

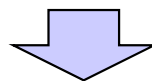
1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

検討方針

抽出箇所	既検討内容	既検討結果	追加検討内容	追加検討結果
川白	○空中写真判読及び地表地質踏査を行った。	○7ブロックを不安定ブロックとし、個別に数値シミュレーションを実施した。	○大規模な崩壊の可能性について考慮する。	○7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。
兜岩	○空中写真判読、地形判読、地表地質踏査及びボーリング調査を行った。	○検討結果から、数値シミュレーションによる定量的評価対象外と判断される。	○これまでの調査結果を再確認する。	○地すべり地形は認められず、数値シミュレーションによる定量的評価対象外と判断される。
堀株	○空中写真判読を行った。	○沖積低地が広がることから、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。	○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。
二つ岩	○空中写真判読を行った。	○沖積錐であり、地すべりではないと評価され検討対象外とした。	○地表地質踏査を行い、地質的な検討のうえ、データの拡充を図った。	○地すべり地形は認められず、数値シミュレーションによる定量的評価対象外と判断される。
弁慶岩	○空中写真判読及び地表地質踏査を行った。	○ブロック1, 3を不安定ブロックとし、個別に数値シミュレーションを実施した。	○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。

【既検討について】

- 既検討においては、不安定ブロックとして評価した「川白 1, 2, 3, (5, 6, 7), 8, (10, 11), 12」及び「弁慶岩1, 3」について、個別に数値シミュレーションを実施した。
- 検討の結果、基準津波策定に当たって考慮する陸上地すべりに伴う津波として、「川白1」、「川白3」、「川白8」、「川白10, 11」を選定した。



【追加検討について】

- 新たに定量的評価対象として抽出した「堀株」について数値シミュレーションを実施する。
- また、大規模な崩壊の可能性を考慮し、保守的な評価のため、追加検討として「川白不安定ブロック一括」及び「弁慶岩不安定ブロック一括」についても数値シミュレーションを実施する。

計算条件

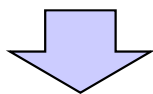
火山による山体崩壊

区分	崩壊した総体積 (Satake (2007))	変動伝播速度 (Satake (2007))
渡島大島	$2.4 \pm 0.3 \times 10^9 \text{m}^3$	40m/s

陸上の斜面崩壊 (陸上地すべり)

区分	概略体積	土塊の突入最大速度 (TITAN2D算定値)	変動伝播速度 (Satake (2007))
川白1	$1.94 \times 10^6 \text{m}^3$	14.5m/s	40m/s
川白2	$0.89 \times 10^6 \text{m}^3$	10.6m/s	40m/s
川白3	$2.64 \times 10^6 \text{m}^3$	8.0m/s	40m/s
川白5,6,7	$1.91 \times 10^6 \text{m}^3$	4.7m/s	40m/s
川白8	$5.32 \times 10^6 \text{m}^3$	15.7m/s	40m/s
川白10,11	$2.47 \times 10^6 \text{m}^3$	15.4m/s	40m/s
川白12	$0.96 \times 10^6 \text{m}^3$	12.3m/s	40m/s
川白不安定ブロック一括 (1~3,5~8,10~12)	$1.61 \times 10^7 \text{m}^3$	12.8m/s	40m/s
弁慶岩1	$1.04 \times 10^6 \text{m}^3$	3.2m/s	40m/s
弁慶岩3	$0.94 \times 10^6 \text{m}^3$	7.3m/s	40m/s
弁慶岩不安定ブロック一括 (1,3)	$1.98 \times 10^6 \text{m}^3$	5.0m/s	40m/s
堀株	$0.85 \times 10^6 \text{m}^3$	2.9m/s	40m/s

- 変動伝播速度は、Satake (2007) に基づき 40m/s と設定した。
- また、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、高くなる事が報告されている (水山ほか, 1985; 道上ほか, 1996; 松村ほか, 1997) ことから、TITAN2Dによる地すべりシミュレーションの結果との比較を行った。



- TITAN2Dによる地すべりシミュレーションの結果、変動伝播速度は最大でも15m/s程度であり、設定した値は保守的であることを確認した。

津波シミュレーション(川白不安定ブロック一括)

- 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、火山による山体崩壊に伴う津波の検討結果において、敷地に対して影響が大きい結果となった「Kinematic landslideモデル」の手法を用いる。

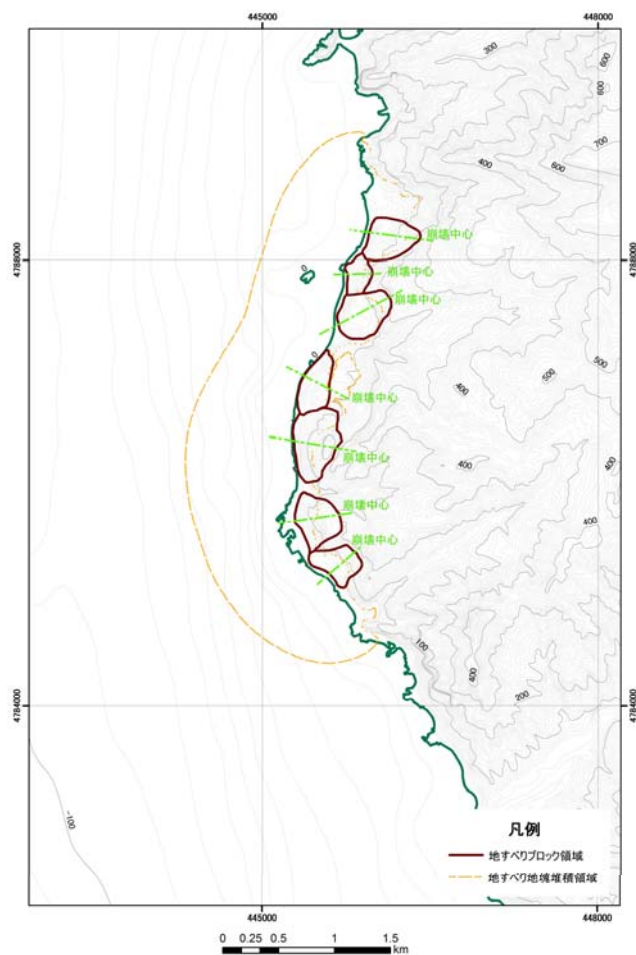
【地すべりシミュレーション】

入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 $\Phi_{int} (^{\circ})$	30.0	想定される地質(33°程度)より設定。
底面摩擦角 $\Phi_{bed} (^{\circ})$	16.2	森脇(1987)より設定。

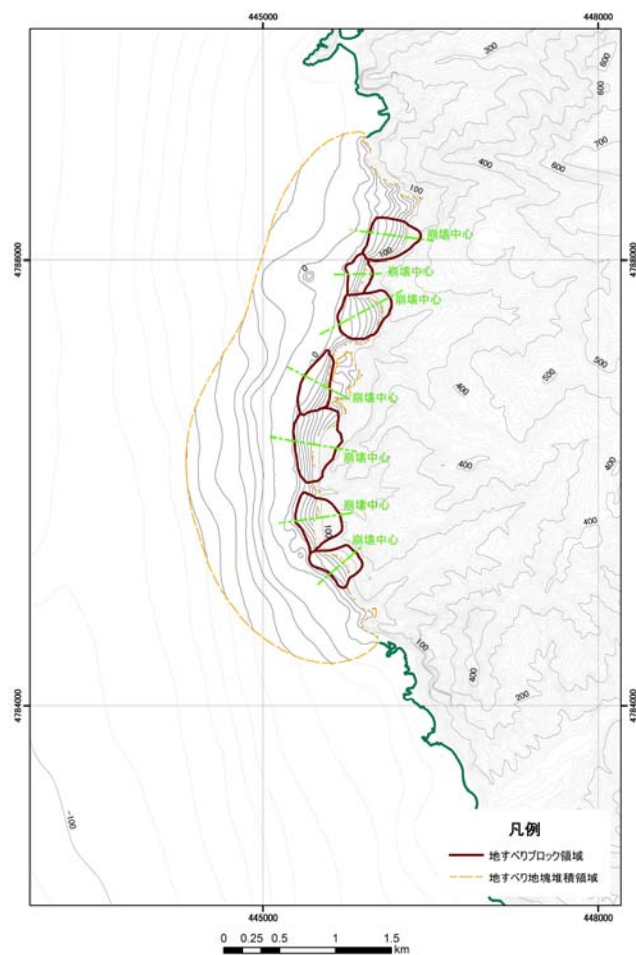
【津波シミュレーション(Kinematic landslideモデル)】

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54	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。

地すべり地形のモデル化 (川白不安定ブロック一括) (1/2)

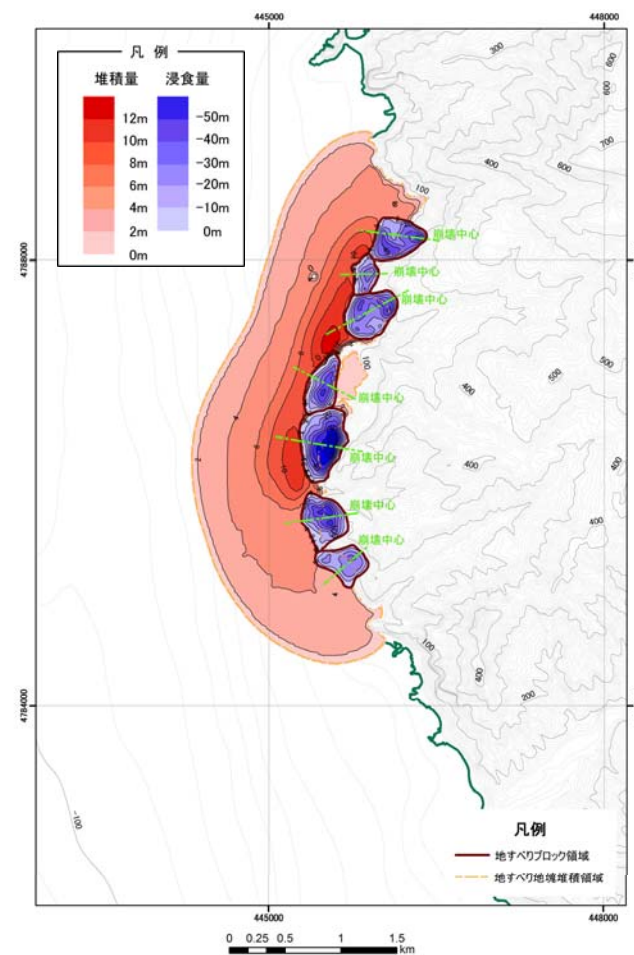


地すべり前地形



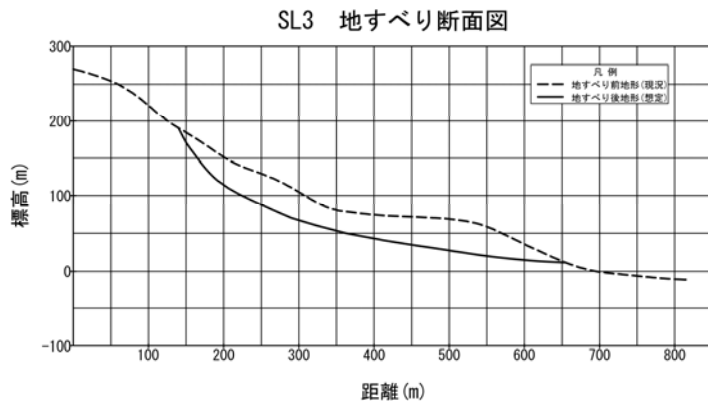
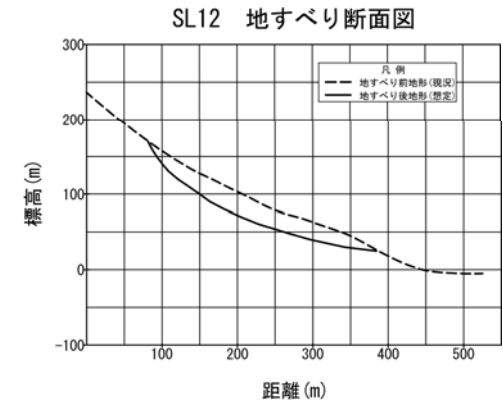
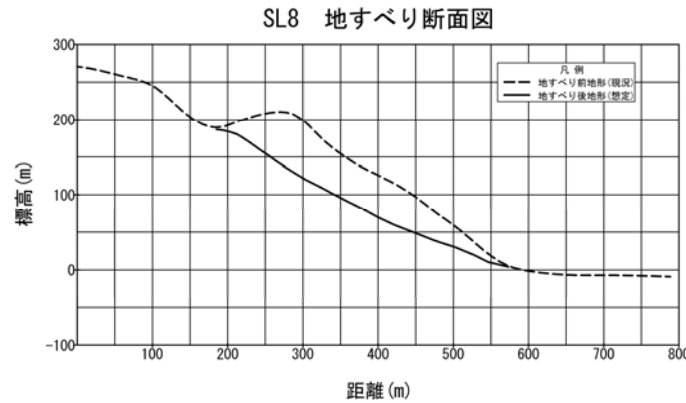
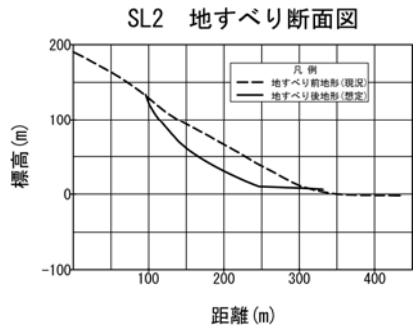
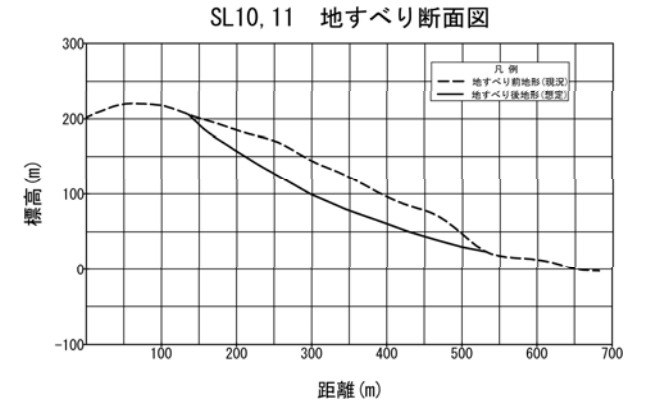
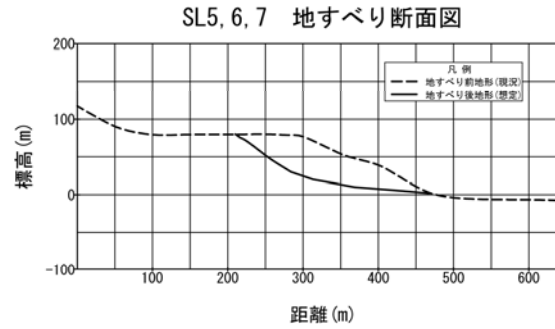
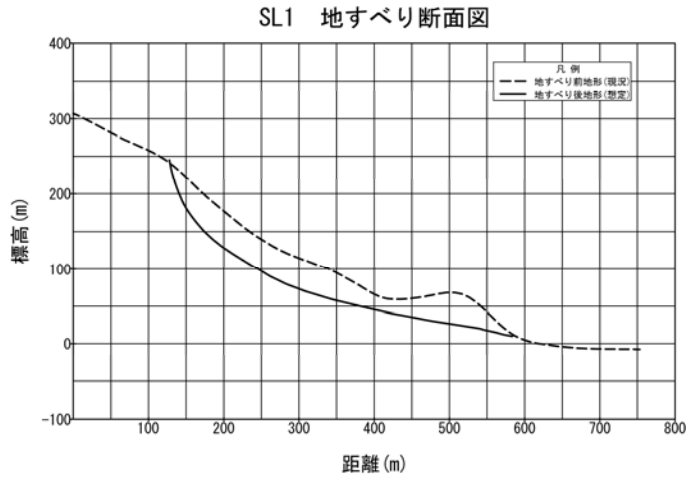
地すべり後地形

10分後



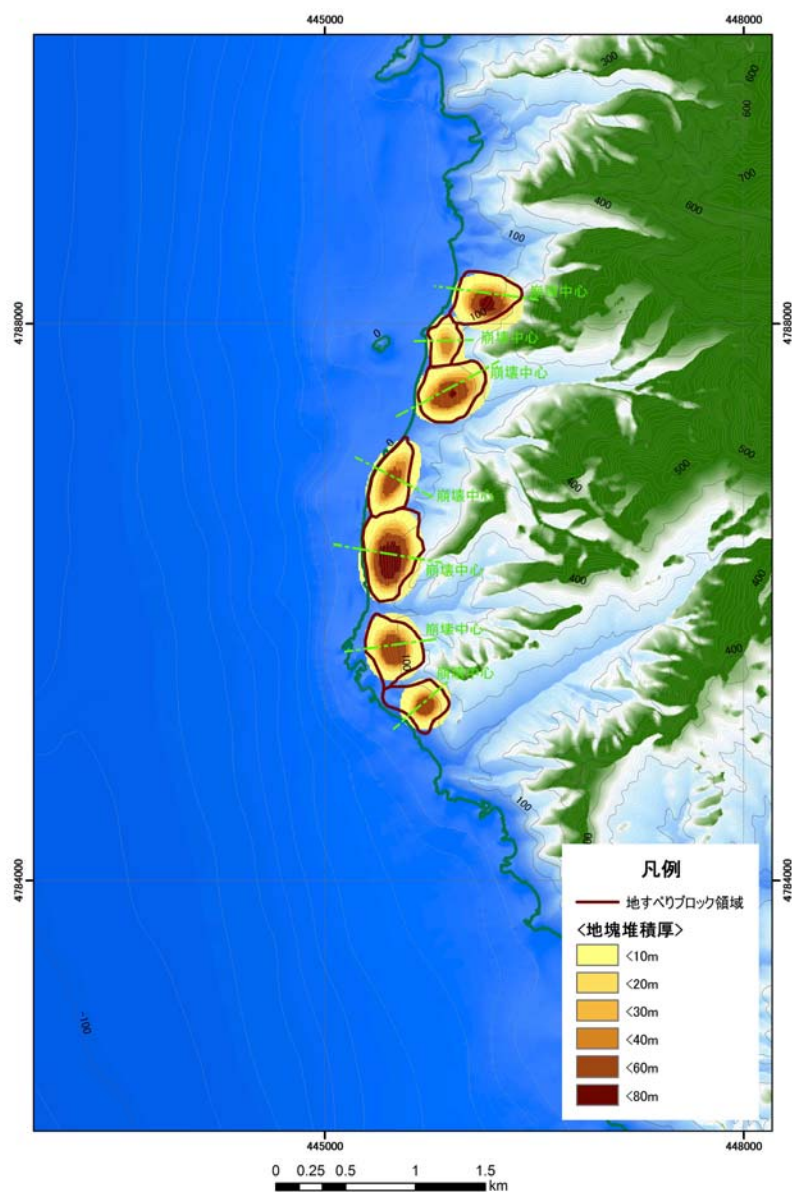
地すべり前後の地形変化量

地すべり地形のモデル化 (川白不安定ブロック一括) (2/2)

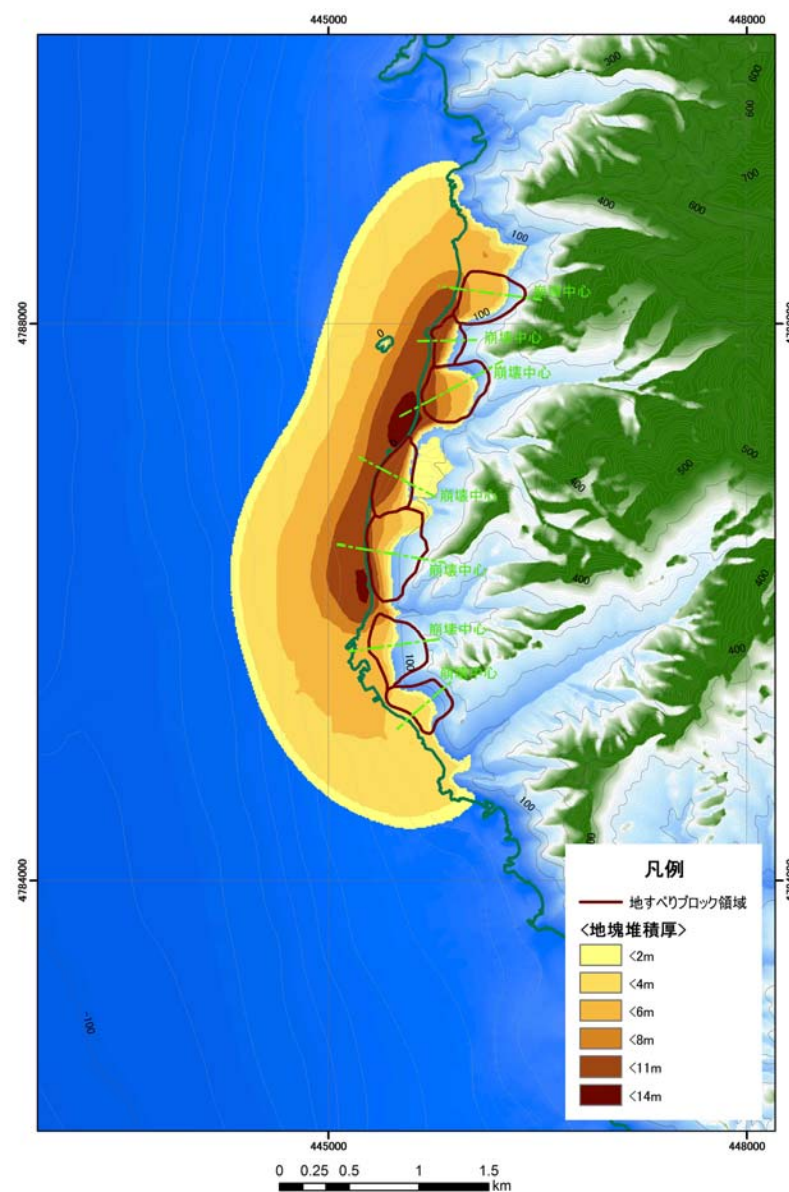


地すべり地形の断面形状

地すべりシミュレーション結果(川白不安定ブロック一括)



地すべり前

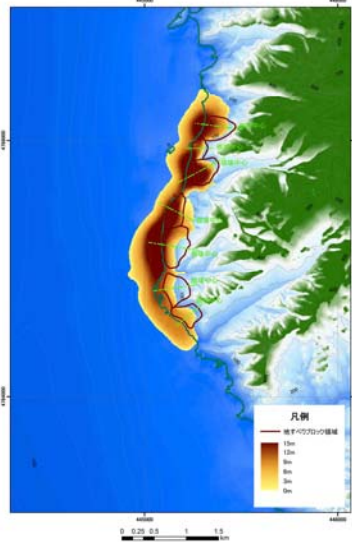


地すべり後(10分後)

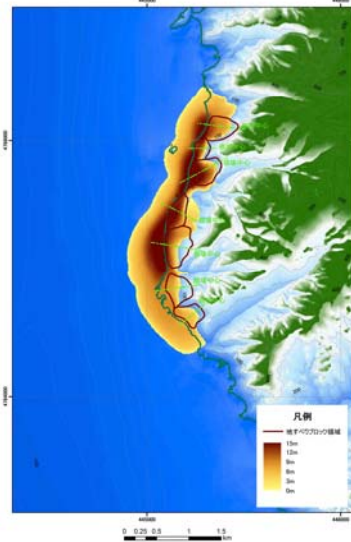
3-7 津波影響評価

地すべりシミュレーション スナップショット (川白不安定ブロック一括) (1/2)

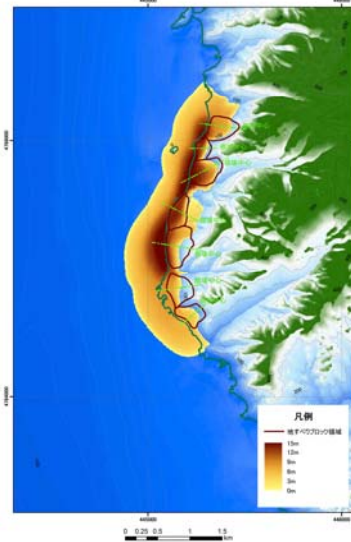
1分後



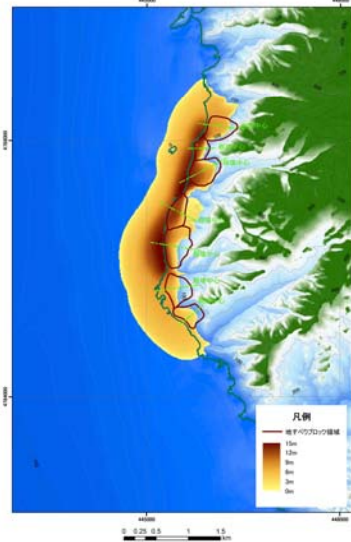
2分後



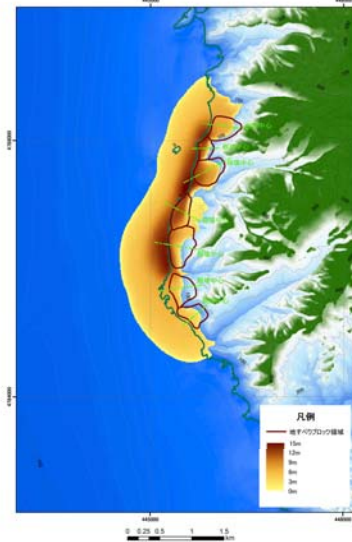
3分後



4分後



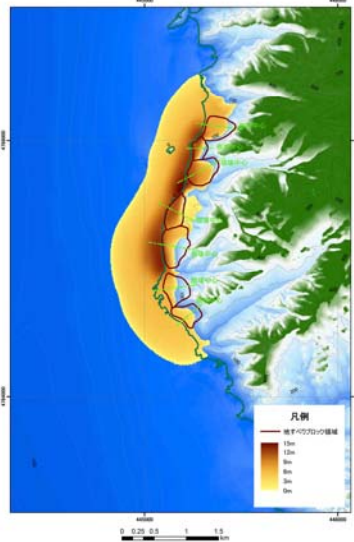
5分後



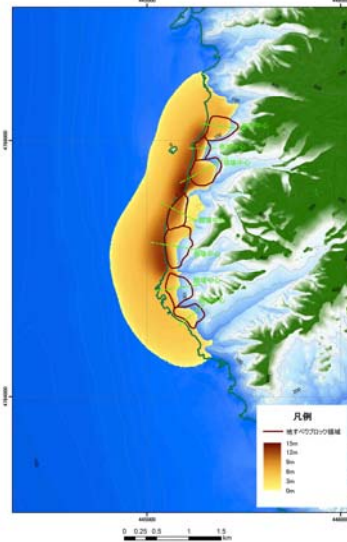
3-7 津波影響評価

地すべりシミュレーション スナップショット (川白不安定ブロック一括) (2/2)

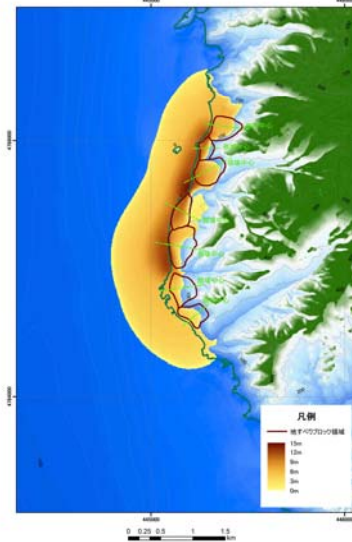
6分後



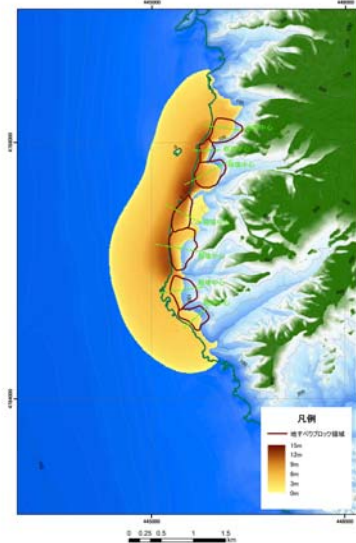
7分後



8分後



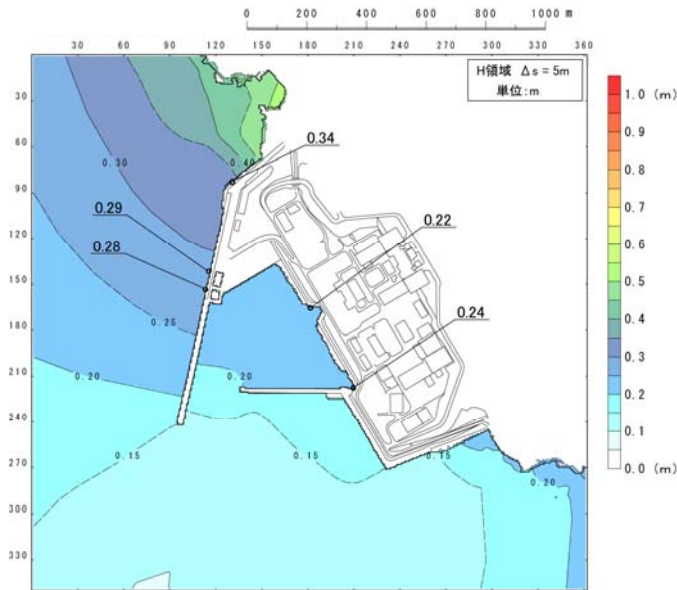
9分後



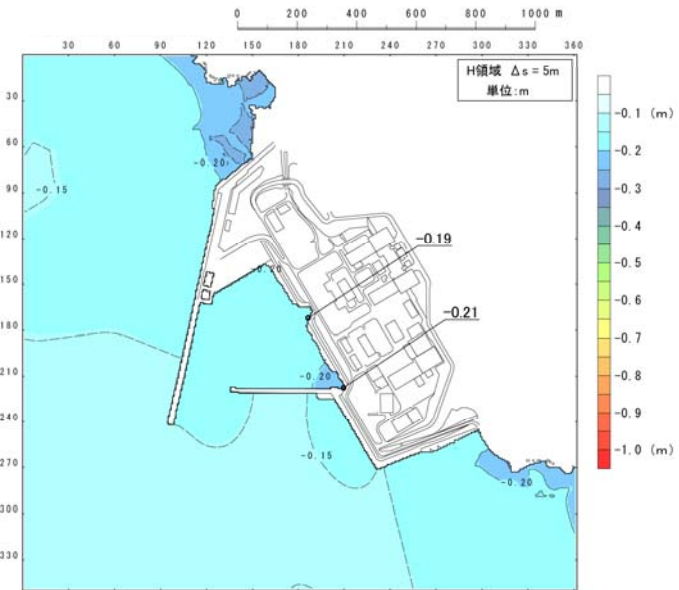
10分後



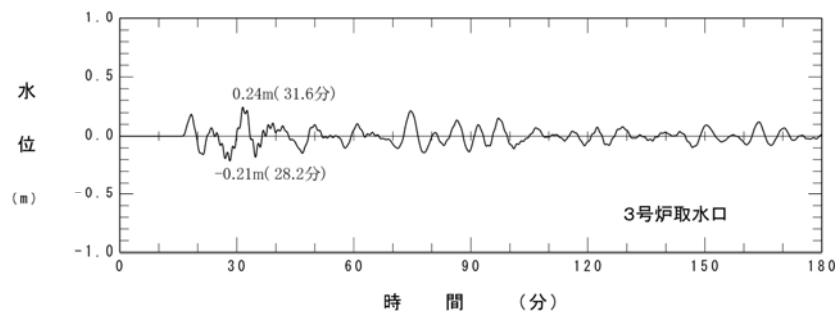
津波シミュレーション結果 (川白不安定ブロック一括) (3号炉取水口)



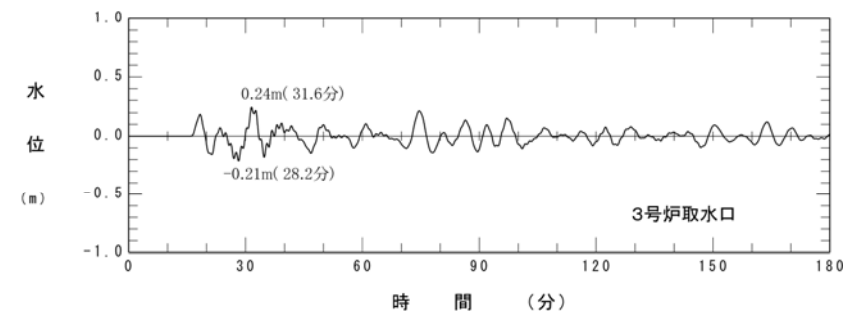
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

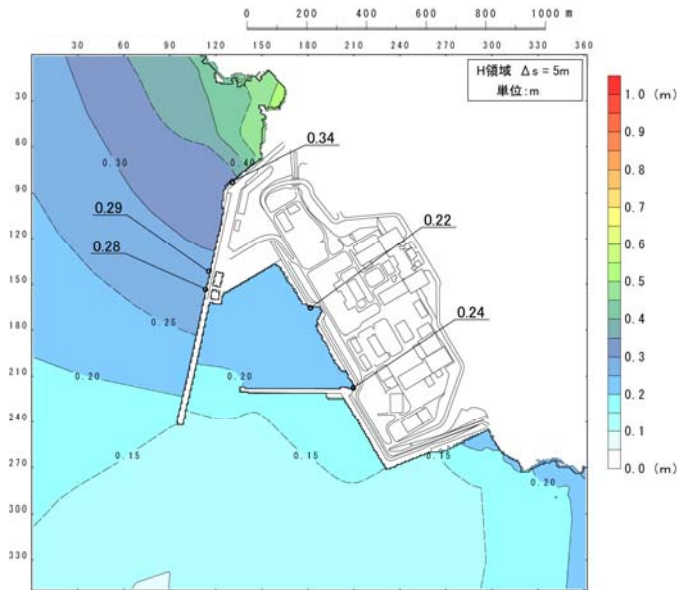


水位時刻歴波形

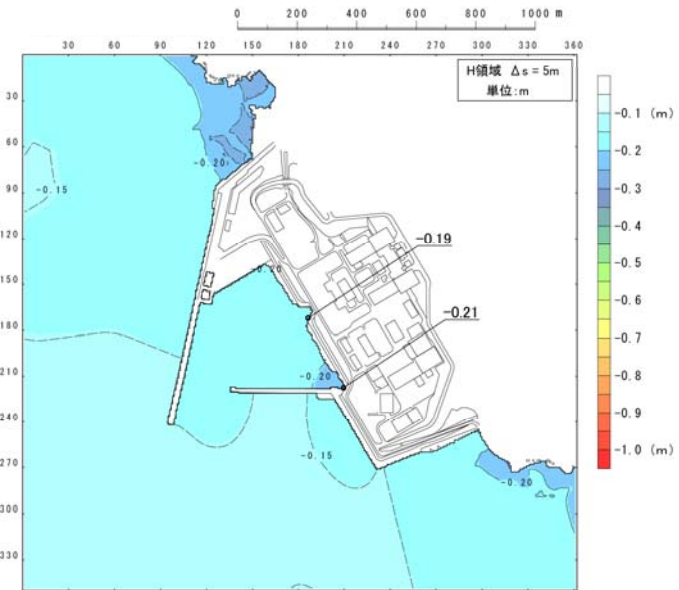


水位時刻歴波形

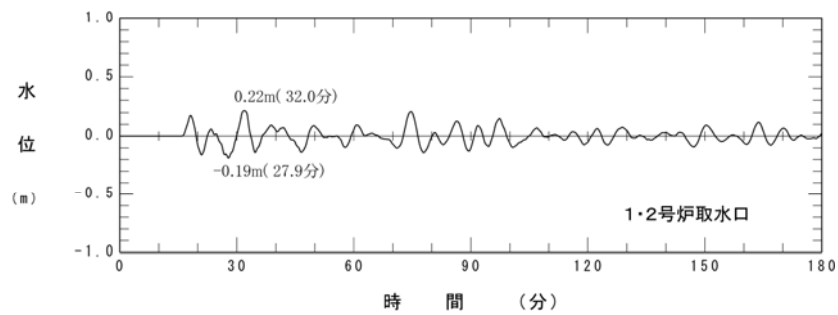
津波シミュレーション結果 (川白不安定ブロック一括) (1, 2号炉取水口)



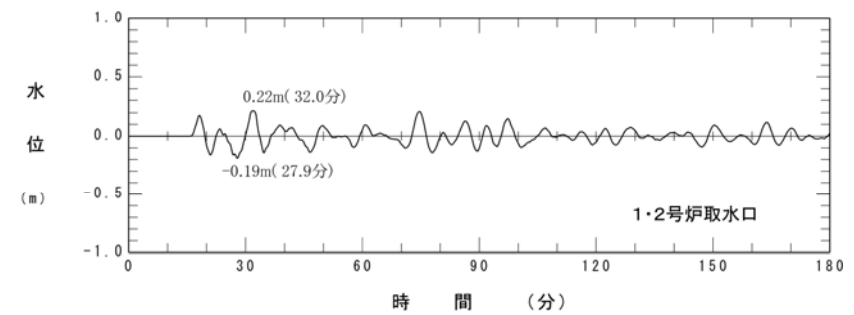
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

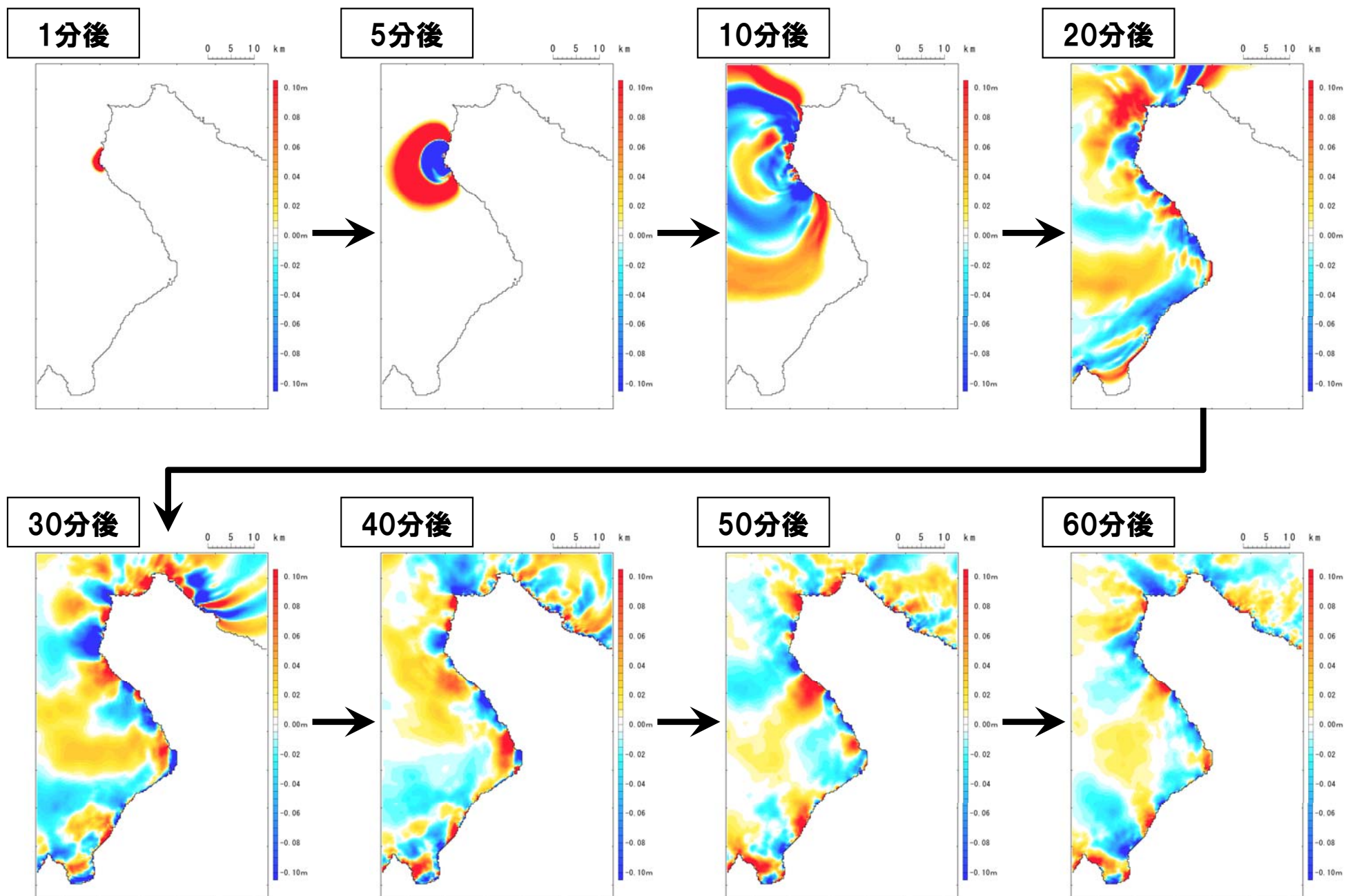


水位時刻歴波形



水位時刻歴波形

津波シミュレーション スナップショット (川白不安定ブロック一括)



津波シミュレーション(弁慶岩不安定ブロック一括)

- 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、火山による山体崩壊に伴う津波の検討結果において、敷地に対して影響が大きい結果となった「Kinematic landslideモデル」の手法を用いる。

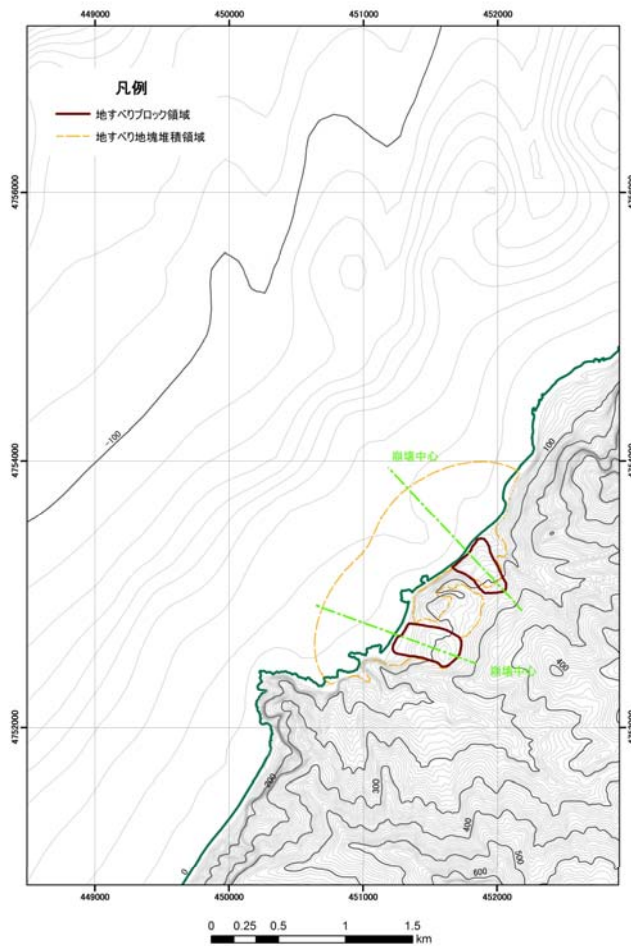
【地すべりシミュレーション】

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。

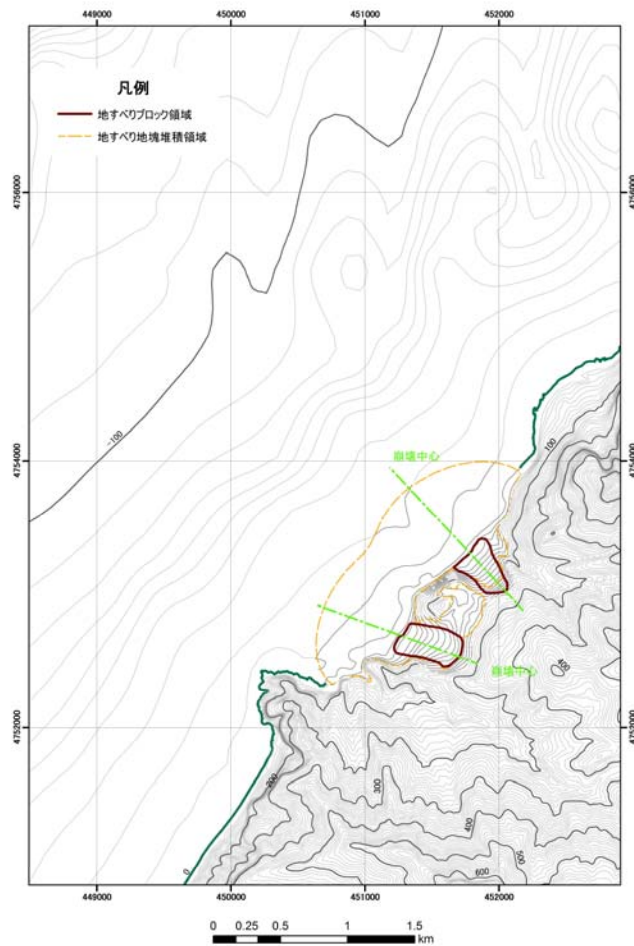
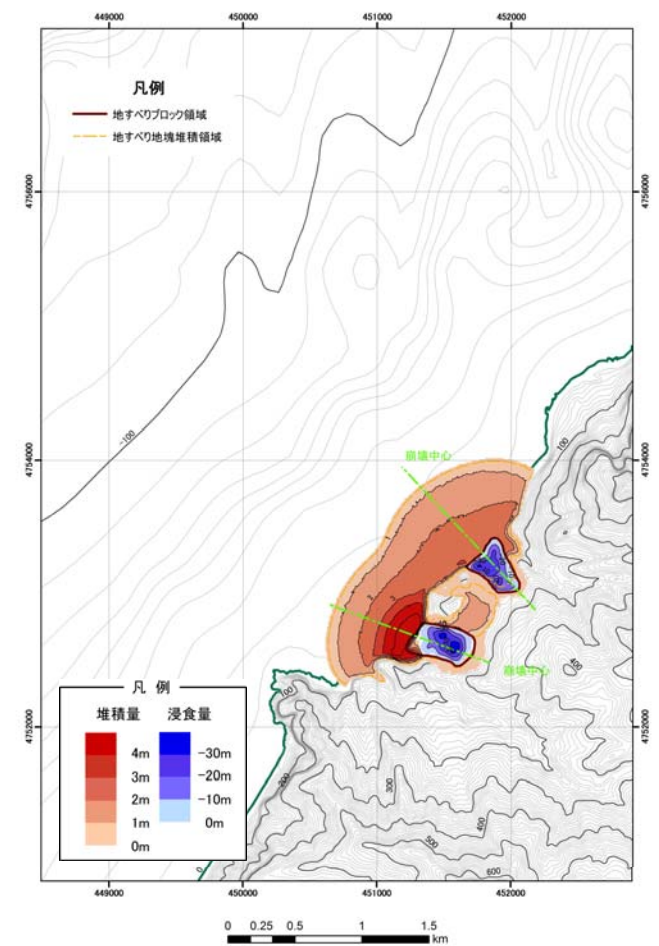
【津波シミュレーション(Kinematic landslideモデル)】

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。

地すべり地形のモデル化(弁慶岩不安定ブロック一括)(1/2)

