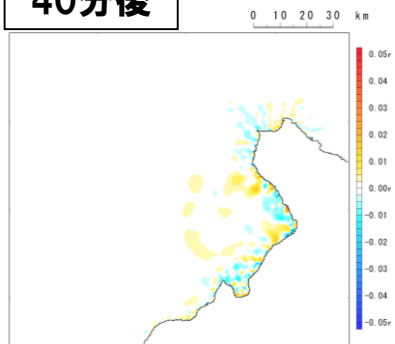
20分後



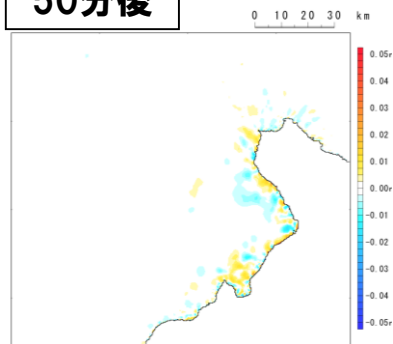
30分後



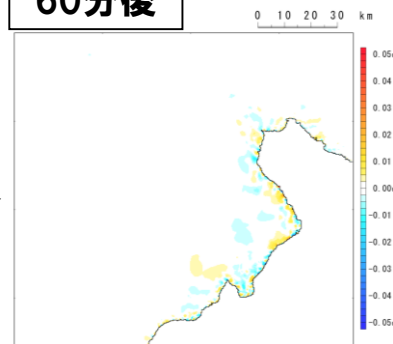
40分後



50分後



60分後



余白

5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

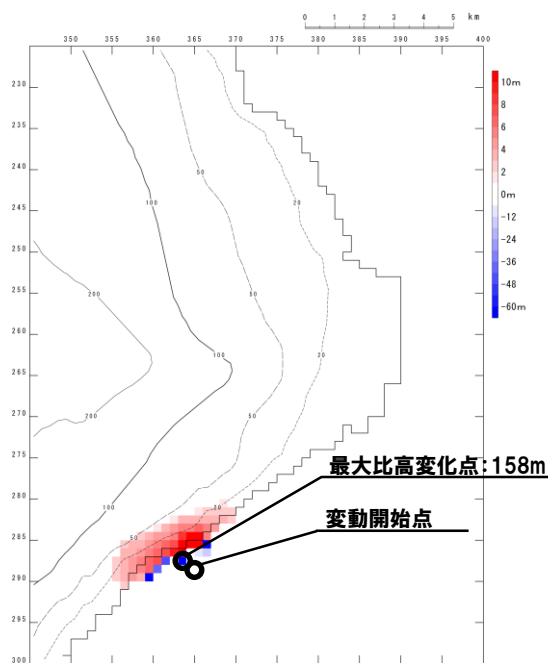
ビンノ岬付近（1/10）津波シミュレーション

一部修正（H27/8/21審査会合）

- 岩盤崩壊シミュレーションは、海域への崩壊堆積物の流入量が多くなる、TITAN2Dを使用する。
- 津波の数値シミュレーションは、Kinematic landslideモデルの手法を用いる。

【岩盤崩壊シミュレーション】

入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 Φ_{int} (°)	30.0	陸上地すべりと同値。
底面摩擦角 Φ_{bed} (°)	15.6	森脇（1987）より設定。



TITAN2Dによる10分後の地形変化量分布

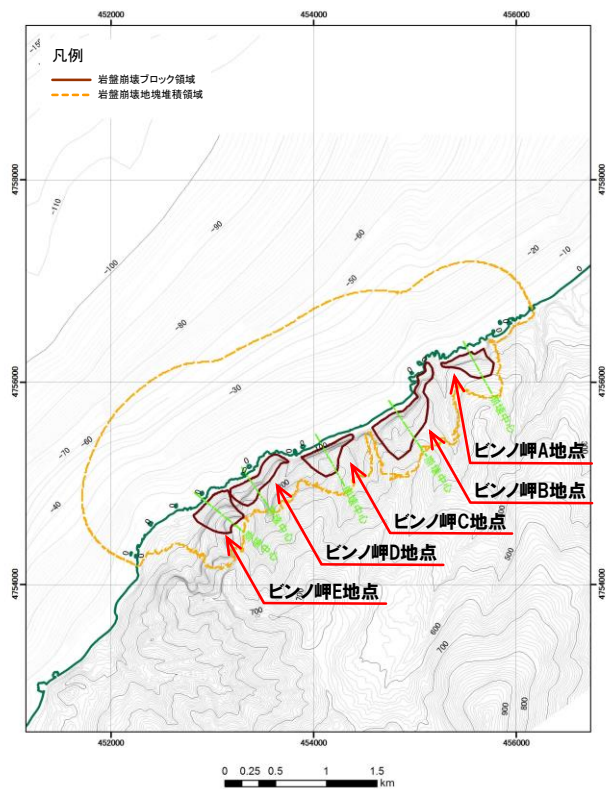
【津波シミュレーション (Kinematic landslideモデル)】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (時間)	3	
比高変化 (m)	最大158	TITAN2Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズ タイム (s)	60	TITAN2Dによる鉛直方向の変化率から設定。
変動伝播速度 (m/s)	29	TITAN2Dによる最大速度から設定。