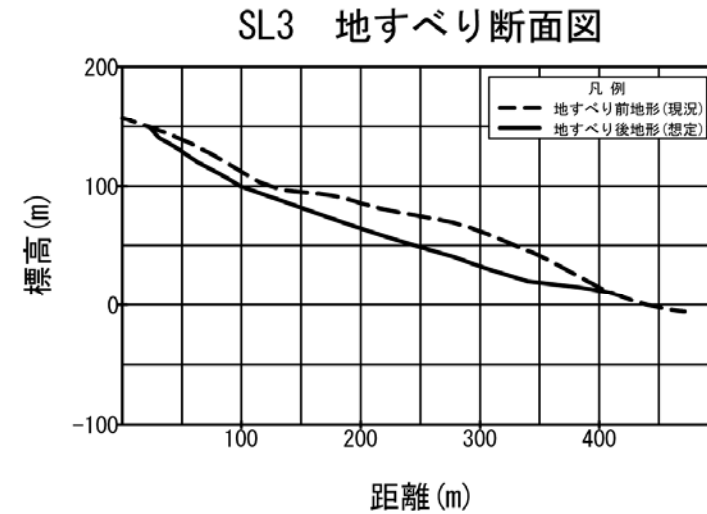
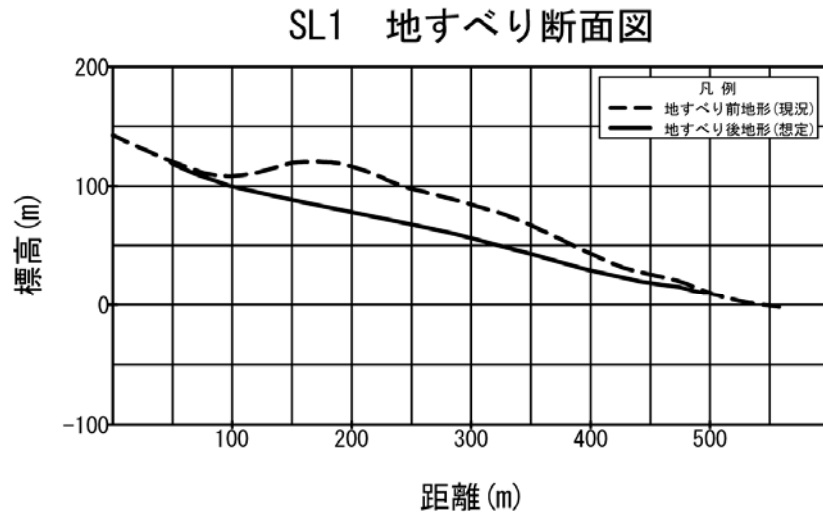


地すべり前地形

地すべり後地形
10分後

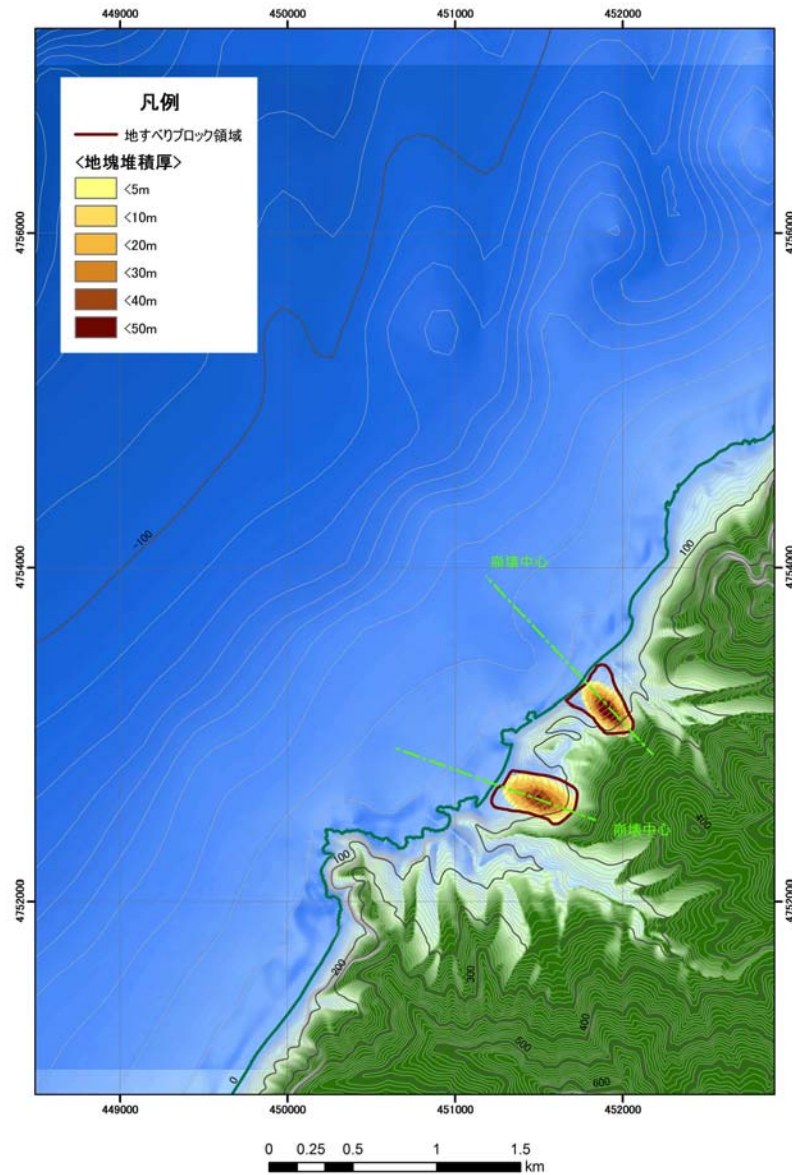
地すべり前後の地形変化量

地すべり地形のモデル化 (弁慶岩不安定ブロック一括) (2/2)

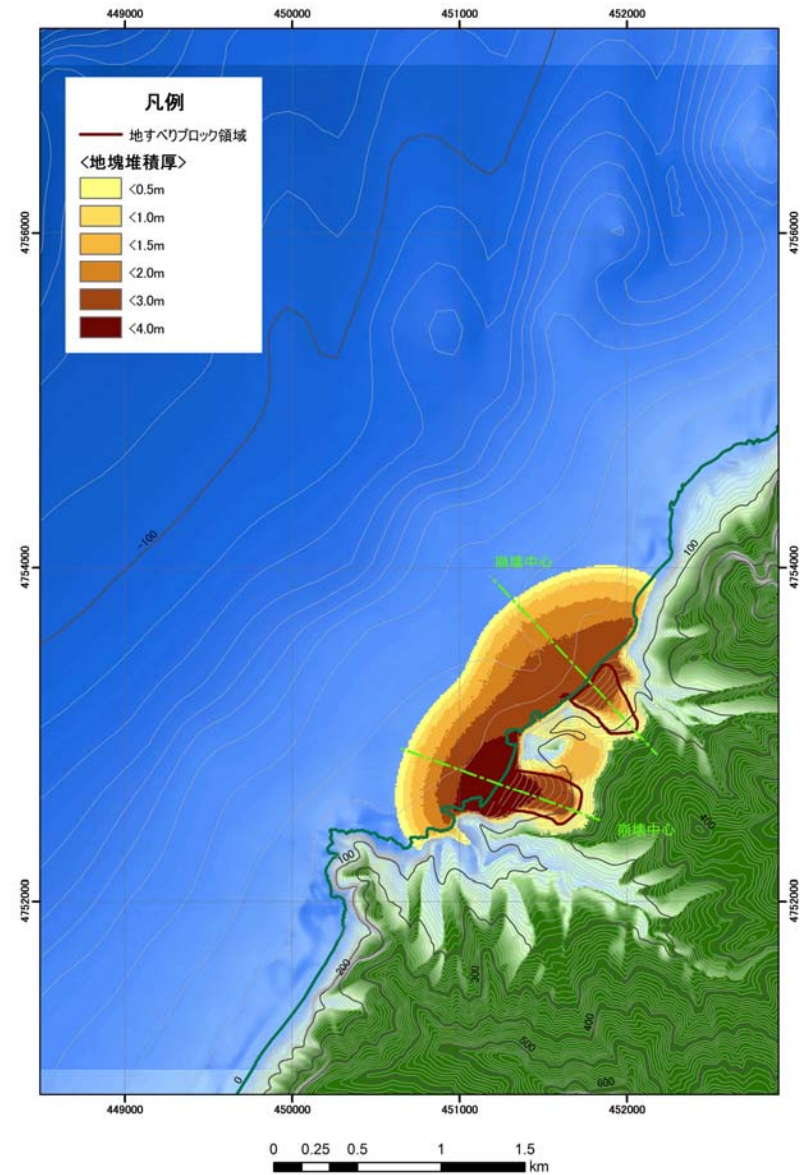


地すべり地形の断面形状

地すべりシミュレーション結果 (弁慶岩不安定ブロック一括)



地すべり前

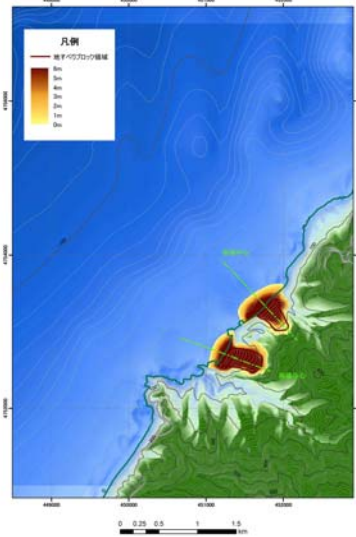


地すべり後 (10分後)

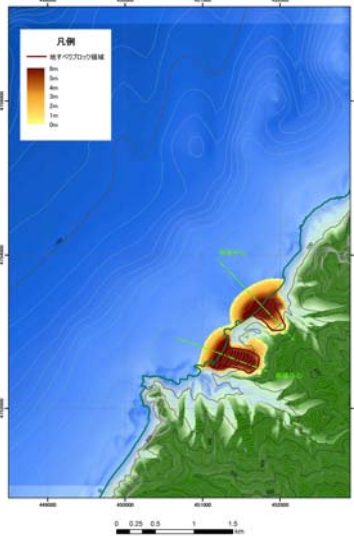
3-7 津波影響評価

地すべりシミュレーション スナップショット (弁慶岩不安定ブロック一括) (1/2)

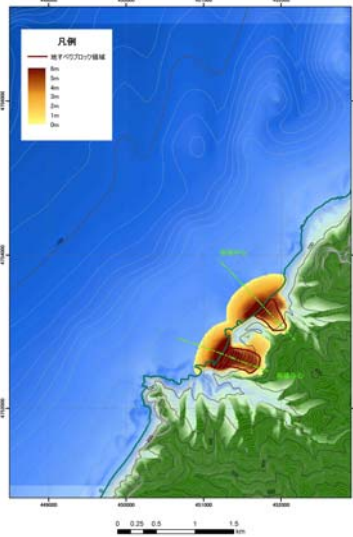
1分後



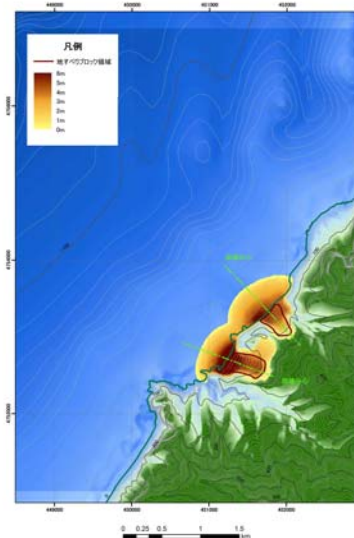
2分後



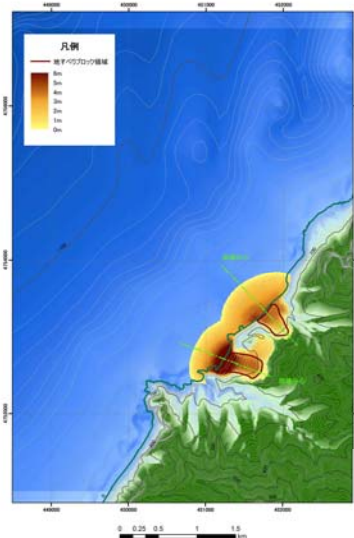
3分後



4分後



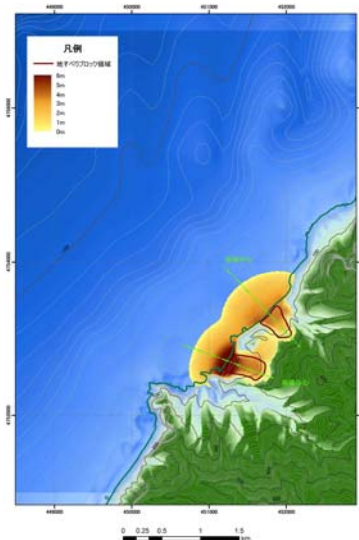
5分後



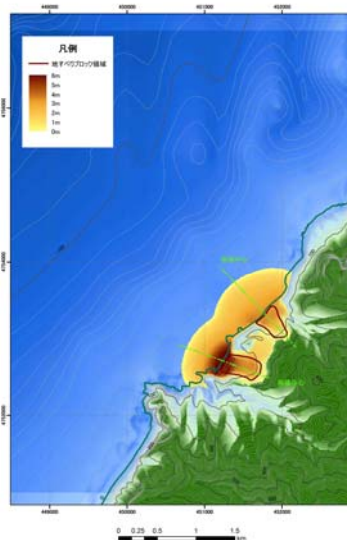
3-7 津波影響評価

地すべりシミュレーション スナップショット (弁慶岩不安定ブロック一括) (2/2)

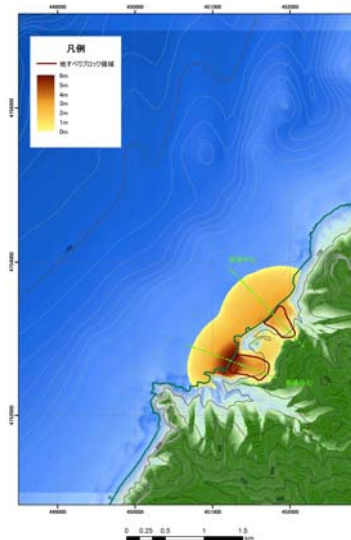
6分後



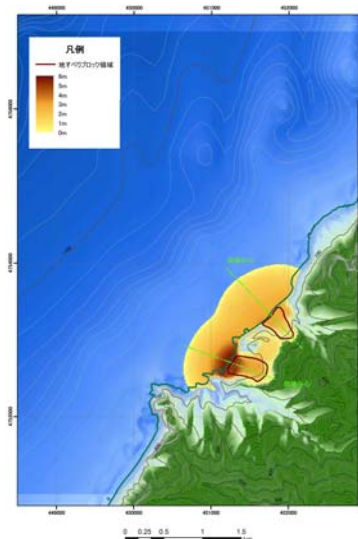
7分後



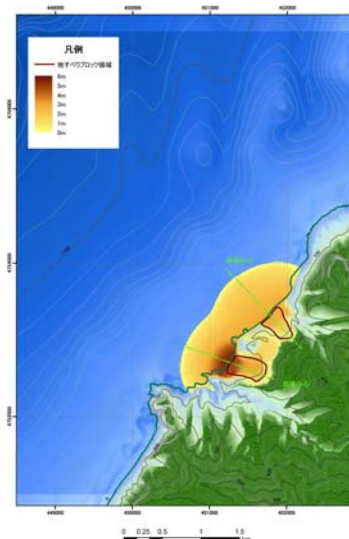
8分後



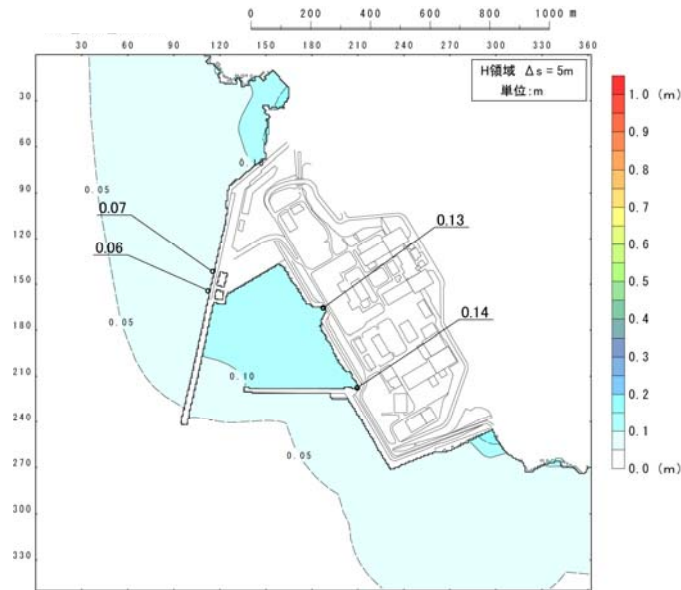
9分後



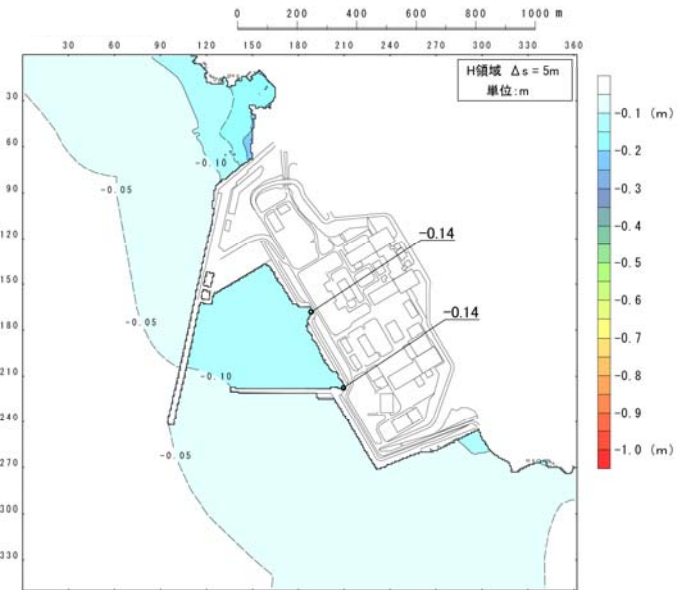
10分後



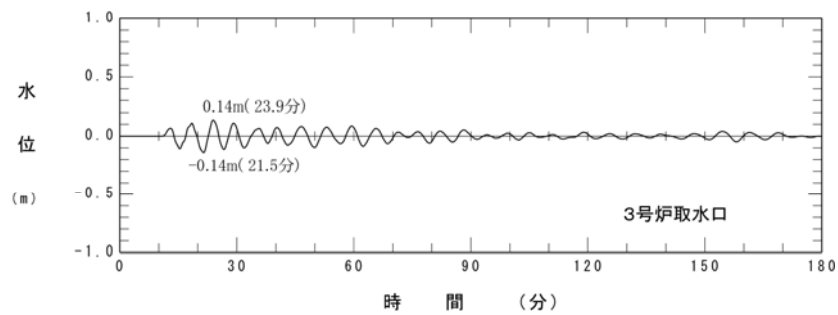
津波シミュレーション結果(弁慶岩不安定ブロック一括)(3号炉取水口)



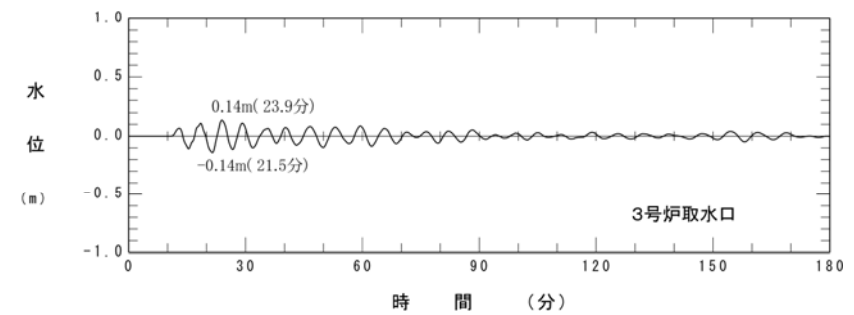
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

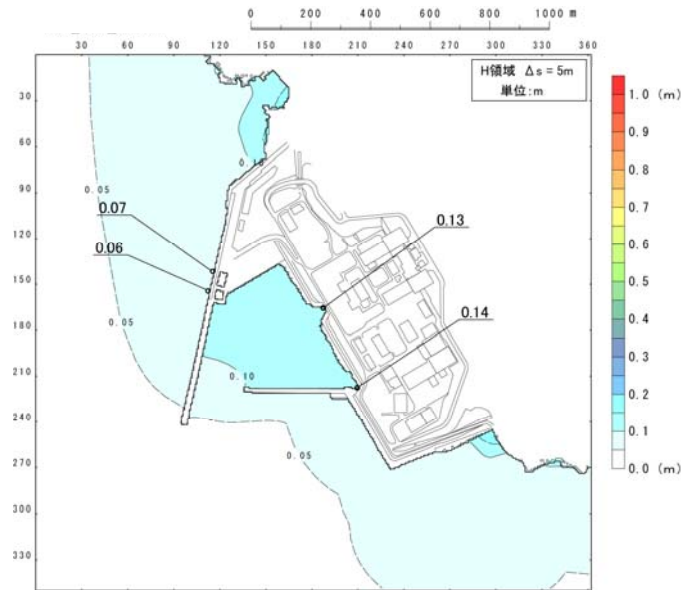


水位時刻歴波形

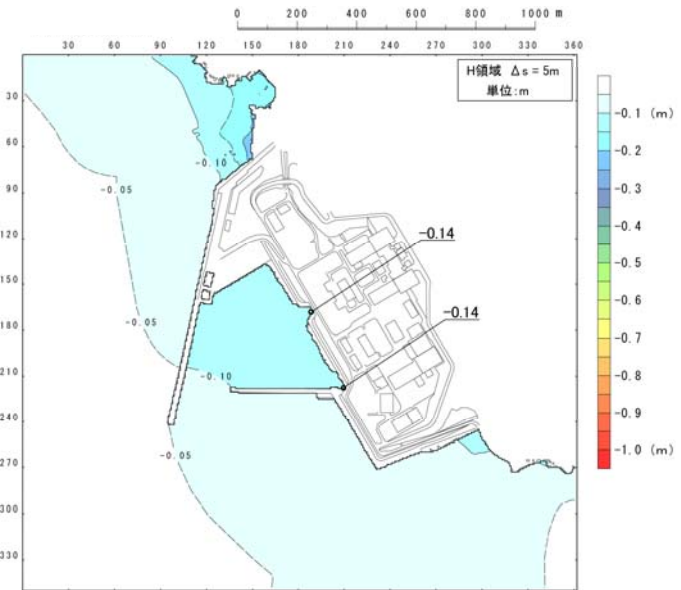


水位時刻歴波形

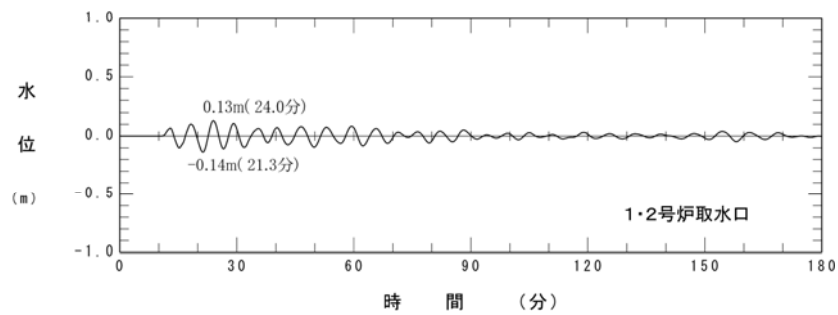
津波シミュレーション結果(弁慶岩不安定ブロック一括)(1, 2号炉取水口)



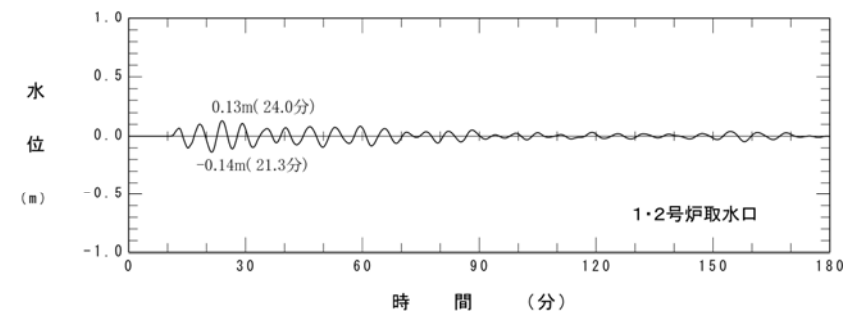
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

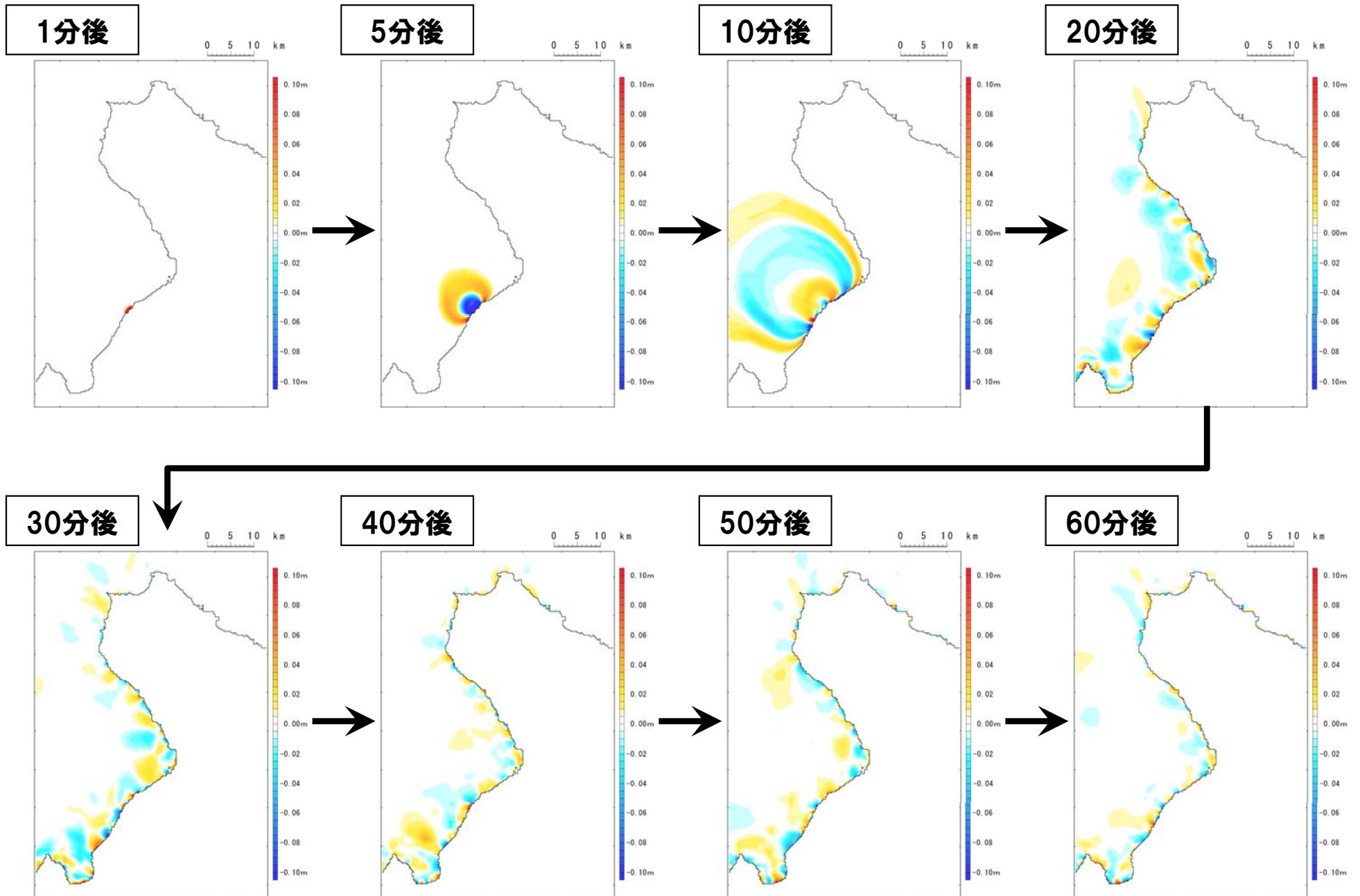


水位時刻歴波形



水位時刻歴波形

津波シミュレーション スナップショット (弁慶岩不安定ブロック一括)



津波シミュレーション(堀株)

- 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、火山による山体崩壊に伴う津波の検討結果において、敷地に対して影響が大きい結果となった「Kinematic landslideモデル」の手法を用いる。

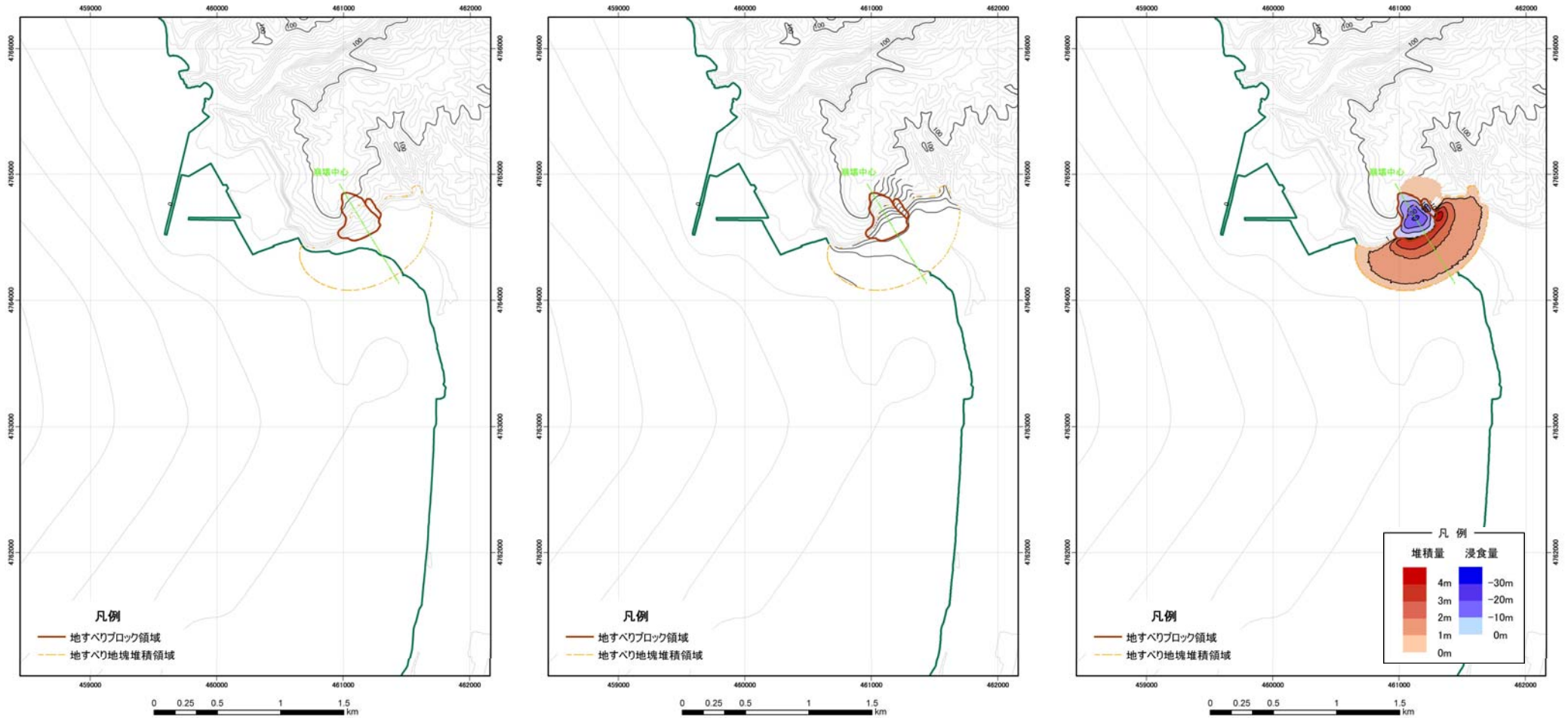
【地すべりシミュレーション】

入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 $\Phi_{int} (^{\circ})$	30.0	想定される地質(33°程度)より設定。
底面摩擦角 $\Phi_{bed} (^{\circ})$	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。

地すべり地形のモデル化(堀株)(1/2)



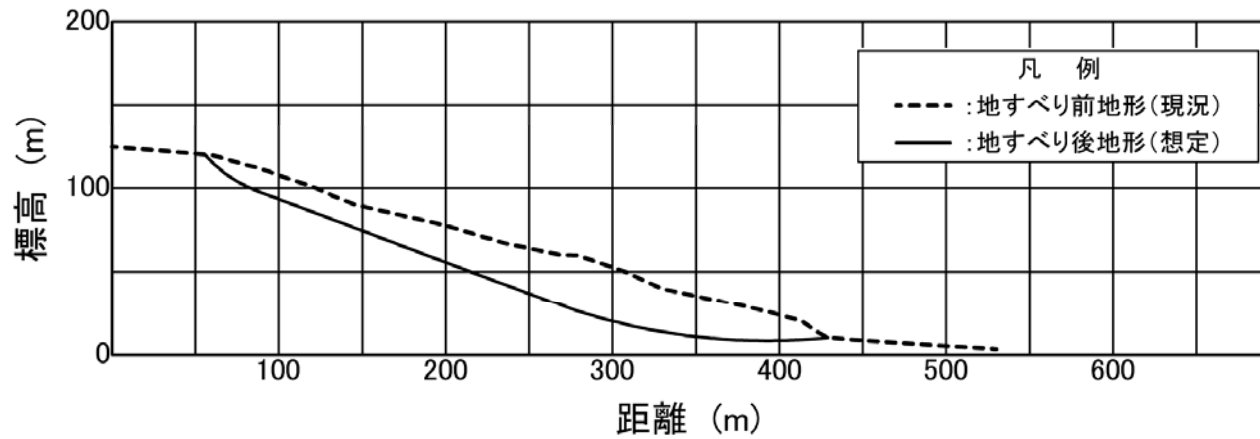
地すべり前地形

地すべり後地形
10分後

地すべり前後の地形変化量

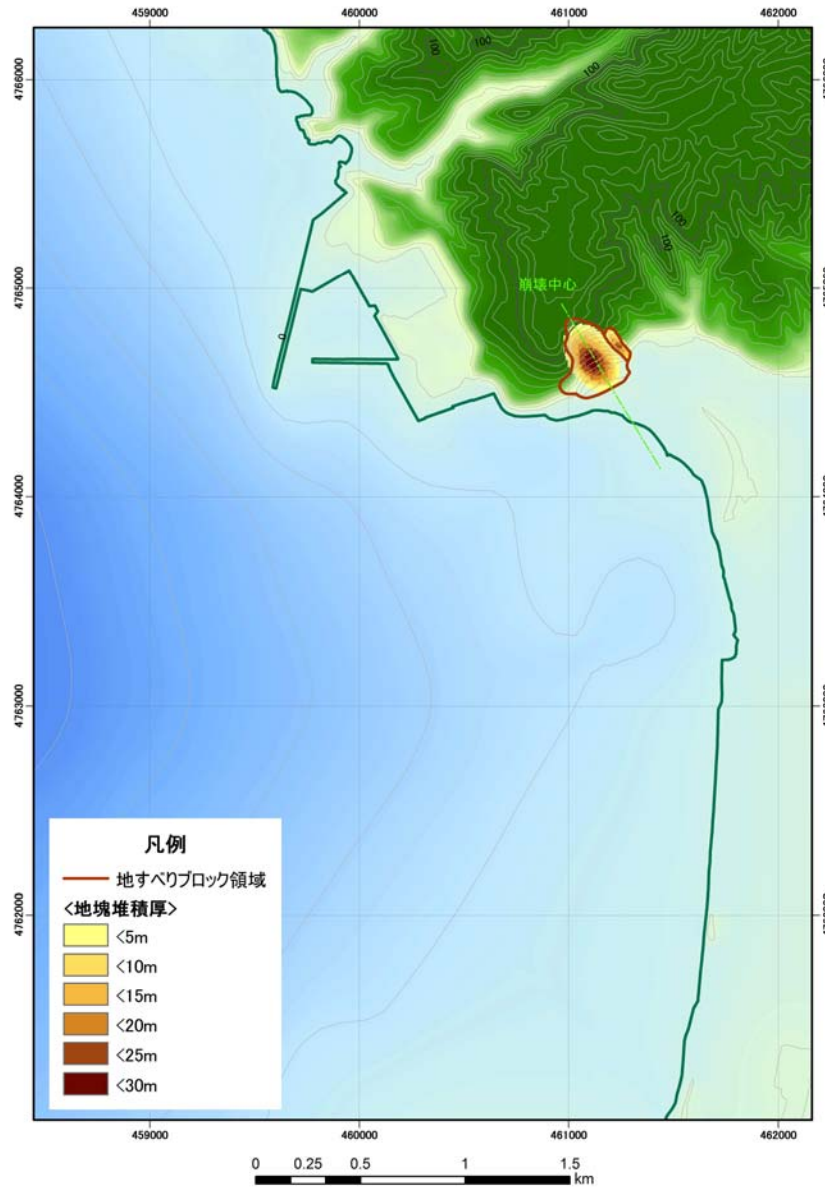
地すべり地形のモデル化 (堀株) (2/2)

LH1 地すべり断面図

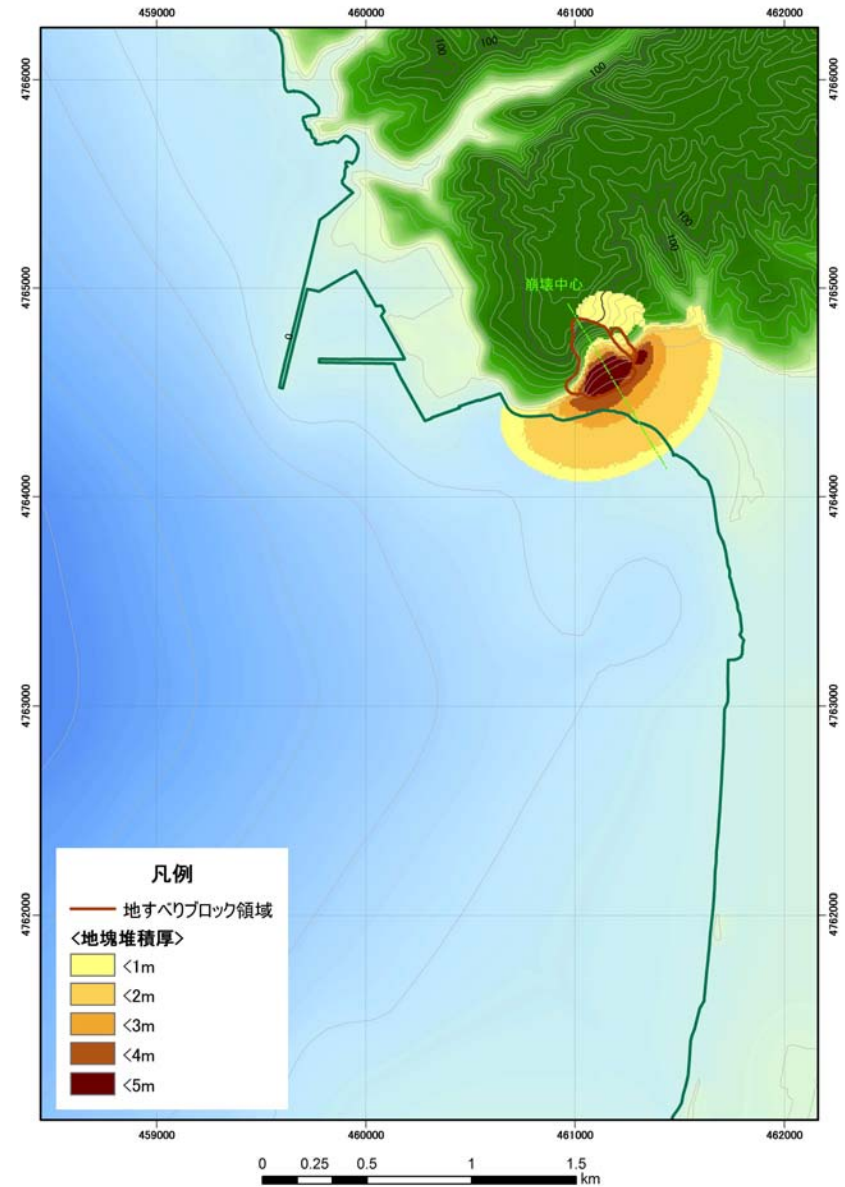


地すべり地形の断面形状

地すべりシミュレーション結果(堀株)



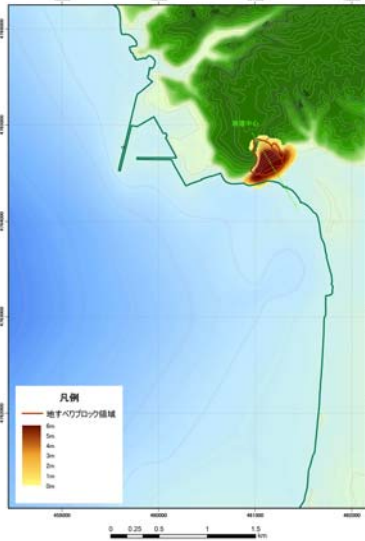
地すべり前



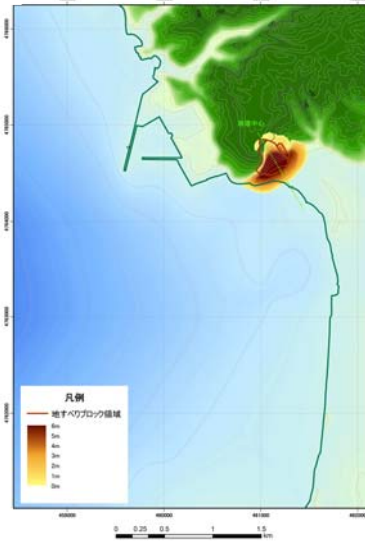
地すべり後(10分後)

地すべりシミュレーション スナップショット (堀株) (1/2)

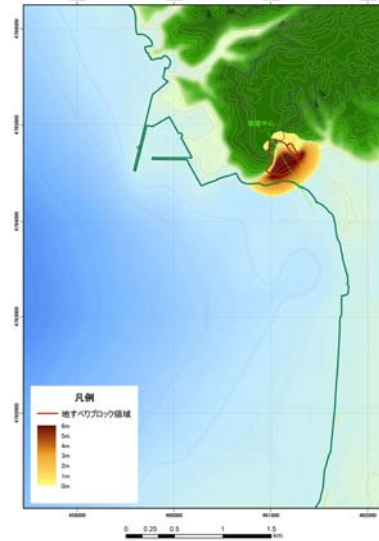
1分後



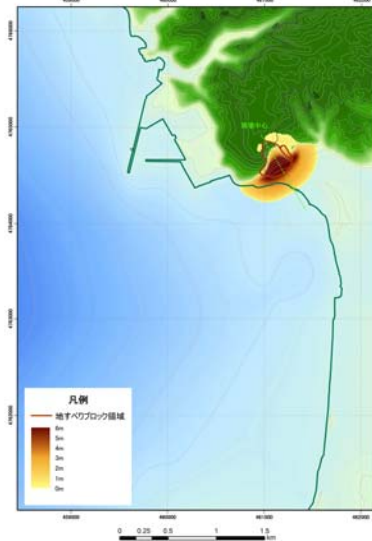
2分後



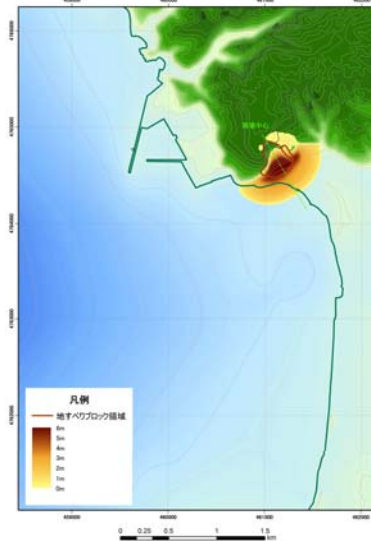
3分後



4分後

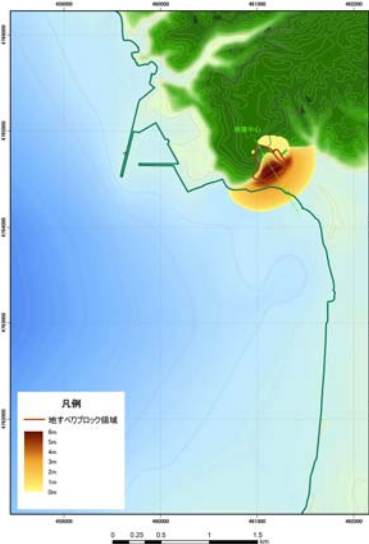


5分後

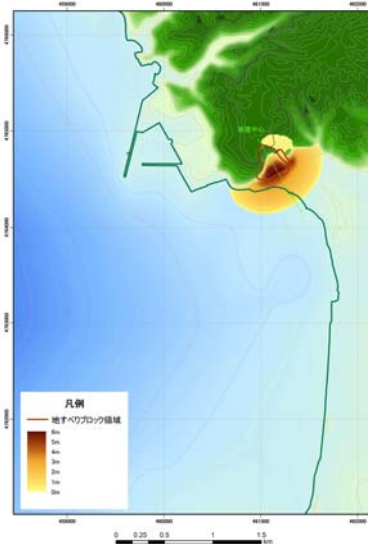


地すべりシミュレーション スナップショット (堀株) (2/2)

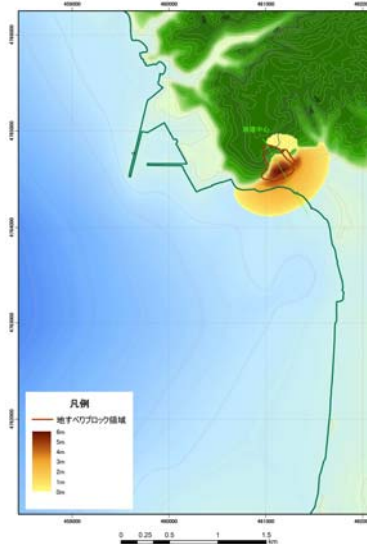
6分後



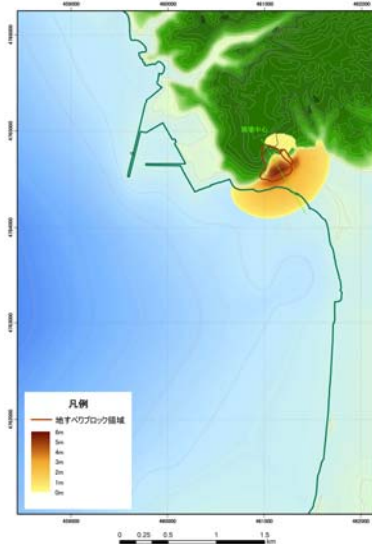
7分後



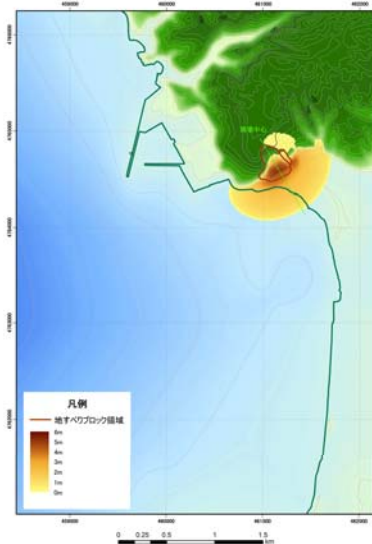
8分後



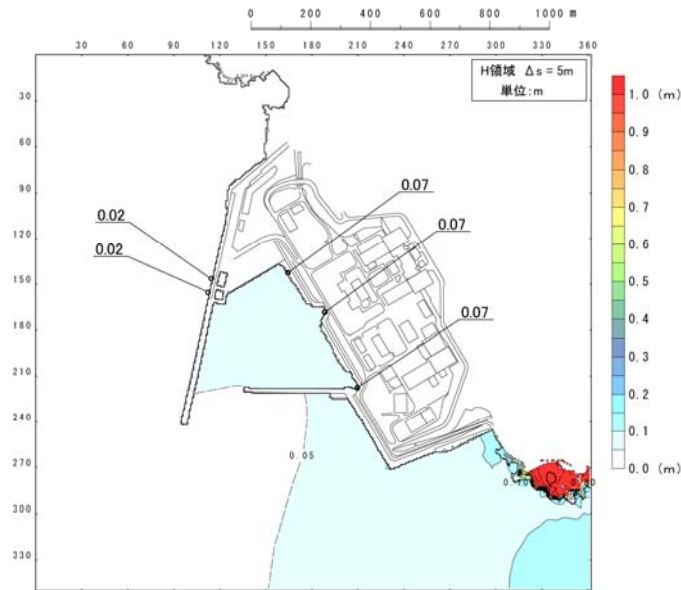
9分後



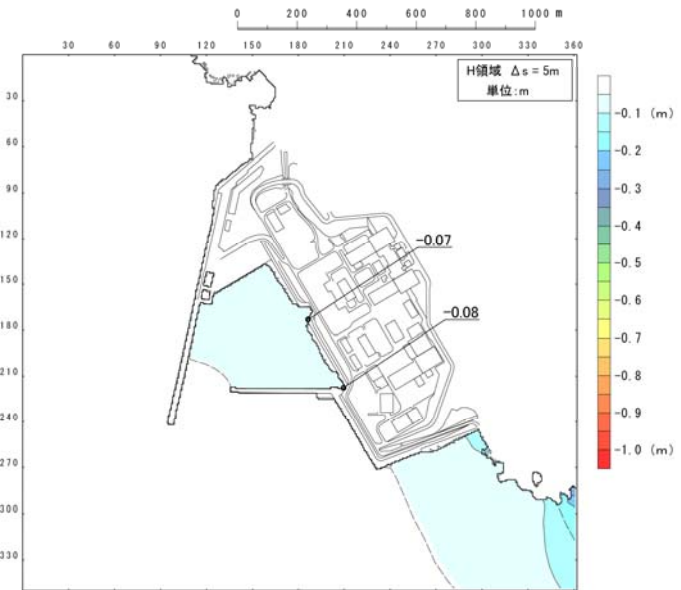
10分後



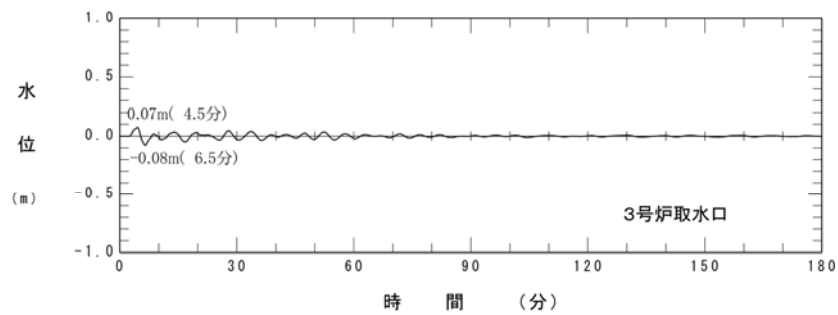
津波シミュレーション結果(堀株)(3号炉取水口)



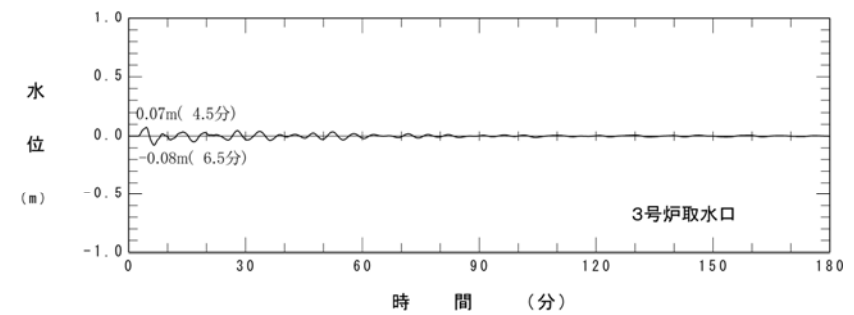
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



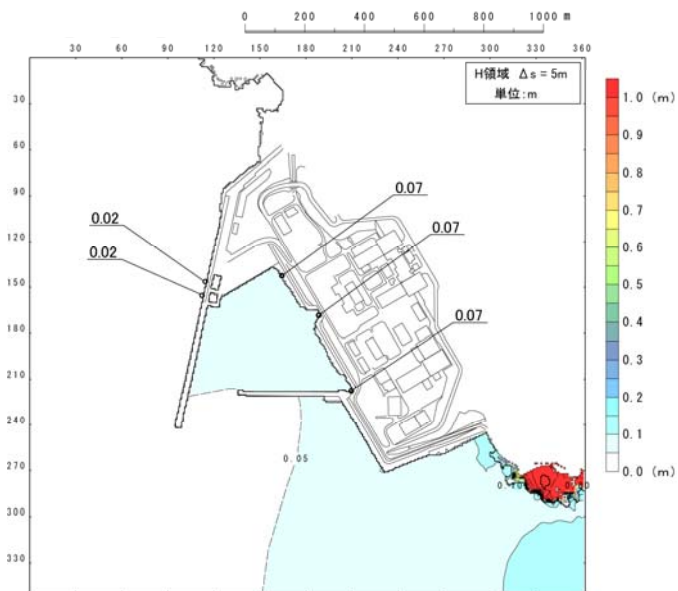
水位時刻歴波形



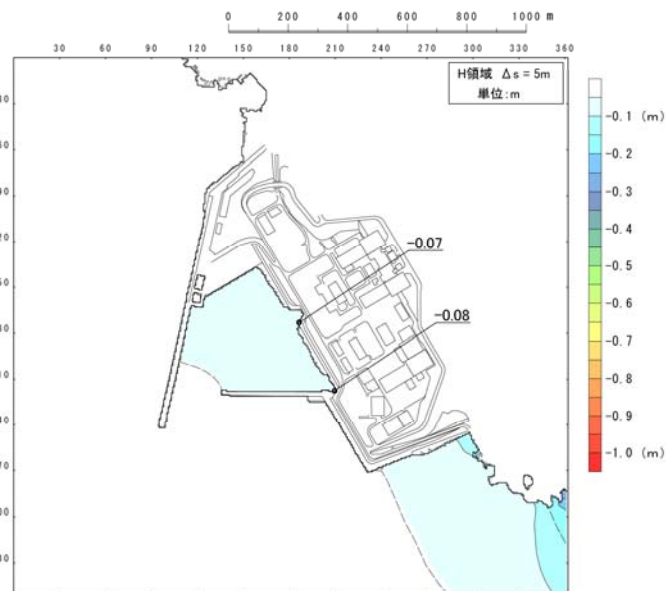
水位時刻歴波形

3-7 津波影響評価

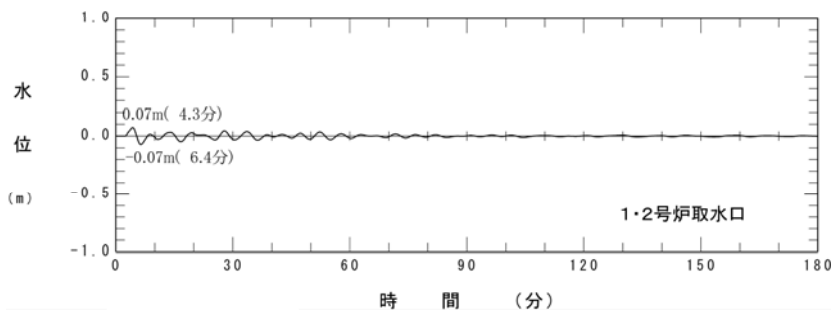
津波シミュレーション結果(堀株)(1, 2号炉取水口)



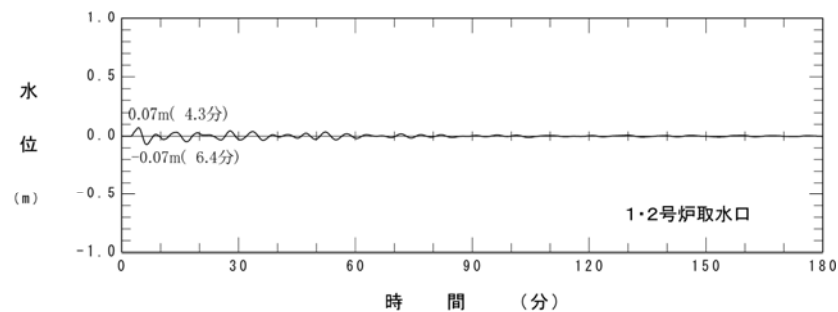
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

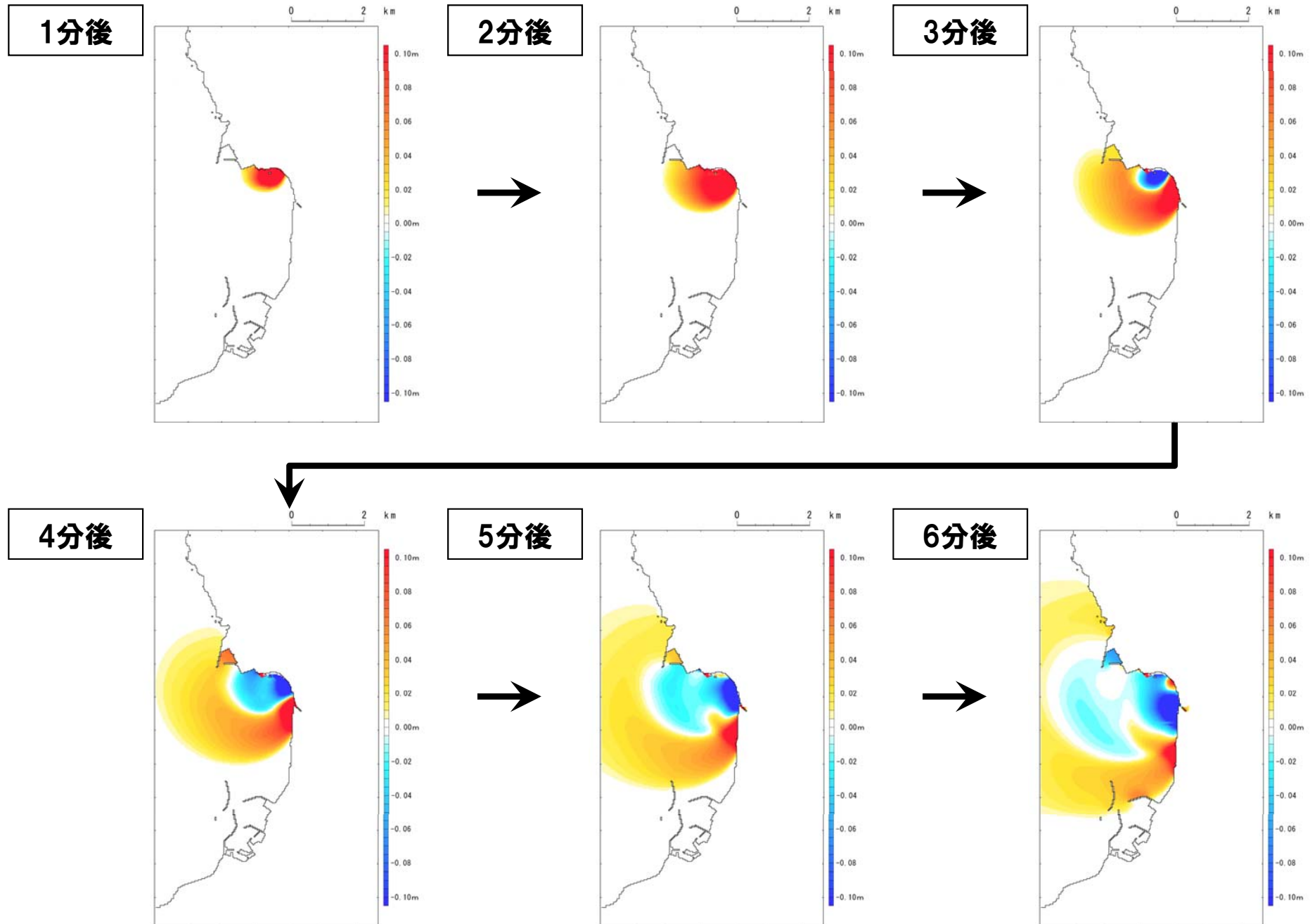


水位時刻歴波形

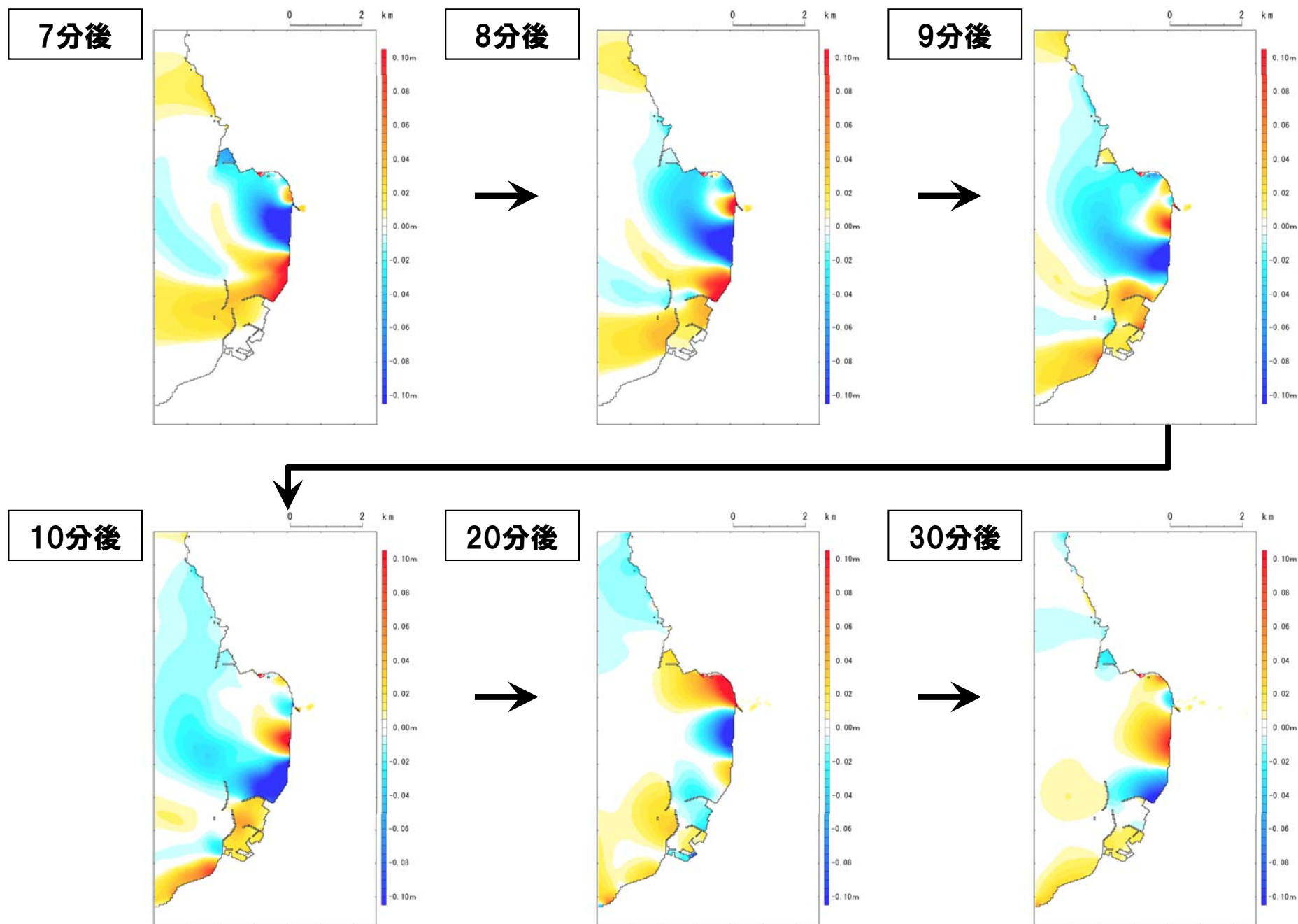


水位時刻歴波形

津波シミュレーション スナップショット (堀株) (1/2)



津波シミュレーション スナップショット (堀株) (2/2)



津波シミュレーション結果(まとめ)

【既検討結果】

区分	川白1	川白2	川白3	川白5,6,7	川白8	川白10,11	川白12	弁慶岩1	弁慶岩3
敷地前面 最大水位上昇量	0.10m	-	0.12m	0.06m	0.15m	0.14m	-	0.08m	0.06m
3号炉取水口 最大水位上昇量	0.10m	-	0.09m	0.06m	0.14m	0.12m	-	0.08m	0.06m
3号炉取水口 最大水位下降量	0.09m	-	0.09m	0.05m	0.14m	0.11m	-	0.08m	0.08m
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	0.10m	-	0.09m	0.05m	0.13m	0.12m	-	0.08m	0.06m
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	0.09m	-	0.09m	0.05m	0.12m	0.11m	-	0.08m	0.08m
概略体積の順位	6 (4 [*]) (1.94×10 ⁶ m ³)	11 (9 [*]) (0.89×10 ⁶ m ³)	3 (2 [*]) (2.64×10 ⁶ m ³)	7 (5 [*]) (1.91×10 ⁶ m ³)	2 (1 [*]) (5.32×10 ⁶ m ³)	4 (3 [*]) (2.47×10 ⁶ m ³)	9 (7 [*]) (0.96×10 ⁶ m ³)	8 (6 [*]) (1.04×10 ⁶ m ³)	10 (8 [*]) (0.94×10 ⁶ m ³)
影響の順位	5 (3 [*])	-	6 (4 [*])	8 (5 [*])	3 (1 [*])	4 (2 [*])	-	-	-

※ 既検討ケースにおける順位

【追加検討結果】

区分	川白 (不安定ブロック一括)	弁慶岩 (不安定ブロック一括)	堀株
敷地前面 最大水位上昇量	0.34m	0.14m	0.07m
3号炉取水口 最大水位上昇量	0.24m	0.14m	0.07m
3号炉取水口 最大水位下降量	0.21m	0.14m	0.08m
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	0.22m	0.13m	0.07m
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	0.19m	0.14m	0.07m
概略体積の順位	1 (1.61×10 ⁷ m ³)	5 (1.98×10 ⁶ m ³)	12 (0.85×10 ⁶ m ³)
影響の順位	1	2	7

【追加検討結果】

- 「堀株」について数値シミュレーションを実施した結果、計算値は10cm未満となり、敷地への影響は小さいことを確認した。
- 「川白不安定ブロック一括」及び「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、影響は既検討ケースを上回るものとなった。
- 以上のことから、基準津波策定に当たって考慮する陸上地すべりに伴う津波として、新たに「川白不安定ブロック一括」及び「弁慶岩不安定ブロック一括」を選定する。

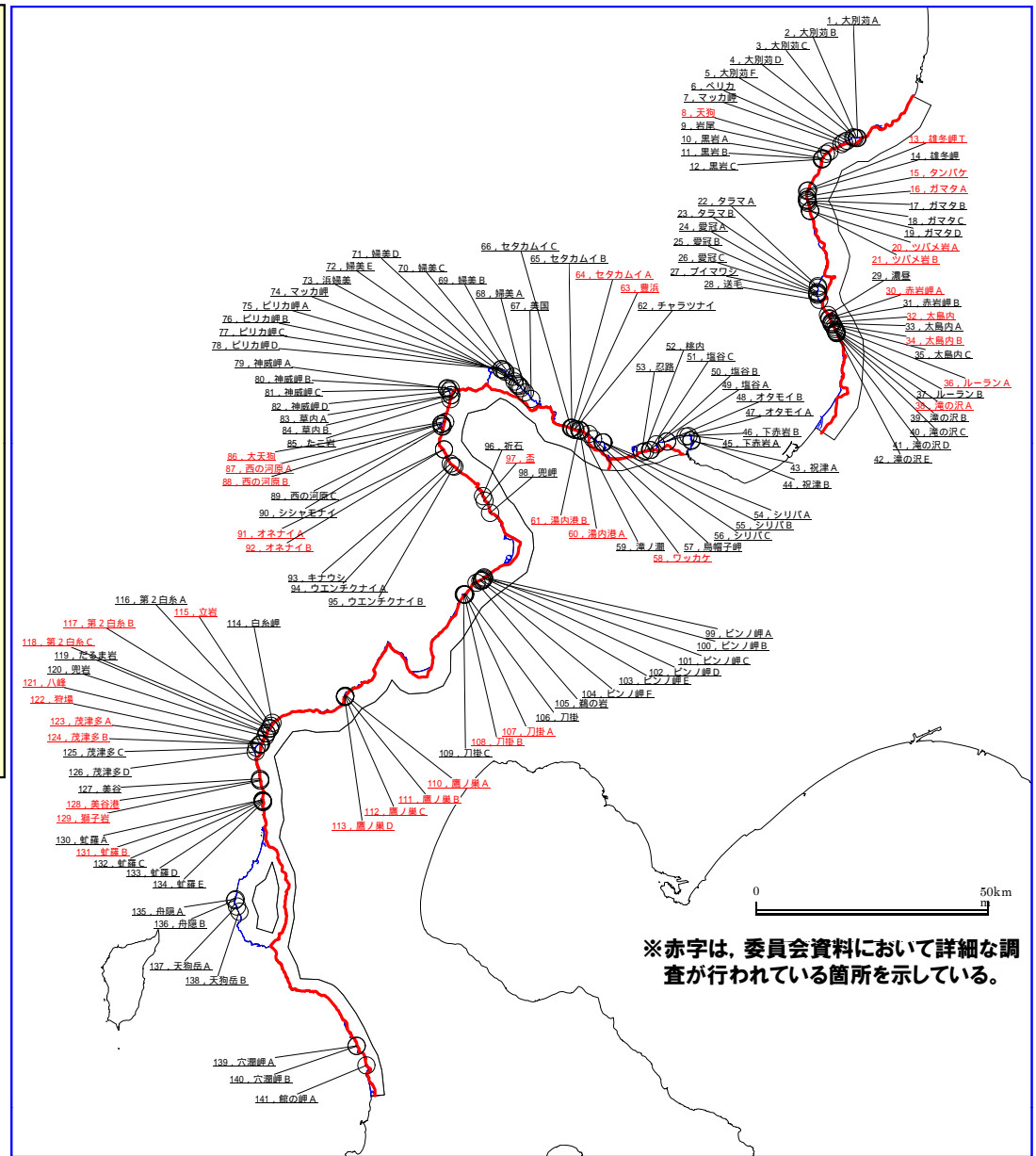
4. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出（海域火山）	11
2-3 検討対象の抽出（陸域火山）	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

4. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

検討方針

- 「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書」(北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会, 平成12年10月) (以下,「委員会資料」という。)では, 留萌市~江差町を対象に, 崩壊の発生場としての急崖の地形・地質的特徴や過去に発生した岩盤崩壊の特徴を把握している。
- 既往資料整理, 地形図読図, 空中写真判読, 現地調査等を行い, その結果をもとに急崖の地形・地質と岩盤崩壊の関係について検討を行っている。
- 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)(以下,「岩盤崩壊」という。)に伴う津波については, 委員会資料における崩壊と急崖の地質・比高・傾斜の関係の考察結果等に基づき, 敷地に影響を与えると考えられる地点を抽出し, 評価を行う。



対象調査範囲

4-1 岩盤崩壊に関する検討

1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

4-1 岩盤崩壊に関する検討

北海道の岩盤崩壊と地すべり

- 山田ほか(1971)による、崩壊と地すべりの定義は、以下のとおりである。
 - 崩壊：地形とすべり面の傾斜が急で、小規模で突発的に発生し、攪乱された土塊が急速に移動する現象。
 - 地すべり：大規模な土塊が緩斜面を原型を保ちつつ緩慢な動きで継続的に滑動する現象。
 - **崩壊：小規模で、突発的に発生し急速で移動**
 - **地すべり：大規模で、緩慢な動きで継続的に移動**

- 岩盤崩壊は、崩壊のうち岩盤斜面で発生するもので、移動する土塊が岩石を主とするものであり、一般的に岩盤崩壊は崩壊発生までの岩盤の変位量が小さく、発生した場合の変動が急激である。
 - **岩盤崩壊は、岩盤斜面で発生し、発生前の変位は小さく、変動は急激。**

- (北海道内の)岩盤崩壊の発生箇所は、急峻で比高の高い崖が存在する地域である。

- 岩盤崩壊の規模は、体積が $3,000\text{m}^3$ 以下のものが多く、層雲峡や豊浜トンネルおよび第2白糸トンネルでは $10,000\sim 40,000\text{m}^3$ となっている。これに対し、地すべりの規模は体積が $30,000\sim 500,000\text{m}^3$ のものと $1,000,000\text{m}^3$ を超えるものが存在し、岩盤崩壊に比べて体積は1桁以上大きい。
 - **岩盤崩壊の規模は、地すべりと比べて、体積は1桁以上小さい。**

岩盤崩壊の形態 (1/5)

崩壊形態の模式図及び特徴

分類	模式図	特徴
滑動型	平面すべり	流れ盤となる分離面に規制されて滑動する現象。平行する複数の分離面が流れ盤を形成して崩壊する場合もある。
	くさびすべり	交差する二つの分離面に規制されて滑動する現象。概ね両者の交差方向に滑動する。
	複合すべり	形態の異なる複数の分離面に規制されて滑動する現象。 図中のラベル: 平面、円弧面、滑動面、クラック、断層、水溜り、崩壊体
崩落型	急傾斜の分離面に規制されて崩壊する現象のうち、岩盤が剝離して落下する現象。	
転倒型	急傾斜の分離面に規制されて崩壊する現象のうち、岩盤が重心移動により傾き転倒する現象。	
座屈型	板状に分離した岩体が自重によって、亀裂や劣化のある箇所で座屈し、折れ曲がるように全体的に崩壊する現象。	

※複合すべりは土木学会(1999)²³⁾を、平面すべり、くさびすべり、転倒および座屈はAndy.A.(1992)²⁴⁾を引用した。

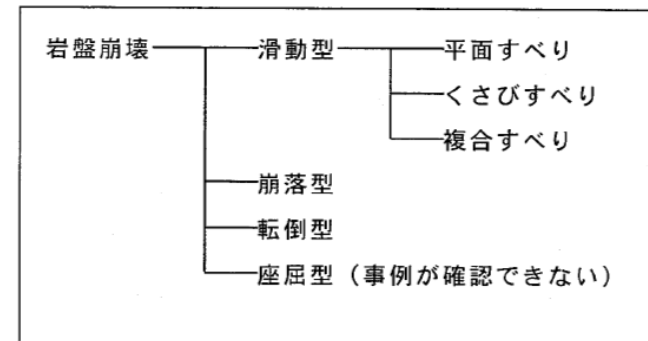
【崩壊形態】

○岩盤斜面変動の崩壊形態の分類を土木学会(1997)を参考として取りまとめられている。

- ①滑動型: 流れ盤となる分離面に規制されて、移動物質がすべり落ちる。
- ②崩落型～
- ③転倒型: 急傾斜の分離面に規制されて落下もしくは転倒する。
- ④座屈型: 板状に分離した岩体が自重によって座屈して崩壊する。

○滑動型は、主崩壊面の性状によって更に区分されている。

- 平面すべり : 1枚もしくは2枚以上の分離面に規制されている。
- くさびすべり : 交差する2枚以上の分離面に規制されている。
- 複合すべり : 形態の異なる2枚以上の分離面に規制されている。



崩壊形態の分類

岩盤崩壊の形態 (2/5)

【地質区分による分類】

○岩盤崩壊と地質の関係を検討するために、岩石の物性や分離面の発達状況などの地質工学的特徴に着目した地質の区分を行っている。

崩壊形態の模式図および特徴

地質区分		露頭規模の特徴	層相※	模式図
新第三系 および 第四系	火砕岩	層状	水冷火砕岩、火山角礫岩、角礫凝灰岩、火山円礫岩、凝灰岩など	
		塊状		概ね同一の岩相で崖が形成される。
	溶岩	柱状節理・板状節理が発達する。	安山岩、デイサイト、玄武岩	
	貫入岩	柱状節理・板状節理の発達する薄い岩脈群からなる。	デイサイト、安山岩、流紋岩、はんれい岩質岩	
	堆積岩	成層構造が発達する。	頁岩、泥岩、砂岩、礫岩	

○急崖の地質区分を、

- 火砕岩
 - 溶岩
 - 貫入岩
 - 新第三系堆積岩 (碎屑岩)
- に区分。

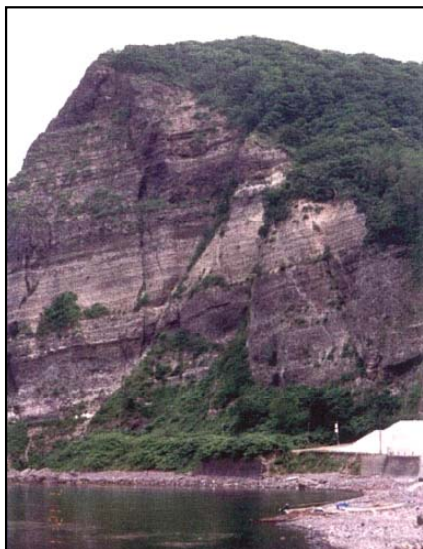
○火砕岩と溶岩・貫入岩については、岩相が判別できる崖において露頭規模の特徴に着目し、それぞれ、

- 層状火砕岩
- 塊状火砕岩
- 溶岩
- 貫入岩

に細区分している。

岩盤崩壊の形態 (3/5)

○地質区分による代表事例の一部を以下に示す。



層状火砕岩からなる急崖
(古平町セタカムイ)



塊状火砕岩からなる急崖
(余別町来岸)



主として溶岩からなる急崖
(下部は塊状火砕岩, 島牧村茂津多)



貫入岩からなる急崖
(神恵内村西の河原)

4-1 岩盤崩壊に関する検討

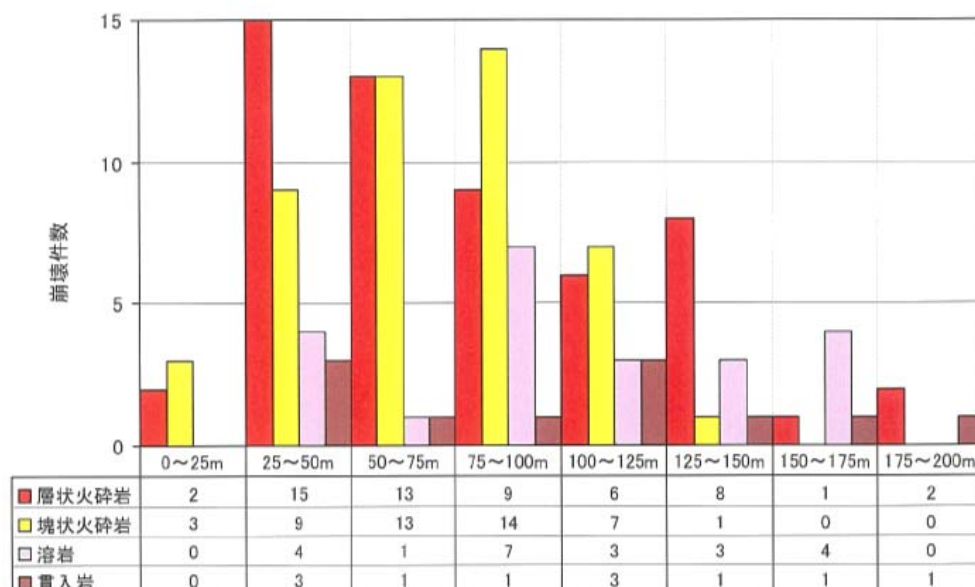
岩盤崩壊の形態 (4/5)

【斜面形状区分】

○ (日本海沿岸域における) 一連の高く急な海食崖の形状は、海食崖が後退していく過程における地質の強度や浸食作用の強弱があらわれたものであることから、海食崖の形状について、崖の

- 比 高
- 形 態

に着目した区分を行っている。



崖の比高(m)

比高の頻度分布

①比高区分

○ 既往崩壊箇所について、急崖の比高を整理している。

- 崖の比高は200m以下である。
- さらに、火砕岩でも「層状」では25~50mに、「塊状」では50~100mに頻度の高いピークがあり、崩壊発生数の偏りが認められる。

岩盤崩壊の形態 (5/5)

②形態区分

○形態区分に関しては、以下のように記載されている。

➤広域地形・地質調査の結果、急崖の断面形態は3種類(形態Ⅰ～Ⅲ)に分けられる。

形態Ⅰ：活発な海食作用を受けている急崖

形態Ⅱ：斜面脚部に崖錐が堆積し、この崖錐が斜面を波力より保護して海食が休止した状態の急崖

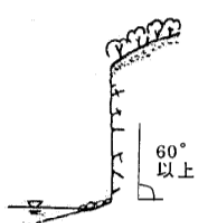
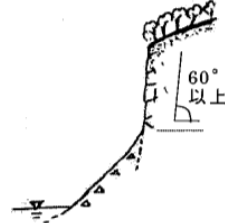
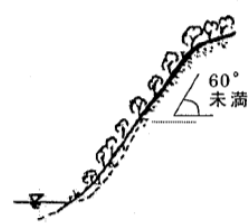
形態Ⅲ：急崖は海食が停止してから長時間経過して斜面勾配は安定化し、植生が進入

➤これらの形態は海食崖の安定化の過程を示し、「形態Ⅰ→形態Ⅱ→形態Ⅲ」と変遷していくものと考えられる。

➤安定化したと考えられる植生の繁茂した形態Ⅲの斜面勾配は、多くの場合60°以下である。

➤川本(1975)による数値解析では、均質な岩盤斜面内部に引張応力領域が現れるのが傾斜60°程度の斜面とされ、急傾斜になるほどその領域が大きくなるものとされている。

➤これらのことから、斜面の安定勾配の目安として傾斜60°で急崖を区分した。

傾斜	傾斜 60° 以上		傾斜 60° 未満
形態区分	I	II	III
模式断面図			
記事	<ul style="list-style-type: none"> 崖脚部の崖錐は部分的で小規模。 壁面の植生はほとんど無い。 ノッチやオーバーハングが発達する。 	<ul style="list-style-type: none"> 崖脚部に厚い崖錐、一部では岩盤の緩斜面を持つ。 壁面の植生はほとんど無い。 植生は崖脚部の緩斜面に繁茂する。 	<ul style="list-style-type: none"> 斜面下部は厚い崖錐が堆積し、上部斜面は安定勾配化する。 多くの場合、崖表面には植生が繁茂する。

急崖の形態区分

4-1 岩盤崩壊に関する検討

岩盤崩壊の形態（まとめ）

【崩壊形態】

- ①滑動型：流れ盤となる分離面に規制されて、移動物質がすべり落ちる。
 - 平面すべり：1枚もしくは2枚以上の分離面に規制されている。
 - くさびすべり：交差する2枚以上の分離面に規制されている。
 - 複合すべり：形態の異なる2枚以上の分離面に規制されている。
- ②崩落型・転倒型：急傾斜の分離面に規制されて落下もしくは転倒する。
- ③座屈型：板状に分離した岩体が自重によって座屈して崩壊する。

【地質区分】

- ①火砕岩
 - 層状火砕岩
 - 塊状火砕岩
- ②溶岩
- ③貫入岩
- ④新第三系堆積岩（碎屑岩）

【比高区分】

- ①25～50m：層状火砕岩の崩壊発生数の高いピーク。
- ②50～100m：塊状火砕岩の崩壊発生数の高いピーク。
- ③100m以上

【形態区分】

- ①形態Ⅰ：活発な海食作用を受けている急崖。
- ②形態Ⅱ：斜面脚部に崖錐が堆積し、この崖錐が斜面を波力より保護して海食が休止した状態の急崖。
- ③形態Ⅲ：急崖は海食が停止してから長時間経過して斜面勾配は安定化し、植生が進入。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

事例レビュー等（豊浜トンネル）

- 1996年2月10日午前8時10分頃、一般国道229号の豊浜トンネル古平側坑口付近で岩盤崩落が発生した。
- 崩壊に関わる取りまとめの概要は以下のとおりとされている。



豊浜トンネル崩壊箇所全景
北海道地すべり学会（2012）より

崩壊規模

最大高さ	約70m
最大幅	約50m
最大厚さ	約13m
体積	約11,000m ³
垂直落下距離	約7m

①地形・地質

- 崩落発生箇所は新第三紀中新世の海底火山活動によって形成された火砕岩からなる急崖斜面で、分布がほぼ崩落箇所に限られる塊状で無層理の細粒火砕岩を主としており、顕在化した亀裂は少ない。
- 崩落壁面には、上部と左側に褐色を呈する風化部がある。この風化部は崩落前の斜面に存在していた亀裂に対応していると考えられる。
- 崩落後のボーリング調査により、積丹半島一帯にみられる広域割れ目系と方向性が一致する不連続な亀裂が、頻度は小さいながらも確認されている。
- 崩落箇所の岩石は工学的には比較的均質な軟岩で、スメクタイトを含む。
- 地下水は崩落壁面のつらの発生や、崩落後のボーリング調査時に被圧水として認められた。
- その後の研究では、崩落部周辺の壁面には、湧水点が15～20m程度の間隔で分布していること等が指摘されている。

②崩壊の規模と要因

- 岩盤に内在する不連続な亀裂が進展し、互いに連続することによって、発生したものである。
- 亀裂の進展は浸食による応力解放および地下水の浸透による風化により斜面表層部に達した亀裂が開口し、この亀裂と岩盤内部の不連続な亀裂に地下水の浸透による風化、自重と地下水圧などが作用し、進行していったものと考えられる。
- さらに、外気温の影響を受ける範囲の亀裂では、気温低下時の氷結圧および岩盤の凍結融解による岩盤劣化があったものと考えられる。
- なお、崩壊面付近の最深凍結深は50～60cmと推定されている。

事例レビュー等 (第2白糸トンネル) (1/2)

- 1997年8月25日午後2時30分頃、国道229号第2白糸トンネル南側坑口付近で岩盤崩落が発生し、その後、同年の8月28日午後1時30分頃に、第1回崩落部に隣接する斜面で2回目の崩落が発生した。
- 崩壊に関わる取りまとめの概要は以下のとおりとされている。



第2白糸トンネル第1回崩壊箇所全景
北海道地すべり学会(2012)より

崩壊規模

	第1回崩落	第2回崩落
最大高さ	約130m	約80m
最大幅	約70m	約30m
最大厚さ	約20m	約20m
体積	約42,000m ³	約14,000m ³

①地形・地質

- 崩落箇所は斜面傾斜が垂直に近く、約150mもの標高差を持つ急峻な塔状岩体を形成している。
- 下部緩斜面との境界付近には窪地形が見られ、その上部斜面は一部オーバーハングを呈している。
- 地質は、主に新第三紀系の水冷破碎岩からなるが、岩相変化に富み構造も不規則である。
- 特に、岩体下部にはスメクタイトを含む変質の強いゾーンが分布する。
- 各地層の境界は、不規則ではあるが海側への流れ盤となっている。
- 崩壊面で観察される亀裂面は走向により2系統に大別され、いずれも風化により褐色化している。
- 崩落は、崩落面の両端部ではこれらの亀裂面に沿った形で発生しているものの、崩落岩体は単純にこれらの亀裂系で分離していない。
- さらに、崩落面にはこれら主要な面以外のものも一部に認められている。
- 岩体下部の亀裂部や中部層と下部層との境界部の一部で地下水の湧出が認められている。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

事例レビュー等 (第2白糸トンネル) (2/2)



第2白糸トンネル第2回崩壊箇所全景
北海道地すべり学会 (2012) より

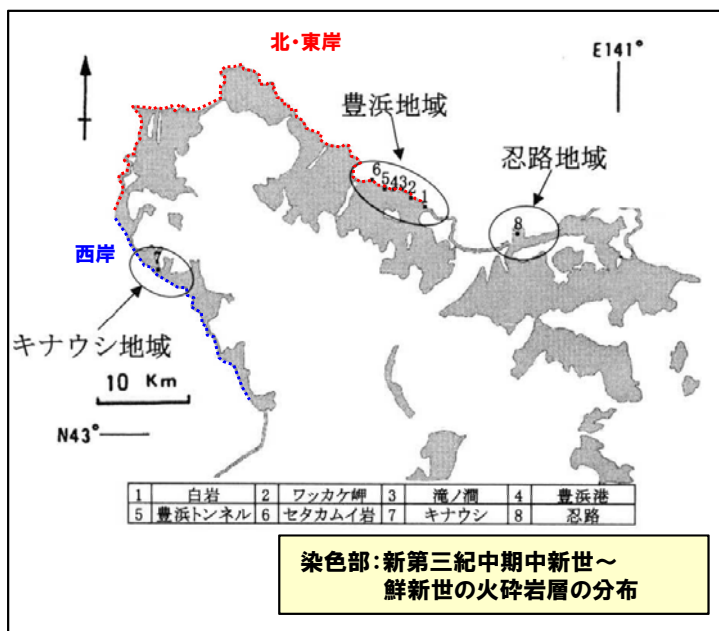
②崩壊の規模と要因

- オーバーハングを伴う塔状岩体において、岩相の不規則性、岩体背面に内在する亀裂等の存在、崩落岩体下部のスメクタイトを含む変質の強いゾーンの存在という複雑な地質環境下で、地下水による変質ゾーンの劣化の進行、岩体の自重、地下水、凍結融解等の影響による亀裂の長期的な進展などが複合的に作用して発生した。
- 1997年8月の豪雨が深く関与したものとされている。
- 北海道南西沖地震では震度5を記録し、当箇所と隣接する急崖斜面では岩盤崩落が発生しており、この地震は亀裂進展にある程度の影響を与えた可能性もある。
- 1997年8月3日から8月14日の降雨は、累積雨量で290mmに達し、その間、8月5日には島牧村木巻地区で、最大日雨量102mmを記録する豪雨となった。
- 室内岩石試験結果、崩壊面の中央付近での赤外線放射温度測定結果から明らかになった崩壊面中央付近での通水状況から、この降雨の影響により、崩落岩体の背面の亀裂が進展した可能性が高い。
- さらに、岩体下部では亀裂部などに地下水が供給され、変質ゾーンおよび既存亀裂周辺で強度低下が発生したものと推測される。
- 降雨量と湧水量の関係や崩落直後の壁面が全面湿潤状態であったことなどから、崩落岩体は豪雨後も継続して岩盤中に浸透した地下水の影響を受けていたものと考えられる。
- こうした条件下にあって、崩落岩体背面の亀裂の進展や下部岩体の強度の低下状態は豪雨後も続き、降雨ピークの約3週間後の8月25日、第1回目の崩落岩体は全体的な安定を維持し得ず、落下するに至ったと判断される。

事例レビュー等 (米田ほか, 2002)

- 米田ほか (2002) では、積丹半島海岸部の火砕岩分布域で認められる岩盤崩壊について、以下のとおり記載している。
 - 積丹半島沿岸地域の火砕岩にはスメクタイトが広範囲に含まれる。
 - 火砕岩の基質中に広く分布するスメクタイトの存在は、風化の進行に伴う火砕岩の性状変化を支配する要因となり、急崖斜面岩盤の耐久性や安定性に影響する。

- 米田ほか (2002) の岩盤崩壊分布図では、以下の状況が認められ、西岸に比べ、北・東岸の岩盤崩壊が多い。
 - 北・東岸は比較的規模の大きな岩盤崩壊が認められる。
 - 西岸では、珊内付近に大規模な岩盤崩壊が認められる他は小規模な岩盤崩壊が局所的に認められる程度である。



積丹半島付近における火砕岩層の分布図
(米田ほか, 2002に一部加筆)



積丹半島付近における岩盤崩壊分布図
(米田ほか, 2002に一部加筆)

4-1 岩盤崩壊に関する検討

事例レビュー等 (まとめ)

○岩盤崩壊の事例に関するレビューをまとめると以下のとおりである。

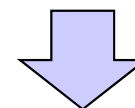
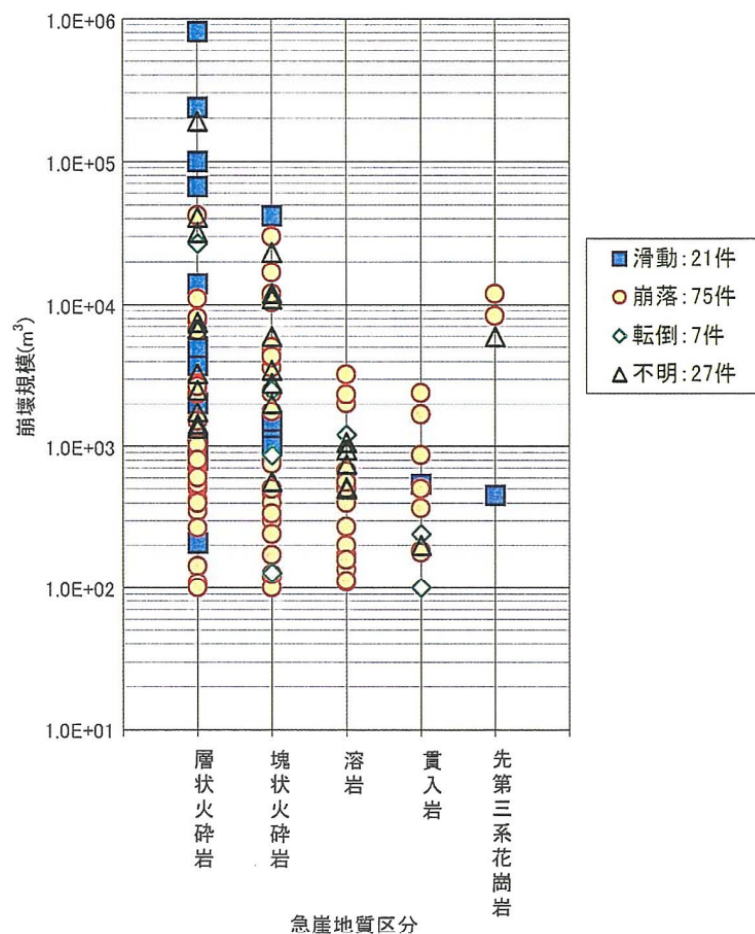
	豊浜トンネル	第2白米トンネル	
		第1回崩落	第2回崩落
発生日時	1996年2月10日 午前8時10分頃	1997年8月25日 午後2時30分頃	1997年8月28日 午後1時30分頃
最大高さ	約70m	約130m	約80m
最大幅	約50m	約70m	約30m
最大厚さ	約13m	約20m	約20m
体積	約11,000m ³	約42,000m ³	約14,000m ³
垂直落下距離	約7m	—	—
地質	新第三紀中新世尾根内累層の安山岩質及びデイサイト質火砕岩	新第三紀安山岩質火砕岩 (軽石凝灰岩, 砂岩, 礫岩, 二次堆積物を含む)	
発生要因	背面地下水圧の増加あるいは含水比の増加に伴う岩盤強度低下	8月3日～14日の集中豪雨による崩落岩体背面の亀裂の進展及び岩体下部の強度の低下	