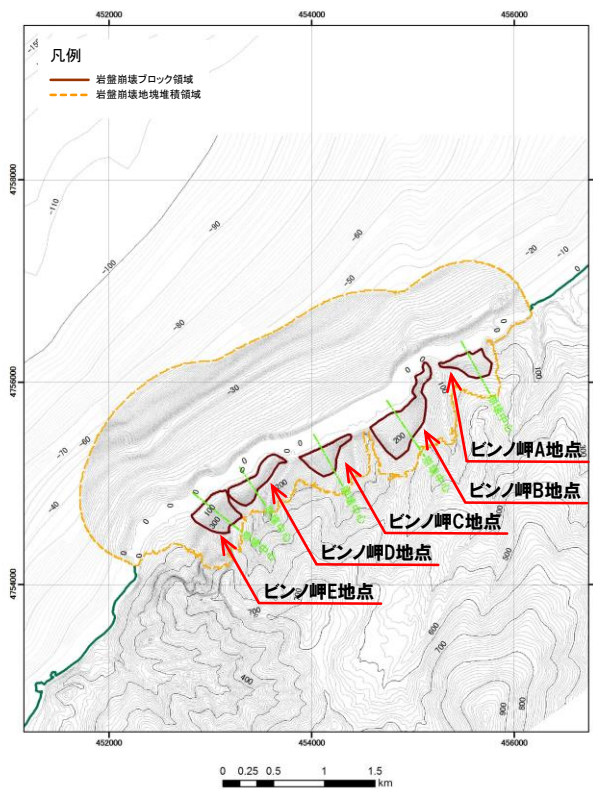
5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

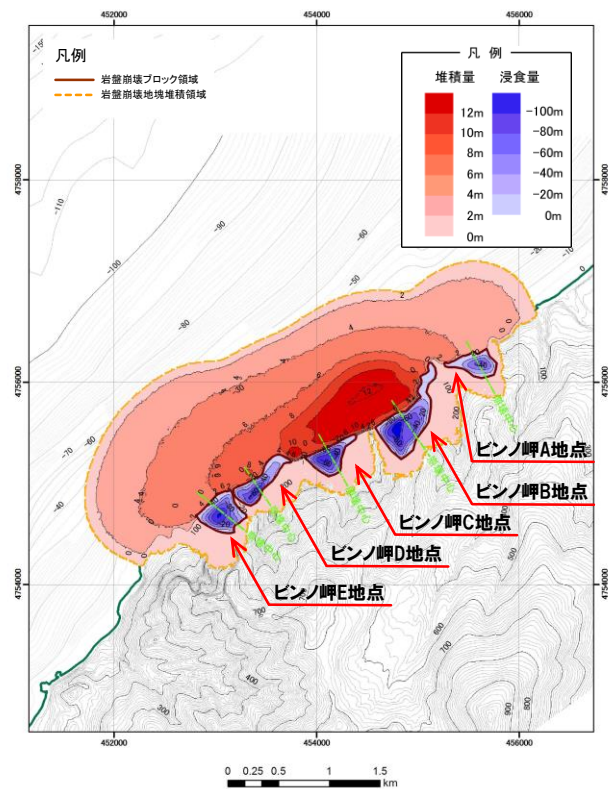
ビンノ岬付近 (2/10) 崩壊地形のモデル化 (1/2)