北海道電力が「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書(平成12年10月)」を引用し要約

- 米田ほか(2002)では、岩盤崩壊が多いとされる火砕岩について、基質中に広く分布するスメクタイトの存在が、風化の進行に伴う火砕岩の性状変化を支配する要因となり、急崖斜面岩盤の耐久性や安定性に影響するものとし、火砕岩でも変質鉱物を多く含む地質において岩盤崩壊の発生が多い傾向を記載している。
- また、積丹半島西岸のうち敷地周辺における岩盤崩壊の事例は少なく、規模も小規模であるとしている。

地質と崩壊規模・形態

- 火砕岩は、溶岩・貫入岩体に比べて最大の崩壊規模が大きくなる傾向がある。
- 層状火砕岩では、滑動型の崩壊の発生件数が多い。
- 地質によって最大崩壊規模に差があるのは、それぞれの地質に発達する分離面の多少によるものと考えられる。



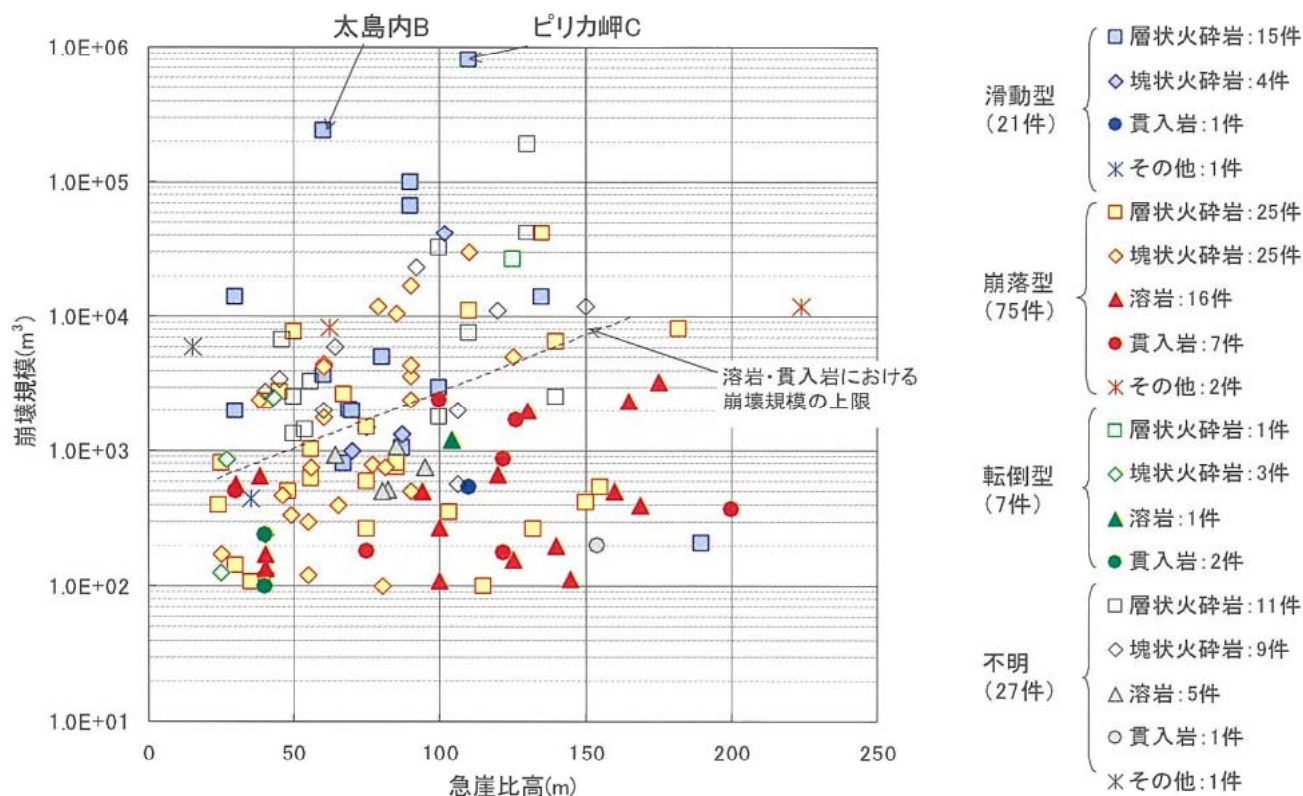
- 火砕岩での崩壊や、滑動型の崩壊が大規模崩壊になる場合が多い。
- 既往の崩壊規模は、最大でも $8.2 \times 10^5 \text{m}^3$ 程度（滑動型）。

地質と崩壊規模・形態の関係 (130件/141件)

4-1 岩盤崩壊に関する検討

急崖の比高と崩壊規模の関係

- 急崖の比高の増加に伴い最大崩壊規模が増大する傾向がある。
- 溶岩・貫入岩と火砕岩の間には、最大崩壊規模に10倍程度の差がみられる(図中の黒破線)。

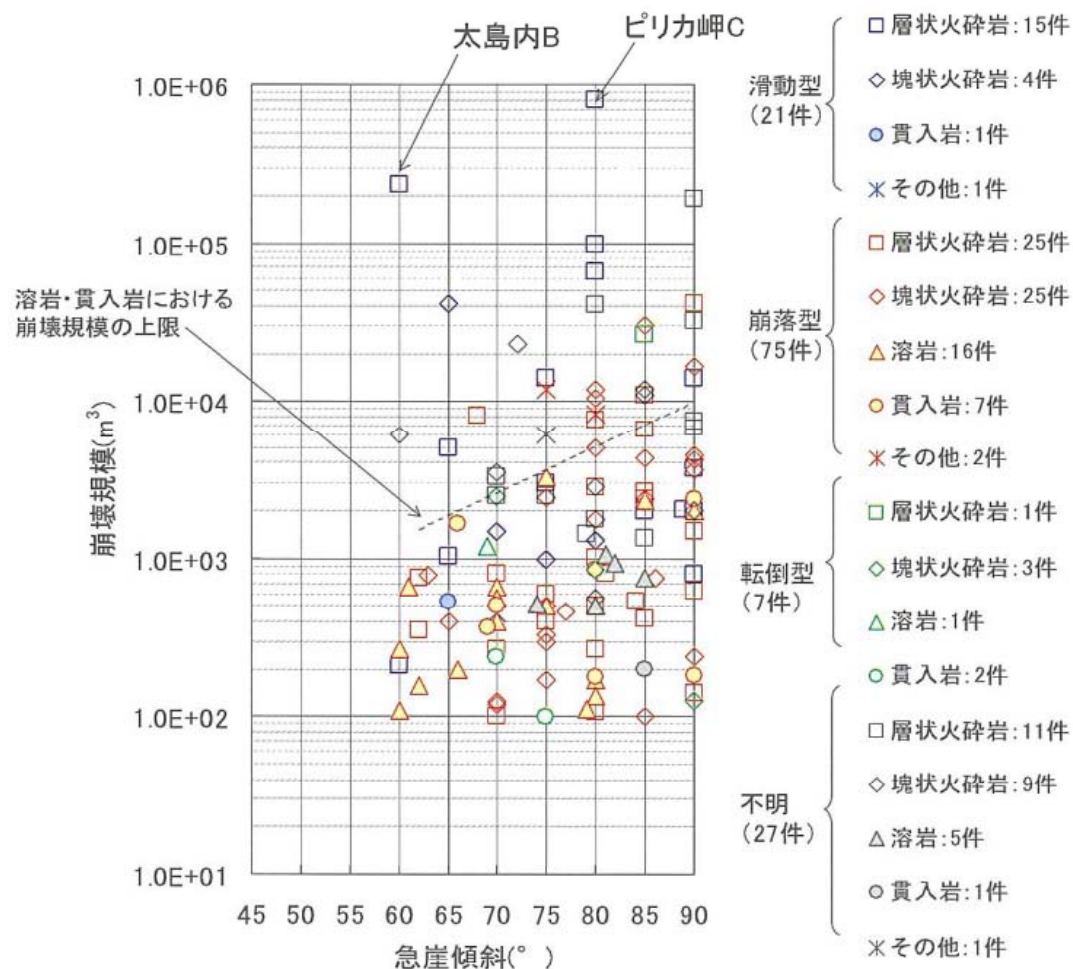


- 比高の増加に伴い最大崩壊規模は増大する傾向。
- 既往の崩壊における最大規模の比高は200m程度。
- 既往の崩壊規模は、最大でも $8.2 \times 10^5 \text{m}^3$ 程度(滑動型)。

急崖の比高と崩壊規模の関係 (130件/141件)

急崖の傾斜と崩壊規模の関係

- 斜面が急になるほど最大崩壊規模が増大する傾向にある。
- 主崩壊面が緩くなる場合のある滑動型の崩壊を除くとより明瞭になる。



- 傾斜の増加に伴い最大崩壊規模は増大する傾向。
- 既往の崩壊規模は、最大でも $8.2 \times 10^5 \text{m}^3$ 程度 (滑動型)。

急崖の傾斜と崩壊規模の関係 (130件/141件)

4-1 岩盤崩壊に関する検討

岩盤崩壊の規模と地形地質条件の関係

- 傾斜60°未満の形態Ⅲの急崖では100m³以上の岩盤崩壊は認められなかった。
- 比高および傾斜の増加にともなって最大崩壊規模が大きくなる傾向がある。
- 分離面密度の低い地質ほど最大崩壊規模が大きくなる傾向がある。

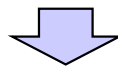
最大崩壊規模		小規模 ←→ 大規模	
地形条件	比高	低 ←→ 高	
	形態	Ⅲ ←→ I・II	
地質条件	地質区分	溶岩・貫入岩	火砕岩 塊状 層状
	(分離面密度)	高 ←→ 低	

岩盤崩壊の規模と地形地質条件の関係

4-1 岩盤崩壊に関する検討

日本海沿岸における岩盤崩壊 (まとめ)

- 岩盤崩壊の定義について整理した。
- 岩盤崩壊について、崩壊形態、地質、比高、断面形態について整理・分類した。
- 既往事例および岩盤崩壊の要因のうち変質物質の影響についてレビューを行った。
- 岩盤崩壊の規模と地形地質条件の関係について整理した。



- 岩盤崩壊は、岩盤斜面で発生し、発生前の変位は小さく、変動は急激である。
- 岩盤崩壊の発生箇所は、急峻で比高の高い崖が存在する地域が多い。
- 岩盤崩壊の規模は、地すべりと比べて体積は1桁以上小さい。

- 米田ほか(2002)によれば、火砕岩でも変質鉱物を多く含む地質において岩盤崩壊の発生が多い傾向があるとされている。

- 岩盤崩壊の分類・整理のうち、
 - 火砕岩は、溶岩・貫入岩に比べて崩壊規模が大きい傾向がある。特に層状火砕岩は大規模になる傾向がある。
 - 比高の増加に伴い崩壊規模が増大する傾向がある。
 - 急斜面ほど崩壊規模が増大する傾向がある。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（検討範囲等）

- 委員会資料に基づき、敷地周辺の岩盤崩壊事例について整理した。
- 対象範囲は、岩盤崩壊に伴う津波が発生する可能性を念頭に、敷地までの距離及び方向から、敷地に与える影響が大きくなると考えられる、積丹半島北部神威岬～島牧村西方木巻岬とした。
- その結果に基づき、当該地域における岩盤崩壊が敷地に影響を与える可能性について検討した。

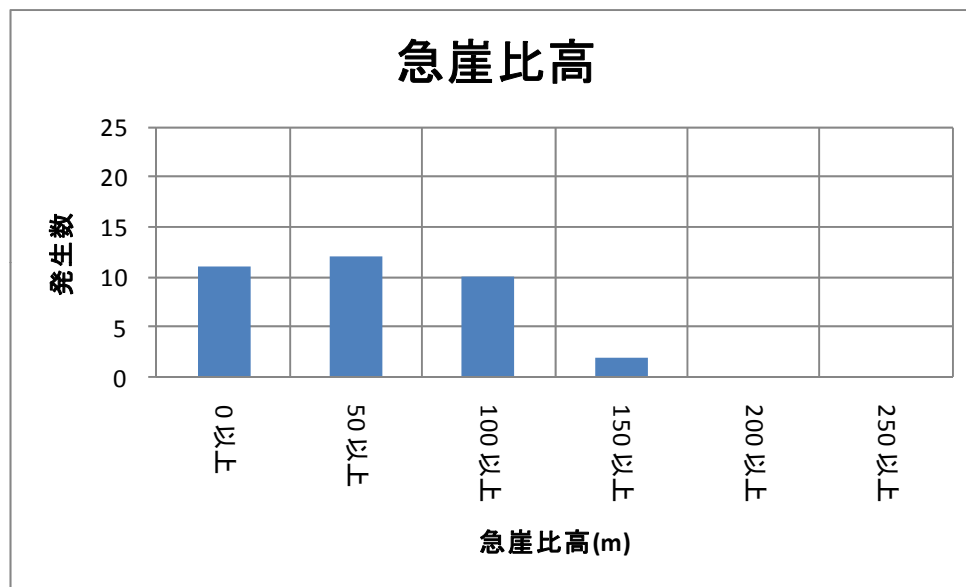
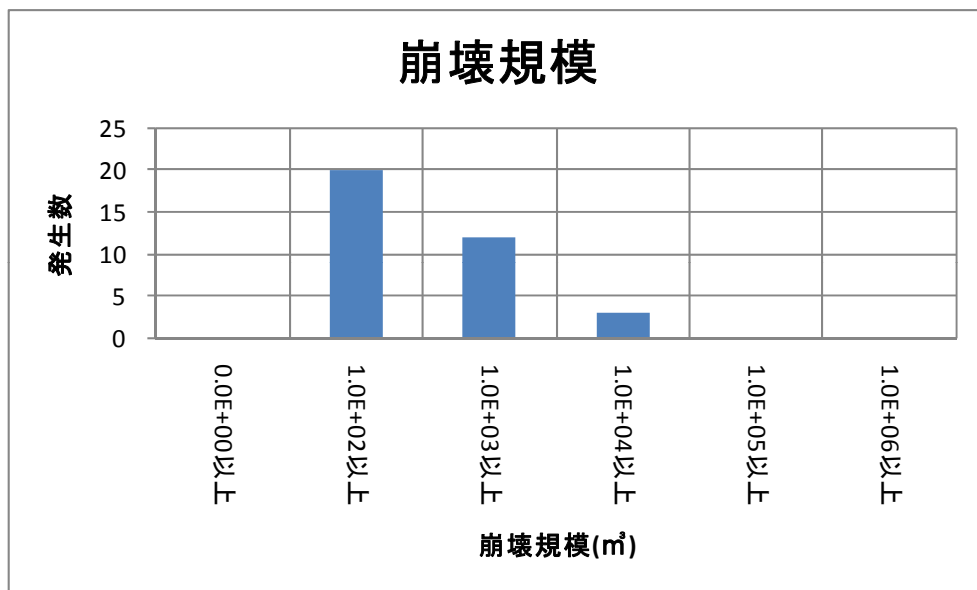


対象岩盤崩壊範囲

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊規模・比高）

- 崩壊規模：岩盤崩壊の最大規模は約17,000m³で、平均2,300m³程度である。
- 急崖比高：最大比高は175mで、90%以上が150m以下、約65%が100m以下である。

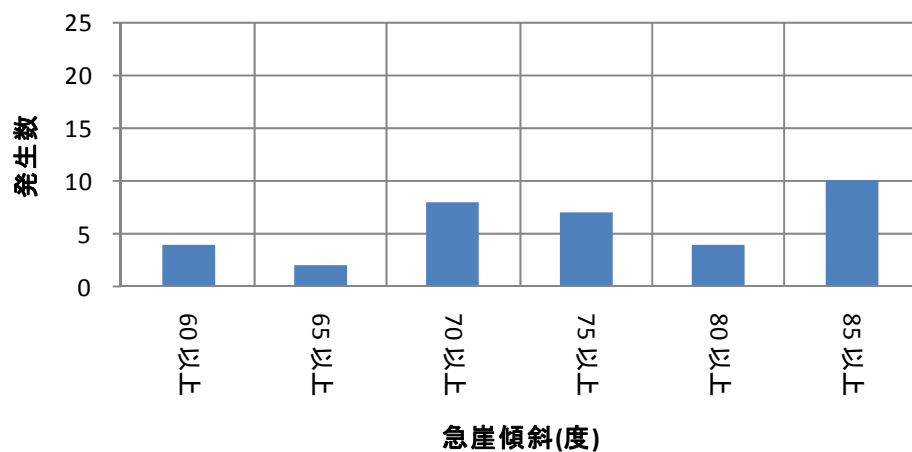


4-1 岩盤崩壊に関する検討

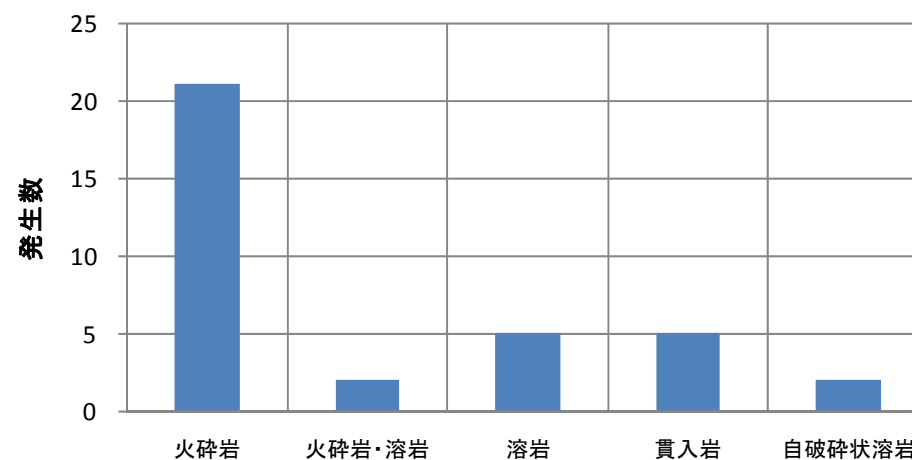
敷地周辺の既往の岩盤崩壊（傾斜・地質）

- 岩盤崩壊が発生している急崖の傾斜は60° 以上で、海食の影響を受けている、または休止している箇所である（形態Ⅰ・Ⅱ）。
- 積丹半島西岸の岩盤崩壊は、新第三紀～第四紀の火砕岩、若しくは、溶岩・貫入岩からなる急崖で発生している。
- これらのうち、溶岩・貫入岩からなる急崖における崩壊は約25%程度であり、残りの約75%は火砕岩からなる急崖で発生している。

急崖傾斜



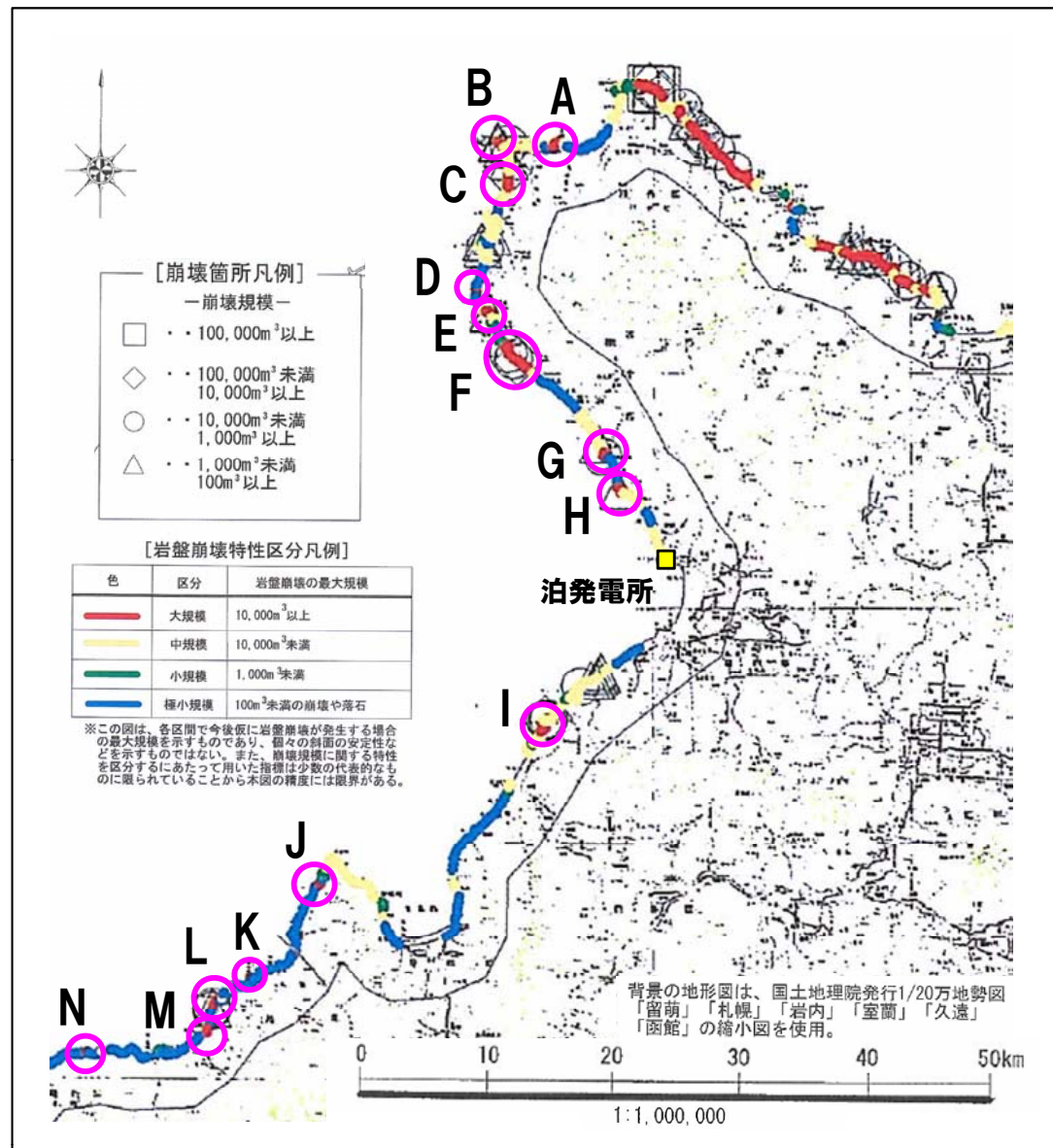
地質（崩壊部）



4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（1/26）

- 委員会資料では、既往の崩壊事例に基づき、急崖における岩盤崩壊特性の1つである崩壊規模について着目し、比高、形態、地質区分の3要素を用いて各区分間で起こり得る最大崩壊規模についての区分図（岩盤崩壊特性区分図）を作成している。
- 区分図の作成に当たっては、急崖（形態Ⅰ・Ⅱ）については、比高及び地質区分と最大崩壊規模の関係に基づき、発生し得る最大崩壊規模を推定している。
- また、形態Ⅲの崖については、100m³以上の崩壊が発生していないことから、急崖比高や地質区分に左右されないものとして、いずれも100m³未満の崩壊規模を推定している。
- 敷地周辺においては、大規模（10,000m³以上）な岩盤崩壊が推定される範囲が、14区分間確認されている（右図A～N）。



形態Ⅰ・Ⅱ

地質区分	50m未満	50m以上 100m未満	100m以上
火砕岩	赤	赤	赤
溶岩・貫入岩	黄	黄	黄
その他※	黄	黄	黄

形態Ⅲ

地質区分	50m未満	50m以上 100m未満	100m以上
火砕岩	青	青	青
溶岩・貫入岩	青	青	青
その他※	青	青	青

※新第三系堆積岩および先第三系花崗岩・堆積岩に該当する。

凡例

色	区分	岩盤崩壊の最大規模
赤	大規模	10,000m ³ 以上
黄	中規模	10,000m ³ 未満
緑	小規模	1,000m ³ 未満
青	極小規模	100m ³ 未満の崩壊や落石

岩盤崩壊特性区分

岩盤崩壊特性区分図

「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書（平成12年10月）」に一部加筆

北海道電力が「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書（平成12年10月）」を引用し検討

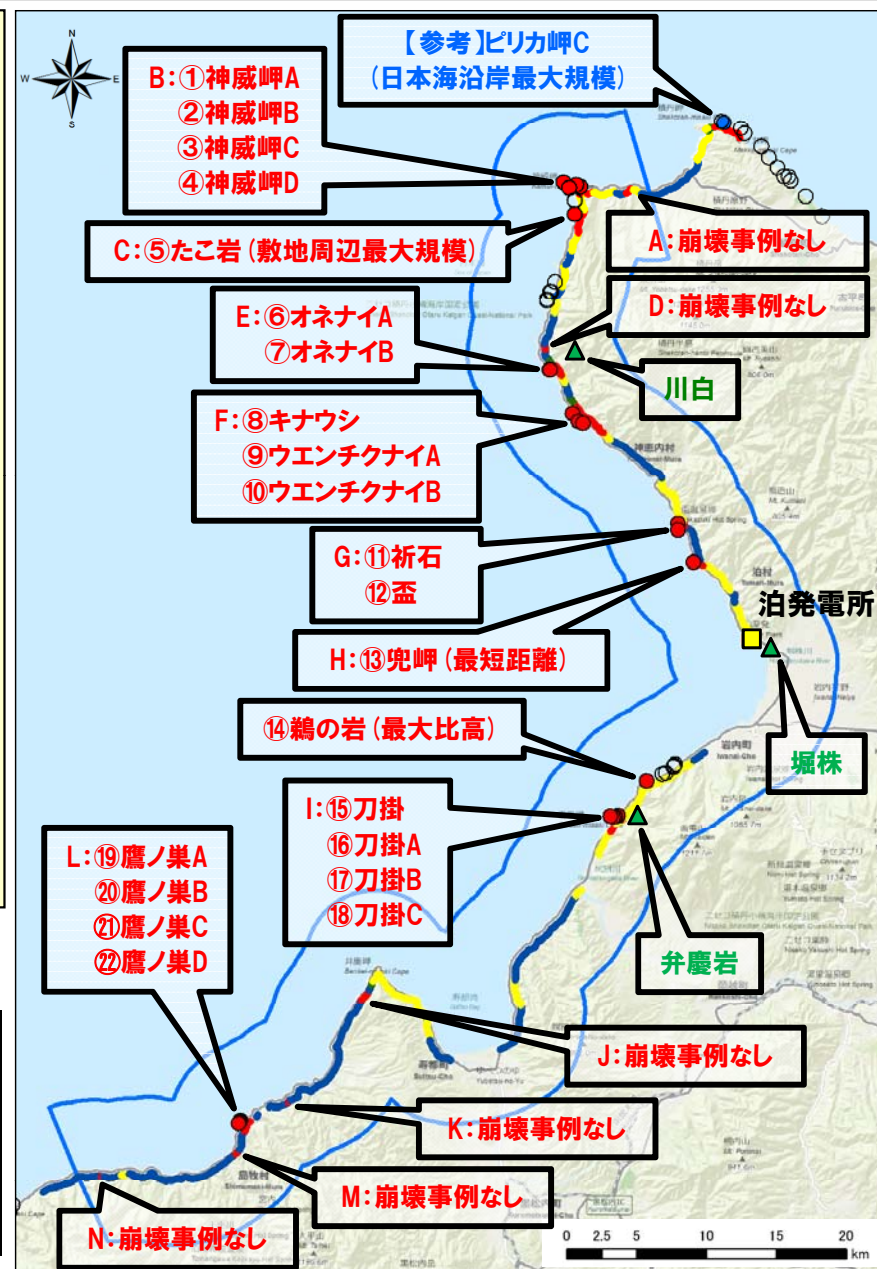
4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（2/26）

- 委員会資料によれば、岩盤崩壊特性区分図によって、北海道日本海沿岸の岩盤崩壊規模に関する特性を概観することが可能であり、既往の崩壊箇所と調和的であるとされている。
- 敷地周辺における大規模な岩盤崩壊が推定される区間（赤色の区間）においては、新第三系中新統の火砕岩が構成する形態II（急崖の傾斜が60°以上で、海食が休止している箇所。）の崖が中心であり、既往最大の崩壊規模は、たこ岩の $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ となっている。
- 本検討では、当該区間で発生した岩盤崩壊事例について、敷地への影響を検討した。
- また、委員会資料によれば、比高の増加に伴い、崩壊規模が増加する傾向にあることから、最大比高175mを有する、鶴の岩についても検討を行った。
- なお、委員会資料における最大崩壊規模の箇所である、ピリカ岬Cについては、敷地に直接面して位置していないことや、陸上地すべりに伴う津波の数値シミュレーションを実施している、川白、堀株及び弁慶岩の3地点のうち、敷地から最も遠い川白よりも遠方に位置していることから、検討対象外とした。

【崩壊特性区分凡例】

色	区分	岩盤崩壊の最大規模
赤	大規模	10,000m ³ 以上
黄	中規模	10,000m ³ 未満
緑	小規模	1,000m ³ 未満
青	極小規模	100m ³ 未満の崩壊や落石

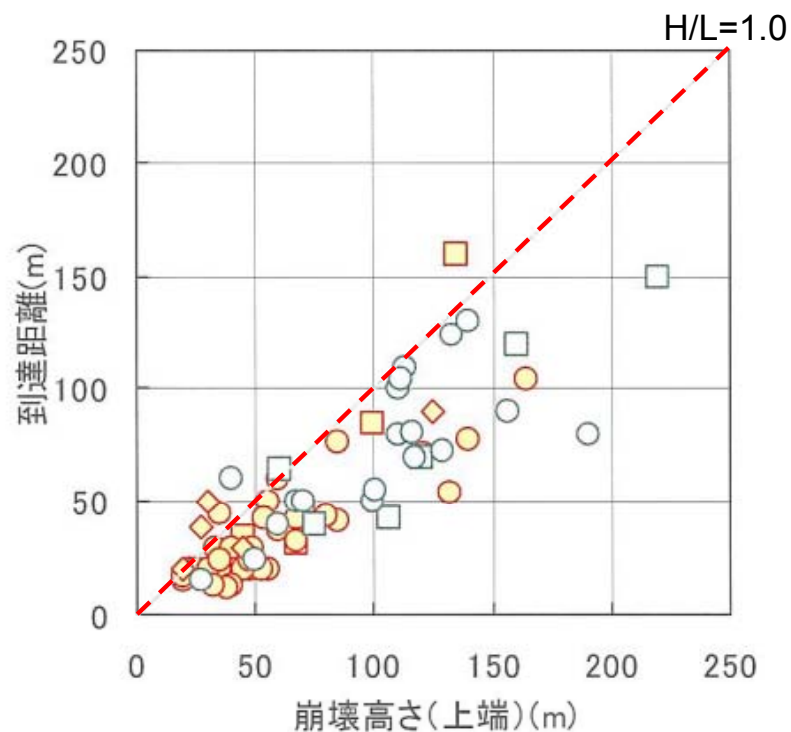


検討対象箇所

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（3/26）

○委員会資料における岩盤崩壊事例では、崩壊堆積物の到達距離は、ほぼ崩壊高さ以内となっている。



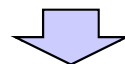
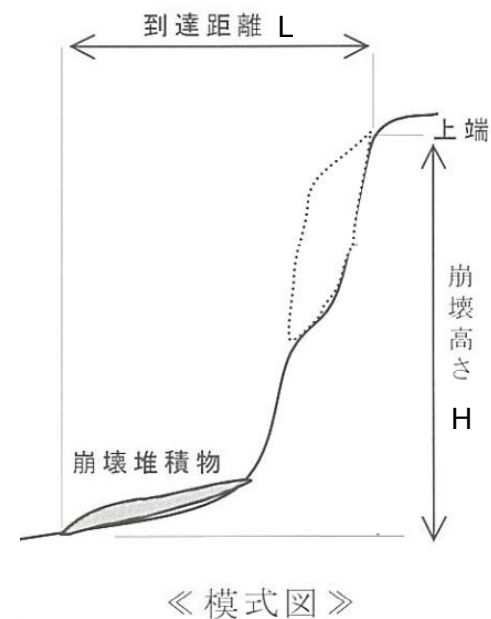
急崖形態Ⅰ : □ 滑動型:6件 ● 崩落型:34件 ◆ 転倒型:5件

急崖形態Ⅱ : □ 滑動型:6件 ○ 崩落型:19件

崩壊高さと到達距離の関係

委員会資料対象データ(70件/141件)

「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書(平成12年10月)」に一部加筆

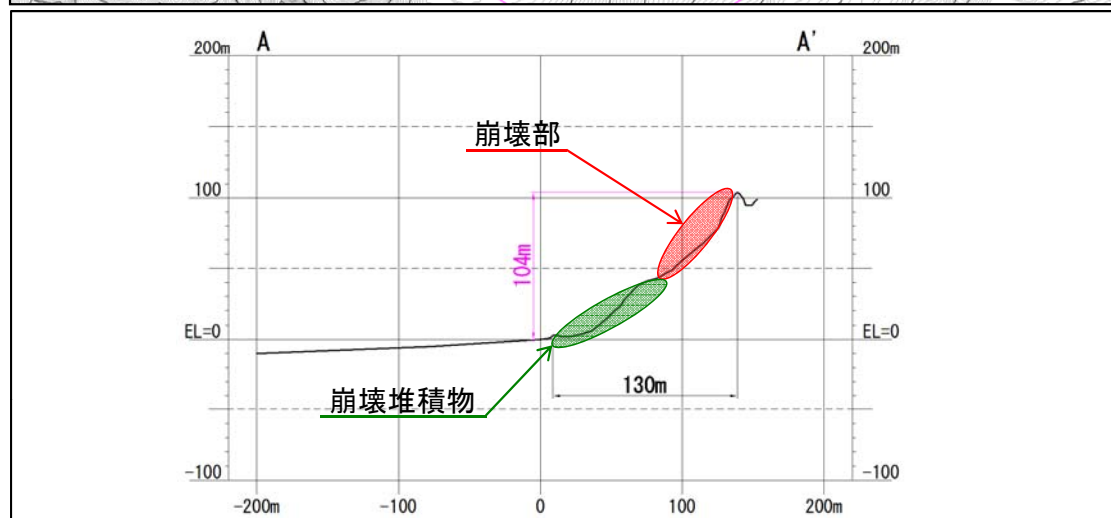
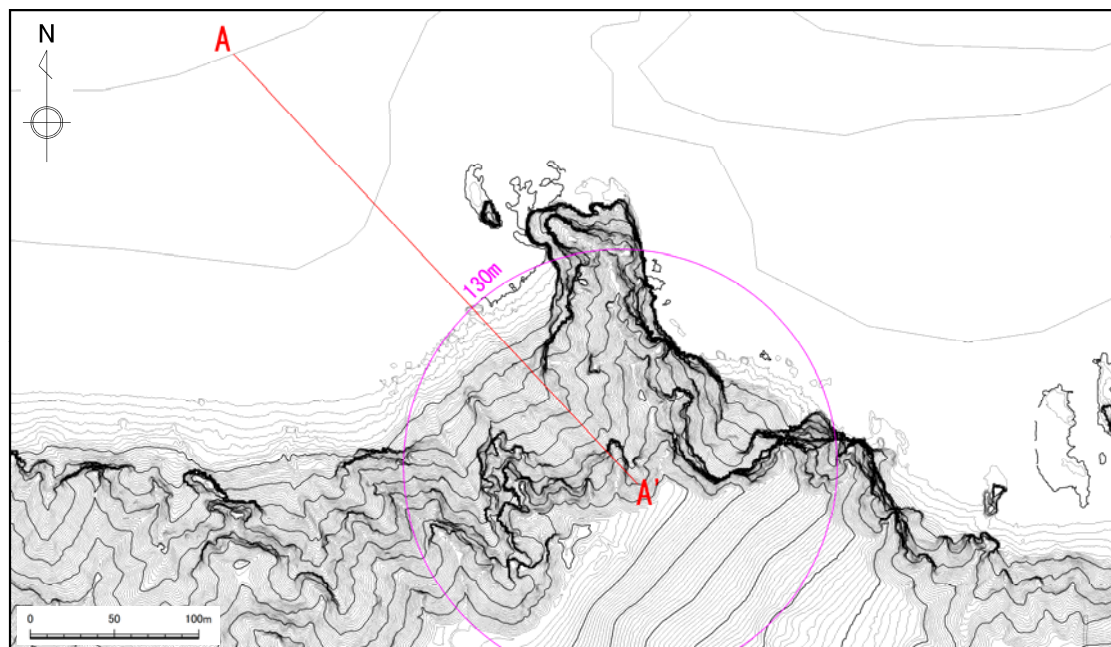


○以上を踏まえ、崩壊堆積物の到達距離を崩壊高さとした場合について、敷地への影響を検討した。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（4/26） ①神威岬A

○崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



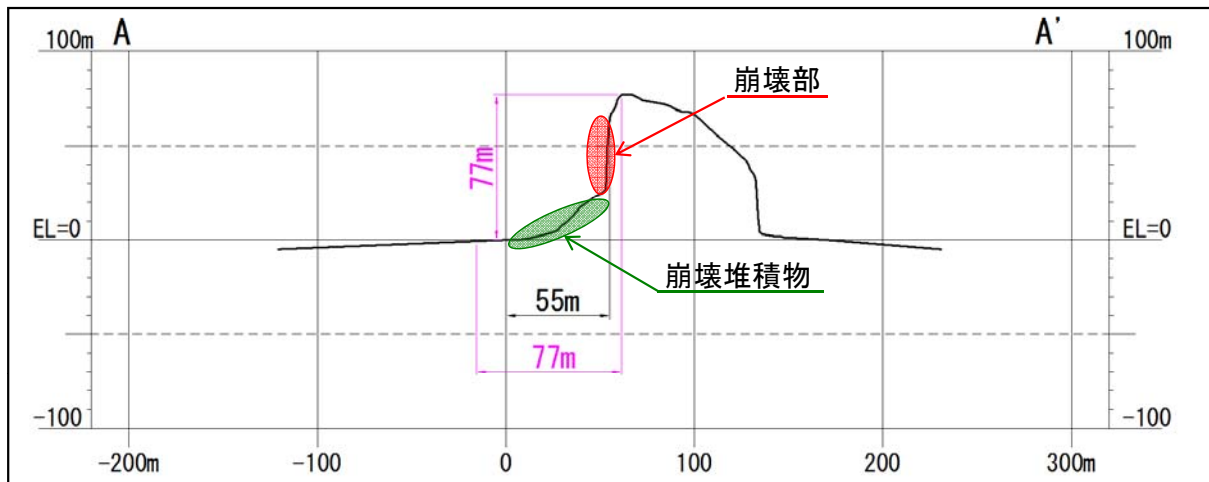
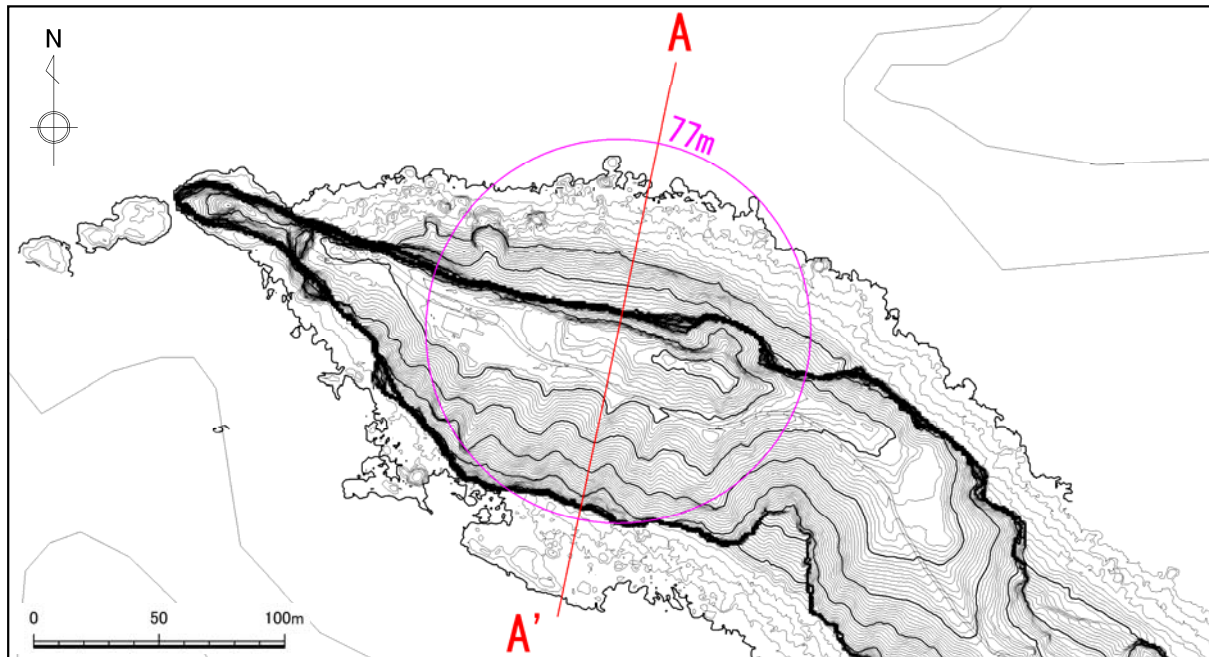
項目	神威岬A
崩壊規模 (m ³)	6.0×10 ³
崖の標高 (m)	104
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m)	130
事例末端部水深 (m)	数m程度
敷地までの距離 (km)	40

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（5/26） ②神威岬B

- 崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



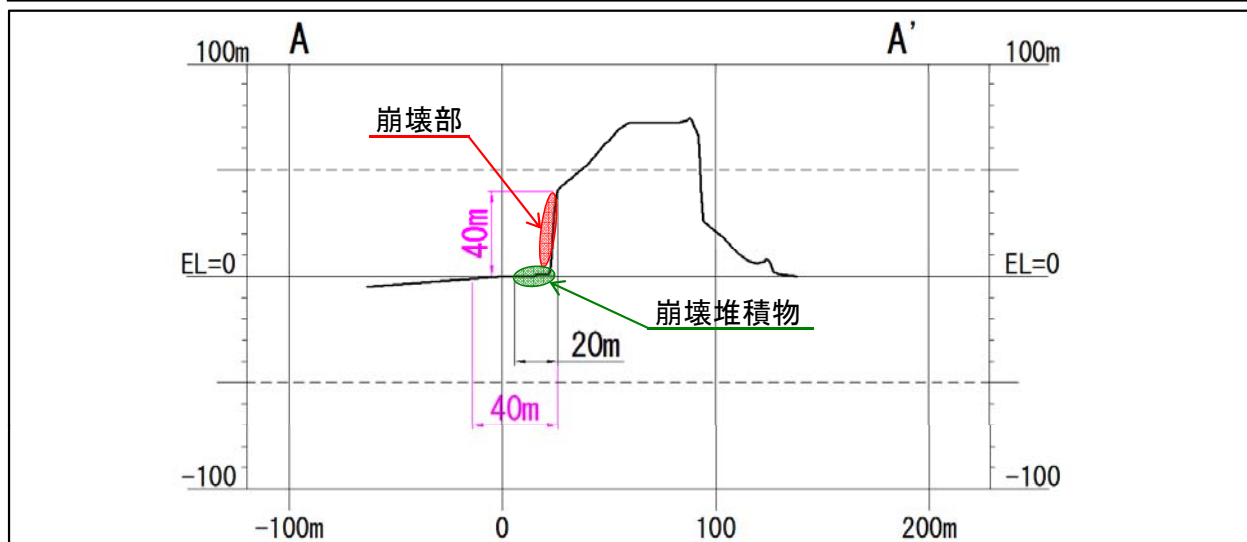
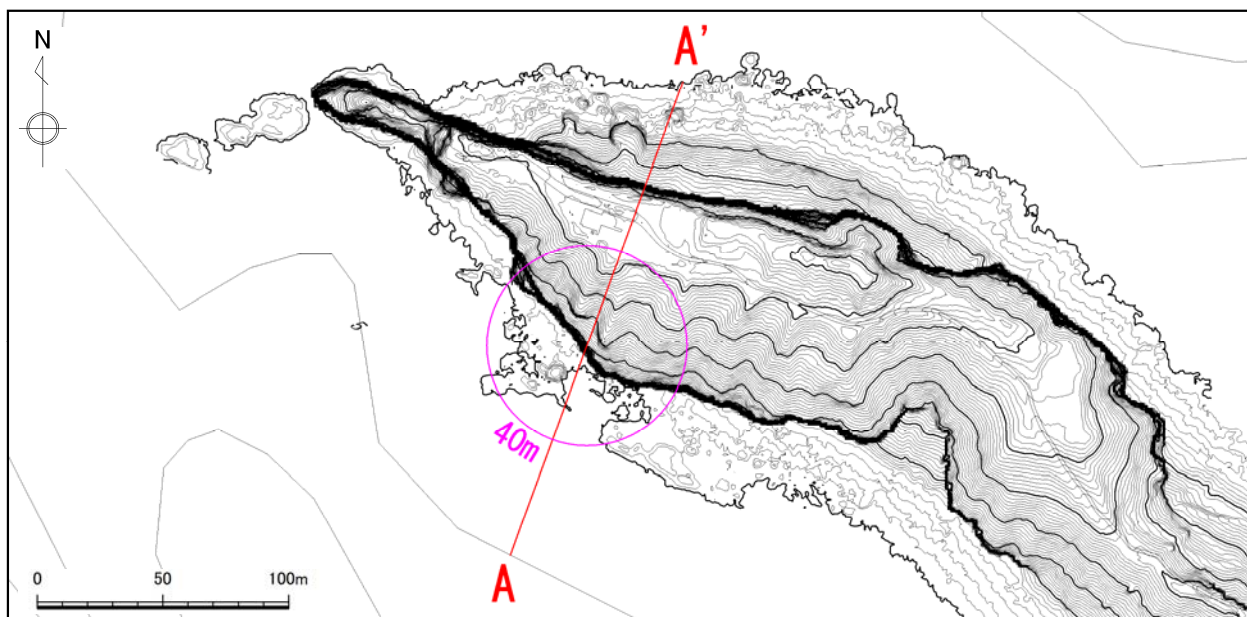
項目	神威岬B
崩壊規模 (m ³)	10 ² オーダー
崖の標高 (m)	77 (断面図) 75 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	55 (77)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	数m程度 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	39

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（6/26） ③神威岬C

- 崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



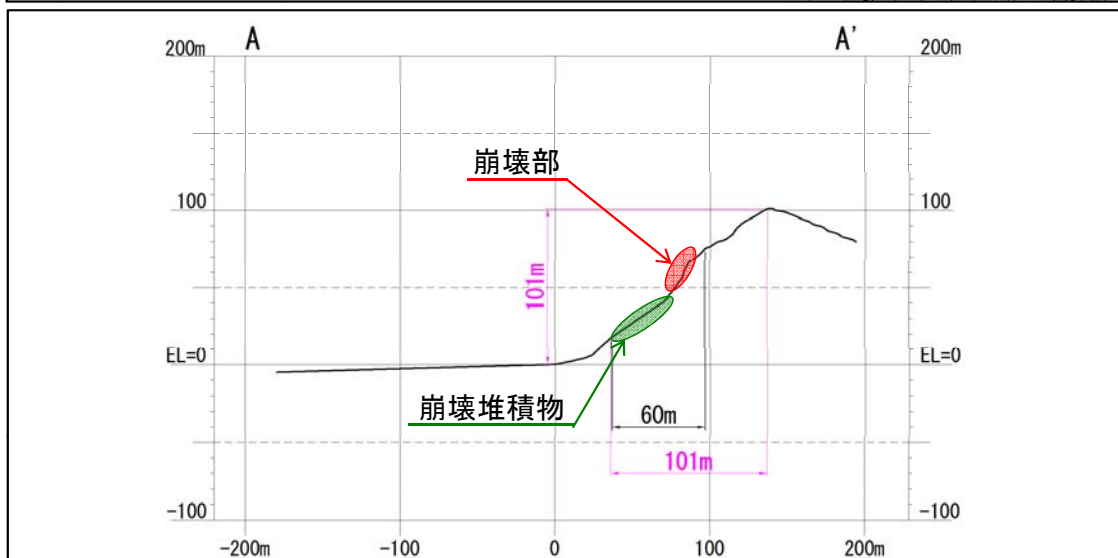
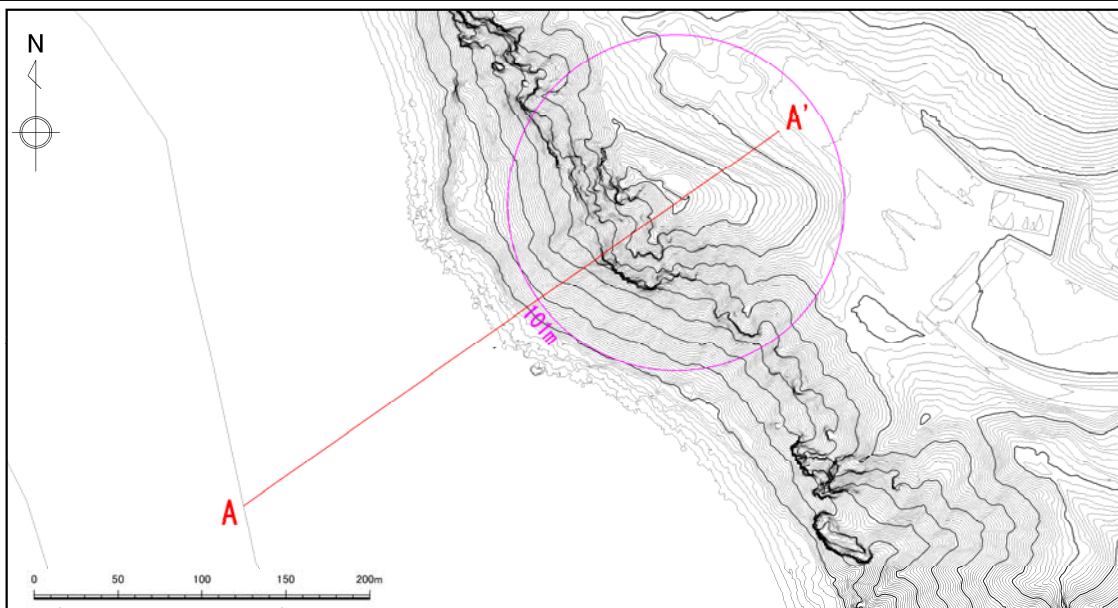
項目	神威岬C
崩壊規模 (m ³)	2.4×10 ²
崖の標高 (m)	40
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	20 (40)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	数m程度 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	38

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（7/26）④神威岬D

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲は陸域に限られる。



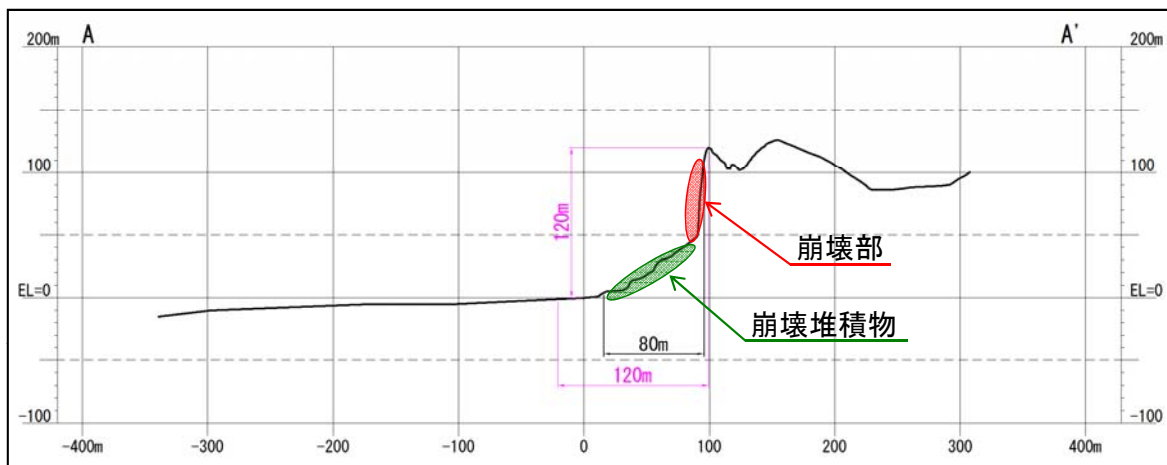
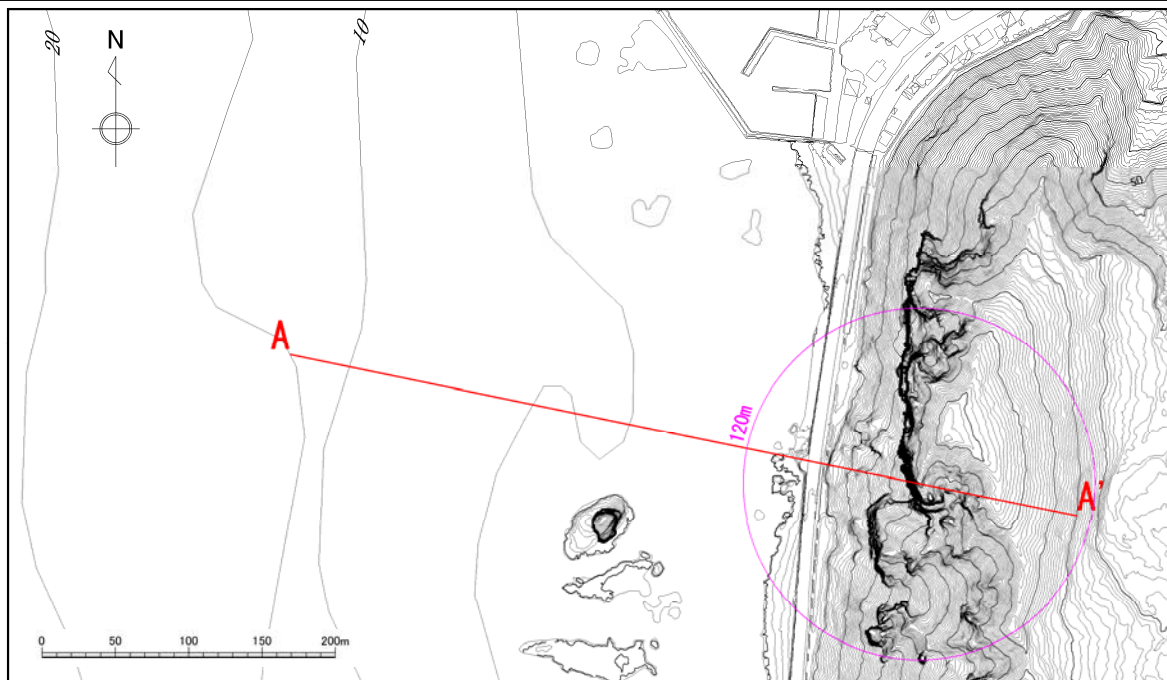
項目	神威岬D
崩壊規模 (m ³)	1.2×10 ²
崖の標高 (m)	101 (断面図) 110 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	60 (101)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (0)
敷地までの距離 (km)	38

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（8/26）⑤たこ岩

- 崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



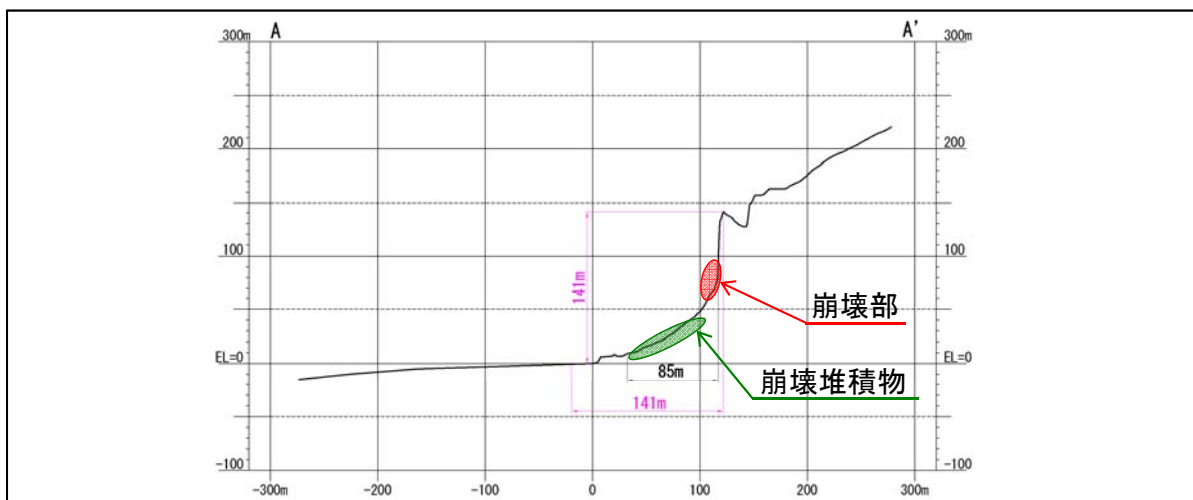
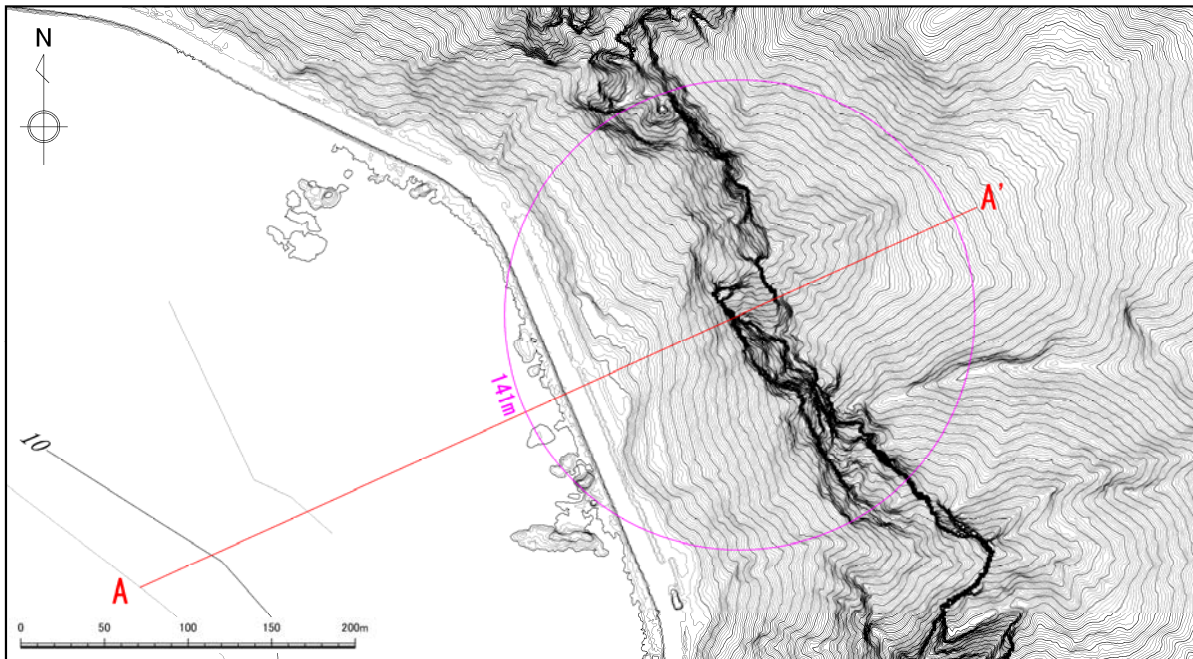
項目	たこ岩 (敷地周辺最大規模)
崩壊規模 (m ³)	1.7×10 ⁴
崖の標高 (m)	120
地質	火砕岩・貫入岩 (斜面) 火砕岩 (崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	80 (120)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	数m程度 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	36

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（9/26） ⑥オネナイA

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



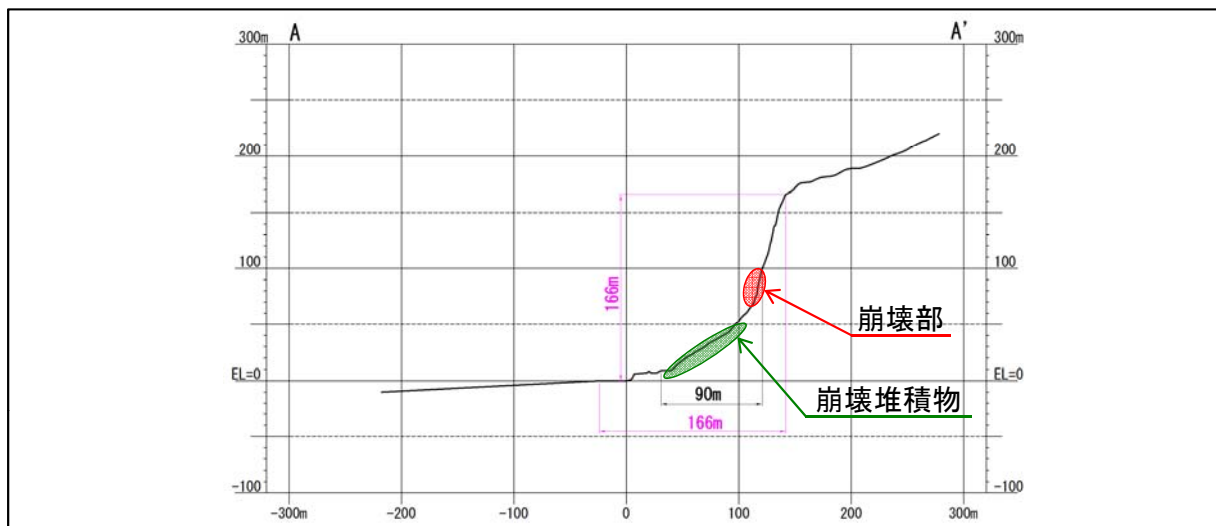
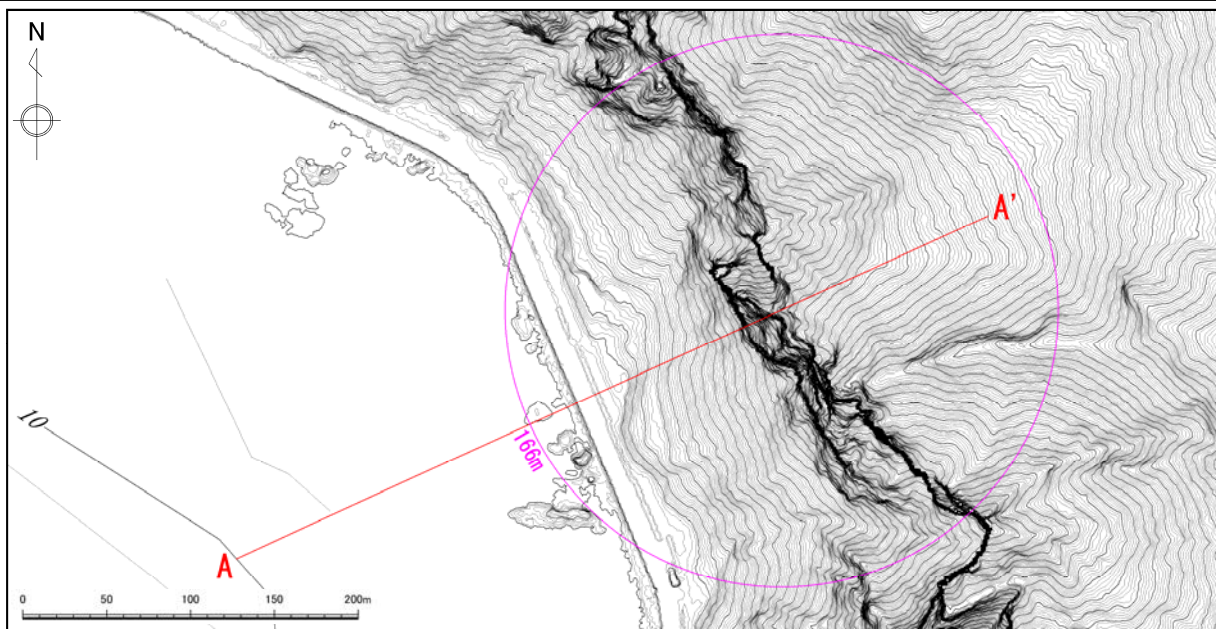
項目	オネナイA
崩壊規模 (m ³)	1.0×10 ²
崖の標高 (m)	141 (断面図) 140 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	85 (141)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	24

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（10/26）⑦オネナイB

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



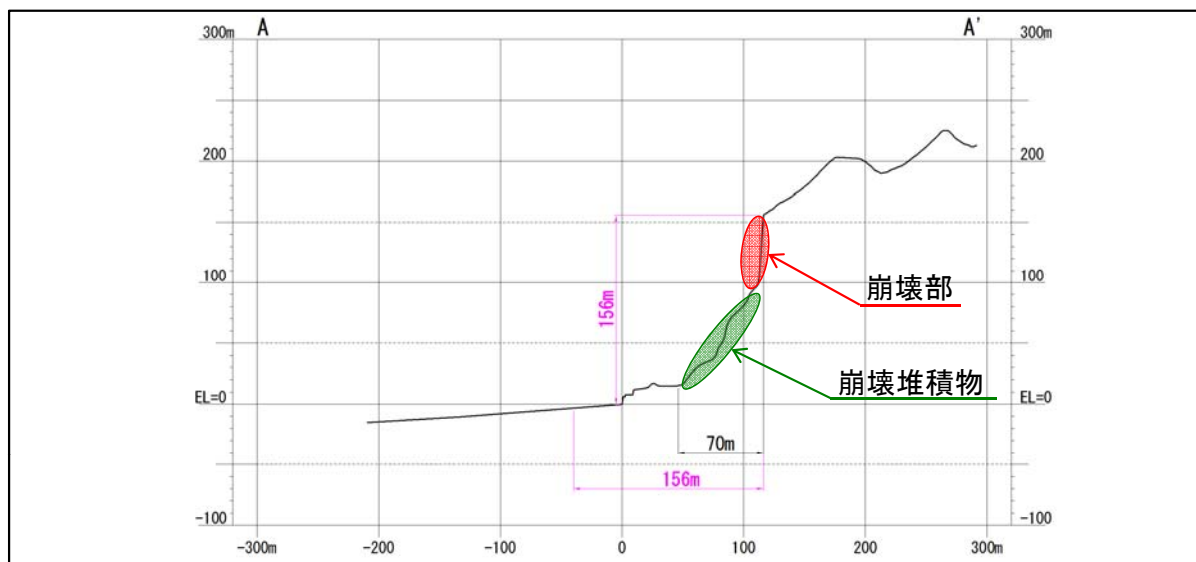
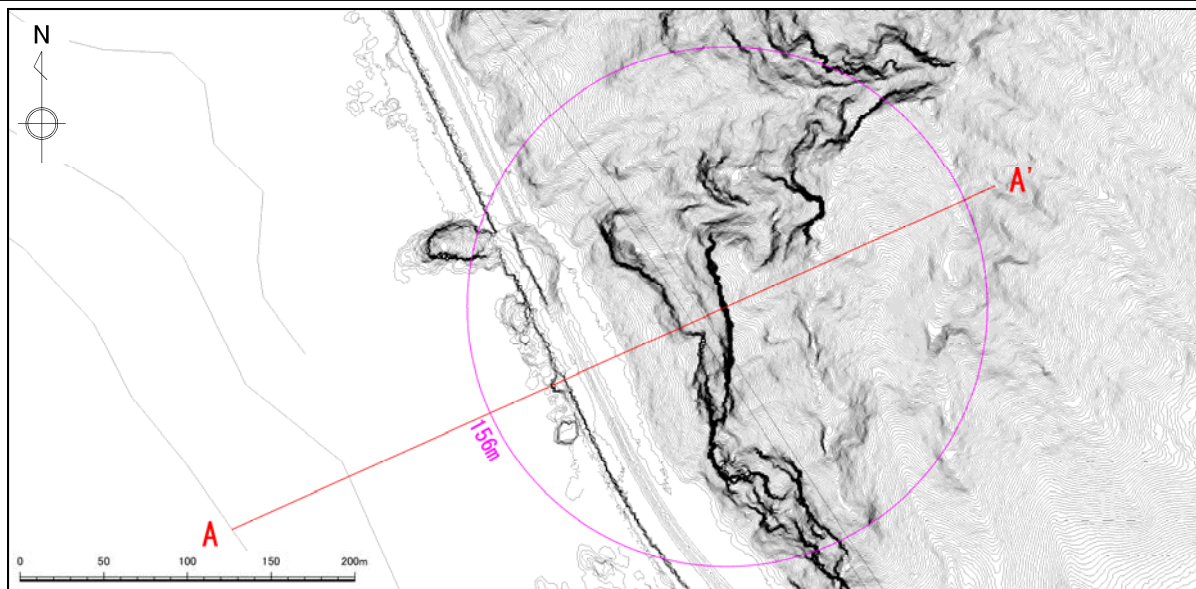
項目	オネナイB
崩壊規模 (m ³)	5.0×10 ²
崖の標高 (m)	166 (断面図) 165 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	90 (166)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	24

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（11/26）⑧キナウシ

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



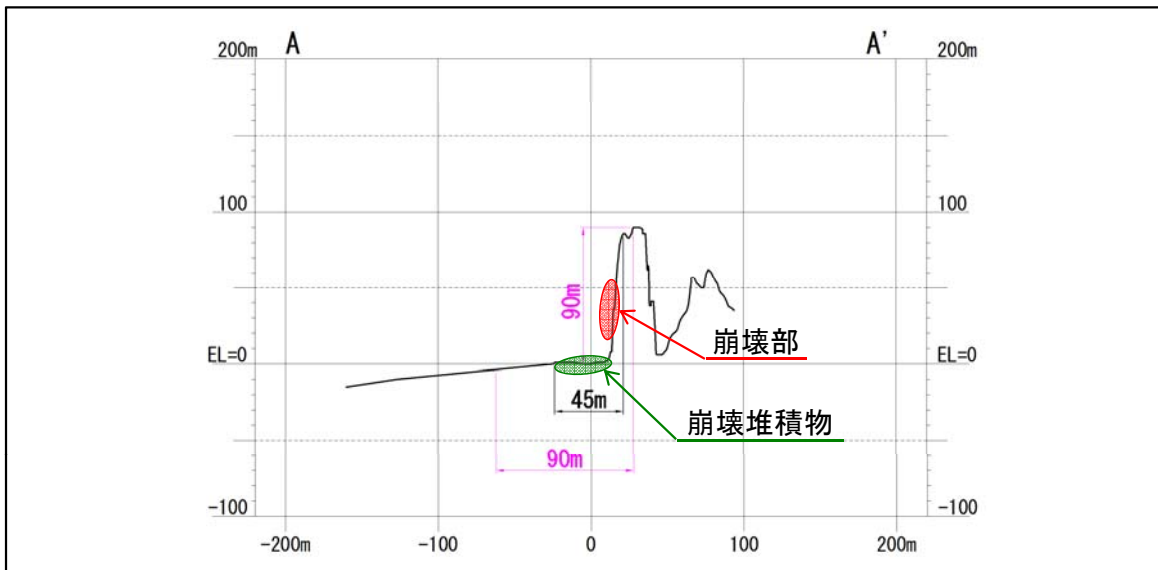
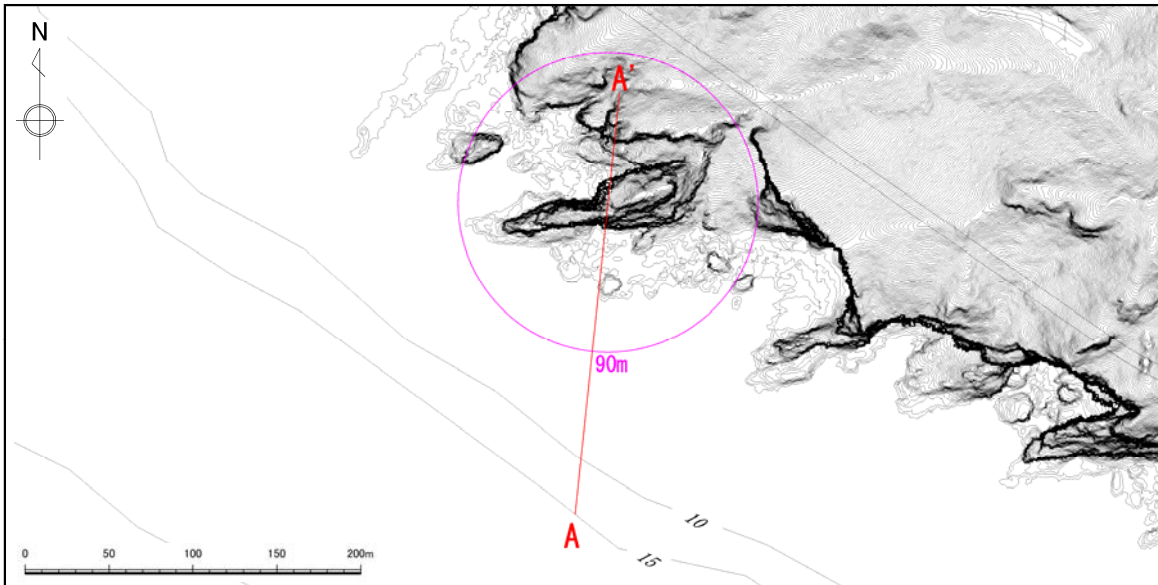
項目	キナウシ
崩壊規模 (m ³)	2.0×10 ³
崖の標高 (m)	156 (断面図) 162 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	70 (156)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	21

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（12/26） ⑨ウエンチクナイA

- 崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



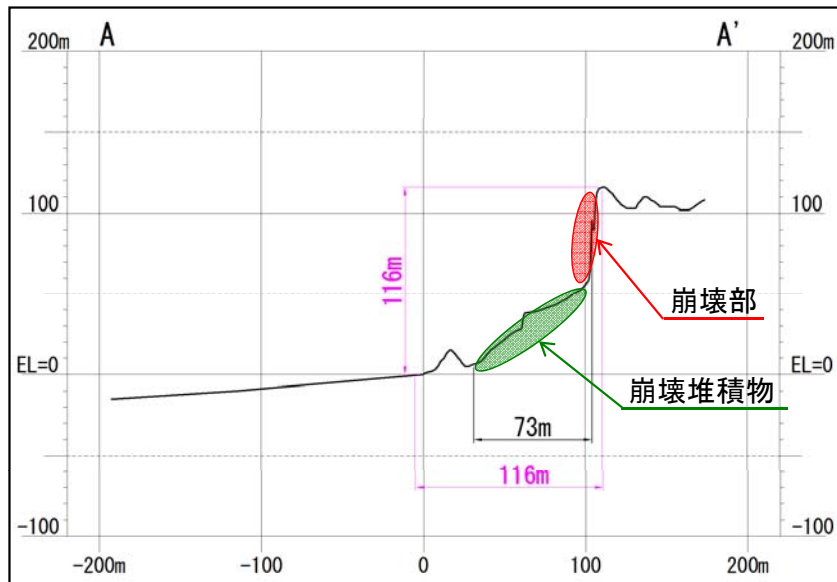
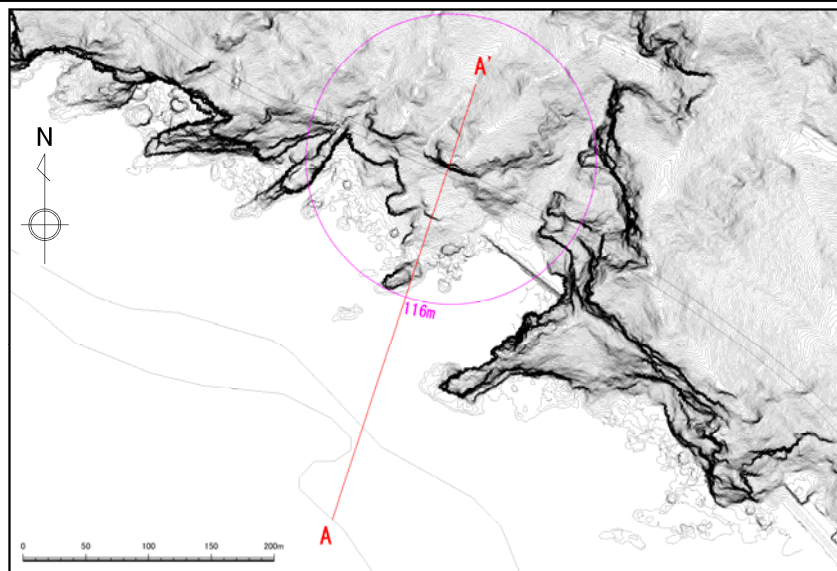
項目	ウエンチクナイA
崩壊規模 (m ³)	3.6×10 ³
崖の標高 (m)	90
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	45 (90)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	数m程度 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	20

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（13/26） ⑩ウエンチクナイB

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



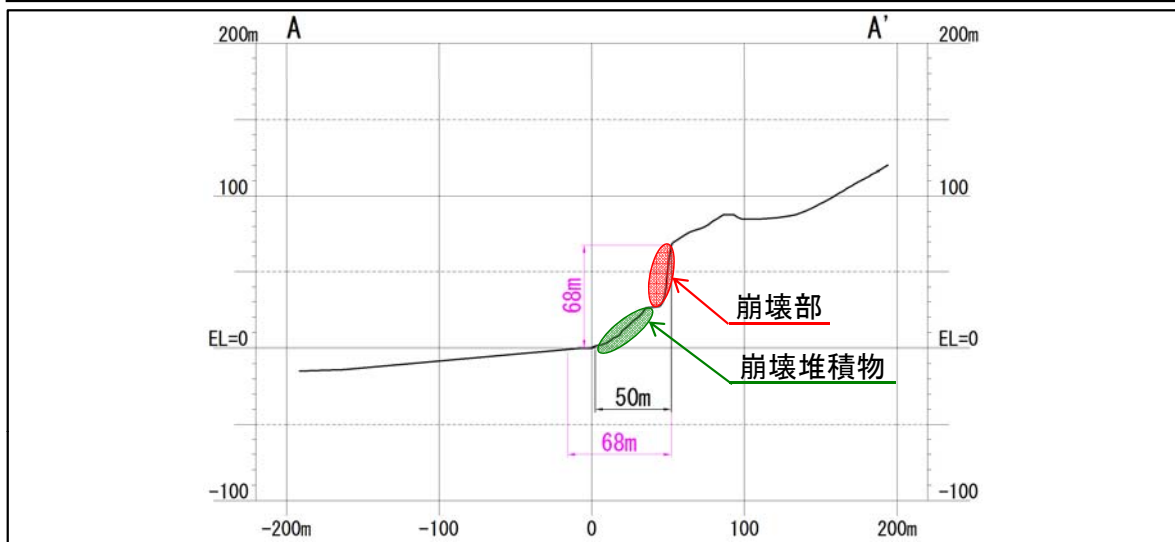
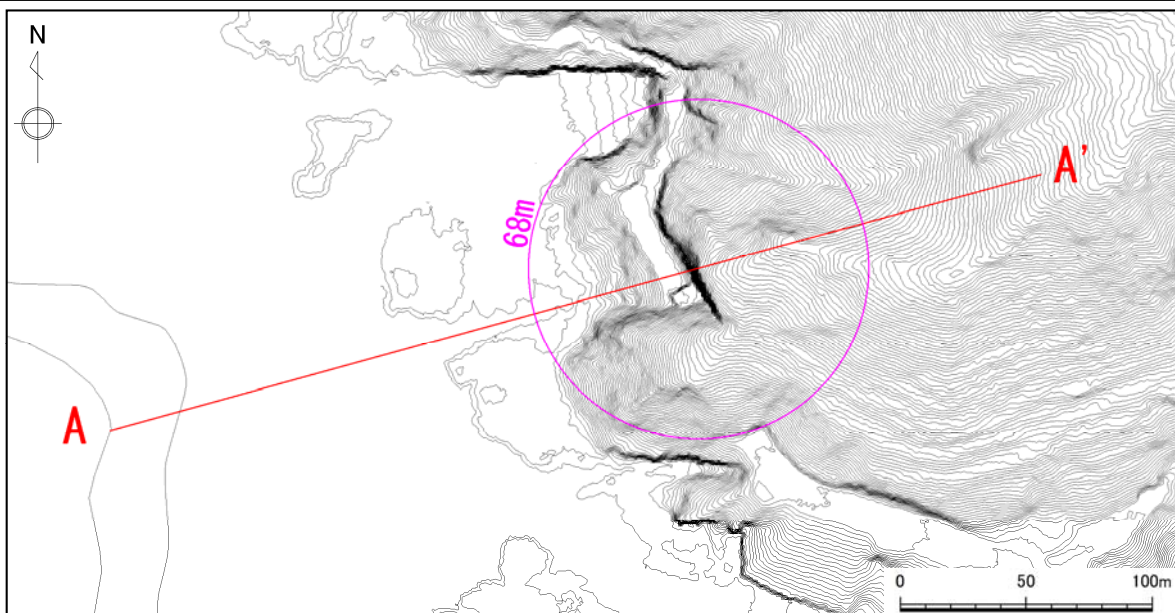
項目	ウエンチクナイB
崩壊規模 (m ³)	1.2×10 ⁴
崖の標高 (m)	116 (断面図) 129 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	73 (116)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	20

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（14/26）⑪ 祈石

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



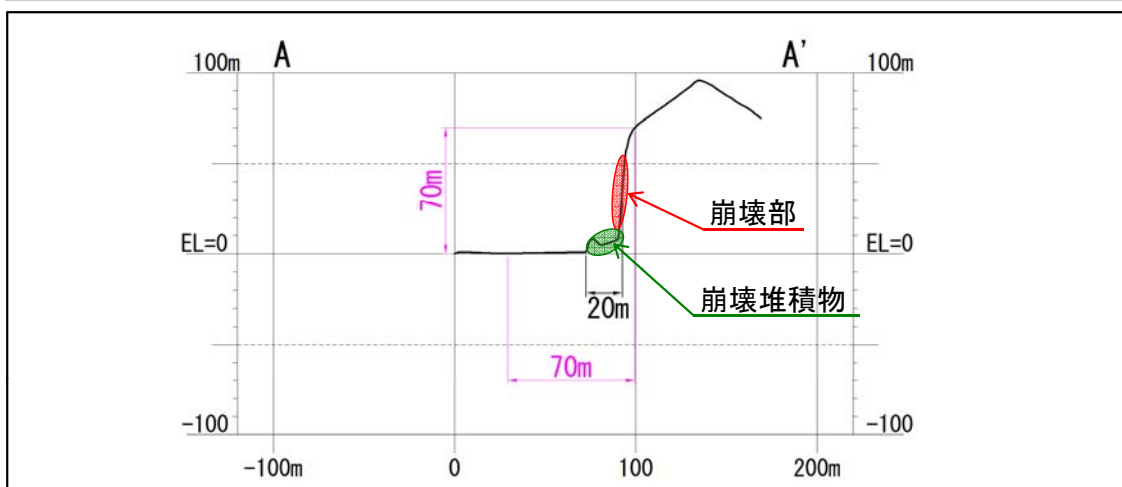
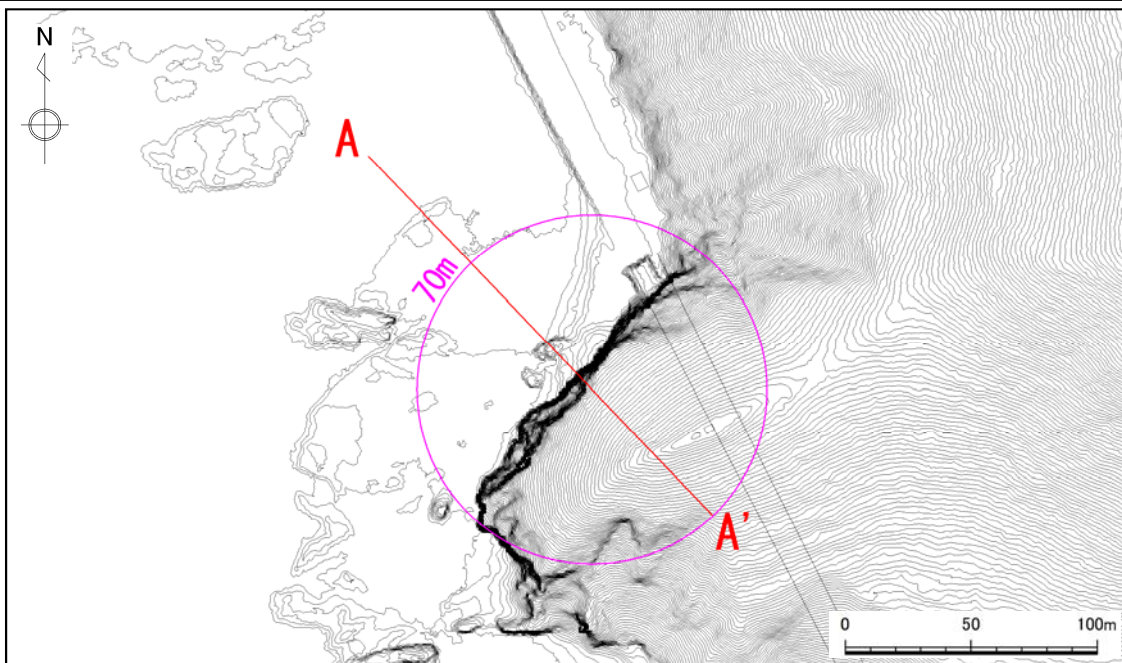
項目	祈石
崩壊規模 (m ³)	10 ² オーダー
崖の標高 (m)	68 (断面図) 50 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	50 (68)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	11

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（15/26）⑫盃

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



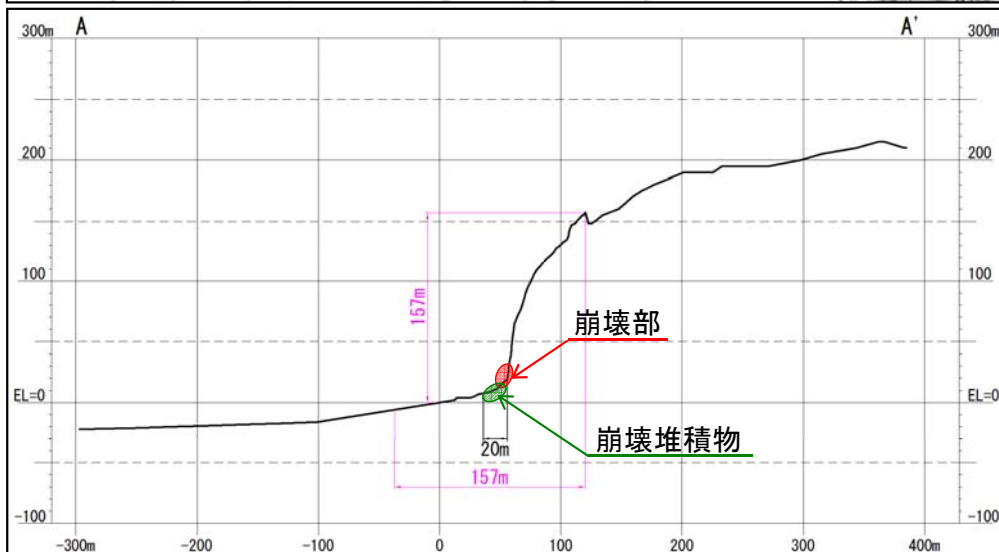
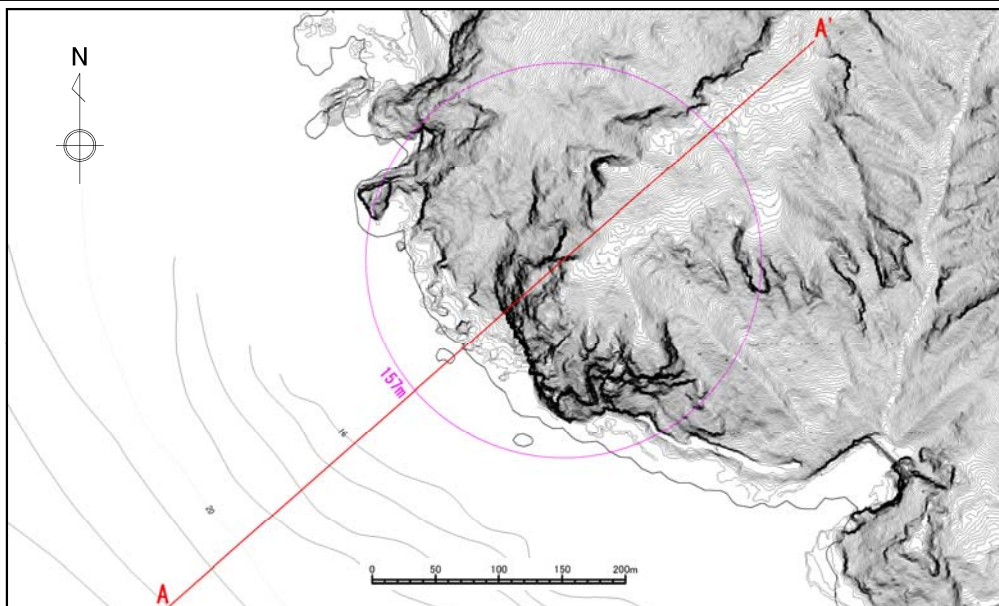
項目	盃
崩壊規模 (m ³)	1.8×10 ³
崖の標高 (m)	70 (断面図) 60 (台帳)
地質	火砕岩・貫入岩(斜面) 火砕岩(崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	20 (70)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	10

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（16/26）⑬兜岬

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



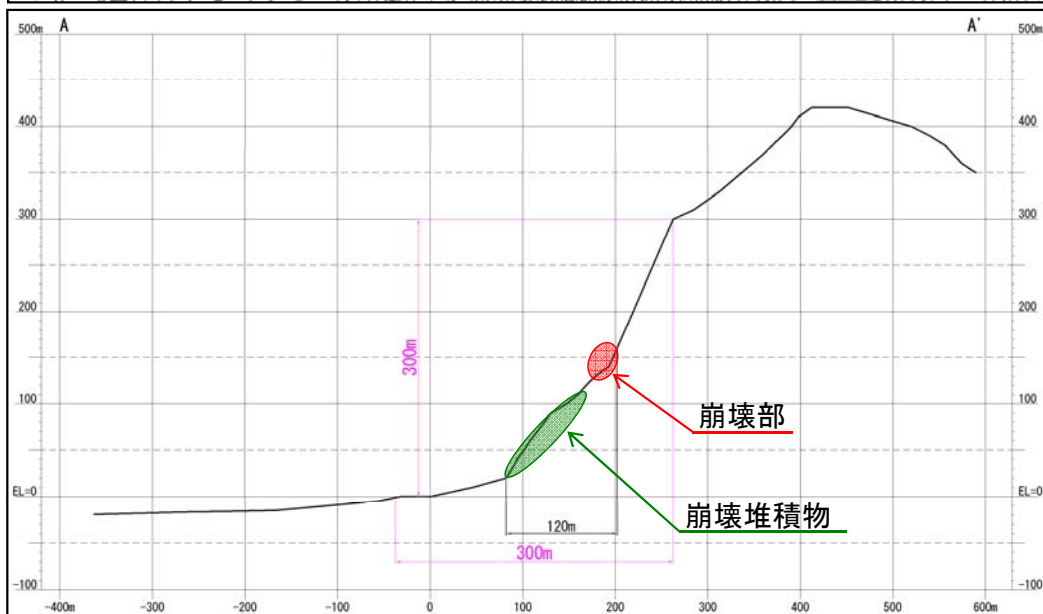
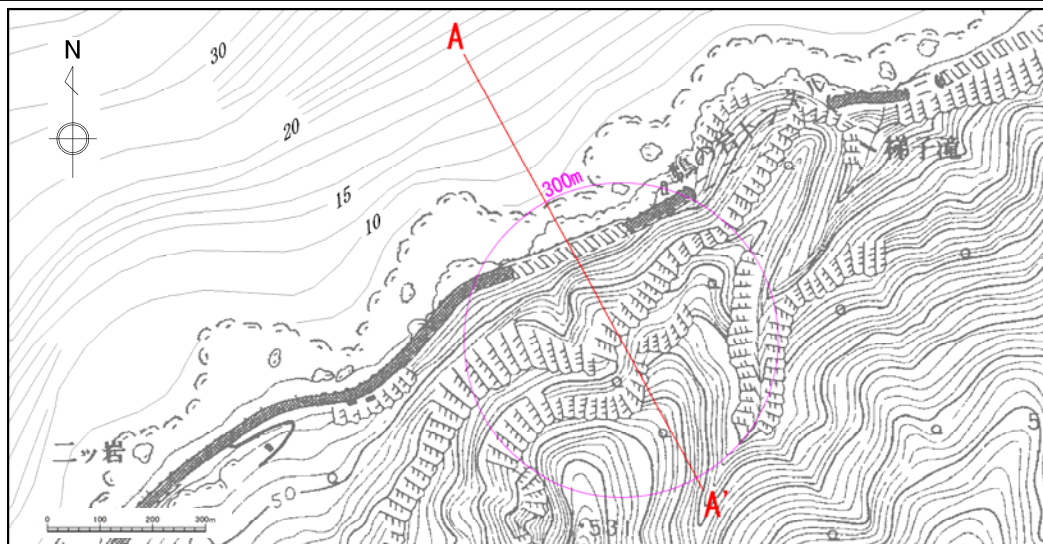
項目	兜岬 (最短距離)
崩壊規模 (m ³)	1.0×10 ²
崖の標高 (m)	157 (断面図) 140 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	20 (157)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	7