岩盤崩壊前地形

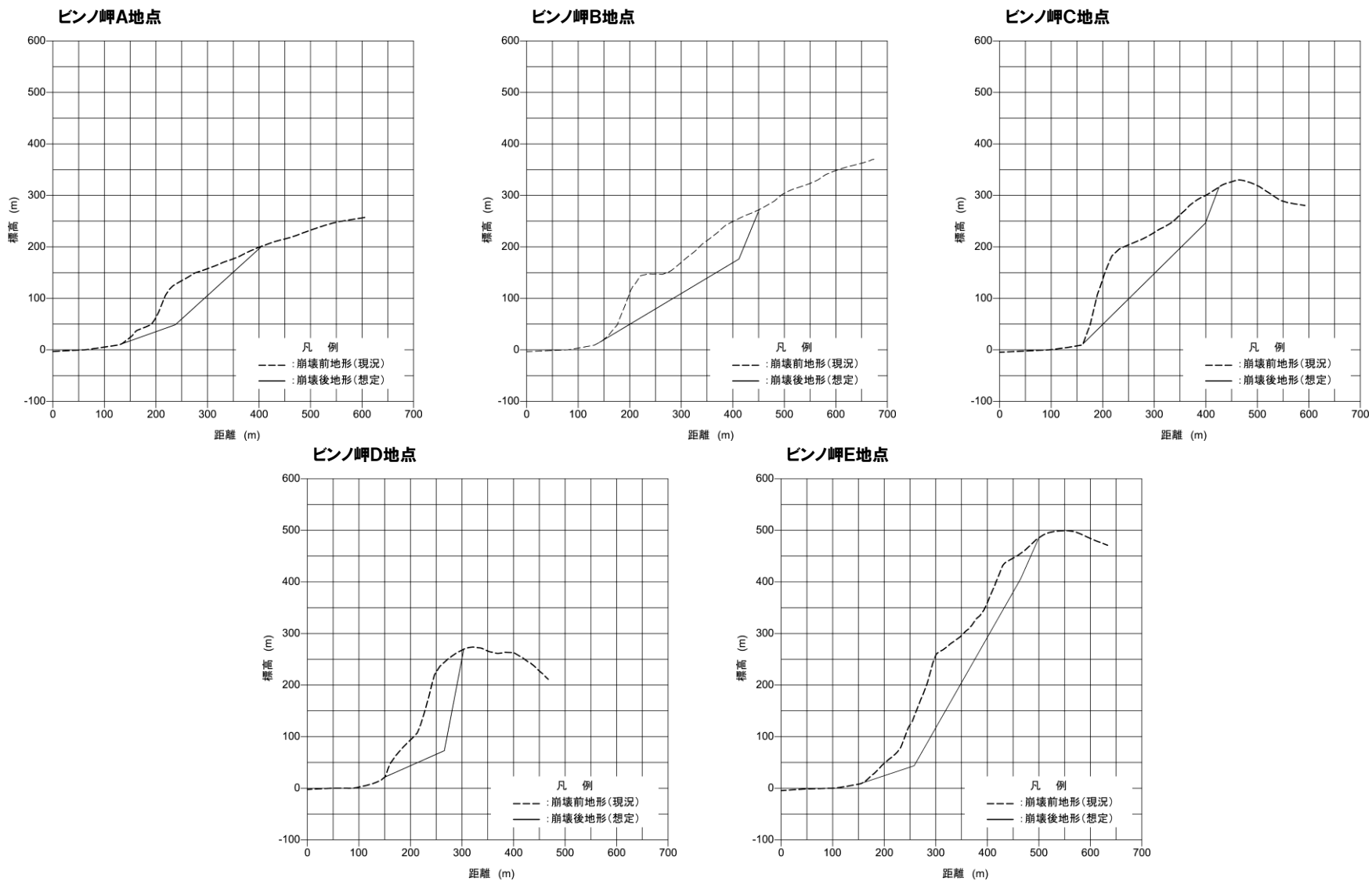


岩盤崩壊後地形
10分後



岩盤崩壊前後の地形変化量

ピンノ岬付近 (3/10) 崩壊地形のモデル化 (2/2)