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（17/26） ⑭ 鶉の岩

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



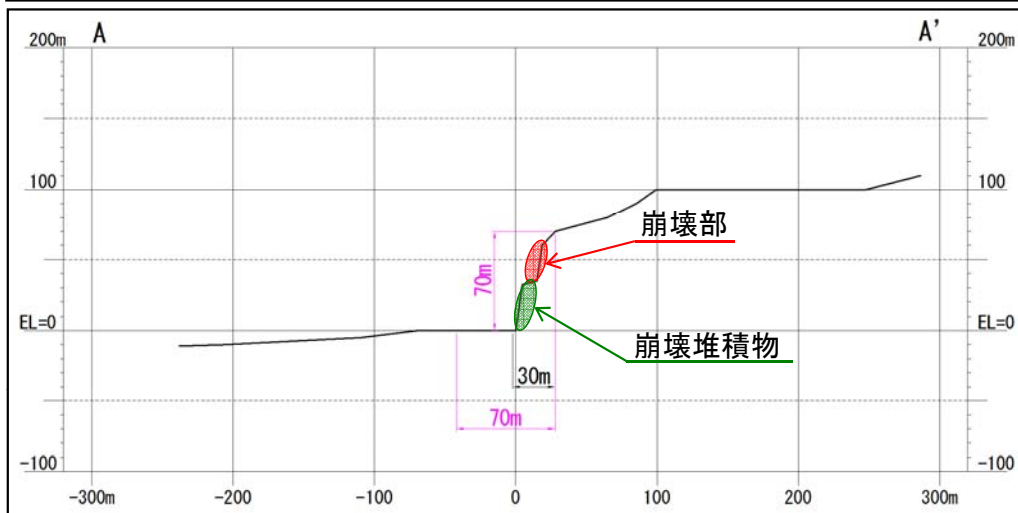
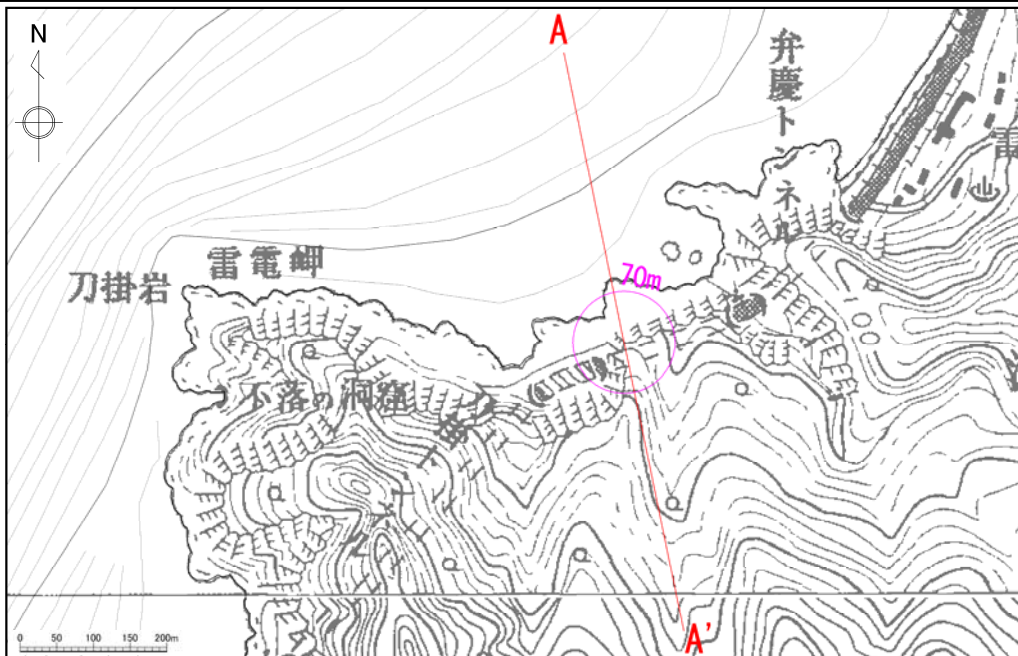
項目	鶉の岩 (最大比高)
崩壊規模 (m ³)	3.2×10 ³
崖の標高 (m)	300 (断面図) 270 (台帳)
地質	火砕岩・溶岩互層 (斜面) 自破碎状溶岩 (崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	120 (300)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	13

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（18/26）⑮刀掛

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



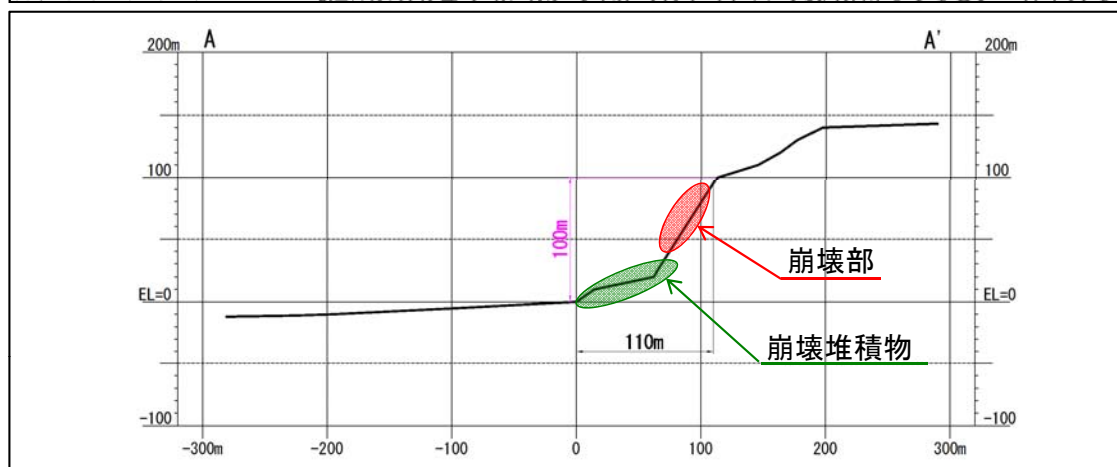
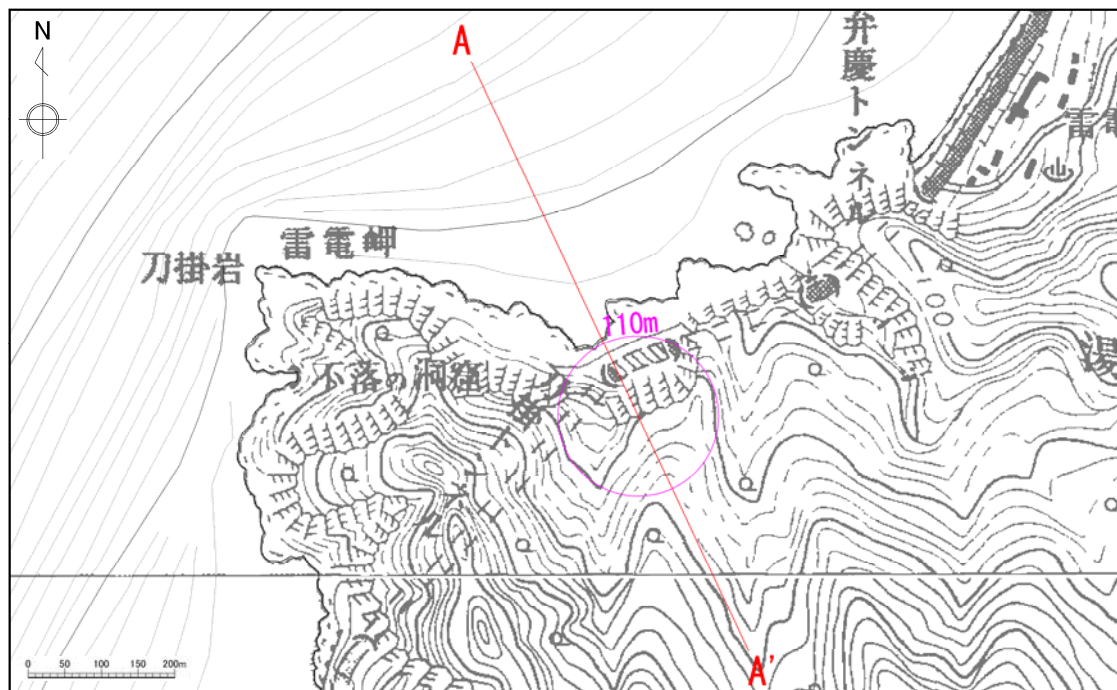
項目	刀掛
崩壊規模 (m ³)	1.8×10 ³
崖の標高 (m)	70 (断面図) 100 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	30 (70)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	16

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（19/26）⑯刀掛A

○崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



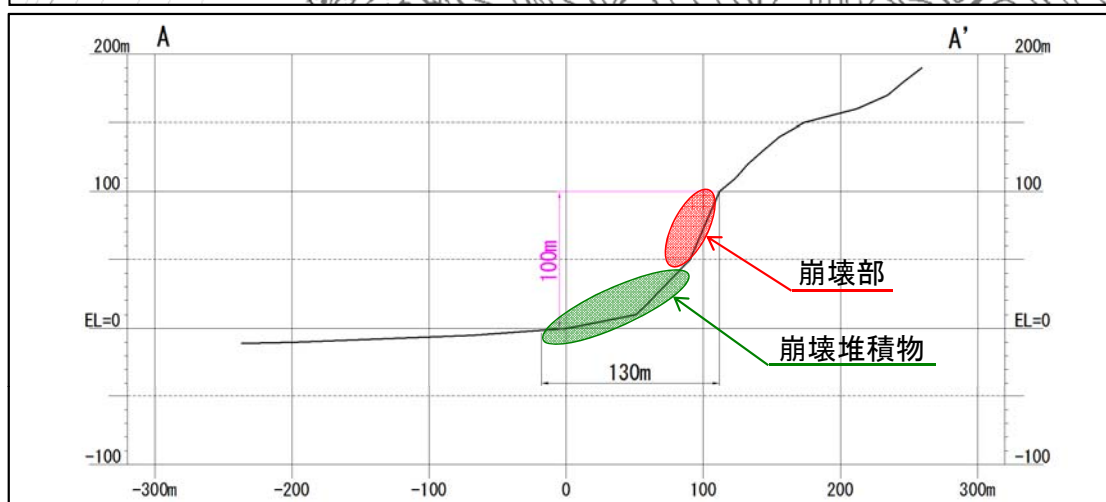
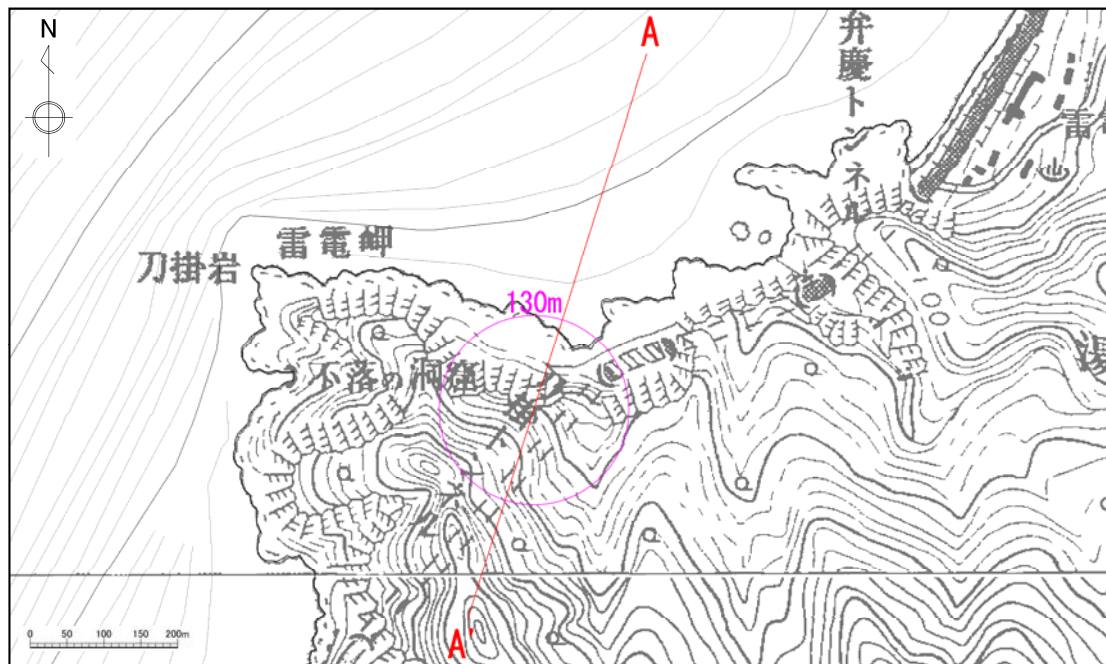
項目	刀掛A
崩壊規模 (m ³)	2.0×10 ³
崖の標高 (m)	100
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m)	110
事例末端部水深 (m)	数m程度
敷地までの距離 (km)	16

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（20/26）⑰刀掛B

○崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



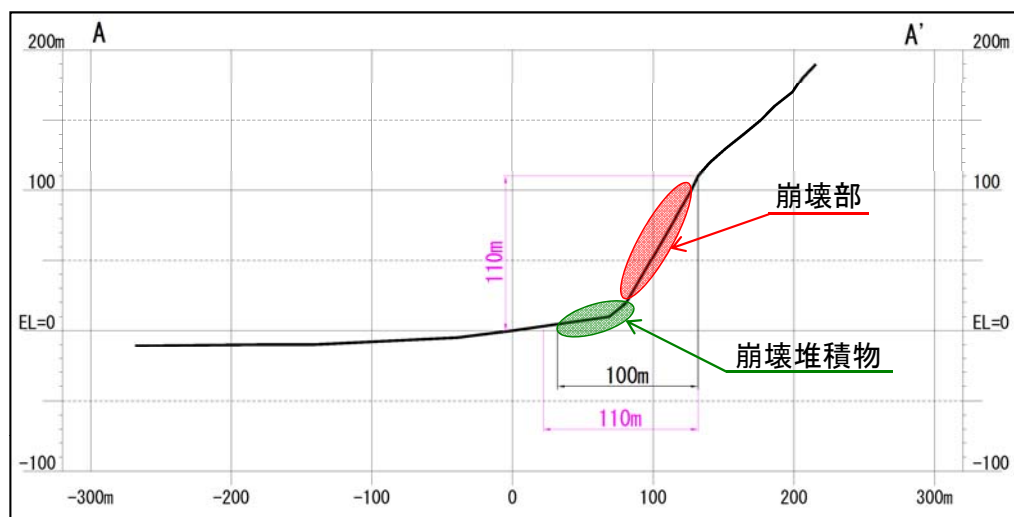
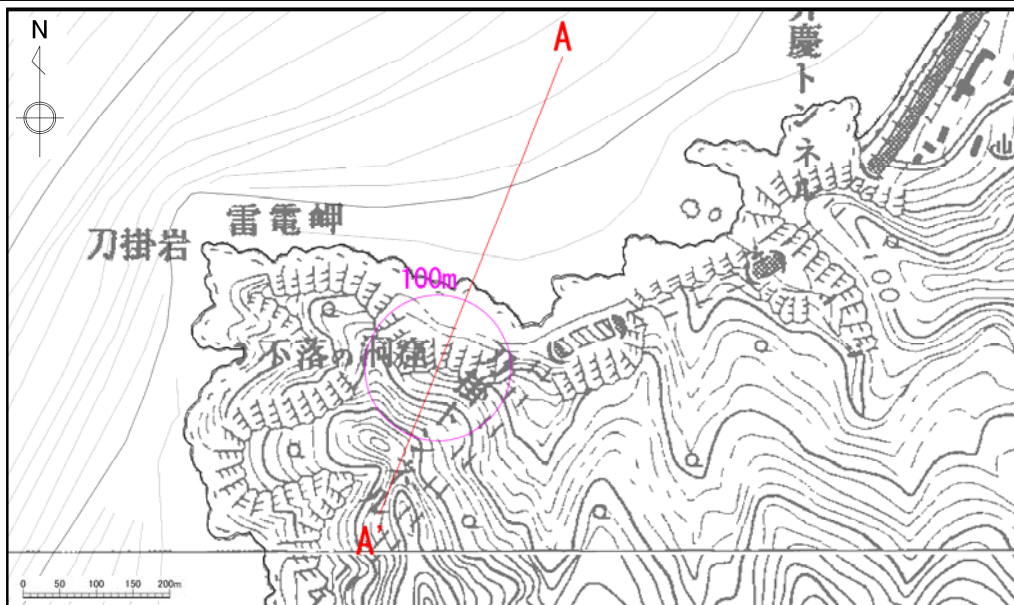
項目	刀掛B
崩壊規模 (m ³)	1.4×10 ⁴
崖の標高 (m)	100
地質	火砕岩・溶岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m)	130
事例末端部水深 (m)	数m程度
敷地までの距離 (km)	16

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（21/26）⑱刀掛C

- 崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



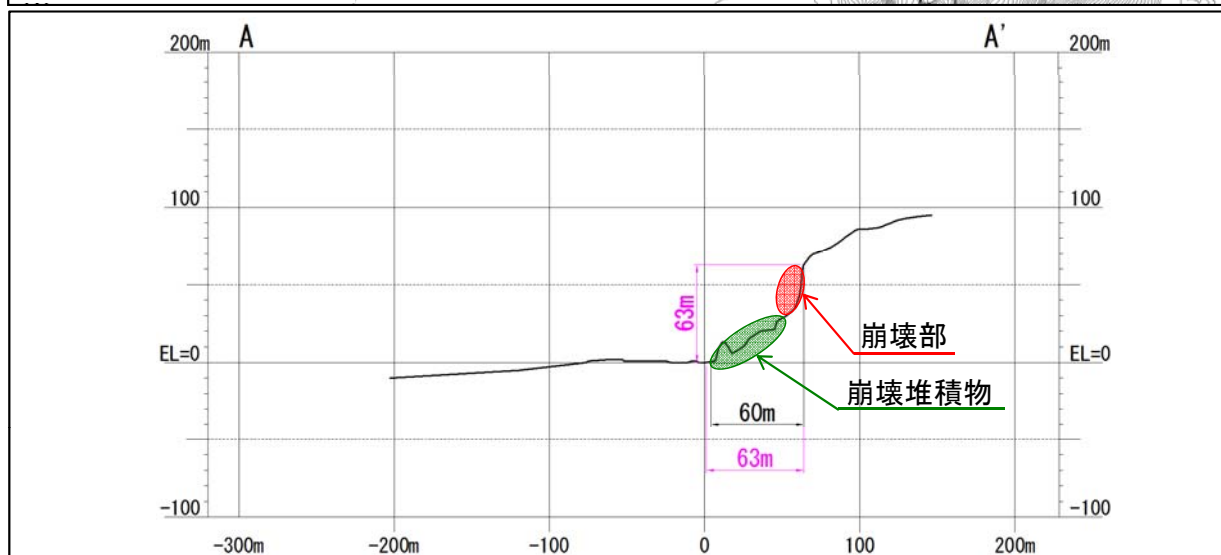
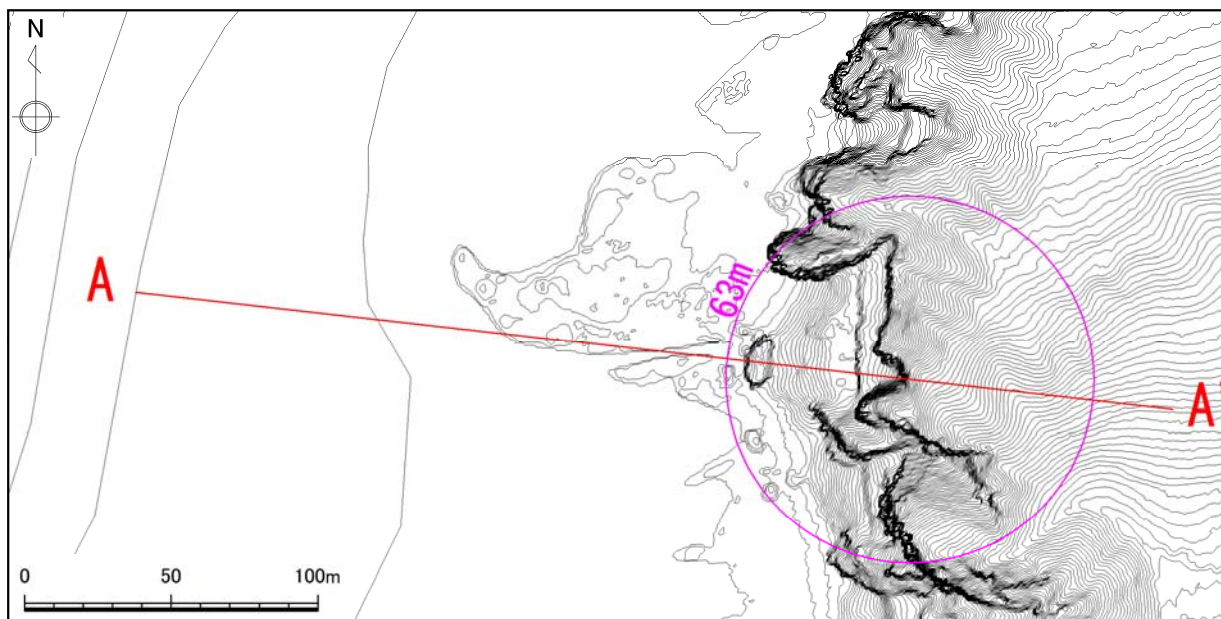
項目	刀掛C
崩壊規模 (m ³)	2.5×10 ³
崖の標高 (m)	110 (断面図) 100 (台帳)
地質	火砕岩・溶岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	100 (110)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	数m程度 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	16

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（22/26） ⑱鷹ノ巣A

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



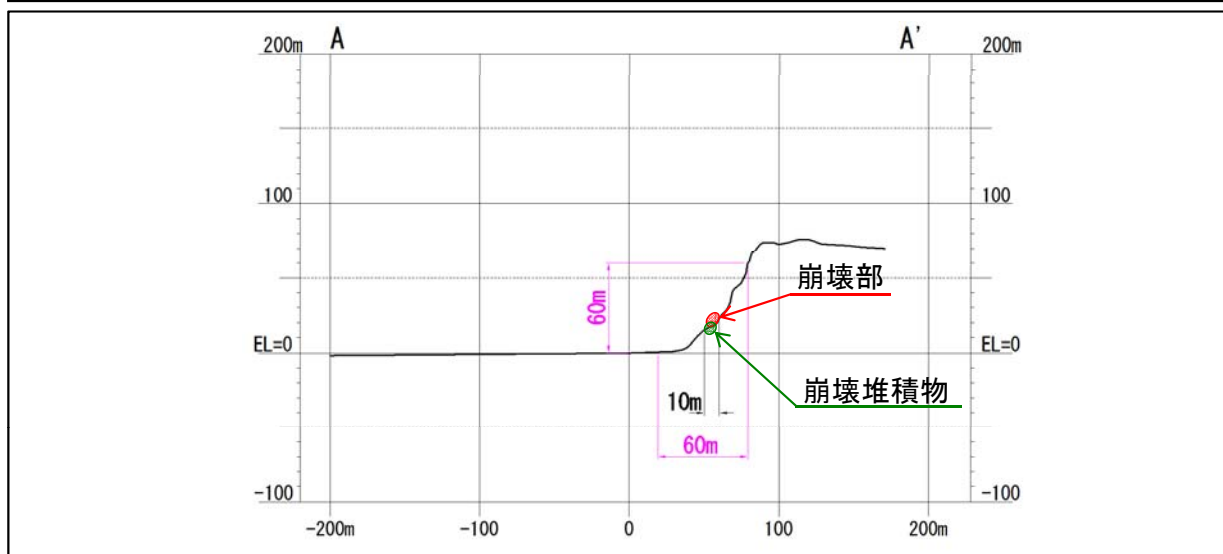
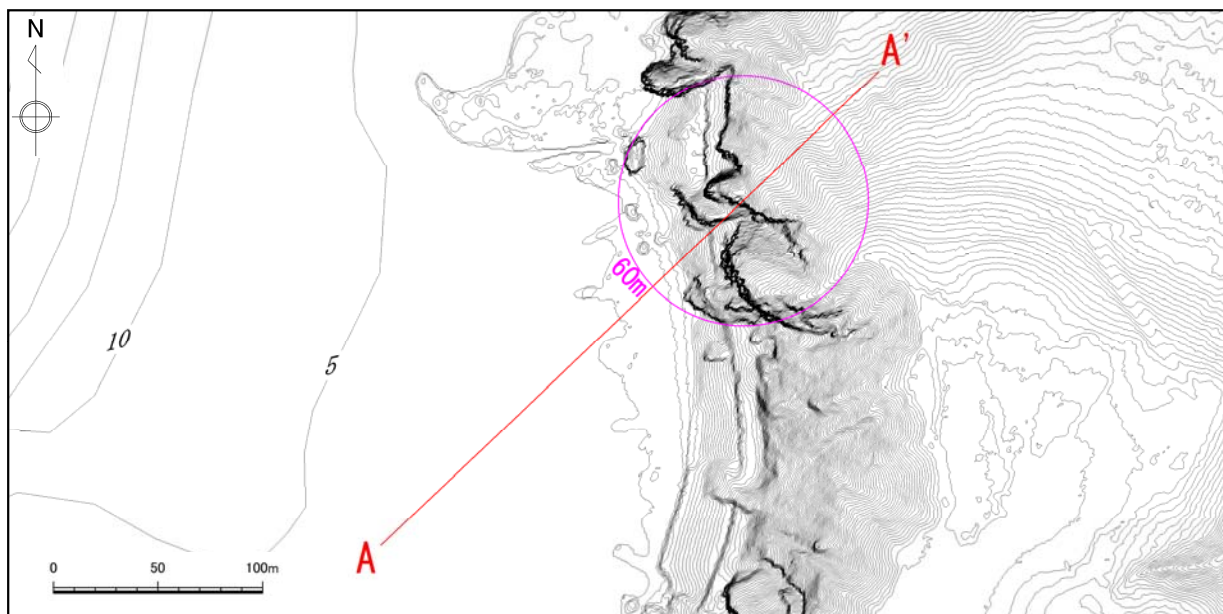
項目	鷹ノ巣A
崩壊規模 (m ³)	2.5×10 ³
崖の標高 (m)	63
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	60 (63)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	51

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（23/26） ㊟鷹ノ巣B

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



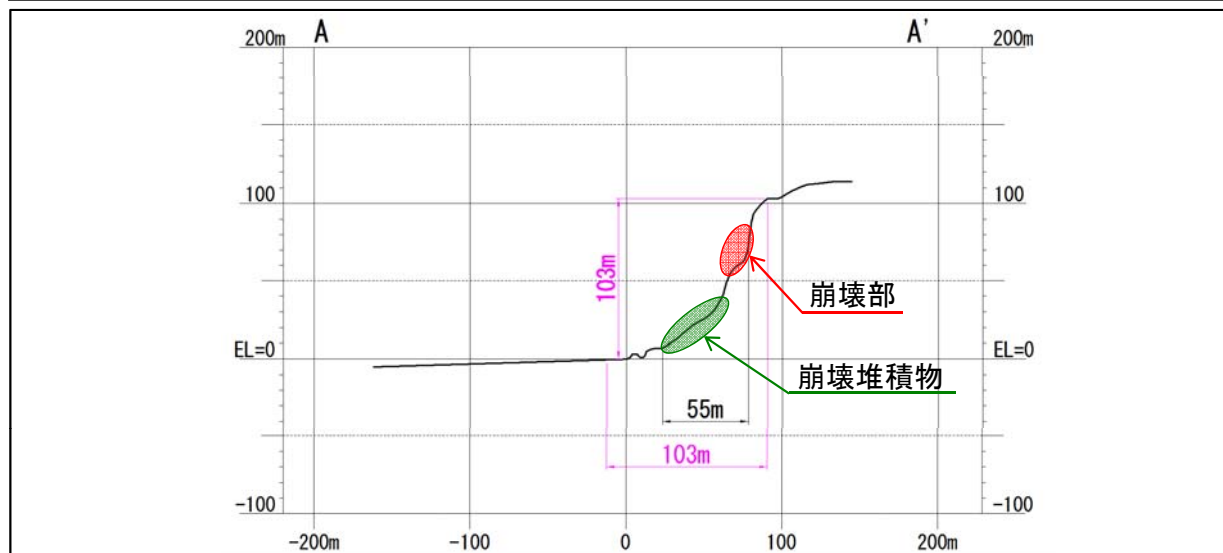
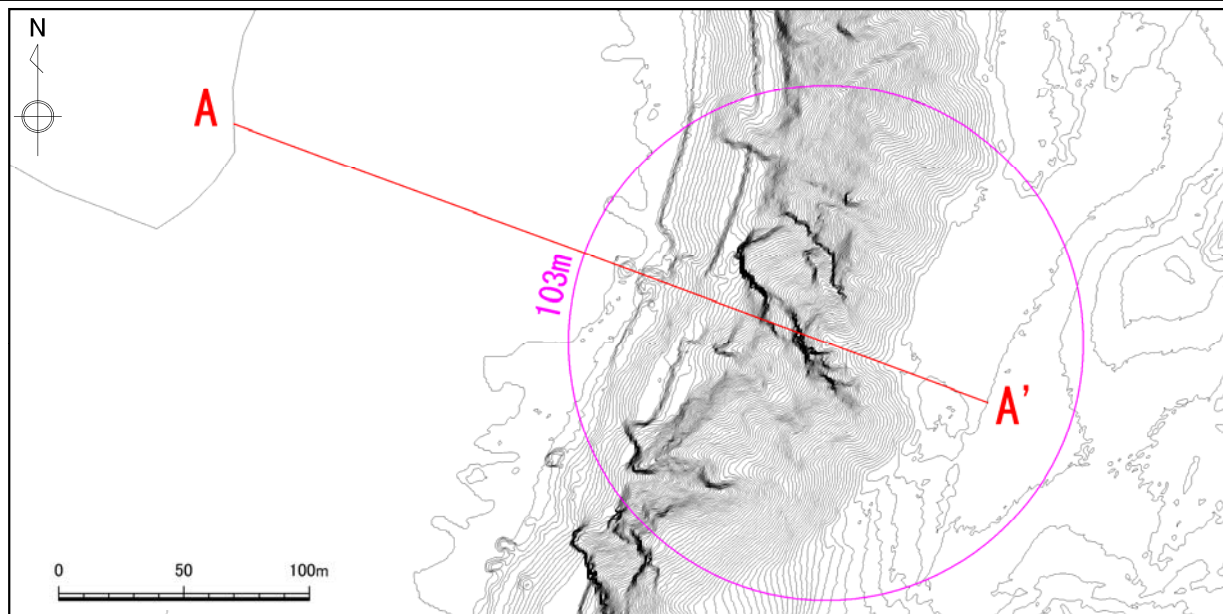
項目	鷹ノ巣B
崩壊規模 (m ³)	1.3×10 ²
崖の標高 (m)	60
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	10 (60)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	51

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（24/26）㊦鷹ノ巣C

- 崩壊事例では、崩壊堆積物は陸域に分布しており、末端部は海域に到達していないと考えられる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



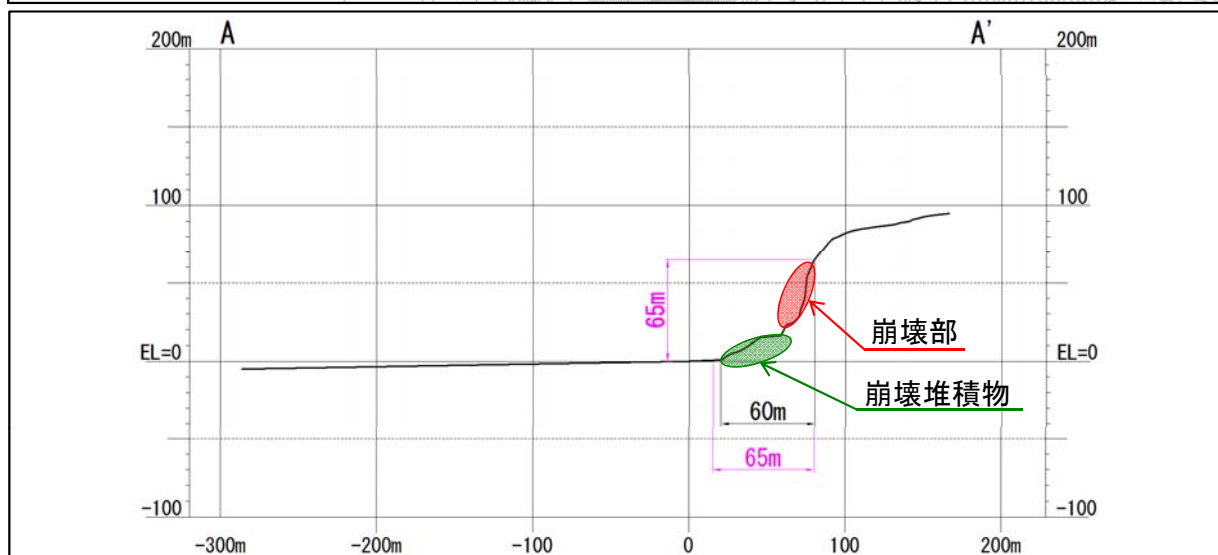
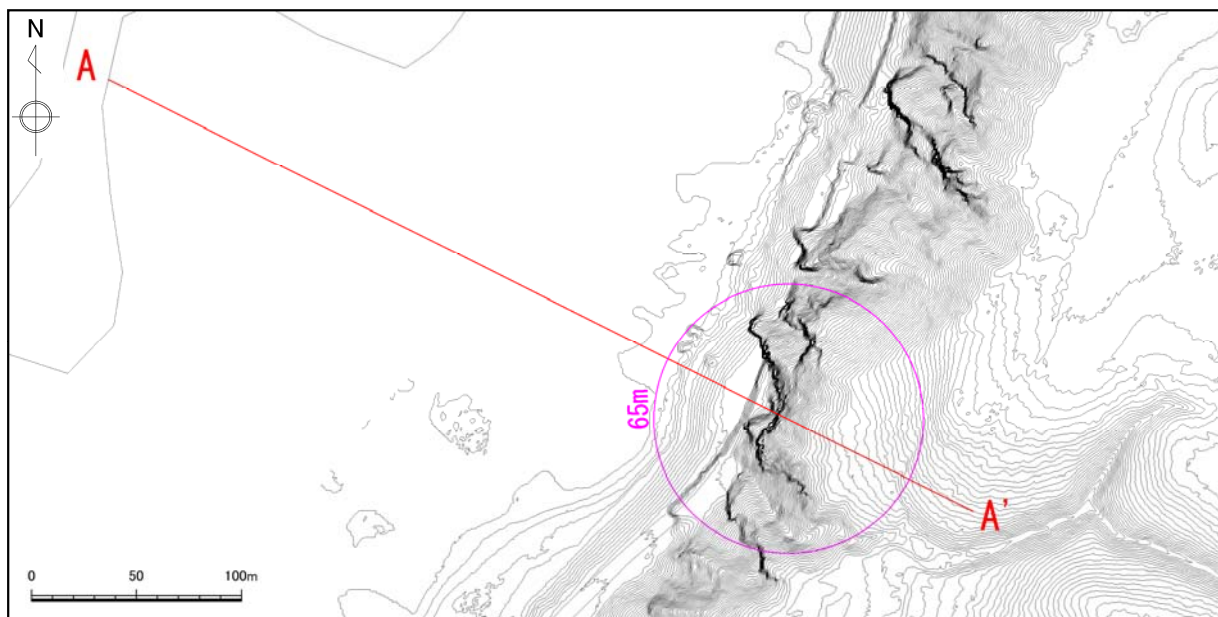
項目	鷹ノ巣C
崩壊規模 (m ³)	1.5×10 ³
崖の標高 (m)	103 (断面図) 100 (台帳)
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	55 (103)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	0 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	51

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（25/26）㊸鷹ノ巣D

- 崩壊事例では、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



項目	鷹ノ巣D
崩壊規模 (m ³)	3.5×10 ³
崖の標高 (m)	65
地質	火砕岩 (斜面・崩壊部)
事例到達距離 (m) (検討到達距離,m)	60 (65)
事例末端部水深 (m) (検討末端部水深,m)	数m程度 (数m程度)
敷地までの距離 (km)	51

※到達距離、崩壊部・崩壊堆積物の位置については委員会資料の既往崩壊箇所台帳より推定。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（崩壊事例の分析）（26/26）

- 委員会資料の岩盤崩壊特性区分図に基づき、敷地周辺における、大規模な岩盤崩壊が予測される範囲で発生した岩盤崩壊事例について、敷地への影響を検討した。
- 崩壊堆積物の到達距離を確認した結果、崩壊事例における崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 当該箇所において、急崖頂部の高さを到達距離とした場合についても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。

崩壊事例	崩壊規模 (m ³)	崖の標高 (m)	事例末端部水深 (m)	検討末端部水深 (m)	崩壊事例	崩壊規模 (m ³)	崖の標高 (m)	事例末端部水深 (m)	検討末端部水深 (m)
①神威岬A	6.0×10 ³	104	数m程度	—	⑫盃	1.8×10 ³	70	0	数m程度
②神威岬B	10 ² オーダー	77	数m程度	数m程度	⑬兜岬	1.0×10 ²	157	0	数m程度
③神威岬C	2.4×10 ²	40	数m程度	数m程度	⑭鶴の岩	3.2×10 ³	300	0	数m程度
④神威岬D	1.2×10 ²	101	0	0	⑮刀掛	1.8×10 ³	70	0	数m程度
⑤たこ岩	1.7×10 ⁴	120	数m程度	数m程度	⑯刀掛A	2.0×10 ³	100	数m程度	—
⑥オネナイA	1.0×10 ²	141	0	数m程度	⑰刀掛B	1.4×10 ⁴	100	数m程度	—
⑦オネナイB	5.0×10 ²	166	0	数m程度	⑱刀掛C	2.5×10 ³	110	数m程度	数m程度
⑧キナウシ	2.0×10 ³	156	0	数m程度	⑲鷹ノ巣A	2.5×10 ³	63	0	数m程度
⑨ウエンチクナイA	3.6×10 ³	90	数m程度	数m程度	⑳鷹ノ巣B	1.3×10 ²	60	0	数m程度
⑩ウエンチクナイB	1.2×10 ⁴	116	0	数m程度	㉑鷹ノ巣C	1.5×10 ³	103	0	数m程度
⑪析石	10 ² オーダー	68	0	数m程度	㉒鷹ノ巣D	3.5×10 ³	65	数m程度	数m程度



- 崩壊堆積物の到達距離について検討した結果、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られることから、敷地への影響は小さいと考えられる。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（陸上地すべりとの比較）（1/2）



○敷地周辺における既往の岩盤崩壊と、陸上地すべりに伴う津波の数値シミュレーションを実施している、川白、堀株及び弁慶岩の3地点について、崩壊規模、崖の比高、敷地までの距離に着目し、比較を行った。

○対象とする岩盤崩壊事例は、

- たこ岩（敷地周辺最大規模, $1.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ ）
- 鶏の岩（最大比高, 175m）
- 兜岬（最短距離, 7km）

とした。

○参考として日本海沿岸最大規模 ($8.2 \times 10^5 \text{ m}^3$) のピリカ岬Cについても検討を行った。

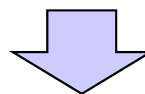
4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊（陸上地すべりとの比較）（2/2）

- 敷地周辺で発生した岩盤崩壊と、陸上地すべりに伴う津波の数値シミュレーションを実施している、川白、堀株及び弁慶岩の3地点について、崩壊規模、崖の比高、敷地までの距離に着目し、比較を行った。
- 検討対象とした陸上地すべりは、規模では、川白の約 $1.6 \times 10^7 \text{m}^3$ （平均距離約26km）、弁慶岩の約 $2.0 \times 10^6 \text{m}^3$ （平均距離約15km）、距離では、堀株の約1km（体積約 $8.5 \times 10^5 \text{m}^3$ ）である。
- 敷地周辺における最大規模の岩盤崩壊は、たこ岩の $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ であり、検討対象とした陸上地すべりと比較して規模は小さい。
- 日本海沿岸における最大規模の岩盤崩壊は、ピリカ岬Cの $8.2 \times 10^5 \text{m}^3$ であり、検討対象とした陸上地すべりと比較して規模は小さい。

項目	岩盤崩壊事例				検討対象とした陸上地すべり		
	【参考】 ピリカ岬C (日本海沿岸 最大規模)	たこ岩 (敷地周辺 最大規模)	鶉の岩 (最大比高)	兜岬 (最短距離)	川白	弁慶岩	堀株
崩壊規模 (m ³)	8.2×10^5	1.7×10^4	3.2×10^3	1.0×10^2	1.6×10^7	2.0×10^6	8.5×10^5
崖の比高 (m)	110	90	175	115	(230)	(140)	(110)
敷地までの距離 (km)	51	36	13	7	26	15	1

() の検討対象とした陸上地すべりの比高は、地すべり地形の高低差

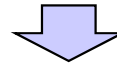


- 岩盤崩壊が敷地に与える影響は、検討対象とした陸上地すべりと比較して小さいと考えられる。

4-1 岩盤崩壊に関する検討

敷地周辺の既往の岩盤崩壊 (まとめ)

- 崩壊規模、比高、傾斜、地質の分類に基づき敷地周辺の海岸部(神威岬～木巻岬)における岩盤崩壊の傾向を分析した。
- 委員会資料の岩盤崩壊特性区分図に基づき、敷地周辺における、大規模な岩盤崩壊が推定される範囲で発生した岩盤崩壊事例について、敷地への影響を検討した。
- 敷地周辺で発生した岩盤崩壊と、基準津波策定において検討対象とした陸上地すべりについて、崩壊規模、崖の比高、敷地までの距離に着目し、比較を行った。

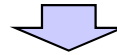


- 敷地周辺の海岸部における岩盤崩壊の傾向については、
 - 敷地周辺における最大規模の岩盤崩壊は $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ で、日本海沿岸における既往最大の崩壊規模は $8.2 \times 10^5 \text{m}^3$ である。
 - 最大比高は200m程度。
 - 崩壊が発生している急崖の傾斜は 60° 以上で、海食の影響を受けている、または休止している箇所である。
- 敷地周辺における、大規模な岩盤崩壊が推定される範囲で発生した岩盤崩壊事例について、崩壊堆積物の到達距離について検討した結果、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 陸上地すべりに伴う津波の数値シミュレーションを実施している3地点は、川白の約 $1.6 \times 10^7 \text{m}^3$ (平均距離約26km)、弁慶岩の約 $2.0 \times 10^6 \text{m}^3$ (平均距離約15km)、堀株の約 $8.5 \times 10^5 \text{m}^3$ (距離約1km)であり、敷地周辺における最大規模の岩盤崩壊は $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ である。

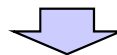
4-1 岩盤崩壊に関する検討

まとめ

- 岩盤崩壊の定義について整理した。
- 岩盤崩壊について、崩壊形態、地質、比高、断面形態について整理・分類した。
- 既往事例および岩盤崩壊の要因のうち変質物質の影響についてレビューを行った。
- それらの分類に基づき敷地周辺の海岸部（神威岬～木巻岬）における岩盤崩壊の傾向を分析した。



- 岩盤崩壊は、岩盤斜面で発生し、発生前の変位は小さく、変動は急激である。
- 岩盤崩壊の発生箇所は、急峻で比高の高い崖が存在する地域で多く、規模は地すべりと比べて体積は1桁以上小さい。
- 岩盤崩壊の分類・整理のうち、
 - 火砕岩は、溶岩・貫入岩に比べて崩壊規模が大きい傾向がある。特に層状火砕岩は大規模になる傾向がある。
 - 比高の増加に伴い崩壊規模が増大する傾向がある。
 - 急斜面ほど崩壊規模が増大する傾向がある。
- 敷地周辺の海岸部における岩盤崩壊の傾向については、
 - 敷地周辺における最大規模の岩盤崩壊は $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ である。
 - 最大比高は200m程度。
 - 崩壊が発生している急崖の傾斜は 60° 以上で、海食の影響を受けている、または休止している箇所である。
- 陸上地すべりに伴う津波の数値シミュレーションを実施している3地点は、川白の約 $1.6 \times 10^7 \text{m}^3$ （平均距離約26km）、弁慶岩の約 $2.0 \times 10^6 \text{m}^3$ （平均距離約15km）、堀株の約 $8.5 \times 10^5 \text{m}^3$ （距離約1km）であり、敷地周辺での最大規模の岩盤崩壊は $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ である。
- 崩壊堆積物の到達距離を考慮しても、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。



- 敷地周辺の既往の岩盤崩壊についての検討結果から、岩盤崩壊が敷地に与える影響は小さいと考えられる。

1. 地震以外の津波	4
2. 火山による山体崩壊に伴う津波	6
2-1 島原眉山崩壊による津波の考察	8
2-2 検討対象の抽出(海域火山)	11
2-3 検討対象の抽出(陸域火山)	14
2-4 津波影響評価	44
3. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	67
3-1 リツヤ湾津波に関する考察	71
3-2 川白に関する検討結果	81
3-3 兜岩に関する検討結果	138
3-4 堀株に関する検討結果	159
3-5 二つ岩に関する検討結果	163
3-6 弁慶岩に関する検討結果	170
3-7 津波影響評価	183
4. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	215
4-1 岩盤崩壊に関する検討	217
4-2 津波影響評価	268
5. 基準津波の策定	296
6. 津波に対する安全性	312
6-1 砂移動評価について	314
6-2 取水路の水位変動について	320
6-3 貯留堰の容量について	334
6-4 考慮する潮位について	340
7. 津波堆積物調査結果	343
参考資料	353
参考文献	369

数値シミュレーションによる検討

- これまでの検討結果から、敷地周辺の既往の岩盤崩壊が敷地に与える影響は小さいと考えられる。
- 一方、委員会資料の岩盤崩壊特性区分図では、敷地近傍において、大規模な岩盤崩壊が推定される範囲が示されていることから、委員会資料の内容を参考として、数値シミュレーションにより敷地への影響を検討する。

敷地周辺の既往の岩盤崩壊による検討

○委員会資料に基づき、日本海沿岸における岩盤崩壊の傾向分析

- 岩盤崩壊は、急峻で比高の高い崖で多く発生し、規模は、地すべりと比較して体積は1桁小さい。
- 火砕岩は、崩壊規模が大きく、特に層状火砕岩は大規模になる傾向にある。
- 比高の増加に伴い、崩壊規模が増大する傾向にある。
- 急斜面ほど、崩壊規模が増大する傾向にある。

○委員会資料に基づき、岩盤崩壊事例による敷地への影響検討

- 岩盤崩壊に伴う、崩壊堆積物の分布範囲はほぼ陸域に限られる。
- 敷地周辺における最大規模の岩盤崩壊は、たこ岩の $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ であり、陸上地すべりに伴う津波の数値シミュレーションを実施している、川白、堀株及び弁慶岩の3地点と比較して規模は小さい。
- 以上から、岩盤崩壊が敷地に与える影響は小さい。

数値シミュレーションによる検討

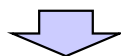
○数値シミュレーションによる影響評価

- 委員会資料の内容を参考として、数値シミュレーションを実施し、敷地への影響を検討した。

4-2 津波影響評価

検討方針 (想定崩壊箇所の設定)

- 想定崩壊箇所は、委員会資料による岩盤崩壊特性区分図において、各区間で起こり得る最大崩壊規模について推定していることを踏まえ、敷地周辺における大規模な岩盤崩壊が推定される区間(赤色の区間)から設定する。
- 敷地周辺において、大規模な岩盤崩壊が推定されている14区間(右図A~N)のうち、敷地までの距離が最も近いのは、敷地北側では兜岬付近、敷地南側では刀掛付近である。



- 津波影響評価に当たっては、敷地までの距離を考慮し、兜岬付近及び刀掛付近を想定崩壊箇所として設定する。



検討対象箇所

4-2 津波影響評価

検討方針 (想定崩壊規模の設定)

○敷地周辺における大規模な岩盤崩壊が推定される範囲 (赤色の区間) においては、新第三系中新統の火砕岩が構成する形態II (急崖の傾斜が60°以上で、海食が休止している箇所。) の崖が中心であり、既往最大の崩壊規模は、たこ岩の $1.7 \times 10^4 \text{m}^3$ となっている。