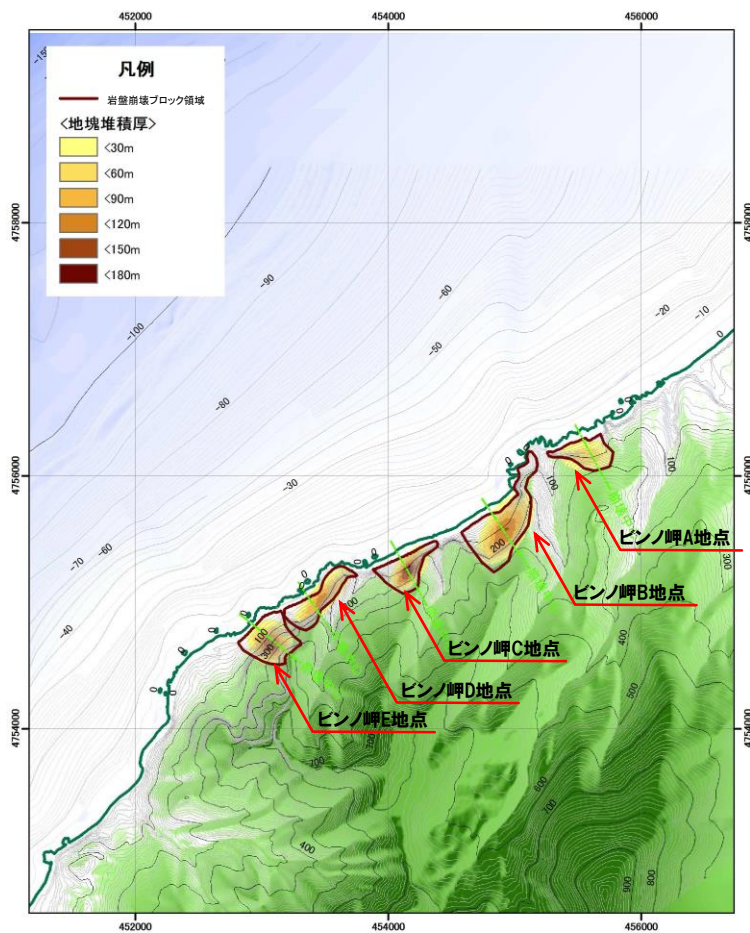


岩盤崩壊地形の断面形状

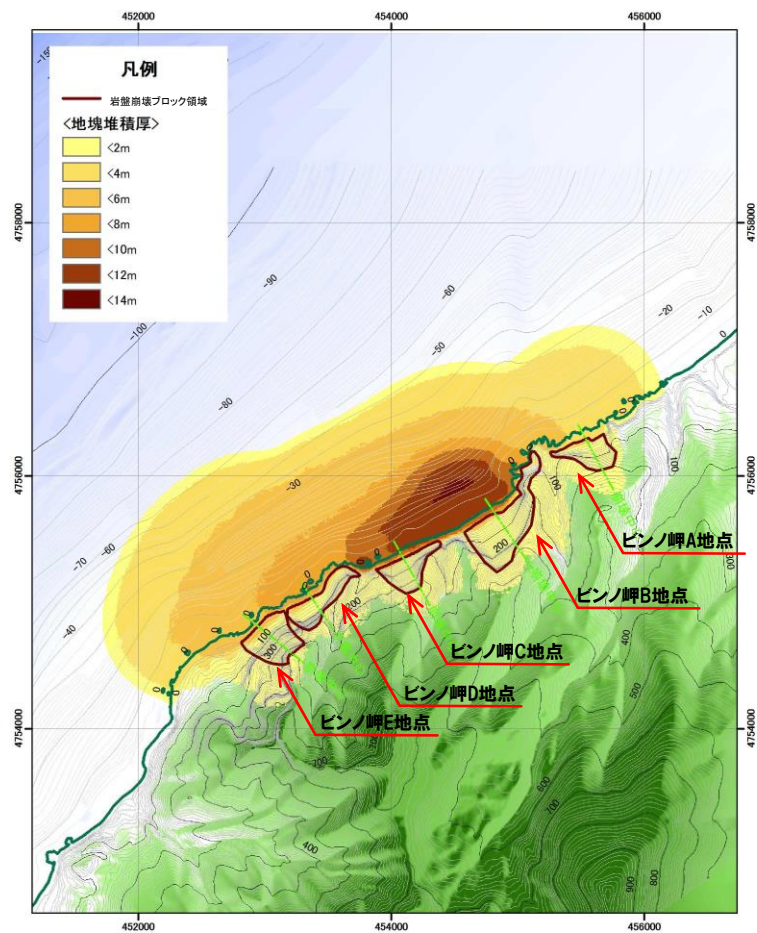
5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

ビンノ岬付近（4/10） 岩盤崩壊シミュレーション結果



岩盤崩壊前



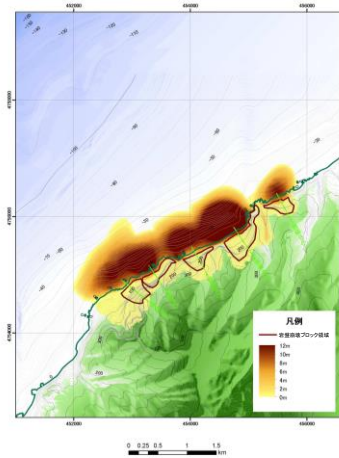
岩盤崩壊後（10分後）

5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

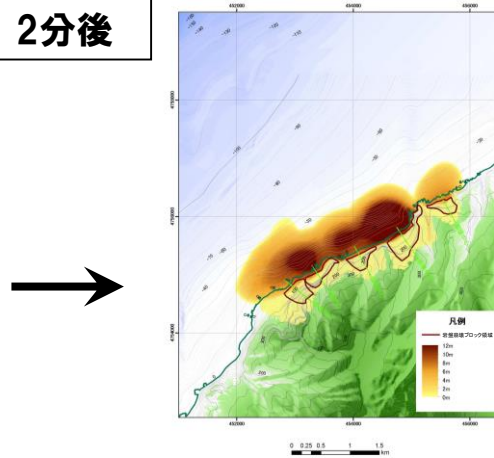
5.1 平成27年8月21日審査会合

ビンノ岬付近（5/10） 岩盤崩壊シミュレーション スナップショット（1/2）

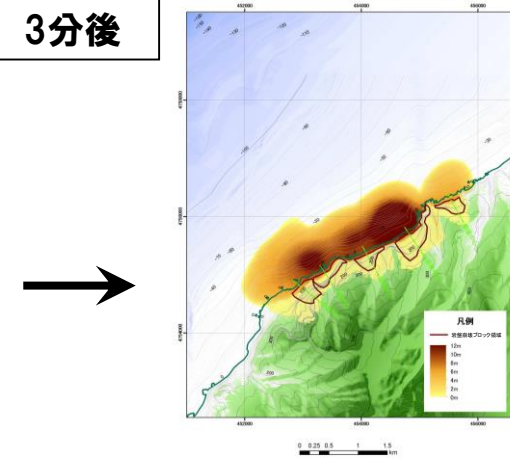
1分後



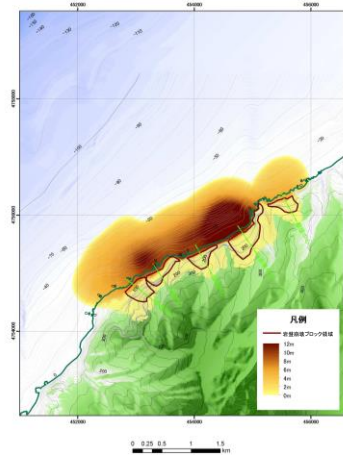
2分後



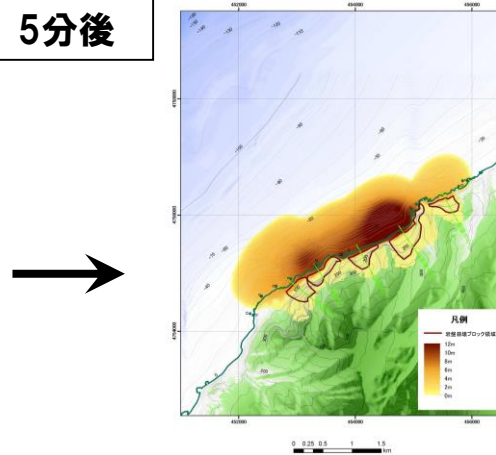
3分後



4分後



5分後

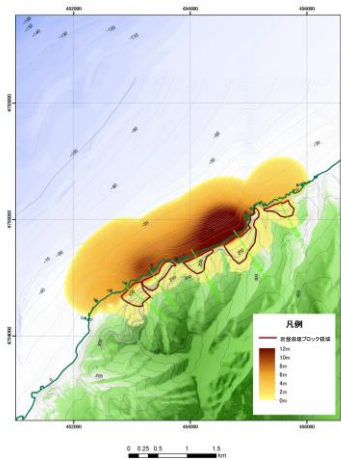


5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

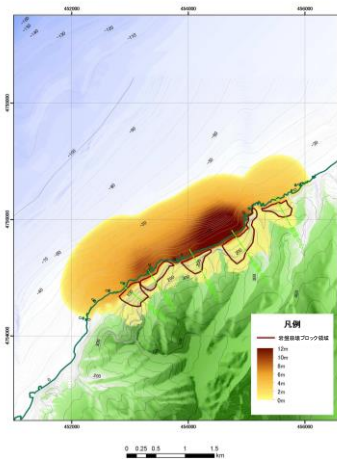
5.1 平成27年8月21日審査会合

ピンノ岬付近 (6/10) 岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (2/2)