○一方、ニセコ・雷電火山群に位置する刀掛～刀掛Cについては、崩壊事例箇所が約1kmの範囲に密集しており、これらが一括で崩壊した場合を考慮すると、崩壊規模は $2.03 \times 10^4 \text{m}^3$ となり、敷地周辺における最大規模の岩盤崩壊である、たこ岩の規模を上回る。

崩壊箇所 (事例)

項目	たこ岩	刀掛	刀掛A	刀掛B	刀掛C
崩壊規模 (m ³)	17,000	1,800	2,000	14,000	2,500
合計 20,300					

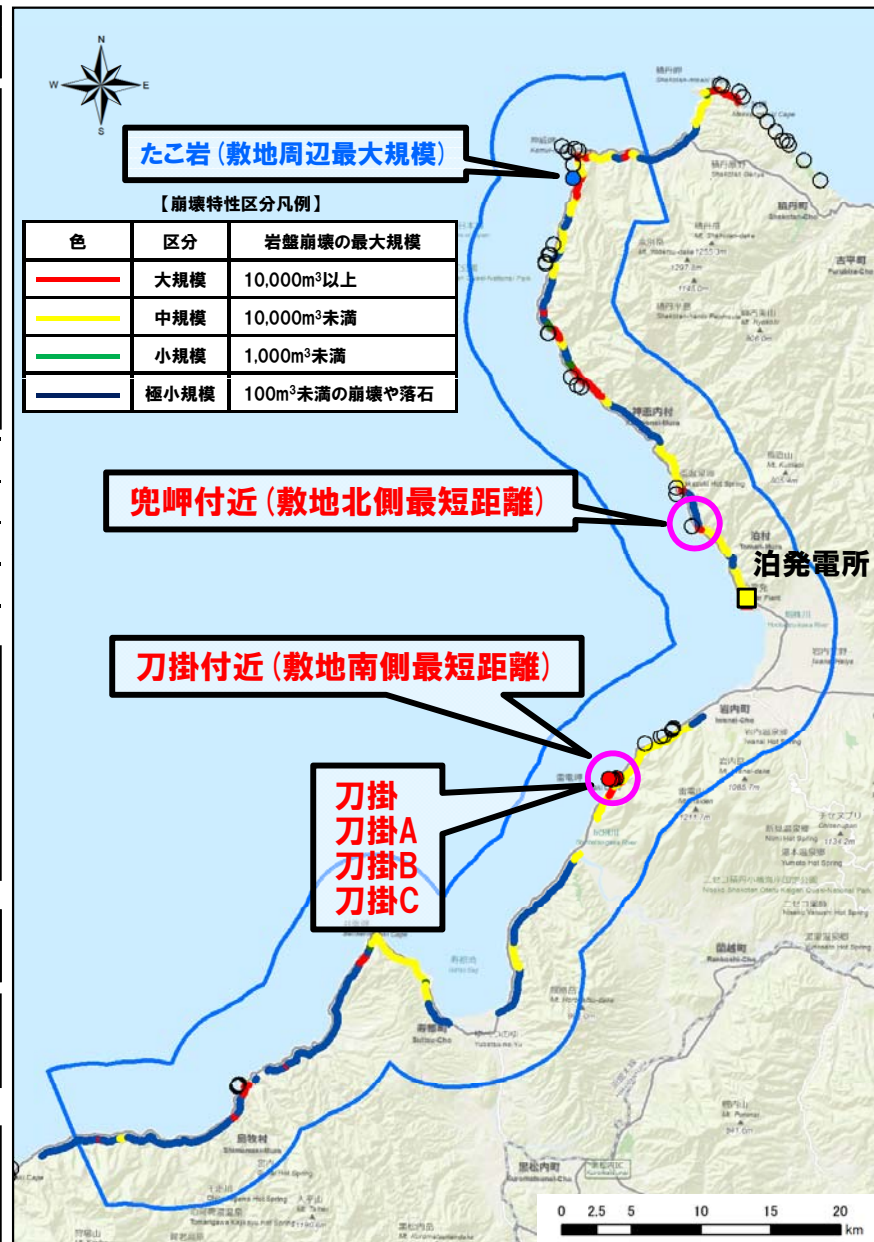
○これを踏まえ、敷地周辺における岩盤崩壊の規模を $2.1 \times 10^4 \text{m}^3$ 程度と想定し、数値シミュレーションによる検討を行う。

○なお、委員会資料における最大崩壊規模の箇所である、ピリカ岬Cについては、敷地に直接面して位置していないことや、陸上地すべりに伴う津波の数値シミュレーションを実施している、川白、堀株及び弁慶岩の3地点のうち、敷地から最も遠い川白よりも遠方に位置していることから、検討対象外とした。

検討方針 (数値シミュレーション対象の設定)

○数値シミュレーション対象は、以下の3ケースを設定した。
①兜岬付近、②刀掛付近、③刀掛・崩壊事例 (刀掛～刀掛C) 一括

- 崩壊規模は現地形を考慮し、以下のとおり設定した。
- 兜岬付近では、崩壊事例である兜岬の $1.0 \times 10^2 \text{m}^3$ に対し、 $2.11 \times 10^4 \text{m}^3$ を設定した。
 - 刀掛付近では、崩壊事例である刀掛～刀掛Cが一括で崩壊した場合の $2.03 \times 10^4 \text{m}^3$ に対し、 $2.14 \times 10^4 \text{m}^3$ を設定した。
 - 刀掛・崩壊事例一括は、崩壊事例と同様に、合計 $2.03 \times 10^4 \text{m}^3$ を設定した。



検討対象箇所

検討方針 (モデル作成条件)

1. 崩壊位置の設定

○崩壊位置は、以下の条件を満たすように設定している。

- ①急崖比高が高い。
- ②斜面の傾斜が敷地方向で、かつ敷地までの距離が近い。
- ③急崖基部から汀線までの距離が近い。

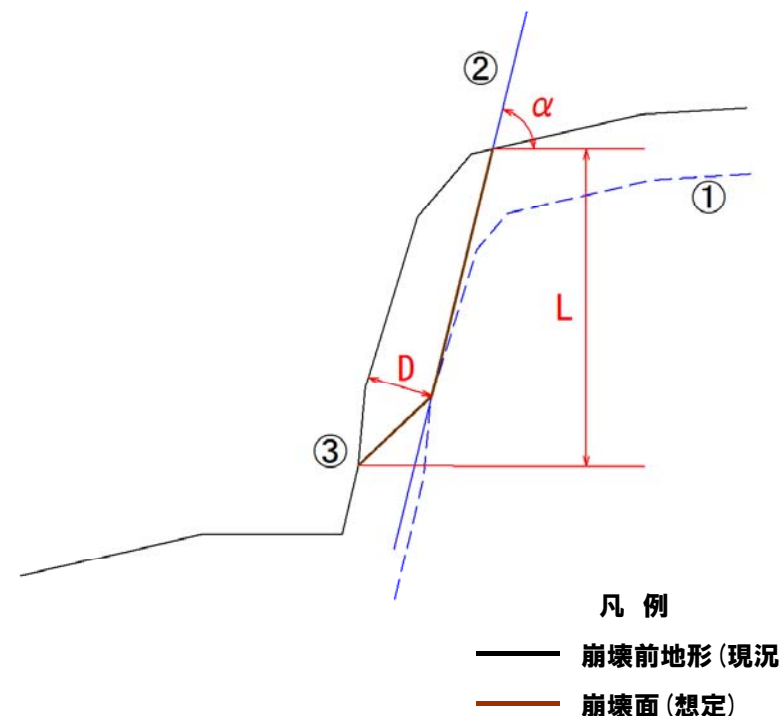
2. 崩壊形状の諸元設定

- 設定に必要な、厚さ D 、傾斜角 α 、長さ L 及び幅 W について、委員会資料の調査結果から諸元が得られているものについては、これを参考に設定している。
- 諸元が委員会資料に示されていないものについては、崩壊規模 V から推定している。
- 崩壊形状については、設定した諸元から、右図の手順により設定している。

検討方針 (数値シミュレーション手法の選定)

- 委員会資料における岩盤崩壊事例では、崩壊堆積物の到達距離は、ほぼ崩壊高さ以内となっている。
- 一方、陸上地すべりにおけるシミュレーションで使用する、TITAN2Dの結果による崩壊堆積物の到達距離は、崩壊高さの約2~3倍となっている。
- 以上より、岩盤崩壊シミュレーションについては、海域への崩壊堆積物の流入量が多くなる、TITAN2Dを使用する。

- ①現況地形から厚さ D の距離にシフトしたライン (青点線) を作図する。
- ②上記のライン (青点線) に接するように、傾斜角 α の勾配で崩壊面を作図する (青実線)。
- ③長さ L を目安に、現況地形の変化点に向かって、崩壊面の勾配を変化させる。
- ④断面形状を基に、幅 W を目安とし、体積 V となるよう平面的な崩壊面形状を作図する。



崩壊形状の設定方法 (参考)

計算条件

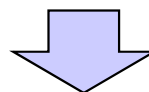
- 津波の数値シミュレーションモデルに用いる比高変化は、TITAN2Dモデルと津波の数値シミュレーションモデルの格子間隔が異なることから、陸上地すべりと同様に、各格子中心位置におけるTITAN2Dモデルの堆積厚を各格子の比高変化として設定した。
- また、変動伝播速度は、陸上地すべりと同様に、Satake (2007) に基づき40m/sと設定した。
- そのうえで、土塊や土砂が湛水池に突入することで生じる波高は、その突入速度が速いほど、高くなることが報告されている(水山ほか, 1985; 道上ほか, 1996; 松村ほか, 1997) ことから、TITAN2Dによる岩盤崩壊シミュレーションの結果との比較を行った。

火山による山体崩壊

区分	崩壊した総体積 (Satake (2007))	変動伝播速度 (Satake (2007))
渡島大島	$2.4 \pm 0.3 \times 10^9 \text{m}^3$	40m/s

陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)

区分	概略体積	土塊の突入最大速度 (TITAN2D算定値)	変動伝播速度 (Satake (2007))
兜岬付近	$2.11 \times 10^4 \text{m}^3$	11.9m/s	40m/s
刀掛付近	$2.14 \times 10^4 \text{m}^3$	11.1m/s	40m/s
刀掛・崩壊事例一括	$2.03 \times 10^4 \text{m}^3$	15.1m/s	40m/s



- TITAN2Dによる岩盤崩壊シミュレーションの結果、変動伝播速度は最大でも15m/s程度であり、設定した値は保守的であることを確認した。

4-2 津波影響評価

津波シミュレーション（兜岬付近）

- 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、火山による山体崩壊に伴う津波の検討結果において、敷地に対して影響が大きい結果となった「Kinematic landslideモデル」の手法を用いる。

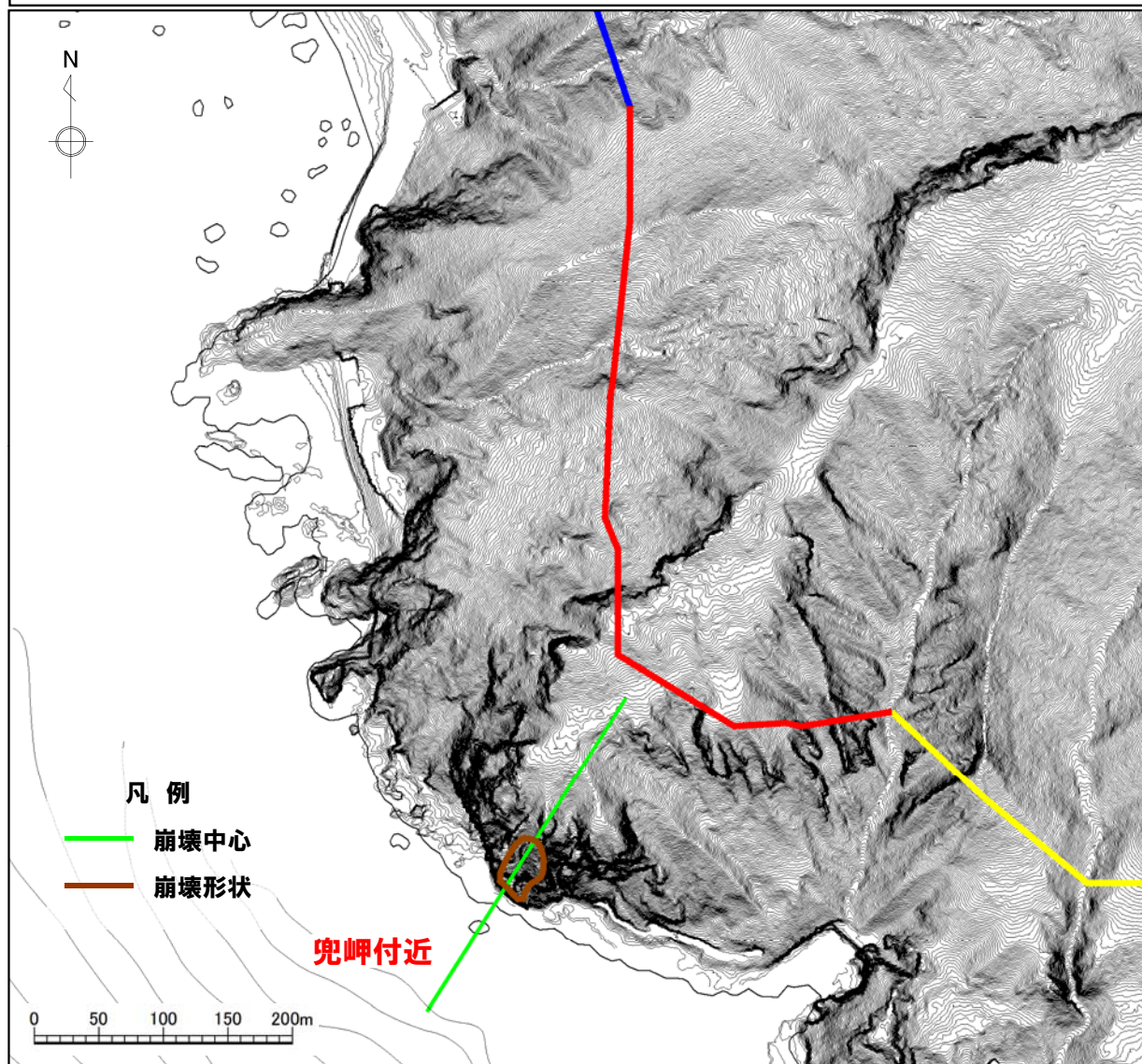
【岩盤崩壊シミュレーション】

入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 $\Phi_{int} (^{\circ})$	30.0	陸上地すべりと同値。
底面摩擦角 $\Phi_{bed} (^{\circ})$	26.1	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0.6	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	陸上地すべりと同値。
変動伝播速度 (m/s)	40	陸上地すべりと同値。

崩壊位置の設定（兜岬付近）



○兜岬付近における崩壊位置は、岩盤崩壊特性区分図による大規模な岩盤崩壊が推定される区間のうち、以下の条件を満たすように設定した。

【崩壊位置の設定条件】

- ①急崖比高が高い。
- ②斜面の傾斜が敷地方向で、かつ敷地までの距離が近い。
- ③急崖基部から汀線までの距離が近い。

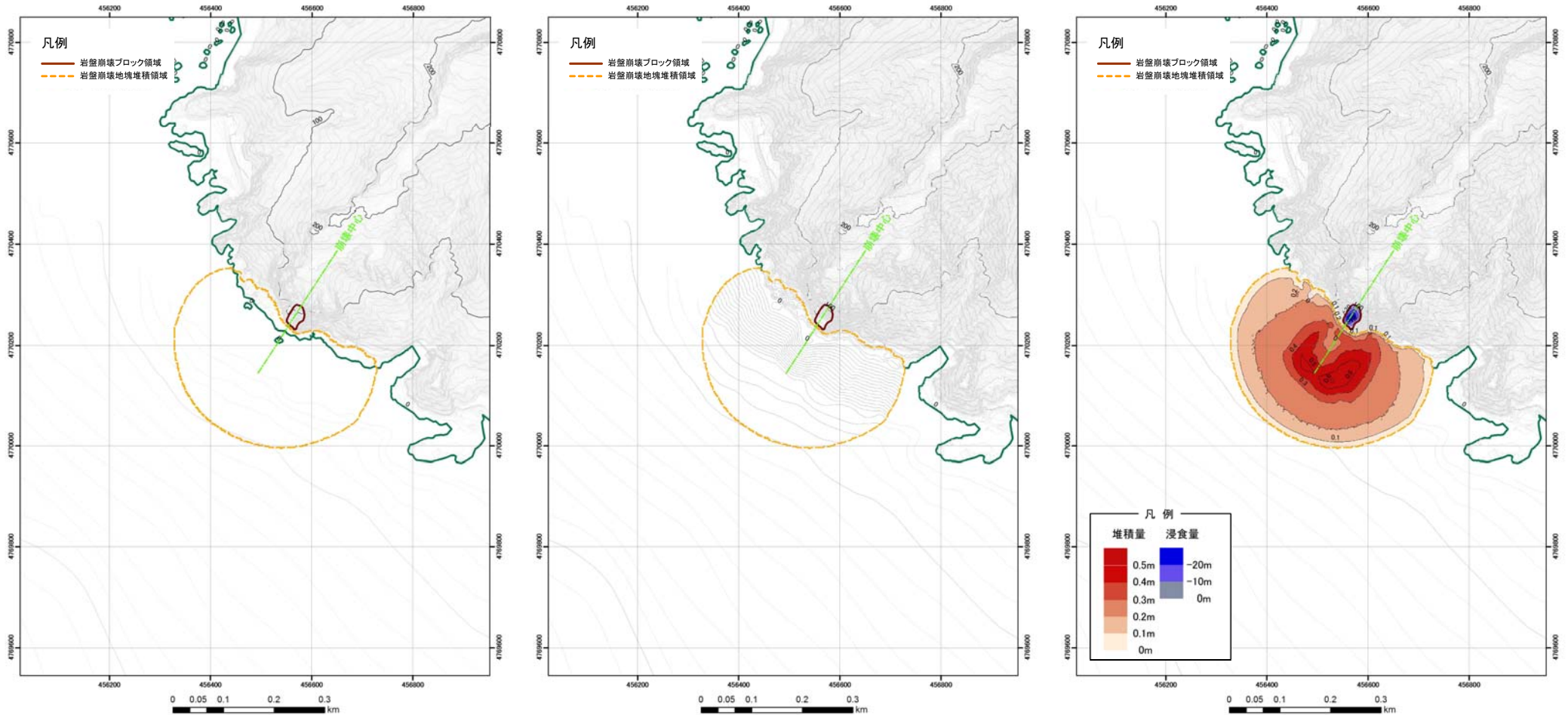
【兜岬付近の崩壊位置の設定】

- ①比高50m以上の急崖から抽出。
- ②崩壊位置は、斜面の傾斜が敷地方向（南～南西）で、敷地までの距離が近い兜岬南側の突端部に設定。
- ③崩壊方向は、崩壊中心が汀線直交方向で、汀線までの距離が最短となるように設定。

【崩壊特性区分凡例】

色	区分	岩盤崩壊の最大規模
— (Red)	大規模	10,000m ³ 以上
— (Yellow)	中規模	10,000m ³ 未満
— (Green)	小規模	1,000m ³ 未満
— (Blue)	極小規模	100m ³ 未満の崩壊や落石

崩壊地形のモデル化(兜岬付近)(1/2)

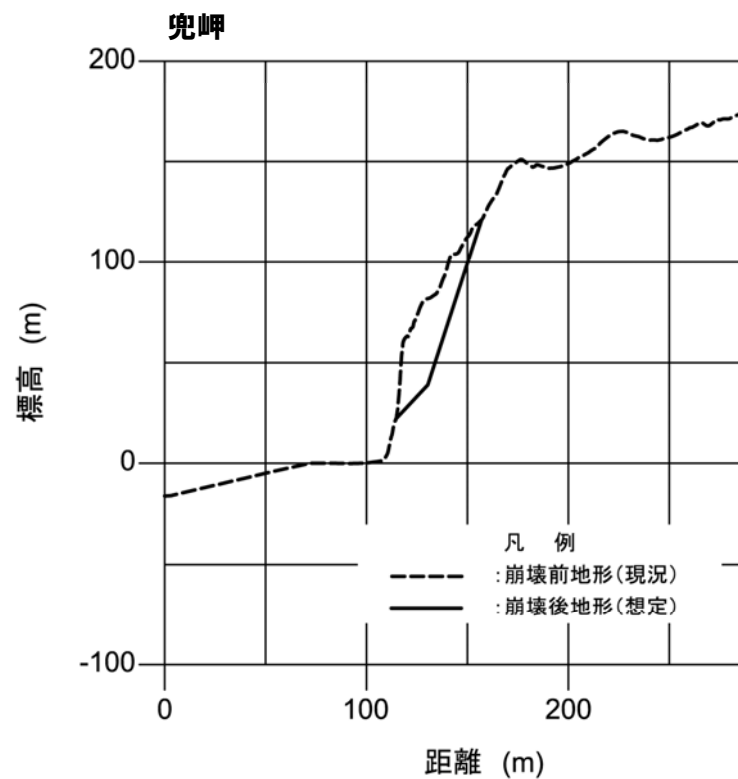


岩盤崩壊前地形

岩盤崩壊後地形
10分後

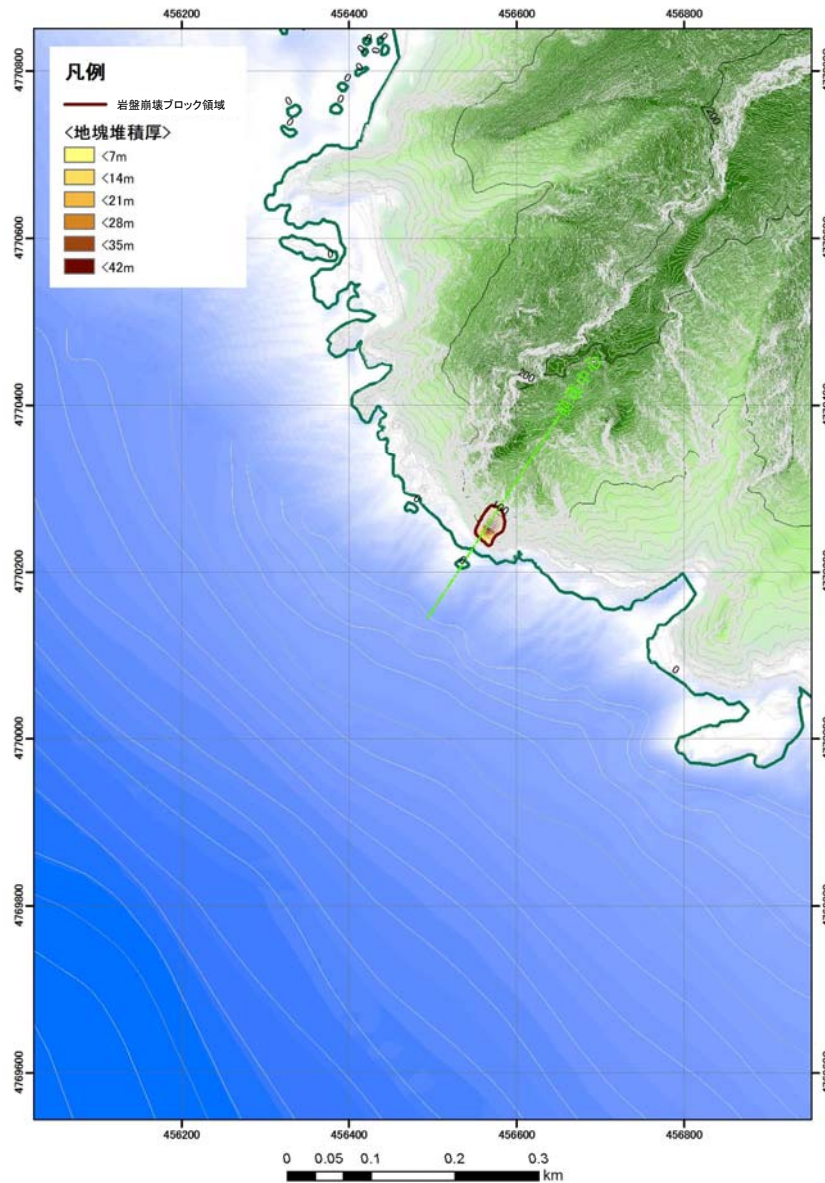
岩盤崩壊前後の地形変化量

崩壊地形のモデル化(兜岬付近)(2/2)

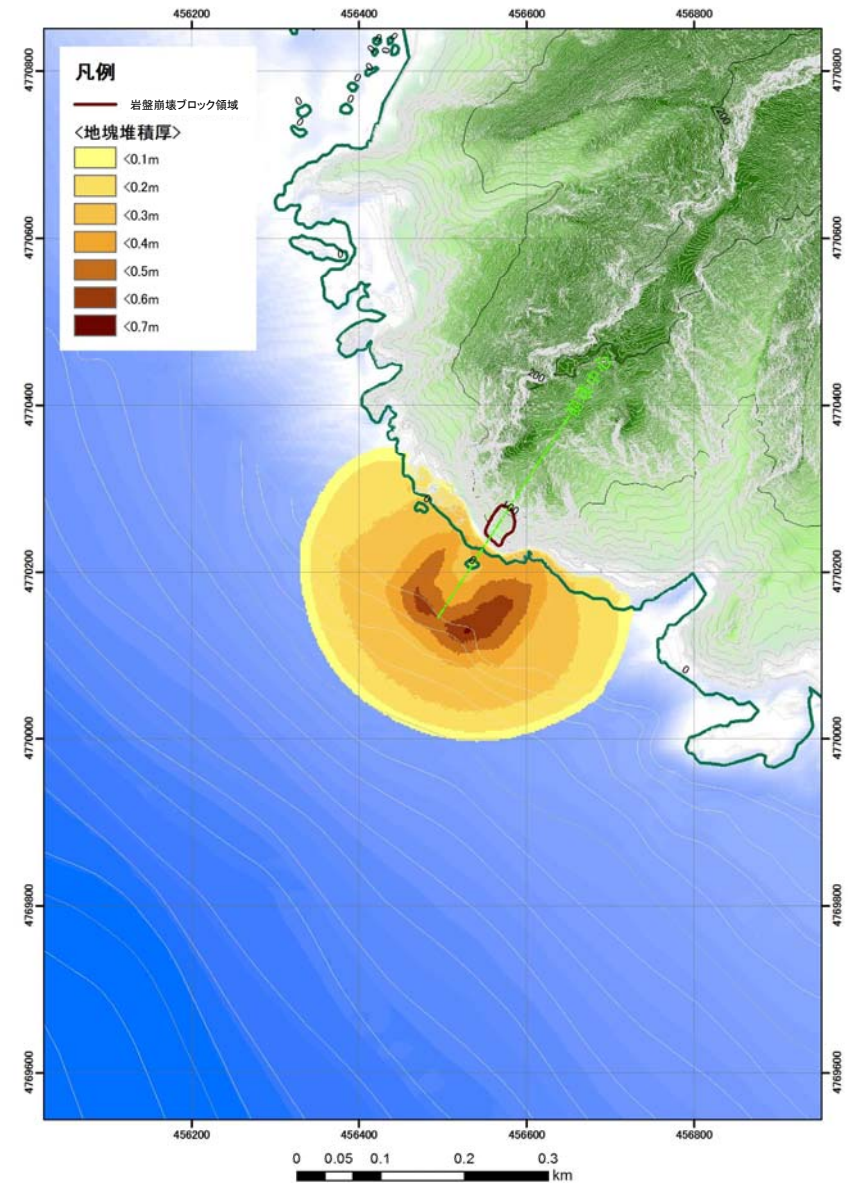


岩盤崩壊地形の断面形状

岩盤崩壊シミュレーション結果(兜岬付近)



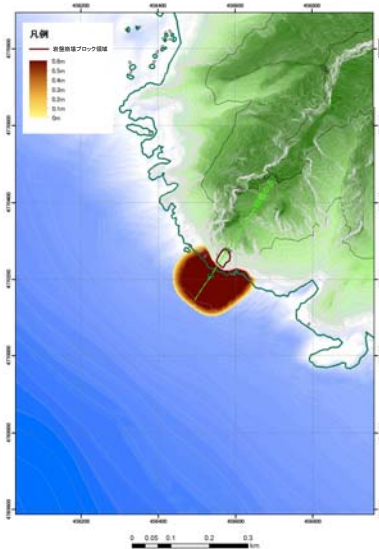
岩盤崩壊前



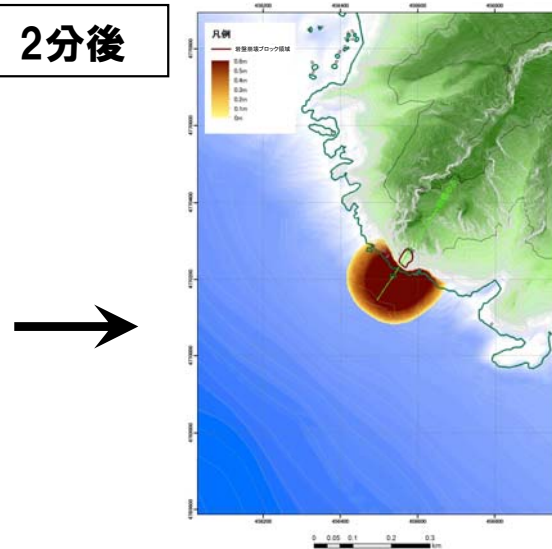
岩盤崩壊後(10分後)

岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (兜岬付近) (1/2)

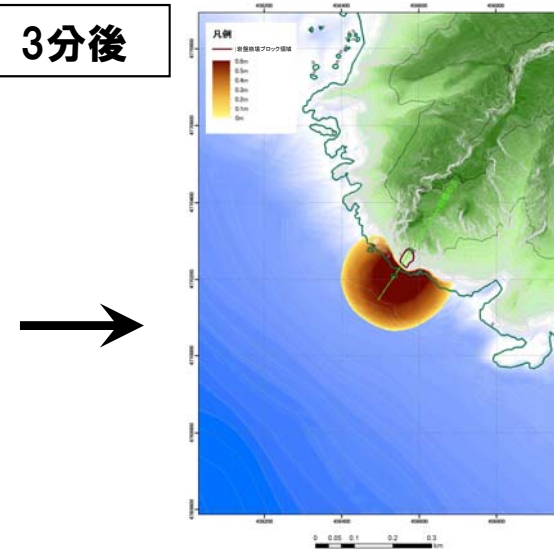
1分後



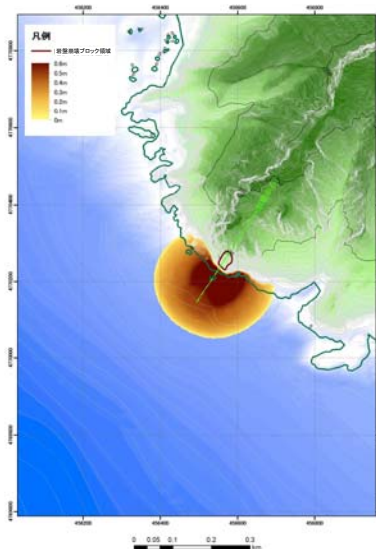
2分後



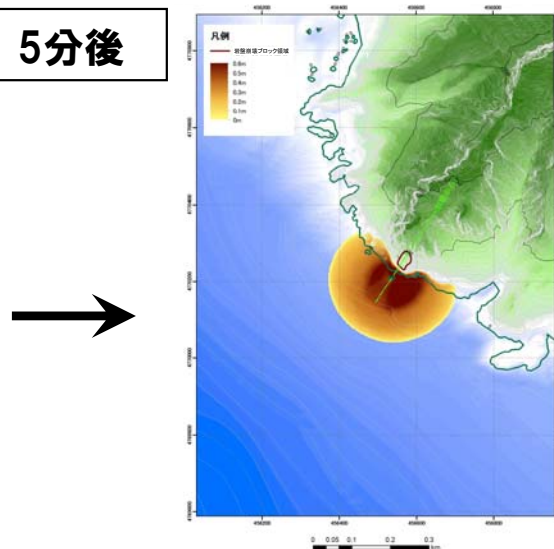
3分後



4分後

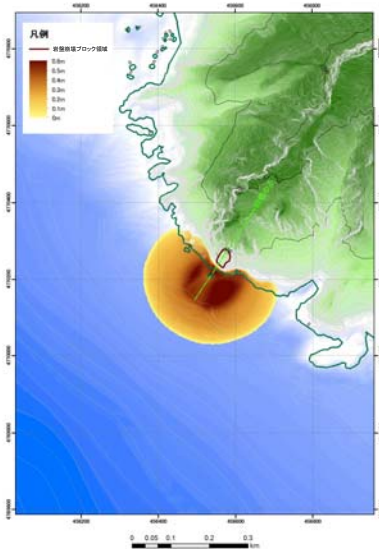


5分後

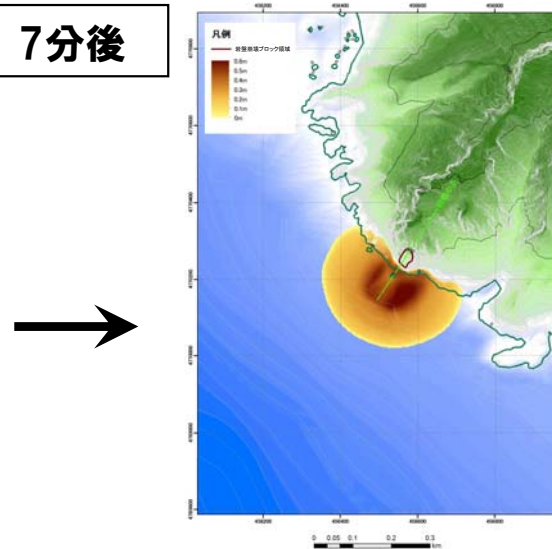


岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (兜岬付近) (2/2)

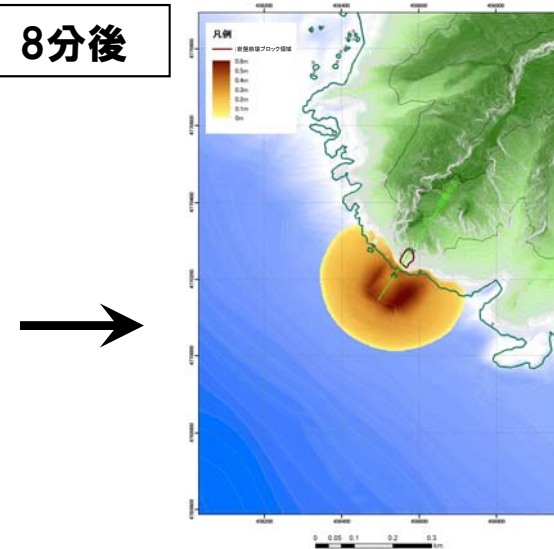
6分後



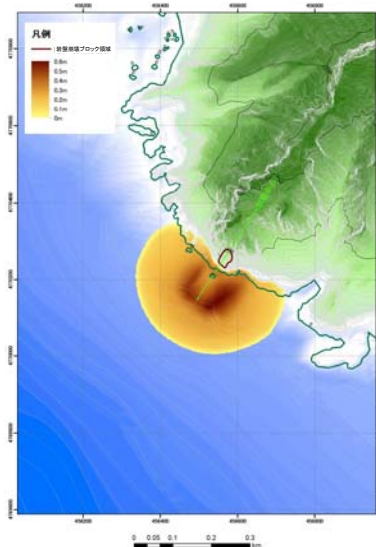
7分後



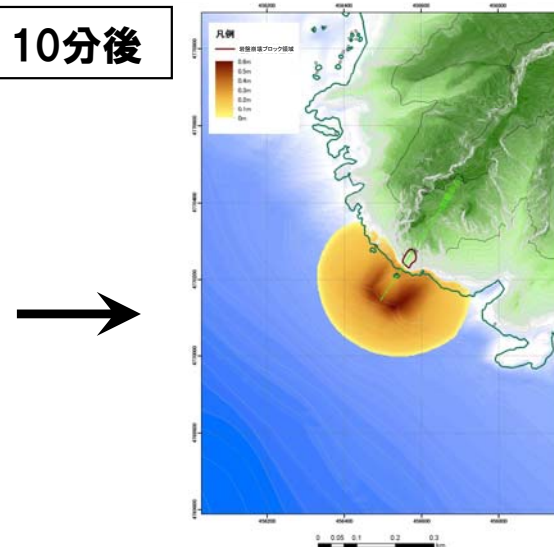
8分後



9分後



10分後



4-2 津波影響評価

津波シミュレーション(刀掛付近)

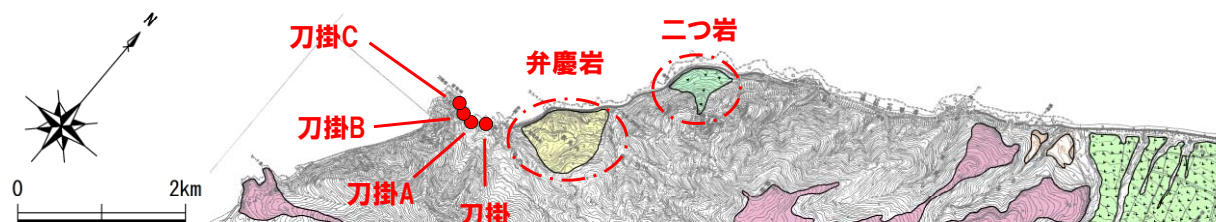
- 岩盤崩壊シミュレーションは、海域への崩壊堆積物の流入量が多くなる、TITAN2Dを使用する。
- 津波の数値シミュレーションは、火山による山体崩壊に伴う津波の検討結果において、敷地に対して影響が大きい結果となった「Kinematic landslideモデル」の手法を用いる。

【岩盤崩壊シミュレーション】

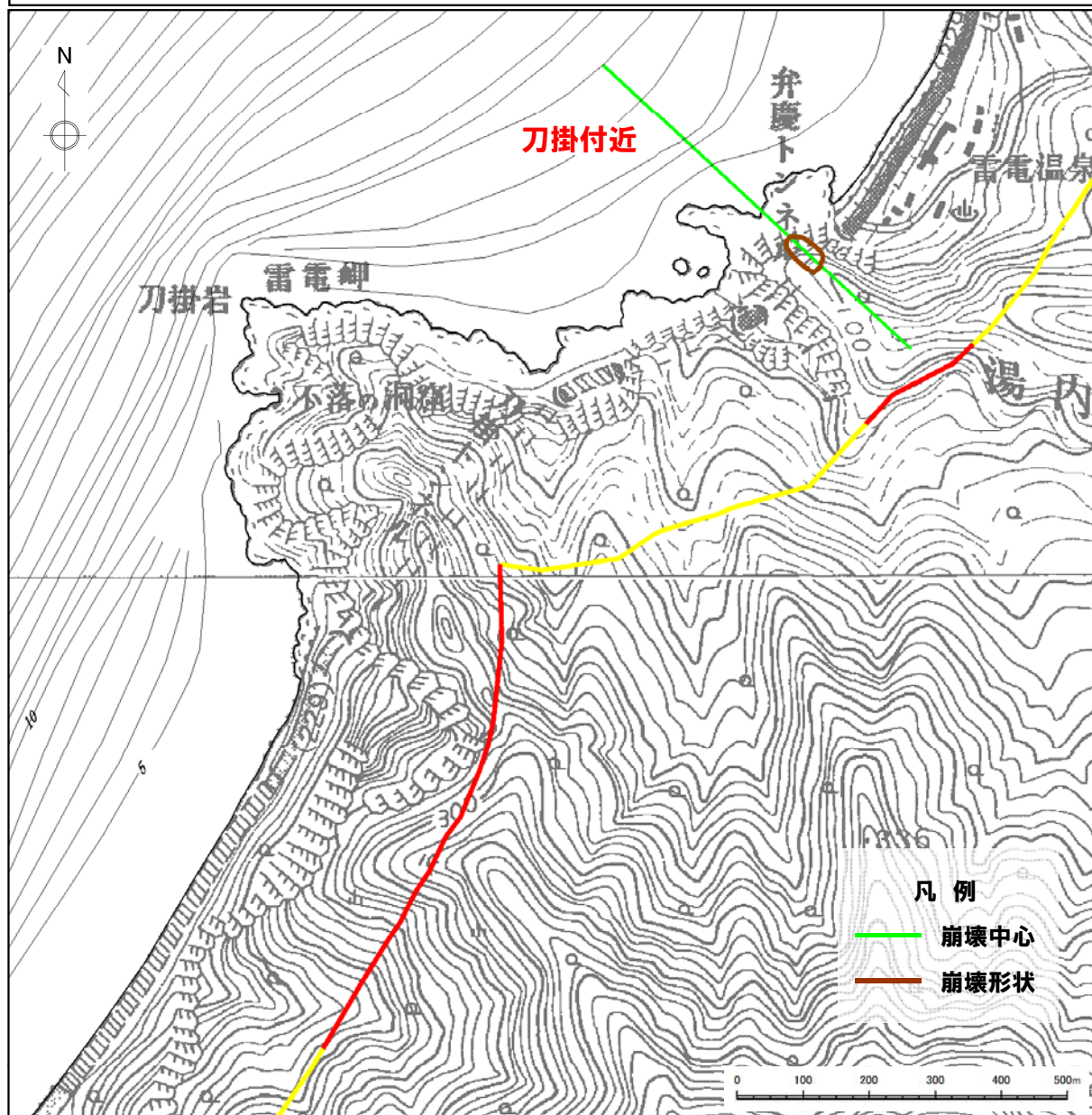
入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 $\Phi_{int} (^{\circ})$	30.0	陸上地すべりと同値。
底面摩擦角 $\Phi_{bed} (^{\circ})$	26.1	森脇(1987)より設定。

【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 $\Delta t (s)$	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0.2	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	陸上地すべりと同値。
変動伝播速度 (m/s)	40	陸上地すべりと同値。



崩壊位置の設定(刀掛付近)



○刀掛付近における崩壊位置は、岩盤崩壊特性区分図による大規模な岩盤崩壊が推定される区間のうち、以下の条件を満たすように設定した。

【崩壊位置の設定条件】

- ①急崖比高が高い。
- ②斜面の傾斜が敷地方向で、かつ敷地までの距離が近い。
- ③急崖基部から汀線までの距離が近い。

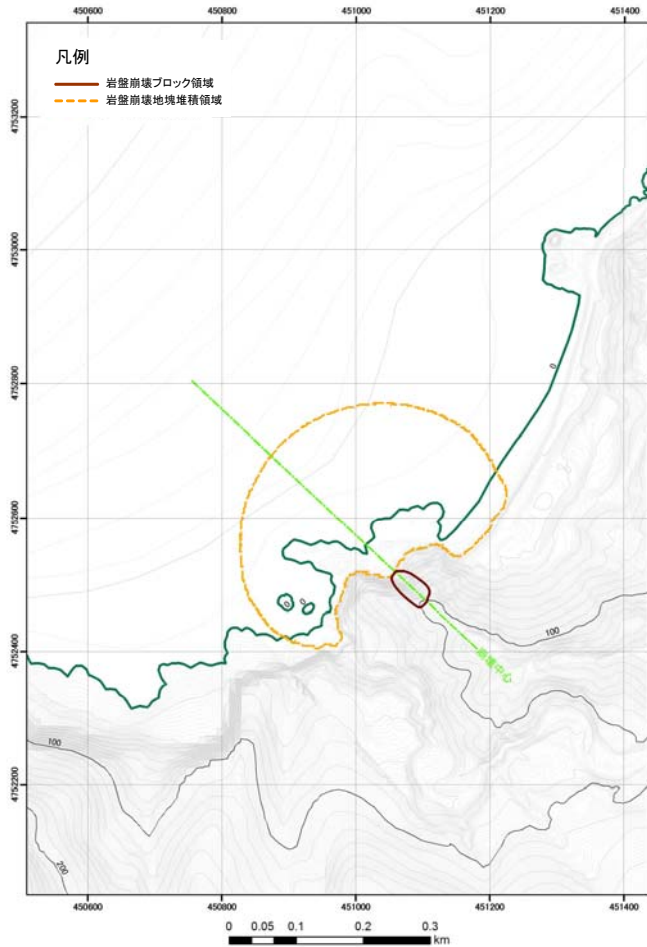
【刀掛付近の崩壊位置の設定】

- ①比高50m以上の急崖から抽出。
- ②設定位置は、斜面の傾斜が敷地方向(北～北西)で、敷地までの距離が近い弁慶トンネル付近を設定。
- ③崩壊方向は、崩壊中心が汀線直交方向で、汀線までの距離が最短となるように設定。

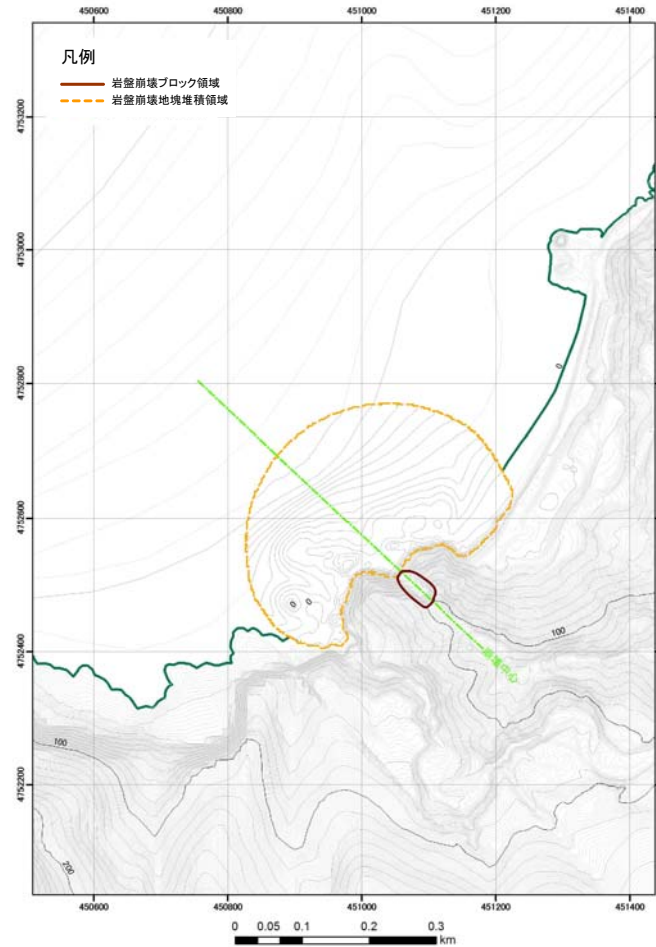
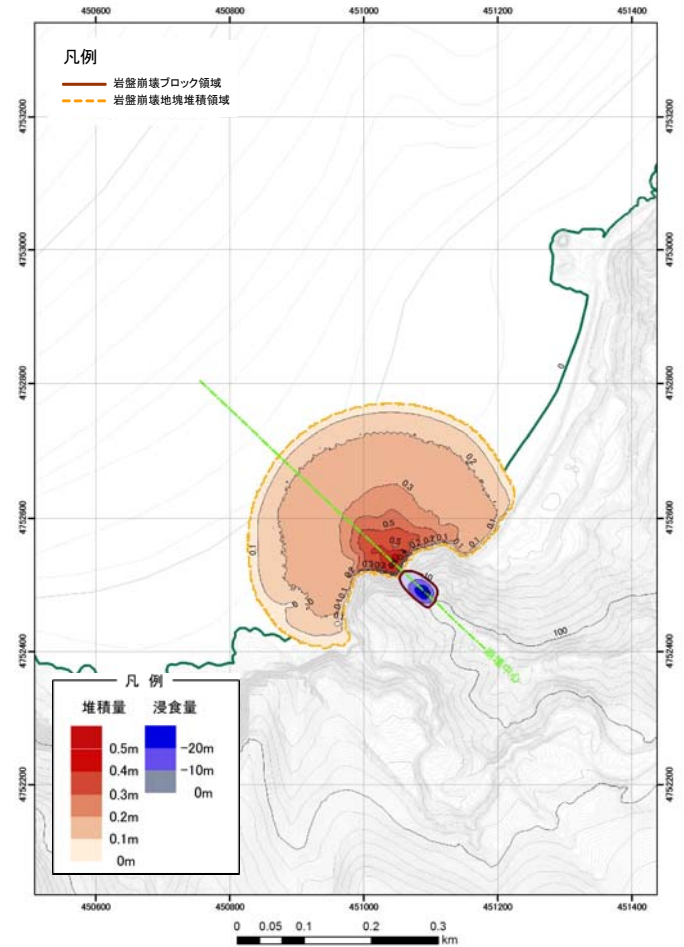
【崩壊特性区分凡例】