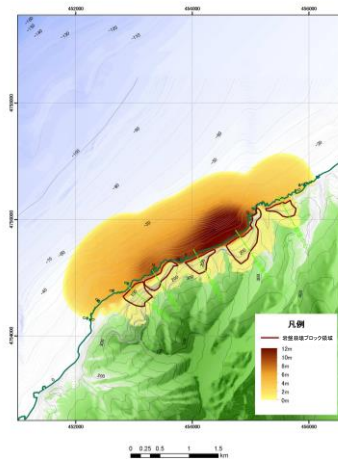
6分後



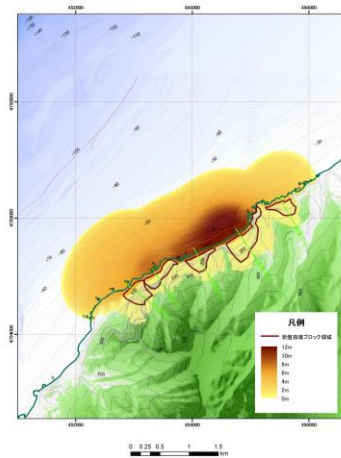
7分後



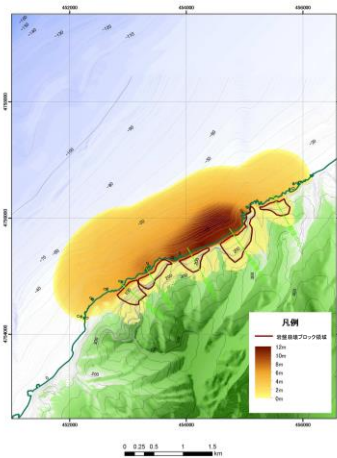
8分後



9分後



10分後



5. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

ビンノ岬付近（7/10）津波シミュレーション結果

一部修正（H27/8/21審査会合）

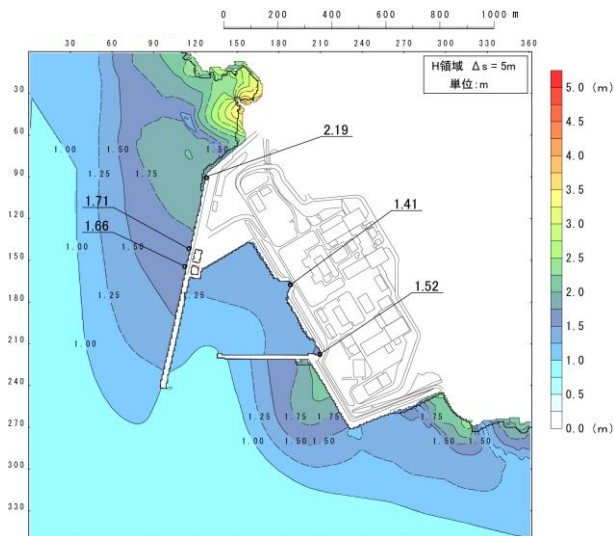
- 岩盤崩壊に伴う津波について、一括崩壊の可能性を考慮したうえで、敷地に与える影響が大きいと考えられる、敷地南側最短距離のビンノ岬付近について、津波シミュレーションを実施した。
- 津波シミュレーション結果は下表のとおりである。

区 分	岩盤崩壊に伴う津波
	ビンノ岬付近
敷地前面 （上昇側）	2.19m
3号炉取水口 （上昇側）	1.52m
1, 2号炉取水口 （上昇側）	1.41m
3号炉取水口 （下降側）	1.57m
1, 2号炉取水口 （下降側）	1.45m

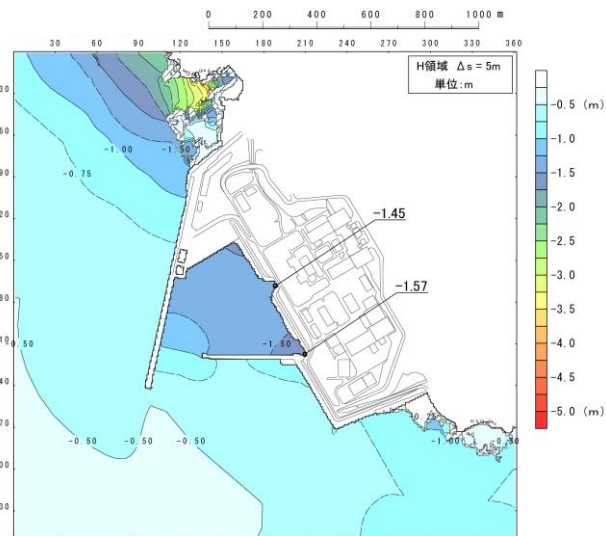
5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