色	区分	岩盤崩壊の最大規模
— (Red)	大規模	10,000m ³ 以上
— (Yellow)	中規模	10,000m ³ 未満
— (Green)	小規模	1,000m ³ 未満
— (Blue)	極小規模	100m ³ 未満の崩壊や落石

崩壊地形のモデル化(刀掛付近)(1/2)

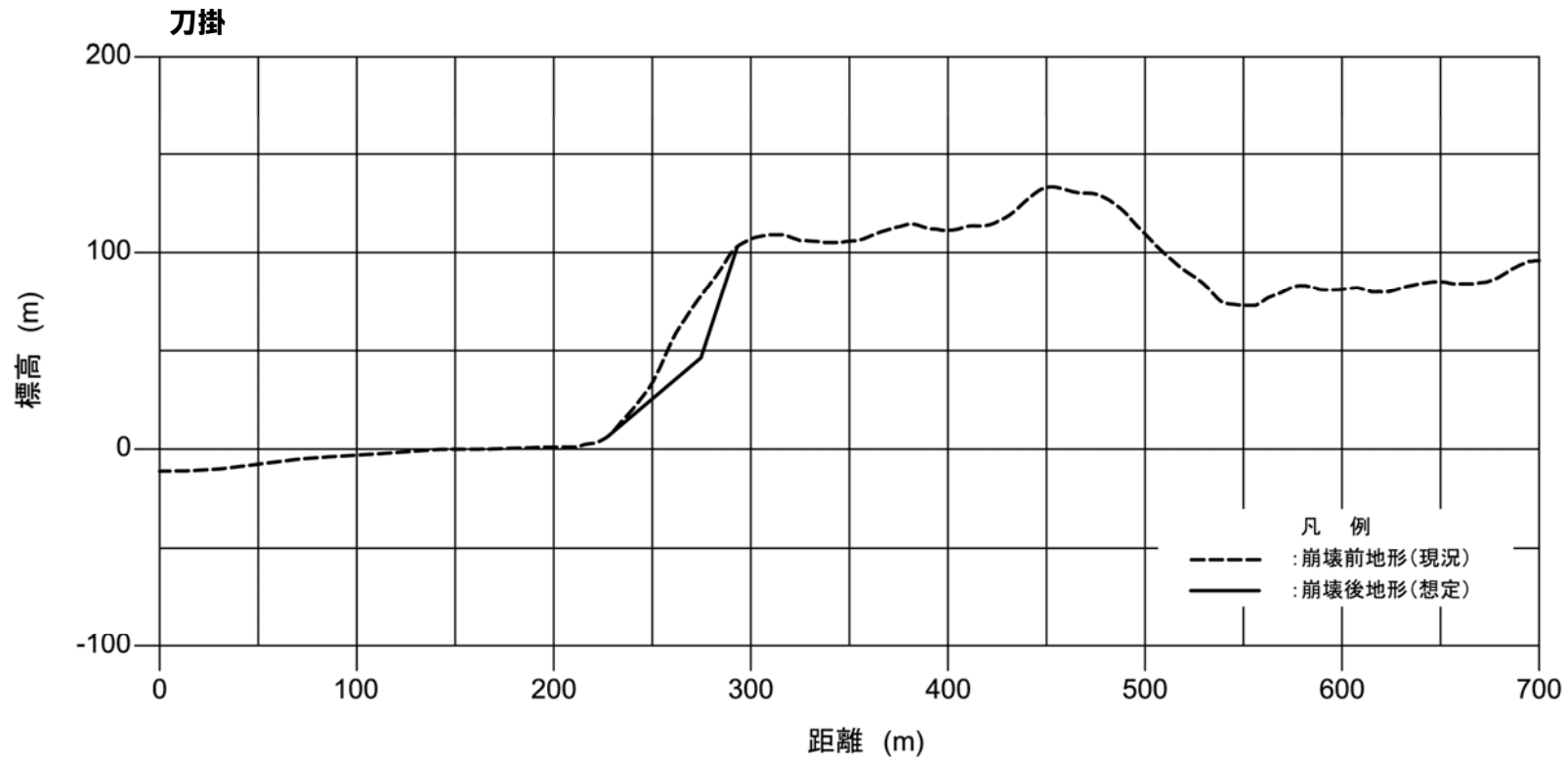


岩盤崩壊前地形

岩盤崩壊後地形
10分後

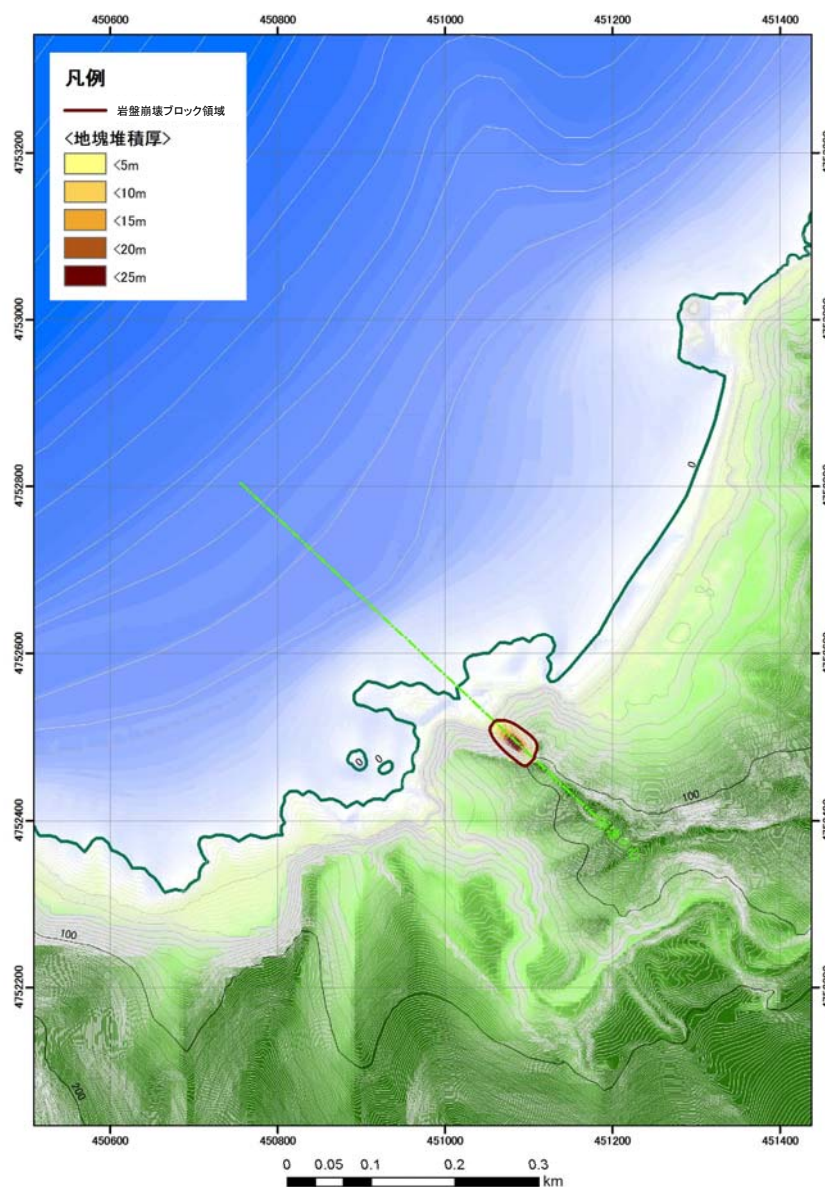
岩盤崩壊前後の地形変化量

崩壊地形のモデル化(刀掛付近)(2/2)

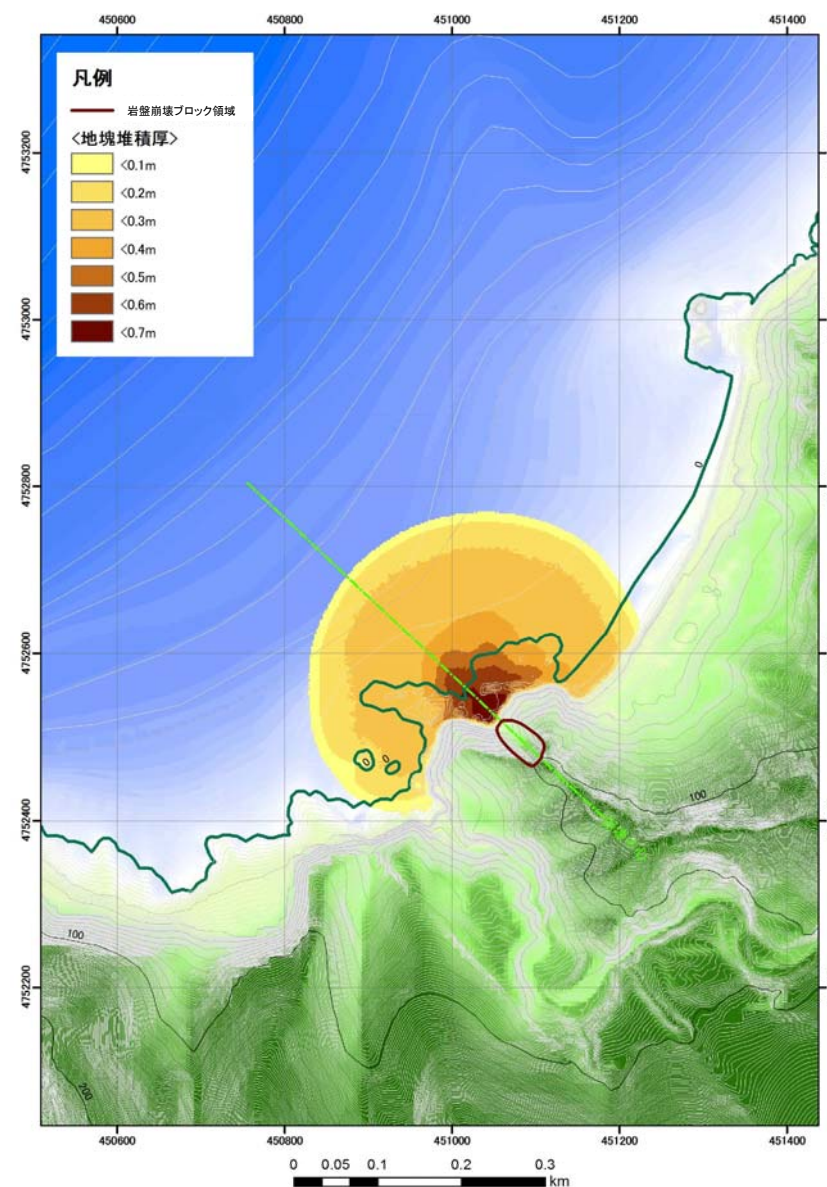


岩盤崩壊地形の断面形状

岩盤崩壊シミュレーション結果(刀掛付近)



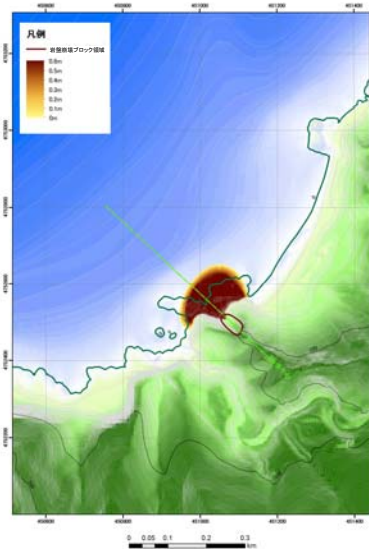
岩盤崩壊前



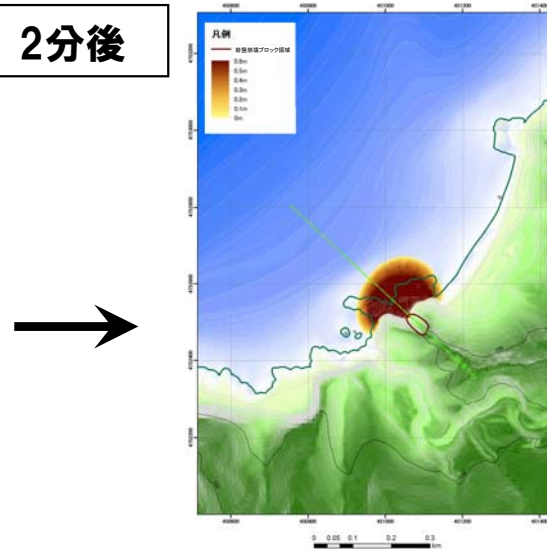
岩盤崩壊後(10分後)

岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (刀掛付近) (1/2)

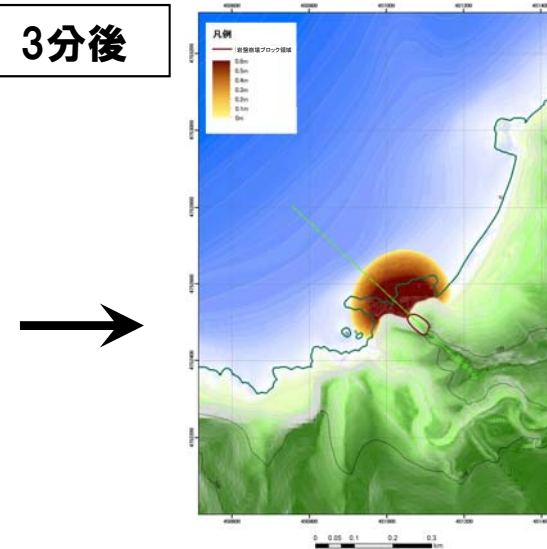
1分後



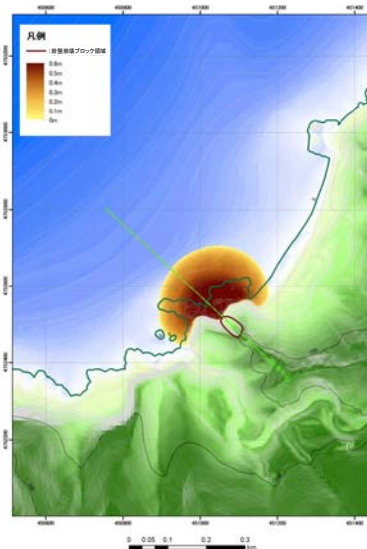
2分後



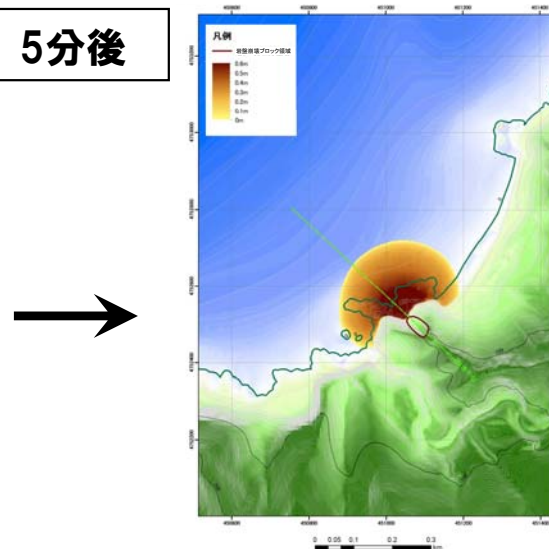
3分後



4分後

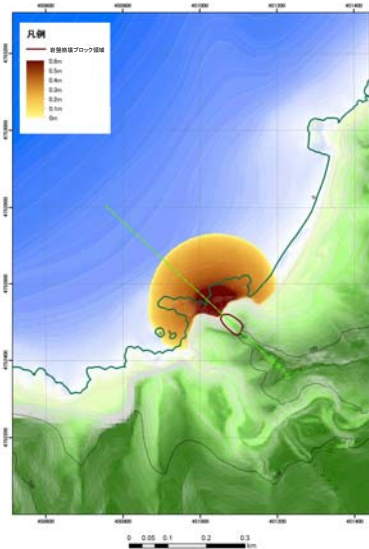


5分後

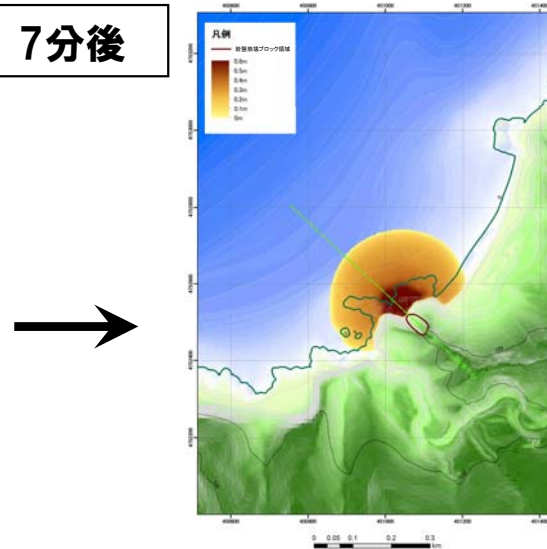


岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (刀掛付近) (2/2)

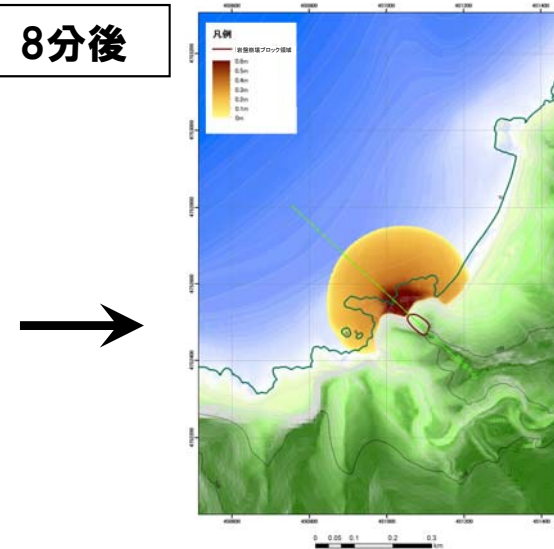
6分後



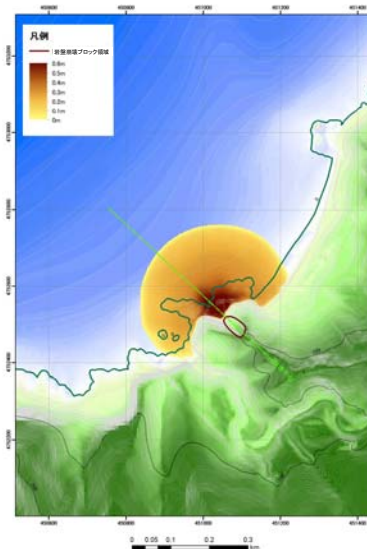
7分後



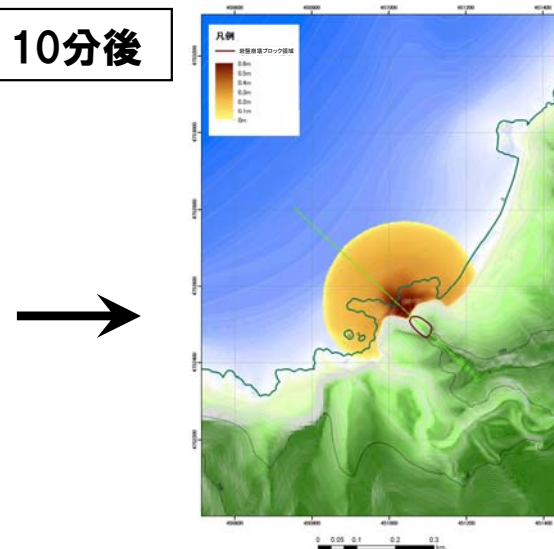
8分後



9分後



10分後



4-2 津波影響評価

津波シミュレーション(刀掛・崩壊事例一括)

- 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、火山による山体崩壊に伴う津波の検討結果において、敷地に対して影響が大きい結果となった「Kinematic landslideモデル」の手法を用いる。

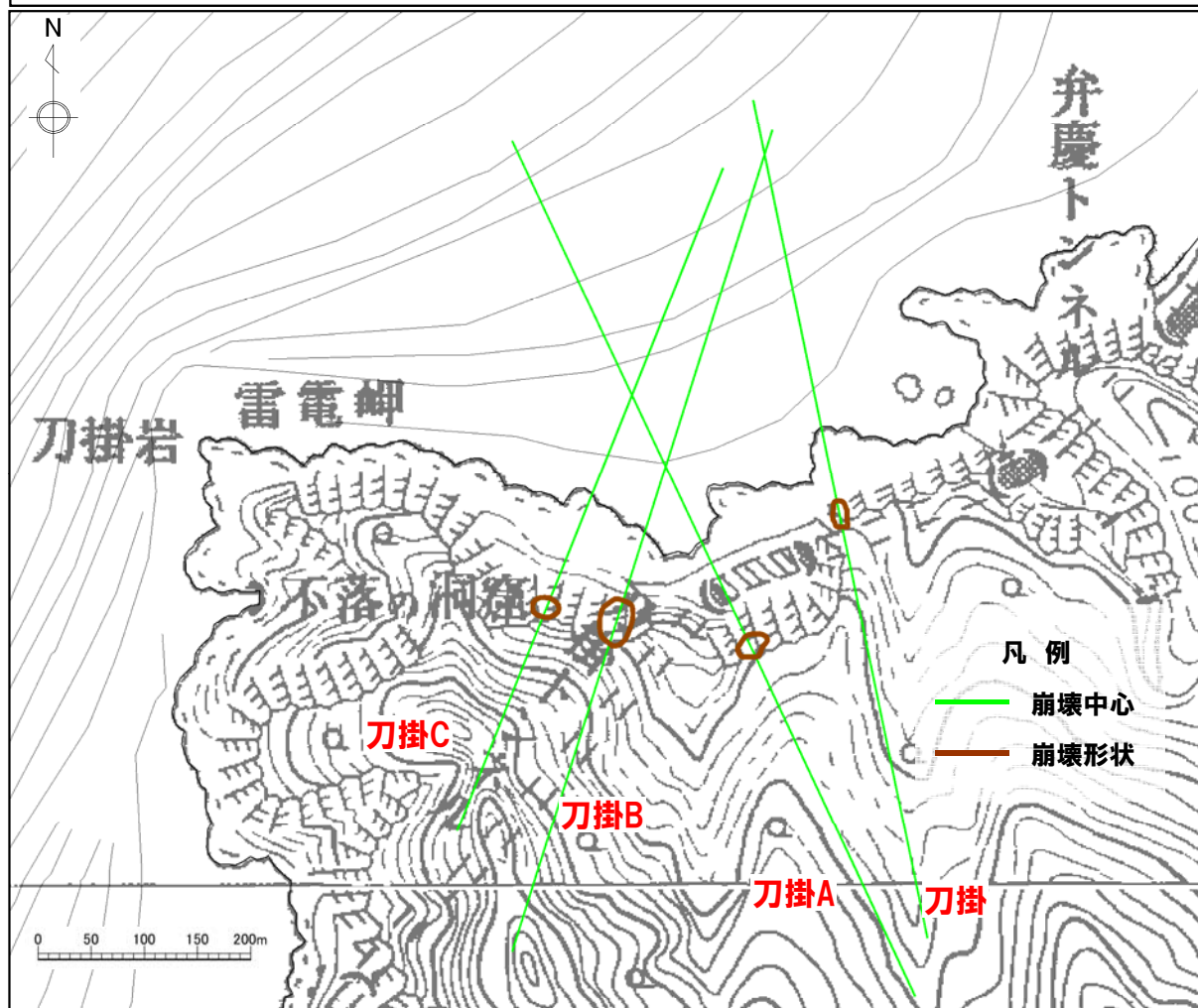
【岩盤崩壊シミュレーション】

入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 $\Phi_{int} (^{\circ})$	30.0	陸上地すべりと同値。
底面摩擦角 $\Phi_{bed} (^{\circ})$	27.0	森脇(1987)より設定。

【津波シミュレーション(Kinematic landslideモデル)】

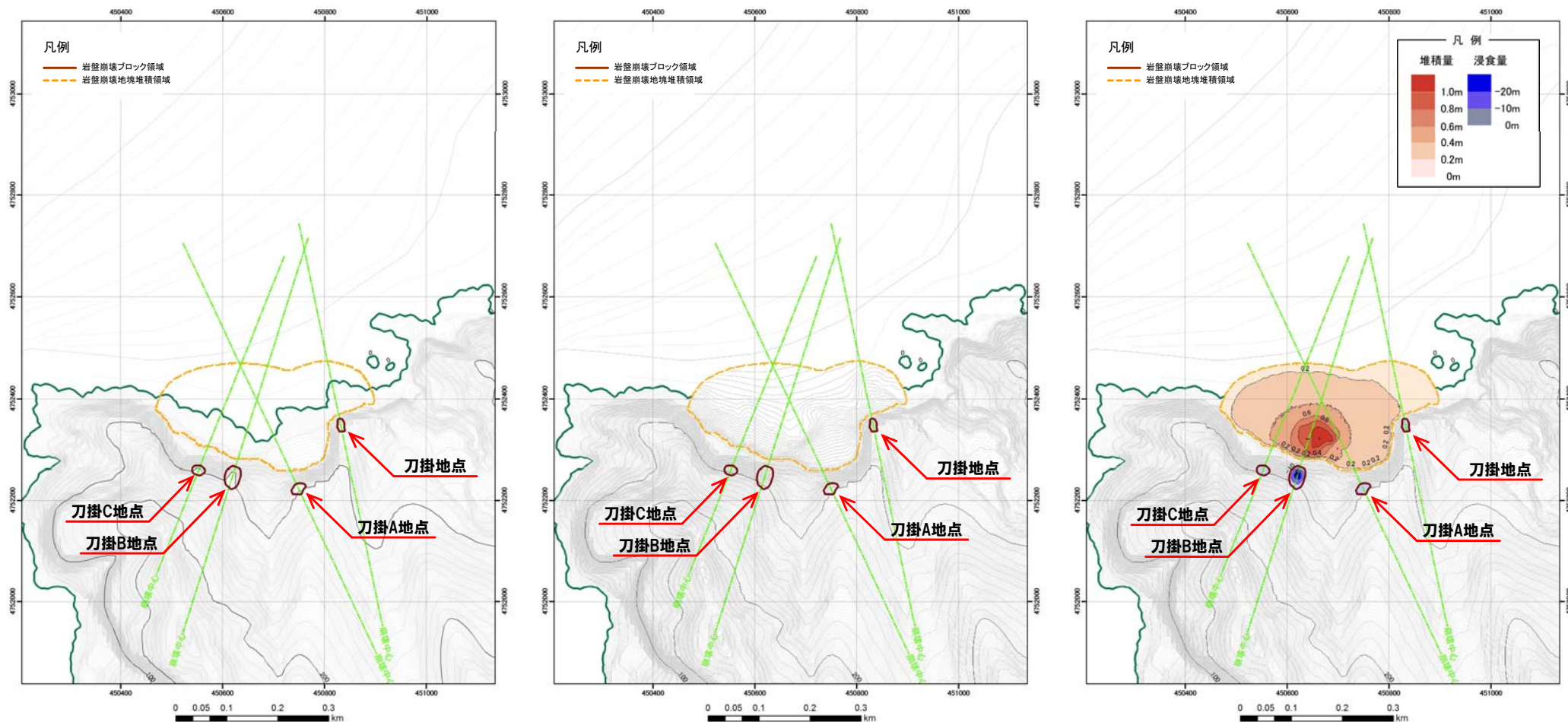
入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間(時間)	3	
比高変化(m)	最大0.2	TITAN2Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズ タイム(s)	120	陸上地すべりと同値。
変動伝播速度 (m/s)	40	陸上地すべりと同値。

崩壊位置の設定 (刀掛・崩壊事例一括)



○刀掛・崩壊事例一括の崩壊位置は、委員会資料の既往崩壊位置に設定した。

崩壊地形のモデル化(刀掛・崩壊事例一括)(1/2)



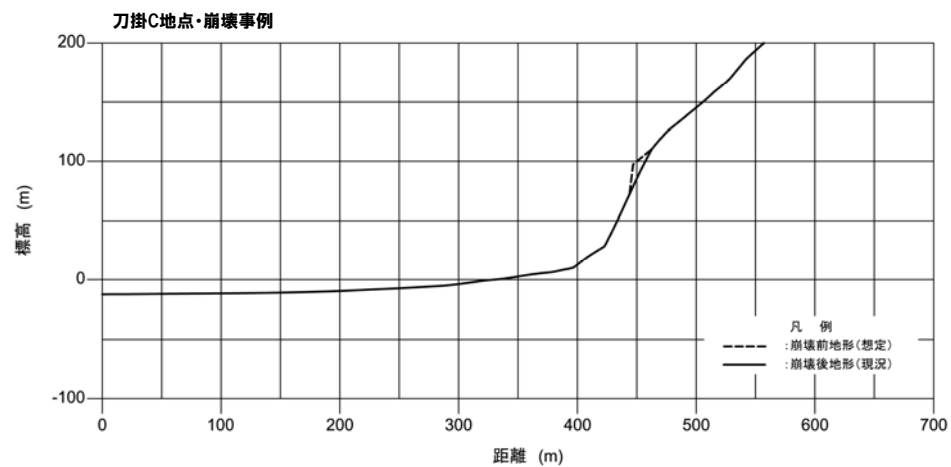
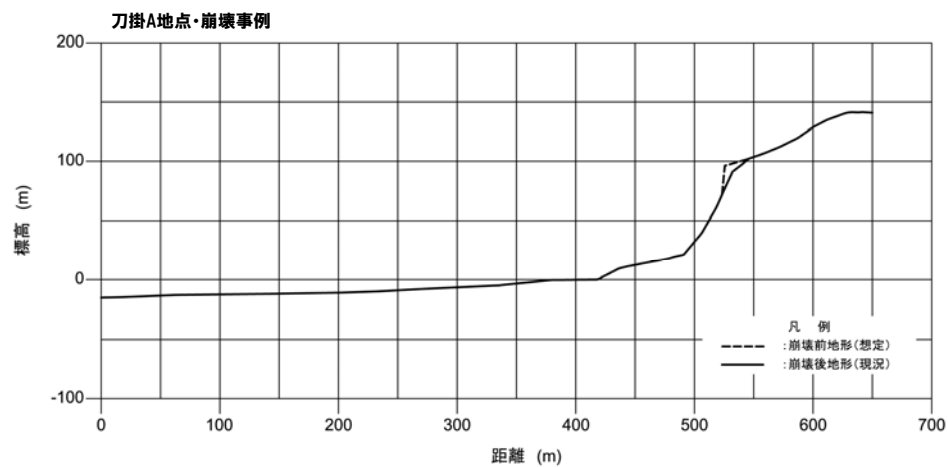
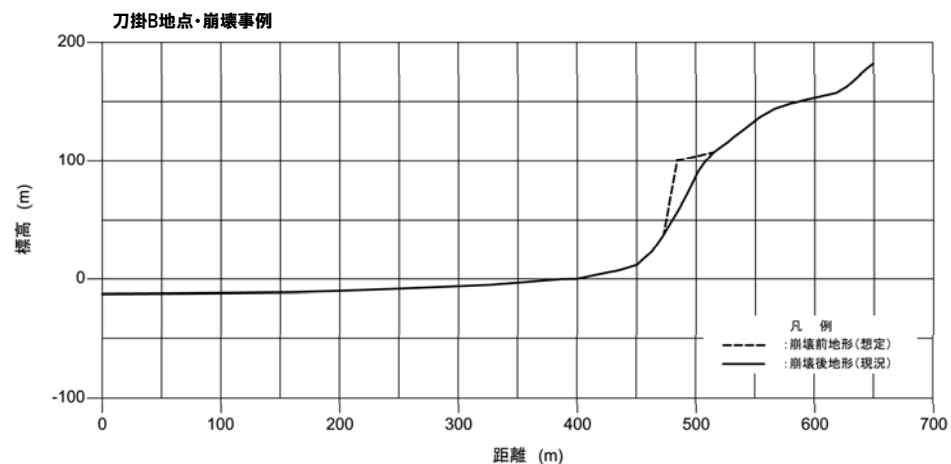
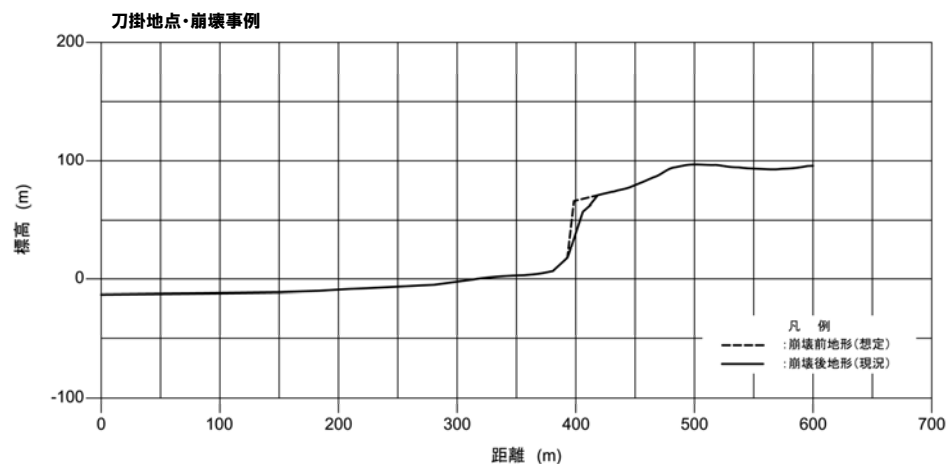
岩盤崩壊前地形

岩盤崩壊後地形

岩盤崩壊前後の地形変化量

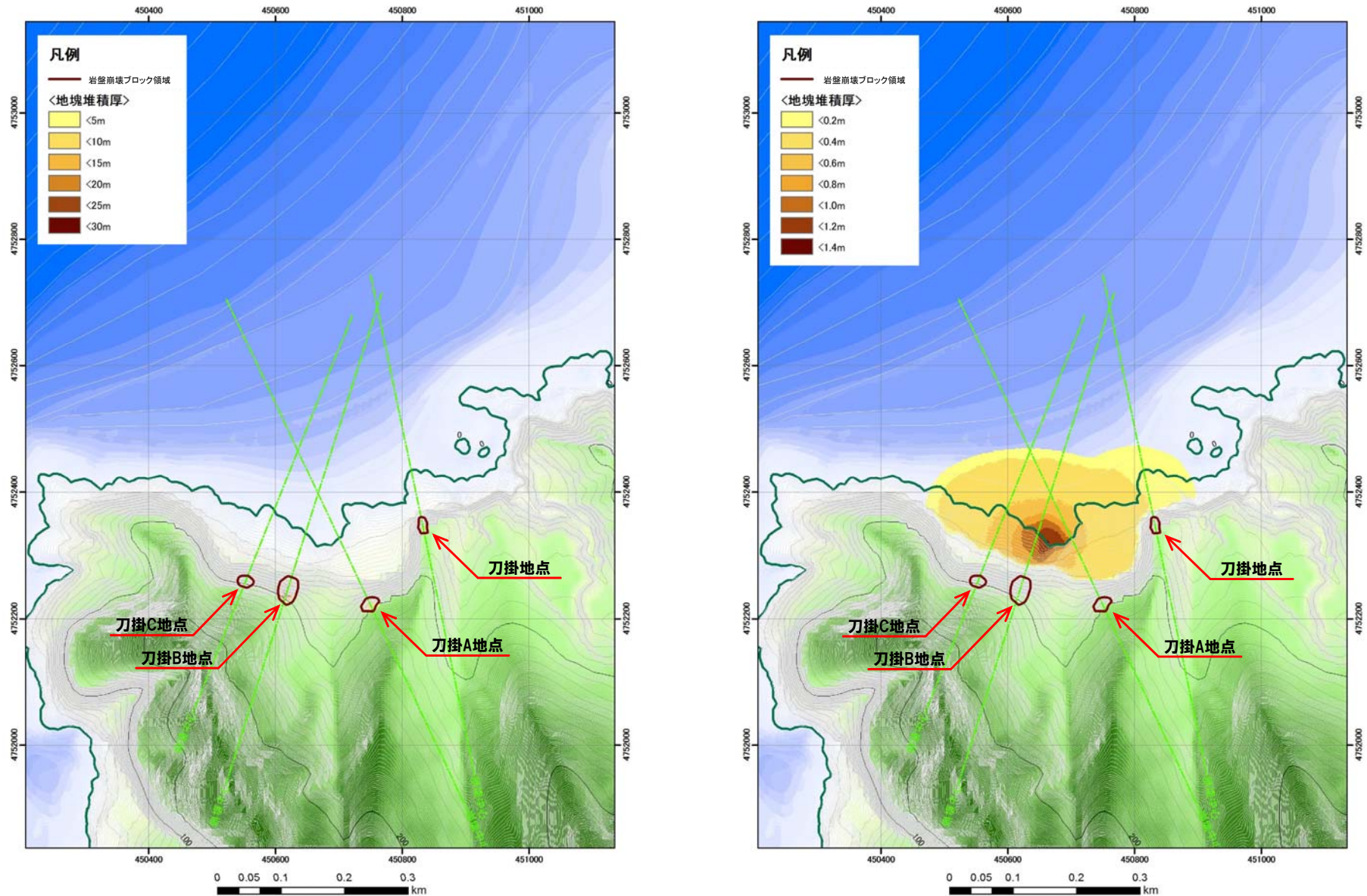
10分後

崩壊地形のモデル化(刀掛・崩壊事例一括)(2/2)



岩盤崩壊地形の断面形状

岩盤崩壊シミュレーション結果 (刀掛・崩壊事例一括)

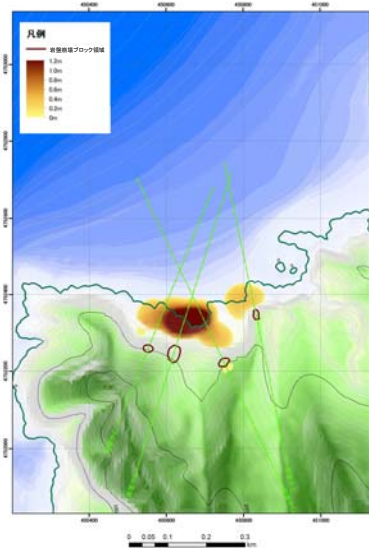


岩盤崩壊前

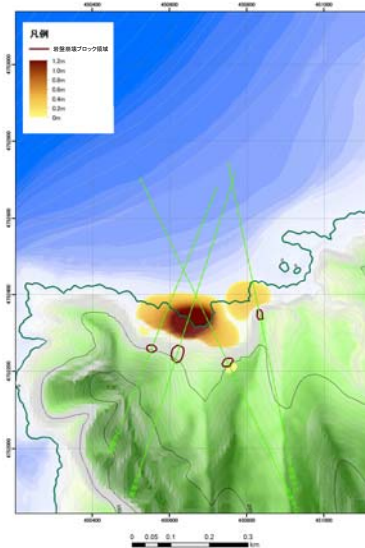
岩盤崩壊後 (10分後)

岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (刀掛・崩壊事例一括) (1/2)

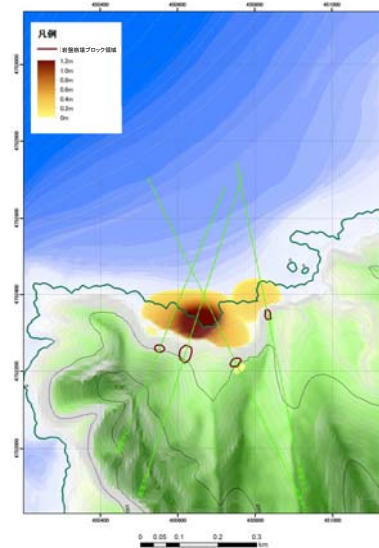
1分後



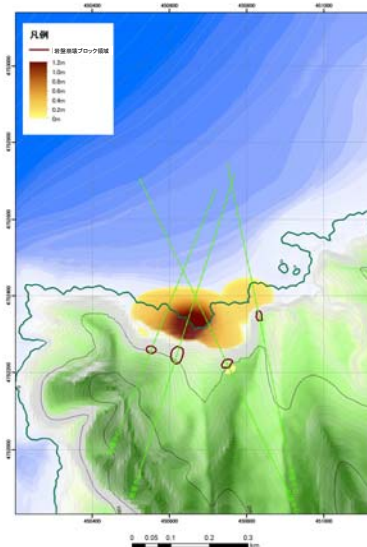
2分後



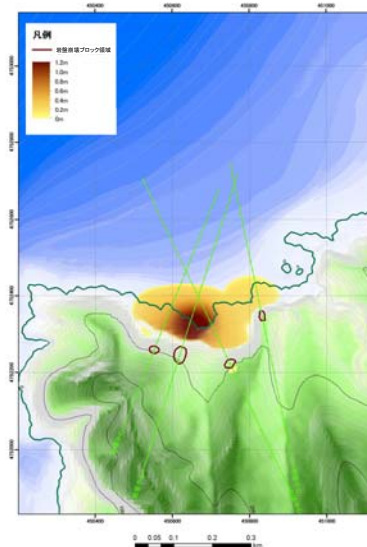
3分後



4分後

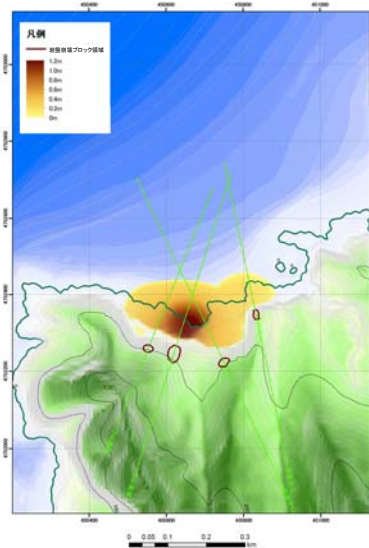


5分後

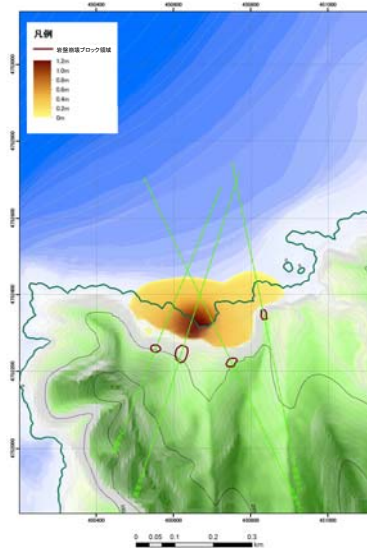


岩盤崩壊シミュレーション スナップショット (刀掛・崩壊事例一括) (2/2)

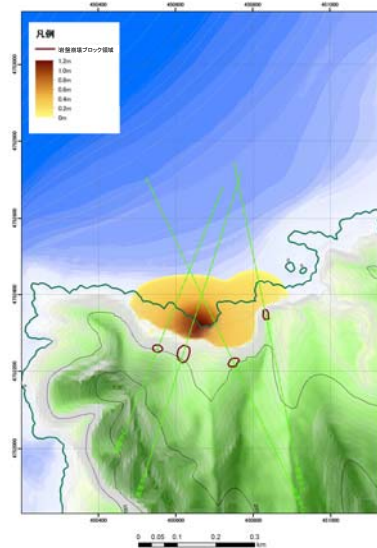
6分後



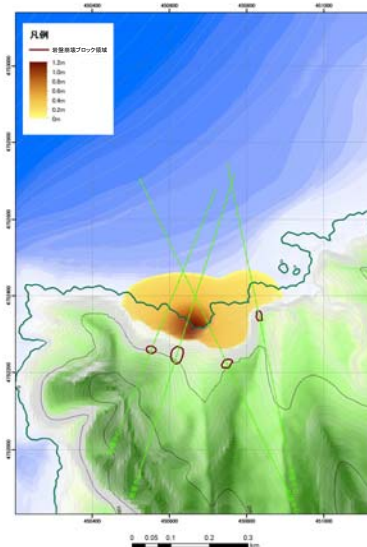
7分後



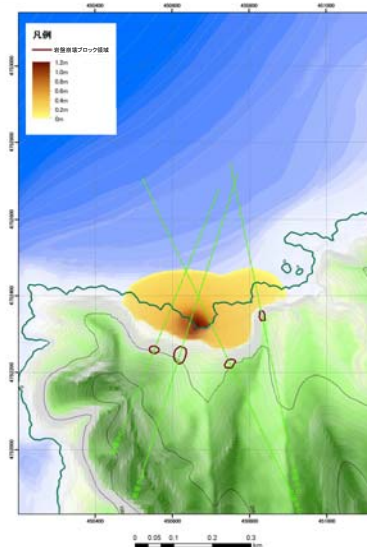
8分後



9分後



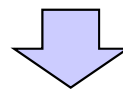
10分後



まとめ

- 敷地周辺における岩盤崩壊の規模を $2.1 \times 10^4 \text{m}^3$ と想定し、数値シミュレーションによる検討を行った。
- 想定崩壊箇所は、岩盤崩壊特性区分図による大規模な岩盤崩壊が推定される範囲のうち、敷地からの距離を考慮し、敷地北側で兜岬付近、敷地南側で刀掛付近を選定した。
- また、刀掛付近については、崩壊事例である刀掛～刀掛Cが一括で崩壊した場合についても検討を行った。
- 数値シミュレーションの結果、いずれも計算値は1cm未満となり、敷地への影響は小さいことを確認した。

区分	岩盤崩壊に伴う津波			(参考) 陸上地すべりに伴う津波		
	兜岬付近	刀掛付近	刀掛・崩壊事例一括	川白	弁慶岩	堀株
敷地前面 最大水位上昇量	0.5cm	0.4cm	0.3cm	34cm	14cm	7cm
3号炉取水口 最大水位上昇量	0.4cm	0.4cm	0.3cm	24cm	14cm	7cm
3号炉取水口 最大水位下降量	0.4cm	0.5cm	0.3cm	21cm	14cm	8cm
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	0.4cm	0.3cm	0.3cm	22cm	13cm	7cm
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	0.3cm	0.4cm	0.3cm	19cm	14cm	7cm



- 数値シミュレーションの結果、岩盤崩壊に伴う津波が敷地に与える影響は小さく、陸上地すべりに伴う津波より小さいことを確認した。