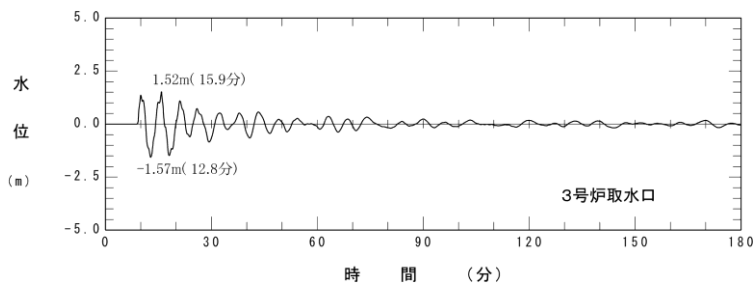
ビンノ岬付近 (8/10) 津波シミュレーション結果 (3号炉取水口)



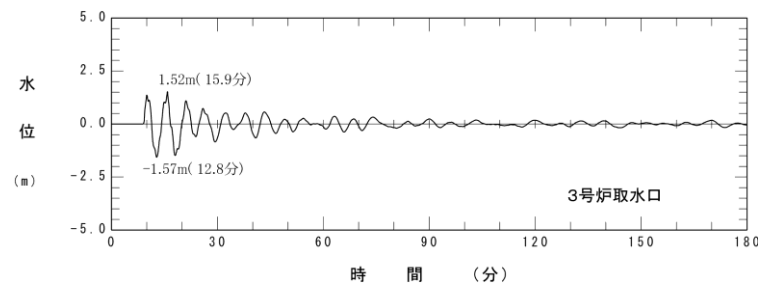
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

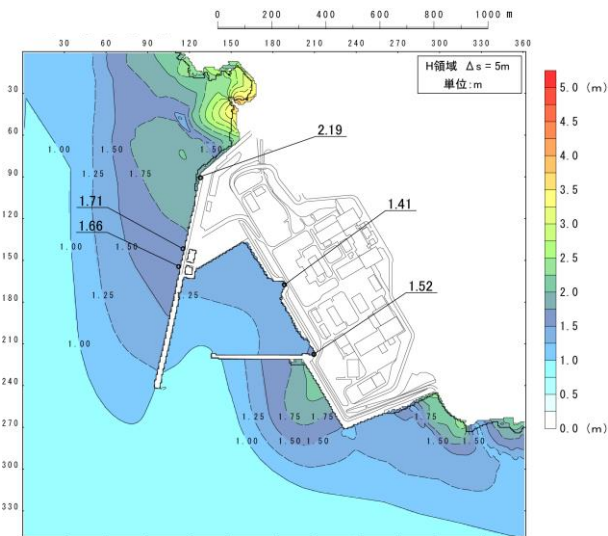


水位時刻歴波形

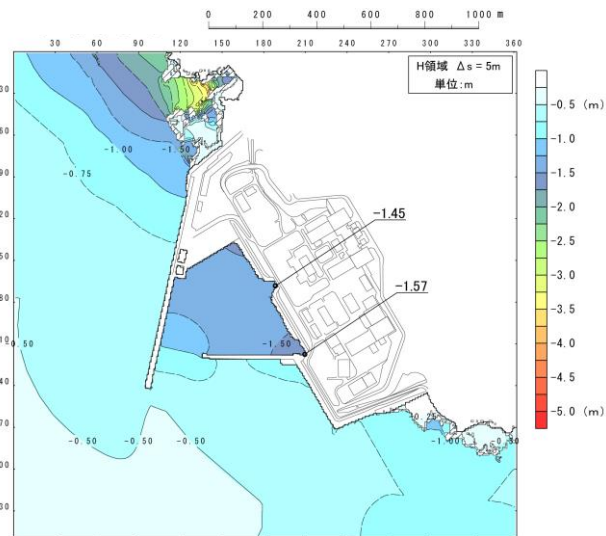
5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

5.1 平成27年8月21日審査会合

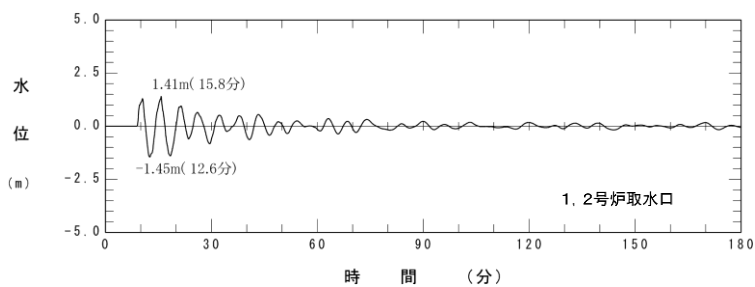
ビンノ岬付近 (9/10) 津波シミュレーション結果 (1, 2号炉取水口)



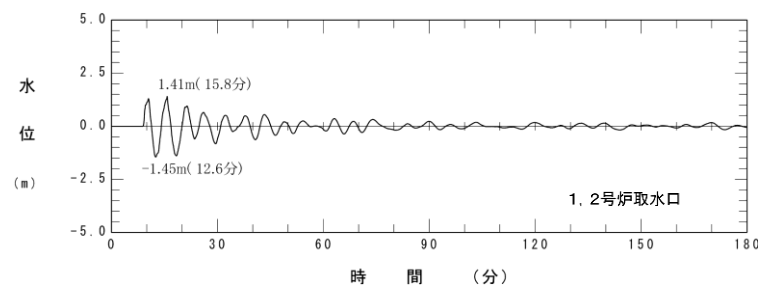
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



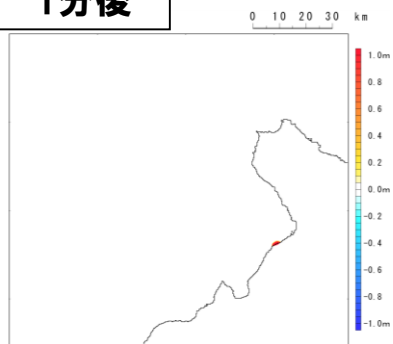
水位時刻歴波形

5. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波

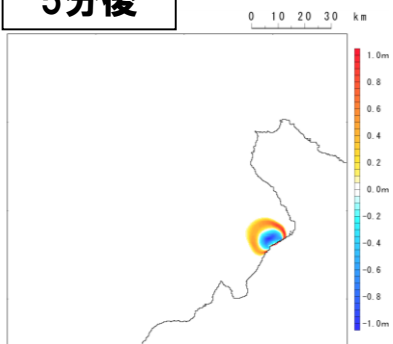
5.1 平成27年8月21日審査会合

ピンノ岬付近 (10/10) 津波シミュレーション スナップショット

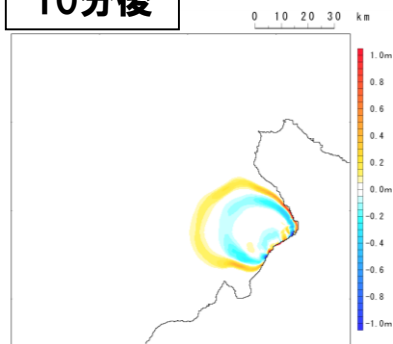
1分後



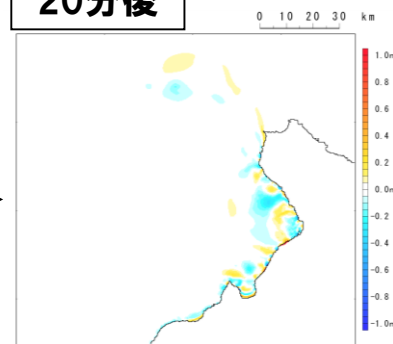
5分後



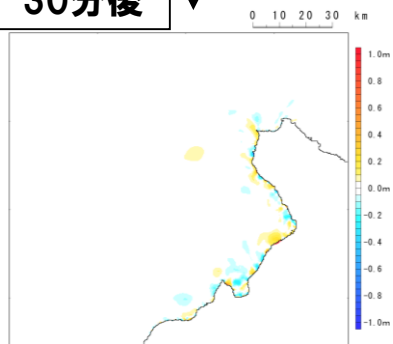
10分後



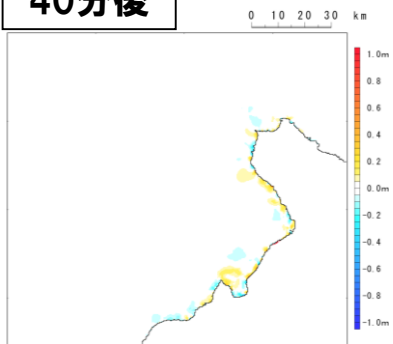
20分後



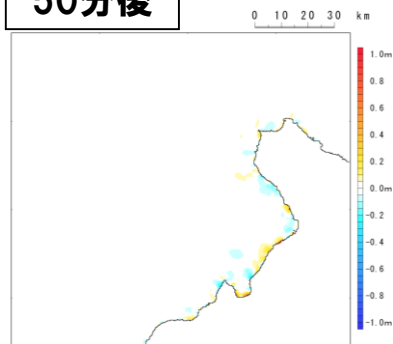
30分後



40分後



50分後



60分後

